

## 생물활성탄접촉조에서 역세척 공정의 성능

이강춘<sup>†</sup> · 윤태경 · 문병현\* · 노병일\*\*

동의대학교 환경공학과/산업기술개발연구소

<sup>\*</sup>국립창원대학교 환경공학과

<sup>\*\*</sup>동서대학교 신소재공학과

## Performance of Backwashing Process in Biological Activated Carbon Column

Gangchoon Lee<sup>†</sup> · Taekyung Yoon · Byunghyun Moon\* · Byeongil Noh\*\*

*Department of Environmental Engineering/Center for Industrial Technology, Dong-eui University*

*\*Department of Environmental Engineering, Changwon National University*

*\*\*Department of Advanced Materials Engineering, Dongseo University*

*(Received 22 August 2006, Accepted 16 October 2006)*

### Abstract

BAC backwashing process in ozone-BAC advanced water treatment process was experimentally studied. The operation and performance of backwashing were evaluated by measuring the effects of water temperature and water input rate on the backwashing interval and duration, and also the change of the amounts of biofilm and HPC in treated water before and after backwashing. The experiments were carried out with the pilot scale test module built in a existing water treatment plant, and the following results were obtained. Longer backwashing time than that of design operating condition was needed for satisfying the suitable turbidity of washing water effluent. Depending on water temperature, 7 days of backwashing cycle was recommended for the period lower than 15°C, and 10 days for the period higher than 15°C. After backwashing, the amounts of biofilm and HPC decreased to 1/10 and 80%, respectively.

**keywords** : Advanced water treatment, BDOC, Biological activated carbon, DOC, Ozonation, Ozone, Water purification

### 1. 서 론

원수 중에 일반적으로 존재하는 입자성 물질과 용존 물질은 응집, 침전, 여과, 소독공정을 거쳐 수돗물을 생산하는 표준정수처리공정으로 대부분 제거된다. 그러나 근래 문제시되고 있는 합성 용존유기물, 특히 염소소독부산물로서 발암성 물질로 알려진 트리할로메탄(THMs), TCE 등과 같은 물질들은 표준정수처리공정으로 쉽게 제거되지 않으므로 안전한 상수도 공급을 위한 적절한 제거공정이 필수적이다. 이렇게 표준정수처리공정으로 제거되지 않는 물질을 제거하기 위한 추가적인 수처리공정을 고도정수처리(advanced water treatment)라 한다(Clark et al., 1998; 한 등, 1993; 김, 1996).

현재 주로 사용되고 있는 고도정수처리기술로 활성탄 단독공정 또는 오존-활성탄 처리공정이 있다. 오존처리공정은 오존의 강력한 산화능력을 이용하여 유기물 일부를 완전산화로 제거하고, 분자량이 큰 유기물을 미생물에 의한 생분해와 흡착이 용이한 저분자 물질로 분해하고, 병원성 미생물을 살균, 응집능력의 향상, 금속이온과 무기물질의 산화

그리고 맛과 냄새를 제거하는 역할을 한다(宗宮 功, 2002; 이 등, 2003). 활성탄처리공정은 수중에 존재하는 용존유기물(dissolved organic carbon, DOC)을 흡착으로 제거하는 공정이다. 오존처리공정과 연계하여 활성탄을 사용할 경우 입상활성탄(granular activated carbon, GAC)표면에 부착미생물을 성장시킨 생물활성탄(biological activated carbon, BAC)이 형성되어 두 가지 DOC 제거기구 즉, GAC 입자 표면에 충분한 미생물이 형성되어 구성된 부착미생물에 의한 생분해와 GAC 원래의 흡착능력에 의한 제거로 DOC를 제거하는 공정이 진행된다. 따라서 GAC단독공정에 비해 오존-BAC공정은 활성탄 재생주기를 크게 연장시켜주게 된다(Clark et al., 1998; 한 등, 1993; 김, 1996). 또한 최근에는 막분리기술을 사용하여 먹는 물을 생산하는 사례가 국내 도서지역과 외국에서 보고되고 있지만, 그 규모는 오존-활성탄 고도처리공정에 비해 상당히 작은 규모로 운영되고 있고 경제성이 있는 대형화에 대한 연구가 진행되고 있는 실정이다(이 등, 2003; 서 등, 2001).

