

생물활성탄 유동상법에 의한 상수원수의 생물학적 전처리공정

우달식 · 남상호
전국대학교 환경공학과

Pretreatment by the Process of BAC Fluidized Bed to produce the Biologically Stable Drinking Water

Dal Sik Woo and Sang Ho Nam

Department of Environmental Engineering, Kon-Kuk University

ABSTRACT

This study was to investigate the effects of carbon loadings, temperature and expansion ratio on the waterborne organic removal by the biologically active GAC fluidized bed on a laboratory scale. The raw water to be treated comes from midstream of Han river. BACFB(Biological Activated Carbon Fluidized Bed) process was very effective to remove the biodegradable fraction of dissolved organic matter. The more carbon weighed, the more DOC removed in a range from 16.7 to 133.3 g/l. DOC and UV₂₅₄ were removed more than 40% and 20% above 20°C respectively. Between 5°C and 10°C, DOC and UV₂₅₄ were eliminated about 30% and 15% respectively. In general, even if the temperature was higher, DOC removal was a little sensitive, probably influenced by GAC's residual adsorption capacity. UV₂₅₄ reduction was little fluctuated in accordance with water temperature. The gradual increase in expansion ratio from 10% to 75% didn't greatly affect on the removal of DOC and UV₂₅₄. The expansion ratio, therefore, is not a key factor over the critical expansion ratio.

Keywords : Dissolved organic carbon(DOC), UV₂₅₄, BAC fluidized bed, Expansion ratio, Carbon loading

I. 서 론

상수원수중 용존 유기물질은 기존 정수처리과정에서 제대로 제거되지 않고 있다. 이를 효과적으로 제거하지 않으면 염소처리에 의해 THM, TOX 등과 같은 소독부산물을 생성하며 배급수관망에서 미생물의 재생장문제가 발생된다.¹⁾ 미생물 재생장은 *Legionella*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Mycobacterium*과 같은 기회성 병원미생물이 증식할 가능성이 있으며, 배급수관망의 부식속도를 증가시키며 관단면을 감소시켜 배급수에 필요한 에너지 비용을 증가시키고 탁도유발물질, 침전물, 맛·냄새 등의 문제를 유발시킨다.^{2,3)} 미생물 재생장 방지를 위해서 과잉의 염소를 주입하면 수중의 용존 유기물과 결합하여 발암물질인 THM 및 기타 소독부산물을 형성하게 된다. 따라서 수중의 용존 유기물을 생물학적으로 안정한 물로 전환시키므로써 미생물 재생장을 제어할 수 있는

생물처리에 관한 연구가 최근 국내외에서 활발히 이루어지고 있다.^{4,6)}

고도정수처리 기술의 하나인 생물처리는 기존의 정수공정으로는 효과적으로 제어하기 어려운 용존 유기물질을 제거하는데 극히 유효한 방법이며,^{7,8)} 이를 정수처리의 전처리기술로 도입한다면 매우 유용한 공정으로 이용될 수 있을 것이다.^{9,10)}

생물학적 전처리공정은 예방적 차원에서 소독제를 투입하기 전에 수중 유기물질을 제거하여 정수과정과 배급수관내 소독효과를 극대화하고, 소독부산물의 전구물질을 최소화하거나 후속공정인 입상활성탄 여과 또는 막여과공정의 효율적인 운영을 도모함으로써 보건 위생적인 면에서 수질의 안전성을 확보할 수 있다. 또한 지역여건에 따라 각종 유기물질에서 기인될 수 있는 화학물질의 독성, 색도, 맛과 냄새, 남조류의 독소, 병원성 미생물의 관내 재생장, 소독제의 과다사용, 관부식의 촉진 등 부수적인 문제들을

동시에 종합적으로 해결할 수 있는 장점이 있다.¹¹⁾

본 연구팀이 그 동안의 연구^{12,13)}결과, 상수원수의 생물학적 전처리공정중에서 가장 효과적인 공정으로 선정된 생물활성탄 유동상법(Biological Activated Carbon Fluidized Bed, BACFB)은 활성탄에 부착된 미생물에 의한 오염물질의 제거효과 뿐만 아니라 활성탄을 유동시킴으로써, 운전중 두꺼워진 생물막으로부터 탈리된 생물floc이 배출되지 않고 반응조 내에서 부유하면서 floc내에서 생물증식이 일어나므로 부유미생물에 의한 제거효과도 다소 거둘 수 있다. 처리시간을 단축할 수 있으므로 전체적으로는 소규모로 할 수 있어 설치면적을 줄일 수 있고, 겨울철 수온저하시에도 다른 전처리공정에 비해 제거율의 저하도 비교적 적다.¹⁴⁾ 또한 생물활성탄 여과법의 단점인 막힘현상이나 손실수두가 요구되지 않으며 용존 유기물질, 암모니아성 질소, 맛·냄새 유발물질 등의 제거효과가 우수하여 오염이 진행된 하천수나 부영양화된 호수에 극히 유용한 방법이다.^{15,16)}

본 연구는 영동대교 상류지점에서 채수한 한강원수를 대상으로 실험실 규모의 생물활성탄 유동상법에서 충전량, 온도, 팽창율의 변화에 따른 유기물질의 제거특성을 평가하여 생물학적 전처리공정 개발을 도모하고자 하였다.

