

## SPCP를 이용한 오염물질 (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) 처리 특성

### The Characteristics of the Treatment of Pollutants (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) Using Surface Discharge Induced Plasma Chemical Process

봉춘근 · 부문자 · 김종호<sup>1)</sup> · 이정주<sup>2)</sup> · 김신도

서울시립대학교 환경공학과, <sup>1)</sup>한서대학교 환경공학과, <sup>2)</sup>용인대학교 환경보건학과

(1998년 3월 25일 접수, 1998년 6월 17일 채택)

Choon-Keun Bong, Moon-Ja Boo, Jong-Ho Kim<sup>1)</sup>

Jeong-Joo Lee<sup>2)</sup> and Shin-Do Kim

*Dept. of Environmental Engineering, University of Seoul*

<sup>1)</sup>*Dept. of Environmental Engineering, Hanseo University*

<sup>2)</sup>*Dept. of Environmental Health, Yongin University*

(Received 25 March 1998; accepted 17 June 1998)

#### Abstract

Plasma process has great possibilities to remove SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> simultaneously with high treatment efficiency and is expected to be suitable for small or middle plants. It was accomplished to evaluate SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> control possibility and achieve basic data to control pollutants by use of Surface Discharge Induced Plasma Chemical Process (SPCP) in this study. O<sub>3</sub> generation characteristics by discharge of a plate was proportional to O<sub>2</sub> concentration and power consumption and inversely proportional to temperature and humidity. In case of dry air, NO<sub>x</sub> was highly generated by N<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> in air during the plasma discharge process but it was decreased considerably as H<sub>2</sub>O was added. SO<sub>2</sub> removal efficiency was very high, and removal rate was 170, 350 mg/h at 30, 50 watt respectively in flue gas which is usually contain H<sub>2</sub>O. NO<sub>x</sub> removal efficiency was about 57% at 40 watt power consumption with 7.5% humidity. It is estimated that H<sub>2</sub>O has an important role in reaction mechanism with pollutants according to plasma discharge.

**Key words :** plasma, SPCP, surface discharge plate, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>

#### 1. 서 론

공장의 굴뚝이나 자동차 등의 배기관으로부터 주로 배출되고 있는 SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>는 산성비, 광화학 스모그 등을 일으키며 대기질을 악화시켜 인간의 건강과 환경에 많은 피해를 주고 있다. 따라서, 이 오염

물질들을 처리하기 위한 다양한 공정 및 시설들이 개발되어 적용되고 있지만, 배출허용기준이 점점 더 강화됨에 따라 보다 효율이 뛰어난 장치의 개발이 시급한 실정이다. 또한 기존의 처리기술이 습식공정으로 인한 폐수 등의 2차오염 문제, 고액의 초기 투자비 및 운영비 소요, 중·소규모의 사업장에 적용하기가 곤란하다는 점은 기존 처리장치들의 개선을

더욱 필요로 하는 요소이다. 이에 따라 개선된 처리 장치들으로써 개선된 습식 및 건식 배연탈황장치 (FGD), 선택적 및 비선택적 촉매방식, 흡수제 주입 및 플라즈마를 이용한 처리공정들이 연구되고 있다.

특히 최근들어 여러 가지 SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> 동시처리 시스템의 연구가 진행되고 있는데 아직은 효율이 비교적 낮고 운전상 여러 문제점을 가지고 있는 반면, 플라즈마를 이용한 처리공정은 많은 가능성을 시사하고 있다. 그러나 플라즈마를 이용한 처리공정에서는 대기중에 존재하는 물질들의 비선택적인 반응으로 인해 제3의 물질을 생성할 수 있는 등의 문제를 가지고 있을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 연면방전형 플라즈마 발생장치를 이용하여 O<sub>3</sub> 발생 및 SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> 처리 특성을 파악하고 플라즈마에 의한 반응 특성과 연소배가스와의 적용가능성을 알아보고자 하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 플라즈마 생성 반응기

플라즈마를 발생시키기 위한 전기적 하전은 반응기의 형태와 전원 공급 형태 등에 따라 여러 가지 형태로 얻을 수 있다. 대부분의 반응기는 Wire 또는 바늘이나 끝이 날카로운 금속과 같은 전극을 사용하여 강력한 전기장을 형성하며, 전원공급형태는 직류(DC), 교류(AC), 펄스(pulse) 등으로 나눌 수 있다. 대표적인 반응기는 1) 펄스 코로나 반응기(puls-

ed corona reactor), 2) 유전체 장벽 방전 반응기(dielectric-barrier discharge reactor), 3) 연면방전 반응기(surface discharge reactor), 4) 강유전체 충전 반응기(ferroelectric bed reactor), 5) 직류방전 반응기(DC discharge reactor) 등이 있다.

