

## UV/TiO<sub>2</sub>에 의한 수용성 염료의 분해에 관한 연구

정 갑 섭

동명대학 공업화학과

(2003년 1월 11일 접수; 2003년 3월 19일 채택)

### A Study on the Decomposition of Water Soluble Dyes by UV/TiO<sub>2</sub>

Kap-Seop Jeong

Dept. of Ind. Chem., Tongmyong College, Busan 608-740, Korea

(Manuscript received 11 January, 2003; accepted 19 March, 2003)

The characteristics of photocatalytic decomposition of dye waste water by titanium dioxide was studied in a batch reactor under constant strength of ultra-violet ray. The decomposition rate of methyl orange by TiO<sub>2</sub> was pseudo-first order, anatase type TiO<sub>2</sub> was more effective than rutile type below the dosage of 5g. The decomposition rate was increased with decreasing initial pH, increasing reaction temperature and oxidant concentration. The decomposition rate of water soluble dyes was decreased in order of rhodamine B>eosin Y>methyl orange.

Key Words : UV, TiO<sub>2</sub>, Photocatalyst, Dye

#### 1. 서 론

다양한 종류의 오염물질의 배출과 새로운 오염원의 지속적인 발생 등으로 인해 환경오염 문제는 갈수록 심각해지는 추세에 있어 이들 오염물질을 제거하기 위한 여러 가지 방법들이 개발되고 있다. 현재 폐수중의 오염물질의 제거방법으로 널리 사용되는 방법으로는 활성탄 등을 이용한 흡착제거, 화학적 산화처리 및 미생물을 이용한 생물학적 처리 등의 여러 방법이 있으나 흡착물질을 완전히 제거하기 위해서는 부가적인 2차 처리가 필요하거나 처리속도가 늦다는 점, 또는 처리조건을 유지하기 어렵다는 등 까다로운 문제점으로 인해 기존의 수처리 방법을 개선하거나 대체할 수 있는 새로운 수처리 기술의 도입이 활발히 전개되고 있다.

그 중 최근 주목받고 있는 방법으로서 고도산화 공정(Advanced Oxidation Process, AOP)인 광촉매에 의한 수처리법<sup>1-5)</sup>은 수 중에서 오염물질을 직접 분해하는 대표적인 청정환경기술로서 광촉매가 인체에 유해하지 않고, 탁월한 살균 및 독소제거 능력

이 있으며, 태양광 등의 자외선을 이용함으로써 에너지 소비의 감소가 가능하고, 지속적인 내구성을 유지할 수 있어 많은 연구 및 실공정 적용이 시도되고 있다.

이러한 광촉매에 의한 분해공정에서는 사용 광촉매의 종류와 형태 및 투입량, 조사광의 파장과 조사광량, 분해대상 물질의 종류와 농도, 용존산소나 과산화물 등의 전자 수용체 유무, 처리수의 pH나 처리시간 등 여러 인자들에 의해 분해효율이 지배를 받으므로<sup>1-4)</sup>, 최적의 처리를 위해서는 이들의 적절한 선정과 조합에 따른 효과적인 공정합성이 요구된다. 현재까지 알려져 있는 광촉매 물질로는 나노기술의 결정체로서 가장 활발하게 응용되고 있는 TiO<sub>2</sub>를 비롯하여 ZnO, WO<sub>3</sub>, SnO<sub>2</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CeO<sub>2</sub> 등의 금속 산화물이나 CdS, ZnS, CdSe 등 금속 황화물 등이 잘 알려져 있고<sup>6,7)</sup>, 이 중 TiO<sub>2</sub>는 광전도 수율이 높고, 편리한 이용성, 낮은 독성과 저렴한 가격 등으로 인해 수처리에 응용되어 고도의 광화학 공정기술에 가장 많이 이용되고 있으며<sup>8)</sup>, 결정구조에 따라 anatase, rutile 및 brookite 등 세 가지 형태로 구분되나 anatase형 촉매가 광화학적 활성이 가장 높은 것으로 알려져<sup>9)</sup>, 이를 이용한 많은 수처

Corresponding Author : Kap-Seop Jeong, Dept. of Ind. Chem., Tongmyong College, Busan 608-740, Korea  
Phone : +82-51-620-3424  
E-mail : ks0903@yongma.tmc.ac.kr

리 관련 연구 결과가 보고되고 있다<sup>10~16)</sup>.