우리나라에는 현재 18개 고도정수처리 시설이 운영 중에 있다. 우리나라의 정수장은 취수원의 90% 이상을 수질오염에 취약한 하천수에 의존하고 있으므로 안전한 수돗물을 공급하기 위하여 고도정수처리시설의 사용은 계속 늘어날 것으로 예상된다(환경부 수도정책과, 2003).

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.

glee001@deu.ac.kr

일정기간 BAC를 운전하면 유입수에 존재하는 각종 부유물질로 인해 활성탄층 상부에 형성된 여과 퇴적층과 활성탄층 내부에 부착미생물의 과도한 성장으로 인한 막힘현상으로 수두손실이 발생해 물의 원활한 흐름이 방해된다. 이때 역세척 공정을 시행하여 초기 운전상태를 회복시켜 주어야 한다. 그러나 과도한 역세척은 활성탄 입자간의 지나친 충돌과 마찰로 인하여 부착미생물의 탈리와 활성탄 입자의 마모로 인한 손실이 발생할 수 있다(문 등, 2003; Humby et al., 1996).

본 연구에서는 오존-BAC 고도정수처리공정에서 BAC의 적절한 역세척 운전조건의 선정을 위하여 수온이 역세척 주기에, 역세척의 유속이 역세척 성능에, 역세척이 부착미생물의 양과 처리수 그리고 역세척 전후 BAC 처리수 중 중속영양미생물(heterotrophic plate colony counts, HPC)의 수에 미치는 영향이 실험적으로 연구되었다. 이를 통하여 적정 역세척 공정조건과 역세척 주기가 도출되었다.

## 2. 실험재료 및 방법

### 2.1. 실험재료

실험은 낙동강을 취수원으로 사용하는 D정수장 내에 pilot 규모의 오존-BAC 고도정수처리 plant를 설치하여 실험하였다. 설치된 pilot plant의 주요 장치는 Fig. 1과 같이 원수저장조, 오존접촉조, 오존처리수 체류조, 오존발생기, 배오존과파기, 오존분석기, BAC, 처리수저장조, 그리고 공기압축기로 구성되었다. 주요 장치의 사양은 Table 1과 같다.

오존접촉조와 BAC에서 운전조건은 Table 2와 같다. BAC는 다양한 운전조건을 시험하기 위하여 4기의 칼럼이

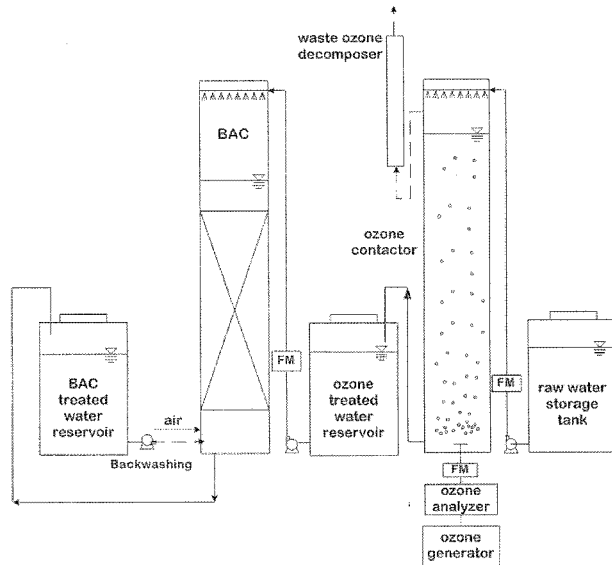


Fig. 1. Process flow diagram of the pilot plant.

설치되었다. BAC 1은 유공블럭형 하부집수장치 위에 자갈을 대, 중, 소 크기별로 10 cm씩 깔고 그 위에 모래를 10 cm 올린 후 GAC를 3 m 높이로 충전하여 사용하였다. BAC 2, 3, 그리고 4는 다공 plate type 집수장치위에 자갈과 활성탄을 BAC 1과 동일하게 투입하였다.

BAC에서 역세척 배출구의 위치는 활성탄층 위 2 m 위치에 설치하여 역세척시 활성탄의 유동화로 인한 부피팽창으로 발생할 수 있는 활성탄 입자의 누출을 방지하였다.

실험에 사용된 활성탄은 미국 Calgon사의 제품으로서 규격은 Table 3과 같다. BAC는 GAC 표면에 일정기간 부착미생물을 성장시켜 사용하였다.

