한국환경과학회 봄 학술발표회지 제15권(제1호), 321~325, 2006
Proceedings of the Korean Environmental Sciences Society Conference, May, 19~20, 2006

PF3)

고정화 광촉매와 태양광을 이용한 안료의 광촉매 탈색

박영식*, 김동석[1]
대구대학교 보건과학부, [1]대구가톨릭대학교 환경과학과

1. 서 론

광촉매로 사용되는 TiO_2 분말은 광촉매 효율은 높지만 처리 후 광촉매를 회수하기 위해서는 고가의 장치가 필요하다(Venkatadri, et al., 1993). 최근 이를 해결하기 위하여 국내.외에서 많은 연구가 이루어지고 있는데, 외국의 경우 상업화가 이루어진 곳도 있지만 국내의 경우는 아직도 실험실 수준의 연구에 그치고 있는 실정이다(Dillert, et al., 1999; Park et al., 2006)

또한 광촉매를 이용하는 처리 시스템에서는 인공의 UV램프 사용에 따른 전력소비가 문제가 된다. 그러나 광촉매 공정에 무한한 청정에너지인 태양에너지의 이용이 적용 가능한 것으로 평가됨에 따라 미국, 유럽 및 일본 등에서는 지하수 정화, 상수도 정수처리 및 지표수의 독성 물질 처리에 적용하고 있다(조일형 등, 2001).

본 연구에서는 기존의 수처리 광촉매 시스템의 분말회수 및 전력 소비 문제를 해결하기 위하여 실리콘 실란트에 고정한 광촉매와 태양광을 이용할 경우 태양광을 효율적으로 이용할 수 있는 반사판 종류와 모양, 각도 등에 따른 성능을 비교하여 태양광 아래에서 효율적으로 고정화 광촉매를 사용하기 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 재료 및 실험 방법

실리콘 광촉매는 실리콘 실란트에 P-25 TiO_2를 중량비로 12.4% 혼합한 후 P-25 TiO_2가 뿌려져 있는 판에 놓고 상부에도 TiO_2를 뿌린 후 얇게 편 뒤 실온에서 48시간 건조시킨 후 작은 육면체로(길이: 1 - 2 mm, 넓이: 1 - 3mm, 두께: 1.5 - 2 mm) 잘라서 사용하였다. 실험에 사용한 반응기는 석영관으로 된 재질의 충전층 반응기(외경, 22 mm; 내경, 20 mm)로 반응기 부피는 0.22 L 이었다. 반응기 하부는 알루미늄 재질로 만든 여러가지 모양의 반사판을 설치하여 UV 광을 반사하도록 하였다. 폐수의 유량은 23 mL/min이었으며, 폐수로는 Rhodamine B (RhB)를 4.8 mg/L로 만들어 사용하였다.

RhB의 농도는 UV-VIS spectrophotometer(Genesis 5, Spectronic)를 사용하여 RhB의 최대 흡수파장인 554 nm를 측정하여 검량선을 사용하여 나타내었다. 반사판 표면의 광 세기는 254 nm의 센서를 장착한 자외선강도측정기(VLX-3W, Cole Parmer Instrument Co.)를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 반사판 형상과 광택정도에 따른 성능비교

태양광을 이용하는 광촉매 반응기의 경우 광촉매 반응에 이용되는 근자외선 영역의 태양광이 지표면에 도달되는 양이 적기 때문에 태양광을 효율적으로 이용하는 것이 중요하다. 알루미늄은 높은 자외선 반사력 때문에 태양광 반사판으로 사용된다. Herrmann 등(1998)은 300-400 nm에서 알루미늄은 $0.829 \leq R \leq 0.890$의 반사율을 나타낸다고 보고하였다. 폭이 18 cm인 알루미늄 판을 Fig. 1과 같은 모양으로 반사판을 제작하고 태양광을 반사시키기 위하여 알루미늄 호일을 부착시킨 후 실리콘에 고정한 고정화 광촉매가 충전된 석영관 반응기를 반사판 하부에서 2 cm 지점에 설치하여 태양광 하에서 반사판 종류에 따른 RhB 탈색을 고찰하여 Fig. 2에 나타내었다.

(a) round (b) polygon (c) W

Fig. 1. Type of the reflector.

