

# PCE로 오염된 토양의 정화에 계면활성제를 이용한 토양세척연구

박석조 · 전효택<sup>1)</sup>

## 1. 서론

이 연구에서는 DNAPL의 대표적인 성질을 가지는 PCE (tetrachloroethylene)로 토양을 인위적으로 오염시켜 계면활성제를 통해 추출하는 실험을 수행하였다. Batch 실험에서는 토양내 PCE의 흡착과 탈착 및 제거에 영향을 미칠 수 있는 변수들에 대해 이론적인 고찰을 하였다. 한편 column 실험에서는 정화효율에 영향을 미칠 수 있는 변수들을 적용하였다.

## 2. 연구 방법

3개 지역에서 토양을 채취하였다. 관악산과 홍제동에서는 흑운모 화강암의 잔류토양(KBG, HBG), 봉천동에서는 편마암의 잔류토양(PGn)을 각각 채취하였다. 계면활성제로는 음이온 계면활성제인 SDS(Sodium Dodecyl Sulfate)와 비이온 계면활성제인 Twin80 (polyoxyethylene sorbital ester)을 선택하여 계면활성제의 형태에 따른 영향을 평가하였다.

## 3. 연구결과

토양의 종류에 따라 계면활성제의 종류를 달리 하여 토양 세척한 결과(Fig. 1), 1%의 계면활성제에 의한 PCE의 추출은 물에 비해 잘 이루어 졌다. 계면활성제 중에서는 Twin80이 SDS보다 2-3회 정도 토양 세척이 더 빨리 진행되었다. 입자의 크기가 토양세척에 미치는 영향은 크지 않았다(Fig. 2). SDS에서 fine sand의 입자 크기를 가지는 토양이, Twin 80에서 medium sand의 입자 크기의 토양이 가장 느리게 세척이 이루어졌다. 이것은 미세 입자들로 구성된 토양에 PCE가 포획될 가능성이 높은 만큼 표면적이 크기 때문에 계면활성제와 접촉할 가능성도 크기 때문이다. 메탄올로 조절된 cosolvent의 함량이 계면활성제를 이용한 토양세척에 미치는 영향을 실험한 결과(Fig. 3), 1%의 메탄올에서는 메탄올이 존재하지 않을 때와 큰 차이를 보이지 않으나 10%의 메탄올일 때 차이가 나타났다. 이것은 메탄올이 물에 용해될 수 있고 유기화합물을 용해시킬 수도 있는 성질을 가지고 있기 때문이다.

5개로 구성된 Column 실험에서는 각각 계면활성제의 주입, 입도분포, 계면활성제의 농도 변화 그리고 이온의 세기 변화 등을 통해 제거효율에 미치는 변수들의 영향을 평가하였다. 증류수만을 사용했을 때는 PCE의 용해도가 150 mg/L 정도였으나, 1%의 Twin 80은 PCE를 최대 3000 mg/L까지 용해시킬 수 있어(Fig.4) 용해도 증가에 의한 추출효율의 증대를 확인할 수 있었다. 입도분포에 대한 실험에서는 입자간의 균등성이 작을수록 제거곡선의 최고치가 작아지고 소모되는 용매의 양도 많아지는 것으로 나타났다(Fig.5). 이는 토양의 불균등성의 증가로 생긴 잔류상 PCE는 계면활성제에 의해 용해되기 어렵기 때문이다. 4%의 계면활성제는 1% 계면활성제보다 PCE의 제거에 소모되는 시간을 단축시켰다(Fig.6). 해수의 절반에 해당하는 0.3M NaCl로 조절된 1% 계면활성제의 정화효율은 다른 실험들과 비교할 때 5% 정도 저하되어져 해수를 이용한 surfactant-flushing은 부적합 것으로 판단된다(Fig.7).

---

주요어 : PCE, 계면활성제, 토양세척

1) 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부(chon@plaza.snu.ac.kr)

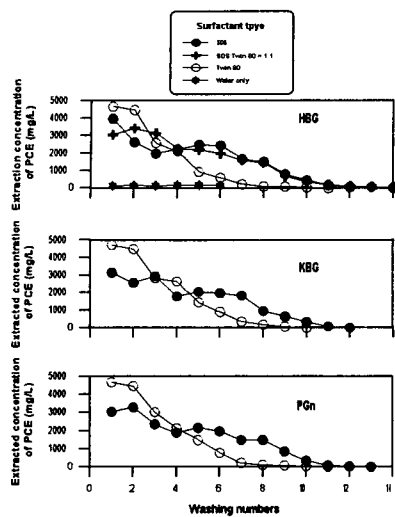


Fig. 1 Effect of surfactant type on the extraction of PCE by surfactant washing.

