

## 펜톤 산화공법을 통해 디젤로 오염된 토양 처리 시에 과산화수소와 디젤의 주입비 영향에 관한 연구

임명희<sup>1</sup> · 손영규<sup>1</sup> · 윤준기<sup>2</sup> · 김지형<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>고려대학교 사회환경시스템공학과

<sup>2</sup>삼성물산(주) 건설기술연구소

e-mail: hyeong@korea.ac.kr

### 요 약 문

The batch tests were performed to determine the ratio of hydrogen peroxide on diesel contaminated soil. The objective of test was to determine and optimize the hydrogen peroxide requirements for the remediation of a soil contaminated with diesel fuel. The batch test were done on 5g diesel contaminated soil containing hydrogen peroxide (34.5%). Initial diesel concentration were 2,000mg/kg, 5,000mg/kg, and 10,000mg/kg. The Diesel (g):H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (g) ratio varied 1:1, 1:10, 1:50, 1:100, with contact reaction time 120 min. Results the batch test, effective ratio of Diesel (g):H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (g) is 1:100.

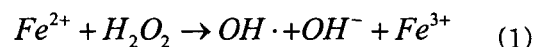
**key word** : Fenton oxidation, Hydrogen peroxide, Diesel, contaminated soil.

### 1.서론

에너지원 및 여러 화학제품의 원료로 유류의 소비량이 증가함에 따라 유류의 유출사고가 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 유류의 처리 방법으로는 원위치 (in-situ)에서 처리하는 방법과 비원위치 (ex-situ)에 의한 방법이 있다. 원위치에 의한 처리 방법 중 생물학적 처리 방법은 운전 시 제어가 어려울 뿐만 아니라 정화기간이 오래 걸린다. 비원위치 방법은 토지 굴착에 대한 비용이 추가적으로 소요되고 지상에 구조물이 있을 경우 적용이 곤란하다.

따라서 본 연구에서는 좁은 지역에 고농도로 오염되어 있는 디젤을 빠른 시간 내에 처리하기 위해 화학적 산화 방법을 적용하고자 하였다. 그 중 화학적 산화공법에 사용되는 산화제 중에서 산화력이 가장 크고 (산화력이  $\cdot OH$ 의 경우 2.8V,  $MnO_4^-$ 의 경우 1.3V,  $O_3$ 의 경우 2.1V), 2차 오염물질을 발생시키지 않는 펜톤 산화 반응을 선택하였다.

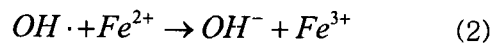
펜톤 산화 반응은 다음의 식 (1) 처럼 2가의 철화합물과 과산화수소를 이용하여 유기물을 산화시키는 것이다.



과산화수소와 철과의 반응으로 생성되는 라디칼 ( $OH \cdot$ )은 다른 산화제보다 산화력이 크

고 2차 오염물질을 발생시키지 않아 많이 사용되고 있다. 따라서 반응 중에 충분한  $OH\cdot$ 이 생성된다면 종료 시까지 반응이 지속되어 궁극적으로 유기화합물을 이산화탄소와 물 등으로 산화시킬 수 있다.

최근에는 펜톤 유사반응에 의한 연구도 활발하게 이루어지고 있다<sup>1)~4)</sup>. 펜톤 유사반응이란 2가 철화합물 대신 3가 철화합물을 사용하여 오염물질을 분해하는 것이다. 이 반응은 다음 식 (2)와 같이  $OH\cdot$ 이 2가의 철을 사용함에 따라 소모되는 3가의 철을 사용함으로써  $OH\cdot$ 의 소모를 줄여 반응의 효율을 높이는 것이다.



