

## PD8) 활성탄의 전 오존처리공정에서 오존효과의 평가

김우항, 김충환\*

목포해양대학교 해양시스템공학부,

\*한국수자원공사 수자원연구소 상하수도 연구팀

### 1. 서 론

도시화와 고도의 경제성장에 따른 산업의 발달로 인하여 하수와 공장폐수들이 하천으로 유입되어 수원지를 오염시키고 있다. 이러한 물질들은 정수처리 공정에서 염소화합물을 생성하므로 수돗물의 안전에 문제가 되고 있다. 그러므로 이러한 문제를 해결하기 위하여 고도 정수처리가 필요하게 되었으며 그 중에서도 오존과 활성탄을 병용한 생물활성탄이 주목되고 있다. 그러나 이러한 처리공정들은 실험실 규모의 자료들이 대부분이며 실제의 파이프라인 규모의 실험은 아직 많지 않은 실정이다.

그러므로 현재 많은 관심의 대상이 되고 있는 오존과 활성탄을 병용한 생물활성탄에서 오존의 효과를 규명하기 위하여 생물활성탄과 생물이 부착하지 않도록 입상활성탄의 처리공을 비교할 필요가 있다. 이러한 오존처리는 고분자를 저분자화하며, 소수성물질을 친수성물질로 변화시켜 미생물에 의해 분해성을 증가시키는 물질로 변화시키는 것으로도 잘 알려져 있다. 일반적으로 고도정수처리에서는 오존처리에 의해 생성된 오존처리의 부산물 제거하기 위하여 입상활성탄을 사용하여 연속적으로 처리한다. 김등<sup>2)</sup>은 오존처리후 생성된 생분해성 유기물의 대부분은 또한 흡착 가능한 유기물로 보고하고 있으며 생물활성탄에서 흡착뿐만 아니라 생분해에 의해서도 제거가 가능한 것으로 보고하고 있다. 그러나 실제의 수원지의 수도원수를 사용하여 생물활성탄에서 오존의 효과를 나타내는 정량적인 데이터가 많지 않다.

그러므로 본 연구는 실제의 수도원수를 사용한 pilot 실험장치를 사용하여 생물활성탄(BAC)의 효과를 입상활성탄(GAC)과 비교하여 유기물과 트리할로메탄생성능(THMFP) 등의 제거효과를 비교하여 실제 고도처리시에 자료로 사용하는데 도움을 주는 것을 목적으로 한다.

### 2. 실험방법

#### 2.1. 실험장치

본 실험장치는 금강의 하류에 위치한 석성정수장에 설치하였다. (Fig. 1). BAC공정은 기존의 응집, 침전, 모래여과 공정의 처리수를 오존으로 처리하고 처리수를 다시 활성탄으로 처리하는 공정이다. 그리고 GAC공정은 기존의 공정의 앞 부분에서 전염소로 처리하고 응집, 침전, 모래여과 공정의 처리수를 활성탄으로 처리하는 공정으로 이루어져 있다. 오존처리는 접촉시간을 8분으로 하였으며 오존 주입량은 잔류오존량이 0.2 mg/l가 되도록 조절하였다.

활성탄의 흡착탑은 하향류로서 공탑체류시간을 15분으로 하였다. 여기에 사용한 활성탄은 국내 S사의 석탄계이다. 실험에 사용한 원수는 수질은 탁도가 3.5~500 NTU,  $KMnO_4$ 의 소비량은 3.3~23 mg/l, 암모니아성질소는 0.0~3.2 mg/l이었다. 그러므로 수질은 계절에 따라서 변동이 심하였다. 실험은 12월 16일부터 약 1년간 실시하였다.

