

처분 안전성 평가요소로서 결정질 암반내 2차생성광물의 미세구조특성

김건영*, 고용권, 배대석

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

kingy@kaeri.re.kr

고준위방사성폐기물의 심지층 처분개념은 다중방벽 개념으로써, 처분장으로부터 핵종 유출을 최대한 차단하도록 설계되는 공학적 방벽과 더불어 수십만년에서 수백만년의 장기간의 안전성을 고려해야하는 지질학적 방벽으로 이루어진다. 지질학적 방벽으로서 불투수성인 결정질 암반을 고려할 경우, 처분장으로부터 유출된 방사성 핵종의 이동은 주로 단열대를 따르는 지하수의 유동특성에 좌우되게 되며, 유출된 핵종의 지화학적 거동은 이를 운반하는 지하수의 화학성분 및 지하수와 접촉하는 암석과 광물특성에 좌우된다. 따라서 처분장의 안전성 평가를 위해서는 모암에 따른 수리지화학적 특성규명과 더불어 지하수와 접촉하는 모암 및 단열층전광물의 특성규명이 필요하다. 그러나 이러한 암반내 단열대는 지질학적 연대를 거치면서 고온의 열수의 통로로도 작용하여 단순한 물-암석반응에 의해 생성되는 2차광물 이외에도 열수변질산물로서 점토광물이 생성된다. 따라서 현재 관찰되는 단열대 내의 단열층전광물들은 흔히 과거의 열수변질작용이 중첩된 경우가 매우 흔하며 변질정도 및 양상에 따라서는 특정점토광물의 광상을 형성하기도 한다. 이 중 충남 유구지역에는 화강암질 편마암 내에 활석광체가 생성되어 있으며 이는 화강편마암을 관입한 초염기성암기원의 사문암이 열수변질작용을 받아 생성된 것으로 알려져 있다. 산출되는 활석광석의 주 구성광물은 활석, 녹니석, 금운모 등이고 이밖에 변질되지 않고 남아있는 사문석, 투각섬석-양기석 계열의 각섬석류와 탄산염광물 등이 수반된다. 구조적, 화학적으로 매우 유사하게 산출되는 점토광물들의 집합체를 EDS 분석을 병행하여 주사전자현미경(SEM)과 후방산란전자상(BSEI)을 관찰하였을 경우, 입자의 크기와 관계없이 매우 미세한 구조로 서로 다른 점토광물끼리 층상으로 교호하고 있는 조직을 관찰할 수 있다(그림 1). 이는 일반적인 X선 회절분석으로는 인지가 되지 않는 규모의 혼합층상광물상의 존재가능성을 암시하고 있다. 이러한 부분에 대해서 투과전자현미경을 이용하여 관찰한 결과 특히 녹니석과 운모류 또는 녹니석과 활석간의 혼합층상이 흔하게 관찰되었다(그림 2). 기존에 녹니석과 운모류의 혼합층상특성은 잘 알려져 있으나 녹니석과 활석간의 혼합층상관계는 알려진 바가 매우 드물다. 이번 연구결과 일반적으로 활석내에 녹니석의 패킷이 존재하거나 혹은 그 반대로 녹니석내에 활석의 패킷이 존재하는 것을 쉽게 관찰할 수 있었으며 일부 시료에서는 국지적으로 불규칙한 활석-녹니석 혼합층상을 보인다. 확인된 활석-녹니석의 반응관계는 활석층내에서 브루사이트층이 첨가 또는 제거되어 1개의 활석층과 1개의 녹니석층의 반응으로 나타나는 경우와, 하나의 활석층이 손실되면서 브루사이트층을 제공하거나 브루사이트층이 활석화되어 2개의 활석층과 1개의 녹니석층의 반응관계로 나타나는 경우가 있다. 이들은 각각 50.5%, 32.9%의 상당한 부피 변화를 수반한다. 또한 부피변화가 최소화되는 반응으로서 앞의 두 경우가 서로 결합된 경우와 부피변화가 증가되거나 감소되는 반응이 복합적으로 일어나는 경우가 있다. 이 경우 2개의 녹니석층과 3개의 활석층, 두 개의 녹니석층+1개의 활석층과 1개의 녹니석층+3개의 활석층, 3개의 녹니석층과 5개의 활석층 등의 복합적인 반응관계가 관찰되었다(그림 3). 이처럼 일반적인 광물학적 방법으로는 단일광물로 감정되었으나 미세구조적으로는

