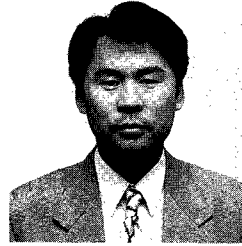


물을 살균, 정화시키는 오존(O₃)의 역할



김 곡

오존스코리아 상무

1785년, ‘반 마름’은 수차레의 전기점화 작
동시에 전기기구 주위의 공기가 특이한
냄새를 지니게 된다는 것을 알게 되었다. 1801
년, ‘크루그셰니’는 물을 전기분해하는 과정 중
에 양극에서 발생한 가스에서 이와 동일한 냄
새를 관찰하였다. 1840년 ‘쾨바인’은 이 냄새를
그리스어의 ‘ozein’, 즉 ‘냄새가 나눈’이라는 단
어에서 따온 ‘ozone’이라는 용어로 설명하였다.

오존에 대한 첫 실험들은 1886년 프랑스의
‘매리탱’에 의해 시행되었고, 그 몇 년후, 1891
년에 독일의 한 연구소에서 ‘프렐리흐’에 의해
오존의 살균성이 확인되었다.

1893년 네덜란드에서 최초의 생수공장이 건
설되었는데, 그곳에서는 라인강의 물을 살균,
정화하는 과정에서 오존을 사용하였다.

이후 ‘시펜스’와 ‘할스크’는 이러한 형태의 생
수공장들을 독일의 비스바덴(1901), 파데르보른

(1902)에 차례로 건설하였다.

네덜란드에서 생수공장의 오존설비에 대한
연구가 있는 후, 프랑스의 전문가들도 오존을
소독물질의 주원료로 사용하는 ‘니스’공장을 연
구·건설하였다.

전문가들은 이 ‘니스’의 공장을 식수 생산에
있어 ‘오존’ 이용에 대한 완전한 시초로 평가하
고 있다.

그때부터 현재까지 세계 여러나라에서 식수
를 얻는 과정에 오존을 응용하는 수천 종의 설
비가 발명·고안되었다. 이 물질, 즉 오존은 다
른 영역들, 다시 말해 생활하수와 공장폐수의
정화, 의학, 그밖의 산업 등에서도 널리 이용되
고 있다.

그러나 유독 스페인에서는 이 ‘오존’이 거의
이용되지 않고 있다. 구체적으로 말하자면, 의
료목적의 목욕탕, 대형상점의 공기정화, 그리고

식수 가공에서의 제한된 몇 과정에서 뿐이다. 그러나 우리의 환경이 급속도로 오염되고 있는 상황을 고려해 본다면, 앞으로 이 오존을 사용하는 영역을 확대할 필요성은 점점 더 높아지는 것이다. 따라서 본고는 상수도 공급, 용수정화 등을 담당하는 전문가들에게 오존에 대한 배경지식을 주고, 그외에도 오존의 필요성과 그 사용으로부터 얻어지는 잇점에 대해 서술하고자 한다.

1. 오존이란 무엇인가

서두의 짧은 도입부에서 우리는 오존이 무엇인지, 그것의 기본적 성질은 무엇이고 어떻게 얻어지는지, 그리고 어떻게 사용되는지에 대해 이야기해 보았다. 이제부터 이런 문제들에 대해 좀더 구체적으로 살펴보기로 하자.

오존의 세 개의 산소원자가 한 분자를 이루는 O_3 형태의 동질이형 산소이다. 오존은 매우 불안정하여 쉽게 산소(O_2)와 원자(O^{\cdot})로 분리되는데 이때 원자(O^{\cdot})는 매우 큰 산화력을 지닌다. 일반적으로 오존은 가스상태로 공기 중에 혼합되어 있거나, 농축산소가스와 섞인 상태로 보존된다.

2. 오존의 특성

오존은 두 가지의 기본적인 성질을 지닌다. 즉 산화성과 소독성이다.

첫 번째 성질은 오존이 지니고 있는 산화·환원에 대한 커다란 잠재력 때문에 생기는 것이다. 오존의 산화력은 크롬이나 브롬 등의 이미 잘 알려진 산화원소보다 훨씬 크다. 오존에

대한 산화는 다음과 같은 형태로 나타난다.

