

## 전극 형태에 따른 평판형 오존발생기의 특성

(The Characteristics of Plate Type Ozonizer with Variation of Electrode Form)

윤병한\* · 이창호 · 우성훈 · 이광식\*\*

(Byung-Han Yoon · Chang-Ho Lee · Sung-Hun Woo · Kwang-Sik Lee)

### 요 약

최근 오존은 그 활용성을 인정받아 다양한 분야에서 사용되고 있으며, 그 수요 또한 계속 증가하는 추세이다. 이에 다양한 종류의 오존발생기가 연구되고 있으며, 고농도 및 고수율을 얻는 것이 연구목표라 할 수 있다. 본 논문에서는 전극 형태에 따른 평판형 오존발생기를 제작하여 원료가스의 유량 및 방전전력의 변화에 의한 오존생성농도, 오존생성량 및 오존생성수율 특성을 연구하였다.

### Abstract

Recently, ozone is utilized in various fields and its needs are expanding. In this paper, plate type ozonizer have been fabricated to investigate discharge parameter(input power, flow rate of supplied gas, electrode form, etc.) effect to discharge. And the conditions of discharge parameter have been investigated for optimum ozone generation. Ozone concentration is continuously increased with increasing input power for same discharge space, and ozone yield is also increased until maximum point after that it is saturated. Ozone concentration is inversely proportional to flow rate of supplied gas but ozone generation and ozone yield characteristics are improved.

Key Words : Ozone Concentration, Ozone Generation, Plate Type Ozonizer, Electrode Form

### 1. 서 론

각종 산업체에서 배출된 유기물과 정수처리 과정에서 부산물로 생성되는 염소계 유기부산물은 농도가 극미량이라 할지라도 인체에 유해할 가능성이 매우

높다. 따라서 대기 및 수질오염의 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. 오존을 발생시키는 방법으로 무성 방전법, 광화학법, 전해법, 고주파 전계법, 방사선조사법 및 자외선조사법 등 물리적·화학적 방법이 사용되고 있지만, 그 중에서도 Siemens가 개발한 무성 방전형 오존발생기가 안정성, 조작 및 제어의

\* 주저자 : 영남대학교 대학원 전기공학과 박사과정

\*\* 교신저자 : 영남대학교 전기공학과 교수

Tel : 053-810-3953, Fax : 053-810-4767

E-mail : sagmak@ynu.ac.kr

접수일자 : 2007년 10월 5일

1차심사 : 2007년 10월 9일

심사완료 : 2007년 10월 15일

## 전극 영태에 따른 평판형 오존발생기의 특성

간편성 등에서 가장 널리 사용되고 있다. 무성방전형 오존발생기는 동축원통형, 평판형, 회전전극형 등 다양한 형태로 개발되어 오존생성특성의 향상을 위한 노력이 계속되고 있다. 무성 방전형 오존발생기의 방전 및 오존생성에 영향을 미치는 원료가스의 종류, 온도, 습도, 인가전압, 전류 및 소비전력 등의 제 인자에 관한 연구를 통한 오존생성특성의 향상이 필연적이라 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 제작비가 저렴하고 제작이 쉬운 평판 전극을 적용시킨 평판형 오존발생기를 제작하여 무성방전에 영향을 미치는 인자 중 원료가스의 유량, 전극 형태 및 방전전력의 변화에 따른 오존 생성농도, 오존생성량 및 오존생성수율 특성을 연구하여 최적의 조건을 검토하였다.

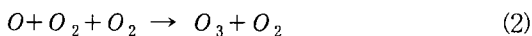
## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치

그림 1은 무성방전의 기본구조에 기초로 한 평판형 오존발생기의 개략도이다[4].

그림과 같이 1개 이상의 glass나 ceramic 등의 유전체를 삽입한 전극을 대향시켜 1~3[mm] 정도의 간극을 갖도록 설치한 후, 교류고전압을 인가하면서 산소를 포함하고 있는 기체를 공급하면 기체방전에 의하여 원료가스 중에 포함된 산소의 일부가 방전에 의한 화학작용으로 오존을 생성하게 된다.

오존생성 과정은 전자충돌에 의한 산소 활성화종의 생성, 오존 생성반응 및 오존분해반응 등으로 이루어진다. 이 과정에서 주요 반응식은 식 (1)~(4)와 같다[7].



