

Polyaluminumchloride와 NaOH 첨가량에 따른 수산화알루미늄 합성에 관한 연구

황대주^{*,****,†} · 조계홍^{****} · 최문관^{*} · 안지환^{**} · 한 춘^{***} · 이종대^{****}

*한국석회석신소재연구소 연구개발실
395-903 충북 단양군 매포읍 우덕리 63
**한국지질자원연구원 광물자원연구본부 비금속활용연구실
305-350 대전광역시 유성구 과학로 92
***광운대학교 화학공학과
139-701 서울특별시 노원구 월계동 447-1
****충북대학교 화학공학과
361-763 충북 청주시 흥덕구 성봉로 410
(2009년 11월 20일 접수, 2010년 1월 22일 채택)

Synthesis and Characterizations of Aluminum Hydroxide Using NaOH Additional Amounts and Polyaluminumchloride

Dae Ju Hwang^{*,****,†}, Kye Hong Cho^{****}, Moon Kwan Choi^{*}, Ji Whan Ahn^{**}, Choon Han^{***} and Jong Dae Lee^{****}

*Korea Institute of Limestone and Advanced Materials, 63 Wooduk-ri, Maepo-up, danyang-gun, Chungbuk 395-903, Korea
**Mineral Processing Department, Mineral Resources Research Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, 92 Science-ro, Yuseong-gu, Daejeon 305-350, Korea
***Department of Chem. Eng., Kwangwoon Univ., 447-1 Wolgyedong, Nowon-gu, Seoul 139-701, Korea
****Department of Chem. Eng., Chungbuk National Univ., 410 Sungong-ro, Heungduk-gu, Chungju, Chungbuk 361-763, Korea
(Received 20 November 2009; accepted 22 January 2010)

요 약

상-하수 응집제인 폴리염화알루미늄(polyaluminumchloride, PAC)과 가성소다(NaOH)를 이용하여 수산화알루미늄을 합성하고, 가성소다(NaOH) 첨가량 변화에 따른 합성물 특징을 고찰하였다. 이 때 합성된 수산화알루미늄의 특징을 XRD, SEM, PSA로 분석하였다. XRD 분석 결과, NaOH 15g에서는 비정질 수산화알루미늄으로, NaOH 20g에서는 깁사이트(gibbsite)(37%), 바이어라이트(bayerite)(35%), 보헤마이트(boehmite)(28%)의 혼합상(mixed phase)으로 나타났으며, NaOH 25g에서는 깁사이트(gibbsite)(67%), 바이어라이트(bayerite)(33%)로, NaOH 30g에서는 깁사이트(gibbsite) (83%), 바이어라이트(bayerite)(17%)로 나타났다. SEM 분석 결과, NaOH 25, 30g에서 판형 형태로 분석되었다. PSA 분석 결과, 수산화알루미늄의 입자 크기는 NaOH 첨가량이 증가할수록 감소하였다.

Abstract – The water-sewage cohesion agent(polyaluminumchloride(PAC)) and NaOH were used to synthesize Al(OH)₃. For various additions of NaOH, characteristics of the synthesized Al(OH)₃ was analysed by XRD, SEM and PSA. According to XRD analysis, small amount of NaOH(NaOH:PAC=15g:100g) resulted in amorphous form of Al(OH)₃. By increasing NaOH(NaOH:PAC=20g:100g), the mixture of gibbsite(37%), bayerite(35%) and boehmite(28%) were produced. By adding more NaOH(NaOH:PAC=25g:100g), binary mixtures of gibbsite(67%) and bayerite(33%) were formed. Finally, high addition of NaOH(NaOH:PAC=30g:100g) gave the high concentration of gibbsite(gibbsite:bayerite=83:17). Also, SEM analysis indicated that the product featured the plate form with 20 and 30g of NaOH addition. Furthermore it was found that the particle size of the product decreased with the addition of NaOH.

Key words: Aluminum hydroxide, Gibbsite, Bayerite, Boehmite, Polyaluminumchloride(PAC)

1. 서 론

대부분의 수산화알루미늄 및 알루미늄은 보크사이트 광물로부터 bayer process를 이용하여 생산하고 있다[1-3]. 보크사이트 광물 중에

는 알루미늄이 약 50~70 wt% 함유되어 있으며, 보크사이트 광물 종류에 따라 수산화알루미늄은 3수화물인 깁사이트(gibbsite), 바이어라이트(bayerite), 1수화물인 보헤마이트(boehmite) 및 디아스포어(diaspore) 상태로 존재한다[4-8]. 수산화알루미늄은 bayer process로 제조한 백색분말로서, 산, 알칼리와 반응하여 용해되는 특성이 있는 매우 중요한 기초화학 소재이다. 수산화알루미늄은 주로 제련용과

[†]To whom correspondence should be addressed.
E-mail: hdj1057@limestone.re.kr

화학용 원료로 사용되는데, 제련용은 금속 알루미늄 제조에 사용하는 원료로서 미국, 유럽 등에서 생산되며, 입도가 큰 반면 화학용은 상-하수 응집제인 황산반토, 폴리염화알루미늄, 제올라이트 및 치약, 난연제, 의약품, 세라믹 제조 원료로 사용되고, 반응성이 좋아야 하기 때문에 제련용에 비해 입도가 작으며 일본, 한국 등에서 제조되고 있다.

