

DB6) UV 광산화 · 광촉매 산화 반응을 이용한 Benzene과 Toluene의 처리

Removal of Benzene and Toluene by UV Photooxidation and Photocatalytic oxidation

황철원 · 김찬훈 · 정창훈 · 최금찬
 동아대학교 환경공학과

1. 서 론

휘발성 유기화합물(VOCs)은 광화학적 오존 형성으로 인한 간접 오염뿐만 아니라 그 자체가 독성을 지니고 있어 직접적으로도 인체에 유해한 영향을 줄 수 있으며, 유류 및 유기 용제를 사용하는 작업장에서뿐만 아니라 연소 관련 오염원이 없는 실내 환경에서도 일부 VOCs는 높은 농도를 나타낼 수 있으므로 작업장 및 실내 환경에서의 VOCs 처리에 대한 중요성이 증대되고 있다.

기존의 VOCs 처리 기술은 고농도 배기가스를 정화하기 위한 직접연소 설비, RTO, RCO 등의 촉열재생, 토양탈취, 용제회수설비 등을 중심으로 개발되어 왔으나, 최근의 VOCs 규제는 광화학 옥시던트의 발생을 줄이기 위해 석유화학공정, 인쇄시설, 주유소, 세탁시설, 자동차 정비사업장을 대상으로 시행되고 있는 추세이며 환경보건학적 측면에서 소규모 작업장 및 실내 환경 중의 VOCs 제거의 필요성이 증대되고 있는 추세이므로 설비의 소형화와 설비비 및 유지비를 줄일 수 있는 처리 기술의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 콤팩트화가 가능한 공정의 개발을 위하여 단파장의 자외선(253.7nm와 184.9nm)을 이용한 Benzene과 Toluene의 처리 실험을 수행하였으며, 자외선에 의해 발생된 오존과 미처리된 Benzene과 Toluene의 처리를 위해 광촉매 반응을 광산화 반응기 후단에 설치하였다. UV 광산화 단독 공정에 의한 Benzene과 Toluene의 처리에서 처리효율에 미치는 여러 가지 영향인자에 대한 고찰을 시도하였으며, UV 광산화-광촉매 산화 복합 공정의 적용 가능성을 검토하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 253.7nm와 184.9nm의 자외선을 동시에 발생시키는 저압 수은 램프(오존 램프)를 자외선 광원으로 사용하였으며, UV 출력에 따른 처리 특성을 알아보기 위해 17W(UV Output: 58W/m²), 25W(UV Output: 85W/m²), 32W(UV Output: 112W/m²)의 UV 출력이 다른 램프를 사용하였다.

Table 1. Ultraviolet Output and Ozone Generation of UV lamp

Model	Wattage(W)	Tube Length(mm)	Ultraviolet Output(W/m ²)	Ozone Generation(mg/Hr)
G18T6VH	17W	380.2	58	160
G24T6VH	25W	535	85	230
G30T6VH	32W	692	112	300

광촉매 산화 공정은 Pyrex재질로 된 두 개의 유리관 사이에 평균 직경이 5mm인 구형 이산화티타늄 촉매를 채워 넣은 Annual Type의 반응기를 사용하였다. 시료 가스로는 Standard Method에 따라 Std. Air 또는 N₂를 Tedlar Bag에 주입하고 Micro-syringe로 적정량의 Benzene과 Toluene을 주입하여 제조한 각각 50ppm의 Benzene과 Toluene을 사용하였다.

실험은 유량을 0.5 ~ 1.5 l/min으로 변화시키면서 연속 흐름식으로 수행하였으며, 반응기의 입·출구 농도는 GC/FID(HP 6890)를 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 자외선 램프의 UV 출력에 따른 Benzene과 Toluene의 처리 특성을 나타내었다. 유량이 0.5 l/min일 때 UV 출력이 증가함에 따라 Benzene과 Toluene의 처리 효율도 증가함을 알 수 있으며, 17W와 25W 사이의 증가율이 25W와 32W 사이의 증가율보다 훨씬 높은 것으로 나타났으며 이러한 경향은 1 l/min의 유량에서도 동일하게 나타났다.