Table 1. Specifications of major equipments

Equipment	Specification
BAC	Acryl, square & cylindrical columns BAC 1 : 600W × 600L × 7000H (1 EA) BAC 2-4 : 300 ID × 7000H (3 EA)
Ozone contactor	Acryl, cylindrical column 300 ID × 7000H (2 EA)
Raw water storage tank	PE, 1.5 m <sup>3</sup>
Ozone treated water reservoir	PE, 1.5 m <sup>3</sup> × 2 EA = 3.0 m <sup>3</sup>
BAC treated water reservoir	PE, 1.5 m <sup>3</sup> × 2 EA
Ozone generator	18 g O <sub>3</sub> /hr
Waste ozone decomposer	Acryl, cylindrical column 16 ID × 100H
Compressor	3 hp

Table 2. Operating conditions in ozone contactor and BAC

Unit process	Operating conditions				
	AC packing height (m)	Influent flow rate (L/min)	Influent gas flow rate (L/min)	EBCT <sup>a</sup> (min)	Ozone conc. (mgO <sub>3</sub> /L)
BAC 1	3.0	70	-	15.5	-
BAC 2	3.0	17	-	12.5	-
Ozone contactor	-	60	8.4	8.05	0.70 ~ 0.80

<sup>a</sup>Empty bed contact time

Table 3. Specification of GAC

Item	Unit	Spec.
pH		4.0-11.0
Size distribution 8x35 US mesh	%	95 min
Moisture	%	5.0 max
Iodine No.	mg/g	1,000 min
Apparent Density	g/cc	0.52 max
Surface Area	m <sup>2</sup> /g	1,060 min
Pore volume	mL/g	0.61 min
Uniformity Coefficient		1.8 max
Ash	%	10 max

실험에 사용된 원수는 실제 공정을 모사하기 위하여 정수장에서 침전 후 여과공정을 거친 모래여과수를 펌프로 원수저장조에 이송하여 사용하였다. 실제 정수장 공정수를 원수로 사용함에 따라 실험기간 중 원수에 포함된 오염물의 농도 및 성상은 일정하지 않았다. 실험은 계절별 영향 즉, 수온 및 원수 성상의 변화가 역세척 주기에 미치는 영향을 보기 위하여 plant는 1년 3개월 동안 계속 운전되었다.

## 2.2. 실험방법

역세척은 BAC에서 운전 중에 압력손실 즉, 수두손실이 발생하여 수두가 초기 운전시의 높이보다 지정한 높이로 증가할 경우 또는 정해진 시간간격에 규칙적으로 실시하게 된다. 본 연구에서는 적정 역세척 주기를 결정하기 위하여 역세척을 위한 수두높이를 정하고 이에 도달하면 역세척 공정을 수행하였다. 이러한 실험방법은 실제 공정에서 일정한 시간간격으로 역세척을 시행할 경우 계절별로 적당한 역세척주기를 결정하는데 기본 자료로 활용될 수 있다.

역세척 시점이 다가오면 수두손실은 점점 커져 수두가 대단히 높은 위치로 상승하게 된다. 이러한 수두손실의 발생원인은 크게 다음 두 가지로 볼 수 있다.

- 활성탄 표면에 부착된 미생물이 운전 중 계속 성장하여 활성탄 입자사이 공극(void volume)을 점차 채워나가 물흐름의 단면적을 줄임.
- 오존처리수에 포함되어 있는 부유물질이 활성탄층의 여과작용으로 상부에 퇴적되어 흐름 단면적을 줄임.

이러한 현상이 발생하면 물의 원활한 흐름이 불가능하므로 역세척 공정을 시행하여 흐름을 초기와 같은 상태로 만들어 주어야 한다.

역세척 공정은 ① 수세만 사용, ② 물과 공기를 적당한 비율로 혼합, 또는 ③ 공세와 수세를 적절하게 조합 중 한 가지를 선택하여 진행한다(최 등, 1996). 전통적인 방법인 물만으로 여과재를 유동시켜 역세척하는 방법은 효율이 낮아, 최근에는 유동화 유속 이하의 물과 공기를 동시에 주입하여 여과층 내부에 공기방울의 형성과 붕괴를 반복시키는 "collapse-pulsing" 상태로 수행하는 역세척이 가장 효율적인 방법으로 소개되고 있다(Humby et al., 1996; 최 등, 1996; Amitharajah, 1993). 현재 현장에서 일반적으로 사용되고 있는 역세척은 ②와 ③의 방법이 주로 사용된다. 본

연구에서는 D정수장에서 표준공정방법으로 채택하고 있는 공세와 수세의 연속공정에 대하여 실험하였다.

