

PE12) 톨루엔 증기의 광촉매 산화에 의한 제거에 있어 TiO_2/UV 와 Chlorophyll-a/FL시스템의 성능비교

Comparison between TiO_2/UV and Chlorophyll-a/FL System's Performance in Photocatalytic Degradation of Toluene Vapor

이리하 · 김응인 · 박옥현

부산대학교 사회환경시스템공학부

1. 서 론

대기오염의 주요 원인중의 하나인 휘발성 유기화합물 가스(Volatile Organic Compounds, VOCs)는 그 물질자체로서도 환경 및 보건에 직접 해를 미칠 수 있고, 또한 대기중의 광화학반응에 참여하여 광화학 산화물 등의 2차 오염물질을 생성하는 기인물질 역할을 하기도 한다. 경제적이고 효율적 VOCs 처리를 위해 band gap energy 이상의 광 조사만으로 활성화되어 유해오염물질을 무기화하는 광촉매산화기술이 환경정화분야의 연구자들로부터 지속적인 관심을 받고 있고, 특히 광촉매로써 TiO_2 사용은 환경오염물질 처리기술에 있어 전망이 좋은 방법으로 인식되어 왔다. 그러나 TiO_2 를 이용한 VOCs 처리기술은 난분해성 중간물질의 생성과 그 침적에 기인한 광촉매 비활성화 문제로 제한적으로 사용되어 왔다. 본 연구는 TiO_2 의 생물학적 독성문제 및 경비문제 등을 고려하여 이를 대체하는 문제를 검토함에 있어 TiO_2 와 비교해서 엽록소가 광촉매로서 어느 정도 성능을 갖는지를 조사해 보기 위해서 광반응기 두 세트를 제작하여 TiO_2 및 엽록소를 코팅한 유리 bead를 각각 충전하고 습도, 램프의 종류, 유량 등의 변수들을 조절하면서 시료증기로 선정된 톨루엔의 광촉매 산화 제거율을 측정해서 각 변수들이 톨루엔 증기 제거율에 미치는 영향을 조사하고 최적의 운전조건과 제거율 비교 결과를 기초로 광반응장치의 설계기술 개발 문제 등을 검토하는데 목표를 두었다.

2. 연구 방법

본 연구에 사용된 광 반응기는 아크릴 수지로 만들어진 높이 80cm, 직경 10cm 규모의 원통형 용기이며 두 세트의 반응기에 60cm 높이까지 TiO_2 및 엽록소로 코팅된 유리 bead를 각각 충전하였다. 용기 내부표면은 鏡面(mirror) 처리함으로써 중심부에 설치된 선형 램프에서 방출된 빛이 반응기 내부에 반사되어 강한 빛 강도를 유지할 수 있도록 하였다. 광원으로는 일반 형광램프(Fluorescence Lamp)와 BLB(Black Light Blue)램프가 사용되었다. BLB는 광화학작용과 형광작용이 강한 315~400nm 파장대(UV-A)의 빛을 방사하고 가시광선을 흡수하며, 형광램프는 380~800nm 파장대의 빛을 방사하므로 태양광에 가깝다. 톨루엔의 정확한 농도조절을 위해 유량조절장치(Mass Flow Controller, MFC)로 희석 공기량을 조절하였다. 광반응기 내로 유입되는 가스의 습도조절 및 유지를 위해서 솔레노이드밸브(WV2200-8), 습도 감지기, control box로 구성된 습도자동조절시스템을 제작하였고, 이를 수증기 발생장치와 혼합실 사이에 설치하였다. 충전탑형광반응기시스템의 개략도는 그림 1과 같다.

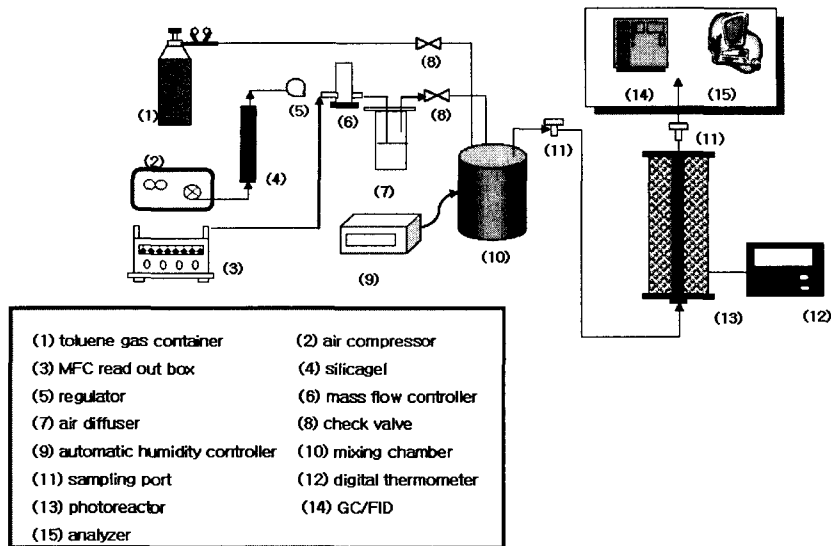


Fig. 1. Schematic diagram of a packed tower photoreactor system.

