

광촉매 시스템을 이용한 TiO₂ 코팅비드의 광분해 활성

박성애¹, 도영웅¹, 하진욱^{1*}

Photoactivity of TiO₂-coated Bead for Organic Contaminants in Photocatalytic System

Seong-Ae Park¹, Young-Woong Do¹ and Jin-Wook Ha^{1*}

요약 본 연구는 광촉매를 이용, 수용액내 유기오염물질 분해 성능을 비교하여 난분해성 오염물질을 분해하는 최적의 조건을 찾는 것으로 반응기 내부의 광원의 파장에 따른 세기와 광촉매 물질의 상태에 따라 고찰하였다. 그 결과, 500℃에서 3hr동안 소성한 실리카 비드가 가장 뛰어난 반응성을 나타냄을 알 수 있었다.

Abstract The purpose of this study is to compare degrading performance of organic contaminants in aqueous solution using photocatalyst and find an optimal condition for decomposing non-degradable matters. The parameters of this research is light intensity and state of photocatalytic material within reactor. The results showed that Type 3 (terms of plastic beads : 500℃, 3hr) has the greatest reactivity.

Key words : 자외선, 광촉매, 비드, 코팅, UV, Photocatalyst, beads, coating

1. 서론

발달된 산업기술로 인하여 국민 소득수준의 향상과 선진국가로의 발돋움이 있었지만 고도 산업사회에서의 처리 부산물로 인하여 우리의 생활에 악영향을 끼치는 어두운 면이 드러나게 되었다. 그 중 화학물질에 의한 오염의 심각성이 큰 사회문제로 대두되고 있다. 이러한 화학오염물질은 기존의 오염물질과는 달리 생화학적으로 분해가 어려운 난분해성 물질을 함유하고 있어서 이 문제를 해결하기 위한 새로운 처리방법이 필요하게 되었다.

본 연구에서는 광촉매 기술을 적용하여 각종 난분해성 물질에 대한 분해제거 가능성을 검토하고^[1], 여러 가지 형태의 TiO₂ 광촉매 코팅을 이용한 산화 반응을 비교 분석하여 분해제거를 위한 최적의 운전조건을 도출하고자 한다.

2. 실험

본 연구는 충남환경기술개발센터의 연구비 지원으로 수행되었음.

¹순천향대학교 에너지환경공학과

*교신저자: 하진욱(chejwha@sch.ac.kr)

본 연구에서는 UV 램프 A형과 C형을 사용하여 실험에 보다 적합한 광원을 채택하여 TiO₂ 졸로 코팅된 비드의 광분해 활성을 관찰하였다.

2.1 메틸렌블루 수용액 제조

메틸렌블루는 수용액에서 일어나는 산화환원반응을 측정하기 위한 척도로 많이 쓰이는 발색지시약으로 환원되어 푸른 색상이 열어지는 성질을 가지고 있다. 실험에 쓰일 투입 용액의 제조법은 아래와 같다.^[4]

표 1. 메틸렌블루 수용액 제조법

메틸렌블루 : 증류수 = 0.1g : 1000ml 비율로 제조

↓ (100ppm 메틸렌블루 용액 완성)

100ppm 메틸렌블루 : 증류수 = 3 : 7 의 비율로 희석

실험의 정확성을 위하여 채취된 용액을 육안으로 관찰하기 보다는 흡광도 기기를 이용하여 농도를 측정해서 분해 정도를 수치화함으로써 비교 관찰을 더욱 정확히 하고자 한다. 메틸렌블루의 측정 범위는 650nm이다.

2.2 광원의 세기 실험

실험에 앞서 광분해 장치 기기의 수평을 확인하고 램프의 전원을 차단시켰는지 확인 후에 실험에 임한다.

반응기에 100g의 TiO₂ 파우더를 투입하고, 분해 척도로 쓰일 메틸렌블루 수용액 1000ml를 반응기에 투입한다. 투입 후 덮개를 덮고 UV 램프를 켜다. 30분마다 용액을 채취하며 실험 종료 후, SIMAZU사의 UV-2450 UV-vis를 사용하여 흡광도를 측정한다. 측정 파장은 650nm이다. rpm 100으로 외부로부터 반응기로 유입된 용액이 육안으로 보기에 투명할 때 까지 계속 채취한다.

2.3 비드별 광분해 실험

총 5가지 코팅된 비드를 사용하는 실험으로 비드는 금속판보다 넓은 접촉면을 가지고 있으며, 파우더 형태의 P-25와 달리 청소와 회수가 유리한 장점이 있다. 비드의 형태는 구형을 하고 있으며, 외부 관으로의 유출을 막기 위해 정채된 실험을 하였다. 순환모터를 통하는 유입부와 유출부의 입구에 방수 장치를 설치한다.

