

정수기 카본 블록 필터의 재활용을 위한 잔여 용량 간이 평가 연구

조영래* · 신유정* · 최서윤* · 이도균****†

*인천대학교 환경에너지공학과
22012 인천광역시 연구원 아카데미로 119
**인천대학교 도시환경공학부
22012 인천광역시 연구원 아카데미로 119

(2024년 9월 19일 접수, 2025년 4월 24일 수정본 접수, 2025년 4월 29일 채택)

Evaluation of Remaining Capacity of Carbon Block Filters in a Household Water Purifier for Recycling

Youngrae Jo*, Yujeong Shin*, Seoyoon Choi* and Do Gyun Lee****†

*Department of Environmental and Energy Engineering, Incheon National University, 119 Academy-ro, Yeonsu-gu, Incheon, 22012, Korea

**Department of Environmental Engineering, Incheon National University, 119 Academy-ro, Yeonsu-gu Incheon, 22012, Korea

(Received 19 September 2024; Received in revised from 24 April 2025; Accepted 29 April 2025)

요 약

본 연구에서는 정수기 내 카본 블록 필터의 재활용을 위하여 잔류 염소 제거율을 기반으로 간이 용량 추정치 평가를 수행하였다. 잔류 염소 제거율을 활용한 잔여 용량 추정치 평가 실험 결과 총 100개의 재활용 카본 블록 필터 중 76개가 90% 이상의 잔여 용량을 나타냈으며, 90% 잔여 용량을 나타낸 필터 중 31개는 프리 카본 블록 필터, 45개는 포스트 카본 블록 필터였다. 이를 통해 대부분의 카본 블록 필터가 잔여 용량이 남은 채 폐기되고 있음을 확인하였다. 프리 카본 블록 필터와 포스트 카본 블록 필터 중 포스트 카본 블록 필터가 상대적으로 잔여 용량이 높은 것으로 판단되었으며, 총인, 총질소 제거율과의 통계적 분석을 통해 각각 0.968, 0.9732의 높은 결정계수를 도출하여 지표의 부합성을 확인하였다. 본 연구 결과를 바탕으로, 정수기 카본 블록 필터의 재활용 시 포스트 카본 블록 필터를 선제적으로 활용할 수 있음을 확인하였으며, 잔류염소 제거율 평가를 정수기 필터의 교체 시스템에 반영하여 자원순환에 기여할 것으로 기대된다.

Abstract – This study evaluated the residual capacity of carbon block filters in household water purifiers by measuring their residual chlorine removal efficiency. Analysis of 100 recycled filters revealed that 76% retained over 90% of their capacity, including 31 pre-carbon and 45 post-carbon filters. This finding indicates that filters are often discarded while still possessing significant remaining capacity, with post-carbon filters exhibiting higher residual capacity than pre-carbon filters. Statistical analysis demonstrated strong relationships between the residual chlorine removal efficiency and the removal efficiencies of total phosphorus (T-P) and total nitrogen (T-N), yielding the high coefficients of determination (0.968 and 0.9732, respectively). Thus, these results suggest that prioritizing the recycling of post-carbon block filters and integrating the removal efficiency of residual chlorine as a performance indicator into residual capacity assessment systems for reused carbon block filters could enhance resource circulation.

Key words: Remaining capacity, Recycled carbon block filter, Water purifier, Residual chlorine

1. 서 론

안전한 음용수를 확보하는 것은 공중 보건 및 기본적인 생활의 영위를 위해 매우 중요한 요소이다[1]. 유럽 및 미국을 포함한 대부

분의 국가에서는 현재 음용수의 확보 및 분배를 위해 소량의 염소 소독을 활용한 상수도 소독 시스템(Drinking water disinfection system)을 구축하고 있는 상태이다[2]. 그러나, 염소 소독 과정에서 트리할로메테인 (THMs), 할로아세트산 (HAAs)과 같은 유해한 소독 부산물(Disinfection byproducts, DBPs)이 필연적으로 발생하게 되며, 추가로 천연유기물 (Natural organic matter), 미세유기오염물질(Organic micropollutant) 등의 사용자에게 대한 노출 가능성이 있다[3-5]. 이러한 소독 부산물 및 다양한 오염물질에 대한 노출을 방지하기 위하여 미국 및 중국의 인구 중 11~30%가 가정용 정수기를

† To whom correspondence should be addressed.

E-mail: dlee31@inu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

활용하고 있으며, 국내에서도 수질오염사고 등으로 인하여 수도물을 직접 사용하는 것을 꺼리는 사회 현상이 강화되었고, 개인 정수기 사용률은 49.4%에 달한다[6-9]. Len의 연구[10]에 따르면, 세계 가정용 정수기 시장은 2018년 기준 전체 정수기 시장의 74.7%를 차지하며, 연간 성장률은 2019년부터 2025년까지 8.9%로 예상되었다.

