

## PC11) 합성 금속-유기 골격체 MIL-101(Cr)-SO<sub>3</sub>H를 이용한 스트론튬 및 세슘 이온의 흡착 제거

최정학·이준엽<sup>1)</sup>·이광원<sup>2)</sup>·전재영·박현준·김주용·위우진

부산가톨릭대학교 환경공학과, <sup>1)</sup>(주)캠토피아 기업부설 생활환경연구소,

<sup>2)</sup>울산광역시 상수도사업본부 수질연구소

### 1. 서론

원자력 산업에서 발생하는 저준위 방사성 액체 폐기물의 대부분은 중·장반감기 핵종과 B, Na, K 등과 같은 다량의 비방사성 화학종, 그리고 기타 단반감기 핵종을 포함하고 있다. 특히, 원자력 발전소에서 발생하는 액체 폐기물에 포함된 방사성 핵종으로는 <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr, <sup>60</sup>Co 등이 대표적이며, 이들은 긴 반감기로 인해 기형아 출산이나 암을 유발하는 원인이 된다. 이러한 방사성 액체 폐기물의 안정적 처리를 위해서는 방사성 핵종의 선택적 제거와 부피감량이 선행되어야 하며, 2차 오염을 발생시키지 않는 경제적인 처리/처분 공정이 요구된다. 지금까지 다양한 흡착제를 이용한 수중 방사성 핵종 제거 연구가 많이 진행되어 왔는데, 전통적으로 사용되는 다수의 흡착제 및 이온교환 소재들이 대상 핵종 이온에 대한 선택성 및 분리 농축의 효율성 측면에서 여전히 단점과 한계를 보이고 있어 이를 극복하기 위한 고선택적 맞춤형 소재의 개발과 적용 기술 개발이 절실한 시점이다. 이에 본 연구에서는 무기-유기 하이브리드 다공성 물질의 일종인 금속-유기 골격체(MOFs, metal organic frameworks)로 MIL-101(Cr)-SO<sub>3</sub>H를 합성하여 이를 이용한 수중 스트론튬(Sr<sup>2+</sup>) 및 세슘(Cs<sup>+</sup>) 이온의 흡착 제거 성능을 평가하고 환경적 응용 가능성을 확인하고자 하였다.

### 2. 재료 및 방법

소재 합성의 전구물질로 monosodium 2-sulfoterephthalic acid, CrO<sub>3</sub>, 그리고 염산을 사용하였으며, 수열합성법(hydrothermal synthesis)을 이용하여 실험실 규모에서 MIL-101(Cr)-SO<sub>3</sub>H 소재를 합성하였다. 최종 합성 결과물인 green powder의 물성 파악을 위해 XRD, TEM, EDS 및 BET 분석을 수행하였다. 합성 MIL-101(Cr)-SO<sub>3</sub>H 소재를 이용한 Sr<sup>2+</sup>, Cs<sup>+</sup> 이온의 흡착실험을 진행하여 조건별 흡착평형 및 최대흡착용량을 평가하였다.

### 3. 결과 및 고찰

합성 MIL-101(Cr)-SO<sub>3</sub>H 소재의 XRD pattern은  $2\theta = 9^\circ$ 에서 주된 피크가 나타났으며, TEM 이미지를 통해 정육면체에 가까운 결정체가 합성된 것을 확인할 수 있었다. EDS 분석 결과로부터 합성 green powder는 C, Cr, O 및 S 원소로 이루어져 있음을 확인하였으며, 합성 소재의 비표면적, pore volume 및 pore size는 각각 1861 m<sup>2</sup>/g, 0.25 cm<sup>3</sup>/g, 3.77 nm로 분석되었다. 합성 MIL-101(Cr)-SO<sub>3</sub>H 소재를 이용한 Sr<sup>2+</sup> 및 Cs<sup>+</sup> 이온의 흡착실험 결과, 5 hr 이내에 흡착 평형에 도달하는 것으로 나타났으며, pseudo-2nd-order kinetic model에 적합한 것으로 평가되었다. 용액의 pH를 3, 6, 10으로 조절한 등온흡착 실험결과, pH 3 조건에서는 흡착이 거의 이루어지지 않았으며, pH가 증가할수록 흡착 성능이 월등히 증가하는 결과를 보였다. 특히 pH 10에서의 최대흡착량( $q_{max}$ )은 pH 6에서 보다 2배가량 높게 나타났다.

### 4. 참고문헌

- Khan, N. A., Hasan, Z., Jung, S. H., 2013, Adsorptive removal of hazardous materials using metal-organic frameworks (MOFs): A review, J. Hazard. Mater., 244-245, 444-456.
- Akiyama, G., Matsuda, R., Sato, H., Takata, M., Kitagawa, S., 2011, Cellulose hydrolysis by a new porous coordination polymer decorated with sulfonic acid functional groups, Adv. Mater., 23, 3294-3297.

### 감사의 글

본 연구는 2019년도 부산가톨릭대학교 교내학술연구비 지원과 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단(기초연구사업, NRF-2017R1C1B2002709)의 지원을 받아 수행되었습니다.