

고준위폐기물 심지층 수평처분 개념설계

이종열, 이 양, 조동진, 김성기, 최희주, 최종원
한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150

njylee@kaeri.re.kr

사용후핵연료는 원자력발전소에서 발전하고 난 후 배출되는 것으로 현재는 각 발전소부지의 저장고에 임시저장 되어 있으며, 이를 고준위폐기물로 고려하여 심부지층에 처분하기 위한 연구가 진행되고 있다. 원자력발전소는 '제2차 전력수급기본계획'에 따라 2013년에 폐로 예정인 월성1호기를 고려할 경우 2015년에 총 27기의 원전이 가동될 예정이며, 이후 더 이상의 추가 원전건설이 없다는 가정 하에, 이들 원전으로부터 예상되는 사용후핵연료 발생량을 추정하면 약 35,000톤에 이를 것으로 전망된다.

사용후핵연료 처분용기를 수평으로 처분하기 위한 고려요소는 다양하지만, 여기서는 사용후핵연료 처분량 및 그에 따른 처분용기 제원 및 수량, 그리고 심부지하에 존재할 가능성이 있는 불연속면 등 주요 영향인자를 고려하였다.

국내 사용후핵연료 총 예상발생량으로부터 산출된 사용후핵연료 처분용기의 수량은 PWR 처분용기 11,375 개, CANDU 처분용기 2,835 개로 약 15,000 개를 처분해야 하고, 사용후핵연료를 포장하는 처분용기는 구조적 건전성을 유지하기 위한 탄소강과 내부식성을 위한 니켈합금 또는 구리로 이루어지며, 지속적인 개선이 이루어질 예정이다. 현재까지 개념에 있어서의 처분용기 제원은 외곽 직경 1.02 m, 길이 4.83 m, 핵연료를 포함한 무게는 약 30 톤이다. 수평 처분을 위하여 완충재 블록과 일체화시킨 콘테이너를 취급하게 되며, 그림 1.은 일체화된 콘테이너 개념을 나타내고, 그 무게는 약 40 톤에 이를 것으로 판단된다.

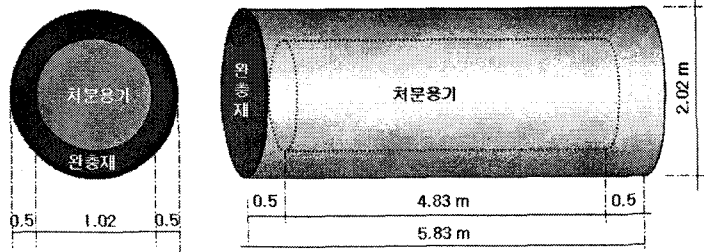


그림 1. 수평처분을 위한 처분 콘테이너 개념

심부지층 암반내의 균열대는 암반의 역학적 변위를 야기할 수 있는 연약면이고 지하수 흐름의 주된 통로가 되므로, 처분장의 건설과 폐기물 처분이 절리암반의 거동과 수리적 거동에 미치는 효과를 고려하는 것이 필요하며, 처분장주변에서 고려해야할 균열대의 분류체계 중 처분공과 관련된 등급 3에 대한 처분터널에 직교하는 균열로부터의 처분공까지의 이론적인 안전거리와 그에 따른 처분터널의 증가량을 표 1.에 나타내었다.

표 1. 3등급 균열대에 따른 안전거리 및 증가율

Width of fracture (m)	Sum of safety distances (m)	Total (m)	Interval/1000 m	Proportion (%)
0,1	6	6,1	2	1,22
1	10	10,1	2	2,02
5	10	15	2	3,00

수평처분개념 처분장 지하시설의 주된 3개의 구조는 이송터널, 처분용기를 처분하기위한 운영챔버 및 처분갱도이다. 개념설정 단계의 수평처분개념과 관련된 장비 및 방법의 개발에 있어서 굴착과 처분을 위한 장비의 길이는 향후 지하 배치에 필요한 이송터널과 운영챔버로의 연결을 위한 곡률반경 및 그 길이를 결정하게 될 것이므로 이를 충분히 고려하여야 한다. 또한 운영챔버의 높이는 처분터널 개구부 위로 들어 올리는 중장비 리프트의 작업을 위한 충분한 공간이 확보되어야 한다. 또한, 처분용기의 지름과 수평처분개념에서는 공정운영장비를 고려하여 처분갱도의 규모를 산출하여야 한다. 이상의 주요 고려인자에 대한 분석을 근거로 산출한 터널 및 수평처분 소요수량 및 제원은 표 2 및 그림 2.에 나타낸 바와 같다.

