

가상부지 수리지질모델을 통한 선진핵주기 폐기물 심지층 처분시스템 배치방안

이종열, 최희주, 이민수, 배대석, 김정수

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

nivlee@kaeri.re.kr

1. 서론

우리나라에서의 고준위폐기물 처분을 위한 연구는 1997년부터 시작하여 한국형 사용후핵연료 기준 처분시스템 개발을 완료하였으며, 현재는 사용후핵연료로부터 재활용 가능물질을 회수하는 재순환주기를 고려하여 재활용을 위한 파이로공정 연구를 수행하고 있어 이 공정으로부터 발생하는 고준위폐기물에 대한 처분연구를 수행하고 있다.

본 논문에서는 파이로공정 발생 폐기물의 처분시스템 입지를 검토하기 위하여 KURT 시설 부지를 대상으로 가상의 처분장 영역을 도출하였다. 또한, 가상 부지에 대한 지질 및 수리특성을 이용하여 최적의 배치(안)을 검토하였다. 이를 위하여, 파이로공정에서 발생하는 방사성폐기물 처분시스템을 개괄적으로 살펴보고, 가상부지에 대한 수리지질학적 분석을 수행하였으며, 이를 바탕으로 개발된 처분시스템의 배치방안을 도출하였다.

2. 선진핵주기 폐기물 처분시스템 개념

2.1 세라믹폐기물 처분개념

PWR 사용후핵연료는 파이로공정을 거쳐 고준위폐기물로서 세라믹폐기물이 발생하게 되며, 이들은 다음 그림에 보이는 바와 저장캔에 저장된다. 이 저장캔은 7개씩 2단으로하여 처분심도에 적합하게 설계한 처분용기에 적재된다.

세라믹고준위폐기물은 지하 500 m 심도에 처분될 예정이며, 공학적 방벽과 암반의 자연방벽으로 구성된 다중방벽개념의 대표적인 개념인 KBS-3 개념을 고려하고 있으며, 그림 1.에는 수평처분에 대한 개념도를 나타내고 있다.



Fig. 1. 세라믹폐기물 처분용기 및 처분시스템.

2.2 금속폐기물 처분개념

파이로공정을 위한 전처리로서 사용후핵연료 해체과정에서 발생하는 탈피복 hull, end cap 등 금속 구조물이 주 성분이며, 이들 폐기물은 DISC 모양으로 압착하여 저장용기에 저장한다. 이 저장용기를 처분하기 위한 금속폐기물 처분용기는 폴리머 콘크리트 재질의 9개 저장용기를 수용할 수 있는 용기로서 내부의 빈 공간은 폴리콘으로 채운다. 또한 이들을 처분하는 처분터널은 처분용기를 3단 3열로 배치하는 개념이며, 그림에 나타낸 바와 같다. 이 폐기물의 처분공정은 처분터널 굴착 후 구조물 바닥과 측벽을 설치하고, 터널 안쪽부터 처분용기-측면 완충재 블럭-상부 완충재 블럭-상부 구조물 순으로 순차적 설치한 후 터널 내부구조물과 외벽사이를 뒷채움하여 완료한다.

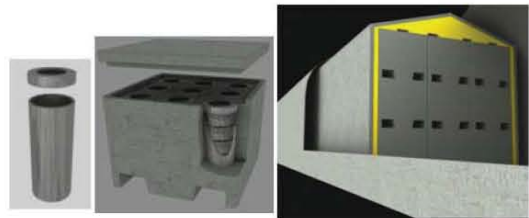


Fig. 2. 금속폐기물 처분용기 및 처분시스템.

2.3 선진핵주기 폐기물 지하 처분시스템

선진핵연료주기에서 발생하는 세라믹폐기물과 금속폐기물은 특성에 따라 처분심도를 달리하여 처분하는 개념을 설정하였다. 고준위폐기물인 세라믹고화폐기물의 경우 처분안전성을 고려하여 처분심도를 500 m로 하고 가상부지의 입력자료를 바탕으로 한 열 해석 결과를 통해 완충재 내의 최고 온도가 100°C가 넘지 않도록 처분모듈 사이의 간격을 결정하였다. 금속폐기물은 열발생이 없고 중준위폐기물로 분류되므로 처분심도 200 m로 결정하여 처분터널을 설계하였으며, 이에 대한 개념은 그림 3에 나타내었다.