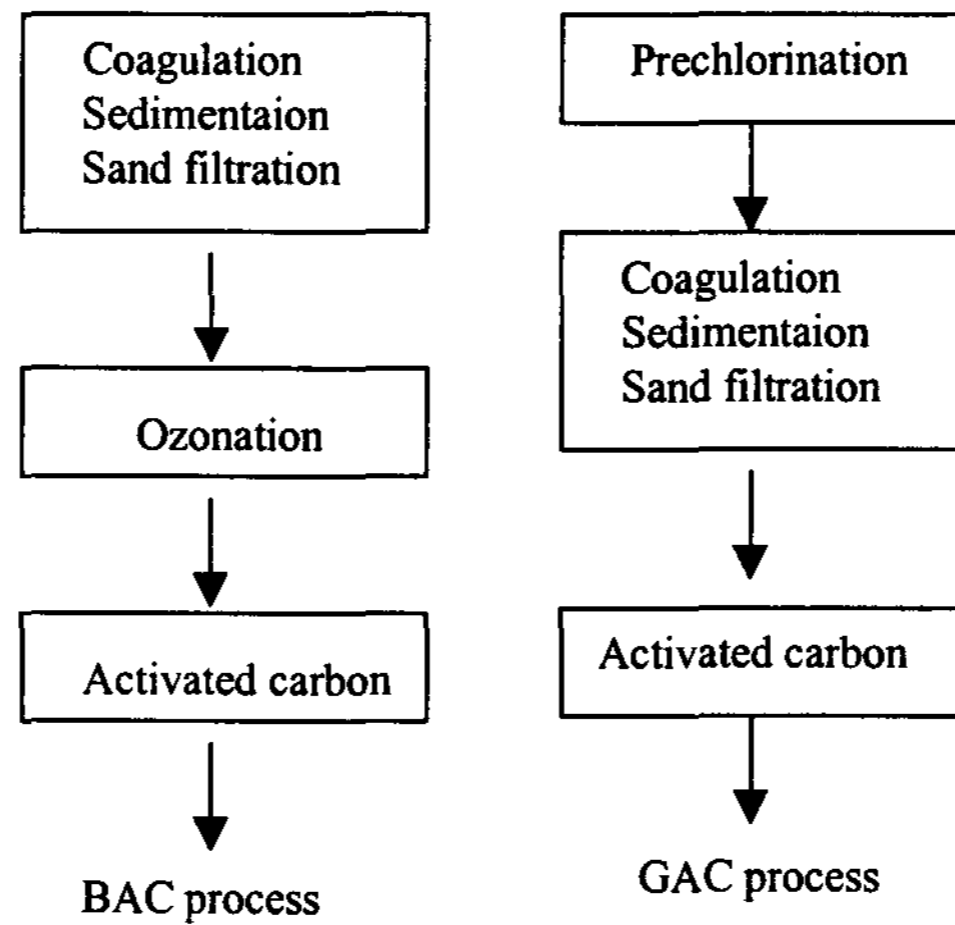


Fig. 1. Schematic diagram of pilot plant for advanced drinking water treatment.

## 2.2. 분석방법

트리할로메탄(THM)의 분석은 칼럼 Rtx 502.2 ( $\Phi$  0.25 mm× 길이 30m)와 FID가 부착된 GC(Varian 3600)를 사용하였다. 분석방법은 USEPA의 standard methods 502.2법으로 하였다. THMFP의 분석은 염소요구량 이상으로 염소를 주입한 후 72시간 동안 암실에서 방치한 후 THM을 분석하였다. 암모니아성질소의 분석은 인도페놀법으로 분석하였다.  $UV_{254}$  nm는 1 cm의 석영셀을 사용하였으며,  $KMnO_4$ 의 분석은 0.25 N의  $KMnO_4$ 를 사용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 암모니아성질소

계절에 따른 암모니아성질소의 농도를 Fig. 2에 나타내었다. 암모니아성질소의 농도는 겨울철에 높게 나타나며 여름철에는 낮게 나타나는 것으로 나타났다. 특히, 10월경(약 300일)에는 약 0.2 ~ 0.3 mg/l의 암모니아성질소가 11월 중순(약 350일)에는 0.4~0.6 mg/l로 높아졌으며, 12월(0일)에 들어서서는 계속해서 높아져서 1.0 mg/l를 초과하는 일수가 나타났다. 그리고 1월(약 20일)과 2월(약 50일)에는 암모니아성질소의 농도가 가장 높게 나타나고 있으며 평균 농도가 1.8 mg/l로 나타났다. 이것이 3월에 접어들어 계속해서 낮아져서, 4월 초에는 0.2 mg/l까지 낮아졌다. 이것은 강우량이 적은 겨울철에 상대적으로 하,폐수량이 증가하고 또한 수온이 낮아 질산화의 속도가 늦어져 높게 나타나는 것으로 알려지고 있다.

