

TiO₂/H-Mont에 의한 유독성유기물질의 빛분해특성

주혜련, 신계룡

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《공기와 물을 비롯한 환경을 보호하기 위한 연구사업도 강화하여야 합니다.》

(《김정일선집》 증보판 제11권 42페이지)

빛촉매에 의한 유독성물질의 분해는 물과 공기를 비롯한 환경을 보호하는데서 실천적으로 중요한 의의를 가진다. 빛촉매활성이 좋은 TiO₂을 박막화하거나 팽윤토를 비롯한 일련의 담체에 담지시켜 물속에 분산된 원유성분이나 물감을 분해시키기 위한 연구[1-4]는 진행되었지만 활성몬모릴론석(activated Montmorillonite, H-Mont)에 담지시킨 빛촉매에 의한 유기물질의 빛분해특성에 대한 연구결과는 발표된것이 적다.

우리는 TiO₂을 H-Mont에 담지시켜 만든 빛촉매(TiO₂/H-Mont)에 의한 유독성물질인 2-클로로에틸에틸설파이드(CEES)의 빛분해특성을 연구하였다.

실험 방법

빛촉매로는 H-Mont, TiO₂/H-Mont, TiO₂을, 분해대상물질로는 CEES를 리용하였다.

유리샤레에 CEES를 담지한 촉매시료를 넣고 야외에서 태양빛을 쏘이면서 시간에 따르는 CEES의 분해률을 결정하였다. 온도 10°C, 로출시간 3h, CEES량 20mg, 촉매량 0.100g 인 조건에서 각이한 촉매시료에 의한 CEES의 빛분해률을 고찰하였다.

분해률은 석유에테르를 5mL씩 넣고 15min동안 추출한 다음 추출액을 0.5mL씩 취하여 CEES함량을 비색정량하는 방법으로 결정하였다.

빛촉매들의 빛분해활성차이를 해석하기 위하여 량자화학적방법(PM3법)으로 결보기활성화에너지를 평가하였다.

실험결과 및 고찰

각이한 촉매에 의한 CEES의 빛분해특성 로출시간을 변화시키면서 CEES의 빛분해률을 측정한 결과는 그림 1과 같다.

그림 1의 자료를 리용하여 랭뮤어-힌셀우드식[3]으로 CEES분해반응의 결보기속도상수를 계산한 결과는 표 1과 같다.

표 1. CEES분해반응의 결보기속도상수

촉매	H-Mont	TiO ₂	TiO ₂ /H-Mont
k/h^{-1}	0.072	0.149	0.404

표 1에서 보는바와 같이 TiO₂/H-Mont에 의한 CEES분해반응의 결보기속도상수는 TiO₂보다

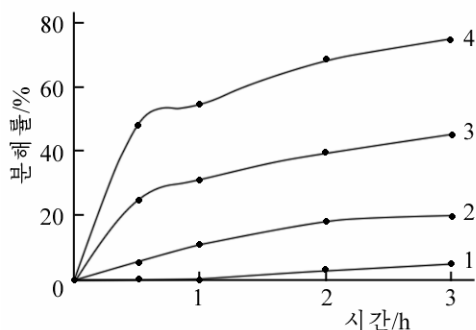


그림 1. 로출시간에 따르는
CEES의 빛분해률변화
1-촉매없음, 2-H-Mont, 3-TiO₂,
4-TiO₂/H-Mont

2.7배 더 크다는것을 알수 있다.

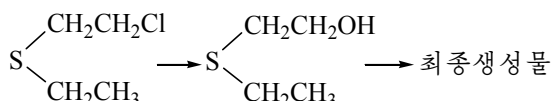
물의 존재가 CEES의 빛분해에 미치는 영향을 검토하기 위하여 우와 같은 시료에 10mL의 물을 첨가하고 10°C에서 분해특성을 검토하였다. 2개의 실험조를 준비하고 한조는 로출조건에서, 다른 조는 암실조건에서 10h동안 분해시킨 결과는 표 2와 같다.

