

# UV오존 살균 탈취장치 관리자료

작성일자: 2015.3.22 작성자 : 청림테크 성현석

귀사의 작업장에 설치한 오존살균기의 성능과 사용 요령에 대하여 아래와 같이 권장 하오니 적용 시 필히 참조하시기 바랍니다.

## 1. 설치제품 규격

설치장소	model	오존발생방식	오존발생량	토출구 순간농도	자외선강도
가 공장	OKS-750	UV Lamp에 의한 오존발생	7.4g/h x 2대	0.7ppm	30,000 $\mu$ W.sec/cm <sup>2</sup>
원재료창고	OKS-740		3.7g/h x 1대	0.7ppm	
Clean Room	OKS-370		2.8g/h x 1대	0.6ppm	

## 2. 살균원리

- (1) 본 제품은 184.9nm의 강한 파장을 발생시키는 UV Lamp를 이용하여 ozone를 발생시키는 장치로서, uv lamp에 의한 오존발생방식의 장점은 고장이 없고, 인체에 유해한 NO<sub>x</sub>(질소산화물)가 동시 발생하지 않아 작업장내에 질산성분이 잔류하지 않는 장점이 있습니다.
- (2) 오존은 염소의 6-7배에 달하는 강한 산화력이 있어 세균의 세포막을 산화시켜 사멸시키는 효과가 있고, 각종 유해가스를 산화 분해시켜 탈취효과를 동시에 얻을 수 있습니다.
- (3) 본 제품의 살균과정을 간략히 설명하면 1차적으로 작업장내의 부유세균을 살균기내로 강제 흡입시켜 살균하는데, 살균기내로 흡입된 부유세균은 내부의 자외선과 오존의 상승효과(OH Radical을 이용한 AOP원리)에 의하여 강력살균이 되고 2차적으로 살균기 외부로 분출된 오존이 작업장 구석구석에 침투하여 각종 증착균을 살균합니다.
- (4) 오존은 표면살균효과만 있으므로 완제품상태에서의 살균효과는 미미하고, 각 공정에서의 증착균을 사전에 줄여줌으로써 세균오염을 방지하는 용도로 적합합니다.

### 3. 살균효과를 높이는 요인

- (1) 실내온도 : 18 °C~20 °C일 때 최적(온도상승 또는 하강 시 효율 감소)
- (2) 가동시간 : 3시간 가동기준으로 설치하였으나, 내성이 강한 세균을 살균하거나, 동절기 평수 과다시는 가동시간을 늘려주어야 합니다.
- (3) 작업 후 청소 : 작업 후 바닥청소를 하면 증착균들이 부유되므로 살균효과를 증대시킬 수 있습니다.
- (4) 먼지 또는 악취가 많은 공간에서는 수시로 Lamp를 닦아주어야 합니다.

### 4. 사용시 주의할 점

- (1) 작업장 내에 사람이 있을 경우에는 사용하지 마십시오.
  - A. ILO에서 정한 작업장내의 오존농도허용치는 0.1 ppm이하이고, 국내 오존주의보 기준도 0.12 ppm으로 정하여져 있으나,당사의 경험상으로 보면 0.05ppm이하로 규제되어야할 것으로 판단됩니다. (참고로 숲속에서 느끼는 상쾌한 상태의 오존농도는 0.01-0.03 ppm)
  - B. 가동중 잠시 출입할 경우에는 5분을 경과하지 마십시오.
- (2) 출근시간 2-3시간 전에 오존살균기가 정지되도록 타이머를 세팅하셔야 합니다.

오존의 농도는 풍량에 따라 세제곱에 반비례하여 감소되는데 통상오존이 산소로 환원되는 반감기는 1시간 정도이나 밀폐된 상태에서는 분해속도가 늦고 환기가 좋은 상태에서는 짧은 시간에 없어지는데, 환경에 따라 가동시간을 조절하여 사용하여야 합니다. (오존은 산소로 전량 환원되고 작업장 내에 잔류하지 않습니다)