적정 역세척 공정조건은 효과적으로 수두손실의 발생원인을 제거하기에 적당한 공기 및 세척수 유속, 세척시간, 역세척 주기 등의 선택이다. 이러한 공정조건에 영향을 미치는 인자로는 처리수량, 유입수 현탁물질의 특성, 활성탄 입자 크기, 처리수의 온도, 처리수의 탁도규정 등이 있다.

## 2.3. 분석

본 연구에서 HPC는 standard method에서 pour plate method를 이용하여 분석하였다. 배지로 R2A가 사용되었고, 25°C에서 10~14일간 배양하여 계수하였다. 부착미생물의 양은 접촉초 높이별로 채취한 활성탄을 증류수로 미생물이 탈리되지 않을 정도로 세척한 후 습건조 시켜 중량을 잰다. 이를 생리식염수 10 mL가 채워진 20 mL vial에 넣고 병냉 상태에서 미국의 Branson사 초음파분쇄기(sonifier 250)로 미생물을 탈리시킨 후 HPC와 같은 방법으로 분석하였다. 탁도는 미국 Hach사의 2100AN Turbidimeter를 사용하여 측정되었다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 역세척 시간

역세척공정은 공세와 수세를 겸해서 수행하고 BAC공정의 흐름방향에 대해 역방향으로 진행한다. 역세척의 목적은 수두손실의 발생원인인 퇴적여과층과 과잉 부착미생물을 배출·제거하는 것이다. 따라서 적정 역세척 공정조건은 활성탄 입자간 심한 마찰로 인한 부착미생물의 지나친 탈리와 활성탄층과 자갈·모래층에서 층간혼합을 피하면서, 효과적으로 발생원인을 제거하는 적당한 유속과 운전시간을 선택하여야 한다. 한편 공기와 물을 동시에 투입하여 역세척할 경우 공기량에 따라 마모된 활성탄의 양이 증가되어 활성탄이 손실이 커질 수 있으므로 공기의 주입을 역세척 초반 몇 분정도만 실시하도록 추천된다(서 등, 2001).

국내 상수도시설기준에 따르면 역세척시 배출수의 탁도가 10 NTU이하가 되도록 권고하고 있다(환경부, 1994). 현재 D정수장 운전기준은 역세출수의 탁도가 8 NTU이하를 유지하는 것이다. 따라서 적정 역세척 운전시간의 선정은 수세 유출수의 탁도로 종료시점을 결정할 수 있다. 수세가 진행됨에 따라 과잉 부착미생물의 탈리에 의하여 배출되는 유출수 중 부유미생물과 유입수 탁도 유발물질에 의한 여과퇴적물 함량이 시간이 지남에 따라 감소되어 거의 제거된 시점에 도달할 것이다. 이 시점을 종료시점으로 간주할 수 있고, 이는 탁도를 측정함으로써 파악할 수 있다.

선정한 역세척조건으로 운전한 결과 BAC 1의 역세공정 최고 수세유속인 162 L/min (0.45 m/min)에서 활성탄층의 부피팽창율은 33%였다. 육안 관찰로부터 이 유속에서 활성탄과 모래자갈층간의 역전현상은 없었다.

설계 역세척 운전조건은 Table 4와 같이 공세와 3단계 수세공정을 연속적으로 진행하게 된다. 공세는 BAC의 운

전으로 압착된 활성탄층을 부드럽게 풀어주어 다음 공정인 수세공정에서 편향흐름(channeling)이 발생하지 않도록 해 주고, 상부에 축적된 고형물을 수중으로 부상시키는 역할을 한다. 또한 수세는 1단계에서 고유량의 갑작스런 유입으로 발생할 수 있는 모래자갈층과 활성탄층의 역전, 순간적인 활성탄층의 부상으로 인한 활성탄입자의 유출 등을 방지하기 위하여 저유량으로 역세수를 투입하여 압착된 입자들을 풀어주고, 역세척 공정의 준비단계를 마친다. 2단계는 본격적인 역세척 단계로, 고유량의 역세척수 투입으로 활성탄층이 유동화 상태가 되어 BAC 상부에 축적된 입자성 물질과 입자간의 충돌과 마찰로 활성탄 입자로부터 탈리된 부착미생물이 유출수와 함께 배출된다. 3단계는 유동화되었던 활성탄층을 안전하게 고층으로 변화시켜주는 준비단계이다. 설계운전조건에서 역세척공정의 전체 운전시간은 공세 4분, 수세 16분을 합쳐 20분이다.