II. 실험장치 및 방법

1. 실험장치

본 연구에서 사용된 실험실 규모의 생물활성탄 유동상의 공정도는 Fig. 1과 같다. 반응조는 두께 10 mm의 아크릴원통을 재질로 내경 50 mm, 높이 2,000 mm의 본체와 순환조, 유출부를 포함한 총유효용적 6 l로 4개를 제작하였다. 반응조 본체와 순환조 사이의 연결부위는 이전의 연구¹³⁾를 보완하여 15도 경사를 둠으로써, 미세 분말활성탄의 침적 및 미생물 부착 등으로 인한 실험오차를 최대한 줄일 수 있도록 하였다. 순환조는 유체의 순환뿐만 아니라 용존산소의 공급을 위해 설치하였다. 유출부에 침전조의 역할을 할 수 있도록 칸막이를 설치하였다.

온도에 의한 영향을 검토하기 위해 반응조 내벽과 외벽사이에 40 mm의 간격을 두고 water jacket을 설치하였다. 수온이 일정하게 유지되고 있는지 확인하기 위해 반응조 내부에 온도계를 설치하여 수시로 확인하였다. 저온시 영향을 검토할 때는 실험실 내부 온도에 의한 영향을 최소화할 수 있도록 water

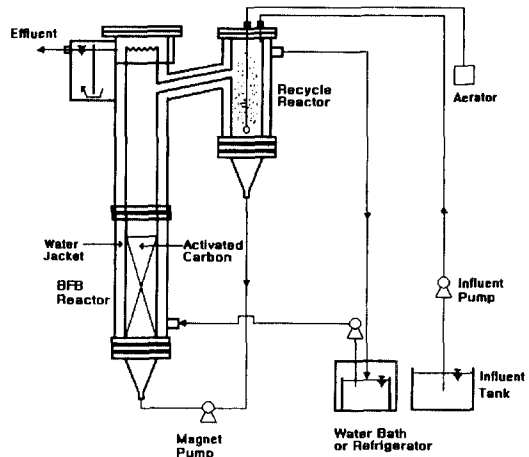


Fig. 1. Schematic diagram of lab-scale BACFB.

jacket외부에 단열재를 둘러쌓아서 외부와의 온도를 차단시키고, 냉장고에 저장된 water jacket순환수를 순환시켜 $5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 로 온도를 유지시켰다.

반응조내 용존산소를 충분히 유지시키기 위해 순환조에 산기석을 설치하였다. 원수는 정량주입펌프(Master flex pump model 7518-00)를 이용하여 순환조로 유입시켰다. 여재의 유동과 유체의 순환 역할을 동시에 할 수 있도록 Magnet pump(IWAKI, MD-15R-200N)를 이용하였다. 실험에 사용된 활성탄은 Norit사 제품의 이탄계 정형입상활성탄인 Norit row 0.8 supra(요오드 흡착력 1,100 mg/g, 비표면적 1,200 m^2/g , 총세공용적 1 cm^3/g)이었다.

2. 실험방법

실험에 사용된 대상원수는 한강수계인 영동대교 상류지점에서 채수하였다. 유동상 팽창율은 활성탄 주입시의 초기 높이를 기준으로 40%로 운전하고 추후 팽창율 변화에 따른 영향을 검토하였다. 유입유속은 50 ml/min이었으며 유체의 흐름은 상향류로 하였다. 상수원수의 생물학적 전처리공정에 관한 연구^{13,15-17)}에 따르면 체류시간을 2시간으로 정하여 실험한 바, 본 연구에서도 동일조건하에서 비교 검토할 수 있도록 반응조의 용량에 따라 원수유입량을 조절하여 체류시간을 2시간으로 하였고, 활성탄 충전량, 온도 및 팽창율 변화에 따른 유기물질의 제거특성을 주어진 실험조건에서 검토하였다.

1) 활성탄 충전량에 의한 영향

유효용적이 6 l인 4개의 생물활성탄 유동상 반응

Table 1. Bed depth of BACFB with different carbon loading at 40% expansion ratio.

Reactor	Carbon loading (g/l)	Initial bed depth (mm)	Bed depth at 40% expansion ratio (mm)
R1	16.7	125	175
R2	33.3	250	350
R3	66.7	500	700
R4	133.3	1,000	1,400

조에 활성탄을 각각 100, 200, 400, 800 g씩 충전하였다. 별도의 미생물 식종없이 한강원수를 직접 통수시켜 약 3개월 정도 순응기간을 거친 후 유기물질의 제거특성을 평가하였다. 유동상 팽창율 40%에서의 활성탄 충전높이는 Table 1과 같다.

2) 온도에 의한 영향

온도에 따른 유기물질의 제거특성을 파악하기 위해 상기 실험을 마친 후 반응조 R1, R2를 이용하였다. 반응조 R1은 활성탄 100 g을 추가로 채워 넣고, 반응조 R2는 있는 그대로 하여 두 반응조 모두 200 g의 충전량과 40%의 팽창율로 실험하였다. 온도는 5~35°C범위에서 검토하였다.

