

# DUOZON-두오존

## — 고농도 이산화염소(CIO<sub>2</sub>) 용액 —

### 신 광 범

(주)제아린 아세아 전무이사)

### 1. DUOZON 의 소개

DUOZON( 두오존 )은 세계 유일의 실용화된 순수 이산화염소(CIO<sub>2</sub>) 용액으로 서독의 Cealin Chemische Fabrik GmbH가 발명, 특허(서독 DE 2730883C3)를 득한 초강력 산소계 산화제로서 현재 구미 선진국에서는 환경문제 해결은 물론 다음과 같이 여러 분야에 실용화 되어 사용되고 있다.

- 종합 수처리 분야 ( 상수 및 지하수처리 , 공업용수처리, 폐수처리 )
- 살균소독분야
- 악취의 탈취 및 청정분야
- 고순도표백분야 ( 섬유, 제지, 식품 )

이제 우리나라도 서독 Cealin사의 DUOZON 생산기술과 Know-How 를 (주)제아린아세아에서 도입하여 국산화에 성공함으로써 점차 심각해지는 환경오염문제를 해결하여 쾌적한 생활환경 조성으로 국민위생과 건강을 보호하는데 일익을 담당하게 되었다.

### 2. DUOZON 의 필요성

우리나라는 그 동안 경제개발의 성공으로 우

리의 생활환경과 질이 급격히 향상됨에 따라 생활용수의 양적 요구가 급격히 증대되어 정부에서는 상수도 확충사업에 많은 예산을 투입하여 왔으며, 6차 경제사회개발 5개년계획이 완료되는 1991년에는 상수도 보급율이 전국적으로 80%(시급 97%, 읍면급 41%)에 달하게 된다.

그러나 경제개발의 성공에 따른 산업화, 도시화로 우리들의 생활환경 오염은 날로 심화되어 가고있다. 이중 상수원의 수질오염으로 만족스러운 양질의 수도물을 국민에게 생산, 공급하기 매우 어렵게 되고있다.

따라서 다음과 같이 DUOZON(두오존) 즉, 이산화염소(CIO<sub>2</sub>)를 이용한 음용수처리분야를 중심으로 고찰해 보기로 한다.

### 3. 음용수의 수질조건

산업의 발달과 생활수준의 향상으로 우리가 사용하는 물의 수요량이 증가되고 자연계에서 얻을 수 있는 물의 질은 인간의 위생 및 건강 측면의 욕구에 적합하지 않으므로 가장 과학적이며 경제적인 방법으로 물을 처리하여 맑고위생적이며 물 맛이 좋은 물을 공급하여야 한다.

우리가 마시는 물은 인간이 가장 중요하게 여기는 식품으로 무색, 투명, 무취, 신선해야 하며 물의 맛에 이상이 없어야 하고, 화학적, 미생물학적으로 인체에 해를 주는 물질이 있어서는 안된다.

다시 말해서 식수에는 수인성병균, 콜리포름(Coliform), 박테리아 등의 미생물이 없어야 하며 악취를 내는 유화수소( $H_2S$ )나 설파이드(sulfide)계 화합물이 있어서는 안되며 물의 투명도와 색, 냄새, 맛을 자극하는 철( $Fe^{+2}$ ), 망간( $Mn^{+2}$ ), 페놀(Phenol), 물때(Bacterial slim, Biolim), 해조류(Algae), 곰팡이류, 부패물질(Humus material)이 없거나 아주 소량 있어야 한다.

구미 선진국의 일부를 제외한 대부분의 나라에서는 위에서 기술한 미생물, 유기물, 무기물을 제거 하기 위하여 염소( $Cl_2$ )를 사용하고 있다.

그러나 염소( $Cl_2$ )는 부패물질(Humus material)과 반응하여 유해한 유기염소계 화합물들(THMs)이 생성될 뿐만 아니라 페놀(Phenol)과 반응하여 물의 맛을 저하시키며 냄새를 나게 하는 클로로페놀(Chlorophenol) 화합물이 생성된다.

