

# 양이온 계면활성제를 이용한 Vermiculite 내 세슘 제거 연구

김보현<sup>1,2</sup>, 박찬우<sup>1</sup>, 서범경<sup>1</sup>, 문제권<sup>1</sup>, 박소진<sup>2</sup>, 이근우<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

<sup>2</sup>충남대학교, 대전광역시 유성구 대학로 99

\*nkwllee@kaeri.re.kr

## 1. 서론

원자력 시설 가동 중 방사성 오염물질의 유실 또는 원전 사고 등에 의한 방사성 핵종에 의해 원자력시설 주변 토양이 오염될 수 있다. 토양은 사질, 실트질, 점토질 등으로 구성되어 있으며, 방사성 핵종들은 토양 중 점토질에 많은 양이 선택적으로 흡착된다. 방사성 핵종 중 세슘은 점토광물의 층간 내부에 흡착 되거나, Frayed edge site (FES) 에 비가역적으로 흡착되어 안정성이 높아 일반적인 토양 처리 방법으로는 제거가 되지 않는다.

다양한 점토광물 중 vermiculite는 층간 전하가 높아 층 내부에 세슘이 강하게 흡착되고 양이온 교환능이 높아 세슘 흡착량이 높다. 뿐만 아니라 세슘 흡착 선택성이 높은 FES를 함유하여 제거가 어렵다고 알려져 있다. 또한, 2:1형 광물로서 팽창성을 가지고 있으나, 팽윤되는 정도가 다른 팽창성 광물보다 적기 때문에 바깥 표면으로의 빠른 흡착 이후에 격자 사이의 공간으로 느린 흡착을 보이는 2단계의 흡착 특성을 보인다.

본 연구에서는 vermiculite에 오염된 세슘의 제거를 위하여, 양이온성 계면활성제 처리에 따른 세슘 제거 효율을 평가하였다. 세슘 오염된 vermiculite에 대한 양이온성 계면활성제의 흡착 특성과 이에 따른 세슘의 탈착 특성을 분석하고, 암모늄이온과 양이온성 계면활성제의 탈착 성능을 비교하였다.

## 2. 본론

### 2.1 실험방법

세슘 오염 vermiculite를 제조하기 위해서 20  $\mu\text{m}$  이하의 vermiculite를 세슘 용액에 분산시킨 후 7 일 동안 교반하였고, 원심 분리를 통해 vermiculite를 분리하여 건조시켰다. 액체 내 세슘의 농도를 유도결합플라즈마 질량 분석기(ICP-MS)를 이용해 분석하였다. 비방사성 세슘으로 오염시킨 vermiculite를 양이온성 계면활성제(dodecyl trimethyl ammonium bromide, DTAB) 용액 농도를 변화시

키며 분산시킨 후 상온에서 1 일동안 교반하여 원심분리를 통해 점토와 용액을 분리하였다. 용액 내 잔류하는 양이온성 계면활성제의 양을 TOC(Total Organic Carbon)를 통해 측정하여 vermiculite에 흡착된 DTAB의 양을 분석 하였다. 탈착된 세슘의 양을 분석하기 위해 용액 내 세슘의 양을 유도결합 플라즈마 질량분석기(ICP-MS)로 분석하였다.

### 2.2 실험결과 및 고찰

세슘 오염된 vermiculite에 대하여 양이온성 계면활성제(DTAB)의 흡착 특성을 분석하고, 이에 따른 세슘의 탈착 효과를 분석하였다.

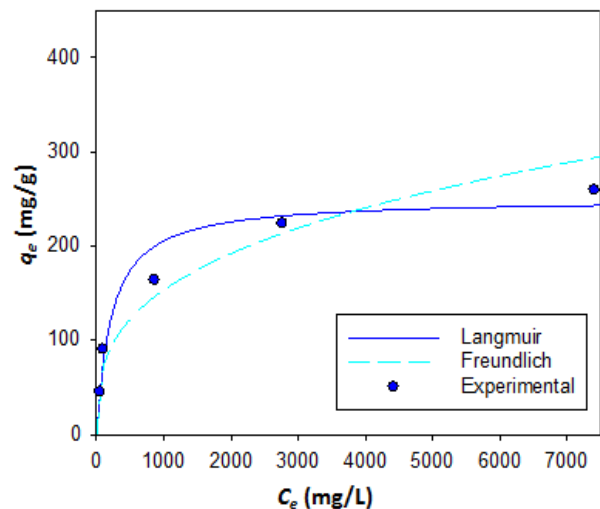


Fig. 1. DTAB adsorption isotherm at 20 °C . The solid line and dashed line represent the fits of the results to the Langmuir model and the Freundlich model, respectively.

