

KURT내 심부시추공(DB-2)의 시추중 수리화학 모니터링

김건영, 박경우, 류지훈, 고용권, 최종원
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
kingy@kaeri.re.kr

1. 서론

방사성폐기물의 심지층 처분개념에서 다중방벽 요소로서 천연방벽인 암반에 분포하는 단열대는 이를 통하여 이동하는 지하수가 장기간에 걸쳐 공학적 방벽과 반응하여 이들을 부식시켜 핵종을 생물권으로 유출 및 유동시키는 주된 매개체가 된다. 따라서 지하수 주유동로에 대한 수리지질학적인 연구와 이와 관련된 단열대의 모암 및 지하수의 지화학적 특성연구는 방사성폐기물 심지층 처분의 안정성 평가에 중요한 과제중의 하나이다. 이에 대하여 한국원자력연구원에서는 연구원 부지내에 지하처분연구시설(KURT)을 확보하여 각종 심지층 처분 관련 시험을 수행하고 있다. 특히 KURT내에 500m 심도의 심부시추공(DB-1)을 설치하면서 시추 중 혹은 시추 이후, 단열구간에 따른 다양한 수리시험과 지화학 원위치 측정 및 시료채취를 성공적으로 수행함으로써 심부 지하수에 대한 수리·지화학 조사기술을 확보하였다. DB-1 시추공으로부터 얻어진 수리 및 지화학 자료는 그간 KURT주변 지역에 대하여 구축해 온 지질모델링을 보완하기 위한 입력자료로 활용되었다. 이와 같은 KURT내의 심부시추공(DB-1)에 대한 성공적인 연구와 연관되어 KURT 주변 심부환경의 수리지질 및 수리화학 특성을 보다 명확히 규명하고 기존 KURT내 심부시추공(DB-1)에서 예측된 심부 단열대의 연장성 및 수리특성을 확인하기 위하여 한국원자력연구원에서는 KURT 주변지역에 추가적인 심부시추공(DB-2, 1,000m 심도)를 설치하였다. 이번 연구는 이 KURT 주변 심부시추공(DB-2)의 주요 단열구간별 지하수의 지화학적 특성을 규명하기 위해 수행하였다.

2. 본론

2.1 심부시추

KURT 주변에 추가의 심부 시추공(DB-2, 1,000m 심도)을 확보하는 목적은 지하실증연구시

설인 KURT의 심도가 약 500m 심도로 예상되는 처분환경을 충분히 반영하지 못하는 단점을 보완하고, 처분 예상 심도 이상의 단열암반의 수리적 특성을 시험하며, 수리/지화학적 환경 예비조사 및 지하수체계 변화에 대한 장기 모니터링 목적의 시험공을 확보하는 데 있다. 또한 기존 KURT내 500m 심도의 DB-1 시추공으로부터 분석되고 예측된 지하수 주유동로에 대한 규명과 이를 근거로 기존의 KURT주변 지질모델의 신뢰도를 향상시키는데 있다. 여기에는 심지층 처분 환경에 대한 지화학 조사기술확보 및 현장 지화학 분석 기술에 대한 신뢰도 확보를 포함한다.

KURT 주변 DB-2 심부시추공의 위치는 KURT내 DB-1시추공으로부터 얻어진 단열 및 수리자료를 반영하여 구축된 지질모델 결과를 근거로 KURT 남쪽, 한국원자력연구원 부지내에 시추공 위치를 선정하였다. 총 심도 1,000m 중에 지표로부터 200m 심도까지는 지름 4 인치의 시추를 수행하였고 나머지 구간에 대해서는 일반적인 3 인치 시추를 수행하였다.

2.2 시료채취 및 분석

심부시추 이전에 계획된 시료채취 및 지화학 분석은 크게 두 단계이다. 첫번째는 시추하는 동안에 수행된 quick test와 확장 이후 시추공에서 얻어진 단열자료분석을 통해 구분된 주요단열구간에 대해 정밀한 수리시험과 함께 수행되는 detailed test이다. 현재 DB-2 시추공에서는 quick test만 완료된 상태이며 detailed test를 수행하기 이전에 시험구간을 결정하기 위한 시추공 물리검층 및 시추코아 분석이 수행중이다. 본 연구결과인 quick test의 경우 시추 수행중 단열대를 만날 경우 시추를 중단하고 해당 단열대에 대한 수리시험을 수행하면서 동시에 지화학 모니터링 및 시료채취를 수행하였으며, 아울러 매 100m 심도 구간별로 시추를 중단하고 수리.시험을 수행하였다. quick test시 KURT내 DB-1 시추와는 달리 단열대에서 피압이 걸리는 구간이 드물고 지하수