알루미늄·유리·실리카 비드(화이트겔1·화이트겔2·화이트겔3) 다섯 가지의 비드를 동일한 실험 조건에서 비드의 교체만으로 유기물의 분해성능을 확인하여 고찰하였다.

분해 실험에 앞서 광분해 장치 기기의 수평을 확인하고 램프의 전원을 차단시켰는지 확인한 후에 실험에 임한다. 반응시스템을 확인한 후, 반응기에 100g의 비드를 투입하고, 분해 척도로 쓰일 메틸렌블루 수용액 1000ml를 반응기에 투입한다. 투입 후, 반응기의 덮개를 덮고 UV 램프를 켜다. 30분마다 반응기에서 용액을 채취하며 실험 종료 후, SIMAZU사의 UV-2450 UV-vis를 사용하여 흡광도를 측정한다. 측정 파장은 650nm이다. rpm 100으로 외부로부터 반응기로 유입된 용액이 육안으로 보기에 투명할 때까지 계속 채취한다.

2.4 비드의 비표면적 측정실험

가장 높은 효율을 보여준 실리카 비드의 코팅조건에 따른 비표면적을 BET를 이용하여 측정하였다. 코팅조건은 표 2와 같다.

표 2. 실리카 겔의 코팅조건

	N8/20	N8/25	N8/26
sample name	silica-gel	silica-gel	silica-gel
sample size(mm)	3.5	3.5	3.5
Temperature(°C)			
in bed	500	500	500
in bubbler	70	60	50

fluidizing gas(Ar)	2000	3200	3500
oxygen	500	300	25
with precursor	300	200	50
Deposition time(hr)	4	1	0.5

3. 결과 및 고찰

3.1 광원의 파장별 분해 효율 비교

광촉매의 빛의 세기에 변화를 주어 어떠한 영향을 주는지 고찰하였다. UV 램프 A형(352nm)과 C형(253.7nm)을 사용하여 분해 효율을 고찰하였다. 사용한 UV 램프는 각 파장별로 4W 램프 4개를 사용하였다.

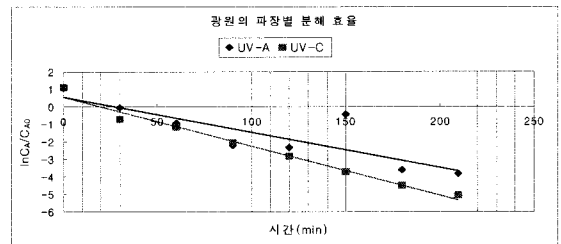


그림 5. 광원의 파장별 분해 효율

3.2 코팅 비드의 분해 효율 비교

한국 에너지 기술연구원에서 공급받은 TiO₂ 졸에서 일정 조건에서 소성한 지름 1mm의 원형 비드를 이용해 금속판에 비해 넓은 접촉면적을 통한 광분해 실험을 하였다. 비드의 양은 초기 30g에서 양을 늘려 100g까지 투입해본 결과, 100g 투입시 2시간이내에 분해가 완료되는 것으로 나타나 그를 기준으로 하여 DATA를 작성하였다.

아래 그림 2,3을 보면 알루미늄 비드와 유리 비드에서는 적절한 분해능이 나타나지 않았다. 처음의 투입 용액과 마지막에 채취한 용액의 차이는 육안으로 보아도 같은 색을 유지 하였으며, 농도의 측정에서도 차이가 없었다.

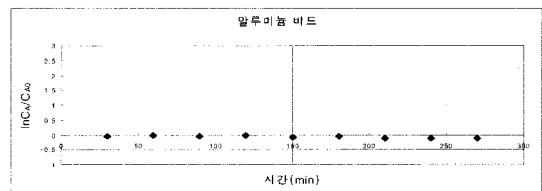


그림 2. 알루미늄 비드의 분해 효율

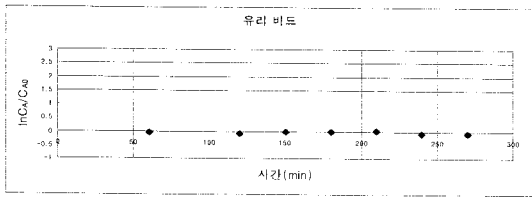


그림 3. 유리 비드의 분해 효율

그림 4에서 실리카 비드에서는 다른 비드들과 달리 빠른 분해능이 나타나 주 실험으로 확정하여, 비드에 TiO₂의 소성 조건을 달리 한 화이트겔 1형, 2형, 3형의 세 비드를 사용하여 분해 효율을 관찰하였다. 화이트겔 1형은 500℃ 동안 1hr, 2형은 400℃에서 3hr, 3형은 500℃에서 3hr에서 소성하였다. 실험을 통해서 TiO₂의 소성조건이 반응속도에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