이중 연면방전은 본래 오존을 생성시킬 목적으로 개발된 것으로서 다른 형태의 플라즈마 발생장치에 비하여 비교적 낮은 전압과 주파수 범위에서도 쉽게 방전이 일어나기 때문에 전기적 효율성이 뛰어나다. 그림 1은 선상방전극의 절연층 표면을 따라 발생하는 Stream상 교류방전으로 인한 플라즈마의 생성을 나타낸 것이다.

### 2.2 오염물질 처리반응

강력한 전자를 이용하여 목적하는 물질을 처리하게 되는 플라즈마 처리공정은 암모니아나 물, 아르곤 가스 등의 첨가, 전자빔이나 코로나 방전 등에 의해 전자군을 생성하여 산이나 온난화 가스 등을 무해한 가스나 에어로졸 또는 다른 생성물질로 전환시키는 반응을 일으킨다. 따라서 배출가스로부터 SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>를 처리하는데 효과적인 방법으로 생각되며 일반적으로 배출가스를 처리하는 방안은 다음 3가지로 대별될 수 있다.

- 1) 산이나 온난화 가스 등을 H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>와 같은 무해한 가스로 전환하는 것.
- 2) 비료나 드라이아이스 등과 같은 재사용이 가능한 물질로 전환하는 것.

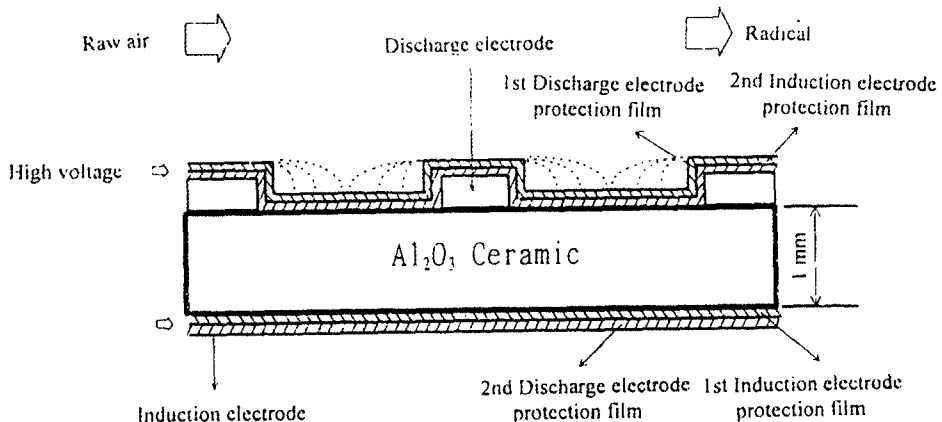
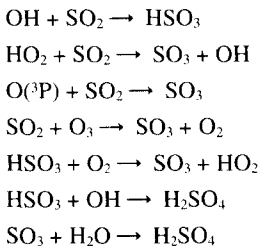


Fig. 1. Surface discharge phenomenon.

3) Ammonium sulfate 에어로졸, Ammonium sulfate nitrate 에어로졸, Carboxylic acid 에어로졸, Carbon dust 등과 같은 부산물의 형태로 전환하여 포집하는 것.

2.2.1 SO<sub>2</sub>의 산화

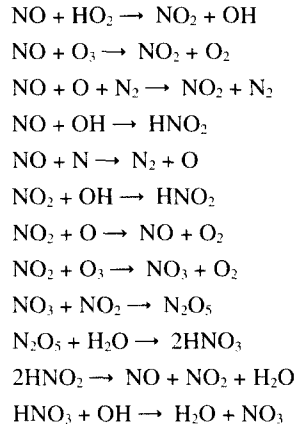
SO<sub>2</sub>는 OH, O, HO<sub>2</sub> 등에 의해 산화되고 결과적으로 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>가 되어 부가의 첨가물이 없을 때는 반응이 종결된다. 다시말하면 OH와의 반응으로 인해 생성된 HSO<sub>3</sub>는 O<sub>2</sub>에 의해 더욱 산화되어 SO<sub>3</sub>와 HO<sub>2</sub>로 되는 반응이 이루어지며, OH활성기에 의해 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 되는 것이다. 또한 SO<sub>3</sub>는 H<sub>2</sub>O와 반응하여 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>가 된다. 이렇게 하여 생성된 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>는 부가의 첨가물이 없을 경우 여기에서 반응이 종결되지만, NH<sub>3</sub>가 첨가되면 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>가 형성되는 반응이 일어난 뒤 반응이 종결된다.



2.2.2 NO<sub>x</sub>의 산화

가스상에서 NO는 일반적으로 SO<sub>2</sub>보다 자유기

(OH, HO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, N, O 등)와 빠르게 반응한다. NO의 산화로 인해 발생된 NO<sub>2</sub>는 OH 활성기에 의해 HNO<sub>3</sub> 또는 NO가 되고, O<sub>3</sub>와의 반응으로 NO<sub>3</sub>를 형성한다. 반응식에서 볼 때 NO와 NO<sub>2</sub>가 반복하여 생성되므로 이들의 조건을 최적화하는 것이 NO<sub>x</sub>의 산화를 결정지을 수 있을 것이다.



