

ORIGINAL ARTICLE

정수처리용 활성탄 공정의 적정 역세척 시점 선정에 위한 영향인자들 평가

김상구 · 박홍기 · 손희종* · 염훈식 · 류동춘
부산광역시 상수도사업본부 수질연구소

Evaluation of Influence Factors for Determination of Proper Backwashing Time of Biological Activated Carbon (BAC) Process in Drinking Water Treatment Process

Sang-Goo Kim, Hong-Gi Park, Hee-Jong Son*, Hoon-Sik Yoom, Dong-Choon Ryu
Water Quality Institute, Busan Water Authority, Gimhae 50804, Korea

Abstract

In Korea, many drinking water treatment plants (DWTPs) have introduced and are going to introduce biological activated carbon (BAC) process to treated dissolved organic matter (DOM) in water which are difficult to control by conventional water treatment processes. Even though more decade have passed since introduced BAC in Korea, most of BAC operating method was followed to the modified sand filter operating manuals. In case of BAC backwashing, many DWTPs set the periods of backwashing about 3~5 days.

In this study, we have collected data to set the proper BAC backwashing periods from both pilot-plant and real DWTPs. We had measured heterotrophic plate count (HPC), turbidity, water temperature, dissolved organic carbon (DOC) and headloss from just after backwashing to the next backwashing time for two years. Considering water quality factors, the BAC run time from backwashing to the next backwashing could extend more 30 days without water quality deterioration if the head loss do not reach the limited level which depends on each BAC facilities' condition. It means the BAC treated water could be saved in the proportion of extended the backwashing period to the existing backwashing period.

Key words : Backwashing, BAC filter, Periodically backwashing, Head loss, Drinking water treatment plant

1. 서론

산업의 발달로 인해 전 세계적으로 새로운 유기성 화학물질들의 사용량이 급증하였으며, 이러한 물질들은 여러 경로를 통하여 환경 중으로 유출되어 상수원수를 비롯한 다양한 수환경에 악영향을 미친다. 이러한 물질들이 상수원수에 유입되는 경우, 응집-침전-여과와 같은 기

존의 재래식 정수처리 공법만으로는 제어하기가 어렵다. 국내의 경우도 이러한 이유들로 인해 고도 정수처리 공법인 오존과 활성탄 공정을 1990년대부터 도입하였으며, 국내의 많은 대규모 정수장에서 운전 중에 있다.

일반적으로 정수처리에 적용되는 활성탄 공정은 흡착을 주요 기작으로 하는 입상활성탄(granular activated carbon, GAC) 공정과 흡착과 생물분해를 주요 기작으로

Received 10 July, 2015; Revised 26 October, 2015;

Accepted 26 November, 2015

*Corresponding author : Hee-Jong Son, Water Quality Institute,
Busan Water Authority, Gimhae 50804, Korea
Phone: +82-51-669-4797
E-mail: menuturk@hanmail.net

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© 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.

로 이용하는 생물활성탄(biological activated carbon, BAC) 공정으로 분류된다(Son et al., 2009). GAC 및 BAC 공정의 운전 효율에 영향을 미치는 운전인자들로 는 활성탄의 재질, 여과 속도, 공탑 체류시간, 표면 부하 율 혹은 여층 깊이 등이 매우 중요한 역할을 한다. 특히, 역세척(backwashing)의 경우는 처리수의 수량과 수질 에 큰 영향을 미치기 때문에 역세척 조건과 주기는 매우 중요한 운전인자들 중의 하나이다(Ahmad et al., 1998; Amirtharajah, 1993). 그러나 GAC 또는 BAC 공정을 운영 중인 국내 정수장들에서 역세척에 대한 정확한 기준 없이 수중의 입자상 물질 제거목적으로 운전되는 모 래여과지의 역세척 조건을 기준으로 하여 역세척을 수행 하고 있다. Sontheimer는 활성탄 공정의 역세척 주기는 유입수의 성상에 따라 많이 좌우되며(Sontheimer and Hubele, 1987), 역세척 조건이나 주기에 문제가 있을 경 우, 활성탄 공정의 처리수에 입자상 물질의 유출 및 여과 지의 손실 수두(head loss)가 증가한다(Goldgrabe et al., 1993). 그러나 BAC 공정의 유입수는 모래 여과공정의 후단에 위치하기 때문에 수중에 잔존하는 입자성 물질이 거의 제거된 상태이므로 활성탄 여층의 공극들이 모래여 과지에서와 같이 단 시간(1~3일)내에 폐색되지 않는다. 따라서 활성탄 공정의 경우는 여층 내의 입자상 물질들 의 역류량이 모래여과지 보다 매우 적어서 역세척 주기 가 길어질 수 있다. 국내의 정수장에서 활성탄 여과지의 역세척 주기는 하절기에는 3~5일 정도에 1회, 동절기에는 주 1회 정도의 주기로 진행하고 있는데 이러한 짧은 역세 주기는 활성탄의 부착 미생물들의 성장과 관련이 있을 것으로 판단하기 때문이다. 즉, 하절기에는 수온 상승으로 인해 활성탄 내의 부착미생물 활성 증가로 미생 물들의 급격한 생체량의 증대를 방지하기 위해 역세척 주기를 동절기에 비해 단축하여 운전한다.

