

## 고준위방사성폐기물 한국형처분시스템 개발을 위한 심부지질환경특성연구 현황

배대석

한국원자력연구소, 대전유성구덕진동 150번지

[ndsbae@kaeri.re.kr](mailto:ndsbae@kaeri.re.kr)

고준위방사성폐기물(이하 폐기물) 처분방식 중 국제적으로 가장 선호하는 방법은 심지층처분 방식이다. 심지층처분의 기본개념은 발생 폐기물을 원래 태생지의 환경조건과 유사한 장소에 격리시키는 것이 근본 철학이다. 폐기물 발생 국가 내 처분원칙에 따라 자국의 인문사회·자연환경 여건에 가장 적합한 처분시스템을 개발하고 이의 실증과정을 거쳐 상용화로 연계하여야 할 것이다.

심지층환경은 나라마다 고유한 특성을 가지고 있으므로 자국의 실정에 부합되는 대표적인 처분지질환경이 평가·정의·제시되어야 한다. 선진국들은 이미 이 부문에 관한 연구를 50여 년 이상 해왔으며, 자국의 고유한 처분개념을 개발·제시하고 개발된 개념을 계속 수정·보완해 가고 있는 중이다. 일부 국가에서 상용처분사업 단계로 진입하여 건설인허가 업무의 일환으로 후보부지 선정 및 부지특성평가 업무 수행 중에 있다.

우리나라는 1997년부터 원자력중장기연구개발계획 내에 고준위폐기물처분기술개발 과제를 계획 수립·착수하여 2007초에 한국형처분시스템을 개발·제안할 계획이며, 현재 마무리단계에 있다. 한편, 심부지질환경특성연구 분야는 아래와 같은 목표 하에 총 3 단계로 나누어 추진하였다.

- 심부지층의 지질·수문학적 특성 평가기술 확립
- 국내 안정된 지질환경 지역 도출

심부지질환경특성연구는 한국형기준처분시스템 개발을 위한 처분환경의 주요 설계파라미터 평가·도출과 처분시스템의 종합성능평가를 위한 처분유동경로 정의 및 입력인자 생산을 위한 수행 방향으로 전략을 수립하였다. 1, 2 단계 업무는 근계영역(near-field)을 중심으로, 3 단계 수행업무는 원계영역(far-field)으로 계획하였다.

처분장영역(repository domain)과 함께 처분유동경로(RRP: Reference Release Pathway) 전반에 걸쳐서 지질환경특성에 대한 단순화하고 개념화하는 방향으로 골격을 설정하였다. 처분유동경로는 가상 처분장에서 지상생태계에 이르는 전체 지하수 유동경로로 잠정 정의하고, 다시 아래와 같이 크게 두 개 영역으로 임의로 구분하여 각각 지질환경 특성을 평가·정의하였다.

- 가상 처분장영역에서 처분공에서 주단열대의 경계까지의 근계영역에 해당하는 유동경로를 근계유동경로(RCP: Conductive Pathway in Repository domain)라 하고
- 가상 처분장영역과 주단열대의 경계지점에서 지상생태계에 이르는 원계영역의 주단열대 구간을 주유동경로(MCP: Main Conductive Pathway)로 구분하여

가상 처분장영역 경계유동경로에 대한 평가는 추계론적 및 결정론적 개념을 동시에 적용하였다. 즉, 단열망체계(fracture network system)의 모사와 공동과 교차하는 허용최대 규모 단열대 특성의 정의를 통하여 잠재 처분유동경로를 도출하고, 이 영역의 지질구조·수리·지화학적 인자의 특성을 정의하였다. 처분공에서 지상 생태계에 이르는 전체 처분유동경로 전반에 걸쳐서 유동경로의 pattern을 수 개의 특성으로 분류 단순화한 reference pathway case에 대한 integrated condition

로 정의되는 모형을 제시하였다. 이 결과는 지하수문체계의 다양한 거동특성을 수리·지화학적인 제반 현상을 연계 해석하여 비교함으로써 생산결과와 신뢰성을 제고하는데 주력하였다. 자료의 부족이나 기타 여건으로 인하여 대표적인 특성 도출이 어려운 경우, expert elicitation 접근법에 의하여 평가하였다. 한편, 한국형기준처분시스템 개발을 위한 근계영역의 설계인자는 2 단계의 결과에 열-수리-역학적 연계 해석을 위한 물성자료의 확보로 업무범위를 확대하였다.

이러한 처분유동경로 중 주유동경로 영역의 제반특성에 대한 정량적 자료도출을 위하여 연구대상 대표적인 암종 및 단열대를 선정하고, 「Deep Drilling Program」을 추진하였다. 대상지역은 결정질심성암류 분포지역을 우선적으로 설정하고 국내 여건을 감안하여 단계적으로 결정질편암과 괴상화산암류 분포지역도 그 대상으로 확대·고려하기로 하였다.

Deep drillhole 내에서 원위치시험(logging, fracture mapping, hydraulic test, mechanical test 등)이 완료된 시추공은 장기 monitoring을 위해서 MP(Multi-packer)를 설치한 후 지하수시료채취 및 수두측정 등을 지속적으로 수행하였다. 시추 코아에서 채취된 암석 및 단열층진광물과 함께 지하수 시료 등을 토대로 동위원소 및 지구화학적 성분특성을 분석하였다. 또한, 시추코아를 이용하여 단위 암석의 역학적, 열적, 수리적 특성을 실내시험으로 도출하였다.

불안정 지질환경지역 도출을 위하여, 지질학적인 요소 중 화산·지진활동, 단층운동 및 용기·침강현상 등 장기적인 평가인자를 예비평가에 의해 도출하고, 국내 현황에 대한 특성을 정리하고 향후 중점 연구대상 분야·항목들을 제시하였다.

취득한 모든 지질환경 관련 자료들은 한국형처분시스템의 개발과정 및 이 시스템의 실증시험 단계에 적용할 수 있도록 체계적인 정보관리시스템을 구축 중에 있다. 이러한 접근방향 하에 중장기 연구결과를 통해 정리된 처분시스템 개발을 위한 국내 자연환경 특성을 아래와 같이 요약 정리하였다.

- 단열분포 특성에 의하면 지하 지표하 100m 내외에서 단열분포 양상은 상하부로 크게 구분
- 수리지질특성은 지표하 150m 내외에서 그 특성이 크게 구분되며 일부 조사자료는 지표하 50m 내외에서 특성이 전이하는 경향을 보인다.
- 수평최대/최소 응력의 이상대를 나타내는 구간은 없으며, 예상 지열경사 2.6°C/100m, 지하 500m 심도 추정 온도는 25~30°C/500m
- 지하수의 pH-Eh 및 제반 화학성분을 토대로 한 산화-환원 전이영역은 지표하 200~250m 부근에서 형성
- 지하수내 동위원소 성분에 의한 수리지질특성은 지표하 200m 내외에서 상하부 특성이 구분
- H-3 존재 확인 영역: 지하 지표하 300m 하부에서 무 H-3 영역 확인
- 용기·침강특성: 추정 용기율, 0.5m/KY 이하(동해안); 침강율, 0.056m/KY이하

이 외에도 지하수연령, 건설용이성, 열적특성의 생태계영향 예측 및 장기적지질안정성 관련 요소 등, 적정처분심도를 결정하는데 필요한 충분, 필요조건들이 종합·평가되어야 할 것이다. 이 결과는 후속 실증연구를 통해서 기술 및 database 축적을 통해서 장기적으로 평가·정의하여야 하며, 이러한 과정을 통해서 한국형처분시스템이 수정·보완되어야 할 것이다.