

한국원자력연구원내 지하처분연구시설(KURT)내 모암 및 시추공 지하수의 지화학적 특성

김건영, 고용권, 최병영, 유시원, 신선호, 최종원
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150
kingy@kaeri.re.kr

1. 서론

국내 고준위방사성폐기물 처분개념은 방사성폐기물을 안전한 환경 조건을 갖는 지하 심부환경에 처분하여 인간환경으로부터 격리시키는 것으로서, 여기에는 공학적인 방벽과 지질학적 방벽을 모두 고려한 다중방벽 개념을 채택하고 있다. 심지층 처분개념에 있어서 지질학적 방벽인 암반에 분포하는 단열대는 지하수 유동로로서의 잠재성을 지니고 있으며, 이 경우 지하수는 장기간에 걸쳐 공학적 방벽을 부식 또는 침투하여 핵종을 생물권으로 유출 및 유동시키는 주된 매개체가 된다. 따라서 이와 관련된 단열대의 모암 및 지하수의 지화학적 특성연구가 방사성폐기물 처분장 안정성 평가에 중요한 과제중의 하나이다. 이에 대하여 한국원자력연구원에서는 연구원 부지내에 지하처분연구시설(KURT)을 확보하여 각종 처분관련시험을 수행하고 있으며, 특히 최근 KURT내에 500m 심도의 심부시추공을 설치하여 심부 지하수에 대한 장기적 수리·지화학 모니터링기술을 확보하게 되었다. 이번 연구는 KURT내에 심부시추공을 설치하는 과정에서 획득한 시추코아 및 심부지하수의 지화학적 특성을 규명하기 위해 수행하였다. 특히 심부시추공의 지하수 시료채취 및 장기모니터링과 관련한 수리·지화학데이터의 신뢰성 확보방안에 대해 제안하고자 하였다.

2. 실험 및 결과

현재 KURT내에는 수리/지화학 연구를 위하여 20-200m 심도의 총 11개 시추공이 설치되어 있다. 이들 중 DB-01시추공은 2008년 2월에 500m심도로 확장을 완료하였다. KURT의 모암 및 구성광물에 대한 기초자료를 제공하기 위하여 시설내 시추공으로부터 얻어진 시추코아 시료를 대상으로 모암 및 단열층전광물의 암석/광물학적인 분석을 수행하였다. 또한 시추공 지하수의 지화학분석을 수행하였으며, 특히 DB-01 시추공에 대해서는 확장기간 동안에 특정 단열구간에 대하여 지화학 모니터링을 수행하였다. 지화학 모니터링 및 시료채취시에는 자체 고안된 대기와 접촉을 하지 않는 환경하에서의 현장측정챔버를 이용하였다. 특히 산화-환원전위가 안정화 될 때까지 충분한 시간을 기다린 후 수리지화학파라미터 측정 및 시료채취를 수행하였다.

지하처분연구시설의 모암은 복운모 화강암으로서 기존의 심부지질환경특성조사를 위하여 설치된 KURT주변의 YS 심부시추공들의 분석결과와 유사하지만, 국지적으로 흑운모 화강암 혹은 편상 흑운모 화강암의 양상을 보인다. 모달분석에 의한 심성암의 분류도에 의하면 KURT의 모암은 YS시추공 지역과 마찬가지로 화강암-화강섬록암에 해당된다. 주변의 심부시추공에서 관찰되었던 양상과 유사하게 지하처분연구시설내의 시추코아에서도 단열대와 관련되어 견운모화, 녹니석화, 세립의 황철석 함유, 산화대 존재 등의 다양한 변질 양상을 보여준다. 신선한 모암의 장석은 알바이트에서 올리고클레이스까지의 조성을 보이고 흑운모는 엔나이트와 흑운모사이의 좁은 범위의 조성을 보이면서 Al이 결핍된 조성을 보인다. 전체적인 연구지역 화강암의 SiO₂의 함량은 66.4~75.0%로 산성암에 해당되며, 지화학적으로 I-type에 속하면서 과알루미나 성질을 나타내고, 0.96~1.21범위의 알루미나 포화지수를 갖는다. 기존 YS 시추코아 분석결과와는 CaO와 Na₂O 경향에 있어서 다소 차이를 보이지만 동일 마그마 진화선상에 놓이기 때문에 동일마그마 기원으로 판단된다. KURT내 관측용 시추공들로부터 얻어진 시추코아에서 일라이트, 로먼타이트, 녹니석, 녹염석, 몬모릴로나이트, 카올리나이트, I/S 혼합층상광물 등의 단열층전광물들이 감정되었다(Fig. 2). 특히 기존에 지하수 화학분석결과와 열역학데이터를 이용한 계산에서만 추정되었던 몬모릴로나이트와 카올리나이트가 확인되었다. 단열층전광물 중에는 방해석이 가장 광범위하게 산출되며, 일라이트는 산출량은 많지 않으나 산출빈