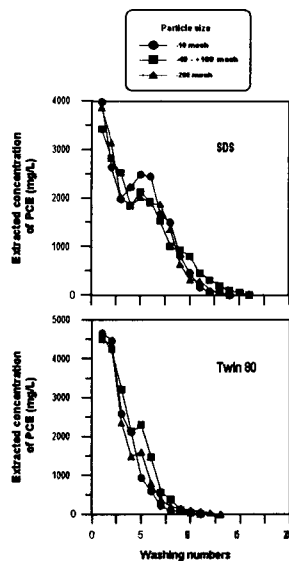


Fig. 2 Effect of particle size on the extraction of PCE by surfactant washing.

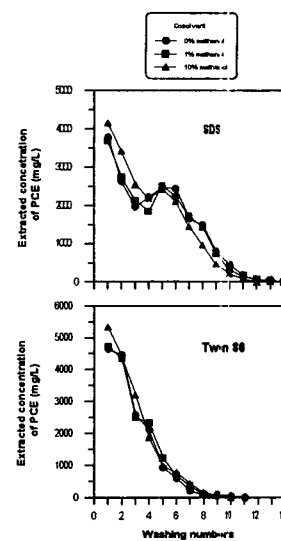


Fig. 3 Effect of cosolvent (methanol) on the extraction of PCE by surfactant washing.

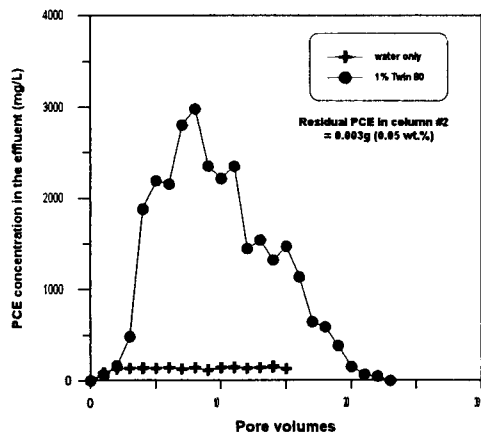


Fig. 4 Comparison of surfactant flushing (1% Twin 80) with water only flushing in the column packed with HBG (column #1 and #2).

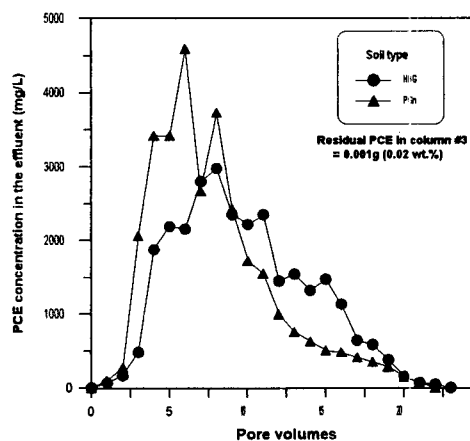


Fig. 5 Effect of soil type on the effluent concentrations in 1% surfactant flushing (column #2 and #3).

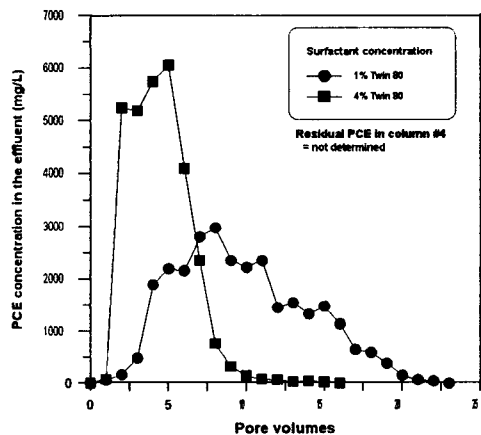


Fig. 6 Effect of surfactant concentration on the effluent concentrations in surfactant flushing (column #2 and #4).

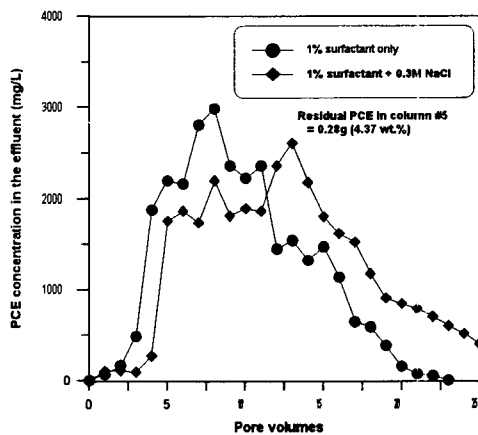


Fig. 7 Effect of ionic strength (0.3M NaCl) on the effluent concentrations in 1% Twin 80 flushing (column #2 and #6).