

## 정수처리공정의 THMs 생성과 농도변화에 관한 연구

조덕희 · 안승구\*

성남시 수정구보건소, \*서울시립대학교 환경공학과

### A Study on Formation and Concentration of Trihalomethanes in Water Treatment Process

Deok-Hee Cho and Seung-Koo Ahn\*

Sujeong-Gu Health Center, Songnam City, Gyongi Province

\*Department of Environmental Engineering, Seoul City University

#### ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effects of prechlorination and algae growth on THMs generation. The sample water obtained from Paldang Dam which is a main source of raw water for the Seoul metropolitan area. THMs concentration in the sample water was investigated in water treatment process; prechlorination, chemical coagulation, and sand filtration. And also, THMs concentration were analyzed in the water which cultured algae in laboratory. The results were as follows;

1. The THMs concentration produced by prechlorination unit process were increased in control (not purified) but decreased in process of purification.
2. The THMs concentration can reduce by increasing the number of cleaning filters.
3. The main precursor in raw water for the THMs generation was supplied by algae growth.

So as to reduce the THMs concentration in water supplying system, it is the best method to manage algae growth in water body of Paldang reservoir.

**Keywords :** Prechlorination, THMs, Sand filtration, Algae growth, Precursor

#### I. 서 론

물은 인류에게 있어서나 지구의 모든 생물에게 있어서 생명의 근원이다. 그런데 산업화, 공업화가 가속화 되면서 이렇게 중요한 물이 오염되고 있어 자연수를 아무런 처리없이 사용하기가 어렵게 되어가고 있다. 따라서 선진국에서는 19세기 초부터 정수 처리한 물을 공급하기 시작하였다. 그후 위생시설로써 상수도의 평가가 정립되었고, 상수도가 급속히 보급되기 시작하여 이제 도시에서 없어서는 안될 중요시설로 취급되고 있다. 상수도의 효과는 양질의 음용수를 공급함으로써 위생적인 건강한 생활환경을 조성하는 것이라고 할 수 있다. 물에 의한 질병은 주로 소화기계통의 전염병이며 특히 질병의 집단발생은 음용수에 의한 경우가 많았다. 상수도의 보급은 소화기계통 전염병의 전파방지뿐만 아니라 용수

를 풍부하게 공급함으로써 생활환경이 청결하게 되어 다른 질병의 예방에도 큰 효과가 있다. 정수처리 공정에 의해서 제거되는 물질은 원수의 수질에 따라 다르며, 콜로이드질, 세균, 미생물 등의 부유물질과 망간, 카드뮴, 칼슘 등의 용해성유해물질로 나눌 수 있으며 각각의 함량도 다르므로 원수의 수질에 따라 처리방법도 다르게 적용하여야 하는 것으로 알려져 왔다. 현재 도입되고 있는 대표적인 정수법은 응집 침전, 여과, 소독공정이며 수질이 악화될수록 효과적인 고도의 정수법의 도입이 필요하게 된다. 그러나 이러한 정수처리의 한 과정인 소독공정에 있어서 원수에 존재하는 유기물질과 사용되는 화학물질 특히 염소와 반응하여 유해한 트리할로메탄 (Trihalomethanes, THMs) 및 휘발성 유기물질이 생성되는 것으로 알려져 있으며 생성기전에 대한 관심이 높은 실정이다."

