

# 藻類除去를 위한 鹽素와 二酸化鹽素處理의 比較研究

## A Comparative Study on Chlorine and Chlorinedioxide Treatment for Algae Removal Process

柳 明 辰\*  
Yu, Myong Jin  
孫 銀 珠\*\*  
Sohn, Eun Joo

### Abstract

In water treatment, prechlorination is often carried out to solve the troubles caused by Algae, but produces by-products that are known to be harmful to human health.

In this study, chlorine and chlorine dioxide used for algae removal process were compared in producing trihalomethanes and haloacetonitriles to study the possibilities in using chlorine dioxide as a alternative for chlorine.

The raw water used for the study had 10,790 algae cells per one milliliter and *Ankistrodesmus* sp. were the most common.

### 要 旨

上水處理 과정에서 藻類(Algae)에 의한 장애를 해결하기 위하여 前鹽素處理가 종종 사용되는데, 이때 鹽素는 人體에 유해한 물질을 생성시킨다.

本 研究에서는 鹽素의 代替 殺藻劑로 사용가능성을 검토하기 위하여 藻類濃도가 높은 原水를 鹽素 및 二酸化鹽素로 처리할 때 발생하는 THM 과 Haloacetonitriles 의 생성량을 비교하였다.

시료수에는 *Ankistrodesmus* 가 가장 많았으며 조류농도는 1 ml 당 10,790 cell 정도였다.

### 1. 序 論

上水處理場內에서 발생하는 문제중 25% 정도는 原水 및 處理場內의 生物발생에 기인하는데 미국에서 5년동안 조사된 바에<sup>(1)</sup> 의하면 Algae, 철박테리아, pond weed 의 14種의 생물이 문제를 일으켰으며 전체 건수중 Algae 에 의한 것이 54%를 차지했다고 한다.

藻類細胞의 構成成分은 확실하게 알려지지 않고 있으나 炭素, 水素, 酸素, 窒素, 磷으로 이루어져 있으며 carotens, chlorophylls, xanthophylls, phycobilin 같은 光合成 色素를 가지고 있고 光合成 反應에 의하여 합성된다<sup>(2)</sup>.

藻類의 成장은 季節別, 日沒, 日出時間에 따른 태양광선등 自然條件의 영향을 받으며, pH, 停滯時間, 溫度, 營養物質에 의해서도 종류 및 성장조건이 달라진다. 따라서 水源池나 淨水場에서 水溫, 일사량등이 藻類의 증식인자에 알맞

\* 正會員 · 서울市立大學 副敎授

\*\* 正會員 · 서울市立大學 附設 首都圈開發研究所 研究員

은 조건이 되면 조류가 繁昌하게 된다.

藻類는 色度, 濁度 냄새를 유발할 뿐 아니라 放射能物質을 흡수 농축하고 飲用時 胃腸障害의 원인이 되기도 한다. 藻類가 증가하면 有機物이 합성되어 수질이 악화되며 광합성작용에 의해 수중의 炭酸가스 농도가 감소되므로 pH가 높아져 配管에 대한 腐蝕性이 높아진다. 상수처리 과정에서는 濾過池에 slime이 형성되며 濾過池 및 配管이 막히는 등 처리의 기능을 저하시킨다. 또한 조류세포의 代謝物質 및 藻類의 死滅分解에 의해서 나오는 溶解性 Humic substance의 排出은 THM 생성에 관계되어 藻類는 THM 발생의 前驅物質이 된다<sup>(1,2)</sup>.

藻類발생으로 인한 문제점을 해결하기 위하여 水源池에서 황산동(CuSO<sub>4</sub>) 및 망간산칼리(KMnSO<sub>4</sub>)를 주입하여 살조하거나 상수처리 과정에서 鹽素系化合物 또는 오존(O<sub>3</sub>)에 의한 살조후 Alum 및 粉末活性炭을 이용하여 flocc으로 형성시켜 沈澱方式으로 제거하였으며, 그 외 virus를 이용한 분해, 超音波에 의한 제거 등의 방법이 이용되었으나 완전한 제거 방법은 얻지 못하고 있다<sup>(3,4)</sup>.

현재 많은 상수처리장에서는 조류가 번창하는 시기에 前鹽素處理方法에 의하여 殺藻하여 凝集沈澱過程에서 제거하는데 鹽素는 殺藻力, 安定性 등 살조제로서 많은 장점을 가지고 있으나 藻類의 死滅分解로 의한 Humic substance와 결합하여 여러가지 인체에 유해한 화합물을 생성시킨다는 단점이 있다.