특히 일본에서는 bayer process에서 석출하였던 수산화알루미늄을 알루미늄산나트륨을 이용하여, 혼합, 가열처리, 용해, 석출 공정으로 고순도 수산화알루미늄을 생산하고 있다[9-15]. 미국에서는 일반적인 bayer process로 수산화알루미늄의 백색도 향상/입도 제어, 그리고 제조 공정에서 발생하는 오염물의 제거 효율 등 bayer process 개선 방법 등을 연구하고 있다[16-24]. 또한, 알루미늄을 소결하기 위하여 마이크로웨이브 소결로를 이용, 연소 과정없이 고순도 알루미늄을 제조하는 연구시도가 1990년대부터 시작되었다[25]. 국내에서는 bayer process를 통한 수산화알루미늄을 제조 및 연구하고 있다[26-28]. 고순도 알루미늄은 bayer process에서 생산된 수산화알루미늄을 원료로 하여 제조하는 방법과 금속알루미늄을 원료로 하여 제조하는 방법으로 구분할 수 있으나 수산화알루미늄을 원료로 하는 방법은 순도가 낮기 때문에 별도의 정제 공정을 필요로 하게 되므로 공업적으로는 대부분 고순도 알루미늄 금속을 원료로 사용하는 경우가 많다.

Bayer process에서 생산된 수산화알루미늄을 원료로 하여 제조하는 방법은 금속 알루미늄을 원료로 하여 제조하는 방법에 비해 많은 연구가 시도되고 있지 않다. 따라서 본 연구의 목적은 일반적으로 보크사이트를 염산과 반응시켜 제조된 상-하수 응집제(polyaluminumchloride)를 출발 물질로 사용하여 순도가 높은 수산화알루미늄을 제조하는 것이며, 이 때 제조된 수산화알루미늄의 특성을 분석하여 단일상의 깁사이트(gibbsite)와 결정 형태의 plate와 sphere의 산물 제조 조건을 확립하는 것이다. 향후 제조된 수산화알루미늄을 마이크로웨이브 소결로의 열처리에 의해서 고순도 알루미늄을 생산할 수 있을 것이다.

2. 실험

2-1. 수산화알루미늄의 합성

알루미늄 화합물의 염기도는 알루미늄과 알루미늄에 결합하고 있는 OH-기의 비율로서 Shultz-Hardy 법칙에 의해서 아래의 식 (1)과 같이 정의된다[29].

$$\text{염기도(Basicity)} = \{[\text{OH}]/[\text{Al}] \times 3\} \times 100(\%) \quad (1)$$

알루미늄 화합물의 형태에 따른 염기도 계산치를 Table 1에 나타내었다. 사용된 폴리염화알루미늄(PAC, $[\text{Al}_2(\text{OH})_m\text{Cl}_{6-m}]_n$, 단 $1 \leq n \leq 5$, $m \leq 10$)은 염기도 45%로 Table 1과 같고, 알루미늄을 포함한 무기고분자 응집제들의 경우, 수용액상에서 가수 분해되어 Al^{3+} species로 나누어진다. 본 연구에서는 사용된 PAC는 미주실업(주)의 염기도 45%인 것이며, 규격은 Table 2에 나타나 있다. NaOH는 동해화학(주)

Table 1. Basicity of aluminum species

Species	Shultz-Hardy	OH/Al	Basicity(%)	Charge per atom
Al^{3+}	1	0	0	+3
$[\text{Al}_2(\text{OH})_2]^{4+}$	1/2.8	1	33	+2
$[\text{Al}_3(\text{OH})_4]^{5+}$	1/7.1	1.3	44	+1.67
$[\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}]^{7+}$	1/12.4	2.15	82	+0.54
$\text{Al}(\text{OH})_3$	-	3	100	0

Table 2. Specifications of polyaluminumchloride

Characteristic	Specifications	KSM 1510-1998
Appearance	Yellow liquid	Yellow liquid
pH	3.8~5.0	3.5~5.0
Density(20 °C)	1.22 above	1.19 above
Al_2O_3 (wt%)	10~11 wt%	10.0~11.0
Basicity(%)	45~46	45~46
Sulfate ion(%)	3.5 below	3.5 below
Ammonia nitrogen(%)	0.004 below	0.01 below
Fe(%)	0.005 below	0.01 below
As(ppm)	0.5 below	1.0 below
Mn(ppm)	1 below	15.0 below
Cd(ppm)	0.2 below	1.0 below
Pb(ppm)	1 below	5.0 below
Hg(ppm)	0.02 below	0.1 below
Cr(ppm)	1 below	5.0 below

의 순도 98%인 것을 이용하였다.

실험결과의 기준이 되는 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 시료는 시약급(동양제철화학(주) $\text{Al}(\text{OH})_3$, 100%, sample a)인 것을 사용하였다. 이어서 PAC 100g에 15g/L 농도의 NaOH 용액을 10ml/min 투입 후, 1시간 동안 교반 후 여과 및 세척 3회를 실시하여 sample b를 얻었다. Sample c는 PAC 100g에 20g/L 농도의 NaOH 용액을 10ml/min 투입 후, 1시간 동안 교반 후 여과 및 세척 3회를 실시하여 얻은 것이다. sample d는 PAC 100g에 25g/L 농도의 NaOH 용액을 10 ml/min 투입 후 1시간 동안 교반 후 여과 및 세척 3회를 실시하여 얻었다. Sample e는 PAC 100g에 30g/L 농도의 NaOH 용액을 10ml/min 투입 후 1시간 동안 교반 후 여과 및 세척 3회를 실시하였다. 각각의 sample의 건조는 100 °C에서 12시간 실시하였다.