Trihalomethanes(THMs)이란 Chloroform, Bromodichloromethane, Dibromochloromethane, Bromoform 등의 4가지 물질로 대별되고 있다.<sup>2)</sup> Chloroform은 동물실험결과 발암성이 확인되어 인간에게도 발암물질로써 작용할 가능성이 높은 것으로 알려져 있으며 다른 세가지 물질들도 독성이 강한 것으로 보고되고 있다.<sup>3,5)</sup> 또한 이들 물질은 미국 산업위생전문가협회(ACGIH)에서도 변이원성, 발암추정물질로 규정하고 있다.<sup>6)</sup> 인체에 미치는 영향으로 Chloroform은 강한 마취성이 있으며 간장, 신장, 심장 등에 독성을 나타내는 것으로 추정되고 있으며 급성중독으로 500 mg/kg으로 4시간 지속적으로 폭로 되었을때 중추신경을 마비시킬 수 있고 또한 간세포의 괴사, 구상공포화-활면세포체의 증가, 지방구의 출현 등 증세를 나타내는 것으로 보고되고 있다. 만성중독으로는 소량의 클로로포름을 12년간 흡입한 결과 우울증, 식욕부진, 환각, 운동실조, 발성장애 등의 정신신경증상을 유발하는 것으로 보고되고 있기도 한다.<sup>7)</sup> Bromoform은 클로로포름보다 독성이 강해 국소 점막 자극을 나타내며 증기 흡입에 의해 건강장해를 일으키므로 최고작업장허용농도(MAK)는 0.5ppm으로 규제하고 있는 실정이다. Dibromochloromethane은 발암성에 대해서는 알려지고 있지 않으며 변이원성 물질로 알려져 있고, Bromodichloromethane은 발암성이 의심된다.<sup>7)</sup> 이러한 여러 영향을 고려하여 외국의 여러나라에서는 음용수에서의 THMs농도를 수질기준으로 정하여 규제하고 있다. 미국 환경보호청(EPA)은 1979년에 최대허용농도를 0.1 mg/l로 규제하고 있으며, 일본도 0.1 mg/l로 음용수 수질기준을 제정하고 있다.<sup>1)</sup> 우리나라에서는 미.일과 마찬가지로 먹는물관리법에 THMs를 0.1 mg/l이하로 규제하고 있다.

THMs생성의 전구물질을 천연적으로 존재하는 부식물질(humic substance)이라고 추정하고 있으며 도시 및 공장에서 배출되는 가정하수, 산업폐수 등에 다량 존재한다고 보고되고 있다.<sup>8,9)</sup> 또한 부영양화 상태에서 급격히 증식하기 쉬운 Microcystis, sp등 조류의 세포 및 유래하는 세포체 외의 유기물도 THMs생성의 전구물질로 추정되고 있다.<sup>10)</sup> 그러나 수처리 과정에서 THMs유해물질 생성의 주요한 전구물질로서 작용하는 것으로 Carbonyl기를 갖는 Humic substance와 저분자 Acetone, Aldehyde화합물등 THMs원인물질에 관한 연구결과에는 이론이 많은 실정이다.<sup>3)</sup>

따라서 본 연구에서는 원수가 심하게 오염되어 세균, 암모니아성질소와 각종의 유기화합물을 분해 제거하기 위해서 또 일반적 정수처리 공정으로 제거되지 않는 철, 망간등 경도유발물질을 제거하기 위하여 자주 도입되는 전염소 처리단계에서 이들 유해물질이 다량 발생한다고 생각되고 있으며<sup>11)</sup> 수중 조류증식에서 유래하는 유기물이 주요한 전구물질이 되는 것으로 생각됨으로 전염소처리공정을 포함하는 상수처리 공정에 따른 THMs 물질의 생성량을 조사하였으며 아울러 원수에 조류를 배양하여 조류농도를 조정하고 공정에 따른 THMs 물질 생성에 미치는 영향을 조사하였다. 본 연구는 원수의 조류증식영향 및 상수처리 공정상 생성 정도를 파악하여 공정제어의 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

## II. 실험재료 및 방법

조사연구는 2단계로 실시하였으며 제1단계로 상수처리 과정에서의 THMs물질 생성을 비교 추적하기 위하여 팔당원수를 전염소 처리하고, PAC를 투여하여 응집침전한 후, 상정수를 여과한 후 각각 THMs물질 함량을 분석하였다. 또 제2단계로 조류증식에 의한 영향을 알아보기 위하여 배양장치를 조립, 조류를 배양하여 2일 간격으로 실험원수를 채취하여 엽록소a, KMnO<sub>4</sub>소비량, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub>-N 등 농도를 측정함과 아울러 염소처리하여 THMs의 농도를 조사분석 하였다.

### 1. 조류배양

아크릴 재질 50×35×25 (W×L×H)cm규격의 조류배양조를 제작하고 수표면 20 cm상부에 100W 1조의 조명장치 및 자동수온조절장치를 장착하였다. 30 l팔당담 상수원수를 가하고 25°C, 조도계(TOKYO Photoelectric, ANA-F9)로 광도를 측정, 12000~14000 lux의 조건으로 서서히 교반하여 10일간 통배양(Batch culture) 하였다.

### 2. 전염소처리의 영향조사

취수하여 운반해 온 팔당원수 1 l를 삼각flask에 넣고 차아염소산나트륨용액(NaOCl, 수질오염공정시험법<sup>12)</sup>으로 유효염소량을 정량하였음)일정량을 가하여 3 ppm되게 환후 25°C, 0.5시간 후 THMs함량을 분석하였다. 또한 염소를 가해 5, 10, 20 ppm되게 환후 25°C에서 0, 0.5, 3.5시간 반응시키고 각각

일정량을 취하여 THMs물질함량을 분석하였다.