그중에서도 Trihalomethane(THM)은 發癌物質임이 밝혀져서 미국은 0.1ppm, 일본, 0.1ppm 캐나다 0.35ppm으로 規制値를 설정하고 있다<sup>(4,5)</sup>.

鹽素 이외에 消毒劑로 사용되는 二酸化鹽素는 수처리과정에서 일어나는 확실한 反應메카니즘은 알려지지 않고 있으나 THM 생성이 거의 안되고 消毒力이 鹽素보다 높은 것으로 알려져, 캐나다 미국은 물론 물맛에 민감한 유럽(서독, 스위스, 프랑스, 벨기에, 이태리, 화란)등 각국에서 二酸化鹽素의 사용이 증가되고 있다. 따라서 二酸化鹽素가 殺藻劑로 도입된다면 有害物質生成에 대한 문제가 해결될 수 있을 것이다<sup>(6-8)</sup>.

그러므로 本 研究에서는 藻類가 上水原水에 문제를 일으키는 기간 중, 조류 濃度와 種類를 관찰하고 鹽素의 代替 殺藻劑로서 二酸化鹽素의 도입 가능성에 대하여 연구하였다. 즉 鹽素와 二酸化鹽素를 시간 및 농도를 다르게 하여 원수와 접촉시켜 생성된 THM 및 Haloacetonitriles을 정량하여 그 처리과정을 比較研究한 것이다.

## 2. 殺藻에 대한 理論的 考察

### 2.1 鹽素에 의한 殺藻時의 問題點

미국 EPA(Enviromental Protection Agency)에서는 鹽素와 반응하여 생성되는 有害物質에 많은 관심을 가지고 있으며 이중 중요한 물질을 선정하여 人體에 미치는 영향을 표 2-1과 같이 발표하였다<sup>(9)</sup>.

표에 나타난 바와 같이 5種의 유해물질이 주로 문제시되고 있는데 THM은 發癌物質이며 肝에 영향을 주고, haloacetonitriles은 胎兒에, dichloroacetic acid는 神經系와 眼球에 毒性을 끼치며 chlorophenol은 腫瘍, chlorinated keton은 遺傳機構에 관계한다. 이러한 물질중 THM과 haloacetonitriles에 대하여 자세히 살펴보기로 한다.

THM 형성의 前驅體로서 알려진 humic substance는 植物體, 藻類, 廢水 등 그 출처가 다양하며 分子量에 따라서 Humic acid, humatomeanic, fulvic acid로 구분된다. THM은 수중의 humic substance 형태의 有機物과 鹽素와 반응하여 생성되며, chloroform, dichlorobromomethane, dibromochloromethane, bromoform의 총량을 TTHM(Total Trihalomethane)이라고 한다<sup>(9,10)</sup>.

Humic substance의 구조는 그림 2-1과 같으

며 이중  $[R-\overset{\text{O}}{\parallel}{C}-CH_2]$ 가 염소와 결합하여 THM을 생성시키는 메카니즘을 Baller, Rock 등이 그림 2-2와 같이 제안하였다<sup>(11,12)</sup>.

THM 생성량은 前驅物質의 濃度나 水溫, pH, 鹽素添加量, 鹽素와의 接觸時間 등에 영향을 받으나 전구물질의 농도에 1차적으로 比例하여 증가하며 접촉시간과 pH 영향을 많이 받는다. 그

표 2-1. Summary of health effects associated with chlorination by products

Chemical Class	By-product	Toxicological Effects
Trihalomethanes	Chloroform	Carcinogenic, hepatotoxic, renal toxic
	Dichlorobromomethane	Hepatotoxic, renal toxic
	Dichlorobromomethane	Hepatotoxic, renal toxic
	Bromoform	Hepatotoxic, renal toxic
Haloacetonitriles	Chloroacetonitrile	Genotoxic, developmental
	Dichloroacetonitrile	Mutagenic, genotoxic, developmental
	Trichloroacetonitrile	Genotoxic, developmental
	Bromochloroacetonitrile	Mutagenic, genotoxic, developmental
	Dibromoacetonitrile	Genotoxic, developmental
Haloacid derivatives	Dichloroacetic acid	Metabolic derangement, Neurotoxic, ocular lesions, aspermatogenesis
	Trichloroacetic acid	Increased hepatic peroxisomes
Chlorophenols	2-Chlorophenol	Fetotoxic, tumor promotor
	2-4-Dichlorophenol	Fetotoxic, tumor promotor
	2-4-6-Trichlorophenol	Carcinogenic
Chlorinated ketones	1, 1-Dichloropropanone	Mutagenic
	1, 1, 1-Trichloropropanone	Mutagenic
	1, 1, 3, 3-Tetrachloropropanone	Mutagenic

