

동축형 전극길이 변화시의 연면무성방전에 의한 오존발생특성(I)

論文
48C-12-7

Ozone Generation Characteristics by Surface-Silent Discharge According to the Length of Coaxial Electrode

趙國熙* · 金永培* · 徐吉洙* · 李亨浩** · 李相根*** · 李廣植§
(Kook-Hee Cho · Young-Bae Kim · Kil-Soo Seo · Hyeong-Ho Lee · Sang-Keun Lee · Kwang-Sik Lee)

Abstract - Recently the ozone generation system is well used for cleaning the contaminated water by using the strong oxidization effects of ozone. In this paper the concentration, yield and generation quantity of the ozone by the Surface-Silent Discharge According to the Length of Coaxial Electrode is described.

The electrodes composed of 3 electrodes-2 gaps are coaxial type and the ozone generation tube were designed and fabricated from the point of view of the energy efficiency, stability and easy control. To investigate the ozone generation dependency on electrode length, a few discharge tubes with different lengths were fabricated. The experimental equipments were provided with cooling system and dehumidifier for the many testing conditions.

The main results show that the concentration, yield and generation quantity of ozone are improved by decreasing gas temperatures and increasing electrode lengths.

Key Words : Ozone Generation, Surface-Silent Discharge, 3Electrodes-2Gaps, Electrode Lengths

1. 서 론

산업사회의 고도성장으로 대기 및 수질 등의 생활환경 오염이 점차 시급한 문제로 대두되고 있는 가운데, 세계 각국에서는 이미 오염대책을 마련하고 있으며, 환경보호를 위해 규제와 행정지도도 이루어지고 있다. 환경오염은 생태계뿐만 아니라 인체에도 상당한 영향을 미치므로 각계의 이목이 집중되고 있는 실정이다. 이러한 관점에서 환경오염의 원인이 되는 오염물질의 제거나 발생저감을 위한 대책의 일환으로, 전기적 방전현상에 의해 발생하는 오존의 활용이 제시되고 있다[1, 2].

오존을 발생시키는 방법으로는 무성방전법, 광화학법, 전해법, 고주파전계법, 방사선조사법 및 자외선조사법 등 물리적·화학적 방법이 있으며, 오존발생량, 농도, 사용조건 및 용도 등에 따라서 적절한 방법을 선택하여 사용하여야 한다 [3].

무성방전에 의한 오존발생기술은 1857년 Werner Von Siemens에 의해 최초로 개발되어 사용되고 있으나 효율과 성능에 문제가 제기되고 있다. 그리고 공업용 무성방전형 오존발생기는 오존생성수율이 열화학반응식을 고려한 이론치(1,200[g/kWh])에 비하여 대단히 낮기 때문에 방전 및

존생성에 영향을 미치는 원료가스의 종류, 온도, 습도, 인가 전압, 전류 및 전력 등의 제인자에 관한 연구를 통해 오존농도 및 수율을 향상시키는 것이 필수적이다. 따라서 오존발생에 있어서 고수율화, 대용량화 및 오존발생기의 소형화를 위한 연구와 기술개선이 선진국을 중심으로 활발히 진행되고 있으며, 국내에서도 산업계, 학계, 연구소등에서 연구를 진행하고 있다[4~11].

본 논문에서는 무성방전방식과 달리 오존발생효율향상을 위해 3전극-2갭을 갖는 중첩방전형 오존발생기에서 연면방전과 무성방전을 중첩시키고, 방전효율의 향상을 위해 방전 공간에 180°의 위상차를 가진 60Hz상용주파전압을 각각의 전극에 동시에 인가할 때, 오존발생기에서의 전극길이 변화에 따른 오존생성특성을 살펴보기 위한 실험을 실시하였다. 실험에 사용된 동축형 전극의 길이는 260, 520, 780 [mm]의 3종류로써 각각의 전극길이 변화시의 오존생성농도, 발생량 및 효율특성을 조사하였다. 또한 냉각 및 제습장치를 장착한 실험설비를 이용하여 원료가스의 온도변화에 따른 오존생성특성에 대한 검토도 수행하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 연면무성방전형 오존발생기

본 논문에서 사용한 연면무성방전형 오존발생기는 방전공간에서 상용주파 교류고전압에 의한 전계로부터 생성된 전자가 스트리머로 진전하여 전극간에 방전주를 형성하는 무성방전과, 전자가 방전주를 형성하지 못하고 미세한 방전이 유전체 표면을 따라 발생하는 연면방전을 동일한 방전공간

* 正 會 員 : 韓國電氣研究所 先任研究員

** 正 會 員 : 韓國電氣研究所 責任研究員

*** 正 會 員 : 嶺南大 電氣工學科 博士課程

§ 正 會 員 : 嶺南大 電氣工學科 正教授 · 工博

接受日字 : 1999年 4月 6日

最終完了 : 1999年 11月 22日

에 중첩시킴으로써 향상된 오존생성특성을 얻도록 구성되었다. [12~16]

