

# Lamp 형 오존발생기에 관한 연구

## A Study on the Lamp Type Ozonizer

강 천수<sup>0</sup>, 송 헌직, 김 상구, 박 원주, 이 광식, 이 동인  
영남대학교 전기공학과  
Cheon-Su Kang<sup>0</sup>, Hyun-Jig Song, Sang-Gu Kim,  
Won zoo Park, Kwang-Sik Lee, Dong-In Lee  
Department of Electrical Engineering Yeungnam University

### Abstract

This paper describes ozone concentration(  $O_{3con}$  ) and ozone generation(  $O_{3g}$  ) of lamp type ozonizer( O-Lamp ) which be performed a role of lighting source and ozonizer. O-Lamp is consist of two low pressure mercury lamps. The important conclusions obtained from this paper are as follows,

The more quality of supplied gas( Q ) decrease, the higher  $O_{3con}$  rise. The more quality of supplied gas( Q ) increase, the higher  $O_{3g}$  some rise.

The *Escherichia coli* is reacted on ozone can be sterilized above 99[%].

Also, O-Lamp can confirmed possibility of application as lighting-source.

이러한 오존을 발생시키는 방법으로써 무성방전법, 전해법, 고주파전계법, 및 광화학반응법 등이 있으며, 용도에 따라 오존발생량 및 농도 등이 달라지며 그에 따른 오존발생 방법이 채택되어지고 있다.<sup>[1][2]</sup>

본 논문에서는 오존을 발생하는 오존발생기로서의 역할 뿐만아니라, 光源으로서의 역할을 동시에 수행할 수 있는 Lamp 형 오존발생기( Ozone Lamp ; O-Lamp ) 에 관한 기초적 연구로써 방전관으로부터 방사되어 나오는 자외선( U.V )에 의해 생성되는 광화학반응법에 의한 오존생성 방법을 이용하여 제작된 O-Lamp 의 오존생성농도(  $O_{3con}$  ) 및 오존발생량(  $O_{3g}$  )을 연구 검토 하였다.

또한 환경개선의 일환으로 대장균( *Escherichia coli* )의 살균특성을 조사하였고, 光源으로서 활용하기 위한 기초연구로써 O-Lamp 의 조도를 측정하였다.

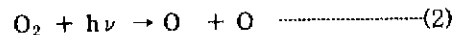
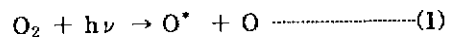
### 1. 서 론

오존은 자연계에서 불소( F ) 다음으로 강한 산화력을 가지고 있음으로 박테리아, 바이러스 등의 살균에 적용하며, 탈색, 탈취, 유독물질의 분해는 물론이고 식품저장, 실내공기정화 뿐만 아니라, 최종적으로는 산소로 환원되어 2차공해를 일으키지 않는다는 장점 때문에 점차 그 이용도가 현충 증가하고 있다.<sup>[1][2]</sup>

이와같은 측면에서 전기적 기체방전을 이용한 오존발생기에 대한 연구로서 1857년 W.von. Siemens 에 의해 무성방전( silent discharge )형 오존발생기가 최초로 개발한 이래 현재까지 glass 製 이중원통관 內外에 전극을 설치한 ozonizer, 회전원판형, 세라믹 coating 형 및 HVN type 등 각종 개량형의 ozonizer 가 개발되어 이용되고 있는 실정이다.<sup>[3][4][5]</sup>

### 2. 관련이론

광화학반응법에 의한 주된 오존생성반응은 식 (1) 및 식 (2) 에서와 같이 원료가스중에 포함된 산소분자(  $O_2$  )에 각각 130 ~ 175[nm] 및 175 ~ 245[nm] 의 자외선( U.V )을 照射하므로써 산소분자가 산소원자로 해리하고, 이렇게 생성한 산소원자가 식 (3) 에서와 같이 다른 산소분자와 결합하여 오존을 생성하는 것이다.



### 3. 실험장치 및 실험방법

#### 3.1 실험장치

오존을 발생시키기 위한 오존발생기로써의 역할과 光源으로써의 역할을 동시에 수행할 수 있도록 지기 압 수는 Lamp( low pressure mercury lamp )를 사용하여 설계 및 제작된 O-Lamp 의 개략도는 그림 1 과 같다.