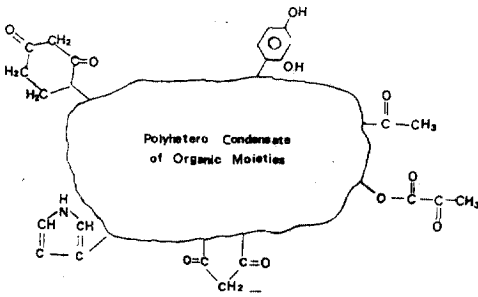


그림 2-1. Model Humic compound

러나 전구물질의 反應經路가 매우 복잡하여 아직 THM 生成機作이 이론적으로 확실히 밝혀지지 않고 있다. 생성반응은 鹽素와 前驅物質이 모두 소모될 때까지 일어나므로 수중의 유기물이 제거되거나, 鹽素이외의 藥品이 주입되지 않는 한 THM 은 형성될 것이다.

haloacetonitriles 은 과거에는 문제가 되었던 화합물이 아니었으나 최근 EPA 에서 밝힌 바에 의하면 胎兒 및 遺傳性에 毒性을 가지고 있으며 THM 과 같이 halogen 原素들이 존재할 때 발생한다.

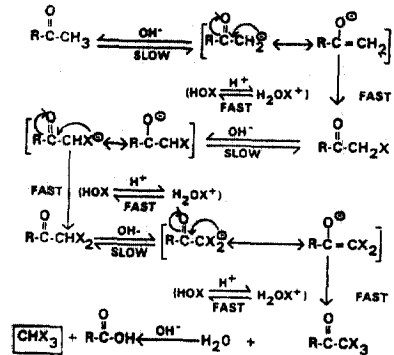


그림 2-2. Haloform reaction pathway

haloacetonitriles 의 발생은 N 成分에 관계하므로 富營養化된 原水에서 많이 발생할 가능성이 있으며 따라서 살조시에는 藻類 構成成分중 N 成分 때문에 발생이 가능하다.

chloroacetonitrile, dichloroacetonitrile, trichloroacetonitrile 은 鹽素系 살조제 주입시 많이 발생되나 bromochloroacetonitrile, dibromochloroacetonitrile 은 brom 이온이 존재할 때 발생하므로 상수원수중의 조류제거제는 수중에 많이 발생하지 않는다<sup>(9, 13)</sup>.

## 2.2 代替 殺藻劑로서의 二酸化鹽素

二酸化鹽素는 1811년 Humphrey Daby 에 의해 발견되어 유럽에서 주로 有機物 제거를 목적으로 이용되었는데 1975년 이후 세계 각국에서 水處理工程에 도입이 급증하였다. 二酸化鹽素의 合成方法중 대표적인 것은 다음과 같은 4가지 방법이다<sup>(6,14)</sup>.

- ①  $5\text{NaClO}_2 + 4\text{HCl} \longrightarrow 4\text{ClO}_2 + 5\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$
- ②  $2\text{NaClO}_2 + \text{NaOCl} + 2\text{HCl} \longrightarrow 2\text{ClO}_2 + 3\text{NaCl} + \text{H}_2$
- ③  $\text{HOCl} + \text{HCl} + 2\text{NaOCl} \longrightarrow 2\text{ClO}_2 + 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
- ④  $2\text{NaClO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{HClO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$   
 $4\text{HClO}_2 \rightleftharpoons 2\text{ClO}_2 + \text{Cl}^- + \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$   
 $2\text{HClO}_2 \rightleftharpoons \text{HOCl} + \text{ClO}_3^- + \text{H}^+$

①~③은 현재 淨水場에서 쓰고 있는 방법으로, ②, ③ 방법은 기존의 鹽素 주입기를 변경하여 사용할 수 있다.

④의 방법은 pH에 따라서 다소 차이는 있지만 HOCl이 7% 정도 존재하게 된다. 二酸化鹽素는 紫外線에 의해 分解되는 성질이 있고 대기중 11% 이상 존재할 때 폭발성이 있어서 취급상 문제점이 있으나 염소보다 비교적 넓은 pH 범위에서 사용할 수 있고 鹽素와 같은 殘留性을 가졌으며 無機物(Fe, Mn 등), phenol로 인하여 생성된 냄새, 맛의 제거와 色度 및 濁度의 제거가 가능하다. 또한 鹽素보다 강한 殺菌力을 가지고 있으며 THM 생성이 거의 되지 않는다고 알려져 있다<sup>(6,14,15)</sup>.