섬유의 염색공정에는 염료의 사용이 필수적이지만 이와 동시에 공정폐수 중에 오염성분으로 배출되어 수질오염 및 연안오염을 가중시키고 있으므로 염색공정 폐수 중 염료의 분해제거가 필요하다. 그러나 이러한 염료의 분해에 관한 연구보고<sup>10,11)</sup>는 그다지 많지 않아 효과적인 분해제거를 위한 공학적 자료가 상당히 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 수용성 염료폐수의 효과적 처리에 대한 기초 자료를 제시하고자 수 중의 수용성 염료를 분해 대상물로 선택하고 광촉매로서 TiO<sub>2</sub>를 사용하여, 일정 세기의 UV 조사하에서 염료에 대한 TiO<sub>2</sub>의 광촉매 분해능, 염료의 초기농도에 따른 분해도, 용액의 pH와 온도에 따른 분해도 및 산화제의 영향 등 광촉매 분해특성을 실험적으로 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

AOP 공정에서 유기화합물 분해 촉매로서 가장 많이 연구되고 있는 TiO<sub>2</sub> 광촉매의 적용형태는 분말을 현탁액 상태로 하여 오염물에 투입하거나 TiO<sub>2</sub> sol을 반응기면에 박막으로 도포하여 사용하는 방식, 회전판에 TiO<sub>2</sub>를 코팅하여 회전중에 분해하는 방법 및 유동화 담체에 TiO<sub>2</sub>를 고정화하는 방법 등 다양한 방식이 적용되고 있다[5]. 본 연구에서는 광촉매로서 분말형태의 TiO<sub>2</sub>를 염료 수용액에 그대로 투입하여 분해실험하였고, 실험에 사용한 시약, 장치 및 분석방법은 다음과 같다.

### 2.1. 시약

본 실험에 사용한 분해대상 물질로는 수용성 염료로서 아조계 화합물인 methyl orange(MO로 약칭, Daejung, GR)를 주된 염료로 사용하였고, 다른 염료와 분해정도를 비교하기 위해 필요에 따라 에스테르 구조를 가진 염료화합물로서 eosin Y(EY로 약칭, Junsei, EP) 및 Rhodamine B(RB로 약칭, ICN, GR)를 또한 사용하였다.

주된 광촉매로는 anatase형 titanium dioxide (Junsei, EP, TiO<sub>2</sub>(a)로 표기)를 사용하였으나, 필요시 rutile형 titanium dioxide(Junsei, GR, TiO<sub>2</sub>(r)로 표기)를 혼합사용하여 촉매능을 비교하였다. 광촉매의 효율증진 방안으로 첨가한 산화제로는 ammonium persulfate(Daejung, EP)를 사용하였고, pH 조정용 시약은 질산(Daejung, EP) 수용액과 암모니아수(Daejung, EP)를 사용하여 실험하였다. 각 시약은 이화학 실험용 시약을 별도의 정제없이 그대로 사용하였다.

### 2.2. 실험장치 및 방법

광분해 실험장치로는 Fig. 1과 같이 직경 110mm,

높이 150mm크기의 유리로 된 원통형 반응기를 제작하여 자석식 가열교반기로 교반하며 실험장치로 사용하였다. UV광원은 전체길이가 120mm, 극간 거리가 80mm이고 직경이 20mm인 Philips사의 UV-C형 침지형 lamp로서 주파장이 254nm이고, 출력이 4W인 2중 석영관으로 된 것이며, 일정 출력을 유지시키기 위하여 안정기를 장착하여 사용하였다. 실험장치는 조사되는 자외선 이외의 태양광의 유입이나 내부 자외선의 외부로의 유출을 방지하기 위하여 스티로폼으로 제작된 chamber내에 설치하여 전 실험에 대하여 동일한 조건에서 일정한 광량이 유지되도록 하였다.

실험은 반응기 내에 일정 농도로 조제된 염료용액 1ℓ와 일정량의 광촉매 분말을 주입한 다음 UV광원을 장치하고, 각각의 run에 따른 실험조건을 유지시킨 채 자석식 교반기로 교반하에 UV 조사와 동시에 시간에 따른 염료농도의 변화를 측정함으로써 분해실험을 하였다. 반응 중 램프에 의해 발생하는 열을 제거하여 일정 온도를 유지하기 위하여 아크릴로 자켓을 제작·부착하여 항온수를 순환시키며 실험하였다.

