

KURT내 심부시추공(DB-1)의 주요 단열구간별 지하수의 지화학 특성

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

1. 서론

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 심지층 처분 관련 시험을 수행하고 있다. 특히 2007년 10월부터 KURT내의 200m 시추공(DB-1)에 대한 확장을 시작하여 2008년 2월에 KURT내에 500m 심도의 심부시추공을 설치, 완료하였으며 시추 중 혹은 시추 이후, 단열구간에 따른 다양한 수리시험과 지화학 원위추 측정 및 시료채취를 성공적으로 수행함으로써 심부 지하수에 대한 수리·지화학 조사기술을 확보하게 되었다. 이번 연구는 KURT내 심부시추공(DB-1)의 주요 단열구간별 지하수의 지화학적 특성을 규명하기 위해 수행하였으며, 특히 심부시추공의 지하수 시료채취 및 장기모니터링과 관련된 지화학 데이터의 신뢰도 확보를 위한 지속적인 기술개발의 일환으로 수행된 결과이다.

2. 본론

2.1 심부시추

KURT내 500m 심도의 시추공(DB-1)을 확보하는 목적은 전체적인 KURT의 심도가 실제 500m 이상으로 예상되는 처분환경을 충분히 반영하지 못하는 단점을 보완하고, 처분심도까지의 단열암반의 수리적 특성을 시험하며, 처분심도의 수리·지화학적 환경 예비조사 및 지하수체계 변화에 대한 장기 모니터링 목적의 시험공을 확보하는데 있다. 아울러 확장된 심부시추공에 대한 구간

별 수리시험과 지하수 시료채취 및 지화학적 분석을 수행하여 심지층 처분환경의 수리/지화학적 특성을 규명하는 것이다. 여기에는 심부지하수의 체류시간 및 KURT내 주요 지하수 유동로의 물-암석반응관계 규명을 포함하며, 아울러 현장에서 지화학 조사기술에 대한 신뢰도 확보를 포함한다.

2.2 시료채취 및 분석

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 외부공기와의 접촉을 차단한 상태에서 연속적인 측정 및 시료채취가 가능하도록 자체 제작된 지화학 모니터링 및 시료채취 챔버를 사용하였다. 시료채취는 현장 측정 지화학 파라미터들이 안정된 이후에 시료를 채취하였다. 지하수의 주요 양이온 및 미량원소 분석은 ICP-AES 및 ICP-MASS를 이용하여 한국기초과학지원연구원 에서 분석하였다. 음이온은 IC를 이용하여 한국원자력연구원에서 분석하였다.

시료채취 및 지화학 분석은 크게 두 단계로 수행되었다. 첫번째는 기존 200m 심도의 시추공(DB-1)을 500m 심도로 확장하는 동안에 수행된 quick test와 확장 이후 시추공에서 얻어진 단열 자료분석을 통해 구분된 주요단열구간에 대해 정밀한 수리시험과 함께 수행된 detailed test이다. quick test의 경우 시추 수행중 단열대를 만날 경우 시추를 중단하고 해당 단열대에 대한 수리시험을 수행하면서 동시에 지화학 모니터링 및 시료채취를 수행하였으며, 아울러 일정 심도 구간별로 시추를 중단하고 수리·지화학 모니터링 및 시료채취를 수행하였다. quick test에 대한 모니터링 및 시료채취 구간은 KURT내 지표하 150~159m, 194~213m, 201~219m, 345~400m, 400~442m의 총 5개 구간이었다. detailed test의 경우 시추가 완료된 이후 시추공에서 BIPS 및 BHTV자료로

부터 얻어진 단일분석, KURT에서 수행된 물리탐사 및 정밀 시추코아 로깅결과들을 종합 분석하여 주요 단열구간이 정해졌다. 그 결과 도출된 최종 수리지화학 모니터링 구간은 3~25m, 43.5~59.5m, 92~116m, 156~159m, 183~194m, 201~226m, 234~244m, 279~293m의 총 8개 구간이었다. 단일분석결과 KURT내에서 지표하 300m 이하의 심도에서는 단열대의 빈도가 급격히 감소하며 수리전도도 역시 매우 낮은 값을 보여 이 구간에 대한 심부지하수의 지화학 모니터링이 약한 달간에 걸쳐서 수행되었으며 모니터링 이후 시료채취가 수행되었다.