2-2. 특성분석

합성된 수산화알루미늄에 대하여, X-Ray 회절분석기(X-Ray Diffraction System(model: D/MAX2500V/PC, Rigaku, Japan), Max power : 18 kW, Voltage : 60 kV, Current : 300 mA, Cu/K-alpha)를 이용하여 결정 형태 및 정량분석을 실시하였다.

또한 FE-SEM(Field Emission Scanning Electron Microscope, model: S-4300, HITACHI, Japan)을 이용하여 합성된 수산화알루미늄의 미세조직 및 형상을 분석하였다.

아울러 PSA(입도분석기)(Particle Size Analyzer, model: LS 13320, BeckmanCoulter, U.S.A)을 이용하여 수산화알루미늄의 입도 크기를 분석하였다.

합성된 수산화알루미늄의 OH 그룹은 FT-IR(적외선분광분석기)(Fourier Transform Infrared Spectrometer, model : Vertex 70, Bruker Optics, Germany)을 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. XRD 특성 분석

합성된 수산화알루미늄의 결정상 및 정량분석을 위하여 X-선 회절 분석기가 사용되었다. Fig. 1은 sample a(raw material- $\text{Al}(\text{OH})_3$, 100%)의 XRD data로서, 수산화알루미늄의 결정상은 깁사이트(gibbsite)로 분석되었다. Sample b의 경우는 Fig. 2에 나타나듯이 비정질(amorphous)

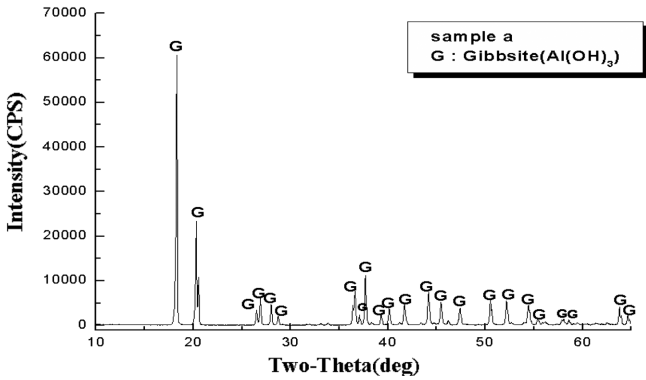


Fig. 1. XRD analysis of sample a(raw material - Al(OH)₃).

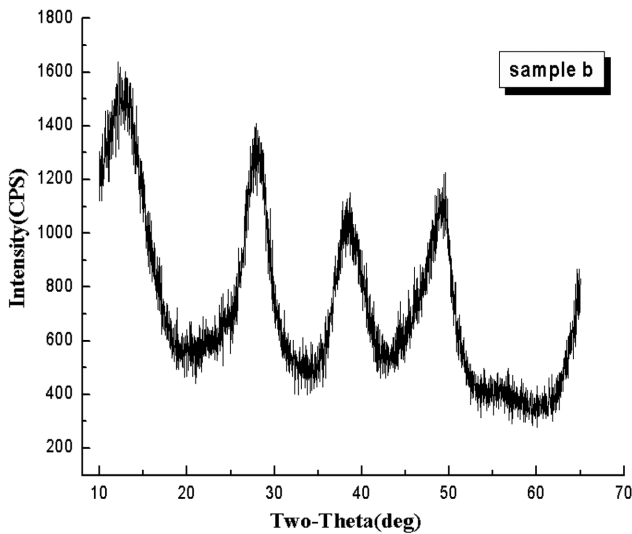


Fig. 2. XRD analysis of sample b(PAC 100g + NaOH 15g).

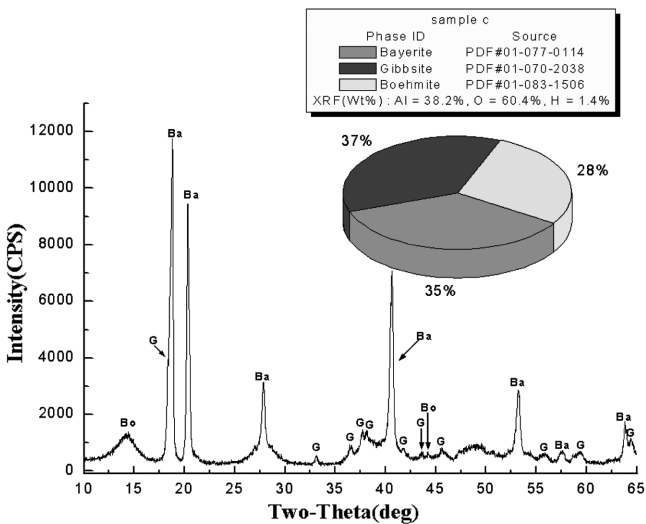


Fig. 3. XRD data and quantitative analyses of sample c(PAC 100g + NaOH 20g).