가정용 정수기는 일반적으로 4-5단계의 필터 시스템으로 구성되며, 필터 시스템은 세디먼트 필터(Sediment filter), 프리 카본 블록 필터(Pre-carbon block filter), 역삼투 필터(Reverse osmosis filter), 멤브레인 필터(Membrane filter), 포스트 카본 블록 필터(Post-carbon block filter), 세라믹 필터(Ceramic filter) 등의 다양한 필터를 포함한다[11,12]. 세디먼트 필터는 주로 수도관의 녹, 상수도 및 지하수에 함유된 부유물질 및 미세 불순물을 제거하며, 다음 단계의 필터 손상을 최소화하는 역할을 한다. 프리 카본 블록 필터는 잔류염소 및 유기화합물과 냄새유발물질을 제거하며, 멤브레인 필터는 세균과 중금속 등을 압력차를 활용하여 제거한다. 마지막으로 포스트 카본 블록 필터는 가스 성분을 제거함과 동시에 세균 번식을 방지한다. 이러한 필터들은 음용수 공급을 위하여 규정된 사항에 따라 관리 및 교체되고 있으나[13,14], 대부분의 필터들이 잔여 용량에 대한 정확한 평가 없이 소각 또는 매립의 형태로 폐기되고 있는 상태이다[13,15]. 특히, 카본 블록 필터는 다양한 정수기에 광범위하게 활용되며, 프리 카본 블록 필터, 포스트 카본 블록 필터의 두 가지 형태로 발생하기 때문에 연간 약 1,700만 개 수준의 필터 폐기물 발생량을 보이고 있다[16]. 그러므로, 정수기 내 카본 블록 필터의 재활용 가능성을 평가하는 것은 정수기 필터 폐기물량 감축 및 재활용을 통한 효율적인 자원 순환 시스템을 구축하기 위해서 중요한 사항이다.

다수의 연구자들이 정수기 내 카본 블록 필터의 소독 부산물(DBPs), 과불화화합물(PFAs), 유리잔류염소와 같은 오염물질 제거 효율성에 대해 언급하였다[17-20]. 현재 대부분의 재활용 필터 연구는 HCl(염산), NaOH(수산화나트륨), KOH(수산화칼륨) 등을 활용한 화학적 재활성(Regeneration)을 통한 흡착 효율 향상[21,22], 다양한 오염물질의 흡착[23], 필터의 사용 조건 및 구성[24,25] 등에 집중되어 있다. 그러나, 그 중 카본 블록 필터의 재활용 가능성을 확인하기 위한 사용 후 필터의 추정 잔여 용량 관련 연구는 미비한 상태이다.

본 연구에서는 환경부에서 고시한 '정수성능검사 그룹별 분류 및 제거율 기준' 및 카본 블록 필터의 주요 역할이 유리잔류염소 제거인 점에서 착안하여 잔류염소를 사용한 필터의 잔여용량 추정치 파악을 위한 간이 지표로써 활용 가능성을 검토하고, 총질소(Total Nitrogen, T-N)과 총인(Total Phosphorus, T-P) 제거율을 측정하여 잔류염소 제거율 간의 상관성 분석을 통해 잔류염소의 추정 잔여 용량 평가 지표로의 적합성을 확인하고자 하였다.

2. 실험

2-1. 흡착제 및 실험 재료 구성

본 연구에서 사용한 정수기 카본 블록 필터는 인천광역시 소재의 정수기 필터 수거업체를 통해 가정용 정수기 시스템 내에서 프리 카본 블록 및 포스트 카본 블록 필터만을 분리하여 공급받았으며, 일반적인 필터 시스템의 구조를 Fig. 1에 도식화하였다. 총인과 총

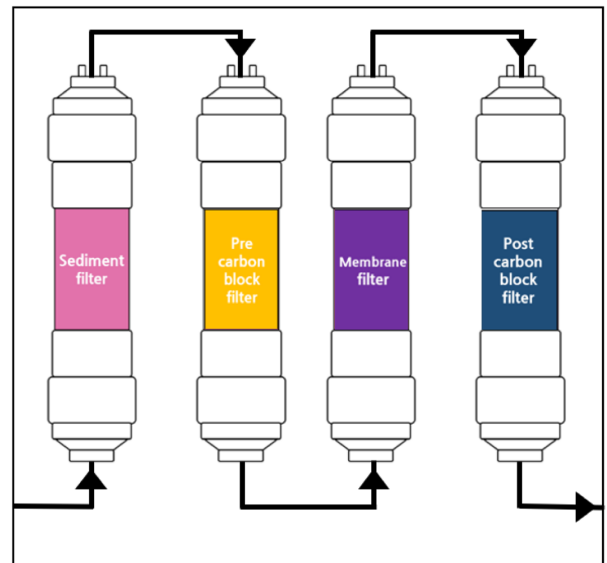


Fig. 1. Composition of household water purifier system.