3. 결과 및 고찰

그림 2(a)에서 유량변화에 따른 두 시스템의 toluene 제거율은 유입되는 가스유량이 증가함에 따라 glass bead의 촉매도포 단위면적당 톨루엔증기부하는 선형적으로 증가하는 한편 촉매 반응에 소모되는 체류시간이 감소되므로 결국 증기 제거율이 감소됨을 확인할 수 있으나 TiO_2/UV 시스템이 Chlorophyll/FL에 비해 유량 변화에 훨씬 민감했다. 하지만 그림 2(b)는 습도변화에 따라 toluene 제거율에 미치는 영향은 두 시스템에서 매우 다르게 나타났다. Chlorophyll/FL시스템은 상대습도가 증가함에 따라 제거효율이 점차 감소하는 경향을 띄었다. 55%를 기준으로 두 시스템을 비교해 보면 TiO_2/UV 시스템에서는 상대습도 55%까지는 toluene 산화율이 증가한 반면 Chlorophyll/FL시스템에서는 감소했다. 하지만 55% 이후부터는 두 시스템 모두 상대 습도 증가에 따라 효율이 떨어졌으며 55% 이전과 비교하여 감소폭이 컸다.

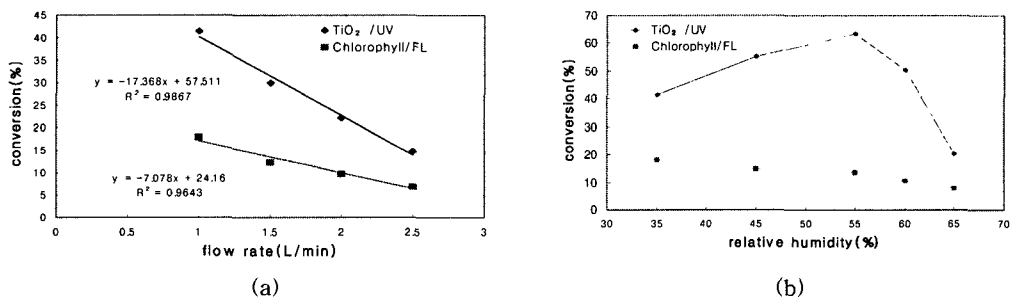


Fig. 2. Variation of photocatalytic toluene vapor conversion with (a) flow rate, and (b) relative humidities for TiO_2/UV and Chlorophyll/FL.

그림 3은 TiO_2 와 Chlorophyll을 광촉매로 사용하였을 경우 광원변화가 광산화에 의한 톨루엔 증기 제거율에 어떠한 영향을 미치는지를 조사해 보았다. TiO_2 를 촉매로 사용하였을 경우 형광램프에 비해 자외선 램프를 사용했을 때 산화율이 더 높았으며 Chlorophyll를 촉매로 사용하였을 경우는 형광램프 사용시에 톨루엔 산화율이 더 좋았다.

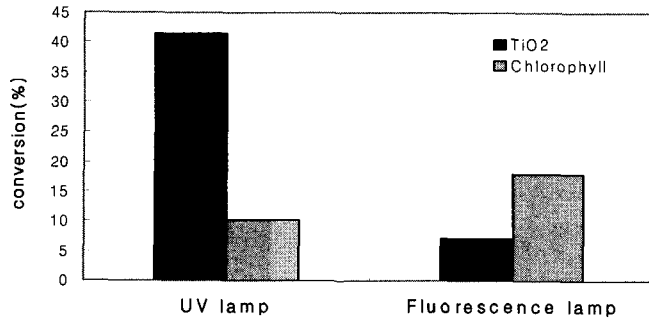


Fig. 3. Photocatalytic toluene vapor conversion versus light source for different catalysts.

참 고 문 헌

- 신향식, 임재립 (1995) 고급산화법을 이용한 Trichloroethylene 함유 폐수처리(I), J. of KSEE, 17(11), 1079-1088.
- Ray, A.K. and A.A.C.M. Beenackers (1998) Development of a new photocatalytic reactor for water purification, Catal. Today, 40, 73-83.
- Zhang, P., F. Liang, G. Yu, Q. Chen, and W. Zhu (2003) A comparative study on decomposition of gaseous toluene by O₃/UV, TiO₂/UV and O₃/TiO₂/UV, J. Photochem. Photobiol. A: Chem., 156, 189-194.