

원통형과 packed-bed형 반응기에서 NO_x제거특성

NO_x removal in cylinder type reactor and Packed-bed type reactor

박재윤*, 박상현*, 이경호*, 하상태**, 송원섭**, 황보국***

(Jae-Yoon Park*, Sang-Hyun Park*, Kyunh-Ho Lee*, Sang-Tae Ha**, Won-Sup Song**, Bo-kuk Hwang***)

Abstract

In this experiment, an attempt to use the sludge pellets as catalyst for NO removal from simulated gas is experimentally investigated by using cylinder type reactor and packed-bed reactor. An experimental investigation has been conducted for NO concentration of 50[ppm], 100[ppm], 200[ppm] balanced with air, a gas flow rate of 5[l/min]. Ac voltage to discharge the gases was supplied. In the result, NO_x removal rate in packed bed reactor is higher than that in cylinder type reactor. it is thought that plasma density in contact point of BaTiO₃ is significantly higher than that in cylinder reactor

Key Words : sludge, BaTiO₃, Cylinder reactor, De-NO_x

1. 서 론

산업 생산 활동의 증가에 따라 현재 발전소, 보일러, 내연기관 등에서 질소가 산소와 반응하여 만들어지는 NO_x에 의해 산성비, 지구 온난화, 오존층 파괴 등, 동·식물에 많은 피해를 입히고 있고, 그 심각성도 매년 증가하고 있다.^{[1]-[3]} 또한 탄화수소가 존재하는 경우에는 태양광 중의 자외선에 의해 광화학 스모그를 발생시키고, 인체에 광범위하게 피해를 주며, 식물의 성장장애, 금속의 부식 등 크게 악영향을 미친다.^{[4]-[6]} 이런 질소산화물의 연간 총 배출량은 약 5×10¹¹톤 정도이고 발생량이 계속 증가하고 있어, 사회적으로 매우 큰 문제가 되고 있다. 이러한 NO_x는 그 발생의 제어 및 제거가 어렵다.

* : 경남대학교 전기전자공학부

** : 마산시 정수장

*** : 한국전기연구소

그러나 이를 실행하기 위해 많은 연구자에 의해 연구가 행해지고 있다.^{[7]-[8]}

또한 우리가 생활하는 거의 모든 곳에서 발생하는 슬러지는 악취, 토양오염 등 많은 문제점을 가지고 있으며, 전 세계에서 하루에 발생하는 슬러지의 양만해도 엄청난 양이다. 대부분의 폐기물은 매립 또는 소각에 의해 처리되고 있으나 슬러지의 경우 두 가지 방법 모두 심각한 문제점을 가지고 있어, 대체 처리방법의 개발이 시급한 실정이다. 지금까지 여러 곳에서 발생하는 슬러지를 처리(소각, 매립, 해양투기)·재활용(퇴비화, oil화, 시멘트제조, 토양처리, 소성기술 등)하기 위하여 여러 가지의 방법들이 개발되어 왔으나, 재활용되는 양은 발생량의 단지 3.5[%] 밖에 되지 않는 실정이며, 아직까지 슬러지를 NO_x제거에 이용한 경우는 없다. 그러나 슬러지의 발생량은 수질오염기준의 강화, 하수처리율의 증가, 상수원의 수질 악화 등으로 매년 증가할 것으로 예상되며, 슬러지는 납, 카드뮴, 크롬, 수은 등 중금

속을 포함하고 있어 땅에 함부로 묻거나 하천에 방류할 경우 환경을 크게 오염시키고, 인체에도 치명적일 수가 있다. 이러한 이유로 전 세계적으로 슬러지 처리에 고심하고 있는 실정이다.^{[9]~[11]}

본 연구에서는 실린더형과 packed형 플라즈마 반응기를 사용하여 NO_x 제거용 슬러지의 촉매 효과를 알아보기 위하여 정수장에서 발생하는 슬러지를 pellet형태로 제작하여 반응기 후단에 설치 후, NO_x 제거에 미치는 슬러지의 영향을 측정하고 분석하였다.

