

대청호 원수내 냄새 및 THM 제거방안 연구

Removal of Odor and THM from the Raw Water of Daecheong Dam

전 항 배 ** · 윤 기 식 ** · 채 선 하 ** · 이 동 주 ***

Jun, Hang Bae · Yoon, Ki Sik · Chae, Seon Ha · Lee, Dong-Ju

Abstract

A pilot scale study for removing odor and trihalomethane formation potential (THMFP) was investigated in the standard water treatment plant equipped with ozone oxidation and granular activated carbon (GAC) adsorption processes. The removal efficiency of dissolved organic carbon (DOC) in the pilot scale standard water treatment process (PSWTP) was about 25%, however, no more removal in the ozone oxidation process. In a GAC after 30 days operation, DOC removal efficiency was about 75%. Odor removal efficiency was about 30% in PSWTP, 60% in ozone oxidation, and almost complete in GAC except for columns 1 and 2 that showed breakthrough in odor inducing material as well as DOC. Mid-1 and 2 chlorination was able to reduce trihalomethanes (THM) by 25% compared to prechlorination, while postchlorination alone could reduce them by 30%.

요 지

대청호 원수를 취수하여 정수하는 대청수도에서 이취미를 제거하고 THM(Trihalomethanes) 발생량을 줄이기 위하여 기존 표준정수공정에 오존과 활성탄여과공정을 추가한 pilot plant 실험을 수행하였다. pilot 실험결과 표준정수공정에서 DOC(dissolved organic carbon)는 약 25% 제거되었으나, 오존공정에서는 거의 제거되지 않았고, 30일 지난 후 GAC(granular activated carbon)에서는 약 75%까지 제거되는 것으로 나타났다. 표준정수공정에서 이취미는 약 30%, 오존산화공정에서 약 60%정도 제거되었고, 활성탄여과에서 대부분 제거되었으나, Column 1과 2에서는 DOC와 같이 이취미물질도 파과(breakthrough)되는 것으로 나타났다. 전염소처리 대신에 중1, 2염소처리를 도입할 경우 전염소처리와 비교하여 약 25%정도의 THM발생량이 감소하였으며, 후염소처리만 할 경우 약 30%까지 감소하는 것으로 나타났다.

keywords : Daecheong dam, odor, pilot plant, raw water treatment, trihalomethane

-
- * 충북대학교 환경공학과 교수
 - ** 충북대학교 환경공학과 석사과정
 - *** 한국수자원공사 수자원연구소 연구원

1. 서 론

정수에서 종종 발생하는 이취미는 인간의 오감중 가장 예민한 취각과 미각에 의하여 감지되는 물질로 자연 발생적인 원인이나 인위적인 원인에 의하여 유발되고 있다. 그렇기 때문에 정수의 이취미는 인체 독성 유무를 떠나서 수도수질을 평가하는 지표로 사용되고 있으며, 민원 발생의 원인이 되고 있다. 이취미를 유발시키는 물질은 아직까지 구체적으로 밝혀지지 않았으나 조류나 방선균과 같은 미생물의 대사물질이나 방향족과 같은 휘발성 유기화합물질로 알려져 있다. 그러나, 인간이 감지할 수 있는 이러한 휘발성 이취미 유발물질의 농도는 수십 ng/l 정도의 미량이기 때문에 정량분석이 어려울 뿐 아니라 각 이취미의 원인 물질을 종류나 농도별로 정확하게 분류하기란 쉽지 않다(안창진 등, 1995). 문헌에 보고되고 있는 이취미의 종류에는 미생물에 의한 부패취, 꽃향기, 풀 냄새, 흙냄새, 곰팡이 냄새, 비린내 등이 있고 화장품냄새나 페놀냄새등 유기화합물질에 의한 냄새 등이 있다. 최근 Suffet등(1996)은 설문조사를 통하여 수도에서 발생하는 이취미의 종류는 염소와 관련된 냄새와 흙냄새가 대부분이고, 기타 비린내나 화장품냄새 등이 감지되는 것으로 발표하였다. 이취미를 유발시키는 원인으로는 급수관망에 의한 것이 제일 많았고, 염소소독과 조류에 의한 것이 다음으로 조사되었다. 특히, 표층수를 취수하는 경우에는 조류와 급수관망에 의한 이취미 발생이 가장 많은 것으로 나타나 취수원의 부영양화와 아울러 관로내의 미생물 성장이 이취미를 유발시키는 주된 원인인 것으로 조사되었다. (Namkung과 Rittman, 1987; Egashira등, 1992). 대청수도 취수원인 대청호는 하천을 막아 생성된 전형적인 인공호소로 주기적인 조류의 과대번식에 의해 담수 6년 후인 89년부터 이취미 문제가 발생하기 시작하였다. 대청호에서 발생하는 이취미는 Anabaena나 Microcystis와 같은 남조류와 Melosira 등의 규조류에 의하여 발생하는 곰팡이냄새, 흙냄새, 비린내 등으로 밝혀져 있다. (안창진 등, 1995). 또한, 수중의 용존유기물질(DOC) 농도가 점차 증가되고 있어 염소 소독에 의한 THM과 같은 부산물의 농도가 점차 높아 질 것으로 예상된다. (Carlson, 1991; Trussell 과 Umphress, 1980).

