

Influence of Co-Surfactants to Surfactant-Enhanced Remediation of Diesel-Contaminated Sandy Soil

김종실 · 김우정 · 이은영 · 이기세
명지대학교 환경·생물공학과

ABSTRACT

The effects of selected co-surfactants on diesel removal from sandy soil were studied to increase diesel recovery from the soil by the surfactant-enhanced remediation of diesel-contaminated soil. The capability of co-surfactant for enhancing removal efficiency can be related with the interaction between its structural character and the structural peculiarity of nonionic surfactant. In the case of Tween 80, hexanol showed the great improvement in diesel recovery. Efficiency of diesel recovery decreased as hydrocarbon chain length of cosurfactant decreased. Higher content of hexanol further increased diesel recovery, but there was no significant improvement in the case of butanol and pentanol.

Keywords : Diesel removal; sandy soil; Nonionic surfactant; Co-surfactant

1. 서론

NAPLs(non-aqueous phase liquids)은 토양 내에서 오랜 시간 동안 오염원으로 작용하며 기존의 pump-and-treat방법으로는 효과적으로 제거되지 않는 것으로 보고되어 있다¹⁾. 최근 많은 연구진들은 이런 단점을 보완하기 위하여 많은 노력을 해오고 있다. 계면활성제는 유기오염물의 용해화와 이동화 능력 때문에 토양세척을 위한 물질 중 가장 효과적인 것으로 인정받고 있다.

그러나 계면활성제는 토양 내에서 흡착, 침전, 액체결정화등의 현상을 나타내기 때문에 최적의 계면활성제를 선정하는 데에는 많은 어려움이 있다. 일반적으로 음이온 계면활성제는 음전하를 띠고 있는 토양입자와의 반발력으로 흡착정도가 작은 것으로 보고되어 있으나, 실제 토양 내 존재하는 양이온과

결합하여 침전을 하는 단점이 있다¹⁾. 비이온 계면활성제는 토양 내 양이온과 결합하여 침전하지 않으며, HLB값이 클수록 상대적인 친수성 증가로 토양에 흡착하는 경향도 적은 것으로 보고되어져 있다²⁾. 그러므로 HLB값이 큰 비이온 계면활성제를 선택하는 것이 유리할 것으로 보이나, 이때 한가지 문제점이 존재한다. 경유처럼 소수성이 큰 NAPLs류는 계면활성제의 HLB값이 클 경우 서로간의 인력약화로 최대 용해화 값에 도달하지 못하게 된다³⁾.

그러므로 본 연구는 co-surfactant로서 middle chain alcohol을 이용하여 디젤 오염 토양 컬럼에서 비이온 계면활성제의 디젤에 대한 용해화 능력을 강화시키고자 하였다. Co-surfactant의 친수성 구조는 계면활성제의 micelle 구조내의 친수성 구조와 서로 결합할 수 있는 것으로 보고되어 있으며, 이로 인해 micelle과 NAPLs사이의 상호작용을 증가시키는 것으로 보고되어져 있다.

2. 재료 및 방법

토양시료로는 sea sand를 사용하였고 입자 크기는 30-50 mesh이며, 구성 성분은 SiO₂ 99.8 %, Al₂O₃ 0.05 %, Fe₂O₃ 0.05 % 이다.

오염 물질로 사용된 디젤은 용인시내의 한 LG정유 주유소에서 구입하였다. 계면활성제는 Aldrich사의 Tween계열을 이용하였으며, co-surfactant로 사용된 middle chain alcohol은 Sigma사로부터 구입한 Butanol(99+%), Pentanol(99%), Hexanol(98 %)을 사용하였다.

