

기체방전을 이용한 환경개선용 오존수 제조에 관한 연구

이창호°, 송현직°, 윤병한°, 김중현°, 이광식°  
 영남대학교°, 영남이공대학°, 한국폴리텍 VII 거창대학°, 대구광역시청°

A study on the Production of Ozonized Water for Environment Improvement by Gaseous Discharge

C.H Lee°, H.J Soong°, B.H Yoon°, J.H Kim, K.S Lee°  
 Yeungnam Univ°, Yeungnam College°, Geochang College°, Daegu City Hall°

**Abstract** - In this paper, a co-axial type ozonizer varied with discharge gap was designed and manufactured for investigating ① discharge characteristics with variation of output voltage power supply, flow rate and gap distance ② ozone generation and solubility characteristics with variation of flow rate, gap distance and discharge power. Pure oxygen was used as process gas of the co-axial type ozonizer.

1. 서 론

각종 산업체에서 배출된 유기물과 정수처리 과정에서 부산물로 생성되는 염소계 유기부산물물은 농도가 극미량이라 할지라도 인체에 유해할 가능성이 매우 높다. 따라서 환경문제가 심각하게 대두되고 있는 현실에서 환경오염의 원인이 되는 오염물질의 제거나 발생저감을 위한 대책의 하나로 전기적 방전현상으로 발생하는 오존의 강력한 산화력과 최종적으로는 산소로 환원되어 2차적인 환경오염을 발생시키지 않고 잔류물질이 남지 않는 오존의 활용이 제시되고 있다.

오존수는 오존이 물에 1 [ppm] 이상 녹아 있는 물이며, 살균력이 강력하기 때문에 물속에 있는 바브리오, 일반대장균, 살모넬라, 황색포도상구균 등의 세균을 짧게는 수초 길게는 수분 이내에 살균시키는 물이다.

오존을 사용한 처리 시스템에서 가장 중요한 것은 고농도 오존발생과 발생한 오존을 얼마나 효과적으로 피 처리수에 접촉시킬 수 있는냐에 달렸다. 따라서 발생한 오존의 농도 및 유출량을 높이기 위한 많은 연구들이 있었다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 기체방전을 이용한 환경개선용 오존수 제조를 위하여 Pyrex 유리관의 방전 갭에 따른 무성방전형 오존발생기의 원료가스의 유량, 인가전압의 변화에 따른 방전특성과 오존생성특성 및 오존용해도특성을 연구·검토하였다.

2. 본 론

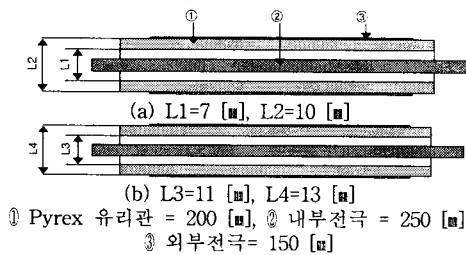
2.1 실험장치 및 방법

2.1.1 실험장치

그림1은 본 연구에서 기체방전을 이용한 환경개선용 오존수 제조를 위하여 설계·제작한 동축원통형 오존발생기의 방전관 개략도이다.

그림1의 방전관은 일반유리에 비해 열팽창계수 낮은 뿐만 아니라 용점이 높고, 열충격저항이 우수하여 고온의 방전부에 적용이 용이한 Pyrex 유리관(① 두께: 3 [mm], 외경: 10 [mm], ② 두께: 2 [mm], 외경: 13 [mm]) 내부에 재질 SUS 304의 표면을 피치 1 [mm], 예각 60°로 나사산을 만든 중심전극( 두께: 6 [mm])을 장착하였으며, 외부전극( 두께: 0.1 [mm])은 Cu( purity: 97 [%]) 재질의 tape를 유전체 외부에 붙여 사용하였다.

그림에서와 같이 Pyrex 유리관과 중심전극 사이에 구성되는 방전 갭은 각각 0.5와 2.5 [mm]로 되어있으며, 중심전극에 교류고전압을 인가하면, 중심전극과 외부전극 사이의 방전공간에 무성방전이 발생하여 오존이 생성되는 구조이다.



〈그림 1〉 방전관 개략도

2.1.2 실험방법

무성방전을 이용한 동축원통형 오존발생장치의 방전특성 및 오존생성특성을 연구·검토하기 위하여 먼저 전원장치( NT )의 입력전압을 변화시키면서 무부하시 NT의 출력전압을 측정하였다.

오존발생기의 방전특성을 연구·검토하기 위하여 원료가스의 유량( Q ), NT의 출력전압 및 방전갭( G )의 변화에 따른 오존발생기의 방전전압(  $V_d$  ), 방전전류(  $I_d$  )과형 특성 및 방전전압에 대한 방전전력(  $W_d$  )을 측정하였다.