조류에 의한 이취미 유발물질은 미량이고, 염소에 의하여 좀처럼 산화되지 않으며, 오존과 같은 강산화제나 활성탄 등에 의하여 제거할 수 있는 것으로 알려져 있

다(Huang 등, 1996). 완속여과지도 이취미 물질 제거에 효과적인 것으로 나타나 환경조건이 만족되면 생물학적 분해에 의해서도 제거가 가능한 것으로 되어 있다. 환경용량이 큰 댐이나 유하시간이 매우 긴 하천에서의 DOC는 대개 난분해성인 humic substance로 구성되어 있으며, 생물학적으로 분해가 가능한 유기물질(BOD)도 일부 포함되어 있다(Namkung과 Rittman, 1987). 일반적으로 자연수계의 생분해성 용존유기물질은 하수나 가축분뇨에서 기인되는 것으로 급속여과공정을 중심으로 하는 표준정수공정에서는 제거가 불가능하며, 부식질인 humic substance는 응집과정에서 상당량 제거되는 것으로 알려져 있다. 그러나 응집으로 DOC를 효과적으로 제거하기 위해서는 탁도와 달리 까다로운 응집조건을 제공해 주어야 하며, 일반적으로 응집제 투입량을 높게 해 주어야 한다(Dennett 등, 1996; Rebhun과 Lurie, 1993). DOC는 오존과 같은 강산화제에 의해서 완전히 제거되는 것이 아니라 일부 이온결합이 파괴되어 다른 성분의 유기물질로 바뀐다(Langlais등, 1991; Raralkar와 Edzwald, 1996). 활성탄 흡착으로 DOC를 제거하는 것은 비경제적이나 미량의 유기독성 오염물질의 흡착을 방해하기 때문에 활성탄 공정전에 제거하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 일반적으로 오존접촉후에 난분해성 DOC의 일부가 생분해가 가능한 유기물질로 바뀌기 때문에 오존은 단독으로 사용하기 보다 활성탄과 조합하여 사용하므로써 수처리효과를 극대화하고 있다.

본 연구에서는 대청수도 원수인 대청호수에서 매년 주기적으로 되풀이 되고 있는 이취미의 발생 특성을 조사하고, 실험적 연구를 통하여 이를 제거할 수 있는 방법을 모색해 보고자 한다. 또한, 원수의 유기물질(DOC)과 염소가 반응하여생성되는 THM을 줄일 수 있는 정수기법에 대하여 연구하고자 한다.

2. 실험방법 및 재료

본 실험은 대청호를 취수원으로 하는 대청수도 청주 정수장을 대상으로 수행되었으며, 매년 주기적으로 발생하는 수돗물의 이취미 물질과 THM을 제거하기 위한 pilot 실험을 수행하여 기존의 정수공정과 비교 분석하였다. pilot 실험장치는 Fig. 1과 같이 급속혼화, 응집, 침전 및 여과로 이루어져 있으며, 여과공정후에 오존접촉조와 활성탄 여과지를 직렬로 연결하여 추가적인 이취미 및 DOC 제거효율을 관찰하였다. 오존접촉조는 체류시간을 10분으로 하였으며, 오존은 1 mg-O₃ /

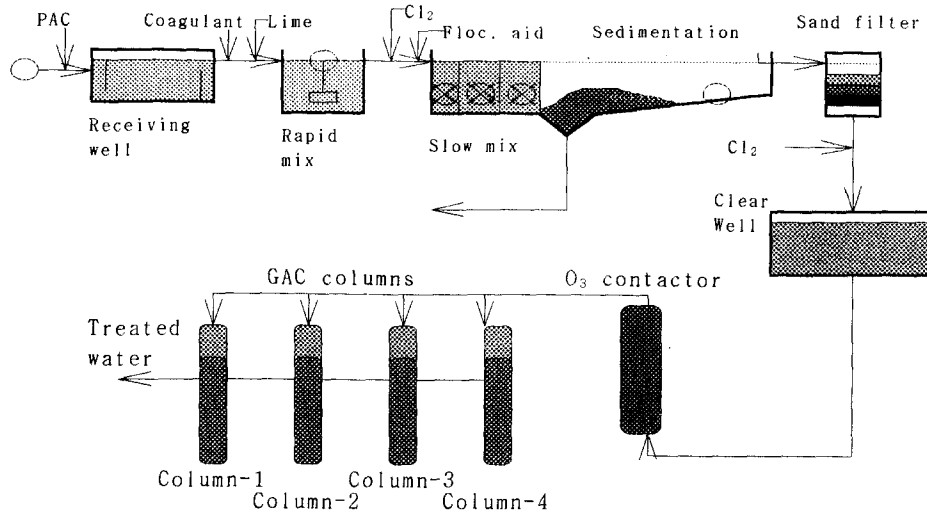


Fig. 1. Schematic Diagram of the Pilot Plant in Daechong Water Utility

mg-DOC이 되도록 주입하여 주었다. 활성탄 Column은 4지를 운전하였으며, Column 1과 Column 3은 오존처리 공정과의 조합공정으로 운전하였고, Column 2와 Column 4는 활성탄만의 단일공정으로 운전하였다. 이때, 각 Column 모두 EBCT(Empty Bed Contact Time)를 15분으로 운전하였다. Column 1은 목재계 활성탄을 재생없이 사용하였으며, Column 2에는 국산 야자계 활성탄을 충전하였다. Column 3과 Column 4에는 외국산인 석탄계 활성탄을 충전하였다.

Table 1은 pilot plant 운전조건을 정리한 것으로 표

준정수공정은 기존의 정수장과 동일하게 운영하였으며, 염소주입 위치를 변경하면서 기존의 정수장 운영결과와 비교 분석하였다.