2.2 실험장치

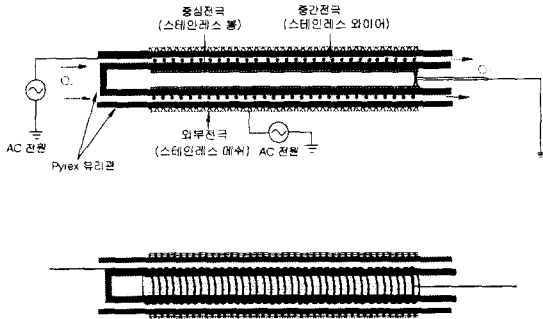


그림 1 중첩방전형 오존발생기의 단면도
 Fig. 1 The principle and section of superposition discharge type ozonizer

본 실험에서 사용한 방전관은 그림 1과 같이 동축 이중원통구조로 3개의 전극(중심전극, 중간전극, 외부전극)으로 구성되어있으며, 스테인레스봉(길이 : 260[mm], 520[mm], 780[mm])을 내부유리관(재질 : 파이렉스 유리, 두께 : 2.2[mm], 직경 : 60[mm], 길이 : 260[mm], 520[mm], 780[mm])에 밀착 삽입하여 중심전극(CE : Central Electrode, 이하 CE로 표기)으로 사용하였으며, 중간전극(IE : Intermediate Electrode, 이하 IE로 표기)으로는 스테인레스 와이어(직경 : 1[mm])로 피치 2[mm] 간격으로 유지시켜 단말처리하여 고정시켰고, 내부유전체와 갭 거리는 약 0.4[mm] 이내로 하여 피치간에 연면방전이 생성되도록 설계되어 있다. 또한, 외측에 외부 유전체는 파이렉스 유리(두께 2.5[mm], 직경 70[mm])이고, 외부전극(EE : External Electrode, 이하 EE로 표기)은 스테인레스 메쉬로 감아 균일하게 밀착하도록 하였다. 내부 유전체와 외부 유전체 갭 거리는 2.5[mm]로서 무성방전이 생성되는 이 공간에 원료가스가 균일하게 공급되도록 구성하였다.

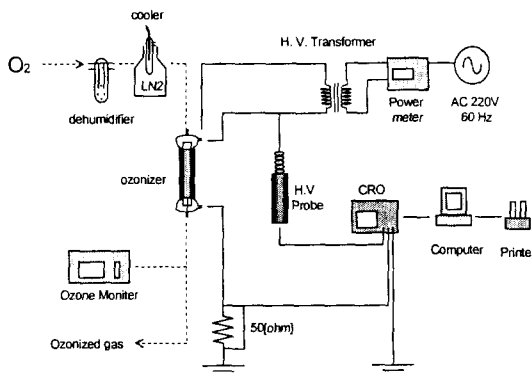


그림 2 실험장치의 개략도
 Fig. 2 Schematic diagram of experimental setup

그림 2는 중첩방전형 오존발생기와 냉각장치 및 제습기를 장착한 오존발생장치에서의 방전특성 및 오존생성특성을 연구하기 위한 실험장치의 개략도를 나타낸 것이다. 그림에서

실선은 방전특성을 조사하기 위한 전원장치와 계측장치들을 연결한 회로이며, 점선은 오존생성특성을 연구하기 위한 흐름선도로서 오존화 가스의 흐름을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 압축된 원료가스인 산소를 제습장치를 거쳐 유출되는 가스에 대해 유량을 flowmeter(0~25[ℓ/min], Chiyoda seiki 社, Japan)로 조정하면서 오존발생기 내부로 유입하였다. 제습장치로는 제습용 흡착제로서 실리카겔(silica gel)을 사용하여 오존생성에 영향을 미치는 수분을 제거하여 오존농도 및 수율의 향상을 도모하고 오존발생기의 재질을 보호하는 등의 목적으로 사용하였다.

전원장치는 상용주파 네온 변압기(입력전압 : AC 220[V], 입력전력 : AC 150[VA])에서 발생하는 교류전원을 사용하였으며, 인가전원은 오존발생기의 IE, EE에 연결하여 전원을 인가하고 CE전극을 접지하여 사용하였다. 방전전압 및 전류를 고전압 분압기(분압비 = 2000 : 1), 분류기(분류비 = 10 : 1) 및 digital storage oscilloscope(LeCroy 9350AL, 500 MHz, 1Gs/s)로 측정후, 파형은 personal computer (CPU 80586)와 printer 로 관측하였다.