수처리상에서 발생하는 化學的 反應에 대하여는 현재까지 완전히 이해되고 있지 않으나 二酸化鹽素는 鹽素 대신 代替 殺藻劑로서 사용이 가능할 것으로 생각된다.

## 3. 實驗 方法

### 3.1 試驗水의 準備

降雨量, 溫度, 上流댐의 수문작동여부, 태풍 등의 영향으로 문제를 일으키는 藻類濃度의 발생시기가 매년 같지는 않다.

따라서 원수중 藻類로 인하여 濾過池가 막혀 문제를 일으키는 기간중에 원수를 채수하고자 한강물을 원수로 사용하는 보광동 수원지에서

着水井에 도달하는 원수를 4日 간격으로 채수하여 조류의 농도를 관찰하다가 조류 농도가 높아진 '86年 10月 10日에 채수하였다. 또다 河川과 貯水池에서의 藻類의 농도를 비교하기 위해 京畿道 水原 소재의 광교 수원지의 원수를 채수하였다.

실험실에 운반된 원수는 50cm×70cm×70cm의 아크릴 수조에서 자연상태의 환경을 유지시키고자 光量을 조절하여 日照時間과 같게 照明하여 주었으며 曝氣(aeration)를 하여 실험기간중의 원수를 일정하게 유지시켰다. 藻類의 종류는 현미경을 사용하여 standard method에 있는 藻類圖와 대조하여 구별하였으며, 농도는 standard method에 의하여 Sedwick-Rafter counting chamber(USA, CMS 제품)에 large bore pipet으로 1ml 만큼 원수를 주입하여 顯微鏡下에서 측정하였다. 정량 계산방법은 field counting法으로 하였으며 계산식은 다음과 같다<sup>(16)</sup>.

$$\frac{\text{No}}{\text{ml}} = \frac{\text{C} \times 1000 \text{mm}^2}{\text{A} \times \text{D} \times \text{F}}$$

C : No of organisms counted

A : area of a field mm<sup>2</sup>

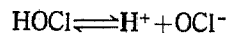
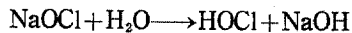
(whipple grid image area)

D : depth of field mm(S-R cell depth)

F : number of fields counted

### 3.2 鹽素와 二酸化鹽素의 發生

本 實驗에서 鹽素는 1%(W/V) 차아염소산나트륨(NaOCl Shinyo Co Japen) 용액으로 주입하였으며 차아염소산 나트륨의 수중에서의 반응식을 다음과 같다.



즉 鹽素를 주입하였을때와 같이 HOCl과 OCl<sup>-</sup>가 존재하며 그 양은 pH에 따라 달라진다. 二酸化鹽素는 standard method에 있는 그림 3-1에 보인 바와 같은 방법으로 合成하여 사용하였다<sup>(16)</sup>.

A의 삼각 플라스크에 蒸溜水를 넣고 공기를 통과시켜 세정한 후 B삼각 플라스크에서 黃酸과 sodium chlorite(NaClO<sub>2</sub>)를 서서히 접촉시켜 二酸化鹽素를 발생시킨다. C삼각 플라스크에는 생성된 二酸化鹽素가스의 순수도를 높이기 위해

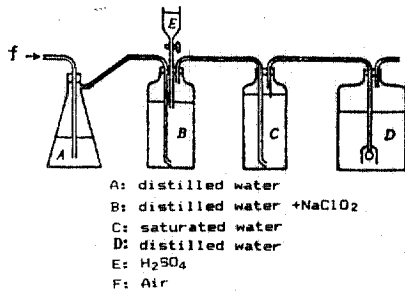


그림 3-1. Chlorine dioxide generation and absorption system

sodium chlorite 飽和溶液에 반응시킨 후 D삼각 플라스크의 증류수에 녹여 4°C 이하에서 보관하였다가 사용하였다. 이때 반응식은 앞장에서 설명한 二酸化鹽素 발생방법중 네번째 방법과 같으며 HOCl이 7% 정도가 ClO<sub>2</sub>와 混在하였다. 鹽素와 二酸化鹽素의 殘留鹽素測定은 standard method에서 iodometric method에 의하였으며 각각 Cl<sub>2</sub> mg/l로 계산하였다.

