

인간과 하천  
2  
River & Culture



김추윤 | 이화학박사 · 신홍대학교수  
(cykimcy@naver.com)

물의 과학이야기 4

# 물과 염소와 오존

## 1. 들어가며

생명을 유지하는 가장 중요한 것은 물이고 천연 수용액(水溶液)의 가장 중요한 성분은 염소(鹽素)이다. 물은 대부분 화학반응 특히 생화학반응을 할 때 중요한 역할을 한다. “물체는 용해되지 않는 사이에는 작용하지 않는다.” 라는 연금술사의 명제는 지금까지도 맞는다.

몇 가지 식료품이나 주요한 생물체의 평균적인 물의 체내 함유율을 보면 토마토 90%, 사과 85%, 감자 76%, 어류 75%, 빵 33%, 방사충류(放射蟲類) 99%, 해파리 96%, 세균 81%, 사람 65~70%이 가운데 꿀 49%, 근육 76%, 혈액 79%, 인과액 96%)이다.

재미있는 것은 사람과 동물은 자기 체내 가운데서 물을 만들기도 하고 방출할 수도 있다.

예를 들면 낙타는 혹에 포함되어 있는 지방(脂肪)을 산화하는 것에 의해서 40L의 물을 대사수로 해서 만든다.

사람의 태어는 수정 후 3일 정도 되었을 때는 97%가, 3개월 안경우에는 91%가, 8개월인 경우는 81%가 물이다. 사람의 체내에는 혈액 이외에 약 7L의 액체가 순환하고 있는데, 그 내용은 수액(垂液) 1.5L, 위액 1.5L, 장액(腸液) 3L, 췌액(胰液) 0.7L, 담즙(膽汁) 0.5L로 있다.

또 1일, 약 0.7L의 물이 대기 증으로 증발한다. 주위의 기온이 상승하는 것에 따라서 땀샘이 움직이며 더울 때에는 하루 밤에 1.5L의 땀을 방출한다. 한편 같은 하룻밤에 숨을 내쉴 때는 약 0.4L의 물이 나가고 호흡할 때에는 같은 양의 물이 공기 중의 증기에서 얻는다.

생물에 포함되어 있는 물의 양을 합계하면 거대한 수치가 된다. 일년간에 해양 전체의 염점 몇 %인가의 물이 생명의 힘에 의해서 이동되어지고, 한편 수백년 간에 해양의 전수량을 초과하는 양의 물이 생물의 가운데를 지나치고 있다.

해수의 화학조성은 동물과 사람의 혈액 조성고 비슷하다. 사람의 혈액과 해양원소의 함유율을 비교해보면 아주 유사한 것을 알 수 있다. 동물과 사람의 혈액은 생명이 먼 옛날에는 해수에서 발생한 물질의 조성고 아주 유사하다는 것이 많은 학자들에 의해서 주장되었다. 해수의 화학조성은 생물의 화학조성을 나타내고 있고 생물권내의 소위 천연수와 같게 생물기원으로 있다. 여기서 말하는 생물권은 생물의 분포영역으로서 높이 23km, 깊이가 육지에서 2~3km, 해양에서는 11km를 말한다.

물과 생명의 관계는 “생명은 특수한 콜로이드 수계(水系)이고 천연수의 특별한 세계”로 보일 정도로 지극히 밀접하다. 천연수에 대한 생물의 거대한 영향을 고려해서 천연수를 3



개의 유형으로 나누어 보자. 이것은 천연수의 기원과 그의 화학조성에 기초해서 분류하면 생물기원수(生物起源水), 우주기원수(宇宙起源水), 내인기원수(內人起源水)로 나눌 수 있다. 우주에서 오는 우주기원수나 맨틀(Mantle)에서 오는 내원기원수나 생물권내에서 물의 순환과정에서 생물기원수가 된다.

고농도의 광수(鑛水), 유산염수(流產鹽水) 및 유리(遊離)한 유산을 포함한 물을 제외한 생물권내의 모든 천연수 가운데에 생물이 서식하고 있다.

여러 가지 화학조성의 물을 만들기 시작해서 용탈, 침전, 이온교환 등의 과정은 순수한 물리, 화학적 작용만은 아니고 미생물 등에 따른 복잡한 생화학적 작용의 결과로 해서 진보한 경우가 있다.

예를 들면 어떤 물질의 용해율 20배 정도 빠르게 할 수 있는 미생물이 존재한다. 어떤 종류의 미생물은 굉장히 농도가 깊은 염수 가운데에서 계속 염화나트륨을 체내에 거두어 들어서 그것을 담수화하면 사멸해서 끝난다.