일반적으로 역세척에는 많은 처리수와 동력비가 소요 되기 때문에 정수장의 운영적 측면에서도 잦은 역세척 은 정수장의 운영에 많은 부담을 준다. 본 연구에서는 활 성탄 여과지의 역세척 필요성에 대한 근본적인 이유를 규명하고, 역세척의 적정 주기를 파악하기 위하여 수질 적인 조사와 함께 여과지 손실수도에 미치는 영향을 10℃이하의 저수온기에서부터 20℃이상의 고수온기에 걸쳐 pilot-plant를 이용하여 실험을 수행하였으며, 실 plant의 동일한 조건의 BAC 여과지들을 선정하여 역세

척(backwashing) 주기 변경에 따른 정수장의 운영비 절 감을 목적으로 하였다.

2. 실험재료 및 방법

2.1. Pilot-plant BAC 여과지 운전 조건

Pilot-plant BAC 여과지에 충전된 입상활성탄은 3년 이상 사용하여 유기성 오염물질들에 대한 흡착능이 거의 소진된 활성탄으로 BAC 여과지에 0.9 m³(가로 0.6 m × 세로 0.6 m × 깊이 2.5 m)을 충전하여 실험하였다. BAC 여과지의 유입수는 낙동강 원수를 응집-침전-여과처리한 후 오존처리한 것으로 BAC 여과지의 유입유량은 시간 당 1.7 m³ 정도로 이를 공탑 체류시간(empty bed contact time, EBCT)으로 환산하면 약 32분 정도이며, 유입수의 탁도는 평균 0.2 NTU 이하를 유지하였다. 또한, BAC 여과지의 역세척은 손실 수두를 고려하여 필요에 따라 수행하였다.

2.2. 실 plant BAC 여과지 운전 조건

실 plant는 1일 60만 톤(H-정수장) 및 155만 톤 생산 용량(D-정수장)인 두 정수장의 BAC 여과지를 각각 두 지씩 선정하였다. 각 정수장에서 선정된 여과지들은 동 일한 조건(활성탄 충전시기 및 운전기간 등)으로 운전된 여과지들이며, 실험에 사용된 활성탄 여과지는 활성탄을 충전한 시점으로부터 2년 이상 경과하여 충전된 활성탄 의 흡착능은 모두 소진된 여과지를 선정하였다. 선정된 여과지들을 2014년 7월 4일부터 11월 28일까지 운전하 면서 기존의 주기적인 역세척 조건과 손실 수두와 연동 한 역세척 조건에 따른 처리수의 수질 및 BAC 여과지의 상태를 비교하였다(Table 1).

2.3. 분석항목 및 방법

BAC 여과지 역세척 이후의 BAC 여과지 유·출입수 에 대한 수질분석과 운전시간 경과에 따른 손실수두를 측 정하였다. 수질분석 항목은 탁도(2100An Turbidimeter, Hach, USA), 용존 유기탄소(TOC Analyzer, Sievers, USA) 및 종속 영양세균(heterotrophic plate count, HPC)을 분석하였으며, 손실수두는 수질분석을 위해 채수시점시 자연유하식 여과지의 유출부 배관 가장 상부를 기점으로 수위 높이를 손실수두로 측정하였다(Fig. 1).

