

## 선택적 비촉매 환원법을 이용한 배출가스중 질소산화물 처리 메카니즘 연구

### A Study on Reaction Mechanism and Treatment Efficiencies of Nitrogen Oxide in Exhaust Gas Using Selective Non-Catalytic Reduction

추병길\* · 동종인

서울시립대학교 환경공학과

#### I. 서 론

질소산화물중 인공적으로 연소에 의해 발생되는 NO와 NO<sub>2</sub>는 자체적으로 독성을 갖고 있을 뿐만 아니라 대기중에서 광화학 반응을 일으켜 2차 대기오염물질인 오존 및 PAN과 같은 광화학 산화물을 발생시키고 또한 대기중의 질소산화물은 산성우를 야기시키는 주된 오염물질이기도 하다. 최근의 대기오염물질 배출규제 강화로 질소산화물의 제거는 일차적인 대기오염물질의 제거뿐만 아니라 2차적인 대기오염물질 억제로 날로 악화되어가는 대도시의 대기환경을 보다 깨끗하게 유지하기 위해서도 필요하다. 이에 따라 대도시지역 및 오염이 심한 공단 및 발전소, 도로변을 중심으로 질소산화물을 저감시키고자 하는 노력이 이루어지고 있으나 연료측면이나 연소방식 개선에 의한 오염물질 저감방법은 그 한계가 있어 적극적인 NO<sub>x</sub> 제거방법으로서의 배연탈질기술의 개발 및 설치가 필요하게 되었다. 현재 배연탈질설비는 경제적, 기술적이유 때문에 아직 널리 보급되지 않고 있으나 대기오염물질 규제강화와 더불어 그 설비의 설치가 요구되고 있다. 따라서 본 연구는 배연탈질 기술중 경제성면에서 탁월하고 오랜기간 기초연구가 활발히 실행되어온 SNCR(Selective Non-Catalytic Reduction)을 선정하여 그 효율향상을 위한 방법 및 조건을 알아보고 실험실 수준의 기초연구를 수행하여 기존 첨가제(Agent)의 평가를 통하여 새로운 첨가제 및 촉진제의 특성을 비교 평가하고자 하였다.

#### II. 실험장치 및 실험방법

Figure 1.은 본 실험장치의 전체 공정 흐름도로써 버너에 LPG 가스를 연소시켜 실제 상황에 가까운 연소조건을 갖추고 그 연소조건에서 미량의 암모니아와 연소공기를 니들밸브와 유량계를 사용하여 500(±10) ppm의 NO를 발생시키고 그 연소 가스중에 질소산화물은 암모니아와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 주입시킨후 Temperature Controller를 사용하여 일정한 온도를 유지시킨 반응로속을 통과시킴으로써 반응로내에서 온도에 따른 첨가제(Additive)와 NO의 반응에 의거한 질소산화물 저감을 Gas Analyzer로 분석하였다. 버너에서 발생한 연소가스중 여분의 연소가스와 반응로를 통과한 연소가스는 환기구를 통하여 대기중으로 방출시키고 반응로를 통과하는 가스는 온도에 따른 부피변화를 고려하여 유량계를 사용하여 조절하였다. 반응로내부의 반응튜브는 내부직경 1.8cm 의 석영관을 사용하였으며, 반응로의 온도는 600℃ ~ 1100℃, 압력은 대기압, 체류시간은 0.17~0.45 sec에서 실험하였다.

반응튜브의 이음과 첨가제의 주입부는 SUS관으로써 제작하였으며, 고온에 견디는 탄소성분의 링이 장착된 Fitting을 이용하여 밀폐조건을 만들어 주었다. 첨가제(Additive)인 암모니아와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(30%)의 주입은 암모니아의 경우는 10 cc/min인 flow meter를 사용하였고 촉진제(Promoter)인 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(30%) 수용액의 주입은 최대유량 10 cc/min인 Peristaltic Pump를 사용하여 주입하였으며 주입량은 암모니아인 경우 NSR 이 0.5 - 2.5 인 구간, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>는 219.7 ppm (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>수용액으로서 6.34 cc/min)으로 고정시켜 실험하였다. 첨가제 주입후 혼합은 Reagent 주입부 뒷면에 baffle 을 설치하고 석영관의 확장부(직경 3.5cm)를 만들어 배기가스와 첨가제의 이상적인 혼합이 이루어진 후 반응로 내부로 유입되게 하였다.