또 어떤 미생물은 100°C를 넘는 온도를 근원으로 해서 살아가기도 하고, 더 나아가 다른 미생물은 산염과 같이 용해하기 어려운 화합물을 파괴할 수 있다. 남극과 북극의 얼음의 융해에서조차도 미생물의 존재에 좌우된다는 것이 누차 언급되

었다. 물과 생물은 성인적으로 지각의 형성과 관계가 있다. 어떤 종류의 생물은 수소와 산소에서 물을 합성하고 다른 생물은 그것을 분배할 수도 있다.

최근에 물의 소독제로 쓰이는 염소에서 발암물질이 검출되었다하여 한동안 신문지상에서 소란을 피운 적이 있다. 그 후 많은 나라에서 우리나라의 식당에서 흔히 컵이나 수저 등의 소독 시에 사용하는 크린한 기체인 오존을 물의 소독제로 사용하는 연구가 진행되고 있다. 오존은 기체이기에 남는 찌꺼기가 없어 물의 소독에 유리하다. 대신 염소는 잔류물질이 남아있어 문제가 되는 것이다. <표 1>에서 보는 바와 같이 우리 인체의 혈액속의 염소량과 바닷물의 염소량이 서로 아주 비슷하다는 사실에 놀라게 될 것이다.

이번에는 우리 인체의 물과 깊은 관계가 있는 염소와 깨끗한 물의 소독제인 오존에 대해서 알아보자.

<표 1> 사람의 혈액과 해수의 염소량 비교

염소	혈액	해수(%)
염소	49.3	55.0
나트륨	30.0	30.6
산소	9.9	5.6
칼륨	1.8	1.1
칼슘	0.8	1.2



## 2. 물과 염소

지구상에 생명이 출현하기 전에는 화학적으로 다양한 물이 없었고 또 생명이 소멸한 후에도 다양한 성질의 물은 존재하지 않을 것이다.

“어째서 물의 대부분은 염화물 주로 염화나트륨을 포함하는가?”라는 질문에 대해서는 아직까지 정확하게 대답할 수 없다. 염화나트륨(NaCl)이 물에 용해되기 쉽기 때문이라는 것은 그 해답이 아니다. 염화나트륨의 용해도보다 더 큰 용해도를 갖는 염화칼륨(KCl), 염화마그네슘(MgCl), 염화칼슘(CaCl) 등 많이 있기 때문이다.

가장 용해가 쉬운 것은 염화칼슘이고 어려운 것은 염화나트륨이다. 수권(水圈)의 물 전체의 반 이상이 염화나트륨의 물로 되어 있다. 이 사실에 대한 설명을 찾아내기 전에 염소가 어떻게 암석권과 수권의 가운데에 포함되어 있는가 확실하지 않으면 안 된다. 지구화학의 창시자 미국 클라크(F.W. Clarke; 1847~1931)는 암석권의 원소 분포를 중량 퍼센트로 계산했다. 이 숫자를 클라크의 이름을 따서 “클라크수”라고 부른다. 염소의 클라크수는 클라크 자신의 계산에 따르

면 0.188%이지만 헬스만의 자료에 따르면 0.2%이다. 1963년에 구 소련의 테르베고리찌는 암석권 전체의 염소 클라크수를 0.28%이라고 새로 계산했다. 그때 해양의 염소 클라크수 수치는 해양의 염소의 클라크수의 약 2.8배이다.

최신 자료에 따른 지구의 수권과 암석권의 염소의 함유율을 살펴보면 염소 7×10g을 100%로 보면 대양 중 44%, 지하수 중 22%, 암염광상 중 17%, 분산된 상태에서 17%로 되어 있다.

또 염소의 측면에서 보면 염소 전체의 64%가 수권에 있고 36%가 암석권의 광물이나 암석에 포함되어 있다. 즉 염소의 대부분은 용해해서 존재하고 역시 그것의 최대 농도는 염류광산에 집중해서 있다.

수권에 있어서 염소를 포함한 물이 압도적으로 많은 원인을 이해하기 위해서는 염소는 광물의 조성으로 해서 매우 포함되기 어렵다는 것을 주의하지 않으면 안 된다. 여러 가지 광물 가운데에서 4~5% 정도의 굉장히 적은 양의 염소를 포함하고 있을 뿐이다.

약 2,000종류의 광물 가운데 염소가 포함되어 있는 광물은 73가지이고 그것도 그것의 박수는 굉장히 적게 포함되어 있고 약 12종류의 광물 가운데에만 염소가 25~85% 정도 포함

되어 있다.

45억년의 지구의 지사(地史) 가운데 물이 맨틀에서 암석권과 그의 표면에 항상 함께 이동한다고 가정하면 5억1천만km<sup>3</sup>의 지표에는 1년간에 1cm<sup>3</sup>당 0.00011g의 물이 나온다고 볼 수 있다. 이것이 현재의 지하와 지표의 수권 전체를 만들었다. 지금 논술한 것과 같은 수지도 전 지구적 크기와 지질학적인 시각에서 보면 굉장한 수치이다.

