http://www.kiche.or.kr

ISSN 2384-1370
http://www.kiche.or.kr

한국화학공학회 2025년도 봄 총회 및 학술대회

2025 KIChE Spring Meeting

탄소중립을 향한 화학공학의 디지털 및 에너지 대전환

Digital and Energy Transformation in
Chemical Engineering Toward Carbon Neutrality

2025. 4. 23.(Wed)~25.(Fri)

대구 EXCO

Plenary Talk

| President. Young Kuk Lee |

Korea Research Institute of Chemical Technology

Carbon-neutrality research strategy of KRICT

| Prof. Edward H. Sargent |

Northwestern University

Advances in systems and materials for electrified carbon capture and catalysis

| Vice President. Changhwan Kim |

Hyundai Motor Company

Electrification energy solutions in mobility

Special Symposium/Program

- Chem-Tech-Biz Symposium: 화학산업 위기 극복을 위한 기술혁신 및 산학연 협력 전략
- Global C2H Workshop: Turning CO_2 Challenges into Hydrogen Opportunities
- KRICT Policy 포럼: 글로벌 경쟁 속 한국 석유화학산업의 새로운 대응방안 모색
- 제3회 반도체산업 기술교류 심포지엄
- Symposium on Aiming New in the Battery Business Domain
- 제3회 수소산업위원회 심포지엄(부제: 수소기술 원천에서 산업으로)

주최 사단법인 한국화학공학회 THE KOREAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS

후원 LG화학 JNK HYUNDAI GS칼텍스 Hanwha TotalEnergies KRICT DAEGU 대구광역시 DAEGU METROPOLITAN CITY EXCO KOFST 한국과학기술단체총연합회

한국화학공학회 2025년도 봄 총회 및 학술대회

"탄소중립을 향한 화학공학의 디지털 및 에너지 대전환"

2 회장 인사말
3 Plenary Talks
4 Time Table
8 대구 EXCO 발표장 안내
9 평의원회 / 신진연구자 워크숍
10 발표코드

[Symposiums]
11 Chem-Tech-Biz Symposium: 화학산업 위기 극복을 위한 기술혁신 및 산학연 협력 전략
12 [Global C2H Research Center] Global C2H Workshop: Turning CO_2 Challenges into Hydrogen Opportunities
13 [KGS] 주택용/산업용 연소기 · 가스기기 연소성능 안전성 검증 및 안전기술 개발 심포지엄
14 [KRICT] 글로벌 경쟁 속 한국 석유화학산업의 새로운 대응방안 모색
15 [NICS/화학안전] 화관법 · 화평법 개정, 안전과 규제의 조화 심포지엄

[Division Symposiums]
16 [고분자] 미래 의료 솔루션을 위한 기능성 고분자 소재 심포지엄
17 [공업화학] 미래 공업화학 기술: Bio & Energy 분야 심포지엄
18 [공정시스템] Symposium on Process Systems Engineering and Self-Driving Lab.
19 [분리기술] 미래 화학산업을 위한 고효율 분리기술 심포지엄
20 [생물화공] 생물화공 30년의 회고 심포지엄: 수학적 모델링에서 합성생물학까지
21 [에너지 환경] 청정수소 생산을 위한 차세대 수전해 기술 현황 및 전략 심포지엄
22 [열역학분자모사] 탄소 전환의 혁신: 계산화학을 활용한 Carbon-to-X 기술 심포지엄
23 [입자기술] 차세대 나노입자 기반 바이오 솔루션 심포지엄
24 [촉매] Symposium on Current and Future Catalysis in Asia

[Industry Committee Symposiums]
26 [반도체] 제3회 반도체산업 기술 교류 심포지엄
27 [수소] 제3회 수소산업위원회 심포지엄(부제: 수소기술 원천에서 산업으로)
28 [배터리] Symposium on Aiming New in the Battery Business Domain

[General Events]
30 아무도 알려주지 않는 화공인의 진로선택 및 경력 노하우
31 제10회 전문대학 기술교육 운영사례 심포지엄

[Tutorials]
32 [Tutorial 1] 화학산업에서의 멀티 스케일 시뮬레이션 및 모델링: 양자 영역에서 연속체 세계까지
33 [Tutorial 2] 차세대 나노입자 개발을 위한 합성, 분석 및 응용
34 [Tutorial 3] X-ray를 이용한 분석기술
35 구두발표 프로그램
55 포스터발표 프로그램
88 학회상 수상자
90 Organizers 명단
93 Chairs 명단
96 대구 EXCO 오시는 길
97 홍보전시회 참여 업체
103 등록 및 회비 안내

[Plenary Talk]
104 Carbon-neutrality research strategy of KRICT, President, Young Kuk Lee
Advances in systems and materials for electrified carbon capture and catalysis, Prof. Edward H. Sargent
Electrification energy solutions in mobility, Vice President, Changhwan Kim

[Symposium 초록]
106 Chem-Tech-Biz Symposium: 화학산업 위기 극복을 위한 기술혁신 및 산학연 협력 전략
107 [Global C2H Research Center] Global C2H Workshop: Turning CO_2 Challenges into Hydrogen Opportunities
110 [KGS] 주택용/산업용 연소기 · 가스기기 연소성능 안전성 검증 및 안전기술 개발 심포지엄
113 [NICS/화학안전] 화관법 · 화평법 개정, 안전과 규제의 조화 심포지엄

[Division Symposiums 초록]
116 [고분자] 미래 의료 솔루션을 위한 기능성 고분자 소재 심포지엄
118 [공업화학] 미래 공업화학 기술: Bio & Energy 분야 심포지엄
119 [공정시스템] Symposium on Process Systems Engineering and Self-Driving Lab.
121 [분리기술] 미래 화학산업을 위한 고효율 분리기술 심포지엄
123 [생물화공] 생물화공 30년의 회고 심포지엄: 수학적 모델링에서 합성생물학까지
125 [에너지 환경] 청정수소 생산을 위한 차세대 수전해 기술 현황 및 전략 심포지엄
126 [열역학분자모사] 탄소 전환의 혁신: 계산화학을 활용한 Carbon-to-X 기술 심포지엄
127 [입자기술] 차세대 나노입자 기반 바이오 솔루션 심포지엄
128 [촉매] Symposium on Current and Future Catalysis in Asia

[Industry Committee Symposiums 초록]
132 [반도체] 제3회 반도체산업 기술 교류 심포지엄

[General Events 초록]
135 제10회 전문대학 기술교육 운영사례 심포지엄

[화학공학일반 부문위원회별 초록]

138	고분자	156	공업화학	164	공정시스템	211	분리기술
231	생물화공	247	에너지 환경	302	열역학분자모사	317	유동층
325	이동현상	336	입자기술	344	재료	386	촉매 및 반응공학

423 화학안전
428 초록집 색인

발행 2025년 4월 23일 | **발행인** 김방희 | **발행처** 사단법인 한국화학공학회 | **홈페이지** http://www.kiche.or.kr
주소 (02856) 서울특별시 성북구 안암로 119 한국화학회관 5층, Tel: 02-458-3078~9, Fax: 02-458-3077, E-mail: kiche@kiche.or.kr
편집 한림원(주), Tel: 02-2273-4201, http://www.hanrimwon.com

탄소중립을 향한 화학공학의 디지털 및 에너지 대전환

(Digital and Energy Transformation in Chemical Engineering Toward Carbon Neutrality)

회장 김 방 희

존경하는 한국화학공학회 회원 여러분!

안녕하십니까? 한국화학공학회 제56대 회장 김방희입니다.

한국화학공학회 회원 여러분과 가족 모두의 건강과 행복, 그리고 풍요로운 한 해를 진심으로 기원합니다. 지난 60여 년간 회원 여러분과 역대 임원진의 헌신과 노고 덕분에 한국화학공학회는 대한민국을 대표하는 공학 학회로 자리매김할 수 있었습니다. 이에 깊은 감사의 마음을 전하며, 제56대 회장으로서 학회의 명성을 계승하고, 새로운 변화와 도전에 유연하게 대응하며 지속 가능한 발전을 이루는 학회를 만들기 위해 최선을 다하겠습니다.

작년 2024년에는 해외 석학의 기조강연과 초청 강연, 다양한 주제와 기술 심포지엄을 통해 학계와 산업계의 참여를 확대하였으며, 반도체, 배터리, 수소 산업위원회의 정기적인 심포지엄을 개최하여 산업계와의 협력을 한층 강화하였습니다. 이를 기반으로 2025년에는 더욱 활발한 산업 중심의 학술대회를 구성하고, 주제와 키워드별로 체계화된 부문위원회를 효율적으로 운영하며, 학회 운영의 체계화를 한 단계 더 발전시킬 계획입니다.

2025년도 봄 총회 및 학술대회는 “탄소중립을 향한 화학공학의 디지털 및 에너지 대전환”을 주제로 오는 4월 23일(수)부터 25일(금)까지 대구 엑스코(EXCO)에서 개최될 예정입니다. 이번 학술대회에서는 Northwestern 대학교의 Edward H. Sargent 교수님, 한국화학연구원의 이영국 원장님, 현대자동차의 김창환 부사장님을 비롯한 국내외 석학들의 기조강연이 진행됩니다. 또한, Chem-Tech-Biz Symposium, 산업위원회 심포지엄(반도체, 배터리, 수소), 각 부문위원회 주제별 심포지엄, Tutorial, 신진연구자 워크숍 등 다채로운 프로그램이 준비되어 있습니다. 이에 따라, 학교, 연구소, 산업체 및 공공기관 관계자분들과 회원 여러분들의 많은 관심과 적극적인 참여를 부탁드립니다.

한국화학공학회가 화학공학 산업의 발전과 회원 간의 교류의 장으로서 더 큰 역할을 할 수 있도록, 소통과 협력을 바탕으로 더욱 발전하는 한 해를 만들어 나가겠습니다. 4월 대구에서 뵙기를 기대합니다.

Plenary Talks

Chair: Woo Kyoung Kim (Yeungnam Univ.)

대구 EXCO 325A+B호 2025년 4월 24일(목)

President. Young Kuk Lee

Korea Research Institute of Chemical Technology

4. 24(Thu) 11:10~12:00, Room 325A+B

Carbon-neutrality research strategy of KRICT

Prof. Edward H. Sargent

Northwestern University

4. 24(Thu) 13:30~14:20, Room 325A+B

Advances in systems and materials for electrified carbon capture and catalysis

대구 EXCO 325A+B호 2025년 4월 25일(금)

Vice President. Changhwan Kim

Hyundai Motor Company

4. 25(Fri) 11:00~11:50, Room 325A+B

Electrification energy solutions in mobility

2025년도 봄 총회 및 학술대회 진행표 1

4월 23일(수): 대구 EXCO

	314	315	320A	320B	321A	321B	322A+B	323A	323B	324A	324B	325A	325B	325C	325D
11:00~17:30	사전등록(회원: 종신/정회원A–130,000원, 정회원B–180,000원(1년 연회비 면제), 학생회원A– 60,000원, 학생회원B–90,000원(1년 연회비 면제), 비회원: 160,000원) 현장등록(회원: 종신/정회원A–150,000원, 정회원B–200,000원(1년 연회비 면제), 학생회원A– 70,000원, 학생회원B–100,000원(1년 연회비 면제), 비회원: 180,000원)														
	등 록														
13:00~18:00						구두발표 (에너지 환경 I) (13:00~18:00)	구두발표 (재료 I) (13:00~16:10)	[Tutorial 1] 화학산업에서의 멀티 스케일 시뮬레이션 및 모델링: 양자 영역에서 연속체 세계까지 (13:00~17:00)	[Tutorial 2] 차세대 나노입자 개발을 위한 합성, 분석 및 응용 (15:00~18:00)	[Tutorial 3] X-ray를 이용한 분석기술 (13:30~17:30)	구두발표 (공정시스템 I) (13:00~18:00)	[KGS] 주택용/산업용 연소기 · 가스기기 연소성능 안전성 검증 및 안전기술 개발 심포지엄 (13:50~17:10)	[Global C2H Research Center] Global C2H Workshop: Turning CO_2 Challenges into Hydrogen Opportunities (13:00~17:45)	구두발표 (촉매 및 반응공학 I) (14:00~17:50)	

4월 23일(수): 호텔 인터불고 엑스코

15:30~16:30	업무위원장 / 지부장 / 부문위원장 회의 (지하 1층 '크리스탈 볼룸')
16:00~18:00	평의원등록 (지하 1층 '크리스탈 볼룸')
16:00~18:00	신진연구자 워크숍 (지하 1층 '디럭스홀')
17:00~18:00	평의원회 (지하 1층 '크리스탈 볼룸')
18:00~20:00	평의원만찬 (지하 1층 '크리스탈 볼룸')

4월 24일(목): 대구 EXCO

	314	315	320A	320B	321A	321B	322A	322B	323A	323B	324A	324B	325A+B	325C	325D
08:00~18:00	등 록														
09:00~11:00	구두발표 (재료 II) (09:00~10:40)	[여성위원회] 아무도 알려주지 않는 화공인의 진로선택 및 경력 노하우 (09:00~11:00)	구두발표 (열역학분자모사 I) (09:00~10:55)	구두발표 (유동층 I) (09:00~11:00)	구두발표 (분리기술 I) (09:00~11:05)	구두발표 (에너지 환경 II) (09:00~11:00)	구두발표 (공업화학) (09:00~10:45)	구두발표 (이동현상 I) (09:00~11:00)	구두발표 (고분자 I) (09:00~11:05)	구두발표 (입자기술) (08:50~11:00)	구두발표 (촉매 및 반응공학 II) (09:00~10:40)	구두발표 (공정시스템 II) (09:00~11:00)		[촉매 및 반응공학] Symposium on Current and Future Catalysis in Asia (09:00~11:00)	구두발표 (생물화공 I) (09:00~10:40)
11:00~11:10	휴 식														
11:10~12:00	[Plenary talk] Carbon-neutrality research strategy of KRICT_이영국(KRICT)(325A+B)														
12:00~13:20	총회(325A+B) 및 간친회(306호) (참석대상: 사전 신청한 총회 참석 정회원)														
13:30~14:20	[Plenary talk] Advances in systems and materials for electrified carbon capture and catalysis_Edward H. Sargent(Northwestern Univ.)(325A+B)														
14:30~17:30	구두발표 (재료 III) (14:30~17:00)	[KRICT] 글로벌 경쟁 속 한국의 석유화학산업의 새로운 대응방안 모색 (14:30~17:00)	[열역학분자모사] 탄소 전환의 혁신: 계산화학을 활용한 Carbon-to-X 기술 심포지엄 (14:30~16:30)	구두발표 (유동층 II) (14:30~17:30)	[분리기술] 미래 화학산업을 위한 고효율 분리기술 심포지엄 (14:30~17:00)	[에너지 환경] 청정수소 생산을 위한 차세대 수전해 기술 현황 및 전략 심포지엄 (14:30~16:50)	[공업화학] 미래 공업화학 기술: Bio & Energy 분야 심포지엄 (14:30~16:40)	구두발표 (이동현상 II) (14:30~16:40)	[고분자] 미래 의료 솔루션을 위한 기능성 고분자 소재 심포지엄 (14:30~17:20)	[입자기술] 차세대 나노입자 기반 바이오 솔루션 심포지엄 (15:00~17:00)	구두발표 (화학안전) (14:30~17:20)	[공정시스템] Symposium on Process Systems Engineering and Self-Driving Lab. (14:30~17:00)	[특별 심포지엄] Chem-Tech-Biz Symposium: 화학산업 위기 극복을 위한 기술혁신 및 산학연 협력 전략 (14:30~17:30)	[촉매 및 반응공학] Symposium on Current and Future Catalysis in Asia (14:30~17:00)	[생물화공] 생물화공 30년의 회고 심포지엄: 수학적 모델링에서 합성생물학까지 (14:30~16:35)
	재료부문위원회		열역학분자모사부문위원회	유동층부문위원회	분리기술부문위원회	에너지환경부문위원회	공업화학부문위원회	이동현상부문위원회	고분자부문위원회	입자기술부문위원회	화학안전부문위원회	공정시스템부문위원회		촉매부문위원회	생물화공부문위원회
17:40~18:00	경품추첨(3층 그랜드볼룸)														
3층 그랜드볼룸	포스터발표 I (09:30~11:00): 공업화학, 분리기술, 에너지 환경, 이동현상														
	홍보전시회														

2025년도 봄 총회 및 학술대회 진행표 2

4월 24일(목): 호텔 인터불고 엑스코 디럭스홀 & 해내다 CC

제41차 CEO 포럼(참석대상: 사전 신청한 CEO 클럽 회원)		
15:30~16:00	등록 및 커피	
16:00~16:05	참석자 소개 및 환영	
16:05~16:10	개회사	김방희(한국화학공학회 CEO클럽 위원장)
16:10~17:10	행복한 부자 인생길	박정윤(영남대학교 교수)
17:10~18:40	만찬교류회	

4월 25일(금): 대구 EXCO

	314	320A	320B	321A	321B	322	323A	323B	324A	324B	325A+B	325C	325D
08:00~17:30	등 록												
09:00~11:00	구두발표 (재료 IV) (09:15~10:45)	구두발표 (열역학 분자모사 II) (09:00~11:00)	[전문대학위원회] 제10회 전문대학 기술교육 운영사례 심포지엄 (09:00~11:00)	구두발표 (분리기술 II) (09:00~11:15)	구두발표 (에너지 환경 III) (09:00~11:00)	[산업위원회 심포지엄] 제3회 반도체산업 기술 교류 심포지엄 (09:00~11:00)	구두발표 (고분자 II) (09:00~10:40)	구두발표 (생물화공 II) (09:00~10:30)	[화학물질안전원/ 화학안전 부문위원회] 화관법 · 화평법 개정, 안전과 규제의 조화 심포지엄 (09:00~11:00)	구두발표 (공정시스템 III) (09:00~10:55)	[산업위원회 심포지엄] Symposium on Aiming New in the Battery Business Domain (09:00~11:00)	구두발표 (촉매 및 반응공학 III) (09:00~10:50)	[산업위원회 심포지엄] 제3회 수소산업위원회 심포지엄 (부제: 수소기술 원천에서 산업으로) (09:00~11:00)
10:00~11:00	산업체 리크루팅 특별 심포지엄(315)												
11:00~11:50	[Plenary talk] Electrification energy solutions in mobility_김창환(현대자동차)(325A+B)												
12:00~13:00	점 심												
13:00~17:00	구두발표 (재료 V) (13:30~15:15)				구두발표 (에너지 환경 IV) (13:00~16:10)		구두발표 (고분자 III) (13:00~14:15)			구두발표 (공정시스템 IV) (13:00~16:50)	[산업위원회 심포지엄] Symposium on Aiming New in the Battery Business Domain (14:00~16:00)	구두발표 (촉매 및 반응공학 IV) (13:00~14:50)	
17:00~17:30	경품 추첨 및 시상식(회명 대학원 연구상 시상)(3층 그랜드볼룸)												
3층 그랜드볼룸	포스터발표 II (09:00~10:30): 고분자, 공정시스템, 열역학분자모사, 유동층, 입자기술, 화학안전												
	포스터발표 III (15:30~17:00): 생물화공, 재료, 촉매 및 반응공학												
	홍보전시회												

부문위원회 시간 안내

4월 24일(목)

고분자부문위원회	323A호	17:20~17:50
공업화학부문위원회	322A호	16:40~17:10
공정시스템부문위원회	324B호	17:00~17:30
분리기술부문위원회	321A	17:00~17:30
생물화공부문위원회	325D호	16:35~17:05
에너지 환경부문위원회	321B	16:50~17:20
열역학분자모사부문위원회	320A호	16:30~18:00
유동층부문위원회	320B호	17:30~18:00
이동현상부문위원회	322B호	16:40~17:10
입자기술부문위원회	323B호	17:00~17:30
재료부문위원회	314호	17:20~17:50
촉매부문위원회	325C호	17:00~17:30
화학안전부문위원회	324A호	17:20~17:50

2025 KIChE Spring Meeting Time Table 1

April 23(Wed): Daegu EXCO

	314	315	320A	320B	321A	321B	322A	322B	323A	323B	324A	324B	325AB	325B	325C	325D
11:00~17:30	Early Bird Registration(Lifetime/Annual MemberA-130,000Won, Annual MemberB-180,000Won(Annual fee(1yr) waived), Student MemberA- 60,000Won, Student MemberB-90,000Won(Annual fee(1yr) waived), Nonmember: 160,000Won) Onsite Registration(Lifetime/Annual MemberA-150,000Won, Annual MemberB-200,000Won(Annual fee(1yr) waived), Student MemberA- 70,000Won, Student MemberB-100,000Won(Annual fee(1yr) waived), Nonmember: 180,000Won)															
	Registration															
13:00~18:00						Oral Presentation (Energy and Environment I) (13:00~18:00)	Oral Presentation (Materials I) (13:00~16:10)		**[Tutorial 1]** Multiscale Simulation and Modeling in Chemical Industry : From Quantum Realms to Continuum Worlds (13:00~17:00)	**[Tutorial 2]** Synthesis, Characterization and Application of Advanced Nanoparticles (15:00~18:00)	**[Tutorial 3]** Analytical Techniques Using X-ray Sources (13:30~17:30)	Oral Presentation (Process Systems Engineering I) (13:00~18:00)	**[KGS]** Safety Verification and Development of Safety Technology for Combustion Performance of Residential/ Industrial Combustors and Gas Equipment (13:50~17:10)	**[Global C2H Research Center]** Global C2H Workshop: Turning CO_2 Challenges into Hydrogen Opportunities (13:00~17:45)	Oral Presentation (Catalysis and Reaction Engineering I) (13:00~17:50)	

April 23(Wed): Hotel Inter-Burgo EXCO

15:30~16:30	Chair Meeting of Operational Committees/Regional Sections/Divisions
16:00~18:00	Councilor Registration
16:00~18:00	Young Researcher Workshop
17:00~18:00	Councilor Meeting
18:00~20:00	Councilor Dinner

April 24(Thu): Daegu EXCO

	314	315	320A	320B	321A	321B	322A	322B	323A	323B	324A	324B	325A+B	325C	325D
08:00~18:00	Registration														
09:00~11:00	Oral Presentation (Materials II) (09:00~10:40)	**[Women's Initiatives Committee]** Career Selection and Management Know-how for Chemical Engineers (09:00~11:00)	Oral Presentation (Thermodynamics and Molecular Simulation I) (09:00~10:55)	Oral Presentation (Fluidization I) (09:00~11:00)	Oral Presentation (Separation Technology I) (09:00~11:05)	Oral Presentation (Energy and Environment III) (09:00~11:00)	Oral Presentation (Industrial Chemistry) (09:00~10:45)	Oral Presentation (Transport Phenomena I) (09:00~11:00)	Oral Presentation (Polymer I) (09:00~11:05)	Oral Presentation (Particle Technology) (08:50~11:00)	Oral Presentation (Catalysis and Reaction Engineering II) (09:00~10:40)	Oral Presentation (Process Systems Engineering II) (09:00~11:00)		**[Catalysis and Reaction Engineering]** Symposium on Current and Future Catalysis in Asia (09:00~11:00)	Oral Presentation (Biochemical Engineering I) (09:00~10:40)
11:00~11:10	Coffee break														
11:10~12:00	**[Plenary talk] Carbon-neutrality research strategy of KRICT_Young Kuk Lee(KRICT)(325A+B)**														
12:00~13:20	**General Assembly(325A+B)**														
13:30~14:20	**[Plenary talk]Advances in systems and materials for electrified carbon capture and catalysis_Edward H. Sargent(Northwestern Univ.)(325A+B)**														
14:30~17:30	Oral Presentation (Materials III) (14:30~17:00)	**[KRICT]** Exploring New Strategies for the Petrochemical Industry in South Korea (14:30~17:00)	**[Thermodynamics and Molecular Simulation]** Symposium on Advancing Carbon Transformation : Computational Chemistry in Carbon-to-X Technologies (14:30~16:30)	Oral Presentation (Fluidization II) (14:30~17:30)	**[Separation Technology]** Symposium on High-Efficiency Separation Technologies for Future Chemical Industry (14:30~17:00)	**[Energy and Environment]** Symposium on the Status and Strategies of Next-Generation Water Electrolysis for Clean Hydrogen Production (14:30~16:50)	**[Industrial Chemistry]** Future Industrial Chemistry Symposium on Bio & Energy Technogloies (14:30~16:40)	Oral Presentation (Transport Phenomena II) (14:30~16:40)	**[Polymer]** Symposium on Functional Polymers for Healthcare Applications : From Design to Clinical Use (14:30~17:20)	**[Particle Technology]** Symposium on Next-Generation Nanoparticle-Based Bio Solutions (15:00~17:00)	Oral Presentation (Chemical Safety) (14:30~17:20)	**[Process Systems Engineering]** Symposium on Process Systems Engineering and Self-Driving Lab. (14:30~17:00)	**[Special Symposium]** Chem-Tech-Biz Symposium: Technology Innovation and Industry-Academia-Research Collaboration Strategy to Overcome Chemical Industry Crisis (14:30~17:30)	**[Catalysis and Reaction Engineering]** Symposium on Current and Future Catalysis in Asia (14:30~17:00)	**[Biochemical Engineering]** Reflecting on 30 Years of Biochemical Engineering : From Mathematical Modeling to Synthetic Biology (14:30~16:35)
	Materials		Thermodynamics and Molecular Simulation	Fluidization	Separation Technology	Energy and Environment	Industrial Chemistry	Transport Phenomena	Polymer	Particle Technology	Chemical Safety	Process Systems Engineering		Catalysis and Reaction Engineering	Biochemical Engineering
17:40~18:00	**Raffle Prize Giveaway(3F Grand Ballroom)**														
3F Grand Ballroom	**Poster Posting I (09:30~11:00): Industrial Chemistry, Separation Technology, Energy and Environment, Transport Phenomena**														
	Promotion & Exhibition(09:00~17:40)														

2025 KIChE Spring Meeting Time Table 2

April 24(Thu): Hotel Inter-Burgo EXCO & Haenaeda CC

The 41th CEO Forum(Attendees: CEO Club Members)	
15:30~16:00	**Registration**
16:00~16:05	**Introduction and welcome**
16:05~16:10	**Opening address**
16:10~17:10	**The Road to Prosperity and Happiness**
17:10~18:40	**Banquet**

April 25(Fri): Daegu EXCO

	314	320A	320B	321A	321B	322A	323A	323B	324A	324B	325A+B	325C	325D
08:00~17:30	Registration												
09:00~11:00	Oral Presentation (Materials IV) (09:15~10:45)	Oral Presentation (Thermodynamics and Molecular Simulation II) (09:00~11:00)	**[College Support Committee]** 10th Symposium on Technical Education for University College (09:00~11:00)	Oral Presentation (Separation Technology II) (09:00~11:15)	Oral Presentation (Energy and Environment III) (09:00~11:00)	**[Industry Division Symposium]** 3rd Symposium on Chemical Engineering-based Semiconductor Technology (09:00~11:00)	Oral Presentation (Polymer II) (09:00~10:40)	Oral Presentation (Biochemical Engineering II) (09:00~10:30)	**[NICS/ Chemical Safety]** Amendment of the Chemical Substances Control Act and the Act on Registration and Evaluation of chemicals; Harmonization of Safety and Regulation (09:00~11:00)	Oral Presentation (Process Systems Engineering III) (09:00~10:55)	**[Industry Division Symposium]** Symposium on Aiming New in the Battery Business Domain (09:00~11:00)	Oral Presentation (Catalysis and Reaction Engineering III) (09:00~10:50)	**[Industry Division Symposium]** 3rd Hydrogen Industry Committee Symposium (Subtitle: From Hydrogen Technology Fundamentals to Industrial Applications) (09:00~11:00)
10:00~11:00	**Special Symposium on Industry Recruiting (315)**												
11:00~11:50	**[Plenary talk] Electrification energy solutions in mobility_Changhwan Kim(Hyundai Motor Company)(325A+B)**												
12:00~13:00	**Lunch**												
13:00~17:00	Oral Presentation (Materials V) (13:30~15:15)				Oral Presentation (Energy and Environment IV) (13:00~16:10)		Oral Presentation (Polymer III) (13:00~14:15)			Oral Presentation (Process Systems Engineering IV) (13:00~16:50)	**[Industry Division Symposium]** Symposium on Aiming New in the Battery Business Domain (14:00~16:00)	Oral Presentation (Catalysis and Reaction Engineering IV) (13:00~14:50)	
17:00~17:30	**Free Gift by Lot and Awards(3F Grand Ballroom)** **Awards Ceremony: Hoi Myung Graduate Award**												
3F Grand Ballroom	**Poster Posting II (09:30~11:00): Polymer, Process Systems Engineering, Thermodynamics and Molecular Simulation, Fluidization, Particle Technology, Chemical Safety**												
	Poster Posting III (15:30~17:00): Biochemical Engineering, Materials, Catalysis and Reaction Engineering												
	Promotion & Exhibition(09:00~17:00)												

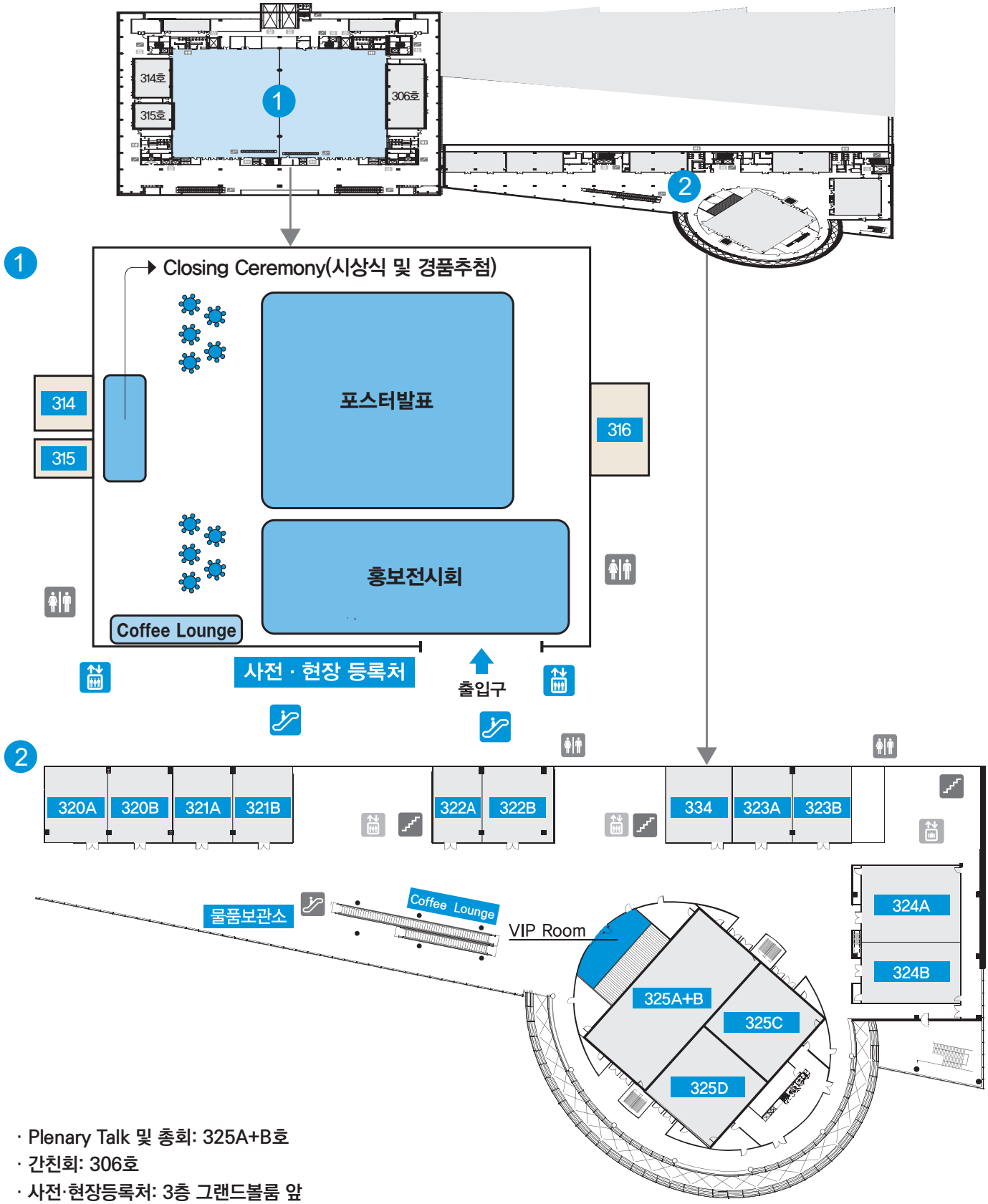
Division General Meeting Time Schedule

April 24(Thu)

Division of Polymer	Room 323A	17:20~17:50
Division of Industrial Chemistry	Room 322A	16:40~17:10
Division of Process Systems Engineering	Room 324B	17:00~17:30
Division of Separation Technology	Room 321A	17:00~17:30
Division of Biochemical Engineering	Room 325D	16:35~17:05
Division of Energy and Environment	Room 321B	16:50~17:20
Division of Thermodynamics and Molecular Simulation	Room 320A	16:30~18:00
Division of Fluidization	Room 320B	17:30~18:00
Division of Transport Phenomena	Room 322B	16:40~17:10
Division of Particle Technology	Room 323B	17:00~17:30
Division of Materials	Room 314	17:20~17:50
Division of Catalysis and Reaction Engineering	Room 325C	17:00~17:30
Division of Chemical Safety	Room 324A	17:20~17:50

※ The registraion fee does not include lunch and accommodation.

대구 EXCO 발표장 안내



· Plenary Talk 및 총회: 325A+B호
· 간친회: 306호
· 사전·현장등록처: 3층 그랜드볼룸 앞
· 심포지엄 및 구두발표: 314~315, 320~325호
· 포스터발표, Coffee Lounge, 경품추첨 및 시상식, 홍보전시회: 3층 그랜드볼룸
※ EXCO 내 무선인터넷 사용 가능

평의원회

호텔 인터불고 엑스코 '크리스탈 볼룸' 2025년 4월 23일(수), 16:30~20:00

사회: 이기봉, 한국화학공학회 총무이사

16:30 **평 의 원 등 록**

17:00 평의원회 전 세미나

– 화학공학 산업기술의 글로벌 시장 전략 안동준, 고려대학교 교수

17:20 **평 의 원 회**

1. 보 고 사 항

(1) 주요회무 및 사업계획, 업무보고

2. 심 의 사 항

(1) 2024년도 결산(안)

3. 감사보고서(의견서 포함)

4. 학회상 시상

– 영문지 논문상, 영문지 공로상, 이동현상 신진연구자상

18:30 **만찬 및 신진연구자 소개**

신진연구자 워크숍

호텔 인터불고 엑스코 지하1층 디럭스 홀 2025년 4월 23일(수), 15:50~18:00

사회: 구보람, 한국화학공학회 학술이사

15:50 등록

16:00 참석자 소개

16:15 인사말 김방희, 한국화학공학회 회장

학회소개 김종학, 한국화학공학회 총무이사

16:30 영문지 소개 권용재, 한국화학공학회 영문지 편집장

16:45 한국연구재단 한계도전 R&D사업소개 최원춘, 한국연구재단 한계도전전략센터 책임PM

17:00 화학공학 산업기술의 글로벌 시장 전략 안동준, 고려대학교 교수

17:25 한국연구재단 지원사업 소개 이종휘, 한국연구재단 화공CRB/중앙대학교 교수

17:45 한국도레이과학진흥재단 사업 소개 김지현, 도레이과학재단 선임

18:00 평의원회 만찬

발 표 코 드

심포지엄 / 구두 발표 코드

심/O 고분 목 - 1
| | | |
발표종류 발표분야 발표요일 발표순서

포스터 발표 코드

P 공업 금 - 1
| | | |
발표종류 발표분야 발표요일 발표순서

[발표종류별 코드]
심 = 심포지엄 O = 구두 발표 P = 포스터 발표

[발표분야별 코드]
Symposiums
Chem-Tech-Biz Symposium: 화학산업 위기 극복을 위한 기술혁신 및 산학연 협력 전략-심(CTB)
[Global C2H Research Center] Global C2H Workshop: Turning CO_2 Challenges into Hydrogen Opportunities-심(C2H)
[KGS] 주택용/산업용 연소기 · 가스기기 연소성능 안전성 검증 및 안전기술 개발 심포지엄-심(KGS)
[KRICT] 글로벌 경쟁 속 한국 석유화학산업의 새로운 대응방안 모색-심(화연)
[NICS/화학공정안전] 화관법 · 화평법 개정, 안전과 규제의 조화 심포지엄-심(안전)

Division Symposiums
[고분자] 미래 의료 솔루션을 위한 기능성 고분자 소재 심포지엄-심(고분)
[공업화학] 미래 공업화학 기술: Bio & Energy 분야 심포지엄-심(공업)
[공정시스템] Symposium on Process Systems Engineering and Self-Driving Lab.-심(공정)
[분리기술] 미래 화학산업을 위한 고효율 분리기술 심포지엄-심(분리)
[생물화공] 생물화공 30년의 회고 심포지엄: 수학적 모델링에서 합성생물학까지-심(생물)
[에너지 환경] 청정수소 생산을 위한 차세대 수전해 기술 현황 및 전략 심포지엄-심(에환)
[열역학분자모사] 탄소 전환의 혁신: 계산화학을 활용한 Carbon-to-X 기술 심포지엄-심(열역)
[입자기술] 차세대 나노입자 기반 바이오 솔루션 심포지엄-심(입자)
[촉매] Symposium on Current and Future Catalysis in Asia-심(재료)

Industry Division Symposiums
[반도체 산업위원회] 제3회 반도체산업 기술교류 심포지엄-심(반도체)
[배터리 산업위원회] Symposium on Aiming New in the Battery Business Domain-심(배터리)
[수소 산업위원회] 제3회 수소산업위원회 심포지엄(부제: 수소기술 원천에서 산업으로)-심(수소)

General Symposiums & Events
제10회 전문대학 기술교육 운영사례 심포지엄-심(전문)

화학공학일반 부문위원회별 발표

고분자 = 고분	공업화학 = 공업	공정시스템 = 공정
분리기술 = 분리	생물화공 = 생물	에너지 환경 = 에환
열역학분자모사 = 열역	유동층 = 유동	이동현상 = 이동
입자기술 = 입자	재료 = 재료	촉매 및 반응공학 = 촉매
화학안전 = 안전		

<협조 사항>

■ 발표자의 동의없이 포스터 및 구두 발표장의 촬영을 금지합니다.

■ 구두 발표자
- 구두 발표자는 발표자료를 파워포인트 파일로 작성하시어 USB에 저장해 오시기 바랍니다.
- 발표세션 시작전 미리 발표장에 준비된 노트북에 발표자료를 저장하여 발표가 원활하게 진행되도록 준비하여 주시기 바랍니다.(개인 노트북 사용 불가)

■ 포스터 발표자
- 포스터 보드에 발표자료를 붙일 수 있는 크기는 약 가로 95cm×세로 120cm입니다(보드 전체 사이즈 100cm×200cm)
- 모든 Poster는 부착시간에 지정된 Board에 부착하여야 하며, 포스터 제거 시간에 발표자가 철거해야 합니다.
- 포스터는 포스터 보드에 붙어있는 테이프를 사용하여 부착해주시기 바랍니다. 포스터 철거시에 테이프도 같이 철거하여 주시기 바랍니다.
- 발표자는 포스터 부착 시간에 맞춰 자료를 게시하여 주시고, 포스터 발표 시작 시간부터 40분 동안 반드시 포스터 앞에 있어야 합니다. 이를 지키지 않을 경우 no show 처리됩니다. 우수 포스터 발표상 수상 후보자는 이와 관계없이 심사위원이 심사할 동안에는 계속 포스터 앞에 있어야 합니다.
- 포스터 제거 시간에 수거되지 않은 포스터는 사무국에서 보관하지 않습니다.

Chem-Tech-Biz Symposium: 화학산업 위기 극복을 위한 기술혁신 및 산학연 협력 전략

(Technology Innovation and Industry–Academia–Research Collaboration Strategy to Overcome Chemical Industry Crisis)

주 관: 산학연관 협력위원회

대구 EXCO 325A+B | 2025년 4월 24일(목), 14:30~17:30

Chair: 원왕연, 고려대학교 (Wangyun Won, Korea Univ.)

14:30 심(CTB)목-1	[Keynote Lecture] 석유화학 산업의 미래 변화 방향성 *(Reshaping petchem industry)*	김지훈, 보스턴컨설팅그룹 *(Jihoon Kim, Boston consulting group)*
15:00 심(CTB)목-2	[Keynote Lecture] 에틸렌 제조 산업의 경쟁력 제고 방안 모색 *(Exploring ways to improve the competitiveness of Korea's ethylene manufacturing industry)*	박남수, KBR 한국지사 *(Nam Soo Park, KBR Korea)*
15:30 심(CTB)목-3	[Keynote Lecture] 화학산업 발전을 위한 한국산업기술기획평가원의 R&D 기획 *(R&D planning of KEIT for the development of chemical industry)*	송인협, 한국산업기술기획평가원/ 한국화학연구원 *(In-Hyoup Song, KEIT/KRICT)*
16:00 심(CTB)목-4	[Keynote Lecture] 화학산업의 위기극복을 위한 R&D 전략 *(R&D strategies for overcoming the crisis in the chemical industry)*	조동현, LG화학 *(Cho Dong Hyun, LG Chemical)*
16:30 심(CTB)목-5	[Keynote Lecture] 정유/석유화학 산업의 위기 및 대응 전략 *(Crisis and mitigation strategies in the refining and petrochemical industry)*	박덕수, SK가스 *(Deuk Soo Park, SK Gas)*
17:00	패널 토의 *(Panel discussion)*	

Keynote Lecture Speaker

김지훈, 보스턴컨설팅그룹
Jihoon Kim, Boston consulting group
2002 서울대 화학공학 B.S
2007 Univ. of Michigan 화학공학 박사
현 재 BCG, Managing Director & Senior Partner

박남수, KBR 한국지사
Nam Soo Park, KBR Korea
1992 서울대 화학공학 석사
1997 SK innovation(울산연구소)
2012 AspenTech 한국지사
현 재 KBR 한국지사 대표

송인협, 한국산업기술기획평가원/ 한국화학연구원
In-Hyoup Song, KEIT/KRICT
2004 서울대 화학생물공학 박사
2021 KRICT 공정연구센터 센터장
현 재 KEIT 화학공정 PD

조동현, LG화학
Cho Dong Hyun, LG Chemical
1999 POSTECH 화학공학 박사
2019 LG화학 신사업개발 담당
2020 LG화학 촉매사업 담당
현 재 LG화학 석유화학연구소장

박덕수, SK가스
Deuk Soo Park, SK Gas
1986 중앙대 화학공학 석사
2020 SK가스 연구소장
현 재 SK가스 연구소 Master

Organizer

김철진, SK어드밴스드
Chul Jin Kim, SK Advanced
1990 서울대 화학공학 석사
2000 ㈜SK 사장실 과장
현 재 SK어드밴스드 대표

김희연, 한국에너지기술연구원
Heeyeon Kim, KIER
2003 서울대 화학공학 박사
1996 KRICT 연구원
1998 KAERI 연구원
현 재 KIER 수소에너지연구본부 책임연구원, UST 에너지공학과(수소에너지공학) 전임교수

Chair

원왕연 교수, 고려대학교
Wangyun Won, Korea Univ.
2012 서강대 화공생명공학 박사
2015 GS건설 선임연구원
현 재 고려대 화공생명공학과 부교수

Global C2H Workshop: Turning CO_2 Challenges into Hydrogen Opportunities

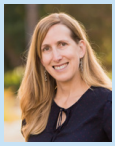
Host: Global C2H Research Center

대구 EXCO 325B | 2025. 4. 23(Wed), 13:00~17:45

Chair: Jaeyune Ryu, Seoul Nat'l Univ.
Byoung-Hoon Lee, Korea Univ.

13:00 심(C2H)수-1	Enabling sustainable chemical manufacturing with plasmon catalysis, optimized from the atomic to the reactor scale	Jennifer A. Dionne, Stanford Univ.
13:25 심(C2H)수-2	Single-atom and high-entropy materials for (photo)electrochemical water splitting	Ho Won Jang, Seoul Nat'l Univ.
13:50 심(C2H)수-3	Critical materials and systems R&D issues in a world of growing electricity demand	Edward Hartley Sargent, Northwestern Univ.
14:15 심(C2H)수-4	Ammonia as a sustainable H_2carrier: Catalyst design for NH_3 dehydrogenation	Chang Won Yoon, POSTECH
14:40 심(C2H)수-5	Mapping structure, chemistry and properties of single nanocrystals	Sungsoo Kang, Univ. of Chicago
15:05	Coffee break	
15:15 심(C2H)수-6	Controlling nanoscale galvanic replacement reactions using interfacial polarization	Jaeyune Ryu, Seoul Nat'l Univ.
15:40 심(C2H)수-7	Understanding interfaces for the electrochemical conversion of CO_2	Thomas F. Jaramillo, Stanford Univ.
16:05 심(C2H)수-8	Atomic-level strategies for electrosynthesis of CO_2-free chemicals	Byoung-Hoon Lee, Korea Univ.
16:30 심(C2H)수-9	Understanding and engineering catalytic materials using nanocrystal precursors	Jinwon Oh, Stanford Univ.
16:55 심(C2H)수-10	Sustainable electrochemical separation technologies: carbon dioxide removal from the oceanwater and lithium extraction from the brine	Hwajoo Joo, MIT
17:20 심(C2H)수-11	In situ TEM for strategic catalyst development	Jungwon Park, Seoul Nat'l Univ.

Invited Speaker



Jennifer A. Dionne, Stanford Univ.

2009	PhD, Applied Physics, California Inst. of Tech.
2010	Postdoc, Univ. California, Berkeley
Present	Prof., Mater. Sci. Eng., Stanford Univ.

Ho Won Jang, Seoul Nat'l Univ.

2004	PhD, Mater. Sci. Eng., POSTECH
2009	Senior Researcher, KIST
Present	Prof., Mater. Sci. Eng. Seoul Nat'l Univ.

Edward Hartley Sargent, Northwestern Univ.

1995	BSc, Eng. Physics., Queen's Univ.
1998	PhD, Electric. Com. Eng., Univ. of Toronto
Present	Prof., Chem., Northwestern Univ.

Chang Won Yoon, POSTECH

2008	PhD, Chem., Univ. of Pennsylvania
2010	Postdoc, Univ. of California, Berkeley
Present	Prof., Chem. Eng., POSTECH

Sungsoo Kang, Univ. of Chicago

2018	BS, Chem. Biology. Eng., Seoul Nat'l Univ.
2024	Ph.D. Chem. Biology. Eng., Seoul Nat'l Univ.
Present	Postdoc, Chem., Univ. of Chicago

Thomas F. Jaramillo, Stanford Univ.

1998	BS, Chem. Eng., Stanford Univ.
2004	PhD, Chem. Eng., Univ. of California, Santa Barbara
Present	Prof., Chem. Eng., Stanford Univ.

Jinwon Oh, Stanford Univ.

2019	MS, Mater. Sci. Eng., KAIST
2017	BS, Mater. Sci. Eng., Korea Univ.
Present	PhD Candidate, Mater. Sci. Eng., Stanford Univ.

Hwajoo Joo, MIT

2016	BS, Chem. Biology. Eng., Seoul Nat'l Univ.
2023	PhD, Chem. Biology. Eng., Seoul Nat'l Univ.
Present	Postdoc, Chem. Eng., MIT

Chair/Invited Speaker

Jaeyune Ryu, Seoul Nat'l Univ.

2021	PhD, Chem., MIT
2023	Postdoc, Chem. and Chem. Biology, Harvard Univ.
Present	Prof., Chem. Biology. Eng., Seoul Nat'l Univ.

Byoung-Hoon Lee, Korea Univ.

2019	PhD, Chem. Biology Eng., Seoul Nat'l Univ.
2023	Postdoc, Univ. of Toronto
Present	Prof. Integrative Energy Eng., Korea Univ.

Organizer/Invited Speaker

Jungwon Park, Seoul Nat'l Univ.

2012	PhD, Chem., Univ. of California, Berkeley
2016	Postdoc, Eng. Applied Science, Harvard Univ.
Present	Prof., Chem. Biology Eng., Seoul Nat'l Univ.

주택용/산업용 연소기·가스기기 연소성능 안전성 검증 및 안전기술 개발 심포지엄

(Safety Verification and Development of Safety Technology for Combustion Performance of Residential/Industrial Combustors and Gas Equipment)

주 관: 한국가스안전공사 가스안전연구원
후 원: 산업통상자원부, 한국에너지기술평가원

대구 EXCO 325A | 2025년 4월 23일(수), 13:50~17:10

Chair: 방효중, 한국가스안전공사 (Hyo Jung Bang, KGS)
오정석, 한국가스안전공사 (Jeong-Seok Oh, KGS)

13:50 심(KGS)수-1	수소 연소기 해외 가이드라인 고찰 *(Review of overseas guidelines for hydrogen combustors)*	신현국, 한국가스안전공사 *(Hyun Gook Shin, KGS)*
14:10 심(KGS)수-2	천연가스 배관망 수소 혼입 시, 가스 보일러 안전성 검증 *(Verification of safety for gas boilers with hydrogen blending in city gas pipeline network)*	임재범, 경동나비엔 *(Jae Beom Lim, KD Navien)*
14:30 심(KGS)수-3	가정용/상업용(중형) 가스 보일러에 수소혼입 시 연소성능 및 안전성 분석 연구 *(Study on combustion performance and safety analysis when hydrogen is mixed in a domestic/commercial gas boiler)*	이성희, 귀뚜라미 *(Seong Hee Lee, KITURAMI)*
14:50 심(KGS)수-4	한국형 NG-H_2 혼소가스의 연소속도 및 화염안정지수에 관한 연구 *(The study on the flame speed and stability indexes of Korean NG-H_2)*	박태준, 인하대학교 *(Tae Joon Park, Inha Univ.)*
15:30 심(KGS)수-5	수소 혼입 연료의 연소조건에 따른 열량민감기기 수치해석 *(Simulation of heat-sensitive equipments according to combustion conditions of hydrogen-blended fuels)*	조정민, 서울과학기술대학교 *(Jung Min Cho, SeoulTech)*
15:50 심(KGS)수-6	노즐 크기와 당량비에 따라 수소 혼입율이 화염 신장에 미치는 영향 *(Effect of hydrogen mixing ratio on flame stretch depending on nozzle size and equivalence ratio)*	손병우, 서울과학기술대학교 *(Byeong Woo Son, SeoulTech)*
16:10 심(KGS)수-7	수소-액화천연가스 혼합 조건에서 기존 가스 의류건조기의 성능 및 배기가스 배출 특성 분석 *(Investigation on performance and emission characteristics of an existing gas clothes dryer under conditions with hydrogen blending in LNG)*	송기종, 한국에너지기기산업진흥회 *(Ki Jong Song, KEAA)*
16:30 심(KGS)수-8	수소 혼입에 따른 이론공연비 천연가스 엔진의 성능 변화 *(Changes in performance of the stoichiometric natural gas engine with hydrogen addition)*	김창기, 한국기계연구원 *(Chang Gi Kim, KIMM)*
16:50 심(KGS)수-9	[Keynote Lecture] 도시가스 수소혼입에 따른 연소기기 성능변화 연구 *(Research on the performance changes of combustion appliances with hydrogen blending in city gas)*	조영광, 한국가스안전공사 *(Yeong Gwang Jo, KGS)*

Keynote Speaker

임재범, 경동나비엔
Jae Beom Lim, KD Navien
2007 한양대 기계공학 석사
2015 LG전자 HA연구소 선임연구원
현 재 경동나비엔 기술연구소 TA개발팀 팀장

이성희, 귀뚜라미
Seong Hee Lee, KITURAMI
2018 국민대 기계공학 석사
현 재 귀뚜라미 냉난방기술연구소 주임연구원

박태준, 인하대학교
Tae Joon Park, Inha University
2019 인하대 기계공학 박사수료
2024 인하대 기계기술공동연구소 전임연구원
현 재 인하대 기계공학 박사과정

조정민, 서울과학기술대학교
Jung Min Cho, SeoulTech
2019 서울과기대 기계공학 박사수료
현 재 서울과기대 기계공학 박사과정

손병우, 서울과학기술대학교
Byeong Woo Son, SeoulTech
2019 서울과기대 기계공학 석사
현 재 서울과기대 미래에너지융합학 박사과정

송기종, 한국에너지기기산업진흥회
Ki Jong Song, KEAA
2014 인천대 기계공학 석사
현 재 KEAA 책임연구원

김창기, 한국기계연구원
Chang Gi Kim, KIMM
1999 KAIST 기계공학 박사
2022 가스기술기준위원회 분과위원장
현 재 KIMM 친환경에너지연구본부 연구위원

Organizer/Keynote Lecture Speaker

조영광, 한국가스안전공사
Yeong Gwang Jo, KGS
2024 한국공학대 생명화학공학 박사
현 재 KGS 책임연구원

Organizer/Speaker

신현국, 한국가스안전공사
Hyun Gook Shin, KGS
2022 부산대 기계공학 석사
2022 영도산업 선임연구원
현 재 KGS 책임연구원

Chair

방효중, 한국가스안전공사
Hyo Jung Bang, KGS
2022 고려대 기계공학 박사
2023 충청북도 에너지/녹색성장 위원회 위원
현 재 KGS 안전연구실장

오정석, 한국가스안전공사
Jeong Seok Oh, KGS
2005 숭실대 전산학 박사
현 재 산업부 혁신사업단 에너지/환경분야 위원,
KGS 수석연구원

글로벌 경쟁 속 한국 석유화학산업의 새로운 대응방안 모색

(Exploring New Strategies for the Petrochemical Industry in South Korea)

공동주관: 한국화학연구원/한국화학산업협회

대구 EXCO 315 | 2025년 4월 24일(목), 14:30~17:00

Chair 정지준, 한국화학연구원 (Jijoon Jung , KRICT)

14:30	귀빈소개 *(Introduction)*	정지준, 한국화학연구원 *(Jijoon Jung, KRICT)*
14:35	개회사 *(Opening remarks)*	최영민, 한국화학연구원 *(Youngmin Choi, KRICT)*
14:40	환영사 *(Welcome remarks)*	엄찬왕, 한국화학산업협회 *(ChanWang Eom, KCIA)*
14:45	축 사 *(Congratulatory address)*	정민하, 한국산업기술기획평가원 *(Minha Jung, KEIT)*
14:50	사진촬영 *(Photo session)*	
14:55	한국 석유화학산업의 현황과 기업이 직면한 과제 *(Current status and challenges of petrochemical industry in South Korea)*	박장현, 한국화학산업협회 *(JangHyun Park, KCIA)*
15:15	글로벌 탄소국경조정제도 동향과 대응(EU를 중심으로) *(Trends and countermeasures to the global carbon border adjustment mechanism(CBAM))*	김병삼, 한국딜로이트그룹 *(Byung Sam Kim, Deloitte)*
15:30	석유화학산업의 지속가능한 미래: 차세대 CCU 기술 *(Sustainability of the petrochemical industry: next-generation CCU technologies)*	황영규, 한국화학연구원 *(Young Kyu Hwang, KRICT)*
15:45	AI가 만드는 석유화학의 스마트 혁명 *(AI-driven smart transformation of the petrochemical sector)*	서동화, 한국과학기술원 *(Dong-Hwa Seo, KAIST)*
16:00	휴 식 *(Break)*	
16:10	패널 토의 *(Panel discussion)*	송인협, 한국산업기술기획평가원 *(In-Hyoup Song, KEIT)*

Speaker/Panel

김병삼, 한국딜로이트그룹
Byung Sam Kim, Deloitte
2011 고려대 경영대학원 경영학 석사
2023 한국능률협회컨설팅 에너지환경/글로벌사업 본부장
현 재 딜로이트 안진회계법인 A&A본부 ESG그룹 파트너

황영규, 한국화학연구원
Young Kyu Hwang, KRICT
2003 성균관대 화학 박사
2024 탄소중립녹색성장위원회 민간위원
현 재 KRICT 그린탄소연구센터장

서동화, 한국과학기술원
Dong-Hwa Seo, KAIST
2011 KAIST 신소재공학 박사
2017 삼성 미국 연구소 연구원
현 재 KAIST 신소재공학부 부교수

Discussion Chair

송인협, 한국산업기술기획평가원
In-Hyoup Song, KEIT
2004 서울대 화학공학 박사
2025 KRICT 책임연구원
현 재 KEIT 화학공정PD

Panel

임병구, Lummus Technology
Benjamin Yim, Lummus Technology
2002 연세대 경영학 석사
2018 GS건설 플랜트 해외영업팀 부장
현 재 Lummus Technology 한국 대표

최영헌, 롯데케미칼
Youngheon Choi, Lotte Chemical
2001 서울대 화학공학 박사
2017 롯데케미칼 연구소 수석연구원
현 재 롯데케미칼 미래기술센터 센터장 상무

Organizer

황동원, 한국화학연구원
Dong Won Hwang, KRICT
2003 POSTECH 화학공학 박사
2009 삼성전자 반도체사업부 책임연구원
현 재 KRICT 화학공정연구본부장

Organizer/Chair

정지준, 한국화학연구원
Jijoon Jung , KRICT
2019 KAIST 기술경영 공학석사
2024 KRICT 전략기술정책센터 선임연구원
현 재 KRICT 전략기술정책센터장

Organizer/Speaker/Panel

박장현, 한국화학산업협회
JangHyun Park, KCIA
2018 방송통신대 MBA(국제무역)
2024 한국석유화학협회 산업전략실장
현 재 한국화학산업협회 정책연구본부장

화관법·화평법 개정, 안전과 규제의 조화 심포지엄

(Amendment of the Chemical Substances Control Act and the Act on Registration and Evaluation of chemicals; Harmonization of Safety and Regulation)

공동주관: 화학물질안전원, 화학안전부문위원회

대구 EXCO 324A | 2025년 4월 25일(금), 09:00~11:00

Chair: 윤준헌, 화학물질안전원 (Junheon Yoon, NICS)

09:00 심(안전)금-1	[Keynote Lecture] 공론장을 통한 규제와 기술의 화해 *(Harmonization of regulations and technology through public space)*	김신범, 노동환경건강연구소 *(Shinbum Kim, Wonjin Inst. for Occupational & Environmental Health)*
09:40 심(안전)금-2	'유해성미확인물질'의 확인과 안전한 취급 *(How to handle chemicals with unclassified hazards)*	강미진, 리켐프로㈜ *(Meejin Kang, RiChemPro Inc.)*
10:00 심(안전)금-3	유해성을 고려한 위험비례형 취급시설 기준 연구 *(Studies on risk-propotional regulations concerning hazards for hazardous chemicals handling facility)*	김종우, 화학물질안전원 *(Jongwoo Kim, NICS)*
10:20 심(안전)금-4	유해화학물질 규정수량 기준에 관한 연구 *(The study of qualifying quantity on Hazardous chemical substance)*	이지호, 화학물질안전원 *(Ji-Ho Lee, NICS)*
10:40 심(안전)금-5	배출량관리제도 발전 전략 *(Strategy for the PRTR and emission reduction plan)*	이진선, 화학물질안전원 *(Jin Seon Lee, NICS)*

Keynote Lecture Speaker

김신범, 노동환경건강연구소
Shinbum Kim, Wonjin Inst. for Occupational & Environmental Health
1999 서울대 보건대학원 석사
2016 가습기살균제 국회특별조사위원회 전문가위원
현 재 노동환경건강연구소 부소장

이지호, 화학물질안전원
Ji-Ho Lee, NICS
2010 GIST 환경공학 박사
2021 NICS 사고대응총괄과 연구관
현 재 NICS 화학안전제도개선TF팀 연구관

Invited Speaker

강미진, 리켐프로㈜
Meejin Kang, RiChemPro Inc.
2009 서울과기대 에너지안전공학 박사
2024 환경부 금강유역환경청 화학안전관리단장
현 재 리켐프로㈜ 이사

이진선, 화학물질안전원
Jin Seon Lee, NICS
2012 인하대 공학석사
2018 NICS 공업연구사
현 재 NICS 사무관

김종우, 화학물질안전원
Jongwoo Kim, NICS
2012 서강대 화학 박사
2019 삼성디스플레이 PL
현 재 NICS 공업연구관

Organizer

윤 이, 화학물질안전원
Yi Yoon, NICS
2018 인제대 이학박사
2014 NICS 연구관
현 재 NICS 화학안전제도 개선TF 과장

Chair

윤준헌, 화학물질안전원
Junheon Yoon, NICS
2004 고려대 농화학 박사
2013 국립환경과학원 화학물질안전관리센터 센터장
현 재 NICS 사고예방심사1과장

미래 의료 솔루션을 위한 기능성 고분자 소재 심포지엄

(Symposium on Functional Polymers for Healthcare Applications: From Design to Clinical Use)

주 관: 고분자부문위원회

대구 EXCO 323A | 2025년 4월 24일(목), 14:30~17:20

Chair: 안효성, 전남대학교 (Hyosung An, Chonnam Nat'l Univ.)
송슬기, 충남대학교 (Seulki Song, Chungnam Nat'l Univ.)

14:30 심(고분)목-1	[Keynote Lecture] 글리콜 키토산 써모젤의 맞춤형 설계와 바이오메디컬 응용 *(Glycol chitosan thermogels for innovative biomedical applications)*	허강무, 충남대학교 *(Kang Moo Huh, Chungnam Nat'l Univ.)*
15:00 심(고분)목-2	[Keynote Lecture] 다차원 하이드로젤을 이용한 의공학적 응용 *(Multi-scale hydrogel for biomedical application)*	고원건, 연세대학교 *(Won-Gun Goh, Yonsei Univ.)*
15:30 심(고분)목-3	[Keynote Lecture] 하이드로젤 기반 오가노이드 응용 연구 *(Organoid engineering with functional hydrogels)*	조승우, 연세대학교 *(Seung-Woo Cho, Yonsei Univ.)*
16:00	Coffee break	
16:20 심(고분)목-4	신경 및 근육재생을 위한 전도성 조직접착 하이드로젤 *(Conductive and tissue-adhesive hydrogel for peripheral nerve and muscle repair)*	신미경, 성균관대학교 *(Mikyung Shin, Sungkyunkwan Univ.)*
16:40 심(고분)목-5	나노유막 부착 방지 코팅을 이용한 혁신 의료기기 개발 *(Lubricant skin for innovative medical devices)*	서정목, 연세대학교 *(Jungmok Seo, Yonsei Univ.)*
17:00 심(고분)목-6	생체내 환경 모사를 위한 다공성 공배양 박막 *(Porous membranes for cell coculture: mimicking in vivo microenvironments)*	류 진, 한국과학기술연구원 *(Jin Yoo, KIST)*

Keynote Lecture Speaker

허강무, 충남대학교
Kang Moo Huh, Chungnam Nat'l Univ.
2002 Japan Advanced Inst. of Sci. and Technol 박사
현 재 주식회사 랩투랩 CEO
충남대 유기재료공학과/고분자공학과/신소재공학과 교수

고원건, 연세대학교
Won-Gun Goh, Yonsei Univ.
2004 Penn State Univ. 화학공학 박사
2004 Stanford Univ. School of Medicine 박사후연구원
현 재 연세대 화공생명공학과 교수
언더우드 특훈교수

조승우, 연세대학교
Seung-Woo Cho, Yonsei Univ.
2006 서울대 응용화학 박사
현 재 ㈜세라트젠 CTO
연세대 생명공학과 교수

Invited Speaker

신미경, 성균관대학교
Mikyung Shin, Sungkyunkwan Univ.
2016 KAIST 나노과학기술대학원 박사
2018 Univ. of Pennsylvania 박사후연구원
현 재 성균관대 글로벌바이오메디컬 공학과 부교수

서정목, 연세대학교
Jungmok Seo, Yonsei Univ.
2014 연세대 전기전자공학 박사
2017 Harvard Medical School 박사후연구원
현 재 연세대 전기전자공학부 부교수

Organizer/Chair

안효성, 전남대학교
Hyosung An, Chonnam Nat'l Univ.
2018 Texas A&M Univ. 화학공학 박사
2021 Univ. of Illinois 재료과 박사후연구원
현 재 전남대 석유화학소재공학과 조교수

Organizer/Invited Speaker

류 진, 한국과학기술연구원
Jin Yoo, KIST
2018 서울대 화학생물공학 박사
2021 Purdue Univ. 박사후연구원
현 재 KIST 생체재료연구센터 선임연구원

Chair

송슬기, 충남대학교
Seulki Song, Chungnam Nat'l Univ.
2017 POSTECH 박사
2018 막스플랑크 연구소 박사후연구원
현 재 충남대 응용화학공학과 조교수

미래 공업화학 기술: Bio & Energy 분야 심포지엄

(Future Industrial Chemistry Symposium on Bio & Energy Technologies)

주 관: 공업화학부문위원회

대구 EXCO 322A | 2025년 4월 24일(목), 14:30~16:40

Chair: 진준형, 경기대학교 (Joon-Hyung Jin, Kyonggi Univ.)

14:30 심(공업)목-1	[Keynote Lecture] 기능성 물질을 함유한 스쿠알란 기반의 유기겔 합성 및 응용 *(Synthesis and application of squalane-based organogel containing functional ingredients)*	이희영, 국립금오공과대학교 *(Hee-Young Lee, Kumoh Nat'l Institute of Technology)*
15:00 심(공업)목-2	[Keynote Lecture] 고주파 초음파 기술: 의학과 생명과학에서의 혁신적인 기술 변화 *(High-frequency ultrasound microbeams: Transforming the landscape of medicine and biology)*	황재윤, 대구경북과학기술원 *(Jae Youn Hwang, DGIST)*
15:30	Coffee break	
15:40 심(공업)목-3	[Keynote Lecture] 섬유소계 바이오매스로부터 산 촉매 전환공정을 이용한 퍼퓨랄 생산 *(Furfural production by acid catalytic conversion of pretreated cellulosic biomass)*	김준석, 경기대학교 *(Jun Seok Kim, Kyonggi Univ.)*
16:10 심(공업)목-4	[Keynote Lecture] 고분자전해질 연료전지 열화 및 내구성 평가 연구개발 동향 *(Research and development of degradation and durability evaluation in polymer electrolyte fuel cell)*	박권필, 국립순천대학교 *(Kwon Pil Park, Sunchon Nat'l Univ.)*

Keynote Lecture Speaker

이희영, 국립금오공과대학교
Hee-Young Lee, Kumoh Nat'l Institute of Technology
2011 Univ. of Maryland Chem. & Biomol. Eng.,PhD
2014 Pennstate Univ., Chem. Eng., Postdoc
현 재 국립금오공대 화학공학과 교수

황재윤, 대구경북과학기술원
Jae Youn Hwang, DGIST
2009 Univ. of Southern California Biomed. Eng., PhD
2014 NIH UTRC Center, Research Associate
현 재 DGIST 전기전자컴퓨터공학과/학제학과 의생명공학전공/인공지능 전공 교수

김준석, 경기대학교
Jun Seok Kim, Kyonggi Univ.
1998 고려대 화학공학 박사
2002 Auburn Univ., Research Associate
현 재 경기대 화학공학과 교수

박권필, 국립순천대학교
Kwon Pil Park, Sunchon Nat'l Univ.
1994 고려대 화학공학 박사
1989 LG화학 중앙연구소 연구원
현 재 국립순천대 화학공학과 교수

Organizer/Chair

진준형, 경기대학교
Joon-Hyung Jin, Kyonggi Univ.
2003 고려대 생명공학 박사
2017 경기대 화학공학과 교수
현 재 경기대 화학공학과 교수

Symposium on Process Systems Engineering and Self-Driving Lab.

Host: Division of Process Systems Engineering

Daegu EXCO 324B | 2025. 4. 24.(Thu), 14:30~17:00

Chair: Tae Hoon Oh, UNIST

14:30 심(공정목-1	[Keynote Lecture] Development of a modular IoT-based automated experimental system	Sotowa Ken Ichiro, Kyoto Univ.
15:00 심(공정목-2	[Keynote Lecture] MARK: AI materials scientist for nanomaterials	Sang Soo Han, KIST
15:30 심(공정목-3	[Keynote Lecture] From molecular design to automated synthesis: The overlooked challenges and ai-driven solutions	Lauren Ye Seol Lee, Univ. College London
16:00 심(공정목-4	Development of an automated laboratory for the synthesis of metal-supported inorganic catalysts	Su-Hyun Yoo, KRICT
16:30 심(공정목-5	High-throughput bioprocess automation and optimal experimental design	Jong Woo Kim, Incheon Nat'l Univ.

Keynote Lecture Speaker

Sotowa Ken-Ichiro, Kyoto Univ.

1997	PhD, Chem. Eng., Univ. of Leeds
2019	Prof., Chem. Sci. & Tech., Tokushima Univ.
Present	Prof., Chem. Eng., Kyoto Univ.

Sang Soo Han, KIST

2005	PhD, Mat. Sci. and Eng., KAIST
2009	Postdoc, Chemistry, CALTECH
Present	Principal Research Scientist, Computational Science Research Center, KIST

Lauren Ye Seol Lee, Univ. College London

2022	PhD, Chem. Eng., Imperial College London.
2023	Research Associate, Chem. Eng., Imperial College London
Present	Assist. Prof., in Data-driven Chemical PSE, Chem. Eng., Univ. College London

Invited Speaker

Su-Hyun Yoo, KRICT

2020	PhD, Mech. Eng., Ruhr-Universitat Bochum
2022,	Research Fellow, Imperial College London
Present	Senior Researcher, Digital Chemical Research Center, KRICT

Organizer/Invited Speaker

Jong Woo Kim, Incheon Nat'l Univ.

2020	PhD, Chem. Eng., Seoul Nat'l Univ.
2022	Postdoc, Chair of Bioprocess Eng., TU Berlin
Present	Assist. Prof., Energy and Chem. Eng., Incheon Nat'l Univ.

Organizer/Chair

Tae Hoon Oh, UNIST

2022	PhD, Chem. Eng., Seoul Nat'l Univ.
2024	Assist. Prof., Chem. Eng., Kyoto Univ.
Present	Assist. Prof., Energy and Chem. Eng., UNIST

Organizer

Jonggeol Na, Ewha Womans Univ.

2018	PhD, Chem. Eng., Seoul Nat'l Univ.
2020	Postdoc, Carnegie-Mellon Univ.
Present	Assoc. Prof., Chem. Eng., and Mat. Sci., Ewha Womans Univ.

미래 화학산업을 위한 고효율 분리기술 심포지엄

(Symposium on High-Efficiency Separation Technologies for Future Chemical Industry)

주 관: 분리기술부문위원회

대구 EXCO 321A | 2025년 4월 24일(목), 14:30~17:00

Chair: 배태현, 한국과학기술원 (Tae-Hyun Bae, KAIST)
이종석, 서강대학교 (Jong Suk Lee, Sogang Univ.)

14:30 심(분리)목-1	[Keynote Lecture] 화학공장에 대한 AI자율제조공장 솔루션의 접근 방향 *(AI approach to real manufacturing world: Petro & fine chemical processses and plants)*	이창하, 연세대학교 *(Chang-Ha Lee, Yonsei Univ.)*
15:00 심(분리)목-2	[Keynote Lecture] Asymmetric mixed-matrix membranes by in-situ formation of MOF fillers for gas separations	정해권, 텍사스 A&M 대학 *(Hae-Kwon Jeong, Texas A&M Univ.)*
15:30 심(분리)목-3	대규모 상온 화학 분리공정을 위한 엔탈피-엔트로피 선택적 분리막 공정 연구 *(Large-scale chemical separations via enthalpy-entropy selective membranes)*	고동연, 한국과학기술원 *(Dong-Yeun Koh, KAIST)*
15:50	Coffee break	
16:00 심(분리)목-4	초고속 유기용매 나노여과막을 위한 그래핀 구조 제어 *(Multilayer nanoporous graphene membrane for ultrafast organic solvent nanofiltration)*	김대우, 연세대학교 *(Dae Woo Kim, Yonsei Univ.)*
16:20 심(분리)목-5	초임계 수열 합성을 통한 혁신적 나노입자 합성 *(Innovative nanoparticle synthesis via supercritical hydrothermal synthesis)*	성기명, 수원대학교 *(Gimyeong Seong, The Univ. of Suwon)*
16:40 심(분리)목-6	지속가능한 고효율 용매로써 초임계유체의 가능성 *(The versatility of supercritical fluids as sustainable solvents)*	윤태준, 서울대학교 *(Tae Jun Yoon, Seoul Nat'l Univ.)*

Keynote Lecture Speaker

이창하, 연세대학교
Chang-Ha Lee, Yonsei Univ.
1994 Pittsburgh Univ. 화학공학 박사
현 재 국제흡착학회(IAS) Fellow
연세대 화공생명공학과 공헌교수

정해권, 텍사스 A&M 대학
Hae-Kwon Jeong, Texas A&M Univ.
2004 PhD., Chem. Eng., Univ. of Minnesota at Minneapolis
2006 Prof., Chem. Eng., Texas A&M Univ.
Present Prof., Chem. Eng., Texas A&M Univ.

김대우, 연세대학교
Dae Woo Kim, Yonsei Univ.
2015 KAIST 생명화학공학 박사
2018 Univ. of Minnesota, Chem. Eng., Research Associate
현 재 연세대 화공생명공학과 부교수

성기명, 수원대학교
Gimyeong Seong, The Univ. of Suwon
2012 도호쿠대 화학공학 박사
2022 도호쿠대 NICHe 부교수
현 재 수원대 환경에너지공학과 조교수

Organizer/Chair

배태현, 한국과학기술원
Tae-Hyun Bae, KAIST
2010 Georgia Tech 화학공학 박사
2013 난양공대 조교수
현 재 KAIST 생명화학공학과 부교수

이종석, 서강대학교
Jong Suk Lee, Sogang Univ.
2011 Georgia Tech 화학공학 박사
2016 KIST 선임연구원
현 재 서강대 화공생명공학과 부교수

Invited Speaker

고동연, 한국과학기술원
Dong-Yeun Koh, KAIST
2013 KAIST 생명화학공학 박사
2017 Georgia Tech 박사후연구원
현 재 KAIST 생명화학공학과 부교수

윤태준, 서울대학교
Tae Jun Yoon, Seoul Nat'l Univ.
2018 서울대 화학생물공학 박사
2022 로스앨러모스 국립연구소 박사후펠로우
2024 충남대 응용화학공학과 조교수
현 재 서울대 첨단융합학부 조교수

생물화공 30년의 회고 심포지엄: 수학적 모델링에서 합성생물학까지

(Reflecting on 30 Years of Biochemical Engineering: From Mathematical Modeling to Synthetic Biology)

주 관: 생물화공부문위원회

대구 EXCO 325D | 2025년 4월 24일(목), 14:30~16:35

Chair: 서정현, 영남대학교 (Jeong Hyun Seo, Yeungnam Univ.)
박기수, 건국대학교(Ki Soo Park, Konkuk Univ.)

14:30 심(생물)목-1	[Keynote Lecture] 생물학적 C1가스 전환 신규 경로 탐색 *(Exploration of new-to-the world pathway for the conversion of C1 gases)*	김용환, 울산과학기술원 *(Yong Hwan Kim, UNIST)*
14:55 심(생물)목-2	[Keynote Lecture] 생물화학공학의 진보: 지난 30년 동안의 핵산공학 기술의 혁신 *(Advancing biochemical engineering: Innovations in nucleic acid engineering over three decades)*	박현규, 한국과학기술원 *(Hyun Gyu Park, KAIST)*
15:20 심(생물)목-3	[Keynote Lecture] 지난 30년, 앞으로의 30년 *(The past 30 years, the next 30 years)*	원종인, 홍익대학교 *(Jong-In Won, Hongik Univ.)*
15:45 심(생물)목-4	[Keynote Lecture] 항체부터 생분해성 플라스틱 생산 연구까지 *(From antibody to bioplastics production)*	이은열, 경희대학교 *(Eun Yeol Lee, Kyung Hee Univ.)*
16:10 심(생물)목-5	[Keynote Lecture] 박사 후 30년간의 생물화공 분야에서의 나의 연구활동 기록 *(Records of my research activities in the field of biochemical engineering for 30 years after Ph.D.)*	차형준, 포항공과대학교 *(Hyung Joon Cha, POSTECH)*

Keynote Lecture Speaker

김용환, 울산과학기술원
Yong Hwan Kim, UNIST
1996 서울대 화학공학 박사
2000 KRICT 책임연구원
현 재 UNIST 에너지화학공학과 교수

박현규, 한국과학기술원
Hyun Gyu Park, KAIST
1996 KAIST 화학공학 박사
2002 삼성종합기술원 책임연구원
현 재 KAIST 생명화학공학과 교수

원종인, 홍익대학교
Jong-In Won, Hongik Univ.
2003 Northwestern Univ. 화학공학 박사
2004 Northwestern Univ. 박사후연구원
현 재 홍익대 화학공학과 교수

이은열, 경희대학교
Eun Yeol Lee, Kyung Hee Univ.
1995 서울대 공업화학 박사
2006 코넬대 Biomedical Eng., 교환교수
현 재 경희대 화학공학과 교수

차형준, 포항공과대학교
Hyung Joon Cha, POSTECH
1995 서울대 화학공학 박사
2021 KIChE 생물화공부문위원회 부문위원장
현 재 POSTECH 화학공학과 세아석좌교수

Organizer/Chair

서정현, 영남대학교
Jeong Hyun Seo, Yeungnam Univ.
2008 POSTECH 화학공학 박사
2009 UC Davis 박사후연구원
현 재 영남대 화학공학부 교수

박기수, 건국대학교
Ki Soo Park, Konkuk Univ.
2013 KAIST 생명화학공학 박사
2017 Harvard Medical School/ Massachusetts General Hospital 박사후연구원
현 재 건국대 생물공학과 부교수

청정수소 생산을 위한 차세대 수전해 기술 현황 및 전략 심포지엄

(Symposium on the Status and Strategies of Next-Generation Water Electrolysis for Clean Hydrogen Production)

주 관: 에너지 환경부문위원회

대구 EXCO 321B | 2025년 4월 24일(목), 14:30~16:50

Chair: 김상경, 한국에너지기술연구원 (Sang-Kyung Kim, KIER)

14:30 심(에환)목-1	청정수소 생산을 위한 고체산화물수전해 개발 현황 및 전망 *(Advances in SOEC technology for clean hydrogen production)*	김선동, 한국에너지기술연구원 *(Sun-Dong Kim, KIER)*
15:00 심(에환)목-2	차세대 고효율 음이온교환막 수전해 원천기술개발 *(Development of next-generation high-efficiency anion exchange membrane water electrolysis)*	최승목, 한국재료연구원 *(Sung Mook Choi, KIMS)*
15:30	Coffee break	
15:50 심(에환)목-3	국가 수소중점연구실 알칼라인 수전해 사업 계획 소개 *(Introduction of alkaline water electrolysis project plan of national hydrogen hub laboratory)*	강경수, 한국에너지기술연구원 *(Kyoung Soo Kang, KIER)*
16:20 심(에환)목-4	고분자전해질(PEM)수전해 R&D 현황 및 전략 *(R&D status and strategy of PEM electrolysis)*	장종현, 한국과학기술연구원 *(Jong Hyun Jang, KIST)*

Invited Speaker

김선동, 한국에너지기술연구원
Sun-Dong Kim, KIER
2007 연세대 신소재공학 박사
2010 현대자동차 연료전지개발팀 책임연구원
현 재 KIER 고온수전해연구실 실장

최승목, 한국재료연구원
Sung Mook Choi, KIMS
2013 GIST 신소재공학 박사
현 재 UST 신소재공학과 부교수
KIMS 에너지 · 환경재료연구본부 본부장

강경수, 한국에너지기술연구원
Kyoung Soo Kang, KIER
2011 고려대 화학공학 박사
2005 KIER 책임연구원
현 재 KIER 수소연구소장

장종현, 한국과학기술연구원
Jong Hyun Jang, KIST
2004 서울대 공업화학 박사
2007 Newcastle Univ. 연구원
현 재 KIST 수소 · 연료전지연구단 단장

Organizer/Chair

김상경, 한국에너지기술연구원
Sang-Kyung Kim, KIER
2004 KAIST 화학공학 박사
2013 메릴랜드주립대 방문연구원
현 재 KIER 수소연구단 책임연구원

Organizer

임탁형, 한국에너지기술연구원
Tak Hyoung Lim, KIER
2004 KAIST 생명화학공학 박사
현 재 KIER 수소연료전지연구실 책임연구원

이도연, 한밭대학교
Doyeon Lee, Hanbat Nat'l Univ.
2015 KAIST 생명화학공학 박사
2021 KIER 온실가스연구실 선임연구원
현 재 국립한밭대 건설환경공학과 부교수

탄소 전환의 혁신: 계산화학을 활용한 Carbon-to-X 기술 심포지엄

(Symposium on Advancing Carbon Transformation: Computational Chemistry in Carbon–to–X Technologies)

주 관: 열역학분자모사부문위원회

대구 EXCO 320A | **2025년 4월 24일(목), 14:30~16:30**

Chair: 강성구, 울산대학교 (Sung Gu Kang, Univ. of Ulsan)

14:30 심(열역)목-1	**[Keynote Lecture]** 연성물질 시뮬레이션을 위한 기계학습 포텐셜 *(Machine learning interatomic potential for simple and complex fluids)*	이원보, 서울대학교 *(Won Bo Lee, Seoul Nat'l Univ.)*
15:00 심(열역)목-2	**[Keynote Lecture]** 촉매를 위한 기계학습 포텐셜의 적용 *(Applications of machine learning potentials for catalysis)*	한정우, 서울대학교 *(Jeong Woo Han, Seoul Nat'l Univ.)*
15:30 심(열역)목-3	**[Keynote Lecture]** 카본프리 수소에너지 관련 계산화학 기술 *(Computational chemistry related to carbon-free hydrogen energy)*	박치훈, 경상국립대학교 *(Chi Hoon Park, Gyeongsang Nat'l Univ.)*
16:00 심(열역)목-4	**[Keynote Lecture]** 고성능 고분자의 전산설계: 저탄소 미래를 위한 지속가능한 소재 개발 *(Computational design of high-performance polymers: Enabling sustainable materials for a low-carbon future)*	이용진, 인하대학교 *(Yongjin Lee, Inha Univ.)*

Keynote Lecture Speaker

이원보, 서울대학교
Won Bo Lee, Seoul Nat'l Univ.
2007 Univ. of California, Santa Barbara 화학공학 박사
2009 Max Planck Institute for Polymer Research, 박사후연구원
현 재 서울대 화학생물공학부 교수

한정우, 서울대학교
Jeong Woo Han, Seoul Nat'l Univ.
2010 Georgia Tech 화학생명공학 박사
2012 MIT 박사후연구원
현 재 서울대 재료공학부 부교수

박치훈, 경상국립대학교
Chi Hoon Park, Gyeongsang Nat'l Univ.
2010 한양대 화학공학 박사
2014 ITM-CNR 박사후연구원
현 재 경상국립대 에너지공학과 교수

이용진, 인하대학교
Yongjin Lee, Inha Univ.
2014 Univ. of Texas at Austin 화학공학 박사
2015 EPFL 박사후연구원
2017 Shanghai Tech Univ. 조교수
현 재 인하대 화학공학과 부교수

Organizer/Chair

강성구, 울산대학교
Sung Gu Kang, Univ. of Ulsan
2013 Georgia Tech 화학생명공학 박사
2014 Cornell Univ. 박사후연구원
현 재 울산대 화학공학부 교수

차세대 나노입자 기반 바이오 솔루션 심포지엄

(Symposium on Next-Generation Nanoparticle-Based Bio Solutions)

주 관: 입자기술부문위원회

대구 EXCO 323B | 2025년 4월 24일(목), 15:00~17:00

Chair: 권우성, 숙명여자대학교 (Woosung Kwon, Sookmyung Women's Univ.)

15:00 심(입자)목-1	광전소자 및 바이오 응용을 위한 고발광 나노소재 합성 연구 *(Synthesis of highly emissive nanomaterials for optoelectronic and biological applications)*	박종남, 울산과학기술원 *(Jongnam Park, UNIST)*
15:30 심(입자)목-2	기능성 나노입자를 이용한 정밀 중개의학 기술 *(Engineering functional nanoparticles for translational and precision medicine)*	주진명, 울산과학기술원 *(Jinmyoung Joo, UNIST)*
16:00 심(입자)목-3	생체발광 폴리머좀 기반 세포 거동 조절 기술 *(Bioluminescent polymersomes for modulating cellular behaviors)*	김혜민, 건국대학교 *(Hyemin Kim, Konkuk Univ.)*
16:30 심(입자)목-4	나노입자 및 나노재료 기반 전기화학 바이오센서 *(Nanoparticles and nanomaterials based electrochemical biosensor)*	이원석, 한국교통대학교 *(Wonseok Lee, Korea Nat'l Univ. of Transportation)*

Invited Speaker

박종남, 울산과학기술원
Jongnam Park, UNIST
2005 서울대 화학생물공학 박사
2010 MIT 화학 박사후연구원
현 재 UNIST 바이오메디컬공학과 교수

주진명, 울산과학기술원
Jinmyoung Joo, UNIST
2012 POSTECH 화학공학 박사
2016 Univ. of California, San Diego 박사후연구원
현 재 UNIST 바이오메디컬공학과 부교수

김혜민, 건국대학교
Hyemin Kim, Konkuk Univ.
2015 POSTECH 신소재공학 박사
2022 Imperial College London 박사후연구원
현 재 건국대 생물공학과 조교수

이원석, 한국교통대학교
Wonseok Lee, Korea Nat'l Univ. of Transportation
2018 연세대 의공학 박사
2021 고려대 세종캠퍼스 박사후연구원
현 재 국립한국교통대 전기공학과 부교수

Organizer

임창용, 경북대학교
Changyong Yim, Kyungpook Nat'l Univ.
2015 POSTECH 화학공학 박사
2017 Univ. of Calgary 박사후연구원
현 재 경북대 에너지화학공학과 부교수

Chair

권우성, 숙명여자대학교
Woosung Kwon, Sookmyung Women's Univ.
2013 POSTECH 화학공학 박사
2015 Stanford Univ. 박사후연구원
현 재 숙명여대 화공생명공학부 부교수

Symposium on Current and Future Catalysis in Asia

Host: Division of Catalysis and Reaction Engineering

Daegu EXCO 325C | 2025. 4. 24.(Thu), 09:00~11:00

Chair: Young-Woong Suh, Hanyang Univ.

09:00 심(촉매)목-1	[Keynote Lecture] Green H_2 from photocatalytic water splitting by $SrTiO_3$-based catalysts synthesized using flux method	Jeffrey Chi-Sheng Wu, Nat'l Taiwan Univ.
09:30 심(촉매)목-2	[Keynote Lecture] Catalytic conversion technologies of greenhouse gases over mesoporous materials	Jong Wook Bae, Sungkyunkwan Univ.
10:00 심(촉매)목-3	Operando spectroscopic insights into photo/electrocatalysis	Wooyul Kim, KENTECH
10:20 심(촉매)목-4	Photo-thermal transition assisted interfacial engineering for photo-electrocatalytic application	Youn Jeong Jang, Hanyang Univ.
10:40 심(촉매)목-5	Enantioselective hydrogenation of α-keto esters over chirally modified Pt catalysts	Yongju Yun, POSTECH

Keynote Lecture Speaker

Jeffrey Chi-Sheng WU, Nat'l Taiwan Univ.

1989	PhD, Chem. Eng., Univ. of Pittsburgh
1993	Researcher, Alcoa
Present	Distinguished Prof., Chem. Eng., Nat'l Taiwan Univ.

Jong Wook Bae, Sungkyunkwan Univ.

2003	PhD, Chem. Eng., POSTECH
2006	Senior Researcher, LG Chem.
Present	Prof., Chem. Eng., Sungkyunkwan Univ.

Youn Jeong Jang, Hanyang Univ.

2017	PhD, Chem. Eng., POSTECH
2020	Postdoc, Univ. of Wisconsin-Madison
Present	Assist. Prof., Chem. Eng., Hanyang Univ.

Yongju Yun, POSTECH

2013	PhD, Chem. Eng., Carnegie Mellon Univ.
2016	Postdoc, Chemistry, UC Berkeley
Present	Assoc. Prof., Chem. Eng., POSTECH

Invited Speaker

Wooyul Kim, KENTECH, Chonnam Nat'l Univ.

2012	PhD, Environ. Eng., POSTECH
2016	Prof., Chem. Eng., Sookmyoung Women's Univ.
Present	Prof. Energy Eng., KENTECH

Organizer

Sung June Cho, Chonnam Nat'l Univ.

1997	PhD, Chem. KAIST
2002	Senior Research Scientist, KIER
Present	Prof., Chem. Eng., Chonnam Nat'l Univ.

Do Heui Kim, Seoul Nat'l Univ.

2000	PhD, Chem. Eng., KAIST
2011	Senior Research Scientist, PNNL
Present	Prof., Chem. and Bio. Eng., Seoul Nat'l Univ.

Chair

Young-Woong Suh, Hanyang Univ.

2003	PhD, Chem. Eng., Seoul Nat'l Univ.
2011	Senior Research Scientist, KIST
Present	Prof., Chem. Eng., Hanyang Univ.

Symposium on Current and Future Catalysis in Asia

Host: Division of Catalysis and Reaction Engineering

Daegu EXCO 325C | 2025. 4. 24.(Thu), 14:30~17:00

Chair: Kyungsu Na, Chonnam Nat'l Univ.

14:30 심(촉매)목-6	[Keynote Lecture] Catalytic upgrading of triglycerides and fatty acids to sustainable green biofuels	Y.H. Taufiq Yap, Univ. Putra Malaysia
15:00 심(촉매)목-7	[Keynote Lecture] Separately storing electrons and protons in heterogeneous catalysts to facilitate ammonia synthesis	Minkee Choi, KAIST
15:30 심(촉매)목-8	[Keynote Lecture] Mixed metallic oxide catalysts on ceramic substrate for the treatment of VOCs at low temperatures	Le Minh Thang, Hanoi Univ. of Sci. and Tech.
16:00 심(촉매)목-9	Catalytic upcycling of plastic wastes into high-value chemicals and liquid fuels	Insoo Ro, Seoul Nat'l Univ. of Sci. and Tech.
16:20 심(촉매)목-10	How Pt influences H_2 reactions on high surface area Pt/CeO_2 powder catalyst surfaces	Jaeha Lee, Kyungpook Nat'l Univ.
16:40 심(촉매)목-11	Direct propylene epoxidation using surface oxygen intermediates from water electrolysis	Minju Chung, KAIST

Keynote Lecture Speaker

Yun Hin Taufiq-Yap, Univ. Putra Malaysia

1997 PhD, Univ. of Manchester Inst. of Sci. and Tech.
Present Prof., Chemistry, Univ. Putra Malaysia(UPM)

Minkee Choi, KAIST

2007 PhD, Chemistry, KAIST
2010 Postdoc, Chem. Eng., UC Berkeley
Present Prof., Chem. & Biomol. Eng., KAIST

Le Minh Thang, Hanoi Univ. of Sci. and Tech.

2005 PhD, Gent Univ.
Present Lecturer, Chem. Eng., Hanoi Univ. of Sci. and Tech.

Invited Speaker

Insoo Ro, Seoul Nat'l Univ. of Sci. and Tech.

2017 PhD, Chem. Eng., Univ. of Wisconsin-Madison
2019 Postdoc, Univ. of California-Santa Barbara
Present Assoc. Prof., Chem. & Biomol. Eng., Seoul Nat'l Univ. of Sci. & Tech.

Jaeha Lee, Kyungpook Nat'l Univ.

2020 PhD, CBE Seoul Nat'l Univ.
2024 UC Santa Barbara Postdoctoral scholar
Present Assis. Prof., Appl. Chem., KNU

Minju Chung, KAIST

2023 PhD, Chem. Eng., MIT
2024 Postdoc, Chem. & Biomol. Eng. Georgia Tech
Present Assist. Prof., Chem. & Biomol. Eng., KAIST

Organizer

Sung June Cho, Chonnam Nat'l Univ.

1997 PhD, Chem. KAIST
2002 Senior Research Scientist, KIER
Present Prof., Chem. Eng., Chonnam Nat'l Univ.

Do Heui Kim, Seoul Nat'l Univ.

2000 PhD, Chem. Eng., KAIST
2011 Senior Research Scientist, PNNL
Present Prof., Chem. and Bio. Eng., Seoul Nat'l Univ.

Chair

Kyungsu Na, Chonnam Nat'l Univ.

2011 PhD, Chemistry, KAIST
2014 Postdoc, Chemistry, UC Berkeley
Present Prof., Chemistry, Chonnam Nat'l Univ.

제3회 반도체산업 기술교류 심포지엄

(3rd Symposium on Chemical Engineering-based Semiconductor Technology)

주 관: 반도체산업위원회

대구 EXCO 322 | 2025년 4월 25일(금), 09:00~11:00

Chair: 임태호, 숭실대학교 (Taeho Lim, Soongsil Univ.)

09:00	Opening remarks	김명준, 성균관대학교 *(Myung Jun Kim, Sungkyunkwan Univ.)*
09:05 심(반도체)금-1	[Keynote Lecture] 차세대 반도체 소자를 위한 CMP 공정의 기술적 도전과 해결 전략 *(Challenges and solutions in CMP for advanced semiconductor devices)*	구효철, SK하이닉스 *(Hyo-Chol Koo, SK hynix)*
09:30 심(반도체)금-2	[Keynote Lecture] 차세대 반도체 기술을 위한 전구체 소재 개발 전략 *(Precursor material development strategies for future semiconductor technology)*	박진형, 에어리퀴드 *(Jinhyung Park, Air Liquide)*
09:55 심(반도체)금-3	[Keynote Lecture] 반도체 첨단 패키징용 금속 배선 로드맵 *(Roadmap for the metal interconnections in advanced semiconductor packaging)*	김명준, 성균관대학교 *(Myung Jun Kim, Sungkyunkwan Univ.)*
10:15 심(반도체)금-4	[Keynote Lecture] 반도체 패키지의 워피지 신뢰성 이슈 *(Warpage reliability issue of semiconductor packages)*	이태익, 한국생산기술연구원 *(Tae-Ik Lee, KITECH)*
10:35 심(반도체)금-5	[Keynote Lecture] 구리 전해도금 공정 모니터링 및 제어 *(Process monitoring and control in Cu electrodeposition)*	최승회, 한국공학대학교 *(Seunghoe Choe, Tech Univ. of Korea)*

Keynote Lecture Speaker

구효철, SK하이닉스
Hyo-Chol Koo, SK hynix
2009 서울대 화학생물공학 박사
2011 Globalfoundries Proc. Eng.
현 재 SK hynix 미래기술연구원 수석연구원

박진형, 에어리퀴드
Jinhyung Park, Air Liquide
2013 Univ. of Turin 화학생물공학 박사
2014 Centre national de la recherche scientifique (CNRS) 박사후연구원
현 재 Air Liquide Korea 연구원

이태익, 한국생산기술연구원
Tae-Ik Lee, KITECH
2019 KAIST 기계공학 박사
2019 KITECH 선임연구원
현 재 KITECH 수석연구원

최승회, 한국공학대학교
Seunghoe Choe, Tech Univ. of Korea
2016 서울대 화학생물공학 박사
2017 한국재료연구원 선임연구원
현 재 한국공학대 신소재공학과 조교수

Organizer/Keynote Lecture Speaker

김명준, 성균관대학교
Myung Jun Kim, Sungkyunkwan Univ.
2013 서울대 화학생물공학 박사
2020 경희대 응용화학과 조교수
현 재 성균관대 화학공학부 부교수

Organizer

김오현, 에어리퀴드솔루션즈코리아
Oh Hyun Kim, Airliquide
2009 Univ. of Florida 화학공학
2021 SK하이닉스 Chief Design Officer
현 재 에어리퀴드솔루션즈코리아 대표이사

Chair

임태호, 숭실대학교
Taeho Lim, Soongsil Univ.
2013 서울대 화학생물공학 박사
2022 숭실대 화학공학과 조교수
현 재 숭실대 화학공학과 부교수

제3회 수소산업위원회 심포지엄

(부제: 수소기술 원천에서 산업으로)

(3rd Hydrogen Industry Committee Symposium

(Subtitle: From Hydrogen Technology Fundamentals to Industrial Applications))

주 관: 수소산업위원회

대구 EXCO 325D | 2025년 4월 25일(금), 09:00~10:50

Chair: 한종희, 한국에너지공과대학교 (Jonghee Han, KENTECH)

09:00	Opening remarks	김철진, SK어드밴스드 *(Chul Jin Kim, SK Advanced)*
09:10	청정수소 저장활용 융합기술 개발 *(Development of integrated technology for clean hydrogen storage and utilization)*	이관영, 한국과학기술연구원 *(Kwan-Young Lee, KIST)*
09:35	현대자동차 수소사업 비전 및 전략 *(Hyundai Motor's vision and strategy for hydrogen business)*	이경문, 현대자동차 *(Kyung Moon Lee, Hyundai Motor Company)*
10:00	연료전지 및 수전해 촉매 개발 *(Development of fuel cell and electrolysis catalysts)*	조은애, 한국과학기술원 *(Eun Ae Cho, KAIST)*
10:25	고내구성 탄소 담지체 기반 연료전지용 촉매 개발 *(Development of a catalyst for fuel cells based on high-durability carbon supports)*	채근석, ㈜에스티에이치 *(GeunSuk Chae, STH)*

Invited Speaker

이관영, 한국과학기술연구원
Kwan-Young Lee, KIST
1990 동경대 합성화학 박사
2023 고려대 연구부총장/대학원장
현 재 KIST 청정수소저장활용전략 연구단 단장

이경문, 현대자동차
Kyung Moon Lee, Hyundai Motor Company
2010 서울대 재료공학 박사
2010 현대자동차 기반기술연구팀 책임연구원
현 재 현대자동차 수소시스템 엔지니어링팀 파트장

조은애, 한국과학기술원
Eun Ae Cho, KAIST
2002 KAIST 재료공학 박사
2014 KIST 연료전지연구센터 책임/선임연구원
현 재 KAIST 신소재공학과 교수

Organizer/Chair

채근석, ㈜에스티에이치
GeunSuk Chae, STH
2004 한남대 화학 박사
2011 삼성 SDI 중앙연구소 책임연구원
2020 ㈜알티엑스 연구소장/상무
2022 ㈜더카본스튜디오 연구소장/전무
현 재 ㈜에스티에이치 대표이사

한종희, 한국에너지공과대학교
Jonghee Han, KENTECH
1996 Univ. of Cincinnati 화학공학 박사
2021 KIST 청정신기술연구소 소장
현 재 KENTECH 교수/ 수소에너지연구소 소장

Organizer

김철진, SK어드밴스드
Chul Jin Kim, SK Advanced
1990 서울대 화학공학 석사
2000 ㈜SK 사장실 과장
현 재 SK어드밴스드 대표

Symposium on Aiming New in the Battery Business Domain

주 관: 배터리 산업위원회

대구 EXCO 325A+B | 2025년 4월 25일(금), 09:00~11:00

Chair: 윤하나, 한국에너지기술연구원 (Hana Yoon, KIER)

09:00	[Keynote Lecture] 배터리 파운드리 사업과 시장 전망 *(New business model and opportunity for battery production)*	오덕근, JR에너지솔루션 *(Duke Oh, JR Energy Solution)*
09:30	[Keynote Lecture] 배터리 진단 및 운영 솔루션 *(Diagnostics and management solution for battery system)*	최진혁, 에이티비랩 *(Jin Hyeok Choi, ATB LAB)*
10:00	[Keynote Lecture] 전기차 사용후 배터리 순환이용을 위한 재제조 기술 개발 소개 *(Introduction of re-manufacturing technology for the EV used batteries circulation)*	최성진, 포엔 *(Sungjin Choi, POEN)*
10:30	[Keynote Lecture] 항공우주 및 방위산업용 초고에너지밀도 리튬금속전지 개발 동향 *(Advances in ultra-high energy density lithium-metal batteries for aerospace and defense applications)*	최근호, 유뱃 *(Keunho Choi, UBATT)*

Keynote Lecture Speaker

오덕근, JR에너지솔루션
Duke Oh, JR Energy Solution
2006 Columbia 경영 대학원 MBA
2022 Enertech International 대표이사
현 재 JR 에너지 솔루션 대표이사

최진혁, 에이티비랩
Jin Hyeok Choi, ATB LAB
2018 KAIST EEWS 대학원 박사
2024 한국전력공사 전력연구원 책임연구원
현 재 ㈜에이티비랩 대표이사

최성진, 포엔
Sungjin Choi, POEN
2004 중앙대 전자공학 학사
2005 현대차 연구소 친환경차 선행개발
2020 현대차 사내벤처 분사 포엔 대표

Organizer

최근호, 유뱃
Keunho Choi, UBATT
2017 UNIST 에너지공학 박사
현 재 유뱃 CTO

주용락, 삼성SDI
Yong Lak Joo, Samsung SDI
1993 Stanford Univ. 화학공학 박사
2001 Cornell Univ. 화학공학 교수
현 재 삼성 SDI 연구소 부사장

최장욱, 서울대학교
Jang Wook Choi, Seoul Nat'l Univ.
2007 Caltech 화학공학 박사
2008 Stanford Univ. 박사후연구원
현 재 서울대 화학생물공학부 교수

Organizer/Chair

남관우, 이화여자대학교
Kwan Woo Nam, Ewha Womans Univ.
2016 KAIST EEWS 대학원 박사
2018 Northwestern Univ. 박사후연구원
현 재 이화여대 화공신소재공학과 부교수

임희대, 한양대학교
Hee-Dae Lim, Hanyang Univ.
2016 서울대 재료공학 박사
2023 KIST 에너지저장연구센터 선임연구원
현 재 한양대 화학공학과 부교수

윤하나, 한국에너지기술연구원
Hana Yoon, KIER
2011 KAIST 화학 박사
2024 Harvard Univ. Visiting Scholar
현 재 KIER 에너지저장연구단 책임연구원

Symposium on Aiming New in the Battery Business Domain

주 관: 배터리 산업위원회

대구 EXCO 325A+B 2025년 4월 25일(금), 14:00~16:00

Chair: 임희대, 한양대학교 (Hee-Dae Lim, Hanyang Univ.)

14:00 **[Keynote Lecture]** 정답이 아니어도, 새로운 해답일 수 있다: 수소화물계 고체 전해질의 접근법 *(Not the right answer, but perhaps a new solution: An approach to hydride-based solid-state electrolytes)* — 김주성, 리베스트 *(Joo-Seong Kim, LiBEST)*

14:30 **[Keynote Lecture]** 전고체전지 상용화를 위한 황화물계 고체전해질의 분무열분해 기반 양산 가실 및 개발 동향 *(Spray pyrolysis-based mass production technology and development trends of sulfide-based solid electrolytes for commercialization of all-solid-state batteries)* — 류광현, 엔플로우 *(Kwanghyun Ryu, ENFLOW)*

15:00 **[Keynote Lecture]** ALD, 배터리 및 에너지 솔루션 *(ALD for battery and beyond)* — 심준형, 에이코트 *(Joon Hyung Shim, ACOT)*

15:30 **[Keynote Lecture]** 차세대 배터리 기술 개발 동향 및 전망 *(Recent progress and prospects in next-generation batteries)* — 이용건, 삼성전자 종합기술원 *(Yong-Gun Lee, SAIT)*

Keynote Lecture Speaker

김주성, 리베스트
Joo-Seong Kim, LiBEST
2017 KAIST EEWS 대학원 박사
현 재 LiBEST 대표이사

류광현, 엔플로우
Kwanghyun Ryu, ENFLOW
1999 연세대 화학 박사 및 Caltech Postdoc
2022 ㈜엘티씨(KOSDAQ) 연구소장
현 재 ㈜엔플로우 대표이사

심준형, 에이코트
Joon Hyung Shim, ACOT
2009 (미)스탠퍼드대 기계 박사
2010 미국 국립 재생에너지 연구소 연구원
현 재 에이코트(주) 대표, 고려대 기계 교수

Organizer

이용건, 삼성전자 종합기술원
Yong-Gun Lee, SAIT
2011 서울대 화학생물공학 박사/박사후연구원
현 재 삼성전자 종합기술원(SAIT) Battery Material TU 리서치 마스터

주용락, 삼성SDI
Yong Lak Joo, Samsung SDI
1993 Stanford Univ. 화학공학 박사
2001 Cornell Univ. 화학공학 교수
현 재 삼성 SDI 연구소 부사장

최장욱, 서울대학교
Jang Wook Choi, Seoul Nat'l Univ.
2007 Caltech 화학공학 박사
2008 Stanford Univ. 박사후연구원
현 재 서울대 화학생물공학부 교수

남관우, 이화여자대학교
Kwan Woo Nam, Ewha Womans Univ.
2016 KAIST EEWS 대학원 박사
2018 Northwestern Univ. 박사후연구원
현 재 이화여대 화공신소재공학과 부교수

윤하나, 한국에너지기술연구원
Hana Yoon, KIER
2011 KAIST 화학 박사
2024 Harvard Univ. Visiting Scholar
현 재 KIER 에너지저장연구단 책임연구원

Organizer/Chair

임희대, 한양대학교
Hee-Dae Lim, Hanyang Univ.
2016 서울대 재료공학 박사
2023 KIST 에너지저장연구센터 선임연구원
현 재 한양대 화학공학과 부교수

아무도 알려주지 않는 화공인의 진로선택 및 경력 노하우

(Career Selection and Management Know-how for Chemical Engineers)

공동주관: 여성위원회, 한국여성과학기술단체총연합회

대구 EXCO 315 | 2025년 4월 24일(목), 09:00~11:00

Chair: 김수현, 고등기술연구원 (Suhyun Kim, IAE)

09:00	여성위원회 소개 및 인사말 *(Opening remarks)*	김수현, 고등기술연구원 *(Suhyun Kim, IAE)*
09:10	산학협력과 경력: 기업 연구원에서 교수로의 전환 *(Bridging industry and academia: A journey from corporate researcher to professor)*	백준현, 숙명여자대학교 *(Junhyun Baek, Sookmyung Woman's Univ.)*
09:40	여성 개발자가 경험하는 대기업-스타트업 *(Startups: A viable path for chemical engineers)*	송유정, ㈜더이엔 *(Youjung Song, TheEN)*
10:10	연구와 정책을 잇는 연결고리: 정책 수립의 현장에서 연구자로서의 역할 *(The link between research and policy: The role of researchers for the policy making)*	이정인, 한국에너지기술연구원 *(Jungin Lee, KIER)*
10:40	질의 응답 *(Q&A)*	

Invited Speaker

백준현, 숙명여자대학교
Junhyun Baek, Sookmyung Woman's Univ.
2007 POSTECH 화학공학 박사
2008 MIT 화학공학과 Postdoc
2009 Pennsylvania State Univ. 화학공학과 Postdoc
2020 RIST 환경에너지연구그룹 수석연구원
현 재 숙명여대 화공생명공학부 조교수

송유정, ㈜더이엔
Youjung Song, TheEN
2014 Univ. of South Carolina 화학공학 박사
2015 현대차 MEA설계팀 책임연구원
현 재 ㈜더이엔 Co-Founder/부사장

이정인, 한국에너지기술연구원
Jungin Lee, KIER
2009 POSTECH 화학공학 박사
2013 Univ. of Wisconsin-Madison 박사후연구원
2023 과학기술정보통신부 기초원천연구 정책관파견
현 재 KIER 국가기후기술정책센터장

Organizer/Chair

김수현, 고등기술연구원
Suhyun Kim, IAE
2011 아주대 에너지공학 박사
2013 UCR 에너지환경연구소 방문연구원
현 재 IAE 플랜트엔지니어링센터 에너지저장및전환연구그룹장

제10회 전문대학 기술교육 운영사례 심포지엄

(10th Symposium on Technical Education for University College)

주 관: 전문대학위원회

대구 EXCO 320B | 2025년 4월 25일(금), 09:00~11:00

Chair: 김봉수, 경남정보대학교 (Bong-Soo Kim, Kyungnam College of Info. and Technol.)

09:00 심(전문)금-1	바이오, 화학 관련 산업체 재직자교육 운영 사례 *(Case study on the employee training programs in the biotechnology and chemical industries)*	최병규, 동양미래대학교 *(Byeoung-Kyu Choi, Dongyang Mirae Univ.)*
09:20 심(전문)금-2	미취업 대졸자를 위한 직업훈련기관 현황 및 전망 *(The current situation and prospect of vocational education for graduate)*	구수진, 한국폴리텍대학 *(Koo Su Jin, Korea Polytechnics)*
09:40 심(전문)금-3	화학공정 Boardman 양성교육과정 소개 *(Introduction to boardman training course in the chemical process)*	이주영, 울산과학대학교 *(Lee Juyeong, Ulsan College)*
10:00 심(전문)금-4	운영사례 공유: 과정평가형 국가기술자격 교육훈련과정 지정 *(Sharing of practices : Designated as a NCS-based course evaluation type technical qualification education and training course)*	김한성, 한영대학교 *(Han-Seong Kim, Hanyeong University)*
10:20 심(전문)금-5	취업역량강화를 위한 비교과 프로그램 운영 성과분석 *(Analysis of extracurricular program performance for strengthening employment competencies)*	최유성, 조선이공대학교 *(Yoo-Sung Choi, Chosun college of sci. and technol.)*
10:40 심(전문)금-6	지역혁신중심 대학지원체계(RISE): 광주광역시 RISE 사업 소개 *(Regional innovation system & education(RISE): Introduction to the RISE initiative in Gwangju city)*	정성훈, 광주테크노파크 *(Jung Sunghoon, GJTP)*

Invited Speaker

최병규, 동양미래대학교
Byeoung-Kyu Choi, Dongyang Mirae Univ.
2020 UST 해양생명공학 박사
2021 한국해양과학기술원 박사후연구원
2022 한국화학융합시험연구원 선임연구원
현 재 동양미래대 바이오융합공학과 조교수

구수진, 한국폴리텍대학
Koo Su Jin, Korea Polytechnics
2006 부경대 화학공학 박사
2010 부경대 공학연구원 연구교수
현 재 한국폴리텍대 에너지화학공정과 조교수

이주영, 울산과학대학교
Lee Juyeong, Ulsan College
2010 부산대 화학공학 박사
2010 SK에너지 부장
현 재 울산과학대 교수

김한성, 한영대학교
Han-Seong Kim, Hanyeong Univ.
2023 전남대 생명화학공학 박사
현 재 한영대 화공산업공학과 조교수

정성훈, 광주테크노파크
Jung Sunghoon, GJTP
2011 조선대 화학공학 석사
2017 녹색에너지연구원 선임연구원
현 재 광주테크노파크 선임연구원

Organizer/Speaker

최유성, 조선이공대학교
Yoo-Sung Choi, Chosun college of sci. and technol.
2010 조선대 화학공학 박사
2021 ㈜럭키산업 연구/품질개발팀장
현 재 조선이공대 생명환경화공과 조교수

Chair

김봉수, 경남정보대학교
Bong-Soo Kim, Kyungnam College of Info. and Technol.
2012 부산대 고분자공학 박사
2002 큐슈대학 재료물질공학부 연구원
현 재 경남정보대 화공에너지공학과 교수

Tutorial 1

Tutorial 1: 화학산업에서의 멀티 스케일 시뮬레이션 및 모델링: 양자 영역에서 연속체 세계까지

(Multiscale Simulation and Modeling in Chemical Industry: From Quantum Realms to Continuum Worlds)

공동주관: 교육 인재양성위원회, 이동현상부문위원회

대구 EXCO 323A | 2025년 4월 23일(수), 13:00~17:00

Chair: 김재정, 홍익대학교 (Jae Jung Kim, Hongik Univ.)

13:00	양자역학 시뮬레이션의 기초와 응용 *(Basics and applications of quantum dynamics simulation)*	주세훈, 숙명여자대학교 *(Se Hun Joo, Sookmyong Women's Univ.)*
14:00	분자동역학 시뮬레이션의 기초와 응용 *(Basics and applications of molecular dynamics simulation)*	김준모, 경기대학교 *(Jun Mo Kim, Kyonggi Univ.)*
15:00	브라운 동역학 시뮬레이션의 기초와 응용 *(Basics and applications of Brownian dynamics simulation)*	박준동, 숙명여자대학교 *(Jun Dong Park, Sookmyong Women's Univ.)*
16:00	연속체 시뮬레이션의 기초와 응용 *(Basics and applications of continuum simulation)*	정선엽, 단국대학교 *(Seon Yeop Jung, Dankook Univ.)*

등록비(교재 포함)

* 사전등록 마감: 4월 2일(수)

	정/종신회원	학생회원	비회원
사전등록	200,000원	100,000원	220,000원
현장등록	220,000원	120,000원	250,000원

Speaker

주세훈, 숙명여자대학교
Se Hun Joo, Sookmyong Women's Univ.
2021 UNIST 화학공학 박사
2024 Univ. of Cambridge 박사후연구원
현 재 숙명여대 조교수

박준동, 숙명여자대학교
Jun Dong Park, Sookmyong Women's Univ.
2016 서울대 화학공학 박사
2019 일리노이대 박사후연구원
현 재 숙명여대 화공생명공학부 부교수

정선엽, 단국대학교
Seon Yeop Jung, Dankook Univ.
2019 서울대 화학생물공학 박사
2020 펜실베이니아주립대 박사후연구원
현 재 단국대 화학공학과 조교수

Organizer/Speaker

김준모, 경기대학교
Jun Mo Kim, Kyonggi Univ.
2010 테네시대 화학공학 박사
2013 MIT 박사후연구원
현 재 경기대 화학공학과 조교수

Chair

김재정, 홍익대학교
Jae Jung Kim, Hongik Univ.
2017 MIT 화학공학 박사
2021 Massachusette General Hospital, Harvard Medical School 박사후연구원
현 재 홍익대 화학공학전공 조교수

Tutorial 2: 차세대 나노입자 개발을 위한 합성, 분석 및 응용

(Synthesis, Characterization and Application of Advanced Nanoparticles)

공동주관: 교육 인재양성위원회, 입자기술부문위원회

대구 EXCO 323B | 2025년 4월 23일(수), 15:00~18:00

Chair: 정상화, 부산대학교 (Sanghwa Jeong, Pusan Nat'l Univ.)

15:00 **나노입자 합성: 기초원리 및 용액 열분해법 기반 합성 원리**
(Synthesis of nanoparticle: Fundamentals and solvothermal synthesis)
정상화, 부산대학교
(Sanghwa Jeong, Pusan Nat'l Univ.)

16:00 **나노입자 분석: 현미경 및 분광학 기반 분석 기술**
(Characterization of nanoparticle: Microscopy and spectroscopy)
권우성, 숙명여자대학교
(Woosung Kwon, Sookmyung Women's Univ.)

17:00 **나노입자 응용: 센서-에너지 분야 기초 및 심화**
(Application of nanoparticle: Fundamentals and advanced studies in sensors & energy systems)
임창용, 경북대학교
(Changyong Yim, Kyungpook Nat'l Univ.)

등록비(교재 포함)

* 사전등록 마감: 4월 2일(수)

	정/종신회원	학생회원	비회원
사전등록	200,000원	100,000원	220,000원
현장등록	220,000원	120,000원	250,000원

Speaker

임창용, 경북대학교
Changyong Yim, Kyungpook Nat'l Univ.
2015 POSTECH 화학공학 박사
2017 Univ. of Calgary 박사후연구원
현 재 경북대 에너지화학공학과 부교수

Chair/Speaker

정상화, 부산대학교
Sanghwa Jeong, Pusan Nat'l Univ.
2015 POSTECH 화학 박사
2016 POSTECH 박사후연구원
2021 UC Berkeley 박사후연구원
현 재 부산대 의생명융합공학부 부교수

Organizer/Speaker

권우성, 숙명여자대학교
Woosung Kwon, Sookmyung Women's Univ.
2013 POSTECH 화학공학 박사
2015 Stanford Univ. 박사후연구원
현 재 숙명여대 화공생명공학부 부교수

Tutorial 3: X-ray를 이용한 분석기술

(Analytical Techniques Using X-ray Sources)

주 관: 교육 인재양성위원회

대구 EXCO 324A | 2025년 4월 23일(수), 13:30~17:30

Chair: 조한익, 건국대학교 (Han-Ik Joh, Konkuk Univ.)
김석기, 아주대학교 (Seok Ki Kim, Ajou Univ.)

13:30	X선 흡수분광 분석법의 소개 및 응용 *(Introduction of X-ray absorption fine structure and it's application)*	이국승, 포항가속기연구소 *(Kug-Seung Lee, Pohang Accelerator Lab.)*
14:30	X-선 자유전자 레이저(XFEL) 광원을 이용한 시분해 경 엑스-선 분광 분석 *(Time-resolved hard X-ray spectroscopy with X-ray free electron laser(XFEL) light sources)*	임진규, 국립한밭대학교 *(Jinkyu Lim, Hanbat Nat'l Univ.)*
15:40	연 X-선 분광기법(XPS, XAS)의 원리와 응용 *(Soft X-ray spectroscopy; principles and applications)*	임규욱, 포항가속기연구소 *(Kyuwook Ihm, Pohang Accelerator Lab.)*
16:40	X-ray 회절을 활용한 소재 분석 *(Materials analysis using X-ray diffraction)*	하돈형, 중앙대학교 *(Don-Hyung Ha, Chung-Ang Univ.)*

등록비(교재 포함)

* 사전등록 마감: 4월 2일(수)

	정/종신회원	학생회원	비회원
사전등록	200,000원	100,000원	220,000원
일반등록	220,000원	120,000원	250,000원

Speaker

이국승, 포항가속기연구소
Kug-Seung Lee, Pohang Accelerator Lab.
2010 서울대 화학생물공학 박사
현 재 포항가속기연구소 책임연구원

임진규, 국립한밭대학교
Jinkyu Lim, Hanbat Nat'l Univ.
2021 KAIST 생명화학공학 박사
2023 SLAC Nat'l Accelerator Lab., Stanford Univ., Research Associate
2025 가톨릭대 에너지환경공학과 조교수
현 재 국립한밭대 화학생명공학과 조교수

임규욱, 포항가속기연구소
Kyuwook Ihm, Pohang Accelerator Lab.
2008 POSTECH 물리학 박사
2016 Advanced light source, LBNL 객원연구원
현 재 포항가속기연구소 수석연구원

Organizer/Chair

하돈형, 중앙대학교
Don-Hyung Ha, Chung-Ang Univ.
2015 코넬대 재료공학 박사
현 재 중앙대 융합공학부 부교수

조한익, 건국대학교
Han-Ik Joh, Konkuk Univ.
2010 서울대 화학생물공학 박사
2017 KIST 선임연구원
현 재 건국대 화학공학부 교수

김석기, 아주대학교
Seok Ki Kim, Ajou Univ.
2011 서울대 화학생물공학 박사
2022 KRICT 선임연구원
현 재 아주대 화학공학과 조교수

4월 23일(수): 구두 발표

구두 발표(에너지 환경 I)			
321B			좌장: 이동기(KIST), 장원준(아주대)
O에환수-1	13:00 ~ 13:10	Synergistic Effect of Zn Doping and Carbon Incorporation on Cycling Performance and Kinetics of Indium Oxide Anodes for Lithium-Ion Batteries (우수 구두 발표상 후보)	(가천대)박찬우, 허재현
O에환수-2	13:10 ~ 13:20	이성분계 전이금속 산화물 중공 입자로 구성된 Prussian blue analogue 유래 다공성 나노케이지의 합성 및 리튬 이온전지 음극 소재 성능 평가	(고려대, 충북대)이재섭, (충북대)조중상
O에환수-3	13:20 ~ 13:30	DeNOx입상촉매 카트리지 필터 백의 미세입자상물질 및 질소산화물 동시제거 특성	(한양대)신원일, (KIER)박영옥
O에환수-4	13:30 ~ 13:40	Piezo-catalyticelectrospun $BaTiO_3$/PVDF membranes for potential fluid purification (우수 구두 발표상 후보)	(동아대)천민영, 서민교, 장상목, 양수철
O에환수-5	13:40 ~ 13:50	Conformal Surface Intensive Doping of Low-valent Bi on Cu_2O for Highly Efficient Electrochemical Nitrate Reduction to Ammonia Production (우수 구두 발표상 후보)	(성균관대)홍원태, (가톨릭대) 김준영, (성균관대, 성균나노과학기술원)김정규
O에환수-6	13:50 ~ 14:00	기능성 계층 구조의 기공을 갖는 멤브레인 형태의 다공성휘발성 유기 화합물 흡착 필터 (우수 구두 발표상 후보)	(KAIST)정지혁, 배태현
O에환수-7	14:00 ~ 14:10	Two-stage moltenmetal bubble column reactor model for clean hydrogen production from polypropylene pyrolysis (우수 구두 발표상 후보)	(한경국립대)Bang Thanh Le, Ngo Ich Son, 임영일, (KITECH)이영재, 이은도
O에환수-8	14:10 ~ 14:20	ReplacingTitanium PorousTransport Layers with Multi-Metallic Coated Carbon OER Electrodes for Efficient and Stable PEMWE (우수 구두 발표상 후보)	(서울과기대)이영현, 김성준, 권용재
O에환수-9	14:20 ~ 14:30	직접탄산화 기반 석탄회 비산재 내 이산화탄소 저장 및 중금속 안정화: 반응표면방법론 통계분석 (우수 구두 발표상 후보)	(GIST)전서희, Purnaning Tuwuh Triwigati, 심규대, 서동주, 박영준
O에환수-10	14:30 ~ 14:40	Techno-Economic and Environmental Assessment of Rice Straw-Based Lubricant Production: A Sustainable Alternative to Fossil Fuel-Based Processes	(POSTECH)이윤재, 유지윤, 최승준, 한지훈, (KITECH)이혜진, 양은혁, 백자연, 김용진, (경상국립대)황보순호, (한양대)서영웅
O에환수-11	14:40 ~ 14:50	Integrated Process Design for the Catalytic Conversion of Cellulose to 5-HMF and THFDM: A Sustainable Approach toBiomass-Based Platform Chemicals (우수 구두 발표상 후보)	(POSTECH)최승준, 이윤재, 유지윤, 한지훈, (KITECH)김용진, 이혜진
O에환수-12	14:50 ~ 15:00	급속 화염 처리에 의한 양방향 듀얼-메탈 도핑법, 이를 통한 WO_3의 광전기화학적 물 산화 반응 개선 (우수 구두 발표상 후보)	(성균관대)노승호, 김재겸, 김정규
15:00 ~ 15:20		Coffee break	
O에환수-13	15:20 ~ 15:30	Sustainable Production of Bio-Lubricants and Diesel Fuels from PalmOil: An Integrated Process and Environmental Impact Assessment (우수 구두 발표상 후보)	(POSTECH)유지윤, 한지훈
O에환수-14	15:30 ~ 15:40	Reinforcing active metal utilization via systematically controlled metal–support interaction using tailored precipitation of CeO_2–ZrO_2 support for the water-gas shift reaction (우수 구두 발표상 후보)	(연세대)한종훈, 안선용, 곽민상, 노현석

O에환수-15	15:40 ~ 15:50	Enhancing the Sustainability of PBAT Composites: Lignin Methylation for ImprovedCompatibility and Carbon Emission Reduction **(우수 구두 발표상 후보)**	(POSTECH)권기현, 한지훈
O에환수-16	15:50 ~ 16:00	고효율 전기화학적 수소 생산 시스템을 위한 머신러닝 기반 단일 원자 전이금속이 도입된 탄소양자점 촉매 설계 및 개발 **(우수 구두 발표상 후보)**	(성균관대)백운범, 김정규
O에환수-17	16:00 ~ 16:10	다양한 C_1 가스를 이용한 Ga/ZSM-5 촉매 기반 플라스틱 열분해 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울대)심하늘, (서울시립대)박영권
O에환수-18	16:10 ~ 16:20	Enhancing $BiVO_4$Water Oxidation Kinetics via a Phosphate-Functionalized Metal-Organic Co-Catalyst (Co,Fe-NTMP): Insights from LMCT Mechanism and DFT Study **(회명 대학원 연구상 후보)**	(영남대)무스타파 알라 마그드 사드, 김우경
O에환수-19	16:20 ~ 16:30	Adsorption-dependent photocatalytic formaldehyde degradation: A kinetic modeling **(우수 구두 발표상 후보)**	(한양대)허자윤, 서정길
O에환수-20	16:30 ~ 16:40	올인원 비커법과 분무건조 공정을 적용한 리튬이온전지용 실리콘-내재 중공형 전이금속 산화물/질소 도핑된 흑연질 탄소 복합 마이크로스피어 합성 **(우수 구두 발표상 후보)**	(충북대)조범수, 조중상
O에환수-21	16:40 ~ 16:50	CO_2의 직접 공기 포집을 위한 금속 교환 제올라이트 연구 **(우수 구두 발표상 후보)**	(GIST)김도영, 강지현, 김준성, 강성봉, (인천대)권성준, 박민범
O에환수-22	16:50 ~ 17:00	Techno-economic and Carbon-emission assessment of Hydrometallurgical recycling for Perovskite solar cells **(우수 구두 발표상 후보)**	(POSTECH)배종일, 오현민, 한지훈
O에환수-23	17:00 ~ 17:10	Feasibility Assessment of Carbon Dioxide Methanation for Low-carbon Energy Economy **(우수 구두 발표상 후보)**	(UNIST)최창권, 임한권
O에환수-24	17:10 ~ 17:20	Assessment of Economically and Environmentally Optimal Electrified Steam Methane Reforming for H_2 Production **(우수 구두 발표상 후보)**	(UNIST)구지원, 임한권
O에환수-25	17:20 ~ 17:30	이산화탄소 가스로부터 전환된 고성능 리튬-황 배터리 탄소 양극재 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KAIST)이다연, 윤원찬, 이재우
O에환수-26	17:30 ~ 17:40	인삼염 유래 NiFe 옥시하이드록사이드 오버레이를 이용한 고성능 $BiVO_4$ 광전극의 광전기화학적 에너지 변환 **(우수 구두 발표상 후보)**	(성균관대)한현구, 김정규
O에환수-27	17:40 ~ 17:50	산업 폐수로부터 희소금속을 회수하기 위한 친환경 하이브리드 중공사 흡착제 제조 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서강대)이호준, 이종석
O에환수-28	17:50 ~ 18:00	Theoretical Study on Crystal Growth and Binding Affinity of Multidentate Additives for High-Performance Perovskite Light-Emitting Diodes **(우수 구두 발표상 후보)**	(UNIST)권성현, 한종민, 송명훈, (고려대)신재권, 하정민, 우한영, 곽상규
구두 발표(재료 I)			
322A+B			**좌장: 백인환(인하대), 채수종(국립부경대)**
O재료수-1	13:00 ~ 13:15	Lithium Deposition Behavior on Flexible Free-standing 3D Carbon Textile with Dispersed Cobalt for High-Energy-Density Lithium Metal Batteries **(우수 구두 발표상 후보)**	(POSTECH)김홍중, 조창신, (동국대) 전동협
O재료수-2	13:15 ~ 13:30	Spray-Dried CNT-Bounded Hollow Carbon Microclusters Impregnated with $CoSe_2$ for High-Performance Potassium Ion Battery Anodes **(우수 구두 발표상 후보)**	(중앙대)김호림, 박승근

O재료수-3	13:30 ~ 13:45	Impact of HfO_2 Gate Dielectric on MoS_2 FET Performance (우수 구두 발표상 후보)	(전남대)김준우, 노영준, 류혜수, 김민진, 이상현
O재료수-4	13:45 ~ 14:00	Enhanced Electron Injection Efficiency by Surface-passivated ZnO Nanoparticle-based Electron Transport Layer (우수 구두 발표상 후보)	(성균관대)권용우, 이현준, 임재훈, (KIST)박태환, 황규원, (한양대)이효근, 조성용
O재료수-5	14:00 ~ 14:15	Influence of Ethylene Thermal Decomposition on Carbon Nanotube Growth: Insights from a Two-Zone Reactor Study (우수 구두 발표상 후보)	(부산대)신상수, 이재근, (경북대)정희정, 정성엽
O재료수-6	14:15 ~ 14:30	광패터닝을 통한 다중분광 중적외선 Ag_2Te 양자점 포토디텍터 (우수 구두 발표상 후보)	(서강대)박세영, 강문성
14:30 ~ 14:40		Coffee break	
O재료수-7	14:40 ~ 14:55	Chemical vapor deposition grown $CsPbBr_3$ perovskites on n-GaN for optoelectronic devices (우수 구두 발표상 후보)	(전남대)류혜수, 김민진, 이상현, (KIMM)최학종, 임형준
O재료수-8	14:55 ~ 15:10	Unveiling the Mechanoluminescence Mechanism of Cu-Doped ZnS (우수 구두 발표상 후보)	(한양대)이청범, 김경학
O재료수-9	15:10 ~ 15:25	Layered double hydroxide-derived catalysts with molybdenum for enhanced carbon nanotube synthesis (우수 구두 발표상 후보)	(부산대)신연수, 이재근, (UNIST)김윤서, 조승호
O재료수-10	15:25 ~ 15:40	Simultaneous Dehydration and ElectrodeFabrication of Prussian Blue for Enhancing Electrochemical Performances in Sodium-ion battery (우수 구두 발표상 후보)	(POSTECH)장승혜, 조창신, (동국대)전동협
O재료수-11	15:40 ~ 15:55	Composition Engineering to Obtain Super-Reduced Polyoxometalate for Valorizing Native Biomass and On-demand Hydrogen Production (우수 구두 발표상 후보)	(KAIST)이형진, 조은선
O재료수-12	15:55 ~ 16:10	도판트 산화 상태 보존을 통한 반도체 나노결정 합성 (우수 구두 발표상 후보)	(계명대)박도윤, 강주현, 조신흠

구두 발표(공정시스템 I)

324B — **좌장: 변재원(전남대), 오태훈(UNIST), 정유진(영남대)**

O공정수-1	13:00 ~ 13:15	대기 중 이산화탄소 및 수분 포집을 위한 지속 가능-스마트-확장 가능한 공정 시스템 (신진 연구자 발표)	(전남대)김진수
O공정수-2	13:15 ~ 13:30	팬데믹 상황에서 공정시스템공학의 역할 (신진 연구자 발표)	(단국대)탁경재
O공정수-3	13:30 ~ 13:45	멀티스케일 연구 사례: 이산화탄소 전환을 통한 경제적인 액상 제품 생산 (신진 연구자 발표)	(KIST)김경수, 박담대, 김혜림, 무하마드 라마단, 최재형, 이 웅
O공정수-4	13:45 ~ 14:00	지속 가능성을 위한 공정시스템공학의 발전과 새로운 응용 (신진 연구자 발표)	(한국공학대)서경준
O공정수-5	14:00 ~ 14:15	직접 공기 포집-알람 사이클 통합의 포괄적 평가: 공정 설계에서 정책 구현까지 (신진 연구자 발표)	(전남대)이보름
14:15 ~ 14:40		Coffee break	
O공정수-6	14:40 ~ 14:50	LNG 액화공정 디지털 트윈 고도화: 인공지능 기반 데이터 보정 및 공정 최적화 (우수 구두 발표상 후보)	(인하대)이기환, 황성원
O공정수-7	14:50 ~ 15:00	Neural Network 기반 iDAD를 활용한 화학 공정에서의 효율적인 실험 설계 및 파라미터 추정 (우수 구두 발표상 후보)	(인천대)김범진, 김동완, 김종우
O공정수-8	15:00 ~ 15:10	에너지 절감을 위한 복합공정단지의 유틸리티 시스템 최적화: 수학적 Solver와 비교한인공 신경망 기반 접근법 (우수 구두 발표상 후보)	(인하대)나현서, 양윤서, 황성원
O공정수-9	15:10 ~ 15:20	Hybrid autothermal reforming and CO_2 co-electrolysis for near-zero carbon emission methanol production (우수 구두 발표상 후보)	(동국대)오세빈, 박진우

O공정수-10	15:20 ~ 15:30	Machine learning for gas holdup prediction in bubble columns with synthetic data augmentation and domain adaptation techniques **(우수 구두 발표상 후보)**	(한경국립대)정평곤, 김차영, 임영일
O공정수-11	15:30 ~ 15:40	Evaluatingthe Rotary Hearth Furnace-Electric Arc Furnace (RHF-EAF) Process for Decarbonized Steel Production **(우수 구두 발표상 후보)**	(POSTECH)이가영, 배종일, 한지훈, (한국산업기술시험원)손명숙, (전남대)김진수
O공정수-12	15:40 ~ 15:50	Strategic Optimization of Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC)-Based Hydrogen Supply Chains **(우수 구두 발표상 후보)**	(고려대)안병찬, 원왕연, (홍익대)이호재
O공정수-13	15:50 ~ 16:00	증류탑 운전 성능 모니터링 및 Fouling 방지 최적 운영 조건 도출을 위한 딥러닝 기반 모델 설계 및 최적화 **(우수 구두 발표상 후보)**	(인하대)박하정, 정지민, 황성원
O공정수-14	16:00 ~ 16:10	Automatic Synthesis of Chemical Process Flowsheet via Transformer-based Generative Models **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울대)손영우, 박지훈, 김 찬, 이종민
16:10~16:20		Coffee break	
O공정수-15	16:20 ~ 16:30	Introducing cryogenic carbon capture for a sustainable blue hydrogen production and storage system **(우수 구두 발표상 후보)**	(부산대)안도영, 노원준, 이인규
O공정수-16	16:30 ~ 16:40	선상 탄소 포집 공정 개발 **(우수 구두 발표상 후보)**	(인하대)정경호, 황성원
O공정수-17	16:40 ~ 16:50	Energy-Efficient and Multi-Purpose Wastewater Treatment: Mathematical Modeling of the Electrolyzer-Pressure Retarded Membrane Distillation (E-PRMD) Hybrid System **(우수 구두 발표상 후보)**	(전남대)오선영, 구보람
O공정수-18	16:50 ~ 17:00	증기 메탄 개질 공정 연소 폐가스를 활용한 추가 수소 생산 및 이산화탄소 포집을 위한 극저온-압력 스윙 흡착 결합 통합 공정의 모델링 및 머신러닝 기반 최적화 **(우수 구두 발표상 후보)**	(연세대)고영효, (도그우드 에이아이)강준호, (연세대, 도그우드 에이아이)이창하
O공정수-19	17:00 ~ 17:10	Pulsed Electrochemical CO_2 Reduction: Multi-scale TEA from Electrolyzer to Process **(우수 구두 발표상 후보)**	(이화여대)정유림, 나종걸
O공정수-20	17:10 ~ 17:20	ESMR 기반 저탄소 수소 생산을 위한 재생에너지 연계 전략 및 경제성 분석 **(우수 구두 발표상 후보)**	(한양대)이주화, 박하린, 정경화, 김진국, (KIER)이성훈
O공정수-21	17:20 ~ 17:30	화학 공정의 경제성 평가에서 장치 비용 추정 모델의 선택이 미치는 영향 **(우수 구두 발표상 후보)**	(충남대)최하은, 노고산
O공정수-22	17:30 ~ 17:40	CO_2 활성화를 통한 친환경 프로필렌 생산: 전산 유체 역학(CFD) 시뮬레이션 및 반응기 최적화 **(우수 구두 발표상 후보)**	(인하대)정재민, 도윤정, 퀄메, 황성원
O공정수-23	17:40 ~ 17:50	Root Cause Analysis of Plasma Process from Optical Emission Spectroscopy Signals with Recurrent Neural Network **(우수 구두 발표상 후보)**	(성균관대)김재현, 박은총, 채희엽
O공정수-24	17:50 ~ 18:00	Multi-scale modeling of microbial electrosynthesis system considering mass transfer and biofilm growth within porous electrode **(우수 구두 발표상 후보)**	(부산대)김지훈, 김민지, 유지인, 김은서, 김중래, 손상환
구두 발표(촉매 및 반응공학 I)			
325C		**좌장: 김선규(부경대), 송인학(고려대), 안광진(UNIST), 이열림(계명대), 정호진(KIMS)**	
O촉매수-1	14:00 ~ 14:10	리튬-황 배터리용 Pt_3M 전기화학촉매의 계산과학적 연구 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울대)김미연, 한정우

O촉매수-2	14:10 ~ 14:20	Enhancing Zinc-Air Battery Performance through Graphene Oxide Integration with Single-Atom Catalysts: Pore Engineering and Coordination Environment Modulation **(우수 구두 발표상 후보)**	(중앙대)이윤재, 박승근
O촉매수-3	14:20 ~ 14:30	Synergistic Enhancement of Acidic Water Splittingvia Chiral Plasmonics and Iridium Single-Atom Catalysts **(우수 구두 발표상 후보)**	(이화여대)채경희, 김동하
O촉매수-4	14:30 ~ 14:40	Hexaaluminate synthesis to develop high-temperatrue and chemically stable N_2O decomposition catalyst **(우수 구두 발표상 후보)**	(KITECH, UNIST)김수진, 김동혁, (UNIST)조승호, (KITECH)서상혁, 정보라, 예보라, 김홍대
O촉매수-5	14:40 ~ 14:50	Investigation of the role of organic additives in electrochemical 5-Hydroxymethylfurfural oxidation using a $Ni(OH)_2$ catalyst **(우수 구두 발표상 후보)**	(한양대)박소영, 장윤정
14:50 ~ 15:00		Coffee break	
O촉매수-6	15:00 ~ 15:10	단일 금속 원자를 공유하는 biligands에 의한 분자 내 이중 활성화를 선호하는 2전자 산소 환원 반응 **(우수 구두 발표상 후보)**	(UNIST)권영광, 송현곤
O촉매수-7	15:10 ~ 15:20	DFT를 활용한 NF_3 가수분해 반응에서 알루미나 촉매의 표면 상변화와 촉매 활성 간의 관계 규명 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울시립대)임세영, 이소윤, 유종석
O촉매수-8	15:20 ~ 15:30	Reconstructed Fe-Doped Nickel Oxyhydroxide as a High-Performance Catalyst for Oxygen Evolution Reaction in Alkaline Water Splitting **(우수 구두 발표상 후보)**	(경희대)Pham Minh Toan, 임경민, 김진수, (홍콩이공대)Zhen Li, Lawrence Yoon Suk Lee
O촉매수-9	15:30 ~ 15:40	Bio-inspired catalyst-Driven Low-Voltage Hydrogen Production and Hydrogen Storage (LOHC) Electrochemical System Strategy Utilizing the Active Hydrogen Adsorption-Desorption Mechanism **(우수 구두 발표상 후보)**	(UNIST)이지수, 송현곤
O촉매수-10	15:40 ~ 15:50	프로톤 전달을 통한 Metal monoxide/polypyrrole 하이브리드 촉매의 pH 의존적 산소 환원 반응 **(우수 구두 발표상 후보)**	(UNIST)윤수빈, 송현곤, (강원대)이동규
15:50 ~ 16:00		Coffee break	
O촉매수-11	16:00 ~ 16:10	N_2O decomposition for assisted-synthesized Co_3O_4 catalyst	(KITECH, 부산대)김나희, (부산대) 남태원, (KITECH)서상혁, 정보라, 김홍대, 예보라
O촉매수-12	16:10 ~ 16:20	$MnCl_2$-KCl 용융염 시스템을 이용한 메탄 건식 개질 연구 **(우수 구두 발표상 후보)**	(영남대)김도현, 김민규, (서울과기대)강도형
O촉매수-13	16:20 ~ 16:30	Additive effect on SiC based Fe catalysts for non-oxidative methane conversion **(우수 구두 발표상 후보)**	(KRICT, 연세대)이진주, (고려대)심은해, (연세대)배윤상, (KRICT, UST)김용태
O촉매수-14	16:30 ~ 16:40	Theoretical Analysis of Competitive NO and Propene Abatement over Pd/CeO_2 during the Cold-Start Phase of Gasoline Vehicles **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울시립대)부종찬, 박범승, 유종석
O촉매수-15	16:40 ~ 16:50	암모니아 분해를 위한 금속 및 이중 금속 촉매의 계산화학적 및 실험적 조사 **(우수 구두 발표상 후보)**	(영남대)송유나, 손채린, 김민규, (GIST)주양근, 강성봉
16:50 ~ 17:00		Coffee break	
O촉매수-16	17:00 ~ 17:10	Zeolite-imidazolate-framework-derived Fe SAs@Fe3C decorated carbon nanotube for catalyzing oxygen reduction reaction	(울산대)Duc-Viet Nguyen, Jayasmita, Nam, Aniruddha Jaiswal, Phuong-Mai, 허승현

O촉매수-17	17:10 ~ 17:20	Fe_2O_3 촉매에서 산소 친화도 조절을 통한 전기화학적 메탄-에탄을 전환 촉진 **(우수 구두 발표상 후보)**	(고려대)한동주, 문준혁
O촉매수-18	17:20 ~ 17:30	Theoretical Investigation of Selective Toluene Oxidation at Oil-Water Interface **(우수 구두 발표상 후보)**	(UNIST)조유미, 김진철, (KAIST)이경문, 최시영, (고려대)곽상규
O촉매수-19	17:30 ~ 17:40	Low-Temperature CO_2 Methanation over Ni/PrO_x Catalysts	(GIST)주양근, 이성준, 최희원, 강성봉
O촉매수-20	17:40 ~ 17:50	ML-assisted High throughput screening of High Entropy Alloy Catalyst for Oxygen Reduction Reaction via first-principles calculation **(우수 구두 발표상 후보)**	(인하대)윤은성, 함형철

4월 24일(목): 구두 발표

구두 발표(재료 II)			
314			**좌장: 임창용(경북대)**
O재료목-1	09:00 ~ 09:15	〈발표취소〉	
O재료목-2	09:15 ~ 09:30	고성능 알칼라인 산소 발생 반응을 위한 사산화산철이 형성된 니켈-몰리브데넘 산화물 촉매 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KAIST)김경수, 변재호, Agni Raj Koirala, 김호영, 이진우, 이도창
O재료목-3	09:30 ~ 09:45	Utilizing RAG Artificial Intelligence Modelfor Building an NCM Cathode Material Database for Lithium-Ion Batteries **(우수 구두 발표상 후보)**	(중앙대)최세영, 정서연, 남인호
O재료목-4	09:45 ~ 10:00	Design of Reconfigurable Liquid Crystal Surface Microdroplet Patterns **(우수 구두 발표상 후보)**	(POSTECH)최대섭, 임준형, 조은수, 김장민, 백지혜, 김영기, (영남대)곽진석
O재료목-5	10:00 ~ 10:20	2D 할라이드 페로브스카이트의 광전자적 특성 조절 및 응용 **(신진 연구자 발표)**	(경상국립대)양석주
O재료목-6	10:20 ~ 10:40	부정맥 제어를 위한 연성 심외막 전자소자 **(신진 연구자 발표)**	(국립금오공대)선우성혁
구두 발표(재료 III)			
314			**좌장: 정병국(부산대), 허성연(서울과기대)**
O재료목-7	14:30 ~ 14:45	금속-유기 구조체의 대량 합성법 개발 및 포타슘 이온 저장 장치로의 활용 **(우수 구두 발표상 후보)**	(아주대)이기욱, 황종국
O재료목-8	14:45 ~ 15:00	탄화 및 활성화된 분말 폴리에틸렌에서 추출한 유연한 슈퍼 커패시터로 에너지 저장 성능 향상 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울과기대)한선민, (서울과기대, 에너지환경 연구소) 권용재
O재료목-9	15:00 ~ 15:15	붕소 도핑 고표면적 마이크로/메조다공성 탄소를 이용하여 아이오딘 모노브로마이드를 안정적으로 고정한 수계 아연-아이오딘 모노브로마이드 이차전지의 지속 가능성 향상 **(우수 구두 발표상 후보)**	(전북대)이세은, 김성섭
O재료목-10	15:15 ~ 15:30	탄소나노튜브 합성용 Co/MgO 및 Co/Al_2O_3 촉매에서 금속 나노 입자 변화에 대한 이해 **(우수 구두 발표상 후보)**	(부산대)김지우, 이재근, (KIST)김동환
O재료목-11	15:30 ~ 15:45	Hyperspectral Imaging Using Electro-Optic Polymer-StabilizedCholesteric Liquid Crystal with Heliconical Structure **(회명 대학원 연구상 후보)**	(POSTECH) 임준형, 최영선, 조은수, 최대섭, 김장민, 김영기
15:45 ~ 16:00		Coffee break	

O재료목-12	16:00 ~ 16:20	Silicon-on-Glass Plasmonic Device Memory and Supersonic Robust Valency Conservation in Doped Semiconductor Nanocrystals	(계명대) 조신흠
O재료목-13	16:20 ~ 16:40	**[Keynote Lecture]** Creation of High-Performance Energy and Environmental Catalysts by Controlling the Aggregation of Metal Atoms	(Tohoku Univ.)Yuichi Negishi
O재료목-14	16:40 ~ 17:00	마이크로 홀 전극 어레이를 이용한 신경망 세포내 신호 측정 및 시냅스 연결 지도화	(POSTECH) 정우빈
구두 발표(열역학분자모사 I)			
320A			**좌장: 문석윤(서울과기대)**
O열역목-1	09:00 ~ 09:20	지속 가능한 가스 하이드레이트 응축 기술을 사용한 향상된 CO_2 포집 **(신진 연구자 발표)**	(경기대)목정훈, (콜로라도광업대)Amadeu K. Sum
O열역목-2	09:20 ~ 09:40	Structure-H Hydrate Formation Induced by Large Guest Molecules of Structure-II Hydrate	(서울대)설지웅
O열역목-3	09:40 ~ 09:55	일차 아민 열역학적 촉진제를 이용한 하이드레이트 기반 메탄 저장 기술의 저장 용량 향상 **(우수 구두 발표상 후보)**	(GIST)옥유성, 양우영, 이승인, 서동주, 박영준
O열역목-4	09:55 ~ 10:10	Influence of NaCl on the guest capture dynamics of CH_4 + CO_2 hydrates **(우수 구두 발표상 후보)**	(UNIST)박민서, 김성우, 서용원, (경기대)목정훈
O열역목-5	10:10 ~ 10:25	Inhibition of CO_2Hydrate Formation Using Amino Acid Derivatives: An Experimental and Computational Approach **(우수 구두 발표상 후보)**	(UNIST)문성주, 서용원, (HD한국조선해양)고우진, (경기대)목정훈
O열역목-6	10:25 ~ 10:40	물과 열역학적 촉진제의 흡수 정도 차이에 의한 고흡수성 수지 내 수소 하이드레이트의 수소 동공 점유 거동 분석 **(우수 구두 발표상 후보)**	(숭실대)김민경, 안윤호, (KAIST)이원형, 이재우
O열역목-7	10:40 ~ 10:55	Role of Amphiphilic Additives in Adsorption and Diffusion Characteristics of Zinc Ions on Anode Surfaces **(우수 구두 발표상 후보)**	(가천대)김여진, 안용남
구두 발표(유동층 I)			
320B			**좌장: 고강석(KIER), 서명원(서울시립대)**
O유동목-1	09:00 ~ 09:20	Thermodynamic Analysis in Pulverized Coal Power Plants with Ammonia Co-combustion Across Different Coal Ranks	(전북대)Jester Ling Lih Jie, 이시훈
O유동목-2	09:20 ~ 09:40	유동층에서 철광석 입자의 비산에 대한 광석 부착 미분의 영향	(국립한국교통대)이민지, 김수영, 손하은, 방지현, 김성원
O유동목-3	09:40 ~ 10:00	저등급 석탄의 Lab- and Bench-scale 유동층 가스화기를 이용한 반응 특성 연구	(IAE)강태진, 이진희, 이다혜, 김효식, 강석환
O유동목-4	10:00 ~ 10:20	Thermochemical conversion technologies of biomass with integrated CO_2 capture	(전북대)Wong Min Jin Karen, 이하은, 박예찬, 이시훈
O유동목-5	10:20 ~ 10:40	경질올레핀 생산을 위한 철계 촉매의 Fischer-Tropsch 합성에서 반응기에 따른 특성 연구	(IAE)강석환, 이혜성, 이진희
O유동목-6	10:40 ~ 11:00	3 MW_{th} 매체순환연소 스팀생산 시스템 연속운전 실증	(KIER)류호정, 원유섭, 황병욱, 최유진, 김정민, 황윤태, 김재영, 김대욱
구두 발표(유동층 II)			
320B			**좌장: 김동재(순천향대), 김준영(가톨릭대)**
O유동목-7	14:30 ~ 15:00	Fluidized bed design and scale-up: Experiments, simulation, and modeling **(신진 연구자 발표)**	(가톨릭대)김준영
O유동목-8	15:00 ~ 15:15	Scale-up of a CNT fluidized bed reactor using K&L modeling	(성균관대)허승준, 성우창, 남지영, 이동현

O유동목-9	15:15 ~ 15:30	기체-고체 유동층 내 CNT와 미세 입자 간 혼합 거동 특성	(국립한국교통대)김수영, 손하은, 김성원
O유동목-10	15:30 ~ 15:45	유동층 가스화기를 이용한 Polylactic Acid(PLA)의 수증기 가스화 기초 특성 분석 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울시립대)이태원, 안태휘, 정의명, 이찬영, 박영권, 서명원
O유동목-11	15:45 ~ 16:00	기포탑 내 다공판 구조물과 분산판의 상호작용에 의한 기포 특성 제어 **(우수 구두 발표상 후보)**	(국립한국교통대)손하은, 김수영, 김성원
O유동목-12	16:00 ~ 16:15	전과정 평가 방법론을 통한 BECCS 기반 수소의 지속가능성 분석 **(우수 구두 발표상 후보)**	(전북대)이하은, Wong Min Jin Karen, Jester Lih Jie Ling, Solanki Bhanupratap Singh, 박현준, 이시훈
O유동목-13	16:15 ~ 16:30	머신러닝을 활용한 원뿔형 분사층 반응기 내부 열전달계수 예측 모델 개발	(연세대)최명규, 김효성, 홍성완, 박경영, 최항석
O유동목-14	16:30 ~ 16:45	기포 유동층 반응기를 활용한 암모니아 연소 중 Bed 온도 및 암모니아 주입 위치에 따른 오염물질 배출 영향 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KIER, 성균관대)임호태, (KITECH)김성주, (성균관대)류창국, (KIER)박성진, 조성호, 윤상준, 라호원, 윤성민, 조현빈, 문태영
O유동목-15	16:45 ~ 17:00	바이오매스 열분해유와 폐플라스틱 열분해유의 분류층 가스화 특성 분석 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울시립대)안태회, 이찬영, 이태원, 정의명, 심지빈, 오예은, 이민재, 서명원, (KIER)윤성민, 라호원
O유동목-16	17:00 ~ 17:15	바이오촤 순환유동층 연소기의 수력학적 특성에 대한 전산해석 연구	(연세대)홍성완, 최명규, 박경영, 최항석
O유동목-17	17:15 ~ 17:30	100 kWth 암모니아 전소 버너를 이용한 NO_x 배출 특성에 대한 실험적 연구 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KITECH, 성균관대)황성환, 심우현, (성균관대)권오채, (KITECH)이재욱, 변창희, 양원, 채태영
구두 발표(분리기술 I)			
321A			**좌장: 윤태준(서울대), 이창수(국립부경대)**
O분리목-1	09:00 ~ 09:20	다양한 나노다공성 필러가 포함된 혼합매질막(MMM)의 기체 분리 특성 **(신진 연구자 발표)**	(KRICT)강미소
O분리목-2	09:20 ~ 09:35	금속 복합 분리막의 촉매층 두께에 따른 수소 투과 특성 연구 **(우수 구두 발표상 후보)**	(울산대)김현욱, 이찬현, 박재현
O분리목-3	09:35 ~ 09:50	Enhanced Biobutanol Purification Using Graphene Oxide-Lignin Composite Membranes **(우수 구두 발표상 후보)**	(연세대)최우영, 김대우, (조지아공대)Ryan P. Lively
O분리목-4	09:50 ~ 10:05	ZnO 원자층 증착을 이용한 프로필렌/프로페인 분리를 위한 PIM-1 기반의 ZIF-8 분리막 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KAIST)위정수, 고동연, (숭실대)김태환, 엄기원
O분리목-5	10:05 ~ 10:20	Pebax polymeric composite membranes for CO_2 separation **(우수 구두 발표상 후보)**	(서강대)성문숙, 이종석
O분리목-6	10:20 ~ 10:35	고도로 상호 연결된 삼중 다공성 반전 오팔 구조 TiO_2 멤브레인을 활용한 향상된 광촉매 수처리 **(우수 구두 발표상 후보)**	(국립부경대)손혜정, 이창수, (인하대)장호석, 김정환
O분리목-7	10:35 ~ 10:50	폐리튬전지 내 유기용매 회수를 위한 pH 스윙-줄 가열 듀얼 분리막 제작	(부산대)박채빈, 정상현
O분리목-8	10:50 ~ 11:05	Fine-Tuned Additive Design of Scaffold-Free Porous Mg as Optimal Hydrogen Storage System	(KAIST)김현지, 강태혁, 최벽파, 조은선, (Lawrence Livermore Nat'l Lab.)송영길, 허태욱
구두 발표(에너지 환경 II)			
321B			**좌장: 이도연(국립한밭대)**

O에환목-1	09:00 ~ 09:20	적철광 광양극의 광전기화학적 물 분해 성능을 향상시키기 위한 벌크 및 표면 개질 전략	(전북대)Anushkkaran Periyasamy, 김봉규, 장점석, (KBSI)채원식, (포항가속기연구소)이현휘, 최선희
O에환목-2	09:20 ~ 09:40	효율적인 수처리를 위한 고도 산화 공정에서의 라디칼 및 비라디칼 경로 선택적 제어	(KIST)문건희
O에환목-3	09:40 ~ 10:00	바이오촤 기반 HDPE-수소/탄소 전환 특성 평가를 위한 실험적 연구	(KITECH)이용운, 조경일, 우백호, 박영선
O에환목-4	10:00 ~ 10:20	반탄화 미활용 목재의 석탄화력발전소 혼소에 대한 전과정평가 기반 이산화탄소 배출량 분석	(KITECH)조경일, 이승연, 유나연, 이용운
O에환목-5	10:20 ~ 10:40	Modulation of active interfacial sites in $MnCo_2O_{4.5}$@Ni_3S_2 core-shell architectures as robust electrocatalysts for oxygen evolution and electro-oxidation of urea	(전남대)Adhikari Sangeeta, 김도형
O에환목-6	10:40 ~ 11:00	Surface- and Microstructure-Engineered Ni-Rich Cathode Materials for Li-Ion Batteries **(신진 연구자 발표)**	(충남대)류훈희
구두 발표(공업화학)			
322A			**좌장: 송광섭(국립금오공대)**
O공업목-1	09:00 ~ 09:20	Needle-Structured ZrO_x-Loaded $NiFe_2O_4$ Photocatalysts for Efficient Photo-Fenton Degradation of Bisphenol A and 4-Nitrophenol	(국립금오공대)Velu Manikandan, 송광섭
O공업목-2	09:20 ~ 09:35	Acousticfield analysis using micro-particle velocity measurements **(우수 구두 발표상 후보)**	(경기대)김나해, 양인환
O공업목-3	09:35 ~ 09:50	첨가제를 이용한 선형 및 고리형 탄화수소 흡열연료의 열분해 최적화 연구 **(우수 구두 발표상 후보)**	(경기대)박찬호, 김대영, 김영진, 정지훈, (국방과학연구소)정병훈, 최호진, 박동창
09:50 ~ 10:00		Coffee break	
O공업목-4	10:00 ~ 10:15	Sodium borohydride의 탈수소화 반응용 코발트 촉매의 내구성 향상 연구 **(우수 구두 발표상 후보)**	(경기대)김지우, 엄호선, 김영진, 정지훈
O공업목-5	10:15 ~ 10:30	고분자 전해질 연료전지 스택의 장기간 구동 후 촉매 층 열화 연구	(국립순천대)윤동구, 박권필
O공업목-6	10:30 ~ 10:45	다채널 광방출 분광법을 이용한 300mm 유도결합 아르곤 플라즈마 챔버에서의 충돌-방사 모델 기반 전자온도 및 전자밀도 균일도 평가	(성균관대)한상희, 김재현, 채희엽
구두 발표(이동현상 I)			
322B			**좌장: 정선엽(단국대), 정소담(동의대)**
09:00 ~ 09:15		**[Career Mentoring]** 산학연계 이동현상 분야 이해를 바탕으로 한 진로 설계	(동의대)정소담
O이동목-1	09:15 ~ 09:30	자유계면 전산모사에서 약하게 적용된 운동학적 조건에 대한 메쉬 특성의 영향 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울대)양윤동, 남재욱
O이동목-2	09:30 ~ 09:45	Extensional Flow Analysis of Lithium-Ion Battery Anode Slurries: Insights from Microfluidic Techniques **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울대)박도혜, 임정욱, 남재욱
O이동목-3	09:45 ~ 10:00	이분산 현탁액 필름 건조 중 수력학적 상호작용이 크기에 따른 층화 패턴에 미치는 영향 **(우수 구두 발표상 후보)**	(고려대)김희찬, 윤진성, 전병진, 정현욱
O이동목-4	10:00 ~ 10:15	미세유체 공정으로 합성된 코어-쉘 하이드로젤을 이용한 알츠하이머병의 신경세포 모델 개발 **(우수 구두 발표상 후보)**	(홍익대)노혜원, 송지유, 김재정
O이동목-5	10:15 ~ 10:30	경피흡수과정에서 리포좀이 각질층의 지질구조에 미치는 영향 **(우수 구두 발표상 후보)**	(홍익대)조윤경, 박준현, 박찬우, 김재정

O이동목-6	10:30 ~ 10:45	Ethanol as a Secondary Solvent: Enhancing Drying and Its Influence on Microstructural and Electrical Properties of Li-Ion Battery Anode Slurries **(우수 구두 발표상 후보)**	(부산대)박민서, 김은조, 현 규
O이동목-7	10:45 ~ 11:00	Predicting Aortic Thrombus Formation during VA-ECMO Support via Haemodynamic Simulations **(우수 구두 발표상 후보)**	(고려대)임진경, 원왕연, (전남대)구보람
구두 발표(이동현상 II)			
322B			**좌장: 정선엽(단국대), 정소담(동의대)**
O이동목-8	14:30 ~ 14:45	Impact of slurry mixing on electrode performance in electrochemical lithium recovery(ELR) systems **(우수 구두 발표상 후보)**	(단국대)송환규, 정선엽, (매사추세츠공대)주화주
O이동목-9	14:45 ~ 15:00	Multiscale Digital Twin Approach for Simulating the Separator Coating Process in Lithium-Ion Battery Manufacturing **(우수 구두 발표상 후보)**	(이화여대)오현정, 나종걸, (서울대)박안성, 정은영
O이동목-10	15:00 ~ 15:15	실리콘 음극 및 건식 전극을 위한 기능성 병솔형 고분자 바인더의 개발	(고려대)장순호, 허 윤, 조성재, 방준하
O이동목-11	15:15 ~ 15:35	Shear-Induced Migration of Suspended Particles Using Dynamic Brush Layer Model	(고려대)전병진, 정현욱
O이동목-12	15:35 ~ 15:50	배터리 전극 슬롯 코팅의 요변성을 고려한 유동 현상	(서울대)오상호, 남재욱
O이동목-13	15:50 ~ 16:10	칼슘신호전달 현상에 관한 전산모사 연구	(전북대)강욱중
O이동목-14	16:10 ~ 16:25	Fabrication of Electrochromic Films Integrating Rheology, Deposition Strategies, and Electrochemical Analysis	(단국대)Garcia Ralph Joseph, 정선엽
O이동목-15	16:25 ~ 16:40	Designing Microchannel Network for Concentration Generation with Electric Circuit Analogy Method	(서울대)임정욱, 박도혜, 남재욱
구두 발표(고분자 I)			
323A			**좌장: 조수연(성균관대)**
O고분목-1	09:00 ~ 09:15	동적 전단 레오미터를 이용한 고분자 점탄성 특성 평가: 점성 유체에서 탄성 고체로의 전이 온도 범위에서	(서울대)김재현, 안경현
O고분목-2	09:15 ~ 09:30	Highly Adhesive and Recyclable Covalent Adaptable Network-Based Poly(β-amino ester) Solid Polymer Electrolyte for Lithium Metal Batteries **(회명 대학원 연구상 후보)**	(부산대)양미옥, 김채빈, (인하대)전용하, 최우혁
O고분목-3	09:30 ~ 09:45	IM-HAPPY: AI-Driven Polymer Inverse Design for Targeted Polymer Properties **(회명 대학원 연구상 후보)**	(전남대)안지훈, Gabriella Pasya Irianti, Vikram Thapar, 윤세현, 김도형, 허수미
O고분목-4	09:45 ~ 10:05	저전압 구동 유기 인쇄형 전자소자 실현을 위한 고유전율 고분자 소재 **(신진 연구자 발표)**	(국립부경대)권혁진
O고분목-5	10:05 ~ 10:25	전기변색 디스플레이 활용을 위한 투명 전도성 고분자 개발 **(신진 연구자 발표)**	(중앙대)송인호
O고분목-6	10:25 ~ 10:45	에너지 효율을 위한 카이랄 액정 기반의 광열 반응형 스마트 윈도우 연구 **(신진 연구자 발표)**	(KATECH)윤원진
O고분목-7	10:45 ~ 11:05	〈발표취소〉	
구두 발표(입자기술)			
323B			**좌장: 권혁진(국립부경대)**

O입자목-1	08:50 ~ 09:00	Simultaneous Gravimetric Analysis and Moisture-Induced Power Generation via a Lateral Field-Excited Quartz Resonator **(우수 구두 발표상 후보)**	(POSTECH)백혜림, 최지훈, 전상민
O입자목-2	09:00 ~ 09:10	Sustainable High-Strength and Flame-Retardant Wood Composites via Alginate–SiO_2 Integration **(우수 구두 발표상 후보)**	(POSTECH)송민재, 최지훈, 김대웅, 한현수, 전상민
O입자목-3	09:10 ~ 09:20	Enhanced Hydrogen Production from ZnS-CuS Photocatalyst through Ligand Capping **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울시립대)한서준, 김정현
O입자목-4	09:20 ~ 09:30	Methanol-Water Binary Solvent System and Anion Exchange for High-Efficiency $Zn_xCd_{(1-x)}O$ @CdSPhotocatalyst **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울시립대)강은수, 김정현
O입자목-5	09:30 ~ 09:40	EnhancedPEC Performance of $BiVO_4$/MOF Photoanode via Defect Engineering **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울시립대)이승익, 김정현
O입자목-6	09:40 ~ 09:50	Strategies to synthesize conductive shape memory polyurethane elastomer composite	(서울시립대)이재헌, 김정현
O입자목-7	09:50 ~ 10:00	All-opticalsystem-based perovskite photodiode for Vision Neuromophic Sensors **(우수 구두 발표상 후보)**	(충남대)전영운, 송슬기
O입자목-8	10:00 ~ 10:10	Electrodeposited Photoanode with Tuned Electrochemical Properties for Enhanced PEC Performance	(서울시립대)허동규, 김정현
O입자목-9	10:10 ~ 10:20	Highly Efficient Hydrovoltaic Power Generation Using Janus Membrane under Evaporation-Limited Conditions **(우수 구두 발표상 후보)**	(POSTECH)김대웅, 이혜원, 전상민
O입자목-10	10:20 ~ 10:30	Surface-Engineered Carbon Dots for Enhanced Red Fluorescence and BRET-Driven Wound Healing **(우수 구두 발표상 후보)**	(숙명여대)조현다, 권우성
O입자목-11	10:30 ~ 10:40	저독성 용매 2-프로판올을 활용한 리튬 이온 배터리 전극 **(우수 구두 발표상 후보)**	(충남대)이연진, 송슬기
O입자목-12	10:40 ~ 10:50	Fabrication of dual-anisotropy building blocks via magnetic field assisted deformation **(우수 구두 발표상 후보)**	(경북대)차찬욱, 박보경, 서정재, 한구희
O입자목-13	10:50 ~ 11:00	테일러 와류흐름을 이용한 바이오매스 유래 실리카 나노 분말의 합성: 이산화탄소 포집 및 습윤 밴드 적용 **(우수 구두 발표상 후보)**	(한국공학대)정재훈, 조영상
구두 발표(촉매 및 반응공학 II)			
324A			**좌장: 이진희(KRICT), 전유권(연세대)**
O촉매목-1	09:00 ~ 09:20	원자 단위 이온과 강한 상호작용으로 유래된 팔라듐 나노클러스터 촉매를 통한 메탄 산화 반응	(KIMS)정호진, 최준환, (KIMS, 국립부경대)류승희
O촉매목-2	09:20 ~ 09:40	x-flow 를 적용한 VOCs 저감 System 개발	(에코프로HN)박상준
O촉매목-3	09:40 ~ 10:10	Ammonia decomposition over non-noble metal catalysts: A tiny step towards affordable hydrogen	(전북대)Bhanupratap Singh Solanki, 박현준, 안재원, 이시훈, (KIER)김영은, 구기영
O촉매목-4	10:10 ~ 10:25	Tandem Catalysis Enabling Sustainable Polyethylene Hydrogenolysis with *In Situ* Hydrogen from Methanol Aqueous Phase Reforming **(회명 대학원 연구상 후보)**	(고려대)권태은, 안서영, 원왕연, (KRICT)강기혁, (서울과기대)이준성, 노인수
O촉매목-5	10:25 ~ 10:40	낮은 일함수를 갖는 탄소 지지체에 의해 매개되는 분리된 Ru 및 BaO 도메인에서의 전자 및 양성자 저장을 통한 암모니아 합성 촉매 설계 **(회명 대학원 연구상 후보)**	(KAIST)백예준, 최민기

구두 발표(화학안전)			
324A			좌장: 조성현(전북대)
O안전목-1	14:30 ~ 15:30	Making Process Safety Personal - Driving PSM Excellence	(Executive Director & CEO, CCPS) Shakeel H. Kadri
O안전목-2	15:30 ~ 15:50	ABAC 기법을 적용한 하수처리장 지능화 시스템 적용 및 AI 최적화 방안	(유티이씨)허재성
O안전목-3	15:50 ~ 16:10	PSO를 이용한 액화수소 공정배치 최적화에 대한 연구	(국립부경대)이창준
O안전목-4	16:10 ~ 16:30	효율적 LOPA Tool 제안	(한국요꼬가와전기)박진형, (국립부경대)이창준
O안전목-5	16:30 ~ 16:50	수소충전소의 실시간 위험예측 시스템 개발을 위한 HyRAM 알고리즘 구조 개선 및 수치해석 기법 강화	(한국가스안전공사 가스안전연구원)이우귀연
O안전목-6	16:50 ~ 17:10	Rule Library를 활용한 엔지니어링 설계 오류 자동검증 플랫폼 연구 2	(유티이씨)고정훈, 양 효, 정현석, 김유경, 윤형준
O안전목-7	17:10 ~ 17:20	암모니아 분해 공정에서 발생하는 독성 물질 배출 저감을 위한 다중 목적 최적화 연구 **(우수 구두 발표상 후보)**	(전북대)임민석, 김인혜, 오정재, 박영범, 조성현
구두 발표(공정시스템 II)			
324B			좌장: 유준재(서울시립대)
O공정목-1	09:00 ~ 09:20	화학산업 탈탄소화 전략 - 다중 에너지 시스템과의 통합	(국립부경대)윤 준
O공정목-2	09:20 ~ 09:40	능동학습법을 이용한 CO_2 동시 포집·전환 매탄올 생산공정 시스템 개발	(KIST)이 웅, 김경수, 유천재, 박담대
O공정목-3	09:40 ~ 10:00	다변수 최적화 기법을 활용한 제조공장의 에너지 · 환경성 · 경제성 최적화 연구	(KITECH)김성일, 양 원, (KITECH, 연세대)박지선
O공정목-4	10:00 ~ 10:20	개방형 공기 브레이튼 사이클과의 병합을 통한 대기직접포집 시스템 효율 향상 방안 제안	(경북대)손성민
O공정목-5	10:20 ~ 10:40	대단위 화학공장의 총체적 Risks 관리에 대한 응용연구 ---국내외 대단위 화학공장의 실질적 consulting/coaching 경험에 근거한---	(서울대)김영호
O공정목-6	10:40 ~ 11:00	LAB scale 반응공정 기반 scale up 상업 반응공정 설계 사	(한화솔루션)이신범
구두 발표(생물화공 I)			
325D			좌장: 김민식(인하대)
O생물목-1	09:00 ~ 09:20	고부가가치 생화학 물질 생산을 위한 맞춤형 티올레이스 효소 **(신진 연구자 발표)**	(전남대)손현철
O생물목-2	09:20 ~ 09:40	모발 장벽 복원을 위한 16-메틸헵타데킨산의 생체 접합 기반 생체 모방 기술	(LG생활건강)송상훈
O생물목-3	09:40 ~ 09:50	Hierarchical Protein Nano-crystalline Hydrogel encapsulating Extracellular Vesicles for Tertiary Lymphoid Structure Formation **(우수 구두 발표상 후보)**	(고려대)안원경, 이예람, (KIST)김인산, 한지훈, (경북대)이은정
O생물목-4	09:50 ~ 10:00	High-level microbial succinic acidproduction through magnesium transport system optimization **(우수 구두 발표상 후보)**	(KAIST)김지연, 이종언, 안정호, 이상엽
O생물목-5	10:00 ~ 10:10	Carbon-Negative PHA (Polyhydroxyalkanoate) Production via Microbial Electrosynthesis Using Engineered Pseudomonas putida **(우수 구두 발표상 후보)**	(부산대)이창협, 공다슬, 김은서, 김중래

O생물목-6	10:10 ~ 10:20	Direct Optical Detection of Proteins by Overgrowing Metal Nanorod Modified with Antibodies **(우수 구두 발표상 후보)**	(서강대)박지원, 신용희, 강태욱
O생물목-7	10:20 ~ 10:30	홍합접착단백질 기반 접착성 어주번트 단백질을 활용한 나노백신전달체 **(회명 대학원 연구상 후보)**	(POSTECH)정석원, 차형준, 우현택
O생물목-8	10:30 ~ 10:40	Microfluidic analysis of corticosterone-induced mitochondrial impairment in HT22 cells **(우수 구두 발표상 후보)**	(충남대)송현지, 이창수

4월 25일(금): 구두 발표

구두 발표(재료 IV)			
314			**좌장: 이원미(국립공주대)**
O재료금-1	09:15 ~ 09:30	고분자 구조-성능 관계: 무음극 리튬메탈배터리에서 PEO 분자량이 계면에 미치는 영향	(성균관대)조재원, 황의석, 김수찬
O재료금-2	09:30 ~ 09:45	교차결합을 이용한 양자점의 간접 포토패터닝 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서강대)김혁준, 임창혁, 강문성, (UNIST)함효빈, 김봉수, (성균관대)박진수, 이학준, 배완기
O재료금-3	09:45 ~ 10:05	**[Keynote Lecture]** Heterojunctions Between Two-Dimensional Layered Materials and Organic Molecules for Photoinduced Charge Separation	(Kyoto Univ.)Hiroshi Imahor
O재료금-4	10:05 ~ 10:25	초음파 스프레이 합성법을 활용한 대면적 2D 페로브스카이트나노크리스털 광센서 어레이 개발 **(신진 연구자 발표)**	(성신여대)이윤호, 이하은, (퍼듀대)이원준, 이강산, 박지용, Letian Dou, Hanjun Yang, Jianguo Mei, 문정호, 백성두, (안트베르펜대)Biao Yuan, Timothy J. Pennycook, (서울대)오준학, 원유상, (충북대)김광우
O재료금-5	10:25 ~ 10:45	전극-전해질 계면 반응성에 따른 합금계 음극 분쇄 억제 기작	(국립부경대)김남형
구두 발표(재료 V)			
314			**좌장: 선우성혁(국립금오공대)**
O재료금-6	13:30 ~ 13:45	Wavelength-controlled Photoresponse Switching in Soft-Stamped $CsPbBr_3$/Graphene Heterostructure **(우수 구두 발표상 후보)**	(전남대)노영준, 남기훈, 김준우, 이상현
O재료금-7	13:45 ~ 14:00	고성능 NASICON 전해질을 위한 도자기 유약 유래 소결 보조제 활용 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KICET)장일섭, 천진녕
O재료금-8	14:00 ~ 14:15	고에너지 밀도 배터리용 리튬 금속 음극의 안정성 향상을 위한 부식 방지 및 덴드라이트 억제 기능을 갖춘 엔지니어링 다중 구성 인공 SEI **(우수 구두 발표상 후보)**	(POSTECH)홍서찬, 김나연, 최세훈, 김원배
O재료금-9	14:15 ~ 14:30	Spray-Dried N-doped Carbon-Coated ZnTe/MXene Microspheres for Potassium-Ion Batteries: Insights from In-situ and Ex-situ Analyses **(우수 구두 발표상 후보)**	(중앙대)오홍근, 박승근
O재료금-10	14:30 ~ 14:45	CdSe/CdS 양자막대의 원형편광이색성 연구 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KAIST)김유진, 이도창
O재료금-11	14:45 ~ 15:00	Optical properties of PMMA/Perovskite composites **(우수 구두 발표상 후보)**	(전남대)남기훈, 김민진, 이상현

O재료금-12	15:00 ~ 15:15	고속 칼륨 이온 저장을 위한 탄소 구의 메조포어 배향을 통한 내부 접근성 조정 **(우수 구두 발표상 후보)**	(아주대)박종윤, 황종국
구두 발표(열역학분자모사 II)			
320A			**좌장: 이태경(경상국립대)**
O열역금-1	09:00 ~ 09:15	Molecular-Level Insights into Design of Electrolyte/Additive for Enhancing High Voltage Stability of $LiCoO_2$ in Lithium-Ion Batteries **(우수 구두 발표상 후보)**	(경상국립대)손준수, 이동규, 이태경
O열역금-2	09:15 ~ 09:30	Computational Study on De-Doping Engineering for Thermal Durability of Perovskite Solar Cells **(우수 구두 발표상 후보)**	(경상국립대)이동규, 이태경
O열역금-3	09:30 ~ 09:45	Computational Study on Chain Diffusion in Polyurethane Coating via Core-shell Structures **(우수 구두 발표상 후보)**	(경상국립대)조유빈, 김규리, 이태경
O열역금-4	09:45 ~ 10:00	유연한 금속-유기 골격체의 상전이 예측을 위한 범용 역장 개선 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KAIST)김도훈, 임윤성, 김지한
O열역금-5	10:00 ~ 10:15	머신 러닝 퍼텐셜을 활용한 CO_2 직접 공기 포집 목적 금속-유기 구조체 스크리닝 개선 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KAIST)임윤성, 김지한, (Imperial College London) 박현수, Aron Walsh
O열역금-6	10:15 ~ 10:30	Computational Screening of Photo-Acid Generators via Multiscale Simulation for Enhanced Line Edge Roughness in Photoresist **(우수 구두 발표상 후보)**	(UNIST)이승민, 권성현, (고려대)곽상규
O열역금-7	10:30 ~ 10:45	이산화탄소 직접 포집을 위한 비결정형 금속-유기 골격체 스크리닝 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KAIST)김영훈, 김지한
O열역금-8	10:45 ~ 11:00	이산화탄소 환원을 위한 광촉매금속-유기 구조체의 고속대량 스크리닝 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KAIST)김준호, 김지한
구두 발표(분리기술 II)			
321A			**좌장: 김동훈(전남대), 박치훈(경상국립대)**
O분리금-1	09:00 ~ 09:15	직접 공기 포집에서 향상된 이산화탄소 포집을 위한 나노 유무기 하이브리드 재료 (NOHMs) 함침 메조다공성 실리카 **(우수 구두 발표상 후보)**	(GIST) 박인규, 성유경, 김미성, 이승인, 박영준
O분리금-2	09:15 ~ 09:30	Electrophoresis over Eutectic Mixture-Promoted MgO on CO_2 Capture **(우수 구두 발표상 후보)**	(한양대) 강유석, 서정길, (Technology Innovation Institute) Monica Louise T. Triviño
O분리금-3	09:30 ~ 09:45	SMR 공정에서 수소 정제를 위한 PSA 공정의 전산모사: 매개변수 추정 및 시뮬레이션 **(우수 구두 발표상 후보)**	(고려대) 이승호, 원왕연
O분리금-4	09:45 ~ 10:00	고효율 CO_2 포집 및 중금속 제거용 아민 기능화 실리카 에어로겔 입상 흡착제 **(우수 구두 발표상 후보)**	(연세대) 한혁희, 박완제, 최유진, 최하령, Vinayak G Parale, 박형호, 배윤상
O분리금-5	10:00 ~ 10:15	Influence of Impurities on Crystal Morphology and Crystallization Behavior **(우수 구두 발표상 후보)**	(고려대) 백선화, 배채현, 강정원, (LG화학) 이성규, 유성진
O분리금-6	10:15 ~ 10:30	Structural Transitionsof Silver Species in Zeolite Y and Their Impact on CH_3I Adsorptionunder Simulated Nuclear Accident Conditions **(우수 구두 발표상 후보)**	(연세대)조영호, 이현철, 이창하, (강릉원주대)김경민
O분리금-7	10:30 ~ 10:45	pH Buffering Strategy to Improve Simultaneous NO and SO_2 Removal over Fe^{2+}-EDTA Solution **(우수 구두 발표상 후보)**	(KIER, 충남대)이도헌, (충남대)이규복, (KIER)이경호, 김선형, 윤형철

O분리금-8	10:45 ~ 11:00	Fabrication and Adsorption Analysis of Porous Metal Oxide-Functionalized Silica with High Palletisation Feasibility for Industrial Cleanup of Residual Ammonia **(우수 구두 발표상 후보)**	(충남대)Win May Zaw, 박지혜, Wathone Oo, 뚜자산, Pa Pa Aung Shoon, 이광복
O분리금-9	11:00 ~ 11:15	Efficient AmmoniaRemoval with Carbon-doped Copper Hexacyanoferrate Adsorbents **(우수 구두 발표상 후보)**	(충남대)뚜자산, 박지혜, Win May Zaw, Lapasov Shokhjakhon Dilshod Ugli, 이광복
구두 발표(에너지 환경 III)			
321B			**좌장: 김정규(성균관대)**
O에환금-1	09:00 ~ 09:20	층상이중수산화물-그래핀 에너지 하베스터를 활용한 전기분해와 압력에 의한 열에너지 발생 소자의 연구	(한양대)박지영, 오준호, 좌용호, (KITECH)이승환, 정다운
O에환금-2	09:20 ~ 09:40	Three-dimensional reduced graphene oxide hollow microspheres anchored with defect-engineered antimony selenide nanocrystals for stable Li-S batteries: Experimental and theoretical assessment	(아주대, 충북대)Rakesh Saroha, (충북대)조중상
O에환금-3	09:40 ~ 10:00	Oxygen vacancy and light-harvestingof Perovskite $NiTiO_3$/C-Ag/Ag_3PO_4 S-schemehollow nanosphere heterojunction photocatalyst to enhance degradation efficiency of tetracycline	(영남대)압르, Alaa Magdy Saad, 김우경
O에환금-4	10:00 ~ 10:20	전기화학적 이산화탄소 전환을 통한 직접 공기 포집 및 전환 경로에 대한 종합적인 분석	(KIST)정원석, 이 웅
O에환금-5	10:20 ~ 10:40	국가 CCUS 부문의 온실가스 감축경로에 대한 통합 분석 모델의 개발 및적용	(포스코홀딩스)황종수, 안치규, 한건우
O에환금-6	10:40 ~ 11:00	Enhanced Electrochemical CO_2 Reduction via Modified-Polyamine for HER Suppression andProcess Efficiency	(KIST)최원용, 고성현, 강장훈, 김창수
구두 발표(에너지 환경 IV)			
321B			**좌장: 심재오(원광대), 전경원(국립군산대)**
O에환금-7	13:00 ~ 13:10	HT-WGS 반응을 위한 Cu-Ce-MgO 촉매의 비율 최적화: STXM 분석을 통한 OSC 평가 **(우수 구두 발표상 후보)**	(원광대)김창현, 전이정, 심재오
O에환금-8	13:10 ~ 13:20	Assessment of environmental feasibility offormic acid-based hydrogen supply strategy for effectively responding to fluctuations in renewable electricity generation **(우수 구두 발표상 후보)**	(POSTECH)유선욱, 한지훈, (전남대)변재원, (KRICT)강동성
O에환금-9	13:20 ~ 13:30	암모니아 선택적 촉매 산화 반응에서 Cu/ZSM-5 촉매의 활성 Cu 종 규명	(서울대)황세인, 김도희
O에환금-10	13:30 ~ 13:40	Microplastic Remediation and Hydrogen Evolution via Solar-Electrochemical Process on TiO_2 Nanorods in Seawater **(우수 구두 발표상 후보)**	(POSTECH)배호섭, (KENTECH)최원용
O에환금-11	13:40 ~ 13:50	페로브스카이트 촉매를 이용한 목재-플라스틱 복합재(WPC) 스팀 가스화 반응 연구 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KAIST)서지현, 명재욱, (서울시립대)이광훈, 박영권
O에환금-12	13:50 ~ 14:00	Enhanced performance for CO_2 hydrogenation to methanol over metal-doped Cu/ZnO/Al_2O_3 catalyst modified with polyethylene glycol	(KAIST)표수민, 최시영, (서울시립대)박영권
14:00 ~ 14:20		Coffee break	

O에환금-13	14:20 ~ 14:30	구리 음극 집전체의 은 나노입자 구조제어를 통한 고성능 리튬 금속 전지 제작 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KAIST)김국보, 정희태, (KAIST, Oregon State Univ.) 김주예, (가천대)채오병, (KRICT, 전북대)우미혜
O에환금-14	14:30 ~ 14:40	Effect of inherent metals on torrefaction performance under varying ash content ofhigh-ash biomass through ash removal **(우수 구두 발표상 후보)**	(KITECH, 한경국립대)윤희선, (KITECH, 연세대) 박효경, (한경국립대)엄병환, (KITECH)김성주, 이진기, 김유정, 신명철
O에환금-15	14:40 ~ 14:50	열분해 공정을 통한 비목질계 및 목질계 바이오촤의 물리화학적 특성 비교 분석 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KITECH, 연세대)박효경, (KITECH, 한경국립대) 윤희선, (연세대)황정호, (KITECH)이진기, 김유정, 김성주, 신명철
O에환금-16	14:50 ~ 15:00	Uniformly Porous N-Doped Hierarchical Carbon Microspheres as a Monodisperse Cathode Host for High-Performance K-Se Batteries **(우수 구두 발표상 후보)**	(중앙대)김현진, 박승근
O에환금-17	15:00 ~ 15:10	졸-겔 법으로 합성된 Ni/Al_2O_3 촉매를 활용한 CO_2 메탄화 반응을 통한 고효율 메탄 합성 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울대)임효석, (서울시립대)박영권
O에환금-18	15:10 ~ 15:20	Silane CVD Process of Si/CNT anode for Lithium-Ion Battery **(우수 구두 발표상 후보)**	(충남대, KRICT)이경아, (충남대)송우진, (KRICT, UST)임지선
O에환금-19	15:20 ~ 15:30	Coordination-Regulated Co Single-Atom Catalysts Embedded in Porous Carbon Nanofibers as a Catalytic Interlayer for Lithium-Sulfur Batteries **(우수 구두 발표상 후보)**	(중앙대)나정호, 박승근
O에환금-20	15:30 ~ 15:40	80kWth급 미분탄 연소 시스템 활용 암모니아 혼소에 따른 연소 특성 연구 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KITECH, 성균관대)심우현, 황성환, (KITECH)양 원, 이재욱, 변창희, 채태영
O에환금-21	15:40 ~ 15:50	폐플라스틱의 처리 방법에 따른 온실가스 배출량 분석	(이화여대)안재연, 최원재
O에환금-22	15:50 ~ 16:00	태양 연료 생산을 위한 α-Fe_2O_3기반의 고효율 선택적 광전기화학적 시스템 개발 **(우수 구두 발표상 후보)**	(UNIST)김사랑, 오동락, 장지욱
O에환금-23	16:00 ~ 16:10	Production of vaterite-type calcium carbonate and dye adsorption through indirect carbonation technology based on dyeing wastewater	(국립한국해양대) Bezawit Tatek Shiferraw, 김명진
구두 발표(고분자 II)			
323A			**좌장: 박정태(연세대)**
O고분금-1	09:00 ~ 09:15	Shape Memory Polyurethane with Two-stage Performance Utilizing Cold-crystallization Phenomenon **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울시립대)김민서, 김정현
O고분금-2	09:15 ~ 09:30	Theoretical Study on Mechanical Properties of Polylactic Acid Composites Reinforced with Nanocellulose and Nanochitin **(우수 구두 발표상 후보)**	(UNIST)오승학, 강석주, (울산대)김중권, 송명오, 장세연, 진정호, (고려대)곽상규
O고분금-3	09:30 ~ 09:45	배터리 폐수에서 구리 이온 선택적 회수를 위한 기능화된 고분자 흡착제 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서강대)이 철, 이종석
O고분금-4	09:45 ~ 10:00	Eco-Friendly Pressure-Sensitive Adhesive Based on Stimuli-Responsive Maleic Anhydride Containing Copolymer **(우수 구두 발표상 후보)**	(부산대)최윤영, 김채빈, (중앙대)박준용, 전혜리, 우상혁
O고분금-5	10:00 ~ 10:20	가변 광학 특성을 갖는 카이랄 네마틱 셀룰로스 나노결정 바이오 접착제 개발 및 생의학 응용	(단국대)김민규
O고분금-6	10:20 ~ 10:40	트립티센 기반 미세다공성 폴리이민 분리막을 이용한 액상 탄화수소 혼합물의 효과적인 분리	(성균관대)이태훈

구두 발표(고분자 III)			
323A			좌장: 김명진(경북대)
O고분금-7	13:00 ~ 13:15	Universal Microcapsule Design via Interfacial Surfactant Complexation in Triple Emulsions with Fluorocarbon Oil **(우수 구두 발표상 후보)**	(POSTECH)이제현, 이효민
O고분금-8	13:15 ~ 13:30	High-performance all-flexible thermogalvanic cells with metal-based textile electrodes and structure-breaking ions **(우수 구두 발표상 후보)**	(한양대)최재진, 정재민, 정영제, 장재영, (고려대)모정민, 조진한
O고분금-9	13:30 ~ 13:45	극한 온도 범위 내 다중 중립면 형성 가능한 초탄성 접착제 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KAIST)안다혜, 정기훈, 임성갑
O고분금-10	13:45 ~ 14:00	상업용 나일론 6의 업사이클링을 위한 비트리머화 접근법 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KRICT, 과학기술연합대학원대) 노국윤, (세종대)김용석, (KRICT)김동균, 박성민
O고분금-11	14:00 ~ 14:15	Physical Properties of Polyurethane Seat Foam Containing Polycarbonate Diol(PCD) and Isophorone Diisocyanate(IPDI) **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울시립대)이주환, 김정현
구두 발표(생물화공 II)			
323B			좌장: 손현철(전남대)
O생물금-1	09:00 ~ 09:20	High-Resolution Metagenomic Approaches for Tracking Microbial Dynamics in Wastewater, Respiratory, and Indoor Environments **(신진 연구자 발표)**	(인하대)김민식
O생물금-2	09:20 ~ 09:30	Pneumatic Valve-Based Microfluidic Device for the Detection of Exogenous Gene **(우수 구두 발표상 후보)**	(충남대)한지훈, 이창수, (식품의약품안전처)윤혜원
O생물금-3	09:30 ~ 09:40	바이오가스를 이용한 *Methylotuvimicrobium alcaliphilum* 20Z 배양에서 Ectoine 및 $NaHCO_3$의 동시 생산을 위한 salting-out 공정의 도입 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서강대)이하영, 최예진, (서강대 C1 가스 리파이너리 연구소) 정원호, 조숙형, (서강대, 서강대 C1 가스 리파이너리 연구소)이진원
O생물금-4	09:40 ~ 09:50	효소 유사 키랄 플라스모닉 나노입자기반의 광학적으로 조정 가능한 촉매 암 치료법 **(우수 구두 발표상 후보)**	(이화여대)강하은, 김동하
O생물금-5	09:50 ~ 10:00	Localized Cancer Theranostics Using Biomineralized Metalloprotein Nanodots as Narrow-Bandgap Photosensitizers **(우수 구두 발표상 후보)**	(경북대)김무승, (경북대, 세포기질연구소)조윤기
O생물금-6	10:00 ~ 10:10	Biopolymeric Liver-Specific Hydrogels as Biomimetic Designer Matrices for Hepatic Organoid Transplantation **(우수 구두 발표상 후보)**	(경북대)김동창, 조윤기
O생물금-7	10:10 ~ 10:20	Modified pH-stat for High Cell Density Formatotrohpic Cultivation of *Methylobacterium extorquens* AM1 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서강대)이태형, 조승연, 정규태, 박소정, (서강대, C1가스 리파이너리 연구소)이진원, 나정걸
O생물금-8	10:20 ~ 10:30	인공 나노좀 기반 세포 동결보존 연구 **(우수 구두 발표상 후보)**	(고려대)정현아, 이예담, 원태경, 이고은, 박현지, 안동준
구두 발표(공정시스템 III)			
324B			좌장: 조형태(경희대)
O공정금-1	09:00 ~ 09:15	Ensemble Synergy in Hydrogen Production Forecasting: Navigating the Trade-off between Predictive Power and Computational Overheads	(국립부경대)Amit Rai, 유 준

O공정금-2	09:15 ~ 09:30	태양광을 활용한 상업용 폐리튬이온배터리 재활용 공정	(KIST)고성현, (KIST, 청정에너지연구센터) 김창수
O공정금-3	09:30 ~ 09:45	Carbon capture and utilization pathways contribution towards net-zero	(중앙대)Atsbha Tesfalem, 윤하준, 이철진
O공정금-4	09:45 ~ 10:00	Comparative analysis of energy, economic,and environmental impacts in CO_2 electroreduction systems	(KIST)김혜림, 김경수
O공정금-5	10:00 ~ 10:15	Multi-scale simulation framework for consistent bubble dynamics of industrial molten-metal bubble column reactors	(한경국립대)Ngo Ich Son, 임영일
O공정금-6	10:15 ~ 10:25	전기자동차 배터리 열관리를 위한 MINLP 기반 최적 밸브 제어	(광운대)홍창범, 김형준, 김연수, (현대자동차)성정모, 오세규, 홍대기
O공정금-7	10:25 ~ 10:35	ANN-basedmulti-objective optimization of the methanol production process from steel millgases	(KRICT, 한양대) 임명균, (KRICT) 김기웅, (한양대) 김진국, (충남대) 노고산
O공정금-8	10:35 ~ 10:45	Optimization of an extractive divided-wall column process for recovering waste solvents in the semiconductor industry **(회명 대학원 연구상 후보)**	(UNIST)이애진, 임한권
구두 발표(공정시스템 IV)			
324B			**좌장: 김창수(KIST), 남기전(국립부경대)**
O공정금-9	13:00 ~ 13:10	AI 및 자동화된 전기화학 측정 시스템을 활용한 삼원계 OER 촉매의 다중 물성 최적화 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KIST, 고려대)김대호, (고려대)곽상규, (KIST)김동훈, 한상수
O공정금-10	13:10 ~ 13:20	다양체 기반 데이터 선택을 도입한 온라인 DeePC 제어 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울대)최원혁, 이종민
O공정금-11	13:20 ~ 13:30	그레이, 블루, 그린 암모니아 생산 기술에 대한 기술 경제성 비교 분석 **(우수 구두 발표상 후보)**	(한양대)전동현, 김진국
O공정금-12	13:30 ~ 13:40	Multi-Objective Optimization forthe Supply Chain Network Design of Palm Oil-Derived Furan Diester: Static Deterministic Model with a 2030 South Korea Case Study **(우수 구두 발표상 후보)**	(POSTECH)김희정, 한지훈
O공정금-13	13:40 ~ 13:50	Sustainable ethylene oxide production via non-catalytic electro-oxidation of ethylene **(우수 구두 발표상 후보)**	(KIST, 고려대)윤지은, (KIST)이 웅
O공정금-14	13:50 ~ 14:00	Closed-Loop Autonomous Optimization Platform for Organic Reaction Systems **(우수 구두 발표상 후보)**	(이화여대)김유현, 나종걸
O공정금-15	14:00 ~ 14:10	입자 체류시간 분포를 고려한 수소기반 제강 다단 유동층 반응기의 다중 규모 모델링 **(우수 구두 발표상 후보)**	(부산대)이용현, 이희원, 손상환
O공정금-16	14:10 ~ 14:20	고효율 에너지 저장을 위한 독립형 LAES 시스템 연구: 순산소 연소 및 연료전지 적용 효과 분석 **(우수 구두 발표상 후보)**	(동국대)김윤건, 박진우
O공정금-17	14:20 ~ 14:30	Hybrid Approaches to Methanol Production: Integrating Biomass-to-Methanol and Power-to-Methanol Pathways **(우수 구두 발표상 후보)**	(부산대)정혜원, 박시환, 이인규
O공정금-18	14:30 ~ 14:40	거리 기반 DP를 활용한 실시간 HEV 동력 분배 모델 예측 제어 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울대)윤형로, 박현민, 이종민

O공정금-19	14:40 ~ 14:50	Machine Learning-Driven Meta-heuristic Optimization for Efficient Azeotropic Separation **(우수 구두 발표상 후보)**	(KAIST)신용범, 이민용, 김동근, 이준섭, 윤찬영, 이재우
14:50 ~ 15:10		Coffee break	
O공정금-20	15:10 ~ 15:20	NGCC 발전소의 이산화탄소 포집 공정 통합 및 에너지 효율 최적화 **(우수 구두 발표상 후보)**	(인하대)구현석, 황성원
O공정금-21	15:20 ~ 15:30	Integrated process design and environmental analysis of low-density polyethylene production from waste plastic pyrolysisoil **(우수 구두 발표상 후보)**	(POSTECH)류희도, 배종일, 한지훈, (전남대)변재원, (KRICT)김도경
O공정금-22	15:30 ~ 15:40	Hydrodynamicsof a bench-scale molten salt bubble column reactor using level-set volume-of-fluidcomputational fluid dynamics **(우수 구두 발표상 후보)**	(한경국립대)Kieu Thi Mai Huong, Ngo Ich Son, 임영일
O공정금-23	15:40 ~ 15:50	기포 유동층 반응기를 포함한 CaL 시스템의 IDAES를 이용한 시뮬레이션 및 최적화 **(우수 구두 발표상 후보)**	(인천대)지영남, 김종우
O공정금-24	15:50 ~ 16:00	Economic and environmental analysis of turquoise hydrogen production from waste plastic using molten media **(우수 구두 발표상 후보)**	(한경국립대)김세미, 임영일, (KITECH)이은도, 이영재
O공정금-25	16:00 ~ 16:10	올레핀 정제 개선: 이중분할벽 컬럼 증류를 위한 인공지능 기반 비례적분 제어기 튜닝 **(우수 구두 발표상 후보)**	(UNIST)Ahmad Syauqi, 임한권
O공정금-26	16:10 ~ 16:20	Techno-Economic Assessment of LNG-Fueled Solid Oxide Fuel Cell Systems: Process Simulation and Heat Exchanger Network Integration **(우수 구두 발표상 후보)**	(POSTECH)최예지, 한지훈, 권기현
O공정금-27	16:20 ~ 16:30	해외 수입 바이오에탄올 기반 지속가능항공유 생산공정경제성평가 및 전주기평가 **(우수 구두 발표상 후보)**	(인하대)정형준, 황성원
O공정금-28	16:30 ~ 16:40	Multiscale two-region model for carbon nanotube synthesis in fluidized bed reactor **(우수 구두 발표상 후보)**	(부산대)최재훈, 신상수, 손상환
O공정금-29	16:40 ~ 16:50	수첨 반응 kinetic 모델 개발 및 품질 개선을 위한 최적의 운전 조건 도출 **(우수 구두 발표상 후보)**	(인하대)박주현, 송성훈, 황성원
구두 발표(촉매 및 반응공학 III)			
325C			**좌장: 김경학(한양대), 안광진(UNIST)**
O촉매금-1	09:00 ~ 09:20	동역학 기반 그래프 신경망을 활용한 세리아 촉매 내 니켈 엑솔루션 성장 시뮬레이션	(서울대)정석현, 한정우
O촉매금-2	09:20 ~ 09:40	Catalytic Cracking of Crude Waste Plastic Pyrolysis Oil for Enhanced Light Olefin Production in a Pilot-Scale Circulating Fluidized Bed Reactor	(KRICT)문대훈, Xuan Tin Tran, 김은상, 김도경
O촉매금-3	09:40 ~ 09:50	루타일 산화물 촉매의 산소 촉진을 통한 선택적 전기화학적 메탄 부분 산화 **(우수 구두 발표상 후보)**	(고려대)민희원, 김철호, 김성원, 문준혁
09:50 ~ 10:00		Coffee break	
O촉매금-4	10:00 ~ 10:10	선택적 전기화학적 메탄 전환을 위한 다성분 산화물 촉매 **(우수 구두 발표상 후보)**	(고려대)최지윤, 민희원, 김철호, 문준혁
O촉매금-5	10:10 ~ 10:20	제올라이트 골격 내 3차원 설명자를 활용한 8-MR zeolite 촉매의 디메틸에테르 카르보닐화 반응에 대한 구조-반응성 상관관계 규명 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울대)정동재, 이동규, 이원보, 강종헌, (청두대, 고등기술(연)) Wang Xu, (삼성 SDI)박남준, (성균관대)배종욱

O촉매금-6	10:20 ~ 10:30	머신러닝 퍼텐셜을 통한 암모니아 합성과 분해를 위한 경제적인 고엔트로피 합금 촉매의 고속 탐색 **(우수 구두 발표상 후보)**	(한양대)윤영준, 김경학
O촉매금-7	10:30 ~ 10:40	기계화학적 혼합 Al_2O_3-ZrO_2 지지체를 활용한 Pd 촉매의 습식 메탄 연소 비활성화 억제 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울대)장규현, 김도희
구두 발표(촉매 및 반응공학IV)			
325C			**좌장: 이재경(국립부경대), 이재하(경북대)**
O촉매금-8	13:00 ~ 13:20	Rapid heating and quenching approach under non-oxidizing conditions for conversion of methane to ethylene using string heating	(KRICT)Gebreyohannes Tsegay Gebrekidan, 이원석, (KRICT, UST)김용태
O촉매금-9	13:20 ~ 13:30	Ru/CeO_2에서의 수소 활성화 및 스필오버 메커니즘: DFT 기반 산소 공극의 역할 규명 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울시립대)전영현, 최진우, 유종석
O촉매금-10	13:30 ~ 13:40	MoOx 프로모터로부터의 전하 이동으로 강화된 Pd 촉매를 이용한 탈수소화 반응 **(우수 구두 발표상 후보)**	(UNIST)박병관, 안광진
O촉매금-11	13:40 ~ 13:50	프로판 탈수소화 반응을 위한 Pt 도핑 갈륨-알루미나 산화물 촉매의 이상적인 이원기능 작용 및 귀금속 사용 최적화 설계 **(우수 구두 발표상 후보)**	(KAIST)이수성, 최민기
O촉매금-12	13:50 ~ 14:00	NaCl을 첨가하여 합성한 DRM 용 Ni-CeO_2-Al_2O_3 촉매의 특성 및 반응 분석 **(우수 구두 발표상 후보)**	(충남대)전의담, 김동현, 이규복
14:00 ~ 14:10		Coffee break	
O촉매금-13	14:10 ~ 14:20	AI 기반 엑솔루션 조건 최적화를 통한 고활성 세리아 촉매 개발 **(우수 구두 발표상 후보)**	(서울대)한세희, 신동재, 김형준, 한정우
O촉매금-14	14:20 ~ 14:30	Surface Interactive Assembly of Ruthenium Based Janus Bimetallic Nanoparticles With Active Dual-Function Sites for Efficient Use in CO_2 Utilization **(우수 구두 발표상 후보)**	(연세대)김희수, 한경원, 전유권, (영남대)이성준, 김민규, (KITECH)이찬민
O촉매금-15	14:30 ~ 14:40	solid-state impregnated Ag/γ-Al_2O_3 for superior catalytic oxidation of CO and NH_3	(GIST)신현우, 변상우, 최원석, 강성봉
O촉매금-16	14:40 ~ 14:50	Synthesis of Bio-plasticizer Alcohols via One-pot Cross Aldol-condensation and Hydrogenation Reaction **(우수 구두 발표상 후보)**	(한양대)리화, Mahlet N. Gebresillase, 서정길

포스터 발표 I: 4월 24일(목), 09:30~11:00

공업화학: 4월 24일(목), 09:30~11:00		
P공업목-1	Unveiling Synergistic Effect of Fe Doping and Cr Leaching in Co-Based LDHs for Oxygen Evolution in alkaline media **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립금오공대)한 솔, 이성규
P공업목-2	Integrating Electrochemical Hydrogenation and Hydrogen Production via a High-Performance Heteroatom-Doped Copper Catalyst **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립금오공대)최승현, 이성규
P공업목-3	고종횡비 패턴 구현을 위한 극저온 DRIE	(경희대)강채원, 오진영
P공업목-4	Enhanced Hydrogen Evolution by Well-Dispersed Ru clusters with Ultra-High Loading for Industrial-Level AEM Water Electrolysis **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립금오공대)정창민, 이성규
P공업목-5	PEMFC용 SPEEK막 제막 과정의 재현성 향상 연구	(국립순천대)이미화, 채현석, 박권필, (상아프론테크)정성기, 이준섭
P공업목-6	다양한 개시제를 활용한 항공유의 흡열 성능 향상 및 코크 저감	(동국대)신민창, 박정훈, (국방과학(연))정병훈
P공업목-7	PEMFC Stack에서 촉매 지지체 열화 인자 영향 연구	(국립순천대)오소형, 한예준, 박권필
P공업목-8	Deposition of Gallium Oxide Thin Films From Ga Droplet **(우수 포스터 발표상 후보)**	(단국대)박정현, 김유경, 장수환, (홍익대)백광현
P공업목-9	진공 여과 및 이온 첨가를 통한 MXene bulk film 의 신속한 제조	(단국대)윤민상, 백주은, 장수환, (홍익대)백광현
P공업목-10	Acoustic Field-Flow Fractionation: Effect of standing acoustic wave amplitudes on the particle separation range in steric mode **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경기대)정수웅, 양인환
P공업목-11	코발트 촉매를 이용한 Sodium borohydride의 연속 탈수소화 반응 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경기대)엄호선, 김지우, 김영진, 정지훈
P공업목-12	첨가제를 이용한 n-dodecane의 흡열 특성 및 코크 저감 효과	(경기대)김대영, 박찬호, 김영진, 정지훈, (국방과학(연))정병훈, 최호진, 박동창
P공업목-13	하이드로플루오로에테르(HFE)의 합성 및 특성 분석	(KRICT, UST)박병준, (KRICT)김예리, 조재민, 김승열, 황태규, 이상구
P공업목-14	불소 그래핀과 ITO 전극의 pn 접합 광 검출기 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립금오공대)유재선, 송광섭
P공업목-15	세라믹 중공사막의 혈액투석특성 및 혈액적합성 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(동국대)황재연, 박정훈
P공업목-16	Selective And Ultrasensitive Detection Of Creatinine, With Applications In Small Smartphone-Based Paper Strips Using Red-Emitting Copper Nanoclusters **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립금오공대)Subash Velu, 송광섭
P공업목-17	Cu_2O-decorated MXene-PEDOT: PSS electrode for continuous monitoring of glucose in a neutral solution	(경기대)진준형, 성수환, 이승준, 정해영, 김준민
P공업목-18	암전류를 감소시킨 그래핀 광검출기	(국립금오공대)유재선, 김도윤, 송광섭
분리기술: 4월 24일(목), 09:30~11:00		
P분리목-1	공용 경계곡선 실험과 양자역학 계산 결과를 이용한 카다놀 혼합액의 액액 평형 추정	(경남정보대)김병철, (동아대)김점수, 김영한
P분리목-2	Fabrication of Nanoporous Magnesium via Redox Agent-Mediated Chemical Dealloying: Engineering Porosity for Advanced Hydrogen Storage **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)유병문, 조용준, 조은선
P분리목-3	Influence of Initial Mass and Temperature on Chiral Flipping in TCID Process	(경희대)이채진, 한창훈, 박범준
P분리목-4	에테르계 용매를 도입한 Monoethanolamine 기반 저수계 상분리 흡수제의 CO_2 흡수 성능 평가	(국립한국교통대)이진규, 왕슈아이, 홍연기, (KIER)유정균

P분리목-5	암모니아 분해 가스 내 미반응 암모니아 제거를 위한 흡착 분리 공정 연구	(국립공주대)노성준, 전필립
P분리목-6	중수로 공기정화 활성탄의 물리·화학적 분석 및 파과 실험	(동국대)김수환, 이준헌, 류준형
P분리목-7	Experimental and simulation study for for ultrafast organic solvent nanofiltration in multilayer nanoporous graphene membrane	(연세대)강준혁, 김대우, (건국대)고영남, 김기출
P분리목-8	The granulation of Boehmite sol/Poly(vinyl)alcohol supported by carbon nanomaterials for generating micro/mesoporous gamma-Alumina beads **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경희대)Phat Ngoc Nguyen, Thach Ngoc Tu, 김진수
P분리목-9	Techno-economic evaluation of CuCl-loaded porous carbons for cost-effective carbon monoxide separation in pressure/vacuum swing adsorption cycle	(부산대)윤성현, 자오구오빈, 정용철, (고려대)정재형, 이기봉
P분리목-10	MEA/AMP, DEA/AMP, MDEA/AMP, PZ/AMP를 이용한 CO_2 흡수 공정의 열역학적 모델링 및 공정 최적화. 경제성 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)오민경, 배성윤, 윤민서, 김진영, 김혜린, 한상준, 샤우캇 알리 마자리, 문종호
P분리목-11	폴리 아민 기반 저수계 상분리 흡수제의 CO_2 흡수 성능 평가	(국립한국교통대)왕슈아이, 이진규, 홍연기, (KIER)유정균
P분리목-12	효율적인 CO_2 흡수를 위한 디아민 흡수제 설계 및 DFT 분석을 도입한 흡수 및 재생 성능 평가	(국립한국교통대)김현섭, 왕슈아이, 홍연기
P분리목-13	Measurement of Binary Solid-Liquid Equilibrium Data Using the Visual Method for Crystallization Process Design	(고려대)배채현, 류범찬, 강정원, (LG화학)이성규, 유성진
P분리목-14	결정화 공정을 위한 3성분계 유기혼합물의 고체-액체 상평형 데이터 측정	(고려대)정시연, 류범찬, 강정원, (LG화학)이성규, 유성진
P분리목-15	Development and thermodynamic analysis of DEEA/PZ blended amine absorbents for CO_2 capture **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)김진영, 김혜린, 오민경, 배성윤, Shaukat Ali Mazari, 한상준, 문종호
P분리목-16	COG 가스로부터 수소 정제를 위한 8-Bed PSA 시스템 최적화 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)윤민서, 한상준, Ankit Belbase, 이권우, 문종호
P분리목-17	Cu-BTC와 활성탄 복합체 합성 및 전기 가열에 관한 연구	(고려대)채현민, 이기봉
P분리목-18	Evaluation and Comparison of Aqueous Ammonia-Based Carbon Capture Process through Simulation **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)김혜린, 오민경, 김진영, 배성윤, Shaukat Ali Mazari, 한상준, 문종호
P분리목-19	PTFE 입자 도입에 따른 상분리 유도로 인한 PEBAX 멤브레인의 투과성·선택성 향상	(연세대)황준석, 김영준, 김종학
P분리목-20	Separation of Xe and Kr from off-gas in molten salt reactors using KOH-activated carbon **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAERI, UST)김남철, 최은영, 홍석민, (KAERI)이창화, (충남대)사공누리, 박지영, 양재환
P분리목-21	이산화탄소, 수분 흡착을 위한 다공성 유기골격체 펠릿 제조 기술	(국립창원대)한상일, 가이크와드 산지트
P분리목-22	폴리에틸렌 중공사 막 표면 전도성 도금을 위한 무전해 니켈 도금 및 공기 분사 방법: 침지형 전기화학 분리막 반응기에서 막 오염 완화 기작 및 니켈 도금 막의 안정성 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인하대)김민석, 김정환, (상명대)한의규, 강문성
P분리목-23	옥살산을 활용한 LCO(Lithium cobalt oxide)로부터의 코발트 회수 연구	(국립공주대)노원준, 전필립
P분리목-24	CO_2 포집을 위한 전(全)고분자 박막 복합막: 블록 공중합체와 랜덤 공중합체의 비교 연구	(연세대)맹도영, 문승재, 김종학
P분리목-25	침전물 용해도 차이를 이용한 Na-Mg 복염 흡착제 합성 및 고온 이산화탄소 흡착 특성 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(울산대)강유신, 박재현, 안익성, 이찬현
P분리목-26	Oxygen vacancy를 포함한 CaO 기반 흡착제의 고온 이산화탄소 흡착 특성 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(울산대)안익성, Haider Syed Kamran, 김현욱, 이찬현
P분리목-27	수전해 공정용 PSA 및 VPSA 방식 수소 건조 장치 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)이권우, 윤민서, 안킷 벨바제, 문종호
P분리목-28	Development of VSPA for capturing Xe gas in pyroprocessing	(KAERI, UST)홍석민, 김남철, (KAERI)이창화, 류재수
P분리목-29	Fabrication of Single-Walled Graphene Nanoribbon Membrane for Dye/Salt Diafiltration **(우수 포스터 발표상 후보)**	(연세대)김주연, 김대우

P분리목-30	Enhancing Absorption Performance via Flue Gas Compression in Amine-Based CO_2 Capture Processes: Regeneration Energy and Economic Analysis	(국립강릉원주대)한성철, 성하일, 최유정, 김경민
P분리목-31	Regeneration energy optimization for EAE-MDEA blended solvent for efficient CO_2 capture process	(국립강릉원주대)성하일, 한성철, 최유정, 김경민
P분리목-32	Ultra-High Purity Oxygen Production from ambient Air via a Two-Bed, Two-Layer Vacuum Pressure Swing adsorption (VPSA) using Aspen Adsorption Simulation **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)Ankit Belbase, Shaukat Ali Mazari, 윤민서, 이권우, 문종호
P분리목-33	Adsorption equilibrium of CO_2 on various porous adsorbents at low CO_2 pressures for direct air capture applications **(우수 포스터 발표상 후보)**	(연세대)박지현, 정서령, 이창하, (국립강릉원주대)김경민
P분리목-34	Bifunctional Cathode Catalyst Manganese-doped Barium Titanate Perovskite for Metal-Air Battery Applications **(우수 포스터 발표상 후보)**	(연세대)김보연, 박현지, 송정은, 이강희, 전유권
P분리목-35	Study on the Adsorption Behavior of Supported Noble Metal Catalysts via In-Situ DRIFTS Analysis **(우수 포스터 발표상 후보)**	(연세대)고유리, 김형진, 김슬기, 전유권
P분리목-36	Impact of Structural Optimization Methods on Process-level Performances for Biogas Purification	(부산대)신창돈, 윤성현, 정용철
P분리목-37	천연가스 배출로부터 이산화탄소 포집을 위한 진공 압력 변동 흡착 (VPSA) 공정의 기술 경제성 최적화 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)심규빈, 이기봉, (KIST)박준우
P분리목-38	CPVC 유래 다공성 탄소 흡착제 제조 및 저농도 사불화탄소의 흡착 상관관계 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)이동준, 조문경, 이기봉
P분리목-39	알칼리 금속염의 비율에 따른 Mg-Al 층상 이중 수산화물 기반 흡착제의 CO_2 흡착 성능에 대한 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)안채은, 차민규, 이기봉, (현대건설)김홍석, 김민성
P분리목-40	친환경적 레불린산 전환을 위한 니켈 기반 다공성 유기 고분자 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(연세대)최윤진, 한혁희, 시누 라비, 배윤상
P분리목-41	Mg/Cr 비율에 따른 Mg-Cr 층상 이중 수산화물 기반 CO_2 흡착제의 거동: 실험 및 DFT 분석	(고려대)차민규, 이기봉, (울산대)K.S.S.V. Prasad Reddy, 강성구, (현대건설)김홍석, 김민성
P분리목-42	수전해로부터 생산된 수소 정제를 위한 수분 흡착 공정 최적화 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)정재훈, 심규빈, 이기봉
P분리목-43	On-board post-combustion CO_2 capture process under high oxygen-containing emission gases from ships	(연세대)우경희, (연세대, 도그우드에이아이)이창하
P분리목-44	고도로 상호 연결된 삼중 다공성 반전 오팔 구조 TiO_2 멤브레인을 활용한 향상된 광촉매 수처리 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립부경대)손혜정, 이창수, (인하대)장호석, 김정환
P분리목-45	금속염의 종류에 따른 zeolite X의 수분 흡착 성능 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)채민규, 이기봉
P분리목-46	High-surface-area porous carbon via one-step direct carbonization of chitosan with aldehyde additives for efficient CO_2 capture	(연세대)시누 라비, 신채원, 배윤상
P분리목-47	재활용 탄소 소재를 이용한 온실가스 흡착 및 특성 분석	(고려대)서주영, 조문경, 이기봉
P분리목-48	재활용 플라스틱 VOC 제거 및 냄새 개선을 위한 초임계 이산화탄소 추출 공정 개발 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KITECH, 성균관대)신건우, 임지선, (현대자동차)정대성, (성균관대)김재훈, (KITECH)이홍식
P분리목-49	ZIF-8의 골격 유연성 제어를 통한 혼합 기질막의 배가스 분리 성능 향상 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(숭실대)이준형, 이나현, 엄기원, 안윤호
P분리목-50	이산화탄소 포집을 위한 아민이 기능화 된 셀룰로오스 파이버 흡착제 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(숭실대)노아현, 안윤호, (한국가스공사)송택용, 김요한
P분리목-51	Impact of Carbonaceous Integration into Faujasite supercages for high CO_2 -selective adsorption potential in DAC applications **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충남대)Wathone Oo, 박지혜, Win May Zaw, Pa Pa Aung Shoon, 이광복
P분리목-52	MAB 흡수제를 활용한 NCC 배가스로부터 CO_2 포집 벤치급 실증	(KIER)김나운, 김정민, 이승용, 박태성, 유정균

P분리목-53	염수 내 CO_2 용해도 예측을 위한 인공신경망 모델 개발 : 농축수를 이용한 탄산 광물화를 위한 기초 연구	(국립공주대)홍승범, 이현지, 전필립
P분리목-54	Pore-Engineered Amine-Impregnated Porous Carbons to Capture CO_2 under High Humid Conditions	(연세대)정서령, 박지현, 이창하, (국립강릉원주대)김경민
P분리목-55	Membrane Process for Carbon Dioxide Capture: Performance Analysis at Ambient and Low Temperature	(KIER, 한양대)박진우, (한양대)김진국, (KIER)이정현
에너지 환경: 4월 24일(목), 09:30~11:00		
P에환목-1	원자력발전시스템 방사선원항 평가를 위한 모델 설정 연구	(KAERI)박선희
P에환목-2	원자력발전시스템 화학 및 체적 제어용 탱크 용량 산정 연구	(KAERI)박선희
P에환목-3	Insights on Chemical Decontamination Processes for Sustainable Environment	(KAERI)노창현
P에환목-4	전기화학적 응용을 위한 폴리우레탄 탄화 기반 질소 도핑된 탄소 개발 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립부경대)노지왕, 한주희, 채수종, 김선규
P에환목-5	Enhanced Safety and Performance of NCM-based Lithium Metal Battery via a Flame-retarding Electrolyte **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충남대)Vu Tien Tuan Dung, Tran Thi Hai Yen, 안기훈, 곽세현, 송승완
P에환목-6	Surface-Controlled Ternary Composite Solid Electrolyte Based on EMITFSI-LLZTO for Printable All Solid-State Battey **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)서하림, 이지섭, 유지영
P에환목-7	이중 고정화 전략이 도입된 실리콘 및 전이금속 셀렌화물 복합 질소-도핑 탄소 나노섬유의 합성 및 리튬 이차전지 음극소재 특성 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)유동국, 조중상
P에환목-8	g-C_3N_4 코팅을 통한 리튬 이온 배터리 NCM90 양극재의 수명 향상 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)최지훈, 유지영
P에환목-9	금속-유기 골격체 기반 이성분계 전이금속 산화물/질소-도핑 탄소 복합 마이크로스피어의 합성 및 리튬 이온전지 음극소재로의 적용 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)곽영신, 조중상
P에환목-10	Corrosion Control and Cycle Life Enhancement in Zn-Ion Batteries: Influence of Cation Alkyl Chain Length in Aqueous Ionic Liquid Electrolytes **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)서은하, 유지영
P에환목-11	전기로 슬래그의 간접 탄소 광물화 및 환원제와 리간드의 시너지 효과를 통한 망간의 침출 효율 향상 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(GIST)김인용, 노소영, Purnaning Tuwuh Triwigati, 이지우, 심규대, 박영준
P에환목-12	리튬이온 전지용 Ni-풍부(Ni-rich) 양극 소재의 전기화학적 성능: Mo 도핑 및 Li_3PO_4 코팅 효과 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)김 준, Srinivasan Alagar, (충북대, 차세대에너지기술연구소) 박기대, 정상문
P에환목-13	고성능 리튬 이온 배터리를 위한 붕소 도핑된 무코발트 양극 소재 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)천승우, (차세대에너지기술연구소)김은미, (충북대, 차세대에너지기술연구소) 박기대, 정상문
P에환목-14	Depolymerization and catalytic upgrading of alkaline lignin in supercritical ethanol using a continuous reactor	(KIER)이인구, Ishaq Kariim, (KIER, UST)Muhammad Wasi Syed
P에환목-15	분무 열분해 공정을 통한 고성능 리튬이온 배터리용 Zr, Ti co-doping 양극소재의 합성 및 전기화학적 특성 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)김하경, (충북대, 차세대에너지기술연구소) 박기대, 정상문
P에환목-16	볼 밀링 기법을 활용한 저온 탈질 기술 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(UNIST)김승현, 백종범
P에환목-17	고효율 고내구성 에틸렌 전기화학적 생산을 위한 다공성 탄소 기반 구리 나노 촉매	(KIST)김현욱, 원다혜
P에환목-18	Enhanced Evaporation and Vapor Condensation in 3D Solar Steam Generators through Rotational Motion	(POSTECH)이정은, 최지훈, 전상민
P에환목-19	Development of a nickel-cobalt phosphate OER catalyst for enhancing the electrical energy efficiency of biological CCU **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)김은서, 김민수, 김중래, (연세대)이주원, 김형일

P에환목-20	Biological CO_2 Conversion Technology for Organic Waste Valorization: The role of Electroactive Microbial Communities in MES	(부산대)김은서, 김민수, 김중래
P에환목-21	친환경 플라스틱 첨가제로서 열수분해된 왕겨의 활용 가능성 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KITECH, 중앙대)김성현, (KITECH, 성균관대)신건우, (중앙대)이철진, (성균관대)김재훈, (KITECH)이홍식
P에환목-22	안티모니 셀레나이드/질소-도핑 탄소 복합 나노섬유 합성 및소듐 이차전지 음극 소재로의 적용 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)염혜원, 조중상
P에환목-23	전이금속 셀렌화물/전도성 탄소 복합 중공 나노섬유의 합성 및 소듐 이차 전지 음극활물질 적용 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)백지훈, 조중상
P에환목-24	나프타 생산을 위한 폐플라스틱 유래 합성가스를 활용한 Fischer-Tropsch 촉매 반응 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(아주대)권재민, 공지현, 김민주, 장원준
P에환목-25	SiOx-C 복합 섬유의 전기방사 제조 및 리튬 이온 배터리의 양극 재료로서의 응용	(원광대)최지영, 주용완
P에환목-26	Influence of post-treatment on Electrochemical Properties of Perovskite Oxide Catalysts	(원광대)최지영, 임성민, 주용완
P에환목-27	Spray Pyrolysis와 Co-precipitation을 이용한 CeO_2-MgO 기반 Cu 촉매의 합성 및 HTS 반응 성능 비교 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(원광대)임재학, 윤은수, 윤채민, 심재오, (국립군산대)전경원
P에환목-28	슬로싱에 따른 액체수소 저장용기 내 유동 특성 3D 전산모사 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립한국교통대)이효은, 박병흥
P에환목-29	결함 생성 물리적 촉진제에 의한 기계화학적 암모니아 합성	(UNIST)이재성, 백종범
P에환목-30	Optimization of Mn-Based Disordered Rocksalt Cathodes via Composition Control for Lithium-Ion Batteries **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)정현지, 이준영, 변아영
P에환목-31	Electrode Separation and Metal Extraction from Battery Active Materials Using Supercritical CO_2 and Cosolvents	(서강대)서원욱, 임준혁, 임종성, (단국대)이재원
P에환목-32	보이지 않는 탄소: 수입 의존 국가의 전력 생산에 대한 이해를 변화시키는 Scope 3 배출량	(전남대)김석주, 고상혁, 이보름
P에환목-33	차세대 연료전지 및 수전해를 위한 바이폴라막 기술 개발: 양이온교환막 및 음이온교환막의 한계 극복	(KIER)차정은, 마창민, 장 설, 김도균, 최영우
P에환목-34	A Current Collector-Free Fibrous Hard Carbon Anode for High-Performance Sodium-Ion Batteries **(우수 포스터 발표상 후보)**	(가천대)이주연, 김용일, 허재현
P에환목-35	Conversion of Lignin Depolymerized Oil into Fuel-Range Compounds via Glycerol Aqueous Phase Reforming	(한경국립대)문가연, 송은비, 엄병환
P에환목-36	글리세롤 수상 개질을 이용한 한국 케나프 리그닌의 수열액화: 촉매 및 반응 온도가 리그닌 재중합 억제와 방향족 단량체가 풍부한 경유 생성에 미치는 영향 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한경국립대)오준형, 임혁성, 김현일, 엄병환
P에환목-37	유기 오염물질 분해 및 세균 소독을 위한 양이온 교환을 통한 $ZnS(HDA)_{0.5}$/ZnO 템플릿에서 Ag/ZnO 광촉매 합성 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(전북대)조유진, 루틴, 장점석, (KBSI)채원식, (POSTECH)최선희
P에환목-38	플루오린 고분자 코팅을 이용한 하이니켈 양극재 안정성 향상 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)김판규, 유지영
P에환목-39	초목계 바이오오일의 화학적 안정화를 위한 에스테르화 공정	(KIER)박지연, 이인구
P에환목-40	Framework for determining optimal hydrogen production conditions **(우수 포스터 발표상 후보)**	(UNIST)문종아, 임한권
P에환목-41	안정적이고 박막형 리튬 금속 배터리가 구동 가능한 이중 음이온 국소 농축 이온성 액체 전해질	(경북대)이제민, 박광열, 김준혁, 유지영
P에환목-42	전기화학적 산소환원반응을 통한 CO_2 유래 산화 붕소 도핑 탄소 촉매를 이용한 과산화수소 생산 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)이다연, 윤원찬, 이재우
P에환목-43	CeO_2 표면에 따른 활성산소 라디칼 제거효과 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울시립대)홍승희, 이두환
P에환목-44	High-Efficiency Oxygen Electrocatalysis: Fe Single Atoms and Ultrafine Mo_2N in Nitrogen-Carbon Heterostructures	(경희대)Quoc Hao Nguyen, 김진수

P에환목-45	전기화학적으로 박리된 그래핀이 증착된 카본 페이퍼 전극의 바나듐 레독스 흐름전지에서의 높은 전기 촉매 활성 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울시립대)조재호, 이두환
P에환목-46	향상된 광전기화학적 물 분해를 위한 연속적인 Si/Pt 공동 도핑된 Fe_2O_3 광양극 설계 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(전북대)Aniruddha Bhimrao Sathe, Periyasamy Anushkkaran, 김봉규, 장점석, (KBSI)채원식, (POSTECH)이현휘, 최선희
P에환목-47	머신러닝 기반 COSMO-RS 모델 보완을 통한 DES-CO_2 용해도 예측 정확도 향상 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)김진아, 임동희
P에환목-48	PEO 고분자 전해질의 염에 따른 배위 상태 변화와 전기화학적 특징 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경희대)김수현, 윤태호, (영남대)박윤지
P에환목-49	Advanced Functional Separators for Long-Life, Self-Recovering Thin Lithium Metal Batteries **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)장은빈, 김성운, 유지영
P에환목-50	Ba-Substituted $LaMnO_3$/rGO Hybrid Supercapacitor with Enhanced Performance **(우수 포스터 발표상 후보)**	(영남대)Md Riad Al Rabbi Abir, 김우경, 심재진
P에환목-51	Improvement of Carbon Mineralization in Slag Leachate with Amine-Functionalized Magnetic Nanoparticle Clusters **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)박재민, 한현수, 전상민
P에환목-52	연료 규격에 적합한 수송연료 제조를 위한 수첨공정 반응기술	(고등기술(연))한기보, 장정희, 이지은, 윤여진, 장현성, 이재홍
P에환목-53	니켈헥사시안화물(Ni-HCF) 합성 시 킬레이트 물질의 영향 및 이를 활용한 방사성 세슘의 제거	(충북대)송지희, 이정민, 정유나, 홍혜진
P에환목-54	Carbon Nanotube/Metal Organic Framework Hybrid Scaffolds for Scalable and Self-structured OER Catalyst Coating: From Rheology Study to MEA Fabrication **(우수 포스터 발표상 후보)**	(연세대)이수현, 김대우
P에환목-55	리튬이온 배터리용 고니켈 층상 구조 양극재로의 직접 업사이클링 및 동시 표면 개질 전략 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)홍승환, 고민재
P에환목-56	Investigation of polymer electrolyte membrane fuel cell operating conditions under direct injection of low-temperature hydrogen gas **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인천대)이정현, 김태영, 김소은, 김근태, 김상문
P에환목-57	철헥사시안화물을 활용한 과황산염 활성화 및 이를 활용한 수중 아세트아미노펜의 제거 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)정유나, 김채린, 송지희, 홍혜진
P에환목-58	고용량(SiOx) 음극 바인더를 위한 보조응집제(ionic PAM) 사용 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(울산대)정민찬, Bolormaa Gendensuren, 오은석
P에환목-59	구리 헥사시아노철산염 기반 이온 교환 전극을 사용하여 폐수에서 세슘 이온의 전기화학적 제거 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(전북대)카나세 아시시 발크리슈나, 마하데오, 루투라제, 장점석, (KIGAM)류정호
P에환목-60	고체산화물 연료전지에서 내부 건식 메탄 개질 반응을 위한 $LaCo_{1-x}Ni_xO_{3-\delta}$ (x = 0.01, 0.04, 0.07, 0.12) anode의 특성 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(전남대)유세한, 김승우, 김준호, 윤정우
P에환목-61	구리산화물이 담지된 알루미나 폼(CuO@AF)을 활용한 과황산염 활성화 및 수중 테트라사이클린의 분해	(충북대)김채린, 연영석, 송지희, 심현우, 홍혜진
P에환목-62	Utilization of nanoparticles with ZIF-8 derived carbon shell **(우수 포스터 발표상 후보)**	(건국대)이기원, 조한익
P에환목-63	금 흡착제로서의 플라스틱 폐필름의 지속가능한 활용: 환경성 및 경제성 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)이승호, 원왕연
P에환목-64	탄소 섬유에 내장된 전기촉매의 위치에 따른 전기화학적 성능 평가	(원광대)한은새, 주용완
P에환목-65	바이오매스 기반 소재의 슈퍼캐퍼시터 전극물질로써의 적합성 평가	(원광대)류승헌, 주용완
P에환목-66	알칼리 활성화된 철도 폐목침목 바이오차 제조 및 CO_2 포집 성능 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)유희지, 홍혜진, (KRRI)고태훈, 이재영
P에환목-67	폐수 내 La 및 Ce 회수를 위한 MgO 담지 입상활성탄의 합성 및 흡착 특성 연구	(충북대)유희지, 이고은, 홍혜진
P에환목-68	메탄/수소 혼합 가스로부터 메탄 회수를 위한 흡착탑의 효율 향상 방안 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(울산대)박재현, 강유신, 안익성, 이찬현

P에환목-69	방향족 화합물 유래 파라핀 탄화수소 전환 촉매 수소화 반응기술	(고등기술(연))한기보, 장정희, 이지은, 장현성, 윤여진, 이재홍, (한양대)서영웅, (KRICT)박지훈
P에환목-70	메탄 자열개질을 통한 메탄올 합성 공정 모사	(연세대)이정우, 유기현, 류태우, (KIST)정광덕, (롯데건설)양창원
P에환목-71	리튬이온배터리용 탄소 코팅된 Mg_2Si 음극 복합소재의 전기화학적 성능	(충북대)정주희, 이종대
P에환목-72	$CaSi_2$ 기반 층상 구조 내 구형 Si@C가 삽입된 음극 복합 소재의 전기화학적 특성	(충북대)이강미, 강다은, 이종대
P에환목-73	CVD를 이용한 CNT가 성장된 Si/Cu 음극 복합소재의 전기화학적 성능	(충북대)정주희, 이강미, 이종대
P에환목-74	메탄의 증기 및 건식 개질을 위한 Ni-Sr/Al_2O_3 촉매 표면 염기성 사이트의 효과	(KIER, 고려대)박형진, (KIER, UST)민관홍, (고려대)이기봉, (KIER)백일현, 남성찬, 장종탁
P에환목-75	전이금속이 도핑된 프러시안 블루 유사체를 활용한 암모니아 흡착 성능 평가: 밀도 범함수 이론(DFT) 기반 연구	(충북대)안서영, 조유리, 임동희
P에환목-76	Fission Product and Uranium Release from Simulated High-Burnup Nuclear Fuel in Leaching Tests	(KAERI)허수정, 조용준, 이재원, 강권호, 이주호
P에환목-77	프러시안 블루 유사체의 전이금속 도핑에 따른 방사성 세슘 흡착 성능 및 구조 안정성에 대한 연구	(충북대)조유리, 안서영, 임동희
P에환목-78	국내 수소생산 안정성 향상을 위한 수소생산품질 현황 연구	(한국가스기술공사)유호성, 오주현
P에환목-79	Chitosan-Functionalized Prussian Blue/TiO_2 Nanostructures as Photocatalytic Agents for the Effective Decomposition of Perfluorooctanoic acid (PFOA) in Aquatic Systems	(부산대)김가은, 정성욱
P에환목-80	혼합 알케인 탄화수소 수증기 개질 반응에서 금속 산화물 첨가 Ni계 촉매의 안정성 및 수소 생산 성능 평가	(아주대)김민주, 공지현, 권재민, 장원준
P에환목-81	고효율 인산제거를 위한 굴패각	(동의대)최수인, 정민수
P에환목-82	고용량 리튬 이차전지 음극을 위한 다공성 실리콘과 흑연 복합화 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(동아대)박세은, 이정규
P에환목-83	알칼라인 수전해 셀의 성능 예측 및 최적화를 위한 1D 시뮬레이션	(국립한국교통대)이민우, 박병흥
P에환목-84	전기화학적 요소 합성에서 전해질이 C-N 결합 효율에 미치는 영향 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(건국대)안재현, 정구영, 박기태
P에환목-85	COSMO-RS를 활용한 아민 기반 DES에서 이산화탄소 용해도 예측	(충북대)Sofina Binti Najib, 임동희
P에환목-86	Enhanced Overall Water-splitting Activity by Tailored MnO_2/CeO_2 Heterostructure in Alkaline Medium	(울산대)Jaiswal Aniruddha, Nam Le, Jayasmita Jana, Duc-Viet Nguyen, 허승현
P에환목-87	효율적인 전기화학적 CO_2 전환을 위한 염소 도핑된 비스무스 나노시트 촉매 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(건국대)김주성, 강여민, 박기태
P에환목-88	제철 공정 중 생성되는 직접환원철을 촉매로 활용한 암모니아 분해 수소 생산 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울대)박재민, 손태오, 김도희, (포스코홀딩스)주상욱, 권기훈, 김범식, 박해웅
P에환목-89	고온 H_2 흐름형 반응법에 의한 $NaBO_2$ 재생 실험	(KIER)조진녕, 김성은, 조예림, 김학주
P에환목-90	기체확산전극을 구성하는 촉매층의 바인더가 미치는 영향 평가 및 원인 분석 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(건국대)오준원, 김승우, 도영진, 박기태
P에환목-91	프러시안 블루 유사체로부터 기인한 중공형 이원계 금속 산화물/탄소 복합 구조체 합성 및 리튬 이온 배터리 음극 소재로의 적용 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)정승호, 조중상
P에환목-92	이산화탄소 흡수 메커니즘 조사를 통한 분해 억제제 연구	(KIER)박찬영, 이승용, 최수현, 김나운, 박태성, 유정균, (KIER, 고려대)고서빈, 김수빈, (KIER, UST)박지혁
P에환목-93	OP-10과 EG를 활용한 탄산칼슘이 함침된 버미큘라이트의 열화학적 안정성	(KIER)박찬영, 위덕재, 김성은, 최수현, 유지호, 정우석, 홍성국, (KIER, UST)Asriadi Sakka, (KIER, 고려대)고서빈

P에환목-94	인과 황의 백금 촉매에 영향을 주는 시너지 효과를 통한 수소화된 모노벤질톨루엔으로부터의 고순도 수소 추출 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)심병조, 강태하, 하준수, 윤창원
P에환목-95	대기 중 이산화탄소 직접 포집을 위한 아민 함침 활성탄 제조 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)유가연, 조문경, 이기봉
P에환목-96	이오노머의 특성에 따른 CO_2 전환 C^{2+}화합물 생산능력 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(건국대)하준수, 윤현빈, 박기태
P에환목-97	Ni-CaO 기반 다중기능 흡착촉매의 개발 및 통합 메탄 개질 반응 공정으로의 적용	(고려대)김필석, 이기봉
P에환목-98	상용 활성탄의 특성 분석 및 탄화수소 흡착 성능 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)이주영, 조문경, 이기봉
P에환목-99	키토산, 카제인 나트륨, 아라비아 검을 기반으로 한 지속 가능한 천연 고분자 나노 유화제의 제조 및 특성 분석: 안정성 및 기능적 최적화	(광운대)묘희명, 조형원, 윤도영
P에환목-100	〈발표취소〉	
P에환목-101	세라믹 촉매를 이용한 황화수소 제거 효율 향상 및 최적가용기법 적용에 관한 연구	(광운대)조형원, 묘희명, 윤도영
P에환목-102	마이크로웨이브 기반 고내구성 CO_2 개질 촉매 개발	(KRICT)조윤서, 박선영, 이진희, 박지훈, 유영우
P에환목-103	수소 연료 공급 피스톤 압축기의 열 관리 최적화 및 유동 특성 분석: CFD 기반 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(동아대)손수현, 김보건, 사정훈
P에환목-104	메조다공성 제올라이트 촉매 열분해를 통한 HDPE 유래 경질 올레핀 합성 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)서지현, 명재욱, (광운대)유경선, (서울시립대)박영권
P에환목-105	〈발표취소〉	
P에환목-106	CFD 기반 다이어프램-유압 피스톤형 다단 수소 압축기의 최적 설계 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(동아대)김보건, 손수현, 사정훈
P에환목-107	Enhancing Oxygen Evolution Reaction: ALD-Engineered WO3/MXene/FeOOH Photoanodes for Improved Photoelectrochemical Performance	(전남대)Murmu Manasi, 김도형
P에환목-108	실리콘음극의 수용성 폴리이미드 바인더 적용 및 접착력 향상을 위한 현장 가교 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(울산대)전솔민, 김서현, 남예선, 겐덴수렌 볼로르마, 오은석
P에환목-109	Modifying Ni-Rich Cathode Materials with Co Nanoshells to Improve High-Rate Capability and Durability of Li-Ion Batteries	(한양대)김민수, 선양국
P에환목-110	전이 금속 기반 프러시안 블루 아날로그-질화 탄소 이종 구조 복합체의 합성 및 광촉매적 수소 생산 효율 평가	(DGIST)김민선, 김보경, 김순현
P에환목-111	The challenges in all-solid-state lithium batteries from the perspective of Ni-rich layered cathodes	(한양대)이인수, 선양국
P에환목-112	Improving Energy Efficiency of Single-Crystalline NCM Cathode Synthesis by Cyclic Sintering Method **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)박도윤, 조창신
P에환목-113	Strategy of improving microstructure and surface of Ni-Rich Layered Cathode for Advanced Lithium-Ion Batteries	(한양대)김민수, 선양국
P에환목-114	Design of Porous Silicon/Carbon Composites for High-Energy Lithium-Ion Battery Anodes **(우수 포스터 발표상 후보)**	(동아대)서재욱, 손찬식, 추승혁, 이정규
P에환목-115	결함 공학 촉매를 기반으로 한 플라스틱의 가솔린 제품으로의 분해	(KENTECH)Dipali Upare, 이철위, 이돈근, 강영수
P에환목-116	The physico- and electrochemical properties of cobalt-free layered cathode across a range of lithiation temperatures	(한양대)이인수, 선양국
P에환목-117	Sol-gel 방식으로 합성한 Ce-CaO의 Ce 비율에 따른 흡착 성능 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)유창환, 이기봉
P에환목-118	도시가스 배관망 수소혼입 관련 해외사례 및 정책 동향 분석	(한국가스안전공사)김지은, 김부근
P에환목-119	Analysis of dielectric relaxation for propylene carbonate based electrolyte mixtures with an open-ended coxial probe	(서울대)김효중, 윤태준

