

# Packed-bed type 반응기에서 NO<sub>x</sub>제거에 대한 Pellet의 영향

## The effect of Pellet about DeNO<sub>x</sub> for Packed-bed type reactor

박재윤\*, 이경호\*\*, 이동훈\*\*, 김정달\*, 박상현\*, 고희석\*  
(Jae-Yoon Park\*, Kyunh-Ho Lee\*\*, Dong-Hoon Lee\*\*, Jung-Dal Kim\*, Sang-Hyun Park\*, Hee-Suk Koh)

### Abstract

In this experiment, an attempt to use pellets(BaTiO<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>,  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, sludge) for NO<sub>x</sub> removal was conducted. The effect of pellets on NO removal from simulated flue gas was experimentally investigated for packed-bed reactor of plate-plate geometry. An experimental investigation has been conducted for NO concentration of 50ppm balanced by air, and gas flow rate of 5 l/min. Ceramic pellets were used for surface discharge and the sludge pellets was added on BaTiO<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub> to increase NO<sub>x</sub> removal rate..

In the result, NO<sub>x</sub> removal rate using TiO<sub>2</sub> was better than other pellets. NO<sub>2</sub> segnificantly generated by using BaTiO<sub>3</sub> pellets and sludge pellets used with BaTiO<sub>3</sub> decreased NO<sub>2</sub> generation.

**Key Wards(중요용어) :** pellet(펠릿), DeNO<sub>x</sub>(탈질), surface discharge(연면방전)

### 1. 서 론

오늘날 산업 생산 활동의 증가에 따른 대기오염에 의해 산성비, 지구 온난화, 오존층 파괴, 그리고 스모그 등과 같은 광화학적 분해작용에 의해 대기의 오존농도를 증가시킨다. 또한 탄화수소가 존재하는 경우에는 자외선에 의해 광화학 스모그를 발생시키고, 인체에 광범위하게 피해를 주며, 식물의 성장장애, 금속의 부식 등 크게 악영향을 미친다. 이런 질소산화물(NO<sub>x</sub>)의 연간 총 배출량은 약  $5 \times 10^{11}$ 톤 정도이며, 지금도 발전소, 보일러, 소각로 등에서 계속 발생되고 있으며 사회적으로 매우 큰 문제가 되고 있다. 따라서 국·내외적으로 이러한 질소산화물(NO<sub>x</sub>)을 처리하기 위하여 많은 연구가 행해지고 있다.

\* : 경남대학교 전기공학과 교수

\*\* : 경남대학교 전기공학과 대학원 박사과정

\*\*\* : 경남대학교 전기공학과 대학원 석사과정

본 연구에서는 Packed-Bed Type의 반응기에서, 여러 가지의 Pellet을 사용하여, 보다 효율적으로 질소산화물 (NO<sub>x</sub>)을 처리하고, 이때 부산물(Byproduct)을 측정하고 분석하였다. 또한 sludge pellet이 부산물(NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>)제거에 미치는 영향을 분석하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 실험장치 및 실험방법

본 실험에서 사용한 실험 장치의 개략도는 그림1과 같으며 가스혼합부, 플라즈마 반응부, 가스 분석장치 등으로 나누어져 있다. 인가전압은 AC를 사용하였으며, 시판되고 있는 네온 트랜스를 사용하였다. 모의 연소가스는 MFC로 유량이 자동 조절되어 주입된 여러 가지 성분가스를 가스 혼합기에서 혼합되어 반응기로 주입된다. 이때 유량은 5 l/min으로 일정하게 유지시켰으며, NO가스 농도는 50ppm으로 하였다. 플라즈마 반응부는 plate-plate형 반응

기이며 내부에 Pellet이 충전되어 있으며 개략도를 그림2에 나타내었다. 반응기는 폭:45[mm], 길이:170[mm], 높이:45[mm]이며

아크릴로 구성되어 있고, 이 아크릴 내부에 동테이프를 붙여서 전극으로 사용하였다. 가스 측정부는 제거 반응후의 가스 농도를 자동 측정 할 수 있도록 되어있으며, 초정밀 연소가스 분석기(GREEN LINE MK2)를 사용하였다.

