

고준위방사성폐기물 처분장의 원계(far-field) 열역학적 거동 분석

이양, 김진웅, 이종열, 최희주, 최종원
 한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

2015년까지의 원전개발계획을 근거로 국내의 28개 원자력발전소에서 사용후핵연료 예상 발생량을 산출하여 설정한 고준위방사성폐기물의 처분용량은 36,000 tHM(PWR형 20,000 tHM, CANDU형 16,000 tHM)이다. 이를 심지층에 처분하기 위해서 PWR형 11,375개, CANDU형 2,835개의 처분용기가 필요하다. 또한, 심지층 처분장에서 처분공 구역에 존재할 가능성이 있는 균열에 따른 안전거리를 고려하면 약 5%의 처분부지의 증가가 예상된다. 따라서 필요한 처분공의 수는 PWR형 11,944개, CANDU형 2,977개이다. 본 연구에서는 처분터널의 간격을 40m, 처분공 사이의 간격은 PWR형과 CANDU형에서 각각 6m와 4m로 설정하였다. 하나의 처분터널의 길이는 플러그 설치와 운영공정을 위한 공간을 포함해서 251m이며, PWR형 323 터널, CANDU형 54 터널, 총 377개의 처분터널이 소요된다. 고준위폐기물 처분장의 지하시설은 기준심도 500m에 위치하며, 처분장 건설/운영 공정 및 배치 분석을 바탕으로 설계된 지하시설의 배치는 그림 1과 같다.

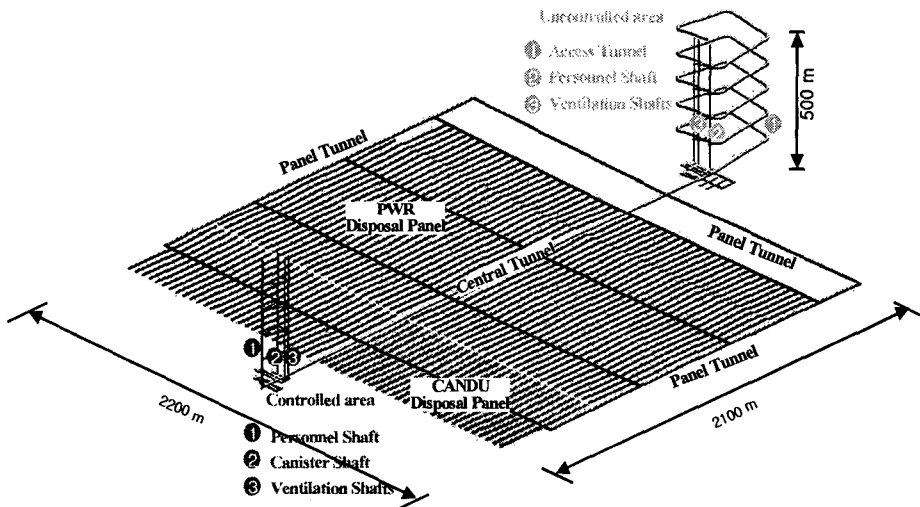


그림 1. KRS-1 처분개념의 지하시설 배치

본 연구는 고준위폐기물의 지하처분시설에 대한 원계(far-field) 열역학적 거동분석을 위해 수행되었다. 본 연구는 열역학적 거동 해석을 통하여 처분장의 열역학적 안정성을 확보하고 처분장내 처분공 배치 계획을 마련하는데 그 목적이 있다. 지하 처분시설을 PWR과 CANDU 영역으로 단순화한 모델의 열전달 해석을 수행한 결과, 처분시설에서 1km 이상 떨어진 지역의 온도변화는 2,000년동안 1℃ 이내인 것으로 나타났다. 이 결과를 토대로 열역학 해석모델은 처분시설로부터 1km까지를 포함했다. 또한, 보수적인 해석과 계산시간 단축을 위해 모든 폐기물은 PWR형이며, 동시에 처분되는 것으로 가정하고, 대칭성을 고려하여 전체모델 중 1/4모델을 사용하였다.

설정된 모델을 통해서 50,000년 동안의 열역학적 해석을 수행하였다. 그림 2는 처분장의 중심과 모서리, 그리고 처분장 중심에서 수직으로 200m 떨어진 지점들에서의 50,000년간의 온도 이력을 보여준다. 처분장 중심에서의 온도는 처분 후 100년경에 70.2℃로 최고에 도달했으며, 이후에는 감소하여 50,000년 후에는 32.7℃로서, 대상 심도의 초기온도인 30.07℃에 근접했다.

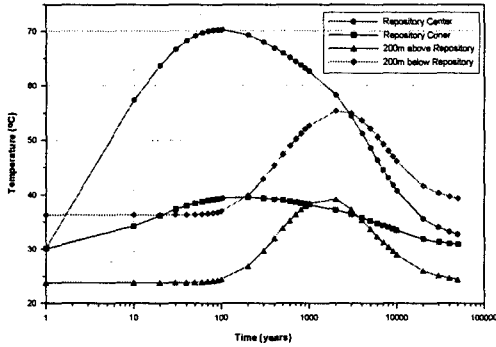


그림 2. 주요 지점의 온도 변화

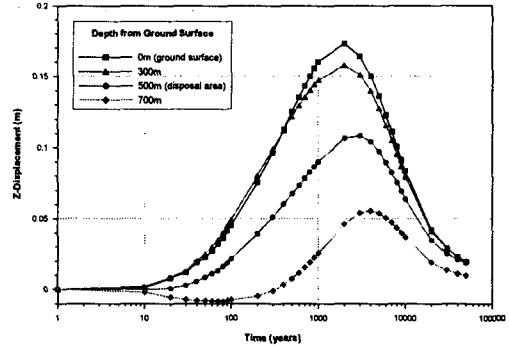


그림 3. 주요 지점의 수직변위

그림 3은 처분장 중심에서 수직방향에 위치한 지점들에서의 50,000년간의 수직변위의 양상을 나타낸다. 폐기물을 처분한 시점으로부터 약 2,000년 후에, 지표면에서의 최대 수직변위(0.173m)가 발생했으며, 처분영역에서는 약 3,000년 후에 최대 수직변위(0.109m)가 발생했다. 암반의 열팽창에 의해 발생한 수직변위는 수 만년 후에 회복되어, 폐기물 처분 이전의 상태와 근접해간다. 그러나 폐기물 처분 후, 장기간에 걸쳐 발생하는 온도 및 변위변화가 생태계에 미치는 영향에 대해 심도 있는 연구가 수행되어야 할 것이다.

본 연구에서는 KRS-1 개념에 기초하여, 500m 심도에 위치한 고준위폐기물처분장에 대한 열역학적 거동분석이 수행되었다. 폐기물의 처분에 의한 열적, 역학적 변화는 수 만년 이후에 처분 이전의 상태에 근접할 만큼 회복되는 것으로 판단되며, 현재 추가적인 해석이 진행 중이다. 또한, 처분장 운영의 효율성을 위해 고려되고 있는 복층처분장에 대한 열역학적 해석이 현재 진행 중이다.