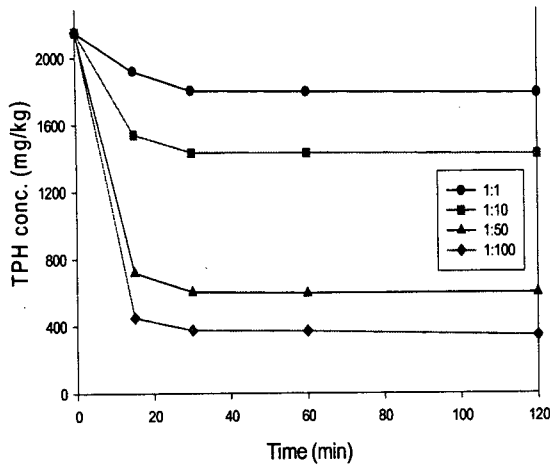
또한 토양 자체의 철함량을 이용하여 인위적으로 철화합물을 넣지 않고 과산화수소만을 이용하여 실험하는 연구<sup>5)~7)</sup>도 진행되고 있다. 기존의 연구<sup>8)</sup> 결과에서, 인위적인 철화합물을 주입하지 않고도 과산화수소만으로 디젤로 오염된 토양을 처리 할 수 있음을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 과산화수소와 토양에 오염되어 있는 디젤의 비를 조정하여 얻고자 하는 최종 농도에 따른 과산화수소와 디젤의 주입비를 연구하였다.

## 2.본론

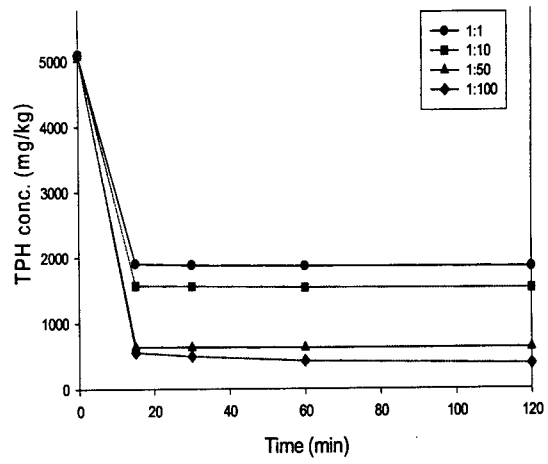
실험에 사용할 토양은 경기도 의정부에서 채취하여 인위적으로 오염시켜 사용하였다. 초기 디젤 농도는 2000mg/kg, 5000mg/kg, 10,000mg/kg으로 하였고 토양을 일정하게 오염시키기 위해 디젤 정량을 n-pentane에 녹인 후 토양에 부어 오염시켰다. 일주일정도 오염시킨 후에 n-pentane을 날려 보낸 후 실험을 하였다. 과산화수소는 34.5%(SAM)를 사용하였다. 오염된 토양 5g을 40mL borosilicate glass vial에 넣고 디젤과 과산화수소의 주입비 (질량비)를 1:1, 1:10, 1:50, 1:100으로 하여 실험하였다. 과산화수소는 iodometric method에 의한 방법으로 측정하였다. 디젤의 농도 분석은 Gas Chromatography(Hewlett Packard 6890N)를 사용하여 Total Petroleum Hydrocarbon의 농도를 분석하였다. 총 반응 시간은 2시간으로 하였고 반응시간 15분, 30분, 60분, 120분마다 시료의 TPH를 측정하였다.

## 3.결론

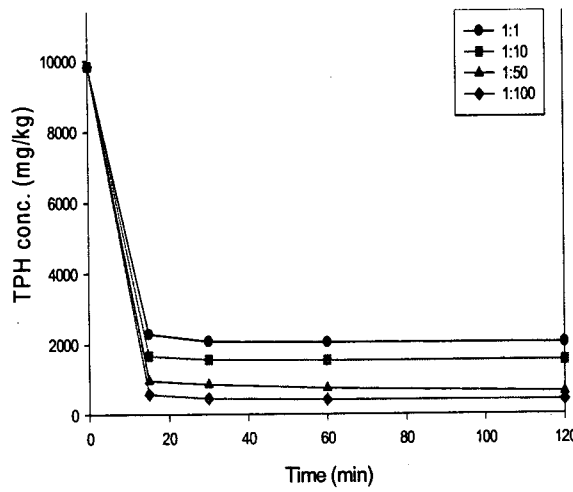
디젤의 초기 농도를 2000mg/kg, 5000mg/kg, 10,000mg/kg으로 하여 각 농도에 따른 디젤과 과산화수소의 주입비를 1:1, 1:10, 1:50, 1:100으로 하여 실험한 결과는 다음 그림 1과 같다.