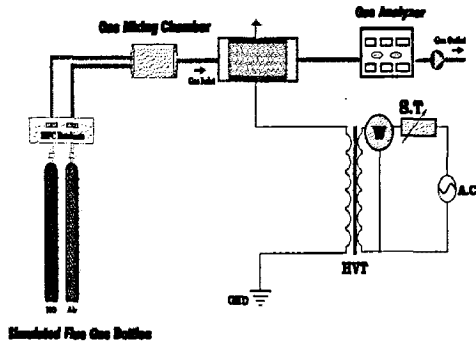


그림 1. 실험장치 개략도  
figure 1. experimental setup

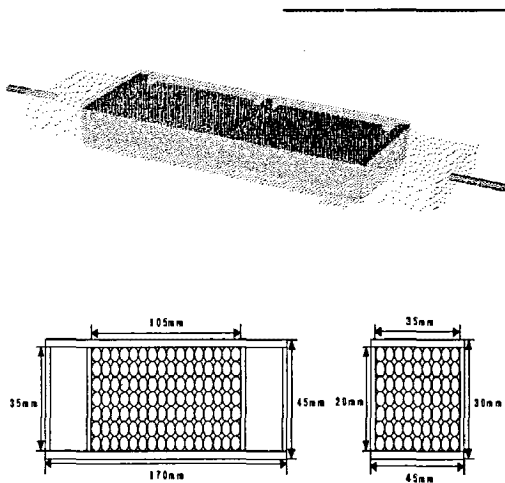


그림 2. 리액터 형태  
figure 2. reactor configuration

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 Pellet의 종류에 따른 NOx제거 특성

그림3과 그림4는 pellet의 종류에 따른 NO제거량과 이에 따른 NO<sub>2</sub>생성량을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 sludge는 NO가 거의 제거되지 않았지만, BaTiO<sub>3</sub>와 TiO<sub>2</sub>는 각각 최고 90.6%와 87.8%의 제거율을 나타내었다. 강유전체인 BaTiO<sub>3</sub>와 TiO<sub>2</sub>에 AC전압이 인가되면 연면방전이 발생되고 이 공간에 NO가 주입되면 N과 O로 분해되기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 TiO<sub>2</sub>는 NO<sub>2</sub>가 거의 발생되지 않으나 BaTiO<sub>3</sub>는 많은 양의 NO<sub>2</sub>가 발생하였다. 따라서 NO<sub>x</sub>(NO+NO<sub>2</sub>)제거율은 TiO<sub>2</sub> 경우가 우수하나 N<sub>2</sub>O가 다량 발생된다는 보고가 있다. BaTiO<sub>3</sub>는 NO가 NO<sub>2</sub>로 거의 산화변환되어 NO<sub>x</sub> 제거율은 매우 좋지 않았다. 이는 공기중 O<sub>2</sub>가 방전에 의해 플라즈마 영역을 지나면서 O와 O<sub>3</sub>로 분해되고 이것이 NO와 결합하여 발생된 것으로 사료된다.

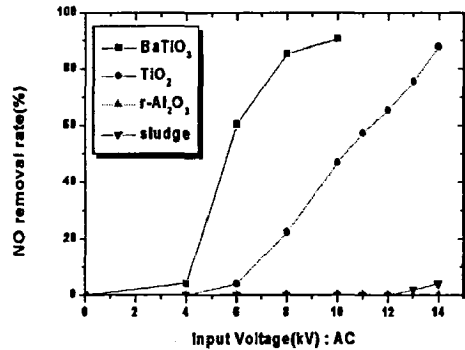


그림 3. 인가전압에 따른 NO제거율  
figure 3. NO removal rate on applied voltage

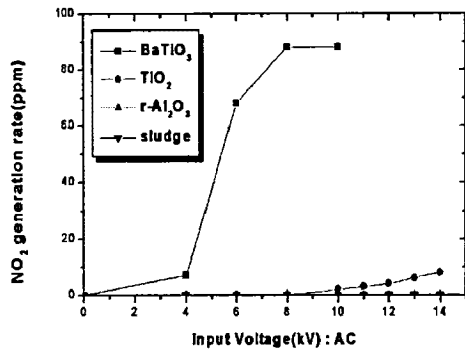


그림 4. 인가전압에 따른 NO<sub>2</sub> 생성  
figure 4. NO<sub>2</sub> generation on applied voltage

그림5는 NO<sub>x</sub>(NO+NO<sub>2</sub>)의 제거량을 나타낸 것이다.  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 sludge는 제거율이 매우 좋지 않았으며, TiO<sub>2</sub>는 인가전압이 증가할수록 NO<sub>x</sub>제거율이 선형적으로 증가하지만, BaTiO<sub>3</sub>에서는 NO제거량에 비해 많은 NO<sub>2</sub>가 발생하여, NO<sub>x</sub>제거량이 오히려 부의 값을 나타내었다.