식 (1)과 (2)는 오존생성반응식이고 식 (3)과 (4)는 오존분해반응식이다. 식 (1)에서 알 수 있는 바와 같

이 산소 활성화종은 방전시 전자와의 충돌에 의하여 생성된다. 즉 방전시 전자의 충돌로 인하여 산소가 이온화되기 때문에 오존발생량은 전하량에 비례하여 증가하게 된다. 따라서 한 주기 동안의 오존발생율은 식 (5)와 같이 표현될 수 있다[8].

$$R = k \frac{\epsilon}{d} S (V_i - V_T)^2 \quad (5)$$

단  $R$ : 오존발생율,  $\epsilon$ : 방전관 유전율,  $d$ : 방전관 공극,  $k$ : 실험상수,  $S$ : 방전관 면적,  $V_i$ : 입력전압,  $V_T$ : 방전유지전압

전계세기가 증가함에 따라 전자의 속도에너지는 증가하게 되고 이들 전자의 충돌에 의한 열은 더욱 증가하게 되는데 이 경우 방전실내의 온도와 전계세기와의 관계를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\frac{dkT}{dx} = E \quad (6)$$

단  $T$ : 방전실내 온도,  $k$ : 볼츠만 상수,  $x$ : 전자 경로의 길이,  $E$ : 전계세기

일반적으로 방전관의 온도가 상승하면 오존분해율이 증가하여 전체 오존발생율은 감소하게 된다. 이러한 온도상승율은 방전관의 단면적과 가스유입량에 반비례하게 되므로 오존발생율에 관한 식 (5)는 식 (7)과 같이 된다.

$$R' = k \frac{\epsilon}{d} S (V_i - V_T)^2 (1 - e^{-\frac{aT_K}{SF}}) \quad (7)$$

단  $T_K$ : 방전관 내부온도,  $F_v$ : 가스유입량,  $a$ : 실험상수

식 (7)은 오존발생율에 관한 관계식으로 인가전압에 따라 오존발생량을 조절할 수 있으나 인가전압이 과도할 경우 높은 전계로 말미암아 온도상승이 커지고 이러한 온도상승은 오존발생량 저하를 초래함과 동시에 방전관 내부의 유전물질에 스트레스를 주어 내구성을 떨어뜨리고 아크방전이 발생할 수 있다[7].

그림 2와 그림 3은 유전체와 전극으로 구성된 평판형 오존발생기의 방전관의 개략도 및 단면도를 나

태내고 있다[4].

그림 2는 본 연구에서 3개의 유전체와 3개의 전극으로 구성된 평판형 오존발생기를 설계·제작하였다.

오존발생기에 사용된 유전체(glass: 두께 3[mm])와 전극(Cu plate: 두께 0.1[mm])을 방전갭(G) 2[mm]로 평행하게 배치한 구조로 방전공간의 확대와 공간 효율성 향상을 위해 동일한 형태의 상·하부로 구성하였으며, 3개의 유전체 표면에 전극을 접착하여 2개의 전극과 1개의 공통접지로 구성하였다.

그림 3은 전극 면적 100, 200[cm<sup>2</sup>]를 다르게 한 방전관 A(Lex×Ley: 10×10, 20×10[cm]), 방전관 B(Lex×Ley: 50×2, 50×4[cm])와 같이 유전체와 전극사이에 무성방전이 발생하여 오존이 생성되는 구조의 평판형 오존발생기이다.

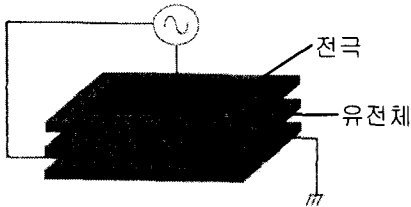


그림 1. 평판형 오존발생기의 개략도  
Fig. 1. Schematic diagram of plate type ozonizer

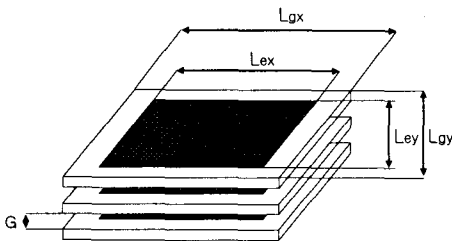


그림 2. 방전관의 개략도  
Fig. 2. Schematic diagram of discharge tube

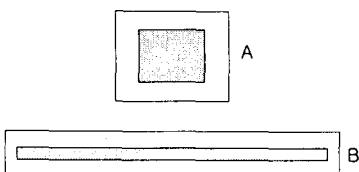


그림 3. 방전관의 단면도  
Fig. 3. Cross-sectional view of discharge tube

표 1. 방전관 100[cm]  
Table 1. Discharge tube 100[cm] [cm]