해수의 화학조성만이 생물의 생명활동에 관계해서 있는 것은 아니고 해저퇴적물의 많은 것도 생물기원으로 있다. 예를 들면 34%에 달하는 물을 포함하고 있는 광물의 단백질(蛋白質; SiO<sub>2</sub>.HO)은 규조류나 방사충류의 골격, 해면동물의 골침(骨針)이나 기타로부터 만들어진다. 또 알루미늄의 화합물은 조류에 의해서 농축되고, 철은 철박테리아에 의해서, 칼슘은 산호조류나 미부유생물(석회암)에 의해서 각각 농축되어진다. 탄소, 질소, 인, 요소, 망간, 마그네슘, 칼륨, 기타원소도 생물에 의해서 농축된다.

주요한 원소인 염소와 생물의 상호관계를 알아보는 것은 흥미 있는 일이다. 이 둘 사이의 관계는 굉장히 흥미가 많다. 즉 지구의 생물의 반 이상(55%; 2×10<sup>10</sup>톤)은 염화물을 함유한 해수환경에 살고 있다. 염소는 생물의 생명활동에는 불가결한 원소이다. 그것은 염소는 삼투압을 좌우하고 생물 조직내 용액의 평형을 조정하는 중요한 역할을 하고 있기 때문이다.

또 염소는 생물을 구성하는 원자의 가운데에서 굉장히 특별한 지위를 가지고 있다. 왜냐하면 염소는 많은 경우 생물의 가운데에 응축해 있는 화합물에 결합하는 것이 아니고 그곳을 단지 통과하기 때문이다. 생물을 통과하는 염소의 이동은 원칙적으로 나트륨과 결합하면서 진행되지만 염소 또는 나트륨이 생물의 가운데에 따로따로 침입한 경우에도 일어난다.

염소는 사람이나 동물의 위액에 약간만 들어가도(0.5%의 염산) 소화작용을 위해서 중요한 역할을 하며 위의 안에 있는 병원미생물을 죽인다. 적을 방어하기 위해서 동물의 독샘에서 분비되는 독소도 종종 염소의 유기화합물을 포함하고 있다.

어떤 종류의 조류와 염분이 풍부한 땅에 살고 있는 식물들

소위 염생식물(鹽生植物)은 염소를 풍부히 가지고 있고 때에 따라서는 그의 함유량은 그의 무게의 18%에 달하는 것도 있다. 예를 들면 명아주과의 어떤 식물은 염소를 1.6%로 포함하고 있다. 보통 생물의 염소 함유량은 0.01~0.001 중량퍼센트이다.

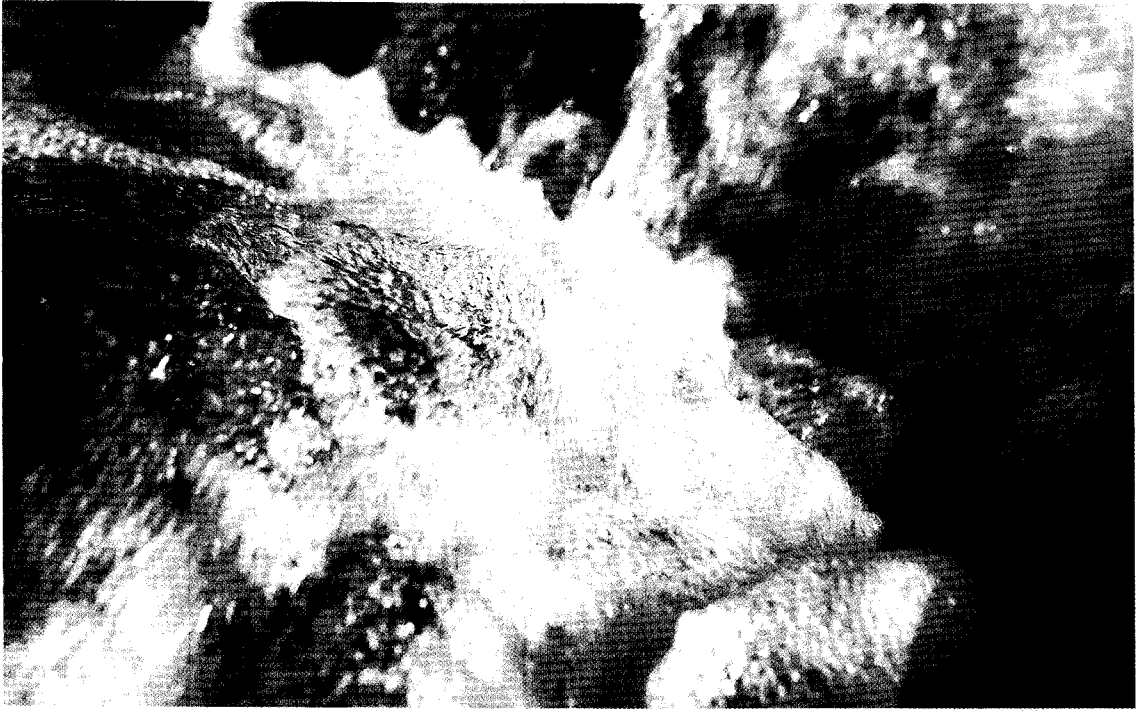
인간의 1일평균 염소소비량은 주로 염분으로 해서 약 3g이다. 확실히 적은 양이지만 지구 전체로 해서는 1일 1만2천, 즉 1년에 440만톤이 된다. 이것과 똑같은 양이 인간에 의해서 주로 토양에 유입되고 그의 일부는 하천이나 호수, 바다로 흘러 들어간다. 염은 해수나 암염광산에서 채취되고 그리고 인간은 자신의 신체를 통과시킨 다음 염을 지구에 분산시킨다. 원소의 지구화학적 이동에 생물이 참가하고 있는 작은 사례의 하나이다.