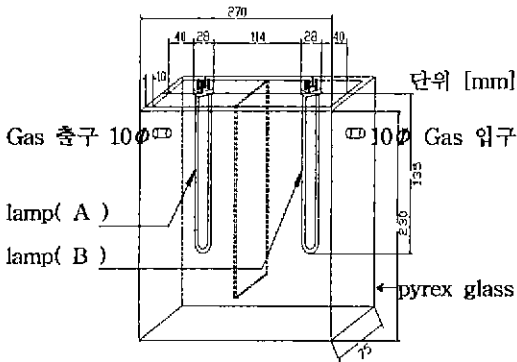
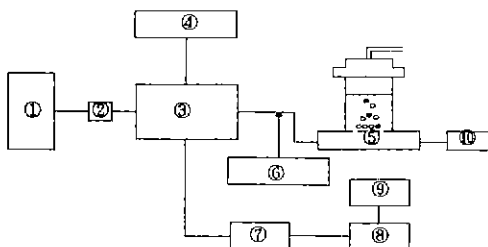


그림 1. Lamp형 오존발생기( O-Lamp )의 개략도

또한 O-Lamp 는 광화학반응법에 의한 오존생성의 제특성을 향상시킬 목적으로 동일한 규격의 지기 압 수는 Lamp 2개( lamp ( A ) 및 lamp( B ) )를 장착한 구조이다.

그림 2 는 Lamp 형 오존발생장치의 배치도를 나타낸 것이다.



- ① 원료가스 공급장치( 모의공기 및 산소 ) ② Flowmeter
- ③ Lamp형 오존발생기( O-Lamp ) ④ 전원장치 ⑤ 반응장치
- ⑥ 오존 Monitor( 기상용 ) ⑦ 오실로스코프
- ⑧ Computer ⑨ Printer ⑩ 오존 Monitor( 액상용 )

그림 2. O-Lamp 의 실험장치도

원료가스는 상업용 산소( 순도 : 99.99[%] )와 모

의공기( 질소 78±2[%] + 산소 22±2[%] )의 유량( Q )을 Flowmeter( 0 ~ 25[l/min], Chiyoda seiki 社, Japan )로 조정하면서 O-Lamp 로 공급하였다.

오존생성농도(  $O_{3con}$  )는 자외선 흡수방식의 기상용 오존 Monitor( 0 ~ 110,000[ppm], Okitronics 社, Japan )로 측정하였다.

그리고 Oscilloscope( LeCroy 93 50AL )를 사용하여 O-Lamp 의 방전전압·전류 파형을 측정하였다.

또한, Lamp 형 오존발생기에서 발생된 오존을 이용하여 *E. coli* 의 살균특성을 조사하고자 반응장치( Korea Fermentation Co. Ltd. Model SY )로 발효조( 용량 2.5[ℓ] )를 이용하였다.

이때 액상에서의 용존오존농도(  $O_{3con}$  ) 특성을 측정하기 위하여 오존 Monitor( 0 ~ 20[g/ℓ], Okitronics 社, Japan )을 사용하였다.

#### 3.2 실험방법

O-Lamp에 대한 오존발생의 제특성을 연구하고자 원료가스의 종류( 모의공기 및 산소 ), 유량 ( Q ) 및 lamp 의 점등개수( A, B 및 A+B )의 변화에 따른 오존생성농도(  $O_{3con}$  ) 및 오존발생량(  $O_{3g}$  )을 측정 및 계산하였다.

여기서  $O_{3con}$  및  $O_{3g}$  는 각각 5회 측정하여 평균값을 채택하였다. 또한 O-Lamp 에 대한 환경개선으로의 적용성을 검토하고자 2.5[l/l 용량의 발효조에 1[l/l 발효배지를 넣은 후, 약 10시간 배양시킨 *E. coli* 배양액 10[ml]을 주입한 후에 O-Lamp 로 부터 발생된 오존을 발효조에 반응시켜 반응시간[ t ]에 따른 살균특성을 연구검토하였다.

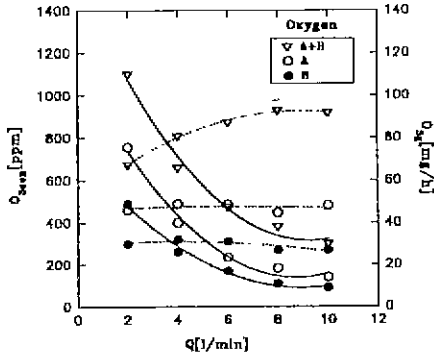
또한 O-Lamp 의 광원으로써의 활용성을 검토하기 위한 기초적 연구로써 Lamp( A ) 및 ( B )의 조도( E )를 KS C 7612 에 따라 측정하였다.