## 4. 이산화염소( $ClO_2$ )의 음용수 처리효과

### 4.1 음용수의 살균소독

음용수를 살균소독하는 방법에는 오존( $O_3$ ), 염소( $Cl_2$ ), 이산화염소( $ClO_2$ ), 자외선, 은이온, Iodine, Bromine, 끓이는 법 등의 방법이 있다.

그러나 주로 대부분 수도물의 소독에 사용되어 오고 있는 방법은 염소소독이다. 19세기 중반부터 사용되어온 염소소독은 매우 경제적이면서 좋은 소독제이지만 수중의 화학물질(Halogenated Organics)과 결합하여 클로로포름(Chloroform)을 비롯한 Trihalomethane 류(THMs)의 발암물질을 생성하여 인체에 해를 줄 수 있다고 밝혀져 이의 대안으로 오존처리법과 자외선이용법이 거론되고 있으나 이는 장치시설비와 생산에 필요한 전력비의 과다로 비경제적이다. 그러므로 최근에는 이산화염소( $ClO_2$ )이용의 소독 방법이 널리 사용되어 지고 있다.

이산화염소(Chlorine dioxide,  $ClO_2$ )는 염소( $Cl_2$ )보다 물에 대한 용해도가 5배나되며 물속에서 염소와 같이 가수분해나 불균등분해를 하지 않는다.

그리고 이산화염소는 염소와 달리 아민이나 아미노산의 질소원자와 N-Chlorination 과 반응이 일어나지 않아 염소와 비교할 때 더 좋은 산화력과 살균력을 가지며 유독하고 자극적인 화합물을 만들지 않는다.

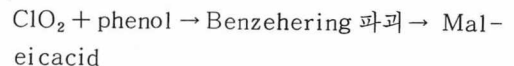
또한 이산화염소는 세균의 막(membrane)을 공격하거나 직접 박테리아에 침투하여 단백질 합성을 방해하므로 생명체의 mechanism을 파괴하며, 염소소독으로 살균되지 않는 바이러스(Virus)도 살균 시킨다.

### 4.2 음용수의 악취제거

물의 악취는 단백질의 부패에서 생기는 암모니아, 아민, 유화수소 등에 기인할 뿐만 아니라, 질소 및 유황원자를 포함하는 아미노산, Cystein, Systin, Tryptophan, Tyrosin 등의 화합물이 미생물의 대사에 의하여 악취를 내는 화합물로 변하게 된다. 뿐만 아니라 페놀, 클로로페놀, 부패물질, 조류, 물때 등은 좋지 않은 냄새를 나게 한다.

이와 같은 악취를 제거하기 위하여 염소를 사용하면 더 나쁜 악취를 내는 염소화된 화합물을 생성한다. 그러나 이산화염소를 사용하면 강한 산화력 때문에 악취성분을 쉽게 제거할 수 있다.

예를 들어 염소로 페놀이 포함되어 있는 물을 처리하면 더 심한 악취를 발생시키는 클로로페놀이 생성된 이산화염소는 페놀을 Maleic acid 나 Oxalic acid 로 산화시켜 무색, 무취의 화합물로 만든다.



또한 유화물인 유화수소( $H_2S$ )나 설파이드(Sulfide)계 화합물은 이산화염소와 반응하여 설파옥사이드(Sulfoxide)나 설파산(Sulfon acid)으로 산화시켜 무독, 무취의 화합물을 만든다.



그리고 물때, 해조류 및 부패물질 등은 염소

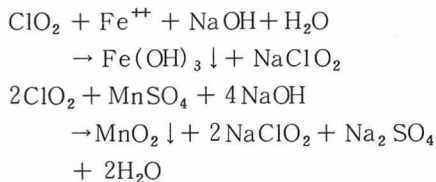
로 쉽게 이 냄새를 제거할 수 없으며 오히려 유해한 유기염소계화합물(THMs)을 생성한다. 이산화염소는 이들의 냄새를 쉽게 제거할 수 있으며 유해한 유기염소계 화합물도 생성시키지 않는다.

### 4.3 음용수의 맛과 색깔

일반적으로 음용수는 시각적으로 무색 투명하며 취각적으로 냄새가 없고 신선해야 하며 적당량의 무기물과 산소 및 탄산가스가 용해되어 있어야 한다.