### 3. 물과 오존

오존은 1840년 독일의 화학자 벤 마우렌(C.F. Van Mauren)에 의해서 발견되었다. 오존(Ozone)은 그리스어 *Ozôn*(냄새 맡다)에서 유래했으며 오존의 독특한 냄새가 옛날부터 사람들에게 알려져 왔다. 오존은 3개의 산소원자로 만들어진 분자(O<sub>3</sub>)로 특유한 냄새가 있는 미청색의 기체이다. 공기 중에 약 20%를 포함하는 산소는 2개의 산소원자가 만들어진 분자(O<sub>2</sub>)인데, 여기에 산소원자 하나 더 추가된 것이다. 소위 산소의 중간적이다. 공기 중에는 반드시 산소가 있고 미량이지만 일정한 양의 오존도 존재한다. 오존은 -193°C에서 녹고, -111°C에서 끓는 기체로 대기 중 기체분자 4천만개당 1개의 비율로 포함되어 있으며, 강한 산화력이 있어 살균, 소독, 표백 등에 쓰인다.

오존은 공기 중의 산소와 태양광선에 의해서 만들어진다. 연간 약 500억톤의 오존이 생성되는 것과 함께 분해되면서 항상 약 30억톤의 오존이 지구 상공 10~15km의 대기 중에 두께 약 20km로 존재하고 있는데 이것을 오존층이라 한다.

1974년 미국 캘리포니아 대학의 로랜드(Rowland) 교수는 프레온 가스가 오존층을 파괴한다고 최초로 지적했다. 1985년 영국의 남극관측소 대기물리학자 파만(J.C. Farman)은 “



남극에서는 1980년경부터 봄에서 10월경까지 성층권의 오존 농도가 통상 반 정도로 감소하고 주변농도에 비해서 구멍이 뚫린 것 같이 저농도의 장소가 생기는 것을 관측했다.”고 보고했다.

이 오존층을 파괴하는 원인 물질이 프레온 가스라는 사실이 최근 알려졌다. 프레온 가스는 스프레이 제품의 가스, 냉장고나 냉각기의 냉매체, 각종 발포제, 반도체 등 전자제품이나 정밀기계의 세정제 등에 폭 넓게 사용된다. 하이테크 산업에서 없어서는 안 되는 주요 물질이다. 프레온 가스란 단어는 이 물질을 제조 판매한 듀폰사의 상품 명칭이며 정식 명칭은 클로로플루오로카본(CFC:Chlorofluorocarbon)이다. 클로로스 염소, 플루오로는 불소, 카본은 탄소를 지칭하는데 이 3가지 원소와 수소에 의해서 구성된다. 지금까지 20여 가지 종류가 생산되어 여러 가지 용도에 쓰이고 있다.

이 프레온 가스는 광장히 안정된 물질로 지상에서 사용된 후 대기 중에서는 분해되지 않고 대기권의 상층에 있는 성층권(成層圈)에 도달해서 태양광선에 포함된 자외선의 영향을 받아 분해된다. 즉 2400nm(나노미터: 10으로 10억분의 1m)보다 짧은 파장의 자외선과 산소에 의해서 오존이 만들어지고,

한편 그것보다 파장이 긴 자외선에 의해서 오존은 산소분자와 산소원자로 분해된다.

