

토양/수체 내 양이온 계면활성제와 용존유기물이
소수성유기화합물의 분포에 미치는 영향 연구
Effect of Dissolved Organic Matter and Cationic Surfactant on the
Distribution of HOC in soil/water system

문정원 · 박재우

이화여자대학교 국가지정 지하환경연구실

ABSTRACT

The effect of the presence of dissolved organic matters(DOM) on the binding of phenanthrene to cetylpyridinium chloride(CPC) coated sand was investigated. The distribution coefficient of phenanthrene increased with increase of surfactant coverage, and decreased with the presence of dissolved organic matters except for the 1.600mg/g coverage case. Both Aldrich humic acid and extracted dissolved organic matter showed the similar tendency. For the quantification of the overall distribution coefficient, this study presented mass distribution model and estimated the sorption equilibrium coefficients of hydrophobic organic compounds(HOCs) in multi system. The suggested model combined a series of sorption equilibrium relationships including the adsorption of DOMs on sorbents, the binding between HOCs and DOMs, and the sorption of HOCs on sorbents with or without DOMs. For verifying the model, measured data was compared with the estimated result.

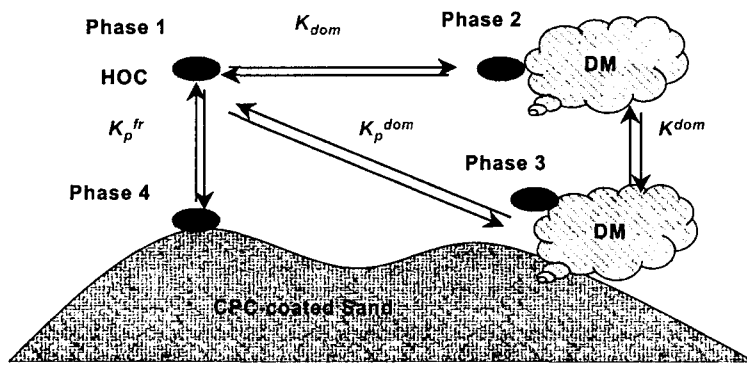
Key words : dissolved organic matters, hydrophobic organic compounds, distribution coefficient

I. 서론

토양과 지하수에서 소수성유기화합물(HOC)의 오염을 제어하기 위한 방법으로 기존에 제시된 것은 pump and treat 과 같은 토양 세척법이었다. 이는 물에 의해 오염 물을 운반/제거하는 방법으로 대수층과 접촉할 가능성이 있어 2차 오염을 일으킬 수 있다는 단점이 있다. 따라서 유기오염물질을 토양에 고정화(Immobilization)시켜 아직 오염되지 않은 토양과 지하수를 보호하는 방법이 더 효과적인 대안으로 부각되고 있

다. 이는 토양에 계면활성제를 투입하여 고정화지역을 만들어 상부로부터 유입되는 유기 오염 물질의 거동을 지연시킴으로써 토양 하부나 지하 대수층으로 오염물질이 유출되는 것을 막을 수 있다.

이러한 토양/수체 환경에서 소수성유기화합물의 거동과 분포에 영향을 미칠 수 있는 중요한 인자는 용존유기물이다. 거대입자인 용존유기물은 그 자체가 토양에 흡착되고 동시에 수체내에 용존 상태로 존재하므로 오염물질을 이동시키거나 고정화시킬 수 있는 능력을 지닌다 이들 사이의 상호관계는 다음과 같은 그림과 각각의 분포계수로 표현할 수 있다.<그림1>



<Fig 1> General Description of Multiphase system in soil/water

본 연구에서는 (i)고정화기술을 이용함에 있어서 오염물질과 용존유기물 그리고 고정화 매재인 흡착질간에 어떠한 상호 작용이 있는지에 대해서 알아보고, (ii) 오염물질의 상대적인 분포가 어떻게 달라지는가에 대해서도 수학적인 모델로 알아보하고자 한다.

II. 실험 방법 및 분석

1. 연구재료

본 연구에서는 양이온성 계면활성제로 CPC(cetylpyridinium chloride)를 사용하였다. 흡착질로는 425~825 μm 의 모래를 사용하였고 소수성유기오염물질로는 휘난트렌을 사용하였다. 용존유기물로는 고양시 창랑천의 흙에서 IHSS 방법으로 추출한 용존유기물과 Aldrich사의 휴믹산(humic acid)을 이용하였다.

2. 회분식 실험

용존유기물의 모래로의 흡착정도를 알아보기 위해 세가지 농도의 CPC용액으로 흡착된 0.5g의 모래에 0-50mg/L의 용존유기물 용액을 25 ml 원심분리튜브에 넣고, Shimazu TOC-5000A로 분석하였다. 다음으로 용존유기물과 휘난트렌만이 수용액 상으로 존재시 분포를 알아보기 위하여 튜브에 일정 농도의 휘난트렌 용액을 주입하고 용존유기물의 농도를 증가시키고, 분석은 Hitachi F-3010 Fluorescence Spectrophotometer를 이용하였다. 마지막으로 휘난트렌의 모래로의 흡착 경향성을 알아보기 위해서 0.5g의 모래에 10 mg/L의 용존유기물 용액 25ml 용액을 튜브에 넣고, 메탄올에 녹인 휘난트렌 stock solution을 syringe로 주입했다. 전체 상등액의 휘난트렌 농도는 UV 검출기가 달린 Waters HPLC로 분석하였고 용존유기물과 결합하지 않은 농도는 Fluorescence Spectrophotometer로 이중 분석하였다. 용존유기물이 없는 경우에 대해서는 증류수를 사용하였다. 모든 실험은 25°C, 150 rpm에서 48시간동안 교반 시킨 후 5000rpm에서 10분간 원심분리 후 분석하였다.

