

## 국내 심지층 처분에 필요한 장기지질 안정성 요소

정재열, 정해룡, 김현주

한국방사성폐기물관리공단, 대전 유성구 대덕대로 989번길 111

[ijv@krmc.or.kr](mailto:ijv@krmc.or.kr)

### 1. 서론

우리나라는 현재 사용후핵연료를 포함하는 고준위폐기물 처분에 대한 국가정책이 확립되지 않은 상황이나 빠른 시일 내에 공론화 과정을 통하여 국가정책이 확정 될 수 있을 것으로 예상되고 있다. 일환으로 2011년 한국방사성폐기물관리공단의 주관으로 사용후핵연료 관리대안 수립 및 방폐물관리기술 중장기 국가 로드맵 파제를 수행하여, 사용후핵연료 처분 국가정책 수립을 위한 기반을 마련한 바가 있다. 또한, 1986년 부지환경 환경조사 이후, 방사성폐기물관리시설 후보부지 도출 및 지역협력방안 수립용역 보고서(2002년), 고준위 방폐장 부지선정기준 및 절차수립에 관한 연구보고서(2007년) 등에서 방사성폐기물관리시설 부지선정 절차에 대한 연구를 수행하였다. 본 연구는 사용후핵연료 처분 장기 안전성에 중요한 영향을 미치는 지질환경 요소에 대하여 알아보고, 이들 요소에 대한 데이터베이스화하는데 목적이 있으며, 향후 이를 바탕으로 정량적 평가의 기반을 구축하고자 한다. 금번 연구는 한국방사성폐기물관리공단이 주관하여 2010년부터 한국지질자원연구원과 한수원 중앙연구원, 한국원자력연구원 등과 함께 사용후핵연료 처분사업의 기초를 다지기 위하여 수행 중인 “심지층 처분 한반도 지질환경 평가기술 개발”과제를 통하여 이루어졌다. 본 연구의 성과는 향후 사용후핵연료 처분 정책 수립에 있어서 중요한 과학적 자료 및 중간저장시설 부지확보 시 기초자료로 활용 할 수 있을 것으로 판단된다.

### 2. 본론

우리나라의 경우 사용후핵연료 최종처분 정책이 아직 결정되지 않은 상태이고 사용후핵연료 처분에 대한 법규도 제정되지 못한 상태이지만, 향후 재처리나 직접처분 어느 쪽을 선택하든 반듯이 최종처분을 하여야 하며 그 방법으로는 심지층처분을 고려하고 있다. 국제원자력기구(IAEA)가 권고하는 것처럼 최종처분을 위한 부지선정 시 고려해야할 요소에는 장기 지질 안정성, 기술성, 사회·경제·환

경 등으로 구분 할 수 있다.

심지층 처분장 부지선정 절차를 진행하는 과정에서 부지선정 요건과 기준은 필수적이다. 국내에서는 아직 심지층 처분장 부지선정 프로그램이 확정되지 않아 부지선정 절차 및 부지선정 요건, 기준 등이 설정되지 못하고 있다. 따라서, 부지선정 절차에 대하여 부지선정 단계별로 적용되는 기준에 대해서는 적용 가능한 조건을 설정하지 못하였으며, 부지선정 단계와 관계없이 적용되는 요건을 제시하였다.

처분부지 선정 평가요소의 정밀도는 평가범위에 따라 달라진다. 안정성에 영향을 미치는 기반암의 특성은 같은 지역에서도 다양하게 변화하기 때문에 전국규모나 지역규모 평가에서 배제조건을 명확하게 제시할 수 있는 평가요소는 많지 않다. 다만, 광역규모에서는 지상시설물 및 지하 처분시설의 위치, 배치, 깊이, 구조 등 설계 관련 요소와 환경 및 안전에 관한 요건들을 고려하여 평가요소를 고려한다. 보다 구체적인 인자와 기준은 부지규모 이하로 좁혀진 이후에 적용하는 것이 바람직하다.

사용후핵연료 심지층처분 안전성평가에서는 다중방벽시스템에 의해 안전성을 확보하는 개념을 고려한다. 다중방벽은 공학적방벽과 자연방벽으로 구분하며 공학적방벽은 오랜 기간 동안 방사성핵종이 외부로 유출되지 않도록 건전성을 유지해야한다. 따라서 암반은 공학적방벽의 안전성을 확보하기 위해 오랜 기간 동안 안정한 역학적 및 화학적 조건을 유지해야한다. 공학적방벽이 열화된 후 자연방벽인 암반은 방사성핵종의 이동을 지연하고 격리하는 역할을 담당해야한다. 따라서 투수성이 낮고 지하수의 이동거리가 길며 배출경계가 내륙이 아닌 해안으로 향하는 것이 선호된다. 또한, 미래에 경제적으로 개발가치가 있는 천연자원이 없어야 인간침입과 같은 인위적인 개발활동으로부터 처분시설을 보호할 수 있다. 이와 같이 심지층처분은 장기간에 걸쳐 안정성을 확보함으로써 생태계를 통해 인간에게 미치는 영향을 최소화시키는데 목적이 있다.

