

PA16) Control of Low-level Malodorous Reduced Sulfur Compound with Visible-light Irradiation

신명희*, 김종태¹, 장종대, 김모근², 권기동³, 이현철⁴, 조완근
경북대학교 환경공학과, ¹대구경북과학기술연구원,
²경상북도 보건환경연구원, ³(주)이화환경, ⁴지구환경측정(주)

1. 서 론

황계열 악취물질의 경우 아주 낮은 농도(ppb)로 존재하더라도 높은 휘발성과 낮은 역치값(threshold value)을 가지므로 대표적인 악취물질로 적용되고 있다. 주요 발생원으로 하수, 분뇨, 축산 폐수 처리장 및 생선처리공장, 화학공장, 피혁공장, 음식물쓰레기 퇴비화공정 등의 시설에서 배출되어 지고 있다. 특히 황화합물 중에서도 Dimethyl sulfide(DMS)는 최소감지농도가 낮고 배출량이 많아 우리나라에서 지정악취물질로 규정되어 있다. 허용기준치는 공업지역내 사업장 부지경계선에서 0.05ppm, 기타지역에서 0.01ppm 이하로 규정되어 있다.

이러한 악취물질을 제어하는 방법 중 광촉매법은 수명이 길고 높은 제거효율을 가지고 있다. 여러 가지 광촉매들 중에 이산화티타늄(TiO_2)광촉매가 가장 널리 사용되고 있으나 TiO_2 광촉매는 그 자체가 갖는 띠틈(band-gap) 에너지 때문에 에너지를 갖는 빛의 파장영역이 385nm 부근인데, 이는 TiO_2 가 활성을 나타내기 위해 사용할 수 있는 광선이 자외선영역에 한정됨을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 가시광선에서 활성을 나타내는 광촉매를 제조하여, 실내 대기오염 수준의 조건에서 농도 및 상대습도에 따른 광촉매 제거효율을 알아보고자 한다.

2. 재료 및 실험 방법

가시광선에서 활성을 나타내는 촉매를 제조하기 위해서 Ohno 그룹의 방법을 이용하여 S-doped TiO_2 광촉매를 제조하였다. Dimethyl sulfide(DMS) 광촉매 분해를 알아보기 위하여 광촉매 반응기의 운전 인자들 중에 상대습도, 농도, 수리학적 직경, 유량은 Table 1에 나타난 대표값으로 하여 실험하였다. 농도에 의한 영향을 평가하기 위해 100, 500, 10000, 20000 $\mu g/m^3$ 에서 실험을 하였고, 습도에 의한 영향을 평가하기 위해 10~20%, 40~60%, 80~90%의 습도범위에서 실험을 진행하였다.

램프를 켜지 않은 상태에서 Dimethyl sulfide(DMS)의 유입농도와 유출농도가 같아질 때 gas-solid 흡착평형이 이루어 졌다고 본다. 본 실험에서는 반응기 유출부에서 30분 후의 시료를 채취 분석한 결과 TiO_2 촉매 표면으로의 흡착평형이 이루어진 것으로 확인되었다. 하지만 여러 가지 조건들이 더욱 안정화 되도록 하기 위하여 4시간까지 반응기에

연구대상 오염물질을 흘려보내 주었다.

Table 1. Representative operating parameters.

Parameter	Representative value
Relative Humidity, %	40-60
Contaminant concentration, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	100
Hydraulic Diameter, cm	2.0
Length of reactor, cm	26.5
Flow rate, L/min	0.5
Light sources	8W-fluorescent Lamp

3. 결과 및 고찰

3.1. 농도의 의한 광촉매 분해

Fig. 1은 농도에 따른 제거효율을 나타내었다. 100, 500, 10000 및 20000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도 조건에서 초기의 분해효율은 모두 95%이상으로 높으나, 10000, 20000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 경우 램프를 켜 이후 30min부터 DMS의 농도가 증가함에 따라 분해효율이 감소하는 경향이 나타났다. 이는 DMS의 광촉매 산화에 의한 부산물의 흡착과 연관이 있다. 촉매 표면에 축적된 부산물들이 촉매 활성 site를 점유하게 되고 그로 인해서 Dimethyl sulfide(DMS)의 흡착 site가 감소된다. 그로 인하여 촉매 산화 시간이 지날수록 촉매의 활성이 떨어지게 된다.

