

Organo-Anthracite를 이용한 난용성 유기화합물의 제거

Removal of Sparingly Soluble Organic Compounds(SSOCs) by the Organo-Anthracite

장현숙^{*} · 전성숙 · 조경진 · 이광우¹ · 박상원
계명대학교 환경과학과, ¹대구전문대 환경공학과

1. 서 론

최근 산업체와 가정에서 사용되는 수많은 양의 계면활성제가 지하수와 지표수의 다른 오염물질 거동에 영향을 미치는 것으로 판명되어 계면활성제의 이동에 대한 관심이 집중되고 있다.¹⁾ 계면활성제는 자체적인 독성 때문에 수질 오염물질로 규제대상이 되어 왔으나, 수용액 상의 계면활성제가 오염물 분해 bacteria에 독성을 나타내는 반면에, clay에 흡착된 계면활성제는 독성을 나타내지 않는 것으로 밝혀졌다²⁾. 또한 난용성 유기오염물(sparingly soluble organic compounds, SSOC)의 용해도와 흡착능을 증가시키는 특성이 있으므로, 계면활성제가 흡착되어진 흡착제는 저용해성임에도 불구하고 지하수나 지표수에 존재시 독성이 매우 큰 SSOCs의 제거가 가능할 것이며, 이것은 낮은 투수성과 높은 흡착성이 요구되는 매립지의 차수막으로도 사용될 수 있을 것이다.

전하를 띄는 고체 표면과 계면활성제와의 흡착은 흡착제의 표면 특성에 따라 다른 형태로 나타난다. 지금까지 행해져온 연구 결과들은 모두 친수성 표면의 흡착제를 이용한 것들로서 소수성기가 있는 표면에서 계면활성제의 흡착에는 적용될 수 없다.³⁻⁵⁾

따라서 본 연구에서는 소수기가 있는 표면과 계면활성제간의 흡착 메카니즘과 표면개질된 흡착제의 유기물질 흡착메카니즘을 규명함과 동시에 소수성을 나타내는 anthracite를 흡착제로 선정하여, 표면을 계면활성제로 흡착시킴으로서 수용액 중에 미량으로 존재하여도 치명적 독성을 가지는 SSOCs를 제거하고자 한다.

2. 실험 방법

흡착실험은 회분식 실험을 수행하였다. 사용할 양이온 계면활성제는 비교적 큰 분자량의 cetyltrimethylammonium bromide(CTABr)을 사용하였다. 흡착특성을 결정하기 위해서 임계미셀농도(critical micelle concentration : CMC) 부근 ($10^{-5}\text{M} \sim 8 \times 10^{-4}\text{M}$)의 계면활성제 수용액에 각각 10g/L Anthracite을 가하고 pH와 이온강도는 고정하였다. shaking하면서 일정시간마다 시료를 채취하여 0.45 μm 여과지로 여과한 후 bulk에 잔존하는 계면활성제의 양을 TOC로 측정하여 초기농도와 차로서 흡착된 계면활성제의 양을 산출하고 그로부터 흡착특성을 결정한다.

개조된 흡착제의 안정성 연구는 계면활성제를 이용하여 표면개조한 흡착제의 용용에 결정적인 영향을 미칠 것이므로, 계면활성제를 가장 큰 코팅율을 나타내는 농도로 Anthracite에 고정한 후 Anthracite를 pH 2~10범위의 용액으로 세정하여 세정액내의 계면활성제 농도를 TOC로 분석하여 탈착된 계면활성제 양을 측정하였다.

흡착 제거 실험은 anthracite와 organo-anthracite를 이용하여 행하였다. 계면활성제가 코팅된 anthracite에 $5 \times 10^{-4}\text{M}$ 의 chloroform과 benzene을 주입한 후 3시간 shaking시켜 평행에 도달시킨다. 상등액을 n-hexane으로 추출한 후 용해되어 있는 유기화합물의 농도를 분석하여 최초 농도와 비교를 통하여 총 물질수지를 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

점토류나 일반적인 흡착제와는 달리 소수성의 표면 특성을 나타내는 Anthracite표면에 흡착한 CTAB의 등온흡착곡선은 S모양으로 나타났다. 소수성결합과 양이온 교환반응, alkyl 사슬에 의한 비극성 상호작용이 주요 메카니즘으로 작용함을 알 수 있었다. CHC는 $2 \times 10^{-5}\text{M}$ 이었고, hemimicelles이 형성됨을 알 수 있었다. 이로써 reverse orientation model이 제안되었다⁶⁾.

탈착실험결과 organo-anthracite가 전 pH범위에서 안정함을 알 수 있었고, 이를 이용한 제거실험에서 초기 농도 $6 \times 10^{-4}\text{M}$ 인 chloroform과 benzene이 전 pH 범위에서 95% 이상 제거되었다. Organo-anthracite에 의한 chloroform과 benzene의 흡착은 30분 이내에 평행에 도달할 정도로 굉장히 빠르게 진행되었다.

Organo-anthracite와 유기화합물 간의 K_d 값은 실측치가 이론치보다 4~25배의 높은 값으로 나타났다. 따라서 토양이나 clay와 같은 다른 흡착제에 비해 organo-anthracite내에서 SSOCs의 분배가 더 쉽게 이루어는 것으로 사료된다.

이와 같은 사실들을 종합해 볼 때, anthracite는 다른 흡착제보다 훨씬 강한 소수성 결합으로 흡착이 가능하므로 높은 농도의 계면활성제 흡착율과 함께 유독성 유기화합물의 제거능이 탁월하였고, 이와 같은 결과는 organo-anthracite를 매립지의 차수막으로 이용시 유독성 유기 오염물질의 이동을 보다 효과적으로 지연시킬 수 있음을 나타낸다.

4. 참고 문헌

1) Shihe Xu, Stephen A. Body, "Cationic Surfactant Sorption to a Vermiculitic Subsoil via Hydrophobic Bonding", *Environ. Sci. Tech.*, Vol.29, 918-926, (1995).

2) Thomas M. Holsen, Elaine Ruth Taylor, Yong-Chan Sea, and Paul R. Anderson, "Removal of Sparingly Soluble Organic Chemicals from Aqueous Solutions with Surfactant-Coated Ferrihydrite", *Environ. Sci. Tech.*, 25, 1585-1589, (1991).

3) Dick S. D., Fuerstenau D. W. and Healy T. W., "Adsorption of Ionic Surfactants on Highly Dispered Silicas.", *Journal of Colloid Sciences*, 137, (1971).

4) Shihe Xu, Stephen A. Body, "Alternative Model for Cationic Surfactant Adsorption by Layer Silicates", *Environ. Sci. Tech.*, Vol.29, 3022-3028, (1995).

5) Jeffrey H. H., Hoskins J. C., Schechter R. S., and Wade W. H., *Langmuir*, Vol.1, 225, (1994).

6) Somasundaran, P., Fuerstenau, D. W., *J. Phys. Chem.*, Vol.70, 90, (1996).