수산화알루미늄으로 합성되었다. 즉, 적은 양의 NaOH 첨가량에 의해 결정이 형성되지 않는 것으로 분석되었다. 따라서 Fig. 8과 Table 3의 FT-IR 피크들에서 볼 수 있듯이 약간의 shift된 값을 보이지만 수산화알루미늄의 IR 피크들을 나타내고 있다. Fig. 3은 sample c의 XRD와 정량분석이다. Fig. 3에서 sample c의 결정상들은 혼합상

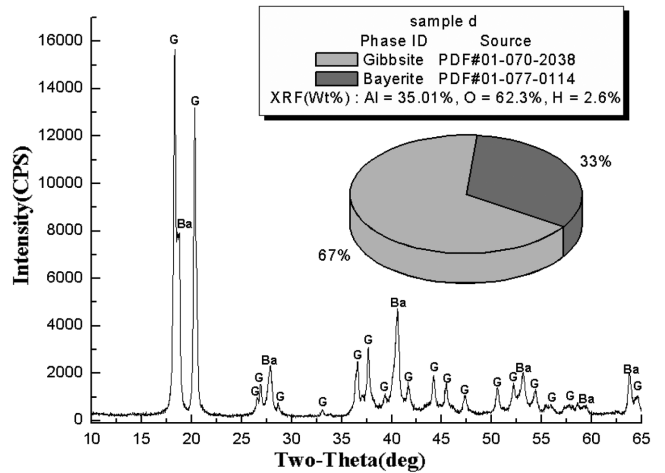


Fig. 4. XRD data and quantitative analyses of sample d(PAC 100g + NaOH 25g).

로, 정량분석 결과, 바이어라이트(bayerite) 결정상 35%, 깁사이트(gibbsite) 결정상 37%, 보헤마이트(boehmite) 결정상 28%로 분석되었다. XRF(wt%) 결과는 Al = 38.2%, O = 60.4%, H = 1.4%로 분석되었다. Sample c의 혼합상의 결과는 PAC(100g) + NaOH 20g의 반응에서 3수화물의 결정상이 1수화물 결정상보다 쉽게 합성됨을 의미한다. 한편 Fig. 4에서 보여진 것과 같이 sample d의 결정상들은 깁사이트(gibbsite) 결정상 67%, 바이어라이트(bayerite) 결정상 33%로, XRF(wt%)가 Al = 35.01%, O = 62.3%, H = 2.6%로 분석되었다. Sample d는 sample c와 다르게 보헤마이트(boehmite) 결정상이 존재하지 않는 것으로 분석되었다. 이는 sample d의 NaOH 25g 첨가에 의해서 결정상들이 3수화물인 깁사이트(gibbsite), 바이어라이트(bayerite) 결정상으로 상전이 되었음을 의미한다. 이와 유사하게 sample e에서도 같은 XRD 패턴을 보였다. 또한 sample e의 분석결과 (Fig. 5) 깁사이트(gibbsite) 결정상 83%, 바이어라이트(bayerite) 결정상 17%로 나타났으며 XRF(wt%)는 Al = 34.8%, O = 62.0%, H = 3.2%로 분석되었다. Sample e는 d와 결정상은 동일하게 분석되었지만, 정량적으로 깁사이트(gibbsite) 결정상이 더 많이 존재하는 것으로 분석되었다. 이것은 NaOH 첨가량이 증가함에 따라서 결정상이 보다 안정적인 깁사이트(gibbsite) 결정상으로 합성되는 것을 의미한다.

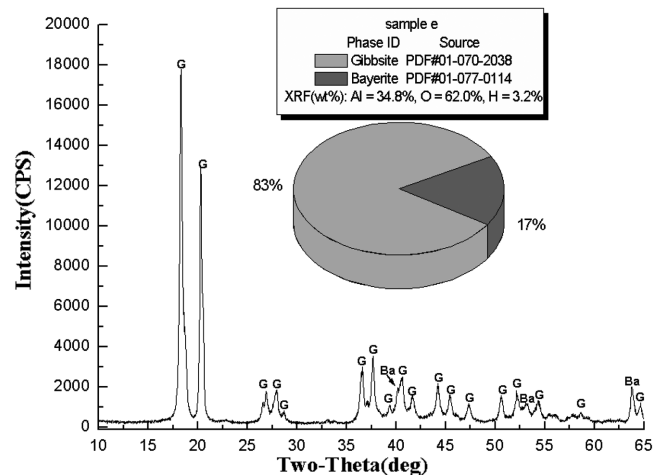


Fig. 5. XRD data and quantitative analyses of sample e(PAC 100g + NaOH 30g).

본 실험에서 합성된 수산화알루미늄의 XRD 결과로, NaOH g/PAC g의 무게비가 증가할수록 수산화알루미늄은 잘 합성되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 PAC 분자식($[(Al_2(OH)_nCl_{6-n}]_m$)의 Cl^- 이온과 NaOH의 OH^- 이온과의 이온 치환 반응으로 상·하수도용 응집제의 기본 원리로 이온중과의 착화합물의 침강 원리를 이용하여 PAC와 NaOH 첨가량에 의한 합성이다. Park과 Jin[4]은 3 M NaOH에 상·하수도용 응집제인 황산반토($Al_2(SO_4)_3$)의 물 비를 변화시키면서 수열 합성(90 °C, 24시간 교반)하여 단일상의 보헤마이트(boehmite)를 합성하였다. 본 연구는 이와 다르게 상·하수도용 응집제인 PAC에 NaOH의 첨가량을 변화시키면서 합성하였다. 그 결과 혼합상인 깁사이트(gibbsite), 바이어라이트(bayerite), 보헤마이트(boehmite)가 합성되었다. 혼합상인 나타난 원인으로 Park과 Jin[4]을 비교하여 보면, NaOH(분자량 40) 첨가량이 PAC(중합도 5,000)에 비해 작은 양에 기인되는 것으로 이온 치환 반응에서 PAC의 분자식($[(Al_2(OH)_nCl_{6-n}]_m$)의 Cl^- 이온과 반응 이온 간의 이온종인 NaOH의 OH^- 이온이 적어 보다 안정적인 3수화물인 수산화알루미늄의 결정상인 깁사이트(gibbsite)로 합성이 되지 못하고 그 중간 단계인 바이어라이트(bayerite) 및 보헤마이트(boehmite)가 합성된 것으로 Fig. 3, 4, 5의 sample c, d, e의 XRD 결과 확인할 수 있었다. 다음으로, 수열 합성(온도, 교반 시간)이다. 본 실험은 상온, 1시간 동안 교반하였다. NaOH 투입량이 약 500 ml부터 gel화가 되었다. Park과 Jin[4]은 수산화알루미늄을 합성하기 위하여 수열 합성 방법으로 제조하고 있는데, 본 실험은 비교적 간단한 제조 방법으로 수산화알루미늄을 제조하는 것으로, 본 실험의 sample들의 XRD 결과로 확인할 수 있는 것은 수열 합성시의 반응 온도와 반응 시간에 대한 본 실험의 수산화알루미늄 합성의 기초 실험 결과를 확인할 수 있었고, 단일 결정상을 제어하기 위한 반응 변수들 찾을 수 있었다. 반응 변수들은 NaOH 첨가량, NaOH 투입 속도, 교반시간, 온도 등이다.