2. 본론

2.1 실험장치 및 방법

본 실험에 사용한 실험장치의 구성도는 그림1과 같다. 플라즈마 반응기는 아크릴수지를 사용하여 제작하였다. 실린더형 반응기는 동파이프와 텅스텐 wire를 전극으로 사용하였고, packed bed형 반응기는 아크릴 평판표면에 구리박판을 부착하여 전극으로 사용하였다. 실험에 사용된 촉매용 펠렛은, 정수장에서 발생하는 슬러지를 pellet type으로 자체 제작하여 사용하였다. 반응기에 인가되는 전압은 네온 트랜스를 사용하여 주파수가 60Hz인 AC고전압을 인가하였고, 가스의 유량은 MFC(Mass Flow Controller)를 사용하여 측정하였고 조절하였다. 유량은 5[l/m]이고, NO의 초기농도는 50[ppm], 100[ppm], 200[ppm]에서 각각 실험하였다. 가스의 농도는 초정밀 가스분석기(Green Line MK2)를 사용하였고, 오존농도의 측정에는 OZONE ANALYZER MODEL 8810(U. S. A)을 사용하였다.

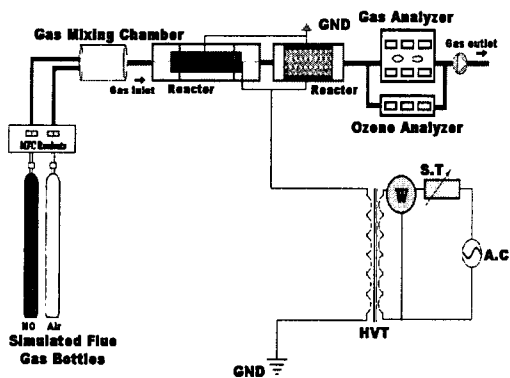


그림 1. 실험장치 개략도
Figure 1. experimental setup

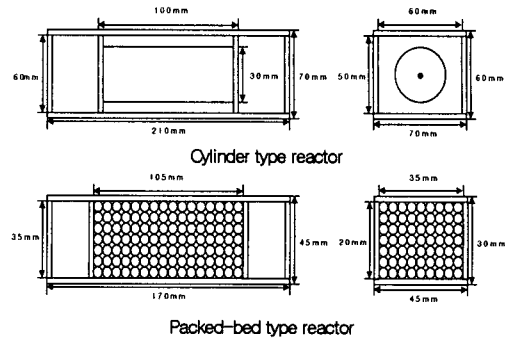


그림 2. 리액터 형태
Figure 2. reactor configuration

3. 실험결과 및 고찰

3.1 packed bed형 반응기에서 NO_x 제거 특성

그림 3은 NO의 초기농도는 50ppm, 유량은 5l/m을 일정하게 유지하고 반응기 앞부분에 BaTiO₃(50%)를 채우고, 반응기의 뒷부분에 슬러지(50%)를 채운 경우와 반응기의 앞부분에 BaTiO₃(50%)만 채운 경우에 대하여, specific Energy(SE)의 변화에 따른 NO와 NO₂의 농도변화를 나타낸 그림이다. 그림에서 두 경우에서 SE의 증가에 따른 NO농도의 감소량은 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 그러나 NO의 제거 중에 발생하는 부산물인 NO₂는 슬러지가 충전된 경우가 매우 작게 나타났다. 이것은 강유전체인 BaTiO₃ 펠렛의 표면에서 강한 전계집중에 의해 발생하는 코로나방전에 의해 이 영역을 통과하는 NO는 거의 제거되고, 슬러지 영역은 코로나방전이 거의 일어나지 않으므로 NO분해제거에는 큰 효과가 없기 때문이라 사료된다. 따라서 NO제거량이 증가할수록 NO₂ 생성량이 증가한다. 또한 BaTiO₃만 사용한 경우는 최대 NO₂생성량이 51ppm이었지만, 슬러지(50%)를 함께 사용한 경우는 최대 NO₂생성량이 5ppm으로 크게 감소하는 것을 알 수 있다. 이것은 BaTiO₃와 슬러지를 함께 사용한 경우 BaTiO₃의 표면에서 코로나방전에 의해 NO가 공기 중 산소로부터 생성된 O, O₃등과 같은 활성산소에 의해 NO₂로 산화 변환되고, 다시 슬러지 펠렛중의 금속성분 혹은 유기화합물과 반응하여 금속산화물 혹은 다른 산화물로 변화되기 때문에 NO₂와 O₃의

생성량이 감소하거나 NO₂가 슬러지 펠렛에서 환원 분해되기 때문이라 사료된다.

