

지질매체내에서의 Eu과 Am의 흡착특성 비교: 대수층내 고준위 방사성핵종의 거동 예측을 위한 유사체로서의 Eu

이승구, 이길용, 윤윤열, 조수영, 김용제
 한국지질자원연구원, 대전광역시 유성구 가정동 30
 sgl@kigam.re.kr

1. 서언

최근에 Lee et al. (2003)은 충청남도 청양지역에서의 균열암반내 균열면을 포함하는 시추코어에 서의 희토류원소 분포도변화를 토대로 고지하수환경변화를 추적할 수 있다고 제시하였다. 그리고 마찬가지로 Lee et al. (2004)은 앞서의 자료를 토대로 하여, 경기도 남양주에서의 편마암지역내에 발달된 균열면에서의 희토류원소 분포도 변화 특히 Eu의 이상을 가지고, 지질매체에서의 Eu의 변화는 지하수내에서의 액티나이드 계열 중 Am의 거동을 예측하기에 좋은 유사체로서 활용할 수 있다고 주장하였다.

이 발표에서는 1)희토류원소와 액티나이드 원소의 이온반경, 배위수 등의 상호비교와 2) 응집력 (cohesive energy)의 유사성과 물리적/화학적 특성 그리고 3) 희토류원소 지구화학의 연구결과를 토대로 하여, 이를 방사성 폐기물처분후의 대수층내에서 발생할 수 있는 고준위 방사성핵종의 거동을 예측함에 있어서 희토류원소의 유용함 특히 Eu과 Am의 유사성에 대한 지질학적/지구화학적/방사화학적 실험결과를 보고하고자 한다. 특히 지질매체에서의 희토류원소의 거동과 본 연구팀의 흡착실험결과와의 상호 연관성에 대해 토의하고자 한다.

2. 실험방법

금번 학회의 이승구 외(2006)에서 서술한 과정과 동일하다.

3. 결과 및 토의

그림 1과 2는 화강암류와 변성암류에서의 Am과 Eu의 흡착력을 보여주는 그림이다.

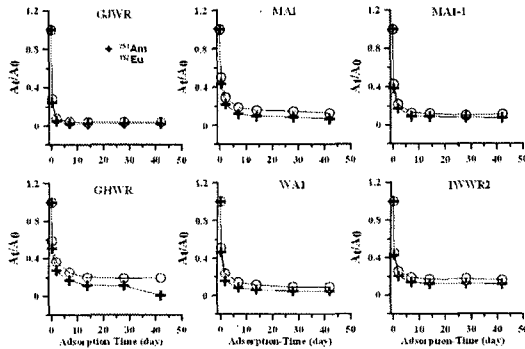


그림 1. 화강암류 암석에서의 ²⁴¹Am과 ¹⁵²Eu의 흡착특성

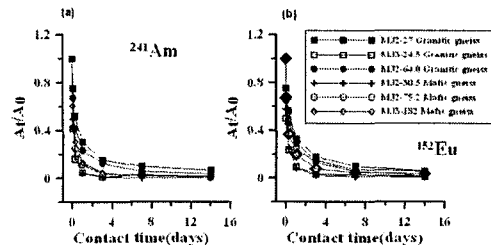


그림 2. 화성기원 변성암류에서의 ²⁴¹Am과 ¹⁵²Eu의 흡착특성

그림 1은 GHWR을 제외하고는 다른 모든 화강암류가 Am과 Eu에 대해 동일한 흡착력을 가지고 있음을 보여준다. GHWR의 경우에도 4주(28일제)까지는 거의 유사한 흡착특성을 갖는다. 그림 2의 변성암류에서도 Am과 Eu은 거의 동일한 흡착특성을 보여준다. 이는 Am과 Eu이 지질학적 매체의 변화에 관계없이 모든 종류의 지질매체내에서 거의 동일한 지구화학적 거동을 갖는다는 것을 지시해주는 것으로 볼 수 있다.