상온에서 35°C까지의 온도영향은 반응조 R1에서 실험하였으며, 온도조절장치가 되어 있는 수욕조의 water jacket순환수를 사용하여 온도를 유지시켰다. 15°C에서 5°C까지의 저온시 영향은 R2에서 실험하였으며, 온도조절은 냉장고 내에 저장되어 있는 water jacket순환수를 이용하였다. 실험기간중 반응조의 온도전환은 Table 2와 같으며 온도전환 후 일정시간동안 순응기간을 거친 후 실험하였다.

3) 유동상 팽창율에 의한 영향

유동상 팽창율에 따른 유기물질의 제거특성은 반응조 R3, R4를 이용하여 검토하였다. 400 g의 활성

Table 2. Variation of temperature in BACFB

Reactor	Carbon loading (g/l)	Temperature(°C)
R1	33.3	Normal temperature (about 20°C) → 25 → 30 → 35
R2	33.3	Normal temperature (about 20°C) → 15 → 10 → 5

Table 3. Variation of expansion ratio in BACFB

Reactor	Carbon loading (g/l)	Expansion ratio (%)
R3	66.7	40 → 30 → 10
R4	66.7	40 → 75

탄이 충전되어 있는 반응조 R3은 그대로 이용하고 유동상 팽창율만 40%에서 30, 10%의 순으로 변화시켰다. 800 g의 활성탄이 충전되어 있는 반응조 R4는 400 g을 빼내어 유동상 팽창율을 40%에서 75%로 전환시켰다. 실험기간중 유동상 팽창율의 변화는 Table 3과 같다.

3. 분석방법

본 연구에서는 유기물질 항목으로서 DOC와 UV₂₅₄ 흡광도를 측정하였다. DOC분석은 연소적외선(Combustion/non-dispersive infrared gas analysis)방법에 기초한 TOC analyzer(SHIMADZU Model TOC-5000)로 측정하였다. 자연수에는 무기탄소의 원인물질인 CO₃²⁻, HCO₃⁻, 용존 CO₂ 등이 유기탄소보다 농도가 높기 때문에 총탄소(Total Carbon, TC)와 무기탄소(Inorganic Carbon, IC)의 차를 이용한 유기탄소 측

Table 4. Analytical methods for determining water quality

Items	Analytical methods
Temperature	Alcohol thermometer
Turbidity	Nephelometric method(HACH Model 2100A Turbidimeter)
pH	Digital pH meter(CORNING Ion Analyzer 250)
DO	Membrane electrode method(YSI Model 57)
Conductivity	Conductivity meter(SUNTEX Model SC-17A)
TDS	TDS meter(HACH Model 44600)
Alkalinity	Titration method(US standard method, 18th)
NH ₃ -N	Indophenol method
DOC	TOC analyzer(SHIMADZU Model TOC-5000)
UV ₂₅₄	UV-VIS spectrophotometer(SHIMADZU Model UV-1601)

정은 상당한 오차를 가져올 수 있으므로 무기탄소를 제거한 후 유기탄소를 측정하는 것이 바람직하다.¹⁶⁾ 따라서 본 연구를 위한 DOC분석은 시료를 0.45 μm PVDF(Polyvinylidene fluoride)여지로 여과하고 1N HCl 2-3방울을 적가하여 pH를 2이하로 떨어뜨린 후 순수가스로 무기탄소를 제거하여 비휘발성 유기탄소(Non-purgeable Organic Carbon, NPOC)를 측정하였다.

UV₂₅₄ 흡광도는 시료를 0.45 μm PVDF여지로 여과한 후 UV/VIS Spectrophotometer(SHIMADZU UV-1601)를 이용하여 파장 254 nm에서 측정하였다. 본 연구에서 행한 기타 모든 수질분석은 Table 4와 같이 미국의 표준수질조사방법,¹⁹⁾ 공해공정시험법²⁰⁾에 의하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 원수의 수질특성

본 연구에 이용된 대상원수는 한강수계인 영동대교 상류지점에서 채수하였다. 실험기간은 1996년 5월에서 1997년 3월까지 수행하였다. 이 기간의 한강원수 수질특성은 Table 5와 같다. Fig. 2는 이 기간중 한강원수의 온도, 탁도, pH, DO, NH₃-N의 변화를 나타낸 것이다.

용존산소는 여름철에 약 5~7 mg/l이었고, 수온이 30°C이상일 때 4.2 mg/l까지 떨어질 때도 있었다. 수온이 낮은 겨울철은 8~12 mg/l로 전반적으로 높은 DO농도를 보여 주었다. pH값은 7.0~8.8로 큰 변화를 보이지 않았다. 탁도는 장마철 폭우가 쏟아진 후 혼탁하여 최고 36.6NTU를 보였으나, 9월 이후에는 약 3.0~7.0NTU로 일정한 값을 나타내었다. 암모니아성 질소는 하절기에 0.5 mg/l이하이었으나,

