

## PC26) 영가철을 이용한 과황산 활성화 반응에서 활성종에 대한 난분해성 유기물질의 반응성 증가에 대한 연구

권희원 · 김영훈  
국립안동대학교 환경공학과

### 1. 서론

과황산(persulfate,  $S_2O_8^{2-}$ )은 토양 내 높은 안정성으로 인하여 원위치화학적복원공법(ISCO)에서 펜톤산화법의 한계를 개선하는 산화제로 평가된다. 과황산은 활성화반응을 통하여 강력한 산화력을 가지는 활성종을 발생시키며 유기오염물을 강력하게 분해 할 수 있다. 이 때 발생하는 활성종은  $SO_4^{\cdot-}$ 이며, 용액의 pH에 따라  $\cdot OH$ 이 우점종이 되기도 한다. 대표적인 활성화법으로는 전이금속, 열, 자외선, 초음파, 높은 pH, 전자빔 등이 있으나, 토양 내에서 가용한 활성화제는 전이금속 뿐이며, 현장에서는 2가철이 사용된다. 이온상태인 2가철은 반응이 매우 급격하여 과황산의 과소모를 유도하며, 이에 킬레이트제를 함께 주입하는 사례가 많다. 영가철( $Fe^0$ )의 경우 가장 최근에 연구되기 시작한 활성화제로, 그 활성화 기작은 용출되는 2가철에 의한 것으로 평가되며, 토양 내에서 2가철이 천천히 용출되므로 반응성을 오래 유지할 수 있는 것이 특징이다. 그러나 관련연구에서 영가철이 큰 관심을 받은 이유는 과황산 활성화종에 낮은 반응성을 가지는 일부 유기물질의 반응속도가 향상되는 결과를 보여주었기 때문이다(Zhao et al., 2010). 본 연구에서는 영가철/과황산 반응이 다른 활성화법과 비교하여 반응성이 향상되는 메카니즘과 영가철의 역할을 분석하였다.

### 2. 자료 및 방법

활성종인  $SO_4^{\cdot-}$ 은 니트로( $-NO_2$ ) 또는 카르보닐( $C=O$ )기를 가지는 물질과는 낮은 반응성을 가진다(Tsitonaki et al., 2010). 본 연구에서는 나이트로벤젠( $\geq 99\%$ , ACS reagent)을 대상물질로 하여 과황산나트륨( $\geq 98\%$ , Reagent grade)과 영가철( $\geq 99\%$ , Reagent grade)을 이용하여 활성화 반응을 유도하였다. 모든 시약은 Sigma-Aldrich로부터 구매하였으며 추가 정제 없이 사용하였다. 나이트로벤젠은 hexan으로 1:1 액/액 추출하여 GC/FID(7890A, Agilent)를 이용하여 정량분석 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

영가철 활성화법은 열적 활성화법과 비교하여 나이트로벤젠에 대하여 향상된 반응성을 보인다. 활성화 반응과 유사한 조건에서 나이트로벤젠을 영가철과 반응시킨 경우 아닐린( $C_6H_7N$ )으로 쉽게 환원되는 것이 확인되었다. 환원상태인 아닐린은 과황산 활성화종과 반응성이 높으므로 쉽게 분해가능하다. 즉, 나이트로벤젠의 분해속도가 빨라지는 것은 영가철에 의한 산화종의 환원반응이 우선되기 때문이다. 실험결과를 토대로 상기된 할로젠화 유기물의 반응성 또한 향상될 것으로 예측된다. 즉, 영가철은 과황산 활성화에 기여함과 동시에 난분해성 물질의 반응성을 높이는 역할을 함으로써 과황산 활성화법의 다양한 오염물질에 대한 적용성을 향상시킬 것으로 판단된다.

### 4. 참고문헌

- Tsitonaki, A., Petri, B., Crimi, M., Mosbk, H., Siegrist, R. L., Bjerg, P. L., 2010, In situ chemical oxidation of contaminated soil and groundwater using persulfate: A review, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 40(1), 55-91.
- Zhao, J.-Y., Zhang, Y.-B., Quan, X., Zhao, Y.-Z., 2010, Sodium peroxydisulfate activation by heat and Fe(II) for the degradation of 4-CP, *Huanjing Kexue/Environmental Science*, 31(5), 1233-1238.

### 감사의 글

이 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. NRF-2013R1A1A4A01009654).