활성탄 부착 박테리아의 생체량(biomass)은 활성탄

Table 1. Operational conditions of BAC filters of pilot-plant and two DWTPs

Plant	Backwashing condition	GAC Material	Operated B.V.	EBCT	Experimental period
Pilot	Head-loss	Coal	3.5 years	32 min	Mar. 14 ~ Jun. 22
H-DWTP	Periodically	Coal	2.2 years	20 min	Jul. 04 ~ Nov. 28
	Head-loss	Coal	2.2 years	20 min	Jul. 04 ~ Nov. 28
D-DWTP	Periodically	Coal	2.0 years	39 min	Jul. 04 ~ Nov. 28
	Head-loss	Coal	2.0 years	39 min	Jul. 04 ~ Nov. 28

습중량 1 g을 자연 건조시킨 후 식염수 100 mL에 투입하여 37 kHz, 190 W로 3분간 초음파 처리(DHA 1000, Branson, USA)하여 박테리아를 활성탄에서 탈리시켜 R2A agar (Difco, USA) 평판배지에 시료 1 mL를 단계적으로 희석 도말하여 25 °C 배양기에서 2주간 배양하여 습중량 1 g당 colony 형성 세균수로 표시하였다(Son et al., 2005). 활성도(activity)는 ³H-thymidine이 박테리아의 DNA에 흡수되는 정도로 구하였다(Fuhrman and Azam, 1982). BAC 습중량 1 g을 초음파 처리하여 세균을 탈리시킨 시료 2 mL에 200 nM [methyl-³H] thymidine 용액(specific activity: 40~50 Ci/mmol) 1 mL와 200 nM cold thymidine 용액 1 mL를 첨가한 후 교반 배양기에서 in situ 조건으로 4시간 배양하였다. ATP 용액(25 g/L) 100 µL와 1 N NaOH 2 mL를 첨가

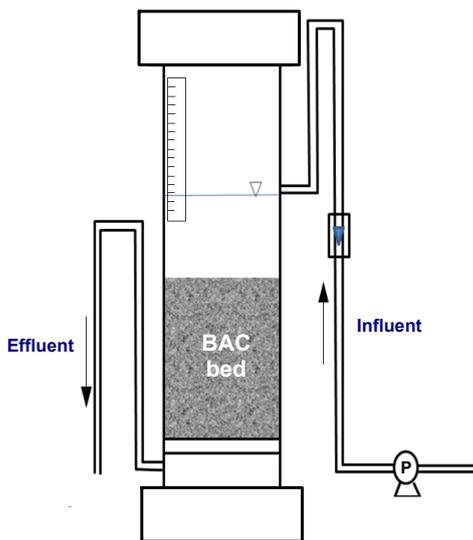
하여 100 °C에서 1시간 동안 가열하여 DNA를 추출한 후 잠시 냉각시키고 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상등액 1 mL에 ice-cold 10% trichloroacetic acid 5 mL를 첨가하여 반응을 종료시키고 15분 정도 냉각시킨 후 0.2 µm 멤브레인 필터로 여과하였다. 이 여지를 vial에 넣고 건조시킨 후 ethyl acetate 1 mL와 10 mL의 scintillation cocktail(Aquasol-2, Packard Co.)을 주입하여 liquid scintillation analyzer (Quantulus 1220, Perkin Elmer, USA)로 방사선량을 측정하였다. 얻어진 DPM (disintegrates per minute) 값으로부터 Parsons et al.(1984)에 의한 식을 이용하여 incorporation된 thymidine의 양을 계산하였다(Bell et al., 1983).

3. 실험결과 및 고찰

3.1. Pilot-plant에서의 BAC 여과지 역세척 평가

3.1.1. 손실 수두 변화

파일럿 스케일의 BAC 여과지를 이용하여 3월부터 6월말까지 유입수의 수온, 탁도 및 여과지의 손실 수두 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 실험은 1~3차로 나누어 총 3회 진행하였다. 1차 실험기간(period 1) 11일 동안 유입수의 탁도는 0.3~1.0 NTU 범위, 수온은 10 °C 부근으로 나타났다. BAC 여과지의 손실 수두는 초기 14 cm에서 11일 후 17 cm를 나타내어 역세척 후 11일간 운전 후에도 손실 수두 증가는 3 cm 정도로 나타났다. 2차 실험기간에는 운전초기부터 손실 수두가 증가하였다. 손실 수두의 증가 원인은 유입수 중의 용존산소가 수온의 증가로 인해 BAC 여과지의 활성탄 층으로 용출되어 활성탄 층내에 공기주머니(air pocket)들을 형성해 여과지 내의 흐름을 방해하여 나타난 결과이다. 그러나 활성탄 층내에 형성된 공기주머니들은 자체의 부력으로 인해 활성탄