P에환목-120	A study on methane pyrolysis with metal beads for turquoise hydrogen production	(KITECH, 인하대)이준형, 박근용, (KITECH)장예지, 무자파 아바스, (KITECH, UST)가야트리 인그래, 김현태, 이은도
P에환목-121	희토류 첨가 루테늄-망간 산화물 촉매의 결정 제어를 통한 암모니아 열분해 성능 향상 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)김준성, 홍현기, 한승목, 윤창원
P에환목-122	도데칸 수증기 개질을 통한 플라스틱 열분해유 유래 수소 생산: Ni-$CeZrO_2$ 촉매의 Ni 담지량 최적화 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립창원대)방진식, 김주연, 박채연, 정대운
P에환목-123	Influence of Lignin from Various Tree Species on Hard Carbon Anodes for Lithium-Ion Batteries **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)박수빈, 유지영
P에환목-124	폐 PET 기반 구리가 담지된 활성탄의 제조 및 일산화탄소 흡착에의 적용	(고려대)조문경, 정재형, 이기봉
P에환목-125	Exploring Phase Equilibria between Propylene carbonate, Dimethyl carbonate, Acetonitrile and CO_2 for Lithium-Ion Battery Electrolyte Recycling **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울대)김보민, 윤태준
P에환목-126	Yolk-Shell 구조 $ZnCo2O_4$Spinel 촉매를 활용한 폐기물 유래 합성가스의 고온 수성가스전이반응에 의한 수소 생산 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립창원대)민수빈, 이혜민, 정대운
P에환목-127	Steric Hindrance-Driven Electrolyte Design for High-Performance Silicon Anodes: Enhancing Stability and Ion Transport **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)김다인, 유지영
P에환목-128	Highly Effcient Nitrogen-Fixing Microbial Hydrogel Devicefor Sustainable Solar Hydrogen Production **(우수 포스터 발표상 후보)**	(IBS, 서울대)박현서, 김대형
P에환목-129	Microbial fuel cell utilizing nylon-based reinforced composite membrane	(조선대)이재혁, 노성희
P에환목-130	Reinforced composite membrane-electrode assembly for water electrolysis applications	(조선대)이재혁, 노성희
P에환목-131	Effects of Cu-In-Se Quantum Dots Surface Ligands on the Performance of Photoelectrochemical Hydrogen Production Electrodes	(DGIST)박수익, 양지웅, (단국대)정성목, 김재엽
P에환목-132	충전 과정에서 수소 저장 탱크의 내부 열전달 계수 계산을 통한 온도 예측 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립한국교통대)심규석, 박병흥
P에환목-133	폐기물 가스화 합성가스를 이용한 고온 수성가스전환 반응의 최적 CO 전환 조건 연구	(아주대)공지현, 김민주, 권재민, 장원준
P에환목-134	신규 GO-QPEI를 포함하는 유/무기 복합막 개발을 통한 우수한 내구성 및 이온클러스터를 갖는 음이온교환막 연구	(전북대)이규하, 주지영
P에환목-135	금속 나노파티클 합성을 통한 맥신의 전자파 차폐 성능 향상	(KAIST)황우진, 윤지수, 장재동, 정희태, (KIST)김선준
P에환목-136	슈퍼커패시터용 고급 CuZnO 전극: 향상된 비용량 및 장기 안정성을 위한 전략	(KENTECH)Tamboli Mohaseen, 하산 주하이브, 박현욱, 박진호
P에환목-137	해수 중 우라늄 추출 연구동향 분석: 아미독심-우라늄 결합 메커니즘 및 추출 효율 향상 전략	(KAERI)신영호
P에환목-138	Anion-Exchanged Polymeric Hydrogel Electrolytes for Non-flow Zinc-Bromine Rechargeable Battery Energy Storage System	(성균관대)김연수, 홍정우, 박호석
P에환목-139	Enhancing the Performance of Lithium Metal Batteries through Phthalocyanine Surface Engineering	(성균관대)김현철, 김준수, 박호석
P에환목-140	〈발표취소〉	
P에환목-141	리튬 이온 배터리용 고성능 실리콘 음극을 위한 코발트 프탈로시아닌-기능성 유기 나노섬유	(성균관대)조현규, 박호석
P에환목-142	부유식 계층형 하이드로겔 장치를 이용한 폐기물 유래 연료 생산을 위한 폐쇄형 광·전기촉매 시스템	(서울대)김해성, 김대형
P에환목-143	Flexible heating device-equipped wearable hydrogen evolution system for thermolytic dehydrogenation of $NaBH_4$ and oxalic acid dehydrate composite	(경기대)진준형, 정해영, 성수환, 이승준, 김준민, (서경대)송민정

P에환목-144	레드머드를 활용한 폐플라스틱 열분해유의 염소 제거 연구	(고등기술(연))김현지, 김진호, 김효식, 강석환, (경북대)이예지
P에환목-145	혁신적인 rGO/NiMnB 나노하이브리드: 지속 가능하며 우수한 전기촉매로서의 전해 수분해 촉진	(인하대)소남, 허윤석, (동국대)샤말리 라젠드라 버스, 베키아 티야가라즈 하시타, 한영규, (칼리파대)닐레쉬 라자람 초단카르
P에환목-146	석유 피치 유래 그래핀 유사 다공성 탄소를 이용한 고성능 아연 이온 커패시터의 음극 소재	(인하대)소남, 허윤석, (동국대)샤말리 라젠드라 버스, 베키아 티야가라즈 하시타, 한영규, (칼리파대)닐레쉬 라자람 초단카드
P에환목-147	폐기물을 에너지 소재로: 와이너리 폐기물 유래 이종 원소 도핑 그래핀 유사 다공성 탄소를 이용한 고전압 슈퍼커패시터	(인하대)고쿨, 허윤석, (동국대)베키아 티야가라즈 하시타, 한영규, (칼리파대)닐레쉬 라자람 초단카르
P에환목-148	에틸렌글라이콜 삽입을 통한 MoS_2 층간 거리 조정 및 고성능 아연 이온 커패시터의 음극 소재로의 응용	(인하대)고쿨, 허윤석, (동국대)베키아 티야가라즈 하시타, 샤말리 라젠드라 버스, 한영규, (칼리파대)닐레쉬 라자람 초단카르
P에환목-149	Simultaneous Microplastic Degradation and Hydrogen Production via Solar-Assisted Electrochemistry on TiO_2 Nanorods **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)배호섭, (KENTECH)최원용
P에환목-150	α-Fe_2O_3 기반의 능동형 광전기화학적 과산화수소 생산 및 글리세롤의 고부가가치화 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(UNIST)김사랑, 오동락, 장지욱
P에환목-151	다성분계 노말파라핀 혼합물 수첨업그레딩에서의 반응 조건 영향	(고등기술(연))이지은, 장정희, 이재홍, 장현성, 윤여진, 한기보
P에환목-152	anion-flux 고분자 금속 프탈로시아닌의 분자 설계 및 리튬 금속 전지의 응용	(성균관대)김준수, 박호석
P에환목-153	화학 수소화물 가수분해를 통한 고압, 그리드 독립적 수소 생성 기술: 실증 및 배치 전략 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KIST)김 찬, 곽재원, 펠리시아 알비타 테다, 온의림, 김근수, 손현태, 남석우, 김용민, 정향수, (현대자동차)서지희, 김한진, 김평순, 이재용, 장지훈
P에환목-154	Zwitterion-Incorporated Hydrogel Polymer Electrolyte for Zinc-Ion Batteries	(KIER)맹도영, 이정현, (서강대)장지현, (KIER, 충남대)김진혁
P에환목-155	Effect of Separator Properties on Electrochemical Performance and Cycle Life in Zinc-Ion Batteries	(KIER, 충남대)김진혁, (충남대)맹도영, 양성윤, (KIER)이정현
이동현상: 4월 24일(목), 09:30~11:00		
P이동목-1	티라마이드 신호 증폭을 이용한 고민감도 엔코딩 하이드로젤 미세입자 기반 다중면역 분석	(고려대)김지우, 최준희, 김영희, 임용준, 봉기완, (연세대)김민정
P이동목-2	Numerical study on droplet deformation and breakup in shear flow with density contrast using the color-gradient lattice Boltzmann method **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한경국립대)정지윤, 이영기
P이동목-3	Brownian dynamics 시뮬레이션을 이용한 콜로이드 입자-고분자 혼합액의 건조 중 거동 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한경국립대)안현정, 이영기
P이동목-4	Fabrication of fluorescent Janus particles for pH-sensitive sensors via wax-silica colloidosomes **(우수 포스터 발표상 후보)**	(수원대)방용빈, 김수환, 이성재
P이동목-5	점성 유동장에서 전해질고분자 사슬의 구조 및 확산 운동에 대한 이미징 추적	(KIST)전명석, 심현우
P이동목-6	Electrochemical performance of polyHIPE-based carbon foams doped with aniline and TiO_2 for supercapacitor electrode materials **(우수 포스터 발표상 후보)**	(수원대)류인재, 전형준, 김경엽, 이성재
P이동목-7	Fabrication of Nucleic Acid Loaded Lipid Nanoparticles Using a Microfluidic Platform **(우수 포스터 발표상 후보)**	(순천향대)박예은, 임종민
P이동목-8	볼 밀링 믹싱 시간에 따른 음극 슬러리의 유변학적 특성과 전기화학적 성능 상관관계에 대한 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(순천향대)김기민, 문범광, 이해건, 김동재

P이동목-9	평판 압력 유동 조건에서 이분산 서스펜션의 입자 이동에 대한 브라운 운동의 영향 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)안정환, 전병진, 정현욱
P이동목-10	Development of a Portable Digital Microfluidic System based on Charged Droplet (ECD) Electrophoresis for Automated 3D Cell Culture	(국립부경대)배서준, 임도진
P이동목-11	Isolation and Drug Loading of Bovine Milk-Derived Extracellular Vesicles **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)조은화, 안일주, 장원익, 이은정, 한구희
P이동목-12	Fabrication of MXene Films and Supercapacitors using Meniscus Dragging Deposition **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)김승연, 이용희, 한구희
P이동목-13	스텝유화장치를 이용한 가속화된 아밀로이드 베타 발현 3차원 신경세포 모델 개발 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(홍익대)김나현, 유다은, 김재정
P이동목-14	높은 민감도를 갖는 바이오에세이를 위한 폴리디메틸실록산 마이크로입자 표면에서의 하이드로젤 스킨 형성 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(홍익대)박찬우, 조윤경, 김재정
P이동목-15	수산배양육 생산용 마이크로 캐리어 개발 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(홍익대)정희준, 김나현, 김태훈, 김재정
P이동목-16	Curvature-Driven Vapor Pressure and Marangoni Convection: A Novel Approach to Inorganic Sunscreen Design **(우수 포스터 발표상 후보)**	(숙명여대)유채연, 박준동, (코스맥스)이서윤, 오희묵, 이지현, 장지희, 이준배
P이동목-17	3D-printed shadow masks for micro-patterned electrodes	(경북대)차찬욱, 조은화, 김영준, 박보경, 한구희
P이동목-18	확장-수축 마이크로채널에서 확장 길이가 유동장 및 입자 적층에 미치는 영향 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(단국대)정해교, 황민선, 정선엽
P이동목-19	탄소지지체 종류에 따른 PEMFC 촉매 잉크의 미세구조 및 시간 의존적 유변물성 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(단국대)오혜진, 홍지윤, 황민선, 송환규, 정선엽
P이동목-20	A Microfluidic Chip for Sequential Behavioral and Molecular Monitoring in the same *C. elegans* **(우수 포스터 발표상 후보)**	(명지대)손예빈, 이수진, 조용민
P이동목-21	전극 슬러리의 복잡한 유변학적 행동에 대한 통찰: 설명 가능한 AI (XAI) 접근 방식 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(숙명여대)정은희, 박준동
P이동목-22	Temporal Evolution of Rheology and Dispersion in Electrode Slurry After Mixing **(우수 포스터 발표상 후보)**	(숙명여대)김주리, 박준동
P이동목-23	고온 안정성이 향상된 병솔형 블록 공중합체를 이용한 고해상도 나노 패터닝	(고려대)정재원, 오혜진, 방준하
P이동목-24	생분해성 그라프트 고분자의 구조적, 유변학적 특성을 활용한 PLA 블랜드의 압출 가공성 향상 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)주진혁, 최기홍, 방준하

포스터 발표 II: 4월 25일(금), 09:00~10:30

고분자: 4월 25일(금), 09:00~10:30		
P고분금-1	저전력 소자용 고유전 상수 폴리실세스퀴옥산 개발 및 적용	(국립한국교통대)안태규, (강원대)서상현
P고분금-2	가시광 영역에서 리간드 매개 유전체 튜닝을 통한 키랄 플라즈모닉 나노구조의 향상된 광학 반응 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(성균관대)김동현, 유필진
P고분금-3	Noble-Metal-Free High Entropy Alloys Nanoparticles with Highly Stable ORR/OER Bifunctional Electrocatalysts	(성균관대)김성현, 유필진
P고분금-4	Organic Artificial Solid Electrolyte Interphase for the Advanced Silicon-based Anodes under Lean Electrolyte	(성균관대)김수연, 유필진, (KIST)문명운
P고분금-5	〈발표취소〉	
P고분금-6	Gallic Acid incorporated Pitch Carbon coating for improved cyclic stability of silicon anode	(성균관대)장연경, 유필진
P고분금-7	Photo-patternable Polysaccharide-based Durable Antifogging Films **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)진혜인, 류 민, 이효민

P고분금-8	Investigation of thermal activation of biodegradable polymer PBS using Diazirine	(순천향대)김동화, 이현아, 이재식, 김동학
P고분금-9	Development of Eco-Friendly LFT Using Recycled PA6 from Waste Fishing Nets	(순천향대)조혜연, 이재식, 김동학
P고분금-10	수계 아연 배터리 음극 계면 안정성을 위한 초분자 계면 네트워크 구축	(성균관대)최은지, 유필진
P고분금-11	Photovoltaic Performances of Dye-Sensitized Solar Cells using Poly(vinylidene fluoride) and Zn-Hydroxy Minerals	(동의대)김미라, 김민규
P고분금-12	Active Control of Molecular Transport *via* Photo-Responsive Artificial Cell-like Polymersomes	(POSTECH)이현수, 채민지, 서한진, 이효민
P고분금-13	Hydrogel-elastomer micropatterned composites for flexible non-wetting antifogging tapes **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)김형정, 정성준, 이효민
P고분금-14	4-arm 블록 공중합체의 혼합 마이셀을 이용한 구형 탄소 나노입자의 합성	(서울과기대)김정태, 이강현, 이수민, 조은범
P고분금-15	Research on Core Fire-Retardant Polyurethane **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울시립대)이인성, 김정현
P고분금-16	Exploring the effect of particle shape on water-in-oil high internal phase Pickering emulsions **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울과기대)김예린, 김규한
P고분금-17	In-situ polymerizable all-aqueous gel based on stable water-in-water emulsions **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울과기대)이은석, 김규한
P고분금-18	3가 분자 다리를 갖춘 인공지능 응용을 위한 고성능 유기 시냅스 트랜지스터 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)김지현, 김태훈, 김화정, 김영규, (경북대, KIST)이웅기
P고분금-19	Eco-Friendly Coatable Anti-Icing Composite Film Using a Polarity-Switchable Maleic Anhydride Containing Copolymer **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)안세희, 김채빈, (중앙대)이지민, 우상혁
P고분금-20	공액 고분자 기반 게이트 감지층을 이용한 유기 광트랜지스터 – *가시광선에서 적외선 범위까지의 감지 능력에 대한 이해* **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)박다현, 박찬빈, 김태훈, 김화정, 김영규, (미래양자융합센터)한혜미, (삼성전자)이철연
P고분금-21	저분자 패시베이션을 통한 n형 유기 전자화학 트랜지스터의 안정성 향상 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)백지수, 장재영
P고분금-22	준가역성 용매변색 거동을 갖는 단일 입자 코어-쉘 센서	(경희대)허인웅, 윤보영, 박범준, (한양대)김종만
P고분금-23	Enhanced Thermoelectric Properties via Pendant-Side Conjugation in Conjugated Polymers **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)김상범, 김혁준, 정인환, 장재영
P고분금-24	Research on restoration of physical properties of recycled TPU	(순천향대)윤호병, 조혜연, 이재식, 김동학
P고분금-25	Colloidal Particles at Water-Water Interfaces: Dynamics, Stability, and Interfacial Tension Measurement	(서울과기대)최서영, 윤호준, 이은석, 김예린, 김규한
P고분금-26	Altering hydrophilicity of MOF fillers for proton exchange membranes: improved electrochemical performances derived from structural changes **(우수 포스터 발표상 후보)**	(연세대)조용회, 김대우
P고분금-27	고성능 및 고열안정성을 갖는 황 함유 고분자 기반 중적외선 편광판 개발 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)강민정, 장원태, 김상현, 이규원, 최건우, 임성갑, (KRISS)이정현, 김준오, (한양대)위정재
P고분금-28	High-Efficiency Catalytic Reaction Optimization for Polyamide 6,6 Polymerization: Low Pressure Processing	(부산대)이근호, 이주홍, 임원빈, 이재룡, 이승현, 김이천, 변상욱, 이지원, 배지홍, 허필호
P고분금-29	향상된 광역학 효과를 위한 공액 고분자 나노입자 엔지니어링	(중앙대)민경선, 최현석, 유영호, 노정원, 박주현
P고분금-30	Synthesis and Physiochemical Investigation of Gold nanoparticles using Self assembled ion pair of polyvinylpyrrolidone and phenylazophenol	(강원대)조지 조이 조몬, 김진철

P고분금-31	다이설파이드-우레탄 이중가교형 필름의 경화 및 자가치유 특성	(고려대)이승기, 문호연, 정현욱, (KRICT)노승만
P고분금-32	Controlled drug release properties of allopurinol-incorporated double-layered starch-chitosan based patches for gout therapy	(전남대)김경중, 왕은재, 이창문, 윤순도, (국립순천대)심왕근
P고분금-33	Enhancement of Insulation and Heat Resistance Using Silicone-Based Coating	(KITECH)김경민, 이준영, 황기섭, (KITECH, 서울여대)임세라, (도아)정병규
P고분금-34	Influence of concentration of Cellulose nanocrystal on the rheological, mechanical, and electrochemical properties of solid polymer electrolytes **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)김재현, 현 규
P고분금-35	The Relationship Between Rheological properties and Morphology of PLA/LDPE Blends with Different Ratio **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)김민찬, 현 규
P고분금-36	무선 혈압 모니터링 플랫폼의 압전 구동 이온 역학 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)최원혁, 김지홍, 김도환, (KAIST)안승영, 김해린
P고분금-37	열전 성능 향상을 위한 혼합 벽 탄소 나노튜브의 도핑 조절	(충남대)조강현, 김지현, 김병관
P고분금-38	Mixed Ionic-Electronic Conductors Based on PEDOT-Metal Complexes for Enhanced Thermoelectric Performance **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충남대)김지현, 조강현, 김병관
P고분금-39	Reduction-Responsive Ion-Paired Micelles of Polyaryl Amine(PAA) and Lipoic Acid(ALA) for Targeted Drug Delivery	(강원대)황정선, 김진철
P고분금-40	Rheological Characterization of PLA/PEO/CNC Blend Composites for 3D Printer Application **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)신지윤, 정지석, 현 규
P고분금-41	음이온 교환 막의 간질 알킬 사슬 공학이 CO_2 전해조 개선에 미치는 영향	(POSTECH)임해량, 박태호
P고분금-42	인장/온도를 구별할 수 있는 영유아 건강 모니터링 용 통합 센서 개발 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(광운대)박형민, 명수민, 이기원
P고분금-43	인간 피부를 모방한 넓은 범위의 선형 압력 민감도를 가진 다공성 다중 탄성 계수 웨어러블 센서 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(광운대)한재희, 노창현, 임현아, 김민우, 이기원
P고분금-44	마이크로플루이딕 시스템을 이용한 다중 액적(GOW) 기반 고효율의 NCM 금속 이온 회수	(성균관대)임지훈, 유필진
P고분금-45	Exploring rheological and mechanical characteristics of pPD-bridged supramolecular binders for industrial application	(성균관대)김민수, 유필진
P고분금-46	Precision control of morphology in self-assembled monolayer for inhibitory transport control of metal precursor	(성균관대)정성우, 유필진
P고분금-47	Optical encryption using patternable photochromic organogel	(POSTECH)전현준, 류 민, 이효민
공정시스템: 4월 25일(금), 09:00~10:30		
P공정금-1	알카라인 수전해의 부하 다변화 조건에서 온도와 압력에 따른 수소 생산 영향성 평가	(KITECH)이승연, 조경일, 이용운
P공정금-2	Hydrogen-power co-production via Allam cycle and PEMEC: Maximizing profitability through flexible operation **(우수 포스터 발표상 후보)**	(동국대)김태현, 박진우
P공정금-3	Techno-Economic and Life Cycle Assessment of Light Olefins Production through Power-to-X (PtX) pathway **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립부경대)히라 마흐무드, 유 준
P공정금-4	Comparative analysis of direct utilization of ammonia vs. hydrogen for mobility and power sector – A holistic sustainability perspective	(국립부경대)Malik Sajawal Akhtar, Muhammad Ansub Khan, 유 준
P공정금-5	메탄 열분해 및 화학적 루핑을 이용한 암모니아 생산 공정 개발 및 4E 분석	(전북대)김인혜, 임민석, 오정재, 박영범, 조성현
P공정금-6	Decarbonization pathways for refinery processes: Low-carbon hydrogen for Hydrodesulfurization and Hydrocracking **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립부경대)Muhammad Ansub Khan, 유 준

P공정금-7	메탄 열분해 기반 청록수소 및 고체 탄소 활용을 통한 Shaft Furnace에서의 DRI 생산 최적화	(전북대)박영범, 오정재, 김인혜, 임민석, 조성현
P공정금-8	Process modelling of Sustainable Aviation Fuel Production from Wet Food Waste-Derived VFAs via Arrested Anaerobic Digestion **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)최민교, 한지훈
P공정금-9	AI 기반 공정 유틸리티 최적화: ANN-GA 결합 모델을 활용한 최적 운영 전략 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인하대)양윤서, 나현서, 황성원
P공정금-10	비용 효율적인 하이브리드 CO_2/열 루핑 전략을 통해 저탄소 H_2 및 재생 열 공동 수송 활성화: 메탄올과 산화마그네슘을 통해	(중앙대)윤하준, 이주성, 테스팔렘 아츠바하, 이철진, (텍사스대, 중앙대)알리 셰리프
P공정금-11	제철 산업 소성 공정 대상 분리막 기반 포집 공정 설계, 최적화 및 경제적 타당성 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)김세중, 송용재, 김진국, (현대제철연구소)정양환, 장연수
P공정금-12	대체 모델 활용 분리막 기반 담수화 공정 설계 및 최적화 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)이준영, 방승혁, 김진국
P공정금-13	폐플라스틱 활용 수소 생산 공정 전산 모사 및 시스템 분석 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)방승혁, 김진국
P공정금-14	기후변동성을 고려한 습식기반 직접공기포집 공정의 에너지 효율 및 포집 비용 분석 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)김형준, 전동현, 김진국
P공정금-15	초임계 CO_2 및 Dimethyl Ether 기반 감귤박 추출 공정의 설계 및 기술 경제성 분석 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)송용재, 박하린, 김진국
P공정금-16	Sustainable Design of Microbial Fermentation-based Biorefinery via Co-production of Chemicals and Fuels **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충남대)김다미, 김유빈, 김영욱, 노고산, (KAIST)조인진, 이상엽
P공정금-17	Gasification of Waste Plastic-based Pyrolysis Oil to Valuable Chemicals: Process Design, Techno-Economic Analysis, and Life Cycle Assessments **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충남대)최나은, 전홍준, 이수현, 노고산, (KIER)라호원
P공정금-18	Integration of carbon black from turquoise hydrogen with direct carbon fuel cells for sustainable hydrogen production maximization using SOEC	(동국대)김도희, 박진우
P공정금-19	Rotaing Packed Bed(RPB)를 이용한 폴리아민 기반 CO_2 포집 공정 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KIER, 고려대)장재수, (KIER, UST)민관홍, 남성찬, (고려대)이기봉, (KIER)백일현, 이성훈
P공정금-20	Screening of ternary amine solvents at varying concentrations for CO_2 capture in a Rotating Packed Bed (RPB) **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KIER, UST)민관홍, 남성찬, (KIER, 고려대)장재수, (KIER)백일현, 이성훈
P공정금-21	Data-driven rWGS-selective 합성 가스 생산 공정 설계 및 시스템 분석 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)정경화, 김진국, (동국대)Michael Binns
P공정금-22	Sustainable Design of Bio-acetic Acid Process via Gas Fermentation: Comparision of Ethyl Acetate and Trioctylamine as Extractive Solvents **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충남대)김지수, 노고산, (서울대)박정호, 서원빈, 윤태준, (KIER)문명훈
P공정금-23	AIM: A collection of user-friendly adsorption isotherm GUI tools for fixed-bed breakthrough simulation	(부산대)하산 무하마드, 윤성현, 정용철
P공정금-24	유기 용매 나노 여과 분리막을 이용한 분리 공정의 공정 모델링 및 기술경제성 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)김강엽, 김진국
P공정금-25	하이브리드 AI 모델링 폐플라스틱 기반 수소 생산 공정 최적화 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(계명대)손준혁, 안유찬
P공정금-26	이산화탄소 감축 목표를 고려한 ATR-SOEC 통합 공정 개발	(순천향대)김수진, 김기찬, 권휘웅
P공정금-27	Computational Amine Screening for Low Temperature CO_2-to-Methanol Process: Active Learning and Experimental Validation **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대, KIST)최재형, (고려대)이기봉, (KIST)박담대, 이 웅
P공정금-28	Comparative Life Cycle Assessment of Gasification-based Valorization of Unsorted Waste Plastics for Chemical Production **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충남대)박재현, 최나은, 노고산

P공정금-29	Scope 1, 2, 3을 통한 직접 공기 포집 기술의 종합적인 환경성 평가와 경제적 영향: 탄소세로 인한 경제적 통찰력	(전남대)김석주, 고상혁, 이보름
P공정금-30	주요 원자재의 운송을 포함한 생산 공급망에 걸친 네 가지 유형의 수전해 기술에 대한 환경 영향 평가	(전남대)고상혁, 김석주, 이보름
P공정금-31	미래 수송용 수소 수요에 기반 한 하이브리드 on-site 수소 및 전기 충전시스템의 3E 분석: 에너지, 경제성 및 환경성	(순천향대)김기찬, 김수진, 권휘웅
P공정금-32	Techno-Economic and Future Cost Assessment for Aviation Fuel Production via Power-to-Liquid **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)김정헌, 김성은, 박시환, 이인규
P공정금-33	Optimal Design and Economic Analysis of the Ammonia Decomposition Process Considering Various Catalyst Types **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)조서연, 박세빈, 이인규
P공정금-34	폐플라스틱의 CO_2 기반 열분해를 통한 수소 생산: 공정 분석 및 경제성 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(계명대)정효진, 안유찬
P공정금-35	Design and thermodynamic analysis of advanced precooling cycles in hydrogen liquefaction process **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)박시환, 김정헌, 이인규, (GS건설)정민서, 김학성, 최문석
P공정금-36	Sustainable Operating Strategies for Decarbonized Utility: Process Integration and Optimization with Renewable Energy and Carbon Capture Technologies **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)박하린, 김진국, (브란덴부르크공대)Bogdan Dorneanu, Harvey Arellano-Garcia
P공정금-37	Microkinetic modeling of methanol synthesis from CO-rich gases **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KIST, 고려대)조은별, (KIST)이 웅
P공정금-38	흡착 강화 증기 개질 반응기의 민감도 분석 및 운전·설계 조건 최적화 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)김지섭, 배민철, 손상환
P공정금-39	수소 생산을 위한 바이오가스 증기 개질 통합 공정의 모델링 및 다중 목적 최적화 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)임영하, 정하린, 손상환
P공정금-40	오일-가스산업에서 재생 및 폐에너지와 직접탄소흡착공정 통합: DAC Goes Green	(경희대)Mohammad Moosazadeh, Mahmoud Kiannejad Amiri, 김상윤, 전나영, 유창규
P공정금-41	Technoeconomic Comparison of AgCl Nanocubes and Ag Nanoparticles for Cost-Effective Electrochemical CO_2 Reduction **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KIST, 고려대)김현영, (KIST)이 웅
P공정금-42	전기자동차 충전수요를 고려한 대도시 microgrid-PV 설치 최적위치선정	(경희대)Ali Usama, Shahzeb Tariq, 김상윤, 우태용, 정찬혁, 유창규
P공정금-43	Techno-economic Analysis of Low-Carbon Ammonia Synthesis Process using Oxy-fuel Combustion **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)이예진, 김성은, 이인규
P공정금-44	항공 연료용 합성 가스 생산을 위한 이산화탄소 저온전기분해 공정 모델링 및 최적화 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인하대)도윤정, 정경호, 홍혜림, 황성원
P공정금-45	Enhanced Hydrogen Production from PLA Waste via CO_2-Assisted Pyrolysis and Natural Gas Reforming **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KITECH, 연세대)이세영, (KITECH)백재호, (경희대)조형태, (한양대)이재원
P공정금-46	개발도상국 그린수소 생산 전략 타당성 평가: 신재생에너지, Carbon Intensity, Energy Efficiency and LCOH	(경희대)Israel Ayodamola Bayode, Usama ali, Mohammad Moosazadeh, 우태용, 김상윤, 정찬혁, 유창규
P공정금-47	Anion-Pillared MOFs 기반 Xe/Kr 기체분리 가속화 기계학습 스크리닝	(경희대)Mahmoud Kiannejad Amiri, Mohammad Moosazadeh, 김상윤, 정찬혁, 유창규
P공정금-48	Optimization of ethylene production in the acetylene hydrogenation process using machine learning	(KITECH, 연세대)권혁원, (KITECH)백재호, (경희대)조형태, (한양대)이재원
P공정금-49	Optimizing Power Generation from Cold Energy Recovery in Liquid Hydrogen Superstations: Energy and Economic Analysis **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)강두호, 이인규
P공정금-50	Real-Time TBP Prediction and Cut Point Optimization for Product Specification Compliance **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KITECH, 연세대)윤승관, (KITECH)안나현, 백재호, (경희대)조형태, (한화토탈에너지스)김영진, (한양대)이재원

P공정금-51	블루 수소 생산에서 이산화탄소 전기분해의 최적 활용: 기술-경제성 평가 및 정량적 시나리오 분석 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)노원준, 염동엽, 이인규
P공정금-52	GREET 모델을 활용한 블루수소의 Scope 1,2,3 온실가스 배출량 분석	(전남대)고상혁, 김석주, 이보름
P공정금-53	자연어처리 기반 이산화탄소 전환 전기화학촉매 데이터마이닝 및 최적화	(가톨릭대)현채은, 정보민, 김준영
P공정금-54	A novel approach for direct control design and data-driven tuning of the unstable and integrating processes **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)김지윤, 성수환, 허재필, 임창규, (국립순천대)유경환
P공정금-55	Automated Feasibility Evaluation of Reactive Distillation Systems Using K-means Clustering **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)신용범, 이민용, 이정우, 김동근, 이재우
P공정금-56	증류탑 내 오염 발생 및 성능 저하 예측을 통한 최적 운전 전략 제안 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인하대)정지민, 박하정, 황성원
P공정금-57	Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) 기반 고용량 배터리 열 관리	(광운대)정다빈, 신상훈, 김연수, (현대자동차)홍대기, 오세규
P공정금-58	메탄올 개질을 활용한 수소 생산과 연료전지 성능 분석: 공정 최적화 및 탄소 저감	(가톨릭대)김이현, 이정재, 이택준, 김준영, (동국대)송도윤
P공정금-59	Accelerating CO_2 hydrogenation Catalyst Discovery: ML-Driven Cascade Framework and GA Optimization **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KITECH, 부산대)강현진, (노스웨스턴대)박현도, (한화토탈에너지스)김영진, (경희대)조형태, (KITECH)백재호, (한양대)이재원
P공정금-60	Surrogate Model-Based Optimization of Wet Scrubber Performance in Nuclear Fusion Detritiation Systems: A Comparative Study with Mathematical Modeling **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)이원호, 이윤재, 한지훈, (KFE)장민호, 이재욱
P공정금-61	폐수 슬러지의 Anaerobic digestion을 통한 biofuel 생산 공정의 경제성 및 환경성 분석 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)이재범, 배성윤, 유은욱, Shaukat Ali Mazari, 문종호
P공정금-62	CFD and Experimental Investigation of Microbubble Formation and Mass Transfer in a 3D-Printed Bubble Cap System	(KITECH, 연세대)유 엽, 이세영, (KITECH)백재호, 윤승관, 강현진, (한양대)이재원, (경희대)조형태
P공정금-63	Evaluating Time-varying Carbon Footprint for Regional Power Grids **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충남대)김유빈, 전홍준, 노고산, (KIER)김우현, 이효진
P공정금-64	전고체 배터리의 전기화학-열-기계적 성능에 대한 스택 압력의 영향 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인하대)김현진, 황성원
P공정금-65	복잡한 반응 시스템에서의 수율 및 부반응 메커니즘 예측을 위한 AI 기반 반응기 모델링 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인하대)송성훈, 박주현, 황성원
P공정금-66	Prospective Life Cycle Assessment of Deep Eutectic Solvent (DES) Utilization for Sustainable Lithium-ion Battery Recycling **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충남대)김영욱, 유기훈, 유재범, 노고산
P공정금-67	효율적인 MOF 기체 흡착 예측: 최소화된 GCMC 시뮬레이션과 머신러닝 기반 접근	(경희대)안용상, 박준영, 조형태, (KITECH)안나현, (울산대)가성빈
P공정금-68	에너지·엑서지 동시 최적화를 통한 청정 요소 생산 공정의 경제성 및 환경성 개선 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)배성윤, 유은욱, 이재범, 오민경, 문종호
P공정금-69	CO_2 저온 전기분해 기반 FT 연료 생산 공정 모델링 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인하대)홍혜림, 도윤정, 정경호, 황성원
P공정금-70	바이오매스 기반 플랫폼 화학물질 생산의 기술경제성 및 전과정 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)이승호, 원왕연
P공정금-71	Sustainable Production of Alternative Aviation Fuel via Thermolytic Conversion of Polyethylene-based Waste: Techno-economic Analysis and Life Cycle Assessment	(경희대)박준영, 최동호, 안용상, 조형태, (고등기술(연))박지예, 임종훈, (KITECH)윤승관
P공정금-72	Techno-Economic and Environmental Assessment of Dry CO_2 Capture in Natural Gas Combined Cycle (NGCC) Systems **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)안병찬, 원왕연, (KIER)이동호, 이성훈, 전동혁, 주영환, 박영철

P공정금-73	Integrated production of microalgae-based biochemicals: economic and environmental perspectives **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)안병찬, 원왕연
P공정금-74	LNG 추진 선박에서의 CO_2 액화 시스템을 위한 냉동 사이클 비교 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인하대)정민경, 황성원
P공정금-75	역삼투 기반 담수화 시스템의 실증현황 및 도전과제와 미래 발전가능성	(한양대)김건영, 송인서, 박기호
P공정금-76	하이브리드 세미 배치/배치 역삼투압 시스템 적용성 및 효율성 향상: LCA를 통한 purge and refill (1st) 단계 분석 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)김흔세, 박기호, (전남대)변재은, 정아현
P공정금-77	Interpretable data-driven permeate flux prediction in forward osmosis: SHAP insights and physicochemical model validation **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)송인서, 박기호
P공정금-78	제약 조건이 반영된 화학 공정도 생성을 위한 조건부 생성 모델	(서울대)김 찬, 손영우, 박지훈, 이종민
P공정금-79	혁신적인 리튬이온 배터리 재활용 공정의 설계 및 경제성 분석	(KIST, 고려대)강장훈, (KIST)고성현, 최원용, 김창수
P공정금-80	Economic Viability and Environmental Sustainability of 12-Bed Pressure Swing Adsorption-Membrane Hybrid System in Autothermal Reforming Process **(우수 포스터 발표상 후보)**	(전남대)윤지운, 구보람, (국립순천대)유경환
P공정금-81	Mathematical Modeling of Multi-Feeding Rotating Packed Bed (MF-RPB) for CO_2 Capture	(전남대)김동규, 구보람
P공정금-82	CFD simulations of fluid flow and heat transfer in random packed bed reactors **(우수 포스터 발표상 후보)**	(전남대)정유혁, 구보람
P공정금-83	Chemical looping을 포함하는 폐플라스틱 기반 수소 생산공정의 경제성, 환경성 및 엑서지 분석	(충북대)유은욱, 배성윤, 이재범, 윤민서, 문종호
P공정금-84	Techno-economic and Life Cycle Analysis of Low-Temperature CO_2-to-Methanol Reactive Capture and Conversion **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KIST)Margareth, 이 웅
P공정금-85	Investigation of Stirrer Effects on Cooling-Antisolvent Crystallization of L-Asparagine Monohydrate: Experimental and Population Balance Equation Modeling Analysis	(국립한밭대)유채은, 백승욱, 김신혁
P공정금-86	Vanadium Redox Flow Batteries Modeling with Snow Algorithm & OpenPNM **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인천대)이승훈, 김종우
P공정금-87	동시 상태 및 파라미터 추정을 위한 Parameter subset selection을 적용한 Moving horizon estimation	(국립공주대)박찬경, 김보은
P공정금-88	Effect of particle properties on thermal conductivity of thermal interface materials	(전남대)이동기, 구보람
P공정금-89	Electrosynthesis of Basic Sodium Formate from Carbon Dioxide as a Solid Hydrogen Carrier: Techno-economic Analysis and Life-cycle Assessment **(우수 포스터 발표상 후보)**	(이화여대)이영원, 나종걸, (국민대)Devina Thasia Wijaya, 신도담, 이강혁, 김형래, 장영환, 장세근, 이찬우
P공정금-90	폐플라스틱과 바이오매스의 혼합 가스화를 통한 지속가능한 수소 생산: 기술경제성과 환경성 분석 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(성균관대)임현서, 김지용
P공정금-91	Sustainable biomass-to-methanol production: Optimization and techno-economic-environmental evaluation	(성균관대)김찬목, 김지용
P공정금-92	엘보 배관에서의 유동가속 부식에 의한 배관 벽 두께 감소와 수력학적 매개변수 간의 상관 관계 분석 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립한밭대)조현승, 김신혁, (KAERI)문성인
P공정금-93	탄소 중립을 위한 저농도 CO_2 가스 기반 올레핀 생산 공정 개발 및 기술 경제성-환경성 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(성균관대)정해권, 김지용
P공정금-94	피셔-트롭시 반응 기반 중질 탄화수소 수율 최대화 및 반응조건 분석 프레임워크 개발	(성균관대)최희현, 김지용
P공정금-95	중대 사고 시나리오에 따른 PAR 시스템 최적화 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립한밭대)장인정, 김신혁, (연세대)전락영, 박종규, 이창하
P공정금-96	Techno-Economic Analysis and Modeling Hydrodeoxygenation for Sustainable Aviation Fuel **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KIST)Nurul Fuadi Pratiwi Sulaiman, 김혜림, 김경수

P공정금-97	Dynamic Life Cycle Assessment of LiB for Electric Vehicles Considering Battery Degradation and National Grid Mix Decarbonization **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충남대)최강현, 이수현, 노고산
P공정금-98	Foundation Model to Accelerate Oxygen Evolution Reaction Catalyst Discovery **(우수 포스터 발표상 후보)**	(이화여대)두하영, 나종걸
P공정금-99	Development of a Novel Process for Calcium Formate Production via CO_2 Hydrogenation with Acetone as a Anti-Solvent **(우수 포스터 발표상 후보)**	(중앙대)윤택상, 윤하영, 박홍진, 윤성호, 이철진
P공정금-100	Exploring the Role of H_2O_2 in Biogas Oxy-Combustion: A CFD-Based Approach	(전남대)Ariyan Zare ghadi, 구보람
P공정금-101	Microkinetic Modeling of Methane Dehydroaromatization (MDA) for BTX Production: A Kinetic Monte Carlo Approach	(이화여대)노채연, 이채은, 윤채원, 정한샘, 나종걸
P공정금-102	Non-Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances Design: First-Principles Calculations and Data-Driven Inverse Design **(우수 포스터 발표상 후보)**	(이화여대)전민경, 홍예진, 나종걸, (서울대)신다은, (조지아공대)최혜연
P공정금-103	Inverse Design of Surfactants with Superior Surface Tension Reduction Using Pre-trained Property Prediction Models and Reinforcement Learning-Driven Combinatorial Chemistry **(우수 포스터 발표상 후보)**	(이화여대)홍예진, 전민경, 나종걸, (서울대)신다은, (조지아공대)최혜연
P공정금-104	수소 생산 방식에 따른 E-Methanol의 LCA 분석 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(홍익대)조예은, 임준택, 김도현, 윤지호, 천동준, 이호재
P공정금-105	철강 부생가스를 활용한 저탄소 메탄올 생산을 통한 온실가스 감축 방안 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(홍익대)임준택, 천동준, 윤지호, 김도현, 이호재
P공정금-106	Optimization of CO_2ER by designing copper catalyst **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KIST)강은솔, 김현욱, 이 웅
P공정금-107	베이지안 최적화 기반 3D 프린터 노즐 설계 최적화 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(홍익대)장호욱, 이호재
P공정금-108	철강산업 부생가스의 건식 개질을 통한 메탄올 생산의 기술 경제성 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(홍익대)천동준, 임준택, 김도현, 윤지호, 이호재
P공정금-109	Simulation-Based Optimization of Reactor Design for Methane-to-BTX Conversion: Impact of Operating Conditions **(우수 포스터 발표상 후보)**	(이화여대)정한샘, 이채은, 윤채원, 노채연, 나종걸
P공정금-110	A Bayesian Optimization Strategy for PDMS Property Design	(국립순천대)전예린, 유경환
P공정금-111	제올라이트 기반의 PSA 프로세스를 활용한 천연가스의 이산화탄소 제거와 에너지 소비 분석	(KRICT)강승구, 윤지섭, Zhen Hao Lee, Nargiza Norkobil kizi Odilova, 임명균, 박재득, 신지호, 김기웅
P공정금-112	DAC 및 통합 RCC를 활용한 CO_2활용: 기술경제성 분석 및 전과정평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KIST, 이화여대)박나연, (이화여대)나종걸, (KIST)박준우, 김경수
P공정금-113	UKF-enhanced nonlinear model predictive control for mammalian cell perfusion culture **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울대)김동규, 박시양, 홍무선
P공정금-114	Sequential D-optimal design for robust modeling of Pichia pastoris bioreactor **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울대)박시양, 조영현, 홍무선
P공정금-115	Multi-Objective Optimization of Lignin-to-Vanillin Production Process for Minimization Cost and CO_2 Emissions **(우수 포스터 발표상 후보)**	(울산대)이윤규, 정동휘
P공정금-116	Evaluation of Hydrogen-Based Ironmaking Process in Techcno-Economic and Environmental Analysis **(우수 포스터 발표상 후보)**	(울산대)김유리, 이정철, 정동휘, (부산대)손상환
P공정금-117	Machine learning-based prediction of battery remaining useful life using incremental capacity features **(우수 포스터 발표상 후보)**	(울산대)이정철, 이윤규, 정동휘
P공정금-118	Process Modeling and Sustainability Assessment of Blue and Turquoise Hydrogen Production **(우수 포스터 발표상 후보)**	(울산대)김동국, 김유리, 정동휘

P공정금-119	Sustainable Nitric Acid Recycling: Converting Glucose-Derived NOx Gas Emissions into Recycled Nitric Acid Resources	(부산대)이주홍, 임원빈, 민진규, 이재룡, 이근호, 김이천, 봉하송, 김성호, 배지홍, 허필호
P공정금-120	Trial and error tuning based on SOPTD (Second Order Plus Time Delay) **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)이류하, 임창규, 김지윤, 성수환, (TBB)천유진
P공정금-121	암모니아 분해를 통한 수소 생산 공정에서 PSA와 Membrane 분리 기술 비교	(중앙대)조주연, 안수민, 이철진
열역학분자모사: 4월 25일(금), 09:00~10:30		
P열역금-1	First-Principles Design of Pt_3M + X Catalysts for Optimized Methylcyclohexane Dehydrogenation **(우수 포스터 발표상 후보)**	(울산대)Monica Malik, 강성구
P열역금-2	Influence of N_2 Micro-nanobubbles on CO_2 Hydrate Formation: Experimental and Molecular Simulation Insights **(우수 포스터 발표상 후보)**	(UNIST)윤소영, 장현기, 서용원, (경기대)목정훈
P열역금-3	Exploring the Role of Framework Flexibility in Methane Storage: A Computational Study on Porous Aromatic Frameworks **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)최유, 이택기, 정용철
P열역금-4	Competitive Formation Behavior of sI and sH Hydrates in the Ternary CH_4+ CO_2+ Neohexane System: A Thermodynamic and Kinetic Perspective **(우수 포스터 발표상 후보)**	(UNIST)김성우, 류지민, 임준규, 서용원, (경기대)목정훈
P열역금-5	Adsorption Characteristics of Zinc Ions on the $SrTiO_3$-Coated Zn Anode Surface for Aqueous Zinc Ion Batteries **(우수 포스터 발표상 후보)**	(가천대)최민환, 안용남
P열역금-6	CH_4 – CO_2 replacement behaviors in natural gas hydrates: A comparative study of open and closed systems **(우수 포스터 발표상 후보)**	(UNIST)류지민, 이종혁, 서용원, (경기대)목정훈
P열역금-7	방사선 조사에 의한 TBABh (tetra-butyl ammonium borohydride) 세미 클러스레이트 기반의 CO_2 환원 및 개미산 생산	(UNIST)임준규, 고다영, 임선우, 서용원, (경기대)목정훈
P열역금-8	The role of C_3H_8 in abnormal dissociation of sII (CH_4 + C_3H_8) hydrates during depressurization for hydrocarbon recovery	(UNIST)이종혁, 김성우, 박민서, 서용원, (경기대)목정훈, (국립창원대)최원중
P열역금-9	Computational Study of Quaternary Ammonium Cations in Organic Electrolytes for High-Performance Supercapacitors **(우수 포스터 발표상 후보)**	(가천대)서지우, 김여진, 윤지영, 안용남
P열역금-10	Synthesis and Structural Characterization of 4-Phenoxyphenol: Novel Organic Clathrate for Methane storage	(국립한국해양대)오창엽, 윤지호
P열역금-11	Tuning Dehydrogenation Energetics of Methylcyclohexane with High-Entropy Alloy Catalysts: A First-Principles Approach	(울산대)Bhamu Kailash Chandra, Thi Bich Tram Bui, 강성구
P열역금-12	Exploring the Catalytic Performance of Pt_n Clusters on Ti_2C and Ti_3C_2 MXene Monolayers for Methylcyclohexane Dehydrogenation **(우수 포스터 발표상 후보)**	(울산대)Thi Bich Tram Bui, K.S.S.V. Prasad Reddy, 강성구
P열역금-13	저온 리튬이온 배터리 내 고농도 염 전해질에서의 용매화 및 이온 이동에 대한 계산화학적 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울과기대)전병준, 서범준
P열역금-14	분자모사를 활용한 공유 적응형 네트워크의 유변학적 거동 이해 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(동의대)이동욱, 정소담
P열역금-15	Development of a Neural Network Potential for anode-electrolyte interfaces in aqueous zinc ion batteries **(우수 포스터 발표상 후보)**	(가천대)한예진, 안용남
P열역금-16	Solid-Liquid Equilibrium of Multi-Component System for Separation Process Design	(고려대)김태현, 강정원, (LG화학)이성규, 유성진
P열역금-17	열역학적 물성 예측을 위한 그래프 신경망과 물리 정보 기반 신경망 통합	(인하대)박진영, 이용진
P열역금-18	In Silico Exploration of Deep Eutectic Solvents: Optimizing Acetonitrile-Water separation **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인하대)김동진, 이용진

P열역금-19	에폭시 몰딩 컴파운드의 기계적 및 열적 특성에 대한 구성의 영향 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(동의대)김희성, 정소담
P열역금-20	CO_2 버블링을 이용한 탄소 광물화를 통해 확보된 탄산염 결정성 제어: 매개변수의 영향 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(순천향대)김 진, 김동재, (서울과기대)문석윤
P열역금-21	Theoretical Study on Water-Soluble, Spin-Cast-Based Crystalline Poly(Methacrylic Acid) Film as a Reversible Li-Ion Battery Anode	(고려대)곽상규, (UNIST)김형준, 손민진, 나종건, 강석주
P열역금-22	Improving the Stability of Structure-I CO_2 Hydrate through Structure-II Hydrate Coating toward Ocean Storage **(우수 포스터 발표상 후보)**	(동아대)정시윤, 이지성, 사정훈
P열역금-23	양이온 종류에 따른 양극재-수용성 전해질 상호작용 조절: 분자동역학 시뮬레이션 연구	(서울대)강성훈, 김세빈, 이원보
P열역금-24	Impact of solvation structure and ion transport behavior on ionic conductivity prediction: a molecular simulation study **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)김해원, 정용철
P열역금-25	Enhanced hydrate-based CO_2 separation in saline environment for utilizing seawater on precombustion process	(국립창원대)옥다경, 김소은, 이진우, 이하영, 최원중
P열역금-26	Enhancing dissociation resistivity of subsea CO_2 hydrate by using thermodynamically promoted sII hydrate coating	(국립창원대)이하영, 이진우, 옥다경, 최원중
P열역금-27	Influence of THF hydrate seed on the Formation Behavior and morphology of Seawater-based CO_2+N_2 Hydrate Slurry for effective CO_2 capture process	(국립창원대)이진우, 이하영, 옥다경, 최원중
P열역금-28	Biomass Dissolution with Low Reduction in Crystallinity using Green Deep Eutectic Solvents	(국립한국교통대)김기섭, 김영찬, 강정원
P열역금-29	Gas hydrate nucleation and growth using recoverable alkyl imidazolium tetrachloroferrate **(우수 포스터 발표상 후보)**	(동아대)이종환, 조연수, 강 효, 사정훈
P열역금-30	Korea Thermophysical Properties Databank (KDB): Web Service for Critically Evaluated Thermophysical Data	(고려대)황선유, 강정원
P열역금-31	CP 코팅 및 비코팅 실리카겔에서 CO_2 클래스레이트 하이드레이트의 형성 및 해리 안정성에 대한 비교 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(동아대)이지성, 정시윤, 사정훈
P열역금-32	고효율 소화약제 제조을 위한 HFC-125 + CO_2 혼합 하이드레이트의 열역학 및 키네틱 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(동아대)신예봄, 이종환, 사정훈, (KITECH)이주동
P열역금-33	이온성 하이드레이트 기반 저압 CO_2 포집을 위한 기초·응용 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(숭실대)이재철, 안윤호, (한국가스공사)송택용, 김요한
P열역금-34	Molecular simulation of vapor-liquid equilibrium and critical properties of fatty acids for biodiesel production	(서울대)박정호, 서원빈, 윤태준
P열역금-35	Vapor-Liquid Equilibrium of CO_2 and Short-Chain Alcohols Confined between Silica Slit Pores by Molecular Dynamics Simulations	(서울대)유동호, 김보민, 윤태준
P열역금-36	리튬 염 존재하에서의 CO_2 하이드레이트에 대한 실험적 및 계산적 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(해양과학기술전문대학원)임솔거, 윤지호
P열역금-37	Theoretical Study on Catalytic Properties for Mo-doped Ni_2S_4/$FeNi_2S_4$ Hybrid Nanocomposite	(경상국립대)이지윤, 이태경
P열역금-38	Thermodynamic and spectroscopic analysis of barocaloric materials for solid-state chiller applications	(국립한국해양대)최혜림, 윤지호
P열역금-39	Screening of Extraction Solvent for Pesticide	(강원대)이봉섭
P열역금-40	가중 앙상블 분자동역학을 이용한 백금 나노입자 안정성에 대한 원자 규모 정량 분석 및 결정성 붕괴, 응력 완화, 연쇄 현상 연구	(서울대)최혜성, (서울대, IBS)박정원
유동층: 4월 25일(금), 09:00~10:30		
P유동금-1	확장관 형태의 기포 분리부를 갖는 삼상순환유동층의 수력학적 특성	(국립한국교통대)김성원, 원근혜, 김수영, 손하은, 윤지원

P유동금-2	Thermodynamic and Kinetic Analysis of Autothermal Syngas-Generating Limestone Calcination Process for Ammonia Synthesis	(가톨릭대)이연재, 김준영, (브리티시컬럼비아대)John R. Grace
P유동금-3	CPFD를 이용한 유동층에서의 촉매별 비산 특성 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울시립대)오예은, 이태원, 안태휘, 정의명, 이찬영, 서명원
P유동금-4	유동층 건조 공정 질량 수지 기반 모델링 및 검증연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(순천향대)황정기, 최종민, 김동재, (CJ)한형석, 김교찬, 김준우, (성균관대)이동현
P유동금-5	유동층 공정을 활용한 이산화탄소 포집 공정동특성 연구	(순천향대)최종민, 김동재
P유동금-6	유동층 반응기에서 증기 메탄 개질 반응과 석회석 칼시네이션을 통합한 반응 동역학 기반 전산유체역학 모델링	(가톨릭대)전종인, 김준영
P유동금-7	기포유동층 내 바이오촤 혼합-분리 특성에 대한 전산해석 연구	(연세대)박경영, 최명규, 홍성완, 최항석
P유동금-8	유동층 반응기에서 청록수소 생산을 위한 촉매 설계 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KRICT)박혜원, 이수홍
입자기술: 4월 25일(금), 09:00~10:30		
P입자금-1	Plastic Scintillator for Radiation Detection	(KAERI)노창현, 민수정, 홍상범, 서범경
P입자금-2	안티솔벤트 결정화 과정에서 계면활성제가 결정 성장 및 키랄성 발현에 미치는 영향	(경희대)권예진, 김우식, 박범준
P입자금-3	Photocatalytic Degradation of Organic Pollutants Using Modified Oxide-Based Photocatalysts	(서울시립대)이세희, 김정현
P입자금-4	반도체 초임계 유체 세정 기술에 대한 특허통계분석	(특허청)박애영, 손연미, 하금률
P입자금-5	Optimal Reaction Conditions for Conversion Acetovanillone to Vanillic Acid	(서울시립대)이홍섭, 김정현
P입자금-6	자기적 및 광 감응적 특성을 갖는 "거시적" 상변화 약물 전달체 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(명지대)이현지, 이주형
P입자금-7	인쇄 및 주입식 설치가 가능한 동절기 블랙아이스 제거용 잉크 타입 열선 개발 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(명지대)송치민, 이주형
P입자금-8	Sn 비율에 따른 Sn-Pb 혼합 페로브스카이트의 전기적 특성 및 안정성 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충남대)공수현, 전영운, 송슬기
P입자금-9	Superhydrophobic Surfaces on 3D-Printed Patterns for Morphology Control of Supraparticles	(경북대)김영준, 차찬욱, 김동형, 서정재, 한구희
P입자금-10	Mn_2O_3/β-MnO_2 이종접합 전기 촉매에서 원자 수준으로 분산된 Zr-O_x 배위 결합 사이트의 형성을 통한 황 양극의 d-밴드 중심 변화와 그에 따른 폴리설파이드 중간체 산화-환원 거동 가속화 및 고안정성 리튬-황 전지 구현 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)지준혁, 원상연, 문누리, 김원배
P입자금-11	폐암의 표적 p53 유전자 치료를 위한 흡입 가능한 티올 변형 키토산 나노운반체 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)심윤섭, 전유리, 조윤기
P입자금-12	Molecular Interaction Tuning of Zwitterions for Rational Interface Passivation in Perovskite Solar Cells **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충남대)임은결, 송슬기
P입자금-13	Interparticle Complexation-Induced Deep-Red Emission in Sulfur-Doped Carbon Dots for Red-Blue-Mixed White-Light-Emitting Diodes **(우수 포스터 발표상 후보)**	(숙명여대)서세정, 권우성
화학공정안전: 4월 25일(금), 09:00~10:30		
P안전금-1	폭발물 수출입 운송을 위한 위험물 분류 체계의 국제 표준 부합화 방안	(명지대)황수경, 최유성, 박채이, 류세희, 나현빈
P안전금-2	화학적 루핑 및 볼밀링을 통한 폐기물 재자원화 공정 설계 및 지속 가능성 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(전북대)오정재, 박영범, 김인혜, 임민석, 조성현
P안전금-3	한국형 천연가스 액화플랜트 위험관리 모니터링 체계 개발 및 실증 2	(유티이씨)고정훈, 양 효, 정현석, 김유경, 윤형준
P안전금-4	인공지능 기반 암모니아 이중배관 안전관리 모니터링 플랫폼 연구 2	(유티이씨)고정훈, 양 효, 정현석, 김유경, 윤형준
P안전금-5	제한된 데이터 큐레이션에서 안전 관련 물성 데이터의 신뢰성 향상	(고려대)류범찬, 강정원

P안전금-6	최적운전 조건 도출을 위한 암모니아 파이프라인 내 유체 유동해석 및 누출 시뮬레이션 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(순천향대)김기찬, 김수진, 권휘웅
P안전금-7	CSTR 내 반응폭주 현상 분석 및 민감도 분석을 통한 화학공정 내 안정성 평가 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(순천향대)김영훈, 김동재
P안전금-8	CFD 분석을 통한 고속 충방전 배터리 열 관리 향상 방안	(전남대)문재원, 오세현, 백승헌, 마병철
P안전금-9	스택 취급설비에서 안전성을 확보하는 방안	(한국가스안전공사)김재경, 유철희

포스터 발표 III: 4월 25일(금), 15:30~17:00

생물화공: 4월 25일(금), 15:30~17:00

P생물금-1	휴대기기용 심장마비위험 모니터링기술 개발 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울과기대)정승준, 박진원
P생물금-2	iBridge: A gene targeting tool for overexpression and downregulation based on the sum of covariances of the outgoing reaction fluxes **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)지홍근, 김원준, 이영준, 김현욱, 류재용, 양정은, 이상엽
P생물금-3	Prediction of enzyme-substrate specificity using multi-modal attention approaches	(KAIST)지홍근, 김기배, 이상엽
P생물금-4	Development of a deep learning model for functional annotation of enzymes	(KAIST)김기배, 김지연, 이종언, 이상엽, (UCSD)Charles J. Norsigian, Bernhard O. Palsson
P생물금-5	Comprehensive evaluation of the capabilities of microbial cell factories	(KAIST)김기배, 김하림, 이상엽
P생물금-6	Efficient microbial production of malic acid using dimethylsulfoxide as an electron acceptor **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)김지연, 이종언, 안정호, 김기배, 최 솔, 이상엽
P생물금-7	Generative AI-based hypercholesterolemia drug design	(KAIST)채민지, 김기배, 이상엽
P생물금-8	Oxygen-Resilient CO_2 Conversion by Advenella alkanexedens KS7 for Sustainable Carbon Capture and Utilization (CCU)	(부산대)공다슬, 김은서, 김중래
P생물금-9	Effect of bubble size on paclitaxel recovery efficiency from biomass of *Taxus chinensis* in gas bubble-assisted extraction	(국립공주대)강예지, 강다연, 김진현
P생물금-10	Elucidation of the role of surface-area increasing substances in fractional precipitation for paclitaxel purification	(국립공주대)연민주, 김진현
P생물금-11	Predicting interactions between Paxlovid and prescription drugs through computational methods **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)채민지, 김예지, 김현욱, 이상엽, (덕성여대)류재용
P생물금-12	Optimization of Multi-Drug Combinations for Non-Hodgkin Lymphoma via Ex Vivo Sensitivity Testing	(홍익대)고나희, (홍익대, 임프리메드코리아)구자민
P생물금-13	Ex Vivo Drug Sensitivity of Venetoclax- and Cytarabine-Based Regimens in Acute Myeloid Leukemia	(홍익대)남궁수진, (홍익대, 임프리메드코리아)구자민
P생물금-14	개 및 인간 림프종의 비교 유전체 분석: 비호지킨림프종의 예후 및 예측 바이오마커 발굴	(홍익대)이해령, (홍익대, 임프리메드코리아)구자민
P생물금-15	E. coli에서 샤페론과의 Bicistronic 발현을 통한 재조합 CODH의 가용성 개선 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서강대)심우성, (C1 가스 리파이너리 연구소)조숙형, (서강대, C1 가스 리파이너리 연구소)이진원
P생물금-16	CO-포름산 전환을 위한 CLEA 기반의 효율적인 효소 고정화 방법 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서강대)이현조, 나정걸, (C1 가스 리파이너리 연구소)조숙형, (서강대, C1 가스 리파이너리 연구소)이진원
P생물금-17	Effective Immobilization of Formate Dehydrogenase from *Methylobacterium extorquens* AM1 with Glyoxyl-Functionalized Silica Beads	(C1 가스 리파이너리 연구소)정현경, 조숙형, (서강대, C1 가스 리파이너리 연구소)이진원
P생물금-18	Synthesis and Evaluation of Redox-responsive Gene Carrier Based on Chitosan for Enhanced Gene Transfection Efficiency	(조선이공대)정경원, 윤두수

P생물금-19	항산화 및 미백 효능 특성을 가진 Cylic Peptides 합성	(원광대)김가현, 김보미
P생물금-20	Biomimetic nanofilm coating on pancreatic β cell spheroids for prolonged survival and insulin secretion	(경북대)김수하, 한성민, 조윤기
P생물금-21	Injectable Sticky Micro-Organoid Building Blocks for Endometrial Regenerative Therapeutics **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)백명재, 조윤기
P생물금-22	〈발표취소〉	
P생물금-23	Strain-responsive wound dressings using adhesive mechanically activated microcapsules for controlled antibiotic release	(경북대)원이철, 조윤기
P생물금-24	Mussel-inspired proteinaceous nanoimmunotherapeutics for magnetically-guidable treatment of ovarian cancer	(경북대)이나영, 조윤기
P생물금-25	부위별 조직 재생을 위한 주입형 줄기세포 틈새로서의 혼합 매트릭스 단백질 기반 복합 코아세르베이트 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)한성민, 백명재, 조윤기
P생물금-26	Self-regulating Adhesive Nanotherapeutics for Controlled Antibiotic Release to Prevent Surgical Site Infections **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)최지원, 김무승, 조윤기
P생물금-27	Preparation and Anticancer effect of Paclitaxel encapsulated-Chitosan-b-PCL diblock copolymer nanoparticle for Cancer Therapy	(조선이공대)윤두수, 정경원
P생물금-28	주변부 돌연변이가 존재하는 표적에서의 SNP 진단 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)성도언, 이정민, 이정욱
P생물금-29	Enzymatic Synthesis of a Comprehensive sgRNA Library for CRISPRi Applications	(POSTECH)박세현, 이지선, 이정욱
P생물금-30	Predictive Modeling and Standardization of CRISPR/dCas9-Based NAND Gate Module	(POSTECH)도윤곤, 이소헌, 서의진, 이정욱
P생물금-31	Assessing and Standardizing Genetic Logic Gates for Accurate Circuit Prediction	(POSTECH)이소헌, 서의진, 도윤곤, 이원빈, 이정욱
P생물금-32	Milk-derived extracellular vesicles for drug delivery system using serial continuous flow membrane filtration **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)안일주, 장원익, 조은화, 김원근, 한구희, 이은정, (충남대)유재범
P생물금-33	Two-step optimization for extraction of phenolic compounds from sea buckthorn berries	(상명대)김승희, 이정호, 손혜림, 유하영, (동양미래대)이강현
P생물금-34	Evaluation of antioxidant activity and cytotoxicity of Sargassum horneri extract produced by ultrasound-assisted extraction **(우수 포스터 발표상 후보)**	(상명대)송윤석, 김민지, 신소은, 이정호, 김승희, 손혜림, 유하영, (광운대)권혁기, 박철환
P생물금-35	Deep learning for NAD/NADP cofactor prediction and engineering using transformer attention analysis in enzymes **(우수 포스터 발표상 후보)**	(UNIST)김재형, 우지훈, 박준영, 김동혁, (경북대)김경진
P생물금-36	Redefining HexR regulatory landscape in *Pseudomonas putida* KT2440 through integrative systems biology	(UNIST)Nong Khanh Linh, 김동혁
P생물금-37	게놈 및 전사체 분석을 통한 *Methylorubrum extorquens* AM1의 고농도 메탄올 적응 해독 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(UNIST)이규민, 고세영, 코이 낫 팜, 방인아, 김동혁
P생물금-38	Deciphering the Conservation of CRP Transcriptional Regulatory Network across Diverse *Escherichia coli* Strains	(UNIST)방인아, 이상목, 박준영, 김동혁
P생물금-39	Systems biology approach to the investigation of the diversity of CRP-mediated carbon catabolic repression in *E. coli* K-12 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(UNIST)방인아, 김동혁
P생물금-40	Reconstruction of the *Vibrio* sp. dhg Genome-Scale Metabolic Model: Potential Brown Algae Biorefinery Platform **(우수 포스터 발표상 후보)**	(UNIST)장민창, 우지훈, 김동혁, (POSTECH)백동엽, 성준영, 우성화, 정규열

P생물금-41	Reconstruction and validation of a genome-scale metabolic model of *Streptomyces gardneri* ATCC 15439 for the development of a bioactive compound-producing cell factory **(우수 포스터 발표상 후보)**	(UNIST)우지훈, 김동혁, (KAIST)김우리, 조병관
P생물금-42	Identifying Targets to Enhance Lycopene Production in *Escherichia coli* through Strain-specific CRP Regulation **(우수 포스터 발표상 후보)**	(UNIST)박진완, 우지훈, 김동혁
P생물금-43	면역조절성 바이오잉크의 적응형 In Situ 바이오프린팅	(서울대)정설하
재료: 4월 25일(금), 15:30~17:00		
P재료금-1	상변환이 가능한 액체금속 코어와 다기능 나노 복합체 쉘로 구성된 바늘 모양의 마이크로파이버를 이용한 최소 침습형 삽입 방법	(국립금오공대)최효선, 선우성혁
P재료금-2	Upcycling of Polyethylene and Polyurethane into Carbon Catalysts for Performance Enhancement of Vanadium Redox Flow Battery **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울과기대)어 진, 박성민, 권용재
P재료금-3	Kinetically Reinforced Magnesium-Hydrogen Boride Nanocomposite for Solid-state Hydrogen Storage **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)정다은, 조은선
P재료금-4	Tertiary Recycling of LDPE: Carbonized LDPE as a Sustainable Electrode Support for Membraneless EBFCs **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울과기대)임세미, 김성준, 권용재
P재료금-5	Performance Improvement of Vanadium Flow Battery and Exploration of Plastic based Carbon Catalysts **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울과기대)오유민, 신민규, 권용재
P재료금-6	징크 아이오딘 배터리에 양극으로 사용가능한 셔틀효과를 방지할 수 있게 디자인한 하이랄키칼 구조의 TiO_2	(전북대)임정현, 곽예지, 김성섭
P재료금-7	양자점-*Azotobacter vinelandii* 하이브리드를 이용한 광유도 암모니아 합성	(KAIST)김자영, 이병현, 김귀민, 이일송, 이도창
P재료금-8	광감응 암모니아 생산을 위한 질소고정 박테리아 내 반도체 나노입자 생합성	(KAIST)김귀민, 이일송, 김자영, 이병현, 이도창, (중앙대)최유진
P재료금-9	급속 열 충격을 통한 맥신 기반 나노구조체 합성 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)윤지수, 정희태, (KIST)김찬솔
P재료금-10	Synthesis of Morpholoy-Controlled TiO_2 Photocatalysts from Ilmenite: Enhanced Photocatalytic Performance vis Ammonium Hexafluorotitanate	(고등기술(연))이덕희, 박경수, 이광희
P재료금-11	암모니아의 메조 다공성 Ni-필로실리케이트 합성에서의 역할	(서울과기대)이수민, 조은범
P재료금-12	Shape-controlled Synthesis of Highly Uniform Upconverting CaF_2 Nanocrystals	(중앙대)우호영, 김승현, 최형윤, 김예린, 박기용, 백태종
P재료금-13	Highly Stable Luminescent $Cs_8PbBr_6^{4+}$ Quantum Dots in Zeolite LTA: Structural Insights and Enhanced Moisture & Thermal Stability	(국립금오공대)임현승, (국립경국대)임우택
P재료금-14	Ion Exchange and Extraframework Structural Modification of Zeolite LTA with Na^+ and Mn^2	(국립금오공대)임현승, (국립경국대)임우택
P재료금-15	Selectively stabilized *NH intermediates on Pt-skins by $L1_2$-Pt_3Zn intermetallic core via self-generated template strategy for high performance ammonia oxidation	(KAIST)민하경, 박진규, 이진우, (KENTECH)권다영
P재료금-16	Lauroyl Lysine 합성 pH 최적화 및 응용 가능성 탐색 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(계명대)박민정, 김태연, 정서연, 이상준, 조신흠
P재료금-17	미세플라스틱 검출을 위한 맥신(MXene) 기반 환경 센서 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경북대)박루빈, 이금비
P재료금-18	상용 분무 건조 공정을 이용한 다공성 수산화 아파타이트 마이크로스피어의 합성 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충북대)정재인, 이수민, 조중상
P재료금-19	리튬 매게 질소 환원 암모니아 생산에 대한 SEI 물리적 구조 변화 영향 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)임채은, 용기중
P재료금-20	Optimization of Hybrid Filler Structures in Polymer Composites for High-Performance Electromagnetic Interference Shielding	(성균관대)주현준, 황의석, 남재도, 김수찬

P재료금-21	장쇄 알킬 에테르가 리튬 기반 질소 환원의 전해질 분해에 미치는 영향	(POSTECH)윤혜주, 용기중
P재료금-22	Microstructure Control of Polymer-Derived Hard Carbons via Monomer Selection for High-Performance Sodium-Ion Batteries **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)김민경, 조창신
P재료금-23	Cu-loaded TiO_2 as Photocatalyst for Low-temperature Dry reforming of Methane	(KAIST)Thi Tu Anh Nguyen, 로반, Agni Raj Koirala, 이도창
P재료금-24	리튬 매개 질소 환원 반응에 대한 선형 에테르의 입체 효과 확인 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)김종은, 용기중
P재료금-25	기판 스웰링 용매를 포함하는 열압성형용 전도성 복합소재	(KRICT)채창주, 김태수, 이수연, 최영민, 정성묵
P재료금-26	고비표면적의 고용량/고성능 리튬 이온 전지 음극으로서 초박형 Co_2GeO_4 나노 시트 합성	(고등기술(연))류철희, 박경수, 이광희
P재료금-27	청색 발광 InGaP 양자점 설계에서 갈륨 전구체의 구조적 영향 규명	(KAIST)김태완, 이도창, (성균관대)이현준
P재료금-28	그라포에피택시(graphoepitaxy)를 활용한 고해상도 EUV 리소그래피 패턴을 위한 유기초분자의 유도 자기 조립(DSA)	(KAIST)김광엽, 정희태
P재료금-29	활성산소종 제어를 통한 양자점-박테리아 하이브리드 시스템 기반 지속 가능한 암모니아 생산	(KAIST)이병현, 이도창
P재료금-30	저차원 페로브스카이트를 활용한 원편광 감지 소자 응용	(서울대)최원빈, 오준학
P재료금-31	A pattern recognition artificial olfactory system based on human olfactory receptors and organic synaptic devices **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울대)송현우, 문동석, 원유상, 차연경, 오준학, (이화여대)유 진, 박태현
P재료금-32	고효율 PEC 수소생산을 위한 친환경 나노결정 양극재 연구	(영남대)홍지성, 김준현, 김동준, 정유진, (DGIST)최종민
P재료금-33	제1차 및 제2차 배위 조정을 통한 원자 수준으로 분산된 $Fe-N_4$ 나노자임의 촉매 전환율 향상 및 서양고추냉이 과산화효소와의 격차 해소 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)최대은, 이진우
P재료금-34	다층 신축성 인쇄회로기판 구현을 위한 부분연신 기판 및 신축 전도성 복합소재 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KRICT, 연세대)조두호, (연세대)박장웅, (KRICT)최영민, 정성묵
P재료금-35	Development of an Open-Shell Conjugated Terpolymer for Near-Infrared Organic Photodetectors Beyond 1,000 nm	(서울대)정문기, 오준학
P재료금-36	Modulating Li+ solvation environment in the artificial polymer layer *via* iCVD for practical anode-free lithium metal batteries	(KAIST)이주현, 이진우
P재료금-37	Nanophase-Separated Block Copolymer Layer for Stabilizing Zn Metal Anodes in Aqueous Zn-Ion Batteries	(성균관대)백제준, 황의석, 김수찬
P재료금-38	계층적 플라즈모닉 나노구조를 통한 페로브스카이트 광센서의 성능 향상	(서울대)이상혁, 오준학
P재료금-39	Electronic structure modulation of Fe Single Atom Catalysts by Sulfur for High Performance Lithium-Sulfur Batteries	(KAIST)박철영, 이진우
P재료금-40	고성능 선편광 LED를 위한 CdSe/CdS 나노막대의 단방향 정렬	(KAIST)황지희, 이도창
P재료금-41	스피노달 분해를 통한 멀티스케일 어셈블리 기반 이방성 탄소 슈퍼스트럭처	(KAIST)반민경, 이진우, (전북대)김성섭
P재료금-42	Engineering Lattice Oxygen-Mediated OER Catalysts for PEMWE through d^0 Metal Ion Modulation **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)장예주, 이진우
P재료금-43	수계 아연 전지 위한 조절 가능한 매크로 기공 연결성을 갖는 계층적 소재 합성	(전북대)이승진, 박정훈, 김성섭
P재료금-44	공액 고분자로 개질된 Ag 나노입자를 정공 수송층에 적용한 고효율 청색 QD-LEDs **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KRICT, 충남대)최선기, (충남대)이경진, (KRICT)정성묵, 이수연, 최영민, 김태수
P재료금-45	1D GeS/2D WSe_2 Mixed-Dimensional van der Waals Heterostructures for Enhanced Radiative Recombinations **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인하대)공유진, 김영은, 박성빈, 신내철
P재료금-46	Fabrication and Optical Properties of 1D MoS_2/2D WSe_2 Heterostructures **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인하대)김영은, 신내철, 원유찬

P재료금-47	양극 산화법으로 합성된 다공성 TiO_2 나노튜브를 이용한 효율적인 광전기화학적 CO_2 환원	(KENTECH)김민성, 강영수
P재료금-48	Preparation and Systematic Analysis of Two-Dimensional Magnetic Nanoparticles for Enhanced Microplastics Removal in Water Treatment **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)정유정, 장은혜, 이규범, 김가은, 정성욱
P재료금-49	지방족 첨가제 적용을 통한 양자점 발광 다이오드의 전하 균형 최적화 및 효율 향상 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KRICT)최병선, 최영민, 이수연, 정성묵, 김태수, (국립금오공대)이원호
P재료금-50	Aqueous Flow Battery with Iron Organic Complex Anolyte	(서울과기대)신민규, 권용재
P재료금-51	에스테르화된 유리섬유 표면에 다공성 CNT를 성장시킨 나노하이브리드 필터 기술 개발	(KETI)김선민, 이재혁
P재료금-52	초소수성 및 높은 공기 투과성 필터를 위한 마이크로-나노 이중층 PVDF 전기방사 멤브레인 연구	(KETI)김선민, 최지윤
P재료금-53	직접 암모니아 연료전지를 위한 사중 합금 용출 전극의 제일원리 기반 계산 설계 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울대)한호식, 한정우, (POSTECH)김현민
P재료금-54	Graded Shell-Induced Polarization Enhancement in CdSe/CdZnS Nanorods **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울시립대)김영준, 김다흰
P재료금-55	마이크로파 보조 합성을 통한 다공성 및 다량의 수산기 함유 탄소 제조 및 고성능 슈퍼커패시터 응용	(국립한국교통대)전시은, 안희연, 정용진A
P재료금-56	TAEA를 이용한 CNT 표면 개질 및 바나듐 레독스 흐름전지 전극으로의 적용	(국립한국교통대)안희연, 전시은, 박준서, 정용진A
P재료금-57	자외선 안정성을 보이는 MoS_2의 전자수송층 도입을 통한 페로브스카이트 태양 전지 지속성 향상 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(숙명여대)김 솔, 박민우
P재료금-58	SiOCs 음극 소재물질의 내부 산소와 탄소 조성의 동시 조절과 열처리 수율 향상에 대한 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(건국대)김종현, 조한익, 이해리, 이기원, 한승균, (노스웨스턴대)김만수
P재료금-59	Enhanced dispersion stability of CdSe nanoplates in multicomponent solutions **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울시립대)전해진, 김다흰
P재료금-60	마이크로파 조사를 이용한 다공성 탄소 프레임워크 합성 및 바나듐 레독스 흐름전지에서의 활용 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립한국교통대)박준서, 안희연, 전시은, 정용진A
P재료금-61	고용량 리튬 이온 배터리를 위한 Si/Gr, SnO_2/C/Gr 복합체의 전기화학적 분석 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)손주현, 조창신
P재료금-62	Supramolecular Chirality Control for Enhanced Dissymmetry Factor in CPL Detection and Emission	(서울대)이상욱, 오준학
P재료금-63	Aqueous-Based High-Loading CNT/Epoxy Nanocomposites with Optimized CNT Dispersion **(우수 포스터 발표상 후보)**	(연세대)곽연지, 김대우
P재료금-64	무기 나노입자의 화학적 결합을 통한 마이크로 3D 프린팅	(POSTECH)박민성, 손재성
P재료금-65	실란 커플링제 개질을 통한 고분자 기판과 구리 나노입자 필름 간 계면 접착력 향상	(KRICT)윤동한, 정성묵, 김태수, (KRICT, UST)이수연, 최영민
P재료금-66	Amine-Mediated Fine-Tuning of Diameter and Photoluminescence in Semiconductor Core/Shell Nanorods **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울시립대)문재윤, 김다흰
P재료금-67	적외선 영역대 양자점 기반 소자 제작과 전기화학적 특성 평가	(영남대)김동준, 김준현, 홍지성, 정유진
P재료금-68	전기방사법를 이용한 금속산화물 나노와이어 복합체의 합성과 제어	(충남대)이건희, 김병관
P재료금-69	메조 기공 렌즈 모양 카본을 이용한 Zinc-Iodine 배터리의 전기화학적 성능 향상	(전북대)정재훈, 김성섭
P재료금-70	Synthesis of Various Palladium Nanoparticles Based on Solvent Properties **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립한국교통대)김영찬, 강정원, 김기섭
P재료금-71	비평면 리간드 조정을 통한 과산화효소 모방 나노자임의 선택성 향상 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)박선혜, 이진우
P재료금-72	고표면적을 가지는 엠보싱 표면구조 기반 고출력 마찰전기 나노발전소자 개발 연구	(KRICT)김승주, 정성묵, 최영민, 김태수, 이수연
P재료금-73	Fabrication of hollow microneedles (HMN) by soft lithographic replica molding **(우수 포스터 발표상 후보)**	(연세대)강두호, 강달영

P재료금-74	리튬-공기 전지의 양극 적용을 위한 Co_2GeO_4 나노플레이트의 합성	(고등기술(연))이광희, 박경수, 류철희, 이덕희
P재료금-75	열분해 기반 미세구조 제어를 통한 커피 폐기물 유래 하드카본의 고성능 포타슘 이온 하이브리드 커패시터 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(아주대)이승환, 황종국
P재료금-76	ZnSeTe Magic-Size Clusters: 합성 및 양자점 전구체로서의 응용	(KAIST)이연구, 이도창
P재료금-77	이산화 바나듐 나노입자를 이용한 열변색 유연 필름	(중앙대)최윤주, 최형윤, 김예린, 유미연, 박기용, 백태종
P재료금-78	하이브리드 본딩 응용을 위한 나노트윈 구리의 전기화학적 및 CMP 분석	(서울대)윤성창, 김재정
P재료금-79	콜로이달 합성을 통한 비스무트 설포할라이드 나노 번들, 나노와이어 합성 및 광 전자소자 응용 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(중앙대)이다원, 김예린, 최형윤, 박기용, 백태종
P재료금-80	3D feature profile Simulation of HAR etching process for next-generation NAND flash devices	(전북대)김주원, 박성윤, 임연호
P재료금-81	Simulation approach of semiconductor etching process using artificial intelligence	(전북대)박성윤, 김주원, 임연호
P재료금-82	Prussian Blue-Coated Separators for BQ-Py Cathodes in Li-Metal batteries **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)강민선, 조창신
P재료금-83	Investigation of Defect-Free Shell Growth and Defect Mitigation Strategies in ZnSe-Shelled Quantum Dots **(우수 포스터 발표상 후보)**	(성균관대)김병재, 김어진, 정운호, 임재훈
P재료금-84	시드 매개 합성을 통한 딥 블루 방출 유로퓸 도핑 세슘 칼슘 염화물 페로브스카이트 나노결정 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(중앙대)유미연, 우호영, 이다원, 최윤주, 최형윤, 김예린, 박기용, 백태종
P재료금-85	고주파대 통신을 위한 고접착력, 저조도 유연동박적층기판 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KRICT, UST)김지현, (KRICT)정성묵, 김태수, 최영민, 이수연
P재료금-86	Liquid Crystal Assisted Uniform Nanocrystal Formation **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)김장민, 임준형, 조은수, 최대섭, 김영기
P재료금-87	Impact of Ligand-Stripped Colloidal $WO_{2.72}$ Nanocrystals on Flexible Supercapacitors for Enhanced Electrochemical Performance **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울과기대)정혜연, 허성연
P재료금-88	All-Solid-State Electrochromic Device Using Plasmonic Metal Oxide Nanocrystal/Graft Copolymer Composite Film **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울과기대)김성빈, 허성연
P재료금-89	산화철/탄소 복합 음극재의 전환 반응에서 기공 길이가 리튬이온배터리 전기화학적 성능에 미치는 영향 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(아주대)이지우, 황종국
P재료금-90	Unveiling Divergent Growth Pathways of 2D CdSe Nanocrystals via In Situ X-Ray Scattering **(우수 포스터 발표상 후보)**	(DGIST)안언형, 이효철, 양지웅
P재료금-91	Transformation mechanisms of quantum-sized nanocrystals at atomic scale **(우수 포스터 발표상 후보)**	(DGIST)이소연, 마현종, 양지웅, (서울대)강성수, 김동준, 박정원
P재료금-92	High-Resolution Silver Nanowire Patterning via Intaglio Transfer Printing for Wearable Electronics **(우수 포스터 발표상 후보)**	(DGIST)김기욱, 양지웅, (UNIST)김혜현, 최문기
P재료금-93	In-situ formation electrocatalyst for ammonia oxidation and its crystal structure analysis	(전북대)김유라, 양우경, 김성섭
P재료금-94	고효율 CO_2 포집을 위한 PEI/SiO_2 기반 흡착제의 성능 향상을 위한 연구 동향 및 전략 검토 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(아주대)남수연, 황종국
P재료금-95	단결정 NCM 혼합 최적화를 통한 리튬이온 배터리 건식 전극 성능 향상 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(울산대)차정환, 오은석
P재료금-96	다기능성 양자점을 이용한 다중 바이오마커 형광 면역흡착검출법	(명지대)황수경, 최유성, 박채이, 류세희, 나현빈
P재료금-97	$FeCO_3$/rGO 복합체 기반 리튬이온 전지향 고성능 음극재	(광운대)손희상, 이상림, 구기휘
P재료금-98	〈발표취소〉	
P재료금-99	알칼리성 수소 촉매를 위한 자기조립 기반 동적 배치를 통한 다기능성 탄화물 지지체 위 귀금속의 선택적 배치 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)김지원, 이진우
P재료금-100	Surface-brominated $CsPbI_3$ perovskite nanocrystals achieving high-efficiency pure red light for skin-attachable displays	(DGIST)이경훈, 양지웅, (UNIST)김윤호, 최문기

P재료금-101	Nucleation-Governed Impurity Incorporation in II-VI Semiconductor Nanocrystals Enabled by Magic-Sized Cluster **(우수 포스터 발표상 후보)**	(DGIST)차준우, 지승현, 김서영, 양지웅, (고려대)Hafiz Ghulam Abbas, Stefan Ringe
P재료금-102	Penicillamine-induced decomposition of copper sulfide nanocrystals after treatment of multidrug-resistant microbial infection	(KAIST)이일송, 이도창
P재료금-103	Electrochemical Performance of Cobalt Fluoride (CoF_2)/ MWCNT Nanocomposites as the Cathode of Li-Ion Batteries **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KICET, 고려대)안병준, (KICET)천진녕
P재료금-104	텅스텐 산화물/크로뮴 산화물 나노구조 복합체 기반 초고감도 및 고선택적 베터리 전해질 누출 감지 센서	(KAIST)강영규, 손승욱, 김하연, 정희태
P재료금-105	Fe-Ni 활성 부위 형성을 위해 고분산된 Ni을 가지는 Fe-Ni@Mo_2C/NC의 산소 발생 반응 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(중앙대)김철주, 박승근
P재료금-106	〈발표취소〉	
P재료금-107	플루오르화암모늄을 이용한 폐실리콘 개질 및 리튬이온전지 적용 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KICET)김은혜, 백기상, 천진녕
P재료금-108	Development of a Hyphenated TGA TOF-MS System for Advanced Material Analysis	(ASTA)진병권
P재료금-109	Analysis of Thermal Properties and Additives of Battery and Polymer Materials Using TGA TOF-MS	(ASTA)진병권
P재료금-110	고체-증기 반응을 통한 ZIF 나노패터닝 공정 개발 및 응용	(KAIST)장재동, 전혜원, 김하연, 조아현, 정희태, (매사추세츠공과대)강호형
P재료금-111	베이퍼 챔버 적용 배터리 모듈 열전달 성능 연구	(덕양산업)이동주, 조현빈, 이재용, 곽성복
P재료금-112	전기차 배터리 열폭주 저감 난연 소재 및 화재전이 방지 구조 연구	(덕양산업)이동주, 조현빈, 이재용, 곽성복
P재료금-113	Fabrication of a wide range pH detector based on consecutive electrochemical deposition of MXene-PEDOT:PSS and NiO_2 layer on carbonaceous electrode	(경기대)진준형, 성수환, 이승준, 정해영, 김준민, (서경대)송민정
P재료금-114	Giant-콜로이달 양자점/α-Ga_2O_3 이종접합 기반 고성능 UV-Vis-IR 광대역 광검출기 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)정서련, 백세웅, (서울대)이동규
P재료금-115	태양전지 활용을 위한 고균일 $AgBiS_2$ 콜로이달 양자점의 합성 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)한태호, 김동언, 백세웅
P재료금-116	III-V 양자점을 활용한 단파적외선 대역 광전소자 개발 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)지승인, 시민재, 김동언, 백세웅
P재료금-117	적외선 광수확을 위한 Thiourea-전구체 기반 고균일 PbS 양자점 합성 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)정재우, 김동언, 백세웅
P재료금-118	Al-doped LLZO/PVDF-HFP 복합체 기반 전해질 기반한 고성능 리튬 금속 전지	(광운대)손희상, 임휘윤
P재료금-119	Chemical Looping을 이용한 고효율 메탄 건식 개질(DRM) 액체금속 촉매 개발	(KITECH)박종휘, 권성완, 김지훈, 김남훈, 박근용, 김현태, 박중현, 김휘동, (서울시립대)김다흰
P재료금-120	코어-쉘 표면 패시베이션을 통한 InAs 양자점의 근적외선 광발광 개선 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)양민정, 백세웅
P재료금-121	silicon nitride에서의 물의 radiolysis에 대한 연구 및 graphene을 활용한 radiolysis 방지 전략 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울대)백하연, 박정원
P재료금-122	Self-Supervised TEM Image Denoising Networks for Unveiling Atomic Dynamics in Beam-Sensitive Materials **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울대)이진호, 김주덕, 박정원
P재료금-123	〈발표취소〉	
P재료금-124	Unraveling the Mechanism of Reversible Flexibility in MIL-53(Al) MOFs via In-Situ TEM	(서울대)김동준, 박정원

P재료금-125	Graphene sandwiches with controlled surface functionalization for room temperature imaging of uniformly encapsulated solvated proteins **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울대)이민영, 박정원
P재료금-126	단결정 메탈 칼코제나이드 박막의 용액공정	(POSTECH)조윤진, 황혜인, 손재성
촉매 및 반응공학: 4월 25일(금), 15:30~17:00		
P촉매금-1	Mo_2N supported on γ-Al_2O_3 as an Efficient Nitrogen Carrier for Chemical Lopping Ammonia Synthesis	(KAIST)배시우, 이재우, 김경수, 김현중, 이도창
P촉매금-2	Encapsulation of metal nanoparticles inside hollow sphere as coke resistant and sintering prone catalyst for Dry Reforming of Methane	(KAIST)아그니, 김경수, 배시우, 이도창
P촉매금-3	나노 구조 니켈 기반 촉매를 활용한 메탄 분해를 통한 수소 생산 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립부경대)배인경, 김선규
P촉매금-4	내부 결합 에너지가 TMO 전기촉매 성능에 미치는 실시간 영향 규명 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(중앙대)김성관, 장해성
P촉매금-5	Effect of Calcination Temperature on the Transformation of Spent NCM811 into Efficient TMO Electrocatalysts **(우수 포스터 발표상 후보)**	(중앙대)김혜은, 김성관, 장해성, (포항가속기연구소)전정숙, 김민규
P촉매금-6	백금 분산도 향상을 위한 용매-결핍 침전법 기반 알루미나 특성 조절 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)김채령, 주은, 오인택, 서영웅
P촉매금-7	리그노셀룰로오스 기반 열분해유를 활용한 고탄소 탄화수소의 생산	(KIST, 고려대)은진아, 이관영, (KIST)진성민, 유천재, 최재욱, 하정명
P촉매금-8	A study on sulfur tolerance CeO_2-based catalysts for water-gas shift reaction utilizing waste-derived synthesis gas **(우수 포스터 발표상 후보)**	(연세대)곽민상, 신봉경, 홍가람, 김경진, 한종훈, 노현석
P촉매금-9	산소 플라즈마를 이용한 Ni 포일 위 Fe 클러스터의 분산 및 산화 처리와 OER 촉매 성능 향상 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립창원대)김영지, 박지환, 이승화
P촉매금-10	NiOOH (001) 및 CuO (111) 표면에서의 Furfuryl Alcohol과 Furfural 산화 반응 메커니즘 차이 분석을 위한 DFT 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울시립대)류영철, 최진우, 유종석
P촉매금-11	Mo 도핑된 NiSe 촉매를 이용한 HER 효율성 및 안정성 향상 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한경국립대)신민지, 정원석
P촉매금-12	티타늄 산화물을 도입한 탄소를 이용해 제조한 백금 촉매의 산소환원반응 특성 분석	(전북대)김수진, 김동건, 주은혜, 최유나, 강재영, 박용성, 백선홍, 임지환, 김 필
P촉매금-13	First-principles study on the synergistic effects of boron doping on ORR performance and stability in PtNi **(우수 포스터 발표상 후보)**	(아주대)황현욱, 김석기
P촉매금-14	Carbon-encapsulated cobalt catalysts for electrochemical nitrate reduction **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)양진성, 김영우, 윤용주
P촉매금-15	MWW 구조 니켈 실리케이트의 제올라이트간 구조전환법에 대한 테트라알킬암모늄 이온의 구조유도 영향에 대한 연구	(인천대)권성준, 이시연, 박민범
P촉매금-16	Simultaneous Coproduction of Xylonic acid and Xylitol: Leveraging In-situ Hydrogen Generation and Utilization from Xylose **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KRICT, UST)Ali Awad, 찬드구데 맥친드라 굴라브라오, Younas Muhammad, 황영규, (KRICT)정현욱, 오경렬
P촉매금-17	니켈과 몰리브데늄이 담지된 중형기공 ZSM-5를 촉매로 이용한 폐플라스틱 열분해유 upcycling 반응 적용	(전남대)윤병선, 박관중, 고창현, (KIER)김찬우, 전상구
P촉매금-18	제올라이트간 구조전환법을 활용한 조성 조절 제올라이트계열 메탈로알루미노실리케이트 합성 및 특성 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인천대)박준성, 권성준, 이나영, 임오성, 박민범
P촉매금-19	Photocatalytic Performance of Hydrogenated TiO_2 Derived from Transition-Metal-Doped MIL-125	(부산대)이규범, 정유정, 김가은, 정성욱
P촉매금-20	Investigating the Impact of Cations in Tuning the Electrochemistry of NiCu oxy(hydroxide) Towards Ammonia Oxidation Reaction	(울산대)Pragyan Sharma, 정진석

P촉매금-21	Enhancing Ni-Based Catalysts for Methane Reforming: The role of macroporosity in Performance and Coke Resistance	(울산대)Nguyen Phuong Anh, Azam Jamsaz, Nhiem Pham-Ngoc, Chao Song, 신은우
P촉매금-22	Effect of Ni-Oxygen vacancy interface formed after reduction of $NiAl_2O_4$ phase on coke formation resistance in Dry reforming of Methane **(우수 포스터 발표상 후보)**	(울산대)Nhiem Pham-Ngoc, Nguyen Phuong Anh, Azam Jamsaz, Chao Song, 신은우
P촉매금-23	Exploration of active copper species in copper containing MWW-type zeolitic catalysts for CO oxidation **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인천대)Trinh Nguyen Thuan Khiet, 조윤혜, 박민범, (GIST)신현우, 변상우, 강성봉
P촉매금-24	Investigation of ruthenium loaded beta zeolite catalyst performance in vanillin hydrodeoxygenation yielding both monomeric and dimeric cycloalkanes	(서울대)박재현, 정형동, 김형주, 김도희
P촉매금-25	전기화학적 질소 환원 반응에서 소수성 다공성 표면 설계를 통한 암모니아 선택도 향상 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)하진필, 정희태, (노스웨스턴대)송지윤
P촉매금-26	질소가 풍부한 탄소양자점이 도입된 고결정성 탄소 지지체 기반의 고내구성 PEMFC 백금 촉매 개발 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(건국대)최승철, 조한익
P촉매금-27	Mechanochemical synthesis of multicomponent bismuth-based molybdate catalysts for propylene ammoxidation to produce acrylonitrile	(서울대)한창진, 김도희, (한화솔루션)전정환, 김찬훈
P촉매금-28	베타 제올라이트를 이용한 트리프로필렌글리콜의 디프로필렌글리콜로의 효율적 촉매 전환 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(UNIST)김광현, 박한빈, 김하늘, 곽자훈
P촉매금-29	Efficient novel metal- and hydrogen-free upcycling of polyethylene through a self-supplied hydrogen strategy **(우수 포스터 발표상 후보)**	(고려대)권태은, 원왕연, (KRICT)강기혁, (서울과기대)박종현, 노인수
P촉매금-30	Tandem Catalysis for Sustainable Polyethylene Upcycling via Decalin-Assisted Hydrocracking	(고려대)권태은, 안서영, 원왕연, (KRICT)강기혁, (서울과기대)김태협, 노인수
P촉매금-31	선택성과 안정성이 향상된 전기화학적 CO_2 환원용 Au-Cu 촉매의 구조 최적화	(KAIST)임민지, 정희태
P촉매금-32	Solvent-free liquid-phase hydrogenolysis of butyric acid to 1-butanol over Ru-Ni bimetallic catalyst supported on ZnO **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)Saluta Errol, Mahlet N. Gebresillase, 서정길
P촉매금-33	Designing Cost-Effective Alloy Catalysts for NH_3 Decomposition: Minimizing Ruthenium Dependency	(영남대)손채린, 송유나, 김민규
P촉매금-34	Understanding the Role of MgO in the Chloromethane to Light Olefins Reaction over Acidic Zeolite Catalysts **(우수 포스터 발표상 후보)**	(전남대)김창기, 권승돈, 허준혁, 나경수
P촉매금-35	금 담지 알칼리 금속 도입 질화 탄소를 활용한 이산화탄소로부터 지속 가능한 메탄올 생산 연구	(KIER)김성은, 김학주
P촉매금-36	Effect of Tungsten Loading on W-Modified Ni/Al_2O_3 Catalysts for Dry Reforming of Methane	(울산대)Nguyen Phuong Anh, Azam Jamsaz, Nhiem Pham-Ngoc, Chao Song, 신은우
P촉매금-37	The effects of sulfur in synthesizing carbon support for Pd catalysts of α-phenylcinnamic acid enantioselective hydrogenation **(우수 포스터 발표상 후보)**	(POSTECH)정현준, 이동민, 윤용주
P촉매금-38	Facile synthesis of Pt-Ni Alloy Supported on Black TiO_2 Catalyst for Acidic and Alkaline Hydrogen Evolution Reaction **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경희대)한정훈, 김진수
P촉매금-39	Microwave-irradiated fast pyrolysis of plastic wastes into H_2 and CNT **(우수 포스터 발표상 후보)**	(국립군산대)Luu Thi Thuy, Vo Le Nam Viet, Nguyen Thi Ha, Dao Thi Trang, Le Thi Huyen Trang, 정영민
P촉매금-40	Unlocking Synergistic Enhancement of Ceria Catalysts via Alkaline Earth Doping for Reverse Water-Gas Shift Reaction **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)Nomer Arriola Jr., 서정길

P촉매금-41	Mo/ZSM-5 촉매를 이용한 메탄탈수소방향족화 반응에서 실란화 처리 및 Mo 담지 방법의 영향	(국립공주대)이중엽, 김예희, 김민희, 김민채, 김지연, 백승주, 이소정, 전종기, (서울대)김도희
P촉매금-42	바이오매스 고부가가치화를 위한 Aldol Condensation: 생성물 선택성 및 촉매 특성 조사 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)김태우, 김수현, 서영웅
P촉매금-43	Mechanistic Insights into L-Glutathione Adsorption on Chiral Gold Nanoparticles **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서울대)김광욱, 한정우
P촉매금-44	Promotional effect of silica shell coated NiO physically mixed with Mo/HZSM-5 catalyst on methane dehydroaromatization	(서울대)노장언, 김도희
P촉매금-45	황 제거 및 COS 분해를 위한 비용 효율적인 흡착제로서 레드 머드 활용	(영남대)김가영, 김민규, (GIST)이성준
P촉매금-46	Dual effect of pitch-derived carbon material on micropore-blocking and dissolution inhibition in oxygen reduction reaction support	(건국대)오유빈, 조한익
P촉매금-47	Efficient synthesis of 5-bromomethylfurfural (5-BMF) from lignocellulosic biomass Using a Novel Biphasic System under atmospheric pressure **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KRICT, UST)Faraz Muhammad Abbasi, 황동원, (KRICT)엄인용, 이마음
P촉매금-48	루테늄과 제올라이트의 시너지 효과를 이용한 폐플라스틱의 화학적 재활용	(서울대)서준호, 정형동, 김도희, (LG화학)최재순, 방정업
P촉매금-49	알루미나 지지체의 상 변화에 따른 Ni/Al_2O_3 촉매의 메탄 건식 개질 반응	(국립부경대)김수지, 이재경
P촉매금-50	Band structure engineering and defect control of g-C_3N_4 for efficient photocatalyst and photoelectrochemical water-splitting	(울산대)레반남, Duc-Viet Nguyen, Jaiswal Aniruddha, Jana Jayasmita, 허승현
P촉매금-51	Computational Investigation of ZnI_2 Electrolyte Additive Effects on Lithium Anode Stability and Sulfur Conversion Mechanism in Lithium-Sulfur Batteries **(우수 포스터 발표상 후보)**	(아주대)조혜정, 김석기
P촉매금-52	Optimization of Reaction Conditions for Selective Hydrogenation of Acetylene over Pd/CNT	(아주대)이지영, 김석기
P촉매금-53	Shifting Hydrocarbon Selectivity in CO_2 Hydrogenation: Zeolite-Catalyst Strategies for Sustainable Aviation Fuel	(전남대)염현지, 박종민, 김용석, 나경수
P촉매금-54	Synergistic Effects on FeK/$CuAl_2O_4$ for Selective CO_2 Hydrogenation **(우수 포스터 발표상 후보)**	(전남대)박종민, 염현지, 김용석, 임우성, 나경수
P촉매금-55	저온 플라즈마의 조사 하에서 세리아 결정면이 온실가스로부터 청정 메탄올 합성에 미치는 영향 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서강대)김선호, 최명기, 강명성, 하경수
P촉매금-56	저온 플라즈마 하에서 온실가스로부터 산소계 화합물 합성에 대한 촉매 기공 크기의 영향 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서강대)최명기, 김동현, 김선호, 하경수
P촉매금-57	Study on the deactivation of photocatalysts during hydrogen evolution	(울산대)Chao Song, Nhiem Pham-Ngoc, Azam Jamsaz, 신은우
P촉매금-58	산점 및 구조 안정화를 위한 템플릿 기반 MCM-22 합성법 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(서강대)김소연, 전종현, 원하림, 하경수
P촉매금-59	전자현미경 이미지에서의 촉매 분포 자동 정량 분석을 위한 SAM 기반 컴퓨터 비전 접근법 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(성균관대)이용상, 김지용
P촉매금-60	Optimizing the Synthesis of nCo_3O_4@mSiO_2 and its Characterization	(전남대)임경묵, 권승돈, 임우성, 나경수
P촉매금-61	Theoretical Design of MXene Supported Single Metal Atom Catalyst for Oxygen Evolution Reaction in Alkaline Condition Using First-Principles Calculation **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인하대)강진석, 함형철
P촉매금-62	폴리스타이렌 열분해유의 촉매 수첨분해를 통한 경방향족 제조 연구 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(동아대)박서영, 김규태, 정재철, 이정규
P촉매금-63	Highly Efficient Biomass Conversion: Electrochemical Oxidation of 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) using Bimetallic Ni_2Mo_3N on Ni Foam	(강원대)윤종민, 윤덕현
P촉매금-64	Enhanced Activity and Stability of Ammonia Electrooxidation Using a Pt/CeO_2-C Electrocatalyst	(강원대)하재혁, 윤덕현

P촉매금-65	Efficient Electrochemical Nitrate Reduction to Ammonia Using Mo_2C/CNT-RGO catalysts **(우수 포스터 발표상 후보)**	(강원대)장소은, 윤덕현
P촉매금-66	Hydrophilic Ni_3S_2-MoN Heterostructure on Nickel Foam (Ni_3S_2-MoN/NF) for Overall Water Splitting in Alkaline Media **(우수 포스터 발표상 후보)**	(강원대)최예지, 윤덕현
P촉매금-67	알칼리성 산소 발생 반응을 위한 전착법 기반 니켈-철 인화물의 용이한 합성	(국립창원대)하승준, 하리시 차반, 이승화
P촉매금-68	매체순환-산화탈수소화용 바나듐계 산소전달입자 촉매 연구	(전북대)김향동, 백승훈, 박상준, 손정민
P촉매금-69	A Sustainable Approach for CO_2-Driven Hydrocarbon Activation Using Metal Carbonates	(전남대)장한빛, 윤은서, 나경수
P촉매금-70	Pd/FER의 NOx 제거를 위한 H_2-SCR 반응에서의 cycle test를 통한 H_2O의 환원 효과와 경쟁 흡착	(고려대)김유진, 송인학, (서울대)박동찬, 김도희
P촉매금-71	Mercury Oxidation over an Extruded Honeycomb-Type V_2O_5-WO_3/TiO_2 Catalyst under NH_3-SCR Conditions: Dynamic Changes in Concentrations of NH_3, NO, and HCl	(대구대)김강훈, 김문현
P촉매금-72	Strategies for Enhancing Ammonia Oxidation Reaction with Amorphous NiCu-based Electrocatalysts **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)장지희, 장윤정, (오크리지국립연구소)김지혜
P촉매금-73	Intermetallic PtBi for Enhanced Electro-oxidation of Glycerol to Dihydroxyacetone **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)김나윤, 장윤정
P촉매금-74	Bimetallic Fe-Cu-NH_2BDC Metal-Organic Framework for efficient degradation of Congo red and Methyl orange **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부산대)Nnyigide Chibuzo Sunday, 정성욱
P촉매금-75	ZSM-5 제올라이트 촉매를 사용한 노말-도데칸의 크래킹 촉매 반응에 관한 인산 및 실리카/알루미나 비의 영향	(KRICT)김철웅, 안준혁, 박한영, 이수언, 정광은, (KRICT, UST) Temur Khujamuratov, 김태완
P촉매금-76	A Study of Scheelite Structure as Oxygen Carrier for Chemical looping Oxidative Dehydrogenation	(전북대)박상준, 김향동, 백승훈, 손정민
P촉매금-77	균일한 코발트 나노입자가 지지된 제올라이트 베타 나노스펀지를 이용한 가솔린 범위 가지형 탄화수소의 고수율 피셔-트롭쉬 합성 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인하대)김진태, 조강희, (국립한밭대)김정철
P촉매금-78	e-Fuel 생성을 위한 피셔-트롭쉬/크래킹 다단 반응 연구	(KIER, 성균관대)조예림, (성균관대)이동현, (KIER)김성은, 조진녕, 김다연, 김학주
P촉매금-79	플루오린 도핑된 $SrFeO_{3-\delta}$에서 전기촉매적 요소 합성 향상을 위한 Sr 공공의 역할 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(한양대)임태진, 김경학
P촉매금-80	올레핀 메타테시스용 W-Mo 이중금속 촉매의 재생에 지지체가 미치는 영향 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(숙명여대)박예빈, 김소연, 변유빈, 백준현
P촉매금-81	염기성 제올라이트를 이용한 에틸렌 내 미량 아세틸렌 제거를 위한 효율적인 흡착제 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)임세연, 하예지, 최민기
P촉매금-82	일산화탄소 흡착을 위한 구리(I)기반 흡착제 합성과 C-N 커플링 촉매로서의 활용 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(인하대)배대영, 조강희
P촉매금-83	Enhanced Acid Site Accessibility for Efficient Catalytic Cracking of Bulky Molecules by Hierarchical ZSM-5 zeolite **(우수 포스터 발표상 후보)**	(건국대)최동섭, 주지봉
P촉매금-84	플라스틱 화학적 재활용을 위한 하이드로탈염 반응에서 루이스 산성 알루미나와 Pt 간의 촉매적 시너지 효과 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(KAIST)이경진, 석 진, 최민기
P촉매금-85	Influence of active metal for hydrogen production via catalytic methane pyrolysis	(POSTECH)김영우, 윤용주
P촉매금-86	SCS 방법으로 합성한 Ni/Al 촉매 코팅 알루미나 비드를 이용한 메탄 열분해 반응 연구	(KRICT, 충남대)이윤선, (KRICT)박혜원, 이수홍, 임지선
P촉매금-87	메탄 건식 개질 반응을 위한 NiCo/Al_2O_3 촉매의 활성 금속 로딩 최적화 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충남대)권예지, 김동현, 이규복

P촉매금-88	Investigation of Pt, Ru, and Pd Catalysts Supported on Alumina Synthesized by Spray Pyrolysis for MBT Hydrogenation **(우수 포스터 발표상 후보)**	(경희대)Pham Minh Toan, 한정훈, 김진수, (KENTECH)김현중, 한종희
P촉매금-89	Enhanced catalytic stability of SiO_2-encapsulated NiCo-CeO_2 nanoparticles for dry reforming of methane	(성균관대)권재현, 배종욱
P촉매금-90	High Catalytic Performance of Beta Zeolite Nanosponge in Tributyrin Transesterification for Biofuel Applications	(국립한밭대)김정철, (인하대)조강희
P촉매금-91	Mn-Cu 오존 분해촉매 제조 및 촉매 재생에 관한 연구	(영남대)권민석, 권병찬, 김민규, 박노국, (서울과기대)강도형, (인우에코)공종선, 공성욱
P촉매금-92	Cu-Zn-Al계 메탄올 합성 촉매의 대량 제조 및 Mg 첨가에 따른 특성 변화	(영남대)권병찬, 장정규, 차원락, 이승우, 박노국, (성균관대)김병기, 배종욱
P촉매금-93	메탈 건식 개질 반응에서 Ni 함량과 카본 코킹의 상관성	(영남대)장정규, 권병찬, 김민규, 박노국, (서울과기대)강도형
P촉매금-94	녹색 수소 생산을 위한 산소 발생 반응 전극용 비귀금속 촉매 지지체	(KENTECH)아메드 파티 모스타파 가넴, Mohammad R. Thalji, Mohamed Fouli Mostafa, 박진호
P촉매금-95	Carbon coated catalysts for efficient electrochemical NO reduction to valuable ammonia in a flow cell system **(우수 포스터 발표상 후보)**	(충남대)박소민, Siranuysh Badalyan, 이규복
P촉매금-96	강하게 지지된 백금 클러스터의 원자 수준 조절을 통한 액상 유기 수소 운반체의 수소 생산 반응	(서울대)송찬경, 정준혁, 박정원
P촉매금-97	전기증착된 단일 원자와 코발트-철 이중층 수산화물의 결합을 통한 향상된 산소 발생 반응	(서울대)김재현, 박정원
P촉매금-98	이온 치환에 따른 Hydroxyapatite의 원자 구조 변화 및 Strain 분석	(서울대)정준혁, 박정원
P촉매금-99	고분산 CeO_2와 수열 변성이 가능한 Al_2O_3 지지체가 Ni/Al_2O_3 촉매의 DRM 성능 및 안정성에 미치는 영향 **(우수 포스터 발표상 후보)**	(부경대)서현명, 이재경

학회상 수상자

도레이 화학공학상

문 일

연세대학교

**** 학력 및 경력 ****

1983	연세대학교 화학공학 학사
1985	한국과학기술원 화학공학 석사
1992	카네기멜론대학교 화학공학 박사
2000~2005	한국공학교육인증원 사무처장
2012~2013	OECD Chair of Safety Leadership Forum
2015~2017	한국연구재단 국책연구본부 본부장
2018~2019	한국위험물학회 회장
2018~2020	연세대학교 연구본부장(부총장)
2021~2022	한국공학교육학회 회장
1993~현 재	연세대학교 화공생명공학과 교수

**** 주요 연구분야 ****

· 공정시스템, 공정안전, 수소, 인공지능

**** 수상배경 ****

화학공학 분야에서 이룬 탁월한 연구 및 학술 활동을 통해 한국의 화학공학과 기술진흥에 공헌

이당 전민제 특별상

한 현 식

희성촉매㈜

**** 학력 및 경력 ****

1987	서울대학교 해양학과 학사
1989	한국과학기술원 석사
1994	한국과학기술원 박사
1994	희성촉매(주) 입사
2005~2015	희성촉매(주) 연구소장
2016~2023	희성촉매(주) 공장장/연구소장
2024~현재	희성촉매(주) 대표이사

**** 주요 연구분야 ****

· 자동차/선박/발전/고정원 배기가스 정화용 환경촉매, 반도체/선박/발전 온실가스 저감용 기후촉매, 석유화학 공정촉매, 수소 생산 및 SAF/E-Fuel 합성촉매, 연료전지/수전해 촉매, 2차 전지 소재, 귀금속 소재 및 자원재순환

**** 수상배경 ****

30여 년간 자동차 및 선박용 촉매, 환경촉매, 석유화학 공정용 촉매 등 산업용 촉매 원천기술을 개발하고 사업화하는데 앞장서, 대부분 수입에 의존하던 국내 촉매 산업의 자립화를 이끌고 대한민국의 기술력과 산업발전에 기여함.

영문지 논문상

채 호 정

한국화학연구원

**** 학력 및 경력 ****

1995 경희대학교 화학공학 학사
1997 포항공과대학교 화학공학 석사
2001 포항공과대학교 화학공학 박사
2001~2006 삼성정밀화학 책임연구원
2006~2007 LG화학연구원 차장
2013~2014 RICE Univ. 방문교수
2014~2020 UST 겸임 정교수
2007~현 재 한국화학연구원 책임연구원

**** 주요 연구분야 ****

· 암모니아 수소, 환경/에너지, C1화학 촉매 및 반응공정

**** 수상배경 ****

Korean Journal of Chemical Engineering에 게재된 "A review on the recent developments of ruthenium and nickel catalysts for CO_x–free H_2 generation by ammonia decomposition"가 최근 5년간 SCI에 등재된 국제학술지의 참고문헌으로 가장 많이 인용된 논문에 선정

영문지 공로상

김 정 환

연세대학교

**** 학력 및 경력 ****

2006 연세대학교 화학공학 학사
2012 연세대학교 화공생명공학 박사
2015 SK이노베이션 선임연구원
2022 KITECH 친환경재료공정연구그룹 그룹장/수석연구원
현 재 연세대학교 화공생명공학과 부교수

**** 주요 연구분야 ****

· AI 기반 공정 모델 개발 및 최적화, 탄소중립 공정설계 및 엔지니어링, 친환경적 공정설계(수소, 폐배터리, 해수담수폐수)

**** 수상배경 ****

최근 2년간 SCI에 등재된 국제 학술지에 논문을 게재하면서 Korean Journal of Chemical Engineering에 게재된 논문을 가장 많이 인용한 저자로 선정

이동현상 신진연구자상

이 영 기

한경국립대학교

**** 학력 및 경력 ****

2008 성균관대학교 화학공학과 학사
2015 서울대학교 화학생물공학부 박사(석박사통합과정)
2015 서울대학교 화학생물공학부 박사후연구원
2015~2018 University of Pennsylvania 박사후연구원
2019~2021 서울대학교 화학공정신기술연구소 연수연구원
2021~현 재 한경국립대학교 식품생명화학공학부 조교수

**** 주요 연구분야 ****

· 현탁액 유변학

**** 수상배경 ****

국내 · 외 저명 학술지에 이동현상 관련 우수한 논문을 발표하는 등 뛰어난 연구 성과로 한국화학공학회 및 이동현상 부문위원회의 발전에 기여

Organizers 명단

4월 23일(수)

구분	심포지엄 및 분야	성명	소속	시간	발표장
Tutorials	[Tutorial 1] 화학산업에서의 멀티 스케일 시뮬레이션 및 모델링: 양자 영역에서 연속체 세계까지	김준모	경기대학교	13:00~17:00	323A
	[Tutorial 2] 차세대 나노입자 개발을 위한 합성, 분석 및 응용	권우성	숙명여자대학교	14:00~18:00	323B
	[Tutorial 3] X-ray를 이용한 분석기술	김석기 조한익	아주대학교 건국대학교	13:30~17:30	324A
Symposiums	Global C2H Workshop: Turning CO_2 Challenges into Hydrogen Opportunities	박정원	서울대학교	15:00~17:45	325B
	[KGS] 주택용/산업용 연소기 · 가스기기 연소성능 안전성 검증 및 안전기술 개발 심포지엄	신현국 조영광	한국가스안전공사 한국가스안전공사	13:30~17:10	325A
Oral Presentation	공정시스템 I	김경수	KIST	13:00~18:00	324B
	에너지 환경 I	장원준	아주대학교	13:00~18:00	321B
	재료 I	이지은 장지현	전남대학교 UNIST	13:00~16:10	322A+B
	촉매 및 반응공학 I	서영웅	한양대학교	13:00~17:50	325C

4월 24일(목)

구분	심포지엄 및 분야	성명	소속	시간	발표장
Special Symposiums	Chem-Tech-Biz Symposium: 화학산업 위기 극복을 위한 기술혁신 및 산학연 협력 전략	김철진 김희연	SK어드밴스드 KIER	14:30~17:30	325A+B
Symposiums	[KRICT] 글로벌 경쟁 속 한국의 석유화학산업 새로운 대응방안 모색	박장현 정지준 황동원	한국화학산업협회 KRICT KRICT	14:30~17:00	315
Division Symposiums	[고분자] 미래 의료 솔루션을 위한 기능성 고분자 소재 심포지엄	류 진 안효성	KIST 전남대학교	14:30~17:20	323A
	[공업화학] 미래 공업화학 기술: Bio & Energy 분야 심포지엄	진준형	경기대학교	14:30~16:40	322A
	[공정시스템] Symposium on Process Systems Engineering and Self-Driving Lab.	김종우 나종걸 오태훈	인천대학교 이화여자대학교 UNIST	14:30~17:00	324B
	[분리기술] 미래 화학산업을 위한 고효율 분리기술 심포지엄	배태현 이종석	KAIST 서강대학교	14:30~17:00	321A
	[생물화공] 생물화공 30년의 회고 심포지엄: 수학적 모델링에서 합성생물학까지	박기수 서정현	건국대학교 영남대학교	14:30~16:35	325D
	[에너지 환경] 청정수소 생산을 위한 차세대 수전해 기술 현황 및 전략 심포지엄	김상경 이도연 임탁형	KIER KIER 한밭대학교	14:30~16:50	321B
	[열역학분자모사] 탄소 전환의 혁신: 계산화학을 활용한 Carbon-to-X 기술 심포지엄	강성구	울산대학교	14:30~16:30	320A
	[입자기술] 차세대 나노입자 기반 바이오 솔루션 심포지엄	임창용	경북대학교	15:00~17:00	323B
	[촉매] Symposium on Current and Future Catalysis in Asia	김도희 조성준	서울대학교 전남대학교	09:00~11:00 14:30~17:00	325C
General Event	[여성위원회] 아무도 알려주지 않는 화공인의 진로선택 및 경력 노하우	김수현	고등기술연구원	09:00~11:00	315

Organizers 명단

구분	심포지엄 및 분야	성명	소속	시간	발표장
Oral Presentation	고분자 Ⅰ	조수연	성균관대학교	09:15~11:00	323A
	공업화학	송광섭	금오공과대학교	09:00~10:45	322A
	공정시스템 Ⅱ	김경수	KIST	09:00~11:00	324B
	분리기술 Ⅰ	이종석	서강대학교	09:00~11:05	321A
	생물화공 Ⅰ	강남규 박기수	경희대학교 건국대학교	09:00~10:40	325D
	에너지 환경 Ⅱ	장원준	아주대학교	09:00~11:00	321B
	열역학분자모사 Ⅰ	최원중	창원대학교	09:00~10:50	320A
	유동층 Ⅰ, Ⅱ	남형석	경북대학교	09:00~11:00 14:30~17:30	320B
	이동현상 Ⅰ, Ⅱ	정소담	동의대학교	09:00~11:00 14:30~16:40	322B
	입자기술	박윤상	KETI	08:50~11:00	323B
	재료 Ⅱ, Ⅲ	이지은 장지현	전남대학교 UNIST	09:00~10:40 14:30~17:20	314
	촉매 및 반응공학 Ⅱ	서영웅	한양대학교	09:00~10:40	324A
	화학공정안전	조성현	전북대학교	14:30~17:20	324A
Poster Presentation Ⅰ	공업화학	김준협	부산대학교	09:30~11:00	3층 그랜드볼룸
	분리기술	김대우	연세대학교		
	에너지 환경	심재오	원광대학교		
	이동현상	김동재	순천향대학교		

4월 25일(금)

구분	심포지엄 및 분야	성명	소속	시간	발표장
Symposiums	[화학물질안전원/화학공정안전부문위원회] 화관법·화평법 개정, 안전과 규제의 조화 심포지엄	윤 이	화학물질안전원	09:00~11:00	324A
Industry Division Symposiums	[반도체] 제3회 반도체산업 기술교류 심포지엄	김오현 김명준	에어리퀴드 성균관대학교	09:00~11:00	322A+B
	[배터리] Symposium on Aiming New in the Battery Business Domain	남관우 윤하나 임희대 최장욱 주용락	이화여자대학교 KIER 한양대학교 서울대학교 삼성SDI	09:00~11:00 14:00~15:30	325A+B
	[수소] 제3회 수소산업위원회 심포지엄 (부제: 수소기술 원천에서 산업으로)	김철진 한종희	SK어드밴스드 KENTECH	09:00~11:00	325D
General Event	[전문대학위원회] 제10회 전문대학 기술교육 운영사례 심포지엄	최유성	조선이공대학교	09:00~11:00	320B
Oral Presentation	고분자 Ⅱ, Ⅲ	조수연	성균관대학교	09:00~10:40 13:00~14:15	323A
	공정시스템 Ⅲ, Ⅳ	김경수	KIST	09:00~10:55 13:00~16:50	324B
	분리기술 Ⅱ	이종석	서강대학교	09:00~11:15	321A
	생물화공 Ⅱ	강남규 박기수	경희대학교 건국대학교	09:00~10:30	322A

Organizers 명단

구분	심포지엄 및 분야	성명	소속	시간	발표장
Oral Presentation	에너지 환경 Ⅲ, Ⅳ	장원준	아주대학교	09:00~11:00 13:00~16:10	321B
	열역학분자모사 Ⅱ	최원중	창원대학교	09:00~11:00	320A
	재료 Ⅳ, Ⅴ	이지은 장지현	전남대학교 UNIST	09:00~11:00 13:30~15:15	314
	촉매 및 반응공학 Ⅲ, Ⅳ	서영웅	한양대학교	09:00~10:50 13:00~15:00	325C
Poster Presentation Ⅱ	고분자	류 진	KIST	09:00~10:30	3층 그랜드볼룸
	공정시스템	이보름	전남대학교		
	열역학분자모사	한상일	창원대학교		
	유동층	김준영	카톨릭대학교		
	입자기술	차효정	경북대학교		
	화학공정안전	권휘웅	순천향대학교		
Poster Presentation Ⅲ	생물화공	김수환 노명현 양동수	동아대학교 KRICT 고려대학교	15:30~17:00	3층 그랜드볼룸
	재료	남인호	중앙대학교		
	촉매 및 반응공학	안광진	UNIST		

Chairs 명단

성명	소속	개최일	시 간	발표장	심포지엄 및 분야
강성구	울산대학교	4월 24일(목)	14:30~16:30	320A	[열역학분자모사] 전기화학열역학 심포지엄
고강석	KIER	4월 24일(목)	09:00~11:00	320B	[구두발표] 유동층 I
권우성	숙명여자대학교	4월 24일(목)	15:00~17:00	323B	[입자기술] 차세대 나노입자 기반 바이오 솔루션 심포지엄
권혁진	국립부경대학교	4월 24일(목)	08:50~11:00	323B	[구두발표] 입자기술
김경학	한양대학교	4월 25일(금)	09:00~10:50	325C	[구두발표] 촉매 및 반응공학 III
김동재	순천향대학교	4월 24일(목)	14:30~17:30	320B	[구두발표] 유동층 II
김동훈	전남대학교	4월 25일(금)	09:00~11:15	321A	[구두발표] 분리기술 II
김명진	경북대학교	4월 25일(금)	13:00~14:35	323A	[구두발표] 고분자 III
김민식	인하대학교	4월 24일(목)	09:00~10:40	325D	[구두발표] 생물화공 I
김봉수	경남정보대학교	4월 25일(금)	09:00~11:00	320B	[전문대학위원회] 제10회 전문대학 기술교육 운영사례 심포지엄
김상경	KIER	4월 24일(목)	14:30~16:50	321B	[에너지 환경] 청정수소 생산을 위한 차세대 수전해 기술 개발 및 전략 심포지엄
김석기	아주대학교	4월 23일(수)	13:30~17:30	324A	[Tutorial 3] X-ray를 이용한 분석기술
김수현	고등기술연구원	4월 24일(목)	09:00~11:00	315	[여성위원회] 아무도 알려주지 않는 화공인의 진로선택 및 경력 노하우
김재정	홍익대학교	4월 23일(수)	13:00~17:00	323A	[Tutorial 1] 화학공학에서의 멀티 스케일 시뮬레이션 및 모델링: 양자 영역에서 연속체 세계까지
김정규	성균관대학교	4월 25일(금)	09:00~11:00	321B	[구두발표] 에너지 환경 III
김준영	가톨릭대학교	4월 24일(목)	14:30~17:30	320B	[구두발표] 유동층 II
김창수	KIST	4월 25일(금)	13:00~16:50	324B	[구두발표] 공정시스템 IV
나경수	전남대학교	4월 24일(목)	14:30~17:00	325C	[촉매] Symposium on Current and Future Catalysis in Asia
남기전	국립부경대학교	4월 25일(금)	13:00~16:50	324B	[구두발표] 공정시스템 IV
류재윤	서울대학교	4월 23일(수)	13:00~17:45	325B	[Global C2H Research Center] Global C2H Workshop: Turning CO_2 Challenges into Hydrogen Opportunities
문석윤	서울과학기술대학교	4월 24일(목)	09:00~10:55	320A	[구두발표] 열역학 분자모사 I
박기수	건국대학교	4월 24일(목)	14:30~16:35	325D	[생물화공] 생물화공 30년의 회고 심포지엄: 수학적 모델링에서 합성생물학까지
박정태	연세대학교	4월 25일(금)	09:00~10:40	323A	[구두발표] 고분자 II
박치훈	경상국립대학교	4월 25일(금)	09:00~11:15	321A	[구두발표] 분리기술 II
방효중	한국가스안전공사	4월 23일(수)	13:30~17:10	325A	[KGS] 주택용/산업용 연소기 · 가스기기 연소성능 안전성 검증 및 안전기술 개발 심포지엄
배태현	KAIST	4월 24일(목)	14:30~17:00	321A	[분리기술] 미래 화학산업을 위한 고효율 분리기술 심포지엄
백인환	인하대학교	4월 23일(수)	13:00~16:10	322A+B	[구두발표] 재료 I
변재원	전남대학교	4월 23일(수)	13:00~18:00	324B	[구두발표] 공정시스템 I
서명원	서울시립대학교	4월 24일(목)	09:00~11:00	320B	[구두발표] 유동층 I
서영웅	한양대학교	4월 24일(목)	09:00~11:00	325C	[촉매] Symposium on Current and Future Catalysis in Asia
서정현	영남대학교	4월 24일(목)	14:30~16:35	325D	[생물화공] 생물화공 30년의 회고 심포지엄: 수학적 모델링에서 합성생물학까지
선우성혁	국립금오공과대학교	4월 25일(금)	13:30~15:15	314	[구두발표] 재료 V
손현철	전남대학교	4월 25일(금)	09:00~10:30	323B	[구두발표] 생물화공 II
송광섭	국립금오공과대학교	4월 24일(목)	09:00~10:45	322A	[구두발표] 공업화학
송슬기	충남대학교	4월 24일(목)	14:30~17:20	323A	[고분자] 미래 의료 솔루션을 위한 기능성 고분자 소재 심포지엄
송인학	고려대학교	4월 25일(금)	09:00~10:50	325C	[구두발표] 촉매 및 반응공학 III

Chairs 명단

성명	소속	개최일	시 간	발표장	심포지엄 및 분야
송인협	KEIT	4월 24일(목)	16:10~17:00	315	[KRICT] 글로벌 경쟁 속 한국의 석유화학산업 새로운 대응방안 모색
심재오	원광대학교	4월 25일(금)	13:00~16:10	321B	[구두발표] 에너지 환경 Ⅳ
안광진	UNIST	4월 25일(금)	09:00~10:50	325C	[구두발표] 촉매 및 반응공학 Ⅲ
안효성	전남대학교	4월 24일(목)	14:30~17:20	323A	[고분자] 미래 의료 솔루션을 위한 기능성 고분자 소재 심포지엄
오정석	한국가스안전공사	4월 23일(수)	13:30~17:10	325A	[KGS] 주택용/산업용 연소기 · 가스기기 연소성능 안전성 검증 및 안전기술 개발 심포지엄
오태훈	UNIST	4월 23일(수)	13:00~18:00	324B	[구두발표] 공정시스템 Ⅰ
		4월 24일(목)	14:30~17:00	324B	[공정시스템] Symposium on Process Systems Engineering and Self-Driving Lab.
원왕연	고려대학교	4월 24일(목)	14:30~17:30	325A+B	[특별 심포지엄] Chem-Tech-Biz Symposium: 화학산업 위기 극복을 위한 기술혁신 및 산학연 협력 전략
유준재	서울시립대학교	4월 24일(목)	09:00~11:00	324B	[구두발표] 공정시스템 Ⅱ
윤준헌	화학물질안전원	4월 25일(금)	09:00~11:00	324A	[NICS/화학안전] 화관법 · 화평법 개정, 안전과 규제의 조화 심포지엄
윤태준	서울대학교	4월 24일(목)	09:00~11:05	321A	[구두발표] 분리기술 Ⅰ
이도연	국립한밭대학교	4월 24일(목)	09:00~11:00	321B	[구두발표] 에너지 환경 Ⅱ
이동기	KIST	4월 23일(수)	13:00~18:00	321B	[구두발표] 에너지 환경 Ⅰ
이병훈	고려대학교	4월 23일(수)	13:00~17:45	325B	[Global C2H Research Center] Global C2H Workshop: Turning CO_2 Challenges into Hydrogen Opportunities
이열림	계명대학교	4월 23일(수)	14:00~17:50	325C	[구두발표] 촉매 및 반응공학 Ⅰ
이원미	국립공주대학교	4월 25일(금)	09:15~11:00	314	[구두발표] 재료 Ⅳ
이재경	국립부경대학교	4월 25일(금)	13:00~14:50	325C	[구두발표] 촉매 및 반응공학 Ⅳ
이재하	경북대학교	4월 25일(금)	13:00~14:50	325C	[구두발표] 촉매 및 반응공학 Ⅳ
이종석	서강대하교	4월 24일(목)	14:30~17:00	321A	[분리기술] 미래 화학산업을 위한 고효율 분리기술 심포지엄
이진희	KRICT	4월 24일(목)	09:00~10:40	324A	[구두발표] 촉매 및 반응공학 Ⅱ
이창수	국립부경대학교	4월 24일(목)	09:00~11:05	321A	[구두발표] 분리기술 Ⅰ
이태경	경상국립대학교	4월 25일(금)	09:00~11:00	320A	[구두발표] 열역학 분자모사 Ⅱ
임창용	경북대학교	4월 24일(목)	09:00~11:00	314	[구두발표] 재료 Ⅱ
임태호	숭실대학교	4월 25일(금)	09:00~11:00	322	[반도체] 제3회 반도체산업 기술 교류 심포지엄
임하나	KIER	4월 25일(금)	09:00~11:00	325A+B	[배터리] Symposium on Aiming New in the Battery Business Domain
임희대	한양대학교	4월 25일(금)	14:00~15:30	325A+B	[배터리] Symposium on Aiming New in the Battery Business Domain
장원준	아주대학교	4월 23일(수)	13:00~18:00	321B	[구두발표] 에너지 환경 Ⅱ
전경원	국립군산대학교	4월 25일(금)	13:00~16:10	321B	[구두발표] 에너지 환경 Ⅳ
전유권	연세대학교	4월 24일(목)	09:00~10:40	324A	[구두발표] 촉매 및 반응공학 Ⅱ
정병국	부산대학교	4월 24일(목)	14:30~17:20	314	[구두발표] 재료 Ⅲ
정상화	부산대학교	4월 23일(수)	15:00~18:00	323B	[Tutorial 2] 차세대 나노입자 개발을 위한 합성, 분석 및 응용
정선엽	단국대학교	4월 24일(목)	09:15~11:00	322B	[구두발표] 이동현상 Ⅰ
		4월 24일(목)	14:30~16:40	322B	[구두발표] 이동현상 Ⅱ
정소담	동의대학교	4월 24일(목)	09:15~11:00	322B	[구두발표] 이동현상 Ⅰ
		4월 24일(목)	14:30~16:40	322B	[구두발표] 이동현상 Ⅱ

Chairs 명단

성명	소속	개최일	시 간	발표장	심포지엄 및 분야
정유진	영남대학교	4월 23일(수)	13:00~18:00	324B	[구두발표] 공정시스템 I
정지준	KRICT	4월 24일(목)	14:30~16:10	315	[KRICT] 글로벌 경쟁 속 한국의 석유화학산업 새로운 대응방안 모색
정호진	KIMS	4월 23일(수)	14:00~17:50	325C	[구두발표] 촉매 및 반응공학 I
조성현	전북대학교	4월 24일(목)	14:30~17:20	324A	[구두발표] 화학안전
조수연	성균관대학교	4월 24일(목)	09:15~11:00	323A	[구두발표] 고분자 I
조한익	건국대학교	4월 23일(수)	13:30~17:30	324A	[Tutorial 3] X-ray를 이용한 분석기술
조형태	경희대	4월 25일(금)	09:00~10:55	324B	[구두발표] 공정시스템 III
진준형	경기대학교	4월 24일(목)	14:30~16:40	322A	[공업화학] 미래 공업화학 기술: Bio & Energy 분야 심포지엄
채수종	국립부경대학교	4월 23일(수)	13:00~16:10	322A+B	[구두발표] 재료 I
한종희	KENTECH	4월 25일(금)	09:00~10:50	325D	[수소] 제3회 수소산업위원회 심포지엄(부제: 수소기술 원천에서 산업으로)
허성연	서울과학기술대학교	4월 24일(목)	14:30~17:20	314	[구두발표] 재료 III

대구 EXCO 오시는 길

▶ **교통편 소개**

- 승용차: 북대구 I.C(안동, 칠곡방향으로 진입) → 동변동(우회전) → 산격대교 → 종합유통단지 → EXCO 북대구 I.C에서 소요시간 10분
- 대구국제공항 → EXCO: 택시 – 소요시간 15분
- KTX(동대구역) → EXCO: 버스 – 간선 413번, 937번 / 택시 – 소요시간 20분
- 동대구 고속버스터미널 → EXCO: 택시 – 소요시간 20분
  버스 – 소요시간 20~30분(간선 일반 413번, 937번)

[주차안내]
※ 서관 제1주차장 또는 제2주차장을 이용하시기 바랍니다.
※ 주차료 안내(개인부담): 최초 30분 1,000원/초과시 10분당 350원/일일요금 10,000원

[셔틀버스 안내]
– 국제 그린에너지엑스포에서 운행하는 셔틀버스를 학회 학술대회 참가자에게도 공유해주셨습니다.
– 동대구역 → 엑스코(탑승: 동대구역 6번 출구)
① 4월 23일(수)~24일(목), 08:30~15:00까지 30분 간격으로 운행
② 4월 25일(금) 08:30~14:00까지 30분 간격으로 운행
– 엑스코에서 동대구역 이동 및 자세한 탑승 장소/시간은 국제 그린에너지엑스포 홈페이지 → 참관객 → 셔틀버스 안내에서 확인해주시기 바랍니다.

홍보전시회 참여 업체

TCI·SEJIN CI	TCI - SEJIN CI	홈페이지	https://www.sejinci.co.kr/
		대표전화	02-2655-2480
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: "시약의 기준을 정하다" "시약은 TCI" (주)세진씨아이는 연구실험용 글로벌 시약사 Tokyo Chemical Industry(TCI)의 한국 단독 수입 공급사로서, 화학/재료과학/생명과학/분석화학/원료의약품 분야 제품 및 산업용 대용량 원료/맞춤합성 서비스를 제공합니다. - 전시품목: 연구실험용 Tokyo Chemical Industry(TCI) 시약 제품	
ThermoFisher SCIENTIFIC	Thermo Fisher Scientific	홈페이지	http://www.thermofisher.com
		대표전화	1661-9555
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: 써모피셔사이언티픽(Thermo Fisher Scientific Inc.)은 전 세계 약 10만 명의 직원들과 함께 연 매출 400억 달러(한화 약 48조 원) 이상을 달성하는 세계적인 과학 회사입니다. 써모피셔사이언티픽은 고객을 도와 세상을 더욱 건강하고 깨끗하며 안전한 곳으로 만든다는 사명에 대한 자부심을 바탕으로, 생명 과학 분야 연구 촉진, 복잡한 분석 난제 해결, 환자 진단 개선 및 의약품 개발, 실험실 생산성 향상에 주력하고 있습니다. - 전시품목: FT- IR, NIR, Raman, XRF, UV- Vis 분광광도계, pH미터, 파이펫, 보틀 등	
REXO (주)렉소엔지니어링	(주)렉소엔지니어링	홈페이지	http://www.rexo.co.kr
		대표전화	02-2664-1764
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: 정도를 지키는 엔지니어의 고집과 사람을 위한 엔지니어링으로 설계, 제작, 제어 프로그래밍 등 각 분야에서 인정받는 전문 인력을 보유, 이를 바탕으로 최고의 시스템만을 생산하고 있습니다. 저희 렉소의 엔지니어들은 축적된 노하우와 풍부한 현장경험을 바탕으로 사용자의 실험편의를 도모한 디자인과 소프트웨어 및 컨트롤러를 통한 완벽한 시스템 제어, 그리고 사용자의 안전을 최우선으로 하는 설계를 실현하고 있습니다. - 전시품목: 고온고압반응기, 촉매반응기, 수열합성 반응기, 어닐링 시스템, 초임계장치, 컨트롤시스템	
REALTEK	(주)리얼텍	홈페이지	http://www.h-realtek.com
		대표전화	042-362-1005
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: 저희 ㈜리얼텍은 진공을 만들고, 진공을 확인, 진공 공정 가스를 모니터링, 진공의 누설을 점검하는 Vacuum Total Solution을 제공하는 업체입니다. 산업이 발전함에 따라 제품 생산 공정 및 실험 설비가 다양해지고 진공을 이용한 제품이 더욱 요구 되어지고 있습니다. 이러한 산업 및 RND에 기초가 되는 최적의 진공 솔루션을 제공하는 것을 목표로 진공 펌프, 진공 게이지, 진공 시스템, 헬륨 리크 디텍션 시스템, 잔류가스 질량 분석 시스템을 취급하여 컨설팅,시스템 구축 및 서비스 사업을 구현하고 있습니다. - 전시품목: 잔류가스분석시스템, 다일루션시스템, 진공펌프, 진공게이지, MFC 등	
(주)선일아이라	(주)선일아이라	홈페이지	http://www.sunileyela.co.kr/main
		대표전화	031-715-5641
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: ㈜선일아이라는 일반 이화학장비, 생명공학장비 취급 전문 업체입니다. 창사 이후 기술과학의 첨병이라는 긍지를 갖고 고객의 연구 실험 환경의 지원을 위해 노력하였습니다. 화학, 생명과학, 약학, 환경, 재료, 식품, 물리, 전기전자 등 다양한 산업분야에 보탬이 되는 서비스를 위해 최선을 다하고 있습니다. 앞으로도 고객의 연구와 실험, 생산에 항상 지원하는 충실한 서비스를 제공하도록 더욱 노력하는 기업이 되겠습니다. 감사합니다. - 전시품목: 합성장비, 교반장비, 가열장비, 라만장비 등	

홍보전시회 참여 업체

SOLETEK	(주)솔텍트레이딩	홈페이지	http://www.soletek.co.kr/
		대표전화	02-2043-1957
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: "고객을 최고의 가치로 생각하는 회사" ㈜솔텍트레이딩은 2005년에 설립되어 비표면적분석기, TPD/TPR 촉매특성평가 등 다양한 가스흡착 연구장비를 여러 유수의 정부, 기업, 대학, 연구소에 공급하고 있습니다. 항상 고객 만족, 우수한 제품 공급과 신속한 A/S를 제공하도록 최선을 다하겠습니다. - 전시품목: BET, 비표면적 분석기,TPD/TPR/TPO(MicrotracBEL Corp.) High pressure sorption analyzer/MSB, (Rubolab GmbH) Oven, Muffle furnace, Tube furnace (Carbolite Gero) 인화점, 상압증류 (ASTM D86), 유동점 /TANAKA, Orbis, AD systems 감압증류/iludest	
SOLDAN	(주)쏠단	홈페이지	http://soldan.co.kr
		대표전화	02-532-3992
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: 당사 (주식회사 쏠단)는 2010년도에 설립되어 14년 이상의 기간 동안 $CH_4/N_2O/CO_2/H_2O$ 측정 장비를 공급해 오고 있습니다. 제품 판매를 포함한 설치, 서비스 및 유지보수 등의 전반적인 업무를 수행하고 있으며, 특히 매년 국내외 전문가를 초청하여 교육 활동을 지원하는 등 연구 지원에 힘쓰고 있습니다. LI-COR(미국)사 및 Phenospex사(네덜란드)의 국내 총판으로써 관련 업무를 수행하고 있습니다. - 전시품목: CO_2 Isotope/NH_3분석기, $N_2O/CH_4/CO_2/H_2O$ 분석기, 토양 가스 플럭스 시스템	
C&I Tech (주)씨엔아이테크 www.cni-tech.co.kr	(주)씨엔아이테크	홈페이지	https://www.cni-tech.co.kr/
		대표전화	070-7607-1289
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: MFC/MFM 분야와 고압정량펌프 분야에서 세계 최고의 성능을 자랑하는 미국 Alicat사와 일본 FLOM 사의 한국 공식 판매점입니다. 전문 기술엔지니어의 지원과 원활한 AS로 고객의 불편을 최소화하였으며, 시연을 위한 무상 샘플 테스트도 가능합니다. 언제든 편하게 연락 바랍니다. - 전시품목: 질량 유량제어기, 고압 정량 펌프	
AHTECH LTS	(주)아텍엘티에스	홈페이지	http://www.ahtech.co.kr/
		대표전화	031-346-6036
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: Ahtech LTS는 1994 창립하여 UV Ozone Cleaner 국산화 하여 지금까지 국내 연구실에 최다 판매하였으며 그외 비접촉 면저항측정 장비,UV LED 장비 등 2차전지, SOLAR, LED, OLED 연구 및 실험에 적극 이용되어 신뢰성을 인증 받았습니다. 최고의 기술과 최선의 서비스로 고객에게 협력 하겠습니다. - 전시품목: UV OZONE CLEANER, 비 접촉 면 저항 측정 장비, UV LED 기기, DIGITAL MICROSCOPE, AUTO 접촉각 측정기	
ALTSOFT	(주) 알트소프트	홈페이지	https://www.altsoft.co.kr/
		대표전화	02-547-2344
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: COMSOL Multiphysics는 엔지니어링, 제조 및 과학 연구의 모든 분야에서 설계, 장치 및 프로세스를 모델링하기 위한 범용 시뮬레이션 소프트웨어입니다. 독자적 프로젝트에 다중 물리 모델링을 사용하는 것 외에도 다른 설계팀, 제조부서, 실험부서, 고객 등이 사용할 수 있도록 모델을 시뮬레이션 응용 프로그램 및 디지털 트윈으로 전환할 수 있습니다. 플랫폼 제품은 전자기, 구조 역학, 음향, 유체 흐름, 열 전달 및 화학 공학을 시뮬레이션하기 위해 추가 모듈을 조합해서 자체적으로 사용하거나 확장할 수 있습니다. 무엇을 모델링하든지 간에 동일한 모델링 작업환경을 갖추어져 있어 추가 모듈과 LiveLink™ 제품이 원활하게 연결됩니다. - 전시품목: COMSOL Multiphysics®, COMSOL Compiler™, COMSOL Server™	

홍보전시회 참여 업체

ANT LINE SOFT Innovating Your Future, Together	(주)앤트라인소프트	홈페이지	http://antlinesoft.com/
		대표전화	02-6959-9178
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: ㈜앤트라인소프트는 지난 10년간 다양한 개발 경험을 통해 혁신적인 솔루션을 제공하는 기술 전문 회사입니다. 저희는 Big Data 시스템 구축, Micro Service 아키텍처 환경의 로그 관리 시스템, 실시간 딥러닝 분석 등에서 성공적인 프로젝트를 수행해왔습니다. 또한 HPC 클러스터 구축부터 유지보수까지 Total All-in-one Package 서비스를 제공합니다. 저희는 맞춤형 ODM 제품을 개발할 수 있는 소프트웨어 플랫폼을 보유하고 있으며, IT 융합 혁신을 통해 고객과 함께 성장하는 것을 목표로 하고 있습니다. 고객의 성공이 곧 우리의 성공이며, 이를 위해 최선을 다하겠습니다. - 전시품목: HPC 서버, GPU, 고속 네트워크 스위치	
LJ SOLUTION	(주)엘제이솔루션	홈페이지	http://www.ljsolution.kr/
		대표전화	010-4757-1678
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: ㈜엘제이솔루션은 2021년 7월 20일 설립된 첨단 연구장비 개발 전문 기업으로, 가스산업, 수소산업, 반도체 가스 분야에서 분석 자동화 시스템 솔루션을 제공합니다. 정밀 분석 기술과 자동화 솔루션을 바탕으로 산업 현장의 품질 관리 및 운영 효율성을 향상시킬 수 있습니다. 대표 제품인 'Hycheck System'은 측정하고자 하는 가스의 정성 및 정량을 실시간으로 분석할 수 있는 최첨단 품질 관리 솔루션으로, 가스분석 뿐만 아니라 사용하는 공정에 적용하여 자동분석이 가능하여, 반복실험 및 데이터리포팅 등의 관리 과정을 획기적으로 단축하고 효율성을 극대화합니다. (주)엘제이솔루션은 지속적인 기술 혁신과 연구개발을 통해 글로벌 시장을 선도하며, 국내외 수소경제 및 첨단 가스산업 발전에 기여하는 기업으로 성장해 나가고 있습니다. - 전시품목: 가스분석기, 가스분석시스템	
MK SCIENCE 엠케이사이언스	엠케이사이언스 주식회사	홈페이지	https://www.mkparr.com
		대표전화	02-488-3936
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: 미국 Parr Instrument Company사의 국내 독점 대리점을 시작으로 시험분석 기기 및 실험실 필수 장비에 대한 종합적인 솔루션을 제공합니다. - 전시품목: Parr 고온고압 반응기, Flusys 고압피스톤펌프 및 기어펌프	
OTC LTD.	(주)오티시	홈페이지	https://www.otcltd.com
		대표전화	02-739-3781
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: OTC Ltd. has been providing outstanding services as a trading agent and distributor since 1969. We are involved to supply catalysts, raw materials as well as leading technologies at competitive prices to the various fields as per the valued customers' necessities. We have helped companies to meet the expectations with all required services and full technical support. With experienced professional staffs, we take pride in long and sound relationships with the partners as well that supply world- leading products and materials to bring satisfaction to all our clients. We will keep striving to provide the best service that brings satisfaction and successful business results that would meet our valued customers' expectations. We truly wish your business grow, and we hope for further business opportunities with your company. **Refinery** - Sulfur Removal Technology & catalyst - H_2,Syn gas Technology & catalyst - Steam reforming Hydrogen technology & catalyst - VOC oxidation technology & catalyst - FCC Additive - FCC catalyst injection system - Guard Bed Media - Support media for fixed bed - Plate type Heat Exchanger - Catalytic Carrier **Petrochemical, Inorganic** - Antioxidant - NH_3 synthesis technology and catalyst - NH_3 Cracking - Mist Eliminator - Catalytic carrier **Environment** - VOC catalytic oxidation, RCO - Catalytic Ceramic filter - Sulfur removal technology - 전시품목: Saint Gobain 촉매담체, AGC 실리카겔 등	

홍보전시회 참여 업체

INEEJI EMPOWERING EXPERTISE	(주)인이지	홈페이지	https://ineeji.com/
		대표전화	031-8022-7534
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: 인이지(INEEJI)는 설명가능 인공지능(Explainable AI) 기술을 기반으로 산업 공정의 복잡한 문제를 효율적으로 해결하는 AI 예측 전문 기업입니다. 인이지는 데이터 기반의 정밀한 분석과 예측을 통해 생산성 향상, 품질 개선, 에너지 효율화 등 산업 전반의 최적화를 지원합니다. 대표 솔루션인 INFINITE OPTIMAL SERIES™는 산업 공정 데이터를 실시간으로 분석하고, 최적의 의사결정을 지원하는 AI 기반 예측 제어 솔루션입니다. 이 솔루션은 복잡한 공정의 변수와 결과 간의 인과관계를 명확히 설명할 수 있는 기능을 갖추고 있어, 신뢰성과 투명성을 확보한 상태에서 효과적인 의사결정을 가능하게 합니다. 또한 별도의 기계나 장비 설치 없이 기존 시스템과 유연하게 통합되어 도입과 운영이 가능하며, 제강, 시멘트, 정유, 석유화학 등 다양한 산업 분야에 적용되어 현장 중심의 실질적인 성과를 이끌어내고 있습니다. 인이지는 설명 가능한 AI 기술과 고도화된 예측 모델을 통해 산업 현장의 문제를 해결하고, 데이터 기반의 혁신을 이끄는 지능형 솔루션을 제공합니다. - 전시품목: 공정최적화 AI 예측 솔루션 INFINITE OPTIMAL SERIES™, 클라우드 기반 최적 예측 모델 Cloud AI EEJI	
Line Tech	주식회사 라인텍	홈페이지	https://www.line-tech.co.kr/
		대표전화	042-624-0700
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: (주)라인텍은 국산기술로 Gas Flow를 질량으로 Control 하여 1% of FullScale 의 정확성으로 유량을 정밀하게 제어할 수 있는 MassFlowController와 흐르는 GasFlow를 정밀하게 측정할 수 있는 MassFlowMeter 그리고 전원을 공급하고 Display 하는 Read Out Box를 제조 및 판매하는 업체로써 일반 산업용, 연구용, 방폭형 등 다양한 산업군에 적용되는 Gass Flow Total Solution을 제공하는 업체입니다. - 전시품목: MassFlowController . MassFlowMeter . ReadOutBox	
editage	캑터스커뮤니케이션즈 코리아	홈페이지	https://www.editage.co.kr/
		대표전화	02-3478-4396
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: 에디티지는 CACTUS Communications의 대표 브랜드로, 연구자와 저널 간의 격차를 해소하고 글로벌 학술 연구 커뮤니케이션을 지원하고자 2002년 4월에 설립되었습니다. Elsevier, Wolters Kluwer, Taylor & Francis, PLoS, Hindawi, BMJ, 대한의학학술지편집인협의회(KAMJE), 한국과학학술지편집인협의회(KCSE) 등 국내외 최고의 학술 전문 출판사가 신뢰하고 인정하고 있으며, 20여 년간 업계 전문가들의 지지를 받아 오고 있습니다. 에디티지는 200만 편 이상의 논문을 교정해 왔으며, 50만 명 이상의 연구자들의 출판 과정을 지원해 왔습니다. - 전시품목: 영문교정, 학술번역, 저널투고, 그래픽초록	
KWT Solution Numerical Solution to Success	(주)케이더블유티솔루션	홈페이지	https://www.kwtsolution.com
		대표전화	031-706-2886
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: KWT Solution은 종합엔지니어링 컨설팅 전문기업으로, 반도체/디스플레이 분야의 국산소프트웨어 개발 및 공학용 외산 소프트웨어(Barracuda, Simerics, CAESES 등)의 판매를 담당하고 있습니다. - 전시품목: Barracuda, Simerics	
KLAB Analysis Instruments	케이랩(주)	홈페이지	https://klabkis.com
		대표전화	042-932-7586
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: 케이랩 주식회사는 분광분석 장비 연구 및 제조를 전문으로 하는 선도 기업으로, 수질 모니터링, 생명공학, 화학, 제약, 교육 연구 등 다양한 분야에서 혁신적인 솔루션을 제공하며, 산업과 연구의 다양한 요구를 충족시키기 위해 노력하고 있습니다. 케이랩은 첨단 기술과 엄격한 품질 관리를 기반으로 설계되어, 타 제품과 비교할 수 없는 성능, 디자인, 그리고 편리성을 제공합니다. 이 장비는 정밀하고 신뢰할 수 있는 결과를 제공하며, 전 세계의 전문가와 연구자들에게 필수 도구로 자리 잡고 있습니다. 또한, 국내 최초로 초정밀 주사 메커니즘이 적용된 단색화장치를 개발하여, 고성능 분광광도계의 개발과 보급을 가능하게 하였습니다. - 전시품목: Spectrophotometer(UV-Vis, Microvolume, Microplate Reader)	

홍보전시회 참여 업체

CRS ChemRe SYSTEM	(주)켐리시스	홈페이지	http://www.chemresys.com/korea/index.php
		대표전화	031-8069-5511
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: (주)켐리시스는 급변하는 화학 산업의 흐름에 맞춰, 다양한 연구 및 산업 환경에서 활용할 수 있는 화학 반응 장치를 개발 · 제작하는 전문 기업입니다. 당사는 고온 · 고압 반응기, 유리 반응기, 촉매 반응기, 초임계 추출 장치, 다목적 반응기, 소프트웨어 프로그램 등 혁신적인 연구 장비를 제공하며, 고객이 보다 효율적이고 정밀한 실험 및 생산 공정을 수행할 수 있도록 지원합니다. * 기술력과 혁신 25년간 축적된 기술력과 젊고 역동적인 직원들의 열정을 바탕으로, 고객의 요구에 최적화된 맞춤형 장치를 설계, 제작합니다. 실험실 및 산업 현장에서 신뢰할 수 있는 성능과 편리한 사용성을 갖춘 장비를 공급하여, 연구와 생산의 효율성을 극대화하는 것이 우리의 목표입니다. * 고객 맞춤형 솔루션 - 최신 기술 적용 : 지속적인 연구개발을 통해 최고 수준의 정밀성과 안정성을 갖춘 제품을 제공합니다. - 맞춤형 설계 : 고객의 요구에 따라 특정 환경과 목적에 최적화된 반응 장치를 개발합니다. - 전문 기술 지원 : 제품 도입부터 유지보수까지 체계적인 기술 지원 및 사후 관리 서비스를 제공합니다. (주)켐리시스는 앞으로도 기술 혁신과 고객 중심 서비스를 통해 화학, 바이오, 제약, 에너지 산업의 발전을 이끄는 신뢰 받는 파트너가 되겠습니다. 대표번호 : 031-8069-5511 이메일 : heobaram@chemresys.com 홈페이지 : http://www.chemresys.com - 전시품목: 고압반응기, 고온고압반응기, 유리반응기, 촉매반응기, 초임계추출장치	
SINCE 1995 특허법인 하나 HANA IP LAW FIRM	특허법인 하나	홈페이지	https://hanapat.co.kr/
		대표전화	02-522-0555
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: 특허법인 하나는 지식재산 창출부터 기술사업화까지 전 주기를 아우르는 '고객 맞춤형 지식재산 솔루션'을 제공하는 기업입니다. [주요 사업] 1. 출원 사업: 국내외 지식재산권 출원 / 파리조약 및 PCT 조약에 따른 국제출원 / 헤이그 협정에 따른 디자인 출원 2. 분쟁 대응 사업: 지식재산권 무효심판 · 취소심판 / 특허 소송 / 법률 자문 3. 컨설팅 사업: 특허 동향조사 / IP-R&D 전략 수립 / 신규 IP 창출 전략 수립 / IP 포트폴리오 구축 전략 수립 / IP 역량 강화 교육 4. 기술 사업화: 라이선싱 / 기술이전 / 수요처 발굴 / 기술 가치평가 / 투자 연계 특허법인 하나는 한국지식재산보호원과 한국특허전략개발원의 다양한 지식재산권 컨설팅 사업에서 성공사례로 선정되며, 그 우수한 역량을 대외적으로 인정받고 있습니다. 언제나 고객의 니즈에 최적화된 맞춤형 솔루션으로 연구개발의 실질적인 성과를 함께 만들어가겠습니다. 많은 관심 부탁드립니다. - 전시품목: 기업 소개, 지원 사업 소개, 1:1 상담, 방문 기념품	
TS Science (주)티에스싸이언스 JASCO	(주)티에스싸이언스	홈페이지	http://www.tsscience.co.kr/
		대표전화	02-6969-7800
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: (주)티에스싸이언스 - JASCO 한국 공식대리점 (주)티에스싸이언스는 JASCO의 한국 공식대리점으로, 다양한 연구 및 산업 환경에서 활용할 수 있는 최첨단 분광 분석 장비를 제공합니다. 당사는 FT-IR, UV-Vis/NIR, CD(Circular Dichroism), Raman, PL 등 다양한 JASCO 제품을 국내 연구자 및 산업 관계자들에게 공급하며, 신뢰할 수 있는 기술 지원과 본사에서 직접 교육받아 자격증을 지닌 엔지니어들을 통하여 최고의 유지보수 서비스를 제공하고 있습니다. 한국화학공학회에서 저희 부스를 방문하시면, 실제 장비 데모와 응용 사례 상담을 통해 JASCO의 첨단 분석 솔루션을 직접 경험하실 수 있습니다. 연구 및 산업 현장에서 필요한 최적의 분석 장비를 찾고 계신다면, (주)티에스싸이언스가 확실한 답을 드리겠습니다. - 전시품목: Spectroscopy [UV, FTIR, PL, CD, CPL, Raman], Chromatograpy [HPLC, UPLC, Prep-LC, SFE/C, GPC]	

홍보전시회 참여 업체

KRICT 한국화학연구원 Korea Research Institute of Chemical Technology	**한국화학연구원**	홈페이지	https://www.krict.re.kr
		대표전화	061-640-3414
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: 한국화학연구원 여수 탄소중립화학공정실증센터는 원천 기술의 상업화 연계를 위한 석유화학 핵심 소재인 촉매 및 분리 소재 등을 실증규모로 제조 및 검증하기 위한 설비와 CO_2 화학적 전환 기술의 파일럿 규모 실증을 위한 설비들을 갖추고 있으며, 이를 활용하여 탄소중립기술 분야 다양한 실증 협력 연구를 준비중에 있습니다. - 전시품목: 탄소중립화학공정실증센터 촉매, 소재 실증 설비 및 CCU 실증설비 관련 장비 소개 포스터 등	
Fischer®	**(주)헬무트피셔코리아**	홈페이지	https://www.helmut-fischer.com/
		대표전화	02-415-2381
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: 표면 테스트 분야의 풀서비스 공급 업체인 Fischer는 1953년부터 비파괴 재료 분석, 코팅 두께 측정 및 재료 테스트를 위한 기기를 개발해 왔습니다. 이번 학술대회에는 소재의 경도와 탄성 모듈러스를 측정할 수 있는 나노인덴터를 소개 드립니다. 나노인덴터는 특히 새로운 소재의 개발부터 품질관리까지 기계적인 물성을 획득하는데 매우 적합한 측정기입니다. 학회 프로모션도 진행 예정으로 많은 관심 부탁드립니다. - 전시품목: 나노인덴터, 미소경도시험기, 탄성모듈러스측정기	
EMCRAFTS	**(주)엠크래프츠**	홈페이지	https://emcrafts.com
		대표전화	031-8027-2752
	업체소개 및 전시품목	- 업체소개: 엠크래프츠는 국내외 기업체, 정부기관, 대학교 등에 지속적인 SEM장비 공급을 하는 업체로써 국내외 수백개의 업체에 SEM장비를 납품하였으며, 다양한 분야의 연구개발에 활용이 되고 있습니다. 당사는 모든 하드웨어와 소프트웨어 자체 기술을 보유하여, 독자적으로 개발/생산하여 고객의 사용 편의성을 극대화하고 있으며, 이러한 우수한 기술력을 바탕으로 SEM 분석에 필요한 Application을 고객의 요청에 맞게 Customizing하여 제공해 드림으로써 연구개발에 보다 도움이 되도록 노력하고 있으며, 여러 가시적인 성과를 이뤄내고 있습니다. 이러한 주사전자현미경 시장에서의 성공적인 안착을 바탕으로 전자빔을 이용한 각종 측정장비 및 가공장비의 개발에 국내 선도적 기업으로 거듭나고자 하고 있습니다. 세계적으로 몇 개의 업체만이 상용화에 성공한 최첨단 장비인 FIB장비를 KEMCTI와 협업으로 현재 개발 중에 있으며, 이외에도 개발에 상당한 기술이 요구되는 투과전자현미경을 KBSI와 협업하여 개발에 박차를 가하고 있습니다. 그리고 주사전자현미경의 꽃이라 할 수 있는 FE-SEM도 현재 자체 개발 중에 있으며 곧 상용화가 될 것으로 기대되고 있습니다. 당사가 개발중인 Line-Up들은 우수한 기술력이 바탕이 되지 않으면 시도조차 불가능한 분야로 한국최초로 제품들이 상용화되면 대한민국 과학기술의 쾌거로 세계적인 기업으로 성장할 수 있습니다. - 전시품목: 주사전자현미경(SEM), 이온 스퍼터 코터	

등록 및 회비 안내

■ 학술대회 등록 안내

구 분	사전등록	온라인/현장등록
종신/정회원 A	130,000원	150,000원
정회원 B	180,000원 (1년 연회비 면제)	200,000원 (1년 연회비 면제)
학생회원 (학부생 및 대학원생) A	60,000원	70,000원
학생회원 (전일제 석·박사과정) B	90,000원 (1년 연회비 면제)	100,000원 (1년 연회비 면제)
비회원	160,000원	180,000원
원로회원 (만 65세 이상)	면 제	

■ 2025년도 연회비 안내

회원구분	연 회 비
종신회원	500,000원 (1회)
정 회 원	50,000원
학생회원 (전일제 석·박사과정)	30,000원
학부생회원	면 제

- 계좌번호: 국민은행 361–25–0000–277(회비), 국민은행 676537–00–000555(학술대회 전용)
- 예금주: (사)한국화학공학회
- 학회 홈페이지(www.kiche.or.kr)에서 신용카드 전자 결제가 가능하며, 계좌 입금시 소속과 성명을 정확히 기재하여 주시기 바랍니다.

2025년도 가을 총회 및 국제 학술대회 개최 안내

일시: 2025년 10월 15일(수)~17일(금)

장소: 제주국제컨벤션센터

2026년도 봄 총회 및 학술대회 개최 안내

일시: 2026년 4월 22일(수)~24일(금)

장소: 제주국제컨벤션센터

본 사업은 기획재정부의 복권기금 및 과학기술정보통신부의 과학기술진흥 기금으로 추진되어 사회적 가치 실현과 국가 과학기술 발전에 기여합니다.

Plenary Talk

Carbon-neutrality research strategy of KRICT,
President. Young Kuk Lee

Advances in systems and materials for electrified carbon capture and catalysis,
Prof. Edward H. Sargent

Electrification energy solutions in mobility,
Vice President. Changhwan Kim

Symposiums

Chem-Tech-Biz Symposium: 화학산업 위기 극복을 위한 기술혁신 및 산학연 협력 전략-심(CTB)

Global C2H Research Center] Global C2H Workshop: Turning CO_2 Challenges into Hydrogen Opportunities-심(C2H)

[KGS] 주택용/산업용 연소기 · 가스기기 연소성능 안전성 검증 및 안전기술 개발 심포지엄-심(KGS)

[NICS/화학안전] 화관법 · 화평법 개정, 안전과 규제의 조화 심포지엄-심(안전)

심(CTB)목-4

R&D strategies for overcoming the crisis in the chemical industry

조동현*
LG Chemical
(peacejo@lgchem.com*)

In the face of ongoing challenges such as global supply imbalances and shifting market dynamics, the chemical industry is increasingly recognizing R&D as a pivotal strategy for long-term resilience and competitiveness. To effectively address these issues, companies must adopt a strategic approach to R&D that goes beyond mere technological innovation, aligning it with market needs and sustainability goals.Firstly, companies must prioritize high-value R&D investments. This involves shifting resources away from low-margin, commoditized products towards specialty chemicals and value-added materials that cater to niche markets or address specific customer needs. A customer-centric approach in R&D is vital. By collaborating closely with end-users to co-create solutions that address their unique challenges—such as new materials for electric vehicles or biodegradable packaging—companies can ensure their innovations meet market demands and drive product adoption.

심(CTB)목-5

정유/석유화학 산업의 위기 및 대응 전략

박덕수, 홍웅기*
SK가스 연구소
(unggi.hong@sk.com*)

최근 국제 환경 변화로 국내 화학산업의 위기가 도래했다. 국내 화학산업은 기존 동아시아 최대 폴리머 생산 기지로 역할을 해 왔지만, 중국의 제품 자립화와 중동의 공격적 투자 등에 의해 최근 상대 경쟁력이 약화되고 있다. 에너지 자립국이 아닌 우리나라는 정유-화학이 Integration 되어있는 구조이기 때문에 경쟁력을 갖추기 위해 올레핀 공정 뿐 아니라 정유 공정 및 제품과의 종합적 검토가 필요하다. 본 발표에서는 정유사와 화학사들이 어떤 노력을 하고 있고, 나아가 친환경 시대에서 어떤 대비를 해야 하는지 고찰한다.

심(C2H)수-1

Enabling sustainable chemical manufacturing wit

Jennifer A. Dionne*
Stanford Univ.
(jdionne@stanford.edu*)

Chemical manufacturing plays a vital role in industries such as c intensive processes. Optical excitation of plasmons offers a promi state dynamics, and enable reaction pathways that are unattainab powered LEDs, paving the way for greener chemical transformati

심(C2H)수-2

Single-Atom and High-Entropy Materials for (Photo)electrochemical Water Splitting

장호원*
Seoul National University
(hwjang@snu.ac.kr*)

Recently, single atom catalysts (SACs) and high-entropy nanomaterials (HENs) have emerged as promising candidates for enhancing the efficiency and stability of water-splitting reactions. Combining single-atom active sites with the multifunctional properties of HENs on photoelectrodes can significantly improve photogenerated charge transport by minimizing charge recombination and lowering the thermodynamic energy barrier. In this talk, I will present our research on SACs and HENs for efficient (photo)electrochemial water splitting and discuss strategies to integrate them for synergistic effects.

심(C2H)수-3

Critical materials and systems R&D issues in a

Edward Hartley Sargent*
Northwestern Univ.
(ted.sargent@northwestern.edu*)

Growth in electricity demand being prior predictions/models is rais thermo-biocatalytic – can contribute in this evolving landscape.

심(C2H)수-4

Ammonia as a Sustainable H2 Carrier: Catalyst design for NH_3 dehydrogenation

Chang Won Yoon*
POSTECH
(cwyoon@postech.ac.kr*)

To address current energy and environmental challenges, increasing the production and utilization of renewable resources is crucial. However, the imbalance between renewable energy supply and demand highlights the need for clean and sustainable energy carriers that support both power generation and hydrogen mobility. Hydrogen (H2) emerges as a promising renewable energy vector owing to its substantial gravimetric energy storage density. However, its low volumetric energy density as a gas presents challenges for efficient long-distance transport. As a result, significant efforts are directed toward developing safe and cost-effective hydrogen storage systems that enable large-scale transport in chemical forms. Among the potential candidates for this purpose, ammonia (NH_3) has gained considerable attention. This presentation will introduce recently developed catalysts for NH_3 dehydrogenation, offering insights into their role in efficient hydrogen release for numerous H2 implementations.

심(C2H)수-5

Mapping Structure, Chemistry and Properties of Single Nanocrystals

강성수*
University of Chicago
(sungsukang@uchicago.edu*)

Colloidal nanocrystals possess structural characteristics that are intimately tied to their unique properties, mainly due to their small crystallite sizes, large surface-to-volume ratio, and the presence of surface ligands. For example, nanocrystals can undergo unique phase transitions which might be absent in the bulk phase diagram, while their surface energies exhibit a pronounced size dependence due to ligands. In another example, nanocrystals exhibit elevated reactivity that allows ion exchange and help facilitate the Kirkendall effect or etching under specific chemical conditions. Such unique properties can be used for various applications, but the structure-property relationships of these small structures remain less understood. Liquid cell transmission electron microscopy (TEM) now allows for direct observation of these structural changes and chemical reactions, providing in situ atomic-scale insights into how individual nanocrystals evolve in solution. Here, I will highlight recent work from the Alivisatos group demonstrating how different chemical environment drives nanocrystal transformations and how these transformations correlate with emergent properties. I will also discuss our ongoing efforts to integrate multimodal imaging to comprehensively understand the relationships between nanocrystal structures and their properties.

심(C2H)수-6

Controlling Nanoscale Galvanic Replacement Reactions Using Interfacial Polarization

류재윤*
Seoul National University
(jaeyune.ryu@snu.ac.kr*)

Galvanic replacement reactions (GRR) on nanoparticles (NPs) present a critical pathway to creating sophisticated multi-component or hollow nanostructures, applicable in optics, catalysis, and medical therapeutics. This study addresses the limitations of traditional methods which utilize standard reduction potentials to predict GRR outcomes, a practice inadequate for capturing the complex kinetics and dynamics involved. We propose the adoption of mixed potential theory (MPT), traditionally used for analyzing electrochemical half-reactions at macroscopic substrates in corrosion, cathodic protection, and electroless plating, to nanoparticulate systems. Despite its widespread application, the use of MPT in analyzing nanoscale GRR remains unexplored. Herein, we establish a mechanistic framework for MPT application on NPs, providing a novel approach to quantitatively analyze and control GRR. Importantly, this framework introduces interfacial polarization strategies, aiming to manipulate GRR on nanoparticles with unprecedented precision, potentially opening new avenues for the development of functional nanomaterials.

심(C2H)수-7

Understanding interfaces for the electrochemica

Thomas F. Jaramillo*
Stanford University
(jaramillogroup@stanford.edu*)

This talk will focus on electrified processes for the electrochemica based fuels and chemicals. As atmospheric concentrations of ca

심(C2H)수-8

Atomic-level strategies for electrosynthesis of CO_2-free chemicals

Byoung-Hoon Lee*
Korea University
(bhlee90@korea.ac.kr*)

This presentation discusses a material design strategy aimed at achieving net-zero carbon emissions. The first section reviews existing methods and challenges in carbon emission reduction, emphasizing how advancements in material discovery and mechanistic understanding can help overcome these obstacles. The second section highlights innovations in electrochemical processes, showcasing how new materials can enable large-scale industrial production with minimal carbon emissions. Finally, practical results in fuel production, along with analyses of CO_2 footprint, energy use, and techno-economic factors, demonstrate that material design approach is a crucial step toward a carbon-neutral society.

심(C2H)수-9

Understanding and Engineering Catalytic Materials Using Nanocrystal Precursors

오진원*
Stanford Univ.
(jwoh@stanford.edu*)

Catalytic processes are central to the goal of a sustainable future. A promising approach in developing catalytic materials is represented by the design of catalytic sites based on the knowledge of structure-property relationships and in the precise synthesis of these sites at the atomic level. Colloidal nanocrystals, with tunable active sites and compositions, can help in this mission. The goal of this talk is to show how this approach can provide not only a fundamental understanding of catalytic reactions but also a way to precisely engineer reaction sites to produce efficient catalysts that are active, stable, and selective for several important transformations. Advances in the synthesis of these materials will be presented. Examples of using these building blocks as supported systems or in combination with hybrid organic materials will be demonstrated. In all these examples, important efforts to obtain precious structure-property relationships will be highlighted, with this knowledge used to prepare more efficient and stable catalysts for reducing the emission of greenhouse gases and for the sustainable production of fuels and chemicals.

심(C2H)수-10

Sustainable electrochemical separation technologies: carbon dioxide removal from the oceanwater and lithium extraction from the brine

Hwajoo Joo, Seoni Kim, Michael P. Nitzsche, Fabian Dickhardt, Tal Joseph, Simon B. Rufer, Jack R. Lake, T. Alan Hatton, Kripa Varanasi*
Massachusetts Institute of Technology
(hwaju20@mit.edu*)

Due to the escalating climate crisis, achieving carbon neutrality has become one of the most urgent global priorities. Two essential targets in this endeavor are carbon dioxide (CO_2) and lithium. CO_2, a major greenhouse gas responsible for global warming, must be effectively removed from the atmosphere or oceanic environments. Concurrently, lithium, as a critical resource for battery systems, is increasingly important due to the growing electrification and the intermittent nature of renewable energy sources.Both CO_2 and lithium share a significant challenge: their natural abundance is extremely low, making their extraction energy-intensive. For instance, the concentration of CO_2 in the atmosphere and lithium in brine typically stands at approximately 400 ppm and a few hundred ppm, respectively. Consequently, there is a growing interest in developing energy-efficient electrochemical separation technologies to selectively recover these elements.In this study, we designed battery-inspired electrochemical systems utilizing a silver/silver chloride electrode as the counter electrode. Specifically, we employed a bismuth electrode for the electrochemical removal of CO_2 from seawater and a λ-MnO_2 electrode for the selective

심(C2H)수-11

In situ TEM for strategic catalyst development

박정원*
서울대
(jungwonpark@snu.ac.kr*)

Understanding catalytic reactions at the nanoscale is critical for designing efficient electrocatalysts. Recent advancements in in situ transmission electron microscopy (TEM), particularly liquid phase TEM (LPTEM), offer new opportunities to visualize dynamic catalytic processes with high spatial resolution.This presentation highlights how in situ TEM techniques reveal fundamental transformations in electrocatalysts under working conditions. LPTEM enables direct observation of CO_2 reduction on metal catalysts and hydrogen evolution reactions (HER) on MoS_2 . Real-time monitoring of these processes offers valuable guidance for designing more durable and active electrocatalysts. In situ TEM serves as a powerful tool for catalyst development, bridging the gap between nanoscale dynamics and macroscopic performance.

심(KGS)수-1

수소 연소기 해외 가이드라인 고찰

신현국*, 오정석, 조영광, 정승균
한국가스안전공사 가스안전연구원
(kooky130@kgs.or.kr*)

수소는 탄소중립 실현을 위한 핵심 에너지원으로 주목받고 있으며, 이에 따라 수소 연소 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 기존 연소기 시스템에 수소를 혼합하여 사용하는 방안이 주목받고 있으나, 높은 연소 속도 및 화염 불안정성 등의 특성으로 인해 안전성이 중요한 이슈로 부각되고 있다. 이에 따라 해외에서는 수소 연소기에 대한 다양한 가이드라인과 표준을 마련하여 안전성과 성능을 확보하고 있다. 본 연구에서는 영국의 PAS 4444:2020+A1:2021 가이드라인을 중심으로, 수소 연소기 설계 및 운영 기준, 안전성 평가 항목, 시험 방법 등을 분석하였다. 또한, 해당 가이드라인이 기존 천연가스 연소기 기준과 비교하여 어떤 차이점이 있는지 검토하고, 향후 국내 수소 연소기 개발 및 안전 기준 마련을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.**이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00237341, 주택용/산업용 연소기·가스기기 연소성능 안전성 검증 및 안전기술 개발)

심(KGS)수-2

천연가스 배관망 수소 혼입 시, 가스보일러 안전성 검증

임재범*, 김홍기, 서준선, 박준규
경동나비엔
(jblim@kdiwin.com*)

지구 온난화로 인한 탄소 배출 저감을 위해 유럽을 중심으로 수소 혼입이 연소기에 미치는 영향에 대한 다양한 실증 테스트가 진행되고 있으며 최근 국내에서도 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 천연가스 배관망에 수소 혼입을 가정하여 수소 혼입 시 가정용 보일러 및 상업용 보일러의 안정성에 대해 검증하였다. 천연가스 대신에 규격 시험에서 사용하는 기준가스인 R-Gas(Reference Gas: CH4 96%, C3H8 4%)를 사용하였고 수소 혼입 비율은 5~20%까지 5% 단위로 증가시키면서 보일러의 안전성 및 기본 성능 변화에 대해 확인하였다. 실험에 사용한 가스 보일러의 경우, 부품(Component) 변경 없이 기존 도시가스에 사용되는 부품을 적용하여 실험을 진행하였다. 수소 혼입 비율이 증가할수록 화염속도 증가로 인해 화염 안전 영역이 소폭 상승하였고 연료 중 포함되어 있는 탄소 함량 감소로 인해 CO2가 소폭 저감 되는 효과가 있었다. 가스 소비량이 소폭 감소하면서 공기비는 증가하였으며 공기비 증가로 인해 CO 감소 및 화염온도 감소로 인한 Thermal NOx 감소효과가 있었다. R-Gas에 수소를 20% 혼합하여 가정용 가스보일러의 장기 내구성 테스트 결과 역화를 비롯한 안전과 관련된 문제는 발생하지 않았다.

심(KGS)수-3

가정용/상업용(중형) 가스 보일러 수소혼입 시 연소성능 및 안전성 분석 연구

이성희*, 강기섭, 이승현, 정은찬
귀뚜라미 냉난방기술연구소
(sunghi88@krb.co.kr*)

수소는 크기가 작고 가벼운 특성으로 인해 수소 누출과 수소가 금속 내부로 확산돼 금속을 파괴시키는 수소취성(embrittlement), 도시가스와 수소의 분리 현상 등의 문제가 발생하기 때문에 도시가스 배관망 및 사용기기에 대한 수소 호환성 및 안전성 검증이 반드시 필요하다. 가정용 가스보일러 및 가스레인지, 산업용 보일러, CNG 버스 등 도시가스를 사용하는 모든 가스기기에 수소가 혼입될 경우 안전성 확보는 필수적이다. 본 연구를 통해 가정용/산업용(중형) 가스보일러를 대상으로 수소혼입 비율이 증가할수록 열효율, 연소상태 변화, 연소속도, 가스누출, 배기가스 농도, 역화현상 등에 대하여 안전성 검증을 수행하였다. 실험 결과 수소 함량이 증가할수록 가스소비량은 감소하며, CO, NOx 배출량은 줄어들고, 열효율에서는 큰 차이는 없었다. 화염 가시화를 통해 색변화(적염→청염)와 그 폭이 감소한 결과를 보였지만 안전상 문제(역화, 부상화염)는 나타나지 않았다.

심(KGS)수-4

한국형 NG-H_2 혼소가스의 연소속도 및 화염안정지수에 관한 연구

박태준, 이창언*
인하대
(chelee@inha.ac.kr*)

최근 전세계적으로 탄소 배출 저감 정책의 일환으로 화석연료 사용을 줄이고 친환경 에너지로의 전환을 확대하고 있는 추세이다. 수소연료는 기존의 화석연료와 달리 지구온난화의 주범으로 인식되고 있는 이산화탄소를 발생시키지 않기 때문에 친환경 연료로 주목받고 있다. 최근 한국에서도 도시가스 수소 20% 혼입 상용화라는 목표를 실현하기 위해 NG 라인에 수소를 혼합하여 공급하기 위한 NG-H_2 연료의 호환성 판정법 개발 및 검증 연구가 수행되고 있다. 가스연료의 호환성은 장치를 변경하지 않고 새로운 연료로 대체했을 때 화염안전성, 성능, 공해물질 배출 특성등이 허용범위 이내로 유지되어 그대로 사용할 수 있는 성질을 의미한다. 특히 화염 안정성은 수소를 혼입함에 따라 불안전 연소, 역화, 부상이 일어나지 않는 안정한 화염을 의미하며 연소속도를 변수로 하여 지수를 계산하여 호환여부를 평가한다. 따라서 본 연구에서는 한국형 도시가스를 대상으로 수소 혼입율에 따른 연소속도를 도출하고 화염 안정 지수를 계산하여 호환 가능 영역을 분석하고 제안하고자 한다.

심(KGS)수-5

수소 혼입 연료의 연소조건에 따른 열량 민감기기 수치 해석

조정민, 성재용*
서울과학기술대
(jysung@seoultech.ac.kr*)

최근 탄소중립의 중간 단계로 연료에 수소를 혼입하여 기존 연소기에서 탄소 배출을 감소하는 방법이 시도되고 있다. 그러나 대용량 연소기 및 열교환기와 같은 열량민감기기들은 작은 연소 효율 변화가 시간 및 비용의 큰 손실을 야기할 수 있다. 이에 따라, 열량민감기기를 대상으로 하는 수소 혼입 연료의 연소특성과 열 교환 성능의 분석 방법이 요구되고 있다. 본 연구는 연소를 포함하는 열량 민감기기의 열 교환 과정을 시뮬레이션 하여 메탄-수소 혼합연료의 연소조건에 따른 연소특성과 효율을 분석하였다. 열량민감기기는 외기 유입 없이 공급된 예혼합 가스가 연소되어 열교환기를 가열하고 배기되는 보일러 모델로 설계하였으며, GRI-Mech 3.0을 적용한 CFD를 이용하여 연소를 포함한 열 교환 과정을 수치해석 하였다. 해석 결과, 일정한 체적유량의 연료를 공급할 때, 당량비가 동일하면 수소 혼입에 따라 화염 및 열교환기의 출수온도가 상승하였다. 하지만 연료와 공기의 비율이 일정한 조건에서 수소를 혼입하는 경우 희박 연소조건을 형성하였으며, 화염 및 출수 온도가 감소하는 결과를 보였다.이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00237341, 주택용/산업용 연소기·가스기기 연소성능 안전성 검증 및 안전기술 개발)

심(KGS)수-6

노즐 크기와 당량비에 따라 수소 혼입율이 화염 신장에 미치는 영향

손병우, 이민정*
서울과학기술대
(mj.lee@seoultech.ac.kr*)

본 연구에서는 메탄-수소 혼합연료의 연소특성을 실험적으로 분석하였다. 탄소 중립 달성을 위해 기존 연료망을 활용한 수소 공급이 논의되고 있지만, 넓은 가연한계와 빠른 연소속도를 가진 수소의 연소 특성을 고려한다면 위험성이 문제로 제기된다. 본 실험에서는 단순한 형태의 연소기인 분젠 버너를 활용하여 수소 몰 분율 40~80% 혼합 연료 화염을 당량비 및 노즐 직경 등 실험 조건에 따라 Schlieren가시화를 활용해 분석하였다. 실험 결과 혼합연료 예혼합 화염은 분젠 버너에서 음의 화염 신장을 받아 화염면이 수축하며, 수축 강도는 이론당량비부터 약간 희박한 혼합기에서 최대로 나타났다. 연료의 수소 비율이 증가할수록 전반적인 화염면 수축 강도는 증가했고 연소속도도 증가하였다. 또한 본 연구에서 얻어진 연소속도는 기존 연구들에서 제시된 연소속도보다 빠르게 측정된 경향이 나타났으며 이는 분젠 형태 연소기에서 화염 신장이 연소속도에 영향을 미친 것이 원인으로 사료된다.

심(KGS)수-7

수소-액화천연가스 혼합 조건에서 기존 가스 의류건조기의 성능 및 배기가스 배출 특성 분석

송기종*, 강영각, 강재철, 오석호, 김효엽, 이원준, 이미정
한국에너지기기산업진흥회
(ki_jong_@keaa.or.kr*)

최근 영국의 'HyDeploy 프로젝트'와 미국의 'HyBlend 프로젝트' 등 기존 액화천연가스(LNG) 배관 망에 수소를 혼입하여 공급하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이에 대한 다양한 결과들이 보고되고 있다. 국내에서도 2023년부터 도시가스 배관 내 수소를 혼입하여 공급할 경우, 기존 천연가스 사용 가스기기와 배관 설비 등의 안전성을 검증하기 위한 연구를 시작하였다.본 연구는 탄소중립 목표 달성을 위한 도시가스 배관 내 수소 혼입에 따른 안전성 검증의 일환으로 수행 중인 '주택용/산업용 연소기 가스기기 연소성능 안전성 검증 및 안전기술 개발' 연구 과제의 결과를 바탕으로 액화천연가스와 수소가 혼합된 조건에서 구조적인 변경이 없는 기존 가스 의류건조기의 성능 및 배기가스 배출 특성에 대한 실험적 결과를 소개하고자 한다.이 논문은 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00237341, 주택용/산업용 연소기·가스기기 연소성능 안전성 검증 및 안전기술 개발)

심(KGS)수-8

수소 혼입에 따른 이론공연비 천연가스 엔진의 성능 변화

김창기*, 박철웅, 김민기
한국기계연구원
(cgkim@kimm.re.kr*)

지구온난화 문제를 해결하기 위하여 전세계적으로 화석연료의 사용을 줄이고 무탄소 또는 저탄소 연료로 전환하고자 노력하고 있다. 수소는 무탄소 연료의 가장 대표적인 연료이지만 저장 및 공급에 있어서 다른 연료에 비해 어려움이 있기 때문에 EU와 미국 등 선진국에서는 기존의 천연가스 인프라를 이용하는 방법들을 모색 중에 있으며 최근 국내에서도 도시가스 배관망에 수소를 혼입하는 방안을 추진하고 있다.본 연구는 도시가스 배관망에 수소를 혼입할 경우 영향을 받을 수 있는 여러 가지 천연가스 사용기기 중 천연가스 자동차(NGV, Natural Gas Vehicles)에 탑재된 엔진에 대한 실증 연구이다. 국내 천연가스자동차의 대부분을 차지하는 천연가스시내버스의 이론공연비 엔진을 대상으로 최대 20%의 수소를 천연가스에 혼입하여 연료로 공급하는 경우를 적용하고 있다. 가장 빈번히 사용하는 중속 중부하 운전조건에서 수소 혼입에 따라 이론공연비 천연가스 엔진의 출력 및 배기 성능에 미치는 영향을 실험적으로 확인하였다.

도시가스 수소혼입에 따른 연소기기 성능변화 연구

조영광, 오정석*, 신현국, 정승균
한국가스안전공사 가스안전연구원
(jsoh90@kgs.or.kr*)

탄소 중립을 위한 노력의 일환으로, 기존 화석 연료 기반의 에너지원에서 신에너지로의 전환이 중요한 과제로 대두되고 있다. 신에너지로의 전환을 위한 방안 중 하나로 도시가스에 수소를 혼입하여 사용하는 방법이 검토되고 있다. 수소는 연소 시 탄소를 배출하지 않으며, 기존 도시가스에 일정 비율 혼입하여 사용하면 탄소 배출 저감 효과를 기대할 수 있다. 다만, 기존 연소기기에 수소가 혼입된 가스가 공급될 경우 연소성능이 변화가 발생할 수 있다. 본 연구에서는 도시가스에 수소를 혼입할 경우 연소기기의 성능 변화를 실증적으로 분석하고자 하였다. 연구에서는 연소기기 성능시험 가스인 R가스를 사용하여 5년 이상 사용된 연소기기의 연소 특성, 열량, 배기가스 배출 특성, 연소 효율 등을 국내 기준에 따라 평가하였다. 연구결과를 바탕으로, 수소 혼입 도시가스가 기존 연소기기에 미치는 영향을 분석하고, 향후 수소 활용 확대를 위한 기초 자료를 제공하고자 한다. 본 연구는 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행 된 연구입니다(RS-2023-00237341, 주택용/산업용 연소기·가스기기 연소성능 안전성 검증 및 안전기술 개발).

심(안전)금-1

공론장을 통한 규제와 기술의 화해

김신범*
노동환경건강연구소
(wioeh@hanmail.net*)

규제와 기술은 갈등상황에 자주 놓인다. 규제는 표상에 대한 개선을 상상하는 미션을 가지고 있으며, 기술은 물리적 대상의 작동성을 담보하는 것이 미션이기 때문이다. 기술은 규제적 상상력을 비현실적이라고 비판하고, 규제는 기술의 고민을 현실안주의 소극성으로 비판한다. 그럼에도 불구하고 정책은 과학에 기반하여 만들어진다고 말한다. 이때 과학은 기술을 의미할까? 예를 들어 사전주의원칙은 위해성평가 결과가 통계적으로 명확한 의미를 보여주지 않더라도 정책 투입을 가능하게 한다. 기술과 과학의 판단은 다르며, 과학은 기술과 규제의 타협물일 수 있다. 리우선언 이후 기술이 공론장을 통해 과학적 정책판단으로 이어질 필요성이 제기되었다. 2021년 환경부에서 시작한 <화학안전정책포럼>은 규제와 기술의 대표적 타협 사례이다.

심(안전)금-2

유해성미확인물질'의 확인과 안전한 취급

강미진*
리켐프로(주)
(mjkang@richempro.com*)

화학물질을 안전하게 취급하도록 하기 위해 세계적으로 건강·환경 유해성 및 물리적 위험성의 분류기준을 일치시키고, 해당 유해성 등에 따른 그림문자, 유해·위험문구(H-code) 및 예방조치문구(P-code)를 표준화하였으며, 우리나라와 유럽연합 등 여러 국가에서 화학물질의 제조·수입자에게 유해성·위험성 정보의 확인과 하위사용자에 대한 정보전달 의무를 요구하고 있다. 그럼에도 불구하고 유해성·위험성 정보가 확인되지 않은 많은 종류의 화학물질이 유통·취급되고 있어, 이들 "유해성미확인물질"의 안전한 취급을 위해 유해성이 있다는 보수적인 접근방식으로 관리할 필요가 있다. 이에, 「화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률」이 개정되면서 "유해성미확인물질"을 제조·수입하는 자의 정보전달 의무와 사용자의 안전조치 의무가 2025.8.7.부터 시행된다. 본 연구는 화학물질의 ▲유해성정보 확인, ▲안전사용정보 작성·전달, ▲물질안전정보 확인 및 ▲사업장 맞춤형 안전조치 수립·이행까지의 단계별로, 유해성이 확인되지 않은 물질의 제조·수입자와 사용자 역할을 제시하고자 하였다. 이를 통해 화학물질로 인해 취급자 및 환경에 미칠 수 있는 악영향을 예방할 수 있을 것으로 기대한다.

심(안전)금-3

유해성을 고려한 위험비례형 취급시설 기준 연구

김종우*, 곽솔림, 김찬식, 천아인, 윤이, 박봉균
화학물질안전원
(jwoo47@korea.kr*)

유해화학물질로 지정되면, 획일적 기준으로 관리하던 「화학물질관리법」과 「화학물질의 등록 및 평가에 관한 법률」이 유해성에 따라 인체급성, 인체만성, 생태유해성으로 지정·관리되도록 개정되어, 시행('25.8)을 앞두고 있다. 법률 개정의 특징은 사업장에서 취급하는 화학물질의 유해성, 취급량에 따라 관리수단이 차등화 되는 것으로, 여기에서는 민·관·산 등 이해관계자가 함께 취급시설 전문가 협의체 논의를 통해 마련한 세부 이행기준을 소개하고자 한다. 주요 내용은 첫째, 유해성에 따라 시설기준을 차등화하였다. 급성유해성 물질은 화학사고 예방대응관리, 만성유해성 물질은 인체노출저감, 생태유해성 물질은 환경배출 최소화에 집중하였다.둘째, 세부 이행기준은 화학사고의 전개 단계를 고려하여 사고예방, 사고저감, 피해저감 등 항목으로 구성하였다. 마지막으로 기존 9개의 세분화된 시설기준을 5개의 고시로 통합하고, 그간 현장에서 느꼈던 불편사항, 운영상 미비사항 등을 보완하여 안전과 제도 이행력을 강화하고자 하였다.

심(안전)금-4

유해화학물질 규정수량기준에 관한 연구

이지호*, 전다영, 윤이
환경부 화학물질안전원
(jhlee76@korea.kr*)

유독물질 지정체계 개편에 따라 규정수량은 현행 화학사고예방관리계획서 제출수준의 기준에서 영업허가 신고, 시설검사주기, 관리자 선임 등 화관법 관리체계 차등화기준으로 개선된다. 이에 민관산 협의체를 구성하여 이행당사자 및 산업계 논의를 거쳐 의견을 반영하여 유해화학물질별 규정수량기준을 마련했다. 유독물질 지정체계에 맞추어 급성, 만성, 생태유해성그룹별로 구분하여 수량기준을 마련했고, 유해화학물질별로는 잦은 정수장사고의 주변 피해영향을 고려하여 염소와 염화수소의 하위 및 상위기준을 강화했다. 기업의 자율관리여부를 결정하는 최하위규정수량은 급성, 만성, 생태유해성별 하위규정수량의 2.5%를 적용하되, 만성유해성 1B구분을 5%로 차등적용했다. 사고대비물질은 현행 97종에서 유해성지정물질에서 제외되거나 물리적위험성이 있는 만성유해성물질 중 사고빈도가 잦고 대량 유출사고위험이 큰 물질인 자일렌, 스티렌, 1,3-부타디엔 3종을 추가지정하여 개선했다. 이를 통해 규정수량은 영업허가 신고, 시설검사주기, 화관서 제출수준 등을 판단하는 기준으로 활용된다.

배출량관리제도 발전 전략

이진선*, 김기준, 윤준헌, 김신범[1], 조준희[1]
화학물질안전원; [1]원진재단부설 노동환경건강연구소
(own0211@korea.kr*)

화학물질 배출량 조사제도는 OECD 가입과 함께 도입되어 국민 건강과 환경 보호를 위한 주요 정책으로 운영되어 왔다. 또한, 2019년부터는 배출량 조사 결과를 바탕으로 실질적인 감축을 유도하기 위해 배출저감계획서 제도가 단계적으로 시행되고 있다. 2025년 8월 7일부터 개정된 「화학물질관리법」 및 「화학물질의 등록 및 평가에 관한 법률(화평법)」이 시행됨에 따라, 유독물 지정체계가 급성·만성·생태유해성 물질로 개편되면서 보다 정교한 유해물질 관리가 요구되고 있다. 이러한 변화 속에서, 만성 유해성 물질을 적절히 관리하고 주민을 보호하기 위한 수단으로서 배출량 조사와 배출저감계획서 제도의 중요성이 더욱 커지고 있다. 이에 대응하기 위해 배출 제도를 전반적으로 재검토하고, 실효성과 이행 효율성을 높이기 위한 개선 이 논의되었다. 그 결과, 배출 저감 노력과 정책적 성과 연계를 강화하는 통합적 관리 모델이 제안되었으며, 유해.위험 평가 및 공개, 지역사회 협력체계 구축 등이 논의되었다. 이번 개선 전략은 국민 건강과 환경 보호를 최우선으로 하고, 녹색화학 기술을 기반으로 효과적인 배출 저감을 실현하는 것을 목표로 한다. 정부, 산업계, 지역사회가 상호 신뢰를 바탕으로 긴밀히 협력함으로써, 배출량 관리제도가 국민 건강과 환경 보호의 핵심 정책으로 자리 잡고, 나아가 녹색 성장의 새로운 기회를 창출하는 기반이 되기를 기대한다.

심(고분)목-1

글리콜 키토산 써모젤의 맞춤형 설계와 바이오메디컬 응용

허강무*
충남대
(khuh@cnu.ac.kr*)

Over the past decades, thermogelling polymers, or thermogels, that undergo reversible sol-gel transitions in aqueous environments have attracted much attention for their potential in biomedical applications, particularly in injectable drug delivery systems and tissue engineering. Despite their favorable thermo-responsive properties, conventional synthetic thermogels often exhibit limitations in biodegradability, biocompatibility, and mechanical performance, restricting their practical utility. To overcome these challenges, we developed a novel class of thermogelling polymers, acyl glycol chitosans (AGCs), synthesized through the N-acylation of glycol chitosan with various acylating agents. This polysaccharide-based thermogel demonstrates enhanced biocompatibility, controlled biodegradability, improved thermogelation efficiency, and mechanical properties, providing functional advantages over traditional synthetic thermogels. This study introduces the physicochemical characteristics and biofunctional potential of AGCs, emphasizing their promising applications in injectable drug delivery, tissue engineering, and 3D cell culture.

심(고분)목-2

다차원 구조의 하이드로젤을 이용한 의공학적 응용

고원건*
연세대
(wongun@yonsei.ac.kr*)

This seminar covers hydrogel-based biopattern fabrication and its applications in tissue engineering and biosensing.First, hydrogel-incorporating nanofiber scaffolds were created by patterning poly(ethylene glycol) (PEG) hydrogel microstructures onto an electrospun nanofiber matrix, forming porous sheets used for salivary gland regeneration. For biosensing, bioresponsive hydrogels were integrated with moiré patterns. A hydrogel grating with microgrooves was overlaid with a reference grating, amplifying small pitch changes into detectable signals. This enabled pH monitoring and protein detection using antibody-incorporated hydrogels. Lastly, a self-healing hydrogel was developed using N-carboxyethyl chitosan (CEC) and oxidized dextran (OD), crosslinked with collagen and genipin (CEC-OD/COL-GP). It exhibited self-healing, modulus recovery, transparency, injectability, and adhesiveness, supporting cell adhesion and proliferation. Applications included drug delivery and angiogenesis modeling.

심(고분)목-3

하이드로젤 기반 오가노이드 응용 연구

조승우*
연세대
(seungwoocho@yonsei.ac.kr*)

Organoids have been highlighted for regenerative medicine, disease modeling, and drug testing. However, current organoid culture methods have several limitations due to a lack of tissue-specific microenvironments, leading to immature structural and phenotypic characters and limited functionality. To overcome these limitations, we develop functional hydrogels to engineer organoid development and functions. Application of tissue-mimetic hydrogels can successfully recapitulate in vivo-like microenvironments favorable for organoids, leading to structural and functional maturation of several types of tissue organoids. Accordingly, the organoids generated with our hydrogels exhibit improved metabolic activity and drug responses which are critical for the performance of drug testing platforms. They also show enhanced regenerative potential to reconstruct injured tissues. Our bioengineering strategies with functional hydrogels can facilitate the development of highly effective organoid platforms for advanced regenerative medicine and drug development. This work was supported by the NRF grant (RS-2021-NR059722).

심(고분)목-4

말초신경 및 근육재생을 위한 조직접착 하이드로젤 계면

신미경*
성균관대
(mikyungshin@g.skku.edu*)

Tissue-adhesive biomaterials have emerged as a promising solution for enhancing tissue repair and local drug delivery due to their biocompatibility, tunable mechanical properties, and resistance to delamination on wet tissues. For effective regeneration of peripheral nerve and muscle tissues, which require high elasticity, controlling interfaces with tissue-mimetic hydrogels is crucial for restoring motor function and sensory perception after traumatic injury. This study introduces various hydrogel interfaces with strong adhesiveness to nerve and muscle tissues and electrical conductivity, which effectively promote axon and myofiber growth. The adhesive properties allow for stable attachment without the need for sutures or invasive fixation, reducing complications. Furthermore, combining these conductive, adhesive hydrogels with self-healable, stretchable electronics enables the development of an injectable tissue prosthesis, facilitating closed-loop robot-assisted rehabilitation. Challenges such as long-term stability, mechanical strength, and immune response are discussed, along with future directions for optimizing hydrogel-based therapies in clinical applications.

심(고분)목-5

고분자 소재 기반의 의용전자 패키징 기술

서정목*
연세대
(jungmok.seo@yonsei.ac.kr*)

In bioelectronics and medical devices, advanced packaging is essential for reliable, long-term function. This study introduces a strategy integrating polymers, hydrogels, and rigid IC chips via innovative bonding. It overcomes challenges including mechanical mismatches, immune response protection, and precise micro-pitch bonding. Key components are next-generation hydrogel biomaterials, the L-Skin protective coating, and a hydrogel-based anisotropic conductive film (ACF). The hydrogel biomaterials provide high biocompatibility and conformal tissue contact while minimizing immune reactions. The L-Skin coating serves as a barrier against biofouling and infection, and the hydrogel ACF enables ultra-fine interconnections for high-density packaging. This integrated solution offers promise for implantable biosensors and wearable monitors, demonstrating that chemical modification combined with advanced bonding can overcome conventional packaging limits for innovative clinical applications.

심(고분)목-6

생체내 환경 모사를 위한 다공성 공배양 박막

류진*
한국과학기술연구원
(jyoo@kist.re.kr*)

This presentation introduces advancements in cell coculture platforms utilizing engineered porous membranes to better replicate in vivo microenvironments and enhance heterogeneous cell-cell signaling. Porous membrane-based coculture systems are essential for establishing modular tissue interfaces and barrier models in tissue-on-a-chip applications. While commercial membranes like Transwell® are widely used, their thick structure (~10 μm) and low porosity limit cell interactions. To address this, we developed biocompatible polymer membranes with reduced thickness and higher porosity, significantly improving cell-cell communication and differentiation efficiency compared to conventional membranes.

심(공업)목-1

Synthesis and Application of Squalane-Based Organogel Containing Functional Ingredients

이희영*
국립금오공과대
(lhysshr@kumoh.ac.kr*)

Amphiphilic molecules, such as surfactants, can self-assemble to form representative colloidal nanoparticles, including monolayer micelles and bilayer liposomes. Depending on their size and morphology, these colloidal particles are widely utilized in various fields such as pharmaceuticals and cosmetics in the form of nanoemulsions and hydro/organo gels. In this study, we introduce a method for synthesizing cylindrical reverse micelles in a squalane phase using lecithin and salts at low concentrations through a simple and reliable approach. Based on this, we also present the preparation of a squalane gel. Squalane is a widely used ingredient in skincare products and is a hydrogenated, stabilized form of squalene, a compound naturally present in the skin and extracted from sources such as sugarcane. More importantly, by incorporating both hydrophobic (e.g., vitamins C, E, and K) and hydrophilic (e.g., EGF, peptides, and amino acids) functional ingredients into the gel, its potential applications as a functional cosmetic and a medical wound healing material are explored.

심(공업)목-2

High-Frequency Ultrasound Microbeams: Transforming the Landscape of Medicine and Biology

황재윤*
대구경북과학기술원
(jyhwang@dgist.ac.kr*)

For the last decades, high-frequency ultrasound at 20 MHz to 1 GHz has been utilized in various biomedical imaging technologies. However, its applications in biology and medicine have remained limited due to the high cost of system development and the relatively few advantages it offers over optical microscopy. As a result, high-frequency ultrasound has largely been overlooked in these fields. Recently, however, high-frequency ultrasound technologies have gained significant attention as they have proven to be highly useful for specific biomedical applications such as high-resolution ultrasound imaging, cell manipulation, and cell characterization. Consequently, various high-frequency ultrasound systems, including ultrasound bio-microscopy and acoustic tweezers, have been developed and further explored for these applications. In this talk, I will introduce the latest advancements in high-frequency ultrasound technologies for biomedical applications, with a particular focus on our recent research. Specifically, I will highlight innovations in acoustic tweezers, cell stimulation, and intelligent acoustic cell elastography.

심(공업)목-3

섬유소계 바이오매스로부터 산 촉매 전환공정을 이용한 퍼퓨랄 생산

김준석*, 안형균
경기대
(jskim84@kyonggi.ac.kr*)

Furfural(FuR) is a compound derived from xylose, the monomeric unit of xylan, one of the components of lignocellulosic biomass. Furfural is a promising precursor that can be utilized in various industries, including pharmaceuticals, agriculture, solvents, and fuels, depending on the down-stream processing.Furfural was obtained from xylan liquor through a two-step pretreatment process of rice husk(RH), which is a type of LCBs. Two-stage pretreatment consisted of de-ashing with NaOH followed by delignification using EtOH. After the two-stage pretreatment, rice husk can be fractionated into a glucan-rich solid and xylan-rich liquor. This study aimed to determine the optimal furfural yield from xylan liquor obtained through this two-step pretreatment, using an acid-catalyzed conversion process. As a results, the optimal conditions for acid-catalyzed conversion were determined to be a reaction temperature of 168.9℃, a catalyst concentration of 1.91 wt.%, and a reaction time of 41.24 min. Under these optimized conditions, the acid catalyzed conversion achieved an impressive furfural yield of 67.31%, demonstrating the efficiency of the proposed process.

심(공업)목-4

고분자전해질막 연료전지 열화 및 내구성 평가 연구개발 동향

박권필*
국립순천대
(parkkp@scnu.ac.kr*)

PEMFC의 시장을 확대하기 위해서는 원가 절감과 내구성 향상이 필수적이다. 대형 상용차(HDV)의 내구성은 승용차 내구성의 5배여서 800,000 km이상 운전이 목표다. 원가감소를 위해 촉매량과 고분자막두께는 감소시키면서 내구성을 향상시켜야한다. HDV 연료전지 내구성 평가시간도 5배가 되어 가속화도를 향상시킨 내구성 평가(AST) 프로토콜이 개발되고 있다. 연료전지 스택이 고출력일 때 Cathode 에서 산소공급속도가 낮아 성능감소 원인이 돼서 고산소투과 이오노머(HOPI)가 연구개발되고 있다. 바인더 이오노머의 내구성 평가는 막의 내구성평가조건과 달라 바인더 이오노머 내구성 평가법 연구개발이 요구되고 있다. 공랭식(Cathode Open) 스택의 내구성향상을 위한 내구성 평가법도 연구개발하였다. 같은 MEA를 사용하지만 스택에서 전극과 막의 열화 속도는 위치마다 차이가 있어 2,000~8,000시간 운전한 스택의 국부 분석에 의해 위치별 열화원인을 찾아 스택 내구성을 향상시키는 연구도 진행되었다.

심(공정)목-1

Development of a Modular IoT-Based Automated Experimental System

Sotowa Ken-Ichiro*
Kyoto University
(sotowa@cheme.kyoto-u.ac.jp*)

The application of machine learning in chemistry is advancing rapidly, yet conducting experiments to acquire data for training and validation remains essential. Automation technology for chemical experiments is gaining attention for its potential to reduce manual effort and accelerate data acquisition. To broaden its application, automated experimental systems must be adaptable to various experimental setups and enable rapid initiation of experiments. We have developed a flexible automated experimental framework utilizing IoT-based laboratory equipment. This presentation will introduce the system's features and demonstrate its application in the optimization of reaction conditions.

심(공정)목-2

MARK: 나노소재 개발용 AI 재료 과학자

한상수*
한국과학기술연구원
(sangsoo@kist.re.kr*)

The development of autonomous laboratories based on AI and robotics is revolutionizing nanomaterials research by accelerating the discovery and optimization of functional nanoparticles (NPs). In this talk, I will introduce our effort for development of autonomous laboratories for nanoparticles, called MARK (Materials Acceleration Research K-lab in KIST). In particular, this presentation will focus on the bespoke synthesis of silver (Ag) nanoparticles, highlighting strategies for optimizing synthesis conditions to meet specific application needs. Additionally, I will discuss the balancing optimization between activity and stability in nanoparticle catalysts, exploring how AI-based autonomous experiments contribute to efficient catalyst design. By integrating autonomous systems into nanomaterials research, we can enhance reproducibility, reduce material waste, and unlock new possibilities for catalytic applications.

심(공정)목-3

From Molecular Design to Automated Synthesis: The Overlooked Challenges and AI-Driven Solutions

이예설*, Yihang Fang, Mengjia Zhu[1], Alan Armstrong[2], Claire S. Adjiman[2]
University College London; [1]University of Manchester; [2]Imperial College London
(lauren.lee@ucl.ac.uk*)

Computer-aided molecular design techniques have revolutionized molecular discovery by enabling systematic exploration of vast chemical spaces. However, a persistent challenge remains: ensuring the synthetic accessibility of computationally designed molecules. This disconnect between theoretical molecular design and experimental synthesis continues to limit real-world applicability.Here, we provide an integrated perspective on AI-driven molecular design and chemical synthesis, with a particular focus on CO_2 chemical absorption solvents and reactions relevant to pharmaceutical process development. Beyond molecular design, we address challenges in AI-driven chemical discovery and automated chemical synthesis, including reaction prediction, dataset bias, and limitations in automation.We exemplify high-throughput experimentation in amide bond formation, where 3,000 reaction data points are generated as a strategy for improving data diversity and model robustness. Key methodological challenges and AI integration for automated synthesis are also explored.

심(공정)목-4

저활용 유분활용을 위한 금속담지 무기촉매 제조 자동화설비 구축

유수현*
한국화학연구원
(syoo@krict.re.kr*)

본 발표에서는 저활용 유분을 활용한 금속담지 무기촉매 제조의 자율화실험실 구축 현황에 대해 소개하겠습니다. 먼저, 자율화실험실의 개념을 간략히 소개하고, 불균일 촉매 제조를 위해 요구되는 핵심 설비 및 기존 수작업 방식과 로봇 제조 방식의 차이에 대한 이야기를 하겠습니다. 이를 통해 자동화 설비 구축을 위한 주요 과제를 도출 및 해결 방안에 대해 논의하겠습니다. 이후, 목표로 하는 자율화시스템의 구성 및 핵심 기능을 설명하고, 실험 데이터의 실시간 모니터링 및 수집 시스템을 활용하는 방안에 대해 말씀드리겠습니다. 마지막으로, 실제 운영 과정에서 발생할 수 있는 문제점과 이에 대한 트러블슈팅 방안을 논의하여, 촉매 제조 공정의 안정성과 재현성을 향상시키는 방안에 대해 논의하겠습니다.

바이오공정 자동화를 위한 고속대량 스크리닝과 최적 실험 설계

김종우*
인천대
(jong.w.kim@inu.ac.kr*)

Optimal experimental design for parameter precision attempts to maximize the information content in experimental data for a most effective identification of parametric model. With the recent developments in miniaturization and parallelization of cultivation platforms for high-throughput screening of optimal growth conditions massive amounts of informative data can be generated with few experiments. Increasing the quantity of the data means to increase the number of parameters and experimental design variables which might deteriorate the identifiability and hamper the online computation of optimal inputs. To reduce the problem complexity, in this work, we introduce an auxiliary controller at a lower level that tracks the optimal feeding strategy computed by a high-level optimizer in an online fashion. The hierarchical framework is especially interesting for the operation under constraints. The key aspect of this method are discussed together with an in silico study considering parallel glucose limited bacterial fed batch cultivations.

심(분리)목-1

화학공장에 대한 AI자율제조공장 솔루션의 접근 방향

이창하*
연세대
(leech@yonsei.ac.kr*)

국제적으로 화학산업의 경쟁이 첨예하게 일어나고 있는 현 상황에서 화학제조공장의 경쟁력 제고는 산업 생존에 필수적이다. 특히 국내의 경우는 인구절벽과 탄소중립에 대응이 필요한 실정에서 현재 화학제조공장의 효율화가 어느때 보다 중요한 시점이다. 이를 위해 AI기반 자율제조공장의 실현이 현실적인 대응책으로 대두되고 있다.화학제조공장은 반응기를 포함하여 많은 단위 공정들이 결합되어 복잡한 공정 구성을 통해 생산품을 생산한다. 또한 많은 센서가 공정 운전 및 안전, 수율 측정을 위해 설치되어 있으며, 현실적으로는 모든 센서를 작업자가 실시간 관측하는 것이 불가능하다. 특히 지속적으로 생산되는 제품의 품질을 확인하기 위해서 공장에서 샘플하는 횟수는 한정일 수 밖에 없다. 반면 AI 솔루션은 센서의 숫자에 관계 없이 실시간 관측 평가 분석이 가능하며, 특히 실시간으로 생산 품질을 예측하여 제공할 수 있다.본 발표에서는 실제 화학공장을 대상으로 생산된 data 처리, 이를 이용한 실시간 생산 품질 예측, 각 공정 변수의 기여도 분석, 공장 안전 분석에 대한 AI 솔루션의 예를 다룰 것이다. 또한 data과 model에 기반한 AI simulator와 optimizer의 예시를 발표하고자 한다.

심(분리)목-2

Asymmetric Mixed-Matrix Membranes by In-situ Formation of MOF Fillers for Gas Separations

정해권*
텍사스A&M대
(hjeong7@tamu.edu*)

Metal-organic frameworks (MOFs) embedded in mixed-matrix membranes (MMMs) hold significant promise for advancing high-performance, energy-efficient gas separation technologies. Despite notable advancements in the field, MMMs have yet to achieve commercial viability due to several engineering hurdles. A key challenge lies in the cost-effective production of membranes with commercially adaptable geometries, particularly asymmetric membranes featuring ultra-thin selective skin layers. In this presentation, I will present innovative approaches to overcoming these engineering obstacles. I will begin by discussing the current state and challenges of MOF-containing MMMs, followed by an introduction to two novel methods for fabricating asymmetric MOF-containing MMMs, including both flat-sheet and hollow-fiber/module configurations. Finally, the propylene/propane separation performances of these MMMs are discussed and compared with other MMMs as well as polycrystalline MOF membranes.

심(분리)목-3

대규모 상온 화학 분리공정을 위한 엔탈피-엔트로피 선택적 분리막 공정 연구

고동연*
한국과학기술원
(dongyeunkoh@kaist.ac.kr*)

전 세계적으로 연간 생산된 에너지 중 10-15%가 화학물질 분리공정에 재투입되며, 이는 평균 500MW급 석탄 화력 발전소 약 500개에서 생산 가능한 에너지양과 비슷하다고 볼 수 있다. 특히 가솔린, 플라스틱, 섬유 등 수많은 일상 소재들의 원재료를 적은 비용(저에너지, 저탄소)으로 생산하는 것은 모든 화학, 바이오, 제약 산업의 초미의 관심사이다. 이에 바로 분리막을 적용하기에는 다양한 한계점이 존재한다. 분리막 재료의 탄화수소 분자에 대한 선택도 및 안정성 부족하고, 나노스케일의 공간에서의 유기용매 분자 상호 확산 거동에 대한 이해 미비한 편이다. 또한, 초 미세다공성 재료를 확장성 있는 분리막 플랫폼으로의 제조 방법론이 OSRO 및 OSFO와 같은 새로운 분리공정에 대한 공정 규모의 통합 시도 부족한 상황이다. 본 발표에서는 원유부터 반제품까지 다양한 탄화수소의 분리에 적용될 수 있는 분리막과 분리막 공정에 대해서 논의하고자 한다.

심(분리)목-4

초고속 유기용매 나노여과막을 위한 그래핀 구조 제어

김대우*
연세대
(audw1105@yonsei.ac.kr*)

Graphene base materials are widely used in organic solvent nanofiltration due to their interlayer structure and strong stability. To enhance solvent flux, pore generation is required to accelerate solvent transport while maintaining selectivity. This talk explores pore activation methods for graphene. Additionally, defective structure of graphene can be restored by microwave treatment. The resulting membranes enable ultrafast organic solvent filtration with precise molecular sieving. I will also discuss the solvent flow mechanism in porous multilayer graphene, highlighting the critical pore size and interlayer spacing for ultrafast transport.

심(분리)목-5

초임계 수열 프로세스를 이용한 혁신적 나노입자 합성

성기명*
수원대
(soppua4@suwon.ac.kr*)

1990년대 초부터 초임계수를 다양한 응용 분야에 활용하는 연구가 활발히 진행되어 왔다. 대표적인 예로 중질유 개질, 폐고분자 분해 및 화학 원료 회수, 셀룰로오스 가수분해 및 당 회수, 리그닌 분해 및 화학 원료 회수, 그리고 나노입자 합성이 있다. 특히, 금속산화물 나노입자의 연속 흐름 방식 합성을 위한 초임계 수열 합성법은 금속염 수용액과 초임계수를 혼합하여 짧은 시간 내에 용액을 초임계 상태로 가열하는 시스템으로, 기존 반응기에서는 도달할 수 없는 빠른 반응이 가능하다. 이 기술은 현재 전 세계적으로 산업적 적용이 이루어지고 있다 [1]. 또한, 초임계 상태에서 유기-무기 하이브리드 나노입자의 합성이 가능함을 입증하였으며, 유기 분자를 높은 농도로 균질하게 포함하는 새로운 방식이 실현되었다. 반응 조건을 최적화하면 결정면을 제어한 작은 크기의 나노입자를 좁은 입도 분포 내에서 얻을 수 있으며, 유기적 변형을 통한 촉매 응용도 가능하다. 최근에는 금속의 고농도 치환이나 울트라 스몰 나노입자의 합성이 가능함이 밝혀져, 새로운 기능성 나노소재 개발에 기여하고 있다. 이러한 연구는 촉매, 에너지, 환경 분야에서의 응용 가능성을 확장시키고 있다 [2,3]. [1] T. Adschiri et al., Bulletin of the Chemical Society of Japan, 2023, 96, 2, 133-147.[2] Y. Zhu et al, ACS Appl. Energy Mater. 2020, 3, 5, 4305-4319.[3] A. Yoko et al, J. Am. Chem. Soc. 2024, 146, 23, 16324-16331

심(분리)목-6

지속가능한 고효율 용매로써 초임계유체의 가능성

윤태준*
서울대
(tyoon124@snu.ac.kr*)

Sustainable solvents are increasingly recognized in industry and academia for their minimal impact on environmental pollution, energy usage, and climate change. Among various sustainable solvents, supercritical fluids have found their usage into emerging fields, including microelectronics fabrication, energy production, resource management and recovery. The broad application of supercritical fluids stems from its unique properties that enable efficient separations and reactions. In this talk, I intend to discuss the fundamental principles that underpin the behavior of supercritical fluids and emphasize their key applications for sustainable technologies, encompassing critical material recovery and advanced material processing. Recent advancements in process integration and intensification will also be discussed, demonstrating their potential to replace or complement traditional approaches. Lastly, the challenges of utilizing supercritical fluids such as its energy-intensive nature and the need for advanced materials to withstand the process condition will be addressed, alongside strategies to enhance process efficiency and economic feasibility.

심(생물)목-1

Exploration of new pathway for the conversion of C1 gas inspired by ancient microbial

김용환*
울산과학기술원
(metalkim@unist.ac.kr*)

The escalating crisis of global climate change, exacerbated by the massive emissions of carbon dioxide from burning fossil fuels, has transcended into a severe global climate emergency. To combat this issue, strategies to achieve 'carbon neutrality'—curbing the net increase in carbon dioxide emissions—are critical. Given the alarming rate of around 54 billion tons of carbon dioxide being emitted annually, fueling global warming, the urgent development and deployment of novel technologies is imperative. These technologies need to efficiently transform carbon emissions into beneficial materials or store them securely for an extended duration. In our presentation, we will delve into the feasibility of mimicking the Wood-Ljungdahl pathway, a natural process some organisms use to absorb atmospheric carbon dioxide. We'll examine the essential biological catalysts for this process and the specific qualities they must possess for effective carbon sequestration. Finally, we will present various applications of enzymatic reactions for carbon conversion, as developed and explored by our research team.

심(생물)목-2

생화학 공학의 발전: 지난 30년에 걸친 핵산 공학의 혁신

박현규*
한국과학기술원
(hgpark@kaist.ac.kr*)

Over the past three decades, biochemical engineering has experienced transformative advancements, many of which have been driven by breakthroughs in nucleic acid technologies. In this lecture, I will share my journey through this rapidly evolving field, focusing on major contributions to the development of DNA chips, novel PCR methodologies—including isothermal amplification techniques—DNAzymes, and aptamers. These innovations have played a pivotal role in revolutionizing molecular diagnostics, enabling high-throughput analysis, and paving the way for groundbreaking applications in biosensing and therapeutics. More recently, our work has extended into RNA interference (RNAi) technologies, a promising area for gene regulation and therapeutic innovation. By reflecting on these key milestones, I aim to highlight how biochemical engineering bridges fundamental science and practical applications, continuing to drive advancements in healthcare and biotechnology. This talk celebrates the profound impact of biochemical engineering and offers a forward-looking perspective on how nucleic acid technologies will shape the future of innovation.

심(생물)목-3

지난 30년, 앞으로의 30년

원종인*
홍익대
(jiwon@hongik.ac.kr*)

Over the past 30 years, remarkable economic growth has driven significant advancements in the field of biochemical engineering. In the past, research primarily focused on areas such as mathematical modeling and ethanol fermentation. However, the field has expanded and evolved into diverse areas, including synthetic biology, cell therapy development, and AI-driven personalized medicine. In this session, we will reflect on the progress made over the past three decades and discuss how researchers can navigate their careers in the future. Additionally, with increasing life expectancy, many people are concerned about life after retirement. We will also take time to explore how best to prepare for this stage of life.

심(생물)목-4

항체부터 생분해성 플라스틱 생산 연구까지

이은열*
경희대
(smatice37@gmail.com*)

In this presentation, I will discuss the key topics and findings of the research I have been involved in and led over the past 30 years. Starting from my master's thesis on the production of monoclonal antibodies using hybridoma cells, I will cover the progress made to the recent development of a technology for producing biodegradable plastics, specifically polyhydroxyalkanoates, using C1 gases, which is the primary focus of our current research. For C1 bioconversion, methanotrophs can serve as biocatalysts for methane bioconversion due to their ability to utilize methane as the sole carbon and energy source. This presentation will focus on the biotechnological production of biodegradable polyhydroxyalkanoates from methane through metabolic engineering of type II methanotrophs.

박사 후 30년간의 생물화공 분야에서의 나의 연구활동 기록

차형준*
포항공과대
(hjcha@postech.ac.kr*)

1995년 박사학위를 취득하고 나서 올해가 2025년이므로 딱 30년이 되었다. 박사 후 30년간 생물화공 분야에서 어떻게 커리어를 쌓고 어떻게 연구를 수행해 왔는지 정리를 해보는 시간을 이번 심포지엄에서 기회를 제공받은 것에 매우 감사하다. 30년이라는 길면 길고 짧으면 짧은 시간 동안에는 연구 환경에서도 많은 변화가 있었다. 본 발표를 통해 이러한 연구 환경 변화와 나의 연구 활동 변화를 정리함으로써 후학들의 앞으로의 30년을 응원해 보고자 한다.

심(에환)목-1

Advances in SOEC technology for clean hydrogen production

김선동*
한국에너지기술연구원
(ksd@kier.re.kr*)

As the global transition to sustainable energy accelerates, hydrogen production through electrolysis has gained significant attention. Among various technologies, solid oxide electrolysis cells (SOECs) have emerged as a key solution due to their high electrical efficiency and effective thermal utilization. This study presents advancements in SOEC technology at the Korea Institute of Energy Research (KIER), focusing on innovations in cell and stack design to enhance performance and durability. The cell thickness was reduced to 250-300 μm, and a support layer with over 40% porosity was applied alongside a 9.5YSZ electrolyte, improving mechanical strength and electrochemical performance. Furthermore, stack operation was optimized to 12.8 V at 700℃ and 14 V at 650℃, with a degradation rate of less than 0.7% per 1,000 hours. These results contribute to the commercialization of SOEC technology. In this work, we aim to share research progress and future directions through the National Hydrogen Hub Laboratory program.

심(에환)목-2

차세대 고효율 음이온교환막 수전해 원천기술개발

최승목*
한국재료연구원
(akyzaky@kims.re.kr*)

2050탄소 중립, 신기후체제 대응, 지구 생태계의 지속가능을 위해 인류는 연간 3.8%의 CO_2 를 지속적으로 저감해야 한다. 이를 위해 에너지 사용 효율을 높이고 재생에너지의 발전 비중을 높임과 동시에 기존의 화석연료를 대체할 수 있는 무한재생산 가능한 수소 에너지의 보급을 확대할 필요가 있다. 물을 전기분해하여 수소를 생산하는 수전해 방식은 재생에너지와 연계 시 온실가스 발생이 없이 그린수소의 생산할 수 있어 다가올 수소경제체제를 위한 청정수소를 생산할 수 있는 궁극적인 방법으로 기대되고 있다. 수전해는 크게 고온형과 저온형으로 구분되며, 특히 저온형인 음이온교환막수전해(AEMWE, Anion Exchange Membrane Water Electrolysis)의 경우 기존의 알칼라인 수전해(AWE, Alkaline Water Electrolysis)와 PEMWE(Proton Exchange Membrane Water Electrolysis)의 장점이 융합된 형태로 고순도의 수소를 고압으로 저렴하게 고밀도로 생산할 수 있다. 본 학회에서는 음이온교환막 수전해 중점연구실에서 연구하고 있는 ①대용량·장수명 AEM 수전해 MEA/스택 핵심기술 개발, ②고효율 AEMWE용 촉매/전극 핵심기술 개발, ③AEM 혁신 소재 및 계면 안정성 향상 기술 개발, ④AEM 수전해 성능 예측 평가 분석 기술 개발, ⑤ 고효율 AEM 수전해 용 촉매 및 멤브레인 소재 선행기술 개발에 대해 다루고자 한다.

심(에환)목-3

국가 수소중점연구실 알칼라인 수전해 사업 계획 소개

강경수*
한국에너지기술연구원 수소연구소
(kskang@kier.re.kr*)

탄소중립을 위해 재생전력과 무탄소전력의 확대가 필요하며 전기로 해결되지 않는 원료, 연료에 대해서는 수소에너지의 활용은 피할 수 없다. 이러한 측면에서 “탄소중립 녹생성장 국가 전략 및 제1차 기본계획(23.4)”, “국가전략기술 육성 방안(22.12)”, “수소경제 이행 기본계획(21.11)” 등을 통해 국가적으로 수전해 기술의 중요성과 수전해 생산 수소의 확보가 시급한 상황이다. 하지만, 국내 수전해 장치의 개발을 위해 국가적인 지원을 통해 짧은 개발기간 동안 많은 성취가 있었으나 용량, 성능, 완성도/신뢰성에서 해외 기술에 비해 경쟁력이 떨어진다. 이를 극복하기 위해 과기부에서는 국가수소중점연구실 전담기관으로 한국에너지기술연구원을 지정하였다. ALK 국가수소중점연구실은 10 MW급 스택의 대응을 위한 스택 대형화, 저가화기술을 개발하고, 시스템적인 완성도를 높이기 위한 부하변동 대응형 가압 BOP 시스템, 정제기/전력변환기 효율화 등 기존 소재단위에서 시스템 단위로 그 영역을 확대하여 개발하며, 소재단위에서도 차세대 기술에 해당하는 분리막, 전극 기술이 개발되고 있다. 전체적인 개발 일정과 계획에 대하여 발표하고 학회 전문가들의 고견을 듣고자 한다.

심(에환)목-4

고분자전해질(PEM)수전해 R&D 현황 및 전략

장종현*
한국과학기술연구원
(jhjang@kist.re.kr*)

탄소중립을 실현하기 위해서는 1차에너지원을 석유 등의 화석연료로부터 태양광, 풍력 등의 재생에너지로 전환하는 것이 필수적이다. 이때 재생전력으로 물을 분해하여 그린수소를 생산하는 수전해 기술이 재생에너지 변동성 대응과 국제 무역 에너지캐리어의 두 가지 측면에서 매우 중요한 역할을 맡게 된다. 특히, 고분자전해질(PEM) 수전해는 고압 • 고순도 수소 생산에 유리하고 전류 범위 및 부하변동성이 우수한 특징으로 인해 주목을 받고 있으나, 해외 선진사를 중심으로 산업이 형성되어 있어 국내 산업의 육성이 필요한 실정이다. 이에 따라 2023년 12월에 PEM수전해 분야 국가수소중점연구실이 KIST 주관으로 지정되었으며 (참여기관: 한국화학연구원, KAIST), 산학연 협력 R&D 추진의 허브 역할을 담당할 것으로 기대되고 있다. 차세대 소재 • 부품 및 신뢰성 플랫폼 개발을 추진하여 PEM수전해 차세대 기술을 확보하는 것을 목표로 하며, 이를 통해 산학연 R&D 역량 결집 및 독자기술 확보에 기여하고자 한다.

심(열역)목-1

연성물질 시뮬레이션을 위한 기계학습 포텐셜

이원보*
서울대
(wblee@snu.ac.kr*)

Classical pairwise additive models have been widely utilized to elucidate the underlying mechanisms behind relaxation phenomena. However, these models exhibit inherent limitations due to the absence or inaccurate descriptions of many-body interactions and medium-to-long-range correlations. This study expands upon prior investigations by incorporating diverse chemical environments, including metal ions in aqueous solutions and reactions occurring in supercritical water containing organic compounds. Through the application of the machine learning interatomic potential (MLIP) trained with the SCAN functional via the Deep Potential Molecular Dynamics (DPMD) model, we achieve a first-principles level of accuracy in calculating the dielectric properties of liquid water. The adaptability of MLIP arises from its ability to capture intricate many-body interactions and intramolecular dynamics across diverse chemical environments. By extending the applicability of MLIP beyond pure water systems, this study highlights its potential as a powerful tool for investigating complex aqueous-phase reactions and solvent effects at the molecular level.

심(열역)목-2

촉매를 위한 머신러닝 포텐셜의 적용

한정우*
서울대
(jwhan98@snu.ac.kr*)

Computational simulations have contributed to the rational design of catalysts by allowing profound analysis of catalyst properties. Machine learning potential (MLP) has emerged as a potential tool to bridge the gap between quantum mechanical accuracy and computational efficiency, overcoming the computational cost limitations of quantum chemistry-based simulations. This talk discusses the development and application of MLP in multiscale simulations of heterogeneous catalysis. The potential applications of MLP are discussed in addressing computational challenges within the field, as MLP has potential to overcome limitations in simulation time and length scale. Specific examples are 1) Nanomace ceria catalysts for water-gas shift reaction and 2) Nanoparticle catalyst optimization of MoC. It is expected that the integration of MLP will accelerate progress within the catalyst research community and will bridge the gap between theoretical and experimental approaches in catalytic research.

심(열역)목-3

카본프리 수소에너지 관련 계산화학 기술

박치훈*
경상국립대
(chp@gnu.ac.kr*)

탄소중립 실현을 위한 핵심 기술 중 하나인 수소에너지는 연료전지와 수전해 시스템을 통해 효율적으로 활용될 수 있으며, 이 과정에서 고분자전해질막(PEM)은 필수적인 이온 전도 경로를 제공한다. PEM의 성능은 수화된 상태에서 형성되는 친수성 채널의 구조와 연결성에 의해 결정되며, 이는 이온 전도 특성에 중요한 영향을 미친다. 본 연구에서는 분자동역학(MD) 시뮬레이션을 활용하여 고분자 구조가 친수성 채널 형성과 이온 전도 특성에 미치는 영향을 분석하였다. 또한, 밀도범함수이론(DFT)을 이용한 내구성 평가를 통해 PEM의 화학적 안정성과 장기 성능을 예측하였다. 이를 통해 탄소 배출이 없는(carbon-free) 수소에너지 시스템에서 PEM의 성능과 내구성을 최적화하여 연료전지 및 수전해 기술의 효율성을 높이는 데 기여하고자 한다.

심(열역)목-4

고성능 고분자의 전산설계: 저탄소 미래를 위한 지속가능한 소재 개발

이용진*, 유현석, 박준혁, Ruth M. Muthoka
인하대
(yongjin.lee@inha.ac.kr*)

Recent advances in computational chemistry have opened new opportunities for designing polymeric materials that balance high performance with lower carbon emissions. This presentation covers three related research projects that aim to develop next-generation polymers for a low-carbon future. First, we discuss how large-scale molecular dynamics simulations help design thermally resistant polyimides, intended to replace heavy metals in engine compartments and reduce CO_2 emissions. Second, we investigate nanocellulose-polydopamine composites, showing how bio-based carbon materials can boost thermal conductivity while staying sustainable. Lastly, we introduce a machine learning method for creating polyamides that offer both excellent thermal stability and biodegradability. By combining physics-based simulations, data-driven modeling, and systematic property evaluations, we reveal the main molecular factors that affect thermal stability, mechanical strength, and carbon efficiency in these polymers. Our findings suggest that computational approaches can speed up new material discovery and lead to practical low-carbon polymer solutions.

심(입자)목-1

광전소자 및 바이오 응용을 위한 고발광 나노소재 합성 연구

박종남*
울산과학기술원
(jnpark@unist.ac.kr*)

We have developed magnetic nanoparticles (MPs) and quantum dots (QDs) with small hydrodynamic radius, containing various functional groups readily compatible for conjugation to bio-molecules. The main advantage of making the smallest MPs as possible is that we expect to see the enhancement in many properties, including the increase of diffusion rate and decrease of a steric hindrance to bio-molecule conjugation when compared to the larger MPs. To achieve this goal, we designed new biocompatible ligands, modify the surface of nanomaterials using newly designed molecules by ligand exchange method, and finally test the cell viability of those new materials by incubating in the cell. For the stable dispersion of QDs, we synthesized a new type of zwitterionic polymer ligand to render QDs surface adsorptive, thus developing a diagnostic agent which can retain their dimension stability from protein coagulation.

심(입자)목-2

기능성 나노입자를 이용한 정밀 중개의학 기술

주진명*
울산과학기술원
(jjoo@unist.ac.kr*)

Nanotechnology has revolutionized molecular biology and medicine by enabling precise interactions with cellular machinery. Recent advances in nanoscale materials with emergent properties offer new opportunities for diagnostics and therapeutics. However, successful clinical translation requires nanomaterials to navigate complex biological environments and selectively target diseased cells. Inspired by nature, we integrate bioactive molecules to impart trafficking properties to synthetic nanoparticles, enabling precise drug delivery. This talk will explore the rational design of biocompatible, self-destructive nanocarriers for enhanced therapeutic efficacy and controlled degradation. By leveraging bio-inspired functionalities, we present a framework for optimizing nanoparticle performance in translational medicine, with implications for both treatment and disease understanding.

심(입자)목-3

생체발광 폴리머좀 기반 세포 거동 조절 기술

김혜민*
건국대
(khmin@konkuk.ac.kr*)

Bioluminescence can offer a promising alternative to conventional external light sources for mediating light-responsive reactions within biological systems. Here, we present bioluminescent polymersomes (PSomes) synthesized via polymerization-induced self-assembly, encapsulating Gaussia luciferase (GLuc). These GLuc-loaded PSomes function as artificial organelles, enhancing enzymatic resistance to thermal, proteolytic, and intracellular stresses. Once internalized by cells, the PSomes generate intracellular luminescence, which is coupled to optogenetically engineered cardiomyocytes, enabling modulation of cardiac beating frequency. Notably, these PSomes exhibit long-term intracellular stability, maintaining their functional integrity and allowing the cardiostimulatory effect to be reinitiated upon substrated addition even after 7 days in culture. This organelle-mimicking system represents a versatile strategy for modulating cellular behaviors.

심(입자)목-4

나노입자 및 나노재료 기반 전기화학바이오센서

이원석*
국립한국교통대 전기공학과
(wslee@ut.ac.kr*)

The development of electrochemical biosensors based on nanoparticles and nanomaterials is crucial due to their high sensitivity, selectivity, and rapid response. These properties enable accurate disease detection, environmental monitoring, and biomedical applications. In this symposium, we introduce nanoparticles and nanomaterial-based electrochemical sensing platforms for metabolic syndrome diagnosis. Glucose and high-density lipoprotein (HDL) are major biomarkers for diagnosing metabolic syndrome. This sensor used nanomaterials (e.g., multi-walled carbon nanotubes, gold nanoparticles (AuNPs), titanium dioxide, and zinc oxide) to detect glucose and HDL. The platform exhibited a detection limit of 1 nM. We demonstrated that a reliable integrated sensing platform was developed to detect glucose and HDL in various solutions through a microfluidic system.

심(촉매)목-1

Green H_2 from Photocatalytic Water Splitting by $SrTiO_3$-based Catalysts Synthesized using Flux Method

Jeffrey C. S. Wu*, Marjeta Maček Kržmanc[1]
국립타이완대; [1]Jožef Stefan Institute
(cswu@ntu.edu.tw*)

Photocatalytic water splitting is a promising approach to converting solar energy into green hydrogen. This research studied the effect of molten salts and Al doping to integrate the combinatorial effect of the modifications of $SrTiO_3$-based catalysts. A series of $SrTiO_3$ and Al-doped $SrTiO_3$ were synthesized by flux method with three molten salts at different annealing temperatures. Co-catalyst, $Rh_xCr_{2-x}O_3$, was loaded on the surface of Al-doped $SrTiO_3$ by the impregnation and photodeposition methods for comparison. The photocatalytic performance of water splitting was evaluated in pure water under UV and AM 1.5G simulated sunlight. A significant improvement in photocatalytic activity was observed in Al-doped $Rh_xCr_{2-x}O_3/SrTiO_3$. Especially Al-doped $Rh_xCr_{2-x}O_3/SrTiO_3$ synthesized by KCl molten salt performed the highest hydrogen evolution rate with the synergy effect of molten salt and Al doping. Hydrogen evolution rates were further enhanced by loading core-shell $Rh_xCr_{2-x}O_3$ using in-situ photodeposition instead of impregnation, reaching 784 μmol h^{-1} g^{-1} and 431 μmol h^{-1} g^{-1} of H_2 under 365-nm UV light and AM 1.5G irradiation, respectively.

심(촉매)목-2

Catalytic conversion technologies of greenhouse gases over mesoporous materials

배종욱*
성균관대
(finejw@skku.edu*)

The strategies to utilize highly ordered mesoporous materials such as SBA-15 silica and various metal oxides derived from hard template method are introduced to enhance catalytic activity and stability in the fields of thermos-catalytic reforming reactions (dry reforming of methane) of greenhouse gases and selective COx conversions to methanol (or dimethyl ether (DME)) as well as hydrocarbons-based fuels by Fischer-Tropsch synthesis reaction. In addition, the strategies for direct production of jet fuels and aromatics are overviewed by introducing tandemly-coupled catalysis on metal oxides combined with zeolites such as ZSM-5 and Ferrierite zeolite and so on, which will introduce the efficient ways to overcome thermodynamic limitations of lower CO_2 conversion and instability of heterogeneous catalysts by water formed during CO_2 hydrogenation as well. Various characterization tools and DFT calculations also well supported and explained the reaction mechanisms by verifying surface intermediates and adsorption energy barriers.

심(촉매)목-3

광/전기촉매의 실시간 분석 기술

김우열*
한국에너지공과대
(wkim@kentech.ac.kr*)

Directly observing key intermediates on catalyst surfaces remains challenging in various photo/electrocatalytic reactions, such as CO_2 reduction, O_2 reduction, hydrogen evolution, and nitrogen reduction. To elucidate reaction mechanisms, complementary techniques like electrochemical characterization, computational calculations, and operando spectroscopies are crucial. Among these, time-resolved ATR-SEIRAS offers real-time monitoring of interfacial processes with high surface sensitivity, providing kinetic insights into intermediates and their interactions. Integrating operando spectroscopy with material characterization further correlates intermediate behavior with catalyst properties. This study introduces in situ time-resolved FT-IR (ATR mode) spectroscopy to capture isotopically labeled products and key intermediates in diverse photo/electrocatalytic reactions.

심(촉매)목-4

Photo-thermal transition assisted interfacial engineering for photo-electrocatalytic application

장윤정*
한양대
(yjang53@hanyang.ac.kr*)

Photo-electrocatalytic applications involve several steps, including the generation of photo-excited electron-hole pairs through the absorption of solar light by a semiconductor, their separation, and catalytic reactions where the electrons are used for reduction and holes for oxidation. It's also critical to balance the reactants on the catalyst to form an effective three-phase boundary. Additionally, semiconductors can generate localized heating under illumination through electron-phonon coupling and non-radiative relaxation. This photo-thermal transition can enhance charge carrier transfer and improve catalytic activity, as well as impact the local environment near the catalyst-electrolyte interface. To explore the influence of photo-thermal transition in photo-electrocatalysis, we propose Graphdiyne as both a light absorber and local heat generator. Our experiments show how Graphdiyne affects light absorption, carrier separation, and catalytic reactions while ensuring an effective three-phase boundary.

심(촉매)목-5

Heterogeneous enantioselective hydrogenation of α-keto esters on chirally-modified Pt catalysts

윤용주*
포항공과대
(yjyun@postech.ac.kr*)

The homochirality of biomolecules such as amino acids, sugars, proteins and DNA is a fundamental feature of life and plays a crucial role in pharmaceutical production, where enantiomers of chiral compounds can have different physiological effects. Heterogeneous catalysts modified with chiral modifiers offer a practical route to enantioselective catalysis with advantages in product separation and catalyst reusability. Achieving precise enantioselectivity in heterogeneous catalysis requires a deep understanding of the interactions between chiral modifiers, active metal sites and support materials. This presentation will discuss recent advances in cinchona-modified Pt catalysts for the enantioselective hydrogenation of α-keto esters, highlighting a strategy that promotes selective exposure of highly coordinated metal sites to enhance modifier adsorption and improve enantioselectivity.

심(촉매)목-6

Catalytic upgrading of triglycerides and fatty acids to sustainable green biofuels

Y.H. Taufiq-Yap*
Universiti Putra Malaysia
(taufiq@upm.edu.my*)

The growing demand for sustainable energy solutions and the urgent need to mitigate climate change have prompted a shift towards renewable and low-carbon energy sources. Due to the requirement for the food safety, security and feed, triglycerides and fatty acids, derived from feedstocks such as vegetable oils, animal fats, and waste oils, offer a promising avenue for producing green liquid biofuels. Catalytic upgrading processes are key in converting these feedstocks into biodiesel, renewable diesel, and sustainable aviation fuel (SAF). These processes reduce the oxygen content of the feedstocks, improving fuel properties like energy density, combustion efficiency, and stability, making them suitable for various applications, including aviation. SAF has emerged as a critical solution for reducing carbon emissions in the aviation sector, playing a key role to achieve net-zero emissions by 2050 by reducing greenhouse gas emissions. This lecture reviews the catalytic upgrading for triglycerides and fatty acids, with a focus on green diesel and SAF production and their potential to contribute to decarbonizing the transportation industry.