서언에서 언급한 바와 같이, Lee et al. (2003, 2004)은 균열암반의 대수층을 형성하고 있는 균열면에서의 희토류원소의 분포도 변화 특히 Eu의 분포도 변화(Eu 이상의 변화, 그림 3과 4 참조)를 토대로, Eu의 분포도변화가 고지하수 환경변화의 지시자로서 활용될 수 있다고 보고하였다. 그리

고 Lee et al. (2003, 2004)은 그림 3에서 관찰되는 시료 B2-53, B3-54, B4-57에서 관찰되는 Eu의 정(+)³의 이상은 그림 4에서 볼 수 있는 바와 같이 고지하수환경변화와 연관되어 생성된 것으로 해석하였다. 즉 과거 지하수 유동중에 발생된 지구화학적 환경변화(산화/환원적 환경변화)에 의해 방해석이 침전되면서 이와 함께 Eu도 방해석에 치환/흡착됨으로써 균열면에서의 농도변화를 일으켰다는 것이다. 또한 Lee et al. (2004)은 균열암반에서의 희토류원소 분포도 변화 특히 Eu의 변화를 조사함으로써, 균열암반 대수층에서의 Am의 거동을 추적할 수 있다고 주장하였다. 금번 연구 결과(그림 1과 2)와 Lee et al. (2003, 2004)의 연구결과를 서로 통합하여 해석하여보면, 그림 3에서의 B2-53, B3-54, B4-57와 같은 조건을 갖는 대수층에서의 Am과 Eu은 방해석과 같은 광물의 침전과 더불어 비교적 짧은 시간에 지하수내로부터 균열면상으로 이동이 되겠지만, B2-53, B3-54, B4-57와 같은 조건이 아닌 다른 심도내 대수층에서는 지하수내의 Am과 Eu의 함량감소가 쉽게 일어나지 않을 수도 있음을 지시해준다고 볼 수 있다. 이는 대수층을 형성하고 있는 지질매체와 지하수와의 반응에 의해 지하수내의 희토류원소 특히 Eu의 함량변화가 일어날 수 있는 것과 같이, 지하수내에 Am이 함유되어 있다면 이 Am 역시 Eu과 거의 동일한 거동을 가져올 것이라고 예측할 수 있음을 지시해주는 것이다. 현재까지의 연구결과만으로, 지질매체에 대한 Am과 Eu의 흡착력 및 활용도를 단정하기는 무리일지도 모른다. 그럼에도 불구하고, 현재까지의 연구결과에 의하면 Am과 Eu이 대부분의 지질매체내에서 매우 유사한 흡착특성을 갖고 있음을 확인할 수가 있었다. 이는 각종 지질매체별 지하수내에서의 Eu의 거동변화가 지하수내에 녹아있는 Am의 거동변화를 예측할 수 있는 지시자임을 시사해준다고 볼 수 있다. 이와 같은 연구결과는 Eu과 Am이 지질매체의 변화에 관계없이 거의 항상 동일한 지구화학적 특성을 갖고 거동한다는 것을 지시해주는 것이다. 그러나 현재 암석가루가 아닌 대수면과 접촉하는 암석면과 핵종의 직접적인 접촉에 따른 연구결과는 현재 거의 없다. 향후 자연계에서의 지질매체의 조건과 유사한 상태에서의 각 핵종의 흡착력의 정량화에 대한 많은 연구가 필요하다고 본다.

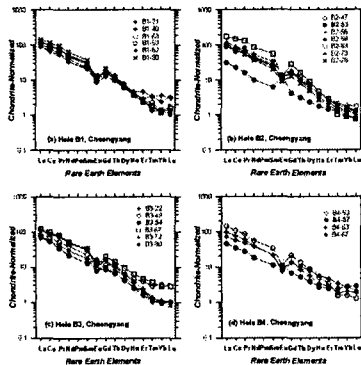


그림 3. 화강암질 편마암지역내 시추코어에서의 희토류원소 분포도 변화(Lee et al., 2003)

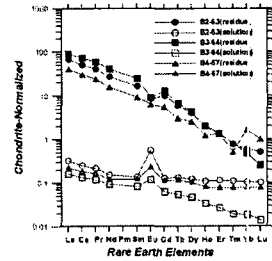


그림 4. 그림 3b, 3c, 3d의 균열면 방해석과 잔류물의 희토류원소 분포도 변화도. 그림 3b, 3c, 3d에서의 시료 B2-53, B3-54, B4-57에서 관찰되는 Eu의 정(+)³의 이상은 균열면을 따라 성장한 방해석의 존재에 의해 만들어진 것임

4. 참고문헌

- Lee, S. G., Lee, D. H., Kim, Y., Chae, B. G., Kim, W. Y. and Woo, N. C. (2003) Rare earth elements as an indicator of groundwater environment changes in a fractured rock system: Evidence from fractured-filling calcite. *Applied Geochemistry*, 18, 135.
- Lee, S. G., Kim, Y., Chae, B. G., Koh, D. C. and Kim, K. H. (2004) The geochemical implication of a variable Eu anomaly in a fractured gneiss core: application for understanding Am behavior in the geological environment. *Applied Geochemistry* 19, 1711-1725.