

자계를 이용한 질소산화물의 제거 효과

이현수*, 박재윤**, 박상현**, 이동훈**
 마산대학, 경남대학교

Removal Effect of Nitrogen Oxide Using Magnetic Field

H.S. Lee*, J.Y. Park**, S.H. Park**, D.H. Lee**
 Masan college, Kyungnam Univ.

Abstract - This study is to develop electromagnetic plasma reactors for indoor air purification. Removal effect of nitrogen oxide using magnetic field are investigated. And AC or DC high voltage is applied for corona discharge, flow rates are 150~1500l/min and NO initial concentration is about 10 ppm. In the results, NOx removal rate by AC power is about 10 % higher than that by DC power under the experimental condition of 700 l/min, 5 magnets. When magnet is applied to the reactor, NOx removal rate increased.

2. 실험

2.1 실험장치

본 실험에 사용한 실험장치의 개략도를 그림 1에 나타냈었고, 그림 1과 같이 실험장치는 직류와 교류 전압을 반응기에 공급할 수 있는 고전압 발생장치와 NO 가스유량을 조절하기 위하여 MFC(Mass Flow Controller)를 사용하였으며, 오염가스처리를 위한 코로나방전 플라즈마 반응기와 반응기 내부의 유속측정을 위한 유속계(Kanomax Model 6511), 소비전력을 측정하기 위한 전력계, 혼합가스 중의 NO와 NO₂ 농도 측정을 위한 가스분석장치(Green MK2, Italy) 그리고 오존측정기(Monitor Labs Inc. Model 8810)로 구성되어 있다.

2.2 실험방법

표 1은 플라즈마 실험장치 내의 초기 NO_x(NO) 농도, 유량, 전원 및 전극에 대한 실험조건을 나타낸 것이다.

표 1. 실험조건.

Table 1. Condition of experiment.

파라미터		조건
초기 NO _x (NO)농도		10 ppm
유량		150, 350, 700, 1500 l/min
전원	AC	5~ 9 kV (약 5~30 W)
	DC	6~12 kV (약 5~40 W)
선 전극		450 mm×3개 (0.3 ∅ 텅스텐)
평판 전극		450 mm×18 mm×4개
평판-선전극 거리		12 mm
촉매-선전극 거리		18 mm

1. 서론

산업화에 의해 사람은 장시간 다양한 형태의 환경오염원들이 있는 가정, 사무실, 공장, 지하 시설물 등과 같은 밀폐된 실내공간에서 생활하고 있다. 이러한 실내공간의 오염된 공기는 사람의 건강과 밀접한 관계가 있으므로 이의 정화는 우선적으로 고려해야 할 필요가 있다. 특히, 공장과 자동차의 증가로 인하여 배출되는 NO_x, VOCs(Volatile Organic Compounds) 등은 대기를 오염시켜 공단과 도로주변의 빌딩이나 아파트의 실내에서 생활하는 사람들의 건강을 위협하고 있다. 그러므로 유해가스를 제거할 수 있는 장치의 개발이 요구되어지고 있다. 본 연구는 사무실, 가정 등의 실내공기정화를 위한 전자계 응용 플라즈마 반응기를 개발하기 위한 것으로 다양한 파라미터에 따른 전자계 코로나방전 플라즈마 반응기를 제작하여 플라즈마 반응기에서 발생하는 NO, NO₂에 대한 전원과 전자계의 영향을 측정하였다. 이를 바탕으로 실내 유해가스 제거에 관한 연구를 행하였다.

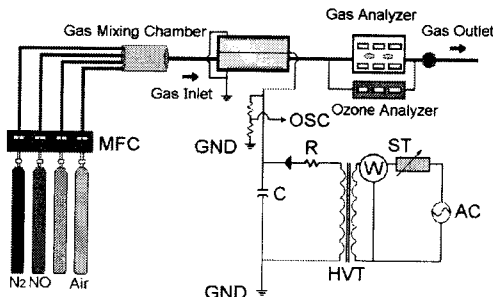
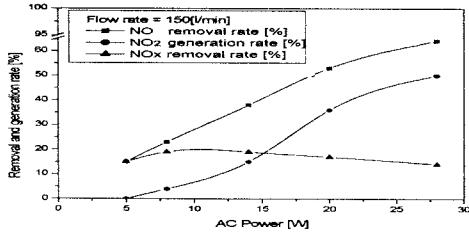


그림 1. 실험장치의 개략도.