심(촉매)목-7

고체 촉매 내 전자와 프로톤 분극을 통한 고활성 암모니아 합성 촉매의 설계

최민기*
한국과학기술원
(mkchoi@kaist.ac.kr*)

Ru catalysts combined with base promoters (e.g., BaO) have shown promising NH_3 synthesis activities under mild conditions. However, such catalysts suffer from insufficient activities and significant H_2 poisoning. Furthermore, a comprehensive understanding of the base promoting mechanism and the structure-property correlation is still lacking. In this study, we demonstrate that Ru and BaO domains, connected by rationally designed supports can store e^- and H^+ separately under the reductive conditions, leading to very high NH_3 synthesis activities. These catalysts can be considered 'chemical capacitors' because they store two differently charged species, electrons (e^-) and H^+ ions, through the chemical action of BaO. The electronic promotion effects of BaO, well-recognized in the literature for a long time, appear not to stem from simple inductive effects, but rather from such charge capacitive effects. The results showed that charge distribution within catalysts can be altered under reaction conditions, and its rational control can enable the design of active NH_3 synthesis catalysts.

심(촉매)목-8

Mixed metallic oxide catalysts on ceramic substrate for the treatment of VOCs at low temperatures

Le Minh Thang*, Tran Thi Thu Hien, Ngo Quoc Khanh
Hanoi University of Science and Technology
(thang.leminh@hust.edu.vn*)

Volatile organic compounds (VOCs) are popular pollutants, which have negativeeffects on environment and human health. Catalytic complete oxidation is an effectivetechnique for the treatment of VOCs. Most of catalysts that have been applied are noblemetals, but they are easily deactivated by sintering or poisoning. Mixed metallic oxides arepromising solutions to replace the noble metals. However, the complete oxidation usuallyoccurs at high temperatures (400-500 o C), consuming energy. Besides, adsorption techniquehas been applied since the process can occur at room temperature and allows to retain a highamount of VOCs but this technique requires a desorption process to regenerate theadsorbents. Therefore, our work aims to treat VOCs at reasonable low temperatures (200 -250 o C) by combination of catalytic complete oxidation and adsorption methods. Differenttypes of mixed oxides Co-Cu, Co-Mn-Ce, Cu-Mn...have been tested, showing 100% of VOCs(benzene, toluene) conversion to CO 2 .

심(촉매)목-9

Catalytic Upcycling of Plastic Wastes into High-Value Chemicals and Liquid Fuels

노인수*, 권태은, 이준성, 박종현, 김미르, 강기혁[1]
서울과학기술대; [1]한국화학연구원
(insoo@seoultech.ac.kr*)

Plastics are widely used worldwide for their affordability, durability, and versatility. However, a 2022 report by the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) highlights that only 9% of plastic waste is recycled, while 19% is incinerated, 50% is landfilled, and 22% accumulates in the environment. Mechanical recycling, the predominant method for processing post-consumer plastics, involves washing, shredding, melting, and reprocessing but often leads to material degradation (downcycling). In this study, we investigate catalytic upcycling as a viable alternative, focusing on understanding reaction mechanisms and identifying active sites to enhance catalyst design. Additionally, we evaluate the economic feasibility and environmental impact of catalytic upcycling relative to conventional plastic waste treatment methods. By integrating mechanistic insights with process analysis, we aim to assess the potential of catalyst-driven upcycling from both a fundamental and applied perspective.

심(촉매)목-10

How Pt influences H_2 reactions on high surface area Pt/CeO_2 powder catalyst surfaces

이재하*
경북대
(jaehalee0913@gmail.com*)

H_2 is pivotal in advancing a hydrogen-based economy, with diverse applications ranging from serving as a fuel for fuel cells to acting as a reactant in the production of value-added chemicals. To maximize its potential, understanding the mechanisms of H_2 activation is essential. This study explores the activation of H_2 on CeO_2 and investigates how platinum-group metals (PGMs) influence the H_2 dissociation pathway. CeO_2 and $PGMs/CeO_2$ were selected due to their wide applicability, particularly in hydrogenation catalysis and as electrolyte materials. Through a combination of spectroscopic techniques and kinetic analysis, we demonstrate that H_2 typically undergoes heterolytic dissociation and distributes evenly on the CeO_2 surface, whereas the presence of Pt facilitates rapid H_2 dissociation and H-spillover, resulting in a heterogeneous distribution of homolytically dissociated hydrogen. The broader implications of these H_2 activation mechanisms for various applications will be discussed.

심(촉매)목-11

수전해 유래 표면 산소종을 이용한 전기화학적 프로필렌 에폭시화 반응

정민주*
한국과학기술원
(minjuchung@kaist.ac.kr*)

Current propylene oxide production relies on highly energy-intensive and hazardous oxidants, such as chlorine and peroxides. A selective direct propylene epoxidation pathway using water as a cleaner and easily accessible oxygen source would present a compelling alternative to the current epoxidation methods. Oxidized palladium-platinum alloy catalysts enable efficient direct oxygen-atom transfer from water to propylene, which reaches a Faradaic efficiency >60% toward propylene epoxidation at 50 $mA{\cdot}cm^{-2}$ at ambient temperature and pressure. Embedding platinum into the palladium oxide crystal structure stabilized oxidized platinum species, resulting in improved catalyst performance. The reaction mechanism was investigated using a multi-faceted approach including kinetic rate measurements, probe substrate analysis, and substrate-based descriptor assessment. The reaction kinetics suggest that epoxidation on this catalyst proceeds through the electrophilic attack by metal-bound peroxo intermediates. This work demonstrates an effective strategy for selective electrochemical oxygen-atom transfer from water for diverse oxygenation reactions.

심(반도체)금-1

차세대 반도체 소자를 위한 CMP 공정의 기술적 도전과 해결 전략

구효철*
SK 하이닉스
(Hyochol.koo@sk.com*)

The significance of the CMP process in the development and manufacturing of next-generation semiconductor devices is progressively increasing. From the standpoint of the CMP process, the advancement of next-generation devices presents numerous opportunities while simultaneously posing a multitude of challenges. Among these challenges are issues such as the removal of topographical variations, variability concerns, and the performance stability of consumables. Concerted efforts are underway to surmount these challenges from various perspectives, including equipment, materials, and consumables. In this presentation, we shall elucidate the challenges encountered in the development of future CMP processes, concisely summarize industry trends concerning the strategies employed to overcome these challenges, and deliberate on the potential contributions of chemical engineering technology to the advancement of future CMP processes.

심(반도체)금-2

차세대 반도체 기술을 위한 전구체 소재 개발 전략

박진형*
에어리퀴드코리아
(Jinhyung.park@airliquide.com*)

The semiconductor industry has been continuously introducing new materials to follow the increasing requirements in terms of processor performances. The most important issue in the semiconductor industry is the development of miniaturization process technology to increase integration. In the past, when a new process technology was proposed, it was natural to secure materials for this purpose. However, cases are arising recently in which the level of process technology is determined by the ability of the material. As such, the importance of materials in semiconductors is increasing. In this presentation, we will explain the types of materials and characteristics of precursors by changes in process technology, and discuss the importance of precursor material technology according to the changing ALD processes and the future direction of materials development.

심(반도체)금-3

반도체 첨단 패키징용 금속 배선 로드맵

김명준*
성균관대
(mjkim09@skku.edu*)

Semiconductor packaging technology, which involves the 2D arrangement and 3D stacking of semiconductor chips, is crucial for maximizing electronic device performance. Each component within a packaged device must be electrically connected through optimally designed metal interconnections, while efficient heat dissipation should also be considered in the package design. This presentation discusses the roadmap and recent research advancements in metal interconnections for advanced packaging. Key technologies, including wire bonding, microbumps, through-silicon vias (TSVs), and Cu for hybrid bonding, will be briefly introduced.

심(반도체)금-4

반도체 패키지의 워피지 신뢰성 이슈

이태익*
한국생산기술연구원
(tilee@kitech.re.kr*)

As semiconductor packages continue to shrink in size and improve in performance, reliability issues caused by warpage have become a major concern. Warpage can lead to failures such as delamination, solder joint cracks, and mechanical stress, affecting overall package reliability. This presentation aims to provide a comprehensive understanding of the warpage mechanism from both mechanical and material perspectives. Additionally, digital image correlation (DIC) technology is introduced as an effective method for analyzing warpage behavior. By applying DIC, it is possible to measure deformation accurately and gain insights into factors influencing warpage, enabling better reliability assessments.

Process Monitoring and Control in Cu Electrodeposition

최승회*
Tech University of Korea
(schoe@tukorea.ac.kr*)

Cu electrodeposition has been used for the void-free fill of Cu in trenches and via with wide range of feature size, enabling the interconnection of semiconductor device and advanced semiconductor packaging. Organic additives, which are added in Cu electroplating solution, play key roles in superconformal and void-free Cu growth in patterned substrate. However, under electrolytic conditions, the organic additives gradually decomposed via undesirable chemical and electrochemical pathways, and the consequent decrease in their concentrations leads the degradation of bath quality. Therefore, bath control systems that monitor the concentrations of the additives and complement fresh additives have been widely applied in semiconductor industries. Currently, cyclic voltammetry stripping (CVS) is mostly preferred as the monitoring method because of its merits of high accuracy, short analysis time, and the simplicity for operation. However, CVS cannot perfectly monitor all organic species in bath, which occasionally leads to errors, in particular when the breakdown products are electrochemically active. Hence, the development of advanced monitoring techniques that enable simultaneous analysis of the parent additives and their breakdown products is highly necessary for accurate control of bath. Focusing on this issue, we comprehensively discuss the mechanism of the additive

심(전문)금-1

바이오, 화학 관련 산업체 재직자교육 운영 사례

최병규*
동양미래대
(choibk4404@dongyang.ac.kr*)

바이오 및 화학 산업은 빠르게 변화하는 기술 환경 속에서 지속적인 전문 인력 양성이 요구된다. 이에 본 연구에서는 바이오융합공학과에서 운영하는 산업체 재직자 단기교육 프로그램의 설계 및 운영 사례를 소개하고자 한다. 본 교육은 산업체의 요구를 반영하여 실무 중심의 맞춤형 커리큘럼을 개발하였으며, 바이오 생산공정, 품질관리 및 분석기술을 다루는 교육과정을 포함한다. 특히, 실험실 기반 실습과 현장 적용이 가능한 강의를 통해 실무 적응력을 높이는 데 중점을 두었다. 또한, 기업과의 협업을 통해 교육 효과를 극대화하고, 피드백 시스템을 구축하여 프로그램의 지속적인 개선을 도모하였다. 본 발표에서는 교육 운영 사례와 성과를 분석하고, 향후 산업체 연계 재직자 교육 프로그램의 발전 방향과 지속 가능성을 논의하고자 한다.

심(전문)금-2

미취업 대졸자를 위한 직업훈련기관 현황 및 전망

구수진*
한국폴리텍대학
(sjkoo@kopo.ac.kr*)

청년층의 학력 상승은 국가 경쟁력을 높인다. 또한, 개인의 인적 자본 상승을 통해 인적자원 가치를 높이는 효과도 있다. 그러나 높은 대학 진학률에 비해 낮은 취업률은 사회적으로 기회비용의 손실을 초래하고 있다. 대졸 청년층의 저조한 취업률은 개인의 문제뿐만 아니라 사회적 손실을 발생하고 있다. 2023년 교육부 자료에 의하면 대졸 취업률 평균은 70%를 나타내었다. 공학계는 71.9%로 평균 취업률보다 조금 높았으나 비공학계는 교육계열 69.5%, 사회계열 69.4%, 예체능계열 67.2%, 자연계열 66.5% 모두 평균 취업률보다 낮게 나타났다. 특히, 인문계열은 61.5%로 가장 낮은 취업률을 나타내고 있어 인문계열 전공자를 위한 직업교육이 필요한 실정이다. 우리나라의 직업교육은 인적자원을 개발하는데 목표를 두고 진행되어 왔다. 특히, 공공직업훈련을 이끌어온 한국폴리텍대학은 직업훈련의 전문 가집단으로서 직업훈련의 선도적 역할을 해왔다. 본 연구에서는 국내 직업교육 관련 기관의 운영 실태와 문제점을 분석하고 한국폴리텍대학에서 대학 졸업자를 대상으로 실시하고 있는 하이테크과정을 수요자 측면에서 분석하고자 한다.

심(전문)금-3

화학공정 Boardman 양성교육과정 소개

이주영*
울산과학대
(kg705@naver.com*)

파이럿 플랜트(Pilot Plant)는 대규모 생산 공정을 본격적으로 시작하기 전에 소규모로 실험 및 시험을 진행하는 시설로 주로 새로운 공정이나 제품의 효율성, 안전성, 비용 등을 평가하고 최적화하는 데 사용된다. 울산과학대학교 파이럿 플랜트 교육은 주로 산업, 화학공학, 생명 공학, 제조업 등에서 새롭게 도입된 기술이나 공정을 안전하고 효과적으로 적용할 수 있도록 돕기 위한 과정으로 다음과 같은 목적으로 내용을 구성하였다1. 시운전 개념 및 중요성: 시운전의 정의와 그 중요성에 대해 배우며, 설계 단계부터 운영 개시 전까지의 중요한 절차들을 이해함. 시운전은 시스템이 설계된 대로 안전하고 효율적으로 작동하는지 확인.2. 시운전 준비: 시운전을 시작하기 전에 필요한 준비 사항을 학습합니다. 예를 들어, 장비 설치 후 기능 점검, 안전 검사, 관련 문서 준비, 인력 배치, 및 필요한 자원 확인3. 시운전 절차 및 체크리스트: 시운전은 여러 단계를 거치며 이루어지는데 교육에서는 각 단계를 어떻게 진행할지, 필요한 절차와 체크리스트를 통해 시스템을 점검하고 안정성을 확보하는 방법을 강의 4. 안전 관리 및 리스크 평가: 시운전 중 발생할 수 있는 안전 문제를 사전에 예방하고, 시운전 과정에서의 위험요소에 대해 강의.이를 통해 시운전 중 사고를 예방하고 원활한 운전을 보장함

심(전문)금-4

운영사례 공유: 과정평가형 국가기술자격 교육훈련과정 지정

김한성*
한영대
(power4518@naver.com*)

본 심포지엄에서는 국가기술자격증 취득 방법 중 하나인 과정평가형 국가기술자격 교육훈련과정에 대한 전반적인 정보와 우리 대학의 가스산업기사 교육훈련과정 지정 사례를 소개하고자 한다. 또한 신청 과정에 있어 어려운점, 신청과정에서 얻게된 팁, 선정 기관 및 대학교에 지원금 지급 관련 부분 등에 대한 정보를 제공하여 다양한 전문대학에서 과정평가형 국가기술 자격 교육훈련 과정에 관심을 갖고 신청하고, 운영할 수 있는 기회를 공유 하고자한다. 이러한 사례 소개 및 정보 공유를 통해 학생들의 자격증 취득률을 높여 나아가 학생 취업률 향상까지 할 수 있는 우수 사례를 공유하고자한다.

심(전문)금-5

취업역량강화를 위한 비교과 프로그램 운영 성과분석

최유성*
조선이공대
(usung12@cst.ac.kr*)

대학의 비교과 프로그램은 정규 교과 과정에서 다루기 어려운 실무 경험과 핵심역량을 배양하기 위해 필수적으로 운영된다. 현대 사회에서는 전공 지식뿐만 아니라 창의적 문제해결 능력, 의사소통 능력, 협업 능력, 자기주도적 학습 태도 등이 중요한 경쟁력으로 작용한다. 그러나 기존 교과 과정만으로는 이러한 역량을 충분히 개발하기 어려우므로, 비교과 프로그램을 통해 실무 경험, 사회적 역량, 직무 역량을 강화하는 것이 필요하다. 본 대학에서는 2024년 한해동안 진행되어진 비교과 프로그램의 참여도와 학생들의 이수정도를 분석하여 학생들의 취업역량 강화를 위한 비교과프로그램의 운영 관리 방안에 대한 대학의 운영사례를 소개하고자한다.

심(전문)금-6

지역혁신중심 대학지원체계(RISE)(광주광역시 RISE 사업 소개)

정성훈*
(재)광주테크노파크
(hoon1580@hanmail.net*)

광주광역시는 RISE(Regional Innovation System Enhancement) 사업을 통해 지역 주도의 혁신 체계를 구축하고, 지역 특화 산업의 경쟁력을 강화하는 것을 목표로 하고 있다. 본 사업은 지역 대학, 연구기관, 기업, 공공기관, 지자체(자치구) 간 협력을 촉진하여 지속 가능한 성장 모델을 개발하고, 지역 인재의 육성과 정착을 위한 기반을 조성하는 데 중점을 둔다.광주 RISE 사업의 핵심 전략은 인재 SKILL UP, 기업 VALUE UP, 지역사회 GROW UP, 대학 INNO UP 프로젝트 등으로 구성된다. 특히, 광주는 AI 및 친환경 모빌리티 산업을 미래 성장 동력으로 삼아, 지역 내 대학과 기업이 협력하여 연구개발(R&D) 및 사업화를 촉진하는 정책을 추진하고 있다.본 사업을 통해 지역 산업 구조를 고도화하고, 지속가능한 혁신 생태계를 조성함으로써 광주의 경제적 자립과 글로벌 경쟁력 강화를 도모할 예정이다. 이를 통해 광주가 대한민국을 대표하는 '교육혁신-산업혁신' 도시로 자리매김하는 것을 목표로 한다.

O고분목-1

동적 전단 레오미터를 이용한 고분자 점탄성 특성 평가: 점성 유체에서 탄성 고체로의 전이 온도 범위에서

김재현, 안경현*
서울대
(ahnnet@snu.ac.kr*)

The viscoelastic properties of polymers below the glass transition temperature (Tg) were evaluated using a dynamic shear rheometer with a novel single-pellet, no-trimming method. This approach eliminates sample preparation inconsistencies and enhances measurement reproducibility. A custom-designed single-pellet mold (SPM) was employed to ensure precise centering and uniform compression molding. The effects of thermal expansion and contraction of both the tool and sample were systematically calibrated using automatic gap correction (AGC) and pressure-volume-temperature (PVT) measurements to mitigate measurement errors. This method is expected to facilitate more accurate assessments of polymer behavior in industrial and research applications, particularly for thermoplastic and amorphous polymer systems, and to evaluate virgin and recycled material for rapid and simple quality assessment with a single measurement.

O고분목-2

Highly Adhesive and Recyclable Covalent Adaptable Network-Based Poly(β-amino ester) Solid Polymer Electrolyte for Lithium Metal Batteries

양미옥, 전용하[1], 최우혁[1], 김채빈*
부산대; [1]인하대
(cbkim@pusan.ac.kr*)

Despite the widespread adoption of lithium metal batteries, the safety and sustainability of current systems remain critical challenges. Solid polymer electrolytes (SPEs) have emerged as a safer and more durable alternative, offering additional benefits such as flexibility, ease of thin-film processing, and mechanical stability. To achieve high lithium-ion conductivity, good interfacial adhesion, and mechanical integrity, crosslinked rubbery polymers with low glass transition temperature are often required as the SPEs. However, their permanent crosslinks make them difficult to reprocess or recycle. To these ends, poly(β-amino ester) (PBAE) based covalent adaptable networks (CANs) are prepared as fully recyclable, catalyst-free, and highly adhesive SPEs. Adhesive and dynamic bond exchange characteristics along with lithium-ion conductivity of the PBAE CANs with varying crosslinking densities are systematically investigated.

O고분목-3

IM-HAPPY: AI-Driven Polymer Inverse Design for Targeted Polymer Properties

안지훈, Gabriella Pasya Irianti, Vikram Thapar , 윤세현, 김도형, 허수미*
전남대
(shur@chonnam.ac.kr*)

Deep learning has emerged as a potent tool for elucidating the relationship between molecular structures and material properties, as well as for advancing new materials development. However, the application of deep learning to polymers faces distinctive challenges due to their inherent complexity and hierarchical structural features, unlike highly crystalline inorganic materials. In response, we introduce HAPPY (Hierarchically Abstracted rePeat unit of Polymers), a tailored language representation for polymers. Leveraging Generative Pre-trained Transformer (GPT), our study demonstrates the capability of HAPPY to facilitate inverse polymer design. Our approach successfully generates polymers with targeted bulk properties such as glass transition temperature, solubility, and dielectric constant, while accommodating specified chemical moieties.

O고분목-4

저전압 구동 유기 인쇄형 전자소자 실현을 위한 고유전율 고분자 소재

권혁진*
부경대
(hj1370@pknu.ac.kr*)

Organic electronics have recently emerged as key components of next-generation devices, offering distinct advantages over traditional counterparts, such as low-temperature, cost-effective processing (e.g., printing) and exceptional mechanical flexibility. In organic field-effect transistors (OFETs), the gate insulator plays a crucial role alongside the semiconductor in determining performance metrics, including a high on/off current ratio, low hysteresis, and operational stability. Printable OFETs require gate dielectrics with specific properties: high capacitance, strong dielectric breakdown strength, solution processability, and mechanical flexibility. This presentation explores material design strategies for high-k polymeric insulators tailored to printable organic electronics. After an overview of printable OFETs, it examines approaches for developing high-k polymer gate insulators, including both pure polymers and polymer-inorganic composites. Additionally, practical device fabrication examples demonstrate the potential of these advanced materials in enabling high-performance OFETs

O고분목-5

전기변색 디스플레이 활용을 위한 투명 전도성 고분자 개발

송인호*
중앙대
(ihsong@cau.ac.kr*)

Electrochromic displays (ECD) offer low power consumption and reduced eye strain but are limited by complex multilayer structures and rigid transparent conductors like ITO, restricting their use in wearables. This study introduces n-doped poly(3,7-dihydrobenzo[1,2-b:4,5-b´]difuran-2,6-dione) (n-PBDF) as a dual-functional material that simplifies device architecture while maintaining high performance. With high mixed ionic-electronic conductivity, n-PBDF enables flexible, solution-processable fabrication. Using photolithography, we developed all-polymer ECDs with n-PBDF, an ionic-liquid-based solid electrolyte, and electrochromic polymers, achieving high optical contrast, excellent bistability, and ultra-low power consumption, retaining images for 24 hours without power. A full-color display using CMYK electrochromic polymers demonstrated its potential for wearable applications such as smartwatch bands and on-skin displays. This work reduces ECD structural complexity, enhances flexibility, and broadens applications in energy-efficient electronics.

O고분목-6

에너지 효율을 위한 카이랄 액정 기반의 광열 반응형 스마트 윈도우 연구

윤원진*
한국자동차연구원
(wjyoon@katech.re.kr*)

탄소중립을 구현하기 위한 사회 전반적인 노력과 기술 개발이 이뤄지고 있으며, 스마트 윈도우는 건축물 및 모빌리티 분야에서 냉난방에 있어서 소모되는 많은 에너지를 절약하여 탄소중립을 구현할 수 있는 기술로서 활발한 연구가 진행중이다. 현재 대중화되어 있는 스마트 윈도우는 대부분 외부의 전기적 시스템이 필요한 능동형 스마트 윈도우로 polymer dispersed liquid crystal (PDLC), electrochromic 등이 이용되고 있으며, 전기 시스템이 필요 없는 수동형 스마트 윈도우로는 thermochromic 또는 photochromic 윈도우가 사용되고 있다. 본 연구에서는 외부의 자외선에 감응할 수 있는 azobenzene계 합성물의 광감응성 특성과 액정의 thermotropic 성질을 이용하여, 전기시스템이 없음에도 온도와 자외선량을 동시에 감응하여 자발적으로 채광량을 조절할 수 있는 스마트 윈도우 기술에 대해 소개하고자 한다. 이 스마트 윈도우는 인도어 시스템을 유지하기 위한 에너지 절감 솔루션을 제공함으로써 건축 및 모빌리티 분야의 탄소중립에 기여할 것으로 판단된다.

O고분금-1

Shape Memory Polyurethane with Two-stage Performance Utilizing Cold-crystallization Phenomenon

김민서, 김정현*
서울시립대
(jhkimad@uos.ac.kr*)

Shape memory polyurethane (SMPU) is a smart material that responds to environmental changes, making it highly attractive for applications in aerospace, biomedical engineering, and 4D printing. Most studies have focused on elastomers with one-stage shape memory properties, while two-stage shape memory elastomers have typically been developed by blending or laminating two different polymers with different transition temperatures. However, these methods often lead to difficulties in achieving uniform properties and require additional processing steps, increasing complexity. In this study, we utilized the cold-crystallization phenomenon to develop polyurethane with two-stage shape memory properties and explored the use of ortho-MDI to enhance shape memory performance.("This research was supported by Post-plastic Specialized Graduate Program through the Korea Environmental Industry & Technology Institute(KEITI) funded by the Ministry of Environment(MOE)")

O고분금-2

Theoretical Study on Mechanical Properties of Polylactic Acid Composites Reinforced with Nanocellulose and Nanochitin

오승학, 김중권[1], 송명오[1], 장세연[1], 강석주, 진정호[1], 곽상규[2]*
울산과학기술원; [1]울산대; [2]고려대
(skkwak@korea.ac.kr*)

Non-degradable plastics became one of the most harmful environmental challenges due to high carbon footprint. For resolving these issues, the usage of biodegradable plastics, e.g., polylactic acid (PLA), could be a promising solution. However, its brittleness and insufficient thermal stability limited its applications. Thus, composites reinforced with biopolymer fillers like succinylated cellulose nanofibers (SCNF) and chitin nanofibers (SChNF) appeared to be a practical alternative. In this theoretical study, the structural and mechanical properties of PLA/SChNF and PLA/SCNF were pre-screened with density functional theory (DFT) calculation and molecular dynamics (MD) simulation methods. We found that SCNF was bound to PLA via succinic anhydride (SA) groups while SChNF interacted via acetylamino groups in addition to SA groups, which induced enhanced binding. Furthermore, coarse-grained MD simulations were performed for the practical result. It was found that the yield strength of PLA/SChNF was greater than that of PLA/SCNF by 8.11 %. This mechanical superiority of PLA/SChNF was attributed to the extra-interactions through acetylamino group.

O고분금-3

배터리 폐수에서 구리 이온 선택적 회수를 위한 기능화된 고분자 흡착제

이철, 이종석*
서강대
(jongslee@sogang.ac.kr*)

Recovering valuable metals from battery wastewater is crucial for sustainable resource management. In this presentation, I will introduce newly developed polymeric sorbents designed for the recovery of multiple metal ions, including Ni^{2+}, Co^{2+}, Cu2+, and Mn^{2+}. Notably, our polymeric adsorbents demonstrate high selectivity for Cu^{2+} over Ni^{2+}, Co^{2+}, and Mn^{2+} in mixed-metal solutions. I will discuss the adsorption mechanism of these metal ions within the polymeric sorbents, along with their long-term performance. This approach provides new insights into the selective recovery of metal ions from wastewater, contributing to more efficient and sustainable resource utilization.

O고분금-4

Eco-Friendly Pressure-Sensitive Adhesive Based on Stimuli-Responsive Maleic Anhydride Containing Copolymer

최윤영, 박준용[1], 전혜리[1], 우상혁[1], 김채빈*
부산대; [1]중앙대
(cbkim@pusan.ac.kr*)

Pressure-sensitive adhesives (PSAs) are widely used in various industries. However, the use of PSAs typically requires toxic and volatile organic solvents, posing risks to both workers and the environment. To address this, we propose a polarity-switchable maleic anhydride (MA)-containing copolymer. This copolymer undergoes base-induced ring opening, becoming hydrophilic and water/ethanol-soluble. Subsequent heat treatment triggers ring-closing, restoring its hydrophobic state. As a result, the MA-containing copolymer is water/ethanol-soluble in the coating solution but becomes hydrophobic after heat treatment. This polymer completely eliminates the need for organic solvents, enabling an eco-friendly coating and proving effective for large-scale spraying without any odor. Additionally, its polarity-switchable feature enables stimuli-responsive adhesion, allowing for adaptive adhesion on various substrates.

O고분금-5

가변 광학 특성을 갖는 카이랄 네마틱 셀룰로스 나노결정 바이오 접착제 개발 및 생의학 응용

김민규*
단국대
(mkim@dankook.ac.kr*)

이 연구에서 이동성 수소 결합 네트워크를 갖춘 반응성 바이오-포토닉 매트릭스를 활용하여, 가변적인 접착 거동을 실시간 색 변화로 모니터링할 수 있는 소프트 광학 바이오 접착제 소재를 개발하였습니다. 강한 물리적 수소 결합을 형성하는 카이랄 네마틱 조직을 갖춘 반응성 광학 소재는 습도에 따라 내부 응집력(cohesive failure)과 계면 접착력(interfacial failure) 간의 전이 메커니즘을 통해 접착 강도와 기계적 강도가 조절될 수 있었습니다. 또한, 광학 접착제는 습도에 따라 카이랄 나선형 조직(chiral helicoidal organization)의 피치 거리 변화로 인해 푸른색에서 붉은색, 투명 상태로 가역적으로 색이 변화되었습니다. 이러한 가역적인 기계적 강도-접착 강도-광 간섭성 삼중 결합 현상은 이전에 관찰된 적이 없으며, 이는 다음과 같은 생의학 분야로의 응용이 가능하게 만들었습니다: 1) 상처 치유 과정을 시각적으로 모니터링할 수 있는 창상 드레싱과 2) 오염된 호흡 마스크 감지를 위한 색 변화 센서.

O고분금-6

트립티센 기반 미세다공성 폴리이민 분리막을 이용한 액상 탄화수소 혼합물의 효과적인 분리

이태훈*
성균관대
(thoonlee@skku.edu*)

Interfacial polymerization has been the industry standard for manufacturing desalination membranes for a long time. Extending this technique to molecular-level separation of organic solvents could enable energy-efficient crude oil fractionation. In this study, we introduce a molecular engineering strategy that employs acid-catalyzed interfacial polymerization to achieve effective hydrocarbon separation. Our approach focuses on (1) replacing traditional amide linkages with imine bonds and (2) integrating a shape-persistent triptycene unit. The resulting triptycene-based polyimine membranes demonstrate remarkably high microporosity and enhanced resistance to swelling and plasticization compared to conventional polyamide membranes. Ultimately, permeation tests with multicomponent and realistic mixtures demonstrate that the most optimized membrane was capable of highly efficient fractionation of hydrocarbon molecules by carbon numbers. The developed membranes would be promising as a supplement/alternative to energy-intensive distillation for producing petroleum and bio-based chemicals and fuels.

O고분금-7

Universal Microcapsule Design via Interfacial Surfactant Complexation in Triple Emulsions with Fluorocarbon Oil

이제현, 이효민*
포항공과대
(hyomin@postech.ac.kr*)

Compared to conventional methods in preparation of microcapsules, emulsion-templating approach via microfluidics offers advanced controllability in terms of structure and composition. Nevertheless, emulsion-templating-based methods rely on the immiscibility of phases comprising the emulsions, making production of microcapsules with composition diversity in a single platform to be challenging. Here, we report a facile and novel approach to achieve microcapsule diversity in a single. By introducing fluorocarbon oil as the interstitial phase in triple emulsions, we demonstrate that surfactant complexation through electrostatic interactions at the interfaces enhances the stability of the emulsion. Based on the enhanced emulsion stability as well as the omniphobicity of fluorocarbon oil, various shell materials and solidification methods including polymerization, freezing, and solvent removal were realized without delicate control of spreading coefficient nor complex surfactant synthesis process. We believe that this approach of achieving microcapsule diversity via interfacial complexation offers a true degree of freedom in universal microcapsule design for various applications.

O고분금-8

High-performance all-flexible thermogalvanic cells with metal-based textile electrodes and structure-breaking ions

최재진, 모정민[1], 정재민, 정영제, 조진한[1], 장재영*
한양대; [1]고려대
(jyjang15@hanyang.ac.kr*)

Thermogalvanic cells generate electricity from heat via thermo-electrochemical redox reactions. Quasi-solid-state thermogalvanic cells (QTCs) with flexible polymer-based gel electrolytes address the issues of leakage and inflexibility in conventional liquid electrolytes. However, QTCs exhibit limited output power due to poor ion diffusion and reaction rates. Here, we present high-performance all-flexible QTCs utilizing metal-based textile electrodes and structure-breaking salts in gel electrolytes. The flexible textile electrodes exhibit hydrophilicity and a large surface area, thereby facilitating efficient redox reaction. Moreover, the incorporation of structure-breaking salts in gel electrolytes disrupts hydrogen-bonded networks within electrolytes, enhancing redox couple diffusion. Finally, this dual strategy significantly improves cell conductivity and power density, achieving the highest values for the reported QTCs.

O고분금-9

극한 온도 범위 내 다중 중립면 형성 가능한 초탄성 접착제

안다혜, 정기훈, 임성갑*
한국과학기술원
(sgim@kaist.ac.kr*)

To relieve strain applied to foldable devices, multiple neutral planes (MNPs) strategy with soft adhesive has been employed. However, rheological properties of adhesive are dependent on temperature; rigid at low temperature and excessively soft and viscous at high temperature. In addition, the adhesive must rapidly recover to its original shape after being deformed by folding. Here, polydimethylsiloxane (PDMS)- vapor phase interpenetrating adhesive (PDMS-VIA) is suggested. PDMS possesses extremely low glass transition temperature (< −120 ℃) and hyperelastic behavior enabled by crosslinked structure. An adhesion promoting layer (APL) was developed to improve the poor adhesion of PDMS, making interlocking structure with the surface of PDMS. The PDMS-VIA demonstrates robust adhesion to various substrate materials, rapid strain recovery, and exceptional stability against folding/unfolding cycles over a wide range of temperature from − 50 to 100 ℃. This will serve as a laminating platform method for foldable devices with an ability to form MNPs without temperature-related failure.

O고분금-10

상업용 나일론 6의 업사이클링을 위한 비트리머화 접근법

노국윤, 김용석[1], 김동균, 박성민*
한국화학연구원; [1]세종대
(parks@krict.re.kr*)

Plastics are extensively used in daily life and are produced in large volumes. However, the massive accumulation of pre-produced and post-consumer plastics has led to severe environmental pollution. Upcycling has emerged as a promising solution to mitigate these issues. In this study, we present a vitrimerization approach to upcycle commercial Nylon 6, one of the most widely used polymers. Polyamide vitrimers (PAVs) were synthesized through a solid-state polymerization, with controlled crosslinked network designed to facilitate transamidation exchange reactions. The thermal and rheological properties, along with the gel fraction of PAVs, were systematically analyzed. The optimized PAV exhibited excellent mechanical properties, reprocessability, and thermal dimensional stability. With its superior thermal stability, crystallinity, and exchange properties, PAV demonstrates potential for application in high-temperature triple-shape memory polymers capable of permanent shape transformation. This study provides valuable insights into the development of polyamide vitrimers for diverse advanced applications.

Physical Properties of Polyurethane Seat Foam Containing Polycarbonate Diol(PCD) and Isophorone Diisocyanate(IPDI)

이주환, 김정현*
서울시립대
(jhkimad@uos.ac.kr*)

Polyurethane seat foam has been extensively studied over the years for various applications. In particular, the physical properties of polyurethane seat foam are crucial for transportation applications such as automobiles. Polyurethane seat foam must provide adequate comfort while maintaining appropriate resilience. Various materials have been researched and utilized to enhance the properties of polyurethane seat foam. In this study, polycarbonate diol (PCD) and isophorone diisocyanate (IPDI) were used. PCD improves the sag factor of polyurethane foam due to the influence of hard segments, such as carbonate groups, on the polymer matrix. Additionally, instead of using IPDI alone, an optimal ratio of IPDI and CG-7070S was determined through preliminary experiments and applied in the formulation. This approach maintained a certain level of rigidity while simultaneously improving resilience. ("This research was supported by the Post-Plastic Specialized Graduate Program through the Korea Environmental Industry & Technology Institute (KEITI) funded by the Ministry of Environment (MOE)")

P고분금-1

저전력 소자용 고유전 상수 폴리실세스퀴옥산 개발 및 적용

안태규*, 서상현[1]
한국교통대; [1]강원대
(taekyu1985@ut.ac.kr*)

저전력 구동 고성능 유기 전계효과 트랜지스터(OFET)는 차세대 전자소자를 위한 아날로그 및 디지털 집적회로의 핵심 구성 요소로 간주된다. 이를 구현하기 위해서는, OFET이 충분한 전계 효과를 유도할 수 있도록 높은 유전 상수(k) 특성을 가지며, 전하 트래핑을 유발하지 않는 소수성 표면을 갖고, 동작 안정성을 보장할 수 있는 낮은 누설 전류 특성을 지녀야 한다. 본 연구에서는 내구성이 뛰어난 폴리실세스퀴옥산(PSQ) 기반 절연체를 활용하여 8 이상의 높은 유전 상수를 유도하는 새로운 전략을 제시하였다. 이 전략은 전기장 하에서 극성 측쇄(dipolar side-chain)의 재배열을 실현하고, 이를 저전력 구동 OFET에 적용하여 최대 27 $cm^2 V^{-1} s^{-1}$의 높은 전계 효과 이동도를 얻었다. 또한 다양한 PSQ 재료를 분석한 결과, 물질에 따른 유전특성 차이가 서로 다른 분극 현상을 유도하며, 이는 소자 동작 중 히스테리시스 거동의 차이로 이어진다는 점을 확인하였다. 본 연구에서 제안한 PSQ 절연체를 이용하면 유연 기판 위에 인쇄형 단위 소자를 제작할 수 있으며, 이를 집적 소자로 확장할 경우 저전력 구동 환경에서도 안정적인 스위칭 및 메모리 성능을 구현할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 제시한 간단하면서도 강력한 PSQ 고유전 절연체 합성 전략은 유기 전자소자를 위한 인쇄형 고유전 절연체 개발의 새로운 가능성을 열며, 차세대 집적 전자소자의 실현에 기여할 것으로 기대된다.

P고분금-2

가시광 영역에서 리간드 매개 유전체 튜닝을 통한 키랄 플라즈모닉 나노구조의 향상된 광학 반응

김동현, 유필진*
성균관대
(pjyoo@skku.edu*)

Recent advances in nanophotonics and optical sensing have spurred interest in chiral nanostructures; however, their limited chiroptical properties restrict efficiency. Here, we propose a novel strategy to enhance both the SPR effect and chiroptical response of Helicoid 3(H3) nanostructures via PS–SH ligand exchange, modulating the local dielectric environment. XPS confirmed successful ligand exchange, and CD measurements revealed a 10.4% increase in the g-value of Modification Helicoid 3 (M-H3). TEM-EELS analysis showed the dipole-mode plasmonic peak shifted from 2.80eV in H3 to 2.48eV in M-H3, with increased energy loss intensity indicating enhanced coupling of electric and magnetic dipole modes. FEM simulations further validated these improvements. Consequently, this strategy lays the groundwork for highly efficient next-generation optical technologies in nanophotonics, enantioselective catalysis, and high-performance sensing applications.

P고분금-3

Noble-Metal-Free High Entropy Alloys Nanoparticles with Highly Stable ORR/OER Bifunctional Electrocatalysts

김성현, 유필진*
성균관대
(pjyoo@skku.edu*)

Oxygen evolution reaction and oxygen reduction reaction act as vital roles in next generation energy such as metal air battery, water splitting and fuel cells. However, OER and ORR require very high overpotentials due to complex electron transfer process and commercial electrodes which mainly consist of precious metals are too expensisve to get sustainable energy supply. To overcome these problems, we present a novel synthesis of noble metal-free HEA of FeCoNiMnCu under low temperature processing condition. By selecting an appropriate reducing agent capable of sufficiently reducing the metal precursor, single-phase solid solution HEAs devoid of precious metal elements could be successfully synthesized at ambient temperature and pressure. Owing to these considerable advantages, the optimally designed FeCoNiMnCu HEA electrocatalyst exhibited excellent OER and ORR performance and long-term stability in alkaline media.

P고분금-4

Organic Artificial Solid Electrolyte Interphase for the Advanced Silicon-based Anodes under Lean Electrolyte

김수연, 문명운[1], 유필진*
성균관대; [1]한국과학기술연구원
(pjyoo@skku.edu*)

Designing a stable solid electrolyte interphase (SEI) is crucial for the practical use of silicon anodes in lithium-ion batteries. Here, we propose an organic artificial SEI layer using pyrogallol (PG) and poly(ethyleneimine) (PEI) on a silicon-carbon composite. The blocking layer effectively hinders electrolyte contact with the conductive surface, suppressing SEI formation. Oxidative crosslinking of PG transforms the water-soluble PG/PEI coating into a water-insoluble state, forming a denser, thinner film. This prevents electrolyte penetration and minimizes electrical resistance. Our approach provides valuable insight into organic artificial SEI design.

P고분금-6

Gallic Acid incorporated Pitch Carbon coating for improved cyclic stability of silicon anode

장연경, 유필진*
성균관대
(pjyoo@skku.edu*)

Silicon/Pitch-based Cabon composite (Si/C composite) has been widely explored as a promising anode for high-energy lithium-ion batteries (LIBs). However, the superhydrophobic property of pitch carbon hinders its interaction with silicon particles, leading to non-uniform coating. This non-uniformity leads to pore formation in the active materials, reducing the initial Coulombic efficiency of LIBs. In this study, we propose a novel approach to enhance the surface properties of pitch carbon by introducing hydrophilic phenolic groups using Gallic acid (GA). The incorporation of phenolic groups derived from GA effectively expands the sheet structure of pitch carbon, enabling a uniform carbon coating around silicon particles. As a result, the GA-modified pitch carbon leads to an improvement in the initial Columbic efficiency from 83.4% to 84.1% for silicon-carbon composite anodes.

P고분금-7

Photo-patternable Polysaccharide-based Durable Antifogging Films

진혜인, 류민, 이효민*
포항공과대
(hyomin@postech.ac.kr*)

Hydrophilic antifogging coatings prevent light scattering by promoting filmwise condensation of water vapor, which ensures optical quality of transparent substrates. While Layer-by-Layer (LbL) assembly technique is commonly used to prepare such hydrophilic coatings, LbL films assembled via electrostatic interactions often lack chemical stability under harsh environments such as exposure to high acidic/basic or high salt concentration conditions, leading to disintegration or dissolution of the films. In this work, we present antifogging films prepared using LbL assembly of methacrylated chitosan and carboxymethyl cellulose. The presence of methacrylate groups in the resulting LbL films allow subsequent photo-crosslinking under UV irradiation, enhancing their mechanical and chemical robustness. Moreover, selective UV exposure through a photomask enables precise photo-patterning, expanding the potential application of films, including their use in powerless displays or humidity sensors.

P고분금-8

Investigation of curing kinetics by Diazirine

김동화, 이현아, 이재식, 김동학*
순천향대
(dhkim@sch.ac.kr*)

Diazirine은 빛 또는 열에 의해 카벤 라디칼의 형성과 질소 가스의 배출과 함께 활성화된다. 이러한 특징을 가진 Diazirine이 모노머 또는 올리고머에 첨가되었을 때 라디칼 중합 반응을 일으켜 가교제의 역할을 하게 된다. 또한, 질소 가스가 배출되는 점을 이용하여 발포제의 역할도 할 수 있다. 본 연구에서는 불포화 폴리에스테르 수지를 사용하여 빛과 열에 의한 Diazirine의 중합 반응을 조사한다. 이때, Diazirine이 라디칼 중합 반응을 효과적으로 일으켰는지 검토하기 위해 시차주사열량계(DSC)를 이용하여 경화 정도를 확인하고자 한다. 또한, 유변학적 특성을 측정하여 Diazirine이 가장 활발하게 반응할 수 있는 온도 및 시간을 조사한다.

P고분금-9

Development of Eco-Friendly LFT Using Recycled PA6 from Waste Fishing Nets

조혜연, 이재식, 김동학*
순천향대
(dhkim@sch.ac.kr*)

심해지는 환경 규제 강화에 따라 플라스틱 재활용 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 LFT(Long Fiber-reinforced Thermoplastics)는 재활용 시 열분해를 포함한 Glass fiber의 손상 등 여러 문제점을 가지고 있어 친환경 소재로서의 발전에 어려움을 겪고 있다. 본 연구에서는 폐어망으로부터 재활용된 recycled PA6/PP blend를 matrix로 하는 LFT를 제작한다. 이 때, 두 수지 간의 비상용성 문제와 Glass fiber와의 낮은 접착력 문제를 개선하기 위해 적절한 상용화제를 첨가하고 최적 함량을 결정한다. 재활용 수지를 사용한 친환경 LFT를 제작함으로써 환경 규제 준수가 필수적인 산업 분야에 효율적인 대체 소재를 제공하는 것이 본 연구의 목표이다.

P고분금-10

수계 아연 배터리 음극 계면 안정성을 위한 초분자 계면 네트워크 구축

유필진*, 최은지
성균관대
(pjyoo@skku.edu*)

Aqueous Zn-ion batteries are promising and efficient energy storage systems owing to their low cost, high safety, and satisfactory capacity.However, the instability of Zn metal anodes, caused by dendritic growth and parasitic side reactions, remains a major challenge for practical application.In this study, a nanophaseseparated block copolymer layer that enhances the reversibility of Zn metal anodes is introduced.Here, we introduce a novel supramolecular strategy utilizing para-phenylenediamine (pPD) moieties to establish dynamic bridges between parent polymers.This molecular design not only enhances the mechanical integrity of the binder network but also facilitates efficient Zn^{2+} migration, minimizing ion concentration polarizationThrough an enhanced electrochemical system and a scalable fabrication process, this bridged polymer modification offers a feasible approach for the practical application of zinc metal anodes in aqueous energy storage systems.

P고분금-11

Photovoltaic Performances of Dye-Sensitized Solar Cells using Poly(vinylidene fluoride) and Zn-Hydroxy Minerals

김미라*, 김민규
동의대
(mrkim@deu.ac.kr*)

In this study, the integration of additivessuch as inorganic fillers into polymer materials have garnered considerableattention for the development of advanced electrolyte materials, particularlyin dye-sensitized solar cells (DSSCs). This study focuses on developing apreparation method for a hydroxy mineral as an inorganic filler, investigatingits effects on the properties of poly(vinylidene fluoride) (PVDF)-basedelectrolytes, and evaluating the performance of the resulting electrolyte inDSSCs. When $Zn_5(OH)_8Cl_2$ was used as an additive, significant enhancements were observedin ionic conductivity and the overall cell performance. By harnessing theinteractions between $Zn_5(OH)_8Cl_2$ and PVDF, we optimized the PVDF-based electrolytes for improvedenergy conversion efficiency of DSSCs. Notably, a DSSC device with a PVDF-basedelectrolyte containing 15 wt% of $Zn_5(OH)_8Cl_2$ in PVDFexhibited an overall efficiency of 7.52%.

P고분금-12

Active Control of Molecular Transport via Photo-Responsive Artificial Cell-like Polymersomes

이현수, 채민지, 서한진, 이효민*
포항공과대
(hyomin@postech.ac.kr*)

Polymersomes, vesicles with a bilayered membrane composed of amphiphilic block copolymers, are one of the representative artificial cell models in various biomedical applications that include drug delivery, biosensing, and bioreactors. Among the block copolymers used to prepare polymersomes, polybutadiene-polyethylene oxide (PB-PEO) exhibits non-toxic properties and excellent stability across a wide range of temperatures and solvents. However, PB-PEO polymersomes have been reported to lack the ability to control their molecular permeability upon external stimuli. Herein, we synthesize photo-isomeric analogs of PB-PEO block copolymers containing azobenzenes to achieve photo-responsive change in molecular permeability of polymersomes. The resulting polymersomes can precisely regulate molecular transport via photoisomerization under UV irradiation. We anticipate that this will enable the realization of selective molecular transfer which is highly desirable in artificial cell models and allow active control of inter-/intra biochemical reactions in response to external stimuli.

P고분금-13

Hydrogel-elastomer micropatterned composites for flexible non-wetting antifogging tapes

김형정, 정성준, 이효민*
포항공과대
(hyomin@postech.ac.kr*)

Transparent materials often face environmental challenges including fogging, surface contamination, and mechanical instability. To address these issues, a micropillar-based structure combined with hydrogel micropatterning was previously presented to achieve flexible and superhydrophobic antifogging tapes. On the basis of this work, we explore an alternative structural design to further enhance the performance of the tape by replacing the micropillar-based architecture along with the detailed surface structure. By integrating this new design with hydrogel micropatterning through inkjet printing on an elastomeric substrate that provides non-wetting characteristics, a flexible, non-wetting antifogging tape is developed. This approach aims to improve non-wetting and mechanical robustness while ensuring strong adhesion to various substrates. Furthermore, the elastomeric composition enhances adaptability for different transparent materials without the need for additional adhesives.

P고분금-14

4-arm 블록 공중합체의 혼합 마이셀을 이용한 구형 탄소 나노입자의 합성

김정태, 이강현, 이수민, 조은범*
서울과학기술대
(echo@seoultech.ac.kr*)

Spherical carbon nanoparticles below 100 nm in diameter were synthesized using dopamine hydrochloride in the presence of mixed micelles composed of two kinds of star-shaped 4-arm block copolymers. Tetronic904 and Tetronic90R4 were kindly received by BASF. It seems that the mixing of the two block copolymers helped to form more stable micelles finally to support uniform spherical particles. These are highly biocompatible materials that can be applied in medicine and biotechnology. This research was supported by the Green Convergence Technology Specialized Graduate Program through the Korea Environmental Industry & Technology Institute (KEITI) funded by the Ministry of Environment (MOE).

P고분금-15

Research on Core Fire-Retardant Polyurethane

이인성, 김정현*
서울시립대
(jhkimad@uos.ac.kr*)

Polyurethane spray foam is widely used in construction for its excellent insulation performance, airtightness, and ease of application. However, traditional polyurethane is highly flammable and can accelerate fire spread, making fire safety a major concern. To address this, new regulations require polyurethane insulation to meet fire-retardant standards without relying on surface treatments. This study aims to identify the most effective fire retardants and optimize polyurethane formulations to enhance fire resistance. By reviewing previous research and analyzing the characteristics of various fire-retardant additives, we seek to develop a polyurethane foam that meets fire safety standards while maintaining its insulation properties. This research was supported by Post-plastic Specialized Graduate Program through the Korea Environmental Industry & Technology Institute(KEITI) funded by the Ministry of Environment(MOE)

P고분금-16

Exploring the effect of particle shape on water-in-oil high internal phase Pickering emulsions

김예린, 김규한*
서울과학기술대
(kyuhankim@seoultech.ac.kr*)

Water-in-oil high internal phase Pickering emulsions (W/O HIPPEs) are distinguished by their polyhedral droplets and viscoelastic characteristics due to high dispersed phase volume. These emulsions are effective in encapsulating water-soluble compounds with minimal oil phase use, thus being extremely useful for various applications including pharmaceuticals, cosmetics, and food production. Unlike most studies primarily focused on enhancing stability in oil-in-water (O/W) HIPPEs with amorphous TiO_2 particles, this study marks the first investigation into stabilizing W/O HIPPEs using TiO_2 particles of different shapes modified with hydrophobic stearic acid. We explored how particle shapes affect the interfacial stability and mechanical properties of HIPPEs, including droplet size, particle behavior at interfaces, and rheological properties. The findings provide a foundation for developing tailored HIPPE formulations, facilitating their targeted application in diverse industries.

P고분금-17

In-situ polymerizable all-aqueous gel based on stable water-in-water emulsions

이은석, 김규한*
서울과학기술대
(kyuhankim@seoultech.ac.kr*)

In this study, we present a novel platform technology for fabricating all-aqueous gels using water-in-water high internal phase emulsions (W/W HIPEs). W/W emulsions, composed entirely of water, have attracted significant interest due to their exceptional biocompatibility and eco-friendly fields. However, their practical application has been struggled by poor stability and processability. To effectively address these challenges, we elucidate, for the first time, the root cause of the poor stability of W/W emulsion and successfully achieved stable W/W HIPEs. Building on this advance, we achieved photopolymerization of the thin continuous phase of the emulsion, resulting in all-aqueous gels with tunable interconnectivity and improved processability. In particular, this all-aqueous gel can be polymerized in situ without the need for additional post-processing, which is expected to expand its applications to drug patch systems, artificial cell reactors, semi-solid aqueous electrolytes, and more.

P고분금-18

3가 분자 다리를 갖춘 인공지능 응용을 위한 고성능 유기 시냅스 트랜지스터

김지현, 김태훈, 이웅기, 김화정, 김영규*
경북대
(ykimm@knu.ac.kr*)

Organic field-effect transistors (OFETs) have been extensively studied for three decades and are gradually gaining attention in various applications including flexible and wearable electronics. In particular, non-volatile memory applications for data storage have attracted keen interest because of the diverse approaches using organic materials to achieve hysteresis characteristics in OFETs. Recently, the hysteresis characteristics of OFETs have been extended to organic synaptic transistors (OSTRs), which can mimic synapses for neuromorphic computing applications. Our previous work disclosed that a molecular bridge between polymeric chains could play a charge-trapping role in memory layers in OFETs but was limited to a divalent shape. In this presentation, we demonstrate that trivalent molecular bridges made via water-based solution processes bestow pronounced hysteresis characteristics and can control the charge-trapping levels in OSTRs. The optimized OSTRs showed good short-term and long-term potentiation/depression characteristics, leading to excellent recognition performances over 96% via artificial neural network (ANN) simulations, and could process Morse and Braille signals.

P고분금-19

Eco-Friendly Coatable Anti-Icing Composite Film Using a Polarity-Switchable Maleic Anhydride Containing Copolymer

안세희, 이지민[1], 우상혁[1], 김채빈*
부산대; [1]중앙대
(cbkim@pusan.ac.kr*)

Global environmental issues drive efforts to reduce toxic and volatile organic solvents in polymer coatings. While water is an eco-friendly solvent, it is mainly used for hydrophilic polymers, which often lack durability in humid environments. To address this, a polarity-switchable copolymer with maleic anhydride (MA) was developed. Base-induced ring opening renders it hydrophilic and water-soluble, enabling the formulation of water-based coatings. Subsequent heat treatment restores hydrophobicity, ensuring robust performance. On rough surfaces, the ring-closed film exhibits superhydrophobicity, thereby improving anti-icing capabilities. Incorporating graphene oxide into the film not only enhances the coating's thermomechanical properties but also accelerates ice melting under sunlight through its photothermal effect. Recovering graphene oxide from the composite film has also been demonstrated. This polarity-switching polymer system presents a viable eco-friendly solution with significant potential for large-area coating applications and improved anti-icing performance.

P고분금-20

공액 고분자 기반 게이트 감지층을 이용한 유기 광트랜지스터 - 가시광선에서 적외선 범위까지의 감지 능력에 대한 이해

박다현, 박찬빈, 김태훈, 한혜미[1], 이철연[2], 김화정, 김영규*
경북대; [1]미래양자융합센터; [2]삼성전자
(ykimm@knu.ac.kr*)

Organic phototransistors (OPTRs) have been highlighted due to their potential for flexible and wearable photosensor applications. Because inorganic devices cannot easily achieve such flexible sensors, OPTRs have been intensively studied by various research groups. However, channel layers act as a sensing medium in the conventional OPTRs, which inevitably limit the range of materials to organic semiconductors (i.e., conjugated polymers mostly) with reasonably high charge carrier mobilities. Recently, our group made the gate-sensing layer (GSL) concept, enabling gate-insulating layers to play a photo-sensing role in advanced OPTRs. The GSL approach paved a new way for OPTRs because the photo-sensing function was no longer restricted to the channel layers. In this presentation, we show the clear concept of GSL-based OPTRs which can detect a wide range of photons from visible to infrared light. In addition, the conjugated polymer-based GSLs will be demonstrated for detecting confined deep-red light by combining the technology of visible light-cutting layers (VLCLs).

P고분금-21

저분자 패시베이션을 통한 n형 유기 전자화학 트랜지스터의 안정성 향상

백지수, 장재영*
한양대
(jyjang15@hanyang.ac.kr*)

Organic electrochemical transistors (OECTs) have emerged as a promising platform for bioelectronics and neuromorphic systems. However, n-type OECTs are susceptible to instability due to oxygen reduction reactions. This study proposes a small-molecule passivation strategy using 6,6-phenyl-C61-butyric acid methyl ester (PCBM) to enhance the stability of poly(benzobisimidazobenzophenanthroline) (BBL)-based OECTs. A spin-coated PCBM layer forms a hydrophobic passivation layer that suppresses oxygen reduction while permitting ion permeation. The resulting PCBM/BBL bilayer OECTs demonstrate enhanced operational stability under various electrolyte and gate-voltage conditions. Furthermore, PCBM improves carrier mobility and switching speed, underscoring the efficacy of surface passivation in optimizing OECT performance and stability.

P고분금-22

준가역성 용매변색 거동을 갖는 단일 입자 코어-쉘 센서

허인웅, 윤보영, 김종만[1], 박범준*
경희대; [1]한양대
(bjpark@khu.ac.kr*)

This study presents a single-particle solvatochromic sensor with a semi-reversible color change, utilizing polydiacetylene (PDA)@PDMS core-shell structures fabricated through a co-flow microfluidic approach. When exposed to different solvents and volumes, unpolymerized 10,12-pentacosadiynoic acid (PCDA) monomers migrate from the PDA core to the PDMS shell, leading to distinct color shifts in both regions under repeated UV exposure and solvent interaction. The solvatochromic response of PDA@PDMS is influenced by factors such as solvent diffusion, PCDA transport efficiency, PDMS swelling behavior, solvent boiling point, and PCDA solubility. Compared to bare PDA particles and PDA/PDMS composites, PDA@PDMS demonstrates improved selectivity by producing unique solvatochromic signatures for various solvents. This core-shell sensor provides a reliable platform for detecting multiple solvents in real-time, offering strong potential for analytical applications and environmental sensing.

P고분금-23

Enhanced Thermoelectric Properties via Pendant-Side Conjugation in Conjugated Polymers

김상범, 김혁준, 정인환, 장재영*
한양대
(jyjang15@hanyang.ac.kr*)

Organic thermoelectric (OTE) materials are evolving with innovative conjugated polymers and doping strategies. $FeCl_3$ is a widely used dopant due to its cost-effectiveness and strong oxidizing properties, but at high $FeCl_3$ concentrations, it disrupts molecular ordering, leading to decreased OTE performance. Here in, new OTE polymers with pi-conjugation along the pendant side are developed. This structural feature facilitates pendant doping with $FeCl_3$ by forming a strong binding complex at the conjugated side chains, where an abundant free volume exists. As a result, the intermolecular ordering of the OTE polymer is well preserved even under high $FeCl_3$ concentration, thereby enabling a high power factor exceeding 10 $\mu W\ m^{-1}\ K^{-2}$. This novel doping mechanism opens new possibilities for high-performance OTE polymers.

P고분금-24

Research on restoration of physical properties of recycled TPU

윤호병, 조혜연, 이재식, 김동학*
순천향대
(dhkim@sch.ac.kr*)

열경화성 폴리우레탄(PU)과 달리 열가소성 폴리우레탄(TPU)는 압출 또는 사출성형에 의해서 다양한 제품으로 사용되고 있다. 본 연구에서는 상용화제를 활용하여 ether 형 TPU와 ester 형 TPU를 동시에 재활용하는 방법을 연구하였다. 두 TPU를 함께 재활용할 경우 ether와 ester의 차이로 인해 상용성이 떨어지고, 열 용융으로 인한 사슬절단에 의해 물성저하가 발생하게 된다. 이를 방지하기 위해 사슬연장제를 첨가하고 최적함량을 결정한다. TPU 효율적인 재활용이 가능해짐으로써 폐기물 감축과 원료 비용 절감에 기여하고, 산업 전반에서 TPU의 활용성을 확대하는 것이 본 연구의 목표이다.

P고분금-25

Colloidal Particles at Water-Water Interfaces: Dynamics, Stability, and Interfacial Tension Measurement

최서영, 윤호준, 이은석, 김예린, 김규한*
서울과학기술대
(kyuhankim@seoultech.ac.kr*)

Aqueous two-phase systems (ATPS), composed of immiscible polymer-polymer or polymer-salt solutions in water, have gained attention for their biocompatibility and eco-friendly properties. In these systems, understanding the behavior of colloidal particles at the water-water interface is crucial for enhancing stability and efficiency. This study explores colloidal particle behavior at the water-water interface, analyzing their aggregation, growth into larger structures, and detachment from the interface over time under varying concentrations. By quantifying key interaction forces, including depletion, capillary, van der Waals, and electric double-layer forces, we identify the driving mechanisms at each stage. Additionally, image analysis of aggregate sizes before detachment enables a novel approach for measuring interfacial tension. This versatile approach accommodates diverse particle sizes and densities, offering insights into the mechanisms governing particle behavior at water-water interfaces.

P고분금-26

Altering hydrophilicity of MOF fillers for proton exchange membranes: improved electrochemical performances derived from structural changes

조용휘, 김대우*
연세대
(audw1105@yonsei.ac.kr*)

Significant research has been conducted on enhancing the performance of proton exchange membranes (PEMs) through composites of PEMs and metal-organic frameworks (MOFs). However, many studies have primarily focused on hydrophilic MOFs, attributing performance improvements solely to their hydrophilicity. In this study, we systematically investigated how the hydrophilicity of MOFs, tuned by Altering their ligands, influences the structural organization within the membrane using SAXS, WAXS, and TEM analyses. Furthermore, we evaluated the resulting performance trends through measurements of proton conductivity and fuel cell performance. The results revealed that membranes containing hydrophilic MOFs exhibited peak performance at 1 wt%, while those with hydrophobic MOFs achieved optimal performance at 3 wt%. SAXS analysis showed that membranes with hydrophobic fillers exhibited diminished intercrystalline domain peaks, and WAXS analysis indicated reduced crystallinity in these membranes. These findings suggest that hydrophobic fillers disrupt membrane crystallinity, thereby enhancing polymer chain mobility, which can be a key factor driving performance improvements.

P고분금-27

고성능 및 고열안정성을 갖는 황 함유 고분자 기반 중적외선 편광판 개발

강민정, 장원태, 이정현[1], 김상현, 이규원, 최건우, 김준오[1], 위정재[2], 임성갑*
KAIST; [1]한국표준과학연구원; [2]한양대
(sgim@kaist.ac.kr*)

Infrared (IR) polarizers are essential for thermal imaging in mobility and military applications. High sulfur-containing polymers (HSCPs) offer a promising alternative to brittle, costly inorganic materials due to their excellent mid-wave infrared (MWIR) transparency. This study presents a high-performance IR polarizer using poly(Sulfur-co-hexavinyl disiloxane) (pSHVDS), a sulfur-rich polymer. The sulfur chemical vapor deposition (sCVD) process enabled direct deposition of highly crosslinked pSHVDS films (>70% sulfur content) with precise thickness control. Further crosslinking at high temperatures (T_g >130℃) allowed high-fidelity nano-grating patterning (400 nm pitch, 150 nm width, 300 nm height) via thermal nanoimprint lithography (NIL). A 150 nm-thick Au layer was deposited onto the patterned pSHVDS, achieving a transmittance (T_{TM}) >50% and an extinction ratio (ER) >6000 in MWIR. An additional pSHVDS anti-reflection coating enhanced the T_{TM} to 84% and the ER to over 7200 at 4 μm, the highest reported for organic IR polarizers. The polarizer maintained performance after 24 hours at 100 ℃, demonstrating exceptional thermal stability. We believe these advancements pave the way for next-generation IR applications.

P고분금-28

High-Efficiency Catalytic Reaction Optimization for Polyamide 6,6 Polymerization: Low Pressure Processing

이근호, 이주홍, 임원빈, 이재룡, 이승현, 김이천, 변상욱, 이지원, 배지홍, 허필호*
부산대
(pilho.huh@pusan.ac.kr*)

Polyamide 6,6 (PA66) was synthesized through a polymerization process utilizing a vacuum reactor. Adipic acid and hexamethylenediamine were used as monomers for condensation polymerization, under a pressure range of 300-50 Torr. Additionally, the polymerization of PA66 synthesized using sodium hypophosphite and phosphoric acid as catalysts was compared. Gel permeation chromatography (GPC) was used to measure molecular weight, while viscosity analysis were used to evaluate the degree of polymerization (DP) and processability. PA66 synthesized under low pressure conditions was analyzed the molecular structure and chemical composition through nuclear magnetic resonance(NMR), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) respetivlely. Moisture generated during the PA66 polymerization process interferes with polymerization, a vacuum process is important to effectively remove water. As a result, successfully polymerized PA66 by optimizing conditions of low pressure and catalyst type. Polymerizing PA66 under low pressure conditions is more efficient than high pressure.

P고분금-29

향상된 광역학 효과를 위한 공액 고분자 나노입자 엔지니어링

민경선, 최현석, 유영호, 노정원, 박주현*
중앙대
(jpark@cau.ac.kr*)

Conjugated polymers are characterized by high photostability and low cytotoxicity, but their hydrophilicity and bioavailability limit their practical use, especially in biomedical applications. To address these issues, conjugated polymeric nanoparticles (CPNs) were synthesized using polyethylene glycol (PEG) and methyl-substituted phospholipids. Two conjugated polymers, PCPDTBT (donor) and N2200 (acceptor), were combined to enhance the photothermal and photodynamic efficacy. The molar ratio of these polymers was adjusted to effectively incorporate N2200 into the nanoparticles to improve their properties. Spectroscopic analysis showed that increasing the N2200 ratio enhanced the absorbance at 400 nm and 800 nm, while decreasing the absorbance at 700 nm. The diameter of the nanoparticles was in the range of 150-300 nm. This work provides a basis for phototherapeutic applications by improving their photodynamic and photothermal properties.

P고분금-30

Synthesis and Physiochemical Investigation of Gold nanoparticles using Self assembled ion pair of polyvinylpyrrolidone and phenylazophenol

조지 조이 조몬, 김진철*
강원대
(jinkim@kangwon.ac.kr*)

Ion pair self-assembly (IPSAM) was prepared using polyvinylpyrrolidone (PVP), a hydrophilic biodegradable polymer, and phenylazophenol (PAP), a hydrophobic counter ion, to create the gold nanoparticles. In every mass ratio of PVP to PAP, the IPSAM was created. The small nanosized particle was confirmed by DLS and TEM examination, which were utilized to generate the GNPs, in PVP/PAP (4/6), (3/7), and (2/8). NMR and FT-IR analysis were used to confirm the ion pair in order to verify the electrostatic interaction and hydrogen bonding. GNPs with a concentration of 2 mM were visible in all three IPSAM ratios. The produced GNPs were verified by TEM-EDS and UV examination, which revealed both ion pairs containing gold. Using a surface tension and florescence spectrophotometer, the critical micelle concentrations for the ion pair PVP/PAP (4:6) and (3:7) were found to be 0.057 mg/ml and 0.0150 mg/ml, respectively.

P고분금-31

다이설파이드-우레탄 이중가교형 필름의 경화 및 자가치유 특성

이승기, 문호연, 노승만[1], 정현욱 *
고려대; [1]한국화학연구원
(hwjung89@korea.ac.kr*)

동적 공유 결합인 다이설파이드 결합으로 이루어진 코팅 필름은 손상 이후 티올 라디칼의 교환반응을 통해 자가치유가 가능하다. 자가치유의 경우 손상된 필름의 접촉이 중요하며 기존 연구에서는 점탄성에 기인된 re-flow를 통해 표면을 접촉시킨 뒤 자가치유를 유도하였다. 메타크릴레이트와 하이드록실기를 이용해 광경화와 열경화가 가능한 이중 가교형 올리고머인 Hydroxyl Functionalized Urethane Methacrylate Oligomer (HFUMO)에 내재된 탄성적 특성 통해 re-flow를 제어할 수 있을 것이라 기대된다. 본 연구에서는 자가치유 특성을 가진 다이설파이드와 탄성성질을 가진 우레탄으로 구성된 이중 가교 필름의 유변학적 경화 및 자가치유 특성을 분석하였다. 경화 필름은 이중 경화 방법에 의해 제조되었는데, 먼저 광반응으로 HFUMO의 메타크릴레이트와 트리메티롤프로판 트리스 (3-메르캅토프로피오네이트)의 티올기 그룹간의 티올-엔 반응을 유도한 뒤, 요오드와 헥사메틸렌 다이 이소시아네이트(HDI) 트라이머를 첨가해 다이설파이드 및 우레탄 결합을 유도하였다. 경화 유변 특성은 레오미터로 분석하였고, 주요 반응 특성들은 퓨리에변환 적외선분광기(FT-IR)로 확인하였다. 또한, 나노 인덴테이션 및 나노 스크레치 테스터를 사용하여 경화된 필름의 표면 기계적 특성을 분석하였고, 원자현미경(AFM)을 이용하여 자가치유 특성을 파악하였다.

P고분금-32

Controlled drug release properties of allopurinol-incorporated double-layered starch-chitosan based patches for gout therapy

김경중, 왕은재, 이창문, 심왕근[1], 윤순도*
전남대; [1]순천대
(yunsd03@jnu.ac.kr*)

To develop a sustained transdermal drug delivery for gout treatment, allopurinol (ALP) double-layered patches were prepared using a layer-by-layer assembly of ALP, starch, polyvinyl alcohol (PVA), chitosan, and plasticizers. The chitosan-based first layer is designed to modulate the release of ALP from the starch-based second layer, enabling sustained drug delivery for continuous treatment. The physicochemical characteristics of ALP and prepared patches were confirmed by physical properties, FE-SEM, FT-IR, ^{1}H NMR. The ALP release profiles of the ALP-incorporated patches were assessed in artificial and porcine skin as skin simulants. These results confirmed that ALP from the double-layered patches were delayed released for 48 h in artificial skin and 60 h in porcine skin, and was released 2.32-4.16 times and 1.91-5.77 times slower compared to ALP release from the single-layer, respectively. The release kinetics were analyzed using the Higuchi, Fickian diffusion, and Korsmeyer-Peppas models. Additionally, drug release simulation was conducted using riboflavin to evaluate ALP intradermal penetration.

P고분금-33

Enhancement of Insulation and Heat Resistance Using Silicone-Based Coating

김경민, 임세라, 정병규[1], 이준영, 황기섭*
한국생산기술연구원; [1](주) 도아
(ks_hwang@kitech.re.kr*)

Silicone-based coating have gained significant attention as effective materials for improving both insulation and heat resistance. Conventional insulation methods, such as adhesive tapes and simple coatings, often suffer from durability issues, leading to performance degradation and potential thermal instability over time. To overcome these limitations, this study explores the application of silicon-based coatings to enhance long-term thermal and electrical insulation properties. In particular, optimizing the material composition and processing conditions plays a crucial role in achieving stable performance under high-temperature environments. By addressing key factors such as adhesion, viscosity, and thermal expansion, silicone-based coatings can provide a more reliable solution for insulation applications.

P고분금-34

Influence of concentration of Cellulose nanocrystal on the rheological, mechanical, and electrochemical properties of solid polymer electrolytes

김재현, 현규*
부산대
(kyuhyun@pusan.ac.kr*)

Battery safety concerns have led to the development of all-solid-state batteries (ASSBs) to replace liquid electrolytes. Solid polymer electrolytes (SPEs) improve ASSB safety, with polyethylene oxide (PEO) as a common base polymer due to its ionic conductivity and flexibility. However, PEO-based SPEs have low ionic conductivity, mechanical strength, and thermal stability, requiring additives. Previous studies used silica nanoparticles (SiNPs) as fillers, but limitations remained. This study replaces SiNPs with cellulose nanocrystals (CNCs), which offer high surface area, hydrophilicity, and good polymer compatibility. CNCs enable uniform dispersion and are expected to enhance ionic conductivity, mechanical strength, and thermal stability. PEO/CNC suspensions were analyzed using an ARES-G2 rheometer. Small amplitude oscillatory shear (SAOS) tests examined CNC effects on ionic conduction pathways and polymer mobility, while time sweep tests assessed stability. Mechanical properties were measured using a universal testing machine (UTM), and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) was conducted. This study offers a new approach to improving SPE performance.

P고분금-35

The Relationship Between Rheological properties and Morphology of PLA/LDPE Blends with Different Ratio

김민찬, 현규*
부산대
(kyuhyun@pusan.ac.kr*)

PLA is a sustainable alternative to reduce global plastic waste, but it is difficult to use in some industrial processes, such as film production and foaming. This study explores blending PLA with low-density polyethylene (LDPE) to increase its usability and maintain its biodegradable properties. The blend aims to combine the strain hardening effects of PLA and LDPE due to their branched structures to effectively handle more demanding applications. The blends are created by mixing PLA and LDPE in different proportions and then testing their properties through typical rheological tests. In addition, scanning electron microscopy (SEM) is used to investigate how well the LDPE is distributed within the PLA matrix and to observe structural changes in the blends. This investigation provides a better understanding of how the blend's microscopic structure affects its overall properties. The goal of this research is to develop polymer blends that take advantage of the biodegradability of PLA and the ease of processing of LDPE. We will also investigate how the rheological properties and morphology of the blends can improve the overall performance of the material.

P고분금-36

무선 혈압 모니터링 플랫폼의 압전 구동 이온 역학

최원혁, 김지홍, 김도환*, 안승영[1], 김해린[1]
한양대; [1]한국과학기술원
(dhkim76@hanyang.ac.kr*)

Cardiovascular diseases (CVDs) require continuous hemodynamic monitoring for improved outcomes, yet conventional cuff-based methods are intermittent and motion-sensitive. Wireless pressure sensors employing high-frequency LCR circuits (≥1 MHz) provide an alternative but face significant drawbacks, including potential cellular damage, signal attenuation, and electromagnetic interference. Here, we introduce a wireless tissue-adaptive biosensor operating via piezo-induced ion declustering dynamics operating below 1 MHz. This sensor incorporates a soft Bionogel composed of hydrogen bonded choline-based ion pairs on the surface of functionalized gold particles (AuNPs) embedded into chitosan biopolymer matrix. Notably, our flexible sensor exhibits exceptional mechanosensitivity (S = 16.60–10.18 kPa−1) over a wide range of pressures (0–100 kPa). This precious and efficient noble approach which enables continuous monitoring serve as a blueprint for next-generation cardiac diagnostic solutions.

P고분금-37

열전 성능 향상을 위한 혼합 벽 탄소 나노튜브의 도핑 조절

조강현, 김병관*, 김지현
충남대
(bg_kim@cnu.ac.kr*)

To enable self-powered operation in wearable devices, thermoelectric generators (TEGs) that harvest waste heat from the human body have emerged as a promising technology. However, the practical use of TEGs is hindered by the limited availability of air stable p-type and n-type thermoelectric materials. In this study, we developed p-type and n-type thermoelectric materials with enhanced performance by doping mixed-wall carbon nanotubes (MWCNTs), which possess excellent electrical conductivity, high tensile strength, and superior mechanical properties. The MWCNT was coated on PET film that showed flexibility and thermal stability, making it a suitable candidate for wearable TEGs. Furthermore, doping via the drop-casting method ensured stable thermoelectric performance, and the optimized charge transport of MWCNTs. This study presents an opportunity for the development of self-powered wearable TEGs.

P고분금-38

Mixed Ionic-Electronic Conductors Based on PEDOT-Metal Complexes for Enhanced Thermoelectric Performance

김지현, 조강현, 김병관*
충남대
(bg_kim@cnu.ac.kr*)

Mixed ionic-electronic conductors (MIECs) have attracted significant attention due to their potential to enhance thermoelectric performance by combining outstanding thermovoltage through ion diffusion and high conductivity via electron transport. Herein, A thermoelectric ionic-electronic conductor was developed through the interaction between an inorganic salt, which exhibits multiple chemical states, and the polymer matrix poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrene sulfonate) (PEDOT:PSS). The interaction between the inorganic salt complex and the conductive polymer induced dedoping of PEDOT:PSS, while controlled counter-ion diffusion generated a significant thermoelectric response. Relative humidity and inorganic salt doping, which influence ion diffusion, were precisely controlled to optimize thermoelectric performance. As a result, the PEDOT-based ionic-electronic conductor exhibited significant thermoelectric performance even under low-grade heat conditions, suggesting that PEDOT-based inorganic salt composites represent a promising strategy for efficient thermoelectric energy harvesting.

P고분금-39

Reduction-Responsive Ion-Paired Micelles of Polyaryl Amine(PAA) and Lipoic Acid(ALA) for Targeted Drug Delivery

황정선, 김진철*
강원대
(jinkim@kangwon.ac.kr*)

An ion pair self-assembly (IPSAM) was developed using poly(allylamine) (PAA) and lipoic acid (ALA) via electrostatic interactions between amine and carboxyl groups. The resulting ion pair exhibited amphiphilic properties, enabling spontaneous self-assembly into spherical nanoparticles in aqueous media according to the second law of thermodynamics. Due to the presence of disulfide bonds in ALA, the IPSAM demonstrated reduction-sensitive behavior. Characterization was conducted through FTIR, ^{1}H-NMR, and DLS to determine particle size, zeta potential, surface tension, and critical micelle concentration (CMC), along with TEM imaging for morphological analysis. The reduction-responsive release of IPSAM was evaluated in a dithiothreitol (DTT) environment, where increased DTT concentrations (from 5 mM to 20 mM) led to a proportional increase in payload release. These findings suggest that the PAA/ALA IPSAM has potential as a reduction-sensitive nanocarrier for drug delivery applications.

P고분금-40

Rheological Characterization of PLA/PEO/CNC Blend Composites for 3D Printer Application

신지윤, 현규*, 정지석
부산대
(kyuhyun@pusan.ac.kr*)

Polylactic acid (PLA) is a biodegradable polymer valued for its renewability and mechanical strength but is limited by brittleness and low thermal stability. To enhance its properties, cellulose nanocrystals (CNC) were incorporated due to their biodegradability and reinforcement potential. However, CNC's hydrophilicity hinders dispersion in the hydrophobic PLA matrix. To address this, CNC was pre-dispersed in polyethylene oxide (PEO) via solvent casting and then blended with PLA using melt mixing. The resulting PLA/PEO/CNC nanocomposites were evaluated for their rheological properties, morphology using SEM, and 3D printing performance. Results indicate that optimizing the PLA/PEO/CNC formulation improves PLA's processability, offering a sustainable material for additive manufacturing.

P고분금-41

음이온 교환 막의 간질 알킬 사슬 공학이 CO2 전해조 개선에 미치는 영향

임해량, 박태호*
포항공과대
(taihopark@postech.ac.kr*)

Anion exchange membranes (AEMs) are emerging as crucial components for application in electrochemical CO_2 reduction reactions. However, there are very few reports on structural design strategies for AEMs that regulate water management while suppressing cation crossover—issues responsible for cathode flooding and salt precipitation. In this study, our rationally designed poly(bisfluorene)-based AEM with alkyl chains (PBFA-QA) demonstrates improved contact properties with the CL and a well-developed ion transport channel. Thus, PBFA-QA significantly mitigates cathode flooding and salt precipitation compared to commercial AEMs (X37-50 RT and PiperION). Consequently, PBFA-QA achieves a CO partial current density of 328.0 mA cm^{-2}, which is much higher than that of PiperION (173.6 mA cm^{-2}) and X37-50 RT (161.8 mA cm^{-2}), respectively. Furthermore, we achieved a Faradaic efficiency for CO exceeding 80%, maintaining stable operation at 300 mA cm^{-2} with PBFA-QA, a performance not attainable with X37-50 RT and PiperION.

P고분금-42

인장/온도를 구별할 수 있는 영유아 건강 모니터링 용 통합 센서 개발

박형민, 명수민, 이기원*
광운대
(giwonlee@kw.ac.kr*)

웨어러블 센서 기술의 발전으로 실시간 건강 모니터링이 활성화되고 있으나, 영유아를 위한 실시간 모니터링 기술 및 연구는 부족한 실정이다. 특히 영유아는 머리 충격에 의한 손상과 체온 이상에 취약하지만, 이를 동시에 감지할 수 있는 센서의 부재는 조기 대응에 한계를 초래한다. 본 연구에서는 단일 Polydimethylsiloxane(PDMS) 기판에 온도-인장 센서를 통합한 웨어러블 소자를 개발하였다. 제안된 센서는 인장 변형과 온도를 독립적으로 감지하며, 은나노와이어 기반 온도 센서는 표면 주름 구조와 기판의 두께 차이를 활용해 기계적 변형에 대한 영향을 최소화하였다. 또한 인장 센서는 서로 다른 양과 음의 저항 온도 계수를 가진 물질을 혼합하여 제작함으로써 온도 변화의 영향을 받지 않도록 설계하였다. 제작된 센서는 신속한 반응 속도와 높은 감도를 가지며, 이축 인장 변형에서도 안정적인 측정이 가능하였다. 이를 통해 영유아의 목 흔들림과 체온 변화를 정밀하게 감지하여 실시간 건강 모니터링 및 사고 예방에 기여할 것으로 기대된다.

P고분금-43

인간 피부를 모방한 넓은 범위의 선형 압력 민감도를 가진 다공성 다중 탄성 계수 웨어러블 센서

한재희, 노창현, 임현아, 김민우, 이기원*
광운대
(giwonlee@kw.ac.kr*)

Despite the significant advancements in pressure sensors driven by various demands, several challenges remain unsolved. We report an easily fabricated pressure sensor that simultaneously achieves high sensitivity and broad linearity by drawing inspiration from the multi-modulus structure of human skin. These two properties are typically inversely related, making their simultaneous realization highly challenging. To develop a capacitive type of sensor, our design employs a porous structure composed of two distinct layers with different modulus by adjusting the mixing ratio (base : curing agent) in polydimethylsiloxane (PDMS) blended with multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs). The incorporation of MWCNTs and the porous structure endows the sensor with a high sensitivity of 83.4 kPa^{-1}, while the dual-modulus layers enable a broad linear range up to 45 kPa. The sensor demonstrates excellent durability, maintaining stable performance after repeated deformations.

P고분금-44

마이크로플루이딕 시스템을 이용한 다중 액적(GOW) 기반 고효율의 NCM 금속 이온 회수

임지훈, 유필진*
성균관대
(pjyoo@skku.edu*)

With the rising demand for battery-powered electronic devices and vehicles, extensive research has focused on recycling raw materials from spent LiBs cathode materials. Among various methods, microfluidic solvent extraction stands out for its high efficiency due to the large specific surface area and rapid interfacial mass transfer in micro-scale reaction spaces. Here, we designed a high-efficiency metal ion extraction process by creating a hollow multi-phase emulsion (AOW) with inert gas injection. We developed one-flow phase separation systems to selectively separate droplets post-extraction by controlling wettability and density differences. We investigate the effects of gas phase injection on flow patterns, emulsion stability, and extraction efficiency. We discuss the relationship between reactor scale, pH, residence time, phase ratio, and extraction efficiency. This gas-phase extraction approach offers promising strategies for many fields related to liquid liquid extraction.

P고분금-45

Exploring rheological and mechanical characteristics of pPD-bridged supramolecular binders for industrial application

김민수, 유필진*
성균관대
(pjyoo@skku.edu*)

As demand for lithium-ion batteries (LiBs) grows with electric vehicles and energy storage systems, efforts to increase energy density are becoming more active. Silicon, with a high capacity is promising material. However, its irreversible volume expansion during lithiation causes disintegration, making a significant challenge. Improving polymeric binders has proven to be effective. Para-Phenylenediamine (pPD), with two amine groups, forms supramolecular structures via hydrogen bonding with traditional binders like CMC and PAA. These supramolecular binders enhance Si-based battery performance by providing mechanical stability and self-healing properties through dynamic crosslinking. However, more data and correlations are needed for industrial application. In this study, we explored how the incorporation of pPD molecules affects the mechanical and rheological properties of binders and analyzed their impact on the electrochemical performance of Si-based batteries.

P고분금-46

Precision control of morphology in self-assembled monolayer for inhibitory transport control of metal precursor

정성우, 유필진*
성균관대
(pjyoo@skku.edu*)

Self-assembled monolayers (SAM) are gaining attention in area-selective ALD (AS-ALD) for their dense and uniform molecular characteristics. However, surface defects inevitably reduce ALD selectivity over multiple cycles. This study focuses on controlling SAM tail group morphology to enhance selectivity. Longer alkyl tails improve hydrophobicity, but structurally complex tails create steric hindrance, leading to defects. A secondary coating with shorter-chain molecules effectively mitigates these defects, improving metal precursor blocking. This binary-SAM approach offers insights into enhancing SAM quality and optimizing AS-ALD performance.

P고분금-47

Optical encryption using patternable photochromic organogel

전현준, 류민, 이효민*
포항공과대
(hyomin@postech.ac.kr*)

Optical encryption that responds to external stimuli, such as humidity and UV light, plays a vital role in applications like colorimetric gas sensors and structural color displays. While various UV-responsive optical encryption systems rely on UV-responsive chromophores such as spiropyran, their inherently slow response-recovery times limit their suitability for real-time information encryption systems. In this work, we introduce a photochromic organogel with an enhanced recovery time. This organogel can be fabricated into a patterned film that undergoes rapid UV-induced color changes within approximately 10 seconds and demonstrates repeatable responsiveness to external stimuli. We envision that patterned photochromic organogel films hold great promise for applications in information encryption and physically unclonable functions.

O공업목-1

Needle-Structured ZrO_x-Loaded $NiFe_2O_4$ Photocatalysts for Efficient Photo-Fenton Degradation of Bisphenol A and 4-Nitrophenol

Velu Manikandan*, 송광섭
국립금오공과대
(mani.env2014@gmail.com*)

This study investigates ZrO_x-loaded $NiFe_2O_4$ photocatalysts (1, 2, and 3 wt%) synthesized by co-precipitation and wet impregnation for environmental and health applications. Structural analysis shows a cubic crystal structure with ZrO_x doping shifting the morphology from fibrous to needle-like, enhancing charge separation. Under visible light (VL) and H_2O_2 activation, the ZrO_x(3 wt%)/$NiFe_2O_4$ composite achieved 98.5% BPA and 98.2% 4-NP degradation within 120 minutes via Photo-Fenton. Kinetic analysis indicated pseudo-first-order behavior. Stability tests showed 91.5% retention after multiple cycles. Quenching experiments identified superoxide ($\bullet O_2^-$) and hydroxyl ($\bullet OH$) radicals as key species involved in degradation. Furthermore, ZrO_x(3 wt%)/$NiFe_2O_4$ exhibited selective cytotoxicity against MDA-MB-231 and MCF-7 cells, with minimal toxicity to HEK-293 cells, highlighting its potential for environmental remediation and biomedical applications.

O공업목-2

Acoustic field analysis using micro-particle velocity measurements

김나해, 양인환*
경기대
(ihyang@kgu.ac.kr*)

In this study, we analyze acoustic fields by calculating the acoustic radiation force acting on micro-particles (5 and 10 μm in diameter) in a stagnant fluid within micro-resonators. The micro-resonators with a resonance frequency of 2 MHz were designed to establish quarter- and half-wavelength ultrasonic standing wave fields with the acoustic pressure nodal plane located at the top and center, respectively. Within the micro-resonators, the initially sedimented micro-particles migrated to the pressure nodal plane due to the vibration of the piezoelectric transducer attached to the top surface of the micro-resonator. The particle velocity was used to determine the acoustic radiation force by solving the force balance on micro-particles. The average particle velocity increased exponentially with the voltage applied to the piezoelectric transducer. The average energy density was 73% lower in the quarter-wavelength micro-resonator than in the half-wavelength micro-resonator at 10 V_{pp}.

O공업목-3

첨가제를 이용한 선형 및 고리형 탄화수소 흡열연료의 열분해 최적화 연구

박찬호, 김대영, 정병훈[1], 최호진[1], 박동창[1], 정지훈*, 김영진
경기대; [1]국방과학연구소
(jhjung@kgu.ac.kr*)

극초음속 비행체의 경우, 공기 마찰에 의한 물리적인 저항에 의해 열적부하를 받게 된다. 이는 비행체 표면 온도를 증가시켜 구조 변형 및 엔진의 오작동 등 심각한 문제를 야기한다. 이를 개선하기 위해 주 냉각제로 연료를 사용하는 흡열 연료 연구가 진행되고 있다. 흡열 연료의 흡열 반응 과정에서 이의 화학적 개질로 인하여 비행체 유로 내에 코킹 문제가 발생할 수 있다. 이러한 코크 생성 문제를 저감하기 위해 연료내에 코크를 저감하고 고온 안정성을 가진 흡열 연료 첨가제 개발이 필요하다.본 연구에서는 선형 및 고리형 탄화수소 흡열연료를 대상으로 열분해 특성을 확인하고, 혼합물 기반의 흡열 연료의 첨가제 선정에 이러한 특성을 반영하여 최적화 연구를 심화하고자 한다. 연속식 열분해 반응기를 제작하여 오븐의 전력값을 측정해 연료의 흡열량을 측정하고, 반응 전후의 반응기와 필터의 무게 차이를 이용하여 코크 생성량을 계산하였다. 반응이 진행되는 동안 흡열반응에 따른 전력량 변화를 측정하여 흡열량을 계산하였다. 반응이 진행되는 동안 흡열반응에 따른 전력량 변화를 측정하여 흡열량을 계산하였으며 GC-FID, GC-TCD, GC-MS를 통해 기상생성물과 액상 생성물을 분석하였다.

O공업목-4

Sodium borohydride의 탈수소화 반응용 코발트 촉매의 내구성 향상 연구

김지우, 엄호선, 김영진, 정지훈*
경기대
(jhjung@kgu.ac.kr*)

화석연료의 다양한 환경문제가 대두됨과 동시에 연료전지 기술의 발달로 수소를 연료로 하는 고효율 PEMFC 연구가 활발히 진행되고 있다. 수소는 높은 에너지밀도를 가지는 청정에너지원으로써 압축, 액화 등의 물리적인 방법과 수소화물을 이용한 화학적 방법으로 저장할 수 있다. 하지만 물리적 저장 방법은 낮은 수소 저장밀도로 인해 무인항공기와 같은 비행 운송수단에는 부적합하다. 따라서 가벼운 PEMFC용 수소 저장체 개발이 필수적이며, 이를 위한 화학적 수소 저장 방법에 관한 연구가 진행되고 있다. 다양한 수소 저장화합물 중 10.8 wt%의 수소를 포함한 Sodium borohydride(SBH)는 수소 저장체로써 매우 유용한 물질이다. 하지만 가수분해 시 과량의 물이 필요하여 수율이 낮아지는 단점 때문에 촉매를 이용한 SBH 탈수소 촉진 연구가 활발히 진행되고 있다. Cobalt Boride(CoB)는 금속 촉매로 SBH의 탈수소 반응을 가속시키는 촉매로 알려져 있다. SBH 탈수소 반응에서 촉매의 손실 최소화 및 형상 유지는 촉매 성능의 중요한 요소이다. 본 연구에서는 CoB 촉매에 유기바인더를 도입하여 촉매의 손실을 최소화하고자 하였으며 이때 각 성분의 비율을 최적화하였다. 또한 SEM-EDS, TGA 분석 등을 통해 촉매에 대한 분석을 하였다.

O공업목-5

고분자 전해질 연료전지 스택의 장기간 구동 후 촉매 층 열화 연구

유동근, 박권필*
국립순천대
(parkkp@sunchon.ac.kr*)

고분자 전해질 연료전지 (PEMFC)는 heavy-duty vehicle (HDV)에 맞춰 성능 및 내구성에 대한 연구들이 진행되고 있다. HDV 의 내구성 목표는 25,000 h 이며, 현재 PEMFC 의 내구성 감소는 촉매 층 열화가 주요 원인으로 꼽히고 있다. 본 연구에서는 Pt-Co based 스택과 Pt/C based 스택의 장기간 구동 시 스택의 성능 감소와 촉매 층 열화에 대해 연구하였다.각 스택은 RH 50% 에서 drive cycling 로 구동되었다. Pt-Co/C based 스택은 2,000 h 구동되었으며, Pt/C based 스택은5,000 시간 구동되었다. 각 스택은 Drive cycling 후 해체하여 MEA 의 전기화학적 분석 (CV, LSV, Impedance, DRT)과SEM, TEM, XRD, TGA 분석을 진행하였다.Pt-Co based 스택에서는 촉매 열화로 인해 용출된 Co 가 전해질 막을 오염시켜 MEA 성능 감소를 이끌었다. Pt/C based 스택에서는 바인더 이오노머가 열화로 인해 산소전달 저항 증가로 인한 고전류 밀도에서의 성능감소가 나타났다.

O공업목-6

다채널 광방출 분광법을 이용한 300mm 유도결합 아르곤 플라즈마 챔버에서의 충돌-방사 모델 기반 전자온도 및 전자밀도 균일도 평가

한상희, 김재현, 채희엽*
성균관대
(hchae@skku.edu*)

The electron temperature and electron density were estimated using data from 26 pairs of argon intensity in a 300mm Cylindrical ICP chamber obtained through optical emission spectroscopy (OES) based on the collisional-radiative model. The experiments were conducted under argon plasma conditions of 50 mTorr and 100 mTorr, with power ranging from 500W to 1000W. The predicted electron density values showed an R^2 value of 0.97 , 0.96 when compared with measurements from a Floating Harmonic Probe. A plasma map consisting of 32 points was constructed by scanning the window through an 8-channel optical emission spectroscopy system, which measured plasma emissions in eight parallel segmented regions. The electron temperature map reflected regions where gas was introduced, while the electron density map showed higher values in the central region, correlating with plasma power characteristics in inductively coupled plasma.

P공업목-1

Unveiling Synergistic Effect of Fe Doping and Cr Leaching in Co-Based LDHs for Oxygen Evolution in alkaline media

한솔, 이성규*
국립금오공과대
(seonggyulee@kumoh.ac.kr*)

Water electrolysis for hydrogen production has recently gained significant attention due to its potential for CO_2 -free energy generation. However, the sluggish OER remains a major challenge. Therefore, various strategies such as doping, leaching, surface reconstruction, and single-atom engineering have emerged to enhance OER performance. Nonetheless, the synergistic effects of combining multiple strategies remain relatively unexplored.Here, we investigated the effects of Fe doping and Cr-induced leaching in Co-based layered double hydroxides (LDHs) for the oxygen evolution reaction (OER). Fe doping raised the oxidation state of Co, whereas Cr leaching had the opposite effect. Interestingly, CFC 0.25, where these effects offset each other, exhibited the highest OER activity, achieving an overpotential of 245 mV at 10 mA/cm². Raman analysis suggests that this enhanced performance mainly results from the formation of a new phase arising from the coexistence of both effects.

P공업목-2

Integrating Electrochemical Hydrogenation and Hydrogen Production via a High-Performance Heteroatom-Doped Copper Catalyst

최승현, 이성규*
국립금오공과대
(seonggyulee@kumoh.ac.kr*)

The demand for clean energy has increased interest in hydrogen, but storage and transport remain challenging. Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC) technology enables large-scale storage under ambient conditions, with electrochemical hydrogenation emerging as a safer, more efficient alternative.A key limitation of electrochemical hydrogenation is the high energy loss from the oxygen evolution reaction (OER) at anode, which requires a high onset potential (>1.23 V_RHE). In contrast, the formaldehyde oxidation reaction (FOR) operates at a much lower potential (-0.22 V_RHE), improving efficiency while generating valuable byproducts like formate and hydrogen unlike OER, which only produces oxygen.Replacing OER with FOR in electrochemical hydrogenation boosts efficiency and reduces energy consumption. However, high overvoltage, low conversion rates, and catalyst durability remain challenges, requiring further research into catalyst optimization and reaction efficiency.By addressing these challenges, FOR couplin electrochemical hydrogenation can significantly advance hydrogen storage technologies, supporting a sustainable and cost-effective hydrogen economy.

P공업목-3

고종횡비 패턴 구현을 위한 극저온 DRIE

강채원, 오진영*
경희대
(jyoh@khu.ac.kr*)

인공지능(AI) 기술의 급속한 발전에 따라 대규모 데이터 처리를 위한 고성능 반도체의 수요가 급증하고 있다. 특히, AI 가속기 및 데이터센터에서 활용되는 HBM(High Bandwidth Memory)과 서버용 e-SSD(enterprise-Solid State Drive)에 적용되는 NAND Flash의 중요성이 더욱 부각되고 있다.최신 HBM 기술에서는 I/O 개수의 증가와 적층 층수의 확대(12H, 16H 등)가 필수적이며, 이를 구현하기 위해서는 높은 종횡비를 갖는 패턴 형성이 필요하다. 그러나 기존 공정 기술로는 이러한 요구 사항을 충족하는 데 한계가 있으며, 이를 해결하기 위한 차세대 기술로 극저온 DRIE (cryogenic DRIE, Deep Reactive Ion Etching) 공정이 주목받고 있다.본 연구에서는 cryogenic DRIE 기술을 활용하여 HBM4 수준의 TSV 형성을 위한 최적의 식각 공정을 탐색한다. 이를 위해 etching target 물질과 공정 조건별 실제 profile을 비교하고, 총 가스 유량 내 O_2 백분율, RF 바이어스 전력, 공정 압력 등 주요 공정 변수가 식각 profile에 미치는 영향을 분석하여 최적화된 공정 조건을 도출하고자 한다.

P공업목-4

Enhanced Hydrogen Evolution by Well-Dispersed Ru clusters with Ultra-High Loading for Industrial-Level AEM Water Electrolysis

정창민, 이성규*
국립금오공과대
(Seonggyulee@kumoh.ac.kr*)

To achieve efficient hydrogen evolution reaction (HER) in alkaline media, optimizing water dissociation, hydroxyl transfer, and ion adsorption is crucial. This study develops highly dispersed ultra-small Ru clusters on amorphous transition metal oxides (a-Ru/MOX, M = Mo, W, V) with high Ru loading (~40 wt%) as efficient HER electrocatalysts. We also determine the optimal hydrogen and hydroxyl adsorption energies for each transition metal oxide, demonstrating how tailored adsorption enhances HER performance. Precisely tuned adsorption strengths promote water dissociation and hydroxyl transfer, lowering energy barriers and improving activity. As a result, a-Ru/MOX catalysts exhibit exceptional HER performance, with overpotentials of 21.58 mV (a-Ru/WOX), 19.4 mV (a-Ru/VOX), and 19.19 mV (a-Ru/MOX) at 10 mA cm², all significantly lower than 40.55 mV for 20 wt% Pt/C. Additionally, the AEMWE stack using a-Ru/MoOX HER catalyst achieves a low cell voltage of 1.55/1.62 V at 1.0/2.0 A cm^{-2} with stable operation, demonstrating strong potential for industrial water splitting applications.

P공업목-5

PEMFC용 SPEEK막 제막 과정의 재현성 향상 연구

이미화, 채현석, 정성기[1], 이준섭[1], 박권필*
국립순천대; [1](주)상아프론테크
(parkkp@sunchon.ac.kr*)

PEMFC MEA의 전극 층의 바인더는 막과 촉매를 연결하며, 수소 이온 및 산소 전달을 돕는 역할을 한다. 바인더의 열화를 in situ로 확인할 수 있는 Flourid Emission Rate는 막의 열화 시 발생하는 불소의 양을 확인하는 방법이지만, 불소계 고분자막을 사용하면 바인더의 열화뿐아니라 고분자 막의 열화에 의한 FER에 더 영향을 받게 된다. 앞선 연구에서 탄화수소계막 중 sulfonated poly eter eter keton 막을 제조하여 FER을 측정하여 바인더 열화 연구를 진행하였으나 성능 및 내구성에서 재현성이 낮은 문제가 발생하였다. 따라서 바인더 열화 연구에 적용하기위한 SPEEK 막 제조의 최적 조건을 확립하고자 한다. PEEK를 교반시간에 따른 술폰화도를 NMR로 확인하였다. 고분자 세척을 pH 6.0이상 도달할때까지 진행한 후, 어닐링 140℃, 24h 후 SPEEK막을 제막하였다. SPEEK 막의 유기물 및 이물질을 제거하기 위해 5wt% 과산화수소로 세척을 한 후 MEA를 제작하여 초기 성능을 비교하였다. SPEEK 막의 성능 재현성 향상은 술폰화도를 0.60이상으로 맞추는 것이 중요하고, 제막과정에서 재현성 향상은 술폰화 후 pH 6.0 이상으로 증류수 세척과 제막후 과산화수소 세척이 중요했다.

P공업목-6

다양한 개시제를 활용한 항공유의 흡열 성능 향상 및 코크 저감

신민창, 정병훈[1], 박정훈*
동국대; [1]국방과학연구소
(pjhoon@dongguk.edu*)

제트 엔진 기술의 발전은 비행체의 속도를 마하급으로 끌어올리는데 큰 기여를 하고 있다. 그러나 이러한 기술의 발전은 동시에 여러 문제들도 발생하는 계기가 된다. 마하급 이상의 속도를 보이는 극초음속 비행체는 엔진 자체에서 발생하는 열과 빠른 속도로 인한 외부 공기 마찰 및 단열압축으로 인한 열 상승 등으로 비행체 표면 온도가 급상승하게 된다. 이러한 현상은 결국 비행체의 내구성을 떨어뜨리는 문제가 발생하여 활공 시간 자체가 단축되는 문제를 야기한다. 이러한 열 문제를 해소하고자 액체 연료의 흡열 반응을 통한 재생 냉각 기술이 있다. 본 연구에서는 재생 냉각 기술의 냉각 효율을 높이고자 액체 연료의 흡열 성능을 향상시키고, 나아가 액체 연료 고온 분해 시 발생하는 코크를 저감하기위한 기술로써 다양한 개시제를 첨가하는 연구를 수행하였다. 반응기로 공급되는 전력량을 통해서 연료의 흡열량을 측정하고, 생성된 가스 및 액체 물질을 GC-FID, GC-TCD, GC-MSD로 분석하였다.

P공업목-7

PEMFC Stack에서 촉매 지지체 열화 인자 영향 연구

오소형, 한예준, 박권필*
국립순천대
(parkkp@sunchon.ac.kr*)

고분자 전해질 연료전지(PEMFC)에서 촉매 지지체의 열화는 Pt 촉매 지지체로 쓰이는 탄소가 고전압에서 의해 산화되어 CO2로 소실됨에 따라 일어난다. 촉매 지지체의 대표적인 열화 인자로는 전압변화 범위 및 속도, 온도 및 상대습도 등이 있으며, 본 연구에서는 스택에 적용하여 촉매 지지체 열화 인자들의 영향력을 검토하였다. 또한 촉매 지지체 내구 평가 종료 후 스택을 해체하여 각 셀의 열화 정도도 확인하였다. 본 연구에서는 강화막에 Pt/C를 접합된 25 cm2 MEA로 2셀 short 스택을 사용하였으며, 전압변화 범위, 온도 및 상대습도를 변화시켜 내구 평가를 진행하였다. DOE에서 제시된 내구 평가 조건에 따라 최대 5,000 사이클까지 진행하였으며, mass activity 40% 이상 감소, I-V를 통해 1.5 A/cm2에서 전압이 60 mV 이상 감소하였을 때 실험 종료하였다. 평가 종료 후 스택을 해체하여 MEA를 25 cm2 단위전지에 채결한 후 CV, LSV 등의 성능을 측정하여 열화 정도를 비교하였다. 스택에서 촉매 지지체 열화 인자별 영향력은 전압 범위 > 온도 > 습도 순으로 나타났으며, 선행 연구로 진행한 단위 전지에서 실험 결과와 같음을 확인하였다.

P공업목-8

Deposition of Gallium Oxide Thin Films From Ga Droplet

박정현, 김유경, 백광현[1], 장수환*
단국대; [1]홍익대
(jangmountain@dankook.ac.kr*)

Gallium oxide, with a 4.9 eV energy bandgap, has garnered interest for its applications in optoelectronics, high-power electronics, and high-temperature gas sensors. Its properties enable robust gas sensing under extreme conditions and sensitivity for target gas detection in low-dimensional structures. In this study, the fabrication of a Ga_2O_3 film based hydrogen sensor through the natural oxidation of liquid gallium droplets is discussed. A 3.6 nm thick gallium oxide film was formed by an oxidation reaction with a Gibbs free energy of −998.3 kJ/mol under atmospheric conditions.The Ga_2O_3 film based hydrogen sensor exhibited distinctive responses to hydrogen concentrations from 1,000 to 40,000 ppm.This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (2020R1I1A3A0403783712, 2021R1F1A1056647), by Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) grant funded by the Korea Government (MOTIE) (P0020966, HRD Program for Industrial Innovation), and by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MIST) (2009-0082580).

P공업목-9

진공 여과 및 이온 첨가를 통한 MXene bulk film 의 신속한 제조

유민상, 백주은, 백광현[1], 장수환*
단국대; [1]홍익대
(jangmountain@dankook.ac.kr*)

Recently, two-dimensional nanomaterial is studied in various field. MXene is a promising two-dimensional nanomaterial with excellent electrical conductivity, hydrophilicity, and abundant surface chemical activity. In this study, we develop a rapid method for producing large-scale MXene bulk films through filtration. The filtration time of our MXene bulk film is drastically reduced from over 24 hours to just 900 seconds. By adding ions, MXene flakes aggregate into a microgel, allowing water molecules to pass through the gaps. This work provides an approach for effective production of MXene bulk film and has important implications for the large-scale mass production and application of MXene bulk film. This rexearch was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (2020R1 I 1A3A04037837l2, 2021R1A1056647), by Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) grant funded by the Korea Government (MOTIE) (P0020966, HRD Program for Industrial Innovation), and by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea Government (MIST) (2009-0082580).

P공업목-10

Acoustic Field-Flow Fractionation: Effect of standing acoustic wave amplitudes on the particle separation range in steric mode

정수웅, 양인환*
경기대
(ihyang@kgu.ac.kr*)

In this study, we present an acoustic field-flow fractionation channel and analyze the effect of the applied standing wave amplitude on its separation efficiency. The channel was constructed by inserting a ribbon-shaped punched polytetrafluoroethylene (PTFE) sheet between two quartz glass plates, with a piezoelectric transducer attached only to the top plate. The perturbations generated by the actuated piezoelectric transducer established a quarter-wavelength ultrasonic standing wave field within the channel, positioning the pressure nodal plane at the bottom surface. A mixture of microparticles with diameters of 2, 5, and 10 μm was fractionated as it passed through the channel by the flow of the carrier liquid. The particles were observed at the channel outlet using a fluorescence microscope, and their fluorescence was consecutively measured as the outlet flow passed directly through a flow cell coupled with a UV-Vis spectrometer. It was observed that as the applied voltage increased, the retention ratio of 2 μm diameter particles decreased. This suggests that 2 μm diameter particles can be fractionated in an acoustic force field via steric mode.

P공업목-11

코발트 촉매를 이용한 Sodium borohydride의 연속 탈수소화 반응 연구

엄호선, 김지우, 김영진, 정지훈*
경기대
(jhjung@kgu.ac.kr*)

세계적으로 안보 문제가 주요 논쟁거리로 떠오르는 가운데 여러 전장에서 드론을 이용한 군사작전이 가시적인 성과들을 이루고 있다. 이에 따라 세계적으로 드론을 군사 무기로 활용하고자 하는 움직임이 늘어나고 있다. 수소를 연료로 사용하는 수소 드론은 이차전지를 사용하는 드론보다 장거리 비행에 적합하며 연료 시스템의 무게를 줄여 더 많은 화물을 운반할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 이러한 장점을 극대화하기 위해 가벼운 PEMFC용 수소 저장체 개발이 필수적이며, 이를 위한 화학적 수소 저장 방법에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 다양한 수소 저장화합물 중 10.8 wt%의 수소를 포함한 Sodium borohydride(SBH)는 수소 저장체로써 매우 유용한 물질이다. 분해 시 암모니아 등의 불순물이 없어 연료전지 사용에 적합하고 비교적 저렴하여 대용량 발전에 유리한 수소 저장체이다. 하지만 열분해 시 500 ℃ 이상의 고온이 필요하고, 가수분해에는 과량의 물이 필요하여 수율이 낮아지는 단점이 존재한다. 따라서 촉매를 이용하여 탈수소 온도를 낮추고 수율을 높일 필요성이 있다. 본 연구에서는 코발트 촉매를 이용한 연속 흐름형 반응기에서의 전환율과 수소 생산량에 대하여 연구하였다.

P공업목-12

첨가제를 이용한 n-dodecane의 흡열 특성 및 코크 저감 효과

김대영, 박찬호, 정병훈[1], 최호진[1], 박동창[1], 정지훈*, 김영진
경기대; [1]국방과학연구소
(jhjung@kgu.ac.kr*)

극초음속 비행체에서 엔진 효율을 높이고 비행 속도를 증가시키는 과정은 시스템의 열적 부하를 초래할 수 있으며, 이는 구조적 변형이나 엔진 오작동과 같은 심각한 문제를 유발할 가능성이 있다. 이를 해결하기 위해 연료를 주 냉각제로 활용하는 흡열 연료 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 흡열 연료의 흡열 반응 과정에서 연료의 화학적 개질이 발생하면서 비행체 유로 내 코킹 문제가 생길 수 있다. 이러한 문제를 최소화하기 위해서는 연료 채널 표면의 구성 성분에 따른 코크 형성 메커니즘을 규명하는 연구가 필수적이다. 본 연구에서는 선형 탄화수소 기반의 액체연료인 n-dodecane을 대상으로 흡열 특성과 코크 형성 특성을 확인하고자 한다. 600℃에서 1/4in stainless steel tube 반응기를 사용하여 4MPa 압력 조건에서 고온안정성 연료를 5ml/min 유량으로 흘려주며 30분 동안 진행하였다. 반응 전후 반응기와 필터의 무게 차를 이용하여 코크생성량을 계산하였다. 반응이 진행되는 동안 흡열반응에 따른 전력량 변화를 측정하여 흡열량을 계산하였으며 GC-FID, GC-TCD, GC-MS를 통해 기상생성물과 액상 생성물을 분석하였다.

P공업목-13

하이드로플루오로에테르(HFE)의 합성 및 특성 분석

박병준, 김예리, 조재민, 김승열, 황태규, 이상구*
한국화학연구원
(sgoo@krict.re.kr*)

Hydrofluoroethers (HFEs) are chemicals that can replace CFCs, HCFCs, PFCs, and HFCs, possessing properties such as high volatility, low thermal conductivity, low surface tension, non-flammability, and high electrical resistivity. Common commercial HFEs include HFE-7500, HFE-7200, HFE-7100, and HFE-7000, which are used in various industries as refrigerants, cleaning solvents, blowing agents, and dry etching agents. Due to greenhouse gas regulations, HFEs are gaining attention as environmentally friendly alternatives to HFCs. This study proposes an efficient synthesis method for HFE with novel structures, involving alkoxide metal salt formation, ring-opening reactions with hexafluoropropylene oxide (HFPO), and alkylation to yield high-purity HFE. Property analysis was conducted, including measurements of boiling point, vapor pressure, liquid density, viscosity, and volume resistivity. The detailed experimental results for synthesis of HFE with novel structures will be described.

P공업목-14

불소 그래핀과 ITO 전극의 pn 접합 광 검출기

유재선, 송광섭*
국립금오공과대
(kssong10@kumoh.ac.kr*)

그래핀은 탄소 원자 한 층의 독특한 2차원 구조와 다양한 전자 및 광학적 특징으로 광전자 소자 재료로 주목 받고 있다. 전기적 특성이 우수한 인듐 주석 산화물(ITO)은 400-700nm 파장에서 높은 광 투과율(80%)을 가지고 있다. 높은 광 감도 및 낮은 암전류 특성의 광검출기를 개발하기 위하여 그래핀과 반도체 재질을 접합한 다양한 광검출기가 보고되고 있다. 본 연구에서는 그래핀을 플루오르 벤젠을 이용한 표면처리를 통해 부분적으로 불소화(-F) 하였다. 불소화된 p-형 그래핀 위에 RF스퍼터링 공정을 이용하여 (n-형) ITO를 증착하고 pn 접합 광검출기를 제작하였다. 그래핀과 ITO 의 pn 접합 광검출기는 ITO전극 면적 비율에 따라 광 감도 및 암전류 특성이 변화했다. ITO 전극 면적 패턴은 200, 500 uM 격자무늬와 50:50 비율을 사용했다. 광원은 480nm 파장의 LED를 사용했으며 광검출기 인가 전압 범위는 -5V~5V 사이로 측정하였다. ITO 전극을 200um 격자무늬로 패터닝 한 광검출기는 기존 50:50비율의 광검출기보다 120배 가량 낮은 암 전류 특성을 보이고 광 전류 비율은 30 배 증가하였다. 암전류는 패터닝을 미세하게 할수록 감소하였다.

P공업목-15

세라믹 중공사막의 혈액투석특성 및 혈액적합성 연구

황재연, 박정훈*
동국대
(pjhoon@dongguk.edu*)

In this study, hollow fiber membranes were fabricated using Al2O3, a ceramic material widely used in the medical field for its high biocompatibility. The experiments were conducted to evaluate the application of a lab-scale hemodialysis module produced using Al2O3 membranes. The Al2O3 hollow fiber membranes were fabricated through high temperature sintering after phase inversion spinning. To characterize the fabricated alumina hollow fiber membranes, XRD and contact angle measurements were conducted. Additionally, protein adsorption were performed to evaluate the hemocompatibility of the membranes. For the hemodialysis experiments, a custom-designed experimental apparatus was developed, where two pumps circulated the blood model solution containing uremic toxins through the lumen side of the hollow fiber membranes, while the dialysis solution flowed on the shell side. Valves were installed in each compartment to ensure equal pressure between the blood and dialysis compartments. The hemodialysis experiments were carried out for 3 hours, and the removal rate of uremic toxins was evaluated through Total Organic Carbon (TOC) analysis.

P공업목-16

SELECTIVE AND ULTRASENSITIVE DETECTION OF CREATININE, WITH APPLICATIONS IN SMALL SMARTPHONE-BASED PAPER STRIPS USING RED-EMITTING COPPER NANOCLUSTERS

Subash Velu, 송광섭*
국립금오공과대
(kssong10@kumoh.ac.kr*)

In this study, Poly(sodium 4-styrene sulfonate) stabilized copper nanoclusters (PSS-CuNCs) as a fluorescence probe to detect creatinine (CRN). The structural and optical properties of the fluorescence nanoclusters were characterized by Fourier-transform infrared (FT-IR), UV-vis absorption, zeta potential, photoluminescence, high-resolution transmission electron microscopy (HR-TEM), and X-ray photoelectron (XPS) spectroscopy. PSS-CuNCs were also used to determine CRN due to their excellent fluorescence properties. The fluorescence probe was significantly reduced by adding various concentrations of CRN, primarily due to the formation of a ground state complex. The PSS-CuNCs assay showed high sensitivity with a low limit of detection (LOD) of 0.6 nM, and exhibited excellent selectivity even in the presence of potential interfering analytes. In addition, a test paper-based assay has been developed to detect CRN using smartphones. The developed assay provides a reliable, cost-effective, and sensitive method to measure CRN levels using fluorescence color changes.

P공업목-17

Cu_2O-decorated MXene-PEDOT:PSS electrode for continuous monitoring of glucose in a neutral solution

진준형*, 성수환, 이승준, 정해영, 김준민
경기대
(jjh1023@kgu.ac.kr*)

With the development of IoT technology, a method has been established to protect diabetic patients from glycemic shock by observing their blood glucose levels in real time. However, existing enzymatic blood sugar sensors using glucose oxidase have the disadvantage of having to be discarded after a single use, making continuous real-time measurement difficult. In addition, non-enzymatic blood sugar sensors that are intended to complement the shortcomings of enzymatic sensors also have the disadvantage of requiring a strongly alkaline aqueous solution. In this study, we fabricate a non-enzymatic glucose sensing electrode using a conductive polymer, PEDOT:PSS, and functional nanomaterials, i.e., MXene and Cu_2O, by electrochemical depositions, and introduce a method for measuring glucose in a neutral aqueous solution.

P공업목-18

암전류를 감소시킨 그래핀 광검출기

유재선, 김도윤, 송광섭*
국립금오공과대
(kssong10@kumoh.ac.kr*)

그래핀은 2차원 구조로 자외선부터 적외선까지 넓은 스펙트럼 대역폭을 가지고 광전자 소자 재료로 주목 받고 있다. 그러나 실리콘 웨이퍼에 전사된 그래핀 쉬트(sheet) 전극은 가격적인 면에서 타 재질 대비 가격이 고가이며 마이크로 소형화 공정이 어려워 활용 면에서 제한이 있다. 그래핀 쉬트 전극이 가지는 이러한 단점을 최소화 하고자 본 연구에서는 그래핀 플레이크(graphene flakes)를 이용하였다. 그래핀 플레이크 크기는 20-60 um이고 두께는 5-8겹의 그래핀이 적층되었으며 전도성을 높이기 위해 rGO 그래핀 플레이크를 사용하였다. 그래핀 플레이크가 도포된 실리콘 웨이퍼 위에 RF-스퍼터링 공정을 이용하여 ITO 전극을 증착하고 이종 접합 광검출기를 제작하였다. 광반응 특성은 280 nm 파장의 UV 광원을 사용하였으며 광검출기 인가 전압은 -5-5 V 인가하였다. 그래핀 플레이크 광검출기는 그래핀 쉬트 전극대비 10배 낮은 암전류 값과 높은 비율의 Iph 값을 나타내었다. 그래핀 플레이크 광검출기는 다양한 산업 분야에 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

O공정수-1

대기 중 이산화탄소 및 수분 포집을 위한 지속 가능-스마트-확장 가능한 공정 시스템

김진수*
전남대
(jinsu.kim@jnu.ac.kr*)

지속 가능하고 스마트하며 확장 가능한 (S3) 공정 시스템 엔지니어링은 대기 중 탄소 및 수분 포집과 같은 글로벌 문제를 해결하는 강력한 프레임워크를 제공할 수 있다. 본 발표에서는 대기 수분 추출(AWE) 및 직접 공기 포집(DAC)과 같은 신기술을 발전시키기 위한 모델 기반 접근 방식을 소개한다. 이러한 기술을 분석하기 위해 시스템 수준 및 반응 속도 분석, 확률론적 프로그래밍, 기술-경제성 분석(TEA) 등을 포함한 다중 규모(multi-scale) 컴퓨터 시뮬레이션 및 분석 기법을 활용한다. 현상론적 모델링과 수학적 최적화를 통합함으로써, 이 연구는 이론과 실제 구현 간의 간극을 좁히며 지속 가능한 산업 공정을 위한 확장 가능한 솔루션을 제공한다.첫 번째 섹션에서는 흡착 기반 AWE에 대한 다중 규모 접근 방식을 소개하며, 시스템 수준 분석에서 시작하여 기후-소재-공정 맵핑 프레임워크를 개발하기 위한 확률론적 프로그래밍으로 발전하는 과정을 다루었다.두 번째 섹션에서는 흡착 기반 DAC을 위한 방법론을 탐구하며, 생성형 인공지능, 분자시뮬레이션, TEA, 전과정 평가(LCA), 최적화를 통합한다. 특히 수분 흡착에 대한 실험 연구를 기반으로 다양한 공정 구성을 평가하며, 수분-스윙 흡착과 증기-보조 탈착이라는 두 가지 핵심 개념에 초점을 맞추었다.

O공정수-2

팬데믹 상황에서 공정시스템공학의 역할

탁경재*
단국대
(kjtak@dankook.ac.kr*)

The COVID-19 pandemic, caused by the severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2), has led to a dramatic loss of human life worldwide and presents an unprecedented challenge to public health. Non-pharmaceutical interventions, such as social distancing and lockdowns, were implemented to prevent the spread of the virus and protect people. These measures only provided a temporary solution, and the ultimate solution was mass vaccination to achieve herd immunity. As a result, many COVID-19 vaccines were developed, and some were granted emergency use authorization. However, there were still many challenges to implementing mass vaccination campaigns: i) scaling up the vaccine manufacturing process, ii) developing the vaccine supply chain, and iii) epidemiological forecasting until herd immunity was achieved through mass vaccination. From this perspective, this study presents process systems engineering techniques to address these three challenges. The techniques are applied to the COVID-19 case in the UK for elucidation and validation of the proposed solutions.

O공정수-3

멀티스케일 연구 사례: 이산화탄소 전환을 통한 경제적인 액상 제품 생산

김경수*, 박담대, 김혜림, 무하마드 라마단, 최재형, 이웅
한국과학기술연구원
(kyeongsu@kist.re.kr*)

Carbon Capture and Utilization (CCU) is essential to mitigate climate change and generate valuable chemical products such as methanol, a key fuel and feedstock. To convert CO_2 into methanol, a process simulation study was first undertaken alongside techno-economic analysis (TEA) and life cycle assessment (LCA). These evaluations revealed that reducing energy consumption in the distillation column is the most critical factor for improving the current system. Based on this insight, density functional theory (DFT) calculations were subsequently performed to explore catalytic pathways, followed by reaction experiments to validate the proposed mechanisms. The integrated approach led to the design of an efficient CCU process that addresses key energy challenges while enhancing overall system performance

O공정수-4

지속 가능성을 위한 공정시스템공학의 발전과 새로운 응용

서경준*
한국공학대
(k.seo@tukorea.ac.kr*)

Process Systems Engineering (PSE) is a research field focused on integrating multiple scales and components to characterize the behavior of process systems through mathematical modeling, optimization, and control. As the demand for more efficient, flexible, and sustainable manufacturing processes grows, so does the need for advanced PSE techniques. Key developments include improvements in mathematical modeling, data-driven approaches, multi-level optimization, and the integration of product and process design with economic and sustainability analysis. In particular, the world faces critical challenges such as climate change and resource scarcity, necessitating innovative technolgies and optimized strategies for sustainability. In response, PSE tools and applications continue to evolve, playing an important role in addressing these growing demands. This presentation highlights recent advancements and emerging applications in PSE, with a focus on its contributions in interdisciplanry research.

O공정수-5

직접 공기 포집-알람 사이클 통합의 포괄적 평가: 공정 설계에서 정책 구현까지

이보름*
전남대
(boreum.lee@jnu.ac.kr*)

This study (1) designed a DAC-Allam Cycle integrated system through process simulation using Aspen Plus, (2) calculated Scope 1, 2, and 3 emissions based on this design, and (3) conducted an economic analysis considering carbon tax implementation. The developed DAC-Allam Cycle system achieved higher energy efficiency compared to conventional DAC processes, and revealed that Scope 2 emissions vary significantly depending on the greenhouse gas emission factors of national power grids. Scope 3 emissions were found to have material replenishment, power consumption, and natural gas transportation as major contributing factors, accounting for a substantial portion of total emissions. Furthermore, while comprehensively analyzing the environmental impact of DAC technology, this study presented the practical feasibility of DAC implementation through integration with national carbon pricing policies from an economic perspective. Notably, if DAC costs decrease to $100/tCO2, certain countries such as the UK could expect substantial cost reduction effects through carbon pricing mechanisms.

O공정수-6

LNG 액화공정 디지털 트윈 고도화: 인공지능 기반 데이터 보정 및 공정 최적화

이기환, 황성원*
인하대
(sungwon.hwang@inha.ac.kr*)

공정 시뮬레이션과 실제 공정 데이터 간에는 장비 성능 저하, 센서 오류 및 시뮬레이션 모델의 한계로 인해 오차가 발생함. 완전한 디지털 트윈을 구현하기 위해서는 데이터 보정 과정을 통해 시뮬레이션과 실측 데이터 간의 불일치를 최소화해야 함. 더 나아가, 정확도가 향상된 시뮬레이션은 단순한 데이터 전송을 넘어 공정 최적화 및 소프트 센싱에도 사용될 수 있음.본 연구에서는 운전 데이터와 시뮬레이션 결과의 일치를 위해, 공정 시뮬레이션 프로그램과 인공지능을 결합하여 데이터 보정을 수행하는 파라미터 조절 기법을 적용함. 이어서 보정된 데이터를 기반으로 인공지능 학습을 통해 에너지 효율을 극대화하는 최적화를 진행하고, 파일럿 플랜트의 시운전 과정에서 보정 및 최적화 성능의 유효성을 검증함.데이터 보정 결과, 공정 내 주요 장비의 오차율이 평균 3.24%에서 1.82%로 감소하였으며, LNG 열교환기에 대한 열전달계수 조정을 통해 온도 오차율을 2.02%에서 1.59%로 줄이는 데 성공함. 인공지능 모델을 활용해 냉매 유량 최적화를 수행한 결과, 에너지 소비가 평균 4.06% 감소한 것으로 확인되었으며, 파일럿 플랜트에 모델을 적용한 검증 결과 실제 공정에서도 4.80%의 에너지 절감 효과가 나타나, 모델의 유효성이 입증됨.

O공정수-7

Neural Network 기반 iDAD를 활용한 화학 공정에서의 효율적인 실험 설계 및 파라미터 추정

김범진, 김동완, 김종우*
인천대
(Jong.w.kim@inu.ac.kr*)

In chemical processes, experiments incur high costs, extensive time, and safety risks, making efficient parameter estimation with minimal experiments a critical challenge. Traditional methods based on Fisher information theory require explicit model definitions and are limited in continuous, rapid estimation. To overcome these limitations, we propose the iDAD method—an implicit Deep Adaptive Design approach based on policy-driven BOED. iDAD employs neural networks to jointly optimize experimental design and parameter estimation by leveraging a Design Network for generating optimal experiments and a Critic Network for deriving accurate parameter estimates. This study applies iDAD to chemical engineering problems for experimental design and parameter estimation. In the first example, we present a method for deriving input control strategies for parameter estimation using a kinetics ODE-based SMR reactor model. In the second example, we propose a new model that effectively estimates parameters for arbitrary substances by combining iDAD with the MAML (Meta-Learning) algorithm for activity coefficient models. Through this, we aim to demonstrate the applicability of iDAD in chemical processes and validate the effectiveness of the proposed approach through experimental results.

O공정수-8

에너지 절감을 위한 복합공정단지의 유틸리티 시스템 최적화: 수학적 Solver와 비교한 인공 신경망 기반 접근법

나현서, 양윤서, 황성원*
인하대
(sungwon.hwang@inha.ac.kr*)

통합 공정의 유틸리티 시스템은 복잡한 상호작용과 높은 비선형성을 가지므로 에너지 사용량 및 비용 절감을 위해 시뮬레이션 기반 최적화가 필수적이다. 본 연구에서는 LG화학 공정 단지의 유틸리티 시스템 일부를 시뮬레이션 상에 구축하고, 실제 공정과 비교하여 모델의 유효성을 검증한 후 수학적 Solver를 통해 최적 운영 방안을 도출하였다. 하지만 Solver 기반 최적화는 문제 설정이 복잡하고 다루기 어려우며 비선형성이 높은 시스템에서 지역 최적해에 수렴하는 문제점이 존재한다. 이를 극복하기 위해 시뮬레이션 데이터를 학습하는 인공신경망 기반 최적화 방법을 제안하였다. 인공신경망 모델은 다량의 시뮬레이션 데이터를 학습하고 유전 알고리즘을 통해 비용 최소화 운영안을 도출한다. 수학적 Solver 기반 최적화와 비교 분석한 결과, 수학적 Solver 대비 최적화 모델 구축 절차가 간소화되고 계산 속도가 1.5배 향상되었으며 복잡한 시스템에서도 전역 최적점에 도달하면서 유틸리티 비용을 3% 절감하였다. 이를 통해 인공신경망을 활용한 최적화 접근법이 유틸리티 시스템 최적화의 실용적 대안이 될 수 있음을 입증하였으며, 향후 실시간 최적화 적용 연구로 발전될 것으로 기대한다.

O공정수-9

Hybrid autothermal reforming and CO2 co-electrolysis for near-zero carbon emission methanol production

오세빈, 박진우*
동국대
(jinwoop@dgu.ac.kr*)

본 연구에서는 저탄소 메탄올 생산을 위한 새로운 하이브리드 공정을 제시하였다. 본 공정은 경제성이 높은 자열 개질(ATR)과 친환경적인 CO2 공동 전기분해(CCE)를 결합하여 두 기술의 장점을 극대화하는 동시에 단점을 보완하였다. ATR 공정은 메탄올 생산에서 경제적으로 유리한 방식이나, 천연가스를 사용함에 따라 높은 탄소 배출이 발생하는 한계를 가진다. 반면, CCE 공정은 CO2와 재생에너지를 활용하여 환경적 지속가능성을 높일 수 있으나, 경제성이 낮다는 단점이 존재한다. 제안된 하이브리드 공정은 탄소 배출을 크게 줄여 0.004 ton-CO2/ton-MeOH의 낮은 탄소 발자국을 달성한 것으로 도출되었으며, 에너지 효율이 70.0%까지 개선된 것으로 나타났다. 또한, 메탄올 균등화 비용(LCOM)은 $364.1/ton-MeOH로, 기존 CCE 공정보다 47.5% 낮아 경제성이 향상된 것으로 평가되었다. 민감도 분석 결과, 천연가스의 휘발성 배출량이 소폭 감소할 경우 하이브리드 공정이 사실상 탄소중립에 도달할 가능성이 있는 것으로 나타났다. 아울러, 전력 및 전해조 스택 가격이 하락하고 탄소세가 증가하는 미래 시나리오에서는 기존 ATR 및 CCE 공정보다 경제적 경쟁력을 확보하는 것으로 분석되었다. 따라서, 하이브리드 ATR-CCE 공정은 메탄올 산업의 탈탄소화를 위한 효과적이고 실현 가능한 대안으로 제시될 수 있다.

O공정수-10

Machine learning for gas holdup prediction in bubble columns with synthetic data augmentation and domain adaptation techniques

정평곤, 임영일*, 김차영
한경국립대
(limyi@hknu.ac.kr*)

The accurate estimation of gas holdup is a critical aspect of designing bubble columns. Numerous studies have employed machine learning (ML) approaches to predict gas holdup; however, limited research has focused on augmenting small datasets to enhance prediction accuracy. This study presents a ML model for predicting gas holdup using experimental data from an air-water system, supplemented with synthetic data. During model training, 40% of data is randomly replaced with synthetically generated data using TVAE, CTGAN, TabDDPM, and SMOTER. To extend model predictions to molten metal system, gradient-based and adversarial domain adaptations were implemented. Model training and evaluation were conducted using the AutoML library AutoGluon, optimizing parameters based on R^2 metric. Synthetic data augmentation and domain adaptation techniques effectively enhance data quantity while maintaining the realism of experimental observations, improving ML model performance for gas holdup prediction.

O공정수-11

Evaluating the Rotary Hearth Furnace-Electric Arc Furnace (RHF-EAF) Process for Decarbonized Steel Production

이가영, 손명숙[1], 배종일, 김진수[2], 한지훈*
포항공과대; [1]한국산업기술시험원; [2]전남대
(jhhan@postech.ac.kr*)

The steel industry is one of the largest greenhouse gas (GHG) emitting sectors globally. As carbon neutrality targets become more stringent, the steel industry is utilizing life cycle assessment (LCA) to systematically quantify and reduce emissions. In this study, we assess the GHG emissions of a Rotary Hearth Furnace-Electric Arc Furnace (RHF-EAF) process, in which crude steel (CS) is produced using direct reduced iron (DRI) obtained from steel dust recycling in a Rotary Hearth Furnace (RHF) as an alternative to the conventional process. To analyze the material and energy balances of the BF, RHF, and EAF processes, a MATLAB-based mathematical model was developed. The global warming impact category from the IMPACT 2002+ methodology was applied for a quantitative assessment. Additionally, a sensitivity analysis was conducted to evaluate the influence of key variables, ensuring the reliability of the results and identifying major environmental impact factors. Based on these results, effective environmental improvement strategies are proposed to enhance the sustainability of the steelmaking process.

O공정수-12

Strategic Optimization of Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC)-Based Hydrogen Supply Chains

안병찬, 이호재[1], 원왕연*
고려대; [1]홍익대
(wangyunwon@gmail.com*)

Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHCs) are gaining attention as a promising approach for the long-distance transportation and storage of hydrogen, primarily due to their relatively low hydrogen losses and high storage capacity. As the demand for efficient and scalable hydrogen supply chains continues to grow, determining the most optimal strategy for South Korea remains a critical challenge. In this study, various LOHC-based hydrogen transport systems—including toluene, dibenzyltoluene (DBT), N-ethylcarbazole (NEC), and methanol—are modeled and evaluated using detailed simulations. A comprehensive analysis is conducted, incorporating techno-economic assessments and life-cycle evaluations to assess the feasibility, efficiency, and sustainability of each system. These evaluations aim to optimize the LOHC-based hydrogen supply chain by minimizing overall costs while considering the impact of carbon taxes and regulatory constraints. Additionally, process optimization is performed across multiple scenarios to develop robust strategies for securing hydrogen imports under uncertain geopolitical and economic conditions. The insights gained from this research will serve as a valuable resource for policymakers and industry stakeholders, offering strategic recommendations for the development of a cost-effective and resilient hydrogen import framework tailored to South Korea's evolving energy landscape.

O공정수-13

증류탑 운전 성능 모니터링 및 Fouling 방지 최적 운영 조건 도출을 위한 딥러닝 기반 모델 설계 및 최적화

박하정, 정지민, 황성원*
인하대
(sungwon.hwang@inha.ac.kr*)

증류탑의 효율적인 운영을 위해 성능을 지속적으로 모니터링하는 것은 필수적이다. 특히, 반응성 모노머의 중합에 의해 발생하는 파울링은 증류탑의 성능을 저하시킬 수 있으며, 이를 실시간으로 평가하는 것은 여전히 어려운 과제이다. 본 연구에서는 먼저 Feature selection 기법을 활용하여 중요한 입력 변수를 선정한 후, 이를 바탕으로 시뮬레이션을 수행하였다. 이후, 스팀 사용량과 같이 컬럼의 성능을 나타내는 파라미터를 시뮬레이션 값과 실제 공정에서 측정된 값을 비교하고, 시간에 따른 두 값의 차이를 분석함으로써 파울링의 영향을 평가하였다. 또한, 시뮬레이션의 계산 비용을 줄이기 위해 surrogate model을 개발하여 효율적인 분석이 가능하도록 하였다. 개발한 Surrogate model의 Mean percentage error는 0.04%로 높은 예측 성능을 보였다. 본 연구를 통해 파울링 발생 시 스팀 사용량 증가율 및 운전 효율 저하율을 정량적으로 평가할 수 있음을 확인하였으며, 더 나아가 파울링을 방지하기 위한 최적 운전 조건을 제안할 가능성을 확인하였다.

O공정수-14

Automatic Synthesis of Chemical Process Flowsheet via Transformer-based Generative Models

손영우, 박지훈, 김찬, 이종민*
서울대
(jongmin@snu.ac.kr*)

Process design is a time- and cost-intensive task, requiring expert knowledge to navigate trade-offs among economics, controllability, safety, and environmental constraints. Although advancements in computational methods have streamlined certain aspects of process design, they often rely on narrowly defined search spaces or simplistic assumptions. In this work, we introduce a transformer-based generative model for automated process flowsheet synthesis. First, we compile a database of real-world process flow diagrams (PFDs) and augment this with synthetic flowsheets generated using a Markov model. Each PFD is then encoded as a structured text sequence, providing a representation suitable for training. Leveraging the augmented dataset, we pre-train a model and fine-tune it on the high-fidelity PFDs. Evaluations using metrics and developed rule checker demonstrate the feasibility of our model. The proposed method offers a scalable and flexible approach for process synthesis, reducing development time and cost while discovering novel designs that might be overlooked by exisiting methods.

O공정수-15

Introducing cryogenic carbon capture for a sustainable blue hydrogen production and storage system

안도영, 노원준, 이인규*
부산대
(inkyu.lee@pusan.ac.kr*)

지속가능한 수소 경제를 위해 수소에 대한 다각적인 연구가 이뤄지고 있다. 특히, 수소 생산및 저장 과정에서 상당한 에너지 소모와 비용이 발생하므로 이에 대한 개선이 필요하다. 현재 수소 생산 시 배출되는 탄소를 저감하기 위해 화학적 흡수 방식이 활용되고 있으나, 포집 효율이 낮고, 많은 에너지를 소모하는 한계가 있다. 수소 저장의 경우, 액화를 통해 부피를 낮출 수 있지만, 극저온에서 작동하기 위한 큰 전력 소모 때문에 비용이 높다는 한계점을 가진다.본 연구에서는 극저온 탄소 포집 공정을 도입하여 수소 생산과 액화 공정을 통합한 새로운 시스템을 설계하여 이를 해결하고자 하였다. 극저온 탄소 포집 공정을 통해 고체 형태로 CO_2 를 포집하여 높은 탄소 포집 효율을 달성하였다. 특히 수소 액화 공정의 냉각 사이클에 극저온 탄소 포집 공정을 결합함으로써 추가적인 냉각 장치를 제거하여 경제성을 개선하였다. 또한, 수소 생산 과정에서의 폐열을 전력으로 전환하여 에너지 효율을 향상하였다.

O공정수-16

선상 탄소 포집 공정 개발

정경호, 황성원*
인하대
(sungwon.hwang@inha.ac.kr*)

전체 탄소 배출량의 3% 이상을 차지하는 선박에서 탄소배출을 줄이기 위해 다양한 연구가 진행되고 있다. 기존 선박의 경우 대체연료를 사용하기 어렵고, 빠른 시일 내에 EEXI 규제에 대응해야 하기 때문에 선상 탄소포집 기술의 필요성이 대두되고 있다. 본 연구에서는 CO_2의 포집용량을 2ton, 3ton의 두 가지 case로 정량화하여 Aspen HYSYS를 사용하여 공정 모사를 수행하였고, 포집 용매에 따른 흡수탑 성능 및 에너지 소모량을 분석한 후 용매의 유량비 및 운전조건을 최적화하였다. 또한 2tonCO_2/h 공정에 대한 동적모사를 수행하여 정적모사 결과와의 property 정확도를 비교하고 controller의 오차를 분석하였다. 연구 결과 두 가지 case 모두 CO_2 제거율 84% 이상, 에너지 소모량 2.84 MJ/kgCO_2 이하를 달성하였고, 배기가스의 cooling 과정에서 발생하는 폐열 회수 시 에너지 소모량은 최대 1.74 MJ/kgCO_2 이하를 달성하였다. 또한 30,000분 동안 수행한 동적모사 결과 오차율은 모두 15% 미만으로, 정적모사 결과와의 정확도 85% 이상을 달성하였다. 해당 연구를 통해 선상 탄소포집 설비의 경제적인 부담을 줄이고 기존 선박에서의 탄소를 저감하기 위한 효율적인 방안을 제시할 수 있을 것으로 예상된다.

O공정수-17

Energy-Efficient and Multi-Purpose Wastewater Treatment: Mathematical Modeling of the Electrolyzer-Pressure Retarded Membrane Distillation (E-PRMD) Hybrid System

오선영, 구보람*
전남대
(boram.gu@jnu.ac.kr*)

Ammonia nitrogen in wastewater causes eutrophication and oxygen depletion, necessitating efficient removal. Alkaline electrolyzers offer a compact alternative but suffer from high energy consumption. To address this, we propose the electrolyzer-pressure retarded membrane distillation (E-PRMD) process, integrating ammonia removal, hydrogen production, and energy recovery. PRMD generates electricity and fresh water, while the electrolyzer removes ammonia and produces hydrogen, enhancing energy efficiency. A mathematical model incorporating reaction kinetics, mass, and energy balances was developed and validated with experimental data. The model predicts H_2 gas generation, ammonia removal rates, and hydrogen purity. Additionally, E-PRMD was compared with conventional methods to determine the optimal wastewater concentration range for its application.

O공정수-18

증기 메탄 개질 공정 연소 폐가스를 활용한 추가 수소 생산 및 이산화탄소 포집을 위한 극저온-압력 스윙 흡착 결합 통합 공정의 모델링 및 머신러닝 기반 최적화

고영휴, 강준호[1], 이창하*
연세대; [1]도그우드 에이아이
(leech@yonsei.ac.kr*)

Hydrogen (H_2) plays a crucial role in carbon mitigation, but steam methane reforming (SMR) supplying 48% of global H_2 contains significant amount of CO_2 in SMR flare gas. Present SMR plants in industries produce large amounts of H_2 via a multi-bed PSA, but they also emit huge amounts of CO_2 with unrecovered H_2 as a SMR flare gas. This study presents a combined process, which consists of cryogenic distillation, CO_2 recycle PSA, H_2 purification PSA, and an external refrigeration cycle. The developed process achieves liquid CO_2 capture (>90% capture rate) and extra fuel cell-grade H_2 production (>99.999% purity, < 0.2 CO ppm).The optimization of this complex process is conducted by combining a surrogate model with an optimization technique, minimizing the separation cost within a short computation time. The optimized process achieves a separation cost of 4.11 USD/kgH_2 and a CO_2 capture cost of 31.17-66.27 USD/tonCO_2, depending on blue H_2 market price. This process provides a viable downstream solution for existing SMR plants, enhancing CO_2 capture and blue H_2 recovery.

O공정수-19

Pulsed Electrochemical CO2 Reduction: Multi-scale TEA from Electrolyzer to Process

정유림, 나종걸*
이화여자대
(jgna@ewha.ac.kr*)

In recent years, research on pulsed electrochemical CO2 reduction (p-eCO2R) has gained attention, demonstrating merits such as high C2+ product selectivity, catalyst lifetime, and simple operation. However, p-eCO2R suffers from the issue that product is not produced during the application of anodic potential. This results in an increase in the minimum selling price of the product as the duration of the anodic potential increases, thereby undermining its economic feasibility. This study proposed a multiscale model that simultaneously considers pulsed CO2 electrochemical reduction process system and multiphysics within the electrolyzer and implemented optimization of the pulse profile from the perspectives of TEA and life cycle assessment. To accomplish this, a COMSOL multiphysics model and process simulations using Aspen Plus were created, and TEA/LCA was conducted by integrating these two distinct scale models using Matlab. We integrated the completed multi-scale model with the DFO algorithm to find the optimal pulse profile.

O공정수-20

ESMR 기반 저탄소 수소 생산을 위한 재생에너지 연계 전략 및 경제성 분석

이주화, 박하린, 정경화, 이성훈[1], 김진국*
한양대; [1]한국에너지기술연구원
(jinkukkim@hanyang.ac.kr*)

수소 생산에 있어 천연가스 개질(Steam Methane Reforming, SMR)은 수전해 기술과 비교하여 대량 생산이 가능하고 경제적이지만 많은 열에너지가 필요하며 연소 기반 열 공급의 결과로 대량의 이산화탄소를 발생시키게 된다. 하지만, 산업의 전력화 공정 장치 기술의 발전에 따라 기존 연소로를 전기 기반 열 공급 장치 (Electric heating furnace)로 대체하여 CO2 배출량을 절감함으로써 친환경 수소 생산이 가능하게 되었다. 본 연구에서는 전기 기반 열 공급 장치를 도입한 수소 생산 공정을 모사하고 공정에 필요한 열과 에너지를 공급하기 위한 재생에너지 기반 통합 에너지 시스템 모델링 및 경제성을 분석하여 최적의 재생에너지 공급 시나리오를 도출하였다. 그리고 전력화 설비 및 재생에너지 시스템 도입에 따른 CO2 배출량 감축 효과를 분석하고, 경제성 평가를 통해 기존 화석연료 기반 공정 대비 경제성 우위를 검토하였다. 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20224C10300050).

O공정수-21

화학 공정의 경제성 평가에서 장치 비용 추정 모델의 선택이 미치는 영향

최하은, 노고산*
충남대
(ksroh@cnu.ac.kr*)

Accurate estimation of the capital cost of chemical plants in the early project phases is highly challenging due to the unclear selection of appropriate cost estimation models. This study examines the impact of equipment costing models on the cost analysis results. 14 capital cost estimation models are selected: seven for preliminary design, six for basic design, and one for detailed design. Three distinct chemical plants are analyzed: methanol production via two-stage methane reforming, olefin production via using naphtha and methanol, and hydrogen liquefaction. Our results show significant differences in the estimated equipment cost across costing models. Cost variability ranges from -92.8% to +240.3% for the methanol plant, -86.1% to +168.0% for the olefin plant, and -46.0% to +656.8% for the hydrogen liquefaction plant at intermediate plant size. These findings highlight the substantial impact of cost estimation model selection and process definition on cost variability.

O공정수-22

CO_2 활성화를 통한 친환경 프로필렌 생산: 전산 유체 역학(CFD) 시뮬레이션 및 반응기 최적화

정재민, 황성원*, 도윤정, 퀄메
인하대
(sungwon.hwang@inha.ac.kr*)

프로필렌은 주요 석유화학 중간체로, 일반적으로 알케인의 열분해를 통해 생산된다. 그러나 해당 공정은 높은 에너지 소비와 촉매 비활성화 문제를 수반한다. 이를 극복하기 위해 CO_2 를 활용한 프로판 산화적 탈수소화(ODHP) 공정이 대안으로 제안된다. 3차원 전산유체 역학(CFD) 모델을 개발하고, OpenFOAM을 활용해 반응 흐름을 시뮬레이션하였다. 또한 온도와 공급 비율 등 운전 조건이 반응기 성능에 미치는 영향을 평가하기 위해 매개변수 연구를 수행하였다. CFD 분석을 통해 반응기 내 열 분포와 프로판 전환율을 평가하고, 프로필렌 선택도를 높이며 최적 운전 조건을 도출하였다. 본 연구는 CO_2 활용 기반 프로필렌 생산의 가능성을 검토하며, 공정 최적화 및 산업 적용에 기여할 것으로 기대된다.이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (No.2022R1A6A1A03051705, 3D나노융합소자연구센터)

O공정수-23

Root Cause Analysis of Plasma Process from Optical Emission Spectroscopy Signals with Recurrent Neural Network

김재현, 박은총, 채희엽*
성균관대
(hchae@skku.edu*)

Root cause analysis of plasma processes was conducted using optical emission spectroscopy (OES) signals. OES signals were collected from CF4/O2/Ar plasma and the process variables were perturbed from the base conditions in a 300mm inductively coupled plasma (ICP) reactor, designed to synchronize the measurement timing of status value identification (SVID) data and OES signals. OES signals were used to train the autoencoder and were encoded into state features in reduced size. Encoded state features were used to train a recurrent neural network (RNN) for prediction of the state features in next time-step by integrating with SVID data. Error between the predicted state features and state features encoded by autoencoder was used as fault detection (FD) scores. Area under receiver operating characteristic (AUROC) curve was evaluated for each FD scores, and AUROC of 0.90 was shown by the cosine embedding loss from RNN prediction.

O공정수-24

Multi-scale modeling of microbial electrosynthesis system considering mass transfer and biofilm growth within porous electrode

김지훈, 김민지, 유지인, 김은서, 김중래, 손상환*
부산대
(shson@pusan.ac.kr*)

Microbial electrosynthesis (MES) is a promising carbon capture and utilization (CCU) strategy, but scalability remains a challenge. Mathematical modeling plays a key role in optimizing MES for commercialization. We develop a 2D multiscale model that explicitly considers coupled mass transport and microbial growth within porous electrodes, which have not been addressed in previous studies. The electrode is divided into a solution phase in void spaces and a biofilm phase on graphite fibers, allowing simultaneous analysis of macroscopic mass transfer and microscopic biofilm development. This approach provides insights into species concentration gradients, biofilm distribution, and interactions between solution and biofilm phases—details conventional models overlook. Model calibration with experimental data determined key parameters, and validation confirmed its predictive accuracy. Sensitivity analysis further demonstrated its robustness. By refining the theoretical framework for porous electrodes, this study supports MES scalability for industrial applications.

O공정목-1

화학산업 탈탄소화 전략 – 다중 에너지 시스템과의 통합

유준*
부경대
(jayliu@pknu.ac.kr*)

The world recognizes clean H2 as a crucial enabler for achieving carbon neutrality. R&D of core technologies across the hydrogen value chain is accelerating, focusing on converting idle or renewable power into green H2 for various demands. Demonstration studies are exploring clean H2 production through SMR at HRS using existing city gas pipelines, coupled with carbon capture. Recent initiatives also aim to produce low-carbon H2 derivatives like green ammonia and green methanol by replacing fossil fuel-based feedstock with clean H2. The need for comprehensive research on multi-energy systems has emerged. However, research on integrating these systems into chemical plants for industry decarbonization remains nascent, requiring urgent multidisciplinary attention. This presentation will introduce the author's findings & perspectives on integrating multi-energy systems with chemical plants from a process systems engineering viewpoint.

O공정목-2

능동학습법을 이용한 CO_2 동시 포집·전환 매탄올 생산공정 시스템 개발

이웅*, 김경수, 유천재, 박담대
한국과학기술연구원
(ulee@kist.re.kr*)

능동학습법을 활용하여 CO_2 를 동시 포집·전환함으로써 저온에서 메탄올을 효율적으로 생산하는 공정을 개발하고, 경제성 및 환경성을 종합적으로 검증하여 상용화 가능성을 높이는 연구를 소개한다. 먼저, 촉매 반응 메커니즘의 정밀 해석을 위하여 DFT 기반 계산을 수행하였으며, 이를 통해 반응 속도 결정 단계를 규명함으로써 촉매 활성 부위와 전이 상태 에너지 간의 연관성을 구체적으로 도출하였다. 이러한 분석 결과를 토대로 2단계 스팀 공정을 설계·도입하여, 기존 단일 반응 방식 대비 에너지 효율과 물질전달 효율을 동시에 향상시키는 데 성공하였다. 본 연구에서 제안된 공정은 이산화탄소를 기존 방식보다 15% 이상 저렴하게 공급·생산할 수 있는 가능성을 제시함으로써 탄소중립 시대의 핵심 경쟁력을 확보하였다.

O공정목-3

다변수 최적화 기법을 활용한 제조공장의 에너지・환경성・경제성 최적화 연구

김성일*, 박지선, 양원
한국생산기술연구원
(ksungil85@kitech.re.kr*)

지금까지 제조공장들은 생산성을 중요시하여 생산기술개발과 공장운영을 해오고 있었다. 하지만, 에너지 가격 상승과 탄소국경제도 등과 같은 외부 환경 변화로 인해 제조공장들은 생산성뿐만 아니라 에너지 및 환경성을 고려해야 할 시점이 왔다. 기존 공장에너지관리시스템은(FEMS)은 공장내 에너지 사용량을 측정하고 관리하는 기술로 국한되어 개발 되어왔다. 이러한 기술개발 범위에서 공장내 모든 데이터를 수집 및 분석하여 최적화 기법을 통한 적극적인 에너지 및 환경성을 관리해야 한다. 본 연구에서는 공장내 에너지, 환경성, 경제성을 최적화 하기 위해 실 운전데이터를 기반으로 에너지원단위, CO2 배출량, LCOE (Levelized Cost of Electricity)의 정량적 지표를 선정하여, 머신러닝 다변수 최적화 기법을 적용 하였다. 이를 통해, 기존 운전조건 대비 에너지원단위, CO_2 배출량, 원가관리에 대한 개선된 방향을 제시하고자 한다.

O공정목-4

개방형 공기 브레이튼 사이클과의 병합을 통한 대기 직접포집 시스템 효율 향상 방안 제안

손성민*
경북대
(seongminson@knu.ac.kr*)

The Direct Air Capture (DAC) is expected to play a crucial role in future efforts toward carbon neutrality due to the high carbon reduction potential, but the widespread commercialization of DAC remains challenging due to its low economic feasibility. This is primarily attributed to the significant energy demand required for processing large volumes of air during capture and the substantial heat energy needed for regeneration. In this presentation, a method to enhance the efficiency of both systems by integrating the DAC system with the Open Air Brayton Cycle (OABC) is proposed. This co-production concept allows the OABC to provide the necessary energy for regeneration while using the large volume of inhaled air as a working fluid, thereby improving overall system performance. ※ This work was supported by KOREA HYDRO & NUCLEAR POWER CO., LTD (2024-Tech-16)

O공정목-5

대단위 화학공장의 총체적 Risks 관리에 대한 응용연구 ---국내외 대단위 화학공장의 실질적 consulting/coaching 경험에 근거한---

김영호*
서울대
(yhkim1116@hotmail.com*)

The purpose of this research is to prevent both any likely accidents/incidents and its recurrencesoccurring caused by various kinds of Risks in the complex chemical plants. Most modernizedcomplex chemical plants have been generally producing very toxic, explosive and dangerouscondition of intermediate/products on the combination of both complicated manufacturing processand handling of various dangerous chemicals. In these plants, some accidents/incidents happen due tovarious kinds of causes of Risks including human errors. These accidents not only become to bring onecological serious change and destruction, but also human being, animals and plants. From theviewpoints of the above situation, this paper is researching what and how to execute the overall Risksmanagement of these complex chemical plants. Accordingly, based on the Engineering Philosophy,this paper is will be prepared and helpful to protect various accidents/incidents caused by variousRisks.

O공정목-6

LAB scale 반응공정 기반 scale up 상업 반응공정 설계 사

이신범*
한화솔루션(주) 중앙연구소
(chris070kr@daum.net*)

석유화학 산업계의 상업 반응공정에서 다상반응기는 널리 사용되고 있는 반응기 형태로서, 이에 대한 해석과 설계는 현재 설치되어 있는 설비의 생산능력 증대 및 신규 공정 설계에 필수적인 기술이다. 본 발표에서는 LAB scale의 다상반응기 해석에서 상업 Scale up에 대한 설계 적용에 대한 몇가지 사례를 소개하고자 한다. 우선 옥소알코올 공정에서는 물질전달 저항이 지배하는 조건에서 운전되는 aldol condensation 반응의 intrinsic kinetic을 stirred cell을 이용하여 도출하고 고농도의 가성소다 존재하에서의 유기층 droplet의 interfacial area를 구하기 위해 내시경을 이용한 측정을 수행하고 이를 결합한 반응모델의 구축과 전산유체역학을 이용한 Scale up 상업 반응기/반응공정의 설계에 이르는 실제 개선사례를 소개할 예정이다. 이 외에도 hydroformylation 반응의 scale up 적용사례, PVC 대형반응기의 개시제 데이터 해석과 Scale up factor 없는 상업 correlation의 사례 등을 소개할 예정이다.

O공정금-1

Ensemble Synergy in Hydrogen Production Forecasting: Navigating the Trade-off between Predictive Power and Computational Overheads

Amit Rai, 유준*
부경대
(jayliu@pknu.ac.kr*)

Hydrogen emerges as a key player in the clean energy transition; accurate forecasting of its production becomes critical for operational efficiency and strategic planning. This research conducts a comparative analysis of state-of-the-art machine learning techniques—including regression-based and tree-based approaches—applied to a comprehensive dataset capturing meteorological, resource, and operational parameters at a hydrogen production site. Results reveal that ensemble methods, such as Random Forest and Gradient Boosting, deliver consistently higher predictive accuracy compared to standalone models, largely due to their ability to mitigate overfitting and capture complex data interactions. However, this improved performance comes at the cost of significant increases in training time, attributed to the iterative and multi-learner nature of ensemble techniques. These findings of this study underscore the importance of balancing performance gains against computational demands, offering practical insights for stakeholders seeking scalable, high-precision forecasting solutions in the hydrogen energy sector.

O공정금-2

태양광을 활용한 상업용 폐리튬이온배터리 재활용 공정

고성현, 김창수*
한국과학기술연구원
(changs90.kim@kist.re.kr*)

Recycling spent batteries is crucial to meet the growing demand for precious metals while addressing environmental challenges. We propose a photocatalytic leaching system that combines mild organic acid with ambient sunlight for recovering critical metals from spent battery cathodes. Our system exploits full-spectrum sunlight and mild organic acid for metal recovery, overcoming limitations of conventional approaches that rely on either strong inorganic acids or organic acids with additional reducing agents like hydrogen peroxide (H_2O_2). Leveraging the unique photocatalytic activities, we achieved high leaching efficiency (>94%) for precious metals (Li, Co, Ni, Al, and Mn) from various commercial cathode materials. Detailed process modeling demonstrates that our photocatalytic method significantly reduces energy consumption and greenhouse gas emissions compared to conventional recycling technologies while maintaining cost-effectiveness for practical implementation.

O공정금-3

Carbon capture and utilization pathways contribution towards net-zero

Atsbha Tesfalem, 윤하준, 이철진*
중앙대
(cjlee@cau.ac.kr*)

Incorporating captured CO_2 as a raw material in the chemical industry provides a sustainable CO_2 reduction approach rather than mere disposal. Existing literature showcases successful experiments demonstrating CO_2's feasibility as a raw material. However, not all carbon capture and utilization products have the capacity to efficiently utilize substantial amounts of CO_2 or be economically viable. Therefore, this study concentrates on investigating carbon capture and utilization processes, warranting further exploration and comparison with conventional process by proposing novel methodology. The carbon and hydrogen mass ratio investigations indicated that the carbon mass fraction was at least 3 times bigger than the hydrogen mass fraction for all investigated CCU products. Levelized cost of product and carbon footprint projections for CCU products with respect to raw material sources indicate that changes in the CO_2 sources when compared to changes in the H_2 and electricity have the most significant effects on the CCU product levelized cost and overall carbon footprint.

O공정금-4

Comparative analysis of energy, economic, and environmental impacts in CO_2 electroreduction systems

김혜림, 김경수*
한국과학기술연구원
(kyeongsu@kist.re.kr*)

The electrochemical CO_2 reduction reaction is an emerging approach for producing valuable chemicals. The energy requirements and the associated costs of CO_2 electroreduction systems vary depending on the type of membrane used. In this study, we conduct a comparative study of CO_2 electroreduction systems based on different membrane types: anion exchange membrane, cation exchange membrane, and porous membrane. The process modeling of these electroreduction systems is based on the experiments, and parametric studies on conversion performance are carried out. By examining the feasibility in energy, economic and environmental perspectives, we provide a comprehensive understanding of their characteristics.

O공정금-5

Multi-scale simulation framework for consistent bubble dynamics of industrial molten-metal bubble column reactors

Ngo Ich Son, 임영일*
한경국립대
(limyi@hknu.ac.kr*)

Inconsistencies in bubble characteristics across different models and scales introduce deviations in the design and optimization of molten-metal bubble column reactors (MMBCRs). This study presents a multi-scale simulation framework (MSSF) for an industrial-scale MMBCR, integrating fluid-scale and reactor-scale models to ensure consistency in bubble behavior. At the fluid scale, a level-set volume-of-fluid (LS-VOF) multiphase computational fluid dynamics (CFD) model accurately predicts bubbles characteristics, including bubble size (d_b), bubble velocity (u_b), and bubble shape, in the NiMoBi-CH_4 system at 800 ^{o}C and 20 bar, as function of local gas holdup (α_G) and superficial gas velocity (u_G). At the reactor scale, a one-dimensional two-phase reactor (1D TPR) model synchronizes these bubble characteristics with α_G and u_G to predict reactor performance. The proposed MSSF effectively captures bubble characteristics with accuracy comparable to the LS-VOF CFD model while maintaining the computational efficiency of the 1D TPR, making it a valuable tool for the design and optimization of MMBCRs.

O공정금-6

전기자동차 배터리 열관리를 위한 MINLP 기반 최적 밸브 제어

홍창범, 김형준, 성정모[1], 오세규[1], 홍대기[1], 김연수*
광운대; [1]현대자동차
(kimy3@kw.ac.kr*)

전기자동차의 사용량 증가에 따라 배터리 열관리에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 연구에서는 냉각수 회로의 3-way valve 개폐 여부를 정수 변수로 표현하여 밸브를 제어하고, 이를 통해 배터리 냉각 모드를 결정하는 방안을 제안한다. 제안된 방법을 적용한 시뮬레이션 결과, 배터리의 온도를 효과적으로 조절하면서도 에너지 소비를 최소화할 수 있음을 확인하였다. 이 연구는 현대자동차의 지원을 받아 "정수 변수를 포함하는 비선형 시스템 제어를 위한 혼합 정수 비선형 최적화 방법론 연구(3차년도)" 명칭으로 수행된 연구사업임.

O공정금-7

ANN-based multi-objective optimization of the methanol production process from steel mill gases

임명균, 김기웅*, 김진국[1], 노고산[2]
한국화학연구원; [1]한양대; [2]충남대
(kwkim@krict.re.kr*)

The research aims to develop a novel process simulation for methanol production that minimizes energy consumption and CO_2 emissions by utilizing an ANN-based CO VPSA separation model. The developed process incorporates a feed stream from blast furnace gas into a membrane contactor for the removal of sulfur, oxygen, and carbon dioxide. It also includes feeds from liquefied natural gas to produce hydrogen-rich gas. During the process, particle swarm optimization is employed to optimize the system's energy consumption and minimize carbon dioxide emissions based on varying conditions of CO purity and the recovery of CO and CO_2. The proposed process, enhanced with the ANN-based VPSA model, presents a promising alternative for methanol production.

O공정금-8

Optimization of an extractive divided-wall column process for recovering waste solvents in the semiconductor industry

이애진, 임한권*
울산과학기술원
(hklim@unist.ac.kr*)

As global concerns over environmental issues continue to grow, the semiconductor industry is under scrutiny for its extensive use of water and chemicals, which results in significant waste solvent production. Proper treatment and management of this waste solvent have become critical challenges. Recovering waste solvents can be an effective solution to mitigate environmental impact; however, separation is difficult due to physical properties such as azeotropic point. This issue can be addressed using conventional separation processes like extractive distillation with ethylene glycol. Furthermore, the implementation of a divided-wall column, a form of process intensification, can reduce the overall plant size. However, its complicated design makes modeling and operation difficult. Therefore, this study evaluates the feasibility of an optimized extractive distillation process, integrating a divided-wall column, to provide both economic and environmental benefits.

O공정금-9

AI 및 자동화된 전기화학 측정 시스템을 활용한 삼원계 OER 촉매의 다중 물성 최적화

김대호, 곽상규[1], 김동훈, 한상수*
한국과학기술연구원; [1]고려대
(sangsoo@kist.re.kr*)

The oxygen evolution reaction (OER) is a key electrochemical water-splitting technology offering a sustainable alternative to fossil fuels. Iridium (Ir) and Ruthenium (Ru) are commonly used for OER catalysts due to their high performance, but their high cost necessitates reducing noble metal content while considering experimental constraints. Incorporating non-noble metals is essential for cost efficiency.AI-driven techniques like Bayesian optimization effectively accelerate research and guide catalyst design. Since activity, stability, and cost efficiency influence each other with trade-offs, multi-objective optimization is crucial for balancing these factors.This study developed IrRu-based ternary OER catalysts that maintain high performance while incorporating non-noble metals to reduce costs. AI-based optimization derived an optimal Pareto frontier balancing activity, stability, and cost. Automated synthesis and electrochemical measurement systems ensured rapid, precise data collection.This research highlights AI-driven Pareto frontier mapping for IrRu-based catalysts and provides insights into cost reduction strategies through experimental analysis and optimization.

O공정금-10

다양체 기반 데이터 선택을 도입한 온라인 DeePC 제어

최원혁, 이종민*
서울대
(jongmin@snu.ac.kr*)

Data-enabled Predictive Control (DeePC) is a popular data-driven control method for linear systems, replacing models from MPC with trajectory data via Willems' Fundamental Lemma. However, its reliance on pre-collected data and linearity assumptions limit performance under disturbances and nonlinearities. However, its reliance on a pre-collected dataset and the assumption of linearity introduce several limitations, such as difficulties in nonzero disturbances and nonlinearities. Online DeePC[1] updates data in real time to address this but suffers from information loss, requiring ad-hoc fixes that affect stability. In this study, we propose a novel selection-based online DeePC that uses data near the system's current state, determined by a learned manifold. Simulations show that it does not suffer from information loss and outperforms traditional DeePC, especially under small-scale noises.[1] Baros, S. et al. (2022a). Online data-enabled Predictive Control. Automatica, 138, 109926.

O공정금-11

그레이, 블루, 그린 암모니아 생산 기술에 대한 기술 경제성 비교 분석

전동현, 김진국*
한양대
(jinkukkim@hanyang.ac.kr*)

탄소 중립에 대한 관심의 증가로 NH_3는 H_2 운송 수단, 선박 연료 등 다양한 분야에 쓰일 것으로 기대되고 있다. NH_3는 생산에 사용되는 수소의 종류에 따라 Gray, Blue, Green-NH_3 등으로 다양하게 구분되며 탄소 중립 목표 달성을 위해 Green-NH_3에 대한 관심이 증가하고 있다. 하지만 Green-NH_3는 재생 에너지의 간헐성과 높은 장치비로 인해 기존 NH_3 생산 방식 대비 경쟁력을 갖추지 못하고 있으며 이에 따라 공정 최적화, 스케줄링 등 다양한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 Steam Methane Reforming와 Auto Thermal Reforming을 활용한 Gray, Blue-NH_3, 수전해를 활용한 Green-NH_3, 및 hybrid 생산 공정을 모사하여 물질 및 에너지 수지를 도출하였으며, CO_2 배출량 및 경제성을 비교하였다. 또한 주요 운전 조건, 장치 비용과 같은 핵심 설계 조건의 영향을 평가하기 위해 민감도 분석을 수행하여 Green-NH_3가 Gray 및 Blue-NH_3에 대한 경쟁력을 갖추기 위한 조건을 도출하였다. 이 성과는 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2019R1A2C2002263).

O공정금-12

Multi-Objective Optimization for the Supply Chain Network Design of Palm Oil-Derived Furan Diester: Static Deterministic Model with a 2030 South Korea Case Study

김희정, 한지훈*
포항공과대
(jhhan@postech.ac.kr*)

As the demand for reducing environmental impact increases, the transition from fossil-derived synthetic oils to sustainable lubricants has become essential. Furan diester as a class of bio-based lubricants, synthesized via the esterification of palm oil-derived oleic acid and furanic derivatives, has emerged as a promising candidate for use as a lubricant base oil. This study develops an optimal supply chain for bio-based lubricants production using multi-objective optimization based on a static deterministic model formulated as a Mixed-Integer Linear Programming (MILP) problem. The optimization model aims to minimize greenhouse gas emissions and production costs, employing the ε-constraints method to derive a Pareto-optimal solution. A 2030 South Korea case study demonstrates that domestically produced biomass-derived base oil could serve as a viable alternative to import-dependent poly alpha olefin (PAO), a widely used synthetic oil. This transition would contribute to both sustainable lubricant production and a more resilient supply chain.

O공정금-13

Sustainable ethylene oxide production via non-catalytic electro-oxidation of ethylene

윤지은, 이웅*
한국과학기술연구원
(ulee@kist.re.kr*)

Ethylene oxide (EO) is a versatile chemical with a global annual demand of 31.8 million tons. The conventional EO production process uses silver-based catalysts to oxidize ethylene, achieving approximately 80% selectivity. However, about 20% of ethylene is fully oxidized into carbon dioxide (CO_2) and water, making the process carbon-intensive. Electrochemical oxidation of ethylene using renewable energy presents a promising approach to enhance selectivity and reduce CO_2 emissions.This study successfully demonstrates an electrochemical process that produces EO from ethylene without using catalysts or membranes. Experiments conducted in an H-cell utilized phosphate and sulfate radicals to oxidize ethylene to EO selectively. Additionally, a zero-gap cell enabled EO recovery in the gas phase, showing potential to reduce the energy required for separation in the downstream processes. DFT calculations were performed to investigate the radical pathway mechanism. A techno-economic and environmental assessment was conducted to evaluate the commercial feasibility of this technology, and future research directions are proposed.

O공정금-14

Closed-Loop Autonomous Optimization Platform for Organic Reaction Systems

김유현, 나종걸*
이화여자대
(jgna@ewha.ac.kr*)

In a closed-loop autonomous experimentation system, optimization is a key decision-making component, enabling the exploration of vast space and the identification of optimal outcomes. In organic reactions, the presence of high-dimensional parameters necessitates an effective optimization strategy, which improves yield and selectivity while reducing experimental costs. Also, it is important to define an effective search space, encompassing all feasible input variables and their domains. To enhance performance, reformulating the search space by integrating chemical knowledge and physical knowledge is crucial. Moreover, as the objective function is a black-box, extracting meaningful features enhances interpretability and provides insights into experimental design. However, selecting the most suitable reaction representation and optimization algorithm remains challenging, as rigorously comparing approaches requires significant time and computational resources. To address this, we propose a consistent, user-friendly framework that automatically evaluates reaction representations and optimization algorithms, facilitating systematic benchmarking across diverse organic reaction scenarios.

O공정금-15

입자 체류시간 분포를 고려한 수소기반 제강 다단 유동층 반응기의 다중 규모 모델링

이용현, 이희원, 손상환*
부산대
(shson@pusan.ac.kr*)

The DRI(direct reduction of iron)-EAF(electric arc furnace) route replaces the conventional coal-based process by employing reducing gases for the direct reduction of iron ore. Specifically, hydrogen-based DRI offers the potential for further reduction of greenhouse gas emissions. In multi-stage fluidized bed reactors for steelmaking, a mixed gas of hydrogen and CO is introduced at the bottom of each reactor, causing the particles to fluidize. The particles sequentially pass through multiple reactors, undergoing changes in state due to gas-solid reactions. During this process, the residence time of the particles differs between reactors, leading to variations in the state of the discharged particles.In this study, a model was developed to calculate the operating conditions of each reactor based on the inlet conditions of particles and gas, while accounting for the distribution of particle states at the reactor outlets. The 2-phase model was employed to describe the gas behavior. The residence time distribution of particles was incorporated to determine the outlet particle state. Energy balance equations were applied to calculate the temperature in each reactor.

O공정금-16

고효율 에너지 저장을 위한 독립형 LAES 시스템 연구: 순산소 연소 및 연료전지 적용 효과 분석

김윤건, 박진우*
동국대
(jinwoop@dgu.ac.kr*)

액체 공기 저장 시스템은 에너지 저장 기술 중 유망 받는 기술 중 하나이다. 이 시스템은 높은 에너지 밀도와 설치 장소의 유연성과 같은 장점이 있으나, 낮은 왕복 효율이 주요 한계로 언급된다. 기존 연구에서는 외부 열원과의 통합 및 추가 연료 활용을 통한 효율 향상 방안이 제시되었으나, 이는 지리적 유연성 저하 및 온실가스 배출과 같은 문제를 초래한다. 이에 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하고자 순산소 연소 및 연료전지 기술을 LAES에 적용하여, 높은 효율을 유지하면서도 청정에너지를 공급할 수 있는 독립형 LAES 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 순산소 연소를 적용한 LAES 시스템(Case 1), 순산소 연소 및 연료전지를 결합한 LAES 시스템(Case 2) 두 가지로 구성되며, 천연가스를 연료로 활용하고, 연료전지는 고체산화물 연료전지를 사용한다. 에너지, 엑서지, 경제성 분석 결과, 기존 시스템 대비 Case 1과 Case 2의 왕복 효율은 각각 29.2%p, 58.9%p 향상되었다. 엑서지 효율 측면에서 Case 1은 0.7%p 감소하였지만, Case 2는 16.3%p 증가하였다. 경제성 평가 결과, Case 1과 Case 2의 현재순가치는 각각 6.37억 달러, 5.25억 달러로 경제적 실현 가능성을 확인하였다. 이러한 연구는 LAES 시스템의 에너지 효율성 및 경제성을 개선하는 새로운 접근법을 제시하며, 지속 가능한 에너지 저장 기술 개발에 기여할 것으로 기대된다.

O공정금-17

Hybrid Approaches to Methanol Production: Integrating Biomass-to-Methanol and Power-to-Methanol Pathways

정혜원, 박시환, 이인규*
부산대
(inkyu.lee@pusan.ac.kr*)

전 세계적으로 메탄올의 수요가 증가할 것으로 예상되나, 대부분의 상업적 생산은 화석 연료에 의존하고 있다. 환경 영향을 고려하면 바이오매스 또는 신재생 에너지를 활용한 지속가능한 청정 메탄올 생산 공정 연구가 필요하다. E-메탄올은 신재생 전력을 이용한 물 전기분해로 생성된 수소를 사용해 합성되지만, 높은 에너지 소비와 낮은 경제성이 주요 한계점이다. 한편, 바이오매스를 가스화하여 생산하는 바이오메탄올은 다량의 탄소가 CO_2 형태로 손실되는 한계를 가진다. 본 연구에서는 이러한 문제를 극복하기 위해 E-메탄올과 바이오메탄올을 통합적으로 생산하는 하이브리드 시스템을 설계하였다. 제안된 시스템은 바이오매스 가스화기와 전기분해조를 결합하여 수소를 자체적으로 생산하는 방식이다. 이를 통해 바이오매스의 탄소를 온전히 메탄올로 전환할 수 있을 뿐만 아니라 외부 CO_2를 추가적으로 활용할 수 있었다. 기술-경제적성 분석 결과, 하이브리드 시스템은 기존의 독립적인 E-메탄올 및 바이오메탄올 생산 공정보다 더 낮은 생산 비용과 높은 에너지 효율을 보이는 것으로 나타났다.

O공정금-18

거리 기반 DP를 활용한 실시간 HEV 동력 분배 모델 예측 제어

윤형로, 박현민, 이종민*
서울대
(jongmin@snu.ac.kr*)

The power distribution strategy between the engine and motor in hybrid electric vehicles (HEVs) is environmentally friendly as it enhances fuel efficiency and reduces fossil fuel consumption. In this study, we target fixed routes that drivers routinely traverse and aim to achieve improved fuel economy by implementing a real-time, user-customized optimal HEV power distribution strategy. First, an offline dynamic programming (DP) approach based on the distance axis—incorporating the terrain and driving data of the fixed route—is used to derive a state-of-charge (SOC) trajectory for minimizing fuel consumption. Subsequently, during driving, model predictive control (MPC) is employed to track the DP-derived SOC trajectory while optimizing engine power based on real-time vehicle state changes, thereby maintaining the SOC within a specified range. The proposed method demonstrated superior fuel saving performance compared to time-axis-based DP and proved effective in maintaining SOC and reducing fuel consumption on new routes.

O공정금-19

Machine Learning-Driven Meta-heuristic Optimization for Efficient Azeotropic Separation

신용범, 이민용, 김동근, 이준섭, 윤찬영, 이재우*
한국과학기술원
(jaewlee@kaist.ac.kr*)

본 연구에서는 삼원 다이어그램의 기하학적 정보를 활용하여 압력 변환 증류(Pressure-Swing Distillation, PSD) 공정의 설계와 최적화를 자동화하는 새로운 체계적 방법을 제안하였다. 이를 위해 k-평균 클러스터링을 활용한 이미지 인식 기법을 적용하여 삼원 다이어그램에서 분리 가능성을 자동으로 검증하고, 실행가능한 분리 공정을 생성하였다. 유전 알고리즘을 활용하여 생성된 공정 중 최적의 PSD 공정을 도출하였다. 또한 제안한 방법을 열 통합 분리 공정으로 확장하여 최적 열 통합 PSD 공정을 설계하였고, 기존에 도출된 최적 PSD 공정과 비교 평가하였다. 비이상 혼합물을 대상으로 한 세 가지 사례 연구 결과 열 통합을 고려하여 최적화를 수행하는 경우 에너지 소비 및 연간 비용을 크게 절감하는 것으로 나타났다. 또한, 이산화탄소 포집 및 활용(CCU) 비용과 탄소 배출권을 연간 비용 계산에 포함하여 경제성을 평가한 결과, CCU 비용을 반영하면 열 통합 PSD 공정은 연간 2.37-9.56%의 비용 절감 효과를 보였으며, 탄소 배출권을 포함하면 연간 비용 차이는 35.95-41.22%로 증가하였다. 이러한 결과는 분리 공정 설계에서 열 통합 최적화가 에너지 소비 절감과 경제성 향상에 중요한 역할을 함을 보여주며, 온실가스 배출 저감을 위한 설계 전략의 중요성을 강조한다. 나아가, CO_2 배출을 경제성 평가에 반영하는 것이 지속가능한 분리 공정 개발에 필수적임을 시사한다.

O공정금-20

NGCC 발전소의 이산화탄소 포집 공정 통합 및 에너지 효율 최적화

구현석, 황성원*
인하대
(sungwon.hwang@inha.ac.kr*)

천연가스 복합발전(NGCC)은 높은 발전효율과 낮은 CO2 배출로 인해 널리 활용되지만, CO2 저감을 위한 포집 공정 통합 시 추가적으로 소비되는 에너지로 인해 발전 효율이 감소하는 문제가 발생한다. 특히 배기가스의 낮은 CO2 농도로 인해 석탄발전에 비해 포집에 필요한 에너지나 비용이 많이 든다는 문제점이 있다. 본 연구에서는 Aspen HYSYS를 이용하여 400MW급 NGCC 발전소를 모델링하고 다양한 CO2 포집 공정을 모델링하였다. Oxy-rich combustion, 저압 증기 추출, 배기가스 재순환(EGR), 멤브레인 분리 기술을 고려한 초구조 모델을 이용하여 최적의 공정 배치 및 운전조건을 한 번에 도출하는 초구조 최적화를 진행하였다. 그 결과, 각각의 공정 구성에 대한 효율 감소를 비교하고, 400MW급 NGCC의 저농도 조건에 최적화된 이산화탄소 포집 기술을 선택하는 방안을 제시한다.

O공정금-21

Integrated process design and environmental analysis of low-density polyethylene production from waste plastic pyrolysis oil

류희도, 배종일, 변재원[1], 김도경[2], 한지훈*
POSTECH; [1]전남대; [2]한국화학연구원
(jhhan@postech.ac.kr*)

Developing advanced recycling technologies is essential for addressing global plastic waste challenges. This study designs an integrated process for catalytic cracking of waste plastic pyrolysis oil to produce olefins, which serve as precursors for low-density polyethylene (LDPE), fuels, and chemicals. Experimental data from a circulating fluidized bed reactor are used to simulate a separation process, achieving high-purity ethylene and propylene (>99 wt.%). Life-cycle assessment results shows that producing 1 kg of LDPE emits 2.08 kg CO_2-eq. Notably, when aromatic compounds are additionally produced, electricity's share of the total environmental impact increases from 8% to 25% due to higher energy demand. Greenhouse gas emissions vary from −7.8% to +1.3% depending on the use of renewable energy and regional characteristics, suggesting that environmental improvement strategies can vary accordingly. This study provides insights into the commercial feasibility of LDPE production from waste plastic pyrolysis oil, contributing to the advancement of sustainable plastic recycling technologies.

O공정금-22

Hydrodynamics of a bench-scale molten salt bubble column reactor using level-set volume-of-fluid computational fluid dynamics

Kieu Thi Mai Huong, 임영일*, Ngo Ich Son
한경국립대
(limyi@hknu.ac.kr*)

This study investigates the hydrodynamics of molten salt bubble column reactors (MSBCRs) using a level-set volume-of-fluid (LS-VOF) computational fluid dynamics (CFD) model coupled with a large-eddy simulation (LES) turbulence model. A reasonable density for the LES turbulence model was adjusted to resolve directly more than 80% of turbulence kinetics energy. The LS-VOF model prediction on bubble size data was validated against experimental for the CH_4-NaCl systems. The gas holdup (), Sauter mean bubble diameter (), bubble size distribution, and specific interfacial area () were analyzed for a bench-scale MSBCR equipped with a single-hole nozzle at superficial gas velocities (u_G) of 0.1 m/s and 1000 ^oC. The comparison of initial bubble size, bubble evolution along the reactor axis, d_{32}, bubble size distribution, and a_s between contact angles of 110^o, 130^o, and 150^o revealed the importance of gas distributor design in MSBCR.

O공정금-23

기포 유동층 반응기를 포함한 CaL 시스템의 IDAES를 이용한 시뮬레이션 및 최적화

지영남, 김종우*
인천대
(jong.w.kim@inu.ac.kr*)

Calcium looping (CaL) is a promising post-combustion CO_2 capture technology that utilizes the reversible carbonation and calcination of calcium oxide (CaO) and calcium carbonate ($CaCO_3$), typically conducted in dual fluidized bed reactors. This study employs the IDAES (Institute for the Design of Advanced Energy Systems) framework, a state-of-the-art process systems engineering platform, to develop a high-fidelity simulation model of the CaL system and evaluate its performance under various operating conditions. By leveraging IDAES's modular, equation-oriented modeling capabilities, this study achieves a more flexible and accurate representation of the CaL process than conventional tools.The simulation integrates key reaction kinetics, mass transfer, and heat balance equations based on established studies. The effects of operating temperature, CO_2 partial pressure, and solid circulation rates on carbonation and calcination efficiencies are analyzed. The advanced modeling and optimization capabilities of IDAES enable the development of more efficient, scalable, and adaptable carbon capture solutions.

O공정금-24

Economic and environmental analysis of turquoise hydrogen production from waste plastic using molten media

김세미, 임영일*, 이은도[1], 이영재[1]
한경국립대; [1]한국생산기술연구원
(limyi@hknu.ac.kr*)

The increasing accumulation of waste plastics has become a significant global environmental challenge, necessitating sustainable waste management solutions. Various types of plastic wastes, including polypropylene (PP), polyethylene (PE), polystyrene (PS), polyvinyl chloride (PVC), and polyethylene terephthalate (PET), are primarily managed through incineration, landfill disposal, and mechanical or chemical recycling. Among these methods, pyrolysis presents a promising approach by converting waste plastics into gaseous, solid, and liquid products, thereby mitigating environmental concerns. In this study, a process flow diagram (PFD) of the pyrolysis of waste plastics using molten salts and metals was presented to produce turquoise hydrogen and carbon byproducts. The economic feasibility of the process was evaluated based on economic indicators, including total capital investment (TCI), total production cost (TPC), and hydrogen production cost. Additionally, a life cycle assessment (LCA) was conducted to assess the environmental impact of hydrogen production process from waste plastics.

O공정금-25

올레핀 정제 개선: 이중분할벽 컬럼 증류를 위한 인공지능 기반 비례적분 제어기 튜닝

Ahmad Syauqi, 임한권*
울산과학기술원
(hklim@unist.ac.kr*)

This study examines light olefin separation using dual dividing wall columns (DWCs) and evaluates different methods for tuning PI controllers. A novel reinforcement learning (RL) approach based on Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) incorporates process knowledge into the reward function to maintain process safety and product purity. The DDPG-based tuning method significantly outperforms Aspen's initial tuning, Ziegler-Nichols, and Cohen-Coon, reducing control error by factors of 11.9, 2.3, and 1.6, respectively. Additionally, it improves energy efficiency by 13%, lowers purification costs by 13.5%, and decreases CO_2 emissions by 20%. These results highlight RL's effectiveness in improving industrial process control by enhancing stability, reducing energy consumption, and minimizing environmental impact.

O공정금-26

Techno-Economic Assessment of LNG-Fueled Solid Oxide Fuel Cell Systems: Process Simulation and Heat Exchanger Network Integration

최예지, 권기현, 한지훈*
포항공과대
(jhhan@postech.ac.kr*)

Solid Oxide Fuel Cells (SOFCs) have emerged as a promising technology for clean and efficient energy conversion, achieving electrical efficiencies of up to 60%. Liquefied Natural Gas (LNG)-reforming SOFC systems are gaining attention for their potential in marine applications. This study focuses on the process simulation of LNG-fueled SOFC systems and conducts a comprehensive techno-economic assessment (TEA) to evaluate their feasibility. The primary objective is to determine the optimal balance between the SOFC stack, balance-of-plant (BoP) components and heat exchanger network (HEN) to maximize system efficiency and cost-effectiveness. By conducting TEA, key economic indicators—including levelized cost of electricity (LCOE)—are analyzed. By Integrating SOFC modeling with HEN in terms of TEA, this study contributes to the advancement of high-efficiency, low-emission power generation technologies.

O공정금-27

해외 수입 바이오에탄올 기반 지속가능항공유 생산공정 경제성평가 및 전주기평가

정형준, 황성원*
인하대
(sungwon.hwang@inha.ac.kr*)

항공 분야의 이산화탄소 배출은 전체 이산화탄소 배출의 4%정도를 차지하지만, 지속가능항공유(SAF)는 탄소중립을 달성하는데 있어 65%의 기여를 할 수 있을 것으로 예상되고 있다. 하지만 국내에서는 이러한 SAF를 생산하는데 필요한 원료를 확보하는 것이 어렵기 때문에, 해외에서 생산한 에탄올을 이용하는 방법이 주목받고 있다.본 연구에서는 해외에서 수입한 바이오 에탄올을 원료로 하여 SAF를 생산하는 통합공정에 대한 공정설계 및 최적화를 진행하였으며, 경제성평가 및 전주기평가를 통해 원료에서 SAF생산까지의 경제성 및 탄소 배출량을 파악하였다.본 연구를 통해, 수입 바이오 에탄올을 이용하여 SAF를 생산하는 공정의 경제성을 파악하였고, 약 6.38$/gal의 최소판매단가를 확보할 수 있는 것을 확인하였다. 또한 LCA평가를 통해 미국, 브라질 등에서 생산하는 바이오 에탄올을 이용하는 시나리오를 비교하는 과정을 통해, 각 시나리오 별 CI(Carbon Intensity)를 파악하고 최적의 원료 수입 국가를 선정하였다.

O공정금-28

Multiscale two-region model for carbon nanotube synthesis in fluidized bed reactor

최재훈, 신상수, 손상환*
부산대
(shson@pusan.ac.kr*)

Carbon nanotubes (CNTs), prized for their exceptional properties, are crucial for lithium-ion batteries, requiring large-scale production, with fluidized bed reactors (FBRs) using chemical vapor deposition as a key method. However, the complexity of FBRs necessitates a mathematical model that accurately captures their characteristics to enable the design of large-scale CNT production systems. This study presents a model of an FBR for CNT synthesis using ethylene as the feedstock, aiming to predict CNT growth on catalyst particles over time based on reaction kinetics derived from experimental data. The model utilizes a two-region model, distinguishing the behavior within the FBR into the emulsion phase, where gas and solids are well-mixed, and the bubble phase. The developed model captures the complex internal behavior of the reactor by integrating the time-dependent growth characteristics of solid particles on the catalyst and classifying this behavior into two distinct modes. This model can be extended to optimize operating conditions for large-scale CNT production and reactor design, enabling more efficient commercial synthesis of CNTs.

O공정금-29

수첨 반응 kinetic 모델 개발 및 품질 개선을 위한 최적의 운전 조건 도출

박주현, 송성훈, 황성원*
인하대
(sungwon.hwang@inha.ac.kr*)

C3 다운스트림 제품은 알돌 반응 후 이어지는 수첨 반응에서 합성되며, 이 제품의 품질을 평가하는 데에 염기의 정량적 지표가 사용된다. 이 지표가 적정 범위를 벗어나면 제품의 품질이 떨어짐은 물론, 후단 제품에서의 지표 또한 기준을 만족하지 못하게 된다. 따라서, 염기 지표에 영향을 미치는 부반응을 최소화하기 위해 반응 모델 구축이 필수적이다. 본 연구에서는 수첨 반응기의 운전 데이터를 반영한 kinetic 모델을 개발하고, 염기 지표에 영향을 주는 부반응을 최소화할 최적의 운전 조건을 도출한다. 이를 위해 몬테 카를로 시뮬레이션을 활용하여 kinetic 파라미터를 추정하고, 도출된 운전 조건과 염기 지표 간의 상관관계를 규명한다. 그 결과, 실제 데이터와 약 98.2 %의 일치도를 보이는 높은 정확도의 kinetic 모델을 구축하였다. 본 연구를 통해 C3 다운스트림 제품과 이를 전구체로 사용하는 후속 제품의 품질을 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

P공정금-1

알카라인 수전해의 부하 다변화 조건에서 온도와 압력에 따른 수소 생산 영향성 평가

이승연, 조경일, 이용운*
지속가능기술연구소, 한국생산기술연구원
(ywlee8131@kitech.re.kr*)

알카라인 수전해(AWE) 시스템은 신재생에너지와 연계시 간헐성 대응을 위해 부하 변동 조건에서 안정적인 수소 생산 및 운영이 필요하다. 본 연구에서는 알카라인 수전해 시스템의 스택과 BOP를 대상으로 부하 변동 조건에서 다양한 온도 및 압력 조건에 따른 운전 특성을 비교 분석하였다. 알카라인 수전해의 규모는 150kW급이며 스택은 zerogap 형상이다. 스택은 C++ 기 반 수치 시뮬레이션을 통해 평가하였고, BOP 시스템은 Aspen+를 활용한 공정 해석을 수행하였다. 스택의 주요 성능 지표로는 전압, 전류 밀도, 패러데이 효율, 수소 생산량을 해석하였으며, 60-85 ℃ 의 온도 범위와 1-30 bar의 압력 범위에서 10%-90%의 부하 조건을 적용하였다. 압력이 낮아지고 온도가 증가할수록 전류 밀도와 수소 생산량이 증가하였다. 특히 저부하 조건에서는 수소 생산량이 압력과 온도 변화에 더 민감하게 반응하였다. 스택 성능에는 압력 제어보다 온도 제어가 더 큰 영향을 미쳤다. BOP 시스템의 전력 소비량은 10% 부하 조건에서 스택 소요 전력의 23%를 차지하였으며, 90% 부하 조건에서는 9.2%로 스택의 전력소모량이 감소하였다.

P공정금-2

Hydrogen-power co-production via Allam cycle and PEMEC: Maximizing profitability through flexible operation

김태현, 박진우*
동국대
(jinwoop@dgu.ac.kr*)

본 연구에서는 수전해 장치에서 발생하는 산소를 활용하여 전력을 생산하는 공정을 설계하였다. 이때, 수전해는 빠른 응답이 가능한 proton exchange membrane electrolysis cell(PEMEC)을 활용하였다. 전력 생산은 탄소 배출량이 0에 가까우며, 기존 화력 발전소 대비 높은 효율과 경제성을 갖는 Allam cycle 공정을 적용하였다. Peak와 Off-peak 기간을 활용하여 경제성을 극대화 하였으며, 유연한 작동을 위해 thermal energy storage를 활용하였다. 에너지 분석 결과, 제안 공정의 에너지 효율은 수전해 scale 증가에 따라 최대 57.87% 까지 효율이 증가하였다. 또한, 에너지 저장과 방출의 전략적 활용을 바탕으로 공정의 순 현재 가치는 6억 2640만 달러 그리고 내부 수익률은 14.3%를 달성하였다. 이러한 경제적 효과에 힘입어 수소의 생산 단가를 $2/kg-H2 미만으로 낮출 수 있었다. 공정의 환경적인 측면에서는 재생 에너지의 활용이 중요한 것으로 나타났다. 공급 전력이 재생 가능한 전력일 경우, 기존 화석 연료 전력 대비 간접 CO2 배출량을 93.2% 감소할 수 있기 때문이다. 이러한 연구 결과들은 전해조의 대중화와 완전한 green transition에서 중요한 역할을 수행할 것으로 기대된다.

P공정금-3

Techno-Economic and Life Cycle Assessment of Light Olefins Production through Power-to-X (PtX) pathway

히라 마흐무드, 유준*
국립부경대
(jayliu@pknu.ac.kr*)

Light olefins are conventionally produced through the steam cracking of hydrocarbons, resulting in approximately 400 $MtCO_2$ emissions annually. To account for depleting fossil fuel reserves and reduce CO_2 emissions, a sustainable alternative feedstock is required. This can be achieved by utilizing e-hydrogen derived from renewable power. To address these challenges, a sustainable Power-to-olefins (PtO) pathway has been developed using captured CO_2 and e-hydrogen, produced by varying renewable energy mix fed into the electrolyzer. To evaluate the feasibility of process, technoeconomic analysis (TEA) and environmental impact assessment have been conducted. The material and energy balance for the PtO process is obtained from process simulator, which serves as a basis for detailed process analysis. The findings indicate that the PtO pathway exhibits 80% less global warming potential (GWP) as compared to the conventional route. Furthermore, the TEA reveals that the minimum olefin selling price required for process to breakeven is $1.96/kg. Additionally, the process integration results in an energy saving of 54.16MW making the process energy efficient.

P공정금-4

Comparative analysis of direct utilization of ammonia vs. hydrogen for mobility and power sector – A holistic sustainability perspective

MALIK SAJAWAL AKHTAR, 유준*, Muhammad Ansub Khan
국립부경대
(jayliu@pknu.ac.kr*)

The adoption of green hydrogen to combat climate change faces challenges, notably inadequate storage, distribution, and low volumetric energy density. This study evaluates the sustainability of green hydrogen and green ammonia in mobility and power sectors using techno-economic analysis and life cycle assessment. Green hydrogen is produced via renewable-powered electrolysis in Western Australia, followed by ammonia synthesis via the Haber-Bosch process. Two scenarios are analyzed: (1) catalytic cracking of green ammonia transported to Korea for hydrogen fueling stations and power generation, and (2) direct use of green ammonia in fueling stations and power plants. The study provides a holistic sustainability perspective to aid policymakers in assessing green ammonia's role in climate mitigation, particularly as a bridge until green hydrogen becomes cost-competitive and its infrastructure is globally established.

P공정금-5

메탄 열분해 및 화학적 루핑을 이용한 암모니아 생산 공정 개발 및 4E 분석

김인혜, 임민석, 오정재, 박영범, 조성현*
전북대
(shcho5043@jbnu.ac.kr*)

Ammonia is primarily produced via the Haber-Bosch process, which utilizes hydrogen from steam methane reforming and nitrogen from air separation unit. However, this process emits 2.5 to 2.9 kg CO_2 eq/kg NH_3 and has low energy efficiency due to its high-pressure operation. This study proposes and alternative ammonia production process integrating methane pyrolysis with Fe_2O_3- and Al_2O_3-based chemical looping. A comprehensive economic, environmental, energy, and exergy analysis is conducted to assess the feasibility of the proposed process compared to the conventional process.The results indicate a 61% reduction in the levelized cost of ammonia and a decrease in greenhouse gas emissions from 3,252 kg CO_2 eq to −12,620 kg CO_2 eq. Additionally, energy and exergy efficiencies improve by 6.5% and 12%, respectively. These findings suggest that the proposed process is a more sustainable and cost-effective alternative for ammonia production.

P공정금-6

Decarbonization pathways for refinery processes: Low-carbon hydrogen for Hydrodesulfurization and Hydrocracking

Muhammad Ansub Khan, 유준*
국립부경대
(jayliu@pknu.ac.kr*)

Petroleum refineries are home to 43% of global hydrogen consumption with hydrodesulfurizers (HDS) and hydrocrackers (HCR) as the key hydrogen consumers. To sustain their operation in low-carbon economy, refineries are being obliged to cut their emissions through various environmental policies. Under such circumstances, low-carbon hydrogen presents a promising solution to reduce refinery emissions. Thus, the study aims evaluate the economic and environmental feasibility of utilizing low-carbon hydrogen in these processes. Results indicate that while utilizing hydrogen derived from imported green and blue ammonia (cases 2 and 3) incurs higher operational costs due to fuel imports, using domestic blue hydrogen (case 1) is economically feasible. Life cycle assessment shows that domestic blue hydrogen offers comparable global warming potential savings as green ammonia. Resultantly, domestic blue hydrogen achieves the lowest CO_2 avoidance cost of $100/t CO_2 for both HDS and HCR, outperforming hydrogen alternatives derived from ammonia.

P공정금-7

메탄 열분해 기반 청록수소 및 고체 탄소 활용을 통한 Shaft Furnace에서의 DRI 생산 최적화

박영범, 오정재, 김인혜, 임민석, 조성현*
전북대
(shcho5043@jbnu.ac.kr*)

수소는 탄소중립 사회로의 전환을 위한 핵심적인 차세대 에너지원으로 주목받고 있으나 현재까지 다량의 이산화탄소를 배출하는 SMR 공정을 통해 생산되어 왔다. 이산화탄소 저감을 위해 최근 메탄 열분해를 통한 청록수소 생산이 중요한 연구 대상으로 부상하고 있다.본 연구에서는 메탄 열분해의 부산물로 생성된 고체탄소를 일산화탄소로 전환한 후, H_2와 함께 환원가스로 활용하여 Shaft Furnace 기반의 DRI 생산 공정을 제안한다. 이를 위해 환원가스의 조성에 따른 네가지 시나리오를 설정하고, 각각에 대해 경제적, 환경적 평가를 통해 최적의 환원가스 조합을 도출하고, DRI 생산 공정의 효율성을 극대화할 방안을 모색하였다.본 연구를 통해 기존에 활용이 제한적이었던 고체 탄소를 환원제로 전환하여 자원 활용도를 높이고, 화석연료 기반의 환원가스를 대체함으로써 철강 산업에서의 탄소 배출을 저감할 수 있는 가능성을 제시하여 공정의 순환성을 강화하며 경제성을 향상시키고자 한다.

P공정금-8

Process modelling of Sustainable Aviation Fuel Production from Wet Food Waste-Derived VFAs via Arrested Anaerobic Digestion

최민교, 한지훈*
POSTECH
(jhhan@postech.ac.kr*)

With the growing demands for net-zero sustainable aviation fuels (SAF), there are currently few commercialized processes for producing SAF from wet food waste-derived volatile fatty acids (VFAs) via Arrested Anaerobic Digestion. This study focuses on process modelling to convert biologically derived VFAs into valuable SAF precursors through a series of catalytic reactions. First, VFAs are fractionally distilled into heavy VFAs and light VFAs, which are then converted into heavy ketones and light ketones, respectively, via ketonization over ZrO_2. The heavy ketones undergo hydrodeoxygenation over Pt/Al_2O_3, producing alkane SAF blendstock, while the light ketones are subjected to a cyclization process, yielding BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene) and aromatic SAF blendstock. This research highlights the potential for carbon emission reduction by preventing wet food waste from being sent to landfills and arresting of methanogenesis, which significantly contributes to greenhouse gas emissions. Additionally, the process demonstrates economic benefits through carbon credit incentives, further supporting the commercialization potential of SAF.

P공정금-9

AI 기반 공정 유틸리티 최적화 : ANN-GA 결합 모델을 활용한 최적 운영 전략

양윤서, 나현서, 황성원*
인하대
(sungwon.hwang@inha.ac.kr*)

화학 공정은 유틸리티 비용 절감을 위해 최적화가 필수적이나, Solver는 비선형성이 증가할수록 성능이 저하될 수 있다. 이에 본 연구는 Switchable Turbine 구동 시 유틸리티 비용을 최적화하는 기법을 제안했다. SWT는 2기의 터빈과 5기의 모터로 구성되며 7개의 펌프가 연결된다. 펌프의 유체량을 입력 변수로 설정해 2만개의 시뮬레이션 데이터를 생성하고 ANN 모델에 학습시켰다. 이후 10만 개의 입력 조합에 대한 비용을 예측해 전역 최적점을 찾고 유전 알고리즘(GA)을 적용해 추가 최적화를 수행했다. 그 결과 ANN-GA는 Solver와 동일한 최적점을 도출했으며 비용 오차율 0.13%, 계산 시간 2분으로 Solver와 유사한 성능을 보였다. 본 연구는 향후 전체 공정 운영 비용 절감 효과를 평가할 예정이다.이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행 연구임. (No.2022R1A6A1A03051705, 3D나노융합소자연구센터)

P공정금-10

비용 효율적인 하이브리드 CO2/열 루핑 전략을 통해 저탄소 H2 및 재생 열 공동 수송 활성화: 메탄올과 산화마그네슘을 통해

윤하준, 알리 셰리프[1], 이주성, 테스팔렘 아츠바하, 이철진*
중앙대; [1]텍사스 오스틴 대
(cjlee@cau.ac.kr*)

The efficient transport of low-carbon hydrogen (H_2) and renewable heat is critical for sustainable energy systems. This study proposes a hybrid CO_2/heat looping strategy using MgO and methanol to enable cost-effective co-transportation of H_2 and thermal energy. The MgO/CO_2 looping system captures and releases heat via carbonation/decarbonation, while methanol acts as a hydrogen carrier, generating H_2 through reforming. By integrating these two systems, waste heat from methanol reforming is utilized in the MgO/CO_2 cycle, enhancing overall efficiency. Thermodynamic analysis and experiments confirm its feasibility, demonstrating high energy efficiency and reversibility. Technoeconomic evaluation shows that this approach reduces transportation costs, energy losses, and infrastructure requirements compared to conventional H_2 transport. This strategy offers a scalable, low-carbon solution for hydrogen and heat distribution, supporting industrial decarbonization and sustainable energy deployment.

P공정금-11

제철 산업 소성 공정 대상 분리막 기반 포집 공정 설계, 최적화 및 경제적 타당성 평가

김세중, 송용재, 정양환[1], 장연수[1], 김진국*
한양대; [1]현대제철연구소 환경에너지연구팀
(jinkukkim@hanyang.ac.kr*)

전세계적으로 이산화탄소 배출량 감축에 대한 관심은 점점 커지고 있다. 제철 산업의 경우 그 규모 및 공정 특성 상 대표적인 고탄소 배출 산업군에 속한다. 제철 공정 대상 직접 감축을 위한 여러 기술이 개발되고 있지만, 직접 감축이 어려운 단위 공정의 경우 탄소 포집 기술이 그 대안으로 주목받고 있다. 본 연구에서는 직접 감축이 어려운 소성공정의 배가스 대상 분리막 포집 공정의 설계, 최적화 및 경제성 분석을 진행했다. 분리막 포집 기술은 타 기술 대비 에너지 효율성이 높고 낮은 면적의 공정 부지만을 필요로 한다는 점에서 이점이 있다. 다만 설계의 자유도가 높아 최적의 공정 설계를 위해서는 체계적인 방법론 기반 연구가 필요하다. 우선 다단 분리막 공정과 저온증류 공정을 통합 설계 및 최적화를 진행했다. 이후 공정 경제성 평가 및 주요 공정 변수(이산화탄소 회수율, 전기 가격, 분리막 가격 등)에 대한 민감도 분석을 수행했다. 이어서 포집 비용, 에너지 소비량 등의 주요 지표를 바탕으로 경쟁 기술인 습식 포집 공정과의 비교우위 분석을 통해 분리막 포집 공정의 경제적 타당성을 입증했다. 이 성과는 현대제철사의 지원을 받아 수행된 연구임.

P공정금-12

대체 모델 활용 분리막 기반 담수화 공정 설계 및 최적화

이준영, 방승혁, 김진국*
한양대
(jinkukkim@hanyang.ac.kr*)

분리막 공정은 담수화, 폐수 저리 등 다양한 산업 분야에서 핵심적인 역할을 수행한다. 분리막 공정 설계 및 운전에는 공정 구조, 운전 압력 등 여러 변수가 영향을 미치며, 이를 최적화하기 위해서는 공정의 모델링 및 최적화가 필요하다. 그러나 통상적인 제일원리 기반 모델링은 변수 변동에 따라 계산 시간이 길어지고, 비선형성이 강한 모델링을 위해 많은 수치해석적 노력이 필요하다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 공정 모사 및 최적화 결과를 빠르게 도출하기 위한 데이터 기반 대체 모델을 활용하여 공정 설계 및 최적화를 진행했다. 분리막 대상 공정에 대하여 다양한 운전 조건에서의 분리 성능 데이터를 수집하였고, 이를 통해 Xgboost, DNN 등의 머신러닝 기반 대체 모델을 통해 단일 분리막 모듈 모델링을 수행하였다. 하이퍼파라미터 최적화와 교차검증을 통해 모델의 정확도를 높이고, 대체 모델을 기반으로 공정의 에너지 효율을 최대화할 수 있는 최적의 공정 구조 및 운전 조건을 분석하였다. 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No RS-2024-00441791)

P공정금-13

폐플라스틱 활용 수소 생산 공정 전산 모사 및 시스템 분석

방승혁, 김진국*
한양대
(jinkukkim@hanyang.ac.kr*)

전 세계적으로 증가하는 플라스틱 폐기물의 환경오염 문제로 인해 친환경 에너지원인 수소의 생산 방법이 주목받고 있다. 특히 폐플라스틱 가스화 공정을 활용한 수소 생산 기술은 기존 공정 대비 지속가능한 에너지 기술이지만, 고열 요구로 에너지 효율이 떨어진다는 단점이 있다. 본 연구에서는 폐플라스틱의 가스화 공정에서 생성된 합성가스를 개질 반응과 수성가스전환 반응을 통해 수소를 최적으로 생산하는 공정을 모델링하여 에너지 효율 향상 방안을 검토하였다. 폐플라스틱 기반 수소 생산 공정의 모델링은 Aspen plus를 사용하여 진행하였다. 모델링한 가스화 공정의 결과를 기반으로 공정 내 반응기 온도, 폐플라스틱 원료 특성 등이 수소 생산 수율에 미치는 영향을 분석하였다. 특히 다른 조성을 가지는 폐플라스틱 원료 별 사례 연구를 진행하여 비교 분석하고, 원료 특성을 반영한 주요 설계 변수에 대한 최적 조건을 제시하였다. 이 성과는 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2019R1A2C2002263).

P공정금-14

기후변동성을 고려한 습식기반 직접공기포집 공정의 에너지 효율 및 포집 비용 분석

김형준, 전동현, 김진국*
한양대
(jinkukkim@hanyang.ac.kr*)

온실가스 배출로 인한 기후 위기에 대응하기 위하여 CO_2를 포집, 저장 및 전환하는 CCUS 기술의 필요성이 증대하고 있다. 직접공기포집은 대기 내에서 CO_2를 제거하는 공정으로, 전통적인 방식을 통한 포집이 어려운 분산배출원에서의 온실가스 배출 저감에 적용할 수 있다. 다만, 계절에 따른 기후변동성으로 인하여 실제 환경에서 해당 공정의 포집 성능은 불확실성을 지니며 이를 고려한 실질적인 에너지 소비량 및 포집 비용의 분석이 필요하다. 본 연구의 목표는 지역 별 대기 조건의 시계열 데이터를 활용하여 시뮬레이션 기반으로 직접공기포집 공정의 에너지 소비량 및 포집 비용에 대한 사례연구를 수행하는 것이며, 이를 위해 상용모사기를 활용하여 KOH 흡수제 기반 직접공기포집 공정을 모사하였다. 대기 온도 및 상대 습도에 따른 포집 성능의 민감도 분석 결과를 활용하여 실제 대기 환경에서 연간 1백만톤의 CO_2를 포집하는 직접공기포집 공정의 경제성 평가를 수행하였다. 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 20224C10300050).

P공정금-15

초임계 CO_2 및 Dimethyl Ether 기반 감귤박 추출 공정의 설계 및 기술 경제성 분석

송용재, 박하린, 김진국*
한양대
(jinkukkim@hanyang.ac.kr*)

천연물 추출 기술은 고부가가치 성분을 효과적으로 회수하기 위한 핵심 공정으로, 용매 및 운전 조건에 따라 추출 효율과 경제성이 달라진다. 따라서, 추출 공정의 상업적 활용을 위해서는 공정 설계를 통한 경제성 평가가 필수적이다.본 연구에서는 감귤박을 대상으로 Dimethyl Ether (DME) 용매 기반 추출 공정과 초임계 CO_2 기반 추출 공정의 전산 모사 및 경제성 평가를 진행하였다. 추출 공정의 전산 모사는 상용 모사 프로그램을 기반으로 진행하였다. 추출기 유닛은 수학적 모델에 기반하여 MATLAB® 환경에서 구축하였으며, 실험 데이터와 비교 검증하였다. 경제성 평가 프레임워크는 문헌자료에 기반한 Cost of Manufacturing 산출 방법론을 적용하여 구축하였으며, 이를 통해 추출 기술의 기술경제성 우위 분석을 진행하였다. 또한, 공정 구조 및 주요 운전 조건에 따른 사례 분석을 통해 추출물의 회수율 및 경제성에 대한 영향을 체계적으로 분석하였다.본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. RS-2024-00441791)

P공정금-16

Sustainable Design of Microbial Fermentation-based Biorefinery via Co-production of Chemicals and Fuels

김다미, 김유빈, 김영욱, 조인진[1], 이상엽[1], 노고산*
충남대; [1]한국과학기술원
(ksroh@cnu.ac.kr*)

Microbial fermentation-based biorefinery has been actively studied as a promising alternative to fossil-fuel-based production of chemicals and fuels. However, several challenges hinder its successful commercialization, such as the complex configuration of processing steps leading to high capital costs, the significant costs and life cycle environmental impacts associated with feedstock acquisition (e.g., glucose), and the generation of large amounts of byproducts and residues. To address these challenges, we adopt a co-production strategy that utilizes byproducts from biofuel production for biochemical production. This internal integration enhances both the economic and environmental feasibility of the biorefinery by reducing the overall feedstock demand compared to independent production pathways. Our preliminary analysis highlights that optimal process synthesis is essential for the sustainable development of microbial fermentation-based biorefineries.

P공정금-17

Gasification of Waste Plastic-based Pyrolysis Oil to Valuable Chemicals: Process Design, Techno-Economic Analysis, and Life Cycle Assessments

최나은, 전홍준, 이수현, 라호원[1], 노고산*
충남대; [1]한국에너지기술연구원
(ksroh@cnu.ac.kr*)

For a circular economy of plastics, chemical recycling methods such as pyrolysis, which convert plastic waste into renewable fuels and chemical feedstocks, have gained significant attention. However, the presence of wax in pyrolysis oil reduces its applicability, requiring the separation of wax-containing fractions, which lowers yields. To address this issue, we focus on a technology that upgrades low-grade, wax-rich pyrolysis oil into valuable chemicals through gasification. The pyrolysis oil undergoes partial oxidation with oxygen and steam in a gasifier, producing syngas for methanol and hydrogen production. We conceptually design the methanol and hydrogen plants using Aspen Plus and evaluate their economic and environmental feasibility via a techno-economic analysis (TEA) and life cycle assessment (LCA). Three process scenarios are considered: (1) methanol production integrating a water electrolysis system, (2) methanol production utilizing externally sourced hydrogen and oxygen, and (3) hydrogen production process. Furthermore, a sensitivity analysis is conducted to examine the impact of key parameters on TEA and LCA.

P공정금-18

Integration of carbon black from turquoise hydrogen with direct carbon fuel cells for sustainable hydrogen production maximization using SOEC

김도희, 박진우*
동국대
(jinwoop@dgu.ac.kr*)

청록 수소는 천연가스 열분해를 통해 생산되며 이산화탄소 대신 고체 탄소를 생산한다. 주로 카본 블랙 형태로 생산되는 고체 탄소는 공정의 경제성을 높이는 주요한 요소이다. 하지만 청록 수소가 향후 상용화되면 카본 블랙의 공급량이 수요를 초과하면서 경제적 가치가 하락할 것으로 예상된다. 따라서 카본 블랙을 공정 내에서 효율적으로 활용하는 연구가 필요하다. 본 연구에서는 청록 수소의 부산물인 카본 블랙을 직접 탄소 연료 전지에 활용하고, 생산된 전기는 SOEC에 공급하여 수소 생산을 극대화하는 시스템을 제안한다. 제안된 시스템의 성능을 다양한 측면에서 분석한 결과, 수소 생산량이 기존 대비 78% 증가했고, 에너지 효율은 64.54%로 계산되었다. 경제성 측면에서는 그레이 및 블루 수소와 경쟁력을 갖추려면 직접 탄소 연료 전지의 가격이 각각 $1,200/kW, $1,800/kW 이하로 감소해야 한다. 환경성 평가에서는 그린 수소의 이산화탄소 배출 기준치의 48.6% 수준에 불과했다. 불확실성 분석에서는 수소 단가가 그레이 및 블루 수소 범위에 포함될 확률은 각각 57.4%, 77.0%로 추정되었다. 본 연구에서 제안된 새로운 청록 수소 통합 시스템은 카본 블랙의 효율적인 활용 전략을 제시하고, 친환경 수소 생산을 통해 탄소 중립을 실현할 수 있는 지속 가능한 기술로 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

P공정금-19

Rotaing Packed Bed(RPB)를 이용한 폴리아민 기반 CO_2 포집 공정 연구

장재수, 민관홍, 백일현, 남성찬, 이기봉[1], 이성훈*
한국에너지기술연구원; [1]고려대
(sunghoonlee@kier.re.kr*)

온실가스 배출로 인한 기후 위기는 점점 악화되고 있으며, 특히 대기 중 이산화탄소(CO_2) 농도는 해마다 증가하고 있다. 이에 따라 CO_2 를 효과적으로 포집하고 저장하는 탄소 포집 및 저장(CCS) 기술에 대한 관심이 지속적으로 확대되고 있다. 다양한 CO_2 포집 기술 중 본 연구에서는 Rotating Packed Bed(RPB) 장치에 2 ~ 5개의 아민 작용기를 갖는 폴리아민 흡수제를 적용한 공정에 대한 연구를 수행하였다. 2Nm^3/h 규모의 배가스를 처리할 수 있는RPB 흡수탑 장치를 활용하여, 정유 산업의 FCC 배가스 내 CO_2를 포집하였다. 폴리아민의 농도, RPB의 회전 속도 및 흡수제 유량에 따른 CO_2 포집율을 분석하였다. 본 연구는 산업통상자원부(No. 20224C10300050)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

P공정금-20

Screening of ternary amine solvents at varying concentrations for CO_2 capture in a Rotating Packed Bed (RPB)

민관홍, 장재수, 남성찬, 백일현, 이성훈*
한국에너지기술연구원
(sunghoonlee@kier.re.kr*)

The conventional Packed Bed (PB) system utilizing monoethanolamine (MEA) has been widely employed for CO_2 capture. However, its relatively low mass transfer rates remain a significant limitation. The Rotating Packed Bed (RPB) has emerged as a promising alternative due to its enhanced mass transfer rates. Developing an optimal absorbent is crucial to maximizing CO_2 capture performance in RPB. In this study, ternary amine absorbents were investigated through vapor-liquid equilibrium (VLE), wetted wall column (WWC), and differential reaction calorimeter (DRC) at varying concentration ratios. CO_2 loading, overall mass transfer coefficient, and heat of absorption were measured and compared to MEA. An optimal solvent is proposed for future application in RPB to enhance CO_2 capture efficiency based on the screening results.This work was supported by Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government (MOTIE) (RS-2022-KP002700 (20224C10300050)).

P공정금-21

Data-driven rWGS-selective 합성 가스 생산 공정 설계 및 시스템 분석

정경화, Michael Binns[1], 김진국*
한양대; [1]동국대
(jinkukkim@hanyang.ac.kr*)

지구 온난화로 인한 기온 상승은 억제되지 않고 있으며, 적극적인 탈탄소화가 요구되고 있다. Carbon Capture and Utilization (CCU) 기술 중 하나인 Reverse Water-Gas Shift (rWGS) 기술은 청정 수소와 포집 이산화탄소를 직접 활용하는 고부가가치 화합물 합성법으로 주목받고 있지만, 부반응 억제를 위해 고온 조건이 강제된다. 본 연구에서는 중·저온에서 높은 선택도로 반응하는 rWGS 촉매 실험 데이터를 활용해 rWGS 선택적 반응기 및 확장된 합성 가스 공정을 설계하고, 운영 조건 변화에 따른 최적 공정 구성을 검토하였다. 생산된 합성 가스의 조성 별 사례 연구 및 공정 열·에너지 사용량을 분석하여 운영 조건 별 최적 구성 및 기존 합성 가스 생산 기술과의 경쟁력 비교를 통해 기술 타당성을 평가하였다. MATLAB®을 활용한 데이터 분석 및 상용 시뮬레이터 기반 공정 모사를 시행하였고, 최적 공정 설계 결과를 바탕으로 촉매에 대한 성능 개선 가이드라인을 제시했다. 이 성과는 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2019R1A2C2002263).

P공정금-22

Sustainable Design of Bio-acetic Acid Process via Gas Fermentation: Comparision of Ethyl Acetate and Trioctylamine as Extractive Solvents

김지수, 박정호[1], 서원빈[1], 윤태준[1], 문명훈[2], 노고산*
충남대; [1]서울대; [2]한국에너지기술연구원
(ksroh@cnu.ac.kr*)

Acetic acid (HAc) is widely used in the food and chemical industries, with approximately 75% of global production relying on fossil-based methanol carbonylation, which emits up to 45 million tonnes of greenhouse gas annually. Gas fermentation offers a sustainable alternative by utilizing acetogenic bacteria via the Wood-Ljungdahl pathway to convert syngas (e.g., industrial off-gas) into HAc. However, its economic feasibility is limited by low gas solubility, dilute product concentrations, and the presence of byproducts. These factors make conventional distillation ineffective for product separation due to the low relative volatility of HAc and the presence of butyric acid as a byproduct. We conceptually design an energy- and cost-efficient hybrid extraction distillation (HED) process for bio-acetic acid recovery. Two extractive solvents, including ethyl acetate and trioctylamine, are compared. Our techno-economic and life cycle assessments identify key bottlenecks and propose strategies to enhance the sustainability of gas fermentation-based bio-acetic acid production.

P공정금-23

AIM: A collection of user-friendly adsorption isotherm GUI tools for fixed-bed breakthrough simulation

하산 무하마드, 윤성현, 정용철*
부산대
(drygchung@gmail.com*)

Adsorption isotherm-based breakthrough simulation is a widely used method to evaluate the performance of fixed bed adsorbers. In this work, we present AIM, a MATLAB based user-friendly GUI application suite for fixed-bed adsorption process modelling. AIM provides an integrated workflow for adsorption isotherm fitting at single and multiple temperatures, heat of adsorption estimation, mixture isotherm prediction, and multicomponent adsorption breakthrough simulations. AIM supports various widely used isotherm models like Dual-site Langmuir, Dual-site Langmuir-Freundlich, Quadratic, Temkin, Sips, Toth, Dubinin-Astakhov, Structural-Transition-Adsorption, Do and Do, and Virial model. AIM provides Ideal Adsorbed Solution Theory (IAST) and Extended-Langmuir model for mixture adsorption isotherm prediction. AIM allows the user to run isothermal/non-isothermal breakthrough simulation with user-defined inputs. The breakthrough curves, gas composition, pressure, and temperature profiles are generated automatically and can be saved in various formats.

P공정금-24

유기 용매 나노 여과 분리막을 이용한 분리 공정의 공정 모델링 및 기술경제성 평가

김강엽, 김진국*
한양대
(jinkukkim@hanyang.ac.kr*)

정밀 화학 산업은 2021년 2,000억 달러에서 2028년 약 3,800억 달러 규모로 빠르게 확대될 것으로 예상된다. 이 산업은 정제 및 분리 공정에서 많은 에너지를 소비하며 대표적인 에너지 집약적 공정이다. 막분리법은 에너지 효율이 높고 유연한 설계가 가능하다는 점에서 기존 정제 및 분리 공정의 유망한 대안으로 주목받고 있다. 본 연구에서는 유기용매 나노여과 분리막 단위 모듈 시스템을 모델링 및 실험 데이터 기반으로 검증하고 이를 활용하여 분리막 기반 공정을 설계하였다. 분리막 단위 모듈 모델링은 막의 확산계수, 점도 등의 물리화학적 특성 및 용질과의 상호작용을 을 반영한 solution-diffusion 또는 solution-diffusion with imperfection 모델 식을 기반으로 하며, 대상 물질의 물성 및 농도, 공정 운영 조건에 따라 분리 효율이 달라지는 점을 고려하였다. 이를 기반으로 전체 분리 공정 시뮬레이션을 수행하였다. 분리막 모델링은 MATLAB®을 활용하고, 공정 모사는 상용 전산 모사 프로그램을 이용하여 수행하였다. 공정 변수에 따른 공정의 분리 효율과 경제성을 분석하여 각 인자가 공정에 미치는 영향을 체계적으로 평가하였다. 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. RS-2024-00441791)

P공정금-25

하이브리드 AI 모델링 폐플라스틱 기반 수소 생산 공정 최적화

손준혁, 안유찬*
계명대
(yuchan.ahn@kmu.ac.kr*)

The conversion of plastic waste into hydrogen presents a promising solution for both waste management and clean energy production. This study investigates a hybrid AI modeling approach to improve the efficiency and accuracy of process optimization in plastic waste recycling. A computational framework is developed by integrating Aspen Plus simulations with AI-driven predictive models to analyze key process parameters, including temperature, pressure, and catalyst effects. By combining data-driven machine learning techniques with fundamental process modeling, this hybrid approach aims to enhance predictive reliability and optimize operational conditions for hydrogen production. Through AI-enhanced modeling, this research seeks to support sustainable hydrogen production and improved plastic waste utilization. Future studies will focus on refining the model and validating its applicability in large-scale industrial settings.

P공정금-26

이산화탄소 감축 목표를 고려한 ATR-SOEC 통합 공정 개발

김수진, 김기찬, 권휘웅*
순천향대
(khu3603@sch.ac.kr*)

지속되는 기후 변화에 대응하기 위해 나라별로 온실가스 감축 계획을 발표하였으며, 우리나라도 2050 탄소중립을 선언하였다. 이에 탄소중립을 앞당기기 위한 방법에 일환으로 수소가 친환경 에너지원으로 주목받고 있으나, 기존 수소 생산 공정으로부터의 수소 생산은 이산화탄소 배출이 상대적으로 높아 저탄소 전환이 필수적이다. 본 연구에서는 이산화탄소 감축 목표를 고려한 ATR-SOEC 통합 공정을 개발하여 환경친화적이고 지속 가능한 에너지 공급을 실현하고자 한다. 미래 수소 수요 및 이산화탄소 감축 목표를 충족하기 위해, 대용량 수소 생산이 가능한 ATR 공정과 이산화탄소 감축에 적합한 SOEC 공정을 상호 열통합 과정을 통하여 개발하고, 에너지 효율, 경제성 및 환경성을 분석하였으며 더 나아가 민감도 분석을 수행하였다. 본 연구는 향후 국내의 지속 가능한 수소 경제 구축 및 활성화에 대한 기초 자료로 활용될 것으로 사료된다.

P공정금-27

Computational Amine Screening for Low Temperature CO_2-to-Methanol Process : Active Learning and Experimental Validation

최재형, 박담대[1], 이기봉, 이웅[1]*
고려대; [1]한국과학기술연구원
(ulee@kist.re.kr*)

This study presents an optimal framework for identifying key molecular descriptors in low-temperature CO_2 -to-methanol conversion, integrating active learning with experimental validation. Using a Bayesian Graph Isomorphism Networks (BGIN) model, molecular properties such as pKa and bond dissociation energy (BDE) are predicted, and descriptors are selected based on their correlation with methanol yield. These descriptors, optimized through basis function fitting, guide experimental design via Bayesian optimization. The iterative cycle of property prediction, descriptor selection, and experimental refinement accelerates the discovery of efficient CO_2 -to-methanol processes. Through this approach, we have identified an optimal amine for the reaction, and its applicability to more advanced process designs will be explored. The methodology is validated through targeted experiments incorporating the Design of Experiments (DoE) framework, enhancing experimental efficiency and maximizing methanol yield. This work demonstrates the power of machine learning-driven molecular screening in accelerating sustainable CO_2 utilization technologies.

P공정금-28

Comparative Life Cycle Assessment of Gasification-based Valorization of Unsorted Waste Plastics for Chemical Production

박재현, 최나은, 노고산*
충남대
(ksroh@cnu.ac.kr*)

Since the advancement of the petrochemical industry, global waste plastic generation has surged. However, challenges in collecting and sorting result in most plastics being either landfilled or incinerated, leading to resource waste and harmful emissions. To address these issues, we propose the valorization of waste plastic gasification for chemical production. We assume a mixed, unsorted plastic feedstock (PS, PE, and PVC) is gasified to produce synthesis gas with an H_2/CO ratio of 1.0. Additionally, we conceptually design processing pathways for the production of carbon monoxide, acetic acid, and n-butyraldehyde. Life cycle assessments (LCAs) are conducted to evaluate the climate change and resource depletion associated with the three pathways in comparison with fossil fuel-based production. Various scenarios are analyzed to identify the most sustainable route.

P공정금-29

Scope 1, 2, 3를 통한 직접 공기 포집 기술의 종합적인 환경성 평가와 경제적 영향: 탄소세로 인한 경제적 통찰력

김석주, 고상혁, 이보름*
전남대
(Boreum.lee@jnu.ac.kr*)

전 세계 온실가스 배출량은 지속적으로 증가하고 있으며 이에 대응하기 위한 기술적 해결책의 필요성이 대두되고 있다. 수많은 온실가스 저감 기술 중 직접 공기 포집(Direct Air Capture)은 대기 중에서 직접적으로 CO_2를 제거하는 기술이다. 하지만 높은 에너지 소비와 경제적 부담이 상용화를 위한 과제로 남아 있다. 이러한 DAC 기술의 온실가스 배출량 및 비용 등으로 인한 경제성 평가는 지속적으로 이루어져 왔지만, DAC 기술을 Scope 1, 2, 3로 분류하여 평가하고 탄소세 적용을 통한 경제성 분석은 원활하게 이루어지지 않았다.

본 연구는 Aspen Plus를 활용한 공정 시뮬레이션을 통해 DAC-Allam Cycle 통합 시스템을 설계하여 효율성을 향상시키고, Scope 1, 2, 3 배출량을 정량화하였다. 또한, 탄소세를 고려한 경제성 분석으로 DAC 기술의 상업적 실현 가능성을 평가하였다. 본 연구는 Scope 배출량 및 탄소세 기반 경제성 평가의 절충 분석을 통하여 DAC 기술의 지속 가능성을 높이기 위한 정책적, 기술적 방향성을 제시하며, 향후 DAC 시스템 최적화 및 배출량 감소 전략 수립에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

P공정금-30

주요 원자재의 운송을 포함한 생산 공급망에 걸친 네 가지 유형의 수전해 기술에 대한 환경 영향 평가

고상혁, 김석주, 이보름*
전남대
(boreum.lee@JNU.ac.kr*)

전 세계적으로 기후변화 대응을 위해 청정 에너지원에 대한 수요가 증가하고 있으며, 그린 수소가 주목받고 있다. 현재 유럽연합은 탄소국경조정제도와 기업 지속가능성 보고 지침을 통해 생산 공급망의 온실가스 배출량 추적을 요구하고 있다. 본 연구에서는 4가지 수전해 방법(알칼라인, PEM, SOEC, AEM)으로 그린 수소를 생산할 때의 온실가스 배출량을 Scope 1, 2, 3를 통합적으로 분석했다. Scope 3 계산을 위해 전해조 제작, 원자재 채굴 및 정제, 주요 국가까지의 운송 등을 고려했으며, 분석 결과 그린 수소의 온실가스 배출량 중 Scope 3가 59.7%~82.4%를 차지하는 것으로 나타났다. 이는 현재 청정 수소 인증 제도가 주로 Scope 1과 2만을 고려하고 있어, 향후 Scope 3까지 포함될 경우 청정 수소 기준을 충족하지 못할 가능성을 시사하고 있다. 본 연구를 통해 그린 수소 생산 공급망 전반의 온실가스 배출량 감축 방안을 검토함으로써 2050 탄소중립 달성과 청정수소 정책 수립에 기여할 것으로 기대된다.

P공정금-31

미래 수송용 수소 수요에 기반 한 하이브리드 on-site 수소 및 전기 충전시스템의 3E 분석 : 에너지, 경제성 및 환경성

김기찬, 김수진, 권휘웅*
순천향대
(khu3603@sch.ac.kr*)

유엔 기후 변화협약 당사국 총회(UNFCCC) 기후합의 이후 전 세계적으로 온실가스 감축 목표를 설정하고 저감하는 노력을 지속적으로 하고 있다. 이에 따라 정부는 2050 탄소중립을 선언하고 수송 분야에서의 무공해차 보급 계획을 발표했다. 이에 기반하여, 향후 수소 및 전기차의 수요가 증가할 것으로 예측되며 하이브리드 수소 및 전기 충전시스템의 개발이 요구된다. 본 연구의 목적은 미래 수송용 수소 수요를 만족하고 경제성 및 환경성을 확보할 수 있는 하이브리드 수소 및 전기 충전시스템을 개발하는 것이다. 본 연구는 신재생에너지를 기반으로 ESS을 이용하여 전기차를 충전하고 잉여 신재생에너지를 수전해에 활용하여 그린수소를 생산하는 동시에, 천연가스 기반의 수소생산공정과 통합한 하이브리드 충전시스템 모델 개발하였다. 또한 Genetic algorithm(GA)을 적용하여 수소생산시설의 최적 운전조건을 도출하였으며, 각 시스템별 에너지, 경제성 및 환경성을 분석하여 하이브리드 충전시스템에 대한 타당성을 확보하였다. 본 연구는 향후 하이브리드 on-site 수소 및 전기 충전시스템 구축 시 에너지효율, 경제성 및 환경적 관점에서 이해관계자들에게 참고자료로 활용될 것으로 사료된다.

P공정금-32

Techno-Economic and Future Cost Assessment for Aviation Fuel Production via Power-to-Liquid

김정헌, 김성은, 박시환, 이인규*
부산대
(inkyu.lee@pusan.ac.kr*)

항공분야의 탄소중립은 배터리 무게, 용량의 요인으로 인해 전기화를 통한 탄소중립의 달성이 어렵다. 따라서, 항공분야에서는 Sustainable Aviation Fuel (SAF)를 통해, 탄소중립을 달성하자 한다. 본 연구에서는 SAF의 높은 단가를 해결하기위해 3가지 Case를 설계하였다. Case1에서는 피셔-트롭쉬 (FT) 반응을 통해 탄화수소를 생산하며, 필요한 방향족 성분은 외부에서 구매한다. Case2는 FT 반응의 잔여 합성가스를 통해 방향족을 자체생산한다. Case 3는 CO2 전기분해로 합성가스를 생산 및 방향족 자체생산한다. 에너지 측면에서 방향족 자체생산과 CO2 전기분해는 수소 및 전력 사용량 증가로 인해 에너지 사용량이 증가하였다. 하지만, CO2 전기분해는 수소 소모량을 감소시켜, 단가를 낮추는 효과를 보였다. 민감도 분석을 통해 전력, 수소, CO2 전기분해 비용이 SAF 단가에 미치는 영향을 파악하였다.

P공정금-33

Optimal Design and Economic Analysis of the Ammonia Decomposition Process Considering Various Catalyst Types

조서연, 박세빈 , 이인규*
부산대
(inkyu.lee@pusan.ac.kr*)

암모니아는 높은 수소 함량과 에너지 밀도, 확립된 인프라 구조, 그리고 탄소배출이 없는 특성으로 인해 유망한 수소 캐리어로 인식된다. 수소 캐리어로서의 암모니아는 사용 과정에서 수소로 다시 분해되어야 하며, 이 반응은 흡열 반응이므로 높은 온도와 상당한 열에너지를 요구한다. 분해 반응의 촉매로는 특히 Ni 기반 촉매와 Ru 기반 촉매에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. Ni 촉매는 높은 전환율을 달성하기 위해 높은 온도(600 ℃)가 필요한 반면, Ru 기반 촉매는 비교적 낮은 온도(400-600 ℃)에서도 작동가능하다. 그러나 Ru 기반 촉매는 Ni 기반 촉매에 비해 가격이 높다는 특징을 갖는다. 반응 온도와 촉매 가격은 공정의 구조 및 운전조건뿐만 아니라, 경제성에도 중요한 영향을 미치는 요인이다. 이에 본 연구에서는 Ni 기반 촉매와 Ru 기반 촉매를 적용한 암모니아 분해 공정을 설계하고 기술-경제성 최적화를 수행하여, 공정의 경제성을 최대화할 수 있는 최적 구조와 운전조건을 탐색하였다. 또한, 촉매 종류가 공정의 경제성에 미치는 영향을 면밀히 분석하였다.

P공정금-34

폐플라스틱의 CO_2 기반 열분해를 통한 수소 생산: 공정 분석 및 경제성 평가

정효진, 안유찬*
계명대
(yuchan.ahn@kmu.ac.kr*)

Plastics are essential in various industries, but their disposal causes significant environmental issues. Conventional recycling methods face economic and material degradation challenges, leading to the accumulation of low-quality recycled plastics. As a result, converting plastic waste into valuable energy sources, particularly hydrogen production, has gained attention. Pyrolysis, a thermal decomposition process, breaks down plastic waste into syngas and other useful byproducts, which can be further processed through reforming and water-gas shift (WGS) reactions to obtain high-purity hydrogen. However, conventional pyrolysis generates excessive carbonaceous byproducts, reducing hydrogen production efficiency. This study simulates and evaluates a hydrogen production process using Aspen Plus, where syngas from plastic pyrolysis undergoes reforming and WGS reactions. A novel approach is introduced by recycling CO_2 produced during hydrogen production back into the pyrolysis reactor to optimize reaction conditions. CO_2 -based pyrolysis reduces carbon emissions and improves hydrogen production efficiency. The effects of adjusting the CO_2 recycling ratio (0.1-0.9) on pyrolysis are analyzed, along with its impact on system heat demand and economic feasibility to determine optimal operating conditions.

P공정금-35

Design and thermodynamic analysis of advanced precooling cycles in hydrogen liquefaction process

박시환, 김정헌, 정민서[1], 김학성[1], 최문석[1], 이인규*
부산대; [1]GS건설
(inkyu.lee@pusan.ac.kr*)

청정 수소의 효율적인 운송 및 저장 기술로 수소 액화가 주목받고 있다. 액화 수소는 압축 수소보다 에너지 밀도가 높지만, 극저온에서의 액화 과정에서 상당한 에너지가 소모된다. 이를 개선하기 위해 혼합냉매(Mixed Refrigerant, MR)를 활용한 예냉 시스템이 적용되며, 이는 액화 공정의 에너지 소비 절감에 기여할 수 있다. 특히, 대규모 액화 공정에서는 예냉과 본냉 사이클이 상호작용하므로, 예냉 사이클의 최적화는 본냉 사이클의 효율 향상으로 이어질 수 있다. 본 연구에서는 에너지 소비 절감을 목표로 FMR(Flashing Mixed Refrigerant) 예냉 사이클의 개선된 설계를 도출하고, 이를 통해 액화 공정의 효율성을 향상시키는 방안을 제시한다. 또한, 개선된 설계의 냉각 용량과 에너지 소비를 분석하여, 제안된 예냉 사이클의 열역학적 성능을 평가하고자 한다.

P공정금-36

Sustainable Operating Strategies for Decarbonized Utility: Process Integration and Optimization with Renewable Energy and Carbon Capture Technologies

박하린, Bogdan Dorneanu[1], Harvey Arellano-Garcia[1], 김진국*
한양대; [1]Brandenburg University of Technology
(jinkukkim@hanyang.ac.kr*)

Decarbonization represents a critical challenge in the transition of industrial energy operations. As fossil fuel-based systems face increasing pressure to reduce their carbon footprint, the integration of renewable energy offers a viable pathway to renovate conventional processes and overcome environmental limitations. This study presents a comprehensive process design for industrial utility systems integrated with renewable energy sources. In addition, the CO_2 capture process for compensating fossil fuel consumption is emphasized as another solution to achieve the complete decarbonization of utility processes. Through optimization of the integrated processes, the proposed study demonstrates how strategic operation can economically meet total site energy demands while supplementing the intermittent nature of renewable energy sources. Addressing heat and electricity generation requirements, a cost-based analysis framework by balancing conventional and renewable input provides practical guidance for implementing the energetic transition with reliable energy management.

P공정금-37

Microkinetic modeling of methanol synthesis from CO-rich gases

조은별, 이웅*
한국과학기술연구원
(ulee@kist.re.kr*)

A growing concern about global warming has led to the development of carbon capture and utilization (CCU) processes to mitigate atmospheric CO_2 levels. Among the CCU processes under development, CO_2 hydrogenation to methanol has gained significant attention. However, this technique consumes a large amount of hydrogen, making it economically less viable. Consequently, CO-based methanol synthesis processes utilizing CO-rich gases, such as synthesis gas and blast furnace gas, have emerged as alternative solutions. When CO is introduced as a carbon source, it influences the methanol synthesis reaction, and there is ongoing debate regarding the optimal CO composition in the feed. A modeling approach can be employed to investigate this issue; however, previous kinetic studies on methanol synthesis have assumed a specific elementary reaction as the rate-determining step (RDS). The results of these studies have shown little distinction among RDS candidates. Therefore, this study proposes a microkinetic model that does not rely on an RDS assumption. Using this model, the optimal composition of carbon sources for methanol synthesis from CO-rich gas is investigated.

P공정금-38

흡착 강화 증기 개질 반응기의 민감도 분석 및 운전·설계 조건 최적화

김지섭, 배민철, 손상환*
부산대
(shson@pusan.ac.kr*)

화석 연료 대체 에너지원으로 수소가 주목받으며, 수소 연료의 수요 증가가 예상된다. 현재 가장 널리 사용되는 증기 메탄 개질(SMR) 공정은 H_2 1톤당 8~12톤의 CO_2 를 배출하며, 높은 에너지 소모와 낮은 수소 수율과 순도라는 한계를 갖는다. 이를 해결하기 위해 개발된 흡착 강화 증기 메탄 개질(SE-SMR) 공정은 개질 반응, 수성가스전이반응(WGS), CO_2 흡착 반응이 단일 반응기에서 동시에 진행되도록 설계되었다. CO_2 흡착으로 반응 평형이 정반응 방향으로 이동하여 수소 생산이 증가하며, 열중립 형성이 가능해 에너지 절감 효과도 기대된다. 본 연구에서는 SE-SMR 단일 반응기의 수소 수율과 순도 극대화를 목표로 설계 및 운전조건 최적화를 수행하였다. 반응기 내 성분 농도 및 온도 변화를 정확히 모사하기 위해 편미분방정식(PDE) 기반의 수학적 모델을 정립하고, Pilot 규모 실험 데이터를 이용해 parameter를 조정(fitting)하여 모델을 보정하였다. 이후 반응 온도, 압력, 공급 가스(feed) 조성, 흡착제/촉매 비율을 결정 변수로 설정하고, 민감도 분석을 통해 반응기 성능에 대한 변수 영향을 평가하였다. 최적화 과정에서는 입자 군집 최적화(PSO) 방식을 활용하여 SE-SMR 반응기의 수소 수율과 순도를 극대화하는 최적 설계 및 운전 조건을 도출하였다.

P공정금-39

수소 생산을 위한 바이오가스 증기 개질 통합 공정의 모델링 및 다중 목적 최적화

임영하, 정하린, 손상환*
부산대
(shson@pusan.ac.kr*)

최근 수소 생산 공정의 지속 가능성 향상을 위해 화석연료 기반 개질 대신 바이오가스를 활용한 개질 기술이 주목받고 있다. 기존 연구는 주로 개질기의 모델링에 집중되었으나, 산업적 규모에서의 연구는 부족한 실정이며, 개질 공정의 성능과 효율은 개질기뿐만 아니라 후단의 WGS 반응기와의 상호 작용에 의해 결정된다. 이에 본 연구에서는 산업용으로 검증된 개질기 모델을 채택하고, 실험 데이터를 기반으로 보정한 반응 속도식을 사용하여 스케일업한 WGS 모델을 연계하여 바이오가스 증기 개질 통합 공정 모델을 구축하였다. 이후, Parametric study를 통해 수소 생산 속도와 비에너지 소모량 간의 trade-off 관계를 확인하였고, 수소 생산 속도 최대화와 동시에 비에너지 소모량 최소화를 달성하는 다중 목적 최적화를 수행하였다. NSGA-II 기법을 활용하여 최적해 집합을 도출하였으며, 이는 수소 생산 목표가 주어진 상황에서 최소 비에너지 소모량을 갖는 최적 운전 조건을 제시한다. 또한, 공정 운영자의 실질적인 의사 결정을 돕기 위해 LINMAP 및 TOPSIS 기법을 적용한 결과, 비에너지 소모량은 3.4% 증가했으나 수소 생산 속도는 38.2% 향상되는 단일 최적해를 선정하였다.