이러한 암모니아성질소를 BAC와 GAC로 처리한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 아래의 그림은 암모니아성질소가 높은 겨울철을 중심으로 나타내었으며, BAC와 GAC공정에서 암모

니아성질소는 제거되지 않는 것으로 나타났다. 2월 말경에 GAC공정의 처리수에서 암모니아성질소가 낮게 나타나고 있으나, BAC공정에서는 원수와 거의 비슷한 결과를 나타내고 있으며, 3월 중순경 원수보다 낮게 나타났다. 이것은 BAC공정에서 오존에 의한 살균효과에 따라 원수에 포함된 질산화균이 활성탄에 부착되어 성장하는 것이 GAC공정보다 늦어진 것으로 보여진다.

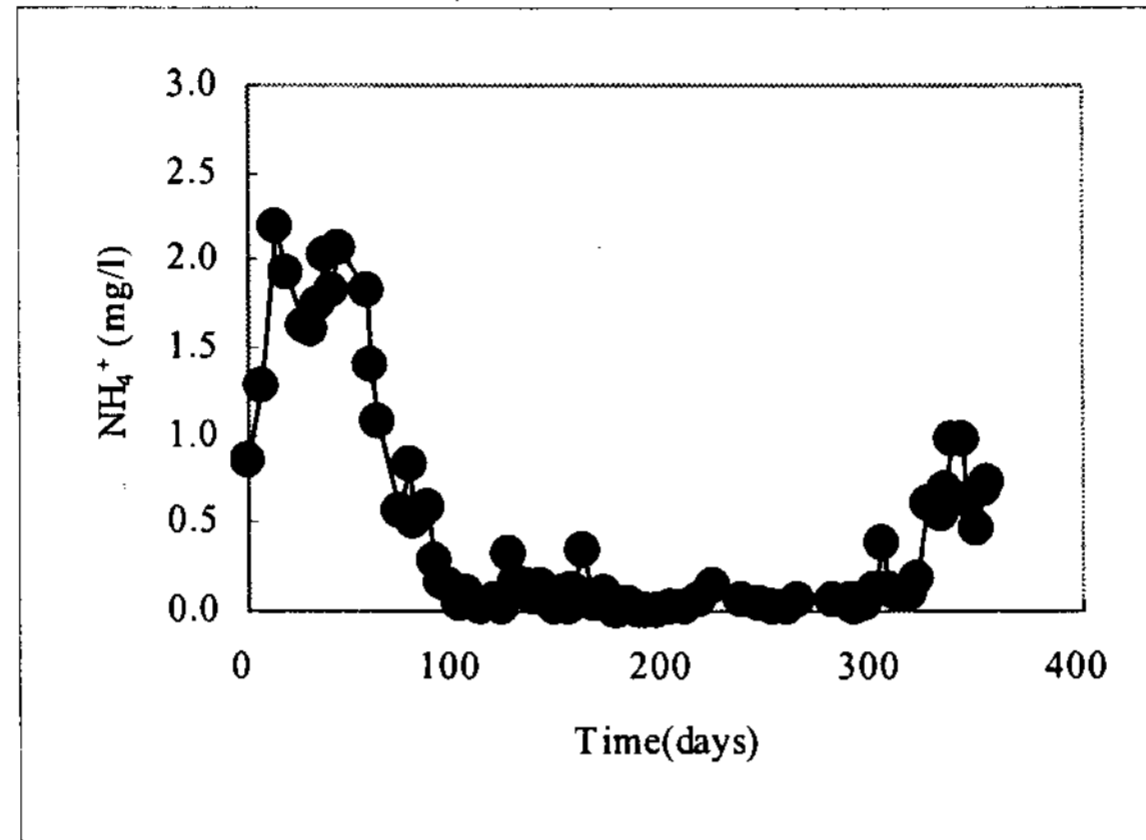


Fig. 2. Season's variation of ammonium nitrogen through one year.