Table 5. Characteristics of raw water

Parameter	Range	Mean
Water temperature(°C)	6.9~30.2	17.5
Turbidity(NTU)	2.4~36.6	7.5
pH	7.00~8.78	7.65
DO(mg/l)	4.2~11.8	8.2
Conductivity(μmhos/cm)	116~312	202
TDS(mg/l)	58.3~156.3	101.9
Alkalinity(mg/l)	48.0~70.4	57.7
NH ₃ -N(mg/l)	0.1~3.6	1.3
DOC(mg/l)	2.2~6.9	3.5
UV ₂₅₄ (cm ⁻¹)	0.069~0.226	0.088

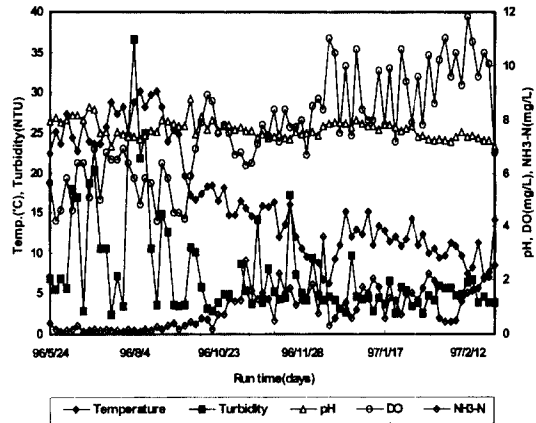


Fig. 2. Variation of water quality in influent to BACFB.

10월이후 서서히 높아지기 시작하여 겨울철에는 0.5 mg/l이상이었다. DOC값은 2.2~6.9 mg/l로 실험기간중 큰 변화가 없었다. 국내 상수원수의 DOC값은 낙동강 원수²¹⁾의 경우 5.44 mg/l, 금강수계인 대청댐 원수²²⁾의 경우 2.0~5.0 mg/l과 비교해 볼 때, 한강수계도 이와 비슷하였다.

2. 활성탄 충전량에 의한 영향

1) DOC 및 탁도제거

수중의 용존 유기탄소(DOC)는 맛·냄새를 유발하고 발암물질인 유해 소독부산물의 전구물질로 작용할 수 있고 배급수관망에서 미생물 재성장²³⁾의 원인이 될 수 있다.²⁴⁾ 전처리에서 탁도제거는 응집침전시 약품투여량을 절감시키고 여과지속시간을 늘릴 수 있다.⁴⁾ 생물학적 전처리에 의한 탁도제거는 유기성 부유물질의 생분해에 의한 것과 무기성 부유물질이 생물막에 부착되어 일어난다.¹⁵⁾

본 연구는 활성탄 100, 200, 400, 800 g을 각 반응조에 충전시키고 한강원수를 미생물 식종없이 직접 통수시켰다. 약 3개월의 순유기간을 거친 후 정상상태에서 DOC와 탁도의 변화는 각각 Fig. 3, 4와 같고, 제거율은 Fig. 5와 같다. 실험기간중 유입수의 DOC는 평균 2.8 mg/l이었다. Fig. 5와 같이 DOC는 반응조 R1, R2, R3, R4에서 각각 33.5, 47.9, 61.7, 72.3% 제거되어 충전량이 많을수록 제거율은 향상되었다. 탁도 제거율은 반응조 R1 46.5%, R2 39.4%, R3 37.7%, R4 51.4%로 다소 저조하였다. 활성탄이 많이 충전된 반응조 R4의 경우 유입수보다 오히려 유출수에서 훨씬 높은 탁도를 나타내어 제거율은 (-)값

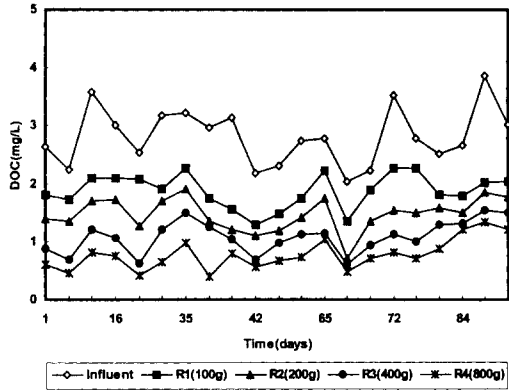


Fig. 3. DOC concentration with carbon loading.

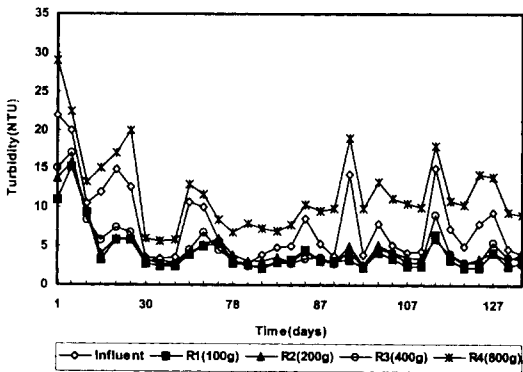


Fig. 4. Turbidity with carbon loading.