Table 5는 설계운전조건으로 역세척 공정을 시행하며 유출수의 탁도를 측정된 것이다. 시험 운전 시 3단계에서 탁도 감소는 대단히 적고, 충분한 운전시간을 부여하기 위하여 2단계에서 탁도규정을 만족시키는 조건의 선정을 목표로 하였다. 공세 후 수세가 끝나는 16분에 10 NTU이상을 보여, 현재 정수장 운전기준인 8.0 NTU에 도달하지는 못했다. 동일한 설계운전조건을 적용하여 유출수 탁도가 8.0 NTU로 감소되는 시점을 실험한 결과 Table 6과 같이 21분이 소요되었다. 따라서 설계운전조건과 동일한 선속도로 운전할 시 정수장 운전기준을 충족시키는 운전시간은 공세 4분, 1단계 수세 2분, 2단계 수세 19분, 3단계 수세 2분으로 수정이 추천된다.

### 3.2. 세척수 유속

역세척의 공정변수로는 세척수 유속과 세척시간이 있다. 이러한 두 공정변수는 서로 관련이 있다. 즉 세척수 유속을 증가시키면 세척시간이 감소하게 된다. 그러나 지나친 세척수 유속의 증가는 하부집수장치와 활성탄 층 사이에 있는 모래 및 자갈층과 활성탄층을 뒤섞는 결과를 초래할

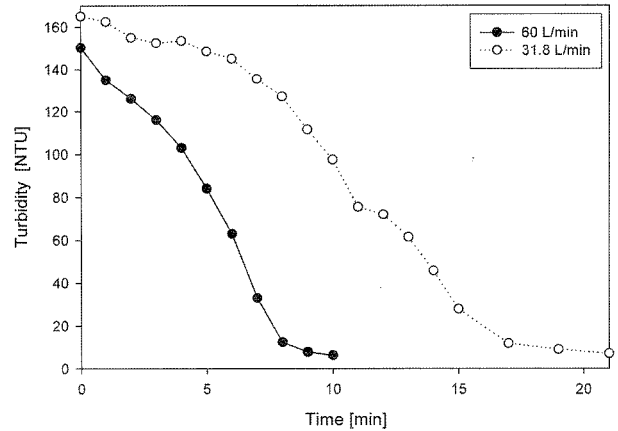


Fig. 2. The effect of linear velocity of backwashing water on turbidity.

수 있으므로 적절한 유속조정이 필요하다. 한편 계절별로 부착미생물 양 및 유입수 탁도 등이 변화될 수 있으므로 계절별 역세척결과를 고려하여야 한다.

역세척공정 시 세척수 유속에 대한 영향은 Fig. 2와 같다. 실험은 BAC 4를 이용하여 수행되었고, 운전조건은 설계운전조건과 2단계 수세유속이 0.85 m/min로 거의 2배로 증가된 두 가지 운전조건에서 실시되었다.

그림에서 정수장 운전기준인 8 NTU이하의 세척수 탁도를 얻는데 걸리는 시간은 2단계 수세 조건 기준으로 조건 1의 경우 19분, 조건 2의 경우 9분이 소요되었다. 수세유속의 증가는 세척수 탁도의 급격한 감소를 나타냈다. 2단계 수세에 소비된 세척수 량을 비교하면 조건 1에서 604 L, 조건 2에서 540 L로 수세속도를 증가시키면 약 10%의 세척수를 절약할 수 있다. 실 plant 운전 시 이에 대한 고려가 필요하다.

### 3.3. 역세척 주기

Fig. 3과 4는 각각 BAC접촉조 1에서 수온과 탁도 변화에 따른 수두 및 역세척 주기를 보여준다. 그림에서 각 peak의 폭이 역세척 주기를 의미한다. Peak의 최고 수두점

Table 4. Design operating condition of backwashing

	By air	By water		
		Step 1	Step 2	Step 3
Duration (min)	4	2	12	2
Flow rate (L/min)	299	90	162	90
Linear velocity (m/min)	0.83	0.25	0.45	0.25

Table 5. Turbidity (NTU) of effluent washing water under the design operating condition