SO<sub>2</sub>의 산화 산물인 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>는 가스 중에서 쉽게 액상으로 존재하는 반면 HNO<sub>3</sub>는 포화증기압이 높아 쉽게 액상으로 존재하지 않는다. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>와 HNO<sub>3</sub> 액적의 직경은 0.5 μm 이상으로 알려져 있으며, 따라서 전기집진기 등에 의해 비교적 쉽게 제거될 수 있다. 반면에 가스상 HNO<sub>3</sub>는 OH 활성기와의 반응

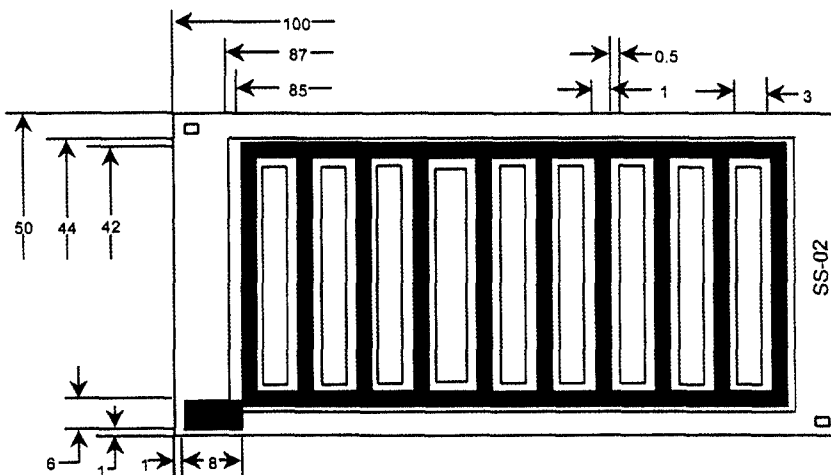


Fig. 2. Structure of surface discharge plate.

에 의해 NO<sub>3</sub>로 된다. 이는 전반적인 NO의 제거 효율을 감소시키므로 보다 안정한 물질을 형성시킴으로써 NO제거 효율을 증가시킬수 있을 것이다.

### 3. 실험 및 방법

#### 3.1 연면 방전체

순도 92%의 고순도 알루미나 화인 세라믹의 절연층을 가운데 두고 한쪽 표면에는 텅스텐, 백금 또는 티타늄 성분 줄무늬 형태의 방전극을, 다른 쪽 표면에는 필름 형태의 유도전극을 설치한다. 이 방전극과 유도전극 사이에 3~10kVpp, 주파수 20~40 kHz, 0.2~1.0A의 전류를 인가하여 주면 선상방전극의 절연층 표면을 따라 발생하는 교류방전으로 인해 플라즈마가 생성된다. 본 연구에 사용한 것은 연면방전판 위에 Pt/Ag paste로 유도전극을 인쇄한 것으로 크기는 100 mm × 50 mm × 0.625 mm이다. 그림 2에 연면방전판의 구조도를 나타냈다.

#### 3.2 실험장치

실험은 표준가스(standard gas)를 이용한 실험과 보일러로부터 배출되고 있는 연소가스 중에서의 실험으로 구분하여 실시하였다. 표준가스를 이용한 인공의 혼합가스 실험은 연면방전에 의한 오존발생

특성, NO<sub>x</sub>의 발생특성, SO<sub>2</sub>의 처리에 대한 산소나 이산화탄소 등의 영향을 파악하기 위한 것이다. 보일러로부터 배출되고 있는 연소가스(flue gas) 중의 실험은 주로 실제 연소가스 중에서 SO<sub>2</sub> 처리특성을 파악하기 위한 것이다. 혼합가스 실험에서는 방전판을 130 mm × 80 mm × 6 mm의 반응기 내부에 위치시켰으며, 반응기는 방전시 발생하는 열을 외부로 용이하게 방출시키도록 열전달율이 큰 알루미늄 재질을 사용하였다. 전원공급장치(power supply)는 방전시 스파크가 발생하지 않는 조건에 맞도록 설계하여 출력전압 0~10 kV, 전류 0~1.0 A, 주파수 20~40 kHz 범위에서 조절이 가능하도록 제작하였다.

그림 3, 4는 실험장치의 개요도를, 표 1에는 분석에 사용된 기기의 종류 및 사양을 나타내었다.

