입상활성탄 주기적 누적충진에 따른 용존유기탄소와 THMs 처리능 평가 Evaluation of Treatability on DOC and THMs According to Periodic Cumulative Filling of Granular Activated Carbon (GAC)

손희종^{*} · 김상구 · 서창동 · 염훈식 · 류동춘

Hee-Jong Son^{*} · Sang-Goo Kim · Chang-Dong Seo · Hoon-Sik Yoom · Dong-Choon Ryu

부산광역시 상수도사업본부 수질연구소
Water Quality Institute, Busan Water Authority

(Received August 21, 2017; Revised September 4, 2017; Accepted September 8, 2017)

Abstract : In this paper, the removal efficiency of THMs (Trihalomethanes) and DOC (Disolved organic carbon) was compared under different GAC (Granular activated carbon) filling methods. One method is “full filling method” in which column is fully filled with GAC at once and the other is “periodic cumulative method” in which column is partially filled with GAC (10, 20, 33 and 50% of total column volume) and added each ratio during 300 days. The effluent concentration of both THMs and DOC under full filling method was low during the initial period, however, steadily increased with operating time. In the contrast, with periodic cumulative method, it maintained (relatively) evenly during the operating period. Periodic cumulative method was more efficient for removing THMs than full filling method. However, when the ratio of chlorodibromomethane or bromoform among THMs was significantly higher than chloroform and bromodichloromethane, full filling method was more efficient than periodic cumulative method. Full filling method had benefit to total DOC removal and control of average DOC concentration in effluent. Overall, periodic cumulative method is more efficient to equalize the removal efficiency of THMs and DOC, so the more frequent refilling of column with small amount of GAC is more advantageous.

Key Words : Granular Activated Carbon (GAC), GAC Filling Method, THMs, DOC, Water Quality Equalization, Adsorption

요약 : 본 연구는 입상활성탄을 일시에 100% 충전하는 방법과 일회 충전량을 50%, 33%, 20% 및 10%로 나눠서 주기적으로 누적 충전하였을 경우에 대해 THMs와 DOC 처리효율 변화를 비교 평가하기 위해 수행하였다. 일시에 100% 충전하는 방법은 운전 초기에는 THMs와 DOC의 유출농도가 낮았으나 운전기간이 증가할수록 높은 유출수 농도를 나타내었다. 반면 주기적 누적충진 방법을 적용한 경우에는 유출수의 THMs와 DOC 농도가 운전기간 동안 상대적으로 균등하게 유지하였다. THMs 흡착제거에는 주기적 누적 충전법이 전체 충전용량을 일시에 충전하는 방법에 비해 효과적이었으나, 활성탄 공정 유입수 THMs 구성종들 중에서 클로로디브로모메탄이나 브로모포름의 함량이 클로로포름이나 브로모디클로로메탄에 비해 월등히 높은 경우에는 주기적 누적충진법에 비해 전체 충전용량을 일시에 충전하는 방법이 더욱 효과적인 것으로 나타났다. DOC의 제거에서는 충전용량을 일시에 충전하여 운전하는 방법이 주기적 누적충진법에 비해 DOC의 총 흡착량과 유출수의 평균농도 측면에서는 유리하였다. 활성탄 공정 운전기간 동안 THMs와 DOC 제거율의 균등화에는 주기적 누적충진 방법을 적용한 경우가 효과적이었고, 적은 양의 활성탄을 주기적으로 자주 충전하는 방식이 더욱 유리하였다.

주제어 : 입상활성탄, 활성탄 충전방법, 트리할로메탄, 용존유기탄소, 흡착

1. 서론

정수처리 공정에서 전염소 처리는 원수에 함유된 오염물질 및 조류(algae) 등을 염소의 강력한 산화력을 이용하여 산화 및 살조하는 역할을 하며, 일반적으로 취수장 또는 정수장의 착수정에 염소를 투입하고 있다.¹⁾ 전염소 처리에 의해 고농도의 염소 소독부산물 생성을 감안하면서도 전염소 처리를 시행하는 가장 대표적인 이유로는 응집 전 단계에서의 원수 pH 저하, 침전지에서의 조체 파괴에 의한 조류 침강성 향상 및 침전지와 정수시설에서의 조류 부착 및 재성장 방지 등이다.²⁾

