

## PF10                    $TiO_2$ /UV 공정을 이용한 폐유·폐윤활유 재생공                                   정에서 발생하는 폐수의 광분해에 관한 연구

류성필, 오윤근<sup>1</sup>, 박용이<sup>2</sup>

<sup>1</sup>제주대학교 환경공학과, <sup>2</sup>제주산업정보대학 소방환경관리학과

### 1. 서    론

폐유량은 543천톤/년으로 지정폐기물 중 19.7%를 차지하고 있으며, 그 중 재활용 277천톤, 소각 251천톤, 매립 1천톤, 기타 10천톤을 차지하고 있다. 제주도인 경우 폐유 발생량은 1,860톤/년으로 그 중 재활용 1,699톤, 소각 85톤, 기타 방법으로 처리되고 있다. 현재 폐유·폐윤활유 재생 공정에서 발생하는 폐수는 지정폐기물에 해당되며, 대부분 소각, 매립 및 중화, 안정화 방법 등을 이용하여 처리하고 있다. 그러나 소각, 매립 등에 의한 처리는 대기 오염 및 수질 오염등 다양한 2차오염을 발생시키고 있다.

한번 오염된 수질이 원상태로 회복되기 위해서는 막대한 경비와 노력이 소요될 뿐만 아니라 원상회복이 어렵기 때문에 경제성이 뛰어난 폐수처리기술의 개발이 필요하다 하겠다. 특히 난분해성 유해독성 물질의 경우 'Biological Magnification'에 의해 결국 인간의 생명까지도 위협하게 되기 때문에 난분해성 물질의 처리기술 개발은 무엇보다도 중요한 과제이다. 현재까지 일반적으로 사용하고 있는 수처리기술을 대별해보면 미생물을 이용한 생물학적 처리기술과 여과, 응집, 침전 또는 흡착 등의 물리화학적 처리기술로 나눌 수 있다. 그러나 이러한 기술들은 많은 양의 슬러지가 생성되거나 고가의 설비투자 또는 다량의 약품사용 등으로 인하여 설비비나 운전비가 고가이다. 또한 생물학적 처리의 경우 난분해성 물질은 제거하기가 매우 어렵다. 따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위해 새로운 수처리기술의 개발이 필요하며, 이와 같은 맥락에서 최근 고도산화처리기술에 대한 많은 연구가 수행되고 있다.

$TiO_2$  광촉매에 의한 수처리 방법은 수중에서 오염물질을 직접 분해처리하는 공정이며, 또한 온도, pH, 오염물질의 농도 등의 영향도 비교적 작게 나타나므로 처리조건에 있어서도 제약이 거의 없다. 또한 난분해성 유기 또는 무기물의 분해가 용이하며 살균공정 등의 타 공정에서 생성된 유기물의 분해도 가능하다. 이외에도 상온 및 상압에서 처리가 가능하다는 것과 유해유기물질을 수 ppb수준으로 제거할 수 있고, 낮은 농도에서도 분해속도가 감소하지 않으므로 미량 유해물질의 제거에 적합하다는 것 등 많은 장점을 지니고 있으며, 특히 2차 오염물질의 생성이 거의 없는 것이 가장 큰 장점이라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 폐유·폐윤활유 재생공정에서 발생하는 폐수를 고급산화법(AOPs)의 일종인 광촉매( $TiO_2$ )와 UV공정을 이용하여 광분해 실험을 수행하였으며, 광촉매 종류, 광촉매량 및 과산화수소( $H_2O_2$ ) 투입량에 따른 광분해 특성을 비교 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

광분해 대상물질로는 (주)대우환경산업의 폐유·폐윤활유 재생공정에서 발생하는 폐수로 하였으며, 광촉매로는 물리적 특성이 서로 다른 분말상의 anatase형의  $TiO_2$  3종류(A, B, C)를 사용하였다. UV램프는 고압 수은 램프로써 파장 범위가 185 - 577 nm 이고 주파장이 254nm로 25W( $8500\mu w/cm^2$ ), 40W( $13800\mu w/cm^2$ )를 사용하였다. 기타 시약은 특급 시약으로 정제없이 사용하였다.

본 연구에 사용된 광촉매 반응기는 외부(원통 아크릴  $\Phi$  30cm, H 50cm), 내부(파이렉스 재질, H 45cm,  $\Phi$  17cm인 반응용량 3,000 mL)로 구성된 회분식 반응기로 25W, 40W의 UV램프, 석영 재질인 원형 봉인관, 안전기, 전원공급장치, 펌프, 교반기도 한세트가 되어 있다. 반응용액의 온도는  $24(\pm 2)^\circ C$ 였으며, 초기의 반응온도를 유지하기 위하여 냉각수를 흘려주었다. 원수의 pH는 7.7정도였으며, 용존산소의 농도가 반응에 미치는 영향을 배제시키기 위하여 반응 전에 충분히 폭기 시킨 후 용존산소(DO)는 8.0 ~ 9.0 mg/L 범위가 되도록 하였다. 분석 시료는 반응기에서 일정시간 간격으로 반응기의 중간지점에서 12시간까지 30 mL씩을 채취하여 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 촉매 특성에 따른 분해특성