본 실험에서 분석한 수질항목과 분석방법은 Table 2와 같다. SDSTHM은 상수가 공급될 경우 소비자가 사용하는 관말에서 발생 가능한 THM농도를 의미하는 것으로 후염소처리된 정수지의 상수를 채수하여 빛이 차단되고 온도가 일정한 상태에서 일정시간동안 반응시킨 후 THM을 분석하여 측정할 수 있다. 염소처리는 일반적으로 염소를 투입하는 위치에 따라 분류한다. 응집제

Table 1. Operating Conditions of the Pilot Plant

Process		pilot plant	velocity gradient, $G(\text{sec}^{-1})$
			detention time, $t(\text{min})$
Rapid mix		G	300
		t	1.5
Flocculator	1st row	G	80
		t	9
	2nd row	G	60
		t	9
	3rd row	G	40
		t	9
Sedimentation		surface load($\text{m}^3/\text{m}^2\text{hr}$)	0.57
		detention time (hr)	1.26
Sand filter		surface load($\text{m}^3/\text{m}^2\text{hr}$)	1.84
		filter depth(m)	1.10
Ozone Contactor		detention time(min)	10
GAC		EBCT(min)	15
		Linear Velocity($\ell/\text{m}^2\text{min}$)	398

Table 2. Analytical Methods of Each Parameters(김남천과 이진하, 1993)

Parameters	Instruments	Conditions	
TON	Threshold odor number	TON=(A+B)/A	A: ml of sample B: ml of dilution water
TOC(DOC)	TOC Analyzer (Dohrmann DC-180)	Persulfate-UV Oxidation Method	
KMnO ₄ consum	---	Titration method	
Cl ₂	---	DPD Ferrous Titrimetric Method	
THMs	Varian 3400 GC		Liquid-Liquid Extraction Gas Chromatographic Method
	THMFP	raw water	contact time: 7 days Temp : 20°C
	SDSTHM	clear water	contact time: 40 hr Temp : 20°C

를 첨가하기 전에 염소를 투입하는 방법을 전염소처리, 침전지와 여과지 사이에 투입하는 것을 중염소처리, 여과후에 투입하는 것을 후염소처리라고 한다. 전염소는 착수정과 혼화지 사이, 편이상 중1염소는 혼화지와 응집지 사이, 중2염소는 침전지와 여과지 사이에 투입하는 것으로 정의하였다. 본 실험에서는 각 염소주입 위치별로 객관성 있는 주입량을 결정하기 위하여 여과지 유입전 잔류염소가 0.1ppm을 유지하는 시료를 채취하여 THM을 분석하였다. 후염소의 경우는 후염소 단독이거나, 아니면 전염소 또는 중염소후 후염소 처리를 하든 48시간 경과후 동일한 잔류염소농도를 유지하는 시료를 채취하여 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 대청수도 이취미 및 THM 발생특성

Fig. 2는 대청수도 취수원의 '93년도에서 '95년도에 걸친 월별 평균 COD, 수온, chl-a 및 탁도를 나타낸 것이다. COD는 3년에 걸쳐 약간씩 상승하는 경향을 보였으며, 탁도도 점차 증가하는 추세였다. 조류의 농도를 간접적으로 나타내 주는 chl-a는 봄과 가을철에 높아지는 경향을 보였는데, 수화현상과 같이 조류가 번성하는 시기의 온도는 20~25°C 정도였다. 이취미의 발생 특성을 보면, '93년도에는 6월말부터 발생하기 시작하여 10월까지 주기적으로 1-2주 지속되었으며, '94년

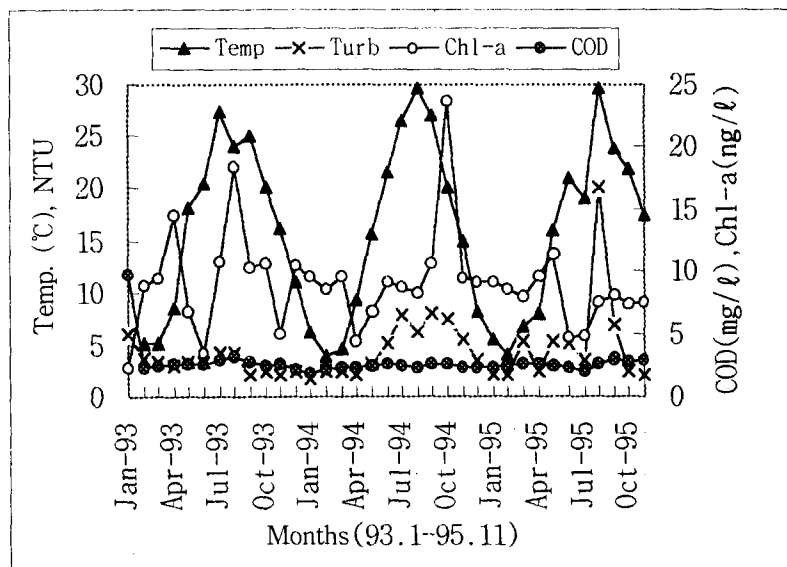


Fig. 2. Monthly Change of the Raw Water Quality of the Daecheong Dam

도에는 8월 중순부터 10월 중순까지 심하게 지속되었다. '95년도에는 예년보다 늦은 9월 중순에 시작하여 11월 초에 종료되었으며, 이취미 제거도 예년에 비하여 용이한 것으로 나타났다. Fig. 3은 '95년도 이취미 발생특성을 나타낸 것이다. 대청수도에 유입되는 원수의 이취미 원인물질은 흙냄새를 발생시키는 것으로 알려진

Geosmin이었으며, 이취미가 발생하기 시작한 초기(7월 말)에는 5ng/l이었다가 점차 그 강도가 증가하여 10월 초에는 23ng/l이었고, 이취미가 가장 심했던 10월 중순에는 60ng/l 정도가 검출되었다.