Water temp.	Elapsed time of water backwashing (min)					
	3	6	9	12	15	18
24°C	111.0	107.0	52.1	28.5	16.1	10.3

Table 6. Change of turbidity (NTU) according to the water backwashing time

Water temp.	After air washing	Elapsed time of backwashing by water (min)													
		1	2	3	4	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
2°C	149	168	160	157	142	87	52	40	30	22	21	20	13	8	8

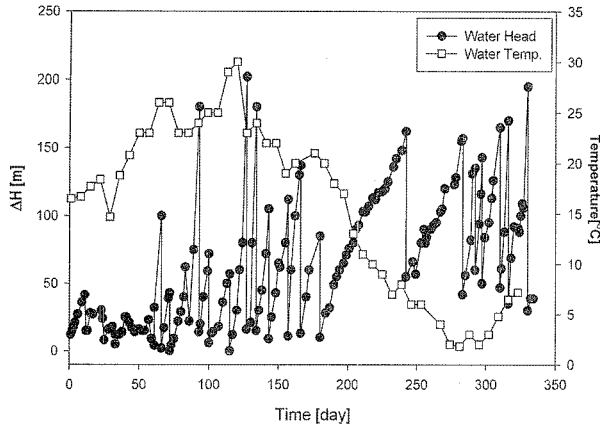


Fig. 3. Change of water head and temperature in BAC 1.

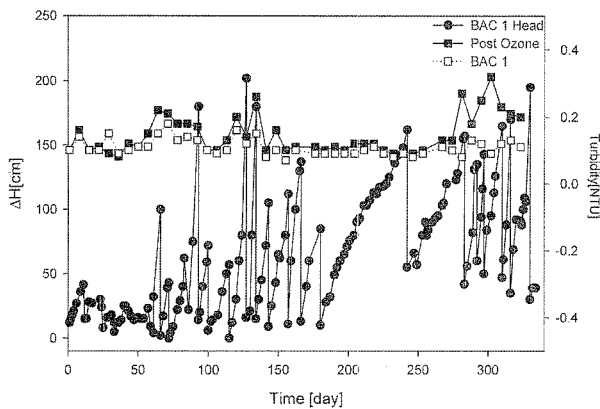


Fig. 4. Change of water head and turbidity in BAC 1.

에서 역세척이 수행되면 수두가 최저점으로 떨어진다.

운전기간 중 오존처리수의 탁도는 0.15~0.35 NTU 범위에서 변화하였다. 운전초기 약 50일간은 부착미생물이 생성되는 기간이라 활성탄 입자간 공극부피가 넓은 시기로 주로 탁도에 의해 수두증가가 발생하여 그 증가속도가 낮았다. 이후 180일까지는 수온이 20°C 이상으로 부착미생물의 성장이 활발한 기간이다. 따라서 탁도의 영향과 더불어 부착미생물의 성장에 의한 공극막힘이 역세척 주기 단축의 원인으로 사료된다.

한편 수온이 급격히 떨어지는 운전 180일부터 수두증가 속도가 현저히 감소되는 것을 볼 수 있다. 그러나 운전 280일 이후에는 수온이 낮음에도 불구하고 수두증가 속도가 여름철과 유사하게 증가되는 현상을 보였다. 운전 180~280일 기간에는 수온 강하로 인한 활성저하로 부착미생물의 성장둔화가 예상되고, 또한 탁도는 0.15 NTU로 운전기간 중 최저값을 유지하여 수두증가 속도의 감소가 나타난 것으로 사료된다. 이 등(2006)은 동일한 BAC에서 수온에 따른 부착미생물양의 측정실험을 통하여 여름철에서 거

Table 7. Backwashing cycle

Temp. (°C)	Backwashing cycle (day)	Based on headloss of 80 cm
Higher than 15	7	
Lower than 15	10	

울철로 갈수록 그 양이 90% 이상 감소함을 보여 위 추론을 뒷받침한다. 운전 280일 이후 짧은 역세척 주기는 주로 탁도의 영향으로 추측된다. 이 기간 중 탁도는 0.2~0.35 NTU로 180~280일 기간에서의 탁도에 비해 평균 70% 이상 증가하여 수두증가 속도에 영향을 미친 것으로 추측된다. 이러한 현상은 실 plant에서 측정을 통하여 추가적인 원인파악이 필요하다 사료된다.

Fig. 3에서 280일까지의 운전기간을 기준으로 계절별 수두변화 측정 즉, 80 cm 수두증가를 기준으로 역세척 주기를 결정한 결과는 Table 7과 같다.

