

# 침대평판전극에서의 NOx 제거특성

° 김진호° 김종달° 김정달° 김치원\*\* 이덕출\*\*\* 고희석° 박재윤°  
 \* 경남대학교 전기공학과 \*\* 경남대학교 기계공학과 \*\*\* 인하대학교 전기공학과

## Reduction characteristics of NOx on point-plane electrode

G. H. Kim° Jong-Dal Kim° Jung-Dal Kim° C. W. Kim\*\* D. C. Lee\*\*\* H. S. Koh° J. Y. Park°  
 \* \*\* kyungnam univ. \*\*\* Inha univ.

**Abstract** - In this paper, we studied reduction characteristics of NOx gas produced from diesel engine combustion using by point-plane electrode. Here, input voltage forms were types of three [DC, AC, DC Positive pulse] and NOx gas of 1700ppm was composed of NO 1665ppm, NO<sub>2</sub> 35ppm on balance of N<sub>2</sub>. We investigated NOx reduction characteristics as various of parameters, are gas flow rate, input voltage form and, humidity. From the results of study, reduction characteristics of NOx exhibited good when gas flow rate was small, input voltage was DC and much humidity were contained to NOx gas.

### 1. 서론

사회가 공업화로 가속화 되어감에 따라 각종 연료를 사용함으로써 대기오염 물질이 연료의 연소가스로부터 다량 배출되고 이로 인해서 대기오염문제가 심각하게 대두되고 있다. 이러한 대기오염의 주된 물질은 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 탄소산화물(CO<sub>2</sub>), 등이며, 이중 NOx는 자동차 배기가스 등의 이동오염원에서 30~40%가 발생하고 나머지는 산업용연소가스에서 발생하고 있으나 특히, 최근 들어 날로 증가하는 자동차로부터 발생하는 질소산화물(NOx)이 급격히 증가하고 있는 실정이다. 질소산화물은 연소과정에서 NO 및 NO<sub>2</sub> 등의 형태로 배출되어 대기중의 오존 등에 의하여 NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>등으로 산화되며, 이들은 공기중의 에어졸에 녹아서 산성비가 되거나 태양광선에 의하여 광화학 스모그를 형성한다. 그리고, NO<sub>2</sub>가 대기 중에서 각종의 산화제(O<sub>3</sub>, PAN; Peroxy Acetyl nitrate)를 형성한다. 이들의 산화제 및 NOx는 인체에 있어서 주로 호흡기계통에 직접적으로 피해를 준다. 따라서, 다양한 오염원에서 배출되어진 NOx의 제거 기술은 공기/연료(Air/Fuel)의 혼합비 조성과 백금(Pt)등의 물질에 의한 산화 환원법, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>S등을 이용한 촉매 환원법, 전자선복사(electron beam irradiation)에 의한 방법 등이 이용되고 있다.<sup>[1-3]</sup> 그러나, 이는 주로 많은 설 비비 및 운용비의 소요로 최근에는 보다 간단하고 고효율의 전기적 기체 방전 현상을 이용한 NOx처리 기술을 선진각국에서는 많이 연구하고 있다. 이 방법에는 Surface discharge, Partial discharge in AC ferroelectric pellet layer, pulse streamer discharge 등의 방법이 있다.<sup>[4-6]</sup> 이들 방법들은 주로 2차적인 환경오염을 발생시키지 않는 침단의 방법으로 간주되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 침대 평판 전극의 NOx처리 반응

기에서 코로나 방전을 이용하여 가스의 유량, 인가전압의 종류 및 습기의 첨가로 인한 NOx의 감소특성을 실험하였다.

### 2. 실험장치 및 방법

#### 2.1 실험장치

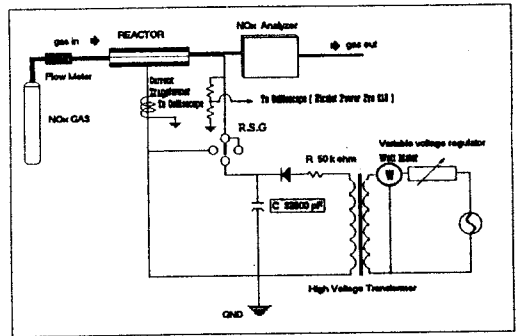


그림 1. 실험장치  
 Fig 1. Experimental apparatus

그림 1에서는 실험 장치를 도시한 것으로, 실험장치는 DC, AC, DC pulse의 3가지 전압을 공급할 수 있는 전원 장치와 NOx 가스를 분해시키는 리액터 및 전압, 전류, 전력, NOx의 감소량을 측정하는 측정 장치로서 구성할 수 있다. 여기서 NOx는 NO 1665ppm, NO<sub>2</sub>가 35ppm인 NOx 가스를 Flow meter를 사용하여 유량을 조절하였다.