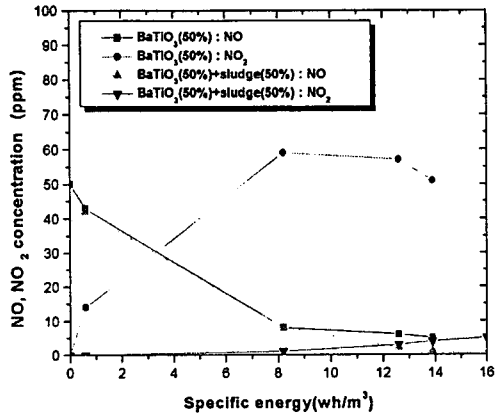


그림 3. specific energy에 따른 NO, NO₂농도
Figure 3. NO, NO₂ concentration vs specific energy

그림 4는 동일한 실험에서 부산물로 생성된 O₃ 생성량을 나타낸 것이다. 그림에서 보는바와 같이 BaTiO₃만 사용한 경우는 O₃가 최대 50ppm까지 생성되었지만, 슬러지를 함께 사용한 경우는 O₃가 약 0.004ppm이 생성된 것을 알 수 있다. 이것은 앞에서 언급한 바와 같이 BaTiO₃의 방전에 의해 공기중의 산소로부터 생성된 O, O₃가 반응기 후단의 슬러지의 금속성분 혹은 유기 화합물과 반응하기 때문이라 사료된다.

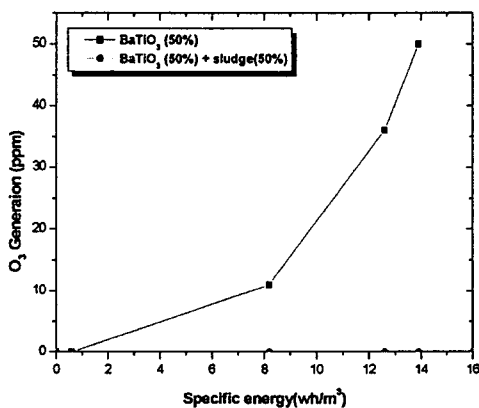


그림 4. specific energy에 따른 O₃농도
Figure 4. O₃ concentration vs specific energy

3.2 실린더형 반응기의 NO_x제거특성

그림5, 6은 실린더형 반응기에서 유량을 5[l/min]으로 일정하게 유지하고 초기 NO 농도를 변화시킬 때, NO, NO₂의 농도의 변화를 나타낸 그림이다. 그림에서 초기 NO 농도가 증가해도 NO농도는 비슷한 비율로 제거되고 있으며, 부산물인 NO₂농도는 증가하는 것을 알 수 있다. 이것은 주입된 NO가 반응기의 플라즈마 영역을 통과하면서 분해되고, 분해된 NO가 공기 중의 산소로부터 발생된 활성 산소에 의해 NO₂로 산화되기 때문이라 사료된다. 따라서 NO 제거량이 증가할수록 NO₂ 생성량이 증가한다. 또한 packed-bed형과 비교하면 초기농도 50[ppm]에서 NO 제거량과 NO₂ 생성량이 거의 비슷하게 나타났다. 따라서 실시스템에서는 압력 손실이 큰 packed-bed형 보다 실린더형 반응기를 사용할 수 있음을 나타내고 있다.