서로 다른  $TiO_2$  광촉매의 광분해 효율에 대한 영향에 대한 연구결과를 Fig. 1에 나타내었다. 광촉매로는 광촉매 반응에서 가장 활성이 좋은 것으로 알려진 분말상의 anatase형(이 등, 1998)의  $TiO_2$  3종류(A, B, C)를 사용하였으며, Fig. 1에서 보는 바와 같이  $A > C > B$  순으로 광분해 효율을 나타내었다. COD 제거율은 그림에서 보듯이 12시간동안의 반응에서 C, B, 각각의 제거율이 41%, 37%로 거의 비슷하나 A의 제거율은 48%로 다른 종류의 광촉매에 비해 COD의 제거가 더 잘 되고 있음을 알 수 있다.

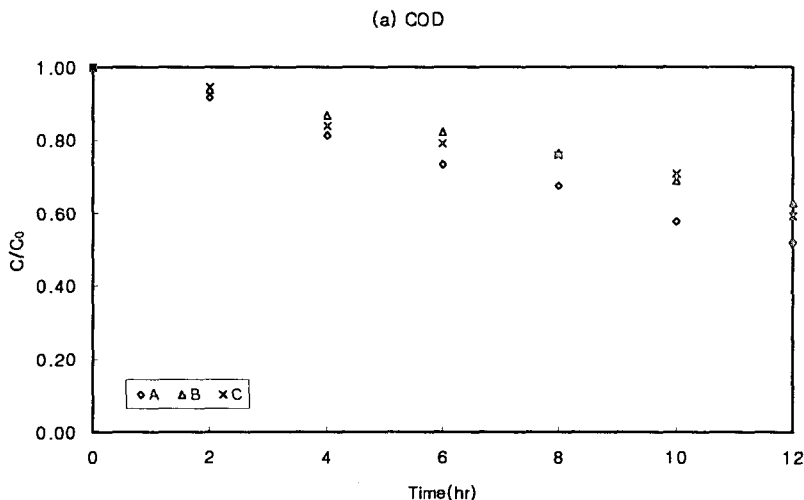


Fig. 1. Effect of photocatalyst species on the photocatalytic degradation : UV Lamp 25W,  $T_R=24^\circ C$ , pH 7.7, photocatalyst concentration : 2g/L.

### 3.2. 광촉매량에 따른 분해 특성

실험결과를 토대로  $TiO_2$  광촉매(A) 반응에 있어서 광촉매량이 반응에 미치는 영향에 대해 알아보기 위해  $TiO_2$ 의 초기 농도를 1, 2, 3, 그리고 4g/L로 달리 주입하여 반응시간에 따른 COD의 제거효율을 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 광촉매량을 1g/L, 2g/L, 3g/L 그리고 4g/L로 변화시켰을 때 광분해 반응시간 12시간동안 COD인 경우 41%, 50%, 55% 그리고 41%의 제거효율을 각각 보였다. 대체적으로 광촉매량의 증가에 따라 COD 제거효율이 증가하였으나  $TiO_2$  촉매량이 3g/L이상일 때는 오히려 광분해 효율이 감소하는 경향이 나타났다.

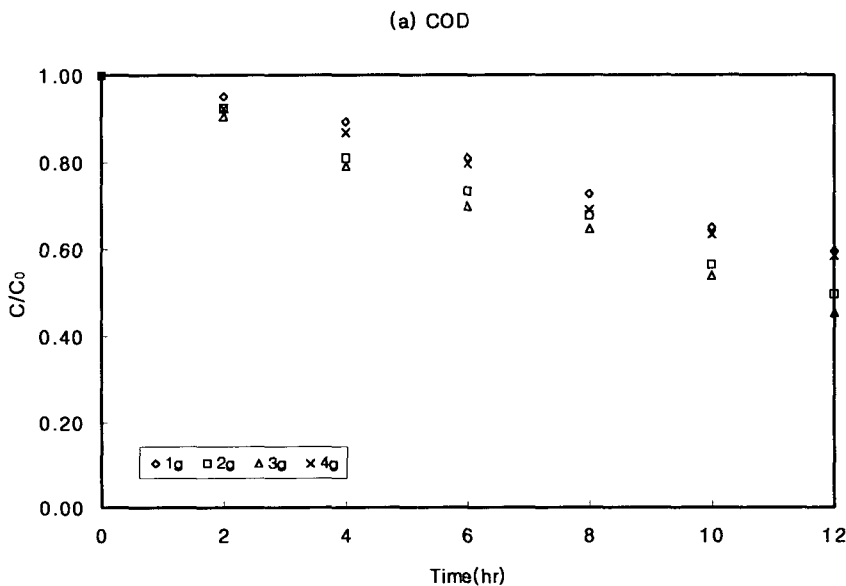


Fig. 2. Effect of photocatalyst weight on the photocatalytic degradation : UV Lamp 40W,  $T_R=24^{\circ}C$ , pH 7.7.