프레온가스가 자외선에 의해서 분해되면 염소원자가 발생, 그 염소가 오존층을 파괴하는 물질로 알려졌다. 오존층 파괴문제는 유엔환경계획(UNEP)에서는 1987년 9월에 몬트리올 의정서를 채택하여 국제적인 프레온 규제조약을 만들기도 했다. 오존층이 파괴되고 오존농도가 저하하면 지상에 도달하는 자외선의 강도가 증대하여 생물권에 치명적인 영향을 준다. 예를 들어 5~10%의 오존층이 파괴되면 자외선 강도가 0~20% 증대되고, 20% 정도 파괴되면 자외선 강도는 50%까지 증가한다.

자외선 증가는 인간에 대해 피부암 증가, 피부의 노화촉진, 눈의 백내장 증가 등을 초래하며 식물에 대해서는 생육장애를 가져온다. 이런 오존이 최근에는 유럽의 일부 국가와 일본에서 정수처리에 있어 살균제로서 안전한 물을 만드는데 이용되고 있다. 오존의 발생장치가 개발된 이래 유럽을 중심으로 그 이용분야가 넓어지고 있다. 1890년경 독일 정부에 의해서 오존에 따른 살균에 관한 연구가 이루어지고 독일, 네덜란드, 프랑스에서 오존처리를 도입한 정수장의 건설이 시작되었다.

1936년경 프랑스에서는 약 100개소, 기타 국가에서는 30~40개소의 정수장에서 오존처리 시설을 갖추었다. 그러나 1914년에 시작된 제1차 대전의 과정에서 염소의 제조방법이나 취급 방법이 개량되어 오존을 대신해서 염소를 이용한 수처리가 보급되어 갔다. 현재 수도물을 오존처리 하는 정수장은 네덜란드, 유럽 전체에 1,000개소 이상이 넘는다. 이웃 일본에서도 수도물의 소독에 염소를 사용하고 오존에 대해서는 관심이 적었는데 1965년경부터 공장폐수의 탈색 등의 목적으로 오존처리 연구가 시작되었다. 1970년도부터는 수도물에 오존처리법을 시험, 연구했는데 특히 수도물의 곰팡이 냄새의 제거를 목적으로 해서 시작되었다.

오존에 의한 살균소독 처리는 아직 법률에서는 인정되지 않고 염소로 한정되어 있다. 일본에서는 1968년 오존장치의 개발, 판매가 시작된 것을 계기로 수도물을 비롯하여 여러 분야에서 오존에 대한 관심이 높아지고 있다. 일본경제신문사의 조사에 따르면 일본은 1988년에서 1990까지 3년간 447건의 오존에 관한 특허가 출원되어 오존 발생장치의 성능이 세계 최고 수준에 올랐다.

오존이 오늘날 다방면에서 주목받는 이유는 여러 가지 이유가 있다. 첫째, 오존은 강한 산화력(酸化力)을 가지면서 굉장히 크린한 기체로 다른 산화체보다 환경에 대하여 2차적인 오염을 일으키지 않는다. 산화(酸化)란 물질이 산소와 화합하는 것을 말한다. 산화제(酸化劑)란 이 작용을 행하기 위해서 사용되는 약품을 말한다. <표 2>에서 보면 주요한 산화제의 산화력의 크기를 나타낸 것에 의해서 산화환원전위(酸化還元電位)를 종합한 것이다.

오존은 천연에 존재하는 물질 중에서 불소 다음으로 산화력이 크다. 가장 강한 산화력을 갖는 불소는 염소, 취소, 옥소와 같이 다른 원소와 반응해서 별도의 화합물을 만들기 쉬운 할로젠(Halogen) 원소의 하나로서, 취급할 때는 보호 옷을 입지 않으면 안 될 정도로 독성이 강하고 0.8mg/L 이상 혼합한 수도물을 마시면 이빨이 반상(斑狀)으로 되고 물처리에는 사용할 수 없다.

또 현재 수도물이나 하수처리수의 소독에 사용되고 있는

염소도 강력한 산화제이다. 염소가 제1차 대전시 독가스로 해서 사용되어 진 것을 보더라도 굉장히 독성이 강한 물질이다.

수도물을 염소로 소독하면 유기물질과 반응해서 발암성 물질인 트리할로메탄 등이 생기고 오존홀의 파괴에도 염소가 관계하고 있는 것이 최근에 조금씩 알려지기 시작했다. 따라서 염소 사용량의 절감이 중요한 문제로 최근에 등장했다.

오존의 산화력의 크기는 대단하다. 우리들이 매일 마시고 있는 수도물과 비교하면, 자주 화제가 되고 있는 곰팡이 냄새는 염소를 과잉 주입하여도 제거되지 않지만 오존의 주입에 의해서 보다 완전히 곰팡이의 원인물질을 산화시켜 곰팡이 냄새를 느낄 수 없다.