#### 2.1.1 전원장치 및 리액터의 형태

실험 장치에서 전원 부분은 AC일 경우는 고압 변압기의 2차측의 전압을 그대로 사용하였고, DC는 반파정류회를 사용하여 DC를 발생시키고, DC pulse전압의 발생은 R.S.G 스위치로서 발생시켰다. R.S.G 스위치는 원통형 아크릴 수지로 제작하였고, gab 간격은 1mm로 하였다. DC pulse 전압의 주파수는 구동 motor의 회전수로서 제어하였으며, 실험에서는 50Hz로 사용하였다. 그리고, DC pulse 전압의 형태는 그림 2에 도시하였다. 그림 3은 NOx를 분해시키는 리액

터의 형태를 도시한 것으로 전극은 침대 평판으로 구성하고 gab의 간격은 20mm로 하였다.

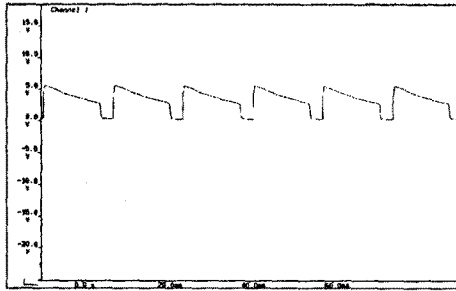


그림 2 직류 펄스전압의 형태  
Fig. 2 Form of DC Pulse voltage  
[ Voltage 20kV/Div, Current 20A/Div ]

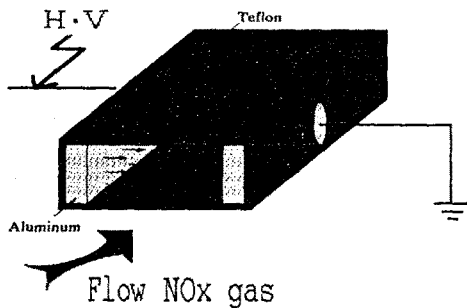


그림 3 리액터의 구조 및 방전전극의 형태  
Fig. 3 Construction of Reactor and Form of Electrode

### 2.1.2 측정장치

실험에 사용한 측정장치의 구성에서 NO<sub>x</sub> 가스의 농도 측정은 Rotork Automation 社의 NO<sub>x</sub> Analyzer 440을 이용하여 측정하였고, 방전시 전압 및 전류, 전력의 특성은 Pulse Electronic社의 2000:1 High Voltage Probe와 Current Transformer[600A, 60V /Div]를 이용하여 Nicolet 社의 Power pro-610 Oscill oscscope 로 측정하였다. 그 특성은 그림 4에 도시한다. 방전시 소비 전력은 THH TAI 社의 2402A Digital Power meter로 측정하였고 인가전압의 상승에 따른 소비 전력의 특성은 그림 5에 도시한다. 그림5에서 각 인가전압에서 전압원의 종류 DC, AC, DC pulse전압에서의 방전 소비 전력을 도시한 것으로, 변압기의 손실 및 R.S.G의 손실 전력등을 모두 포함한 것이다.

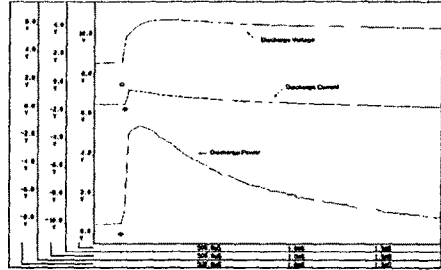


그림 4 방전 전압, 전류, 전력의 특성  
Fig. 4 Characteristics of Discharge Voltage, Current and Power  
[ Voltage 20kV/Div, Current 20A/Div ]

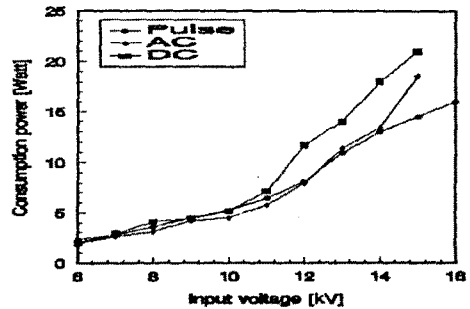


그림 5 인가전압에 따른 소비전력  
Fig. 5 Consumption power by input voltage

### 2.2 실험 방법

실험은 먼저 3가지 전원전압의 형태(AC, DC, DC pulse)를 사용하여 NO 1665ppm, NO<sub>2</sub> 35ppm, N<sub>2</sub> balance가스로 된 1700ppm의 NO<sub>x</sub>가스를 flow meter 조정하여 유량을 2ℓ ~7ℓ/min로 변화시켜서 인가전압의 상승에 따라 각각의 전압에서 NO<sub>x</sub>의 감소 특성을 실험하였다. 그리고, NO<sub>x</sub> 가스에 습도를 첨가하여 NO<sub>x</sub> 제거에 습도의 첨가영향을 실험하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 6은 인가 전압의 종류에 따라서 각각의 인가전압에서 NO<sub>x</sub>의 감소 특성을 도시한 것이다. 전압원이 DC인 경우에 가장 효율이 높았다. 이는 AC인 경우는 방전의 상태가 정의 최대치에서 거의 일어나고, 거의 직류 최대치와 같은 DC pulse인 경우는 펄스전압이 인가될 때만 방전이 형성되므로 공간전하의 증가가 계속적으로 형성되는 DC에서 가장 효율이 높은 것으로 생각된다.