### 3. 응집침전공정의 영향 조사

염소농도 3 ppm, 25°C, 0.5시간 반응시킨 원수 일정량을 취하여 PAC(Poly aluminum chloride,  $(Al_2(OH)_nCl_{3-n})_m$ ) 일정량을 가하여 0, 20 ppm농도가 되도록 한후 급속교반 3분, 20~25분간 완속교반 시키고 3.5시간 정지, 응집침전시킨 후 상징액을 취하여 THMs물질함량을 분석하였다. 또한 응집제 농도별 영향을 알아보기 위하여 동일 원수를 대상으로 하여 응집제를 가하여 0, 20, 40, 80 ppm 되도록 조절한 후 각각 0.5 및 4.5시간 후 상징액을 취하여 THMs물질함량을 분석하였다.

### 4. 여과공정의 영향조사

원수에 잔류염소 3 ppm, 25°C의 조건에서 0.5시간 전염소처리한 후 PAC 20 ppm농도로 조절하여 3시간 응집시킨 상징액을 70 cm사여과 층을 통과시키고 유출액을 취하여 THMs물질함량을 분석하였다. 또한 여과사가 THMs생성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 따로 실험에 사용한 여과사(주문진산) 300 g을 취하여 증류수 1 l로 3차 세척하고 상징수에 NaOCl액을 가하여 3 ppm되게 염소처리하고 각각 THMs농도를 분석하였다. 아울러 증류수를 3 ppm으로 염소처리하고 70 cm깊이의 사여과층을 통과시킨 후 THMs의 농도를 측정해 보았다.

### 5. 조류증식이 THMs생성에 미치는 영향조사

실험실 조류 배양조에서 2일간격으로 일정량의 시료를 채취,  $KMnO_4$  소비량, Cl<sup>-</sup>,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3-N$ , Chlorophyll-a 함량등을 분석하고 3 ppm농도가 되도록하여 25°C, 0.5시간 반응시킨 후 THMs농도를 측정 비교하였다. 또한 유역에서 유입되는 Humic substance가 THMs생성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 부엽토 추출액을 배양액에 가하여  $KMnO_4$  소비량을 3.0~4.0 ppm증가시킨 혼합액에 대하여 동일한 방법으로 염소처리, 반응시키고 THMs농도를 측정하였다.

### 6. 조사분석법

#### 1) THMs의 분석<sup>12,13)</sup>

ECD검출기를 장착한 가스크로마토그래피(HP 6890, Hewlett packard, USA)에 Supelco 2-4154 column을 설치하여 분석하였다. 시료는 Purge & trap (Tekma 3000, Tekma, USA)장치를 이용 전

처리 하였으며 운전조건은 Oven온도 100°C, Detector온도 280°C로, 기타의 분석조건은 기기 운전 지침에 따라 조작, 분석하였다. 또한 Supelco사에서 공급하는 표준물질을 사용하였다.

#### 2) $KMnO_4$ 소비량

먹는물관리법<sup>7)</sup>의 수질분석법에 준하여 분석하였다.

#### 3) Cl<sup>-</sup>, $SO_4^{2-}$ , $NO_3-N$ 농도분석

고속액체크로마토그래피(Waters 432 Conductivity Detector, Waters, USA)를 이용 기기분석하였다.

#### 4) Chlorophyll-a 농도분석<sup>2,14)</sup>

본 연구에서 조류 생체량 변화의 지표로 사용하였으며 환경오염공정시험법에 준하여 분석하였다. 본 연구에서 시행한 분석조작은 다음의 순서로 하였다.

(1) 시료적당량(1000 ml)을 취하여 유리섬유여지(GF/C 45 mmD)로 여과한다음 여지를 Acetone (9+1)적당량과 함께 조직마쇄기로 마쇄하고 밀봉하여 4°C 암소에서 24시간 정지하였다.

(2) 원심분리기를 이용 1500~3000 rpm, 20분간 원심분리하고 상징액을 취하여 10 mm분광광도기 Cell에 옮겼다.

(3) Acetone(9+1)을 대조액으로 하여 분광광도계(CADAS100, DR LANGE, Germany)을 이용 663, 645, 750, 630 nm의 파장에서 각각 흡광도를 측정하였다.