염료의 실험농도 범위는  $1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-4}$  mol/ℓ의 농도, 광촉매의 사용량은 0.1~5g의 범위에서 실험하였으며, 산화제인 ammonium persulfate의 첨가 범위는 사용 염료농도의 등몰비에서 50배의 몰농도 범위에서 실험하였다. 염료의 분해에 대한 pH영향을 검토한 이외의 경우에는 분해 대상 염료용액의 pH를 별도로 조정하지는 않고 실험하였으며, 분해 온도에 따른 염료 분해도를 검토한 이외에는 반응

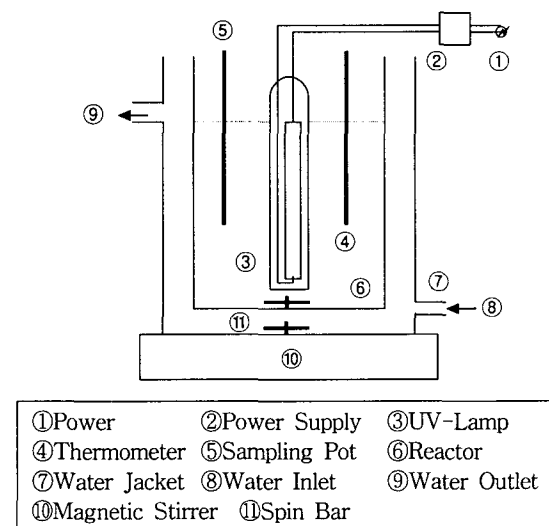


Fig. 1. Experimental apparatus for photocatalytic decomposition of dyes.

온도를 30°C로 일정하게 유지시켜 실험하였다.

2.3. 농도분석

일정세기의 UV 조사하에 염료용액과 광촉매로 된 현탁액 시료를 반응기 중앙의 위치에서 일정 시간간격으로 5ml를 채취하고, 광촉매 미립자의 분산에 따른 흡광도 간섭을 배제하기 위해 원심분리기(조광, JK-CK-01)를 사용하여 2500rpm으로 60분간 원심분리한 후 상등액을 취한 다음 자외선/가시선 분광기(Jasco, V-570)를 사용하여 염료중량 검정선을 작성한 후 이를 이용하여 염료의 농도를 측정하였다.

MO, EY 및 RB 등의 농도측정 파장은 각 염료용액의 최대 흡수도를 가지는 파장인 464, 518 및 554 nm에서 작성된 검량선으로부터 각각 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. TiO<sub>2</sub>의 MO분해 촉매능

일반적으로 자외선을 이용한 분해반응에 사용되는 광촉매는 처리대상 물질의 산화/환원력, 유독성, 생물학적/화학적 활성 및 광부식 여부 등의 조건을 비교하여 선정하며<sup>4)</sup>, 많은 연구결과 대부분의 경우 TiO<sub>2</sub>를 주로 사용하고, 적용방식도 앞서 기술한 바와 같이 분말로 하거나 고정화하는 등의 다양한 형태로 사용하고 있다.

본 연구에서는 TiO<sub>2</sub>를 고정화하지 않고 제조사로부터 공급된 분말상태를 분해대상 염료 수용액에 그대로 투입하여 현탁액의 형태로 실험하였다.

먼저 대상 염료물질인 MO를 기준하여 TiO<sub>2</sub>의 광촉매로서의 성능을 확인하기 위하여 MO의 분해도를 측정된 결과 시간에 따른 염료의 초기농도 대비 잔류 농도비는 Fig. 2와 같이 나타났다.

그림과 같이 3.4×10<sup>-5</sup>mol/l(약 11ppm)농도의 MO수용액을 별도의 pH조정 없이 반응온도 30°C로

유지하고, anatase형 TiO<sub>2</sub> 촉매분말을 0.1~5g 범위에서 투입하여 집측 분해한 결과, 반응초기 약 10분 동안에는 그다지 농도변화가 크지 않았으나 반응이 진행될수록 분해반응에 따른 잔류 농도가 감소하여 MO에 대한 TiO<sub>2</sub>의 분해촉매능이 있음을 알 수 있었다.