운전의 편의성을 위하여 일정한 역세척 주기로 운전할 경우, 장기간 운전을 통하여 수온 15°C를 기준으로 일반적으로 5월에서부터 9월에 해당하는 15°C 이상의 기간에는 7일, 15°C 이하의 기간에는 10일이 역세척 주기로 적합하였다.

3.4. 역세척 전·후의 부착미생물 변화

역세척에 의해 활성탄 입자간 공극을 채우고 있던 과잉 부착미생물이 제거되면 역세척 전·후의 부착미생물의 양에 상당한 차이가 예상된다. 즉, 역세척 주기 구간에서 부착미생물의 양은 점진적으로 증가하여 역세척 필요 시점이 되면 최고값을 나타낼 것으로 예상된다.

Table 8은 역세척 공정이 부착미생물의 양에 미치는 영향을 규명하기 위하여 역세척 전과 후에 부착미생물의 양을 비교하였다. BAC에서 부착미생물의 양은 활성탄층의 높이에 따라 다르므로 활성탄층 바닥으로부터 높이에 따라 시료를 채취하여 그 양을 비교하였다.

역세척 전에 비하여 역세척 이후에 부착미생물의 양은 약 1/10로 감소함을 보여준다. 시료를 채취한 시점은 여름철로서 미생물의 활동도가 높은 시점으로 부착미생물의 증식으로 역세척 전 활성탄 입자사이에 상당량의 부착미생물이 존재하게 된다. 역세척 공정이 시행되면 활성탄 입자간 마찰로 표면에 부착된 미생물 상당량이 탈리·배출되게 된다. 탈리되는 미생물량에 관하여 문 등(2003)은 여재의 팽창비와 역세척 시간에 따른 미생물의 탈리량 실험에서 팽창비가 증가할수록 탈리되는 미생물의 양이 증가한다는 것을 보였다.

Table 8. Amount of attached biomass before and after backwashing

Water temp.	Unit	Sampling position based on the elevation from bottom (cm)			Backwashing status
		175	225	275	
24°C	×10 <sup>7</sup> [CFU/mL]	1.0	6.0	21	before
		0.2	0.2	2.0	after

3.5. 역세척 전·후 HPC 변화

BAC에서 부착미생물의 양은 미생물의 성장에 주요 인자인 수온의 영향으로 겨울철보다 여름철에 과잉 부착미생물의 양이 상당할 것이다. 또한 역세척 전·후에 Table 8과 같이 부착미생물의 양이 큰 차이를 보인다.

하향식 흐름으로 운전되는 BAC에서 처리수 중 HPC의 발생원인은 주로 부착미생물의 탈리에 의한 누출에 기인한다. 따라서 처리수에서 HPC의 함량은 계절 그리고 역세척 전·후와 같이 분석 시점에 크게 영향 받을 수 있다.

Fig. 5는 운전기간 중 BAC를 통과한 최종 처리수에서 측정된 종속영양미생물의 수의 변화를 보여준다. 본 시험 공정에서 처리수에서의 HPC는  $1.0 \times 10^4 \sim 12 \times 10^4$  CFU/mL의 범위에서 관찰되었다.

BAC운전 시작단계인 4월부터 5월까지 기간은 부착미생물이 생성, 성장 및 성장 완료의 기간으로 판단되어 비교적 낮은 값을 나타냈다. 한편 수온이 20°C 이상을 유지하는 8월부터 9월 중반까지 HPC는 대단히 증가하여 최고  $12 \times 10^4$  CFU/mL의 값을 보였고, 기타 계절에는  $2.5 \times 10^4$  CFU/mL로 거의 일정한 값을 나타냈다. 미생물의 성장이 둔화되는 겨울철에 대단히 낮은 값을 나타낼 것으로 예상하였으나 타 계절과 비슷한 값을 보였다.

Table 9는 역세척 전·후에 HPC 함량의 변화를 나타낸다. 역세척 전에 과잉 부착미생물로 인하여 누출되는 부착미생물이 역세척 후에 비하여 증가하므로 HPC 양이 증가하였다. 측정시점에서 역세척 전에 비해 역세척 후에 80% 감소하였다.