질소의 저장 용액(Stock solution) 제조를 위한 디클로로아이소시안산나트륨($C_3Cl_2N_3NaO_3 \cdot 2H_2O$)은 머크 사(Merck, Japan)에서 구매하였고, 제일인산칼륨(KH_2PO_4)은 대정화학 (Daejung chemicals & metals, South Korea), 질산칼륨(KNO_3)은 덕산과학(Ducksan science, South Korea)에서 구매하였다. 총인, 총질소 및 잔류염소 측정을 위한 Total Nitrogen TNT Reagent Set, LR (Cat. No: 2672245), Total Phosphorus TNT Reagent Set, LR (Cat. No: 2742645), DPD Total Chlorine Reagent Powder Pillows (Cat. No: 1406499), DPD Free Chlorine Reagent Powder Pillows (Cat. No: 2105569) 제품은 하크 사(Hach, U.S.A)에서 구매하였다. 각 표준 용액은 3차 증류수 (18.2 M Ω)를 활용하여 제조하였다.

2-2. 재활용 카본 블록 필터의 추정 잔여 용량 평가

잔여 용량 평가 실험을 위해 총 100개(프리 카본 블록 필터, 포스트 카본 블록 필터 각 50개)의 재활용 카본 블록 필터를 사용하여 유리잔류염소, 총인, 총질소 측정 실험을 각각 진행하였다. 추가로, 여과 이후 유리잔류염소 농도의 안정 시간을 확인하기 위하여 사전에 필터 4개를 선별하여 여과 이후 유출수의 안정 농도 확인을 진행하였다. 유리잔류염소 주입 농도는 '정수성능검사 그룹별 분류 및 제거율 기준'을 고려하여 2 mg/L로 설정하였고, 총인 3 mg/L, 총질소 1 mg/L로 설정하였으며, 용액의 부피는 총 2 L로 제조하였다. 각 용액은 카본 블록 필터에 예비 실험 결과에 따라 285 mL/min의 속도로 BT-300CA 연동 펌프(JIHPUMP, China)를 활용하여 주입하였으며, 필터를 통과한 유출수는 수집되는 즉시 실험 전 과정에 걸쳐 4 °C에 보관하였다. 잔류염소 농도는 CLF10 유리 염소 센서(Hach, U.S.A)와 SC-1000 컨트롤러 모듈(Hach, U.S.A)을 통해 모니터링을 진행하였으며, 총질소와 총인, 잔류염소의 농도는 DR-3900 수질분석 흡광광도계(Hach, U.S.A)를 활용하여 사용자 프로토콜에 따라 측정하였다. 농도 측정 이후 각 지표의 제거율(Removal efficiency)은 식 (1)에 적용하여 계산하였으며, 추정 잔여 용량(%)을 잔류 염소의 제거율(Removal efficiency)로 등가 설정하여 정의하였다.

$$\text{측정 지표 제거율(\%)} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

C_0 및 C_t 는 각 측정 지표의 초기 농도(mg/L) 및 유출수 내 시간 t 에서의 농도(mg/L)를 나타낸다.

2-3. 데이터 분석

데이터 분석은 R 소프트웨어 패키지(버전 4.2.3)을 활용하여 수행되었다. 모든 통계적 신뢰 수준은 $P\text{-value} < 0.05$ 로 설정되었으며, 잔류염소 제거 효율에 대한 각 재활용 카본 블록 필터의 빈도, 평균, 표준편차(Standard deviation)를 계산하였다. 프리 또는 포스트 카본 블록필터 간 잔류 염소 제거율에 따른 분포의 통계적 차이를 입증하기 위해 각 샘플에 대한 T-test가 수행되었으며, 잔류염소 제거율의 정수기 카본 필터 잔여 용량 평가 지표로서의 활용 가능성을 분석하기 위해 잔류염소 제거율에 대한 총질소 및 총인의 제거율의 일차 회귀식 및 결정계수(R^2)를 도출하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 재활용 카본 블록 필터의 추정 잔여 용량 분석

CLF10 유리염소 실시간 측정 센서를 통한 무작위로 추출한 4개의 재활용 카본 블록 필터 여과 유출수의 잔류 염소 농도를 실시간으로 모니터링한 결과, 초기 시간 동안 잔류 염소 농도는 증가와 유지를 반복하며 불안정한 모습을 확인하였다. 그러나 유출수 부피 2 L, 여과 시간 약 360초 (6분) 이후 잔류 염소 농도의 측정 안정성을 확인할 수 있었으며, 실시간 모니터링 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 따라서, 실시간 잔류 염소 변화율을 고려하였을 때, 잔류 염소 측정에 대한 재활용 필터 여과 유출수 측정의 안정화 기준 시간을 7분으로 설정하고, 여과 후 7분 도달 시 잔류 염소 농도 값에 근거한 카본 블록 필터의 추정 잔여 용량을 측정하였다. 각 필터별로 잔류 염소 제거율은 53 ~ 64.29%로 측정되었다.