### 4. 실험결과

#### 4.1 방전 특성 실험

##### 4.1.1 소비전력, O<sub>2</sub> 농도, 온도에 따른 오존(O<sub>3</sub>) 발생 특성

상온조건에서의 O<sub>3</sub> 생성은 그림 5에 나타난 바와 같이 소비전력 20~25 watt 부근에서 최대농도를 나타내고 그후 소비전력의 증가에 따라 감소하는 것

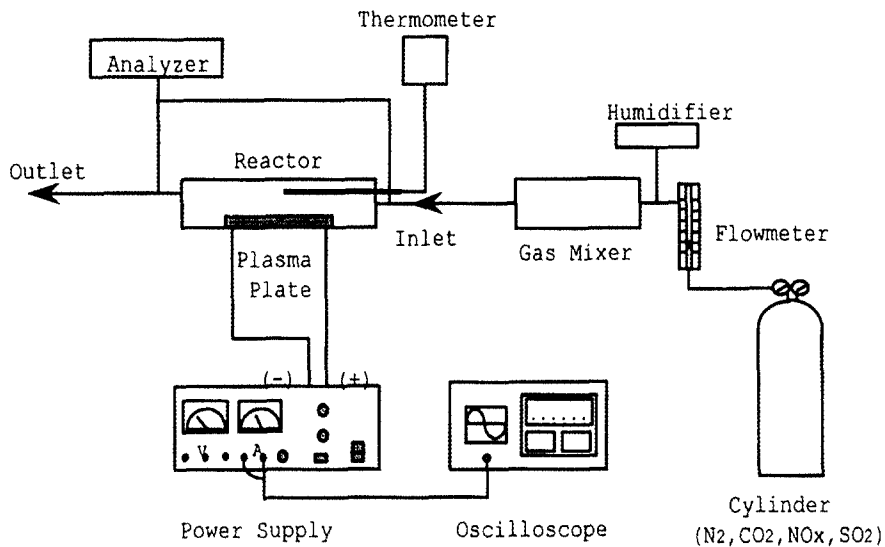


Fig. 3. Schematic diagram of experimental system for mixture gas.

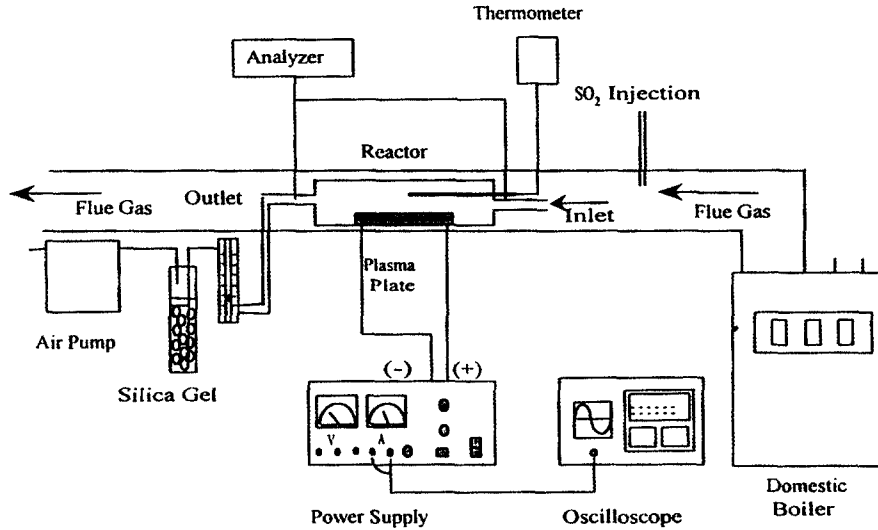


Fig. 4. Schematic diagram of experimental system for SO<sub>2</sub> treatment in flue gas.

Table 1. Measuring instruments list.

Item	Measuring Instruments	Measuring Principles & range
Temperature	K-Type thermocouple, Digital thermometer (Autonics Co, Model T4L, Korea)	Range : 0 ~ 399°C
Frequency	Digital Oscilloscope (200Ms/sec 200 MHz Oscilloscope (DSO) 475, Gould, England)	Range : 20 ~ 30 kHz
Voltage	High Voltage Probe(John Fluke Mfg. Co., INC., USA) Power Supply(KSC Co.)	Accuracy ±5%, Max 40,000 V Range : 0 ~ 10 kV
Current	Multimeter(John Fluke Mfg. Co., INC.,Fluke 75 series, USA)	Range : 0 ~ 1 A
SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	ENERAC 2000E (Combustion Analyzer Model 2000E, Energy Efficiency System, USA)	Range : Max 3000 ppm
Ozone (O <sub>3</sub> )	API-400	Principle : UV Photometric method Range : 0 ~ 500 ppb, 0 ~ 500 ppm
CO <sub>2</sub>	SIBATA CO-CO <sub>2</sub> Meter	Principle : NDIR Range : 0 ~ 2000 ppm (L), 0 ~ 5000 ppm (H)

으로 나타났다. 이는 온도에 민감하게 반응하는 오존이 소비전력의 증가와 함께 상승하는 가스온도의 영향으로 인해 생성을 방해받거나 생성된 오존이 급격하게 분해되기 때문으로 사료된다.

