

PA43) 고효율 가시광 감응형 광촉매 제조 및 VOCs 저감 평가

Synthesis of High Efficiency Visible-light Responsive Photocatalysts and Evaluation of VOCs Degradation

차지안 · 신정우 · 박정희 · 김태오

금오공과대학교 환경공학과

1. 서 론

산업발달은 인간생활에 많은 편리함과 혜택을 주었지만, 부산물로 얻어지는 유해대기오염물질(HAP: hazardous air pollutants), 휘발성 유기화합물(VOCs), 황산화물(SO_x), 질소산화물(NO_x) 등은 환경오염 문제를 야기시키고 있다. 이에 대한 대책의 일환으로 오염물질을 친환경적으로 처리하고자 광촉매(Photocatalyst)를 이용한 오염물질 처리기술이 개발 되고 있다.

실제 광촉매로 활용하기 위해서는 처리대상 물질의 산화능력, 유독성, 화학적 비활성, 광활성 등의 조건을 만족시켜야 하는데, 이러한 조건을 만족시키는 광촉매로 TiO₂가 있다. TiO₂는 물리·화학적으로 안정하고 상온에서도 활성이 있으며, 인체에 무해한 장점을 가지고 있어 산업 전반에 걸쳐 주로 사용되고 있다. 그러나 TiO₂는 400 nm 이하의 자외선 영역 빛에서만 광활성이 일어나며, 태양광인 백색광원 중 3.2 eV 이상에 해당하는 자외선은 4% 이내로 태양광 이용에는 제한을 받기 때문에 광촉매의 효율을 증진시키기 위해서는 가시광선 및 태양광 파장 영역에서의 광활성화가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 가시광 영역에서도 광활성을 나타내는 가시광 감응형 TiO₂ 광촉매를 제조하고, VOCs의 저감효율 및 가시광 영역에서의 광활성을 비교 평가하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 광촉매 활성도가 큰 고효율의 TiO₂ 가시광 감응형 광촉매를 제조하기 위해 졸겔법을 이용하였다. 광촉매 제조를 위한 티타늄의 전구물질로는 titanium(IV)isopropoxide(TTIP, Junsei Chemical, 98%)를 사용했으며, 용매로는 isopropyl alcohol(IPA, Daejung chemical, 99%), 첨가제로는 poly ethylene glycol(PEG, Fluka, M.W = 20,000)과 N의 전구 물질인 hexadecyl trimethylammonium bromide(HDTMA, Aldrich Chemicals, 99%), Zr의 전구물질인 zirconium oxynitrate 2-hydrate(Kisita Chemical, 99%)를 사용하여 입자를 제조하였다. 저감 특성을 평가하기 위한 실험 장치는 가스 공급장치, 광조사 반응 장치, Sampling adapter, GC-FID(Agilent, US/6890N)로 구성 되며, 광반응기에 N-doped TiO₂/ZrO₂를 코팅시키고 BTX 표준가스(100 ppm)을 N₂ 가스를 이용하여 25 ppm까지 희석시켜 농도를 낮춘 다음 553 ml/min 유량으로 반응기 내부로 공급하였다. 가스를 1시간 정도 흘려보내어 반응기 내부의 BTX 농도를 일정하게 한 다음 광조사 반응부의 빛을 차단한 상태에서 광원을 안정화 시켰다. 30분 정도 광원을 안정화시킨 후 광조사 전 GC-FID를 이용해 광반응 전 BTX area를 측정하였고, 온도 25°C에서 30분마다 Sampling adapter를 통해 포집한 Gas를 GC-FID를 이용해 저감효율을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

제조한 N-doped TiO₂/ZrO₂ 광촉매의 VOCs 저감 결과를 그림 1에 나타내었다. 각 물질의 VOCs 저감 수준 비교를 위해 대조군으로 Degussa P25 광촉매를 사용하였다. 그림 1의 (a), (b), (c)는 UV 영역에서의 VOCs 저감 수준을 비교한 것으로 N-doped TiO₂/ZrO₂ 광촉매가 P25에 비해 전체적으로 높은 효율을 나타내었다. VOCs 저감 효율은 광조사 후 60분부터 급격히 증가하였고, 이 중 Xylene은 저감 효율이 90분에서 37.3%로 가장 높게 나타났으며, Benzene은 26.2%, Toluene은 31.1%의 저감 수준을 보였다. UV 영역에서 P25와 각 물질의 저감 효율을 비교했을 때 최소 0.5%에서 최고 5.1%까지 차이를 나타냈다. (d), (e), (f)는 가시광 영역에서의 VOCs 저감 수준을 비교한 것으로 UV 영역과 마찬가지로