앞에서 이미 설명한 바와 같이 많은 종류의 유기물, 미생물, 부패물질 등을 염소로 처리하면 반응도 잘 진행되지 않으며 또한 염소에 의하여 생성된 화합물은 물맛을 좋지 않게 한다. 그러나 이산화염소를 사용하면 염화물이 생성되지 않고 강력한 산화력으로 맛을 자극하지 않는 유기산으로 변화시킨다.

또한 물에 용해되어 물의 색깔과 맛을 자극하는 철( $Fe^{++}$ ), 망간( $Mn^{++}$ )을 제거 하는데 염소( $Cl_2$ )는 반응성이 약해서 제거가 용이한 3가 및 4가이온으로 산화시킬수 없으나 이산화염소( $ClO_2$ )는 강력한 산화력으로 물의 산도에 관계없이 이들 이온을 쉽게 산화시켜  $Fe(OH)_3$ ,  $MnO_2$ 로 쉽게 제거할 수 있어 물의 맛과 색깔을 좋게할 수 있다.



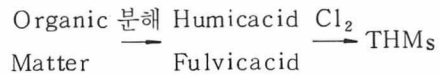
### 4.4 발암물질 THMs

물에 용해되어 있는 유기물(Humus material)의 부패시에는 Humic 산 및 Fulvic 산을 생성하며 이와같은 물질이 염소와 반응하여 유기화합물 즉 Trihalomethanes(THMs)이 생성한다는 것은 분석기기와 분석방법의 발달로 1970년대부터 확인할 수 있게 되었다.

THMs에는 일반적으로 Chloroform( $CHCl_3$ ), Bromodichloromethane( $CHBrCl_2$ ), Dibromochloromethane( $CHBrCl$ ), Bromoform( $CH-$

$Br_3$ )의 4가지가 있으며 이는 Carcinogens(발암물질)로 판명되어 EPA, FDA에서는 THMs의 유해성때문에 이들 화합물의 식수에 대한 최대허용치를 0.1ppm으로 1979년부터 규제하고 있다. 또한 미국은 비롯한 일본, 서독등 국가도 음용수수질기준으로 이를 규제하고 있으며 WHO에서는 THMs의 규제를 회원국들에게 적극 권장하고 있는 실정이다.

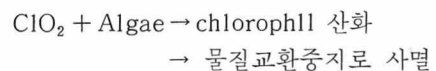
THMs는 종래의 살균방법인 염소( $Cl_2$ ) 처리로는 THMs의 농도를 0.1ppm 이하로 유지하기 어려워 대체 살균제로 이산화염소가 구미선진국에서는 사용되고 있다. 우리나라도 음용수수질기준에 THMs의 규제기준을 검토하여야 할 줄 믿는다.



### 4.5 해조류(Algae)의 사멸

정수장에서 계절별로 발생하는 조류(Algae)의 문제가 심각하다. 이와같은 해조류의 대량증식은 정수장의 여과시설의 능력을 현저히 감소시킬 뿐만 아니라 조류의 사멸시는 과량의 산소가 소모된다. 또 조류의 대사물질은 음료수에서 비린 생선냄새를 나게한다. Blue Algae 나 Green algae 또한 음료수의 냄새와 맛에 영향을 준다. 그리고 근류로부터 생성되는 유기물질 특히 Geosmine은 물에 흙냄새나 곰팡이 냄새를 내게하는데 이는 염소소독시 더욱 불쾌한 냄새물질로 변형된다.

이산화염소( $ClO_2$ )는 해조류의 사멸과 증식방지, 아울러 원수송수관의 패류 및 유충의 사멸 그리고 정수장 여과지내의 조류와 슬라임(slime) 제거에도 대단히 효과가 있다.



### 4.6 여과기(Filter)의 소득

정수장에서 모래여과(Sand filter)나 활성탄여과(Activated carbon filter)의 세척에서 중요시 되는 것은 여과능력의 증대 뿐만 아니라,

세균증식을 방지하는 것이다. 그러나 하층부분에서는 흔히 세균증식이 일어난다.