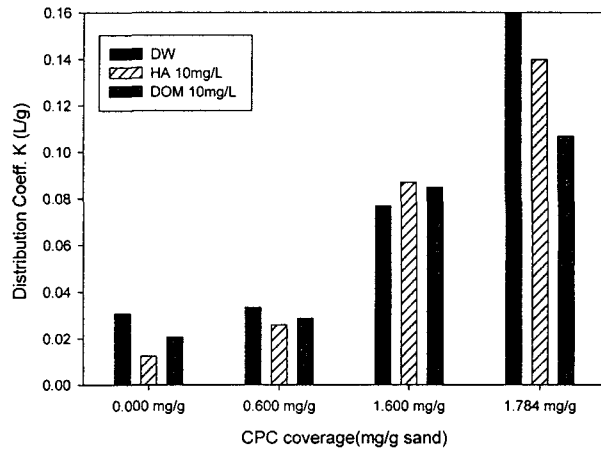
3. 질량 분포 예측 모델

각각의 실험을 통해서 개별적으로 얻어진 분포계수로 수학적 질량 보존 모델을 세우고 전체 계의 분포계수를 예측하여, 실험적으로 얻어진 분포계수와 비교해 보았다. 또한 예측한 분포계수를 이용하여 휘난트렌의 상대적인 질량 분포를 알아보았다.

III. 실험 결과 및 고찰

1. 용존유기물의 존재 유/무에 따른 휘난트렌의 분포

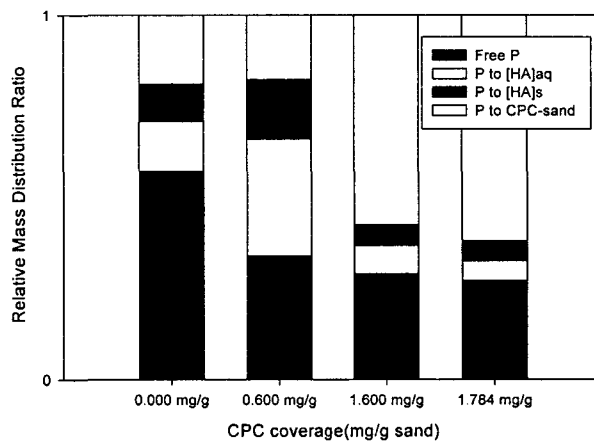
용존유기물이 없는 경우에 계면활성제로 피복된 정도가 큰 경우에 휘난트렌의 흡착이 증가하였다. 용존유기물이 있는 경우는 1.600 mg/g 로 피복된 모래를 제외하고 전반적으로 흡착량이 감소하는 결과를 보였다. 또한 Fluorescence Spectrophotometer로 측정된 결과 용존유기물과 결합하는 휘난트렌의 양은 용존유기물과 휘난트렌만이 존재하는 경우보다 적게 나왔다. 전체적인 Aldrich 휴믹산과 용존유기물에 대한 분포 계수는 다음 그림과 같다.



< Fig 2 > Comparison of overall K value in Multiphase system

2. 휘난트렌의 상대적인 질량 분포 예측

다중 시스템에서 휘난트렌의 분포는 다음과 같은 4가지 경우를 생각할 수 있다. 결합하지 않은 경우, 수용액 상의 용존유기물과 결합한 경우, 계면활성제로 피복된 모래에 흡착된 용존유기물과 결합한 경우, 그리고 모래 차체에 흡착된 경우이다. 이러한 경우를 실험적으로 각각의 계수를 구해서 상대적인 질량의 분포를 다음 그림과 같이 나타내었다. 용존유기물에 결합한 양을 비교해 보면 피복된 정도가 적을수록 더 크다는 것을 알 수 있다. 이는 용존유기물의 상대적인 결합력이 더 크기 때문이라고 추정할 수 있다.



< Fig 3 > Relative Mass Distribution of PHN with DOM

참 고 문 헌

1. Schlautman, M. A. and Morgan, J. J., 1993, "Effects of aqueous chemistry on the binding of polycyclic aromatic hydrocarbons by dissolved humic materials". *Environ. Sci. & Technol.*, Vol. 27, No. 5: 961-969.
2. Kibbey, T. G. and Hayes, K. F., 1993. "Partitioning and UV Adsorption Studies of Phenanthrene on Cationic Surfactant-Coated Silica". *Environ. Sci. & Technol.*, Vol. 27, No. 10: 2168-2173.
3. Jones, K. D. and Tiller, C. L., 1999. "Effect of Solution Chemistry on the Extent of Binding of Phenanthrene by a Soil Humic Acid: A Comparison of Dissolved and Clay Bound Humic". *Environ. Sci. & Technol.*, Vol. 33, No. 4: 580-587.
4. Lee, C-L. and Kuo, L-J., 1999, "Quantification of the Dissolved Organic Matter Effect on the Sorption of Hydrophobic Organic Pollutant: Application of an Overall Mechanistic Sorption Model", *Chemosphere*, Vol. 38, No. 4: 807-821.