

PE10) Pt/catalyst를 이용한 톨루엔 산화반응

Catalytic Oxidation of Toluene over Pt/catalysts

정세진 · 송민영 · 박영권

서울시립대학교 환경공학과

1. 서 론

악취는 산업생산의 활동이 많아지면서 발생되고 악취를 발생하는 생산시설 인근에 주민이 모여들게 된 다음, 그 주민들의 소득의 향상으로 인해 이전에는 악취에 대해 용인하거나 무관심했던 사람들이 악취로 인한 불쾌감을 악취발생 시설의 관리자나 이를 관리하는 행정 당국에 민원을 제기하면서 비로써 공해로서 인식되었다.

각종 산업시설 및 환경기초시설 등에서 발생하는 악취오염물질은 VOCs(Volatile Organic Compounds) 계열, 황계열, 아민계열, 알데하이드계열로 다양하고 복잡하다. 악취는 대부분 저농도이므로 생리적으로는 크게 영향을 주지 않으나 낮은 농도에서도 감지가 되고 경우에 따라서 높은 농도일 경우 치명적인 영향을 줄 수도 있다. 이 중 VOCs 계열 악취오염물질은 악취 유발과 함께 광화학대기오염에 기여하여 인체에 유해하게 작용한다.

광화학 오염의 심각성이 최근 더욱 증대되고 있고 그 원인의 일부가 VOCs계열 악취오염물질의 배출량 증가라는 것이 확인되었다. 이 VOCs는 도료산업, 인쇄산업, 제과산업, 플라스틱 제조공장 등에서 배출되는데, 벤젠, 톨루엔, 자일렌, 에틸벤젠이 대표적으로 도시 대기 중에 존재하는 VOCs의 약 20%를 차지한다. VOCs 중 톨루엔은 도장이나 인쇄공정이 있는 사업장 등에서 가솔린과 유사한 냄새가 나는 악취 발생물질로 눈과 피부에 자극적이고 과다 흡입시 폐 손상까지 일으킬 수 있다.

이러한 악취가스를 저감할 수 있는 기술들이 선진국을 중심으로 날로 발전되고 있으며 새로운 탈취장치, 새로운 탈취재료가 연이어 개발 시판되고 있는 실정이다. 일반적으로 알려져 있는 악취 저감기술에는 악취물질을 물로 세척하여 처리하는 세정법을 비롯하여 활성탄, 제올라이트 등의 흡착제를 이용하여 흡착 제거하는 방법, 악취물질을 연소소에서 연소 분해하거나, 촉매를 이용하여 악취물질을 산화분해시키는 방법 또는 토양이나 활성슬러지의 미생물을 이용하여 분해하는 방법 등 악취물질 등 악취가스의 상태에 따라 다양한 탈취법이 적용되고 있다. 그 중에서도 촉매를 이용한 분해반응이 각광을 받고 있는데, 이는 낮은 온도(<500℃)에서 반응이 가능하고, 에너지 소비가 적을 뿐만 아니라, 유해한 부산물의 생성이 적다는 장점을 가지고 있다. 촉매산화는 가스 중에 함유된 가연성 물질을 촉매에 의해 연소시키는 방법으로 화학적으로는 일반 연소와 같은 산화반응이고 가연물질이 탄화수소인 경우 완전연소에 의해 무해 무취인 CO₂로 전환된다.

본 연구에서는 Al-SBA-15를 Si/Al 비율별로 합성한 촉매와 합성한 촉매에 공침법으로 Pt를 담지한 촉매를 이용하여 톨루엔의 촉매산화분해실험을 수행하였다.

2. 연구 방법

2.1 촉매합성

우선 SBA-15의 합성은 surfactant인 P-123을 플라스틱 비커에 최대한 넓게 분포시킨 다음, 물에 녹이고, Na₂SiO₃와 물을 넣고 녹인다. 이 두 용액을 섞어 10-15분 정도 교반하여 완전히 섞는다. 완전히 혼합된 용액에 HCl을 첨가한 후 이 용액을 40℃에서 24시간 교반시켜 준다. 그리고 그 용액을 100℃ 오븐에서 24시간 aging하고 상온까지 식힌 후 여과한다. 그 후 80℃ 오븐에서 10시간 이상 충분히 건조시키고 에탄올과 염산을 혼합한 용액에 넣고 교반하여 세척 및 여과 후 다시 에탄올로 한번 더 세척한다. 여과 후 충분히 건조시킨 다음 550℃에서 4시간 정도 소성시켜준다. 이렇게 SBA-15가 합성되면 Si/Al 비가 15, 30, 60이 되도록 Aluminaton 한다.