이산화염소(CIO<sub>2</sub>)를 원수에 주기적으로 처리함으로써 여과기내의 세균증식 방지는 물론 유기물에 의한 부하를 감소시켜 주며 앞에서 기술한 바와같이 물에 용존되어있는 유해물질을 제거시켜 여과지의 소독과 더불어 양질의 수도물을 생산공급할 수 있어 1석 2조의 효과를 얻을 수가 있다.

### 5. 결 론 (사용실례와 방법)

1811년 영국의 Humphrey Davy 경에 의해 이산화염소(CIO<sub>2</sub>)가 발견된 후 그동안 많은 과학자에 의하여 꾸준히 연구되어 왔다.

그러나 여러 분야에 있어 이산화염소의 효능은 알고 있었지만 이산화염소 가스(CIO<sub>2</sub> gas)는 대단히 빛에 불안정할뿐 만 아니라 온도와 압력에 매우 민감하여 자체 폭발성을 가지고 있어 고농도 농축을 할 수 없어 우리들 실생활분야에 실용화 하는데 어려움이 많았다.

그러나 서독 Cealin 사의 안정화된 고농도 순수 이산화염소용액(DUOZON)의 발명으로 구미 선진국에서는 수처리분야는 물론 살균소독, 탈취, 표백분야에 널리 사용되고 있다.

이산화염소가 최초로 정수장에 사용된것은 1944년 미국의 New York 주에 있는 나이아가라정수장에서 이산화염소를 사용하여 수도물을 소독하였다. 최근 유럽에서는 495개 정수장을 비롯 미국, 캐나다 등에서 사용하고 있으며 이중 캐나다의 Ontario 주에서는 이산화염소 단독으로 음용수를 소독하고 있다.

이산화염소용액(DUOZON)은 원수의 수질이 나쁘거나 악취 발생시 그리고 조류(Algae)의 대량 발생기간, 주기적으로 여과지 소독을 할 때 전처리 단계로 원수에 투입하여 사용하며, 염소소독에 따른 문제점(Chlorophenol, THMs, 냄새 등)을 해결하기 위하여, 기타 용존 유해물질을 제거할 필요가 있을 때 염소소독 후 후처리로 사용하면 보다 더 좋은 물을 얻을 수가 있다.

또한 WHO, EPA, FDA 에서 이산화염소의 사용을 적극 권장하고 있으며, 현재 국내에서도

P정수장, B정수장에서 염소소독과 병행하여 사용되고 있으며 다른 여러 정수장에서도 이의 사용을 검토하고 있다.

우리나라도 이산화염소용액(DUOZON)의 국산화에 성공하여 심각해지는 원수의 수질오염을 해결하여 국민에게 양질의 물을 공급할 수 있게 되었으며 쾌적한 생활환경 조성으로 국민보건과 위생에 획기적인 발전을 기할 수 있게 되었다.

본 논고는 한국과학기술원의 김인오박사님과 정태화박사님 그리고 연세대 환경공해연구소장 정용박사님의 지도를 받아 기술 하였으며 세분 박사님께 진심으로 감사를 드립니다.

### 참 고 문 헌

정용, 이산화염소(CIO<sub>2</sub>)에 의한 상수소독효과, 「수도」제 40 호, 1987.

이범호, 음료수중의 Trihalomethanes 규제, 「수도」제 29 호, 1983.

정용, 상수염소소독의 실제와 문제점, 수도심포지엄논문집, 제 12 회, 1987.

건설부, 상수도기술반교재, 1986.

국립보건원, 간이급수관리자과정교재,

WHO, Guid Lines of Drinking - water Quality I II, 1984

제아린기술정보, DUOZON, 1987.

권숙표, 상수 중의 유독염소계 화합물의 생성과 독성에 관한 연구, 연세대 환경공해연구소, 1983.

권숙표, 정용, 박하영, 상수 염소소독에 의한 chlorophenol 생성에 관한 연구. 약학회지, 24 (2), 1980.

권숙표, 정용, 환경과학. 형설출판사, 1984.

Adams, B.A., "Substance of Produing Taste in Chlorinated Water." Water and Sew. Wks., 33.109.1931.