을 보였다. 이는 활성탄의 충전높이가 높아 팽창시 활성탄 충전상부와 유출부와의 간격이 다른 반응조보다 작아 미세 분말활성탄 입자와 탈리된 미생물 floc의 유출이 용이하여 나타난 현상으로 생각된다. 따라서 생물활성탄 유동상법에서는 활성탄 충전량보다 전체 반응조 높이에 대한 팽창시의 활성탄 충전높이가 중요한 설계인자임을 확인하였다. 본 연구는 반응조 R2, R3에서 유기물과 탁도의 제거가 다른 두 반응조보다 좋았으며, 전체 반응조 높이가 2,000 mm이며 이때의 충전높이를 기준으로 할 때 반응조 R2, R3의 팽창시 충전높이가 각각 350 mm, 700 mm이므로 반응조 전체높이와 팽창시 충전높이의 최적비는 이전의 연구²⁴⁾와 같이 약 1/3~1/6이었다.

2) 반응조내의 수온 및 DO변화

각 반응조내의 일일 수온 및 DO변화를 관찰한 결과는 Fig. 6과 같다. Fig. 6(a)와 같이 반응조 유입수

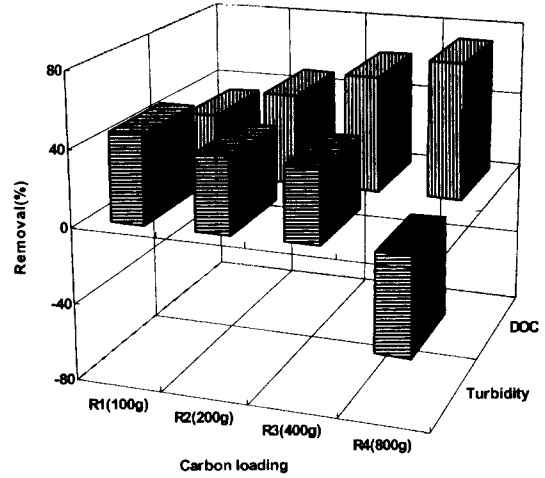
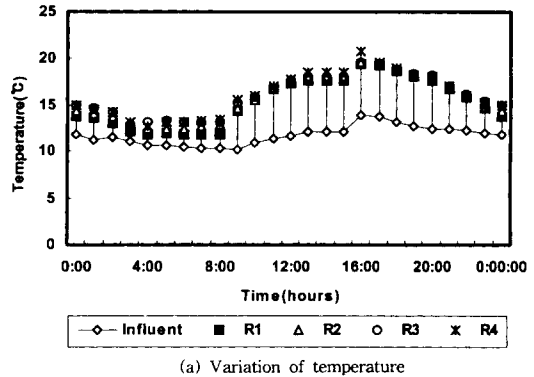
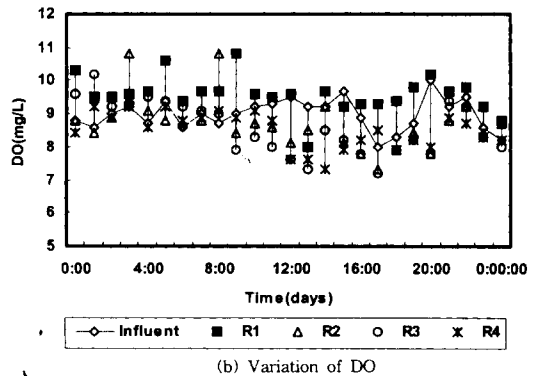


Fig. 5. Removal efficiency of DOC and turbidity with carbon loading.



(a) Variation of temperature



(b) Variation of DO

Fig. 6. Variations of (a) Temperature and (b) DO in BACFB.

의 수온은 최저 10.2°C에서 최고 13.9°C로 일일 수온차는 3.7°C이었다. 전반적으로 하루동안 유입수의

수온은 일정하였다. 각 반응조의 유출수 수온은 오전 2시에서 오전 8시까지 최저이었고, 최고값은 오후 4시경이었다. 반응조내에 일일 수온차는 약 6.5~8.1°C를 보였다. 따라서 온도에 의한 영향의 고찰은 반드시 water jacket 순환수를 이용하여 온도를 일정하게 유지시켜야 하며 주기적인 온도점검이 필요하였다. Fig. 6(b)와 같이 반응조내의 일일 DO변화는 유입수가 8.2~10.0 mg/l, 유출수가 7.2~10.8 mg/l 이었다. 이는 순환조로 DO를 연속적으로 공급하고 있기 때문에 하향류 생물여과공정에서의 문제점으로 지적된 DO부족을 해결할 수 있었다.

3. 온도에 의한 영향

정수처리에서 자연유기물(Natural Organic Matter, NOM)은 대개 총유기탄소(Total Organic Carbon, TOC)와 용존유기탄소(Dissolved Organic Carbon, DOC)에 의해 정량화된다. 그러나 침전과 여과를 거친 후에 대개 TOC와 DOC의 차는 거의 없으므로 보통 혼용해서 사용하기도 한다. UV₂₅₄는 난분해성 물질이 많이 포함된 경우 높은 흡광도를 나타내므로 자연유기물을 평가하는 지표로 이용되고 있다.^{25,26)} TOC 또는 DOC는 THM의 전구물질을 포함하는 유기물의 지표로서 THM생성능(Trihalomethane Formation Potential, THMFP)과의 일차 상관성이 높아 정수처리에서 많이 이용되고 있다.^{25,27)} 일반적으로 시료내의 UV₂₅₄/DOC비가 높은 것은 불포화탄소고리물 가진 유기물 즉 NOM중 복잡한 방향족 성분들이 많음을 의미하고 UV₂₅₄/DOC비가 낮은 것은 포화지방족 특성을 가진 물질들이 많고 생분해 가능성이 큰 것을 의미한다.²⁸⁾

