

벤토나이트 완충재와 균열 암반 경계에서 핵종 거동 특성

백민훈

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045

mhbaik@kaeri.re.kr

1. 서론

고준위 방사성폐기물 처분안전성 평가에서는 처분시스템의 공학적방벽 및 주변 암반의 천연방벽에서 유출된 핵종들의 거동을 예측하는 것이 가장 중요한 부분이라고 하겠다. 그 동안 공학적방벽과 천연방벽에서 핵종거동에 대한 연구들은 많이 수행되어져 왔으나, 방벽들의 경계에서 핵종거동에 대한 연구들은 많지 않았다. 그러나 벤토나이트 완충재로부터 지하수 침식에 의해 벤토나이트 콜로이드가 발생되고, 이렇게 발생된 콜로이드가 핵종과 결합하여 이동을 가속화시킨다는 연구 보고가 있었고, 최근에는 이와 관련된 실험실적 연구와 지하연구시설에서의 실증 연구들이 수행되고 있다[1, 2]. 따라서 본 연구에서는 벤토나이트 완충재와 균열 암반의 경계에서의 핵종 거동 특성을 고찰하고자 한다.

2. 본론

고준위 방사성폐기물의 심지층 처분을 고려하고 있는 많은 나라들에서는 처분시스템의 대표적인 공학적방벽인 완충재로 압축벤토나이트를 고려하고 있다. 최근 연구결과들은 이러한 벤토나이트 완충재와 암반의 경계에서 지하수에 의해 압축된 벤토나이트가 평윤되어 암반 균열로 침투하게 되고 팽윤된 완충재의 끝단(front)이 젤(gel)화되면서 균열을 따라 흐르는 지하수에 의해 침식되어 콜로이드성의 작은 벤토나이트 입자들은 지하수를 따라 이동할 수 있다는 연구결과들이 보고되었다[1]. 이러한 과정을 그림 1에 설명하였다. 압축된 벤토나이트 완충재로부터 지하수 침식에 의한 벤토나이트 콜로이드의 발생은 지하수 유동 속도뿐만 아니라, 지하수의 지화학적 조건에 의존한다고 보고된 바 있다[1].

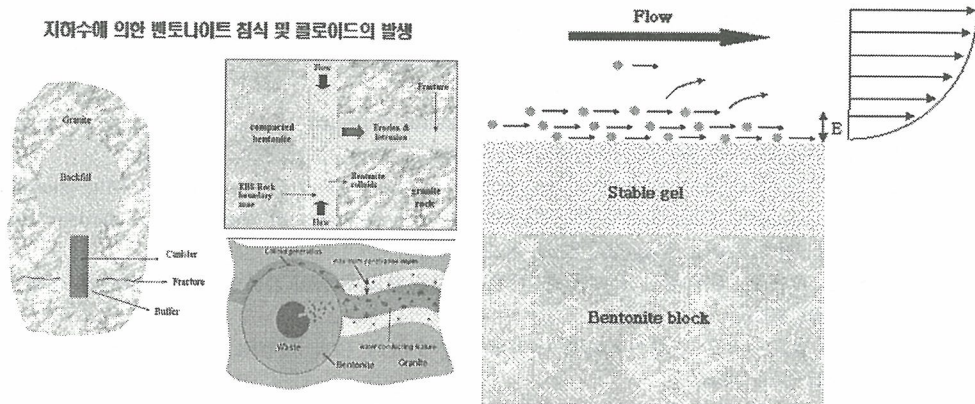


그림 1. 지하수에 의한 벤토나이트의 침식 및 콜로이드 발생과정에 도식적 설명.

완충재로부터 발생된 벤토나이트 콜로이드들의 이동성은 콜로이드적 안정성에 의존한다. 왜냐하면 불안정한 콜로이드들은 결국 회합물을 형성하여 침전되거나 여과되어 이동될 수 없기 때문이다. 벤토나이트 콜로이드의 안정성은 지하수에 의한 침식 현상이 서로 관련되어 있고, 지하수의 이온강도 및 pH 등 화학적 조건 등에 의존하게 된다. 발생된 벤토나이트 콜로이드들이 국내의 심부 화강암반 지하수 조건에서는 안정적임이 보고된 바 있다[3]. 만약 발생된 벤토나이트 콜로이드가 안정하다면, 이러한 벤토나이트 콜로이드들은 처분장으로부터 유출된 방사성 핵종들을 강하게 수착하여 지하수를 따라 이동할 것으로 예상되며, 실제로 이들 벤토나이트의 주요 핵종들에 대한 수착계수가 매우 크게 나타났다[4, 5].