방전전력은 digital power meter(0~500[V], 0~20[A], 0~9999[W], accuracy : ±0.2[%], Light Star 社)를 이용하여 방전시의 전력, 네온변압기의 전력손실, 선로손실 등을 포함한 네온변압기 입력단에서 오존발생장치 전체회로에 소모되는 전력을 측정하였다.

방전시의 오존화가스의 농도는 오존모니터(일본 OKIT-RONICS사(Serial No. OZM-7000G))를 사용하여 측정하였다.

2.3 실험방법

본 연구에서는 오존발생기의 전극길이의 변화에 따른 특성을 살펴보기 위하여 260, 520, 780[mm]의 오존발생기를 각각 제작한 후 각각의 길이의 오존발생기로 유입되는 산소의 유량(2, 5, 10, 15, 20[ℓ/min])과 인가전압(5.5~19.9[kV])을 변화시키면서 오존발생기에서 발생하는 오존농도를 측정하여 발생량과 수율을 계산하였다.

특히, 인가전압은 기초실험을 통해 가장 좋은 특성을 보인 전압인가 방식으로 외부전극과 중간전극에 180°의 위상차를 갖는 교류고전압을 인가함으로써, 방전시 발생하는 방전휴지구간의 감소를 통해 오존생성특성향상을 도모하였다.

오존생성농도(O3con)를 측정하기 위하여 오존발생기 내에서 발생한 오존화가스를 매 실험마다 0.3[ℓ/min]으로 sampling 하여 자외선 흡수방식의 기상용 오존 monitor로 측정하였고, 유량, 전극길이 및 방전전력의 변화에 따른 오존생성농도, 오존발생량(O3g) 및 오존생성수율(O3Y) 등을 측정 및 계산하였다.

오존발생량은 다음과 같은 식 발생량[g/h] = 농도[g/m³] × 유량[ℓ/min] × 16.67으로 계산할 수 있으며, 오존생성수율은 발생량에서 인가한 전원의 전력을 나누어 계산할 수 있다.

또한, 원료가스의 온도변화에 따른 오존생성특성을 검토하기 위하여 냉각장치와 제습장치를 설치하여 원료가스의 온도변화(25, -33[°C])에 따른 오존생성특성도 살펴보았다.

매회 측정시 방전전압, 방전전류, 방전전력 및 오존생성농

도를 각각 5회 측정하여 그 평균치를 채택하였으며, 중첩방전형 오존발생기의 방전공간 내에 존재하는 불순물을 제거하고, 방전환경을 일정하게 하기 위해 전압을 인가하지 않고 유량을 일정하게 하여 3분 정도 강제 배기시킨 후 측정을 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 3는 오존발생기의 CE를 접지하고, IE와 EE간에 위상차 180°를 갖는 상용주파 교류고전압을 인가하였을 때, CE-IE, CE-EE전극사이에서 발생하는 전압과 전류파형을 측정된 것이다.

그림에서 CH1은 스테인레스 메쉬인 외부전극의 전압파형이며, CH2는 피치 2[mm]의 나선형 중간전극의 전압파형이고, CH3은 공통접지전극인 중심전극의 전류파형이다.

그림에서 CH1이 CH2보다 높은 것은 CH1의 중심-외부전극의 갭이 CH2의 중심-중간전극간의 갭보다 큼에 따라 상대적인 절연내력이 상승한 결과이며, CH3의 전류파형은 방전을 중첩시킴으로 인해 정부의 전류가 중첩되어 전압의 최대치에 도달할 때까지 펄스로 나타나고, 최대치 이후 방전이 소멸되는 방전휴지구간은 오존을 생성하는데 방전을 중첩시키면 비 중첩인 경우보다 방전휴지구간이 짧아지게 되어 더 효율적이다.

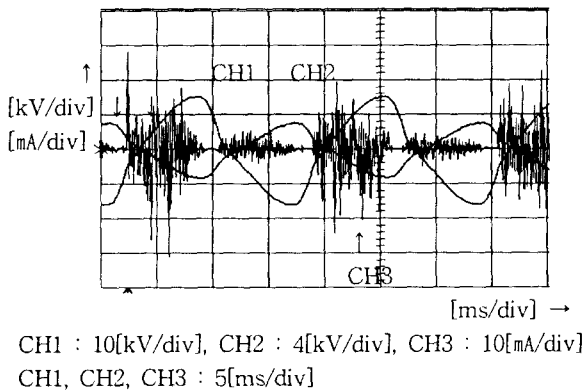


그림 3 연면무성방전시 방전전압·전류 파형
Fig. 3 The waveform of discharge voltage and discharge current

그림 4~그림 6은 CE(스테인레스 봉), IE(지름 1[mm], 피치 2[mm]의 스테인레스 와이어), EE(스테인레스 메쉬, ϕ 0.035)로 구성된 방전관의 전극길이가 각각 260, 520, 780 [mm]일 때, 원료가스의 유량과 인가전압의 변화에 따른 (a)방전전압-농도, 발생량과 (b)방전전압-농도, 수율의 그래프를 나타낸 것이다.