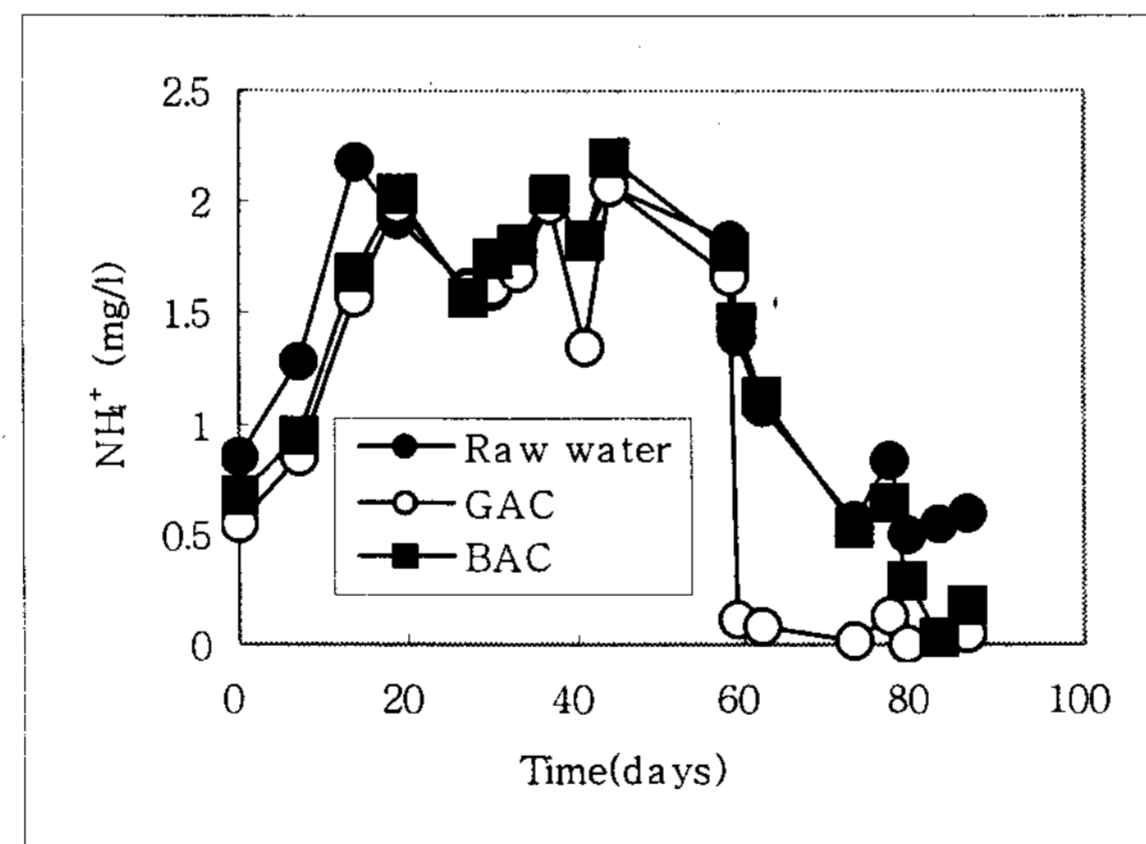


Fig. 3. Variation of ammonium nitrogen in raw and two treated water.

### 3.2. 유기물과 트리할로메탄의 제거율

유기물의 측정은  $\text{KMnO}_4$ 의 소비량으로 측정을 하였으며 Fig. 4에 나타내었다. 평균  $\text{KMnO}_4$ 의 소비량은 9 mg/l 이었으며 BAC와 GAC의 처리수에서는 2.4 mg/l와 3.1 mg/l로 나타났다. 이 결과  $\text{KMnO}_4$ 의 소비량에 있어서는 BAC공정이 98%, GAC공정이 80%로서 BAC공정에서 제거율이 약간 높게 나타났다. 이것은 BAC공정에서는 오존처리에서  $\text{KMnO}_4$ 의 소비량의 제거율이 70%인 것으로 나타났으며 이것은 고려하면 실제 BAC공정의 활성탄에서 제거된량은 GAC공정에서 제거된량에 비하여 적은 것을 알 수 있다.

