

PS38(CT20) 자외선과 이산화티타늄계 광촉매를 이용한 벤젠의 분해 Distruction of Benzene by Using UV/TiO₂ Photocatalyst

전의찬 · 송민중 · 사재환 · 노기완¹⁾ · 박찬웅²⁾
 동신대학교 환경공학과, ¹⁾광주보건대학 환경위생과, ²⁾(주)삼양환경

1. 서론

휘발성유기화합물질(Volatile Organic Compound ; VOCs)은 오존등 광화학옥시단트로 인한 대도시의 대기질 악화와 함께 도시환경에서 중요한 발암성 물질이거나 만성 또는 급성의 건강장해를 일으킴으로써 공중보건상에 나쁜 영향을 주는 것으로 조사되고 있다. 특히 실내 공기중의 VOCs는 건축자재, 가구, 접착제, 카펫, 흡연 및 취사행위 및 난방을 포함한 연료의 연소 등 다양한 오염원으로부터 방출되는 것으로 알려져 있다. 또한 VOCs는 빌딩증후군(Sick Building Syndrome ; SBS)의 원인물질로 점막 자극, 두통, 구역질 및 현기증과 같은 증상을 일으키는 것으로 알려져 있다(김윤신 등, 1993).

본 연구에서는 실내 공기중의 미량 유해오염물질인 VOCs 중 대표적인 방향족화합물로서 발암성 물질인 벤젠을 제거하기 위하여 이산화티타늄계 광촉매 반응기를 실험실 규모로 제작하여 여러 가지 조건에서의 벤젠의 광촉매 산화특성을 파악하고자 하였다.

2. 실험방법

2.1 실험장치 및 실험조건

광촉매 산화에 의한 실내 공기 중에 존재하는 벤젠의 분해효율을 분석하기 위하여 벤젠과 반응성이 없는 것으로 알려진 테프론 필름이 코팅된 아크릴을 이용하여 Fig. 1과 같은 가로 450mm, 세로 450mm 그리고 높이가 750mm인 밀폐된 가상의 실내공간을 설치하였다. 상자의 전단에는 벤젠의 농도를 일정하게 유지하기 위한 벤젠의 주입구를 설치하였으며, 좌측에는 광촉매반응기로 처리대상 가스가 유입되는 관로와 광촉매 반응기에서 처리된 가스가 들어오는 관로를 각각 설치하였다. 그리고 상자의 상단에는 상자내의 공기를 채취하기 위한 시료채취구를 설치하였다. 반응기로 유입되는 유량을 조절하기 위하여 광촉매 반응기의 후단과 진공펌프 사이에 유량조절 밸브가 달린 유량계를 설치하였으며 진공펌프에 의하여 상자내의 벤젠을 함유한 공기가 연속 순환하여 처리되도록 하였다.

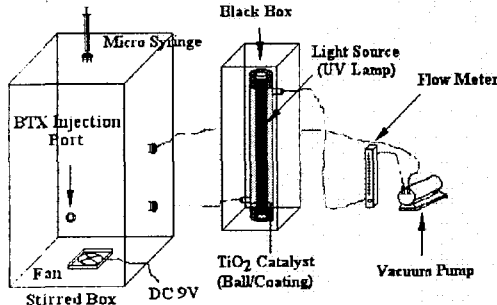


Figure 1. Schematic diagram of stirred test box.

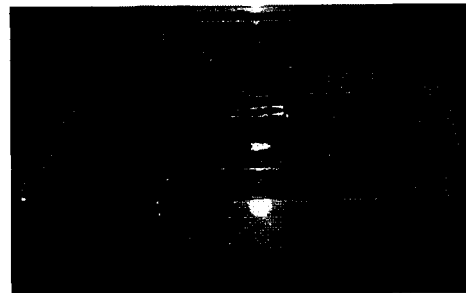


Figure 2. Photocatalyst reactor for Benzene.

광촉매 반응기는 Fig. 2에 나타난 바와 같이 구상의 아나타제형 이산화티타늄계 광촉매를 충전시켰으며, 광원으로는 자외선등(UV Lamp)을 사용하였다. 처리유량은 5L/min으로 유지(반응기내의 체류시간 4.6초)하였으며 상자내의 벤젠의 농도는 매 6시간마다 100ppm이 되도록 하였으며, 실험개시 후 최초 2번은 30분 간격으로 시료를 채취하고 1시간이 경과한 후에는 1시간마다 시료를 채취하여 수명실험을 행하였다. 그리고 광촉매의 반응전 후 그리고 재생후의 결정구조와 표면 특성의 변화를 X-선 회절분석기와 전자주사현미경을 이용하여 분석하였다.

2.2 분석장치 및 분석조건

벤젠의 분석은 가스크로마토그래피(SHIMADZU GC-17A)를 사용하여 Table 1과 같은 조건으로 분석하였으며, 분석과정은 SHIMADZU사의 GC WORKSTATION CLASS-GC10에 의해 자동적으로 조정되도록 하였다. 결정구조는 Table 2와 같은 조건에서 분석하였으며, 표면특성의 관찰을 위해서는 JEOL사의 JSM-5400 주사전자현미경을 사용하였다.