	Lgx	Lgy	Lex	Ley	G
방전관 A	16	14	10	10	0.02
방전관 B	54	8	50	2	0.02

표 2. 방전관 200[cm]  
Table 2. Discharge tube 200[cm] [cm]

	Lgx	Lgy	Lex	Ley	G
방전관 A	24	16	20	10	0.02
방전관 B	54	10	50	4	0.02

전극은 Cu(purity : 97%) 재질의 tape을 유전체 외부에 붙여 사용하였다. 방전관 A, B의 규격은 표 1과 표 2에 나타내었다.

## 2.2 실험방법

그림 4는 오존발생기, 원료가스 공급 장치, 전원장치 및 계측장치 등으로 오존발생장치를 구성하여 오존발생기의 방전 특성 및 오존생성특성을 연구하기 위한 평판형 오존발생장치의 배치도이다.

그림에서 실선은 방전특성을 조사하기 위한 전원장치와 계측장치들을 연결한 회로이며, 점선은 오존생성특성을 연구하기 위한 가스 흐름선도로서 원료가스 공급장치 및 계측장치들을 흐르는 오존화 가스의 흐름을 나타낸 것이다.

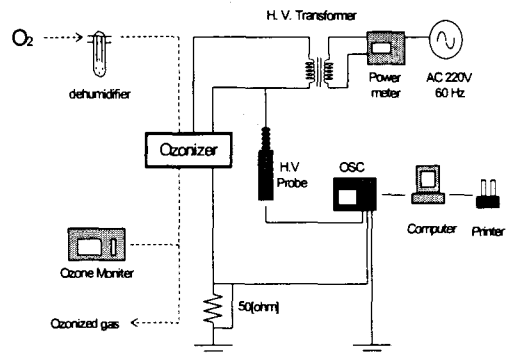


그림 4. 평판형 오존발생 장치의 배치도  
Fig. 4. Arrangement Diagram of the Plate Type Ozonizer System

## 전극 형태에 따른 평판형 오존발생기의 특성

그림에서 보는 바와 같이 원료가스로는 주변 환경 변화에 영향을 작게 받아 관련인자의 영향에 대한 비교가 용이한 산소( $O_2$ )를 사용하였으며, flowmeter (0~25[ $\ell$ /min]: chiyoda seiki co., Ltd, Japan)를 통해 유량(Q: 0.5, 1.0, 2.0 및 4.0[ $\ell$ /min])을 오존발생기에 공급하였다.

방전전력은 digital power meter (0~200[V], 0~20[A], 0~9999[W], accuracy:  $\pm 0.2$ [%], light star Co., Ltd)를 이용하여 방전전력, 전원장치(Neon Trans)의 전력손실 및 선로손실 등을 포함한 전원의 입력단에서 오존발생장치 전체회로에 소모되는 전력을 측정하였다. 그리고 방전관 A, B에 투입되는 원료가스의 유량을 매개변수로 하였을 때, 전극 형태와 방전전력의 변화에 따른 오존생성농도( $O_{3con}$ )를 측정하기 위하여 오존발생기 내에서 발생한 오존화 가스를 매 실험마다 0.3[ $\ell$ /min]로 sampling하여 자외선 흡수방식의 기상용 오존모니터(0~100,000 [ppm], okitronics)로 측정하여, 오존생성량( $O_{3g}$ ) 및 오존생성수율( $O_{3y}$ ) 특성을 측정·계산하였다.

