

사용후핵연료 지하처분장 배치를 위한 처분공 및 처분터널 간격 분석

이종열, 이 양, 김성기, 최희주, 최종원

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

njylee@kaeri.re.kr

고준위 방사성폐기물 처분의 목표는 일정 기간 동안 인간 생활권으로부터 고준위폐기물을 완전 격리하는 것이며, 이러한 목표를 달성하기 위하여 우리나라를 비롯한 세계 각 국에서 심지층 처분시스템 개발 연구가 활발하게 진행되고 있다. 고준위폐기물은 핵연료주기에 따라 다르게 표현될 수 있는데, 사용후핵연료 재활용주기의 경우 고준위폐기물은 사용후핵연료를 재처리하는 과정에서 발생하는 악티나이드/핵분열 생성물 등을 함유하는 폐기물을 말하며, 직접 처분주기의 경우는 사용후핵연료 자체가 처분대상 고준위폐기물이 된다.

본 연구에서는 사용후핵연료를 처분대상으로 고려하였으며, 이를 심지층에 처분할 경우 시설 규모 및 lay-out 개념을 설정하고 이의 최적화 방안을 도출하기 위하여 처분터널 및 처분공 간격을 분석하였다. 이를 위하여 다양한 처분공 및 처분터널 간격을 설정하여 사용후핵연료 냉각기간에 따른 열해석을 통하여 처분터널 간격 및 처분공 간격에 있어서의 상관관계를 검토하였으며, 처분장 면적 최적화를 위한 방안을 도출하였다.

- 단위 처분면적

처분공 간격과 처분터널 간격의 적절한 조합에 필요한 분석 및 처분시설 규모 추정을 위하여, 그림 1.에서 보여주는 바와 같이 처분터널 간격과 처분공 간격 간의 면적을 고려한 단위 처분면적 설정하였다. 따라서, 고준위폐기물 처분을 위한 지하시설의 개략적인 규모는 단위 처분면적과 처분될 총 폐기물 포장물의 수를 곱하여 추정할 수 있다. 또한, 개략적인 처분 터널의 총 길이는 처분될 폐기물 포장물의 수와 폐기물 포장물 거치 간격의 곱으로 추산이 가능하다. 경제성 관점에서 볼 때, 지하 처분시설의 면적을 최소화할 수 있도록 처분 터널 간격과 처분공 간격을 설정하는 것이 바람직하다.

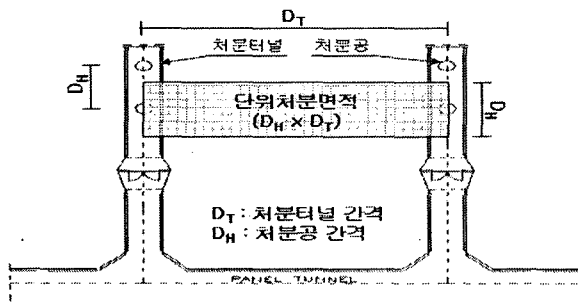


그림 1. 단위 처분면적 개념

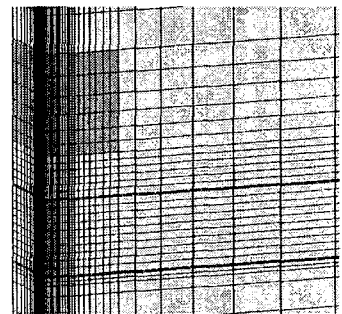


그림 2. 처분장 열해석 모델

- 처분공 및 처분터널 간격에 따른 열적 안전성 분석

지하 처분시설 면적을 최소화하기 위한 적절한 터널 간격과 폐기물 거치 간격의 조합은 터널의 구조적 안정성에 대한 분석뿐만 아니라 열적 안정성 등 다양한 분석 결과를 고려하여야 한다. 공학적 방벽의 사양, 터널 건설 및 처분시설 운전 기술 등은 이러한 조합 결정에 제한 사항을 주는 인자이며, 이러한 인자에 대한 철저한 분석이 필요하다. 그러나 가장 중요하고 민감한 요소는 고준위폐기물로부터 발생하는 붕괴열에 의한 완충재의 온도를 100 °C 이하로 유지하여야 하는 것이다.