### 3.3 接觸 方法

鹽素는 차아염소산나트륨 1%(W/V) 용액으로 시험수가 염소농도 2, 3, 5, 10 ppm이 되도록 주입하였다. 二酸化鹽素는 발생시킨 300~500 ppm의 원액을 蒸溜水에 희석하여 100 ppm의 주입원액을 만들어 시험수가 鹽素濃度로 2, 3, 5, 10 ppm이 되도록 주입하였다.

일반적으로 前鹽素處理는 1, 2 ppm이나 藻類 발생시기에는 2, 3 ppm을 주입하므로 본 실험에서는 상수처리장에서 조류발생시 사용하는 농도

인 2, 3 ppm과 조류농도가 높았을 때 鹽素와 二酸化鹽素에 의한 鹽素有機物質의 생성량 정도를 비교하기 위해 이보다 높은 농도인 5, 10 ppm을 선택하여 이용하였다. 생성량은 溫度에 관계하므로 시험수를 채수해 오던 날의 원수의 온도와 같은 18°C에서 접촉시간 30 시간까지의 THM 및 haloacetonitriles의 生成量을 정량하였다. 접촉전의 시험수의 pH는 7.2였다.

### 3.4 分析 方法

分析은 EPA에서 제안한 방법중 溜媒推出法(liquid-liquid extraction)으로 하였다. 원수의 推出法은 15ml vial을 蒸溜水로 세척후 100±5°C에서 1시간 건조시켜 사용하였으며, vial에 sample 10ml와 n-pentane을 넣고 feflon-sheet, silicon rubber, parafilime cap을 차례로 놓인 후 진동기로 2분간 흔들어 준 후 3분간 방치하여 두층으로 분리되면 syringe로 위의 층을 GC(gas-chromatography)에 주입하였다<sup>(17,18)</sup>.

GC(Hewlett Packard 5890A)의 운전 조건은 표 3-1과 같으며, 이때 분석항목은 THM 중 chloroform dichlorobromomethane, dibromochloromethane을 haloacetonitriles은 chloroacetonitrile, bichloroacetonitrile을 각각 측정하였다. 또한 THM과 haloacetonitriles을 standard화하기 위하여 99.9% 순도의 시약을 각각 0.5ml씩 취한 후 증류수도 1000 ml까지 희석하여 500 ppb stock solution을 만들었고 이것으로 25, 100, 150, 250, 400 ppb되게 희석하여 檢量線을 작성하였다.

또한 500 ppb stock solution 용액을 n-pentane으로 추출하여 분석한 후 data processor에 stan-

표 3-1. G-C operation condition

	Trihalomethanes	Haloacetonitriles <sup>a</sup>
Column	Hp-1(Methyl Silicone 50m *0.22mm I.D)	5% Phenyl Methyl Silicone 530
Injection Temp. Column Temp.	250°C	240°C
Initial	60°C	60°C
Final	200°C	190°C
Program rate	5°C/min	5°C/min
Detector Temp.	280°C	270°C
Detector	ECD(Ni63)	ECD(Ni63)
Carrier gas	N <sub>2</sub> (3ml/min) 99.99%	N <sub>2</sub> (3ml/min) 99.999%
Split mode	Split ratio(50 : 1)	Split ratio(50 : 1)

dard peak 로 입력하고 sample 과의 retention time 을 비교하여 정성하였으며 검량선과 stock solution, sample 의 peak 면적을 비교하여 정량하였다. 증류수의 공시험을 하였으며 鹽素와 二酸化鹽素 주입전에 THM 과 haloacetonitriles 의 함량을 알기 위해 원수를 분석하였다. stock solution 의 製造와 검량선작성은 재분석시마다 다시 하였다.

#### 4. 實驗結果 및 考察

##### 4.1 試驗水

分析에 사용한 보광동 원수중에는 ankistrodesmus 가 가장 많았으며, 濾過池폐쇄를 일으키는 fragilaria 와 anacystis, 냄새와 맛을 유발시키는 syndra, 汚染수에 많이 존재하는 spirogyra 등이 주종을 이루고 있었으며 diatom, chlorella 등도 소수 발견되었다. 京畿道 水原의 광교水源池 원수에는 매우 다양한 종류의 조류들이 관찰되었다. 보광동 着水井에서 채수한 원수를 실험실에서 가급적 자연환경을 유지시켜 사용하였으나 원수를 유지시키는 기간 중 藻類成長에 알맞는 조건이 형성되어 조류의 농도가 채수시에 비하여 높아졌으며 분석에 사용한 시험수의 조류농도는 ml 당 총 10,790 개의 藻類細胞였다. 시험수의 조류분포는 표 4-1 과 같다.