(4) 다음 환산식으로 농도를 산출하였다.

Chlorophyll-a ( $\mu\text{g/l}$ ) =  $Y \times \text{상등액량(ml)} / \text{여과한 시료량(l)}$

여기서  $Y : 11.64X_1 - 2.16X_2 - 0.1X_3$

$X_1 : OD663 - OD750$

$X_2 : OD645 - OD750$

$X_3 : OD630 - OD750$

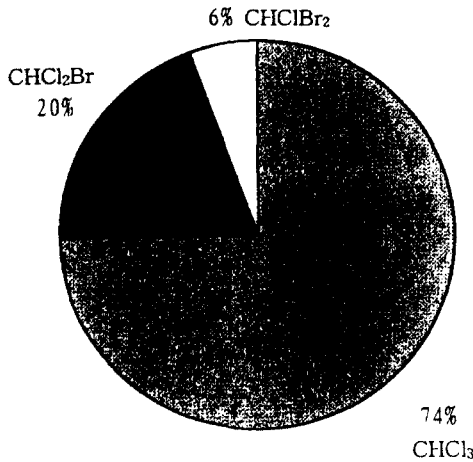
## III. 결과 및 고찰

본 연구의 결과를 종합하고 기존 연구와 비교하여 고찰하면 다음과 같다.

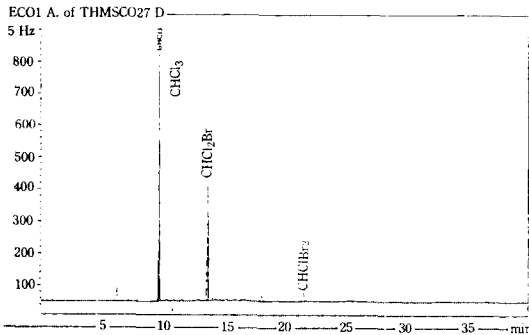
### 1. 전염소처리의 영향

팔당원수를 대상으로 잔류염소량 3 ppm, 25°C, 0.5시간 반응후 생성된 THMs의 농도는 30.13  $\mu\text{g/l}$ 였으며 물질을 종류별로 구분하면 Fig. 1에 종합한 바와 같고 대표적 Chromatogram은 Fig. 2와 같다.

팔당원수의 염소처리시 생성되는 THMs화합물은  $CHCl_3$ 가 74%로 주종을 이루었으며  $CHCl_2Br$ 의 함



**Fig. 1.** Composition of THMs generated from pre-chlorination of the water in Paldang reservoir CHCl<sub>3</sub> 74%, CHCl<sub>2</sub>Br 20%, CHClBr<sub>2</sub> 6%



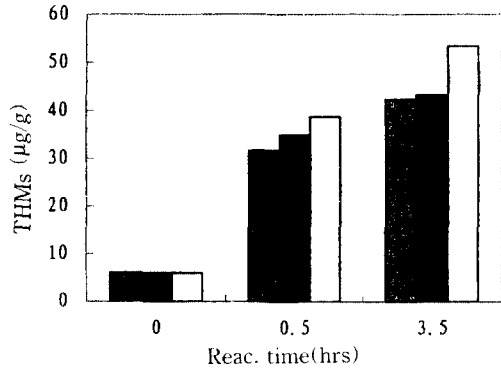
**Fig. 2.** Chromatogram from THMs analysis from pre-chlorination of water in Paldang reservoir

량도 20%로 일반적 보고에 비해 낮은편은 아니었다. CHBr<sub>3</sub>는 검출되지 않았으며 CHClBr<sub>2</sub>화합물은 6%로 비교적 낮은 편이었다. CHCl<sub>3</sub>함량이 높게 검출되는 현상은 일반적이거나 CHCl<sub>2</sub>Br이 상당히 높게 검출되는 현상은 특징적이라 할 수 있고 수계에 Bromide ion의 함량이 다소 존재한다고 할 수 있다. CHCl<sub>3</sub> 10분, CHCl<sub>2</sub>Br 13.5분, CHClBr<sub>2</sub>은 21.5분 후에 분리 검출되었는 바 이러한 경향성은 여러 연구자의 보고와 거의 일치한다. 또한 염소처리 농도를 달리하고 시간 반응경과에 따른 THMs생성을 비교한 결과는 Table 1 및 Fig. 3에 종합한 바와 같다.