### 3.3. 반응속도 상수

$TiO_2/UV$  광분해 반응에서  $TiO_2$  광촉매량에 따른 COD 제거 반응속도상수  $k$ 는 광촉매량 1g/L, 2g/L, 3g/L 및 4g/L에서 각각  $0.0453min^{-1}$ ,  $0.0584min^{-1}$ ,  $0.0648min^{-1}$ ,  $0.0463min^{-1}$ 으로 조사되었다. 그리고  $TiO_2/UV/H_2O_2$  광분해 반응에서 과산화수소투여량에 따른 COD 제거 반응속도상수  $k$ 는 1M-10ml/L, 1M-20ml/L 및 1M-30ml/L에서 각각  $0.0691min^{-1}$ ,  $0.0747min^{-1}$ ,  $0.0853min^{-1}$ 을 나타내었다.

## 4. 결 론

폐유·폐윤활유 재생공정에서 발생하는 폐수를 고급산화법(AOPs)의 일종인 광촉매( $TiO_2$ )와 UV공정을 이용하여 회분식 반응에서 반응 인자 즉, 광촉매의 종류, 광촉매량 및 과산화수소( $H_2O_2$ ) 투여량 등 반응조건에 따른 분해능과 각 반응 조건에서 반응속도 상수를 구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 광촉매로는 광촉매 반응에서 가장 활성이 좋은 것으로 알려진 분말상의 anatase형  $\text{TiO}_2$  3종류(A, B, C)를 사용한 결과  $A > C > B$  순으로 광분해 효율을 나타내었으며, 반응시간 12시간동안 A촉매인 경우 COD 제거율은 48%의 제거 효율을 보였다.
- 2) 광촉매량이 반응에 미치는 영향에 대해 알아보기 위해 광촉매량을 1g/L, 2g/L, 3g/L, 그리고 4g/L로 하여 실험을 한 결과 광촉매량이 증가할수록 분해효율이 증가하는 것을 볼 수 있었으나, 촉매량이 3g/L이상일 때는 오히려 광분해 효율이 감소하는 경향이 나타났다. 광촉매량이 3g/L에서 반응시간 12시간동안 COD의 제거율은 각각 55%, 56%의 효율을 나타내었다.
- 3) 연구결과 Langmuir-Hinshelwood의 반응 속도식을 따름을 알 수 있었으며,  $\text{TiO}_2/\text{UV}$  광분해 반응에서  $\text{TiO}_2$  광촉매량에 따른 반응속도상수  $k$ 는 1g/L, 2g/L, 3g/L 및 4g/L에서 각각  $0.0453\text{min}^{-1}$ ,  $0.0584\text{min}^{-1}$ ,  $0.0648\text{min}^{-1}$ ,  $0.0463\text{min}^{-1}$ 으로 조사되었다. 그리고  $\text{TiO}_2/\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$  광분해 반응에서 과산화수소투여량에 따른 반응속도상수  $k$ 는 1M-10 ml/L, 1M-20ml/L 및 1M-30ml/L에서 각각  $0.0691\text{min}^{-1}$ ,  $0.0747\text{min}^{-1}$ ,  $0.0853\text{min}^{-1}$ 을 나타내었다.

#### 참 고 문 헌

- 김성준, 문정의, 1997, 전기응집 및 UV/ $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$  시스템을 이용한 매립지 침출수 처리, 대한환경광학회지, 19(3), pp. 391-402
- 류성필, 오윤근, 2000,  $\text{TiO}_2$  광촉매를 이용한 Diazinon의 광분해에 관한 연구, 한국환경과학회, 9(2), pp. 151-158
- 류성필, 오윤근, 2002, 순환식 반응기에서 유리판에 코팅된  $\text{TiO}_2$  광촉매를 이용한 유기인계 농약의 광분해, 한국환경과학회, 11(6), pp. 589-596
- 신항식, 임재림, 1995, 고급산화법을 이용한 TCE 함유 폐수의 처리(I), 대한환경공학회지, 17(11), pp. 1079~1088
- 전희동, 1994, 유리에 코팅한 이산화티타늄 상에서 트리클로로 에틸렌의 광분해, 대한환경공학회지, 16(4), pp. 497-504
- Matthews, R. W., 1986, Photo-Oxidation of organic material in aqueous suspensions of titanium Dioxide, Wat. Res., 20, pp. 569~578.
- Ollis and Pelizzetti, 1991, Destruction of water contaminant, Environ. Sci. Technol. 25, pp. 1523~1529.