(a)



(b)



(c)

그림 1. 디젤의 초기 농도에 따른 디젤과 과산화수소의 주입비에 따른 디젤의 분해

((a): 2,000 mg/kg, (b): 5,000 mg/kg, (c): 10,000 mg/kg)

실험 결과 주입되는 과산화수소의 양에 따라 최종농도가 달라지는 것을 알 수 있다. 디젤의 초기 농도에 상관없이 디젤과 과산화수소의 주입비가 1:100인 경우 최종농도가 350 mg/kg 이하로 떨어지는 것을 알 수 있다. 따라서 목표 농도에 따른 디젤과 과산화수소의 주입비를 조정하면 될 것이다. 만약 목표 농도가 300~400 mg/kg일 경우 디젤과 과산화수소의 주입비가 1:100 정도 되어야 목표 농도를 달성할 수 있을 것이다.

다음 표 1에 디젤과 과산화수소 주입비에 따른 최종 디젤 농도를 나타내었다.

표 1. 디젤의 초기 농도가 2,000mg/kg일 때 디젤과 과산화수소 주입비에 따른 최종 디젤 농도

디젤과 과산화수소의 주입비	1:1	1:10	1:50	1:100
디젤의 초기 농도 (mg/kg)				
2,000	1787	1424	595	341
5,000	1849	1523	619	372
10,000	2034	1545	631	409

따라서 철화합물을 넣지 않은 상태에서 디젤과 과산화수소의 최적 주입비를 결정하는 실험에서 디젤과 과산화수소의 주입비를 1:1, 1:10, 1:50, 1:100 (질량비)로 하였을 때 디젤과 과산화수소의 비가 1:100일 경우 최종 농도가 350 ~ 400 mg/kg 정도로 분해되는 것을 확인하였다. 따라서 얻고자 하는 최종 농도가 400 mg/kg이하일 경우 디젤과 과산화수소의 최적 주입비는 1:100이다.

#### 4. 참고문헌

- 1) Murphy A. P., Boegil W. J., Pricw M. K., Moody C. D. (1989). "A fenton-like reaction to neutralize formaldehyde waste solutions" Environ. Sci. Technol. 23(2), 166~169
- 2) Watts R. J., Dilly S. E. (1996). "Evaluation of iron catalysts for the fenton-like remediation of diesel-contaminated soils" J. Hazardous Materials. 51, 209~224
- 3) Watts R. J., Haller D. R., Jones A. P., Teel A. L. (2000). "A foundation for the risk-based treatment of gasoline-contaminated soils using modified fenton's reactions" J. Hazardous Materials. 76, 73~89
- 4) Neyens E., Baeyens J. (2003). "A review of classic fenton's preoxidation as an advanced oxidation technique" J. Hazardous Materials. 98, 33~50
- 5) Spencer C. J., Stanton P. C., Watts R. J. (1996). "A central composite rotatable analysis for the catalyzed hydrogen peroxide remediation of diesel-contaminated soils" Air & Waste Manage. Assoc. 46, 1067~1074
- 6) 최창석, 박진희, 김영식, 이태진 (2003). "과산화수소에 의한 디젤 오염 토양의 처리" 대한환경공학회, 431~435
- 7) 최석중, 최현진, 박진희, 이태진 (2004). "페톤 유사반응을 이용한 디젤 오염토양의 처리와 잔류 과산화수소가 생물학적 처리에 미치는 영향" 대한환경공학회지 26(3), 334~339
- 8) 임명희, 윤준기, 김지형 (2005). "페톤 산화공법을 통해 디젤로 오염된 토양 처리 시 산화제의 주입비 영향에 관한 연구" 대한 환경공학회 춘계학술발표회