3-2. SEM 특성 분석

합성된 각각의 sample들의 형태를 알아보기 위해서 FE-SEM 분석 장비를 사용하였다. 각 sample a, b, c, d, e의 SEM 이미지들을 Fig. 6에 나타내었다. 여기서 sample a는 시약급 수산화알루미늄이고, sample b는 합성된 수산화알루미늄으로 Fig. 2의 XRD 분석 결과, 비정질 수산화알루미늄이다. Sample c는 합성된 수산화알루미늄으로 sample b와 유사한 형태를 보이고 있다. Sample c의 XRD 분석결과는 혼합상인 깁사이트(gibbsite), 바이어라이트(bayerite), 보헤마이트(boehmite)로 구성되었지만, SEM 이미지 분석결과 특별한 형태는 나타나지 않았다. 합성된 수산화알루미늄 sample d 및 e 판형에 가까운 형태로 나타났다. 그리고 SEM 분석 중 sample d와 e는 SEM의 전자 빔의 전자를 흡수하여 SEM 이미지 상이 흐릿하게 나타났다. 이 현상이 깁사이트(gibbsite)와 바이어라이트(bayerite)의 혼합상에서 나타나는지 단일상에서도 나타나는지는 본 실험결과에서는 확인할 수 없었다. 그리고 sample b, c에서는 sample d, e와 같은 SEM의 전자 빔의 전자를 흡수하지는 않았다. 본 실험 결과의 SEM 특성 분석결과로는 혼합 결정상의 영향으로 판단된다.

3-3. PSA 특성 분석

입도 분석기(PSA)를 통해서 합성된 각각의 sample들의 입도 분포를 파악하고자 하였다. 분산매로는 에탄올을 사용하였다. 그 결과(Fig. 7)에 의하면 sample a의 d_{50} 값은 53.51 μm , sample b의 d_{50} 값은

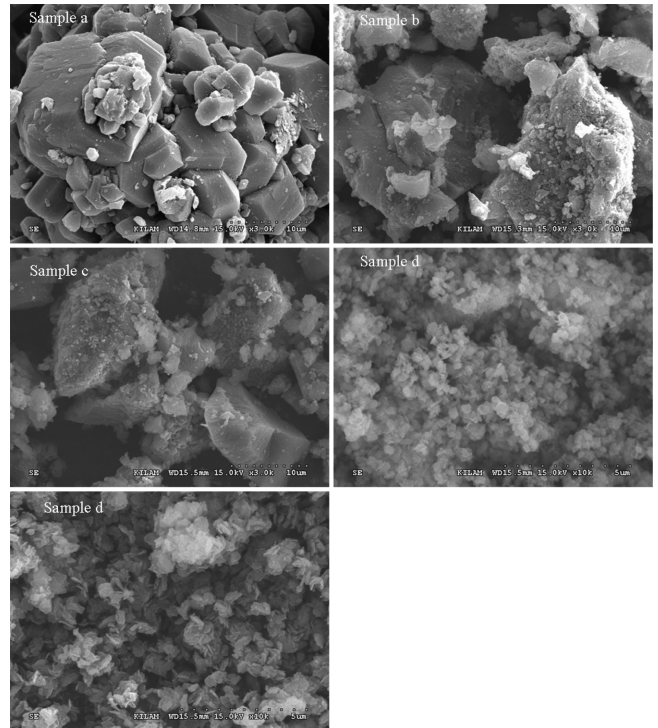


Fig. 6. SEM images of synthesized aluminum hydroxide - sample a(aluminum hydroxide - raw material), sample b(PAC(100g) + NaOH(15g), sample c(PAC(100g) + NaOH(20g), sample d(PAC(100g) + NaOH(25g), sample e(PAC(100g) + NaOH(30g)).

