

# 방사성폐기물 처분 연구를 위한 결정질 암반의 수리지질특성 비교 연구

박경우\*, 고용권, 김경수

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

\*woosbest@kaeri.re.kr

## 1. 서론

방사성폐기물의 최종 관리방안으로 지층 처분을 고려할 때, 폐기물이 처분되는 영역의 지질환경에 대한 부지특성평가를 수행해야만 한다. 지질 환경은 처분 영역에 대한 암석 및 광물 등의 지질, 처분 영역 주변을 흐르는 지하수의 지화학 특성과 수리지질 특성 등의 다양한 부지 특성 자료를 포함하는데, 특히 처분 영역에 존재하는 지질 구조가 지하수의 흐름을 좌우하여 지하수의 지화학 특성 및 수리지질특성을 결정짓기 때문에 부지 고유의 지질 환경 특성을 설명하는데 주요한 기본 자료가 된다.

본 연구에서는 방사성폐기물의 지층 처분 연구를 위해 국내 대표의 결정질 암반 중 변성암과 화강암을 대상으로 연구지역을 선정하여 연구지역의 심부 환경에 대한 지질환경 특성 평가를 수행하였으며, 특히 부지특성평가 결과 구축된 지질모델을 바탕으로 지하수의 유동양상을 설명하는데 기본이 되는 수리지질모델을 제시하는 데에 그 목표가 있다.

## 2. 본론

### 2.1 연구 방법

심부환경 연구지역의 수리지질 모델 도출을 위해 먼저 연구지역에 대한 규모를 정의하였고(Fig. 1), 설정된 연구 영역에서 수행된 지표, 시추공 지질조사 결과를 이용하여 지질모델을 도출하였다. 그리고 지질모델의 각 요소에 해당하는 수리지질모델 요소를 설정하여 수리지질 개념모델을 작성하였고(Fig. 2), 각 수리지질모델 단위 요소에 대한 수리지질특성을 도출하기 위해 현장 수리지질시험을 수행하였다.

### 2.2 연구지역의 지질모델

단열대 규명을 포함한 연구 지역의 지질모델에 대해 보다 자세히 분석하기 위해 각 지질모델 요소에 대한 조사를 위해 다음 연구를 수행하였다. 토양층 및 풍화대의 깊이별 분포를 확인하기 위하여 지표물리탐사 및 시추공 조사를 수행하였으며, 그 결과 화강암 지역은 지표에서 10~38 m의 깊이의

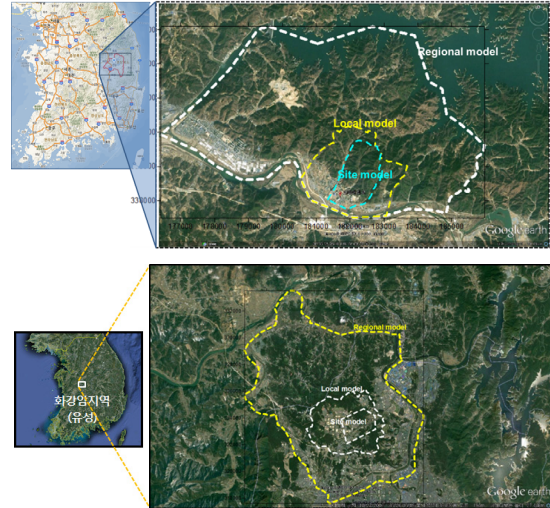
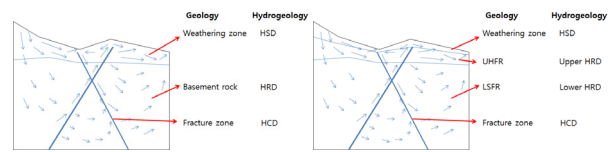


Fig. 1. Study area for construction of hydrogeological model of crystalline (granite, gneiss) rock in Korea.



수리지질모델의 요소	수리지질학적 특성
수리토양대 (HSD)	- 등방성의 투수성 - 공간적으로 불균질한 투수성 분포 혹은 균질한 분포
상부 수리암반대 (UHRD)	- 이방성의 투수성 - 공간적으로 균질한 투수성 분포
하부 수리암반대 (LHRD)	- 등방성의 투수성 - 공간적으로 균질한 투수성 분포 혹은 불균질한 분포
수리투수대 (HCD)	- 등방성의 투수성 - 각 수리투수대 마다 상이한 투수성

Fig. 2. Hydrogeological conceptual model of study area.

