

디젤 오염토양의 생물학적 복원에 관한 기초연구

Preliminary Study of Bioremediation in Diesel Contaminated Soil

김선영 · 권수열* · 이상훈

가톨릭대 생명과학과
*방송통신대 보건위생학과
(e-mail: sykawon@mail.knou.ac.kr)

ABSTRACT

The purpose of study is to evaluate the effects of physical parameters on diesel biodegradation in diesel contaminated soil. The parameters applied are concentration, temperature, moisture contents, electron acceptor(O₂). The results of this study showed that diesel were degraded faster at high temperature and moisture contents than at low temperature and moisture content. However concentration effect study indicates that diesel were more faster degraded at low concentration than at high concentration. The results of electron acceptor test showed concentration of oxygen did not affect the biodegradation rate of diesel in oxygen condition(10, 20%) of this study.

Key word: Soil, Diesel, Bioremediation, Microcosm test

I. 서론

지하저장탱크나 송유관의 부식에 의해 누출된 유류성분은 자연상태하에서 휘발, 용해, 이동, 흡착, 분해 등의 다양한 물리적, 화학적, 생물학적 기작에 의해 그 거동이 지배되게 된다. 디젤은 상대적으로 휘발성과 용해도가 낮아 오염물의 확산이 느리며 토양 불포화층을 통해 수직 이동하여 지하수면 위에 축적되며 우수 등 침투수 또는 지하수의 장기적인 오염원으로 작용하게 된다. 유류가 잔류포화된 토양 불포화층의 정화를 위해서는 주로 생물학적 처리법이 널리 이용되고 있는데 이는 생물학적 처리법이 환경친화적이며 경제적인 뿐 아니라 기본적으로 디젤성분이 상대적으로 생분해도가 높은 반면 휘발성이나 용해성이 낮기 때문이다. 오염토양의 생물학적 처리에 있어 가장 중요한 요점은 주어진 조건하에서 오염물질의 생분해를 강화시킬 수 있는 요인이 무엇인

가를 규명하고 이를 인위적으로 보완 또는 최적화하여 생분해속도를 극대화 하는 것이라고 할 수 있다. 디젤이 오염된 현장토양에 온도, 습도, 디젤농도, 전자수용체 적용여부 등의 인자를 적용한 soil microcosm test를 실시하여 오염된 현장토양의 복원을 위한 적합한 조건을 도출하는 것이 이 실험의 목적이다.

II. 실험재료 및 방법

실험에 사용된 토양은 주유소주변 지역 표면으로부터 1m깊이에서 채취하였다. 채취된 토양은 air-dried한 후 2mm 체로 체질하였다. Sand, silt와 clay의 비율은 71.0, 19.4, 9.6%이었으며 토양의 pH는 7.09, 수분함량은 13%를 나타내었으며 moisture field capacity값은 36%을 나타내었다. 본 실험은 현장의 평균농도, 온도, 수분함량을 고려하여 5,000mg diesel/kg soil, 13°C, 13%를 기준으로 실험하였다. Microcosm은 토양 150g을 250mL serum bottle에 담아 사용하였다. 이때 휘발에 의한 손실을 줄이기 위해 teflon-lined 고무 septa가 부착된 caps을 이용하여 휘발에 의한 손실을 최소화하였다. 온도에 따른 분해율을 측정하기 위해 현장의 주유소에서 판매하는 diesel oil을 구입하여 glass syringe로 총 spike량이 500, 2,000, 5,000, 10,000 mg diesel/ kg soil이되도록 여러 차례 나누어 분사시킨 후 바로 shaking시켰다. 수분함량에 따른 분해율을 측정하기 위해 1mL의 micropipet을 이용하여 5, 15, 25%의 수분함량을 갖도록 deionized water를 분사하였다. 현장온도를 고려하여 13, 23°C로 shaker의 온도를 유지하여 운전하였다. O₂영향에 따른 디젤 분해도 관찰은 N₂ gas로 purging하여 O₂를 완전히 제거한 후 0, 10, 20%가 되도록 O₂ gas를 주입하였다. 각 조건마다 멸균된 토양을 대조구로 사용하였으며 190rpm의 rotary shaker에서 반응시켰다. 실험의 정확도를 위해 duplicate으로 실험하였으며 디젤, n-Alkane, O₂의 농도는 GC(HP 6890 plus)로 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

13°C, 대기산소농도로 13%의 수분함량을 주입하여 500, 2,000, 5,000, 10,000mg/kg으로 디젤을 오염시킨 결과는 그림 1과 같다. 비교적 저농도인 500, 2,000mg/kg으로 오염된 경우 0~17일 사이에 급속한 분해가 일어났으며 5,000, 10,000mg/kg로 오염된 경우는 17~44일 사이에 빠른 분해율을 보였다. 이는 고농도의 디젤이 미생물에게 shock를 주었기 때문으로 판단된다. 또한 55일 후 500mg/kg의 경우 27.9mg/kg까지 감소하였으며, 2000mg/kg의 경우도 28.4mg/kg까지 감소하였다. 5,000, 10,000mg/kg경우도 약 50%의 제거효율을 얻을 수 있음을 발견할 수 있었다. 이로 인해 2000mg/kg 이하의 농도에서 13°C온도조건에 대기농도의 산소를 처리한다면 만족할만한 처리효율

을 얻을 수 있음을 알 수 있었으며 고농도의 경우도 50%의 생분해율을 얻을 수 있음을 발견할 수 있었다.