도는 가장 높다. 로먼타이트와 같은 제올라이트 광물은 주변 시추공보다는 빈도가 낮지만 광범위하게 분포한다. 녹니석은 주로 단열대 표면의 변질광물로서 주로 산출된다.

지하수의 수리화학적 성분분석을 위한 시료채취는 시추공의 특정구간에 대하여 패커시스템을 이용하여 구간을 격리시킨 후 시료를 채취하였다. KURT내 시추공들의 지하수 화학조성은 대부분 Ca-HCO₃유형에 속하며, 일부 아직 시추수에 의한 영향을 받고 있음을 보여주며, 특히 Ca-SO₄ 유형의 지하수 시료들은 이들이 주변 벽의 숏크리트와의 반응영향을 지시하고 있다. KURT내 시추공 지하수의 지화학 모니터링 결과, 온도와 pH, EC, DO 등은 측정 후 1-2 시간 이내에 빠르게 안정화 되었으나 산화-환원전위(Eh)의 경우에는 현장측정챔버내의 유속에 따라 1-3일 이상이 걸렸다. 대부분의 KURT내주변 시추공지하수가 Ca-HCO₃유형을 보이는 것과는 달리 DB-01 시추공의 심부지하수는 Ca-Na-HCO₃유형을 보여 준다. 특히 심도의 증가에 따른 산화-환원전위의 감소와 pH의 증가 및 용존이온들의 증가를 보여주었다.

DB-01시추공에서는 지하수주유동으로 추측되는 두 개의 대규모 투수성 단열대가 150-159m와 200-218m 심도 구간에서 확인되었으며 이 구간에서 측정된 지하수의 산화-환원전위는 각각 -420과 -346mV로서 환원환경을 지시하고 있다. DB-01시추공에서 수행된 지화학모니터링 결과는 신뢰도 높은 심부지하수 자료의 획득을 위하여 심도별로 단열구간을 격리시킨 후 외부공기와의 접촉을 차단한 상태에서 연속적인 측정 및 시료채취가 필수적임을 지시한다.