Fig. 4는 95년도 7월초부터 10월 초 사이에 측정된 대청댐 원수의 THMFP를 측정된 결과이다. 본격적인

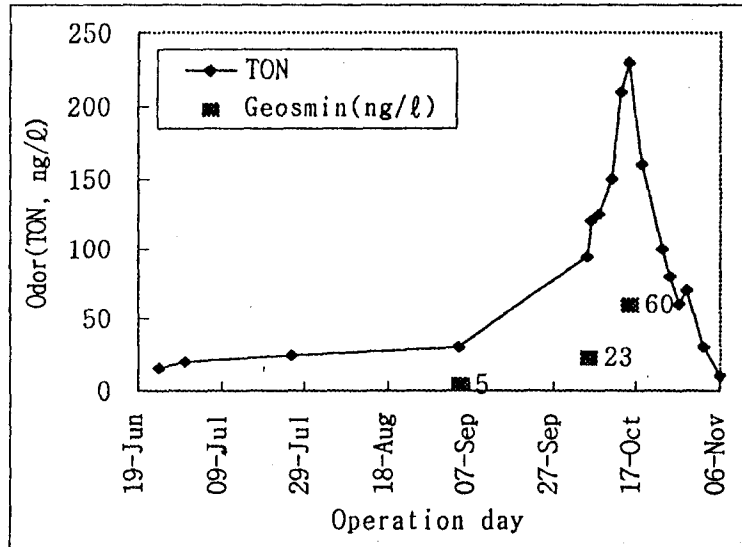


Fig. 3. Trend of Odor as TON in the Raw Water of Daecheong Water Utility

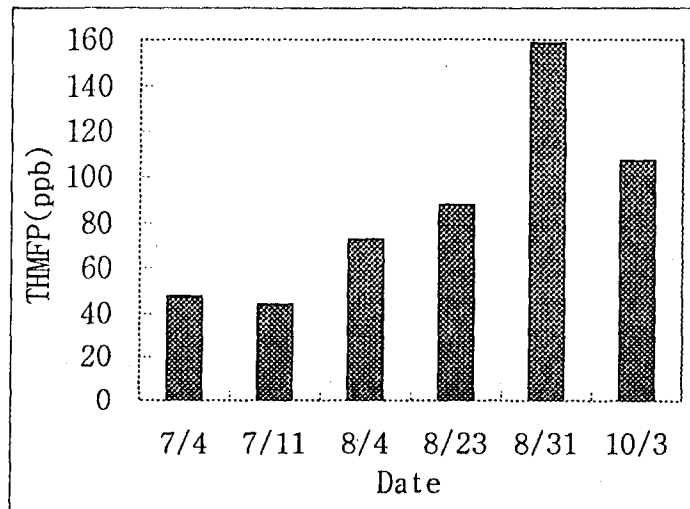


Fig. 4. Trend of THMFP in the Raw Water of Daecheong Water Utility

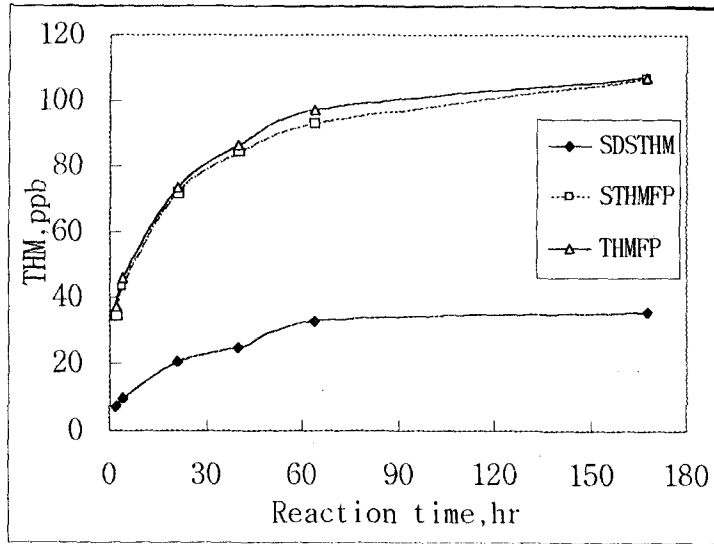


Fig. 5. Formation Kinetics of THMFP and SDSTHM

장마가 시작되기 전인 7월에는 50ppb 이하로 낮게 나타났으나, 장마가 시작된 8월말에는 최고 160ppb까지 높게 나타났다. 그러므로 THM은 건기에는 큰 문제가 없으나 우기중 일부기간동안에는 높게 나타날 수 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 Fig. 5와 같이 THMFP와 실제 정수에서 발생할 수 있는 SDSTHM 간에는 큰 차이가 있어 음용수 수질기준인 100ppb보다는 낮은 것으로 나타났다. SDSTHM이 THMFP보다 낮은 것은 정수과정에서 상당한 양의 THMFP물질이 제거되기 때문이며, 대부분 기존의 응집, 침전, 여과과정에서 제거되는 것으로 평가할 수 있다.

