

2C3) 통계분석을 이용한 토양 바이오 필터의 최적 질소산화물 제거 효율에 관한 연구

A Study of Optimal Removing NO_x of Soil Bio-Filter Using Statistics Analysis

조기철 · 이내현¹⁾ · 김성중¹⁾

동남보건대학 환경생명과학과, ¹⁾(주)전략

1. 서 론

본 연구에서는 자동차 배출가스 및 가정 내 연소기구 등에서 발생하는 질소산화물(NO_x)을 비롯하여 이와 유사한 성질의 조건을 갖는 질소산화물을 효율적으로 제거하기 위하여 식물식재가 가능한 토양 바이오필터를 여재로 사용하였다. 생물 여재 내에서 질소산화물 분해에 미치는 변수는 매우 다양하며 본 연구에서는 이러한 다양한 변수 중 유입 질소산화물 농도와 산화를 위한 유입 오존의 농도 및 유입유량 등을 일정하게 유지시킨 후 토양 바이오 필터를 구성하는 각종 토양, 식물의 영양분 및 미생물의 서식에 필요한 토양, 토양내 공기의 흐름을 원활하게 하는 팽화재로서 연탄재를 이용하여 이들 성분의 혼합비에 따른 질소산화물 제거 특성을 규명하고, 통계분석을 통해 최적의 질소 산화물 제거를 위한 특수 혼합여재의 혼합비율의 도출을 목적으로 본 연구를 시행하였다.

2. 실험장치 및 방법

본 실험에 사용한 실험장치의 개략도를 그림 1에 나타내었으며, 그림 1과 같이 실험장치는 가스공급부, 오존산화조, 혼합부(Mixer tank), 반응부, 배출가스측정부로 구성되었다. 본 연구에 사용된 NO제거용 토양 바이오필터 반응기는 내경 50mm, 높이 100mm로 제작되었다.

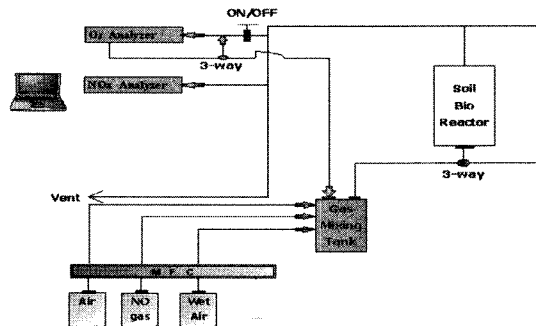


Fig. 1. The schematic diagram of experimental apparatus.

초기 유입 NO의 농도는 약 100ppb 전후로 유지하였으며, NO가스의 산화를 위해 유입되는 초기 O₃의 농도는 650~800ppb로 고정하고 이때 유입되는 O₃의 유량은 1,000mL/min로 하였다. 반응기에 충전된 토양 바이오필터의 초기 수분함량은 60%로 조절하였으며, 또한 유입되는 혼합가스의 상대습도도 60%로 유지하여 반응기에 유입시켰다.

총부피 196cm³의 반응기에 토양 바이오필터를 충전한 후, 초기 유입되는 NO의 농도를 순수한 공기를 이용해 100ppb로 유지하는 동안 별도의 라인으로 O₃ 유입농도를 650~800ppb로 맞추어 혼합기에 유입시켜 NO와 반응하도록 한 후 반응기에 혼합가스(Air+NO gas+O₃ gas)를 유입시켜 유출되는 NO, NO₂ 및 O₃의 출구농도를 측정하여 제거효율을 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

토양 바이오 필터를 이용한 NO_x 제거에 있어서 성분 간의 최적 혼합비율의 산출을 위해 먼저 제거율 대 각 성분들의 혼합물에 대한 회귀분석을 실시하였으며, 분산분석결과를 이용하여 2차항들이 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 유의성검토 결과 2차 모형에 대한 p-값이 0.000이므로 모델에 포함된 2차항들이 유의함을 알 수 있으며, 따라서 본 분석결과로부터 추정된 2차 반응표면모양을 다음과 같은 관계식을 얻을 수 있었다.

