

동적광산란 방법에 의한 칼슘벤토나이트 콜로이드의 안정성에 대한 연구

백민훈 · 박종훈 · 조원진 · 한필수

한국원자력연구소

점토광물의 안정성은 토양화학, 환경 과학, 몇몇 산업적 공정들에 있어 매우 중요한 요소 중의 하나이다. 특히 벤토나이트는 고준위방사성폐기물 심지층 처분장의 완충재 및 뒷채움재로 고려되어져 왔다. 최근에 이러한 처분장의 완충재와 주변 암반 사이의 경계에서 완충재로부터 벤토나이트 콜로이드가 발생되어 암반 균열을 따라 이동한다는 보고가 있었다. 이렇게 발생된 벤토나이트 콜로이드는 주변 환경에서 안정적이라고 가정하면 처분장으로부터 유출된 방사성의 이동을 가속화 시킬 수 있다. 따라서 이러한 벤토나이트 콜로이드의 심지층 처분 환경에서의 안정성에 대한 연구는 처분장 안전성 평가에 있어 고려되어야 할 부분이라고 하겠다. 그러나 지금까지 이러한 벤토나이트 콜로이드의 안정성에 대한 연구는 제한적으로 수행되어져 왔으며 특히 국내산 벤토나이트의 대부분을 차지하는 칼슘벤토나이트 콜로이드의 안정성에 대해서는 연구가 수행된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 우리나라의 경주에서 산출된 칼슘벤토나이트 콜로이드의 안정성에 대한 연구를 동적광산란(DLS, Dynamic Light Scattering)을 이용하는 PCS(Photon Correlation Spectroscopy) 방법을 이용하여 이온강도 및 pH 등의 지화학적 조건 변화에 따른 크기 변화를 관측함으로써 수행하였다.

벤토나이트 콜로이드는 준비된 국내산 경주벤토나이트를 초순수에 부유한 후 원심분리 방법(12000 rpm 으로 30 분)을 이용하여 분리 및 정제하여 제조하였다. 준비된 칼슘벤토나이트 콜로이드의 농도를 측정된 결과 약 1920 mg/L 인 것으로 관측되었다. 또 XRD 를 이용하여 구성광물을 분석한 결과 벤토나이트 콜로이드를 구성하는 주광물은 몬모릴로나이트 이며 다른 부광물은 거의 없는 것으로 나타났다. 양이온교환능(CEC, Cation Exchange Capacity)은 암모니아 전극(Thermo Orion)을 이용하여 NH_4Cl 을 벤토나이트의 이온교환양이온과 치환하여 측정하였고 약 93.3 meq./100g 인 것으로 측정되었다[25]. 실험에 사용된 벤토나이트 콜로이드의 농도는 1000 mg/L 이며 원액을 적당히 희석하여 사용하였다. 이온강도는 적정량의 NaClO_4 용액을 이용하여 조절하였고, pH 는 적당한 농도의 NaOH 와 HClO_4 를 이용하여 조절하였다. 시간 변화에 따른 벤토나이트 콜로이드의 크기를 측정하기 위하여 동적광산란(DLS, Dynamic Light Scattering) 또는 Quasi Elastic Light Scattering(QELS)을 이용하는 PCS(Photon Correlation Spectroscopy) 방법을 이용하였다(ZetaPlus BI-MAS, Brookhaven).

속도론적 및 평형 상태에서 pH 및 이온강도의 변화에 따른 칼슘벤토나이트 콜로이드의 크기 변화를 관측하였다. 실험결과 칼슘벤토나이트 콜로이드의 안정성은 시간, 매질의 이온강도와 pH 에 매우 크게 의존함을 보였으며 0.01M NaClO_4 이상의 이온강도에서는 pH 에 상관없이 콜로이드가 불안정함을 보였다. 아울러 칼슘벤토나이트 콜로이드의 안정비(Stability ratio) W 와 CCC(Critical Coagulation Concentration) 등을 구하여 실험결과를 해석하였다. 안정비 W 는 이온강도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 뚜렷하게 나타내었으며 pH 변화에 따른 W 값의 변화는 이온강도에 따라 다른 양상을 보였다. 또 pH 7 근처에서 칼슘벤토나이트 콜로이드의 CCC 는 약 0.05 M NaClO_4 임을 알 수 있었다.

본 연구의 결과는 처분 환경의 지하수 조건에서 벤토나이트 콜로이드의 안정성을 평가함으로써 방사성 핵종의 지하매질을 통한 이동에 미치는 벤토나이트 콜로이드의 영향을 평가하는데 도움을 줄 것으로 간주된다.