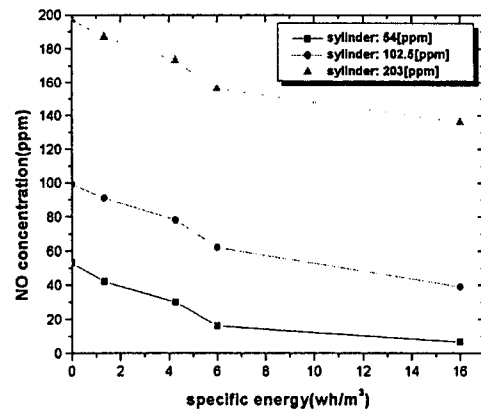


그림 5. specific energy에 따른 NO농도
Figure 5. NO concentration vs specific energy

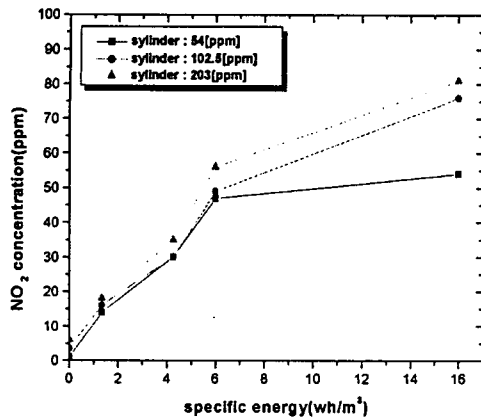


그림 6. specific energy에 따른 NO₂농도

Figure 6. NO₂ concentration vs specific energy

4. 결론

본 실험은 실린더 형과 plate-plate구조의 packed bed 형의 플라즈마 반응기에서 NO_x제거특성을 측정하고 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

[1] Packed-bed형 반응기에서 BaTiO₃(50%)만 사용한 경우보다 BaTiO₃(50%)와 슬러지(50%)를 함께 사용한 반응기가 NO_x농도는 비슷하게 감소하나 NO₂, O₃농도가 현저히 감소하였다.

[2] 실린더형 반응기는 초기 NO_x농도의 증가에 따라, 제거되는 NO_x농도는 비슷하였으나, NO₂농도는 증가하였다.

[3] 같은 농도에서 packed-bed형과 실린더형 반응기의 NO_x제거율은 큰차이가 없는 것으로 나타났다.

【참고문헌】

[1] K. Mizuno, Ahimizu, K. Yanagihara, K. Kinoshita, H. Tsunoda, H. Kim and S. katura, "Effect of Additives and Catalysts on Removal of Nitrogen Oxides Using Pulsed Discharge" Proc. of 1996 IEEE-IAS Annual Meeting., Oct. 6~10, San Diego. CA, Vol. 3. pp 1808~1812, 1996.
 [2] J. S. Chang, K. Urashima, M. Arquilla, T. Ito, "Reduction of NO_x from Combution flue Gases by Corona discharge activate Mathane radical Injections", Combust. Sci. and Tech., Vol. 133, pp. 31~47, 1998.

[3] H. Shaw, "Aqueous Solution Scrubbing for NO_x Control in Munitions Incineration", The Amr. Soc. of Mechanical Engineers, August 1976.
 [4] 주현규, 전명석, 이태규, "광촉매의 이용과 적용", J. of KSEE vol. 21, No. 6, pp 1231~1240
 [5] 최기범, 한용화, 박순자, "분위기변화에 따른 BaTiO₃의 전기적 특성연구", Journal of the Korean Ceramic Society, vol. 28, No. 3, pp.179~188, 1991
 [6] Kazuo Shimizu, Hiroyuki Sone, Akira Mizuno, "Effect of water on NO_x removal using pilsed discharge plasma", 靜電氣學會講演論文集, pp. 35 5~358, 1993.
 [7] J. S. Chang, "Energetic electron induced plasma processes for reduction of acid and greenhouse gases in combustion flue gas", Non-Thermal Plasma Techniques for Pollution Control Part A, Springer-Verlag Pub. Co., pp 1-32, 1993.
 [8] 장철현, 신남철, "유해가스 처리공학", 동화기술, 1995
 [9] 이용두 외 3명, "슬러지 처리공학", 동화기술, pp15~18, 1998
 [10] STANLEY E. MANAHAN, "환경화학", 자유아카데미, 1999
 [11] 이양규, "상하수도공학", 보문당, p 503~541, 1996

감사의 글

본 논문은 2000년도 한국과학재단의 목적기초 연구비 (과제번호:2000-2-30400-010-3)지원에 의하여 지원되었음.