총 100개의 재활용 카본 블록 필터를 통해 인공 유입수 내 초기 잔류염소(1.91 ~ 2 mg/L)는 평균 약 92.5% 수준으로 제거되는 것으로 나타났다. 총 카본 블록필터 중 90% 이상의 잔여 용량 추정치를 보유한 필터는 76개이며, 잔여 용량 90% 이상의 필터 76개 중 31개(41%)는 프리 카본 블록 필터, 45개(59%)는 포스트 카본 블록 필

터로 확인되었다. 프리 카본 블록 필터의 경우 50 ~ 60%의 잔여 용량 추정치를 나타낸 필터는 2개(4%), 60 ~ 70% 잔여 용량을 나타낸 필터는 7개(14%), 70 ~ 80% 잔여 용량을 나타낸 필터는 5개(10%), 80 ~ 90% 잔여 용량을 나타낸 필터는 5개(10%), 90 ~ 100%의 잔여 용량을 나타낸 필터는 31개(62%)로 나타났다. 포스트 카본 블록 필터의 경우, 잔여 용량 추정치 기준 50 ~ 60%는 0개(0%), 60 ~ 70% 2개(4%), 70 ~ 80% 0개(0%), 80 ~ 90% 3개(6%), 90 ~ 100% 45개(90%)로 나타났다. 이를 통해 대부분의 카본 블록 필터가 잔여 용량이 충분함에도 폐기되고 있다는 선행 연구 결과와 일치함[13,15]과 동시에 정수기 내 카본 블록 필터가 재활용 소재로 활용되기에 충분한 가치를 보유하고 있으며, 프리 카본 블록 필터와 포스트 카본 블록 필터 중 재활용 시 높은 비율을 차지하는 포스트 카본 블록 필터를 우선적으로 활용하여야 함을 확인할 수 있었다. 분석 결과에 따른 프리 카본 블록 필터 및 포스트 카본 블록 필터의 잔여 용량 추정치 그래프와 10% 간격의 잔여용량 추정치 및 각 필터의 개수 분포를 Fig. 3에 제시하였다.

각 50개씩 추출한 프리 카본 블록 필터와 포스트 카본 블록 필터를 비교하였을 때 포스트 카본 블록의 잔여 용량 추정치가 상대적으로 더 높았으며, 이는 초기에 잔류 염소를 비롯한 대부분의 오염물질을 프리 카본 블록 필터가 제거하고, 이후 여과 과정에 존재하는 포스트 카본 블록 필터에 상대적으로 오염물질 부하가 적게 가해지기 때문인 것으로 사료된다. 이는 카본 블록 필터가 여과 이후 필터의 부하를 감소시키고, 정수 과정에 있어 필수적이라는 선행 연구 결과와 일치한다[26,27].

실험 결과에 대한 통계적 차이를 확인하기 위하여 프리 카본 블록과 포스트 카본 블록 잔류염소 제거율 간의 T-test를 활용한 분석 결과, 통계적 신뢰 수준은 $P\text{-value} < 0.01$ 이하로 높은 신뢰 수준을 나타냈으며, 프리 카본 블록과 포스트 카본 블록 간 잔류 염소 제거율 사이에 유의미한 차이를 보이는 것을 확인하였다. 프리 카본 블록 필터의 표준편차(14.59)가 포스트 카본 블록 필터의 표준 편차(7.23)보다 높은 수준으로 나타났다. 잔여 용량 추정치에 따른 각 필터의 분포 및 표준편차 분석 결과는 Fig. 4에 제시하였다.

3-2. 총질소(T-N), 총인(T-P) 분석 결과

잔류염소 제거율의 재활용 정수기 카본 블록 필터의 잔여 용량

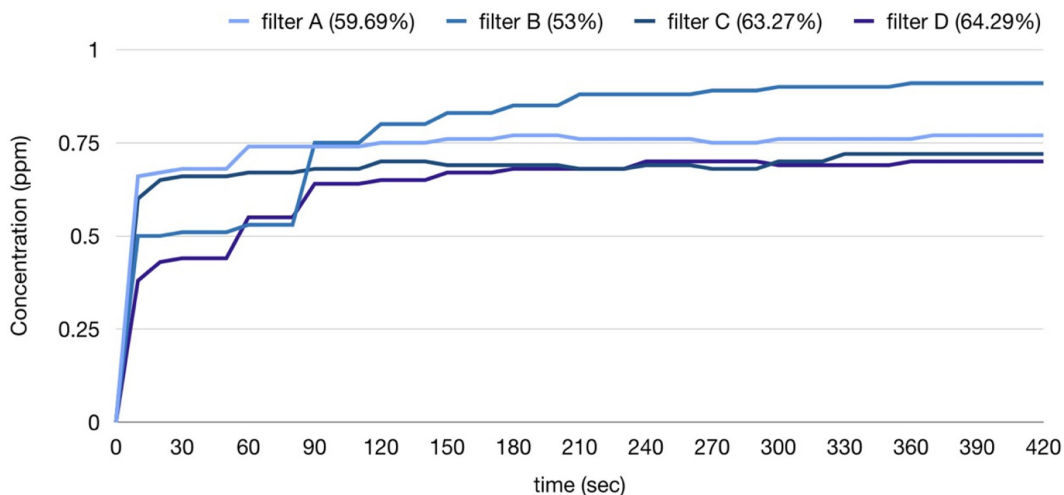


Fig. 2. Real-time monitoring result of residual chlorine concentration.