원료가스의 Q를 매개변수로 하였을 때, G의 크기에 따라  $W_d$ 의 변화에 따른  $O_{3Gcon}$  및  $O_{3Y}$ 를 측정 및 계산하였고, 오존수 제조를 위하여 원료가스에 따른 용존오존농도(  $O_{3Lcon}$  ) 특성을 연구·검토하였다. 이때, 원료가스로는 산소를 이용하였고, 용매로는 일반수돗물( 5 l, 20℃ )을 접촉조에 담아 용해시켰다. 오존을 좀더 빠르고 균일하게 용해시키기 위해 수증펌프( AC220V, 소비전력 10 [W] )를 사용하였다.

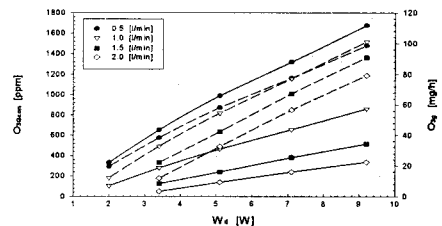
2.2 실험결과 및 고찰.

2.2.1 방전전력-오존생성농도 및 오존발생량 특성

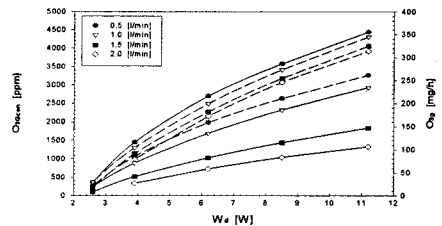
그림2의 ( a ) 및 ( b )는 G이 각각 0.5 및 2.5 [mm]일 때, 유량( Q )을 매개변수로 한 경우 방전전력(  $W_d$  )의 변화에 따른  $O_{3Gcon}$  및  $O_{3Y}$ 의 특성을 나타낸 것이다.

그림에서 보는 것과 같이 각각의 Q에서  $W_d$ 가 증가할수록  $O_{3Gcon}$  및  $O_{3Y}$ 가 상승하였다. 이것은 오존발생기에 가해지는 입력에너지가 상승함에 중심전극-외부전극에서 무성방전이 증대되어 산소분자의 해리를 촉진시킨 결과이다.

G이 클 수록 방전공간의 자유전자와 여기산소원자가 적기 때문에 중심전극에서 발생한 전자의 평균자유행정이 그 만큼 길어지게 된다. 따라서 방전공간 내에서 발생하는 무성방전이 상대적으로 활성화되어 방전공간 내에서의 전리확률이 상승하게 되어 오존농도가 상승하게 된다. 동일한 G에서  $W_d$ 이 일정한 경우, Q이 감소할수록  $O_{3Gcon}$ 은 증가하는 것으로 나타나고 있다.



( a ) 0.5 [mm]



( b ) 2.5 [mm]

〈그림 2〉 Q를 매개변수로 한  $W_d - O_{3Gcon}, O_{3Y}$  특성

2.2.2 방전전력-오존생성수율 특성

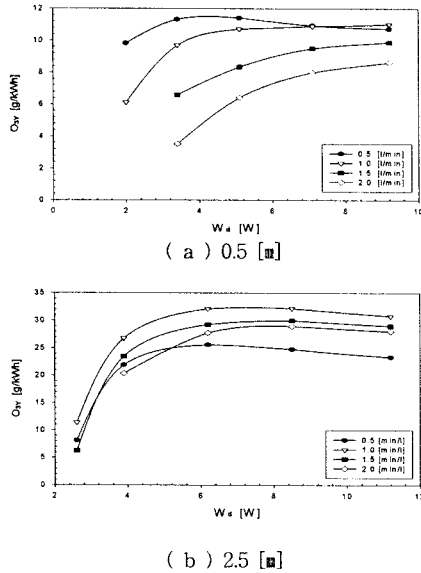
그림 3의 ( a ) 및 ( b )는 G이 각각 0.5 및 2.5 [mm]일 때, Q를 매개변수로 한 경우  $W_d$ 의 변화에 따른  $O_{3Y}$ 의 특성을 나타낸 것이다.

그림과 같이 Q이 낮을 때에는  $W_d$ 이 증가함에 따라  $O_{3Y}$ 이 상승하다가 최대값 이후 포화하는 것으로 나타났고, Q이 높을 때에는  $W_d$ 이 증가함에 따라 점차 상승률이 둔화되는 것으로 나타났다.

그림 (a)의 경우, G이 작을때 중심전극에서 방출된 전자의 평균 자유행정이 짧아지게 되어 외부유전체의 G이 클 때보다 상대적으로 약하게 전리된다. 이에 방전 공간 내부의 무성방전이 G이 큰 경우에 비하여 약하게 발생하므로  $O_{3Gcon}$ 가 저하하게 된다. 이때의  $O_{3Y}$ 은 Q의 의존성이 증가하게 된다.