-직접 산화 : 오존 분자가 산화원소와 결합하면서 산소원자들로 분리되는 현상.

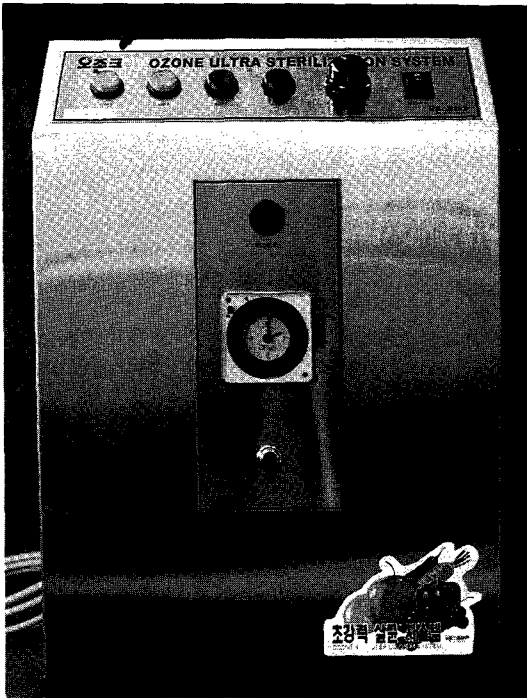
-오존 반응 혹은 오존 분해 : 직접산화의 일종으로, 산화시에 3개의 산소원자가 산화물 질과 함께 2중·3중의 결합을 가진 오존화물(ozonide)을 형성한다. 이러한 결합은 매우 불안정하여 산소화합물로 빠르게 분해하거나, 또는 산화제·환원제와 매우 빠른 속도로 반응한다.

-촉매산화 : 산소가 산화제의 역할을 하는 촉매산화 반응시에 촉매제의 역할을 하는 오존이 결합하면 그 산화작용이 더욱 향상된다.

소독성의 경우에는 오존이 엄청난 살균성을 가지고 있을 뿐 아니라 바이러스적인 특징까지도 가지고 있다는 사실을 주목해야 한다. 파스퇴르 연구소와 파리 위생 실험국에서의 연구들은 평균 $0.4mg/l$ 의 오존 농도를 4분여 정도 유지하면, 거의 완벽한 바이러스 탈활현상을 일으킬 수 있다는 결론을 보여준다. 이와 같은 효과는 염소를 $0.2\sim 0.3ppm$ 사용했을 경우 1시간 가량이 소요되는 것이다.

3. 오존의 생산

만약 오존이 부족하다면 그 즉시 오존을 생산하는 것이 가능하다. 오존의 생산을 위해 공기나 산소로 농축된 가스를 높은 전압하에서 양 전극으로 통과시킨다. 이때 전호(電弧)의 형성을 방지하기 위해 양 전극을 절연체로 감싸준다. 공업용 오존 발생기는 기본적으로는 스테인레스 스틸로 만들어진 관으로 형성된 철망으로 구성된다. 게다가 각 관 속에는 절연체의



△ 산업용으로 사용하고 있는 살균 시스템

역할을 하는, 특수 유리로 만들어진 동심원 형태의관이 들어 있다. 공기는 높은 전압을 송전할 때 이온화되면서, 동심원을 이루는 두 개의 관속을 순환한다. 오존이 발생할 때는 특별한 냉각기를 필요로 할 만큼의 상당한 열이 발생한다. 오존 생산에 필요한 공기는 반드시 건조해야 하고 불순물이 섞여 있지 않아야 하므로 오존 발생기에 공급하기 전에 그의 상응하는 정제과정을 거쳐야만 한다.

4. 오존의 이용

오존의 이용에 있어 가장 중요하다고 할 수 있는 몇 가지 항목들을 요약하면 다음과 같다.

1) 식수의 가공, 정제

이 분야는 바로 오늘날에 오존이 가장 폭 넓게 이용되는 분야이다.

프랑스 '니스'의 공장에 완전한 오존 설비를 갖추기 시작한 이후 이미 20세기 초에 프랑스, 독일, 스위스 등지에서 수많은 모델의 오존 설비를 갖출 수 있게 되었다. 식수 공장에 적용된 오존의 사용 형태는 다음과 같이 나누어 볼 수 있다.

