

양이온교환수지를 이용한 코발트, 스트론튬, 세슘 제거: 칼럼실험

이윤지, 박연진, 신원식, 최상준

경북대학교, 대구광역시 북구 산격동 1370번지

yj1024@knu.ac.kr

1. 서론

코발트, 스트론튬, 세슘과 같은 방사성핵종을 포함한 저준위 방사성폐액은 원자력발전소의 운전으로 다량 발생한다[1]. 이러한 방사성핵종의 처리에는 공침, 응집, 이온교환, 용매추출, 분리막법이 적용된다[2]. 그중, 이온교환은 다른 방법에 비해 공정 및 장치가 간편하고 이온교환수지를 재사용할 수 있기 때문에 경제적이며, 점차 그 비율이 증가하고 있는 추세이다. 그러므로 설폰산 작용기를 가진 양이온교환수지(Amberjet™ 1600H)를 택하여 연속식 칼럼 반응기를 이용하여 코발트, 스트론튬, 세슘의 처리 성능을 평가하였다.

2. 본론

2.1 실험방법

본 연구에서는 높이 5.5 cm, 지름 2.5 cm의 유리 칼럼(ACE glass)을 이용하여 6g의 Amberjet™ 1600H(Rohm and Hass Korea Co., Ltd)를 칼럼의 중간에 채운 후 칼럼 내 남은 부피는 glass bead(D: 1.5mm, Sigmund Lindner, germany)를 위, 아래에 충전하여 연속식 실험을 수행하였다. 이때 적용한 1 BV(bed volume)는 27 mL이다. 실험에서는 실제 방사성 폐액의 획득이 곤란하여 모의 용액을 제조하여 실시하였으며, 방사성 물질의 모사는 Aldrich Chemical사의 시약급 시약 Sr(NO₃)₂, Co(NO₃)₂, CsNO₃를 사용한 비방사성 동위원소로 이루어져 있다. 단일성분 흡착의 경우, 각 1 mM의 Co, Sr, Cs의 모의 용액을 제조하고, 다성분 흡착은 1 mM의 Co, Sr, Cs이 동시에 공존하는 모의 용액을 유입수로 적용하였다. 이때 0.05 M의 MES buffer(2-[morpholino]ethanesulfonic acid, ACROS Organics, USA)를 이용하여 유입수의 pH는 5로 유지하였다. 또한 Co, Sr, Cs이 포함되지 않는 MES buffer 용액을 탈착액으로 이용하여 흡착 실험 후 유출수 내 중금속의 농도가 측정되지 않을 때까지 탈착을 수행

하였다. 이 유입수를 충전된 칼럼에 상향(up-flow)으로 0.1 mL/min을 흘려보내 유출액을 샘플링 하였고 유출수 내의 Co, Sr, Cs의 농도는 ICP-OES(PerkinElmer Co., USA)로 분석하였다.

2.2 결과

연속식 단일성분 흡착 파과곡선은 Fig. 1에 나타내었다. Co의 경우, 파과점에 도달되는 시점(C/C₀=0.01)은 115 BV(52시간)이며, Sr은 149 BV(약 67시간)에 파과점에 이르렀다. Cs의 파과점은 177 BV(80시간)로 나타났다. 최대흡착량은 파과점을 기준으로 Cs는 0.73(mmol/g), Sr은 0.56(mmol/g), Co는 0.49(mmol/g)으로 나타났다.

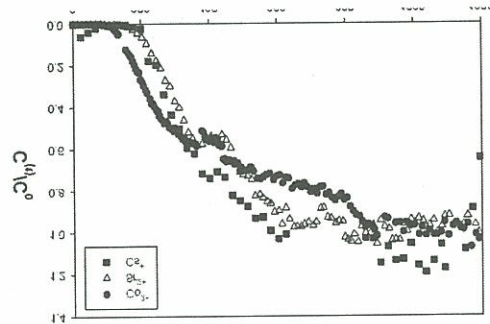


Fig. 1. Breakthrough curve for single-solute sorption of Co, Sr and Cs on Amberjet™ 1600H

흡착실험이 종료된 후 Co, Sr, Cs의 단일성분 탈착을 평가하기 위하여 탈착실험을 수행하였다(Fig. 2). Amberjet™ 1600H으로 부터 Co는 200 BV(90시간) 이후 탈착되지 않았고 Sr의 경우 250 BV(110시간) 이후 탈착되지 않았다. 그리고 Cs은 700 BV(315시간)로 Co와 Sr보다는 상대적으로 장시간 탈착되었다.

