

TiO₂/UV 시스템을 이용한 reactive black 5 염료의 광분해에 관한 연구

장선정, 이종민, 김문선, 김병우
성균관대학교 화학공학과

A study on the photodegradation of a dye reactive-black 5 with the system of TiO₂/UV

Seon-Jung Jang, Jong-Min Lee, Moon-Sun Kim, and Byung-Woo Kim
Department of Chemical Engineering, Sungkyunkwan University

서론

각종 폐수의 유입으로 수질오염이 사회적 문제로 대두되면서 생물학적, 화학적 방법을 응용한 수질 청정연구가 진행되고 있으며 최근에는 광촉매의 높은 분해효과가 알려지면서 광촉매 시스템을 이용한 유기물 제거연구들이 활발하게 이루어지고 있다.(1) 특히 염색공장에서 배출되는 폐수에는 다양한 성분들이 용존되어 있고 조성도 지역적, 시기적으로 변화가 심하기 때문에 기존의 방법으로 폐수를 처리하는 데는 한계가 있다. 염색폐수에 용존되어 있는 난분해성 물질들은 장시간 체류하면서 인체에 직접적으로 유해를 주거나 중간생성물로 변화 또는 전달과정을 거쳐 그 독성을 유지, 강화하는 특징을 가지고 있다(2).

이러한 염색폐수의 난분해성 물질들을 효과적으로 제거하기 위한 방법으로 고도산화처리법(AOP)의 일종인 Fenton 공정을 이용한 시스템 연구에 많은 관심이 집중되고 있으며(3) 최근에는 분해효율을 개선하기 위해 Fe³⁺와 UV 광을 이용한 photo-Fenton 공정연구도 활발히 진행되고 있다(4). 특히 UV 광을 이용한 H₂O₂/Fe³⁺ 시스템은 유기물의 분해효과가 우수할 뿐 아니라(5), 저렴한 자연광을 이용할 수 있다는 경제적인 장점 때문에 더욱 주목을 받고 있다.

본 실험에서는 광촉매로서 유기물 광분해에 가장 널리 사용되고 있는 TiO₂ 미립자(6)와 photo-Fenton 공정을 이용하여 염색공정에서 많이 사용되고 있는 염료 중의 하나인 reactive black 5(Fig. 1)의 분해를 photoreactor에서 실시하였으며 조건별로 분해능을 비교했다.

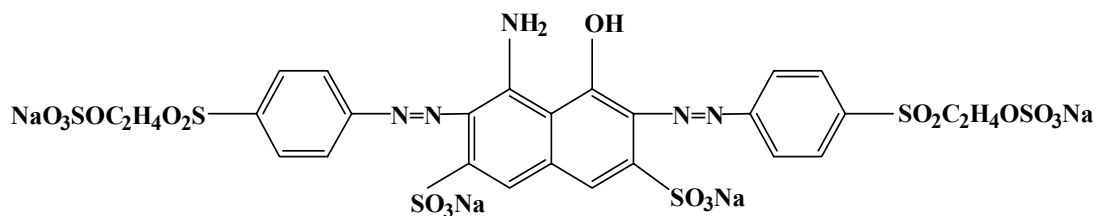
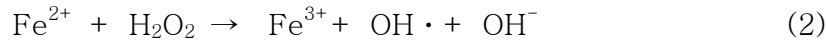
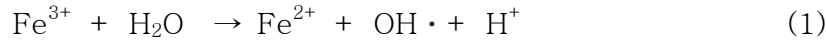


Fig. 1. Chemical structure of the reactive-black 5.

본론

Poto-Fenton 공정은 Fe^{3+} 과 물이 반응하여 Fe^{2+} 과 $\text{OH}\cdot$ radical을 생성하는 단계와 생성된 Fe^{2+} 이 과산화수소와 반응하여 Fe^{3+} 와 $\text{OH}\cdot$ radical을 생성하는 단계로 구분되며 생성된 $\text{OH}\cdot$ radical은 reactive black 5의 발색단인 아조기의 N=N의 결합을 끊고 최종적으로 인체에 무해한 CO_2 와 H_2O 로 분해시킨다. TiO_2 는 조사된 UV광에 의해 $\text{OH}\cdot$ radical 생성을 촉진시키는 역할을 한다(6).