- 박테리아와 바이러스의 살균·소독
- 철과 망간의 산화
- 탈색 및 산미, 악취제거
- 조류 제거
- 각종 유기물(살충 살균제, 세제, 페놀)의 정제

-시안화물의 산화

-암모니아 혹은 용해된 형태의 유기물의 생물학적 정제를 위한 활성탄 제조

현재 식수 생산에 적용된 오존의 이용 형태는 세가지의 단계를 이루고 있으며, 각각의 단계는 다음과 같다.

-1단계 : 하급수에 대한 소량의 오존을 사용한 사전 오존 정화 작업(생물학적 유기물의 감소와 철이나 망간을 산화시키기 위한 부분적인 니트로화 작용)

-2단계 : 모래나 활성탄으로 이루어진 필터 사용을 겸한 2차 오존 정화 작업(니트로화작용과 유기물에 대한 생물학적 분해 작용)

-3단계 : 소독

오늘날에 있어 오존 사용이 매우 중요해진 것은 그 이유를 바로 $3CH_4$ 와 유기 할로젠 염소 화합물에서 찾을 수 있다. 이것은 염소와 어떤 특정한 화합물과의 상호 작용에 의해 발생하는 것으로 암을 유발시키는 성질을 지닌다. 그렇

기 때문에 오늘날에는 오수나 폐수의 정제시 염소화합물의 일종인 클로르 석회로 정제하는 방법보다 다른 방법, 즉 오존 정제 방법이 권고되고 있다.

이미 만들어진 3CH_4 를 분해하기는 매우 어려운 일이어서, 대부분의 식수 정제 설비의 사전 과정에서 염소와 작용하여 암유발 물질을 만들어 내는 특정 화합물을 산화시키기 위해 염소대신 오존을 사용하고 있다.

2) 하수의 정제

산업화의 진전, 도시의 혼잡 그리고 생호라 수준의 향상은 한편으로는 물에 대한 수요를 급증시켰지만, 다른 면에서 보면 도시와 공장에 의한 물의 오염도 심각한 수준에 이르게 하였다. 다음과 같이 두가지 해결해야 할 과제를 발생시킨 것이다.

즉, 하나는 하수 수질의 향상이 필요해졌고, 또 하나는 부족한 수자원을 충당하기 위해 이미 사용한 물을 다시 이용할 수 있는 방법을 찾는 것이다.

아마도 이중 하나 혹은 두가지 모두를 해결하기 위해서는 유해물질의 제거, 그리고 특히 병을 일으키는 미생물을 제거할 수 있는 완벽 정제 방법을 찾는 데 주력할 수 밖에 없다. 이는 정제된 물을 가지고 산업 용수로, 또 농작물 재배에 사용해야 하고 심지어는 그 속에서 수영을 하거나 직접 마실 수도 있어야 하기 때문이다. 따라서 현행 법규 또한 하수에 서식하는, 병을 유발시키는 미생물이나 세균들의 기준이 있어 매우 엄격하다.

이러한 이유로 이미 위에서 언급한 박테리아나 바이러스에 대한 오존 정화 방법은 수많은

영역에서 필수 불가결한 과정으로 인식되는 것이다. 하수의 정제 과정에서 오존은 단지 소독 물질로써 사용되는 것 뿐만 아니라, 시안화물, 페놀, 중금속과 같은 화합물을 처리하는 강력한 산화제로써 그리고 생물학적 방법으로는 처리하기가 어려운 물질의 제거를 위해 활성탄 여과와 더불어 시행되는 보충적인 정제 방법으로도 사용된다.

생물학적 정제 과정 후에 10~30분 가량의 시간동안 5~10mg/l의 오존으로 하수를 정제하는 것이 가장 효과적이라는 사실은 많은 실험을 통해 이미 증명된 것이다. 아마 세 번에 걸친 생물학적 여과 후에 오존 처리를 한다면 오존의 양도 줄이면서, 상대적으로 효과는 높게 될 것이 분명하다.