##### 4.2 THM 生成濃度

시험수에 鹽素를 5ppm 주입하였을 때 chloroform, dichlorobromomethane, dibromochloromethane 생성에 따른 시간별 농도변화는 그림 4-1 과 같다. 鹽素 및 二酸化鹽素를 鹽素농도 2,3, 5,10ppm 되게 시험수에 주입하였을 때 THM 生成은 각각 그림 4-2, 4-3 과 같다.

THM 생성은 24 시간 내에 반응시 주로 이루어졌으며 8 시간까지 급격히 진행되었다. 현 정수장에서 사용하는 鹽素농도인 2,3 ppm 의 경우 THM 발생이 0.1 ppm 이하였으나 5 ppm 주입시 0.1 ppm 을 초과하였으며 주입농도가 증가함에 따라 증가하였다.

二酸化鹽素 주입시 생성된 THM 은 2.3 ppm 일 경우 매우 적었으며 5ppm 인 경우 0.4 ppm 정도였다. 二酸化鹽素에 의한 THM 발생은 본 실험에 이용한 二酸化鹽素 발생 과정에서 염소가 7%정도 생성되어 존재하므로 발생된 것이라고 생각된다. 또한 bichlorobromomethans, dibromochloromethane 의 생성은 chloroform 에 비하여 매우 적었다.

##### 4.3 Haloacetonitriles 生成濃度

시험수에 二酸化鹽素를 5ppm 주입하였을 때 chloroacetonitrile 과 dichloroacetonitrile 은 그림 4-4 에 보인 바와 같이 생성되었다.

鹽素 및 二酸化鹽素를 염소농도로 2.3,5,10 ppm 주입하였을 때 haloacetonitriles 생성량은 각

표 4-1. Concetration of algae and species corresponding with sample

사료명	구분	조류명 및 크기(μm)	평균농도(Number/ml)
한강원수(86.10.10 보광동에서 채수)	Spirogyra sp	200~400	1,100
	Ankistrodesmus sp	30~40	6,000
	Anacystis sp	100~200	2,390
	Fragilaria sp	50~100	500
	Synedra sp	100~200	300
	기타		500
	합계		10,790
(86.10.10 경기도 광교 수원지에서 채수)	Fragilaria sp		
	Closterium sp	Chlorella sp	
	Anacystis sp	Sphaerocystis sp	
	Aphaniozomenon sp	Scenedesmus sp	
	Spirogyra sp	Coelastrum sp	
	Tabellaria sp	Asterionella sp	
	Melosira sp		

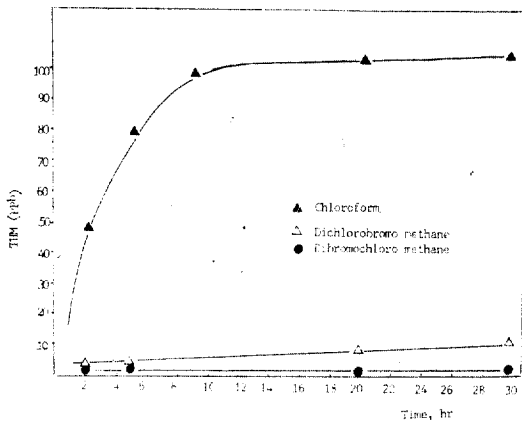


그림 4-1. The concentration of Chloroform, Dichlorobromomethane and Dibromochloromethane with 5mg/l Cl<sub>2</sub>

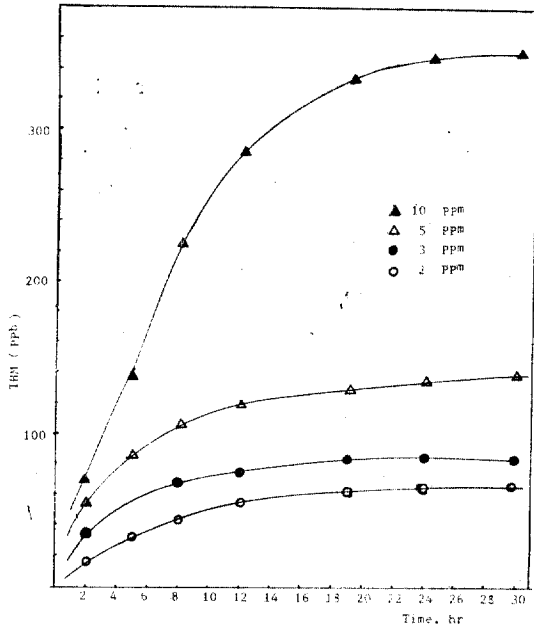


그림 4-2. The formation of Trihalomethanes VS contact time with Cl<sub>2</sub>

각 그림 4-5, 4-6 과 같다.

