

방사성 핵종(코발트, 스트론튬)의 경쟁 흡착 특성 평가

강경찬, 이영채, 권미경, 신원식, 최상준

경북대학교, 대구광역시 북구 산격동 1370번지

wshin@mail.knu.ac.kr

1. 서론

중·저준위 방사성 폐기물은 주로 동굴처분이나 천층처분 방식을 이용해 영구 처분한다. 그러나 방사성 폐기물 관리에 있어 여러 가지 요인에 의한 자연 재해나 부적절한 관리 등으로 주변 환경으로 유출되어 토양이나 지하수가 방사성 핵종으로 오염될 수 있다. 실제로 국외의 경우 2005년 3월 아르헨티나 에제이자(Ezeiza) 방사성폐기물 처분장의 방사능오염으로 주민 30만 명이 거주하는 지역 주변 토양의 약 2,500 ha가 방사성 핵종에 오염된 사건이 있었다. 또한, 국내에서도 인위적 또는 자연적인 이유로 토양과 지하수가 방사성 핵종으로 오염된 사례가 보고되고 있으므로 방사성 핵종으로 오염된 토양의 복원 기술에 대한 연구 개발의 필요성이 대두되고 있다. 이에 본 연구에서는 여러 흡착제에 대한 코발트와 스트론튬의 흡/탈착 실험을 통해 흡/탈착 특성을 규명하여 궁극적으로 방사성 핵종 오염 토양의 원위치 고정화(in situ immobilization) 복원기술 개발의 기초연구를 수행하였다.

2. 실험 및 결과

본 실험은 자연 토양의 pH인 5.5에서 흡착제에 대한 코발트와 스트론튬의 흡/탈착 특성을 평가하였다. 모든 흡착제는 buffer(0.05M MES buffer + 0.01M NaNO₃) 용액으로 2~5회에 걸쳐 세척하여 pH를 5.5로 조절한 후 사용하였다. 각 흡착제에 대한 단일 성분 등온흡착 실험은 일정한 pH를 유지하기 위해 0.05M MES(2-[N-Morpholino]ethanesulfonic acid) buffer와 0.01M NaNO₃를 주입하고, 코발트와 스트론튬의 농도를 각각 1~20mmol/L과 1~15mmol/L로 증가시켜 가면서 수행했다. pH를 5.50으로 조정하기 위해 0.1N HNO₃ 또는 0.1N NaOH를 이용했고, 48시간 동안 흡착 실험(25°C, 200rpm)을 수행하였다. 이성분 등온흡착 실험은 단일 성분과 동일하게 수행되 방사성 핵종의 농도는 1~15mmol/L로 증가시켜 가면서 수행했다. 연속 탈착 실험은 등온 흡착 실험과 동일한 조건에서 전해질 용액을 사용하여 24시간씩 반복 수행하였다. 모든 실험은 회분식 실험으로 진행되었고, 분석을 위해 시료는 3000rpm, 20분간 원심분리 한 후, 0.2µm의 Membrane Filter를 이용하여 여과한 후 ICP(PerkinElmer, Optima 2100 DV)로 분석하였다.

자연 토양과 생선뼈, 몬모릴로나이트, Mn-PILC, Fe-PILC에 대한 등온 흡착 실험 결과 코발트의 최대 흡착량이 생선뼈 > 자연토양 > Mn-PILC > Fe-PILC > 몬모릴로나이트의 순서로 나타났고, 코발트가 생선뼈에 가장 많이 흡착되었지만, 가장 많이 탈착되기도 했다. 스트론튬의 경우 흡착량에 대해 자연토양 > Mn-PILC > 생선뼈 > Fe-PILC > 몬모릴로나이트의 순서로 나타났고, 스트론튬은 코발트와 달리 자연 토양에 대해 가장 많이 흡착되고, 가장 적게 탈착되는 것으로 나타났다. 모델에 대한 fitting 결과 모든 모델에 대해 코발트와 스트론튬 모두 높은 R² 값을 나타냈다. 이성분 흡착실험 결과, 단일 성분의 흡착과 비교하였을 때 이성분계에서의 경쟁 흡착 시 경쟁 성분의 존재로 인해 각 성분의 흡착량이 감소하는 것으로 나타났고, 단일 성분의 흡착 결과에서는 각 흡착제에 대해 코발트가 스트론튬보다 많은 양이 흡착되는 것으로 나타났지만, 경쟁 흡착 결과에서는 생선뼈를 제외한 모든 흡착제에서 스트론튬이 코발트 보다 더 많은 양이 흡착되는 것으로 나타났다.