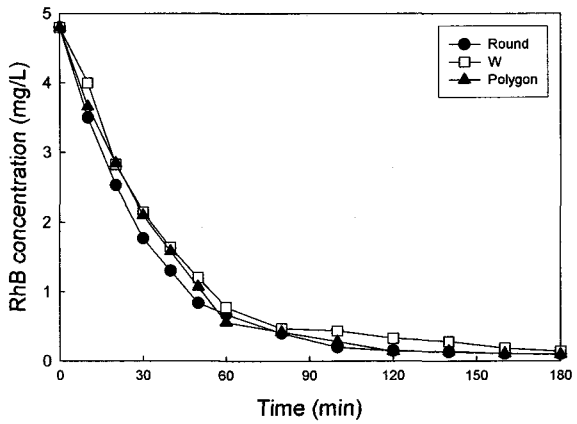

Fig. 2. Effect of reflector shape on the decolorization of RhB.

Fig. 2에서 보듯이 RhB 탈색은 원호(round) > 다각형(polygon) ≒ W형의 순서로 나타났다. 반응초기 30분간에 대한 초기 반응속도식을 1차식(first order kinetics)으로 나타낸 결과 원호 형은 0.0328 1/min, 다각형은 0.0272 1/min, W 형은 0.0262 1/min으로 나타났다. 이와 같은 결과는 같은 반응기와 광촉매를 사용하고 인공 UV광하에서 RhB 탈색실험한 결과와 유사하게 나타났다(박영식 등, 2005).

초기 반응속도가 가장 높은 원호 형을 기준으로 광택이 없는 알루미늄 반사판과 알루미늄 호일을 씌운 반사판 및 형광등의 반사판으로 사용되는 광택이 나는 알루미늄 반사판을 사용하여 반사판의 광택 즉, 반사율이 다른 반사판을 사용하여 RhB 농도 감소를 고찰하여 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3에서 보듯이 광택 알루미늄 반사판을 사용한 광촉매 반응기의 RhB 농도 감소가 가장 높았으며, 다음은 알루미늄 호일 반사판, 가장 낮은 것은 무광 알루미늄 반사판이었다. 각 반사판에 따른 초기 반응속도식을 1차식(first order kinetics)으로 나타낸 결과 광택 알루미늄 반사판은 0.0328 1/min, 알루미늄 호일은 0.0341 1/min, 무광 알루미늄 반사판은 0.03 1/min로 나타나 반사율 정도에 따른 차이는 적은 것으로 나타났다.

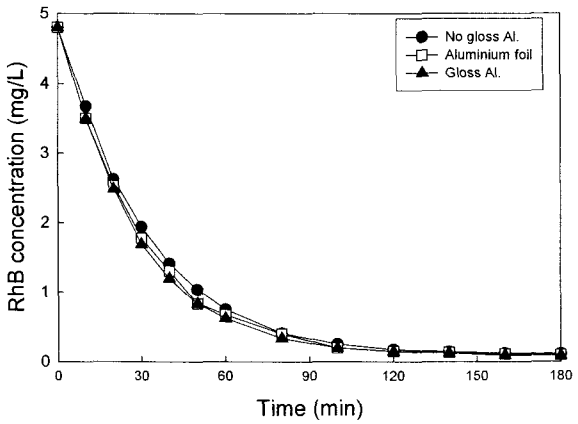

Fig. 3. Effect of surface polishing extent of reflector on the decolorization of RhB.

3.2. 반사판 크기에 따른 성능비교

반사판의 크기는 태양광을 반사에 큰 영향을 미칠 것으로 판단하여 반사판의 폭을 18-58 cm로 변화시켜 반사판 크기변화에 따른 RhB 탈색을 Fig. 4와 5에 나타내었다.

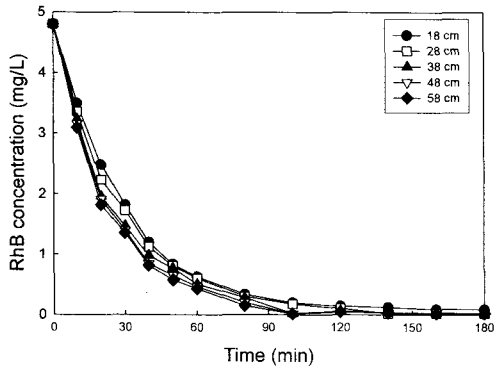

Fig. 4. Effect of reflector size on the decolorization of RhB.