그림의 (a)에서와 같이 유량은 적을수록 농도가 상승하였고 발생량은 감소하는 경향을 보였으며, 동일유량에 대해 인가전압을 증가시킴에 따라 오존의 농도와 발생량이 계속적으로 증가하는 경향을 보였다.

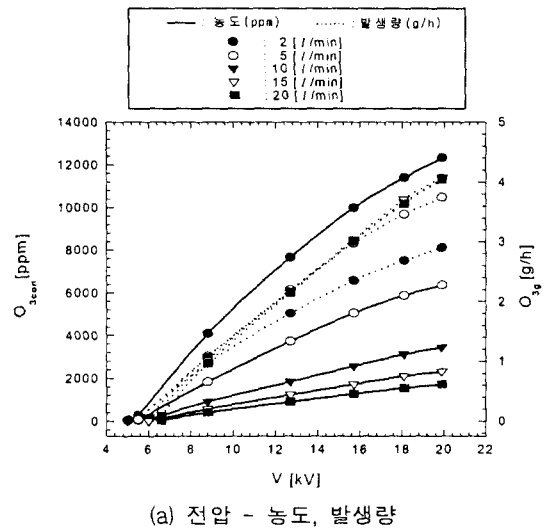
이것은 유량이 증가함에 따라 방전공간 내에서 오존의 생성에 영향을 미치는 여기산소분자의 수는 증가하지만, 산소분자가 방전영역에서 체류하는 시간이 짧아지면서 중첩무성

방전에 의해서 발생된 전자와의 접촉시간 감소로 충돌확률이 작아지므로 오존농도의 상승률이 둔화된 것이다.

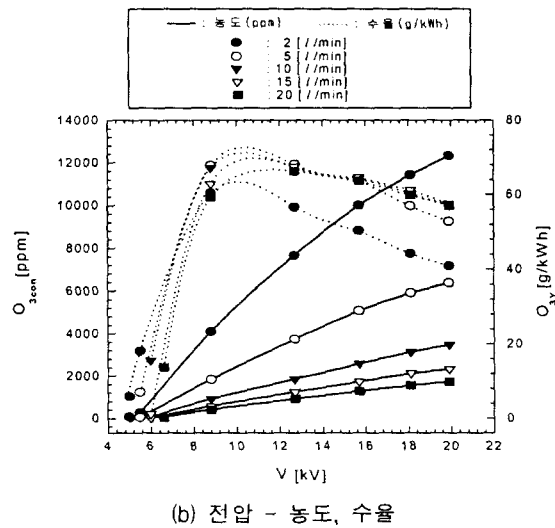
또한, 오존발생량의 증가는 방전공간내에 가해지는 전력 밀도에 대해 충분한 양의 산소원자가 공급되어 오존생성에 필요한 여기산소분자를 원활히 공급해줌으로서 발생량이 증가하는 것으로 사료된다.

동일한 유량에 대해서는 인가전압이 상승함에 따라 방전공간의 전력밀도도 증가되어 산소분자와 방전에 의한 전자와의 충돌전리확률도 커져 오존생성에 영향을 미치는 여기산소분자의 생성반응이 활발하게 되므로 오존농도와 발생량은 함께 상승하게 되는 것이다.

그림 (b)에서는 방전전압이 상승함에 따라 오존농도는 증가하나, 수율은 증가하다가 포화되는 경향이 나타났고, 유량이 증가함에 따라서는 수율이 상승하는 효과를 얻을 수 있었다.



