화강암반 수리지구화학 3차원 지질환경모델링 예비평가

정수림*, 박경우, 권장순, 고용권
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
*sljung@kaeri.re.kr

1. 서론

방사성폐기물의 지층 처분을 위해 처분 영역에 대한 지질 환경의 이해는 반드시 필요한데, 지층 처분장의 건설 안전성 뿐 만 아니라 방사성폐기물의 처분 안전성에 처분 영역의 지질 환경이 밀접한 영향을 끼치기 때문이다. 방사성폐기물처분장에서의 방사선적 안전성 확보의 최종 목표는 인간 생활권에 유해하지 않을 정도의 준위로 핵종 누출을 봉쇄하거나 지연시키는 것이며, 지하매질 즉 암반은 핵종 누출을 지연시키는 자연방벽의 역할을 한다. 이러한 자연방벽의 성능을 좌우하는 지질 환경은, 처분 영역에 대한 암석 및 광물학적 특성, 처분 영역 주변을 흐르는 지하수의 지화학 특성과 수리지질 특성 등의 다양한 부지 특성 자료를 포함한다. 이중에서도 특히 처분 영역 단열대나 단층대의 지질구조적 특성이 부지 고유의 지질 환경 특성을 설명하는데 가장 주요한 기본 자료가 된다. 이번 연구는 대전지역 화강암반을 대상으로 조사지점의 시추공 지질자료를 이용하여 연구지역에 대한 지질모델을 제시하며, 이 지질모델을 활용하여 향후 처분장 건설시 지질특성모델을 구축하는데 기여하고자 한다.

2. 본론

2.1 연구지역

연구지역인 대전 유성 지역은 경기변성암 복합체 내에 위치하며 주로 선캠브리아기의 편마암류와 중생대의 심성암류로 구성되어 있다. 시추공 조사지역인 화강암반 지대는 중생대 심성암류로 이루어져 있으며, 맥암류가 연구지역 전체에 걸쳐 관입되어 있다.

2.2 기초 지질조사

화강암반 연구지역에 대한 지질 환경 특성 분석을 위해 3개의 깊이 500 m 시추공과 1개의 깊이 1 km 시추공을 굴착하고 단열대 및 단층대 분석과 수리지질, 지구화학 측정을 실시하였다.

2.2.1 지질구조 분석

기본 지질구조 모델을 구축하기 위하여 연구지역 지하 심부의 단열 및 단층의 위치와 방향성을 조사하였다. 지하 1 km 지점까지의 수많은 단열을 나열하는 것은 불가능하므로, 지표에서의 선형구조 분석과 시추공 단열조사(텔레뷰어), 시추공 영상촬영(BIPS) 및 공내 물리검층 결과 등을 총합하여 결정된 큰 규모의 단열대만 입체화하였다.

2.2.2 수리지질 분석

시추공에서의 수리시험은 순간충격시험을 기본으로 이중 패커를 이용하여 상부 및 하부 구간을 격리하여 실시하였으며, 대수층 주변 투수성 및 연결성을 파악하기 위하여 정률양수시험을 실시하였다. 주 단열대를 중심으로 깊이 구간별로 시험이 수행되었고, 시험해석 결과로 수리전도도(K)와 투수량계수(T)를 도출하였다.

2.2.3 수리지화학 분석

수온, pH, Eh, EC, DO 등은 채취 현장에서 직접 측정하였으며, 지하수의 주요양이온, 음이온, 미량원소, 동위원소, 콜로이드, 미생물 및 용존유기탄소에 대한 분석은 분석기관에 의뢰하였다.

2.3 지질모델

화강암 연구지역의 지질자료를 종합하여 지질구조의 분포와 양상을 입체적으로 표현하고 지질구조 간의 상호관계를 쉽게 확인할 수 있도록 3차원 모델을 제작하였다. 모델링에는 지질구조 모델링 전문 프로그램인 Paradigm사의 GOCAD 2009.3 프로그램을 이용하였다.