3.2 정수공정에서 유기물질 제거

기존의 표준정수공정은 일반적으로 혼화·응집, 침전 및 여과공정으로 구성된 기본적인 공정을 말하며, 응집에 의한 탁도제거외에 염소소독과 분말활성탄에 의한 이취미물질을 추가로 제거할 수 있는 전통적으로 사용되어 온 공정을 포함하여 정의되고 있다. 본 연구에서는 표준 정수공정에 오존 및 활성탄 여과공정을 추가한 고도정수공정을 도입하여 운영하였다. 표준정수공정에서 완전히 제거할 수 없는 이취미 및 DOC를 추가로 제거하기 위한 방안에 대하여 연구하였다.

Fig. 6은 국내 주요 정수장에서 원수, 침전수, 정수의 과망간산칼륨 소비량을 나타낸 것이다. $KMnO_4$ 소비량은 유기물질을 포함한 초기에 산화될 수 있는 물질을

정량적으로 분석하는 것으로 주로 유기물질의 산화에 의하여 소비된다. 이 그림과 같이 표준 정수과정에서 약 50-80% 정도의 $KMnO_4$ 소비량이 제거되는 것으로 나타나 응집, 침전과정에서 상당한 유기물질이 응집 제거된다는 것을 알 수 있다.

Fig. 7은 pilot plant에서 원수, 여과수 및 오존접촉후의 DOC 농도를 나타낸 것이다. 유기물질을 C의 양으로 정량화 하는 DOC의 경우 $KMnO_4$ 소비량보다는 적었으나 표준정수공정에서 약 20-30% 정도 제거되는 것으로 나타났다. 그러나 오존접촉후의 DOC 농도는 여과후의 농도와 큰 차이가 없는 것으로 나타나 오존산화에 의한 DOC의 제거는 무시할 정도였다. 오존산화후 DOC 성분은 측정하지 않았으나, 일부의 DOC가 생분해 가능한 물질로 전환된 것으로 추측된다. 결국 THM 발생량 감소를 위하여 원수의 DOC를 효과적으로 제거하는 방법은 응집공정을 최적화시키는 것이 효과적이며, 오존자체는 DOC 농도를 줄이는데는 큰 효과가 없는 것으로 나타났다.

Fig. 8은 각 활성탄여과지를 통과한 여과수의 DOC 농도를 유입수와 대비하여 나타낸 것이다. Column 1의 경우는 전오존처리후 장기간 운영하여 생물활성탄(BAC)으로 바뀐 것으로 보인다. 오존과 BAC에 의하여 여과수의 DOC는 꾸준히 약 20%정도 제거되는 것으로 나타났으나, 활성탄의 흡착능력이 감소하여 DOC의 추가적인 제거효율은 낮았다.

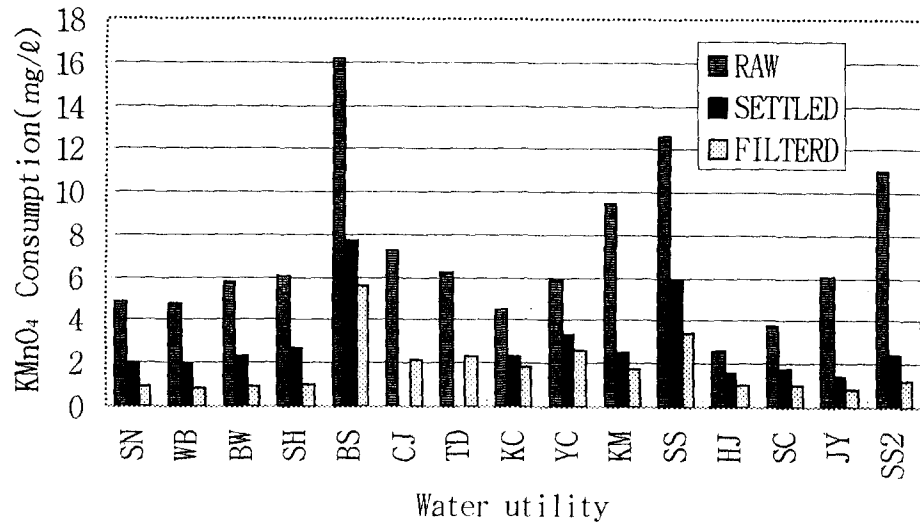


Fig. 6. KMnO₄ Consumption at the Standard Water Treatment Utilities

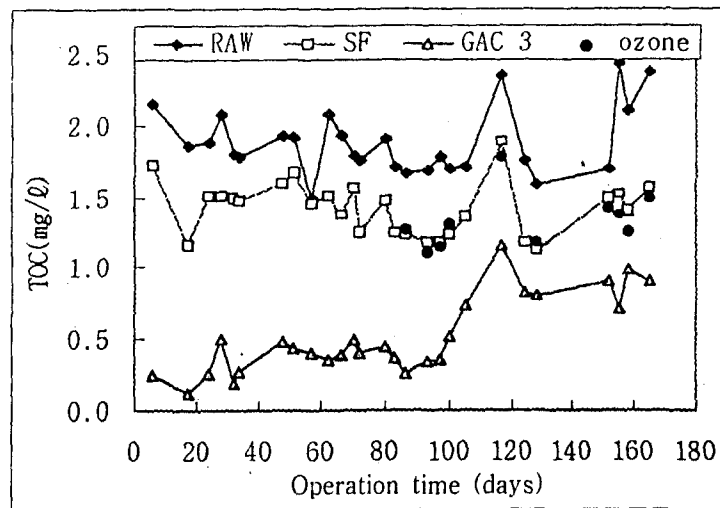


Fig. 7. TOC Removal in the Pilot Plant after Filtration and Ozone Contact

이는 오존이 DOC를 완전히 산화시켜 제거하기 보다는 DOC의 구성성분을 변화시키는 때문인 것으로 보이며, DOC 제거를 위하여 오존접촉시간을 늘리는 것은 경제성을 고려할 때 무의미할 것으로 생각된다. Column 2는 국산 야자계 활성탄을 새로 충전한 후 오존처리없이 운영한 것으로 급격하게 파과되어 운영 200여일 만에 Column 1과 같은 수준으로 감소하였다. 새로 외국산 석