### 4. 실험결과 및 고찰

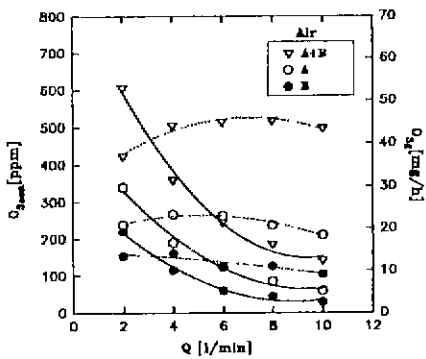
#### 4.1 원료가스의 유량변화에 따른 오존생성농도 및 발생량 특성

그림 3(a) 및 (b)는 원료가스( 모의공기 및 산소 )의 유량( Q )변화 및 점등개수( N )에 따른 O-Lamp 의 오존생성농도(  $O_{3con}$  ) 및 오존발생량(  $O_{3g}$  )특성을 각각 나타낸 것이다.

그림 (a), (b)에서와 같이 원료가스에 관계없이 Q가 감소함에 따라  $O_{3con}$ 이 상승하는 것으로 나타났다.



(a) 원료가스 (Oxygen)



(b) 원료가스 (Air)

그림 3. 원료가스의 유량변화 및 집등개수에 따른 오존생성농도 및 발생량 특성

이것은 Q가 감소함에 따라 원료가스중에 포함된 산소분자가 방전영역에 머무르는 시간이 증가하여 Lamp로부터 방사되는 자외선(UV)과 pyrex glass로부터 반사되는 자외선과 반응하여 오존이 생성될 확률이 증가된 결과이다.

또한 방사되는 자외선은 일정한데 Q가 증가함으로써 Q에 비하여 자외선량이 상대적으로 감소하게 된 결과라고 사료된다.

Lamp A, B 및 A+B에서 산소원료인 경우 Q가 2l/min에서  $O_{3con}$ 가 각각 75, 490 및 1100 [ppm]인 최대  $O_{3con}$ 을 얻을 수 있었으며, 동일한 Q에서 공기원료인 경우보다 평균 200[%] 상승했다.

그리고 동일한 Q에서 Lamp를 2개(A+B) 점등시 Lamp를 1개(A 또는 B) 점등시보다도 원료가스

가 산소일 경우, Lamp(A)보다 평균 150~200 [%] 상승하였고, Lamp(B)보다 평균 250~300 [%] 상승하였다.

모의공기일 때는 Lamp(A)보다 평균 150~200 [%] 상승하였고, Lamp(B)보다 평균 300~350 [%] 상승하였다.

이것은 방전영역에 유입하는 원료가스의 입구측의 Lamp에서 방사되는 자외선과 pyrex glass로부터 반사되어 나오는 자외선과 1차 반응을 한 후, 이때 반응하지 않은 원료가스가 출구측의 저기압 수은 Lamp에서 방사되는 자외선과 pyrex glass로부터 반사되는 자외선과 2차 반응하여 발생한 오존이 증점된 결과  $O_{3con}$ 이 상승하는 것으로 사료된다.

또한 그림에서와 같이  $O_{3g}$ 는 Q가 증가함에 따라 진체적으로 약간 상승하다가 포화하는 특성을 나타내었다.

#### 4.2 Lamp의 방전전압·전류(V-I) 특성

그림 4는 Lamp(A)점등시 방전전압·전류(V-I)파형을 나타낸 것이다.

또한 표 1은 Lamp A, B 및 A+B의 방전전압·전류 및 전력값을 나타낸 것이다.

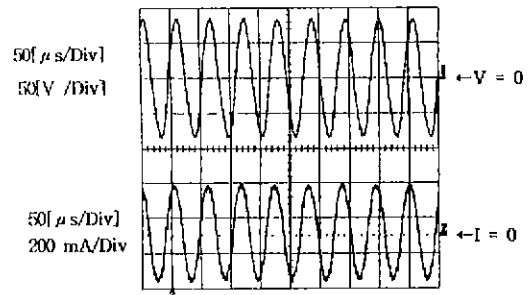


그림 4. Lamp(A)의 방전전압·전류파형

표 1. Lamp의 방전전압·전류 및 전력값

Lamp 종류	방전전압 [V]	방전전류 [A]	방전전력 [W]
Lamp(A)	59.17	0.20	12.10
Lamp(B)	59.73	0.19	11.59
Lamp(A+B)	59.45	0.39	23.69

#### 4.2 E. coli의 살균특성

표 2는 반응시간(t)에 대한 E. coli의 살균특성을 나타낸 것이다.

