

## 지하처분시설(KURT)내 심부시추공 설치 중 수행된 지하수의 지구화학 특성

신선호, 유시원, 김건영, 고용권, 최종원  
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045번지  
 shinsh@kaeri.re.kr

### 1. 서론

심지층 처분 개념에 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 이동시키는 주된 매개체가 된다. 따라서 이와 관련된 단열대의 모암 및 지하수의 지화학적 특성연구가 방사성폐기물 처분장 안정성 평가에 중요한 과제중의 하나이다.

일반적으로 지하수의 수리화학적 특성은 지하수 부존지역의 암석광물화학 및 지질 구조 등의 복합적인 지질학적 특성에 의해 영향을 받는다. 또한 지하심부의 암석 및 단열내 분포 특성에 따라 다양한 물-암석 반응을 거치면서 부존 심도에 따라 변화할 수 있다.

본 연구에서는 KURT내 심부시추공 설치 중 수행된 지하수관측공을 대상으로 연구지역 전반적으로 분포하는 화강암질암(화강암 및 화강편마암)을 대수층으로 하는 심부지하수의 기원과 수리화학적 특성 및 진화양상, 그리고 그 상호관계를 규명하고자 하였다.

### 2. 연구방법

연구지역은 한국원자력연구원 부지 안에 위치한 연구용 터널인 KURT(KAERI Underground Research Tunnel)로, 그 안에 설치된 DB-1공을 이용하여 실험을 진행하였다. DB-1공은 기존 심도 200m에서 500m로 확장하는 과정에서 실험이 이루어졌으며, 실험구간은 DB-1 시추공에 대해서는 확장기간 동안에 특정 단열구간에 대하여 지구화학 모니터링을 수행하였다(Table 1). 지화학 모니터링 및 시료 채취시에는 자체 고안된 대기와 접촉을 하지 않는 환경 하에서의 현장측정 챔버(Chamber)를 이용하였다. 특히 현장측정시에 시추수를 제거하기 위해 충분히 양수 후 시작하였으며, 산화-환원전위가 안정화 될 때까지 충분한 시간을 기다린 후 수리지화학 파라미터 측정 및 시료채취를 수행하였다. 지하수의 수리화학적 성분분석을 위한 시료채취는 시추공의 특정구간에 대하여 Double Packer시스템을 이용하여 구간을 격리시킨 후 시료를 채취하였다.

### 3. 결론

DB-1공의 현장측정 결과 pH는 8.32~9.12범위의 알칼리성을 보인다. 심부로 갈수록 pH가 증가하는 경향을 보이거나 345~400m 구간에서 9.12로 가장 높은 값을 보여준다. 전기전도도는 151~205  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 범위를 보이고, 심도가 깊어질수록 낮아지는 경향을 보인다. 용존산소는 0.00~2.73mg/L의 범위를 보인다. 용존산소는 일반적인 심부지하수의 산화-환원전위와 다소 비슷하게 심도가 깊어질수록 낮아지는 경향을 보이거나, 400~442m 구간에서 2.73mg/L의 값으로 다소 높은 값을 보인다. 산화-환원전위(Eh)는 환원성 환경을 보여주나, 400~442m 구간에서 10.6mV의 산화성 환경을 보인다. 이는 400~442m구간에 존재하는 단열대가 천부와 연결성이 있음이 사료된다(Fig 1).

지하수의 주요 양이온(Na, K, Ca, Mg)에서 K는 심도의 증가에 따라 증가하는 경향을 보인다. 심부로 가면서 증가하는 거동을 보이는 유일한 양이온인 Na는 심도에 따라 증가하는 경향을 보이고 있으나, 400~442m구간에서는 Na 함량이 다소 낮은 값을 보여준다. 이와 반대로 Ca는 심도의 증가에 따라 감소하는 경향을 보인다. 이 구간에서 다소 차이를 보이는 것은 현장측정 결과와 마찬가지로 천부의 연결성이 있는 단열대의 존재로 천부의 영향이 있음이 사료된다. 지하수의 주요 음이온( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ )에서  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ 는 심도증가에 따라 증가하는 경향성을 보여준다. 화강암지역 심부지하수에서 높은 함량 분포를 보이는 F는 400~442m구간을 제외하고 심부로 갈수록 증가하는 경향을 보여주며, 앞서 설명한 바와 같은 이유로 보여진다(Table 1, Fig 2).