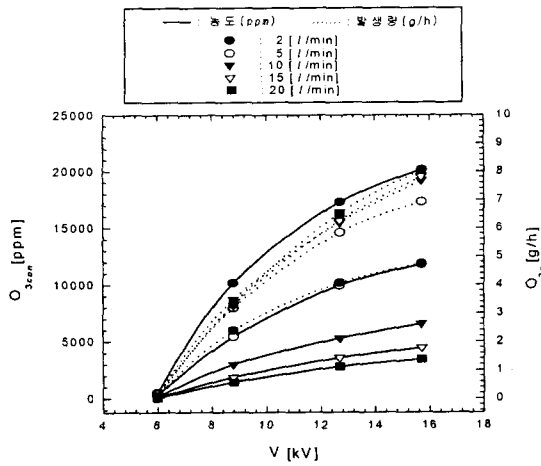
(a) 전압 - 농도, 발생량



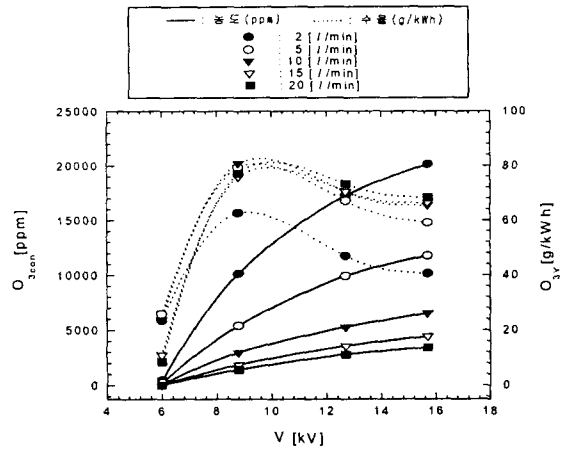
(b) 전압 - 농도, 수율

그림 4 전극길이 : 260[mm], CE=봉, IE=Pitch 2, EE=Mesh인 경우, 전압변화에 따른 오존생성특성

Fig. 4 The characteristic of ozone generation with varying voltage

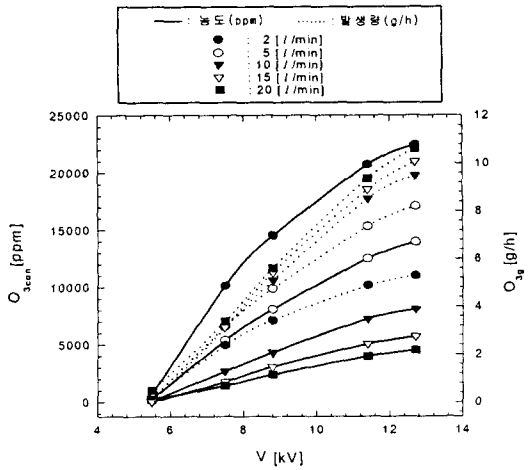


(a) 전압 - 농도, 발생량

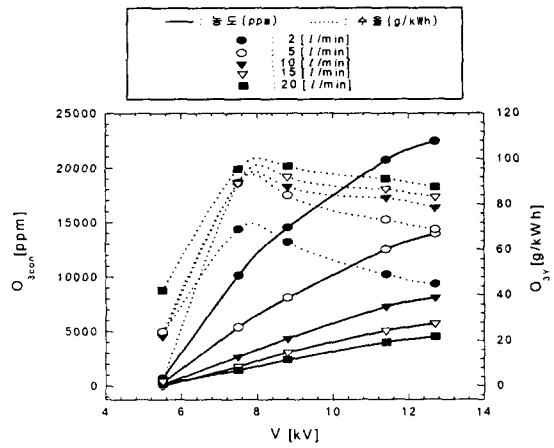


(b) 전압 - 농도, 수율

그림 5 전극길이 : 520[mm], CE=봉, IE=Pitch 2, EE=Mesh 인 경우, 전압변화에 따른 오존생성특성
Fig. 5 The characteristic of ozone generation with varying voltage

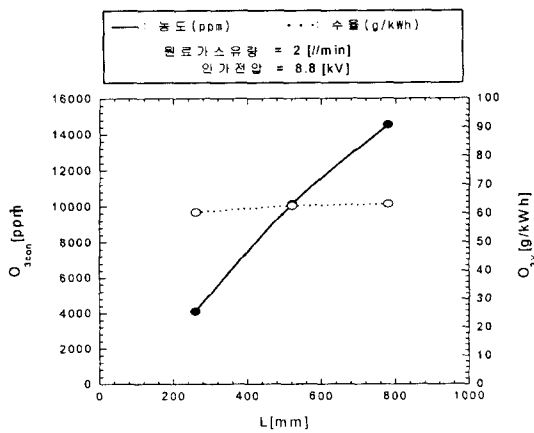


(a) 전압 - 농도, 발생량

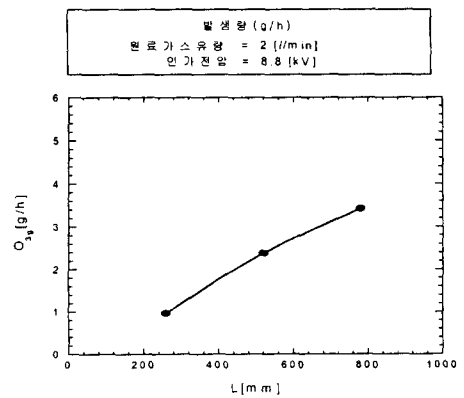


(b) 전압 - 농도, 수율

그림 6 전극길이 : 780[mm], CE=봉, IE=Pitch 2, EE=Mesh 인 경우, 전압변화에 따른 오존생성특성
Fig. 6 The characteristic of ozone generation with varying voltage



