

PE5) 기상 아세트알데히드의 광촉매 분해 및 적용 Photocatalytic Degradation and Application of Gaseous Acetaldehyde

박상은 · 주현규¹ · 김중순² · 이태규¹ · 강준원

연세대학교 환경공학과, ¹한국에너지기술연구소 태양에너지변환연구센터

1. 서론

Dibble과 Raupp에 의하여 TiO₂와 UV를 이용한 기상 TCE 분해 연구가 수행된 이후 대기오염정화를 위해 TiO₂/UV 시스템의 다양한 연구가 집중되어 오고 있는데 (Alberici, 1997), 휘발성유기화합물과 악취성분들의 제거가 주요 목적이 되고 있다. 아세트알데히드는 자극적인 과일 썩는 냄새가 나는 대표적 악취 물질임과 동시에 높은 증기압(740mmHg @20℃)으로 휘발성유기화합물로 규제되고 있으며, 요즘 현대인들에게 "Sick Building Syndrome"이라는 사회적 문제를 일으키는 물질이다(T. Noguche, 1998). 주로 아세트산, 에테르, 피리딘 등의 생산과 염료, 약품, 폭약, 방향제, 레이진, 안티산화제 등의 제조에 사용되어지는 감지값(odor threshold)이 0.004ppm인 물질로 이 물질의 제거를 위한 광촉매 반응시스템의 설계를 위하여 다음과 같은 인자들의 영향을 조사하여 실용화를 도모하고자 하였다.

본 연구에서는 광반응기 설계시 필수 영향인자인 UV intensity, 광촉매코팅면적, 초기농도에 따른 상관관계를 Pseudo-first-order constant로 비교 검토하여, 이러한 실험적 자료 분석을 통하여 적용 가능한 광촉매 반응시스템을 설계할 수 있는 영향인자를 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

Batch형태의 반응시스템으로 PYREX 재질로 제작된 원통형 반응기(0.63 l)를 이용하였고, 촉매 코팅을 위하여 초순수(18M Ω cm)와 Degussa 제품의 P-25 TiO₂를 이용하여 10%(wt/vol)의 졸을 만들어 20분 동안 sonication한 후 soda lime 유리판에 코팅하였다. 광원으로는 15W black fluorescent light lamp를 이용하였으며, Intensity는 UV intensity meter(Minolta Co.,Ltd. Japan)로 주파장 360nm에서 측정하였다. 아세트알데히드 농도는 300~2400ppmv 농도 범위에서 광활성을 평가하였으며, 빛조사는 아세트알데히드가 촉매표면에 흡착된 후 기상에서 농도 평형상태(약 60분)가 된 후 상온, 상압의 조건에서 실시하였다. 촉매가 코팅된 유리판의 면적을 25cm², 50cm², 100cm²으로 다양하게 변화시키며 반응면적에 따른 광활성을 비교 실험하였다. CO₂의 정성은 GC-TCD와 더불어 별도의 광반응기(0.125 l)를 제작하여 FT-IR(BOMEN MB-series)을 이용하였으며, 정량 및 정성 분석을 위한 GC 분석조건은 다음과 같다.

	CH ₃ CHO Analysis conditions	CO ₂ Analysis conditions
Detector	FID (250℃)	TCD (250℃)
Column	HP-FFAP (0.32mm×25m×0.50mm)	Porapak N (80/100mesh)
Carrier Gas	Helium(1.5ml/min)	Helium(30ml/min)
Oven Temp.	55 ℃ isothermal	100℃→5℃/min→120℃(1min)

3. 결과 및 고찰

1. 광분해하여 생성된 최종 산물인 CO₂(그림 1)는 초기 아세트알데히드 농도와 화학양론적으로 2:1의 몰비로 생성되었으며, GC 분석을 통하여 기상상태에서 아세트알데히드의 광분해에 의한 중간생성물 질인 Acetic acid(I.Sopya et al,1995, T.Noguchi, et al 1998)는 검출되지 않았음을 확인하였다. 이는 TiO₂ 표면에서 생성된 정공(hole)의 수가 흡착된 아세트알데히드 분자수 보다 훨씬 더 많기 때문에 CO₂로의 직접산화(I. Sopya et al 1995)되는 것으로 판단된다.
2. 그림 2는 Intensity의 증가에 따라 반응속도가 증가함을 보여주고 있으며, 또한, 표 1은 동일 면적에서 초기농도의 증가에 따라 반응속도상수(k_{1st})는 감소하고, 동일 농도에서 반응면적의 증가는 반응속도상수(k_{1st})가 증가하는 일정한 상관관계를 보여주고 있다.