대표적인 염소 소독부산물들로는 트리할로메탄류(trihalomethanes, THMs)와 할로아세트익시드류(haloacetic acids, HAAs)가 있으며,³⁾ 특히, THMs는 난분해성으로 산화 및 생

물분해에 강한 내성을 가지기 때문에 THMs 제거를 위해 주로 탈기(aeration) 또는 활성탄 흡착공정이 이용된다.^{4,5)}

낙동강 하류에 위치한 대부분의 대규모 정수장들은 수중의 용존 유기물질 및 소독부산물 등 미량오염물질들의 제거를 위해 입상활성탄(granular activated carbon, GAC) 공정을 도입하여 운영하고 있다.⁵⁾ 일반적으로 활성탄 흡착공정의 오염물질 제거는 운전 초기에는 처리수 수질이 매우 우수하지만 운전기간이 증가할수록 활성탄의 파과(break-through)로 인해 오염물질의 유출농도가 점진적으로 증가하다가 유입수의 농도와 동일하거나 오히려 높아지는 경우도 있다.⁵⁾ 활성탄이 파과된 이후에는 활성탄을 재생 또는 신탄으로 교체하기 전까지 오염물질들이 처리되지 않은 처리수가 공급될 수 있다.

GAC 공정을 운영하는 정수장에서는 일반적으로 최종 처

^{*} Corresponding author E-mail: menuturk@hanmail.net Tel: 051-669-4788 Fax: 051-669-4669

리수의 용존 유기탄소(dissolved organic carbon, DOC)와 THMs 농도를 정수장 운영 · 관리시 유기성 오염물질 지표로 사용하고 있다. 신탄과 재생탄을 이용하여 GAC 공정에서의 THMs와 DOC의 파과특성을 평가한 손 등의 연구결과⁶⁾에 의하면 GAC 흡착공정에서 DOC에 비해 THMs의 파과가 빨리 진행되어 처리수 수질이 악화되는 것으로 보고하고 있다.

본 연구에서는 GAC 공정에서 활성탄 파과 전 · 후의 급격한 처리효율 편차를 줄이기 위해 일정량의 활성탄을 주기적으로 누적 충전하여 운전하는 방법과 현재 대부분의 정수장에서 시행되는 전체 충전용량을 한꺼번에 충전하여 운전하는 방법을 비교 · 평가하였다. 정수장에서 최종 처리수 수질평가에 많은 영향을 미치는 THMs와 DOC의 흡착 특성을 비교 · 평가하여 안정적인 처리수 수질을 공급할 수 있는 운영방법을 모색하고자 본 연구를 수행하였다.

2. 실험재료 및 방법

2.1. 입상활성탄 및 유입수

본 실험에 사용된 입상활성탄은 석탄계 재질의 활성탄

Table 1. Characteristics of GAC influent

Parameters	pH	Turbidity	DOC	THMs
	(-)	(NTU)	(mg/L)	($\mu\text{g/L}$)
Value	6.7~7.4	0.04~0.08	1.7~2.8	42~63

(Calgon, F400, USA)을 사용하였다. 실험에 사용하기 전에 입상활성탄을 18~32 mesh (0.5~1.0 mm)로 체거름하여 초순수로 세척 · 건조한 후 사용하였다.

실험에 사용된 GAC 공정의 유입수로는 고도 정수처리 공정(전/후오존 공정 및 GAC 공정)이 구비된 300톤/일 처리용량의 pilot-plant 후오존 처리수를 사용하였다. THMs의 흡착능 평가를 위하여 후오존 처리수에 순도 95% 이상의 CHCl_3 , CHCl_2Br 및 CHClBr_2 특급시약(Sigma-aldrich, USA)을 사용하여 각각의 농도가 대략적으로 30 $\mu\text{g/L}$, 15 $\mu\text{g/L}$ 및 5 $\mu\text{g/L}$ 가 되도록 투입하여 총 THMs의 농도가 대략 50 $\mu\text{g/L}$ 정도가 되도록 하였다. THM 구성종들의 농도선정에는 낙동강 하류에 위치한 B시 정수장의 후오존 처리수의 연평균 농도를 고려하였다. 실험기간 중 GAC 흡착컬럼의 유입수 성상을 Table 1에 나타내었다.