8.460 μm , sample c의 d_{50} 값은 10.830 μm , sample d의 d_{50} 값은 4.608 μm , sample e의 d_{50} 값은 3.194로 나타났다. 즉, SEM 이미지 분석결과로 보여진 수산화알루미늄의 입자 크기와 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 이는 PAC에 NaOH 첨가량이 증가함에 따라, 합성된 수산화알루미늄의 결정 성장 시 입자 크기가 작아지는 경향으로, 이 영향은 NaOH g/PAC g의 무게비가 증가할수록 PAC의 분자식($[(Al_2(OH)_nCl_{6-n}]_m$)의 Cl^- 이온과 NaOH의 OH^- 이온이 이온 치환 반응이 잘 되어 NaOH 첨가량이 증가할수록 입도 범위는 감소하였다.

3-4. FT-IR 특성 분석

합성된 수산화알루미늄의 OH 작용기 그룹을 분석하기 위해서 FT-IR 장비를 이용하였다. Fig. 8은 각각의 sample들의 FT-IR 분석 그래프이고 Table 3은 sample a, b, c, d, e와 깁사이트(gibbsite)[5-7] 및 보헤마이트(boehmite)[7]의 수산화기의 적외선 흡수 값이다. Sample a는 시약급 수산화알루미늄으로 Table 3의 깁사이트(gibbsite)[5]와 깁사이트(gibbsite) [7]의 sphere와 plate의 shift된 값을 보인다. 그러나 FT-IR 피크 상에서 나타난 것과 같이 Fig. 6의 SEM 이미지 상이 확인하게 분석되지는 않았다. Sample b는 Fig. 2의 XRD 분석결과 비정질 수산화알루미늄으로 판형되었으며, FT-IR 분석 피크 값인 Table 3에서 약간의 shift된 값을 보이고 있지만, 수산화알루미늄인 것을 확인할 수 있었다. Sample c는 Fig. 3의 XRD data 및 정량분석 결과, 혼합상인 깁사이트(gibbsite)(37%), 바이어라이트(bayerite)(35%), 보헤마이트(boehmite)(28%)로 Table 3의 깁사이트(gibbsite)[5-7]와 보헤마이트(boehmite)[7]의 수산화기의 값을 보이고 있지만, 혼합상으로 IR 피크 값으로 확인하게 구별할 수 없었다. Sample c의 혼합상과 다르게, Park과 Jin[4]의 연구에서는 알루미늄의 소재로 이용된