Aieta, E.M., Berg. J.D., A Riview of Chlorine Dioxide in Dringing Water Treatment. J. AWWA, 78. 62-72. 1986.

Aieta, E.M., Roberts, P.V., The Kinetics of the Reaction Between Chlorite and chlorine in Aqueous Solution. Env. Sci. & Tech.,

20:1:50, 1986.

APHA, AWWA, WPCF, Standard Method for the examination of Water and Wastewater, 16th ed, 1985.

Bernardi, M. A., Israel, B. M. et al., "Efficiency of Chlorine Dioxide as a Bactericide" Applied Microb, 13. 776. Sept. 1965.

Bernardi, M. A., Snow, W. B. et al., "Kinetics and Mechanism of Bacterial Disinfection by chlorine Dioxide" Appl. Microb., 15:2:257, 1967.

Burttschell, R. H., Rosen, A. A. et al., "Chlorine Derivates of phenol causing Taste and Odor." J. AWWA, 51, 205. 1959.

Calabrese, E. J. et al., The Health Effects of Chlorine Dioxide As a Disinfectant in Potable Water: A Literature Survey. J. of Env. Health, 41, 1. 1978.

Daniel Couri, Bull, R. J. et al., Toxicological Effects of Chlorine Dioxide, chlorite and chlorate. Environmental Health Perspective. 16:p.13-17, 1982

Eilers, R. G., Smith, Robert, "Executive Digital computer Program for Preliminary Design of Wastewater Treatment Systems." NTIS-PB222765 (report NTIS-PB222764 (Card deck), Nov. 1970).

Emerich, D. E., Reactions of Oxychlorine Species in Aqueous Solution. Doctoral Dissertation, Miami Univ. Oxford, Ohio, 1981.

EPA reports, National Interim Primary Drinking Water Regulations. USEPA-570/9-76-003. 1976.

Gall, R. J., "Chlorine Dioxide; An Overview of Its Preparation, Properties and Uses" in Ozone/Chlorine Dioxide Oxidation Products of Organic Materials. Intl. Ozon Inst., Cleveland, Ohio, p.356-382. 1978.

Granstrom, M. L., Lee, G. F., "Generation and Use of Chlorine Dioxide in Water Treatment plants" J. AWWA, 50: 1453-1466. 1958.

Hoff, J. C., The Relationship of Turbidity to Disinfection of Potable Water, Evaluation of the Microbiology standards for Drinking Water. EPA-570/9-78-000, 1978.

Hoff, J. C., Geldreich, E. E., Comparison of the Biocidal efficiency of alternative disinfectants. J. AWWA, 73:131-135. 1981.

Katz, J., Ozone and Chlorine Dioxide Technology for Disinfection of Drinking Water. Noyes Data Co., 1980.

Kesting, E. E., "The Manufacture and Properties of Chlorine Dioxide," TAPPI, 36. 166. 1953.

Maxcy-Rosenau, Preventive Medicine and Public Health. 11th ed. Appleton-Century Crofts. New York, 1980.

Miltner, R. J., "The Effect of Chlorine Dioxide on Trihalomethane in Drinking Water." M. S. Thesis, Univ. of Cincinnati, 1976.

Patterson, W. L., Banker, R. F., "Estimating Costs and Manpower Requirement for Conventional Wastewater Treatment Facilities for the Environmental Protection Agency." Black and Veatch, Consulting Engineer, Kansas City, Missouri, 1971.

Poggenburg, W., "Activated Carbon Filters in Water Treatment Plants. Processing Technique-Engineering Operation", in Translation of Reports on Special Problems of Water Technology, Vol. 9- Adsorption, US, EPA Report # 600/9-76-030, 1976.

Ridenour, G. M., Ingols, R. S., "Bactericidal Properties of Chlorine Dioxide", J. AWWA, 39. 561. 1947.

Scarpino, P. V. et al., Effects of Particulates on Disinfection of Enteroviruses and Coliform Bacteria in Water by Chlorine Dioxide. Proc. AWWA Water Qual. Technol. Conf. V, Dec. 1977.

Scone, J. S., "Chlorine: Its Manufacture Properties and Use", Reinhold, New York, 1962.

<30 페이지에 계속>