3. 표 1에서 보는 바와 같이 초기 아세트알데히드 농도를 1000ppmv에서 2000ppmv으로 변화시키므로써, 반응표면적이 25cm²에서 속도상수(k_{1st})차이는 0.0056min⁻¹, 반응표면적이 100cm²에서, 속도 상수(k_{1st})차이는 0.0855min⁻¹으로 반응면적의 변화에 따른 초기 농도의 변화는 반응속도상수(k_{1st})의 증감의 주요인자로 작용하고 있다.
4. TiO₂가 코팅된 면적이 25cm² 이고 UV intensity을 3.5mW/cm² 으로 조사시 아세트알데히드 농도가 1500ppmv 일 때 Pseudo-first-order constant(k_{1st})는 0.020 min⁻¹이었으며, 동일농도에서 UV intensity를 1.0mW/cm²으로 100cm²에 조사하였을때는 k_{1st}는 0.037min⁻¹이었다. 이는 100cm²에서 UV intensity를 2.5mW/cm² 낮게 하여 조사하여도 25cm²에서 보다 더 높은 처리 효율을 나타냄을 알 수 있다.

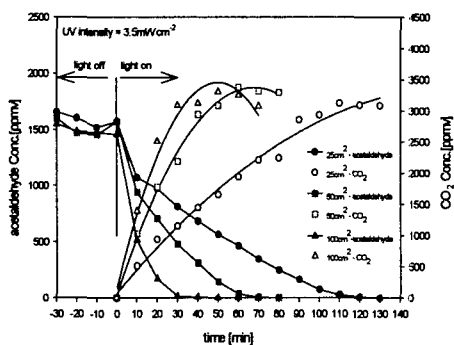


Fig. 1. Summarized result of CH₃CHO degradation with the formation of CO₂

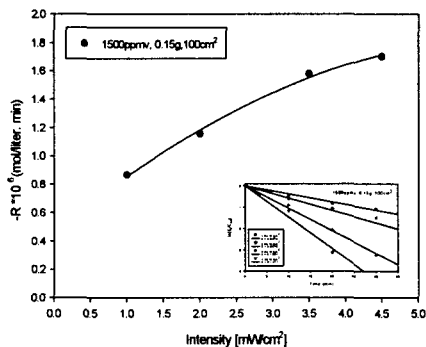


Fig. 2. Effect of light intensity on the reaction rate

Table 1. Pseudo-first-order rate constant(k_{1st}) at various area of glass plate at 3.5mW/cm²

Initial Conc. Reaction Area	Pseudo-first-order rate constant (k _{1st} [min ⁻¹])		
	1000ppmv	1500ppmv	2000ppmv
25 cm ²	0.0236	0.0200	0.0180
50 cm ²	0.0633	0.0406	0.0253
100cm ²	0.1580	0.1069	0.0725

참고 문헌

- 주현규, 전명석, 이태규, (1999) 「광촉매의 이론과 응용」, 대한환경공학회지, 21(6).
- Alberici. R.M. Jardim. W.F (1997) Photocatalytic destruction of VOCs in the gas-phase using titanium dioxide, Appl. Catal. B: Environ. Vol.14 55-68
- I. Sopya, M. Watanabe, S. Murasawa, K. Hashimoto, A. Fujishima, (1996) An efficient TiO₂ thin-film photocatalyst : photocatalytic properties in gas-phase acetaldehyde degradation, J. Photochem. Photobiol. A: Chem. Vol.98 79-86.
- T. Noguchi, A. Fujishima, P. Sawunyama, K. Hashimoto, Photocatalytic degradation of gaseous formaldehyde using TiO₂ film, (1998) Environ. Sci. Technol. Vol.32 3831-3833
- Hoffmann. M.R. Martin. S.T. Choi, W and Bahnemann, D.W, (1995) Environmental applications of semiconductor photocatalysis, Chem. Rev. Vol.95 69-96