

고준위 방사성폐기물의 일반적인 지질학/수리지질학적 처분 개념

박경우, 이민수, 최종원, 배대석, 고용권, 김건영, 김천수
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045 (덕진동 150)
woosbest@kaeri.re.kr

1. 서론

고준위 방사성폐기물 처분과 관련하여 국제 공동 처분에 대한 논의는 남아 있지만, 일반적으로 고준위 방사성폐기물 처분은 자국 처분을 원칙으로 하고 있다. 자국 처분을 위해 자국내 고유의 지질학적 처분 개념에 대한 이해와 심부지질환경 특성에 대한 연구가 중요한데, 국내에서도 고준위 폐기물 처분을 위해 한국원자력연구원에서 1997년 이후로 심부지질환경 관련 연구를 수행 중에 있다. 본 논문은 2007년 6월 25일부터 28일까지 미국, 라스베가스에서 ITC와 미에너지성 주관으로 개최된 교육 훈련 내용의 일부로 고준위 폐기물 처분의 기본적인 지질학적 처분 개념 관련 내용에 대해 요약하였다.

2. 본론

일반적으로 고준위 폐기물의 심부지층처분의 목적은 처분장에서 유출된 핵종이 인류 및 환경에 노출되었을 때 어떠한 위험도 없는 농도로 붕괴 혹은 희석이라는 자연적인 과정을 거칠 때까지 격리시키기 위해서이다. 지질학적 처분의 대상이 되는 폐기물은 사용 후 연료, 유리화된 고준위 폐기물, 장반감기 중준위 폐기물, 원자로 운영 폐기물, 재처리 폐기물, 연료 생산 후 소모된 우라늄, 핵무기 해체 후 생성된 핵분열성 물질과 핵연료 재처리 후 남은 잉여 폐기물(플루토늄, 농축 우라늄)을 포함한다. 이러한 방사성 폐기물을 공학적 방벽 및 지질학적 방벽의 다중방벽 개념을 도입하여 심지층에 처분하게 된다. 심지층 처분모양은 다음의 특성을 갖는 암반으로 고려된다.

- 처분장을 건설할 정도로 단단한 암반
- 폐기물로부터 생성되는 열을 감쇄시키는 열적 전도성이 좋은 암반
- 저투수성 암반
- 양호한 격리성을 갖는 암반 : 생태계로의 유동 경로가 없을 것
- 자원으로서의 활용가치가 없는 암반
- 지질학적으로 안정한 암반

현재 국제적으로 화강암, 편마암 등의 결정질암, 화산암, 점토 등의 퇴적암, 암염 돔 등의 해수 기원 증발암 등 크게 세 가지 모양이 고려되고 있으나, 실제 주요한 인자는 모양이 아니라 모양을 둘러싸고 있는 종합적인 환경적 요인(수리지질, 지질, 지형, 지리적 요인)이다

일반적으로 심부 지역은 지하수에 대해 포화된 상태로 존재하는데(미국의 경우 불포화대 처분 고려), 국내의 경우에도 지하수로 포화된 지역에 처분을 고려하고 있다. 이 경우 고려해야할 수리적인 요건은 심부 지하수의 유동량이 극히 적어야 하며, 지하수의 상태가 안정적이고 심부지하수의 연령이 오래된 곳, 지표면 근처의 천부 지하수 유동과 연관이 없을 만큼 깊은 심부 지역, 잠재적인 주요 지하수 유동 경로 적은 지역, 확산 과정이 우세한 지역, 기체가 확산될 수 있는 지역, 폐기물 주변의 지하수 흐름이 허용되는 범위에 있는 지역 등 여러 가지 필수적인 요건을 갖춰야 한다. 위의 여러 가지 요소 중 가장 주요한 요소는 지하수의 유동량이 적은 지역으로 들 수 있는데, 이는 안정적인 상태 및 연력, 천부 지하수 유동과의 연관성, 잠재적인 지하수 유동 경로 및 확

산 등의 여러 가지 요소를 포함하는 요인이 될 수 있기 때문이다. 심부지역에서 지하수 유동량이 적게 하는 요인은 다음의 요건을 만족시켜야 한다.

- 수리전도도가 낮아 지하수의 유동량이 적은 지역이 선호
- 수두 경사가 낮아 지하수 유동역이 낮은, 즉 평탄한 지역이 선호
- 지하수의 열적, 밀도의존 흐름이 없는 지역이 선호되면, 지구조 활동이 있는 지역이나 해안 지역은 선호지역에서 배제되어야 한다.
- 우세 지하수 유동 경로가 없는 지역으로 고투수성 단열 혹은 렌즈형 투수성 퇴적층이 없어야 한다.
- 강수에 의한 지하수 함양이 적은 건조기후지역이 선호된다.

이외에도 지화학적으로 공학적 방벽의 부식 및 고준위 폐기물의 용해를 막기 위해 환원 환경으로 계속 유지될 수 있는 조건을 만족 시켜야 하며, 산화수의 침투 등의 외부 자극에 대해서도 완충 역할을 할 수 있는 지화학적 요건을 갖추는 것이 필요하다. 또한 처분장 부지는 활성 단층과 직접적으로 교차되지 않아야 하며, 활성 단층으로부터 수 백 미터 떨어진 50m~100m 반경의 작은 규모의 단열에서 지진에 의한 변형의 잠재성 및 영향을 인지해야 하는데 이는 현재 스웨덴에서 주요한 지질학적 테마로 대두되고 있다. 지진에 의해 흔들리는 현상은 처분장 깊이에서 주요 관심 거리는 아니나, 지진에 의한 변형 및 변위가 중요하다.

3. 결 론

위의 조건 모두를 동시에 만족하는 최적의 지역을 찾는 것은 매우 어렵다. 예를 들면, 수리전도도가 높은 지역이더라도, 수두 경사가 아주 낮아 지하수의 유동이 거의 일어나지 않는 지역이 있을 수 있으며, 폐기물의 수송 편이성 혹은 이송 사고에 대한 안전성을 고려하여 투수성이 낮으며, 해수의 밀도의존흐름이 크지 않은 해안 지역이 선호될 수도 있다. 즉, 국가 고유의 폐기물 처분 시스템에 따른 지질학적 처분 개념이 확립되어야 하는데, 이를 위해 자국 고유의 대표지질환경 (type environments)을 규명하는 연구가 반드시 필요하다. 또한, 분류된 대표지질환경에 따라 처분 부지 선정과 관련된 광역적 평가인자(nationwide evaluation factors, NEF)와 부지고유의 평가인자 (site-specific evaluation factors, SSEF)를 결정하여야 하는 과정이 필수적이다.