지하수의 수질유형을 파악하기 위해 주요 용존 이온종을 대상으로 Piper's diagram을 도시하여

보면, Ca-HCO<sub>3</sub>유형에서 Ca-Na-HCO<sub>3</sub>유형을 보이기도 한다. 심도의 증가에 따라 물-암석반응의 결과 Ca-HCO<sub>3</sub>유형에서 Ca-Na-HCO<sub>3</sub>유형으로 진화되는 양상을 보여주는데, 400~442m에서는 비교적 물-암석반응이 적은 천부지하수에서 나타나는 Ca-HCO<sub>3</sub>유형을 보여준다.

현재까지 진행된 지구화학적 자료를 바탕으로 동위원소 분석이 이루어지고 있으며, 결과값을 통하여 각 대수층에서 나타나고 있는 지하수의 특성을 분석하고 이들의 상관관계에 대한 연구가 이루어질 예정이다.

Table 1. DB-1 시추공 지하수의 주요 이온 분석결과

Sample no.	Sampling depth (m)	Concentration (mg/L)										
		Na	K	Ca	Mg	SiO <sub>2</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
DB-1-1	150-159	18.8	0.43	17.1	1.61	12.9	1.82	6.18	0.00	3.68	94.3	0.23
DB-1-2	194-213	21.0	0.65	17.6	2.41	12.8	1.85	6.07	0.06	3.70	96.8	0.35
DB-1-3	201-219	17.9	0.50	14.6	1.89	20.0	2.14	6.20	0.00	4.99	91.4	0.53
DB-1-4	345-400	20.1	1.80	14.1	1.83	20.0	2.21	6.82	0.00	5.53	82.8	0.24
DB-1-5	400-442	13.3	3.32	18.3	1.84	22.7	3.31	7.08	3.57	4.08	89.1	0.36

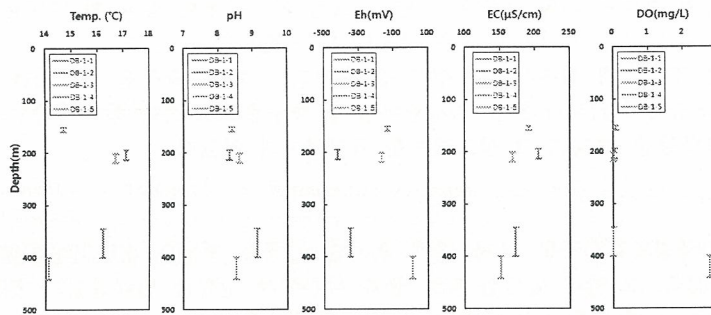


Fig 1. DB-1공의 현장측정결과(온도, pH, Eh, EC, DO)

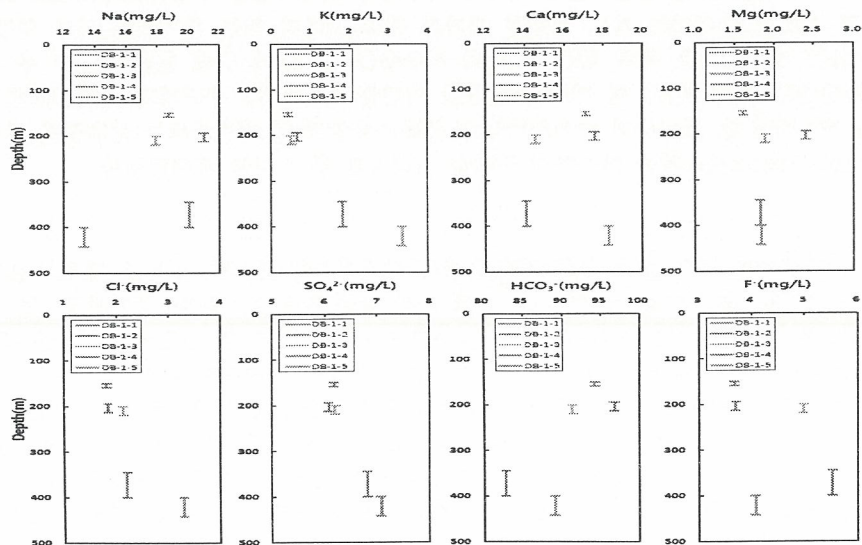


Fig 2. DB-1공 지하수의 지화학 특성

4. 참고문헌

- 1) 이종운, 전효택, 전용원, 1997, 국내화강암질내 심부지하수의 지구화학적 특성, 지하수환경, 4, 199-211p.
- 2) 김건영, 고용권, 최병영, 유시원, 신선호, 최종원, 2008, 한국원자력연구원 내 모암 및 시추공 지하수의 지화학적 특성, 한국방사성폐기물학회 추계학술대회, 171~172p.