그림 6은 O<sub>3</sub>의 농도를 0~10%로 변화시키면서 O<sub>2</sub>농도에 따른 O<sub>3</sub> 발생 최고농도를 나타낸 것이다.

주로 소비전력 20~25 watt 부근에서 가장 높게 검출되었고, O<sub>2</sub>의 농도에 비례하는 결과를 나타냈다.

#### 4. 1. 2 습도에 따른 오존 (O<sub>3</sub>) 발생 특성

그림 7은 습도의 변화에 따른 오존의 생성농도를 나타낸 것이다. 습도가 증가할수록 생성되는 O<sub>3</sub> 농도는 점차 감소하는 경향을 보였는데, 이는 수분에

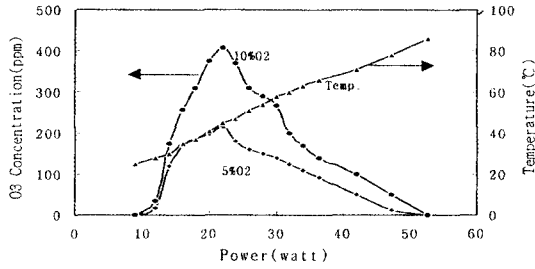


Fig. 5. The variation of O<sub>3</sub> and Temperature according to power consumption. (Q=5 l/min, f=20 kHz, T<sub>s</sub>=Room temp.)

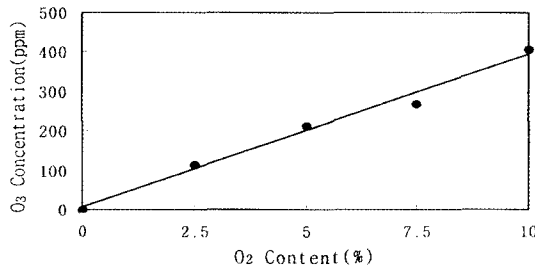


Fig. 6. The variation of maximum O<sub>3</sub> conc. according to O<sub>2</sub> content. (Q=5 l/min, f=20 kHz, T<sub>s</sub>=Room temp.)

오존이 용해되거나 해리된 O가 수분에 의하여 OH<sup>-</sup>으로 전환되어 근본적으로 O<sub>3</sub>의 생성이 억제되기 때문인 것으로 보인다.

#### 4.1.3 가스유량에 따른 오존(O<sub>3</sub>) 발생 특성

그림 8은 가스 유량에 따른 발생 O<sub>3</sub>의 농도를 나타낸 것이다. 실험 결과 연면방전으로 인한 O<sub>3</sub> 발생 능력은 유량과 거의 반비례하는 경향을 보이며, 이는 연면방전체와의 접촉시간이 길어 O<sub>2</sub>가 방전에 의한 영향을 더 많이 받기 때문으로 사료된다. 그러나 유량이 적을 경우 방전에 따른 온도의 상승이 보다 빨리 나타났으며, 이로 인해 오히려 O<sub>3</sub>을 파괴하는 결과를 가져왔다. 따라서 소비전력이 클 경우에는 온도의 영향으로 인해 발생농도에 대한 차이가 적은 것으로 나타났다.

#### 4.1.4 방전에 따른 NOx 발생 특성

방전에 의해 공기 중의 가스성분은 비선택적으로 영향을 받는다. 따라서 산소와 질소의 반응으로 인

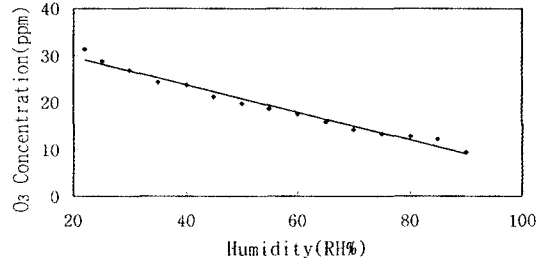


Fig. 7. The variation of O<sub>3</sub> according to air humidity. (Q=5 l/min, f=20 kHz, T<sub>s</sub>=Room temp.)

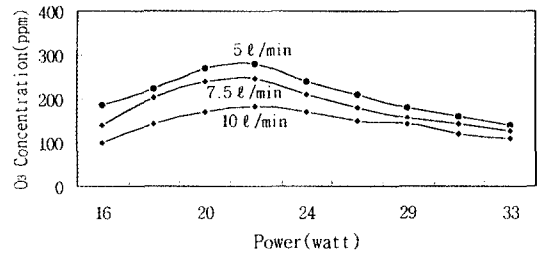


Fig. 8. The variation of max. O<sub>3</sub> according to air flow rate. (f=20 kHz, T<sub>s</sub>=Room temp.)

