

세슘(Cs)으로 인한 오염토양의 제염효율 평가 방법 비교/분석

김선일, 이상헌, 송종순*

조선대학교, 광주광역시 동구 필문대로 309

kingdom17c@naver.com

1. 서론

후쿠시마 원전 사고로 인하여 세슘(Cs)을 포함하고 있는 원전주변의 오염된 토양은 ton-bag에 담아 공터에 임시 보관중인 상태이다. 현재, 오염된 토양을 재이용하기 위하여 생물학적, 물리/화학적, 열적처리 등의 제염방법을 고려하고 있다. 대표적인 방법으로 흡착제를 사용하여 세슘(Cs)을 제거하는 연구가 진행 중에 있다. 이러한 흡착제별 제염 효율을 평가하는 방법으로는 ICP-AES 원자방출분광법, HPGe와 NaI(TI)등과 같은 검출기를 이용하는 직접적인 방법과 화학평형 Code를 활용하는 전산해석 방법으로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 Visual MINTEQ 화학평형 Code를 이용하여 세슘(Cs) 핵종의 제염효율을 평가하기 위한 사전연구로서 입력 Data 구축 및 평가 방법론을 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 흡착제 선정을 위한 실험 분석

2.1.1 이온교환수지

2.1.1.1 PH에 따른 흡착 등온선

양이온 교환수지인 Amberlite IR-120을 이용하여 수용액 내에서 pH가 세슘(Cs)이온 흡착에 미치는 영향을 분석하였다. 시약은 $CsCl_2$ 를 사용하였으며 흡착용액의 pH는 3,6,10으로 변화를 주었다. 흡착질의 잔류농도를 ICP-MS(Agilent 7500CE)로 측정하여 Langmuir, Freundlich, Sips 등온식에 적용가능성을 평가하였다. 평가결과 Langmuir 등온식이 적합하며 Fig. 1에 나타내었다.

2.1.1.2 온도에 따른 흡착 등온선

온도가 세슘(Cs)이온 흡착에 미치는 영향을 분석하기 위해 같은 시약을 사용하여 288K, 298K, 308K로 온도변화를 설정하였다. 위와 같은 조건으로 잔류농도를 ICP-MS(Agilent 7500CE)로 측정하여 Langmuir, Freundlich, Sips 등온식에 적용가능성을 평가한 결과 Langmuir 등온식이 적합하며 Fig. 2에 나타내었다.

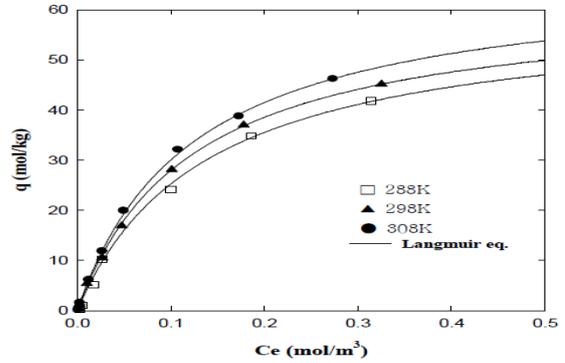


Fig. 1. Adsorption isotherm of Cs ions onto ion exchange resin at different temperature\ (pH : 6, Langmuir eq.).

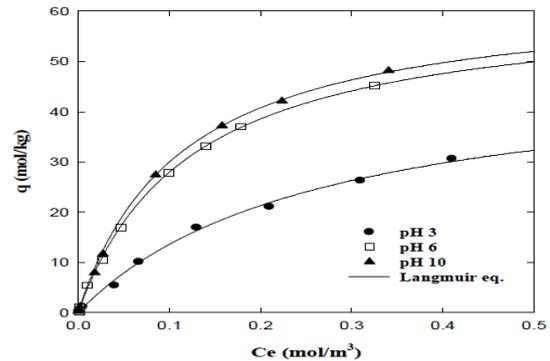


Fig. 2. Adsorption isotherms of Cs ions onto exchange resin at different initial pH(298, Langmuir eq.).