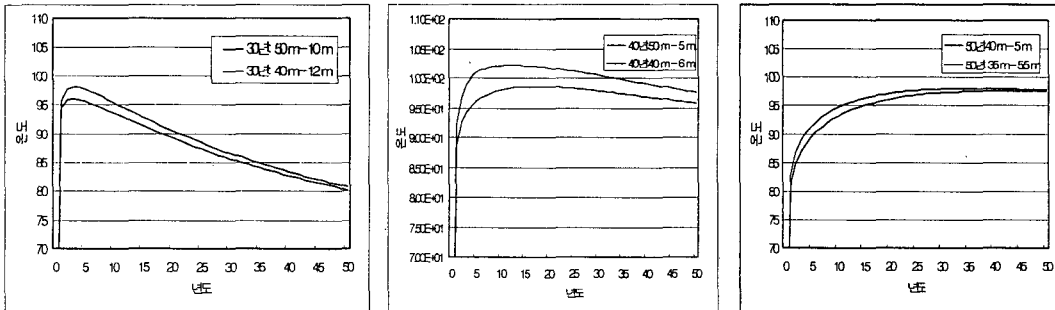
본 연구에서는 완충재의 최대온도가 100 °C 이하가 되도록 하는 사용후핵연료 처분용기 정치

및 처분터널 간격 분석에 필요한 연구를 수행하였으며, 처분 터널과 처분용기 정치 간격의 다양한 조합을 고려하여 열적 안전성을 분석하였다.

처분장에서의 열적 안전성 해석을 위한 모델은 그림 2와 같으며, 사용후핵연료의 냉각기간은 30년, 40년, 50년을 고려하였다. 이들 냉각기간에 따른 처분장에서의 배치를 위한 각각의 냉각기간의 사용후핵연료에 따른 처분공 간격과 처분 터널간격 및 해석 결과는 아래 표 1. 및 그림 3에 나타낸 바와 같다.

표 1. 냉각기간 및 처분터널/처분공 간격에 따른 완충재 최고온도

냉각기간 (년)	처분터널 간격 (m)	처분공 간격 (m)	단위 처분면적 (m ²)	최고 온도 (°C)	최고 온도 도달 시간 (년)
30	50	10	500	98.1	3
	40	12	480	96.1	3
40	50	5	250	102.35	12
	40	6	240	98.6	16
50	40	5	200	97.98	36
	35	5.5	192.5	97.65	43



냉각 기간 30년인 경우

냉각기간 40년인 경우

냉각기간 50년인 경우

그림 3. 냉각기간별 처분기간에 따른 완충재 온도이력

- 결론 및 향후 계획

본 연구에서는 사용후핵연료를 대상으로 하는 고준위 방사성폐기물 심지층 처분시설의 규모 및 layout 설정 위하여 다양한 처분터널 및 처분공 간격을 설정하여 열적 안전성을 분석하고 그 결과를 이용하여 최적의 Lay-out 설정 방안을 도출하였으며, 그 내용은 다음에 기술한 바와 같다.

· 사용후핵연료의 냉각기간이 짧을수록 처분공 간격이 좁을수록 처분장에서 허용된 범위의 최고 온도에

이르는 시간이 빠르다.

· 사용후핵연료의 냉각기간이 길수록 처분장에서 온도가 떨어지는 속도는 늦어진다.

· 처분장에서의 허용 온도 조건을 만족하도록 하는 배치는 처분터널의 간격을 조절하기 보다는 처분공의

간격을 조절하여 배치하는 것이 열적 측면이나 경제적 측면에서 유리할 것으로 판단된다.

본 연구에서의 결과는 고준위폐기물 지하처분장 배치 설계시 유용하게 활용될 것이며, 향후 부지에 대한 불확실성을 줄이기 위하여 정확한 부지특성 자료를 통한 상세한 분석이 필요하다.