(a) 전극길이-농도, 수율



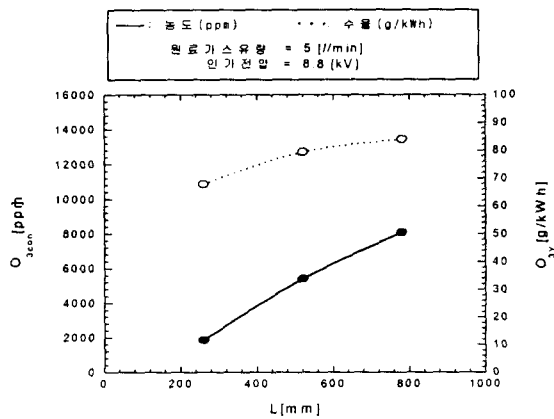
(b) 전극길이-발생량

그림 7 Q=2, 인가전압 8.8kV 일때의 전극의 길이변화에 따른 오존생성특성
Fig. 7 The characteristic of ozone generation with varying electrode length

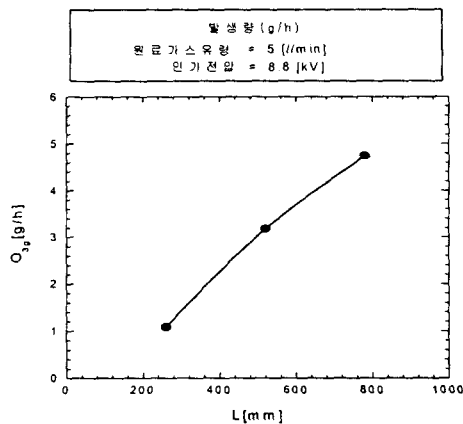
그림 7과 그림 8은 수율의 최대치가 나타나는 인가전압 8.8[kV]에서, 유량Q가 각각 2, 5[l/min]일 때, 전극길이변화에 따른 오존생성특성을 나타낸 그래프이다.

전극길이변화에 따른 오존생성효율은 길이를 증가시키에 따라서 오존의 농도, 발생량, 및 수율의 상승효과를 얻을 수 있었으며, 이것은 전극의 길이가 길어짐에 따라서 산소분자가 반응을 일으키는 방전영역이 길어지므로, 원료가스가 방전영역에서 체류하는 시간이 길어지게 되고, 이에 따라 무성방전에 의해 생성된 전자와의 접촉확률 증대에 따른 것으로 사료된다.

또한, 전극의 길이가 증가한 후에도 유량의 증가에 따라 방전공간내에서 산소분자가 체류하는 시간이 짧아지면서 전자와의 충돌확률감소로 오존농도는 저하하고, 산소분자의 원활한 공급으로 발생량은 증대하게 된다.



(a) 전극길이- 농도, 수율



(b) 전극길이-발생량

그림 8 Q=5, 인가전압8.8kV 일 때 전극길이의 변화에 따른 오존생성특성

Fig. 8 The characteristic of ozone generation with varying electrode length

전압의 상승에 따라서 수율이 상승하다가 포화되는 것은 전극의 길이가 변화하여도 동일하게 나타나는 현상으로, 전압이 증가함에 따라서 전력밀도의 증가와 이에 따른 방전공

간의 온도상승이 더욱 증대하여 오존분해반응이 활성화되고 오존농도에 영향을 미쳐 수율이 포화된 후 감소하는 것으로 사료된다.

표 1은 인가전압이 8.8[kV]이고, 유량 2[l/min], 전극의 길이가 260[mm]인 전극의 발생량을 100으로 두었을 때, 전극의 길이와 유량의 변화에 따른 오존생성농도와 발생량과 수율의 상승률을 나타낸 것이다. 전극의 길이가 길어짐에 따라 농도, 발생량 및 수율이 모두 증가하였고, 유량이 증가함에 따라 농도는 감소하고, 발생량과 수율은 상승하는 것을 알 수 있었다. 또한, 전극의 길이를 등가 길이로 환산하여도 일정비율이상 상승하는 결과를 얻을 수 있다. 이는 장치의 가격과 소모전력과 경제성을 따져볼 수 있는 자료로서의 활용가능성과 일정비율의 길이 증가에 따른 오존생성의 향상특성을 살펴볼 수 있는 자료로 활용이 가능하리라 생각되며, 전극길이의 증가에 따라 오존생성농도와 발생량 및 수율이 동시에 상승하는 것은 방전공간내에 누적되는 산소원자의 활동가능성이 증가함에 따른 것으로 생각된다.