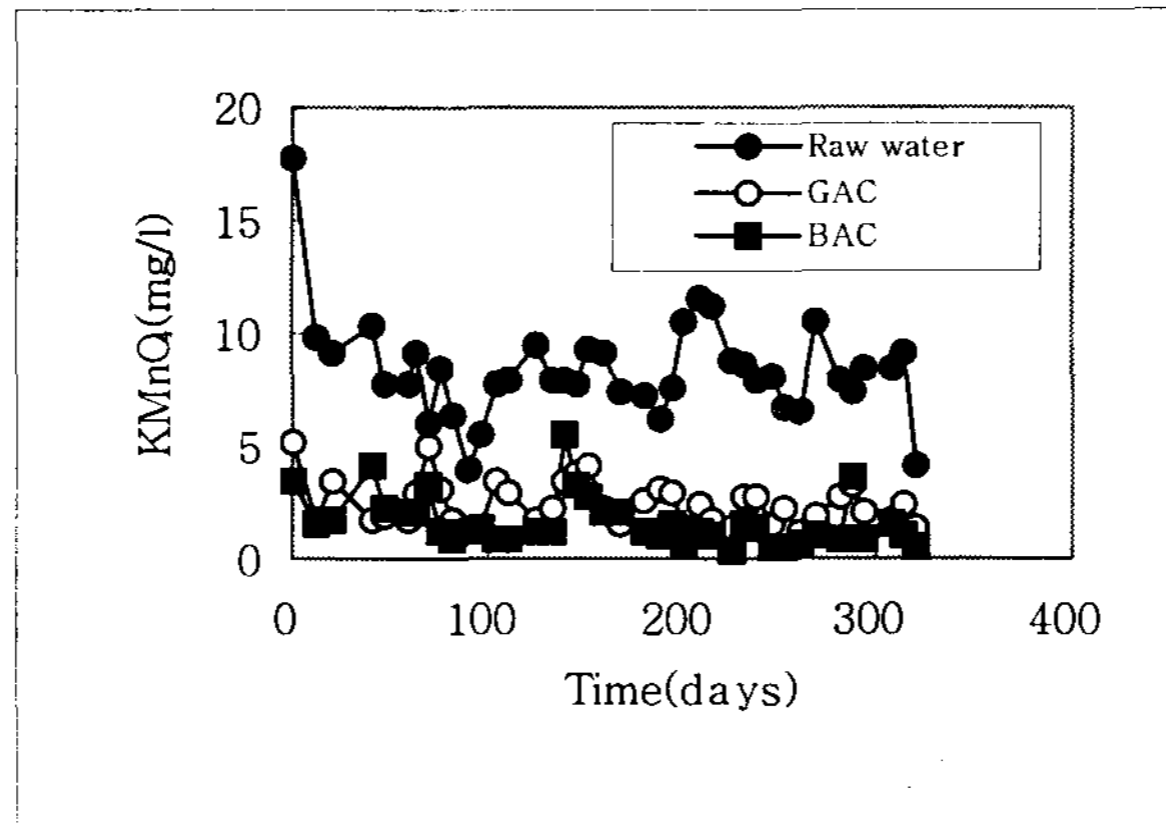


Fig. 4. Variation of  $\text{KMnO}_4$  in raw and two treated water.

다음은 THM의 농도를 Fig. 5에 나타내었다. GAC공정에서는 활성탄에의 앞 공정에서 전 염소를 사용하여 처리하고 있으므로 전 염소처리 후 잔류염소가 남아 있다. 그러므로 GAC 공정에서는 염소와 유기물이 반응하여 THM과 같은 소독의 부산물이 생성된다. 아래의 그림에서 보는 것과 같이 원수에서는 THM의 농도가 거의 검출되지 않았다. 그러나 GAC공정에서는 초기에는 10 ppb이하를 나타내고 있으며 시간이 경과하면서 30 ppb를 초과하고 있다. 이것은 활성탄의 THM 흡착능력이 감소되는 것을 보여준다. 그러나 BAC 공정에서는 전염소로 처리를 하지 않으므로 THM은 거의 검출되지 않았다.