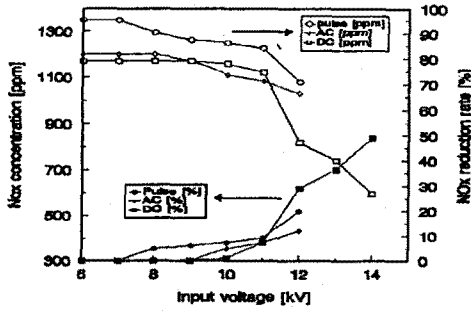


그림 6 인가전압 종류에 따른 NOx의 감소율  
Fig. 6 NOx Reduction Rate by input Voltage sorts

그림 7은 NOx가스의 유량에 따른 제거효율을 도시한 것이다. 리액터에 인가되는 유량이 적으면 적을수록 제거효율이 높게 나타났다. 이는 방전시에 생성되어진 공간전하가 유체의 속도가 증가함에 따라서 공간전하가 가스의 흐름에 의해서 빠르게 이동하여 방전로의 소호능력을 높여 Corona가 높은 전압에서 형성되어짐을 알 수 있었고, 이러한 이유로 가스의 전리능력을 약화시켜 유량이 증가할수록 파괴전압은 높고 효율은 낮아졌다고 생각된다.

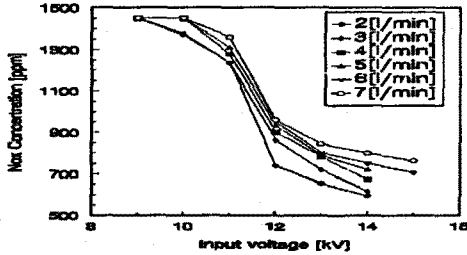


그림 7 유량의 변화에 따른 NOx의 감소특성  
Fig. 7 NOx reduction rate by flow rate

그림 8은 NOx 가스에 수분의 첨가에 따른 NOx의 제거 특성을 도시한 것이다. 여기서, 방전의 특성은 NOx가스에 수분이 많이 첨가될수록 전자 또는 이온이 물분자에 부착하여 공간전하의 형성이 어렵게되어 파괴전압은 높아지고, NOx가스는 고습에서 물분자와 전리 및 해리된 가스상태들이 2차적인 부생성물을 형성하지 않고 물분자와 반응하여 전체적인 NOx가스 농도의 저하를 초래하게되는 것으로 생각되어진다.

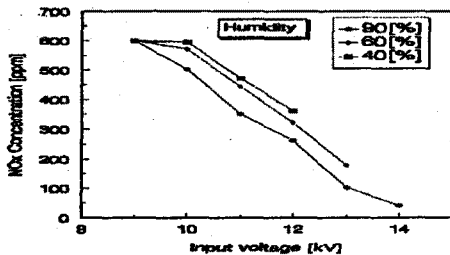


그림 8 수분의 첨가에 따른 NOx제거의 특성  
Fig. 8 NOx reduction rate by humidity content

#### 4. 결론

전압원의 종류와 습도, 유량의 변화에 따른 NOx 가스의 제거 실험을 한 결과를 간략히 요약하면 다음과 같다.

- (1) 전압원은 AC, DC, DC pulse 전압의 형태중에서 DC 전압을 리액터에 인가하였을 때 제거 효율이 가장 높았다.
- (2) NOx 가스의 유량 변화에 따른 제거 특성은 가스의 유량이 적을수록 제거 효율이 높았다.
- (3) NOx 가스에 Humidity를 첨가 하였을때는 고습이 될수록 감소 효율이 높았다.

#### 참고 문헌

- [1] Richard C. F and John H. Seinfeld, Fundamentals of air pollution engineering, Pre. Hall, 1988, pp 167~222
- [2] Salimian and Hanson, R. K. "A Kinetic Study of NO Removal from Combustion Gases by Injection of NH<sub>3</sub>-containing Compounds," Combust. Sci. Technol, pp 225~230, 1980.
- [3] K. Kawamura and V. H. Shui, "Pilot Plant experience in electron beam treatment of ion or sintering flue gas clean up" Radiat. phys. Chem, vol. 24, no. 1, pp. 117-127, 1984.
- [4] A. Mizuno, Y. Yamazaki, H. Ito, and H. Yoshida, "ac energized ferroelectric pellet bed precipitator for sterilization and gas clean up," in Conf. Rec. IEEE/IAS Annu. Mtg., 1989, pp.2148-2153
- [5] G. Dinelli, L. Civitano and M. Rea, "Industrial Experiments on Pulse Corona Simultaneous Removal of NOx and SO<sub>2</sub> from flue Gas," IEEE Tran. Ind. Appl., vol. 26, no 3, 1990.
- [6] S. Masuda and H. Nakao, "Control of NOx by Positive and Negative Pulsed corona discharge," IEEE Tran. Ind. Appl., vol.26, no. 2, 1990.