

PC4) 메르캡토 기능을 가진 메조포러스 실리카 흡착제에 의한 양이온 중금속의 동력학적 및 열역학적 흡착 특성

이두희·최정훈·김정배¹⁾

계명대학교 환경과학과 대학원, ¹⁾계명대학교 환경학부

1. 서론

수중의 중금속의 처리방법으로서 화학적, 물리적, 생물학적인 원리를 이용한 여러 가지 방법이 널리 이용되고 있다. 특히 급속하게 늘어나는 산업폐수, 합성세제, 농약 그리고 매립되는 고형폐기물의 증가는 유해한 유기물질과 중금속에 의한 지표수와 지하수의 오염을 더욱 심각하게 만들고 있다. 한편 특정 유해 오염물의 제거에 대한 연구가 현재 활발히 진행 중이며, 폐수 중 제거되거나 무해화 하고자 하는 유독물질의 물리/화학적 특성에 대한 정확한 규명의 기반위에서 그 특성에 맞는 적절한 기술을 연구하고 있다.

본 연구에서는 흡착제로서 메르캡토(Mercapto) 기능을 가지는 메르캡토 메조포러스 실리카(Mercapto Mesoporous Silica :MMS)를 합성하고 양이온 중금속인 Pb(II), Cd(II), Cu(II) 및 Ni(II) 이온에 대한 흡착능을 동력학적 및 열역학적으로 해석하였다.

2. 실험 방법

양이온 중금속인 Pb(II), Cd(II), Cu(II) 그리고 Ni(II) 화합물에 대한 흡착실험은 메르캡토(Mercapto) 기능기로 표면 개질한 메조포러스 실리카(MMS)를 이용하여 등온흡착평형, 시간에 따른 초기농도별 흡착속도, 온도별 흡착속도 등 실험을 실시하여 최초 농도와의 비교를 통하여 흡착된 중금속의 흡착량을 구하였다. 표면개질된 흡착제인 MMS의 표면특성을 규명하였고, 흡착 공정의 확산 메커니즘을 설명하기 위해 입자내 확산모델과 액막확산모델을 이용하였으며, 흡착제에 의한 중금속 흡착에 대한 온도의 영향을 검토하기 위해 온도별 흡착속도실험은 288 °K, 298 °K 및 308 °K에서 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

MMS 메조포러스 흡착제의 XRD 분석 결과 메르캡토 기능을 부착하였을 경우 2θ에서 230부근에서 피크의 강도가 현저히 감소함을 알 수 있다. 이는 SiO₂ 표면에 메르캡토 기능이 결합되었기 때문이며, 즉, 실리카 표면에 메르캡토 기능이 담지 되었음을 의미한다. MMS 흡착제에 대한 비표면적 측정결과, 비표면적이 각 873m²/g로 감소되었다. 입자내 확산모델식의 분석결과, 흡착공정이 기울기가 서로 다른 2개의 직선 구간으로 나누어지는데, 첫 번째 기울기는 유체 본체로부터 흡착질 분자가 이동하는 단계이고, 두 번째 직선 구간은 외부표면으로부터 흡착제인 MMS의 세공 속으로 흡착질 분자가 확산되어 세공속의 내부표면에 있는 활성점에 흡착되는 입자내 확산단계이다. 흡착제인 MMS에 의한 각 중금속의 입자내 확산속도상수값(k_{d1})의 크기는, Pb(II) > Cd(II) > Cu(II) > Ni(II)의 순서였다. 액막 확산모델식의 분석결과, 흡착제인 MMS에 의한 각 중금속의 액막 확산속도상수(k_{d3})의 크기는, Ni(II) > Cu(II) > Cd(II) > Pb(II)의 순서였다. MMS 흡착제에 의한 각 중금속 이온의 흡착반응의 표준엔탈피 변화 값(ΔH₀)은 6.215~8.007 kJ/mol로서 (+)값을 가지기 때문에 MMS 흡착제에 의한 각 중금속 이온의 흡착반응은 흡열반응임을 알 수 있었다. 그리고 표준엔트로피 변화 값(ΔS⁰)은 76.49~87.82 J/mol·°K로서 (+)값을 가지기 때문에 MMS 흡착제에 의한 각 중금속 이온의 흡착반응은 반응이 일어나는 과정 동안 고체와 액체 경계면에서 무질서도가 증가하는 것으로 나타났다.

4. 참고문헌

Nollet, H., M. Roels, P. Lutgen, P. Van der Meeren, and W. Verstraete, 2003, Removal of PCBs from wastewater using fly ash, Chemosphere, 53(6), 655-665.