2.2. GAC 흡착컬럼 운전

본 실험에 사용된 lab-scale의 GAC 흡착컬럼은 아크릴 재질로 내경 2.2 cm, 높이 30 cm로 제작하였으며, 총 5개의 흡착컬럼에 입상활성탄을 Table 2와 같은 조건으로 충전하였다. 각각의 흡착컬럼에 정량펌프(Master flex[®] L/S, Cole-Parmer, USA)를 이용하여 유량을 3 mL/min이 되도록 설정한 후 하향류 방식으로 300일 동안 연속적으로 운전하였다. 역세척은 염소처리 공정이 배제된 pilot-plant의 최종 처리수를 사용하여 주 1회 수세만 실시하였다.

Table 2. GAC filling and operating conditions of lab-scale adsorption columns

	Initial filling rate (volume)	Filling cycle (volume)	Number of filling	EBCT
Column 1	100% (50 mL)	300 days	1	10 min
Column 2	50% (25 mL)	every 150 days (25 mL)	2	Initial 5 minutes, increase by 5 minutes per filling
Column 3	33% (16.7 mL)	every 100 days (16.7 mL)	3	Initial 3.33 minutes, increase by 3.33 minutes per filling
Column 4	20% (10 mL)	every 60 days (10 mL)	5	Initial 2 minutes, increase by 2 minutes per filling
Column 5	10% (5 mL)	every 30 days (5 mL)	10	Initial 1 minutes, increase by 1 minutes per filling

Fig. 1. Schematic diagram of lab-scale GAC columns.

Table 2에는 5개의 흡착컬럼들에 대한 운전조건에 따른 활성탄의 충전비율, 충전주기, 운전기간 300일 동안의 총 충전횟수 및 공탑체류시간(empty bed contact time, EBCT)을 나타내었다. 컬럼 1은 초기에 총 충전용량의 100% (50 mL)를 충전하여 EBCT 10분의 조건으로 300일 동안 운전하였으며, 컬럼 2는 초기에 총 충전용량의 50% (25 mL)를 충전하여 EBCT 5분으로 운전하다가 운전 시작 150일 후에 총 충전용량의 50%를 추가로 충전하여 EBCT 10분으로 운전하였다. 컬럼 3은 초기에 총 충전용량의 33% (16.7 mL)를 충전하여 EBCT 3.33분으로 운전하다가 운전 시작일 100일과 200일 후에 각각 총 충전용량의 33%씩을 추가로 충전하여 EBCT 6.66분과 9.99분으로 운전하였다. 컬럼 4의 경우는 초기에 총 충전용량의 20% (10 mL)를 충전하여 EBCT 2분으로 운전하다가, 운전 시작일 60일, 120일, 180일 및 240일 후에 각각 총 충전용량의 20%씩을 추가로 충전하여 EBCT 2분, 4분, 6분, 8분 및 10분으로 운전하였다. 컬럼 5의 경우는 초기에 총 충전용량의 10% (5 mL)를 충전하여 EBCT 1분으로 운전하다가 운전 시작 후 30일 마다 각각 총 충전용량의 10%씩을 추가로 충전하여 EBCT를 1분씩 증가시키면서 운전하였다. 입상활성탄 접촉조의 대략적인 구성도를 Fig. 1에 나타내었다.

2.3. 분석

GAC 흡착컬럼들의 충전조건에 따른 DOC와 THMs의 흡착능 비교를 위하여 유입수와 각각의 흡착컬럼 유출수들의 DOC와 THMs 농도를 분석하였다. DOC는 0.45 μm 여지(Millipore, USA)로 여과한 여액을 TOC 분석기(Sievers, 5310C, USA)를 사용하여 분석하였다. THMs는 headspace 전처리장치(Agilent, USA)가 구비된 GC-ECD (Agilent, 6890, USA)를 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. THMs 제거특성 평가

활성탄의 주기적 누적충진 방법에 따른 THMs 파과 특성을 비교·평가한 것을 Fig. 2에 나타내었다. 총 충전용량의 100%를 초기에 충전하여 운전기간 300일 동안의 파과특성을 평가한 Fig. 2(a)는 운전 초기 30일까지는 유입되는 THMs의 대부분이 흡착 제거되었으나 이후로 THMs의 파과가 진행되어 운전 일수 150일 부근부터는 유입 THMs 농도와 유출 THMs 농도가 거의 유사하게 나타났다.