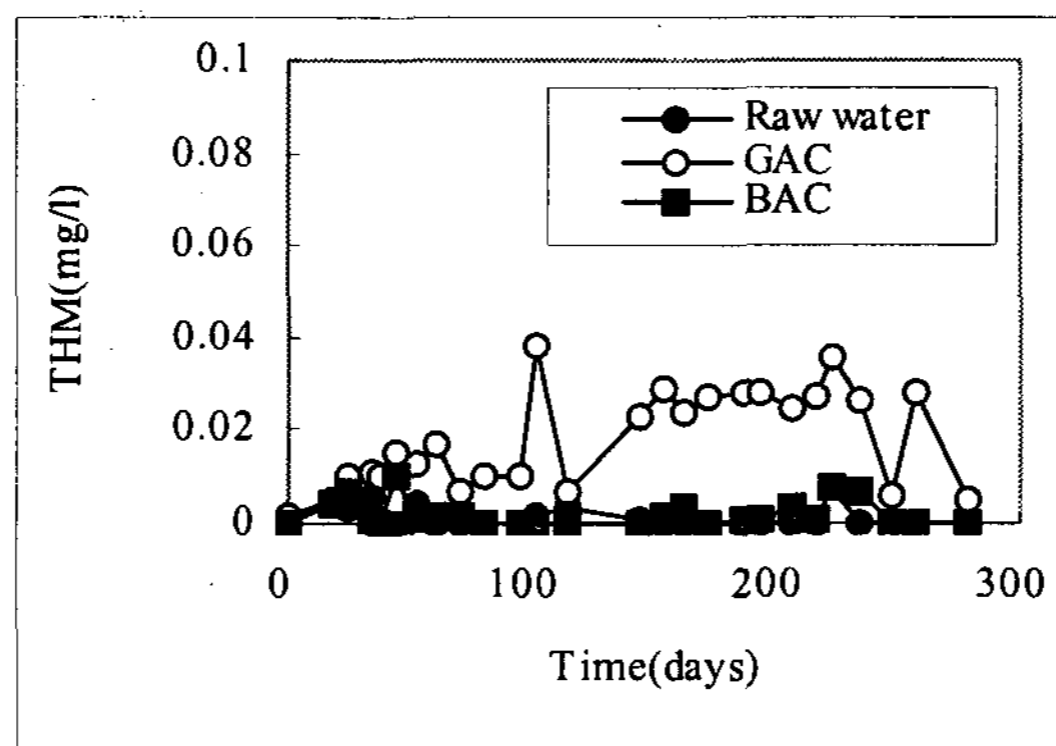


Fig. 5. Variation of THM in raw and two treated water.

시간의 경과에 따른 THMFP의 변화를 Fig. 6에 나타내었다. 원수의 THMFP는 연간 변화가 심하여 0.079~0.353 mg/l (평균 0.202 mg/l)이었다. 봄과 가을이 약간 낮은 값을 나타내었으며 겨울철이 상대적으로 높은 값을 나타내고 있다. 이것은 겨울철에는 암모니아성질소의 농도가 높게 나타나고 있으므로 THMFP의 실험시에 다른 계절에 비하여 염소의 요구량이 높게 나타났기 때문인 것으로 사료된다. 그리고 GAC공정에서 처리수의 THMFP는 초기 3, 4월에 높게 나타나고 있으며, 5월에는 낮게 나타나고 있다. 이것은 3월과 4월에 원수

의 THMFP의 농도가 상대적으로 높기 때문인 것으로 판단된다. 그리고 5월 이후에는 시간이 경과하면서 처리수의 THMFP의 농도가 높아져 12월에는 0.138 mg/l로 높아졌다. 그러나 BAC공정에서는 초기 3월에는 0.012 mg/l로 나타났으며 12월에도 크게 증가하지 않은 0.034 mg/l로 나타났다. 평균 THMFP의 값은 BAC공정에서 0.027 mg/l인데 비해 GAC 공정에서는 0.068 mg/l로서 2.5배 이상 높은 것으로 나타났다. Galapate<sup>3)</sup>의 발표에 의하면 오존처리에서 소수성의 용존유기물이 친수성으로 변화하고 이것으로 인하여 THMFP의 농도가 낮게 나타나는 것으로 보고하고 있다. 위의 발표 결과로 추정해보면 BAC공정의 오존처리에서 소수성 용존유기물이 친수성으로 변화하여 처리수의 THMFP의 농도가 GAC공정보다 낮게 나타난 것으로 판단된다.