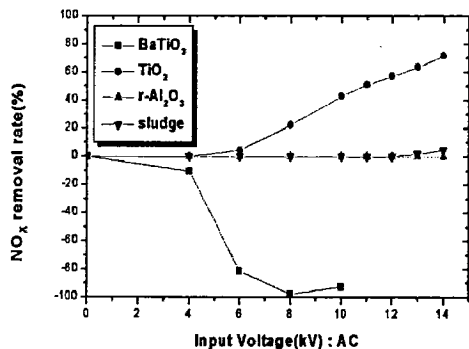


그림 5. 인가전압에 따른 NO<sub>x</sub> 제거율  
figure 5. NO<sub>x</sub> removal rate on applied voltage

그림6은 pellet의 종류에 따른 O<sub>3</sub>발생량을 나타낸 것으로서, 역시  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, sludge, TiO<sub>2</sub>는 O<sub>3</sub>가 거

의 발생하지 않았지만, BaTiO<sub>3</sub>에서는 O<sub>3</sub> 발생량이 최고 70ppm까지 증가한 것을 알 수 있다. 이것은 공기중의 O<sub>2</sub>로부터 발생된 것으로 추정되며 이것이 NO와 반응하여 BaTiO<sub>3</sub>의 경우 NO<sub>2</sub>가 많이 발생되는 원인으로 사료된다.

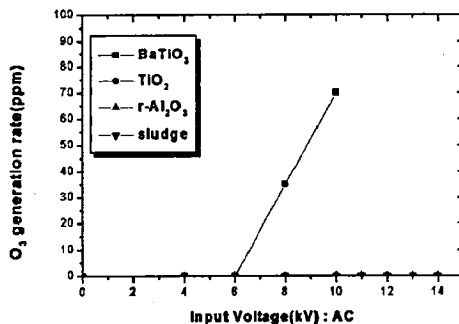


그림 6. 인가전압에 따른 O<sub>3</sub> 생성  
figure 6. O<sub>3</sub> generation on applied voltage

#### 4. 결론

본 실험은 plate-plate형 packed bed type의 반응기에서 NO<sub>x</sub>제거에 미치는 pellet의 영향을 측정하고 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- [1] sludge와  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 사용한 경우 NO제거가 거의 일어나지 않았으나 BaTiO<sub>3</sub>와 TiO<sub>2</sub>는 NO가 90% 제거되었다.
- [2] TiO<sub>2</sub>는 NO<sub>2</sub>가 거의 발생되지 않았지만 BaTiO<sub>3</sub>는 NO<sub>2</sub>가 다량 발생하여 실제 NO<sub>x</sub>제거율은 없는 것으로 나타났다.
- [3] BaTiO<sub>3</sub>와 sludge를 병용했을 경우는 NO<sub>2</sub>발생량이 매우 감소했고, sludge는 방전중에 발생하는 O, O<sub>3</sub>를 흡수하는 효과가 있음을 알 수 있었다.

#### 【참고문헌】

- [1] A. Mizuno and H. Ito, "An electrostatic precipitator using a ferroelectric pellet layer for particle collection", in Conf. Rec.

- IEEE/IAS Annu. Meeting, 1986, pp. 1106-1112.
- [2] Akira Mizuno, "Effect of Voltage Waveform on partial Discharge in Ferroelectric pellet Layer for Gas Cleaning", IEEE Transactions on Industry Applications, VOL. 29. NO. 2. March/April 1993.
- [3] A. Mizuno and H. Ito, "An electrostatic precipitation using packed ferroelectric pellet layer for dust collection", in proc. 3rd Int. conf. Electrostat. precip. 1987. pp. 617-624
- [4] Senichi Masuda and Hideyuki Nakao, "Control of NO<sub>x</sub> by positive and negative pulsed corona discharges", IEEE transactions on industry application. Vol 26, NO. 2, pp. 374-383, 1990.
- [5] S. pekarč, J. Rosenkranz, and H. Lonekova, "Generation of electron beam for technological processes", Non-Thermal Plasma Techniques for Pollution Control Part A, Springer-Verlag Pub. Co., pp. 345-389, 1993.
- [6] J. S. Chsng, et al., "Corona Discharge Processes", IEEE Trans. Plasma Sci., Vol. 19, No. 6, pp. 1152-1165, 1991.
- [7] K. Donohoe, F.H. Shair and O.R. Wulf, "Production of O<sub>3</sub>, NO and N<sub>2</sub>O in a Pulsed Discharge at 1atm", Ind. Eng. Chem. Fundam., 16(1997)208-215