

이산화염소를 이용한 처리방법

(용수처리편)

(주) 제아린 아세아

〈기술부 제공〉

1) 음용수로서의 수질조건

물은 인간의 생존을 위해 없어서는 안될 중요한 요소이다. 생리적인 필요성 이외에도 생활용수, 공업용수, 농업용수 등 그 용도는 매우 다양하며 산업의 발달과 생활수준의 향상으로 우리가 사용하는 물의 수요량과 중요성이 증대됨과 달리 자연계에서 얻을 수 있는 수질은 환경오염으로 인해 인간의 위생 및 건강 측면에서 적합치 않게 되었다. 이에 가장 과학적이며 경제적인 방법으로 물을 처리하여 맑고 위생적이며 물 맛이 좋은 물을 공급하여야 한다.

우리가 마시는 물은 인간에게 가장 중요한 식품으로 무색·투명·무취·신선해야 하며 물의 맛에 이상이 없어야 하고 화학적·미생물학적으로 인체에 해를 주는 인자를 함유해서는 안된다. 즉, 수인성병

균, 박테리아등 미생물이 없어야 하고, 물의 맛에 영향을 주는 유화수소(H_2S), 페놀(C_6H_5OH), 철, 망간, 해조류, 부패물질 등이 없거나 아주 소량있어야 한다. 구미 선진국을 제외한 대부분의 나라에서는 위에 기술한 미생물·유기물·무기물을 제거하기 위해 염소(Cl_2)를 사용하고 있다. 그러나 염소는 부패물질(Humus Material)과 반응하여 유해한 THM을 생성할 뿐만 아니라 페놀(C_6H_5OH)등과 반응하여 염화페놀(Chlorophenol)을 생성하는등 2차오염인 유독물질을 생성하므로 염소사용에 대한 교체가 오랜동안 연구되어 왔다. 참고로 우리나라 및 일부 선진국, WHO의 음용수, 수질기준은 다음 표와 같다.

2) 이산화염소의 음용수 처리

음용수를 살균·소독하는 방법에

는 오존(O_3), 염소(Cl_2), 이산화염소(ClO_2), 자외선 이용법, 끓이는 법 등이 있다. 그러나 대부분 음용수 소독에 사용되어 왔던 방법은 염소소독이다. 19세기 중반부터 사용되어온 염소소독은 경제적인 측면에서 널리 사용되어 왔다. 앞에서 언급했듯이 THM(발암물질), 염화페놀(유해물질)등이 생성되어 인체에 해를 미치므로 이의 대안으로 오존처리법, 자외선 이용법등이 거론 되었으나 장치시설비와 생산에 필요한 전력비의 과다로 비경제적이어서 최근에 이산화염소(ClO_2)를 이용한 소독방법이 널리 사용되고 있다.

이산화염소 용액은 염소에 비해 약 2.5배의 강력한 산화력으로 세균의 막을 공격하거나 직접 박테리아에 침투하여 단백질 합성을 방해하므로 생명체의 mechanism을 파괴하며 염소소독으로 살균되지 않

〈 표 1 〉 각국의 음용수 수질기준

각국수도수 수질기준

(단위 : mg / l)