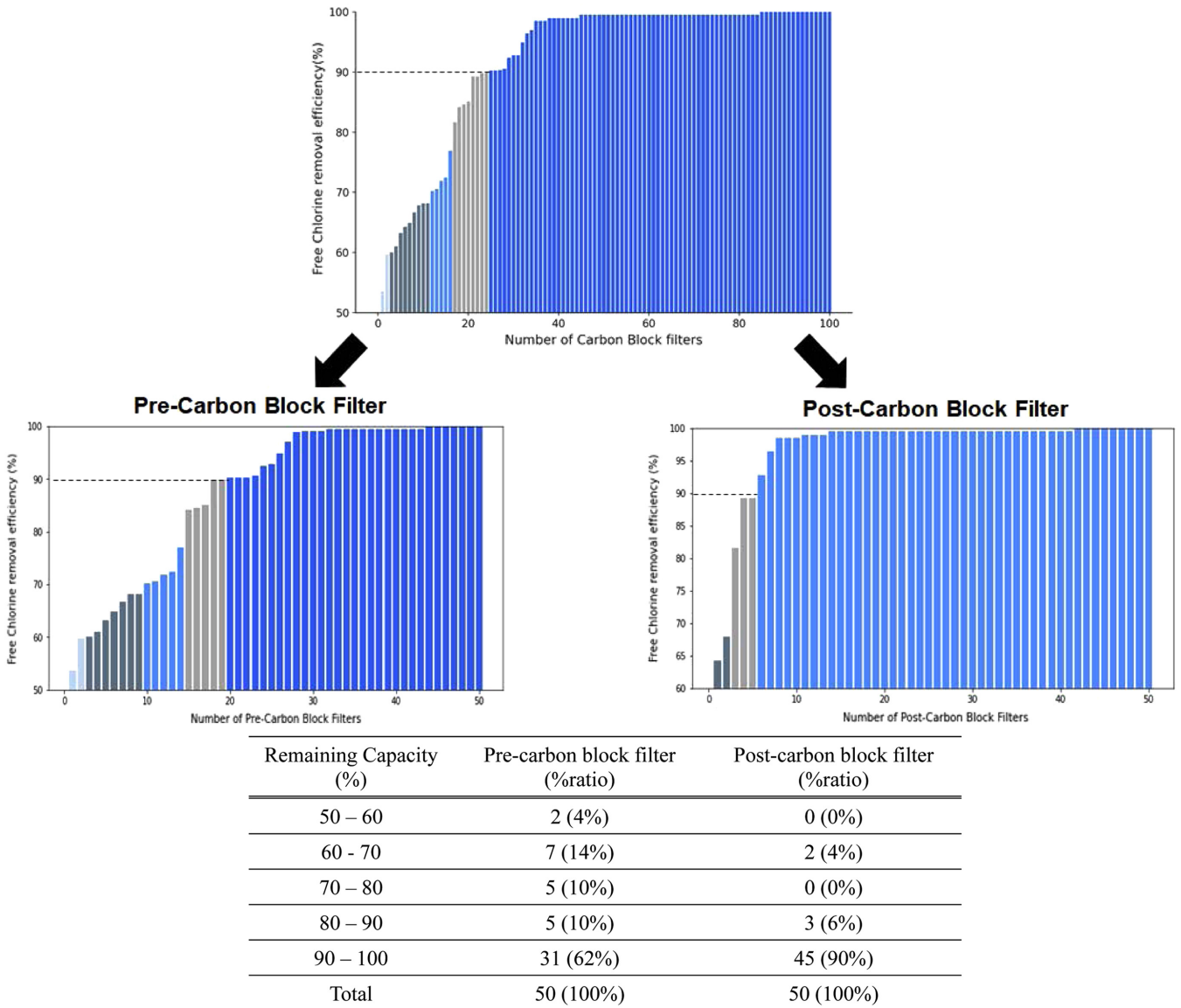


Fig. 3. Estimated remaining capacity of carbon block filters.

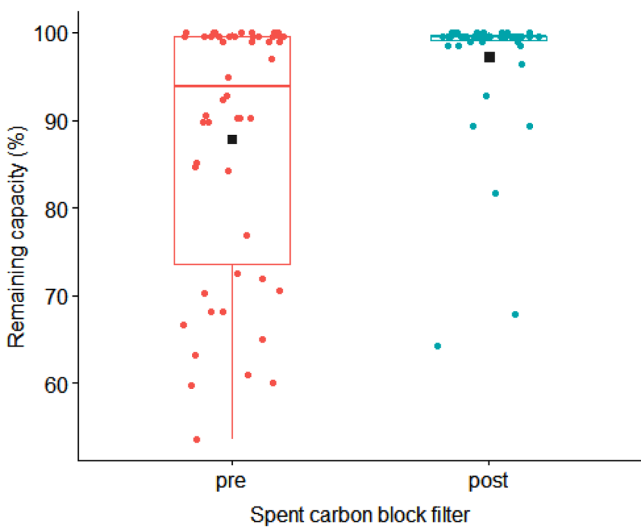


Fig. 4. Distribution and standard deviation of carbon block filters.