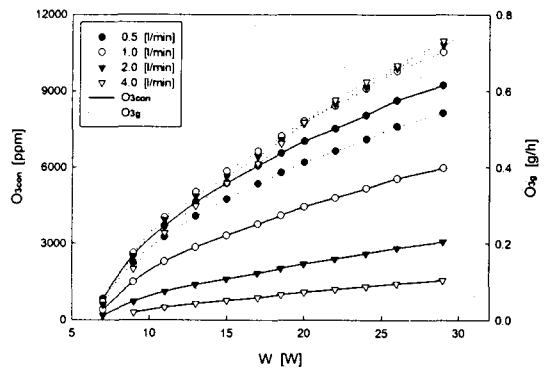
## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 전극 면적에 따른 오존생성 특성

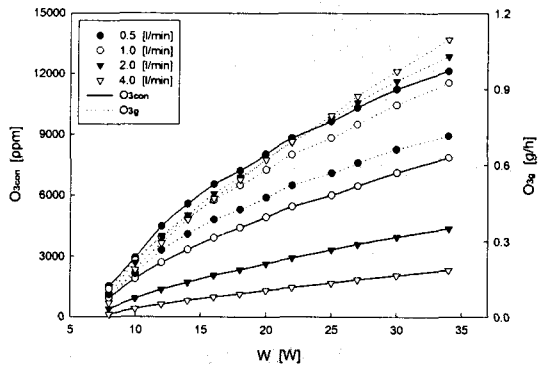
그림 5는 전극 면적이 100[ $cm^2$ ] 일 때, 방전관 A, B에 유량(Q)을 매개변수로 한 경우 방전전력(W)의 변화에 따른 평판형 오존발생기의 오존생성농도( $O_{3con}$ ) 및 오존생성량( $O_{3g}$ ) 특성을 나타낸 것이다.

전극 길이가 긴 방전관 B(Lex×Ley: 500×20)가 방전관 A(Lex×Ley: 100×100)보다 원료가스의 체류하는 시간이 길어져 무성방전에 의해 발생된 전자와 산소분자의 충돌횟수가 증가하여 오존생성농도( $O_{3con}$ ) 및 오존생성량( $O_{3g}$ )이 증가하였다. 각각의 방전관 A, B에서 방전전력이 커질수록 방전 공간 내에 무성방전이 활성화되면서 발생하는 전자수가 많아져 오존생성반응에 의한 산소원자, 산소분자 및 여기 산소 분자와 충돌 확률이 크게 되어 오존농도와 생성량이 증가하게 된다.

유량이 감소할수록 방전 공간 내에 원료가스가 체류하는 시간이 길어져 오존생성농도( $O_{3con}$ )는 증가하고, 오존생성량( $O_{3g}$ )은 유량이 많아질수록 유속이 빨라져서 방전 공간의 냉각효과로 오존분해반응이 억제되어 증가하게 된다.



(a) 방전관 A



(b) 방전관 B

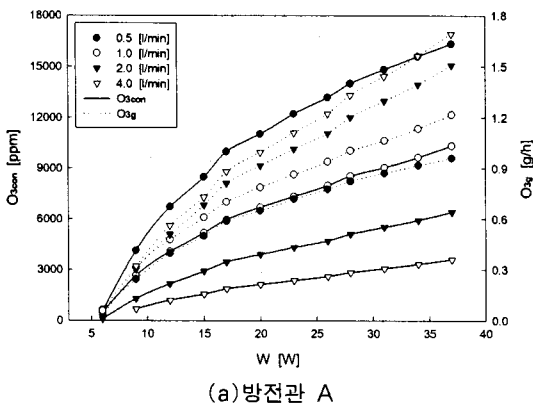
그림 5. 전극 면적 100[ $cm^2$ ]일 때, 평판형 오존발생기의 오존농도 및 생성량 특성

Fig. 5. The characteristics of ozone concentration and generation plate type ozonizer at electrode area 100[ $cm^2$ ]

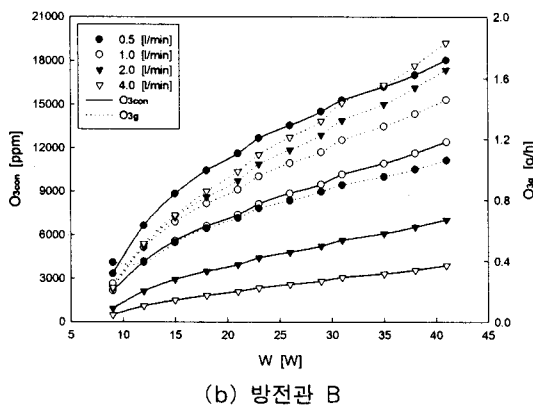
그림 6은 전극 면적이 200[ $cm^2$ ] 일 때, 방전관 A, B에 유량(Q)을 매개변수로 한 경우 방전전력(W)의 변화에 따른 평판형 오존발생기의 오존생성농도( $O_{3con}$ ) 및 오존생성량( $O_{3g}$ ) 특성을 나타낸 것이다.