haloacetonitriles 생성반응은 초기 수시간 이내에 급격히 일어났으며, 시간이 경과함에 따라 반응이 둔화되어 30 시간 정도 경과되었을 때는 반응의 진행이 거의 없었다.

haloacetonitriles 생성은 주입된 염소농도보다

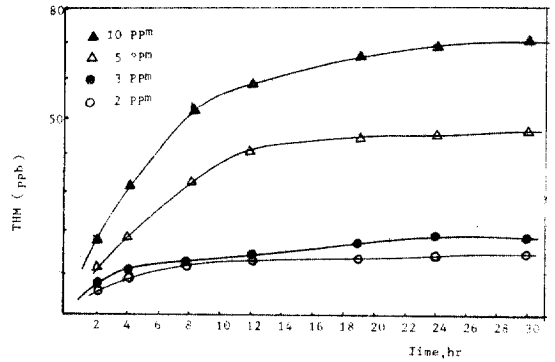


그림 4-3. The formation of Trihalomethanes VS contact time with ClO<sub>2</sub>

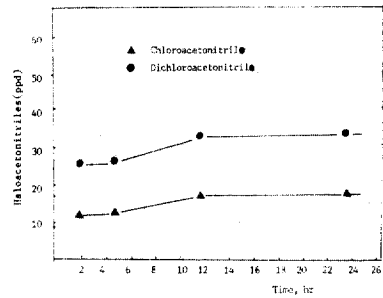


그림 4-4. The concentration of Chloroacetonitrile and Dichloroacetonitrile with 5mg/l Cl<sub>2</sub>

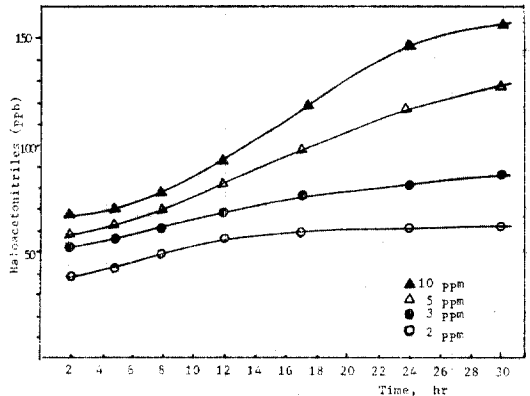


그림 4-5. The formation of Haloacetonitriles VS contact time with Cl<sub>2</sub>

시험수중에 존재하는 염소농도에 좌우되는 것 같으며 藻類細胞 構成成分중 염소成分은 炭素濃도보다 적으므로 THM 보다 적게 발생된다고 생

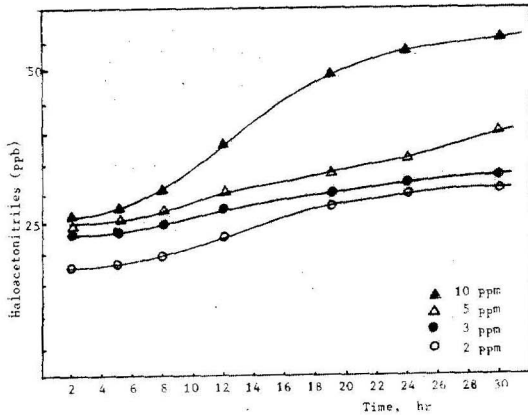


그림 4-6. The formation of Haloacetonitriles VS contact time with ClO<sub>2</sub>

각된다.

二酸化鹽素 주입에 따른 haloacetonitriles의 생성량은 염소주입에 비하여 2,3 ppm의 경우 1/2 이하였으며 5, 10 ppm의 경우 1/3 정도로 二酸化鹽素 주입시에 언제나 적었다.

## 5. 結 論

鹽素의 代替 殺藻劑로서 鹽素와 二酸化鹽素를 비교하고자 조류제거시 생성되는 THM과 Haloacetonitriles을 分析하여 비교한 결과는 다음과 같다.

1. 試料水에는 ankistrodesmus가 가장 많았으며 藻類의 혼합농도는 시료 1ml 당 10,790 cell이었다. 또한 貯水形態의 水源池에서는 한강수에서보다 많은 종류의 藻類가 발견되었다.