Fig. 2에서 TiO<sub>2</sub>의 투입량에 따른 분해도를 비교하면 반응초기에는 분해의 정도가 크지 않지만 투입량이 증가할수록 분해도가 증가함을 알 수 있다.

이러한 결과는 송 등<sup>10)</sup>의 분해양상과 동일한 것으로 나타났다. 그러나 본 실험조건하에서는 MO의 초기농도의 약 50%를 분해하는 데에 필요한 시간이 약 80부 정도로 다소 긴 것으로 나타났다.

3.2. TiO<sub>2</sub>의 결정형태별 분해촉매능

TiO<sub>2</sub>의 세 가지 결정형태 anatase, rutile 및 brookite 중 광촉매로서 많이 사용되는 것은 앞의 두 형태이며, 이 중에서도 anatase형 TiO<sub>2</sub>촉매가 광화학적 활성이 높아 활용성이 큰 것으로 알려져 있다. 본 연구에서 MO의 분해에 대한 TiO<sub>2</sub>의 결정형태에 따른 분해촉매능을 비교하기 위하여 anatase형과 rutile형을 단독 또는 혼합사용하여 분해실험하고 그 결과를 Fig. 3에 도시하였다.

먼저 TiO<sub>2</sub>를 결정형태별로 단독으로 실험하여 도시한 MO분해도를 비교해 보면 형태에 관계없이 두 경우 모두 반응시간에 따라 MO잔류농도가 감소하므로 MO의 광분해 촉매로서의 성능을 가짐을 알 수 있고, 또한 rutile형의 경우에도 anatase형과 같이 투입량의 증가에 따라 분해도의 증가양상을 보이고 있다.

또 형태별 분해도를 서로 비교해 보면 동일한 조건에서는 투입량의 많고 적음에 관계없이 anatase형에 의한 분해도가 rutile형에 의한 분해도보다 더 큰 것으로 나타났다. 즉 TiO<sub>2</sub>의 첨가량을 각각 2g으로

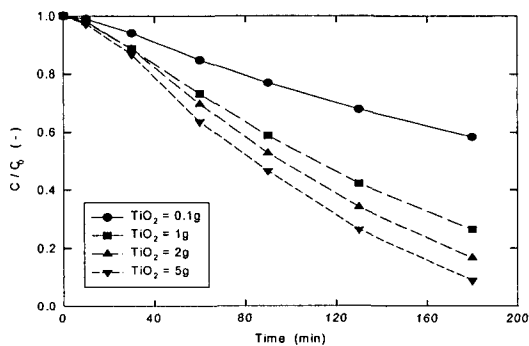


Fig. 2. Concentration change of MO with TiO<sub>2</sub>(a) contents([MO]<sub>0</sub>=3.4×10<sup>-5</sup>mol/l, T=30°C).

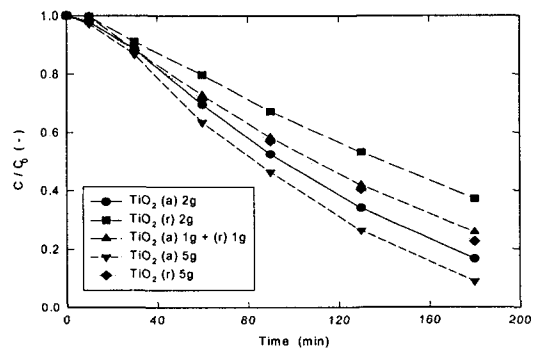


Fig. 3. Concentration change of MO with type of TiO<sub>2</sub>([MO]<sub>0</sub>=3.4×10<sup>-5</sup>mol/l, T=30°C).

동일하게 하고 반응 후 60분에서의 분해도를 비교하면 rutile형을 사용한 경우에는 20%의 MO분해도를 보였으나 anatase형의 경우는 30%정도로서 훨씬 높음을 알 수 있고, 반응 시간의 증가에 따라 분해도 차이는 점차 더 증가하는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 rutile형 결정구조가 anatase형 구조보다 훨씬 조밀한 배열로서 광화학적 안정성이 커서, 광원에 의해 여기되는 전자의 수와 여기정도가 작고, 생성된 전자와 양공의 재결합 속도가 빨라 상대적으로 촉매활성이 낮기 때문이라는 결과<sup>8,9,11)</sup>와도 일치하고 있다.