서로 다른 점토광물의 혼합층상광물일 경우 지질학적 방벽내에서 흡착능과 같은 점토광물의 주요 광물학적 특성이 기존에 알려진 값과는 차이를 보이게 된다. 또한 혼합층상을 이루면서 생성되는 결정구조상의 결합부분은 용액내의 이온들의 주 이동경로가 될 수 있기 때문에 암반내 용질이동 측면에서 매우 중요하다. 따라서 열수변질작용에 의한 2차광물의 연구시 고분해능 투과전자현미경을 이용한 혼합층상 가능성의 확인이 필수적이며, 이를 통해서 연구대상 점토광물의 보다 정확한 광물학적 특성을 밝힐 수 있을 것으로 사료된다.

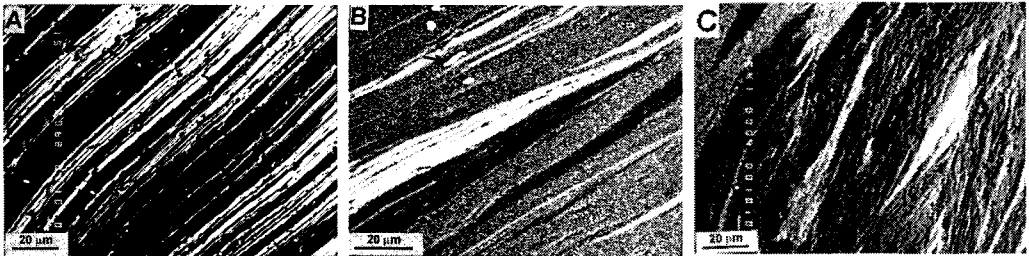


그림 1. 연구지역 점토광물의 후방산란전자상 (흰부분: 운모류, 검은부분: 활석, 점부분: 녹니석)



그림 2. 연구지역 점토광물의 투과전자현미경상 (T: 활석(9.3Å), C: 녹니석(14Å), P: 운모류(10Å))

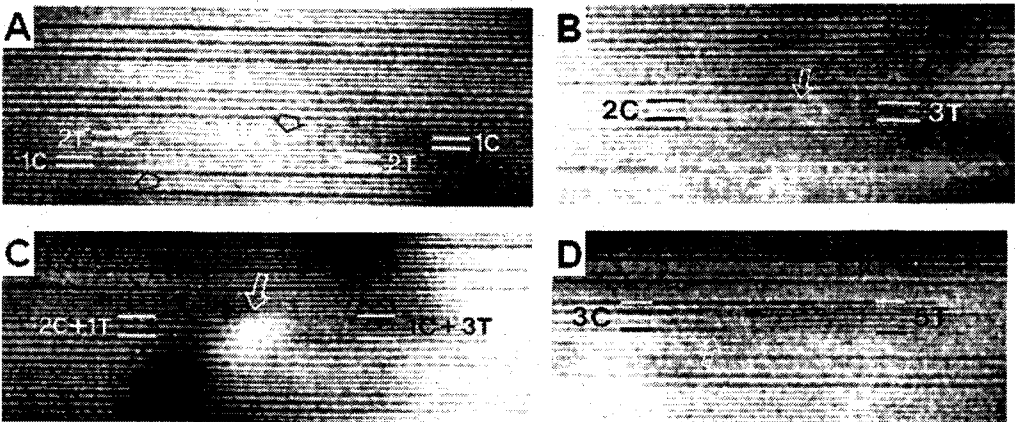


그림 3. 연구지역 점토광물의 투과전자현미경상 (T: 활석(9.3Å), C: 녹니석(14Å))