항목	각국	한 국	일 본	미 국	W H O
외관 취미	색	< 5도	< 5도	< 15도	-
	탁도	< 2도	< 2도	< 5도	-
	취미	무	무	무	-
	기	무	무	< 3도	-
암모니아 - N	< 0.5	-	-	-	-
질산성 - N	-	< 10	< 10	-	-
질산성 - N	< 10	< 10	< 10	< 45	< 40
염소이온	< 150	< 200	< 200	< 250	< 200
과망간산칼리소비량	< 10	< 10	< 10	-	< 10
안(화합물)	불검출	불검출	불검출	< 0.01	< 0.01
수은	불검출	불검출	불검출	< 0.05	< 0.05
기인	불검출	불검출	불검출	-	-
동 (Cu)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
철 (Fe)	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
불연소 (F)	< 1	< 0.8	< 1	< 1	< 0.7~1.2
연소 (Pb)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.05	< 0.1
연가 (Zn)	< 1	< 1.0	< 1.0	< 5.0	< 5.0
크롬 6가 (Cr)	< 0.5	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
비소 (As)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.01	< 0.2
망간 (Mn)	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.05	< 0.1
페놀류	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.001	< 0.001
칼슘 (Ca)	-	-	-	-	< 75
마그네슘 (Mg)	-	-	-	-	< 50
총경도	< 300	< 300	< 300	-	100~500
수소이온농도 (PH)	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	-	7.0~8.5
중금속	< 500	< 500	< 500	< 500	-
황산이온 (So.)	< 200	-	-	< 250	< 200
세레늄 (Se)	-	-	-	< 0.01	< 0.05
바륨 (Ba)	-	-	-	< 1.0	-
카드뮴 (Cd)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
음이온계면활성제 (ABS)	< 0.5	< 0.05	< 0.05	< 0.5	-
잔염소 (Cl ₂)	> 0.2 (> 1.5)	> 0.1	> 0.1	< 0.5~0.1	-
카본·클로로포름·추출물 (CCE)	-	-	-	< 0.04	< 0.2~0.5
카본·알코올·추출물 (CAE)	-	-	-	< 0.1	-
트리하로메탄 (THM)	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
생물	< 100 cc	< 100 cc	< 100 cc	-	-
대장균 수	50cc에서 불검출	50cc에서 불검출	50cc에서 불검출	양성량 < 10%	< MPN100

는 바이러스(Virus)도 살균시킨다. 또한 염소가 pH7.5이상의 범위에서 주형태가 HOCl에서 OCl⁻로 바뀔 때 따라 살균력이 100배 가까이 떨어지는 반면 이산화염소는 pH 2~10 범위에서는 pH에 구애됨이 없이 고른 살균력을 가지며 염소와 달리 아민이나 아미노산의 질소원자와 N-chlorination 반응이 일어나지 않아 염소와 비교할 때 월등하

고 광범위한 살균력을 갖고 아울러 세균에 대한 내성을 일으키지 않고 유독하고 자극성인 화합물을 만들지 않는 특징이 있다. 이산화염소(ClO₂)가 최초로 정수장에 사용된 것은 1944년 미국 New York주에 있는 나이agara 정수장에서 이산화염소를 수돗물의 소독제로 사용한 것이며 최근에는 구미의 선진국에서 음용수처리에 적

용하고 있고 유럽의 경우 495개 정수장에서 사용되어지고 있다. 이산화염소 용액은 첫째 원수의 수질이 나쁘거나 악취발생시 그리고 조류의 대량발생기간, 주기적으로 여과시 소독을 할 때 전처리 단계인 원수에 투입사용하며 둘째, 염소 소독시의 문제점을 해결하기 위함이나 용존유해물질 제거를 위해서는 후처리로 투입 사용하면 보

다 더 좋은 물을 경제적으로 얻을 수 있다.

3) 이산화염소(ClO₂) 사용시의 장점

- THM(Trihalomethane)의 제거 물에 용해된 유기물이 부패되어 생성된 Humic산 및 Fulvic산이 염소화반응(Chlorination)에 의해 THM(클로로포름 등)을 생성하는 반면 이산화염소의 주반응이 염소화반응이 아닌 산소화반응(Oxidation)이기 때문에 THM을 형성하지 않을 뿐 아니라 강한 산화력으로 기존에 생성된 THM을 파괴 제거한다.

• 용존 유해물질의 제거

물에 용존해 있는 페놀·아민등은 자체의 유독성 뿐만이 아니라 식수의 악취원인이 되는 물질들이다. 이들 물질에 염소가 첨가되면 더 나쁜 악취성 유독물질이 되는 반면, 이산화염소는 이들 물질을 산화시켜 무색·무취·무독의 화합물로 변화시킨다.