해 NO<sub>x</sub>가 발생할 가능성도 크다. 그림 9는 공기 중에서의 방전으로 인한 NO<sub>x</sub>의 생성특성을 나타낸 것인데 일반적으로 소비전력이 증가함에 따라 NO<sub>x</sub>는 증가하는 경향을 보였다. 초기 40 watt 까지는 대부분의 NO<sub>x</sub>성분이 NO<sub>2</sub>로 검출되고 있었으며, 그 이후로는 NO의 농도가 급격하게 증가하는 경향을 보였다. 오존발생 경향과 비교해 보면 오존 농도가 가장 높게 나타날 때는 NO<sub>x</sub> 농도가 낮게 나타났으며, 오존농도가 급격하게 감소하는 25 watt 이후에서 급속하게 증가하는 경향을 보였다. 이는 방전에 따른 에너지 증가와 함께 온도가 상승하고, 온도로 인해 오존의 생성이 억제되면서, 생성된 O 활성기가 N 활성기와 결합하여 NO<sub>x</sub>의 발생량이 증가된 것으로 보인다.

그림 10은 수분의 첨가에 따른 NO<sub>x</sub>발생 특성을 나타낸 것인데, 수분을 첨가함으로써 발생되는 NO<sub>x</sub>의 농도는 소비전력이 비교적 높을 때에도 낮은 농도로 생성되는 경향을 보여 수분의 작용이 NO<sub>x</sub>의 생성에 많은 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다. 그림에서 알 수 있듯이 이때 발생되는 NO<sub>x</sub>의

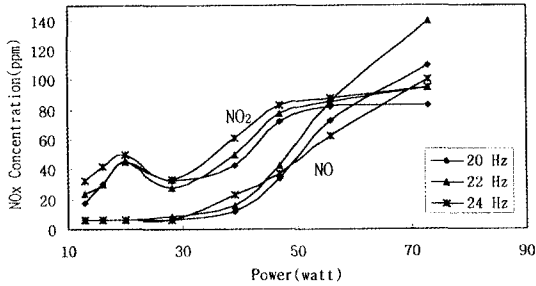


Fig. 9. NO<sub>x</sub> generation by discharge in dry gas. (Q=5 l/min, f=20 kHz, Ts=Room temp.)

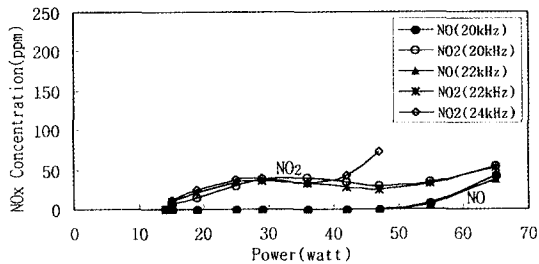


Fig. 10. The variation of NO<sub>x</sub> generation by H<sub>2</sub>O addition. (Q=5 l/min, f=20 kHz, H<sub>2</sub>O=5.5%, Ts=Room temp.)

대부분은 NO<sub>2</sub>이며, NO는 55 watt 이상에서 발생하였다.

## 4.2 SO<sub>2</sub> 처리 실험

### 4.2.1 연소가스 중에서의 SO<sub>2</sub> 처리

그림 11은 연소가스 중에서의 SO<sub>2</sub> 농도에 따른 처리효율을 나타낸 것이다. 수분이 존재하는 연소가스 중에 함유되어있는 SO<sub>2</sub> 처리실험에서는 방전에 의한 O<sub>3</sub>와 NO<sub>x</sub>의 발생특성과는 달리 제거효율은 농도에 반비례하고, 소비전력의 증가에 비례하는 것으로 나타났다. 소비전력 20~25 watt 부근에서 최대값을 나타낸 뒤 감소하는 오존의 발생 특성을 고려해 볼 때, SO<sub>2</sub>의 제거는 오존의 영향 외에도 수분으로부터 발생하는 OH 활성기에 의한 효과도 크게 작용하고 있음을 추측할 수 있다. 소비전력 30 watt 에서는 약 200 ppm 정도가 제거되어 약 170 mg/l의 SO<sub>2</sub>를 처리할 수 있었으며, 50 watt에서는 약 400 ppm이 제거되어 약 350 mg/l가 처리되는 것으로 나

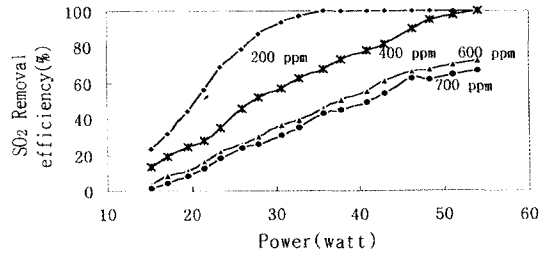


Fig. 11. The characteristics of SO<sub>2</sub> removal by discharge in flue gas. (Q=5 l/min, f=20 kHz, Ts=150°C)