오존과 활성 산소종에 의한 처리 효율을 알아보기 위해 Background 가스로 Std. Air와 N₂를 각각 사용한 비교 실험에서 Std. Air를 사용했을 때의 처리효율이 높게 나타났다.(그림 2) 이는 184.9nm 파장의 자외선이 Std. Air중의 O₂의 결합을 해리시켜 반응성이 큰 여기상태의 산소원자(O)를 생성시키고, 이 산소 원자가 O₂와 반응하여 오존을 생성한 결과로 여겨진다.

그림 3과 그림 4는 각각 광산화 단독공정과 광산화-광촉매 산화 공정의 처리효를 비교와 광산화-광촉매 산화 공정에 의한 오존의 처리를 보여준다. 광산화-광촉매 산화 공정은 광산화 단독 공정에 비하여 수~수십 %의 처리 효율 향상을 보여주고 있으며, 특히 오존의 처리에는 탁월한 성능을 보였다.

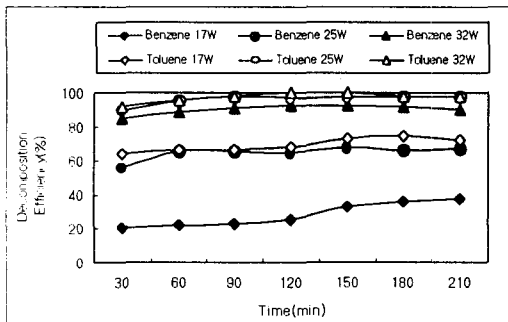


Fig. 1. Decomposition Efficiency according to UV Output.

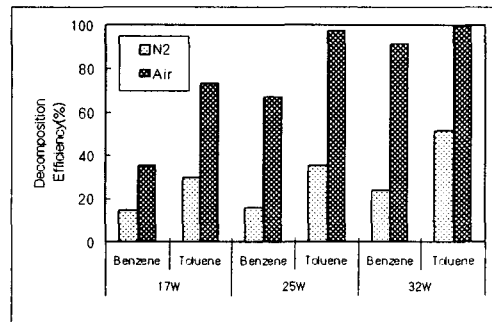


Fig. 2. Decomposition Efficiency according to Background Gas

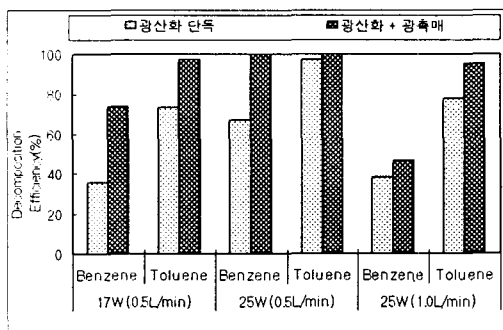


Fig. 3. Comparison of Decomposition Efficiency according to Process.

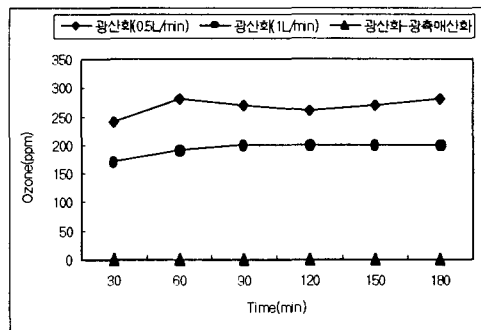


Fig. 4. Removal of Ozone by Photolysis-Photocatalytic Oxidation.

참고 문헌

한국대기환경학회 측정분과위원회 (1998) 대기환경과 휘발성 유기화합물질

Jack G. Clavert and Tames N. pitts, jr Photochemistry

기준학 (2000) 환경 VIP Report Vol. 38

Mark D. Johnson et al. "Destruction of Organic Contaminants in Air using advanced Ultraviolet Flash lamps"