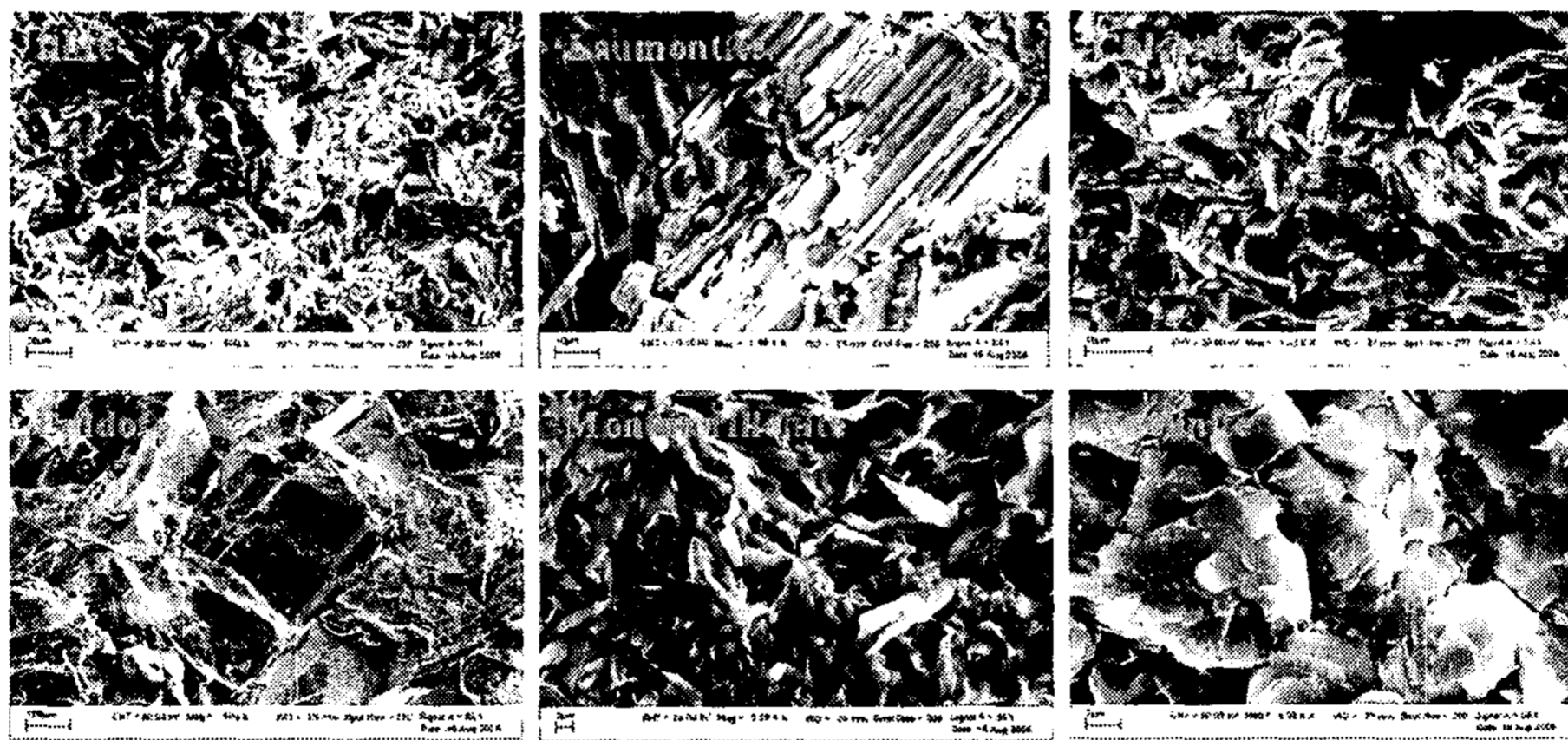


Fig. 1. Fracture-filling minerals from the KURT drill cores.

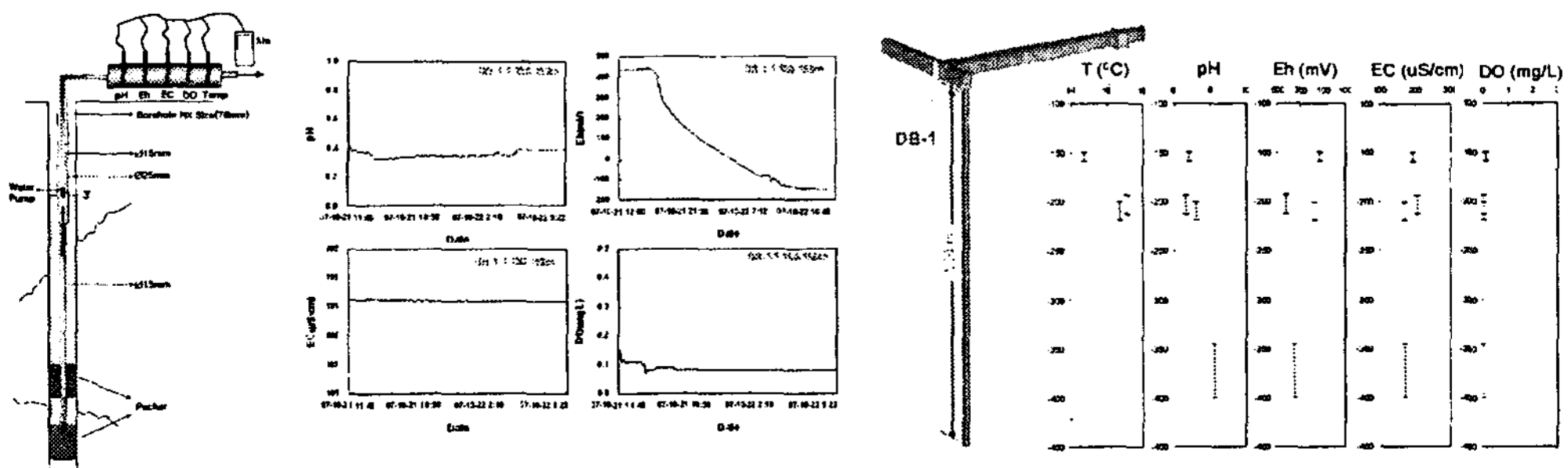


Fig 2. Schematic diagram of continuous measurement and sampling system with a single or double packer and a measuring chamber and the results of the measurement of the physico-chemical parameters.