P공정금-40

오일-가스산업에서 재생 및 폐에너지와 직접탄소흡착 공정 통합 : DAC Goes Green

Mohammad Moosazadeh, Mahmoud Kiannejad Amiri, 김상윤,
전나영, 유창규*
경희대
(ckyoo@khu.ac.kr*)

Direct Air Capture (DAC) is constrained by high energy demands, capital costs, and the need for cost-effective CO_2 sequestration. Gas flaring in the oil and gas sector remains a significant source of emissions and energy waste. This study investigates the techno-economic feasibility of integrating renewable energy and flare gas to power DAC in the oil and gas industry. The captured CO2 is then utilized for enhanced oil recovery (EOR), creating a closed-loop liquid direct air capture and utilization. This approach addresses high energy demands and sequestration costs associated with DAC deployment. By situating DAC facilities near oil and gas reservoirs and utilizing locally available renewable energy and flare gas, operational, transportation, and energy costs are minimized. A techno-economic assessment evaluates the levelized cost of DAC and the cumulative cost of CO2 sequestration through EOR, considering different recovery factors and oil price scenarios. Acknowledgments: This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (MSIT) (No. 2021R1A2C2007838).

P공정금-41

Technoeconomic Comparison of AgCl Nanocubes and Ag Nanoparticles for Cost-Effective Electrochemical CO_2 Reduction

김현영, 이웅*
한국과학기술연구원
(ulee@kist.re.kr*)

This study conducts a technoeconomic evaluation of AgCl nanocubes (AgCl NC) and conventionalsilver nanoparticles (Ag NP) as catalysts for electrochemical CO_2 reduction (eCO_2 RR) in membraneelectrode assembly (MEA) cells. AgCl NC are synthesized via a rapid 5-minute sonication process,significantly reducing production time and costs compared to the 40-hour Ag NP synthesis. They alsodemonstrate superior CO Faradaic efficiency (72.6% at 407 mA/cm² vs. 44.9% at 218 mA/cm² for AgNP), leading to a nearly 50% reduction in the levelized cost of CO, from $1.29/kg to $0.65/kg. Thiscost-effectiveness, coupled with enhanced catalytic performance, is attributed to chloride ionsstabilized by a surfactant, which sustain catalytic activity over extended operation. These findingshighlight AgCl NC as an efficient and economically viable catalyst for large-scale eCO_2 RRapplications.

P공정금-42

전기자동차 충전수요를 고려한 대도시 microgrid-PV 설치 최적위치선정

ALI USAMA, Shahzeb Tariq, 김상윤, 우태용, 정찬혁, 유창규*
경희대
(ckyoo@khu.ac.kr*)

Electric vehicles (EVs) are crucial for sustainable transportation by reducing carbon emissions and promoting greener mobility. However, the widespread of EVs dependent on charging stations, which are powered by conventional fossil-based grid networks or land-intensive renewable energy systems (RES). In metropolitan cities, establishing dedicated RES for EV charging stations is nearly impossible due to land availability and geographical constraints. This study proposes solar- powered Floating Photovoltaic (FPV) microgrids to create self-sufficient green energy hubs through a multi-criteria decision-making (MCDM) approach to identify optimal deployment sites based on population density, traffic flow, weather, and proximity to stations. The results indicate micro-grid FPV systems can fulfill 60% of the existing EV charging demand, offering a cost-effective, land-efficient, and eco-friendly alternative to ground-mounted optimal PV systems.Acknowledgments; This research was supported by a grant from the National Research Foundation of Korea (NRF), funded by the Korean government (MSIT) (No.2021R1A2C2007838).

P공정금-43

Techno-economic Analysis of Low-Carbon Ammonia Synthesis Process using Oxy-fuel Combustion

이예진, 김성은, 이인규*
부산대
(inkyu.lee@pusan.ac.kr*)

본 연구는 암모니아 합성 공정에서 부산물로 생산되는 순산소를 연료 연소에 활용하여, 탄소 포집 과정을 간소화하고 블루 암모니아 합성 공정의 경제성을 개선하였다. 기존 블루 암모니아 공정은 연료의 공기 연소로 인해 연도가스에서 탄소를 포집하기 위해 열에너지 소모량과 운전 비용이 높은 아민 흡수법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 공기 분리 장치에서 생산되는 산소를 연소에 사용하여, 연도가스 조성을 물과 이산화탄소로 단순화함으로써 탄소 포집 과정을 물 응축으로 간소화하였다. 제안 공정에서 탄소 포집 과정의 단순화와 순산소 공급을 위한 공기 분리 장치의 규모 증가 사이에 트레이드 오프 관계가 발생하였다. 이를 열역학적, 경제적 측면에서 분석한 결과, 공기 분리 장치 규모 증가로 인하여 전기에너지 사용량과 자본비용이 증가하였다. 그러나 공정 수익 증가로 인해 최종적으로는 제안 공정에서 9.17%p 더 높은 투자수익률이 나타났다.

P공정금-44

항공 연료용 합성 가스 생산을 위한 이산화탄소 저온전기분해 공정 모델링 및 최적화

도윤정, 정경호, 홍혜림, 황성원*
인하대
(sungwon.hwang@inha.ac.kr*)

탄소 중립을 실현하기 위해 저온 CO2 전기분해를 통해 합성 가스 생산하고 이를 Fischer-Tropsch(FT) 공정을 통해 항공 연료로 전환하는 기술이 주목받고 있음. 본 연구에서는 CO2 저온전기분해 단일 공정의 최적화를 목표로 하며 향후 FT 공정과의 통합을 위한 기초 연구를 수행함. CO2 전기분해의 복잡한 메커니즘으로 인해 정확한 모델링이 필수적임. 이를 위해 본 연구에서는 MATLAB을 활용하여 CO2 전기분해의 반응 속도론 및 물질 전달 모델을 기반으로 수학적 모델을 구축하고, 전하 이동, 전기화학 반응 속도, 물질 전달 현상을 종합적으로 고려하여 최적의 운전 조건을 도출함. 또한, ASPEN PLUS와 연동하여 다양한 운전 조건에서의 공정 성능 및 에너지 효율을 평가함. 경제적 타당성을 평가하기 위해 CAPEX 절감 방안에 대한 사례 연구를 진행하며, 운전 조건 최적화와 함께 Balance of Plant (BoP) 구성 최적화를 수행함. BoP가 전체 CAPEX의 약 50%를 차지한다는 점을 고려할 때, 최적화를 통해 CAPEX의 10-20% 절감이 가능할 것으로 예상되며, 이를 통해 CO2 전기분해와 FT 공정의 통합 가능성이 더욱 높아질 것으로 기대함. 이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (No.2022R1A6A1A03051705, 3D나노융합소자연구센터)

P공정금-45

Enhanced Hydrogen Production from PLA Waste via CO_2 -Assisted Pyrolysis and Natural Gas Reforming

이세영, 백재호, 조형태[1], 이재원[2*]
한국생산기술연구원; [1]경희대; [2]한양대
(jwlee11@hanyang.ac.kr*)

The rising demand for polylactic acid (PLA), a biodegradable plastic from starch-based biomass, aligns with stricter environmental policies. However, current PLA waste (PLAW) management methods contribute to pollution and hinder resource recovery. This study presents a novel hydrogen production approach by integrating CO2-assisted PLAW pyrolysis with natural gas reforming. Syngas from PLAW pyrolysis boosts hydrogen yield by 60.1% in water-gas shift (WGS) reactors compared to steam methane reforming (SMR). The process also captures CO2 via carbon capture and storage (CCS). Economically, the SMR+PLAWopt method achieves a $3.51/kg levelized cost of hydrogen (LCOH), 49.6% lower than SMR. Environmentally, it enables net negative emissions of −18.91 kg CO2/kg H_2 . In summary, SMR+PLAWopt provides an energy-efficient, sustainable solution for PLAW treatment while enhancing clean hydrogen production.

P공정금-46

개발도상국 그린수소 생산 전략 타당성 평가: 신재생에너지, Carbon Intensity, Energy Efficiency and LCOH

Israel Ayodamola Bayode, Usama ali, Mohammad Moosazadeh, 우태용, 김상윤, 정찬혁, 유창규*
경희대
(ckyoo@khu.ac.kr*)

Amid global warming and rising CO_2 emissions, developing countries are turning to large-scale renewable hydrogen to meet energy demands and cut carbon footprints. However, sustainable large-scale deployment requires assessing underutilized resources for efficiency. In line with Nigeria renewable energy (RE) policy targeting net-zero emissions by 2060, this study examines key barriers, including high production costs, and RE intermittency. Four hydrogen production pathways are evaluated: solar-powered electrolysis (H_2-Solar) in high-irradiance regions, hydropower-integrated electrolysis (H_2-Hydro) utilizing existing water resources, natural gas reforming with carbon capture (H_2-NGCC) leveraging domestic gas reserves, and hybrid renewable-gas synergy (H_2-Hybrid) for stable, cost-effective production. Performance metrics include levelized cost of hydrogen (LCOH), carbon intensity, energy efficiency, and hydrogen yield. Results indicate that H_2-Hybrid achieves an LCOH of ~$2.50/kg, reducing costs by 40% compared to conventional natural gas-based hydrogen, while H_2-Solar and H_2-Hydro offer viable long-term renewable alternatives.

P공정금-47

Anion-Pillared MOFs 기반 Xe/Kr 기체분리 가속화 기계학습 스크리닝

Mahmoud Kiannejad Amiri, Mohammad Moosazadeh, 김상윤, 정찬혁, 유창규*
경희대
(ckyoo@khu.ac.kr*)

The efficient separation of xenon (Xe) and krypton (Kr) is crucial for nuclear fuel reprocessing and industrial gas purification and dark matter detection. Metal-organic frameworks (MOFs) offer promising solutions due to their tunable porosity and high surface areas. This study employs a combined computational approach integrating molecular simulations and machine learning (ML) models, including Random Forest, XGBoost, and deep neural networks (DNNs), to predict Xe/Kr separation efficiency. The database was examined according to essential performance measures, including the Henry coefficient ratio (selectivity), operational capacity, and renderability. Statistical analysis revealed significant correlations between pore size parameters and adsorption performance, highlighting the impact of structural features on selectivity. MOFs with smaller pore sizes and narrower pore size distributions exhibited higher selectivity for Kr over Xe, suggesting a molecular sieving effect. Acknowledgments: This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (MSIT) (No. 2021R1A2C2007838).

P공정금-48

Optimization of ethylene production in the acetylene hydrogenation process using machine learning

권혁원, 백재호, 조형태[1], 이재원[2*]
한국생산기술연구원; [1]경희대; [2]한양대
(jwlee11@hanyang.ac.kr*)

This acetylene hydrogenation process plays a critical role in ethylene production, ensuring the selectivity conversion of acetylene while minimizing undesired byproducts. Traditional process control and optimization methods often face limitations in handling complex, nonlinear interactions among process variables. In this study, we developed a machine learning-based model to optimize ethylene production in the acetylene hydrogenation process. Various machine learning algorithms, including Long-short term memory (LSTM), Deep neural network (DNN), were trained and validated using industrial process data. Additionally, optimization strategies such as Bayesian optimization and grid search were applied to determine optimal operating conditions. The result demonstrate that the proposed approach significantly improves ethylene production by 22% compared to conventional methods, providing a data-driven framework for process optimization. This study highlights the potential of machine learning in improving the efficiency and sustainability of key petrochemical processes.

P공정금-49

Optimizing Power Generation from Cold Energy Recovery in Liquid Hydrogen Superstations: Energy and Economic Analysis

강두호, 이인규*
부산대
(inkyu.lee@pusan.ac.kr*)

액체수소(LH_2) 기반 수소충전소는 수소 기화 시 냉열이 소실되어 에너지 효율이 감소하고 경제성이 낮아진다. 본 연구는 LH_2 냉열을 활용한 전력 생산을 극대화하기 위해 베이지안 최적화를 적용하고, 이를 바탕으로 경제성을 분석하였다. 최적의 냉열 회수 방안을 도출하기 위해, 브레이튼-랭킨 사이클(Brayton-Rankine Cycle, BC-RC)과 이중 랭킨 사이클(Rankine-Rankine Cycle, RC-RC)을 비교하였다. 분석 결과, BC-RC 방식은 냉열 회수율과 전력 생산량에서 우수했으나, RC-RC 방식은 압축기 대신 펌프를 사용하여 초기 투자비 절감 효과가 커 경제성에서 우위를 보였으며, 순현재가치 기준으로 가장 높은 수익성을 나타냈다. 또한 전기 판매가격의 변동성에 따른 민감도분석을 진행하여 전기 판매가격에 따라 경제적인 수소 충전소의 구조가 달라질 수 있음을 확인하였다.

P공정금-50

Real-Time TBP Prediction and Cut Point Optimization for Product Specification Compliance

윤승관, 안나현, 백재호, 조형태[1], 이재원[2]*, 김영진[3]
한국생산기술연구원; [1]경희대; [2]한양대 ERICA; [3]한화토탈에너지스
(jwlee11@hanyang.ac.kr*)

True boiling point (TBP) 는 ASTM D2982 방법으로 얻어지는 온도당 wt% 형태의 증류 데이터이다. TBP 는 증류 공정에서 crude product 수율 예측에 활용되기 때문에 공정의 경제적 운전을 위해 매우 중요한 지표이다. 하지만, TBP 측정에는 48시간이 소요되기 때문에 TBP 를 실시간으로 측정하여 공정 제어에 활용하는 것은 불가능하다. 본 연구에서는 실시간 TBP 예측을 위해, 증류 공정 Feed 에서 얻어지는 NIR-D86 데이터와 동일 샘플의 TBP 데이터를 활용하여 실시간 TBP 예측 모델을 구축하였다. 예측 모델로는 랜덤 포레스트 알고리즘을 활용하였으며, 구축한 TBP 예측 모델은 curve R^2 0.9944, MAE 1.45 wt% 의 높은 정확도를 보였다. 또한, 최적 cut point 도출 모델을 구축하여 product 의 spec 과 수익성을 고려한 최적 cut point 를 도출하였다. 본 연구는 추후, 정유/석유화학 적용 시 product spec 을 유지하며 경제성을 극대화할 수 있는 효율적인 운전에 도움이 될 것으로 기대된다.

P공정금-51

블루 수소 생산에서 이산화탄소 전기분해의 최적 활용: 기술-경제성 평가 및 정량적 시나리오 분석

노원준, 염동엽, 이인규 *
부산대
(inkyu.lee@pusan.ac.kr*)

천연가스 개질을 통한 수소 생산은 그린 수소에 비해 상대적으로 낮은 생산 비용과 높은 에너지 효율을 갖는 대표적인 수소 생산 방식이다. 그러나 이 과정에서 대량의 이산화탄소가 배출되며, 일반적으로 이를 저감하기 위해 아민 흡수 기반의 이산화탄소 포집 공정이 적용된다. 하지만 이 기술은 상당한 에너지를 소비할 뿐만 아니라 높은 운영 비용이 요구되므로, 보다 효율적이고 경제적인 대체 기술이 필요하다. 본 연구에서는 기존 이산화탄소 포집 공정을 대체할 수 있는 이산화탄소 전기분해 기술을 다양한 천연가스 기반 수소 생산 공정에 접목하여 새로운 통합 공정을 설계하였다. 이러한 통합 공정의 운전 조건을 최적화하고, 경제성 및 환경적 성능을 종합적으로 비교 및 분석하였다. 특히, 이산화탄소 전기분해 기술의 적용이 기존의 아민 기반 포집 공정과 비교하여 에너지 소비 및 운영 비용 측면에서 어떠한 장점을 가지는지를 평가하였다. 또한, 시장 상황과 탄소세 변화를 고려한 정량적 시나리오 분석을 수행하여, 다양한 외부 요인에 따른 수소 생산 단가의 변동성을 평가하고 장기적인 경제성을 검토하였다. 이를 바탕으로, 이산화탄소 전기분해 기술의 도입이 지닌 경제적 이점과 환경적 지속가능성을 동시에 확보할 수 있는 천연가스 개질 기반의 최적 수소 생산 전략을 도출하였다.

P공정금-52

GREET 모델을 활용한 블루수소의 Scope 1,2,3 온실가스 배출량 분석

고상혁, 김석주, 이보름*
전남대
(boreum.lee@jnu.ac.kr*)

전 세계는 수소를 새로운 에너지원의 대안으로 인식하고. 한국은 NDC 수정안을 발표하여 2018년 온실가스 배출량 대비 40% 감축을 위한 역할로 수소에 대한 중요성을 강조하였다. 이를 통해 청정수소 사회 실현을 목표로 하고 있다. 유럽연합은 CSRD를 공식 발표하여, ESRS에 따라 Scope 3 배출량 공시를 의무화 했다. 따라서 블루 수소에 대해 Scope 3를 적용했을 때 블루 수소 생산 공급망에 따른 GHG 배출량을 종합적으로 산출하기 위해 Scope 1,2,3를 분석하였다. Scope 3를 계산하기 위해 블루 수소의 원료가 되는 천연가스는 국내 특성상 수입에 의존하는 점을 고려하여 원료 채굴, 정제, 무역, 운송 등을 가정하였으며, 회사의 운영체계, 자산, 최종 생산 제품인 수소 사용으로 발생하는 카테고리에 대해서는 생략하였다. 블루 수소의 GHG 배출량 중 Scope 3의 배출량이 전체의 50% 이상을 차지하는 것으로 확인되었다. 이는 블루 수소 생산 공급망에서 발생하는 온실가스 배출량이 상당한 비중을 차지하는 것을 시사한다. 따라서 본 연구를 통해 2050 탄소중립을 실현하는 데 있어 저탄소수소 기반 정책을 수립하는데 도움이 될 것이다.

P공정금-53

자연어처리 기반 이산화탄소 전환 전기화학촉매 데이터마이닝 및 최적화

현채은, 정보민, 김준영*
가톨릭대
(june0112@catholic.ac.kr*)

이산화탄소(CO_2) 전환 기술은 지속 가능한 탄소 순환을 실현하는 핵심 전략으로 주목받고 있으며, 특히 C_2 + 탄화수소(에틸렌, 에탄올 등) 생산을 위한 전기화학적 촉매 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 전극 재료, 반응 조건, 전해질 조성 등 다양한 변수들이 반응 선택성과 효율성에 미치는 영향이 복합적으로 얽혀 있어 최적 촉매 설계를 위한 방대한 데이터 분석이 필수적이다. 본 연구에서는 자연어처리(NLP) 기법을 활용하여 전기화학적 CO_2 전환 촉매 데이터를 체계적으로 분석하고 최적화하는 방법론을 제안한다. Named Entity Recognition (NER)을 활용하여 논문에서 촉매 소재, 반응 조건, 생성물의 선택도와 같은 핵심 정보들을 자동으로 추출하고 MatBERT 기반의 특성 예측 모델을 사용하여 촉매 성능과 관련된 주요 변수간의 관계를 분석하였다. 이러한 자연어처리 기반 데이터 마이닝 기법을 통해 CO_2 전환 촉매 연구의 데이터 활용도를 극대화하고, 실험적 접근에 의존하던 기존 연구 방식에서 벗어나 보다 정량적이고 체계적인 촉매 설계 전략을 제시하였다.

P공정금-54

A novel approach for direct control design and data-driven tuning of the unstable and integrating processes

김지윤, 성수환*, 유경환[1], 허재필, 임창규
경북대; [1]순천대
(suwhansung@knu.ac.kr*)

This study proposes a novel control method based on the concept of direct control design. Unlike traditional methods, the proposed approach does not require time-consuming and costly procedures such as process activation, identification, and controller tuning. Only one set of process data is required for both controller design and tuning. The method generates fictitious control data, such as setpoints and control errors, from process data assuming perfect control. The controller is then directly designed using this generated fictitious data. Unstable and integrating processes often present structural challenges that make it difficult to achieve desired control performance with traditional PID controllers. Simulation results show that using the direct control design method leads to better and more stable control performance compared to conventional PID controllers for these processes. A water level control system further confirms the effectiveness of this method. Thus, the direct control design approach is expected to significantly enhance control performance in industrial systems.

P공정금-55

Automated Feasibility Evaluation of Reactive Distillation Systems Using K-means Clustering

신용범, 이민용, 이정우, 김동근, 이재우*
한국과학기술원
(jaewlee@kaist.ac.kr*)

반응증류는 기존 공정 대비 에너지 소비와 이산화탄소 배출을 효과적으로 감소시킬 수 있는 공정 기술이다. 그러나 반응증류의 적용 가능성은 시스템별로 차이가 있어, 신뢰성 높은 타당성 평가가 요구된다. 본 연구에서는 인공지능 기반의 영역 인식 기법을 활용하여 반응증류탑의 타당성을 자동으로 평가하는 방법을 제안하였다. k-평균 클러스터링 기반 이미지 분할 기법을 이용하여 삼원 다이어그램에서 반응 및 분리 가능 영역의 위상 정보를 추출하고, 이를 계층별 계산 과정에 통합하였다. 이를 통해 다양한 반응 시스템에 대한 반응증류탑의 적용 가능성을 신속하게 평가할 수 있도록 하였다. 제안된 방법은 수 초 내로 타당성 평가 결과를 도출할 수 있으며, 이를 통해 기존의 경험적 접근법에 대한 의존도를 줄일 수 있다. 또한 사례 연구를 통해 공정 시뮬레이션 결과와 비교하여 방법의 신뢰성과 실용성을 검증하였다.

P공정금-56

증류탑 내 오염 발생 및 성능 저하 예측을 통한 최적 운전 전략 제안

정지민, 박하정, 황성원*
인하대
(sungwon.hwang@inha.ac.kr*)

증류탑 내 반응성 모노머의 중합 반응은 파울링을 유발하여 열전달 성능 저하 및 분리 효율 감소를 초래한다. 이로 인해 에너지 소비 증가와 공정 효율 저하 문제가 발생한다. 본 연구는 증류탑 성능 예측 모델을 개발하고, 이를 기반으로 한 실시간 성능 모니터링을 목표로 한다. 이를 위해 주요 공정 변수와Fouling 간의 상관관계를 분석하여 성능 지표인 Fouling Factor를 선정한다. 특히, Feed Compostion은 증류탑 성능에 중요한 영향을 미치는 변수임에도 불구하고 정확한 측정이 어려운 한계가 존재한다. 따라서, Feed Composition이 존재하는 시점의 공정 데이터를 활용하여 Cleaning 이후 경과 시간에 따른 Fouling Factor의 변화를 분석한다. 비정상적인 변화가 나타나는 지점을 Fouling 형성 시점으로 정의하고 성능 저하가 시작되는 시점을 식별한다. 이를 바탕으로 증류탑 성능을 평가하고, 최적 운전 조건을 도출하여Fouling을 최소화하는 전략을 제안한다.이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(No.2022R1A6A1A03051705, 3D나노융합소자연구센터)

P공정금-57

Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) 기반 고용량 배터리 열 관리

정다빈, 신상훈, 홍대기[1], 오세규[1], 김연수*
광운대; [1]현대자동차
(kimy3@kw.ac.kr*)

전기자동차 배터리는 적정 온도를 유지하지 못할 경우 성능 저하, 안전성 문제, 수명 단축 등의 문제가 발생한다. 따라서 효율적인 배터리 열 관리를 위한 온도 제어가 필수적이다. 본 연구에서는 간소화된 배터리 모델을 기반으로 Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG)를 적용하여 최적의 열 관리 방안을 제안한다. DDPG agent는 배터리의 상태 정보를 입력받아 냉각수의 입구 유량과 온도를 최적으로 조절하여 배터리 온도를 제어한다. 시뮬레이션 결과, 제안된 방법은 냉각 및 승온 과정에서 배터리 온도를 효과적으로 제어하였다. 본 연구는 현대자동차그룹의 지원을 받아 수행된 연구임. (과제명: 배터리 열 관리를 위한 모델 예측 제어기 개발(3차년도)

P공정금-58

메탄올 개질을 활용한 수소 생산과 연료전지 성능 분석: 공정 최적화 및 탄소 저감

김이현, 송도윤[1], 이정재, 이택준, 김준영*
가톨릭대; [1]동국대
(june0112@catholic.ac.kr*)

본 연구는 수소 운반체로서 메탄올을 개질하여 연료전지의 전력 생산에 활용하고, 이산화탄소의 배출을 최소화하는 공정을 설계 및 분석하는 것을 목표로 한다. 메탄올 개질 공정은 건식 개질(Dry Reforming of Methanol, DRM)과 습식 개질(Steam Reforming of Methanol, SRM)로 구분된다. 건식 개질은 이산화탄소를 반응 물질로 활용하여 합성가스(Syngas)를 생성하지만, 높은 작동온도와 촉매 열화 문제가 단점으로 작용한다. 반면, 습식 개질은 비교적 낮은 온도에서 작동하나, 이산화탄소 발생량이 많다는 단점이 있다. 이에 따라 본 연구는 두 개질 반응을 비교 분석하고, 개질 공정에서 생성된 수소를 고온형 고분자전해질 연료전지(HT-PEMFC)에 적용하여 전력 생산 성능 및 공정 효율을 평가하였으며, 공정 최적화 및 성능 평가를 위해 유전 알고리즘(Genetic Algorithm, GA)을 활용하여 최적의 운전점을 도출하였다. 또한 각 공정의 이산화탄소 저감 효과와 경제성 분석을 통해 최적의 공정을 선정하였다. 본 연구는 메탄올 기반 수소 생산 공정의 효율성과 환경적 지속 가능성을 평가함으로써, 수소 경제 및 탄소 중립 실현을 위한 효과적인 에너지 변환 기술의 방향성을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

P공정금-59

Accelerating CO_2 hydrogenation Catalyst Discovery: ML-Driven Cascade Framework and GA Optimization

강현진, 박현도[1], 김영진[2], 조형태[3], 백재호, 이재원[4]*
한국생산기술연구원; [1]노스웨스턴대; [2]한화토탈에너지스; [3]경희대; [4]한양대
(jwlee11@hanyang.ac.kr*)

Methanol synthesis via CO_2 hydrogenation is a key technology for achieving carbon neutrality and sustainable fuel production. This study employs a machine learning (ML)-based approach to optimize catalyst selection. A dataset of 8,795 catalyst data points was processed, and the NGBoost algorithm was applied to predict methanol yield. Evolutionary optimization explored over 30 generations of catalyst combinations, while a stability evaluation model was incorporated to analyze long-term catalyst performance. The ML model demonstrated high predictive accuracy (R^2 = 0.888, RMSE = 1.087), with the inclusion of stability assessment further improving performance (R^2 = 0.943, RMSE = 0.757). This confirms that a data-driven approach enhances the precision of catalyst screening and addresses the limitations of conventional catalyst development methods. The proposed methodology is expected to contribute to the efficient development of catalysts for CO_2 hydrogenation.

P공정금-60

Surrogate Model-Based Optimization of Wet Scrubber Performance in Nuclear Fusion Detritiation Systems: A Comparative Study with Mathematical Modeling

이원호, 이윤재, 장민호[1], 이재욱[1], 한지훈*
포항공과대; [1]Korea Institute of Fusion Energy
(jhhan@postech.ac.kr*)

Detritiation System (DS), located at the final stage of the nuclear fusion plant, plays a critical role in preventing tritium emissions before gases are released into the atmosphere. The DS consists of a catalytic recombiner to oxidize tritium and a wet scrubber to remove tritiated water vapor. This study aims to determine the optimal value between the amount of water used as a scrubbing agent and the total capital investment required for the scrubber system. To achieve this, both a mathematical model based on mass and energy balances equations and a surrogate model, derived from Aspen simulation results, were developed. The General Algebraic Modeling System (GAMS) was employed to identify the optimal values for both models. Ultimately, this study assesses the potential of the surrogate model to substitute the mathematical model, based on simulation data, and highlights its practical applicability in complex scenarios such as varying accident conditions, where direct use of the mathematical model may be impractical.

P공정금-61

폐수 슬러지의 Anaerobic digestion을 통한 biofuel 생산 공정의 경제성 및 환경성 분석

이재범, 배성윤, 유은욱, Shaukat Ali Mazari, 문종호*
충북대
(moonjongho@chungbuk.ac.kr*)

기후위기 심화로 Net-Zero 시대에 진입한 오늘날, 친환경 에너지로의 전환은 필수적인 과제로 떠오르고 있다. 본 연구에서는 도시 폐기물인 Sewage를 자원화하여 에너지를 회수하는 통합 공정을 제시한다. 이를 위해, sewage를 혐기성 소화하여 biogas를 생산 및 분리한 후, 연료 전환 공정에 적용하였다. 분리된 CH_4는 Fischer-Tropsch(FT) 공정을 통해 biofuel로 전환되며, CO_2는 메탄올 생산에 활용된다. 공정 모사는 Aspen Plus V14.0을 사용하였으며, MATLAB과의 연동을 통해 경제성과 환경성을 평가하였다. 공정 변수의 변화에 따른 민감도 분석 및 최적화를 수행하였다. 제시된 공정과 기존 화석연료 기반 공정을 비교한 결과, 본 공정은 지속 가능성이 뛰어나며, Net-Zero 목표 달성을 위한 효과적인 친환경 에너지 전환 대안임을 확인할 수 있었다. 본 연구는 폐수 슬러지의 biofuel 생산이 탄소중립 실현에 기여할 것으로 기대된다.

P공정금-62

CFD and Experimental Investigation of Microbubble Formation and Mass Transfer in a 3D-Printed Bubble Cap System

유엽, 백재호, 윤승관, 강현진, 이세영, 이재원[1], 조형태[2]*
한국생산기술연구원; [1]한양대; [2]경희대
(htcho@khu.ac.kr*)

This study examines the relationship between microbubble generation and the overall mass transfer coefficient (OMTC) in gas-liquid systems. Since microbubble formation is linked to turbulence, the correlation between turbulent kinetic energy (TKE) and OMTC was analyzed. Bubble caps with varying brim lengths were 3D-printed for accurate experiments. Tests showed a 5 mm brim produced the highest microbubble proportion (over 38%) and smallest average size. CFD simulations analyzed velocity, air volume fractions, and TKE, revealing strong vortex formation at the air-water interface. The highest TKE was observed with the 5 mm brim, aligning with peak microbubble production. Line 1 analysis confirmed a proportional relationship between TKE and OMTC, demonstrating that turbulence enhances microbubble formation and mass transfer. These findings support surrogate modeling to optimize bubble cap designs for improved gas-liquid transfer in environmental and chemical applications.

P공정금-63

Evaluating Time-varying Carbon Footprint for Regional Power Grids

김유빈, 전홍준, 노고산*, 김우현[1], 이효진[1]
충남대; [1]한국에너지기술연구원
(ksroh@cnu.ac.kr*)

The carbon footprint of a power grid is typically analyzed using annual and national average data in life cycle assessment (LCA). However, in regions with abundant renewable energy resources, the carbon footprint of the power grid is likely overestimated. Furthermore, when environmental demand-side management (e-DSM) is taken into consideration, annual averages alone are not enough to account for the temporal fluctuations in power generation sources. In this study, we analyze the hourly carbon footprint of Jeju Island's power grid using time-series data on regional power generation and demand in 2022. Our analysis reveals that the average carbon footprint of Jeju Island is 24% lower than the regionally averaged value for South Korea, while its higher hourly carbon footprint variability highlights greater fluctuations in carbon intensity. Our results suggest that incorporating high-time-resolution regional data in LCA can improve the accuracy of environmental impact assessments for regional power grids, as well as the environmental operation analysis of power-intensive plants.

P공정금-64

전고체 배터리의 전기화학-열-기계적 성능에 대한 스택 압력의 영향 연구

김현진, 황성원*
인하대
(sungwon.hwang@inha.ac.kr*)

고체 전해질과 전극 계면에서 발생하는 높은 계면 저항은 전고체 배터리 개발의 주요 장애 요소이다. 이를 해결하기 위해, 셀 제조 및 사이클링 과정에서 외부 압력을 가하는 것이 필요하다. 또한, 복합 전고체 배터리의 사이클 특성을 분석할 수 있는 모델이 제한적이어서 전기화학적·기계적 성능을 동시에 고려한 최적 설계를 하는데 어려움이 따른다. 본 연구에서는 COMSOL Multiphysics를 활용하여 온도-압력-전기화학적 결합 모델을 구축하고, 반경험적 동적 매개변수를 활용하여 복합 전고체 배터리의 사이클 용량 감소에 대한 제조 압력의 영향을 평가했다. 이를 통해 제조 압력이 복합 전고체 배터리의 전기화학적 및 기계적 거동에 미치는 영향을 조사했으며, 구축한 모델을 활용하여 최적 외부 압력 범위를 도출했다. 또한 압력이 증가함에 따라 활성 물질과 고체 전해질의 부피 분율이 증가하여 전고체 배터리의 전기화학적 성능이 향상됨을 확인했다. 이러한 연구는 전고체 배터리의 설계 최적화 및 성능 향상을 위한 통찰력을 제공하며, 더 긴 사이클 수명을 갖는 전고체 배터리 개발에 기여할 것으로 기대한다.

P공정금-65

복잡한 반응 시스템에서의 수율 및 부반응 메커니즘 예측을 위한 AI 기반 반응기 모델링

송성훈, 황성원*, 박주현
인하대
(sungwon.hwang@inha.ac.kr*)

C3 다운스트림 제품은 수첨 반응으로 합성되며, 품질을 결정하는 요소로 염기 지표가 사용된다. 지표가 적정 범위를 벗어날 경우 품질이 크게 저하되기 때문에, 부반응을 최소화하여 지표를 조절할 수 있는 반응 모델이 필요하다. 반응 모델은 속도식을 이용하는 것이 가장 정교하지만, 반응 메커니즘의 불확실성으로 인해 구축이 어려운 경우가 많다. 따라서, AI를 활용한 반응기 모델링 연구가 필수적이다. 본 연구에서는 AI를 이용하여 반응 조건 변화에 따른 수율을 예측하고, 부반응을 최소화하는 최적 조건을 탐색하는 방법을 제안한다. 이를 위해 AI 모델을 학습시켜 생성물의 수율을 정확히 예측할 수 있는 모델을 개발하였으며, 민감도 분석을 통해 부반응 메커니즘을 규명하였다. 그 결과, 예측 정확도 0.97 이상의 고성능 모델을 구축하였으며, 주요 부반응 메커니즘을 도출하였다. 본 연구를 통해 화학 반응 생성물을 정밀하게 예측할 수 있으며, 최적화된 반응 공정 설계에 기여할 것으로 기대된다.

P공정금-66

Prospective Life Cycle Assessment of Deep Eutectic Solvent (DES) Utilization for Sustainable Lithium-ion Battery Recycling

김영욱, 유기훈, 유재범, 노고산*
충남대
(ksroh@cnu.ac.kr*)

With increasing demands for lithium-ion batteries (LIBs), development of sustainable battery recycling technologies has become a critical research focus. Conventional hydrometallurgical recycling processes typically utilize sulfuric acid as a leaching agent, generating acidic wastewater that requires additional treatment. This poses challenges in leachate recovery and raises concerns about its sustainability. On the other hand, deep eutectic solvents (DESs) are gaining attention as solvents for LIB recycling due to low toxicity, biodegradability, high selectivity for valuable metals, and reusability compared to conventional hydrometallurgical processes. Additionally, microwave-assisted leaching is employed to enhance the leaching efficiency and reduce reaction time. A sensitivity analysis is conducted to evaluate the recyclability of DESs and assess their competitiveness against sulfuric acid in terms of economic and environmental aspects. The findings provide fundamental insights into the feasibility of DESs for LIB recycling and contribute to the development of environmentally friendly leaching processes.

P공정금-67

효율적인 MOF 기체 흡착 예측: 최소화된 GCMC 시뮬레이션과 머신러닝 기반 접근

안용상, 안나현[1], 박준영, 조형태, 가성빈[2]*
경희대; [1]한국생산기술연구원 저탄소에너지그룹; [2]울산대
(sgasga@ulsan.ac.kr*)

Metal-Organic Frameworks (MOF)는 촉매, 분리, 저장 등 여러 분야에서 활용되며, 특히 흡착 특성이 중요하다. 일반적으로 Grand Canonical Monte Carlo (GCMC) 시뮬레이션을 활용해 MOF의 흡착 거동을 예측하지만, 높은 계산 비용으로 인해 현재 일부 MOF에 대해서만 흡착거동 예측이 이루어졌다. 본 연구에서는 최소한의 GCMC 시뮬레이션으로 기체 별 흡착량을 예측할 수 있는 머신러닝 기반의 방법론을 개발했다. 머신러닝 기법으로는 트리 모델과 다층 퍼셉트론(MLP) 모델을 활용했으며, 입력 변수로는 MOF의 geometry descriptor와 GCMC를 통해 도출된 저압(0.1~0.5 bar) 흡착량을 사용했다. 본 연구에서 개발한 모델은 0.5bar 이상의 압력에서 흡착량을 예측할 수 있으며, 이를 통해 최소한의 GCMC로 다양한 MOF의 흡착 거동을 효과적으로 예측할 수 있다. 또한 학습에 활용되는 데이터 비율을 조정하면서 최소한의 GCMC 로도 R^2 0.95이상의 테스트 정확도를 확보할 수 있는 최적의 학습 데이터셋 비율을 분석하였다. 그 결과, 20%의 GCMC 데이터만으로 R^2 0.95 이상의 예측 성능을 달성할 수 있었으며, 이를 통해 계산 비용 절감과 실용적 적용 가능성을 확인했다. 이러한 머신러닝 모델 활용 전략은 향후 다양한 가스 시스템으로 확장할 수 있으며, 이를 기반으로 MOF 흡착량 데이터베이스를 계산 효율적으로 구축할 수 있다.

P공정금-68

에너지·엑서지 동시 최적화를 통한 청정 요소 생산 공정의 경제성 및 환경성 개선 연구

배성윤, 유은욱, 이재범, 오민경, 문종호*
충북대
(moonjongho@chungbuk.ac.kr*)

전 세계 식량 수요 증가로 인해 요소의 수요도 급격히 증가하고 있으며, 2030년에는 2018년 대비 약 30% 이상 증가할 것으로 예상된다. 또한, 친환경 에너지로의 전환이 가속화됨에 따라 농업 분야에서 배출되는 탄소를 저감하기 위한 청정 요소 생산 공정 개발이 필수적이다. 본 연구에서는 이러한 필요성을 바탕으로 청정 요소 생산 공정을 설계하고, 에너지 소모량과 엑서지 파괴량을 동시에 최소화함으로써 공정의 경제성과 환경성을 개선하고자 하였다. 연구 결과, 최적화된 공정을 통해 기존 대비 요소 생산단가를 약 4.0% 절감할 수 있었으며, 온실가스 배출량은 약 5.6% 감축되는 것으로 나타났다. 이는 청정 요소 생산 공정의 경제적·환경적 개선 효과를 입증하는 것으로, 향후 친환경 비료 산업의 발전 방향을 제시하는 동시에, 에너지·엑서지 최적화 기반의 친환경·고효율 공정 설계 전략 수립에 중요한 근거로 활용될 수 있을 것이다.

P공정금-69

CO_2 저온 전기분해 기반 FT 연료 생산 공정 모델링

홍혜림, 황성원*, 도윤정, 정경호
인하대
(sungwon.hwang@inha.ac.kr*)

전 세계적인 CO_2 배출량 감축 노력의 일환으로, Power-to-fuel 기술은 운송 부문의 CO_2 배출 저감 대안으로 주목받고 있다. 본 연구에서는 항공유 생산을 위해 AEM 기반 CO_2 저온 전기분해 장치와 Fischer-Tropsch 합성을 결합하는 방안을 분석하였다. Matlab을 활용해 지배방정식을 반영한 전기분해 시스템을 모델링하였다. 이렇게 도출된 전기화학적 특성을 Aspen plus에 적용하여 CO_2 전기분해 공정의 열역학적 및 물질수지 분석을 수행하였으며, 이를 통해 생성된 합성가스를 FT 반응의 원료로 활용하였다. FT 반응은 LHHW 기반 반응속도 모델과 Cobalt 촉매 반응 동역학을 적용하였으며, 생성된 탄화수소는 분별증류를 통해 나프타, 등유, 디젤로 분리되었다. 중질 탄화수소는 hydrocracking을 거쳐 추가적으로 등유로 전환되어 연료 수율을 최적화하였다. 본 연구에서는 CO_2 전기분해-FT 연료 생산 공정의 경제성을 평가하고, 생산비용과 수익성을 분석함으로써 다양한 운영 조건에서의 경제적 경쟁력을 비교하고 기술적 타당성을 분석하고자 한다.

P공정금-70

바이오매스 기반 플랫폼 화학물질 생산의 기술경제성 및 전과정 평가

이승호, 원왕연*
고려대
(Wangyunwon@gmail.com*)

Growing global concerns over environmental pollution, particularly in Europe and the United States, have led to the implementation of strict policies, including economic measures such as carbon pricing and emissions trading. These regulations pose significant challenges for conventional fossil-based chemical production, which is unlikely to meet future environmental standards.To address this issue, we designed a sustainable production process utilizing biomass-derived resources as an alternative to fossil-based platform chemicals, specifically 5-hydroxymethyl furfural (HMF) and furfural. Heat integration was employed to optimize energy consumption, and sensitivity analysis was conducted to evaluate the impact of uncertainties on process feasibility. The techno-economic analysis (TEA) determined the minimum selling price of the bio-based chemicals, while the life-cycle assessment (LCA) quantified carbon emissions. The results highlight the economic and environmental advantages of biomass-derived chemicals, demonstrating their potential to comply with evolving regulatory frameworks and support the transition to a low-carbon economy.

P공정금-71

Sustainable Production of Alternative Aviation Fuel via Thermolytic Conversion of Polyethylene-based Waste: Techno-economic Analysis and Life Cycle Assessment

박준영, 최동호, 안용상, 박지예[1], 임종훈[1], 윤승관[2], 조형태*
경희대; [1]고등기술연구원; [2]한국생산기술연구원 저탄소에너지그룹
(htcho@khu.ac.kr*)

플라스틱 수요 증가로 폐기물이 급증했으며, 기존 매립, 소각 방식은 환경 오염 문제로 대체 방안이 요구된다. 이에 폐기물 자원화와 순환 경제 활성화에 대한 관심이 높아졌다. 본 연구에서는 폐HDPE 열분해를 통해 항공유를 생산하는 지속 가능한 공정을 제안한다. 500 및 600℃에서 실험을 수행하고 이를 기반으로 공정을 설계했다. 폐HDPE는 열분해를 통해 가스, 오일, 왁스로 전환되며, 왁스는 추가 크래킹을 통해 항공유 생산을 극대화한다. 가스 및 미반응 왁스의 연소열은 스팀 생산에 활용되며, 이는 CO_2 포집 공정에 사용된다. 항공유 전환율은 500 및 600℃에서 23, 30wt%로 나타났고, 생산 비용은 2.8, 5.4 USD/gal으로 화석연료보다 높지만 지속가능항공유 대비 25-81% 낮았다. LCA 결과, 기존 매립, 소각 대비 환경부하가 현저히 낮았다. 본 연구에서 제안한 공정은 폐플라스틱 처리를 위한 유망한 방안으로, 고부가가치 자원 회수가 가능함을 시사한다.

P공정금-72

Techno-Economic and Environmental Assessment of Dry CO_2 Capture in Natural Gas Combined Cycle (NGCC) Systems

안병찬, 이동호[1], 이성훈[1], 전동혁[1], 주영환[1], 박영철[1], 원왕연*
고려대; [1]한국에너지기술연구원
(wangyunwon@gmail.com*)

Natural gas has garnered significant attention as a transitional fuel due to its relatively lower CO_2 emissions compared to other fossil fuels. However, to achieve truly sustainable heat and power generation, it is crucial to integrate natural gas combined cycle (NGCC) technology with CO_2 capture systems. In this study, dry CO_2 capture processes were designed utilizing temperature swing adsorption (TSA) and vacuum swing adsorption (VSA) for CO_2 sorbent regeneration. Compared to conventional solvent-based CO_2 capture methods, dry CO_2 capture systems offer a more compact design and lower energy consumption. To assess the feasibility of the proposed processes, techno-economic analysis (TEA) and life-cycle assessment (LCA) were performed. The results indicate that the levelized CO_2 capture cost for Case 1 (76,650 KRW) is lower than that for Case 2 (79,541 KRW). Additionally, the impact of CO_2 reduction was quantified to further evaluate environmental benefits. The findings from this study provide valuable insights for the advancement and commercial implementation of dry CO_2 capture technology.

P공정금-73

Integrated production of microalgae-based biochemicals: economic and environmental perspectives

안병찬, 원왕연*
고려대
(wangyunwon@gmail.com*)

As a sustainable alternative, microalgae-based biodegradable plastics utilize the rapid growth and CO_2 absorption capacity of microalgae. However, high production costs remain a barrier to commercialization. This study proposes an integrated process that co-produces lactic acid (LA), polyurethane, and azelaic acid (AA) by fully utilizing microalgal components. Techno-economic analysis (TEA) and life-cycle assessment (LCA) reveal that the base case achieves the lowest minimum selling price (MSP) of $1,017/ton-LA due to AA revenue but has the highest carbon footprint (6.6 kg CO_2 eq./kg-LA). Despite this tradeoff, the proposed process remains competitive with conventional LA production ($1,100-1,940/ton) while significantly reducing emissions. These findings offer insights into commercializing microalgae-derived biodegradable plastics, balancing economic feasibility and environmental impact.

P공정금-74

LNG 추진 선박에서의 CO_2 액화 시스템을 위한 냉동 사이클 비교

정민경, 황성원*
인하대
(sungwon.hwang@inha.ac.kr*)

International Maritime Organization(IMO)의 2050 온실가스 감축 목표를 충족하기 위해 LNG 연료 선박에서의 탄소 포집 및 액화 시스템의 필요성이 증가하고 있다. 천연가스를 연료로 사용하는 선박은 기존 중유 선박에 비해 CO_2 배출 비율이 낮고 NO_x 및 SO_x 배출이 거의 없다. 본 연구에서는 탄소 포집 및 저장(CCS) 시스템을 탑재한 LNG 추진 선박에서 LNG의 냉열을 활용하여 CO_2 액화 공정의 에너지 소비를 절감하는 시스템을 설계하였다. 이를 위해 최종 액화 CO_2의 조건을 -48.8℃, 7bar로 설정하고, 에탄, 암모니아, 프로필렌을 냉매로 적용한 액체 재압축 냉동 사이클을 비교분석하였다. 암모니아 냉매를 사용했을 때 특정 에너지 소비량(SEC)은 33.13 kWh/tonCO_2로 가장 낮은 값을 나타냈다. 또한, 선박의 운전 조건이 60%일 때, LNG 냉열을 활용한 CO_2 액화 시스템의 엑서지 효율은 59.37%, LNG 냉열 이용률은 79.42%로 나타났다. 이를 통해 LNG 냉열을 효과적으로 활용할 수 있으며, CO_2 액화 시스템의 에너지 소비를 절감할 수 있음을 확인하였다.

P공정금-75

역삼투 기반 담수화 시스템의 실증현황 및 도전과제와 미래 발전가능성

김건영, 송인서, 박기호*
한양대
(kiho138@hanyang.ac.kr*)

The global water crisis, worsened by climate change and population growth, demands efficient desalination technologies. With over 60% of the world's population projected to face water shortages by 2050 and only 57% having access to safe sanitation services in 2022, reverse osmosis (RO) has emerged as the most effective desalination method due to its high energy efficiency (2.0-5.5 kWh/m³) and salt rejection (~99%). Large-scale RO plants, such as the Carlsbad Desalination Plant (189,000 m³/day) and facilities operated by Veolia, Doosan Enerbility, and Acciona, highlight its scalability. Innovations like high-recovery and hybrid RO systems further enhance efficiency. However, systematic technology selection based on feed conditions and energy constraints remains a challenge. This review analyzes RO advancements and proposes a framework for selecting optimal desalination technologies, aiding sustainable water management.

P공정금-76

하이브리드 세미 배치/배치 역삼투압 시스템 적용성 및 효율성 향상: LCA를 통한 purge and refill (1st) 단계 분석

김흔세, 변재은[1], 정아현[1], 박기호*
한양대; [1]전남대
(kiho138@hanyang.ac.kr*)

The sustainable treatment of high salinity wastewater from lithium-ion battery production and recycling is a critical challenge in water resource management. This study evaluates the applicability and efficiency enhancement of the hybrid semi-batch/batch reverse osmosis (HSBRO) process for high-salinity battery wastewater treatment. A novel purge and refill (1st step) method was introduced to improve salt removal efficiency and permeate quality by minimizing retained salt concentration. Experiments with NaCl and Na_2SO_4 -based wastewater determined optimal conditions balancing recovery rate and specific energy consumption (SEC). Results indicate that the proposed modification enables energy-efficient operation at high recovery rates. A life cycle assessment (LCA) using the ReCiPe 2016 (H) method was conducted to evaluate environmental impacts under varying conditions. LCA results show that high feed salinity significantly affects energy consumption, resource depletion, and emissions. Optimizing operational strategies and system design enhances the HSBRO process's sustainability, balancing energy efficiency and environmental impact reduction.

P공정금-77

Interpretable data-driven permeate flux prediction in forward osmosis: SHAP insights and physicochemical model validation

송인서, 박기호*
한양대
(kiho138@hanyang.ac.kr*)

This research introduces a ML framework combined with XAI to accurately predict permeate flux in FO desalination while ensuring interpretability. Using tree-based models (XGBoost, LightGBM, and CatBoost), XGBoost had the best prediction performance (R^2 = 0.9716). PCA and k-means clustering were performed for data preprocessing and analysis. The interpretability of the models was improved using SHAP, revealing that osmotic pressure difference and water permeability are the most significant factors influencing permeate flux predictions. The ML models were further validated by comparing their outputs with a physicochemical FO model, confirming alignment with fundamental process principles. This dual-validation approach not only enhances the reliability of the predictions but also provides a transparent framework for FO process optimization. Integrating XAI techniques with theoretical validation enhances the interpretability and practicality of FO desalination models, laying a foundation for future advancements.

P공정금-78

제약 조건이 반영된 화학 공정도 생성을 위한 조건부 생성 모델

김찬, 손영우, 박지훈, 이종민*
서울대
(jongmin@snu.ac.kr*)

The design of chemical process flowsheets under specific constraints, such as a predefined number of certain unit operations, requires expert knowledge and is a time-consuming task. In this work, we develop a conditional generative model for generating chemical process flowsheets that satisfy the given constraints. We first train a Transformer model for representation learning of flowsheet sequences in the Simplified Flowsheet Input-Line Entry System (SFILES). The flowsheet embedding vector can be obtained using the encoder of the trained Transformer model. The conditional generative model is then trained to produce embedding vectors that conform to the specified constraints. Finally, the generated embedding vector is passed through the decoder of the trained Transformer model, reconstructing a chemical process flowsheet that satisfies the given constraints. Our proposed approach enables a flexible process design and can be further developed into a model that incorporates process metrics, such as yield or cost, to achieve optimal process design.

P공정금-79

혁신적인 리튬이온 배터리 재활용 공정의 설계 및 경제성 분석

강장훈, 김창수*, 고성현, 최원용
한국과학기술연구원
(changs90.kim@kist.re.kr*)

리튬이온 배터리는 높은 에너지 저장 용량을 갖추고 있어 전기차 및 고성능 전자기기에 널리 사용되고 있다. 그러나 급증하는 수요에 비해 자원은 한정적이며, 사용 후 폐기된 배터리는 환경 오염을 유발할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 폐배터리로부터 금속을 회수하고 재활용하는 공정 개발이 필수적이다. 본 연구에서는 방전된 전자기기 배터리에서 회수한 양극재를 대상으로 태양광과 유기산을 활용한 신규 Leaching 공정과 침전 공정을 통해 금속을 회수하는 실험을 진행하였다. 이후 실험 데이터를 기반으로 Aspen Plus를 활용하여 공정을 모델링한 다음, 스케일업을 통해 산업적 적용 가능성을 평가하였다. 그 결과, 경제성 분석과 생애주기 평가(LCA)를 통해 해당 공정이 기존의 폐배터리 처리 방법과 비교했을 때 높은 경제성과 환경적 지속 가능성을 갖추고 있음을 확인하였다.

P공정금-80

Economic Viability and Environmental Sustainability of 12-Bed Pressure Swing Adsorption-Membrane Hybrid System in Autothermal Reforming Process

윤지운, 유경환[1], 구보람*
전남대; [1]순천대
(boram.gu@jnu.ac.kr*)

Considering indirect emissions depending on the electricity source, water electrolysis cannot be regarded as a completely environmentally friendly technology. In this context, blue hydrogen is considered a feasible hydrogen production method in the short to medium term in terms of both economic viability and environmental sustainability. For blue hydrogen production, CO_2 capture in the autothermal reforming (ATR) process can be implemented either upstream or downstream of the pressure swing adsorption (PSA) unit, affecting overall capture efficiency. In this study, a sub-ambient temperature membrane was employed as the capture method, and the configuration of a 12-bed PSA-membrane hybrid system was rigorously evaluated through simulation. After optimizing the membrane capture process, a techno-economic analysis (TEA) and life cycle assessment (LCA) were conducted for the integrated system. The results indicated that the PSA-MEM configuration proved to be the more efficient option.

P공정금-81

Mathematical Modeling of Multi-Feeding Rotating Packed Bed (MF-RPB) for CO2 Capture

김동규, 구보람*
전남대
(boram.gu@jnu.ac.kr*)

Efforts to mitigate greenhouse gas emissions have primarily focused on CO_2 , a key contributor due to its significant release from power plants and chemical industries. While chemical absorption for post-combustion CO_2 capture in conventional columns has been extensively studied, the large size of these systems presents a major challenge, leading to high costs and energy consumption.To address these limitations, rotating packed beds (RPBs) have been introduced, utilizing centrifugal force to enhance mass transfer and reduce equipment size. Recent advancements, such as multi-inlet RPBs and intercoolers, have further improved performance. This study introduces a multi-feeding rotating packed bed (MF-RPB), which integrates intercooling and multiple solvent inlets to enhance CO_2 capture efficiency. Our simulation results indicate that introducing a low-temperature MEA solution at the midpoint of the absorber increases capture efficiency by 1.3-2.5% compared to conventional lab-scale RPBs. Moreover, as the absorber size increases, the efficiency of the multi-feeding RPB is expected to improve further. Future simulations will explore the impact of key operating parameters, including liquid-to-gas ratios, intercooling locations, and the proportion of side-feed to main-feed, to further optimize performance.

P공정금-82

CFD simulations of fluid flow and heat transfer in random packed bed reactors

정유혁, 구보람*
전남대
(boram.gu@jnu.ac.kr*)

Tubular fixed-bed catalytic reactors are widely used in the petrochemical and pharmaceutical industries. Analyzing pressure drop and heat transfer from the reactor wall to its center is essential for reducing operating costs and improving product yield and selectivity. In this study, a physics engine was used to simulate the random packing of cylindrical pellets within a reactor of fixed dimensions. The resulting packing geometry was then analyzed using computational fluid dynamics (CFD) to evaluate fluid flow and heat transfer. With a fixed high wall temperature, the effects of catalyst size on bed voidage, pressure drop per unit length, and temperature profiles were analyzed by varying the inlet temperature and velocity. The results indicate that as the catalyst size decreases, bed voidage decreases, leading to an increase in pressure drop. Additionally, higher inlet velocity resulted in a higher pressure drop, while a lower inlet temperature was maintained for a longer duration.

P공정금-83

Chemical looping을 포함하는 폐플라스틱 기반 수소 생산공정의 경제성, 환경성 및 엑서지 분석

유은욱, 배성윤, 이재범, 윤민서, 문종호*
충북대
(moonjongho@chungbuk.ac.kr*)

플라스틱 생산량의 증가에 따라 폐플라스틱의 양도 기하급수적으로 증가하고 있으며, 이러한 폐기물이 매립될 경우 환경오염을 야기할 수 있다. 동시에 기후 위기가 가속화되면서 Net-Zero 달성을 위한 친환경 에너지 생산은 더 이상 선택이 아닌 필수가 되었다. 이에 본 연구에서는 폐플라스틱을 원료로 하여 친환경 에너지로 주목받는 수소 생산 공정을 제시하였으며, 수소 생산과 함께 이산화탄소를 원천분리 시킬 수 있는 chemical looping을 포함하는 공정과 그렇지 않은 공정을 분석하였다. 공정 모사는 Aspen Plus V.14.0을 활용하였고 경제성, 환경성 및 엑서지 분석은 Aspen Plus와 MATLAB의 연동을 통해 수행하였다. 또한, 다양한 변수에 대한 민감도 분석과 다목적 최적화 수행 후 분석을 진행하였고, chemical looping 기반 수소 생산 공정의 타당성을 확인하였다. 본 연구는 지속 가능한 발전을 위한 환경 문제 개선 및 친환경 에너지 생산에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다.

P공정금-84

Techno-economic and Life Cycle Analysis of Low-Temperature CO2-to-Methanol Reactive Capture and Conversion

Margareth, 이웅*
KIST
(ulee@kist.re.kr*)

An effective strategy to mitigate CO_2 emission is to capture and convert it into valuable chemicals, such as methanol. There exist two well-known CO_2 -to-methanol processes: CAMERE process and Direct Hydrogenation process, which uses CO_2 that can be obtained from conventional carbon capture. In this work, another pathway for converting CO_2 to methanol by RCC process is evaluated. Reactive Capture and Conversion (RCC) allows the conversion of the captured CO_2 directly to methanol without the desorption and compression of CO_2 , utilizing lower energy requirements than the conventional capture processes. By simulating these processes, we gain insight of the processes' advantages and disadvantages. Economic viability of the processes are evaluated from the levelized cost of methanol produced, while environmental viability from the GWI of the process. The result shows the potential of developing the RCC process further for methanol production.

P공정금-85

Investigation of Stirrer Effects on Cooling-Antisolvent Crystallization of L-Asparagine Monohydrate: Experimental and Population Balance Equation Modeling Analysis

유재은, 백승욱, 김신혁*
국립한밭대
(shinhyukkim@hanbat.ac.kr*)

This study investigates the influence of agitation speed on the crystallization of L-asparagine monohydrate (LAM) in a cooling-antisolvent batch crystallizer through experimental analysis and Population Balance Equation (PBE) modeling. Experiments conducted by varying agitation speeds and implementing distinct antisolvent feeding profiles (convex, linear, and concave) under linear cooling profile. Crystal Size Distribution (CSD) and solution concentration data collected and utilized for the parameter estimation of PBE kernels. In addition, Sobol sensitivity analysis performed to evaluate if agitation speed significantly influences the crystallization process. The results demonstrate that higher RPM enhances both nucleation and growth rates, underscoring the significant role of hydrodynamic conditions in crystallization. This study provides valuable insights into process optimization strategies, such as minimizing agitation power and reducing operation time.

P공정금-86

Vanadium Redox Flow Batteries Modeling with Snow Algorithm & OpenPNM

이승훈, 김종우*
인천대
(jong.w.kim@inu.ac.kr*)

Predicting the mass transport phenomena of electrolytes within porous electrode structures plays a crucial role in estimating the electrochemical performance of batteries. However, experimentally altering various electrode structures and electrolytes to evaluate electrochemical performance is both time-consuming and economically inefficient. Therefore, this study aims to develop an algorithm that can simulate and model electrolyte conductivity and mass transport phenomena within porous electrodes to estimate the performance of electrochemical systems. In this research, we utilized the Sub-Network of an Over-segmented Watershed (SNOW) algorithm and the Open Pore Network Modeling(OpenPNM) porous network model to reconstruct the porous electrode structures of actual vanadium redox flow batteries (VRFBs). Subsequently, we modeled the mass transport phenomena within the porous structure and developed an algorithm to generate polarization curves, providing insights into the electrochemical performance of the system.

P공정금-87

동시 상태 및 파라미터 추정을 위한 Parameter subset selection을 적용한 Moving horizon estimation

박찬경, 김보은 *
공주대
(bkim@kongju.ac.kr*)

State estimation is essential due to the limited data, unmeasurable states, and measurement noise. However, simple state estimation faces challenges, such as model uncertainty, as it assumes that model parameters are kept constant and overlooks this uncertainty. Also, the finite time interval limits the information that can be obtained. Therefore, simultaneous state and parameter estimation is needed but prone to be ill-conditioned. To address this, we present moving horizon estimation(MHE) with parameter subset selection methodology. A case study explores three methods: state estimation, simultaneous estimation of state and uncertain parameters, and simultaneous estimation of state and parameters with parameter subset selection.

P공정금-88

Effect of particle properties on thermal conductivity of thermal interface materials

이동기, 구보람*
전남대
(boram.gu@jnu.ac.kr*)

The rising demand for electronic devices and increasing power density, the risk of fire due to poor heat dissipation have become a problem. Therefore, high-performance heat dissipators are crucial to ensuring device performance and longevity. Thermal interface materials (TIMs) reduce thermal resistance between batteries and heat sinks to dissipate excessive heat and play a critical role in thermal management. In this study, we used MATLAB to generate geometry and COMSOL Multiphysics for heat transfer simulation. Aluminium nitride (AlN) was used as the filler and silicone served as the resin. We found that increasing filler volume fraction and reducing average particle size significantly improved thermal conductivity. Additionally, the simulation identified optimal particle properties to minimise performance degradation and reduce battery fire risks. These results provide insights into designing TIMs for enhanced thermal management in high-performance electronic devices.

P공정금-89

Electrosynthesis of Basic Sodium Formate from Carbon Dioxide as a Solid Hydrogen Carrier: Techno-economic Analysis and Life-cycle Assessment

이영원, Devina Thasia Wijaya[1], 신도담[1], 이강혁[1], 김형래[1], 장영환[1], 장세근[1], 이찬우[1], 나종걸*
이화여자대; [1]국민대
(jgna@ewha.ac.kr*)

Hydrogen has the potential to be an energy storage medium for sustainable development, but there are limitations, such as the high cost of storage, transportation, and phase conversion. To address these issues, we developed a novel system combining CO_2 reduction, formate-assisted water electrolysis, and fuel cell, in which the hydrogen carrier is in the form of sodium formate. To evaluate the potential of solid-state sodium formate as a hydrogen carrier, we performed a comparative techno-economic analysis (TEA) and life-cycle assessment (LCA) of the production of sodium formate from CO_2, transport and its final conversion to hydrogen, as well as the conventional hydrogen transportation scenarios. Furthermore, a comprehensive TEA and LCA of the entire novel system, extending to the electricity generation process, was conducted to demonstrate the economic feasibility and sustainability of sodium formate as a hydrogen carrier.

P공정금-90

폐플라스틱과 바이오매스의 혼합 가스화를 통한 지속 가능한 수소 생산: 기술경제성과 환경성 분석

임현서, 김지용*
성균관대
(jiyongkim@skku.edu*)

바이오매스와 플라스틱 폐기물의 개별적인 가스화의 한계를 극복하기 위해 두 자원을 함께 사용하는 혼합 가스화(co-gasification) 기술이 주목받고 있다. 혼합 가스화는 바이오매스의 탄소중립성과 플라스틱의 높은 수소 수율을 결합하여 반응의 효율성과 환경적 영향을 개선할 수 있다. 본 연구에서는 혼합 가스화 공정의 기술 경제성과 환경성을 파악하기 위해 다양한 바이오매스와 폐플라스틱의 혼합 가스화를 통한 수소 생산 공정을 설계하고 평가한다. 공정은 상용 공정 모사기를 활용하여 설계하였고, 혼합 가스화 공정과 더불어 water-gas-shift 반응 공정, pressure-swing-adsorption 공정 및 아민 CO_2 흡수 공정을 모사하였다. 본 연구의 결과는 혼합 가스화 공정에서의 바이오매스와 플라스틱 원료의 환경적, 경제적 시너지를 보여주고, 수소의 지속 가능한 에너지 생산에 대한 새로운 접근 방식을 강조한다.

P공정금-91

Sustainable biomass-to-methanol production: Optimization and techno-economic-environmental evaluation

김찬목, 김지용*
성균관대
(jiyongkim@skku.edu*)

Methanol (MeOH), with its high density, is increasingly recognized as versatile energy carrier that can be easily transported and stored. Currently, most MeOH is produced using fossil fuels such natural gas and coal. Faced with the challenges of global warming, the transition to renewable energy should be implemented. One of the appropriate alternatives is to use biomass. This study aims to identify the optimal process configuration of biomass-to-MeOH (BTM) process. To achieve this goal, we developed process simulation models to estimate the mass and energy flows of BTM process. We also developed an optimization model to identify the economically optimized BTM process. The result showed that producing the required hydrogen for MeOH synthesis through the WGS process is the most economically viable solution.

P공정금-92

엘보 배관에서의 유동가속 부식에 의한 배관 벽 두께 감소와 수력학적 매개변수 간의 상관 관계 분석

조현승, 문성인[1], 김신혁*
국립한밭대; [1]한국원자력연구원
(shinhyukkim@hanbat.ac.kr*)

Flow-accelerated corrosion (FAC) is a major degradation mechanism that damages carbon steel piping in the secondary cooling system of nuclear power plants. This study analyzes the hydrodynamic parameters affecting FAC in the elbow section to identify particularly vulnerable locations and classify them according to their direct association with wall thinning. To achieve this, accelerated FAC experiments and Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations have been conducted on elbow pipe specimens. The experiments have revealed, multiple sections prone to FAC, while CFD simulations have provided velocity and vorticity vectors. These vectors have been then decomposed into circumferential, axial, and radial components in a cylindrical coordinate system to evaluate the influence of each component on FAC. The results show that all velocity and vorticity components to contribute to wall thickness reduction due to FAC. Therefore, to accurately assess wall thinning due to FAC, It is essential to comprehensively consider both velocity and vorticity components.

P공정금-93

탄소 중립을 위한 저농도 CO_2 가스 기반 올레핀 생산 공정 개발 및 기술 경제성-환경성 평가

정해권, 김지용*
성균관대
(jiyongkim@skku.edu*)

기후변화 억제를 위한 탄소 포집 및 활용 기술 (CCUS) 개발이 활발히 이루어지는 가운데, 국내에서는 에너지 집약적인 정유 공정에서 적용 가능한 CO_2 직접 전환 반응 기반의 기술이 주목을 받고 있다. 본 연구에서는 CO_2 직접 수소화 반응을 활용하여 연간 34,000톤 규모로 배출되는 저농도 CO_2 가스 기반 올레핀 생산 공정을 개발하고, 기술 경제성 및 환경성 평가를 수행하였다. 공정은 CO_2 직접 수소화 반응기, CO_2 분리기, H_2 분리기, 탄화수소 분리기로 구성되며, CO_2, CO, H_2 비율이 4:5:1인 저농도 CO_2 가스를 활용하는 반응기의 운전 최적화를 위한 여섯 가지 공정 디자인을 제시하였다. 가장 경제성이 높고, 친환경적인 공정은 CO_2 분리기를 활용하여 반응기의 물질 비율을 조절하고, 미반응 CO_2와 H_2를 재활용하는 공정이었으며, 단위 생산 비용과 순 이산화탄소 등가 배출량은 각각 0.394 USD/kWh, -0.104 kg_{CO2}/kWh으로 도출되었다.

P공정금-94

피셔-트롭시 반응 기반 중질 탄화수소 수율 최대화 및 반응조건 분석 프레임워크 개발

최희현, 김지용*
성균관대
(jiyongkim@skku.edu*)

피셔-트롭시 반응은 화석연료 기반 액체연료 생산 기술을 대체함으로써 온실가스 저감에 기여할 수 있는 기술로 주목받고 있다. 현재 복잡한 반응 메커니즘의 피셔-트롭시 반응에서 중질 탄화수소 수율 개선을 위해 실험적인 노력이 이루어지고 있지만, 이는 비용과 시간이 많이 소요되는 한계를 지닌다. 본 연구에서는 머신러닝 모델 및 유전 알고리즘 기반의 최적화 모델을 통해 피셔-트롭시 반응에서의 중질 탄화수소 수율을 개선하고 반응조건을 분석하는 프레임워크를 제안한다. 개발된 머신러닝 모델은 실험 기반의 피셔-트롭시 반응 결과를 대체하고, 최적화 모델은 일산화탄소 전환율 및 중질 탄화수소 선택도 향상을 위한 다목적 최적화를 수행하여 반응기의 수율 향상 전략을 도출한다. 실험 기반의 기존 연구 방식과 더불어 새로운 머신러닝 기법을 도입함으로써 효과적인 결과 분석을 통해 산업 기술 개발에 도움이 되는 지침을 제공하였다.

P공정금-95

중대 사고 시나리오에 따른 PAR 시스템 최적화

장인정, 전락영[1], 박종규[1], 이창하[1], 김신혁*
국립한밭대; [1]연세대
(shinhyukkim@hanbat.ac.kr*)

This study aims to optimize the Passive Autocatalytic Recombiner (PAR) to effectively remove radioactive materials and hydrogen released during severe accidents in nuclear power plants. To achieve this, Computational Fluid Dynamics (CFD) has been utilized to ensure the smooth operation of the PAR system under hypothetical severe accident scenarios. The core principle of this technology is that it operates automatically within the containment building without any external power when the hydrogen concentration in the surrounding environment increases. Therefore, to ensure the effective functionality of PAR system under severe accident conditions, this study conducts CFD-based optimization.

First, a hypothetical scenario where pressure decreases after a severe accident has been developed to model an optimized PAR system configuration. Based on the results obtained from Design of Experiments (DOE), a Response Surface Model (RSM) has been constructed to optimize the adsorption bed and catalyst plate. The results demonstrate that the newly designed PAR system can operate most economically and efficiently under severe accident scenarios.

P공정금-96

Techno-Economic Analysis and Modeling Hydrodeoxygenation for Sustainable Aviation Fuel

Nurul Fuadi Pratiwi Sulaiman, 김혜림, 김경수*
KIST
(kyeongsu@kist.re.kr*)

Biomass-derived energy is a promising alternative to fossil fuels, offering both carbon reduction benefits and energy security. Among various biofuel production pathway, fast pyrolysis of lignocellulosic biomass is a well-established process that converts biomass into pyrolysis oil, providing a higher energy density liquid fuel intermediate. While pyrolysis has been commercialized, upgrading pyrolysis oil through hydrodeoxygenation (HDO) remains in the early stages of development. Recent advancements in bio-oil hydrotreating include the integration of a low-temperature stabilizer reactor prior to one-stage hydrotreaters, improving process efficiency. This study focuses on developing a carbon-neutral sustainable aviation fuel (SAF) production technology through the catalytic conversion of lignocellulosic biomass. A base case process simulation is designed, incorporating HDO reaction modeling using several key parameters. The impact of HDO on techno-economic performance is evaluated to assess the feasibility of large-scale SAF production. The results provide insights into optimizing biofuel pathways for a more sustainable energy future.

P공정금-97

Dynamic Life Cycle Assessment of LiB for Electric Vehicles Considering Battery Degradation and National Grid Mix Decarbonization

최강현, 이수현, 노고산*
충남대
(ksroh@cnu.ac.kr*)

Electric energy use for driving electric vehicles (EVs) and the associated greenhouse gas emissions (GHGs) during their “use phase” significantly vary due to battery degradation, driving scenario, and long-term changes in a power grid mix. These variations cause considerable uncertainty in quantifying environmental impacts in life cycle assessment (LCA). To address these issues, we conduct a dynamic LCA (d-LCA) of lithium-ion battery (LiB)-powered EVs to calculate the cumulative GHG emissions, considering long-term changes in the carbon footprint of national power grids mix in four countries (Germany, Norway, South Korea, and Poland). Multiple modeling approaches for estimating the energy use during the use phase of EVs are compared. Our results reveal that the cumulative GHG emissions vary substantially depending on the modeling approach and the carbon footprint of the national power grid, highlighting the need for robust assumptions and modeling to ensure reliable analysis of the environmental impact of LiB-driven EVs

P공정금-98

Foundation Model to Accelerate Oxygen Evolution Reaction Catalyst Discovery

두하영, 나종걸*
이화여자대
(jgna@ewha.ac.kr*)

Understanding catalysts properties typically relies on density functional theory (DFT) calculations, which offer high accuracy but are computationally expensive. Machine learning interatomic potentials (MLIPs) provide an efficient alternative, approximating DFT-level accuracy at lower costs. However, predicting total energy and atomic forces for oxygen evolution reaction (OER) catalysts, particularly complex metal oxides, remains challenging due to their intricate properties. Here, we present a foundation model based on MLIPs to accurately predict the physical properties of OER catalysts. Using these predicted values, we assess stability by computing Pourbaix decomposition energy and constructing diagrams, while activity is evaluated by predicting overpotential at different current densities, providing a quantitative measure of efficiency. Ultimately, integrating experimental data enables a multi-fidelity prediction model, enhancing reliability and accuracy under realistic electrochemical conditions. By bridging computation and experiments, this research advances electrocatalyst discovery and autonomous synthesis for next-generation energy technologies.

P공정금-99

Development of a Novel Process for Calcium Formate Production via CO_2 Hydrogenation with Acetone as a Anti-Solvent

윤택상, 윤하영, 박홍진, 윤성호, 이철진*
중앙대
(cjlee@cau.ac.kr*)

Carbon Capture and Utilization (CCU) technologies have emerged as a key solution in order to contribute to mitigating the increasingly severe global warming and to achieve the goal of carbon neutrality, which involves reducing net carbon dioxide emissions to zero by 2050. Recently, a process for the economic and environmentally friendly production of calcium formate($Ca(HCO_2)_2$) has been proposed. However, this process faces the challenge of requiring a considerable amount of energy for water evaporation during the separation stage. This study proposes a novel process to address the issue of steam usage, which constitutes the largest cost in the production of $Ca(HCO_2)_2$ via CO_2 hydrogenation. Specifically, acetone is introduced as a anti-solvent to facilitate the precipitation and separation of the product. Previous studies have reported a decrease in the solubility of $Ca(HCO_2)_2$ in a binary solvent mixture of water and organic solvents. Additionally, the evaporation enthalpy of acetone is 30.1 kJ/mol at 56℃, lower than that of water (40.7 kJ/mol at 100℃), suggesting that the use of acetone may reduce steam consumption.

P공정금-100

Exploring the Role of H_2O_2 in Biogas Oxy-Combustion: A CFD-Based Approach

Ariyan Zare ghadi, 구보람*
전남대
(boram.gu@jnu.ac.kr*)

This research conducts a computational study on biogas combustion using an oxidizer blend of O_2, CO_2, and H_2O_2. The analysis focuses on a furnace featuring a swirl burner. The biogas, consisting of methane and carbon dioxide, serves as the fuel. Hydrogen peroxide is added via the oxidizer inlet at varying mass fractions to assess its impact on combustion behavior. The realizable k-ε is used to model the turbulence effects, and the Eddy Dissipation Concept (EDC) is applied to consider the influence of turbulence on the chemical kinetics. It is found that increasing the concentration of H_2O_2 in the oxidizer increases the flame temperature and heat flux to the furnace walls, contributing to enhanced thermal energy extraction. Furthermore, higher H_2O_2 levels lead to an increase in CO and H_2O concentrations within the furnace, while CO_2 levels decline.

P공정금-101

Microkinetic Modeling of Methane Dehydroaromatization (MDA) for BTX Production: A Kinetic Monte Carlo Approach

노채연, 이채은, 윤채원, 정한샘, 나종걸*
이화여자대
(jgna@ewha.ac.kr*)

Methane Dehydroaromatization (MDA) is a promising technology for converting idle methane, generated from the electrification of naphtha cracking, into benzene, toluene, and xylene (BTX). However, the Mo/HZSM-5 catalyst used in this reaction suffers from low BTX yield and rapid deactivation, necessitating a deeper understanding of its reaction kinetics. In this study, a microkinetic model of the MDA reaction was developed using the kinetic Monte Carlo (kMC) method. The model incorporates 54 surface reactions along with key kinetic parameters such as activation energy, pre-exponential factors, and interactions between reaction sites to accurately simulate catalyst behavior. Additionally, compartment modeling was applied to analyze the evolution of reaction intermediates, enabling a more in-depth investigation of kinetic characteristics at the reactor scale. This study provides a quantitative analysis of MDA reaction pathways and fundamental insights for optimizing catalyst design and reactor performance.

P공정금-102

Non-Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances Design: First-Principles Calculations and Data-Driven Inverse Design

전민경, 홍예진, 신다은[1], 최혜연[2], 나종걸*
이화여자대; [1]서울대; [2]Georgia Institute of Technology
(jgna@ewha.ac.kr*)

With increasing environmental and health concerns related to per- and polyfluoroalkyl substances, extensive research is being conducted to develop safer and more sustainable alternatives. This study aims to facilitate the design of non-perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl surfactants by focusing on two key material properties: surface tension and critical micelle concentration. We propose a methodology that leverages conductor-like screening model-based quantum chemical predictions to construct a comprehensive database for a wide range of surfactants. To enhance the validity of calculations, we develop a surface tension database systematically measuring surfactant behavior across various concentration ranges, which serves as input for property prediction models. Additionally, we extract key properties such as solubility to establish a robust property database. Finally, utilizing inverse design techniques, we aim to identify and develop viable surfactant alternatives. This approach provides a data-driven framework for the rational design of environmentally friendly surfactants with optimized performance characteristics.

P공정금-103

Inverse Design of Surfactants with Superior Surface Tension Reduction Using Pre-trained Property Prediction Models and Reinforcement Learning-Driven Combinatorial Chemistry

홍예진, 전민경, 신다은[1], 최혜연[2], 나종걸*
이화여자대; [1]서울대; [2]Georgia Institute of Technology
(jgna@ewha.ac.kr*)

Widely used for their excellent surface tension reduction, polyfluoro and perfluoro surfactants are increasingly being replaced by non-PFAS alternatives due to growing environmental regulations. However, discovering suitable alternatives requires careful consideration of various physicochemical properties, a process that is both time-consuming and costly. This study aims to accelerate the surfactant design process by integrating data-driven artificial intelligence (AI) and simulation-based approaches. To achieve this, we leveraged pre-trained models along with curated surfactant property data from first-principles calculations and literature sources, developing predictive models for key surface properties. Furthermore, we apply these models to a reinforcement learning-based combinatorial chemistry framework, enabling the efficient exploration of novel surfactants with desired properties. Through this approach, we propose promising candidate structures as potential PFAS alternatives. Our framework not only accelerates surfactant discovery but also enhances understanding of structure-property relationships, contributing to more efficient and sustainable material design.

P공정금-104

수소 생산 방식에 따른 E-Methanol의 LCA 분석

조예은, 임준택, 이호재[1]*, 김도현, 윤지호, 천동준
홍익대; [1]홍익대
(hojaelee@hongik.ac.kr*)

본 연구는 다양한 수소 생산 방식이 탄소 포집 및 활용(CCU) 기술을 적용한 메탄올 생산 공정의 환경 성과에 미치는 영향을 종합적으로 분석하는 것을 목적으로 한다. Aspen Plus를 활용해 CO_2 직접 수소화 기반 메탄올 생산 공정을 모델링하고, 전 과정 평가(Life Cycle Assessment, LCA) 방법론을 통해 수소 생산 방식에 따른 메탄올 생산의 탄소 배출량, 에너지 소비 및 기타 환경 지표 변화를 정량적으로 평가한다. 전력을 사용하는 수소 생산 기술의 경우, 전력원의 유형에 따른 시나리오를 구분하여 환경적 성과를 세분화해 분석한다. 전과정 평가 범위를 메탄올 생산 공정에서 그치지 않고, 최종 사용 단계까지 포함하는 Well-to-Wheel 접근 방식을 적용하여 보다 포괄적인 환경적 영향을 분석한다. 분석 결과를 바탕으로 CO_2 직접 수소화 메탄올이 국내 청정 메탄올 기준을 충족하는지 검토하며, 향후 기술 적용 가능성에 대한 통찰을 제공한다.

P공정금-105

철강 부생가스를 활용한 저탄소 메탄올 생산을 통한 온실가스 감축 방안

임준택, 천동준, 윤지호, 김도현, 이호재*
홍익대
(hojaelee@hongik.ac.kr*)

South Korea has established a national greenhouse gas (GHG) reduction target to cut emissions by 40% compared to 2018 levels by 2030. In particular, the steel industry accounts for approximately 17% (115 million tons) of the country's total GHG emissions, necessitating active efforts to reduce emissions. This study explores a strategy for reducing GHG emissions while simultaneously producing an economically viable product by utilizing CO_2 from byproduct gases generated in the steelmaking process and H_2 . To achieve this, three economic feasibility cases of the Direct Hydrogenation process are analyzed to propose the optimal low-carbon methanol production process. The three cases are as follows: 1) A process utilizing imported H_2 2) A process utilizing H_2 produced via water electrolysis 3) A process utilizing H_2 produced through water electrolysis powered by renewable energy.Given the urgent need for CO_2 reduction in the steel industry and the growing demand for clean fuels, methanol synthesis technology offers an effective solution by capturing CO_2 from steel byproduct gases and producing low-carbon methanol, thereby contributing to GHG mitigation.

P공정금-106

Optimization of CO2ER by designing copper catalyst

강은솔, 이웅*, 김현욱
한국과학기술연구원
(ulee@kist.re.kr*)

Carbon capture and utilization (CCU) is essential for reducing CO_2 emissions by converting CO_2 into valuable products. Among CCU strategies, electrochemical CO_2 reduction (CO_2 ER) is promising as it directly transforms CO_2 into carbon-based chemicals using renewable electricity. This study investigates CO_2 ER in a Membrane Electrode Assembly (MEA), a system that enhances mass transport and reaction efficiency. Catalyst design critically affects CO_2 ER performance by influencing product selectivity and reaction kinetics. We evaluate various catalyst structures and compositions through computational modeling and experimental validation. Our model considers electrochemical parameters, mass transport, and charge transfer kinetics to determine optimal catalyst configurations. This work provides insights into catalyst optimization and performance prediction, contributing to CO_2 ER advancement.

P공정금-107

베이지안 최적화 기반 3D 프린터 노즐 설계 최적화

장호욱, 이호재*
홍익대
(hojaelee@hongik.ac.kr*)

Fused Deposition Modeling (FDM) 방식의 3D 프린터는 열가소성 수지 필라멘트를 고온의 노즐에서 녹여 적층 함으로써 3차원 형상을 제작하는 기술이다. FDM 방식은 구조가 간단하고 사용이 용이하며 비용이 상대적으로 저렴하다는 장점이 있으나, 표면 품질이 매끄럽지 않고 세부 형상 구현에 한계가 있어 정밀한 제품 제작에는 부적합하다는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 Bayesian Optimization과 ANSYS 시뮬레이션을 활용하여 3D 프린터의 플라스틱 사출 공정에서 노즐 설계를 최적화함으로써 출력 품질을 향상시키는 방법을 연구하였다. 선행 연구를 기반으로 출력 품질에 영향을 미치는 주요 설계 변수로 노즐 직경, 노즐 길이, 노즐 내부 경사각, 노즐 온도 등을 선정하였다. 이후, ANSYS 시뮬레이션을 이용하여 출력 품질을 평가하고, 이를 최대화하는 것을 목적함수로 설정한 후 Bayesian Optimization 기법을 적용하여 최적의 설계 조건을 도출하였다. 그 결과, 기존의 실험적 접근 방식 대비 설계 비용을 절감하고, 최적 설계 조건 탐색 시간을 단축하였다. 향후, 도출된 최적 설계 조건을 실제 3D 프린터 출력 실험을 통해 검증하고, 시뮬레이션 결과와의 일치도를 평가할 계획이다. 더 나아가, 정밀 부품 제조에 적합한 최적 설계 연구로 확장하여 추가 연구를 수행할 예정이다.

P공정금-108

철강산업 부생가스의 건식 개질을 통한 메탄올 생산의 기술 경제성 평가

천동준, 임준택, 김도현, 윤지호, 이호재*
홍익대
(hojaelee@hongik.ac.kr*)

기후 변화 대응을 위한 국제적인 협약인 파리협정에 따라 정부는 온실가스 감축 목표를 수립하였다. 우리나라의 철강산업은 국가 온실가스 배출량의 약 17%를 차지하는 주요 배출원이다. 본 연구는 철강산업의 이산화탄소 배출을 줄이기 위해 탄소 포집 및 활용(Carbon Capture and Utilization, CCU) 기술을 적용하여 온실가스 감축과 경제 성장을 동시에 추구하는 지속가능한 발전 방안을 모색한다. Aspen Plus를 이용해 철강 부생가스와 천연가스의 건식 개질(Dry Reforming of Methane, DRM)을 통한 합성가스(Syngas) 생성 공정 및 이를 이용한 메탄올 생산 공정을 모델링한다. 기술 경제성 평가(Techno-Economic Analysis, TEA)를 진행하여 모델링된 공정의 주요 장비 비용, 운영 비용을 추정하고 현금 흐름을 분석하여 경제성을 평가한다. 철강산업의 탄소 배출 저감과 경제적 효율성을 동시에 고려한 탄소 포집 및 활용 기술의 적용 가능성을 평가함으로써, 국가 온실가스 감축 목표 달성에 기여할 수 있는 실질적인 방안을 제시한다.

P공정금-109

Simulation-Based Optimization of Reactor Design for Methane-to-BTX Conversion: Impact of Operating Conditions

정한샘, 나종걸*, 이채은, 윤채원, 노채연
이화여자대
(jgna@ewha.ac.kr*)

As fossil fuel resources decline, natural gas, primarily methane, is emerging as an important alternative energy source. However, its limited direct applications necessitate conversion into high-value chemicals like benzene, toluene, and xylene (BTX) for economic and environmental benefits. Recent research on BTX production from shale gas using a Mo/HZSM-5 catalyst highlights the advantages of CO_2 co-feeding, which enhances catalyst stability, extends reactor operation, and reduces coke formation while promoting hydrogen production. Additionally, reaction conditions such as temperature, gas hourly space velocity (GHSV), and catalyst composition, as well as reactor configuration, significantly influence process efficiency and product yield. This study aims to further optimize methane-to-BTX conversion by simulating a kinetic model from previous research. We will investigate the effects of temperature, GHSV, and Mo loading on CH_4 conversion, BTX yield, and coke formation. Additionally, axial and radial reactor designs will be compared by varying length and catalyst bed thickness.

P공정금-110

A Bayesian Optimization Strategy for PDMS Property Design

전예린, 유경환*
국립순천대
(khryu@scnu.ac.kr*)

Polydimethylsiloxane (PDMS) features broad utility in applications ranging from microfluidics to biomedical devices. However, optimizing its properties can be challenging due to the complex interactions among formulation variables. We propose a Bayesian optimization framework to identify PDMS design that meet targeted performance goals while minimizing experimental effort. An initial Latin Hypercube Sampling design ensures broad coverage of the formulation space, after which a Gaussian Process model predicts property values. Using a batch Bayesian optimization strategy with a q-Expected Improvement acquisition function, multiple candidate formulations are proposed in parallel. Each experimental round refines the model, rapidly converging on PDMS recipes with desired characteristics. This method significantly reduces trial-and-error, offering a systematic path to accelerated PDMS property design.

P공정금-111

제올라이트 기반의 PSA 프로세스를 활용한 천연가스의 이산화탄소 제거와 에너지 소비 분석

강승구, 윤지섭, Zhen Hao Lee, Nargiza Norkobil kizi Odilova,
임명균, 박재득, 신지호, 김기웅*
한국화학연구원
(kwkim@krict.re.kr*)

Removing acid gases during natural gas processing requires significant energy, so an efficient CO2 separation technology is needed to replace conventional amine scrubbing. Aspen modeling was performed using vacuum pressure swing adsorption (VPSA) process data using Cu-modified zeolite adsorbent. Adsorption isotherms for CO2, N2, and CH4 on the Cu-modified zeolite adsorbent were measured, and adsorption equilibrium parameters were estimated using dual-site Langmuir isotherms. Single-component breakthrough experiments subsequently were performed and mass transfer rate parameters were estimated using these measured dynamic data, yielding values of 0.35, 0.5, and 0.5 s−1 for CO2, N2, and CH4, respectively. The VPSA process based on the modified Skarstrom cycle was constructed, and for feed conditions of CH4, CO2, and N2 ratio of 80, 10, and 10 vol%, the CO2 recovery and CH4 recovery rates were confirmed to be 70.1% and 90.0%, respectively. Subsequently, multi-objective optimization was performed on CO2 recovery and CH4 recovery to obtain the Pareto frontier curve. Based on this, aspen modeling was performed.

P공정금-112

DAC 및 통합 RCC를 활용한 CO_2 활용: 기술경제성 분석 및 전과정평가

박나연, 박준우, 나종걸[1], 김경수*
한국과학기술연구원; [1]이화여자대
(kyeongsu@kist.re.kr*)

Direct Air Capture (DAC) and Reactive Capture and Convesrion (RCC) are emerging technologies for carbon dioxide utilization that offer significant potential for mitigating climate change while producing valuable products. Unlike conventional CO_2 capture methods, integrated RCC processes simultaneously capture and convert CO_2 , resulting in considerable energy savings and enhanced economic viability. In this study, we explore the latest advancements in DAC and both thermal and electrochemical RCC technologies, focusing on their potential for efficient CO_2 utilization. A comprehensive techno-economic analysis (TEA) and life-cycle assessment (LCA) are performed to evaluate the production and conversion of syngas compared to conventional methods. The TEA and LCA are extended to assess the entire system, including electricity generation, to demonstrate the economic feasibility and sustainability of syngas. Based on these findings, future challenges and research directions for DAC and RCC technologies are discussed, highlighting the role of bifunctional materials in advancing CO_2 utilization.

P공정금-113

UKF-enhanced nonlinear model predictive control for mammalian cell perfusion culture

김동규, 박시양, 홍무선*
서울대
(moosun@snu.ac.kr*)

Perfusion cell culture enables high viable cell density (VCD) and pseudo-steady-state operation, making it a promising platform for biopharmaceutical production. However, controlling mammalian cell cultures remains challenging due to nonlinearity and time-varying dynamics. To enhance control robustness, a nonlinear model predictive control (NMPC) strategy integrated with a parameter-adaptive unscented Kalman filter (UKF) is introduced for mammalian cell perfusion culture. The UKF continuously estimates both model parameters and external disturbances, enabling real-time model adaptation and improved predictive accuracy. The NMPC then solves a nonlinear optimization problem to optimize control inputs. Simulation results demonstrate that the parameter-adaptive UKF effectively adjusts model parameters at each control step. With the updated model, NMPC accurately tracks reference trajectories for VCD, glucose concentration, and working volume while maintaining an equality constraint on the cell-specific perfusion rate. This model adaptation-based control approach is expected to be applicable to various biopharmaceutical processes and control objectives.

P공정금-114

Sequential D-optimal design for robust modeling of Pichia pastoris bioreactor

박시양, 조영현, 홍무선*
서울대
(moosun@snu.ac.kr*)

Pichia pastoris, a yeast that utilizes glycerol and methanol as energy sources, is widely used for recombinant protein production, and process modeling studies have been conducted to predict its fermentation dynamics. However, with slow kinetics and long time scales, the availability of experimental dataset is inherently limited. Additionally, the strong nonlinearity of biochemical reactions makes inappropriate experimental conditions detrimental to kinetic parameter estimation. To address these challenges, a process-specific D-optimal design is introduced to improve the robustness of kinetic parameter estimation. In a series of modeling experiments, feed flow rates and initial fed-batch conditions are sequentially optimized to maximize cumulative information for the Pichia pastoris fermentation process. The effectiveness of this approach is validated through comparisons with randomly selected experiments within the optimization bounds. Further refinements, including process time and sampling time optimization enhance the precision of parameter estimates, demonstrating potential of this approach for improving fermentation process modeling.

P공정금-115

Multi-Objective Optimization of Lignin-to-Vanillin Production Process for Minimization Cost and CO_2 Emissions

이윤규, 정동휘*
울산대
(jdonghwi@ulsan.ac.kr*)

The biomass conversion process is a sustainable technology that reduces dependence on fossil resources. In particular, lignin is attracting attention due to its potential for valorization in various industries, such as polymers, fuels, and additives. However, economic and environmental enhancements are required for industrial implementation. In this study, a multi-objective optimization framework (MOOF) was developed to minimize both the operating cost and CO_2 emissions of the conventional lignin-to-vanillin production process. The process was simulated using Aspen Plus, and the impact of key variables on operating costs and CO_2 emissions was analyzed. Subsequently, surrogate models for five selected variables were constructed and integrated into a MOOF to determine the optimal operating conditions. As a result, the optimal process achieved reductions of 10% in operating cost and 32.6% in CO_2 emissions compared to the conventional process.

P공정금-116

Evaluation of Hydrogen-Based Ironmaking Process in Techcno-Economic and Environmental Analysis

김유리, 이정철, 손상환[1], 정동휘*
울산대; [1]부산대
(jdonghwi@ulsan.ac.kr*)

Hydrogen as a reducing agent does not generate CO_2, unlike coal or natural gas, thereby reducing greenhouse gas emissions. Since steelmaking is a major source of carbon emissions, the development of hydrogen-based technologies is becoming increasingly important. In this study, the Hydrogen Reduction (HyREX) model was developed using Aspen Plus, which produces direct reduced iron (DRI) using green hydrogen and green electricity. Based on the simulation, techno-economic and environmental assessments were conducted and compared with conventional steelmaking technologies such as the BF-BOF. As a result, the production cost per ton of DRI was about 4.6 times higher than the BF-BOF due to the high energy consumption and the use of green hydrogen. On the other hand, CO_2eq emissions were reduced by more than 67% compared to BF-BOF. The economic feasibility and sustainability were evaluated by considering the utilization of byproducts, price fluctuations, and the proportion of renewable energy.

P공정금-117

Machine learning-based prediction of battery remaining useful life using incremental capacity features

이정철, 이윤규, 정동휘*
울산대
(jdonghwi@ulsan.ac.kr*)

Battery aging, driven by factors such as material degradation and oxidation reactions, inevitably occurs, making accurate prediction of the remaining useful life (RUL) essential for effective battery management. However, predicting RUL remains challenging due to complex degradation mechanisms and diverse usage patterns. Consequently, research into machine learning (ML)-based RUL prediction models has gained significant interest. This study aims to implement an accurate RUL prediction model by systematically evaluating data preprocessing methods, feature extraction techniques, and ML algorithms. Appropriate preprocessing techniques were applied to remove noise and outliers from experimental data. The correlation between capacity and features extracted from IC curves was analyzed to identify the optimal features. Finally, the performance of various ML algorithms was compared using R^2 scores. By selecting optimal methods at each stage, we identified a highly accurate RUL estimation model.

P공정금-118

Process Modeling and Sustainability Assessment of Blue and Turquoise Hydrogen Production

김동국, 김유리, 정동휘*
울산대
(jdonghwi@ulsan.ac.kr*)

Hydrogen energy is gaining attention as a next-generation eco-friendly energy source. In particular, with the reinforcement of carbon tax, turquoise hydrogen, which is produced without CO_2 emissions while generating solid carbon as a byproduct, has attracted significant interest. In this study, two hydrogen production processes were modeled and analyzed using Aspen Plus: a blue hydrogen production process that combines steam methane reforming with sorption-enhanced water gas shift, and a turquoise hydrogen production process that integrates direct methane cracking with pressure swing adsorption. The economic feasibility of both processes was evaluated and compared. The results indicate that the blue hydrogen process is more efficient at converting methane to hydrogen and incurs lower production costs. Considering fluctuations in carbon tax and the market price of solid carbon, the turquoise hydrogen process also demonstrates significant competitive potential.

P공정금-119

Sustainable Nitric Acid Recycling: Converting Glucose-Derived NO_x Gas Emissions into Recycled Nitric Acid Resources

이주홍, 임원빈, 민진규, 이재룡, 이근호, 김이천, 봉하송, 김성호, 배지홍, 허필호*
부산대
(pilho.huh@pusan.ac.kr*)

Recycled nitric acid was synthesized using NO_x gas generated from the reaction of glucose and nitric acid. The reaction of glucose and nitric acid undergoes a complex oxidation process, in which nitric acid acts as an oxidizing agent and is reduced to form nitrogen dioxide. The flow rate and amount of NO_x gas generated from the reaction of 70% nitric acid aqueous solution and 25-90% diluted glucose were quantitatively evaluated. NO_x gas exists in the form of NO and NO_2, and NO_2 gas reacts with H_2O to synthesize nitric acid. NO gas has low reactivity with H_2O, it was additionally converted to NO_2 gas through a reaction with oxygen. In this study, the ion concentration and oxidation reduction potential(ORP) of the generated solution were measured using a pH meter, and gases were detected using gas analyzer. Nitric acid of various concentrations was successfully synthesized and recycled, suggesting the potential for future development in the aspect of industrial nitrogen oxide recycling.

P공정금-120

Trial and error tuning based on SOPTD (Second Order Plus Time Delay)

이류하, 임창규, 김지윤, 천유진[1], 성수환*
경북대; [1]TBB
(suwhansung@knu.ac.kr*)

Design of a PID controller involves the process activation, process identification and the application of tuning rules. However, process identification in actual industry is very challenging due to rapid workflows and complex control structures. Therefore, the controller design applied on-site requires a process of directly finding suitable parameters through Trial-and-Error. This study proposes a Trial-and-Error tuning rule that utilizes the Second Order Plus Time Delay (SOPTD) model, which can be quickly applied on-site and enhance control performance. The effects of each SOPTD model parameter on the behavior of the control system were analyzed and the Trial-and-Error tuning method was developed to eliminate unnecessary behaviors. This tuning rule was applied to a Liquid Level Control system (LLC) consisting of a third-order process, confirming that it could achieve the desired performance.

P공정금-121

암모니아 분해를 통한 수소 생산 공정에서 PSA와 Membrane 분리 기술 비교

조주연, 안수민, 이철진*
중앙대
(cjlee@cau.ac.kr*)

As the need to address climate change and reduce greenhouse gas emissions increases, hydrogen is gaining attention as a clean energy source. Ammonia (NH_3) is considered a promising hydrogen carrier due to its high hydrogen content, cost-effective storage, and transportation potential. This study aims to compare Pressure Swing Adsorption (PSA) and Membrane separation technologies in the hydrogen production process via ammonia decomposition to propose an optimal process.

O분리목-1

다양한 나노다공성 필러가 포함된 혼합매질막(MMM)의 기체 분리 특성

강미소*
한국화학연구원
(kmiso0810@gmail.com*)

Mixed-matrix membranes (MMMs) have attracted considerable attention for CO_2 separation due to their ability to address the trade-off between permeability and selectivity. This study examines how filler properties—specifically particle morphology, pore structure, pore size, pore volume, and interfacial characteristics—affect gas transport in MMMs. Various nanoporous fillers were embedded in polymer matrices to assess their impact on permeability and selectivity. Fillers with well-defined pore structures and optimal pore sizes facilitated gas diffusion and molecular sieving, enhancing CO_2 /N_2 and CO_2 /CH_4 selectivity. Materials with high pore volumes contributed to greater CO_2 permeability, and chemical interactions between organic linkers and the polymer matrix improved filler dispersion and adhesion. These enhancements minimized defects and boosted separation performance. The findings offer valuable guidance for designing high-efficiency MMMs for CO_2 capture.

O분리목-2

금속 복합 분리막의 촉매층 두께에 따른 수소 투과 특성 연구

김현욱, 이찬현*, 박재현
울산대
(chhylee@ulsan.ac.kr*)

2024년 세계기상기구 보고에 따르면 대기 중 온실가스(CO2, CH4, N2O) 농도가 지난 10년간 지속 증가했으며, 주요 원인으로 화석연료 사용이 지적되었다. 이에 신재생 에너지원에 대한 관심이 높아지는 가운데, 수소가 차세대 에너지원으로 주목받고 있다. 그러나 산업적으로 생산되는 대부분의 수소는 화석연료 기반 공정을 통해 얻어지며, 고순도 수소(H2>99.97%, CO2<2ppm, CO<0.2ppm) 정제 기술이 필요하다. 본 연구에서는 수소 선택도가 높은 Pd/Ta 금속 복합 막을 진공 증착 방식으로 제조하고, 촉매층 두께별 수소 투과 특성을 평가하였다. 10~100 nm 범위에서 Pd 촉매층을 주입부(feed)와 투과부(permeate)에 조절하여 제작한 결과, 촉매층 두께에 따라 수소 투과 특성이 변하며, 최대 수소 투과 플럭스는 12 cm3/cm2min, Permeability는 7x10-7 mol/(m·Pa0.5s)로 나타났다. 특히, 주입부 촉매층 두께가 수소 해리 반응 및 투과 플럭스에 큰 영향을 미쳤다. 본 연구는 Pd 사용량을 최소화하면서도 높은 수소 투과 성능을 갖는 금속 복합 막 제조에 기여할 것으로 기대된다.

O분리목-3

Enhanced Biobutanol Purification Using Graphene Oxide–Lignin Composite Membranes

최우영, Ryan P. Lively[1], 김대우*
연세대; [1]Georgia Institue of Technology
(audw1105@yonsei.ac.kr*)

With the increasing demand for sustainable biofuels, biobutanol derived from lignocellulose has emerged as a promising alternative to fossil fuels. However, the efficient separation of biobutanol remains a significant challenge. To address this issue, we have developed a high-pressure liquid-liquid separation strategy utilizing graphene oxide-lignin (GOL) composite membranes for biobutanol purification. This innovative approach repurposes lignin, a byproduct of biobutanol production, into a valuable membrane component. Unlike conventional graphene oxide (GO) membranes, which typically reject butanol, GOL membranes demonstrate butanol-favored permeation. Additionally, the incorporation of lignin enhances the stability of the membranes through crosslinking interactions between GO and lignin, while simultaneously enabling more efficient biobutanol separation. Complementing these advancements, our studies also highlight the overall process efficiency of this separation strategy, underscoring its potential for industrial application.

O분리목-4

ZnO 원자층 증착을 이용한 프로필렌/프로페인 분리를 위한 PIM-1 기반의 ZIF-8 분리막

위정수, 김태환[1], 엄기원[1], 고동연*
한국과학기술원; [1]숭실대
(dongyeunkoh@kaist.ac.kr*)

Due to the energy- and cost-intensive nature of separating propylene from propane via conventional distillation, membrane-based separation technologies, particularly Zeolitic Imidazolate Framework-8 (ZIF-8), have gained significant attention for their excellent separation performance. This study proposes a method for fabricating ZIF-8 membrane that improves scalability through a vapor-phase process. Atomic Layer Deposition (ALD) was employed to deposit Zn onto a PIM-1 substrate, followed by infiltration of vaporized 2-methylimidazole to induce conversion into ZIF-8. The process resulted in the formation of a novel membrane structure in which polymer chains and ZIF-8 crystals are intricately interwoven at the polymer surface. The resulting membrane, grown within the polymer support like a mixed-matrix membrane (MMM), exhibits characteristics close to those of a polycrystalline structure. Furthermore, this membrane demonstrated exceptionally high propylene permeability along with superior propylene/propane selectivity.

O분리목-5

Pebax polymeric composite membranes for CO_2 separation

성문숙, 이종석*
서강대
(jongslee@sogang.ac.kr*)

Polyether block amide (Pebax), consisting of a rigid polyamide (PA) block and a soft polyethylene oxide (PEO) block, is a promising material for CO_2 separation due to its favorable mechanical properties and selective affinity for CO_2. However, fabricating defect-free asymmetric Pebax membranes remains challenging due to various material and processing limitations. In this presentation, I will discuss a systematic approach to fabricating asymmetric Pebax membranes in flat-sheet configurations by tailoring the textural and physicochemical properties of the polydimethyl siloxane (PDMS) gutter layer and Pebax membrane.

O분리목-6

고도로 상호 연결된 삼중 다공성 반전 오팔 구조 TiO_2 멤브레인을 활용한 향상된 광촉매 수처리

손혜정, 장호석[1], 김정환[1], 이창수*
국립부경대; [1]인하대
(cslee21@pknu.ac.kr*)

Developing efficient photocatalytic membranes is crucial for addressing increasing water contamination challenges. This study introduces a novel trimodal porous TiO_2 membrane with an inverse-opal structure, designed to enhance pollutant degradation. The hierarchical porosity incorporating macropores, mesopores, and micropores was achieved through a template-assisted synthesis using a polystyrene opal layer, P123 surfactant, and NH_2 -MIL-125(Ti) metal-organic framework (MOF). This well-structured porous network promotes effective mass transfer and maximizes active site availability for photocatalytic reactions. Performance evaluations revealed significantly improved pollutant degradation efficiency, attributed to the synergistic effects of the hierarchical pore structure and active Ti-O-H surface sites. These results underscore the potential of this advanced membrane as a scalable and sustainable solution for water purification.

O분리목-7

폐리튬전지 내 유기용매 회수를 위한 pH 스윙-줄 가열 듀얼 분리막 제작

박채빈, 정상현*
부산대
(sh.jeong@pusan.ac.kr*)

As spent Li-ion batteries (LIBs) raise critical environmental concerns, recycling them is essential for resource sustainability. While numerous studies have focused on recovering valuable metals such as cobalt and lithium, recovering organic solvents from LIB electrolytes remains underexplored.This study proposes a novel method for efficiently recovering organic solvents from spent LIBs using a newly developed gas separation membrane, which is composed of three functional layers: a support layer, a Joule heating layer, and a selective separation layer. The boiling points can be manipulated through pH-swing, and vaporization is induced by Joule heating. The selective layer ensures high separation efficiency or selectivity by discriminating the organic solvents from other components in the electrolyte.Compared to conventional distillation methods, this approach offers a highly energy-efficient alternative. Recovering organic solvents not only reduces environmental impact, but lowers product costs for new batteries. This innovation represents a significant step toward sustainable LIB recycling and contributes to the broader goals of carbon neutrality and circular economy.

O분리목-8

Fine-Tuned Additive Design of Scaffold-Free Porous Mg as Optimal Hydrogen Storage System

김현지, 강태혁, 송영길[1], 허태욱[1], 최벽파, 조은선*
한국과학기술원; [1]Lawrence Livermore National Laboratory
(escho@kaist.ac.kr*)

For efficient use of hydrogen, impactful storage system is essential. Mg has high capacity (~7.6 wt. %) while suffering from sluggish kinetics and volume expansion. In this regard, scaffold-free porous Mg was developed to enhance hydrogen diffusion and mitigate volume expansion, yet fine control of both kinetics and cycling stability remain challenges. To implement a refined system, two key additives were selected based on the understanding of structural and chemical properties of porous Mg. Transition metal dopants accelerate hydrogen sorption through synergistic effects, promoting H_2 dissociation and diffusion through newly formed phases. CNTs enhance thermal conductivity and reinforce durability by preventing the collapse of porous structures. The optimal composite designed by engineered additives exhibits fast hydrogen sorption with reduced activation energy of 46 kJ/mol H_2 and stable performance even after 50 cycles. This study demonstrates a rational design integrating porous structure and tailored additives, offering insights for advanced energy storage system.

O분리금-1

직접 공기 포집에서 향상된 이산화탄소 포집을 위한 나노 유무기 하이브리드 재료 (NOHMs) 함침 메조 다공성 실리카

박인규, 성유경, 김미성, 이승인, 박영준*
광주과학기술원
(young@gist.ac.kr*)

For the commercialization of direct air capture (DAC), sorbent stability is a crucial factor. Liquid-like nanoparticle organic hybrid materials functionalized with polyethylenimine (NOHM-I-PEI) exhibit negligible vapor pressure, high stability, and tunability, making them promising CO2 sorbents. However, in DAC applications, the CO2 capture kinetics and capacity are limited by slow mass transfer due to the high viscosity of NOHMs. This study addresses this challenge by impregnating NOHM-I-PEI into commercial mesoporous silica. The large specific surface area of mesoporous silica facilitates the formation of a thin NOHMs layer, enhancing DAC performance. The optimized NOHMs loading of 46.7 wt% results in a five-fold increase in CO2 capture capacity compared to neat NOHM-I-PEI. Additionally, the sorbents show excellent thermal stability over 10 thermal swing cycles. These findings suggest NOHM-I-PEI impregnated silica as a novel and effective material for CO2 capture from ambient air.

O분리금-2

Electrophoresis over Eutectic Mixture-Promoted MgO on CO_2 Capture

강유석, Monica Louise T. Triviño[1], 서정길*
한양대; [1]Technology Innovation Institute
(jgseo@hanyang.ac.kr*)

This study presents the first experimental confirmation of electric field-assisted CO_2 capture using a (K-Li)NO_3 eutectic mixture (EM)-promoted MgO sorbent. With an electric field, a Joule heating effect induces higher sorbent bed temperature than the input energy, accompanied by electrophoresis of EM. SEM and EDS analyses confirm a highly concentrated EM distribution at the anode site, leading to effective contact with MgO under EF, thus improving $MgCO_3$ formation. A new compound, $KLiCO_3$, formed on the EF-used sorbent and remained after regeneration, indicating that the electric field might enhance CO_2 adsorption or dissolution into EM, forming a novel structures unseen under typical conditions. The stable $KLiCO_3$ suggests that EM could achieve additional strong bonding with CO_2 or increase the solubility of CO_2 under EF environment. This research was supported by Plastic Free Specialized Graduate Program through the Korea Environmental Industry & Technology Institute (KEITI) funded by the Ministry of Environment (MOE).

O분리금-3

SMR 공정에서 수소 정제를 위한 PSA 공정의 전산모사: 매개변수 추정 및 시뮬레이션

이승호, 원왕연*
고려대
(wangyunwon@gmail.com*)

In this study, a pressure swing adsorption (PSA) process was simulated for hydrogen purification in a steam methane reforming (SMR) system in collaboration with an industrial partner. A two-bed, four-step PSA cycle was modeled to analyze the dynamic behavior of the adsorption process. The governing equations, including mass, energy, and momentum conservation, were incorporated along with the Ergun equation for pressure drop estimation and the Wakao equation for heat and mass transfer accuracy.The adsorption equilibrium was characterized by using isotherm curves for individual gas components, and the parameters of the extended Langmuir equation were estimated accordingly. The simulation provided detailed insights into the temporal evolution of temperature, gas composition, adsorption capacity, and interstitial velocity within the adsorption bed. Additionally, at cyclic steady-state, the composition and recovery of both product and purge gases were evaluated. The results offer a comprehensive understanding of the PSA performance in SMR-based hydrogen purification and provide valuable insights for optimizing industrial-scale hydrogen separation processes.

O분리금-4

고효율 CO2 포집 및 중금속 제거용 아민 기능화 실리카 에어로겔 입상 흡착제

한혁희, 박완제, 최유진, 최하령, Vinayak G Parale, 박형호, 배윤상*
연세대
(mowbae@yonsei.ac.kr*)

기존의 많은 CO_2 포집 및 중금속 제거용 흡착제들은 분말 형태로 합성이 되어 실제 공정에 적용되는 데에 어려움이 있었다. 본 연구에서는 3-아미노프로필 트리에톡시실란(APTES)과 테트라에틸 오르토실리케이트(TEOS)를 사용하여 아민 기능화 실리카 에어로겔 입상 흡착제(TA-NH_2-x)를 합성하였다. APTES는 아민화 전구체이자 자가 촉매로 사용되었고, 제조된 TA-NH_2-x 입상 흡착제는 높은 CO_2 선택성, 효율적 중금속 제거 능력, 우수한 기계적 강도를 나타냈다. 특히, TA-NH_2-2.5 에어로겔은 flue 가스 조건에서 큰 CO_2 포집량(3.10 mmol/g) 및 높은 CO_2/N_2 선택성(951)을 보였으며, 뛰어난 중금속 이온 제거 효율 및 우수한 기계적 강도(13.96 MPa)를 보였다. 이 결과는 APTES를 이용한 자가 촉매 중축합을 통해 아민 기능화 에어로겔 입상 흡착제를 합성하는 것이 CO_2 포집 및 중금속 제거용 다기능 흡착제 개발에 효과적인 전략임을 보여준다. AcknowledgmentsThis work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (RS-2020-NR049541, RS-2023-00302697)

O분리금-5

Influence of Impurities on Crystal Morphology and Crystallization Behavior

백선화, 배채현, 이성규[1], 유성진[1], 강정원*
고려대; [1]LG화학
(jwkang@korea.ac.kr*)

Crystal morphology plays a crucial role in purification efficiency, directly influencing impurity separation and process optimization. Selective solvent interactions enhance purification by modulating crystallization behavior at the molecular level.This study analyzes phase equilibrium data to evaluate the effects of selected solvents and major impurities on crystallization behavior and investigates the morphological characteristics of crystals. Molecular modeling techniques, including the Bravais-Friedel Donnay-Harker (BFDH) and Attachment Energy methods, were used to predict preferred crystal habits and growth directions. These predictions were complemented by X-ray diffraction (XRD) analysis, phase equilibrium measurements, and crystallization experiments in ternary systems. The results indicate that the influence of solvent composition and impurities on crystal structure formation in this system is negligible, confirming that high-purity solid-phase separation can be effectively achieved through crystallization.These findings offer guidance for optimizing crystallization-based purification and improving separation strategies for industrial applications.

O분리금-6

Structural Transitions of Silver Species in Zeolite Y and Their Impact on CH_3I Adsorption under Simulated Nuclear Accident Conditions

조영호, 김경민[1], 이현철, 이창하*
연세대; [1]강릉원주대
(leech@yonsei.ac.kr*)

Nuclear power plants safety is critical, especially in preventing the release of volatile radioactive iodine (I_2 and CH_3I) during accidents. Silver zeolite Y is a promising adsorbent, yet previous studies focused on high-concentration CH_3I under low-humidity conditions. Therefore, the study is required for removal efficiency and mechanical under realistic conditions. This study examined the adsorption behavior of CH_3I and the structural transitions of Ag in zeolite Y pellets (10AgY and 20AgY) under severe accident conditions (80% RH, 150 ℃). Breakthrough tests confirmed successful removal of dilute CH_3I in high humid air. During the adsorption of CH_3I, the structure of impregnated Ag was changed. Ag^+ ions contribute to complete CH_3I removal, while silver clusters enhance overall adsorption capacity. By-products varied with humidity, and external silver aggregates promoted their release. Reducing these aggregates improved by-product adsorption, optimizing performance. This study provides new insights into the structural transitions of silver in zeolites under severe accident conditions and highlights key factors influencing CH_3I adsorption efficiency.

O분리금-7

pH Buffering Strategy to Improve Simultaneous NO and SO_2 Removal over Fe^{2+}-EDTA Solution

이도헌, 이경호, 김선형, 이규복[1], 윤형철*
한국에너지기술연구원; [1]충남대
(hyoon@kier.re.kr*)

Nitric oxide (NO) and sulfur dioxide (SO_2), emitted primarily from fossil fuel combustion, contribute to acid rain, particulate matter, and respiratory diseases, posing serious environmental and health risks. Among various technologies, the simultaneous removal of NO and SO_2 using Fe^{2+}-EDTA solution has gained attention due to its ability to form stable coordination complexes with NO. However, SO_2 dissolves to form sulfurous acid (H_2SO_3), lowering the pH and reducing both SO_2 solubility and NO absorption efficiency. Herein, varying the gas composition according to the solution's pH revealed that a higher pH of the Fe^{2+}-EDTA solution improves the removal efficiency of NO and SO_2. However, when the pH exceeds 12, solid formation occurs within the solution, which can cause operational issues in the process. We introduced a mixture of carbonate and bicarbonate, acting as a pH buffer, to stabilize the solution pH, thereby extending the duration of SO_2 removal. This enabled the high NO removal efficiency even under oxygen conditions. We also confirmed that the final products are SO_4^{2-}, HSO_3^- and NO_2^- in the solution, and N_2O and N_2 in the gas phase. The repetitive introduction of buffer solution prolonged NO and SO_2 removal efficiency, showing a potential for practical implementation.

O분리금-8

Fabrication and Adsorption Analysis of Porous Metal Oxide-Functionalized Silica with High Palletisation Feasibility for Industrial Cleanup of Residual Ammonia

Win May Zaw, 박지혜, Wathone Oo, 뚜자산, Pa Pa Aung Shoon, 이광복*
충남대
(cosy32@cnu.ac.kr*)

For the industrial removal of (NH_3) residues from cracking reaction, adsorbent materials are inevitable to be developed into pellet form with high adsorption affinity and regenerability. In this study, transition metal oxide-functionalized silica powder was synthesized by the modified Stöber method of alcoholic hydrolysis, utilizing tri-ethanolamine and cationic cetrimonium chloride (CTAC) as structural-shaping templates. As a novel approach in this work, the template removal strategy was modified by analysing the combined effects of the conventional thermal combustion method at low temperature of 350 °C and the ethanolic solvent reflux method. The co-utilization of these two methods for template removal led to the formation of metal oxide-silica hybrid powder with higher porosity and better NH_3 adsorption capability, compared to the samples prepared solely using the thermal method for surfactant removal. Then, the dual effects of organic (sucrose, polyvinyl alcohol) and inorganic (bentonite) binders, were also investigated in palletisation of the prepared powder under pressurization for capturing low-concentration NH_3 effluent.

Efficient Ammonia Removal with Carbon-doped Copper Hexacyanoferrate Adsorbents

뚜자산, 박지혜, Win May Zaw, Lapasov Shokhjakhon Dilshod Ugli, 이광복*
충남대
(cosy32@cnu.ac.kr*)

This research investigates CuHCF and carbon-doped CuHCF as adsorbents for NH_3 removal from industrial waste. Synthesizing CuHCF with varied Cu:Fe ratios revealed significant structural differences. A 2:1 ratio produced uniform particles, indicating controlled growth, whereas a 5:1 ratio resulted in aggregated, less uniform structures. XRD analysis confirmed increased crystallinity with excess copper. XPS elucidated the adsorption mechanism, showing NH_3 interaction with Fe^{3+} sites, leading to Fe^{3+} reduction to Fe^{2+}, a redox reaction. Carbon doping substantially enhanced NH_3 uptake. The 20% carbon-doped CuHCF demonstrated the highest adsorption capacity, reaching 5.97 mmol/g at 20 kPa after a 120℃ pretreatment. These findings suggest that CuHCF synthesized with an optimized 2:1 Cu:Fe ratio and 20% carbon doping offers superior structural stability, selectivity, and reusability for effective ammonia adsorption.

P분리목-1

공용 경계곡선 실험과 양자역학 계산 결과를 이용한 카다놀 혼합액의 액액 평형 추정

김병철, 김점수[1], 김영한[1]*
경남정보대; [1]동아대
(yhkim2@pknu.ac.kr*)

Cardanol has been widely used in polymer and surfactant applications with benefit of its production from bio-waste recycling, and its consumption is expected in rapid increase. Current production of the cardanol largely depends upon molecular distillation, known as high cost of equipment fabrication and operation. Solvent extraction can be possible alternative to the high-cost production, but lack of LLE data in the cardanol isolation has limited the solvent application. Due to close affinity difference in various solvents among the cardanol and its derivatives contained in the bio-waste, solvent selection is difficult along with lack of their LLE information. In this study a set of LLE data on a ternary mixture of the cardanol, MIBK, and ammonia water was yielded from experimental procedure using gravimetric method and tie-line relation in two liquid phases with supported data from quantum chemical molecular dynamic simulation.

P분리목-2

Fabrication of Nanoporous Magnesium via Redox Agent-Mediated Chemical Dealloying: Engineering Porosity for Advanced Hydrogen Storage

유병문, 조용준, 조은선*
KAIST
(escho@kaist.ac.kr*)

Hydrogen is a key energy carrier for sustainable development due to its high accessibility and superior energy density. Magnesium (Mg) is a promising hydrogen storage material, offering excellent reversibility and high storage capacity. However, practical applications are constrained by challenges such as sluggish kinetics, thermodynamic barriers, and volume change upon hydrogen sorption. We propose nanoporous Mg as a solution, leveraging its intrinsic structure to alleviate volumetric expansion for extra durability and to enhance hydrogen diffusion which in turn improves its sorption kinetics. A chemical dealloying method was employed, incorporating polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) as redox agents to fabricate the porous structure. PAHs with varying redox potentials, serving as the primary reaction drivers, were utilized to evaluate their effects on porosity and resulting hydrogen sorption performance. Results provide key insights into the strategic selection of dealloying agents to optimize the porous architecture and further elevate hydrogen storage potential of Mg-based materials.

P분리목-3

Influence of Initial Mass and Temperature on Chiral Flipping in TCID Process

이채진, 한창훈, 박범준*
경희대
(bjpark@khu.ac.kr*)

This study explores the effects of initial mass and temperature on chiral flipping using (1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2(1H-1,2,4-triazol-1-yl)pentan-3-one) (Cl-TAK) as a model compound in the Temperature-Cycle-Induced Deracemization (TCID) process. Experimental results demonstrated that larger initial masses led to stable deracemization trends, whereas smaller initial masses increased the probability of chiral flipping. Furthermore, higher maximum temperatures in the temperature cycle resulted in greater crystal dissolution, leading to reduced final enantiomeric excess. These findings contribute to a deeper understanding of the chiral flipping mechanism and provide insights into optimizing deracemization processes for high-purity enantiomer production.

P분리목-4

에테르계 용매를 도입한 Monoethanolamine 기반 저수계 상분리 흡수제의 CO2 흡수 성능 평가

이진규, 왕슈아이, 유정균[1], 홍연기*
한국교통대; [1]한국에너지기술연구원 CCS 연구단
(hongyk@ut.ac.kr*)

CO2 포집 기술 중 널리 사용되는 연소 후 포집 기술은 주로 아민 수용액을 사용한다. 아민 수용액은 우수한 CO2 포집 성능과 높은 흡수 용량을 가진다는 장점이 있지만, 재생과정에서 에너지 소비가 높다는 단점이 있다. 재생에너지 저감을 위해 본 연구에서는 CO2 흡수 전에는 단일상이지만 CO2 흡수 후 CO2 희박상과 CO2 농축상으로 나뉘는 저수계 상분리 흡수제를 도입하였다. 기체 혼합물은 9 vol%의 CO2를 포함한 CO2/N2로 구성되어 있으며 MEA(monoethanolamine) 수용액에 에테르계 용매를 도입하여 저수계 상분리 흡수제를 제조하였다. 흡수제와 CO2가 반응하여 생긴 반응생성물은 극성을 띤 이온종으로 에테르계 용매와 섞이지 않아 상분리가 발생하고 CO2 흡수 용량이 증가함에 따라 CO2 농축상의 부피는 증가하였다. CO2 흡수에 따라 생성된 CO2 농축상만을 재생하여 얻은 순환용량은 최대 190 gCO2/Lsolvent였다. 본 연구에서 개발한 저수계 상분리 흡수제는 상분리를 통해 높은 순환 용량을 가지며 탈거탑으로 유입되는 흡수제 유량을 줄여 현열을 감소시킬 수 있다. 또한, 흡수제 내 물의 일부를 에테르계 용매로 대체함으로써 물의 증발로 인한 잠열 손실을 줄여 재생에너지 소비를 저감할 것으로 예상된다.

P분리목-5

암모니아 분해 가스 내 미반응 암모니아 제거를 위한 흡착 분리 공정 연구

노성준, 전필립*
공주대
(philip@kongju.ac.kr*)

현대사회에서 화석연료 기반 에너지 생산으로 인한 지속적인 탄소 배출은 기후변화에 악영향을 미쳤으며, 이에 따라 전 세계적으로 탄소중립 정책이 추진되고 있다. 탄소 배출 없이 에너지를 생산할 수 있는 청정 수소를 이용한 에너지 전환이 주목받고 있으며, 한국도 2040년까지 수소 생산량을 526만 톤으로 확대할 계획이다. 그러나 국내 신재생에너지만으로는 수소 수요를 충족하기 어렵기에 해외에서 생산된 그린수소의 운송 및 저장 기술이 필수적이다. 암모니아는 -33℃에서 액화 가능하고 기존 LPG 인프라를 활용할 수 있어 수소 캐리어로 주목받는다. 하지만 연료전지 적용을 위해서는 수소 내 암모니아 농도를 0.1ppm 이하로 낮춰야 하며, 기존 액화 공정은 에너지 소비가 높다는 한계가 있다. 본 연구에서는 실험실 규모의 흡착탑에 흡착제를 충진하고, 암모니아 파과 시간을 측정했다. 측정된 파과 실험 결과를 기반으로 흡착탑 내 암모니아 거동을 모델링 했다.

P분리목-6

중수로 공기정화 활성탄의 물리·화학적 분석 및 파과 실험

김수환, 이준헌, 류준형*
동국대
(jhryu@dongguk.ac.kr*)

The HVAC(Heating, Ventilation, Air Conditioning) System of a pressurized heavy-water reactor (PHWR) uses triethylenediamine(TEDA)-impregnated activated carbon(AC) as the main adsorbent to remove radioactive iodine and other volatile gas. To reduce radioactive waste from spent AC with decreased adsorption efficiency during PHWR operation, its reuse potential after thermochemical treatment is being evaluated. Physicochemical properties of the AC, including surface morphology, specific surface area and pore structure, as well as thermal stability and decomposition behavior, were analyzed. The methyl iodide removal efficiency of the AC was evaluated using a breakthrough test. After treatment, the stability and adsorption performance of the re-impregnated TEDA-AC were found to be improved. This study is expected to evaluate the regeneration possibility of spent AC, and thereby contribute to increasing the efficiency of HVAC system operation of PHWR and reducing radioactive waste and cost.

P분리목-7

Experimental and simulation study for for ultrafast organic solvent nanofiltration in multilayer nanoporous graphene membrane

강준혁, 고영남[1], 김기출[1], 김대우*
연세대; [1]건국대
(audw1105@yonsei.ac.kr*)

Nanoporous graphene (NG) has recently emerged as a promising material for ultrafast organic solvent nanofiltration (OSN) membranes. However, the precise relationship between the structural characteristics of NG and molecular transport behavior remains inadequately understood. In this study, we examined how nanopore structure influences the molecular transport properties of multilayer NG membranes through a combination of experimental and computational approaches. To fabricate pore-engineered multilayer nanoporous graphene membranes, different reduction strategies were applied to graphene oxide (GO), followed by a microwave treatment specifically optimized for OSN applications. This microwave process was designed to restore crystallinity while preserving its nanoporous architecture, thereby minimizing the impact of residual functional groups and structural defects on solvent transport. Furthermore, molecular dynamics simulations were performed to investigate the behavior of organic solvent molecules passing through graphene nanopores of varying sizes and edge functionalities.

P분리목-8

The granulation of Boehmite sol/Poly(vinyl)alcohol supported by carbon nanomaterials for generating micro/mesoporous gamma-Alumina beads

Phat Ngoc Nguyen, Thach Ngoc Tu, 김진수*
경희대
(jkim21@khu.ac.kr*)

The incorporation of carbon nanomaterials into a sol/polymer mixture, along with the granulation process, constitutes an effective method for producing micro/mesoporous materials, facilitating ease of handling, operation, and transportation for practical experimentation. Specifically, ATSB (Aluminum tri- sec butoxide - $Al[OCH(CH_3)C_2H_5]_3$) would be used as a precursor for the production of Boehmite sol followed by mixing PVA (Polyvinyl alcohol) solution, which was the medium for dispersion of carbon nanotubes (CNTs). The mixture, then, was successfully granulated to generate the composite beads which were witnessed the calcination process to obtain the micro/mesoporous ????-alumina beads. Additionally, the metal-organic frameworks (MOFs), with various applications, could be grown onto the surface of these beads, therefore generating potential micro/mesoporous MOF beads for a huge number of applications requiring the high-performance diffusion materials.

P분리목-9

Techno-economic evaluation of CuCl-loaded porous carbons for cost-effective carbon monoxide separation in pressure/vacuum swing adsorption cycle

윤성현, 정재형[1], 자오구오빈, 이기봉[1], 정용철*
부산대; [1]고려대
(drygchung@gmail.com*)

The development of cost-effective CO separation technology makes a significant contribution to the realization of an environmentally sustainable society. Adsorption process employing Cu(I)-loaded adsorbent has emerged as a promising approach, with the feasibility of the process dependent on the development of high-performance adsorbent. Here, we synthesized a porous carbon from waste PET bottles and prepared Cu(I)-loaded adsorbents with varying CuCl loadings. The adsorbent's performance was assessed based on CO production cost in a PVSA cycle through a comprehensive methodology integrating adsorption, process, and techno-economic models. Our results show that K8(3)-Cu(1.0)/C exhibited the lowest CO production cost at a target purity of 99%. To assess practical applicability, K8(3)-Cu(1.0)/C was pelletized into K8(3)-Cu(1.0)/C-MC(0.2), with the results confirming that the pelletized adsorbent retained superior performance, highlighting its potential for efficient CO separation.

P분리목-10

MEA/AMP, DEA/AMP, MDEA/AMP, PZ/AMP를 이용한 CO_2 흡수 공정의 열역학적 모델링 및 공정 최적화. 경제성 평가

오민경, 배성윤, 윤민서, 김진영, 김혜린, 한상준, 샤우캇 알리 마자리, 문종호*
충북대
(moonjongho@chungbuk.ac.kr*)

This study analyzed and compared amine based CO_2 capture process using AMP-blended systems to optimize energy consumption of overall process and calculate the cost of CO_2 capture. To predicts the behavior of four AMP based blended systems (MEA/AMP, DEA/AMP, MDEA/AMP, PZ/AMP), electrolyte-molecule pair parameters of E-NRTL model were optimized using reference CO_2 solubility data at different amine mixing ratios and temperatures. The optimized parameters were used to design the conventional CCS process of four AMP blended systems, and overall system contained CO_2 compression unit and dehydration unit. Next, the local and global sensitivity analysis (LSA, GSA) have been performed in terms of carbon capture rate and total equivalent work. The key process parameters showed a trade-off relationship for capture rate and total equivalent work, so muti-objective optimization (MOO) have been carried out and the results were analyzed with a range of capture rate up to above 90%. Finally, techno-economic analysis was performed and results of initial case (90% capture rate) and optimized results for all systems were presented in terms of cost of CO_2 capture.

P분리목-11

폴리 아민 기반 저수계 상분리 흡수제의 CO2 흡수 성능 평가

왕슈아이, 이진규, 유정균[1], 홍연기*
한국교통대; [1]한국에너지기술연구원
(hongyk@ut.ac.kr*)

CO2 포집 공정에서 기존 아민 기반 수용액은 흡수제 재생 시 에너지 소비가 크다는 문제점이 있다. 본 연구에서는 흡수제 재생에너지를 저감하기 위해 폴리아민 기반 저수계 상분리 흡수제를 제안하였다. 저수계 상분리 흡수제는 흡수제 내 물의 일부를 소수성 유기 용매로 대체한 상분리 흡수제이며 CO2 흡수 전에는 단일상을 유지하지만 CO2 흡수 후 CO2 희박상과 CO2 농축상으로 상이 분리된다. 본 연구에서 사용된 CO2 농도는 9 vol% CO2로 설정하였으며 상분리 유도제로는 에테르계 화합물을 도입하였다. CO2 흡수 생성물은 극성이 강해 물과 잘 혼합되지만, 소수성인 유기 용매와는 혼합되지 않아 상분리가 발생하였다. CO2 농축상의 부피는 유기 용매의 함량이 증가함에 따라 감소하였다. 유기 용매의 함량이 20 wt%일 때 최대 순환용량은 143 gCO2/Lsolvent이며 이때 CO2 농축상의 점도는 21.5 cP로 실제 조업 가능 점도 범위(≤ 40 cP)를 충족한다. 본 연구에서 제안한 저수계 상분리 흡수제는 기존의 수계 30 wt% MEA 흡수제의 순환용량의 3.5배였으며 잠열 및 현열을 감소시켜 재생에 필요한 에너지를 감소시킬 것으로 판단된다. * 본 연구는 2024년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행된 연구임(20212010200090).

P분리목-12

효율적인 CO2 흡수를 위한 디아민 흡수제 설계 및 DFT 분석을 도입한 흡수 및 재생 성능 평가

김현섭, 왕슈아이, 홍연기*
한국교통대
(hongyk@ut.ac.kr*)

이산화탄소 포집 공정에서 아민 수용액의 CO_2 흡수 용량과 속도를 증가시키기 위해 혼합 아민 흡수제가 연구되고 있다. 혼합 아민 흡수제는 일반적으로 주흡수제와 부흡수제로 구성되며, 주흡수제는 CO_2 와 빠르게 반응해 양쪽성 이온을 형성하는 아민을, 부흡수제는 염기로서 양성자를 받아들이는 아민을 사용한다. 대표적으로 Monoethanolamine(MEA)이 주흡수제로, Methyldiethanolamine(MDEA) 또는 Piperazine(PZ)이 부흡수제로 활용된다. 이러한 혼합 아민 흡수제는 높은 흡수 용량과 빠른 흡수 속도를 가지지만, 점도 증가와 물질 전달 저항 증가 등의 문제가 있다. 이를 개선하기 위해 한 분자 내에 양쪽성 이온 형성 아민과 염기로 작용할 아민이 동시에 존재하는 디아민 흡수제가 연구되었다. 본 연구에서는 Dimethylaminopropylamine(DMAPA)를 이용한 흡수제를 기존 혼합 아민 흡수제와 비교하고, DFT(Density Functional Theory) 분석을 통해 활성화 에너지 및 카바메이트 안정성을 평가하였다. 실험 결과, DMAPA 흡수제는 기존 혼합 아민 대비 높은 흡수 용량과 낮은 점도를 보였으며, 이는 DFT 분석 결과와 일치하였다.

P분리목-13

Measurement of Binary Solid-Liquid Equilibrium Data Using the Visual Method

배채현, 강정원*, 류범찬, 이성규[1], 유성진[1]
고려대; [1]LG 화학
(jwkang@korea.ac.kr*)

Crystallization is a key separation process in chemical engineering, crucial in industries such as pharmaceuticals and petrochemicals. The efficiency of these processes depends on understanding solid-liquid equilibrium (SLE), which is essential for effective design and optimization. Accurate SLE data is vital for predicting phase behavior, directly influencing product purity and energy efficiency. This study measured binary SLE data for crystallization process design. Binary SLE data enables accurate phase diagram modeling, which is fundamental for optimizing parameters. We used the visual method to measure binary SLE data for organic mixtures. The obtained experimental data were compared with predictions from models such as UNIFAC and COSMO-SAC. The results emphasize the importance of accurate SLE data in optimizing crystallization processes. This data enhances the understanding of phase behavior in multi-component systems, enabling better control of the crystallization process and ultimately achieving higher product purity with reduced energy consumption.

P분리목-14

결정화 공정을 위한 3성분계 유기혼합물의 고체-액체 상평형 데이터 측정

정시연, 류범찬, 강정원*, 이성규[1], 유성진[1]
고려대; [1]LG 화학
(jwkang@korea.ac.kr*)

The crystallization process, which enables the production of ultra-high purity products, is gaining attention as an energy-efficient and environmentally friendly alternative to conventional distillation processes. Accurate thermodynamic phase equilibrium data*are essential for efficient chemical process design, and in crystallization processes, solid-liquid equilibrium (SLE) data play a particularly crucial role. In this study, the analytical method was employed to measure SLE data for a ternary system composed of main component A and impurities B and C. The experiment was conducted by maintaining equilibrium at a constant temperature and analyzing the composition of the liquid phase using gas chromatography (GC) after equilibrium was reached. Initial NRTL modeling predicted the presence of solid-liquid-liquid equilibrium (SLLE) in this system. However, experimental results confirmed that at 20℃ and 40℃, only SLE or liquid-liquid equilibrium (LLE) existed. The phase equilibrium data obtained experimentally were used for NRTL regression to construct phase diagrams, which can serve as a foundation for crystallization experiments and process optimization.

P분리목-15

Development and thermodynamic analysis of DEEA/PZ blended amine absorbents for CO_2 capture

김진영, 김혜린, 오민경, 배성윤, Shaukat Ali Mazari, 한상준, 문종호*
충북대
(moonjongho@chungbuk.ac.kr*)

High-efficiency wet CO2 capture processes are being developed by designing amine absorbents based on gas-liquid equilibrium, which depends on the type of amine used. This study aims to assess the performance of novel blended amine absorbents through thermodynamic calculations performed using MATLAB. Experimental data on CO2 solubility in aqueous solutions of 2-(Diethylamino)ethanol (DEEA) and piperazine (PZ) were obtained at various amine blending ratios (DEEA/PZ/H2O = 35:5:60, 30:10:60, and 25:15:60) and operating temperatures of 313.15 K, 353.15 K, and 393.15 K. The electrolyte non-random two-liquid (e-NRTL) model was applied to account for non-ideality in the liquid phase. Using these thermodynamic models, the partial pressures of CO2 in the gas phase, mole fractions of all components in the liquid phase, pH variations, heats of absorption, and cyclic capacities of CO2 were predicted based on absorption/desorption temperatures and DEEA/PZ blending ratios.

P분리목-16

COG 가스로부터 수소 정제를 위한 8-Bed PSA 시스템 최적화

윤민서, 한상준, Ankit Belbase, 이권우, 문종호*
충북대
(moonjongho@chungbuk.ac.kr*)

With growing concerns over the severe environmental issues caused by fossil fuel usage, hydrogen is attracting considerable attention as an eco-friendly energy source. Pressure swing adsorption (PSA) has emerged as a key technology for separating and purifying high-purity hydrogen from gas mixtures. In this study, we aimed to determine the optimal operating conditions for a multi-bed PSA process using coke oven gas (COG) to produce high-purity hydrogen. Specifically, an 8-bed PSA process was simplified into a uni-bed model in Aspen Adsorption, and then integrated with Python to analyze the sensitivity of purity, recovery, and productivity to various operating parameters. Furthermore, a multi-objective optimisation technique was used to identify the Pareto-optimal operating region where key metrics could be improved simultaneously while balancing conflicting performance indicators. This contributed to securing operating conditions that met the performance objectives for the production of high-purity hydrogen through PSA.

P분리목-17

Cu-BTC와 활성탄 복합체 합성 및 전기 가열에 관한 연구

채현민, 이기봉*
고려대
(kibonglee@korea.ac.kr*)

지구온난화를 유발하는 온실가스 중의 하나인 이산화탄소를 포집하기 위해서 여러 기술들이 발전되고 있고, 다공성 소재를 활용한 흡착법은 혼합가스로부터 특정 기체를 선택적으로 분리할 수 있는 기술로 주목받고 있다. 금속 유기 골격체중 하나인 Cu-BTC는 높은 표면적과 우수한 이산화탄소 흡착 성능을 보이는 소재로 알려져 있으나, 열적 안정성과 수분 환경에서의 내구성이 낮다는 한계를 가진다. 이번 연구에서는, Cu-BTC를 이용하여 활성탄과 금속 유기 골격체를 물리적으로 섞어주면서 흡착제를 합성하였으며, 활성탄 비율에 따른 흡착제의 표면특성과 이산화탄소 흡착성능을 비교하였다. 또한, 합성된 흡착제의 재생 가능성을 평가하기 위해 전기 저항에 의해 발생하는 Joule 효과를 이용한 전기 가열 실험을 수행하였다.

P분리목-18

Evaluation and Comparison of Aqueous Ammonia-Based Carbon Capture Process through Simulation

김혜린, 오민경, 김진영, 배성윤, Shaukat Ali Mazari, 한상준, 문종호*
충북대
(moonjongho@chungbuk.ac.kr*)

One of the key technologies for addressing concerns about global warming and reducing greenhouse gas emissions is post-combustion capture (PCC) of CO_2 using chemical solvents. Aqueous ammonia has various advantages, which includes its high CO_2 removal capacity, low cost and low energy requirement. This study examines and compares aqueous ammonia-based carbon capture technologies at different organizations. To optimize carbon capture performance, Aspen Plus V14 was used to simulate different carbon capture processes and determine the most effective operating conditions. This results provide insights into enhancing the efficiency and feasibility of aqueous ammonia-based carbon capture technology.

P분리목-19

PTFE 입자 도입에 따른 상분리 유도로 인한 PEBAX 멤브레인의 투과성·선택성 향상

황준석, 김영준 , 김종학*
연세대
(jonghak@yonsei.ac.kr*)

This study introduces a novel method to enhance the permeability and selectivity of poly(amide-b-ether) (PEBAX) membranes by incorporating porous polytetrafluoroethylene (PTFE) particles through a high-speed vortex mixer. The immiscibility between the superhydrophobic PTFE particles and the hydrophilic PEBAX matrix leads to a disruption in the chain packing of PEBAX, facilitating faster diffusion of gas molecules. As the PTFE loading increases, both CO_2 permeability and selectivity improve, with optimal performance observed at 10-15%, which surpasses the 2008 Robeson upper bound. However, excessive loading beyond this range results in the formation of interfacial voids around clustered PTFE particles, leading to a reduction in CO_2 selectivity. A thin-film composite membrane with 10% PTFE demonstrates excellent gas separation performance, exhibiting a CO_2 permeance of 806 GPU and a CO_2/N_2mixed gas selectivity of 15.7. The results indicate that this approach overcomes the traditional permeability-selectivity trade-off in gas separation membranes, offering a promising pathway for the development of high-performance, all-polymer blend membranes with improved separation efficiency for CO_2.

P분리목-20

Separation of Xe and Kr from off-gas in molten salt reactors using KOH-activated carbon

김남철, 사공누리[1], 박지영[1], 양재환[1], 이창화, 최은영, 홍석민*
한국원자력연구원; [1]충남대
(seokminhong@kaeri.re.kr*)

Molten salt reactor (MSR) represents a promising next-generation reactor that offers advantages in terms of economics, safety, and efficiency over traditional light water reactors. However, due to the utilization of liquid salt fuels, MSR generate off-gases during operation, which can readily enter the reactor's headspace. These off-gases consist of noble fission gases such as xenon (Xe) and krypton (Kr), aerosols, volatile substances, and other radioactive nuclides. Notably, Xe and Kr are inert gases produced during fission processes with low solubility in fuel salts, resulting in their easy release into the headspace. These gases can disrupt normal reactor operations and pose serious health risks. Therefore, the separation of Xe and Kr from MSR off-gases is critical for minimizing environmental impacts. In this study, we propose the use of KOH-activated carbon to separate Xe and Kr from MSR off-gases. KOH-activated carbon features a high surface area and porous structure, making it effective for the adsorption of Xe and Kr. The findings of this research are expected to provide essential insights for the design and operation of MSR off-gas management systems.

P분리목-21

이산화탄소, 수분 흡착을 위한 다공성 유기골격체 펠릿 제조 기술

한상일*, 가이크와드 산지트
창원대
(sangilh@changwon.ac.kr*)

Metal-organic frameworks (MOFs) are highly effective for CO_2 and water vapor adsorption due to their large surface area and tunable pores. However, their microcrystalline powder form limits scalability due to dustiness, pressure drop, and poor mass transfer. Structuring MOFs into stable, porous beads offers a practical solution. In this study, highly adsorptive MOF@poly(acrylonitrile) (MOF@PAN) beads were developed via phase inversion with ultrahigh MOF loading using Zn- and Al-based MOFs to enhance CO_2 and water vapor adsorption. Among the synthesized composites, MOF-Zn@PAN-80% exhibited outstanding CO_2 adsorption capacity (3.2 mmol/g at 1 bar) and a dynamic CO_2 /N_2 selectivity of 104 at 298 K, retaining approximately 68% of the adsorption performance of the pristine MOF. Meanwhile, MOF-Al@PAN-80% demonstrated a high water vapor uptake of 17 mmol/g, equivalent to 72% of the unmodified MOF. the combined MOF-Al,Zn@PAN-80% beads achieved an eightfold increase in water vapor adsorption compared to MOF-Al@PAN-80% at a relative pressure of 0.1 bar.

P분리목-22

폴리에틸렌 중공사 막 표면 전도성 도금을 위한 무전해 니켈 도금 및 공기 분사 방법: 침지형 전기화학 분리막 반응기에서 막 오염 완화 기작 및 니켈 도금 막의 안정성 평가

김민석, 한의규[1], 강문성[1], 김정환*
인하대; [1]상명대
(jeonghwankim@inha.ac.kr*)

무전해 도금 기술과 공기 분사 방법을 결합하여 폴리에틸렌 중공사 막 표면에 니켈층을 형성함으로써 전도성 분리막을 성공적으로 제작했다. 니켈층 형성을 위한 최적 도금 시간은 막의 투과도와 표면 저항을 고려하여 6분으로 결정됐다. Sodium alginate에 의한 막 오염 평가는 침지형 전기화학 분리막 반응기에서 수행되었으며, 니켈 도금막을 음극으로 사용하고 상대 전극으로 흑연을 적용하여 외부 전압이 막 오염 완화에 미치는 영향을 조사했다. 전기장이 가해진 중성 pH 조건에서 음전하를 띤 sodium alginate 입자들은 음극 역할을 하는 니켈 도금막으로부터 정전기적 반발력에 의해 멀어지려 했고, 이로 인해 막 오염 속도가 감소하는 효과가 나타났다. 반대로, 니켈 도금 막을 양극으로 설정한 경우 오염 입자들과의 정전기적 인력으로 인해 막 오염이 가속화됐다. 또한, 여러 차례에 걸친 화학 세정 후에도 니켈 코팅층에는 손상이 발생하지 않았으며, 이는 무전해 도금 기술과 공기 분사 방법을 활용한 고분자 멤브레인의 금속 코팅 기법이 우수한 내구성을 갖추었음을 시사한다.

P분리목-23

옥살산을 활용한 LCO(Lithium cobalt oxide)로부터의 코발트 회수 연구

노원준, 전필립*
국립공주대
(philip@kongju.ac.kr*)

리튬 이차전지의 지속적인 수요 증가에 따라 폐 배터리의 재활용 연구가 주목받고 있다. 이 중 리튬 이차전지의 핵심 원료인 코발트는 대부분의 이차전지에 사용되는 원료이나, 채굴량이 적고 불안정하며, 채굴 시 환경 오염이 심하다는 단점이 있다. 이에 폐 배터리에서의 코발트 회수 공정을 통해 부족한 코발트 공급을 보충할 수 있을 것으로 보고 있다. 이 회수 공정 중 효율이 좋은 습식 공정의 경우 현재 대부분의 공정이 황산 등의 무기산을 이용하는 공정으로, 회수 효율이 높지만 환경적 부담이 발생한다. 이에 본 연구에서는 유기산인 옥살산(Oxalic acid)을 활용한 LCO (Lithium Cobalt Oxide)에서의 코발트 회수율을 높이기 위해 옥살산의 농도, 반응 시간, 산화제(H_2O_2)의 농도 조건과 pH 조절을 통해 코발트를 선택적으로 침전시켰으며, 최적의 회수율을 보이는 조건을 확인하였다. 연구 결과를 통해 유기산을 사용한 코발트 회수 공정 가능성을 제시하였으며, 환경적 부담이 적은 코발트 회수 방식 개발에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

P분리목-24

CO_2 포집을 위한 전(全)고분자 박막 복합막: 블록 공중합체와 랜덤 공중합체의 비교 연구

맹도영, 문승재, 김종학*
연세대
(jonghak@yonsei.ac.kr*)

This study develops high-performance, additive-free, all-polymeric thin-film composite (TFC) membranes for CO_2 capture, comparing block and random copolymers with hydrophobic and CO_2 -philic segments. The random copolymer, synthesized via free-radical polymerization (FRP), exhibited a disordered morphology, while the block copolymer, synthesized via reversible addition-fragmentation chain transfer (RAFT) polymerization, formed a well-ordered cylindrical microphase-separated structure.Molecular dynamics (MD) simulations showed minimal interaction between CO_2 , N_2 , and the hydrophobic segments, while CO_2 exhibited strong affinity for the hydrophilic domains. Despite similar CO_2 permeance, the block copolymer had significantly lower N_2 permeance, leading to nearly fourfold higher CO_2 /N_2 selectivity. This improvement was supported by reduced N_2 mean squared displacement, indicating restricted diffusivity.The block copolymer outperformed commercial materials, achieving CO_2 separation efficiencies exceeding industrial standards. These results highlight the potential of single-matrix block copolymers as alternatives to mixed-matrix membranes (MMMs) for gas separation.4o

P분리목-25

침전물 용해도 차이를 이용한 Na-Mg 복염 흡착제 합성 및 고온 이산화탄소 흡착 특성 연구

강유신, 이찬현*, 박재현, 안익성
울산대
(chhylee@ulsan.ac.kr*)

전세계적으로 증가하는 온실가스 배출을 줄이기 위한 노력으로 CCUS 기술 개발이 이루어지고 있다. 산업 공정에서 발생하는 배가스는 대부분 고온의 이산화탄소를 함유하고 있는데, 탄소중립 실현을 위해서는 배가스 내의 포함된 고온의 이산화탄소를 효율적으로 포집할 수 있는 흡착제의 개발이 필수적이다. 이에 본 연구에서는 300-400 ℃ 온도 범위에서 우수한 이산화탄소 흡착 특성을 가지는 Na-Mg 복염 흡착제의 흡착성능을 보다 증진시키기 위한 방안으로 침전물 용해도 차이에 따른 구성 성분 조절을 제시하고 제조된 흡착 특성을 확인하였다.Na-Mg 복염 흡착제는MgO, Na_2CO_3, $NaNO_3$ 로 구성되어 있는데, 이번 연구에서는 침전 방법을 통해 흡착제를 제조할 때 합성 온도 및 침전 용액을 변화시킴으로써 침전 결정 구조의 용해도 차이에 의해 서로 다른 구성 성분을 가지는 복염흡착제 제조 방법을 제안하였다. 제조된 흡착제는 XRD,TGA,XPS 분석장비를 통해 결정상과 물질의 조성, 흡착제의 열적안정성을 파악하였다. 실험결과, 침전 용액을 에탄올로 사용하며, 80 ℃ 에서 흡착제 합성 시 Na_2CO_3 와 $NaNO_3$ 비율이 1:3의 균형을 유지하고 370 ℃에서 최대 9.21 mol/kg 의 흡착 성능을 가짐을 확인하였다.

P분리목-26

Oxygen vacancy를 포함한 CaO 기반 흡착제의 고온 이산화탄소 흡착 특성 평가

안익성, Haider Syed Kamran, 김현욱, 이찬현*
울산대
(chhylee@ulsan.ac.kr*)

최근 탄소국경조정제도, 청정경쟁법과 같은 국제 환경 규제에 대응하기 위해 탄소 포집 및 활용 기술에 대한 관심이 높아지고 있다. 지구 온난화 등 다양한 환경 문제를 야기하는 온실가스 중 이산화탄소는 에너지 집약 산업의 발달로 인해 대기 중 방출이 심화되고 있다. 전통적인 이산화탄소 포집 방법 중 고체 흡착제를 이용한 흡착 기술은 대규모 이산화탄소 포집에 용이하고 운전 비용이 저렴하지만 대부분 상용 흡착제는 낮은 온도에서 작동해 높은 온도에서 배출되는 배가스에 포함되어 있는 이산화탄소를 직접 포집 하기에는 한계가 있다.이에 본 연구에서는 CaO 기반의 고온 이산화탄소 흡착제를 침전법으로 합성하고 이산화탄소 흡착 성능을 평가하였다. 흡착제 합성 시 전구체의 비율에 따라 CaO 흡착제에 oxygen vacancy가 형성되는 것이 확인 되었고, oxygen vacancy 형성에 따라 고온 온도 범위에서 이산화탄소 흡착 특성이 크게 변화 하였다. 제조된 흡착제는 XRD, FT-IR, XPS 분석으로 oxygen vacancy 형성을 파악하고, TGA를 통해 고온에서 이산화탄소 흡착 특성을 조사하였다. 제조된 흡착제 중 NC-11 샘플은 750-800 ℃ 온도에서 13.5 mol/kg의 높은 이산화탄소 흡착 성능이 관찰되었다.

P분리목-27

수전해 공정용 PSA 및 VPSA 방식 수소 건조 장치

이권우, 윤민서, 안킷 벨바제, 문종호*
충북대
(moonjongho@chungbuk.ac.kr*)

Hydrogen produced from the electrolyzer contains moisture and oxygen as impurities, making an effective purification process essential. While oxygen is primarily removed through the Deoxo process, additional downstream treatment is required for efficient moisture removal. Since a flash separator alone cannot reduce the moisture content to the ppm level, a hydrogen drying system utilizing PSA or VPSA is necessary.In this study, PSA and VPSA processes were simulated for hydrogen drying applications. Sensitivity analysis was conducted to optimize both processes, ensuring a fair comparison based on the best operating conditions. The results demonstrated that a hydrogen purity of 99.99+% and a recovery rate of 93+% were achieved. Furthermore, a comparative analysis of PSA and VPSA was performed, evaluating their performance and energy consumption to determine the most suitable drying method for high-purity hydrogen production.

P분리목-28

Development of VSPA for capturing Xe gas in pyroprocessing

홍석민*, 김남철, 이창화, 류재수
한국원자력연구원
(seokminhong@kaeri.re.kr*)

A substantial interest has been generated in the accumulation of spent nuclear fuel due to its energy potential and environmental impact. To address this issue, pyroprocessing has been developed; it not only reduces the accumulated spent fuel but also increases the efficiency of the fuel cycle. In the head-end process of pyroprocessing, UO_2 pellets are prepared from a fuel bundle for electrochemical reduction, during which various radioactive gases are released from the spent fuel during thermal treatment. Among these gases, xenon (Xe) is a noble fission gas that can easily be released into the environment; therefore, it is important to capture Xe effectively to prevent radioactive contamination. This study introduces vacuum pressure swing adsorption (VPSA) to enable the continuous capture of Xe. Multiple adsorption columns were installed in the VPSA system, and their capture performances are investigated.

P분리목-29

Fabrication of Single-Walled Graphene Nanoribbon Membrane for Dye/Salt Diafiltration

김주연, 김대우*
연세대
(audw1105@yonsei.ac.kr*)

This study introduces a hydrogel composed of graphene oxide nanoribbons (GONRs) from single-walled carbon nanotubes (SWCNTs). The single-walled GONR hydrogel was synthesized by oxidizing SWCNTs using a modified Hummer's method. After oxidation, oxygen functional groups were introduced onto the surface of SWCNT, causing the SWCNTs to unzip into GONRs. The GONR demonstrated stable dispersion in water without requiring surfactants, which was attributed to the formation of oxygen functional groups on the GONRs. Depending on the oxidation time, the chemical and interlayer structure of the GONR were changed. To fabricate the membrane, a thin and uniform coating was applied to a porous polymer substrate using a slot-die coating process. With the high porosity and dense structure of the single-walled GONR membrane, fast solvent permeance and high selectivity in dye/salt diafiltration will be achieved.

P분리목-30

Enhancing Absorption Performance via Flue Gas Compression in Amine-Based CO_2 Capture Processes: Regeneration Energy and Economic Analysis

한성철, 성하일, 최유정, 김경민*
강릉원주대
(kmkim@gwnu.ac.kr*)

Reducing CO_2 emissions is crucial for mitigating global warming and climate change, emphasizing the importance of CO_2 capture technologies. This study examines the impact of flue gas compression and expansion (FCE) on CO_2 capture and evaluates its potential for energy and economic savings. The FCE model optimizes energy consumption by operating the absorber at higher pressures to enhance CO_2 absorption. As absorber pressure increased, flue gas compression energy rose sharply, but reboiler regeneration energy decreased. FCE operation at 3 atm effectively reduced total energy consumption in a coal power plant. Additionally, an ANN-based model was developed to estimate energy consumption and CO_2 capture costs based on operating variables such as flue gas CO_2 composition, compression pressure, and liquid-to-gas ratio. The FCE model proved more effective in processes with higher CO_2 concentrations, where higher compression pressures could be applied.

P분리목-31

Regeneration energy optimization for EAE-MDEA blended solvent for efficient CO_2 capture process

성하일, 한성철, 최유정, 김경민*
강릉원주대
(kmkim@gwnu.ac.kr*)

This study explores the CO_2 absorption behaviors of blended aqueous solutions of 2-(ethylamino)ethanol (EAE) and N-methyldiethanolamine (MDEA) for post-combustion carbon capture. The CO_2 solubility was measured at 313, 343, and 373 K under partial pressures up to 450 kPa for both single-amine and blended amine systems at a fixed total concentration of 30 wt%, which was correlated by using the e-NRTL approach for analyzing pH, and species distribution. The shortcut method was employed to estimate the regeneration energy by accounting for sensible, reaction, and latent heat contributions. The blending of EAE and MDEA led to synergistic effects, where the higher cyclic capacity of EAE and regeneration energy of MDEA combine to lower overall energy requirements. The minimum regeneration energy was obtained as 4.08 GJ/tCO_2 at a blending ratio of 28.9:1.1 (EAE:MDEA (w/w)) and a stripper temperature of 384.6 K, which was lower than that obtained with single-amine systems.

P분리목-32

Ultra-High Purity Oxygen Production from ambient Air via a Two-Bed, Two-Layer Vacuum Pressure Swing adsorption (VPSA) using Aspen Adsorption Simulation

Ankit Belbase, Shaukat Ali Mazari, 윤민서, 이권우, 문종호*
충북대
(moonjongho@chungbuk.ac.kr*)

Ultra-high purity oxygen, greater than 99.5%, is crucial in industries like healthcare, aerospace, and advanced manufacturing, where even small impurities can compromise safety and performance. Traditional air separation methods often require complex, multi-step processes to meet these standards. In this study, we developed a simpler two-bed, two-layer Vacuum Pressure Swing adsorption (VPSA) process simulated with Aspen Adsorption to produce oxygen directly from ambient air—which is composed of 78% nitrogen, 21% oxygen, and 1% argon. Using Zeolite LiSX to remove nitrogen and a carbon molecular sieve (CMS) for argon, we achieved 99.69% oxygen purity at a 31% recovery rate, with nitrogen at 2328.19 ppm and argon at 669.94 ppm. Further optimization produced 99.99% purity at a lower 10.48% recovery, reducing nitrogen to 0.89 ppm and argon to 4.14 ppm. These results show that the extra adsorption beds not only help achieve ultra-high purity oxygen but also offer economic advantages by balancing product quality and recovery efficiency, providing a strong foundation for future studies and scale-up efforts

P분리목-33

Adsorption equilibrium of CO_2 on various porous adsorbents at low CO_2 pressures for direct air capture applications

박지현, 정서령, 김경민[1], 이창하*
연세대; [1]강릉원주대
(leech@yonsei.ac.kr*)

Direct Air Capture (DAC) is a promising technology that can reduce emitted CO_2 amount on earth, with the ability to be deployed flexibly depending on the location. Solid amine adsorbents, developed by incorporating amines into porous support materials, have emerged as an advanced solution. These adsorbents demonstrate notable advantages, including low regeneration energy consumption, high adsorption capacity, high stabilization, fast adsorption kinetics and low equipment corrosion. In this study, the adsorption equilibrium of CO_2 on various porous adsorbents was measured by using a volumetric method because the role of mother materials in chemical modification is crucial. Then, the adsorption characteristics of them were analyzed, based on their physical and chemical properties. In addition, the dynamic performance of the pristine adsorbents was compared again at a 5000 ppm CO_2 at 80% relative humidity. This study provides insights into selecting an optimum pristine material for chemical modification in DAC applications.

P분리목-34

Bifunctional Cathode Catalyst Manganese-doped Barium Titanate Perovskite for Metal-Air Battery Applications

김보연, 박현지, 송정은, 이강희, 전유권*
연세대
(ykjeon@yonsei.ac.kr*)

As energy demand and supply continue to grow, interest in energy storage is increasing. Metal-air batteries attract great attention due to their high theoretical energy density, high safety level and low environmental impact. However, the slow redox reactions that occur at the cathode are an obstacle. To overcome this, inorganic oxide perovskite (ABO_3) materials have been extensively studied due to their high ionic/electronic conductivity and high compositional flexibility. In this study, manganese-doped barium titanate perovskite (BTM) cathode catalysts are carefully designed and synthesized, which show different structures depending on the amount of manganese. The structures of BTM are analyzed by various tools such as X-ray diffraction and Rietveld refinement. With low levels of platinum loaded onto the BTM catalysts, linear sweep voltammetry and cyclic charge-discharge tests were respectively performed to evaluate the electrochemical bifunctionality (oxygen redox reactions) of the catalysts and their stability as effective cathodes in a single metal-air battery cell.

P분리목-35

Study on the Adsorption Behavior of Supported Noble Metal Catalysts via In-Situ DRIFTS Analysis

고유리, 김형진, 김슬기, 전유권*
연세대
(ykjeon@yonsei.ac.kr*)

Supported metal catalysts are widely studied in environmental and energy fields such as pollutant purification and alternative energy production. Typically, the strong metal-support interaction (SMSI) of oxide-supported metal catalysts plays a crucial role in determining adsorption behavior and activation mechanisms. By modulating the interaction between noble metals and supports, catalytic performance can be enhanced in various reactions; however, the mechanisms remain unclear. In this study, real-time analyses on the examination of the adsorption characteristics of supported noble metal catalysts are performed by using in-situ diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy of CO and NH_3. Furthermore, the formation of reaction intermediates and electron density variations depending on noble metals and oxide-support combinations and different synthesis treatments are also investigated. As a result, adsorption and activation mechanisms of these catalysts are systematically analyzed to provide deeper insights into SMSI and its role in the mechanisms of each reaction.

P분리목-36

Impact of Structural Optimization Methods on Process-level Performances for Biogas Purification

신창돈, 윤성현, 정용철*
부산대
(drygchung@gmail.com*)

Biogas is a valuable renewable energy source as an alternative to natural gas and petroleum. It mainly consists of methane (CH_4) and carbon dioxide (CO_2), with trace amounts of other gases. Since CO_2 and other impurities lower the heating value of biogas, an upgrading process is required to remove these impurities. Among various techniques, adsorption-based separation process using solid adsorbents is a promising method for biogas upgrading. In this work, we performed a multiscale simulation that integrates molecular simulation, process modeling, and optimization to evaluate the performance of isoreticular series of CALF-20 for biogas purification. Various optimization methods were employed to obtain the crystal structures of these adsorbents. A 5-step pressure/vacuum swing adsorption (PVSA) cycle was optimized using Thompson sampling efficient multi-objective optimization (TSEMO) to obtain CH_4 purity/recovery Pareto fronts. The performance of the adsorbents was compared based on the Pareto fronts, and the effects of the optimization methods on separation performance for biogas were analyzed.

P분리목-37

천연가스 배출로부터 이산화탄소 포집을 위한 진공 압력 변동 흡착 (VPSA) 공정의 기술 경제성 최적화

심규빈, 박준우[1], 이기봉*
고려대; [1]한국과학기술연구원
(kibonglee@korea.ac.kr*)

산업혁명 이후, 전 세계적으로 온실가스 배출량이 급증하며 지구 온난화와 기후 변화가 가속화되고 있다. 특히, 이산화탄소는 온실 효과에 가장 크게 기여하며 전 세계 온실가스의 70% 이상을 차지하고 있다. 이에 대한 대응으로 다양한 이산화탄소 포집 기술이 연구되고 있으며 그 중 흡수법은 현재 가장 기술 성숙도가 높지만, 흡수제로 사용되는 아민 누출 및 폐기물로 인한 환경 오염이 문제로 지적되고 있다. 따라서 흡수법을 대체하기 위한 환경친화적인 포집 기술이 필요하며, 흡착법은 대안으로써 유망한 기술이다. 특히, 진공 압력 변동 흡착 (VPSA) 공정은 낮은 자본 비용과 다양한 공정 조건에 대한 유연성으로 이산화탄소 포집에 적합한 기술로 평가되고 있다. 본 연구에서는 천연가스 연소 후 배가스를 대상으로 효율적인 이산화탄소 포집을 위한 VPSA 동적 시뮬레이션을 수행하였다. 최적의 공정 설계를 위해 다양한 사이클을 고안하였으며 특히 압력 균등화 단계의 개수에 따른 영향에 집중하였다. 사이클을 구성하는 단계 시간이나 컬럼 부피와 같이 공정 성능에 크게 영향을 미치는 주요 변수들을 선정하고, 공정 성능 지표인 순도, 회수율, 총 연간 비용을 목적함수로 하여 최적화를 수행했다.

P분리목-38

CPVC 유래 다공성 탄소 흡착제 제조 및 저농도 사불화탄소의 흡착 상관관계 연구

이동준, 조문경, 이기봉*
고려대
(kibonglee@korea.ac.kr*)

반도체 산업의 지속적인 성장으로 인해 세정과정에서 사용되는 특수 가스 중 하나인 사불화탄소 (CF_4)의 사용 및 배출량이 계속해서 증가하고 있다. 사불화탄소는 대기 내에서 매우 안정된 가스로 약 50,000년의 대기 수명을 가지며, 이 가스의 global warming potential (GWP)은 이산화탄소 (CO_2)와 비교하여 6,500배 더 높은 강력한 온실 가스로, 지구 온난화를 가속시키는 주요 요인 중 하나다. 이로 인해 기후 변화 및 생태계 교란과 같은 환경 문제가 발생하고 있어, 사불화탄소 배출에 대한 규제가 해마다 강화되고 있다. 사불화탄소 배출을 줄이기 위한 접근 방식 중 하나는, 플라즈마와 같은 강한 에너지를 통한 분해 처리하는 방법이 있다. 이러한 방법은 대부분 높은 에너지 소비를 요구하며, 분해 과정에서 환경 오염을 일으키는 HF, F_2 , SiF_4 등의 2차 오염 가스가 발생할 수 있다. 따라서, 사불화탄소 배출량을 효과적으로 줄이기 위한 연구가 더욱 필요하다. 본 연구는 CPVC 유래 다공성 탄소 흡착제의 제조 및 저농도 사불화탄소의 흡착 상관관계 연구이며, 이를 통해 실제 배가스 조건인 저농도 사불화탄소의 직접 포집향상을 위해, 저농도의 사불화탄소의 흡착 상관관계를 분석 및 주요 흡착 인자를 확인하였다.

P분리목-39

알칼리 금속염의 비율에 따른 Mg-Al 층상 이중 수산화물 기반 흡착제의 CO_2 흡착 성능에 대한 연구

안채은, 김홍석[1], 김민성[1], 차민규, 이기봉*
고려대; [1]현대건설
(kibonglee@korea.ac.kr*)

대표적인 온실가스로 분류되는 이산화탄소(CO_2)의 농도가 지속적으로 증가하고 있으며 이로 인한 기온 상승 문제의 해결법으로 Carbon Capture and Storage(CCS) 기술이 주목받고 있다. CO_2를 포집하는 단계는 비용적 측면에서 CCS 전체 공정의 가장 큰 비중을 차지하고 있기 때문에 전체 공정 비용 절감을 위해 포집 기술의 효율 개선이 중요하다. 고체 흡착제를 활용한 CO_2 흡착 공정은 비교적 재생이 용이하며 높은 포집 효율을 가지고 있어 활발히 연구되고 있다. 그중 하이드로탈사이트는 중·고온 CO_2 흡착에 적용 가능한 고체 흡착제이며 200~400 ℃의 배가스가 배출되는 산업 환경의 CO_2 흡착에 사용할 수 있지만 다른 고온 흡착제에 비해 흡착 성능이 낮다는 문제점이 있어 이를 개선하는 방향으로 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 하이드로탈사이트 기반 CO_2 흡착제의 흡착 성능 향상을 위해 알칼리 금속염을 도입하여 중온 CO_2 흡착에 적용하였다. 다종의 알칼리 금속염을 포함하는 하이드로탈사이트를 수열 합성법으로 제조하여 흡착 성능과의 상관관계를 확인하고 특성 분석 및 흡탈착 반복 실험을 통해 흡착 메커니즘을 파악하였다. * 본 연구는 현대건설㈜의 지원을 받아 수행되었습니다.

P분리목-40

친환경적 레불린산 전환을 위한 니켈 기반 다공성 유기 고분자

최유진, 한혁희, 시누 라비, 배윤상*
연세대
(mowbae@yonsei.ac.kr*)

바이오매스 기반 화학 산업의 발전과 함께 레불린산(LA)에서 γ-발레로락톤(GVL)으로의 전환은 바이오리파이너리 분야에서 핵심적인 과제로 대두되고 있다. 그러나 이 전환 과정에서 귀금속 촉매의 사용, 유기 용매 사용 등의 문제로 인해 경제성과 환경적 측면에서 개선의 여지가 있다. 이러한 배경에서, 비귀금속 기반의 친환경적인 촉매 시스템 개발이 요구되고 있다. 본 연구에서는 이러한 과제를 해결하기 위해 신규 니켈 기반 다공성 유기 고분자(POP) 촉매를 설계 및 합성하였다. TEM, FT-IR, TGA 등의 분석을 통해 촉매의 구조와 특성을 확인하고, 코어-쉘 구조의 시너지 효과를 규명하였으며, LA-GVL 전환 반응에서 높은 활성(전환율: 100%, 수율: 98%)과 선택성(100%), 뛰어난 재사용성을 보여 주는 것을 확인하였다. 본 촉매 시스템은 기존 공정의 환경적 부담을 줄이고, 니켈 사용으로 경제성을 확보하여, 향후 바이오리파이너리 분야 발전에 기여할 것으로 기대된다.AcknowledgmentsThis work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (RS-2020-NR049541).

P분리목-41

Mg/Cr 비율에 따른 Mg-Cr 층상 이중 수산화물 기반 CO_2 흡착제의 거동: 실험 및 DFT 분석

차민규, K.S.S.V. Prasad Reddy[1], 강성구[1], 김홍석[2], 김민성[2], 이기봉*
고려대; [1]울산대; [2]현대건설
(kibonglee@korea.ac.kr*)

기후 변화와 지구 온난화 문제가 가속화되면서 이산화탄소를 포함한 온실가스의 인위적인 배출이 주요 원인으로 지목되고 있다. 이를 해결하기 위한 기술로 탄소 포집 및 저장 (Carbon Dioxide Capture and Storage, CCS)가 연구되고 있으며, CCS는 이산화탄소 포집 과정에서 가장 큰 비용이 발생하기 때문에, 효율적으로 이산화탄소를 포집하는 기술의 연구가 필수적이다. 포집 기술 중 흡착 기술은 적용하는 환경과 온도 범위 등에 따라 사용하는 흡착제의 종류가 달라지며, 층상 이중 수산화물 (Layered Double Hydroxide, LDH) 기반 흡착제는 200~400 ℃ 온도 범위의 배기가스로부터 이산화탄소를 직접 포집 할 수 있다는 장점이 있다. 기존의 상용화된 Mg-Al 층상 이중 수산화물 기반 흡착제의 낮은 이산화탄소 흡착 성능을 개선하기 위해, 3가 양이온을 구성하는 금속을 Cr로 치환하였다. 또한, Mg/Cr 몰 비율이 이산화탄소 흡착에 미치는 영향을 파악하기 위해 금속 전구체의 몰 비율을 다르게 하여 소재를 합성하였으며, Mg/Cr 몰 비율에 따른 층상 이중 수산화물 기반 흡착제의 이산화탄소 흡착 메커니즘을 분석하고 이를 DFT 계산 결과와 비교하였다.

P분리목-42

수전해로부터 생산된 수소 정제를 위한 수분 흡착 공정 최적화

정재훈, 심규빈, 이기봉*
고려대
(kibonglee@korea.ac.kr*)

화석연료의 사용 증가와 산업과정에서의 배출 등의 이유로 온실가스의 주를 이루는 이산화탄소의 대기 중 농도가 점점 높아지는 상황에서 지구온난화를 막기 위해 이산화탄소의 배출을 줄일 필요성이 높아지고 있다. 화석연료를 대체할 청정 에너지로 수소가 각광받고 있으며, 재생에너지를 이용하여 물을 전기분해하여 생산되는 그린 수소는 생산 과정에서 이산화탄소가 배출되지 않는다는 점에서 친환경적인 미래 기술로 평가되고 있다. 이때, 생산되는 수소에는 수분이 포함되며, 고순도 수소 생산을 위해서는 수분을 제거하는 공정이 필수적이다. 본 연구에서는 수분 제거를 위한 공정으로 고체 흡착제를 이용하는 온도 변동 흡착 (TSA) 공정을 고려하였다. 상용 시뮬레이터를 이용하여 TSA 공정을 모사하는 동적 시뮬레이션을 수행하였으며, 본 공정에 적합한 사이클을 고안하고 공정 성능에 크게 영향을 끼치는 주요 변수들을 선정하여 최적화를 수행하였다.

P분리목-43

On-board post-combustion CO2 capture process under high oxygen-containing emission gases from ships

우경희, 이창하*
연세대
(leech@yonsei.ac.kr*)

In response to rising greenhouse gas (GHG) emissions from international shipping, the 2023 IMO GHG Strategy aims to reduce emissions from ships to near-zero by 2050. Onboard carbon capture (OCC) is therefore critical for achieving this objective. Unlike other carbon emissions, the flue gas from ships contains low CO_2 and high O_2 concentrations because excess air is used in the turbines. Therefore, beyond capture efficiency, oxidative degradation of solvents and the role of washing columns are important in OCC processes. This study proposes optimal design parameters for the OCC process using monoethanolamine (MEA) that account for oxidative degradation, capture rates, and liquid-to-gas (L/G) ratios. The performance of the OCC process was evaluated under various flue gas compositions derived from varying air-to-fuel ratios of a reference medium-range tanker. The results indicated that a 90% capture rate can be achieved at the minimum capture cost per ton of CO_2. MEA emissions could be controlled below the regulatory limit of 1 ppmv for capture rates below 95%. At 1,000 hours of operation, oxidative degradation resulted in a 7.8% loss of the initial MEA input.

P분리목-44

고도로 상호 연결된 삼중 다공성 반전 오팔 구조 TiO_2 멤브레인을 활용한 향상된 광촉매 수처리

손혜정, 장호석[1], 김정환[1], 이창수*
국립부경대; [1]인하대
(cslee21@pknu.ac.kr*)

Developing efficient photocatalytic membranes is crucial for addressing increasing water contamination challenges. This study introduces a novel trimodal porous TiO_2 membrane with an inverse-opal structure, designed to enhance pollutant degradation. The hierarchical porosity incorporating macropores, mesopores, and micropores was achieved through a template-assisted synthesis using a polystyrene opal layer, P123 surfactant, and NH_2 -MIL-125(Ti) metal-organic framework (MOF). This well-structured porous network promotes effective mass transfer and maximizes active site availability for photocatalytic reactions. Performance evaluations revealed significantly improved pollutant degradation efficiency, attributed to the synergistic effects of the hierarchical pore structure and active Ti-O-H surface sites. These results underscore the potential of this advanced membrane as a scalable and sustainable solution for water purification.

P분리목-45

금속염의 종류에 따른 zeolite X의 수분 흡착 성능

채민규, 이기봉*
고려대
(kibonglee@korea.ac.kr*)

기후 변화에 대한 우려가 커지면서 온실가스 배출 저감이 시급한 과제가 되고 있다. 이에 따라 지속 가능한 에너지 전환이 가속화되고 있으며, 그린 수소는 화석 연료를 대체할 핵심 에너지로 주목받고 있다. 특히, 그린 수소는 생산 과정에서 이산화탄소를 배출하지 않아 탄소중립 실현에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 그러나, 수전해를 통한 수소 생산 과정에서 미량의 수분이 포함되는 문제가 발생하며, 이는 수소의 순도를 저하시키는 요인으로 작용한다. 따라서, 미량의 수분까지 효과적으로 제거하는 기술이 필수적이며, 이를 위해 흡착 기반의 수분 제거 기술을 적용하여 수소의 순도를 향상시키고자 한다. 본 연구에서는, 저농도 수분 조건에서 흡착 성능을 평가하기 위해 Zeolite X를 활용한 실험을 수행하였다. 또한, 흡착 성능을 개선하기 위해 금속염을 담지하여 수분 흡착 성능을 향상시키고자 하였다.

P분리목-46

High-surface-area porous carbon via one-step direct carbonization of chitosan with aldehyde additives for efficient CO_2 capture

시누 라비, 신채원, 배윤상*
연세대
(mowbae@yonsei.ac.kr*)

The excessive combustion of fossil fuels has led to a dramatic rise in anthropogenic CO_2 emissions, contributing to global warming and climate change. To address this issue, efficient CO_2 capture and conversion strategies are essential. In this study, we developed porous carbon adsorbents derived from chitosan biopolymer with aldehyde additives (CTK, where C= chitosan, T= aldehyde, K= inorganic base) using a facile one-step carbonization method. For comparison, TK and CK samples were also synthesized. CO_2 adsorption performance was evaluated at 273 K, 288 K, and 298 K. Among them, CTK exhibited one of the highest CO_2 adsorption capacities reported. Additionally, the adsorbents demonstrated excellent reusability over five successive cycles, highlighting their potential for sustainable CO_2 capture applications Acknowledgments This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grants funded by the Korea government (MSIT) (No. RS-2023-00247919 and RS-2023-00302697).

P분리목-47

재활용 탄소 소재를 이용한 온실가스 흡착 및 특성 분석

서주영, 조문경, 이기봉*
고려대
(kibonglee@korea.ac.kr*)

지구 온난화는 현대 사회가 직면한 가장 심각한 환경 문제 중 하나로, 해수면 상승, 기후 변화, 생태계 교란 등 심각한 영향을 초래하고 있다. 온실가스 배출이 주요 원인으로 작용하며, 이산화탄소(CO_2), 메테인(CH_4), 사불화탄소(CF_4) 등이 대표적인 온실가스로 알려져 있다. 특히, CF_4는 배출량은 적지만 지구온난화지수(GWP)가 매우 높아 환경에 미치는 영향이 크며, 반도체 산업의 성장과 함께 그 배출량이 증가하고 있어 이에 대한 효율적인 저감 기술이 요구된다. 기존의 CF_4 처리 기술은 높은 에너지 소비와 부산물 발생 등의 문제가 있다. 이에 본 연구에서는 폐기된 아이스팩을 활용하여 다공성 탄소 흡착제를 합성하고, 이를 이용한 CF_4 흡착 성능을 평가하였다. 합성된 다공성 탄소의 기공 구조 및 표면 특성을 분석하고, CF_4에 대한 흡착 메커니즘을 규명함으로써 온실가스 저감을 위한 새로운 흡착제 개발 가능성을 탐색하였다.

P분리목-48

재활용 플라스틱 VOC 제거 및 냄새 개선을 위한 초임계 이산화탄소 추출 공정 개발

신건우, 임지선, 정대성[1], 김재훈[2], 이홍식*
한국생산기술연구원; [1]현대자동차; [2]성균관대
(leehongshik@kitech.re.kr*)

The increasing use of plastics has led to large-scale waste generation, making recycling key to carbon neutrality. Polypropylene (PP), widely used in automotive parts like bumpers for its durability, low cost, and lightweight properties, degrades under heat and UV exposure, releasing volatile organic compounds (VOCs). Additionally, VOCs form when chemically separating painted or coated PP with organic solvents. Recycled PP fails to meet VOC and odor standards, requiring effective removal methods.This study applied supercritical CO_2 to remove VOCs from recycled PP, optimizing conditions for efficiency and scalability. Supercritical CO_2, with a critical point of 31.1°C and 7.38 MPa, combines liquid-like solvating power and gas-like diffusivity, allowing deep penetration into PP pores for VOC removal. CO_2 is also non-toxic, environmentally friendly, and leaves no residue. The effects of pressure, temperature, flow rate, and extraction time on VOC removal were analyzed. A comparative experiment was conducted by heating the sample without CO_2 injection to release VOCs, and the results were compared to assess the effectiveness of supercritical CO_2 extraction.

P분리목-49

ZIF-8의 골격 유연성 제어를 통한 혼합 기질막의 배가스 분리 성능 향상

이준형, 이나현, 엄기원, 안윤호*
숭실대
(yhahn@ssu.ac.kr*)

Zeolitic Imidazolate Framework-8 (ZIF-8)은 기체 분리 분야에서 현재까지 가장 많은 연구가 이루어지고 있는 금속 유기 골격체 중 하나이다. ZIF-8의 이론적인 Molecular cut-off size는 CO_2와 N_2의 kinetic diameter 사이에 존재하여 배가스 내 CO_2/N_2혼합 기체를 효과적으로 분리할 수 있을 것으로 기대되었으나, 특유의 골격 유연성으로 인해 유효 cut-off size가 CO_2/N_2 분리에 적합하지 않은 수준으로 증가하는 한계점이 존재한다.본 연구에서는, ZIF-8의 결정 크기 및 유기 링커인 2-aminobenzimidazole (2-abIm) 비율 조절을 통해 골격 유연성을 억제하여 순수한 고분자 분리막 대비 CO_2 투과도와 CO_2/N_2 투과 선택도가 모두 향상된 혼합 기질막을 성공적으로 제작하였다. 또한, 특정 2-abIm 링커 비율 이상에서 혼합 기질막 내부의 ZIF-8을 통한 CO_2 투과도 및 확산계수가 급격하게 감소하였으며 Bulk ZIF-8 상에서의 CO_2 확산 특성과 상이함을 관찰하였다. 이러한 현상은 고분자 매트릭스에 의한 ZIF-8의 추가적인 골격 유연성 억제에 의한 것이며, 골격 유연성 제어 기법에 의한 ZIF-8 기반 혼합 기질막의 CO_2/N_2 분리 성능 조절 가능성은 본 연구에서 처음으로 발견되었다. 본 연구 성과를 통해 추후 ZIF-8 기반 혼합 기질막의 크기 배제 효과를 이용한 다양한 기체 분리 연구 진척에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

P분리목-50

이산화탄소 포집을 위한 아민이 기능화 된 셀룰로오스 파이버 흡착제

노아현, 송택용[1], 김요한[1], 안윤호*
숭실대; [1]한국가스공사
(yhahn@ssu.ac.kr*)

가속화되는 지구 온난화로 인해 전 세계 평균 기온이 1 ℃ 이상 상승하면서 이상기후 현상이 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하고자 이산화탄소 배출 저감뿐만 아니라, 대기 중 이산화탄소를 직접 포집하여 제거하는 직접공기포집 (Direct Air Capture, DAC) 기술의 중요성이 대두되고 있다. 그러나 현재 DAC 기술은 420 ppm 수준의 저농도 이산화탄소의 효과적인 흡·탈착을 위해 높은 비용이 요구된다. 또한 기존 일반적인 파우더 형태의 흡착제는 압력 강하가 크게 발생하며, 가루 형태 특성상 취급이 어렵다는 단점이 있다. 셀룰로오스는 자연계에 풍부하여 지속가능하며 경제적인 물질이다. 본 연구에서는 셀룰로오스를 활용하여 합성 비용 절감이 가능하고 압력 강하를 줄일 수 있는 파이버 형태의 DAC 흡착제를 개발하였다. Solution-process를 통해 셀룰로오스 파이버 흡착제를 제작하였고, 다양한 용매를 활용하여 용매 교환 (solvent exchange)을 거쳐 아미노실레인 (aminosilane)과 셀룰로오스의 하이드록시기 (-OH)를 화학적으로 결합시켰다. 이렇게 합성된 흡착제의 기공 구조를 분석하였고, 이산화탄소 흡착 성능을 평가하였다. 본 연구를 통해 셀룰로오스 파이버의 DAC 흡착제로서의 가능성을 확인하였으며, 보다 경제적인 이산화탄소 저감 기술 개발에 기여할 것으로 기대된다.

P분리목-51

Impact of Carbonaceous Integration into Faujasite supercages for high CO_2 -selective adsorption potential in DAC applications

Wathone Oo, 박지혜, Win May Zaw, Pa Pa Aung Shoon, 이광복*
충남대
(cosy32@cnu.ac.kr*)

Due to rising atmospheric CO_2 levels, efficient DAC strategies require adsorbents with high CO_2 selective uptake over N_2 due to their similar kinetic diameters. While zeolite-based adsorbents offer structural stability and moderate CO_2 uptake, their large supercages limit CO_2 selectivity, requiring modification. Incorporating hydrophobic CNR115 into Faujasite supercages enhances synergistic adsorption, CO_2 selectivity and regeneration. Hydrothermal synthesis of carbon-zeolite (CZ) composites with varying carbon grain sizes and Si/Al molar ratios yielded higher surface area and supermicropores (~0.7 nm). The optimized composite (300–150 μm carbon, Si/Al = 1.47) exhibited ~6 mmol/g CO_2 uptake and IAST-predicted CO_2/N_2 selectivity of ~30 at 25 °C, 100 kPa, surpassing pristine zeolite. Carbon integration also suppressed Na^+–CO_2 interactions, lowering adsorption energy (~20 kJ/mol) and enabling 98% self-regeneration without thermal energy, outperforming commercial zeolites (13X, 4A).

P분리목-52

MAB 흡수제를 활용한 NCC 배가스로부터 CO_2 포집 벤치급 실증

김나운*, 김정민, 이승용, 박태성, 유정균
한국에너지기술연구원
(naunkim@kier.re.kr*)

CCUS 기술은 탄소중립 실현을 위한 핵심 전략으로, 특히 습식 흡수법이 대규모 배출원의 가장 효율적인 탄소 포집 기술로 평가받고 있다. 기존에는 석탄화력발전소 배가스를 중심으로 실증 연구가 진행되었으나, 2050 탄소중립 로드맵에 따라 시멘트, 철강, 석유화학 등 다양한 산업으로 적용이 확대되고 있다. 그 일환으로, 한화토탈에너지스 대산 NCC 공장에 20톤 CO_2 /일급 습식 포집 실증 설비가 건설 중이며(2025년 6월 준공 예정), 해당 설비에 적용될 최적의 흡수제 선정을 위한 연구가 진행되고 있다. 선행연구로서, 본 연구에서는 MAB 흡수제를 활용하여 벤치급 습식 포집 설비(처리가스 유량 150 Nm^3/hr)에서 NCC 모사가스(CO_2 9 vol%, dry)를 대상으로 100시간 이상 연속 운전을 수행하였다. 이를 통해 MAB 흡수제의 운전 안정성과 성능을 검증하고, 파라미터 연구를 통해 최적 운전 조건을 도출하였다.본 연구는 2024년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구결과입니다. (No.2410002912)

P분리목-53

염수 내 CO2 용해도 예측을 위한 인공신경망 모델 개발 : 농축수를 이용한 탄산 광물화를 위한 기초 연구

홍승범, 이현지, 전필립*
공주대
(philip@kongju.ac.kr*)

대기 중 이산화탄소(CO2) 농도 증가는 기후 변화의 주요 원인이며, 이를 완화하기 위한 다양한 기술이 연구되고 있다. 최근 대기에서 직접 CO2를 포집(Direct Air Capture)하거나 해양에서 직접 CO2를 포집(Direct Ocean Capture)하는 기술이 주목받고 있으나, 포집된 CO2의 격리 및 활용 기술 개발이 필요하다. 담수화 과정에서 발생하는 농축수를 활용한 탄산 광물화 기술이 주목받지만, CO2 용해도 모델링에 어려움이 있다. 본 연구에서는 인공신경망(ANN) 기반 머신러닝 기법을 활용하여 바닷물 내 CO2 용해도를 예측하는 모델을 개발하였다. 다양한 염수 조건(온도, 염분, 압력)에서 CO2 용해도 데이터를 수집하고, 모델을 학습시켜 예측 성능을 평가했다. 또한 주요 변수가 용해도에 미치는 영향을 분석하였다. 본 연구에서 개발된 모델은 복잡한 조성을 가진 염수에서 CO2 용해도를 예측하여 탄산 광물화 공정 설계 및 최적화에 기여할 것이다.

P분리목-54

Pore-Engineered Amine-Impregnated Porous Carbons to Capture CO_2 under High Humid Conditions

정서령, 박지현, 김경민[1], 이창하*
연세대; [1]강릉원주대
(leech@yonsei.ac.kr*)

Efficient CO_2 capture is essential for maintaining air quality in confined spaces. Amine-impregnated carbon materials (CMs) offer a promising alternative to liquid scrubbing, but challenges remain in optimizing sorption capacity, desorption efficiency, and stability under high humidity conditions. This study investigates amine-impregnated CMs with different pore structures for capturing dilute CO_2 concentrations (5000 ppm) in air at 80% RH. CMs with various pore size distributions (PSDs) and surface areas were impregnated with two types of amines, considering electronegativity and molecular structure. Their adsorption performance was evaluated through breakthrough experiments and cyclic adsorption-desorption tests under dry and wet conditions. Physical properties of CMs influenced CO_2 sorption rates and capacities, and adsorption mechanisms depended on the amine type. One amine promoted CO_2 chemisorption via water interactions, while the other formed carbamates. Optimized amine loading ensured reversibility during vacuum desorption, maintaining stability over six cycles.

P분리목-55

Membrane Process for Carbon Dioxide Capture: Performance Analysis at Ambient and Low Temperature

박진우, 김진국[1], 이정현*
KIER; [1]한양대
(junghyun279@kier.re.kr*)

We investigated gas permeation properties of polymeric membrane modules to improve carbon dioxide (CO_2) capture from hydrogen reformer flue gases, specifically those generated during steam methane reforming (SMR). Membrane-based CO_2 capture methods hold promise not only for SMR applications but also for treating post-combustion emissions and industrial off-gases from cement and petrochemical processes. Experiments at approximately 25℃ utilized a polysulfone-based commercial membrane module. Through systematic tuning of feed and permeate pressures, as well as feed flow rate, a CO_2 purity and recovery rate around 90% were obtained.Further experiments at reduced temperatures involved a polyimide-based polymeric membrane, capitalizing on temperature-sensitive gas permeability variations linked to differing activation energies. Lower temperature conditions resulted in a notably smaller decline in CO_2 permeability relative to O_2 and N_2, significantly enhancing selectivity. The optimized process consequently demonstrated exceptional experimental results, achieving a CO_2 purity of 99% at a recovery rate of 90%.

O생물목-1

고부가가치 생화학 물질 생산을 위한 맞춤형 티올레이스 효소

손현철*
전남대
(hfrancis@jnu.ac.kr*)

Thiolase is essential in the first step of synthesizing many value-added biochemicals. However, only a few feasible THLs have been reported, and a limited understanding of these enzymes has restricted their broader application in valuable production processes. In this study, biochemical and structural analysis identified the specific properties of THLs belonging to three groups for synthesizing medium- to long-chain fatty acids, polyketide, and dicarboxylic acid represented by adipic acid. We further demonstrated that hydrolysis activity, considered a rate-limiting step in the biosynthetic process, can be alleviated through flux balance or site-directed mutagenesis. Notably, we discovered two THLs with strong biosynthetic abilities and low hydrolysis: PaTHL4, effective for medium- to long-chain fatty acids and polyketides, and PaTHL7 tailored for adipic acid production. This study provides valuable insights of tailored THLs for specific biochemical production.

O생물목-2

모발 장벽 복원을 위한 16-메틸헵타데킨산의 생체 접합 기반 생체 모방 기술

송상훈*
LG생활건강
(sanghunsong@lghnh.com*)

A major component of the lipid barrier of human hair, which is essential for defense against aging and external stress, is 18-methyleicosanoic acid (18-MEA) which provides hydrophobic properties and protection. Since 18-MEA cannot be regenerated once damaged, permanently binding alternative materials to hair is significant. Pentaerythritol tetraisosterate was hydrolyzed below pH 4 resulting in the formation of 16-methylheptadecanoic acid (16-MHA). 16-MHA was bioconjugated to damaged hair from which 18-MEA had been removed via a carbodiimide reaction. Through time of flight secondary ion mass spectrometry (TOF-SIMS), it was confirmed that 16-MHA remained on the surface of the bioconjugated hair even after washing. By observing the endothermic reaction of moisture in hair, we confirmed that the physical properties of the hair were similar to those of healthy hair. This biomimetic approach has been shown to recover both structural integrity and internal water homeostasis.

O생물목-3

Hierarchical Protein Nano-crystalline Hydrogel encapsulating Extracellular Vesicles for Tertiary Lymphoid Structure Formation

안원경, 이은정[1]*, 이예람[1], 김인산[2], 한지훈[2]
고려대; [1]경북대; [2]한국과학기술연구원
(eunjunglee@knu.ac.kr*)

Among cancer therapies, immune checkpoint blockade (ICB) has emerged as a key strategy to enhance anti-tumor immune responses. However, its efficacy is often limited by the absence of a pre-existing immune response within the tumor microenvironment. Here, we introduce a hierarchical protein hydrogel designed to induce artificial tertiary lymphoid structures (aTLS) and improve ICB efficacy. By integrating self-assembling ferritin nanocages, rec1-resilin protein, and CP05 peptide, the hydrogel provides a structurally stable and functionally adaptive scaffold with self-healing properties. The CP05 peptide enables efficient extracellular vesicle (EV) encapsulation, supporting germinal center-like aTLS formation. When combined with ICB therapy, EV-loaded hydrogels promote TLS induction within tumors, significantly enhancing anti-tumor immunity, particularly against ICB-resistant tumors. This bioactive hydrogel platform offers a versatile tool for advancing immunotherapy, with potential applications beyond TLS formation in complex tissue-engineering systems.

O생물목-4

High-level microbial succinic acid production through magnesium transport system optimization

김지연, 이종언, 안정호, 이상엽*
KAIST
(leesy@kaist.ac.kr*)

Succinic acid (SA), an important industrial dicarboxylic acid, can be efficiently produced by metabolically engineered Mannheimia succiniciproducens. While magnesium (Mg^{2+}) plays a crucial role in SA production, its impact remains underexplored. This study optimized Mg^{2+} availability and reconstructed its transport system to enhance SA production. An optimal Mg^{2+}-based alkaline neutralizer was developed, and its physiological effects were analyzed. Optimal Mg^{2+} transporter from Salmonella enterica was introduced, resulting in a hyper-SA-producing strain. High-inoculum fed-batch fermentation yielded 152.23 g/L SA with a maximum productivity of 39.64 g/L/h. These findings underscore the importance of Mg^{2+} transport optimization in SA bioproduction. This work was supported by Development of next-generation biorefinery platform technologies for leading bio-based chemicals industry project (2022M3J5A1056072), Development of platform technologies of microbial cell factories for the next-generation biorefineries project (2022M3J5A1056117) from NRF supported by the Korean Ministry of Science and ICT.

O생물목-5

Carbon-Negative PHA (Polyhydroxyalkanoate) Production via Microbial Electrosynthesis Using Engineered Pseudomonas putida

이창협, 공다슬, 김은서 , 김중래*
부산대
(j.kim@pusan.ac.kr*)

The importance of CCUS (Carbon Capture, Utilization, and Storage) technology is increasing worldwide to achieve net-zero carbon emissions by 2050. PHA (Poly-Hydroxyalkanoate) is a bio-based alternative polymer with excellent biodegradability and mechanical and physical properties similar to fossil fuel-based plastics, so it is receiving attention as a potential alternative. Since the substrate used for microbial growth accounts for the most significant portion of the PHA production cost, much research is being conducted to produce PHA from inexpensive substrates such as acetate. In this study, a Microbial Electrosynthesis Cell (MES) was operated to produce acetate from carbon dioxide. The produced acetate from MES was used as a substrate for Pseudomonas putida, which has strong acetate tolerance and is versatile, to produce carbon-negative form medium-chain-length PHA (mcl-PHA) ultimately. Afterward, to increase the acetyl-CoA pool, overexpression of the ACS (Acetyl-CoA Synthetase) and SCACT (Succinyl-CoA: Acetate CoA Transferase) genes involved in acetate assimilation was conducted and confirmed that mcl-PHA per DCW was enhanced.

O생물목-6

Direct Optical Detection of Proteins by Overgrowing Metal Nanorod Modified with Antibodies

박지원, 신용희, 강태욱*
서강대
(twkang@sogang.ac.kr*)

Surface-enhanced Raman spectroscopy has attracted significant interest for sensitive detection of protein due to their high sensitivity. Metal nanostructures are generally modified with antibodies to improve the selectivity for the specific protein. However, because antibodies would increase the distance between the target protein and the nanostructure surface, the protein would be positioned outside the region where the electromagnetic field is most intense. Here, we propose direct and sensitive optical detection of proteins by taking advantage of controlled overgrowth of metal nanorods modified with antibodies. To prevent irregular overgrowth, we replace the surface ligands of the nanorods, thereby guiding the overgrowth to occur in a uniform direction. We assemble the nanorods and sequentially induce overgrowth of the metal nanorod monolayer modified with specific antibodies by adjusting the concentration of the metal precursor or reducing agent. The morphology and optical properties of the overgrown metal nanorods are systematically analyzed using electron microscopy and UV-visible spectroscopy. The Raman signals are measured before and after the overgrowth.

O생물목-7

혼합접착단백질 기반 접착성 어주번트 단백질을 활용한 나노백신전달체

정석원, 차형준*, 우현택
포항공과대
(hjcha@postech.ac.kr*)

Vaccines are crucial for preventing infectious diseases by stimulating adaptive immunity. However, developing potent vaccines remains challenging due to safety, undesirable immune responses, and insufficient immunogenicity. Adjuvants help overcome these limitations by enhancing antigen presentation and activating immune cells. Mussel adhesive protein (MAP) has attracted significant attention for its underwater adhesion, biocompatibility, and non-immunogenic nature. Peptide adjuvants also show promise due to their precise immune targeting, safety, and non-allergenic properties, though their rapid clearance limits effectiveness. In this study, we designed the adhesive adjuvant protein inspired by MAP and peptide adjuvants to extend antigen and adjuvant exposure, ultimately leading to robust and long-lasting protection comparable to natural infections. We formulated a nanovaccine comprising the adhesive adjuvant protein and ovalbumin, demonstrating prolonged and enhanced immune activation compared to the conventional Alum adjuvant. Our findings highlight the adhesive adjuvant protein-based nanovaccine as an easy-to-prepare and potent vaccine candidate.

O생물목-8

Microfluidic analysis of corticosterone-induced mitochondrial impairment in HT22 cells

송현지, 이창수*
충남대
(rhadum@cnu.ac.kr*)

The hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis regulates stress, but chronic activation leads to excessive glucocorticoid secretion, increasing the risk of neuronal damage and psychiatric disorders. However, the precise effects of corticosterone (CORT) on neuronal cell death remain unclear. This study investigates CORT-induced neuronal toxicity using a microfluidic-based assay that enables precise drug dilution and mitochondrial membrane potential analysis in HT22 cells. Our microfluidic platform incorporates a concentration gradient generator, achieving eight distinct concentrations with 99% linearity. Experimental results show that CORT dose-dependently increases mitochondrial membrane potential within five hours, aligning with conventional assays. This system offers a high-throughput, low-reagent approach, making it a promising tool for in vitro disease modeling and drug screening.

O생물금-1

High-Resolution Metagenomic Approaches for Tracking Microbial Dynamics in Wastewater, Respiratory, and Indoor Environments

김민식*
인하대
(minsik.kim@inha.ac.kr*)

Understanding microbial population shifts is crucial for optimizing bioprocesses and public health, yet many observational strategies have limitations. This study applied network analysis and co-culture validation to study microbial dynamics in a microalgal wastewater treatment system, host-depleted respiratory samples, and Zymo spike-ins for absolute quantification in indoor dust microbiomes. In wastewater treatment, microalgae effectively removed pollutants and ammonia while altering microbial communities, particularly under mixotrophic conditions. Pathogen risk analysis showed a 63% reduction in RG2 bacteria, and network analysis suggested that Oligella decline was indirectly mediated by bacterial interactions rather than direct algal inhibition. Co-culture validation confirmed predicted antagonistic effects. In respiratory samples, host DNA depletion improved microbial resolution, revealing that traditional amplicon-based methods underestimate diversity. Additionally, spike-in controls for indoor dust enabled absolute quantification, reducing biases from relative abundance transformations.

O생물금-2

Pneumatic Valve-Based Microfluidic Device for the Detection of Exogenous Gene

한지훈, 윤혜원[1], 이창수*
충남대; [1]식품의약품안전처
(rhadum@cnu.ac.kr*)

Gene doping, the use of genetic engineering to enhance athletic performance, is strictly prohibited by the World Anti-Doping Agency (WADA), yet remains challenging to detect. Among gene doping targets, human erythropoietin (hEPO) is widely exploited for endurance enhancement. In this study, we developed a microfluidic device that integrates a loop-based flow system with magnetic bead-based immunoprecipitation to capture and detect exogenous hEPO genes selectively. The microfluidic platform enables efficient on-chip sample processing, reducing reaction time while maintaining high specificity and sensitivity. Our system offers a rapid, accurate solution for gene doping detection by optimizing fluid dynamics and bead capture efficiency. This study provides a novel approach to anti-doping efforts by facilitating rapid precision screening with minimal sample volume.

O생물금-3

바이오가스를 이용한 Methylotuvimicrobium alcaliphilum 20Z 배양에서 Ectoine 및 $NaHCO_3$의 동시 생산을 위한 salting-out 공정의 도입

이하영, 정원호[1], 최예진, 조숙형[1], 이진원*
서강대; [1]서강대 C1 가스 리파이너리 연구소
(jinwonlee@sogang.ac.kr*)

Methanotroph-based bioconversion of biogas into high-value chemicals has gained significant attention for its potential in sustainable methane utilization. However, the direct use of biogas poses challenges, including excessive buffer consumption due to CO_2 dissociation, which increases operational costs and affects cell growth. To address this, we developed a Methylotuvimicrobium alcaliphilum 20Z cultivation system combined with a salting-out process, enabling simultaneous production of ectoine and sodium bicarbonate ($NaHCO_3$) by continuously recovering HCO_3^- and Na^+ ions. Despite direct biogas utilization, ectoine production reached 85.8% of that achieved with pure CH_4 , demonstrating process feasibility. Additionally, high-purity $NaHCO_3$ (>99.3%) was successfully recovered, validating the effectiveness of the salting-out process. A preliminary techno-economic analysis confirmed that this method reduces operational costs compared to conventional CH_4 -based systems. This study establishes a foundation for biogas-based production of high-value chemicals by developing a multi-reaction system that simultaneously converts CH_4 and CO_2 , presenting significant advancements over existing technologies.

O생물금-4

효소 유사 키랄 플라스모닉 나노입자기반의 광학적으로 조정 가능한 촉매 암 치료법

강하은, 김동하*
이화여자대
(dhkim@ewha.ac.kr*)

Cascade reactions in living organisms are one of the fundamental mechanisms in coordinating various biochemical processes. However, there are challenges in precise tuning of each reaction within complex reactions. Here, we suggest a novel approach to optically control each cascade reactions, utilizing circularly polarized light (CPL), right-handed CPL (RC) and left-handed CPL (LC), coupled with the chiral enzyme-like nanoparticles. D-Au and L-AuPd NPs, which respond to RC and LC, were synthesized to mimic glucose oxidase (GOD)- and peroxidase (POD)-like reactions. By sequentially activating GOD and POD reactions with RC followed by LC, we achieved 1.25- and 1.9-fold enhanced catalytic performance compared to non-controlled reactions by creating an optimal acidic conditions for next reaction. Moreover, the D-Au showed a 2-fold higher binding selectivity to the substrates, D-glu. Both in vitro and in vivo, RC+LC irradiated group exhibited the highest radical generation and the most efficient cancer treatment results. We believe that our system holds strong potential for promising platform for catalytic therapy.

O생물금-5

Localized Cancer Theranostics Using Biomineralized Metalloprotein Nanodots as Narrow-Bandgap Photosensitizers

김무승, 조윤기*
경북대
(ykjo@knu.ac.kr*)

Silver sulfide (Ag_2S) quantum dots are promising near-infrared (NIR) theranostic agents for cancer treatment due to their excellent NIR absorbance and photobleaching resistance. However, their complex synthesis and poor retention at target sites limit clinical applications. This study presents metalloprotein adhesive nanodots, biomineralized with engineered silver-binding mussel protein (MAP-AgP35), as biosafe photosensitizers for NIR-triggered theranostics. By forming donor-acceptor pairs between MAP-AgP35 and Ag_2S, these nanodots reduce the energy bandgap, enhancing light absorption and facilitating efficient superoxide radical ($\cdot O2^-$) generation and photothermal conversion (η ~59%). Their properties enable direct eradication of cancer cells using an 808 nm NIR laser, while maintaining good biocompatibility with normal cells. Thus, these biomineralized nanodots are expected to serve as a clinically translatable platform for precise cancer ablation in a minimally invasive manner.

O생물금-6

Biopolymeric Liver-Specific Hydrogels as Biomimetic Designer Matrices for Hepatic Organoid Transplantation

김동창, 조윤기*
경북대
(ykjo@knu.ac.kr*)

The liver supports metabolism, synthesis, and detoxification but has limited regeneration, leading to end-stage liver disease. Organoid transplantation aids tissue repair, but reliance on Matrigel, a tumor-derived matrix with unclear composition, limits its in vivo applications. Here, we introduce a biopolymeric hydrogel as an alternative to Matrigel for the growth and transplantation of hepatic organoids. Our well-defined, biocompatible hydrogel provides an extracellular matrix-mimetic microenvironment, supporting the morphological and functional properties of hepatic and cholangiocyte organoids, comparable to those cultured in Matrigel. Furthermore, we validated successful engraftment and liver function restoration in a mouse model, demonstrating the hydrogel's therapeutic potential. Therefore, our bioengineered heparin hydrogel offers a novel platform for liver organoid-based regenerative medicine, with broader applications in tissue regeneration.

O생물금-7

Modified pH-stat for High Cell Density Formatotrohpic Cultivation of Methylobacterium extorquens AM1

이태형, 조승연, 정규태, 박소정, 이진원, 나정걸*
서강대
(narosu@sogang.ac.kr*)

Formic acid, synthesized from CO_2 and syngas, is emerging as a promising (carbon capture and utilization) CCU product despite its small market size, which limits its role in greenhouse gas mitigation. This has spurred research to convert formic acid into high-value products. Although biological conversion enables single-stage processing under mild conditions, formic acid toxicity hinders cell growth and lowers carbon yield. In this study, we developed a fed-batch strategy using Methylobacterium extorquens AM1 to produce polyhydroxybutyrate (PHB) from formic acid as the sole carbon source. A modified pH-stat system intermittently supplements formate upon depletion, ensuring stable growth. Consequently, the culture reached a maximum cell density of 11.55 g/L and a PHB content of 42.9% in 94.5 hours. These findings demonstrate the feasibility of using formic acid for sustainable biomanufacturing.

O생물금-8

인공 나노좀 기반 세포 동결보존 연구

정현아, 이예담, 원태경, 이고은, 박현지, 안동준*
고려대
(ahn@korea.ac.kr*)

세포 동결보존은 생물학적 자원과 세포 치료제의 장기 보존을 위해 필수적임. 그러나 동결보존 과정에서 발생하는 얼음 형성과 재결정화로 인한 기계적 스트레스와 삼투압 불균형은 세포 손상을 초래하며 생존율 감소로 이어짐. 본 연구에서는 나노 베지클을 활용하여 기존의 동결보호제의 높은 세포 독성을 줄이면서도 동결보존 효과를 유지하는 전략을 제안함. 본 방법은 얼음 재결정화를 효과적으로 억제하여 기존 동결보호제와 유사한 보존 성능을 확보할 수 있음을 확인함. 이 연구는 세포, 조직 및 장기에 적용 가능한 새로운 동결보존 기술을 제시하며, 세포 치료제 및 바이오의약품 보관 기술의 발전에 기여할 수 있는 가능성을 제공함.

P생물금-1

휴대기기용 심장마비위험 모니터링기술 개발

정승준, 박진원*
서울과학기술대
(jwpark@seoultech.ac.kr*)

트로포닌은 심장 및 골격 근육 세포에서 발견되는 단백질 복합체로, 근육 수축에 중요한 역할을 한다. 정상적인 조건에서 트로포닌은 근육 세포 내에 남아 혈류로 방출되지 않는다. 즉, 심장 마비와 같은 심장 손상 시에 트로포닌이 혈류로 방출된다. 따라서, 심장 특정 트로포닌(예: 트로포닌 T 또는 트로포닌 I) 수치는 심장 근육 손상에 대한 매우 특정적인 마커이며 심장 관련 질환을 진단하는 데 사용된다. 그러므로, 트로포닌에 대한 높은 감지도는 대단히 중요하며, 트로포닌 I은 현재 임상실험실에서 0.2-1.0 pg/mL 농도 단위로 측정되고 있다. 심장마비 발생 5분 안에 적절한 조치가 이루어지지 못하면 뇌 손상이 발생되며 8분이 지나면 사망에 이르게 된다. 시간 이내의 적절한 조치는 빠른 확인을 토대로 이루어질 수 있다. 따라서, 심장마비를 빠르게 모니터링할 수 있는 기술은 민감도와 더불어 중요한 요소로 인식되고 있다. 특히 병원 밖에서 심장마비가 발생하는 경우에 즉각적인 치료가 이루어질 수 있도록 현장에서 바로 모니터링할 수 있는 기술이 필요하다. Point-of-Care Testing (POCT)은 환자 근처 검사 (near-patient testing) 또는 침상 검사 (bedside testing) 라고도 하며 환자가 발생한 시간과 장소에서 바로 실시하는 검사이다. 현재 개발된 트로포닌의 POCT 기술은 임상실험실의 민감도에 근접한 수준인 1 pg/ml이나, 측정 시간이 뇌손상에 이르는 5분에서 여전히 초과되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 1 pg/ml를 유지하면서 더 빠른 시간에 측정가능한 방법을 개발하고자 한다.

P생물금-2

iBridge: A gene targeting tool for overexpression and downregulation based on the sum of covariances of the outgoing reaction fluxes

지홍근, 김원준, 이영준, 김현욱, 류재용, 양정은, 이상엽 *
한국과학기술원
(leesy@kaist.ac.kr*)

In metabolic engineering, prediction of gene targets for enhancing production rate remains challenging because of numerous candidates in a large metabolic space. To address this, we present the model that identifies metabolites and reactions influencing product formation based on the sum of covariances between their reaction flux and product formation rate, named iBridge. iBridge identified overexpression and downregulation targets for 298 chemicals. This work is supported by the Development of advanced synthetic biology source technologies for leading the biomanufacturing industry project (RS-2024-00399424), the Development of Next-Generation Biorefinery Platform Technologies for Leading Bio-based Chemicals Industry Project (2022M3J5A1056072) and by the Development of Platform Technologies of Microbial Cell Factories for the Next-Generation Biorefineries Project (2022M3J5A1056117) from the National Research Foundation supported by the Korean Ministry of Science and ICT.

P생물금-3

Prediction of enzyme-substrate specificity using multi-modal attention approaches

지홍근, 김기배, 이상엽*
한국과학기술원
(leesy@kaist.ac.kr*)

Enzyme-substrate interactions serve diverse functions in metabolism. However, there are many enzymes whose roles in metabolic reactions remain unknown. To overcome this difficulty in the exploration of enzymes, we present a model that takes two sets of data, protein sequence and substrate SMILES, and predicts Michaelis constant, which indicates the enzyme-substrate affinity. Additionally, we implemented a model fine-tuned on specific enzyme clusters as the dataset, specializing in predicting enzymes harboring desired functions with robust performance. This work is supported by the Development of advanced synthetic biology source technologies for leading the biomanufacturing industry project (RS-2024-00399424), the Development of Next-Generation Biorefinery Platform Technologies for Leading Bio-based Chemicals Industry Project (2022M3J5A1056072) and by the Development of Platform Technologies of Microbial Cell Factories for the Next-Generation Biorefineries Project (2022M3J5A1056117) from the National Research Foundation supported by the Korean Ministry of Science and ICT.

P생물금-4

Development of a deep learning model for functional annotation of enzymes

김기배, 김지연, 이종언, Charles J. Norsigian[1], Bernhard O. Palsson[1], 이상엽*
KAIST; [1]UCSD
(leesy@kaist.ac.kr*)

Functional annotation of enzymes remains substantially incomplete. Deep learning can help address this shortcoming. Enzymes can be described by their catalytic functions using the Enzyme Commission (EC) number. We present an artificial intelligence (AI) that employs a neural network that predicts EC numbers. For the Escherichia coli genome, the AI predicts EC numbers for 464 un-annotated proteins. We experimentally validated the predicted functions for three proteins. Further analysis revealed that the AI relied on functional motifs to predict EC numbers, representing an explanatory AI approach that enables functional annotation of genes. This work was supported by the Development of next-generation biorefinery platform technologies for leading bio-based chemicals industry project (2022M3J5A1056072), Development of platform technologies of microbial cell factories for the next-generation biorefineries project (2022M3J5A1056117) from National Research Foundation supported by the Korean Ministry of Science and ICT. This work was also supported by the KAIST Convergence Research Institute Operation Program.

P생물금-5

Comprehensive evaluation of the capabilities of microbial cell factories

김기배, 김하림, 이상엽*
KAIST
(leesy@kaist.ac.kr*)

Metabolic engineering is facilitating the development of microbial cell factories. However, constructing an efficient cell factory requires selecting various host strains and identifying the best-suited metabolic engineering strategies. Here, we analyze the metabolic capabilities of microorganisms for the production of 235 chemicals. To improve the capabilities by constructing efficient metabolic pathways, heterologous reactions and cofactor exchanges are analyzed. We also present engineering strategies of hosts for the production of chemicals. Altogether, this study will serve as a resource for the metabolic engineering. This work is supported by the Development of next-generation biorefinery platform technologies for leading bio-based chemicals industry project (2022M3J5A1056072), Development of platform technologies of microbial cell factories for the next-generation biorefineries project (2022M3J5A1056117) and the Development of advanced synthetic biology source technologies for leading the biomanufacturing industry project (RS-2024-00399424) from National Research Foundation supported by the Korean Ministry of Science and ICT.

P생물금-6

Efficient microbial production of malic acid using dimethylsulfoxide as an electron acceptor

김지연, 이종언, 안정호, 김기배, 최솔, 이상엽*
KAIST
(leesy@kaist.ac.kr*)

Microbial production of TCA cycle intermediates via reductive TCA cycle has gained interest, yet rumen bacteria remain underexplored beyond succinic acid due to their reliance on fumarate reduction for ATP synthesis. This study engineered Mannheimia succiniciproducens for malic acid (MA) production by deleting fumarase to prevent MA conversion. The respiratory system was reconstructed by introducing dimethyl sulfoxide (DMSO) reductase for electron transport via DMSO. Additionally, Pseudomonas aeruginosa cis-trans isomerase was introduced to enhance MA tolerance. High-inoculum fed-batch fermentation of final strain yielded 61 g/L MA with a productivity of 2.27 g/L/h, the highest reported to date. These strategies provide a platform for anaerobic bioprocess development for industrial chemical production. This work was supported by Development of next-generation biorefinery platform technologies for leading bio-based chemicals industry project (2022M3J5A1056072), Development of platform technologies of microbial cell factories for the next-generation biorefineries project (2022M3J5A1056117) from NRF supported by the Korean Ministry of Science and ICT.

P생물금-7

Generative AI-based hypercholesterolemia drug design

채민지, 김기배, 이상엽*
KAIST
(leesy@kaist.ac.kr*)

Elevated low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) caused by hypercholesterolemia is a representative risk factor for cardiovascular diseases. Current therapeutic strategies, including PCSK9-targeting monoclonal antibodies, effectively reduce LDL-C levels. Despite their clinical efficacy, peptide-based therapies are limited by scalability and high production costs. To address these challenges, this study focuses on developing novel small-molecule PCSK9 antagonists using generative AI. This approach integrates AI-driven molecular generation and structure-based optimization to develop scalable PCSK9 inhibitors. This work is supported by the Development of platform technologies of microbial cell factories for the next-generation biorefineries project (2022M3J5A1056117), and also supported by the Bio & Medical Technology Development Program of the National Research Foundation (NRF) & funded by the Korean government (MSIT) (No. 2021M3A915023245).

P생물금-8

Oxygen-Resilient CO_2 Conversion by Advenella alkanexedens KS7 for Sustainable Carbon Capture and Utilization (CCU)

공다슬, 김은서, 김중래*
부산대
(j.kim@pusan.ac.kr*)

Biological CO2 conversion technology uses self-replicating bacteria as eco-friendly and cost-effective biocatalysts under normal conditions. However, most CO2-converting bacteria exhibit activity only under strict anaerobic conditions, and their activity is significantly inhibited upon exposure to oxygen. This study introduces Advenella alkanexedens KS7, a newly isolated CO2-converting bacterium with oxygen tolerance. KS7 demonstrated stable production of acetate (12.5 ± 0.2 and 10.7 ± 0.2 mM, no-exposure and five hour-exposure, respectively) and formate (10.7 ± 0.1 and 10.7 ± 0.7 mM, no-exposure, and five hour-exposure, respectively) even after 5 hours of oxygen exposure during a total culture period of 6 days. The oxygen tolerance of KS7 makes the process more cost-effective and reduces technical complexity by eliminating the need for strict anaerobic conditions in large-scale operations.

P생물금-9

Effect of bubble size on paclitaxel recovery efficiency from biomass of Taxus chinensis in gas bubble-assisted extraction

강예지, 강다연, 김진현*
공주대
(jinhyun@kongju.ac.kr*)

In this study, a gas bubble-assisted extraction method for the recovery of paclitaxel from biomass of Taxus chinensis was developed. The gas bubble-assisted extraction characteristics were investigated using different parameters such as gas flow rate, bubble size, number of bubbles, and contact time. The average bubble size was 2.4-6.6 mm at gas flow rates of 1.5-5.5 L/min and air sparger pore size of 10-43 μm, and the efficiency of paclitaxel extraction improved significantly as the bubble size increased. In particular, most paclitaxel (~97%) recoveries were possible in just one extraction time at a bubble size of 6.4 mm or higher. To closely investigate the extraction characteristics, a kinetic analysis was performed using pseudo-first-order, pseudo-second-order, and intra-particle diffusion models, and the extraction behavior was investigated by quantitatively calculating the effective diffusion coefficient and mass transfer coefficient. Acknowledgment This work was supported by a National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (MSIT) (Grant Number: RS-2024-00333224).

P생물금-10

Elucidation of the role of surface-area increasing substances in fractional precipitation for paclitaxel purification

연민주, 김진현*
공주대
(jinhyun@kongju.ac.kr*)

Fractional precipitation is a simple and efficient pre-purification method based on the solubility difference of paclitaxel. However, the fractional precipitation process has been inherently problematic because of the long precipitation time required (~3 days). An improved fractional precipitation process could significantly reduce the precipitation time by increasing the surface area per working volume using glass beads. The effect of surface area per working volume, a key process variable, on precipitation efficiency was investigated. In addition, kinetic studies of this factional precipitation process were performed. The precipitation yield of paclitaxel increased with increasing surface area and operating time. When the experimental data were applied to various kinetic models, the second-order model was the most suitable. The predictive model was developed to predict the yield of paclitaxel at different surface areas at a given time. Acknowledgment This work was supported by a National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (MSIT) (Grant Number: RS-2024-00333224).

P생물금-11

Predicting interactions between Paxlovid and prescription drugs through computational methods

채민지, 김예지, 류재용[1], 김현욱, 이상엽*
KAIST; [1]덕성여자대
(leesy@kaist.ac.kr*)

Pfizer's Paxlovid has recently received emergency use authorization (EUA) from the U.S. Food and Drug Administration (FDA) for the treatment of mild to moderate COVID-19. For COVID-19 patients with underlying conditions such as hypertension or diabetes, who are likely taking other medications, drug-drug interactions can represent a significant medical concern. In this study, we apply deep learning to predict potential drug-drug interactions between the components of Paxlovid (nirmatrelvir and ritonavir) and 2,248 prescription drugs used to treat various diseases. This work was supported by the KAIST Mobile Clinic Module Project (grant no. MCM-2020-N11200225) funded by the Ministry of Science and ICT and also by the Korea Advanced Institute of Science and Technology Cross-Generation Collaborative Lab project, and also supported by a grant of the Korea-US Collaborative Research Fund (KUCRF), funded by the Ministry of Science and ICT and Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea (grant number: RS-2024-00468410).

P생물금-12

Optimization of Multi-Drug Combinations for Non-Hodgkin Lymphoma via Ex Vivo Sensitivity Testing

고나희, 구자민*
홍익대
(jaminkoo.82@gmail.com*)

Non-Hodgkin lymphoma (NHL) comprises a heterogeneous group of blood cancers with multiple subtypes and variable treatment responses. While drug sensitivity tests using patient-derived cells are effective in predicting patient responses, they often emphasize single-drug effects, not fully reflecting the complexity of multi-drug treatments. We expanded ex vivo combination testing to analyze two-drug combinations from a panel of seven drugs, selected based on prior research, particularly in relapsed/refractory NHL. Each drug was tested at three different concentrations. We performed quadratic phenotypic optimization platform (QPOP) analysis, confirming the presence of synergistic effects. The combination of dasatinib and venetoclax was frequently (3/4) ranked high. Additionally, drug combination synergy based on QPOP analysis differed between responders and non-responders among the diffuse large b-cell lymphoma (DLBCL) treated by R-CHOP. Further data analysis will determine whether these results can predict patient responses, enabling efficient assessment of multi-drug interactions from limited datasets.

P생물금-13

Ex Vivo Drug Sensitivity of Venetoclax- and Cytarabine-Based Regimens in Acute Myeloid Leukemia

남궁수진, 구자민*
홍익대
(jaminkoo.82@gmail.com*)

Acute myeloid leukemia (AML) is a fatal hematologic malignancy that primarily affects adults and the elderly. Effective treatment strategies for relapsed or therapy-resistant AML remain a challenge. We expanded our previous work, which evaluated only venetoclax (VEN) + decitabine (DEC), to assess ex vivo drug sensitivity across five regimens: VEN + DEC, VEN + azacitidine (AZA), cytarabine (CYT) + idarubicin (IDA), CYT + daunorubicin (DAU), and CYT + mitoxantrone (MIT). Primary AML cells were isolated from 11 patient samples, and three optimal concentrations per drug were selected based on individual drug's dose response curve, yielding nine concentration pairs per combination. Quantitative analysis using QPOP and Chou-Talalay CI models was performed to assess synergy and predict patient-specific responses. Responses to VEN-based combinations varied across patients, with heterogeneous sensitivity to both DEC and AZA. Likewise, CYT-based regimens also exhibited patient-specific variability, with differing responses to DAU, IDA, and MIT. These findings provide insights for optimizing AML treatment and advancing personalized therapies.

P생물금-14

개 및 인간 림프종의 비교 유전체 분석: 비호지킨림프종의 예후 및 예측 바이오마커 발굴

이해령, 구자민*
홍익대
(jaminkoo.82@gmail.com*)

This study aims to identify genotypic biomarkers for prognosis and therapeutic prediction in non-Hodgkin lymphoma (NHL). Our prior U.S. study explored the impact of genetic mutations in canine lymphoma on treatment response and clinical outcomes. In our previous analysis, we examined 32 NHL patient-derived cells to determine whether 35 loss-of-function (LoF) mutations identified in canine lymphoma are applicable to humans. Whole-genome sequencing was performed, and clinically relevant mutations were identified using SnpEff and ClinVar. We focused on mutations where the difference in prevalence between mutated and non-mutated groups was at least 15% and assessed their impact on progression-free survival (PFS) and/or overall survival (OS). Kaplan-Meier survival curves were generated for CREBBP, EP300, KMT2D, and TP53, with EP300 mutations demonstrating a statistically significant impact on survival. We also analyzed somatic mutations in 64 additional genes to further refine biomarkers for treatment prognostication. These findings are expected to contribute to the development of personalized treatment strategies and targeted gene panels for refractory lymphoma cases.

P생물금-15

E. coli에서 샤페론과의 Bicistronic 발현을 통한 재조합 CODH의 가용성 개선

심우성, 조숙형[1], 이진원*
서강대; [1]C1 가스 리파이너리 연구소
(jinwonlee@sogang.ac.kr*)

Heterologous expression of carbon monoxide dehydrogenase (chCODH) from Carboxydothermus hydrogenoformans in Escherichia coli BL21 predominantly results in an insoluble protein fraction, severely limiting its functional yield. To overcome this challenge, we employed the Chaperone-Substrate Co-localized Expression (CLEX) strategy, which facilitates the co-translational association of chaperones with the target protein. In this approach, the bacterial chaperone DnaJ was co-expressed with chCODH using a directly linked stop-start codon sequence (5'-TAAATG-3') and additional ribosome binding site (RBS) for the second cistron, ensuring efficient ribosome re-initiation and spatially coordinated translation of both the chaperone and the target protein. As a result, the solubility of chCODH was improved by enhancing co-translational folding in E. coli BL21. While further optimization and experimental validation are needed, the CLEX system shows promising potential for facilitating the production of soluble chCODH, which could significantly improve its yield.

P생물금-16

CO-포름산 전환을 위한 CLEA 기반의 효율적인 효소 고정화 방법

이현조, 조숙형[1], 나정걸, 이진원*
서강대; [1]C1 가스 리파이너리 연구소
(jinwonlee@sogang.ac.kr*)

Enzyme immobilization enhances reusability and stability but often restricts flexibility and reduces catalytic efficiency. To overcome this, we used cross-linked enzyme aggregates (CLEAs), enabling enzyme-enzyme crosslinking without supports, improving efficiency and stability while minimizing mass transfer limits. In this study, carbon monoxide dehydrogenase (CODH) and formate dehydrogenase (FDH), key enzymes in CO-to-formate conversion, were immobilized using CLEAs. Both purified enzymes and crude lysates were tested for cost-effective CLEA formation. CLEAs from whole-cell lysates showed higher enzyme activity per gram of cells than those from purified proteins, eliminating purification needs while maintaining efficiency. Additionally, CLEAs with CODH and FDH exhibited superior storage stability over non-immobilized crude proteins, highlighting their potential for scalable CO conversion and greenhouse gas reduction.

P생물금-17

Effective Immobilization of Formate Dehydrogenase from Methylobacterium extorquens AM1 with Glyoxyl-Functionalized Silica Beads

정현경, 조숙형, 이진원*
C1 가스 리파이너리 연구소
(jinwonlee@sogang.ac.kr*)

In industrial biocatalysis, enzyme stability is crucial for economic feasibility. However, free enzymes often face instability and limited lifespan, highlighting the need for effective immobilization techniques. In this study, we present a cost-effective approach for immobilizing formate dehydrogenase from Methylobacterium extorquens AM1 (MeFDH1) using glyoxyl-functionalized silica beads. These beads form covalent bonds with the enzyme's amino groups, enhancing stability. Key parameters, including pH, temperature, and reaction time, were optimized to maximize catalytic efficiency. The immobilized enzyme exhibited a total activity of 10 U/mL-bead under optimized conditions. Although this activity was lower than that of the free enzyme, the immobilized enzyme showed significantly improved reusability and stability. Further studies are needed to investigate the factors influencing the effectiveness factor of the immobilized enzyme. Optimizing these factors could facilitate the broader application of immobilized enzymes in biocatalytic processes, contributing to more sustainable and efficient industrial biotechnology practices.

P생물금-18

Synthesis and Evaluation of Redox-responsive Gene Carrier Based on Chitosan for Enhanced Gene Transfection Efficiency

정경원, 윤두수*
조선이공대 생명환경화공과
(dsyoon@cst.ac.kr*)

The aim of this study was to develop a new gene carrier composed of chitosan (CS), cystamine (CA), and PEI. We found that CA and PEI-modified chitosan (CSCAP) can deliver effectively gene into nucleus of mammalian cell with glutathione of high level. Binary complex with pDNA and CSCAP was prepared by electrostatic charge interaction under aqueous condition. Its Gelretardation assay showed that pDNA was completely condensed by CSCAP, and protected from DNase. Also, Its transfection was enhanced by proton sponge effect with modified PEI and dissociation of disulfide-bond by glutathione into cell. In addition, its cellular uptake was investigated by fluorescence microscopy and flow cytometry. Moreover, characterization of CSCAP and binary complex was analysed by 1H-NMR, DLS and TEM. Beside, Its cytotoxicity was evaluated by MTT assay.

P생물금-19

항산화 및 미백 효능 특성을 가진 Cylic Peptides 합성

김가현, 김보미*
원광대
(123456@wku.ac.kr*)

In this study, a pentapeptide (Cys-Tyr-Gly-Ser-Arg) having antioxidant and whitening effects was successfully synthesized using a solid phase peptide synthesis (SPPS). Existing peptides have a limitation of low persistence due to short half-life. To compensate for this, peptides were cyclized to be developed into cyclic peptides (Cyclic CYGSR, CR5). The antioxidant activity of CR5 was evaluated through the DPPH radical scavenging method, and the value thereof was 16.62 μg/mL, confirming excellent antioxidant efficacy. In addition, as a result of evaluating the whitening effect through the tyrosinase inhibitory activity test, the inhibitory activity was 97.79% at 800μg/mL concentration, and the value thereof was confirmed to be 30.77μg/mL, indicating excellent whitening effect. Accordingly, CR5 has the potential as an antioxidant and whitening functional peptide, and is expected to be used as new pharmaceutical and cosmetic materials.

P생물금-20

Biomimetic nanofilm coating on pancreatic β cell spheroids for prolonged survival and insulin secretion

김수하, 한성민, 조윤기*
경북대
(ykjo@knu.ac.kr*)

Pancreatic beta cell spheroids show great potential for diabetes treatment by enhancing insulin secretion and promoting pancreatic regeneration. However, their therapeutic efficacy is limited by poor survival and function in the dynamic in vivo environment. To tackle this issue, we developed a pancreas-specific hydrogel, the catechol-heparin hydrogel (Cat-Hep hydrogel), by incorporating heparin and catechol moieties. Heparin, a vital extracellular matrix (ECM) component, is essential for growth factor binding and cell signaling, supporting MSC function. To improve mechanical stability, catechol was added to enhance adhesive properties and durability. The Cat-Hep hydrogel creates a supportive microenvironment that boosts beta cell spheroid survival and insulin secretion. Our results indicate that the Cat-Hep hydrogel is a promising biomaterial for beta cell-based diabetes therapy, mimicking pancreatic ECM and ensuring structural stability for spheroid delivery.

P생물금-21

Injectable Sticky Micro-Organoid Building Blocks for Endometrial Regenerative Therapeutics

백명재, 조윤기*
경북대
(ykjo@knu.ac.kr*)

Endometrial diseases are the main cause of infertility. Although there are many treatments to overcome infertility, fundamental treatment through endometrial regeneration has not been achieved due to the lack of stem cells. Organoids, in vitro three-dimensional self-assembled constructs that mimic the structural and functional features of the corresponding organ, have emerged in the field of regenerative therapy. However, conventional dome cultures have faced to the poor reproducibility and maturity of organoids mainly due to non-uniform supply of medium. Here, we propose a homogenous organoid culture platform using microfluidically fabricated microgels. The endometrial organoids cultured within the highly uniform microgels exhibited the phenotypic and genotypic features specific to endometrial epithelium, as well as high level of homogeneity. Moreover, we coated polydopamine, which has a catechol group that is widely used in the adhesion of natural organisms, on microgels to provide tissue adhesiveness.

P생물금-23

Strain-responsive wound dressings using adhesive mechanically activated microcapsules for controlled antibiotic release

원이철, 조윤기*
경북대
(ykjo@knu.ac.kr*)

Bacterial wound infections significantly impede healing and may require surgical intervention.Traditional non-woven dressings show limitations due to passive antibiotic releasemechanisms. We developed adhesive mechanically-activated microcapsules (MAMCs) thatadhere to fibrous matrices, enabling self-regulated antibiotic release upon stretching of fabricdressings. Using microfluidics and oxidative dopamine polymerization, we created uniformpolydopamine-coated MAMCs (PDA-MAMCs) that demonstrate excellent mechano-activation within fibrous networks. Our studies confirm that PDA-MAMCs-incorporated gauzesuccessfully releases antibiotics in response to tensile strain, establishing a smart wounddressing system. This mechano-activatable approach introduces new possibilities for stretch-triggered, on-demand therapeutic delivery in wearable biomedical applications

P생물금-24

Mussel-inspired proteinaceous nanoimmunotherapeutics for magnetically-guidable treatment of ovarian cancer

이나영, 조윤기*
경북대
(ykjo@knu.ac.kr*)

Ovarian cancer is the leading cause of cancer-related mortality among women, characterized by rapid tumor growth due to high T cell and CD47 expression. Conventional treatments like chemotherapy and radiation therapy often yield poor outcomes, harming normal cells and causing significant side effects. Immunotherapy is attracting considerable attention for its potential to utilize the patient's immune system, addressing these limitations. We propose magnetic field-responsive PTMP nanoparticles that activate immune cells and regulate inflammatory responses, targeting cancer sites effectively. Proximal thread matrix protein (PTMP), derived from mussel byssus, is biocompatible and stable in dynamic underwater environments. It forms strong interactions with BS3 via its amine groups, ensuring nanoparticle stability. PTMP nanoparticles loaded with iron oxide (Fe_3O_4) allow for localized drug or antibody delivery under magnetic field induction. Our innovative PTMP@IO NP offers a novel immunotherapy approach, enabling targeted drug delivery and enhancing immune responses related to T cell activity and CD47, while responding to environmental changes.

P생물금-25

부위별 조직 재생을 위한 주입형 줄기세포 틈새로서의 혼합 매트릭스 단백질 기반 복합 코아세르베이트

한성민, 백명재, 조윤기*
경북대
(ykjo@knu.ac.kr*)

Stem cell transplantation holds great potential for tissue regeneration due to the self-renewal and multipotent differentiation abilities of stem cells. However, current therapies face challenges such as low engraftment efficiency and unpredictable differentiation. Protein-based coacervate systems are promising biomaterials for stem cell delivery. Proximal Thread Matrix Protein (PTMP) self-assembles with hyaluronic acid (HA) via electrostatic interactions to form a coacervate (coPTMP), enabling efficient stem cell encapsulation. coPTMP enhances cell adhesion and proliferation, while encapsulated stem cells retain stemness marker expression and differentiation potential. Its injectability for in vivo applications was also confirmed. These findings demonstrate that coPTMP supports cell survival, preserves stem cell properties, and promotes controlled differentiation. This approach offers a promising strategy for tissue regeneration and holds great potential in regenerative medicine.

P생물금-26

Self-regulating Adhesive Nanotherapeutics for Controlled Antibiotic Release to Prevent Surgical Site Infections

최지원, 김무승, 조윤기*
경북대
(ykjo@knu.ac.kr*)

Overuse of antibiotics leads to increased antimicrobial resistance and the emergence of multidrug-resistant bacteria. We propose infection-triggered adhesive nanoparticles (NPs) for self-regulated antibiotic release using catechol-conjugated chitosan (Cat-CS) with catechol-Cu^{2+} complexes. Chitosan's mucoadhesive properties enable targeted delivery to infected sites. The antibiotic-loaded Cat-CS NPs demonstrate superior adhesion in physiological environments and release antibiotics in response to low pH during bacterial infections. They exhibit effective antibacterial performance against both Gram-positive and Gram-negative bacteria due to the combined antibacterial effects of chitosan, Cu^{2+} in the catechol-metal complexes, and the therapeutic action of the loaded antibiotics. Therefore, our smart adhesive NPs offer a novel strategy for self-defensive anti-infection post-surgery and can be expanded for smart delivery of therapeutic agents in response to environmental changes.

P생물금-27

Preparation and Anticancer effect of Paclitaxel encapsulated-Chitosan-b-PCL diblock copolymer nanoparticle for Cancer Therapy

윤두수, 정경원*
조선이공대
(gwjeong@cst.ac.kr*)

The aim of this study was to deliver drug using chitosan-b-PCL (CP) diblock copolymer, which was synthesized by radical polymerization. It has a advantage that CP with formed diblock may lead to excellent cellular uptake because of enhanced interaction between copolymer and cancer cell. Beside, paclitaxel-encapsulated CP (PCP) nanoparticle was prepared by sonication and dialysis method. The characterization of CP and PCP was analysed by 1H-NMR, FT-IR, CMC, DLS, TEM, and UV-vis studies. In addition, their cytotoxicity and anticancer activity were confirmed by MTT assay. Moreover, cellular uptake image of PCP was observed by fluorescence microscopy and flow cytometer. These results suggest that CP was able to apply as drug carrier. This work was supported by National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning.

P생물금-28

주변부 돌연변이가 존재하는 표적에서의 SNP 진단

성도언, 이정민, 이정욱*
POSTECH
(jeongwook@postech.ac.kr*)

A rapid and precise diagnostic tool for single-nucleotide polymorphism (SNP) detection is essential for controlling infectious diseases and guiding targeted treatments. Here, we present a technology that distinguishes SNPs through probe ligation, which occurs only when the target and probe sequences are fully complementary at the ligation junction. Each probe carries both a promoter and a reporter sequence, allowing transcription of the reporter sequence upon successful ligation. This approach maintains high SNP detection accuracy even in the presence of additional mismatches near the ligation site, making it a robust and versatile solution for SNP identification in highly mutated nucleic acid targets.

P생물금-29

Enzymatic Synthesis of a Comprehensive sgRNA Library for CRISPRi Applications

박세현, 이지선, 이정욱*
포항공과대
(jeongwook@postech.ac.kr*)

CRISPR interference (CRISPRi) serves as a powerful tool for high-throughput phenotypic screening. However, constructing genome-wide single-guide RNA (sgRNA) libraries remains a labor-intensive and costly process, particularly for organisms with limited genomic information. To address this, we developed a highly dense random sgRNA library generation method that is adaptable to any organism. This approach utilizes enzymatic reactions to convert target mRNA into 20-nt sgRNA spacer sequences. The resulting library selectively targets the non-template strand of coding sequences, effectively repressing gene expression. We applied this strategy to generate a genome-wide library in Escherichia coli, successfully identifying essential and auxotrophic genes through phenotypic screening. Furthermore, we modulated lycopene and violacein production levels, uncovering novel repression targets for violacein biosynthesis. Our findings highlight that genome-scale sgRNA libraries can be generated without rational design and employed across diverse phenotypic screening applications.

P생물금-30

Predictive Modeling and Standardization of CRISPR/dCas9-Based NAND Gate Module

도윤곤, 이정욱*, 이소헌, 서의진
포항공과대
(jeongwook@postech.ac.kr*)

Cells interact with their environment and form complex patterns by regulating gene expression. To enable cells to carry out specific functions, it is crucial to design and construct genetic circuits, the engineered regulatory networks producing the desired output response from a set of inputs, which is regulated at the transcriptional or post-transcriptional level. However, building complex genetic circuits in synthetic biology poses challenges, such as achieving precise balance in regulator expression and dealing with the variability in circuit component functions. Therefore, a deep understanding of each biological component within these circuits is essential. The CRISPR/dCas9 system has emerged as a powerful tool for programmable regulation of complex biological networks. Its RNA-DNA base pairing programmability offers significant advantages for constructing large genetic circuits with multiple orthogonal regulators. In this study, CRISPR/dCas9-based 2-input(IPTG and aTc) NAND gate modules were designed and tested to control the expression of a YFP output signal, with their response functions thoroughly characterized.

P생물금-31

Assessing and Standardizing Genetic Logic Gates for Accurate Circuit Prediction

이소헌, 서의진, 도윤곤, 이원빈, 이정욱*
포항공과대
(jeongwook@postech.ac.kr*)

Synthetic genetic circuits have found a wide range of applications in areas like therapeutics and other fields, making them a fascinating area of study. However, designing these circuits effectively requires a deep understanding of the complex interactions between biological elements, which is critical for improving efficiency and accuracy. This study examines the operation and connections of genetic logic gates, created using transcription factors, by applying a mathematical response model based on the Hill equation. The input and output signals were defined as RNA polymerase flows and normalized using a standard unit for promoter activity. This process led to the development of twelve standardized response functions for the NOT gate. Additionally, an analysis was conducted to evaluate the impact of various components, such as the host or genetic elements, by tracking changes in coefficients. This evaluation and standardization method holds potential for other genetic modules. In conclusion, this research assessed and standardized the performance of genetic logic gates, simplifying the prediction of genetic circuit behavior when these gates are incorporated.