표 1 전극길이의 변화에 따른 오존생성특성

Table 1 The characteristics of ozone generation with varying electrode length

(단위 : %)

항목	2 [l/min]			5 [l/min]			10 [l/min]		
	농도	발생량	수율	농도	발생량	수율	농도	발생량	수율
전극길이 [mm]									
260	100	100	100	44.9	112.5	112.2	22.4	111.5	111.2
520	247.8	247.9	103.7	132.1	330.2	131.3	72.4	362.5	133.3
780	355.8	356.3	104.7	197.4	493.8	132.6	105.9	530.2	145.1

그림 9는 유량이 5[l/min]이고, 전극의 길이가 780[mm]인 경우, 원료가스의 온도(상온, -33℃)와 전압을 변화시키면서 (a)방전전압-농도, 발생량과 (b)방전전압-농도, 수율의 그래프를 나타낸 것이다.

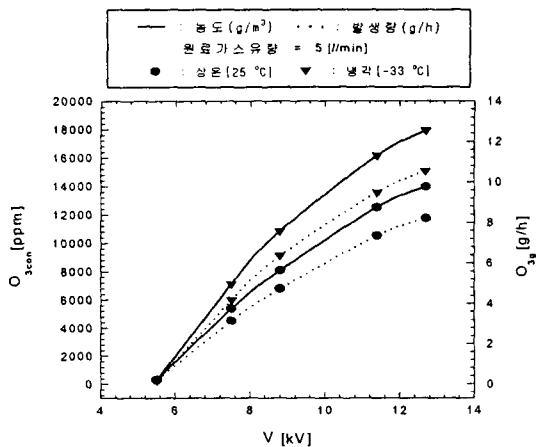
표 2 원료가스의 온도변화에 따른 오존생성특성

Table 2 The characteristic of ozone generation with varying the gas temperatures

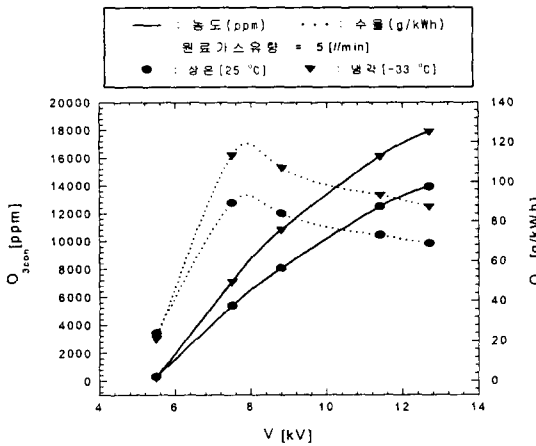
(단위 : %)

원료가스 온도[℃]	농도	발생량	수율
상온	100	100	100
-33[℃]	128.5	128.6	127.2

그림에서와 같이 원료가스의 온도가 낮아지면 농도가 상승하였고 인가전압 증가시킴에 따라서 발생량과 수율은 상승하였다. 그 결과 인가전압이 12.7[kV]일 때, 원료가스의 온도변화에 따라 표 2와 같은 상승률을 얻을 수 있었다.



(a) 전압 - 농도, 발생량



(b) 전압 - 농도, 수율

그림 9 전극길이 : 780[mm], CE=봉, IE=Pitch 2, EE=Mesh 인 경우, 원료가스온도와 전압변화에 따른 오존생성특성
 Fig. 9 The characteristic of ozone generation with varying voltage

이것은 원료가스의 온도가 낮아짐에 따라서 오존의 분해 반응이 억제되므로 오존의 생성효율은 향상된 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 논문에서는 3전극-2갯의 동축형 전극길이 변화시의 전기적 연면무성방전에 의해 발생하는 오존의 농도, 효율 및 발생량 특성에 대해서 논했다.

전극길이(260, 520, 780[mm])가 길어짐에 따라 오존의 농도 및 발생량은 크게 증가하였으나, 수율의 상승효과는 비교적 낮았다. 전극길이가 260mm, 인가전압 8.8kV, 원료가스유량 2 [l/min]인 경우를 100으로 기준하였을 때, 전극 길이가 520, 780[mm]로 증가시킴에 따라 농도는 각각 248%, 356%, 발생량은 248%, 356%, 수율은 104%, 105%로 상승하였다. 일반적으로 원료가스의 유량이 적을수록 농도는 상승하나,

발생량 및 수율은 감소하고, 인가전압이 상승할수록 오존농도와 발생량은 증가하는 경향을 보였으나, 수율은 증가하다가 오존농도의 포화에 따라 감소하는 경향이 나타났다.

또한, 원료가스의 온도를 상온에서 -33°C로 낮춤에 따라 오존농도, 발생량 및 수율이 향상되었으며, 상온의 경우를 100으로 기준하면 냉각시의 최대 오존생성농도, 발생량 및 수율은 각각 129%, 129%, 127%로 증가되었다.