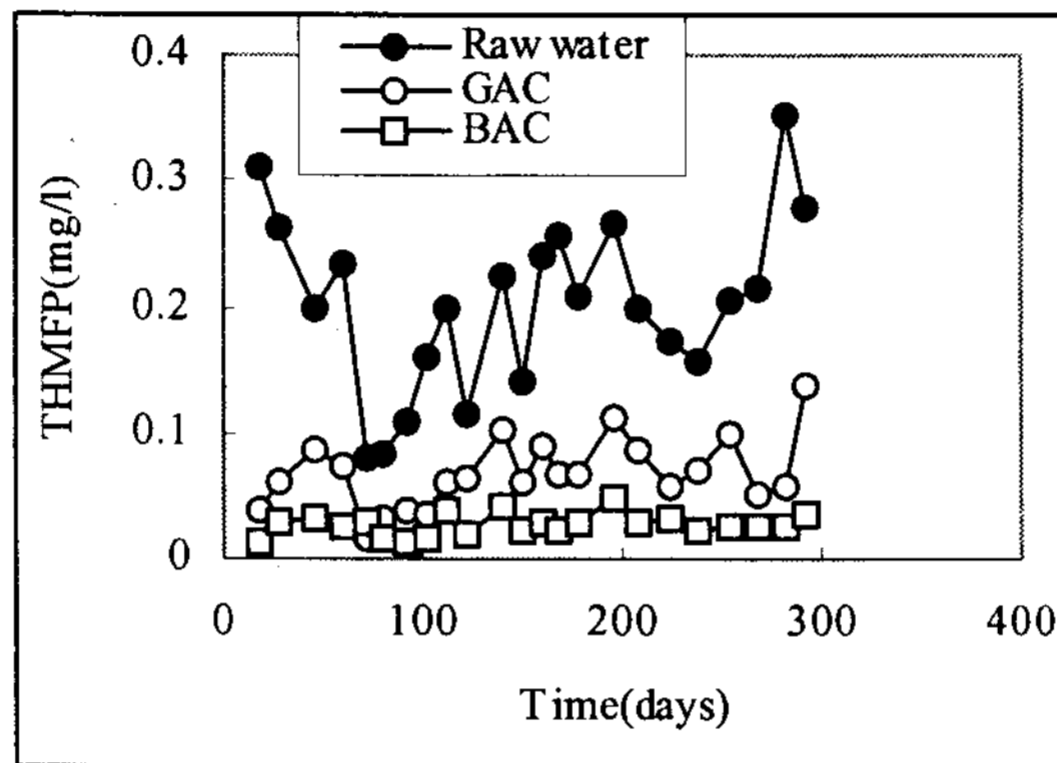


Fig. 6. Variation of THMFP in raw and two treated water.

Fig. 7에는 원수와 처리수의 UV<sub>260</sub>을 나타내었다. 원수의 UV<sub>260</sub>은 연간 변화가 심하였으며 여름과 겨울철에 높게 나타나는 것으로 나타났다. 그러나 처리수의 UV<sub>260</sub>은 낮게 유출되고 있으며 특히 BAC공정에서는 1년이 경과한 후에도 매우 낮게 유출되었다. 초기에는 GAC공정과 BAC공정 모두에서 낮은 농도의 UV<sub>260</sub>가 유출되었으나 약 200일이 경과하면서 BAC공정보다 GAC공정에서 높은 농도의 UV<sub>260</sub>가 유출되었다.