본 연구는 온도변화에 따른 DOC 및 UV₂₅₄의 제거 특성을 고찰하기 위해 단계적으로 온도를 변화시켰

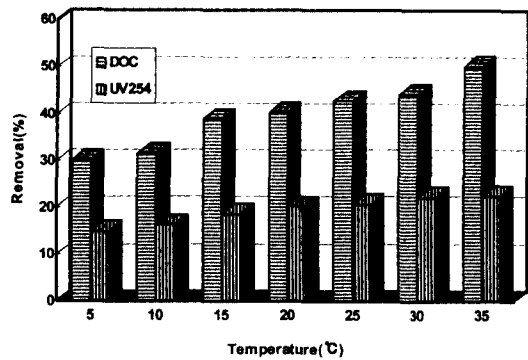


Fig. 7. Removal efficiency of DOC and UV₂₅₄ with temperature.

다. 반응조 R1은 실험 당시 상온인 18~22°C에서 25, 30, 35°C로 서서히 올리고, 반응조 R2는 상온에서 15, 10, 5°C로 서서히 내려 실험하였다. 각각의 온도마다 약 1개월 정도 DOC 및 UV₂₅₄의 제거특성을 살펴보았다. 그 결과는 Table 6, Fig. 7과 같다.

20°C이상의 온도에서 DOC는 40%이상, UV₂₅₄는 20%이상 제거되었으며 10°C이하일 때는 DOC가 30%정도, UV₂₅₄가 15%정도 제거되었다. 전반적으로 온도가 증가할수록 DOC의 제거율은 약간 상승하였으나, UV₂₅₄는 큰 변화가 없었다. 10°C이하의 저온에서 급격히 제거율이 떨어지지 않은 것은 활성탄 흡착에 의한 제거능이 지속적으로 유지되고 있기 때문으로 생각된다. 결과적으로 유기물제거에 있어서 온도에 의한 영향은 크지 않았다. 실험기간중 유입원수의 UV₂₅₄/DOC비는 평균 2.26(l/mg · m⁻¹)이었으며, 각 온도에서 유출수의 UV₂₅₄/DOC비는 유입수보다 높은 값을 나타내었다. 이는 DOC중 UV₂₅₄에 흡광되지 않은 부분이 반응조내에서 선택적으로 생분해되었음을 의미한다.

Table 6. Removal efficiency of DOC and UV₂₅₄ with temperature

Temperature (°C)	DOC(mg/l)			UV ₂₅₄ (cm ⁻¹)			UV ₂₅₄ /DOC (l/mg · m ⁻¹)	
	Inf.	Eff.	Removal(%)	Inf.	Eff.	Removal(%)	Inf.	Eff.
5	3.02	2.11	30.1	0.080	0.068	15.0	2.65	3.22
10	3.26	2.23	30.6	0.086	0.072	16.3	2.64	3.23
15	5.14	3.14	38.9	0.092	0.075	18.5	1.60	2.39
20	4.34	2.59	40.3	0.089	0.071	20.2	2.05	2.74
25	5.14	2.94	42.8	0.092	0.073	20.7	1.60	2.57
30	3.26	1.82	44.2	0.086	0.067	22.1	2.64	3.68
35	3.02	1.50	50.3	0.080	0.062	22.5	2.65	4.13

* Inf.=Influent, Eff.=Effluent

4. 유동상 팽창율에 의한 영향

유동상 팽창율의 증가는 시설비, 동력비의 증가 및 활성탄 입자의 유실, 수리학적 전단력에 의한 생물막 탈리 등의 문제점을 초래하므로 적절한 팽창율을 유지하는 것이 필요하다. 본 연구는 유동상 팽창율의 변화에 따른 유기물 항목인 DOC와 UV₂₅₄의 제거특성을 평가하였다. 팽창율은 반응조의 수리학적 특성을 평가하여 계산된²⁹⁾ 한계 유입유속 0.09 cm/sec 이상에서 나타난 10, 30, 40, 75%를 임의로 선정하였다. 400 g이 충전된 반응조 R3은 팽창율 40%에서 30, 10%로, 800 g로 충전된 반응조 R4는 400 g

를 빼내어 나머지 400 g로 운전하였고, 팽창율은 기존에 운전하던 40%를 유지하다가 반응조 R1이 10%로 전환할 때 75%로 높였다. 실험기간 DOC와 UV₂₅₄의 변화는 Fig. 8, 9와 같고, 제거율은 Table 7, Fig. 10에 나타내었다.