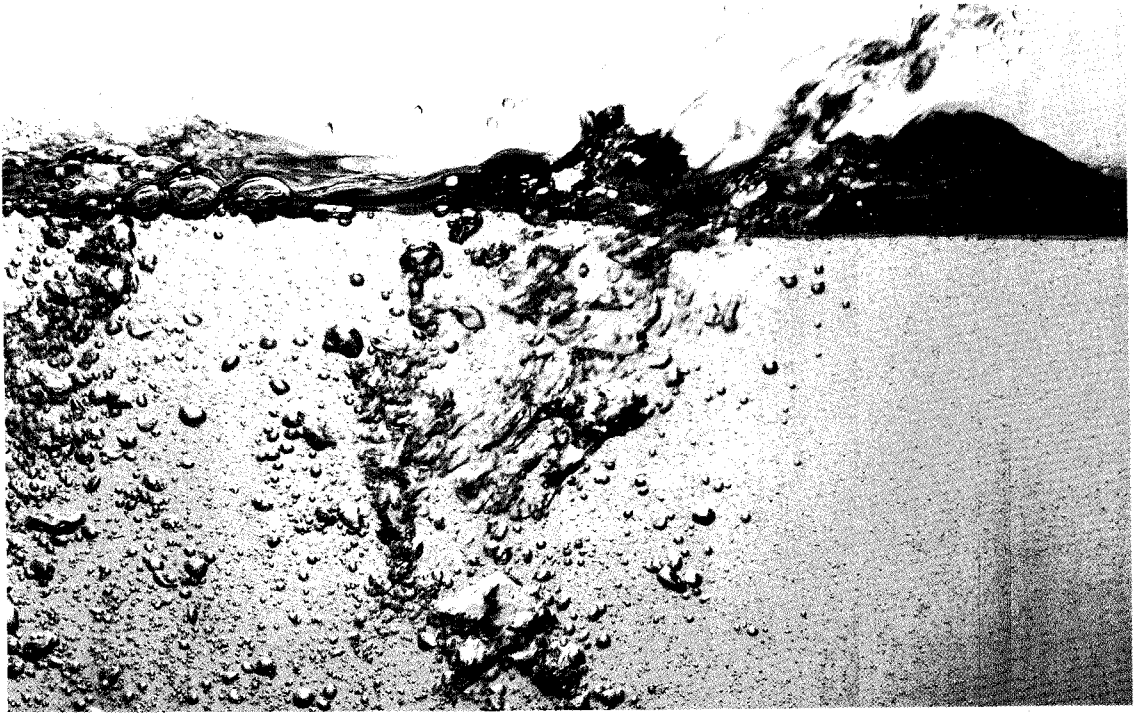
둘째, 오존은 염소를 상회하는 살균력을 가지고 있다. 유럽에서 오존이 최초로 이용된 곳은 식료수의 살균이나 소독에서이다. 오존의 강한 살균력은 이미 100년 전에 알려져 있다. 이웃 일본에서도 수도물의 살균이나 소독에 오존의 사용이 아직 인정되고 있지 않지만 오존에 따른 살균효과에 대한 연구는 성행하고 있다.

미생물이 번식을 정지하는 상태를 불활성화(不活性化)라고 말하는데 미생물을 99% 불활성화 시키는데 필요한 소독제의 농도(mg/L)와 접촉되어진 시간의 곱한 것을 나타낸 것을 CT값이라고 부른다. 이 값이 작은 편이 살균력이 강한 것이다. 오존이 염소제(塩素劑)보다 값이 적다.

<표 2> 산화제의 비교

산화제	산화환원전위(eV)
불소	2.87
오존	2.07
과산화수소	1.776
과망간산이온	1.695
차이염소산(次亞鹽素酸)	1.63
염소	1.36
중크롬산이온	1.33
이산화수소	1.275
취소	1.087
옥소	0.536

물에 의해서 잘 일어나는 병은 대단히 많지만 특히 인간이



나 동물의 배설물에 포함되어 있는 살모넬라균(Salmonella 菌), 이질균, 병원성 대장균 등의 장내(腸內) 세균에 따른 전염 병은 물이나 식물의 불완전한 살균에 의해서 일어난다. 인체 건강상 절대 검출되어서는 안 되므로 소독을 의무적으로 해야 한다. 또 물에 의해서 감염이 염려되는 소아마비를 일으키는 폴리오비루스(poliomyelitis virus; 유행성 소아마비)와 급성인후염이나 간염을 일으키는 아데노비루스(Adenovirus)도 물이나 식물의 불완전한 살균에 의해서 일어나는 것으로 알려져 있다.