Fig. 2(b)에는 운전 초기에 총 충전용량의 50%를 충전하여 150일 운전한 후, 총 충전용량의 50%를 추가로 충전하여 운전기간 300일까지 운전한 결과를 나타내었다. 운전 시작 후 90일 부근에서 파과에 도달($C/C_0=1$)한 후 150일까지 유입수와 유출수의 THMs 농도가 거의 동일하게 유지되었으나, 150일 이후에 총 충전용량의 50%를 추가로 충전한 결과, 유출 THMs 농도가 잔존을 대비 0.2 부근으로 저하(유

Fig. 2. THMs breakthrough curves according to various periodic cumulative filling conditions.

입 THMs의 80% 제거)되어 신탄의 추가적인 충전으로 THMs 흡착능이 향상되었으며, 운전기간이 증가할수록 THMs의 점진적인 파과가 진행되었다.

Fig. 2(c)에는 운전 초기에 총 충전용량의 33.3%를 충전하여 100일간 운전한 후, 총 충전용량의 33.3%를 추가로 충전하여 운전기간 200일까지 운전하였고, 그 후에 총 충전용량의 33.3%를 추가로 충전하여 300일까지 운전한 결과를 나타내었다. 100일 및 200일 운전한 후 각각 신탄을 추가로 누적충진 결과, 유출수의 THMs 잔존비가 각각 0.3~0.4 부근 (THMs 제거율 : 60%~70%)까지 감소하여 신탄의 추가적인 충전으로 THMs 흡착능이 향상된 후 운전기간 증가에 따라 점진적인 파과가 진행되었다.

Fig. 2(d)와 (e)에는 총 운전기간 300일을 5등분 및 10등분하여 운전기간 60일 및 30일마다 추가적으로 총 충전용량의 20%와 10%씩을 각각 누적하여 충전하는 방식으로 운전한 결과를 나타내었다. 신탄의 추가적인 충전으로 인해 THMs 흡착능은 회복되지만 충전회수의 증가에 따라 초기 THMs 흡착능 회복율은 점진적으로 감소(유출수 THMs 잔존비의 점진적인 증가)하였다. 이는 유입수 중의 THMs 뿐만 아니라 기존에 충전되어 파과에 도달한 활성탄에서 THMs가 수증으로 용출되어 처리수의 THMs 농도를 증가시키기 때문인 것으로 보인다.

THMs의 경우는 운영초기에 총 충전용량의 100%를 충전

하여 운전기간 동안 운영하는 방식(Fig. 2(a))에 비해 주기적으로 누적하여 충전하는 누적충진 방식이 충전초기의 농도가 이전에 비해 조금 높게 나타나지만 충전 이후의 유출 농도 증가속도는 낮아져 GAC 유출수 중의 THMs 농도 측면에서 전체 운영기간(300일) 동안 비교적 균등한 유출농도를 유지하는 것으로 나타났다.

활성탄의 주기적 누적충진 방법에 따른 THMs 구성종인 클로로포름(CHCl_3)과 클로로디브로모메탄(CHClBr_2)에 대한 파과특성을 Fig. 3과 4에 분리해서 나타내었다. 주기적 누적충진 조건별로 동일한 충전조건에서 클로로포름(Fig. 3)에 비해 클로로디브로모메탄(Fig. 4)의 파과가 더 느리게 진행되었다. 이는 THMs를 구성하는 할로젠 원자 중 브롬원자의 수가 증가할수록 활성탄 흡착능이 증대⁵⁾되기 때문이

며, THMs 구성종 중 활성탄에 대해 가장 흡착능이 낮고, 유입 THMs 농도의 60% 이상을 차지하는 클로로포름이 다른 THMs 구성종들에 비해 총 THMs의 파과에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 클로로디브로모메탄(Fig. 4)의 경우는 클로로포름(Fig. 3) 및 브로모디클로로메탄(not shown)과는 상반되는 결과를 나타내었다. 이는 활성탄에서 클로로포름과 브로모디클로로메탄에 비해 클로로디브로모메탄의 흡착능이 더욱 높기 때문에 충전용량의 100%를 초기에 충전하여 운전기간 300일 동안 운전한 경우, 클로로디브로모메탄(Fig. 4(a))이 파과에 도달하는 시점은 거의 운전시작 300일 부근이었으나 클로로포름의 경우(Fig. 3(a)), 90일 부근에서 파과에 도달하였다.