실험에 사용된 photoreactor는 Fig. 2와 같이 아크릴로 되어 있으며 용량은 3.5 liter이고, UV lamp는 6 W 수은 램프(주파장: 254 nm)를 사용했다.

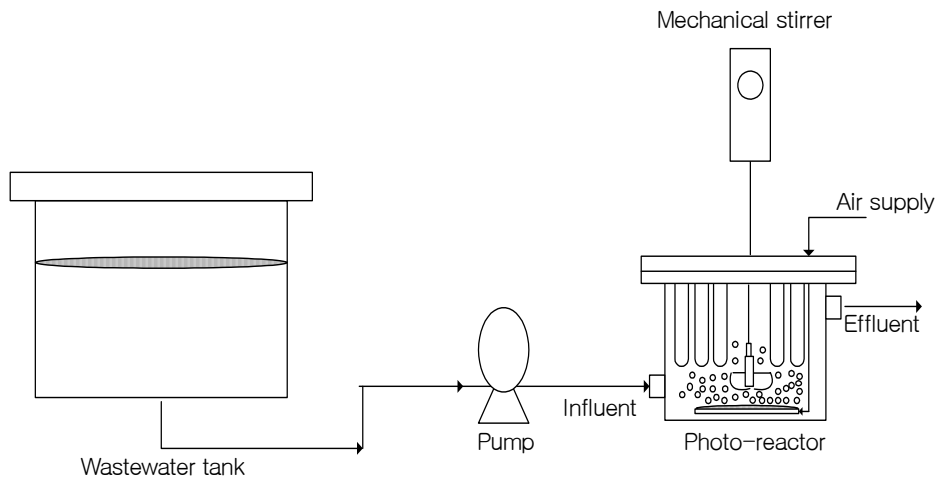


Fig. 2. Schematic diagram of a photoreactor.

Holding tank으로부터 연속적으로 공급되는 염료 폐수는 펌프에 의해 일정한 유압과 유량으로 반응기에 유입되도록 시스템이 설계되었으며 이 시스템을 이용하여 염료의 분해능 실험을 실시했다.

실험에 사용된 염료는 reactive black 5 (Aldrich Chem. Co., U.S.A)이며 Fe^{3+} 의 공급원으로 $\text{FeCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 를 사용했다. 광촉매로 사용된 TiO_2 는 평균입경이 21 ± 3 nm이고, BET 비표면적이 50 ± 15 m^2/g 인 P-25 (Degussa GmbH, Honau, Germany)를 사용했다.

결론

Fe^{2+} 와 H_2O_2 를 이용하는 Fenton 공정과 photo-Fenton 공정에서의 분해속도는 각각 2.30, 2.33 mg/L/min였으며, Fe^{2+} 대신 Fe^{3+} 를 사용하는 경우 2.67 mg/L/min로 증가하였고, TiO_2 를 첨가하는 경우 2.90 mg/L/min으로 분해능이 개선되었다(Fig. 3).