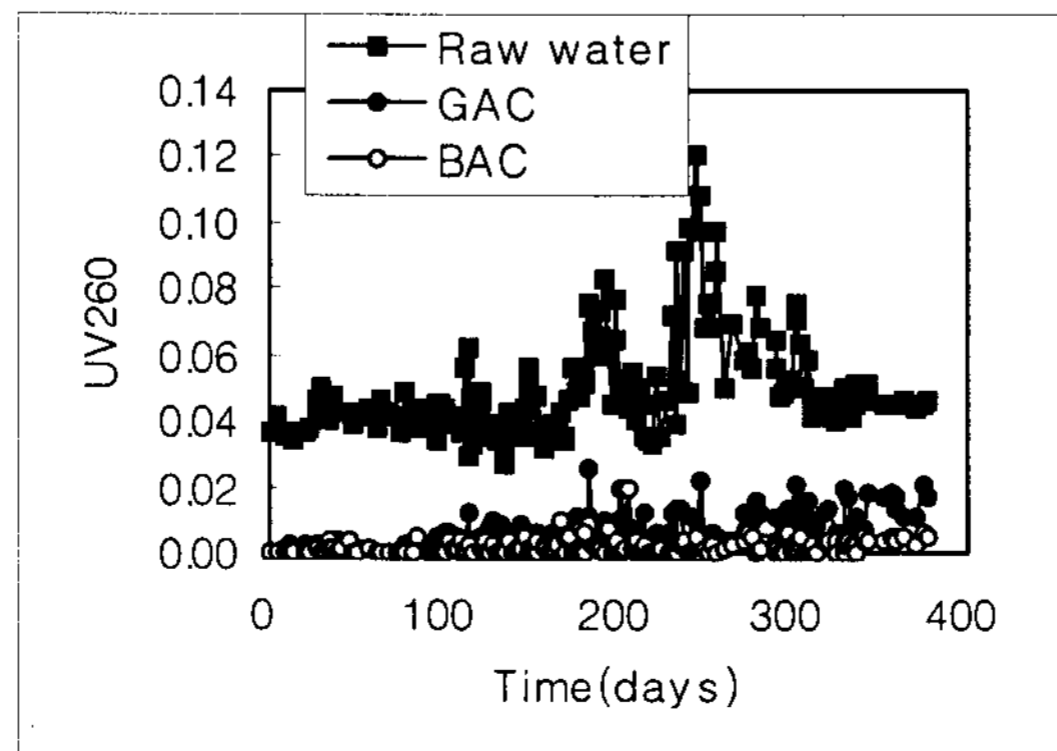


Fig. 7. Variation of UV<sub>260</sub> in raw and two treated water.

#### 4. 결 론

암모니아성 질소의 농도는 겨울철에 높게 나타나 2.2 mg/l까지 상승하였다. 그러나 암모니아성 질소의 농도가 높은 겨울철에는 두 공정 모두에서 암모니아성질소는 거의 제거되지 않는 것으로 나타났다.  $\text{KMnO}_4$ 의 소비량에 있어서는 BAC공정이 98%, GAC공정이 80%로서 BAC공정에서 제거율이 약간 높게 나타났다. 그러나 BAC공정에서는 오존처리에서  $\text{KMnO}_4$ 의 소비량의 제거율이 70%인 것으로 나타났으며 이것은 고려하면 실제 BAC공정의 활성탄에서 제거된량은 GAC공정에서 제거된량에 비하여 적은 것을 알 수 있었다. 처리수의 평균 THMFP의 값은 BAC공정에서 0.027 mg/l인데 비해 GAC 공정에서는 0.068 mg/l로서 2.5배 이상 높은 것으로 나타났다. GAC공정과 BAC공정 모두에서 초기에는 낮은 농도의  $\text{UV}_{260}$ 가 유출되었으나 약 200일이 경과하면서 BAC공정보다 GAC공정에서 높은 농도의  $\text{UV}_{260}$ 가 유출되었다.

#### 참 고 문 헌

- Weber Jr, W.J. and Jodellah, A.M. "Removing humic substances by chemical treatment and adsorption" *J.AWWA*, 77(4), 132~136(1985).
- Woo-Hang Kim, Wataru Nishijima, Eiji Shoto and Mitsumasa Okada "Pilot Plant Study on Ozonation and Biological Activated Carbon Process for Drinking Water Treatment", *Water Science and Technology*, 35(8) 21~28(1997)
- Galapate RP, Baes AU, Ito K, Mukai T, Shoto E, Okada M. "Transformation of DOM during ozonation and their effect on THM formation potential" 32nd Japan Society on Water Society on Water Environment Annual Conference, March 16-18, 1998, Chiba, Japan
- Hozalsk, R. M., Goel, S. and Bouwer, E. J. "TOC removal in biological filters" *J.AWWA*, 87(12), 40~54(1995).