활성탄 주기적 누적충진 조건에 따른 3종의 THMs 구성

Fig. 3. Chloroform breakthrough curves according to various periodic cumulative filling conditions.

Fig. 4. Chlorodibromomethane breakthrough curves according to various periodic cumulative filling conditions.

Table 3. Evaluation of THMs adsorption capacity according to various periodic cumulative filling conditions

Column No.	Initial filling rate	CHCl_3		CHCl_2Br		CHClBr_2		THMs	
		¹ Aver. effl. conc. ($\mu\text{g/L}$)	² Adsorp. amount (μg)	¹ Aver. effl. conc. ($\mu\text{g/L}$)	² Adsorp. amount (μg)	¹ Aver. effl. conc. ($\mu\text{g/L}$)	² Adsorp. amount (μg)	¹ Aver. effl. conc. ($\mu\text{g/L}$)	² Adsorp. amount (μg)
1	100%	16.2	1148.1	8.2	1187.5	1.8	817.5	26.1	3153.1
2	50%	15.8	1243.9	7.9	1236.6	1.9	806.8	25.6	3287.2
3	33%	15.4	1324.3	7.8	1254.5	1.9	798.2	25.1	3377.0
4	20%	15.2	1351.2	7.8	1261.8	2.1	771.3	25.0	3384.3
5	10%	15.2	1372.1	7.8	1272.0	2.1	755.8	25.0	3399.9

¹Aver. effl. conc. : average effluent concentration, ²Adsorp. amount : total adsorption amount

중들과 총 THMs에 대해 운전기간 300일 동안의 평균 유출농도와 총 흡착량을 Table 3에 정리하여 나타내었다. 클로로포름(CHCl_3)과 브로모디클로로메탄(CHCl_2Br)의 경우는 적은 양을 자주 주기적으로 충전하는 방식이 많은 양을 주기적으로 충전하여 운전한 방식 보다 많은 THMs를 흡착하여 유출수 중의 THMs 평균농도가 낮았으나 클로로디브로모메탄의 경우는 오히려 상반되는 결과를 나타내었다. 이는 물질별 활성탄에서의 흡착용량과 THMs 구성종들간의 경쟁흡착에서 클로로디브로모메탄이 가장 우세하게 작용하기 때문으로 판단된다. 따라서 브롬이온의 함량이 매우 높은 상수원수를 사용하는 정수장의 경우, 총 THMs 생성량에서 클로로디브로모메탄이나 브로모포름(CHBr_3)의 구성비가 클로로포름과 브로모디클로로메탄 구성비 보다 높은 경우에는 전체 충전용량을 한꺼번에 충전하는 방법이 오히려 주기적인 활성탄 누적충진법을 적용한 경우 보다 효과적인 것으로 판단되었다.

3.2. DOC 제거특성 평가

활성탄의 주기적 누적충진 방법에 따른 DOC의 파과특성을 평가한 것을 Fig. 5에 나타내었다. DOC의 파과곡선들도 THMs 파과곡선들(Fig. 2)과 매우 유사한 파과 형태를 나타내었으나, 모든 충전조건들에서 THMs의 파과곡선과는 달리 DOC의 잔존비(C/C_0)가 1 부근까지는 도달하지 않았다.

Fig. 5. DOC breakthrough curves according to various periodic cumulative filling conditions.