탄계 활성탄을 충전한 Column 3과 4는 전오존 처리에 관계없이 파과과정이 서서히 진행되고 있음을 알 수 있으며, 오존을 처리한 Column 3의 경우가 약간 우수한 것으로 나타났다. 국산활성탄의 질적인 문제를 제기할 수도 있으나, 자연수중의 DOC 제거를 위해서는 야자계 보다 석탄계 활성탄이 더 효과적인 것으로 평가하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

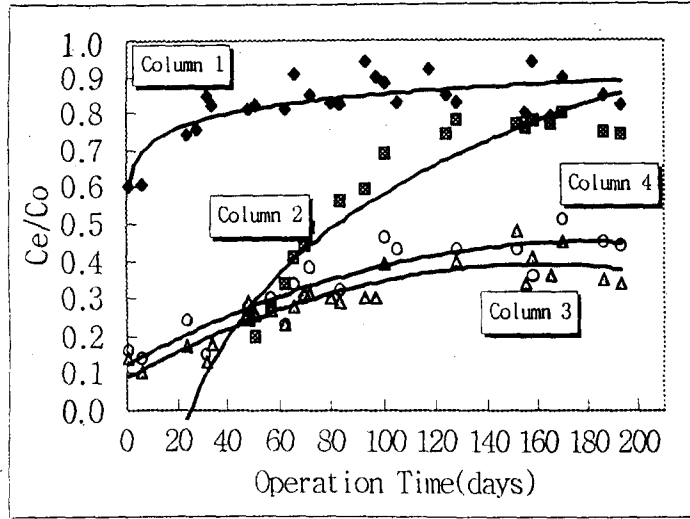


Fig. 8. DOC Removal in Each GAC Columns

3.3 고도정수공정에서 이취미 제거

기존의 표준정수공정에서 이취미는 평균 20%정도 제거되며 최대 40%까지 제거되었고, 오존을 1 mg-O₃/mg-DOC로 주입할 경우 50-70%정도 제거되어, 원수의 냄새강도(TON)가 100이하일 때는 오존처리로도 충분한 제거효과가 있는 것으로 나타났다. Fig. 9는 각 Case별로 이취미 제거율을 나타낸 것이다. Column 1은 원수의 TON 강도의 증가와 함께 유출수의 TON 강도도 서서히 증가하여 이미 활성탄내 파과가 일어나

고 있음을 알 수 있고, 야자계인 활성탄을 충전한 Column 2는 석탄계인 Column 3, Column 4에 비해 효율이 낮게 나타나 대체로 큰 세공을 가진 야자계는 이취미 흡착에 큰 효과가 없는 것으로 나타났다. Column 3과 Column 4는 오존처리 유무에 관계없이 양호한 처리효율을 나타냈다. 위의 결과로부터 대청수도의 이취미는 오존처리 없이 석탄계의 활성탄으로도 제거가 가능한 것으로 나타났다. DOC 제거가 거의 파과에 이른 Column 1은 이취미도 파과되었고,

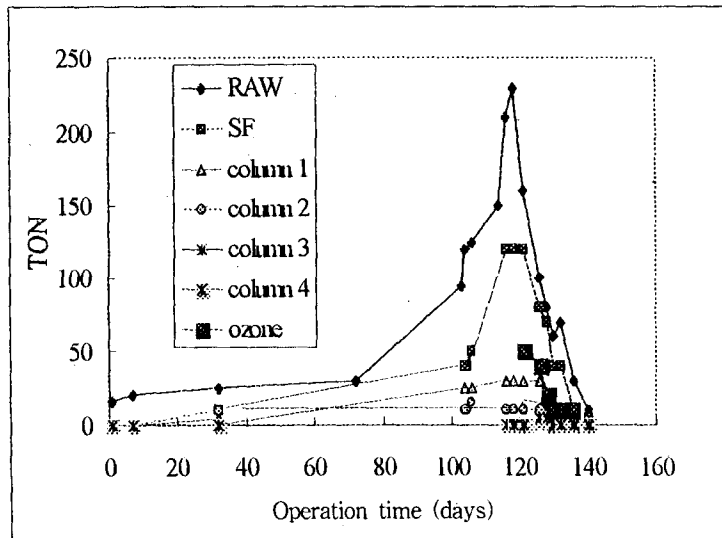


Fig. 9. Odor Removal in the Ozone and GAC Processes

Column 2는 이취미 발생이 최고에 이른 기간동안 DOC가 거의 파괴되어 DOC 제거율은 20%까지 악화되었을 때 이취미도 동시에 파괴되는 것으로 나타났다. Column 3과 Column 4는 이취미 발생 기간동안 DOC 제거율이 60% 정도로 높게 나타나 활성탄의 상당 부분이 흡착능을 갖고 있어 이취미의 제거에 있어서도 양호한 처리율을 보여주었다. DOC와 같은 배경물질의 존재는 활성탄 흡착에 의한 이취미 제거를 방해할 수는 있으나 이취미 물질은 DOC에 비해 매우 낮은 농도이므로 DOC 제거율이 어느 정도 높게 나타날 때는 방해작용 보다 개별흡착이 지배적인 것으로 평가할 수 있다.