간이 평가 지표로서의 적합성을 확인하기 위하여 추가로 보편적인 수질오염지표인 총질소(T-N), 총인(T-P) 제거율 분석을 실시하였다. 먼저 도출된 잔류염소 제거율에 따라 50%에서 시작하여 10% 간격(50~60%, 60~70%, 70~80%, 80~90%, 90~100%) 구간으로 분류하여 총질소, 총인 분석을 실시한 결과, 총질소 제거율은 각 구간에서 2%, 10%, 22.5%, 35.5%, 50.5%로 측정되었으며, 총인 제거율은 11%, 52.5%, 66.5%, 74.5%, 83%로 측정되었다. 잔류염소 제거율에 대한 총질소, 총인 제거율의 회귀 분석 결과, 총질소 제거율의 일차 회귀식은 $y = 4.7403x$, 결정계수(R^2)는 0.9732, 총인 제거율의 일차 회귀식은 $y = 9.9792x$, 결정계수는 0.968로 도출되었다. 각 그래프 및 결정계수는 Fig. 5에 제시하였다. 따라서, 높은 잔여 용량 추정치를 보유한 카본 블록 필터가 수질오염물질인 총질소, 총인의 제거 성능이 높음을 확인하였으며, 이는 잔류염소를 통하여 카본 블록 필터의 잔여 용량을 평가하는 것이 적합함을 나타낸다. 그러나, 수중 오염물질의 제거는 다양한 기작을 통해 수행되므로 추가적인 수질오염지표의 제거율 대상 분석이 필요할 것으로

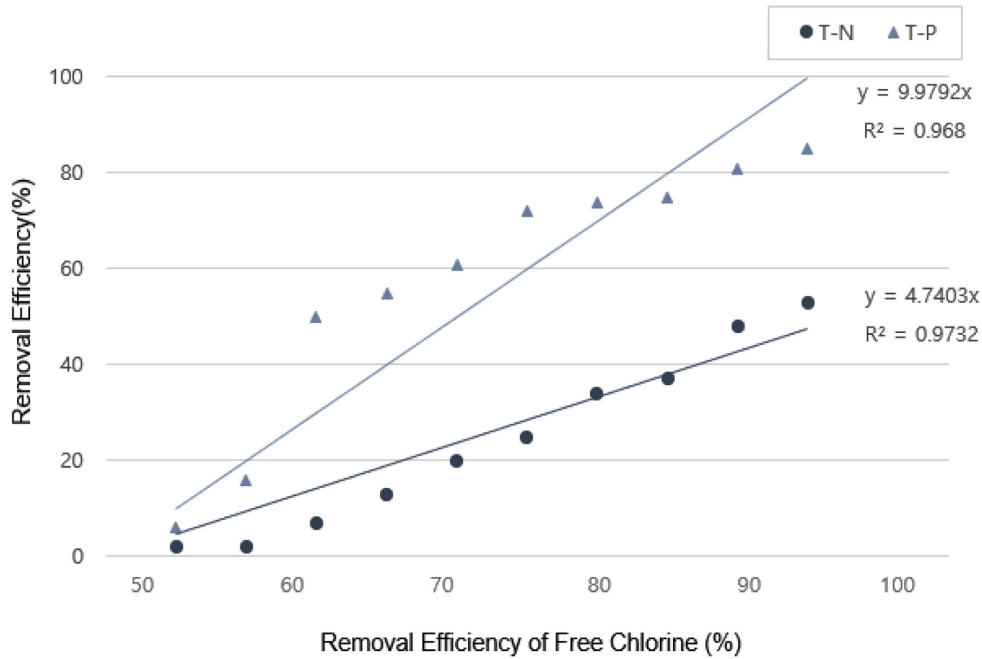


Fig. 5. Correlation analysis result of removal efficiency.

사료되며, 장기적인 관점에서의 재활용 가능성 평가를 위하여 카본 블록 필터를 비롯한 다양한 필터의 물리화학적 특성 변화 및 사용 기간, 사용 환경 등의 추가적인 변수와 조건을 반영한 연구가 추후 진행되어야 할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 정수기 재활용 카본 블록 필터의 재활용 가능성 평가를 위하여 잔류염소를 활용한 잔여 용량 분석을 실시하였다. 인공 유입수를 제조하여 잔류염소, 총질소, 총인 지표의 제거율을 측정하였으며, 통계적 분석을 통하여 잔류 염소를 통한 잔여 용량 평가의 적합성을 확인하고자 하였다.

카본 블록 필터의 잔여 용량 평가 실험 결과, 총 100개의 카본 블록 필터 중 76개의 카본 블록 필터가 잔여 용량 추정치 90% 이상으로 파악되었으며, 이를 카본 블록 필터 종류 별로 분류한 결과 잔여 용량이 90% 이상인 필터 중 59%가 포스트 카본 블록 필터로 확인되었다. T-test 분석 결과, 프리 카본 블록 필터와 포스트 카본 블록 필터 간 잔류 염소 제거율 사이에 통계적으로 유의미한 차이를 보였으며, 총질소, 총인 제거율 간의 분석에서도 각각 0.9732, 0.968의 높은 결정계수를 도출하였다. 이에 따라 잔류 염소 제거율이 정수기 카본 블록 필터의 잔여 용량 간이 평가 지표로서 활용 가능성이 높음을 확인하였다.