전극 길이가 긴 방전관 B(Lex×Ley: 500×40)가 방전관 A(Lex×Ley: 200×100)보다 원료가스의 체류하

는 시간이 길어져 무성방전에 의해 발생된 전자와 산소분자의 충돌횟수가 증가하여 오존생성농도 ( $O_{3con}$ ) 및 오존생성량 ( $O_{3g}$ )이 증가하게 된다. 각각의 방전관 A, B에서 방전전력이 커질수록 방전 공간 내에 무성방전이 활성화되면서 발생하는 전자수가 많아져 오존생성반응에 의한 산소원자, 산소 분자 및 여기 산소 분자와 충돌 확률이 크게 되어 오존생성농도 ( $O_{3con}$ )와 오존생성량 ( $O_{3g}$ )이 증가하게 된다.



(a) 방전관 A



(b) 방전관 B

그림 6. 전극 면적 200[cm<sup>2</sup>]일 때, 평판형 오존발생기의 오존생성농도 및 오존생성량 특성

Fig. 6. The characteristics of ozone concentration and generation plate type ozonizer at electrode area 200[cm<sup>2</sup>]

유량이 감소할수록 방전 공간 내에 원료가스가 체류하는 시간이 길어져 오존생성농도 ( $O_{3con}$ )는 증

가하고, 오존생성량 ( $O_{3g}$ )은 유량이 많아질수록 유속이 빨라져서 방전 공간의 냉각효과로 오존분해반응이 억제되어 증가하게 된다.

그림 5와 그림 6의 결과 전극 면적이 100[cm<sup>2</sup>]일 때 보다 200[cm<sup>2</sup>]에서 오존생성농도 ( $O_{3con}$ ) 및 오존생성량 ( $O_{3g}$ )이 우수하게 나타났으며, 전극 형태에서는 방전관 B가 방전관 A 보다 우수함을 확인할 수 있었다.

그림 7은 전극 면적이 100[cm<sup>2</sup>]일 때, 방전관 A, B에 유량(Q)을 매개변수로 한 경우 방전전력(W)의 변화에 따른 평판형 오존발생기의 오존생성수율 ( $O_{3Y}$ )을 나타낸 것이다.

그림 7에서 방전전력이 증가하면서 오존생성수율 ( $O_{3Y}$ )도 증가하다 방전관 A는 방전전력이 약 15[W], 방전관 B는 20[W] 이후 포화됨을 알 수 있다.

이것은 본 연구에서 사용한 평판형 오존발생기의 처리 능력이 약 15[W], 20[W]에서 오존생성량 ( $O_{3g}$ )과 오존분해량이 같아지는 포화 시점을 의미하며, 약 15[W], 20[W] 이전 단계는 오존생성량이 오존분해량 보다 많으며, 15[W], 20[W] 이후는 오존생성량 ( $O_{3g}$ ) 보다 방전부에서 발생하는 열의 의해서 오존분해량이 많아지면서 포화되는 것으로 사료된다.

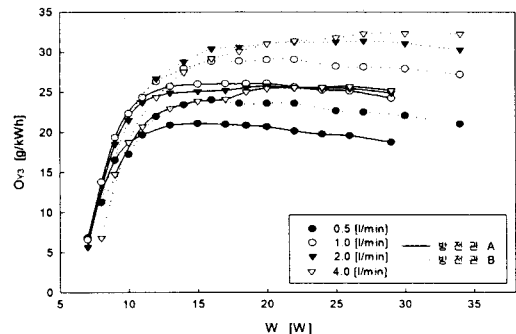


그림 7. 전극 면적 100[cm<sup>2</sup>]일 때, 평판형 오존발생기의 오존생성수율 특성

Fig. 7. The characteristics of ozone yield plate type ozonizer at electrode area 100[cm<sup>2</sup>]

오존생성량 ( $O_{3g}$  : [g/h])을 방전전력(W : [W])의

## 전극 형태에 따른 평판형 오존발생기의 특성

로 나누어 주는 오존생성수율( $O_{3Y}$  : [g/kWh])는 방전전력이 일정할 때, 오존생성량( $O_{3g}$ ) 특성에 의해서 결정된다. 이때 원료가스의 공급량으로 결정되는 오존생성량은 유량이 낮을수록 오존생성농도( $O_{3con}$ )는 증가하지만 유량이 증가할수록 원료가스의 공급량이 많아지므로 오존생성농도( $O_{3con}$ )와는 역의 관계라 할 수 있다.