2.3 지화학 특성

현장 지화학 측정 결과시 온도, pH, EC 등의 지화학 파라미터들은 수분~수시간 내에 안정화되었으나, 용존산소(DO) 및 산화-환원전위(Eh)의 경우에는 단열구간의 지하수량 등의 수리특성에 따라 수일의 시간이 소요되었다. DB-1 지하수들의 화학분석결과들을 파이퍼도에 도시하여 보면 대부분 Ca-Na-HCO₃ 유형에 속하며 반면에 KURT내에 설치되어 있는 기존의 100m이하 심도의 관측공들에서 채취된 지하수들은 대부분 Ca-HCO₃ 유형에 속한다(Fig. 1). 300m이하 심도의 심부지하수의 경우도 Ca-Na-HCO₃ 유형에 속한다. 따라서 심도가 깊어질수록 지하수내 Na 함량이 높아지는 경향을 갖는다. 심도에 따라 지화학 분석결과를 도시해 보면 pH의 증가와 산화-환원전위의 감소경향을 보여준다. 심도별 용존이온분포 특성은 대체로 심도가 증가하면서 주요이온의 용존함량이 증가하는 경향을 보이며 특정 단열구간에서 높은 Cl 및 F함량을 보여준다. F함량의 경우 최대 5.5mg/L의 값을 보인다(Fig. 2). KURT 지하수에 대한 산소-수소 안정동위원소분석결과를 살펴보면 이들이 모두 강수기원임을 지시한다. 300m 심도 이하의 심부지하수의 pH 및 산화-환원전위는 각각 8.5와 -256mV로서 환원환경 및 심부지하수의 특징을 잘 반영하고 있다. 300m 심도 이하의 심부지하수에 대한 C-14분석결과 약 8.620년의 지하수 연대를 나타낸다.

3. 결론

KURT내 500m 심도의 심부시추공(DB-1)의 수리지화학조사를 통하여 지하수 주유동로로 추측

되는 두 개의 대규모 투수성 단열대가 150-159m와 200-218m 심도 구간에서 확인되었다. 300m 심도 이하에서는 단열빈도가 급격히 감소된다. 전체적으로는 심도에 따르는 pH 및 용존이온함량의 증가와 산화-환원전위의 감소경향을 보여준다. 300m 심도 이하의 심부지하수의 pH 및 산화-환원전위는 각각 8.5와 -256mV로서 환원환경 및 심부지하수의 특징을 잘 반영하고 있으며, C-14분석결과 약 8.620년의 지하수 연대를 나타낸다.

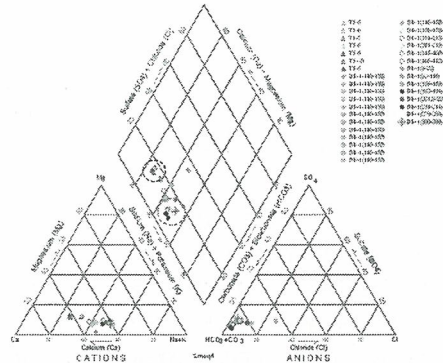


Fig. 1. Piper's diagram for the groundwater samples from the DB-1 borehole.

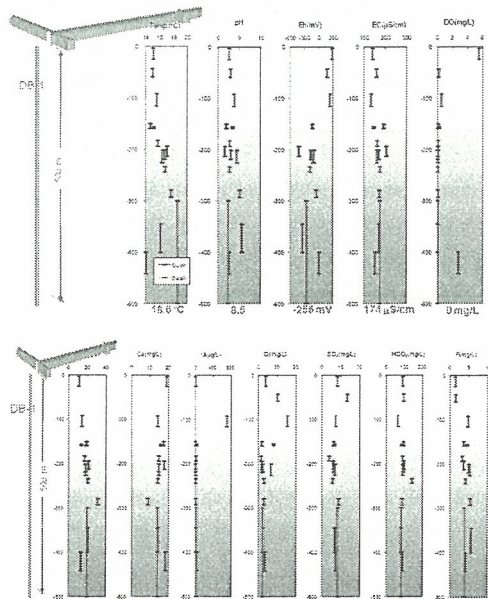


Fig. 2. Result of the hydrochemical monitoring during the quick test and detailed test.