P생물금-32

Milk-derived extracellular vesicles for drug delivery system using serial continuous flow membrane filtration

안일주, 장원익, 조은화, 김원근, 한구희, 유재범[1], 이은정*
경북대; [1]충남대
(eunjunglee@knu.ac.kr*)

Extracellular vesicles (EVs) are lipid bilayer nano-sized particles secreted by cells. EVs play a crucial role in cell-to-cell communication so that they can get involved in various physiological processes. Among different types of EVs, bovine milk-derived EVs (mEVs) have gained attention due to high yield and stability. However, current mEV isolation techniques lack a standardized approach and are constrained by batch operations relying on centrifugation. This study presents a filtration-based continuous mEV isolation method, termed serial continuous flow membrane filtration (CFMF). First, we validated the isolation of mEVs by various characterization methods. Then, we confirmed the delivery capability of the isolated mEVs by using siRNA as a model drug. Finally, the gene silencing effect of siRNA-loaded mEVs was demonstrated. Our findings may provide valuable insights into the development of mEV-based drug delivery systems and future biomedical applications.

P생물금-33

Two-step optimization for extraction of phenolic compounds from sea buckthorn berries

김승희, 이정호, 손혜림, 이강현[1], 유하영*
상명대; [1]동양미래대
(y2h2000@smu.ac.kr*)

Sea buckthorn berry (SBB) is well known for its health-promoting effects. In this study, the extraction parameters were optimized to recover phenolic compounds with high antioxidant activity from SBB. Accordingly, five parameters (temperature, time, ethanol concentration, agitation, and solid loading) were screened using a PBD, and further optimization of the significant parameters was performed using a RSM. As a result, the two significant parameters (agitation and solid loading) were selected based on the PBD model. Two variables were further optimized based on RSM, and the optimal condition was as follows: temperature, 50 ℃; time, 1 h; ethanol concentration, 75%; agitation, 109.5 rpm; solid loading, 172.7 g/L. The actual experimental results showed that 0.2 mg/mL phenolic content (predicted value: 0.2 mg/mL), 27.3% ABTS activity (predicted value: 29.7%), and 58.2% DPPH activity (predicted value: 59.5%), which were very close to the predicted and experimental values.

P생물금-34

Evaluation of antioxidant activity and cytotoxicity of Sargassum horneri extract produced by ultrasound-assisted extraction

송윤석, 김민지, 신소은, 권혁기[1], 이정호, 김승희, 손혜림, 박철환[1], 유하영*
상명대; [1]광운대
(y2h2000@smu.ac.kr*)

In our previous study, Sargassum horneri (SH) extract rich in bioactive compounds was prepared under the optimized ultrasound-assisted extraction conditions (39.1% prethanol A, 61.9 ℃, 52 g/L solid loading, 49% amplitude, and 10 min). In this study, to evaluate the applicability of the SH extract as a natural ingredient for cosmetics and foods, antioxidant activity (based on ABTS scavenging activity) and cytotoxicity (using normal L929 fibroblast cells) were evaluated. As a result, the ABTS IC50 value of SH extract (79.86 μg/mL) was 78% of the value of ascorbic acid (reference antioxidant; 54.37 μg/mL). In addition, the cytotoxicity results showed that higher cell viability was observed in experimental groups (treated with the extract at 0.25-1.5 mg/mL) than in the control group (treated with deionized water). In conclusion, the SH extract showed superior antioxidant activity and non-cytotoxicity, thus it is suitable for use as a cosmetic and food material.

P생물금-35

Deep learning for NAD/NADP cofactor prediction and engineering using transformer attention analysis in enzymes

김재형, 우지훈, 박준영, 김경진[1], 김동혁*
울산과학기술원; [1]경북대
(dkim@unist.ac.kr*)

Understanding the cofactor preference of NAD(P)-dependent oxidoreductases is critical for bioengineering, yet large-scale specificity identification and rational mutant design remain challenging. This study introduces DISCODE, a novel transformer-based deep learning model for predicting NAD(P) cofactor preference. DISCODE achieves 97% accuracy and F1 score in classifying cofactor specificity, independent of structural motifs. A key advantage of DISCODE is its use of transformer attention mechanisms, which improve interpretability by identifying critical residues that interact with NAD(P). By analyzing attention scores, the model pinpoints important amino acids that determine cofactor preference, allowing researchers to alter specificity. Beyond prediction, DISCODE enables a fully automated approach to cofactor specificity redesign. The model streamlines the engineering of oxidoreductases, providing a powerful tool for synthetic biology and biotechnology applications.

P생물금-36

Redefining HexR regulatory landscape in Pseudomonas putida KT2440 through integrative systems biology

Nong Khanh Linh, 김동혁*
UNIST
(dkim@unist.ac.kr*)

Pseudomonas putida strains are versatile biocatalysts, capable of degrading chemicals, tolerating solvents, and withstanding stress. Central to this adaptability is HexR, a key regulator of carbon metabolism. While previous studies examined HexR binding through in vitro assays and transcriptomics, its in vivo binding sites and genome-wide regulon remain unknown.This study compares gene expression in P. putida KT2440 wild-type and hexR mutants across different substrates: glucose (glycolytic), acetate, succinate (gluconeogenic), and glycerol (both). Results show HexR represses glycolysis while enhancing pyruvate metabolism, the glyoxylate shunt, and gluconeogenesis. ChIP-exo identified 43 HexR binding sites in acetate-grown cells, regulating 68 genes. In silico simulations provided further metabolic insights. This study offers a comprehensive view of HexR regulation, informing metabolic engineering efforts.

P생물금-37

게놈 및 전사체 분석을 통한 Methylorubrum extorquens AM1의 고농도 메탄올 적응 해독

이규민, 고세영, 코이 낫 팜, 방인아, 김동혁*
울산과학기술원
(dkim@unist.ac.kr*)

Methanol is a cost-effective and sustainable carbon feedstock with potential for biomanufacturing due to its availability and industrial compatibility. However, its toxicity limits utilization in methylotrophic bacteria like Methylorubrum extorquens AM1, which experiences growth inhibition above 1% (v/v) methanol. Enhancing methanol tolerance is crucial for economically viable biorefineries. This study employed adaptive laboratory evolution to develop AM1 strains with improved growth at higher methanol concentrations. The evolved strains demonstrated enhanced growth rates and tolerance, making them suitable for industrial applications. Transcriptomic and genomic analyses identified key adaptations, including metabolic rewiring and mutations in metY and kefB. These findings provide insights for engineering robust microbial platforms for methanol-based bioprocesses, supporting carbon-neutral industrial biotechnology.

P생물금-38

Deciphering the Conservation of CRP Transcriptional Regulatory Network across Diverse Escherichia coli Strains

방인아, 이상목, 박준영, 김동혁*
울산과학기술원
(dkim@unist.ac.kr*)

One of the primary transcriptional regulators for carbon metabolism in bacteria is CRP, which is also recognized as the primary mediator of catabolite repression. In this study, to broaden our understanding of the CRP regulation mechanisms, we generate the landscape of genome-wide binding sites of CRP across diverse E. coli strains. The comparative pan-genome analysis highlights the pan-regulons, accessory regulons, and specific regulons of CRP across diverse different model strains. The results indicate the diversity of target genes present in the accessory and specific regulons, which present different strategies to adapt to diverse functions in each strain. Additionally, our data confirm that the conservation of CRP TRN across the different E. coli strains. This study will further promote evolutionary and functional studies of CRP in the bacteria.

P생물금-39

Systems biology approach to the investigation of the diversity of CRP-mediated carbon catabolic repression in E. coli K-12

방인아, 김동혁*
울산과학기술원
(dkim@unist.ac.kr*)

Microbial production of high-value biochemicals depends on the efficient conversion of inexpensive carbon sources through metabolic pathways, requiring precise regulatory control. Cyclic AMP receptor protein (CRP) is a key regulator of carbon catabolite repression in E. coli. Although CRP sequences are highly conserved among E. coli strains, the K-12 W3110 strain possesses a unique mutation absent in the model strain MG1655. This study employs a systems biology approach to investigate the mechanisms underlying CRP-related metabolism network diversity in E. coli K-12 strains. We perform comparative genomic analyses of MG1655 and W3110, predict CRP protein structures, conduct molecular docking simulations of cAMP-CRP interactions, and reconstruct transcriptional regulatory networks of wild-type and mutant CRP in W3110. Understanding the diversity of transcriptional regulatory networks controlled by CRP provides a foundation for transcription-based strain engineering.

P생물금-40

Reconstruction of the Vibrio sp. dhg Genome-Scale Metabolic Model; Potential Brown Algae Biorefinery Platform

장민창, 우지훈, 백동엽[1], 성준영[1], 우성화[1], 정규열[1], 김동혁*
울산과학기술원; [1]포항공과대
(dkim@unist.ac.kr*)

As biorefineries advance, efficient microbial feedstock utilization is crucial. Brown algae, which grow faster than lignocellulosic biomass, have emerged as a promising next-generation feedstock. Vibrio sp. dhg, an ultra-fast-growing marine bacterium, efficiently utilizes brown algae, making it a strong candidate for biorefinery applications. To explore its metabolic potential, a de novo genome-scale metabolic model was reconstructed using genome annotations, databases, and bioinformatics tools. The model, comprising extensive metabolic reactions and metabolites, was validated through gene essentiality and flux balance analyses, ensuring predictive reliability. It provides insights into brown algae metabolism, identifies engineering targets, and optimizes bioprocesses for enhanced bioproduct production. Model-driven simulations can further support industrial applications, improving the feasibility of brown algae-based biorefineries.

P생물금-41

Reconstruction and validation of a genome-scale metabolic model of Streptomyces gardneri ATCC 15439 for the development of a bioactive compound-producing cell factory

우지훈, 김우리[1], 조병관[1], 김동혁[2*]
UNIST; [1]한국과학기술원; [2]울산과학기술원
(dkim@unist.ac.kr*)

Engineering bioproduction of Streptomyces is important due to their metabolic versatilities to produce various bioactive compounds. However, current studies regarding engineering their metabolism fall short. While utilizing genome-scale metabolic model (GSM) is comprehensive approach, high-quality Streptomyces GSM has not yet been reconstructed. Here, we developed GSM for Streptomyces gardneri ATCC 15439, platform strain for heterologous expression of biosynthetic gene clusters (BGCs). Using MEMOTE and RNA-seq, the model was validated and showed biological consistency. The model simulation regarding heterologous BGC expression was successfully performed.

P생물금-42

Identifying Targets to Enhance Lycopene Production in Escherichia coli through Strain-specific CRP Regulation

박진완, 우지훈, 김동혁*
울산과학기술원
(dkim@unist.ac.kr*)

It is known that even though genes are conserved, their regulation by the cAMP receptor protein (CRP) varies across Escherichia coli strains. These differences highlight the importance of analyzing transcriptomic data alongside genomic information to identify strain-specific targets for optimizing metabolic pathways. In this study, the effect of CRP knockout on lycopene production differed between strains when only the crtEBI genes were introduced into each strain. Genes that explain the distinct effects of CRP knockout in the KO11FL and MG1655 strains were identified based on genome-scale metabolic (GSM) model-based gene-lycopene association classification, CRP binding data, and differentially expressed (DE) gene analysis. As a result, after excluding essential genes, nine knockout targets and one overexpression target were identified for the KO11FL strain.

P생물금-43

면역조절성 바이오잉크의 적응형 In Situ 바이오프린팅

정설하*
서울대
(jsh528@snu.ac.kr*)

In this study, building on our prior research demonstrating the efficacy of oxygen-releasing microparticles (OMPs) in promoting angiogenesis under hypoxic conditions, we have developed a novel bioink formulation designed for adaptive in situ bioprinting. This bioink, termed Coll-zOMP-hMSCs, consists of colloidal hydrogels integrated with zein-based OMPs (zOMPs) encapsulating calcium peroxide nanoparticles (CaO_2) and human mesenchymal stem cells (hMSCs). Zein, a naturally derived biopolymer, serves as a biocompatible barrier to regulate oxygen release, preventing burst delivery while ensuring sustained oxygenation. By coupling oxygen delivery with the paracrine signaling potential of hMSCs, our bioink offers a comprehensive strategy for mitigating chronic inflammation and enhancing early-stage diabetic wound healing.

O에환수-1

Synergistic Effect of Zn Doping and Carbon Incorporation on Cycling Performance and Kinetics of Indium Oxide Anodes for Lithium-Ion Batteries

박찬우, 허재현*
가천대
(jhhur@gachon.ac.kr*)

Zn-doped In_2O_3 composites with amorphous carbon (Zn:In_2O_3-C) are promising anode materials for LIBs. Synthesized via hydrothermal treatment and ball milling, Zn doping enhances electrical conductivity and lowers activation energy for Li-ion insertion, improving ion transport in In_2O_3. Zn:In_2O_3 undergoes an intermediate transition to $LiInO_2$, which converts to Li_2O-In, leading to more uniform lithiation/delithiation and better volume regulation than the conventional $Li_{4.3}In$ phase. The amorphous carbon matrix acts as a mechanical buffer, mitigating volume expansion and enhancing structural stability. Electrochemical characterization confirms the synergistic effect of Zn doping and carbon incorporation. Zn:In_2O_3-C delivers excellent cycling stability (~743 mAh g^{-1} at 0.1 A g^{-1}) and high-rate capability (274.1 mAh g^{-1} at 3 A g^{-1}), outperforming Zn:In_2O_3, In_2O_3-C, and In_2O_3, positioning it as a strong LIB anode candidate

O에환수-2

이성분계 전이금속 산화물 중공 입자로 구성된 Prussian blue analogue 유래 다공성 나노케이지의 합성 및 리튬 이온전지 음극 소재 성능 평가

이재섭, 조중상[1]*
고려대; [1]충북대
(jscho@cbnu.ac.kr*)

리튬 이차전지는 높은 에너지 밀도와 긴 수명으로 전기차 및 에너지 저장 시스템 등 다양한 분야에서 필수적이지만, 상용 흑연 음극(372 mAh/g)의 낮은 용량이 한계로 작용한다. 이에 대한 대안으로 전이금속 산화물 기반 conversion-type 고용량 음극 소재가 주목받고 있으나, 낮은 전기전도도와 큰 부피 변화로 인한 구조적 불안정성이 문제점으로 지적된다. 본 연구에서는 Prussian blue analogue를 전구체로 사용하여 이성분계 전이금속 산화물 중공 입자를 포함하는 다공성 나노케이지를 합성하고, 이를 리튬 이온전지 음극 소재로 적용하였다. 특히, polydopamine(PDA) 유래 탄소 코팅을 통해 후속 열처리 중 금속의 산화 속도를 조절하여 nanoscale Kirkendall 확산 기전 기반 중공 구조를 형성하였다. 최적화된 PDA 함량을 적용한 다공성 나노케이지는 0.5 및 1.0 A/g의 전류 밀도에서 300 사이클 후 각각 99.3 및 97.2%의 높은 용량 유지율을 나타냈으며, 10 A/g의 고전류 밀도에서도 284 mAh/g의 높은 방전 용량을 유지하는 등 우수한 전기화학적 성능을 나타냈다.이는 중공 구조의 높은 구조적 안정성과 다공성 구조의 빠른 전하 이동 및 전해질 침투 효과에 기인한다. 본 연구에서 개발한 다공성 나노케이지 소재는 기존 소재 대비 뛰어난 안정성과 장수명 특성을 갖추고 있으며, 환경 친화적인 합성 공정을 통해 산업적 확장 가능성이 높은 차세대 음극 소재로 기대된다.

O에환수-3

DeNOx입상촉매 카트리지 필터 백의 미세입자상물질 및 질소산화물 동시제거 특성

신원일, 박영옥[1]*
한양대 에리카 캠퍼스; [1]한국에너지기술연구원
(yopark007@gmail.com*)

배가스 처리유량 70,000Nm^3/h 이하 규모의 폐기물 소각시설, 유리용해 시설, 폐목재 소각 보일러, 슬럿지 등 건조시설 등의 시설에서는 대부분이 입자상물질을 처리하기 위해 bag filter system을 설치하여 운용하고 있음. NOx 배출허용기준이 강화도고 있으나 대부분의 시설에서는 NOx 제거용 SCR 설비를 신설하기 위한 여유부지가 거의 부족한 실정임. 따라서 본 연구개발에서는 기존 bag filter system에 적용과 기 개발되어 상용화 단계인 촉매필터백의 문제점인 필터 단위면적 당 촉매입자 첨착량의 제한, 오염촉매의 재생 불가 및 높은 압력손실 등을 개선한 입상촉매촉매 카트리지 필터 백을 개발하였음. 미세다공질 PTFE 열융착 필터 표면막, 고온용 주름형 부직포 지지층, DeNOx 입상촉매 충전카트리지로 결합한 구조인 직경 162mm, 길이 2,000mm 상용규모의 시제품 12개를 pilot scale 실험장치에 설치하여 폐기물 소각 배가스 조건을 모사하여 개발시제품의 성능 특성을 운전변수에 따라 평가하였음.

O에환수-4

Piezo-catalytic electrospun $BaTiO_3$/PVDF membranes for potential fluid purification

천민영, 서민교, 장상목, 양수철*
동아대
(scyang@dau.ac.kr*)

Piezo-catalysts are potential catalytic materials that remove organics in wastewater and volatile organic compounds (VOCs) in air, utilizing induced charges generated by the mechanical deformation of piezoelectric materials. $BaTiO_3$ (BTO) has a high piezoelectric constant, while PVDF (Polyvinylidene fluoride) is a flexible piezoelectric polymer, making them suitable for piezo-catalyst membranes. In this study, piezo-catalyst composite films were developed by embedding BTO into a PVDF matrix via an electrospinning process. This process promoted β-phase formation in the PVDF matrix, enhancing its piezoelectric properties. The electrospun composite films were evaluated for piezo-catalytic activity through dye degradation for wastewater treatment and further investigated for their ability to degrade VOCs in air purification applications. This research was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2022R1F1A1071566).

O에환수-5

Conformal Surface Intensive Doping of Low-valent Bi on Cu_2O for Highly Efficient Electrochemical Nitrate Reduction to Ammonia Production

홍원태, 김준영[1], 김정규*
성균관대; [1]가톨릭대
(legkim@skku.edu*)

Electrochemical nitrate reduction reaction (NO_3RR) has been regarded as a promising alternative to the Haber-Bosch process for sustainable and clean NH_3 production. To develop highly active and stable electrocatalysts for NO_3^- to NH_3 production, Cu-based materials have been considered as potential candidates owing to the excellent NO_3^- adsorption to easily overcome the rate determining step of nitrate to nitrite conversion in NO_3RR, although the poor NH_3 yield rate is still challenging. In this study, we report a hybrid electrocatalyst with Bi dopant substitutionally incorporated on cuboctahedra Cu_2O platform, which achieved the NH_3 yield rate of 2562.56 μg h^{-1} $mgcat^{-1}$ and Faradaic efficiency of 99.2 % at −0.8 V vs. RHE in a neutral electrolyte. The interfacial synergetic effect of sufficient protonation from Bi-doped overlayer and efficient NO_3^- adsorption from the Cu_2O platform results in excellent NO_3RR performance, revealed that not only nitrate to nitrite conversion but also the protonation of $*NO_2$ is the rate limiting step for NH_3 production.

O에환수-6

기능성 계층 구조의 기공을 갖는 멤브레인 형태의 다공성 휘발성 유기 화합물 흡착 필터

정지혁, 배태현*
KAIST
(thbae@kaist.ac.kr*)

휘발성 유기 화합물은 방부제나 접착제의 원료, 실내장식용 페인트 등에 널리 사용되고 있으며 시공 후 수년 동안 실내에 방출되어 새집증후군을 유발한다. 이 물질들은 피부 접촉이나 호흡기 흡입을 통해 기존 알레르기 질환의 악화, 두통, 무기력증 등 다양한 증상을 동반한다. 본 연구는 실내에서 효과적으로 휘발성 유기 화합물을 제거하기 위해 멤브레인 형태의 계층적 기공 구조를 가지는 기능성 고분자 분자체를 제안한다. 해당 구조체는 매크로 기공과 마이크로 기공을 포함하는 계층적 기공 구조를 가지며 아민 작용기를 다수 포함하여 상온에서 우수한 휘발성 유기 화합물(포름알데히드) 포집 성능을 보인다. 특히 바인더 없이 프리스탠딩 형태로 제작이 가능하며 제작된 흡착 필터는 높은 통기성을 갖기에 실내 공기 정화용 필터로서의 그 활용성이 보다 돋보인다.

O에환수-7

Two-stage molten metal bubble column reactor model for clean hydrogen production from polypropylene pyrolysis

Bang Thanh Le, Ngo Ich Son, 임영일*, 이영재[1], 이은도[1]
한경국립대; [1]KITECH
(limyi@hknu.ac.kr*)

A two-stage molten metal bubble column reactor (2-stage MMBCR) model has been developed for producing clean hydrogen through the non-oxidative pyrolysis of polypropylene (PP). In the first stage, empirical equations were used to model the thermal decomposition of PP into non-condensable gases, liquid oil, and solid carbon. The gaseous products then entered in the second stage, where they underwent both catalytic and non-catalytic conversions into hydrogen and solid carbon. This process was described using a one-dimensional model accounting for chemical reaction kinetics, hydrodynamics, axial dispersion, and heat transfer. The model was validated with experimental data from a bench-scale reactor employing a gallium-tin (Ga-Sn) alloy across a wide temperature range. Using the validated model, a pilot-scale reactor capable of processing 100 kg/d of PP using molten Ga-Sn was designed. A comparative analysis between bench- and pilot-scale reactors offers valuable insights into scaling up the MMBCR process for clean hydrogen production from PP pyrolysis.

O에환수-8

Replacing Titanium Porous Transport Layers with Multi-Metallic Coated Carbon OER Electrodes for Efficient and Stable PEMWE

이영현, 김성준, 권용재*
서울과학기술대
(kwony@seoultech.ac.kr*)

Due to the climate crisis, demand for alternative energy sources is increasing. Proton Exchange Membrane Water Electrolysis (PEMWE) is a promising hydrogen production technology, but its scalability is hindered by the high cost of noble metals and titanium-based porous transport layers (PTLs). This study addresses these issues by replacing titanium PTLs with carbon paper, stabilized through a multi-metallic layer (MML) coating of nickel, gold, and iridium. Although carbon is prone to corrosion, the optimized MML coating enabled stable operation. The MML-coated electrode exhibited excellent oxygen evolution reaction (OER) activity, achieving 68.3 ± 4.8 mA cm^{-2} at 1.7 V (vs. RHE). Furthermore, a single-cell durability test showed stable operation for over 460 h at 100 mA cm^{-2}. This work offers a cost-effective and scalable strategy to reduce noble metal usage while enhancing PEMWE efficiency and stability.* This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government. (MSIT) (2023R1A2C2002444)

O에환수-9

직접탄산화 기반 석탄회 비산재 내 이산화탄소 저장 및 중금속 안정화: 반응표면방법론 통계분석

전서희, Purnaning Tuwuh Triwigati, 심규대, 서동주, 박영준*
광주과학기술원
(young@gist.ac.kr*)

This study examines the key factors influencing carbonation efficiency of coal fly ash (CFA) through statistical analysis. It evaluates the effects of alkali activator (NaOH) concentration and carbonation temperature using a quantitative approach. To achieve this, a central composite design was employed, incorporating regression analysis and response surface methodology to assess the impact of each variable and their interactions. The findings indicate that both NaOH concentration and carbonation temperature significantly affect CFA's carbonation efficiency. The influence of NaOH concentration was found to be 84.38% greater than that of carbonation temperature. Additionally, the study identifies optimal conditions that enhance CFA's carbonation efficiency, which is linked to improvements in the leaching stability of heavy metals. The findings of this study provide practical criteria for improving the carbonation process and contribute to CO_2 emission reduction and waste management.*This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2021R1A5A1028138).

O에환수-10

Techno-Economic and Environmental Assessment of Rice Straw-Based Lubricant Production: A Sustainable Alternative to Fossil Fuel-Based Processes

이윤재, 이혜진[1], 양은혁[1], 유지윤, 최승준, 황보순호[2], 서영웅[3], 백자연[1], 김용진[1], 한지훈*
포항공과대; [1]한국생산기술연구원; [2]경상국립대; [3]한양대
(jhhan@postech.ac.kr*)

Biorefinery technologies utilizing lignocellulosic biomass, such as rice straw, have emerged as a promising strategy to reducing these impacts. Using lubricant production as a case study, this research compares a conventional fossil fuel-based process with a biomass-based alternative. The study includes: (1) an economic and environmental analysis of the conventional process, (2) a process simulation for lubricant production from rice straw, and (3) a life-cycle economic and environmental evaluation of both pathways. The results demonstrate the potential of the rice straw-based process to significantly reduce environmental impact while identifying key economic trade-offs. This analysis highlights the role of biomass-based processes in supporting Korea's carbon-neutral policies and offers valuable insights for sustainable industrial development.

O에환수-11

Integrated Process Design for the Catalytic Conversion of Cellulose to 5-HMF and THFDM: A Sustainable Approach to Biomass-Based Platform Chemicals

최승준, 한지훈*, 이윤재, 유지윤, 김용진[1], 이혜진[1]
포항공과대; [1]한국생산기술연구원
(jhhan@postech.ac.kr*)

The sustainable production of value-added chemicals from biomass-derived feedstocks is a key focus of green chemistry. This study presents an integrated process design for the catalytic conversion of cellulose into 5-hydroxymethylfurfural (5-HMF) and its subsequent hydrogenation to 2,5-tetrahydrofurandimethanol (THFDM). The first stage of the process involves the catalytic conversion of cellulose into 5-HMF, with an emphasis on optimizing catalyst loading, reaction conditions, and solvent effects to maximize yield and selectivity. The second stage focuses on the hydrogenation of 5-HMF to THFDM, a high-value platform material utilized in the production of polyesters, polyurethanes, and other high-performance polymers. Additionally, an energy analysis of the integrated process is performed to assess its feasibility and sustainability. This study provides valuable insights for process design for the efficient conversion of biomass-derived cellulose into valuable platform chemicals, contributing to the advancement of sustainable chemical production.

O에환수-12

급속 화염 처리에 의한 양방향 듀얼-메탈 도핑법, 이를 통한 WO_3의 광전기화학적 물 산화 반응 개선

노승훈, 김재겸, 김정규*
성균관대
(legkim@skku.edu*)

Photoelectrochemical (PEC) water splitting has been paid attention as a promising energy conversion strategy for sustainable zero carbon society. N-type semiconductive transition metal oxides based materials have been utilized as efficient photoanode in PEC system due to their suitable band position, chemical stability, and cost-effectiveness. However, to achieve high-efficient solar energy conversion in the metal oxides based PEC device, improving the poor performance of oxygen evolution reaction (OER) on metal oxides based photoanode is demanded. In this study, a rapid flame doping strategy is introduced to effectively enhance the PEC OER performance. The facile flame process effectively doped the heteroatoms, such as Fe^{3+} and Sn^{4+}, into the WO_3 based photoanode. As a result, the PEC OER performance of dual-metal doped WO_3 by flame method was significantly enhanced to 6.16 times higher than bare WO_3 by improving the light harvesting efficiency, charge separation efficiency, and surface kinetics.

O에환수-13

Sustainable Production of Bio-Lubricants and Diesel Fuels from Palm Oil: An Integrated Process and Environmental Impact Assessment

유지윤, 한지훈*
POSTECH
(jhhan@postech.ac.kr*)

With the increasing need to reduce carbon emissions and mitigate fossil resource depletion, the production of fuels and other value-added products from biomass has gained significant attention. THFDM-diester, a lubricant-grade product, can be synthesized from refined palm oil, while biodiesel and renewable diesel can be derived from palm fatty acid distillate (PFAD), a byproduct of the palm oil refining process. This study explores an integrated process for the simultaneous production of bio-lubricants and diesel fuels from palm oil, focusing on environmentally friendly synthesis. The environmental impact of this integrated process is quantified using SimaPro software and the Ecoinvent 3.0 database. Ultimately, the study aims to determine the environmentally optimal production ratio of biodiesel and renewable diesel from PFAD. The developed process is expected to enhance the utilization of palm oil as a raw material and promote circular resource use for the sustainable production of lubricants and fuels.

O에환수-14

Reinforcing active metal utilization via systematically controlled metal-support interaction using tailored precipitation of CeO_2-ZrO_2 support for the water-gas shift reaction

한종훈, 안선용, 곽민상, 노현석*
연세대
(hsroh@yonsei.ac.kr*)

In this study, we aimed to improve low-temperature activity by promoting the formation of abundant active sites while simultaneously reinforcing the performance of single active sites in Cu-based catalysts for the water-gas shift (WGS) reaction. To address these issues, both normal and reverse co-precipitation methods were applied to modify the metal-support interaction (MSI) in the resulting Cu/CeO_2-ZrO_2 catalysts by altering the physicochemical properties of the support materials (CeO_2-ZrO_2). To investigate the impact of changes in MSI, induced by modifications in the physicochemical properties of the CeO_2-ZrO_2 support, various Cu loadings (5-40 wt%) were impregnated via the incipient wetness impregnation method to assess their effects on intrinsic catalytic activity and structure sensitivity. Among the synthesized catalysts, 10 wt% $Cu/Ce_{0.8}Zr_{0.2}O_2$ prepared by reverse co-precipitation exhibited the highest catalytic performance, primarily due to the large number of active sites and partly to the oxygen storage capacity.

O에환수-15

Enhancing the Sustainability of PBAT Composites: Lignin Methylation for Improved Compatibility and Carbon Emission Reduction

권기현, 한지훈*
포항공과대
(jhhan@postech.ac.kr*)

Polybutylene adipate terephthalate (PBAT), a petroleum-derived biodegradable polymer, requires environmental impact improvements due to its high carbon emissions. A previous study attempted to reduce PBAT's carbon footprint by blending it with woody biomass-derived lignin. But poor compatibility limited lignin content to a maximum of 5 wt.%, restricting the potential reduction in carbon emissions. In this study, lignin methylation is proposed to enhance its compatibility with PBAT. A process simulation for the lignin methylation was conducted, followed by an environmental impact assessment of PBAT composites. The results indicate that methylated lignin can be blended at concentrations of up to 50 wt.%, significantly improving compatibility with PBAT and achieving a carbon emissions reduction of about 33% compared to conventional PBAT composites. This study confirms the sustainability of strategies aimed at enhancing compatibility between petroleum-based biodegradable polymers (PBAT) and biomass-derived polymers (lignin). Furthermore, it highlights the significance of the proposed approach in reducing PBAT's carbon footprint and advancing environmentally friendly polymer materials.

O에환수-16

고효율 전기화학적 수소 생산 시스템을 위한 머신러닝 기반 단일 원자 전이금속이 도입된 탄소양자점 촉매 설계 및 개발

백운범, 김정규*
성균관대
(legkim@skku.edu*)

Hydrogen evolution reaction (HER) in acidic media has been spotlighted for hydrogen production. As for a noble metal-free electrocatalyst, incorporation of transition metal (TM) atoms into nanocarbon platforms has been extensively adopted. Although a data-driven methodology facilitates the rational design of TM-anchored carbon catalysts, its practical application suffers from either a simplified theoretical model or the prohibitive cost. Herein, an effective and facile catalyst design strategy is proposed based on machine learning (ML) and its model verification using electrochemical methods accompanied with density functional theory simulations. Based on a ML model, the Ni-incorporated carbon quantum dots (Ni@CQD) is proposed as the best HER catalyst among the various TM-incorporated CQDs under the optimal conditions. The ML results are validated with electrochemical experiments, where the Ni@CQD catalyst exhibited superior HER activity, requiring an overpotential of 151 mV to achieve 10 mA cm^{-2} and impressive durability in acidic media up to 100 hours. This methodology can provide an effective route for the rational design of highly active electrocatalysts.

O에환수-17

다양한 C_1 가스를 이용한 Ga/ZSM-5 촉매 기반 플라스틱 열분해

심하늘, 박영권[1]*
서울대; [1]서울시립대
(catalica@uos.ac.kr*)

본 연구는 방향족 탄화수소 생산을 목적으로 메탄, 이산화탄소, 바이오가스 (CH_4+CO_2) 등의 C_1 가스가 폴리프로필렌(PP) 플라스틱 폐기물의 촉매 열분해 과정에 미치는 영향을 조사하였다. 0.5, 1, 3, 5 wt.% 농도의 Ga가 담지된 ZSM-5 촉매를 사용하였으며, 특히 환원-산화 (RO) 처리에 따른 Ga/ZSM-5 촉매의 열분해 활성 변화를 평가하였다. 실험 결과, CH_4 분위기에서 RO-GHZ(1) 촉매를 이용해 열분해했을 때, 가장 높은 BTEX 수율을 얻었다 (39.5 wt.%). 이는 GHZ(1) 촉매를 산화-환원 처리할 경우, Ga 입자가 제올라이트 기공 내부로 효과적으로 확산되고, 높은 활성을 가진 GaO^+이 형성되어 방향족화 반응이 촉진되기 때문으로 확인되었다. 또한, RO-GHZ 촉매 내 Ga 농도를 비교한 결과, 1wt.%의 RO-GHZ에서 가장 높은 BTEX 생성량을 보였으며, Ga 농도가 감소함에 따라 BTEX 생산성이 저하되는 경향이 관찰되었다. 한편, RO-GHZ(1)는 메탄보다 바이오가스 분위기에서 상대적으로 낮은 BTEX 수율을 보였는데, 이는 활성종 GaO^+이 이산화탄소에 의해 변형되어 촉매 활성이 감소했기 때문으로 해석된다. 본 연구는 플라스틱의 촉매 열분해 공정에서 Ga/ZSM-5의 작동 메커니즘과 최적화 방향을 제시하고, C_1 가스로부터 가치 있는 방향족 탄화수소 생산의 적절성을 보여준다.

O에환수-18

Enhancing $BiVO_4$ Water Oxidation Kinetics via a Phosphate-Functionalized Metal-Organic Co-Catalyst (Co,Fe-NTMP): Insights from LMCT Mechanism and DFT Study

무스타파 알라 마그드 사드, 김우경*
영남대
(wkim@ynu.ac.kr*)

The primary challenges of $BiVO_4$ include its poor stability and inefficient electron-hole pair separation. To enhance $BiVO_4$ photoanode oxygen evolution reaction (OER), a Co,Fe-nitrilotris (methylene phosphonic acid) (Co,Fe-NTMP) metal-organic co-catalyst was developed and applied to the $BiVO_4$ photoelectrode surface using the SILAR technique. The proposed approach significantly improved charge separation and transfer. The optimized $BiVO_4$/Co,Fe-NTMP photoanode exhibited a current density of 2.6 mA cm^{-2} at 1.23 V vs. RHE, representing more than a fivefold increase compared to bare $BiVO_4$ (0.5 mA cm^{-2} at 1.23 V vs. RHE) under illumination of AM 1.5 G without a sacrificial agent. Additionally, the applied bias photon-to-current efficiency (ABPE) of $BiVO_4$/Co,Fe-NTMP reached 0.58% at 0.83 V vs. RHE,which can attributed to the formation of ligand-to-metal charge transfer (LMCT), which facilitates efficient electron transport. This mechanism was submitted by XPS and DFT analyses.

O에환수-19

Adsorption-dependent photocatalytic formaldehyde degradation: A kinetic modeling

허자윤, 서정길*
한양대
(jgseo@hanyang.ac.kr*)

Formaldehyde (FA) is one of the ubiquitous volatile organic compounds (VOCs), which has fatal toxicity in human health. Photocatalysis has been considered as an effective approach to remove FA due to the its high removal efficiency and low energy consumption. Previous researches have mainly focused on the development of novel catalysts and evaluation of photocatalytic performance. However, the adsorption of FA onto the catalyst surface is vital prerequisite for photocatalytic oxidation as the reaction is controlled by surface coverage. In this work, the interplay between adsorption and photocatalytic activity was explored by combined modeling of adsorption-photocatalysis process to predict experimental data under various conditions. The objective of this study is to propose the reaction mechanism of adsorption-photocatalytic oxidation, to accurately unravel the contribution of adsorption/desorption phenomena, ultimately understanding the relationship between photocatalytic oxidation and adsorption kinetics over photocatalyst. This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2020R1A5A1019131).

O에환수-20

올인원 비커법과 분무건조 공정을 적용한 리튬이온전지용 실리콘-내재 중공형 전이금속 산화물/질소 도핑된 흑연질 탄소 복합 마이크로스피어 합성

조범소, 조중상*
충북대
(jscho@cbnu.ac.kr*)

실리콘 (Si)은 높은 이론용량 (3590 mA h g-1), 낮은 전극전위 (~0.4 V) 등으로 인해 고에너지밀도를 요구하는 대용량 에너지 저장장치에서 주목받는 차세대 음극 소재이다. 그러나 합금/탈합금 반응 중 발생하는 부피 팽창으로 인한 전극 구조 붕괴와 낮은 전기전도도로 인해 실리콘의 상용화에 어려움을 겪고 있다. 위 문제를 해결하기 위해 "올인원 비커 방법" 커켄달 확산 메커니즘, 분무건조공정을 결합하여, 실리콘, 중공형 Fe3O4 나노입자 및 질소-도핑된 흑연 탄소 (NGC) 복합체를 합성하였다. 구체적으로, Si, H-Fe3O4 나노입자, 및 NGC 복합체 분말은 정적 전기로 내 단일 비커에서 가스만을 변경해서 제조되며, 이후 분무건조를 통해 균일하게 복합하여 재료 간의 밀도와 전기적 접촉을 향상시킨다. 커켄달 확산 효과에 의해 형성된 중공형 Fe3O4 나노입자는 Si로부터 야기되는 부피변화를 완화하며, Fe 종의 촉매 효과로 생성된 NGC는 구조 내부의 빠른 전자 이동을 촉진한다. 그 결과, 합성된 소재는 3.0 A g-1의 전류밀도에서 1000사이클 후 406.8 mA h g-1의 방전용량을 보였으며, 높은 용량 유지율 (93.1%)을 나타내었다.

O에환수-21

CO2의 직접 공기 포집을 위한 금속 교환 제올라이트 연구

김도영, 강지현, 김준성, 권성준[1], 박민범[1], 강성봉*
광주과학기술원; [1]인천대
(sbkang@gist.ac.kr*)

The characteristics of good structural stability and low manufacturing costs make zeolites a promising and cost-effective material for direct air capture (DAC) of CO_2. In response, zeolites are investigated for DAC performance under tailor-controlled conditions simulating ~400 ppm CO2; however, these studies cannot represent the DAC performance of zeolites for commercialization. Specifically, the adsorption is significantly governed by reaction conditions such as concentration, temperature, moisture and oxygen, with the performance of zeolites further dependent on active metal cations and framework site characteristics. In light of these points, we systematically studied different frameworks of zeolites (ZSM-5, Mordenite, Beta and Y) and active metals (Ba, Ca, Na, K and Mg) using real atmospheric air directly flowing outdoor for DAC application. In this study, the effect of cation charge density, pore size of zeolites, its acid-basic sites and the presence of H2O on the adsorption performance and behavior of zeolite deals under realistic conditions and provides insight in designing an efficient zeolite and DAC process.

O에환수-22

Techno-economic and Carbon-emission assessment of Hydrometallurgical recycling for Perovskite solar cells

배종일, 오현민, 한지훈*
포항공과대
(jhhan@postech.ac.kr*)

Perovskite solar cells (PSCs) offer both high efficiency and low cost. However, lead (Pb) in PSC waste poses environmental and health risks, making its treatment a key commercialization challenge. Various Pb removal methods have been explored, and recycling potential has been recognized. However, for commercialization, techno-economic and carbon-emission assessments at the process scale are required. In this study, we conducted a techno-economic and carbon-emission assessment of two adsorption methods (HAP/Fe and WAC-resin) and one extraction method (water extraction) for the Pb recycling process generated from PSCs disposal based on literature data. As a result of the analysis, the adsorption method using WAC-resin was evaluated as the most economical (-2.54 US$ m^{-2}), and the extraction method was found to have the lowest carbon emissions (-0.04 kg CO_2-Eq m^{-2}). This study provides a direction for the development of more economical and environmentally friendly processes for PSC recycling and is expected to provide basic data for sustainable recycling technologies.

O에환수-23

Feasibility Assessment of Carbon Dioxide Methanation for Low-carbon Energy Economy

최창권, 임한권*
울산과학기술원
(hklim@unist.ac.kr*)

Power-to-X technology plays a crucial role in sustainable energy transition addressing the serious environmental crisis. This technology facilitates the large-scale integration of renewable electricity and decarbonizes hard-to-electrify sectors by enabling efficient energy storage. Further, when combined with carbon capture and utilization, it can contribute to a circular carbon economy from valuable carbon-based compounds. In this research, a feasibility study of CO_2 hydrogenation technology, particularly for synthetic methane production, is conducted to assess economic and environmental feasibility as well as the potential of climate mitigation. The study focuses on key technologies, including green H_2 production and direct air capture, followed by an analysis of the economic and environmental feasibility of these processes in reducing carbon emissions. This research highlights the potential of synthetic methane as a sustainable fuel that can lead to a low-carbon energy economy and then provides insights into future directions required to realize a sustainable synthetic methane economy.

O에환수-24

Assessment of Economically and Environmentally Optimal Electrified Steam Methane Reforming for H_2 Production

구지원, 임한권*
울산과학기술원 (UNIST)
(hklim@unist.ac.kr*)

H_2 attracts worldwide interest across industries; however, traditional H_2 production technology results in substantial CO_2 emissions due to the fire-based heating system. An electricity-based heating system using joule heating mitigates CO_2 emissions significantly if renewable energy is applied. Various low-carbon H_2 production technologies have been evaluated in economic and environmental perspectives, but simultaneously consideration of optimal performances is insufficient, even if the importance of both perspectives. Thus, the fired and electrified-heating steam methane reforming models are developed and optimized with multi-objectives, economic and environmental viabilities. The optimal electrified-heating process emits less CO_2 than the fired-heating, and has potential to overcome the economic feasibility of conventional fired-heating process depending on natural gas and electricity cost. Therefore, electrified-heating technology and its application to the chemical engineering are a viable pathway toward carbon-neutral society, offering the potential to achieve CO_2 emission reduction with maintaining economic performance.

O에환수-25

이산화탄소 가스로부터 전환된 고성능 리튬-황 배터리 탄소 양극재

이다연, 이재우*, 윤원찬
한국과학기술원
(jaewlee@kaist.ac.kr*)

본 연구에서는 이산화탄소(CO_2) 유래 질소 도핑 다공성 탄소(CPCN)를 활용하여 리튬-황 배터리의 성능을 향상시키는 방법을 제시한다. CPCN은 탄산칼슘을 나노 템플릿으로 사용해 합성되며, 이 과정에서 질소 도핑과 다공성 증가가 이루어져 리튬 이온 확산이 촉진된다. 또한, 피리딘형 질소 작용기가 리튬 폴리설파이드와의 강한 상호작용을 통해 전기화학적 성능을 향상시켰다. 그 결과, CPCN은 0.2C에서 1,368 mAh/g의 방전 용량을 기록했으며, 높은 전류 밀도(3.0C)에서도 726 mAh/g의 우수한 속도 특성을 보였다. 나아가, 황 함량이 증가한 환경에서도 3.38 mAh/cm²의 높은 면적 용량을 유지하였다. 본 연구는 CO_2 유래 다공성 탄소와 질소 도핑이 리튬-황 배터리 성능 향상에 기여할 수 있음을 강조하며, 지속 가능한 고성능 에너지 저장 기술의 가능성을 제시한다.

O에환수-26

인삼염 유래 NiFe 옥시하이드록사이드 오버레이를 이용한 고성능 $BiVO_4$ 광전극의 광전기화학적 에너지 변환

한현구, 김정규*
성균관대
(legkim@skku.edu*)

Solar-driven photoelectrochemical (PEC) technology offers a sustainable route for fossil-fuel-alternative energy, yet its feasibility is hindered by inefficient photoanodes. Herein, a bimetallic NiFe-oxyhydroxide (NiFeOOH) overlayer was uniformly decorated on $BiVO_4$ (BVO) via electrochemical activation of NiFe phosphate-modified BVO (NiFePi/BVO), yielding an integrated photoanode (a-NiFePi/BVO). NiFeOOH efficiently extracts photo-generated holes for surface water oxidation, accelerating reaction kinetics and enhancing PEC performance. The a-NiFePi/BVO exhibited a 10-fold higher photocurrent density (3.44 mA·cm^{-2}) than pristine BVO (0.35 mA·cm^{-2}) at 0.77 V vs. RHE under AM 1.5 G (100 mW·cm^{-2}) irradiation. Moreover, it achieved 52.4% ammonia degradation in 3 h under mildly alkaline conditions (0.2 M NH_3, pH ~9.8), with N_2 as the primary product. In a two-electrode system (a-NiFePi/BVO||NiFeP/NF), H_2 production was tripled compared to BVO||NF. This work provides a reference for developing efficient BVO-based photoanodes for PEC hydrogen generation and ammonia-containing wastewater treatment.

O에환수-27

산업 폐수로부터 희소금속을 회수하기 위한 친환경 하이브리드 중공사 흡착제 제조

이호준, 이종석*
서강대
(jongslee@sogang.ac.kr*)

The increasing demand for rare metal resources necessitates the development of high-performance metal recycling techniques. In this presentation, I will introduce a novel hybrid fiber sorbent featuring selectively in-pore grown metal-organic frameworks (MOFs) within porous polymeric hollow fibers via an in-situ growth method for rare metal capture. The polymeric hollow fiber structure provides an efficient pathway for a rare metal-containing solutions, while the MOFs act as an efficient sorbents, enhancing rare metal capture. Our newly developed fiber sorbents demonstrate excellent adsorption capacity for various metal ions, including Pb^{2+}, Ni2+, and Co2+, and maintain their performance over three adsorption-desorption cycles, confirming their outstanding long-term stability.

O에환수-28

Theoretical Study on Crystal Growth and Binding Affinity of Multidentate Additives for High-Performance Perovskite Light-Emitting Diodes

권성현, 신재권[1], 한종민, 하정민[1], 송명훈, 우한영[1], 곽상규[1]*
울산과학기술원; [1]고려대
(skkwak@korea.ac.kr*)

Controlling crystallization and defect passivation is crucial for high-performance perovskite light-emitting diodes (PeLEDs). In this theoretical study, the efficiency of PeLEDs (i.e., 25.19 % max EQE) was enhanced by defect passivation using a phosphine oxide-based multidentate additive, oxy-4-triphenylphosphine oxide (4-TPPO), which induced delaying crystal growth. DFT calculations were performed to capture the effects of delaying crystal growth and defect passivation by investigating the interactions between additives and perovskite precursor ions, as well as between additives and the perovskite surface. Our results revealed that the double-bidentate configuration of 4-TPPO with precursor complex effectively delayed the crystallization. Furthermore, this configuration exhibited strong binding affinity and high thermodynamic stability, leading to enhanced defect passivation. In conclusion, our theoretical study demonstrated an effective strategy to improve PeLED performance through multidentate ligand design in terms of perovskite crystallization control and defect suppression.

O에환목-1

적철광 광양극의 광전기화학적 물 분해 성능을 향상시키기 위한 벌크 및 표면 개질 전략

Anushkkaran Periyasamy, 채원식[1], 이현휘[2], 최선희[2], 김봉규, 장점석*
전북대; [1]한국기초과학지원연구원; [2]포항가속기연구소
(jangjs75@jbnu.ac.kr*)

Currently, the global focus is on finding paths to replace finite fossil fuels with sustainable energy sources while also developing fuel alternatives with no carbon emissions. Hydrogen is considered a feasible and eco-friendly fuel alternative for the future. Photoelectrochemical (PEC) water splitting using semiconductor materials is one of the most promising approaches for converting sunlight and water into H_2. The hematite (Fe_2O_3) photoanode suitable candidate for this since it is abundannt in nature, inexpensive and high stability. Despite these advantages, the practical effectiveness of water splitting efficiency is constrained by various drawbacks. This study explores the fabrication and characterization of an n-type Fe_2O_3 photoanode, along with the incorporation of metal doping, homojunction construction and surface modification through the use of cocatalyst. Then, numerous strategies are summarized and studied, focusing on nanostructures, doping and surface state modification.

O에환목-2

효율적인 수처리를 위한 고도 산화 공정에서의 라디칼 및 비라디칼 경로 선택적 제어

문건희*
한국과학기술연구원
(catalysis@kist.re.kr*)

고도산화공정(AOPs)은 수처리에서 오염 물질을 제거하는 효과적인 기술로, 이를 최적화하려면 라디칼 및 비라디칼 종의 생성 메커니즘과 반응 경로를 이해하는 것이 중요하다. 오염 물질 분해 효율은 pH, 산화제 유형, 광원의 유무 등에 따라 달라지므로 촉매 반응성을 조절하는 전략이 필요하다. 본 발표에서는 라디칼 및 비라디칼 경로를 선택적으로 조절하여 분해 효율을 극대화하는 촉매 시스템을 다룬다. 철-망간 산화물 촉매는 persulfate와 복합체를 형성하여 오염 물질을 분해하며, UV 조사 시 완전한 미네랄화를 달성한다. Ni-Mn-Fe 혼합 산화물은 비라디칼 경로를 통해 Bisphenol A(BPA)를 분해하며, 추가적인 활성 산소 종 없이도 높은 성능을 보인다. 또한, carbon nitride 기반 광촉매는 일반적으로 hydroxyl radical 생성이 연구되어 왔으나, 본 연구에서는 정공(holes)의 역할을 강조한다. Copper phosphide 촉매는 산성 조건에서 hydroxyl radical, 중성 pH 및 가시광 조건에서 singlet oxygen을 선택적으로 생성하여 반응성을 조절할 수 있으며, Nickel (oxy)hydroxide/oxide 촉매는 산화제에 따라 Ni(Ⅲ) 및 Ni(Ⅳ) 종을 선택적으로 형성하여 반응성을 극대화할 수 있다. 본 발표에서는 이러한 촉매 시스템의 반응 메커니즘을 분석하고, 효율적이고 지속 가능한 수처리 기술 개발을 위한 방향을 제시하고자 한다.

O에환목-3

바이오촤 기반 HDPE-수소/탄소 전환 특성 평가를 위한 실험적 연구

이용운*, 조경일, 우백호, 박영선
한국생산기술연구원
(ywlee8131@kitech.re.kr*)

폐플라스틱 기반의 열분해는 오일 생산을 주 목적으로 이루어지고 있지만 최근 수소 생산 이슈가 증가하면서 수소 생산과 관련된 다양한 연구가 수행중이다. 열분해 과정에서 생성된 열분해 증기(pyrolysis vapor)는 응축성 가스(타르, 오일)와 비응축성 가스로 나누어지며 타르(tar)는 C6 이상의 고분자 탄화수소로 구성되어 있다. 열분해를 통해 수소의 전환 수율을 증가시키기 위해서는 타르의 추가 분해가 필수적이다. 본 연구에서는 플라스틱의 열분해 특성과 타르의 열적 분해 및 바이오촤 촉매 분해를 통한 수소 전환 특성에 대해 평가하였다. 본 연구에서 플라스틱 샘플은 HDPE 으로 20g을 사용하였다. 실험 장치는 2개의 다단 반응기로 상부의 반응기에서는 열분해가 이루어지며 하부의 반응기에서는 열적 분해 및 바이오촤 촉매 분해 특성 분석 실험이 수행되었다. 열분해 실험은 500 - 700oC의 목표 온도에서 플라스틱 샘플이 투입되는 등온 실험 방식으로 수행되었다. 타르 추가 분해 실험에서 열분해 온도 조건은 500oC이다. 열분해를 통해 생성된 타르 및 가스는 700 - 900oC 분위기의 하부의 2단 반응기로 투입된다. 타르 열적 분해 실험은 2단 반응기에 촉매 물질이 없이 분위기 온도에서 분해 특성을 분석하였으며 바이오촤 촉매 분해는 목표 온도에서 활성화된 바이오촤(야자수)를 활용하여 실험을 수행하였다. 열분해 생성물은 GC-MS를 통해서 조성을 분석하였다.

O에환목-4

반탄화 미활용 목재의 석탄화력발전소 혼소에 대한 전과정평가 기반 이산화탄소 배출량 분석

조경일, 이용운*, 이승연, 유나연
한국생산기술연구원
(ywlee8131@kitech.re.kr*)

탄소중립을 위한 다양한 기술 중 목질계 바이오매스를 활용한 연소기술은 바이오매스가 성장 과정에서 이산화탄소를 흡수한다는 점에서 UN 기후변화협약에 의해 탄소중립 에너지원으로 인정받고 있다. 이에 따라 유럽에서는 바이오매스로의 전환이 이루어지고 있으며, 네덜란드는 2017년부터 석탄화력발전소에서 바이오매스를 최대 20%까지 혼소하는 정책을 추진 중이다.하지만 기존 화력발전소는 석탄 전용으로 설계되어 바이오매스를 단독 연소하는 데 한계가 있다. 이를 개선하기 위해 반탄화(Torrefaction) 기술이 연구되고 있으며, 이를 통해 바이오매스의 에너지 밀도를 높이고 혼소율을 증가시킬 수 있다. 그러나 추가 공정에서의 에너지 소비로 온실가스 배출량이 증가할 가능성이 있어 종합적인 비교 분석이 필요하다.전과정평가(LCA)는 연료의 생산, 사용, 폐기까지 환경적 영향을 평가하는 방법으로, 본 연구에서는 반탄화 및 반탄화 후 펠렛화(TOP) 공정을 비교하였다. 국내에서는 벌목된 목재와 미활용 목재가 트럭으로 공장에 운송되며, 건조, 반탄화, 냉각, 펠렛화 과정을 거쳐 연료로 생산된다. 각 공정의 전력 소비와 온실가스 배출량을 고려하여 기후변화 영향을 산정하였으며, 연료의 밀도와 부피를 기반으로 발전소까지의 운송 과정과 혼소에 따른 석탄 대체 효과를 분석하였다.

O에환목-5

Modulation of active interfacial sites in $MnCo_2O_{4.5}$@Ni_3S_2 core-shell architectures as robust electrocatalysts for oxygen evolution and electro-oxidation of urea

ADHIKARI SANGEETA, 김도형*
전남대
(kdhh@chonnam.ac.kr*)

Herein, the $MnCo_2O_{4.5}$@Ni_3S_2 heterojunctioned electrocatalyst electrode on Ni-foam substrate is designed for boosting the oxygen evolution reaction (OER) as well as urea-assisted oxidation reaction (UOR). The unique Ni_3S_2 nanosheets electrodeposited on hydrothermally grown $MnCo_2O_{4.5}$ nanotips architecture imparts high surface area contributing to the electrochemical surface area responsible for enhancing the transport efficiency. The as-designed $MnCo_2O_{4.5}$@Ni_3S_2-3 cycles (grown with 3 electrodeposition cycles) resulted in superior electroactivity towards OER delivering the lowest overpotential of 240 mV at current density 10 mA/cm^2. Interestingly, upon employing as UOR electrode at same current density with 0.33 M urea, the $MnCo_2O_{4.5}$@Ni_3S_2-3 cycles electrocatalyst electrode requires only 30 mV which is 210 mV less than the OER electroactivity. The performance delivered by the interface engineered heterojunction systems are believed to be efficient noble metal free electrocatalyst.

O에환목-6

Surface- and Microstructure-Engineered Ni-Rich Cathode Materials for Li-Ion Batteries

류훈희*
충남대
(hryu@cnu.ac.kr*)

Cathode chemistry is a key factor in battery technology, as it significantly influences both cost and performance. Among candidates, lithium transition metal oxide cathodes, formulated as $Li[Ni_{1-x-y}Co_x(Mn\ and/or\ Al)_y]O_2$, are extensively used and mass-produced for rechargeable batteries. So far, research on cathode materials has focused on increasing Ni content by modifying chemical composition. However, ultra-high Ni cathodes face challenges related to chemical and mechanical instability due to the high concentration of reactive Ni^{4+} species. Furthermore, as Ni content nears its practical limit, innovative approaches are required. In response, microstructural engineering has gained attention as a promising solution. This presentation examines the physicochemical properties and electrochemical performance of cathodes with microstructural modifications, emphasizing structural stability as a crucial factor in preventing microcrack formation, a major cause of capacity degradation in Ni-rich cathodes. Additionally, surface modification is briefly discussed, focusing on its role in reducing surface degradation during battery cycling.

O에환금-1

층상이중수산화물-그래핀 에너지 하베스터를 활용한 전기분해와 압력에 의한 열에너지 발생 소자의 연구

박지영, 좌용호*, 오준호, 이승환[1], 정다운[1]
한양대; [1]한국생산기술연구원
(choa15@hanyang.ac.kr*)

This study presents a highly efficient hydrovoltaic energy harvester utilizing melamine foam coated with exfoliated graphene (EGs) and hydrophobic layered double hydroxide (LDH). The EGs/LDH coating significantly reduced the system's resistance to 600 Ω, leading to enhanced energy output and enabling continuous energy harvesting for up to 37 h in seawater. By optimizing evaporation dynamics, the combination of EGs and LDH improved energy harvesting efficiency while ensuring scalability, with energy output increasing as the device volume expanded to 250 cm^3. For real-world applications, the harvester was successfully integrated into a water electrolysis system to generate hydrogen, demonstrating its feasibility for sustainable energy production. Additionally, the harvester exhibited pressure-driven heating under various applied loads, indicating strong pressure responsiveness and its potential as a multifunctional energy and sensing platform.

O에환금-2

Three-dimensional reduced graphene oxide hollow microspheres anchored with defect-engineered antimony selenide nanocrystals for stable Li-S batteries: Experimental and theoretical assessment

Rakesh Saroha, 조중상[1]*
아주대; [1]충북대
(jscho@cbnu.ac.kr*)

In this study, non-stoichiometric antimony selenide ($Sb_2Se_{2.2}$) nanocrystals embedded in a three-dimensional hollow microsphere composed of a reduced graphene oxide (rGO) matrix (H-$Sb_2Se_{2.2}$@rGO-600) were synthesized through precise control of heating conditions. Density functional theory (DFT) calculations revealed that thermally induced anionic Se defects caused atomic disorder within the crystal structure, thereby altering its electronic properties and enhancing the adsorption strength of polysulfides. Lithium-sulfur (Li-S) batteries incorporating a H-$Sb_2Se_{2.2}$@rGO-600-coated separator and a conventional sulfur electrode (~2.0 mg cm^{-2}) exhibited outstanding high-rate capability, delivering a discharge rate of up to 4.0 C, along with exceptional cycling stability. After 1,300 consecutive charge-discharge cycles at 4.0 C, the cell retained 90.4% of its capacity, corresponding to an average capacity decay rate of only 0.007% per cycle. Furthermore, the impressive electrochemical performance was maintained under more demanding cell conditions, including a high effective sulfur content (66%), high sulfur loading (6.0 mg cm^{-2}), and a low electrolyte-to-sulfur ratio (4.3 μL mg^{-1}).

O에환금-3

Oxygen vacancy and light-harvesting of Perovskite $NiTiO_3$/C-Ag/Ag_3PO_4 S-scheme hollow nanosphere heterojunction photocatalyst to enhance degradation efficiency of tetracycline

암르, Alaa Magdy Saad, 김우경*
영남대
(wkim@ynu.ac.kr*)

Tetracycline, a persistent antibiotic, poses global pollution risks to water, soil, and ecosystems, contributing to antibiotic resistance and health issues. Conventional methods fail to fully remove it from the environment. This study introduces an advanced photocatalyst, hollow nanosphere Perovskite $NiTiO_3$ /C-Ag/Ag_3 PO_4 (NT/C-AAP), developed via a solvothermal reaction and photodeposition, designed for enhanced degradation efficiency. Its hollow spherical structure increases solar light harvesting through internal scattering, while oxygen vacancies, formed during calcination, and an S-scheme heterojunction prevent charge recombination. The NT/C-AAP composite achieved 96% tetracycline degradation in 1 hour, compared to the homologous core-shell (18%) and aggregated nanoparticles (47%), with strong reusability (4% loss after five cycles). Under 400 W visible light, complete degradation occurred within 40 minutes. The photocatalytic mechanism, driven by superoxide and hydroxyl radicals, was experimentally validated.

O에환금-4

전기화학적 이산화탄소 전환을 통한 직접 공기 포집 및 전환 경로에 대한 종합적인 분석

정원석, 이웅*
한국과학기술연구원
(ulee@kist.re.kr*)

Direct air capture and utilization (DACU) allows a closed carbon cycle which can be an alternative route to synthesize primary carbon feedstocks. It is considered that both dry and aqueous sorption based direct air capture (DAC) technologies reach conceptual demonstration with successful pilot-scale test. Despite its potential and significance, energy intensive nature of DACU hinders deployment of the process and necessitates further development of both capture and utilization technologies. Herein, a comprehensive analysis of multiple DACU routes as a combination of dry/aqueous DAC processes with thermo/electrochemical CO_2 upgrade processes. The energy demand of each route is broken down into step by step, providing perspectives that in which direction DACU technologies should be developed to reduce the energy demand and cost in which step.

O에환금-5

국가 CCUS 부문의 온실가스 감축경로에 대한 통합 분석 모델의 개발 및 적용

황종수, 안치규, 한건우*
포스코홀딩스
(mdguru@rist.re.kr*)

본 연구에서 CCUS 부문 온실가스 감축경로 분석을 위한 통합 평가 모델을 개발했다. 본 모델은 다양한 CCUS 이벤트 데이터를 기반으로 온실가스 감축경로에 대한 정량적, 확률적 분석을 수행한다. 이를 적용, 우리나라 온실가스 감축 국가결정기여(NDC) 달성을 위한 CCUS 시나리오들을 평가했다. CCUS 시나리오별 CO2 감축 경로와 비용을 평가하고, 정책 입안자에게 실행 가능한 전략을 제공한다. 이 모델은 2030 뿐 아닌 2035 NDC 전략 수립에도 기여할 수 있고, CCUS 개발을 가속화에 필요한 정책 조치에 대한 통찰을 제공하여 국가 온실가스 감축 전략 수립에 중요한 역할을 할 수 있다.

O에환금-6

Enhanced Electrochemical CO_2 Reduction via Modified-Polyamine for HER Suppression and Process Efficiency

최원용, 고성현, 강장훈, 김창수*
한국과학기술연구원
(changs90.kim@kist.re.kr*)

Carbon capture, utilization, and storage (CCUS) has gained significant attention as a promising approach to achieving carbon neutrality. Meanwhile, Conventional CCU process which absorbs CO_2 using chemical solvent, but the thermal separation step consumes nearly 80% of the total process energy, making it highly inefficient. To address this, electrochemical CO_2 reduction reaction (CO_2 RR) has emerged as a potential alternative for direct CO_2 conversion. Despite its advantages, CO_2 RR suffers from slow reaction kinetics and low selectivity, primarily due to competition with the hydrogen evolution reaction (HER). To enhance process efficiency, this study introduces a modified-polyamine system that functions as both a CO_2 carrier and a surface-activated promoter. The hydrophilic amine head facilitates CO_2 absorption, while attached propylene oxide (PO) chains create a hydrophobic microenvironment near the electrode-diffusion layer which systematically suppress HER.

O에환금-7

HT-WGS 반응을 위한 Cu-Ce-MgO 촉매의 비율 최적화: STXM 분석을 통한 OSC 평가

김창현, 전이정, 심재오*
원광대
(joshim85@wku.ac.kr*)

Cu-based catalysts exhibit high activity in the WGS reaction but become deactivated at high temperatures, making them unsuitable for the high-temperature water-gas shift (HT-WGS) reaction. However, their activity can be maintained by applying an appropriate support. In this study, a Cu-Ce-MgO catalyst was prepared using CeO2-MgO as a support. The Cu loading amount was fixed at 20 wt.%, and the Ce/Mg ratios were set to 75/25 (CCM75), 50/50 (CCM50), and 25/75 (CCM25). For comparison, Cu-CeO2 (CC) and Cu-MgO (CM) catalysts with a single support were also prepared. Scanning transmission X-ray microscopy (STXM) analysis was conducted to visually confirm changes in oxygen storage capacity (OSC) as a function of the Ce/Mg ratio. As a result, the CCM75 (Ce/Mg = 75/25) catalyst exhibited the highest Cu dispersion, OSC, CO conversion, and stability.

O에환금-8

Assessment of environmental feasibility of formic acid-based hydrogen supply strategy for effectively responding to fluctuations in renewable electricity generation

유선욱, 변재원[1], 강동성[2], 한지훈*
포항공과대; [1]전남대; [2]한국화학연구원
(jhhan@postech.ac.kr*)

The transition from fossil-based energy to renewable energy is essential to achieve a sustainable society. The spatial and temporal dependence of renewable energy leads to an imbalance between energy demand and supply, and storing energy in the form of H2 is a promising strategy to effectively utilize surplus renewable energy. Formic acid (FA) has emerged as an attractive H2 carrier, offering relatively mild storage conditions compared to high-pressure or liquid H2. This study proposes an integrated FA-based H2 supply system comprising electrocatalytic FA production from captured CO2, FA transportation by truck, and catalytic dehydrogenation of FA. The CO2 emitted from FA dehydrogenation is utilized to replace conventional cement through carbon mineralization. Simulation models were developed and global warming potential was quantified by considering Yeosu and Pohang as a FA production site and a H2 demand site, respectively. The results showed that FA-based H2 supply strategy could be a promising option for utilization of excess renewable electricity.

O에환금-9

암모니아 선택적 촉매 산화 반응에서 Cu/ZSM-5 촉매의 활성 Cu 종 규명

황세인, 김도희*
서울대
(dohkim@snu.ac.kr*)

Ammonia slip, a by-product of NH_3 processes, poses environmental and health risks, necessitating its removal via selective catalytic oxidation (NH_3 -SCO). In this study, a series of Cu/ZSM-5 catalysts with varying Cu loadings was synthesized via ion-exchange and to investigate the active Cu sites in the NH_3 -SCO reaction, the distribution of the Cu species, quantified using H2-TPR and EPR analyses, was correlated with the reaction rate, revealing isolated Cu^{2+} ions as the most active. The turnover frequency (TOF) calculated based on the number of Cu^{2+} ions remained nearly constant, confirming the primary role of Cu^{2+} ions in the catalytic oxidation process . Further NH_3 -TPD and in situ DRIFTS analyses demonstrated that Cu ion-exchange provides higher NH_3 adsorption ability, potentially enhancing the activity of the catalysts for the NH_3 -SCO.

O에환금-10

Microplastic Remediation and Hydrogen Evolution via Solar-Electrochemical Process on TiO_2 Nanorods in Seawater

배호섭, 최원용[1]*
포항공과대; [1]한국에너지공과대
(wchoi@kentech.ac.kr*)

The environmental and energy sectors face the dual challenges of microplastic degradation and hydrogen (H_2) production. Solar-electrochemical technology presents a promising approach to addressing these issues. In this study, we demonstrate that TiO2 nanostructures effectively facilitate the oxidative degradation of microplastics while concurrently producing H2 under solar-electrochemical conditions. The superior photoelectrochemical performance of TiO2 nanostructures is primarily attributed to their ability to generate reactive radical species for microplastic degradation and efficiently separate charges, enabling H2 production from photo-excited electrons. Our findings highlight the potential of solar-electrochemical systems as a sustainable environmental remediation strategy, addressing the water-energy nexus by simultaneously promoting microplastic degradation and H2 production.

O에환금-11

페로브스카이트 촉매를 이용한 목재-플라스틱 복합재 (WPC) 스팀 가스화 반응 연구

서지현, 이광훈[1], 명재욱, 박영권[1]*
한국과학기술원; [1]서울시립대
(catalica@uos.ac.kr*)

목재-플라스틱 복합재(WPC)의 사용량은 매년 증가하는 추세이며 폐기물로 배출된 WPC는 낮은 재활용성으로 인해 새로운 환경 문제로 떠오르고 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로 가스화 등 WPC 폐기물을 청정 에너지원인 H_2 로 전환하는 열적 분해 공정이 제시되고 있다. 특히, 촉매를 이용한 열적 분해 공정은 H_2 및 CO와 같은 합성가스 생산을 증가시키고, 가스화 반응에서 발생하는 tar 생성을 억제할 수 있다. 본 연구에서는 높은 열적 안정성, 산소 이동성, 촉매 활성을 갖는 Ni 담지 페로브스카이트 촉매($Ni/CeFeO_3$, $Ni/SrFeO_3$, $Ni/TiFeO_3$)를 사용하여 가스화 효율을 향상시키고자 하였다. 이를 위해 촉매의 종류, 촉매/시료(C/F) 비율, 반응 온도가 H_2 생산에 미치는 영향을 분석하였으며, 분석을 위한 실험은 고정층 반응기에서 스팀 가스화 방식으로 수행되었다. 본 연구를 통해 촉매 스팀 가스화가 폐기물의 고부가가치화에 효과적인 방안이 될 수 있음을 확인하였으며, WPC 폐기물을 이용한 지속 가능한 H_2 생산 및 환경 문제 해결을 위한 유망한 방법임을 확인하였다.

O에환금-12

Enhanced performance for CO_2 hydrogenation to methanol over metal-doped $Cu/ZnO/Al_2O_3$ catalyst modified with polyethylene glycol

표수민, 최시영, 박영권[1]*
한국과학기술원; [1]서울시립대
(catalica@uos.ac.kr*)

The rise in fossil fuel consumption has intensified greenhouse gas emissions, worsening climate change and demanding CO_2 reduction strategies. Methanol synthesis via CO_2 hydrogenation provides a sustainable way to cut emissions while producing valuable chemicals and fuels. $Cu/ZnO/Al_2O_3$ (CZA) is an efficient catalyst for CO_2 hydrogenation to methanol. The strong interaction between copper and metal oxide supports, along with zinc's role in enhancing copper dispersion, is essential for catalytic performance.From this perspective, this study develops a modified CZA catalyst doped with gallium (Ga) and titanium (Ti) via co-precipitation. Polyethylene glycol (PEG) was also incorporated to improve the porosity and surface functionality of CZA catalysts. The PEG treatment enhanced the surface area and active species dispersion. Additionally, the metal-doped CZA exhibited superior CO_2 conversion and methanol yield compared to commercial catalysts. This improvement is attributed to the enhanced Cu-ZnO interaction, increased oxygen vacancies, and well-dispersed active sites, demonstrating the effectiveness of PEG-assisted synthesis and metal doping.

O에환금-13

구리 음극 집전체의 은 나노입자 구조제어를 통한 고성능 리튬 금속 전지 제작

김국보, 김주예, 채오병[1], 우미혜[2], 정희태*
한국과학기술원; [1]가천대; [2]한국화학연구원
(heetae@kaist.ac.kr*)

Uniform lithium deposition is crucial for preventing dendritic growth, requiring even seed material distribution. A wrinkled Cu/graphene structure with a [100] facet orientation enables the controlled deposition of 26.4 nm Ag nanoparticles over a large area. The wrinkled Cu directs Ag placement, the [100] facet shapes morphology, and graphene ensures uniform spacing. This design promotes uniform Li^+ flux, lowers the nucleation energy barrier, and enhances battery performance, achieving stable cycling for 260 cycles at 0.5 mA cm^{-2} and improved kinetics at high current densities up to 5.0 mA cm^{-2}.

O에환금-14

Effect of inherent metals on torrefaction performance under varying ash content of high-ash biomass through ash removal

윤희선, 김성주, 이진기, 김유정, 박효경, 엄병환[1], 신명철*
한국생산기술연구원; [1]한경국립대
(mcshin@kitech.re.kr*)

While research on converting lignocellulosic biomass into biochar for carbon sequestration has been actively conducted, studies on non-lignocellulosic biomass remain insufficient. Non-lignocellulosic has different reactive characteristics in thermal degradation rate and reaction mechanism compared with the lignocellulosic due to its chemical composition and high ash content. In this study, the thermal degradation characteristics of non-lignocellulosic are investigated based on its ash content. Cattle manure is reacted with acid, alkali, and combined acid-alkali treatments, resulting in a reduced ash content of 8.94%. To further examine the effect of ash content on thermal degradation behavior and reaction mechanism, the characteristics of both raw and ash-reduced cattle manure will be analyzed. Chemical analyses will be carried out using XRF, EA, and py-GC/MS. TGA, SEM and BET analysis will be used for physical analyses.AcknowledgementThis study has been conducted with the support of the Korea Institute of Industrial Technology as "Development of eco-friendly production system technology for total periodic resource cycle (kitech EO250002)".

O에환금-15

열분해 공정을 통한 비목질계 및 목질계 바이오촤의 물리화학적 특성 비교 분석

박효경, 이진기, 김유정, 김성주, 윤희선, 황정호[1], 신명철*
한국생산기술연구원; [1]연세대
(mcshin@kitech.re.kr*)

축산분뇨의 탄소 배출량에 관한 문제점이 제기됨에 따라 본 연구에서는 축산분뇨의 열화학적 전환을 수행하였으며, 이를 목질계 바이오촤와 비교하였다. 열화학적 전환은 다양한 온도(300~450 ℃)와 체류시간 동안 N_2 주입을 통해 목질계 및 비목질계 바이오매스(목분, 축분)의 무산소 열분해를 진행하였다. 온도 및 체류시간이 동일한 조건에서 두 바이오매스의 질량감소율의 차이가 최대 약 23.8%로, 축분에 비해 목분이 상당히 크게 나타남을 확인하였다. 목분의 경우, 열분해를 통해서 휘발성 성분이 감소하고, 고정탄소가 증가하여 발열량이 증가하는 경향을 보인다. 반면에 축분은, 회분 함량이 약 35%이며, 목분 0.1%보다 높은 회분 함량으로 인해 탄화도가 증가함에도 불구하고 발열량이 감소하는 것으로 나타났다. 향후 두 바이오매스 간 열분해 특성의 차이를 정성적으로 비교하기 위하여 원소분석, XRD, FT-IR 분석을 통해 물리화학적 특성을 파악하고자 한다.Acknowledgement본 연구는 한국생산기술연구원의 '전주기적 자원순환 대응 친환경 생산시스템 기술개발' (kitech EO250002)과제를 통해 수행되었습니다.

O에환금-16

Uniformly Porous N-Doped Hierarchical Carbon Microspheres as a Monodisperse Cathode Host for High-Performance K-Se Batteries

김현진, 박승근*
중앙대
(skpark09@cau.ac.kr*)

Lithium-ion batteries (LIBs) dominate energy storage, but their limits in energy density and cost drive interest in potassium-ion batteries (KIBs). KIBs have abundant K resources but suffer from low energy density and sluggish ion diffusion due to K^+'s large radius. Selenium (Se) is a promising K-Se cathode, offering high capacity (675 mA h g^{-1}) and conductivity. However, the shuttle effect, volume expansion, and poor utilization hinder performance.Traditional carbon hosts like Super P and Ketjen Black have non-uniform sizes, leading to Se aggregation. To address this, we developed Se-loaded N-doped carbon spheres (Se@NCHS) with a flower-like structure. This design enhances Se loading, mitigates aggregation, and improves electrolyte access. N-doping strengthens Se-carbon interactions, suppressing side reactions and improving Coulombic efficiency, making Se@NCHS a strong K-Se cathode candidate.

O에환금-17

졸-겔 법으로 합성된 Ni/Al_2O_3 촉매를 활용한 CO_2 메탄화 반응을 통한 고효율 메탄 합성

임효석, 박영권[1]*
서울대; [1]서울시립대
(catalica@uos.ac.kr*)

The rapid depletion of fossil fuels has led to a significant increase in CO_2 emissions and global warming, necessitating the development of alternative green energy sources. In this study, CO_2 methanation was carried out using Ni-loaded alumina to produce CH_4. A novel sol-gel synthesis method was employed to prepare a mesoporous, high-surface-area alumina support, which is essential for achieving high catalytic activity at lower temperatures due to the exothermic nature of the methanation process. The synthesized catalyst exhibited superior CO_2 conversion and CH_4 selectivity compared to commercial catalysts. Analysis of catalyst characteristics demonstrated that the enhanced surface area and appropriate basicity of the catalyst played a crucial role in improving product yield. Notably, the synthesized catalyst showed better Ni dispersion, which was attributed to the stronger interaction between the active metal and the support. Overall, this study presents a promising pathway for producing methane fuel from CO_2, offering a potential solution to mitigate reliance on fossil fuels and reduce associated environmental impacts.

O에환금-18

Silane CVD Process of Si/CNT anode for Lithium-Ion Battery

이경아, 송우진, 임지선[1]*
충남대; [1]한국화학연구원
(jsim@krict.re.kr*)

In this study, to prepare a Si/Carbon Nanotube (Si/CNT) anode for LIBs, Si deposition conditions on CNT were controlled using the chemical vapor deposition (CVD) method of monosilane (SiH_4). To control the amount of deposited Si on CNT, the loading time was set from 20 to 50 min. The content of deposited Si on CNT was calculated using the thermogravimetry analysis and Inductively Coupled Plasma of Si and Si/CNT anode. The Si/CNT was analyzes by XRD and Raman to confirm the amorphous Si. The electrochemical properties of prepared Si/CNT anode were investigated by a half-cell test. As a result, the mechanical strength and high conductivity of CNT act as a buffer and contribute to high capacity and stability.

O에환금-19

Coordination-Regulated Co Single-Atom Catalysts Embedded in Porous Carbon Nanofibers as a Catalytic Interlayer for Lithium-Sulfur Batteries

나정호, 박승근*
중앙대
(skpark09@cau.ac.kr*)

Lithium-sulfur batteries (LSBs) offer high energy density and low cost, but their performance is hindered by lithium polysulfide (LiPS) shuttling and sluggish reaction kinetics. Here, we introduce a free-standing catalytic interlayer featuring low-coordinated single-atom cobalt (SACo) derived from metal-organic frameworks (MOFs). During carbonization, selective Zn evaporation increases the spatial separation of Co atoms and generates free N sites, stabilizing the Co atoms. This low-coordinated SACo strongly interacts with LiPS, suppressing the shuttle effect and accelerating conversion kinetics. The CoSA/p-CNF interlayer delivers a high capacity of 917.7 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ with excellent retention (95.3% after 300 cycles at 0.5 C) and strong rate performance (745 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ at 4.0 C). Additionally, the Li-S cell with CoSA/p-CNF performs well under high-loading conditions (858 $mA{\cdot}h{\cdot}g^{-1}$ at 0.5 C with 3.8 $mg{\cdot}cm^{-2}$ sulfur). X-ray absorption spectroscopy and density functional theory reveal that $Co-N_3$ moieties effectively adsorb and convert LiPS, enhancing sulfur redox kinetics in LSBs.

O에환금-20

80kWth급 미분탄 연소 시스템 활용 암모니아 혼소에 따른 연소 특성 연구

심우현, 채태영*, 양원, 이재욱, 변창희, 황성환
한국생산기술연구원
(hitae0@kitech.re.kr*)

석탄과 암모니아를 혼합 연소하는 기술은 CO2 배출량을 줄이기 위한 가장 실현 가능한 방법 중 하나가 되었다. 이 연구는 다양한 암모니아 주입 방법에 대한 연소특성 및 NOx 배출 특성을 조사하고, 저위발열량(LHV) 기준으로 최대 40%의 혼소율에서 단일 버너의 최적화 조건을 찾는 것을 목표로 한다. 연소 실험은 80kWth 규모의 연소로와 미분탄 버너를 사용했다. 각 실험 조건 별 연소 가스(O2, CO2, CO, NO, NH3 slip)의 조성을 측정했다. 석탄에서 휘발성 물질이 집중적으로 방출되어 형성된 고온 및 환원 영역에서 암모니아 주입시 연소 및 NOx 형성을 제어할 수 있다. 이러한 결과는 최소한의 수정으로 석탄 화력발전소를 석탄암모니아 혼소 화력발전소에 맞게 개조하는 데 활용할 수 있다.

O에환금-21

폐플라스틱의 처리 방법에 따른 온실가스 배출량 분석

안재연, 최원재[1]*
이화여자대; [1]이화여자대학
(wj_choi@ewha.ac.kr*)

기후 위기가 심각해짐에 따라 탄소중립의 중요성이 강조되고 있다. 특히 플라스틱의 생산과 폐기 과정에서 발생하는 온실가스 배출 문제는 중요한 환경 이슈이다. 플라스틱은 저렴한 생산 비용과 경량성 등으로 전 세계적으로 사용이 급증했으며, 다양한 산업에서 필수적이다. 그러나 플라스틱의 생산과 폐기는 환경 문제를 야기한다. 특히, 폐기 차량에서 발생하는 플라스틱 폐기물은 재활용률이 낮고, 적절한 처리와 재활용이 중요하다. 본 연구에서는 플라스틱 재활용 방법에 따른 온실가스 배출량, 자원 소모량, 그리고 재활용 재료 품질 등을 고려하여 환경적 영향을 종합적으로 분석하였다. 보다 정량적인 비교를 위해 미국의 아르곤 국가 연구소에서 개발한 GREET 프로그램과 미국의 Sphera 사의 GaBi 프로그램을 활용하여 전 과정 분석을 수행하였다. 이와 더불어, Aspen Plus 공정모사 프로그램을 활용하여 플라스틱 열분해 시뮬레이션을 진행하였다.

O에환금-22

태양 연료 생산을 위한 α-Fe_2O_3기반의 고효율 선택적 광전기화학적 시스템 개발

김사랑, 오동락, 장지욱*
울산과학기술원
(jiwjang@unist.ac.kr*)

Photoelectrochemical (PEC) solar fuel production is an eco-friendly and sustainable technology that operates under ambient conditions without carbon dioxide emissions. α-Fe_2O_3 is a promising material for PEC applications due to its suitable bandgap (2.0-2.2 eV), non-toxicity, and high stability. However, its performance is hindered by key limitations, including an overly positive conduction band edge relative to the water reduction potential, a high thermodynamic potential for water oxidation, and significant overpotentials caused by surface defects. To address these challenges, we propose a novel approach that replaces conventional water splitting with oxygen reduction and glycerol oxidation. This strategy enables high selective H_2O_2 production (Faradaic efficiency: 100%) and glycerol valorization without additional bias. Notably, glycerol oxidation yields valuable products such as glyceric acid, lactic acid, glycolic acid, and formic acid, achieving an overall Faradaic efficiency of 96.89 ± 0.6 %. Our findings provide a new strategy for utilizing α-Fe_2O_3 to develop truly sustainable PEC application.

Production of vaterite-type calcium carbonate and dye adsorption through indirect carbonation technology based on dyeing wastewater

Bezawit Tatek Shiferraw, 김명진*
한국해양대
(kimmj@kmou.ac.kr*)

CO_2 mineralization, particularly the low-cost calcification into vaterite $CaCO_3$, is a promising CCS approach that offers permanent carbon storage while supporting ecological and economic sustainability. Although vaterite is valuable in diverse applications for its high porosity, surface area and biocompatibility, its rapid transformation into more stable $CaCO_3$ polymorphs like aragonite and calcite has been challenging to achieve its selective formation. We hereby introduced a novel, single-pot system that provides favorable conditions for both the stabilization of metastable vaterite $CaCO_3$ and its in-situ use as an adsorbent for Congo red. The selective formation of vaterite $CaCO_3$ was studied by varying the dye concentrations used as the indirect carbonation solvent, while its adsorptive performance was evaluated by adjusting the carbonation and aging time along with other underlying factors.

P에환목-1

원자력발전시스템 방사선원항 평가를 위한 모델 설정 연구

박선희*
한국원자력연구원
(sunheepark@kaeri.re.kr*)

본 연구의 목적은 원자력발전시스템의 방사선원항 평가를 위한 모델 설정 연구이다. 원자력발전시스템의 계통 형태에 따라 방사선원항을 평가하는 모델을 고안하고 예비평가를 수행하였다.

P에환목-2

원자력발전시스템 화학 및 체적 제어용 탱크 용량 산정 연구

박선희*
한국원자력연구원
(sunheepark@kaeri.re.kr*)

본 연구의 목적은 원자력발전시스템의 화학 및 체적 제어에 사용되는 탱크의 용량을 산정하는 방법 연구이다. 원자력발전시스템의 보조계통에서 사용되는 체적 제어 탱크의 용량을 결정하는 요소들을 도출하고 예비평가를 수행하였다.

P에환목-3

Insights on Chemical Decontamination Processes for Sustainable Environment

노창현*
한국원자력연구원
(chroh@kaeri.re.kr*)

Most of the chemical solutions utilized in the outlined chemical decontamination processes incorporate organic acids such as citric acid, ascorbic acid, oxalic acid, and EDTA. And chemical decontamination processes such as AP-CITROX, CORD, CAN-DECON, CANDEREM, DCD, and SP-HYBRID induce more corrosion on base metal surfaces, contributing to increased waste production. To mitigate corrosion, these processes often employ corrosion inhibitors. Nonetheless, the effectiveness of corrosion inhibitors in significantly reducing corrosion especially during decontamination remains a subject of ongoing debate. To sustain the decommissioning and future nuclear energy development, optimizing these chemical processes is crucial. A complex decontamination process increases decommissioning time and costs, affecting its sustainability. Researchers have to focus on finding suitable chemical solutions that effectively dissolve oxide layers while inducing minimal corrosion and generating a minimal amount of secondary waste. The decontamination process should last shortly to reduce the decommissioning time and costs enhancing its sustainability.

P에환목-4

전기화학적 응용을 위한 폴리우레탄 탄화 기반 질소 도핑된 탄소 개발

노지왕, 한주희, 채수종, 김선규*
국립부경대
(sunkyuk@pknu.ac.kr*)

Polyurethane (PU) is a widely utilized polymer in industries such as automotive interiors, packaging, and construction materials. However, recycling PU is challenging due to its highly cross-linked structure. The thermal decomposition of PU has been studied as a method for recycling PU waste, which was previously landfilled or incinerated. In this study, PU is thermally decomposed to produce carbon, and the effects of adding urea and a silicon precursor on the properties of the carbon are evaluated. Nitrogen doping enhances the electrical conductivity of carbon, while the addition of silicon can improve battery capacity. The carbon materials produced through PU carbonization can be applied to electrochemical applications such as lithium-ion batteries. This study contributes to the reduction of the carbon footprint by effectively utilizing PU waste.

P에환목-5

Enhanced Safety and Performance of NCM-based Lithium Metal Battery via a Flame-retarding Electrolyte

Vu Tien Tuan Dung, Tran Thi Hai Yen, 안기훈, 곽세현, 송승완*
충남대
(swsong@cnu.ac.kr*)

Lithium metal battery (LMB) is considered as a promising next-generation energy storage technology, offering significantly higher energy density than state-of-the-art lithium-ion batteries (LIBs). A strategy to increase the energy density of LMBs is to employ a high-capacity cathode of high-nickel LiNi CoMnO (NCM) and to charge to high-voltage (> 4.2 V). The use of traditional carbonate-based liquid electrolyte, which is highly flammable, exacerbates lithium (Li) dendrite formation, leading to significant safety risks. A promising approach to addressing these issues is to reply the traditional electrolyte with flame-retarding one that provides a stable solid electrolyte interphase (SEI) on both anode and cathode, which can suppress Li dendrite growth and mitigate metal dissolution from high-nickel cathode. In this presentation, we will introduce a novel flame-retarding electrolyte that enables the stable operation of high-nickel based LMB, with respect to traditional liquid electrolyte.

P에환목-6

Surface-Controlled Ternary Composite Solid Electrolyte Based on EMITFSI-LLZTO for Printable All Solid-State Battey

서하림, 유지영*, 이지섭
경북대
(jyoo@knu.ac.kr*)

Composite solid electrolytes (CSEs) combine the advantages of solid polymer electrolytes (SPEs) and inorganic ceramic electrolytes (ICEs), enhancing ionic conductivity, mechanical stability, and electrode contact. Previous studies suggest that active fillers improve conductivity by facilitating Li-ion transport and maintaining the polymer's amorphous phase, but the exact mechanism remains unclear. This study investigates the role of surface-controlled fillers in CSEs by using ionic liquids to eliminate polymer amorphous effects and introducing nanoparticles to enhance filler-polymer contact and thixotropy, improving safety and stability. XPS analysis of garnet-type oxide fillers reveals that lower oxygen vacancy concentrations enhance ionic conductivity. DRT analysis confirms reduced diffusion resistance, while LIBS and COMSOL simulations show uniform SEI layer formation, leading to improved cycle stability. Overall, reducing oxygen vacancies in fillers enhances conductivity and stability, with oxygen-filled electrolytes exhibiting superior electrochemical performance. These findings contribute to developing safer, high-performance solid-state batteries.

P에환목-7

이중 고정화 전략이 도입된 실리콘 및 전이금속 셀렌화물 복합 질소-도핑 탄소 나노섬유의 합성 및 리튬 이차전지 음극소재 특성 평가

유동국, 조중상*
충북대
(jscho@cbnu.ac.kr*)

실리콘은 높은 이론 용량(3596 mAh/g)과 낮은 전극 전위(0.4 V vs. Li/Li+)로 인해 전기 자동차 및 대규모 에너지 저장 장치에서 주목받는 차세대 음극 소재이다. 그러나 충방전 시 큰 부피 팽창(~360%)과 낮은 전기전도도로 인해 상용화에 어려움을 겪고 있다. 본 연구에서는 실리콘 나노입자를 전이금속 셀렌화물 나노시트 및 질소 도핑된 탄소로 이중 고정화한 복합나노섬유 음극 소재를 설계하였다. 전이금속 셀렌화물은 실리콘과 상이한 리튬 반응 전압을 가지며, 실리콘의 부피 팽창을 완화하는 역할을 하였다. 또한, 질소-도핑된 탄소 매트릭스는 구조적 견고성을 높이고 빠른 전하 이동을 촉진한다. 결과적으로 이중 고정화 전략은 구조적 안정성, 효율적인 산화환원 반응 동역학, 그리고 높은 부피 변화 내성을 갖춘 나노구조 구현을 가능하게 하였다. 이러한 전략이 적용된 실리콘 복합 음극은 20 A/g의 높은 전류밀도에서 우수한 율속 특성과 1.0 및 2.0 A/g의 전류밀도에서 700사이클 동안 590 및 487 mAh/g의 안정적인 용량을 유지하였다. 또한, 상용 조건에서 전기화학 특성을 평가하기 위해 실리콘 복합 소재와 상용 흑연을 혼합한 결과, 해당 음극은 0.5 C(1.0 C=480 mAh/g)에서 100 사이클 후 95% 용량 유지율의 매우 안정적인 수명 특성을 나타내었다.

P에환목-8

g-C_3N_4 코팅을 통한 리튬 이온 배터리 NCM90 양극재의 수명 향상

최지훈, 유지영*
경북대
(jyoo@knu.ac.kr*)

High-nickel cathodes like NCM90 offer high energy density but suffer from structural instability, TM dissolution, and electrolyte decomposition above 4.1 V. To address this, we applied a g-C_3 N_4 coating, which stabilizes the surface via strong C-N bonds, mitigating Ni oxidation. The Lewis basicity of nitrogen scavenges HF, reducing electrolyte decomposition and TM dissolution, forming a stable CEI. Additionally, the π-electron framework enhances charge transfer, improving lithium-ion conductivity. EIS revealed lower charge transfer resistance (144.3 Ω) for g-C_3 N_4 -coated NCM90. Cycling tests showed nearly double the capacity retention of pristine NCM90 after 200 cycles at 0.5C, with a rate performance of 168.2 mAh g^{-1} at 5C. These results confirm that g-C_3 N_4 coatings significantly enhance electrochemical and structural stability, enabling next-generation lithium-ion batteries with superior safety, durability, and energy density.

P에환목-9

금속-유기 골격체 기반 이성분계 전이금속 산화물/질소-도핑 탄소 복합 마이크로스피어의 합성 및 리튬 이온전지 음극소재로의 적용

곽영신, 조중상*
충북대
(jscho@cbnu.ac.kr*)

리튬 이차전지는 최근 소형가전 이외에도 전기차, 대용량 에너지 저장 장치에 활용되고 있지만, 흑연 음극의 낮은 비용량 (372 mAh/g)이 대용량 에너지 저장 장치 상용화의 걸림돌로 작용하고 있다. 이에 비해 전이 금속 산화물은 이론 용량이 높기에 고에너지 밀도 물질로서 흑연 대체가능 음극 소재로 각광받고 있다. 그러나, 전이 금속 산화물의 낮은 전기전도도와 충·방전 중 급격한 부피 변화는 저조한 율속 및 수명 특성을 초래하므로 해결해야 할 문제점으로 남아 있다. 본 연구에서는 분무건조 공정 및 후열처리 공정을 통해 금속-유기 골격체 기반 이성분계 전이금속 산화물과 질소-도핑 탄소가 복합된 마이크로스피어를 합성하여 리튬 이차전지 음극 소재로 적용하였다. 그 결과, 합성한 소재는 0.5 및 1.0 A/g의 전류밀도에서 200 cycle동안 750 및 614 mAh/g의 높은 방전 용량을 나타냈으며, 다양한 전류밀도에서도 우수한 방전 용량을 나타내었다. 이성분계 전이금속 산화물 내 금속염은 서로 다른 리튬 반응 전압을 가지며, 이러한 특성은 충·방전 과정에서 발생하는 부피 팽창을 효과적으로 완화하는 역할을 하였다. 또한, 금속-유기 골격체 내 유기 리간드에서 유래한 질소-도핑 탄소는 전기전도성과 구조적 견고성을 높여 율속 및 수명 특성 향상에 기여하였다.

P에환목-10

Corrosion Control and Cycle Life Enhancement in Zn-Ion Batteries: Influence of Cation Alkyl Chain Length in Aqueous Ionic Liquid Electrolytes

서은하, 유지영*
경북대
(jyoo@knu.ac.kr*)

Lithium-ion batteries face challenges such as fire hazards, high costs, limited lithium reserves, and complex recycling, raising sustainability concerns. In contrast, Zn ion batteries offer high stability, abundant resources, and eco-friendly recyclability. This study examines Zn ion battery performance using mixed solvent electrolytes with three imidazolium-based ionic liquids—EMIm(TfO), BMIm(TfO), and HMIm(TfO)—along with $Zn(TfO)_2$ and water. Ionic liquids expanded the electrochemical stability window, addressing aqueous electrolyte limitations. The alkyl chain length of the imidazolium cation significantly affected electrolyte solubility, influencing Zn corrosion and enhancing long-term cycling stability. Additionally, ammonium vanadate nanofibers (AVNF) were synthesized as a cathode material. This study proposes a new electrolyte design strategy to improve Zn ion battery performance and durability.

P에환목-11

전기로 슬래그의 간접 탄소 광물화 및 환원제와 리간드의 시너지 효과를 통한 망간의 침출 효율 향상

김인용, 노소영, Purnaning Tuwuh Triwigati, 이지우, 심규대, 박영준*
광주과학기술원
(young@gist.ac.kr*)

Electric arc furnace (EAF) slag is a byproduct of the steel industry that is mostly landfilled or utilized in low-value applications. EAF slag, rich in calcium and manganese, is suitable for carbon storage and resource recovery, but the 35.8% Mn^{3+} content, which is less soluble of the various oxidation states of Mn, limits leaching efficiency. This study enhances Mn and Ca leaching efficiency by inducing the synergistic effect of both reducing agents and ligands, followed by carbon mineralization. Treating with 0.001 M acetic acid and 0.5 M sodium sulfite, the leaching efficiency of Mn and Ca was 96% and 100%, respectively. In the pH swing stages, Mn recovery at pH 9 showed a twofold improvement compared to HCl treatment without reducing agent. The CO_2 storage capacity was 118 kg/ton slag, forming $CaCO_3$ with 93% purity. This study efficiently recovered Mn from EAF slag while enabling CO_2 storage through carbon mineralization, aiding to resource recovery and carbon storage technology.*This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No.2021R1A5A1028138).

P에환목-12

리튬이온 전지용 Ni-풍부(Ni-rich) 양극 소재의 전기화학적 성능: Mo 도핑 및 Li_3PO_4 코팅 효과

김준, Srinivasan Alagar, 박기대, 정상문*
충북대
(smjeong@chungbuk.ac.kr*)

90% 이상 니켈 함량을 갖는 High-Ni 양극재는 고용량과 고에너지밀도를 제공하지만, cation mixing 및 사이클에 의한 구조붕괴로 과도한 Solid electrolyte interface(SEI)층 형성으로 전기화학적 성능이 저하된다. 본 연구에서는 $LiNi_{0.9}Mn_{0.07}Co_{0.02}Al_{0.01}O_2$(NMCA)에 Mo-도핑과 Li_3PO_4(LPO) 코팅으로 구조 및 계면 특성을 개선하였다. 순수한NMCA 전극은 3 C에서 123 mAh g^{-1}의 초기방전용량과 200 사이클 후 49%의 낮은 용량 유지율을 보였다. 반면에 LPO-Mo-NMCA 전극은 향상된 초기 방전용량 128 mAh g^{-1}을 나타내었고 200 사이클 후 91%의 우수한 용량유지율을 나타내었다. 이는 Mo-도핑으로 High-Ni계 양극재의 고질적인 문제인 cation mixing이 완화되었고, LPO 코팅은 전극 계면과 전해질의 부반응에 의한 과도한 SEI 생성을 억제한 결과이다. 추가로 LPO-Mo-NMCA 전극과 흑연 음극으로 제작한 파우치셀은 0.1 C의 전류밀도에서 369.2 Wh kg^{-1}의 에너지밀도와 36.92 W kg^{-1}의 출력밀도를 나타내었다. 따라서 Mo-도핑과 LPO-코팅된 High-Ni계 리튬이온 전지용 양극재는 고에너지밀도와 우수한 사이클 성능을 구현하여 고에너지 및 고안정성이 요구되는 응용 분야에서의 상용가능성을 제시하였다.

P에환목-13

고성능 리튬 이온 배터리를 위한 붕소 도핑된 무코발트 양극 소재

천승우, 김은미[1], 박기대, 정상문*
충북대; [1]차세대에너지기술연구소
(smjeong@chungbuk.ac.kr*)

리튬 이온 배터리(LIBs)는 높은 에너지 밀도로 EV 및 ESS에 널리 사용되지만, Co 함유 양극재의 높은 비용과 환경 문제로 인해 Co-free, High-Ni 양극재가 주목받고 있다.이는 높은 용량과 비용 절감의 이점을 제공하지만, 낮은 전도성, 느린 리튬 확산, 구조적 불안정성 등의 한계를 보인다. 본 연구에서는 Co-free, High-Ni 양극재의 성능 향상을 위해 공침법과 소성 단계를 거쳐 $Li_{1.05}Ni_{0.9}Mn_{0.1}O_2$ 양극재를 합성하고, 금속 이온의 용출 억제 및 사이클 안정성 향상을 위해 붕소(B)를 도핑하였다. B-LNMO 양극재를 이용한 LIBs는 0.5C (1C=200 mA g^{-1})에서 195 mAh g^{-1}의 초기 방전 용량과 200사이클 후 90.3%의 높은 용량 유지율을 나타내었다. 이는 B-도핑에 따른 내부 저항 감소(형상 제어)와 향상된 리튬 확산 속도 덕분이며, LNMO와 B-LNMO의 확산계수(EIS)는 각각 2.091e-13 cm^2/s, 2.640e-13 cm^2/s로 확인되었다

P에환목-14

Depolymerization and catalytic upgrading of alka using a continuous reactor

이인구*, Ishaq Kariim, Muhammad Wasi Syed
한국에너지기술연구원
(samwe04@kier.re.kr*)

The depolymerization and upgrading of lignin offer a promising ro value biofuels from lignocellulosic biomass. In this study, a contin flow reactor was employed for the catalytic conversion of alkali lig MS, FT-IR.

P에환목-15

분무 열분해 공정을 통한 고성능 리튬이온 배터리용 Zr, Ti co-doping 양극소재의 합성 및 전기화학적 특성 평가

김하경, 정상문*, 박기대
충북대
(smjeong@chungbuk.ac.kr*)

최근 배터리의 사용 범위 확대에 따라 고에너지 밀도 Ni-rich 양극재의 중요성이 커지고 있으나, Li/Ni cation mixing에 의한 배터리 성능 저하 등 여러 문제가 발생하고 있다. 이를 해결하기 위한 대표적인 전략으로 전이금속 양이온 도핑 방법이 사용되고 있지만, NCA 합성 공정 중 가장 많이 사용되는 공침 공정은 제한적인 pH 범위(pH10.5~11.5)로 인해 원소 도핑에 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 85% Ni-rich NCA 양극재에 Zr과 Ti 원소를 co-doping 하고자 분무 열분해 공정을 이용하였다. 분무 열분해 공정은 pH 제약 없이 원소를 자유롭게 첨가할 수 있으며, 공정 초기에 리튬을 투입해 열처리 시간을 줄일 수 있다. 합성된 NCAZT 양극재는 0.5 A g-1의 전류밀도에서 186 mAh g-1의 초기 방전용량을 보였고(NCA의 초기 방전용량: 176 mAh g-1, 100사이클 후 124 mAh g-1), 100사이클 후 169 mAh g-1(유지율 91%)의 방전용량을 나타냈으며, Zr과 Ti의 co-doping이 cation mixing을 억제해 결정구조를 안정화하는 것을 확인했다. 따라서 본 연구에서는 기존 공침 공정의 한계점을 보완하고 고에너지 밀도를 만족시키는 양극재 합성 방안에 대해 제시하고자 한다.

P에환목-16

볼 밀링 기법을 활용한 저온 탈질 기술

김승현, 백종범*
울산과학기술원
(jbbaek@unist.ac.kr*)

아산화질소 (N_2O)는 이산화탄소, 메탄과 함께 가장 심각한 온난화 가스 중 하나로 알려져있다. 하지만 아산화질소의 높은 안정성으로 인해 445℃의 고온에서도 분해 반응이 쉽게 일어나지 않는다. 이에 본 연구에서는 볼 밀링 기법을 통해 상온에서도 아산화질소 분해 속도를 크게 향상시키는 저온 탈질 기술을 제안한다. 볼 밀링 기법은 아산화질소 분해 반응 중 NiO 촉매 표면에 많은 결함과 높은 농도의 산소 흡착종을 유도하여, 결과적으로 42 ℃의 저온에서 빠른 분해 속도와 99.98%의 높은 전환율을 가능하게 한다. 본 연구는 볼밀링 기법을 통해 저온 탈질을 달성했으며, 이를 통해 볼밀링 기법이 기존 기술을 보완하거나 에너지 효율성을 개선하는 새로운 선택지가 될수 있다는 가능성을 시사한다.

P 에환목-17

고효율 고내구성 에틸렌 전기화학적 생산을 위한 다공성 탄소 기반 구리 나노 촉매

김현욱, 원다혜*
한국과학기술연구원
(dahye0803@kist.re.kr*)

The electrochemical reduction reaction of CO_2 (CO_2RR) powered by renewable energy presents a sustainable and cost-effective strategy for both CO_2 utilization and mitigation. Among the various CO_2RR products, ethylene stands out as a highly economically viable feedstock. Extensive research has been conducted to enhance ethylene production using copper catalysts, which are well known for their strong ethylene selectivity. However, the long-term stability of copper catalysts remains a challenge due to their susceptibility to dissolution in the electrolyte. In this study, we developed porous carbon-supported carbon nanoparticles to improve ethylene selectivity while ensuring catalyst stability over extended operation. The catalytic performance varied based on the structural characteristics of the porous carbon supports, and we systematically evaluated CO_2RR performance and stability by the positioning of the copper nanoparticles on the support.

P 에환목-18

Enhanced Evaporation and Vapor Condensation in 3D Solar Steam Generators through Rotational Motion

이정은, 최지훈, 전상민*
포항공과대
(jeons@postech.ac.kr*)

We developed a rotating solar steam generator (rSSG) that enhances water evaporation and collection through rotation. The rSSG was fabricated by in-situ polymerization of polypyrrole onto cylindrical melamine foam. Its rotation effectively removes the accumulated water vapor near the surface of evaporator, improving dark evaporation driven by ambient energy sources such as surrounding air and wind. This motion increased the evaporation rate by 17% compared to stationary systems. Freshwater production in a closed chamber rose by 76%, as efficient vapor condensation reduced droplet formation on the chamber's top window, ensuring unobstructed light penetration. The energy required for rotation was only 20.8% of the energy needed to enhance dark evaporation, demonstrating high efficiency. Additionally, the rSSG maintained salt resistance during seawater evaporation, and the collected water met WHO drinking standards, highlighting its potential for desalination.

P 에환목-19

Development of a nickel-cobalt phosphate OER catalyst for enhancing the electrical energy efficiency of biological CCU

김은서, 이주원[1], 김민수, 김형일[1], 김중래*
부산대; [1]연세대
(j.kim@pusan.ac.kr*)

Microbial electrosynthesis (MES) is an eco-friendly technology that utilizes chemoautotrophs as biocatalysts to capture CO2 and convert it into high-value products such as acetate. The development of the cathode to improve MES productivity is focused on, and the anode is also an important element overlooked. The anode requires high overpotential for the oxygen evolution reaction (OER) in a neutral pH environment, which reduces the electrical energy efficiency. This study developed a novel NiCo-Pi/Ni anode by directly incorporating nickel ions from a nickel foam substrate through a modified Co-Pi synthesis process. The NiCo-Pi/Ni anode features a spiky, flower-like nanostructure that significantly increases its electrochemical surface area and improves electron transfer. The synthesized NiCo-Pi/Ni anode exhibited superior electrochemical performance, including a reduced overpotential of 347 mV at 10 mA cm^{-2}, compared to conventional anodes. The MES was operated for 24 days and the NiCo-Pi/Ni anode achieved an electrical energy efficiency of 75.8 ± 0.8 %. This represents a significant advancement in addressing anode limitations, enabling long-term stability and scalability of MES. This study confirmed the importance of anode in MES, which directly affects electrical energy efficiency as well as cathode performance, by applying NiCo-Pi/Ni anode.

P 에환목-20

Biological CO2 Conversion Technology for Organic Waste Valorization: The role of Electroactive Microbial Communities in MES

김은서, 김민수, 김중래 *
부산대
(j.kim@pusan.ac.kr*)

The concentration of carbon dioxide (CO2) in the atmosphere is currently increasing at an unstoppable rate, and it is urgent to suppress this trend for a stable and sustainable atmospheric environment. Under these unfavorable circumstances, microbial electrosynthesis (MES) applied to CO2 capture and conversion has attracted attention recently to mitigate the greenhouse effect and biosynthesize high-value products using CO2 as a carbon source based on wastewater. However, rapid operation and efficient and stable performance are prerequisites for the practical application of MES. Based on the representative products CH4 and Acetate, this review briefly summarizes the basics of microbial electrosynthesis systems to provide an overall understanding. Improvement of MES performance is ensured by adjusting the production of specific products, such as selecting multiple inoculum sources, competitive microbial inhibition techniques, and operating parameters for electroactive biofilm concentration. Finally, perspectives are presented here on improving MES performance and making this process more feasible and suitable for CO2 capture and conversion industrialization.

P에환목-21

친환경 플라스틱 첨가제로서 열수분해된 왕겨의 활용 가능성 평가

김성현, 신건우, 이철진[1], 김재훈[2], 이홍식*
한국생산기술연구원; [1]중앙대; [2]성균관대
(leehongshik@kitech.re.kr*)

석유 기반 플라스틱에 대한 문제는 현재 환경적인 부분에서 큰 이슈가 되고 있으며, 이에 따른 지속 가능한 대안에 대한 수요가 증가함에 따라 바이오 플라스틱의 개발이 진행되고 있다. 하지만 현재 기술로는 기존 플라스틱의 내구성을 대체하는 데는 여전히 한계가 있으며, 이에 대해 석유 기반 플라스틱에 들어가는 화학 기반 첨가제부터 친환경적인 물질로 대체하는 것에 초점을 두었다. 이 연구는 플라스틱의 강도를 향상시키기 위한 화학 기반 첨가제를 대체할 수 있는 왕겨 유래 바이오 기반 첨가제의 잠재력을 조사하였다. 왕겨의 수열 분해는 공정 최적화를 위해 온도, 반응 시간, 시료 대 용매 비율 등 다양한 매개변수에서 수행되었다. 그 결과 1 g의 시료, 10 mL의 용매, 473.15 K의 온도 조건, 45 min의 반응 조건에서 71.74%의 고체 수율과 22.43%의 액체 수율을 얻었다. 온도가 상승하거나 시료/용매 비율이 감소함에 따라 액체 수율이 증가하였으며, 최대 액체 수율은 헤미셀룰로오스를 최대한 제거하기 위한 최적의 조건에 해당하는 것으로 판단하였다. 구조적 변형은 원소 분석과 푸리에 변환 적외선 분광법(FT-IR)을 사용하여 특성화하였으며, 폴리머 호환성은 폴리프로필렌과의 블렌딩 실험을 통해 평가하였다.

P에환목-22

안티모니 셀레나이드/질소-도핑 탄소 복합 나노섬유 합성 및소듐 이차전지 음극 소재로의 적용

염혜원, 조중상*
충북대
(jscho@cbnu.ac.kr*)

에너지 저장 장치 및 전기차용 리튬 이차전지(LIB)는 에너지 밀도 및 충/방전 효율이 높지만, 리튬 자원의 희소성과 높은 비용이 단점으로 부각되고 있다. 이에 대한 대안으로, 자원이 풍부하고 리튬과 유사한 물리화학적 특성으로 기존 기술을 적용 가능한 소듐 이차전지(SIB)가 주목받고 있다. 그러나 SIB는 LIB 대비 에너지 밀도가 낮고, Na+의 큰 반경으로 인해 충/방전 시 전극 내부의 부피 변화 및 구조적 불안정을 유발한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 전기방사 공정 및 후열처리 공정을 통해 소듐 이차전지 음극 소재용 안티모니 셀레나이드/질소-도핑 탄소 복합 나노섬유를 합성하였다. 안티모니 셀레나이드는 conversion 및 alloying 반응으로 소듐 이차전지에서도 670 mAh/g의 높은 이론 용량을 가져 전체적인 에너지 밀도 향상에 기여하였다. 또한, 전기방사 공정을 통해 만들어진 1차원 나노섬유 구조는 큰 종횡비를 통해 소재간 접촉면적을 증가시키며, 전하의 빠른 이동이 가능한 전도성 네트워크를 형성한다. 질소-도핑 탄소는 소재 내 효율적인 전자 이동 경로로서 소재 전반의 전기전도도 향상 및 안티모니 셀레나이드의 부피팽창을 억제하여 구조적 무결성을 향상시킨다. 그 결과, 합성된 소재는 0.5 A/g의 전류 밀도에서 200 사이클 후 410 mAh/g의 방전용량 유지 및 68.2%의 용량 유지율을 달성하였다.

P에환목-23

전이금속 셀렌화물/전도성 탄소 복합 중공 나노섬유의 합성 및 소듐 이차 전지 음극활물질 적용

백지훈, 조중상*
충북대
(jscho@cbnu.ac.kr*)

소듐 이차 전지는 리튬 이차 전지 대비 가공 공정이 단순하고 원료 비용이 저렴하며, 원재료가 풍부하여 차세대 에너지 저장 장치로 주목받고 있다. 그러나 소듐 이온 반경이 크기 때문에 낮은 에너지 밀도, 열악한 사이클 안정성 및 속도 성능이 주요 한계이다. 본 연구에서는 전기방사 및 후 열처리 공정을 통해 흑연질 탄소가 코팅된 전이금속 셀렌화물과 전도성 탄소 복합 중공 나노섬유를 합성하고, 이를 소듐 이차 전지 음극활물질로 적용하여 전기화학적 성능을 평가하였다. 그래핀과 흑연질 탄소는 높은 전기 전도도로 전극 내 이온 확산 경로를 제공하여 전자 이동을 향상시킨다. 또한, 중공 구조의 1차원 나노섬유는 넓은 비표면적을 확보하고, 전해질 침투를 촉진하여 연속적인 전자 전도 경로를 형성한다. 전이금속 셀렌화물 나노입자는 흑연질 탄소에 둘러싸여 부피 변화를 최소화하고 구조적 안정성을 유지하며, 이를 통해 고전류 밀도에서도 안정적인 사이클 성능을 구현할 수 있도록 설계되었다. 중공 나노섬유 음극은 0.5 A/g 전류 밀도에서 200사이클 후 439 mAh/g의 방전 용량을 유지하였으며, 10 A/g에서도 160 mAh/g의 속도 성능을 유지하였다.

P에환목-24

나프타 생산을 위한 폐플라스틱 유래 합성가스를 활용한 Fischer-Tropsch 촉매 반응

권재민, 공지현, 김민주, 장원준*
아주대
(wjjang@ajou.ac.kr*)

본 연구에서는 폐플라스틱 가스화로 생성된 합성가스로부터 나프타 생산을 위해 Fischer-Tropsch 합성 반응에 사용될 촉매를 평가하였다. 합성가스의 주요 성분인 CO와 CO2를 효과적으로 전환하는 동시에, 높은 C5+ 선택도를 달성하기 위해 촉매를 설계하였다. 이를 위해 FeZnAl 기반 촉매에 칼륨을 담지하였으며, K 담지량을 0, 5, 10, 15, 20 wt.%로 조절하여 함침법으로 담지하였다. 촉매의 성능을 확인하기 위해 GHSV 4,502 mL·g⁻¹·h⁻¹의 조건에서 300℃로 50시간 동안 Fischer-Tropsch 합성 반응을 수행하였다. 반응 가스로는 CO:CO2:H2의 몰비를 1:1:5로 사용하였다. 제조된 촉매의 물리화학적 특성에 미치는 영향을 분석하여 CO 및 CO2 전환율과 C5+ 탄화수소 선택도에 대한 성능을 평가하였다. 분석 결과 K 담지가 촉매의 BET 표면적과 기공 부피는 감소시키는 반면, 기공 크기와 촉매 염기성은 향상되는 효과를 보였다. 또한, F-T 반응 결과에선 K 담지량이 적은 촉매는 50시간 동안 비활성화 없이 CO 전환율을 유지했으며, 5KFeZnAl 촉매와 20KFeZnAl 촉매가 높은 C5+ 선택도를 보였다. 따라서 나프타 생산을 위한 Fischer-Tropsch 합성 반응에 적합한 촉매는 5KFeZnAl 촉매로 판단된다.

P에환목-25

SiOx-C 복합 섬유의 전기방사 제조 및 리튬 이온 배터리의 양극 재료로서의 응용

최지영, 주용완*
원광대
(ywju1978@wku.ac.kr*)

Silicone anodes are promising high-energy density active materials with an energy density approximately 10 times higher than that of conventional graphite anodes. Using silicon anodes can reduce the charging time of secondary batteries while storing high energy. However, the key disadvantages of Si such as volume expansion, low electrical conductivity, and inconsistent kinetic reactions prevent their wide application. To compensate for these problems, various researches are being conducted for silicon-carbon composite anode materials. In this study, Si/C fibers were synthesized using the electrospinning method. The fibers synthesized by adding Si precursors to the electrospinning solution were evaluated as anode materials for secondary batteries. After analyzing the morphology and properties of the fibers, they were assembled into coin cells and the charge-discharge evaluation results showed sufficient potential for use as anode materials for secondary batteries.

P에환목-26

Influence of post-treatment on Electrochemical Properties of Perovskite Oxide Catalysts

최지영, 임성민, 주용완*
원광대
(ywju1978@wku.ac.kr*)

Energy conversion and storage systems have recently attracted significant attention owing to increasing environmental and energy problems. However, the slow kinetics of the oxygen reduction reaction (ORR) and the oxygen evolution reaction (OER) render their commercialization difficult. Many studies are being conducted to replace precious metal catalysts that have high activity for the ORR and OER but have scarcity and low stability. In this study, $Sm_{0.5}Sr_{0.5}CoO_3$ (SSC) were fabricated via the sol-gel method of non-precious metal-based perovskite oxides to replace precious metal catalysts. In addition, the change of the properties and electrochemical performance of SSC nanofiber by post-treatment were evaluated.

P에환목-27

Spray Pyrolysis와 Co-precipitation을 이용한 CeO_2-MgO 기반 Cu 촉매의 합성 및 HTS 반응 성능 비교

임재학, 윤은수 , 윤채민, 전경원[1], 심재오*
원광대; [1]국립군산대
(joshim85@wku.ac.kr*)

본 연구에서는 CeO_2-MgO 지지체를 분무 열분해(Spray pyrolysis, SP) 및 공침(Co-precipitation, CP)법으로 제조한 후 Cu를 함침하여 지지체 합성에 따른 촉매의 성능을 비교하였다. 분무 열분해법으로 합성한 CeO_2-MgO는 균일한 입자 크기와 높은 결정성을 가지며, Cu가 균일하게 분포하여 촉매 성능이 향상된 구조를 형성하였다. 이 촉매는 공침법으로 합성한 CeO_2-MgO와 비교하여, Cu가 고온수성가스전이 반응에 미치는 영향을 조사하였다. 연구 결과, SP 방식은 균일한 구형 입자를 형성하였으며, CP 방식은 불균일한 입자 형성 및 MgO 분포가 고르지 않아 Cu 응집 현상이 발생하였다. SP 방식은 CP 방식에 비해 2배 이상 높은 Cu 분산도를 보여 활성 향상 및 높은 안정성을 보였으며, 더 강한 금속-지지체 간 상호작용이 나타났다.

P에환목-28

슬로싱에 따른 액체수소 저장용기 내 유동 특성 3D 전산모사

이효은, 박병흥[1]*
한국교통대; [1]국립한국교통대
(b.h.park@ut.ac.kr*)

액체수소는 높은 에너지 밀도와 대량 저장이 가능하다는 장점으로 인해 효율적인 수소 에너지의 저장 방식으로 고려되고 있다. 그러나 극저온 상태에서 저장 및 운송되는 특성상 안정성과 안전성 확보가 필수적이며, 특히 운송 과정에서 발생하는 슬로싱 현상은 저장탱크 내부에 반복적인 충격을 가해 구조적 손상을 초래할 가능성이 있다. 이러한 손상으로 인해 액체수소가 누출되면 급격한 증발과 확산이 발생할 수 있으며, 이는 화재 및 폭발과 같은 안전사고로 이어질 위험이 있다. 따라서 슬로싱에 의해 유체의 동적 거동이 어떻게 변화하는지를 분석하고, 이에 따른 안전성을 평가하는 연구가 필요하다. 본 연구에서는 3차원 전산모사를 통해 액체수소의 압력 변동, 유동 속도 및 거동 특성을 해석하였다. 시뮬레이션 결과, 특정 시간에서 탱크 내부 액체수소의 거동이 비선형적으로 변화하는 양상을 보였으며, 슬로싱으로 인해 탱크 내부에서 압력 변동과 유동 속도가 변화함을 확인하였다. 본 연구는 슬로싱 현상이 액체수소 저장탱크의 구조적 안정성과 안전성에 미치는 영향을 규명하는 데 기여하며, 향후 안전한 액체수소 저장 시스템 설계를 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 감사의 글: 본 연구는 산업통상자원부와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (과제번호: 20227310100060)

P에환목-29

결함 생성 물리적 촉진제에 의한 기계화학적 암모니아 합성

이재성, 백종범*
울산과학기술원
(jbbaek@unist.ac.kr*)

Mechanochemistry enables ammonia synthesis at near-ambient conditions, marking a significant shift from the high-temperature (over 400 ℃) and high-pressure (over 200 bar) requirements of the Haber-Bosch process. This approach supports decentralized production. By leveraging mechanochemistry's dynamic reaction environment, we hypothesized that introducing high-density defects on an iron (Fe) catalyst would boost its catalytic activity through enhanced initial state and adsorption capacity. Our study introduces a novel method for ammonia synthesis using silicon nitride (Si_3N_4) as a defect-inducing promoter. The physical properties of Si_3N_4 make it ideal for creating active sites on Fe catalysts via mechanochemical means. Fe catalyst with 3.0 at% Si_3N_4 achieved an ammonia yield 5.6 times higher than that of pure Fe. This research not only opens a pathway for low-energy ammonia production but also sheds light on defect engineering strategies for improving catalytic systems.

P에환목-30

Optimization of Mn-Based Disordered Rocksalt Cathodes via Composition Control for Lithium-Ion Batteries

정현지, 이준영, 변아영*
충북대
(aybyeon@cbnu.ac.kr*)

As the demand for lithium-ion batteries in electric vehicles increases, Ni and Co-based NCM cathodes have been commercialized. However, due to the high price of Ni and Co and thermal stability issues of NCM cathodes, alternative cathode materials are necessary. Disordered rocksalt (DRX) has received much attention because the wide ranges of choices of abundant and inexpensive sources of Mn, Ti, V, Fe, Mo, etc. In this study, Mn and Ti-based DRX cathode material (DRX-LMTO) was synthesized and studied for cathode materials. Besides transition metal, the degree of Li-excess of the cathode was controlled to investigate Li-rich and Li-deficient environments. Li-deficient cathode shows increase in capacity due to increased Mn^{3+}/Mn^{4+} redox during cycling while Li-excess cathode shows the behavior of both oxygen redox and Mn^{3+}/Mn^{4+} redox. Besides the Li contents, the effect of composition of Mn and Ti was studied to further improve capacity and stability of DRX-LMTO.

P에환목-31

Electrode Separation and Metal Extraction from Battery Active Materials Using Supercritical CO_2 and Cosolvents

서원욱, 임준혁, 이재원[1], 임종성*
서강대; [1]단국대 천안캠퍼스
(limjs@sogang.ac.kr*)

With the increasing demand for lithium-ion batteries, efficient recycling methods are essential for resource sustainability and environmental protection. This study investigates the use of supercritical carbon dioxide ($scCO_2$) combined with various cosolvents for the separation of battery electrodes and the extraction of valuable metals. The $scCO_2$ process effectively dissolved the binder, facilitating electrode detachment, while the choice of cosolvent played a crucial role in enhancing metal recovery. The influence of different cosolvents on metal leaching efficiency was systematically analyzed to optimize the extraction conditions. The recovered metals, including lithium, cobalt, and nickel, were characterized for purity and potential reuse in battery manufacturing. This method offers an eco-friendly and cost-effective approach to battery recycling, contributing to the development of a sustainable circular economy in the energy sector.

P에환목-32

보이지 않는 탄소:수입 의존 국가의 전력 생산에 대한 이해를 변화시키는 Scope 3 배출량

김석주, 고상혁, 이보름*
전남대
(boreum.lee@jnu.ac.kr*)

본 연구는 국제 기준에 부합하는 방법론을 채택하여 한국 전력 부문의 온실가스 배출을 체계적으로 평가하였다. 연구에서는 국가 간 수송 영향을 반영해 천연가스와 석탄의 배출량을 산출하는 네 가지 시나리오를 설계하고, 이를 대한민국 공식 배출 데이터와 대조하였다. 이 과정에서 전 과정 평가와 고해상도 시간 데이터를 적용할 경우, 에너지 수입 의존 국가에서 수송 관련 Scope 3 배출이 전체 온실가스 배출에 미치는 영향이 상당함을 확인하였다. 또한, 천연가스가 배출 부담 측면에서 석탄보다 더 큰 환경 영향을 유발할 수 있음을 입증하고, 산출된 배출 인자와 공식 보고치 간 불일치를 도출하여 정책 결정에 중요한 시사점을 제공한다. 본 연구는 전력 부문 온실가스 평가의 견고한 틀을 마련함과 동시에, 정책 입안자와 타 에너지 수입국에 적용 가능한 모델을 제시하여, 에너지 의존 상황에서 탄소중립 달성을 위한 종합 전략 수립에 기여할 수 있음을 보여준다. 추가적으로, 본 연구 결과는 향후 에너지 수입 구조 개선 및 효율성 제고 연구의 기초 자료로도 활용될 전망이다.

P 에환목-33

차세대 연료전지 및 수전해를 위한 바이폴라막 기술 개발: 양이온교환막 및 음이온교환막의 한계 극복

차정은*, 마창민, 장설, 김도균, 최영우
한국에너지기술연구원
(chaje@kier.re.kr*)

Polymer electrolyte fuel cells and water electrolysis technologies are essential for sustainable energy conversion, but current systems face significant challenges limiting widespread adoption. Proton exchange membrane (PEM) systems offer high current density and rapid response but depend on costly noble metal catalysts and external humidification. Conversely, anion exchange membrane (AEM) systems allow the use of non-precious metal catalysts but suffer from low OH^- conductivity and CO_2 -related degradation. To overcome these limitations, this study proposes a bipolar membrane (BPM) composed of cation and anion exchange membranes, separated by an interfacial catalyst layer that efficiently facilitates water dissociation and recombination. Under reverse bias, BPM splits water into H^+ and OH^- ions, driving hydrogen and oxygen generation; under forward bias, ions recombine to form water, enabling self-humidification. This mechanism significantly reduces external humidification requirements, enhancing energy efficiency and operational stability. Additionally, BPM technology offers improved water-splitting efficiency, reduced noble metal dependency, and greater system flexibility. This study optimizes BPM performance by reducing membrane thickness, incorporating high-activity catalysts, improving ion transport, and MEA design, establishing BPM as a promising next-generation solution for fuel

P 에환목-34

A Current Collector-Free Fibrous Hard Carbon Anode for High-Performance Sodium-Ion Batteries

이주연, 김용일, 허재현*
가천대
(jhhur@gachon.ac.kr*)

The growing demand for high-energy-density rechargeable batteries has driven innovations in cell design and materials. Among potential alternatives to lithium-based systems, sodium-ion batteries (SIBs) show great promise due to the abundance and low cost of sodium, yet their performance remains constrained by limitations in electrode architecture. In this study, we address these challenges by introducing a fibrous nanomaterial hard carbon (FNHC) anode that employs a one-dimensional (1D) building-block-interwoven heteronanomaterial framework. The FNHC anode is fabricated via dual electrospraying/electrospinning, embedding hard carbon particles within a reinforced polymeric nanofiber/carbon nanotube (CNT) skeleton to create three-dimensional ion and electron transport pathways. By eliminating heavy metallic current collectors, this architecture achieves excellent diffusional and electrical conductivity. In half-cell SIB tests, the FNHC anode delivers a capacity of approximately 210mAhg^{-1} at 0.2C and retains 98% of its initial capacity over 1200 cycles at 3C. Furthermore, multi-layer stacking of FNHC sheets preserves the fibrous structure while significantly increasing areal capacity. These findings demonstrate that a binder- and collector-free FNHC electrode design can effectively enhance the electrochemical performance of SIBs.

P 에환목-35

Conversion of Lignin Depolymerized Oil into Fuel-Range Compounds via Glycerol Aqueous Phase Reforming

문가연, 송은비, 엄병환*
한경국립대
(bhum11@hknu.ac.kr*)

The phenolic compounds obtained from lignin depolymerization resemble petroleum-derived phenols and can be used in pharmaceuticals, chemical products, and aviation fuel. However, for aviation fuel applications, an upgrading process is required to reduce oxygen content and adjust the ratio of aromatics to saturated hydrocarbons. This study aimed to upgrade lignin depolymerization oil into hydrocarbon oil within the jet fuel range using an Aqueous Phase Reforming (APR) process with glycerol and catalytic reactions. Experiments were conducted in a 100 mL batch reactor with variables including temperature (350-500℃), solvent (10 wt.% glycerol), reaction time (2, 4, 6 h), and catalyst (Pt, Ru, Raney Ni). The oil yield decreased up to 450℃ but increased sharply at 500℃ with Pt/Al_2O_3 . EA analysis showed increased carbon and hydrogen content and decreased oxygen in upgraded oils. Distinct DTG peaks were observed at 450℃ and 500℃, indicating improved hydrocarbon quality.

P 에환목-36

글리세롤 수상 개질을 이용한 한국 케나프 리그닌의 수열액화: 촉매 및 반응 온도가 리그닌 재중합 억제와 방향족 단량체가 풍부한 경유 생성에 미치는 영향

오준형, 엄병환*, 임혁성, 김현일
한경국립대
(bhum11@hknu.ac.kr*)

Lignin, a phenolic polymer, can be depolymerized to produce aromatic monomers, but these compounds often repolymerize into oligomers. To suppress this and enrich bio-oil with aromatic monomers, the hydrothermal liquefaction of kenaf lignin was conducted using glycerol. Experiments were performed at temperatures ranging from 250 to 400 ℃ with various catalysts (Pt/C, Ru/C, Raney Nickel) for 30 minutes. At 400 ℃ , light oil yield was approximately 33-35 wt.%, and hydrogen yield was maximized. Elemental analysis showed an increase in carbon and a decrease in oxygen content in both heavy and light oils as temperature increased. The higher heating value (HHV) of the bio-oil was comparable to or exceeded that of woody biomass. Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analysis confirmed that aromatic monomers dominated the light oil at higher temperatures. Additionally, 31P NMR analysis revealed that at 400 ℃, the phenolic-OH content in the light oil was 14.86-16.00 mmol/g, more than double that of kenaf lignin.

P에환목-37

유기 오염물질 분해 및 세균 소독을 위한 양이온 교환을 통한 ZnS(HDA)$_{0.5}$/ZnO 템플릿에서 Ag/ZnO 광촉매 합성

조유진, 루틴, 채원식[1], 최선희[2], 장점석*
전북대; [1]한국기초과학연구원; [2]POSTECH
(jangjs75@jbnu.ac.kr*)

Efficient photocatalysts are essential for the effective degradation of environmental pollutants and bacterial inactivation. In this study, we report the synthesis of a novel porous Ag/ZnO composite photocatalyst via a combination of solvothermal synthesis, thermal annealing, hydrothermal treatment, and cation exchange. The resulting Ag/ZnO photocatalyst exhibited significantly enhanced photocatalytic activity compared to a conventional 1 wt% Ag/ZnO catalyst. When tested against Orange II dye, the optimized porous Ag/ZnO-5t photocatalyst achieved a remarkable 96% degradation efficiency. Additionally, complete inactivation (100%) of Escherichia coli bacteria was achieved within 30 minutes under photocatalytic conditions. The superior performance of the catalyst is attributed to its porous architecture, increased surface area, and efficient charge separation, which collectively reduce electron-hole recombination. The underlying mechanisms driving photodegradation and bacterial inactivation are directly influenced by the nanostructure of the Ag/porous-ZnO composite.

P에환목-38

플루오린 고분자 코팅을 이용한 하이니켈 양극재 안정성 향상

김판규, 유지영*
경북대
(jyoo@knu.ac.kr*)

High-nickel cathodes are preferred due to their low cobalt content and high energy density although increasing nickel content leads to structural instability. This issue can be mitigated by inducing LiF formation at the cathode-electrolyte interphase (CEI) layer. In this study, 2-(perfluorohexyl)ethyl acrylate (PFHEA) was used as a fluorine source as a coating material, facilitating the formation LiF within the CEI layer.The robust LiF layer effectively suppresses continuous electrolyte decomposition and prevents direct interactions between the active material and the electrolyte, thereby mitigating parasitic reactions such as lattice distortion, particle cracking, and phase transitions.Consequently, the enhanced electrochemical performance of FP@NCM900505 can be attributed to the stabilized CEI layer with LiF incorporation.Therefore, FP@NCM900505 exhibited superior capacity retention of 80.62% after 200 cycles at 0.5C, with a discharge capacity of 159.36 mAhg-1.In contrast, the uncoated NCM900505 showed significantly lower capacity retention of 55.68% after 200 cycles at 0.5C, with a discharge capacity of 111.57 mAhg-1.

P에환목-39

초목계 바이오오일의 화학적 안정화를 위한 에스테르화 공정

박지연, 이인구*
한국에너지기술연구원
(samwe04@kier.re.kr*)

목질계 바이오매스의 급속 열분해를 통해 바이오오일을 생산할 수 있으며, 업그레이딩을 통하여 발전용 또는 수송용 연료로의 전환이 가능하다. 본 연구에서는 초임계 에탄올 업그레이딩을 통하여 초목계 바이오오일로부터 바이오항공유를 생산하는 공정의 전처리 단계로, 에스테르화 반응을 통하여 바이오오일의 유기산을 에스테르로 전환하여 제거함으로써 후단 초임계 에탄올 반응의 촉매 부반응 및 coke 생성을 억제하여 업그레이딩 효율을 높이고자 하였다. 커피박 및 톱밥 바이오오일에 대하여 고체 산 촉매 및 메탄올의 에스테르화 반응을 진행하여 바이오오일의 화학적 안정화를 수행하였다. 촉매에 종류 (HZSM5-26, HZSM5-80, HZSM5-371, HZSM5-Pellet, 15Ni/HZSM5-80, 25Ni/HZSM5-80, Zeolite Y, Zeolite Y-US, Zeolite Y-Pellet, 25Ni/Zeolite Y)에 따른 액상 생성물의 수율 및 화합물 조성을 검토하고, 최적의 에스테르화 공정 조건을 도출하고자 하였다. 200mL batch 반응기에서 바이오오일:메탄올(중량비) = 20:80으로 하고, 촉매를 바이오오일 대비 4wt% 사용하여, 200도 온도 조건에서 1시간 반응하였을 때 액상 생성물 수율은 15Ni/HZSM5-80, 25Ni/HZSM5-80 촉매에서 각각 92.3, 92.5%로 높게 나타났으며, 유기산 제거율은 각각 95.8, 97.0%로 나타났다.

P에환목-40

Framework for determining optimal hydrogen production conditions

문종아, 임한권*
울산과학기술원
(hklim@unist.ac.kr*)

This study optimizes hydrogen production and carbon dioxide emissions in a steam methane reforming reactor using a framework that integrates process-based modeling, machine learning-based modeling, and multi-objective optimization. Conventional process-based modeling relies on complex physical and chemical equations, requiring high computational cost, while machine learning reduces computational cost, but it is regarded as a black box. To overcome this problem, complex equations governing the reactor are incorporated into the machine learning model, enhancing interpretability while reducing computational cost. In addition, this framework provides multi-objective optimization results, minimizing both the levelized cost of hydrogen and carbon dioxide emissions by evaluating optimal reactor operating conditions. The results highlight trade-offs between levelized cost of hydrogen and carbon dioxide emissions, offering valuable insights for decision-makers in designing and operating hydrogen production facilities.

P에환목-41

안정적이고 박막형 리튬 금속 배터리가 구동 가능한 이중 음이온 국소 농축 이온성 액체 전해질

이제민, 유지영*, 박광열, 김준혁
경북대
(jyoo@knu.ac.kr*)

Ionic liquid electrolytes (ILEs) are promising for high-performance lithium metal batteries (LMBs) due to their thermal and electrochemical stability. However, low ionic conductivity and poor wettability with separators hinder performance. To address these issues, we designed a dual-anion locally concentrated ionic-liquid electrolyte (D-LCILE) by adding a diluent and incorporating two anions from different salts. This significantly enhances ionic conductivity and wettability. The effectiveness of D-LCILE was confirmed through EIS measurements on stainless symmetric cells, contact angle tests with separators, and rate capability evaluations on 20 μm thick lithium metal full-cells. The dual-anion design improved electrolyte interfacial stability, supported by DFT calculations showing a more stable solvation structure. SEM images revealed thin, dense lithium deposition, and XPS depth profiles indicated a more stable solid electrolyte interphase with higher LiF content.

P에환목-42

전기화학적 산소환원반응을 통한 CO_2 유래 산화 붕소 도핑 탄소 촉매를 이용한 과산화수소 생산

이다연, 이재우*, 윤원찬
한국과학기술원
(jaewlee@kaist.ac.kr*)

본 연구에서는 이산화탄소(CO_2) 유래 탄소 기반 촉매를 활용하여 전기화학적 산소환원반응(ORR)을 통해 과산화수소(H_2 O_2)를 효율적으로 생산하였다. 기존 연구에서는 질소(N)나 산소(O) 도핑 전략이 주로 연구되었으나, 붕소(B) 도핑에 대한 연구는 미흡하였다. 이에 붕소가 도핑된 탄소 촉매를 합성하고, 붕소의 산소 결합 형태(BC_2 O, BCO_2)가 ORR 활성에 미치는 영향을 분석하였다. 촉매는 CO_2 유래 탄소와 폴리에틸렌옥사이드(PEO)를 열처리하여 합성하였으며, 이를 통해 붕소-산소 결합 부위를 효과적으로 형성하였다. 결과적으로, 합성된 촉매는 염기성 조건에서 1.25 mA/cm²의 전류밀도와 약 90%의 선택도를 보였고, H-cell 테스트에서는 0.4V vs. RHE에서 4시간 동안 평균 452.96 mmol g^{-1} h^{-1}의 H_2 O_2 생산 속도를 유지하였다. 본 연구는 붕소-산소 결합이 ORR 선택성과 활성 향상의 핵심 요인임을 규명하며, CO_2 유래 탄소 촉매의 활용 가능성을 제시한다.

P에환목-43

CeO2 표면에 따른 활성산소 라디칼 제거효과 연구

홍승희, 이두환*
서울시립대
(dolee@uos.ac.kr*)

Cerium dioxide (CeO2) has been extensively investigated as a scavenger of reactive oxygen radicals, particularly in the context of polymer electrolyte membrane fuel cells. Characterization of the resulting CeO2 NPs is conducted using XRD, Raman spectroscopy, XPS, BET, and Fenton's reaction. The research reveals that the intrinsic radical scavenging activity of CeO2 NPs can be effectively modulated by controlling their exposed crystal facets.

P에환목-44

High-Efficiency Oxygen Electrocatalysis: Fe Single Atoms and Ultrafine Mo_2 N in Nitrogen-Carbon Heterostructures

QUOC HAO NGUYEN, 김진수*
경희대
(jkim21@khu.ac.kr*)

Developing cost-effective and high-performance bifunctional oxygen electrocatalysts is crucial for the commercialization of rechargeable zinc-air batteries (ZABs). While Fe-N-C materials excel in ORR, they struggle with OER, limiting their practicality. This study introduces an effective electrocatalyst consisting of ultrafine molybdenum nitride nanoparticles (Mo_2N) wrapped with Fe single atoms and anchored on nitrogen-doped hollow carbon heterostructures (Mo_2 N-C@Fe-N-HC). The synergy between Mo_2 N and Fe single atoms significantly boosts ORR activity, achieving a remarkable half-wave potential of 0.935 V in 0.1 M KOH. Furthermore, this material exhibits a minimal ORR/OER potential gap of 0.601 V. The ZAB incorporating Mo_2 N-C@Fe-N-HC demonstrates a benchmark discharge power density along with exceptional stability.

P에환목-45

전기화학적으로 박리된 그래핀이 증착된 카본 페이퍼 전극의 바나듐 레독스 흐름전지에서의 높은 전기 촉매 활성

조재호, 이두환*
서울시립대
(dolee@uos.ac.kr*)

The cost-effective and process-efficient preparation of highly electrocatalytic carbon electrodes on a large scale is crucial for enhancing the competitiveness of vanadium redox flow batteries (VRFBs). In this work, electrochemically exfoliated graphene oxides (Exf-GOs) are prepared form graphite foil at large scale with a multi-electrodes equipped continuous Exf-GOs production system. The Exf-GOs are deposited on the activated carbon paper (A-CP) substrate by a direct infiltration-deposition approach. Compared to the A-CP electrode, the Exf-GO/A-CP electrode provided the VRFB with more than two-fold enhancements in the energy storage capacity and at least 10 – 15 % higher voltage and energy efficiencies. The results collectively demonstrate the high effectiveness of the Exf-GO/A-CP electrodes for VRFBs that can be prepared cost and process efficient approach at large scales.

P에환목-46

향상된 광전기화학적 물 분해를 위한 연속적인 Si/Pt 공동 도핑된 Fe_2O_3 광양극 설계

Aniruddha Bhimrao Sathe , Periyasamy Anushkkaran, 채원식[1], 이현휘[2], 최선희[2], 김봉규, 장점석*
전북대; [1]한국기초과학연구소; [2]POSTECH
(jangjs75@jbnu.ac.kr*)

Photoelectrochemical hydrogen production via water splitting is an ecofriendly method that converts solar energy into sustainable and renewable hydrogen fuel. Hematite (Fe_2O_3) is a potential photoanode material for PEC water splitting, attributed to its narrow bandgap, abundance and exceptional stability. However, the application potential of the Fe_2O_3 photoanode for PEC water splitting is constrained by its low conductivity and substantial charge carrier recombination. Herein, the co-doping approach was accomplished through sequential Pt-doping and Si-doping using an ex-situ dipping technique. Pt/Si co-doping enhanced the bulk conductivity via decreasing the bulk charge transfer resistance. In the meantime, the high-temperature heat treatment induced the simultaneous formation of a SiO_x overlayer on the surface of the Pt/Si co-doped Fe_2O_3 photoanode. The resultant Pt/Si co-doped Fe_2O_3 photoanode attained a photocurrent density of 1.52 mA/cm^2 at 1.23 V_{RHE}, which is 58 % higher than that of Bare-Fe_2O_3.

P에환목-47

머신러닝 기반 COSMO-RS 모델 보완을 통한 DES-CO_2 용해도 예측 정확도 향상

김진아, 임동희*
충북대
(limkr@cbnu.ac.kr*)

이산화탄소(CO_2) 포집은 지구 온난화와 기후 변화의 주요 원인인 온실가스 배출을 줄이기 위한 중요한 기술로, 대기 중 CO_2 농도를 감소시키는 데 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 CO_2 용해도를 예측하기 위한 새로운 방법론을 제안한다. COSMO-RS 모델은 양자화학적 계산(DFT)을 통해 용매(DES)와 CO_2 간의 상호작용을 분석하고, 이를 바탕으로 용해도를 예측하는 데 사용된다. 그러나 COSMO-RS 모델은 일부 DES의 경우 실험적 데이터와의 차이가 크며, 과대 또는 과소 평가가 발생하는 한계가 있다. 이를 개선하기 위해 본 연구에서는 COSMO-RS 모델에 머신러닝 기법을 결합하여 예측 정확도를 향상시키고자 한다. 기존 연구에서 사용된 모델을 재현하고, 추가적인 실험 데이터를 학습시켜 성능을 개선하는 방법을 제시한다. 본 연구는 COSMO-RS 모델의 한계를 보완하고, DES-CO_2 용해도 예측의 신뢰성을 높이는 데 기여할 것이다.

P에환목-48

PEO 고분자 전해질의 염에 따른 배위 상태 변화와 전기화학적 특징

김수현, 박윤지[1], 윤태호*
경희대; [1]영남대
(tyoon@khu.ac.kr*)

PEO(Polyethylene Oxide) 기반 고분자 전해질은 리튬 음극과의 우수한 환원 안정성과 알칼리 금속과의 뛰어난 호환성을 지닌다. 또한, 고분자의 특성상 우수한 유연성과 가공성을 제공하며, 비교적 용이한 제조 공정을 통해 실용성이 높다. 그러나 PEO 고체 전해질은 Ether기의 비공유 전자쌍으로 인해 산화 안정성이 낮고, 전해질 내 리튬 이온의 이동도가 제한적이라는 한계를 가진다. 본 연구에서는 전해질 염의 농도 및 종류에 따른 PEO 고체 전해질의 배위 상태를 분석하고, 그에 따른 전기화학적 특성을 평가함으로써 PEO 기반 전해질의 성능 향상과 적용 범위 확대를 위한 기초 토대를 마련하고자 한다. 이를 위해 전해질 염의 양이온으로 Li^+, Na^+, K^+을 사용하여 PEO 기반 고체 전해질을 합성하고, 열적 및 분광학적 분석을 통해 결정 구조와 배위 상태의 변화를 확인하였다. 또한, 선형 전위주사법(LSV)과 전기화학 임피던스 분광법(EIS)을 이용하여 전해질의 전기화학적 특성도 평가하였다. 연구 결과, PEO 기반 고체 전해질의 배위 상태는 양이온의 종류에 따라 달라지며, 양이온의 크기가 커질수록 전해질의 산화 안정성이 향상됨을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 양이온 크기 조절을통해 4V 이상의 고전압 영역에서도 안정적으로 작동하는 PEO 기반 고분자 전해질의 개발 가능성을 제시한다.

P 에환목-49

Advanced Functional Separators for Long-Life, Self-Recovering Thin Lithium Metal Batteries

장은빈, 김성운, 유지영*
경북대
(jyoo@knu.ac.kr*)

With the growth of the EV market, thin Li metal anodes are explored for high energy density but suffer from limited Li sources and unstable SEI, causing capacity fade. To address this, LiFSI salt was coated on commercial separators, creating a localized high-concentration environment at the electrode interface. The coating dissolves during cycling, replenishing Li ions, reducing free solvent, and forming a stable LiF-rich SEI, enhancing mechanical and electrochemical stability. In Li||Li symmetric cells with 1M LiFSI/DME and 1M LiPF6/EC/DEC electrolytes, the salt-coated separator (SDL) showed lower polarization and improved cycle life compared to PE separators. SDL reduced nucleation overpotential and increased exchange current density improving interfacial kinetics. High-rate tests confirmed better capacity at 5C. SEM revealed dense Li deposition without dendrites in SDL. Thin Li metal half-cells with SDL maintained stable cycling over 200 cycles.

P 에환목-50

Ba-Substituted $LaMnO_3$ /rGO Hybrid Supercapacitor with Enhanced Performance

MD RIAD AL RABBI ABIR, 김우경, 심재진*
영남대
(jjshim@yu.ac.kr*)

In ABO_3 -type perovskite oxides, both A and B site ion is very important, thereby controlling their material properties. One can adjust these properties by partly swapping these cations. The valence states and ionic radii of the substituted cations can influence most of the perovskite characteristics. This work shows that substituting Ba^{2+} for La^{3+} produced better mixed ionic-electronic conductivity and crystal symmetry. $La_{0.7}Ba_{0.3}MnO_3$ (LBMO03) electrode with a current density of 1 A g^{-1} showed faradaic activity with a specific capacity of 325 C g^{-1}. Additionally, reduced graphene oxide (rGO) was used as the negative electrode to build an asymmetric hybrid supercapacitor (AHS) aiming at a higher operating voltage. This device showed good energy density of 25 Wh kg^{-1}. The high-rate performance of the LBMO03//rGO AHS is shown by the effective construction of a positive electrode with mixed ionic-electronic conductivity coupled with a capacitive rGO-based negative electrode. This work demonstrated that A site substitution coupled with rGO negative electrode has potential for electrode materials and worthy of further investigation.

P 에환목-51

Improvement of Carbon Mineralization in Slag Leachate with Amine-Functionalized Magnetic Nanoparticle Clusters

박재민, 한현수, 전상민*
포항공과대
(jeons@postech.ac.kr*)

Carbon mineralization, which converts CO_2 into stable minerals such as calcium carbonate ($CaCO_3$), is a promising method for long-term CO_2 sequestration. This study introduces a novel approach using amine-functionalized magnetic nanoparticle clusters (A-MNCs) to enhance mineralization efficiency. The A-MNCs were synthesized by treating Fe_3O_4 clusters with 3-aminopropyltriethoxysilane, thereby functionalizing their surfaces with amine groups. In NaOH, the A-MNCs improved CO_2 dissolution through grazing and hydrodynamic effects, resulting in enhanced mass transfer. Additionally, by forming carbamates in the presence of Ca^{2+}, the A-MNCs increased the mineralization efficiency threefold, reaching 81%. When applied to slag leachate, a by-product of steel manufacturing, the A-MNCs boosted the mineralization efficiency by 2.6 times. Furthermore, after mineralization, they were easily separated from the solution using a permanent magnet while retaining their performance.

P 에환목-52

연료 규격에 적합한 수송연료 제조를 위한 수첨공정 반응기술

한기보*, 장정희, 이지은, 윤여진, 장현성, 이재홍
고등기술연구원
(gbhan@iae.re.kr*)

도로, 항공 및 해양 등의 다양한 수송분야에 따라 가용 가능한 수송체계가 다르며, 도로 부문에서는 주로 자동차, 항공 부문에서는 항공기, 그리고 해양 부문에서는 선박 등이 주로 적용된다. 자동차, 항공기 그리고 선박 등은 주로 적용되는 환경이 다르기 때문에 적용되는 엔진이 달라지며, 해당 엔진에 따른 연료규격, 즉 연료 종류가 달라진다. 이러한 자동차, 항공기, 선박 등에 사용되는 수송연료는 대부분 탄화수소 화합물이 주성분인 것으로 알려져 있으며, 석유가 사용된 이후 지난 수십 여년 동안 정유산업을 통해 생산되어 공급되었다. 이러한 정유산업에서 석유를 통해 수송연료에 대하여 온실가스 감축이 요하는 제품생산 체계로 탈바꿈하는 것이 불가피함에 따라 기존 석유가 아닌 따른 대체 원료로부터 기존 연료규격에 준하는 수송연료 생산을 요구하고 있다. 정유산업에서는 대부분의 석유 유래 제품을 수첨 공정이라는 공통분모를 통해 생산하고 있으며, 새로운 대체 원료로부터 기존 연료규격에 준하여 도로, 선박 및 항공 부분에 적용될 수 있는 각종 연료제품을 생산해야 하는 상황에 직면한 것이다. 본 연구에서는 기존 연료규격에 준하는 수송연료를 대체 원료를 적용하여 생산하는 데 필요한 다양한 수첨공정 반응기술에 대하여 논하고자 한다.

P에환목-53

니켈헥사시안화물(Ni-HCF) 합성 시 킬레이트 물질의 영향 및 이를 활용한 방사성 세슘의 제거

송지희, 이정민, 정유나, 홍혜진*
충북대
(hyejiny@cbnu.ac.kr*)

방사성 세슘(Cs)은 반감기가 30.2년이며 고에너지 감마선을 방출해 환경과 인체에 위험을 초래할 수 있어 신속한 제거가 필요하다. 니켈 헥사시안화물 (nickel hexacyanoferrate, Ni-HCF)는 Cs의 선택적 제거에 효과적인 흡착소재로 주목받고 있으며, 주로 공침법 (Co-precipitation)으로 합성된다. 그러나 이렇게 제조된 Ni-HCF는 입자 크기와 결정 성장 제어가 어려워 흡착 성능에 한계가 있다. 이에 본 연구에서 Ni-HCF는 입자 크기와 결정 성장 특성을 조절하고 Cs 흡착 성능을 향상시키기 위해 킬레이트제를 도입하였다. Citric acid (CA), ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA), tetraethylenepentamine (TEPA)을 적용하였고, 각 킬레이트제를 활용하였을 때, 용액의 pH와 시간에 따른 결정 성장 특성을 분석하고 합성된 Ni-HCF의 Cs 흡착 특성을 조사하였다. 킬레이트 물질의 아민기 밀도가 증가할수록 Ni-HCF의 결정성은 감소하였으며, 입자 크기가 감소하는 경향이 관찰되었다. 이러한 점은 Cs의 흡착 특성에 영향을 미쳐 기존 공침법으로 합성한 Ni-HCF는 63.93 mg/g의 Cs 흡착 성능을 보였으나, CA, EDTA, TEPA 사용 시 각각 81.00, 103.66, 230.67 mg/g으로 성능이 크게 향상되었으며, 결정성과 입자 크기가 Cs 흡착 특성에 가장 영향을 많이 미치는 인자임을 확인하였다.

P에환목-54

Carbon Nanotube/Metal Organic Framework Hybrid Scaffolds for Scalable and Self-structured OER Catalyst Coating: From Rheology Study to MEA Fabrication

이수현, 김대우 *
연세대
(audw1105@yonsei.ac.kr*)

We developed a scalable binder-free composite electrode layer fabrication method by integrating Fe-Ni-based MIL-101 MOF catalysts for the oxygen evolution reaction (OER) with carbon nanotube (CNT) scaffolds. This synergy significantly enhanced active site exposure, as the MOF uniformly dispersed across the CNT surface, forming a 3D electroconductive structure. In particular, the MOFs are further transformed into the hybrid structure of metal hydroxide and organic compounds during OER conditions, leading to an enhanced and stable catalytic layer. The resulting electrode exhibited improved catalytic performance, with overpotentials of 263 mV at 10 mA/cm² and 355 mV at 100 mA/cm² in half-cell tests. In an alkaline exchange membrane water electrolyzer (AEMWE), the electrode achieved a voltage of 1.8 V at 1 A/cm², with an overpotential 0.69 V lower than that of the conventional IrOx/Nafion_CC electrode at a loading of 0.2 mg cm-2. Our method effectively overcomes the scalability challenges associated with traditional catalyst growth strategies and demonstrates that MOF materials can function as electrocatalysts without further treatment.

P에환목-55

리튬이온 배터리용 고니켈 층상 구조 양극재로의 직접 업사이클링 및 동시 표면 개질 전략

홍승환, 고민재*
한양대
(mjko@hanyang.ac.kr*)

As the electric vehicle and battery industries expand, the increasing number of spent batteries highlights the need for recycling, addressing environmental pollution and raw material shortages. Among various recycling methods, Direct Upcycling, which restores or enhances the electrochemical performance of degraded cathode active materials—accounting for more than 40% of battery costs—has attracted considerable interest. Herein, we propose the in-situ regeneration strategy using a solvothermal synthesis for direct upcycling of the NCM622 cathode material into NCM711 cathode materials with $LiAlO_2$ coating layer for securing cycle stability at high rate compared to commercial NCM711. Upon upcycling process, upcycled NCM711 product delivers a high specific capacity (182 mAh g^{-1} at 0.1 C) and improvement in cycle stability at high rate (86.3% retention after 100 cycles at 10C).

P에환목-56

Investigation of polymer electrolyte membrane fuel cell operating conditions under direct injection of low-temperature hydrogen gas

이정현, 김태영, 김소은, 김근태, 김상문*
인천대
(fireman7852@gmail.com*)

A polymer electrolyte membrane fuel cell (PEMFC) is an eco-friendly energy conversion device that transforms chemical energy into electrical energy using hydrogen and oxygen. Hydrogen gas, used as fuel, has an energy density of 33.31 kWh/kg, which is approximately 6.5 times higher than that of ammonia, making it a promising energy source. Since the volumetric energy density of compressed hydrogen gas is only half that of liquefied hydrogen, storing and transporting hydrogen in liquid form is advantageous for maximizing energy efficiency. However, research on the issues that arise when using low-temperature hydrogen gas supplied from a liquid hydrogen storage system as fuel has been limited. In this study, an environment similar to the direct use of liquid hydrogen as a fuel was established, and low-temperature hydrogen gas was injected directly to the anode of a PEMFC. When hydrogen gas at approximately -40℃ was injected into the anode, a rapid decrease in the open-circuit voltage was observed. The issue occurred because water that back-diffused from the cathode to the anode electrode froze at the channel inlet, cutting off the hydrogen supply to the membrane-electrode assembly.

P 에환목-57

철헥사시안화물을 활용한 과황산염 활성화 및 이를 활용한 수중 아세트아미노펜의 제거

정유나, 김채린, 송지희, 홍혜진*
충북대
(hyejiny@cbnu.ac.kr*)

아세트아미노펜(Acetaminophen, ACP)은 해열·진통제 계열의 의약품으로 널리 사용되며 체내에서 완전히 대사 되지 못하고 하폐수에 노출된다. 이러한 의약품은 자연 수계에 잔존하며 생태계 교란 등을 일으킬 수 있기 때문에 적절한 처리가 필요하다. 본 연구에서는 철헥사시안화물(Fe-Hexacyanoferreate, Fe-HCF)을 촉매로 활용해 과황산염(Peroxymonosulfate, PMS)의 활성화를 통한 활성산소종의 생성으로 ACP의 분해 특성을 관찰하였다. 또한, 촉매제로 활용된 Fe-HCF에서 철 산화수(Fe(II)-HCF, Fe(III)-HCF) 차이에 따른 ACP 분해 메커니즘을 분석하였다. 두 촉매 모두 최적조건에서 100ppm ACP를 100%에 가깝게 제거하였으며 Fe(II)-HCF가 Fe(III)-HCF보다 약간 더 향상되고, 빠른 ACP 제거 성능을 보였다. 반응 메커니즘 분석 결과, 두 촉매 모두 주요 활성종으로 $^1O_2$, $\cdot O_2^-$가 작용하였음을 확인하였으며, Fe-HCF 내 Fe^{2+}의 비율이 Fe^{3+}보다 증가함을 통해 ACP로부터의 직접 전달을 통한 분해가 가능함을 확인하였다.This work was supported by National Research Foundation (NRF) grants funded by the Ministry of Science and ICT, Republic of Korea [NRF-2021R1C1C1004047], Global Basic Research Laboratory (BRL, RS-2024-00415375) and also Korea Ministry of Environment (MOE) as 'Waste to Energy-Recycling Human Resource Development Project'.

P 에환목-58

고용량(SiOx) 음극 바인더를 위한 보조응집제(ionic PAM) 사용

정민찬, Bolormaa Gendensuren, 오은석*
울산대
(esoh1@ulsan.ac.kr*)

SiOx는 높은 용량을 가지지만, 충·방전 과정에서 큰 부피 팽창이 발생하여 전극의 기계적 안정성이 저하된다. 이에 따라 효과적인 바인더 시스템의 개발이 필수적이다. 기존에는 CMC와 SBR 기반 바인더가 주로 사용되었으나, 전극 유지력 측면에서 한계가 존재한다.본 연구에서는 보조응집제로 이온성 PAM을 1% 미만 농도로 첨가하여 기존 바인더의 기계적 결합력을 향상시키는 전략을 제안하였다. 이온성 PAM을 도입함으로써 바인더와 활성 물질 간의 결합력을 강화하고, 입자 탈락을 방지할 수 있도록 하였다. 충·방전 사이클 특성과 속도 특성을 평가하여 전극 구조 및 계면 특성 변화를 분석하였다. 실험 결과, PAM-SBR 기반 바인더가 전극의 접착력과 리튬 이온 이동 특성에 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이를 통해 전극의 구조적 안정성과 계면 저항 특성을 조절할 수 있는 가능성을 제시한다.

P 에환목-59

구리 헥사시아노철산염 기반 이온 교환 전극을 사용하여 폐수에서 세슘 이온의 전기화학적 제거

카나세 아시시 발크리슈나, 마하데오, 루투라제, 류정호[1], 장점석*
전북대; [1]한국지질자원연구원
(jangjs75@jbnu.ac.kr*)

Nuclear energy is a carbon-free alternative but generates hazardous waste, including ^{137}Cs, which threatens the environment and health. Electrochemically switched ion exchangers (ESIX) offer an efficient method for cesium removal with minimal secondary waste. This study synthesized copper hexacyanoferrate (CuHCF) via co-precipitation, drop-cast onto carbon cloth with Super P carbon black for enhanced conductivity. The impact of citric acid on CuHCF particle size was examined at varying concentrations. Structural and electrochemical analyses showed that CuHCF synthesized with 0.5 M citric acid (CuHCF-0.5) had a face-centered cubic structure and granular morphology. The CuHCF-0.5 electrode demonstrated excellent Cs+ reversibility, with an adsorption capacity of 281 mg/g and 40% removal efficiency within 3 hours. It maintained 94% adsorption-desorption efficiency over five cycles at an applied potential of −1 V to +1.3 V. This study underscores CuHCF-0.5's potential as a sustainable material for cesium removal in radioactive wastewater treatment.

P 에환목-60

고체산화물 연료전지에서 내부 건식 메탄 개질 반응을 위한 $LaCo_{1-x}Ni_xO_{3-\delta}$ (x = 0.01, 0.04, 0.07, 0.12) anode의 특성

유세한, 윤정우*, 김승우, 김준호
전남대
(jwyun@jnu.ac.kr*)

Perovskite-structured $LaCo_{1-x}Ni_xO_{3-\delta}$ (LCN) has been studied as a potential anode material for hydrocarbon-fueled solid oxide fuel cells (SOFCs). In this study, Ni was substituted at the B-site of $LaCoO_3$ using the Pechini method to enhance its electrochemical performance. The physical and physicochemical properties of the synthesized catalysts were analyzed using GC, XRD, XPS, and TGA/DTA. As the Ni substitution increased, the concentration of oxygen vacancies also increased, leading to improved oxygen ion conductivity. Furthermore, higher Ni content improved the catalytic activity for CH_4 and CO_2, also increasing the Triple Phase Boundary (TPB). For an anode evaluation, electrolyte-supported single cells were fabricated. The electrochemical tests demonstrated an increase in power density from 11.8 to 52 mW/cm² under H_2 conditions and from 3.4 to 23 mW/cm² under dry methane reforming (DMR) conditions as Ni substitution increased to x =0.01 to 0.12. These findings indicate that Ni-doped $LaCoO_3$ is a promising anode material for SOFCs, with enhanced electrochemical performance via optimized oxygen vacancy vacancies and improved TPB sites.

P에환목-61

구리산화물이 담지된 알루미나 폼 (CuO@AF)을 활용한 과황산염 활성화 및 수중 테트라사이클린의 분해

김채린, 연영석, 송지희, 심현우, 홍혜진*
충북대
(hyejiny@cbnu.ac.kr*)

오늘날 인구 증가와 급격한 산업 발달로 인해 항생제와 같은 의약품 산업이 발달하면서 항생제 내성 박테리아의 발생 및 공중 보건 위협 문제가 대두되고 있다. 특히 테트라사이클린 (Tetracycline, TC)은 가축에게 흔히 사용되고 있는 항생제 중 하나로, 수계에서 관찰되어 기존 하/폐수 처리 과정에서 효과적 제거가 어렵다. 본 연구에서는 TC를 효과적으로 제거하기 위해 구리산화물이 담지된 알루미나 폼 (CuO@AF)을 합성하여 과황산염 (Peroxydisulfate, PDS)을 적용한 황산라디칼 고도산화공정을 개발하였다. 최적의 CuO@AF 합성조건을 도출하기 위해 AF의 기공 수, 질산구리의 농도, 소성 온도 등 다양한 조건에서 합성하였다. TC 분해 동역학을 통해 500 mg/L의 TC를 약 3시간 만에 99.2% 분해할 수 있음을 확인했으며, Cu의 용출 및 침전이 발생되지 않는 pH 5-9의 분위기에서 효과적인 TC 분해 거동을 확인하였다. 퀜칭 테스트를 통해 산소 라디칼 (Superoxide radicals, O_2^{-}·)이 TC 분해에 가장 크게(~52%) 기여하는 것으로 확인되었으며, 다양한 물리화학적 분석을 통해 TC 분해 메커니즘을 규명하였다.사사: This work was supported by National Research Foundation (NRF) grants funded by the Ministry of Science and ICT, Republic of Korea [NRF-2021R1C1C1004047], Global Basic Research Laboratory (BRL, RS-2024-00415375) and also Korea Ministry of Environment (MOE) as "Waste to Energy-Recycling Human Resource Development Project

P에환목-62

Utilization of nanoparticles with ZIF-8 derived carbon shell

이기원, 조한익*
건국대
(hijoh@konkuk.ac.kr*)

As nanoparticles enhances specific surface area than bulk materials, usage of nano-scaled materials are crucial in various fields. But those nanoparticles exhibit high surface energy, leading to aggregation and unstableness, which deteriorates the advantages of nanoparticles. One of the common strategies in utilizing nanoparticles is introducing supports. Metal-organic frameworks (MOFs) are widely used due to its organized, tunable porosity and size, and can be used as sacrificial template with facile carbonization. Zeolitic imidazolate frameworks (ZIFs), a subclass of MOFs, distinctly shows these advantages, which obtains support with rich carbon and nitrogen content by facile carbonization. In this study, we designed various nanoparticles (TiO_2, SnO_2, Si) encapsulated in ZIF-8 derived N-doped carbon (NC). Encapsulation of nanoparticles in ZIF-8 crystal was achieved with functionalization of nanoparticles with polyvinylpyrrolidone (PVP). Thereby utilizing electrochemical performance and enhancing stability of nanoparticles in various fields of electrochemistry with superior porosity of NC shell and its rich nitrogen content.

P에환목-63

금 흡착제로서의 플라스틱 폐필름의 지속가능한 활용: 환경성 및 경제성 평가

이승호, 원왕연*
고려대
(wangyunwon@gmail.com*)

With the rapid increase in electronic waste, urban mining has gained significant attention as a sustainable alternative for precious metal recovery. This approach is particularly relevant given the rising price of gold and the potential to replace conventional gold mining, which is associated with severe environmental and economic challenges. In this study, we propose an integrated process for gold recovery using an adsorbent synthesized from plastic waste, addressing two critical environmental issues simultaneously: plastic waste management and sustainable gold extraction. A techno-economic analysis (TEA) was conducted to determine the minimum selling price of the recovered gold, providing insights into the economic feasibility of the proposed process. Additionally, a life cycle assessment (LCA) was performed to evaluate the environmental impacts compared with the traditional gold mining. This study underscores the feasibility of integrating waste-derived materials into resource recovery systems, contributing to a more sustainable and circular economy.

P에환목-64

탄소 섬유에 내장된 전기촉매의 위치에 따른 전기화학적 성능 평가

한은새, 주용완*
원광대
(ywju1978@wku.ac.kr*)

Metal-carbon composite catalysts exhibit high activity and stability in electrochemical reactions, making them widely applicable in various energy conversion and storage devices. In this study, carbon nanofiber (CNF) composite catalysts containing ruthenium (Ru) nanoparticles were fabricated via the electrospinning process. In this research, the influence of electrocatalyst positioning on electrochemical performances with Ru-CNF composite prepared with a dual-electrospinning technique. The electrochemical catalytic properties were evaluated for oxygen reduction reaction, oxygen evolution reaction, and hydrogen evolution reaction.

P에환목-65

바이오매스 기반 소재의 슈퍼캐퍼시터 전극물질로써의 적합성 평가

류승헌, 주용완*
원광대
(ywju1978@wku.ac.kr*)

As industrialization and technological advances accelerate, energy consumption has increased exponentially, leading to severe problems such as environmental pollution. Supercapacitors are an attractive option for mitigating these issues due to their advantages, including long cycle life, fast charge/discharge rates, and high-power density. In this study, biomass-based char-like material was converted into carbon material through high energy treatment. After undergoing some activation, carbon material was synthesized as supercapacitor electrode materials. The material was evaluated for its crystal structure, surface morphology, and specific surface area. Additionally charge/discharge and Cyclic Voltammetry measurements were performed to confirm its electrochemical properties. The biomass-derived material was suitable as a supercapacitor electrode material.

P에환목-66

알칼리 활성화된 철도 폐목침목 바이오차 제조 및 CO_2 포집 성능 평가

유희지, 고태훈[1], 이재영[1], 홍혜진*
충북대; [1]한국철도기술연구원
(hyejiny@cbnu.ac.kr*)

2023년 기준, 국내 철도 폐목침목의 보유량은 446,714정이며, 본 연구에서는 이를 재활용해 마이크로웨이브 열분해로 바이오차를 제조하였다. 제조된 바이오차는 이산화탄소(CO_2)를 효과적으로 포집하는 소재로 활용하고자 하였으며, CO_2 포집 성능 향상을 위해 K_2 CO_3 로 알칼리 활성화를 진행하였다. 알칼리 활성화 온도를 200~900 ℃로 설정하고, 이에 따른 물리화학적 특성(SEM, BET, FTIR, Raman)과 CO_2 포집 성능을 비교 분석하였다. 그 결과, 활성화 온도가 증가할수록 비표면적이 증가하여 최대 1,136 m²/g까지 증가하였다. CO_2 포집 성능은 200~800 ℃ 활성화 한 경우는 비표면적 증가에 따라 선형적으로 증가하여 200 ℃에서 58.64 mg/g이던 성능이 124.83 mg/g으로 2배 이상 향상되었다. 그러나 900 ℃에서는 비표면적이 800 ℃ 대비 300 m^2/g 증가했지만, 추가적인 성능 향상은 없었다. 이는 900 ℃의 고온 열분해로 인해 1 nm 이하의 미세기공 비율이 증가하면서 CO_2 기체의 접근성이 감소한 결과로 해석된다. 알칼리 활성화 열분해 온도가 증가함에 따라 I_D/I_G ratio가 증가하며, 바이오차 내부의 결함이 CO_2 포집에 영향을 미침이 확인되었다. 또한, 알칼리 활성화된 바이오차는 반복적인 CO_2 포집이 가능하였으며, 본 연구는 철도 폐목침목을 활용한 지속가능한 CO_2 저감 기술 개발에 기여할 것으로 기대된다.

P에환목-67

폐수 내 La 및 Ce 회수를 위한 MgO 담지 입상활성탄의 합성 및 흡착 특성 연구

유희지, 이고은, 홍혜진*
충북대
(hyejiny@cbnu.ac.kr*)

배터리 및 촉매 산업 등 다양한 분야에서 활용되는 희토류 원소는 채굴 및 추출 과정에서 심각한 환경오염을 유발하며, 독성 및 방사능을 포함한 폐수 발생이 문제로 대두되고 있다. 따라서 폐수 내 란타넘(La)과 세륨(Ce)의 효율적인 회수 및 재사용을 위한 흡착제 개발이 필요하다. 본 연구에서는 폐수에서 La과 Ce을 효과적으로 회수하기 위해 MgO를 담지한 입상활성탄(MgO@GAC)을 합성하고, 이를 이용한 La, Ce의 흡착 성능을 평가하였다. MgO@GAC는 $Mg(NO_3)_2$ 용액의 함침-열분해 방식으로 합성하였으며, GAC 표면에 MgO가 형성됨을 확인하였다. $Mg(NO_3)_2$ 농도가 0.1에서 3 M로 증가할수록 MgO@GAC에 담지된 MgO의 양이 증가하여 1 M에서 60 mg/g의 MgO가 담지되었으나, MgO 담지량이 많아질수록 비표면적은 감소하였다. 일반 GAC는 La, Ce을 거의 흡착 하지 못한 반면, MgO@GAC의 La 및 Ce의 흡착 등온선 실험 결과, 최대 흡착량은 각각 57.80 및 96.15 mg/g으로 우수한 흡착 성능을 보였다. 또한, La 및 Ce 흡착 후 XRD 및 SEM 분석 결과, 표면에 $La(OH)_3$ 및 CeO_2 가 형성됨이 확인되어 표면 침전(surface precipitation)이 주된 흡착 기작임이 입증되었다. 본 연구를 통해 MgO@GAC가 폐수 내 La 및 Ce 회수를 위한 효과적인 흡착제로 활용될 가능성이 확인되었다.

P에환목-68

메탄/수소 혼합 가스로부터 메탄 회수를 위한 흡착탑의 효율 향상 방안

박재현, 강유신, 안익성, 이찬현*
울산대
(chhylee@ulsan.ac.kr*)

이번 연구에서는 대표적인 메탄 활용 공정인 청록수소 생산 공정을 모사하여, 청록 수소 생산 과정 중 발생되는 미반응 메탄을 상용 활성탄을 이용하여 회수/재활용하기 위한 PSA 공정을 제안하고, 이를 위한 다양한 layering 흡착탑에 대한 파과 특성 및 흡착 효율을 조사하였다. 이를 위해 단일 컬럼을 이용한 PSA 모사 장치를 구축하고 상용 활성탄을 이용한 단일 흡착탑 및 layering 흡착탑을 구성하여 다양한 조건에서 파과 실험을 진행하였다. 20 vol% 메탄을 포함한 feed를 이용한 파과 실험 결과를 통해 단일 흡착탑의 경우 3.21%~80.63%의 흡착 효율을 보인 반면, 2종 이상의 흡착제를 적층하여 구성한 layering 흡착탑은 보다 높은 흡착 효율을 가짐을 확인하였다. 이 중 활성탄의 기공 조절을 통해 구성된 layered 흡착탑의 경우 최대 83.23%의 흡착 효율을 가짐을 확인하였고, 해당 흡착탑을 이용한 연속 PSA 공정을 설계, 평가하여 공정의 타당성을 검토하였다.

P에환목-69

방향족 화합물 유래 파라핀 탄화수소 전환 촉매 수소화 반응기술

한기보*, 장정희, 이지은, 장현성, 윤여진, 이재홍, 서영웅[1], 박지훈[2]
고등기술연구원; [1]한양대; [2]한국화학연구원
(gbhan@iae.re.kr*)

탄화수소 화합물에는 파라핀, 올레핀 및 방향족 등의 다양한 구조 및 성분들로 존재하는 데 이러한 탄화수소 성분 종류에 따라 포함된 탄소수 대비 결합된 수소 함량이 충분하여 주로 단일결합으로 이루어진 포화 탄화수소가 존재하는 반면, 이에 반하여 포함된 탄소수 대비 수소 함량이 부족한 불포화 탄화수소가 존재한다. 이러한 탄화수소 종류에 따라 사용 및 적용처가 달라지며, 대부분 포화 탄화수소의 경우, 에너지 밀도가 비교적 높아 연료 또는 에너지원으로 사용되는 것으로 알려져 있다. 불포화 탄화수소의 경우에는 비교적 에너지 밀도가 낮은 만큼 에너지원이 아닌 석유화학에서 재료원으로 적용되는 경우가 많은 것으로 알려져 있다. 최근 고에너지 밀도에 준하는 에너지원, 특히 수송용 연료, 그리고 수소저장 등 포화 탄화수소에 대한 수요가 늘어나고 있으며, 불포화 탄화수소에 대한 고밀도화를 통한 에너지원으로서의 활용범위를 확대해나가는 추세를 나타내고 있다. 본 연구에서는 비교적 활용범위가 좁은 불포화 탄화수소를 포화 탄화수소로 전환하여 에너지원 등으로 활용범위를 확대함으로써 고부가화할 수 있는, 촉매를 적용한 수소화 반응기술 개발에 대한 다수의 사례를 고찰하고자 한다.

P에환목-70

메탄 자열개질을 통한 메탄올 합성 공정 모사

이정우*, 유기현, 류태우, 정광덕[1], 양창원[2]
연세대; [1]한국과학기술연구원; [2]롯데건설
(jwlee93@yonsei.ac.kr*)

본 연구에서는 NCC 부생가스 및 바이오가스를 자열개질하여 메탄올을 합성하는 공정을 모사하였다. 모사 대상 공정은 메탄올 생산량 기준100kg/day 급의 파일럿 공정이며 전체 공정을 모사하기 위해 오픈소스 소프트웨어인 DWSIM을 활용하였다. DWSIM 내부에 사용자 정의 Python 스크립트와 CANTERA코드를 연동하여 자열개질반응기를 세부적으로 모사하였으며 실제 적용예정인 메탄올 합성 촉매의 메탄올 반응속도식을 별도로 도출하여 메탄올 합성반응기 모사에 활용하였다. 본 모사를 통해 Feed 가스 조성, 운전온도, 압력, CO2 및 H2의 조성비, space velocity에 따른 메탄올 합성반응의 특성을 파악하였고, 운전조건에 따른 메탄올 수율과, CO2 및 H2 전환율을 분석하여 실제 운전 시 최적 운전 조건을 제시할 예정이다.

P에환목-71

리튬이온배터리용 탄소 코팅된 Mg2Si 음극 복합소재의 전기화학적 성능

정주희, 이종대*
충북대
(jdlee@chungbuk.ac.kr*)

리튬이온배터리(LIB)는 전기차(EV), 휴대용 전자 제품 등 다양한 분야에서 사용되는 에너지 저장 장치로, 현재 음극소재로 사용되고 있는 흑연(Graphite)은 이론적 용량(~372 mAh/g) 낮아 고용량 리튬이온전지의 요구를 충족시키기 어렵다. Mg2Si는 실리콘(Si) 기반 합금으로, 합성 공정이 간단하며 흑연보다 높은 이론적 용량(~1370 mAh/g)과 우수한 기계적 안정성을 제공하지만, 충·방전 시 큰 부피 팽창이 발생하여 전극 구조가 불안정해지고 활물질이 분쇄되는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위하여 나노구조화 및 Mg2Si/C 복합체 형성으로 음극소재의 안정성을 향상시키는 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 Mg2Si 합금을 제조한 후 SiO2층을 형성하고, 탄소 코팅한 실리콘/탄소 음극 복합소재의 전기화학적 성능을 조사하였다. 간단한 공정들을 통해 제조된 Mg2Si를 CTAB으로 표면 개질한 후, TEOS를 이용해 SiO2층을 형성하였으며, 마그네슘 열환원을 통해 SiO2를 Si로 환원시키고 MgO를 에칭하였다. 에칭된 다공성 실리콘에 탄소를 코팅하여 안정성이 향상된 실리콘/탄소 음극 복합소재를 합성하고, SEM, EDS, BET 등을 이용하여 물리적 특성을 분석하였다. 전해액 1.0 M LiPF6 (EC : DEC = 1 : 1, FEC 10 %)를 이용하여 제조된 리튬 이온 배터리는 충·방전, 율속, dQ/dV, EIS 테스트 등의 전기화학적 특성을 분석하였다.

P에환목-72

$CaSi_2$ 기반 층상 구조 내 구형 Si@C가 삽입된 음극 복합 소재의 전기화학적 특성

이강미, 강다은, 이종대*
충북대
(jdlee@chungbuk.ac.kr*)

휴대용 전자 기기 및 전기자동차의 발전으로 높은 에너지 밀도와 긴 수명, 친환경적인 리튬 이온 배터리가 요구된다. 실리콘(Si)은 큰 이론적 비용량으로 인해 차세대 고에너지 밀도의 리튬이온배터리용 음극 소재로 주목받고 있다. 그러나 리튬화 및 탈리튬화 과정에서 큰 부피 변화로 인해 전극 구조가 불안정해지는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 Si의 나노 구조화, 탄소 코팅, 층상 구조 활용 등의 연구가 진행되고 있다. 탄소 코팅은 복합 소재의 전도도와 용량 유지를 확보하며, 층상 구조는 이온의 빠른 삽입 및 추출이 이루어져 충전 속도를 향상시키며 구조적 안정성을 제공하여 부피 변화로 인한 전극 손상을 개선한다는 연구 결과가 있다. 본 연구에서는 실리콘 합금인 $CaSi_2$로부터 음극 복합소재를 제조하여 전기화학적 성능을 조사하였다. $CaSi_2$를 CO_2 가스로 열처리한 후, 부산물인 $CaCO_3$를 에칭하여 균일한 탄소층이 코팅된 층상구조의 실리콘 소재를 제조하였다. 층 사이에 탄소 전구체로 도파민을 사용해 합성한 탄소가 코팅된 구형의 실리콘을 삽입하여 소재의 용량을 향상시켰다. 이러한 구조를 통해 실리콘의 부피 팽창을 효과적으로 완화하고 전극의 내구성을 조사하였다. 음극 복합소재는 SEM, EDS, XRD 등을 사용하여 물리적 특성을 분석하였으며, 제조된 전지를 사이클, 율속, dQ/dV, EIS 테스트 등을 통해 전기화학적 성능을 조사하였다.

P 에환목-73

CVD를 이용한 CNT가 성장된 Si/Cu 음극 복합소재의 전기화학적 성능

정주희, 이강미, 이종대*
충북대
(jdlee@chungbuk.ac.kr*)

리튬이온배터리(LIB)는 스마트폰, 태블릿 PC와 같은 휴대용 장치, 전기 자동차 및 에너지 저장 장치의 수요 증가로 인해 주목을 받고 있다. 실리콘(Si)은 이론적 용량(4200 mAh/g)은 높지만, Si은 반복된 Li+ 삽입/추출에 의한 큰 부피 변화로 활물질이 파괴되는 단점이 있다. 탄소나노튜브(CNT)는 우수한 전기 전도도를 제공하며, 리튬 이온의 확산을 원활하게 하여 고속 충·방전 특성을 개선할 수 있다. 구리(Cu)는 CNT를 성장시키는 촉매로 연구된 바 있으며, 화학기상증착(CVD)법을 활용해 실리콘 입자 표면에 CNT를 균일하게 성장시킬 수 있다. 이때 형성된 CNT가 전기적 연결망을 구축하여 실리콘의 부피 팽창을 완화하며 전극의 전기 전도도를 향상시키는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 CVD 공정을 이용하여 Si/Cu 복합체에 CNT가 성장된 음극복합소재의 전기화학적 성능을 조사하였다. 먼저, 질산구리(Cu(NO)3HO)를 사용해 실리콘에 구리 화합물을 형성하고, 생성된 Cu를 촉매로 활용하였다. 이후 CVD 공정에서 아세틸렌(C2H2) 가스를 이용해 CNT를 성장시켜 장기 안정성이 개선된 Si/Cu-CNT 복합 소재를 제조하였다. 음극 복합소재는 SEM, EDS, BET 등을 이용하여 물리적 특성을 분석하였다. 제조된 리튬이온 배터리는 충·방전, 율속, dQ/dV, EIS 테스트 등의 전기화학적 특성을 분석하였다.

P 에환목-74

메탄의 증기 및 건식 개질을 위한 Ni-Sr/Al2O3 촉매 표면 염기성 사이트의 효과

박형진, 민관홍, 백일현, 남성찬, 이기봉[1], 장종탁*
한국에너지기술연구원; [1]고려대
(jtjang@kier.re.kr*)

Dry reforming of methane (DRM) has garnered significant attention as a promising route to convert methane and carbon dioxide into syngas. However, its industrial application is hindered by severe carbon deposition, which leads to catalyst deactivation. To address this issue, we investigated the combined steam and dry reforming of methane (CSDRM) using steam and evaluated Sr-promoted Ni-based catalysts. Among various Sr contents (1–15 wt.%), the 9 wt.% Sr-Ni/Al_2O_3 catalyst showed the highest CH_4 and CO_2 conversion with significant durability over 500 h. This superior performance is attributed to enhanced reducibility and surface basicity, leading to improved Ni dispersion and smaller Ni particle size. Excessive Sr incorporation formed Sr-Al complexes (monoclinic $SrAl_2O_4$ with a double-ring pattern) due to interactions with Al_2O_3. This phenomenon was found to have a negative effect on catalytic activity and was confirmed through XRD, HR-TEM, and FFT image analysis.

P 에환목-75

전이금속이 도핑된 프러시안 블루 유사체를 활용한 암모니아 흡착 성능 평가: 밀도 범함수 이론(DFT) 기반 연구

안서영, 조유리, 임동희*
충북대
(limkr@cbnu.ac.kr*)

암모니아는 부영양화 및 토양 산성화를 유발하는 환경오염 물질이지만, 동시에 에너지 및 비료 생산에 활용할 수 있는 가치 있는 자원이므로 효과적인 제거 및 회수 기술이 필요하다. 기존의 암모니아 제거 기술로는 생물학적 처리, 공기 스트리핑, 멤브레인 공정 등이 있으나, 회수가 어렵다는 단점이 있다. 이에 반해, 흡착법은 낮은 에너지 소비와 회수 가능성을 갖춘 효과적인 대안으로 평가된다. 본 연구에서는 NH_4^+에 대한 선택성이 높은 흡착제인 Prussian blue (PB, 프러시안 블루)를 활용하여 암모니아 흡착 효율을 향상시키는 방법을 연구하였다. 이를 위해, 기존 PB에 전이금속 M(Cu, Co, Ni, Zn)을 도핑하여 Prussian blue analogues (PBAs, 프러시안 블루 유사체)를 합성하였으며, 흡착 에너지(E_{ads})를 계산하여 흡착 성능을 평가하였다. 본 연구의 모든 과정은 밀도범함수이론(Density Functional Theory, DFT) 계산을 통해 수행되었으며, 특히, 전자구조 분석을 통해 PBAs의 암모니아 흡착 메커니즘을 규명하고, 흡착 성능 향상과 관련된 구조적 특성을 분석하였다. 본 연구 결과를 바탕으로, 암모니아 제거에 최적화된 흡착제 후보군을 선정할 수 있으며, 향후 친환경적인 암모니아 회수 및 활용 기술 개발에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

P 에환목-76

Fission Product and Uranium Release from Simulated High-Burnup Nuclear Fuel in Leaching Tests

허수정*, 조용준, 이재원, 강권호, 이주호
한국원자력연구원
(sujeongheo@kaeri.re.kr*)

Safe storage and disposal of spent nuclear fuel (SNF) are critical environmental challenges, particularly for high-burnup fuels. This study investigates the stability of UO_2 and SIMFUEL pellets with burnups of 35 GWd/tU and 55 GWd/tU, sintered at 1550°C and 1700°C, through leaching experiments based on ASTM C1308. The results indicate that pellets sintered at lower temperatures exhibit significantly higher U-238 release—by 2–3 orders of magnitude—compared to those sintered at 1700°C. Additionally, Mo-95, Sr-88, and Ba-137 release fractions were notably higher at lower sintering temperatures, correlating with reduced grain sizes (1.2–2.1 μm). Microstructural characteristics, such as grain size and porosity, play a key role in determining leaching rates by increasing surface area in contact with water. These findings provide insights into the long-term stability of SNF and contribute to the development of advanced fuel stabilization strategies for improved environmental safety.

P 에환목-77

프러시안 블루 유사체의 전이금속 도핑에 따른 방사성 세슘 흡착 성능 및 구조 안정성에 대한 연구

조유리, 임동희*, 안서영
충북대
(limkr@cbnu.ac.kr*)

Prussian Blue (PB)는 페로시안화 철의 수화물로 이루어진 결정형 입방 격자 구조를 가지며, 알칼리 금속 양이온에 대한 선택적 흡착 특성으로 방사성 세슘 제거에 효과적인 흡착제이다. 본 연구에서는 PB의 Fe 원소를 전이금속으로 치환하여 새로운 전자구조를 갖는 Prussian Blue analogues (PBAs)를 개발하고, 밀도범함수이론(DFT) 기반의 양자화학적 계산을 수행하였다. 세슘 흡착 에너지를 분석하여 성능을 평가하고, 양이온 금속의 탈착 에너지 계산을 통해 구조적 안정성을 비교하였다. 또한, 전자 밀도 상태(DOS) 분석을 통해 도핑된 금속의 d-orbital과 페르미 준위 간의 상관관계를 확인하여 도핑이 PBAs의 흡착 성능 및 안정성에 미치는 영향을 규명하였다. 본 연구는 방사성 세슘 제거를 위한 고성능 흡착 소재 개발에 이론적 근거를 제공할 것으로 기대된다.

P 에환목-78

국내 수소생산 안정성 향상을 위한 수소생산품질 현황 연구

유호성*, 오주현
한국가스기술공사
(hsyoo@kogas-tech.or.kr*)

수소산업은 급성장중이며 한국은 세계에서 가장 빠르게 수소경제가 확대되고 있다. 하지만 불량수소발생, 수소차량 사고 등 수소공급에 대한 안정성은 아직 부족한 실정이다. 수소차의 원활한 사용을 위해서는 연료전지용으로 사용되는 수소품질기준에 따라 분기별 품질검사가 요구되며 불량수소가 공급될 경우, 출력 저하뿐만 아니라 연료전지 손상, 촉매 피독 등 영구적 손상을 끼칠수 있기 때문에 품질관리가 중요하다.연료전지용으로 사용되는 수소의 오염원은 14가지이며 판매하기 위해서는 매분기 한국가스안전공사의 품질검사를 받지만 대부분의 시설에서는 분석시설구축의 경제성문제로 항시 14가지를 전부 관리하지 않는 것이 실정이다. 최근 불량수소 발생으로 인한 안정적인 수소공급을 위해서는 수소공급간 발생할수 있는 오염원에 대한 영향에 대한 인지하고 관리하는 방법이 필요하다.본 연구에서는 국내 운영중인 수소생산시설의 생산 및 품질관리현황을 조사하였으며, 최적화 방안을 연구하였다. 결과적으로는 주요오염원을 분석하고 수소품질검사 수요증가 및 명확한 품질관리를 위해서는 수소전주기센터와 같은 수소품질 KOLAS기관을 추가로 지정을 통해 공급의 안정성을 향상시킬수 있다.본연구의 결과를 바탕으로 수소 고압배관 이송시 품질평가방법 개발과 영향을 연구할 예정이다.

P 에환목-79

Chitosan-Functionalized Prussian Blue/TiO_2 Nanostructures as Photocatalytic Agents for the Effective Decomposition of Perfluorooctanoic acid (PFOA) in Aquatic Systems

김가은, 정성욱*
부산대
(sungwook.chung@pusan.ac.kr*)

PFASs, or per- and poly-fluoroalkyl substances, have garnered considerable attention due to their persistence, immunotoxicity, and bioaccumulation potential. PFOA (perfluorooctanoic acid) and PFOS (perfluorooctanesulfonic acid) are among the most frequently detected PFASs. The International Agency for Research on Cancer (IARC) has categorized PFOA as a group B carcinogen. Traditional methods for PFOA removal, such as adsorption, membrane filtration, and coagulation, have proven ineffective in permanently eliminating PFOA, with drawbacks including secondary pollution during waste disposal. To overcome these limitations, scientists have investigated photolysis as a promising alternative for the efficient breakdown and removal of PFOA in aqueous environments. Our research focuses on the synthesis and characterization of chitosan-modified Prussian blue/TiO_2 (PB/TiO_2) nanocomposites and their application in the effective degradation of PFOA in aqueous solutions. The presentation will examine the structural and spectroscopic properties of PB/TiO_2 nanocomposites and their efficacy in the photocatalytic degradation of PFOA in aqueous solutions.

P 에환목-80

혼합 알케인 탄화수소 수증기 개질 반응에서 금속 산화물 첨가 Ni계 촉매의 안정성 및 수소 생산 성능 평가

김민주, 공지현, 권재민, 장원준*
아주대
(wjjang@ajou.ac.kr*)

본 연구에서는 혼합 알케인 탄화수소로부터 수소를 생산하기 위한 Ni 기반 촉매의 안정성을 평가하였다. 이를 위해 금속 산화물 조촉매(CeO_2, Al_2O_3, La_2O_3, MgO, ZrO_2, CaO)와 담체(CeO_2, Al_2O_3)를 첨가하였으며, 활성물질:지지체:조촉매의 중량비를 15:76.5:8.5로 설정하여 함침법으로 촉매를 합성하였다. 촉매의 안정성 실험은 H_2O/C 비 7.0, 850 ℃ 조건에서 12시간 동안 수행되었다. 또한, 촉매의 특성과 활성 간의 상관관계를 분석하기 위해 다양한 물리화학적 특성분석 진행하였다. 실험 결과, CeO_2 기반 촉매가 Al_2O_3 기반 촉매보다 높은 탄화수소 전환율과 H_2 몰수를 보였다. 특히, Ni/MgO/CeO_2 촉매는 높은 Ni 분산도로 인해 가장 우수한 활성을 나타냈다. Al_2O_3 기반 촉매 중에서는 높은 산도를 가진 Ni/CaO/Al_2O_3 촉매가 가장 뛰어난 성능을 보였다. 혼합 알케인 탄화수소 수증기 개질 반응에서 촉매의 성능은 Ni 분산도와 산도에 영향을 받는 것으로 확인되었다. TGA 분석 결과, 모든 CeO_2 기반 촉매와 Ni/CaO/Al_2O_3 촉매에서는 탄소 침적이 관찰되지 않았다. 이러한 결과를 종합했을 때, Ni/MgO/CeO_2 촉매는 우수한 성능과 높은 탄소 침적 저항성을 갖추고 있어 혼합 알케인 탄화수소 수증기 개질 반응에 적합한 촉매로 판단된다.

P에환목-81

고효율 인산제거를 위한 굴패각

최수인, 정민수*
동의대
(mjung@deu.ac.kr*)

Waste oyster shells cause significant environmental pollution by occupying large land areas. This study examined the relationship between oyster shell properties and their effectiveness in phosphate removal. Experimental results demonstrated that calcium carbonate ($CaCO_3$), a primary component of oyster shells, transforms to calcium oxide (CaO) upon heat treatment above 800℃ in an atmospheric environment. This CaO formation is a consequence of the CO_2 decomposition reaction of $CaCO_3$. Oyster shell-derived CaO, heat-treated above 800℃, showed significantly improved phosphate removal capacity compared to untreated $CaCO_3$.

P에환목-82

고용량 리튬 이차전지 음극을 위한 다공성 실리콘과 흑연 복합화 연구

박세은, 이정규*
동아대
(jklee88@dau.ac.kr*)

실리콘은 흑연 대비 약 10배 높은 이론용량(4,200 mAh g^{-1})과 낮은 작동 전압(~0.4 V vs Li^+ /Li)을 가지기 때문에 차세대 음극소재로 주목받고 있다. 하지만 실리콘은 충·방전 과정에서 발생하는 부피 팽창(~300%)으로 인해 사이클 수명이 짧아지는 한계를 가지고 있다. 이를 해결하기 위해 마그네슘 열 환원법(MR)을 이용하여 다공성 실리콘(pSi)을 제조하였다. 이에 탄소 코팅과 흑연과의 복합화를 통해 pSi/Graphite/Carbon 복합체를 제조하였다. 본 연구에서는 물리적으로 혼합한 pSi/C@Gr 복합체와 화학적으로 결합한 pSi@Gr@C 복합체를 제조하여 리튬 이차전지용 고용량 음극재로서의 전기화학적 특성을 비교 분석하였다. 전기화학적 평가를 진행한 결과 물리적 혼합 복합체 pSi/C@Gr 대비 화학적 결합 복합체 pSi@Gr@C가 더 높은 용량과 사이클링 성능을 보였다. 추가적으로 1차원 전도재인 단일벽 탄소나노튜브(SWCNT)를 첨가하는 전극 포뮬레이션 연구를 통해 에너지밀도와 사이클 성능 향상 방안을 연구하였다.

P에환목-83

알칼라인 수전해 셀의 성능 예측 및 최적화를 위한 1D 시뮬레이션

이민우, 박병흥*
한국교통대
(b.h.park@ut.ac.kr*)

기후 변화는 전 세계적으로 심각한 환경 문제로 대두되고 있으며, 이는 주로 화석연료에서 배출된 이산화탄소의 영향이다. 이를 해결하기 위한 기술적 노력으로 탄소 배출이 없는 대체 에너지원으로서 수소 에너지가 주목받고 있다. 그러나 수소를 생산하는 과정에서 화석연료를 사용한다면 궁극적으로 탄화수소 사용으로 인한 환경 문제를 완전하게 해결할 수는 없게 된다. 따라서 이산화탄소 발생이 없는 재생에너지를 활용한 친환경적인 수소 생산 기술의 개발이 필수적이다. 수전해는 수소와 산소의 화학반응을 통해 수소를 생산하며 재생에너지와 연계되었을 때 이산화탄소 발생 없이 수소를 확보할 수 있는 방안이다. 이와 같은 배경으로 효율적인 수소 생산을 위해 수전해 셀의 성능을 예측하고 개선하기 위한 설계가 필요하다. 특히 전극, 분리막 등 전해조 내부에서 전압 손실을 유발하는 요인을 분석할 필요가 있다. 본 연구에서는 물리적 기반의 매개변수를 적용하여 전해조 설계에서 전기화학적 성능을 향상시킬 수 있는 1D 모델을 제시하여 수전해의 효율성 예측을 위한 방안을 제시하였다. 이는 추후 알칼라인 수전해 시스템의 설계 및 최적화에 기여하는 역할을 할 것으로 기대된다. 감사의 글: 본 연구는 2025년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음.

P에환목-84

전기화학적 요소 합성에서 전해질이 C-N 결합 효율에 미치는 영향

안재현, 정구영, 박기태*
건국대
(kpark@konkuk.ac.kr*)

As the global economy shifts toward carbon neutrality, electrochemical urea synthesis is gaining attention as a sustainable alternative to conventional methods. Traditional synthesis relies on the Haber-Bosch process, where NH_3 reacts with CO_2 to form urea, but this approach is energy-intensive and far from carbon-neutral. Electrochemical synthesis offers an environmentally friendly alternative by converting feedstocks into high-value chemicals while enabling decarbonization. This process involves the co-reduction of two reactants, leading to C-N coupling, which is crucial for urea formation. The carbon source is CO_2 , while nitrogen sources include N_2 , NO_3^-, and NO_2^-. Among these, NO_3^- is preferred due to its superior reactivity. A major challenge in urea synthesis is achieving efficient C-N coupling. This study investigates how the composition of the electrolyte affects urea formation to gain insight into the influence of reaction conditions on product selectivity.

P에환목-85

COSMO-RS를 활용한 아민 기반 DES에서 이산화탄소 용해도 예측

SOFINA BINTI NAJIB, 임동희*
충북대
(limkr@cbnu.ac.kr*)

The current solvent being utilized in the industry which is aqueous amine have a few drawbacks such as high regeneration cost and its corrosive characteristic. Therefore, deep eutectic solvents (DESs) are actively being researched to be applied in the industry as a method of carbon capture and storage. A lot of research are studying the non amine-based DES whereby the carbon dioxide is physically absorbed while in a chemistry point of view and proven in previous researches, amine-based DESs possess higher carbon dioxide solubility due to its chemical absorption reaction. This study will assess the solubility of carbon dioxide in a new combination of amine-based DES which consist of Hydrogen Bond Acceptor (HBA) and Hydrogen Bond Donor (HBD) with the analysis of their sigma profiles utilizing COSMO-RS calculation.

P에환목-86

Enhanced Overall Water-splitting Activity by Tailored MnO_2/CeO_2 Heterostructure in Alkaline Medium

Jaiswal Aniruddha, Nam Le, Jayasmita Jana, Duc-Viet Nguyen, 허승현*
울산대
(shhur@ulsan.ac.kr*)

To reduce dependence on fossil-based fuels and achieve sustainability for mankind, researchers are putting efforts for development of Noble metal-free, cost-effective catalyst that can split simple molecules of water (H_2O) at the lowest overpotential using renewable energy sources. The oxides of manganese (MnO_x) serve all the primary criteria to be chosen being environment-benign, low-cost and earth-abundant species. Mn species possess variable redox states, and high oxygen storage ability, however, have limited conductivity and low catalytic sites. The pairing of MnO_2 with optimum Cerium, the most abundant rare-earth element, leads to a change in the partial oxidation state over Mn and the creation of unstable high spin d4 configuration. The tailored MnO_2/CeO_2 heterostructure has increased adsorption capacity for –OH species resulting in enhanced OER activity at the reduced overpotential in an alkaline medium. The intrinsic activities viz. charge transfer resistance (R_{CT}) and double layer capacitance (C_{dl}) were reported to be in favour of enhancement in OER activity of the proposed heterostructures.

P에환목-87

효율적인 전기화학적 CO2 전환을 위한 염소 도핑된 비스무스 나노시트 촉매

김주성, 강여민, 박기태*
건국대
(kpark@konkuk.ac.kr*)

최근 심각해지고 있는 온실가스 문제로 인해, 전 세계적으로 탄소중립을 달성하기 위한 다양한 온실가스 감축 기술이 개발되고 있다. 이산화탄소의 전기화학적 전환은 이산화탄소를 고부가가치 생성물로 전환한다는 점에서 탄소중립을 위한 유망한 방법 중 하나로 많은 관심을 받고 있다. 전환 생성물 중 하나인 포름산은 액체 생성물로 낮은 휘발성과 높은 수소 함량으로 잠재적인 수소 저장원으로 부각되고 있어, 포름산으로의 전기화학적 전환에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만, 아직까지 낮은 촉매 활성으로 인한 전환 생성물로의 낮은 선택도와 전류밀도는 산업적 적용에 있어 어려움으로 여겨지고 있다. 이를 해결하기 위해서는 기존의 낮은 촉매 활성을 높은 수준으로 향상시키는 것이 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 촉매의 활성 향상을 위해 간단한 수열 합성법을 통해 염소 도핑된 비스무스 나노시트 촉매를 개발하여 염소 도핑에 따른 전환 생성물에 대한 전기화학적 전환 성능을 평가하였다. 전환 성능은 패러데이 효율(Faradaic Efficiency)과 전류 밀도(Current Density)를 통해 분석하였다.

P에환목-88

제철 공정 중 생성되는 직접환원철을 촉매로 활용한 암모니아 분해 수소 생산

박재민, 손태오, 주상욱[1], 권기훈[1], 김범식[1], 박해웅[1], 김도희*
서울대; [1]포스코홀딩스
(dohkim@snu.ac.kr*)

The steel industry generates significant CO_2 due to the use of fossil fuel reductants for iron ore reduction. To mitigate this, green hydrogen production via ammonia decomposition is gaining attention. Direct reduced iron (DRI), primarily composed of iron (Fe), is a promising catalyst for this reaction. This study evaluates the ammonia decomposition activity, hydrogen yield, and nitridation behavior of DRI under varying temperatures, reaction times, and space velocities. Results show that higher temperatures and lower space velocities enhance ammonia decomposition. XRD and elemental analysis indicate reduced FexN formation and nitrogen content under these conditions. Utilizing DRI as a catalyst offers a cost-effective and sustainable approach to hydrogen production by simplifying the ammonia cracking process and leveraging existing infrastructure.

P에환목-89

고온 H_2 흐름형 반응법에 의한 $NaBO_2$ 재생 실험

조진녕, 김성은, 조예림, 김학주*
한국에너지기술연구원
(hakjukim@kier.re.kr*)

수소 연료전지의 수소 공급원으로 활용되는 화학 수소화물 중 수소화붕소나트륨($NaBH_4$)은 이론적으로 10.8 wt.%의 높은 수소 저장 용량을 갖는 효율적인 수소 저장 물질로 주목받고 있다. 그러나 $NaBH_4$의 높은 가격은 상용화를 저해하는 요인 중 하나이므로, 반응 부산물인 $NaBO_2$를 $NaBH_4$로 재생하는 기술이 수소 에너지의 경제성을 높이는 핵심 연구분야 중 하나로 주목받고 있다. 본 연구에서는 H_2 흐름 조건에서 고정층 반응기(Packed Bed Reactor, PBR)와 연속 교반형 반응기(Continuous Stirred Tank Reactor, CSTR)를 활용하여 100g 단위의 $NaBO_2$를 재생할 수 있는 단일 공정 기술을 개발함으로써, 대량 재생산 가능성을 실현하고자 하였다. 먼저 PBR에서 $NaBO_2$ 10g을 이용하여 $NaBO_2$:Mg의 무게비와 반응 온도, 반응 시간 및 H_2 압력 등의 변수를 조정하여 $NaBH_4$의 전환율을 관찰하였고, 그 결과를 바탕으로 CSTR에서 100g의 $NaBO_2$ 재생 실험을 수행하였다. 반응 후 혼합물로부터 $NaBH_4$를 선택적으로 추출하기 위해서 암모니아 솔루션 또는 에틸렌디아민을 사용하였다. 추출한 $NaBH_4$의 순도는 요오드적정법을 이용하여 계산하였다. 반응 생성물의 성분 분석과 형상 관찰은 FT-IR, XRD, SEM을 활용하였다.

P에환목-90

기체확산전극을 구성하는 촉매층의 바인더가 미치는 영향 평가 및 원인 분석

오준원, 박기태*, 김승우, 도영진
건국대
(kpark@konkuk.ac.kr*)

Electrochemical carbon dioxide conversion is a key technology for addressing climate change, driving active research on various electrode materials and structures. A gas diffusion electrode primarily consists of a catalyst layer, a microporous layer, and a substrate, with the CO_2 reduction reaction occurring at the interface between the catalyst layer and the ion exchange membrane. Accordingly, extensive research has been conducted to enhance the performance and properties of catalysts. In this study, we investigated the characteristics of commercially available binders widely used in CO_2 reduction technology and conducted experiments using these binders. Through sample analysis, including electrical conductivity and contact angle measurements, we examined the key properties required for an optimal catalyst layer.

P에환목-91

프러시안 블루 유사체로부터 기인한 중공형 이원계 금속 산화물/탄소 복합 구조체 합성 및 리튬 이온 배터리 음극 소재로의 적용

정승호, 조중상*
충북대
(jscho@cbnu.ac.kr*)

최근 높은 에너지 밀도, 높은 출력, 긴 수명을 가진 리튬 이온 배터리에 대한 수요가 급증함에 따라, 높은 용량을 제공하는 conversion 기반 전이금속 산화물이 리튬 이온 배터리의 음극 소재로써 주목받고 있다. 그러나 전이금속 산화물은 충·방전 과정에서 발생하는 심각한 부피 팽창과 낮은 전기 전도도로 인해 배터리의 수명 안정성과 출력 특성이 저하되는 문제가 있다. 본 연구에서는 이원계 프러시안 블루 유사체를 분무 건조 및 열처리 공정에 도입시켜, 프러시안 블루 유사체를 기반으로 한 중공형 이원계 금속 산화물/탄소 복합 구조체를 합성하고 이를 리튬 이온 배터리의 음극 소재로 적용한다. 다공성 프러시안 블루 유사체는 금속 산화물 입자를 안정적으로 지지하는 골격 역할을 하며, 소재 내 전해질의 침투를 용이하게 한다. 또한, 분무 건조 공정에서 형성된 전도성 탄소는 소재의 전기 전도도를 향상시킨다. 또한, 열처리 과정에서 Kirkendall 확산 기전에 의해 형성된 중공형 나노입자는 충·방전 시 금속 산화물의 부피 팽창을 효과적으로 수용하며, 리튬 이온의 확산 거리를 단축하는 데 기여한다. 전기화학적 성능 평가 결과, 합성된 복합 구조체는 1.0 A/g의 전류 밀도에서 400 사이클 후 603 mAh/g의 가역적인 방전 용량을 유지하였으며, 10 A/g의 높은 전류 밀도에서도 233 mAh/g의 방전 용량을 나타내어 우수한 수명 안정성과 율속 특성을 나타내었다.

P에환목-92

이산화탄소 흡수 메커니즘 조사를 통한 분해 억제제 연구

박찬영*, 고서빈, 박지혁, 김수빈, 이승용, 최수현, 김나운, 박태성, 유정균
한국에너지기술연구원
(cpark1984@gmail.com*)

Carbon dioxide emissions have become a critical environmental issue, driving the development of various CO_2 capture technologies. Amine-based absorbents have widely used for the purpose due to their high CO_2 absorption efficiency. However, long-term use of the absorbents leads to oxidative and thermal degradation, resulting in deteriorating performance and increasing operating costs. It is known that the additional costs caused by absorbent degradation can increase up to 10% of the overall CO_2 capture cost. This study provides the oxidative and thermal degradation mechanisms of amine-based absorbents, and discusses the formation and treatment of various degradation products. A more systematic approach is needed because the degradation mechanisms reported in current publications are unclear or omitted. Understanding of the degradation mechanism will be served as a basis for selecting and evaluating effective degradation inhibitors. Our suggested degradation inhibitors are expected to improve the stability of amine-based absorbents and enhance the economic feasibility of CO_2 capture processes.

P에환목-93

OP-10과 EG를 활용한 탄산칼슘이 함침된 버미큘라이트의 열화학적 안정성

박찬영*, Asriadi Sakka, 고서빈, 위덕재, 김성은, 최수현, 유지호, 정우석, 홍성국
한국에너지기술연구원
(cpark1984@gmail.com*)

As the need for efficient thermal energy storage grows in residential and commercial buildings, high-density heat storage technologies are gaining significant attention. This study explores the synthesis and comparison of low-temperature thermochemical materials (TCMs) with enhanced heat storage properties. To support practical applications, we examine the thermochemical properties of potassium carbonate-impregnated vermiculite and composites assisted by octyl phenol polyoxyethylene ether and expanded graphite. Various experimental techniques such as TGA, DSC, SEM, XRD, and DVS were employed to evaluate TCMs. The findings include stability of the composites with an average energy density of 0.7 GJ/m³ and the T_{onset} below 60 ℃ over 100-hydration/dehydration cycles. Additionally, the study provides insights into the suitability of each material for specific thermal energy storage applications, outlining their advantages and limitations. This comparative analysis contributes to advancing efficient and sustainable thermal energy storage solutions by offering a deeper understanding of the thermochemical properties and performance of various K_2CO_3-based composites.

P에환목-94

인과 황의 백금 촉매에 영향을 주는 시너지 효과를 통한 수소화된 모노벤질톨루엔으로부터의 고순도 수소 추출

심병조, 강태하, 하준수, 윤창원*
포항공과대
(cwyoon@postech.ac.kr*)

Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHCs) are promising material for hydrogen storage and transport, but catalyst deactivation in LOHC dehydrogenation remains a challenge. This study explores the synergistic role of phosphorus and sulfur in selectively adsorbing sulfur onto Pt during per-hydro monobenzyltoluene (H12-MBT) dehydrogenation. The SPt/0.9PA catalyst was designed to facilitate sulfur deposition on Pt, inducing the sulfur tolerance of phosphate. Phosphate preoccupies acidic sites of alumina, preventing sulfur from adsorbing onto high-energy sites of Al2O3. This allows sulfur to interact with Pt, forming cationic Pt, enhancing catalyst stability. Additionally, electron-deficient Pt exhibits coke resistance, improving long-term durability for hydrogen extraction. This strategy of selective sulfur adsorption onto active metal sites offers a guideline for designing stable dehydrogenation catalysts, presenting a potential breakthrough for commercial hydrogen storage and transport."This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grants funded by the Korean government (Ministry of Science and ICT) (No. RS-2024-00421181)."

P에환목-95

대기 중 이산화탄소 직접 포집을 위한 아민 함침 활성탄 제조

유가연, 조문경, 이기봉*
고려대
(kibonglee@korea.ac.kr*)

과도한 이산화탄소 배출은 지구 온난화와 기후 변화의 주요 원인이다. 이에 대응하기 위해 탄소 포집 및 활용 저장(CCUS) 기술이 활발히 연구되고 있다. CCUS 기술의 한 형태인 직접 공기 포집(DAC)은 대기 중의 이산화탄소를 직접 포집하여 탄소 중립 실현에 기여하고, 포집한 이산화탄소는 수소와 결합하여 합성 탄화수소 연료 생산에 활용될 수 있다. 대기 중 이산화탄소 농도는 약 400 ppm으로 극히 희박하고 공기 중에는 수분이 포함되어 있는데, 아민이 도입된 흡착제는 이산화탄소에 대해 강한 친화성을 지니고 있을 뿐 아니라 수분 조건에서 이산화탄소 흡착 성능이 개선되는 특성이 있기 때문에 DAC 흡착제로 주목받고 있다. 또한 다공성 탄소는 높은 비표면적과 기공 부피를 가지기 때문에 아민이 고르게 분산될 수 있는 충분한 공간을 제공하여 이산화탄소가 흡착 가능한 부위를 증가시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서는 전구체의 탄화 및 활성화 과정을 거쳐 다공성 탄소를 제조하였다. 열적 안정성, 아민 함량, 생산 비용 등을 고려해 함침법을 이용해 아민을 지지체에 도입하였고, 제조한 흡착제의 표면 특성과 흡착 성능을 평가하였다.

P에환목-96

이오노머의 특성에 따른 CO2 전환 C2+화합물 생산능력 평가

하준수, 윤현빈, 박기태*
건국대
(kpark@konkuk.ac.kr*)

산업화와 화석 연료 사용의 증가로 인해 대기 중 이산화탄소(CO2) 농도가 지속적으로 상승하면서 기후 변화 문제가 심화되고 있다. 이에 따라, 이산화탄소를 유용한 화합물로 전환하는 기술 개발이 중요한 연구 주제로 부각 되고 있다. 특히, 이산화탄소 전기화학적 환원반응(CO2RR, CO2 Electrochemical Reduction Reaction) 은 친환경적인 전기 에너지를 활용하여 CO2 를 전기화학적전환을 통해 에틸렌, 에탄올, 아세트산 등의 C2+ 화합물을 생산하는 기술은 많은 연구와 발전이 이루어지고 있지만 여전히 여러 가지 문제점과 과제를 안고 있다. CO2RR의 선택성과 효율성에 영향을 미치는 중요한 요소 중 하나는 촉매층에서 사용되는 이오노머이다. 이오노머는 이온 전도, 전극 안정성 유지, 반응 환경 최적화에 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 이오노머의 이온 전도도, 소수성/친수성, 이온 교환 용량과 같은 물성이 구리 기반 촉매의 CO_2 RR 성능에 미치는 영향을 조사하여 이러한 물성이 생성물 조성, 패러데이 효율, 촉매 활성도에 미치는 영향을 체계적으로 분석하였다

P에환목-97

Ni-CaO 기반 다중기능 흡착촉매 개발 및 통합 메탄 개질 반응 공정으로의 적용

김필석, 이기봉*
고려대
(kibonglee@korea.ac.kr*)

높은 에너지 밀도를 가진 수소는 다른 에너지로 전환 할 때 물 이외의 부산물을 생성하지 않는다는 점에서 친환경 에너지 전달체로써 주목받고 있다. 현재 수증기 메탄 개질 반응은 메탄 가스를 쉽게 수소 가스로 전환할 수 있다는 장점이 있으나 대량의 이산화탄소 역시 부산물로 발생한다는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 반응이 일어나는 고온의 환경속에서 이산화탄소를 분리할 수 있는 고온 이산화탄소 흡착제에 대한 연구가 진행 중에 있다. 본 연구에서는 수증기 메탄 개질 반응의 촉매 역할 수행과 동시에 반응 중 발생하는 이산화탄소를 즉각적으로 흡착하는 흡착제 역할까지 수행하는 Ni-CaO 기반 흡착 촉매를 개발하여 흡착 부과 반응을 통해 정반응을 촉진하는 방식으로 고순도의 수소를 생산하는 것을 목표하였다. 또한 앞선 과정을 통해 산화 칼슘 형태로 이산화탄소를 저장한 흡착 촉매를 고온의 메탄 가스와 반응시켜 합성 가스를 생산하는 건식 메탄 개질 반응을 유도하여 최종적으로 이산화탄소를 배출하지 않는 통합 메탄 개질 반응 공정을 제시하는 것을 목표로 연구를 진행하였다.

P에환목-98

상용 활성탄의 특성 분석 및 탄화수소 흡착 성능 평가

이주영, 조문경, 이기봉*
고려대
(kibonglee@korea.ac.kr*)

산업화와 도시화의 가속화로 인해 탄화수소 배출이 증가하고 있으며 이는 대기오염 및 기후변화와 직결되는 환경 문제로 대두되고 있다. 특히 휘발성 유기화합물과 탄화수소계 오염물질은 광화학 반응을 통해 오존을 생성하고 미세먼지 형성을 촉진하여 대기질 악화의 주요 원인으로 작용한다. 이에 따라 탄화수소 배출을 저감하기 위한 규제가 강화되고 있으며 효과적인 저감 기술 개발이 필수적이다. 활성탄은 우수한 흡착 성능과 경제성을 바탕으로 탄화수소 저감 기술에 널리 활용되고 있으며 그 성능은 기공 구조 및 표면 특성에 의해 좌우된다. 본 연구에서는 상용 활성탄을 대상으로 탄화수소 흡착 성능을 평가하고 활성탄의 소재 특성과 흡착 성능 간의 관계를 분석하여 탄화수소 저감에 효과적인 특성을 규명하였다. 탄화수소 흡착 성능의 평가 지표로는 뷰테인을 사용하였으며, 흡탈착 과정에서 활성탄의 구조적 특성이 미치는 영향을 확인하였다.

P에환목-99

키토산, 카제인 나트륨, 아라비아 검을 기반으로 한 지속 가능한 천연 고분자 나노 유화제의 제조 및 특성 분석: 안정성 및 기능적 최적화

묘희명, 윤도영*, 조형원
광운대
(yoondy@kw.ac.kr*)

Nanoemulsifiers have attracted much attention in the cosmetic field for their ability to effectively improve the stability, bioavailability and permeability of active ingredients. However, conventional emulsifiers often suffer from insufficient stability when exposed to complex environments such as temperature changes and pH fluctuations. In recent years, natural biopolymers such as chitosan, sodium caseinate and gum arabic have become important material choices for the development of novel nanoemulsifiers due to their biocompatibility, low toxicity and good emulsification properties. In order to meet the growing demand for natural, non-toxic and biodegradable ingredients while reducing the reliance on synthetic surfactants, this study investigates the use of renewable biopolymers as stabilisers to construct green and sustainable nanoemulsion systems. The aim of this study was to systematically optimise the ratio of chitosan, sodium caseinate and gum arabic to prepare nanoemulsifiers with high stability and excellent functionality. And to promote further application and development of nanotechnology in cosmetics and drug delivery.

P에환목-101

세라믹 촉매를 이용한 황화수소 제거 효율 향상 및 최적가용기법 적용에 관한 연구

조형원, 묘희명, 윤도영*
광운대
(yoondy@kw.ac.kr*)

산업발달 및 소비형태 변화에 따라 생활폐기물이 증가하였고, 이에 따라 악취관련 민원 및 문제들의 발생이 증가하고있다.다양한 악취 발생 물질 중에서도 황화수소는 1,000ppm에서 수분안에 인간을 사망에 이르게 할 수 있는 물질로서 제거가 필수이다. 이러한 황화수소를 제거하는 방법에는 물리적, 화학적 및 생물학적 처리방법이 존재한다. 이 중 높은 제거효율과 낮은 에너지 비용등의 장점으로 인해 물리적, 화학적 방법인 흡착법이 주로 이용된다. 따라서 본 연구에서는 구형의 세라믹 촉매를 이용하여 인체에 유해하고, 환경을 오염시키는 황화수소를 제거하고, 황화수소의 유속에 따른 제거효율을 확인하였고, 이를 통합환경관리의 한 분야인 최적가용기법에 적용하기위한 연구를 진행하였다.

P에환목-102

마이크로웨이브 기반 고내구성 CO_2 개질 촉매 개발

조윤서, 박선영, 이진희, 박지훈, 유영우*
한국화학연구원
(ywyou@krict.re.kr*)

마이크로웨이브(MW) 가열은 CO_2 배출이 없는 전기화 가열 기술로, 기존의 버너 가열 방식에서 발생하는 CO_2 재배출 및 에너지 효율 저하 문제를 해결할 수 있다. CO_2 개질 반응은 높은 온도를 요구하며, 저온에서는 부반응으로 인한 탄소 침적 문제가 발생한다. MW 가열은 촉매 직접 가열을 통해 온도 분포를 균일하게 하여 부반응을 억제하고, 침적된 탄소는 MW와 반응하여 제거될 수 있어 개질 반응에 유리하다. 본 연구에서는 MW 흡수와 개질 반응 성능을 동시에 안정적으로 유지하는 고내구성의 NiMo 촉매를 개발하였다. 이 촉매는 80W에서 10분 이내에 800℃까지 도달하는 발열 성능을 보였으며, 기존 발열제인 SiC보다 우수한 성능을 나타냈다. MW 기반 CO_2 개질 반응에서 장시간 높은 성능과 안정성을 유지했으며, 반응 중 탄소 침적은 거의 발생하지 않았다. 온도별 반응 실험에서 MW 반응은 전기로 반응 대비 동일온도에서 약 3배 높은 성능을 나타냈고, 이는 MW 환경에서 Mo_2C가 전기로보다 안정적으로 유지되었기 때문으로 판단된다.

P에환목-103

수소 연료 공급 피스톤 압축기의 열 관리 최적화 및 유동 특성 분석: CFD 기반 연구

손수현, 김보건, 사정훈*
동아대
(jhsa@dau.ac.kr*)

High-pressure hydrogen compressors play a critical role in hydrogen refueling systems, making thermal management optimization essential. In this study, a two-stage compression process from 80 to 900 bar (80→450 bar, 450→900 bar) was implemented by modeling a reciprocating piston compressor using computational fluid dynamics (CFD) simulations. The design integrated the reciprocating motion of the piston and the check valve operation to control the flow rate, enabling an in-depth analysis of the internal changes during compression. To effectively control the temperature rise due to compression, a heat exchanger cooling jacket was applied, and the baffle was designed to maximize the cooling efficiency. The flow behavior was evaluated and the most efficient cooling performance was identified by comparing three different baffle configurations. This study is expected to provide design guidelines for improving the thermal management performance of high-pressure hydrogen compressors.

P에환목-104

메조다공성 제올라이트 촉매 열분해를 통한 HDPE 유래 경질 올레핀 합성 연구

서지현, 유경선[1], 명재욱, 박영권[2]*
한국과학기술원; [1]광운대; [2]서울시립대
(catalica@uos.ac.kr*)

전 세계 인구 및 플라스틱 수요 증가는 플라스틱 폐기물 배출량의 급격한 증가를 야기하였다. 특히, 물탱크와 같은 대형 용기에 널리 사용되는 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 폐기물의 증가는 주요 환경 문제로 떠오르고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 HDPE 폐기물을 유용한 화학물질 또는 연료로 전환하는 것은 필수적이다. 본 연구에서는 다양한 특성을 가진 메조다공성 제올라이트 촉매 (HZMS-5(80), HZMS-5(23), HY(80), Hbeta(25))가 경질 올레핀 생산에 미치는 영향을 분석하였다. 실험 결과, 사용된 촉매 중 HZSM-5(80)가 가장 높은 가스 수율을 나타냈으며, 본 촉매를 사용하여 촉매/시료 비율(C/F ratio)과 온도에 따른 영향을 분석하였다. 추가적으로 비슷한 SiO_2/Al_2O_3비를 가진 촉매에 따른 영향을 파악하였다. 연구 결과 HZSM-5(80)에 대한 촉매/시료(C/F) 비율 증가는 가스 수율 및 올레핀 생산량을 모두 증가시키는 것으로 확인되었다. 또한, 반응 온도가 높을수록 올레핀 및 가스 수율이 증가하는 경향을 보였다. 본 연구는 NaOH 처리된 메조다공성 제올라이트 촉매를 이용한 촉매 열분해 공정을 통해 HDPE로부터 유가성 높은 경질 올레핀 생산 가능성을 제시하였으며, 지속 가능한 폐기물 관리 및 자원 회수의 방법을 제시하였다.사사: 본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음 (NRF-RS-2022-NR069658).

P에환목-106

CFD 기반 다이어프램-유압 피스톤형 다단 수소 압축기의 최적 설계 연구

김보건, 손수현, 사정훈*
동아대
(jhsa@dau.ac.kr*)

Hydrogen energy plays a crucial role in achieving carbon neutrality. However, hydrogen refueling stations are limited, and the process of compressing hydrogen to high pressures presents significant challenges. Diaphragm compressors, commonly used for hydrogen refueling, have low durability and are difficult to operate at high pressures. In contrast, hydraulic piston compressors generate vibrations and may cause gas leakage. To address these issues, a multi-stage hydrogen compression system was implemented using Computational Fluid Dynamics (CFD). In the first stage, a diaphragm compressor is used to handle large volumes at medium pressure, while in the second stage, a hydraulic piston compressor ensures stable operation at high pressure. Between these stages, a heat exchanger is utilized to cool the hydrogen, which is heated due to compression. Through modeling and simulation, flow analysis (velocity and pressure) and thermal analysis of the compressor are conducted to derive optimal conditions. This study aims to develop an efficient hydrogen compression system using CFD, contributing to advancements in carbon neutrality.

P에환목-107

Enhancing Oxygen Evolution Reaction: ALD-Engineered WO3/MXene/FeOOH Photoanodes for Improved Photoelectrochemical Performance

Murmu Manasi, 김도형*
전남대
(kdhh@chonnam.ac.kr*)

Developing stable and efficient photocatalysts for total water splitting is a critical step in advancing renewable energy technologies. Equally important is the focus on creating noble-metal-free photocatalysts with enhanced active sites. While WO_3 is valued for its excellent electron transfer properties and non-toxicity, its rapid electron-hole recombination remains a challenge. MXene, as a two-dimensional material, offers a larger surface area and promotes electron-hole separation, while FeOOH enhances sluggish oxygen evolution kinetics. In this study, a WO_3/MXene/FeOOH photoelectrochemical (PEC) system is fabricated through simple synthesis methods. WO_3 is first grown on FTO via a hydrothermal process, followed by the deposition of MXene and FeOOH. Atomic layer deposition (ALD) is then employed to further improve PEC performance. The system exhibits synergistic activity for oxygen evolution reactions. This research highlights the significance of interface engineering in designing functional PEC systems using earth-abundant materials, ultimately boosting energy production efficiency.

P에환목-108

실리콘음극의 수용성 폴리이미드 바인더 적용 및 접착력 향상을 위한 현장 가교

전솔민, 김서현, 남예선, 겐덴수렌 볼로르마, 오은석*
울산대
(esoh1@ulsan.ac.kr*)

Polyimide (PI) is a promising binder for next-generation secondary batteries due to its excellent thermal and chemical stability. However, its weak adhesion limits its ability to bind silicon (Si) anodes, causing electrode delamination from Si's volumetric expansion during cycling. To overcome this, this study introduces an in-situ crosslinking strategy that enhances PI adhesion during the drying process after slurry casting. Peel Off Tests confirmed that crosslinked PI binders exhibit significantly improved adhesion compared to non-crosslinked PI. Cycling tests demonstrated enhanced long-term electrochemical stability, while electrochemical impedance spectroscopy (EIS) analysis showed stable resistance over cycling. Additionally, post-cycle volumetric expansion tests will be conducted to evaluate mechanical stability. These results indicate that crosslinked PI binders effectively mitigate Si expansion effects, improving electrode integrity in high-capacity lithium-ion batteries. This study highlights in-situ crosslinked PI as an advanced binder for Si anodes in next-generation batteries.

P에환목-109

Modifying Ni-Rich Cathode Materials with Co Nanoshells to Improve High-Rate Capability and Durability of Li-Ion Batteries

김민수, 선양국*
한양대
(yksun@hanyang.ac.kr*)

Cobalt (Co) plays a critical role in Ni-rich cathode materials. However, high cost and price fluctuations of Co due to the scarcity of the resource and political instability are major hindrances to its injudicious use.[1,2] Herein, we introduce a Co nanoshell on to precursors of Ni-rich NCM cathode materials to maximize the effect of a limited amount of Co. This Co nanoshell provides additional structural stability at the cathode particle surface from electrolyte attacks and contributes to improving the conductivity, thus enhancing the electrochemical performance of the cathode materials. Furthermore, the Co nanoshell acts as a sintering inhibitor during the calcination process, thereby generating columnar structures that are not observed in the baseline cathode material.[3] Additionally, the primary particles of the Co coated cathode materials contain numerous distinct structures; the spinel-like structures aid in smooth Li^+ migration, improving the rate performance. The Co coated Ni-rich cathode material maintained a high rate capability and cycling stability, even after 1500 cycles, retaining 87.1% of its initial capacity at 0.8 C in the full cell.

P에환목-110

전이 금속 기반 프러시안 블루 아날로그-질화 탄소 이종 구조 복합체의 합성 및 광촉매적 수소 생산 효율 평가

김민선, 김보경, 김순현*
DGIST
(sh2358@dgist.ac.kr*)

Photocatalytic hydrogen (H_2) production is a promising method for sustainable and clean energy generation, but its practical application remains limited due to the low efficiency of existing photocatalysts. In this study, we synthesized novel graphitic carbon nitride (GCN)-Prussian blue analog (PBA) heterostructure composites using PBAs containing transition metals (Ni, Co, and Fe) and investigated their photocatalytic activity under visible-light irradiation. The structural and optical properties of the synthesized GCN-PBA composites were systematically characterized, including their visible-light absorption capacity and H_2 production efficiency. Among the synthesized composites, the GCN-NiFe exhibited superior photocatalytic performance, demonstrating significantly enhanced H_2 production under visible light compared to GCN-CoFe and GCN-FeFe composites. The enhanced photocatalytic activity of the GCN-NiFe composite can be attributed to its efficient charge separation and transfer characteristics, which minimize recombination losses. This study provides valuable insights into the development of efficient photocatalysts by integrating transition metal-based PBAs with GCN, offering a promising strategy for enhancing solar-driven hydrogen production.

P에환목-111

The challenges in all-solid-state lithium batteries from the perspective of Ni-rich layered cathodes

이인수, 선양국*
한양대
(yksun@hanyang.ac.kr*)

All-solid-state batteries (ASSBs) are promising next-generation battery system due to their high energy density and enhanced safety compared to conventional lithium-ion batteries (LIBs). Their performance depends on high-energy-density cathode composites, with Ni-rich layered cathodes being a key candidate. Ni-rich layered cathodes, known for their high energy density in LIBs, are also being explored for ASSBs. However, the relationships between cathode composition and electrochemical performances of ASSBs remain underexplored. This study examines how Ni-rich cathode materials affect ASSB performance and explores degradation mechanisms in sulfide-based solid electrolytes. Increasing Ni content extends the Li^+ diffusion pathway, influenced by particle morphology, reducing reversible capacity in initial cycles. Additionally, microcracks from anisotropic volume changes and interfacial reactions with the solid electrolyte contribute to performance degradation. Therefore, optimizing the morphology of Ni-rich cathode materials is crucial for improving performance and advancing high energy density for ASSBs.

P에환목-112

Improving Energy Efficiency of Single-Crystalline NCM Cathode Synthesis by Cyclic Sintering Method

박도운, 조창신*
포항공과대
(jochangshin@postech.ac.kr*)

As the electric vehicle (EV) market rapidly expands, lithium-ion batteries (LIBs) have taken a major portion of high-performance energy storage systems. High-Ni NCM cathodes have been widely studied due to their high theoretical capacity (275 mAh g^{-1}, NCM811) and relatively affordable costs. Unlike conventional polycrystalline NCM cathodes, single-crystal NCM cathodes do not have grain boundaries in each particle, allowing them to be a promising alternative to address issues such as intermolecular crack formation and corresponding electrolyte penetration, which are major causes of cycle instability and performance degradation. However, the synthesis of single-crystal NCM requires relatively long, high temperature sintering, leading to low energy efficiency during synthesis process. To overcome this, we introduced a novel thermal treatment protocol called cyclic sintering. This approach shortens the high temperature holding time and repeats several short high-low temperature cycles. Through this method, we aim to enhance the energy efficiency of single-crystal NCM synthesis, making it a more viable option for next-generation battery materials.

P에환목-113

Strategy of improving microstructure and surface of Ni-Rich Layered Cathode for Advanced Lithium-Ion Batteries

김민수, 선양국*
한양대
(yksun@hanyang.ac.kr*)

As the demand for lithium-ion batteries (LIBs) with higher energy density, longer cycle life, and lower cost increases, the need for advanced cathode materials has become more urgent.[1] As the Ni contents of the cathodes exceed 90%, compositionally engineered NCMA cathode lacks the chemical and mechanical stability. Herein, combination strategy for doping Sb into Ni-rich cathodes and F-coated (denoted as F-Sb-NCMA93) effects on the microstructural aspect and protect cathode surface through a chemical reaction between residual lithium compounds and a NH_4F coating agent.[2] Scanning electron microscope (SEM) image in cross-sections of Sb-doped NCMA93 (denoted as Sb-NCMA93) cathode particles shows much finer and elongated primary particles than the undoped cathode.[3] Furthermore, a fluorine-based coating generate a protective LiF layer which generally formed as a byproduct of electrolyte decomposition during cycling, provides cathodes with both chemical and electrochemical protection against parasitic attack by the electrolyte. The proposed F-Sb-NCMA93 cathode demonstrates superior cycling performance, retaining 93.7% after 1000 cycles at 1 C in full cell.

P에환목-114

Design of Porous Silicon/Carbon Composites for High-Energy Lithium-Ion Battery Anodes

서재욱, 손찬식, 추승혁, 이정규*
동아대
(jklee88@dau.ac.kr*)

EV 시장이 성장함에 따라 고에너지밀도의 이차전지의 수요가 높아지고 있다. 이에 따라 음극에서는 기존의 그라파이트 보다 약 10배의 이론 용량(4200 mAh g -1) 을 가지며 낮은 작동전압(0.4 V Li/Li +)을 가지는 실리콘이 차세대 음극소재로 각광받고 있지만, 리튬화 과정에서 동반되는 300%의 부피팽창으로 인해 상용화가 어려운 상황이다. 본 연구에서는 실리콘의 부피팽창을 수용하기 위해 dynamic magnesiothermic reduction(DMR) 기술을 이용해 다공성 실리콘(pSi)을 제조하고 열분해성 고분자인 polystyrene을 이용한 탄소 코팅을 통해 내부에 공극을 가진 다공성 실리콘/탄소 복합체(v-pSi@C)를 제조하였다. 이러한 공극을 가지는 다공성 구조는 실리콘의 리튬화 시 부피팽창을 수용할 수 있는 공간을 제공해 장수명 특성을 확보할 수 있었다. 제조한 샘플은 FIB-TEM을 이용한 입자 단면 이미지에서 성공적으로 구조가 형성된 것을 확인하였으며 비슷한 입자 크기의 상용 실리콘/탄소 복합체(SiMP@C) 대조군 대비 우수한 사이클 성능을 보였다. 충방전 사이클성능, EIS, 전극두께변화 측정 등으로 전극 소재별 구조적 특성과 전기화학적 특성의 상관성을 분석하였다.

P에환목-115

결함 공학 촉매를 기반으로 한 플라스틱의 가솔린 제품으로의 분해

DIPALI UPARE, 이철위, 이돈근, 강영수*
한국에너지공과대
(yskang@kentech.ac.kr*)

Recycling thermoplastics reduces environmental impacts from landfilling and incineration. Converting waste plastics into energy or valuable chemicals is more efficient than long-term recycling. Zeolites are effective catalysts due to their high acidity, shape selectivity, large surface area, and thermal stability.This study used thermogravimetric analysis (TGA) to investigate the low-temperature catalytic degradation of low-density polyethylene (LDPE) in a nitrogen environment. Zeolites with different Si/Al ratios, surface areas, acidities, and pore structures were tested for liquid fuel production. Brønsted and Lewis acid sites, help break C-C and C-H bonds in LDPE more easily by lowering the activation energy.Thermal treatment of Beta zeolite creates structural defects, affecting catalytic efficiency. Characterization techniques assessed defect-rich H-Beta and other catalysts. TGA analyzed LDPE degradation with and without catalysts.The Flynn-Wall-Ozawa method and Arrhenius equation determined activation energy (Ea). Results show defect-based catalysts lower Ea, enabling cracking at lower temperatures and improving product selectivity.

P에환목-116

The physico- and electrochemical properties of cobalt-free layered cathode across a range of lithiation temperatures

이인수, 선양국*
한양대
(yksun@hanyang.ac.kr*)

Ni-rich $Li[Ni_{0.9}Mn_{0.1}]O_2$ (NM90) has gained attention as a Co-free alternative to traditional NCM and NCA due to its excellent cycle life and absence of cobalt. A well-established approach to mitigating capacity fading in Ni-rich cathodes under high-potential cycling is the design of transition metal concentration gradients (CGs). The Mn-rich surface of CG cathodes can protect against chemical degradation, and also suppress crack propagation owing to the columnar-structured primary particles. However, their microstructure and compositional partitioning are highly sensitive to synthesis temperatures. Over-sintering can lead to concentration homogenization and grain overgrowth, degrading the electrochemical performance. In this study, Mo was introduced into CG NM90 to develop a high-performance and reliable Co-free cathode. The combination of CG design and Mo ensured structural and morphological consistency across a wide synthesis temperature range (750-810℃), leading to stable electrochemical properties. When cycled at an elevated potential of 4.3 V in full-cell testing, Mo-CG-NM90 retained 82.3% of its capacity after 1,000 cycles, meeting the performance criteria for EV batteries.

P에환목-117

Sol-gel 방식으로 합성한 Ce-CaO의 Ce 비율에 따른 흡착 성능 평가

유창환, 이기봉*
고려대
(kibonglee@korea.ac.kr*)

산업혁명 이후 온실가스 배출이 증가하면서 지구 온난화를 억제하기 위한 국제적 노력이 강화되고 있다. 이산화탄소를 포집, 활용 및 저장하는 CCUS 기술은 대표적인 탄소 배출 저감 수단으로 주목받고 있다. 이 중에서도 포집 과정이 전체 공정 비용의 대부분을 차지하기 때문에, 효율적인 이산화탄소 분리 기술 개발이 필수적이다. 흡착 기술은 여러 분리 방법 중 하나로, 적용되는 공정에 따라 적합한 흡착 온도와 흡착제가 달라진다. 예를 들어, CaO 기반 흡착제는 500-700℃의 고온에서 선택적으로 이산화탄소를 흡착할 수 있지만, 반복 사용 시 소결 현상으로 인해 성능이 저하되는 단점이 있다. 이를 극복하기 위해, 주된 소결 원인인 입자 응집을 방지할 수 있는 금속으로 Ce를 도입하였으며, 이는 반복 흡착 성능을 개선하는 효과를 기대할 수 있다. 또한, Ce의 도입은 산소 결손을 유도하여 이산화탄소 흡착 효율을 더욱 향상시킬 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 금속 전구체의 몰 비율(예, Ca/Ce)과 금속의 종류를 변수로 삼아 이산화탄소 흡착 성능의 최적화를 도모하였다.

P에환목-118

도시가스 배관망 수소혼입 관련 해외사례 및 정책 동향 분석

김지은*, 김부근
한국가스안전공사
(kims6446@kgs.or.kr*)

전 세계적으로 탄소중립 목표 달성을 위한 에너지 전환이 가속화됨에 따라, 천연가스 배관망에 수소를 혼입하여 활용하는 방안이 연구되고 있다. 기존 인프라를 활용할 수 있어 경제적 부담을 줄일 수 있으며, 수소경제 활성화에도 기여할 수 있어 중요한 기술로 평가된다. 하지만, 우리나라는 수소혼입에 대한 안전 관리 기준이 미비하다. 이를 해결하기 위해서는 해외 선행연구 사례 분석과 수소혼입 실증시험을 바탕으로 수소 호환성과 안전성 검증 및 국내 안전기준 정립과 관리체계 개선이 반드시 필요하다. 본 논문에서는 해외 사례 분석 및 도입 사례 분석하여 실증검증을 토대로 수소경제 활성화뿐만 아니라 안전성을 높이고자 한다. Acknowledgement: 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행 중인 연구 과제입니다. (과제명: 도시가스 배관망 수소혼입 안전성 평가/실증 및 안전기준 개발, 과제번호: RS-2023-00236237)

P에환목-119

Analysis of dielectric relaxation for propylene carbonate based electrolyte mixtures with an open-ended coxial probe

김효중, 윤태준*
서울대
(tyoon124@snu.ac.kr*)

The complex permittivity of an electrolyte can be used as a key property reflecting the ability of electrolytes to facilitate lithium-ion transport. In this study, we measured the complex permittivity spectra of ternary electrolyte mixtures consisting of propylene carbonate, dimethyl carbonate, and ethyl methyl carbonate from 0.1 to 8 GHz at 288.15, 298.15 and 308.15 K by using an open-ended coaxial probe (OECP) station. The spectra were modeled by the Cole-Davidson model, which yielded the static dielectric constant and relaxation characteristics. The measured static dielectric constants agreed with earlier studies within a 3% margin of error, and modeled using the Wang-Anderko model within an accuracy of approximately 1%. In the case of relaxation characteristics, the relaxation time and the exponent (β) showed significant changes at certain compositions, suggesting a structural transition in this electrolyte mixture. These results suggest that the OECP station can serve as a useful tool for analyzing the microscopic structure of various electrolytes and contribute to the search for optimal electrolyte compositions.