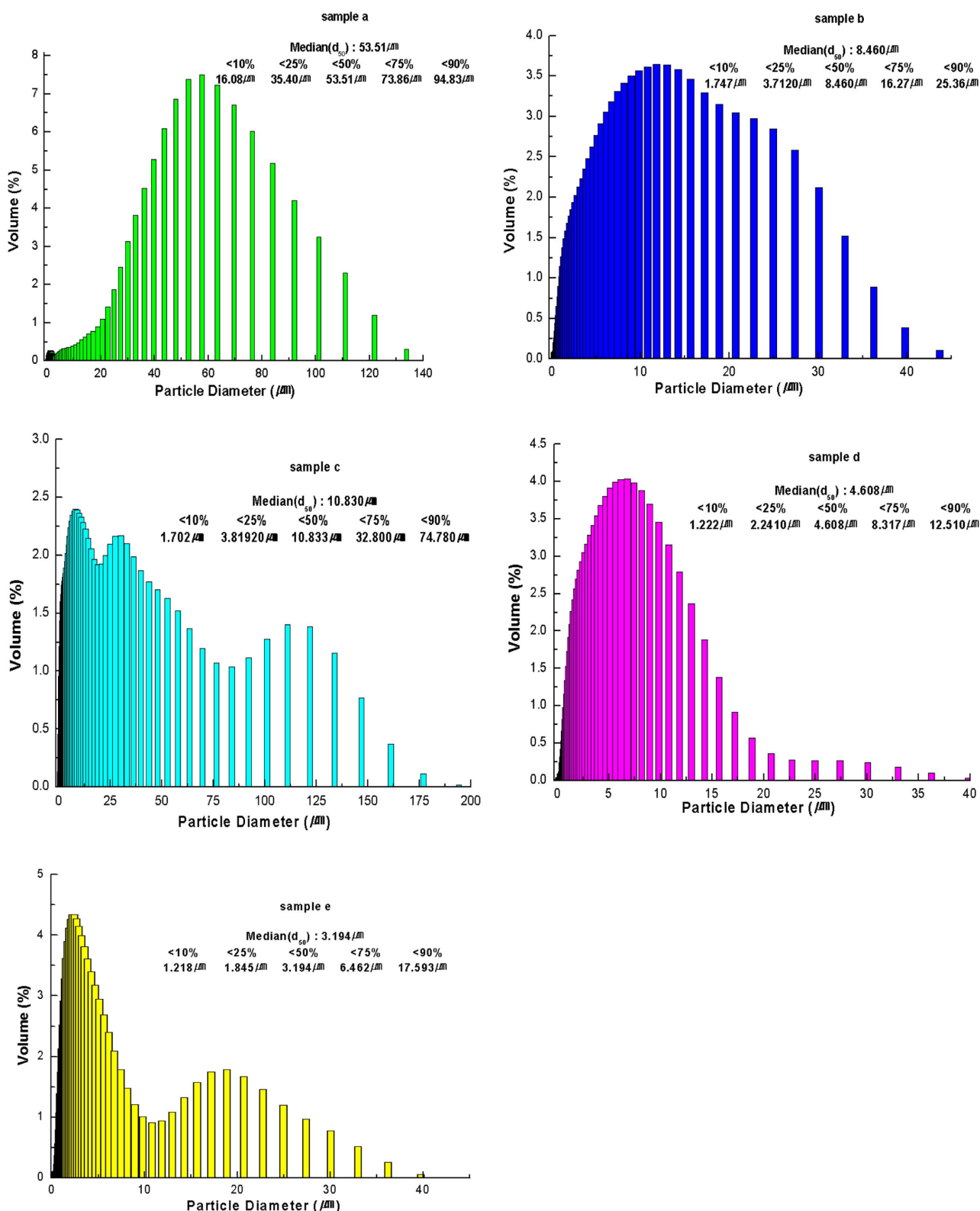


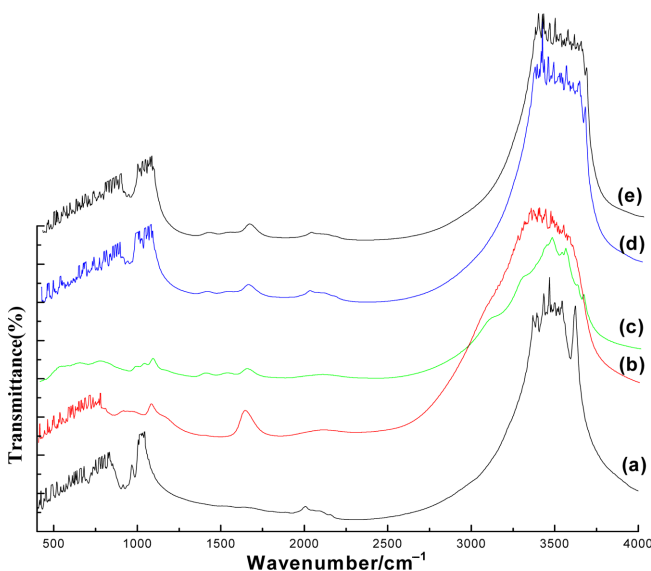
Fig. 7. PSA analysis of synthesized aluminum hydroxide - sample a(aluminum hydroxide - raw material), sample b(PAC(100g) + NaOH (15g), sample c(PAC(100g) + NaOH(20g), sample d(PAC(100g) + NaOH(25g), sample e(PAC(100g) + NaOH(30g)).

상-하수 응집제인 황산반토($Al_2(SO_4)_3$)와 NaOH의 수열 합성 시 보헤마이트(boehmite)의 결정상이 다르게 나타났다. 이는 합성 조건의 차이로 본 연구에서는 수열 합성을 하지 않고 상온, 상압, 1시간 동안 교반 하에서 PAC와 NaOH를 합성했기 때문에 혼합상이 존재하

는 것으로 판단된다. Sample d, e는 Fig. 4, 5의 XRD date와 정량분석으로 깁사이트(gibbsite)와 바이어라이트(bayerite)의 혼합형을 파악할 수 있었다. 또한 Fig. 8과 Table 3의 FT-IR의 수산화알루미늄 수산화기 피크 값으로 측정된 깁사이트(gibbsite)는 Table 3의 참고

Table 3. Infrared absorption of hydroxyl, stretching and bending modes(cm^{-1}) for gibbsite, boehmite and sample a, b, c, d, e

Compound		ν (OH)				δ (OH)		γ (OH)		
sample a		3622	3543	3467, 3434	3392	1054		826		
sample b			3544	3467, 3436, 3400	3349	1075		725		
sample c		3656	3548	3467		1076		765		
sample d		3656	3548	3467, 3435, 3400	3368	1057, 1038	986	788		
sample e			3583, 3544	3467, 3435, 3400	3391, 3368	1057, 1015		969	869	
reference [5]		3621	3520	3428	3380	1020		958, 914	802	743
Gibbsite reference [7]	sphere	3621	3513, 3501	3422	3352, 3344					
	plate	3618	3510	3497, 3458						
Boehmite[5]				3430		3297	3090	1160	1080	755

**Fig. 8. FT-IR analysis of sample a(aluminum hydroxide), sample b (PAC(100g) + NaOH(15g)), sample c(PAC(100g) + NaOH(20g)), sample d(PAC(100g) + NaOH(25g)), sample e(PAC + 100g) + NaOH(30g)).**

문헌 깁사이트(gibbsite)[5-7]와 유사한 값을 나타내었다.

4. 결 론

일반적으로 수산화알루미늄의 제조는 bayer process에 의해서 제조된다. 이에 비교적 값 싸고, 간단한 제조 방법으로 입도 분포가 좁고, 고순도 수산화알루미늄을 제조하기 위해서 PAC를 이용하여 NaOH 첨가 반응으로 수산화알루미늄을 제조하였다.

PAC에 NaOH 첨가량이 증가할수록 수산화알루미늄의 결정상은 증가되었으며, NaOH 15g일 때 비정질 수산화알루미늄, NaOH 20g일 때 혼합상(mixed-phase)인 깁사이트(gibbsite) 37%, 바이어라이트(bayerite) 35%, 보헤마이트(boehmite) 28%로, NaOH 25g일 때는 깁사이트(gibbsite) 67%, 바이어라이트(bayerite) 33%로, NaOH 30g일

때는 깁사이트(gibbsite) 83%, 바이어라이트(bayerite) 17%로 합성되었다. 입도 분포는 NaOH 첨가량이 증가할수록 수산화알루미늄의 입도 크기는 작아지는 경향을 보였다. SEM 이미지 분석 결과, NaOH 25, 30g에서 plate 형태인 수산화알루미늄을 확인할 수 있었다. FT-IR 분석 결과, NaOH 15g일 때는 비정질 수산화알루미늄으로 IR 피크값을 확인할 수 있었고, NaOH 20g일 때는 혼합상인 깁사이트(gibbsite), 바이어라이트(bayerite), 보헤마이트(boehmite)로 XRD 분석결과 확인 되었지만, IR 피크 값에서 확연하게 구별되지는 않았다. 그리고 NaOH 25, 30g에서는 XRD 분석결과 깁사이트(gibbsite)와 바이어라이트(bayerite)로서 IR 피크 값에 의해 수산화알루미늄의 수산화기를 확인할 수 있었다.