양이온성 계면활성제(DTAB) 첨가량 및 농도에 따른 흡착특성을 평가하기 위해서 20°C에서 DTAB의 농도를 ~1000 mg/g clay 까지 변화시켜 분석하였다. 흡착특성 분석을 위해 DTAB 흡착 실험 결과를 Langmuir model 흡착모델과 freundlich 흡착모델로 curve fitting을 하여 해당 흡착모델 적용성을 평가하였다. (Fig. 1) Langmuir 흡착모델의 경우 20°C에서 R<sup>2</sup> 값이 0.97로 나타났고, Freundlich

모델의 경우는 0.93로 나타나 Langmuir model이 Freundlich보다 높은 모델적합성을 보였다. 이는 양이온성 계면활성제가 세슘 오염된 vermiculite에 단일층으로 흡착되는 것을 나타낸다. Langmuir 흡착모델과의 fitting 결과 DTAB의 최대 흡착량은 250 mg/g clay로 나타났다.

양이온성 계면활성제(DTAB) 농도를 변화시켜 세슘의 탈착을 분석하였다. Fig. 2와 같이 세슘 탈착률도 DTAB의 농도가 증가함에 따라 세슘의 탈착이 상승하였고, 1000 mg/g clay 조건에서 최대 세슘 제거율을 나타내어 59%의 세슘 제거율을 나타냈다.

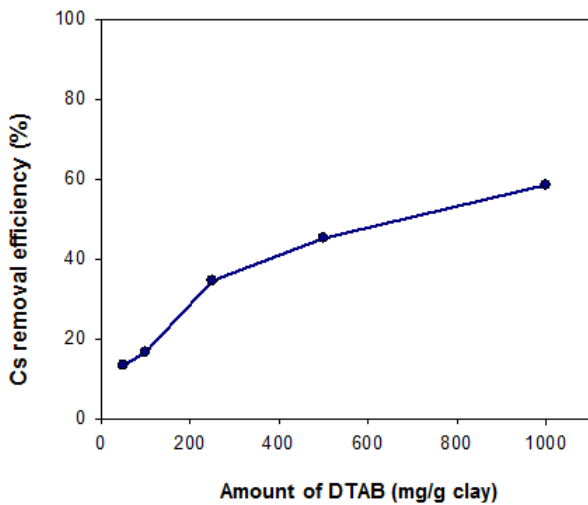


Fig. 2. Removal efficiency of Cs from Cs-VMT as a function of the added amount of DTAB at 20°C.

### 3. 결론

Vermiculite로부터 세슘을 탈착시키기 위하여 양이온성 계면활성제로 처리하였다. Langmuir 흡착 모델 fitting 결과로 최대 흡착량은 250 mg/g clay로 나타났고, 최대 세슘 제거율은 59%로 나타났습니다. 양이온성 계면활성제의 흡착량이 늘어남에 따라 세슘의 제거율도 향상되었습니다. 이는 양이온성 계면활성제와 양이온성 세슘과의 교환에 따른 것으로 예상됩니다.

### 4. 참고문헌

[1] Ishikawa, N.K., Uchida, S., and Tagami, K. (2007) Distribution coefficients for  $^{85}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in Japanese agricultural soils and their correlations with soil properties,

Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 277(2), 433-439.

[2] 이근우, 박찬우, 양희만, 서범경, "방사성 오염 토양의 Cs 탈착 방안 설정에 관한 연구", 한국 방사성폐기물학회 2015 추계학술발표회 논문요약집, 13(3), 275-276, 10.14~16, 2015, 부산.