P에환목-120

A study on methane pyrolysis with metal beads for turquoise hydrogen production

이준형, 가야트리 인그래, 박근용, 장예지, 김현태, 무자파
아바스, 이은도*
한국생산기술연구원
(uendol@kitech.re.kr*)

Turquoise hydrogen produced by methane pyrolysis is eco-friendly method to gain hydrogen without emitting greenhouse gases such as carbon dioxide. The key reaction of turquoise hydrogen production is dissociating the bond between carbon and hydrogen, which is highly endothermic. Catalyst plays important role to reduce the activation energy of this pyrolysis reaction. This study investigates the catalytic performance of SUJ2 steel beads in methane pyrolysis within a 1-meter tube reactor under atmospheric pressure. A detailed analysis examines the effects of catalytic materials on methane conversion as a function of temperature and flow rate. Under optimal conditions, methane conversion reached 99% at 1,000 ℃ with a flow rate of 0.1 LPM but decreased to 20% at 1 LPM. SUJ2 steel beads demonstrated superior long-term stability, recyclability, and scalability. These findings highlight SUJ2 steel beads as a cost-effective and durable alternative to conventional catalysts, offering promising potential for large-scale methane pyrolysis applications.

P에환목-121

희토류 첨가 루테늄-망간 산화물 촉매의 결정 제어를 통한 암모니아 열분해 성능 향상

김준성, 홍현기, 한승목, 윤창원*
포항공과대
(cwyoon@postech.ac.kr*)

Ammonia is a promising COx-free hydrogen carrier which has not only its high gravimetric and volumetric hydrogen density, but also ease of liquefaction. Despite these advantages, to produce hydrogen by NH_3 decomposition, it requires high temperature with high gas hourly space velocity. The formation of oxygen vacancies is known as key active sites that strengthen metal-support interactions and enhance electron transfer to the catalytic metal, thereby enhancing catalytic activity. Manganese oxides which could have multiple oxidation number are known for oxygen storage material. In this study, we integrate MnO_2 with metals, and control structure with regulating oxygen vacancies. Furthermore, this approach enhances the electronic density within Ru metal, thereby optimizing catalytic performance. Furthermore, with catalytic characteristics analysis, this work would provide valuable insights for the development of advanced ammonia decomposition catalysts.

P에환목-122

도데칸 수증기 개질을 통한 플라스틱 열분해유 유래 수소 생산: Ni-$CeZrO_2$ 촉매의 Ni 담지량 최적화

방진식, 정대운*, 김주연, 박채연
국립창원대
(dwjeong@changwon.ac.kr*)

본 연구는 폐플라스틱 발생 문제를 해결하기 위한 방안으로 폐플라스틱 열분해유의 주요 성분인 '도데칸(Dodecane)'을 대상으로 수증기 개질 반응(WGS)을 이용하여 수소를 생산하였다. 촉매는 $Ce_{0.8}Zr_{0.2}O_2$ 담지체 위에 Ni 담지량을 1, 3, 5, 10 wt.%로 조절하여 공침법으로 제조하였으며 반응실험 및 특성분석 실험을 진행하였다. 실험 결과 5 wt.% Ni이 담지된 촉매가 도데칸 수증기 개질 반응에서 높은 활성과 장기 안정성을 유지하는 최적의 조성임을 확인하였고, 이는 우수한 산소저장능력(OSC), 강한 금속-담지체의 시너지 효과 덕분이었다. 각각 1, 3 wt.% Ni이 담지된 촉매는 활성점이 부족하여 개질 반응이 원활하게 이루어지지 않았으며, 10 wt.% Ni을 담지 촉매는 초기 활성이 높았지만 탄소침적(carbon formation)으로 인해 빠르게 비활성화되었다.이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단과 과학기술사업화진흥원의 지원을 받아 수행된 연구입니다.(RS-2024-00432910) 또한, 이 연구는 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구입니다(20214000000090, 수소에너지산업 고도화 인력양성)

P에환목-123

Influence of Lignin from Various Tree Species on Hard Carbon Anodes for Lithium-Ion Batteries

박수빈, 유지영*
경북대
(jyoo@knu.ac.kr*)

As the urgency of carbon neutrality and global warming challenges grows, energy storage technologies have become a key research focus. Lithium-ion batteries, known for their high energy density and long cycle life, are widely studied. However, the heavy reliance on graphite anodes raises concerns regarding environmental impact and resource sustainability. This study explores biomass-derived hard carbon as an alternative, emphasizing the role of lignin, a natural polymer in wood, in shaping the structural and electrochemical properties of hard carbon anodes. By examining correlations between tree species, pore structure, and electrochemical performance, the influence of lignin on hard carbon characteristics is analyzed. Through lignin extraction and carbonization from various tree species, the resulting hard carbon anodes are evaluated in Li-ion batteries. The optimized sample achieves a reversible capacity of 308mAh g^{-1} at 30mA g^{-1} and retains 99.8% capacity after 100 cycles. This study provides a foundation for further research on lignin-derived hard carbon, advancing sustainable battery materials for carbon neutrality.

P에환목-124

폐 PET 기반 구리가 담지된 활성탄의 제조 및 일산화탄소 흡착에의 적용

조문경, 정재형, 이기봉*
고려대
(kibonglee@korea.ac.kr*)

철강 제조 공정 및 부분 산화 공정과 같은 주요 산업 시설에서 일산화탄소가 반응 부산물로 발생한다. 일산화탄소는 독성이 강한 기체로 인체에 유해하며 심각한 환경 문제들을 발생시키므로 분리기술을 사용한 효과적인 처리가 필수적이다. 분리기술 중 하나인 흡착법은 공정이 비교적 간단하며 기존 산업 시설에 적용이 용이한 측면에서 주목을 받고 있다. 흡착법에 사용되는 다공성 소재들 중에서 활성탄은 생산 비용이 저렴하며 물리 화학적 안정성이 뛰어나므로 일산화탄소 흡착제로써 적용될 수 있다. 하지만, 활성탄만으로는 일산화탄소에 대한 흡착 성능이 낮기 때문에 효과적인 분리를 위하여 성능의 증진이 필요하다. 본 연구에서는 버려지는 polyethylene terephthalate (PET)를 전구체로 사용하여 활성탄을 제조하였으며, 일산화탄소에 대한 흡착 친화성을 높일 수 있는 금속인 구리를 활성탄에 담지하여 흡착제를 제조하였다. 이를 바탕으로 활성탄으로의 구리 담지 방식이 일산화탄소 흡착 성능 향상에 미치는 영향을 파악하였다.

P에환목-125

Exploring Phase Equilibria between Propylene carbonate, Dimethyl carbonate, Acetonitrile and CO_2 for Lithium-Ion Battery Electrolyte Recycling

김보민, 윤태준*
서울대
(tyoon124@snu.ac.kr*)

세계적으로 리튬이온 배터리의 사용량이 급격히 증가하면서, 전해질 재활용의 중요성이 커지고 있다. 그러나 화재 위험성 때문에 현재 대부분의 전해질이 폐기되고 있는 실정이다. 초임계 이산화탄소를 이용한 분리 공정은 전해질 재활용을 위한 유망한 기술 중 하나로, 소화기의 소화제로도 사용되는 이산화탄소를 활용하기 때문에 화재 위험을 줄일 수 있으며, 경제적·환경적 측면에서도 긍정적으로 평가받고 있다. 본 연구에서는 이산화탄소와 전해질의 용매인 프로필렌 카보네이트, 디메틸 카보네이트, 그리고 아세토나이트릴 간의 상호작용을 40, 60, 80 ℃에서 실험적으로 분석하였다. 이를 바탕으로 3차 상태 방정식과 Quadratic mixing rule을 활용하여 열역학적 모델을 개발하고, 평균 절대 상대 편차(AARD, Average Absolute Relative Deviation)를 통해 모델의 정확성을 평가하였다. 본 연구에서 구축한 모델은 향후 초임계 이산화탄소 분리 공정의 최적화에 기여하여, 전해질 구성 성분들의 수요와 공급 균형을 맞추는 데 도움을 줄 것으로 기대된다.

P에환목-126

Yolk-Shell 구조 $ZnCo2O_4$ Spinel 촉매를 활용한 폐기물 유래 합성가스의 고온 수성가스전이반응에 의한 수소 생산

민수빈, 이혜민, 정대운*
국립창원대
(dwjeong@changwon.ac.kr*)

연료전지에 공급되는 고순도 수소를 생산하기 위해서는 수성가스전이반응(Water Gas Shift, WGS)이 필수적이다. 그러나 촉매의 소결 현상은 수소 생산 효율을 저하시키므로, 촉매의 안정성을 향상시키는 연구가 필요하다. 본 연구에서는 소결 저항성이 높은 금속 Zn을 이용하여 Yolk-Shell 구조체를 통해 다양한 Zn:Co 몰비(1:0.5, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5)를 가진 $ZnCo_2O_4$ Spinel 촉매를 합성하여 몰비가 촉매 활성에 미치는 영향을 분석하였다. SEM 분석 결과, 적절한 Co 함량을 가진 $ZnCo_2O_4$ 촉매는 Yolk-Shell 구조를 형성한 반면, Co 함량이 낮을 경우 구형 형태만을 보였다. 반면, 안정성 테스트를 위한 TOS(Time on stream) 결과, $ZnCo_2O_4$ (1:1) 촉매는 구성 요소 간의 강한 상호작용으로 인해 우수한 열적 안정성을 나타내었다. 추가적으로, 촉매의 물리, 화학적 특성 분석을 위해 BET(Brunauer-Emmett-Teller), Chemisorption 분석, TPR(Temperature Programmed Reduction) 등을 진행하였다, 따라서, 본 연구에서 보고된 $ZnCo_2O_4$ (1:1) 촉매가 고온 및 높은 GHSV 조건에서도 안정적인 활성을 보이므로 실용적인 HT-WGS 촉매로서 적합함을 확인하였다. [사사]이 연구는 2024년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 G-램프(LAMP) 사업 지원을 받아 수행된 연구임. (No.RS-2024-00444460)

P에환목-127

Steric Hindrance-Driven Electrolyte Design for High-Performance Silicon Anodes: Enhancing Stability and Ion Transport

김다인, 유지영*
경북대
(jyoo@knu.ac.kr*)

Silicon (Si) anodes offer high theoretical capacity but suffer from severe volume expansion, leading to rapid capacity fading. To address this issue, we explore a weak solvation strategy using ethylene glycol dibutyl ether (EGDE) as solvents with LiFSI as the lithium salt. Our study reveals that EGDE and DGDE, due to their terminal butyl groups, induce steric hindrance, resulting in weakened Li^+-solvent interactions. This facilitates enhanced Li^+-anion interactions, lower desolvation energy, and improved interfacial ion transport, leading to enhanced electrochemical performance.Raman spectroscopy and electrochemical analysis confirm that EGDE exhibits the most favorable solvation structure, contributing to improved cycling stability and Coulombic efficiency in Si anodes. This work demonstrates that engineering solvation structures via steric hindrance provides an effective route to optimizing electrolyte design for high-performance Si anodes.

P에환목-128

Highly Efficient Nitrogen-Fixing Microbial Hydrogel Devicefor Sustainable Solar Hydrogen Production

박현서, 김대형*
기초과학연구원
(dkim98@snu.ac.kr*)

Conversion of sunlight and organic carbon substrates to sustainable energy sources through microbial metabolism has great potential for the renewable energy industry. Despite recent progress in microbial photosynthesis, the development of microbial platforms that warrant efficient and scalable fuel production remains in its infancy. Efficient transfer and retrieval of gaseous reactants and products to and from microbes are particular hurdles. Here,inspired by water lily leaves floating on water, a microbial device designed to operate at the air–water interface and facilitate concomitant supply of gaseous reactants, smooth capture of gaseous products, and efficient sunlight delivery is presented. The floatable device carrying Rhodopseudomonas parapalustris, of which nitrogen fixation activity is first determined through this study, exhibits a hydrogen production rate of 104 mmol h^{-1} m^{-2} , which is 53 times higher than that of a conventional device placed at a depth of 2 cm in the medium. Further-more, a scaled-up device with an area of 144 cm^2 generates hydrogen at a high rate of 1.52 L h^{-1} m^{-2} . Efficient nitrogen fixation and hydrogen generation, low fabrication cost, and mechanical durability corroborate the potential of the float-able microbial device toward practical and sustainable solar energy conversion.

P에환목-129

Microbial fuel cell utilizing nylon-based reinforced composite membrane

이재혁, 노성희*
조선대
(rohsh@chosun.ac.kr*)

The microbial fuel cell (MFC) is a bioelectrochemical technology that employs microorganisms as biocatalysts to directly convert the chemical energy stored in organic compounds into electrical energy. This study presents a comprehensive in-situ analysis of bioenergy production characteristics using a nylon-based reinforced composite membrane, representing a significant advancement over previous studies primarily focused on Nafion membranes. By employing the microbial fuel cell (MFC) configuration, empirical correlations were established for water diffusion coefficients and ionic conductivity as functions of water content and cell temperature. The findings highlight the potential of reinforced composite membranes in enhancing microbial fuel cell technology by optimizing power generation and wastewater treatment, thereby contributing to improved MFC performance.

P에환목-130

Reinforced composite membrane-electrode assembly for water electrolysis applications

이재혁, 노성희*
조선대
(rohsh@chosun.ac.kr*)

With the advancement of hydrogen energy technologies, increasing attention has been directed toward fuel cells and water electrolysis. Among these, the zero-gap membrane electrode assembly (MEA) plays a critical role in determining the performance and efficiency of electrolysis systems. The development of high-performance and durable MEAs is essential for the progress of hydrogen energy applications. The application of a magnetic field, which influences the migration strength and direction of ions during electrolysis, can be utilized not only to characterize MEA components but also to enhance electrochemical reaction rates and stability, depending on electrode magnetism and the inter-electrode gap. In this study, we investigate the effects of electrode structure on the activity and stability of proton exchange membrane water electrolysis (PEMWE) by fabricating and analyzing reinforced composite membrane electrode assemblies.

P에환목-131

Effects of Cu-In-Se Quantum Dots Surface Ligands on the Performance of Photoelectrochemical Hydrogen Production Electrodes

박수익, 정성목[1], 김재엽[1], 양지웅*
대구경북과학기술원; [1]단국대
(jiwoongyang@dgist.ac.kr*)

$CuInSe_2$ (CISe)-based QDs are attractive due to their heavy metal free composition and high absorption coefficient from near-infrared to visible light wavelength. In this study, we examine how distinct surface ligands affect the photoelectrochemical properties of CISe QD-based photoelectrode. To achieve this, colloidal CISe QDs with mono- or bifunctional surface ligands were deposited onto mesoporous titanium dioxide (TiO_2). In the case of monofunctional oleylamine surface ligands, partial removal of capping agents fosters direct adherence to TiO_2, promoting efficient charge transfer. By contrast, bifunctional mercaptopropionic-acid surface ligands act as bridges that increase the loading of QDs on TiO_2. As a result, photoanodes incorporating oleylamine-capped QDs deliver a photocurrent density of around 8.2 mA/cm², whereas mercaptopropionic-acid-capped QDs reach around 6.7 mA/cm² (at 0.6 VRHE under one-sun illumination).

P에환목-132

충전 과정에서 수소 저장 탱크의 내부 열전달 계수 계산을 통한 온도 예측 연구

심규석, 박병흥*
한국교통대
(b.h.park@ut.ac.kr*)

최근 지구온난화와 환경 문제로 인한 온실가스 배출 저감 요구가 전 세계적으로 대두됨에 따라, 친환경 대체 에너지의 개발이 중요한 과제로 떠오르고 있다. 그 중 수소 에너지는 높은 에너지 효율과 무공해 특성으로 주목받고 있으며, 특히 수소 연료전지 차량의 상용화가 진행됨에 따라 수소 저장 및 충전 시스템의 안전성이 중요한 연구 이슈로 부각되고 있다. 수소 충전 프로토콜인 SAE J2601는 수소 저장 탱크의 온도를 85℃ 이하로 제한하고 있어, 충전 시 탱크 내부 온도 예측이 필수적이다.이러한 배경에서 본 연구는 열전달 모델을 활용하여 수소 저장 탱크의 내부 열전달 계수를 산출하고, 이를 기반으로 탱크 내부의 온도를 추산하는 모델을 개발하는 데 초점을 두었다. 개발된 모델은 동일 조건 하에서 예측된 온도와 실험 데이터를 비교 분석하여, 실험값과 높은 일치도를 보이는 열전달 모델을 선정하는 과정을 거쳤다. 이를 통해, 수소 저장 탱크의 효율적 열관리 및 안전 운용 체계 확립에 기여하고자 하며, 본 연구 결과는 수소 저장 및 충전 시스템의 효율과 안전성을 높이는 데 기여하고, 관련 기술 발전의 기반을 마련할 것이다.

P에환목-133

폐기물 가스화 합성가스를 이용한 고온 수성가스전환 반응의 최적 CO 전환 조건 연구

공지현, 김민주, 권재민, 장원준*
아주대
(wjjang@ajou.ac.kr*)

본 연구에서는 폐기물 가스화 합성가스를 활용한 고온 수성가스전환 반응 (High temperature shift, HTS)에서 최적 CO 전환 조건에 대해 연구하였다. 폐기물 가스화로 생성된 합성가스는 일반적인 HTS 반응 가스와 달리 CO 농도가 높아, 상용 촉매 Fe-Cr을 사용하더라도 우수한 CO 전환율을 가지는 조건을 도출하고자 하였다. 산화제 (H_2O/CO) 비 1.0～4.0, 환원 온도 400～600 ℃, 그리고 환원 가스를 2% H_2/N_2, 5% H_2/N_2, 및 반응 가스로 설정하여 실험을 수행하였다. 열역학적 평형 계산 및 실제 실험 결과를 통해 산화제 비는 2.5가 최적 산화제 비였으며, 환원 온도는 낮을수록 CO 전환율이 높은 것을 확인하였다. CO 전환율이 가장 높은 400 ℃에서 환원 가스의 종류는 CO 전환율에 영향을 미치지 않았다. 추가적으로, 반응 가스를 이용한 촉매 환원 후 안정성 테스트를 진행한 결과, 모든 환원 온도에서 50시간 동안 비활성화 없이 안정적인 성능을 유지했다. 따라서, 폐기물 가스화 합성가스를 이용하여 HTS 반응을 진행한 결과, 산화제 비는 2.5, 환원 온도는 400 ℃가 최적 조건이며, 환원가스의 경우 낮은 온도에서 촉매 성능에 영향을 미치지 않으므로 반응 가스를 이용할 시 경제성을 향상시킬 수 있다고 판단된다.

P에환목-134

신규 GO-QPEI를 포함하는 유/무기 복합막 개발을 통한 우수한 내구성 및 이온클러스터를 갖는 음이온교환막 연구

이규하, 주지영*
에너폴리켐
(ebbuneg@hanmail.net*)

In this study, we present a strategy to improve the performance of anion exchange membranes (AEMs) by exploiting the superior properties due to the bonding between quaternized poly(phenylene oxide) (QPPO) and GO-QPEI (quaternized polyethyleneimine). To investigate the impact of this interaction, we fabricated organic/inorganic composite membranes with varying GO-QPEI content (0.4, 0.8, 1.2, and 1.6 wt%). The resulting membranes exhibited both flexibility and structural rigidity, with a uniform thickness ranging from 40 to 45 μm.The incorporation of GO-QPEI into the QPPO matrix improved the dimensional stability and enhanced the ion conductivity (at 90 ℃ under RH 100%) of the membranes due to noticeable hydrophilic/hydrophobic micro-phase separation of membranes. Utilizing the hydrophilic functional groups and robust support of GO-QPEI, the composite membrane accomplishes improved ion exchange capacity(IEC), swelling ratio, water uptake, and electrochemical performance.

P에환목-135

금속 나노파티클 합성을 통한 맥신의 전자파 차폐 성능 향상

황우진, 윤지수, 장재동, 김선준[1], 정희태*
한국과학기술원; [1]한국과학기술연구원
(heetae@kaist.ac.kr*)

With the rapid growth of electronic devices and high-speed communication demands, electromagnetic waves across various frequencies are increasingly used for data transmission. The Ka band, essential for 5G, autonomous vehicles, IoT, and AR/VR, enables high-speed data transfer but suffers from various problems. Thus, enhancing EMI shielding in the Ka band has become a critical research focus.MXene offers excellent EMI shielding due to high conductivity and multiple reflection mechanisms. Integrating metal nanoparticles with MXene boosts reflection and scattering, enhancing EMI shielding ability. This study synthesized Ti3C2 MXene with metal nanoparticles via rapid thermal shock, preventing oxidation. The resulting composite demonstrated superior shielding in the Ka band, promising improved reliability for high-frequency electronics.This research was supported by the National Research Council of Science & Technology (NST) grant by the Korea government (MSIT) (CRC22031-000)

P에환목-136

슈퍼커패시터용 고급 CuZnO 전극: 향상된 비용량 및 장기 안정성을 위한 전략

Tamboli Mohaseen , 하산 주하이브, 박현욱, 박진호*
한국에너지공과대
(chpark@kentech.ac.kr*)

With escalating industrial growth and energy consumption, the urgent need for renewable energy solutions has become evident, driven by pressing environmental protection concerns and the dwindling supply of natural resources. Among the available energy storage technologies, super-capacitors have begun to be recognized as a promising alternative due to their superior energy density, rapid charge-discharge capabilities, enhanced safety, and extended lifespan compared to traditional batteries. Herein, we have synthesized CuZnO electrode materials with varying compositions of Cu and Zn using a deep eutectic solvent approach. Among all the tested compositions, the optimized electrode exhibits the highest specific capacitance of 827 Fg^{-1} at 5 mVs^{-1} outperforming other Cu:Zn compositions. This remarkable improvement is attributed to its increased active surface area and the presence of a thin coating of nanomaterial. This optimized electrode also allows a faster transition of ions due to its extremely porous surface.

P에환목-137

해수 중 우라늄 추출 연구동향 분석: 아미독심-우라늄 결합 메커니즘 및 추출 효율 향상 전략

신영호*
한국원자력연구원
(sihnyh@kaeri.re.kr*)

As climate change concerns intensify, nuclear power—a carbon-free energy source—is gaining renewed attention. The global community, once shifting away from nuclear energy after Fukushima, is now reconsidering it, with G20 nations leading the policy shift. Meanwhile, the rising power demand from AI-driven data centers highlights the need for stable energy sources, positioning Small Modular Reactors (SMRs) as a promising solution.According to the IEA, global uranium demand will double to 120,000 metric tons annually by 2040. Uranium, essential for nuclear power, is currently obtained solely through mining, yet reserves may be depleted within 60 years. In contrast, seawater holds an immense uranium supply, sustaining demand for over 60,000 years, making seawater extraction a viable alternative. Since the 1960s, efforts have focused on extracting uranium from seawater, where its extremely low concentration poses technological challenges. Adsorption using fibrous materials coated with organic ligands remains the most promising approach, with amidoxime-functionalized adsorbents demonstrating effectiveness. However, extraction efficiency remains too low for economic feasibility.This study reviews research trends, including the binding mechanism between amidoxime and uranium, and studies exploring improved uranium-binding affinity.

P에환목-138

Anion-Exchanged Polymeric Hydrogel Electrolytes for Non-flow Zinc-Bromine Rechargeable Battery Energy Storage System

김연수, 홍정우, 박호석*
성균관대
(phs0727@skku.edu*)

Zinc-based energy storage systems are gaining attention as safer alternatives to lithium-ion batteries. Among them, zinc-bromine systems, capable of achieving up to 1.8V in aqueous electrolytes, have been developed as redox flow batteries. However, due to high maintenance costs, non-flow systems are becoming more favorable. Polymer electrolytes offer advantages such as high flexibility, durability, and dendrite suppression but face challenges like low ionic conductivity, poor electrode contact, and limited capacity. This study presents a high ion-conducting and flexible double-network (DN) hydrogel film for zinc-bromine batteries. DDALignoS-Zn(ClO4)2-ZnBr2 was synthesized through free-radical polymerization and ion exchange reactions. The hydrogel chain DDA-LignoS, formed DADMAC, MBAA, and lignosulfonate, underwent ion exchange with Zn(ClO4)2 and ZnBr2, demonstrating promising electrochemical properties.

P에환목-139

Enhancing the Performance of Lithium Metal Batteries through Phthalocyanine Surface Engineering

김현철, 김준수, 박호석*
성균관대
(phs0727@skku.edu*)

With the growing demand for batteries in electric vehicles and electronic devices, extensive research continues on lithium-ion batteries, known for their high energy density and voltage. However, intrinsic limitations such as low capacity and stability concerns have prompted increasing interest in next-generation energy storage technologies, including lithium-metal batteries and anode-less designs. A critical challenge in these systems is the formation of dendrites during charge-discharge cycles, which severely compromises stability. To overcome this issue, our research team is exploring an advanced direct coating strategy utilizing all-π structured polymeric phthalocyanine to effectively suppress dendrite growth and enhance electrochemical performance.

P에환목-141

리튬 이온 배터리용 고성능 실리콘 음극을 위한 코발트 프탈로시아닌-기능성 유기 나노섬유

조현규, 박호석*
성균관대
(phs0727@skku.edu*)

The growing demand for lithium-ion batteries (LIBs) with higher energy capacity and extended cycle life continues to drive advancements in battery technology. Silicon, boasting a high theoretical capacity of 4200 mAh g^{-1}, has emerged as a promising anode material. However, its significant volume expansion of approximately 400% and low electrical conductivity pose major challenges to cycling stability, hindering its commercialization.To address these issues, a novel strategy has been developed using polymeric cobalt phthalocyanine with a triethylene glycol linker (TEGCoPPc), uniformly coated onto carbon nanotubes (TEGCoPPc/CNT). This composite effectively mitigates capacity fading induced by silicon's volumetric changes.Silicon anodes integrated with TEGCoPPc/CNT exhibit outstanding rate capability and stable cycling performance, delivering a capacity of 1539 mAh g^{-1} at 8.4 A g^{-1} and retaining 1040 mAh g^{-1} after 200 cycles at 2.1 A g^{-1}. These findings highlight the potential of phthalocyanine-based organic materials in overcoming the limitations associated with silicon anodes, paving the way for their practical application in next-generation LIBs.

P에환목-142

부유식 계층형 하이드로겔 장치를 이용한 폐기물 유래 연료 생산을 위한 폐쇄형 광·전기촉매 시스템

김해성, 김대형*
서울대
(dkim98@snu.ac.kr*)

Continuous and sustainable fuel production is essential for a green-energy society. While solar-fuel generation via photocatalysis is renewable, its weather dependence and limited efficiency require innovation. We present a feedback-controlled closed-loop system integrating photo- and electrocatalysis in a compact, floatable device. This system offsets solar-fuel shortfalls via electrochemical methods, optimizing catalysts for activity, selectivity, and durability. The floatable design maximizes solar-to-fuel efficiency using gas-liquid interface photocatalysts and submerged electrocatalysts. This dual-mode elastomer-hydrogel device achieves 269 mmol-H_2 /h·m^2 plastic-waste-reforming under concentrated sunlight and nearly 100% Faradaic efficiency in formate production. When scaled to 1 m^2, it generates 23.7 mmol/h and 3.05 L/day of hydrogen from PET bottles under sunlight, maintaining stable output for a month. This closed-loop system enables reliable, cost-effective fuel production.

P에환목-143

Flexible heating device-equipped wearable hydrogen evolution system for thermolytic dehydrogenation of $NaBH_4$ and oxalic acid dehydrate composite

진준형*, 정해영, 성수환, 이승준, 김준민, 송민정[1]
경기대; [1]서경대
(jjh1023@kgu.ac.kr*)

The application fields of clean hydrogen energy are continuously expanding, and it is currently being used in various industrial fields, such as hydrogen power plants, hydrogen vehicles and so on. However, it is also true that hydrogen storage methods and safety issues still remain as challenges to be solved. Recently, an unmanned aerial vehicle powered by a proton exchange membrane fuel cell driven by pure hydrogen has been developed. In this study, we will further introduce a personal wearable hydrogen evolution system (HES) which actually generates pure hydrogen by thermal decomposition of sodium borohydride in the presence of appropriate catalytic additives. Since the HES can be used complementarily with conventional lithium-based secondary batteries, the HES can be utilized as an all-weather energy supply device for driving personal electronic equipment, not only for civilian use but also for military use.

P에환목-144

레드머드를 활용한 폐플라스틱 열분해유의 염소 제거 연구

김현지, 김진호, 김효식, 이예지[1], 강석환*
고등기술연구원; [1]경북대 차세대에너지기술연구소
(shkang@iae.re.kr*)

The chemical recycling of plastics not only addresses the waste problem but also serves as a substitute for fossil fuels, contributing to environmental protection and energy security. However, impurities such as chlorine-containing compounds in plastics or food residues result in significant chlorine content in pyrolysis oil.When used in industrial processes, this chlorine can cause safety issues such as leaks, blockages, and explosions due to pipeline corrosion, thereby restricting its use in industrial processes. In this study, we aim to remove chlorine from plastic-based pyrolysis oil using a red mud-based adsorbent. We analyzed the chlorine removal efficiency and the regeneration potential of the adsorbentThis work was supported by Korea Environment Industry & Technology Institute(KEITI) through Technology Development Project for producing material and fuel of waste plastic Program, funded by Korea Ministry of Environment(MOE). (2022003490004)

P에환목-145

혁신적인 rGO/NiMnB 나노하이브리드: 지속 가능하며 우수한 전기촉매로서의 전해 수분해 촉진

소남, 샤말리 라젠드라 버스[1], 베키아 티야가라즈 하시타[1],
닐레쉬 라자람 초단카르[2], 한영규[1], 허윤석*
인하대; [1]동국대; [2]칼리파대
(yunsuk.huh@inha.ac.kr*)

To advance green hydrogen energy, an innovative bifunctional electrocatalyst for overall water splitting (OWS) was developed by integrating 2D reduced graphene oxide (rGO) with NiMnB nanosheets (rGO/NiMnB). The high surface area of rGO ensures conductivity and stability, while boron (B) incorporation enhances nucleation and electron transfer.Synthesized via one-pot hydrothermal processing, the rGO/NiMnB electrode exhibits a crystalline 2D nanosheet structure, optimizing electroactive surface area. In 1.0 M KOH, it achieves HER at 159 mV (comparable to Pt/C) and OER at 110 mV (outperforming RuO_2) at 10 mA/cm². A symmetric OWS cell operates at 1.48 V, maintaining stability for 24+ hours under industrial conditions. This superior performance makes rGO/NiMnB a top-tier catalyst for next-generation water-splitting applications.

P에환목-146

석유 피치 유래 그래핀 유사 다공성 탄소를 이용한 고성능 아연 이온 커패시터의 음극 소재

소남, 샤말리 라젠드라 버스[1], 베키아 티야가라즈 하시타[1],
닐레쉬 라자람 초단카드[2], 한영규[1], 허윤석*
인하대; [1]동국대; [2]칼리파대
(yunsuk.huh@inha.ac.kr*)

Zinc ion capacitors (ZICs) are considered as ideal devices for large-scale electrochemical energy storage due to their complementary energy density, which is comparable to that of batteries, and superior power characteristics when compared to capacitors. However, the advancement of ZICs is quietly restricted by low specific capacity and cycling stability. Herein, utilizing abundant and cheap petroleum pitch as a precursor, graphene-like porous carbon has been constructed by simple heat treatment and chemical activation using $CaCO_3$. The formation of disordered micro and mesopores on carbon by $CaCO_3$ chemical activation and the high specific surface area were confirmed by N_2 adsorption-desorption. Cyclic voltammetry, Galvanostatic charge-discharge, and electrochemical impedance spectroscopy investigations were used to characterize the electrochemical characteristics. The as-obtained carbon material exhibited a high specific capacitance with superior rate capability. Moreover, the assembled aqueous ZICs in 1 M $ZnSO_4$ demonstrate the high voltage window (1.8 V) with excellent capacitance retention over 5000 cycles. This work opens a new avenue to increase the value-added utilization of petroleum pitch for innovative zinc-based energy storage technology.

P에환목-147

폐기물을 에너지 소재로: 와이너리 폐기물 유래 이종원소 도핑 그래핀 유사 다공성 탄소를 이용한 고전압 슈퍼커패시터

고쿨, 베키아 티야가라즈 하시타[1], 닐레쉬 라자람 초단카르[2],
한영규[1], 허윤석*
인하대; [1]동국대; [2]칼리파대
(yunsuk.huh@inha.ac.kr*)

Recycling industrial waste to produce energy and storage materials provides the best means of addressing its environmental impact and achieving economic benefits. This study used solid industrial winery waste to prepare an innovative heteroatom containing graphene-like porous carbon (HGPC) by simple heat treatment and chemical activation using KOH. The prepared N and S containing HGPC had a thin sheet-like structure, a high specific surface area (925.00 m^2/g), and a micro-meso-porosity suitable for sustainable energy storage applications. A density functional theory investigation indicated that the synergistic effects of N and S co-doping enhanced both conductivity and electrolyte ion (Na^+) diffusion kinetics in HGPC samples. Cyclic voltammetry, Galvanostatic charge-discharge, and electrochemical impedance spectroscopy investigations were used to characterize the electrochemical characteristics. The as-prepared carbon material exhibited a high specific capacitance with superior specific capacitance retention even after long-term cycling when tested in a three-electrode setup. Moreover, the assembled symmetric supercapacitor (SC) in diglyme-based electrolytes demonstrates the high voltage window (2.0 V) with superior

P 에환목-148

에틸렌글라이콜 삽입을 통한 MoS_2 층간 거리 조정 및 고성능 아연 이온 커패시터의 음극 소재로의 응용

고콜, 베키아 티야가라즈 하시타[1], 샤말리 라젠드라 버스[1], 닐레쉬 라자람 초단카르[2], 한영규[1], 허윤석*
인하대; [1]동국대; [2]칼리파대
(yunsuk.huh@inha.ac.kr*)

Zinc-ion capacitor (ZIC) is a promising energy storage device that has attracted significant interest for the inherent merits of relatively higher energy density and power density. However, the advancement of ZICs is seriously impeded by the limited choice of cathode materials due to their low reversibility and slow diffusion of divalent zinc cations in cathodes. Herein, we reported the ethylene glycol intercalated MoS_2 composites (EG-MoS_2) as cathodes for high-performance ZICs. Theoretical analysis suggests that EG intercalated MoS_2 (EG-MoS_2) drastically suppresses the intercalation energy for the hydrated Zn^{2+} ions with more favorable sites for the Zn^{2+} adsorption. Experimentally, the intercalated EG molecules expanded the interlayer spacing of the material from 0.639 to 0.948 nm, providing a large interlaminar channel for Zn^{2+} diffusion. Moreover, the addition of EG leads to the micromorphology of nanoflowers self-assembled by ultrathin nanosheets, exposing more active sites for ion and electron transport. Consequently, the optimized EG-MoS_2 electrode affords a maximal specific capacity of 380 F g^{-1} at 0.7 A g^{-1} and excellent rate capability. More importantly, the constructed ZIC delivered a high energy density of 74.11 W h

P 에환목-149

Simultaneous Microplastic Degradation and Hydrogen Production via Solar-Assisted Electrochemistry on TiO_2 Nanorods

배호섭, 최원용 [1]*
포항공과대; [1]한국에너지공과대
(wchoi@kentech.ac.kr*)

Efficient removal of microplastics (MPs) and sustainable hydrogen (H_2) production are critical for environmental remediation and clean energy. This study introduces a solar-electrochemical strategy utilizing TiO_2 nanostructures to achieve simultaneous MP degradation and H2 generation. Under solar illumination, TiO2 exhibits strong photoelectrochemical (PEC) activity, facilitating reactive radical formation for MP oxidation and efficient charge separation for enhanced H2 production. Kinetic analysis confirms the pivotal role of radicals in MP degradation, while photo-excited electrons contribute to H2 evolution. These findings demonstrate the potential of seawater-based PEC systems as dual-function platforms, offering a sustainable solution at the water-energy nexus.

P 에환목-150

α-Fe_2O_3 기반의 능동형 광전기화학적 과산화수소 생산 및 글리세롤의 고부가가치화

김사랑, 오동락, 장지욱*
울산과학기술원
(jiwjang@unist.ac.kr*)

Photoelectrochemical (PEC) H_2O_2 production via two-electron O_2 reduction is eco-friendly without emitting CO_2. α-Fe_2O_3 is an ideal semiconductor owing to its earth abundance, superior stability in water, and suitable band gap for efficient solar-light utilization. Moreover, its conduction band is suitable for O_2 reduction to produce H_2O_2. However, a significant overpotential for water oxidation is required due to the poor surface properties of α-Fe_2O_3. Thus, unassisted solar H_2O_2 production is not yet possible. Herein, we demonstrate unassisted PEC H_2O_2 production using α-Fe_2O_3 for the first time by applying glycerol oxidation, which requires less bias compared to water oxidation. We obtain maximum Faradaic efficiencies of 96.89 ± 0.6 and 100% for glycerol oxidation and H_2O_2 production, respectively, with high stability for 25 hours. Our results demonstrate the feasibility of unassisted and stable PEC H_2O_2 production using an α-Fe_2O_3.

P 에환목-151

다성분계 노말파라핀 혼합물 수첨업그레딩에서의 반응 조건 영향

이지은, 장정희, 이재홍, 장현성, 윤여진, 한기보*
고등기술연구원
(gbhan@iae.re.kr*)

이소파라핀은 바이오항공유 내 높은 비율로 존재하며, 수첨업그레이딩 반응은 이러한 이소파라핀을 얻기 위해 바이오항공유 제조 과정에서 적용된다. 해당 수첨 업그레이딩 반응은 수첨 크래킹과 이성질화 반응을 동반하며, 이를 통해 이소파라핀이 혼합된 탄화수소 혼합물이 제조될 수 있다. 이 과정에서 반응 조건은 생성물의 탄화수소 분포와 수율에 영향을 줄 수 있는 주요 인자로 작용한다. 따라서, 본 연구에서는 다양한 반응 온도 조건에서 다성분계 노말파라핀 혼합물을 원료로 수첨 업그레이딩 반응을 수행하였으며, 생성물의 탄화수소 조성 및 수율을 확인하였다.

P에환목-152

anion-flux 고분자 금속 프탈로시아닌의 분자 설계 및 리튬 금속 전지의 응용

김준수, 박호석*
성균관대
(phs0727@skku.edu*)

Lithium (Li) metal anodes have received significant attention owing to their high theoretical capacity and low electrode potential. Multifunctional artificial layers are considered as a promising approach to resolve technical issues of Li metal anodes such as the dendrite formation and the uncontrollable electrolyte decomposition. Herein, we demonstrate molecular engineering of anion fluxing, Li-ion transporting metal phthalocyanine polymers (MTP), varying the types of metal centers (M = Co, Cu, Zn, or H_2) and incorporating lithiophilic triethylene glycol linkers, for the reversible Li deposition. In particular, Co incorporated MTP (CoTP) was chosen as the optimum one inducing locally TFSI anion rich interphases through the adsorption on the Co-N_4 center and facilitating the interfacial Li ion transfer. As characterized by spectroscopic, cryo-TEM, and computational analyses, the uniform and dense LiF-rich solid electrolyte interphase (SEI) layers were formed by the anion fluxing capability of CoTP, which is totally different from the previous approaches based on self decomposition of electrolyte compositions or artificial layer. This unique interphase of LiF rich SEIs and CoTP layers allowed the symmetric cells with Li electrochemically deposited CoTP (with 50 nm thickness) conformally coated on carbon cloth (Li@CoTP@CC) to achieve the record high cyclic stability over 2500 hours at 1 mA cm^{-2} and 1 mAh

P에환목-153

화학 수소화물 가수분해를 통한 고압, 그리드 독립적 수소 생성 기술: 실증 및 배치 전략

김찬, 곽재원, 펠리시아 알비타 테다, 온의림, 김근수, 손현태, 남석우, 서지희[1], 김한진[1], 김평순[1], 이재용[1], 장지훈[1], 정향수*, 김용민
한국과학기술연구원; [1]현대자동차
(hsjeong@kist.re.kr*)

This study introduces a non-mechanical, grid-independent hydrogen production and compression system using formic acid-assisted hydrolysis of sodium borohydride (SBH). The system can generate hydrogen at pressures up to 90.0 MPa with minimal energy consumption (0.63 kWh·kg-H_2^{-1}). Key parameters for optimizing SBH conversion, storage density, and purity were identified. The system operates at over 48.8 MPa and meets purity requirements for PEM fuel cells. A techno-economic assessment highlights its potential for mobile and emergency applications as SBH prices decrease. This approach provides a compact, efficient alternative to traditional compressors, advancing hydrogen refueling infrastructure.

P에환목-154

Zwitterion-Incorporated Hydrogel Polymer Electrolyte for Zinc-Ion Batteries

맹도영, 장지현[1], 김진혁[1], 이정현*
KIER; [1]서강대
(junghyun279@kier.re.kr*)

A zwitterion-incorporated hydrogel polymer electrolyte capable of effectively suppressing dendrite formation and zinc anode corrosion in aqueous zinc-ion batteries (ZIBs) was developed. Aqueous ZIBs often suffer from severe dendrite growth and corrosion at the zinc anode surface, negatively impacting their long-term performance. To address these challenges, we synthesized a gel polymer electrolyte (GPE) characterized by high ionic conductivity, robust mechanical strength, and simple fabrication. A carefully selected zwitterionic additive was integrated into this GPE, substantially suppressing dendritic growth and reducing corrosion-induced side reactions. The zwitterion-modified GPE was prepared via a straightforward in-situ photo-polymerization method, enabling convenient handling while retaining excellent mechanical properties. The optimized electrolyte promoted homogeneous zinc deposition, effectively suppressing dendrite formation and significantly decreasing detrimental corrosion-related interfacial reactions.

P에환목-155

Effect of Separator Properties on Electrochemical Performance and Cycle Life in Zinc-Ion Batteries

김진혁, 맹도영[1], 양성윤[1], 이정현*
KIER; [1]충남대
(junghyun279@kier.re.kr*)

Zinc-ion batteries (ZIBs) are gaining interest as a promising next-generation rechargeable battery technology due to their high capacity, stability, and environmental advantages. However, their electrochemical performance and long-term stability are strongly affected by the transport behavior of Zn^{2+} ions and the uniformity of Zn plating and stripping, both of which are closely linked to the physicochemical properties of the separator. As an essential component, the separator not only prevents direct contact between the cathode and anode but also plays a crucial role in controlling ion transport within the system. In this study, we investigated the influence of different separator materials, including glass fiber membranes, cellulose acetate and polypropylene, by evaluating their ionic conductivity, electrolyte uptake, and wettability. The findings revealed that separator characteristics such as thickness, pore size, and pore distribution significantly impact the overall battery performance. In particular, separators with higher wettability and superior ionic conductivity contributed to enhanced electrochemical performance and improved cycle life.This study highlights the importance of selecting appropriate separator materials for ZIBs and provides practical insights for improving their performance and durability.

O열역목-1

지속 가능한 가스 하이드레이트 응축 기술을 사용한 향상된 CO_2 포집

목정훈*, Amadeu K. Sum[1]
경기대; [1]콜로라도광업대
(jhmok@kyonggi.ac.kr*)

Carbon Capture and Storage (CCS) technologies are vital for achieving carbon neutrality. This study presents a pioneering "gas hydrate condensation" technique for CO2 capture, utilizing water vapor and controlled convection to co-condense with CO2 on chilled surfaces, forming gas hydrates. This innovative method overcomes the limitations of traditional techniques that rely on bulk water, by incorporating both liquid CO2 condensation/vaporization. Here, condensed liquid CO2 serves a dual role: as a refrigerant that aids in transferring cold energy, and as a water carrier, which significantly speeds up the hydrate condensation process. This approach has demonstrated a tripling in CO2 capture rates compared to traditional gas hydrate methods. Additionally, this paper explores the distribution and morphology of the formed gas hydrates, providing foundational insights for the future development and scaling of this technology. These findings mark a substantial progress in gas hydrate-based CCS, offering a versatile, efficient, and sustainable method for capturing CO2 and other greenhouse gases.

O열역목-2

Structure-H Hydrate Formation Induced by Large Guest Molecules of Structure-II Hydrate

설지웅*
서울대
(seoljiwoong@snu.ac.kr*)

This study is the first to reveal that cyclohexylamine (CHA) forms a structure-II (sII) hydrate in the presence of CH4 help gas. Interestingly, however, CHA can also form structure-H (sH) hydrates under certain conditions. Cyclohexanol exhibits a similar behavior, selectively forming either sII or sH hydrate depending on the environment. This study challenges the prevailing understanding that each large guest molecule forms a single type of hydrate. This remarkable structural modification, induced by the inclusion of dual guests, is expected to drive breakthroughs in the development and application of sustainable hydrate-based technologies.

O열역목-3

일차 아민 열역학적 촉진제를 이용한 하이드레이트 기반 메탄 저장 기술의 저장 용량 향상

옥유성, 양우영, 이승인, 서동주, 박영준*
광주과학기술원
(young@gist.ac.kr*)

In an effort to reduce the storage energy of hydrate-based solidified natural gas (SNG) technology, organic guest molecules such as tetrahydrofuran (THF) and cyclopentane (CP) are widely utilized as thermodynamic promoters to facilitate hydrate formation. However, achieving the theoretical maximum storage capacity of sII hydrate, which is approximately 118 mmol of CH_4 per mol of H_2O, remains a challenge. This study explores the abnormal ability of primary amine molecules, including n-propylamine (nPA), tert-butylamine (TBA), isopropylamine (IPA), cyclopentyl amine (CPA), and cyclohexyl amine (CHA), to significantly enhance CH_4 storage capacities in CH_4 hydrates, highlighting their effective role as thermodynamic promoters. To further understand this phenomenon within the scope of host-guest interactions, a comprehensive lattice-scale investigation was conducted, including crystallographic analysis through Rietveld refinement and concluding with density functional theory (DFT) analysis.*This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grants funded by the Korea government (MSIT) (No. RS-2024-00356944).

O열역목-4

Influence of NaCl on the guest capture dynamics of $CH_4 + CO_2$ hydrates

박민서, 김성우, 목정훈[1], 서용원*
UNIST; [1]경기대
(ywseo@unist.ac.kr*)

Simultaneous CH_4 production and CO_2 sequestration through guest replacement in natural gas hydrates is a promising carbon-neutral technology. Since vast deposits of natural gas hydrates exist in marine sediments, it's crucial to consider the impact of sodium chloride (NaCl) on the overall process. In particular, NaCl can significantly influence the formation of $CH_4 + CO_2$ hydrates during the guest replacement. This study analyzes the formation dynamics of $CH_4 + CO_2$ hydrates in NaCl solutions and examines how NaCl affect the enclathration behavior of each guest. The growth kinetics of hydrates at varying NaCl concentrations were assessed through gas uptake measurements, while gas chromatography analysis explored the selective capture behavior of each guest. Powder X-ray diffraction was performed to investigate the structural properties of hydrates, and Rietveld refinement was employed to determine the respective cage occupancy of each guest within small (5^{12}) and large ($5^{12}6^2$) cages. These findings offer fundamental data for understanding the overall behavior of guest replacement in natural gas hydrates within submarine sediments.

O열역목-5

Inhibition of CO_2 Hydrate Formation Using Amino Acid Derivatives: An Experimental and Computational Approach

문성주, 고우진[1], 목정훈[2], 서용원*
UNIST; [1]HD Korea Shipbuilding & Offshore Engineering; [2]경기대
(ywseo@unist.ac.kr*)

Addressing the challenges posed by climate change necessitates the implementation of Carbon Capture, Utilization, and Storage technologies to achieve carbon neutrality. However, transporting CO_2 under low-temperature and high-pressure conditions can result in the formation of CO_2 hydrates within pipelines, causing blockages, ruptures, and explosions. This study examined the potential of selected amino acid derivatives (creatine, sarcosine, and dimethylglycine) as novel kinetic hydrate inhibitors (KHIs) for CO_2 hydrate formation. The effectiveness of these derivatives as KHIs was assessed by measuring the onset temperatures and gas uptakes of CO_2 hydrates using a high-pressure autoclave reactor. Molecular dynamics simulations were performed to unravel the molecular inhibition mechanisms. Both experimental and simulation results showed that amino acid derivatives significantly inhibit CO_2 hydrate formation, thereby improving pipeline safety and sustainability in CO_2 transportation.

O열역목-6

물과 열역학적 촉진제의 흡수 정도 차이에 의한 고흡수성 수지 내 수소 하이드레이트의 수소 동공 점유 거동 분석

김민경, 이원형[1], 이재우[1], 안윤호*
숭실대; [1]한국과학기술원
(yhahn@ssu.ac.kr*)

클러스레이트 하이드레이트는 물 분자들의 수소 결합으로 형성된 격자 구조 내에 객체 분자를 포집하는 포접화합물이다. 하이레이트를 활용한 가스 저장 기술을 대규모로 적용하기 위해서는 기존의 에너지를 많이 소비하는 교반 과정 없이 하이드레이트를 형성할 수 있는 비교반 공정을 개발하는 것이 중요하다. 일반적으로 기체와 물의 접촉 면적을 극대화할 수 있는 다공성 매체를 활용하여 교반 과정이 필요 없는 비교반 하이드레이트 형성을 촉진한다. 본 연구에서는 고흡수성 수지(Superabosorbent Polymers, SAPs)를 이용하여 수소 하이드레이트의 형성 속도를 향상시키고자 하였다. SAPs는 다량의 물을 흡수할 수 있는 가교된 친수성 고분자로, 내부 매트릭스에 용액을 분산시켜 비교반으로 하이드레이트 형성을 가능하게 한다. 물의 초기 상태를 THF 하이드레이트 상 (Hydrate-borne)과 THF 용액 상 (Solution-borne)으로 구분하고 수소를 가압하여 수소 하이드레이트의 형성 속도와 저장량을 비교하였고, Porous 한 하이드레이트 상에 수소를 로딩하는 방법이 좀 더 우수한 저장량과 형성속도를 보였다. 또한, 하이드레이트 내 존재하는 큰 동공을 모두 열역학적 촉진제로 채울 수 있는 당량 농도 (5.56 mol%)를 사용했음에도 불구하고, SAPs 내 수소 하이드레이트 형성 시 수소가 일부 큰 동공을 차지하는 튜닝 현상이 관찰되었다.

O열역목-7

Role of Amphiphilic Additives in Adsorption and Diffusion Characteristics of Zinc Ions on Anode Surfaces

김여진, 안용남*
가천대
(yahn@gachon.ac.kr*)

Aqueous zinc-ion batteries are spotlighted as a promising next-generation energy storage system, but their practical application is hindered by issues such as hydrogen evolution and dendrite formation. Since most of the side reactions occur at the interface between Zinc metal electrode and aqueous electrolyte, this study focuses on elucidating the diffusion and adsorption characteristics of zinc ions at the electrode-electrolyte interface, and examines how amphiphilic additives such as oleic acid modulate these interfacial phenomena. Through molecular dynamics (MD) simulations, the solvation/desolvation mechanisms of Zn ions near the interface are investigated in atomic level. Analyses of Zn ion deposition and surface diffusion on Zn metal electrode are expected to provide insights into the efficacy of various additives in preventing dendrite growth.

O열역금-1

Molecular-Level Insights into Design of Electrolyte/Additive for Enhancing High Voltage Stability of $LiCoO_2$ in Lithium-Ion Batteries

손준수, 이동규, 이태경*
경상국립대
(tklee8865@gnu.ac.kr*)

The integration of high-voltage lithium cobalt oxide ($LiCoO_2$) as a cathode material can substantially increase the energy density of lithium-ion batteries. However, when exposed to high voltage, oxidation of the electrolyte produces HF, which degrades the cathode-electrolyte interface (CEI). Moreover, Co leaching from an unstable CEI leads to an uneven solid-electrolyte interface, accelerating battery failure. In this study, we conducted density functional theory (DFT) calculations to explore effects of the electrolytes/additives. The oxidation mechanism verified that CO_2 formation from ethyl butyrate electrolyte is thermodynamically unfavorable. Furthermore, investigations into reaction mechanisms confirmed that tris(trimethylsilyl) phosphite and 1,3,6-hexanetricarbonitrile additives effectively scavenge HF and stabilize PF_5. Applying DFT calculations to design of the electrolyte/additive provides valuable insights into enhancing the stability of high-voltage lithium-ion batteries.

O열역금-2

Computational Study on De-Doping Engineering for Thermal Durability of Perovskite Solar Cells

이동규, 이태경*
경상국립대
(tklee8865@gnu.ac.kr*)

Perovskite solar cells (PSCs) with hole-transporting layers based on 2,2′,7,7′-tetrakis[N,N-di(4-methoxyphenyl)amino]-9,9-spirobifluorene (spiro-OMeTAD) achieve power conversion efficiencies over 26%. However, issues of thermal instability persist under heat exposure. The conventional 6:1 ratio of 4-tert-butylpyridine (tBP) to lithium bis(trifluoromethanesulfonyl)imide (LiTFSI) improves solubility. However, it leads to de-doping and a decrease in conductivity by reducing spiro-OMeTAD$^{\bullet+}$TFSI$^-$ radicals. To address these issues, de-doping engineering is essential, and adjusting the molar ratio of tBP to LiTFSI is a key approach. In this study, we performed molecular simulations and revealed that a 1:1 ratio of tBP:LiTFSI stabilizes Li^+-tBP complexes, reducing free tBP and mitigating de-doping. This strategy enhances doping stability, increases the glass transition temperature, and improves PSC durability, offering a solution to thermal stability challenges in spiro-OMeTAD-based PSCs.

O열역금-3

Computational Study on Chain Diffusion in Polyurethane Coating via Core-shell Structures

조유빈, 김규리, 이태경*
경상국립대
(tklee8865@gnu.ac.kr*)

In polyurethane coatings, insufficient chain diffusion leads to the formation of a non-uniform film which causes the degradation of mechanical properties. In this study, we constructed three core-shell structures in which the NCO and OH groups function as crosslinkable sites. We demonstrated that the polyurethane crosslinking reaction was thermodynamically favorable via density functional theory calculations. Furthermore, we performed molecular dynamics simulations to compare chain diffusion behavior between the core and shell structures for in-chain, ex-chain, and crosslinker systems. Based on these results, in-chain system exhibited a higher crosslinking density compared to ex-chain and crosslinker systems. By analyzing chain diffusion rates, we identified intermolecular interactions in polymer chains. This study provides a theoretical perspective on the crosslinking reaction within core-shell structures and insights into the development of polyurethane coatings.

O열역금-4

유연한 금속-유기 골격체의 상전이 예측을 위한 범용 역장 개선

김도훈, 임윤성, 김지한*
KAIST
(jihankim@kaist.ac.kr*)

Metal-organic frameworks (MOFs) are versatile materials with tunable properties, enabling their application in diverse fields. Flexible MOFs, characterized by their dynamic response to external stimuli, have gained significant attention for their gas storage capabilities. However, predicting their flexibility, especially in wine-rack frameworks undergoing phase transitions, remains challenging. In this study, we developed a refined force field (UFF4FlexMOF) based on UFF4MOF to predict flexibility in wine-rack MOFs. We introduced key enhancements to accurately model metal coordination environments and π-π interactions, with a focus on MIL-53 frameworks as representative flexible MOFs. The UFF4FlexMOF showed superior performance compared to the UFF4MOF, achieving lower mean absolute errors in energy and volume predictions while accurately reproducing phase transitions relative to DFT results. Validation using experimentally synthesized MOFs confirmed its predictive accuracy.

O열역금-5

머신 러닝 퍼텐셜을 활용한 CO2 직접 공기 포집 목적 금속-유기 구조체 스크리닝 개선

임윤성, 박현수[1], Aron Walsh[1], 김지한*
KAIST; [1]Imperial College London
(jihankim@kaist.ac.kr*)

Direct air capture (DAC) of CO_2 is crucial for climate change mitigation but is limited by low atmospheric CO_2 concentration and competition from water vapor. Metal-organic frameworks (MOFs) offer promise due to their high surface areas, tunable porosity, and low-cost adsorption processes. However, identifying optimal MOFs is challenging due to their structural complexity and vast chemical space. Here, we develop universal machine learning force fields (MLFFs) by fine-tuning foundation models for DAC applications. To prevent smoothing and catastrophic forgetting, we constructed proper dataset for training and introduce a continual learning loss function. We also develop DAC-SIM, a molecular simulation package integrating these MLFFs, achieving ab initio accuracy with computational speeds of classical force fields. Using DAC-SIM, we screen the CoRE MOF 2019 database, identifying optimal candidates and categorizing key chemical features. This approach overcomes classical force field limitations, marking a transformative step in data-driven MOF discovery.

O열역금-6

Computational Screening of Photo-Acid Generators via Multiscale Simulation for Enhanced Line Edge Roughness in Photoresist

이승민, 권성현, 곽상규[1]*
울산과학기술원; [1]고려대
(skkwak@korea.ac.kr*)

Photoresist is a key material for patterning silicon wafer in the fabrication process of semiconductor device. In the extreme ultraviolet (EUV) photolithography, it is critical to investigate the photoresist system enabling reduced line edge roughness (LER). As the reduction of LER strongly depends on the homogeneously distributed Photo-Acid Generator (PAG), we conducted multiscale simulations involving density functional theory (DFT) calculation, molecular dynamics (MD), and coarse-grained molecular dynamics (CGMD), in theoretical search of promising candidate among ten PAG molecules. First, DFT calculation was performed to capture the LUMO level and binding energy of PAG. Secondly, through MD simulation, the Hildebrand solubility parameters were obtained to evaluate the miscibility of PAG prior to solvent evaporation. Lastly, CGMD simulations were conducted to analyze photoresist model system under solvent-evaporated condition to obtain diffusion coefficient of PAG. Our theoretical performance guideline set up by multiple descriptors worked well and consistently to reveal experimental LERs, and to this end, promising PAG candidates for enhanced LER were suggested.

O열역금-7

이산화탄소 직접 포집을 위한 비결정형 금속-유기 골격체 스크리닝

김영훈, 김지한*
KAIST
(jihankim@kaist.ac.kr*)

Amorphous metal-organic frameworks (aMOFs), which are a non-crystalline phase of crystalline metal-organic frameworks (MOFs) made by applying stress, have gained scientific interest due to their critical enhancement in myriad of applications. However, the material space of aMOFs has not yet been thoroughly examined due to absence of screening scheme and proper database. For this reason, we have suggested a proper amorphization scheme that could computationally design aMOF and created a database for screening. We have judiciously selected promising aMOFs with enhanced CO_2 direct air capture performance and analyzed its possible chemical moieties that are unique to aMOFs.

O열역금-8

이산화탄소 환원을 위한 광촉매금속-유기 구조체의 고속대량 스크리닝

김준호, 김지한*
KAIST
(jihankim@kaist.ac.kr*)

Carbon dioxide reduction requires a substantial amount of energy, and to lower the energy demand, research utilizing various catalysts is being conducted. Among these catalysts, photocatalysts have garnered significant attention due to their mild reaction conditions and the utilization of renewable energy sources. Notably, metal-organic frameworks (MOFs), a class of porous materials, possess unique characteristics such as high surface area and high tunability, making them well-suited as photocatalysts. However, it is inefficient to synthesize and evaluate the catalytic performance of all possible MOFs. High-throughput screening can address this efficiency issue by rapidly identifying promising candidates. High-throughput screening for photocatalytic MOFs has so far focused primarily on the intrinsic properties of the materials rather than on the chemical reaction mechanisms. In this study, we propose a new screening method that considers not only the characteristics of MOFs but also the carbon dioxide reaction mechanisms. We also conducted an analysis to verify the effectiveness of this approach.

P열역금-1

First-Principles Design of Pt_3 M + X Catalysts for Optimized Methylcyclohexane Dehydrogenation

Monica Malik, 강성구*
울산대
(sgkang@ulsan.ac.kr*)

Efficient and cost-effective methylcyclohexane (MCH) dehydrogenation catalysts are essential for advancing liquid organic hydrogen carrier (LOHC) technologies. Using density functional theory (DFT) calculations, we investigate ordered Pt_3 M (M = Co, Ni) intermetallic catalysts and their performance enhancements through strategic surface promotion (X = alkali, alkaline earth metals). Our results reveal that Pt_3 Ni maintains the catalytic efficiency of pristine Pt(111) while reducing noble metal usage. Further, specific promoters (Pt_3 M + X) lower activation barriers, accelerating hydrogen release, while others modulate surface interactions to control reaction selectivity. These findings provide a rational framework for designing intermetallic catalysts with tailored surface modifications, optimizing activity and selectivity for LOHC applications.

P열역금-2

Influence of N_2 Micro-nanobubbles on CO_2 Hydrate Formation: Experimental and Molecular Simulation Insights

윤소영, 목정훈[1], 장현기, 서용원*
울산과학기술원; [1]경기대
(ywseo@unist.ac.kr*)

Micro-nano bubbles (MNBs) play a crucial role in the formation and dissociation of gas hydrates, which encapsulate significant amounts of gases. Notably, MNBs have been proposed as a key factor in the "memory effect," where hydrate formation occurs more readily after prior dissociation. This study investigated the acceleration of CO2 hydrate formation in the presence of N2 MNBs. The existence of N2 MNBs after rapid depressurization was confirmed by measuring the zeta potential and size distribution. Experimental results showed that the onset temperature of CO2 hydrate formation was higher in the presence of N2 MNBs, indicating that they promote CO2 hydrate formation despite the difference in gas species between the bubbles and the hydrate guest molecules. Molecular dynamics (MD) simulations revealed two promotion mechanisms: (1) a locally elevated CO2 concentration around the bubbles and (2) the transient formation of N2 cages. As the first study to examine the promotion effect of MNBs using both experimental and simulation approaches, this work provides valuable insights into the role of MNBs in hydrate formation and their molecular behavior during the process.

P열역금-3

Exploring the Role of Framework Flexibility in Methane Storage: A Computational Study on Porous Aromatic Frameworks

첸유, 이택기, 정용철*
부산대
(drygchung@gmail.com*)

Porous materials are promising candidates for gas storage due to their high surface areas and tunable structures. In this study, we introduce a newly designed carbon-based porous aromatic framework, C-PAF-E, featuring extended linkers to enhance flexibility. Experimental measurements show high methane uptake under high pressure compared to conventional PAFs. To investigate the structural behavior, computational models of C-PAF-E were generated with various topologies and fully relaxed using molecular dynamics (MD) simulations. Grand canonical Monte Carlo (GCMC) simulations were performed on 244 computational models with smaller pores below 15 Å to determine nitrogen adsorption isotherms, which were then fitted to experimental N_2 isotherms to estimate the composition of different structural models in the actual material. Further MD simulations, with and without adsorbates, revealed that the extended linkers induce structural swelling, increasing accessible pore volume and improving adsorption capacity. These findings suggest that framework flexibility can play an important role in methane storage and provide a basis for further material optimization.

P열역금-4

Competitive Formation Behavior of sI and sH Hydrates in the Ternary CH_4 + CO_2 + Neohexane System: A Thermodynamic and Kinetic Perspective

김성우, 류지민, 임준규, 목정훈[1], 서용원*
UNIST; [1]경기대
(ywseo@unist.ac.kr*)

For the carbon-neutral era, effective CO_2 management has become imperative. Among various approaches, CH_4-CO_2 replacement has attracted attention due to its dual benefits: CO_2 sequestration and CH_4 recovery. While sI hydrates remain stable, pre-existing sH hydrates undergoes dissociation during guest replacement, leading to secondary hydrate formation from mixtures of sH formers, CH_4, and CO_2. This study investigated the guest encapsulation and competitive formation behaviors of sI and sH hydrates in the ternary CH_4 + CO_2 + neohexane system from both thermodynamic and kinetic perspectives. In-situ Raman spectroscopy and NMR analyses revealed the preferential formation of sI over sH hydrates under the examied conditions. Additionally, quantitative comparisons between the two structures were conducted via PXRD analysis. These findings offer insights into the post-replacement behavior of sH hydrates and enhance our understanding of the competitive formation between sI and sH hydrates.

P열역금-5

Adsorption Characteristics of Zinc Ions on the $SrTiO_3$-Coated Zn Anode Surface for Aqueous Zinc Ion Batteries

최민환, 안용남*
가천대
(yahn@gachon.ac.kr*)

Aqueous zinc ion batteries (AZIBs) are being recognized as the next generation energy storage systems. However, side reactions, such as hydrogen evolution and dendrite growth, lead to non-reversible Zn ion deposition and unstable electrochemical performance, and thus prevent practical applications of AZIBs. A highly polar perovskite $SrTiO_3$ (STO) layer coated on Zn metal anode is expected to facilitate migration and suppress the random dendrite growth in the mild aqueous electrolytes. This study focuses adsorption properties of Zn ions on STO coating layer – electrolyte interface compared to the bare Zn metal anode – electrolyte interface. By utilizing ab initio molecular dynamics (AIMD) simulations, the solvation and de-solvation mechanisms of Zn ions near the interface are analyzed at the atomic level. To demonstrate the comprehensive effects of solvation characteristics on adsorption properties, adsorption energy for Zn ion – solvation complex on both STO and bare Zn surfaces and binding energy of Zn ion – H_2O are analyzed.

P열역금-6

$CH_4 - CO_2$ replacement behaviors in natural gas hydrates: A comparative study of open and closed systems

류지민, 이종혁, 목정훈[1], 서용원*
유니스트; [1]경기대
(ywseo@unist.ac.kr*)

Recently, the $CH_4 - CO_2$ replacement method in natural gas hydrates (NGHs) has gained significant attention as a dual-purpose technique, offering both natural gas extraction and CO_2 sequestration. A comprehensive understanding of the replacement mechanism under open system conditions, which better represent natural reservoir settings, is crucial for its practical implementation in NGH reservoirs. In this study, pure CO_2 and a gas mixture of CO_2 (50%) + N_2 (50%) were continuously injected into CH_4 hydrates to investigate the replacement efficiency and guest exchange behavior in an open system. A mass flow controller (MFC) was used to maintain a constant gas injection flow rate, while a back pressure regulator (BPR) ensured that the internal pressure remained stable under the experimental conditions. The experiments were conducted at different injection flow rates, and vapor composition was measured using a gas chromatograph. Cage-specific guest behavior was analyzed via ^{13}C nuclear magnetic resonance (NMR) and powder X-ray diffraction (PXRD). The results indicated that the open system exhibited higher replacement efficiency than the closed system. These findings provide valuable insights for the application of the replacement method in NGH reservoirs.

P열역금-7

방사선 조사에 의한 TBABh (tetra-butyl ammonium borohydride) 세미 클러스레이트 기반의 CO_2 환원 및 개미산 생산

임준규, 고다영, 임선우, 목정훈[1], 서용원*
울산과학기술원; [1]경기대
(ywseo@unist.ac.kr*)

이산화탄소 (CO_2)는 지구온난화를 유발하는 주요 온실가스로, 효과적인 처리 방안이 시급하다. 이러한 CO_2 처리 기법 중 CCUS (탄소 포집·활용·저장) 기술로서, CO_2 를 환원해 고부가가치 물질인 개미산을 생산하는 방법이 주목받고 있다. 본 연구에서는 사차암모늄염 (quaternary ammonium salts)의 일종인 TBABh (tetra-butyl ammonium borohydride)를 물과 결합시켜 세미 클러스레이트를 형성한 뒤, BH_4^-의 분해를 방사선 조사로 유도해 수소를 생성하고 이를 통해 CO_2 를 환원하여 개미산을 형성하는 기법을 제시하였다. Raman 분광법, NMR, GC 분석 결과, TBABh 세미 클러스레이트 상태에서의 BH_4^-의 분해가 분말 또는 수용액 상태보다 효과적이었으며, 이때 더 많은 양의 개미산이 형성되었다. 본 연구를 통해 방사선 조사를 통한 CO_2 환원 공정의 실현 가능성을 확인하였으며, 이 연구 결과는 지구온난화 문제 해결에 기여할 수 있다.

P열역금-8

The role of C_3H_8 in abnormal dissociation of sII ($CH_4 + C_3H_8$) hydrates during depressurization for hydrocarbon recovery

이종혁, 김성우, 박민서, 목정훈[1], 최원중[2], 서용원*
UNIST; [1]경기대; [2]창원대
(ywseo@unist.ac.kr*)

Depressurization is a widely used method for extracting hydrocarbons from natural gas hydrate (NGH) reservoirs. While most studies have focused on structure I (sI) hydrates formed by CH_4 due to their abundance, the presence of C_3H_8 can lead to structure II (sII) hydrate formation, yet its dissociation behavior remained uncertain. This study experimentally examined C_3H_8's role in sII hydrate dissociation during continuous or stepwise depressurization using a mass flow controller (MFC) or a back pressure regulator (BPR) at 274.2 K, where C_3H_8 hydrates are thermodynamically stable, and 280.2 K, where they are not. Gas chromatography (GC) and Raman spectroscopy monitored each phase composition. The results indicated that at 274.2 K, sII hydrates dissociated below 0.3 MPa, while at 280.2 K, dissociation occurred at the equilibrium pressure of mixed gas hydrates, enabling natural gas recovery. Consequently, the required pressures for depressurization of sII hydrates were significantly lower than expected conditions, limiting the effectiveness of conducting the depressurization for sII hydrate reservoirs. This study provided key insights into sII hydrate dissociation and informed strategies for gas production optimization.

P열역금-9

Computational Study of Quaternary Ammonium Cations in Organic Electrolytes for High-Performance Supercapacitors

서지우, 김여진, 윤지영, 안용남*
가천대
(yahn@gachon.ac.kr*)

Quaternary ammonium cations are widely used in organic electrolytes for high-performance supercapacitors due to their high electrochemical stability and low production costs. This study utilizes molecular dynamics simulations to investigate the solvation characteristics and diffusion properties of four different quaternary ammonium cations. The effects of alkyl branch structure and charge distribution on solvation structure and diffusion bahavior of the cations are elucidated at the atomic-level. In addition, adsorption characteristics of cations, anions, and solvent molecules on graphite electrode are examined to design optimal electrolyte systems for high performance supercapacitor

P열역금-10

Synthesis and Structural Characterization of 4-Phenoxyphenol: Novel Organic Clathrate for Methane storage

오창엽, 윤지호*
국립한국해양대
(jhyoon@hnu.ac.kr*)

Organic clathrates are crystalline materials that form well-defined host frameworks capable of encapsulating guest molecules through non-covalent interactions. In this study, we classify 4-Phenoxyphenol (4PP) as a new organic clathrate, based on its ability to stably accommodate gas molecules within its hydrogen-bonded channel structure. 4PP crystallizes in the R-3 space group, forming a distinctive channel network stabilized by six-membered hydrogen-bonded rings, a characteristic feature of known organic clathrate systems. To evaluate its gas storage potential, we synthesized CH_4–loaded 4PP clathrate using a gas-phase reaction method. The crystal structure and guest inclusion behavior were investigated using synchrotron X-ray diffraction (XRD), solid-state ^{13}C CP/MAS NMR, Raman spectroscopy and MD simulations. Our findings provide critical insights into the potential of 4PP as an organic clathrate material for methane storage, contributing to the advancement of porous organic frameworks for gas storage applications.

P열역금-11

Tuning Dehydrogenation Energetics of Methylcyclohexane with High-Entropy Alloy Catalysts: A First-Principles Approach

Bhamu Kailash Chandra, Thi Bich Tram Bui, 강성구*
울산대
(sgkang@ulsan.ac.kr*)

This study investigates the dehydrogenation mechanism of methylcyclohexane using high-entropy alloy (HEA)-based catalysts. Two HEAs (HEA-1 and HEA-2) were designed with Fe, Co, Ni, Cu, and varying Pt concentrations. The computed dehydrogenation energy for these HEAs was compared with that of the Pt(111) surface. While most dehydrogenation steps in HEA-1 followed the Pt(111) trend, the overall endothermicity was reduced. Notably, both HEAs exhibited weaker toluene desorption energy, suggesting enhanced product selectivity. This study presents a novel strategy for tuning dehydrogenation energetics using HEA catalysts, with potential for further optimization via Pt concentration adjustments.

P열역금-12

Exploring the Catalytic Performance of Pt_n Clusters on Ti_2C and Ti_3C_2 MXene Monolayers for Methylcyclohexane Dehydrogenation

Thi Bich Tram Bui, K.S.S.V. Prasad Reddy, 강성구*
울산대
(sgkang@ulsan.ac.kr*)

Hydrogen storage and transportation remain critical challenges in achieving global energy sustainability. Liquid organic hydrogen carriers (LOHCs), such as methylcyclohexane (MCH), have emerged as promising candidates, necessitating the development of highly active dehydrogenation catalysts. The dehydrogenation mechanism of MCH to toluene on Ti2C and Ti3C2 MXene monolayers was explored based on density functional theory approaches. Key catalytic parameters, including adsorption energies, d-band centers, and activation barriers for each dehydrogenation step, were systematically analyzed. The results reveal that Ti2C exhibits a lower overall activation barrier and enhanced catalytic performance in the rate-determining step compared to Ti3C2. To further enhance catalytic efficiency, Ti2C was explored as a support for platinum clusters (Ptn, n = 3, 4, 5, 6). Among the examined systems, Pt3/Ti2C demonstrated superior catalytic activity, significantly reducing energy barriers for MCH dehydrogenation. These findings underscore the potential of Pt3/Ti2C as a highly efficient catalyst, contributing to the advancement of LOHC technologies.

P열역금-13

저온 리튬이온 배터리 내 고농도 염 전해질에서의 용매화 및 이온 이동에 대한 계산화학적 연구

전병준, 서범준*
서울과학기술대
(bseo@seoultech.ac.kr*)

The performance of lithium-ion batteries at subzero temperatures is governed by Li^+ solvation dynamics and ion transport. This study employs molecular dynamics (MD) simulations to investigate the solvation structure and transport mechanisms in high-salt-concentration electrolytes (HSCEs) composed of tetrahydrofuran (THF) and lithium bis(fluorosulfonyl)imide (LiFSI). Our simulations reveal a concentration-dependent shift from solvent-separated ion pairs (CIPs) to Li^+–FSI^- aggregates (AGGs), facilitating Li^+ transport via anion exchange while reducing viscosity-related transport limitations. Furthermore, temperature-dependent analyses indicate lower activation barriers for Li^+ desolvation and SEI-mediated transport in HSCEs compared to conventional electrolytes. These insights underscore the pivotal role of solvation structure in Li^+ mobility and charge transfer, providing a computational basis for designing advanced electrolytes for extreme-temperature battery applications.

P열역금-14

분자모사를 활용한 공유 적응형 네트워크의 유변학적 거동 이해

이동욱, 정소담*
동의대
(sohdam@deu.ac.kr*)

Thermosetting polymers have excellent mechanical properties and chemical resistance. However, their non-reversible crosslinking nature makes recycling and repairability difficult. As an alternative to these thermosetting materials, covalent adaptable networks (CANs) can reconstruct their network structure in response to external stimulation such as heat, enabling reprocessability, self-healing, and sustainability, thus making them a promising next-generation material. In this study, molecular dynamics simulations were employed to investigate the rheological and viscoelastic behavior of CANs. Additionally, microscopic properties, such as radius of gyration, mean squared displacement or molecular interactions were analyzed to understand the influence on the stress-strain behaviors. Based on thorough analysis, we believe the results provide insights into the underlying fundamental mechanisms of CANs, contributing to the development of epoxy-based composites.

P열역금-15

Development of a Neural Network Potential for anode-electrolyte interfaces in aqueous zinc ion batteries

한예진, 안용남*
가천대
(yahn@gachon.ac.kr*)

A fundamental understanding of adsorption and diffusion phenomena at the anode-electrolyte interface in aqueous zinc-ion batteries (AZIBs) is essential for the development of more advanced AZIBs.While molecular dynamics (MD) simulation is one of the best methods to investigate physical and chemical reactions at the interfaces, traditional potential models typically have low accuracy in describing the complex interactions inherent to such interfaces. In this regard, this study focuses on the development of a Neural Network Potential (NNP) for anode-electrolyte interfaces in AZIBs. Through the generation of training data via density functional theory (DFT) calculations, the NNP aims to achieve DFT-level accuracy in the reproduction of key properties such as Zn ion adsorption characteristics and inter-diffusion phenomena at the interface.

P열역금-16

Solid-Liquid Equilibrium of Multi-Component System for Separation Process Design

김태현, 이성규[1], 유성진[1], 강정원*
고려대; [1]LG화학
(jwkang@korea.ac.kr*)

Attaining ultra-high purity in crystallization processes requires highly accurate thermodynamic data, especially in multicomponent systems. Relying solely on interaction parameters derived from binary mixtures often falls short when dealing with more complex formulations. In this work, we examine a ternary mixture syerem as a representative example. Through the synthetic method, we conducted solid-liquid equilibrium (SLE) experiments that generated a robust dataset for optimizing thermodynamic model parameters. We subsequently compared model predictions using three different parameter sets: (i) those fitted to both binary and ternary SLE data, (ii) those derived solely from binary SLE data, and (iii) those obtained from binary vapor-liquid equilibrium (VLE) data. The findings show that including ternary SLE data significantly enhances prediction accuracy, as evidenced by reduced discrepancies in phase equilibrium and mass balance calculations. Additionally, employing a solute-specific regression approach—where parameters are distinguished for each components—proved crucial for capturing the unique intermolecular interactions in each solute region. Overall, comprehensive integration of binary and ternary data combined with targeted parameter segmentation leads to more reliable process design and optimization for complex separation systems.

P열역금-17

열역학적 물성 예측을 위한 그래프 신경망과 물리 정보 기반 신경망 통합

박진영, 이용진*
인하대
(yongjin.lee@inha.ac.kr*)

This study proposes a three-stage framework integrating Graph Neural Networks (GNNs) and Physics-Informed Neural Networks (PINNs) to predict key thermodynamic properties including latent heat of vaporization and entropy from both non-equilibrium and equilibrium datasets. First, the GNN is pretrained on non-equilibrium data to learn molecular interaction patterns. Next, a specialized model predicts saturation pressure (Psat) using equilibrium data enhancing overall accuracy. Finally, PINN incorporates Psat and enforces thermodynamic constraints such as Gibbs free energy equality and enthalpy-entropy relations refining predictions. This approach improves the estimation of vapor and liquid properties even with sparse data. Experimental results demonstrate strong generalization highlighting potential applications in process design and energy optimization. By combining molecular graph representations with physics-based regularization our framework provides a reliable solution for thermodynamic property prediction.

P열역금-18

In Silico Exploration of Deep Eutectic Solvents : Optimizing Acetonitrile- Water separation

김동진, 이용진*
인하대
(yongjin.lee@inha.ac.kr*)

Acetonitrile and water are vital components in the petrochemical industry, forming an azeotropic mixture that poses significant challenges for separation by conventional distillation methods. Liquid-liquid extraction using deep eutectic solvents (DES) has emerged as a promising alternative. Unlike ionic liquids, which consist of cations and anions, DESs are formed from hydrogen bond donors and acceptors. DESs are more cost - effective, easier to synthesize, and less toxic, making them attractive green solvents. We implement a large - scale computational screening strategy to rapidly evaluate thousands of potential DES candidates from an extensive database. Our multi - step protocol assesses each solvent's molecular interactions, extraction efficiency, and environmental, health, and safety profiles to identify the optimal DES for efficient separation. These results advance sustainable separation and support of responsible, industrial eco - friendly practices overall.

P열역금-19

에폭시 몰딩 컴파운드의 기계적 및 열적 특성에 대한 구성의 영향

김희성, 정소담*
동의대
(sohdam@deu.ac.kr*)

Epoxy molding compound (EMC) is a composite material composed of epoxy resin, hardeners, fillers, and additives. EMC exhibits excellent mechanical and thermal properties, such as durability and heat resistance, which have an impact on the protection of components in electronic devices, particularly semiconductors. Because of its significance on semiconductors, in spite of numerous computational studies on EMC, theoretical understanding and molecular-level information on various properties, such as moisture absorption and mechanical, thermal, and electrical characteristics, are still lacking. To this end, we attempt to investigate the effect of composition of components in EMC on its mechanical and thermal properties of EMC, based on molecular dynamics simulation. Additionally, the results demonstrate the relationship between molecular interaction and properties. These findings would contribute to a deeper understanding of the fundamental origins of properties of EMC in electronic devices.

P열역금-20

CO_2 버블링을 이용한 탄소 광물화를 통해 확보된 탄산염 결정성 제어: 매개변수의 영향

김진, 문석윤[1], 김동재*
순천향대; [1]서울과학기술대
(dkim@sch.ac.kr*)

탄소 중립을 위해 산업에서 배출되는 이산화탄소의 포집 및 저장, 활용 (CCUS)에 대한 중요성이 강조되고 있다. 현재 탄소광물화 기술을 이용하여 산업에서 많이 발생하는 칼슘이 함유된 폐기물 및 광물로 탄산염 광물을 제조하고 있다. 이 중 활용성이 높은 탄산칼슘은 일반적으로 세 가지 결정 형태 (Vaterite, Aragonite, Calcite)로 존재한다. 사용 범위를 높이기 위해서는 세 가지 결정 형태를 자유롭게 조절할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 다양한 변수(CO_2 유량, 온도, pH, 교반 속도, 교반 시간) 변화에 따라 CO_2 버블링을 이용하여 칼슘 원료 ($CaCl_2$)와의 반응으로 탄산칼슘을 확보하였다. 그 후 XRD 회절 패턴을 이용해 Rietveld refinement 분석을 진행하여 결정 형태의 구성 비율을 확인해 보았다. 결정 형태에 영향을 주는 변수를 분석하기 위하여 실험계획법 중 반응표면분석법에 기반한 통계 해석을 진행하였다. 결과를 바탕으로 탄산칼슘 결정의 제어 정보를 파악하였다. 본 연구는 탄산칼슘을 산업에서 필요한 결정 형태로 선택하여 제조, 생산할 수 있도록 하는 제반 지식을 제공한다.이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-지역지능화혁신인재양성사업의 지원(IITP-2025-RS-2024-00436765), 60%)과 BK21 FOUR (Fostering Outstanding Universities for Research)" (No.: 5199991614564, 40%)의 재원으로 지원을 받아 수행된 연구이다.

P열역금-21

Theoretical Study on Water-Soluble, Spin-Cast-Based Crystalline Poly(Methacrylic Acid) Film as a Reversible Li-Ion Battery Anode

곽상규*, 김형준[1], 손민진[1], 나종건[1], 강석주[1]
고려대 ; [1]울산과학기술원
(skkwak@korea.ac.kr*)

Poly(methyl methacrylate)(PMMA) is proposed as a potential polymer anode material for lithium-ion batteries(LIBs) due to simple processing and cost-effectiveness. Nevertheless, the presence of irreversible Li-ion consumption remains as a critical challenge for the practicality of PMAA anode. Based on promising experimental results on the Li-ion consumption and the specific capacity of LIB, we performed density functional theory(DFT) calculations, Monte Carlo(MC) and molecular dynamics(MD) simulations to elucidate the enhanced performances of thermally annealed PMAA anode. In this theoretical analysis, Li-ion binding energies of MAA monomers were first compared and consecutive, binding configurations of multiple Li-ions and equilibrated structures of PMAA molecules were investigated by MC and MD simulations. As a result, it was found that conjugated carbonyl groups of annealed PMAA contributed to increase the PMMA crystallinity and Li-ion affinity, leading to enhanced performance of LIB.

P열역금-22

Improving the Stability of Structure-I CO_2 Hydrate through Structure-II Hydrate Coating toward Ocean Storage

정시윤, 사정훈*, 이지성
동아대
(jhsa@dau.ac.kr*)

CCUS (Carbon Capture, Utilization, and Storage) technology is a key element for securing national competitiveness. Among various CCUS sub-technologies, the method of storing CO_2 hydrates in the ocean offers high storage capacity, making it a promising alternative to subsurface storage, which has limited capacity. However, CO_2 hydrates risk dissolving into seawater. Therefore, developing technologies to enhance the stability of CO_2 hydrate is crucial. In this study, we propose a novel approach to improving CO_2 hydrate stability by coating with structure-II hydrate. Cyclopentane (CP), sulfur hexafluoride (SF_6) were selected as coating candidates, and their effects were compared. The results showed that CP exhibited the most effective dissociation prevention. When coated with CP, only ~1% of the initial CO_2 hydrate dissociated after 2 hours. XRD analysis confirmed the presence of structure-I CO_2 hydrate in the inner region and structure-II CP hydrate in the outer region.

P열역금-23

양이온 종류에 따른 양극재-수용성 전해질 상호작용 조절: 분자동역학 시뮬레이션 연구

강성훈, 김세빈, 이원보*
서울대
(wblee@snu.ac.kr*)

NMP(N-Methyl-2-pyrrolidone)는 리튬이온전지의 대표적인 양극재인 NCM811의 바인더 용매로 사용되지만, 높은 독성으로 인한 환경 문제가 우려된다. NMP의 대안으로써 물이 주목받고 있지만, NCM811과 접촉시 분해 반응을 일으켜 안정성을 저해하는 문제가 있다. 이를 해결하기 위한 전략 중 하나로, 물에 염을 첨가하여 Hofmeister 효과를 활용하는 방안이 제안되었다. 본 연구에서는 분자동역학(MD) 시뮬레이션을 이용하여, 서로 다른 양이온을 가지는 염 LiTFSI, NaTFSI, NH_4TFSI가 물-양극재 상호작용에 미치는 영향을 분석하였다. 시뮬레이션 모델을 단순화하기 위해, 물에 대하여 NCM811과 유사한 반응 메커니즘을 가진 LCO를 사용하였으며, 용매로는 SPC/E 물 분자 모델을 적용하였다. GROMACS와 OPLS-AA 역장을 적용하여 시뮬레이션을 진행하였으며, RDF 분석을 통해 서로 다른 시스템에서의 상호작용의 정도를 확인할 수 있었다.

P열역금-24

Impact of solvation structure and ion transport behavior on ionic conductivity prediction: a molecular simulation study

김해원, 정용철*
부산대
(drygchung@gmail.com*)

Ionic conductivity is a key property that determines the performance and stability of various electrochemical systems. In this work, we estimate the ionic conductivity of small molecule carbonate-based electrolyte systems, including single-component (PC, EC, DEC, EMC) and binary mixtures, using classical molecular dynamics (MD) simulations. We examine how the solvation structures within the solvation shell, particularly those coordinated to lithium ions, influence the predicted ionic conductivity. The Nernst-Einstein equation is employed to predict ionic conductivity, and deviations from experimental values are analyzed. The lithium-ion transport mechanism in each electrolyte, whether driven by the vehicular or solvent exchange mechanism, is explored to understand its impact on prediction errors. By identifying the transport dependencies and characteristics of different electrolytes, we propose effective strategies for improving ionic conductivity predictions in carbonate-based systems, contributing to the development of optimized electrolytes for advanced energy storage systems.

P열역금-25

Enhanced hydrate-based CO_2 separation in saline environment for utilizing seawater on precombustion process

옥다경, 김소은, 이진우, 이하영, 최원중*
국립창원대
(wjchoi@changwon.ac.kr*)

This study investigates a gas hydrate-based CO_2 separation from a CO_2 (40%) + H_2 (60%) mixture for blue hydrogen production. The gas is pressurized to 3-5 MPa to reduce energy consumption. Gas hydrate formation requires a large amount of water, and seawater can help conserve freshwater. A NaCl (3.5 wt%) solution was used to simulate real seawater. However, NaCl acts as a thermodynamic inhibitor, increasing formation pressure and lowering formation temperature. To overcome this limitation, small amounts of tetrahydrofuran (THF; 0, 3, and 5.56 mol%) were used as promoters to investigate the effects of THF concentration on CO_2 + H_2 hydrate phase equilibrium and stability in NaCl solution. Additionally, the effects of time-dependent hydrate dissociation, stirring conditions, and the addition of silica gel on the memory effect were analyzed by measuring induction time through gas consumption experiments. Amount of gas captured in the hydrate and CO_2 capture efficiency were calculated using gas chromatography. The experiments were conducted 1℃ higher than the phase equilibrium temperature. This study provides insights into optimizing CO_2 separation processes under saline conditions, enhancing the feasibility of CO_2 capture and storage technologies.

P열역금-26

Enhancing dissociation resistivity of subsea CO_2 hydrate by using thermodynamically promoted sII hydrate coating

이하영, 이진우, 옥다경, 최원중*
국립창원대
(wjchoi@changwon.ac.kr*)

To mitigate abnormal climate phenomena caused by global warming, carbon capture and storage technologies have been actively developed. Among them, subsea storage entails CO_2 injection into deep-sea reservoirs to form solid CO_2 hydrates for long-term sequestration. However, NaCl in seawater acts as an inhibitor, inducing CO_2 hydrate dissociation, requiring further study. This study formed a thermodynamically promoted sII hydrate layer on CO_2 hydrate using tetrahydrofuran (THF) as a thermodynamic promoter to counteract NaCl inhibition and enhance dissociation resistance. The thermodynamic stability of CO_2 hydrate was evaluated in seawater with varying THF concentrations (0, 0.1, 1, and 5.6 mol%). A small THF addition significantly enhanced CO_2 hydrate stability. Reactor window observations verified that the THF hydrate layer mitigated NaCl-induced thermodynamic inhibition. By optimizing THF concentration and layer thickness, the minimum effective THF concentration required to counteract NaCl inhibition was identified. This study confirms that in subsea CO_2 storage via hydrate formation, seawater inhibition effects can be mitigated using an sII hydrate cap layer, offering a viable strategy to improve the sequestration stability of marine subsurface CO_2 storage.

P열역금-27

Influence of THF hydrate seed on the Formation Behavior and morphology of Seawater-based CO2+N2 Hydrate Slurry for effective CO2 capture process

이진우, 이하영, 옥다경, 최원중*
국립창원대
(wjchoi@changwon.ac.kr*)

This study investigates the enhancement of nucleation kinetics in a hydrate-based CO_2 separation process using small amounts of tetrahydrofuran (THF) under NaCl conditions. The impact of low THF concentrations on CO_2 separation efficiency is evaluated for direct hydrate formation in marine plants. Low THF concentrations were used to reduce process costs and environmental impact. THF hydrate seeds were used to enhance CO_2 capture rate, as THF facilitates hydrate formation under mild conditions. Mineral oil (MO) and anti-agglomerant (AA) were added to prevent pipeline blockages and improve flowability for optimal CO_2 hydrate transport. Flowability and capture rates were measured with a mixture of 48.5% water cut, 48.5% MO, 3% AA, and THF at (0.1, 1, 5.56) mol% concentrations. The flowability of the multiphase slurry was assessed by observing viscosity changes using an endoscopic camera mounted on a Rock flow cell. Gas chromatography was connected to monitor CO_2 separation efficiency in real-time. The results show that THF enhances thermodynamic stability in saline environments, and THF hydrate seeds promote rapid nucleation, increasing capture rates. This research provides insights for optimizing hydrate-based CO_2 separation.

P열역금-28

Biomass Dissolution with Low Reduction in Crystallinity using Green Deep Eutectic Solvents

김기섭*, 김영찬, 강정원
한국교통대
(kks1114@ut.ac.kr*)

We investigated deep eutectic solvents (DESs) to dissolve cellulose and their impact on cellulose crystallinity. We used 4 DESs (choline chloride/urea, choline chloride/glycerol, betaine/urea, and betaine/glycerol) to dissolve microcrystalline cellulose (MCC). After dissolution, we regenerate the cellulose from DES using water. The regenerated cellulose is characterized by scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD), and thermogravimetric analysis (TGA). SEM analysis showed that the surface of the regenerated cellulose was rough and the size of cellulose particles were almost the same with the MCC. From XRD analysis, it was found that the cellulose regenerated from DESs have reduction around 30% in crystallinity index (CrI%) compared to MCC (71%). From TGA analysis, it was found that the regenerated cellulose from DESs has lower decomposition temperature compared to MCC. To conclude, solubilization of cellulose in DESs can maintain the crystallinity structure of the cellulose. This study was supported by Korea National University of Transportation in 2025.

P열역금-29

Gas hydrate nucleation and growth using recoverable alkyl imidazolium tetrachloroferrate

이종환, 조연수, 강효, 사정훈*
동아대
(jhsa@dau.ac.kr*)

Ionic liquids (ILs) act as gas hydrate thermodynamic or kinetic inhibitors or promoters depending on their structure and concentration. This study synthesized imidazolium-based ILs with varying alkyl chain lengths of cations ([C 4 MIM] +, [C 8 MIM] +, [C 12 MIM] +) and different anions (Cl − or FeCl 4 −), investigating their effects on CH4 hydrate formation. In memory water system, The [C 12 MIM]+based ionic liquid showed the fastest nucleation. Gas uptake measurements showed that [FeCl 4] − ILs promoted hydrate formation than [Cl] −, with [C 12 MIM][FeCl 4] showing gas uptake about six times higher than pure water, indicating its potential as a kinetic promoter. To understand the mechanism of the experimental results, several analyses(Raman spectra, Contact angle, Morphology) were conducted, and the findings provide insights into the experimental data. Additionally, $[FeCl_4]^-$ ILs can be recovered through thermally induced phase separation, and FT-NMR and UV-Vis analyses confirm that their ionic structure remains unchanged. This indicates that $[FeCl_4]^-$ ILs can be recycled, ensuring economic feasibility.

P열역금-30

Korea Thermophysical Properties Databank (KDB): Web Service for Critically Evaluated Thermophysical Data

황선유, 강정원*
고려대
(jwkang@korea.ac.kr*)

Thermophysical properties and phase equilibrium data are fundamental to chemical process design and operation. These data can be obtained from established databanks, such as DDB (Dortmund Data Bank), NIST Webbook, DIPPR (Design Institute for Physical Properties), and PubChem. However, most of these resources lack critical evaluation or have restricted access. KDB (Korea Thermophysical Data Bank) project was established in South Korea. It aimed to provide the standard reference of thermophysical properties and calculation. In this work, a new version of KDB (https://www.mdlkdb.com) is developed. The KDB provides both critically evaluated thermophysical property data along with corresponding quality criteria and reliable predictive tools developed based on it. Some of the services may be restricted outside of South Korea.

P열역금-31

CP 코팅 및 비코팅 실리카겔에서 CO2 클래스레이트 하이드레이트의 형성 및 해리 안정성에 대한 비교 연구

이지성, 사정훈*, 정시윤
동아대
(jhsa@dau.ac.kr*)

CO_2 hydrate-based storage is a promising technology due to its high-density capture capability and long-term storage potential. This study investigates the effect of cyclopentane (CP) coating on the dissociation stability of CO_2 hydrates formed in silica gel. CP acts as a protective layer, preventing rapid dissolution in marine environments and potentially enhancing hydrate stability. To quantitatively assess this effect, experiments were conducted under various temperature and pressure conditions, comparing the dissociation behavior of CP-coated and uncoated hydrates. By analyzing dissociation kinetics, this study evaluates whether CP serves as a physical barrier to prolong hydrate persistence. The results indicate that CP-coated silica gel can slow the dissociation rate, improving the long-term stability of hydrate-based CO_2 storage systems. This research explores the feasibility of CP coatings for practical applications, contributing to the advancement of next-generation carbon storage technologies.

P열역금-32

고효율 소화약제 제조을 위한 HFC-125 + CO_2 혼합 하이드레이트의 열역학 및 키네틱 연구

신예봄, 사정훈*, 이종환, 이주동[1]
동아대; [1]한국생산기술연구원
(jhsa@dau.ac.kr*)

Clathrate hydrates are solid crystalline structures of hydrogen-bonded water frameworks, providing an eco-friendly method for fire suppression by cooling and suffocating flames. HFC-125 has a low flame extinguishing concentration and nearly zero ozone depletion potential (ODP), making it an effective fire suppressant with minimal environmental impact. In structure II (sII) hydrates, HFC-125 occupies the large cages, leaving the small cages unfilled, reducing volumetric storage efficiency. To improve the efficiency of hydrate-based fire extinguishing agents, filling the small cages with CO_2 is a promising solution.In this study, phase equilibrium and kinetic experiments with HFC-125 + CO_2 mixed gas hydrate were conducted to confirm CO_2 's ability to occupy the small cages of sII hydrates. Kinetic experiments focused on formation behavior, conversion rates, and CO_2 capture efficiency, using gas chromatography (GC) to measure CO_2 capture. Results show that filling the small cages with CO_2 enhances the storage capacity and overall efficiency of HFC-125 hydrates, supporting the development of more efficient and environmentally friendly fire extinguishing agents.

P열역금-33

이온성 하이드레이트 기반 저압 CO_2 포집을 위한 기초·응용 연구

이재철, 송택용[1], 김요한[1], 안윤호*
숭실대; [1]한국가스공사
(yhahn@ssu.ac.kr*)

산업 발전과 함께 화석연료 사용이 증가하면서 지구 온난화가 가속화되고, 이상기후 현상이 전 세계적으로 심화되고 있다. 대기 중 이산화탄소를 직접 포집하는 DAC (Direct Air Capture) 기술은 탄소 중립을 위한 중요한 기술로 주목받고 있지만, 탈착 과정에서 높은 온도가 요구되기 때문에 에너지 소모가 크다. 또한, 일반적으로 사용되는 흡착제는 합성 과정에서 화학적 부산물을 생성하여 환경적인 부담을 초래한다. 따라서, DAC 기술의 실용성을 높이기 위해서는 친환경적인 매체이며, 탈착을 위해 높은 연구를 요구하지 않는 저에너지의 CO_2 포집 연구가 필요하다. 세미 클러스레이트 하이드레이트 (Semi-Clathrate Hydrates)는 물 분자와 이온성 물질의 상호 작용으로 형성된 격자 구조 내부에 가스 분자를 포집할 수 있는 포접 화합물이다. 본 연구에서는 이온성 용액을 열역학적 촉진제로 활용하며, 에너지 효율적인 비교반 공정에서의 저압 CO_2 포집 연구를 수행하였다. 테트라뷰틸암모늄 브로마이드 (Tetrabutylammonium Bromide)/클로라이드 (Chloride)/플루오라이드 (Fluoride)를 활용한 CO_2 -이온성 하이드레이트의 상평형 측정을 통해 저압 구간에서의 CO_2 포집 조건을 탐색하였다. 또한, 비교반 공정에서의 CO_2 -이온성 하이드레이트의 형성 및 해리 거동을 분석함으로써 이온성 하이드레이트의 CO_2 포집 매체로서의 가능성을 확인하였다.

P열역금-34

Molecular simulation of vapor-liquid equilibrium and critical properties of fatty acids for biodiesel production

박정호, 서원빈, 윤태준*
서울대
(tyoon124@snu.ac.kr*)

One of the methods for producing biodiesel is hydrothermal liquefaction of waste cooking oil as a feedstock. Therefore, investigating the thermodynamic properties in high-temperature and high-pressure conditions is crucial for optimizing process conditions. However, determining the critical properties of fatty acids, which are precursors of biodiesel, through experiments is difficult. As an alternative method, molecular simulation techniques can be employed for this determination. In this work, the vapor-liquid equilibrium of two fatty acids(oleic and palmitic acid) was calculated as a function of temperature. Simulations were performed using molecular dynamics with the software LAMMPS, in which the TraPPE-UA forcefield was implemented. Critical temperatures were extrapolated using the scaling law and compared with the literature values obtained from group contribution methods as a reference. Overall, the calculated properties in this work showed good agreement with the reference values.

P열역금-35

Vapor-Liquid Equilibrium of CO_2 and Short-Chain Alcohols Confined between Silica Slit Pores by Molecular Dynamics Simulations

유동호, 김보민, 윤태준*
서울대
(tyoon124@snu.ac.kr*)

As semiconductor devices shrink, pattern collapse due to the surface tension of cleaning solvents has become a major bottleneck in device fabrication, and research into supercritical carbon dioxide (scCO2) drying has emerged as a promising alternative to prevent this issue. Additionally, the critical temperature and pressure of solvents shift caused by the confinement effect. Therefore, understanding the confinement effect on the vapor-liquid equilibrium of CO_2 and cleaning solvents is imperative to the reliable operation of scCO2 drying in advanced semiconductor manufacturing processes.In this study, we investigate the phase behavior of CO_2 and short-chain alcohols (methanol, ethanol) mixtures confined within hydroxylated silica nanopores (3-20 nm) at 40-160℃ using molecular dynamics (MD) simulations. Based on the VLE (vapor-liquid equilibrium) data obtained from MD simulations, this study provides insight to develop an equation of state (EOS) to accurately describe the phase behavior of confined fluids, which can be effectively used to optimize scCO2 drying processes in next-generation semiconductor fabrication processes.

P열역금-36

리튬 염 존재하에서의 CO_2 하이드레이트에 대한 실험적 및 계산적 연구

임솔거, 윤지호*
해양과학기술전문대학원
(jhyoon@hnu.ac.kr*)

To address the rising demand for lithium and freshwater, we present a CO_2 hydrate-based desalination (HBD) process for lithium recovery and desalination of lithium-enriched brines. Experimental investigations of CO_2 hydrate stability in LiCl and Li_2SO_4 solutions, coupled with synchrotron X-ray diffraction, Raman, and solid-state NMR spectroscopy, confirm structure I hydrate formation with CO_2 encapsulation and Li^+ exclusion. Kinetic studies reveal the effects of sub-cooling and lithium salt concentration on hydrate formation, while molecular dynamics simulations provide mechanistic insights into Li^+-induced inhibition. This study underscores the viability of the HBD process as an environmentally sustainable and scalable solution for lithium recovery and water purification.

P열역금-37

Theoretical Study on Catalytic Properties for Mo-doped $Ni_2S_4/FeNi_2S_4$ Hybrid Nanocomposite

이지윤, 이태경*
경상국립대
(tklee8865@gnu.ac.kr*)

The glucose electrocatalytic conversion reaction emerged as a promising anode process to replace the sluggish oxygen evolution reaction, thereby enhancing the efficiency of hydrogen production. In this study, we designed a Mo-doped $Ni_3S_2/FeNi_2S_4$ hybrid nanocomposite electrocatalyst for glucose oxidation at the anode and hydrogen evolution at the cathode. We found that the doping of Mo atom can regulate the atomic charge distribution on the surfaces of Ni_3S_2 and $FeNi_2S_4$ through density functional theory calculations. Furthermore, we demonstrated the thermodynamic feasibility of Mo doping in Ni_3S_2 and $FeNi_2S_4$ surface systems. Based on these results, we predicted that the doping of Mo atom can improve the active sites for catalytic reactions and enhance stability in alkaline environments. This study highlights the potential of Mo-doped $Ni_3S_2/FeNi_2S_4$ nanocomposite as a catalyst with high efficiency and selectivity, contributing to sustainable hydrogen and biomass energy production.

P열역금-38

Thermodynamic and spectroscopic analysis of barocaloric materials for solid-state chiller applications

최혜림, 윤지호*
국립한국해양대
(jhyoon@hnu.ac.kr*)

Cooling technology plays an increasingly important role in many areas of human society, and global demand for cooling-related power continues to rise. Some cooling systems use refrigerants (e.g., Freon gases) with high Global Warming Potential (GWP), which can further exacerbate climate change, making it necessary to develop environmentally friendly and energy-efficient next-generation refrigerants and cooling systems. In this study, we analyzed the thermodynamic and spectroscopic properties of pentaglycerine (PG), a type of barocaloric (BC) materials exhibiting the BC effect, using high-pressure differential scanning calorimetry (HP-DSC) and Raman spectroscopy. This study systematically analyzes the thermal and structural changes occurring during the phase transition of BC materials and can be utilized as fundamental research data for the development of next-generation thermal energy storage and conversion systems.

P열역금-39

Screening of Extraction Solvent for Pesticide

이봉섭*
강원대
(bslee0425@kangwon.ac.kr*)

Ginseng parts other than the root are discarded as waste. Ginseng flowers and fruits contain 8 to 30 times more ginsenosides than the root. To fully utilize all parts of ginseng and repurpose its waste, pesticide removal is essential. In this study, the COSMO-SAC model was used to screen for the optimal solvent for pesticide removal. However, it was found that commonly used pesticide removal solvents also extracted ginsenosides from ginseng.

P열역금-40

가중 앙상블 분자동역학을 이용한 백금 나노입자 안정성에 대한 원자 규모 정량 분석 및 결정성 붕괴, 응력 완화, 연쇄 현상 연구

최혜성, 박정원*
서울대
(jungwonpark@snu.ac.kr*)

Platinum (Pt) nanoparticles are crucial for various electrocatalytic reactions but face long - term stability issues due to atomic-scale degradation like surface restructuring and dissolution. Conventional MD simulations struggle to capture these rare events because femtosecond timesteps cannot span the experimentally observed second-long dissolution processes. Here, we introduce the Weighted Ensemble (WE) method to study Pt nanoparticle dissolution—its first application in inorganic materials research. Using experimentally reconstructed 3D Pt nanoparticle structures, WE-MD boosts rare event sampling efficiency by nearly 56-fold over conventional MD. Our work quantitatively links variations in crystallinity and strain with dissolution rates, uncovering branching mechanisms that lead to cascade dissolution. These mechanistic insights bridge atomic-scale structural transformations with macroscopic catalyst durability, offering design principles for more stable, efficient electrocatalysts.

O유동목-1

Thermodynamic Analysis in Pulverized Coal Power Plants with Ammonia Co-combustion Across Different Coal Ranks

Jester Ling Lih Jie, 이시훈*
전북대
(donald@jbnu.ac.kr*)

Ammonia co-combustion is a promising solution for decarbonizing power generation, enabling CO_2 reduction with minimal plant retrofitting. Thus, assessing its impact across various coal ranks is essential. This study investigates the co-combustion effect of ammonia with coals of different heating values, ranging from 16.6 MJ/kg to 24.9 MJ/kg, in a 1 GW ultra-supercritical power cycle using Aspen plus. The simulation is conducted with co-combustion ratios ranging from 0 to 0.5. The results indicate that net efficiency generally decreases with lower coal rank and increasing co-combustion ratio. Lower-rank coals exhibit lower combustion temperatures, while displaying distinct profiles as the co-combustion ratio increases. While heating value serves as a key indicator, coal properties that influence flue gas composition play a crucial role in altering heat transfer dynamics. H_2O, CO_2 and N_2 in the flue gas demonstrate unique correlations with the boiler efficiency. The simulation results underscore the importance of considering coal properties and flue gas composition when integrating NH_3 co-combustion into power generation systems.

O유동목-2

유동층에서 철광석 입자의 비산에 대한 광석 부착 미분의 영향

이민지, 김수영, 손하은, 방지현, 김성원*
한국교통대
(kswcfb@ut.ac.kr*)

최근 철강 산업은 탄소 배출 저감을 위한 다양한 노력중의 하나로서 수소 유동환원로 개발에 많은 노력을 집중해오고 있다. 유동층 반응기 내 입자 비산 특성은 프리보드 영역 설계를 위해 매우 중요하다. 철광석 내 미분과 모입자 표면에 부착된 미립자는 입자 비산에 큰 영향을 미친다. 지금까지 입자 비산에 대한 다양한 연구가 진행되었으나, 수소 유동환원로 프리보드를 구성하는 저밀도 기체에서 입도 분포가 넓은 철광석의 비산 연구 결과는 매우 적은 실정이다. 유동층 cold model 반응기(0.05m-I.D.X3.0m-high)에서 기체 밀도 (0.164~1.182kg/m^3) 변화와 기체 속도 (0.60 ~ 2.02 m/s) 변화에 따른 철광석 입자 (d_p=~2800μm, ρ_a=2750kg/m^3)의 총괄 비산 속도를 측정하였다. 비산 속도는 기체 밀도 및 속도가 증가할수록 증가하며, 특히 모입자 표면에 부착된 미립자가 많을수록 비산 속도가 더욱 증가하였다. 비산된 입자 분포에서 45μm 이하 입자 비율이 가장 높았다. 이는 초미립자가 비산 특성을 결정짓는 주요 인자로 작용함을 의미하며, 이를 반영한 철광석 입자의 비산 속도 예측 모델을 제안하였다

O유동목-3

저등급 석탄의 Lab- and Bench-scale 유동층 가스화기를 이용한 반응 특성 연구

강태진, 이진희, 이다혜, 김효식, 강석환*
고등기술연구원
(shkang@iae.re.kr*)

가스화는 기후변화협약, 환경규제, 자원의 제약에 대응할 수 있는 저공해, 고효율화의 기술이다. 가스화는 다양한 연료를 산소 및 스팀에 의해 가스화한 후 일산화탄소와 수소가 주성분인 합성가스 생산하고 이를 정제하여 전기, 화학원료, 액체연료 및 수소 등의 고급 에너지로 전환시키는 복합기술이다. 이러한 가스화의 최대 장점 중 하나는 연료의 다양화이다. 그러므로 저급연료의 가스화를 통해 발전 및 고부가가치의 화학원료를 생산 할 수 있다.저급탄의 경우 반응성이 좋아 낮은 온도에서도 높은 탄소전환율을 기대할 수 있으며, 회재를 용융상태로 처리하는 분류층 가스화기에는 불리하기 때문에 본 연구에서는 유동층 가스화기를 이용하여 저등급 석탄의 반응특성에 대하여 연구를 진행하였다.Lab-scale에서 저등급 석탄의 종류, 반응 온도, 스팀의 투입량에 따라 최적 조건을 도출하였으며, 이를 바탕으로 Bench-scale의 유동층 가스화기를 이용한 결과에 대하여 고찰하였다.

O유동목-4

Thermochemical conversion technologies of biomass with integrated CO_2 capture

Wong Min Jin Karen, Ha Eun Lee, 박예찬, 이시훈*
전북대
(donald@jbnu.ac.kr*)

The alarming CO_2 emission into the atmosphere cause increase in the Earth average temperature which leads to climate change and global warming. Numerous efforts were made in order to mitigate the issue and thermochemical conversion technologies integrated with carbon capture technology are one of the potential methods in CO_2 capture. Thermochemical conversion of biomass such as pyrolysis, liquefaction, torrefaction, and gasification, used heat and pressure to disintegrate and convert it into energy and related products. A variety of abundant and low-cost biomass such as agricultural residues, wood-waste, and food-waste were utilized as the raw materials. Integration with carbon capture technology allows the capture of CO_2 during the thermochemical conversion process where gaseous products were generated. Implementation of the technologies could minimize the emissions of CO_2 while generating value-added products from biomass.

O유동목-5

경질올레핀 생산을 위한 철계 촉매의 Fischer-Tropsch 합성에서 반응기에 따른 특성 연구

강석환*, 이혜성, 이진희
고등기술연구원
(shkang@iae.re.kr*)

Fischer-Tropsch synthesis (FTS) for the co-production of C2-C4 olefins and clean fuels such as gasoline and middle distillate from syngas was investigated on four different iron-based catalysts in a fixed-bed and a bubbling fluidized-bed reactor. The catalysts were prepared by wet-impregnation using the Al2O3, SiO2 and iron ore (FeOx) supports with the active components of Fe, K and (or) Cu, and each K/FeCuAlOx catalyst was prepared by a co-precipitation method. Except for the catalyst impregnated on SiO2, CO conversion of the other catalysts is similar regardless of the type of reactor. However, the yield of light olefins in the range of C2-C4 hydrocarbons and clean fuels is closely related to the formation of active iron carbide species and to surface acidity. The impregnated K/FeOx catalyst is found to be one of the promising catalysts to be applied in a bubbling fluidized-bed reactor for middle temperature FTS reaction due to its high resistance to catalyst attrition with a high catalytic performance.

O유동목-6

3 MW_{th} 매체순환연소 스팀생산 시스템 연속운전 실증

류호정*, 원유섭, 황병욱, 최유진, 김정민, 황윤태, 김재영, 김대욱
한국에너지기술연구원
(hjryu@kier.re.kr*)

매체순환 연소기술(Chemical Looping Combustion Technology)은 두 개의 반응기(공기반응기, 연료반응기) 사이를 순환하며 산소를 주고받는 금속매체를 이용하여, 공기에 의한 금속매체의 산화반응과 연료에 의한 금속산화물의 환원반응이 별개의 반응기에서 일어나게 하여 공기반응기에서는 NOx의 발생이 없고 연료반응기에서는 CO_2와 H_2O만을 발생시킴으로써 별도의 CO_2 분리설비 없이 배출가스 중의 H_2O 응축만으로 고농도의 CO_2를 분리회수 할 수 있는 연소 중 CO_2 포집기술의 하나이다. 본 연구팀에서는 매체순환연소 기술의 개발 및 실증을 위해 3 MW_{th} 매체순환연소 스팀생산 시스템을 건설하였으며 Ni계 산소전달입자를 사용하여 장기연속운전을 수행하였다. 3.1 MW_{th} 조건(도시가스 유량 255 Nm^3/hr)에서 300시간 이상 장기연속운전을 실증하였으며 연료연소효율 99.5%, CO_2 원천분리농도 96.6%, NOx 배출농도 16.6 ppm의 결과를 얻었고, 연료반응기 배출기체를 압축-액화하여 6.6 ton/day의 CO_2를 저장할 수 있었다. 매체순환연소 스팀생산 시스템의 운전을 통해 외부로부터의 열공급이 없는 조건의 자열(autothermal) 운전뿐만 아니라 스팀을 생산할 수 있었으며 스팀사이클 설계기준(35.8 bar, 323 ℃, 3000 kg/hr) 대비 최대 97%에 해당하는 스팀을 생산할 수 있었다.

O유동목-7

Fluidized bed design and scale-up: Experiments, simulation, and modeling

김준영*
가톨릭대
(june0112@catholic.ac.kr*)

Fluidized beds are essential in chemical and energy processes due to their efficient heat and mass transfer. However, their design and scale-up remain challenging due to complex multiphase interactions. This study integrates experiments, numerical modeling, and process simulations to enhance fluidized bed optimization.Experimental investigations focus on two-phase and three-phase fluidized beds, analyzing binary particle mixing, segregation, bubble column dynamics, attrition, and chemical looping reforming.Computational methods, including CFD, CPFD, and process simulations, are employed to predict fluidization behavior. Additionally, machine learning-based optimization is explored to improve efficiency and scalability. By integrating experimental and computational approaches, this research aims to provide insights into multiphase flow behavior and practical guidelines for fluidized bed reactor design and scale-up.

O유동목-8

Scale-up of a CNT fluidized bed reactor using K&L modeling

허승준, 성우창, 남지영, 이동현*
성균관대
(dhlee@skku.edu*)

청정에너지원으로 주목받고 있는 수소는 생산방식과 친환경성 정도에 따라 다양한 종류의 수소 (그레이 수소, 블루 수소, 그린 수소 등)로 분리된다. 화석연료에서 탄소를 고체상태로 분리하여 이산화탄소의 발생을 최소화하며 대규모의 생산이 가능한 청록수소(Turquoise hydrogen)가 주목을 받고 있다. 이때 발생하는 고체상태의 탄소는 조업조건에 따라 카본블랙, CNF, CNT 등의 다양한 형태로 얻을 수 있으며 고품질의 CNT를 생산하는 경우 공정경제성을 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 유동층공정에 적용 가능한 K&L 모델링을 통해 메탄으로부터 CNT를 생산하는 기체-고체 유동층 반응기의 scale-up을 진행하였다. Bubble, wake 및 cloud, emulsion에서 gas와 solid의 흐름 및 접촉특성을 반영하여 반응을 예측하는 K&L 모델을 기반으로, 유동층 반응기의 bubbling 조업조건에서 최적의 반응조건을 확인하였다. TGA 실험을 통한 intrinsic kinetic 실험결과와 1 inch 고온 유동층 반응기의 실험결과를 이용하여 얻어진 K&L 모델을 검증한 후, 메탄전환율 60%이상, CNT 5 kg/day 생산을 위한 batch 반응기의 dimension과 조업조건을 제시하였다.

O유동목-9

기체-고체 유동층 내 CNT와 미세 입자 간 혼합 거동 특성

김수영, 손하은, 김성원*
한국교통대
(kswcfb@ut.ac.kr*)

탄소나노튜브(CNT)는 우수한 물리·열적 및 전기적 특성을 가지는 소재로, 최근 반도체·고기능성 소재 및 열전달 유체 등 다양한 분야에서 광범위하게 활용되고 있다. CNT 입자는 유동층 적용 시, 나노튜브간 van der Waals 힘과 입자 간 물리적 얽힘에 의해 응집체가 형성된다. 이러한 응집체 형성은 CNT를 적용하는 유동층 운전을 어렵게 하는 주요 원인이 된다. CNT 유동층 내 미세입자 첨가는 유동성 향상을 위한 방법 중의 하나이다. 본 연구에서는 CNT 유동층 내 미세입자 첨가에 따른 혼합 거동 및 CNT 유동성 영향을 확인하고자 하였다. 유동층 cold model(0.15m-ID.X2.5m-high)에서 미세 입자(d_p=84μm, ρ_p=1146kg/m^3; Geldart A) 첨가 함량 변화(0-10 Vol.% of fine particle)에 따른 multi-walled CNT(d_p=25μm)의 최소유동화 속도 변화 및 혼합특성을 확인하였다. CNT 내 미세 입자 함량이 증가할수록 층 내 미세 입자의 거동에 따른 CNT network가 붕괴되면서, 혼합물의 최소유동화속도($U_{mf,M}$)는 실험 범위 내에서 최대 32 % 감소하였다. 미세 입자 첨가는 CNT 응집체의 크기를 감소시켜, 층 전체의 압력 강하의 변동이 낮추면서 CNT 입자의 유동성 향상을 확인하였다.

O유동목-10

유동층 가스화기를 이용한 Polylactic Acid(PLA)의 수증기 가스화 기초 특성 분석

이태원, 서명원*, 안태휘, 정의명, 이찬영, 박영권
서울시립대
(mwseo82@uos.ac.kr*)

Polylactic Acid(PLA)는 바이오 플라스틱 중 생분해성 플라스틱에 해당하며, 플라스틱 포장재의 대체제로 사용되면서 소비량이 증가하고 있다. 그러나 PLA의 분해를 위해서는 60℃ 이상의 고온 환경을 6개월 이상 유지해야 하기 때문에 단기간 내 처리가 어렵다는 단점을 갖고 있다. 따라서 본 연구에서는 유동층에서 PLA의 수증기 가스화의 기초 특성 분석을 통해 생분해성 플라스틱의 화학적 재활용 가능성을 평가하였다. 가스화는 700, 800, 900℃ 조건에서 steam/carbon ratio가 1인 조건으로 수행하였다. Product gas 중 가장 높은 수율을 보인 것은 CO였으며, 700, 800, 900 ℃ 에서 각각 69.79%, 62.69%, 58.15%로 온도가 높아질수록 수율이 낮아지는 경향을 보였다. 반면 H_2는 각각 0.65%, 6.17%, 12.94%로 온도가 높아질수록 수율이 증가하는 경향을 보였다. 타르 농도는 700, 800, 900 ℃ 에서 각각 4822, 3109, 2373mg/m^3으로, 온도가 높아질수록 감소하는 경향을 보였다. 이 연구 결과는 향후 PLA의 화학적 재활용을 위한 기초 데이터로 사용될 수 있을 것이다. 사사: 이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국 연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2024-00416414)

O유동목-11

기포탑 내 다공판 구조물과 분산판의 상호작용에 의한 기포 특성 제어

손하은, 김수영, 김성원*
국립한국교통대
(kswcfb@ut.ac.kr*)

기포탑 반응기는 구조가 비교적 간단하며, 다른 교반 장치 없이도 효율적인 반응이 가능하여 대량 처리가 필요한 화학 공정에서 널리 활용되고 있다. 기포탑 내 기-액 간의 접촉 효율은 기체체류량, 기포 상승 속도와 같은 수력학적 특성에 지배되기에, 기포 크기 제어가 핵심 인자로 작용한다. 기포 크기 제어를 위해 분산판 개발과 같은 연구가 이루어지지만, 대기압 조건에서 기포 크기를 효과적으로 감소시키는 데에는 한계가 존재한다.본 연구에서는 각각 9개의 수직 노즐과 분산판형 기체 주입 방식 기포탑 cold flow 반응기(0.15m I.D X 0.2m high)에서 서로 다른 홀 직경을 갖는 다공판 구조물에 의한 기포 특성을 비교하였다. 두 기체 분산 방법 모두 다공판을 설치하였을 때 기체체류량은 증가하였으며, 층 내 평균 기포 크기는 감소하였다. 분산판형 기체 분산 방법에서 노즐 대비 기체체류량은 최대 39.3% 증가하였다. 다공판과 분산판의 2차적 분쇄에 의해 횡방향 동압 요동이 일정함에 따라 기포 크기가 균일함을 확인하였다.

O유동목-12

전과정 평가 방법론을 통한 BECCS 기반 수소의 지속가능성 분석

이하은, Wong Min Jin Karen, Jester Lih Jie Ling, 박현준, Solanki Bhanupratap Singh, 이시훈*
전북대
(donald@jbnu.ac.kr*)

Negative emissions technologies (NETs)의 일환으로 Bioenergy with carbon capture and storage(BECCS)에 대한 논의가 확산되었다. 기존 연구에 따르면 BECCS는 기술 적용 조건에 따라 긍정적·부정적 결과를 모두 초래할 수 있어, 각 국가의 상황에 맞는 면밀한 분석이 요구된다. 본 연구에서는 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA) 방법론을 이용하여 Ca-Looping 공정 기반 BECCS 수소 생산 방식의 실질적 탄소 네거티브 가능성을 분석하였다. 기능 단위는 H_2 1 ton으로 정의되었으며, 시스템별 배출 기여를 확인하기 위해 시스템 경계는 바이오매스 수집·운송에서부터 수소 생산, CO_2 포집, CCS에 이르는 전 과정을 포함하였다. 또한 IPCC 방법론을 적용하여 전 지구적 CO_2 배출량을 분석하였으며, 이를 통해 주요 배출 요인을 식별하고 저감 방안을 도출함으로써 저탄소 수소 생산을 위한 보다 친환경적인 대안을 제시하고자 한다.

O유동목-13

머신러닝을 활용한 원뿔형 분사층 반응기 내부 열전달 계수 예측 모델 개발

최명규, 김효성, 홍성완, 박경영, 최항석*
연세대
(hs.choi@yonsei.ac.kr*)

본 연구는 머신러닝을 활용하여 원뿔형 분사층 반응기에서의 열전달 계수를 예측하는 모델을 개발하였다. 냉간 실험 장치 실험을 통하여 반응기 유입 가스 속도 변화에 따른 반응기 압력 강하, 국부 열전달 계수의 실험 결과를 도출하였다. 결정 트리(DT), 랜덤 포레스트(RF), K-최근접 이웃(KNN) 모델을 활용하여 해당 데이터를 학습하고 반응기 내부 열전달 계수 예측 모델을 개발하였으며, 연구 결과, RF 모델이 평균 최대 오차율 5.1%로 가장 낮은 오차를 보이며 다른 모델보다 우수한 성능을 나타냈다. 특히, DT 및 RF 모델은 실험 데이터와 높은 일치도를 보이며 신뢰성 있는 예측 결과를 제공하였다. 본 연구는 머신러닝 기법이 반응기 설계 및 운영을 최적화하는 데 있어 계산 비용을 절감하고 예측 정확도를 향상시키는 가능성을 제시하였다. 향후 연구에서는 데이터셋을 확장하고 딥러닝 기법을 도입하여 다양한 운전 조건에서도 모델의 일반화 성능을 개선하는 방향으로 진행할 계획이다.

O유동목-14

기포 유동층 반응기를 활용한 암모니아 연소 중 Bed 온도 및 암모니아 주입 위치에 따른 오염물질 배출 영향

임호태, 박성진, 조성호, 김성주[1], 윤상준, 라호원, 윤성민, 조현빈, 류창국[2], 문태영*
한국에너지기술연구원; [1]한국생산기술연구원; [2]성균관대
(mty1980@kier.re.kr*)

국내에서는 에너지 전환 부문에서 발생하는 온실가스 감축을 위해 2027년까지 2개의 순환유동층 보일러를 대상으로 암모니아 혼소 실증을 위한 연구가 진행 중이지만 유동층 환경에서 암모니아 혼소 시 배출되는 오염물질에 영향을 미치는 요인들은 아직까지 불분명하다. 따라서 본 연구는 lab-scale 기포 유동층 연소 반응기를 활용하여 bed 온도 및 암모니아 주입 위치에 따른 오염물질(CO, NO, N_2O 등) 배출 거동을 고찰하였다. 암모니아를 WB(Wind-Box)에 주입할 경우 Bed 온도가 920 ^{o}C일 때 N_2O는 14.1 ppm 배출되었으나 bed 온도가 비교적 낮은 840 ^{o}C에서는 N2O가 34.2 ppm으로 증가되었다. 그러나 840 ^{o}C 조건에서 암모니아를 연소로 높이 0.05 m의 DBZ(Dense Bed Zone)에 두 방향으로 주입하였을 때 N_2O는 배출되지 않았으며 NH_3 slip 또한 검출되지 않았다. 해당 결과를 통해 유동층 환경에서 암모니아 혼소 시 발생하는 N_2O는 유동층 온도가 낮은 수록 배출량이 증가하는 경향을 실험적으로 확인하였다. 사사본 연구는 산업통상자원부 에너지자원기술개발사업(혁신법)의 일환(No.RS-2023-00237140)으로 수행되었습니다

O유동목-15

바이오매스 열분해유와 폐플라스틱 열분해유의 분류층 가스화 특성 분석

안태휘, 이찬영, 이태원, 정의명, 심지빈, 오예은, 이민재, 윤성민[1], 라호원[1], 서명원*
서울시립대; [1]한국에너지기술연구원
(mwseo82@uos.ac.kr*)

최근 플라스틱, 바이오매스 등 폐자원을 열분해유로 전환하는 순환경제 구축 사업이 각광을 받고 있지만, 오염물질 함유량이 높아 화학적 재활용 공정에 직접적으로 사용하기 어렵다. 가스화 공정을 통해 열분해유 내 오염물질을 효과적으로 분리하고, 수소 등 고부가가치 가스를 생산할 수 있다. 분류층 가스화는 열분해유 내의 오염물질 제거율과 전환율이 높고, 스케일업에 유리하다고 알려져 있다. 본 연구에서는 랩스케일 분류층 가스화기를 통해 바이오매스 열분해유의 가스화 특성에 대해 분석하고, 폐플라스틱 열분해유 유래 합성가스와 비교 분석하였다. 각 시료의 가스화 실험은 반응 온도와 ER을 각각 변화시키며 수행하였다. 같은 조건의 ER에서 바이오매스 유래 합성가스는 탄소전환율(CCE) 93.99%, 냉가스효율(CGE) 58.01%로 폐플라스틱 열분해유보다 높은 효율을 보였다. 공통적으로 합성 가스 조성 중 CO_2 농도는 수성 가스 전환 반응에 의해 대체로 온도와 반비례하였다. 또한 C_2-C_3 류의 탄화수소는 고온 조건에서 분해가 활발해져 농도가 감소하는 경향을 보였으며 CCE와 CGE에 크게 영향을 주는 것으로 보였다.

O유동목-16

바이오촤 순환유동층 연소기의 수력학적 특성에 대한 전산해석 연구

홍성완, 최명규, 박경영, 최항석*
연세대
(hs.choi@yonsei.ac.kr*)

급속열분해 공정에서는 급속열분해 공정의 운전 비용을 낮추고 경제성을 높이기 위하여 급속열분해를 통해 생성된 가스 및 char를 연소하여 열분해 반응기의 보조 열원으로 사용하고 있음. 본 연구에서는 급속열분해 반응기로부터 배출되는 바이오촤를 연소하여 유동사를 가열하는 순환유동층 연소기의 수력학적 특성을 전산해석하였음. 먼저, 바이오촤 순환유동층 연소기내 유동사의 종말속도 및 유동영역을 도출하였으며, 전산해석 결과를 통해 bio-char 순환유동층 연소기의 운전 범위 및 고체 순환량을 도출함. 본 연구 결과는 추후 바이오촤 순환유동층 연소기의 scale-up을 위한 상세 설계 및 최적 운전조건 도출에 활용할 계획임.

100 kWth 암모니아 전소 버너를 이용한 NOx 배출 특성에 대한 실험적 연구

황성환, 채태영*, 이재욱, 변창희, 심우현, 양원, 권오채[1]
한국생산기술연구원; [1]성균관대
(hitae0@kitech.re.kr*)

암모니아는 연소 시 이산화탄소를 배출하지 않아 화석 연료를 대체할 유망한 연료로 주목받고 있다. 하지만, 높은 점화 에너지, 낮은 연소 속도를 가진 암모니아는 연료로서 초기 점화 및 화염 유지에 어려움이 따른다. 이에 따라 본 연구는 100kWth 급 암모니아 버너를 이용해 암모니아 연소 특성을 평가하고, NOx 생성 최소화 및 불완전 연소 감소를 목적으로 한다. 실험은 100kWth 급 연소로 설비에서 암모니아 연소 시 형성되는 내부온도분포, 벽면온도, 연소 가스 분석을 진행하였다. 실험 조건으로 1차, 2차 공기 비율 변화 실험, Swirl 변화 실험, 당량비 변화 실험을 진행하여 버너를 통한 산화제 투입 비율 및 버너의 swirl 강도, 버너 영역, OFA 영역 당량비 변화에 따른 암모니아 연소 특성을 분석하였다. 실험 결과, 1차 산화제의 과도한 유속과 swirl 강도는 NO 발생을 증가시키는 원인이 되었으며, 버너 영역 당량비에 따라 NO 발생량에 큰 영향을 미치는 것을 확인하였다. 본 연구는 보조 연료 없이 암모니아 전소가 가능한 결과를 보였으며, 암모니아 전소 버너 설계에 기초 자료가 될 수 있을 것으로 사료된다.

P유동금-1

확장관 형태의 기포 분리부를 갖는 삼상순환유동층의 수력학적 특성

김성원*, 원근혜, 김수영, 손하은, 윤지원
한국교통대
(kswcfb@ut.ac.kr*)

삼상순환유동층 공정은 반응 및 물질전달 효율이 높아 다양한 산업 분야에서 활용되고 있다. 최근 고효율 흡착제 개발에 따라 폐수 간 높은 접촉 효율을 이용한 유기성 폐수 처리 삼상유동층 공정에 대한 관심이 높아지고 있다. 그러나, 기존 삼상순환유동층 공정은 기포의 순환 및 와류 발생으로 시스템 내 흡착제-유기물의 접촉을 저해하는 문제가 있어, 이를 최소화하기 위한 방안이 요구된다. 본 연구에서는 상승관 상부에 확장관 기포 분리부(bubble separator)를 설치하여 기포를 효과적으로 분리 배출함으로써 다운커머 영역으로 유입되는 기포량을 감소시켰다. 삼상순환유동층 반응기(200 x 80 mm, 800 mm-high)의 운전 조건 변화에 따른 기포 거동과 고체 입자 순환 특성을 관찰하였다. 확장관 도입 전후의 수력학적 특성을 비교하여 downcomer 내 와류 감소 등 개선 효과를 확인하고, 이를 통해 고체 체류량 및 고체순환속도가 향상될 수 있음을 확인하였다.

P유동금-2

Thermodynamic and Kinetic Analysis of Autothermal Syngas-Generating Limestone Calcination Process for Ammonia Synthesis

이연재, John R. Grace[1], 김준영*
가톨릭대; [1]브리티시컬럼비아대
(june0112@catholic.ac.kr*)

A novel autothermal methane-reforming limestone-calcination process is analyzed through thermodynamic and kinetic investigations to yield syngas for direct ammonia production. A comprehensive correlation is developed to determine the required gaseous feed concentrations for near-autothermal reactor operation under varying conditions of temperature, pressure, and nitrogen/oxygen compositions. The study establishes critical operating boundaries to achieve complete limestone calcination while preventing coke formation. The process performance, evaluated through the syngas yield and quality metrics (H2/CO and H2/N2 ratio), demonstrates that the optimal MRC calciner off-gas with a H2/N2 ratio of 3 can be produced at moderate CaCO3/CH4 molar feed ratio (0.2-0.3) with air oxygen concentrations around 40 vol%. Kinetic analysis in turbulent fluidized bed reactors reveals that appreciable sorbent calcination (>60%) can be achieved at industrially relevant conditions (pressures up to 25 bar, temperatures below 900°C), with enhanced performance at elevated temperatures and reduced pressures.

P유동금-3

CPFD를 이용한 유동층에서의 촉매별 비산 특성 연구

오예은, 이태원, 안태휘, 정의명, 이찬영, 서명원*
서울시립대
(mwseo82@uos.ac.kr*)

유동층 반응기에서 촉매의 비산은 반응 효율과 장비의 유지보수, 공정 운영의 경제적 측면에 중요한 영향을 미치는 요소이다. Computational Particle Fluidizing Dynamic (CPFD)는 높은 계산 효율성과 대규모 시뮬레이션이 가능하기 때문에 유동층 시뮬레이션에 적합하다. 본 연구에서는 CPFD를 활용하여 난류 유동층에서 γ-alumina 80㎛, γ-alumina 150㎛, Fluid Catalytic Cracking (FCC) 촉매의 비산 특성을 비교 분석하고자 한다. Drag model로는 Wen-Yu, WenYu-Ergun, EMMS-Yang-2004 중 γ-alumina 80㎛의 실제 실험 데이터와 가장 일치하는 EMMS-Yang-2004를 선정하였다. 시뮬레이션 결과 입도분포상 입자 크기가 작은 FCC 촉매가 상대적으로 많은 비산량을 보였다. 또한, 세가지 촉매 모두 기체 유속이 증가할수록 비산량이 증가하는 경향이 확인되었다. 본 연구는 촉매 특성에 따른 유동층 내 비산 거동을 이해하는 데 기여하며, 촉매 선택 및 공정 최적화에 실질적인 정보를 제공할 것으로 기대된다.

P유동금-4

유동층 건조 공정 질량 수지 기반 모델링 및 검증연구

황정기, 최종민, 한형석[1], 김교찬[1], 김준우[1], 이동현[2], 김동재*
순천향대; [1]Cj bio; [2]성균관대
(dkim@sch.ac.kr*)

본 연구는 유동층 건조 메커니즘을 규명하며 아미노산 케이크의 건조 공정에 대한 모델링 및 공정해석을 목표로 한다. 두 종류의 아미노산(TRR, HIS) 샘플의 건조 공정의 동특성을 평가하기 위해 lab scale 열풍건조기를 이용하여 실험을 진행하고, 해당 실험 결과의 입·출구의 수분량에 대한 절대습도를 이용한 mass balance를 활용하여 시간에 따른 건조의 양상 및 공정 동특성을 확인하였다. 실험 결과와 모델링 결과에 대한 오차 축소를 위해 유량값을 보정하여 신뢰성을 있는 모델식을 확보하였다. 해당 모델링을 이용하여 추후 유동층을 이용한 건조 공정의 최적화를 진행할 수 있을 것으로 기대된다.

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-지역지능화혁신인재양성사업의 지원(IITP-2025-RS-2024-00436765), 60%)과 BK21 FOUR (Fostering Outstanding Universities for Research)" (No. : 5199991614564, 40%)의 재원으로 지원을 받아 수행된 연구임.

P유동금-5

유동층 공정을 활용한 이산화탄소 포집 공정동특성 연구

최종민, 김동재*
순천향대
(dkim@sch.ac.kr*)

온실가스인 이산화탄소의 대기 중 농도 증가에 따라 탄소 중립을 위한 CCUS(Carbon Capture, Utilization, and Storage) 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 낮은 에너지 소비와 용이한 재생이 가능한 moisture swing 기술을 활용한 이산화탄소 포집을 연구하였다. 포집 물질로는 이온교환수지(IRA-900)를 사용하였으며, 다양한 pKa 값을 갖는 음이온을 이용해 전처리 후 실험을 수행하였다. 유동층 공정의 동특성을 효과적으로 분석하기 위해 중심합성계획법을 적용하여 실험을 설계하였다. 최적의 탈착 효율을 갖는 요인을 도출하고, 이를 통해 흡착 능력, 속도, 반복 사용성(cyclability)을 평가하였다. 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-지역지능화혁신인재양성사업의 지원(IITP-2025-RS-2024-00436765), 60%)과 BK21 FOUR (Fostering Outstanding Universities for Research)" (No. : 5199991614564, 40%)의 재원으로 지원을 받아 수행된 연구임.

P유동금-6

유동층 반응기에서 증기 메탄 개질 반응과 석회석 칼시네이션을 통합한 반응 동역학 기반 전산유체역학 모델링

전종인, 김준영*
가톨릭대
(june0112@catholic.ac.kr*)

본 연구에서는 MRC-CAL (Methane Reforming and Calcination Combustion Assisted Looping) 반응기의 CFD 시뮬레이션을 수행하고, 기존의 Kinetic-only model과 비교하여 반응 성능을 분석하였다. CFD simulation 수행시 inlet gas velocity, sorbent to catalyst ratio, sorbent calcination extent의 세 가지 변수를 변화시키며 유동층 반응기에서의 반응을 분석하였고 CFD 시뮬레이션과 기존의 Kinetic-only model을 비교한 결과, 기체 조성에서 큰 차이를 보였다. MRC-CAL 공정은 limestone calcination, catalytic methane reforming, combustion을 하나의 반응기에서 결합하여 H_2 가 풍부한 syngas를 생산하는 동시에 CO_2 sorbent calcination을 수행하는 공정이다. 이 과정에서 mole-generating reactions로 인한 gas expansion과 particle mixing behavior가 공정에 큰 영향을 미치지만, 기존 연구에서 수행된 Kinetic-only model에서는 gas expansion과 particle mixing behavior가 고려되지 않았기 때문이다. 이러한 결과는 공정 개발에서 hydrodynamics를 고려하는 것의 중요성을 강조하며, 보다 정확한 예측을 위해서는 유동층 내 hydrodynamic 요소들을 반영하는 것이 필수적임을 시사한다.

P유동금-7

기포유동층 내 바이오촤 혼합-분리 특성에 대한 전산해석 연구

박경영, 최항석*, 최명규, 홍성완
연세대
(hs.choi@yonsei.ac.kr*)

기포유동층 반응기는 내부 물질과 투입 시료 간의 고체 혼합과 열전달이 우수하여 바이오매스 급속 열분해 반응기로 적합한 것으로 알려져 있다. 그러나 구조적 한계로 인해 바이오매스 열분해 생성물인 바이오촤 입자의 연속적인 배출이 어렵고, 이로 인해 반응기 내부에 축적될 가능성이 크다. 또한, 바이오촤는 열분해 생성물의 2차 분해를 촉진하는 촉매 역할을 할 수 있어, 공정의 안정적인 연속 운전을 위해서는 바이오촤 입자의 효과적인 배출이 필수적이다. 이에 따라 본 연구에서는 오일러리안-오일러리안 모델과 오일러리안-라그랑지안 모델 등 다양한 전산해석 기법을 적용하여 반응기 내부에서의 바이오촤 혼합 및 분리 과정을 시뮬레이션하였으며, 이를 실험 결과와 비교하여 전산해석 모델 결과값을 비교/검증하였다.

P유동금-8

유동층 반응기에서 청록수소 생산을 위한 촉매 설계

박혜원, 이수홍*
한국화학연구원
(shlee2@krict.re.kr*)

This study investigates catalysts for continuous turquoise hydrogen production in a fluidized bed reactor. Turquoise hydrogen is generated through the thermal decomposition of methane at elevated temperatures, with the advantage of no direct CO_2 emissions. To enable the reaction at relatively low-temperatures and ensure stable, continuous production, catalysts were synthesized for optimal fluidization in a fluidized bed reactor. The physical properties of the synthesized catalysts, including Geldart classification, particle diameter, sphericity, and particle density (measured by mercury intrusion porosimetry), were systematically characterized. Furthermore, catalyst attrition and elutriation behavior under fluidization conditions were evaluated.

O이동목-1

자유계면 전산모사에서 약하게 적용된 운동학적 조건에 대한 메쉬 특성의 영향

양윤동, 남재욱*
서울대
(jaewooknam@snu.ac.kr*)

Free surface flows are prevalent in the chemical industry, particula —derived from mass conservation— serving as a key boundary condition. In finite element methods th Eulerian approach, this condition can be applied as a Dirichlet co curvature surfaces. A potential solution is to impose the Dirichlet c house finite element software, guiding the selection of mesh prop

O이동목-2

Extensional Flow Analysis of Lithium-Ion Battery Anode Slurries: Insights from Microfluidic Techniques

박도혜, 임정욱, 남재욱*
서울대
(jaewooknam@snu.ac.kr*)

The growing demand for lithium-ion batteries has heightened the need for efficient electrode manufacturing. Lithium-ion battery slurries, composed of active materials, conductive agents, and binders, exhibit complex rheological behavior, making flow control essential during key processing steps. Among these, extensional flow plays a critical role but traditional ways are insufficient for capturing extensional properties.To overcome this limitation, we utilized the Dripping-onto-Substrate/Capillary Breakup Extensional Rheometry (DoS-CaBER) technique to evaluate the extensional properties under varying compositions of battery slurry. Furthermore, microfluidic experiments with cross-slot channels enabled direct visualization of slurry agglomerates in extensional flow. By comparing these observations with DoS-CaBER results, this study enhances the understanding of how slurry composition influences extensional deformation, offering valuable insights for optimizing slurry formulation and improving electrode fabrication processes.

O이동목-3

이분산 현탁액 필름 건조 중 수력학적 상호작용이 크기에 따른 층화 패턴에 미치는 영향

김희찬, 윤진성, 전병진, 정현욱*
고려대
(hwjung89@korea.ac.kr*)

This study investigates mesoscale particle dynamics during bidisperse suspension film drying, highlighting the effects of particle size ratio and hydrodynamic interactions (HIs) on stratification phenomenon. The stratification pattern depends on the initial concentration of particles, evaporation rate (v_{ev}), diffusivity (D_0) of each particle, and the size ratio of two types of particles. Especially, evaporation and diffusion effects are characterized as Peclet number of small particles ($Pe_S = v_{ev} H_0/D_0$) where H_0 is the initial film height. Despite the importance of size ratio and HIs, very little research has been conducted considering them simultaneously. This is because increasing the size ratio and considering HIs require high computational costs for calculating fluid effects. We developed a simulation framework to address the difficulties with calculation costs. We compared the lattice Boltzmann and Langevin dynamics simulations to analyze the stratification behavior with increasing the size ratio. We observed whether the velocity of the large particle exceeded v_{ev} and compared it with the diffusiophoretic velocity proposed by previous work.

O이동목-4

미세유체 공정으로 합성된 코어-쉘 하이드로젤을 이용한 알츠하이머병의 신경세포 모델 개발

노혜원, 송지유, 김재정*
홍익대
(jaejungk@hongik.ac.kr*)

Alzheimer's disease (AD) is a progressive neurodegenerative disorder. Currently, the development of treatments for AD is still explored. To address that, the development of standardized AD models is essential. In this study, we used a 3D core-shell hydrogel to develop a human AD model with ReNcells, which exhibit AD phenotypes. Microgels were generated using a two-step microfluidic process. The Matrigel core-collagen shell hydrogel provides a supportive environment for ReNcell without bead aggregation. Immunofluorescence staining showed MAP2 positivity, indicating neuronal maturation. Furthermore, we confirmed the expression of amyloid-beta and hyperphosphorylated tau aggregations, two hallmarks of AD. The developed AD model exhibited accelerated pathological changes compared with conventional models. We envision that our model will be used to develop a standardized drug screening strategy.* This research was supported by grants: RS-2023-KH140863 and RS-2024-00402200.

O이동목-5

경피흡수과정에서 리포좀이 각질층의 지질구조에 미치는 영향

조윤경, 박준현, 박찬우, 김재정*
홍익대
(jaejungk@hongik.ac.kr*)

A liposome is a phospholipid vesicle, that encapsulates substances and delivers them to the body. Liposomes are effective in percutaneous absorption. The stratum corneum (SC) is composed of corneocytes embedded in a lipid matrix, which provide a pathway. However, the mechanisms of liposome-based delivery are not fully understood. We developed the SC model mimicking the percutaneous absorption pathway and utilized it to analyze the penetration mechanism of liposomes. We fabricated the SC model by spraying lipid onto the polymer substrate. By varying lipid composition, we formed a healthy orthorhombic phase and a damaged hexagonal phase. We analyzed the change in the lipid structure to investigate how liposomes deliver the substance through SC. We anticipate that our study will interpret the mechanism of the liposome delivery system, contributing to pharmaceuticals and cosmetics. * This research was supported by grants: RS-2023-KH140863 and RS-2024-00402200.

O이동목-6

Ethanol as a Secondary Solvent: Enhancing Drying and Its Influence on Microstructural and Electrical Properties of Li-Ion Battery Anode Slurries

박민서, 김은조, 현규*
부산대
(kyuhyun@pusan.ac.kr*)

Li-ion battery production involves energy-intensive processes such as slurry mixing, coating, and drying, due to the high temperatures needed for solvent evaporation. This study investigates the impact of adding ethanol to water in anode slurries to enhance drying speed. Drying involves heat and mass transfer, including solvent evaporation, binder diffusion, and particle sedimentation. The study varied the water-to-ethanol ratio in slurries containing two types of graphite (spherical and flake-shaped), carbon black, and carboxymethyl cellulose as a binder.Drying rates were measured at room temperature, and rheological properties were tested using steady shear and SAOS to assess thixotropy and viscoelasticity. Coated films were analyzed with scanning electron microscopy (SEM), and electrode resistance was measured to evaluate binder and particle distribution.This research provides insights into improving process efficiency and reducing costs in anode production.

O0이동목-7

Predicting Aortic Thrombus Formation during VA-ECMO Support via Haemodynamic Simulations

임진경, 원왕연, 구보람[1]*
고려대; [1]전남대
(boram.gu@jnu.ac.kr*)

Veno-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation (VA-ECMO) supports cardiopulmonary function by performing gas exchange and reinfusing oxygenated blood into the arterial circulation. Despite its widespread use, thrombus formation in the aorta is a serious complication, potentially causing blood flow obstruction and ischemic stroke. Analyzing aortic thrombus formation is crucial for understanding thrombogenesis and developing preventive strategies. Computational Fluid Dynamics (CFD) is employed to simulate blood flow in VA-ECMO and to identify regions prone to thrombus formation. This study reconstructs the 3D aortic geometry from patient CT scans and models thrombus formation based on established literature. The results indicate that thrombus formation is favored in regions with low wall shear stress, particularly near the ascending aorta, which is consistent with clinical observations. These findings highlight the importance of identifying high-risk areas and implementing effective anticoagulation strategies to mitigate thrombotic complications during VA-ECMO support.

O0이동목-8

Impact of slurry mixing on electrode performance in electrochemical lithium recovery(ELR) systems

송환규, 정선엽*, 주화주[1]
단국대; [1]매사추세츠공과대
(seon27@dankook.ac.kr*)

As lithium-ion batteries become a key energy source for future transportation, lithium demand has surged, leading to frequent supply-demand imbalances despite increased production. To address this, the electrochemical lithium recovery (ELR) system has gained attention as a fast and eco-friendly method, to extract lithium from seawater. However, most of the previous studies have focused on electrode materials and operating conditions, remaining the impact of the manufacturing process on ELR performance overlooked. In this study, we investigated how slurry mixing protocols affect electrode performance in ELR system. LMO-based slurry was prepared at various mixing speeds, revealing that rheological properties and electrode performance vary depending on the mixing conditions. By elucidating a correlation between rheological properties and electrode performance, we highlight the crucial role of process technology in overall system efficiency.

O이동목-9

Multiscale Digital Twin Approach for Simulating the Separator Coating Process in Lithium-Ion Battery Manufacturing

오현정, 나종걸*, 박안성[1], 정은영[1]
이화여자대; [1]서울대
(jgna@ewha.ac.kr*)

The separator coating process plays a critical role in determining the performance and safety of lithium-ion batteries, yet its complex nature poses challenges in achieving uniform coating quality. This study introduces a multiscale digital twin framework that integrates computational fluid dynamics and differential algebraic equation modeling to optimize the coating process. A three-dimensional CFD model was developed to simulate the influence of process parameters on coating layer formation, considering equipment structure and operating conditions. Additionally, a two-dimensional DAE model was implemented to describe the equilibrium behavior of ceramic slurry. These models are coupled via MATLAB, enabling a comprehensive analysis of both macroscopic process dynamics and microscopic slurry behavior. Future work will incorporate coarse-grained molecular dynamics simulations to further investigate slurry microstructures. This integrated multiscale approach provides a robust platform for process optimization, ultimately contributing to improved battery performance and manufacturing efficiency.

O이동목-10

실리콘 음극 및 건식 전극을 위한 기능성 병솔형 고분자 바인더의 개발

장순호, 허윤, 조성재, 방준하*
고려대
(joona@korea.ac.kr*)

High-energy-density lithium-ion batteries require advanced polymer binders for silicon-based anodes and dry electrode processes. Silicon's high capacity causes severe volume expansion, leading to instability. To address this, we developed an adhesive bottlebrush polymer binder with poly(acrylic acid) (PAA) side chains, synthesized via atom transfer radical polymerization (ATRP) and ring-opening metathesis polymerization (ROMP). Elasticity was enhanced using a soft polyethylene glycol (PEG) crosslinker, improving mechanical integrity and cycling stability.For the dry electrode process, a bottlebrush copolymer binder with PAA and poly(methyl acrylate) (PMA) side chains was designed to enhance adhesion and processability. The binder exhibited superior adhesion, improved conductive additive dispersion for reduced electrode-internal resistance. Its shear-thinning behavior further facilitated dry electrode fabrication. Electrochemical tests confirmed enhanced capacity retention and cycling stability, demonstrating its potential for next-generation lithium-ion batteries.

O이동목-12

Shear-Induced Migration of Suspended Particles Using Dynamic Brush Layer Model

전병진, 정현욱*
고려대
(hwjung89@korea.ac.kr*)

관형 흐름에서 현탁액내 입자의 수직 방향 이동 현상은 Leighton 과 Acrivos에 의해 높은 전단율 영역에서 낮은 전단율 영역으로 입자가 이동한다는 것으로 최초로 규명된 이후, 입자 이동 현상에 대한 다양한 이론 및 실험적 연구가 진행되어 왔다. 그러나 실제 배터리 슬러리와 같은 복잡 현탁액은 이론에서 다루는 단순한 액체와 매끈한 표면을 가진 구형 입자를 가정하는 이론만으로는 완벽하게 설명하기 어렵다. 이에 따라, 본 연구에서는, 현탁액내 입자 동역학을 해석하기 위한 기초 연구로서, 유기물로 덮인 현탁 입자 간의 상호작용을 고려하기 위해 동적 브러시 층 모델을 새롭게 도입한 lattice Boltzmann 수치 방법을 활용하였다. 이를 통해, 해당 특성이 유체역학적 상호작용만으로 예측되는 관내 입자 분포에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

O이동목-12

배터리 전극 슬롯 코팅의 요변성을 고려한 유동 현상

오상호, 남재욱*
서울대
(jaewooknam@snu.ac.kr*)

The increasing demand for electric vehicles and energy storage systems has driven research into battery production technologies. Among these, the electrode production process, particularly the coating stage using slot coating technology, is suitable for computational fluid dynamics simulations. This fluid flow, known as slot coating bead flow, can lead to either successful coating or defects.A key factor influencing this flow is the rheological properties of the slurry, which can be time-independent, like shear thinning, or time-dependent, influenced by the material's history. Thixotropy, a type of time-dependent rheology, involves a gradual decrease in viscosity under constant stress, followed by recovery when the stress is removed.This study explores the effects of thixotropy in battery slurries on slot coating bead flow by developing a rheological model that incorporates thixotropic behavior into simulations, aiming to enhance the efficiency and quality of the coating process in battery manufacturing.

O0이동목-13

칼슘신호전달 현상에 관한 전산모사 연구

강욱중*
전북대
(ukjungkang@gmail.com*)

This study utilizes X-ray crystallography-based structural data of Drosophila's Orai1 protein to model the structures of the key SOCE proteins, STIM1/Orai1, in Caenorhabditis elegans (an invertebrate) and humans (a vertebrate). We construct and perform a GPU-accelerated computational system, operating at atomic-level resolution which is otherwise unobservable in experiments. This system allows us to systematically and thoroughly analyze the principles of intracellular calcium concentration regulation through the physical contact between STIM1 and Orai1 from physical, dynamical, and energetic perspectives. Ultimately, by synthesizing computational simulations with experimental results, we were able to identify specific amino acids in the SOCE protein domains that could serve as potential drug targets for neglected tropical diseases caused by invertebrate organisms such as lymphatic filariasis, trypanosomiasis, and schistosomiasis.

O0이동목-14

Fabrication of Electrochromic Films Integrating Rheology, Deposition Strategies, and Electrochemical Analysis

Garcia Ralph Joseph, 정선엽*
단국대
(seon27@dankook.ac.kr*)

Electrochromism, the reversible color change induced by an electric field, plays a vital role in modern industries, notably in smart windows and display. Tungsten oxide (WO_3) is the most widely used electrochromic material due to its high optical contrast and robust performance. This research integrates rheology with electrochemistry to optimize tungsten oxide-based electrochromic films. High-performance electrochromic films were achieved through the selection of flexible substrates, deposition conditions, post-processing treatments, and interface engineering. Deposition techniques were chosen based on material rheology such as viscosity and oscillatory tests. Optimal film thickness was adjusted through deposition parameters and checked its electrochromic and optical performance. Drying conditions are also investigated by varying temperatures. This approach of fabricating electrochromic films will help researchers develop efficient electrochromic devices.

O0이동목-15

Designing Microchannel Network for Concentration Generation with Electric Circuit Analogy Method

임정욱, 박도혜, 남재욱*
서울대
(jaewooknam@snu.ac.kr*)

Microfluidic concentration gradient generators (μCGGs) are sophisticated devices that create precise variations in chemical concentrations. These tools are intriguing for various biological experiments, drug testing, and various chemical analyses. However, designing the intricate network of channels within these devices to achieve specific concentration patterns has traditionally been a complex and time-consuming challenge. This study introduces an innovative solution by applying parallel relationships between fluid flow in microchannels and electric current in circuits - a concept known as electric circuit analogy. By treating the fluid channels as electrical circuits, we developed a simple mathematical framework based on matrix equations that can quickly calculate both flow rates and concentrations throughout the network. This approach is coupled with optimization to adjust channel shapes to achieve desired concentration patterns at device outlets. Unlike traditional computational methods, our methodology provides a practical tool that can design and refine μCGG layouts in minutes. This breakthrough makes it much easier for researchers to customize these devices for a wide range of applications.

P이동목-1

티라마이드 신호 증폭을 이용한 고민감도 엔코딩 하이드로젤 미세입자 기반 다중면역 분석

김지우, 최준희, 김영희, 임용준, 김민정[1], 봉기완*
고려대; [1]연세대 용인 세브란스 병원
(bong98@korea.ac.kr*)

Detection of proteins are crucial in biomedical research and clinical diagnostics. However, existing methods have difficulty when detecting proteins in clinical samples in terms of sensitivity, dynamic range, and multiplex capacity. In this study, we present a highly sensitive multiplex immunoassay based on encoded hydrogel microparticles utilizing tyramide signal amplification (TSA). The combination of large multiplexing capacity of encoded hydrogel microparticles and the signal amplification of TSA allows highly sensitive multiplex immunoassay. By employing the TSA, we are able to achieve bigger detection signals with higher specificity. We effectively decrease the non-specific bindings in the hydrogel network by blocking the unreacted acrylate double bonds remaining after the capture antibody conjugation step and acquire 3-fold increased signal-to-noise ratio. This approach leads to a limit of detection as low as 58 fg/mL. Compared to the previous method, the assay sensitivity is enhanced 10-fold. With the enhanced sensitivity, we demonstrate the clinical applicability of our platform by successfully multiplexing these cytokines at concentrations down to several hundreds of fg/mL within the human serum, which could not be detected using previous methods.

P이동목-2

Numerical study on droplet deformation and breakup in shear flow with density contrast using the color-gradient lattice Boltzmann method

정지윤, 이영기*
한경국립대
(yklee@hknu.ac.kr*)

We explore the deformation and breakup of a single droplet with density contrasts between the droplet and the surrounding matrix fluid in shear flows. While many studies have explored droplet dynamics inflows, relatively few have focused on the effects of density ratios. To analyze this system, we apply the color-gradient lattice Boltzmann method (CGLBM) to describe multiphase flows. First, we conduct simulations at low capillary number region to investigate droplet deformation. As the capillary number increases and the density ratio decreases, the droplet shows a more elliptical shape in shear flow. Using the Taylor deformation parameter (D) to quantify this, we confirm that our simulation results match theoretical predictions well. Next, we examine droplet breakup behavior at higher capillary numbers. At low density ratios, a normal breakup mode occurs. In contrast, when the density ratio reaches approximately 1:100, a tip-streaming breakup mode is observed, where small droplets are shed from the two tips of the mother droplet. Lastly, we analyze the flow fields around the droplet phase to elucidate the origins of these two distinct breakup modes.

P이동목-3

Brownian dynamics 시뮬레이션을 이용한 콜로이드 입자-고분자 혼합액의 건조 중 거동 연구

안현정, 이영기*
한경국립대
(yklee@hknu.ac.kr*)

콜로이드 입자-고분자 혼합물은 배터리, 연료전지를 포함한 다양한 산업적 응용문제에 널리 적용되고 있다. 이들을 활용하는 공정 중, 코팅 후 건조과정에서는 crack, stratification 등 다양한 문제가 발생하는 것으로 보고되고 있으며, 따라서 건조 후 필름 품질의 향상을 위해서는 이들 복잡 시스템의 가동을 이해하고 제어하는 것이 중요한 쟁점이 된다. 기존 시뮬레이션 연구를 통해 콜로이드 입자 계에 관한 건조 연구가 활발히 진행된 바 있다. 그러나, 콜로이드 입자와 고분자가 혼합된 시스템에 관한 연구는 아직도 충분히 수행된 바 없으며 여전히 지속적인 연구가 필요로 되는 실정이다. 이러한 부분에 착안하여, 본 연구에서는 브라운 동역학(Brownian dynamics, BD) 시뮬레이션을 활용하여 콜로이드 입자-고분자 혼합물의 건조 거동에 대해 살펴보고자 한다. 콜로이드 입자, 그리고 고분자 각각은 간소화된 모델 (coarse-grained model)로 표현되었으며, 이들이 분산 및 도포된 필름 형태의 시스템에서 이들의 건조 중 거동에 대해 살펴보았다. 고분자의 농도, 길이, 콜로이드 입자와의 상호작용 등 다양한 변수를 고려하였으며 이에 따른 건조 중 필름 내 구조 변화를 살펴보았다.

P이동목-4

Fabrication of fluorescent Janus particles for pH-sensitive sensors via wax-silica colloidosomes

방용빈, 김수환, 이성재*
수원대
(sjlee@suwon.ac.kr*)

Janus particles have received great attention as colloidal surfactants because they have anisotropic phases with different physical and chemical properties in a single particle. In this study, submicron-sized silica particles were placed at the molten wax/water interface using Pickering emulsion, and then quenched to produce colloidosomes in which silica particles were embedded on wax spheres. The O/W contact angle of the silica particles was controlled using DDAB, and the degree of embedding was determined through the zeta potential. To modify the exposed silica surface of the colloidosomes, the particles were placed in a water-methanol mixed solvent, and APTES was added to produce Janus particles with amine functional groups attached to the exposed surface. The modified part of the Janus particles was dyed with FITC, which exhibits fluorescent green at high pH, and the exposed unmodified part after wax removal was dyed with Rhodamine B, which exhibits fluorescent red at low pH. Through this study, pH-sensitive fluorescent Janus particles exhibiting different fluorescence on each side were fabricated.

P이동목-5

점성 유동장에서 전해질고분자 사슬의 구조 및 확산 운동에 대한 이미징 추적

전명석*, 심현우
한국과학기술연구원
(mschun@kist.re.kr*)

We investigated the image tracking of single chain of submicron-sized semiflexible polyelectrolyte in external flow fields, by applying inverted fluorescent microscopy. The displacing motion of an individual molecule is quantified, from which confinement-induced changes regarding conformational dynamics and translational diffusion are rigorously analyzed according to the conditions of charge effect, microchannel space, and flow strengths. To verify the reasonable trends, experimental results are compared with the mesoscale simulations or the relevant literature data.

P이동목-6

Electrochemical performance of polyHIPE-based carbon foams doped with aniline and TiO_2 for supercapacitor electrode materials

류인재, 전형준, 김경엽, 이성재*
수원대
(sjlee@suwon.ac.kr*)

High internal phase emulsion (HIPE) is an emulsion in which the volume fraction of the dispersed phase is 0.74 or higher. In this study, W/O microcellular foams were prepared by polymerizing HIPE composed of water and divinyl benzene (DVB). The DVB foam was sulfonated to form thioether bridges, which enabled the foam to maintain its pore structure and shape during carbonization. In addition, hierarchical porous carbon (HPC) with meso/micropores on the surface of the foam was obtained through KOH activation. The HPC was used as a supercapacitor electrode because of its high electrical conductivity and large specific surface area. Furthermore, to improve the electrochemical performance of the supercapacitor electrode, conductive polymer aniline and transition metal TiO_2 were added during the HIPE formation process to induce a redox reaction. The electrochemical performance of the electrode material was evaluated by cyclic voltammetry (CV), galvanostatic charge/discharge (GCD), and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) using a three-electrode system.

P이동목-7

Fabrication of Nucleic Acid Loaded Lipid Nanoparticles Using a Microfluidic Platform

박예은, 임종민*
순천향대
(jmlim@sch.ac.kr*)

코로나 19 팬데믹 이후에도, 글로벌 백신 시장은 꾸준히 성장하고 있으며 백신 개발에 대한 광범위한 연구가 수행되고 있다. 특히, mRNA 및 DNA 기반의 핵산 백신은 신속한 개발 가능성과 면역 반응 유도 능력으로 주목을 받고 있다. 효과적인 전달과 안정성을 확보하기 위해 적절한 운반체가 필수적이며, 지질 나노입자는 핵산 백신의 전달 효율성을 증대시킬 수 있는 운반체로 평가되고 있다. 기존의 지질 나노입자 생산법은 회분식 공정으로 연속 생산이 어렵고, 물리·화학적 특성의 정밀한 조절과 재현성 확보에 한계가 있었다. 이를 개선하기 위해 경제적 효율성을 높이는 동시에 백신 개발 및 생산의 신속성과 안정성을 강화할 수 있는 장점을 가진 미세유체 플랫폼을 활용하고자 한다. 본 연구에서는 기존의 회분식 합성 방법에 비해 연속 생산이 가능한 미세유체 플랫폼을 이용하여 mRNA 및 DNA가 적재된 지질 나노입자를 제조하였다. 제조된 지질 나노입자의 크기 분포를 zeta sizer를 이용하여 분석하였고, Microplate reader를 활용하여 약물의 적재량과 Encapsulation Efficiency(%)를 비교 분석하였다. 또한, 지질 나노입자의 구조적 특성을 확인하기 위한 분석을 수행하고, 장기 안정성 평가를 통해 제조된 지질 나노입자의 물리·화학적 안정성을 검증하였다.

P이동목-8

볼 밀링 믹싱 시간에 따른 음극 슬러리의 유변학적 특성과 전기화학적 성능 상관관계에 대한 연구

김기민, 문범광, 이해건, 김동재*
순천향대
(dkim@sch.ac.kr*)

배터리 전극 슬러리의 유변학적 특성은 전극의 미세구조와 제조 공정의 효율성을 결정하며, 전기화학적 성능에도 영향을 미친다. 유변학적 거동 최적화는 슬러리의 분산성과 균일성을 향상시켜 이온 전도도 및 전하 전달 속도를 개선할 수 있다. 따라서 유변학적 특성과 전기화학적 성능 간의 관계 규명이 중요하다. 본 연구에서는 볼 밀링(Ball milling) 공정을 이용해 제조된 배터리 음극 슬러리를 분석하였다. 유변학적 분석에서는 주파수 스윕(Frequency sweep)을 통해 storage modulus(G')과 loss modulus(G'')를 측정하고, van Gurp-Palmen 및 Cole-Cole 플롯을 활용해 유변학적 특성을 평가하였다. 또한 전기화학적 분석은 전기화학 임피던스 분광법(EIS), 순환 전압전류법(CV), 충·방전 테스트를 수행하여 전극의 전기화학적 특성을 측정하였다. 마지막으로 슬러리의 조성에 따른 유변학적 특성과 전기화학적 특성의 상관관계를 도출하였다. 본 연구는 추후 배터리 전극 슬러리의 최적 조성 설정과 제조 공정 개선에 기여하여 배터리 성능과 안정성 확보를 위한 기초 자료를 제공할 것으로 기대된다.

P이동목-9

평판 압력 유동 조건에서 이분산 서스펜션의 입자 이동에 대한 브라운 운동의 영향

안정환, 전병진, 정현욱*
고려대
(hwjung89@korea.ac.kr*)

Shear-induced particle migration in bidisperse colloidal suspensions is a key phenomenon influencing transport behavior in confined flows and industrial applications. The diffusive flux model (DFM) is commonly used to describe particle distributions, incorporating both shear-induced and Brownian diffusion effects. However, the impact of model parameters under various Péclet number (Pe) conditions remains an open question, particularly in regimes where the Brownian motion plays a significant role. In this study, we investigate the migration features of bidisperse colloidal suspensions in planar Poiseuille flows using mesoscale Lattice Boltzmann (LB) simulations containing incorporating the Brownian effect. By comparing LB simulation results with DFM predictions, then we evaluate how DFM parameters should be tuned to improve agreement between the two methods. Our findings provide a refined perspective on the applicability of DFM in colloidal suspensions, particularly in capturing the interplay between Brownian and shear-induce particle motions in shear flow fields.

P이동목-10

Development of a Portable Digital Microfluidic System based on Charged Droplet (ECD) Electrophoresis for Automated 3D Cell Culture

배서준, 임도진*
부경대
(dj-im@pknu.ac.kr*)

미세 유체 기술은 소량의 유체나 액적을 다루는 기술로 화학, 약학, 생물학과 같은 다양한 분야에서 유용한 플랫폼으로 주목 받고 있다. 특히, 전기 습윤 (electrowetting on dielectric, EWOD) 으로 대표되는 디지털 미세 유체 기술은 기존 채널 기반의 미세 유체 기술과 달리 개별 액적을 독립적으로 제어할 수 있으며, 다양한 크기의 액적을 조작과 시스템의 재구성이 용이하다는 장점으로 활발히 연구되고 있다. 그러나 넓은 접촉 면적과 세포 응집을 위한 추가 기술 요구 등의 한계로 인해 3D 세포 배양 적용이 어려운 문제가 있다. 또 다른 디지털 미세유체 기술인 액적 접촉 충전 현상 (ECD)는 전극과의 접촉 면적이 좁아 오염 위험이 낮으며, 액적이 구형을 유지하여 추가 기술 없이도 효율적 세포 응집이 가능하다. 본 연구에서는 기존 실험 테이블 기반의 ECD 시스템을 소형화 및 휴대형 시스템으로 개발하여, 3D 세포 배양을 위한 자동화된 플랫폼으로 구현하였다. 이를 위해, 기존 ECD 시스템에서 휴대성을 저해하던 주요 구성 요소를 최적화하고, 이미지 기반 액적 추적 및 제어 알고리즘을 강화하여 자동 액적 조작을 실현하였다. 또한, 개발된 휴대형 ECD 시스템을 활용한 다양한 3D 세포 배양 시뮬레이션을 성공적으로 시연하며, 본 시스템의 자동화 3D 세포 배양 플랫폼으로서의 활용 가능성을 검증하였다.

P이동목-11

Isolation and Drug Loading of Bovine Milk-Derived Extracellular Vesicles

조은화, 안일주, 장원익, 이은정, 한구희*
경북대
(han.koohee@knu.ac.kr*)

Extracellular vesicles (EVs) are cell-produced organelles composed of a lipid bilayer membrane. Due to their high biocompatibility, EVs are increasingly regarded as a promising approach in diagnostics and drug delivery. Herein, we first isolated bovine milk-derived EVs (mEVs) through tangential flow filtration (TFF), and then loaded siRNA into mEVs via electroporation (EP). TFF is a filtration technique that uses a pressure gradient to separate particles by size through a membrane. With analyses including western blot, NTA analysis and TEM, we validated isolation of mEVs through TFF. EP is the active drug loading methodology which create pores in membranes by short electric pulse, thereby enhancing loading efficiency. We optimized the electric field parameters to maximize siRNA loading into mEVs while minimizing potential damage. We assessed loading efficiency of siRNA into mEVs using microplate reader and fluorescent siRNA. This study highlights a simple and effective strategy for EV isolation and cargo loading, offering potential for broader biomedical applications.

P이동목-12

Fabrication of MXene Films and Supercapacitors using Meniscus Dragging Deposition

김승연*, 이용희, 한구희
경북대
(roksyttp@naver.com*)

MXenes, two-dimensional transition metal carbides and carbonites, have attracted attention due to their electrical conductivity, hydrophilicity, and great potential for energy storage devices. Here, we report a simple and efficient approach for fabricating supercapacitors with patterned MXene films by combining meniscus dragging deposition (MDD) and a laser-cut silicone rubber mask. By simply dragging deposition plate back and forth over the mask-attached substrate and then removing the mask from the substrate, we can easily produce an interdigitated MXene pattern on the substrate. For the supercapacitor manufacturing, a polyvinyl alcohol-NaCl gel electrolyte and gold current collectors are incorporated into the patterned MXene film. Since MDD relies on convective flows, a wide range of other materials can be used to form patterned films. This versatile and scalable patterning strategy holds promise for broader applications in energy storage and electronic devices.

P이동목-13

스텝유화장치를 이용한 가속화된 아밀로이드 베타 발현 3차원 신경세포 모델 개발

김나현, 유다은, 김재정*
홍익대
(jaejungk@hongik.ac.kr*)

Dementia affects over 55 million people globally, with costs exceeding 1.3 trillion USD. Alzheimer's disease (AD) is the leading cause of dementia. Despite extensive research, no effective treatment exists, emphasizing the urgent need for advanced disease models to accelerate drug discovery. Conventional 3D bulk models require extended culture periods to replicate AD pathology. To address this, we used step emulsification to produce uniform 3D microbeads which showed the accelerated amyloid-beta aggregation. Our approach optimizes a hybrid hydrogel formulation incorporating Matrigel and type I collagen. Type I collagen interacts with amyloid precursor protein, promoting amyloid-beta accumulation. The resulting microbeads prevent aggregation, allowing for long-term culture. This scalable platform enables high-throughput production, making it a promising tool for AD drug screening and disease modeling. * This research was supported by grants: RS-2023-KH140863 and RS-2024-00402200.

P이동목-14

높은 민감도를 갖는 바이오에세이를 위한 폴리디메틸실록산 마이크로입자 표면에서의 하이드로젤 스킨 형성

박찬우, 조윤경, 김재정*
홍익대
(jaejungk@hongik.ac.kr*)

Hydrogels are widely used in bioassays due to their non-fouling properties and biocompatibility. Recently, microgels have enabled multiplexed bioassays with fine sensitivity and throughput. However, their sensitivity remains insufficient for single-cell-level detection. In this study, we propose a novel detection approach using polydimethylsiloxane(PDMS) microparticles synthesized via the discontinuous dewetting(DD) method. A degradable, superhydrophobic microwell-shaped mold was fabricated for DD with liquid PDMS. Various shaped, sized, and encoded particles were successfully produced. To enhance dispersion in aqueous solutions, we formed a thin hydrogel layer, refer to as a "hydrogel skin," on the particle surface. This thin layer localizes detection signals within a confined region. We envision that this methodology will retain the advantages of hydrogel-based bioassays while enhancing assay sensitivity.* This research was supported by grants: RS-2023-KH140863 and RS-2024-00402200.

P이동목-15

수산배양육 생산용 마이크로 캐리어 개발

정희준, 김나현, 김태훈, 김재정*
홍익대
(jaejungk@hongik.ac.kr*)

Cultured meat technology has the potential to address the depletion of fishery resources caused by increasing fishery consumption and climate change. To address that, it must be capable of mass production. Microcarriers enable a large-scale culture of cells while they are attached to the substrate. In this study, we produced microcarriers using food-grade hydrogel materials. Alginate was used to provide a framework, and fish gelatin allows for cell adhesion. To produce microcarriers, we employed a centrifugal method, ensuring mass production of monodisperse particles. Microcarriers were uniform (CV = 5%) with an average diameter of 236.4 μm. The microcarriers showed excellent cell adhesion and proliferation for two types of fish cells, fathead minnow and scomber scombrus myoblast cell lines. We envision that our model will accelerate the development of seafood-based cultured meat. * This research was supported by grants: RS-2024-00402200 and RS-2023-KH140863.

P이동목-16

Curvature-Driven Vapor Pressure and Marangoni Convection: A Novel Approach to Inorganic Sunscreen Design

유채연, 이서윤[1], 오희묵[1], 이지현[1], 장지희[1], 이준배[1], 박준동*
숙명여자대; [1]코스맥스 기반기술연구팀
(jdpark@sookmyung.ac.kr*)

Inorganic sunscreens are favored for their superior photostability, safety, and environmental benefits. Ensuring uniform distribution of ultraviolet (UV) filter particles is crucial for enhancing UV protection and minimizing white cast. In this study, we propose a novel approach to achieving an even coating of UV filter particles on the skin by preventing their accumulation through the exploitation of curvature differences between skin ridges and furrows. Using a mixed solvent composed of a volatile, low-surface-tension and non-volatile, high-surface-tension solvent, we induce faster evaporation at the ridges, creating a surface tension gradient that drives Marangoni convection. Macro- and microscale analyses using confocal and optical microscopy demonstrate that this convective flow redistributes the particles trapped in skin furrows and promotes uniform deposition. As verified through SPF analyzer and colorimetry, this results in improved UV protection and reduced white cast.

P이동목-17

3D-printed shadow masks for micro-patterned electrodes

차찬욱, 조은화, 김영준, 박보경, 한구희*
경북대
(han.koohee@knu.ac.kr*)

Microfabrication is key in developing advanced electronics and energy devices by enabling the fabrication of high-fineness, complex electrode designs. Photolithography has been widely used for fabricating precisely patterned electrodes, but its multi-step process makes it costly and time-consuming. This study presents a simpler, cost-effective approach using 3D-printed shadow masks for micro-patterned electrode fabrication. Using a fused deposition modeling 3D printer, we show rapid prototyping of shadow mask with diverse designs from simple lines to complex patterns.The 3D-printed shadow mask is placed on the substrate, enabling selective metal deposition for patterned electrodes. This method supports various substrates, including flexible ones. These results show that 3D-printed shadow masks simplify fabrication while preserving the precision needed for advanced electronic and energy devices, providing an alternative to traditional methods.

P이동목-18

확장-수축 마이크로채널에서 확장 길이가 유동장 및 입자 적층에 미치는 영향

정해교, 황민선, 정선엽*
단국대
(seon27@dankook.ac.kr*)

Particle deposition is a physical phenomenon influenced by the interactions between particles and channel walls, which can result in clogging and ultimately reduction in process efficiency. Expansion-contraction channels are widely utilized in industrial applications such as drug delivery and inkjet printing, featuring its ability to induce vortex formation, however, particle deposition within this channel geometry remains poorly understood. This study analyzes the effect of expansion length on the flow field and deposition behavior, with a particular focus on the impact of vortex formation on deposition quantity. We conducted experiments with a polystyrene particle suspension. Our study reveals that shorter expansion lengths lead to increased vortex size, causing strong shear forces in the contraction neck and a significant increase in deposition. This study experimentally identifies the existence of an optimal expansion length that minimizes particle deposition.

P이동목-19

탄소지지체 종류에 따른 PEMFC 촉매 잉크의 미세구조 및 시간 의존적 유변물성

오혜진, 홍지윤, 황민선, 송환규, 정선엽*
단국대
(seon27@dankook.ac.kr*)

Proton exchange membrane fuel cell (PEMFC) electrodes are fabricated by depositing a catalyst ink, which consists of active metal catalysts on carbon supports, ionomers, and solvents. The ink exhibits complex rheological behavior due to various interactions among its components. This study investigates the effect of carbon support types on the microstructure of catalyst ink over storage time through rheological properties and particle size distribution. Ketjen black ink exhibited higher viscosity and viscoelasticity than Vulcan black ink, which was attributed to their tendency to form spherical agglomerates, whereas Vulcan black ink forms fractal structures. A noticeable increase in rheological properties was observed after 48 hours of storge, while post-treatment with a sonic bath proved ineffective in further dispersing its microstructure. These findings provide fundamental into ensuring the stability of the PEMFC electrode manufacturing process.

P이동목-20

A Microfluidic Chip for Sequential Behavioral and Molecular Monitoring in the same C. elegans

손예빈, 이수진, 조용민*
명지대
(yongmincho@mju.ac.kr*)

C. elegans is an ideal model organism for biological research due to its transparent body and short lifecycle, enabling high-throughput experiments. It allows direct observation of physiological changes. Leveraging these advantages, integrating microfluidic technology into C. elegans studies enables precise environmental control while reducing experimental variability.In this study, we developed a microfluidic chip to measure behavioral and molecular responses in the same C. elegans, allowing correlation analysis with minimized biological variability. The chip includes a behavioral arena for locomotion analysis and an immobilization channel for chemical-free immobilization. This design enables continuous tracking of movement parameters and fluorescence imaging of molecular markers such as ROS and protein aggregation. Our platform highlights the applicability of microfluidic systems in biological research, with potential application in drug screening and stress response analysis.

P이동목-21

전극 슬러리의 복잡한 유변학적 행동에 대한 통찰: 설명 가능한 AI (XAI) 접근 방식

정은희, 박준동*
숙명여자대
(jdpark@sookmyung.ac.kr*)

This study introduces a new approach utilizing Explainable Artificial Intelligence (XAI) to gain deeper insights into the complex rheological behavior of electrode slurries, addressing the "black-box" problem in machine learning. We developed rheology database from 130 different slurries with varying compositions. The database includes data from strain sweeps, frequency sweeps, and flow curves. Using this data, we developed a predictive model, achieving 30-60% error between predicted and actual rheological curves. The complicated correlation between electrode composition and rheological behaviors was further explored through SHapley Additive exPlanations (SHAP) analysis, detailing the marginal contribution of each variable and uncovered the synergistic effects from interactions between variables through SHAP interaction values. This process highlights the role of XAI as a powerful tool for deciphering the rheological behavior of materials with intricate components.

P이동목-22

Temporal Evolution of Rheology and Dispersion in Electrode Slurry After Mixing

김주리, 박준동*
숙명여자대
(jdpark@sookmyung.ac.kr*)

This study investigates the temporal evolution of dispersion and rheology in electrode slurry after mixing, with a model electrode slurry comprising of $LiFePO_4$ (LFP) and $LiMn_{0.6}Fe_{0.4}PO_4$ (LMFP) as active materials, with polyvinylpyrrolidone (PVP) as a dispersant in N-Methyl-2-pyrrolidone (NMP). Over time, the rheological properties decreased and then stabilized in all slurries. Optical microscopy images confirmed that initially aggregated particles gradually decreased in size as time progressed. This indicates that the interactions within the slurry evolve, resulting in improved dispersion. With low dispersant, the polymer bridging the particles adsorbs onto a single particle. As the dispersant increases, slow rearrangement occurs in the formed PVP matrix, leading to changes in the thickness of the adsorbed layer. Time is required to reach adsorption equilibrium, suggesting that the dispersion of the slurry increases with time. Our results will be beneficial for providing a guideline for analyzing consistent electrode slurry formulation optimized for process and performance.

P이동목-23

고온 안정성이 향상된 병솔형 블록 공중합체를 이용한 고해상도 나노 패터닝

정재원, 오혜진, 방준하*
고려대
(Joona@korea.ac.kr*)

Bottlebrush block copolymers (BBCPs) have attracted significant interest for their ability to achieve smaller domain sizes compared to linear block copolymers. Their reduced domain spacing, controlled by the backbone's degree of polymerization, makes them promising for high-resolution patterning. However, thermal annealing often leads to cross-linking due to the cleavage of bromine (Br) bonds at the chain ends, generating radicals. To overcome this issue, we substituted Br with hydrogen (H) using tributyltin hydride, effectively preventing radical formation. The macromonomers were synthesized via ATRP, followed by dehalogenation and subsequent polymerization through ROMP. The resulting thermally stabilized BBCPs exhibited well-defined lamellar patterns after annealing, demonstrating their potential for advanced nanolithography applications.

P이동목-24

생분해성 그라프트 고분자의 구조적, 유변학적 특성을 활용한 PLA 블랜드의 압출 가공성 향상

주진혁, 최기홍, 방준하 *
고려대
(joona@korea.ac.kr*)

With the increasing global emphasis on the eco-friendliness of materials, significant progress has been made in the development of polymer composites containing biodegradable PLA. In particular, PLA has focused on enhancing its physical properties and processability for industrial applications over the past few decades. In this study, we focused on the unique rheological properties of graft polymers to improve the processability of PLA as processing aids. With consideration for industrial applications, mass-produceable cellulose acetate butyrate (CAB)-g-PLA graft polymers have been designed by grafting PLA onto biodegradable polymers to produce blends with PLA without compromising their biodegradable characteristics. Rheological properties of PLA blends were compared by adjusting the molecular weights of graft polymers. Finally, the role of Graft polymer as processing aids was scrutinized by evaluating melt tension and draw resonance of PLA blends during extrusion process.

O입자목-1

Simultaneous Gravimetric Analysis and Moisture-Induced Power Generation via a Lateral Field-Excited Quartz Resonator

백혜림, 최지훈, 전상민*
POSTECH
(jeons@postech.ac.kr*)

We developed a moisture-induced power generator (MPG) based on a lateral field-excited quartz resonator, enabling simultaneous measurement of mass changes and voltage generation during water vapor adsorption. Circular interdigitated gold electrodes were vacuum-deposited on the top surface to monitor mass changes, while symmetric semicircular gold electrodes on the bottom surface measured voltage generation. A thin film composed of sodium alginate, carbon black, and polyvinyl alcohol (SCP) was coated on the top surface, and an electric field was applied to induce a sodium ion concentration gradient between the interdigitated electrodes. The changes in the resonant frequency and voltage of the SCP-coated quartz resonator were simultaneously measured under varying humidity conditions. The results demonstrated, for the first time, the voltage-generation behavior of the MPG in response to moisture adsorption.

O입자목-2

Sustainable High-Strength and Flame-Retardant Wood Composites via Alginate-SiO_2 Integration

송민재, 최지훈, 김대웅, 한현수, 전상민*
POSTECH
(jeons@postech.ac.kr*)

A novel wood composite with superior mechanical strength and flame retardancy was developed by integrating alginate and SiO_2 nanoparticles. Natural wood underwent delignification to create a porous structure, which was then impregnated with a solution of sodium alginate and sodium silicate. The composite—hot-pressed flame-retardant wood (HP-FRW)—was obtained through alginate crosslinking, in-situ SiO_2 nanoparticle formation, and hot pressing-induced densification. The HP-FRW exhibited excellent mechanical properties, achieving a tensile strength of 456 MPa, which is 7.4 times higher than natural wood and 25% greater than conventional densified wood. Additionally, the composite demonstrated remarkable flame resistance, exhibiting self-extinguishing behavior. This innovative approach provides a promising strategy for developing high-performance structural materials that combine enhanced strength and intrinsic fire resistance.

O입자목-3

Enhanced Hydrogen Production from ZnS-CuS Photocatalyst through Ligand Capping

한서준, 김정현*
서울시립대
(jhkimad@uos.ac.kr*)

Hydrogen production using photocatalysis is gaining attention as an alternative to global warming because it is eco-friendly. Zinc sulfide is widely studied because it is abundant on the earth and has low toxicity, but its wide bandgap makes it difficult to be active in visible light. In this study, vacancy control, heterostructure, and surface modification were used to enhance the hydrogen production efficiency of zinc sulfide-based photocatalysts. First, ZnS was synthesized using an excess of thiourea, and CuS was attached to the ZnS surface using cation exchange, and the surface modification was performed using thiocyanate as ligand. The hydrogen production performance was measured as a function of the ratio of zinc to sulfur, the ratio of copper, and the presence of thiocyanate. ("This research was supported by Post-plastic Specialized Graduate Program through the Korea Environmental Industry & Technology Institute(KEITI) funded by the Ministry of Environment(MOE)")

O입자목-4

Methanol-Water Binary Solvent System and Anion Exchange for High-Efficiency $Zn_xCd_{(1-x)}O$ @CdS Photocatalyst

강은수, 김정현*
서울시립대
(jhkimad@uos.ac.kr*)

Photocatalytic solar water splitting has been an active area of study as an environmentally friendly method. $Zn_xCd_{(1-x)}O$ photocatalyst has emerged as a notable oxide with a wide bandgap, and extensively used for organic pollutants decomposition. However, its conduction band positioned below 0 eV hinders efficient hydrogen production. This study aims to overcome this limitation by examining the influence of solvent reactivity on photocatalytic performance through controlling the water-to-methanol ratio during $Zn_xCd_{(1-x)}O$ synthesis. Subsequently, the sulfur anion exchange was utilized to synthesize $Zn_xCd_{(1-x)}O$@CdS to form a Z-scheme heterojunction to inhibit electron-hole recombination, thereby enhancing the photocatalytic performance. Finally, an optimal photocatalyst that can simultaneously promote hydrogen production was developed."This research was supported by Post-plastic Specialized Graduate Program through the Korea Environmental Industry & Technology Institute(KEITI) funded by the Ministry of Environment(MOE)"

O입자목-5

Enhanced PEC Performance of $BiVO_4$ /MOF Photoanode via Defect Engineering

이승익, 김정현*
서울시립대
(jhkimad@uos.ac.kr*)

The doping sites of Zn and Mo in $BiVO_4$ vary by dopant type, affecting bonding positions and defect formation. Oxygen vacancies play a key role in enhancing PEC performance by introducing trap states within the bandgap. These states reduce recombination and improve charge separation, which is crucial for efficient photoanodes. Additionally, Oxygen vacancies facilitate bonding at the heterojunction interface, enhancing charge transport. As a result, the presence of trap states in $BiVO_4$ suppresses recombination, promotes charge separation, and improves electron transport, collectively boosting PEC performance. This research was supported by Post-plastic Specialized Graduate Program through the Korea Environmental Industry & Technology Institute(KEITI) funded by the Ministry of Environment(MOE).

O입자목-6

Strategies to synthesize conductive shape memory polyurethane elastomer composite

이재헌, 김정현*
서울시립대
(jhkimad@uos.ac.kr*)

Polyurethane (PU) is well known for its versatile characteristics due to a wide range of material choices and various possible modifications. Furthermore, relatively low production costs and good processability are huge advantages in the polymer industry. Owing to these characteristics, PU became one of the successful platforms for producing polymer composite-based devices. However, efficient synthesizing processes should be developed for it to have practical applications. In this research, we compare strategies to synthesize MWCNT-PU composite, focusing on surface treatment before the attachment process. The final composite will exhibit both electrical and shape memory properties making a powerful synergy. ("This research was supported by Post-plastic Specialized Graduate Program through the Korea Environmental Industry & Technology Institute(KEITI) funded by the Ministry of Environment(MOE)")

O입자목-7

All-optical system-based perovskite photodiode for Vision Neuromophic Sensors

전영운, 송슬기*
충남대
(sksong@cnu.ac.kr*)

페로브스카이트의 손쉬운 솔루션 공정 덕분에 에너지 하베스팅 소자 외에 트랜지스터, 광다이오드 등 많은 디바이스에 응용을 할 수 있다. 전기 바이어스에 기초한 페로브스카이트 맴리스터는 활성층 자체의 장기 안정성 문제와 이온 이동으로 인한 많은 제약을 가지고 있다. 또한 전기적 자극을 통해 나타내는 전류는 반응 속도가 느리며 재현성이 부족하기에 페로브스카이트 광시스템을 활용하여 기존 문제를 탈피하고자 했다. 높은 광전효율을 가지는 페로브스카이트를 광활성층으로 하여 수직 구조 광다이오드를 제작했고 시냅스 전류를 유도하여 뉴로모픽 소자 적용 가능성을 제시했다. 특히 수직 구조 광다이오드 내 수송층과 활성층 간 PN접합 특성에서 나타나는 시냅스 강화와 시냅스 약화의 불일치 문제, 이온 이동으로 인한 재현성 문제를 해결하였고 유무기 하이브리드 페로브스카이트의 높은 결함 내성은 오히려 뉴로모픽 소자의 시냅스 약화를 줄일 수 있기에 계면 일함수 조절, 알킬기 체인 양이온을 도입하여 시냅스 증감 메커니즘을 확인했다. 또한 시냅스 강화와 시냅스 약화 모두 광 시스템으로 통일하여 새로운 비젼 뉴로모픽 센서로 활용한다.

O입자목-8

Electrodeposited Photoanode with Tuned Electrochemical Properties for Enhanced PEC Performance

허동규, 김정현*
서울시립대
(jhkimad@uos.ac.kr*)

Poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrene sulfonate) (PEDOT:PSS), known for its high conductivity and beneficial physical properties, has gained tremendous attention for its variable applications in photovoltaic devices. In this study, PEDOT:PSS polymer were deposited on electrodeposited photoanode. Electrodeposited materials effectively generated electrons and holes, and the conductive polymer rapidly delivered the holes on the surface of photoanode, promoting chemical reactions with electrolyte. Additionally, the conductive polymer efficiently tuned the electrochemical properties of photoanode, especially lowering its resistance, which was attributed to enhance PEC performance.

O입자목-9

Highly Efficient Hydrovoltaic Power Generation Using Janus Membrane under Evaporation-Limited Conditions

김대웅, 이혜원, 전상민*
POSTECH
(jeons@postech.ac.kr*)

We present a hydrovoltaic power generation (HPG) based on a Janus bilayer membrane with asymmetric wettability. The Janus membrane was constructed by stacking a hydrophobic graphene oxide (GO)-cellulose nanofiber (CNF) layer atop a hydrophilic GO-CNF layer, enabling directional ion transport. Water supplied through the hydrophilic layer halts at the hydrophobic interface, forming distinct wet and dry regions. This drives the migration of protons and Na+ ions dissociated from oxygen-containing functional groups, yielding a maximum output of 0.35 V and 20 μA in deionized water. Notably, this performance was maintained under both low and high humidity, indicating evaporation-independent power generation. The membrane's wettability remained stable over 7 days, enabling continuous operation. This study demonstrates that the combination of asymmetric wettability and ion concentration gradients in a Janus membrane enables humidity-tolerant HPG.

O입자목-10

Surface-Engineered Carbon Dots for Enhanced Red Fluorescence and BRET-Driven Wound Healing

조현다, 권우성*
숙명여자대
(wkwon@sookmyung.ac.kr*)

Carbon dots (CDs) have garnered considerable attention due to their outstanding optical properties, including remarkable phototunability, high photostability, and excellent biocompatibility. The emissive color of CDs can be finely tuned by introducing and controlling intra-gap states. However, achieving red fluorescence in CDs remains a significant challenge. This study explores the synthesis of red-emissive CDs using nitrogen-rich precursors such as urea and polyethyleneimine via hydrothermal synthesis. By employing this approach, we successfully fabricated red-emissive CDs. These fluorescent CDs were further applied in a bioluminescence resonance energy transfer (BRET)-based wound healing system. Encapsulated within polymersomes, the CDs were seamlessly conjugated with luciferase to establish a BRET system for therapeutic applications. Our platform effectively accelerated wound healing by promoting collagen synthesis, enhancing cell migration, and reducing inflammation.

O입자목-12

Fabrication of dual-anisotropy building blocks via magnetic field assisted deformation

차찬욱, 박보경, 서정재, 한구희*
경북대
(han.koohee@knu.ac.kr*)

Anisotropic particles have directionally dependent properties, unlike spherical ones. When assembled, these unique properties become more pronounced, making them versatile building blocks. In this study, we fabricated anisotropic particles by deforming a polyvinyl alcohol film embedded with polystyrene (PS) particles. The film was fixed in a system with stationary and movable sections and heated to the glass transition temperature of PS. Unlike oil-bath heating, which risks contamination and burns, a halogen heater provided oil-free heating. Stretching the heated film deformed the embedded PS into elongated shapes. Applying a magnetic field during ferromagnetic PS deformation realigns their magnetic moment, simultaneously controlling both shape and magnetic anisotropy. This dual anisotropy enables hierarchical structures through directed assembly. These findings offer effective strategies for designing hierarchically structured materials with tailored properties.

O입자목-13

테일러 와류 흐름을 이용한 바이오매스 유래 실리카 나노 분말의 합성: 이산화탄소 포집 및 습윤 밴드 적용

정재훈, 조영상*
한국공학대
(yscho78@kpu.ac.kr*)

다양한 산업에 활용되는 실리카 분말을 위한 기존의 제조법은 이산화탄소의 배출과 폐기물 발생이 많으므로, 이를 해결하기 위해 테일러 와류 반응기를 활용한 친환경 합성법을 소개하고자 한다. 물유리와 황산을 이용한 기존의 침전법과 왕겨에서 추출한 물유리를 이산화탄소와 반응시켜 합성한 실리카 분말의 분석 결과를 설명하고자 한다. 구체적으로 상용화된 실리카의 원료인 sodium silicate와 황산을 이용한 합성, 바이오매스에서 유래한 실리카 원료와 황산의 대체 물질인 탄산을 활용한 실리카 분말의 합성 및 그 응용을 발표하고자 한다. 두 경우, 테일러 와류 반응기의 균일한 교반 특성에 의해 균일한 입도의 분말 합성이 가능하였다. 후자는 실험조건에 따른 이산화탄소의 포집량이 분석되었으며, 실리카 분말을 첨가하여 의료용 습윤밴드의 함수율 개선, 표면개질을 통한 오일 제거의 응용이 가능하였다. 바이오매스와 이산화탄소를 활용한 합성법은 탄소 저감과 환경 부담 완화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. (본 발표는 연구재단 기본연구사업의 연구비 RS-2023-00250648에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.)

P입자금-1

Plastic Scintillator for Radiation Detection

노창현*, 민수정, 홍상범, 서범경
한국원자력연구원
(chroh@kaeri.re.kr*)

Today, the scintillation detector is a popular radiation measurement method in various fields such as research and industrial areas. It has been exploited to detect the particle emitted from the nuclear fusion process of the artificial nuclear for particle and radiation measurements. And, plastic scintillator materials have been employed as radiation detectors in many areas including nuclear security, nonproliferation, safeguards, and basic science and technology. In this study, we demonstrated the scintillation enhancement of perovskite-loaded epoxy-based nanocomposites by photoluminescence spectrum and energy spectrum was obtained from the plastic scintillator employing potential indication of perovskite energy transfer with a photomultiplier (PMT) detector by experimentally demonstrating the ability of fabricated plastic scintillator and designed device to detect and monitor radionuclide in environments.

P입자금-2

안티솔벤트 결정화 과정에서 계면활성제가 결정 성장 및 키랄성 발현에 미치는 영향

권예진, 김우식, 박범준*
경희대
(bjpark@khu.ac.kr*)

The effect of surfactants on crystallization behavior and chiral symmetry breaking (CSB) in antisolvent crystallization was investigated. Sodium chlorate droplets were crystallized using a dodecane-ethanol mixture, and the droplet volume was precisely controlled using a tensiometer with the pendant drop method. When crystallization occurred in an ethanol-containing solution, most droplets formed achiral crystals rapidly. However, upon the addition of the nonionic surfactant Span80, the infiltration of ethanol into the droplets was moderated, leading to a reduced crystallization rate and an increased proportion of chiral crystals. As the Span80 concentration increased, chiral crystallization became more dominant, and above a certain concentration, all observed crystals exhibited chirality. Additionally, a higher surfactant concentration resulted in an increase in the minimum droplet volume required for CSB. These findings suggest that surfactants play a crucial role in regulating crystallization dynamics and CSB in antisolvent crystallization.

P입자금-3

Photocatalytic Degradation of Organic Pollutants Using Modified Oxide-Based Photocatalysts

이세희, 김정현*
서울시립대
(jhkimad@uos.ac.kr*)

The photocatalytic degradation of organic dyes is an effective approach for wastewater treatment, with methylene blue (MB) being widely used as a model pollutant. Oxide-based photocatalysts offer excellent stability and suitable band structures for visible-light-driven degradation. However, their efficiency is often limited by rapid charge recombination and insufficient catalytic activity. In this study, various modification strategies are employed to enhance the photocatalytic performance of oxide-based materials for MB degradation. Heterojunction formation, doping, and surface modifications are investigated to suppress charge recombination, improve charge separation, and enhance light absorption. These optimizations aim to accelerate the degradation rate of MB and improve the long-term stability of the photocatalytic system, contributing to the development of efficient water treatment technologies.

P입자금-4

반도체 초임계 유체 세정 기술에 대한 특허통계분석

박애영*, 손연미, 하금률
특허청
(aypark1@korea.kr*)

'온-디바이스 AI' 실현을 위한 고집적 AI 반도체(대용량 GPU 및 고대역폭 메모리 등의 하드웨어)의 급증하는 수요에 따라, 개발 경쟁이 본격화되고 있다. 이와 더불어, 수요가 급증하는 고성능, 고효율 반도체를 구현하기 위해서는 패턴의 붕괴 없는 3차원 또는 초미세 구조 개발이 필수적인데, 이러한 구조를 구현하기 위한 차세대 세정 기술로 초임계 유체 세정 기술이 주목받고 있다. 초임계 유체 세정은 기체와 같이 낮은 표면장력과 높은 확산성, 및 액체와 같이 높은 용해도를 갖는 무독성의 이산화탄소 초임계 유체를 기본적으로 이용하는 세정 기술로서, 초미세 구조의 세정에 적합하고 친환경적인 반도체 세정 기술로서 기존의 습식 세정 공정의 한계를 극복할 것으로 기대되고 있다. 이에 따라, 초임계 유체 세정 기술에 대하여 IP5(韓,美,日,中,EU) 특허청을 대상으로 출원,등록된 특허건수를 분석하여 글로벌 특허 현황 및 기술 성숙도 등의 동향을 분석하였다. 또한 특허 통계 자료를 바탕으로 주요 출원인을 도출하여 글로벌 기술시장에서의 각국 및 출원인들의 IP 경쟁력을 살펴봄으로써, 초임계 유체 세정 기술의 우리나라의 현 위치와 앞으로의 기술발전 방향에 대한 정보를 제공하고자 한다.

P입자금-5

Optimal Reaction Conditions for Conversion Acetovanillone to Vanillic Acid

이홍섭, 김정현*
서울시립대
(jhkimad@uos.ac.kr*)

The international community is making a concerted effort to transition away from a fossil fuel-dependent economic structure and establish a decarbonized economic system. In this context, there is a growing demand for the development of eco-friendly material technologies utilizing the major components of forest biomass. Among these components, lignin, the second most abundant constituent of forest biomass, has been the focus of extensive research for its potential applications. Vanillic acid, a monomer derived from lignin, possesses both a carboxyl group and a phenol structure, featuring hydroxyl groups on both sides. Compared to other vanillin-based lignin monomers, such as acetovanillone or vanillin, this unique structural feature enhances its applicability in polymer synthesis, as it facilitates polymerization reactions. Therefore, in this study, we conducted an experiment to convert acetovanillone into vanillic acid. By employing appropriate catalysts and oxidants for vanillic acid production, this study aimed to optimize the reaction conditions to achieve the highest possible yield in the conversion of acetovanillone to vanillic acid.

P입자금-6

자기적 및 광 감응적 특성을 갖는 "거시적" 상변화 약물 전달체

이현지, 이주형*
명지대
(ljbro@mju.ac.kr*)

효과적인 약물 치료를 위해 약물을 표적 부위에 정확히 전달하고 부작용을 최소화할 수 있는 약물 전달 시스템(drug delivery system, DDS)의 개발이 필수적이다. 기존 나노-마이크로 DDS는 높은 혈관 침투력을 가지지만, 비표적으로의 확산과 낮은 추적성 등 개선이 필요한 과제를 내포한다. 본 연구에서는 확산에 의존하지 않으면서 추적이 용이한 밀리미터 크기 볼 형태의 거시적 DDS를 설계했다. 이러한 DDS는 체온과 유사한 녹는점을 가진 다양한 왁스 기반 상전이 물질(phase change material, PCM)들로 이루어져 있으며, 해당 PCM 매트릭스에는 높은 광열 전환 효율 및 생체 적합성을 가지는 액체금속 미세 액적들을 균일하게 분산하여 근적외선을 이용한 약물의 손쉬운 주문형(on-demand) 방출을 가능케 했다. 또한 분산된 액체금속 표면에 자성 미립자들을 흡착시켜 자기장에 의한 DDS의 이동 제어 및 잔여 물질들의 효율적 회수를 가능케 했다. 이와 같은 거시적 DDS는 옴니포빅(omniphobic)한 표면 위에 모든 구성물질들이 균일하게 분산된 용융 PCM을 원하는 부피만큼 도포하여 자연 냉각시키는 방식으로 매우 손쉽게 제조할 수 있다. 제조된 DDS의 근적외선을 이용한 약물 방출 성능 및 전자석을 이용한 이동 특성들을 정량적으로 평가하였으며, 이를 통해 새로운 약물 전달 플랫폼으로서 제안된 DDS의 가능성을 확인하였다.

P입자금-7

인쇄 및 주입식 설치가 가능한 동절기 블랙아이스 제거용 잉크 타입 열선 개발

송치민, 이주형*
명지대
(ljbro@mju.ac.kr*)

겨울철 블랙아이스 형성은 교통사고를 유발하며 도로 안전에 심각한 위협을 초래한다. 이의 제거를 위한 기존 제설제 살포 방식은 효과가 일시적이며, 고체 열선은 설치와 유지보수에 어려움이 있다. 본 연구에서는 액체금속(Liquid Metal, LM)을 기반으로 한 잉크 타입 열선 복합물질을 개발하여, 기존 열선 시스템의 한계를 극복하고 효과적인 노면 결빙 방지 방법을 제시하고자 하였다. LM은 높은 전기/열전도성으로 전압을 인가했을 때 열을 발생시킬 수 있으며 유동성을 갖추고 있어 다양한 형태로 주입하거나 인쇄하는 방식으로 설치가 용이하여 다양한 지형과 넓은 면적에 효율적으로 적용할 수 있다. 또한, 자가수복능력을 제공하여 열선 손상 시 자동으로 복구된다. 본 연구는 LM 매트릭스 내 미립자 필러를 충진하여 점탄성을 조절하고, 온도 상승 특성을 실험하였다. 그 결과, 열선에 동일한 전압을 인가했을 때 열선의 길이 및 두께에 따라서 효율적인 온도 조절이 가능했으며 낮은 전압으로도 50℃ 이상의 온도 상승이 가능하여 에너지 절감 효과를 실현할 수 있었다. 본 연구에서 개발한 액체금속 기반 열선은 기존 고체 열선의 한계를 극복하며, 도로 결빙 방지와 교통 안전 향상에 기여할 것으로 기대된다.

P입자금-8

Sn 비율에 따른 Sn-Pb 혼합 페로브스카이트의 전기적 특성 및 안정성

공수현, 송슬기*, 전영운
충남대
(sksong@cnu.ac.kr*)

Sn-Pb 혼합 유기-무기 할라이드 페로브스카이트는 조성 비율 조절을 통해 밴드갭을 조정할 수 있어 차세대 광전자 소자에 유망한 재료이다. Pb 기반 페로브스카이트($MAPbI_3$, Eg ≈ 1.55 eV)의 한계를 극복하고 넓은 스펙트럼 범위에서 광흡수를 가능하게 하기 위해 Sn을 도입하는 연구가 활발하다. Sn은 가전자대(VBM) 에너지 준위를 상승시키고, 전도대(CBM)의 변화는 상대적으로 적어 밴드갭 감소 효과를 유도한다. Sn 함량 증가 시 밴드갭이 비선형적(Bowing) 거동을 보이며, 혼합 비율을 정밀하게 조절하지 않으면 광흡수 성능이 저하될 수 있다. 본 연구에서는 Sn-Pb 혼합비 변화에 따른 밴드갭 및 전기적 특성을 분석하였다. UV-Vis 흡수 스펙트럼으로 광흡수 한계를 평가하고, Remaining charge current 측정을 수행하여 응답 속도를 분석하였다. 또한, 실내 환경에서 방치 후 XRD 분석을 통해 결정 구조 변화 및 안정성을 조사하였다. 본 연구는 Sn-Pb 혼합 페로브스카이트의 조성 최적화를 통한 저밴드갭 광검출기 성능 향상 전략을 제시하며, 실용화 가능성을 높이는 데 기여할 것으로 기대된다.

P입자금-9

Superhydrophobic Surfaces on 3D-Printed Patterns for Morphology Control of Supraparticles

김영준, 차찬욱, 김동형, 서정재, 한구희*
경북대
(han.koohee@knu.ac.kr*)

Supraparticles (SPs) are assemblies of nanoparticles (NPs) that retain NP properties while exhibiting bulk material characteristics. They typically form via evaporation-driven self-assembly within a droplet, where a superhydrophobic surface prevents droplet settling and enables efficient SP separation afterward. However, conventional methods struggle to control SP morphology due to reliance on featureless hydrophobic surfaces. In this research, we present a facile method for generating superhydrophobic surfaces. Briefly, various superhydrophobic patterns form by rendering 3D-printed micro-pillared substrates hydrophobic through chemical treatment. Using 3D printing-based microstructure, we controlled the morphology of SPs by adjusting the angle, thickness, and arrangement of the pillars, enabling the formation of anisotropic, hexagonal, and branched morphologies. The proposed method reduces lengthy processing time and complexity in superhydrophobic surface fabrication, providing new avenues for controlling the morphology of SPs.

P입자금-10

Mn_2O_3/β-MnO_2 이종접합 전기 촉매에서 원자 수준으로 분산된 Zr-O_x 배위 결합 사이트의 형성을 통한 황 양극의 d-밴드 중심 변화와 그에 따른 폴리설파이드 중간체 산화-환원 거동 가속화 및 고안정성 리튬-황 전지 구현

지준혁, 원상연, 문누리, 김원배*
포항공과대
(kimwb@postech.ac.kr*)

While extensive research has explored heterostructured catalysts for Li-S batteries, strategies toward maximized catalytic activity still remain underexplored. Herein, a Mn_2O_3/β-MnO_2 heterostructured electrocatalyst is developed via in-situ construction of atomically dispersed Zr^{4+} sites forming Zr-O_x coordinated structure. The optimally tuned Zr^{4+} sites effectively adjust polysulfide adsorption, leading to reduced overpotential, enhanced Li+ mobility, and improved electrocatalytic activity. These enhancements synergistically suppress polysulfide migration, stabilize 3D Li_2S nucleation mechanism, and modify d-band centerof the electrocatalyst, enabling crack-free anode protection, favorable Li_2S deposition, and prolonged sulfur redox reactions. Consequently, the cell achieves high areal capacities of 4.45/3.88 mAh cm^{-2} in half/full cells (N/P: 2.86), maintaining 61.7% and 70.1% retention over 110 and 50 cycles under 4.6/5.4 mg cm^{-2} sulfur loading with electrolyte in 8 µL mg_{sulfur}^{-1}.

P입자금-11

폐암의 표적 p53 유전자 치료를 위한 흡입 가능한 티올 변형 키토산 나노운반체

심윤섭, 전유리, 조윤기*
경북대
(ykjo@knu.ac.kr*)

Inhalation-based drug delivery is an effective strategy for targeted cancer therapy but faces limitations due to poor mucosal absorption of poorly soluble drugs and toxicity from conventional chemotherapeutics. To overcome these challenges, we propose thiol-functionalized chitosan nanoparticles loaded with p53 plasmid DNA (TCS@p53 NPs) as a stable gene therapy approach. p53 mutations or loss occur in about half of human cancers, increasing metastatic potential, whereas restoring p53 function induces apoptosis and inhibits metastasis. TCS@p53 NPs enhance mucosal absorption for efficient pulmonary gene delivery and selectively release p53 DNA through redox-responsive behavior, enabling controlled intracellular release mediated by glutathione (GSH) in cancer cells. Additionally, TCS@p53 NPs demonstrate prolonged retention in lung tissue and effectively inhibit lung cancer progression without adverse effects. Therefore, inhalable TCS@p53 NPs offer a promising and safe therapeutic option for lung cancer treatment.

P입자금-12

Molecular Interaction Tuning of Zwitterions for Rational Interface Passivation in Perovskite Solar Cells

임은결, 송슬기*
충남대
(sksong@cnu.ac.kr*)

Passivation of perovskite crystals is essential to enhance the efficiency and stability of perovskite solar cells (PSCs). Zwitterions, containing both positive and negative charges in a single molecule, are effective passivating agents. however, conventional solid-type zwitterions exhibit poor solubility due to strong intermolecular interactions, limiting uniform film formation and crystal quality. In this study, a liquid-type zwitterion (LTZ) was synthesized by modulating the interactions of 3-(1-Pyridinio)-1-propanesulfonate, improving its solubility and processability in organic solvents. LTZ treatment enabled uniform film formation, enhanced charge transport, and defect passivation, leading to a high power conversion efficiency (PCE) of 24.9% with excellent thermal stability, maintaining over 80% efficiency after 1968 hours at 60°C in an N_2 atmosphere. Additionally, a 32.7 cm^2 module achieved a PCE of 19.86% with high open-circuit voltage and fill factor, demonstrating the potential of LTZ-based interface engineering for stable, efficient PSCs.

Interparticle Complexation-Induced Deep-Red Emission in Sulfur-Doped Carbon Dots for Red-Blue-Mixed White-Light-Emitting Diodes

서세정, 권우성*
숙명여자대
(wkwon@sookmyung.ac.kr*)

Carbon dots (CDs) exhibit unique optical properties, making them highly valuable for various applications due to their excellent photostability, biocompatibility, and low toxicity. In this study, we synthesized sulfur-doped CDs (S-CDs) with a phenyl-rich surface using citric acid (CA) as the carbon precursor, 3-thiophenecarboxylic acid (TCA) as the S dopant, and benzyl alcohol as the phenylation agent. Notably, the resulting S-CDs demonstrate strong π-π stacking interactions due to the abundant phenyl structures on their surface, leading to deep-red emission via excimer-like interparticle complexation. Furthermore, we fabricated red-blue-mixed white-light-emitting diodes (WLEDs) utilizing these CDs, achieving a well-balanced integration of their deep-red emission with the blue emission of the host material. These WLEDs that combine red and blue light have demonstrated potential effectiveness in chromotherapy and photodynamic therapy for tissue treatment, positioning them as promising candidates for therapeutic applications. This study highlights interparticle complexation as an effective strategy for band-gap modulation in CDs, presenting new opportunities for optical applications and encouraging further exploration of their fundamental optical properties.

O재료수-1

Lithium Deposition Behavior on Flexible Free-standing 3D Carbon Textile with Dispersed Cobalt for High-Energy-Density Lithium Metal Batteries

김홍중, 전동협[1], 조창신*
포항공과대; [1]동국대
(jochangshin@postech.ac.kr*)

The rapid expansion of the electric vehicle (EV) market, driven by global climate policies, has significantly increased the demand for lithium-ion batteries (LIBs), intensifying the need for higher energy density. Li metal anodes, with their high theoretical specific capacity (3860 mAh g^{-1}), are promising candidates. However, they face critical challenges, including unstable interfacial properties that lead to dendrite formation and dead Li accumulation during plating and stripping. To address these issues, we utilized cost-effective commercial textiles as a foundational carbon framework and decorated them with Co particles. The Co@c-Textile formed an interconnected 3D electronically conductive network with ample internal space for Li storage while maintaining the flexibility of a free-standing film. Additionally, we conducted an in-depth investigation into the Li deposition behavior at the Co-carbon composite interface. The interaction between Co and the carbon matrix effectively redistributes charge density, enhancing Li affinity. This phenomenon induces uniform Li plating, enabling the Co@c-Textile@Li composite to achieve outstanding cycling performance.

O재료수-2

Spray-Dried CNT-Bounded Hollow Carbon Microclusters Impregnated with $CoSe_2$ for High-Performance Potassium Ion Battery Anodes

김호림, 박승근*
중앙대
(skpark09@cau.ac.kr*)

In this work, we present a structurally stable and high-performance potassium ion battery (KIB) anode composed of $CoSe_2$-impregnated, CNT-bounded hollow carbon microclusteres (a-HCS/CNT@$CoSe_2$). The a-HCS/CNT host is prepared by spray drying SiO_2@RF and acid-treated CNT, followed by carbonization and etching. Cobalt nitrate impregnation and selenization yield $CoSe_2$ uniformly dispersed within the hollow carbon spheres. The hollow design mitigates volumetric expansion during repeated K^+ insertion/extraction, while the CNT network enhances electrical conductivity and mechanical strength. As a result, a-HCS/CNT@$CoSe_2$ delivers a reversible capacity of ~370 mAh g^{-1} over 200 cycles and shows excellent rate capability (262 mAh g^{-1} at 2 A g^{-1}). These findings demonstrate that spray-dried, CNT-bound hollow carbon composites offer great promise as advanced KIB anodes.

O재료수-3

Impact of HfO_2 Gate Dielectric on MoS_2 FET Performance

김준우, 노영준, 류혜수, 김민진, 이상현*
전남대
(leeshyun@jnu.ac.kr*)

Molybdenum disulfide (MoS_2) is a two-dimensional semiconductor with an atomically thin structure and excellent electron mobility. However, as the channel thickness decreases, gate voltage control becomes increasingly challenging . In this study, HfO_2 with a high dielectric constant was applied as a gate insulating layer, and mechanically exfoliated MoS_2 flakes were transferred onto a substrate using a PDMS-based dry transfer technique. The MoS_2 FET with a 20 nm HfO_2 layer has been shown to exhibit an enhanced on/off current ratio by an order of magnitude in comparison with the 5 nm case, while the subthreshold swing value has been reduced by approximately half. In addition, a comparison of the performance of MoS_2 FET with SiO_2-based back-gates will also be discussed. [Acknowledgments] This work was supported by DS (Device Solution) TSP (Test & System Package) of Samsung Electronics Co., Ltd. and by Global - Learning & Academic research institution for Master's,PhD students, and Postdocs(LAMP) Program of National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by Ministry of Education(No. Rs-2024-00442775)

O재료수-4

Enhanced Electron Injection Efficiency by Surface-passivated ZnO Nanoparticle-based Electron Transport Layer

권용우, 박태환[1], 이현준, 이효근[2], 조성용[2], 황규원[1], 임재훈*
성균관대; [1]한국과학기술연구원; [2]한양대
(j.lim@skku.edu*)

Quantum dot (QD)-based light-emitting diodes (QLEDs) have made significant advancements over the past few decades. Recent studies have demonstrated that incorporating Zn(Mg)O nanoparticles(NPs) into a hybrid inorganic-organic QLED structure achieves the theoretical maximum external quantum efficiency (EQE). Despite the introduction of various electron transport layers (ETLs), NP-based ETLs continue to dominate. However, the reason for the persistent preference for NP-based ETLs has not been clearly explained. Herein, we explore the superior performance of NP-based ETLs by comparing bulk ZnO and NP-based Zn(Mg)O, engineered with identical conduction band minimum (CBM). Our results reveal that NP-based ETLs outperform bulk ZnO in charge injection efficiency. Additionally, impedance spectroscopy shows that, under bias, the chemical potential of NP-based ETLs increases more significantly than that of bulk ZnO. This enhanced chemical potential is attributed to the relatively lower surface trap density in NP-based ETLs. We believe that our findings provide a milestone for developing efficient ETLs, offering contributions to the advancement of QLEDs.

O재료수-5

Influence of Ethylene Thermal Decomposition on Carbon Nanotube Growth: Insights from a Two-Zone Reactor Study

신상수, 정희정[1], 정성엽[1], 이재근*
부산대; [1]경북대
(jglee@pusan.ac.kr*)

We investigated how the thermal decomposition of C_2H_4 influences CNT growth. To examine these impacts, we developed a customized two-zone reactor (preheating and CNT growth zones) with independent temperature control. Before assessing the influence of decomposition by varying the preheating temperature (T_p), we optimized the CNT growth conditions for carbon yield using Bayesian Optimization, maintaining the growth zone at 700℃. We then synthesized CNTs at T_p values of 500, 600, 700, 800, and 900℃ under growth temperature at 700 ℃ and measured the carbon yield and I_G/I_D ratio. While both remained consistent at 500, 600, and 700℃, they changed at 800 and 900℃. To elucidate these variations, we analyzed the composition and concentration of the gases formed by C_2H_4 decomposition using micro-GC. We proposed a mechanism by which differences in gas chemistry lead to changes in the carbon yield and the I_G/I_D ratio.Acknowledgement: This work was supported by the development project for high-performance carbon nanotube composite fiber manufacturing technology (RS-2023-00258521) Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of Republic of Korea.

O재료수-6

광패터닝을 통한 다중분광 중적외선 Ag_2Te 양자점 포토디텍터

박세영, 강문성*
서강대
(kangms@sogang.ac.kr*)

Developing multispectral photodetection in the infrared (IR) spectrum has gained significant attention for applications such as night vision, quality control, and bio-imaging. Colloidal quantum dots (QDs) are being extensively studied as a promising alternative to traditional epitaxial semiconductors for this purpose due to their unique bandgap-tunable optoelectronic properties and potential for cost-effective, large-area fabrication. In this work, we present a multispectral infrared photodetector utilizing four different sizes of heavy metal-free Ag_2Te QDs. These QDs are patterned side-by-side using direct photopatterning process that involves three steps: QD film deposition, UV-induced selective ligand crosslinking, and pattern development by removing uncrosslinked regions. The resulting multispectral Ag_2Te QD pixels incorporated with four different QD channels enables detection in the short-wave infrared (SWIR) range up to 2.3 μm. Additionally, IR light can be identified by deconvoluting the IR signal based on the varying photoresponses of each pixel.

O재료수-7

Chemical vapor deposition grown $CsPbBr_3$ perovskites on n-GaN for optoelectronic devices

류혜수, 김민진, 최학종[1], 임형준[1], 이상현*
전남대; [1]한국기계연구원
(leeshyun@jnu.ac.kr*)

To advance the development of inorganic metal halide perovskite optoelectronic technology, in this study, we report the fabrication of a heterostructure of $CsPbBr_3$/GaN by chemical vapor deposition. By optimizing the growth temperature and carrier gas flow rate within the CVD tube, stable green electroluminescence was obtained at various applied voltages. The findings of this study offer insights into the fabrication of $CsPbBr_3$ and indicate that $CsPbBr_3$/GaN heterojunctions possess considerable potential for utilization in advanced optoelectronic applications.Acknowledgments This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (NRF-2022R1I1A3060113) and Global – Learning & Academic research institution for Master's, PhD students, and Postdocs(LAMP) Program of National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by Ministry of Education(No. Rs-2024-00442775)

O재료수-8

Unveiling the Mechanoluminescence Mechanism of Cu-Doped ZnS

이청범, 김경학*
한양대
(chemekim@hanyang.ac.kr*)

Cu-doped ZnS exhibits mechanoluminescence (ML), which has attracted significant attention due to its diverse applications, such as a light source and sensor. Although there has been much research on this phenomenon, the exact mechanism of light emission has not yet been identified. In this study, we performed density functional theory (DFT) calculations to investigate the ML mechanism of Cu-doped ZnS. We found that Cu doping introduces holes into the valence band (p-type doping), while sulfur (S) vacancies contribute additional electrons to the conduction band (n-type doping). Wavefunction analysis showed that electrons localized at S vacancies move to the conduction band and subsequently transition to the Cu states in the valence band. We also confirmed that tensile strain, which can be induced by the applied strain under the actual conditions of ML, accelerates electron excitation to the conduction band through an indirect transition by reducing the band gap of Cu-doped ZnS. Therefore, we suggest that the S vacancy and Cu doping in ZnS would facilitate the ML phenomenon.

O재료수-9

Layered double hydroxide-derived catalysts with molybdenum for enhanced carbon nanotube synthesis

신연수, 김윤서[1], 조승호[1], 이재근*
부산대; [1]울산과학기술원
(jglee@pusan.ac.kr*)

Catalytic synthesis of carbon nanotubes (CNTs) via chemical vapor deposition (CVD) depends on catalyst composition and structure. Molybdenum-containing bimetallic catalysts are widely studied in CNT synthesis, but conventional catalyst preparation methods cause non-uniform metal dispersion, making Mo's role unclear. Layered double hydroxides (LDHs) were used as catalyst precursors for uniform metal distribution. By varying Mo content in CoMgAl LDH, we identified a threshold ratio of Mo, where CNT growth increased. X-ray analysis confirmed Mo_2C formation correlates with CNT yield, acting as a carbon reservoir stabilizing active metal particles. Mo absorbs excess carbon from hydrocarbons decomposed by active metals, forming Mo_2C. Further tests on various Fe-Co-based LDH systems showed Mo's catalytic effect extends across different active metals. These findings clarify Mo's role in CNT synthesis and improve catalyst design.Acknowledgement: This work was supported by the development project for high-performance carbon nanotube composite fiber manufacturing technology (RS-2023-00258521) Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of Republic of Korea.

O재료수-10

Simultaneous Dehydration and Electrode Fabrication of Prussian Blue for Enhancing Electrochemical Performances in Sodium-ion battery

장승혜, 조창신*, 전동협[1]
포항공과대 배터리공학과; [1]동국대 WISE 캠퍼스
(jochangshin@postech.ac.kr*)

Prussian Blue (PB) has garnered significant attention as a cathode material due to its wide three-dimensional structure, which allows for easy insertion and extraction of sodium ions with large ionic radius. Additionally, PB offers the advantage of being synthesized with low-cost iron and forming crystals in solution without the need for high-temperature sintering. However, a major limitation is the presence of water molecules within its structure, which can lead to structural collapse and side reactions with organic electrolytes. The inclusion of water molecules in the material can cause irreversible capacity loss, structural deformation, and gas generation due to water decomposition during the initial cycles.In this study, we develop a process to remove crystal water from synthesized Prussian Blue in a non-aqueous solvent. This process facilitates a one-step procedure for both water removal and electrode fabrication, minimizing exposure of the dehydrated Prussian Blue to air and ensuring the production of high-quality electrodes.

O재료수-11

Composition Engineering to Obtain Super-Reduced Polyoxometalate for Valorizing Native Biomass and On-demand Hydrogen Production

이형진, 조은선*
KAIST
(escho@kaist.ac.kr*)

Power-to-hydrogen via electrolysis have been faced challenges, including sluggish oxygen evolution reaction and high potential required (> 1.5-1.6 V vs. SHE) at the anode. Biomass offers a low-cost alternative for hydrogen production, yet direct hydrogen evolution from native biomass is hindered by high bond dissociation energy, insolubility in aqueous solution, and the need for simultaneous anodic and cathodic reaction. Polyoxometalates (POMs), active charge transfer mediators with multi-redox processes, have advantageous potential over noble catalysts and facilitate on-demand hydrogen production. Aqueous POMs show promise as energy storage materials, but their reduction mechanism from biomass is not well understood. Here, we explore the modification of POM clusters to enhance solubility, charge capacity, and catalytic properties, improving hydrogen production efficiency with much lowered potential (0.7-1.2 V vs. SHE) and understanding practical uses in electrolytic cell system. Expanding this approach to other target materials would advance chemical reforming technology and support sustainable energy society.

O재료수-12

도판트 산화 상태 보존을 통한 반도체 나노결정 합성

박도윤, 강주현, 조신흠*
계명대
(shinhum@kmu.kr*)

Degenerative n-type doped indium tin oxide (Sn:In_2O_3) nanocrystals are transparent conductive materials with both electrical conductivity and chemical stability. Free electron carriers can be created from n-type semiconductor materials to absorb infrared light by local surface plasmon resonance (LSPR) induction. We observed optical quenching spectra in the same infrared range in the region of about 2070 nm with the dopant of Tin(IV) and Tin(II) (Tin(IV) 5% : 2072.11 nm, Tin(II) 5% : 2060.18 nm). We propose a mechanism by which oxidation of Tin(II) dopants occurs and is converted into Tin(IV) dopants. With supersonic robustness tests, strong resistance was observed in all samples. Build a device that changes the position of the peak based on voltage to show the possibilities of a multi-level memory device. This study presents the oxidation mechanism of tin(IV) dopant in tin (II), and verifies that tin(II) dopant can be used as a substitute for tin(IV) dopant. They also observed the optical properties and robustness of semiconductor nanocrystals on glass substrates.

O재료목-2

고성능 알칼라인 산소 발생 반응을 위한 사산화산철이 형성된 니켈-몰리브데넘 산화물 촉매

김경수, 변재호, Agni Raj Koirala, 김호영, 이진우, 이도창*
한국과학기술원
(dclee@kaist.edu*)

Alkaline water electrolysis (AWE) is often limited by the sluggish kinetics of the oxygen evolution reaction (OER), which involves complex proton-coupled electron transfer processes. To address this challenge, we introduce a novel Ni-MoO_2 catalyst integrated with a Fe_3O_4 layer, synthesized through a simple co-precipitation method. The interaction between Ni nanoparticles and the MoO_2 layer enhances charge transfer from the Fe_3O_4 overlayer, significantly improving OER activity. Furthermore, the chemically stable Fe_3O_4 overlayer prevents Mo dissolution from MoO_2, contributing to the catalyst's long-term stability. As a result, the Fe_3O_4@Ni-MoO_2 catalyst achieves a reduced OER overpotential of 227 mV. Additionally, the catalyst demonstrates excellent stability, with a minimal overpotential increase of just 1 mV after 100 hours of operation at 100 mA/cm^2. This work not only underscores the enhanced OER performance provided by the Fe_3O_4 overlayer but also offers valuable insights into the design of highly efficient and durable electrocatalysts for sustainable energy applications.

O재료목-3

Utilizing RAG Artificial Intelligence Model for Building an NCM Cathode Material Database for Lithium-Ion Batteries

최세영, 정서연, 남인호*
중앙대
(inhonam@cau.ac.kr*)

As the demand for high-performance lithium-ion batteries grows, efficient data-driven approaches for cathode material analysis are crucial. This study proposes a Retrieval-Augmented Generation (RAG)-based AI framework to build a NCM cathode material database, integrating structured and unstructured data from scientific literature for automated knowledge extraction. We developed three RAG models for enhanced retrieval. Relevance RAG retrieves context from an embedding vector DB, generates responses via an LLM, and verifies relevance before finalizing answers. Ensemble RAG mitigates LLM response inconsistency by integrating three LLM answer generators and a discussion node for refinement. Multi-Agent RAG further improves response accuracy through inter-node communication. Performance was evaluated using BLEU, METEOR, ROUGE, and STS metrics, with an evaluation-specific LLM. Multi-Agent RAG outperformed all models across metrics, proving its effectiveness in retrieving and synthesizing high-quality NCM cathode data. This study underscores the potential of AI-driven RAG architectures in advancing materials informatics and lithium-ion battery research.

O재료목-4

Design of Reconfigurable Liquid Crystal Surface Microdroplet Patterns

최대섭, 임준형, 조은수, 김장민, 백지혜, 곽진석[1], 김영기*
포항공과대; [1]영남대
(ykkim@postech.ac.kr*)

Surface microdroplets of liquid crystals (LCs) are a promising optical platform for manipulating incident light via external stimuli. However, challenges remain in achieving organized arrays of LCs at large scale. Here, we present a strategy to form LCs at programmable size, density, and positioning. Controlled heating and cooling cycles regulate the diffusion of LCs into the polymer matrix and phase separation to nucleate and grow microdroplets at the surface. Size and density of the droplets can be tuned by controlling the maximum heating. Temperature and cooling rate are effects nucleation sites which correlate with interfacial tension between LC and substrate. Photo-responsive surfaces enable reversible, spatially selective nucleation, where light dictates microdroplet placement. This programmability establishes LC microdroplet arrays as active optical elements such as multifocal imaging and 3D pixelization. This work was supported by the NRF (RS-2023-00212739 and RS-2023-00302586).

O재료목-5

2D 할라이드 페로브스카이트의 광전자적 특성 조절 및 응용

양석주*
경상국립대
(sjyang@kumoh.ac.kr*)

Two-dimensional (2D) perovskites exhibit excellent stability and tunable optoelectronic properties due to the quantum confinement effect, making them promising candidates for optoelectronic devices such as solar cells and light-emitting diodes. The molecular design of bulky organic cations used in 2D perovskites plays a crucial role in modulating their properties. In this presentation, I will discuss strategies for leveraging 2D/3D heterojunctions that combine the superior optoelectronic properties of three-dimensional (3D) perovskites with the high stability of 2D perovskites. Additionally, I will introduce quasi-2D perovskites as an intermediate phase between 2D and 3D structures and explore their potential for enhancing device performance. These approaches offer new opportunities for the development of high-performance optoelectronic devices.

O재료목-6

부정맥 제어를 위한 연성 심외막 전자소자

선우성혁*
국립금오공과대
(shsunwoo@kumoh.ac.kr*)

Traditional cardiac implants like CRT systems and ICDs have proven effective in managing arrhythmias and heart failure by regulating cardiac conduction and contraction. However, their transvenous lead implantation often results in complications, including intravascular thrombosis, lead infections, myocardial damage, and perforation, due to the rigidity of metal leads. To address these limitations, this study presents soft, conductive epicardial mesh electrodes composed of a stretchable nanocomposite integrating silver-gold-platinum core-shell-shell nanowires and in situ-formed platinum nanoparticles within an elastomeric matrix. These electrodes exhibit high conductivity, biocompatibility, and electrochemical performance, enabling precise electrogram recording and multi-channel electrical stimulation in animal hearts. Their flexibility and adaptability hold promise for advanced anti-arrhythmic therapies, including monitoring and treating ventricular tachycardia and fibrillation.

O재료목-7

금속-유기 구조체의 대량 합성법 개발 및 포타슘 이온 저장 장치로의 활용

이기욱, 황종국*
아주대
(jongkook@ajou.ac.kr*)

금속-유기 구조체(Metal-organic frameworks, MOFs)의 상온 대량 합성은 비용 및 에너지 효율성으로 많은 관심을 받고 있다. 하지만 상온 조건에서 빠른 핵 형성을 유도하기 위해 종종 과량의 유기 리간드 또는 유독한 첨가제가 요구된다. 본 연구진은 상온 조건에서 2400 kg m^{-3} day^{-1} 을 초과하는 높은 공간-시간 수율을 가진 아연 MOF ($[Zn_2(BDC)_2DABCO]$, ZnBD)의 대량 합성법을 개발하였다. 본 합성법은 화학양론적 양의 반응물만 사용하고, 추가적인 첨가제가 요구되지 않는다. 아세트산 아연과 ZnBD의 2차 빌딩 유닛 구조 사이의 구조적 유사성은 아세테이트 음이온과 유기 리간드 간의 리간드 교환을 용이하게 하여 핵 형성에 요구되는 에너지를 낮춘다. 또한 반응 부산물로 발생된 아세테이트 음이온은 유기 리간드의 탈양성자화를 촉진하는 동시에 배위 조절제 역할을 하여 크기와 종횡비가 제어된 나노 결정의 생산을 촉진한다. 합성된 ZnBD는 간단한 열처리를 통해 N/O 원자가 도핑된 다공성 탄소로 전환 가능하며, 포타슘 이온 배터리의 음극재로 활용할 수 있음을 확인하였다.

O재료목-8

탄화 및 활성화된 분말 폴리에틸렌에서 추출한 유연한 슈퍼 커패시터로 에너지 저장 성능 향상

한선민, 권용재*
서울과학기술대
(kwony@seoultech.ac.kr*)

Plastics offer tremendous convenience to humanity, but their excessive and indiscriminate use has led to severe environmental issues. During degradation, they break down into microplastics, posing significant threats to ecosystems and living organisms. To mitigate these problems, the collection and recycling of plastic waste is crucial. In this study, we propose flexible supercapacitors (SCs) utilizing carbonized microplastics (C-MP) and activated carbonized microplastics (AC-MP) as sustainable electrode materials. The large surface area of C-MP and AC-MP are applied to the electrode to improve capacitance, while the flexibility of the SC increases using poly(3,4-ethylene dioxythiophene)-poly(styrene sulfonate) (PEDOT: PSS). The PEDOT: PSS, PEDOT: PSS_C-MP, and PEDOT: PSS_AC-MP have specific capacitances of 108.04, 118.23, and 383.63 mF/cm^2, respectively, at 1 mA/cm^2. Furthermore, the specific capacitance of the undeformed SC is retained 88.8 % in the deformed state.

O재료목-9

붕소 도핑 고표면적 마이크로/메조다공성 탄소를 이용하여 아이오딘 모노브로마이드를 안정적으로 고정한 수계 아연-아이오딘 모노브로마이드 이차전지의 지속 가능성 향상

이세은, 김성섭*
전북대
(seongseopkim@jbnu.ac.kr*)

This study focuses on improving a performance of aqueous Zn-based batteries by confining iodine monobromide (IBr) in boron-doped high-surface-area micro/mesoporous carbon. While lithium-ion batteries (LIBs) offer high energy density, they face issues like low resource and flammability, prompting research into alternatives.Aqueous Zn-based batteries provide benefits such as low redox potential, non-flammability, and high resource capacity. IBr, a previously unused interhalogen chemical, can be stably loaded into a hierarchical structure, with boron doping improving IBr confinement. Computational chemistry reveals the connection between boron doping and IBr fixation. The results suggest that the boron-doped high-surface-area micro/mesoporous carbon structure is a promising candidate for next-generation batteries, with high capacity and stability.

O재료목-10

탄소나노튜브 합성용 Co/MgO 및 Co/Al_2O_3 촉매에서 금속 나노 입자 변화에 대한 이해

김지우, 김동환[1], 이재근*
부산대; [1]한국과학기술연구원
(jglee@pusan.ac.kr*)

As the need for tailored properties of carbon nanotubes (CNTs) grows, catalyst design becomes increasingly important. In this study, we investigated the influence of support materials on formation of metal nanoparticles and catalytic performance. We prepared cobalt catalysts supported on MgO and Al_2O_3 using the wet impregnation method. Catalytic performance was assessed through CNT synthesis and crystallinity analysis, while X-ray diffraction (XRD), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), transmission electron microscopy (TEM), and temperature-programmed reduction (TPR) were used to examine the catalysts. Our findings reveal that metal particle formation mechanisms differ depending on the support material, distinguishing between compound formation and solid solution behavior. These insights emphasize the crucial role of support materials in CNT synthesis and provide a foundation for optimizing catalyst design to achieve controlled CNT production.AcknowledgementThis work was supported by the development project for high-performance carbon nanotube composite fiber manufacturing technology (RS-2023-00258521) Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of Republic of Korea.

O재료목-11

Hyperspectral Imaging Using Electro-Optic Polymer-Stabilized Cholesteric Liquid Crystal with Heliconical Structure

임준형, 최영선, 조은수, 최대섭, 김장민, 김영기*
포항공과대
(ykkim@postech.ac.kr*)

Precise analysis of optical information plays a crucial role in improving optical devices, such as image sensors for super-resolution cameras. In particular, wavelength is one of the most accessible types of information from light. However, conventional spectral filters still suffer from low color purity and low tunability. Here, we present a hyperspectral filter using electrically tunable polymer-stabilized cholesteric liquid crystal with heliconical structure (Ch_{OH} LC). Specifically, the proposed Ch_{OH} LC film exhibits electrically tunable Bragg reflection with broad bandwidth resulting from the pitch gradient of heliconical structures achieved by the density gradient of polymer networks. This allows the Ch_{OH} LC films to transmit certain wavelengths while blocking undesired wavelengths. Furthermore, the elasticity of polymer networks enables the Ch_{OH} LC film to tune the reflection color. By preparing the bilayer of Ch_{OH} LC films with different reflection colors, we achieved hyperspectral filters that selectively transmit certain wavelengths with narrow bandwidth across a wide spectral range. This work was supported by NRF grants (RS-2023-00212739, RS-2024-00411809).

O재료목-12

Silicon-on-Glass Plasmonic Device Memory and Supersonic Robust Valency Conservation in Doped Semiconductor Nanocrystals

조신흠*
계명대
(shinhum@kmu.kr*)

Plasmonic-enhanced semiconductor devices are emerging as key enablers for next-generation optoelectronic memory architectures. This study presents a novel silicon-on-glass (SiOG) plasmonic device memory, leveraging localized surface plasmon resonances (LSPRs) to store and switch towards multi-level cell (MLC) memory states. By integrating plasmonic nanostructures on a switchable glass substrate, we demonstrate multi-bit memory through plasmonic nanocrystal depletion effect compared to conventional silicon-based memory cells. Furthermore, we investigate supersonic robust LSPR device retention and dopant precursor valency conservation in doped semiconductor nanocrystals realizing both industrially relavant endurance towards defense and consumer electronics, with cost effective precursors.

O재료목-14

마이크로 홀 전극 어레이를 이용한 신경망 세포내 신호 측정 및 시냅스 연결 지도화

정우빈*
포항공과대
(woobinjung@postech.ac.kr*)

Finding synaptic connections and defining their strengths across neuronal networks is a paramount challenge in neuroscience. Patch clamp recording with intracellular sensitivity can measure synaptic signals to identify and characterize synaptic connections, but only from few neurons. Network-wide parallelization of such intracellular recording could bring synaptic connectivity mapping closer to reality, but has proven difficult, mapping hitherto ~300 connections. In this presentation, we introduce a 4,096 microhole electrode array on a semiconductor chip, which transforms parallel intracellular recording into a broadly accessible routine yet powerful for synaptic connectivity mapping. It achieves an exceptional 90% average intracellular coupling rate, generating network-wide intracellular recording data from neuron cultures that carry synaptic signals in unprecedented quantity. From these, we extract 70,000+ synaptic connections amongst 2,000+ neurons, and catalog them into four types of connections. This scale of mapping unimagined in electrode technology and the ability to qualify connections open an opportunity for functional synaptic cartography.

O재료금-1

고분자 구조-성능 관계: 무음극 리튬메탈배터리에서 PEO 분자량이 계면에 미치는 영향

조재원, 황의석, 김수찬*
성균관대
(sc0916@skku.edu*)

Anode-free lithium metal batteries (AFLMBs) are promising for achieving high energy density through simplified cell architecture. However, their performance is often limited by unstable solid electrolyte interphase (SEI) layers. This study investigates how polyethylene oxide (PEO), a polymer-based artificial interfacial layer, influences interfacial properties and electrochemical behavior. Emphasizing polymer characteristics, we explore the relationship between PEO molecular weight, polymer morphology, ion transport pathways, and interfacial stability. Additionally, we compare the mechanical, chemical, and electrochemical characteristics of interfaces formed with different PEO molecular weights. We analyze how differences in PEO molecular weight alter the polymer morphology and interfacial properties, contributing to variations in AFLMB cycling performance.