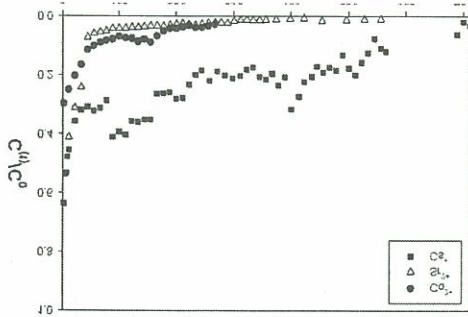


Fig. 2. Desorption curve for single solute desorption of Co, Sr and Cs onto Amberjet™ 1600H

연속흐름에서 Co, Sr, Cs이 동시에 함유된 다성분 용액으로 파과실험을 수행하였다(Fig. 3). Co와 Cs의 경우, 각각 106 BV(48시간), 88 BV(40시간)까지 유출수내의 중금속이 측정되지 않았으며, 그 이후에 급속히 유출농도가 증가하여 220 BV(100시간), 155 BV(70시간)에서 유출수 내의 농도가 약 1.5~2배 높게 나타나는 경향성을 보였다. Sr은 단일성분 흡착에서 제거율 99%를 달성하는데 149 BV(67시간)이 소요된 것과는 달리 다성분 연속 흡착에서는 102 BV(46시간)이 소모되어 Co, Cs과 같이 파과점 도달시점이 당겨졌다. 이는 다성분 용질계에서 용질들 간의 경쟁으로 단일성분 흡착에 비해 흡착능력이 감소한 것으로 보인다. 이러한 결과는 이성분 용질계에서 진행한 회분식 실험에서 Sr과 Co, Sr과 Cs의 경쟁으로 Sr의 최대흡착량이 더 높게 나타난 것을 바탕으로 설명할 수 있다. 수화이온 크기가 더 큰 Sr이

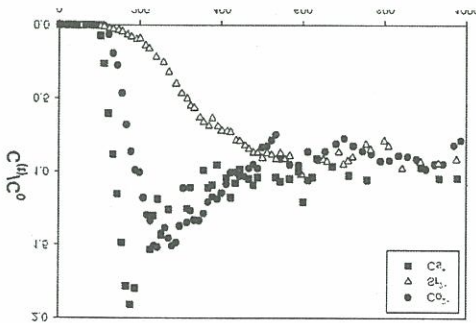


Fig. 3. Breakthrough curve for tri-solute competitive sorption of Co, Sr and Cs onto Amberjet™ 1600H

흡착제와 수용액의 경계면으로 접근할 때 수화효과에 대한 반발력이 커서 Co와 Cs보다 더 큰 흡착능을 가지는 것으로 추측된다. 이러한 이유로 기존에 흡착되어 있던 Co와 Cs이 용출되는 것으로 추측된다.

3. 결론

칼럼을 이용한 연속식 단일성분 흡착에서는 Co, Sr, Cs의 순으로 파과점에 도달하였으며 파과점을 기준으로 최대흡착량도 유사한 경향성을 보였다. 또한 Co, Sr, Cs의 탈착실험에서 Cs은 다른 방사성핵종보다 장시간 탈착되었다. 그리고 다성분 경쟁흡착실험을 통해 용질간의 경쟁으로 Co, Sr, Cs은 단일흡착 실험에 비해 파과점 도달시점과 최대흡착량이 감소하는 것을 알 수 있었다.

4. 감사의 글

본 연구는 한국연구재단(교육과학기술부)의 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다(과제번호: M20706000036-07M0600-03610).

5. 참고문헌

- [1] S. Inan, H. Tel and Y. Altas, Adsorption studies of strontium on hydrous zirconium dioxide, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry Vol. 267, pp. 615 - 621, 2006.
- [2] A.D. Ebner, J.A. Ritter and T.D. Navratil, Adsorption of cesium, strontium and cobalt ions on magnetite and a magnetite-silica composite, Industrial & Engineering Chemistry Research Vol. 40, pp. 1615 - 1623, 2001.