**Fig. 1.** Schematic diagram of BAC filter system.

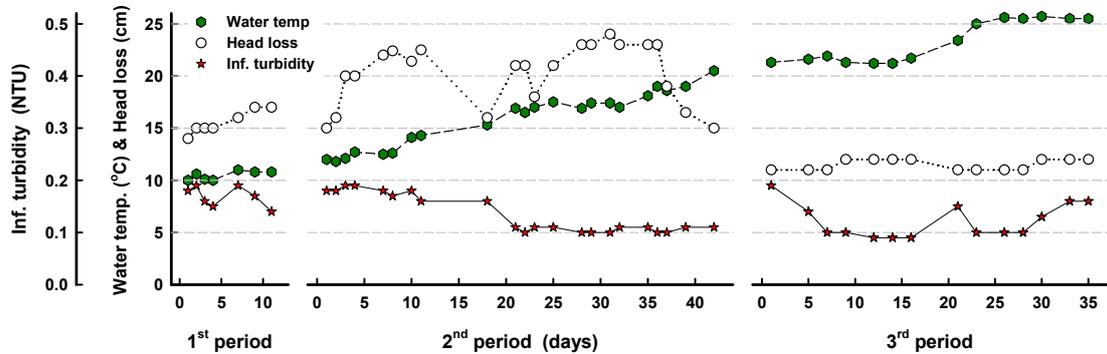


Fig. 2. Variations of water temp., head loss and inf. water turbidity during 1st~3rd pilot test period.

층에서 상층부에 있는 수층으로 자연적으로 방출되었으며, 또한 2차 실험기간의 말기인 5월초에는 수온이 더욱 상승(20°C 부근)하여 활성탄 층내에 공기주머니들이 형성되지 않아 점진적으로 손실 수두가 운전 초기와 유사한 범위로 회복되었다. 3차 실험기간 35일 동안에는 거의 초기의 손실 수두(11 cm)를 유지하였다. BAC 공정은 생물학적 처리공정으로 수온이 증가하면 활성탄의 부착 미생물들의 생체량 증대로 인한 손실 수두 증가가 예상되었으나 손실 수두 증가는 나타나지 않았으며, 이는 수온의 증가만으로는 활성탄 표면의 부착 미생물들의 군집이 손실 수두의 증가를 유발할 만큼 과다하게 증식되지 않는다는 것을 의미한다. 따라서 특히 하절기에 BAC 여과지의 경우, 손실 수두 측면에서는 주 1~2회의 잦은 역세척은 불필요하며, 역세척 주기를 30일 정도로 하여 운전하여도 손실 수두에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

3.1.2. 부착 미생물 생체량 및 활성도 변화

BAC 공정에서 수층의 유기성 오염물질에 대한 주요 제거기작은 활성탄 부착 미생물에 의한 생물학적 처리이기 때문에 유입수의 수온변화와 같은 외부 인자의 변화는 BAC 공정의 운전효율에 영향을 미칠 수 있다 (Emelko et al., 2006). BAC 공정에서 유입수의 수온변화에 따른 BAC 공정의 제거효율 및 부착 미생물의 특성 변화에 대해 연구한 Seo et al.(2007)의 연구결과에서는 유입수의 수온이 낮아지는 시기(동절기)에 부착 미생물의 생체량(biomass) 및 활성도(activity)가 감소하며, 생체량 보다는 활성도의 감소폭이 더욱 큰 것으로 보고하

고 있다.

Fig. 3에는 1차~3차 실험기간 동안 BAC 유입수의 수온변화에 따른 BAC 유출수 중의 중속영양성 박테리아 개체수(heterotrophic plate count, HPC)의 변화를 나타내었다. 일반적으로 수온이 저하되는 동절기에는 부착 미생물의 생체량이 비교적 낮아 처리수 중으로 탈리되는 HPC가 낮고, 수온이 상승하는 하절기에는 부착 미생물의 생체량의 증가로 인해 처리수 중으로 탈리되는 HPC가 높은 것으로 알려져 있다. Fig. 3에서 볼 수 있듯이 BAC 공정의 운전기간 중 수온 10°C 부근에서는 BAC 처리수 중으로 탈리되는 HPC가 1.2×10^5 CFU/mL 정도로 나타났으며, 수온이 점진적으로 증가할수록 BAC 처리수 중의 HPC는 점차 감소하여 HPC가 $0.005 \times 10^5 \sim 0.03 \times 10^5$ CFU/mL 정도로 일정하게 유지되는 경향을 나타내었다.