디젤 세척실험은 1.5 cm(I.D.) X 10cm(L)인 column에 sand 토양 30 g을 채운 후, 3 g의 디젤로 오염시킨 후에 shaking incubator에서 150 rpm, 25°C 조건으로 24시간 동안 오염시켰다. 오염된 토양 컬럼은 계면활성제 용액을 이용하여 2.7 ml/min 의 속도로 30 pore volume 동안 세척을 수행하였으며, 디젤 농도를 GC로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

친수성기의 구조가 POE(20) sorbitan이며 소수성 사슬길이가 18개인 Tween 80에 cosurfactants가 세척효율에 미치는 영향을 살펴보기 위해 butanol, pentanol, hexanol을 첨가하여 제거효율을 비교해 보았다. Fig. 1은 Tween 80 1.3%에 cosurfactant 1.5%인 용액을 이용한 컬럼실험 결과이다.

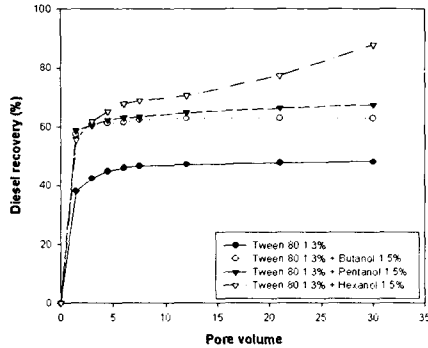


Figure 1. Effect of cosurfactants on surfactant-enhanced remediation.

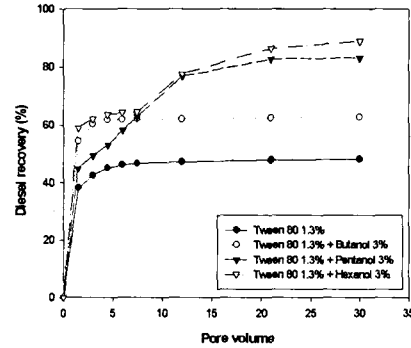


Figure 2. Effect of cosurfactants on surfactant-enhanced remediation.

Cosurfactants중 hexanol이 가장 우수한 제거효율 증가를 보여주고 있는데, 이는 hexanol의 소수성이 butanol이나 pentanol에 비해 크기 때문에 소수성 유기오염물질인 diesel에 대해 가장 큰 인력을 가지기 때문으로 보인다. 일반적으로 cosurfactant는 micelle의 친수성 그룹과 함께 배열되는 것으로 보고되어 있는데 이런 특성 때문에 cosurfactant는 micelle의 HLB값을 변화시킬 수 있다.

Fig. 2는 Tween 80 1.3%에 cosurfactant 3%인 용액을 이용한 컬럼실험 결과이다. Fig. 1에서처럼 cosurfactants중 hexanol이 가장 우수한 제거효율을 보여주고 있지만 전반적인 제거 효율은 Fig. 1의 결과와 비슷한 값을 보여주고 있다. 이는 cosurfactant가 micelle구조를 이루는데 참여할 수 있는 양이 정해져 있음을 의미하며 solvent로서 작용하기에 3%는 너무 작은 양이기 때문으로 보인다. Pentanol은 Fig. 1에서보다 우수한 제거효율을 보여주고 있는데, 이는 pentanol이 micelle구조에 참여할 수 있는 양이 hexanol보다 크기 때문에

나타난 결과로 보여진다. 하지만 butanol은 Fig. 1과 비슷한 결과를 보여주고 있는데 이는 butanol이 친수성이 강해 micelle의 소수성에 큰 영향을 미치지 못하기 때문으로 보인다.

4. 참고문헌

- 1) Harwell, J.H., Factors affecting surfactant performance in groundwater remediation applications. In: D.A. Sabatini and R.C. Knox (eds.), Transport and Remediation of Subsurface Contaminants, ACS Symp. Ser., 491, 124-132 (1992)
- 2) T. C. G. Kibbey and K.F. Hayes, A multicomponent analysis of the sorption of polydisperse ethoxylated nonionic surfactants to aquifer materials: equilibrium sorption behavior, *Environ. Sci. Technol.*, 31 1171-1177 (1997)
- 3) W. G. Rixey, Enhanced in situ soil-flushing fundamentals, In: D. L. Wise and D. J. Trantolo (eds), Remediation of Hazardous Waste Contaminated Soils, Marcel Dekker, NY, 691-717 (1994)