량도 매우 적어서 실제 수리화학 시료채취가 가능한 구간이 많지 않았다. quick test에 대한 모니터링 및 시료채취 구간은 지표하 0~120m, 100~200m, 200~300m, 700~790m의 총 4개 구간이다. 지하수의 수리화학적 성분분석을 위한 현장 측정 및 시료채취는 시추공의 특정 단열 구간에 대하여 패커시스템을 이용하여 구간을 격리시킨 후 수행하였다. 시료채취시 심도별로 격리된 단열 구간에 대해 외부공기와와의 접촉을 차단한 상태에서 연속적인 측정 및 시료채취가 가능하도록 자체 제작된 지하화학 모니터링 및 시료채취 챔버를 사용하였다. 지하수의 주요 양이온 및 미량원소 분석은 ICP-AES 및 ICP-MASS를 이용하여 한국기초과학지원연구원에서 분석하였다. 음이온은 IC를 이용하여 한국원자력연구원에서 분석하였다. detailed test의 경우 시추가 완료된 이후 시추공에서 BHTV 및 물리검층 자료로 부터 얻어진 단열분석, 정밀 시추코아 로그결과들을 종합 분석하여 주요 단열구간을 정하고, 이를 근거로 최종 수리지화학 모니터링 구간을 정한 후 수행될 예정이다.

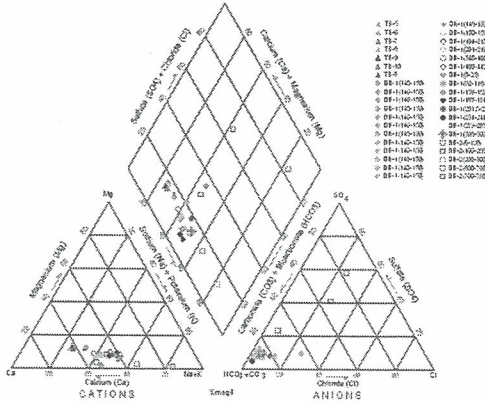


Fig. 1. Piper's diagram for the groundwater samples from the DB-2 borehole

2.3 지하화학 특성

현장 지하화학 측정 결과시 온도, pH, EC 등의 지하화학 파라미터들은 수분~수시간 내에 안정화되었으나, 용존산소(DO) 및 산화-환원전위(Eh)의 경우에는 단열구간의 지하수량 등의 수리특성에 따라 수일의 시간이 소요되었다. DB-2 지하수들의 화학분석결과들을 파이퍼도에 도시하여 보면 Ca-Na-HCO₃ 유형에서부터 Na-SO₄ 유형에 속한

다(Fig. 1). 그러나 심도가 깊어질수록 pH의 증가와 산화-환원전위의 감소경향을 보여주기는 하지만 심도별 용존이온 분포 특성에서 심도의 증가에 따른 경향을 보이지 않는다(Fig. 2). 특히 산소-수소 안정동위원소분석결과를 살펴보면 이들이 모두 강수기원임을 지시하지만 대부분 지표수 및 천부지하수 영역에 속하고 있어서(Fig. 3) 아직 시추수의 영향을 받고 있음을 지시한다.

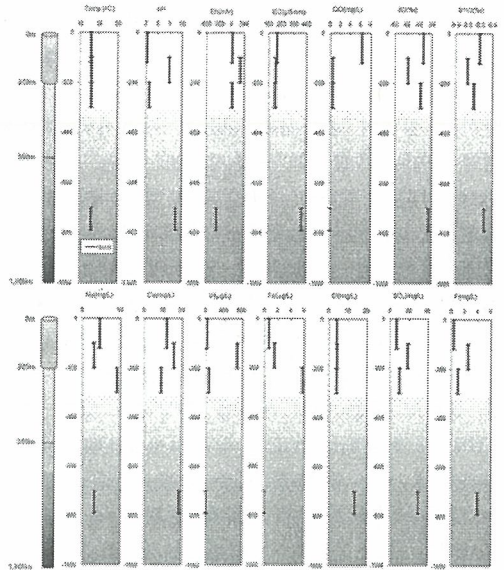


Fig. 2. Result of the hydrochemical monitoring during the quick test

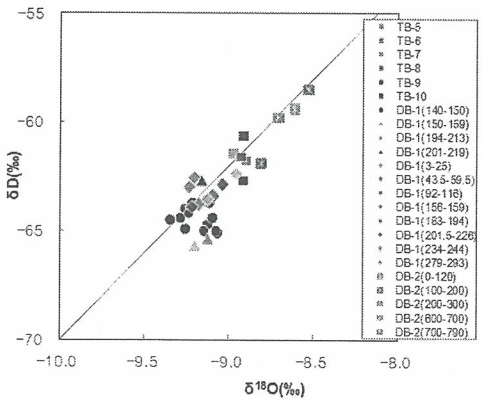


Fig. 3. Plots of O-18 versus Deuterium of the groundwater samples during the quick test. Results of the water samples from the other borehole around KURT are also shown