3. 가상부지 지질/수리조건 분석

선진핵주기 처분시스템의 입지를 검토하기 위하여 KURT 시설 부지를 대상으로 가상의 처분

장 영역을 도출하였다. 이를 위하여 부지에 분포하는 지질 및 수리 특성을 기반으로 최적의 배치(안)를 검토하였다. KURT 주변 지역의 시추공에서 확인되는 단열의 통계 분석 결과 10개의 단열대(그림 4)를 도출하였다. 이들 단열대를 SKB 단열대 분류체계를 적용하였으며, 분류결과 및 지질, 수리 특성 data는 표 1에 나타내었다.

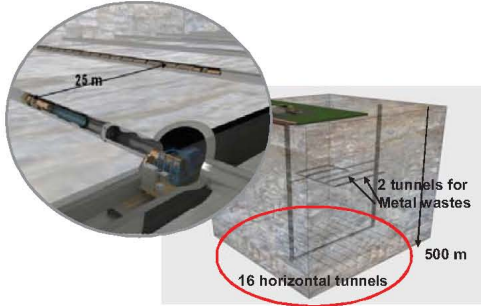
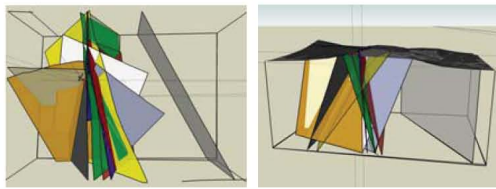


Fig. 3. 지하처분 처분시스템 개념.



(a) 가상부지 평면(단열대)



(b) 가상부지 단면(단열대)

Fig. 4. 가상부지내 단열대 위치.

4. 가상부지내 처분시스템 배치

처분시설이 입지할 수 있는 후보 영역은 평면적으로는 단열대를 지표에서 처분심도까지 투영시켜 단열대 교차없이 충분한 이격거리(단열대 양측으로 50m 이상)를 갖는 조건에서 처분장 규모의 영역을 확보할 수 있는지를 검토하였다. 수직적으로는 KURT 시설부지를 중심으로 N-S와 E-W 방향으로 단면도를 작성하여 단열대가 교차하지 않는 공간을 도출하는 방법을 취하였다. 처분부지 입지 가능영역 및 제안영역은 그림 5에 나타내었다.

Table 1. 가상 부지에 분포하는 단열대 규모와 명칭.

No	수리전도도 (m/sec)	두께(m)	Order	분류 결과	단열대 명칭
1	2.57E-09	14	2	Class A	FZ2A-1
2	1.69E-09	17.3	2	Class A	FZ2A-2
3	5.49E-09	18.5	2	Class A	FZ2A-3
4	6.31E-07	11-20	2	Class A	FZ2A-4
5	3.17E-07	65.9	2	Class S	FZ2S-1
6	4.57E-07	12.5	2	Class A	FZ2A-5
7	1.32E-06	14.0+	2	Class A	FZ2A-6
8	8.78E-06	17.32	2	Class A	FZ2A-7
9	7.95E-6	5.6	2	Class B	FZ2B-1
10	4.36E-7		1 or 2	Class S (expected)	FZ2S-2

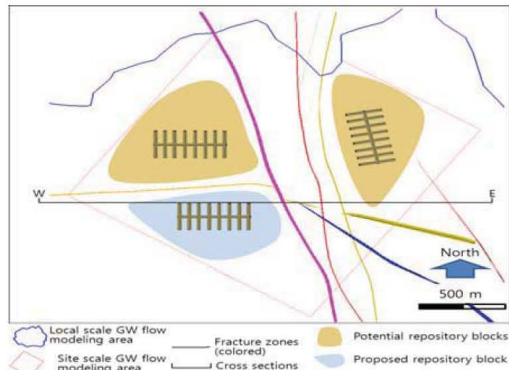


Fig. 5. 가상부지내 시스템배치 제안영역.

5. 결론

본 연구에서는 선진핵주기 처분시스템의 입지를 검토하기 위하여 KURT 주변부지를 가상부지로 하여 가능영역을 도출하였다. 추후 실제 처분장 부지가 결정되면 광역적 지각운동, 지하수 특성 및 지질구조적 특성을 종합적으로 분석하여 처분심도 및 배치에 대한 결정이 필요하다.

6. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행하였습니다.

7. 참고문헌

[1] 최희주 외, "처분시스템 개발," 한국원자력연구원, KAERI/RR-3100/2009, 2010.
 [2] Black, J. W. et al., "Review of SKB framework for the geoscientific characterization of sites for deep repository," PR44-94-001.