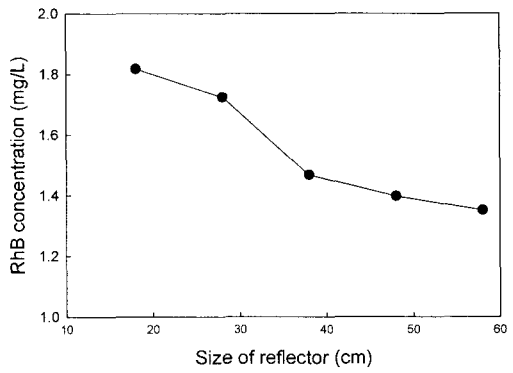

Fig. 5. Effect of reflector size on the decolorization of RhB(at 30 min).

Fig. 4와 5에서 보듯이 반사판의 크기가 커질수록 RhB 탈색율이 증가하는 경향을 나타내고 있다. 초기 반응속도 상수를 구한 결과 0.0325 1/min(18 cm), 0.0354 1/min(28 cm), 0.0410 1/min(38 cm), 0.0426 1/min(48 cm), 0.0442 1/min (58cm)로 나타났다.

Fig. 6에 반사판 표면에 반사되는 태양광 중에서 312 nm의 광세기를 나타내었다. 그림에서 보듯이 반사되는 광세기도 반사판의 크기에 따라 반사되는 광 세기가 증가하는 경향을 나타내었으며, 38 cm이상의 반사판에서의 광 세기 증가율은 감소되는 것으로 나타났다. 반사판의 크기가 48 cm이상에서는 바람의 영향을 많이 받고 설치 비용이 높고 설치 면적을 많이 차지하기 때문에 최적 반사판 크기는 38 cm 인 것으로 사료되었다.

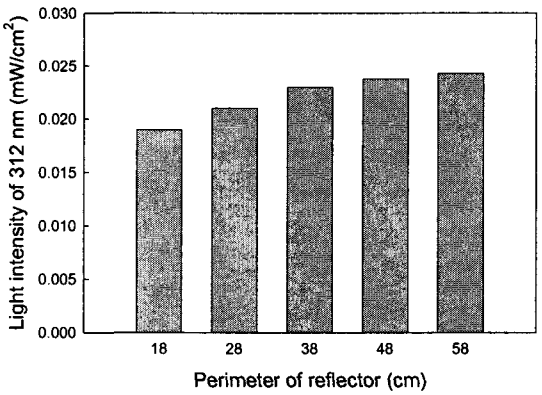

Fig. 6. Effect of reflector size on the light intensity at 312 nm.

4. 요 약

원호(round) > 다각형(polygon) ≒ W형의 순서로 나타났다. 초기 반응속도가 가장 높은 원호 형을 기준으로 반사율이 다른 반사판을 사용한 결과 반사율 정도에 따른 성능차이는 적은 것으로 나타났다. 반사판의 크기가 커질수록 반사되는 광세기와 RhB 탈색율이 증가하지만 38 cm이상의 반사판에서의 광 세기 증가율은 감소되는 것으로 나타났으며, 최적 반사판 크기는 38 cm 인 것으로 사료되었다.

참 고 문 헌

Venkatadri, R. and Peters, R. W., 1993, chemical oxidation technology: Ultra light/hydrogen peroxide, fentons reasent, an titanium dioxide-assisted photocatalysis, Haz. Waste & Haz. Mat., 10(2), 107-149.

Dillert, R., Cassano, A. E., Goslich, R. and Bahnemann, D., 1999, Large scale studies in solar catalytic wastewater treatment, Catalysis Today, 54, 267-282.

Park, Y. S. and Kim, D. S., 2006, Photocatalytic decolorization of rhodamine B by immobilized TiO2 onto silicone sealant, Chemical Engineering Journal, 116, 133-137.

조일형, 김현용, 성기석, 박경철, 이홍근, 2001, 태양광/TiO_2 시스템을 이용한 수중의 중금속-EDTA 제거에 관한 연구, 한국물환경학회지, 17(1), 35-46.

Herrmann, J. M., Disdier, J., Pichat, P., Malato, S. and Blanco, J., 1998, TiO_2-based solar photocatalytic detoxification of water containing organic pollutants,. Case studies

of 2,4-dichlorophenoxyaceticacid(2,4-D) and of benzofuran, Appl. Catal., B, 17, 15-23.

박영식, 김동석, 2005, 고정화 광촉매와 충전층 반응기를 이용한 안료의 광촉매 탈색, 한국환경과학회 추계학술발표회 논문집, 14(2), 444-447.