본 연구를 통하여 현재 잔여 용량 기반이 아닌 단순 사용 기간 기반 교체로 인해 충분히 활용되지 못하고 폐기되는 카본 블록 필터의 비율이 높으며, 프리 카본 블록 필터보다 상대적으로 잔여 용량 추정치가 높은 포스트 카본 블록 필터의 재활용 가치가 높다는 점을 확인할 수 있었다. 또한, 이를 가정용 정수기 필터 교체 시스템에 반영하여 관련 제도 마련과 자원순환에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나, 본 연구와 같이 잔류염소를 활용한 간이 평가만으로 실제 재활용 가능성 및 오염물질 제거 성능을 종합적으로 평

가하는 것에는 한계가 있을 수 있으므로 추후 카본 블록 필터의 잔여 용량 평가를 위한 다양한 물리·화학적 지표 선정을 위한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감 사

이 논문은 인천대학교 2020년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음.

References

- Patel, A. I., Hecht, C. E., Craddock, A., Edwards, M. A. and Ritchie, L. D., "Drinking Water in the United States: Implications of Water Safety, Access, and Consumption," *Annual Review of Nutrition* **40**, 345-373(2020).
- Mohseni, M., McBean, E. A. and Rodriguez, M. J., "Chlorination of Drinking Water – Scientific Evidence and Policy Implications," *Water policy and governance in Canada*, Renzetti, S. and Dupont, D.P., eds., Springer International Publishing, Cham, pp. 357-373(2017).
- Li, X. F. and Mitch, W. A., "Drinking Water Disinfection Byproducts (dbps) and Human Health Effects: Multidisciplinary Challenges and Opportunities," *Environ Sci. Technol.* **52**, 1681-1689 (2018).
- Shi, X. Y., Clark, G. G., Huang, C. H., Nguyen, T. H. and Yuan, B. L., "Chlorine Decay and Disinfection by-products Formation During Chlorination of Biofilms Formed With Simulated Drinking Water Containing Corrosion Inhibitors," *Sci. Total. Environ.* **815**, 152763(2022).
- Pan, L., Takagi, Y., Matsui, Y., Matsushita, T. and Shirasaki, N., "Micro-milling of Spent Granular Activated Carbon for Its Possible Reuse as An Adsorbent: Remaining Capacity and Charac-