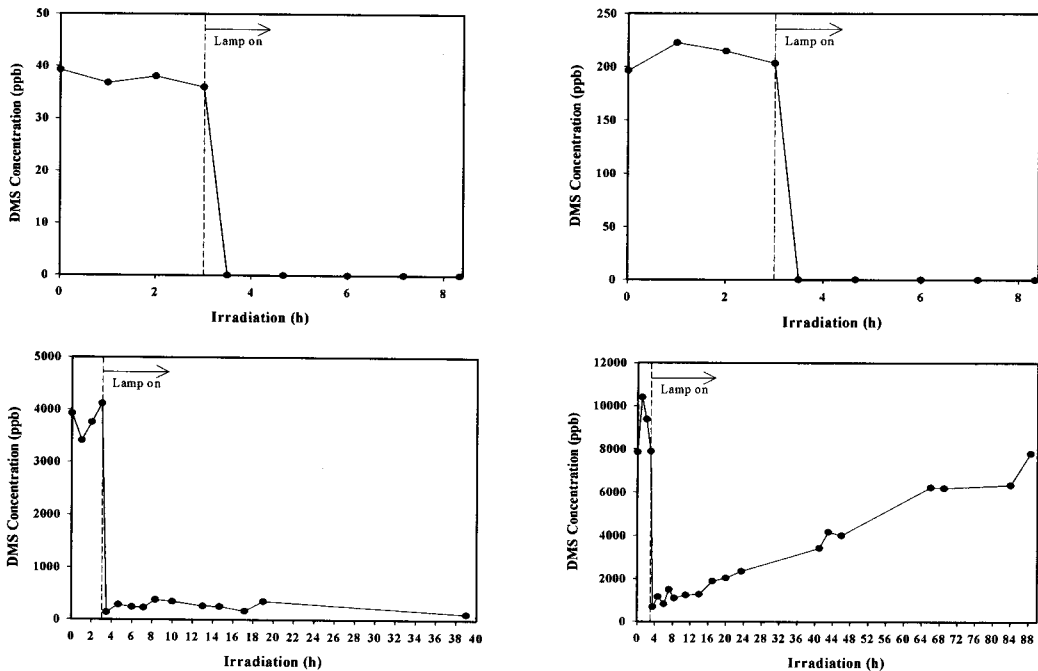


Fig. 1. Photocatalytic destruction of DMS at concentration 100, 500, 10000 and 20000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.2. 상대습도에 의한 광촉매 분해

Fig. 2은 상대습도에 따른 광촉매 분해 제거효율을 나타내었다. 10~20% 습도에서 효율이 낮게 나왔다. 그 이유는 상대 습도가 낮을 경우 OH·의 공급원인 물분자의 결핍이 생겨 Dimethyl sulfide(DMS) 제거효율을 떨어뜨리기 때문이다.

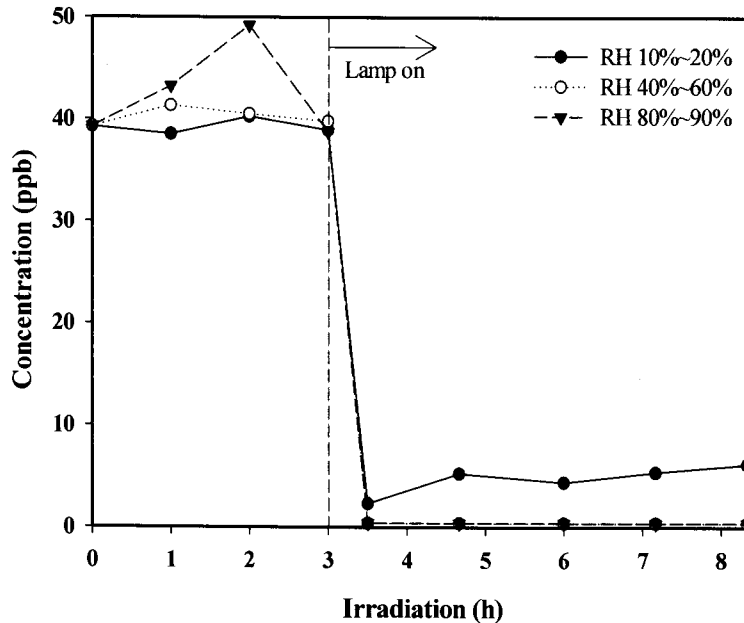


Fig. 2. Photocatalytic destruction of DMS on Relative humidity variation.

4. 요약

악취물질 중 특히 황계열 물질인 Dimethyl sulfide(DMS)을 가시광선 조사아래 실내환경조건에서 광촉매 제거효율을 평가하였다. 농도에 의한 영향에서 1000, 20000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 램프를 켜자마자 활성이 저하되는 것을 발견하였다. 이는 촉매 산화반응에 의한 부산물의 흡착 때문이다. 습도에 의한 영향평가에서 습도가 낮을 수록 제거율도 떨어졌다. 이는 유기물 산화를 일으키는 라디칼이 물분자에 의해 생성되기 때문에 낮은 습도에서 OH·의 공급원인 물분자의 결핍이 생겨 Dimethyl sulfide(DMS) 제거효율을 떨어뜨렸다.

참 고 문 헌

- Kristof Demeestere, Jo Dewulf, Bavo De Witte, Herman Van Langenhove, 2005, Titanium dioxide mediated heterogeneous photocatalytic degradation of gaseous dimethyl sulfide: Parameter study and reaction pathways, Applied Catalysis B: Environmental, 60, 1-2, 93-106.
- Nuria González-García, José A. Ayllón, Xavier Doménech, José Peral, 2004, TiO₂ deactivation during the gas-phase photocatalytic oxidation of dimethyl sulfide,

Applied Catalysis B: Environmental, 52, 1, 69-77.

C. Guillard, D. Baldassare, C. Duchamp, M.N. Ghazzal, S. Daniele, 2007, Photocatalytic degradation and mineralization of a malodorous compound (dimethyldisulfide) using a continuous flow reactor, Catalysis Today, 122, 1-2, 160-167.