팽창율 전환초기에 DOC 제거율은 다소 저조하다가 점차 회복되었다. 팽창율이 증가함에 따라 DOC 제거율은 다소 향상되었으나 그 폭은 그다지 크지 않았다. UV₂₅₄는 DOC에 비해 변화폭이 더욱 적었다. 즉, 충전재의 팽창율 10~75%범위에서 팽창율이 증가할수록 DOC, UV₂₅₄의 제거율은 각각 14.1, 5%정도 상승하여 팽창율의 영향은 크지 않았다. 결과적으로 유동상 팽창율의 변화는 유기물제거에 큰 변수로 작용하지 못하였다. 실험기간중 유입원수의 UV₂₅₄/DOC비는 평균 2.51(l/mg · m⁻¹)이었다. Table 7과 같이 각 팽창율 전환 후 유출수의 UV₂₅₄/DOC비는 유입수보다 높은 값을 보였다. 이는 온도변화시의 경우와 마찬가지로 반응조내에서 부분적으로 유기물이 생분해되었음을 의미한다.

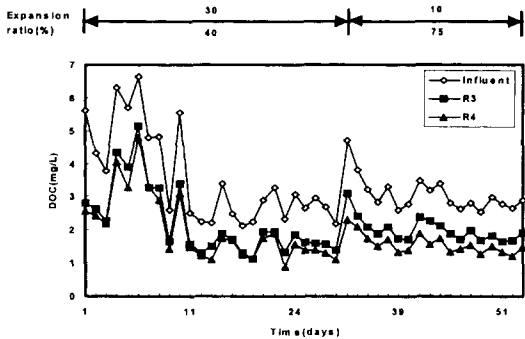


Fig. 8. DOC concentration with expansion ratio.

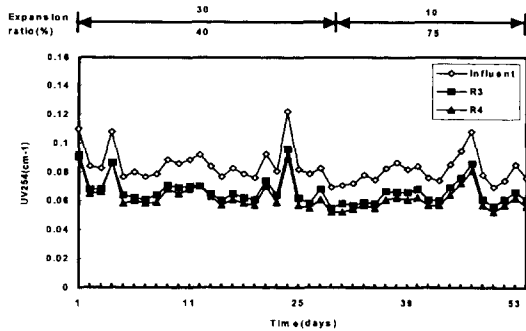


Fig. 9. UV₂₅₄ with expansion ratio.

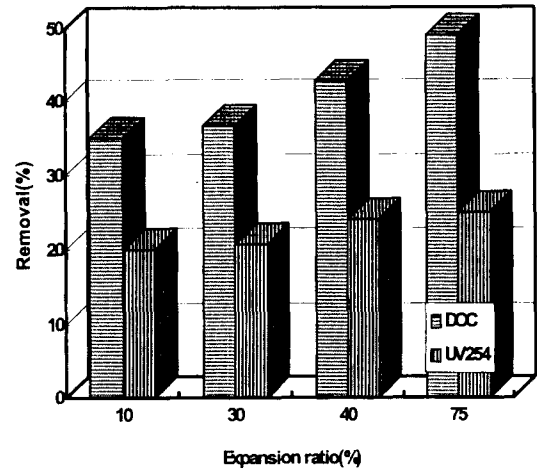


Fig. 10. Removal efficiency of DOC and UV₂₅₄ with expansion ratio.

Table 7. Removal efficiency of DOC and UV₂₅₄ with expansion ratio

Expansion ratio (%)	DOC(mg/l)			UV ₂₅₄ (cm ⁻¹)			UV ₂₅₄ /DOC (l/mg · m ⁻¹)	
	Inf.	Eff.	Removal(%)	Inf.	Eff.	Removal(%)	Inf.	Eff.
10	3.02	1.96	35.1	0.080	0.064	20.0	2.65	3.27
30	3.67	2.32	36.8	0.087	0.069	20.7	2.37	2.97
40	3.67	2.10	42.8	0.087	0.066	24.1	2.37	3.14
75	3.02	1.54	49.0	0.080	0.060	25.0	2.65	3.90

IV. 결 론

본 연구는 영동대교지점의 한강수를 원수로 생물활성탄 유동상법의 효과적인 전처리 이용가능성에 관하여 실험적 고찰을 행하였다. 생물활성탄 유동상법은 다음과 같이 유기물 제거에 효과적이었다. DOC중 생분해 가능한 유기물은 거의 제거되었다.

1. 활성탄 충전량 16.7~133.3 g/l범위에서 양이 많을수록 DOC의 제거는 안정적이었으나 충전량은 큰 영향을 미치지 못하였다.

2. 20°C이상의 온도에서 DOC는 40%이상, UV₂₅₄는 20%이상 제거되었다. 수온이 5~10°C범위일 때 DOC제거율은 약간 낮은 약 30%, UV₂₅₄제거율은 약 15%이었다. 전반적으로 온도가 증가할수록 DOC제거율은 약간 상승하였으나, UV₂₅₄는 그다지 큰 변화가 없었다. 10°C이하의 저온에서도 급격히 제거율은 떨어지지 않았다.

3. 충전재의 팽창율 10~75%범위에서 팽창율이 증가할수록 DOC, UV₂₅₄의 제거율은 각각 14.1, 5% 정도 상승하여 팽창율의 영향은 크지 않았다.