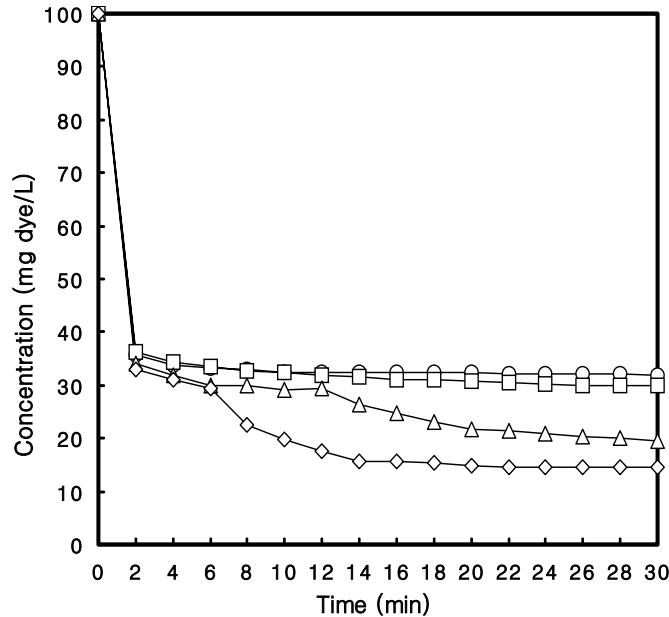


Fig. 3. Effect of Fe^{2+} , Fe^{3+} , UV radiation, and TiO_2 on degradation of a dye reactive-black 5. ○: both Fe^{2+} and H_2O_2 in the absence of the UV radiation, □: both Fe^{2+} and H_2O_2 in the presence of the UV radiation, △: both Fe^{3+} and H_2O_2 in the presence of the UV radiation, and ◇: both Fe^{2+} and H_2O_2 in the presence of the UV radiation and TiO_2 (both FeCl_3 and FeSO_4 : $2.5 \times 10^{-4}\text{M}$, H_2O_2 : 20 mg/L).

Fig. 4는 Fe^{2+} , H_2O_2 , 그리고 UV 광이 조사되는 조건에서 TiO_2 의 농도가 염료의 분해능에 미치는 영향을 비교한 것이다. Fe^{2+} 와 H_2O_2 의 Fenton 공정에서 분해속도는 2.67 mg/L/min이었으며 TiO_2 의 농도가 80 mg/L에까지 증가함에 따라 분해능의 개선 효과가 관찰되었으며 100 mg TiO_2 /L에서는 분해속도가 2.90 mg/L/min로 기존 Fenton 공정에 비해 8.6 %의 분해능 개선효과가 있었다.

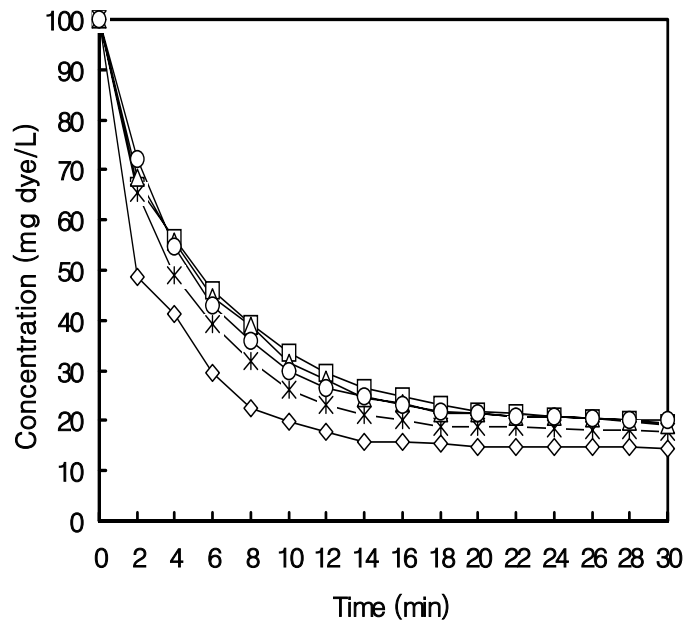


Fig. 4. Effect of TiO_2 concentration on degradation of a dye reactive-black 5 in the presence of the UV radiation.
 □: none, ∗: 30 mg TiO_2/L , ◇: 50 mg TiO_2/L , △: 80 mg TiO_2/L , and ○: 100 mg TiO_2/L (FeCl_3 : $2.5 \times 10^{-4}\text{M}$, H_2O_2 : 20 mg/L).

참고문헌

- Hoffmann, M. R., Martin, S. T., Choi, W., and Bahnemann D. W., *Chem. Rev.*, **95**, 69 (1995).
- Prevot, A. B., Baiocchi, C., Brussino, M. C., Pramauro, E., Savarino, P. Augugliaro, V., Marci, G., and Palmisano, L., *Environ. Sci. Technol.*, **35**, 971 (2001).
- Badara, J., Morrison, C., Kiwi, J., Pulgarin, C., and Peringer, P., *J. Photochem. Photobiol.*, **A 99**, 57 (1996).
- Contreras, S., Rodriguez, M., Chamarro, E., and Esplugas, S., *J. Photochem. Photobiol.*, **A 142**, 79 (2001).
- Fernandez, J., Badara, J., Lopez, A., Buffat, P., and Kiwi, J., *Langmuir*, **15**, 185 (1999).
- Fallmann, H., Krutzler, T., Bauer, R., Malato, S., and Blanco, J., *Catal. Today*, **54**, 309 (1999).