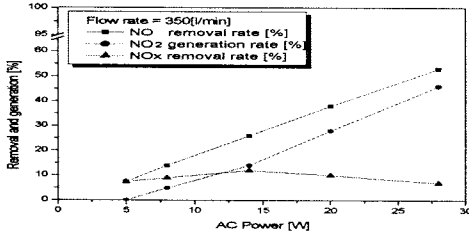
Fig.1. The schematic diagram of experimental apparatus.

S.T : Slide type Transformer
 HVT : High Voltage Transformer
 O.S.C : Oscilloscope

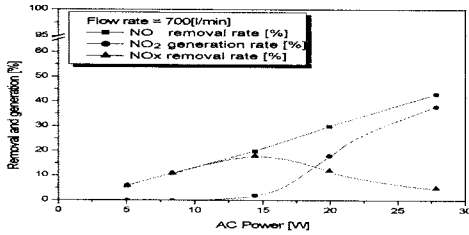
그림 2는 플라즈마 반응기에 자계를 인가하지 않고, 교류전력을 인가했을 때 유량에 따른 NO 및 NO_x 제거율과 NO₂ 생성률을 나타낸 것이다. NO_x 농도는 NO 농도와 NO₂ 농도를 합한 것으로서, 본 논문에서 NO_x의 제거율은 NO의 제거율에 NO₂의 생성률을 뺀 값을 의미하며, NO₂의 생성률은 NO의 농도에 대한 NO₂ 생성량을 비율로 나타낸 것을 의미한다. 그리고 유량은 실험장치에서 반응기와 난류방지장치 사이의 층류 형태의 유속을 환산한 수치이다. 그림 2에 나타난 바와 같이 전력이 증가하면 NO 제거율도 증가하지만, 동시에 NO₂ 생성률도 높아지기 때문에 전체적인 NO_x 제거율은 어느 전력까지 증가하다가 다시 감소하는 특성을 나타내었다. 그리고 유량이 증가하면 NO_x 제거율은 감소하는 특성을 나타내었다. 이는 NO 분자가 코로나방전으로부터 받는 단위에너지가 유량의 증가와 더불어 감소하기 때문인 것으로 판단된다.



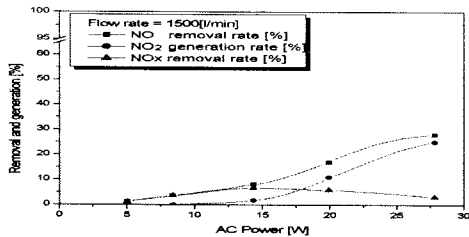
(a)



(b)



(c)

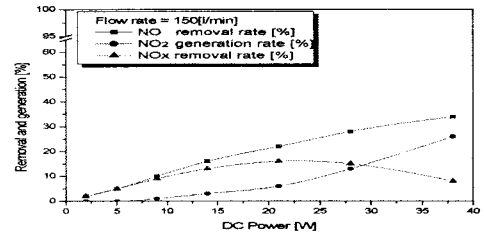


(d)

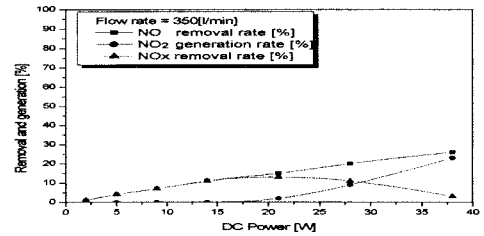
그림 2. 교류전력 인가시 NOx 제거율에 미치는 유량의 영향.

Fig.2. Influence of flow rate on NOx removal rate under ac power.