Table 1. Operating conditions of gas chromatography

Items	Conditions
Detector	FID
Detector Temp.	250°C
Injector Temp.	200°C
Oven Temp.	55°C for 5min to 75°C at 2.0°C/min 75°C for 3min to 150°C at 5°C/min
Column	30×0.25mm×0.25µm film thickness capillary
Sample Injection Volume	0.5mL
Split Ratio	30:1
Carrier Gas	He

Table 2. Operating conditions of X-ray diffractometer

Items	Conditions	Items	Conditions
Start Angle	5.000 °	Target	Cu
Stop Angle	75.000 °	kV	40.0
Sampling Interval	0.050 sec	mA	20.0
Scan Mode	Continuous	Peak search Parameter	
Scan Axis	2-Theta	Typical Width	0.080
Counting Unit	CPS	Minimum Height	30.0

3. 실험결과 및 고찰

가상의 밀폐된 실내 공기 중에 존재하는 벤젠의 광축매 산화 특성은 Fig. 3~4에서 보는 바와 같다. Fig. 3은 실험시작 후 상자 내 벤젠 농도의 변화를 나타낸 것이며, Fig. 4는 벤젠의 분해효율을 각각 시간의 경과에 따라 나타낸 것이다. Fig. 3에서 실험 시작 36시간 이후의 상자 내 벤젠의 농도가 100ppm 이상이 되었는데 이는 상자 내에 벤젠의 농도를 100ppm으로 유지하기 위하여 일정한 량의 벤젠 표준물질을 주입함으로써 상자 내에 잔존하는 벤젠과 함께 분석되었기 때문이다. 따라서 Fig.4는 이를 고려하여 벤젠의 처리효율을 계산한 결과를 나타낸 것이다. Fig. 3~4에서 보는 바와 같이 실험 시작 후 42시간까지는 80% 이상의 처리효율을 유지하였으며 42시간 이후에도 처리효율은 78% 이하로 감소하지 않고 계속 유지되었다.

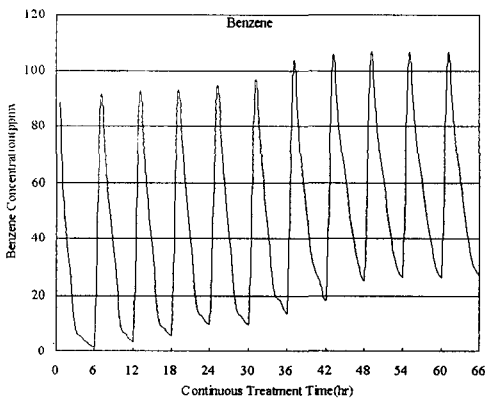


Figure 3. Profile of cyclic tests of Benzene.

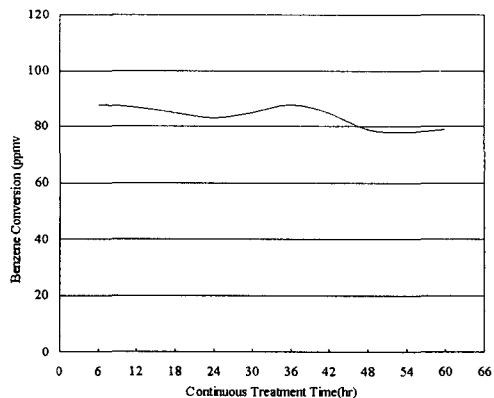


Figure 3. Profile of Benzene conversion.

4. 결론

본 연구는 다양한 발생원에서 방출되어 실내 공기 중에 존재는 유해오염물질인 VOCs 중 대표적인 방향족화합물로서 발암성 물질인 벤젠을 제거하기 위하여 이산화티타늄계 광촉매 반응기를 실험실 규모로 제작하여 벤젠의 광촉매 산화특성을 파악하였다. 연구결과 광촉매 산화에 의한 벤젠의 처리효율은 실험 시작 후 42시간까지는 80% 이상의 처리효율을 유지하였으며 42시간 이후에도 처리효율은 78% 이하로 감소하지 않고 계속 유지되었다. 이는 벤젠의 농도를 100ppm으로 유지하였을 경우의 처리효율로 실제 실내 공기 중에 존재하는 벤젠의 농도가 10ppm 이내임을 감안 할 때 보다 높은 처리효율을 기대할 수 있다. 또한 광촉매 산화법으로 벤젠 이외의 실내 공기중의 미량유해물질의 처리할 경우에도 높은 처리효율이 예상된다.

감 사

본 연구는 광1999년도 주·전남 테크노파크 기술고도화사업에 의하여 수행되었으며, 도움을 주신 모든 분들께 감사드립니다.

참고문헌

- 김윤신(1992), 우리나라 실내 공기질에 관한 고찰, 대한보건협회지, Vol. 18, 147-165
- 신혜수, 김윤신, 허귀석(1993), 실내외 공기중 휘발성유기화합물질(VOCs)의 농도조사에 관한 연구, 대기보전학회지, Vol. 9, No. 4, pp.310-319
- 강범주, 이강웅(1999), TiO₂를 이용한 TCE와 Toluene의 광산화에 관한 연구, 한국대기환경학회, 1999 추계학술대회 논문집, pp.455~456
- 박달근, 김범준, 이종기, 변동진, 윤운영, 이원재(1999), 공기중의 벤젠제거에 대한 산화티타늄 광촉매의 반응특성, 한국대기환경학회 1999 추계학술대회 논문집, pp.231~232
- 권성중, 김영관, 김동현, 이상국(1999), 바닥 광촉매 반응기를 이용한 에틸렌가스의 분해, 한국대기환경학회 1999 추계학술대회 논문집, pp.233~234
- Rakesh K. Kumar, Roslym O. Grady, Wei Li, Gary M. Velan(1992), Mitogenic activity for fibroblasts induced by silica and titanium dioxide particles in vitro and in vivo, Int. J. Exp. Path. Vol. 73, pp.573~583
- Ken-ichirou Suzuki(1993), Photocatalytic Air Purifier, 豊田中央研究所 R&D レビュー, Vol. 28, No. 3, pp.47~56