이와 같이 전극길이 및 원료가스의 온도는 오존특성에 크게 영향을 미치는 바, 본 연구에서 획득한 자료는 중첩방전 방식의 오존발생기의 중요한 기초적 parameter의 하나로 향후 제작될 고농도/고효율의 오존발생시스템 개발시 상용화와 고효율화를 위해서 꼭 필요한 자료로 활용이 가능하리라 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 服部 仁, “오존生成에ける放電의 重疊效果”, T.IEE Japan, Vol. 112-A, No. 1, pp. 41~46, 1992.
- [2] 岸田 治夫, “放電重疊法による오존生成의 高收率化”, T. IEE Japan, Vol. 117-A, No. 11, pp. 1103~1108, 1997.
- [3] 井 關昇, “오존나이저에ける오존生成機構と今後の課題”, 靜電氣學會誌, Vol. 7, No. 3, pp. 142~149, 1993.
- [4] R. Peyrou, “The Effect of Relative Humidity on Ozone Production by Corona Discharge in Oxygen or Air”, Ozone Science and Engineering, Vol. 12, pp. 19~40, 1990.
- [5] Moo Been Chang, “Experimental Study on Ozone Synthesis via Dielectric Barrier Discharges”, Ozone Science and Engineering, Vol. 19, pp. 241~254, 1997.
- [6] 田畑則一, “放電による오존發生法에關する考察”, T. IEE Japan, Vol. 117-A, No. 12, pp. 1200~1206, 1997.
- [7] 井關昇, “오존나이저의오존收率에よぼす原料ガス中水分の影響”, ED-86-86, pp. 9~15, 1986.
- [8] 조국희, 이형호, “중첩방전형 오존발생기의 오존농도와 수율의 관계”, 대한전기학회 경남지부 추계학술발표 논문집, pp. 67~70, 1998.
- [9] 조국희, 이형호, 이광식, “오존발생기를 이용한 고도정수처리기술 동향 및 전망”, 한국조명·전기설비학회 학술발표회 논문집, pp. 242~244, 1998.
- [10] 이상근, “중첩방전형 오존발생장치의 온도의존특성”, 碩士學位論文, 1998.
- [11] 이광식, 이동인, “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.
- [12] H. Sugimitsu, “Measurement of the Rate of Formation in an Ozonizer”, Journal de Chemie physique, Vol. 79, No. 9, pp. 655~660, 1982.
- [13] 吐合一徳, “二重放電方式を用いた大氣壓擴散形グロー放電による오존生成特性”, T.IEE Japan, Vol. 117-A, No. 12, pp. 1194~1199, 1997.
- [14] Yukiharu Nomoto, “The Effect of Hybridization of Silent Surface Discharge on Ozone Yield”, ED-93-10,

pp. 261~264, 1990

- [15] 石岡 久道 “短ギャップ円筒形オゾンナイザ” ED-98-99, 1998.
- [16] 山部長兵衛, “沿面放電型オゾンナイザの放電およびオゾン生成特性”, ED-94-14, pp. 63~69, 平成6年.

저 자 소 개



조 국 회 (趙 國 熙)

1960년 1월 13일생. 1987년 숭실대 전기공학과 졸업. 1989년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 한국전기연구소 산업전기연구단 선임연구원.

Tel : (0551) 280-1577

E-mail : khcho@keri.re.kr



이 형 호 (李 亨 浩)

1953년 3월 16일생. 1979년 서울대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 일본 큐우슈우대(九州大) 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 한국전기연구소 산업전기연구단 책임연구원.

Tel : (0551) 280-1531

E-mail : hhlee@keri.re.kr



김 영 배 (金 永 培)

1957년 2월 2일생. 1978년 부산공전 전기공학과 졸업. 현재 한국전기연구소 산업전기연구단. 선임연구원.

Tel : (0551) 280-1535

E-mail : ybkim@keri.re.kr



이 상 근 (李 相 根)

1971년 1월 19일생. 1996년 계명대 물리학과 졸업. 1998년 영남대 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정

Tel : (053) 815-7291

E-mail : skeun2@chollian.net



서 길 수 (徐 吉 洙)

1966년 8월 25일생. 1989년 2월 22일 영남대 전기공학과 졸업. 1994. 8월 영남대 전기공학과 졸업(석사). 1995년 1월~현재 한국전기연구소 산업전기연구단 선임연구원.

Tel : (0551) 280-1532

E-mail : ksseo@keri.re.kr



이 광 식 (李 廣 植)

1948년 10월 20일생. 1971년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1988~1989년 Nagoya Institute of Technology 초빙교수. 1998~1999 대한전기학회 방전고전압연구회 간사장. 현재 영남대 공대 전기전자공학부

교수, 영남대 학생처장.

Tel : (053) 810-2486

E-mail : kslee@ynucc.yeungnam.ac.kr