더 나아가 염소에 따른 살균에서 가장 유효한 형태로 있는 차아염소산과 오존의 살균력을 각각 비교해 보면 실험방법에 따라 약간 차이가 있지만 오존의 차아염소에 비해서 장내세균이나 바이러스에 대해서 5배, 아메바 등에는 10배 정도 유효한 살균력이 있는 것이 확인되었다. 또 폴리오비루스 등을 처리한 물에 오존을 0.05~0.45mg/L 정도 남겨 놓으면 그것에 2분간 접촉하는 것으로 불활성화하는 것으로 알려졌다. 따라서 프랑스에는 수도물을 오존으로 살균하는 경우 잔류 오존농도 0.4mg/L에서 4분간의 접촉을 지표로 하고 있다. 이런 이유에서 오존의 강력한 살균효과가 기대되는 것이다.

셋째, 오존은 유해한 유기물을 분해한다. 탄소는 수소, 산소, 질소, 염소 등의 원자와 결합해서 많은 유기화합물을 만든다. 이미 합성되어진 물질은 500만 종류에 이르며 매년 30만 종류에 가까운 유기화합물이 만들어진다. 이와 같이 매일매일 계속 만들어지는 유기화합물질에는 식품첨가물을 비롯하여 합성세제, 농약 등의 원료로 해서 생활에는 없어서는 안 되는 것이 많다. 또 천연의 유기물 가운데에는 부패한 식물 가운데에 포함되어 있는 부식질과 같이 구조가 크고 난분해성의 유기물이 있다. 이러한 물질이 물에 용해되어 있다. 보통 하천, 바다, 돌, 바위에 무수히 작은 생물이 서식하고 물속의 유기물을 영양원으로 해서 증식을 계속하고 있다.

하천, 바다의 물이 자연히 깨끗하게 되는 자정작용은 이러한 생물들의 힘에 의한 것이다. 그러나 물속의 유기물의 양이 증가하면 생물도 소화시킬 수 없게 된다. 또 분자구조가 큰 것을 갖는 것도 생물들이 소화시키기 어렵다. 더 나아가 농약 등 생물의 생존에 타격을 주는 유기화합물이 출현하고 있는 현상에서는 생물에 따른 자정작용은 더욱 악화되어 가고 있다.

오존의 강한 산화력은 이와 같이 복잡하고 큰 유기화합물을 생물들이 소화시키기 쉽게 잘게 분해하는 작용이 있다. 또



하천의 수질오염의 대책으로서 수도사업체에서 활성탄(活性炭)을 사용하여 곰팡이 냄새의 제거나 유기물의 저감을 시도하는 정수장이 증가하고 있는데, 이 방식도 문제가 없는 것은 아니다. 활성탄은 굉장히 미세한 구멍이 가득 있는 물질이지만 구멍이 작기 때문에 큰 유기물질을 흡착할 수 없다.

예를 들면 수도물 속에 발암성 물질의 트리할로메탄을 생성하는 원인의 하나로 해서 추측되는 식물이 부패하면 생기는 부식산(腐植酸)이 있다. 그 가운데 분자구조가 작은 불포화산은 활성탄에 흡수되지만 분자구조가 큰 부민산은 흡착할 수 없다. 그러나 활성탄에 흡착되기 전에 오존처리를 해서 분해시키면 활성탄의 흡착성은 한층 향상되는 것으로 알려졌다.

수도사업체 등에서 트리할로메탄 등을 생성하는 유기물을 저감시키고 농약 등의 제거 대책으로 해서 오존처리에 주목하는 것은 오존이 이러한 유기산을 산화, 분해하는 힘이 굉장히 큰 것으로 알려졌기 때문이다.

넷째, 오존은 역할을 완수한 후 원래의 산소로 되돌아간다. 오존은 불안정한 기체이다. 따라서 염소 등과 같이 용기에 담아서 보관할 수가 없다. 오존은 시간이 경과함에 따라서 자연 분해해서 원래의 산소로 되돌아가는 성질이 있다. 오존의 분해하는 속도는 온도, 빛, 용기의 재질 등에 따라 다르다. 상온에서 완전히 밀폐되어 있어도 하루에 1/2 이하의 농도로 되기도 한다. 이 분해과정에서 보면 순수한 물속에서의 분해속도는 기체 속에서 보다 더 빠른 것을 알 수 있다.

특히 분해속도와 물의 산성, 알카리성을 나타내는 수소이온농도(pH)와의 관계는 아주 밀접하다. 수온 20°C 조건에서 중성 7에 비해서 알카리 측의 분해는 빠르고 반대로 산성 측은 느린 것을 알 수 있다. 수소이온농도 7인 중성의 물이 오존 농도가 1/2로 되는 시간은 약 40분, pH가 8이 되면 약 4배로 가속되고 pH가 6인 약산성에서는 역으로 시간이 지연된다. 오늘날 수도물에서 오존이 가장 많이 사용되는 곳은 곰팡이 냄새의 제거, 물을 투명하게 하는 탈색, 유기물의 분해 등 물의 정화이다. 그 경우 오존과 물을 강제적으로 접촉시키는 것에서 분해시간은 한층 빨라진다.