Fig. 4에는 1차~3차 실험기간 동안의 활성탄 부착 박테리아의 생체량과 활성도를 측정된 것을 나타내었다. 유입수의 수온이 10°C 부근인 1차 실험기간 동안 2회 분석한 부착 박테리아의 생체량과 활성도의 평균값은 각각 1.575×10^7 cells/g 및 $1.85 \text{ mg} \cdot \text{C} / \text{m}^3 \cdot \text{hr}$ 로 나타나 수온이 상승한 2차 및 3차 실험기간의 생체량과 활성도 측정결과 보다 각각 22.0%~29.3% 및 29.9%~34.4% 정도 낮은 결과를 보였다. 따라서 Fig. 3에 나타난 저수온기의 부착 박테리아들의 높은 탈리율은 부착 박테리아들의 활성도 저하에 의한 영향으로 평가할 수 있다. 세척시 수류의 전단력에 의해 활성탄 부착 미생물 탈리가 발생하기 때문에 저수온기에 시행하는 역세척의 경우는 부착 박테리아들의 낮은 활성도로 인해 역세척시 쉽게 탈리되며,

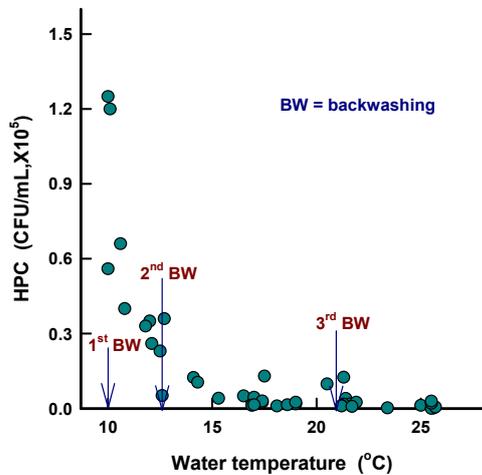


Fig. 3. Variations of HPC in the BAC filter effluent according to changes of water temp. during 1st~3rd pilot test period.

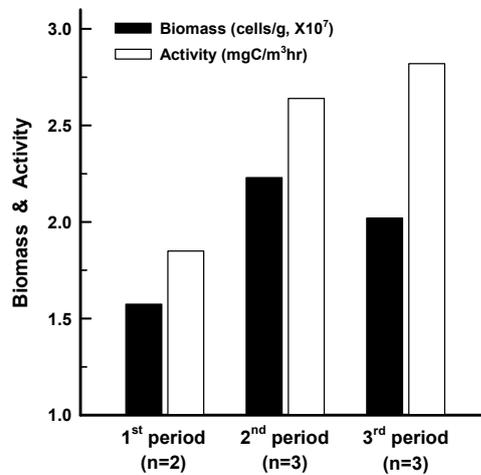


Fig. 4. Variations of biomass and activity of attached bacteria during 1st~3rd pilot test period.

역세척 후에 부착 미생물들의 생체량이 안정화되는데 많은 시간이 필요하다. 따라서 주기적인 역세척 보다는 BAC 여과지의 손실 수두 등을 고려하여 역세척시점을 가능한 연장하여 운전하는 것이 필요할 것으로 본다.

3.1.3. 용존 유기물질 제거를 변화

운전기간 동안 BAC 여과지에서의 용존유기물질 제거율을 알아보기 위해 수온변화에 따른 BAC 유·출입수의 DOC 농도와 DOC 제거율을 조사한 것을 Fig. 5에 나타내었다. 운전기간 동안의 평균 유·출입수의 DOC 농도는 각각 1.79 mg/L 및 1.48 mg/L였으며, 평균 DOC 제거율은 17.3%로 나타났다. BAC 공정에서의 DOC 제거율은 유입수의 성상, BAC 여과지 운전 조건 및 부착 미생물의 생체량(biomass)과 활성도(activity) 등의 조건에 따라 많은 차이를 나타내지만 일반적으로 10%~25% 범위로 알려져 있다(Son et al., 2009).

수온 구간별로 DOC 제거율을 조사한 결과를 보면 수온이 15°C일 때의 평균 DOC 제거율은 16.5%, 수온이 15°C~20°C 사이일 경우에는 18.6%였으며, 수온이 20°C 이상일 경우의 평균 DOC 제거율은 16.1%로 나타났다. 일반적으로 BAC 공정과 같은 생물학적 수처리 공정은 수온에 영향을 받는다. 이는 부착 미생물들의 생체량 및 활성도와 같은 생물학적 인자들이 수온이 저하될 경우에는 비교적 낮은 수준으로 유지되기 때문에 생물분해능

이 저하되는 것으로 알려져 있다(Seo et al., 2007; Son et al., 2008). 본 연구결과에서는 수온의 변화에 따른 뚜렷한 DOC 제거율의 변화는 나타내지 않았다. BAC 공정에서 제거 가능한 유기물질들은 대부분 생물학적으로 분해가 가능한 용존유기탄소(biodegradable organic carbon, BDOC)들이며, 이들은 빠른 생물분해율을 나타내는 DOC (BDOC_{rapid})와 느린 생물분해율을 나타내는 DOC (BDOC_{slow})로 분류된다(Carlson and Amy, 2001). BDOC_{rapid}와 BDOC_{slow}를 구성하는 물질들은 수온이 저하되더라도 본 연구에서와 같이 EBCT를 30분 정도로 길게 하여 운전할 경우 BAC 여과지에서 제거가 가능하며(Liu et al., 2001), 생물분해가 어려운 유기물질(non-biodegradable organic carbon, NBDOC)들은 수온의 영향에 관계없이 BAC 공정에서는 제거가 어렵기 때문에 BAC 공정의 처리수 중에 함유되어 유출된다.

