

## 균열암반 매질 내 방사성 폐기물 처분장 인근의 지하수 유동 특성 평가를 위한 현장 조사 기법

김태희, 김구영, 오준호, 전철민, 성기성, 김용제  
한국지질자원연구원, 대전광역시 유성구 가정동 30  
[katzura@kigam.re.kr](mailto:katzura@kigam.re.kr)

일반적으로 고준위 방사성 폐기물 처분의 가장 큰 목적은 방사성 핵폐기물을 격리하여, 생물권(biosphere)으로의 회귀를 최대한 지연시켜 그 위해성을 최소화 하는 데 있다. 이를 위해 다양한 고준위 방사성 폐기물 처분에 관한 방법이 제안되었으나, 현재 전세계적으로 널리 검토되고 있는 방법은 지중처분이다. 통상적으로 지중 처분을 통해 방사성 폐기물을 생물권으로부터 격리 혹은 생물권 회귀 시간을 지연시키고자 할 때, 크게 두 가지의 개념적 방법을 이용하는 데(구조물 자체의 안정성에 관한 문제는 제외함), 1) 공학적 방법, 2) 지질학적 방법이 이에 해당한다. 이 중 지질학적 방법은 공학적 방법의 붕괴로 이후 누출된 방사성 폐기물이 즉각적으로 생물권으로 노출되지 않도록 만들어 주는 지질학적 조건을 지칭하는 것으로 이는 주로 매질의 열적 변형 특성을 고려한 지하수의 물리적 순환 속도와 누출된 핵종의 자연적 흡착 능력에 해당하는 매질의 수리지구 화학적 특성에 관계된다. 본 연구에서는 이러한 분야들 중 지질학적 방법, 특히 지하수의 물리적 순환 속도의 규명 및 이를 통해 방사성 폐기물의 생물권으로의 회귀에 필요한 시간을 평가하기 위하여 어떠한 현장 조사가 어떤 과정을 거쳐 수행되어야 하는가를 다양한 현장 실험 결과를 통해 제시하고자 한다.

### - 현장 특성화를 위한 IAEA Safety Guide

국제원자력기구(IAEA)의 Safety Series No. 111-G4.1 「Siting Geological Disposal Facilities」(1994)에서는 Site Selection Guide는 총 10가지 항목에 대해 가이드라인과 이에 필요한 data를 제시하고 있다. 이 중 사회·인문학적 조건을 제외한 항목은 Geologic Setting, Future Natural Change, Hydrogeology, Geochemistry 등의 4가지 항목으로 구성되어 있다. 이 중 Hydrogeology에 해당하는 항목은 (a) 지역적/광역적 지질학적 unit에 대한 수리지질학적 평가; aquifer와 aquiclude에 대한 충분히 상세한 규명, (b) 중요한 수리지질학적 unit에 대한 규명, (c) 지역적/광역적 수리지질학적 unit 내에서의 지하수의 함양과 배출(위치와 물수지), (d) 모암의 수리지질학적 특성(공극율, 수리전도도, 수리구배의 분포), (e) 지질 환경 내 모든 대수층에서의 지하수의 흐름(평균 유속 및 우세한 유속 방향), (f) 지질 환경 내에서 지하수 및 모암의 물리적 화학적 특성으로 규정되고 있다. 상기에 제시된 6개의 항목은 개별 항목별로도 이미 수많은 연구논문에서 제출될 정도로 광범위한 내용을 포괄하고 있다. 물론 이러한 규정은 엄밀한 의미에서 Sweden Stripa Mine의 성과가 체계적으로 정리되거나, 미국 Yucca Mountain Site에서의 조사 성과가 제출되기 전에 작성된 것으로 상당한 정도의 추상적 내용을 포함하고 있는 것은 사실이다. 그리고, 이러한 추상성을 구체적으로 전환하는 작업은 수리지질학 연구자의 역할이다. 본 연구는 이 중 (b)와 (d) 항목의 구체적인 방법론에 해당하는 것이다.

### - 현장 시험 내용 및 결과, 개별 실험 방법 간의 연관성

본 연구를 위해 수행된 현장 시험방법은 크게 단공시험(single hole test)과 양공시험(cross-hole test)으로 구분된다. 단공시험으로 우선 수직적 수리지질학적 분포 특성 파악을 위한 시험으로 지구물리검층, 시추 코어 조사, 심도별 packer 시험, 1차원 flowmeter test 등을 수행하였으며, 양공시험으로는 cross-hole flowmeter test, 심도별 열추적자 시험, 전기비저항 토모그래피 등을 수행하였다. 이 때 각각의 조사 결과는 그림 1 ~ 5에 제시된 바와 같다.