2.3.1 지질구조 특성모델

3차원 지질구조 모델 구축을 위하여 먼저 선형구조 조사에서 지정한 부지규모를 경계로 지형도와 함께 심도 1 km의 기초 모델을 구성하였다. 기초모델 구성 후, 지질조사가 수행된 각 시추공을 기본 지형모델에 삽입하는데, 이때 조사된 지질구조의 주향/경사 정보를 함께 입력할 수 있다. 다양

한 선행연구에서 도출된 9개의 지질구조 정보와 각 시추공에 입력한 지질구조 정보를 비교 분석하여 조사지역 대표 지질구조 모델을 구성하면 Fig. 1과 같다.

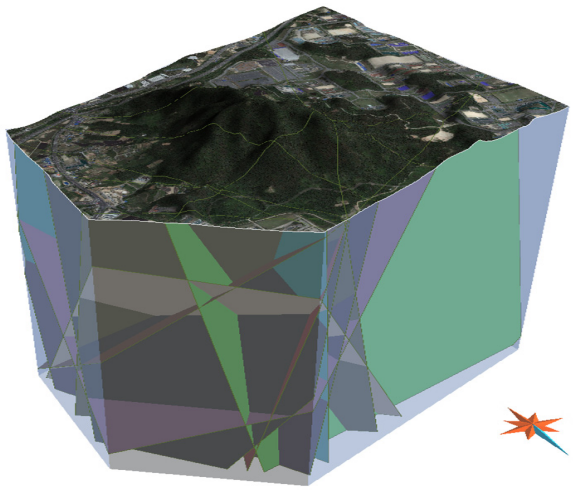

Fig. 1. geological model of the study area.

2.3.2 수리지질 특성모델

조사된 단열대와 암반의 수리지질 자료를 도입하여 수리지질 특성모델을 만들 수 있다. 2차원 평면으로 표현된 모델을 grid 형태로 전환한 후, 주 단열대(수리투수대) 영역에는 각 단열대에서 도출된 투수량계수를, 주 단열대를 제외한 영역에는 수리암반대의 수리전도도 값을 도입한다. 지질구조 별 투수량계수 및 수리전도도 값의 차이는 컬러차트로써 도시할 수 있다.

2.3.3 지구화학 특성모델

조사지역 지하수 분석 자료를 이용하여 지구화학 특성모델을 만들 수 있다. 수리지화학 요소 측정값이 깊이에 따라 예상했던 경향성을 보이는지, 지질구조가 존재함에 따라 어떠한 변화를 보이는지 분석한 후, 변동도(variogram) 기능을 활용하여 실제 측정이 진행된 시추공 외에 모델화한 연구지역 범위로 지화학적 예측 값을 설정할 수 있도록 한다.

3. 결론

지질구조 3차원 특성모델 구성 결과, 화강암 연구지역의 지질구조는 수직에 가까운 단열이 대부분이며 주로 NW-SE 방향의 단열이 우세한 것을 쉽게 확인할 수 있다. 또한 어느 구역에 지질구조가 밀집되어 있는지, 핵동 유동이 쉬운 지질구조의 위치와 그 영향 범위와 같은 심부환경에 대한 추론이 가능하다. 이와 같은 모델링 및 해석 기술의 기발은 현재 해외사례 부지조사과정에서도 활발히 수행되고 있는 부분이다. SKB 와 Posiva에서는 열특성, 생태계 환경 특성 등의 다양한 분야를 포함한 통합모델을 개발 중에 있다. 우리나라 역시 처분시설 부지조사를 위하여 우리의 지역적 특성을 반영한 통합모델이 필요하며, 이러한 기술개발에 이 연구의 지질모델이 기초자료로써 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

4. 감사의 글

본 연구는 2014년도 산업자원통상부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행되었음을 밝힌다.

5. 참고문헌

[1] 김건영, 고용권, 배대석, 김천수, 방사성폐기물 처분연구를 위한 유성지역 화강암내 심부 시추공 단열충전광물의 광물학적 특성, 한국광물학회지, 17(1), 99-114 (2004).