결과를 분석하면 전염소처리한 염소량에 따른 차이는 있으나 크지 않으며 반응시간에 따른 차이는 크게 나타났다. 즉 0.5시간 경과후 30~40 µg/l내외 3.5시간 경과후 40~50 µg/l내외로 나타났으며 이

**Table 1.** THMs generation by reaction conditions from prechlorintion unit : µg/l

Input Cl <sub>2</sub> (ppm)	Reaction time (hrs)		
	0	0.5	3.5
5	5.97	31.62	42.38
10	5.97	34.90	43.28
20	5.97	38.67	53.35



**Fig. 3.** THMs concentration by reaction conditions from prechlorination. Res. Cl<sub>2</sub> conc.(ppm) : ■ : 5, ■ : 10, □ : 20

결과 THMs의 생성이 한정된 전구물질과 잔류염소와의 반응시간에 따라 결정되며 잔류염소량에는 크게 영향을 받지 않으며 일반적 전염소 처리농도 5 ppm내외에서도 THMs생성가능량의 거의 전부가 생성될 수 있음을 나타내 주고 있다.

**2. 응집침전 공정에서의 THMs생성량 비교**

잔류염소 3 ppm, 0.5시간 전염소 처리후 응집침전 시켰을때 THMs의 농도는 30.13 µg/l에서 35.58 µg/l으로(반응시간 3시간) 5.45 µg/l가 증가하였으나 침전공정을 거치지 않았을때 31.78 µg/l에서 40.31 µg/l의 농도를 보여 9.47 µg/l가 증가한 것으로 나타났다. 또한 응집제 량을 증가시켜 동일한 실험을 실시한 결과 Table 2 및 Fig. 4에 종합한 바와 같다.

결과를 종합하면 THMs물질농도는 응집침전 공정을 거치면서 다소 증가하는 것으로 나타났다. 단지 대조군에 비해서는 농도증가가 크지 않는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 이미 생성된 THMs들이 난용성이므로 교반과정에서 다소 제거 되거나 전구물질이 되는 Humic substance가 응과(Floc)를 형성하여 침전함으로써 계를 떠나는 데 기인하는 것으로도 해석<sup>15)</sup>할 수 있으나 응집제의 농도를 달리하여

실험한 결과를 보면 이러한 현상은 크지 않은 것으로 평가된다. 즉 응집침전 공정에서 미량은 분리 제거될 수 있는 것으로 보이거나 양은 많지 않고 대체적으로는 반응시간의 경과에 따라 증가하였다.

**3. 여과공정에서의 THMs 농도변화**

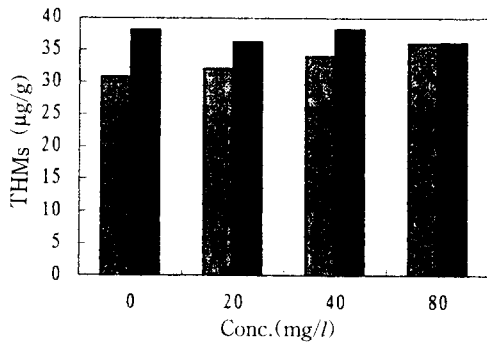
응집침전 후 여과공정을 거쳤을때 THMs의 함량은 35.58  $\mu\text{g/l}$ 에서 56.29  $\mu\text{g/l}$ 로 20.71  $\mu\text{g/l}$ 가

증가하였다. 반면 여과공정을 거치지 않은 대조구는 40.31  $\mu\text{g/l}$ 에서 43.69  $\mu\text{g/l}$ 로 3.38  $\mu\text{g/l}$ 가 증가한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 전염소처리시 공급한 잔류염소가 아직 잔류하는 것으로 보이며 여과사에 상당한 량의 전구물질이 존재하는 것으로 해석된다. 이러한 가능성을 증명하기 위하여 별도의 여과사 300 g을 증류수 1 l로 세척하여 염소처리한 결과는 Table 3 및 Fig. 5에 종합한 바와 같다.