2. 鹽素 2.3 ppm 처리시 THM 발생은 0.1 ppm 이하였으나 5 ppm 처리시 0.13~0.15 ppm 정도였다.

3. 二酸化鹽素 2.3 ppm 처리시 THM은 거의 생성되지 않았으며 5ppm 처리시 0.04~0.05 ppm으로 鹽素보다 월등히 적었다.

4. 二酸化鹽素 2.3ppm 주입시 haloacetonitriles은 염소보다 1/2 정도 적게 발생하였고 5.10 ppm 주입시 발생량도 鹽素보다 적었다.

5. 위의 結果로부터 二酸化鹽素는 鹽素보다 藻類除去시 발생하는 有害物質의 양이 월등히 적었다.

二酸化鹽素處理시 THM 및 haloacetonitriles 발생은 본 實驗에서 이용한 二酸化鹽素發生過程에서 鹽素가 7%정도 함께 생성되는데 기인하는 것으로 생각되며 순수한 二酸化鹽素만 사용한다면 이들 물질의 발생은 더욱 감소하리라 생각된다. 또한 二酸化鹽素의 여러 長點을 고려한다면 鹽素의 代替 殺藻劑로서 二酸化鹽素를 도입하는 것이 가능하다고 생각된다.

## 感謝의 말

本 研究는 서울시 研究造成費에 의해 遂行되었으며 이에 感謝를 드립니다.

## 參 考 文 獻

1. J.K. Sivey, D.E. Henly and J.T. Wyatt, "planktonic Blue-gree Algae; Growth and odorproduction studies", *J. WAWA*, Vol. 64, 1972, pp. 35~39.
2. Charles B. Muchmore, "Algae control in water supply Reservoirs", *J. AWWA*. Vol. 70, 1978, pp. 72~75.
3. Barry G., oliver and David B. shindler, "Trihalomethane from the chlorination of aquatic Algae", *Enviromental science & Technology*, Vol. 14, No.12, 1980, pp. 268~274.
4. Francis L. Evans 3, "Ozone in water and waste water Treatment" Annabor Science 1972, pp. 90~100.
5. 一戶正, "上下水道をめぐる動向", 用水と廢水, Vol. 75, No. 4, 1983.
6. Katz, "Ozone and chlorinedioxide Technology for disinfection of drinking water", Noyes, 1978, pp. 9~10.
7. Benjamine W. Lykins Jr. and Mark H. Griese, "Using chlorinedioxide for Trihalomethane control" *J. AWWA* Vol. 78, 1986, pp. 88~93.
8. P,L, Knoppert. G, oskam. and E,G, Vreedenburgh, "An overview of European water treatment practice", *J. AWWA*, Vol. 72, 1980, pp. 592~599.
9. Lyman. W. Condie, "Toxicological problems associated with chlorinedioxide", *J. AWWA*, Vol. 78, 1986, pp. 73~78.



10. 丹保憲仁, “水道とトリハロメタン”, 技報堂出版社, 1983, pp.33.
11. J.C. Morris, B. Baum, “precursors and Mechanisms of Haloform formation in the chlorination of water Supplies”, *Environmental Impact and Health Effect*, Vol. 31, 1982, pp.4.
12. 서울特別市 上下水局, “鹽素處理時 THM 發生 調査研究報告書”, 1984, pp.9~10.
13. R.R. Jrussel and M.D. Unphres, “The formation of Trihalomethane”, *J. AWWA*, Vol. 78, 1978. pp.607.
14. White, “*Handbook of Chlorination*” van Nostrand Reinhold Company, 1982. pp.600~602.
15. E. Macro Aieta and James, D. Bery, “A Review of Chlorine Dioxide in Drinking Water Treatment”, *J. AWWA*, Vol. 78, 1986. pp.62~69.
16. WPCF, “*Standard Method*” 16 Edition, pp.298~302, pp.320~321.
17. R.R. Freeman and J.W. pratt, “*Rapid Trihalomethane Analysis Using an Autometed Dual-channel Gas\_Chromatography System*”, Hewlett packard, Application note An 228-19, 1985, pp.1~7.
18. Mehrzard F. Mehran, R.A. sifker and W.J. copper, “A Simplified Liquid-Liquid Extraction Method for Analysis of Trihalomethanes in Drinking water”, *J. Chromatographic Science* Vol. 22, 1984.

(接受: 1987. 7. 30)