그러나 식수생산 과정에서 오존 처리 방법이 널리 보급되어 있음에도 불구하고 하수의 정제 과정에서는 미국의 25개 대형 하수 처리 시설을 제외하고는 거의 적용되고 있지 않은 것이 현실이다.

3) 악취제거

또 한가지 오존이 사용되는 분야는 바로 악취의 제거이다. 하수 처리 시설에서 인근 거주 지역의 대기를 오염시킬 수 있는 악취가 발생하는 경우도 있다.

이러한 경우의 근본적인 원인은 일반적으로 질소나 알데히드 등으로부터 생성되는 황 화합물이거나 하수의 우선 처리과정에서 진흙이나 조류와 같은 물질들이 퇴적되기 때문이다. 따라서 이러한 악취의 원인이 되는 것들은 그 제거 과정을 필요로 하게 된다.

오존 사용의 근본적인 목적은 불쾌한 냄새의

제거이고 그때에 오존은 가스 상태나 액체 상태의 형태로 이용된다.

a. 건식오존(가스 상태의 오존)

가스 상태의 오존의 활동은 매우 복잡하다. 왜냐하면, 즉시 산화·분해·변이 등의 작용이 일어나기 때문이다. 오존의 투입은 불쾌한 냄새가 발생한 곳에 직접하며, 배수구 쪽으로 갈수록 그 농도가 떨어지기 때문에 효과적인 악취제거를 위해서는 몇 분간 계속해서 오존가스를 투입하는 것이 바람직하다.

b. 습식오존(액체 상태의 오존)

액체상태의 오존을 악취제거를 위한 탑 모양의 특수 설비에 투입하여 하수와 접촉하도록 한다. 이때 그 설비 속에 오존과 하수의 접촉을 돕는 특수 첨가물을 투입할 수도 있다. 이러한 시스템은 이미 사용되어 왔던 산성 화합물이나 알칼리성 화합물의 사용방식에 비해 비교적 단순한 방법이다.

스위스에서는 주거지역과 인접한 하수처리시설의 대부분이 악취제거를 위해 이러한 설비를 갖추고 있다.

이러한 악취제거 설비는 단지 하수처리시설에서 뿐만 아니라 음식점, 수산물 가공 공장, 가구 제작 공장, 시장이나 대형 상점의 공기 정화 시스템에서도 응용되고 있다.

5. 양계분야의 활용

최근 들면서 축산분야에도 오존에 대해 관심이 높아지고 있다. 문제가 되고 있는 0-157 균을 99% 살균한다든지 사료 제조시 함유되어 있는 유해물질과 잔류농약을 제거하는데 효과가 있는 것으로 알려지고 있다.

양계분야에서는 계사내에 서식하는 세균들의 질병유전인자를 사전에 소독·예방하는 기능을 한다.

특히 계사내의 급이, 급수기를 소독시키는데 효과가 크다. 또한 강력한 산화력으로 유기물·무기물을 분해함에 따라 이물질의 혼입에 의한 세균번식을 예방, 용존산소가 풍부하고 닭들에게 식수로 공급할 경우 성장율이 좋아지며 질병에 대한 저항력은 물론 육질과 산란율을 향상시킬 수 있다.

종계장에서는 종란을 세척하고 냄새를 제거하는데 사용하기도 한다.

6. 결론

오존은 물론 보편적인 방법은 아니지만 수많은 식수생산 과정에서 상시 서술한 문제들을 해결하는데 사용되고 있다. 특히, 식수원이 유해한 화합물 등으로 오염되었을 경우와 같은 매우 위험한 상황에서 오존은 어떠한 물질보다도 뛰어난 효력을 발휘한다.

그러나 이것만이 오존 이용의 유일한 분야는 아니다. 산업이 발전하면서 하수의 오염도는 점점 증가하고 이로 인해 야기되는 문제는 날로 급증하고 있다.

따라서 다양한 형태의 오염이나 관련문제 해결을 위한 오존의 필요성 또한 높아지고 있는 것이다.

그리하여 결론적으로, 오존은 현재 산업부문에서, 의학부문에서, 더 나아가 양계분야에서까지 다양한 형태나 장소의 악취제거, 심지어 연체동물의 세척과 같은 분야에서까지 우리 생활에 크고 다양한 도움을 주고 있는 것이다. **양계**