## 5. 세균별 오존의 살균효과(미국 농무성자료)

미생물의 종류	오존농도 (ppm)	미생물농도 (개/ml)	온도(°C)	접촉시간 (초)	사멸율(%)
대장균	0.95	105 celle	21.0	5	99.9
포도상구균	1.08	105 celle	21.0	5	99.9
녹농균	1.08	105 celle	21.0	5	99.9
크로스토룹	0.96	105 celle	21.0	5	99.9
인플루엔자	0.96	105-3EID50	21.0	5	99.9
닭.뇌척수염바이러스	0.72	102-9EID50	20.0	5	99.9
개,전염성간염바이러스	1.20	101-5EID50	21.0	5	99.9
개,바부루바이러스	0.96	102-5TCID50	21.0	5	99.9
닭,록시디움	1.92	3x105 celle	20.0	30	99.9
곰팡이	0.3-0.5	105 celle	20.0	19	99.9
효모	0.3-0.5	105 celle	20.0	90	99.9
고초균	0.3-0.5	105 celle	20.0	30	99.9

## 6. 오존농도측정

- (1) 측정일시 : 2010. 9.27. 01:00-08:00
- (2) 측정결과치 기준 : 측정지점(4점) 측정치 평균
- (3) 측정장비 : AET-030P

설치장소	작업장 용적	실내 온도	설치기종/수량	오존 발생량	오존농도 (ppm)			
					30분 가동중	2시간 가동중	3시간 가동중	정지후 2시간경과
가 공장	990m <sup>3</sup>	16°C	OKS-750. 2대	7.4g/h	0.4	0.8	1.1	0.01
원료창고	80m <sup>3</sup>	3°C	OKS-750. 1대	3.7g/h	0.3	0.9	1.4	0.03
크린룸복도	240m <sup>3</sup>	16°C	OKS-750. 1대	2.8g/h	0.5	1.2	1.6	0.03

## 7. 요약

- 작업중일때는 가동하지 마십시오.(가동 중 5분 이내 출입은 무난)
- 현재 3시간 가동기준으로 설치하였으나, 가능한 3시간 이상 가동하시고 출근전 3시간 이내에 가동이 중지되도록 타이머를 세팅하십시오.
- 오존은 표면살균 효과만 있으므로 원료 내부에 세균이 침투하지 않도록 분쇄기에 대한 오존살균을 병행하여 주시면 좋습니다.
- 오존발생기가 가동되지 않는 주간 작업 중에는 개인위생을 철저히 하시고, 퇴근 시 바닥청소를 비롯한 CIP를 병행하시면 살균효과가 배가됩니다.

### □ 오존의 살균원리와 독성에 관한 참고자료

#### (1) 오존은

‘오존주의보’, ‘오존층’ 등의 용어를 통하여 이제는 낯익은 물질이지만 정확히 이해하고 있는 사람은 매우 드문 실정이다. 오존(분자량 48, 비점 -112, 비중 1.67) 오존은 산소로부터 생성되는 산소의 불안정한 동소체로서 산소원자 3개로 이루어져 있다 화학적으로 매우 불안정하여 외부의 약한 충격에도 산소(O<sub>2</sub>)와 발생기산소(O)로 분리 된다. 오존의 살균력은 바로 이 발생기산소의 산화력에 기인한다.

즉 세 사람이 양손을 잡고 원을 형성한 구조에 비유되는데 떨어져나간 발생기산소는 양손을 들 곳이 없어 주변의 물질에 달라붙는 것이다. 오존은 오염물질에 의해 만들어지기도하지만 원래 자연 상태에서 생성된다. 천둥치는 것과 같은 고전압의 전기가 방전될 때, 해변이나 깊은 숲속과 같은 조건에서 식물이 광합성 작용을 할때 발생한다.

실제 청정지역인 울릉도에서 서울, 부산 등 대도시보다 오존농도가 높게 나타난 적이 수 차례 있었던 이유이다.

상온에서는 기체인 물질로서 저농도 일때는 무색이나 15%이상의 농도에서는 푸른색을 나타내며, 특유의 냄새를 느낄 수 있다 ( 0.015 ppm정도면 느낄 수 있음). 오존은 숲속, 해안, 고산 등의 자연대기 중에는 약 0.01-0.03ppm 정도로 소량 포함되어 있으나 인체의 관능으로는 감지되지 않고, 지구상 오존의 90%이상은 지상 10-50 km 사이에 있는 성층권 내의 오존층에 밀집해 있다. 태양광의 자외선 복사에 의해 공기 중의 산소가 오존으로 변환되었다가 환원되는 생성, 소멸과정이 반복된다.