한편 anatase형과 rutile형 TiO<sub>2</sub>를 같은 질량비로 혼합·투입하여 분해실험하고, 그 결과를 동일한 질량의 각 형태별 단독사용 경우와 비교한 결과 혼합사용한 경우의 분해도는 rutile형을 단독사용한 경우보다는 높았으나 anatase형을 단독 사용한 경우보다는 낮은 분해도를 보였다. 따라서 이후의 실험에서는 모두 anatase형태의 TiO<sub>2</sub>를 사용하여 실험하였다.

### 3.3. MO 초기농도에 따른 분해도

Fig. 4는 TiO<sub>2</sub>를 2g으로 일정하게 고정하여 투입하고 분해대상 물질인 MO의 초기농도를 달리하여 분해실험한 결과를 도시한 것이다. MO농도가  $1.1 \times 10^{-5}$  mol/l (약 4ppm)로서 농도가 낮고 TiO<sub>2</sub>를 이의 500배 정도의 농도비로 투입하였을 경우 분해시간 10분 정도에서 약 10%의 분해율을 보였으며, 60분 정도에서 55%를, 그리고 120분의 반응후에는 약 90%정도의 분해율을 보였다.

그러나 TiO<sub>2</sub> 촉매량과 자외선 조사조건은 일정하나 MO농도가  $3.2 \times 10^{-5}$  mol/l로서 분해물에 대한 촉매의 몰농도비가 약 170배로 앞서의 경우에 비해 상대적으로 감소한 경우 10분과 60분에서 각각 5%와 27%로 훨씬 낮은 분해율을 보이고 있다.

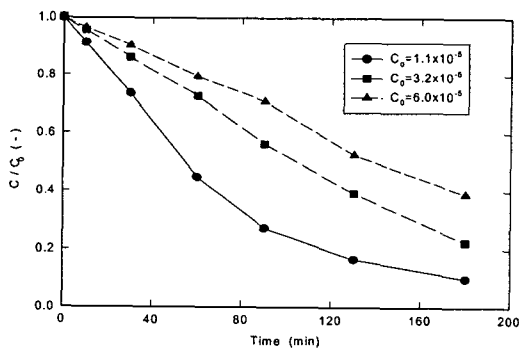


Fig. 4. Decomposition rate of MO with initial concentrations at constant contents of TiO<sub>2</sub>=2g(T=30°C).

MO의 농도가 낮은 경우 초기 반응속도가 증가하여 MO의 분해속도가 크고 분해효율도 높으나 농도가 증가할수록 감소하였다. 이것은 동일한 광량과 촉매량에 대해 분해부하가 증가함으로써 분해 소요시간이 증가하기 때문으로 생각된다.

### 3.4. TiO<sub>2</sub>에 의한 MO의 분해속도

Fig. 4에 나타난 MO농도의 시간적 변화를 사용하여  $\ln([MO]/[MO]_0)$  대 시간의 관계를 도시하여 Fig. 5를 얻었다. 그림에서 보는 바와 같이 분해시간에 따른 농도의 변화는 거의 직선적인 관계로 나타낼 수 있어 TiO<sub>2</sub>에 의한 MO의 분해반응은 유사 1차 반응을 따라 분해됨을 알 수 있고, 직선의 기울기는 분해속도 상수를 나타낸다. 이들 값을 구하면  $15.8 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$ ,  $7.51 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$  및  $4.83 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$ 으로 각각 얻어졌다.

### 3.5. pH의 영향

TiO<sub>2</sub>의 투입량을 2g으로 일정하게 유지하고 초기 MO의 농도를  $3.2 \times 10^{-5}$  mol/l로 유지한 채 MO용액의 pH를 3~7의 범위로 조정하여 MO용액의 초기 pH변화에 따른 분해도를 측정하여 Fig. 6에 도시하였다. 이 때 pH조정에는 질산과 암모니아수를 사용하였다.