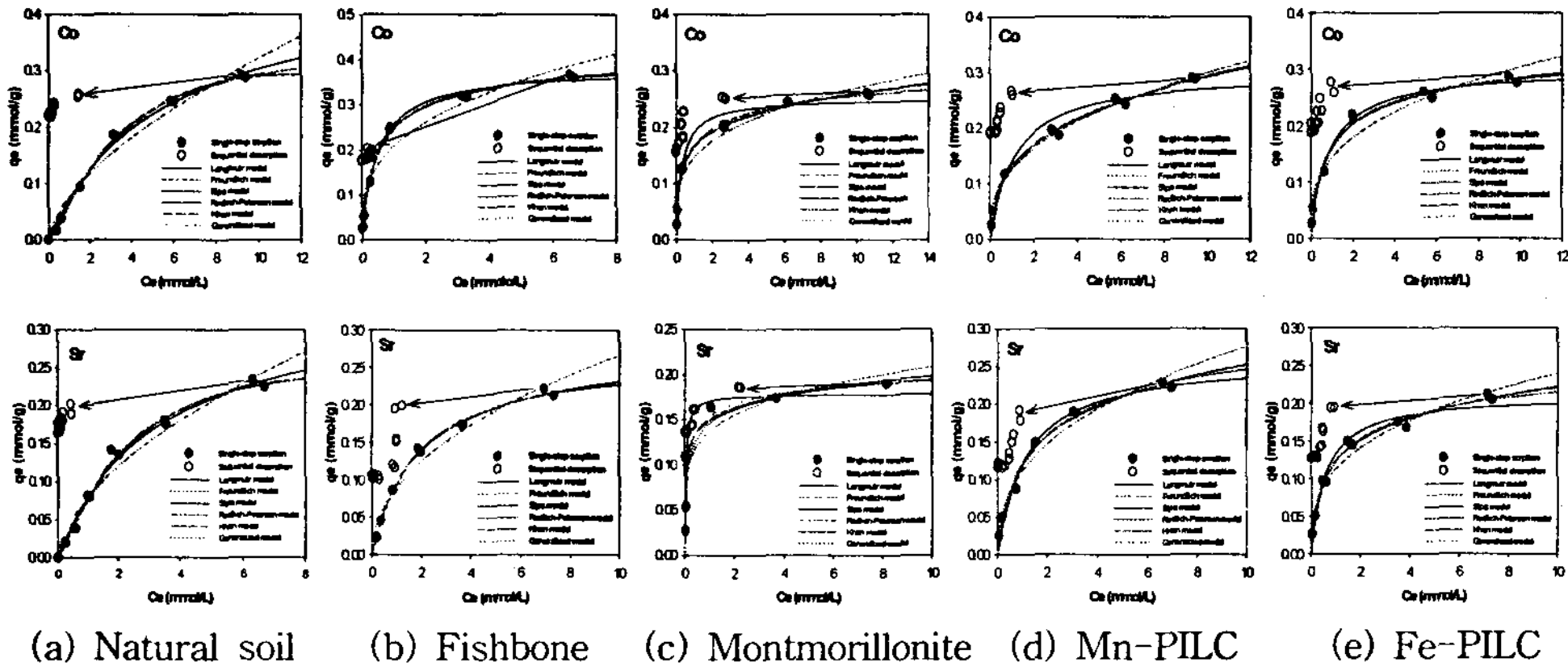


Fig. 1. Single-solute sorption and desorption isotherm of Co and Sr in adsorbents at pH 5.5.