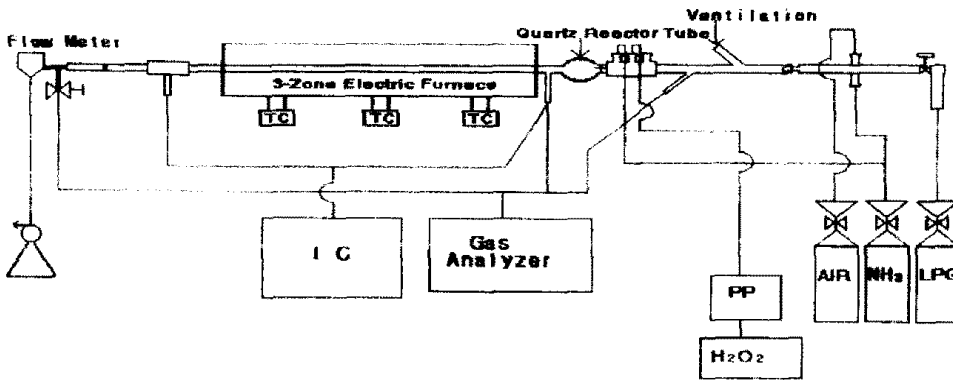


Figure 1. Experimental System

### III. 실험결과

Figure 2.는 Baffle 이 설치되지 않고 연소가스중의 산소가 거의 없으며  $H_2O_2$ 가 첨가되지 않은 상태에서  $NH_3$ 를 주입한 경우에  $NO_x$ 처리 효율을  $NO_x$ 저감과 온도에 대하여 나타낸 그림이다. 이 그림에서는  $NSR = 2$ 인 경우  $950 \sim 1000 \text{ }^\circ\text{C}$  사이의 구간에서만 20% 정도의 처리 효율만이 나타나고 있다. Figure 2.에서의 조건을 개량하여 첨가제 주입부에 baffle 을 설치하여 이상적인 혼합조건을 유지시키고 과도산소(2%)를 주입한 후에  $H_2O_2$ 를 주입시킨 결과는 Figure 3.에 나타내었다. 반응로에서의 체류시간이 0.17 초일때 Figure 3.은 연소가스중에 500ppm의  $NO$ 를 발생시킨후 암모니아 당량비( $NSR$ )를 0.5 - 2.5 까지 변화시키고 30%의  $H_2O_2$  수용액 ( $H_2O_2$ 로서 약 220ppm) 6.34 cc/min 를 주입하여 측정된 결과를 나타낸 그래프로서  $NO_x$ 처리 효율이 두드러지게 증가하였다. Figure 3.은 통상적인 대형 보일러의 배기가스 체류시간이 0.5sec 이하인 것을 감안하여 일정한 체류시간 0.17sec 에서의 온도에 따른  $NO_x$ 처리 효율을 나타낸 그림이다.  $NSR$ 이 1.5일 경우에  $600^\circ\text{C}$ 에서 약 77%,  $700^\circ\text{C}$ 에서 약 83%,  $800^\circ\text{C}$ 에서 약 86%,  $900^\circ\text{C}$ 에서 약 90%,  $1000^\circ\text{C}$ 에서 약 94%,  $1100^\circ\text{C}$ 에서 약 88%의 처리효율을 나타냈다.

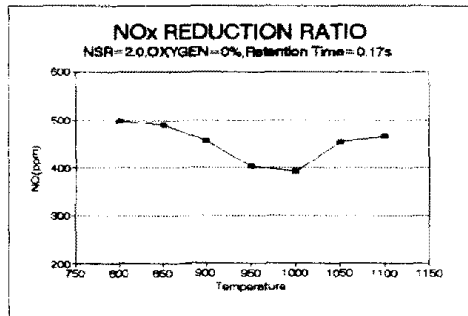


Figure 2. The  $NO$  outlet concentration as a function of the temperature for a residence time of 0.17sec

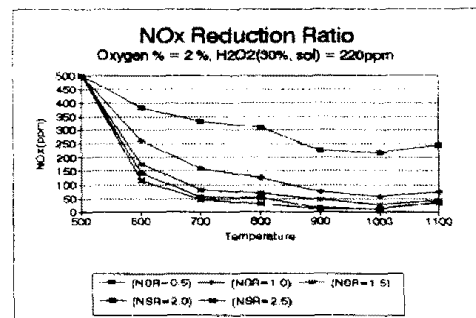


Figure 3. Isothermal  $NO$  reduction as functions of the temperature and the

### IV. 결론

본 연구를 통하여 기존  $SNCR$ 공정에서 단일한 첨가제를 사용할 경우와 비교해서 첨가제의 선택적 환원을 증가시키는 촉진제를 사용함으로써 기존  $SNCR$ 공정의 처리효율을 크게 증가시킬수 있었다.

또한 단일첨가제를 사용할때와 비교해서 첨가제와 촉진제를 함께 주입한 경우에는 질소 산화물 처리 온도도 약  $100 \sim 150^\circ\text{C}$  정도 저감시킬 수 있었다.