여기서 아조계열의 염료인 MO는 광원으로부터 자외선을 받으면 광촉매와의 반응으로 2중결합이 깨어지고, 색의 변화와 함께 그 구조식의 결합기가 떨어져 나가 용액중에 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>가 생성되고, 이 농도의 증가에 따른 pH의 감소로부터 반응 중 pH저하가 일어날 수도 있으나<sup>11)</sup> 본 연구에서는 이러한 반응 중의 pH변화는 고려하지 않고, 초기pH만을 조정하여 실험하였다.

pH 7의 경우 반응 초기 10분간 분해도는 상당히 낮아 앞서 Fig. 2~4의 도시에서 별도의 pH 조정없

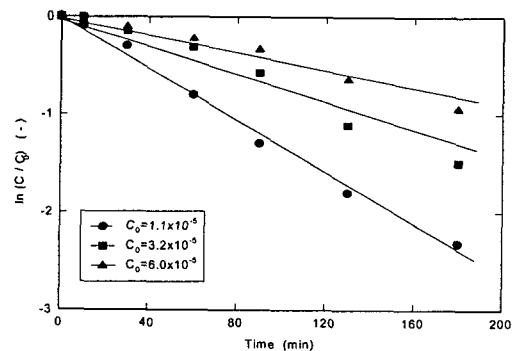


Fig. 5. Pseudo-first order plot for decomposition rate of MO with TiO<sub>2</sub> photocatalyst.

UV/TiO<sub>2</sub>에 의한 수용성 염료의 분해에 관한 연구

이 분해한 경우와 같은 양상을 보이고 있으나, pH가 낮을수록 초기 분해도 뿐 아니라 전 시간범위에서 분해도가 상당히 증가함을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 대상 분해물로 실험한 MO의 분해는 pH가 낮을수록 유리한 것으로 나타났다.

이러한 pH의존성은 염색폐수의 분해에 TiO<sub>2</sub>를 사용한 주 등의 결과<sup>4)</sup>나 LAS 세제의 분해 결과인 김<sup>12)</sup> 등의 결과인 pH가 감소할수록 분해도가 증가한다는 보고와도 일치하였으며, 유기물의 해리특성에 따라 양전하를 띠는 경우에는 염기성 영역에서, 그리고 음전하를 띠는 경우에는 산성영역에서 반응속도가 증가한다고 고찰한 강 등의 보고<sup>13)</sup>와도 일치하였다.

3.6. 염료별 분해도 비교

앞서 MO수용액의 분해에 대한 광촉매로서 TiO<sub>2</sub>가 분해능이 있음을 나타내었다. MO이외의 수용성 염료에 대한 분해효과를 측정하기 위하여 EY와 RB용액을 대상으로도 분해실험하고 그 결과를 Fig. 7

에 도시하였다.

초기농도는 모두  $2.6 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ 로서 일정하게 유지하고(ppm 농도로는 MO는 약 9ppm, EY는 18ppm, RB는 12ppm임), 별도의 pH조정 없이 2g의 TiO<sub>2</sub>를 투입하여 분해한 결과 앞서의 결과와 같이 EY나 RB도 분해가 가능하였다. 그러나 초기반응속도는 10분 경과 후 RB의 분해율이 약 20%이고, MO 및 EY의 분해율이 각각 2% 및 10%로서 RB의 분해속도가 가장 크고 MO의 속도가 가장 작은 것으로 나타났다. 또한 반응시간의 경과에 따른 분해속도를 비교하면 RB>EY>MO의 순으로서 RB를 대상으로한 경우와 동일한 분해율을 얻는데 EY나 MO의 경우에는 더 많은 시간을 요함을 알 수 있다.

즉 에스테르 구조를 가진 RB와 EY의 분해속도가 아조계 염료인 MO의 분해속도보다 더 큰 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 분해대상 물질들의 분자량 등의 물리적 성질보다는 화학적 구조에 따른 차이로 생각된다.

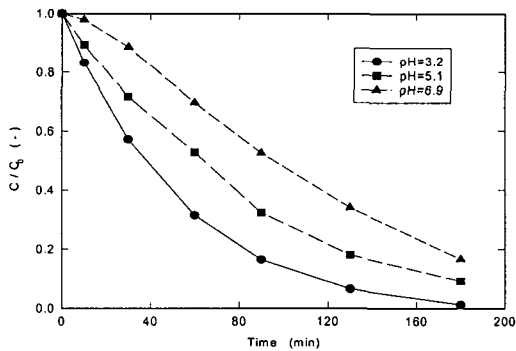


Fig. 6. Effect of pH on the decomposition rate of MO with TiO<sub>2</sub>.([MO]<sub>i</sub>= $3.2 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ , TiO<sub>2</sub>=2g, T=30°C).