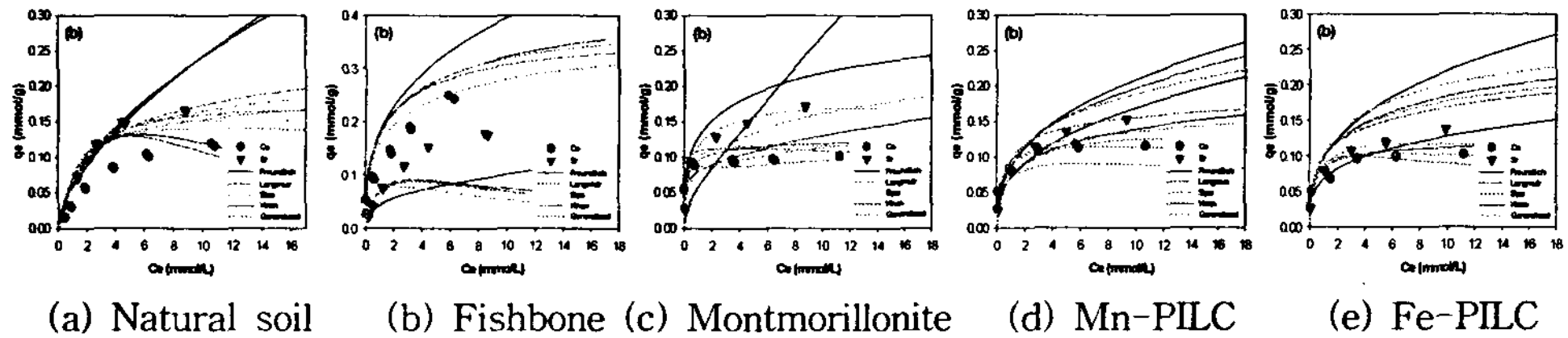


Fig. 2. Bisolute competitive sorption isotherm of Co and Sr on natural soil at pH 5.5. Lines indicate IAST predictions coupled to single-solute sorption and desorption models, respectively.

3. 결론

단일성분 등은 흡착 특성에 있어 코발트는 생선뼈에 가장 많이 흡착되고 가장 많이 탈착되었고, 스트론튬은 자연토양에 가장 많이 흡착되고 가장 적게 탈착 되는 것으로 나타났다. 또한, 몬모릴로나이트와 개질 점토에 대한 코발트와 스트론튬의 흡착량은 세 가지 흡착제에 대한 CEC값의 크기순서와 일치하는 것으로 나타나 코발트와 스트론튬의 흡착이 양이온 교환에 의해 상당 부분 일어나는 것으로 사료된다. 이 성분 흡착실험 결과, 생선뼈를 제외한 모든 흡착제에서 스트론튬이 코발트 보다 더 많은 양이 흡착되는 것으로 나타나 단일 성분의 흡착과 비교하였을 때 이 성분계에서의 경쟁 흡착 시 경쟁 성분의 존재로 인해 각 성분의 흡착량이 감소하는 것으로 나타났다.

4. 참고문헌

[1] A. M. L. Kraepiel, K. Keller, and F. M. M. Morel, A model for metal adsorption on montmorillonite, *J. Colloid and Interface Science*, 210, 43-54 (1999).
 [2] S. C. Tsai, S. Ouyang, and C. N. Hsu, Sorption and diffusion behavior of Cs and Sr on Jih-Hsing bentonite, *Applied Radiation and Isotopes*, 54, 209-215 (2001).
 [3] D. T. Karamanis, X. A. Aslanoglou, P. A. Assimakopoulos, N. H. Gangas, A. A. Pakou, and N. G. Papayannakos, An aluminum pillared montmorillonite with fast uptake of strontium and cesium from aqueous solutions, *Clays and Clay Minerals*, 45(5), 709-717 (1997).
 [4] W. Admassu and T. Breese, Feasibility of using natural fishbone apatite as a substitute for hydroxyapatite in remediating aqueous heavy metals, *J. Hazard. Mater.*, B69, 187-196 (1999).
 [5] I. Smiciklas, S. Dimovic, I. Plecas, and M. Mitric, Removal of Co^{2+} from aqueous solutions by hydroxyapatite, *Wat. Res.*, 40, 2267-2274 (2006).