최근에는 타당한 처분장 조건에서 공학적방벽과 암반 경계에서 콜로이드 발생율과 발생 메커니즘 연구, 타당한 처분장 흐름 시스템에서(즉, 매우 낮은 유량과 유속) 공학적방벽에서 발생된 콜로이드의 지

하수를 통한 이동성 평가, 공학적방벽과 암반 경계에서 방사성 핵종들의 장기 지화학거동(이동성, 광물화, 콜로이드 형성 등)에 대한 조사, 벤토나이트 콜로이드의 방사성핵종 수착에 대한 가역성 조사, 공학적방벽의 성능 개선 및 설계 최적화에 기여하는 것 등을 목표로 스위스 GTS(Grimsel Test Site)에서 CFM(Colloid Formation and Migration) 프로젝트가 2004년도부터 수행 중에 있다[2]. 그 외에도 스웨덴, 일본 등 여러 나라에서 이러한 문제에 관심을 가지고 연구를 수행하고 있다.

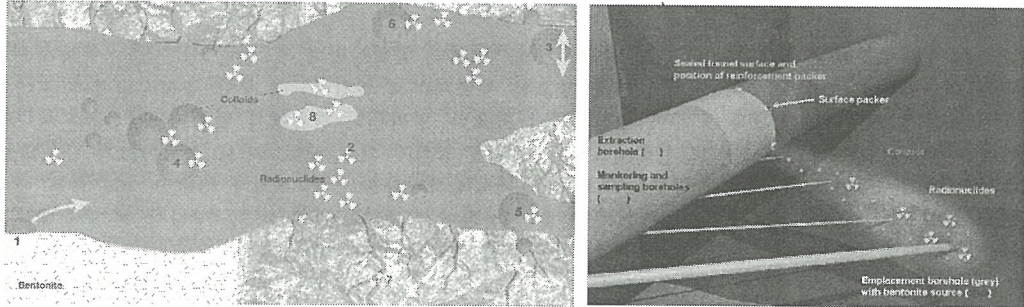


그림 2. CFM(Colloid Formation and Migration) 프로젝트의 개념(좌) 및 현장실험 개요(우).

3. 결론

최근 고준위 방사성폐기물 처분시스템의 공학적방벽과 천연방벽 경계에서 핵종거동에 대한 연구들이 수행되어져 왔다. 벤토나이트 완충제로부터 지하수 침식에 의한 벤토나이트 콜로이드의 발생과 발생된 콜로이드들의 안정성, 그리고 핵종들에 대한 수착능 등이 핵종 이동 특성을 규명하는데 중요하다. 따라서 실제 타당한 처분장 조건에서 이러한 거동 특성을 규명하고, 실증하는 것이 필요하다.

사사

본 연구는 교육과학기술부의 원자력기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] M.H. Baik, W.J. Cho, P.S. Hahn, Erosion of bentonite particles at the interface of a compacted bentonite and a fractured granite, *Engineering Geology*, Vol. 91, p. 229- 239, 2007.
- [2] M.H. Baik, J.K. Lee, I. Blechschmidt, Introduction to the Colloid Formation and Migration(CFM) Project at the Grimsel Test Site(GTS) Phase VI, *Transactions of the Korean Nuclear Society Spring Meeting Jeju, Korea, May 22, 2009*, p. 251-252.
- [3] 백민훈, 박중훈, 조원진, 동적광산란 방법을 이용한 칼슘벤토나이트 콜로이드의 안정성에 대한 연구, *Vol. 11*, p. 12~19, 2006.
- [4] 백민훈, 조원진, 벤토나이트 콜로이드로의 우라늄(VI) 수착에 대한 실험적 연구, *방사성폐기물학회지*, Vol. 4(3), p. 235-243, 2006.
- [5] 백민훈, 이재광, 이승엽, 김승수, 침전 및 콜로이드 형성을 고려한 Eu(III)와 Th(IV)의 벤토나이트 콜로이드에 대한 수착, *방사성폐기물학회지*, Vol. 6, p. 129-139, 2008.