오존의 이용에 관해서 많은 비판이 집중된 것은 염소 등에 비해서 분해를 위한 효과의 지속시간이 짧다는 것이다. 그러나 오존은 염소에 비해서 반응시간은 짧지만 살균력은 굉장히 크기에 확실히 살균된다. 수도물을 염소제로 살균하고 유기물의 제거에 필요한 시간은 제거하는 물질에 따라 다소 차이가 있지만 보통 3시간 이상 필요하다.

오존처리의 경우 일본 후생성의 시설 설계기준에 따르면 오존 반응조(反應槽)에서의 물과 오존의 접촉시간은 10~20분이다. 염소에 비해서 굉장히 짧은 시간이 설정되어 있다. 예를 들면 수도물의 곰팡이 냄새는 2~3분 정도의 시간이면 완전히 제거된다. 오존과의 반응시간을 길게 하더라도 제거율에는 큰 변화가 없다.

#### 4. 맺으며

최근 세계적으로 시청자들의 심금을 울린 TV프로그램 중에 차마고도(車馬古道)라는 것이 있다. 옛날 동서양의 문명의 루트로 말 등에 짐을 싣고서 물물교환하던 일종의 국제무역로이다. 그런데 말들이 며칠씩 좁은 산비탈 길을 제대로 먹지 못하고 걸어서 병에 걸려 누우면 마부들이 말에게 소금물을 먹이면 말들이 다시 일어나 걸어간다. 또 말 등에 지고가는 주요한 교역품 중의 하나가 흥염인 것을 알 수 있다.

이와 같이 예부터 소금은 우리 인간이 살아가는데 중요한 생필수품이며 인체의 질병을 예방하는 주요한 천연 약제품이다. 그리고 소금루트가 문명의 전파로이자 생명선이었던 것이다. 인간의 혈액 속에도 염소가 55%가 들어있다. 이것은 바닷물 속에 들어있는 55%와 아주 유사하다. 어쩌면 우리의 혈액은 반농담조로 소금물인 것이다. 이와 같이 염소는 생명을 유지하는데 정말로 중요한 것이다.

현재 우리나라는 주로 염소를 가지고 수도물을 소독하여 마시고 있다. 염소는 강력한 살균력을 가지고 있다. 그런데 문제는 잔류물질이 남고, 이것이 일정량을 넘으면 어쩌면 발암 물질의 원인이 될 수도 있다는 것이다. 최근에 외국의 많은 수도사업체에서는 염소처리법 대신 오존처리법을 채용하기 위



해서 장기간에 걸쳐서 수질개선을 위한 실험을 계속하고 있다. 유기물의 저감이나 트리할로메탄의 제거에서는 10분 정도의 접촉시간으로 충분히 목적이 달성된다. 오존은 산화력이 크고 오염물질과 급속히 반응해서 그것들을 제거하고 있는 것이 입증되었다. 따라서 오존을 물과 접촉시키는 설비는 염소처리에 비해서 작은 장치에서도 할 수 있다.

오존은 다른 산화제와 같이 저장하는 것은 할 수 없다. 그러나 공기와 오존발생기와 전원이 있으면 필요한 때에 필요한 만큼 생산할 수 있다. 그밖에 이 발생장치는 특별한 기술이 없이도 간단히 운영할 수 있고, 제어하기 위한 조작성은 전력의 조정만으로도 오존농도를 간단히 변화시킬 수 있어 사용이 자유롭게 진행되고 있다.

더 나아가 중요한 것은 오존은 다른 산화제와 같이 사용 후

에 물이나 식품에 잔류하지 않고 물질과 반응한 후에는 빠르게 산소로 환원된다. 우리나라에서는 식품이나 수산관계의 살균이나 보존에 오존이 이용되고 있는 것은 오존이 다른 산화제나 살균제에 비해서 살균력이 크고 식품에 악취를 남기지 않는 이점이 있기 때문이다. 접촉시키는 경우 오존 반응조를 좋게 설계해도 그것에서 몇 퍼센트는 대기 중으로 도망간다.

그러나 활성탄이나 촉매(觸媒) 등을 통하거나 열을 가하면 간단히 산소로 되돌아가 끝나기 때문에 비 오존처리 장치로 용이하게 원래의 산소로 되돌아간다. 오존을 사용하는 경우 잔류하는 것은 없고 물질과 반응한 후에는 재빨리 산소로 되돌아가므로 다른 산화제와 같은 문제를 남기지 않는다. 그러므로 오존은 21세기 그린환경시대에 대비하여 한번쯤 크린 액체로 각광받을 날이 올 것이다. ●