2.1.2 천연제올라이트

국내 경상북도 포항 및 경주지역에서 채취한 천연제올라이트를 이용하여 세슘(Cs) 흡착실험을 수행하였다. 천연제올라이트의 함량과 성분 분석은 X-선 회절분석(XRD)과 X-선 형광분석을 통하여 특징을 파악하였으며 열 시차 분석(DTA) 및 열 중량 분석(TGA)을 통하여 제올라이트 구조의 열 안정성 및 제올라이트 내 수분 존재 상태를 파악하였고 Kjeldahl 질소 정량법을 적용하여 양이온 교환능력을 측정하였다.

단일성분 등온 흡착 실험의 조건은 천연제올라이트와 $CsNO_3$ 시약을 사용하여 초기 농도 1~300 ppm 범위에서 실험을 수행하였다. 24 시간 교반 후 세슘(Cs)의 용액 내 잔존량을 측정하기 위해 ICP-AES(Agilent, 720) 원자

방출분광법을 통해 측정하여 Langmuir, Freundlich, Sips 등온식에 적용가능성을 평가하였다. 흡착 평형 실험 결과 경주 양북면 영동리에서 채취한 Ya-A 천연제올라이트의 세슘(Cs) 흡착량이 가장 우수 하였으며 등온식에 적용한 값은 다음 Fig. 3과 같다.

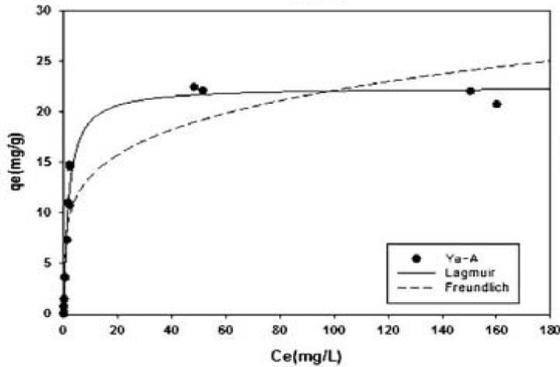


Fig. 3. Sorption isotherm of Cs on natural zeolite.

2.2 흡착 평형 등온식

흡착 평형 등온식이란 일정온도에서 흡착평형이 이루어졌을 때 물질의 흡착량과 농도와의 관계를 나타내는 식이며 3가지로 분류하였다.

2.2.1 Langmuir

$$q = q_m b C / 1 + b C \quad (1)$$

q_m 는 최대흡착량 b 는 흡착에너지를 나타내는 Langmuir 상수이다.

2.2.2 Freundlich

$$q = k C^{1/n} \quad (2)$$

K_F 는 흡착량 $1/n$ 흡착강도를 나타내는 Freundlich 상수이다.

2.2.3 Sips(Langmuir-Freundlich)

$$q = q_m b C^{1/n} / 1 + c C^{1/n} \quad (3)$$

q_m 은 최대흡착량, b 는 흡착에너지에 관한 상수, $1/n$ 은 Sips 상수이다.

3. 결론

본 연구에서는 직접적인 제염효율 평가 방법이 아닌 화학평형 Code를 활용한 평가를 수행하기에 앞서 Visual MINTEQ Code를 예비 선정하였고 화학 입력 Data 및 흡착등온식에 적용하기 위한 인자값(q_m, b, K_F)등을 사전 연구하였다. 향후 Code를 활용한 평가방법을 기반으로 실제 제염작업에 도움이 되고자 한다.

4. 참고문헌

- [1] 안상수, "이온교환수지를 이용한 수용액중의 세슘이온 흡착특성", 전남대학교 공학박사학위 논문 (2012).
- [2] 김후식, 박원광, 이하영, 박종삼, 이우택, "방사성 핵종 제거를 위한 천연 제올라이트 특성 연구". 한국광물학회지 27(1), 41-51(2014).
- [3] 나춘기, 한무영, 박현주, "흡착제의 흡착특성 규명을 위한 흡착모델의 적용성 평가", 대한환경 공학회지 33(8) 606-616 (2011).