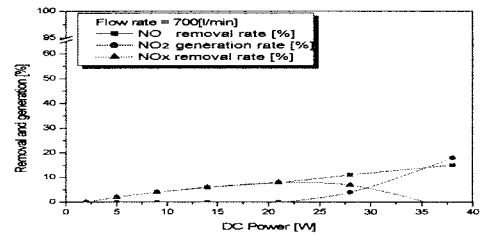
그림 3은 직류전력을 인가했을 때의 유량변화에 따른 NO 및 NOx 제거율과 NO₂ 생성률을 나타낸 것이다. 교류와 같이 직류를 반응기에 인가했을 경우에도 NOx 제거율은 증가하다 다시 감소하는 특성을 나타내었다. 그림 2와 그림 3에서 NO 제거율은 전력이 높을수록 증가하였다. 그러나 상대적으로 전력이 증가할수록 NO₂의 발생이 많아지기 때문에 전반적인 NOx 제거율은 전력이 비례하지는 않는다는 것을 알 수 있었다. 이와 같은 결과에 의해 교류 혹은 직류전력이 인가되었을 때 유량 150, 350, 700 l/min의 단위에너지당 NOx 최대 제거효율을 비교하면, 700 l/min의 경우가 가장 좋은 결과가 나타났고, 700 l/min과 1500 l/min의 단위에너지당 NOx의 제거효율은 서로 비슷하지만 실 시스템 운영상 발생하는 다양한 문제점 즉, 가능한 저전압의 사용, 운전상의 안정도와 신뢰도 확보 그리고 시스템의 유지 및 보수차원에서 700 l/min가 더욱 효율적이라고 판단되어 이후 실험은 700 l/min에서 행하였다.



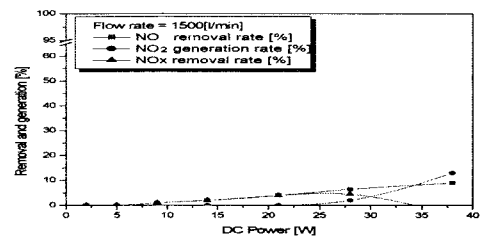
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 3. 직류전력 인가시 NOx 제거율에 미치는 유량의 영향.

Fig.3. Influence of flow rate on NOx removal rate under dc power.

그림 4는 유량 700 l/min, 최대 자속밀도가 Br:3900 Gauss인 페라이트 자석을 부착하여 NO와 NOx의 제거율과 자석과의 상관관계를 나타낸 것이다. 그림 4(a), (b)는 자석을 3개, 5개, 7개를 사용하여 교류전력을 인가한 경우, NO와 NOx의 제거율을 나타낸 것이고, 그림 4(c), (d)는 직류전력이 인가된 경우 NO와 NOx의 제거율을 나타낸 것이다. 교류전력의 경우에는 자석을 5개 사용한 경우가 NO와 NOx 제거율이 사용하지 않은 경우에 비하여 7~10% 증가하였고, 직류전력의 경우에서도 NO와 NOx 제거율이 자석을 5개를 사용한 경우가 사용하지 않은 경우보다 8% 정도 증가되는 것으로 나타났고, 직류전력 10 W 이하의 전압에서는 NO₂가 발생되지 않아 NO의 제거율과 NOx의 제거율은 같은 경향으로 나타났다. 자석을 5개 사용한 경우가 NO와 NOx의 제거율이 가장 좋았고, 7개를 사용한 경우는 오히려 감소하였다. 이는 자석 7개를 사용하면 NOx 제거에 있어 부정적인 측면 즉, 반응기 내의 방전영역이 자석으로 인

하여 줄어든다는 점과 반응기를 통과하는 가스의 난류지점이 자석의 수가 적은 경우보다 다소 늘었기 때문이다. 한편 자석을 사용할 경우 NOx의 제거율이 증가되는 이유는 자석의 자계방향과 전계방향이 서로 직각이 되도록 설치하면 전계만 있는 경우보다 초기 전계방향의 힘과 전계와 자계의 외적의 크기에 수직하는 전자계 힘의 합성 방향으로 진행하게 된다. 즉, 로렌츠의 법칙에 의해 하전 입자가 전계 방향으로 진행하면서 회전반경이 커지게 되고, 방전 영역이 확대되어 가스분자와 접촉되는 확률을 높이기 때문에 그림 11에 나타난 바와 같이 NO와 NOx 제거율이 향상되는 것으로 판단된다. 자석을 5개 사용할 경우, 자석과 자석사이의 거리는 80 mm이고, 전체 방전영역은 320 mm이다. 자석과 자석사이의 방전영역 자속밀도는 자속측정장치에 의해 140 Gauss로 측정되었다.

4. 결 론

본 NOx 제거특성 연구는 실내공기 정화를 위한 코로나방전 플라즈마 반응을 제작하여 여러 가지 파라미터에서 NOx의 제거특성을 측정하였고, 그 결과는 다음과 같았다.

