

# AA5) 축열식 촉매소각장치를 이용한 VOC 제거 및 축열 특성 연구 A Study on the VOC Removal & Regenerative Characteristic by Regenerative Catalytic Combustion

최재진<sup>1</sup> · 송광섭<sup>1)</sup> · 조성준<sup>1)</sup> · 이상남<sup>1)</sup> · 김성후 · 정진도<sup>2)</sup>  
 호서대학교 대학원 환경공학과, 한국에너지기술연구원<sup>1)</sup>, 호서대학교 환경공학과<sup>2)</sup>

## 1. 서 론

최근 세계적으로 환경문제에 대한 인식이 새롭게 변화하면서 산업발전을 지향하는 과정에서 과거의 산업개발 기조를 지양하고 환경 친화적인 산업구조로 변화하기 위해 규제강화 및 자구책 등을 모색하고 있다. 정책적 제도 마련과 더불어 환경 유해물질을 처리할 수 있는 새로운 기술 개발에 총력을 기울이고 있으며, 오존층의 파괴 및 인체에 해로운 영향을 미치는 것으로 알려져 있는 휘발성유기화합물질(Volatile Organic Compounds ; VOC)에 대한 처리 방안도 중요한 문제로 대두되고 있는 실정이다. VOC를 처리함에 있어 에너지 비용 절감 및 효율의 극대화하기 위하여 폐열을 회수하여 재사용하며 청정 연소가스를 배출하는 축열 방식의 소각 처리 기술이 널리 사용되고 있다. 본 연구에서는 VOC를 효과적으로 처리하기 위하여 촉매연소 기술과 축열 소각방식을 결합한 축열식 촉매소각장치(RCO, Regenerative Catalytic Oxidizer)를 설계·제작하여 VOC의 소각처리 특성을 연구하였다. 축열식 촉매 연소 시스템 제작 및 운전 조건을 얻기 위해 톨루엔의 입구농도, 유량, 산화온도, 축열체 열회수율, 산화실 크기, 보조열원의 적정성 등을 실험 변수로 설정하여 연소특성 및 성능 평가를 수행하였다.

## 2. 연구 방법

본 연구에 사용된 시스템은 VOC의 제거 특성과 설계자료를 도출하기 위해 처리용량이 50Nm<sup>3</sup>/hr 규모로 설계·제작하였다. Fig. 1과 Fig. 2는 실험장치의 공정도와 축열 촉매 소각장치의 개념도를 나타내었다. 실험장치는 산화실, 보조열원용 연소기, VOC제조 공급장치, 자동제어 및 계측장치로 구성되어 있다. 모사 VOC는 톨루엔을 사용하였으며 최대 300 ppm까지 제조하였다. 촉매 담체 및 축열체는 하니컴(Cordierite, 150mm×150mm×50t)을 사용하였으며, 연소 촉매로는 백금과 팔라듐이 담지된 Cordierite 하니컴을 사용하였다. 연소실의 구조는 촉매반응실과 축열실의 크기를 변화할 수 있도록 설계하였으며, 연소실의 길이 방향으로 연소시 온도 특성을 분석할 수 있도록 열전대와 가스분석 측정구를 설치하였다. 연소실의 예열과 보조열원 공급을 위하여 연소실 축벽의 중앙에 표면 연소기를 설치하였으며, 이중관식으로 제작하여 연소기 내벽의 과열을 방지하도록 설치하였다. 혼합기를 부착하여 모사 VOC와 공기를 균일하게 혼합하고 연소실로 원하는 농도의 VOC를 공급하게 하였다.

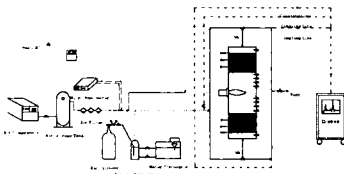


Fig. 1. Process diagram of RCO (Regenerative catalytic Oxidizer) experimental apparatus