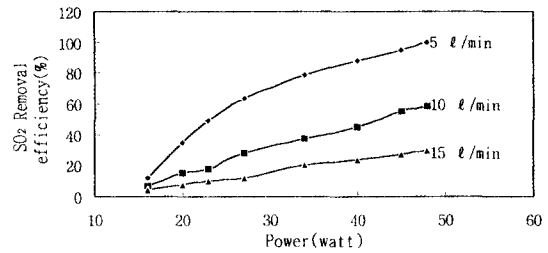


Fig. 12. Removal efficiency of SO<sub>2</sub> for flow rate in flue gas. (f=20 kHz, Initial Conc.=300 ppm, Ts=150°C)

타났다.

그림 12는 유량에 따른 처리효율을 나타낸 것인데, 일반적으로 유량에 반비례하는 결과를 나타내고 있어 체류시간이 길수록 높은 효율을 나타냈다. 체류시간을 2배 증가시켰을 때 처리효율은 2배 이상 증가하여 오염물질의 처리에는 방전판 위의 체류시간이 중요한 역할을 하는 것을 추측할 수 있다. 또한 그림으로는 나타내지는 않았지만 소비전력이 50 watt 이하에서는 NO<sub>x</sub>의 발생이 거의 일어나지 않았으며, 그 이상에서 NO<sub>x</sub>가 발생하였다.

### 4.2.2 SO<sub>2</sub> 처리에 대한 혼합물질의 영향

그림 13은 SO<sub>2</sub> 제거에 대한 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O 등의 영향을 알아보기 위해 혼합물질의 농도를 연소가스 중에서의 함유량을 고려하여 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O를 각각 5%, 10%, 10%로 조절한 후 실험한 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 보면 N<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> 혼합가스와 N<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub> 혼합가스중에서의 SO<sub>2</sub> 처리경향은 O<sub>3</sub> 발생 특성을 실험한 결과와 유사하게 나타난 반면, H<sub>2</sub>O

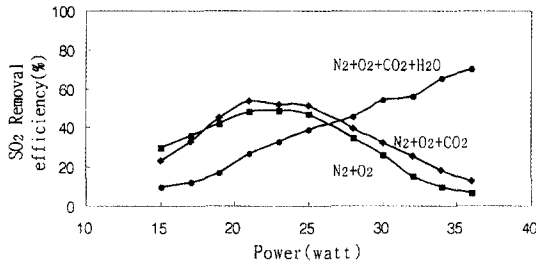


Fig. 13. The trend of SO<sub>2</sub> removal according to O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O. (Q=5 l/min, f=20 kHz, Initial Conc.=300 ppm, Ts=Room temperature)

를 첨가하였을 경우에는 연소가스 중에서의 SO<sub>2</sub> 처리경향과 유사하게 소비전력의 증가에 따라 처리효율도 증가하는 결과를 나타내었다. 이 결과로 볼 때 SO<sub>2</sub>의 처리반응에는 H<sub>2</sub>O에서 생성되는 활성기가 가장 많은 영향을 주고 있는 것으로 사료되며, H<sub>2</sub>O로부터 발생된 활성기가 SO<sub>2</sub>와 반응하여 HSO<sub>3</sub>, SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 등으로 전환되어 처리되기 때문인 것으로 사료된다.

### 4.3 NOx 처리 실험

그림 14는 배가스내에 존재하고, 플라즈마 처리 공정시 경우에 따라 발생할 수 있는 NOx에 대한 처리 특성을 실험한 결과를 나타낸 것이다. 특성을 파악하기 위하여 N<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub> 혼합가스 중에 수분을 5.5%, 7.5%, 9.0%로 조절하고 NOx를 주입하여 농도를 200 ppm으로 맞추었다. 실험결과 인가전압 4.6 kV에서 최고 약 57%의 처리효율을 보였다. 이는 앞에서 언급했던 플라즈마에 의한 NOx 발생(그림 9)과 반대의 결과를 나타낸 것이다. NOx가 존재할 경우에는 플라즈마 반응에 의해 NOx가 파괴되는 것으로 생각되며, 농도는 공기중의 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>로 인해 발생하는 양과 서로 상쇄되어 나타나는 것으로 사료된다. 즉, 가스중의 NOx는 완전히 처리되지 않고 플라즈마에 의해 직접 영향을 받는 NOx분자만이 파괴되고, 영향을 받지 않거나 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>로부터 발생하는 분자는 그대로 배출되는 것으로 생각된다.

