

고준위방사성폐기물처분 연구를 위한 영서형 광역 지하수 유동 모델링

박경우*, 김천수*, 김경수, 이강근

*한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
서울대학교, 서울시 관악구 신림동 산56-1번지woosbest@kaeri.re.kr

고준위방사성폐기물 처분장의 안전성 평가를 위한 수리지질환경 특성 규명은 지표 및 천부지하 환경 뿐만 아니라 심부환경이 포함된다. 실제로 고준위 방사성폐기물이 처분될 영역은 심부 지하 영역으로 초점이 맞춰지며, 심부지질환경의 특성 규명은 고준위방사성폐기물 처분의 주요 과제가 된다. 그러나 방사성폐기물 처분장 안정성 평가에 중요한 과제중의 하나인 심부 단열대의 특성 및 단열체계 분석에 대한 연구는 심부 시추공의 부존 및 검층장비의 결여, 경제적, 사회적 요인으로 인해 일부 연구에 제한되어 왔다. 따라서, 소위 한국형이라고 말할 수 있는 대표되는 지역에 대한 심부 단열 특성 및 단열체계 구축이 어려운 것이 현실이다. 이에 한국원자력연구소에서는 우리나라의 대표적 결정질 암반인 유라기 화강암 중, 강원도 고성지역의 화강암과 대전 유성지역의 화강암을 선정하여 이에 대한 심부 시추조사 및 장기적 모니터링을 통한 방사성폐기물 처분관련 연구를 수행하고 있다. 이들 지역은 우리나라의 지형특성이 고려되어 영서형과 영동형으로 구분된 2개의 지역이며, 처분장의 요건으로 복잡한 지질환경을 보이지 않으면서 규모가 비교적 큰 단일암종을 대상으로 선정되었다. 이 중 유성지역은 행정구역상 대전시 유성구 한국원자력연구소내 부지가 중심이 된다.

광역 지하수 시스템은 일반적으로 다공성 연속체 개념으로 해석하는 것이 일반적이다. 그러나, 층적층이 수 미터 밖에 되지 않는 결정질 암반지역에서 전체적으로 연속체 개념을 도입하는 것은 REV(Representative Element Volume)을 설정하는데 어려우며, 지하수의 유동은 다공성 매질에서와는 매우 다른 양상을 나타낸다(Bear, 1993). 다공성 매질에서는 일반적으로 Darcy법칙에 따르는 3차원의 문제로 해석되고 있지만, 결정질 암반에서는 단열대가 지하수의 주요 유동로가 되어 지하수의 유동은 단열대를 통해서 주로 이루어지게 된다. 그러나 관심영역에서 단열대를 확인하여 이를 주유동로로 정의하는 데에는 많은 어려움과 불확실성이 존재하기 때문에 일반적으로 결정질 암반에서도 다공성 연속체 개념을 적용한 지하수 수치모델로서 유체의 유동 및 용질이동에 대한 문제를 해석하고 있는 것이 현실이다.

본 연구에서는 고준위방사성폐기물 처분의 연구부지 중 한 곳인 유성지역에 대한 광역 지하수 흐름을 다공성 연속체 개념을 이용하여 모사하였다. 수치 모델에 사용한 software는 유한 차분법을 이용한 Modflow이며, Modflow의 Modpath module을 이용하여 가상의 방사성폐기물처분장에서 누출될 수 있는 입자의 유동경로를 모사하였다. 수치모델에 사용된 영역은 16.32km X 20.16km의 광역 영역이며, 광역흐름을 가정하여 지하 6000m까지 모델을 확장하였다. 전술한 바와 같이 모사 영역이 다공성 매질이라고 가정하였으며, 현장 수리시험 및 지화학 자료로서 인지되는 경계 영역인 지하 250m를 기준 상, 하부 층으로 구분하여 모사를 수행하였다. 실제로 고준위 방사성폐기물 처분의 대상이 되는 영역은 지하 500m 하부 영역으로 수리도양층 제외하였으며, 따라서

입력되는 함양율을 실제 측정치가 아닌, 수치모델로 산출하여 입력자료로서 활용하였다. 또한, 현장수리시험 결과 도출된 수리인자를 가능한 적용하고자 하였다.

가로 248 × 세로 297 × 높이 7개의 mesh를 구성하여 정류 상태의 흐름을 가정하여 지하수 유동모의를 수행하였으며, Modpath module을 이용하여 모사를 수행함에 있어, 수치 모델링 영역이 시간에 따라 지각의 변화가 없는 안정된 지괴로 가정하여 부정류 모의를 수행하였다.