N-doped TiO₂/ZrO₂ 광촉매가 P25에 비해 높은 효율을 나타내었다. 가시광 영역에서 P25의 저감 수준은 UV 영역에서와는 다르게 평균적으로 10%가량의 저감효율을 나타냈다. 반면에 N-doped TiO₂/ZrO₂ 광촉매는 UV 영역에서와 마찬가지로 Xylene > Toluene > Benzene 순으로 높은 저감 효율을 나타냈으며, UV 영역에서보다 더 큰 폭의 저감 차이를 나타냈다. Benzene은 18.1%로 8%의 차이를 나타냈고, Toluene은 20.2%로 9.9%, Xylene은 24.3%로 가장 큰 폭인 13.8%의 차이를 보였다.

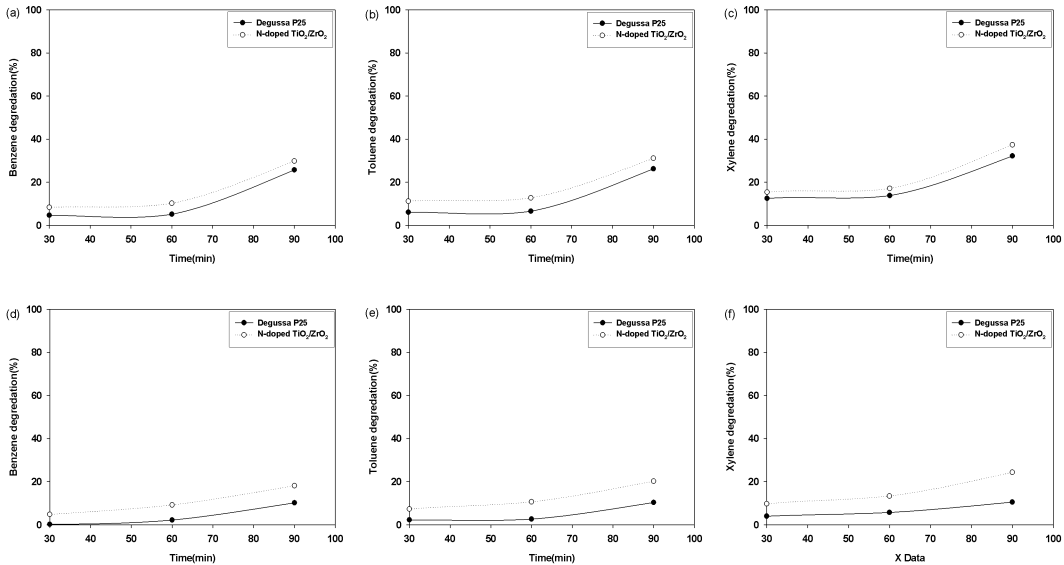


Fig. 1. Degradation rate of VOCs under UV light (a) Benzene, (b) Toluene, (c) Xylene and Visible light (d) Benzene, (e) Toluene, (f) Xylene.

참 고 문 헌

- 김종태 (2007) Control of aromatic VOCs using the Visible light induced TiO₂ Photocatalyst, 경북대학교 대학원 석사학위논문.
- Bouazza, N., M.A. Lillo-Rodenas, and A. Linares-Solano (2008) Photocatalytic activity of TiO₂-based materials for the oxidation of propene and benzene at low concentration in presence of humidity. Applied Catalysis B: Environmental, 84, 691-698.
- Hong, I. (2006) VOCs Degradation Performance of TiO₂ Aerogel Photocatalyst Prepared in SCF Drying, J. Ind. Eng. Chem., 12(6), 918-925.