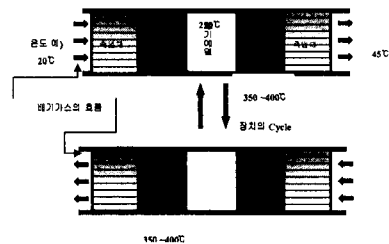


Fig. 2 schematic diagram of RCO experimental apparatus

### 3. 결과 및 고찰

축열 촉매 소각시스템을 이용하여 톨루엔에 대한 소각 실험을 수행한 결과가 Fig. 3이다. 톨루엔의 농도를 각각 50 ~ 300ppm으로 변화를 시켰으며, 축열 촉매 소각장치를 이용하여 톨루엔을 촉매소각 하였을 때의 처리효율을 보면, 톨루엔의 농도가 높으면 단위 부피당 발열량이 높아 쉽게 촉매연소 반응의 안정화가 이루어지지만, 50ppm의 경우 촉매층의 온도가 안정화되는데 많은 시간이 소요됨을 알 수 있으며, 보조 열원이 필요하였다. Fig. 4는 단계별로 VOC가스의 흐름방향을 바꾸어가면서 축열식 소각시스템을 작동하였을 경우 연소실 내부의 온도변화를 보여주고 있으며, Fig. 5는 수치해석을 통한 연소실 내부의 온도변화를 보여주고 있다. 반응초기에는 시스템이 예열 및 축열이 되어 있지 않은 상태에서 반대 방향에 위치한 촉매가 반응하였을 때의 열전달 및 온도 분포이다. 촉매 반응이 일어나는 부분을 중심으로 가스의 진행 방향으로 열전달이 일어나 온도가 서서히 증가하고 있음을 알 수 있다. 반응 중간단계에서는 축열된 열을 이용하여 VOC가 반대 방향으로 공급되면서 촉매 반응이 발생한다. 이 단계에서부터 온도들이 역류(reverse flow)의 영향에 의하여 위치에 따라서 증가 또는 감소하는 경향을 보이면서 평형 온도에 이르게 되며, 소각반응이 평형상태에 도달하면서 두 촉매 사이의 가스 공간의 온도가 균일하게 서서히 증가하는 형태로 시스템의 온도 분포가 유지되었음을 알 수 있었다. 따라서 전산모사와 실험을 통해 연소실 내부에서 온도분포가 평형에 도달하는 조건을 VOC의 농도와 유량에 따라서 구할 수 있었다.

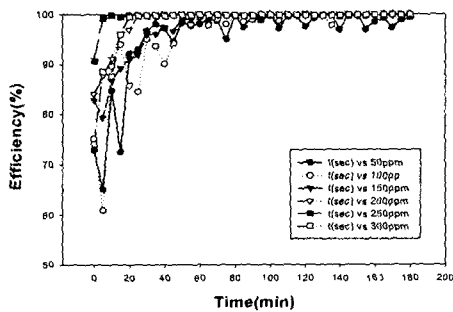


Fig. 3. Removal efficiency of toluene as a function of reaction time

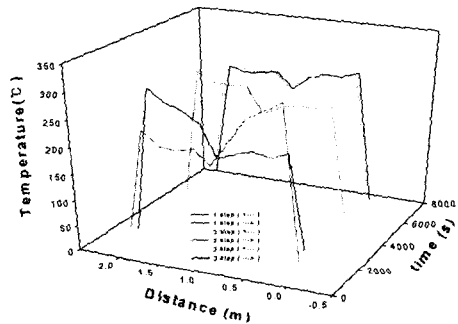


Fig. 4. Temperature profile along the combustor axis against the reaction time.

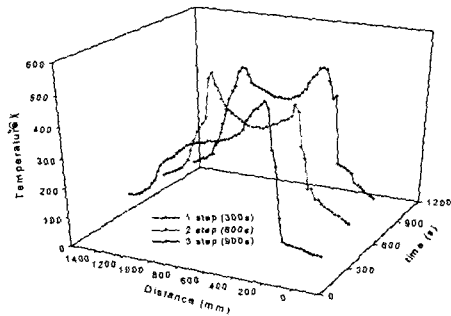


Fig. 5 Temperature profile along the combustor axis against the reaction time by CFD.

### 참고 문헌

- 1) B. Liu, "Reversing flow catalytic converter for a natural gas/diesel dual fuel engine" Chemical Eng. Science Vol. 56, pp. 2641-2658, 2001
- 2) Y.S.h. Matros, " Is it economically feasible to use heterogeneous catalysts for VOC control in regenerative Oxidizers?" Catalysis today, Vol. 27, pp.307-313, 1996