교류전력을 인가한 경우가 직류전력을 인가한 경우보다 NOx의 제거율이 10 % 정도 높게 나타났고, 유량이 증가할수록 NOx 제거율은 선형적으로 감소하였으나 유량을 감소시키면 NO2의 발생률이 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 동일 전력에 자계를 인가한 경우가 인가하지 않은 경우보다 NOx의 제거율이 약 10 % 증가되는 경향을 보였고, 자석 5개를 사용하였을 경우가 가장 좋은 NOx 제거특성을 나타내었다.

[참 고 문 헌]

- [1] A. Mizuno, K. Shimizu, and A. Chakrabarti, "NOx removal process using pulsed discharge plasma", Conf. Rec. of IEEE/IAS Annual Meeting, p. 1977, 1993.
- [2] H. H. Kim, and A. Mizuno, "Plasma-driven Catalyst process for NOx removal.", Sym. on Plasma Sci. for Materials, p. 87, 1999.
- [3] K. Kimoshita, Y. Fujiyama and A. Mizuno, "Control of tobacco smoke and odors using discharge plasma reactor", J. of Electrostatics, Vol. 42, No. 1, p. 83, 1997.
- [4] P. A. Vitello and J. N. Bardsley, "Multi-dimensional modeling of the dynamic morphology of streamer coronas", Non-Thermal Plasma Techniques for Pollution Control Part A, Springer-Verlag Pub. Co., p. 249, 1993.
- [5] Y. Kamase and A. Mizuno, "Erosion of spark gap of square wave high voltage source for ozone generation", IEEE Trans. on IAS, Vol. 29, No. 4, p. 262, 1993.
- [6] K. Y. Choo and B. H. Boo, "Oxidation Reactions of Carbon Monoxide on NiO and MnO2 Catalysts", J. of the Korean Che. Soc., Vol. 22, No. 6, p. 370, 1978.
- [7] H. K. Joo, M. S. Jeon, and T. K. Lee, "Photocatalysts : Theory and Its Application", J. of Korean Soc. of Environmental. Eng., Vol. 21, No. 6, p. 1231, 1999.

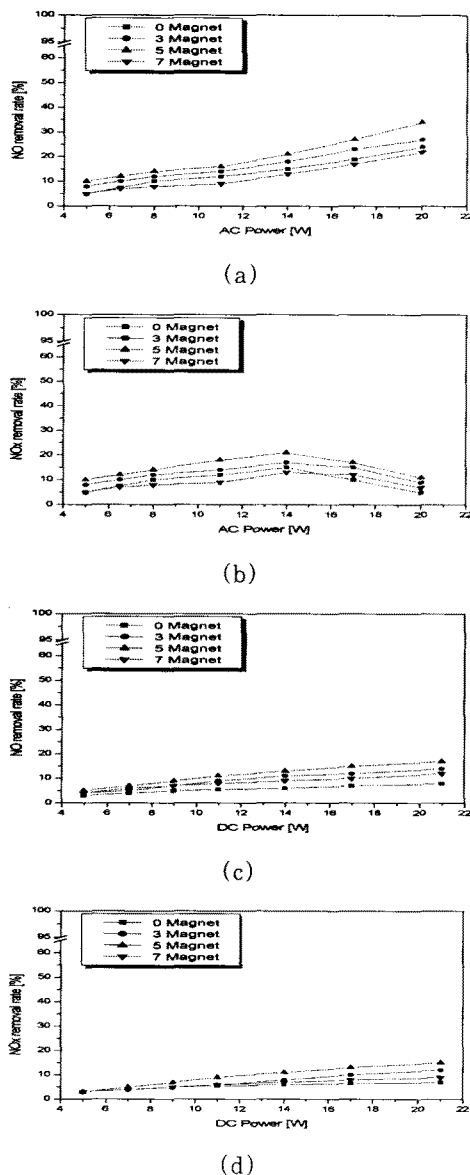


그림 4. NO 및 NOx의 제거율에 미치는 자계의 영향
700 l/min.
(a), (b) 교류전력, (c), (d) 직류전력.
Fig.4. Influence of magnetic field on NO and NOx removal rate on 700 l/min.
(a), (b) ac power, (c), (d) dc power.