수분량의 변화에 따라 처리효율이 다르게 나타나는 경향을 보였는데, 수분량이 9%일때에 오히려 처리효율이 낮게 나타나고 있었다. 이는 과도한 수분이 방전판위에 응결하여 방전을 방해하기 때문인

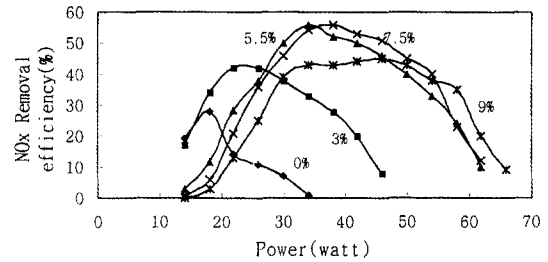


Fig. 14. NOx removal by plasma reaction in case of H<sub>2</sub>O addition. (Q=5 l/min, f=20 kHz, Ts=Room temp.)

것으로 생각된다. 소비전력 50 watt 이상에서는 수분량에 따라 다르긴하지만 방전에 의해 NOx의 생성량이 증가하여 효율은 급격하게 감소되는 것으로 나타났다.

## 5. 결 론

공기중에서의 방전결과 플라즈마 반응기의 비선형적 작용으로 인해 공기중의 O<sub>2</sub>와 N<sub>2</sub>로부터 O<sub>3</sub>와 NOx가 생성되는 것을 확인할 수 있었는데, 이들의 생성은 수분에 의해 상당히 억제되는 것으로 나타났다.

연면방전 플라즈마를 연소가스 중의 SO<sub>2</sub> 처리에 적용하였을때, 30 watt의 소비전력으로 170 mg/h, 50 watt의 소비전력으로는 350 mg/h를 처리할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 유입 농도 및 유량이 적을수록, 즉 체류시간이 길수록 처리효율은 높게 나타났다. 그러나 SO<sub>2</sub> 처리시 연소가스 중에서의 방전으로 인한 NOx의 생성은 소비전력이 50 watt 정도가 될 때까지는 거의 발생하지 않았다. 처리대상 가스중에 NOx가 존재할 경우에는 H<sub>2</sub>O로부터 발생된 활성기에 의해 57%까지 처리되는 것으로 나타나, H<sub>2</sub>O는 SO<sub>2</sub>와 NOx의 처리에 매우 중요한 작용을 하고 있음을 알 수 있었다.

따라서 적절한 수분량의 조절과 방전조건의 조절을 통하여 별도의 첨가물이 없이도 플라즈마에 의해 어느 정도의 NOx와 SO<sub>2</sub>를 처리할 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 수분이 없거나 적은 곳에서 방전을 이용하여 오염물질을 처리하고자 할 때에는 발생하는 오염물질에 대한 연구가 반드시 선행되어



야 할 것이다. 본 연구 결과에서는 수분으로부터의 활성기 발생의 최적화를 오염물질 처리 방안으로 제시할 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- 김현하(1995) 강유전체 pellet 충전층 플라즈마 반응기를 이용한 VOCs의 제어에 관한 연구, 동아대학교 석사학위논문
- 문재덕, 이근택(1994) 펄스 코로나 방전 플라즈마와 수막에 의한 NO<sub>x</sub> 저감, 대한환경공학회지, 16(2), 149-156
- 채재우, 전영남, 이상만(1994) Pulse Streamer Corona 방전을 이용한 NO<sub>x</sub> 저감효과, 대한환경공학회지, 16(3), 343-352
- Akira, M., J.S. Clements, and R.H. David(1986) A Method for the Removal of Sulfur Dioxide from Exhaust Gas Utilizing Pulsed Streamer Corona for Electron Energization, IEEE Transaction on Industry Applications, IA-22(3), 516-522.
- Giorgio, D., L. Civitano, and M. Rea (1990), Industrial Experiments on Pulse Corona Simultaneous Removal of NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub> from Flue Gas, IEEE Transaction on Industry Applications, 26(3), 535-541.
- Kiheiji, T., K. Kawamura, H. Yoshida, T. Katayama, and C. Kaido (1979) Effect of Temperature, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub> on the discharge Oxidation of NO, The Chem. Soc. of Japan, 11, 1597-1603.
- Manabu, H., S. Uchida, N. Suzuki, and K. Fujii (1992) Soot Elimination and NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub> Reduction in Diesel-Engine Exhaust by a Combination of Discharge Plasma and Oil Dynamics, IEEE Transaction on Industry Applications, 20(1), 1-12.
- Norman, W.F., S. Hirano (1990) The Electron Beam FGT Process, Radiat. Phys. Chem., 35, 461-421.
- Senichi, M., H. Nakao (1990) Control of NO<sub>x</sub> by Positive and Negative Pulsed Corona Discharges, IEEE Transaction on Industry Applications, 26(2), 374-383.
- Senichi, M., S. Hosokawa, X. Tu, K. Sakakibara, S. Kitoh, and S. Sakai (1993) Destruction of Gaseous Pollutants by Surface Induced Plasma Chemical Process, IEEE Transaction on Industry Applications, 29(4), 781-785.