## (2) 오존의 효과와 독성

오존의 산화력은 2.07 eV로서 불소와 OH-다음으로 강력하여 백금과 금을 제외한 모든 금속과 미생물 및 유기물질을 산화시킬 수 있다. 각종 세균의 세포벽과 원형질을 파괴하므로 염소보다 6-7배 정도의 강한 살균력을 지닌다. 박테리아는 물론 곰팡이, 이끼, 바이러스까지 10초 내에 99.9%이상 죽여 버리는 것으로 밝혀졌다. 최근에는 오존을 인위적으로 발생시키고 용해하는 기술이 발달하여 살균은 물론 폐수 처리 등 여러 분야에 활용되고 있다.

오존을 인위적으로 발생시키는 방법으로는 자외선 Lamp 방식, 무성방전 방식 및 전기분해 방식이 있는데 돈사, 주방과 같은 좁은 공간을 저농도로 꾸준히 살균시키기 위해서는 비용이 적게 소요되고 구조가 간단한 Lamp 방식을 채택한다. Lamp 방식은 발생오존가스 중에 독성이 강한 질소산화물(NOx)을 포함하지 않을 뿐만 아니라 자외선과의 시너지효과를 기대할 수 있다(광산화법). 이때 Lamp는 살균력과 에너지가 강한 단파장을 발생해야 하므로 용융석영 Glass로 만들어진 저압수은램프를 사용하여야 하는데 가격이 고가인 것이 단점으로 지적된다.

대류권의 오존농도가 짙어지면 문제가 되는데 오존농도가 짙어지는 것은 자동차 배기가스 및 공장배출가스 등에 함유된 질소산화물, 탄화수소류, 휘발성 유기화합물(VOC) 등이 태양빛과 반응해 만드는 오존이 늘어난 탓이다. 특히 오존은 지상의 평균풍속이 초당 3.0 m미만으로 바람이 약하고 최고기온이 25도 이상으로 높으며 일사량이 많은 쾌청한 날씨가 지속될 때 발생하기 쉽다.

무더운 여름철 오후 2-5시간대에 오존주의보가 자주 발령되는 이유이다. 오존주의보가 발령되었는데 보통 2시간 가량 지속되는 발령 시간 중에는 노약자나 어린이 심장병 환자들의 경우 활동을 피해야 한다. 정상인도 과격한 운동은 삼가야 할 것이다.

## (3) 오존이 인체에 끼치는 영향

농도 (ppm)	노출시간	영향
0.05 - 0.1		즉시 불쾌한 냄새
0.05 - 0.3	30분 -6시간	운동신경 기능저하, 학습능력 감소
0.08 - 0.4	3-4시간	호흡기 감염에 잘 걸림
0.1 -0.3	1시간	호흡기자극 증상 증가, 호흡기질환 악화
0.1 -1.0	1시간	기도저항 증가
0.1 -1.0	2주일	냄새 느끼고 두통, 시력장애
0.25- 0.75	2시간	운동 등 폐기능 감소
0.6 -0.8	2시간	흉통, 기침, 기도 자극
0.94	1시간 30분	기침, 숨참
0.1이하		ILO에서 정한 작업장 기준

오존은 분명 두 얼굴을 가진 물질이다. 살균을 비롯한 여러 용도에 유익하게 활용되고 성층권에서 자외선을 차단시켜 줌으로써 지구를 보호하는 중요한 역할을 하지만, 그 독성이 강하여 적절히 사용하지 않는다면 그 피해가 매우 큰 것으로 보고되고 있다.

오존은 1886년에 오염된 물을 살균하기 위하여 처음 이용된 후로 관련 기술의 진보로 인하여 용.하수의 살균은 물론 폐수의 고도처리에까지 이용되고 있으며 탈취, 탈미, 제철, 제망간 및 발암물질인 THM 생성 억제, 표면 활성화, 산화촉매, 난분해성 유기물질 분해, 응집침전의 효율증대, 생물학적 활성도의 증대 등의 다양한 용도로 활용되고 있다. 특히 소독에서 DBP(Disinfection By Products) 제어를 위한 적용과 생물학적 처리 또는 미생물 성장 잠재력을 최소화하기 위해 많이 적용되고 있다. 또한 염소보다 6배 이상의 강한 살균력으로 세균의 세포막에 존재하는 효소를 산화시켜 세포막을 파괴하고 DNA를 손상시키며, 중금속, 유해 유기물, 잔류농약 등을 분해한다. 염소에 비해 유해한 반응잔류물(THM)을 남기지 않아 2차 처리가 필요 없는 장점이 있다.