특히, 주기적 누적충진 방식으로 운영한 경우(Fig. 5(c)~(e))에는 충전회수가 증가할수록 DOC 잔존율이 정상상태에 도달한 이후 DOC 제거능이 점점 증가(잔존율이 감소)하는 것으로 나타나고 있다. 이는 주기적인 누적충진으로 인해 활성탄 흡착컬럼에서 체류시간(EBCT)의 증가와 GAC의 BAC (biological activated carbon, 생물활성탄) 전환이 동시에 관여하여 DOC의 흡착능과 생물분해능이 향상되었기 때문이다.

운전기간 300일 동안 활성탄 주기적 누적충진 조건에 따른 DOC의 평균 유출농도와 총 흡착량을 Table 4에 정리하여 나타내었다. DOC의 경우에는 THMs와는 반대로 전체 충전용량을 한꺼번에 충전하여 운전하는 방식이 주기적 누적충진 방식에 비해 처리수의 평균 DOC 농도와 총 흡착량 측면에서는 더욱 유리한 운전방식으로 평가되었다. 그러나 DOC 파과곡선들을 비교하여 보면 THMs과 같이 DOC의 경우도 운영초기에 총 충전용량의 100%를 충전하여 운전기간 동안 운영하는 방식보다는 주기적 누적충진 방식이 전체 운영기간 동안 GAC 유출수 중의 DOC 농도 측면에서 비교적 균등한 유출농도를 유지하는 것으로 나타났다.

3.3. 처리수 수질의 균등성 평가

활성탄의 주기적 누적충진 방법 적용에 따른 활성탄 처리수에서의 THMs, 클로로포름 및 DOC에 대한 수질의 균등성 평가를 위하여 잔존율 0.9 및 0.5 초과 일수(제거율 10% 및 50% 미만 일수)를 조사한 것을 Table 4에 나타내었다. THMs의 경우, 초기 활성탄 충전량의 100%를 충전한 경우(컬럼 1), 주기적으로 50%씩 2번 충전한 경우(컬럼 2), 주기적으로 33%씩 3번 충전한 경우(컬럼 3), 주기적으로 20%씩 5번 충전한 경우(컬럼 4) 및 주기적으로 10%씩 10번 충전한 경우(컬럼 5)에 대해 THMs 제거율이 10% 미만인 운전일수가 각각 130일, 58일, 47일, 22일 및 17일로 나타났다. 또한, THMs 제거율이 50% 이하인 운전일수는 각각 214일, 215일, 229일, 244일 및 250일로 나타났다. 클로로포름의 경우도 THMs와 유사한 경향을 나타내었다.

주기적 누적충진 방법 적용시 충전 회수의 증가로 제거율 10% 미만인 일수는 감소하고, 제거율이 50% 미만인 일수가 소폭 증가하는 경향을 나타내었으며, 이는 THMs 제거율이 활성탄 공정의 운전기간 동안 균등화되었다는 것을 나

Table 4. Evaluation of DOC adsorption capacity according to various periodic cumulative filling conditions

Column No.	Initial filling rate	DOC	
		¹ Aver. effl. conc. (mg/L)	² Adsorp. amount (mg)
1	100%	0.85	161.5
2	50%	0.85	161.2
3	33%	0.90	150.3
4	20%	0.96	136.0
5	10%	0.96	136.8

¹Aver. effl. conc. = average effluent concentration

²Adsorp. amount = total adsorption amount

Table 5. Evaluation of water quality equalization of GAC effluent water according to various periodic cumulative filling conditions

Column No.	Initial filling rate	THMs		CHCl ₃		DOC	
		Removal eff. < 10% (days)	Removal eff. < 50% (days)	Removal eff. < 10% (days)	Removal eff. < 50% (days)	Removal eff. < 20% (days)	Removal eff. < 50% (days)
1	100%	130	214	199	233	3	191
2	50%	58	215	153	235	3	230
3	33%	47	229	104	241	3	238
4	20%	22	244	115	260	7	260
5	10%	17	250	51	266	12	268