3.4 염소주입 방법 변경 및 탈기공정에서의 THM 제거

염소 주입위치 변경 실험에서는 염소의 주입위치를 변경하였을 때 THM 발생특성을 관찰하였다. 전염소는 혼화·응집전에 염소가 주입되어 원수와 반응하게 되며, 중1염소의 경우 혼화지와 응집지 사이에 염소가 주입되게 된다. 중2염소는 침전지와 여과지 사이에 염소를 주입하고 침전이 완료된 후 염소를 주입하여 20분 정도 접촉시켜서 그 특성을 살펴 보았다. 그리고 후염소만의 경우도 다른 전염소나 중염소와의 비교를 통해 분석해 보았다. Fig. 10에서와 같이 염소의 차등 주입위치별 THM 발생특성을 보면, 전염소의 경우는 중염소나 후염소만의 경우보다 THM 발생량이 상당히 많은 것으로 나타났다. 중1염소와 중2염소는 THM 발생량이 거의

같아 flocc내에 흡착된 용존유기물질은 유리잔류염소와 접촉하더라도 더이상 THM을 발생시키지 않는다는 사실을 보여주고 있다. 전염소 주입시와 비교할 때 중1염소와 중2염소는 약 25%정도 THM 발생량이 줄었고, 후염소만의 경우는 30%정도 THM 발생량이 감소하였다. 즉, 응집이나 침전후 염소를 주입하여 원수중의 THMFPP와 염소가 직접 반응하는 것을 막아 줌으로써 상당량의 THM 발생을 줄일 수 있다는 것이다.

3.5 이취미 및 THM 제거를 위한 최적공정평가

대청수도의 취수원인 대청호의 이취미 발생특성을 보면 조류가 번성하는 시기인 봄과 가을철에 이취미가 발생하며, 그 기간은 약 2~3개월 정도이다. '95년도의 경우 이취미가 최대로 발생한 10월 중순의 경우 Geosmin이 60ng/l 검출되었으며, TON으로는 230 정도의 수치를 기록했다. 상수의 이취미 및 THM 제거를 위한 본 연구결과 이취미 제거를 위한 최적의 공정은 오존과 활성탄을 조합한 방식이었으며, 석탄계 활성탄을 사용하고 체류시간(EBCT)을 15분이상으로 운영할 경우 활성탄 여과 단독으로도 만족할 만한 결과를 기대할 수 있는 것으로 나타났다. THM 전구물질은 기존의 응집공정에서 20~30% 정도 제거되는 것으로 나타났으며, 활성탄 여과공정에서 최대 90%까지 제거할 수 있으나 THM 발생량을 감소하기 위해서는 응집공정을 최적화하는 것이 중요하다고 생각하며, 응집후 염소를 주입하는 방법을 도입함으로써 상수의 THM을 30 ppb 이하로 낮출 수 있는 것으로 나타났다.