범위를 갖고 분포하고 있는 것으로 확인되며, 변성암 지역은 20~30 m의 깊이를 갖고 분포하고 있는 것을 알 수 있었다. 기반암에 존재하는 단열대를 분석하기 위하여 2단계 해석 과정으로 수행하였다. 먼저, 지표 조사의 일환으로 연구 지역의 선형구조 분석 및 지표 지구물리탐사 결과를 분석하였다. 선형구조 분석과 지표 지구물리탐사 결과를

활용하여 연구 지역의 개념적 지질 구조를 이해하고, 예상되는 단열대의 방향성을 예측하였다. 시추공 단열 조사에서는 시추공 텔레뷰어, 시추공 영상 촬영 결과를 이용하여 단열에 대한 통계적 자료를 분석하고, 화강암 지역에서 총 16개의 단열대를, 변성암 지역에서 총 23개의 단열대를 도출해 내었다. 또한, 조사지점에서 확인되는 단열대의 상호 연결성을 비교하여 화강암 지역에서 9개, 변성암 지역에서 12개의 연결된 지질구조로서의 단열대를 FZ라 명명하였다.

지표 및 시추공 조사의 결과로 확인된 지질 모델의 요소로서 상부 풍화대, 기반암 및 단열대를 도출할 수 있었다. 특히, 화강암 지역에서 기반암 영역을 상부 고밀도 단열 암반과 하부 저밀도 단열 암반 영역으로 구분하여 제시하였다. 기존의 연구에 따르면 경사각 30도 이하의 저경사 단열이 주로 존재하는 상부 고밀도 단열 암반 영역이라 구분하여 지질모델에 포함하였다.

### 2.3 연구지역의 수리지질모델

구축된 지질모델을 근거로 각 지질모델 요소의 수리지질특성 도출을 위해 현장 수리시험을 수행하였는데, 현장시험방법으로 양수시험과 순간충격시험을 이용하였다. 그 결과 두 연구지역에서 지질모델의 요소별 대응하는 수리지질모델을 도출하였으며 수리지질모델 요소에 대한 수리지질특성을 현장 시험 결과를 분석하여 정리하였다. 두 지역의 수리지질모델의 요소는 다음과 같이 정리할 수 있다 (Table 1).

변성암 연구지역과 화강암 연구지역의 수리지질 모델에서 가장 주요한 차이는 상부 수리암반대가 화강암 지역에만 존재하는 것이다. 실제로 상부 수리암반대의 경우  $1.05E-07$  m/sec의 수리전도도를 갖고 있으나 이는 주로 저경사 방향의 단열이 다수 분포하는 영역으로 수평방향의 수리전도도를 의미하며, 실제로 수직방향의 수리전도도는 하부 수리암반대의  $1.13E-8$  m/sec와 같이 1/10 수준의 이방성을 예상할 수 있다.

Table 1. Hydrogeological properties of HSD, HCD and HRD in hydrogeological model of study area

수리지질모델 요소	변성암 연구지역		화강암 연구지역	
	수리전도도 (m/sec)	투수량계수 ( $m^2/sec$ )	수리전도도 (m/sec)	투수량계수 ( $m^2/sec$ )
HSD	$9.96E-6$		$1.83E-7$	
HCD		$1.71E-8 \sim 1.67E-4$		$8.6E-8 \sim 2.65E-5$
	평균	$7.86E-6$		$1.81E-6$
Upper HRD	-		$1.05E-7$	
Lower HRD	$4.92E-9$		$1.13E-8$	

### 3. 결론

연구 지역에 대한 수리지질모델에서 수리토양대와 수리투수대의 경우 변성암 연구지역이 화강암 연구지역에 비해 다소 큰 투수성을 갖고 있음을 알 수 있다. 그러나, 수리암반대는 화강암 연구지역이 변성암 연구지역 보다 투수성이 양호한 것으로 도출되었다. 이는 변성암 연구지역에서 암반에 대한 수리시험이 7구간에서 수행되어 14구간에서 시험이 수행된 화강암 연구지역에 비해 작고, 시험 대상 구간이 단열이 없는 암반 영역을 대상으로 수행하였기 때문으로도 생각할 수도 있다. 그러나, 실제 배경단열의 밀도가 변성암 연구지역보다 화강암 연구지역이 커서 암반 영역의 투수성이 더 양호할 수 있으므로 보다 심도 있는 연구가 수행되어야 할 것이다.

특히, 심부환경에서 주요하게 고려해야할 수리투수대는 변성암 연구지역에서 12개, 화강암 연구지역에서 9개가 도출되었는데 조사지점의 개수가 더 많은 화강암 연구지역에서 오히려 지질구조가 더 적게 도출되었음은 화강암 연구지역에서 수리투수대의 밀도가 변성암 연구지역에 비해 작은 값을 가지는 것을 의미할 수 있다. 현장 수리시험을 통해 산출된 투수량계수 역시 화강암 연구지역이 더 낮은 값을 갖고 있어 만약 심부 지하환경에서 용질이 수리투수대를 따라 흘러 생태계로 노출되는데 소요되는 시간이 화강암 연구지역에서가 더 길 것으로 예상된다.