결과에서 알수있는 바와 같이 여과사 1차세척수를 염소처리 하였을 때 상당히 많은 량의 THMs가 생

**Table 2.** THMs Concentration variations by coagulant (PAC) concentration unit :  $\mu\text{g/l}$

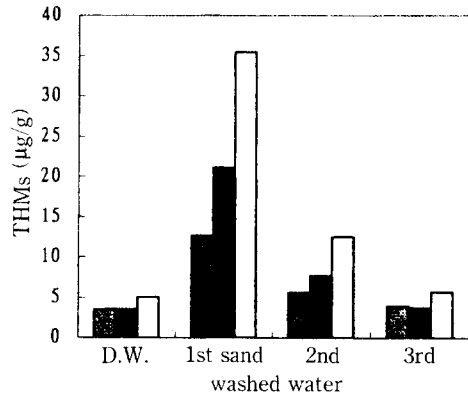
PAC concentration (mg/l)	Reaction time (hrs)	
	0.5	4.5
0	30.67	38.03
20	31.99	36.23
40	33.94	39.21
80	35.92	36.05



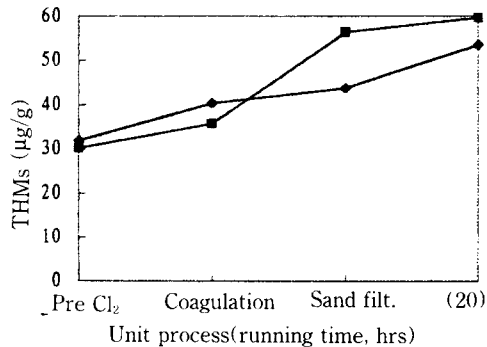
**Fig. 4.** Variations of THMs concentration by coagulant (PAC) treatment concentration. React. time(hrs) : ■ : 0.5, ■ : 4.5

**Table 3.** The THMs concentration by washing sand filter unit :  $\mu\text{g/l}$

Classification	Reaction time (hrs)		
	0.5	4.5	24
Reference (DW)	3.53	3.54	5.03
1st sand washed water	12.59	21.11	35.42
2nd sand washed water	5.62	7.68	12.50
3rd sand washed water	3.94	3.71	5.69



**Fig. 5.** The THMs concentration by washing sand filterer. React. time(hrs) : ■ : 0.5, ■ : 4.5, □ : 24



**Fig. 6.** Variations of THMs concentration by water treatment process. -◆- : Control(no treat), -■- : Treat.

**Table 4.** Variations of THMs concentration by water treatment process unit :  $\mu\text{g/l}$

Unit process	Prechlorination	Coagulation	Sand filterat.	After sand filt. (20 hrs)
Reference	31.78	40.31	43.69	53.56
Prechlorination	30.13	35.58	56.29	59.62

성되었다. 이러한 현상은 여과사에 잔존하고 있는 Humic substance 등 전구물질이 잔류염소와 반응한 결과로 해석할 수 있다. 따라서 여과사를 공정에 보충 또는 재충진할 때 3차 이상의 세척이 필요한 것으로 생각되었다.

**4. 처리공정에 따른 THMs의 농도변화**

원수를 전염소처리 하였을 때 상수처리 공정별 THMs물질의 농도변화를 종합하면 Table 4 및 Fig. 6의 결과와 같다.

결과를 보면 단위공정을 거치게 되면 THMs농도가 30 µg/l에서 60 µg/l까지 대체적으로 완만하게 증가하였으며 전염소처리후 응집침전, 모래여과공정을 거치지 않은 대조실험에 비하여 평가하면 공정을 거치는 과정에서 생성된 THMs의 농도는 잔류염소와 전구물질과의 반응이 계속 진행되어 농도는 미량이나마 계속 증가하는 것으로 보여진다. 즉 전염소 처리시 THMs의 생성은 전 처리공정을 거치는 과정에서 오히려 증가하는 것으로 결론 지을 수 있을 것으로 생각되었다.

**5. 조류 증식이 THMs생성에 미치는 영향고찰**

10일 조류 배양기간 동안의 조류 증식의 지표가 되는 Chloropyll-a 농도변화, KMnO<sub>4</sub>소비량, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub>-N 등 농도변화 조사결과 및 부엽토 추출액(부엽토 100 g을 DW 1 l로 추출여과함)첨가여부에 따른 염소처리시의 THMs생성량의 상관관계를 종합한 결과 Table 5 및 Fig. 7,8과 같다.