참고문헌

- 1) Moll, D. M., Wang, J. Z. and Summers, R. S.: NOM removal by distinct microbial populations in biofiltration processes. in Proceedings of the 1995 AWWA Annual Conference, Anaheim, California, 1995.
- 2) Gibbs, R. A.: Bacterial growth within a water distribution system. Ph. D. Dissertation, University College London, Gower St., London, 1992.
- 3) Daniel, P. and Teefy, S.: Biological filtration: media, quality, operation and cost. in Proceedings of the 1995 AWWA Annual Conference, Anaheim, California, 1995.
- 4) 정태학: 오염원수의 생물학적 전처리. 제25회 수도심포지움, 광주시, 1993년 1월.
- 5) Cipparone, L. A., Diehl, A. C. and Speital, G. E., Jr.: Ozonation and BDOC removal. J. AWWA, 89(2), 84-97, 1997.
- 6) Carlson, K. H.: Optimization of the ozone and biofiltration processes for multiple drinking water treatment objectives. Ph. D. Dissertation, Univ. of Boulder, Co., 1996.
- 7) Hozalski, R. M., Goel, S. and Bouwer, E. J.: TOC removal in biological filters. J. AWWA, 87(12), 40~54, 1995.
- 8) Bouwer, E. J. and Crowe, P. B.: Biological processes in drinking water treatment. J. AWWA,

- 80(9) 82-93, 1988.
- 9) Yeh, H. H. and Kao, H. C.: Testing a coke biofilter for the pretreatment of polluted surface water in Taiwan. J. AWWA, 85(5) 96-102, 1993.
- 10) Takasaki, M., Kim, H., Sato, A., Okada, M. and Sudo, R.: The submerged biofilm process as a pretreatment for polluted raw water for tap water supply. Wat. Sci. Tech., 22(1/2), 137-148, 1990.
- 11) 남상호: 전오존처리에 의한 상수원수의 생물학적 처리효율제고에 관한 연구. 수도, 24(4), 79-87, 1997.
- 12) 우달식, 남상호: 기존 정수처리방법으로 제거가 어려운 유기물에 대한 실험적 연구. 한국환경위생학회지, 21(4), 17-23, 1995.
- 13) 우달식, 남상호: 생물처리를 이용한 상수원수의 전처리공정에 관한 비교연구. 한국환경위생학회지, 22(4), 69-76, 1996.
- 14) 佐藤敦久: 水處理. 第1版. 技報堂出版. 東京, 1993.
- 15) 小島貞男, 篠原哲夫: 流動床生物膜處理による河川水のアンモニア除去實驗. 用水と廢水, 35(8), 20-30, 1993.
- 16) 藤木昭義, 安樂幸一: 相模川原水の生物活性炭流動床による處理. 用水と廢水, 35(8), 50-56, 1993.
- 17) 倉持仁一: 茨城縣における水道水の高度淨水處理の實際. 公害と對策, 25(3), 14-18, 1989.
- 18) Servais, P., Billen, G. and Hascoet, M. C.: Determination of the Biodegradable fraction of Dissolved Organic Matter in Water. Water Research, 21(4), 445-450, 1987.
- 19) APHA-AWWA-WPCF.: Standard methods for the examination of water and waste-water. 18th ed., Washington, D. C., 1992.
- 20) 환경처: 수질오염 폐기물 공정시험방법. 동화기술, 1993.
- 21) 강은조, 서영진, 이원권, 전병희, 이지형, 윤정효, 김동윤: BAC Pilot Plant를 이용한 겨울철 암모니아성 질소제거 및 THMs변화. 대한상하수도학회지, 9(4), 107-114, 1995.
- 22) 신항식, 임경호, 전항배, 광창호: 생물막공정을 이용한 상수원수의 고도처리. 대한환경공학학회지, 17(8), 763-773, 1995.
- 23) Servais, P., Billen, G., Ventresque, C. and Bablon, G. P.: Microbial activity in GAC filters at the Choisy-le-Roi treatment plant. J. AWWA, 83(2), 62-68, 1991.
- 24) 우달식, 광필재, 남상호: 생물활성탄 유동상법에서 충전량과 전오존처리가 생물처리효율에 미치는 영향. 대한위생학회지, 12(1), 69-75, 1997.
- 25) Summers, R. S., Hong, S. H., Hooper, S. and Sollarik, G.: Adsorption of natural organic matter and disinfection by-product precursors. in Proceedings of the 1995 AWWA Annual Conference, Anaheim, California, 1995.
- 26) 박제철: 호소내 유기물의 거동과 생성. 첨단환경기

- 술, 5(6), 93-101, 1997.
- 27) 황용우, 조봉연, 김형수: 자외부흡광도를 이용한 Trihalomethane (THM) 생성능 예측. 대한상하수도 학회지, 11(3), 96-104, 1997.
- 28) 박은주, 류동춘, 김상구, 유명호, 김영진, 최현미, 류재익, 이상훈: 정수처리공정별 분자량 분포변화. 97 서울 상수도기술 세미나, 서울시, 1997년 9월.
- 29) 우달식: 생물활성탄 유동상에 의한 상수원수의 전처리 공정. 건국대학교 박사학위논문, 1998.