그러므로 유량의 증가에 따른 오존생성농도의 감소량과 원료가스 공급량의 증대에 따른 오존생성량( $O_{3g}$ )이 서로 같게 되는 유량에서 최대오존생성수율( $O_{3Y}$ )이 나타나는 것으로 사료된다.

그림 8은 전극 면적이 200[cm<sup>2</sup>] 일 때, 방전관 A, B에 유량(Q)을 매개변수로 한 경우 방전전력(W)의 변화에 따른 평판형 오존발생기의 오존생성수율( $O_{3Y}$ )을 나타낸 것이다.

그림 8에서 방전관 B가 방전관 A 보다 오존생성수율( $O_{3Y}$ )이 높게 나타났으며, 방전관 A는 방전전력이 약 15[W], 방전관 B는 8[W]에서 최대값을 보인 후 오존분해량이 증가하여 오존생성수율( $O_{3Y}$ )이 감소하게 된다.

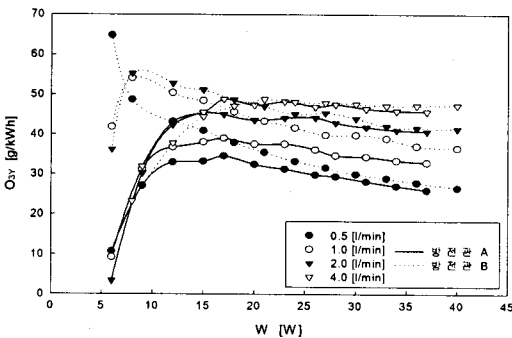


그림 8. 전극 면적 200[cm<sup>2</sup>]일 때, 평판형 오존발생기의 오존생성수율 특성  
Fig. 8. The characteristics of ozone yield plate type ozonizer at electrode area 200[cm<sup>2</sup>]

이것은 그림 7에서 언급하였듯이 오존생성량( $O_{3g}$ )과 오존분해량의 관계라 할 수 있다. 방전관 B와 같이 저전력에서 빠른 포화를 보이는 것은 방전관의 형태에서 방전 공간이 짧은 것 보다 원료가스의

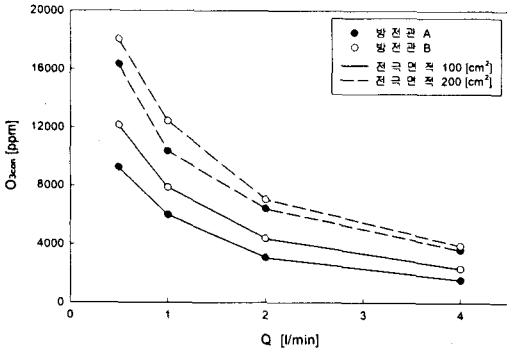
통과시간이 길어져 유속 저하에 따른 냉각효과가 저하되어 방전부에 발생하는 열에 의해서 오존해리속도가 빨라져서 오존생성량( $O_{3g}$ ) 보다 오존분해량이 많아져서 빠른 포화가 되는 것으로 생각된다. 즉 공급가스의 유량이 증가함에 따라 발생효율에 영향을 미치는 방전 공간 내부의 온도를 저하시켜 오존해리속도를 감소시키기 때문이다. 일반적으로 오존의 해리속도는 온도가 높아짐에 따라 해리속도가 증가하기 때문에 오존발생기의 방전공간의 온도는 방전효율에 미치는 중요한 인자 중에 하나이다.

## 3.2 유량에 따른 오존생성 특성

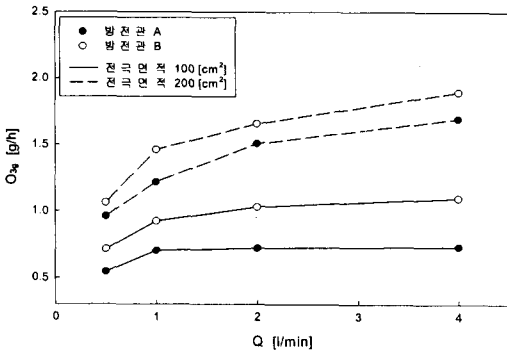
그림 9는 전극 면적 100, 200[cm<sup>2</sup>]일 때, 유량에 따른 방전관 A, B의 최대오존생성농도( $O_{3con}$ ), 최대오존생성량( $O_{3g}$ ) 및 최대오존생성수율( $O_{3Y}$ ) 특성을 나타낸 것이다.