3.1.4. 유입·유출수의 탁도비 변화

BAC 여과지 통과 전후의 유입·유출수 중의 탁도비(유출수 탁도/유입수 탁도)를 변화를 Fig. 6에 나타내었다. 1차~3차 실험기간 동안의 BAC 여과지 유입수의 탁도는 0.2 NTU 이하로 유지하였으며, 유입·유출수 중의 탁도비가 1보다 클수록 유출수 중의 탁도가 유입수 중의 탁도보다 높다는 것을 의미한다. Fig. 6에 나타낸 1차~3차 실험기간 동안의 평균 탁도비는 각각 0.92, 0.87 및 0.95

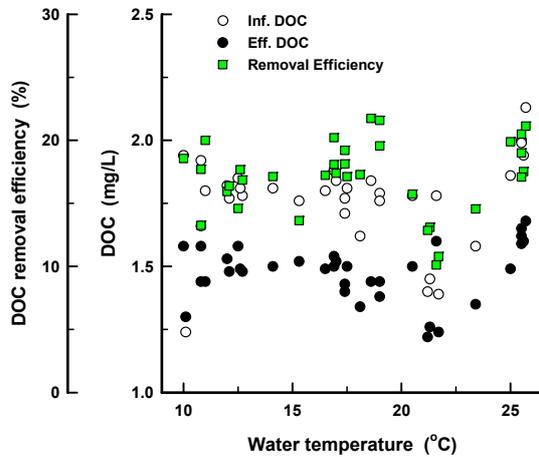


Fig. 5. DOC concentrations of influent and effluent of BAC filter and removal efficiency during 1st~3rd pilot test period.

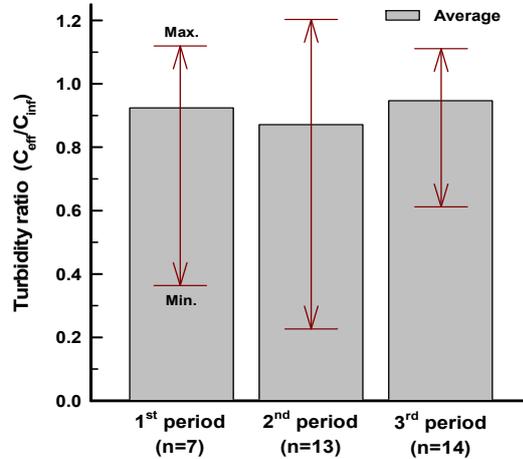


Fig. 6. Turbidity ratio of the influent and effluent of BAC filter during 1st~3rd pilot test period.

로 나타나 유입수의 탁도에 비해 낮은 값을 나타내었으며, 1차~3차 실험기간 동안의 최대 탁도비의 경우도 각각 1.12, 1.20 및 1.11을 나타내어 BAC 여과지의 역세척 주기를 늘려서 운전하여도 활성탄 여층에 억류된 탁질의 유출이 없음을 나타낸다.

3.2. 실 plant에서의 BAC 여과지 역세척 평가

H-정수장과 D-정수장의 생산용량의 실 plant에서 동일한 조건의 BAC 여과지를 선정해서 손실 수두와 연동한 역세척 조건(head-loss)과 기존 정수장에서 시행하고 있는 주기적인 역세척 조건(periodically)을 7월 4일부터 11월 28일까지 시행하면서 DOC 제거능, 유출입수의 탁도비 및 처리수 중의 HPC를 조사한 것을 Fig. 7 (a)~(c)에 나타내었다. 실험기간 동안 H- 및 D-정수장의 BAC 여과지의 역세척 횟수의 경우, 주기적인 역세척 조건으로 운전한 BAC 여과지는 각각 역세척 횟수가 21회와 23회였으며, 손실 수두와 연동한 역세척 조건으로 운전한 BAC 여과지는 각각 4회와 8회로 나타나 역세척 횟수가 각각 81% 및 65% 정도 감소하였다.