그림 (b)의 경우, 동일한 Q에서  $W_d$ 이 증가함에 따라서  $O_{3Y}$ 이 상승하다가  $W_d$ 이 약 6 [W] 이상이 되면 서서히 저하되는 것으로 나타난다. 또한,  $W_d$ 이 일정할 때는 Q이 증가됨에 따라서 원료가스의 Q에 의한 냉각효과의 상승으로  $O_{3Gcon}$ 가 저하되는 비율과 오존으로 변환되는 산소분자의 수가 증가되는 비율의 크기에 의해서  $O_{3Y}$ 이 결정되므로 그림2의 (b)와 같이  $O_{3G}$ 에 준하는 특성으로 주어진다.

그림 (b)와 같이  $W_d$ 의 증가에 따라  $O_{3Y}$ 이 계속 상승되는 것이 아니고,  $W_d$ 이 6 [W]에서 극대점이 나타나는 것을 확인할 수 있었다.



<그림 3> Q를 매개변수로 한  $W_d - O_{3Y}$  특성

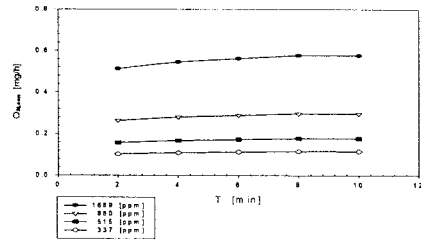
### 3.4 오존용해도 특성

그림4와 그림5는 G이 각각 0.5 및 2.5 [μ]일 때,  $O_{3Gcon}$ 을 매개변수로 할 때,  $W_d$ 이 9.2 및 11.2 [W]일 때, 오존화가스와 수과의 접촉시간 (T)에 따른  $O_{3Lcon}$ 의 특성을 나타낸 것이다.

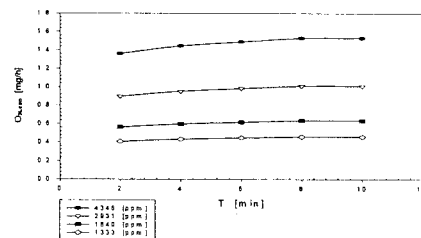
그림에서와 같이 Q이 낮을수록  $O_{3Lcon}$ 이 상승하는 것으로 나타났으며,  $W_d$ 이 증가함에 따라  $O_{3Lcon}$ 이 높게 나타났다.

그 결과 오존화가스를 반응용기에 폭기하였을 때, 최대 포화  $O_{3Lcon}$ 은 G이 0.5 및 2.5 [μ]에서 Q은 0.5 [t/min]이고,  $W_d$ 이 9.2 및 11.2[W]일 때, 각각 0.577 및 1.529 [mg/l]으로 각각 나타났다.

동일한 G에서  $W_d$ 이 일정한 경우, Q이 감소할수록  $O_{3Lcon}$ 은 증가하는 것으로 나타나고 있다.



<그림 4> G=0.5 [μ],  $W_d = 9.2$  [W] 일 때,  $O_{3Gcon}$ 를 매개변수로 한 T -  $O_{3Lcon}$  특성



<그림 5> G=2.5 [μ],  $W_d = 11.2$  [W]일 때,  $O_{3Gcon}$ 를 매개변수로 한 T -  $O_{3Lcon}$  특성

그림2와 같이 본 연구의 실험범위에서와 같은 조건에서 Q가 증가하면  $O_{3Y}$ 이 상승하고 있으나, 그림3에서는 Q가 증가하면  $O_{3Gcon}$  감소하는 결과가 나타나고 있다. 이것은  $O_{3Y}$ 이 높아지는 것은 전력소모가 적어져 소비전력을 저감할 수 있지만  $O_{3Gcon}$ 가 떨어지면서 오존용해도가 감소하여 오존수 농도가 낮아지게 된다.

즉, Q가 증가함에 따라서 기상에서의 오존화가스 농도가 감소하기 때문에 액상으로의 포기시킬 수 있는 오존화 가스농도가 낮아지게 되어 용존오존농도는 감소하는 것으로 사료된다. 또한, 접촉조에 투입되는  $O_{3Gcon}$ 가 높을수록 오존화가스와 수과의 접촉확률이 증가하므로 오존화가스의 용해가 활발히 이루어져서  $O_{3Lcon}$ 의 상승하게 되는 것이다. 그리고 용해시간이 증가함에 따라 용매에 오존이 용해되는 양과 더 이상 용해되지 못하고 오존가스로 유출되는 양이 상승하여 포화상태에 도달하게 되는 것이다.