전극 면적 100[cm<sup>2</sup>]일 때, 최대 오존생성농도( $O_{3con}$ )는 방전관 B의 유량 0.5[l/min], 방전 전력 34[W]에서 12129[ppm]으로 나타났으며, 최대오존생성량( $O_{3g}$ )은 방전관 B의 유량 4.0[l/min], 방전전력 29[W]에서 1.10[g/h]로 나타났으며, 최대 오존생성수율( $O_{3Y}$ )은 방전관 B의 유량 4.0[l/min], 방전전력 26[W]에서 32.34[g/kWh]로 나타났다.

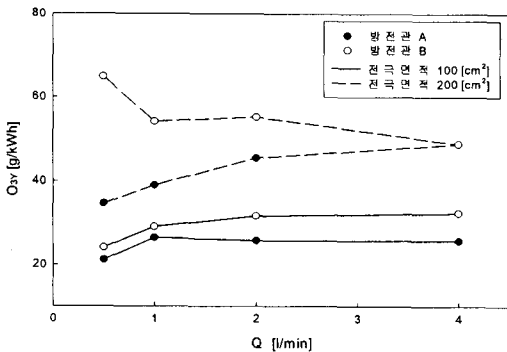
전극 면적 200[cm<sup>2</sup>]일 때, 최대 오존생성농도( $O_{3con}$ )는 방전관 B의 유량 0.5[l/min], 방전전력 40[W]에서 18033[ppm]으로 나타났으며, 최대 오존생성량( $O_{3g}$ )은 방전관 B의 유량 4.0[l/min], 방전전력 40[W]에서 1.89[g/h]로 나타났으며, 최대 오존생성수율( $O_{3Y}$ )은 방전관 V의 유량 2.0[l/min], 방전전력 9[W]에서 52.24[g/kWh]로 나타났다. 그림 9의 (a), (b) 및 (c)에서 동일한 유량에서 전극 면적을 변화시킬 때, 전극 면적이 증가할수록 오존생성특성이 향상되는 것을 알 수 있다. 이것은 전극 면적이 길이가 길어져 원료가스가 방전공간에 체류하는 시간이 길어져 오존생성에 기여 할 수 있는 여기 산소 원자의 발생을 위한 전자와의 충돌확률이 높아져서 오존생성특성이 향상되고, 동일전력을 넓은 면적에 공급함으로써 방전공간의 열 발생이 줄어들어 열분해에



(a) 오존생성농도



(b) 오존생성량



(c) 오존생성수율

그림 9. 전극 면적 100, 200[cm²]일 때, 유량에 따른 오존생성 특성

Fig. 9. The characteristics of ozone generation with variation of flow-rate at electrode area 100 and 200[cm²]

의한 오존의 분해반응이 억제된 결과로 사료된다. 또한, 방전부에 인가되는 전계의 약화에 따른 오

존 분해반응에 의한 오존 감소량보다 방전공간내의 체류시간 증가에 따른 오존생성량( $O_{3g}$ )의 증가가 더 큰 결과로 생각된다.

유량이 증가함에 따라 오존생성농도( $O_{3con}$ )는 줄었으나 오존생성량( $O_{3g}$ )과 오존생성수율( $O_{3Y}$ )은 상승하는 것을 볼 수 있다. 오존생성농도( $O_{3con}$ )가 감소하는 것은 방전관 내의 유속이 증가되어 유전체에 축적되어 있던 전자와 산소분자와의 접촉시간이 감소하기 때문이며, 오존생성수율( $O_{3Y}$ )이 증가하는 것은 전자와 산소분자의 충돌확률이 증가하여 오존생성반응이 증가함과 동시에 방전공간의 냉각효과로 분해반응이 감소하기 때문이다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 평판 전극의 형태 변화에 따른 평판형 오존발생기를 제작하여 원료가스의 유량 및 방전전력에 대한 오존생성농도, 오존발생량 및 오존생성수율 특성을 검토하였다.