Fig. 7 (a)에 나타난 H-와 D-정수장 BAC 여과지의 DOC 제거율을 살펴보면, H-와 D-정수장에서 기존의 주기적인 역세척방법으로 운전한 BAC 여과지의 평균 DOC 제거율은 각각 15.2%와 26.2%로 나타났으며, 손실 수

두와 연동한 역세척 조건으로 운전한 BAC 여과지의 평균 DOC 제거율은 각각 19.3%와 31.2%로 나타나 손실 수두와 연동한 역세척 조건으로 운전한 BAC 여과지의 평균 DOC 제거율이 기존의 주기적인 역세척방법으로 운전한 BAC 여과지의 평균 DOC 제거율 보다 4%~5% 정도 높게 나타났다.

Fig. 7 (b)와 (c)에 나타난 H-와 D-정수장 BAC 여과지 유출입수의 탁도 잔존율과 유출수 중의 HPC를 살펴보면 두 역세척 조건에 따른 차이는 거의 나타나지 않았다.

기존의 주기적인 역세척 조건으로 운전한 BAC 여과지 보다 손실 수두와 연동한 역세척 조건으로 운전한 BAC 여과지의 역세척 주기가 훨씬 길어진다. 즉, BAC 여과지의 경우 주기적으로 주 1회 정도의 잦은 역세척을 시행하는 방법에 비해 BAC 여과지의 손실 수두가 역세척 시점에 도달했을 때 역세척을 행하는 방법은 월 1~2회 정도의 비교적 적은 역세척 횟수로도 BAC 여과지 관리 및 처리수의 수질에 문제가 없음을 나타낸다.

3.3. 경제성 평가

100만 톤/일 생산용량의 정수장을 기준으로 하여 경제성을 평가해 볼 경우, 활성탄 여과지의 역세척에 필요한 역세수는 일반적으로 생산수량의 1% 정도이다. 앞에

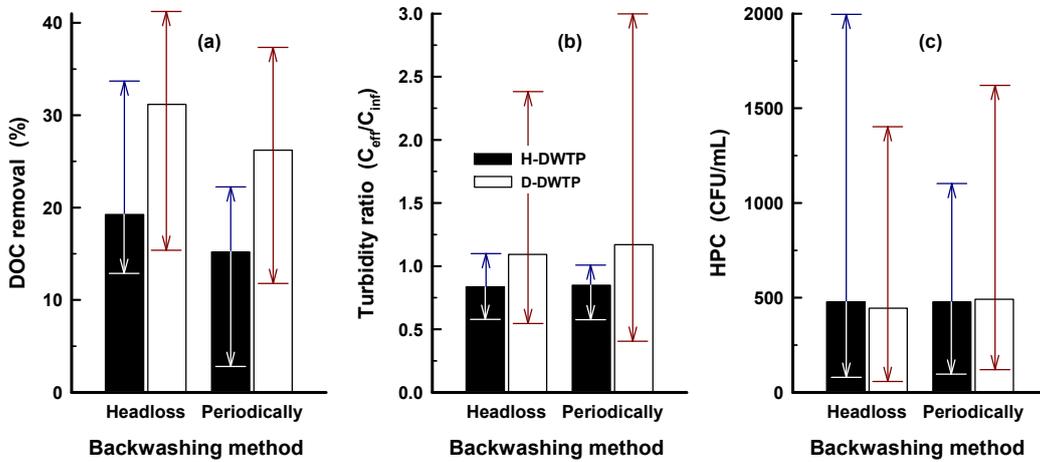


Fig. 7. Comparing DOC, turbidity and HPC of the BAC effluents by periodically backwashing with according to the head loss backwashing in the H- and D-DWTP.

Table 2. Comparing the amount of usage water for periodically BAC backwashing with according to the head loss

Backwashing condition	Capacity (ton/day)	Usage rate of backwashing water	Formular	Amount of backwashing water (ton/day)	Saving amount (ton/day)
Periodically	1,000,000	1%	$1,000,000 \text{ ton} \times 0.01 = 10,000 \text{ ton}$	10,000	-
Head-loss	1,000,000	$1\% \times (100-73)\%$	$1,000,000 \text{ ton} \times 0.01 \times (1-0.73) = 5,400 \text{ ton}$	2,700	7,300

서 언급한 H-정수장과 D-정수장의 역세척수 감소율이 각각 81%와 65%로 이를 평균하면 약 73% 정도로 산정하여 기존의 주기적인 역세척 조건에 대한 손실 수두와 연동한 역세척 조건의 BAC 여과지의 역세척수 절감량을 Table 2에 나타내었다. Table 2에서 볼 수 있듯이 손실 수두와 연동한 역세척 조건의 경우 BAC 여과지 역세척수 절감량이 7,300 톤/일로 나타나 1년을 기준으로 보면 2,660,000 톤 정도의 역세척수 절감 효과가 있으며, 이는 2.7일에 해당하는 생산량이다.