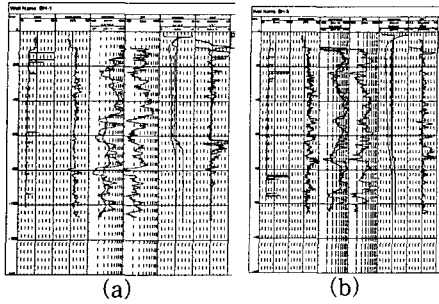


그림 1. 지구물리검층결과: (a) GS-1, (b) GS-5

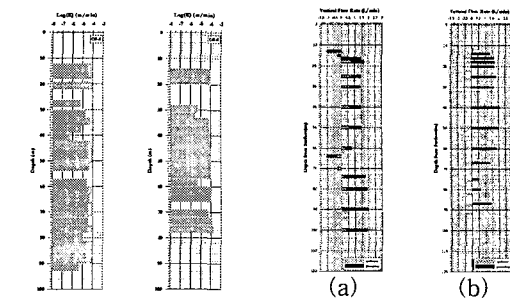


그림 2. 수리전도도의 수직분포: (a) GS-5, (b) GS-6

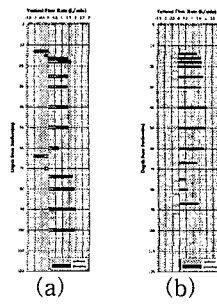


그림 3. 1-D Flowmeter Test : (a) GS-1, (b) GS-5

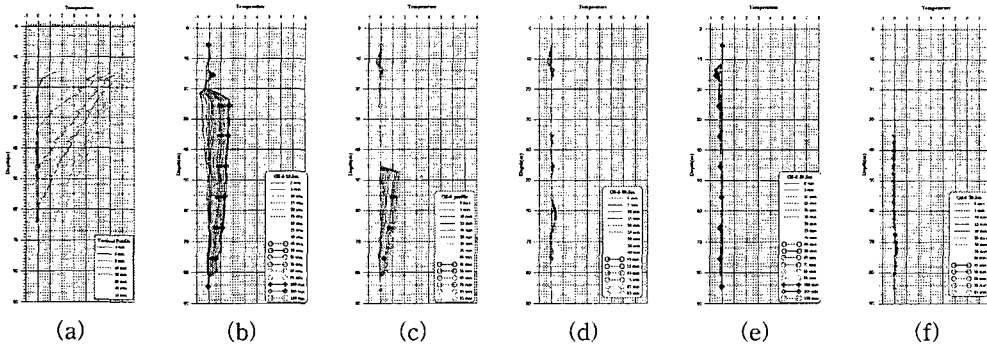


그림 4. 다중심도 열추적자 시험시 GS-6호공에서의 온도 모니터링 결과 :

(a) 12.5~15.3m, (b) 18.5~21.3m, (c) 45.5~48.3m, (d) 50.5~53.3m (e) 33.5~36.3m, (f) 70.5~73.3m

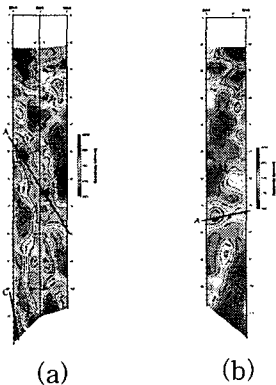


그림 5 BH-3-BH-1-BH5(a) 및 BH-5-BH-2(b) 전기비저항 토모그래피 해석 단면.

이상의 조사 결과를 통해 확인된 균열암반 매질의 특성은 절대다수의 불투수성 영역과 소수의 투수성영역이 명확히 구분되는 형태로 나타난다는 것이다. 이는 균열암반 매질 내 수직적으로 명확히 구분되는 다수의 수리지질학적 unit 이 존재함을 의미하며, 그 수리적 연결성을 해석하는 데는 매우 세심한 조사가 필요함을 의미한다.

- 결론

이상의 조사결과는 수리지질학적 조사 시 균열암반 매질 내 수직적 수리지질학적 특성에 대한 정밀한 조사와 그 유로의 연결성에 대한 조사 과정이 있어야 함을 지지한다. 이 뿐만 아니라 현재 중저준위 방사성 폐기물 처분장 부지 평가를 위해 제안된 바와 같이 개별적이고, 산발적인 조사가 아닌, 보다 체계적이고 세밀한 조사의 기법과

과정의 요구된다고 할 것이다.

참고문헌

IAEA, 1994, Siting Geologicall Disposal Facilities