- 1) 전극 형태(방전관 B)가 길어질수록 원료가스의 방전 공간 내에 체류시간이 길어져서 충돌횟수가 증가 하여 오존생성농도, 오존발생량 및 오존생성수율이 증가하였다.
- 2) 전극 형태(방전관 A)가 짧아질수록 오존생성수율은 방전 내부의 온도상승으로 인한 열분해반응에 의해서 방전전력이 증가할수록 저하되는 속도가 빠르게 진행되었다.
- 3) 동일한 전극 면적에서는 방전관 A, B 모두 유량이 증가할수록 오존생성농도는 감소하였고, 오존발생량 및 오존생성수율은 증가하였다.
- 4) 전극 면적이 크고, 전극 형태가 길수록 오존생성특성이 좋았으며, 전극 면적 200[cm²] 일 때, 방전관 B가 오존생성특성이 가장 우수함을 확인할 수 있었다.

본 연구를 통하여 평판형 오존발생기의 단점인 열에 의한 방전부의 온도 상승은 냉각장치를 장착하여 온도를 저하시키면 오존분해반응을 억제하여 오존생성특성 향상이 기대되며, 적층을 통하여 고농도 오존발생기를 제작하면 상·하수처리, 공기정화 및

## 전극 형태에 따른 평판형 오존발생기의 특성

식품가공 등의 다양한 분야에 적용이 가능하리라 사  
료된다.

### References

- [1] Byung-Joon Chun, et al., "The Characteristics of Double Gap Type Ozonizer using Three-Phase Voltage", ACED, 1998.11.10.
- [2] Sang-Keun Lee, et al., "The Effects of Discharge Gap Variation for Ozone Generation Characteristics", KIIE pp.135~138, 2001.11.
- [3] Thomas J. Manning, "Gas Mixtures and Ozone Production in an Electrical Discharge", Ozone Science & Engineering, Vol. 23, PP. 95-103.
- [4] Byung-Joon Chun, et al., "Ozone Generation Characteristics of a Piled Plate-Type Ozonizer", KIIE Interntional Trans. on EA, 12C, No.1, pp.33~37, 2002.
- [5] B.J Chun, et al., "Trial Manufacture and characteristics of a PLATE-Type Ozonizer System", ICEE 2001, Proceedings of International Conference on Electrical Engineering, 2001.7.22-26.
- [6] Hyun-Jig Song, et al., "Characteristics of a High Concentration, High Yield Multi Discharge Type Ozonizer for Dyeing Water Treatment", 200 Korea-Japan Joint Symposium on ED and HVE, Ulsan, Korea, pp.106-1~106-4, 2000.
- [7] P. Pignolet, et al., "Ozone generation by point to plane corona discharge," J.Phys. D:Appl. Phys., Vol. 23, pp. 1069-1072, 199.
- [8] I.D. Chalmers, R C Baird and T Kelly, "Control of an ozoe generator -theory and practice" Meas. Sci Technl. 9, pp983-988. Printed n the UK, 1998.

### ◆ 저자소개 ◆

#### 윤병한 (尹炳漢)

1947년 6월 8일생. 1989년 경일대학교 전기공학과 졸업. 1992년 경북대학교 교육대학원 졸업(석사). 2007년 영남대학교 전기공학과 박사과정. 한국폴리텍VI대학 탈성캠퍼스 전기제어학과 교수.

#### 이창호 (李昌昊)

1974년 11월 11일생. 2002년 경주대학교 전자공학과 졸업. 2004년 영남대학교 전기공학과 졸업(석사). 2007년 동대학원 박사과정. (주)프로닉스 책임연구원.

#### 우성훈 (禹盛薰)

1970년 9월 16일생. 1970년 9월 16일생. 1993년 영남대학교 전기공학과 졸업. 2001년 동 대학원 졸업(박사). 영남대학교 공학교육혁신센터 연구원.

#### 이광식 (李廣植)

1948년 10월 20일생. 1971년 영남대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 졸업(박사). 1988~1989년 Nagoya Institute of Technology 초빙교수. 대한전기학회 방전고전압연구회 간사장 역임. 본 학회 편수위원장. 부회장 역임. 영남대학교 산업대학원 원장역임. 현재 영남대학교 전기공학과 교수. 한국조명·전기설비학회 회장.