

대기-P6

TiO₂-태양광을 이용한 VOCs 분해연구

박상은^{*}, 주현규¹, 정희록², 전명석¹, 강준원

연세대 환경공학과, ¹한국에너지기술연구원 태양에너지변환팀

²연세대 화학공학과

1. 서 론

우리나라의 5천여개의 유류저장시설에서 옥탄가 향상제로, 자동차에서 배출되는 CO의 억제를 위해 첨가하는 MTBE의 유출로 인한 토양과 수질의 오염의 심각성이 대두되어 지난 10년간 많은 처리 기술이 개발되어왔다. 활성탄(농도에 제한적)흡착, 고급산화법 중에서 UV, O₃, H₂O₂, 초음파(비경제적이며, 적용면적에 제한적), 호기성미생물처리(산소와 미생물의 먹이에 제한적)가 개발되어 오고 있다. air stripping과 토양에서 SVE 시스템에서 기상으로 배출되는 MTBE를 완전분해시켜 mineraliation시킬수 있도록 광촉매활용 분해를 시도하였다. 또한 기존의 UV 램프를 이용한 광촉매 시스템에서 벗어나 에너지 소모가 전혀없는 태양광 활용에 접근하였다. 태양광 적용을 위하여 태양광과 동일한 파장의 빛을 내는 Solar Simulator를 이용하여 태양광 적용의 기초연구와 함께 UV램프와의 비교연구도 병행하였다.

2. 본 론

광촉매 TiO₂ 분말로서는 Degussa사 제품의 P25를 사용하였고, 모든 광촉매 분해 실험은 원통형회분식반응기를 이용하였으며 원하는 질량분율 별로 P25 분말을 에탄올에 혼합하여 줄상태로 만든 후, 코팅지지체로 soda lime glass(2.5 cm×20 cm)를 사용하여 dipping한 후 120 °C에서 20 분간 열처리하여 반응실험에 사용하였다. 태양광 이용에 앞서 태양광과 동일한 스펙트럼의 빛이 조사되는 Solar Simulator(Oriel.ltd.)를 이용하여 램프 출력별(100W~400W) 분해속도와 360nm에서 빛세기가 1~9 mW/cm² (0.9028~6.3198 Einstein/min×10⁻⁵) 범위로 조정한 UV-A 램프(black fluorescent light lamp 15W)에서의 MTBE분해속도를 비교하였다. 빛세기의 측정은 UV intensity meter(Minolta Co. Ltd., Japan)를 이용하여 주파장 360 nm에서 측정하였으며, 촉매가 코팅된 양에 따른 투과 세기까지 측정하였다. 반응물질인 MTBE와 중간생성물질인 acetone, tert-butyl alcohol, tert-butyl formate, methyl acetate의 정량분석은 GC-FID(HP-5890 serious II)를, 정성분석은 GC/MS(HP-5973, 6890 GC)와 별도의 광반응기를 제작하여 FTIR(BOMEN MB-Series, 600 ~ 4000 cm⁻¹)분석을 하였으며, 최종산물인 CO₂는 GC-TCD를 이용하였다. 360 nm에서의 photon flow측정을 위하여 UV/Vis Spectrometry(Perkin Elmer)흡수율/반사율 측정을 하였다

3. 결 론

0.08mg/cm²으로 코팅된 TiO₂ 광촉매에 4.514×10^{-5} Einstein min⁻¹으로 동일한

Incident Photon flow를 Solar simulator와 UV-A 램프로 조사하였을 때 MTBE분해 pseudo-first order rate constant는 각각 0.0564 min^{-1} , 0.0298 min^{-1} 으로 태양광 스펙트럼과 동일한 Solar simulator에서 반응속도가 더 빠르게 나타났다. 직접적인 태양광을 조사하였을 때, 광세기는 $2.708 \times 10^5 \text{ Einstein min}^{-1}$ 에서 k값은 0.0412 min^{-1} , 광원을 UV-A로 조사하였을 경우 0.0185 min^{-1} 로 더 반응속도가 느리게 나타났다.

MTBE 초기 반응은 Langmuir-Hinshelwood 속도식의 타당성을 보였고, 부산물로는 tert-butyl formate(TBF), tert-butyl alcohol(TBA), methyl acetate(MA), acetone이 검지되었으며, 완전 광분해된 최종 산물인 CO₂는 MTBE의 분해로부터 화학양론적으로 생성되었다. MTBE광분해 반응경로는 MTBE [(CH₃)₃COCH₃] → TBF [(CH₃)₃COCHO] → TBA [(CH₃)₃COH] → MA [CH₃COOCH₃] → Acetone [CH₃COCH₃] → CO₂, H₂O 임을 GC/MS와 in-situ FTIR분석을 통하여 확인하였다.

4. 요 약

광촉매 분해반응시 광원으로서 기존의 UV램프의 사용에서 벗어나 인공적인 에너지가 필요없는 태양광을 VOCs 광분해에 solar simulator에서 타당성을 검토하고 태양광에 직접 적용하여 확인하였다. TiO₂-UVA 시스템에서 보다 TiO₂-태양광을 적용한 실험에서 분해반응속도의 증가를 보였다. 결과적으로 VOCs처리에 있어서 태양광의 적용이 가능하며 최대 $4.514 \times 10^5 \text{ Einstein min}^{-1}$ 의 photon flow를 필요로 하는 광촉매분해반응에서 TiO₂-UVA시스템보다 태양광을 이용한 적용이 더 효과적인 것으로 사료된다.

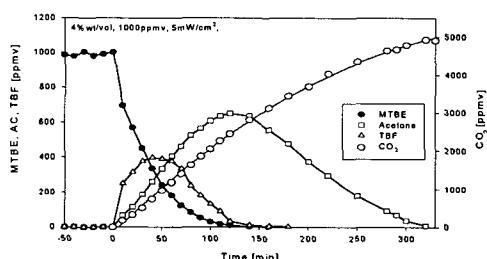


Fig. 1 Summarized result of MTBE degradation with the formation TBF, acetone and CO₂

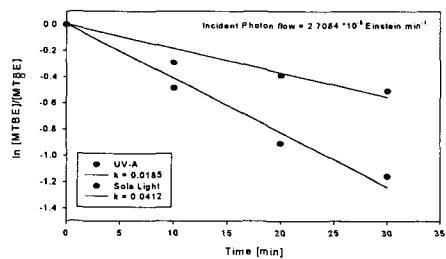


Fig. 2 Degradation of MTBE using Solar Light and UVA

참 고 문 헌

주현규, 전명석, 이태규, 1999, 광촉매의 이론과 응용, 대한환경공학회지, 21, 1231-1244
윤재경, 윤우석, 주현규, 전명석, 이태규, 2000, 한국화학공학회지, 38, 288-295

Hoffmann. M.R. Martin. S.T. W. Choi, and Bahnemann, D.W, 1995, Environmental applications of semiconductor photocatalysis, Chem. Rev. 95, 69-96