$$E(y) = 58.6x_1 + 66.2x_2 + 69.0x_3 + 74.5x_4 - 24.4x_1x_2 - 17.7x_2x_3 - 30.5x_2x_4 - 116.9x_3x_4$$

본 연구에서는 4가지 성분들을 가지고 총 15가지의 혼합비에 대해 실험한 결과치에 대해 반응최적화(response optimizer)를 이용하여 질소산화물 제거를 위한 본 실험 영역내에서의 최적 혼합 조건을 도출하였다. 본 실험 영역내에서는 연탄재의 비율을 20%, 퇴비의 비율을 10%, 토양의 비율을 30%, 황토의 비율을 40%로 혼합하면 약 74.5%의 NO_x의 제거율을 기대할 수 있는 것으로 나타났으며, 이때 모델 값의 만족도는 98%로 나타났다.

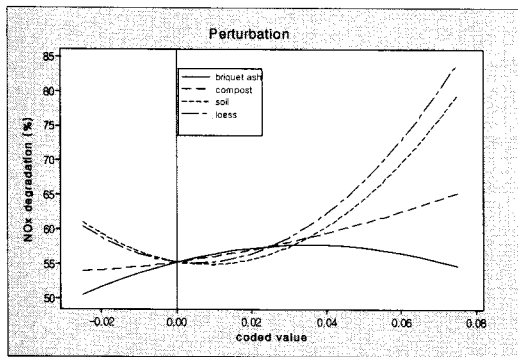


Fig. 2. Factorial plot representing the individual variables effect on NO_x degradation.

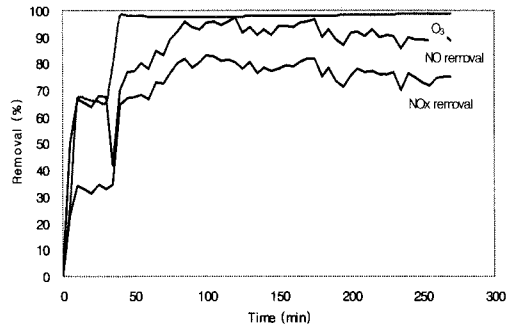


Fig. 3. Replication test plot of O₃, NO, NO_x degradation using the response optimization.

4. 결 론

본 실험 영역내에서 혼합물 분석법의 꼭지점 설계를 이용하여 질소산화물 제거를 위한 4가지 성분의 최적 혼합비율은 연탄재 20%, 퇴비 10%, 토양 30%, 황토 40%로 결정되었으며, 이때 기대되는 NO_x의 제거율은 74.5로 나타났다. 본 수학적 모형의 타당성 평가를 위해 동일 실험조건하에서 수학적 모형결과 나온 최적 혼합비율로 반복실험을 행한 결과 NO_x 제거율이 74.4%로 나타나 본 연구 영역내에서 최적 혼합비율 도출을 위한 수학적 모형이 타당하다는 것을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- Joseph, S.D., A.D. Marc, and S.W. Todd (1999) Biofiltration for air pollution control, 1st ed., Lewis Publishers, New York, pp. 12-17.
- Kim, J.O. (1997) Gaseous TCE and PCE removal by an activated carbon biofilter, Bioprocess Engineering, 16(6), 331-338.
- Leson, G. and A.M. Winer (1991) Biofiltration An innovative air pollution control technology for VOC emissions, AWMA, 41.
- Penetrante, B.M., R.M. Brusasco, B.T. Merritt, and G.E. Vogtlin (1999) Environmental Applications of low temperature plasmas, Pure Appl. Chem, 71(10), 1829-1835.
- Senior E. and G.B. Kasali (1990) Landfill Gas in Microbiology of Landfill Sites edited by Senior E. CRC Press Inc., 113-158.