4. 결론

활성탄 여과지의 적정 역세척 주기 평가를 위해 파일럿 및 실 플랜트의 활성탄 여과지를 이용하여 주기적인 역세척 조건과 손실 수두에 연동한 역세척 조건을 비교 운전하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 활성탄 여과지에서 손실수두를 유발하는 인자로는

과포화된 공기가 입상활성탄에 유입되어 기포를 입상활성탄 입자 공극사이에 형성함으로써 발생하였으며, 탁질 물질에 의한 공극폐쇄는 거의 없었고, 현행 약 1주일 주기로 행하는 입상활성탄 역세척 주기를 모래여과수의 탁도가 0.2 NTU 이하로 유지되어 유입된다면 입상활성탄 역세척 주기를 1달 정도로 변경이 가능하였다.

2. 10℃ 이하의 저수온시 입상활성탄 표면에 서식하는 종속영양세균의 활성도가 낮아 처리수 중에 누출되는 수가 20℃ 이상의 고수온시 보다 많았다.

3. 실제 정수장에서 활성탄 여과지의 역세척 주기 변화에 따른 유출수중의 DOC나 HPC 및 탁도 등의 수질 차이는 거의 없었다.

4. 손실수두를 이용하여 역세척 주기를 결정할 경우, 100만 톤/일 생산용량의 실제 정수장에서는 연간 2,660,000 톤 정도 역세척수 사용량의 절감이 가능하였다.

REFERENCES

- Ahmad, R., Amirtharajah, A., Al-Shawwa, A., Huck, P. M., 1998, Effects of backwashing on biological filters, *J. Am. Water Works Assoc.*, 90(12), 62-73.
- Amirtharajah, A., 1993, Optimum backwashing of filters with air scour: a review, *Water Sci. & Technol.*, 27(10), 195-211.
- Bell, R. T., Ahlgren, G. M., Ahlgren, I., 1983, Estimating bacterioplankton production by the [³H]thymidine incorporation in a eutrophic Swedish Lake, *Appl. Environ. Microbiol.*, 45, 1709-1721.
- Carlson, K. H., Amy, G. L., 2001, Ozone and biofiltration optimization for multiple objects, *J. Am. Water Works Assoc.*, 93(1), 88-98.
- Emelko, M. B., Huck, P. M., Coffey, B. M., Smith, E. F., 2006, Effects of media, backwash, and temperature on full-scale biological filtration, *J. Am. Water Works Assoc.*, 98(12), 61-73.
- Fuhrman, J. A., Azam, F., 1982, Thymidine incorporation as a measure of heterotrophic bacterioplankton production in marine surface waters: evaluation and field results, *Mar. Biol.*, 66, 109-120.
- Goldgrabe, J. C., Summers, R. S., Miltner, R. J., 1993, Particle removal and head loss development in biological filters, *J. Am. Water Works Assoc.*, 85(12), 94-106.
- Liu, X., Huck, P. M., Slawson, R. M., 2001, Factors affecting drinking water biofiltration, *J. Am. Water Works Assoc.*, 93(12), 90-101.
- Parsons, T. R., Maita, Y., Lalli, C. M., 1984, *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*, Pergamon, New York.
- Seo, I. S., Son, H. J., Choi, Y. I., Ahn, W. S., Park, C. K., 2007, Removal characteristics of nitrogenous organic chlorination disinfection by-products by activated carbons and biofiltration, *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, 29(2), 184-191.
- Son, H. J., Park, H. G., Lee, S. A., Jung, E. Y., Jung, C. W., 2005, The characteristics of microbial community for biological activated carbon in water treatment plant, *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, 27, 1311-1320.
- Son, H. J., Yoo, S. J., Roh, J. S., Yoo, P. J., 2009, Biological activated carbon (BAC) process in water treatment, *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, 31(4), 308-323.
- Son, H. J., Yoo, S. J., Yoo, P. J., Jung, C. W., 2008, Effects of EBCT and water temperature on HAA removal using BAC process, *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, 30(12), 1255-1261.
- Sontheimer, H., Hubele, C., 1987, The use of ozone and granular activated carbon in drinking water treatment, *Proceeding of the Second National Conference on Drinking Water*, Edmonton, Canada, 7-8.