$Cl_2 + Phenol \longrightarrow Chlorophenol$ (유독물질, 악취) 염소화

$ClO_2 + Phenol \longrightarrow Oxalic\ acid$ (무독·무취·무색)

Maleic acid 산화

또한 물속에 용해되어 있는 중금속 성분인 철, 망간을 산화 침전시켜 물 맛을 개선시킬 뿐 아니라 유화물인 유화수소(H₂S)나 설파이드(Sulfide)계 화합물은 이산화염소와 반응하여 설파옥사이드(Sulfoxide)나 설파산(Sulfon acid)으로 산화시켜 무독·무취의 화합물을 만든다.

$ClO_2 + Fe^{++} + 3OH^- + H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 \downarrow + ClO_2^-$

$ClO_2 + Mn^{++} + 4OH^- \rightarrow MnO_2 \downarrow + ClO_2^- + 2H_2O$

$ClO_2 + 2H_2S \rightarrow S \downarrow + 2H_2O + Cl^-$

• 해조류의 사멸

해조류의 대량증식은 정수장의 여과시설 능력을 현저히 감소시키고 조류사멸시 과량의 산소 소모로 수질을 저하시키며 조류 특유의 비린내·흙냄새·곰팡이냄새를 풍긴다. 이는 염소 소독시 더욱 불쾌한 냄새물질로 변형된다. 이산화염소(ClO₂)는 해조류의 사멸과 증식방지, 아울러 정수장 여과기내 조류와 슬라임(slime)제거에도 뛰어난 효과가 있다.

$ClO_2 + Algae \rightarrow$ 염록소 산화

→물질교환 중지로 사멸

• 잔류지속 효과

이산화염소는 염소계 살균소독제보다 안정성이 높으므로 수중에서의 잔류지속효과가 양호하다. 따라서 이산화염소의 사용시는 잔류염소농도를 과다하게 높이지 않아도 관말에서 일정농도의 잔류염소를 유지하므로 염소사용시 고농도 주입으로 인한 단점을 보완하며 위생적인 측면의 안전급수를 효율적으로 관리할 수 있다.

• 수질개선

순수 이산화염소는 분해되어 산소를 발생, 수중의 용존산소를 증가시켜주므로 물 맛을 개선할 수 있으며 유기물을 산화제거시켜 BOD, COD의 감소효과와 음용수의 색도 개선 등의 효과를 얻을 수 있다.

• 사용상 편리

순수 이산화염소는 pH가 중성(6.5~7.5)인 액체이므로 사용이 간편하고 기체와는 달리 누출의 위

험성이 없으며 저장용기 및 Feeder 외에 별다른 시설없이 사용이 가능하다.

4) 사용실례

1811년 영국의 Humphrey Davy경에 의해 이산화염소(ClO₂)가 발견된 후 그동안 많은 과학자에 의하여 꾸준히 연구되어 왔다. 여러분야에 있어 이산화염소의 효능이 밝혀졌지만 이산화염소 가스(ClO₂ 가스)는 빛에 대단히 불안정할 뿐만 아니라, 온도와 압력에 매우 민감하여 자체 폭발성을 가지고 있어 고농도 농축을 할 수 없으므로 실용화하는데 어려움이 많았다.

그러나 서독 Cealin사의 고농도 순수 이산화염소 용액의 발명으로 구미 선진국에서는 수처리분야는 물론, 살균소독·탈취·표백분야에 널리 사용되고 있다.

또한 WHO(세계보건기구), EPA(미환경보호청), FDA(미식품의약품)에서 이산화염소의 사용을 적극 권장하고 있으며, 현재 국내에서도 여러 정수장 및 산업체에서 음용수의 살균·소독 및 수질개선을 위해 적용되고 있다.

우리나라도 순수 이산화염소의 국산화에 성공하여 심각해지는 원수의 수질오염을 해결하여 국민에게 양질의 물을 공급할 수 있게 되었으며 쾌적한 생활환경 조성으로 국민보건과 위생에 획기적인 발전을 기할 수 있게 되었다.

(다음호에는 폐수처리편이 게재됩니다.)

상담 및 문의전화: 587-3144