표 2에서 보는바와 같이 물이 존재하면 CEES의 분해률이 높아지는데 이것은 CEES가 물작용분해되기때문이다. 특히 태양빛을 쏘이는 경우 빛분해률이 더 높은것은 빛촉매적작용의 결과이다.

CEES빛분해반응의 결보기활성화에에너지 CEES는 빛촉매의 작용하에서 2-히드록시에틸에틸설파이드(HEES)와 같은 중간생성물을 거쳐 분해된다.

표 2. 물존재하에서 CEES의 빛분해특성

측대시료	분해률/%	
	암실조건	로출조건
공백	25.0	25.0
H-Mont	50.1	52.2
TiO ₂	40.3	62.1
TiO ₂ /H-Mont	64.7	89.8



TiO₂빛촉매에 빛을 쏘이면 전자와 구멍쌍이 생겨나는데 이때 구멍은 빛촉매표면에 흡착된 물과 작용하여 OH라디칼을 생성한다. 이 히드록시라디칼이 CEES에 작용하여 HEES가 생겨나고 그것이 계속 분해되어 무독성물질로 넘어간다.

PM3법으로 계산한 CEES의 2번 탄소원자에 OH라디칼이 공격하는 모형은 그림 2와 같다.

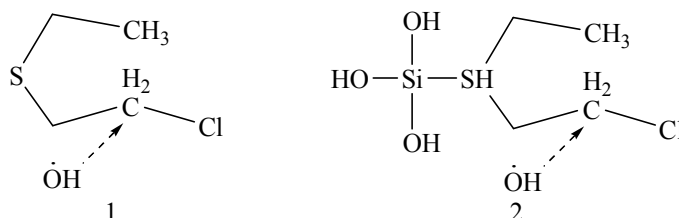


그림 2. CEES의 촉매적분해반응에 대한 계산모형

1-H-Mont가 없는 경우, 2-H-Mont가 있는 경우

OH라디칼과 H₂O분자가 공격하는 경우 CEES의 촉매적분해반응의 결보기활성화에에너지값을 비교하면 표 3과 같다.

표 3. CEES의 촉매적분해반응의 결보기활성화에에너지(kJ/mol)

반응모형	OH라디칼	H ₂ O
1	129.1	176.5
2	75.6	108.0
ΔE	53.5	68.5

표 3에서 보는바와 같이 OH라디칼이 공격하는 경우 반응의 결보기활성화에에너지값은 H₂O분자의 경우보다 낮다. 즉 OH라디칼이 H₂O보다 높은 활성을 가진다. 한편 OH라디칼과 H₂O가 공격할 때 CEES가 H-Mont에 흡착되면 반응이 훨씬 쉬워진다. 이 경우에도 OH라디칼이 공격할 때 반응이 보다 쉽게 일어난다.

맺는 말

TiO₂/H-Mont촉매는 2-클로로에틸에틸설파이드(CEES)의 분해에 대하여 좋은 빛촉매활성을 가지며 H-Mont의 CEES에 대한 흡착은 CEES의 빛분해률을 더 높인다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 56, 2, 112, 주체99(2010).
- [2] Zhenshi Sun; J. Photobiology, A 149, 169, 2002.
- [3] Cheng Wang; Applied Surface Science, 10, 6, 2012.
- [4] Muhammad Zubair Ghorie et al.; Solar Energy Materials and Solar Cells, 178, 170, 2018.

주체109(2020)년 4월 5일 원고접수

Photo Degradation Characteristics of Toxic Organic Substance by TiO₂/H-Mont

Ju Hye Ryon, Sin Kye Ryong

TiO₂/H-Mont has a good photocatalytic activity for degradation of 2-chloro-ethylethylsulphide(CEES) and the adsorption of CEES on the H-Mont enhances the photo degradation rate of CEES by TiO₂.

Keywords: TiO₂, montmorillonite, photocatalyst, organic substance