chloropyll-a의 농도는 배양 시작시 13.15 µg/l였으나 2일 후 5.64 µg/l로 감소하였다. 이러한 현상은

일부종의 조류가 새로운 환경에 적응하지 못하고 사멸한 결과로 보여지며 이후 급격하게 증가하여 10일

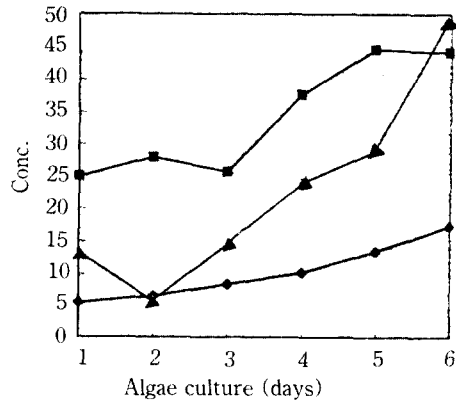


Fig. 7. Relationships of chloropyll-a, KMnO<sub>4</sub> consumption and THMs concentration by algae culture. -■- : THMs (µg/l), -▲- : Chloropyll-a (µg/l), -◆- : KMnO<sub>4</sub> (mg/l)

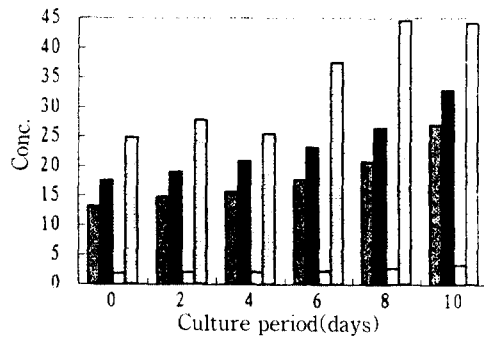


Fig. 8. THMs, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub>-N concentration by algae cultuer. ■ : Cl<sup>-</sup> (mg/l), ■ : SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mg/l), □ : NO<sub>3</sub>-N (mg/l), □ : THMs (µg/l)

Table 5. Variations of each factors analyzed by algae culture

Factors analyzed	Culture (days)						
	0	2	4	6	8	10	
KMnO <sub>4</sub> (mg/l)	A	5.30	6.30	8.11	9.91	13.21	17.11
	B*	8.11	9.31	11.41	12.91	17.31	20.21
	B-A	2.81	3.01	3.30	3.00	4.10	3.10
THMs (µg/l)	A	24.84	27.80	25.47	37.58	44.60	44.15
	B	36.78	39.04	34.56	48.21	55.56	53.44
	B-A	11.94	10.24	9.09	10.63	10.96	9.29
Chloropyll-a (µg/l)		13.15	5.64	14.55	23.94	29.24	49.22
Cl (mg/l)		13.20	14.79	15.55	17.60	20.72	27.02
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)		17.54	18.97	20.81	23.18	26.45	32.83
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)		1.82	1.99	2.06	2.27	2.72	3.28

\* Soil extracts added (soil extracts 1 ml → D.W 100 ml)

후에는 49.22  $\mu\text{g/l}$ 에 달하였다. 조류 증식에 병행하여 유기물 농도의 지표인  $\text{KMnO}_4$  소비량도 5.30  $\text{mg/l}$ 에서 17.11  $\text{mg/l}$ 로 점차 증가하였고,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ -N 등의 증가는 조류의 분해, 인인물질의 산화, 수분량의 증발 등의 요인에 의한 것으로 생각된다.  $\text{KMnO}_4$  소비량의 증가, 조류농도(chlorophyll-a)의 증가와 같이 유기물량의 증가로 THMs 물질의 전구물질량이 증가한 것을 볼 수 있다.

대체적으로 chlorophyll-a 1  $\mu\text{g/l}$  증가시 THMs 0.8  $\mu\text{g/l}$  증가하였으며 또  $\text{KMnO}_4$  소비량 1  $\text{mg/l}$  증가시 THMs 2.0  $\mu\text{g/l}$  정도가 증가하는 것으로 평가되었다. 10일 배양후  $\text{KMnO}_4$  소비량 17.11  $\text{mg/l}$ , chlorophyll-a 농도 49.22  $\mu\text{g/l}$ 로 최고값을 나타내어 THMs 물질 생성농도는 44.15  $\mu\text{g/l}$ 에 달하였다. 한편 유역에서 유입되는 유기물량의 영향을 알아보기 위하여 부엽토 추출액을 일정량 가하고 THMs 생성량의 변화를 조사한 결과  $\text{KMnO}_4$  소비량 2.81~4.10  $\text{mg/l}$  증가시 THMs 농도는 9.09~11.94  $\mu\text{g/l}$  증가하는 것으로 나타나  $\text{KMnO}_4$  소비량 1  $\text{mg/l}$  증가분에 THMs 3.0  $\mu\text{g/l}$  정도 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 잘 관리된 유역인 경우 유입 유기물의 양은 적으므로 상수원의 THM계 물질 생성의 전구물질은 주로 조류의 증식과 사멸과정에서 주로 공급되는 것으로 보아야 할 것이다. 실제로 수도권 상수원인 팔당호의 연평균 chlorophyll-a 농도는 0.84  $\mu\text{g/l}$ 이므로 전염소처리 및 상수 생산과정에서 THMs의 생성가능농도는 높지 않을 것이나 계절적 변화가 다르므로 지속적인 조사연구가 필요한 것으로 사려된다.