만들어진 Al-SBA-15에 Pt를 함침법(impregnation method)으로 고정한다. Tetraammine-platinum(II) nitrate($\text{Pt}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_3)_2$)를 증류수에 녹여 Pt 수용액을 만든다. 이 함침용액을 4배로 희석하여 4번에 걸쳐서 만든다. 지지체에 한 방울씩 떨어뜨리면서 비벼 섞어 기공에 잘 들어 갈 수 있게 한 후 110°C로 건조한다. 이 과정을 3회 더 반복한다. 그리고 최종적으로 500°C로 4시간 소성한다.

2.2 촉매특성

합성한 촉매의 특성을 파악하기 위해 BET와 XRD를 측정하였다. XRD는 Rigaku diffractometer를 (3kW, 30kV, 40mA) Cu를 광원으로 하여 기공구조와 결정성을 분석하였다.

2.3 촉매반응

톨루엔 가스를 mass flow controller를 이용하여 50ml/min으로 흐르게 한다. 톨루엔의 응축을 막기 위해 외부로 노출되어 있는 관의 길이를 최소화하고 끓는점보다 높은 온도로 유지한다. furnace의 온도는 촉매의 반응 온도에 따라 최소 120°C에서 최대 420°C까지 단계별로 설정하고, 각 온도별로는 2시간씩 유지하도록 한다. 반응기는 quartz reactor로 quartz wool 사이에 촉매를 채워 반응시켰다. 반응성을 확인하기 위해 반응 전·후의 비를 gas chromatography로 분석하여 반응성의 정도와 전환율을 얻었다.

3. 결과 및 고찰

표 1은 각 촉매에 대한 특성 분석 결과이다. SBA-15의 표면적은 $906.16\text{m}^2/\text{g}$, 기공의 직경은 8.06nm, 기공 부피는 $0.856\text{cm}^3/\text{g}$ 으로 나타났고, Alumination 후 표면적 $643.70\text{m}^2/\text{g}$ 으로 감소하였고, Pt를 담지한 후에 $634.02\text{m}^2/\text{g}$ 로 더 감소한 것을 볼 수 있다.

Table 1. BET and BJH surface area of SBA-15.

	surface area (m^2/g)	Pore diameter (nm)	Total pore volume (cm^3/g)
SBA-15	906.16	8.06	0.856
Al-SBA-15 Si/Al=30	643.70	8.06	0.7299
Pt/Al-SBA-15 Si/Al=15	555.54	6.18	0.7886
Pt/Al-SBA-15 Si/Al=30	634.02	6.18	0.3668
Pt/Al-SBA-15 Si/Al=60	298.70	5.41	0.4681

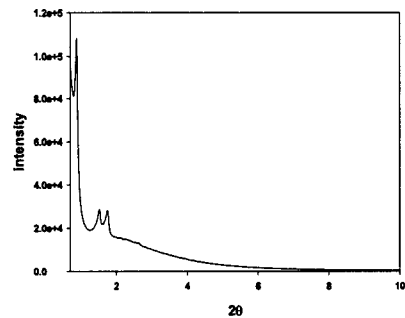


Fig. 1. XRD pattern of SBA-15.

그림 1은 SBA-15의 XRD 결과로 SBA-15의 구조와 결정을 갖고 있음을 확인할 수 있다. 톨루엔의 반응실험결과는 추후 제시될 예정이다.

사 사

이 논문은 2008년도 환경부 환경기술인력양성지원사업으로 지원되었습니다.

참 고 문 헌

- Chen, Min (2007) Support effect, thermal stability, and structure feature of toluene combustion catalyst, Catalysis Communication, 9, 990-994.
- Tidahy, H.L (2007) Catalytic activity of copper and palladium based catalysts for toluene total oxidation, catalysis today, 119, 317-320.