타내고 있다. 그러나 DOC의 경우, THMs 및 클로로포름과 비교하여 동일한 조건에서 제거율 20% 미만인 일수는 증가한 반면 제거율 50% 미만인 일수는 감소하여 THMs 및 클로로포름과는 상반되는 결과를 나타내었다. 이러한 현상은 THMs는 흡착에 의해서만 제거⁵⁾되는 반면, DOC의 경우에는 흡착과 생물분해 메카니즘이 동시에 작용⁷⁾하기 때문에 주기적 누적충진 방법을 적용한 경우에는 운전초기에 활성탄을 충전하여 운전한 경우, 활성탄의 파과가 진행되면 비교적 짧은 EBCT와 낮은 생물분해능으로 인해 DOC의 유출농도가 운전초기에 활성탄의 충전율이 높은 경우보다 높게 나타나 유발된 결과이다. 따라서 운전초기를 제외하면 운영기간 동안 처리수의 DOC 농도 균등화에는 주기적 누적충진 방법을 적용한 경우가 효과적인 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 GAC 공정에서 활성탄 파과 전·후의 급격한 처리효율 편차를 줄이기 위해 일정량의 활성탄을 주기적으로 누적 충전하여 운전하는 방법과 현재 대부분의 정수장에서 시행되는 전체 충전용량을 일시에 충전하여 운전하는 방법을 THMs와 DOC 처리능을 중심으로 비교·평가하였다.

1) 일시에 100% 충전하는 방법은 운전 초기에는 THMs와 DOC의 유출농도가 낮았으나 운전기간이 증가할수록 높은 유출수 농도를 나타내었다. 반면 주기적 누적충진 방법을 적용한 경우에는 유출수의 THMs와 DOC 농도가 운전기간 동안 상대적으로 균등하게 유지하였다.

2) THMs 흡착제거에는 주기적 누적 충전법이 전체 충전용량을 일시에 충전하는 방법에 비해 효과적이었으나, 활성탄 공정 유입수 THMs 구성종들 중에서 클로로디브로모메탄이나 브로모포름의 함량이 클로로포름이나 브로모디클로로메탄에 비해 월등히 높은 경우에는 주기적 누적충진법에 비해 전체 충전용량을 일시에 충전하는 방법이 더욱 효과적인 것으로 나타났다.

3) DOC의 제거에서는 충전용량을 일시에 충전하여 운전하는 방법이 주기적 누적충진법에 비해 DOC의 총 흡착량

과 유출수의 평균농도 측면에서는 유리하였다.

4) 활성탄 공정 운전기간 동안 THMs와 DOC 제거율의 균등화에는 주기적 누적충진 방법을 적용한 경우가 효과적이었고, 적은 양의 활성탄을 주기적으로 자주 충전하는 방식이 더욱 유리하였다.

KSEE

References

- Liang, L. and Singer, P. C., "Factors influencing the formation and relative distribution of haloacetic acids and trihalomethanes in drinking water," *Environ. Sci. Technol.*, **37** (13), 2920~2928(2003).
- Kim, Y. U., Son, H. J., Yu, M. H., Lee, C. S., Cho, I. C., Kim, E. H. and Seung, N. C., "A study on relation of attached algae and odor's cause in sedimentation basin of water treatment plant," *J. Korean Soc. Environ. Eng.*, **22**(5), 887~894(2000).
- Kristiana, I., Charrois, J. W. A. and Hudrey, S. E., "Research overview, regulatory history and current worldwide status of DBP regulations and guidelines," In *Disinfection By-Products and Human Health*, Hudrey, S. E. and Charrois, J. W. A. (Eds), International Water Association Publishing, London, pp. 11~39(2012).
- Brooke, E. and Collins, M. R., "Posttreatment aeration to reduce THMs," *J. Am. Water Works Assoc.*, **103**(10), 84~96(2011).
- Son, H. J., Roh, J. S., Kim, S. G., Bae, S. M. and Kang, L. S., "Removal characteristics of chlorination disinfection by-products by activated carbon," *J. Korean Soc. Environ. Eng.*, **27**(7), 762~770(2005).
- Son, H. J., Ryu, D. C. and Jang, S. H., "Effect of pore structure change on the adsorption of NOM and THMs in water due to the increase of reactivation number of coal-based activated carbon," *J. Korean Soc. Environ. Eng.*, **32**(10), 965~972(2010).
- Son, H. J., Yoo, S. J., Roh, J. S. and Yoo, P. J., "Biological activated carbon (BAC) process in water treatment," *J. Korean Soc. Environ. Eng.*, **31**(4), 308~323(2009).