## 3. 결 론

본 연구에서는 기체방전을 이용한 환경개선용 오존수 제조를 위하여 Pyrex 유리관의 방전 챔에 따른 무성방전형 오존발생기의 원료가스의 유량, 인가전압의 변화에 따른 방전특성과 오존생성특성 및 오존용해도특성을 연구·검토하였다.

(1) 최대  $O_{3Gcon}$ 은 G이 각각 0.5 및 2.5 [μ], Q가 0.5 [t/min]이고  $W_d$ 이 9.2 및 11.2 [W]일 때 각각 1689 및 4346 [ppm]을 얻을 수 있었고, 최대  $O_{3G}$ 은 유량이 1.0 [t/min]이고  $W_d$ 이 각각 9.2 및 11.2 [W]일 때 각각 103 및 342 [mg/h]를 얻었다.

(2) 원료가스의 유량을 증가시키면 기상오존농도와 오존 발생량은 반비례하여 감소하지만 오존생성수율은 향상된 특성을 얻을 수 있었다. 동일전력에서 방전면적이 증가함에 따라 원료가스가 방전부에 채류하는 시간의 증가로 인해 오존생성특성이 향상됨을 알 수 있다.

(3) 동일한 G에서  $W_d$ 이 일정한 경우, Q이 감소할수록  $O_{3Lcon}$ 은 증가하는 것으로 나타났다.

오존발생기의 소형화 추세로 방전전극 면적이 점차 줄어드는 추세이나 구조개선을 통해 오존발생기내의 방전면적의 증대가 오존생성특성의 향상에 충분한 제인자가 될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서 제작한 Pyrex 유리관을 유전체로 사용한 오존발생기를 이용하면 살균에 필요·충분한 오존수가 생성되며, 주방용 소독제 및 미생물 살균 등의 사용이 가능하고 앞으로 국내의 기술수준과 산업계의 고급화 추세가 지속되고 있음을 감안하면 관련 산업의 발달 및 오존수의 효율 문제가 해결될 것으로 예측된다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 李 廣植, 李 東仁, “氣體放電에 의한 오존생성과 그 應用”, 大韓電氣學會 放電·高電壓(研), 學術發表會 論文集, pp.32 ~ 35, 1992
- [2] 이희재, 최재욱, 김규식, 김용철 “오존발생시스템과 오존수제조에 관한 연구”, 서울시립대학교 산업기술연구소 논문집, 제5집, pp. 119~123, 1997
- [3] 전병준, 이상근, 송현직, 김영훈, 박원주, 이광식, “3상 전압인가형 중점방전형 오존발생기의 오존생성 상승효과”, 대한전기학회 논문지, Vol. 49C, No.8, pp.486~476, 2000.
- [4] 이상근, 전병준, 박용권, 박원주, 이광식, 권혁한, 송현직, 박중협, “고주파 전압인가에 의한 무성방전형 오존발생기의 원료가스 온도특성에 관한 연구”, 한국조명전기설비학회 논문지, Vol.15, No5, pp46~54, 2001
- [5] Byung-Joon Chun, Sang-Keun Lee, Kwang-Sik Lee, “Ozone Generation Characteristics of a Piled Plate-Type Ozonize”, KIEE Intertional Trans. on EA, 12C, No.1, pp.33~37, 2002.
- [6] 이동훈, 박홍재, 박재운, “Ba-Ti-Si 세라믹 방전관의 오존 발생 특성 연구” Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, Vol.16, No.7, P.634, July 2003.
- [7] 최유승, 조민, 김성진, 조우현, 홍성호, 이규성, 윤제용, “먹는물 맛 냄새 물질 제거를 위한 최적 오존주입량의 선정” 대한상하수도학회 · 한국물환경학회 2003공동 추계학술발표회 논문집 P. A.75, 2003. 11.
- [8] 장태은, 신오규, 이진욱, 문성양, 김장섭, 홍건화, 정동화, 신일식, “비가열 살균방법으로 오존의 이용” 2003추계 한국수산화학회 학술대회 발표요지집, Vol.0, pp 53.
- [9] 윤영미의 6명, “오존을 이용한 미생물 살균” 2001 년도 춘계학술발표대회 프로그램, Vol.0, pp 491,
- [10] 이동하 외 4명, “Listeria monocytogenes, Escherichia coli O157 : H7 과 채소류에 대한 오존수의 살균효과에 관한 연구”. 1998년도 한국식품과학회 한국식품영양과학회 춘계 공동학술발표회 및 총회, Vol.0, pp 181, 1998
- [11] 조재영, 김재영, 유영창, “오존에 의한 E. coli 의 살균에 관한 연구”, 상하수도학회지(한국), Vol.2, No.2, pp.43 1989.