그러나 지표 부근에서는 자동차, 공장, 빌딩 등의 배기가스에 포함된 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 탄화수소(HC), 일산화탄소(CO) 등이 태양광선(자외선)과 광화학 반응을 일으켜 광화학 스모그의 주요 생성물질인 광산화물(Oxidant)의 일종인 오존, PAN 등을 발생시킨다. 이때 발생된 오존의 농도가 0.12 ppm 일 때 오존주의보, 0.3 ppm 일 때 오존경보, 0.5 ppm 이상 일 때 오존 중대경보가 내려지는데 오존주의보 발령 수준에서 1시간 이상 노출되면 호흡기와 눈에 자극을 주고 통증을 느낀다. 실제 오존주의보가 내려지는 상황이 계속되면 평균사망자 수가 7% 증가하고 호흡기 질환자의 사망률은 무려 12%나 높아지는 무서운 환경공해 후유증을 유발한다.

95년 오존경보제가 도입된 이래 지금까지 47일에 93회가 서울을 비롯한 수도권 일대에 내려졌는데 매년 3-4배 정도씩 증가 추세에 있다. 국내 경기회복과 중국경제의 활성화가 이어질 경우 증가 추세는 가속화 될 것이다.

대기 중의 오존 농도가 높다는 것은 광화학 스모그와 관계되는 오염물질들(NOx, SOx, CO, HC...)의 오염도가 높다는 것을 의미하며 특히 태양광선이 있는 낮에 대기 중의 오존농도가 증가된다.

오존은 산화력이 강한 기체로 눈을 자극하고 시각 장애와 폐기능을 저하시켜 폐수종과 폐충혈, 폐섬유화증을 발생 시킬 수 있으며 만성 중독 시에는 체내 효소계를 교란시켜 DNA, RNA에 작용하여 유전 인자에 변화를 주기도 한다. 장기적으로 조기 노화현상과 폐암을 유발한다는 보고도 있다. 미국 버클리 대학의 분자 및 세포물리학과와 켈스틱엘 교수팀이 미국 태양차단학회에 보고한 바에 따르면 오존 농도가 높아지면 표피의 비타민E 함량이 줄어들어 가려움증, 염증 등 각종 피부병과 함께 피부노화가 촉진되고 고농도 오존에 2시간 이상 노출될 경우 표피의 비타민E 농도는 25% 감소하고 6일 후

에는 75%나 손실 된다고 한다. 이보다 낮은 농도라도 장기간 노출되면 항산화 기능을 가진 비타민E가 고갈될 수 있으며, 이 경우 지방세포가 파괴되거나 산화되어 피부병과 피부노화가 유발된다고 한다. 이처럼 독성이 강한 오존을 살균, 악취제거 등의 유익한 용도로 활용하기 위해서는 오존에 대한 정확한 이해와 조치가 필요하다.

일부 판매업체와 소비자는 오존의 농도가 높을수록 무조건 좋은 효과를 얻을 것이라고 생각하는 경우가 있다. 최대한 안전한 상태에서 최상의 효과를 얻기 위해서는 사람이 없는 시간에 집중적으로 살균하는 것이 필수적이다.

#### (4) 광산화법(자외선+오존)의 원리와 살균효과

오존은 THM 생성억제, 맛, 응집침전 개선효과 및 생물학적 활성도 증대효과 등의 잇점과 강한 산화력을 갖고 있으나, 실제 오존은 대다수 유기물과의 반응이 느리거나(맛, 냄새, 유발물질인 Geosmin, MIB와 THM과 같은 포화탄화수소, 농약 등) 어떤 유기물과는 전혀 반응을 하지 않는 등 유기물과의 반응이 매우 선택적인 것이 결점으로 지적되면서 새로운 공정을 개발하게 되었는데, 이것이 바로 고급산화법 즉 AOP (Advanced Oxidation process)이다.