- teristics," *Water Res* **114**, 50-58(2017).
6. Ministry of Environment and Korea Water and Wastewater Works Association, "2021 Report on the Status of Tap Water Consumption Survey;" (2021) (Written in Korean)
 7. Shi, X. Y., Liu, D. C., Chen, L., Lin, Y. Z., Fu, M. L., Sun, W. J. and Yuan, B. L., "Challenges of Point-of-use Devices in Purifying Tap Water: The Growth of Biofilm on Filters and the Formation of Disinfection Byproducts;" *Chem. Eng. J.* **462**, 142235(2023).
 8. Stalter, D., O'Malley, E., von Gunten, U. and Escher, B. I., "Point-of-use Water Filters Can Effectively Remove Disinfection by-Products and Toxicity From Chlorinated and Chloraminated Tap Water;" *Environ Sci-Wat Res* **2**, 875-883(2016).
 9. Wang, L., Chen, Y., Chen, S. W., Long, L. C., Bu, Y. A., Xu, H. Y., Chen, B. Y. and Krasner, S., "A One-year Long Survey of Temporal Disinfection Byproducts Variations in a Consumer's Tap and Their Removals by a Point-of-use Facility;" *Water Res.* **159**, 203-213(2019).
 10. Lenin, N. C., "48-volt Energy Efficient Domestic Appliances With Flux Switching Motor Drive System-design, Simulation, and Comparison;" *Ieee Access* **10**, 81568(2022).
 11. Cho, J.-I., Kim, G.-T. and Ahn, Y.-C., "A Study on Characteristics of Filters for Domestic Household Water Purifier;" *Journal of Advanced Marine Engineering and Technology* **37**, 541-547 (2013).
 12. Zhang, M. L., Wang, Y., Bai, M., Jiang, H. R., Cui, R. Q., Lin, K. Z., Tan, C. H., Gao, C. L. and Zhang, C., "Metagenomics Analysis of Antibiotic Resistance Genes, the Bacterial Community and Virulence Factor Genes of Fouled Filters and Effluents From Household Water Purifiers in Drinking Water;" *Sci Total Environ* **854**, 158572(2023).
 13. Bote, P. P., Vaze, S. R., Patil, C. S., Patil, S. A., Kolekar, G. B., Kurkuri, M. D. and Gore, A. H., "Reutilization of Carbon From Exhausted Water Filter Cartridges (ewfc) for Decontamination of Water: An Innovative Waste Management Approach;" *Environ Technol Inno* **24**, 102047(2021).
 14. Pang, L. P., Lin, S. S., Premaratne, A., Tham, A., Abraham, P. and Nokes, C., "Cryptosporidium Surrogate Removal in Five Commonly Used Point-of-use Domestic Filters;" *J. Water Process Eng.* **44**, 102390(2021).
 15. Srivastava, A., Gupta, B., Majumder, A., Gupta, A. K. and Nimbhorkar, S. K., "A Comprehensive Review on the Synthesis, Performance, Modifications, and Regeneration of Activated Carbon for the Adsorptive Removal of Various Water Pollutants;" *J. Environ. Chem. Eng.* **9**, 106177(2021).
 16. Shin, Y. J., Kim, Y. I., Kim, J. G., Yeom, S. I. and Lee, D. G., "A Study on Current Status and Trends of Recycling Used Water Purifier Filters;" *Journal of Korean Society on Water Environment* **37**, 398-404(2021).
 17. Agrawal, V. and Bhalwar, R., "Household Water Purification: Low-cost Interventions;" *Medical Journal Armed Forces India* **65**, 260-263(2009).
 18. Chen, B. Y., Jiang, J. Y., Yang, X., Zhang, X. R. and Westerhoff, P., "Roles and Knowledge Gaps of Point-of-use Technologies for Mitigating Health Risks From Disinfection Byproducts in Tap Water: A Critical Review;" *Water Res.* **200**, 117265(2021).
 19. He, A., Lu, Y., Chen, F., Li, F., Lv, K., Cao, H., Sun, Y., Liang, Y., Li, J. and Zhao, L., "Exploring the Origin of Efficient Adsorption of Poly-and Perfluoroalkyl Substances in Household Point-of-use Water Purifiers: Deep Insights from a Joint Experimental and Computational Study;" *Sci. Total. Environ.* **831**, 154988(2022).
 20. Park, J. W., Park, K. Y., Na, Y., Park, S., Kim, S., Kweon, J. H. and Maeng, S. K., "Evaluation of Organic Migration and Biomass Formation on Polymeric Components in a Point-of-use Water Dispenser;" *Water Res.* **165**, 115025(2019).
 21. Da'na, E. and Awad, A., "Regeneration of Spent Activated Carbon Obtained From Home Filtration System and Applying it for Heavy Metals Adsorption;" *J. Environ. Chem. Eng.* **5**, 3091-3099 (2017).
 22. Li, G. J., Li, Q., Ye, J. L., Fu, G. S., Han, J. J. and Zhu, Y. W., "Activated Carbon From the Waste Water Purifier for Supercapacitor Application;" *J. Solid. State. Electr.* **21**, 3169-3177(2017).
 23. Gibert, O., Lefèvre, B., Fernández, M., Bernat, X., Paraira, M. and Pons, M., "Fractionation and Removal of Dissolved Organic Carbon in a Full-scale Granular Activated Carbon Filter Used for Drinking Water Production;" *Water Res.* **47**, 2821-2829(2013).
 24. Shi, S. J., Wang, F. F., Hu, Y. L., Zhou, J., Zhang, H. T. and He, C. Q., "Effects of Running Time on Biological Activated Carbon Filters: Water Purification Performance and Microbial Community Evolution;" *Environmental Science and Pollution Research* (2024).
 25. Kim, M. R., Heo, J., Kim, S. S., Shin, E. C., Boo, C. G. and Kwak, H. S., "Effect of Filter Types on Physicochemical Properties, Volatile Compounds, and Sensory Evaluations of Purified Water by Point-of-use Water Treatment;" *Foods* **10**, 1958(2021).
 26. Wu, C. C., Ghosh, S., Martin, K. J., Pinto, A. J., Deneff, V. J., Olson, T. M. and Love, N. G., "The Microbial Colonization of Activated Carbon Block Point-of-use (pou) Filters With and Without Chlorinated Phenol Disinfection by-products;" *Environ Sci-Wat Res.* **3**, 830-843(2017).
 27. Yang, Y., Zhang, S., Yang, G. F., Li, H. H., Wang, J. J. and Li, W. Y., "Biological Activated Carbon Filtration Controls Membrane Fouling and Reduces by-products From Chemically Enhanced Backwashing During Ultrafiltration Treatment;" *Water-Sui* **15**, 3803(2023).

Authors

Youngrae Jo: Graduate Research Assistant, Department of Environmental and Energy Engineering, Incheon National University, Incheon 22012, Korea; rae3230@inu.ac.kr

Yujeong Shin: Graduate Research Assistant, Department of Environmental and Energy Engineering, Incheon National University, Incheon 22012, Korea; syjhimang@inu.ac.kr

Seoyoon Choi: Graduate Research Assistant, Department of Environmental and Energy Engineering, Incheon National University, Incheon 22012, Korea; seoyoon2492@inu.ac.kr

Do Gyun Lee: Professor, Department of Environmental Engineering, Incheon National University, Incheon 22012, Korea; dlee31@inu.ac.kr