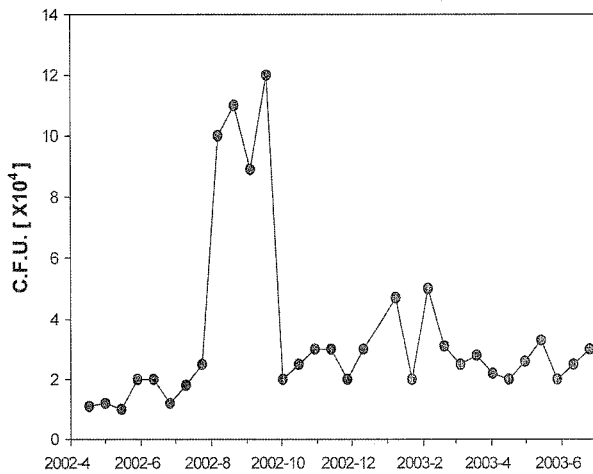


Fig. 5. Change of HPC.

Table 9. Change of HPC before and after backwashing

Water temp.	Unit	Backwashing	
		Before	After
24°C	$\times 10^4$ [CFU/mL]	1.5	0.3

4. 결론

Pilot 규모의 고도정수처리장치를 활용하여 BAC의 역세

척 공정에서 다양한 운전변수의 영향이 실험적으로 연구되었고, 그 결과는 다음과 같다.

설계운전조건과 동일한 세척수 유속에서 8 NTU를 달성하는 역세척 공정시간은 공세 4분, 1단계 수세 2분, 2단계 수세 19분, 3단계 수세 2분이 적합하였다. 또한 2단계 수세에서 세척수 유속을 2배로 증가시킨 경우 2단계 수세시간이 9분으로 단축되었고, 약 10%의 세척수 절감효과를 보였다.

역세척 주기는 탁도와 수온에 의존하는 부착미생물의 성장속도에 영향을 받았다. 수온 15°C와 80 cm의 수두손실을 기준으로 15°C 이상에서 7일, 이하에서 10일의 역세척 주기로 운전이 추천된다.

역세척 운전 후 부착미생물의 양은 약 1/10으로 감소하였고, 처리수에서 HPC의 양은 과잉 부착미생물의 제거로 약 80% 감소하였다.

사 사

본 연구는 2005년도 동의대학교 학술연구조정비(2005AA177)에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

김동윤, 덕산정수장 고도정수처리시 타당성 조사 및 기본계획 보고서, 부산광역시 상수도사업본부 (1996).  
 문철훈, 이윤진, 고영승, 남상호, 생물활성탄 및 사여재를 이용한 여과공정에서의 역세척에 관한 연구, *대한환경공학회지*, 25(2), pp. 227-233 (2003).  
 서연태, 정동환, 임성균, 박규홍, 막분리를 이용한 정수처리 공정의 생산원가에 관한 고찰, *한국물환경학회지*, 17(3), pp. 283-297 (2001).  
 이강춘, 윤태경, 생물활성탄집축조의 성능과 조작, *한국물환경학회지*, 22(1), pp. 83-90 (2006).  
 이성우, 이현동, 한명호, 광동희, 김충한, *고도상수처리 -원리 및 응용-*, 동화기술, pp. 71-85 (2003).  
 최승일, 이형숙, 역세척 방법에 따른 세척효과, *대한환경공학회지*, 18(12), pp. 1521-1534 (1996).  
 한무영, 강창호, 생물활성탄(Biological Activated Carbon, BAC)공정과 이 공정의 음용수처리에의 사용, *대한상수도학회지*, 7(1), pp. 77-103 (1993).  
 환경부, 상수도시설기준 (1994).  
 환경부 수도정책과, 고도정수처리 설치사업, 환경부 환경관리분야 자료목록 (2003).  
 宗宮 功 편저, 강준원, 구자용, 최승일, 정재춘, 육운수 공역, *오존을 이용한 수처리기술*, 동화기술, pp. 115-142 (2002).  
 Amitharajah, A., Optimum Backwashing of Filters with Air Scour: A Review, *Wat. Sci. Tech.*, 27(10), pp. 195-211 (1993).  
 Clark, R. M. and Lykins, Jr. B. W., *Granular Activated Carbon: Design, Operation and Cost*, Lewis Publishers, Inc., pp. 205-233 (1998).  
 Humby, M. S. and Fitzpatrick, C. S. B., Attrition of Granular Filter Media During Backwashing with Combined Air and Water, *Wat. Res.*, 30(2), pp. 291-294 (1996).