#### 2.1 지질학적 사건

전국규모 조사단계에서는 문헌조사, 야외지질조사 mapping, 항공 및 지구물리측정 등을 통해 포괄

적이고 일반적인 범위의 평가를 수행하기 때문에 우선적으로 대규모 사건이 장기적인 관점에서 지층에 미치는 영향을 평가한다. 따라서 우리나라 지층에 광범위하게 영향을 미치는 지질학적 사건을 가장 중요한 평가인자로 본다. 지질학적 사건은 발생 특성에 따라 급발적인 사건과 완속적인 사건으로 나눌 수 있다.

**2.1.1 급발성 지각변동**

전국규모 조사단계에서는 대규모 단층이나 활성 단층이 분포하는 지역은 처분시설의 안전성에 심각한 영향을 초래하며 방사성핵종 이동통로가 되기 때문에 처분부지로 고려하지 않는다. 심지층처분은 장기간에 걸쳐 안정성을 확보해야하기 때문에 지진이나 화산과 같은 대규모 사건이 발생할 확률이 낮아야 하며 산사태나 홍수와 같은 자연재해가 발생할 확률이 낮은 지역이 선호된다.

- 지진 및 화산활동
- 활성단층 및 단층대
- 자연재해(산사태, 홍수 등)

**2.1.2 완속성 지각변동**

심지층처분을 위한 암반은 침식 및 퇴적, 해수면 변동과 같은 지체구조변화를 고려하여 심지층에 처분한 폐기물이 지표에 노출되지 않도록 충분한 심도와 공간 확보가 가능해야한다. 이러한 관점에서 볼 때 고려해야할 인자는 다음과 같다.

- 지체구조운동
- 침식/퇴적
- 해수면변동

**2.2 화학적 환경**

전국규모 조사단계에서는 고려대상이 아니지만, 후보지역 조사부터는 부지조사의 경우 다양한 깊이에서의 지하수화학적조성을 측정해야하고 안전성평가에서는 사용후핵연료 침출특성, 벤토나이트 특성변화, 처분용기 및 콘크리트 부식속도 등의 인자를 필요로 한다. 후보부지 조사이후에는 상세한 부지 특성조사를 실시하여 보다 구체적이고 현실적인 평가를 수행해야한다. 따라서 이 단계에서는 좀 더 자세한 부지의 화학적 환경에 대한 평가가 이루어져야 하고 토양내 존재하는 미생물에 의한 기체발생 영향도 고려해야한다. 따라서 부지선정시 요구되는 평가인자들을 다음과 같이 열거하였다.

- pH
- Eh
- 지하수 연령
- 광물조성
- 흡착

**2.3 핵종이동**

암반 내에서 방사성핵종을 이동시키는 주된 메카니즘은 지하수이며 이러한 지하수의 이동을 지연시키는 것이 자연방벽으로서의 암반의 역할이다. 암반은 암반내 공극이나 단열을 통과하는 지하수의 이동속도를 감소시키고 누출된 방사성핵종을 흡착 및 분배시켜 처분장으로부터 생태계에 이르는 방사성핵종 이동시간을 증가시켜야한다. 이러한 지하수 내 물질이동 특성과 관련된 평가인자들은 후보지역 조사 이후에 적용 가능하며 다음과 같다.

- 처분장 심도에서의 지하수 유속
- 처분장으로부터 생태계까지 지하수 유동경로 (이동시간)
- 수리전도도
- 공극률
- 단열체계

**2.4 수리경계조건**

수리경계조건은 지하수모델링 시 중요한 인자 중 하나이며 안전성평가의 경우 생물권으로 배출되는 선량평가를 계산하는데 필요하다. 정상시나리오(우물시나리오)의 경우 토양이나 암반에 굴착된 우물을 통해서 생물권으로 배출되는 것으로 고려하나 지하수는 일반적으로 회석된다. 처분장으로부터 지하수 배출은 다음 사항들로 인해 발생할 수 있다.

- 호수 및 하천
- 해양

**2.5 인간침입**

미래에 경제적으로 개발 가치가 있는 천연자원(광상, 온천)이 분포하는 지역은 개발이나 시추로 인해 처분장의 손상을 유발할 가능성이 있기 때문에 처분부지에서 배제한다. 이는 안전성평가 시 인간침입 시나리오를 통해 평가한다.

- 광물자원
- 온천 및 지하수
- 지열에너지

**3. 감사의 글**

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 2010T100200152)

**4. 참고문헌**

[1] 국외 처분시설 부지선정 프로그램 분석보고서, 한국방사성폐기물관리공단, p.396, 2011.