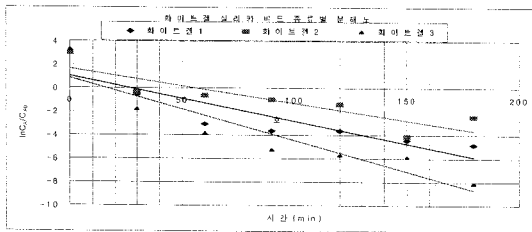


그림 4. 소성 조건에 따른 분해 효율 비교

3.3 BET분석

가장 높은 효율을 보여준 실리카 비드의 코팅조건에 따른 비표면적을 BET를 이용하여 측정하였다. 코팅조건과 비표면적과의 관계를 살펴보면 bubbler의 온도와 주입되는 산소의 양, 전구체의 양, 반응시간이 증가할수록 비표면적이 감소하는 것을 볼 수 있었다.

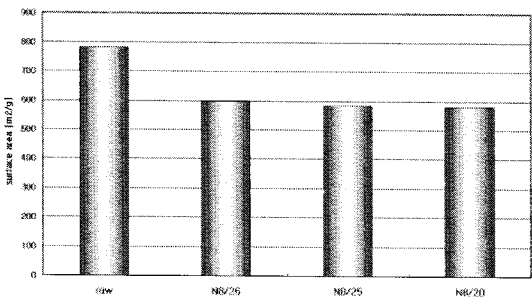


그림 5. 코팅 실리카겔의 비표면적

4. 결론

본 연구에서는 광촉매 TiO₂를 이용하여 수용액 내 유기오염물질을 분해 하는 최적의 조건을 찾는 실험을 하였다.

먼저 광원의 세기가 광촉매 반응에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는 실험 1에서는 파장대가 다른 UV 램프 A(352nm)형과 C(253.7nm)형을 사용하였다. 실험에서는 파장대가 낮은 UV 램프 C형이 반응에 더 효과적인 것으로 나타났다. 실험을 통하여 파장대와 에너지가 반비례 관계인 것도 재확인할 수 있었다. 실험 2에서는 직경 1mm의 구형 비드를 사용하여 실험하였으며, 이 비드는 금속판과 달리 넓은 접촉면을 가지고 있기에 실험에 효과적이라고 생각한다. 비드의 종류에는 유리 비드, 알루미늄 비드, 실리카 비드 화이트겔 1·2·3형을 사용하였다. 화이트겔 1형은 500℃에서 1hr, 2형은 400℃에서 3hr, 3형은 500℃에서 3hr동안 각각 소성하였다. 이 세 가지 비드 중 알루미늄 비드와 유리 비드는 반응성이 전혀 나타나지 않았다. 이중 실리카 비드에 코팅된 화이트겔 1·2·3형만이 반응성을 나타냈으며 실험 결과 500℃에서 3hr동안 소성한 3형이 가장 좋은 반응성을 나타내는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] 다계우찌고우지, 무라사와 사다오, 이부스키 다카시 [공], 김영도 옮김, 광촉매의 세계 : 환경 정화의 결정적인 수단. 대영사(2000).
- [2] 박기민, "TiO₂ 광촉매를 이용한 염색 폐수 처리에 관한 연구" 대한 환경공학회 2003 추계학술연구발표회 논문집 (2003.10.30).
- [3] 신인수, 최봉중, 이승욱 "UV/TiO₂ 광촉매반응에 의한 페놀의 분해 특성" Journal of Korean Society on Water Quality, Vol.20, No.5,pp.488-493(2004).

박 성 애(Seong-Ae Park)

[준회원]



- 2006년 2월 : 순천향대학교 환경공학과 (공학사)
- 2006년 ~ 현재 : 순천향대학교 화학·환경공학과 석사과정

<관심분야>

광촉매, 기능성 코팅, 대기·수질 정화

도 영 응(Young-Woong Do)

[준회원]



- 2006년 2월 : 순천향대학교 화학공학과 (공학사)
- 2006년 ~ 현재 : 순천향대학교 화학·환경공학과 석사과정

<관심분야>

광촉매, 기능성 코팅, 대기·수질 정화

하 진 욱(Jin-Wook Ha)

[정회원]



- 1986년 2월 : 연세대학교 화학공학과 (공학사)
- 1990년 8월 : (미)Univ. of Illinois 화학공학과(공학석사)
- 1993년 5월 : (미)Univ. of Illinois 화학공학과(공학박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 에너지환경공학과 교수

<관심분야>

광촉매, 기능성 코팅, 대기·수질 정화