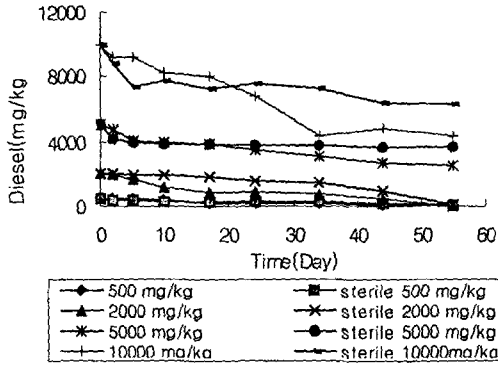


Fig1. 농도에 따른 디젤 분해율

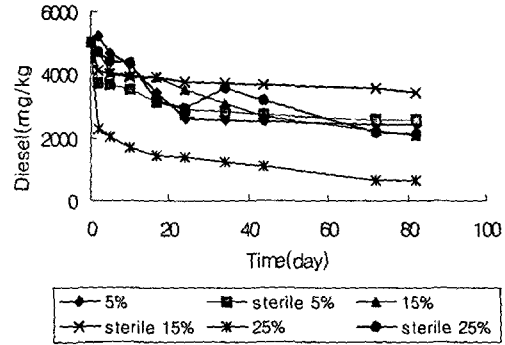


Fig2. 수분함량에 따른 디젤 분해율

13°C에서 5000mg/kg으로 오염시킨 후 수분함량을 5, 15, 25%으로 조정한 경우 82일 후 각각 2408, 2105, 635mg/kg으로 감소하였다(그림2). 5%와 15%의 경우 분해속도에는 차이가 있었으며 특히 25%의 경우 농도가 현저하게 감소한 것을 알 수 있었다. 토양 내 유기물의 호기성 생분해는 보통 50~70% field capacity에서 가장 크다(Pramer and Bartha, 1972). 그러나 우리가 주입한 수분함량은 18, 54, 89%의 field capacity로 이상적인 이론에서 벗어나지만 54%보다는 89%에서 더 효과 적임을 알 수 있었다.¹⁾ 25%의 수분함량을 주입 시 토양이 거의 진흙상태로 진흙내부에 디젤이 토양에 흡착하여 상대적으로 추출된 디젤의 양이 적어진 요인을 생각해 볼 수 있다. 그러나 증가된 수분함량으로 토양 내 디젤이 흡착되었다면 지하수나 침출수에 대한 영향은 감소된다.

13°C, 대기산소 조건에서 5,000mg/kg의 디젤을 오염시킨 토양을 13, 23°C의 온도에서 55일간 반응시킨 결과 디젤의 농도가 2495.3, 255.3mg/kg로 감소하였으며 10°C 상승 시 2배정도 빠른 분해율을 보였다¹⁾. 또한 반응 시작 후 5일 동안 급속하게 감소하는 것을 볼 수 있었다(그림3).

산소농도에 따른 디젤 생분해 결과를 C₁₇/Pristane과 디젤 농도 변화로 나타낸 것이 그림 4,5이다. 그림에서 보는 바와 같이 산소를 완전 purging한 경우에는 생분해가 거의 일어나지 않았으며 10, 20%의 경우에는 분해율에 있어 큰 차이가 없었다.

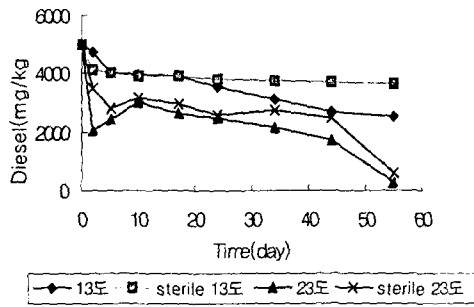


Fig3. 온도에 따른 디젤 분해율

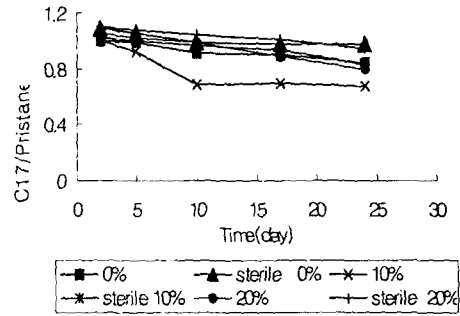


Fig4. 주입산소에 따른 C₁₇/Pristane

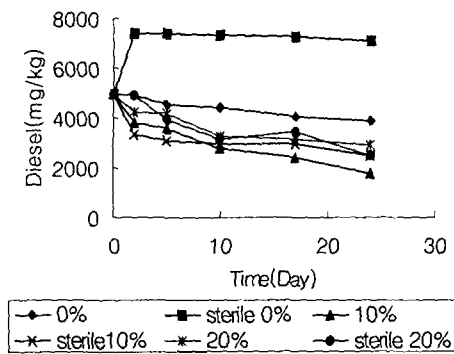


Fig5. 산소농도에 따른 디젤 분해율

참 고 문 헌

1. Eve Riser-Roberts, Remediation of petroleum contaminated soils, Lewis Publishers, 219-262 (1998)
2. Eva & K. Nyer. , Boca Raton, Practical techniques for groundwater and soil remediation, Lewis Publishers, 80-110 (1993)