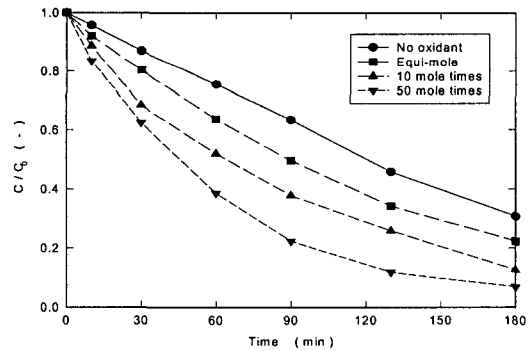


Fig. 8. Effect of oxidant on decomposition rate of MO(TiO<sub>2</sub>=2g, [MO]<sub>i</sub>= $5.0 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ , T=30°C).

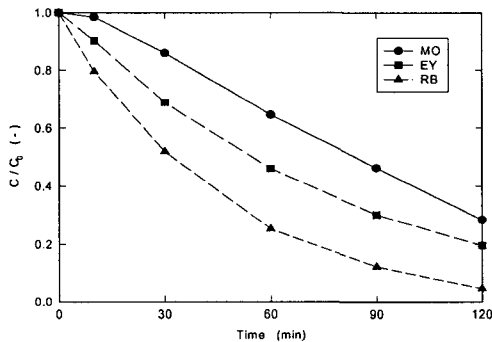


Fig. 7. Decomposition rate of MO, EY and RB with time( $C_0=2.6 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ , TiO<sub>2</sub>=2g, T=30°C).

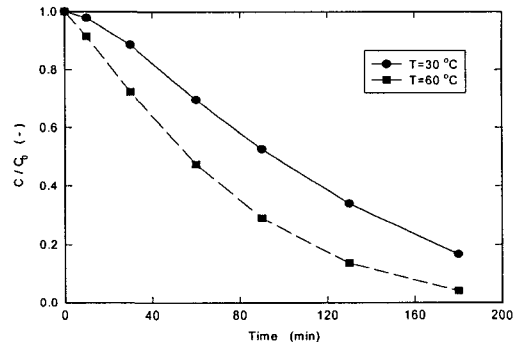


Fig. 9. Temperature effect on decomposition rate of MO by photocatalyst(TiO<sub>2</sub>=2g, [MO]<sub>i</sub>= $3.4 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$ ).

### 3.7. 산화제의 영향

광촉매 분해반응에서 전자수용체인 산화제는 생성된 전자와 양공의 재결합을 방지함으로써 반응속도를 증진시키므로 분해공정에 산화제의 유무는 반응속도에 중대한 영향을 미치는 한 요소이다<sup>14)</sup>. 일반적으로 사용되는 산화제로는 용존산소, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, KBrO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> 및 FeCl<sub>3</sub> 등이 있으며, 본 실험에서는 광촉매의 염료분해 효율을 증진시키기 위한 방안으로 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>를 주입하여 반응속도에 대한 영향을 검토하였다.

Fig. 8은 MO용액의 초기농도를  $5 \times 10^{-5}$  mol/l (약 16ppm)로 하고, TiO<sub>2</sub>촉매를 2g 투입하였을 때 산화제 농도를 MO농도의 50배 농도까지 첨가하여 실험한 결과이다.

(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>를 MO의 농도와 등몰비로 주입한 경우에는 전혀 주입하지 않은 경우에 비해 분해도의 증가가 그다지 크지 않았으나 산화제의 투입 몰수가 증가할수록 잔류농도가 감소하여 분해에 이르는 시간이 점차 감소하고 분해속도가 증가함을 알 수 있었다.

### 3.8. 온도의 영향

MO의 분해에 대한 반응온도의 영향을 알아보기 위하여 반응액의 온도를 30℃와 60℃로 조절하여 분해실험을 행하고, 그 결과를 Fig. 9에 도시하였다.

반응온도가 높은 쪽이 분해속도가 큰 것을 알 수 있으며, 이는 반응온도가 높을수록 반응물질의 흡탈착 속도 또는 촉매상의 표면반응 속도가 증가하기 때문으로 생각된다.