표 2 E. coli 의 오존농도별 살균특성

구분	오존농도 [mg/l]	집축전 [cells/ml]	집축후 [cells/ml]	99[%]이상, 살균까지의 반응시간[sec]
Oxy- gen	1.30	$2.75 \times 10^5$	$2.7 \times 10^3$	5
	0.90	$3.31 \times 10^5$	$9.0 \times 10^3$	"
	0.74	$3.34 \times 10^5$	$5.0 \times 10^3$	"
Air	0.70	$1.95 \times 10^5$	$4.0 \times 10^3$	60
	0.43	$1.84 \times 10^5$	$2.0 \times 10^3$	"
	0.35	$3.21 \times 10^5$	$7.0 \times 10^3$	"

표 2 에서와 같이 O-Lamp 로 부터 발생된 오존을 E. coli 가 있는 반응조에 반응시킨 결과, 대장균의 數는 산소원료인 경우 5[sec]이내, 모의공기사용시 60[sec]이내에 99[%]살균특성을 보여주고 있다.

#### 4.3 Lamp 형 오존발생기의 광원(光源)으로의 특성

O-Lamp 의 대한 광원으로서의 특성을 조사결과 아래 표 3 과 같이 나타났다.

표 3 O-Lamp( A, B 및 A+B )의 측정조건

구분	측정조건[ lx ]
OLamp( A )	5.2
OLamp( B )	5.5
OLamp( A+B )	10.1

### 5. 결 론

오존발생기로서의 역할과 광원으로서의 역할을 동시에 수행할 수 있는 Lamp 형 오존발생기(O-Lamp)를 설계 및 제작하여 오존생성농도(  $O_{3con}$  ) 및 오존발생량(  $O_{3w}$  ), 생성된 오존을 이용하여 환경개선분야로 대장균( E. coli )의 살균특성에 적용하였으며, 또한 광원으로서의 특성을 조사하고자 조도( E )를 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

① 원료가스에 관계없이 Q 가 감소함에 따라  $O_{3con}$  는 상승하는 특성을 나타냈다.

②  $O_{3w}$  는 Q 가 증가함에 따라 선제적으로 이간 상승했다가 포화하고, 일정 Q 이상이 되면 다소 감소하는 특성을 알 수 있었다.

③ O-Lamp 에서 생성된 오존을 이용하여 E. coli 살균에 적용한 결과, 모의공기 및 산소원료 사용시 99[%]의 살균특성을 얻을 수 있었다.

④ O-Lamp 의 조도특성을 조사한 결과 어두운 분위기에서의 시식별작업 및 간편적인 작업을 할 수 있는 조도( 3 ~ 15[ lx ] )를 얻을 수 있었다.

이상의 결과에서 Lamp 형 오존발생기는 환경개선의 일환으로 E. coli 의 살균특성을 조사한 결과 양호한 결과를 얻을 수 있었으며, 또한 광원으로서의 역할의 가능성도 확인할 수 있었다.

### 6. 참고문헌

1. 수도운영처, "高度淨水處理工程에 關한 研究", 한국수자원공사, 1991
2. 이 광식, 이 동인, 송 현직 외 1명 " Renold수 조정에 의한 방진형식의 제어 ", 대한전기학회, pp 40-43, 1992
3. 이 광식, 이 동인, 송 현직 외 1명 " 고전압 Nozzle 형 오존발생기에 관한 연구 " 대한전기학회, Vol 44, pp 97-100, 1995
4. 増田 閃, "特集の企劃にあたって", 電學誌, 114卷 10號, pp 649-653, 1994年
5. 이 광식, 이 동인, 송 현직 외 2명 " A study on the high voltage nozzle type ozonizer ", The 11th international conference on gas and their applications, Vol 2, pp 320-323, 1995
6. Senichi masuda, " High efficiency ozonizer using traveling wave pulse voltage" IEEE trans, Vol. LA-22, No. 5, 1986
7. H. sugimitsu, " Measurement of the rate of formation in an ozonizer", Journal de chemie physique, Vol. 79, No. 9, 1982