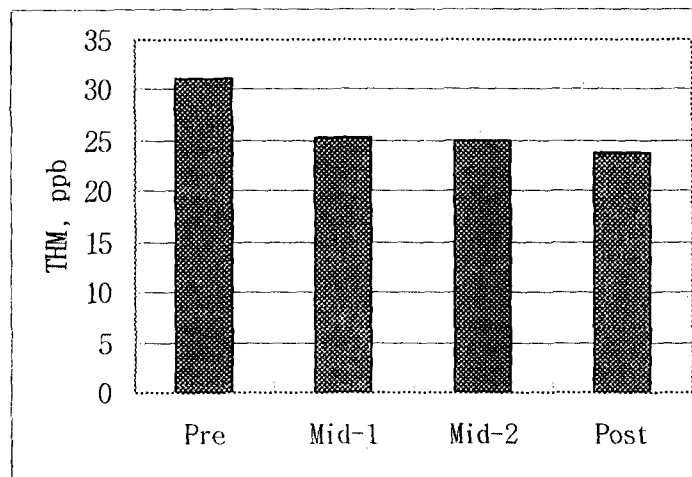


Fig. 10. THM Formation at Each Chlorine Dosing Points

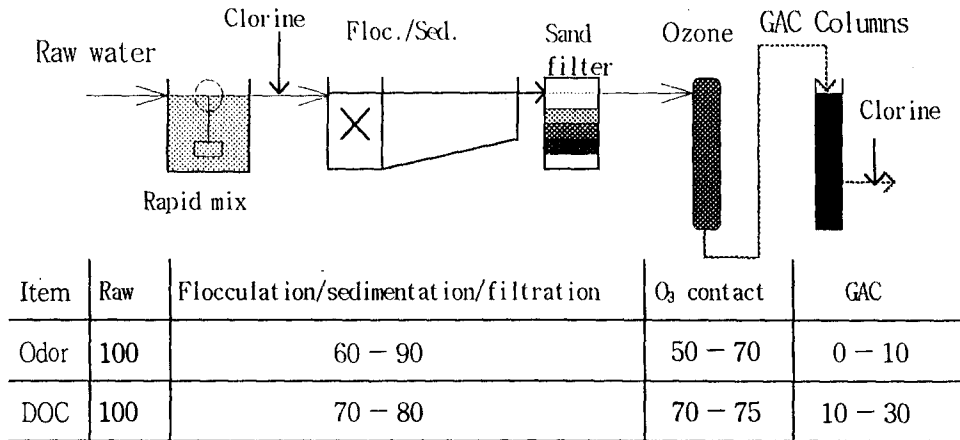


Fig. 11. Suggested Water Treatment Process for Removing Odor and THM

Fig. 11은 본 pilot plant 실험결과를 종합적으로 분석하여 대청수도에 이취미 제거 및 THM 발생량 감소를 위한 최적의 정수공정과 예상되는 상수처리 효과를 도시한 것이다. 본 논문에서는 오존 및 활성탄여과공정의 적정 위치에 대하여는 검토하지 않았으며, 염소투입위치는 대청수도의 경우를 개선한 내용이다. 활성탄여과공정에서 이취미 및 THM 제거 효율은 파과를 고려한 GAC로 운영할 경우 거의 완벽하게 제거할 수 있다는 것을 나타낸 것이며, DOC의 경우 활성탄 여과 운전시간이 약 30여일 지난후의 잔류율을 나타낸 것이다. THM을 최대한 줄이기 위해서는 후염소처리만으로 소독하고 관로내 잔류염소를 유지시키는 것이 바람직하다고 할 수 있으나, 정수장운영상의 기술적인 문제와 침전지 관리상의 이유로 중1염소처리, 즉, 급속산화지와 응집지 사이에 염소를 투입하는 방법이 좋을 것으로 사료된다.

4. 결 론

대청호 원수를 취수하여 정수하는 대청수도에서 이취미를 제거하고 THM 발생량을 줄이기 위한 pilot plant 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 대청댐 수질은 대체로 양호하나, '95년도의 경우 8월-10월중 조류에 의한 이취미가 발생하였으며, 취기강도(TON)는 최대 230이었다.

(2) 장마가 시작되는 기간에 THMFP는 최대 160 ppb이었으며, SDSTHM은 THMFP의 약 30% 정도로 나타났다.

(3) 기존의 표준정수공정에서 KMnO₄ 소비량은 최대

80%까지 제거되었다.

(4) pilot 실험결과 표준정수공정에서 DOC는 약 25% 제거되었으나, 오존공정에서는 거의 제거되지 않았고, 30일 지난후 GAC에서는 약 75%까지 제거되는 것으로 나타났다.

(5) 오존 및 생물활성탄으로 운전한 Column 1에서는 유입 DOC의 약 20%정도가 제거되었고, 야자계 국산활성탄을 충전한 Column 2에서는 급속하게 파과되어 운전 100일이 지난후에는 DOC 제거율이 약 20%까지 악화되었다.

(6) 석탄계 활성탄을 충전하고 오존처리를 한 Column 3에서는 오존처리를 하지 않은 Column 4와 유사하게 DOC에 대하여 완만한 파과특성을 보여주었으며, 200여일 후에도 60% 정도의 높은 제거율을 나타냈다.

(7) 표준공정에서 이취미는 약 30%정도 제거되었고, 오존산화공정에서 약 60%정도 제거되며, 활성탄여과에서 대부분 제거되는 것으로 나타났으나, Column 1과 2에서는 유출수의 이취미 강도(TON)가 20이상으로 측정되어 이취미에서도 파과된 것으로 나타났다.

(8) 전염소처리 대신에 중1, 2염소처리를 도입할 경우 전염소처리와 비교하여 약 25%정도의 THM 발생량이 감소하였으며, 후염소처리만 할 경우 약 30%까지 감소하는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

김남천, 이진하 (1993). 상수시험방법. 동화기술.

- 안창진, 전항배, 이동주, 채선하 (1995). 대청용수내 고도정수처리 적용방안 연구. 연구보고서, 한국수자원공사.
- Carlson, M. (1991). "Disinfection by-products precursor removal." *Proceedings of AWWA Annual Conference*, Philadelphia, Pennsylvania pp. 151-191.
- Dennett, K.E., Amirtharajah, A., Moran, T.F., and Gould, J.P. (1996). "Coagulation: its effect on organic matter." *Jour. AWWA*, Vol. 88, No. 4, pp. 129-142.
- Egashira, K., Ito, K., and Yoshiy, Y. (1992). "Removal of musty odor compounds in drinking water by a biological filter." *Wat. Sci. Technol.*, Vol. 25, No. 7, pp. 307-314.
- Huang, C., Benschoten, J.E.V., and Jensen, J.N. (1996). "Adsorption kinetics of MIB and geosmin." *Jour. AWWA*, Vol. 88, No. 4, pp. 117-128.
- Langlais, B., Reckhow, D.A., and Brink, D.R. (1991). *Ozone in water treatment application and engineering*. Lewis Publishers.
- Namkung, E., and Rittmann, B.E. (1987). "Removal of taste and odor compounds by humic substances grown biofilms." *Jour. AWWA*, Vol. 79, No. 7, pp. 107-113.
- Raralkar, A., and Edzwald, J.K. (1996). "Effect of ozone on EOM and coagulation." *Jour. AWWA*, Vol. 88, No. 4, pp. 143-154.
- Rebhun, M., and Lurie, M. (1993). "Control of organic matter by coagulation and floc separation." *Wat. Sci. Technol.*, Vol. 27, No. 11, pp. 1-20.
- Suffet, I.H., Corad, A., Chou, D., McGuire, M.J., and Butterworth, S. (1996). "AWWA taste and odor survey." *Jour. AWWA*, Vol. 88, No. 4, pp. 168-180.
- Trussell, R.R., and Umphress, R.D. (1980). "The formation of THM levels in an Zowa River water supply." *Jour. AWWA*, Vol. 72, No. 11, pp 72-583.

〈최종본 도착일 : 1997년 5월 28일〉