## 4. 결 론

섬유의 염색에 필요하지만 그 공정폐수 중에 오염물질로 배출되는 수용성 염료인 MO를 대상으로 일정 세기의 자외선 조사하에 TiO<sub>2</sub>를 사용한 회분식 광촉매 분해실험 결과 anatase형뿐 아니라 rutile형 TiO<sub>2</sub>도 광촉매 분해능을 보였으며, 0.1~5g의 범위에서 투입 촉매량의 증가에 따라 분해속도가 증가하였으나 anatase형이 더 효과적인 것으로 나타났다. MO의 TiO<sub>2</sub>에 의한 광촉매 분해속도는 유사 1차반응으로 나타낼 수 있었고, 상온에서 MO에 대한 광촉매의 농도비가 500배의 조건일 때 2시간 반응 후 약 90%정도가 분해제거 가능하였다.

또한 분해에 미치는 pH와 온도 및 첨가 산화제의 영향을 실험하여 반응용액의 초기 pH가 낮을수록, 반응온도는 높을수록 그리고 산화제 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>의 첨가량이 많을수록 분해도는 증가하는 것으로 나타났다. EY 및 RB 등의 수용성 염료간 분해도를 비교한 결과 분해속도는 RB>EY>MO의 순으로 감

소함을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- 1) 전희동, 1994, TiO<sub>2</sub>광촉매를 이용한 고도산화처리기술, 대한환경공학회지, 16(7), 809-818.
- 2) 정경수, 이호인, 1997, 광촉매 반응과 그 응용, 대한화학회지, 41(12), 682-710.
- 3) 강준원, 1993, 오존, 과산화수소, UV를 이용한 고급산화 처리공정의 kinetic에 관한 연구(I), 대한환경공학회지, 15(2), 501-510.
- 4) 주현규, 전명석, 이태규, 1999, 광촉매의 이론과 적용, 대한환경공학회지, 21(6), 1231-1240.
- 5) 김문찬, 이철규, 남기창, 1999, UV-TiO<sub>2</sub>계 촉매를 사용한 유해화학 폐수 처리, 대한환경공학회지, 21(2), 297-304.
- 6) 후지시마 아키오, 하시모토 가즈히토, 와나타베 도시야, 김영도 역, 2001, 광촉매의 실제, 대영사.
- 7) 다케우치 고우지, 무라사와 사다오, 이부스키 다카시, 김영도 역, 2001, 광촉매의 세계, 대영사.
- 8) 류일광, 김전희, 2001, 광촉매를 이용한 수중의 Benzene 처리의 산화처리특성, 환경관리학회지, 7(3), 431-437.
- 9) 이치영, 송민영, 2001, 이산화티타늄계 광촉매를 이용한 톨루엔의 처리특성, 환경관리학회지, 7(3), 367-374.
- 10) 이태경, 나영수, 송승구, 2001, The Photocatalytic Degradation of Textile Effluent Containing Azo-Dye by UV/TiO<sub>2</sub> AOP, 한국환경과학회 가을학술발표회지, 10(2), 97-98.
- 11) 구본태, 김용환, 류정용, 신종호, 송봉근, 신채호, 2001, 고정화된 광촉매를 이용한 염료의 연속분리제거, 대한환경공학회지, 23(12), 1955-1962.
- 12) 김효정, 오윤근, 류성필, 2001, TiO<sub>2</sub> 광촉매를 이용한 LAS의 제거에 관한 연구, 한국환경과학회 가을학술발표회지, 10(2), 82-83.
- 13) 강준원, 박훈수, 최광호, 1995, 이산화티타늄 광촉매에서의 광분해반응에 의한 유기물질 제거에 관한 연구, 대한환경공학회지, 17(3), 283-294.
- 14) 정연균, 정연규, 고강백, 1996, 광촉매 TiO<sub>2</sub>를 이용한 페놀의 처리, 한국수질보전학회 학술연구발표회 논문초록집, C-10, 161-165.
- 15) 신동우, 김병진, 김용태, 2001, 나노입자 이산화티타늄 광촉매의 개발 및 상용화, 공업화학 전망, 4(6), 18-27.
- 16) 이태규, 김종순, 최원용, 2001, 나노 광촉매의 제조와 전망, 공업화학 전망, 4(6), 28-43.