참고문헌

- Hond, R. D., Hiralal, I. and Rijkeboer, A., "Alumina yield in the Bayer process Past, Present and Prospects," *The Minerals, Metals and Materials Society*, 37-42(2007).
- Latsa, M., Zannis, G. and Founti, M., "Evaluation of Technical and Economical Viability of the Industrial co-operation of Aluminum Processing and Cement Industry Environmental Dimension of the Solution," *7th International Conference on Environmental Science and Technology Ermoupolis*, Sept, Greece(2001).
- Luo, Z. and Antonio, S., "Prospective Study of the World Aluminium Industry," Joint Research Center Scientific and Technical Reports, Institute for Prospective Technological Studies, European Commission, EUR 22951 EN, Spain, 1-79(2007).
- Park, B. K. and Jeong, M. J., "Effect of the $\text{H}_2\text{O}/\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ Ratio on Physical Properties in the Synthesis of Porous $\text{AlO}(\text{OH})$ Nano Gel by Homogeneous Precipitation," *J. Ceram. Process. Res.*, **9**(2), 204-208(2008).
- Klopprogge, J. T., Raun, H. D. and Frost, R. L., "Thermal Decomposition of Bauxite Minerals : Infrared Emission Spectroscopy of Gibbsite, Boehmite and Diaspore," *J. Mater. Sci.*, **37**(6), 1121-1129 (2002).
- Fujiwara, S., Tamura, Y. and Maki, H., "Development of New

- High-Purity Alumina," *Sumitomo Kagaku*, **2007-I**, 1-10(2007).
7. Balan, E., Lazzeri, M. and Morin, G., "First-principles study of the OH-stretching Modes of Gibbsite," *American Mineralogist*, **91**, 115-119(2006).
 8. Gong, X., Nie, Z. and Qian, M., "Gibbsite to Boehmite Transformation in Strongly Caustic and Nitrate Environment," *U.S. Department of Energy*, WSRC-MS-2002-00850, 1-34(2002).
 9. Isao, I., "Manufacturing Method for Aluminum Hydroxide," JP. Patent No. 0,192,340(2003).
 10. Isao, I., "Method for Manufacturing Aluminum Hydroxide," JP. Patent No. 0,051,400(2004).
 11. Akira, O., "Aluminum Hydroxide and Its Preparation Method," JP. Patent No. 0,182,555(2004).
 12. Isao, I., "Manufacturing Process of Aluminum Hydroxide," JP. Patent No. 0,115,283(2004).
 13. Shinya, H., "Method of Producing Aluminum Hydroxide," JP. Patent No. 0,097,100(2005).
 14. Kiichi, K., "Manufacturing Method of Particulate Aluminum Hydroxide," JP. Patent No. 0,162,606(2005).
 15. Kazuki, T., "Gibbsite Type Aluminum Hydroxide Particle," JP. Patent No. 0,169,146(2007).
 16. Hisakatsu, K., "Method for Producing Aluminum Hydroxide," U.S. Patent No. 0,012,728(2003).
 17. Gerhard, K., "Aluminium Hydroxide Gel," U.S. Patent No. 0,190,281(2003).
 18. Neil, B., "Process for the Production of Aluminum Hydroxide," U.S. Patent No. 6,599,332(2003).
 19. Neil, B., "Process for the Production of Aluminum Hydroxide of Improved Whiteness," U.S. Patent No. 6,827,923(2004).
 20. Genoveva, B., "Process for the Production of Aluminium Hydroxide," U.S. Patent No. 6,887,454(2005).
 21. Kazuki, T., "Method for Producing a Needle-like Aluminum Hydroxide," U.S. Patent No. 0,120,932(2006).
 22. Kazuki, T., "Gibbsite Type Aluminum Hydroxide Particles," U.S. Patent No. 0,116,641(2007).
 23. Olivier, D., "Process For Preparing Aluminium Species," U.S. Patent No. 0,081,117(2009).
 24. Herbiet, R., "Process for the Production of Aluminum Hydroxide," U.S. Patent No. 0,131,573(2009).
 25. Kimrey, H. D., "Method and Device for Microwave Sintering Large Ceramic Articles," U.S. Patent No. 4,963,709(1990).
 26. Kim, Y. H., "Method for Producing Nano-scale AlO(OH) and Nano-scale Aluminum Oxide Produced by Using the Nano-scale AlO(OH)," KR. Patent No. 0,131,271(2006).
 27. Lee, S. G., "Synthesis of Mono-sized Aluminum Hydroxide Particles," KR. Patent No. 0,067,510(2007).
 28. Lee, S. G., "Synthesis of Mono-sized Aluminum Hydroxide Particles," KR. Patent No. 0,067,511(2007).
 29. Park, I. S., Choi, S. J. and Hwang, W. J., "Development of Water Treatment Chemicals - Polymer Flocculant for the Potable Water Treatment," Ministry of Environment republic of Korea, MONO-1199911620, 1-272(1999).