O재료금-2

교차결합을 이용한 양자점의 간접 포토패터닝

김혁준, 임창혁, 함효빈[1], 박진수[2], 이학준[2], 배완기[2], 김봉수[1], 강문성*
서강대; [1]울산과학기술원; [2]성균관대
(kangms@sogang.ac.kr*)

Micrometer-scale patterns of quantum dots (QDs) with exceptional fidelity are formed using crosslinking-assisted, photoresist-guided indirect (PIN) photopatterning without compromising their luminescence characteristics. The method employs a crosslinker which is activated at low temperatures below 130 ℃. Thanks to the sufficiently low processing temperature, the luminous properties of QDs (including their photoluminescence and electroluminescence characteristics) are preserved and the QD films are crosslinked without affecting the underlying photoresist pre-patterns which serve as structural guides in during QD pattern formation. By using PIN photopatterning, we form high-fidelity RGB QD patterns with pixel densities exceeding 4000 pixels per inch. The compatibility of PIN photopatterning with the apparatus used in the display industry signifies its application potential.

O재료금-4

초음파 스프레이 합성법을 활용한 대면적 2D 페로브스카이트 나노크리스털 광센서 어레이 개발

이윤호*, 이원준[1], 이강산[1], 박지용[1], Letian Dou[1], 양한준[1], Jianguo Mei[1], 문정호[1], 백성두[1], Biao Yuan[2], Timothy J. Pennycook[2], 오준학[3], 원유상[3], 이하은, 김광우[4]
성신여자대; [1]퍼듀대; [2]안트베르펜대; [3]서울대; [4]충북대
(yoonhlee@sungshin.ac.kr*)

Two-dimensional (2D) perovskite (PVSK) single crystals have drawn considerable interest due to their distinctive optical and optoelectronic characteristics. However, existing synthesis techniques encounter challenges, especially in large-area fabrication, which remain key obstacles to practical implementation. In this work, we report the large-area (4-inch wafer) synthesis of red/green/purple-blue-colored 2D PVSK nanocrystals and the development of high-performance photodetector arrays. The fabricated photodetector array exhibits a 100% operational yield, exceptional photo-responsivity (1.5×10^6 A/W), and high specific detectivity (1.1×10^{16} Jones), along with outstanding photomapping capabilities. This study represents a major step forward in the scalable production of nanoscale 2D PVSK crystals, their integration into large-area optoelectronic devices and color conversion layer.

O재료금-5

전극-전해질 계면 반응성에 따른 합금계 음극 분쇄 억제 기작

김남형*
부경대
(namhyung.kim@pknu.ac.kr*)

A holistic and integrated understanding of the alloy particle's mechanical behavior and correlation to the electrode-electrolyte interface reactivity is missing. Here, we use Bi as the model alloy anode material in sodium-ion battery electrolyte systems of different interface chemistries to elucidate the interface mediates the pulverization of alloy anodes. Integrated experimental characterization and theoretical simulation reveal that ether-based electrolyte with low interface reactivity enables a thin and ununiform SEI layer and porous electrode structure of large Bi particles. Carbonate with high interface reactivity leads to a thick and relatively uniform layer of SEI forming a dense electrode structure with Bi nanoparticles of ~10 nm. Consequently, the particle pulverization mediated by the interface reactivity leads to the growth of the SEI and the spatial evolution of the porous structured electrode to a dense electrode with Bi nanodomains embedded in the SEI.

O재료금-6

Wavelength-controlled Photoresponse Switching in Soft-Stamped $CsPbBr_3$/Graphene Heterostructure

노영준, 남기훈, 김준우, 이상현*
전남대
(leeshyun@jnu.ac.kr*)

Graphene's broadband light absorption and high carrier mobility enhance positive photoconductance(PPC), while recent studies suggest the possibility of negative photoconductance(NPC) in 2D materials. Controllable PPC-NPC switching is crucial for multi-level optoelectronic logic and memory. The PPC and NPC states are determined by energy bands and interfacial traps. Inorganic perovskite(ABX_3) has the advantage of being able to control the bandgap by controlling halide ions. It is expected that switching between PPC and NPC in a specific wavelength band can be facilitated. In this study, perovskite/graphene heterostructure is utilized for photoresponse switching. CsPbBr3 QDs were soft-stamped onto the graphene channel. This switching mechanism is analyzed through band junction structure and electron-hole recombination. Furthermore, the potential as a photodetector is discussed by deriving the characteristic value.This Research was supported by G-LAMP Program(No. RS-2024-00442775)

O재료금-7

고성능 NASICON 전해질을 위한 도자기 유약 유래 소결 보조제 활용

장일섭, 천진녕*
한국세라믹기술원
(jchun@kicet.re.kr*)

나트륨 이온 전도체 NASICON($Na_{1+x}Zr_2Si_xP_{3-x}O_{12}$)은 높은 이온 전도도와 기계적 강도를 갖춘 세라믹 전해질이다. 그러나 고온 소결 시 Na, P 손실과 비활성 2차상 형성이 이온 전도도를 저하시킨다. 본 연구에서는 glass-frit를 소결 조제로 도입하여 von-Alpen형 NASICON(vA-NASICON)의 소결성을 향상시키고, 소결 온도를 낮춰 원소 손실을 최소화하였다. XRD 분석 결과, glass-frit를 도입해도 NASICON의 결정 구조는 그대로 유지되었으며, SEM 분석에서는 더욱 치밀한 미세구조가 형성된 것이 확인되었다. 전기화학적 분석에서는 glass-frit가 포함된 vA-NASICON이 1200℃에서 1시간 소결 시 2.36×10^{-3} S/cm의 높은 이온 전도도와 98.5%의 상대 밀도를 나타냈으며, CCD 또한 0.15 mA cm^{-2}에서 0.45 mA cm^{-2}로 크게 향상되었다. 이를 기반으로 NVP 양극과 나트륨 금속 음극을 적용한 전고체 전지를 제작한 결과, 초기 방전 용량은 101.2 mAh g^{-1}을 기록하였고, 100사이클 후에도 86%의 용량을 유지하며 우수한 사이클 특성을 보였다. 본 연구를 통해 glass-frit 기반 소결 공정이 vA-NASICON의 소결성과 전기화학적 성능을 효과적으로 개선할 수 있음을 확인하였으며, 전고체 나트륨 전해질로서의 실용 가능성을 제시하였다.

O재료금-8

고에너지 밀도 배터리용 리튬 금속 음극의 안정성 향상을 위한 부식 방지 및 덴드라이트 억제 기능을 갖춘 엔지니어링 다중 구성 인공 SEI

홍서찬, 김나연, 최세훈, 김원배*
포항공과대
(kimwb@postech.ac.kr*)

Lithium metal is widely recognized as an ideal anode for high-energy-density batteries due to its high theoretical capacity and low electrochemical potential. However, its practical use is hindered by lithium dendrite formation and corrosion-induced degradation, which compromise cycle life and safety. In this work, we introduce an engineered artificial solid electrolyte interphase (SEI) to enhance lithium metal anode stability. Our multi-component SEI comprises lithium polyacrylate, a lithiophilic lithium–silver alloy, and a lithium fluoride (LiF)-rich layer. Lithium polyacrylate, with its low solubility and resistance to swelling, acts as a barrier against corrosive reactions at the lithium surface. The LiF-rich layer, owing to its low electronic conductivity, minimizes parasitic reactions that lead to capacity loss. Meanwhile, the lithiophilic lithium–silver alloy ensures a uniform lithium-ion flux, reducing uneven deposition and dendrite formation. These improvements enabled full cells with high-loading NCM811 cathodes to achieve 145 mAh g^{-1} at 10C. Moreover, the cells retained 79.6% of their initial capacity over 130 cycles. This work deepens our understanding of lithium metal corrosion and offers a promising SEI strategy for advancing high-energy-density batteries.

O재료금-9

Spray-Dried N-doped Carbon-Coated ZnTe/MXene Microspheres for Potassium-Ion Batteries: Insights from In-situ and Ex-situ Analyses

오홍근, 박승근*
중앙대
(skpark09@cau.ac.kr*)

Developing high-performance anode materials for potassium-ion batteries (KIBs) remains a challenge. Herein, a 3D MXene-based TMTes heterostructure (MX/ZnTe@NC) is synthesized via spray drying, demonstrating superior electrochemical properties. The MX/ZnTe@NC anode exhibits a high reversible capacity and excellent rate performance, surpassing conventional metal telluride-based anodes. These outstanding properties arise from the synergistic effects of 3D MXene and ZnTe heterointerfaces, ensuring enhanced conductivity, potassium-ion storage, and structural stability. The 3D MXene network prevents interlayer restacking and buffers ZnTe volume changes, while the heterointerface-induced built-in electric field (BIEF) accelerates charge transport and reduces ion diffusion barriers. In-situ and ex-situ XRD, TEM, and XAS analyses confirm a reversible K^+ storage mechanism involving ZnTe, K_xZnTe, K_2Te_3, K_2Te, and KZn_{13}.

O재료금-10

CdSe/CdS 양자막대의 원형편광이색성 연구

김유진, 이도창*
KAIST
(dclee@kaist.edu*)

Chirality is a unique property with mirror-oriented feature. Especially when it comes to optical properties, the possibility of chiroptical properties is driving tremendous interest of research fields. Colloidal nanocrystals, which are known as quantum dots (QDs) are highly regarded for their exceptional optical properties, making them a strong candidate for inorganic particles with high-quality chiroptical properties. In this study, we controlled the core position of CdSe/CdS dot-in-rod, comparing the g-factor after inducing ligand-induced chirality. Our work provides key insights to the heterostructure nanoparticles with chiroptical properites

O재료금-11

Optical properties of PMMA/Perovskite composites

남기훈, 김민진, 이상현*
전남대
(leeshyun@jnu.ac.kr*)

Inorganic perovskite quantum dots ($CsPbX_3$ QDs) exhibit insufficient stability when exposed to environmental factors, such as water and oxygen. To address this limitation, composites have been explored, and Polymer/$CsPbX_3$ QDs composites have demonstrated enhanced stability, although this approach causes a shift in emission wavelength depending on the polymer content. In this study, the effects of a polymer matrix, PMMA, on the optical properties and stability of $CsPbBr_3$ QDs are investigated. The synthesis of $CsPbBr_3$ QDs was accomplished via the hot injection method, and composites with varying ratios and molecular weights of PMMA. The optical properties and stability of these composite were evaluated and compared with those of pristine $CsPbBr_3$ QDs.Acknowledgements This Research was supported by Global – Learning & Academic research institution for Master's, PhD students, and Postdocs(LAMP) Program of National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by Ministry of Education(No. Rs-2024-00442775)

O재료금-12

고속 칼륨 이온 저장을 위한 탄소 구의 메조포어 배향을 통한 내부 접근성 조정

박종윤, 황종국*
아주대
(jongkook@ajou.ac.kr*)

The accessibility and utilization of active sites in carbon anode materials are critical for achieving high-power potassium-ion hybrid supercapacitors (PIHCs). In this study, a multiscale phase separation method combining block copolymer (BCP) microphase separation and homopolymer (HP) macrophase separation was employed to synthesize two model mesoporous carbon materials with controlled mesopore orientations: open-end (oe-MCS) and closed-end mesoporous carbon spheres (ce-MCS). The BCPs formed uniform cylindrical micelles, while the HPs encapsulated these micelles within spherical structures, controlling the mesopore orientation relative to the interface. oe-MCS anode significantly enhanced K^+ adsorption capacity and improved ion transport, leading to a higher specific capacity with a pronounced capacitive-controlled contribution. As a result, the oe-MCS based PIHC achieved excellent energy and power densities of 103 Wh kg^{-1} and 12,300 W kg^{-1}, respectively.

P재료금-1

상변환이 가능한 액체금속 코어와 다기능 나노 복합체 쉘로 구성된 바늘 모양의 마이크로파이버를 이용한 최소 침습형 삽입 방법

최효선, 선우성혁*
국립금오공과대
(shsunwoo@kumoh.ac.kr*)

기존의 단단한 체내 삽입형 장치는 열악한 조직-디바이스 인터페이스와 침습적인 외과적 삽입 과정에서의 불가피한 조직 손상과 같은 한계로 광범위한 적용은 어려운 상황임. 이러한 문제를 해결하기 위해, 뛰어난 전도성과 기계적 둔감성, 낮은 상변화 온도를 가지는 액체금속은 우수한 가능성을 보이고 있음. 그러나 액체금속은 신체 내에서 장기적이고 안정적으로 작동하기 위해서는 캡슐화가 필요하고 생체 조직과의 안정적인 인터페이스를 형성하기 어렵다는 한계를 가짐. 이를 극복하기 위해 상변환이 가능한 액체금속 코어와 다기능 나노 복합체 쉘로 구성된 바늘 모양의 신축성 마이크로파이버를 제시하였음. 이는 최소침습형 삽입이 가능하면서, 삽입 이후 부드러운 물성을 회복하여 조직에 악영향을 주지 않음. 이를 통해 위, 근육, 심장 등 다양한 장기에서의 전기생리학적 신호와 pH 신호를 기록하여 생체신호를 모니터링하고, 동시에 전기자극을 수행하여 병리적 상태를 개선하는 응용방법을 제시하였음.

P재료금-2

Upcycling of Polyethylene and Polyurethane into Carbon Catalysts for Performance Enhancement of Vanadium Redox Flow Battery

어진, 박성민, 권용재*
서울과학기술대
(kwony@seoultech.ac.kr*)

Vanadium redox flow batteries (VRFBs) gain attention as next-generation energy storage systems due to their long lifespan, high energy efficiency, and large-scale energy storage capability. However, the development of carbon-based materials that serve as catalysts to enhance electrode reactivity emerges as a key research topic. In this study, carbon catalysts derived from waste plastics, specifically low-density polyethylene (LDPE) and polyurethane (PU), are synthesized to improve VRFB performance. High-surface-area carbon materials are prepared through carbonization processes, and their physicochemical properties are evaluated using XPS, BET, and electrochemical analyses. The electrochemical performance of the catalysts is analyzed via cyclic voltammetry and galvanostatic charge-discharge experiments. The results demonstrate that LDPE- and PU-based carbon catalysts contribute to improved energy efficiency in VRFBs due to their high electrical conductivity and excellent catalytic activity.

P재료금-3

Kinetically Reinforced Magnesium-Hydrogen Boride Nanocomposite for Solid-state Hydrogen Storage

정다은, 조은선*
KAIST
(escho@kaist.ac.kr*)

As the necessity for a more adaptable hydrogen society increases, it is required to develop safe and efficient solid-state hydrogen storage. Mg is a promising material due to its high hydrogen capacity and reversibility, while it faces significant thermodynamic and kinetic challenges related to hydrogen sorption. To mitigate this issue, various nanostructures can be exploited, including compositing with a secondary material. Hydrogen boride (HB) nanosheets exhibit high acidity, which can facilitate the reduction of metal precursors and tightly anchoring metal nanoparticles upon compositing. Additionally, the electron-rich B-H-B bonds can promote the charge transfer at the interface to enhance hydrogen sorption of Mg. We synthesized HB-Mg nanocomposite for efficient hydrogen storage via the reduction of activation energy in the reaction between Mg and hydrogen. Furthermore, HB nanosheets can alleviate particle coarsening, thereby improving hydrogen cycling performance. This work suggests a strategy for utilizing boride layers as a platform for energy applications.

P재료금-4

Tertiary Recycling of LDPE: Carbonized LDPE as a Sustainable Electrode Support for Membraneless EBFCs

임세미, 김성준, 권용재*
서울과학기술대학
(kwony@seoultech.ac.kr*)

The extensive use of plastics has contributed greatly to advancements in human society. However, the accumulation of plastic waste has become a major source of environmental pollution. In this context, this study presents a new recycling method by converting discarded low-density polyethylene (LDPE) into carbonized-LDPE (C-LDPE) and utilizing it as an electrode material for enzymatic biofuel cells (EBFCs). LDPE can enhance enzyme immobilization and electron transfer performance, while exhibiting excellent electrochemical properties and mechanical strength. These characteristics make C-LDPE an ideal carbon support material for EBFCs, where its high surface area and graphene-like structure maximize electrode performance. Raman spectroscopy, X-ray photoelectron spectroscopy, and BET analysis were performed to investigate the chemical structure and determine the chemical composition of C-LDPE. Electrochemical performance was evaluated using a membrane-free flow cell kit, revealing an open circuit voltage of 0.64 ± 0.03 V and a maximum power density of 20.52 ± 1.31 $\mu W\,cm^{-2}$, demonstrating the potential of C-LDPE as a carbon support for EBFCs.

P재료금-5

Performance Improvement of Vanadium Flow Battery and Exploration of Plastic based Carbon Catalysts

오유민, 신민규, 권용재*
서울과학기술대
(kwony@seoultech.ac.kr*)

All Vanadium Flow batteries (VFBs) typically exhibit lower performance than other energy storage systems, driving active research into key components. This study aims to enhance energy efficiency by applying upcyled platic-based and carbon-based catalysts to the electrode surface to improve redox reaction kinetics. One effective approach is introducing functional groups onto carbon surfaces to create additional active sites for vanadium redox reactions. To minimize conductivity loss and structural degradation, an alternative strategy involves attaching new functional groups to pre-existing ones rather than directly modifying the carbon surface. Here, multi-functional organic molecules are incorporated onto carboxyl-functionalized carbon catalysts. Additionally, co-doping with N, O, or N, P, O atoms is explored to increase active site diversity and density. This catalyst design introduces larger functional groups than previous methods, ultimately enhancing reaction kinetics and overall energy efficiency in VFBs.

P재료금-6

징크 아이오딘 배터리에 양극으로 사용가능한 셔틀효과를 방지할수있게 디자인한 하이랄키칼 구조의 TiO2

임정현, 곽예지, 김성섭*
전북대
(seongseopkim@jbnu.ac.kr*)

Zinc-iodine batteries are promising next-generation secondary batteries due to their stability, low cost, and electrochemical performance. However, they suffer from the shuttle effect caused by soluble iodine species, which affects the battery's lifespan. Herein, we designed TiO_2 with a hierarchical structure composed of mesopores and micropores and conducted battery performance tests. Micropores can physical adsorption iodine, while mesopores, although having limited iodine adsorption, allow electrolyte permeation. Additionally, TiO_2 's high chemical adsorption capability enables it to anchor iodine species, which can effectively prevent the shuttle effect. As a result, the hierarchical structure of TiO_2 /C initially exhibits a capacity of 163 mAh/g at 0.2 A/g, but upon evaluating long-term stability, it can be confirmed that it maintains a stable capacity

P재료금-7

양자점-Azotobacter vinelandii 하이브리드를 이용한 광유도 암모니아 합성

김자영, 이병현, 김귀민, 이일송, 이도창*
한국과학기술원
(dclee@kaist.edu*)

Colloidal quantum dots (QDs) are nano-sized semiconductor nanoparticles. In this study, we synthesized indium phosphide-based QDs and modified them with water-soluble ligands to enhance their biocompatibility. We propose a hybrid system combining colloidal QDs with Azotobacter vinelandii, a nitrogen-fixing bacterium, to enhance ammonia production. The QD-A. vinelandii hybrid system exhibits significantly higher ammonia productivity, where photoexcited electrons from QDs facilitate electron transfer to the molybdenum-iron (MoFe) cofactor of nitrogenase, thereby promoting the dinitrogen reduction reaction. This study presents a sustainable and scalable approach to ammonia synthesis under visible light irradiation, addressing environmental and energy challenges. Notably, the QD-A. vinelandii hybrid system achieves over a sixfold enhancement in ammonia synthesis efficiency compared to enzyme-based systems, marking a significant advancement in biohybrid nitrogen fixation.

P재료금-8

광감응 암모니아 생산을 위한 질소고정 박테리아 내 반도체 나노입자 생합성

김귀민, 최유진[1], 이일송, 김자영, 이병현, 이도창*
한국과학기술원; [1]중앙대
(dclee@kaist.edu*)

Enhancement of nitrogen fixation productivity of diazotroph was achieved under light irradiation through inorganic-bacteria biohybrid construction. This study focused on the intracellular biosynthesis of semiconductor nanoparticles within Azotobacter vinelandii, a diazotroph, to create an inorganic-bacteria biohybrid system. Under light irradiation, the nanoparticles absorbed light, generating electron-hole pairs that facilitated either direct or indirect charge carrier transfer to the nitrogen fixation enzyme, thereby boosting the nitrogen fixation reaction. Notably, the intracellular biosynthesis appraoch offered significant advantages, including reduced cell toxicity compared to extracellular synthesis, primarily due to the diminished generation of reactive oxygen species, resulting in higher ammonia production. The development of this biohybrid system facilitated a light-driven chemical reduction of atmospheric nitrogen to ammonium ions under ambient conditions, resulting in four times higher ammonia production rate than that of the diazotroph cells only.

P재료금-9

급속 열 충격을 통한 맥신 기반 나노구조체 합성

윤지수, 김찬솔[1], 정희태*
한국과학기술원; [1]한국과학기술연구원
(heetae@kaist.ac.kr*)

MXene-based nanocomposites exhibit promising electrochemical, electronic, and optical properties, but conventional solution-based synthesis often induces oxidation of MXenes, compromising their performance. Here, we introduce a solution-free approach using rapid thermal shock to synthesize MXene hybrids with Pt, Co, Cu, Ni, Fe, Pd, and their alloys. This method significantly reduces oxidation, while also enabling uniform distribution of components, and homogeneous alloy formation. Pt-MXene nanocomposites synthesized via this approach demonstrated an exceptional hydrogen evolution reaction (HER) overpotential of 43.6 mV and long-term stability exceeding 15 hours—7.5 times longer than those synthesized using conventional solution-based processing. These results establish rapid thermal shock as a scalable and effective strategy for enhancing MXene properties while expanding their potential for advanced electrochemical applications.

P재료금-10

Synthesis of Morpholoy-Controlled TiO_2 Photocatalysts from Ilmenite: Enhanced Photocatalytic Performance vis Ammonium Hexafluorotitanate

이덕희, 박경수, 이광희*
고등기술연구원
(ghlee@iae.re.kr*)

The demand for cost-effective TiO_2 photocatalysts for organic pollutant degradation is increasing. This study explores ammonium hexafluorotitanate (AHFT), derived from ilmenite pyrolysis, as a precursor for the controlled synthesis of TiO_2 with various morphologies—nanoparticles (NP), hollow spheres (HS), and hierarchical nanostructures—via wet precipitation. Among them, TiO_2 HS showed the highest photocatalytic efficiency (86% degradation under UV light), attributed to its mesoporous structure, enhanced charge carrier separation, and surface-adsorbed fluorine ions. TiO_2 HS also demonstrated excellent stability and reusability. Trapping experiments identified hydroxyl (·OH) and superoxide ($\cdot O_2^-$) radicals as key reactive species. These findings highlight AHFT's potential for morphology-controlled TiO_2 synthesis and its promise in cost-effective photocatalyst development for environmental remediation.Acknowledgements This study was supported by a National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Ministry of Science and ICT, Republic of Korea (2022R1A2C4002372).

P재료금-11

암모니아의 메조 다공성 Ni-필로실리케이트 합성에서의 역할

이수민, 조은범*
서울과학기술대
(echo@seoultech.ac.kr*)

This study presents that ammonia is an essential catalytic material to synthesize mesoporous Ni-phyllosilicate particles. However, we have tried to reduce the amount of ammonia to make phyllosilicate structure because ammonia is highly toxic due to its volatile property. It was found that a certain amount of ammonia can be reduced by replacing it with sodium hydroxide. This discovery will enable the synthesis of various forms of Ni-phyllosilicate nanoparticles with reduced toxicity, which will contribute to a safer synthetic environment. This research was supported by the Green Convergence Technology Specialized Graduate Program through the Korea Environmental Industry & Technology Institute (KEITI) funded by the Ministry of Environment (MOE).

P재료금-12

Shape-controlled Synthesis of Highly Uniform Upconverting CaF_2 Nanocrystals

우호영, 김승현, 최형윤, 김예린, 박기용, 백태종*
중앙대
(paiktae@cau.ac.kr*)

Lanthanide-based upconverting nanomaterials has been used in various applications such as biomedical imaging, optical sensors, spectrum converters for photovoltaics, and phosphors for the displays. The host material plays an important role in upconverting the luminescence properties. Therefore, it is important to develop cheap and earth-rich materials to take advantage of the physical and chemical properties of lanthanide-based nanomaterials in large industrial sectors. calcium fluoride (CaF2) is a promising candidate for host materials since the usage of rare earth elements is substituted to a cheap and earth abundant calcium element. Here, we present size and shape-controlled synthesis of upconverting CaF2 nanocrystals doped with rare-earth elements. CaF2 nanocrystals are synthesized with morphology tunable from nanospheres, nanoplates, truncated octahedrals, and nanowires. We study the near-IR to visible two-photon upconversion of size and shape-controlled CaF2 nanocrystals doped with erbium (Er3+) and ytterbium (Yb3+) to tailor the luminescence properties.

P재료금-13

Highly Stable Luminescent $Cs_8PbBr_6^{4+}$ Quantum Dots in Zeolite LTA: Structural Insights and Enhanced Moisture & Thermal Stability

임현승*, 임우택[1]
국립금오공과대; [1]국립경국대
(hslim@kumoh.ac.kr*)

Perovskite quantum dots (QDs) such as $CsPbX_3$ (X = Cl, Br, I) exhibit outstanding photoluminescent properties but suffer from instability due to moisture and heat. Here, we report a solvent-free synthesis method for incorporating $CsPbBr_3$ perovskite QDs into the zeolite LTA framework, significantly enhancing their structural and environmental stability. Single-crystal X-ray crystallography confirms that each octahedral $PbBr_6^{4-}$ cluster is surrounded by Cs^+ ions, forming $[Cs_8PbBr_6]^{4+}$ QDs at 32% of the large cavities. Additionally, $[Na_{1.2}CsBr_8]^{5+}$ QDs are observed at 46% of the large cavities, integrating Cs^+, Na^+, and Br^- ions. The emission spectrum of Pb,Br,Cs,Na-A closely resembles that of $CsPbBr_3$ nanocrystals and 0D Cs_4PbBr_6 QDs, demonstrating excellent luminescence retention even after prolonged exposure to water and heat. This work highlights a simple yet effective route to embedding perovskite QDs within zeolite cavities, paving the way for highly stable photoluminescent materials.

P재료금-14

Ion Exchange and Extraframework Structural Modification of Zeolite LTA with Na^+ and Mn^{2+}

임현승*, 임우택[1]
국립금오공과대; [1]국립경국대
(hslim@kumoh.ac.kr*)

Using a room-temperature batch method, we synthesized single crystals of Na^+-exchanged, Mn^{2+}–Na^+ binary-exchanged, and Mn^{2+}-exchanged zeolite A, enabling detailed structural analysis via single-crystal synchrotron X-ray diffraction. The structures of these fully dehydrated crystals—Na^+-exchanged zeolite A (Crystal 1), 0.08 M Na^+:0.02 M Mn^{2+}-exchanged (Crystal 2), 0.05 M Mn^{2+}:0.05 M Na^+-exchanged (Crystal 3), and Mn^{2+}-exchanged (Crystal 4)—were refined within the cubic space group $Pm\bar{3}m$ at 100(1) K, with final R1/wR2 values of 0.0486/0.1565, 0.0600/0.1625, 0.0549/0.1443, and 0.0768/0.2077, respectively. No dealumination was observed. Na^+-exchanged zeolite (Crystal 1) showed full occupancy at 6-ring sites, blocking 8-ring windows and limiting functionality. In contrast, Crystal 2 exhibited an ideal ion distribution with open 8-ring windows. This study highlights the critical role of ion distribution in zeolite A, offering insights for material design in targeted chemical applications.

P재료금-15

Selectively stabilized *NH intermediates on Pt-skins by $L1_2$-Pt_3Zn intermetallic core via self-generated template strategy for high performance ammonia oxidation

민하경, 박진규, 권다영[1], 이진우*
한국과학기술원; [1]한국에너지공과대
(jwlee1@kaist.ac.kr*)

Efficient hydrogen transportation via ammonia is drawing increasing attention as the demand for sustainable energy grows. Achieving greenhouse gas-free hydrogen production from ammonia requires catalysts capable of electrochemically oxidizing ammonia at high rates. Platinum offers excellent catalytic activity but faces commercial limitations due to its solubility in ammonia-containing electrolytes and the poisoning of its active sites by reaction byproducts. In this work, intermetallic Pt-Zn catalysts are designed to overcome these challenges. Introduction of Zn stabilizes the key *NH intermediate, promoting dimerization reactions and mitigating the poisoning of platinum sites. ZnO formed during high-temperature treatment serves to preserve the small catalyst particles, maintaining high surface area. The intermetallic structure inhibits Pt dissolution, significantly enhancing long-term stability. Furthermore, these mechanisms offer a promising pathway toward robust and efficient ammonia electro-oxidation systems for sustainable hydrogen production.

P재료금-16

Lauroyl Lysine 합성 pH 최적화 및 응용 가능성 탐색

박민정, 김태연, 정서연, 이상준, 조신흠*
계명대
(shinhum@kmu.kr*)

Lauroyl Lysine is a skin-friendly amino acid derivative that provides excellent spreadability and a soft texture, making it a high-value ingredient in the cosmetics industry. However, domestic production is limited, and improvements in synthesis efficiency and environmental sustainability are needed. Therefore, this study aims to analyze the synthesis reaction of Lauroyl Lysine under various pH conditions and evaluate its potential for mass production to maximize its application in the cosmetics industry. To achieve this, synthesis was conducted within a pH range of 10 to 13. The structure of the synthesized compound was confirmed through FTIR spectral analysis, and the presence of amino acids was verified using the Ninhydrin test. The experimental results showed that the synthesized Lauroyl Lysine was recovered as a white powder, and FTIR analysis confirmed that its fundamental structure was maintained. Additionally, as pH increased, the yield tended to decrease. The Ninhydrin test exhibited a purple reaction only at pH 10, visually confirming that Lauroyl Lysine was most stably synthesized under this condition.

P재료금-17

미세플라스틱 검출을 위한 맥신(MXene) 기반 환경 센서

박루빈, 이금비*
경북대
(geumbee.lee@knu.ac.kr*)

전 세계적으로 플라스틱 사용량이 증가하면서 미세플라스틱 축적 문제가 주목받고 있다. 미세플라스틱은 직경 1 μm~5 mm인 플라스틱으로, 음식물 섭취를 통한 인체 축적과 환경 오염을 유발할 수 있어 미세플라스틱 검출과 관련한 연구가 필요하다. 기존의 미세플라스틱 검출 방법은 샘플 준비, 전처리, 분석 등 여러 단계를 거쳐 높은 비용과 많은 시간이 소요된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 보다 경제적이고 신속한 미세플라스틱 센서 개발이 필수적이다.본 연구에서는 미세플라스틱 검출을 위한 환경 센서를 소개한다 센서는 인덕터(유동용량, L)와 캐패시터(전기용량, C)로 구성한 공진 회로를 사용한다 (여기서, L과 C 값은 회로의 공진주파수를 결정한다). 회로에 2차원 적층 구조를 갖는 맥신(MXene, 두께 800 nm)을 스프레이 코팅하여 전극을 제작하고, 미세플라스틱의 주성분인 polystyrene (PS) 용액을 센서에 떨어뜨리면, PS 입자가 MXene 표면과 층상 구조에 포집된다. 이로 인해 C가 변하고, 결과적으로 공진 회로의 공진주파수가 변화하며 미세플라스틱 검출이 가능하다. 또한 PS 농도별 임피던스 차이를 통해 농도를 파악할 수 있다. 이는 본 센서가 바닷물이나 강물과 같은 실제 환경에서 미세플라스틱을 검출할 수 있는 가능성을 보여준다.

P재료금-18

상용 분무 건조 공정을 이용한 다공성 수산화 아파타이트 마이크로스피어의 합성

정재인, 이수민, 조중상*
충북대
(jscho@cbnu.ac.kr*)

수산화아파타이트(HAp)는 우수한 생체적합성과 뼈와의 화학적 유사성으로 인해 생의학적 응용에서 중요한 소재로 주목받고 있다. 본 연구에서는 나노 크기의 막대형 HAp 입자를 분무건조 공정을 이용하여 다공성 HAp 마이크로스피어를 합성하였으며, 소결 온도에 따라 기공 크기와 결정성이 변화하는 것을 확인하였다. 세포독성 평가 결과, 모든 시료에서 무독성이 확인되었으며, HAp 마이크로스피어는 우수한 생체적합성을 나타내었다. 또한, 콜라겐 생성능 평가를 통해 모든 시료에서 콜라겐 형성이 확인되었으며, 결정성이 높은 시료에서 더 높은 콜라겐 분비가 유도되는 경향을 보였다. 이러한 결과는 HAp 마이크로스피어가 골 조직 재생 및 생체재료로서 활용 가능성이 높음을 시사한다.

P재료금-19

리튬 매게 질소 환원 암모니아 생산에 대한 SEI 물리적 구조 변화 영향

임채은, 용기중*
포항공과대
(kyong@postech.ac.kr*)

암모니아는 비료부터 다양한 합성의 원료까지 전세계 주요 화합물이다. 이러한 넓은 쓰임은 평균 2억톤에 이르는 전세계 소비량으로 명확하게 보여지고 있다. 전통적인 암모니아 합성 공정인 Haber-Borch 공정은 대규모 생산을 위한 가장 경제적인 방법이지만 고온 고압의 반응 조건으로 인해 이산화 탄소 발생과 같은 문제점을 보이고 있다. 친환경 암모니아 합성 공정이라 주목받고 있는 전기화학적 암모니아 합성법 중 리튬 매게 질소 환원은 불순물과는 구분되는 높은 암모니아 생산량을 보인다. 본 연구에서는 생산 효율 증대를 위해 공정에 접목이 쉬운 첨가제에 대한 연구를 진행하였다. 특히 첨가제가 반응 중 생성되는 Solid Electrolyte Interphase (SEI)에 미치는 영향을 확인하였다. 필름 형태를 가지던 SEI가 첨가제를 넣어주었을 때, 그물망 형태나 패턴을 가지는 형태로 변화하는 것을 관찰하였다. 이와 더불어 SEI의 화학적 구조 중 리튬을 수평방향으로 확산을 유리하게 하는 무기물 기반으로 한 구조가 풍부해짐을 확인하였다. 이는 곧 리튬 증착의 균일도 향상으로 이어지며 궁극적으로 암모니아 생산 반응 선택도를 증가시켰다.

P재료금-20

Optimization of Hybrid Filler Structures in Polymer Composites for High-Performance Electromagnetic Interference Shielding

주현준, 황의석, 남재도, 김수찬*
성균관대
(sc0916@skku.edu*)

Electromagnetic interference (EMI) shielding materials play a crucial role in preventing signal interference in electronic devices while also providing protection against fire hazards and mechanical impacts. However, excessive fillers used to achieve these properties lead to reduced processability and increased costs. In this study, a next-generation EMI shielding material was developed by incorporating a hybrid filler system in a polyamide-6 (PA6) composite, containing carbon-fiber (CF) and aluminum diethyl phosphinate (AlPi)-based flame retardants (FR). The optimized structural arrangement of the fillers induced electrical percolation, resulting in an excellent EMI shielding effectiveness of 36.8 dB, a high tensile strength of 99.2 MPa, and a V-0 flame retardancy rating. Furthermore, it maintains superior performance with a lower filler content compared to conventional CF-based composites while enabling mass production through simple molding processes. From its outstanding characteristics, this material is expected to serve as a next-generation EMI shielding solution in various electronic devices and communication technologies.

P재료금-21

장쇄 알킬 에테르가 리튬 기반 질소 환원의 전해질 분해에 미치는 영향

윤혜주, 용기중*
포항공과대
(kyong@postech.ac.kr*)

하버-보슈 법은 전 세계 암모니아 생산의 대부분을 차지하는 공정이지만, 연간 약 6.9억 톤의 이산화탄소를 배출하는 환경적 문제가 있다. 이에 대한 대안으로 전기화학적 그린 암모니아 생산 기술이 주목받고 있으며, 특히 리튬 매개 질소 환원(Li-NRR)은 비수계 환경에서 높은 생산량을 나타내는 유망한 기술로 부각되고 있다. Li-NRR에서는 리튬 염, 용매, 양성자 주개로 구성된 전해질을 사용하며, 반응 환경에서 암모니아 뿐만 아니라 다양한 부반응 생성물이 필연적으로 형성된다. 이 중 전해질에 녹지 않는 부산물은 고체 전해질 계면(SEI)을 형성하여 반응 선택성에 영향을 미치고, 일부 생성물은 전해질에 용해되어 전해질 환경을 변화시키기에 전해질에 대한 최적화가 필요하다. 본 연구에서는, 기본 용매인 테트라하이드로퓨란(THF)의 개환 반응을 억제할 수 있는 장쇄 알킬 에테르 용매를 적용하여 전해질 분해에 미치는 영향을 확인하였다. 전기화학 분석을 통해 전도도 및 분해 전압 범위를 측정하였으며, 이에 따른 SEI의 물리적 특성 변화와 전해질의 화학적 변화를 관찰하였다.

P재료금-22

Microstructure Control of Polymer-Derived Hard Carbons via Monomer Selection for High-Performance Sodium-Ion Batteries

김민경, 조창신*
포항공과대
(jochangshin@postech.ac.kr*)

Hard carbon has gained attention as an anode material for sodium-ion batteries (SIBs) due to its high sodium storage capacity, low operating voltage, and excellent cycling stability. Unlike graphite, hard carbon features a disordered microstructure with both graphitic and amorphous domains, facilitating sodium ion intercalation and adsorption. Additionally, nanopores and turbostratic layers enhance its electrochemical performance by providing extra storage sites and improving ion transport.In this study, we investigate the effect of polymer precursor selection on the microstructure and electrochemical properties of polymer-derived hard carbon. Specifically, we compare 3-aminophenol (3-AP) and 2-aminophenol (2-AP) as monomers to understand how their structural differences influence the resulting hard carbon. Various characterization techniques, including X-ray diffraction (XRD), Brunauer-Emmett-Teller (BET) surface area analysis, scanning electron microscopy (SEM), and electrochemical measurements, are used to examine porosity, morphology, and sodium storage behavior. By systematically analyzing these characteristics, we aim to correlate precursor structure with electrochemical performance, providing insights into the rational design of high-performance hard carbon anodes for sodium-ion batteries.

P재료금-23

Cu-loaded TiO2 as Photocatalyst for Low-temperature Dry reforming of Methane

Thi Tu Anh Nguyen , 이도창*, 로반, Agni Raj Koirala
KAIST
(dclee@kaist.edu*)

Dry reforming of methane (DRM) offers a promising solution by converting greenhouse gases into valuable fuels and chemicals. Photocatalytic DRM, which utilizes solar energy, enables lower-temperature (~400 ℃) reactions, thereby reducing energy consumption and minimizing coking. However, recent studies on photocatalytic DRM primarily employ noble metal-based catalysts, which are limited by high costs. To address this issue, non-noble metal-based catalysts present a promising alternative. In this work, we designed Cu-TiO_2 via nanocrystal heterointerface engineering. The incorporation of Cu expands the optical absorption range, enhances charge separation, improves the activation of CH_4 and CO_2 compared to bare TiO_2 , reduces carbon deposition and maintains long-term stability, thereby enhancing the overall performance of photocatalytic DRM at low temperature. These findings will contribute to advancing scientific understanding and driving fundamental technological innovations.

P재료금-24

리튬 매개 질소 환원 반응에 대한 선형 에테르의 입체 효과 확인

김종은, 용기중*
포항공과대
(kyong@postech.ac.kr*)

암모니아는 현대 산업에서 다양한 화학공정에 필수적인 물질로, 연간 약 2억 톤이 생산된다. 현재 암모니아의 주요 생산법인 하버-보슈 법은 고온, 고압의 반응 조건과 이산화탄소 배출로 인한 에너지 및 환경 문제를 초래한다. 이에 하버-보슈 법의 친환경적 대안으로 리튬 매개 질소 환원 반응(Lithium-mediated Nitrogen Reduction, Li-NRR)이 연구되고 있다. 기존의 Li-NRR 시스템에서는 주로 고리형 에테르인 THF(Tetrahydrofuran)를 용매로 사용했으나, 최근 연구에서는 장시간 반응에서 높은 안정성을 보이는 선형 에테르가 주목받고 있다. 고리형 에테르를 주로 사용했던 만큼 이를 기반해 Li-NRR의 선택도와 안정성을 개선하기 위한 용매 혼합 연구가 진행된 바 있으며, 이는 Li 이온 주변에 음이온이 풍부한 환경을 조성해 Li-NRR의 선택도를 개선했다. 그러나 새로이 주목받는 선형 에테르 기반 용매 혼합 연구는 미비한 상태이다. 본 연구에서는 선형 에테르 DME(Dimethyl Ether)에 또 다른 선형 에테르인 DEE(Diethoxyethane)와 DMP(Dimethoxypropane)를 혼합하여 입체 효과를 이용한 성능 개선 효과를 확인하였다.

P재료금-25

기판 스웰링 용매를 포함하는 열압성형용 전도성 복합 소재

채창주, 김태수, 이수연, 최영민, 정성묵*
한국화학연구원
(mooktank@krict.re.kr*)

전기자동차 시장의 급격한 성장으로 인해 차량 내 전장부품의 적용이 확대되고 있다. 특히 차량용 디스플레이, 조명, 센서 등의 전장부품은 실내 인테리어와의 일체화가 요구되면서 3차원 형상의 구현이 필수적이다. 3차원 형상을 구현하기 위해 IME(In-mold electronics) 공정이 주목받고 있다. 이는 3D 상태에서 전극을 패터닝 한 후 열압성형을 통해 3D 형상을 구현하는 방식으로 공정 단순화, 경량화 가능하다는 장점이 있다. 차량용 전장부품의 경우 높은 신뢰성이 요구되어 PC(polycarbonate)와 같은 엔지니어링 플라스틱 기판이 필수적으로 사용되는데, 이는 신축성 전극과 전도성의 양립성 문제 및 접착력과 내구성이 약한 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 복합소재의 조성을 조절하여 20mΩ을/sq 이하의 면저항을 가지며 열압성형 전/후 저항변화율이 6.6%인 전도성 복합소재를 개발하였다. 또한, 기판을 스웰링 시키는 용매를 혼합하여 2종 용매 시스템을 도입함으로서 기판과 전극 사이의 접착력을 향상 시켰다.

P재료금-26

고비표면적의 고용량/고성능 리튬 이온 전지 음극으로서 초박형 Co2GeO4 나노 시트 합성

류철희, 박경수, 이광희*
고등기술연구원
(ghlee@iae.re.kr*)

The excessive consumption of fossil fuels (~35 Gt/year) has raised concerns about energy shortages and environmental pollution. As a result, anode materials, which determine lithium-ion battery (LIB) capacity and energy density, have gained significant attention. Germanium (Ge) is a promising alternative to graphite due to its high theoretical capacity (1624 mAh/g) via Li-alloying. However, its commercialization is limited by severe volume expansion, low conductivity, and poor lithium diffusivity. To solve this problem, 2D nanostructures, such as Co_2 GeO_4 nanosheets, offer high surface area and short Li-ion diffusion paths, preventing nanoparticle aggregation and enhancing durability. In this study, 2D Co_2 GeO_4 nanosheets were synthesized using sodium dodecyl sulfate and thermal treatment to enhance specific area. The synthesized nanosheets were characterized, and future work includes half-cell fabrication for electrochemical evaluation.AcknowledgementsThis study was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Ministry of Science and ICT, Republic of Korea (2022R1A2C4002372).

P재료금-28

그라포에피택시(graphoepitaxy)를 활용한 고해상도 EUV 리소그래피 패턴을 위한 유기초분자의 유도 자기조립(DSA)

김광엽, 정희태*
한국과학기술원
(heetae@kaist.ac.kr*)

Extreme ultraviolet (EUV) lithography is a key technology for semiconductor fabrication, but challenges remain in pattern fidelity due to line roughness and defects. This study employs sub-5 nm dendrimers for directed self-assembly (DSA) within EUV patterns using graphoepitaxy, enabling controlled parallel alignment and enhanced resolution.The self-assembled dendrimer patterns were analyzed using atomic force microscopy (AFM), confirming improved continuity and reduced surface roughness. Large-area ordering and uniformity were further characterized by GISAXS, demonstrating well-aligned nanostructures. After verifying alignment, ruthenium tetroxide (RuO_4) staining was applied to convert the organic patterns into an inorganic template for subsequent pattern transfer.This hybrid approach, combining EUV lithography with DSA, provides a scalable method to enhance lithographic resolution, addressing limitations in current top-down fabrication processes.

P재료금-29

활성산소종 제어를 통한 양자점-박테리아 하이브리드 시스템 기반 지속 가능한 암모니아 생산

이병현, 이도창*
한국과학기술원
(dclee@kaist.edu*)

This study presents methods to enhance ammonia production efficiency by controlling the generation of reactive oxygen species (ROS) in a quantum dot (QD)-bacteria hybrid system. The research addresses ROS control from two perspectives. First, to control the rate of ROS generation inside the system, the size of the quantum dots was adjusted. Increasing QD size reduces ROS generation, protecting bacterial physiological functions and improving hybrid system stability. Second, to control ROS generated externally, SOD was used to scavenge external ROS. SOD treatment significantly improved bacterial survival and prevented membrane damage caused by ROS. Third, high-concentration QD-tolerant bacterial strains were developed to withstand the toxicity of metal ions leached from the QDs. This study provides methods to control ROS generation and QD toxicity, offering promising prospects for sustainable ammonia production systems.

P재료금-30

저차원 페로브스카이트를 활용한 원편광 감지 소자 응용

최원빈, 오준학*
서울대
(joonhoh@snu.ac.kr*)

In this study, we synthesized three phenyl-based chiral organic cations with chlorine atoms substituted at different positions (ortho, meta, and para), which modulated the hydrogen bonding geometries within the HOIP's inorganic framework. Notably, tuning these molecular interactions led to variations in perovskite dimensionality and enhanced chiroptical properties, achieving remarkable anisotropy factors of up to 1.25 in a self-powered, real-time sensing mode. These findings provide valuable insights into the structure-property relationship through ligand molecular engineering and highlight the significant potential of chiral HOIPs for real-time CPL detection.

P재료금-31

A pattern recognition artificial olfactory system based on human olfactory receptors and organic synaptic devices

송현우, 문동석, 원유상, 유진[1], 차연경, 박태현[1], 오준학*
서울대; [1]이화여자대
(joonhoh@snu.ac.kr*)

Neuromorphic sensors, designed to emulate natural sensory systems, hold the promise ofrevolutionizing data extraction by facilitating rapid and energy-efficient analysis ofextensive datasets. However, a significant challenge lies in accurately distinguishingspecific analytes within mixtures of chemically similar compounds using existingneuromorphic chemical sensors. In this study, we present an artificial olfactory system(AOS), which is developed through the integration of human olfactory receptors (hORs)and artificial synapses, for the first time. This AOS is sophisticatedly engineered byinterfacing an hOR-functionalized extended-gate with an organic synaptic device. TheAOS generates clearly distinct patterns for odorants and mixtures thereof, at themolecular chain length level, attributed to specific hOR-odorant binding affinities. Thisapproach enables precise pattern recognition via training and inference simulations.These findings establish a solid foundation for the development of high-performancesensor platforms and artificial sensory systems, which are ideal for applications inwearable and implantable devices.

P재료금-32

고효율 PEC 수소생산을 위한 친환경 나노결정 양극재 연구

홍지성, 김준현, 김동준, 최종민[1], 정유진*
영남대; [1]대구경북과학기술원
(yj_jung@yu.ac.kr*)

지속적인 온실가스 배출로 인한 지구온난화 문제 해결을 위해 UN은 2050년까지 탄소중립을 목표로 하고 있으며, 이에 따라 물 분해를 통한 광전기화학(PEC) 수소 생산 기술이 지속 가능한 에너지 전환 방식으로 주목받고 있다. 그러나 기존 PEC 시스템은 낮은 효율성과 납·카드뮴 기반 칼코제나이드(CdS, CdSe, PbS) 등 독성 반도체 물질 사용으로 인해 환경적·기술적 한계를 가진다. 본 연구에서는 무독성 및 환경적 지속 가능성이 높은 $AgBiS_2$ 나노결정(NC)을 광양극 재료로 활용하여 PEC 수전해 효율을 향상시키고, 가시광선 영역에서 높은 광전류 밀도를 달성할 수 있는 PEC 셀을 설계하였다. 특히, 전도성 리간드인 3MPA와 TPPO, PEAI를 도입하여 리간드 교환 과정을 성공적으로 수행하였으며, 이 과정이 PEC 성능에 미치는 영향을 분석하였다. 또한, 광원 시스템을 활용한 성능 평가와 FT-IR, UV-vis 등의 분석 기법을 통해 리간드 교환 전.후 NC 간 거리 변화, 흡광 성능, 전하 전달 특성을 확인하였다. 본 연구에서 개발한 AgBiS2 NC 기반 PEC 셀은 수전해 효율 향상에 기여할 수 있으며, 이는 향후 수소 에너지 산업에서 기술적 발전을 촉진하는 중요한 요소로 작용할 것이라 기대된다.

P재료금-33

제1차 및 제2차 배위 조정을 통한 원자 수준으로 분산된 $Fe-N_4$ 나노자임의 촉매 전환율 향상 및 서양고추냉이 과산화효소와의 격차 해소

최대은, 이진우*
한국과학기술원
(jwlee1@kaist.ac.kr*)

Single-atom nanozymes (SAzymes) represent a promising class of enzyme-mimicking materials with exceptional catalytic properties. Their performance can be significantly enhanced by modifying the coordination environment surrounding the metal center. However, despite these advancements, the catalytic turnover rates of SAzymes—an essential factor in assessing active site modifications—remain lower than those of natural enzymes, particularly in peroxidase-like reactions. This study introduces a strategy for tuning both first and second shell coordination, enabling SAzymes to achieve structural and functional properties similar to those of natural enzymes. The optimized SAzyme demonstrates a turnover rate of $52.7\ s^{-1}$ and a catalytic efficiency of $6.97 \times 10^5\ M^{-1}\ s^{-1}$. Computational analysis indicates that axial S-ligands facilitate an alternative reaction pathway, while SO_2^- functional groups form hydrogen bonds that lower activation energy. Moreover, this SAzyme exhibits remarkable anti-tumor efficacy both in vitro and in vivo. These findings highlight the effectiveness of coordination engineering in optimizing nanozyme activity and underscore the potential of SAzymes for cancer therapy.

P재료금-34

다층 신축성 인쇄회로기판 구현을 위한 부분연신 기판 및 신축 전도성 복합소재 연구

조두호, 정성묵*, 최영민, 박장웅[1]
한국화학연구원; [1]연세대
(mooktank@krict.re.kr*)

Due to recent innovations in electronic device form factors and smart healthcare, research on stretchable printed circuit boards(sPCB) has been actively conducted, moving beyond traditional rigid PCB. While it would be ideal for the substrate, wiring electrodes, and components to all be stretchable, creating flexible components remains challenging. Therefore, this study reports on materials for developing partially stretchable PCB where only the areas without mounted components are stretchable.First, we fabricated a partially stretchable substrate by creating rigid islands only in areas where components are mounted. To enhance the performance of stretchable conductive composite electrode, we formed internal porous structures using a hydrophilic solution process. Additionally, we developed a room-temperature processable stretchable conductive soldering material that cures within 5 min at room temperature, exhibits low contact resistance, and demonstrates excellent adhesion to various metals and polymer films.Furthermore, we maximized high integration using 3D nozzle jet printing and multi-layer sPCB processes. We demonstrated practical applications with various multi-layer sPCBs.

P재료금-35

Development of an Open-Shell Conjugated Terpolymer for Near-Infrared Organic Photodetectors Beyond 1,000 nm

정문기, 오준학*
서울대
(joonhoh@snu.ac.kr*)

The near-infrared (NIR) region is vital for medical sensing, optical communications, and remote detection but organic semiconductors typically challenge to absorb beyond 1,000 nm. We overcame this limitation by synthesizing an open-shell conjugated terpolymer (PDPPTBBT), combining benzo[1,2-c:4,5-c']bis[1,2,5]thiadiazole, diketopyrrolopyrrole, and thiophene. Thermal annealing improved chain packing, resulting in intensified absorption near 1,200 nm. Electron paramagnetic resonance and magnetic susceptibility measurements confirm stabilization of triplet states at room temperature, emphasizing polymer's diradical nature. When blended with P3HT or Y6, PDPPTBBT acts as both donor and acceptor, yielding high external quantum efficiencies and low dark currents up to 1,050 nm. Notably, a PDPPTBBT:Y6 device attained an EQE of 155% at 1,050 nm, along with a detectivity of 8.1×10^{11} Jones, demonstrating its potential for next-generation NIR sensing.

P재료금-36

Modulating Li^+ solvation environment in the artificial polymer layer via iCVD for practical anode-free lithium metal batteries

이주현, 이진우*
한국과학기술원
(jwlee1@kaist.ac.kr*)

The scientific design logic for modifying Cu current collector with an artificial polymer layer in anode-free lithium metal batteries (AFLMBs) remains inadequately defined. Herein, various polymers are introduced to the copper (Cu) current collector through a scalable initiated Chemical Vapor Deposition (iCVD) process, achieving ultrathin layers without compromising the high energy density of AFLMBs. The polymers are categorized into three groups based on their interaction degree with solvents and electrolytes, along with their electrochemical performance, to elucidate the change in the Li^+ solvation environment within the polymer layer. This approach clarifies the mechanism of the formation of a thin, inorganic-rich solid electrolyte interphase (SEI) layer while mitigating electrolyte depletion, thereby extending the cycle life of AFLMBs. As a result, the solvent- and electrolyte-phobic pPFDMA Cu current collector exhibits enhanced performance by interrupting severe interaction between the current collector and the solvent (or electrolyte). These findings provide a valuable framework for the rational design of highly efficient current collectors for AFLMB systems.

P재료금-37

Nanophase-Separated Block Copolymer Layer for Stabilizing Zn Metal Anodes in Aqueous Zn-Ion Batteries

백제준, 황의석, 김수찬*
성균관대
(sc0916@skku.edu*)

Aqueous Zn-ion batteries are promising energy storage systems due to their cost-effectiveness, safety, and high capacity. However, Zn metal anodes suffer from instability caused by dendritic growth and side reactions, which degrade cycling performance and lifespan. This study introduces a nanophase-separated block copolymer layer to enhance Zn anode reversibility. This layer consists of a durable hydrophobic block, designed from high-performance polymer materials for superior mechanical strength and chemical stability, and a hydrophilic block that selectively transports Zn ions through nanophase-separated pathways, improving interfacial stability. With an optimized electrochemical system and scalable fabrication, this polymer design provides a viable strategy to stabilize Zn anodes, advancing next-generation aqueous energy storage.

P재료금-38

계층적 플라즈모닉 나노구조를 통한 페로브스카이트 광센서의 성능 향상

이상혁, 오준학*
서울대
(joonhoh@snu.ac.kr*)

In this study, we introduce hierarchical plasmonic nanopatterns that significantly enhance flexible perovskite photodetectors by boosting light absorption. Unlike simpler unidirectional gratings, our design employs nanoposts on cross-nanograting patterns, maximizing light trapping in the perovskite layer. As a result, devices achieve a photoresponsivity of 580 mA W^{-1} and a detectivity of 3.2 × 10^{12} Jones—improvements of 420% and 990%, respectively, over controls lacking plasmonic structures. We also fabricate a 10 × 10 detector array on a bendable substrate that remains stable at an 8 mm bending radius and after 1,000 bending cycles. Finite-difference time-domain simulations and photoluminescence mapping confirm the enhanced light-matter interactions enabled by these hierarchical patterns. Overall, this approach offers a robust route to high-performance, flexible optoelectronics, revealing how plasmonic engineering can bolster photon management and mechanical durability, potentially paving the way for next-generation wearable devices. These findings underscore the crucial role of hierarchical nanostructures in driving future optoelectronic advances.

P재료금-39

Electronic structure modulation of Fe Single Atom Catalysts by Sulfur for High Performance Lithium-Sulfur Batteries

박철영, 이진우*
한국과학기술원
(jwlee1@kaist.ac.kr*)

Despite their low sulfur cost and high theoretical energy density, lithium sulfur (Li-S) batteries have a number of drawbacks, including poor gravimetric and volumetric capacity, high levels of conductive carbon, and poor cycle stability. We propose mesoporous carbon spheres and iron single atom catalysts (Fe-N-C) incorporated inside the carbon spheres as solutions to these problems. High volumetric energy density is made possible by the spherical shape with controlled size that improves the packing of carbon and sulfur composites and the large pore volume (3.5 cm3 g-1) that makes it easier to accommodate additional sulfur. Fe-N-C catalysts enclosed in mesopores also absorb the soluble species and speed up the transformation of polysulfides into insoluble lithium sulfide. Consequently, after 500 cycles at a 3 C rate, the Li-S battery with a high loading sulfur electrode (5.2 mg cm-2) shows an exceptional cycle longevity and retains 84% of its initial capacity

P재료금-40

고성능 선편광 LED를 위한 CdSe/CdS 나노막대의 단방향 정렬

황지희, 이도창*
한국과학기술원
(dclee@kaist.edu*)

This study reports the synthesis, assembly, and device integration of CdSe/CdS nanorods (NRs) with precisely controlled core positions and rod lengths, leading to optimized photoluminescence quantum yield (PL QY) and enhanced linear polarization. By tailoring the synthesis parameters, we achieved mid-rods with nearly 100% PL QY and tip-rods with 94% PL QY, while simultaneously optimizing their anisotropic optical properties. A method for achieving unidirectional alignment of the NR-polymer films was developed, resulting in highly ordered films that exhibit strong linearly polarized photoluminescence. The optimized NR films were then integrated into NR-based light-emitting diodes (NR-LEDs), yielding devices with low turn-on voltage, high external quantum efficiency (EQE), and clear electroluminescence polarization. Our findings demonstrate the potential of high-efficiency, linearly polarized NR-LEDs to eliminate the need for conventional polarizers, paving the way for the development of thinner, brighter, and more energy-efficient display technologies.

P재료금-41

스피노달 분해를 통한 멀티스케일 어셈블리 기반 이방성 탄소 슈퍼스트럭처

반민경, 김성섭[1], 이진우*
한국과학기술원; [1]전북대
(jwlee1@kaist.ac.kr*)

Hierarchical superstructures exhibit unique shape-dependent properties, yet the controlled synthesis of anisotropic carbon superstructures with tunable size, shape, and component dimensionality remains a challenge. Here, we present a novel assembly strategy that leverages spinodal decomposition (SD) to fabricate anisotropic oblate mesoporous carbon superstructures (o-MCS) with aligned nanorod arrays. By integrating block copolymer (BCP) self-assembly with polymer-polymer phase interactions in binary blends, this approach directs the formation of anisotropic oblate particles, where the interaction between major and minor phases dictates the overall shape, and the BCP-rich domains facilitate the ordered arrangement of carbon nanorods. This method enables precise control over the hierarchical architecture at multiple scales. The resulting o-MCS demonstrate excellent electrochemical performance as an anode material for potassium-ion batteries, delivering a specific capacity of 156 mA h g^{-1} at 2 A g^{-1} and maintaining long-term stability over 3000 cycles. This study offers a new paradigm for the design and synthesis of anisotropic carbon materials with tailored properties, expanding their potential applications in energy storage and beyond.

P재료금-42

Engineering Lattice Oxygen-Mediated OER Catalysts for PEMWE through d^0 Metal Ion Modulation

장예주, 이진우*
한국과학기술원
(jwlee1@kaist.ac.kr*)

The development of efficient and durable oxygen evolution reaction (OER) electrocatalysts is crucial for advancing proton exchange membrane water electrolyzers (PEMWE). Ru-based OER electrocatalysts are essential to advance PEMWE by replacing costly noble metal catalysts such as Ir and Pt, but durability issues in LOM-based Ru catalysts remain a challenge. While RuO_2 follows the AEM pathway, limited by scaling relationships, LOM enhances activity but suffers from oxygen depletion. To address this, we incorporate rare-earth metal ions (Y, Ce, Gd, La) with d^0 electronic configurations into RuO_2, facilitating oxygen vacancy recovery and improving stability. These d^0 metal ions, with strong oxophilic properties, facilitate oxygen vacancy recovery, improving catalyst stability. This incorporation significantly alters the O 2p band center and Ru-O covalency, as confirmed by isotope experiments and theoretical calculations, leading to a successful transition to the LOM. The transition, confirmed by isotope experiments and theoretical calculations, enables superior PEMWE performance, achieving 3.0 A cm^{-2} at 1.81 V and maintaining durability for 100 hours at 200 mA cm^{-2}, outperforming commercial RuO_2.

P재료금-43

수계 아연 전지 위한 조절 가능한 매크로 기공 연결성을 갖는 계층적 소재 합성

이승진, 김성섭*, 박정훈
전북대
(seongseopkim@jbnu.ac.kr*)

Herein, we report a one-pot strategy using the Evaporation-Induced Self-Assembly method for hierarchical porous materials. This method allows for independent control of macropore formation through evaporation kinetic control within the EISA process.During evaporation, In a homogeneous polymer blend, phase separation occurs and a structure is formed by spinodal decomposition, organic/inorganic precursors and block copolymers co-assemble to form a mesostructure. and the homopolymer aggregates itself and separates from other components to form a macrostructure.Using this method, hierarchical porous materials with interconnected or isolated macropores can be made while maintaining the mesostructure.We applied these hierarchical porous carbon materials to an Aqueous Zinc Sulfur batteryMacropore can high loading of sulfur, improve the electrolyte wettablility, and tranportation of Zn+ ions. Meso and micropores provide large surface area and a lot of active sites.

P재료금-44

공액 고분자로 개질된 Ag 나노입자를 정공 수송층에 적용한 고효율 청색 QD-LEDs

최선기, 정성묵, 이수연, 최영민, 이경진[1], 김태수*
한국화학연구원; [1]충남대
(taesukim@krict.re.kr*)

Utilizing the localized surface plasmon resonance (LSPR) effect of metal nanoparticles can enhance the electroluminescent (EL) of QD-LEDs. In previous studies, it has been shown that without proper surface modification, the application of metal nanoparticles can lead to aggregation within the layer, thereby decreasing device efficiency. In this study, conductive polymers for the hole transport layers (HTLs) were introduced with silver nanoparticles as ligands. For Ag@conjugated polymer hybrid nanoparticles, even with a high concentration of silver nanoparticles, stability can be maintained and the external quantum efficiency (EQE) of the device can be significantly improved. Poor miscibility between the HTLs and nanoparticles can cause phase separation due to heat during device fabrication and operation, leading to aggregation. However, with the excellent miscibility of Ag@conjugated polymer hybrid nanoparticles, the morphology remains unchanged, ensuring stable operation of devices.

P재료금-45

1D GeS/2D WSe_2 Mixed-Dimensional van der Waals Heterostructures for Enhanced Radiative Recombinations

공유진, 김영은, 박성빈, 신내철*
인하대
(nshin@inha.ac.kr*)

Mixed-dimensional heterostructures composed of van der Waals (vdW) layered semiconductor materials provide a versatile platform for applications in optoelectronic devices, photocatalysis, and transistors. Here, we demonstrate a mixed-dimensional heterostructure consisting of 2D tungsten diselenide (WSe_2) and 1D germanium sulfide (GeS) nanowires that exhibits substantial luminescence enhancement. GeS nanowire grown via the vapor-liquid-solid (VLS) technique show a 1D morphology with distinct sidewall facet orientations, forming unique interfacial atomic registries upon vdW heterojunction fabrication. The particular sidewall facets of the GeS nanowires determine the efficiency of the radiative recombination process, yielding enhancements up to 492 %. We propose that this emission enhancement is driven by a type I band structure at the interface, which increases both electron and hole densities at the heterojunction. Overall, this mixed-dimensional heterostructure demonstrates strong potential for next-generation optoelectronic applications.

P재료금-46

Fabrication and Optical Properties of 1D MoS_2/2D WSe_2 Heterostructures

김영은, 신내철*, 원유찬
인하대
(nshin@inha.ac.kr*)

Mixed-dimensional van der Waals (vdW) heterostructures, created by integrating nanostructures of different dimensionalities, exploit the unique properties of their individual components to achieve enhanced functionalities. These heterostructures provide a rich platform for exploring novel physics and constructing programmable nanostructures for a wide range of device applications. In particular, mixed-dimensional vdW semiconducting heterostructures that combine 1D nanowires and 2D materials with appropriate band alignment can significantly improve optoelectronic properties, such as light absorption efficiency, and modulate interfacial charge carrier density, owing to their high surface-to-volume ratios. Here, we report a mixed dimensional vdW heterostructure prepared by transferring 1D MoS_2 nanowires onto 2D WSe_2 monolayers. Photoluminescence measurements reveal the presence of interlayer excitons at the MoS_2/WSe_2 interface, confirming strong coupling between the two segments. The 1D MoS_2/2D WSe_2 vdW heterostructure presented in this study highlights a promising strategy for designing high performance optoelectronic devices.

P재료금-47

양극 산화법으로 합성된 다공성 TiO_2 나노튜브를 이용한 효율적인 광전기화학적 CO2 환원

김민성, 강영수[1]*
한국에너지공과대; [1]KENTECH
(yskang@kentech.ac.kr*)

Titanium dioxide is a highly versatile inorganic oxide material recognized for its exceptional properties, including high thermodynamic stability, environmental compatibility, and uUV blocking capabilities [1-3]. These characteristics have driven extensive research into its applications, particularly as a photocatalyst for photoelectrochemical (PEC) reactions [4].In PEC systems, optimizing the bandgap of photocatalysts is essential to enhance visible light absorption. In PEC CO_2 RR, the photoanode plays a pivotal role in generating electrons and holes under illumination. The holes catalyze water oxidation at the surface, while the electrons drive CO_2 RR at the cathode. To improve efficiency, we propose a novel approach for synthesizing TiO_2 nanotubes with a unique hollow interior and surface pores. This structure enhances the reaction surface area and mitigates electron-hole recombination, making TiO_2 nanotubes highly promising for applications.In this study, TiO_2 nanotubes were synthesized via anodization on a titanium foil surface in a two-electrode system. The resulting nanotubes were characterized using BET analysis for surface area and pore volume, XRD for crystal structure, and scanning/transmission electron microscopy for morphology and pore structure. These analyses enabled the identification of optimal synthesis conditions for producing porous TiO_2 nanotubes with

P재료금-48

Preparation and Systematic Analysis of Two-Dimensional Magnetic Nanoparticles for Enhanced Microplastics Removal in Water Treatment

정유정, 장은혜, 이규범, 김가은, 정성욱*
부산대
(sungwook.chung@pusan.ac.kr*)

Microplastics (MPs) pose an escalating environmental threat due to their ability to adsorb heavy metals, pathogens, and organic pollutants, leading to significant human health risks through bioaccumulation. Addressing this issue requires effective removal techniques, as conventional filtration and chemical flocculation struggle to eliminate nano-scale and low-concentration MPs. In this study, we explore the use of magnetic nanoparticles for MPs removal in water. Our study systematically compares the removal efficiency of microplastics using spherical and two-dimensional (2D) magnetic nanoparticles, providing insights into their performance differences. Furthermore, we examine how the surface functionalization of 2D magnetic nanoparticles influences MPs removal efficiency. This presentation outlines an economical and efficient approach to tackling the challenge of MPs removal, providing promising solutions to a pressing environmental concern. Our findings not only contribute to the need for MPs remediation but also highlights the potential of 2D magnetic nanoparticles as a sustainable solution that contributes to the protection of aquatic ecosystems.

P재료금-49

지방족 첨가제 적용을 통한 양자점 발광 다이오드의 전하 균형 최적화 및 효율 향상

최병선, 최영민, 이수연, 정성묵, 이원호[1], 김태수*
한국화학연구원; [1]국립금오공과대
(taesukim@krict.re.kr*)

Quantum dot light-emitting diodes (QLEDs) are promising for next-generation displays due to their high color purity and solution-processability. However, charge imbalance is a challenge, requiring modifications to the charge transport layer. This study introduces an aliphatic additive into the hole transport layer to optimize charge balance, leading to improved performance. CdSe red QLEDs showed increased luminance from 51,987 to 82,663 cd/m² and external quantum efficiency (EQE) from 10.0% to 16.7%, while ZnTeSe blue QLEDs increased luminance from 3,205 to 5,215 cd/m² and EQE from 2.3% to 6.8%. Mechanisms were investigated through space-charge-limited current measurements, UV-vis and photoluminescence spectroscopy, atomic force microscopy for surface morphology, contact angle measurements for wettability, and grazing-incidence wide-angle X-ray scattering for structural changes. These findings demonstrate that the aliphatic additive optimizes charge balance, enhancing QLED performance.

P재료금-50

Aqueous Flow Battery with Iron Organic Complex Anolyte

신민규, 권용재*
서울과학기술대
(kwony@seoultech.ac.kr*)

Flow batteries (FBs) have attracted significant interest as large-scale energy storage systems integrated with renewable energy sources. Among the key components of FBs, the electrolyte containing the active material plays a crucial role in determining the overall performance and characteristics of the battery. For aqueous flow batteries (AFBs), iron-based metal-organic complexes have garnered considerable attention as active materials due to several advantages, including the tunability of their properties and the cost benefits associated with using iron. Based on these research trends, a comparative performance analysis was conducted to evaluate the advantages and disadvantages of various iron complex active materials developed for alkaline AFBs, with a particular focus on the atrane iron complexes developed to date. In particular, the influence of variations in ligand structure on the overall performance of the complex was examined. Furthermore, based on these findings, potential future directions for the development of iron organic complexes are discussed.

P재료금-51

에스테르화된 유리섬유 표면에 다공성 CNT를 성장시킨 나노하이브리드 필터 기술 개발

김선민*, 이재혁
한국전자기술연구원
(ksunmin@keti.re.kr*)

공기 품질에 대한 필요성이 높아지면서 HEPA/ULPA 필터 시장은 확장될 것으로 예상되지만, 우수한 제거 효율을 가지는 HEPA/ULPA 필터는 차압이 높고 폐기물이 발생하며 재사용이 불가능한 단점을 가지고 있다. 이를 개선하기 위해 유리섬유 필터 자체에 CNT를 성장시키는 연구를 진행하였으나, 대량생산에 적합하지 않은것으로 보인다. 본 연구는 chopped glass fiber 표면을 에스테르화 반응을 통해 소수성으로 개질 후, 촉매를 코팅함으로써 보다 다공성 구조의 필터 여재를 생성하고자 하였다. n-alkyl alcohol을 이용하여 glass fiber 표면을 소수성으로 코팅하고, Fe/Co 이종촉매를 담지하여 glass fiber strand 표면에 나노카본 구조체를 합성하였다. Glass fiber 표면상에서 Si-O-C의 형성 정도를 확인하기 위해 코팅 후와 담지 후 표면 조성 성분을 비교하였으며,SEM을 이용하여 CVD 후 CNT의 성장길이 및 형상을 검증하였다.

P재료금-52

초소수성 및 높은 공기 투과성 필터를 위한 마이크로-나노 이중층 PVDF 전기방사 멤브레인 연구

김선민*, 최지윤
한국전자기술연구원
(ksunmin@keti.re.kr*)

바이오 의약품 생산 공정에서는 멸균 환경을 유지하고 오염을 방지하기 위해 고성능 Air Vent 필터가 필수적으로 사용된다. 이에 따라 공기의 원활한 흐름을 유지하면서도 투습성과 방수 성능 간의 균형을 최적화하는 기술 개발이 중요하다. 본 연구에서는 PES 멤브레인 표면에 전기방사 기법을 이용해 Polyvinylidene fluoride(PVDF)로 표면 개질을 시도하고, 이중 구조로 다층 적층하기 위해 전기방사 fiber 토출 공정을 최적화하였다. 개질된 멤브레인의 특성 분석을 위해 SEM 이미지를 이용한 표면 morphology 관찰 및 접촉각 측정을 통해 표면 특성 분석을 진행하였으며, 공기 투과도 및 기계적 안정성 등을 평가해 air vent 필터로서의 성능을 확인하였다. 전기방사 기반 멤브레인 개질 기술은 바이오 필터 성능 향상에 기여할 뿐만 아니라 다양한 응용 분야에도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

P재료금-53

직접 암모니아 연료전지를 위한 사중 합금 용출 전극의 제일원리 기반 계산 설계

한호식, 김현민[1], 한정우*
서울대; [1]포항공과대
(jwhan98@snu.ac.kr*)

The use of ammonia as a fuel for fuel cells offers advantages over hydrogen in storage, transportation, and utilization, making it a promising alternative for sustainable energy. However, commercialization is hindered by ammonia's low decomposition efficiency and the sintering of Ni-based catalysts, which reduce catalytic activity and stability. To address this, we introduce quaternary alloy exsolution from Pr0.5Sr0.5Fe0.80Co0.1Ni0.05Ru0.05O3-δ perovskite to enhance both performance and durability. Under a reducing atmosphere, phase transformation to the Ruddlesden-Popper phase enabled controlled exsolution of highly dispersed nanoparticles. TEM and EDS analyses confirmed the formation of well-socketed quaternary alloy nanoparticles with enhanced catalytic activity and sintering resistance. Density functional theory calculations further revealed Ru's role in improving exsolution behavior and ammonia decomposition kinetics by modifying the electronic structure and adsorption properties. These findings highlight the potential of Ru-modified exsolved catalysts for efficient and stable ammonia fuel cells.

P재료금-54

Graded Shell-Induced Polarization Enhancement in CdSe/CdZnS Nanorods

김영준, 김다흰*
서울시립대
(dhkim23@uos.ac.kr*)

Core/shell nanorods are nanoparticles that consist of a spherical core and a rod-shaped shell. Unlike spherical quantum dots that emit light in all directions, core/shell nanorods emit polarized light along the c-axis. CdSe/CdS nanorods, representative nanoparticles of core/shell nanorods, have been extensively studied due to their simple synthesis processes and particle size control. However, smaller core induces an increase of bandgap, reducing the bandgap difference between the core and the shell. Such reduction indicates weaker electron confinement of CdSe/CdS nanorods, which induces a decrease of electron-hole recombination, and reduces the strain on the core resulting in lower degree of polarization (DOP). Here, we show CdSe/CdZnS core/alloy shell nanorods with improvement of DOP by introducing zinc while synthesizing of CdSe/CdS nanorods. In CdSe/CdZnS nanorods, zinc affects enhanced polarization by leading electron localization and increased strain on the core. In this study, we improve the polarization properties of nanorods by synthesizing CdSe/CdZnS core/alloy shell nanorods and analyze the effect of the shell growth process on polarization and emission properties. Our study will contribute to the advancement of nanorod-based technologies such as displays and optical sensors.

P재료금-55

마이크로파 보조 합성을 통한 다공성 및 다량의 수산기 함유 탄소 제조 및 고성능 슈퍼커패시터 응용

전시은, 안희연, 정용진A*
한국교통대
(ychung@ut.ac.kr*)

본 연구에서는 친환경 전구체인 피트산(phytic acid, PA)을 이용하여 다량의 수산기를 함유한 다공성 탄소(Hydroxyl-rich mesoporous carbon, HRMC)를 신속하고 에너지 효율적인 마이크로파 보조 합성법으로 제조하였다. 합성 과정은 3분간의 마이크로파 처리를 통한 인 도핑 및 다량의 산소 함유 흑연 탄소(P-doped, O-rich graphitic carbon POGC) 형성과, 5분간의 KOH 수용액 후처리를 통한 표면 개질로 진행되었다. 이를 통해 2-3 nm 메조기공이 형성되었으며, 높은 비표면적(1,667.97 $m^2 g^{-1}$)과 향상된 전도성을 확보하였다. HRMC 기반 슈퍼커패시터는 1 A g^{-1}에서 734.0 F g^{-1}의 높은 비정전용량을 나타내며, 상용 활성탄(9.71배)과 POGC(2.27배) 대비 우수한 성능을 보였다. 대칭형 슈퍼커패시터는 250 W kg^{-1}에서 31.2 Wh kg^{-1}, 25 kW kg^{-1}에서 20.8 Wh kg^{-1}의 성능을 보여주었고, 10,000 사이클 후 98.9%의 용량 유지율을 보여주어 뛰어난 내구성을 입증하였다. 본 연구는 2025년 한국교통대학교 지원으로 수행되었음

P재료금-56

TAEA를 이용한 CNT 표면 개질 및 바나듐 레독스 흐름 전지 전극으로의 적용

안희연, 전시은, 박준서, 정용진A*
한국교통대
(ychung@ut.ac.kr*)

탄소 나노튜브(Carbon Nanotube, CNT)의 표면 산소 관능기 도입을 위한 친환경 단일 공정을 개발하였다. 트리스(2-아미노에틸)아민(Tris(2-aminoethyl)amine, TAEA) 처리를 통해 CNT의 산소 함량을 10% 이상 증가시키면서도 흑연 구조를 유지하며 카르보닐 관능기(Carbonyl group) 형성을 촉진하였다. 다양한 분석 기법을 활용한 평가 결과, CNT/TAEA는 친수성이 향상되고, 전하 전달 저항이 감소하며, 바나듐 이온 레독스 반응의 촉매 활성이 증가한 것으로 확인되었다. 바나듐 레독스 흐름전지 구동 결과, CNT/TAEA 전극은 400 mA cm^{-2}에서 65.8%의 에너지 효율과 27.1 Ah L^{-1}의 방전 용량을 유지하며 기존 열처리된 흑연 펠트(Heat-treated Graphite Felt, H-GF)보다 우수한 성능을 보였다. 또한 500사이클 동안 높은 방전 용량 유지율을 기록하며, 장기적으로 안정적인 성능을 유지하는 것을 확인하였다. 이는 바나듐 레독스 흐름전지 전극으로 CNT/TAEA의 적용 가능성을 시사한다. 본 연구는 2025년 한국교통대학교 지원으로 수행되었음.

P재료금-57

자외선 안정성을 보이는 MoS2의 전자수송층 도입을 통한 페로브스카이트 태양 전지 지속성 향상

김솔, 박민우*
숙명여자대
(mwpark@sm.ac.kr*)

Organic semiconductors have been widely used in the electron transport layers (ETLs) of perovskite solar cells (PSCs). However, their intrinsic stability is poor under external conditions such as UV light, heat, and moisture. In this study, we introduce two-dimensional MoS2 nanoplates as robust and efficient ETLs for p-i-n structured devices. The solution-processed, conductive MoS2 was uniformly deposited onto the perovskite layer due to strong van der Waals interactions between the nanoplates, leading to an impressive power conversion efficiency of over 21%. Furthermore, the robust MoS2 ETLs demonstrated excellent photo-stability, retaining over 90% of their power conversion efficiency even after 120 min of UV light exposure.

P 재료금-58

SiOCs 음극 소재물질의 내부 산소와 탄소 조성의 동시 조절과 열처리 수율 향상에 대한 연구

김종현, 조한익*, 이해리, 이기원, 한승균, 김만수[1]
건국대; [1]Northwestern University
(hijoh@konkuk.ac.kr*)

Phenyl-rich silicone (Si) oil is successfully cured through the protodesilylation reaction using sulfuric acid, and its subsequent inert pyrolysis significantly improved the yield of the SiOC ceramics. The carbon and oxygen compositions in the resulting SiOC ceramics were effectively modulated. Increasing the sulfuric acid content led to greater oxygen incorporation within the ceramic phase, providing additional lithium storage sites. Furthermore, the protodesilylation reaction reduced the carbon content while simultaneously improving carbon crystallinity. SiOC 1.5 with optimal oxygen and carbon contents, prepared at an H_2SO_4/Si oil molar ratio of 1.5, demonstrated the highest electrochemical performance. This sample achieved an initial coulombic efficiency (ICE) of 68% and exhibited a remarkable Li storage capacity of 935 mAh/g at a current density of 0.1 A/g. This study introduces a novel method for controlling composition in SiOC. This work was supported by grants from the National Research Foundation of Korea (NRF) (NRF-2021M3H4A3A0208668313) and the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (RS-2024-00404073), Republic of Korea

P 재료금-59

Enhanced dispersion stability of CdSe nanoplates in multicomponent solutions

전해진, 김다흰*
서울시립대
(dhkim23@uos.ac.kr*)

CdSe nanoplates are promising materials for light-emitting composite applications with polymers and liquid crystals due to their excellent optical properties. However, depletion attraction between nanoplatelets, induced in multicomponent systems, readily causes dispersion instability and aggregation during composite fabrication, ultimately deteriorating optical properties. In this study, we present an effective strategy to enhance dispersion stability by partially substituting oleic acid ligands on the nanoplate surface with acetate ligands. Depletion experiments reveal that acetate-functionalized nanoplatelets exhibit significantly improved dispersion stability, attributed to increased steric spacing from ligands of different lengths, which reduces depletion forces. The ratio of oleic acid to acetate on the surface was systematically analyzed, and the effect of varying acetate concentrations on dispersity was evaluated. The reduction of depletion interactions is expected to facilitate the development of uniform and high-efficiency nanoplatelet composites for various light-emitting devices.

P 재료금-60

마이크로파 조사를 이용한 다공성 탄소 프레임워크 합성 및 바나듐 레독스 흐름전지에서의 활용

박준서, 안희연, 전시은, 정용진A*
한국교통대
(ychung@ut.ac.kr*)

그래핀 산화물(graphene oxide, GO) 표면에서 마이크로파 조사와 후처리를 포함한 2단계 합성을 통해 다공성 구조와 높은 산소 관능기 함량을 갖는 흑연 탄소재료를 합성하였다. 합성된 그래핀 산화물 템플릿 기반 탄소 프레임워크(graphene oxide templated carbon framework, GOTCF)는 후처리 후에도 산소 함량이 크게 감소하지 않았으며, GO와 달리 메조기공 구조로 비표면적이 15배 증가하여 전자와 이온 전달을 증가시켜 바나듐 산화환원에 대한 촉매 활성이 향상되었다. 순환전압전류법으로 평가한 결과, GO 대비 전하 전달 저항이 50% 이상 감소하고, 30% 향상된 성능을 보여주었다. 바나듐 레독스 흐름전지 구동 결과, GOTCF 전극은 고전류밀도(400 mA cm-2)에서도 높은 에너지효율과 용량 성능을 보였다. 또한. 500사이클 후 초기 용량의 89.3% 이상을 유지하여 GO 전극에 비해 향상된 내구성을 나타내었으며 바나듐 레독스 흐름전지 전극 촉매로서의 가능성을 확인하였다.본 연구는 2025년 한국교통대학교 지원으로 수행되었음.

P 재료금-61

고용량 리튬 이온 배터리를 위한 Si/Gr, SnO_2/C/Gr 복합체의 전기 화학적 분석

손주현, 조창신*
포항공과대
(jochangshin@postech.ac.kr*)

Since the commercialization of lithium-ion batteries, graphite has been often used as an anode due to its low cost and stable electrochemical performance. However, as high-capacity batteries are required, the limited capacity of 372 mAh/g of graphite is in a dead-end situation. To address this issue, silicon has emerged as a promising anode material. Nevertheless, it has intrinsic limitations such as extreme volume change and low electrical conductivity.To leverage the advantages of both materials, blending method is advantageous for practical application. In this study, we investigated the electrochemical properties by changing the silicon-graphite ratio while maintaining the ratio of active materials at practical levels.In addition, tin, with a theoretical capacity comparable to that of silicon, was synthesized as SnO_2/C. The electrochemical performance was evaluated using galvanostatic charge-discharge tests and so on. Synthesized SnO_2/C was examined through scanning electronic microscopy and so on. This study contributes to understanding electrochemical properties among graphite, silicon and tin in different ratio using blending methods at practical levels.

P재료금-62

Supramolecular Chirality Control for Enhanced Dissymmetry Factor in CPL Detection and Emission

이상욱, 오준학*
서울대
(joonhoh@snu.ac.kr*)

Supramolecular chirality is crucial for developing optoelectronic materials with enhanced chiroptical properties. By precisely controlling the self-assembly of chiral supramolecular structures, it is possible to achieve high dissymmetry factors, which are essential for efficient CPL light detection and emission. In this study, we designed supramolecular assemblies by introducing chiral side chains to perylene diimide (PDI) derivatives. Using solvent-assisted self-assembly, we obtained diverse supramolecular morphologies with significantly enhanced chiral amplification. Furthermore, these chiral supramolecular materials were utilized as active layers in optoelectronic devices, demonstrating tunable CPL detection properties. Our findings highlight the potential of supramolecular chirality engineering as a powerful strategy for optimizing chiral optoelectronic materials, paving the way for next-generation CPL-based photonic applications.

P재료금-63

Aqueous-Based High-Loading CNT/Epoxy Nanocomposites with Optimized CNT Dispersion

곽연지, 김대우*
연세대
(audw1105@yonsei.ac.kr*)

Carbon nanotube (CNT)-reinforced epoxy composites are widely recognized for their exceptional mechanical, electrical, and thermal properties, making them ideal for applications in electromagnetic interference (EMI) shielding, aerospace, and sensors. A major challenge, however, is the natural tendency of CNTs to aggregate, which hinders uniform dispersion—a key factor in maximizing composite performance. In this study, CNTs were chemically functionalized using a modified Hummel's method and further dispersed with sodium dodecyl sulfate (SDS) as a surfactant. This multi-functionalization approach resulted in a CNT dispersion with a significantly lower viscosity compared to conventional systems, while promoting the formation of an effective CNT network. The low-viscosity dispersion facilitates integration with the epoxy matrix without a substantial increase in viscosity, thereby enabling the fabrication of high-loading CNT/epoxy composites within an aqueous system. The resulting composites exhibit enhanced mechanical strength and electrical conductivity, demonstrating the effectiveness of the aqueous-based dispersion strategy.

P재료금-64

무기 나노입자의 화학적 결합을 통한 마이크로 3D 프린팅

박민성, 손재성*
포항공과대
(sonjs@postech.ac.kr*)

Three-dimensional (3D) micro-printing is a promising technology with diverse applications. However, existing methods are limited by the mandatory use of photocurable materials, expensive equipment, and restricted material selection, primarily confined to polymers. To address these challenges, we have developed an inorganic nanoparticle-based printing technique that enables the fabrication of fully inorganic 3D structures composed of metals, semiconductors, and oxides. This method involves nanoparticle synthesis, surface modification with inorganic ligands, and controlled printing using metal linker ions for immediate curing. In our study, we synthesized Au, Ag, CdSe, and FePt nanoparticles capped with inorganic ligands and successfully printed micro-scale filaments by depositing the nanoparticle ink onto a wet bath. Furthermore, we demonstrated the feasibility of printing complex 3D lattice structures, expanding the material selection for micro-scale 3D printing.

P재료금-65

실란 커플링제 개질을 통한 고분자 기판과 구리 나노입자 필름 간 계면 접착력 향상

이수연, 정성욱, 최영민, 김태수*, 윤동한
한국화학연구원
(taesukim@krict.re.kr*)

Adhesion between polymer substrates and copper seed layers remains a critical challenge in advanced communication device applications. In this study, a silane coupling agent containing an azide group was introduced to enhance interfacial adhesion between polyimide (PI) substrates and polyvinylpyrrolidone-coated copper nanoparticle films. The deposition of the silane coupling agents onto the hydroxyl-functionalized surfaces of the polymer substrates facilitates the formation of covalent bonds between the self-assembled layers (SALs) and the PI films. The azide groups in the SALs enable cross-linking with the polyvinylpyrrolidone ligands of the copper nanoparticles upon heat treatment. These strong covalent bonds contribute to improved adhesion, which was assessed using a tape test. In the tape test, the copper nanoparticle layers exhibited 100% retention on the surface-engineered substrates, whereas complete detachment (0%) was observed on the untreated substrates.

P재료금-66

Amine-Mediated Fine-Tuning of Diameter and Photoluminescence in Semiconductor Core/Shell Nanorods

문재윤, 김다흰*
서울시립대
(dhkim23@uos.ac.kr*)

Semiconductor core/shell nanorods(NRs) are composed of a core encapsulated by a rod shell, designed to enhance optical and electronic properties. In these heterostructures, the shell diameter is key in adjusting the energy band structure, thereby enabling control over the NRs' optical properties. Previously, the diameter of core/shell NRs was primarily dictated by synthesis conditions, making post-synthetic modifications challenging and limiting diameter control to a narrow range. In this study, we introduce amine compounds into CdSe/CdS NRs to modulate the rod diameter and investigate the corresponding variations in photoluminescence properties. Amines exhibit two contrasting reactions depending on temperature. At high-temperatures, amines promote intraparticle ripening, increasing diameter and a red shift of the PL spectrum. In contrast, at low-temperatures, amines facilitate surface etching, thereby reducing the diameter and inducing a blue shift in the PL spectrum. The amine-assisted contrasting mechanisms enable broad control over the optical properties of core/shell NRs, including band alignment, emission wavelength, fluorescence anisotropy, and photoluminescence dynamics.

P재료금-67

적외선 영역대 양자점 기반 소자 제작과 전기화학적 특성 평가

김동준, 김준현, 홍지성, 정유진*
영남대
(yj_jung@yu.ac.kr*)

4차 산업혁명의 핵심 기술인 인공지능과 사물인터넷의 발전으로, 전자기기가 주변 환경을 인지하는 능력이 필수적으로 요구되며, 이에 따른 고성능 광센서의 개발이 중요해지고 있다. 특히 1550nm 파장대역의 단적외선(SWIR, Short-Wavelength Infarared)은 안정적으로 광 송수신이 가능하여 산업 전반에서 높은 수요를 보이는 핵심 파장 대역으로 주목받고 있다. 기존 InGaAs 기반 단적외선 광센서는 고온 에피텍셜 성장 공정이 필요하여 기술적·경제적 한계를 가진다. 이에 대한 대안으로, 저비용 용액공정이 가능하며 수발광 효율이 높은 PbS 양자점(Quantum Dot) 기반 소자가 주목받고 있다.

본 연구에서는 1550nm 파장대역에서 전기화학적 특성이 최적화된 CQD(Colloidal Quantum Dot) 소자 제작을 위해, 해당 파장대에 적합한 PbS 양자점 합성방법을 개발하고, EDT 기반 리간드 교환을 적용하였다. 제작된 소자의 성능을 평가하기 위해 전류-전압 특성(J-V Curve) 및 외부 양자 효율(External Quantum Efficiency, EQE)을 측정하였다. 그 결과, 개발된 CQD 소자는 기존 대비 우수한 외부 양자 효율과 낮은 암전류 특성을 보였으며, 이는 기존 InGaAs 기반 소자를 대체할 수 있음을 제시한다. 또한, 차세대 적외선 센서 응용에 대한 기술적 대안을 제시하고 다양한 적외선 응용 기술에 기여할 것으로 기대된다.

P재료금-68

전기방사법를 이용한 금속산화물 나노와이어 복합체의 합성과 제어

이건희, 김병관*
충남대
(bg_kim@cnu.ac.kr*)

With the growing concern about environmental pollution, the importance of detecting and analyzing various hazardous gases has increased for decades. In particular, gas sensors based on nanomaterials have attracted considerable attention due to their high sensitivity, high selectivity, fast response time, and easy detection. In this study, metal oxide nanofiber sheets were fabricated from polymer/metal precursor solutions using electrospinning method. Metal precursor content was controlled to optimize the gas sensing sensitivity and mechanical strength. Porosity and diameter of the metal nanofibers varied depending on the formulation of the solution composite and the addition of additives. These results demonstrate the development of high-performance gas sensor technology and environmental science.

P재료금-69

메조 기공 렌즈 모양 카본을 이용한 Zinc-Iodine 배터리의 전기화학적 성능 향상

정재훈, 김성섭*
전북대
(seongseopkim@jbnu.ac.kr*)

The Zinc-Iodine aqueous battery has garnered attention as a next-generation energy storage system due to its high theoretical capacity and environmentally friendly characteristics. However, the dissolution of iodine and the shuttle effect lead to capacity fading and reduced reaction kinetics, posing major challenges. In this study, a mesoporous lens-shaped carbon was utilized as a cathode material to enhance the performance of Zinc-Iodine batteries. The mesoporous lens-shaped carbon was synthesized through evaporation-induced self-assembly (EISA) and carbonization, using a solution containing block copolymers, homopolymers, carbon precursors, and AS sol. The resulting carbon electrode exhibited stable performance even at high power densities and demonstrated excellent cycle stability. This improvement is attributed to the porous structure, which facilitates iodine species capture and storage, thereby mitigating the shuttle effect.

P재료금-70

Synthesis of Various Palladium Nanoparticles Based on Solvent Properties

김영찬, 강정원, 김기섭*
한국교통대
(kks1114@ut.ac.kr*)

In this study, we synthesized palladium nanoparticles (Pd NPs) stabilized by hydrophilic or hydrophobic ionic liquids ionic liquid(IL) via chemical reduction. Transmission electron microscopy (TEM), X-ray diffraction (XRD), fourier transform infrared (FT-IR), UV-visible spectroscopy(UV-Vis) were employed for characterization of the Pd NPs. The size distributions of the Pd NPs were determined by TEM. The crystallinity and crystal structure of the Pd NPs were determined by XRD analysis. Additionally, we can choose each of stabilizers in various conditions based on these analyses. Results of FT-IR and UV-Vis showed how various solvents affect the Pd NPs through changes in transmittance or absorbance. This study will help to better understand how the properties of stabilizers – hydrophilicity and hydrophobicity – affect the synthesis of Pd NPs and enhance the utility of stabilizers in areas such as electrolytes in batteries. This study was supported by Korea National University of Transportation in 2025.

P재료금-71

비평면 리간드 조정을 통한 과산화효소 모방 나노자임의 선택성 향상

박선혜, 이진우*
한국과학기술원
(jwlee1@kaist.ac.kr*)

Peroxidase(POD)-like nanozymes have gained significant attention to serve as substitutes for natural enzymes in various biological applications. Despite this, most POD-like nanozymes, including FeNC, have their activity limited to acidic conditions. This limitation stems from undesirable catalase(CAT)-like reaction. Addressing this challenge, we focused on the development of ruthenium single-atom nanozymes with non-planar ligands (RuNC_Xs), engineered to possess selective POD-like activity. We revealed that RuNC_X with chlorine ligands (RuNC_Cl) not only significantly reduce CAT-like activity, but also maintain strong POD-like activity under near-neutral condition. RuNC_Cl exhibited 37-fold higher POD-like activity than CAT-like activity at pH 6.0. This exceptional activity underscores the efficiency of modifying adsorption energy by ligands in catalytic processes. This study broadens the potential applications of nanozymes in diverse applications by controlling the reaction selectivity.

P재료금-72

고표면적을 가지는 엠보싱 표면구조 기반 고출력 마찰전기 나노발전소자 개발 연구

김승주, 정성묵, 최영민, 김태수, 이수연*
한국화학연구원
(sylee@krict.re.kr*)

In this study, we fabricated a high-performance triboelectric nanogenerator (TENG) with embossed structures. We enhanced TENG output by optimizing effective surface area through microstructure formation on triboelectric layers. For negative charge layer, we used porous PDMS films with same scales as silica particles. By controlling embedding temperature and time to adjust exposed silica particle height, we achieved 670V and 45μA output through maximum contact area between positive and negative charge layers. This research advances TENG technology for wearable and electronic devices.

P재료금-73

Fabrication of hollow microneedles (HMN) by soft lithographic replica molding

강두호, 강달영*
연세대
(dykhang@yonsei.ac.kr*)

While hypodermic needles have been used for various medical applications such as drug/vaccine delivery, blood extraction, and health monitoring, typical stainless-steel (SS) needles show high stiffness, causing excessive tissue damage with prolonged use. Polymer-based hollow microneedles (HMNs) thus have increasing attention as alternatives. In this work, we demonstrate simple, low-cost fabrication of polymeric HMNs by soft-lithographic replica molding technique using conventional SS needles as templates. Theoretical and experimental verification for the capillarity-related problems during the replica molding have been given. To be more specific, meniscus-induced reentrant structure of HMNs has been avoided by inverted molding process. Also, capillary rise through the SS needles has been controlled by regulation of air pressure via connected syringe. For the impedance-based sensing, separated electrodes inside a HMN are created via masked tilted evaporation of metallic layers.These polymer-based HMNs are expected to serve as a key technology for minimally invasive drug delivery systems and health monitoring, advancing next-generation biomedical devices.

P재료금-74

리튬-공기 전지의 양극 적용을 위한 Co2GeO4 나노플레이트의 합성

이광희*, 박경수, 류철희, 이덕희
고등기술연구원
(ghlee@iae.re.kr*)

2차원 구조제는 리튬-공기 전지 양극의 촉매로 적용하였을 때, 이방성 성장을 통해 다수의 결함을 동반하고 있는 결정 구조체의 특성으로 넓은 활성 면적을 기대할 수 있다. 또한 전이금속은 다양한 산화 상태의 존재로 산소 결손을 유발하고 산화 친화력을 높일 수 있는 장점이 있다. 본 연구는 2차원 Co_2GeO_4 나노플레이트를 합성하기 위해, GeO_2 (0.5mmol)을 20ml DI water에 완전 용해시킨 뒤, $CoCl_2{\cdot}6H_2O$ (1mmol)을 측량하여 추가 혼합하였다. 이후, 5mM NaOH 수용액 10ml를 dropwise하여 교반 및 적정하였다. 제조된 용액은 180℃~220℃의 온도 범위에서 6시간동안 수열 합성 공정을 진행하였다. 반응 후 얻어진 $Co_2GeO_4{\cdot}nH_2O$는 결정수를 제거하기 위해 대기 분위기에서 500℃의 온도에서 6시간 열처리를 진행하여 Co_2GeO_4 나노플레이트를 수득하였다. 합성된 Co_2GeO_4 나노플레이트는 XRD와 SEM으로 결정구조와 형상의 변화를 관찰하였다. 또한 리튬-공기 전지 테스트를 통해 성능을 비교하였다.Acknowledgment이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 ((2022R1A2C4002372).

P재료금-75

열분해 기반 미세구조 제어를 통한 커피 폐기물 유래 하드카본의 고성능 포타슘 이온 하이브리드 커패시터

이승환, 황종국*
아주대
(jongkook@ajou.ac.kr*)

포타슘이온 배터리-슈퍼커패시터 하이브리드 장치(PIHC)는 배터리형 음극과 커패시터형 양극을 조합하여 높은 출력 및 에너지 밀도를 동시에 구현할 수 있는 에너지 저장 장치이다. 따라서 PIHC의 음극재는 비정질 탄소를 활용하여 안정성, 용량 및 출력 특성을 향상시키고, 양극재는 높은 비표면적을 확보하여 우수한 저장 용량을 제공하는 연구가 필수적이다. 본 연구에서는 커피폐기물을 전구체로 활용하여, 단순한 탄화 과정과 KOH 화학적 활성화를 통해 PIHC의 음극재 및 양극재를 통합적으로 제작하였다. 탄화된 소재에 대해 XRD 및 Raman 분석을 진행한 결과, 비정질 탄소가 성공적으로 합성됨을 확인하였으며, 추가적으로 KOH와 커피폐기물의 질량비 및 활성화 온도를 조절하여 높은 비표면적을 갖는 탄소를 제조하였다. 제작된 비정질 탄소를 음극재로, KOH 활성화를 진행한 탄소를 양극재로 각각 적용하여 반쪽전지 및 완전지의 전기화학적 특성을 분석하였다. 이를 통해, 커피폐기물 유래 탄소가 PIHC 전극 소재로 효과적으로 활용될 수 있음을 확인하였으며, 친환경적이고 저비용의 바이오매스 기반 에너지 저장 소재 개발 가능성을 제시하였다.

P재료금-76

ZnSeTe Magic-Size Clusters: 합성 및 양자점 전구체로서의 응용

이연구, 이도창*
한국과학기술원
(dclee@kaist.edu*)

ZnSeTe quantum dots (QDs) have emerged as one of the most promising non-cadmium blue emitters. However, the formation of Te clusters within these QDs results in undesired spectral broadening. Semiconductor magic-size clusters (MSCs) have attracted significant interest in nanoscience due to their distinctive electronic structures and optical properties, which stem from their well-defined atomic arrangements. As metastable nanocrystals (NCs) with discrete atomic compositions, MSCs can serve as precursors for nanocrystal synthesis, enabling the fine-tuning of the final nanocrystal composition.In this research, we investigated the synthesis conditions for ZnSeTe MSCs and confirmed their compositions using inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES). Additionally, we successfully synthesized ZnSeTe QDs by using these MSCs as a substitute for the Te precursor.

P재료금-77

이산화 바나듐 나노입자를 이용한 열변색 유연 필름

최윤주, 최형윤, 김예린, 유미연, 박기용, 백태종*
중앙대
(paiktae@cau.ac.kr*)

Monoclinic vanadium dioxide (VO_2(M)) is a studied thermochromic material for energy-saving smart windows due to its ability to modulate solar transmittance in response to external temperature. The simultaneous changes in optical and electrical properties induced by phase transition, can be potentially applicable in various applications including optical metamaterials, phase-change memory, and smart windows. However, the intrinsic brownish color of VO_2(M) thin films, resulting from their narrow optical bandgap, can be an obstacle in certain fields. The flexible films are composed of phase-change VO_2(M) nanoparticles (NPs) for the modulation of infrared transmittance, combined with thermochromic polymers. Additionally, we systematically reduced the phase transition temperature depending by adjusting the W-doping concentration enabling the exhibition of reflective interference colors that can be tuned by changing the temperature.

P재료금-78

하이브리드 본딩 응용을 위한 나노트윈 구리의 전기화학적 및 CMP 분석

유성창, 김재정*
서울대
(jjkimm@snu.ac.kr*)

고성능 칩 수요 증가로 반도체 공정의 물리적 한계를 극복하기 위한 heterogeneous integration 기반의 advanced packaging 기술이 주목받고 있다. 높은 대역폭을 위해선 규격 내에서 집적도를 향상시켜야 하며, 칩 간 접합 부 축소를 위해 copper-to-copper hybrid bonding이 기존 TC-NCF, MR-MUF 기술을 대체할 대안으로 떠오르고 있다.hybrid bonding은 annealing을 통해 bonding이 진행되며, nt-Cu(Nano-Twinned Copper)는 결정립계가 적어 낮은 온도, 압력 조건에서 bonding이 가능해 비용 절감 및 안정성이 우수하다. 특히, (111) orientation 된 nt-Cu는 fcc 구조에서 가장 Cu 밀도가 높은 면으로 bonding이 이루어져 공정 효율성을 높일 수 있다. 또한 coarse-grained copper 대비 우수한 열적 안정성과 산화 저항성을 제공하여 hybrid bonding에 적합하다. 아울러, Cu electroplating 후 CMP(Chemical Mechanical Planarization) 공정에 의한 surface roughness와 dishing도 bonding 품질을 결정하는 핵심 요소이다.본 연구에서는 여러 첨가제 조건에서 electroplating을 진행해 Cu crystal structure 및 orientation에 따른 전기화학적 특성을 분석하고, Cu bulk slurry에 대한 CMP etch rate를 평가하였다. 또한 CMP 공정을 수행하여 nt-Cu의 removal rate, dishing profile, surface roughness 등을 측정하여 hybrid bonding에 최적화된 인터페이스를 위한 연구를 수행하였다.

P재료금-79

콜로이달 합성을 통한 비스무트 설포할라이드 나노 번들, 나노와이어 합성 및 광 전자소자 응용

이다원, 김예린, 최형윤, 박기용, 백태종*
중앙대
(paiktae@cau.ac.kr*)

High-aspect-ratio bismuth sulfobromide (BiSBr) NWs are synthesized via a heat-up method using bismuth bromide and elemental S as precursors and 1-dodecanethiol as a solvent. Bundling of the BiSBr NWs occurs upon the addition of 1-octadecene as a co-solvent. The morphologies of the BiSBr NBs are easily tailored from sheaf-like structures to spherulite nanostructures by changing the solvent ratio. The optical bandgaps are modulated from 1.91 (BiSCl) and 1.88 eV (BiSBr) to 1.53 eV (BiSI) by changing the halide compositions. The optical bandgap of the ultrathin BiSBr NWs and NBs exhibits blueshift, whose origin is investigated through density functional theory-based first-principles calculations. Visible-light photodetectors are fabricated using BiSBr NWs and NBs via solution-based deposition followed by solid-state ligand exchanges. High photo-responsivities and external quantum efficiencies (EQE) are obtained for BiSBr NW and NB films even under strain, which offer a unique opportunity for the application of the novel BiSX NWs and NBs in flexible and environmentally friendly optoelectronic devices.

P재료금-80

3D feature profile Simulation of HAR etching process for next-generation NAND flash devices

김주원, 박성윤, 임연호*
전북대
(yeonhoim@jbnu.ac.kr*)

Recently, high aspect ratio (HAR) etching processes present significant challenges for next-generation NAND devices. As device dimensions continue to decrease, the increasing complexity of physicochemical interactions in HAR etching exacerbates issues such as necking, bowing, and RIE lag, which arise from the ambiguous nature of various reaction paths within the plasma and its interactions with surfaces. To mitigate these issues, we simulated the etching process of ON(Oxide-Nitride) stacks by varying key process parameters using a 3D process simulator called K-SPEED. Key parameters such as surface temperature, plasma chemistry, ion energy, and pattern size were considered in this work. We investigated the general trends in how key parameters influence profiles. Additionally, we explored the reasons behind these observed trends. These findings will greatly aid in the process optimization for next-generation NAND flash technologies.

P재료금-81

Simulation approach of semiconductor etching process using artificial intelligence

박성윤, 임연호*, 김주원
전북대
(yeonhoim@jbnu.ac.kr*)

As semiconductor devices shrink to a few nanometers and moves on the 3D structures, high aspect ratio (HAR) etching faces challenges like not opening, bowing, and necking due to tight margins. To deal with this challenge, we observed the potential of simulation integrated with artificial intelligence (AI). Using the K-SPEED simulation developed by our group, we collected data of more than 200 plasma etch process geometries and trained an AI to predict process geometries based on process conditions. The training parameters were set to ion energy, radical to ion flux ratios, and open critical dimensions, and the AI model trained on the data to predict depth and cd. The AI model performed well within the training range, but it also had the limitation that the error increased outside the training range. In this study, we discuss the advantages and limitations of AI-integrated process simulation approaches, offering valuable insights for next-generation process simulations.

P재료금-82

Prussian Blue-Coated Separators for BQ-Py Cathodes in Li-Metal batteries

강민선, 조창신*
포항공과대
(jochangshin@postech.ac.kr*)

Organic electrode materials are attractive for Li and Na batteries due to their tunable structure, abundant resources and cost-effectiveness. Among them, carbonyl compounds have been widely studied for their electrochemical performance and material availability. They can be paired with lithium or sodium metal anodes to fabricate rechargeable Li/Na-organic batteries. However, their high solubility in nonaqueous electrolytes leads to rapid capacity fading. In this study, oxidative Benzoquinone (BQ), which inherently has low electrical conductivity, was copolymerized with reductive Pyrrole (Py) to improve its conductivity and electrochemical performance. Li-metal batteries with this cathode material demonstrate significant potential for achieving high practical gravimetric energy densities. Herein, to address the dissolution of BQ-Py polymer and enhance capacity retention, we introduced a Prussian Blue-coated separator. This strategy effectively suppresses electrode dissolution, leading to improved cycling stability.

P재료금-83

Investigation of Defect-Free Shell Growth and Defect Mitigation Strategies in ZnSe-Shelled Quantum Dots

김병재, 김어진, 정운호, 임재훈*
성균관대
(j.lim@skku.edu*)

Quantum dots (QDs) have emerged as promising candidates for next-generation display materials due to their optoelectronic properties. A key factor in enhancing performance is the development of core/shell heterostructures, which enable control over optical functionalities. However, mechanisms governing shell growth remain unclear, sometimes leading to defect formation. These states lower photoluminescence quantum yield (PL QY), limiting QD applications. Previous studies revealed Zn vacancy in ZnSe shell induce trap emissions and reduces PL QY. While applying additional strain suppresses these emissions at specific energy levels, the broader impact on carrier recombination remains a concern. This highlights the need for a universal defect-elimination strategy for heterostructured QDs. Here, we analyzed defect suppressed ZnSe shell growth. Excess oleic acid improved PL QY and reduced defects. NMR and TGA analyses showed that free carboxylic acid lowered ligand density, influencing shell growth kinetics. These findings emphasize controlled shell growth and ligand interactions for high-quality ZnSe-shelled QDs, offering insights for optimizing QD synthesis in advanced applications.

P재료금-84

시드 매개 합성을 통한 딥 블루 방출 유로퓸 도핑 세슘 칼슘 염화물 페로브스카이트 나노결정

유미연, 우호영, 이다원, 최윤주, 최형윤, 김예린, 박기용, 백태종*
중앙대
(paiktae@cau.ac.kr*)

All-inorganic perovskite nanocrystals (NCs), characterized by the general formula ABX_3, have attracted significant attention for next-generation optoelectronic applications due to their outstanding optical and electronic properties. In particular, lead-based perovskite NCs exhibit high photoluminescence (PL) properties, narrow PL bandwidth, and tunable PL spectra depending on the halide composition, which makes these NCs to be promising building blocks for light emitting devices. However, the presence of lead poses significant environmental and health concerns due to the toxicity of heavy metals. In this study, we present the colloidal synthesis of Eu doped $CsCaCl_3$ perovskite nanocrystals (NCs). The cubic-phase Eu doped $CsCaCl_3$ NCs are synthesized using seed-mediated synthesis. Structural analysis reveals high size, shape, and phase uniformity of the Eu doped $CsCaCl_3$ NCs. Therefore, we investigate their PL properties and suggest that Eu doped $CsCaCl_3$ can serve as potential building blocks for luminescent nanomaterials.

P재료금-85

고주파대 통신을 위한 고접착력, 저조도 유연동박적층 기판

김지현, 이수연*, 정성묵, 김태수, 최영민
한국화학연구원
(sylee@krict.re.kr*)

The importance of 5G communication technology, driven by artificial intelligence, big data, and IoT, has surged due to its ability to transmit high-speed, large-capacity data wirelessly. As radio signal frequencies increase, surface effects can cause delays or signal loss. To address this, minimizing dielectric thickness, reducing surface roughness, and ensuring strong adhesion at the copper-dielectric interface is essential for maintaining high-speed transmission. Here, we propose the highly adhesive, low-profile copper films for high-frequency flexible circuit boards. We employed surface-oxide-free copper nanoparticles as a seed layer for electroplating the low-profile copper layer. By optimizing the embedding process, we developed a flexible copper-clad laminate (FCCL) that provides exceptional adhesion between the copper layer and dielectric insulating material.

P재료금-86

Liquid Crystal Assisted Uniform Nanocrystal Formation

김장민, 임준형, 조은수, 최대섭, 김영기*
포항공과대
(ykkim@postech.ac.kr*)

Perovskite nanocrystals (PNCs) have drawn significant attention due to their excellent photovoltaic and optoelectronic properties such as high photoluminescence quantum yields and widely tunable bandgaps. However, conventional PNCs formation via hot injection method often leads to rapid reactions, hindering precise control over the size and shape of nanocrystal. Here, we present a nematic liquid crystal-mediated approach for the synthesis of uniform PNCs at low temperature under ambient condition. Elastic force from the nematic surrounding acts on the nanocrystal surface, hindering nanocrystal growth over the defined threshold. This unique property of liquid crystal ensures the homogeneous size distribution of PNCs and ripening suppression. Our work highlights a liquid crystal-mediated approach which offers a viable route for scalable synthesis of size-controlled PNCs with enhanced reproducibility. This work was supported by NRF (RS-2023-00212739, RS-2024-00411809).

P재료금-87

Impact of Ligand-Stripped Colloidal $WO_{2.72}$ Nanocrystals on Flexible Supercapacitors for Enhanced Electrochemical Performance

정혜연, 허성연*
서울과학기술대
(sungyeonh@seoultech.ac.kr*)

Electrode active materials play a crucial role in the performance of pseudocapacitors, and research on active materials for improved flexible supercapacitors is ongoing. Carbon cloth, a flexible electrode substrate, requires active materials to overcome its low energy density. Here, we introduce colloidal $WO_{2.72}$ nanocrystals (NCs) as an active material. By stripping inactive organic ligands from $WO_{2.72}$ NCs, we achieved enhanced electrochemical performance compared to ligand-capped $WO_{2.72}$ NCs. Using a controllable and efficient dip-coating method, ligand-stripped $WO_{2.72}$ NCs were uniformly deposited onto carbon cloth through simple repetitive steps without additional additives or modifications. A symmetric supercapacitor was fabricated with a PVA/Na_2SO_4 gel electrolyte, exhibiting excellent energy storage capacity. The superior performance of the ligand-stripped $WO_{2.72}$/CC is attributed to the high dispersion of NCs and the removal of inactive organic ligands, resulting in reduced internal resistance and enhanced charge transfer efficiency.

P재료금-88

All-Solid-State Electrochromic Device Using Plasmonic Metal Oxide Nanocrystal/Graft Copolymer Composite Film

김성빈, 허성연*
서울과학기술대
(sungyeonh@seoultech.ac.kr*)

All-solid-state electrochromic devices (ECDs) offer durability and energy efficiency but face challenges in achieving fast switching, high ionic conductivity, and mechanical flexibility. In this study, we develop a plasmonic metal oxide nanocrystal/amphiphilic graft copolymer composite film via a solution-based process. The plasmonic nanocrystals form a percolation network, enhancing electronic transport, while the amphiphilic side chains improve segmental motion, facilitating ion transport. Optimized polymer electrolyte/nanocomposite interfaces reduce interfacial resistance, improving ion transfer. The resulting film exhibits fast switching, high near-infrared modulation, and mechanical stability under bending, offering a scalable approach for flexible electrochromic technologies.

P재료금-89

산화철/탄소 복합 음극재의 전환 반응에서 기공 길이가 리튬이온배터리 전기화학적 성능에 미치는 영향

이지우, 황종국*
아주대
(jongkook@ajou.ac.kr*)

최근 기후변화에 대한 우려와 화석연료 고갈 문제에 따라 리튬이온 배터리는 다양한 에너지 저장 장치에서 핵심 기술로 자리 잡았다. 최근 배터리 성능을 높이기 위해 전극 소재의 고용량화가 활발히 연구되고 있으며, 그 중 Fe_3O_4는 높은 이론 용량, 경제성, 친환경성으로 흑연을 대체할 음극 소재로 주목받고 있다. 하지만 리튬화 및 탈리튬화 과정에서 상당한 부피변화를 겪으며, 그로 인해 전극의 분쇄, 전해질/전극 계면에서 지속적인 전해질 분해로 인한 문제가 불가피하다. 이를 해결하기 위해 산화철과 다공성 탄소를 복합화 하는 전략이 연구되고 있지만 다공성 탄소의 여러 구조적 요소(기공 크기, 표면적, 부피 등)가 복합적으로 작용하기 때문에, 전기화학적 성능에 미치는 요인에 대한 명확한 이해는 부족하다. 따라서 다공성 탄소 복합체에서 다공성 탄소의 기공 길이가 리튬이온 배터리 성능에 미치는 영향을 분석하였다.

P재료금-90

Unveiling Divergent Growth Pathways of 2D CdSe Nanocrystals via In Situ X-Ray Scattering

안언형, 이효철, 양지웅*
대구경북과학기술원
(jiwoongyang@dgist.ac.kr*)

Elucidating the formation pathways of quantum-sized semiconductor nanocrystals is important for directing their synthesis in diverse technological applications. In this work, we explore the growth trajectories of two different varieties of quantum-sized two-dimensional (2D) wurtzite-CdSe nanocrystals by integrating in situ small-angle X-ray scattering with multiple ex situ characterization techniques. Although each structure possesses a similar thickness of around 1.4 nm, their lateral dimensions diverge significantly. Our findings underscore how the reactivity of selenium precursors governs two distinct synthetic routes. Notably, highly reactive precursors foster nanocluster-lamellar assemblies that yield elongated 2D nanoribbons. In contrast, mild precursors produce nanosheets from small 2D seeds, with chloride ions controlling lateral expansion. These findings provide key insights into 2D semiconductor nanocrystal growth and synthesis design strategies.

P재료금-91

Transformation mechanisms of quantum-sized nanocrystals at atomic scale

이소연, 마현종, 강성수[1], 김동준[1], 박정원[1], 양지웅*
DGIST; [1]서울대
(jiwoongyang@dgist.ac.kr*)

Understanding the transformation mechanisms of quantum-sized semiconductor nanocrystals is crucial, as structural changes can significantly alter their material properties. Real-time observations of nanoscale transformations are enabled by in-situ transmission electron microscopy (TEM), a powerful tool for capturing dynamic processes at the atomic level. This study utilizes in-situ TEM to elucidate critical transformation phenomena in semiconductor nanocrystals. We investigate the degradation processes of CdSe nanorods in water by developing an advanced liquid cell, GDLC (graphene double-liquid-layer cell), to monitor the initiation of the reaction. Furthermore, we explore the transformation of wurtzite-2D CdSe nanosheets into the zincblende phase in the dry state, induced by electron beam-induced Se desorption and subsequent surface atom rearrangement due to off-stoichiometry. This study enhances our fundamental understanding of the transformation mechanisms in semiconductor nanocrystals and contributes to elucidating the transformation processes driven by various factors.

P재료금-92

High-Resolution Silver Nanowire Patterning via Intaglio Transfer Printing for Wearable Electronics

김기욱, 김혜현[1], 최문기[1], 양지웅*
대구경북과학기술원; [1]울산과학기술원
(jiwoongyang@dgist.ac.kr*)

Silver nanowires (Ag NWs) are highly promising electrode materials for flexible electronic devices due to their superior electrical conductivity and mechanical robustness. However, their high aspect ratio (AR) and porous network structure present challenges in achieving high-resolution patterning, which is essential for their integration into electronic applications. In this study, an intaglio transfer printing method is introduced to facilitate precise patterning of ultra-long Ag NWs (AR ≈ 1000). This technique utilizes controlled external force at the edges of intaglio trenches to selectively break entangled Ag NW networks, enabling the formation of high-resolution patterns with a minimum line width of approximately 7 μm on diverse substrates. The patterned Ag NW networks exhibit excellent electrical and mechanical stability, maintaining their performance even under repeated bending and deformation. Additionally, this strategy is demonstrated in the fabrication of skin-attachable electrophysiological sensors for real-time electrocardiogram monitoring, highlighting its potential for healthcare applications. This approach not only advances high-resolution patterning techniques for high-AR nanomaterials but also underscores the feasibility of Ag NW electrodes for fully flexible electronic devices.

P재료금-93

In-situ formation electrocatalyst for ammonia oxidation and its crystal structure analysis

김유라, 양우경, 김성섭*
전북대
(seongseopkim@jbnu.ac.kr*)

The expansion of the global hydrogen economy and the importance of zero-carbon emissions require the development of technologies for hydrogen storage and production. Ammonia electrolysis is one of the green hydrogen production technologies, which has the advantage of lower energy consumption than conventional water electrolysis. Platinum-based catalysts have high electrocatalytic activity for AOR, but it is expensive. So, the research is underway to develop cheaper transition metal-based catalysts. The reconstruction of catalyst surfaces during electrochemical reactions has been revealed in studies of water electrolysis and CO_2 reduction reaction. However, how catalyst surfaces are reconstructed during ammonia oxidation reactions is not well understood. In this work, we aim to investigate the effect of electrolyte on crystal growth during electrochemical reactions by trying to characterize the ligands of ammonia that induce crystal growth.

P재료금-94

고효율 CO_2 포집을 위한 PEI/SiO_2 기반 흡착제의 성능 향상을 위한 연구 동향 및 전략 검토

남수연, 황종국*
아주대
(jongkook@ajou.ac.kr*)

폴리에틸렌이민 함침 실리카(PEI/SiO_2) 흡착제는 여러 아민 기반 고체상 흡착제 중에서도 높은 흡착 용량, 간단한 합성 및 비용 효율성으로 인해 확장 가능하고 지속 가능한 CO_2 포집을 위한 실행 가능한 솔루션으로 많은 관심을 받고 있다.그러나 연구 개발의 지속에도 불구하고 최적화를 위해서는 여전히 흡착 동역학 개선, 장기 안정성 보장 등 몇 가지 주요 과제의 해결이 필요하다. 본 발표는 먼저 CO_2 흡착제로서 PEI의 기본 특성을 탐색하여 실제 구현에 대한 주요 장애물을 파악해 보았다. 이후, 이러한 과제를 극복하기 위한 방안으로 (1) 실리카 지지체의 기공 구조 조정, (2) PEI 분산 강화를 위한 표면 화학 최적화, (3) 호스트-게스트 상호 작용을 조절하기 위한 첨가제 도입, (4) 안정성과 흡착열 개선을 위한 PEI 수정에 초점을 맞춰 진행된 연구 동향을 정리하고, 이를 바탕을 앞으로의 PEI/SiO_2 기반 흡착제의 발전을 위한 주요 전략을 논의하고자 한다.

P재료금-95

단결정 NCM 혼합 최적화를 통한 리튬이온 배터리 건식 전극 성능 향상 연구

차정환, 오은석*
울산대
(esoh1@ulsan.ac.kr*)

기존 리튬이온 배터리 습식 공정에서의 전극 제작은 NMP 사용 및 전극 두께 증가 한계를 해결하기 위해 건식 전극 공정이 주목받고 있다. 그러나 건식 전극 제작에서 널리 사용되는 롤투롤(roll-to-roll) 및 롤프레스(roll-press) 과정에서 다결정 NCM의 크랙 발생이 성능 저하를 유발한다. 본 연구에서는 단결정 및 다결정 하이니켈 양극재를 적용하여 무용매 건식 전극을 각각 제작하였으며, 이에 대한 다양한 기계적 특성을 조사하기 위해 180° peel test, sheet-resistance test, SAICAS 및 FE-SEM을 실시하였다.또한 전기화학적 특성을 평가하기 위해 cycle test, C-rate test, 순환 전압 전류법(CV), 전기화학 임피던스 분광법(EIS)을 수행하여 결과를 비교 분석하였다.연구 결과를 통해 단결정 NCM을 적용한 건식 전극이 성능 향상에 기여함을 확인하였다.

P재료금-96

다기능성 양자점을 이용한 다중 바이오마커 형광 면역 흡착검출법

황수경, 최유성, 박채이, 류세희, 나현빈*
명지대
(hyonbin@mju.ac.kr*)

면역글로불린(Immunoglobulin, Ig)은 항원과 특이적으로 결합하는 항체로, 암, 치매, 알레르기 질환 등 다양한 질병의 바이오마커로 활용된다. Ig는 IgG, IgM, IgA, IgE, IgD의 다섯 가지 주요 isotype으로 구분되며, 질병 진단을 위해서는 체액 내 Ig의 isotype을 구분하여 분석하는 것이 중요하다. 특히, Ig의 isotype 조성이 면역성 질환이나 알레르기 반응에 따라 변화하므로, 하나의 바이오마커만 측정하는 것보다 다중 isotype을 동시에 검출하는 것이 보다 정확한 진단에 기여할 수 있다. 현재 효소나 형광염료를 이용한 ELISA 및 FLISA와 같은 면역흡착 분석법이 단백질의 다중 정량 분석에 널리 사용되고 있지만, 바이오마커 간의 교차 반응성과 비특이적 반응, 표지 물질의 불안정성으로 인해 신호 강도가 낮아지는 한계가 존재한다. 본 연구에서는 생물직교 반응이 가능하고 높은 안정성을 갖는 올리고머 기반 리간드로 개질된 양자점을 활용하여 다중 정량 분석이 가능한 FLISA 플랫폼을 개발하였다. 또한, 낮은 교차 반응성을 가지는 검출 항체를 적용하여 신호 강도를 향상시키는 데 초점을 맞추었다.

P재료금-97

$FeCO_3$/rGO 복합체 기반 리튬이온 전지향 고성능 음극재

손희상*, 이상림, 구기휘
광운대
(sonisang@gmail.com*)

As Carbon dioxide (CO_2) emissions from industrial processes have been identified as one of the major causes of global warming, carbon capture, utilization, and storage (CCUS) technology is gaining attention as a key strategy for achieving carbon neutrality. In this study, CO_2 was permanently fixed as carbonate through mineral carbonation and applied as an anode material for lithium-ion batteries (LIBs). Such a fixed carbonate by CO_2 was used for the preparation of $FeCO_3$ composited with rGO and PVP to be applied as active material for negative electrode in LIBs. Specifically, the rGO plays an important role to increase electrical conductivity and prevent particle aggregation while PVP could stabilize the particle surface and strengthened structural stability as a surfactant. Electrochemical tests showed that the LIB anode material based on $FeCO_3$/rGO composite maintained a capacity of 400 mAh/g after 50 cycles at a current density of 1,620 mA/g. This study suggests the converting CO_2 into valuable battery materials can contribute to future energy storage technologies.

P재료금-99

알칼리성 수소 촉매를 위한 자기조립 기반 동적 배치를 통한 다기능성 탄화물 지지체 위 귀금속의 선택적 배치

김지원, 이진우*
한국과학기술원
(jwlee1@kaist.ac.kr*)

Atomically dispersed catalysts are highly efficient for alkaline hydrogen electrocatalysis with minimal noble metal use, yet conventional designs struggle with *OH binding and overall performance. This study introduces a self-assembly-assisted dynamic placement strategy to synthesize atomically dispersed catalysts on heterostructured MoxC-C supports. MoxC facilitates dynamic placement while optimizing the interfacial water structure, enabling selective noble metal deposition at 1373 K. This enhances interfacial site activity, reaction kinetics, stability, and CO tolerance. The optimized *OH binding promotes water dissociation by increasing free water availability at the interface. In AEM water electrolyzers, the catalysts exhibited remarkable 500-hour stability. Notably, even with an low noble metal loading of 0.060 mgPt cm^{-2}, they achieved the US DOE's 2026 performance targets for proton-exchange membrane water electrolyzers, demonstrating their potential for practical applications.

P재료금--27

청색 발광 InGaP 양자점 설계에서 갈륨 전구체의 구조적 영향 규명

김태완, 이현준[1], 이도창*
한국과학기술원; [1]성균관대
(dclee@kaist.edu*)

While InP QDs have gained attention for display applications with their outstanding optical properties, the thermodynamic limitations originating from their core sizes render them unsuitable for blue emission. The introduction of GaP composition into the InP cores can widen the bandgap, resulting in larger InGaP alloy QDs. However, the incorporation of Ga has been largely limited with the use of conventional gallium halide precursors. Here, we suggest that monomeric gallium precursors have an advantage over dimeric counterparts for incorporating Ga into InGaP cores. We adopted trimethylgallium (TMGa) to produce monomeric gallium carboxylates for usage in the colloidal synthesis of InGaP QDs. To boost the photoluminescence quantum yield (PL QY) and derive pure blue emission, ZnS double shells were grown on the InGaP QD cores along with the use of zinc chloride and oleylamine. The resulting InGaP/ZnS/ZnS QDs exhibit a peak emission at 470 nm, 67% of PL QY and 40 nm of emission linewidth.

P재료금-100

Surface-brominated $CsPbI_3$ perovskite nanocrystals achieving high-efficiency pure red light for skin-attachable displays

이경훈, 김윤호[1], 최문기[1], 양지웅*
DGIST; [1]UNIST
(jiwoongyang@dgist.ac.kr*)

Metal halide perovskite nanocrystals exhibit notable optical characteristics, including elevated photoluminescence quantum yield, superior color purity, and adjustable bandgaps, making them strong materials for emerging display applications. Nevertheless, it remains difficult to achieve high-quality red emission in ~10 nm $CsPbI_3$ nanocrystals for perovskite-based emitters. In this work, we employ a simple surface bromination approach on $CsPbI_3$ nanocrystals, yielding $CsPbI_3$:Br while maintaining the pristine crystal structure. This post-treatment results in intense red luminescence and substantially enhanced charge-transport properties. Devices fabricated with these surface-modified materials exhibit an external quantum efficiency of 19.8 %, matching top-tier values reported for purely red-emitting perovskite diodes. Moreover, we demonstrate the potential for wearable integration by creating skin-attachable devices that function reliably under various mechanical stresses. Overall, this strategy offers a direct route to pure-red nanocrystals and underscores their viability for flexible electronics.

P재료금-101

Nucleation-Governed Impurity Incorporation in II-VI Semiconductor Nanocrystals Enabled by Magic-Sized Cluster

차준우*, 지승현, Hafiz Ghulam Abbas[1], 김서영, Stefan Ringe[1], 양지웅
대구경북과학기술원 / 에너지공학과; [1]고려대 / 화학과
(ck123wnsdn@dgist.ac.kr*)

Introducing impurities into nanometer-scale semiconductor crystals is a powerful approach for tailoring their properties, yet doping at such dimensions remains challenging. A nucleation-directed route has emerged as a promising strategy, though its mechanistic details remain unclear. Here, we elucidate how magic-size cluster (MSC) intermediates guide doping, enabling the formation of two-dimensional ZnSe nanoribbons with distinct impurity locations. The specific dopant ion dictates chemical pathways: Mn^{2+} ions in MSCs retain substitutional sites in the final structure, whereas Co^{2+} ions migrate to interstitial positions. First-principles calculations confirm these trends by evaluating dopant formation energies. Similar behavior in CdSe suggests broader applicability to II-VI semiconductors. These insights advance nucleation-driven doping for tailored semiconductor nanomaterials.

P재료금-102

Penicillamine-induced decomposition of copper sulfide nanocrystals after treatment of multidrug-resistant microbial infection

이일송, 이도창*
한국과학기술원
(dclee@kaist.edu*)

Multidrug-resistant (MDR) infections pose a grave threat, with traditional antibiotic development frequently ineffective due to evolving resistance. This limitation necessitates a shift towards alternative antimicrobial agents, such as inorganic nanomaterials, despite their long-standing challenges of bioaccumulation and nanotoxicity, a hurdle in medical employment. We introduce copper sulfide ($Cu_{2-x}S$) nanocrystals (NCs) to mitigate the infection, with an added focus on its post-treatment decomposition. $Cu_{2-x}S$ NCs enable photothermal therapy with near-infrared light and chemodynamic therapy with sulfite anions, turning out to selectively kill MDR microorganisms. To counteract potential nanotoxicity, penicillamine is used to chelate and decompose $Cu_{2-x}S$ NCs after treatment. Mouse studies demonstrate the $Cu_{2-x}S$ NC-based dual therapy treats subcutaneous infections by both removing microbial cells and suppressing abscess formation. Subsequent penicillamine administration decomposes residual $Cu_{2-x}S$ NCs. The results highlight the promise of $Cu_{2-x}S$ NCs as a safe and effective antimicrobial agent, paving the way for the clinical application of inorganic nanomaterials.

P재료금-103

Electrochemical Performance of Cobalt Fluoride (CoF_2)/MWCNT Nanocomposites as the Cathode of Li-Ion Batteries

안병준, 천진녕*
한국세라믹기술원
(jchun@kicet.re.kr*)

Conversion reaction based metal fluoride cathodes are promising cathode candidates for LIBs due to their high specific capacity and operating voltage. However, they have challenges including chemical and electrochemical properties and synthesis problems. Cobalt fluoride (CoF_2) is an attractive cathode material among metal fluoride but has the same problem. In this study, CoF_2/multi walled carbon nanotube(MWCNT) was successfully synthesized by a simple method of precipitating cobalt precursors in MWCNT and then heat-treating them with ammonium fluoride under an inert atmosphere. In addition, ALD coating, an electrolyte, was applied for surface protection to solve cobalt dissolution during battery cycling. Through this strategy, the CoF_2/MWCNT composite material maintained a capacity above 200mAh g^{-1} after 500 cycles. This study is expected to contribute to the development of metal fluoride cathodes, enabling the development of cathodes with high energy density and long cycle life.

P재료금-104

텅스텐 산화물/크로뮴 산화물 나노구조 복합체 기반 초고감도 및 고선택적 베터리 전해질 누출 감지 센서

강영규, 손승욱, 김하연, 정희태*
한국과학기술원
(heetae@kaist.ac.kr*)

With the rising demand for lithium-ion batteries (LIBs), ensuring safety, particularly in electric vehicles, is crucial due to the risk of thermal runaway. Early detection of electrolyte leakage is essential for fault diagnosis, yet conventional gas sensors struggle to detect electrolyte vapors. This study introduces a WO_3-Cr_2O_3 nanochannel sensor synthesized via secondary sputtering lithography (SSL), a top-down method achieving a high aspect ratio (>10) and nanoscale resolution (25 nm) for selective detection of diethyl carbonate (DEC). The WO_3-Cr_2O_3 sensor exhibited high sensitivity (R_a/R_g = 123.8 at 5 ppm), a threefold improvement over pristine WO_3 , due to its engineered nanostructure and p-n heterojunction. This research was supported by the Ministry of Tr 2022-00154820).

P재료금-105

Fe-Ni 활성 부위 형성을 위해 고분산된 Ni을 가지는 Fe-Ni@Mo_2C/NC의 산소 발생 반응

김철주, 박승근*
중앙대
(skpark09@cau.ac.kr*)

Hydrogen is considered a next-generation eco-friendly energy source. However, transition metal-based OER electrocatalysts have gained considerable attention due to their cost-effectiveness and high catalytic activity. Among them, NiFe-based catalysts have exhibited excellent OER performance. Moreover, ensuring the uniform distribution of NiFe and controlling particle size are essential for achieving efficient OER activity. Therefore, incorporating a support material is crucial. In this study, we synthesized nanoflower-structured Fe-Ni@Mo_2 C/NC with highly dispersed Ni, leading to the formation of high-density Ni-Fe active sites on the surface. Ni-Mo_2 C/NC exhibits an overpotential of 417 mV at 100 mA/cm² and a Tafel slope of 71.3 mV/dec, whereas the synthesized Fe-Ni@Mo_2 C/NC shows an improved OER performance with an overpotential of 357 mV at 100 mA/cm² and a Tafel slope of 57.16 mV/dec.

P재료금-107

플루오르화암모늄을 이용한 폐실리콘 개질 및 리튬이온전지 적용 연구

김은혜, 백기상, 천진녕*
한국세라믹기술원
(jchun@kicet.re.kr*)

실리콘(Si)는 흑연 대비 10배 이상의 높은 이론 용량을 가져 차세대 리튬이온전지의 유망한 음극소재이다. 그러나 실리콘은 충/방전 과정에서 급격한 부피 변화로 인해 수명 특성 저하와 높은 제조 단가에 대한 문제점이 있어 해결책이 필요한 상황이다. 이에 본 연구에서는 플루오르화 암모늄(NH_4F)을 폐실리콘 분말에 단순 복합 후 비활성 기체 분위기에서 열처리하여 폐실리콘 내에 존재하는 실리카를 제거하였다. 또한, 실리콘 표면에 형상 변화가 나타난 것을 확인하였고 NH_4F의 사용량에 따라 개질된 실리콘 물질의 표면적 제어가 가능함을 확인하였다. 개질된 실리콘을 음극으로 적용하였을 때, 초기용량 및 쿨롱효율이 향상되었으며 불산(HF)을 통해 개질된 실리콘과 유사한 초기 성능을 나타내었다. 또한 불산을 사용한 경우에는 나타나지 않는 나노 기공의 형성으로 이온 확산 거리 단축 및 부피 변화 완충을 통해 속도 및 수명 특성이 개선됨을 확인하였다. 본 연구는 불산과 같은 고위험성 물질을 직접 사용하지 않는 간단한 공정으로 실리콘의 표면 물성 제어가 가능하므로 향후 그 활용성이 높을 것으로 기대된다.

P재료금-108

Development of a Hyphenated TGA TOF-MS System for Advanced Material Analysis

진병권*
ASTA
(jinbg33@naver.com*)

Thermogravimetric analysis (TGA) measures weight changes in a sample as a function of temperature and time, providing insights into material purity, composition, and thermal stability. As TGA becomes increasingly important, there is growing demand for real-time chemical analysis of evolved gases during high-temperature experiments. Time-of-flight mass spectrometry (TOF-MS) enables highly sensitive, real-time ion detection of evolved gases. Compared to quadrupole mass spectrometers, TOF-MS offers higher speed, resolution, and sensitivity while resisting contamination due to its simple structure. In this study, an electron ionization TOF-MS (EI TOF-MS) was integrated with TGA, enabling real-time analysis of gases released during thermal decomposition. The synchronized system enhances material characterization for applications in polymers, secondary batteries, display devices, and semiconductors.

P재료금-109

Analysis of Thermal Properties and Additives of Battery and Polymer Materials Using TGA TOF-MS

진병권*
ASTA
(jinbg33@naver.com*)

In this study, a time-of-flight mass spectrometer (TOF-MS) was integrated with a thermogravimetric analysis (TGA) system. This hyphenated TGA TOF-MS system enables real-time, synchronized analysis of evolved gases, providing significant advantages for characterizing advanced industrial materials such as polymers and secondary batteries. Here, we demonstrate its application in analyzing the thermal decomposition of battery cathodes, identifying evolved gases and defect-related factors. Moreover, the effects of additives on the thermal properties of polymers is analyzed using TGA TOF-MS. These insights contribute to a deeper understanding of material stability and performance in various industries.

P재료금-110

고체-증기 반응을 통한 ZIF 나노패터닝 공정 개발 및 응용

장재동, 전혜원, 강호형[1], 김하연, 조아현, 정희태*
한국과학기술원; [1]메사추세츠 공과대학
(heetae@kaist.ac.kr*)

Metal-organic frameworks (MOFs) offer unique structural and functional properties for applications in adsorption, ion transport, and electronics. However, precise MOF patterning remains challenging due to limitations in size control, spatial accuracy, and structural diversity. This work introduces a solvent-free, high-resolution MOF patterning method using secondary sputtering lithography (SSL). SSL enables the fabrication of high-aspect-ratio MOF patterns with sub-100 nm resolution and allows metal oxide@MOF formation by adjusting conversion times. We demonstrate SSL's versatility for patterning various MOF structures, highlighting its potential for gas sensors, optics, and microelectronics. Additionally, its solvent-free nature ensures environmental sustainability and cost-effectiveness, making it suitable for large-scale production.

P재료금-111

베이퍼 챔버 적용 배터리 모듈 열전달 성능 연구

이동주*, 조현빈, 이재용, 곽성복
덕양산업
(djlee2@dyauto.kr*)

배터리 열 관리는 배터리 화재 뿐만 아니라. 성능, 수명에 영향을 주는 중요한 부분이다. 본 연구에서는 배터리 냉각 부품으로 주로 사용되는 일반 알루미늄이나 구리 대신 고성능의 초박판 형태로 상변화 열전달 기술을 이용하는 베이퍼챔버를 제작하고 배터리 패키징을 효율성을 높여 고속 충/방전 시 발생되는 배터리 고발열로 인한 화재 및 성능 저하 문제를 해결하고자 한다.베이퍼챔버의 열유동성에 큰 영향을 주는 내부 유체의 모세관력 향상을 위한 내부 유체 종류와 구조체 형상 기술을 연구하고, 이를 밀봉할 수 있는 다양한 접합 공정을 검토하여 안정화된 파우치 배터리셀용 베이퍼챔버 시제품 제작하고 신뢰성 평가를 진행할 예정이다. 이후 차세대 냉각 시스템 및 화재전이 방지 구조를 적용한 배터리모듈 개발을 통해 베이퍼챔버의 전기차용 배터리모듈 적용 가능성을 검증할 예정이다.
사의 : 본 연구는 산업통상자원부에서 공고한 지역혁신클러스터육성(R&D)사업 (과제번호 :P0025392)의 연구 수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

P재료금-112

전기차 배터리 열폭주 저감 난연 소재 및 화재전이 방지 구조 연구

이동주*, 조현빈, 이재용, 곽성복
덕양산업
(djlee2@dyauto.kr*)

최근 연비 규제 및 탄소 중립 규제가 강화되면서 전기차 시장 규모는 지속적으로 확대되고 있지만 매년 발생하는 전기차 화재 사고 때문에 전기차 전환 가속화에 걸림돌이 되고 있다. 배터리 화재 문제에 대응하기 위해 소재, 부품, 구조, 냉각 등 다방면에서 전기차 열폭주 방지를 위한 기술 연구가 활발히 이뤄지고 있다. 본 연구에서는 열폭주 방지를 위해 열가소성 수지 기반의 난연/방열/화재 전이 지연 특성을 가진 복합 소재 제조를 통하여 BMA Plastic 부품에 대한 적용 가능성 및 화재 전이 지연 성능에 대한 검증을 진행하고자 한다. 또한 배터리 Cell에서 발생한 열을 사전에 관리하여 화재를 유발하는 고온에 도달하지 않도록 할 수 있게 구조적인 방열 솔루션을 연구하고 제품에 적용할 예정이다.
사의: 본 연구는 산업통장자원부에서 공고한 자동차산업기술개발산업 그린카 사업 (과제번호:20024923)의 연구 수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

P재료금-113

Fabrication of a wide range pH detector based on consecutive electrochemical deposition of MXene-PEDOT:PSS and NiO_2 layer on carbonaceous electrode

진준형*, 성수환, 이승준, 정해영, 김준민, 송민정[1]
경기대; [1]서경대
(jjh1023@kgu.ac.kr*)

Traditional pH sensors based on glass electrodes have the disadvantages of being easily broken, requiring frequent calibration, and being very sensitive to temperature. Although various studies have been conducted to develop voltammetric pH sensors, there are still limitations in creating a sensor that properly operates in all pH ranges. In this study, we introduce an example of fabricating a functional film prepared by electrochemical consecutive deposition of MXene-PEDOT:PSS and NiO_2 nanomaterials on a carbonaceous electrode substrate and further using it as a pH sensor that operates in all pH ranges.

P재료금-114

Giant-콜로이달 양자점/α-Ga_2O_3 이종접합 기반 고성능 UV-Vis-IR 광대역 광검출기

정서련, 이동규[1], 백세웅*
고려대; [1]서울대
(sewoongbaek@korea.ac.kr*)

Broadband photodetectors capable of UV-Vis-IR detection are critical for applications such as imaging and optical communication. However, conventional materials such as InGaAs face challenges, including low absorption coefficients($<10^4$ cm^{-1}) and high production costs, necessitating alternative solutions. To address these challenges, we developed p-type giant PbS colloidal quantum dots (G-PbS CQDs) with enhanced absorption and a reduced bandgap by increasing their size. Using pre-formed PbS CQD seeds, we synthesized larger CQDs through a sulfurization growth step, precisely controlling size and size distribution. Optimized reaction conditions yielded PbS CQDs averaging 11±1.26 nm with high infrared absorption coefficients (40,000-80,000 cm^{-1}). For broadband photodetection, we integrated G-PbS CQDs with ultrawide-bandgap α-Ga_2O_3 to form a p/n heterojunction, achieving high-performance UV-to-NIR detection. This study was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean Government (MSIT, Nos. NRF-2021R1C1C1010434).

P재료금-115

태양전지 활용을 위한 고균일 $AgBiS_2$ 콜로이달 양자점의 합성

한태호, 김동언, 백세웅*
고려대
(sewoongbaek@korea.ac.kr*)

Colloidal quantum dots (CQDs) have emerged as a promising alternative to photovoltaics due to their size-tunable bandgap and solution-processability. $AgBiS_2$ CQDs has gained attention as a sustainable light-harvesting material, owing to its eco-friendly composition and high absorption coefficient which enabled the fabrication of thin absorber layers. However, due to the relatively short history, studies on materials aspect such as synthesis optimization remain limited. Here, we present optimized synthesis of $AgBiS_2$ CQDs for solar cell applications. By refining the metal precursor ratio and purification process, we synthesized $AgBiS_2$ CQDs less than 10% size dispersion. Moreover, by applying a multi-facet passivation strategy, synthesized $AgBiS_2$ CQD solar cells achieved a power conversion efficiency of 8.1%. This study was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean Government (MSIT, Nos. NRF-2021R1C1C1010434).

P재료금-116

III-V 양자점을 활용한 단파적외선 대역 광전소자 개발

지승인, 시민재, 김동언, 백세웅*
고려대
(sewoongbaek@korea.ac.kr*)

Shortwave infrared (SWIR) photodetectors are essential for next-generation optoelectronic applications. Recently, III-V colloidal quantum dots (CQDs) have attracted interest due to their narrow bulk bandgap, non-toxicity, and solution processability. In this study, we developed InSb CQD-based SWIR photodetectors. We synthesized InSb CQDs using a modified continuous injection method, which allows precise bandgap tuning to achieve SWIR range up to 0.9 eV. In addition, we prepared CQD inks via solution-phase ligand exchange with indium halide. We have also demonstrated bulk heterojunction using n-type and p-type III-V CQDs. These III-V CQDs-based photodetectors exhibited absorption up to 1600 nm and a 6-fold higher responsivity compared to the pristine InSb CQD photodetector due to enhanced charge transport. This study was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean Government (MSIT, Nos. NRF-2021R1C1C1010434).

P재료금-117

적외선 광수확을 위한 Thiourea-전구체 기반 고균일 PbS 양자점 합성

정재우, 김동언, 백세웅*
고려대
(sewoongbaek@korea.ac.kr*)

Colloidal quantum dots (CQDs) are solution-processable semiconductors with size-dependent bandgaps, making them ideal for infrared optoelectronics. PbS CQDs, known for their high absorption coefficients and tunable size, enable infrared absorption. However, conventional synthesis with highly reactive TMS-based precursors often induces Ostwald ripening, reducing uniformity. To overcome this, we synthesized PbS CQDs using a less reactive thiourea precursor and examined its effect on uniformity. By controlling injection temperature, growth time, and precursor ratio, we optimized optical properties. Thiourea-based PbS CQDs showed a higher peak-to-valley ratio and narrower full-width at half-maximum than TMS-based CQDs. This method improves synthesis uniformity, offering a promising approach for infrared photon harvesting. This study was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean Government (MSIT, Nos. NRF-2021R1C1C1010434).

P재료금-118

Al-doped LLZO/PVDF-HFP 복합체 기반 전해질 기반한 고성능 리튬 금속 전지

손희상*, 임휘윤
광운대
(sonisang@gmail.com*)

The improved electrochemical and safety performance of solid electrolytes based on organic/inorganic composite of LPLS(nw), PVDF-HFP/LiTFSI/SN with Al-doped cubic phased LLZO (Al-LLZO) nanowire networks, was demonstrated through the combined processes of sol-gel synthesis and electrospinning. The composite electrolyte of Al-LLZO@PVDF-HFP/LiTFSI/SN containing the low crystallinity polymer (PVDF-HFP) with enhanced ionic conductivity exhibits mechanical flexibility and good interfacial contact with electrodes. The composite electrolyte, incorporating lithium salt (LiTFSI) and succinonitrile (SN), demonstrated improved ionic conductivity (1.40×10^{-4} S/cm, reduced interfacial resistance), broad electrochemical stability (4.75V vs. Li/Li^+), and a high Li^+ transference number (0.75). In electrochemical performance tests, the Al-LLZO@PVDF-HFP/Lutfi/SN electrolyte-based Li symmetric cell exhibited sustained performance for over 2000 hours, while the $LiFePO_4$ |Li cell demonstrated a reversible capacity of 102.7 mAh/g at 2C with an 85.7% capacity retention over 200 cycles. In the flammability test, Al-LLZO@PVDF-HFP/LiTFSI/SN electrolyte exhibited excellent fire safety with nonflammability, suggesting that lithium metal batteries adopting this electrolyte could achieve high safety.

P재료금-119

Chemical Looping을 이용한 고효율 메탄 건식 개질 (DRM) 액체금속 촉매 개발

박종휘, 권성완, 김지훈, 김남훈, 박근용, 김현태, 박중현, 김다흰[1], 김휘동*
한국생산기술연구원; [1]서울시립대
(hdkim86@kitech.re.kr*)

본 연구에서는 메탄 건식 개질(Dry Reforming of Methane, DRM) 반응을 구현하기 위한 액체금속 기반의 새로운 반응시스템을 제시합니다. 액체금속 촉매는 고체탄소와 밀도 차이로 인한 자발적 분리로 기존 고체 촉매에서 흔히 발생하는 코킹 현상을 효과적으로 완화할 수 있습니다. 액체금속 기반 메탄건식 반응은 이산화탄소(CO_2)에 의해 금속이 산화되어 금속 산화물이 형성되고, 이후 형성된 금속 산화물은 메탄(CH_4)에 의해 다시 환원되어 금속 상태로 복원되는 산화-환원 주기(chemical looping)를 활용합니다. CO_2 와의 산화 반응이 원활히 일어날 수 있는 금속을 선택하고, 그 결과로 생긴 금속 산화물이 메탄에 의해 원활히 환원되어 금속 상태로 재생될 수 있도록 하는 적절한 이종금속 조성군 찾는 연구를 통해 유망한 이종금속 조성군을 확보하였습니다. 확보된 조성군을 액체금속 반응 시스템에 도입하여 DRM 성능을 검증하였습니다. 반응 온도와 유량 변화에 따른 촉매 특성을 면밀히 분석한 결과, 액체금속 기반 DRM 시스템은 코킹 억제 및 반응 안정성 측면에서 탁월한 성능을 나타냄을 확인하였습니다. 나아가 장기 안정성 평가를 통해, 제안된 촉매가 장시간 운전에서도 높은 효율과 내구성을 유지함을 확인하였습니다.

P재료금-120

코어-쉘 표면 패시베이션을 통한 InAs 양자점의 근적외선 광발광 개선

양민정, 백세웅*
고려대
(sewoongbaek@korea.ac.kr*)

Colloidal quantum dots (QDs) made of non-toxic group III-V materials have attracted great interest for optoelectronic applications such as LEDs, lasers, solar cells, and photodetectors. Among them, indium arsenide (InAs) QDs stand out for their excellent optical properties in the near-infrared region. However, their high surface-to-volume ratio leads to surface defects and trap states, reducing photoluminescence efficiency.To overcome this, we employ surface passivation strategies to minimize defects. Encapsulating the InAs core with a thick shell effectively suppresses trap states, significantly enhancing photoluminescence quantum yield and stability. Our newly developed InAs core-shell QDs exhibit outstanding luminescence efficiency, representing a key advancement for next-generation optoelectronic technologies.This study was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean Government (MSIT, Nos. NRF-2021R1C1C1010434).

P재료금-121

silicon nitride 에서의 물의 radiolysis 에 대한 연구 및 graphene을 활용한 radiolysis 방지 전략

백하연, 박정원*
서울대
(jungwonpark@snu.ac.kr*)

Liquid phase TEM (LPTEM) is competitive tool to investigate formation mechanism, degradation, and nano-scale surface structure of nanomaterials in colloidal state. However, electron beam induced radiolysis of liquid damages the original structure of nanomaterials in colloidal state, which hinders stable TEM imaging. Many efforts have been made to reduce radiolysis effect during LPTEM observation, such as TEM imaging with low electron dose rate and some additives to scavenge radiolysis products. However, radiolysis of adsorbed water at the interface of silicon nitride, which is the window materials for the MEMS based liquid cell, remains less studied. Here, we investigate the radiolysis effect of adsorbed water by observing Pd nanocube dissolution process, and the strategies to mitigate interfacial radiolysis by using graphene which is known to be good electron compensator.

P재료금-122

Self-Supervised TEM Image Denoising Networks for Unveiling Atomic Dynamics in Beam-Sensitive Materials

이진호, 김주덕, 박정원*
서울대
(jungwonpark@snu.ac.kr*)

Transmission electron microscopy (TEM) is a crucial analytical method in materials science and structural biology due to its high spatiotemporal resolution. Despite recent instrumental advances in electron microscopy, including aberration correctors and detectors, images still suffer from intrinsic limitations caused by inherent incoherence in the irradiating electron beam and the process of generating microscopic images as electrons pass through the camera and are detected. In this work, we developed a blind-spot based self-supervised image denoising network for TEM that requires only raw noisy datasets. With the method, we captured millisecond-scale images of beam-sensitive graphene and enhanced the resolution of noisy images, enabling us to observe phenomena that are difficult to detect with conventional TEM imaging alone, including confirming local heterogeneity and reversibility in atomic defect formation, thus opening new possibilities for scientific observation.

P재료금-124

Unraveling the Mechanism of Reversible Flexibility in MIL-53(Al) MOFs via In-Situ TEM

김동준, 박정원*
서울대
(jungwonpark@snu.ac.kr*)

Metal-Organic Frameworks (MOFs) like MIL-53(Al) are widely studied for their tunable properties in gas storage, separation, and catalysis. A key characteristic of MIL-53(Al) is its structural flexibility, enabling reversible transitions between large-pore and narrow-pore phases under external stimuli such as temperature, pressure, and guest adsorption. However, resolving these transformations at the atomic scale remains challenging due to beam-induced damage. Here, we use in-situ transmission electron microscopy (TEM) to visualize MIL-53(Al)'s flexibility in real time, marking a major advancement in MOF characterization. Using the electron beam as a stimulus, we capture reversible phase transitions while minimizing damage with a direct electron detector (K3 camera). Geometric phase analysis (GPA) and MD-DFT simulations further elucidate the flexibility mechanisms. These insights advance MOF design for gas adsorption and separation applications.

P재료금-125

Graphene sandwiches with controlled surface functionalization for room temperature imaging of uniformly encapsulated solvated proteins

이민영, 박정원*
서울대
(jungwonpark@snu.ac.kr*)

A recent advancement for solvated protein studies involves TEM imaging between graphene sandwiches, in which protein solutions are encapsulated between two graphene sheets. Despite the advantages, graphene's inherently poor affinity for water often leads to uneven liquid film formation, protein agglomeration, and interfacial drying for liquid encapsulated between two sheets of graphene. Furthermore, graphene's structural fragility limits available functionalization strategies, as many conventional surface modification damage the graphene's atomic lattice. Herein, we address these limitations by employing a controlled, uniform functionalization strategy using remote hydrogen plasma treatment that results in uniformly distributed protein encapsulation with graphene sandwiches. This functionalization approach enhances graphene's interaction with solvents to promote uniform solvent encapsulation, providing an enhanced method for imaging proteins at liquid-phase.

P재료금-126

단결정 메탈 칼코제나이드 박막의 용액공정

조윤진, 황혜인, 손재성*
포항공과대
(sonjs@postech.ac.kr*)

Solution-based fabrication of metal chalcogenide thin films offers a cost-effective and scalable approach for developing high-performance electronic and energy devices. In this study, SnS_2, $SnSe_2$ precursors were synthesized using an amine-thiol cosolvent system, utilizing dimensional reduction. The precursor solution was then deposited via spin coating, followed by thermal annealing to induce film crystallization. This approach allows for precise control over film composition, uniformity, and thickness while maintaining compatibility with large-area substrates. Normal XRD and SEM analysis confirmed the crystallization of SnS_2 and $SnSe_2$, revealing a hexagonal phase. Fabrication and electrical characterization of the thin films for field effect transistors were conducted.

O촉매수-1

리튬-황 배터리용 Pt_3M 전기화학촉매의 계산과학적 연구

김미연, 한정우*
서울대
(jwhan98@snu.ac.kr*)

The Li-S battery holds great potential as an energy storage device due to its theoretically high energy density. However, a significant challenge arises from sluggish redox kinetics involving a 16-electron transfer step. To enhance discharge capacity and overall performance, it is essential to understand rational design strategies for electrocatalysts. In this study, Pt, known for its exceptional electrochemical reduction activity, was applied as an electrocatalyst in Li-S battery. Density functional theory (DFT) calculations were conducted to investigate the Li-S battery mechanisms of Pt and Pt_3M alloys (M=Co, Fe, Cu, and Ti) using Pt skin and optimized 1/4 ML sulfur-covered models. The Li-S mechanism profiles indicated that the rate-determining step (RDS) for Pt_3M catalysts is the conversion of Li_2S_2 to Li_2S. Notably, the Gibbs free energies of the RDS exhibited a volcano plot relative to both sulfur adsorption energy and the Pt skin d-band center. This theoretical study elucidates how sulfur adsorption energy and electronic structure influence Li-S battery performance, providing a foundation for designing a broader range of strongly adsorbing electrocatalysts beyond Pt_3M alloys.

O촉매수-2

Enhancing Zinc-Air Battery Performance through Graphene Oxide Integration with Single-Atom Catalysts: Pore Engineering and Coordination Environment Modulation

이윤재, 박승근*
중앙대
(skpark09@cau.ac.kr*)

Single-atom catalysts (SACs) are promising alternatives to noble metal catalysts for oxygen reduction reactions due to their high atom utilization and tunable coordination. Typically supported on conductive materials, graphene oxide (GO) is widely used to enhance electron transport. This study reveals that GO not only improves conductivity but also modulates the coordination structure of SACs. Using X-ray absorption spectroscopy, we demonstrate that GO alters the Co-N bond length and increases structural instability, enhancing the catalytic properties of MOF-derived $Co-N_3$ SACs (CoSA@NC/rGO). Electrochemical analysis shows CoSA@NC/rGO achieves a peak power density of 190.7 mW cm^{-2} and a specific capacity of 823 mA h g_{Zn}^{-1} in Zn-air batteries, with outstanding stability over 600 cycles. This work underscores the innovative role of GO in SAC design and its potential for advancing sustainable energy technologies.

O촉매수-3

Synergistic Enhancement of Acidic Water Splitting via Chiral Plasmonics and Iridium Single-Atom Catalysts

채경희, 김동하*
이화여자대
(dhkim@ewha.ac.kr*)

Achieving efficient acidic water splitting is essential for advancing sustainable energy systems. This study presents a novel strategy that synergistically integrates chiral plasmonic nanostructures with highly active iridium single-atom catalysts (Ir SACs) to dramatically enhance electrochemical performance. Under illumination, the Ir SA/L-Au NF catalyst exhibits remarkable long-term stability, sustaining a high current density of 100 mA cm^{-2} for 500 hours, significantly outperforming conventional IrO_2 catalysts. This work elucidates the fundamental interactions between chiral plasmonic effects and SACs, revealing the underlying mechanisms responsible for their superior catalytic performance. These insights mark a significant step forward in renewable energy technologies, addressing key challenges in acidic water splitting and paving the way for next-generation photo-electrocatalytic systems with improved efficiency and durability.

O촉매수-4

Hexaaluminate synthesis to develop high-temperatrue and chemically stable N_2O decomposition catalyst

김수진, 김동혁, 서상혁, 정보라, 예보라, 조승호[1], 김홍대*
한국생산기술연구원; [1]울산과학기술원
(hdkim@kitech.re.kr*)

Nitrous oxide (N_2O) possesses a high global warming potential (GWP), approximately 300 times that of carbon dioxide (CO_2), and is emitted from display manufacturing and industrial combustion processes. The display industry, in particular, releases N_2O alongside NF_3 gas, necessitating the development of high-temperature N_2O decomposition catalysts resistant to fluorinated gases (F-gases). This study employed hexaaluminates, known for their thermal and chemical stability, as catalyst supports. To enhance catalytic efficiency, active metal candidates (Ni, Co, Mn) were substituted for Al^{3+} sites, and the resulting N_2O decomposition performance was evaluated. Furthermore, catalyst durability testing was conducted to assess resistance to F-gases.

O촉매수-5

Investigation of the role of organic additives in electrochemical 5-Hydroxymethylfurfural oxidation using a Ni(OH)2 catalyst

박소영, 장윤정*
한양대
(yjang53@hanyang.ac.kr*)

The electrochemical oxidation of HMF is a promising route to produce FDCA, the monomer of PEF, as a sustainable alternative to PET. It also serves as a viable substitute for the oxygen evolution reaction (OER), which requires a high overpotential. However, transition metal-based catalysts, including Ni, show good electrocatalytic activity, but their low oxidizing power at low potentials limits their ability to significantly reduce overpotential.To enhance reactivity at a relatively low bias, a few organic additives were introduced into the electrolyte, potentially influencing the local environment by modulating the interactions between reactants. This study investigates the effects of these organic additives on HMF oxidation, aiming to elucidate the role of these additives in altering electrocatalytic activity, with respect to reaction efficiency and selectivity.

O촉매수-6

단일 금속 원자를 공유하는 biligands에 의한 분자 내 이중 활성화를 선호하는 2전자 산소 환원 반응

권영광, 송현곤*
UNIST
(philiphobi@hotmail.com*)

It is challenging to selectively promote two-electron oxygen reduction reaction (2e-ORR) since highly ORR-active electrocatalysts are not satisfied with 2e-ORR and are most likely to go all the way to 4e-ORR completely reducing dioxygen to water. Recently, however, the possibility of 2e-ORR preference over 4e-ORR was raised by extensively considering multiple ORR mechanisms and employing a potential-dependent activity measure for constructing volcano plots. Here, we realized the preferred 2e-ORR via an intramolecular double activation of the peroxide intermediate (*OOH) by allowing the intermediate to be easily desorbed before proceeding to 4e-ORR. Dioxygen was transformed to *OOH on a carbon atom of imidazole ligand of zeolitic imidazolate framework-8 (ZIF-8). When an amine group was introduced via ligand exchange, the selectivity of 2e-ORR was enhanced by 11%. The added amine attracted the oxygen atom of *OOH via a hydrogen bond to weaken the binding strength of *OOH to the carbon active site (double activation). The amine-decorated ZIF-8 exhibited H_2O_2 faradaic efficiency at 98.5% at ultra-high-rate production at 625 mg cm^{-2} h^{-1} by 1 A cm^{-2} in a flow cell.

O촉매수-7

DFT를 활용한 NF_3 가수분해 반응에서 알루미나 촉매의 표면 상변화와 촉매 활성 간의 관계 규명

임세영, 이소윤, 유종석*
서울시립대
(jsyoo0927@gmail.com*)

질소 삼불화(NF_3)는 반도체 산업에서 배출되는 강력한 온실가스로, 효과적인 촉매 분해가 필요하다. 알루미나(γ-Al_2O_3)는 NF_3 분해에 유망하지만, 반응 중 형성되는 알루미늄 플루오라이드(AlF_3)로 인해 성능이 저하된다. 본 연구에서는 밀도 범함수 이론(DFT) 계산을 이용해 NF_3 분해 조건에서 알루미나 촉매의 상변화 및 재생 메커니즘을 분석하였다. 다양한 H_2O/NF_3 비율에서 AlF_3의 상변화 다이어그램(Phase Diagram)을 구축하여 최적의 촉매 활성을 유지할 조건을 도출하였으며, 물이 불소(F) 종을 HF로 제거하고 Al_2O_3를 재생하는 역할을 하는 것을 확인하였다. 또한, 촉매 표면 수산화기(Hydroxyl Groups)가 NF_3 분해 활성 향상에 중요한 역할을 함을 밝혔다. 본 연구는 NF_3 저감을 위한 내구성 높은 알루미나 기반 촉매 설계에 대한 이론적 통찰을 제공한다.

O촉매수-8

Reconstructed Fe-Doped Nickel Oxyhydroxide as a High-Performance Catalyst for Oxygen Evolution Reaction in Alkaline Water Splitting

Pham Minh Toan, 임경민, Zhen Li[1], 이윤석[1], 김진수*
경희대; [1]The Hong Kong Polytechnic University
(jkim21@khu.ac.kr*)

The oxygen evolution reaction (OER) is a critical process in electrochemical water splitting for sustainable hydrogen production. However, the high overpotential and sluggish kinetics of OER require the use of noble-metal-based catalysts. In this study, the low-cost nickel foam (NF) was utilized both as a structural support and a nickel source for hydrothermal synthesis of Fe-doped nickel sulfide (Fe-NiS/NF). A simple electrochemical reconstruction method was employed to convert NiS into highly active Fe-doped nickel oxyhydroxide (Fe-NiOOH), as confirmed by in-situ Raman spectroscopy. The incorporation of Fe significantly enhances the formation of Ni^{3+} active sites, improving the OER activity. In alkaline OER tests, the Fe-NiOOH/NF electrocatalyst exhibited a low overpotential of 278 mV at a high current density of 100 mA cm^{-2} and maintained stability for over 80 hours. Furthermore, alkaline water splitting (AWE) performance demonstrated that the Fe-NiOOH/NF||Pt/C/NF system achieved a low cell voltage of 1.49 V at 10 mA cm^{-2}, outperforming recently reported catalysts. These findings present a simple and effective strategy for designing high-performance OER catalysts.

O촉매수-9

Bio-inspired catalyst-Driven Low-Voltage Hydrogen Production and Hydrogen Storage (LOHC) Electrochemical System Strategy Utilizing the Active Hydrogen Adsorption-Desorption Mechanism

이지수, 송현곤*
울산과학기술원
(philiphobi@hotmail.com*)

This study explored the multifaceted role of bio-inspired molecule in modulating proton-coupled electron transfer (PCET) processes for electrocatalysis. Biomolecule demonstrated catalyst-dependent functionality, enhancing hydrogen evolution reaction (HER) on Pd and facilitating formic acid oxidation reaction (FAOR) on Pt through selective modulation of hydrogen coverage. Biomolecule scavenged H* on Pt, promoting FAOR, while boosting H^+ adsorption on Pd, driving HER. Additionally, Biomolecule-modified Pd membranes enabled efficient hydrogen spillover, achieving toluene hydrogenation into methylcyclohexane (MCH) under mild conditions. The findings emphasized Biomolecule's versatility as a molecular PCET modulator, paving the way for improved electrocatalytic systems in hydrogen production and hydrocarbon hydrogenation.

O촉매수-10

프로톤 전달을 통한 Metal monoxide/polypyrrole 하이브리드 촉매의 pH 의존적 산소 환원 반응

윤수빈, 이동규[1], 송현곤*
울산과학기술원; [1]강원대
(philiphobi@hotmail.com*)

The electrocatalytic ORR in aqueous media follows a multi-step pathway involving surface intermediates, where protons play a key role. The pH of the media significantly affects ORR kinetics, and the presence of proton donors (HD) near active sites is expected to enhance ORR activity. This study demonstrates that HD contributes to the protonation of surface intermediates, reducing the ORR overpotential. On transition metal oxide catalysts, the ORR overpotential decreased by 50 mV at pH 13, with further improvement observed as the pH decreased. It is hypothesized that at high pH, HD undergoes deprotonation, reducing its effectiveness, whereas in acidic media, HD retains its proton, facilitating proton transfer to the active site. Despite the instability of oxide catalysts in acidic conditions, the ORR overpotential gain was 295 mV at pH 4 and 254 mV at pH 7.

O촉매수-11

N_2O decomposition for assisted-synthesized Co_3O_4 catalyst

김나희, 서상혁, 정보라, 김홍대, 남태원[1], 예보라*
한국생산기술연구원; [1]부산대
(yebora@kitech.re.kr*)

N_2O mainly emitted from display etching processes, incineration and agriculture has 298 times the global warming potential of CO_2. In this study, a highly efficient N_2O decomposition catalyst was developed in the presence of O_2. Under these conditions, the efficiency decreases due to the competition for active sites between N_2O and O_2. CeO_2-supported catalyst with polymer Co_3O_4 as synthesized. The addition of polymer controls the Co^{2+}/Co^{3+} ratio and increases the N_2O decomposition catalytic activity. In addition, the interaction between Co_3O_4 and Cu provides the advantage of easy redox conversion.

O촉매수-12

MnCl2-KCl 용융염 시스템을 이용한 메탄 건식 개질 연구

김도현, 김민규, 강도형[1]*
영남대; [1]서울과학기술대
(dkang@seoultech.ac.kr*)

The increasing use of fossil fuels continuously emits greenhouse gases, exacerbating the greenhouse effect and global warming. As a result, there is growing interest in dry reforming of methane (DRM). Despite extensive research on DRM, commercialization remains limited due to cost-related challenges. In this study, manganese chloride ($MnCl_2$) was applied as a promising high-temperature liquid catalyst for DRM. Additionally, a $MnCl_2$-KCl mixture was employed to mitigate cost and toxicity issues. This study investigated the kinetics and mechanism of the DRM reaction in the $MnCl_2$-KCl system using both experimental methods and density functional theory (DFT) calculations. The conversion of CH_4 and CO_2 increased as the $MnCl_2$ ratio in KCl increased, and when the $MnCl_2$ ratio reached 0.5, the performance was comparable to that achieved with pure $MnCl_2$. These fundamental insights into the origins of the enhanced dry reforming of methane performance in $MnCl_2$-KCl could aid in the development of molten salt catalysts with enhanced reactivity.

O촉매수-13

Additive effect on SiC based Fe catalysts for non-oxidative methane conversion

이진주, 심은해[1], 배윤상[2], 김용태*
한국화학연구원; [1]고려대; [2]연세대
(ytkim@krict.re.kr*)

The imperative to achieve carbon neutrality has intensified in recent years, driving demand for technologies capable of mitigating greenhouse gas (GHG) emissions. Direct methane conversion represents a viable approach toward achieving a carbon-neutral society, owing to its superior energy efficiency compared to alternative indirect methods. Furthermore, it does not generate by-products, such as water and CO_2, particularly under non-oxidative conditions. Nevertheless, this reaction presents significant challenges owing to the substantial energy requirements for cleaving the initial C-H bonds and excessive coke formation occurs, especially at these high temperatures. This study investigated the activation of methane with various secondary metals on Fe/SiC and proposed a stable methodology for obtaining hydrocarbons with minimal coke selectivity.

O촉매수-14

Theoretical Analysis of Competitive NO and Propene Abatement over Pd/CeO_2 during the Cold-Start Phase of Gasoline Vehicles

부종찬, 박범승, 유종석*
서울시립대
(jsyoo0927@gmail.com*)

삼원 촉매는 지난 수십 년 동안 가솔린 차량의 배기가스에서 탄화수소 배출을 성공적으로 저감해왔다. 하지만 최근 환경 규제가 강화되면서, 내연기관을 작동할 때 발생되는 배기가스 저감은 물론이고, 엔진 시동 시 발생하는 배기가스 양도 최소화하려는 시도가 계속되고 있다. 기존 삼원 촉매에서 탄화수소를 완전히 산화시키기 위해서는 300 ℃ 이상의 고온이 필요하다. 이것은 엔진의 냉간 시동 단계에서 미연소 탄화수소의 배출을 증가시키는 원인이 된다. 따라서 탄화수소를 촉매 산화하는 것 외에도, 저온에서 배출되는 탄화수소를 효과적으로 감소시킬 수 있는 대체 전략이 요구된다. 본 연구는 Pd/CeO_2 촉매가 120 ℃의 현실적인 가솔린 배기가스 조건에서 대표적인 탄화수소인 프로펜을 효과적으로 저감할 수 있음을 보여준다. 실험 결과는 가솔린 배기가스 조건에서 프로펜과 질소산화물이 같은 활성점으로 저감되는 것을 예측했다. 그리고 각 배기가스가 서로의 저감을 방해할 수 있다는 것을 확인했다. 촉매에서의 복잡한 반응 과정과 활성점을 규명하기 위해 계산화학을 활용하였다. 계산화학을 통해 전체 반응성을 확인하고 배기가스의 저감이 방해되는 원인을 파악하려고 한다. 프로펜 산화 반응 경로를 이해함에 따라 촉매에서의 특성과 활성을 제시할 것이다.

O촉매수-15

암모니아 분해를 위한 금속 및 이중 금속 촉매의 계산 화학적 및 실험적 조사

송유나, 주양근[1], 손채린, 강성봉[1], 김민규*
영남대; [1]광주과학기술원
(mk_kim@ynu.ac.kr*)

Ammonia (NH_3) has gained significant attention as a promising hydrogen carrier due to its high hydrogen content and well-established storage. Consequently, numerous studies have focused on developing efficient catalysts for ammonia decomposition. While the catalytic performance of metal-based systems is strongly influenced by the support materials (SMSI). Therefore, we conducted a systematic screening of 21 potential metal catalysts and identified Ru, Co, Ir, Rh, and Ni as the most effective candidates under relevant reaction conditions. Through projected coordination correlation (PCC) analysis, we observed a volcano-type trend. Moreover, Experimental validation of monometallic catalysts supported our computational findings, further demonstrating the reliability of this approach. Building on these insights, we expanded our study to bimetallic systems by evaluating five different alloy combinations. Among them, Ru-Ni alloys, particularly RuNi (011) shows a similar trend of Ru and Ni. Therefore, the successful application of this alloy catalyst is expected to greatly improve catalytic performance and accelerate advancements in hydrogen production technologies.

O촉매수-16

Zeolite-imidazolate-framework-derived Fe SAs@Fe3C decorated carbon nanotube for catalyzing oxygen reduction reaction

Duc-Viet Nguyen, Jayasmita Jana, Nam Le, Aniruddha Jaiswal, Phuong-Mai, 허승현*
울산대
(shhur@ulsan.ac.kr*)

In this study, we introduce a functionalized MOF-derived carbon nanotubes (CNTs) catalyst with highly accessible active sites and outstanding intrinsic catalytic activity for the oxygen reduction reaction (ORR), synthesized through post-synthetic modification of a zeolitic imidazolate framework (ZIF) followed by high-temperature pyrolysis. Electrochemical analysis revealed that the CNTs decorated with Fe SAs@Fe3C derived from Fe-ZIF exhibit potential ORR and OER performance, demonstrating a high onset potential, half-wave potential, and remarkable long operating in zinc-air battery application.

O촉매수-17

Fe_2O_3 촉매에서 산소 친화도 조절을 통한 전기화학적 메탄-에탄올 전환 촉진

한동주, 문준혁*
고려대
(junhyukmoon@korea.ac.kr*)

The direct conversion of methane to alcohols is essential for efficient methane utilization and sustainable chemical processes. This study presents an electrochemical approach for methane-to-ethanol conversion using iron oxide catalysts. By incorporating a dopant with high oxygen affinity, the reaction pathway was optimized, stabilizing key intermediates and enhancing ethanol formation. The system exhibited high efficiency in ethanol production under mild conditions, with selective oxidation suppressing overoxidation byproducts. These results highlight the potential of electrochemical catalyst design in achieving selective methane conversion toward alcohols.

O촉매수-18

Theoretical Investigation of Selective Toluene Oxidation at Oil-Water Interface

조유미, 김진철, 이경문[1], 최시영[1], 곽상규[2*]
울산과학기술원; [1]한국과학기술원; [2]고려대
(skkwak@korea.ac.kr*)

Conventional catalytic oxidation of toluene suffers from low selectivity even at high temperature and pressure. To resolve this issue, the catalyst-free oil-water interface was utilized under mild conditions to investigate the mechanism of C(sp^3)–H bond activation in toluene. Molecular dynamics (MD) simulations and density functional theory (DFT) calculations were employed, which theoretically demonstrate its high selective oxidation reactions. We found that (Bz)–π⋯ hydrogen interactions suppressed OH-addition by OH* while facilitating selective H-abstraction, leading to highly selective benzaldehyde formation (e.g., >99% from experiment). Furthermore, benzaldehyde was not overoxidized due to strong hydrogen bondings, which consisted of (Bz)–π⋯H and O⋯H. Our theoretical findings demonstrated that the oil-water interface could play as a promising environment for catalyst-free selective oxidation reaction mainly by inhibiting the OH(radical)-addition and promote H-abstraction.

O촉매수-19

Low-Temperature CO_2 Methanation over Ni/PrO_x Catalysts

주양근, 이성준, 최희원, 강성봉*
광주과학기술원
(sbkang@gist.ac.kr*)

The CO_2 methanation reaction with hydrogen ($CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$) represents a highly efficient strategy for CO_2 utilization. The nickel (Ni)-based catalysts have garnered significant attention due to their cost-effectiveness compared to noble metals, as well as their high CO_2 conversion rates. Due to the exothermic property of CO_2 methanation, sufficient catalytic activity is required to maintain high selectivity at low temperatures. However, Ni-based catalysts exhibit limitations in achieving low-temperature activity. Therefore, we introduce a Ni-impregnated Praseodymium oxide (PrO_x) catalyst that exhibits remarkable CO_2 methanation activity at low temperatures. The Ni/PrO_x catalyst achieves enhanced CO_2 conversion and selective CH_4 formation within the temperature range of 250-350 ℃. The PrO_x enhances low-temperature CO_2 methanation by providing superior oxygen mobility and abundant oxygen vacancies, crucial for facilitating CO_2 adsorption and activation. We will further discuss our findings on PrO_x effects on the reaction pathway of CO_2, and the correlation between CO_2 activation behavior and enhanced low-temperature activity.

O촉매수-20

ML-assisted High throughput screening of High Entropy Alloy Catalyst for Oxygen Reduction Reaction via first-principles calculation

윤은성, 함형철*
인하대
(ham.hyungchul@inha.ac.kr*)

Due to the rapid global climate change, the necessity of PEM fuel cell techniques has emerged. However, insufficient activity from sluggish ORR kinetics and the high cost of noble metals impede improvement in fuel cell applications. To handle this problem, we performed the ML assisted theoretical design of the HEA (High Entropy Alloy) catalyst based on first-principles calculation. Our ML model was built upon a GNN(Graph Neural Network), trained to understand interatomic interaction on 3-dimension and predict the energy in the stable state of an arbitrary system. This model was employed in two tasks; 1) determination of the most stable configuration in HEA bulk, 2) prediction of descriptor value (e.g. E_{ads}) which is related to the activity of catalysts. As a result, our approach enables us to perform high-throughput screening on HEA catalysts and find out new candidates composed of cheaper metals (Ni, Cu, etc.,) with enhanced activity compared to pure platinum (111) catalyst. Furthermore, we investigated their origins of activity improvement from electronic structures and thermodynamic stability in here.

O촉매목-1

원자 단위 이온과 강한 상호작용으로 유래된 팔라듐 나노클러스터 촉매를 통한 메탄 산화 반응

정호진*, 류승희, 최준환
한국재료연구원
(hjeong@kims.re.kr*)

Tailoring metal catalyst structures in optimal states is a rational approach for efficient surface reactions, yet remains challenging due to the lack of well-defined precursor materials and weak metal-support interactions. Pd-based catalysts that are not specifically engineered for complete methane oxidation tend to underperform. Herein, we fabricate palladium oxide nano-clusters supported on SSZ-13 by employing atomic ions and strong metal-support interactions (SMSI). Sequential treatment of steam-CO-O_2 produces mildly sintered Pd oxide nano-clusters that are firmly anchored to extra-framework Al_{penta} sites of SSZ-13, enabling superior activity. The SMSI confers robustness against irreversible deactivation, while complete dehydration imparts water resistance, mitigating reversible degradation under humid conditions. This catalyst exhibits outstanding performance in bench-scale reactions using monolith catalysts, highlighting its potential for industrial methane abatement. The results demonstrate that sequential treatment of Pd/SSZ-13 offers a promising strategy for optimizing metal structures to facilitate high-performance methane oxidation.

O촉매목-2

x-flow 를 적용한 VOCs 저감 System 개발

박상준*
에코프로HN
(sjpark4@ecoprohn.com*)

Growing environmental awareness has led to increased focus on industrial pollution, particularly Volatile Organic Compounds (VOCs) from manufacturing sites. These carcinogenic compounds, especially toluene, are strictly regulated due to their health risks. Our research developed an innovative catalyst support system that outperforms conventional solutions with lower pressure loss, reduced costs, and higher removal efficiency. The system features excellent durability and flexible manufacturing options. Through extensive testing of metal plate coatings and binder combinations, we optimized the catalyst production process. The resulting CTO system achieves over 99% removal of high-concentration gases at low temperatures, making it a competitive solution for industrial air pollution control.

O촉매목-3

Ammonia decomposition over non-noble metal catalysts: A tiny step towards affordable hydrogen

Bhanupratap Singh Solanki, 김영은[1], 구기영[1], 박현준, 안재원, 이시훈*
전북대; [1]한국에너지기술연구원
(donald@jbnu.ac.kr*)

Thermocatalytic decomposition of ammonia is primarily studied using noble metal catalysts, particularly Ru-based ones. However, due to their rare earth nature and high costs, economic sustainability remains a concern. In this work, non-noble transition metal catalysts were developed and tested for ammonia decomposition, considering both economic viability and global warming potential. Various transition metals (Co, Ni, Mo, Cu) were supported on a specially designed hybrid composite material MCC with an alkali promoter. The main goal was to achieve high ammonia conversion (>90%) and hydrogen production at mild reaction temperatures (≤450℃). The catalysts were synthesized using a simple co-precipitation method at room temperature. Among the tested catalysts, Na-promoted Ni (5%) showed the highest activity, though conversion was poor at 450℃. Ammonia decomposition increased proportionally with reaction temperature, reaching 96.96% at 600℃. Based on these preliminary results, further studies will focus on optimizing metal loading, promoter selection, support variation, and other parameters.

O촉매목-4

Tandem Catalysis Enabling Sustainable Polyethylene Hydrogenolysis with In Situ Hydrogen from Methanol Aqueous Phase Reforming

권태은, 이준성[1], 안서영, 강기혁[2], 원왕연, 노인수[1]*
고려대; [1]서울과학기술대; [2]한국화학연구원
(insoo@seoultech.ac.kr*)

Globally, plastic waste poses a major environmental challenge, with 89% of post-consumer plastics ending up in landfills or incinerators and less than 0.1% chemically recycled. Conventional upcycling methods like hydrogenolysis and hydrocracking require external hydrogen, typically from fossil fuels, worsening climate change. To address this, in situ hydrogen production via aqueous phase reforming (APR) of biomass-derived methanol. In the methanol-based system, a bimetallic Ru–Pt/TiO_2 catalyst enables efficient polyethylene (PE) hydrogenolysis, achieving 85.1% conversion and 81.0% selectivity toward liquid fuels and lubricant oils. By eliminating reliance on fossil-fuel-derived hydrogen, these tandem catalytic strategies offer a scalable, sustainable solution for reducing plastic waste while producing valuable chemical feedstocks.

O촉매목-5

낮은 일함수를 갖는 탄소 지지체에 의해 매개되는 분리된 Ru 및 BaO 도메인에서의 전자 및 양성자 저장을 통한 암모니아 합성 촉매 설계

백예준, 최민기*
한국과학기술원
(mkchoi@kaist.ac.kr*)

Ammonia (NH_3) has gained attention as a carbon-free fuel and hydrogen carrier, making its energy-efficient production increasingly important. Here, we demonstrate that Ru and BaO, connected by conductive carbon, can separately store e^- and H^+, like a chemical capacitor under NH_3 synthesis conditions. H atoms generated on the Ru surface by H_2 activation polarize into H^+/e^- pairs. Subsequently, H^+ migrates over the carbon surfaces to neutralize basic BaO, while e^- accumulates in conductive Ru/carbon. As the work function of carbon decreases, Ru gradually becomes enriched with e^-, facilitating N_2 activation via π-backdonation and alleviating H_2 poisoning. Thus, an optimised catalyst synthesized using N-doped MWNT with the lowest work function, exhibited 7.4 times higher activity than a reference Ba-Ru/MgO catalyst. The results show that charge distribution within catalysts can be significantly altered under reaction conditions, and its rational control can enable the design of active NH_3 synthesis catalysts.

O촉매금-1

동역학 기반 그래프 신경망을 활용한 세리아 촉매 내 니켈 엑솔루션 성장 시뮬레이션

정석현, 한정우*
서울대 신소재공동연구소
(jwhan98@snu.ac.kr*)

Ni-exsolved ceria catalysts exhibit exceptional stability and coke resistance, making them vital for dry methane reforming (DRM), which upcycles CH_4 and CO_2 into syngas for valuable olefin synthesis. Despite advances in in situ/operando techniques, tracking the earliest stages of Ni evolution remains challenging, leaving a persistent gap between atomic-scale simulations and macroscopic observations.To address this, we develop a non-equilibrium-aware graph neural network (GNN) model for large-scale molecular dynamics simulations bridging spatial and temporal scales. Using active-learning-based committee training, our model efficiently samples non-equilibrium structures, capturing Ni nucleation, segregation, reduction, and strain effects with ab initio accuracy.By providing predictive insights into exsolution kinetics, this approach enables precise structural control, rationalizes catalyst design, and enhances functional properties, advancing DRM and other redox-driven reactions.

O촉매금-2

Catalytic Cracking of Crude Waste Plastic Pyrolysis Oil for Enhanced Light Olefin Production in a Pilot-Scale Circulating Fluidized Bed Reactor

문대훈, Xuan Tin Tran, 김은상, 김도경*
한국화학연구원
(dokykim@krict.re.kr*)

Herein, we demonstrated the highly efficient direct conversion of crude waste plastic pyrolysis oil (WPPO) into light olefins using a pilot-scale circulating fluidized bed reactor (CFBR) with a WPPO throughput of 1000 g·h−1. Catalytic WPPO cracking over a microspherical P-modified steamtreated ZSM-5 catalyst outperformed naphtha cracking in terms of the C2−C4 olefins yield (44.1 vs 34.6 wt%), highlighting the superiority of WPPO as a feedstock for light olefin production. Fine-tuning the operating parameters, including the catalyst circulation rate, feed rate, and catalyst-to-oil ratio further increased the C2−C4 olefins yield to 46.2 wt%. Main product yields were stable during a 24 h durability test, with average ethylene, propylene, and C4 olefin yields of 10.3, 21.4, and 12.6 wt%, respectively, indicating the suitability of the CFBR for continuous catalytic WPPO cracking. This approach offers advantages over commercial schemes, including complete utilization of crude WPPO, increased C2−C4 olefins yield, reduced energy consumption, continuous coke removal, and nonnecessity of hydroprocessing, making it a promising alternative for sustainable light olefin production with environmental benefits.

O촉매금-3

루타일 산화물 촉매의 산소 촉진을 통한 선택적 전기화학적 메탄 부분 산화

민희원, 김철호, 김성원, 문준혁*
고려대
(junhyukmoon@korea.ac.kr*)

This study investigates an electrochemical strategy for methane-to-methanol conversion using rutile oxide catalysts in combination with carbonate-based oxidants. The introduction of these oxidants facilitates the adsorption of active oxygen species, enhancing methane activation while maintaining high selectivity for methanol formation. Spectroscopic analysis reveals that surface-bound oxygen species play a crucial role in promoting methoxy intermediates, providing insight into the underlying reaction mechanism. Isotopic labeling experiments further validate the proposed pathway. The integration of a gas diffusion electrode into a continuous electrochemical system enables stable methanol production under optimized conditions, demonstrating high efficiency and durability.

O촉매금-4

선택적 전기화학적 메탄 전환을 위한 다성분 산화물 촉매

최지윤, 민희원, 김철호, 문준혁*
고려대
(junhyukmoon@korea.ac.kr*)

Electrochemical methane conversion offers a sustainable alternative to conventional thermochemical processes, but improving catalyst performance remains a key challenge. This study explores multi-component oxide catalysts containing various transition metals, with a focus on optimizing the electronic environment of active sites through compositional tuning. Density functional theory calculations suggest that specific sites within the catalyst structure enhance methane activation, promoting selective oxidation pathways. The optimized catalyst demonstrated high activity and selectivity, while structural analysis confirmed phase stability and uniform elemental distribution. The system was further evaluated in a continuous reaction setup, maintaining stable performance over extended operation.

O촉매금-5

제올라이트 골격 내 3차원 설명자를 활용한 8-MR zeolite 촉매의 디메틸에테르 카르보닐화 반응에 대한 구조-반응성 상관관계 규명

정동재, Wang Xu[1], 박남준[2], 이동규, 배종욱[3], 이원보, 강종헌*
서울대; [1]청두대; [2]삼성 SDI; [3]성균관대
(jonghunkang@snu.ac.kr*)

Carbonylation of dimethyl ether (DME) to methyl acetate (MA) is one of the key reactions for turning waste syngas into valuable chemicals and renewable energy sources. The reaction occurs mostly at Brønsted acid sites (BAS) on the 8-membered ring (8-MR) of zeolite, stabilizing the adsorbed reactants' transition state ([CH3-CO]‡). The conventional studies often rely on localized descriptors, such as activation energy. However, these models fail to fully capture the topological complexities that influence catalytic performance. To overcome this gap, we introduced a novel descriptor, the molecular adsorption isovolume, which quantifies the spatial distribution of BAS and the accessible reaction area within the zeolite framework. This descriptor enabled a holistic, three-dimensional analysis of the structure-reactivity correlation, revealing that the interaction of BAS with 3D-connected 8-MR pockets significantly enhances catalytic performance.

O촉매금-6

머신러닝 퍼텐셜을 통한 암모니아 합성과 분해를 위한 경제적인 고엔트로피 합금 촉매의 고속 탐색

윤영준, 김경학*
한양대
(chemekim@hanyang.ac.kr*)

Ammonia (NH_3) has gained attention as a hydrogen carrier due to its high hydrogen content, carbon-free nature, and well-established infrastructure. However, the synthesis and decomposition of NH_3 are highly energy-intensive, requiring elevated temperatures and pressures (> 600 ℃ and 200 bar). While Ru is the most active for the processes, its scarcity and high cost limit its practical applications. Thus, the development of cost-effective and sustainable catalysts is crucial. In this study, we employed machine learning potential (MLP) to computationally screen the E_{ad}(N) on high-entropy alloy (HEA) surfaces composed of Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, and Mo metals because our previous studies have demonstrated that nitrogen adsorption energy (E_{ad}(N)) serves as a descriptor for NH_3 synthesis and decomposition. Based on these, we suggest promising HEA compositions by comparing their E_{ad}(N) values with that of Ru for cost effective ammonia synthesis and decomposition.

O촉매금-7

기계화학적 혼합 Al2O3-ZrO2 지지체를 활용한 Pd 촉매의 습식 메탄 연소 비활성화 억제

장규현, 김도희*
서울대
(dohkim@snu.ac.kr*)

Catalytic oxidation of CH4 into CO2 using Pd-based catalysts is a promising strategy for effective CH4 emission control due to their high activity. However, their practical application is hindered by rapid deactivation in humid environments. In this study, we demonstrate that doing Al2O3 with 0.5 wt% ZrO2 significantly improves the stability of Pd-based catalysts under humid conditions. While conventional Pd/Al2O3 suffered a significant decline in CH4 conversion, dropping from 70% to 39% over 20 hours, the Zr-doped Pd/Al2O3 maintained its catalytic performance. This enhancement is primarily attributed to the stabilization of Pd active sites, facilitated by strong Pd-Zr interactions. These findings highlight that oxide support doping is a simple yet effective strategy for enhancing the durability of Pd-based catalysts.

O촉매금-8

Rapid heating and quenching approach under non-oxidizing conditions for conversion of methane to ethylene using string heating

Gebreyohannes Tsegay Gebrekidan, 이원석, 김용태*
한국화학연구원
(ytkim@krict.re.kr*)

Upgrading methane to valuable chemicals, such as ethylene, under non-oxidative conditions presents a promising economic opportunity for the petrochemical industry, primarily because of its carbon efficiency. However, traditional thermochemical methods for methane conversion, which rely on continuous heating near equilibrium, face significant challenges, including the need to improve formation rates, selectivity, catalyst stability, and energy efficiency. In this study, we utilized Joule heating combined with temporally controlled rapid heating and quenching (RHQ). This new approach switches between high and low reaction temperatures, with rapid quenching facilitating a higher selectivity for ethylene by preventing further CC coupling reactions, which leads to cokes.

O촉매금-9

Ru/CeO_2에서의 수소 활성화 및 스필오버 메커니즘: DFT 기반 산소 공극의 역할 규명

전영현, 유종석*, 최진우
서울시립대
(jsyoo0927@gmail.com*)

본 연구에서는 DFT 계산을 활용하여 Ru/CeO_2의 세 가지 주요 면((111), (110), (100))에서 수소 활성화 및 이동 현상을 조사했습니다. 금속 산화물 촉매에서 수소의 활성화와 이동은 다양한 실험적 연구가 수행되어 왔으나, 수소의 반응 및 확산 속도가 매우 빨라 활성점과 반응 메커니즘을 정밀하게 분석하는 데 어려움이 있습니다. 본 연구에서는 계산화학적 연구를 통하여 실험 조건에서 Ru/CeO_2 표면 상태를 예측하고, Ru/CeO_2(110) 및 (100) 면에서 형성되는 새로운 활성점에서의 수소 거동을 조사하고, Ru/CeO_2(111) 면에서 표면 하부 산소 공극의 역할과 그와 관련된 수소의 존재 및 이동 가능성을 분석했습니다.이러한 연구 결과는 Ru/CeO_2 기반 촉매의 수소 반응 메커니즘을 이해하는 데 중요한 이론적 근거를 제공하며, 보다 효율적인 촉매 설계를 위한 전략 수립에 기여할 수 있습니다.

O촉매금-10

MoOx 프로모터로부터의 전하 이동으로 강화된 Pd 촉매를 이용한 탈수소화 반응

박병관, 안광진*
울산과학기술원
(kjan@unist.ac.kr*)

금속 산화물을 통합하는 것은 귀금속의 효율성을 향상시키는 효과적인 전략 중 하나로 알려져 있습니다. 몰리브데늄 산화물을 도입하면 사용된 농도에 따라 지지체 표면에서 다양한 배위 구조를 형성합니다. 이 변형된 표면 구조는 활성 금속의 전자 및 기하학적 구성에서 결과적으로 변화를 조정하여 동시에 촉매 성능에 영향을 미칩니다. 이 연구에서 MoO_x 종은 제어된 방식으로 Pd에 도입되어 N-헤테로고리 액체 유기 수소 운반체(LOHC) 시스템의 탈수소화 활성을 크게 향상시켰습니다. 최적의 0.18 wt% Mo 로딩을 특징으로 하는 $Pd-MoO_x/Al_2O_3$ 촉매는 활성에서 주목할 만한 개선을 보였으며, Pd/Al_2O_3촉매에 비해 1.57 (N-메틸인돌 시스템) 및 1.24배 (N-에틸카바졸 시스템) 높은 탈수소화 반응 활성을 보였으며, 두 가지 별도의 LOHC 시스템에서 향상된 재활용성과 함께 수행되었습니다. 통합적 특성화와 이론적 계산을 통해 MoO_x를 도입했을 때 Pd와 Al_2O_3의 전자적 특성이 변하고, 이에 상응하는 반응물의 흡착 거동 변화가 확인되었습니다.

O촉매금-11

프로판 탈수소화 반응을 위한 Pt 도핑 갈륨-알루미나 산화물 촉매의 이상적인 이원기능 작용 및 귀금속 사용 최적화 설계

이수성, 최민기*
한국과학기술원
(mkchoi@kaist.ac.kr*)

Gallia-alumina ($Ga_xAl_{2-x}O_3$) promoted with trace Pt shows superior propane dehydrogenation (PDH) activity via a bifunctional mechanism: tetrahedral Ga (Ga_{IV}) catalyzes C–H dissociation, while Pt facilitates H recombination. Maximizing Pt and Ga utilization requires understanding their optimal balance. We quantified Pt and Ga_{IV} functions using H_2–D_2 exchange rates (r_{HD}) and propylene chemisorption ($Q(Ga_{IV,surf})$). When Pt is sufficient ($r_{HD}/Q(Ga_{IV,surf}) > 0.3\ mol_{HD}\ mol\ Ga_{IV,surf}^{-1}\ s^{-1}$), catalysts exhibit ideal properties. Deactivation mainly occurs due to Pt sintering, which disrupts this balance. Higher Pt loading accelerates sintering, but Ce^{3+} doping suppresses it via strong metal-support interaction. Even with 100 ppm Pt and 1 wt% Ga, the catalyst outperforms $PtSn/\gamma-Al_2O_3$ (7000 ppm Pt) in activity, selectivity, and stability.

O촉매금-12

NaCl을 첨가하여 합성한 DRM 용 Ni-CeO_2-Al_2O_3 촉매의 특성 및 반응 분석

전의담, 김동현, 이규복*
충남대
(kkubok@gmail.com*)

건식 메탄 개질 (DRM) 반응은 CO_2와 CH_4를 반응물로 하여 다양한 물질의 합성 원료로 사용될 수 있는 H_2와 CO의 합성가스를 생성할 수 있으나, 반응 중 촉매 표면의 탄소 침적으로 인해 반응이 저하될 수 있다. 이러한 탄소 침적 문제는 촉매의 산소 저장 용량 향상을 통해 해결할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 산소 저장 용량이 큰 Ce을 포함한 Ni-CeO_2-Al_2O_3 전구체에 NaCl를 추가로 첨가하여 Na^+를 통한 CeO_2의 lattice distortion에 의한 산소 저장 용량 변화와 NaCl에 의한 기공 구조 향상을 통한 촉매의 특성 및 반응성 변화를 분석하였다. 이 결과 NaCl을 첨가하여 합성한 촉매에서 산소 저장 용량 향상 효과를 가지는 Ce^{3+}가 포함된 $CeAlO_3$의 형성을 확인함과 동시에 반응 효율의 증가와 촉매 재생 후 반응성의 유지 또한 확인하였다. 따라서 Ni-CeO_2-Al_2O_3 촉매 전구체에 NaCl을 첨가하여 합성한 촉매는 DRM 반응에서 촉매의 효율과 안정성이 향상됨을 확인하였다.

O촉매금-13

Al 기반 엑솔루션 조건 최적화를 통한 고활성 세리아 촉매 개발

한세희, 신동재, 김형준, 한정우*
서울대
(jwhan98@snu.ac.kr*)

Exsolution of ceria enables strong metal-support interaction by forming uniformly dispersed, partially embedded nanoparticles, offering a robust strategy for stable and active catalysts. The feasibility, thermal stability, and catalytic activity of the exsolution catalyst are primarily influenced by four key synthesis parameters: exsolution temperature, ramping rate, reaction time, and hydrogen concentration. However, optimizing these parameters is challenging due to the vast search space, making brute-force approaches impractical and labor-intensive.This study employs Bayesian Optimization (BO) to efficiently identify optimal conditions for Pt-embedded ceria, significantly reducing experimental effort compared to human-driven approaches. The optimized catalyst exhibited high activity in the water-gas shift reaction. This BO-driven framework accelerates catalyst design and enhances the discovery of high-performance exsolution catalysts for energy applications.

O촉매금-14

Surface Interactive Assembly of Ruthenium Based Janus Bimetallic Nanoparticles With Active Dual-Function Sites for Efficient Use in CO2 Utilization

김희수, 이성준[1], 이찬민[2], 한경원, 김민규[1], 전유권*
연세대; [1]영남대; [2]한국생산기술연구원
(ykjeon@yonsei.ac.kr*)

Ru-based Janus-structured nanoparticles (NPs) are synthesized through surface interaction assembly of Ru and Ni species on a tailored perovskite oxide support. The resulting Janus NPs have controllable size, composition, and active configurations, featuring dual-function sites and interface strains. These Janus NPs exhibit outstanding performance in dry reforming of methane (DRM), outperforming conventional Ru by more than five times in turnover frequencies (TOFs) for CO2 and CH4, with improved stability over 100 hours, maintaining H2/CO ratios without sintering under harsh conditions. Fundamental studies indicate combined electronic d-band structures proving distinctive CO2 dissociation and CH4 activation, involving efficient dehydrogenation and CO production via surface oxygenation, considerably suppresses coking. This approach offers a promising strategy for designing bimetallic NPs for various low-carbon applications.

O촉매금-15

solid-state impregnated Ag/γ-Al_2O_3 for superior catalytic oxidation of CO and NH_3

신현우, 변상우, 최원석, 강성봉*
광주과학기술원
(sbkang@gist.ac.kr*)

Metallic Ag species are known as highly active phases in the oxidative abatement of CO and NH_3 in comparison to Ag oxide. However, controlling the Ag phase via traditional impregnation remains challenging due to the strong metal-support interactions between Ag and the γ-Al_2O_3 surface. This study revealed that the chemical state of Ag before calcination plays a significant role in governing these interactions, influencing the Ag phase. We found that the Ag^+ ions strongly interact with surface OH groups on γ-Al_2O_3, leading to the formation of inactive Ag oxide. Building on this result, we effectively minimized these strong interactions via solid-state impregnation, facilitating the formation of highly active metallic Ag species. Results including UV-vis confirmed that this method enhanced the metallic characteristics of Ag species, even at low Ag loadings. This catalyst showed superior CO or NH_3 oxidation performance, offering insights for the design of an efficient Ag/γ-Al_2O_3 catalyst.

Synthesis of Bio-plasticizer Alcohols via One-pot Cross Aldol-condensation and Hydrogenation Reaction

리화, Mahlet N. Gebresillase, 서정길*
한양대
(jgseo@hanyang.ac.kr*)

Bio-derived aldehydes to higher alcohols (C8+OH) via aldol condensation and hydrogenation integration reaction have attracted increasing attention for achieving the goal of carbon neutrality in the plastic industry. In this study, the synthesis of C4-C12 alcohols from the one-pot reaction of n-butanal and n-hexanal has been studied over bifunctional catalysts, Ni/CaXAl-LDH, prepared by the urea hydrothermal method and impregnation method. The catalyst characterization study, including BET, H2-TPR, TPD, XRD, XPS, and TEM, and the catalytic performance for the direct synthesis of alcohols, were investigated in detail. The result showed C8 alcohol, C-10 alcohols with different branching, and C12 alcohols are major products. For the catalysts, the strength of Brønsted basic sites were controlled by tuning the Ca/Al molar ratio, and the hydrogenation sites were tuned by varying the Ni loading. Ni(10wt%)/Ca4Al-LDH exhibited excellent catalytic performance with a 76.8% total alcohol yield. This research was supported by Plastic Free Specialized Graduate Program through the Korea Environmental Industry & Technology Institute(KEITI) funded by the Ministry of Environment(MOE).

P촉매금-1

Mo_2N supported on γ-Al_2O_3 as an Efficient Nitrogen Carrier for Chemical Lopping Ammonia Synthesis

배시우, 이도창*, 이재우, 김경수, 김현중
KAIST
(dclee@kaist.edu*)

Ammonia is essential for fertilizers and carbon-neutral fuel. About 50% of global production relies on the Haber-Bosch process, which requires extreme pressure and temperature, consuming 1-2% of the world's energy. Chemical Looping Ammonia Synthesis (CLAS) offers a more efficient alternative by using metal nitrogen carriers in an oxidation/reduction cycle, operating at atmospheric pressure with high selectivity. Metal nitrides, known for their simple synthesis, stability, and selective nitrogen adsorption, are promising nitrogen carriers for CLAS. Among them, Mo_2N excels due to Mo's intrinsic ability to facilitate N_2 dissociation, enabling high ammonia production. However, optimizing Mo_2N requires a high surface area, efficient NH_x desorption, and low nitrogen fixation energy. This study aims to enhance CLAS efficiency by synthesizing Mo_2N/γ-Al_2O_3, using γ-Al_2O_3 as a support to improve ammonia yield and lattice nitrogen regeneration, optimizing the oxidation/reduction cycle.

P촉매금-2

Encapsulation of metal nanoparticles inside hollow sphere as coke resistant and sintering prone catalyst for Dry Reforming of Methane

아그니, 이도창*, 김경수, 배시우
KAIST
(dclee@kaist.edu*)

Direct conversion of two greenhouse gas namely, methane and carbon dioxide into value-added syngas emerges as the ultimate solution to harness these valuable energy resources. The syngas produced through this process, serves as the primary constituents to produce a wide range of products including higher alkanes, methanol, and Fischer-Tropsch synthesis. Although nickel (Ni) and Ni-derived catalysts have been extensively used for this purpose, the reaction temperature is higher than the Tammann temperature of the catalyst, leading to sintering and the severe coke formation, which ultimately leads to the deactivation of the catalytic performance. In the present work, the active nanoparticles are encapsulated or partially embedded in a layer of thermally stable material, such as a very thin amorphous silica layer and hollow zirconia sphere. This design inhibits particles migration and prevents agglomeration, thereby addressing the issue of catalyst degradation. Furthermore, the presence of oxygen vacancies on the catalyst surface enhances the CO_2 activation.

P촉매금-3

나노 구조 니켈 기반 촉매를 활용한 메탄 분해를 통한 수소 생산

배인경, 김선규*
국립부경대
(sunkyuk@pknu.ac.kr*)

Catalytic methane decomposition has been widely studied as a promising approach for greenhouse gas reduction and sustainable hydrogen production. Conventional catalysts, however, suffer from severe carbon deposition, limiting activity and long-term stability. In this study, a unique structure of Ni-based catalysts is applied to methane decomposition to enhance hydrogen production and mitigate carbon accumulation. The confined structures such as core-shell or yolk-shell helps regulate active site exposure and prevents catalyst deactivation, ensuring prolonged catalytic activity. By utilizing this strategy, methane decomposition can become more efficient and viable for clean hydrogen production. This study explores the application of nanostructured Ni-based catalysts in methane decomposition, providing insights into their role in advancing next-generation hydrogen production technologies.

P촉매금-4

내부 결합 에너지가 TMO 전기촉매 성능에 미치는 실시간 영향 규명

김성관, 장해성*
중앙대
(hjang4765@gmail.com*)

Transition metal oxides (TMOs) have gained attention as alternatives to noble metal electrocatalysts for oxygen reactions, yet the factors governing their catalytic behavior remain unclear. Intrinsic binding energy (IBE) is a critical factor influencing TMO electrocatalytic activity. This study investigates $CuFeO_2$, $CuFe_2O_4$, $CuCrO_2$, and $CuCr_2O_4$ using operando X-ray absorption spectroscopy (XAS) and density functional theory (DFT) calculations. Significant IBE differences between Cu and Fe in CuFe-based oxides induce localized changes in Cu, while similar IBE values in CuCr-based oxides cause structural changes in both Cu and Cr. Layered structures with lower IBE values exhibit superior catalytic activity compared to spinel counterparts. These findings highlight the role of IBE in oxygen adsorption and desorption, providing insights into catalytic efficiency. This study emphasizes the importance of optimizing IBE and structural configurations for high-performance TMO electrocatalysts.

P촉매금-5

Effect of Calcination Temperature on the Transformation of Spent NCM811 into Efficient TMO Electrocatalysts

김혜은, 전정숙[1], 김민규[1], 장해성*
중앙대; [1]포항가속기연구소
(hjang4765@gmail.com*)

The expansion of electric vehicles has increased spent lithium-ion batteries (LIBs) containing valuable transition metals. Recycling these materials reduces economic costs and addresses resource shortages. Additionally, transition metal-based catalysts derived from spent LIBs can replace expensive noble metal catalysts. This study examines the catalytic performance of spent $LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O_2$ (NCM811) materials, enhanced by adjusting mixed valence states and defect structures. Increasing calcination temperature transformed the layered structure into spinel and rock salt phases, inducing mixed valence states. Consequently, the optimized NCM catalysts exhibited improved catalytic activity in both the oxygen reduction reaction (ORR) and the oxygen evolution reaction (OER). The ORR onset potential increased by 0.07 V, while the OER overpotential decreased by about 26.9%. In a zinc-air battery, the optimized catalyst demonstrated a discharge capacity of 792.1mAhg^{-1} and stable performance over 100 cycles. Operando X-ray absorption spectroscopy (XAS) confirmed Mn as the main active site, with Ni and Co enhancing Mn's activity as electron donors and acceptors. These findings suggest that calcination-induced structural changes and mixed valence states enhance Mn site reactivity, improving catalytic performance. Overall, this study highlights the feasibility of

P촉매금-6

백금 분산도 향상을 위한 용매-결핍 침전법 기반 알루미나 특성 조절

김채령, 주은, 오인택, 서영웅*
한양대
(ywsuh@hanyang.ac.kr*)

Solvent-Deficient Precipitation (SDP) is a synthesis method that limits particle mobility and restricts crystal growth by creating a solvent-deficient environment, resulting in metal oxides with low crystallinity. This unique characteristic of SDP method can promote strong metal-support interactions. This study aims to elucidate the structure-property relationship between Al_2O_3 and Pt species. By controlling various synthesis parameters, we investigate the chemical and physical properties of Al_2O_3 supports. We deposit Pt onto the modulated Al_2O_3 supports via the incipient wetness impregnation (IWI) method to improve the Pt-support interactions. Based on the finding that the strongest Pt-support interaction occurs in the salt-removed support, we propose strategies for designing catalysts with enhanced metal-support interactions.

P촉매금-7

리그노셀룰로오스 기반 열분해유를 활용한 고탄소 탄화수소의 생산

은진아, 이관영[1], 진성민, 유천재, 최재욱, 하정명*
한국과학기술연구원; [1]고려대
(jmha@kist.re.kr*)

리그노셀룰로오스는 공급이 용이한 비식용의 지속 가능한 원료로서, 기존의 유지 기반 항공유의 제한적인 공급량을 극복하여 바이오 항공유의 대체 연료 생산에 활용될 수 있다. 리그노셀룰로오스에서 유래한 열분해유를 수첨탈산소화하여 바이오 항공유를 제조할 수 있으나, 생성물의 대부분이 저탄소 탄화수소로 구성되어 항공유로 사용하기에는 적합하지 않다. 본 연구에서는 리그노셀룰로오스 유래 열분해유를 다단계 촉매화학공정을 통해 처리하여 항공유를 생산하였으며, 바이오 가솔린 대신 C_{12-15} 범위의 고탄소 탄화수소를 바이오 항공유로 활용할 수 있도록 하였다. 열분해유 내 페놀 화합물을 선택적으로 수첨탈산소화하여 고리형 포화탄화수소 알코올로 전환한 후, 알킬화 반응을 통해 이량체를 생성하였다. 이후, 이 중합체를 추가적인 수첨탈산소화 반응을 거쳐 탈산소 연료로 변환하였다. 제조된 액체 연료는 GC/MS 및 SimDist-GC를 이용하여 분석하였으며, 촉매의 역할은 H2-TPR 및 TEM을 활용하여 각 반응 단계에서 평가하였다.

P촉매금-8

A study on sulfur tolerance CeO_2-based catalysts for water-gas shift reaction utilizing waste-derived synthesis gas

곽민상, 신봉경, 홍가람, 김경진, 한종훈, 노현석*
연세대
(hsroh@yonsei.ac.kr*)

To enhance sulfur tolerance of CeO_2-based catalysts, we prepared CeO_2-supported catalysts with 2 wt.% of various noble metals (Pt, Rh, Ru, and Pd) using incipient wetness impregnation method for water-gas shift (WGS). The prepared catalysts (PtCe, RhCe, RuCe, and PdCe) were applied in WGS reaction using waste-derived synthesis gas. The effects of the noble metal-support interaction were analyzed through various characterization techniques and the activity test. Among the prepared catalysts, the PtCe catalyst exhibited higher CO conversion and enhanced sulfur tolerance even under the harsh reaction conditions (500 ppm sulfur, high CO concentration in the feed gas (ca. 38%), and high GHSV of 46,000 h^{-1}). These results were attributed to the oxygen storage capacity and redox properties resulting from strong metal-support interaction between Pt and CeO_2.

P촉매금-9

산소 플라즈마를 이용한 Ni 포일 위 Fe 클러스터의 분산 및 산화 처리와 OER 촉매 성능 향상

김영지, 박지환, 이승화*
창원대
(seunghwa@changwon.ac.kr*)

To obtain renewable and clean fuel, it is crucial to explore efficient electrocatalysts that can overcome the sluggish kinetics of the water-splitting reaction. Among various catalysts composed of earth-abundant elements, nickel (Ni)-iron (Fe) mixed oxides have demonstrated the best performance among currently reported non-precious metal catalysts. This study successfully synthesized a high-efficiency catalyst using oxygen plasma and Ni-Fe, achieving superior performance compared to previously reported catalysts. Optimal synthesis conditions were identified by considering factors such as synthesis time, plasma exposure duration, power, and frequency (Hz). Comprehensive analyses were conducted to understand the influence of plasma on the catalyst properties. Additionally, since the synthesis conditions do not require high temperatures or high pressures, this method presents a more cost-effective approach for catalyst fabrication.

P촉매금-10

NiOOH (001) 및 CuO (111) 표면에서의 Furfuryl Alcohol과 Furfural 산화 반응 메커니즘 차이 분석을 위한 DFT 연구

류영철, 최진우, 유종석*
서울시립대
(jsyoo0927@gmail.com*)

본 연구는 NiOOH (001) 및 CuO (111) 표면에서 furfuryl alcohol (FAC)과 furfural (FAD)의 전기화학적 산화반응을 분석합니다. 전기화학적 이산화탄소 전환 반응의 경제적 한계를 극복하기 위해 최근 5-hydroxymethylfurfural (HMF) 산화 반응을 통한 2,5-furandicarboxylic acid (FDCA) 합성이 주목받고 있습니다. 하지만 HMF는 furan ring에 알코올기와 알데하이드기를 동시에 포함하고 있어 산화 반응성을 명확하게 비교하기 어렵습니다. 이에 본 연구에서는 단일 작용기를 가진 FAC와 FAD의 산화 반응에 대해 계산화학을 활용하여 촉매의 활성 표면을 규명하고 가능한 반응 경로를 예측함으로써 촉매의 특성을 파악합니다. 특히 Pourbaix 다이어그램을 이용해 반응 조건에 따른 촉매 구조를 분석하고, 표면 구조에 따른 반응성 차이를 제시하고자 합니다.

P촉매금-11

Mo 도핑된 NiSe 촉매를 이용한 HER 효율성 및 안정성 향상

신민지, 정원석*
한경국립대
(jungw@hknu.ac.kr*)

Hydrogen is emerging as a key energy source for efficient storage and utilization of renewable energy. The hydrogen evolution reaction (HER) via water electrolysis is an environmentally friendly and commercially promising hydrogen production method. However, conventional electrochemical catalysts face challenges, such as high overpotential and low cycling stability, making HER performance improvement crucial. To address these issues, strategies focusing on modulating the electronic structure and increasing active sites in catalysts are essential.In this study, a Mo-doped NiSe (Mo-NiSe) catalyst was synthesized using a hydrothermal method and its HER performance was evaluated. The Mo-NiSe catalyst showed a low overpotential of −0.149 V at −10 mA/cm^2 in 1 M KOH, maintaining excellent stability after extensive cycling. Notably, after 3000 and 6000 cycles, the HER overpotential decreased, demonstrating enhanced activity compared to the initial state. This finding indicates that Mo doping improves the electronic structure, conductivity, and active sites of NiSe, thereby boosting its catalytic activity and durability, ultimately facilitating the HER process.

P촉매금-12

티타늄 산화물을 도입한 탄소를 이용해 제조한 백금 촉매의 산소환원반응 특성 분석

김수진, 김동건, 주은혜, 최유나, 강재영, 박용성, 백선홍, 임지환, 김필*
전북대
(kimpil1@jbnu.ac.kr*)

연료전지의 산소극에 사용되는 백금 촉매는 스택 비용의 상당 부분을 차지하며, 장시간 운전 시 내구성이 저하되는 문제점을 갖고 있다. 이를 해결하기 위해 백금 함량을 줄인 백금-전이금속 합금 촉매가 주목받았으나, 합금 촉매는 합금화를 위한 열처리 과정에서 금속 입자의 응집이 발생하여 셀 성능이 저하되고 내구성이 감소하는 한계를 가진다. 본 연구에서는 금속 산화종인 TiO_2 를 도입한 탄소 담체에 백금을 담지하였다. 탄소에 금속 산화물을 도입하는 방법으로 졸-겔 방식과 열분해 방식을 각각 적용하였으며, 변형된 담체와 백금 사이의 강한 상호작용을 통해 백금 입자의 응집을 억제하고 촉매 성능을 향상시켰다. 또한, 이렇게 제조된 촉매의 성능을 다양한 전기화학적 분석을 통해 평가하였다.

P촉매금-13

First-principles study on the synergistic effects of boron doping on ORR performance and stability in PtNi

황현욱, 김석기*
아주대
(seokki@ajou.ac.kr*)

Although the oxygen reduction reaction (ORR) is crucial for next-generation fuel cells, platinum-based catalysts suffer from large overpotential and poor stability. In this study, we investigated the structural and electronic properties of intermetallic PtNi and boron-doped $PtNiB_{0.25}$ catalysts using density functional theory (DFT). Both catalysts exhibit an ordered Pt and Ni arrangement. Upon Ni leaching, the top layers of Pt/PtNi and $Pt/PtNiB_{0.25}$ become pure Pt. Compared to PtNi, $PtNiB_{0.25}$ shows approximately 2% tensile strain, while $PtNiB_{0.5}$ shows approximately 5%. On ordered PtNi surfaces, Ni serves as the primary active site, strengthening intermediate adsorption, which increases with tensile strain. In Pt/PtNi structures with a pure Pt top layer, catalytic activity is better than pure Pt but is reduced by tensile strain. Boron doping shifts the d-band center downward by approximately 0.5 eV, weakening the adsorption of intermediates, especially oxygen, and offsetting strain's negative impact to improve performance. Boron in interstitial sites reduces Ni migration energy, forms a Pt-rich surface, and increases atomic transition energy, enhancing stability. These findings suggest boron doping improves electronic structure and stability, offering insights for next-generation electrochemical catalysts.

P촉매금-14

Carbon-encapsulated cobalt catalysts for electrochemical nitrate reduction

양진성, 김영우, 윤용주*
포항공과대
(yjyun@postech.ac.kr*)

Ammonia has potential as carbon-zero hydrogen storage material. The electrocatalytic reduction of nitrate (NO_3-RR) to ammonia presents a promising approach to removing nitrate pollutants from wastewater while offering an alternative to the Haber-Bosch process. However, due to low ammonia faradaic efficiency within a narrow potential range, the development of more energy-efficient catalysts is necessary. In this study, we utilize carbon-encapsulated cobalt catalysts derived from hydrocarbon pyrolysis to enhance the electrocatalytic performance for NO_3-RR. The physicochemical properties of the catalysts were characterized using XRD, TGA, SEM, TEM, and Raman spectroscopy. Compared to carbon-supported cobalt catalysts, the carbon-encapsulated cobalt catalysts exhibited significantly higher ammonia Faradaic efficiency. These results imply that carbon-encapsulated cobalt catalysts can be utilized as highly effective electrocatalysts in NO_3-RR.

P촉매금-15

MWW 구조 니켈 실리케이트의 제올라이트간 구조전환법에 대한 테트라알킬암모늄 이온의 구조유도 영향에 대한 연구

권성준, 이시연, 박민범*
인천대
(mbpark@inu.ac.kr*)

유기구조유도물질(Organic structure-directing agent, OSDA)는 제올라이트간 구조전환법에서 구조 선택성에 중요한 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 다양한 OSDA(테트라메틸암모늄(TMA+), 테트라에틸암모늄(TEA+), 테트라프로필암모늄(TPA+), 트리메틸아다만틸암모늄(TMAda+), 페닐트리메틸암모늄(PTMA+))가 니켈 실리케이트 MWW 제올라이트의 제올라이트간 구조전환법에 미치는 영향을 조사하였다. 분석 결과 PTMA+를 제외한 모든 OSDA는 최종 생성물의 구조 형성에 가장 지배적인 영향을 미쳐 각각의 OSDA에 따른 특정 제올라이트 구조가 형성됨을 확인하였다(TMA+-RUT, TEA+-Beta, TPA+-MFI, TMAda+-CHA). 또한, 생성물의 구조 밀도(FDsi)가 결정화 속도와 밀접한 관련이 있으며, FDsi값이 높은 RUT와 MFI 구조는 상대적으로 느리게 결정화됨을 확인하였다. 구조 내 Ni의 안정화와 관련하여, 상대적으로 조밀한 구조를 갖는 Ni-RUT는 결정화 시간이 길어져도 구조 내 Ni이 충분히 안정화되지 않는 것을 확인하였다. 결과적으로 OSDA의 종류에 따른 결정화와 구조 내 니켈의 안정화 속도가 달라짐을 확인하였으며, 이러한 연구 결과는 향후 메탈로실리케이트의 제올라이트간 구조전환에서 적절한 OSDA를 선택하는 데 중요한 지침이 될 것으로 기대된다.

P촉매금-16

Simultaneous Coproduction of Xylonic acid and Xylitol: Leveraging In-situ Hydrogen Generation and Utilization from Xylose

Ali Awad, 찬드구데 맥친드라 굴라브라오, 정현욱, Younas Muhammad , 오경렬, 황영규*
한국화학연구원
(ykhwang@krict.re.kr*)

Pentose reduction and oxidation, processes yielding value-added sugar derived alcohols and acids, usually involve separated reaction conditions. In this research work, we propose, one pot reaction system for simultaneous production of xylitol and xylonic acid from xylose. Employing Pt supported catalysts; the suggested reaction is performed at room temperature, in the presence of KOH, without using any external gas. Preliminary experiments suggested that Pt/C commercial catalyst is very active for both dehydrogenation and hydrogenation reaction, however, is unstable at high alkaline conditions during recyclability due to metal sintering. Contrary, Pt/ZrO_2 exhibited enhanced recyclability due to strong metal support interaction. Moreover, the reaction mechanism and DFT calculations suggested that product desorption involve higher energy barrier compared to the substrate adsorption, stressing an efficient transfer hydrogenation mechanism leading to equal yields of both products. This research work introduces a promising approach for one pot simultaneous production of alcohols and acids, with a more sustainable reaction procedure and catalytic system.

P촉매금-17

니켈과 몰리브데늄이 담지된 중형기공 ZSM-5를 촉매로 이용한 폐플라스틱 열분해유 upcycling 반응 적용

윤병선, 김찬우[1], 박관중, 전상구[1], 고창현*
전남대; [1]한국에너지기술연구원
(chko@jnu.ac.kr*)

폐플라스틱을 고온으로 열분해하여 제조하는 폐플라스틱 열분해유는 매우 넓은 탄소수 분포를 갖는 면에서 원유와 비슷하다. 그러나, 불포화 탄화수소와 질소, 황, 염소, 산소 등을 포함하는 이종원자 등 접촉 분해에 영향을 줄 수 있는 방해물들을 높은 비율로 포함한다는 점에서 원유와 다른 접근 방식이 필요하다. 수소첨가 반응에서 불포화 탄화수소는 탄소침착 현상을 통해 촉매를 비활성시킬 수 있다. 또한, 큰 분자량을 갖는 탄화수소는 물질전달 속도 한계에 쉽게 도달하므로 이를 해결할 방안이 필요하다. 본 연구에서는, 중형기공을 갖는 ZSM-5를 지지체로 도입하여 문제를 해결하고자 하였다. 우리는 미세기공을 가진 ZSM-5와 중형기공을 가진 ZSM-5를 각각 지지체로 사용해서 니켈과 몰리브데늄이 담지된 NiMo/ZSM-5 촉매를 폐플라스틱 열분해유의 수소를 이용한 수첨분해 반응에 적용하였다. 반응의 결과로 얻어진 생성물을 이용하여 두 촉매의 수첨탈질, 수첨탈염 성능을 비교하고, 끓는점에 따라 생성물을 분류하여 납사 범위에 포함된 생성물의 분포를 조사하였다. 또한, ^{1}H NMR과 ^{13}C NMR을 이용해 생성물을 분석하고 upcycling된 폐플라스틱 열분해유의 평균 탄소수와 고리화정도를 확인하였다.

P촉매금-18

제올라이트간 구조전환법을 활용한 조성 조절 제올라이트계열 메탈로알루미노실리케이트 합성 및 특성 연구

박준성, 권성준, 이나영, 임오성, 박민범*
인천대
(mbpark@inu.ac.kr*)

본 연구에서는 알루미노실리케이트 MWW(Al-MWW)와 다양한 메탈로실리케이트 MWW(Me-MWWs, Me = Sn, Zn, Ti)를 특정 비율로 혼합한 혼합 모체의 제올라이트간 구조전환법을 수행하였다. 이를 통해 MWW 전구체를 Beta 구조로 전환하고 동시에 혼합 모체의 골격 내 금속(Sn, Zn, Ti)과 Al의 혼합 비율을 조절하여, 전환된 메탈로알루미노실리케이트 Beta 제올라이트(Me_xAl_{1-x}-BEA(x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0))의 골격 내 금속 함량을 조절하였다. 분말 XRD, N_2 sorption, TGA/DTA, IR 분광 분석 등을 통해 금속의 종류 및 Me/Al 혼합 비율에 관계없이 모든 Me_xAl_{1-x}-BEA가 Beta 구조로 전환되었음을 확인하였다. 특히, 모체 내 Me와 Al의 혼합 비율에 따라 최종 생성물 Me_xAl_{1-x}-BEA의 Me와 Al의 혼합 비율을 조절할 수 있으며, 구조 내 금속과 금속 산화물이 동시에 존재하는 것을 확인하였다. 또한, Me와 Al의 조성 변화에 따른 Me_xAl_{1-x}-BEA의 Lewis와 Brønsted 이중 산특성이 조절되며, 이를 글루코스 연속 전환반응에 적용한 결과, 산 특성에 따라 Fructose와 5-HMF의 생성물 선택도가 조절되는 것을 확인하였다.

P촉매금-19

Photocatalytic Performance of Hydrogenated TiO_2 Derived from Transition-Metal-Doped MIL-125

이규범, 정성욱 *, 정유정, 김가은
부산대
(sungwook.chung@pusan.ac.kr*)

This study examines the photocatalytic performance of hydrogenated TiO_2 derived from transition-metal-doped MIL-125 through photochemical tuning. Metal-doped MIL-125 was synthesized and thermally converted into hydrogenated TiO_2 to assess the impact of different metal dopants on organic dye degradation efficiency. Photochemical tuning strategies were employed to systematically optimize the photocatalytic activity of hydrogenated TiO_2 , identifying the most effective dopants for enhancing degradation performance. The findings provide critical insights into the interplay between metal doping and photochemical tuning in improving the photocatalytic properties of MOF-derived hydrogenated TiO_2 , underscoring its potential applications in wastewater treatment and environmental remediation.

P촉매금-20

Investigating the Impact of Cations in Tuning the Electrochemistry of NiCu oxy(hydroxide) Towards Ammonia Oxidation Reaction

Pragyan Sharma, 정진석*
울산대
(jschung@ulsan.ac.kr*)

Ammonia (NH_3) has garnered widespread attention in recent years owing to multiple advantages, such as being CO_x-free, and the availability of a well-established transportation and storage system. The oxidation of NH_3 (AOR) to produce clean hydrogen takes place at a lower thermodynamic potential than water (0.06 V vs. 1.23 V) thereby making it an energy-efficient process. NiCu (oxy)hydroxide (NiCuOOH) is considered an active catalyst for catalyzing AOR. To tune its electrochemical response many factors such as the catalyst's morphology, compositions, and electrolyte's pH have been studied earlier. However, the role of ions present in the electrolytic solution is mostly overlooked. In this study, we explored the influence of different cations in improving the AOR activity. Electrochemical techniques including Cyclic Voltammetry, Linear Sweep Voltammetry, Electrochemical Impedance Spectroscopy, and chronoamperometry were utilized to observe the difference in the catalytic response.

P촉매금-21

Enhancing Ni-Based Catalysts for Methane Reforming: The role of macroporosity in Performance and Coke Resistance

Nguyen Phuong Anh, Azam Jamsaz, Nhiem Pham-Ngoc, Chao Song, 신은우*
울산대
(ewshin@ulsan.ac.kr*)

This study explored how macroporosity affects the performance of Ni-based catalysts in methane reforming. To investigate this, Ni/Al_2O_3 catalysts with different Ni contents and various pore sizes were synthesized. Analysis showed that the macroporous Al_2O_3 structure improved $NiAl_2O_4$ formation by promoting better interaction between Ni species and accessible Al_2O_3 sites during calcination. During reduction, Ni particles separated from the $NiAl_2O_4$ structure, forming highly dispersed Ni nanoclusters on the macroporous Al_2O_3 surface. The macroporous catalysts, with well-dispersed Ni nanoclusters and surrounding oxygen vacancies, showed superior catalytic performance, achieving high CO_2 and CH_4 conversions and strong resistance to coking. Their enhanced coke resistance was attributed to the gasification of coke precursors on Ni nanoclusters surrounded by oxygen vacancies during the reaction.

P촉매금-22

Effect of Ni-Oxygen vacancy interface formed after reduction of $NiAl_2O_4$ phase on coke formation resistance in Dry reforming of Methane

Nhiem Pham-Ngoc, Nguyen Phuong Anh, Azam Jamsaz, Chao Song, 신은우*
울산대
(ewshin@ulsan.ac.kr*)

The prevention of coke formation in DRM heavily depends on the effective distribution of active sites in Ni/Al_2O_3 catalysts. This study presents a one-pot synthesis method for macroporous Ni/Al_2O_3 catalysts (OM), enabling the homogeneous formation of disordered $NiAl_2O_4$ within a 3D macroporous structure. Upon reduction, $NiAl_2O_4$ transforms into highly dispersed Ni nanoclusters with adjacent oxygen vacancies, forming a Ni-oxygen vacancy interface. The OM catalyst exhibited superior CH_4 conversion and carbon balance compared to catalysts prepared via traditional impregnation (IM) and non-macroporous methods. TGA results showed significantly lower coke formation (3%) in OM than in IM (12%) and NMA-IM (42%) after 90-hour TOS. Notably, graphite coke in OM was 5 times lower than in IM and 34 times lower than in NMA-IM, demonstrating the Ni-oxygen vacancy interface's role in CO_2 activation and coke suppression. This study highlights the potential of one-pot synthesis for developing coke-resistant DRM catalysts.

P촉매금-23

Exploration of active copper species in copper containing MWW-type zeolitic catalysts for CO oxidation

TRINH NGUYEN THUAN KHIET, 신현우[1], 변상우[1], 조윤혜, 강성봉[1], 박민범*
인천대; [1]광주과학기술원
(mbpark@inu.ac.kr*)

A series of copper-containing MWW-type zeolitic catalysts (Cu-DML-x) were synthesized at various hydrothermal temperatures (x = 80-200 ℃), and the catalytic activity in CO oxidation was investigated depending on the copper species. While the MWW structural property was lost with increasing the synthesis temperature, the copper oxide species were additionally formed at higher temperatures. The chemical states of copper on Cu-DML-x catalysts were identified as framework and extraframework Cu in MWW structure and copper oxides on the external surface depending on the temperature. Cu-DML-100 and -120, mainly containing extraframework Cu, demonstrated superior CO oxidation activity compared to Cu-DML-80 with dominant framework Cu. Cu-DML-160, -180, and -200 catalysts, which exhibit dual sites of Cu species, extraframework Cu and copper oxides, showed the lowest activation energies. This indicates the critical role of extraframework Cu and copper oxides in promoting CO oxidation over zeolites.

P촉매금-24

Investigation of ruthenium loaded beta zeolite catalyst performance in vanillin hydrodeoxygenation yielding both monomeric and dimeric cycloalkanes

박재현, 정형동, 김형주, 김도희*
서울대
(dohkim@snu.ac.kr*)

The valorization of lignin-derived bio-oil is studied extensively due to its promising contribution to sustainability, and many have focused on the hydrodeoxygenation (HDO) of phenolic model compounds as it is a crucial process in obtaining valuable oxygen-free hydrocarbons. In this work, vanillin HDO was performed on various bifunctional ruthenium-based zeolite catalysts with different supports in a batch reactor. Ru-loaded beta zeolite catalysts (Ru/Hβ) exhibited the highest HDO activity among them, and the formation of dimeric cycloalkanes of high value were also observed specifically when using the Ru/Hβ catalyst. Due to their benefits of direct use in biofuel, factors promoting the dimerization of phenolic monomers were extensively examined using a mix of phenolic model compounds as HDO reactants.

P촉매금-25

전기화학적 질소 환원 반응에서 소수성 다공성 표면 설계를 통한 암모니아 선택도 향상

하진필, 송지윤[1], 정희태*
KAIST; [1]Northwestern University
(heetae@kaist.ac.kr*)

Electrochemical nitrogen reduction reaction (eNRR) has emerged as a promising eco-friendly route for ammonia synthesis. Despite its potential, the selectivity and production rate of ammonia via eNRR remain limited, primarily due to the competing hydrogen evolution reaction (HER) on the catalyst surface. To mitigate HER and enhance eNRR performance, hydrophobic surface engineering is essential, as it facilitates abundant three-phase interfaces. In this study, a hydrophobic porous PTFE layer was applied to the carbon paper supporting transition metal nanoparticles, which serve as eNRR catalysts, through the heating treatment. It effectively blocks proton sources, thereby suppressing HER. Simultaneously, nanopores formed during the thermal treatment enable facile access of N2 molecules to the catalyst surface. These nanopores within the hydrophobic matrix act as selective pathways for N2 diffusion, further enhancing eNRR selectivity.

P촉매금-26

질소가 풍부한 탄소양자점이 도입된 고결정성 탄소 지지체 기반의 고내구성 PEMFC 백금 촉매 개발

최승철, 조한익*
건국대
(hijoh@konkuk.ac.kr*)

This study presents the development of a high-performance, highly durable platinum catalyst for proton exchange membrane fuel cells (PEMFCs) by introducing nitrogen-rich carbon quantum dots (pNC) onto highly crystalline carbon. Vulcan XC-72 carbon black was heat-treated at high temperatures to enhance crystallinity, followed by pNC coating to create a novel catalyst support. XRD, Raman, BET, and XPS analyses confirmed that pNC coating improved surface characteristics while maintaining the basic structure of highly crystalline carbon. The synthesized Pt/CVC1600-15 catalyst demonstrated excellent oxygen reduction reaction (ORR) activity and durability in half-cell tests. Notably, in single-cell tests, Pt/CVC1600-15 maintained superior performance compared to commercial Pt/C catalysts after accelerated stress testing (AST). This enhanced performance is attributed to the improved corrosion resistance of highly crystalline carbon and strengthened metal-support interaction (MSI) due to pNC. These findings present a new approach for developing high-performance, highly durable catalysts for PEMFCs.

P촉매금-27

Mechanochemical synthesis of multicomponent bismuth-based molybdate catalysts for propylene ammoxidation to produce acrylonitrile

한창진, 전정환[1], 김찬훈[1], 김도희*
서울대; [1]한화솔루션
(dohkim@snu.ac.kr*)

In this study, a novel solvent-free mechanochemical method was employed to prepare catalysts for the ammoxidation of propylene. Multicomponent oxide catalysts containing Bi, Fe, Co, and Mo were successfully synthesized using a ball-mill mixer and zirconia jars without the use of nitric acid. The mechanochemically synthesized catalysts exhibited higher catalytic performance than those prepared by coprecipitation and rotary evaporation. The ball-milled catalysts showed a synergistic effect and improved acrylonitrile yield, especially at a 50:50 wt% ratio of $Bi_2Mo_3O_{12}$ to $Fe_{0.36}Co_{0.64}MoO_4$. Comprehensive analyses support the conclusion that the improved performance of the ball-milled catalysts can be attributed to the increased interaction between different phases and the favorable change in the oxidation state of iron.

P촉매금-28

베타 제올라이트를 이용한 트리프로필렌글리콜의 디프로필렌글리콜로의 효율적 촉매 전환

김광현, 박한빈, 김하늘, 곽자훈*
울산과학기술원
(jhkwak@unist.ac.kr*)

Herein, we developed an efficient catalytic system using beta-zeolite for the selective hydrolysis of tri-propylene glycol (TPG) to di-propylene glycol (DPG), a vital intermediate for polymer industries. The beta-zeolite catalyst exhibited remarkable performance in TPG conversion (~20%) and DPG selectivity (60~%), negligible byproduct under optimized conditions (150 ℃, 0.02 $g_{cat}mL^{-1}$, 50 ml of 20 $_{vol}$% TPG solution, 6 h). The catalyst maintained stable performance through three consecutive regeneration cycles, with TPG conversion ~20% and DPG selectivity 60~%. This study demonstrates an industrially viable process for DPG production using beta zeolite catalyst offering an alternative to conventional PO hydration methods.

P촉매금-29

Efficient novel metal- and hydrogen-free upcycling of polyethylene through a self-supplied hydrogen strategy

권태은, 박종현[1], 강기혁[2], 원왕연, 노인수[1]*
고려대; [1]서울과학기술대; [2]한국화학연구원
(insoo@seoultech.ac.kr*)

Polyolefin-based plastics, which account for over half of global plastic production, present a significant environmental challenge. While various upcycling methods have been proposed, many require high pressure hydrogen, or novel metals like Ru and Pt. To address these issues, we focus on upcycling plastics using only zeolites, without the need for hydrogen or novel metals. By employing ion exchange with zeolites, we convert polyolefins into liquid fuels in a hydrogen-free environment. This self-supplied hydrogen strategy ensures efficient conversion, with zeolite catalysts promoting effective depolymerization while maintaining high selectivity and stability. Our results show that zeolite-based upcycling achieves high efficiency and excellent product selectivity, offering a sustainable approach to plastic waste management and high-value chemical production.

P촉매금-30

Tandem Catalysis for Sustainable Polyethylene Upcycling via Decalin-Assisted Hydrocracking

권태은, 안서영, 김태협[1], 강기혁[2], 원왕연, 노인수[1]*
고려대; [1]서울과학기술대; [2]한국화학연구원
(insoo@seoultech.ac.kr*)

Plastics generate vast amounts of waste, with a significant portion accumulating in landfills. Traditional recycling methods, such as pyrolysis, suffer from high temperatures and low selectivity, motivating the development of catalytic upcycling processes to convert plastic waste into high-value liquid fuels. In this work, a bifunctional catalyst system is developed to enable tandem decalin dehydrogenation and PE hydrocracking without the need for an external hydrogen supply. Zeolite-supported Pt catalysts, particularly Pt/HZSM-5 with a low Pt loading of 0.5%, demonstrate excellent catalytic performance. The catalyst's efficiency is attributed to its optimized metal-acid balance (MAB), which facilitates the in-situ generation of hydrogen from decalin, enhancing both the dehydrogenation and hydrocracking steps. This approach provides a scalable, sustainable solution for polyolefin waste valorization, offering a promising pathway for efficient plastic recycling.

P촉매금-31

선택성과 안정성이 향상된 전기화학적 CO_2 환원용 Au-Cu 촉매의 구조 최적화

임민지, 정희태*
한국과학기술원
(heetae@kaist.ac.kr*)

With the advancement of human activities and industrial development, the concentration of greenhouse gases in the atmosphere has been steadily increasing. Carbon dioxide (CO_2), a major greenhouse gas, not only contributes to global warming but also poses severe environmental challenges. These changes have led to significant disruptions, including climate change, which directly impacts human life. The electrochemical CO_2 reduction reaction (eCO_2RR) has emerged as a promising approach to converting CO_2 into valuable carbon-based compounds. Among various catalyst materials, gold is well known for its high selectivity in converting CO_2 to carbon monoxide, while copper facilitates the formation of multi-carbon products. In this study, we develop Au-Cu tandem catalyst with a distinctive hemispherical structure to enhance the efficiency of CO_2 conversion. Furthermore, we introduce engineered surface wrinkles into the catalyst design, which improve both its stability and catalytic performance. This structural optimization offers a more effective and sustainable solution for eCO_2RR, contributing to the development of advanced carbon-neutral technologies.