표 2. 3등급 균열대에 따른 안전거리 및 증가율

구 분	내 용
처분 Drift 제원	- PWR ; 32 처분용기/Drift -> 32 x 9 m + 15 m ≒ 300 m - CANDU ; 48 처분용기/Drift -> 48 x 6 m + 15 m ≒ 300 m
처분 Drift 소요 수	- PWR ; 1.05 x 11,375 = 11,944 처분용기 ▶ 11,944/32 ≒ 374 Drifts - CANDU ; 1.05 x 2,835 = 2,977 처분용기 ▶ 2,977/48 ≒ 62 Drifts

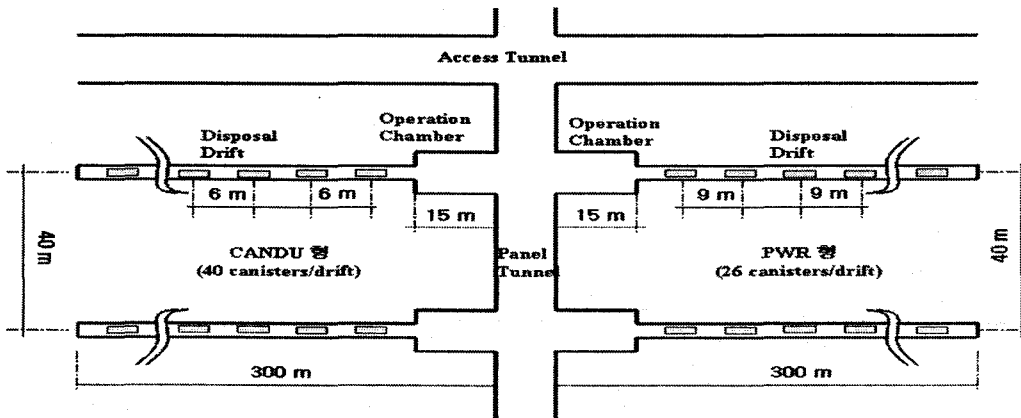


그림 2. 수평처분 Drifts 개념(CANDU type 및 PWR Type).

CANDU 사용후핵연료 처분영역은 300 m 길이의 수평 처분갱에 처분용기 간격 6 m로 48개의 처분용기를 처분하여 62개의 수평처분갱으로 구성되고, PWR 사용후핵연료 처분영역은 길이 300 m 처분갱에 처분용기 간격 9 m로 32개의 처분용기를 처분하여 374개의 수평처분갱으로 구성된다.

고준위폐기물 처분용기 수직처분에 대한 수평처분개념의 특성은 다음과 같다.

- 처분장 깊이, 환경 등 일반 조건과 처분용기개념 및 포화된 벤토나이트 완충재의 밀도는 수평, 수직개념 모두 동일한 것으로 가정한다.
- 수평처분개념에서는 수송 및 처분을 위하여 처분용기와 벤토나이트 완충재를 감싸 일체화시킨 별도의 컨테이너를 사용하며, 이를 고려하였을 경우 전체 컨테이너의 무게는 약 40톤 정도이다.
- 수평처분 개념에서 컨테이너간에는 격리블럭으로 구분하여 수평처분갱(drift)에 배열하는 것으로 하며, 수평처분 갱 외에 운영을 위한 챔버를 두고, 최종적으로 처분갱도 밀봉을 위하여 콘크리트 플러그를 사용한다. 기존 사용후핵연료의 붕괴열, 암반의 열전도도 및 수평처분 갱의 간격을 사용하여 처분용기간 거리를 예비적으로 CANDU 사용후핵연료는 6 m, PWR 사

용후핵연료는 9 m로 설정하며, 이들 처분용기 간 간격은 지속적인 검토/분석을 통하여 최적화하여야 한다.

- 수평처분갱도의 길이는 300 m까지 고려하며, 처분갱도의 경사는 상향 2도로하고, 처분갱도 간 간격은 40 m로 하되, 추후 열, 구조해석을 통하여 최적화하여야 한다.

이상의 고준위폐기물로 고려하고 있는 사용후핵연료 수평처분을 위하여 고려한 인자인 열-역학 분석 및 압반 균열대 영향 분석은 향후 실제 처분장의 물성자료를 입력하여 정량적인 해석이 필수적이다.