AOP란 인위적으로 오존의 분해를 유발시키거나 광분해 등과 같은 방법으로 반응성이 높은 중간 생성물인 OH라디칼을 생성시켜 유기물질을 산화분해시키는 보다 진보된 기술을 말한다. 그 종류로는 크게 High pH/O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub>, UV/O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV의 4가지로 분류되며 이들 AOP 공정의 공통점은 직접 주입한 산화제로부터 처리 효과를 기대하기 보다는 중간 물질로 생성된 OH라디칼에 의존한 방법이며, 최종 목표는 OH라디칼의 생성농도를 극대화하는 것이다. AOP 공정은 기존의 산화제인 염소, 이산화염소, 과망간산칼륨 보다 훨씬 강한 산화력을 가지고 있을 뿐만 아니라 오존만 단독으로 사용했을 경우보다 경제적, 효율적으로 효과가 배가되는 장점을 가지고 있다.

자외선과 오존을 병행하여 이용한 고급산화법(UV/O<sub>3</sub> AOP)을 광산화법이라고 하는데, 이 광산화법은 오존이 자외선 에너지에 의해 광분해되는 초기반응 단계에서 과산화수소가 중간 물질로 생성되고 여러 경로를 거쳐 OH radical 생성하게 된다. 이 OH radical이 자외선과 오존의 살균력을 100배 이상 증대시키는 것이다. 이렇게 광산화법은 오존의 광분해로 과산화수소를 직접 생산하며 오존 외에 자외선에 의해서도 유기물질을 직접 제거할 수 있다.

즉, 광산화법에 의한 유기물질의 제거반응은 오존과 직접적으로 반응하여 제거되는 경로, OH라디칼에 의해 제거되는 경로, 자외선에 의해 광분해되는 경로로 구분되어 오존을 단독으로 사용했을 경우보다 월등한 (10-104배 이상) 상승작용 효과(synergy effect)를 얻을 수 있다. 특히 광산화과정에서 생성되는 OH라디칼은 불소(F) 다음으로 높은 산화환원 전위를 가지고 있어 높은 산화력을 갖고 있으므로 자외선과 오존에 의한

광산화법은 높은 살균효과는 물론 각종 유기물, 유해물질의 분해, 악취제거 및 각종 수처리 공정 등에도 매우 효과적으로 적용될 수 있는 공정이다.

자외선을 이용한 광산화법은 살균 분야에 가장 먼저 응용되었는데 1940년대 미국의 GE사에서 실용 장치를 개발하였으나 실용화되지는 못하였고 1970년대에 들어서야 일본의 '도레이'사가 이의 실용화에 성공한 것으로 알려져 있다. 이후 일본의 교토대학, 미쓰비시전기, 공업시험장, 미국의 환경보전국, 캘리포니아 주도국 등에서 광산화법을 응용하였고 1986년 암스테르담회의, 1989년 베를린회의를 거쳐 AOP 방식을 국제적으로 인정하기에 이르렀다.

최근에는 일본의 SEN LIGHT사가 공기 중 살균장치인 'UV바이오클린'을 개발하여 AOP 방식의 대중화를 이루었는데 실제 오존의 특성상 공기 중 효과가 매우 뛰어나 다용도로 널리 활용되고 있다. 국내에도 일부 제품이 수입된 적이 있으나 가격이 고가여서 대중화되지 못하였고 최근에는 PURIZONE이 이를 국산화하여 저가로 공급하고 있다.

#### (5) 이롭게 쓰는 지혜

이상과 같이 자외선과 오존은 분명 두 가지 얼굴을 하고 있기 때문에 적절히 활용할 수만 있다면 보다 효과적이고 경제적인 방법인 것이다. 강한 자외선에 직접 노출되지 않고 한정된 용도로만 활용한다면 크게 도움이 될 것이며, 특히 오존은 공기 중에 퍼지면 서 세계곳에 반비례하여 농도가 낮아진다. 고농도로 신체에 접촉할 때 즉 오존발생장치 앞에 코를 대거나 환기가 잘 안되는 곳에 장시간 오존발생장치를 작동하는 것 등만 주의하면 문제가 없을 것이다.