P촉매금-32

Solvent-free liquid-phase hydrogenolysis of butyric acid to 1-butanol over Ru-Ni bimetallic catalyst supported on ZnO

Saluta Errol, Mahlet N. Gebresillase, 서정길*
한양대
(jgseo@hanyang.ac.kr*)

This study investigates the catalytic hydrogenolysis of C4 carboxylic acids using Ru-Ni/ZnO catalysts. Product distributions were analyzed by varying temperature, pressure, Ru-Ni ratio, and catalyst-to-reactant ratio. Ru/ZnO favored alkane formation, indicating over-hydrogenation at Ru sites. Ni/ZnO favored butyl butyrate, suggesting Lewis acid sites in nickel oxides promote esterification. Ru and Ni on ZnO showed high selectivity towards butanol, with temperature and pressure influencing esterification, etherification, and dehydration. XRD, XPS, and STEM-EDS confirmed uniform Ni dispersion on ZnO, facilitated by Ru, with a Ru-Ni alloy enhancing butyric acid hydrogenation. The reactions resulted in the formation of alcohols selectively with byproducts including aldehydes, alkanes, esters, ethers, and C8 compounds. This study provides insights into liquid-phase hydrogenation of carboxylic acid geared towards future green applications. This work was supported by Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning, funded by the Korea government (20224000000440, Sector coupling energy industry advancement manpower training program) and Hyundai Chung Mong-Koo Scholarship.

P촉매금-33

Designing Cost-Effective Alloy Catalysts for NH3 Decomposition : Minimizing Ruthenium Dependency

손채린, 송유나, 김민규*
영남대
(mk_kim@ynu.ac.kr*)

Hydrogen is an environmentally friendly energy source that can help achieve a decarbonized society. However, storing and transporting it in large quantities as a gas is difficult, so ammonia has been proposed as a hydrogen carrier. We selected several metals that can be used for this purpose and identified Ir, Co, Rh, Ru, and Ni as effective catalysts for ammonia decomposition. Among them, we analyzed the differences between Rh, Ru, and Ni using density functional theory calculations. Based on the rate-determining steps of NH3 dissociation and N2 desorption, Rh and Ni showed low activity on most surfaces except for specific ones, while Ru exhibited stable activity across various surfaces. Although ruthenium has good catalytic performance, its high cost as a noble metal limits commercialization. To address this, we propose an alloying approach to reduce or replace Ru. We evaluated the catalytic performance of alloys composed of the selected metals for ammonia decomposition. We will discuss more details at the 2025 KIChE Spring Conference.

P촉매금-34

Understanding the Role of MgO in the Chloromethane to Light Olefins Reaction over Acidic Zeolite Catalysts

김창기, 권승돈, 허준혁, 나경수*
전남대
(kyungsu_na@chonnam.ac.kr*)

The conventional production of light olefins, essential building blocks in the chemical industry, relies on fluid catalytic cracking (FCC) and naphtha steam cracking. However, these processes are highly energy-intensive and emit significant CO_2. As a more energy-efficient and eco-friendly alternative, the chloromethane-to-olefin (CMTO) process, which converts CH_4 to olefins via CH_3Cl, is gaining attention. Despite its advantages, the CMTO process faces challenges in improving catalytic performance. Acidity plays a crucial role in CH_3Cl conversion and olefin selectivity, as shown by studies on zeolite-based acidic catalysts. To enhance performance, various approaches are being explored to control acidity. In this study, we synthesized MgO-impregnated H-ZSM-5 zeolites to investigate MgO's role in acidity modification and its impact on CMTO performance. Our optimized catalyst significantly increased CH_3Cl conversion and achieved high olefin selectivity (>85%) in the CMTO reaction.

P촉매금-35

금 담지 알칼리 금속 도입 질화 탄소를 활용한 이산화 탄소로부터 지속 가능한 메탄올 생산 연구

김성은, 김학주*
한국에너지기술연구원
(hakjukim@kier.re.kr*)

Methanol is recognized as a sustainable alternative to fossil fuels in maritime transportation. Consequntly, the demand for green methanol is also rising.Conventional $Cu/ZnO/Al_2O_3$ catalysts require high temperatures exceeding 250°C, which thermodynamically favors CO2 conversion into CO rather than methanol. To lower the reaction temperature and enhance the selective production of methanol, CO_2 hydrogenation under liquid-phase conditions has been investigated.In this study, Au-promoted alkali-metal-doped carbon nitride catalysts were applied for CO2 hydrogenation to methanol using an alcohol/amine solution. The incorporation of alkali metals into carbon nitride enhances charge delocalization and modulates its basicity. The modified basicity effectively activates adsorbed CO2, facilitating sequential hydrogenation on the precious metal. Methanol productivity was compared between the prepared catalyst and conventional $Cu/ZnO/Al_2O_3$.

P촉매금-36

Effect of Tungsten Loading on W-Modified Ni/Al_2O_3 Catalysts for Dry Reforming of Methane

Nguyen Phuong Anh, Azam Jamsaz, Nhiem Pham-Ngoc, Chao Song, 신은우*
울산대
(ewshin@ulsan.ac.kr*)

W-modified Ni/Al_2O_3 catalysts were investigated for the dry reforming of methane (DRM). A series of $xW-Ni/Al_2O_3$ catalysts (9 wt% Ni with tungsten loadings ranging from x=3 to 31 wt% W) were synthesized using a one-pot method. Tungsten modification induced phase transformations of the active sites during both the initial and extended DRM operation, significantly reducing carbon deposition. The suppression of carbon formation was attributed to three key roles of tungsten: (1) Ni-W alloy formation, which hinders carbon diffusion within the lattice; (2) tungsten carbide formation, which facilitates carbon gasification; and (3) tungsten carbide acting as a CO_2 activation site, promoting the removal of deposited carbon. Among the prepared catalysts, the 17 wt% W-doped Ni/Al_2O_3 exhibited the highest CH_4 and CO_2 conversions, enhanced stability, and a lower coking rate compared to the undoped $Ni/\gamma-Al_2O_3$ catalyst, making it a promising candidate for DRM applications.

P촉매금-37

The effects of sulfur in synthesizing carbon support for Pd catalysts of α-phenylcinnamic acid enantioselective hydrogenation

정현준, 이동민, 윤용주*
포항공과대
(yjyun@postech.ac.kr*)

The use of heterogeneous catalysts for the synthesis of chirally pure compounds attracted attention due to their advantages, such as simplified operational conditions, ease of separation, reusability, and straightforward modification. In particular, α-phenylcinnamic acid (PCA) has emerged as a promising substrate due to its relevance in the production of anti-inflammatory and analgesic agents. In this study, we synthesized a templated carbon support for Pd using SBA-15, furfuryl alcohol, and sulfuric acid. Pd was subsequently loaded onto the carbon support via chemical reduction. The introduction of sulfur into the carbon support resulted in an enhancement of the enantiomeric excess (ee) from 50.1% to 56.5%, compared to a bare carbon support. The catalysts were characterized by X-ray diffraction, CO chemisorption, N_2 physisorption, and transmission electron microscopy, to elucidate the influence of sulfur doping on the catalytic properties. The results suggest that the sulfur content plays a critical role in improving catalyst performance by promoting a more uniform dispersion of Pd nanoparticles, which is conducive to the enantioselective hydrogenation of PCA.

P촉매금-38

Facile synthesis of Pt-Ni Alloy Supported on Black TiO_2 Catalyst for Acidic and Alkaline Hydrogen Evolution Reaction

한정훈, 김진수*
경희대
(jkim21@khu.ac.kr*)

Water splitting is a promising technology for sustainable hydrogen production. However, the high cost and low stability of Pt is the main limitation for the hydrogen evolution reaction (HER). In this work, we studied a simply-synthesized black TiO2 with abundant oxygen vacancies as a robust support for a PtNi alloy catalyst, with a low Pt mass loading of 5 wt%. The black TiO2 was obtained by reduction of 2D nanostructured TiO2(B) under 5% H2/Ar flow. Moreover, the obtained black TiO2 showed low band gap and improved electrical conductivity, contributing to the enhanced metal-support interaction. Via electrochemical tests, the PtNi/black TiO2 exhibited high HER performance with low overpotential and high mass activity in 0.1 M HClO4 and 1.0 M KOH, respectively. This research demonstrated a promising electrocatalyst for HER, contributing to the development of sustainable hydrogen production by electrochemical water splitting.

P촉매금-39

Microwave-irradiated fast pyrolysis of plastic wastes into H_2 and CNT

LUU THI THUY, VO LE NAM VIET, NGUYEN THI HA, DAO THI TRANG, LE THI HUYEN TRANG, 정영민*
군산대
(ymchung@kunsan.ac.kr*)

Microwave-assisted pyrolysis offers a sustainable approach to plastic waste management. In this study, we propose an elegant strategy for the production of hydrogen and high-purity carbon nanotubes (CNTs) by the microwave-assisted fast pyrolysis of various plastic wastes in the presence of ferrocene acting as both microwave absorber and catalyst. Mixed gases including H_2, CO, CO_2, and C_2H_x were evolved as soon as the reaction started and H_2 selectivity was as high as 70%. Various characterizations such as SEM, TEM, XRD, TGA, and Raman spectroscopy were performed with the carbons obtained from a reaction, and it was revealed that high purity CNT was formed by the microwave-assisted pyrolysis of waste plastics regardless of plastic types. This study highlights a promising pathway for upcycling plastic waste into valuable products via microwave-assisted catalytic pyrolysis.

P촉매금-40

Unlocking Synergistic Enhancement of Ceria Catalysts via Alkaline Earth Doping for Reverse Water-Gas Shift Reaction

Nomer Arriola Jr., 서정길*
한양대
(jgseo@hanyang.ac.kr*)

The reverse water-gas shift (RWGS) reaction, crucial for carbon monoxide production and sustainable fuel synthesis when coupled with renewable hydrogen, is often catalyzed by CeO_2 due to its oxygen vacancies and unique electronic properties. This study investigates the enhancement of CeO_2 catalytic performance through co-precipitation with alkaline earth dopants, Mg and Ca, strong bases that promote activity at relatively low temperatures of 400 °C. By varying doping ratios and reaction parameters, the product formation was optimized. TPR, TPD, XPS, and TEM characterization techniques reveal the synergistic effects of alkaline earth materials doping on the structural and electronic properties of CeO_2, elucidating their impact on catalytic activity. This research aims to improve ceria as a catalyst for a key reaction is sustainable chemistry by strategically modifying its composition and properties. This research was supported by Plastic Free Specialized Graduate Program through the Korea Environmental Industry & Technology Institute (KEITI) funded by the Ministry of Environment (MOE).

P촉매금-41

Mo/ZSM-5 촉매를 이용한 메탄탈수소방향족화 반응에서 실란화 처리 및 Mo 담지 방법의 영향

이중엽, 김예희, 김민희, 김민채, 김지연, 백승주, 이소정, 김도희[1], 전종기*
공주대; [1]서울대
(jkjeon@kongju.ac.kr*)

메탄탈수소방향족화(MDA)는 온실가스인 메탄을 직접 전환하여 benzene, toluene, xylene(BTX)을 생산하는 탄소중립 실천 기술이다. Mo/ZSM-5 촉매는 MDA 공정에 가장 유망한 촉매로 알려져 있으며, 최근 연구에서는 NiO를 promoter로 사용한 NiO-Mo/ZSM-5 촉매가 보고되고 있다. 하지만 NiO-Mo/ZSM-5 촉매는 코크 생성으로 인한 비활성화가 빠르게 진행된다는 문제점이 있다. 본 연구에서는 이를 해결하기 위한 방법 중 하나로 NiO-Mo/ZSM-5 촉매의 외부 산점을 제거하기 위하여 분자 사이즈가 큰 실란화합물을 사용하여 실란화를 진행하였다. 또한, Mo을 담지하는 방법이 미치는 영향을 확인하기 위해 Ball Milling과 과량함침법으로 나누어 촉매를 제조한 후 비교 분석하였다. 질소흡착실험, NH3-TPD 및 Pyridine FT-IR 등을 통해 촉매의 물리·화학적 특성을 분석하였다. 1g의 촉매를 고정층 촉매 반응기에 적재하고, methane dehydroaromatization 반응을 통해 촉매의 활성을 평가하였다.

P촉매금-42

바이오매스 고부가가치화를 위한 Aldol Condensation: 생성물 선택성 및 촉매 특성 조사

김태우, 김수현, 서영웅*
한양대
(ywsuh@hanyang.ac.kr*)

Petroleum oils have been widely utilized in various industrial applications for decades. However, concerns regarding their rapid consumption and environmental impact have driven the search for sustainable alternatives. Biomass-derived fuels show great potential in diverse applications, including biofuels, sustainable aviation fuels (SAFs), and bio-lubricants. Among various valorization strategies, C-C coupling reactions play a crucial role in upgrading biomass feedstocks. In particular, aldol condensation has gained significant attention due to its simplicity and compatibility with biomass-derived substrates. This study investigates catalytic performance in aldol condensation as a key method for upgrading biomass-derived compounds. Specifically, we investigated not only conversion and yield but also selectivity in the reaction between 2-undecanone and furfural. Using various metal oxides, we aimed to elucidate the reaction mechanism with respect to acid-base properties of catalysts. Additionally, the effect of surface modification via pre-treatment on product selectivity was examined. The findings of this study can provide insights into optimizing aldol condensation for efficient biomass valorization. Detailed reaction mechanism, product selectivity trends, and analytical results will be presented on site.

P촉매금-43

Mechanistic Insights into L-Glutathione Adsorption on Chiral Gold Nanoparticles

김광욱, 한정우*
서울대
(jwhan98@snu.ac.kr*)

Chirality plays a crucial role in various fields, including biology and catalysis, as enantiomers exhibit specific interactions with light and biological molecules. Chiral surfaces demonstrate enantioselective adsorption, making them valuable for asymmetric synthesis and catalysis.In this study, we investigate the enantioselective adsorption of L-Glutathione (L-GSH) on chiral gold nanoparticles to elucidate its role in the synthesis and stabilization of helicoid III (H3) gold nanoparticles. Density Functional Theory (DFT) and machine learning potential were employed to investigate the adsorption behavior of L-GSH on various gold surface facets, including (R-531) and (S-531). Our results reveal that L-GSH preferentially binds to the (S-531) surface via interactions involving thiol, carboxyl, and amine functional groups at acidic condition. These results indicate that L-GSH stabilizes the (S-531) surfaces selectively leading to the formation of chiral nanoparticles. Our findings provide a mechanistic understanding of enantioselective surface interactions and contribute to the rational design of chiral gold nanoparticles with potential applications in catalysis.

P촉매금-44

Promotional effect of silica shell coated NiO physically mixed with Mo/HZSM-5 catalyst on methane dehydroaromatization

노장언, 김도희*
서울대
(dohkim@snu.ac.kr*)

The activity and stability of the Mo/HZSM-5 catalyst were enhanced by mixing physically with NiO in MDA reaction due to the promoted the dispersion of MoCx active sites and reduced coke formation on the MoCx. However, the promotional effect of NiO was limited when the particle size was reduced. To overcome the limitation, silica shell on NiO particles with various sizes (5 nm, 15 nm, 110 nm) was introduced. The catalyst with silica shell coated NiO with the size of 15 nm exhibited a significant improvement in both BTX yield and stability, and the catalyst with silica shell coated NiO with the size of 5 nm achieved the highest maximum BTX yield, about 7.2%. This demonstrates that the performance improved as the NiO particle size decreased with the introduction of the silica shell.

P촉매금-45

황 제거 및 COS 분해를 위한 비용 효율적인 흡착제로서 레드 머드 활용

김가영*, 이성준[1], 김민규
영남대; [1]광주과학기술원
(cleo0910@naver.com*)

The growing use of fossil fuels has driven industrial development, but it has also intensified global warming and climate change through increased CO2 emissions. Reducing these emissions and identifying alternative energy sources, such as hydrogen, have become critical priorities. Hydrogen, which produces no CO2 emissions and offers a high calorific value, is both economically and environmentally advantageous. One promising method is the production of blue hydrogen, generated from natural gas or coal with carbon capture and storage (CCS). However, impurities in the syngas from coal gasification must be removed to prevent equipment damage and maintain fuel cell performance. This study evaluated red mud as a sulfur absorbent for COS(g) desulfurization by both theoretically and experimentally, demonstrating its ability to decompose COS(g) into CO(g) due to the synergistic effects between main component of Fe2O3 and other elements. These findings confirm red mud potential as a low-cost sulfur absorbent and COS decomposition catalyst.

P촉매금-46

Dual effect of pitch-derived carbon material on micropore-blocking and dissolution inhibition in oxygen reduction reaction support

오유빈, 조한익*
건국대
(hijoh@konkuk.ac.kr*)

PEMFC has been in great demand for the transition of chemical energy to electric energy without disposal of environmentally hazardous byproducts. Nevertheless, the low stability of novel platinum catalysts makes it hard to be commercialized. Pt nanoparticles supported on Vulcan carbon are commonly used in acidic ORR kinetics. To make it competitive, low content of novel catalyst with high active sites availability should be considered. Also, dissolution in between the catalyst and support should be prevented for high stability. This study, we tried to regulate the pore size of carbon support by coating pitch-derived carbon materials. The micropore of carbon support inactivates Pt catalyst, since reactant is impermeable through the micropore. Extraction of pitch with organic solvent narrows the mass-to-charge ratio of polyaromatic hydrocarbons. Through selective micropore-blocking of carbon support with small size of polyaromatic hydrocarbons, it enhances the utility of novel catalysts and efficiency in mass transfer. Furthermore, through forming carbon layer by coating once again with small particle size of carbon, inhibits dissolution of platinum catalyst.

P촉매금-47

Efficient synthesis of 5-bromomethylfurfural (5-BMF) from lignocellulosic biomass Using a Novel Biphasic System under atmospheric pressure

Faraz Muhammad Abbasi, 엄인용, 이마음, 황동원*
한국화학연구원
(dwhwang@krict.re.kr*)

5-Bromomethylfurfural(5-BMF) is emerging as a promising alternative to 5-chloromethylfurfural (CMF), offering improved production efficiency, enhanced reactivity, and versatility as a precursor for bio-based applications, including polymers, and pharmaceutical intermediates. Despite its advantages, the efficient synthesis of 5-BMF remains a challenge due to the need for optimized reaction conditions. In this study, 5-BMF was synthesized directly from lignocellulosic biomass using a novel biphasic reaction system designed for atmospheric operation, achieving high efficiency and low halogen usage. starts with the dissolution of cellulose in H2SO4, facilitating the disruption of intra- and intermolecular hydrogen bonds, after that addition of bromide source. To selectively extract BMF, toluene, was added as the organic extractant. Its high boiling temperature enabled the reaction to proceed efficiently at 100°C under atmospheric pressure, eliminating the need for pressurized conditions. To achieve 80% BMF yield directly from lignocellulosic biomass was systematically optimized.

P촉매금-48

루테늄과 제올라이트의 시너지 효과를 이용한 폐플라스틱의 화학적 재활용

서준호, 김도희*, 정형동, 최재순[1], 방정업[1]
서울대; [1]LG화학
(dohkim@snu.ac.kr*)

폴리올레핀 계열(PE, PP) 플라스틱은 폐플라스틱의 60% 이상을 차지하지만 재활용되는 비율은 약 9% 이하로 매우 낮은 상황이다. 최근 폐플라스틱의 화학적 재활용을 통해 폴리올레핀 계열 폐플라스틱을 유용한 물질로 전환하려는 연구가 활발히 진행되고 있는데, 수첨분해법은 불균일계 촉매와 고압 수소를 사용한 단일 공정을 통해 300도 이하의 낮은 온도에서 PE, PP를 납사, 윤활유 등의 유용한 물질로 전환할 수 있는 방법이다. Ru/CeO_2 촉매는 높은 hydrogenolysis 활성을 나타내지만 C_5-C_{36} 이상의 매우 넓은 생성물 분포가 나타나고 긴 반응 시간을 필요로 하며 메탄 수율이 높다는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 BEA 제올라이트의 hydrocracking 메커니즘을 도입하는 물리혼합(PM) 촉매를 제조하였다. Ru/CeO_2와 BEA를 1:2 비율로 혼합한 PM 촉매는 높은 PE 전환율과 낮은 메탄 수율을 나타냈으며 액상 생성물 대부분이 납사 범위로 선택적으로 얻어졌다 (납사 수율 83%). Ru 도입량을 줄이기 위해 두 촉매의 혼합 비율을 1:7까지 낮추더라도 높은 활성이 유지되었으며 이를 통해 Ru/CeO_2와 BEA의 시너지 효과를 통해 PE로부터 납사를 높은 선택도로 얻을 수 있음을 확인하였다. 또한 Ru를 BEA에 담지한 Ru/BEA 촉매는 PM 촉매에 비해 낮은 PE 전환율과 넓은 생성물 분포를 나타내는 것을 통해 Ru와 제올라이트 산점을 분리하는 것이 중요함을 알 수 있었다.

P촉매금-49

알루미나 지지체의 상 변화에 따른 Ni/Al_2O_3 촉매의 메탄 건식 개질 반응

김수지, 이재경*
국립부경대
(leejk46@pknu.ac.kr*)

메탄 건식 개질 반응(DRM)은 온실가스인 CO_2와 CH4를 이용해 합성 가스인 H_2와 CO로 전환하는 방법이다. 개질 촉매로 Ni/Al_2O_3가 많이 사용되는데, Ni은 적은 비용과 높은 활성을 나타내고, γ-Al_2O_3는 높은 표면적과 열안정성을 지닌다. 하지만 DRM 반응은 고온에서 일어나 소결과 탄소 증착이 잘 일어난다. 따라서, 이번 연구에선 지지체의 모양과 상을 바꾸어 Ni/Al_2O_3의 DRM 성능을 높이고자 하였다. 상용 알루미나와 수열 합성한 Rod boehmite를 각각 700, 900, 1100℃에서 소성해 두 지지체의 상을 조절하였다. 각 지지체엔 5wt% Ni을 담지하여 700℃에서 소성, 750℃에서 환원하였다. 제조된 촉매는 TEM, XRD, BET, H_2-TPR의 방법으로 분석하였다. DRM은 CH_4:CO_2를 1:1로 주입해 750℃에서 진행했다. 지지체의 형태를 비교하면, Rod 촉매의 경우, δ상의 5Ni/R900 성능이 제일 높았고, γ상의 5Ni/R700이 제일 낮았다. 본 결과를 통해, 지지체의 형태를 바꾸어 성능을 높이진 못했지만, DRM 성능은 지지체의 결정 상에 영향을 많이 받는다는 것을 알 수 있다.

P촉매금-50

Band structure engineering and defect control of g-C_3N_4 for efficient photocatalyst and photoelectrochemical water-splitting

레반남, Duc-Viet Nguyen, Jaiswal Aniruddha, Jana Jayasmita, 허승현*
울산대
(shhur@ulsan.ac.kr*)

In recent years, graphitic carbon nitride (g-C_3N_4) has attracted increasing attention as a highly potential candidate for photocatalyst and photoelectrochemical (PEC) water splitting, primarily because of its suitable bandgap, which enables efficient light absorption. In this work, tetrahydrofuran (THF) was used to exfoliate multilayer g-C_3N_4 to single-layer at different solvothermal temperatures of 100 ℃, 150 ℃, 200 ℃ ℃, and 250 ℃. The materials synthesized in this study were thoroughly characterized using various analytical techniques, including atomic force microscopy, high-resolution transmission electron microscopy, electrochemical impedance spectroscopy, and ultraviolet spectroscopy. As a result, the C_3N_4-THF-200 ℃ sample showed excellent photocatalytic activity and photoelectrochemical water-splitting performance. This work provides promising and efficient materials for light-harvesting hydrogen production.

P촉매금-51

Computational Investigation of ZnI_2 Electrolyte Additive Effects on Lithium Anode Stability and Sulfur Conversion Mechanism in Lithium-Sulfur Batteries

조혜정, 김석기*
아주대
(seokki@ajou.ac.kr*)

Lithium-sulfur batteries (LSBs) are promising energy storage systems due to their high theoretical energy density, but their commercialization is limited by lithium dendrite growth and polysulfide shuttle effects. This study employs computational methods to investigate the role of ZnI_2 electrolyte additive in a local high-concentration electrolyte system, focusing on lithium anode stabilization and sulfur redox kinetics. On the anode side, ZnI_2 reacts with lithium metal and reduced Li+ solvation shell species to form a Li_xZn alloy hybrid interphase, enabling planar lithium deposition. In addition, density functional theory (DFT) and molecular dynamics (MD) simulations reveal that ZnI_2 optimizes polysulfide solvation structure and reaction pathways. These results demonstrate that ZnI_2 simultaneously stabilizes lithium deposition and enhances sulfur conversion, providing atomic-level insights for electrolyte design in high-performance LSBs.

P촉매금-52

Optimization of Reaction Conditions for Selective Hydrogenation of Acetylene over Pd/CNT

이지영, 김석기*
아주대
(seokki@ajou.ac.kr*)

The selective hydrogenation of acetylene is essential for ethylene purification, requiring optimized conditions to improve conversion and selectivity. Key factors such as reaction temperature, H_2/C_2H_2 ratio, Pd loading, and gas hourly space velocity (GHSV) significantly impact catalytic performance. These parameters influence adsorption and activation of reactants, affecting conversion efficiency. Controlling temperature and hydrogen ratio prevents over-hydrogenation, while Pd loading determines active site dispersion and electronic properties. GHSV regulates reactant residence time, influencing catalytic behavior. This study systematically analyzes these effects to identify optimal conditions for enhancing catalytic activity and durability. The findings provide valuable insights into Pd-based catalyst design and process optimization for industrial acetylene hydrogenation.

P촉매금-53

Shifting Hydrocarbon Selectivity in CO_2 Hydrogenation: Zeolite-Catalyst Strategies for Sustainable Aviation Fuel

염현지, 박종민, 김용석, 나경수*
전남대
(kyungsu_na@chonnam.ac.kr*)

The sustainable aviation fuel (SAF) is crucial for decarbonizing the aviation sector, requiring high specific energy, a paraffin-rich composition, and minimal aromatics and olefins. Hydrogenation of waste CO_2 with green hydrogen offers a promising route, but challenges such as low yield and broad hydrocarbon distribution remain. In this study, FeK/$CuAl_2O_4$ (FeK/CAO) catalysts primarily produced olefins, while the introduction of HMFI zeolites altered hydrocarbon selectivity, increasing CO_2 conversion and decreasing CO selectivity. Mesoporous nanosheet HMFI (NS-HMFI) improved diffusion, reducing aromatic selectivity in NS-HMFI (Si/Al=50), while NS-HMFI (Si/Al=200) exhibited increased oligomerization due to weak acidity. Pt introduction on NS-HMFI (Si/Al=200) further shifted selectivity toward paraffins in the C_{8-16} SAF-range. These findings underline the importance of catalyst design in tailoring hydrocarbon selectivity and advancing efficient SAF production from CO_2 hydrogenation.

P촉매금-54

Synergistic Effects on FeK/$CuAl_2O_4$ for Selective CO_2 Hydrogenation

박종민, 염현지, 김용석, 임우성, 나경수*
전남대
(kyungsu_na@chonnam.ac.kr*)

Direct CO_2 hydrogenation with green hydrogen offers a promising route to carbon-neutral liquid fuels. However, controlling hydrocarbon selectivity remains challenging due to competing reaction pathways. This study investigated the structural and catalytic properties of FeK/$CuAl_2O_4$ (FeK/CAO) by systematically tuning the reduction temperature to optimize catalyst performance. Reduction of FeK/CAO at 450 ℃ facilitated the transformation of Fe_2O_3 into Fe_3O_4 and induced Cu exsolution, forming well-dispersed Cu^0 nanoparticles that enhanced CO_2 activation. Under reaction conditions, Fe_3O_4 was further carburized into Fe_5C_2, a key Fischer-Tropsch active phase. By balancing the distribution of Cu^0, Fe_3O_4, Fe_5C_2, and oxygen vacancies, these interactions promoted CO_2 adsorption, facilitated H_2 dissociation, and enhanced hydrocarbon chain growth, leading to selective C_5-C_{11} hydrocarbon production. This study highlights the critical role of these synergies in CO_2 hydrogenation and provides valuable insights for designing efficient catalysts for sustainable fuel synthesis.

P촉매금-55

저온 플라즈마의 조사 하에서 세리아 결정면이 온실가스로부터 청정 메탄올 합성에 미치는 영향

김선호, 최명기[1], 강명성[1], 하경수[1]*
서강대 ; [1]서강대
(Philoseus@sogang.ac.kr*)

Research on hydrogenation of CO_2 to methanol is gaining attention due to the recent increase in clean e-methanol demand. CeO_2 is one of the promising candidates for this reaction due to its oxygen vacancy forming properties which effectively activate CO_2 on the oxide support surface. It has been known that the activity of the reaction varies depending on the type of crystal plane. To maximize the proportion of specific highly reactive crystal facets, a rod-shaped CeO_2 support material was synthesized by hydrothermal method. For comparison, CeO_2 nanoparticles with various shapes were also synthesized. The structural and morphological characteristics of synthesized catalysts were analyzed by XRD, BET, SEM, and TEM. Additionally, the oxygen vacancy characteristics were also investigated through XPS and FT-IR. The activity tests of different types of catalysts were performed in a lab-made nonthermal plasma reactor at room temperature and ambient pressure

P촉매금-56

저온 플라즈마 하에서 온실가스로부터 산소계 화합물 합성에 대한 촉매 기공 크기의 영향

최명기, 김동현, 김선호, 하경수*
서강대
(philoseus@sogang.ac.kr*)

The chemical industry and academia have been focusing on methods to convert greenhouse gases into high-value-added chemical products. Although oxygenates can be produced from CO_2 , this process requires high pressure and significant energy input. Previous studies have shown that using non-thermal plasma can efficiently facilitate such reactions at significantly lower temperatures and pressures. To achieve this, a CeO_2 with Pd active sites catalyst was synthesized. This CeO-supported Pd catalyst was prepared with two different pore sizes: mesopores and macropores. The catalyst particles were packed in a dielectric barrier discharge (DBD) plasma bed, where the conversion of greenhouse gases into oxygenates was carried out. The Pd-CeO_2 catalyst with macropores exhibited higher selectivity for oxygenates compared to that of the mesoporous CeO_2 catalyst.

P촉매금-57

Study on the deactivation of photocatalysts during hydrogen evolution

Chao Song, 신은우*, Nhiem Pham-Ngoc, Azam Jamsaz
울산대
(ewshin@ulsan.ac.kr*)

Photocatalysts exhibit unstable activity, with deactivation occurring during H_2 evolution. The long-term stability of the photocatalyst is compromised due to a decrease in the electron sacrificial agent concentration and the formation of cocatalyst clusters. To mitigate the effects of C_3N_4 photocorrosion and the loss of the co-catalyst Pt resulting from the absence of the electron sacrificial agent, a long-term catalytic H_2 evolution test is conducted. In this test, C_3N_4, prepared via a chemical oxidation method, is used as the support, and TEOA is promptly added to the system to ensure a continuous supply of electron donors. The mechanisms behind catalyst deactivation during this process are investigated. Based on the photocatalyst activity results, the clustering and agglomeration of Pt cocatalyst are analyzed through characterization. The findings reveal that after the photocatalytic hydrogen evolution reaction, the Pt particle size distribution significantly increases, and clustering is observed.

P촉매금-58

산점 및 구조 안정화를 위한 템플릿 기반 MCM-22 합성법 연구

김소연, 전종현, 원하림, 하경수*
서강대
(philoseus@sogang.ac.kr*)

A hollow sphere-structured MCM-22 was synthesized using a carbon-templated method with silica-coated carbon spheres to introduce macroporosity while controlling aluminum species. The retained template influenced the interaction between the framework and aluminum species, contributing to the stabilization of framework aluminum (FWAl) and modulating its migration during thermal processing. To examine the effects of template confinement and calcination, variations in synthesis and thermal treatment conditions were explored. A controlled calcination strategy was employed to assess its role in extra-framework aluminum (EFAL) formation and Brønsted acidity retention. The physicochemical properties of the synthesized materials were characterized using XRD, SEM, TEM, and N_2 adsorption-desorption for structural and textural analysis. The Si/Al ratio and acidity were determined by ICP-OES and NH_3-TPD, while ^{27}Al MAS NMR spectroscopy was used to identify aluminum species and assess the aluminum distribution. The catalytic activity of these materials was evaluated in a plasma-assisted retrieval of monomers from waste poly(methyl metharcrylate) sample.

P촉매금-59

전자현미경 이미지에서의 촉매 분포 자동 정량 분석을 위한 SAM 기반 컴퓨터 비전 접근법

이용상, 김지용*
성균관대
(jiyongkim@skku.edu*)

촉매의 균일한 분포는 반응 효율과 열 균형을 유지하여 성능 저하와 촉매의 불균일한 소모를 방지한다. 그러나 현재 촉매 분포 분석은 정성적으로 이루어지고 있으며, 이는 정밀도가 낮고 대량 분석이 어렵다는 한계를 가진다. 효율적인 촉매 분석을 위해서 높은 한계를 지닌 정성적인 평가를 대체하는 새로운 접근 방법이 필요하다. 본 연구는 전자현미경 이미지를 활용한 촉매 입자 분포 정량 분석을 위해 머신러닝 기반 자동 분석 프레임워크를 제안한다. 입자의 영향 범위를 정의하고, 이를 촉매 분포 지표로 활용하여 정량적으로 평가하였다. Segment Anything Model(SAM)을 이용해 촉매 입자를 자동 분할하고, Voronoi Diagram으로 영역을 나누었다. 또한, EasyOCR을 사용해 스케일 바를 인식하고 픽셀 단위 길이를 실제 크기로 환산하여 영역의 넓이를 계산하였다. 본 방법은 촉매 연구의 효율성을 높이고 정밀한 분포 분석을 가능하게 한다.

P촉매금-60

Optimizing the Synthesis of $nCo_3O_4@mSiO_2$ and its Characterization

임경묵, 권승돈, 임우성, 나경수*
전남대
(kyungsu_na@chonnam.ac.kr*)

Cobalt oxide (Co_3O_4) is a key catalyst in the dry reforming of methane (DRM) process, C-H bond activation, and the Fischer-Tropsch synthesis reaction. It tends to sinter at around 250℃, reducing its catalytic activity. Encapsulating Co_3O_4 in mesoporous silica ($mSiO_2$) prevents sintering and preserves surface area. However, conventional synthesis methods suffer from excessive solvent use and low yield. This study optimizes the $nCo_3O_4@mSiO_2$ synthesis process. We controlled butanol usage during Co_3O_4 formation and refined ethanol and water ratios for core-shell synthesis. Additionally, polyvinylpyrrolidone (PVP) and tetraethyl orthosilicate (TEOS) concentrations were adjusted to control particle size and shell thickness. Furthermore, the ratio of cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) to a shorter alkyl chain surfactant was modified to influence micelle formation. These modifications improved yield while maintaining structural control, suggesting a scalable approach.

P촉매금-61

Theoretical Design of MXene Supported Single Metal Atom Catalyst for Oxygen Evolution Reaction in Alkaline Condition Using First-Principles Calculation

강진석, 함형철*
인하대
(ham.hyungchul@inha.ac.kr*)

As climate change accelerates globally, developing efficient energy storage solutions across multiple domains, including electrochemical water splitting, ammonia synthesis, carbon dioxide reuse, and biomass upgrading, has become imperative. The anodes of these devices, where the oxygen evolution reaction (OER) occurs, face limitations due to sluggish kinetics and expensive precious metal catalysts. To address these challenges, we designed MXene supported single metal atom catalysts using first-principles calculations. Our study, conducted under alkaline conditions to prevent atomic dissolution in harsh acidic conditions, utilized MXenes whose stability have been previously validated. Comprehensive evaluation of alkaline OER activity, supported by electronic structure analysis and Bader charge calculations, revealed clear correlations between adsorption energy and catalytic performance across diverse catalyst compositions. These insights provide valuable guidance for developing novel catalyst formulations and contribute to the rational design of advanced electrocatalysts for alkaline OER applications.

P촉매금-62

폴리스타이렌 열분해유의 촉매 수첨분해를 통한 경방향족 제조 연구

박서영, 김규태, 정재철, 이정규*
동아대
(jklee88@dau.ac.kr*)

전세계 플라스틱 사용량은 2060년까지 현재의 약 3배까지 증가할 것으로 예상되어 관련 리사이클링 기술의 중요성이 증대되고 있다. 폴리스타이렌은 범용 플라스틱 중 가장 재활용률이 낮으며 아시아 해양 쓰레기에서 높은 비율로 존재한다. 폴리스타이렌의 열분해에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다. 열분해 방식에 따른 결과는 매우 다른 양상을 보인다. 본 연구에서는 동일 반응기를 사용한 flow system과 closed system에서 열분해 결과를 비교하였다. 시간에 따른 생성물과 열분해 조건에 따른 생성물을 분석을 통해 메커니즘을 연구하였다. 열분해 유는 넓은 생성물 분포와 불순물 등의 문제점이 있어 추후 공정이 필수적이기에 수첨분해를 진행하였으며, 촉매의 금속 성분과 제올라이트의 특성과 경방향족 분포와의 상관성을 연구하였다. 본 연구를 통해 플라스틱 중 8%를 차지하는 범용 플라스틱인 폴리스타이렌(PS)을 열분해 및 촉매 수첨분해하여 다시 원료를 생산하는 순환 시스템 기술 확보에 기여하고자 한다.

P촉매금-63

Highly Efficient Biomass Conversion: Electrochemical Oxidation of 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) using Bimetallic Ni_2Mo_3N on Ni Foam

윤종민, 윤덕현*
강원대
(youndh@kangwon.ac.kr*)

Electrochemical oxidation of biomass-derived 5-hydroxymethylfurfural (HMF) to 2,5-furandicarboxylic acid (FDCA) is considered as a promising alternative to oxygen evolution reaction (OER) in water splitting due to the lower equilibrium potential and production of value-added product. The FDCA, final product of electrochemical oxidation of HMF (HMFOR), can be used as a precursor material for polyethylene furanoate (PEF), which could replace petroleum-based polyethylene terephthalate (PET). Herein, we synthesized bimetallic Ni_2Mo_3N catalyst directly on Ni foam (Ni_2Mo_3N/NF) through a simple one-step annealing method. The resultant Ni_2Mo_3N exhibited high performance in HMFOR, achieving high HMF conversion (~100 %), FDCA yield (93.04 %) and Faradaic efficiency (92.97 %). Moreover, high stability was maintained after 5 cycles of tests. The surface reconstruction of Ni_2Mo_3N into oxide species increased the number of active sites for HMFOR, thereby improving the electrochemical activity.

P촉매금-64

Enhanced Activity and Stability of Ammonia Electrooxidation Using a Pt/CeO2-C Electrocatalyst

하재혁, 윤덕현*
강원대
(youndh@kangwon.ac.kr*)

Ammonia is attracting increasing interest as a hydrogen carrier due to its high hydrogen storage capacity and energy density. Accordingly, the electrochemical ammonia oxidation reaction (AOR) is gaining attention for applications in direct ammonia fuel cells and ammonia electrolysis. Notably, ammonia electrolysis has a theoretical cell potential of only 0.06 V, significantly lower than 1.23 V for water electrolysis. However, AOR is hindered by high overpotential, irreversible reactions, and catalyst poisoning, necessitating efficient catalysts. In this study, we synthesized a Pt/CeO2-C catalyst and evaluated its AOR performance against commercial Pt/C. Cerium oxide (CeO2), known for its Ce^{3+}/Ce^{4+} redox properties, oxygen storage capacity, and oxygen vacancies, facilitates OH_ad supply to Pt, enhancing AOR activity. Electrochemical tests confirmed that Pt/CeO2-C exhibits superior AOR activity and stability compared to Pt/C, demonstrating its potential as an efficient AOR catalyst.

P촉매금-65

Efficient Electrochemical Nitrate Reduction to Ammonia Using Mo_2C/CNT-RGO catalysts

장소은, 윤덕현*
강원대
(youndh@kangwon.ac.kr*)

The electrochemical nitrate reduction reaction (NO_3^-RR) is a promising approach for ammonia production under ambient conditions while mitigating nitrate pollutants. However, NO_3^-RR involves a complex multi-electron/proton transfer process and competes with the hydrogen evolution reaction (HER). Therefore, highly active and stable electrocatalysts are essential. Here, we report homogeneously dispersed Mo_2C nanoparticles on a CNT-reduced graphene oxide (Mo_2C/CNT-RGO) support for NO_3^-RR. The 3D CNT-RGO composite offered high surface areas to contact with electrolyte, substantially increased the conductivity of catalysts, and dispersed the Mo-compound nanoparticles without aggregation. Benefiting from these properties, Mo_2C/CNT-RGO achieves a maximum NH_3 production rate of 5.23 mg h^{-1} cm^{-2} and a Faradaic efficiency of 95.9%, with excellent long-term stability. This study offers a promising strategy for designing high-performance NO_3^-RR electrocatalysts.

P촉매금-66

Hydrophilic Ni_3S_2-MoN Heterostructure on Nickel Foam (Ni_3S_2-MoN/NF) for Overall Water Splitting in Alkaline Media

최예지, 윤덕현*
강원대
(youndh@kangwon.ac.kr*)

Non-precious metal-based catalysts are essential for achieving efficient green hydrogen production via electrolysis. Ni_3S_2-based heterostructure catalysts have been proposed as non-noble metal alternatives, demonstrating notable activity for both the Hydrogen Evolution Reaction (HER) and Oxygen Evolution Reaction (OER) while benefiting from their earth-abundant nature. However, these catalysts require a complex synthesis process, involving multiple heat treatment steps. In this study, we enhanced the activity of Ni_3S_2 by introducing MoN (Ni_3S_2-MoN/NF). It was synthesized through one-step annealing of a metal precursor, nickel foam, and thiourea under N_2 flow. The synthesized Ni_3S_2-MoN/NF catalyst demonstrated high HER and OER activity, with overpotentials of 154 and 271 mV at 50 mA cm^{-2}, respectively. Additionally, the catalyst achieved an overall water-splitting voltage of 1.50 V at 10 mA cm^{-2}.

P촉매금-67

알칼리성 산소 발생 반응을 위한 전착법 기반 니켈-철 인화물의 용이한 합성

하승준, 하리시 차반, 이승화*
국립창원대
(seunghwa@changwon.ac.kr*)

The development of high-efficiency catalysts for water splitting is crucial for addressing global energy and environmental challenges. The oxygen evolution reaction (OER) remains a major bottleneck due to its sluggish kinetics, which involve multiple proton-coupled electron transfer steps. While transition metal oxides have emerged as promising alternatives to noble metal catalysts like IrO_2, nickel-iron (NiFe)-based materials have attracted significant interest due to their high catalytic activity and cost-effectiveness. To further improve the performance of NiFe catalysts, phosphorus doping has been explored as a strategy to modulate the electronic structure and optimize active sites. However, achieving effective phosphorus incorporation often requires thick deposition layers or additional thermal treatments to ensure proper stability. In this study, we synthesized NiFeP catalysts via a simple electrodeposition method and evaluated their OER performance. The results demonstrate that electrodeposited NiFeP exhibits promising catalytic activity, highlighting its potential as an efficient OER electrocatalyst.

P촉매금-68

매체순환-산화탈수소화용 바나듐계 산소전달입자 촉매 연구

김향동, 손정민*, 백승훈, 박상준
전북대
(jmsohn@chonbuk.ac.kr*)

에틸렌은 석유화학 기초물질로 플라스틱 생산등 다양한 분야에서 다양하게 사용되고 있다. 셰일 혁명 이후 발생한 에탄을 활용한 에틸렌 생산기술 중 산화탈수소화는 기존 열분해 공정 대비 열역학적 이점과 높은 선택도를 가지는 장점을 가지고 있다. 하지만 산화탈수소화는 기체 산소 참여에 따른 공정 위험성과 과산화 문제를 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 산화탈수소화에 매체순환이 결합된 매체순환-산화탈수소화가 제안되었다. 본 연구에서는 매체순환-산화탈수소화의 선택도 및 전환율 개선을 목적으로, 높은 비표면적과 열적 안정성을 가져 지지체로 사용되는 Al와 높은 산소전달용량과 낮은 산소공공 형성 에너지를 가진 V을 활용하여 산소전달입자를 제조하였다. 산소전달입자의 성능을 확인하기 위하여, 고정층 반응기와 GC를 이용하여 수행하였고, 산소전달입자의 특성분석을 위해 XRD,TPR 등이 다양한 분석장치를 활용하였고, V 대비 특정 온도에서 에틸렌 선택도 및 전환율 개선 가능성을 확인하였다.

P촉매금-69

A Sustainable Approach for CO2-Driven Hydrocarbon Activation Using Metal Carbonates

장한빛, 윤은서, 나경수*
전남대
(kyungsu_na@chonnam.ac.kr*)

Activating aromatic hydrocarbons is a crucial step in producing high-value-added compounds. However, the strong C-H bond dissociation energy of aromatic hydrocarbons presents a significant challenge, often requiring expensive precious metal catalysts. In this study, we investigated a sustainable approach for hydrocarbon activation by utilizing transition metal oxides in conjunction with CO_2 as a reactant. Based on the concept that metal carbonates act as pre-activated CO_2 species on metal oxides, we screened various metal carbonates like $NiCO_3$ to assess their activity in hydrocarbon coupling reactions. $NiCO_3$ exhibited the highest conversion. In contrast, its oxide counterpart NiO produced approximately 25 times lower product yield under identical conditions. This stark contrast underscores the essential role of CO_2 in facilitating hydrocarbon activation. Our findings provide valuable insights into CO_2-mediated catalytic transformations, offering a promising strategy for sustainable hydrocarbon functionalization without relying on precious metals.

P촉매금-70

Pd/FER의 NOx 제거를 위한 H2-SCR 반응에서의 cycle test를 통한 H2O의 환원 효과와 경쟁 흡착

김유진, 박동찬[1], 김도희[1], 송인학*
고려대; [1]서울대
(inhaksong@korea.ac.kr*)

The catalytic performance of palladium supported on NH3-ferrierite zeolite for the selective catalytic reduction of NOx by hydrogen (H2-SCR) was investigated. In situ FT-IR data was collected to evaluate the H2-SCR activity in the presence of O2 and 0 or 5% of H2O with the prepared Pdx/F (Pd(x wt%)/FER) catalysts. The data revealed that for both Pd0.75/F and Pd0.2/F, minimal differences were observed between the 1st and 2nd cycles under dry conditions. However, under wet conditions, 20% NH3 selectivity was detected at the onset of NOx conversion in the 1st cycle, which disappeared in the 2nd cycle. We suggest this may be due to the reduction of Pd species caused by the influence of H2O in the 1st cycle. Additionally, for both Pd0.75/F and Pd2/F, under wet conditions, the Cm(the maximum NOx conversion) decreased and the Tm(the temperature at which Cm occurred) shifted to lower values in the 2nd cycle compared to dry conditions. We propose that this is likely due to competitive adsorption from H2O, which hinders NOx adsorption. To obtain additional information, the characteristics of the catalysts and surface species will be further analyzed.

P촉매금-71

Mercury Oxidation over an Extruded Honeycomb-Type V_2O_5-WO_3/TiO_2 Catalyst under NH_3-SCR Conditions: Dynamic Changes in Concentrations of NH_3, NO, and HCl

김강훈, 김문현*
대구대
(moonkim@daegu.ac.kr*)

The oxidation of gaseous mercury (Hg^0) in NH_3-SCR deNO_xing systems is greatly influenced by flue gas components. This study has examined the extent of Hg^0 oxidation over a honeycomb V_2O_5-WO_3/TiO_2 catalyst under dynamic variations in HCl, NH_3, and NO. The Hg^0 oxidation depended strongly on HCl concentration, while NH_3 significantly depressed this oxidation under NH_3-SCR conditions. In the presence of HCl, NO could significantly enhance the extent of Hg^0 oxidation. High Hg^0 conversion was observed when a ratio of NH_3/NO did not exceed a unity. A long-life mercury oxidation even without HCl was shown for HCl-precovered catalysts, indicating a major role of such adsorbed HCl species for the oxidation. All Hg^0-TPD and TPO runs gave a desorption peak near 530°C, with an increased Hg^0 release under the TPO conditions. The dynamics in the HCl, NH_3, and NO offer us a better understanding of the Hg^0 oxidation mechanism under NH_3-SCR conditions.

P촉매금-72

Strategies for Enhancing Ammonia Oxidation Reaction with based Electrocatalysts

장지희, 김지혜[1], 장윤정*
한양대; [1]오크리지국립연구소
(yjang53@hanyang.ac.kr*)

Ammonia (NH_3) has gained significant attention as a high energy density fuel and hydrogen carrier for sustainable energy applications, particularly in hydrogen carriers for NH_3 electrolyzers and direct NH_3 fuell cells. The ammonia oxidation reaction (AOR, $2NH_3+6OH^-$ à $N_2+H_2O+6e^-$) plays key roles in both systems, significantly influencing overall systems. However, the sluggish kinetics and high overpotentials of AOR are major challenges for practical applications. In this study, we propose amorphous NiCu-based catalysts via a facile precipitation method and investigated AOR performance. The incorporation of Cu was found to influence the electronic properties of catalyst, thereby enhancing AOR performance through improved reaction kinetics. In this presentation, we elucidate the strategies for NiCu-based catalysts and discuss their effects on AOR performance.

P촉매금-73

Intermetallic PtBi for Enhanced Electro-oxidation of Glycerol to Dihydroxyacetone

김나윤, 장윤정*
한양대
(yjang53@hanyang.ac.kr*)

Electrochemical glycerol oxidation provides a promising route to prepare value-added chemicals such as dihydroxyacetone (DHA). However, achieving high DHA selectivity and maintaining stable performance over extended periods in acid media remain significant challenges. Here, we proposed the application of intermetallic PtBi catalysts for electrochemical glycerol oxidation. Ordered atomic catalysts can alleviate atomic leaching due to their stable atomic arrangement and demonstrate enhanced selectivity through changes in electronic structure. In this presentation, we discuss the synthesis methods of intermetallic PtBi catalysts and their effects.

P촉매금-74

Bimetallic Fe-Cu-NH_2 BDC Metal-Organic Framework for efficient degradation of Congo red and Methyl orange

Nnyigide Chibuzo Sunday, 정성욱*
부산대
(sungwook.chung@pusan.ac.kr*)

We report the synthesis of a bimetallic Fe-Cu metal-organic framework (MOF) based on 2-aminoterephthalic acid (NH_2 BDC) via a solvothermal method. The MOF was characterized, and its catalytic efficiency in degrading azo dyes, Congo red and methyl orange, was investigated and compared with its monometallic counterparts, NH_2 BDC-Fe and NH_2 BDC-Cu. The Fe-Cu-NH_2 BDC MOF demonstrated superior catalytic performance, highlighting the synergistic interaction between iron and copper within the framework. The catalyst was reused up to five times with minimal loss in catalytic performance, and post-reaction characterization showed slight structural changes, indicating good stability and reusability. Furthermore, experimental findings revealed that electronic states and particle size play crucial roles in the catalytic mechanism. These results highlight Fe-Cu-NH_2 BDC MOF as a promising candidate for environmental remediation applications.

P촉매금-75

ZSM-5 제올라이트 촉매를 사용한 노말-도데칸의 크래킹 촉매 반응에 관한 인산 및 실리카/알루미나 비의 영향

Temur Khujamuratov, 안준혁, 박한영, 김태완, 이수언, 정광은,
김철웅*
한국화학연구원
(cukim@krict.re.kr*)

The effect of the phosphorous content and Si/Al_2 ratio (SAR) of ZSM-5 on light olefin yield was studied in steam catalytic cracking (SCC) and direct catalytic cracking (DCC) of n-dodecane (n-C12) using in a fixed bed reactor. The ZSM-5 (SAR=30) showed the highest light olefin yield in the SCC reaction in the SAR 23-280 range. In addition, various amounts of P were loaded to the ZSM-5 to improve olefin selectivity, yield, and reaction stability. From the catalytic tests for these samples, P-ZSM-5 (SAR=30, 1.5 wt% P) exhibited 77.9% and 78.7% light olefin yield and selectivity up to 6 hours without any deactivation. This optimized catalyst was used to manufacture an extrudate-type molded catalyst with a binder, for potential industrial application over bench-scale, while maintaining a catalytic performance comparable to that of the powder catalyst.

P촉매금-76

A Study of Scheelite Structure as Oxygen Carrier for Chemical looping Oxidative Dehydrogenation

박상준, 백승훈, 김향동, 손정민*
전북대
(jmsohn@chonbuk.ac.kr*)

Chemical Looping Oxidative Dehydrogenation (CL-ODH) has been extensively studied as a promising technology for energy-efficient ethylene production. Among various oxygen carrier materials, vanadium-based oxides have demonstrated excellent redox properties and catalytic activity in ODH reactions. However, challenges such as structural stability and oxygen mobility optimization remain critical for enhancing their long-term performance. In this study, YVO_4 with a Scheelite structure was synthesized and evaluated as an oxygen carrier for the CL-ODH process. The incorporation of yttrium is expected to enhance the stability of the vanadate phase while simultaneously improving oxygen mobility through lattice structure modifications. By elucidating the structural relationship between vanadium and yttrium, this study aims to contribute to a wide understanding of oxyen carriers in chemical looping processes.

P촉매금-77

균일한 코발트 나노입자가 지지된 제올라이트 베타 나노스펀지를 이용한 가솔린 범위 가지형 탄화수소의 고수율 피셔-트롭쉬 합성

김진태, 김정철[1], 조강희*
인하대; [1]국립한밭대
(chokanghee@inha.ac.kr*)

이 연구에서는 제올라이트 구조 방향성 계면활성제를 이용해 제올라이트 베타 나노스펀지를 합성하였으며, 이는 약 4 nm의 균일한 메조기공을 갖는 얇은 골격 구조로 구성된다. 합성 젤에서 트리메틸벤젠 첨가량을 증가시킴에 따라 메조기공 크기가 체계적으로 12 nm까지 확장되었다. 이를 피셔-트롭쉬(FT) 합성을 위한 코발트 촉매 지지체로 활용한 결과, 메조기공 크기에 따라 코발트 나노입자 크기가 정밀하게 조절되었으며, 10 nm에서 최적의 CO 전환율과 높은 C5-C11 탄화수소 선택성이 확인되었다. 특히, 짧은 확산 경로와 약한 산성 자리는 탄화수소의 이성체화 과정에서 수소 분해를 감소시켜 가지형 탄화수소의 선택성을 향상시켰다. 따라서, 우리는 제올라이트 베타 나노스펀지가 옥탄가(RON)를 지닌 지속 가능한 연료 생산을 위한 유망한 촉매임을 시사하고자 한다.이 연구는 한국 정부(산업통상자원부)에서 지원하는 한국에너지기술평가원(KETEP)의 보조금을 지원받아 진행된 염구임.

P촉매금-78

e-Fuel 생성을 위한 피셔-트롭쉬/크래킹 다단 반응 연구

조예림, 김성은, 조진녕, 김다연, 이동현[1], 김학주*
한국에너지기술연구원; [1]성균관대
(hakjukim@kier.re.kr*)

To mitigate greenhouse gas emissions, replacing fossil fuels with e-fuels is essential. Globally, regulations on aviation fuel are becoming increasingly stringent. The European Union (EU) has mandated a 2% blend of sustainable aviation fuel (SAF) starting in 2025, with a target of 70% by 2050. Fischer-Tropsch synthesis (FTS), a key method for producing aviation fuel, enables the production of liquid hydrocarbon fuels such as gasoline (C_5-C_{11}), SAF (C_8-C_{16}), and diesel (C_9-C_{20}) from syngas (a mixture of CO and H_2). In this study, an iron-based catalyst and zeolites were employed in both a packed bed reactor (PBR) and a continuous stirred-tank reactor (CSTR). Product analysis was carried out using both in-line and off-line gas chromatography (GC). The FTS process exhibited 1,000 hours of operational stability with high conversion efficiency. Subsequently, a cracking process was conducted to adjust the carbon number distribution.

P촉매금-79

플루오린 도핑된 $SrFeO_{3-\delta}$에서 전기촉매적 요소 합성 향상을 위한 Sr 공공의 역할

임태진, 김경학*
한양대
(chemekim@hanyang.ac.kr*)

Electrocatalytic urea synthesis is a sustainable alternative to the energy-intensive Bosch-Meiser process (100-300 bar, >400 ℃). $SrFeO_{3-\delta}$ (SF) has shown promise as an electrocatalyst in various fields. However, CO_2-induced structural deformation reduces its catalytic activity, limiting its application in urea synthesis. In this study, we present an approach to improve catalytic activity for urea synthesis through an A-site cation (Sr) defect in fluorine-doped SF (A-SFF) since the Sr vacancy modulates the electronic structure, while fluorine could improve the structural stability of SF. Our DFT calculations revealed that Sr vacancy formation at SFF (A-SFF) results in a more favorable reaction energy profile for urea synthesis than SFF. Furthermore, we also confirmed that the Sr vacancy modulates the d-band center and charge transfer based on electronic structure analysis, thereby optimizing interactions between reaction intermediates and catalytic surface for urea synthesis.

P촉매금-80

올레핀 메타테시스용 W-Mo 이중금속 촉매의 재생에 지지체가 미치는 영향

박예빈, 김소연, 변유빈, 백준현*
숙명여자대
(joonhyun@sookmyung.ac.kr*)

Propylene is a fast-growing raw material in the petrochemical industry, primarily used for polypropylene production and various chemical intermediates. With global demand rising, traditional production methods like naphtha steam cracking (NCC) and fluid catalytic cracking (FCC) are insufficient, leading to the adoption of on-purpose production methods such as PDH, MTP, and olefin metathesis. Among these, olefin metathesis is gaining attention for its selectivity, cost-efficiency, and ability to convert light olefins into high-value products.This study aims to compare the reaction activity of W-Mo bimetallic catalysts with different silica-based supports for application in an integrated isomerization-metathesis system using 1-butene and ethylene as reactants and to optimize catalyst regeneration to address deactivation during long-term reactions. The findings of this study are expected to enhance the economic viability of the olefin metathesis process and contribute to the development of more efficient and sustainable technologies for the petrochemical industry.

P촉매금-81

염기성 제올라이트를 이용한 에틸렌 내 미량 아세틸렌 제거를 위한 효율적인 흡착제

임세연, 하예지, 최민기*
한국과학기술원
(mkchoi@kaist.ac.kr*)

Adsorptive separation of acetylene (C2H2) from ethylene (C2H4) using porous materials has emerged as an energy-efficient process for obtaining polymer-grade C2H4. Numerous microporous organometallic and organic materials have recently been developed to selectively adsorb C2H2 over C2H4. In contrast, zeolites, widely used commercial adsorbents due to their stability and synthesis scalability, have rarely been explored for C2H2/C2H4 separation. In this study, we synthesized faujasite (FAU) zeolite adsorbents with different basic properties by controlling Si/Al ratios, charge-balancing cations (Na+ and K+), and the amount of excess alkali oxides and examined their performance in the C2H2/C2H4 separation. The results demonstrate that zeolites with higher basicity (or with more negatively charged O atoms) exhibit a stronger interaction with C2H2 through Cδ−−Hδ+···Oδ− Lewis acid–base interactions. Meanwhile, larger K+ extra framework cations located in more accessible supercages provide additional interactions with the abundant π-electrons of C2H2. Therefore, the KX zeolite supported with 3 wt % K2O clusters within its micropore (3K2O/KX) exhibited a high IAST C2H2/C2H4 selectivity of 20.2 as well as a remarkable dynamic selectivity of 121.8 at 298 K and 1 bar for a 1/99 (v/v) C2H2/C2H4 mixture. The adsorbent enabled the efficient production of high-purity C2H4 (>99.9995%) from a mixture of C2H2/C2H4 (1/99)

P촉매금-82

일산화탄소 흡착을 위한 구리(I)기반 흡착제 합성과 C-N 커플링 촉매로서의 활용

배대영, 조강희*
인하대
(chokanghee@inha.ac.kr*)

최근 CO2 포집 및 재활용 기술의 일환으로 일산화탄소를 전환하는 반응들(Fischer-Tropsch, methanol synthesis 등)이 주목받고 있다. 이를 위해 주로 산업 시설에서 배출되는 일산화탄소를 선택적으로 포집하는 기술이 필요하다. 지금까지는 귀금속염 용액을 활용한 흡수법이 가장 많이 활용되었지만, 에너지 및 비용 절감을 이유로 흡착법에 관심이 더해지고 있다. 우리 연구실에서는 오랫동안 일산화탄소 흡착제를 개발했으며 일산화탄소에 대해 높은 친화도를 보이는 CuCl을 다공성 소재에 분산시켜 활용했다. 특히, methyl cellulose를 넣어준 후 탄화시켜 공기 중 안정성을 높이는 연구를 많이 진행하였고 결과적으로 오랫동안 높은 산화 안정성을 보이는 것을 확인했다. 나아가, 우리는 이 일산화탄소 흡착제를 흡착 분리 공정 용도뿐만 아니라 촉매로써 교차 커플링 반응에 활용하여 유용한 아릴아민들을 합성하는 데에 응용하고자 한다.

P촉매금-83

Enhanced Acid Site Accessibility for Efficient Catalytic Cracking of Bulky Molecules by Hierarchical ZSM-5 zeolite

최동섭, 주지봉*
건국대
(jbjoo@konkuk.ac.kr*)

ZSM-5 zeolite is added as a catalyst additive in the residue fluid catalytic cracking (RFCC) process to enhance the yield of light olefins such as propylene. While ZSM-5 zeolite possesses micropores with sizes ranging from 0.54 to 0.56 nm, hierarchical zeolites with mesoporous channels within their crystalline framework mitigate diffusion limitations inside the crystals, thereby improving the accessibility of bulky molecules. Consequently, hierarchical zeolites have been proven effective in various catalytic reactions. In this study, hierarchical ZSM-5 zeolite was synthesized by extracting framework Si through desilication. The synthesized hierarchical ZSM-5 zeolite was characterized in terms of textural and structural properties as well as acidic sites. Furthermore, its catalytic cracking performance, influenced by the accessibility of acidic sites, was evaluated using a fixed-bed micro activity test unit.

P촉매금-84

플라스틱 화학적 재활용을 위한 하이드로탈염 반응에서 루이스 산성 알루미나와 Pt 간의 촉매적 시너지 효과

이경진, 석진, 최민기*
한국과학기술원
(mkchoi@kaist.ac.kr*)

Pyrolysis-based plastic chemical recycling has gained industrial attention for its ability to eliminate complex plastic sorting. However, plastic pyrolysis oil contains chlorinated compounds from polyvinyl chloride decomposition, leading to reactor corrosion and catalyst deactivation. While hydrotreating has been widely studied for S, N, and O removal, research on Cl removal remains limited. Here, we investigate hydrodechlorination over Pt catalysts on various supports using 1,2-dichloroethane as a model reactant. Our results demonstrate that Pt on Pt/γ-Al_2O_3 exhibits superior catalytic activity due to a bifunctional mechanism, where Lewis acidic five-coordinated Al sites activate C-Cl bonds, and Pt facilitates H_2 activation and spillover. This synergy enables efficient Cl removal (96.8%) with minimal Pt usage (<0.1 wt %) and high stability when treating waste plastic pyrolysis oil containing 7,500 ppm Cl. The findings highlight the potential of Pt/γ-Al_2O_3 as a highly effective and stable catalyst for hydrodechlorination in plastic chemical recycling.

P촉매금-85

Influence of active metal for hydrogen production via catalytic methane pyrolysis

김영우, 윤용주*
포항공과대
(yjyun@postech.ac.kr*)

Turquoise hydrogen is a technology for producing hydrogen with no carbon emissions, which is being investigated as a way to achieve carbon neutrality. Improving the quality of solid carbon makes it a valuable material. In this study, the performance of Co/Al_2O_3, Ni/Al_2O_3, and Fe/Al_2O_3 catalysts, which are representative active metals for methane pyrolysis, was compared. The catalytic activity analysis confirmed the order of activity as Ni > Co > Fe. The structure and morphology of the solid carbon formed during the catalytic reaction were analyzed using XRD, Raman spectroscopy, and TGA. The analysis revealed that the amount of defects in the carbon followed the order Co > Ni > Fe. Furthermore, CNTs were partially observed in Ni/Al_2O_3 and Fe/Al_2O_3 catalysts. These findings provide a basis for designing catalysts that achieve high hydrogen production rates while producing high quality carbon materials.

P촉매금-86

SCS 방법으로 합성한 Ni/Al 촉매 코팅 알루미나 비드를 이용한 메탄 열분해 반응 연구

이윤선, 박혜원, 이수홍, 임지선*
한국화학연구원
(jsim@krict.re.kr*)

메탄 열분해(Methane Pyrolysis)는 수소 생산과 탄소 나노물질 형성이 동시에 이루어지는 반응으로, 청록 수소(Turquoise Hydrogen) 생산 공정에서 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 용액 연소 합성(Solution Combustion Synthesis, SCS) 방법을 이용하여 Ni/Al 촉매를 제조하고, 이를 알루미나 비드 표면에 균일하게 코팅하여 메탄 열분해 반응에서의 성능을 평가하였다.SCS 합성법을 활용하면 Ni 금속 입자가 균일하게 분산되고, 알루미나 지지체와 강하게 결합하여 촉매 안정성이 향상된다. 실험 결과, SCS 합성 촉매를 적용한 알루미나 비드는 높은 메탄 전환율을 유지하면서도 탄소 생성이 원활하게 진행되었으며, 촉매 비활성화 속도가 기존 촉매보다 완만하게 나타났다. 또한, Ni 함량과 알루미나의 비표면적이 촉매 성능에 미치는 영향을 분석하여 최적의 코팅 조건을 도출하였다. 본 연구 결과는 고효율 촉매 개발을 통한 지속 가능한 수소 생산 및 탄소 나노물질 응용 가능성을 제시한다.

P촉매금-87

메탄 건식 개질 반응을 위한 $NiCo/Al_2O_3$ 촉매의 활성 금속 로딩 최적화

권예지, 김동현, 이규복*
충남대
(kkubok@gmail.com*)

메탄 건식 개질은 CH_4 와 CO_2 를 활용하여 고부가가치 합성가스를 생산하는 반응으로, 온실가스 저감에 기여할 수 있다. 그러나 탄소 침적 및 금속 소결로 인해 비활성화되는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 기존 전통적인 촉매 합성법보다 강한 금속-지지체 상호작용을 유도하는 것으로 알려진 용출(exsolution)법이 주목받고 있다. 용출법은 환원 과정에서 산화물 지지체 격자 내부의 금속이온이 나노입자로 성장하도록 유도하는 기술로, 촉매의 안정성과 활성점 분산을 향상시키는 효과가 있다. 본 연구에서는 용출법을 통해 합성된 촉매의 특성이 촉매 활성과 안정성에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. 이를 위해, 니켈·코발트를 활성 금속으로 하는 알루미나 기반 촉매를 용출법 및 함침법의 단독·조합 방식으로 합성하였고, 촉매의 구조적 특성과 성능의 상관관계를 분석하였다. 특히, 촉매성능에 영향을 미치는 활성금속의 크기 및 분포, 합금화 정도, 금속-지지체 결합 강도 등을 정밀하게 평가하였다.

P촉매금-88

Investigation of Pt, Ru, and Pd Catalysts Supported on Alumina Synthesized by Spray Pyrolysis for MBT Hydrogenation

Pham Minh Toan, 김현중[1], 한정훈, 한종희[1], 김진수*
경희대; [1]한국에너지공과대
(kim21@khu.ac.kr*)

Hydrogenation is a crucial process in hydrogen storage using liquid organic hydrogen carriers (LOHCs). However, the effectiveness of catalysts in this reaction largely depends on the properties of different noble metals and support materials, which lack a detailed comparison. In this study, γ-Al_2O_3 was synthesized via an advanced spray pyrolysis technique, which is a continuous process suitable for large-scale production. Noble metals (M = Pt, Ru, and Pd) were then deposited onto the γ-Al_2O_3 support through a simple $NaBH_4$ reduction method, resulting in the uniform distribution of small nanoparticles. The synthesized catalysts show a high surface area and enhanced metal-support interactions. Among the synthesized catalysts, Pt/γ-Al_2O_3 and Ru/γ-Al_2O_3 demonstrate enhanced hydrogen adsorption with the detected hydrogen spillover effects. The activity of these M/γ-Al_2O_3 catalysts was evaluated for the hydrogenation of monobenzyl toluene (MBT), with Ru/γ-Al_2O_3 exhibiting the highest activity and stability, and higher than the commercial catalyst. This study provides a promising approach to improving catalytic efficiency for LOHC hydrogenation.

P촉매금-89

Enhanced catalytic stability of SiO_2-encapsulated NiCo-CeO_2 nanoparticles for dry reforming of methane

권재현, 배종욱*
성균관대
(finejw@skku.edu*)

For dry reforming of methane with CO_2 (DRM), Ni-based catalysts have been extensively explored to reduce coke deposition and to improve thermal stability by preventing sintering of Ni nanoparticles into less active aggregates at high reaction temperatures. To address the sintering problems, Ni-based nanoparticles were dispersed and encapsulated within silica overlayer shells, thereby inhibiting thermal aggregation of Ni nanoparticles. Moreover, oxophilic cobalt and cerium oxide promoters containing oxygen vacancies were incorporated inside the shell to facilitate the oxidation of carbon species during the DRM reaction. In the present study, an NCC@Si catalyst with an optimized Co ratio demonstrated improved reactivity and long-term stability.

P촉매금-90

High Catalytic Performance of Beta Zeolite Nanosponge in Tributyrin Transesterification for Biofuel Applications

김정철*, 조강희[1]
국립한밭대; [1]인하대
(jeongchul@hanbat.ac.kr*)

Zeolite beta nanosponge (Beta-NS) was evaluated as a catalytic material for the transesterification of tributyrin, a model reaction to produce biofuel precursors from waste fats and oils. Beta-NS features ultrathin (~2.5 nm) crystalline frameworks with strongly acidic sites on mesopore surfaces, achieving a 13.5-fold higher activity than conventional bulk beta zeolite. This enhanced performance arises from faster diffusion of bulky molecules and greater accessibility of Brønsted acid sites, surpassing even mesoporous aluminosilicate (MCM-41). Beta-NS also maintained its crystallinity and catalytic properties over multiple cycles, reflecting its robust stability. These findings highlight Beta-NS as a promising catalyst for effective pre-treatment of triglyceride-based feedstocks toward sustainable biofuel production.

P촉매금-91

Mn-Cu 오존 분해촉매 제조 및 촉매 재생에 관한 연구

권민석, 권병찬, 김민규, 박노국*, 강도형[1], 공종선[2], 공성욱[2]
영남대; [1]서울과학기술대; [2]인우에코
(nokukpark@ynu.ac.kr*)

본 연구에서는 $KMnO_4$ 산화법을 이용하여 Mn-Cu 기반 오존 분해 촉매를 합성하고, 압출, Oil Dropping, Wet Granulation 등 다양한 성형 기법을 적용하여 촉매를 제작한 후, 오존 분해 실험을 수행하여 가장 적절한 성형 방법을 탐색하였다. 성형된 촉매는 일정 수준 이상의 오존 분해 활성을 나타냈지만, 반응이 진행됨에 따라 촉매 표면에 흡착산소가 축적되면서 활성점이 차단되는 현상이 관찰되었고, 이로 인해 촉매 성능이 점진적으로 저하되었다. 이에 따라, 촉매 성능 저하를 개선하고 재생 가능성을 평가하기 위해 반응 메커니즘의 속도 결정 단계를 분석하였으며, 소성(calcinaton)을 이용한 열처리 방법을 적용하였다. XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy) 분석을 통해 오존 분해 과정에서 촉매 표면의 흡착산소 축적을 확인하였으며, 열처리 후 촉매 표면에서 흡착산소가 감소하는 경향을 보였다. 또한, 다양한 조건에서 촉매 재생 실험을 수행하여 최적의 재생 조건을 도출하였다. 본 연구는 Mn-Cu 기반 오존 분해 촉매의 성능 저하 원인을 규명하고, 효과적인 재생 전략을 제시함으로써 촉매의 실용적 활용 가능성을 높이는 데 기여할 것으로 기대된다.

P촉매금-92

Cu-Zn-Al계 메탄올 합성 촉매의 대량 제조 및 Mg 첨가에 따른 특성 변화

권병찬, 장정규, 차원락, 박노국*, 이승우, 김병기[1], 배종욱[1]
영남대; [1]성균관대
(nokukpark@ynu.ac.kr*)

탄소배출을 감축하기 위한 에너지 전환기술의 일환으로 CO2를 활용한 고부가가치의 화합물 생산기술에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히 온실가스인 CO2를 직접 수소화 반응으로 메탄올을 생산하는 기술은 온실가스 감축과 함께 생성된 메탄올을 이용하여 자동차 연료, 연료전지, 선박연료, 항공 연료 등의 많은 분야로의 적용이 가능하다. 이에 본 연구에서는 CO2의 수소화 반응을 통한 메탄올 합성 촉매를 개발함에 있어 기존 Cu-Zn-Al계 촉매의 Mg 첨가로 인한 CO2 전화율, 메탄올 선택도 향상과 함께 부반응에 의한 DME의 억제 효과를 조사하였다. Mg 첨가량을 변화시켜 Cu-Zn-Mg-Al계 촉매를 제조하여 촉매의 표면 상태를 확인하고자 여러 분석을 진행하였으며, 반응 활성 테스트 결과 특정 제조 조건에서 가장 높은 메탄올 합성 성능을 확인하였다. 또한 메탄올 합성 반응 중 탈수반응에 의한 DME의 생성은 확인되지 않았다.

P촉매금-93

메탈 건식 개질 반응에서 Ni 함량과 카본 코킹의 상관성

장정규, 권병찬, 박노국*, 김민규, 강도형[1]
영남대; [1]서울과학기술대
(nokukpark@ynu.ac.kr*)

메탄 건식 개질은 6대 온실 가스들 중 하나인 CO2와 CH4를 촉매를 통한 고온 반응을 시켜 합성 가스를 생산하는 기술이다. 메탄 건식 개질은 많은 종류의 촉매를 사용하지만 본 연구에서는 Ni 촉매를 사용하여 개질 반응을 진행하였다. 이전 연구에서는 Ni 촉매가 가진 본질적인 문제인 카본 침적을 해결하기 위해 Mg를 첨가하였다. Mg는 메탄 개질 반응에서 카본 침적을 억제하는 효과가 있다고 보고되었다. 하지만 Mg의 역할을 확인하기에는 어려움이 있었다. 그래서 본 연구에서는 Ni과 Al을 공침한 촉매를 제조하여 DRM 반응 실험을 진행하였다. 이번 연구의 목적은 Ni 함량에 따른 카본 침적의 경향의 확인 및 Mg의 카본 침적 억제를 보기 위한 최적의 Ni 함량을 찾는 것이다. 반응은 800℃에서 6시간 진행하였으며, CH4/CO2 ratio는 1로 하였다. 그 후, 카본 침적을 확인하기 위해 TGA와 SEM, XRD 분석을 진행하였다.

P촉매금-94

녹색 수소 생산을 위한 산소 발생 반응 전극용 비귀금속 촉매 지지체

아메드 파티 모스타파 가넴, Mohammad R. Thalji, Mohamed Fouli Mostafa, 박진호*
한국에너지공과대
(chpark@kentech.ac.kr*)

Zeolites and carbon-based materials display unique properties. Therefore, these materials are deemed promising candidates for OER in water water-splitting process. Attention is paid to use them as catalyst supports for non-precious metal catalysts. This study aims at the synthesis of zeolite and carbon-based materials from a naturally available precursor using a simple treatment method. The obtained products were loaded with non-precious transition metals. The modified nickel foam electrodes, incorporating these catalysts, were electrochemically evaluated for their oxygen evolution reaction performance. The produced substances were physically investigated using several characterization techniques. Our findings highlight the potential of zeolite-based and carbon-based materials as high-performance and low-cost OER catalysts paving the way for aa next generation of electrocatalysts.

P촉매금-95

Carbon coated catalysts for efficient electrochemical NO reduction to valuable ammonia in a flow cell system

박소민, Siranuysh Badalyan, 이규복*
충남대
(kkubok@gmail.com*)

With the growth of the hydrogen economy, NH_3 has emerged as a promising H_2 carrier. Electrochemical nitrogen oxide reduction reaction (NORR) offers a potential approach to remove hazardous NO under ambient conditions while simultaneously producing valuable NH_3 when powered by renewable energy.A key challenge in NORR is the formation of N_2 and N_2O byproducts, along with competition from the H_2 evolution reaction (HER), affecting NH_3 selectivity. To address this challenge, we have developed a solid-state catalyst based on carbon coated Iron. The catalyst contains Fe active sites, which have been previously reported as catalytically active for NORR.The catalyst's electrochemical performance was evaluated in a flow cell system to assess activity, selectivity, and stability. This study advances efficient and selective catalysts for electrochemical NO reduction to NH_3 under ambient conditions.

P촉매금-96

강하게 지지된 백금 클러스터의 원자 수준 조절을 통한 액상 유기 수소 운반체의 수소 생산 반응

송찬경, 정준혁, 박정원*
서울대
(jungwonpark@snu.ac.kr*)

본 연구에서는 지지체와 강하게 결합하는 Pt 나노클러스터 촉매를 합성하였으며 Pt 구조를 원자개수 수준에서 정밀하게 조절하여, 액상 유기 수소 운반체에서의 수소 생산 반응에 경제적으로 활용하고자 하였다. 개발된 합성법을 통해 Pt와 Al_2O_3 간의 상호작용을 극대화하여 균일한 크기의 1 nm 수준 Pt 나노클러스터를 형성하였다. 또한, 합성 조건에 따라 선택적으로 Pt 나노클러스터를 구성하는 원자의 개수를 조절할 수 있음을 확인하였다. Pt 나노클러스터의 고도 분석을 통해 2~3개 원자층으로 구성된 평평한 구조를 가지며, Pt와 Al_2O_3 간의 강한 상호작용이 존재함을 직접 관찰하였다. Pt 나노클러스터 촉매를 이용한 수소 생산 반응에서 Pt-Al_2O_3 간의 강한 상호작용을 통해 형성된 Pt 나노클러스터를 활용할 경우, 활성이 극대화되어 귀금속 사용량을 10배 이상 감소시키면서도 높은 내구성을 유지할 수 있음을 입증하였다.

P촉매금-97

전기증착된 단일 원자와 코발트-철 이중층 수산화물의 결합을 통한 향상된 산소 발생 반응

김재현, 박정원*
서울대
(jungwonpark@snu.ac.kr*)

To address the global energy crisis, hydrogen production from electrochemical water electrolysis is one of the most promising strategies for obtaining a sustainable and eco-friendly energy source without emitting carbon dioxide. Therefore, developing active and durable electrocatalysts with abundant elements or ultralow noble metal usage is urgent for industrial hydrogen production. In this research, we atomically dispersed Ir and Ru metal atom on the iron-cobalt layered double hydroxide (FeCo-LDH) with unsaturated coordination sites using facile two-step electrodeposition. Ir and Ru single-atoms facilitate the electron transfer of FeCo-LDH by balancing the adsorption and desorption behavior of the intermediates for the four-electron transfer process of OER. First-principle calculations revealed that the energy barrier of deprotonation intermediate step from *OH to *O was dramatically lowered in FeCo-LDH with Ir and Ru single-atom compared to pristine FeCo-LDH and metal oxides.

P촉매금-98

이온 치환에 따른 Hydroxyapatite의 원자 구조 변화 및 Strain 분석

정준혁, 박정원*
서울대
(jungwonpark@snu.ac.kr*)

Hydroxyapatite (HAP) is widely used in biomedicine, catalysis, and energy storage, with its high ion exchangeability crucial for tuning physicochemical properties. Among various substitutions, Ca^{2+} replacement with Na^{+} significantly impacts acid-base properties and catalytic performance. However, atomic-scale structural changes induced by Na incorporation remain unclear due to HAP's beam sensitivity, which limits high-resolution transmission electron microscopy (HR-TEM) analysis. Here, we visualize Na-induced structural modifications in HAP using low-dose HR-TEM with a direct electron detector, minimizing beam damage. Our findings reveal a disordered surface layer in Na-substituted HAP, caused by charge imbalance and ionic size mismatch. Geometric phase analysis (GPA) strain mapping further identifies localized strain defects, corroborated by Raman spectroscopy, which shows a systematic increase in full-width at half maximum (FWHM) of the P-O vibration mode. These insights into Na-induced structural changes in HAP are critical for optimizing its catalytic and biomedical applications.

P촉매금-99

고분산 CeO_2와 수열 변성이 가능한 Al_2O_3 지지체가 Ni/Al_2O_3 촉매의 DRM 성능 및 안정성에 미치는 영향

서현명, 이재경*
부경대
(leejk46@pknu.ac.kr*)

The effects of CeO_2 addition (10 wt%) as a promoter on the catalytic performances of Ni catalysts supported on hydrothermally versatile amorphous Al_2O_3 were studied in the dry reforming of methane (DRM). $Ni/CeO_2-Al_2O_3$ catalyst was prepared with sequential impregnation and co-impregnation methods using metal nitrate precursors to explore the effect of preparation method on crystallite size of CeO_2. Additionally, we investigated the influence of the support via hydrothermally variable amorphous Al_2O_3 and thermally stable commercial γ-Al_2O_3. The synthesized materials were characterized by XRD, H_2-TPR, and CO_2-TPD analysis. Catalytic performance have been explored at 650 ℃ for 24 h. The results showed that co-impregnation method and hydrothermally versatile Al_2O_3 significantly enhanced the dispersion of CeO_2 and strengthened the interaction between Ni and Al_2O_3, leading to improved stability in the DRM performance.

O안전목-2

ABAC 기법을 적용한 하수처리장 지능화 시스템 적용 및 AI 최적화 방안

허재성*
(주)유티이씨
(jshuh@utec.kr*)

지난 2021년 환경부는 에너지 절감에 따른 온실가스 감축과 처리장 운영 업무의 정확성 향상 및 방류 수질 안정성 증대와 새로운 처리 기술 개발의 토대 마련을 위해 하수처리장 지능화 시범사업을 추진하여 2024년 완료하였다. 하수처리장 운영 시 전체 전력비의 30~40%를 차지하는 송풍기의 지능화 운전을 중심으로 실제 사례에 대한 전력 절감률을 분석하였다. 유입 부하 변동에 따른 적정 공기 주입량 분석을 통한 NH4+ 관리기준 설정을 위해, 생물 반응조의 DO 및 온도 기준으로 질산화를 고려한 최소 SRT를 산정하도록 지능화 로직을 구성하고, 설정된 NH4+ 기준에 따라 송풍량을 제어하였다. 본 연구에서는 지능화 로직에 의한 송풍기 제어 시, 운영자의 경험에 의존하여 유출 관리목표 NH4+, 상·하한 DO, 제어 간격 등을 설정하는 한계를 극복하고자, 여러 센서값 간의 상호관계 학습이 가능한 Transformer model의 Self-attention을 적용하는 방안을 제시하였다.

O안전목-3

PSO를 이용한 액화수소 공정배치 최적화에 대한 연구

이창준*
국립부경대
(changjunlee@pknu.ac.kr*)

When constructing the liquefied hydrogen process, construction costs, operating costs and maintenance lines, and expected production capacity must all be considered. In the case of the liquefied hydrogen process, construction costs are higher than those of petrochemical plants using carbon steel because facilities and pipes must use stainless steel that can withstand cryogenic temperatures. The more the site area is minimized, the pipe length can be more reduced, and the process construction cost can be further reduced. Therefore, the optimal facilities layout of the liquefied hydrogen process is really important to reduce the factory construction cost and improve the process efficiency. In this study, the PSO(Particle Swarm Optimization) technique is employed to find the optimal solutions of design variables. In order to optimize the layout of liquefied hydrogen process, the separation distance for maintenance and safe distances are considered, and the objective function for minimizing the site area and total pipe length is designed. As comparing with the existing plant, it is confirmed that this study provides more efficient tool to determine the optimal plant payout.

O안전목-4

효율적 LOPA Tool 제안

박진형*, 이창준[1]
한국요꼬가와전기; [1]부경대
(jinhyung.park@yokogawa.com*)

방호계층분석기법(Layer Of Protection Analysis, LOPA)는 위험과 운전분석기법(Hazard and Operability Study)의 각 Hazard Scenario에 대해서 Target SIL을 결정함으로써 현재안전조치(Safeguards)와 개선권고사항(Recommendations)이 충분한지 반정량적으로 검증하는 방법이다. 국내에서 가장 많이 참고되고 있는 LOPA방법은 KOSHA GUIDE P-113-2012와 환경부 장외영향평가서 작성안내서(II)가 있지만 LOPA 진행을 보다 효율적으로 진행하고 보고서를 작성하기에는 추가적인 수동작업이 필요할 정도로 아직 불편함이 있다. LOPA보고서를 MS Excel파일이나 exida LOPAx로 작성하는 경우도 많은데 이 경우는 복수의 Hazard Scenario에서 반복되는 안전계장기능(Safety Instrumented Function)을 다시 종합적으로 정리해서 최종 Target SIL을 결정해 주는 과정을 나타내는 보고서를 수동으로 추가할 수 밖에 없다. 단순히 하나의 Hazard Scenario에서 인명, 자산, 환경 등의 피해규모에 따른 Target SIL 중에서 가장 높은 것을 결정하는 방법으로는 최종적인 Target SIL을 결정하지 못하는 경우도 많기 때문이다. 이번 연구에서는 이런 불편함을 해소하고 보고서 작성에 보다 많은 시간을 절약할 수 있는 자동 Tool을 개발하고 사례연구를 통해 Tool의 성능을 증명해 보고자 한다.

O안전목-5

수소충전소의 실시간 위험예측 시스템 개발을 위한 HyRAM 알고리즘 구조 개선 및 수치해석 기법 강화

이우귀연*
한국가스안전공사 가스안전연구원
(lyullee@gmail.com*)

수소시설의 안전성 확보를 위해서는 정확한 위험 분석이 필수적이며, 이를 위해 HyRAM(Hydrogen Risk Assessment Model)이 활용되고 있다. 본 연구는 HyRAM 알고리즘의 신뢰도를 강화하고 실시간 위험 분석 기능을 개선하는 방안을 제시한다. 기존 HyRAM 모델은 수소 저장, 사용, 운송 과정에서 발생할 수 있는 폭발, 화재, 누출 등의 위험 요소를 확률 기반으로 평가한다. 그러나 현재의 HyRAM 알고리즘은 누출 빈도 결정, 화염 및 폭발 예측, 위험 시각화 등에서 한계를 가지고 있다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 첫째, 기존 알고리즘의 물리적 해석을 개선하여 수소 누출과 확산 시뮬레이션의 정확도를 높였다. 둘째, FTA(Fault Tree Analysis) 및 QRA(Quantitative Risk Assessment)를 자동화하여 위험 평가의 효율성을 향상시켰다. 셋째, 풍속 및 환경 변수를 고려한 확산 모델을 개선하여 수소가 공기 중에서 어떻게 확산되는지를 보다 정밀하게 분석하였다. 또한, 기존의 CoolProp 열역학 라이브러리를 대체할 NIST 데이터 기반 모델을 검토하여 연산 성능 및 정확도를 높이는 방안을 제안하였다. 본 연구의 개선된 HyRAM 알고리즘은 실시간 감시 시스템과의 연계를 통해 수소 시설의 위험 요소를 더욱 신속하고 정밀하게 평가할 수 있도록 설계되었다. 이를 통해 수소 시설의 안전성을 강화하고, 사고 예방 및 대응 체계를 보다 효과적으로 구축할 수 있을 것으로 기대된다.

Rule Library를 활용한 엔지니어링 설계 오류 자동검증 플랫폼 연구 2

고정훈, 양효, 정현석, 김유경, 윤형준*
(주)유티이씨
(hjyoon@utec.kr*)

플랜트 엔지니어링 CAD 설계 오류 검증은 대부분 수작업으로 이루어져 많은 시간과 비용이 소요되며, 검증자의 역량에 따라 휴먼 에러 발생 가능성이 높다. 이에 국산 기술을 활용한 CAD 설계 오류 자동 검증 시스템을 개발하여 검증 효율성을 높이고 국내 엔지니어링 산업의 경쟁력을 강화할 필요가 있다.본 연구에서는 CAD 설계 오류 자동 검증 플랫폼을 개발하였으며, 설계 규칙 변환, 규칙 저장 및 관리, 자동 검증 시스템을 핵심 기술로 적용하였다. 먼저, 텍스트 기반 설계 규칙을 기계가 해석할 수 있는(Machine-readable) 형태로 변환하는 Stencil 기술을 구현하였다. 변환된 규칙은 Rule Library에 저장되며, 필요 시 불러와 적용할 수 있다. 또한, 상용 CAD와 연동하여 Rule Library 정보를 활용해 자동 검증하고, 오류 보고서를 생성하는 기능을 포함하였다.특히, 설계 규칙 변환 및 Rule Library 기반 CAD 도면 설계 오류 자동 검증 기술은 현재 특허 출원 중이다. 본 연구에서 개발한 자동 검증 플랫폼은 복잡한 설계 규칙을 쉽게 적용할 수 있도록 하며, 검증 시간과 비용을 절감하여 설계 품질과 안전성을 높이는 데 기여할 것으로 기대된다.※ 본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원의 지원(과제번호: RS-2022-00143881)을 받아 수행되었다.

암모니아 분해 공정에서 발생하는 독성 물질 배출 저감을 위한 다중 목적 최적화 연구

임민석, 김인혜, 오정재, 박영범, 조성현*
전북대
(shcho5043@jbnu.ac.kr*)

Ammonia is an efficient hydrogen carrier, but its decomposition generates toxic by-products like ammonia wastewater, posing environmental challenges. This study optimizes process parameters to minimize toxic emissions while ensuring economic feasibility and reducing CO2 emissions.Toxic emissions are evaluated using Life Cycle Assessment (LCA), while economic feasibility and CO2 emissions are analyzed for decision-making. A multi-objective optimization framework is applied to balance sustainability and efficiency.Results identify optimal operating conditions that significantly lower toxic emissions while maintaining economic viability. This integrated approach, combining LCA-based analysis and scenario evaluation, enhances the sustainability of ammonia-based hydrogen production, offering insights for policymakers and industry.

P안전금-1

폭발물 수출입 운송을 위한 위험물 분류 체계의 국제 표준 부합화 방안

황수경, 최유성, 박채이, 류세희, 나현빈*
명지대
(hyonbin@mju.ac.kr*)

화약류와 같은 폭발물의 안전한 취급과 수출입 운송을 위해서는 명확한 분류기준과 그에 따른 명확한 안전규정이 필요하다. 현재 민간에서 생산하는 군사용 폭발물의 분류는 방위사업법에 근거하고 있으나, 국제기준과 비교할 때 세부적이지 않으며 방위산업체를 위한 명확한 지침이 부족하다. 본 연구에서는 국제기준인 UN 위험물 운송에 관한 권고(RTDG), 국제해상위험물규칙(IMDG Code), 국제민간항공기구의 기술 지침(Doc. 9284)과 미국, NATO, 영국의 군용화약류 분류기준을 분석하여 한국의 분류체계와 비교하였다. 한국의 폭발물 분류기준은 국제기준과 유사한 구조를 가지지만, 품목의 세분화 및 최신 개정 사하의 반영이 미흡하다. 미국 국방부의 DESR 6055.09 및 NATO AASTP-3와 같은 선진국 가이드라인은 방위산업체를 위한 상세한 지침을 제공하지만, 한국의 경우 방위산업체에 적용할 수 있는 공식적인 분류기준이 부족하다. 본 연구 결과를 바탕으로, 방위사업계의 트랜드를 반영하고 폭발물의 원활한 수출입 운송을 위해 위험물 분류기준의 국제 표준 부합화를 제안한다.

P안전금-2

화학적 루핑 및 볼밀링을 통한 폐기물 재자원화 공정 설계 및 지속 가능성 평가

오정재, 박영범, 김인혜, 임민석, 조성현*
전북대
(shcho5043@jbnu.ac.kr*)

산업 활동의 확대로 인해 다양한 형태의 폐기물이 지속적으로 발생하고 소각 처리하고 있으며, 지속 가능한 대안이 필요한 상황이다. 본 연구에서는 새로운 폐기물 재자원화 공정으로 볼밀링(Ball Milling, BM)과 화학적 루핑(Chemical Looping, CL) 기술을 융합한 CLBM 공정을 제안하였다. CLBM 공정은 폐기물의 가스화와 CL 공정을 활용하여 수소와 질소를 생산하고 이후 BM 공정을 활용하여 상온과 가까운 조건에서 암모니아를 합성한다. 이러한 공정을 기존 HB 공정 및 단독 BM 공정과 비교 분석하기 위해 전과정 평가(Life Cycle Assessment, LCA)와 경제성 평가를 통해 실용 가능성을 검토하였다. 연구 결과, CLBM 공정이 지속 가능하고 효율적인 대안이 될 수 있음을 확인하였다. 본 연구는 폐기물 처리의 지속 가능성을 높이고, 친환경적인 대체 공정을 개발하는 데 기여할 것으로 기대된다.

P안전금-3

한국형 천연가스 액화플랜트 위험관리 모니터링 체계 개발 및 실증 2

고정훈, 양효, 정현석, 김유경, 윤형준*
(주)유티이씨
(hjyoon@utec.kr*)

천연가스의 부피를 1/600로 줄이는 LNG 액화플랜트는 고압·초저온 환경에서 운영되므로, 공정 모니터링과 안전사고 예방이 필수적이다. 본 연구는 한국형 LNG 액화플랜트(KSMR)의 공정 모니터링 체계를 구축·실증하고, 신뢰성 확보를 위한 Historical Trend 데이터 축적을 목표로 한다.이를 위해 실시간 공정 데이터 모니터링과 설비 이상을 선제 대응할 수 있도록 상태기반 보전(CBM) 방식을 적용하였다. 주요 단위 공정, 장비, 배관, 계장 정보를 체계적으로 관리하며, 실시간 및 이력 데이터를 구분 저장하고 Trend 분석을 통해 이상 징후 감지 기능을 포함하였다.또한, 센서 네트워크 기반 데이터 수집 및 시각화 시스템을 통해 운전자의 직관적 판단을 지원하는 정보 요소를 구현하였다. 본 연구에서 개발한 공정 모니터링 체계는 KSMR LNG 액화플랜트 실증을 통해 신뢰성을 확보하고, 해외 중소형 LNG 액화플랜트 시장 진출의 핵심 기술 자료로 활용될 것이다. 이를 통해 한국형 LNG 액화플랜트의 글로벌 경쟁력 강화를 기대한다.※ 본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 AI 기반 가스·오일 플랜트 운영·유지관리 핵심기술 개발 사업(과제번호: 21ATOG-C161932-01)의 지원을 받아 수행되었다.

P안전금-4

인공지능 기반 암모니아 이중배관 안전관리 모니터링 플랫폼 연구 2

고정훈, 양효, 정현석, 김유경, 윤형준*
(주)유티이씨
(hjyoon@utec.kr*)

석탄-암모니아 혼소 발전 기술 및 암모니아 운송·저장시설 기술 개발이 정부의 신에너지 정책과 연계하여 추진되고 있으나, 암모니아 운송배관의 안전 기준이 미비하여 이에 대한 기술적 보완과 기준 마련이 필요하다.본 연구는 암모니아 이중배관의 온도, 압력, 유량, 누출 등을 실시간으로 모니터링하고, AI를 활용하여 위험성을 예측 및 대응하는 모니터링 플랫폼을 개발하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 직경 250mm 이상, 길이 90km, 운영 압력 2MPa의 운송배관에서 발생하는 압력 변화를 분석하고, 필름형 센서를 포함한 다양한 물리·화학적 센서를 활용하여 암모니아 누출 탐지 체계를 구축한 후, 이를 KGS Code에 반영할 예정이다.본 연구에서 개발하는 암모니아 이중배관 모니터링 플랫폼은 센서 데이터와 AI 기반 분석을 통해 실시간으로 배관 상태와 위험 요인을 예측하며, 이를 통해 암모니아 운송배관의 안전성을 크게 향상시키고 국내외 관련 산업의 안전성 제고에 기여할 것으로 기대된다.※ 감사의 글: 본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원(과제번호: RS-2024-00428270)을 받아 수행 중이다.

P안전금-5

제한된 데이터 큐레이션에서 안전 관련 물성 데이터의 신뢰성 향상

류범찬, 강정원*
고려대
(jwkang@korea.ac.kr*)

As the need for safer chemical processes grows, the collection of safety-related property data—such as octanol-water partition coefficient (Kow), flash point, and autoignition temperature—has expanded. However, less attention has been given to data source management or reliability analysis. Public databases and publications often lack clarity regarding data origins, and some primary sources are either inaccessible or compromised in quality due to age. To address these challenges, this study applies distinct processing for data depending on source specification, eliminates duplicates and outliers, and incorporates reasonable uncertainty assumptions to improve data reliability. The proposed approach balances computational efficiency and prediction accuracy, offering a practical solution for industrial users by enhancing property value dependability and uncertainty estimation with limited data curation.

P안전금-6

최적운전 조건 도출을 위한 암모니아 파이프라인 내 유체 유동해석 및 누출 시뮬레이션

김기찬, 김수진, 권휘웅*
순천향대
(khu3603@sch.ac.kr*)

글래스고 기후 합의 이후, 전 세계적으로 화석연료로부터 멀어지는 전환을 위해 이산화탄소 감축을 위한 신에너지 정책이 대두되고 있다. 이에 수소캐리어와 연료로서 그린암모니아가 주목받고 있다. 또한 화력 및 LNG발전소들의 암모니아 혼소 발전이 확대되고 있으며, 그 결과 발전소 인근에 대규모 그린암모니아 인수기지를 구축하고 있다. 따라서, 청정에너지 생태계 조성을 위하여 발전소와 암모니아 인수기지 간 대용량 운송수단이 요구된다. 본 연구의 목적은 암모니아의 운송수단으로서 파이프라인을 사용하였을 때, 최적운전 조건을 CFD 유동해석에 기반하여 평가하는 것이다. 본 연구는 직경 200mm 이상의 암모니아 파이프 단일 및 이중 배관에서 기체, 액체 암모니아를 유체로 하여 길이와 배관형상에 따른 유동현상 해석과 배관 내 암모니아 누출 상황에 대한 모델링 및 시뮬레이션을 진행하였으며, 이에 따른 속도 및 압력분포 등을 분석하여 최적 운전조건을 도출하였다. 본 연구는 향후 기체 및 액체 암모니아 파이프라인을 운송수단으로 사용하고자 하는 이해관계자들에게 참고자료로 활용될 것으로 사료된다.

P안전금-7

CSTR 내 반응폭주 현상 분석 및 민감도 분석을 통한 화학공정 내 안정성 평가

김영훈, 김동재*
순천향대
(dkim@sch.ac.kr*)

Continuous Stirred Tank Reactor(CSTR)은 산업계에서 널리 응용되고 있으며, CSTR 내에서 일어나는 화학 반응은 반응 물질의 농도, 온도, 압력 등에 큰 영향을 받는다. 특히 발열(exothermic)반응에서 반응기 내 온도를 일정하게 유지하지 못하는 경우 반응폭주 현상이 발생할 수 있으며, 이로 인해 폭발 사고 발생과 더불어 많은 경제적 손실로 이어질 수 있다. 따라서 반응폭주 위험성 예측 및 운전 조건에 대한 정밀한 공정제어가 필요하다. 본 연구에서는 MATLAB을 이용하여 CSTR 모델을 상미분 방정식으로 풀이하였고, 그를 통해 반응기 거동을 해석하였다. 이를 위해 Runge-Kutta method를 사용하여 해석하였다. 또한, Monte Carlo Filtering을 통한 민감도 분석을 수행하여 주요 변수를 스크리닝하였고, 해당 변수의 변화에 따른 반응폭주 현상과 전환율 결과를 분석하였다. 이를 통해, 반응폭주를 방지하면서도 전환율을 최대화할 수 있는 안정적인 공정 운전 조건을 확립할 수 있을 것으로 기대된다. 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-지역지능화혁신인재양성사업의 지원(IITP-2025-RS-2024-00436765), 60%)과 BK21 FOUR (Fostering Outstanding Universities for Research)" (No. : 5199991614564, 40%)의 재원으로 지원을 받아 수행된 연구이다.

P안전금-8

CFD 분석을 통한 고속 충방전 배터리 열 관리 향상 방안

문재원, 오세현, 백승헌, 마병철 *
전남대
(anjeon@jnu.ac.kr*)

고속 충방전 시 발생하는 발열로 인한 배터리의 성능 저하 예방을 위해 액침냉각 배터리 열 관리 시스템의 효율성이 주목받고 있다. 이 연구의 목적은 배터리 모듈이 권장 온도 범위인 15℃~35℃ 사이로 유지되도록 냉각 성능 제고 방안의 마련이다. 먼저 CFD를 활용해 유체 물성과 열전달 관계에 따른 냉각 효과를 분석한다. 그리고 제한된 크기의 배터리 모듈에서 셀 배열 각도 변화를 통해 냉각 향상 전략을 고안한다. 그 결과 동일한 전력을 소비하는 모듈 내에서 점도가 가장 낮은 냉각 유체는 가장 큰 열전달 계수를 가져 점도가 높은 유체보다 셀 최대 온도가 9.0%, 셀 간 온도차는 34.71% 감소한다. 또한 셀 배열 각도를 0°, 15°, 30°, 45°로 증가시킬수록 모듈 내 Bypass 형성이 억제되어 셀 최대 온도가 3.60%, 셀 간 온도차는 16.25% 감소한다. 이는 유체 특성과 배열 각도에 의한 액침냉각 효과를 분석하며 배터리 열관리 기술 향상에 관한 통찰력을 제공한다.

P안전금-9

스택 취급설비에서 안전성을 확보하는 방안

김재경*, 유철희
한국가스안전공사
(alslrhdwn147@naver.com*)

스택은 에너지형태를 변환시키는 장치로써 수소 생산 및 활용분야에서 필수적으로 취급해야 하는 부품이다. 스택을 핵심부품으로 취급하는 설비에는 수전해설비와 연료전지가 있다. 본 연구에서는 가상의 수전해 시스템을 설계하여, 해당 시스템에서 발생할 수 있는 사고시나리오를 도출하였다. 가스사고는 형태에 따라 단순누출, 화재, 폭발, 중독, 산소결핍 등으로 구분할 수 있는데, 본 연구에서는 사고형태를 더욱 세분화하여 분석하였다. 또한 세분화된 사고형태별로 사람 및 구조물 등에 끼칠 수 있는 피해영향범위를 산정하였다. 이때 피해영향범위의 산정은 Gexcon사의 전문 QRA(Quantitative Risk Assessment)프로그램인 EFFECTS Program을 사용하였다. 이를 통해 스택을 취급하는 설비에서 발생할 수 있는 사고와 이를 예방할 수 있는 방안 및 사고피해저감방안에 대해 도출하고자 한다. Acknowledgement : 본 연구는 산업통상자원부 신재생에너지 핵심기술개발사업 지원으로 수행되었습니다.(연구개발과제번호 : RS-2023-00234654)

초록집 색인

***( )안의 숫자는 초록집 페이지**

가성빈 P공정금-67(195)
강경수 심(에환)목-3(125)
강권호 P에환목-76(280)
강기섭 심(KGS)수-3(110)
강기혁 O촉매목-4(391)
강기혁 P촉매금-29(404)
강기혁 P촉매금-30(404)
강기혁 심(촉매)목-9(130)
강다연 P생물금-9(237)
강다은 P에환목-72(279)
강달영 P재료금-73(370)
강도형 O촉매수-12(388)
강도형 P촉매금-91(419)
강도형 P촉매금-93(420)
강동성 O에환금-8(257)
강두호 P공정금-49(191)
강두호 P재료금-73(370)
강명성 P촉매금-55(410)
강문성 O재료금-2(350)
강문성 O재료수-6(345)
강문성 P분리목-22(221)
강미소 O분리목-1(211)
강미진 심(안전)금-2(113)
강민선 P재료금-82(373)
강민정 P고분금-27(149)
강석주 O고분금-2(140)
강석주 P열역금-21(311)
강석환 O유동목-3(317)
강석환 O유동목-5(318)
강석환 P에환목-144(297)
강성구 P분리목-41(226)
강성구 P열역금-1(306)
강성구 P열역금-11(308)
강성구 P열역금-12(308)
강성봉 O에환수-21(252)
강성봉 O촉매금-15(395)
강성봉 O촉매수-15(389)
강성봉 O촉매수-19(390)
강성봉 P촉매금-23(402)
강성수 P재료금-91(375)
강성수 심(C2H)수-5(108)
강성훈 P열역금-23(311)
강승구 P공정금-111(206)
강여민 P에환목-87(283)
강영각 심(KGS)수-7(111)
강영규 P재료금-104(378)
강영수 P에환목-115(290)
강영수 P재료금-47(364)
강예지 P생물금-9(237)
강욱중 O이동목-13(328)
강유석 O분리금-2(213)
강유신 P분리목-25(222)
강유신 P에환목-68(278)
강은솔 P공정금-106(205)
강은수 O입자목-4(336)
강장훈 O에환금-6(256)
강장훈 P공정금-79(198)
강재영 P촉매금-12(399)
강재철 심(KGS)수-7(111)
강정원 O분리금-5(214)
강정원 P분리목-13(219)
강정원 P분리목-14(219)
강정원 P안전금-5(426)
강정원 P열역금-16(309)
강정원 P열역금-28(312)
강정원 P열역금-30(313)
강정원 P재료금-70(370)
강종헌 O촉매금-5(393)
강주현 O재료수-12(346)
강준혁 P분리목-7(217)
강준호 O공정수-18(168)
강지현 O에환수-21(252)
강진석 P촉매금-61(412)
강채원 P공업목-3(158)
강태욱 O생물목-6(232)
강태욱 O재료목-1(347)
강태욱 P생물금-22(240)
강태진 O유동목-3(317)
강태하 P에환목-94(285)
강태혁 O분리목-8(212)
강하은 O생물금-4(233)
강현진 P공정금-59(193)
강현진 P공정금-62(194)
강호형 P재료금-110(380)
강효 P열역금-29(313)
고나희 P생물금-12(237)
고다영 P열역금-7(307)
고동연 O분리목-4(211)
고동연 심(분리)목-3(121)
고민재 P에환목-55(275)
고상혁 P공정금-29(186)
고상혁 P공정금-30(186)
고상혁 P공정금-52(191)
고상혁 P에환목-32(269)
고서빈 P에환목-92(284)
고서빈 P에환목-93(285)
고성현 O공정금-2(171)
고성현 O에환금-6(256)
고성현 P공정금-79(198)
고세영 P생물금-37(244)
고영남 P분리목-7(217)
고영휴 O공정수-18(168)
고우진 O열역목-5(303)
고원건 심(고분)목-2(116)
고유리 P분리목-35(224)
고정훈 O안전목-6(424)
고정훈 P안전금-3(425)
고정훈 P안전금-4(425)
고창현 P촉매금-17(401)
고쿨 P에환목-147(298)
고쿨 P에환목-148(298)
고태훈 P에환목-66(278)
공다슬 O생물목-5(232)
공다슬 P생물금-8(236)
공성욱 P촉매금-91(419)
공수현 P입자금-8(340)
공유진 P재료금-45(363)
공종선 P촉매금-91(419)
공지현 P에환목-133(295)
공지현 P에환목-24(267)
공지현 P에환목-80(281)
곽민상 O에환수-14(250)
곽민상 P촉매금-8(398)
곽상규 O고분금-2(140)
곽상규 O공정금-9(173)
곽상규 O에환수-28(253)
곽상규 O열역금-6(305)
곽상규 O촉매수-18(390)
곽상규 P열역금-21(311)
곽성복 P재료금-111(380)
곽성복 P재료금-112(380)
곽세현 P에환목-5(263)
곽솔림 심(안전)금-3(113)
곽연지 P재료금-63(368)
곽영신 P에환목-9(264)
곽예지 P재료금-6(354)
곽자훈 P촉매금-28(403)
곽재원 P에환목-153(299)
곽진석 O재료목-4(347)
구기영 O촉매목-3(391)
구기휘 P재료금-97(376)
구보람 O공정수-17(168)
구보람 O이동목-7(326)
구보람 P공정금-100(203)
구보람 P공정금-80(198)
구보람 P공정금-81(199)
구보람 P공정금-82(199)
구보람 P공정금-88(200)
구수진 심(전문)금-2(135)
구자민 P생물금-12(237)
구자민 P생물금-13(238)
구자민 P생물금-14(238)
구지원 O에환수-24(252)
구현석 O공정금-20(176)
구효철 심(반도체)금-1(132)
권기현 O공정금-26(177)
권기현 O에환수-15(250)
권기훈 P에환목-88(283)
권다영 P재료금-15(356)
권민석 P촉매금-91(419)
권민주 P재료금-98(377)
권병찬 P촉매금-91(419)
권병찬 P촉매금-92(419)
권병찬 P촉매금-93(420)
권성완 P재료금-119(382)
권성준 O에환수-21(252)
권성준 P촉매금-15(400)
권성준 P촉매금-18(401)
권성현 O에환수-28(253)
권성현 O열역금-6(305)
권승돈 P촉매금-34(405)
권승돈 P촉매금-60(411)
권영광 O촉매수-6(387)
권영도 O재료목-1(347)
권예지 P촉매금-87(418)
권예진 P입자금-2(339)
권오채 O유동목-17(321)
권용우 O재료수-4(344)
권용재 O에환수-8(248)
권용재 O재료목-8(348)
권용재 P재료금-2(353)
권용재 P재료금-4(353)
권용재 P재료금-5(354)
권용재 P재료금-50(365)
권우성 O입자목-10(338)
권우성 P입자금-13(342)
권재민 P에환목-133(295)
권재민 P에환목-24(267)
권재민 P에환목-80(281)
권재현 P촉매금-89(419)
권태은 O촉매목-4(391)
권태은 P촉매금-29(404)
권태은 P촉매금-30(404)
권태은 심(촉매)목-9(130)
권혁기 P생물금-34(243)
권혁원 P공정금-48(190)
권혁진 O고분목-4(138)
권휘웅 P공정금-26(185)
권휘웅 P공정금-31(186)
권휘웅 P안전금-6(426)

김가영 P촉매금-45(408)
김가은 P에환목-79(281)
김가은 P재료금-48(364)
김가은 P촉매금-19(401)
김가현 P생물금-19(239)
김강엽 P공정금-24(184)
김강훈 P촉매금-71(414)
김건영 P공정금-75(197)
김경민 O분리금-6(214)
김경민 P고분금-33(151)
김경민 P분리목-30(223)
김경민 P분리목-31(223)
김경민 P분리목-33(224)
김경민 P분리목-54(229)
김경수 O공정금-4(172)
김경수 O공정목-2(170)
김경수 O공정수-3(164)
김경수 O재료목-2(347)
김경수 P공정금-112(206)
김경수 P공정금-96(202)
김경수 P촉매금-1(397)
김경수 P촉매금-2(397)
김경엽 P이동목-6(330)
김경중 P고분금-32(150)
김경진 P생물금-35(243)
김경진 P촉매금-8(398)
김경학 O재료수-8(345)
김경학 O촉매금-6(393)
김경학 P촉매금-79(416)
김광엽 P재료금-28(359)
김광우 O재료금-4(350)
김광욱 P촉매금-43(407)
김광현 P촉매금-28(403)
김교찬 P유동금-4(322)
김국보 O에환금-13(258)
김귀민 P재료금-7(354)
김귀민 P재료금-8(354)
김규리 O열역금-3(304)
김규태 P촉매금-62(412)
김규한 P고분금-16(146)
김규한 P고분금-17(147)
김규한 P고분금-25(149)
김근수 P에환목-153(299)
김근태 P에환목-56(275)
김기민 P이동목-8(330)
김기배 P생물금-3(235)
김기배 P생물금-4(235)
김기배 P생물금-5(236)
김기배 P생물금-6(236)
김기배 P생물금-7(236)
김기섭 P열역금-28(312)
김기섭 P재료금-70(370)
김기욱 P재료금-92(375)
김기웅 O공정금-7(173)
김기웅 P공정금-111(206)
김기준 심(안전)금-5(114)
김기찬 P공정금-26(185)
김기찬 P공정금-31(186)
김기찬 P안전금-6(426)
김기출 P분리목-7(217)
김나연 O재료금-8(351)
김나운 P분리목-52(228)
김나운 P에환목-92(284)
김나윤 P촉매금-73(415)
김나해 O공업목-2(156)
김나현 P이동목-13(332)
김나현 P이동목-15(332)
김나희 O촉매수-11(388)
김남철 P분리목-20(220)
김남철 P분리목-28(222)
김남형 O재료금-5(351)
김남훈 P재료금-119(382)
김다미 P공정금-16(182)
김다연 P촉매금-78(416)
김다인 P에환목-127(293)
김다흰 P재료금-119(382)
김다흰 P재료금-54(366)
김다흰 P재료금-59(367)
김다흰 P재료금-66(369)
김대영 O공업목-3(156)
김대영 P공업목-12(160)
김대우 O분리목-3(211)
김대우 P고분금-26(149)
김대우 P분리목-29(223)
김대우 P분리목-7(217)
김대우 P에환목-54(275)
김대우 P재료금-63(368)
김대우 심(분리)목-4(121)
김대욱 O유동목-6(318)
김대웅 O입자목-2(336)
김대웅 O입자목-9(338)
김대형 P에환목-128(293)
김대형 P에환목-142(297)
김대호 O공정금-9(173)
김도경 O공정금-21(176)
김도경 O촉매금-2(392)
김도균 P에환목-33(270)
김도영 O에환수-21(252)
김도윤 P공업목-18(162)
김도현 O촉매수-12(388)
김도현 P공정금-104(204)
김도현 P공정금-105(205)
김도현 P공정금-108(205)
김도형 O고분목-3(138)
김도형 O에환목-5(255)
김도형 P에환목-107(288)
김도환 P고분금-36(151)
김도훈 O열역금-4(304)
김도희 O에환금-9(257)
김도희 O촉매금-7(393)
김도희 P공정금-18(183)
김도희 P에환목-88(283)
김도희 P촉매금-24(402)
김도희 P촉매금-27(403)
김도희 P촉매금-41(407)
김도희 P촉매금-44(407)
김도희 P촉매금-48(408)
김도희 P촉매금-70(414)
김동건 P촉매금-12(399)
김동국 P공정금-118(208)
김동규 P공정금-113(207)
김동규 P공정금-81(199)
김동균 O고분금-10(142)
김동근 O공정금-19(176)
김동근 P공정금-55(192)
김동언 P재료금-115(381)
김동언 P재료금-116(381)
김동언 P재료금-117(381)
김동완 O공정수-7(165)
김동재 P안전금-7(426)
김동재 P열역금-20(310)
김동재 P유동금-4(322)
김동재 P유동금-5(323)
김동재 P이동목-8(330)
김동준 P재료금-124(383)
김동준 P재료금-32(360)
김동준 P재료금-67(369)
김동준 P재료금-91(375)
김동진 P열역금-18(310)
김동창 O생물금-6(234)
김동하 O생물금-4(233)
김동하 O촉매수-3(386)
김동학 P고분금-24(148)
김동학 P고분금-8(144)
김동학 P고분금-9(145)
김동혁 O촉매수-4(386)
김동혁 P생물금-35(243)
김동혁 P생물금-36(243)
김동혁 P생물금-37(244)
김동혁 P생물금-38(244)
김동혁 P생물금-39(244)
김동혁 P생물금-40(244)
김동혁 P생물금-41(245)
김동혁 P생물금-42(245)
김동현 O촉매금-12(395)
김동현 P고분금-2(143)
김동현 P촉매금-56(410)
김동현 P촉매금-87(418)
김동형 P입자금-9(341)
김동화 P고분금-8(144)
김동환 O재료목-10(349)
김동훈 O공정금-9(173)
김만수 P재료금-58(367)
김명길 O고분목-7(139)
김명준 심(반도체)금-3(132)
김명진 O에환금-23(261)
김무승 O생물금-5(234)
김무승 P생물금-26(241)
김문현 P촉매금-71(414)
김미라 P고분금-11(145)
김미르 심(촉매)목-9(130)
김미성 O분리금-1(213)
김미연 O촉매수-1(386)
김민경 O열역목-6(303)
김민경 P재료금-22(358)
김민규 O고분금-5(140)
김민규 O촉매금-14(395)
김민규 O촉매수-12(388)
김민규 O촉매수-15(389)
김민규 P고분금-11(145)
김민규 P촉매금-33(405)
김민규 P촉매금-45(408)
김민규 P촉매금-5(398)
김민규 P촉매금-91(419)
김민규 P촉매금-93(420)
김민기 심(KGS)수-8(111)
김민서 O고분금-1(139)
김민석 P분리목-22(221)
김민선 P에환목-110(289)
김민성 P분리목-39(225)
김민성 P분리목-41(226)
김민성 P재료금-47(364)
김민수 P고분금-45(154)
김민수 P에환목-109(289)
김민수 P에환목-113(290)
김민수 P에환목-19(266)
김민수 P에환목-20(266)
김민식 O생물금-1(233)
김민우 P고분금-43(153)
김민정 P이동목-1(329)
김민주 P에환목-133(295)
김민주 P에환목-24(267)
김민주 P에환목-80(281)
김민지 O공정수-24(169)
김민지 P생물금-34(243)
김민진 O재료금-11(352)
김민진 O재료수-3(344)
김민진 O재료수-7(345)
김민찬 P고분금-35(151)
김민채 P촉매금-41(407)
김민희 P촉매금-41(407)
김범식 P에환목-88(283)
김범진 O공정수-7(165)
김병관 P고분금-37(152)
김병관 P고분금-38(152)
김병관 P재료금-68(369)
김병기 P촉매금-92(419)
김병재 P재료금-83(373)
김병철 P분리목-1(216)
김보건 P에환목-103(287)
김보건 P에환목-106(288)
김보경 P에환목-110(289)
김보미 P생물금-19(239)
김보민 P에환목-125(293)

김보민 P열역금-35(314)
김보연 P분리목-34(224)
김보은 P공정금-87(200)
김봉규 O에환목-1(254)
김봉규 P에환목-46(273)
김봉수 O재료금-2(350)
김부근 P에환목-118(291)
김사랑 O에환금-22(260)
김사랑 P에환목-150(299)
김상문 P에환목-56(275)
김상범 P고분금-23(148)
김상윤 P공정금-40(188)
김상윤 P공정금-42(189)
김상윤 P공정금-46(190)
김상윤 P공정금-47(190)
김상현 P고분금-27(149)
김서영 P재료금-101(378)
김서현 P에환목-108(288)
김석기 P촉매금-13(400)
김석기 P촉매금-51(409)
김석기 P촉매금-52(409)
김석주 P공정금-29(186)
김석주 P공정금-30(186)
김석주 P공정금-52(191)
김석주 P에환목-32(269)
김선규 P에환목-4(262)
김선규 P촉매금-3(397)
김선동 심(에환)목-1(125)
김선민 P재료금-51(365)
김선민 P재료금-52(365)
김선준 P에환목-135(295)
김선형 O분리금-7(214)
김선호 P촉매금-55(410)
김선호 P촉매금-56(410)
김성관 P촉매금-4(397)
김성빈 P재료금-88(374)
김성섭 O재료목-9(349)
김성섭 P재료금-41(362)
김성섭 P재료금-43(363)
김성섭 P재료금-6(354)
김성섭 P재료금-69(369)
김성섭 P재료금-93(375)
김성우 O열역목-4(302)
김성우 P열역금-4(306)
김성우 P열역금-8(307)
김성운 P에환목-49(274)
김성원 O유동목-11(319)
김성원 O유동목-2(317)
김성원 O유동목-9(319)
김성원 O촉매금-3(392)
김성원 P유동금-1(322)
김성은 P공정금-32(186)
김성은 P공정금-43(189)
김성은 P에환목-89(284)
김성은 P에환목-93(285)
김성은 P촉매금-35(405)
김성은 P촉매금-78(416)
김성일 O공정목-3(170)
김성주 O에환금-14(258)
김성주 O에환금-15(259)
김성주 O유동목-14(320)
김성준 O에환수-8(248)
김성준 P재료금-4(353)
김성현 P고분금-3(143)
김성현 P에환목-21(267)
김성호 P공정금-119(208)
김세미 O공정금-24(177)
김세빈 P열역금-23(311)
김세중 P공정금-11(181)
김소연 P촉매금-58(411)
김소연 P촉매금-80(416)
김소은 P에환목-56(275)
김소은 P열역금-25(312)
김솔 P재료금-57(366)
김수빈 P에환목-92(284)
김수연 P고분금-4(143)
김수영 O유동목-11(319)
김수영 O유동목-2(317)
김수영 O유동목-9(319)
김수영 P유동금-1(322)
김수지 P촉매금-49(409)
김수진 O촉매수-4(386)
김수진 P공정금-26(185)
김수진 P공정금-31(186)
김수진 P안전금-6(426)
김수진 P촉매금-12(399)
김수찬 O재료금-1(350)
김수찬 P재료금-20(357)
김수찬 P재료금-37(361)
김수하 P생물금-20(239)
김수현 P에환목-48(273)
김수현 P촉매금-42(407)
김수환 P분리목-6(217)
김수환 P이동목-4(329)
김순현 P에환목-110(289)
김슬기 P분리목-35(224)
김승연 P이동목-12(331)
김승열 P공업목-13(161)
김승우 P에환목-105(288)
김승우 P에환목-60(276)
김승우 P에환목-90(284)
김승주 P재료금-72(370)
김승현 P에환목-16(265)
김승현 P재료금-12(355)
김승희 P생물금-33(243)
김승희 P생물금-34(243)
김신범 심(안전)금-1(113)
김신범 심(안전)금-5(114)
김신혁 P공정금-85(200)
김신혁 P공정금-92(201)
김신혁 P공정금-95(202)
김어진 P재료금-83(373)
김여진 O열역목-7(303)
김여진 P열역금-9(308)
김연수 O공정금-6(172)
김연수 P공정금-57(193)
김연수 P에환목-138(296)
김영규 P고분금-18(147)
김영규 P고분금-20(147)
김영기 O재료목-11(349)
김영기 O재료목-4(347)
김영기 P재료금-86(374)
김영우 P촉매금-14(400)
김영우 P촉매금-85(418)
김영욱 P공정금-16(182)
김영욱 P공정금-66(195)
김영은 O촉매목-3(391)
김영은 P재료금-45(363)
김영은 P재료금-46(364)
김영준 P분리목-19(220)
김영준 P이동목-17(333)
김영준 P입자금-9(341)
김영준 P재료금-54(366)
김영지 P촉매금-9(399)
김영진 O공업목-3(156)
김영진 O공업목-4(156)
김영진 P공업목-11(160)
김영진 P공업목-12(160)
김영진 P공정금-50(191)
김영진 P공정금-59(193)
김영찬 P열역금-28(312)
김영찬 P재료금-70(370)
김영한 P분리목-1(216)
김영호 O공정목-5(171)
김영훈 O열역금-7(305)
김영훈 P안전금-7(426)
김영희 P이동목-1(329)
김예리 P공업목-13(161)
김예린 P고분금-16(146)
김예린 P고분금-25(149)
김예린 P재료금-12(355)
김예린 P재료금-77(371)
김예린 P재료금-79(372)
김예린 P재료금-84(373)
김예지 P생물금-11(237)
김예지 P에환목-100(286)
김예희 P촉매금-41(407)
김요한 P분리목-50(228)
김요한 P열역금-33(314)
김용민 P에환목-153(299)
김용석 O고분금-10(142)
김용석 P촉매금-53(410)
김용석 P촉매금-54(410)
김용일 P에환목-34(270)
김용진 O에환수-10(249)
김용진 O에환수-11(249)
김용태 O촉매금-8(394)
김용태 O촉매수-13(389)
김용환 심(생물)목-1(123)
김우경 O에환금-3(256)
김우경 O에환수-18(251)
김우경 P에환목-50(274)
김우리 P생물금-41(245)
김우식 P입자금-2(339)
김우열 심(촉매)목-3(128)
김우현 P공정금-63(194)
김원근 P생물금-32(242)
김원배 O재료금-8(351)
김원배 P입자금-10(341)
김원준 P생물금-2(235)
김유경 O안전목-6(424)
김유경 P공업목-8(159)
김유경 P안전금-3(425)
김유경 P안전금-4(425)
김유라 P재료금-93(375)
김유리 P공정금-116(207)
김유리 P공정금-118(208)
김유빈 P공정금-16(182)
김유빈 P공정금-63(194)
김유정 O에환금-14(258)
김유정 O에환금-15(259)
김유진 O재료금-10(352)
김유진 P촉매금-70(414)
김유현 O공정금-14(174)
김윤건 O공정금-16(175)
김윤서 O재료수-9(346)
김윤호 P재료금-100(377)
김은미 P에환목-13(265)
김은상 O촉매금-2(392)
김은서 O공정수-24(169)
김은서 O생물목-5(232)
김은서 P생물금-8(236)
김은서 P에환목-19(266)
김은서 P에환목-20(266)
김은조 O이동목-6(326)
김은혜 P재료금-107(379)
김이천 P고분금-28(149)
김이천 P공정금-119(208)
김이현 P공정금-58(193)
김인산 O생물목-3(231)
김인용 P에환목-11(264)
김인혜 O안전목-7(424)
김인혜 P공정금-5(180)
김인혜 P공정금-7(180)
김인혜 P안전금-2(425)
김자영 P재료금-7(354)
김자영 P재료금-8(354)
김장민 O재료목-11(349)
김장민 O재료목-4(347)
김장민 P재료금-86(374)
김재겸 O에환수-12(249)
김재경 P안전금-9(427)
김재엽 P에환목-131(294)
김재영 O유동목-6(318)

김재정 O이동목-4(325)
김재정 O이동목-5(326)
김재정 P이동목-13(332)
김재정 P이동목-14(332)
김재정 P이동목-15(332)
김재정 P재료금-78(372)
김재현 O고분목-1(138)
김재현 O공업목-6(157)
김재현 O공정수-23(169)
김재현 P고분금-34(151)
김재현 P촉매금-97(421)
김재형 P생물금-35(243)
김재훈 P분리목-48(227)
김재훈 P에환목-21(267)
김점수 P분리목-1(216)
김정규 O에환수-12(249)
김정규 O에환수-16(250)
김정규 O에환수-26(253)
김정규 O에환수-5(248)
김정민 O유동목-6(318)
김정민 P분리목-52(228)
김정철 P촉매금-77(416)
김정철 P촉매금-90(419)
김정태 P고분금-14(146)
김정헌 P공정금-32(186)
김정헌 P공정금-35(187)
김정현 O고분금-1(139)
김정현 O고분금-11(142)
김정현 O입자목-3(336)
김정현 O입자목-4(336)
김정현 O입자목-5(337)
김정현 O입자목-6(337)
김정현 O입자목-8(337)
김정현 P고분금-15(146)
김정현 P입자금-3(339)
김정현 P입자금-5(340)
김정환 O분리목-6(212)
김정환 P분리목-22(221)
김정환 P분리목-44(226)
김종만 P고분금-22(148)
김종우 O공정금-23(177)
김종우 O공정수-7(165)
김종우 P공정금-86(200)
김종우 심(공정)목-5(120)
김종우 심(안전)금-3(113)
김종은 P재료금-24(358)
김종학 P분리목-19(220)
김종학 P분리목-24(221)
김종현 P재료금-58(367)
김주덕 P재료금-122(383)
김주리 P이동목-22(334)
김주성 P에환목-87(283)
김주연 P분리목-29(223)
김주연 P에환목-122(292)
김주예 O에환금-13(258)
김주원 P재료금-80(372)
김주원 P재료금-81(372)
김준 P에환목-12(264)
김준민 P공업목-17(162)
김준민 P에환목-143(297)
김준민 P재료금-113(380)
김준석 심(공업)목-3(118)
김준성 O에환수-21(252)
김준성 P에환목-121(292)
김준수 P에환목-139(296)
김준수 P에환목-152(299)
김준영 O에환수-5(248)
김준영 O유동목-7(318)
김준영 P공정금-53(192)
김준영 P공정금-58(193)
김준영 P유동금-2(322)
김준영 P유동금-6(323)
김준오 P고분금-27(149)
김준우 O재료금-6(351)
김준우 O재료수-3(344)
김준우 P유동금-4(322)
김준혁 P에환목-41(272)
김준현 P재료금-32(360)
김준현 P재료금-67(369)
김준호 O열역금-8(305)
김준호 P에환목-105(288)
김준호 P에환목-60(276)
김중권 O고분금-2(140)
김중래 O공정수-24(169)
김중래 O생물목-5(232)
김중래 P생물금-8(236)
김중래 P에환목-19(266)
김중래 P에환목-20(266)
김지섭 P공정금-38(188)
김지수 P공정금-22(184)
김지연 O생물목-4(231)
김지연 P생물금-4(235)
김지연 P생물금-6(236)
김지연 P촉매금-41(407)
김지용 P공정금-90(201)
김지용 P공정금-91(201)
김지용 P공정금-93(202)
김지용 P공정금-94(202)
김지용 P촉매금-59(411)
김지우 O공업목-4(156)
김지우 O재료목-10(349)
김지우 P공업목-11(160)
김지우 P이동목-1(329)
김지원 P재료금-99(377)
김지윤 P공정금-120(208)
김지윤 P공정금-54(192)
김지은 P에환목-118(291)
김지한 O열역금-4(304)
김지한 O열역금-5(304)
김지한 O열역금-7(305)
김지한 O열역금-8(305)
김지현 P고분금-18(147)
김지현 P고분금-37(152)
김지현 P고분금-38(152)
김지현 P재료금-85(373)
김지혜 P촉매금-72(414)
김지홍 P고분금-36(151)
김지훈 O공정수-24(169)
김지훈 P재료금-119(382)
김진 P열역금-20(310)
김진국 O공정금-11(174)
김진국 O공정금-7(173)
김진국 O공정수-20(168)
김진국 P공정금-11(181)
김진국 P공정금-12(181)
김진국 P공정금-13(182)
김진국 P공정금-14(182)
김진국 P공정금-15(182)
김진국 P공정금-21(184)
김진국 P공정금-24(184)
김진국 P공정금-36(187)
김진국 P분리목-55(229)
김진수 O공정수-1(164)
김진수 O공정수-11(166)
김진수 O촉매수-8(387)
김진수 P분리목-8(217)
김진수 P에환목-44(272)
김진수 P촉매금-38(406)
김진수 P촉매금-88(418)
김진아 P에환목-47(273)
김진영 P분리목-10(218)
김진영 P분리목-15(219)
김진영 P분리목-18(220)
김진철 O촉매수-18(390)
김진철 P고분금-30(150)
김진철 P고분금-39(152)
김진태 P촉매금-77(416)
김진혁 P에환목-154(300)
김진혁 P에환목-155(300)
김진현 P생물금-10(237)
김진현 P생물금-9(237)
김진호 P에환목-144(297)
김차영 O공정수-10(166)
김찬 O공정수-14(167)
김찬 P공정금-78(198)
김찬 P에환목-153(299)
김찬목 P공정금-91(201)
김찬솔 P재료금-9(355)
김찬식 심(안전)금-3(113)
김찬우 P촉매금-17(401)
김찬훈 P촉매금-27(403)
김창기 P촉매금-34(405)
김창기 심(KGS)수-8(111)
김창수 O공정금-2(171)
김창수 O에환금-6(256)
김창수 P공정금-79(198)
김창현 O에환금-7(257)
김채령 P촉매금-6(398)
김채린 P에환목-57(276)
김채린 P에환목-61(277)
김채빈 O고분금-4(140)
김채빈 O고분목-2(138)
김채빈 P고분금-19(147)
김철웅 P촉매금-75(415)
김철주 P재료금-105(379)
김철호 O촉매금-3(392)
김철호 O촉매금-4(393)
김충익 O고분목-7(139)
김태수 P재료금-25(359)
김태수 P재료금-44(363)
김태수 P재료금-49(364)
김태수 P재료금-65(368)
김태수 P재료금-72(370)
김태수 P재료금-85(373)
김태연 P재료금-16(356)
김태영 P에환목-56(275)
김태완 P재료금--27(377)
김태완 P촉매금-75(415)
김태우 P촉매금-42(407)
김태현 P공정금-2(179)
김태현 P열역금-16(309)
김태협 P촉매금-30(404)
김태홍 P고분금-5(144)
김태환 O분리목-4(211)
김태훈 P고분금-18(147)
김태훈 P고분금-20(147)
김태훈 P이동목-15(332)
김판규 P에환목-38(271)
김평순 P에환목-153(299)
김필 P촉매금-12(399)
김필석 P에환목-97(286)
김하경 P에환목-15(265)
김하늘 P촉매금-28(403)
김하림 P생물금-5(236)
김하연 P재료금-104(378)
김하연 P재료금-110(380)
김하연 P재료금-123(383)
김학성 P공정금-35(187)
김학주 P에환목-89(284)
김학주 P촉매금-35(405)
김학주 P촉매금-78(416)
김한성 심(전문)금-4(135)
김한진 P에환목-153(299)
김해린 P고분금-36(151)
김해성 P에환목-142(297)
김해원 P열역금-24(311)
김향동 P촉매금-68(413)
김향동 P촉매금-76(415)
김혁준 O재료금-2(350)
김혁준 P고분금-23(148)
김현민 P재료금-53(365)
김현섭 P분리목-12(218)
김현영 P공정금-41(189)
김현욱 O분리목-2(211)

김현욱 P공정금-106(205)
김현욱 P분리목-26(222)
김현욱 P생물금-11(237)
김현욱 P생물금-2(235)
김현욱 P에환목-17(266)
김현일 P에환목-36(270)
김현중 P촉매금-1(397)
김현중 P촉매금-88(418)
김현지 O분리목-8(212)
김현지 P에환목-144(297)
김현진 O에환금-16(259)
김현진 P공정금-64(194)
김현철 P에환목-139(296)
김현태 P에환목-120(291)
김현태 P재료금-119(382)
김형래 P공정금-89(201)
김형일 P에환목-19(266)
김형정 P고분금-13(146)
김형주 P촉매금-24(402)
김형준 O공정금-6(172)
김형준 O촉매금-13(395)
김형준 P공정금-14(182)
김형준 P열역금-21(311)
김형진 P분리목-35(224)
김혜린 P분리목-10(218)
김혜린 P분리목-15(219)
김혜린 P분리목-18(220)
김혜림 O공정금-4(172)
김혜림 O공정수-3(164)
김혜림 P공정금-96(202)
김혜민 심(입자)목-3(127)
김혜은 P촉매금-5(398)
김혜현 P재료금-92(375)
김호림 O재료수-2(344)
김호영 O재료목-2(347)
김홍기 심(KGS)수-2(110)
김홍대 O촉매수-11(388)
김홍대 O촉매수-4(386)
김홍석 P분리목-39(225)
김홍석 P분리목-41(226)
김홍중 O재료수-1(344)
김화정 P고분금-18(147)
김화정 P고분금-20(147)
김효성 O유동목-13(320)
김효식 O유동목-3(317)
김효식 P에환목-144(297)
김효엽 심(KGS)수-7(111)
김효중 P에환목-119(291)
김휘동 P재료금-119(382)
김흔세 P공정금-76(197)
김희성 P열역금-19(310)
김희수 O촉매금-14(395)
김희정 O공정금-12(174)
김희찬 O이동목-3(325)
나경수 P촉매금-34(405)
나경수 P촉매금-53(410)
나경수 P촉매금-54(410)
나경수 P촉매금-60(411)
나경수 P촉매금-69(414)
나정걸 O생물금-7(234)
나정걸 P생물금-16(238)
나정걸 P생물금-22(240)
나정호 O에환금-19(260)
나종건 P열역금-21(311)
나종걸 O공정금-14(174)
나종걸 O공정수-19(168)
나종걸 O이동목-9(327)
나종걸 P공정금-101(204)
나종걸 P공정금-102(204)
나종걸 P공정금-103(204)
나종걸 P공정금-109(206)
나종걸 P공정금-112(206)
나종걸 P공정금-89(201)
나종걸 P공정금-98(203)
나현빈 P안전금-1(425)
나현빈 P재료금-96(376)
나현서 O공정수-8(165)
나현서 P공정금-9(181)
남궁수진 P생물금-13(238)
남기훈 O재료금-11(352)
남기훈 O재료금-6(351)
남석우 P에환목-153(299)
남성찬 P공정금-19(183)
남성찬 P공정금-20(183)
남성찬 P에환목-74(280)
남수연 P재료금-94(376)
남예선 P에환목-108(288)
남인호 O재료목-3(347)
남재도 P재료금-20(357)
남재욱 O이동목-1(325)
남재욱 O이동목-12(327)
남재욱 O이동목-15(328)
남재욱 O이동목-2(325)
남지영 O유동목-8(318)
남태원 O촉매수-11(388)
노고산 O공정금-7(173)
노고산 O공정수-21(169)
노고산 P공정금-16(182)
노고산 P공정금-17(183)
노고산 P공정금-22(184)
노고산 P공정금-28(185)
노고산 P공정금-63(194)
노고산 P공정금-66(195)
노고산 P공정금-97(203)
노국윤 O고분금-10(142)
노성준 P분리목-5(217)
노성희 P에환목-129(294)
노성희 P에환목-130(294)
노소영 P에환목-11(264)
노승만 P고분금-31(150)
노승훈 O에환수-12(249)
노아현 P분리목-50(228)
노영준 O재료금-6(351)
노영준 O재료수-3(344)
노원준 O공정수-15(167)
노원준 P공정금-51(191)
노원준 P분리목-23(221)
노인수 O촉매목-4(391)
노인수 P촉매금-29(404)
노인수 P촉매금-30(404)
노인수 심(촉매)목-9(130)
노장언 P촉매금-44(407)
노정원 P고분금-29(150)
노지왕 P에환목-4(262)
노창현 P고분금-43(153)
노창현 P에환목-3(262)
노창현 P입자금-1(339)
노채연 P공정금-101(204)
노채연 P공정금-109(206)
노현석 O에환수-14(250)
노현석 P촉매금-8(398)
노혜원 O이동목-4(325)
도영진 P에환목-90(284)
도윤곤 P생물금-30(242)
도윤곤 P생물금-31(242)
도윤정 O공정수-22(169)
도윤정 P공정금-44(189)
도윤정 P공정금-69(196)
두하영 P공정금-98(203)
뚜자산 O분리금-8(214)
뚜자산 O분리금-9(215)
라호원 O유동목-14(320)
라호원 O유동목-15(320)
라호원 P공정금-17(183)
레반남 P촉매금-50(409)
로반 P재료금-23(358)
루투라제 P에환목-59(276)
루틴 P에환목-37(271)
류민 P고분금-47(154)
류민 P고분금-7(144)
류범찬 P분리목-13(219)
류범찬 P분리목-14(219)
류범찬 P안전금-5(426)
류세희 P안전금-1(425)
류세희 P재료금-96(376)
류승헌 P에환목-65(278)
류승희 O촉매목-1(391)
류영철 P촉매금-10(399)
류인재 P이동목-6(330)
류재수 P분리목-28(222)
류재용 P생물금-11(237)
류재용 P생물금-2(235)
류재윤 심(C2H)수-6(108)
류정호 P에환목-59(276)
류준형 P분리목-6(217)
류지민 P열역금-4(306)
류지민 P열역금-6(307)
류진 심(고분)목-6(117)
류창국 O유동목-14(320)
류철희 P재료금-26(359)
류철희 P재료금-74(371)
류태우 P에환목-70(279)
류혜수 O재료수-3(344)
류혜수 O재료수-7(345)
류호정 O유동목-6(318)
류훈희 O에환목-6(255)
류희도 O공정금-21(176)
리화 O촉매금-16(396)
마병철 P안전금-8(426)
마창민 P에환목-33(270)
마하데오 P에환목-59(276)
마현종 P재료금-91(375)
맹도영 P분리목-24(221)
맹도영 P에환목-154(300)
맹도영 P에환목-155(300)
명수민 P고분금-42(153)
명재욱 O에환금-11(258)
명재욱 P에환목-104(287)
모정민 O고분금-8(141)
목정훈 O열역목-1(302)
목정훈 O열역목-4(302)
목정훈 O열역목-5(303)
목정훈 P열역금-2(306)
목정훈 P열역금-4(306)
목정훈 P열역금-6(307)
목정훈 P열역금-7(307)
목정훈 P열역금-8(307)
묘희명 P에환목-101(287)
묘희명 P에환목-99(286)
문가연 P에환목-35(270)
문건희 O에환목-2(254)
문누리 P입자금-10(341)
문대훈 O촉매금-2(392)
문동석 P재료금-31(360)
문명운 P고분금-4(143)
문명훈 P공정금-22(184)
문범광 P이동목-8(330)
문석윤 P열역금-20(310)
문성인 P공정금-92(201)
문성주 O열역목-5(303)
문승재 P분리목-24(221)
문재원 P안전금-8(426)
문재윤 P재료금-66(369)
문정호 O재료금-4(350)
문종아 P에환목-40(271)
문종호 P공정금-61(194)
문종호 P공정금-68(195)
문종호 P공정금-83(199)
문종호 P분리목-10(218)
문종호 P분리목-15(219)
문종호 P분리목-16(219)
문종호 P분리목-18(220)
문종호 P분리목-27(222)
문종호 P분리목-32(223)

문준혁 O촉매금-3(392)
문준혁 O촉매금-4(393)
문준혁 O촉매수-17(390)
문태영 O유동목-14(320)
문호연 P고분금-31(150)
민경선 P고분금-29(150)
민관홍 P공정금-19(183)
민관홍 P공정금-20(183)
민관홍 P에환목-74(280)
민수빈 P에환목-126(293)
민수정 P입자금-1(339)
민진규 P공정금-119(208)
민하경 P재료금-15(356)
민희원 O촉매금-3(392)
민희원 O촉매금-4(393)
박경수 P재료금-10(355)
박경수 P재료금-26(359)
박경수 P재료금-74(371)
박경영 O유동목-13(320)
박경영 O유동목-16(320)
박경영 P유동금-7(323)
박관중 P촉매금-17(401)
박광열 P에환목-41(272)
박권필 O공업목-5(157)
박권필 P공업목-5(159)
박권필 P공업목-7(159)
박권필 심(공업)목-4(118)
박근용 P에환목-120(291)
박근용 P재료금-119(382)
박기대 P에환목-12(264)
박기대 P에환목-13(265)
박기대 P에환목-15(265)
박기용 P재료금-12(355)
박기용 P재료금-77(371)
박기용 P재료금-79(372)
박기용 P재료금-84(373)
박기태 P에환목-84(282)
박기태 P에환목-87(283)
박기태 P에환목-90(284)
박기태 P에환목-96(285)
박기호 P공정금-75(197)
박기호 P공정금-76(197)
박기호 P공정금-77(198)
박나연 P공정금-112(206)
박남준 O촉매금-5(393)
박노국 P촉매금-91(419)
박노국 P촉매금-92(419)
박노국 P촉매금-93(420)
박다현 P고분금-20(147)
박담대 O공정목-2(170)
박담대 O공정수-3(164)
박담대 P공정금-27(185)
박덕수 심(CTB)목-5(106)
박도운 P에환목-112(289)
박도윤 O재료수-12(346)
박도혜 O이동목-15(328)
박도혜 O이동목-2(325)
박동찬 P촉매금-70(414)
박동창 O공업목-3(156)
박동창 P공업목-12(160)
박루빈 P재료금-17(357)
박민범 O에환수-21(252)
박민범 P촉매금-15(400)
박민범 P촉매금-18(401)
박민범 P촉매금-23(402)
박민서 O열역목-4(302)
박민서 O이동목-6(326)
박민서 P열역금-8(307)
박민성 P재료금-64(368)
박민우 P재료금-57(366)
박민정 P재료금-16(356)
박범승 O촉매수-14(389)
박범준 P고분금-22(148)
박범준 P분리목-3(216)
박범준 P입자금-2(339)
박병관 O촉매금-10(394)
박병준 P공업목-13(161)
박병흥 P에환목-132(294)
박병흥 P에환목-28(268)
박병흥 P에환목-83(282)
박보경 O입자목-12(338)
박보경 P이동목-17(333)
박봉균 심(안전)금-3(113)
박상준 O촉매목-2(391)
박상준 P촉매금-68(413)
박상준 P촉매금-76(415)
박서영 P촉매금-62(412)
박선영 P에환목-102(287)
박선혜 P재료금-71(370)
박선희 P에환목-1(262)
박선희 P에환목-2(262)
박성민 O고분금-10(142)
박성민 P재료금-2(353)
박성빈 P재료금-45(363)
박성윤 P재료금-80(372)
박성윤 P재료금-81(372)
박성진 O유동목-14(320)
박세빈 P공정금-33(187)
박세영 O재료수-6(345)
박세은 P에환목-82(282)
박세현 P생물금-29(242)
박소민 P촉매금-95(420)
박소영 O촉매수-5(387)
박소정 O생물금-7(234)
박수빈 P에환목-123(292)
박수익 P에환목-131(294)
박승근 O에환금-16(259)
박승근 O에환금-19(260)
박승근 O재료금-9(352)
박승근 O재료수-2(344)
박승근 O촉매수-2(386)
박승근 P재료금-105(379)
박시양 P공정금-113(207)
박시양 P공정금-114(207)
박시환 O공정금-17(175)
박시환 P공정금-32(186)
박시환 P공정금-35(187)
박안성 O이동목-9(327)
박애영 P입자금-4(339)
박영권 O에환금-11(258)
박영권 O에환금-12(258)
박영권 O에환금-17(259)
박영권 O에환수-17(251)
박영권 O유동목-10(319)
박영권 P에환목-104(287)
박영범 O안전목-7(424)
박영범 P공정금-5(180)
박영범 P공정금-7(180)
박영범 P안전금-2(425)
박영선 O에환목-3(254)
박영옥 O에환수-3(247)
박영준 O분리금-1(213)
박영준 O에환수-9(249)
박영준 O열역목-3(302)
박영준 P에환목-11(264)
박영철 P공정금-72(196)
박예빈 P촉매금-80(416)
박예은 P이동목-7(330)
박예찬 O유동목-4(317)
박완제 O분리금-4(213)
박용성 P촉매금-12(399)
박윤지 P에환목-48(273)
박은총 O공정수-23(169)
박인규 O분리금-1(213)
박장웅 P재료금-34(361)
박재득 P공정금-111(206)
박재민 P에환목-51(274)
박재민 P에환목-88(283)
박재현 O분리목-2(211)
박재현 P공정금-28(185)
박재현 P분리목-25(222)
박재현 P에환목-68(278)
박재현 P촉매금-24(402)
박정원 P열역금-40(315)
박정원 P재료금-121(382)
박정원 P재료금-122(383)
박정원 P재료금-124(383)
박정원 P재료금-125(383)
박정원 P재료금-91(375)
박정원 P촉매금-96(420)
박정원 P촉매금-97(421)
박정원 P촉매금-98(421)
박정원 심(C2H)수-11(109)
박정현 P공업목-8(159)
박정호 P공정금-22(184)
박정호 P열역금-34(314)
박정훈 P공업목-15(161)
박정훈 P공업목-6(159)
박정훈 P재료금-43(363)
박종규 P공정금-95(202)
박종남 심(입자)목-1(127)
박종민 P촉매금-53(410)
박종민 P촉매금-54(410)
박종윤 O재료금-12(352)
박종현 P촉매금-29(404)
박종현 심(촉매)목-9(130)
박종휘 P재료금-119(382)
박주현 O공정금-29(178)
박주현 P고분금-29(150)
박주현 P공정금-65(195)
박준규 심(KGS)수-2(110)
박준동 P이동목-16(332)
박준동 P이동목-21(334)
박준동 P이동목-22(334)
박준서 P재료금-56(366)
박준서 P재료금-60(367)
박준성 P촉매금-18(401)
박준영 P공정금-67(195)
박준영 P공정금-71(196)
박준영 P생물금-35(243)
박준영 P생물금-38(244)
박준용 O고분금-4(140)
박준우 P공정금-112(206)
박준우 P분리목-37(225)
박준혁 심(열역)목-4(126)
박준현 O이동목-5(326)
박중현 P재료금-119(382)
박지선 O공정목-3(170)
박지연 P에환목-39(271)
박지영 O에환금-1(255)
박지영 P분리목-20(220)
박지예 P공정금-71(196)
박지용 O재료금-4(350)
박지원 O생물목-6(232)
박지혁 P에환목-92(284)
박지현 P분리목-33(224)
박지현 P분리목-54(229)
박지혜 O분리금-8(214)
박지혜 O분리금-9(215)
박지혜 P분리목-51(228)
박지환 P촉매금-9(399)
박지훈 O공정수-14(167)
박지훈 P공정금-78(198)
박지훈 P에환목-102(287)
박지훈 P에환목-69(279)
박진규 P재료금-15(356)
박진수 O재료금-2(350)
박진영 P열역금-17(310)
박진완 P생물금-42(245)
박진우 O공정금-16(175)
박진우 O공정수-9(166)
박진우 P공정금-18(183)
박진우 P공정금-2(179)
박진우 P분리목-55(229)

박진원 P생물금-1(235)
박진형 O안전목-4(423)
박진형 심(반도체)금-2(132)
박진호 P에환목-136(295)
박진호 P촉매금-94(420)
박찬경 P공정금-87(200)
박찬빈 P고분금-20(147)
박찬영 P에환목-92(284)
박찬영 P에환목-93(285)
박찬우 O에환수-1(247)
박찬우 O이동목-5(326)
박찬우 P이동목-14(332)
박찬호 O공업목-3(156)
박찬호 P공업목-12(160)
박채빈 O분리목-7(212)
박채연 P에환목-122(292)
박채이 P안전금-1(425)
박채이 P재료금-96(376)
박철영 P재료금-39(362)
박철웅 심(KGS)수-8(111)
박철환 P생물금-34(243)
박치훈 심(열역)목-3(126)
박태성 P분리목-52(228)
박태성 P에환목-92(284)
박태준 심(KGS)수-4(110)
박태현 P재료금-31(360)
박태호 P고분금-41(153)
박태환 O재료수-4(344)
박하린 O공정수-20(168)
박하린 P공정금-15(182)
박하린 P공정금-36(187)
박하정 O공정수-13(167)
박하정 P공정금-56(192)
박한빈 P촉매금-28(403)
박한영 P촉매금-75(415)
박해웅 P에환목-88(283)
박현규 심(생물)목-2(123)
박현도 P공정금-59(193)
박현민 O공정금-18(175)
박현서 P에환목-128(293)
박현수 O열역금-5(304)
박현욱 P에환목-136(295)
박현준 O유동목-12(319)
박현준 O촉매목-3(391)
박현지 O생물금-8(234)
박현지 P분리목-34(224)
박형민 P고분금-42(153)
박형진 P에환목-74(280)
박형호 O분리금-4(213)
박혜원 P유동금-8(323)
박혜원 P촉매금-86(418)
박호석 P에환목-138(296)
박호석 P에환목-139(296)
박호석 P에환목-141(296)
박호석 P에환목-152(299)
박홍진 P공정금-99(203)
박효경 O에환금-14(258)
박효경 O에환금-15(259)
반민경 P재료금-41(362)
방승혁 P공정금-12(181)
방승혁 P공정금-13(182)
방용빈 P이동목-4(329)
방인아 P생물금-37(244)
방인아 P생물금-38(244)
방인아 P생물금-39(244)
방정업 P촉매금-48(408)
방준하 O이동목-10(327)
방준하 P이동목-23(334)
방준하 P이동목-24(334)
방지현 O유동목-2(317)
방진식 P에환목-122(292)
배대영 P촉매금-82(417)
배민철 P공정금-38(188)
배서준 P이동목-10(331)
배성윤 P공정금-61(194)
배성윤 P공정금-68(195)
배성윤 P공정금-83(199)
배성윤 P분리목-10(218)
배성윤 P분리목-15(219)
배성윤 P분리목-18(220)
배시우 P촉매금-1(397)
배시우 P촉매금-2(397)
배완기 O재료금-2(350)
배윤상 O분리금-4(213)
배윤상 O촉매수-13(389)
배윤상 P분리목-40(225)
배윤상 P분리목-46(227)
배인경 P촉매금-3(397)
배종욱 O촉매금-5(393)
배종욱 P촉매금-89(419)
배종욱 P촉매금-92(419)
배종욱 심(촉매)목-2(128)
배종일 O공정금-21(176)
배종일 O공정수-11(166)
배종일 O에환수-22(252)
배지홍 P고분금-28(149)
배지홍 P공정금-119(208)
배채현 O분리금-5(214)
배채현 P분리목-13(219)
배태현 O에환수-6(248)
배호섭 O에환금-10(257)
배호섭 P에환목-149(298)
백광현 P공업목-8(159)
백광현 P공업목-9(160)
백기상 P재료금-107(379)
백동엽 P생물금-40(244)
백명재 P생물금-21(240)
백명재 P생물금-25(241)
백선홍 P촉매금-12(399)
백선화 O분리금-5(214)
백성두 O재료금-4(350)
백세웅 P재료금-114(381)
백세웅 P재료금-115(381)
백세웅 P재료금-116(381)
백세웅 P재료금-117(381)
백세웅 P재료금-120(382)
백승욱 P공정금-85(200)
백승주 P촉매금-41(407)
백승헌 P안전금-8(426)
백승훈 P촉매금-68(413)
백승훈 P촉매금-76(415)
백예준 O촉매목-5(392)
백운범 O에환수-16(250)
백일현 P공정금-19(183)
백일현 P공정금-20(183)
백일현 P에환목-74(280)
백자연 O에환수-10(249)
백재호 P공정금-45(190)
백재호 P공정금-48(190)
백재호 P공정금-50(191)
백재호 P공정금-59(193)
백재호 P공정금-62(194)
백제준 P재료금-37(361)
백종범 P에환목-16(265)
백종범 P에환목-29(269)
백주은 P공업목-9(160)
백준현 P촉매금-80(416)
백지수 P고분금-21(148)
백지혜 O재료목-4(347)
백지훈 P에환목-23(267)
백태종 P재료금-12(355)
백태종 P재료금-77(371)
백태종 P재료금-79(372)
백태종 P재료금-84(373)
백하연 P재료금-121(382)
백혜림 O입자목-1(336)
변상우 O촉매금-15(395)
변상우 P촉매금-23(402)
변상욱 P고분금-28(149)
변아영 P에환목-30(269)
변유빈 P촉매금-80(416)
변재원 O공정금-21(176)
변재원 O에환금-8(257)
변재은 P공정금-76(197)
변재호 O재료목-2(347)
변창희 O에환금-20(260)
변창희 O유동목-17(321)
봉기완 P이동목-1(329)
봉하송 P공정금-119(208)
부종찬 O촉매수-14(389)
사공누리 P분리목-20(220)
사정훈 P에환목-103(287)
사정훈 P에환목-106(288)
사정훈 P열역금-22(311)
사정훈 P열역금-29(313)
사정훈 P열역금-31(313)
사정훈 P열역금-32(313)
서경준 O공정수-4(164)
서동주 O에환수-9(249)
서동주 O열역목-3(302)
서명원 O유동목-10(319)
서명원 O유동목-15(320)
서명원 P유동금-3(322)
서민교 O에환수-4(247)
서범경 P입자금-1(339)
서범준 P열역금-13(309)
서상혁 O촉매수-11(388)
서상혁 O촉매수-4(386)
서상현 P고분금-1(143)
서세정 P입자금-13(342)
서영웅 O에환수-10(249)
서영웅 P에환목-69(279)
서영웅 P촉매금-42(407)
서영웅 P촉매금-6(398)
서용원 O열역목-4(302)
서용원 O열역목-5(303)
서용원 P열역금-2(306)
서용원 P열역금-4(306)
서용원 P열역금-6(307)
서용원 P열역금-7(307)
서용원 P열역금-8(307)
서원빈 P공정금-22(184)
서원빈 P열역금-34(314)
서원욱 P에환목-31(269)
서은하 P에환목-10(264)
서의진 P생물금-30(242)
서의진 P생물금-31(242)
서재욱 P에환목-114(290)
서정길 O분리금-2(213)
서정길 O에환수-19(251)
서정길 O촉매금-16(396)
서정길 P촉매금-32(404)
서정길 P촉매금-40(406)
서정목 심(고분)목-5(117)
서정재 O입자목-12(338)
서정재 P입자금-9(341)
서주영 P분리목-47(227)
서준선 심(KGS)수-2(110)
서준호 P촉매금-48(408)
서지우 P열역금-9(308)
서지현 O에환금-11(258)
서지현 P에환목-104(287)
서지희 P에환목-153(299)
서하림 P에환목-6(263)
서한진 P고분금-12(145)
서현명 P촉매금-99(421)
석진 P촉매금-84(417)
선양국 P에환목-109(289)
선양국 P에환목-111(289)
선양국 P에환목-113(290)
선양국 P에환목-116(290)
선우성혁 O재료목-6(348)
선우성혁 P재료금-1(353)
설지웅 O열역목-2(302)

성기명 심(분리)목-5(122)
성도언 P생물금-28(241)
성문숙 O분리목-5(212)
성수환 P공업목-17(162)
성수환 P공정금-120(208)
성수환 P공정금-54(192)
성수환 P에환목-143(297)
성수환 P재료금-113(380)
성우창 O유동목-8(318)
성유경 O분리금-1(213)
성재용 심(KGS)수-5(111)
성정모 O공정금-6(172)
성준영 P생물금-40(244)
성하일 P분리목-30(223)
성하일 P분리목-31(223)
소남 P에환목-145(297)
소남 P에환목-146(298)
손명숙 O공정수-11(166)
손민진 P열역금-21(311)
손병우 심(KGS)수-6(111)
손상환 O공정금-15(175)
손상환 O공정금-28(178)
손상환 O공정수-24(169)
손상환 P공정금-116(207)
손상환 P공정금-38(188)
손상환 P공정금-39(188)
손성민 O공정목-4(170)
손수현 P에환목-103(287)
손수현 P에환목-106(288)
손승욱 P재료금-104(378)
손연미 P입자금-4(339)
손영우 O공정수-14(167)
손영우 P공정금-78(198)
손예빈 P이동목-20(333)
손재성 P재료금-126(384)
손재성 P재료금-64(368)
손정민 P촉매금-68(413)
손정민 P촉매금-76(415)
손주현 P재료금-61(367)
손준수 O열역금-1(303)
손준혁 P공정금-25(185)
손찬식 P에환목-114(290)
손채린 O촉매수-15(389)
손채린 P촉매금-33(405)
손태오 P에환목-88(283)
손하은 O유동목-11(319)
손하은 O유동목-2(317)
손하은 O유동목-9(319)
손하은 P유동금-1(322)
손현철 O생물목-1(231)
손현태 P에환목-153(299)
손혜림 P생물금-33(243)
손혜림 P생물금-34(243)
손혜정 O분리목-6(212)
손혜정 P분리목-44(226)
손희상 P재료금-118(382)
손희상 P재료금-97(376)
송광섭 O공업목-1(156)
송광섭 P공업목-14(161)
송광섭 P공업목-16(161)
송광섭 P공업목-18(162)
송기종 심(KGS)수-7(111)
송도윤 P공정금-58(193)
송명오 O고분금-2(140)
송명훈 O에환수-28(253)
송민재 O입자목-2(336)
송민정 P에환목-143(297)
송민정 P재료금-113(380)
송상훈 O생물목-2(231)
송성훈 O공정금-29(178)
송성훈 P공정금-65(195)
송슬기 O입자목-7(337)
송슬기 P에환목-100(286)
송슬기 P입자금-12(341)
송슬기 P입자금-8(340)
송승완 P에환목-5(263)
송영길 O분리목-8(212)
송용재 P공정금-11(181)
송용재 P공정금-15(182)
송우진 O에환금-18(259)
송유나 O촉매수-15(389)
송유나 P촉매금-33(405)
송윤석 P생물금-34(243)
송은비 P에환목-35(270)
송인서 P공정금-75(197)
송인서 P공정금-77(198)
송인학 P촉매금-70(414)
송인호 O고분목-5(139)
송정은 P분리목-34(224)
송지유 O이동목-4(325)
송지윤 P촉매금-25(403)
송지희 P에환목-53(275)
송지희 P에환목-57(276)
송지희 P에환목-61(277)
송찬경 P촉매금-96(420)
송치민 P입자금-7(340)
송택용 P분리목-50(228)
송택용 P열역금-33(314)
송현곤 O촉매수-10(388)
송현곤 O촉매수-6(387)
송현곤 O촉매수-9(388)
송현우 P재료금-31(360)
송현지 O생물목-8(232)
송환규 O이동목-8(326)
송환규 P이동목-19(333)
시민재 P재료금-116(381)
신건우 P분리목-48(227)
신건우 P에환목-21(267)
신내철 P재료금-45(363)
신내철 P재료금-46(364)
신다은 P공정금-102(204)
신다은 P공정금-103(204)
신도담 P공정금-89(201)
신동재 O촉매금-13(395)
신명철 O에환금-14(258)
신명철 O에환금-15(259)
신미경 심(고분)목-4(116)
신민규 P재료금-5(354)
신민규 P재료금-50(365)
신민지 P촉매금-11(399)
신민창 P공업목-6(159)
신봉경 P촉매금-8(398)
신상수 O공정금-28(178)
신상수 O재료수-5(345)
신상훈 P공정금-57(193)
신소은 P생물금-34(243)
신연수 O재료수-9(346)
신영호 P에환목-137(296)
신예봄 P열역금-32(313)
신용범 O공정금-19(176)
신용범 P공정금-55(192)
신용희 O생물목-6(232)
신원일 O에환수-3(247)
신은우 P촉매금-21(402)
신은우 P촉매금-22(402)
신은우 P촉매금-36(405)
신은우 P촉매금-57(411)
신재권 O에환수-28(253)
신지윤 P고분금-40(152)
신지호 P공정금-111(206)
신창돈 P분리목-36(224)
신채원 P분리목-46(227)
신현국 심(KGS)수-1(110)
신현국 심(KGS)수-9(112)
신현우 O촉매금-15(395)
신현우 P촉매금-23(402)
심규대 O에환수-9(249)
심규대 P에환목-11(264)
심규빈 P분리목-37(225)
심규빈 P분리목-42(226)
심규석 P에환목-132(294)
심병조 P에환목-94(285)
심왕근 P고분금-32(150)
심우성 P생물금-15(238)
심우현 O에환금-20(260)
심우현 O유동목-17(321)
심윤섭 P입자금-11(341)
심은해 O촉매수-13(389)
심재오 O에환금-7(257)
심재오 P에환목-27(268)
심재진 P에환목-50(274)
심지빈 O유동목-15(320)
심하늘 O에환수-17(251)
심현우 P에환목-61(277)
심현우 P이동목-5(330)
아그니 P촉매금-2(397)
안경현 O고분목-1(138)
안광진 O촉매금-10(394)
안기훈 P에환목-5(263)
안나현 P공정금-50(191)
안나현 P공정금-67(195)
안다혜 O고분금-9(141)
안도영 O공정수-15(167)
안동준 O생물금-8(234)
안병준 P재료금-103(378)
안병찬 O공정수-12(166)
안병찬 P공정금-72(196)
안병찬 P공정금-73(197)
안서영 O촉매목-4(391)
안서영 P에환목-75(280)
안서영 P에환목-77(281)
안서영 P촉매금-30(404)
안선용 O에환수-14(250)
안세희 P고분금-19(147)
안수민 P공정금-121(209)
안승영 P고분금-36(151)
안언형 P재료금-90(375)
안용남 O열역목-7(303)
안용남 P열역금-15(309)
안용남 P열역금-5(307)
안용남 P열역금-9(308)
안용상 P공정금-67(195)
안용상 P공정금-71(196)
안원경 O생물목-3(231)
안유찬 P공정금-25(185)
안유찬 P공정금-34(187)
안윤호 O열역목-6(303)
안윤호 P분리목-49(228)
안윤호 P분리목-50(228)
안윤호 P열역금-33(314)
안익성 P분리목-25(222)
안익성 P분리목-26(222)
안익성 P에환목-68(278)
안일주 P생물금-32(242)
안일주 P이동목-11(331)
안재연 O에환금-21(260)
안재원 O촉매목-3(391)
안재현 P에환목-84(282)
안정호 O생물목-4(231)
안정호 P생물금-6(236)
안정환 P이동목-9(331)
안준혁 P촉매금-75(415)
안지훈 O고분목-3(138)
안채은 P분리목-39(225)
안치규 O에환금-5(256)
안태규 P고분금-1(143)
안태휘 O유동목-10(319)
안태휘 O유동목-15(320)
안태휘 P유동금-3(322)
안현정 P이동목-3(329)
안형균 심(공업)목-3(118)
안희연 P재료금-55(366)
안희연 P재료금-56(366)
안희연 P재료금-60(367)

암르 O에환금-3(256)
양미옥 O고분목-2(138)
양민정 P재료금-120(382)
양석주 O재료목-5(348)
양성윤 P에환목-155(300)
양수철 O에환수-4(247)
양수철 P고분금-5(144)
양우경 P재료금-93(375)
양우영 O열역목-3(302)
양원 O공정목-3(170)
양원 O에환금-20(260)
양원 O유동목-17(321)
양윤동 O이동목-1(325)
양윤서 O공정수-8(165)
양윤서 P공정금-9(181)
양은혁 O에환수-10(249)
양인환 O공업목-2(156)
양인환 P공업목-10(160)
양재환 P분리목-20(220)
양정은 P생물금-2(235)
양지웅 P에환목-131(294)
양지웅 P재료금-100(377)
양지웅 P재료금-101(378)
양지웅 P재료금-90(375)
양지웅 P재료금-91(375)
양지웅 P재료금-92(375)
양진성 P촉매금-14(400)
양창원 P에환목-70(279)
양한준 O재료금-4(350)
양효 O안전목-6(424)
양효 P안전금-3(425)
양효 P안전금-4(425)
어진 P재료금-2(353)
엄기원 O분리목-4(211)
엄기원 P분리목-49(228)
엄병환 O에환금-14(258)
엄병환 P에환목-35(270)
엄병환 P에환목-36(270)
엄인용 P촉매금-47(408)
엄호선 O공업목-4(156)
엄호선 P공업목-11(160)
연민주 P생물금-10(237)
연영석 P에환목-61(277)
염동엽 P공정금-51(191)
염현지 P촉매금-53(410)
염현지 P촉매금-54(410)
염혜원 P에환목-22(267)
예보라 O촉매수-11(388)
예보라 O촉매수-4(386)
오경렬 P촉매금-16(400)
오동락 O에환금-22(260)
오동락 P에환목-150(299)
오민경 P공정금-68(195)
오민경 P분리목-10(218)
오민경 P분리목-15(219)
오민경 P분리목-18(220)
오상호 O이동목-12(327)
오석호 심(KGS)수-7(111)
오선영 O공정수-17(168)
오세규 O공정금-6(172)
오세규 P공정금-57(193)
오세빈 O공정수-9(166)
오세현 P안전금-8(426)
오소형 P공업목-7(159)
오승학 O고분금-2(140)
오예은 O유동목-15(320)
오예은 P유동금-3(322)
오유민 P재료금-5(354)
오유빈 P촉매금-46(408)
오은석 P에환목-108(288)
오은석 P에환목-58(276)
오은석 P재료금-95(376)
오인택 P촉매금-6(398)
오정석 심(KGS)수-1(110)
오정석 심(KGS)수-9(112)
오정재 O안전목-7(424)
오정재 P공정금-5(180)
오정재 P공정금-7(180)
오정재 P안전금-2(425)
오주현 P에환목-78(281)
오준원 P에환목-90(284)
오준학 O재료금-4(350)
오준학 P재료금-30(360)
오준학 P재료금-31(360)
오준학 P재료금-35(361)
오준학 P재료금-38(362)
오준학 P재료금-62(368)
오준형 P에환목-36(270)
오준호 O에환금-1(255)
오진영 P공업목-3(158)
오진원 심(C2H)수-9(109)
오창엽 P열역금-10(308)
오현민 O에환수-22(252)
오현정 O이동목-9(327)
오혜진 P이동목-19(333)
오혜진 P이동목-23(334)
오홍근 O재료금-9(352)
오희묵 P이동목-16(332)
옥다경 P열역금-25(312)
옥다경 P열역금-26(312)
옥다경 P열역금-27(312)
옥유성 O열역목-3(302)
온의림 P에환목-153(299)
왕슈아이 P분리목-11(218)
왕슈아이 P분리목-12(218)
왕슈아이 P분리목-4(216)
왕은재 P고분금-32(150)
용기중 P재료금-19(357)
용기중 P재료금-21(358)
용기중 P재료금-24(358)
우경희 P분리목-43(226)
우미혜 O에환금-13(258)
우백호 O에환목-3(254)
우상혁 O고분금-4(140)
우상혁 P고분금-19(147)
우성화 P생물금-40(244)
우지훈 P생물금-35(243)
우지훈 P생물금-40(244)
우지훈 P생물금-41(245)
우지훈 P생물금-42(245)
우태용 P공정금-42(189)
우태용 P공정금-46(190)
우한영 O에환수-28(253)
우현택 O생물목-7(232)
우호영 P재료금-12(355)
우호영 P재료금-84(373)
원근혜 P유동금-1(322)
원다혜 P에환목-17(266)
원상연 P입자금-10(341)
원왕연 O공정수-12(166)
원왕연 O분리금-3(213)
원왕연 O이동목-7(326)
원왕연 O촉매목-4(391)
원왕연 P공정금-70(196)
원왕연 P공정금-72(196)
원왕연 P공정금-73(197)
원왕연 P에환목-63(277)
원왕연 P촉매금-29(404)
원왕연 P촉매금-30(404)
원유상 O재료금-4(350)
원유상 P재료금-31(360)
원유섭 O유동목-6(318)
원유찬 P재료금-46(364)
원이철 P생물금-23(240)
원종인 심(생물)목-3(123)
원태경 O생물금-8(234)
원하림 P촉매금-58(411)
위덕재 P에환목-93(285)
위정수 O분리목-4(211)
위정재 P고분금-27(149)
유가연 P에환목-95(285)
유경선 P에환목-104(287)
유경환 P공정금-110(206)
유경환 P공정금-54(192)
유경환 P공정금-80(198)
유기현 P에환목-70(279)
유기훈 P공정금-66(195)
유나연 O에환목-4(254)
유다은 P이동목-13(332)
유동국 P에환목-7(263)
유동근 O공업목-5(157)
유동호 P열역금-35(314)
유미연 P재료금-77(371)
유미연 P재료금-84(373)
유민상 P공업목-9(160)
유병문 P분리목-2(216)
유선욱 O에환금-8(257)
유성진 O분리금-5(214)
유성진 P분리목-13(219)
유성진 P분리목-14(219)
유성진 P열역금-16(309)
유성창 P재료금-78(372)
유세한 P에환목-105(288)
유세한 P에환목-60(276)
유수현 심(공정)목-4(119)
유엽 P공정금-62(194)
유영우 P에환목-102(287)
유영호 P고분금-29(150)
유은성 O촉매수-20(390)
유은욱 P공정금-61(194)
유은욱 P공정금-68(195)
유은욱 P공정금-83(199)
유재범 P공정금-66(195)
유재범 P생물금-32(242)
유재선 P공업목-14(161)
유재선 P공업목-18(162)
유정균 P분리목-11(218)
유정균 P분리목-4(216)
유정균 P분리목-52(228)
유정균 P에환목-92(284)
유종석 O촉매금-9(394)
유종석 O촉매수-14(389)
유종석 O촉매수-7(387)
유종석 P촉매금-10(399)
유준 O공정금-1(171)
유준 O공정목-1(170)
유준 P공정금-3(179)
유준 P공정금-4(179)
유준 P공정금-6(180)
유지영 P에환목-10(264)
유지영 P에환목-123(292)
유지영 P에환목-127(293)
유지영 P에환목-38(271)
유지영 P에환목-41(272)
유지영 P에환목-49(274)
유지영 P에환목-6(263)
유지영 P에환목-8(263)
유지윤 O에환수-10(249)
유지윤 O에환수-11(249)
유지윤 O에환수-13(250)
유지인 O공정수-24(169)
유지호 P에환목-93(285)
유진 P재료금-31(360)
유창규 P공정금-40(188)
유창규 P공정금-42(189)
유창규 P공정금-46(190)
유창규 P공정금-47(190)
유창환 P에환목-117(291)
유채연 P이동목-16(332)
유채은 P공정금-85(200)
유천재 O공정목-2(170)
유천재 P촉매금-7(398)
유철희 P안전금-9(427)
유필진 P고분금-10(145)

유필진 P고분금-2(143)
유필진 P고분금-3(143)
유필진 P고분금-4(143)
유필진 P고분금-44(153)
유필진 P고분금-45(154)
유필진 P고분금-46(154)
유필진 P고분금-6(144)
유하영 P생물금-33(243)
유하영 P생물금-34(243)
유현석 심(열역)목-4(126)
유호성 P에환목-78(281)
유희지 P에환목-66(278)
유희지 P에환목-67(278)
윤덕현 P촉매금-63(412)
윤덕현 P촉매금-64(412)
윤덕현 P촉매금-65(413)
윤덕현 P촉매금-66(413)
윤도영 P에환목-101(287)
윤도영 P에환목-99(286)
윤동한 P재료금-65(368)
윤두수 P생물금-18(239)
윤두수 P생물금-27(241)
윤민서 P공정금-83(199)
윤민서 P분리목-10(218)
윤민서 P분리목-16(219)
윤민서 P분리목-27(222)
윤민서 P분리목-32(223)
윤병선 P촉매금-17(401)
윤보영 P고분금-22(148)
윤상준 O유동목-14(320)
윤성민 O유동목-14(320)
윤성민 O유동목-15(320)
윤성현 P공정금-23(184)
윤성현 P분리목-36(224)
윤성현 P분리목-9(218)
윤성호 P공정금-99(203)
윤세현 O고분목-3(138)
윤소영 P열역금-2(306)
윤수빈 O촉매수-10(388)
윤순도 P고분금-32(150)
윤승관 P공정금-50(191)
윤승관 P공정금-62(194)
윤승관 P공정금-71(196)
윤여진 P에환목-151(299)
윤여진 P에환목-52(274)
윤여진 P에환목-69(279)
윤영준 O촉매금-6(393)
윤용주 P촉매금-14(400)
윤용주 P촉매금-37(406)
윤용주 P촉매금-85(418)
윤용주 심(촉매)목-5(129)
윤원진 O고분목-6(139)
윤원찬 O에환수-25(253)
윤원찬 P에환목-42(272)
윤은서 P촉매금-69(414)
윤은수 P에환목-27(268)
윤이 심(안전)금-3(113)
윤이 심(안전)금-4(113)
윤정우 P에환목-105(288)
윤정우 P에환목-60(276)
윤종민 P촉매금-63(412)
윤준헌 심(안전)금-5(114)
윤지섭 P공정금-111(206)
윤지수 P에환목-135(295)
윤지수 P재료금-9(355)
윤지영 P열역금-9(308)
윤지운 P공정금-80(198)
윤지원 P유동금-1(322)
윤지은 O공정금-13(174)
윤지호 P공정금-104(204)
윤지호 P공정금-105(205)
윤지호 P공정금-108(205)
윤지호 P열역금-10(308)
윤지호 P열역금-36(314)
윤지호 P열역금-38(315)
윤진성 O이동목-3(325)
윤찬영 O공정금-19(176)
윤창원 P에환목-121(292)
윤창원 P에환목-94(285)
윤채민 P에환목-27(268)
윤채원 P공정금-101(204)
윤채원 P공정금-109(206)
윤태준 P공정금-22(184)
윤태준 P에환목-119(291)
윤태준 P에환목-125(293)
윤태준 P열역금-34(314)
윤태준 P열역금-35(314)
윤태준 심(분리)목-6(122)
윤태호 P에환목-48(273)
윤택상 P공정금-99(203)
윤하영 P공정금-99(203)
윤하준 O공정금-3(172)
윤하준 P공정금-10(181)
윤현빈 P에환목-96(285)
윤형로 O공정금-18(175)
윤형준 O안전목-6(424)
윤형준 P안전금-3(425)
윤형준 P안전금-4(425)
윤형철 O분리금-7(214)
윤혜원 O생물금-2(233)
윤혜주 P재료금-21(358)
윤호병 P고분금-24(148)
윤호준 P고분금-25(149)
윤희선 O에환금-14(258)
윤희선 O에환금-15(259)
은진아 P촉매금-7(398)
이가영 O공정수-11(166)
이강미 P에환목-72(279)
이강미 P에환목-73(280)
이강산 O재료금-4(350)
이강혁 P공정금-89(201)
이강현 P고분금-14(146)
이강현 P생물금-33(243)
이강희 P분리목-34(224)
이건희 P재료금-68(369)
이경문 O촉매수-18(390)
이경아 O에환금-18(259)
이경진 P재료금-44(363)
이경진 P촉매금-84(417)
이경호 O분리금-7(214)
이경훈 P재료금-100(377)
이고은 O생물금-8(234)
이고은 P에환목-67(278)
이관영 P촉매금-7(398)
이광복 O분리금-8(214)
이광복 O분리금-9(215)
이광복 P분리목-51(228)
이광훈 O에환금-11(258)
이광희 P재료금-10(355)
이광희 P재료금-26(359)
이광희 P재료금-74(371)
이권우 P분리목-16(219)
이권우 P분리목-27(222)
이권우 P분리목-32(223)
이규민 P생물금-37(244)
이규범 P재료금-48(364)
이규범 P촉매금-19(401)
이규복 O분리금-7(214)
이규복 O촉매금-12(395)
이규복 P촉매금-87(418)
이규복 P촉매금-95(420)
이규원 P고분금-27(149)
이규하 P에환목-134(295)
이근호 P고분금-28(149)
이근호 P공정금-119(208)
이금비 P재료금-17(357)
이기봉 P공정금-19(183)
이기봉 P공정금-27(185)
이기봉 P분리목-17(220)
이기봉 P분리목-37(225)
이기봉 P분리목-38(225)
이기봉 P분리목-39(225)
이기봉 P분리목-41(226)
이기봉 P분리목-42(226)
이기봉 P분리목-45(227)
이기봉 P분리목-47(227)
이기봉 P분리목-9(218)
이기봉 P에환목-117(291)
이기봉 P에환목-124(292)
이기봉 P에환목-74(280)
이기봉 P에환목-95(285)
이기봉 P에환목-97(286)
이기봉 P에환목-98(286)
이기욱 O재료목-7(348)
이기원 P고분금-42(153)
이기원 P고분금-43(153)
이기원 P에환목-62(277)
이기원 P재료금-58(367)
이기환 O공정수-6(165)
이나영 P생물금-24(240)
이나영 P촉매금-18(401)
이나현 P분리목-49(228)
이다연 O에환수-25(253)
이다연 P에환목-42(272)
이다원 P재료금-79(372)
이다원 P재료금-84(373)
이다혜 O유동목-3(317)
이덕희 P재료금-10(355)
이덕희 P재료금-74(371)
이도창 O재료금-10(352)
이도창 O재료목-2(347)
이도창 P재료금-102(378)
이도창 P재료금-23(358)
이도창 P재료금--27(377)
이도창 P재료금-29(359)
이도창 P재료금-40(362)
이도창 P재료금-7(354)
이도창 P재료금-76(371)
이도창 P재료금-8(354)
이도창 P촉매금-1(397)
이도창 P촉매금-2(397)
이도헌 O분리금-7(214)
이돈근 P에환목-115(290)
이동규 O열역금-1(303)
이동규 O열역금-2(304)
이동규 O촉매금-5(393)
이동규 O촉매수-10(388)
이동규 P재료금-114(381)
이동기 P공정금-88(200)
이동민 P촉매금-37(406)
이동욱 P열역금-14(309)
이동주 P재료금-111(380)
이동주 P재료금-112(380)
이동준 P분리목-38(225)
이동현 O유동목-8(318)
이동현 P유동금-4(322)
이동현 P촉매금-78(416)
이동호 P공정금-72(196)
이두환 P에환목-43(272)
이두환 P에환목-45(273)
이류하 P공정금-120(208)
이마음 P촉매금-47(408)
이미정 심(KGS)수-7(111)
이미화 P공업목-5(159)
이민영 P재료금-125(383)
이민용 O공정금-19(176)
이민용 P공정금-55(192)
이민우 P에환목-83(282)
이민재 O유동목-15(320)
이민정 심(KGS)수-6(111)
이민지 O유동목-2(317)
이병현 P재료금-29(359)
이병현 P재료금-7(354)
이병현 P재료금-8(354)

이보름 O공정수-5(165)
이보름 P공정금-29(186)
이보름 P공정금-30(186)
이보름 P공정금-52(191)
이보름 P에환목-32(269)
이봉섭 P열역금-39(315)
이상구 P공업목-13(161)
이상림 P재료금-97(376)
이상목 P생물금-38(244)
이상엽 O생물목-4(231)
이상엽 P공정금-16(182)
이상엽 P생물금-11(237)
이상엽 P생물금-2(235)
이상엽 P생물금-3(235)
이상엽 P생물금-4(235)
이상엽 P생물금-5(236)
이상엽 P생물금-6(236)
이상엽 P생물금-7(236)
이상욱 P재료금-62(368)
이상준 P재료금-16(356)
이상혁 P재료금-38(362)
이상현 O재료금-11(352)
이상현 O재료금-6(351)
이상현 O재료수-3(344)
이상현 O재료수-7(345)
이서윤 P이동목-16(332)
이성규 O분리금-5(214)
이성규 P공업목-1(158)
이성규 P공업목-2(158)
이성규 P공업목-4(158)
이성규 P분리목-13(219)
이성규 P분리목-14(219)
이성규 P열역금-16(309)
이성재 P이동목-4(329)
이성재 P이동목-6(330)
이성준 O촉매금-14(395)
이성준 O촉매수-19(390)
이성준 P촉매금-45(408)
이성훈 O공정수-20(168)
이성훈 P공정금-19(183)
이성훈 P공정금-20(183)
이성훈 P공정금-72(196)
이성희 심(KGS)수-3(110)
이세영 P공정금-45(190)
이세영 P공정금-62(194)
이세은 O재료목-9(349)
이세희 P입자금-3(339)
이소연 P재료금-91(375)
이소윤 O촉매수-7(387)
이소정 P촉매금-41(407)
이소헌 P생물금-30(242)
이소헌 P생물금-31(242)
이수민 P고분금-14(146)
이수민 P재료금-11(355)
이수민 P재료금-18(357)
이수성 O촉매금-11(394)
이수언 P촉매금-75(415)
이수연 P재료금-25(359)
이수연 P재료금-44(363)
이수연 P재료금-49(364)
이수연 P재료금-65(368)
이수연 P재료금-72(370)
이수연 P재료금-85(373)
이수진 P이동목-20(333)
이수현 P공정금-17(183)
이수현 P공정금-97(203)
이수현 P에환목-54(275)
이수홍 P유동금-8(323)
이수홍 P촉매금-86(418)
이승기 P고분금-31(150)
이승민 O열역금-6(305)
이승연 O에환목-4(254)
이승연 P공정금-1(179)
이승용 P분리목-52(228)
이승용 P에환목-92(284)
이승우 P촉매금-92(419)
이승익 O입자목-5(337)
이승인 O분리금-1(213)
이승인 O열역목-3(302)
이승준 P공업목-17(162)
이승준 P에환목-143(297)
이승준 P재료금-113(380)
이승진 P재료금-43(363)
이승현 P고분금-28(149)
이승현 심(KGS)수-3(110)
이승호 O분리금-3(213)
이승호 P공정금-70(196)
이승호 P에환목-63(277)
이승화 P촉매금-67(413)
이승화 P촉매금-9(399)
이승환 O에환금-1(255)
이승환 P재료금-75(371)
이승훈 P공정금-86(200)
이시연 P촉매금-15(400)
이시훈 O유동목-1(317)
이시훈 O유동목-12(319)
이시훈 O유동목-4(317)
이시훈 O촉매목-3(391)
이신범 O공정목-6(171)
이애진 O공정금-8(173)
이연구 P재료금-76(371)
이연재 P유동금-2(322)
이영기 P이동목-2(329)
이영기 P이동목-3(329)
이영원 P공정금-89(201)
이영재 O공정금-24(177)
이영재 O에환수-7(248)
이영준 P생물금-2(235)
이영현 O에환수-8(248)
이예담 O생물금-8(234)
이예람 O생물목-3(231)
이예설 심(공정)목-3(119)
이예지 P에환목-144(297)
이예진 P공정금-43(189)
이용상 P촉매금-59(411)
이용운 O에환목-3(254)
이용운 O에환목-4(254)
이용운 P공정금-1(179)
이용진 P열역금-17(310)
이용진 P열역금-18(310)
이용진 심(열역)목-4(126)
이용현 O공정금-15(175)
이용희 P이동목-12(331)
이우귀연 O안전목-5(423)
이웅 O공정금-13(174)
이웅 O공정목-2(170)
이웅 O공정수-3(164)
이웅 O에환금-4(256)
이웅 P공정금-106(205)
이웅 P공정금-27(185)
이웅 P공정금-37(188)
이웅 P공정금-41(189)
이웅 P공정금-84(199)
이웅기 P고분금-18(147)
이원보 O촉매금-5(393)
이원보 P열역금-23(311)
이원보 심(열역)목-1(126)
이원빈 P생물금-31(242)
이원석 O촉매금-8(394)
이원석 심(입자)목-4(127)
이원준 O재료금-4(350)
이원준 심(KGS)수-7(111)
이원형 O열역목-6(303)
이원호 P공정금-60(193)
이원호 P재료금-49(364)
이윤규 P공정금-115(207)
이윤규 P공정금-117(208)
이윤석 O촉매수-8(387)
이윤선 P촉매금-86(418)
이윤재 O에환수-10(249)
이윤재 O에환수-11(249)
이윤재 O촉매수-2(386)
이윤재 P공정금-60(193)
이윤호 O재료금-4(350)
이은도 O공정금-24(177)
이은도 O에환수-7(248)
이은도 P에환목-120(291)
이은석 P고분금-17(147)
이은석 P고분금-25(149)
이은열 심(생물)목-4(123)
이은정 O생물목-3(231)
이은정 P생물금-32(242)
이은정 P이동목-11(331)
이인구 P에환목-14(265)
이인구 P에환목-39(271)
이인규 O공정금-17(175)
이인규 O공정수-15(167)
이인규 P공정금-32(186)
이인규 P공정금-33(187)
이인규 P공정금-35(187)
이인규 P공정금-43(189)
이인규 P공정금-49(191)
이인규 P공정금-51(191)
이인성 P고분금-15(146)
이인수 P에환목-111(289)
이인수 P에환목-116(290)
이일송 P재료금-102(378)
이일송 P재료금-7(354)
이일송 P재료금-8(354)
이재경 P촉매금-49(409)
이재경 P촉매금-99(421)
이재근 O재료목-10(349)
이재근 O재료수-5(345)
이재근 O재료수-9(346)
이재룡 P고분금-28(149)
이재룡 P공정금-119(208)
이재범 P공정금-61(194)
이재범 P공정금-68(195)
이재범 P공정금-83(199)
이재섭 O에환수-2(247)
이재성 P에환목-29(269)
이재식 P고분금-24(148)
이재식 P고분금-8(144)
이재식 P고분금-9(145)
이재영 P에환목-66(278)
이재용 P에환목-153(299)
이재용 P재료금-111(380)
이재용 P재료금-112(380)
이재우 O공정금-19(176)
이재우 O에환수-25(253)
이재우 O열역목-6(303)
이재우 P공정금-55(192)
이재우 P에환목-42(272)
이재우 P촉매금-1(397)
이재욱 O에환금-20(260)
이재욱 O유동목-17(321)
이재욱 P공정금-60(193)
이재원 P공정금-45(190)
이재원 P공정금-48(190)
이재원 P공정금-50(191)
이재원 P공정금-59(193)
이재원 P공정금-62(194)
이재원 P에환목-31(269)
이재원 P에환목-76(280)
이재철 P열역금-33(314)
이재하 심(촉매)목-1(130)
이재헌 O입자목-6(337)
이재혁 P에환목-129(294)
이재혁 P에환목-130(294)
이재혁 P재료금-51(365)
이재홍 P에환목-151(299)
이재홍 P에환목-52(274)
이재홍 P에환목-69(279)
이정규 P에환목-114(290)

이정규 P에환목-82(282)
이정규 P촉매금-62(412)
이정민 P생물금-28(241)
이정민 P에환목-53(275)
이정우 P공정금-55(192)
이정우 P에환목-70(279)
이정욱 P생물금-28(241)
이정욱 P생물금-29(242)
이정욱 P생물금-30(242)
이정욱 P생물금-31(242)
이정은 P에환목-18(266)
이정재 P공정금-58(193)
이정철 P공정금-116(207)
이정철 P공정금-117(208)
이정현 P고분금-27(149)
이정현 P분리목-55(229)
이정현 P에환목-154(300)
이정현 P에환목-155(300)
이정현 P에환목-56(275)
이정호 P생물금-33(243)
이정호 P생물금-34(243)
이제민 P에환목-41(272)
이제현 O고분금-7(141)
이종대 P에환목-71(279)
이종대 P에환목-72(279)
이종대 P에환목-73(280)
이종민 O공정금-10(173)
이종민 O공정금-18(175)
이종민 O공정수-14(167)
이종민 P공정금-78(198)
이종석 O고분금-3(140)
이종석 O분리목-5(212)
이종석 O에환수-27(253)
이종언 O생물목-4(231)
이종언 P생물금-4(235)
이종언 P생물금-6(236)
이종혁 P열역금-6(307)
이종혁 P열역금-8(307)
이종환 P열역금-29(313)
이종환 P열역금-32(313)
이주동 P열역금-32(313)
이주성 P공정금-10(181)
이주연 P에환목-34(270)
이주영 P에환목-98(286)
이주영 심(전문)금-3(135)
이주원 P에환목-19(266)
이주현 P재료금-36(361)
이주형 P입자금-6(340)
이주형 P입자금-7(340)
이주호 P에환목-76(280)
이주홍 P고분금-28(149)
이주홍 P공정금-119(208)
이주화 O공정수-20(168)
이주환 O고분금-11(142)
이준배 P이동목-16(332)
이준섭 O공정금-19(176)
이준섭 P공업목-5(159)
이준성 O촉매목-4(391)
이준성 심(촉매)목-9(130)
이준영 P고분금-33(151)
이준영 P공정금-12(181)
이준영 P에환목-30(269)
이준헌 P분리목-6(217)
이준형 P분리목-49(228)
이준형 P에환목-120(291)
이중엽 P촉매금-41(407)
이지민 P고분금-19(147)
이지선 P생물금-29(242)
이지섭 P에환목-6(263)
이지성 P열역금-22(311)
이지성 P열역금-31(313)
이지수 O촉매수-9(388)
이지영 P촉매금-52(409)
이지우 P에환목-11(264)
이지우 P재료금-89(374)
이지원 P고분금-28(149)
이지윤 P열역금-37(315)
이지은 P에환목-151(299)
이지은 P에환목-52(274)
이지은 P에환목-69(279)
이지현 P이동목-16(332)
이지호 심(안전)금-4(113)
이진규 P분리목-11(218)
이진규 P분리목-4(216)
이진기 O에환금-14(258)
이진기 O에환금-15(259)
이진선 심(안전)금-5(114)
이진우 O재료목-2(347)
이진우 P열역금-25(312)
이진우 P열역금-26(312)
이진우 P열역금-27(312)
이진우 P재료금-15(356)
이진우 P재료금-33(360)
이진우 P재료금-36(361)
이진우 P재료금-39(362)
이진우 P재료금-41(362)
이진우 P재료금-42(363)
이진우 P재료금-71(370)
이진우 P재료금-99(377)
이진원 O생물금-3(233)
이진원 O생물금-7(234)
이진원 P생물금-15(238)
이진원 P생물금-16(238)
이진원 P생물금-17(239)
이진원 P생물금-22(240)
이진주 O촉매수-13(389)
이진호 P재료금-122(383)
이진희 O유동목-3(317)
이진희 O유동목-5(318)
이진희 P에환목-102(287)
이찬민 O촉매금-14(395)
이찬영 O유동목-10(319)
이찬영 O유동목-15(320)
이찬영 P유동금-3(322)
이찬우 P공정금-89(201)
이찬현 O분리목-2(211)
이찬현 P분리목-25(222)
이찬현 P분리목-26(222)
이찬현 P에환목-68(278)
이창문 P고분금-32(150)
이창수 O분리목-6(212)
이창수 O생물금-2(233)
이창수 O생물목-8(232)
이창수 P분리목-44(226)
이창언 심(KGS)수-4(110)
이창준 O안전목-3(423)
이창준 O안전목-4(423)
이창하 O공정수-18(168)
이창하 O분리금-6(214)
이창하 P공정금-95(202)
이창하 P분리목-33(224)
이창하 P분리목-43(226)
이창하 P분리목-54(229)
이창하 심(분리)목-1(121)
이창협 O생물목-5(232)
이창화 P분리목-20(220)
이창화 P분리목-28(222)
이채은 P공정금-101(204)
이채은 P공정금-109(206)
이채진 P분리목-3(216)
이철 O고분금-3(140)
이철연 P고분금-20(147)
이철위 P에환목-115(290)
이철진 O공정금-3(172)
이철진 P공정금-10(181)
이철진 P공정금-121(209)
이철진 P공정금-99(203)
이철진 P에환목-21(267)
이청범 O재료수-8(345)
이태경 O열역금-1(303)
이태경 O열역금-2(304)
이태경 O열역금-3(304)
이태경 P열역금-37(315)
이태원 O유동목-10(319)
이태원 O유동목-15(320)
이태원 P유동금-3(322)
이태익 심(반도체)금-4(132)
이태형 O생물금-7(234)
이태훈 O고분금-6(141)
이택기 P열역금-3(306)
이택준 P공정금-58(193)
이하영 O생물금-3(233)
이하영 P열역금-25(312)
이하영 P열역금-26(312)
이하영 P열역금-27(312)
이하은 O유동목-12(319)
이하은 O재료금-4(350)
이학준 O재료금-2(350)
이해건 P이동목-8(330)
이해령 P생물금-14(238)
이해리 P재료금-58(367)
이현수 P고분금-12(145)
이현아 P고분금-8(144)
이현조 P생물금-16(238)
이현준 O재료수-4(344)
이현준 P재료금--27(377)
이현지 P분리목-53(229)
이현지 P입자금-6(340)
이현철 O분리금-6(214)
이현휘 O에환목-1(254)
이현휘 P에환목-46(273)
이형진 O재료수-11(346)
이혜민 P에환목-126(293)
이혜성 O유동목-5(318)
이혜원 O입자목-9(338)
이혜진 O에환수-10(249)
이혜진 O에환수-11(249)
이호재 O공정수-12(166)
이호재 P공정금-104(204)
이호재 P공정금-105(205)
이호재 P공정금-107(205)
이호재 P공정금-108(205)
이호준 O에환수-27(253)
이홍섭 P입자금-5(340)
이홍식 P분리목-48(227)
이홍식 P에환목-21(267)
이효근 O재료수-4(344)
이효민 O고분금-7(141)
이효민 P고분금-12(145)
이효민 P고분금-13(146)
이효민 P고분금-47(154)
이효민 P고분금-7(144)
이효은 P에환목-28(268)
이효진 P공정금-63(194)
이효철 P재료금-90(375)
이희영 심(공업)목-1(118)
이희원 O공정금-15(175)
임경묵 P촉매금-60(411)
임경민 O촉매수-8(387)
임도진 P이동목-10(331)
임동희 P에환목-47(273)
임동희 P에환목-75(280)
임동희 P에환목-77(281)
임동희 P에환목-85(283)
임명균 O공정금-7(173)
임명균 P공정금-111(206)
임민석 O안전목-7(424)
임민석 P공정금-5(180)
임민석 P공정금-7(180)
임민석 P안전금-2(425)
임민지 P촉매금-31(404)
임선우 P열역금-7(307)
임성갑 O고분금-9(141)
임성갑 P고분금-27(149)

임성민 P에환목-26(268)
임세라 P고분금-33(151)
임세미 P재료금-4(353)
임세연 P촉매금-81(417)
임세영 O촉매수-7(387)
임솔거 P열역금-36(314)
임연호 P재료금-80(372)
임연호 P재료금-81(372)
임영일 O공정금-22(176)
임영일 O공정금-24(177)
임영일 O공정금-5(172)
임영일 O공정수-10(166)
임영일 O에환수-7(248)
임영하 P공정금-39(188)
임오성 P촉매금-18(401)
임용준 P이동목-1(329)
임우성 P촉매금-54(410)
임우성 P촉매금-60(411)
임우택 P재료금-13(356)
임우택 P재료금-14(356)
임원빈 P고분금-28(149)
임원빈 P공정금-119(208)
임윤성 O열역금-4(304)
임윤성 O열역금-5(304)
임은결 P입자금-12(341)
임재범 심(KGS)수-2(110)
임재학 P에환목-27(268)
임재훈 O재료수-4(344)
임재훈 P재료금-83(373)
임정욱 O이동목-15(328)
임정욱 O이동목-2(325)
임정현 P재료금-6(354)
임종민 P이동목-7(330)
임종성 P에환목-31(269)
임종훈 P공정금-71(196)
임준규 P열역금-4(306)
임준규 P열역금-7(307)
임준택 P공정금-104(204)
임준택 P공정금-105(205)
임준택 P공정금-108(205)
임준혁 P에환목-31(269)
임준형 O재료목-11(349)
임준형 O재료목-4(347)
임준형 P재료금-86(374)
임지선 O에환금-18(259)
임지선 P분리목-48(227)
임지선 P촉매금-86(418)
임지환 P촉매금-12(399)
임지훈 P고분금-44(153)
임진경 O이동목-7(326)
임창규 P공정금-120(208)
임창규 P공정금-54(192)
임창혁 O재료금-2(350)
임채은 P재료금-19(357)
임태진 P촉매금-79(416)
임한권 O공정금-25(177)
임한권 O공정금-8(173)
임한권 O에환수-23(252)
임한권 O에환수-24(252)
임한권 P에환목-40(271)
임해량 P고분금-41(153)
임혁성 P에환목-36(270)
임현서 P공정금-90(201)
임현승 P재료금-13(356)
임현승 P재료금-14(356)
임현아 P고분금-43(153)
임형준 O재료수-7(345)
임호태 O유동목-14(320)
임효석 O에환금-17(259)
임휘윤 P재료금-118(382)
장규현 O촉매금-7(393)
장민창 P생물금-40(244)
장민호 P공정금-60(193)
장상목 O에환수-4(247)
장상목 P고분금-5(144)
장설 P에환목-33(270)
장세근 P공정금-89(201)
장세연 O고분금-2(140)
장소은 P촉매금-65(413)
장수환 P공업목-8(159)
장수환 P공업목-9(160)
장순호 O이동목-10(327)
장승혜 O재료수-10(346)
장연경 P고분금-6(144)
장연수 P공정금-11(181)
장영환 P공정금-89(201)
장예주 P재료금-42(363)
장예지 P에환목-120(291)
장원익 P생물금-32(242)
장원익 P이동목-11(331)
장원준 P에환목-133(295)
장원준 P에환목-24(267)
장원준 P에환목-80(281)
장원태 P고분금-27(149)
장윤정 O촉매수-5(387)
장윤정 P촉매금-72(414)
장윤정 P촉매금-73(415)
장윤정 심(촉매)목-4(128)
장은빈 P에환목-49(274)
장은혜 P재료금-48(364)
장인정 P공정금-95(202)
장일섭 O재료금-7(351)
장재동 P에환목-135(295)
장재동 P재료금-110(380)
장재수 P공정금-19(183)
장재수 P공정금-20(183)
장재영 O고분금-8(141)
장재영 P고분금-21(148)
장재영 P고분금-23(148)
장점석 O에환목-1(254)
장점석 P에환목-37(271)
장점석 P에환목-46(273)
장점석 P에환목-59(276)
장정규 P촉매금-92(419)
장정규 P촉매금-93(420)
장정희 P에환목-151(299)
장정희 P에환목-52(274)
장정희 P에환목-69(279)
장종탁 P에환목-74(280)
장종현 심(에환)목-4(125)
장지욱 O에환금-22(260)
장지욱 P에환목-150(299)
장지현 P에환목-154(300)
장지훈 P에환목-153(299)
장지희 P이동목-16(332)
장지희 P촉매금-72(414)
장한빛 P촉매금-69(414)
장해성 P촉매금-4(397)
장해성 P촉매금-5(398)
장현기 P열역금-2(306)
장현성 P에환목-151(299)
장현성 P에환목-52(274)
장현성 P에환목-69(279)
장호석 O분리목-6(212)
장호석 P분리목-44(226)
장호욱 P공정금-107(205)
장호원 심(C2H)수-2(107)
전경원 P에환목-27(268)
전나영 P공정금-40(188)
전다영 심(안전)금-4(113)
전동혁 P공정금-72(196)
전동현 O공정금-11(174)
전동현 P공정금-14(182)
전동협 O재료수-1(344)
전동협 O재료수-10(346)
전락영 P공정금-95(202)
전명석 P이동목-5(330)
전민경 P공정금-102(204)
전민경 P공정금-103(204)
전병준 P열역금-13(309)
전병진 O이동목-12(327)
전병진 O이동목-3(325)
전병진 P이동목-9(331)
전상구 P촉매금-17(401)
전상민 O입자목-1(336)
전상민 O입자목-2(336)
전상민 O입자목-9(338)
전상민 P에환목-18(266)
전상민 P에환목-51(274)
전서희 O에환수-9(249)
전성훈 P생물금-22(240)
전솔민 P에환목-108(288)
전시은 P재료금-55(366)
전시은 P재료금-56(366)
전시은 P재료금-60(367)
전영운 O입자목-7(337)
전영운 P입자금-8(340)
전영현 O촉매금-9(394)
전예린 P공정금-110(206)
전용하 O고분목-2(138)
전유권 O촉매금-14(395)
전유권 P분리목-34(224)
전유권 P분리목-35(224)
전유리 P입자금-11(341)
전의담 O촉매금-12(395)
전이정 O에환금-7(257)
전정숙 P촉매금-5(398)
전정환 P촉매금-27(403)
전종기 P촉매금-41(407)
전종인 P유동금-6(323)
전종현 P촉매금-58(411)
전필립 P분리목-23(221)
전필립 P분리목-5(217)
전필립 P분리목-53(229)
전해진 P재료금-59(367)
전현준 P고분금-47(154)
전형준 P이동목-6(330)
전혜리 O고분금-4(140)
전혜원 P재료금-110(380)
전홍준 P공정금-17(183)
전홍준 P공정금-63(194)
정경원 P생물금-18(239)
정경원 P생물금-27(241)
정경호 O공정수-16(167)
정경호 P공정금-44(189)
정경호 P공정금-69(196)
정경화 O공정수-20(168)
정경화 P공정금-21(184)
정광덕 P에환목-70(279)
정광은 P촉매금-75(415)
정구영 P에환목-84(282)
정규열 P생물금-40(244)
정규태 O생물금-7(234)
정기훈 O고분금-9(141)
정다빈 P공정금-57(193)
정다운 O에환금-1(255)
정다은 P재료금-3(353)
정대성 P분리목-48(227)
정대운 P에환목-122(292)
정대운 P에환목-126(293)
정동재 O촉매금-5(393)
정동휘 P공정금-115(207)
정동휘 P공정금-116(207)
정동휘 P공정금-117(208)
정동휘 P공정금-118(208)
정문기 P재료금-35(361)
정민경 P공정금-74(197)
정민서 P공정금-35(187)
정민수 P에환목-81(282)
정민주 심(촉매)목-1(130)
정민찬 P에환목-58(276)
정병규 P고분금-33(151)
정병훈 O공업목-3(156)
정병훈 P공업목-12(160)

정병훈 P공업목-6(159)
정보라 O촉매수-11(388)
정보라 O촉매수-4(386)
정보민 P공정금-53(192)
정상문 P에환목-12(264)
정상문 P에환목-13(265)
정상문 P에환목-15(265)
정상현 O분리목-7(212)
정서련 P재료금-114(381)
정서령 P분리목-33(224)
정서령 P분리목-54(229)
정서연 O재료목-3(347)
정서연 P재료금-16(356)
정석원 O생물목-7(232)
정석현 O촉매금-1(392)
정선엽 O이동목-14(328)
정선엽 O이동목-8(326)
정선엽 P이동목-18(333)
정선엽 P이동목-19(333)
정설하 P생물금-43(245)
정성기 P공업목-5(159)
정성목 P에환목-131(294)
정성묵 P재료금-25(359)
정성묵 P재료금-34(361)
정성묵 P재료금-44(363)
정성묵 P재료금-49(364)
정성묵 P재료금-65(368)
정성묵 P재료금-72(370)
정성묵 P재료금-85(373)
정성엽 O재료수-5(345)
정성우 P고분금-46(154)
정성욱 P에환목-79(281)
정성욱 P재료금-48(364)
정성욱 P촉매금-19(401)
정성욱 P촉매금-74(415)
정성준 P고분금-13(146)
정성훈 심(전문)금-6(136)
정소담 P열역금-14(309)
정소담 P열역금-19(310)
정수웅 P공업목-10(160)
정승균 심(KGS)수-1(110)
정승균 심(KGS)수-9(112)
정승준 P생물금-1(235)
정승호 P에환목-91(284)
정시연 P분리목-14(219)
정시윤 P열역금-22(311)
정시윤 P열역금-31(313)
정아현 P공정금-76(197)
정양환 P공정금-11(181)
정영민 P촉매금-39(406)
정영제 O고분금-8(141)
정용철 P공정금-23(184)
정용철 P분리목-36(224)
정용철 P분리목-9(218)
정용철 P열역금-24(311)
정용철 P열역금-3(306)
정우빈 O재료목-14(350)
정우석 P에환목-93(285)
정운호 P재료금-83(373)
정원석 O에환금-4(256)
정원석 P촉매금-11(399)
정원호 O생물금-3(233)
정유나 P에환목-53(275)
정유나 P에환목-57(276)
정유림 O공정수-19(168)
정유정 P재료금-48(364)
정유정 P촉매금-19(401)
정유진 P재료금-32(360)
정유진 P재료금-67(369)
정유혁 P공정금-82(199)
정은영 O이동목-9(327)
정은찬 심(KGS)수-3(110)
정은희 P이동목-21(334)
정의명 O유동목-10(319)
정의명 O유동목-15(320)
정의명 P유동금-3(322)
정인환 P고분금-23(148)
정재민 O고분금-8(141)
정재민 O공정수-22(169)
정재우 P재료금-117(381)
정재원 P이동목-23(334)
정재인 P재료금-18(357)
정재철 P촉매금-62(412)
정재형 P분리목-9(218)
정재형 P에환목-124(292)
정재훈 O입자목-13(338)
정재훈 P분리목-42(226)
정재훈 P재료금-69(369)
정주희 P에환목-71(279)
정주희 P에환목-73(280)
정준혁 P촉매금-96(420)
정준혁 P촉매금-98(421)
정지민 O공정수-13(167)
정지민 P공정금-56(192)
정지석 P고분금-40(152)
정지윤 P이동목-2(329)
정지혁 O에환수-6(248)
정지훈 O공업목-3(156)
정지훈 O공업목-4(156)
정지훈 P공업목-11(160)
정지훈 P공업목-12(160)
정진석 P촉매금-20(401)
정찬혁 P공정금-42(189)
정찬혁 P공정금-46(190)
정찬혁 P공정금-47(190)
정창민 P공업목-4(158)
정평곤 O공정수-10(166)
정하린 P공정금-39(188)
정한샘 P공정금-101(204)
정한샘 P공정금-109(206)
정해교 P이동목-18(333)
정해권 P공정금-93(202)
정해권 심(분리)목-2(121)
정해영 P공업목-17(162)
정해영 P에환목-143(297)
정해영 P재료금-113(380)
정향수 P에환목-153(299)
정현경 P생물금-17(239)
정현석 O안전목-6(424)
정현석 P안전금-3(425)
정현석 P안전금-4(425)
정현아 O생물금-8(234)
정현욱 O이동목-12(327)
정현욱 O이동목-3(325)
정현욱 P고분금-31(150)
정현욱 P이동목-9(331)
정현욱 P촉매금-16(400)
정현준 P촉매금-37(406)
정현지 P에환목-30(269)
정형동 P촉매금-24(402)
정형동 P촉매금-48(408)
정형준 O공정금-27(178)
정혜연 P재료금-87(374)
정혜원 O공정금-17(175)
정호진 O촉매목-1(391)
정효진 P공정금-34(187)
정희정 O재료수-5(345)
정희준 P이동목-15(332)
정희태 O에환금-13(258)
정희태 P에환목-135(295)
정희태 P재료금-104(378)
정희태 P재료금-110(380)
정희태 P재료금-123(383)
정희태 P재료금-28(359)
정희태 P재료금-9(355)
정희태 P촉매금-25(403)
정희태 P촉매금-31(404)
조강현 P고분금-37(152)
조강현 P고분금-38(152)
조강희 P촉매금-77(416)
조강희 P촉매금-82(417)
조강희 P촉매금-90(419)
조경일 O에환목-3(254)
조경일 O에환목-4(254)
조경일 P공정금-1(179)
조동현 심(CTB)목-4(106)
조두호 P재료금-34(361)
조문경 P분리목-38(225)
조문경 P분리목-47(227)
조문경 P에환목-124(292)
조문경 P에환목-95(285)
조문경 P에환목-98(286)
조범수 O에환수-20(251)
조병관 P생물금-41(245)
조서연 P공정금-33(187)
조성용 O재료수-4(344)
조성재 O이동목-10(327)
조성현 O안전목-7(424)
조성현 P공정금-5(180)
조성현 P공정금-7(180)
조성현 P안전금-2(425)
조성호 O유동목-14(320)
조숙형 O생물금-3(233)
조숙형 P생물금-15(238)
조숙형 P생물금-16(238)
조숙형 P생물금-17(239)
조승연 O생물금-7(234)
조승우 심(고분)목-3(116)
조승호 O재료수-9(346)
조승호 O촉매수-4(386)
조신흠 O재료목-12(349)
조신흠 O재료수-12(346)
조신흠 P재료금-16(356)
조아현 P재료금-110(380)
조연수 P열역금-29(313)
조영광 심(KGS)수-1(110)
조영광 심(KGS)수-9(112)
조영상 O입자목-13(338)
조영현 P공정금-114(207)
조영호 O분리금-6(214)
조예림 P에환목-89(284)
조예림 P촉매금-78(416)
조예은 P공정금-104(204)
조용민 P이동목-20(333)
조용준 P분리목-2(216)
조용준 P에환목-76(280)
조용휘 P고분금-26(149)
조유리 P에환목-75(280)
조유리 P에환목-77(281)
조유미 O촉매수-18(390)
조유빈 O열역금-3(304)
조유진 P에환목-37(271)
조윤경 O이동목-5(326)
조윤경 P이동목-14(332)
조윤기 O생물금-5(234)
조윤기 O생물금-6(234)
조윤기 P생물금-20(239)
조윤기 P생물금-21(240)
조윤기 P생물금-23(240)
조윤기 P생물금-24(240)
조윤기 P생물금-25(241)
조윤기 P생물금-26(241)
조윤기 P입자금-11(341)
조윤서 P에환목-102(287)
조윤진 P재료금-126(384)
조윤혜 P촉매금-23(402)
조은범 P고분금-14(146)
조은범 P재료금-11(355)
조은별 P공정금-37(188)
조은선 O분리목-8(212)
조은선 O재료수-11(346)
조은선 P분리목-2(216)
조은선 P재료금-3(353)
조은수 O재료목-11(349)

조은수 O재료목-4(347)
조은수 P재료금-86(374)
조은화 P생물금-32(242)
조은화 P이동목-11(331)
조은화 P이동목-17(333)
조인진 P공정금-16(182)
조재민 P공업목-13(161)
조재원 O재료금-1(350)
조재호 P에환목-45(273)
조정민 심(KGS)수-5(111)
조주연 P공정금-121(209)
조준희 심(안전)금-5(114)
조중상 O에환금-2(255)
조중상 O에환수-2(247)
조중상 O에환수-20(251)
조중상 P에환목-22(267)
조중상 P에환목-23(267)
조중상 P에환목-7(263)
조중상 P에환목-9(264)
조중상 P에환목-91(284)
조중상 P재료금-18(357)
조진녕 P에환목-89(284)
조진녕 P촉매금-78(416)
조진한 O고분금-8(141)
조창신 O재료수-1(344)
조창신 O재료수-10(346)
조창신 P에환목-112(289)
조창신 P재료금-22(358)
조창신 P재료금-61(367)
조창신 P재료금-82(373)
조한익 P에환목-62(277)
조한익 P재료금-58(367)
조한익 P촉매금-26(403)
조한익 P촉매금-46(408)
조현규 P에환목-141(296)
조현다 O입자목-10(338)
조현빈 O유동목-14(320)
조현빈 P재료금-111(380)
조현빈 P재료금-112(380)
조현승 P공정금-92(201)
조형원 P에환목-101(287)
조형원 P에환목-99(286)
조형태 P공정금-45(190)
조형태 P공정금-48(190)
조형태 P공정금-50(191)
조형태 P공정금-59(193)
조형태 P공정금-62(194)
조형태 P공정금-67(195)
조형태 P공정금-71(196)
조혜연 P고분금-24(148)
조혜연 P고분금-9(145)
조혜정 P촉매금-51(409)
좌용호 O에환금-1(255)
주상욱 P에환목-88(283)
주양근 O촉매수-15(389)
주양근 O촉매수-19(390)
주영환 P공정금-72(196)
주용완 P에환목-25(268)
주용완 P에환목-26(268)
주용완 P에환목-64(277)
주용완 P에환목-65(278)
주은 P촉매금-6(398)
주은혜 P촉매금-12(399)
주지봉 P촉매금-83(417)
주지영 P에환목-134(295)
주진명 심(입자)목-2(127)
주진혁 P이동목-24(334)
주현준 P재료금-20(357)
주화주 O이동목-8(326)
지승인 P재료금-116(381)
지승현 P재료금-101(378)
지영남 O공정금-23(177)
지준혁 P입자금-10(341)
지홍근 P생물금-2(235)
지홍근 P생물금-3(235)
진병권 P재료금-108(379)
진병권 P재료금-109(379)
진성민 P촉매금-7(398)
진정호 O고분금-2(140)
진준형 P공업목-17(162)
진준형 P에환목-143(297)
진준형 P재료금-113(380)
진혜인 P고분금-7(144)
차민규 P분리목-39(225)
차민규 P분리목-41(226)
차연경 P재료금-31(360)
차원락 P촉매금-92(419)
차정은 P에환목-33(270)
차정환 P재료금-95(376)
차준우 P재료금-101(378)
차찬욱 O입자목-12(338)
차찬욱 P이동목-17(333)
차찬욱 P입자금-9(341)
차형준 O생물목-7(232)
차형준 심(생물)목-5(124)
채경희 O촉매수-3(386)
채민규 P분리목-45(227)
채민지 P고분금-12(145)
채민지 P생물금-11(237)
채민지 P생물금-7(236)
채수종 P에환목-4(262)
채오병 O에환금-13(258)
채원식 O에환목-1(254)
채원식 P에환목-37(271)
채원식 P에환목-46(273)
채창주 P재료금-25(359)
채태영 O에환금-20(260)
채태영 O유동목-17(321)
채현민 P분리목-17(220)
채현석 P공업목-5(159)
채희엽 O공업목-6(157)
채희엽 O공정수-23(169)
천동준 P공정금-104(204)
천동준 P공정금-105(205)
천동준 P공정금-108(205)
천민영 O에환수-4(247)
천승우 P에환목-13(265)
천아인 심(안전)금-3(113)
천유진 P공정금-120(208)
천진녕 O재료금-7(351)
천진녕 P재료금-103(378)
천진녕 P재료금-107(379)
첸유 P열역금-3(306)
최강현 P공정금-97(203)
최건우 P고분금-27(149)
최기홍 P이동목-24(334)
최나은 P공정금-17(183)
최나은 P공정금-28(185)
최대섭 O재료목-11(349)
최대섭 O재료목-4(347)
최대섭 P재료금-86(374)
최대은 P재료금-33(360)
최동섭 P촉매금-83(417)
최동호 P공정금-71(196)
최명규 O유동목-13(320)
최명규 O유동목-16(320)
최명규 P유동금-7(323)
최명기 P촉매금-55(410)
최명기 P촉매금-56(410)
최문기 P재료금-100(377)
최문기 P재료금-92(375)
최문석 P공정금-35(187)
최민교 P공정금-8(180)
최민기 O촉매금-11(394)
최민기 O촉매목-5(392)
최민기 P촉매금-81(417)
최민기 P촉매금-84(417)
최민기 심(촉매)목-7(129)
최민환 P열역금-5(307)
최벽파 O분리목-8(212)
최병규 심(전문)금-1(135)
최병선 P재료금-49(364)
최서영 P고분금-25(149)
최선기 P재료금-44(363)
최선희 O에환목-1(254)
최선희 P에환목-37(271)
최선희 P에환목-46(273)
최세영 O재료목-3(347)
최세훈 O재료금-8(351)
최솔 P생물금-6(236)
최수인 P에환목-81(282)
최수현 P에환목-92(284)
최수현 P에환목-93(285)
최승목 심(에환)목-2(125)
최승준 O에환수-10(249)
최승준 O에환수-11(249)
최승철 P촉매금-26(403)
최승현 P공업목-2(158)
최승회 심(반도체)금-5(133)
최시영 O에환금-12(258)
최시영 O촉매수-18(390)
최영민 P재료금-25(359)
최영민 P재료금-34(361)
최영민 P재료금-44(363)
최영민 P재료금-49(364)
최영민 P재료금-65(368)
최영민 P재료금-72(370)
최영민 P재료금-85(373)
최영선 O재료목-11(349)
최영우 P에환목-33(270)
최예지 O공정금-26(177)
최예지 P촉매금-66(413)
최예진 O생물금-3(233)
최예진 P고분금-5(144)
최우영 O분리목-3(211)
최우혁 O고분목-2(138)
최원빈 P재료금-30(360)
최원석 O촉매금-15(395)
최원용 O에환금-10(257)
최원용 O에환금-6(256)
최원용 P공정금-79(198)
최원용 P에환목-149(298)
최원재 O에환금-21(260)
최원중 P열역금-25(312)
최원중 P열역금-26(312)
최원중 P열역금-27(312)
최원중 P열역금-8(307)
최원혁 O공정금-10(173)
최원혁 P고분금-36(151)
최유나 P촉매금-12(399)
최유성 P안전금-1(425)
최유성 P재료금-96(376)
최유성 심(전문)금-5(136)
최유정 P분리목-30(223)
최유정 P분리목-31(223)
최유진 O분리금-4(213)
최유진 O유동목-6(318)
최유진 P분리목-40(225)
최유진 P재료금-8(354)
최윤영 O고분금-4(140)
최윤주 P재료금-77(371)
최윤주 P재료금-84(373)
최은영 P분리목-20(220)
최은지 P고분금-10(145)
최재순 P촉매금-48(408)
최재욱 P촉매금-7(398)
최재진 O고분금-8(141)
최재형 O공정수-3(164)
최재형 P공정금-27(185)
최재훈 O공정금-28(178)
최종민 P유동금-4(322)
최종민 P유동금-5(323)
최종민 P재료금-32(360)
최준환 O촉매목-1(391)

최준희 P이동목-1(329)
최지영 P에환목-25(268)
최지영 P에환목-26(268)
최지원 P생물금-26(241)
최지윤 O촉매금-4(393)
최지윤 P재료금-52(365)
최지훈 O입자목-1(336)
최지훈 O입자목-2(336)
최지훈 P에환목-18(266)
최지훈 P에환목-8(263)
최진우 O촉매금-9(394)
최진우 P촉매금-10(399)
최창권 O에환수-23(252)
최하령 O분리금-4(213)
최하은 O공정수-21(169)
최학종 O재료수-7(345)
최항석 O유동목-13(320)
최항석 O유동목-16(320)
최항석 P유동금-7(323)
최현석 P고분금-29(150)
최형윤 P재료금-12(355)
최형윤 P재료금-77(371)
최형윤 P재료금-79(372)
최형윤 P재료금-84(373)
최혜림 P열역금-38(315)
최혜성 P열역금-40(315)
최혜연 P공정금-102(204)
최혜연 P공정금-103(204)
최호진 O공업목-3(156)
최호진 P공업목-12(160)
최효선 P재료금-1(353)
최희원 O촉매수-19(390)
최희현 P공정금-94(202)
추승혁 P에환목-114(290)
퀠메 O공정수-22(169)
탁경재 O공정수-2(164)
표수민 O에환금-12(258)
하경수 P촉매금-55(410)
하경수 P촉매금-56(410)
하경수 P촉매금-58(411)
하금률 P입자금-4(339)
하승준 P촉매금-67(413)
하예지 P촉매금-81(417)
하재혁 P촉매금-64(412)
하정명 P촉매금-7(398)
하정민 O에환수-28(253)
하준수 P에환목-94(285)
하준수 P에환목-96(285)
하진필 P촉매금-25(403)
한건우 O에환금-5(256)
한경원 O촉매금-14(395)
한구희 O입자목-12(338)
한구희 P생물금-32(242)
한구희 P이동목-11(331)
한구희 P이동목-12(331)
한구희 P이동목-17(333)
한구희 P입자금-9(341)
한기보 P에환목-151(299)
한기보 P에환목-52(274)
한기보 P에환목-69(279)
한동주 O촉매수-17(390)
한상수 O공정금-9(173)
한상수 심(공정)목-2(119)
한상일 P분리목-21(221)
한상준 P분리목-10(218)
한상준 P분리목-15(219)
한상준 P분리목-16(219)
한상준 P분리목-18(220)
한상희 O공업목-6(157)
한서준 O입자목-3(336)
한선민 O재료목-8(348)
한성민 P생물금-20(239)
한성민 P생물금-25(241)
한성철 P분리목-30(223)
한성철 P분리목-31(223)
한세희 O촉매금-13(395)
한솔 P공업목-1(158)
한승균 P재료금-58(367)
한승목 P에환목-121(292)
한영규 P에환목-145(297)
한영규 P에환목-146(298)
한영규 P에환목-147(298)
한영규 P에환목-148(298)
한예준 P공업목-7(159)
한예진 P열역금-15(309)
한은새 P에환목-64(277)
한의규 P분리목-22(221)
한재희 P고분금-43(153)
한정우 O촉매금-1(392)
한정우 O촉매금-13(395)
한정우 O촉매수-1(386)
한정우 P재료금-53(365)
한정우 P촉매금-43(407)
한정우 심(열역)목-2(126)
한정훈 P촉매금-38(406)
한정훈 P촉매금-88(418)
한종민 O에환수-28(253)
한종훈 O에환수-14(250)
한종훈 P촉매금-8(398)
한종희 P촉매금-88(418)
한주희 P에환목-4(262)
한지훈 O공정금-12(174)
한지훈 O공정금-21(176)
한지훈 O공정금-26(177)
한지훈 O공정수-11(166)
한지훈 O생물금-2(233)
한지훈 O생물목-3(231)
한지훈 O에환금-8(257)
한지훈 O에환수-10(249)
한지훈 O에환수-11(249)
한지훈 O에환수-13(250)
한지훈 O에환수-15(250)
한지훈 O에환수-22(252)
한지훈 P공정금-60(193)
한지훈 P공정금-8(180)
한창진 P촉매금-27(403)
한창훈 P분리목-3(216)
한태호 P재료금-115(381)
한혁희 O분리금-4(213)
한혁희 P분리목-40(225)
한현구 O에환수-26(253)
한현수 O입자목-2(336)
한현수 P에환목-51(274)
한형석 P유동금-4(322)
한혜미 P고분금-20(147)
한호식 P재료금-53(365)
함형철 O촉매수-20(390)
함형철 P촉매금-61(412)
함효빈 O재료금-2(350)
허강무 심(고분)목-1(116)
허동규 O입자목-8(337)
허성연 P재료금-87(374)
허성연 P재료금-88(374)
허수미 O고분목-3(138)
허수정 P에환목-76(280)
허승준 O유동목-8(318)
허승현 O촉매수-16(389)
허승현 P에환목-86(283)
허승현 P촉매금-50(409)
허윤 O이동목-10(327)
허윤석 P에환목-145(297)
허윤석 P에환목-146(298)
허윤석 P에환목-147(298)
허윤석 P에환목-148(298)
허인웅 P고분금-22(148)
허자윤 O에환수-19(251)
허재성 O안전목-2(423)
허재필 P공정금-54(192)
허재현 O에환수-1(247)
허재현 P에환목-34(270)
허준혁 P촉매금-34(405)
허태욱 O분리목-8(212)
허필호 P고분금-28(149)
허필호 P공정금-119(208)
현규 O이동목-6(326)
현규 P고분금-34(151)
현규 P고분금-35(151)
현규 P고분금-40(152)
현채은 P공정금-53(192)
호동일 O고분목-7(139)
홍가람 P촉매금-8(398)
홍대기 O공정금-6(172)
홍대기 P공정금-57(193)
홍무선 P공정금-113(207)
홍무선 P공정금-114(207)
홍상범 P입자금-1(339)
홍서찬 O재료금-8(351)
홍석민 P분리목-20(220)
홍석민 P분리목-28(222)
홍성국 P에환목-93(285)
홍성완 O유동목-13(320)
홍성완 O유동목-16(320)
홍성완 P유동금-7(323)
홍승범 P분리목-53(229)
홍승환 P에환목-55(275)
홍승희 P에환목-43(272)
홍연기 P분리목-11(218)
홍연기 P분리목-12(218)
홍연기 P분리목-4(216)
홍예진 P공정금-102(204)
홍예진 P공정금-103(204)
홍웅기 심(CTB)목-5(106)
홍원태 O에환수-5(248)
홍정우 P에환목-138(296)
홍지성 P재료금-32(360)
홍지성 P재료금-67(369)
홍지윤 P이동목-19(333)
홍창범 O공정금-6(172)
홍현기 P에환목-121(292)
홍혜림 P공정금-44(189)
홍혜림 P공정금-69(196)
홍혜진 P에환목-53(275)
홍혜진 P에환목-57(276)
홍혜진 P에환목-61(277)
홍혜진 P에환목-66(278)
홍혜진 P에환목-67(278)
황규원 O재료수-4(344)
황금래 O재료목-1(347)
황기섭 P고분금-33(151)
황동원 P촉매금-47(408)
황민선 P이동목-18(333)
황민선 P이동목-19(333)
황병욱 O유동목-6(318)
황보순호 O에환수-10(249)
황선유 P열역금-30(313)
황성원 O공정금-20(176)
황성원 O공정금-27(178)
황성원 O공정금-29(178)
황성원 O공정수-13(167)
황성원 O공정수-16(167)
황성원 O공정수-22(169)
황성원 O공정수-6(165)
황성원 O공정수-8(165)
황성원 P공정금-44(189)
황성원 P공정금-56(192)
황성원 P공정금-64(194)
황성원 P공정금-65(195)
황성원 P공정금-69(196)
황성원 P공정금-74(197)
황성원 P공정금-9(181)
황성환 O에환금-20(260)
황성환 O유동목-17(321)
황세인 O에환금-9(257)
황수경 P안전금-1(425)

황수경 P재료금-96(376)
황영규 P촉매금-16(400)
황우진 P에환목-135(295)
황윤태 O유동목-6(318)
황의석 O재료금-1(350)
황의석 P재료금-20(357)
황의석 P재료금-37(361)
황재연 P공업목-15(161)
황재윤 심(공업)목-2(118)
황정기 P유동금-4(322)
황정선 P고분금-39(152)
황정호 O에환금-15(259)
황종국 O재료금-12(352)
황종국 O재료목-7(348)
황종국 P재료금-75(371)
황종국 P재료금-89(374)
황종국 P재료금-94(376)
황종수 O에환금-5(256)
황준석 P분리목-19(220)
황지희 P재료금-40(362)
황태규 P공업목-13(161)
황현욱 P촉매금-13(400)
황혜인 P재료금-126(384)

가야트리 인그래 P에환목-120(291)
가이크와드 산지트 P분리목-21(221)
겐덴수렌 볼로르마 P에환목-108(288)
닐레쉬 라자람 초단카르 P에환목-146(298)
닐레쉬 라자람 초단카르 P에환목-147(298)
닐레쉬 라자람 초단카르 P에환목-148(298)
닐레쉬 라자람 초단카르 P에환목-145(297)
무스타파 알라 마그드 사드 O에환수-18(251)
무자파 아바스 P에환목-120(291)
무하마드 라마단 O공정수-3(164)
베키아 티야가라즈 하시타 P에환목-145(297)
베키아 티야가라즈 하시타 P에환목-146(298)
베키아 티야가라즈 하시타 P에환목-147(298)
베키아 티야가라즈 하시타 P에환목-148(298)
샤말리 라젠드라 버스 P에환목-145(297)
샤말리 라젠드라 버스 P에환목-146(298)
샤말리 라젠드라 버스 P에환목-148(298)
샤우캇 알리 마자리 P분리목-10(218)
시누 라비 P분리목-40(225)
시누 라비 P분리목-46(227)
아메드 파티 모스타파 가넴 P촉매금-94(420)
안킷 벨바제 P분리목-27(222)
알리 셰리프 P공정금-10(181)
자오구오빈 P분리목-9(218)
조지 조이 조몬 P고분금-30(150)
찬드구데 맥친드라 굴라브라오 P촉매금-16(400)
카나세 아시시 발크리슈나 P에환목-59(276)
코이 낫 팜 P생물금-37(244)
테스팔렘 아츠바하 P공정금-10(181)
펠리시아 알비타 테다 P에환목-153(299)
하리시 차반 P촉매금-67(413)
하산 무하마드 P공정금-23(184)
하산 주하이브 P에환목-136(295)
히라 마흐무드 P공정금-3(179)
Adhikari Sangeeta O에환목-5(255)
Agni Raj Koirala O재료목-2(347)
Agni Raj Koirala P재료금-23(358)
Ahmad Syauqi O공정금-25(177)
Alaa Magdy Saad O에환금-3(256)
Alan Armstrong 심(공정)목-3(119)
Ali Awad P촉매금-16(400)
Ali Usama P공정금-42(189)
Amadeu K. Sum O열역목-1(302)
Amit Rai O공정금-1(171)
Aniruddha Bhimrao Sathe P에환목-46(273)
Aniruddha Jaiswal O촉매수-16(389)
Ankit Belbase P분리목-16(219)
Ankit Belbase P분리목-32(223)
Anushkkaran Periyasamy O에환목-1(254)
Ariyan Zare ghadi P공정금-100(203)
Aron Walsh O열역금-5(304)
Asriadi Sakka P에환목-93(285)
Atsbha Tesfalem O공정금-3(172)
Azam Jamsaz P촉매금-21(402)
Azam Jamsaz P촉매금-22(402)
Azam Jamsaz P촉매금-36(405)
Azam Jamsaz P촉매금-57(411)
Bang Thanh Le O에환수-7(248)
Bernhard O. Palsson P생물금-4(235)
Bezawit Tatek Shiferraw O에환금-23(261)
Bhamu Kailash Chandra P열역금-11(308)
Bhanupratap Singh Solanki O촉매목-3(391)
Biao Yuan O재료금-4(350)
Bogdan Dorneanu P공정금-36(187)
Bolormaa Gendensuren P에환목-58(276)
Byoung-Hoon Lee 심(C2H)수-8(108)
Chang Won Yoon 심(C2H)수-4(107)
Chao Song P촉매금-21(402)
Chao Song P촉매금-22(402)
Chao Song P촉매금-36(405)
Chao Song P촉매금-57(411)
Charles J. Norsigian P생물금-4(235)
Claire S. Adjiman 심(공정)목-3(119)
Dao Thi Trang P촉매금-39(406)
Devina Thasia Wijaya P공정금-89(201)
Dipali Upare P에환목-115(290)
Duc-Viet Nguyen O촉매수-16(389)
Duc-Viet Nguyen P에환목-86(283)
Duc-Viet Nguyen P촉매금-50(409)
Edward Hartley Sargent 심(C2H)수-3(107)
Fabian Dickhardt 심(C2H)수-10(109)
Faraz Muhammad Abbasi P촉매금-47(408)
Gabriella Pasya Irianti O고분목-3(138)
Garcia Ralph Joseph O이동목-14(328)
Gebreyohannes Tsegay Gebrekidan O촉매금-8(394)
Ha Eun Lee O유동목-4(317)
Hafiz Ghulam Abbas P재료금-101(378)
Haider Syed Kamran P분리목-26(222)
Harvey Arellano-Garcia P공정금-36(187)
Hwajoo Joo 심(C2H)수-10(109)
Ishaq Kariim P에환목-14(265)
Israel Ayodamola Bayode P공정금-46(190)
Jack R. Lake 심(C2H)수-10(109)
Jaiswal Aniruddha P에환목-86(283)
Jaiswal Aniruddha P촉매금-50(409)
Jana Jayasmita P촉매금-50(409)
Jayasmita Jana O촉매수-16(389)
Jayasmita Jana P에환목-86(283)
Jeffrey C. S. Wu 심(촉매)목-1(128)
Jennifer A. Dionne 심(C2H)수-1(107)

Jester Lih Jie Ling O유동목-12(319)
Jester Ling Lih Jie O유동목-1(317)
Jianguo Mei O재료금-4(350)
John R. Grace P유동금-2(322)
K.S.S.V. Prasad Reddy P분리목-41(226)
K.S.S.V. Prasad Reddy P열역금-12(308)
Kieu Thi Mai Huong O공정금-22(176)
Kripa Varanasi 심(C2H)수-10(109)
Lapasov Shokhjakhon Dilshod Ugli O분리금-9(215)
Le Minh Thang 심(촉매)목-8(129)
Le Thi Huyen Trang P촉매금-39(406)
Letian Dou O재료금-4(350)
Luu Thi Thuy P촉매금-39(406)
Mahlet N. Gebresillase O촉매금-16(396)
Mahlet N. Gebresillase P촉매금-32(404)
Mahmoud Kiannejad Amiri P공정금-40(188)
Mahmoud Kiannejad Amiri P공정금-47(190)
Malik Sajawal Akhtar P공정금-4(179)
Margareth P공정금-84(199)
Marjeta Maček Kržmanc 심(촉매)목-1(128)
Md Riad Al Rabbi Abir P에환목-50(274)
Mengjia Zhu 심(공정)목-3(119)
Michael Binns P공정금-21(184)
Michael P. Nitzsche 심(C2H)수-10(109)
Mohamed Fouli Mostafa P촉매금-94(420)
Mohammad Moosazadeh P공정금-40(188)
Mohammad Moosazadeh P공정금-46(190)
Mohammad Moosazadeh P공정금-47(190)
Mohammad R. Thalji P촉매금-94(420)
Monica Louise T. Triviño O분리금-2(213)
Monica Malik P열역금-1(306)
Muhammad Ansub Khan P공정금-4(179)
Muhammad Ansub Khan P공정금-6(180)
Muhammad Wasi Syed P에환목-14(265)
Murmu Manasi P에환목-107(288)
Nam Le O촉매수-16(389)
Nam Le P에환목-86(283)
Nargiza Norkobil kizi Odilova P공정금-111(206)
Ngo Ich Son O에환수-7(248)
Ngo Ich Son O공정금-22(176)
Ngo Ich Son O공정금-5(172)
Ngo Quoc Khanh 심(촉매)목-8(129)
Nguyen Phuong Anh P촉매금-21(402)
Nguyen Phuong Anh P촉매금-22(402)
Nguyen Phuong Anh P촉매금-36(405)
Nguyen Thi Ha P촉매금-39(406)
Nhiem Pham-Ngoc P촉매금-21(402)
Nhiem Pham-Ngoc P촉매금-36(405)
Nhiem Pham-Ngoc P촉매금-22(402)
Nhiem Pham-Ngoc P촉매금-57(411)
Nnyigide Chibuzo Sunday P촉매금-74(415)
Nomer Arriola Jr. P촉매금-40(406)
Nong Khanh Linh P생물금-36(243)
Nurul Fuadi Pratiwi Sulaiman P공정금-96(202)
Pa Pa Aung Shoon O분리금-8(214)
Pa Pa Aung Shoon P분리목-51(228)
Periyasamy Anushkkaran P에환목-46(273)
Pham Minh Toan O촉매수-8(387)
Pham Minh Toan P촉매금-88(418)
Phat Ngoc Nguyen P분리목-8(217)
Phuong-Mai O촉매수-16(389)
Pragyan Sharma P촉매금-20(401)
Purnaning Tuwuh Triwigati O에환수-9(249)
Purnaning Tuwuh Triwigati P에환목-11(264)
Quoc Hao Nguyen P에환목-44(272)
Rakesh Saroha O에환금-2(255)
Ruth M. Muthoka 심(열역)목-4(126)
Ryan P. Lively O분리목-3(211)
Saluta Errol P촉매금-32(404)
Seoni Kim 심(C2H)수-10(109)
Shahzeb Tariq P공정금-42(189)
Shaukat Ali Mazari P공정금-61(194)
Shaukat Ali Mazari P분리목-15(219)
Shaukat Ali Mazari P분리목-18(220)
Shaukat Ali Mazari P분리목-32(223)
Simon B. Rufer 심(C2H)수-10(109)
Siranuysh Badalyan P촉매금-95(420)
Sofina Binti Najib P에환목-85(283)
Solanki Bhanupratap Singh O유동목-12(319)
Sotowa Ken-Ichiro 심(공정)목-1(119)
Srinivasan Alagar P에환목-12(264)
Stefan Ringe P재료금-101(378)
Subash Velu P공업목-16(161)
T. Alan Hatton 심(C2H)수-10(109)
Tal Joseph 심(C2H)수-10(109)
Tamboli Mohaseen P에환목-136(295)
Temur Khujamuratov P촉매금-75(415)
Thach Ngoc Tu P분리목-8(217)
Thi Bich Tram Bui P열역금-11(308)
Thi Bich Tram Bui P열역금-12(308)
Thi Tu Anh Nguyen P재료금-23(358)
Thomas F. Jaramillo 심(C2H)수-7(108)
Timothy J. Pennycook O재료금-4(350)
Tran Thi Hai Yen P에환목-5(263)
Tran Thi Thu Hien 심(촉매)목-8(129)
Trinh Nguyen Thuan Khiet P촉매금-23(402)
Usama ali P공정금-46(190)
Velu Manikandan O공업목-1(156)
Vikram Thapar O고분목-3(138)
Vinayak G Parale O분리금-4(213)
Vo Le Nam Viet P촉매금-39(406)
Vu Tien Tuan Dung P에환목-5(263)
Wang Xu O촉매금-5(393)
Wathone Oo O분리금-8(214)
Wathone Oo P분리목-51(228)
Win May Zaw O분리금-8(214)
Win May Zaw O분리금-9(215)
Win May Zaw P분리목-51(228)
Wong Min Jin Karen O유동목-12(319)
Wong Min Jin Karen O유동목-4(317)
Xuan Tin Tran O촉매금-2(392)
Y.H. Taufiq-Yap 심(촉매)목-6(129)
Yihang Fang 심(공정)목-3(119)
Younas Muhammad P촉매금-16(400)
Zhen Hao Lee P공정금-111(206)
Zhen Li O촉매수-8(387)