

OPC12) Sodium acetate를 광화제로 사용한 다공성 MIL-101(Cr)-SO₃H_[NaAC] 소재의 합성 및 방사성 핵종 이온의 흡착 특성

최정학 · 이준엽¹⁾ · 이광원²⁾ · 윤건곤 · 노찬우 · 김주섭 · 김명대

부산가톨릭대학교 환경공학과, ¹⁾(주)시드파트원, ²⁾울산광역시 상수도사업본부 수질연구소

1. 서론

오늘날 원자력의 사용은 안정적인 전력공급을 위한 원자력 발전뿐만 아니라 병원, 산업 현장, 생명과학 분야 등 다양한 영역으로 확대 적용되고 있다. 하지만 원자력의 이용 과정에서 얻는 이점 이면에 방사선 피폭 문제나 방사성 폐기물의 처리 문제는 우리가 당면한 커다란 과제이기도 하다. 특히, 2011년 3월 일본의 후쿠시마 원전사고는 방사성 오염 폐수의 위험성 및 처리의 중요성을 다시 한 번 인식하는 중요한 계기가 되었다. 원전에서 발생하는 액체 폐기물 내 대표적 방사성 핵종으로는 ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ⁶⁰Co 등이 있으며, 인체 노출 시 기형아 출산이나 암을 유발하는 원인이 되는 것으로 알려져 있다. 이러한 방사성 핵종의 선택적 제거와 부피 감량화를 위해서 흡착처리 공정을 많이 적용하고 있으며, 선택성과 흡착효율을 높이기 위한 다양한 흡착 소재의 개발 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 이에 본 연구에서는 금속-유기 골격 다공성 소재(MOFs)로 sodium acetate (C₂H₃NaO₂)를 광화제(mineralizer)로 사용한 MIL-101(Cr)-SO₃H_[NaAC] 소재를 합성하고, 수증 스트론튬(Sr²⁺) 및 세슘(Cs⁺) 이온의 흡착 분리에 적용하여 효율과 흡착 특성을 살펴 보았다.

2. 재료 및 방법

소재 합성의 전구물질로 chromium(III) nitrate nonahydrate, monosodium 2-sulfoterephthalic acid, sodium acetate, 초순수를 사용하였으며, 수열합성법(190°C, 24 hr)을 이용하여 실험실 규모에서 MIL-101(Cr)-SO₃H_[NaAC] 소재를 합성하였다. 세척 및 건조 과정 후, 최종 합성 결과물인 green powder의 물성 파악을 위해 XRD, FT-IR, SEM, TEM, 및 BET 분석을 수행하였다. 합성 MIL-101(Cr)-SO₃H_[NaAC] 소재를 이용한 수증 Sr²⁺, Cs⁺ 이온의 흡착 실험을 진행하여 흡착평형 및 pH 조건별 최대흡착용량(q_{max})을 산정하였다.

3. 결과 및 고찰

합성 소재의 XRD pattern은 $2\theta = 5.10^\circ, 8.40^\circ, 9.00^\circ$ 에서 강한 회절 피크가 나타났으며, SEM 이미지를 통해 0.3~0.5 μm 범위의 크기 분포를 가지는 것으로 확인되었다. 또한 TEM 이미지를 통해 정육면체에 가까운 결정체가 합성된 것을 확인할 수 있었으며, 구성 원소별 mapping 이미지 결과로부터 합성된 소재는 C, Cr, O 및 S 원소로 이루어져 있음을 확인하였다. 합성 소재의 비표면적, pore volume 및 pore size는 각각 1,296.587 m²/g, 0.746 cm³/g, 2.301 nm로 분석되었다. 합성 MIL-101(Cr)-SO₃H_[NaAC] 소재를 이용한 Sr²⁺ 및 Cs⁺ 이온의 흡착속도 실험 결과, 3 hr 이내에 흡착 평형에 도달하는 것으로 나타났으며, Sr²⁺ 및 Cs⁺ 이온 모두 pseudo-2nd-order kinetic model에 적합한 것으로 평가되었다. Sr 및 Cs 용액의 초기 pH를 3, 5.5-5.8, 10으로 조절한 등온흡착 실험 결과, 초기 pH가 증가할수록 Sr²⁺ 및 Cs⁺ 이온의 흡착량이 증가하였으며, 흡착등온 model을 적용한 평가에서는 Langmuir model을 잘 따르는 것으로 나타났다. pH 10 조건에서 Langmuir model에 따른 최대흡착용량(q_{max})은 Sr²⁺ 이온이 81.9 mg/g, Cs⁺ 이온이 152.6 mg/g으로 산정되었다.

4. 참고문헌

- Khan, N. A., Hasan, Z., Jhung, S. H., 2013, Adsorptive removal of hazardous materials using metal-organic frameworks (MOFs): A review, *J. Hazard. Mater.*, 244-245, 444-456.
 Ma, L., Xu, L., Jiang, H., Yuan, X., 2019, Comparative research on three types of MIL-101(Cr)-SO₃H for esterification of cyclohexene with formic acid, *RSC Adv.*, 9, 5692-5700.

감사의 글

본 연구는 2019년도 부산가톨릭대학교 교내학술연구비 지원과 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단(개인기초연구사업(중견연구), NRF-2020R1A2C1008597)의 지원을 받아 수행되었습니다.