이상의 조사연구 결과를 종합하면 전염소 처리시 생성된 유해 THMs 유기화합물의 농도는 상수처리 공정에서 감소되지 않았으며 잔류염소가 잔여전구물질과의 계속적 반응으로 계속 증가하며 여과사를 잘 세척하지 않으면 증가량은 월등히 많아진다. 또한 상수원수의 THMs 생성의 주 전구물질은 조류의 증식에 의하여 공급된다 할수 있다.

#### IV. 결 론

상수처리시 전염소처리 및 상수원 조류증식이 THMs의 생성에 미치는 영향을 조사연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전염소 처리시 생성되는 THMs 물질농도는 응집침전, 모래여과공정을 거치지 않은 대조실험에서 전염소처리후 시간경과에 따라 31.78  $\mu\text{g/l}$ 에서 53.

56  $\mu\text{g/l}$ 으로 21.78  $\mu\text{g/l}$  증가한 반면, 정수처리공정을 실시한 실험에서는 30.13  $\mu\text{g/l}$ 에서 59.62  $\mu\text{g/l}$ 으로 29.49  $\mu\text{g/l}$  증가하여 대조실험증가에 비해 상대적으로 7.71  $\mu\text{g/l}$  (26.1%) 증가 하였다.

2. 여과사를 세척하는 횟수가 증가 할 수록 THMs 생성량이 감소하였으므로 여과사의 충분한 세척으로 THMs 생성량을 줄일 수 있다.

3. 조류증식에 따른 Chlorophyll-a 1  $\mu\text{g/l}$  증가시 THMs 0.8  $\mu\text{g/l}$  증가하였고, 조류의 성장과 사멸에 따른  $\text{KMnO}_4$  소비량 1  $\text{mg/l}$  증가시 THMs 2.0  $\mu\text{g/l}$  증가하였으므로 상수원의 THMs 생성의 주 전구물질은 조류의 증식에 의하여 공급된다.

따라서 상수원 조류농도 증가를 방지할 수 있는 방안을 강구함으로써 전·후 염소처리시 생성되는 THMs의 농도를 줄일 수 있다.

#### 참고문헌

- 1) 이종형 : 최신상수도공학, 구미서관, 125-133, 1996.
- 2) 최규철 : 수질오염공정시험법, 동화기술, 412-413, 435, 1995.
- 3) 권숙표 : 상수중 THMs 생성에 관한 연구, 1984.
- 4) Stevens A.A. slocum C.J. et al : Chlorination of Organics in Drinking Water, Journal AWWA, 68-615, 1976.
- 5) Rebhum M. & Manka J. : Classification of Organics in Secondary Effluents, Env.sci.Tech., 5-606, 1971.
- 6) 유해물질연구회 : 유해물질편람, 동화기술, 323-324, 1991.
- 7) 안승구, 엄석원, 박석기 : 먹는물의 수질관리, 동화기술, 104-110, 1996.
- 8) 안용태 : 상수도공학, 형설출판사, 341-350, 1993.
- 9) K.F.Briley et al : Algae as Precursors for Trihalomethanes in Chlorinated Drinking Water, EPA-600/2-84-005, 13, 1984.
- 10) 김응호 : 환경정화를위한 미생물학, 일진사, 45-68, 1992.
- 11) 최규석 : 도시권역 4개호소 chlorophyll-a 농도 조사연구, 1991.
- 12) Lower Mississippi River Facility, EPA : New Orleans Water Supply Study (Draft Analytical Report), Slidell, La, 1974.
- 13) Division of Cncer Cause & Prevention, National Cancer Institute : Report on the Carcinogenesis Bioassay of Chloroform, Bethesda Md.
- 14) 정용 : 유용수중 미량유기오염물질의 측정과 그 위생학적 연구, 환경공해연구소, 1987.
- 15) 유명진 : 상수처리, 동화기술, 349-391, 1995.
- 16) 서울특별시 : 한강생태계조사연구, 1994.7