

심지층 처분환경에서의 CANDU 사용후핵연료 처분용기 열/구조 해석

이종열, 이 양*, 조동건, 최희주, 최종원

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045 (덕진동 150)

* SK 건설, 서울 중구 순화동 66번지

njylee@kaeri.re.kr

1. 개 요

사용후핵연료는 원자력발전소에서 전기생산 후 필연적으로 발생하게 되며, 이러한 사용후핵연료를 안전하게 관리하기 위한 후행 핵연료주기의 완성은 에너지의 안정한 공급과 환경보존을 위하여 필수적이다. 우리나라에서도 중저준위 폐기물 처분부지로 경주가 선정됨에 따라 사용후핵연료에 대한 관심이 높아지고 있으며, 적합한 관리방안 도출을 위한 공론화가 활발하게 진행되고 있다.

고준위 방사성폐기물로서 사용후핵연료 처분의 목표는 일정 기간 동안 인간 생활권으로부터 고준위폐기물을 완전 격리하는 것이며, 이러한 목표를 달성하기 위하여 우리나라를 비롯한 세계 각국에서 심지층 처분시스템 개발 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 연구에서는 직접 처분대상으로 고려되고 있는 중수로 (CANDU)사용후핵연료에 대한 처분용기 개념을 설정하고, 심지층 처분환경에서의 열적 구조적 안정성을 분석하였다.

2. CANDU 사용후핵연료 처분용기 개념 및 열/구조 해석

가. 처분용기 개념

CANDU 사용후핵연료 처분용기는 현재 발전소에서 사용하고 있는 60 번들 용량의 바스켓을 그대로 수용할 수 있는 구조로 하고, 높이 방향으로 7단을 적재할 수 있도록 하여 처분용기의 용량을 420(60번들 x 7단) 번들로 하였다. CANDU 사용후핵연료 처분용기의 규모는 지름 1.22 m, 높이 3.66 m이며 제원 및 단면은 그림 1에 나타낸 바와 같다.

나. 열해석

사용후핵연료를 심지층 지하에 처분시 사용후핵연료의 붕괴열은 안전성 측면에서 처분터널 및 처분공 간격 설정 등 처분시스템을 구성하는데 중요한 인자이다. 열해석을 수행하는데 있어서 주요한 가정 및 열적기준은 다음에 기술한 바와 같고, 해석모델은 그림 2에 나타내었다. 해석 틀은 범용 해석코드인 NISA HEAT 모듈을 사용하였으며, 그 해석결과는 그림 3에 나타낸 바와 같다.

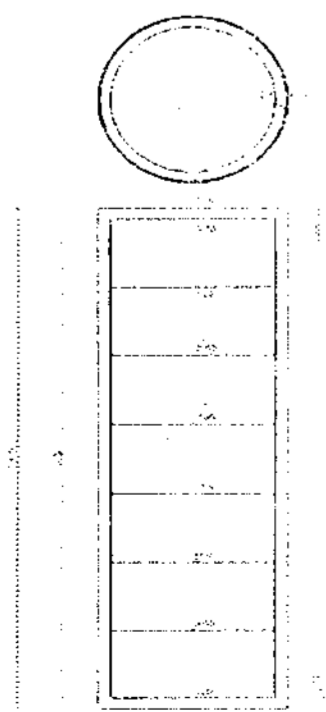


그림 1. 처분용기 제원

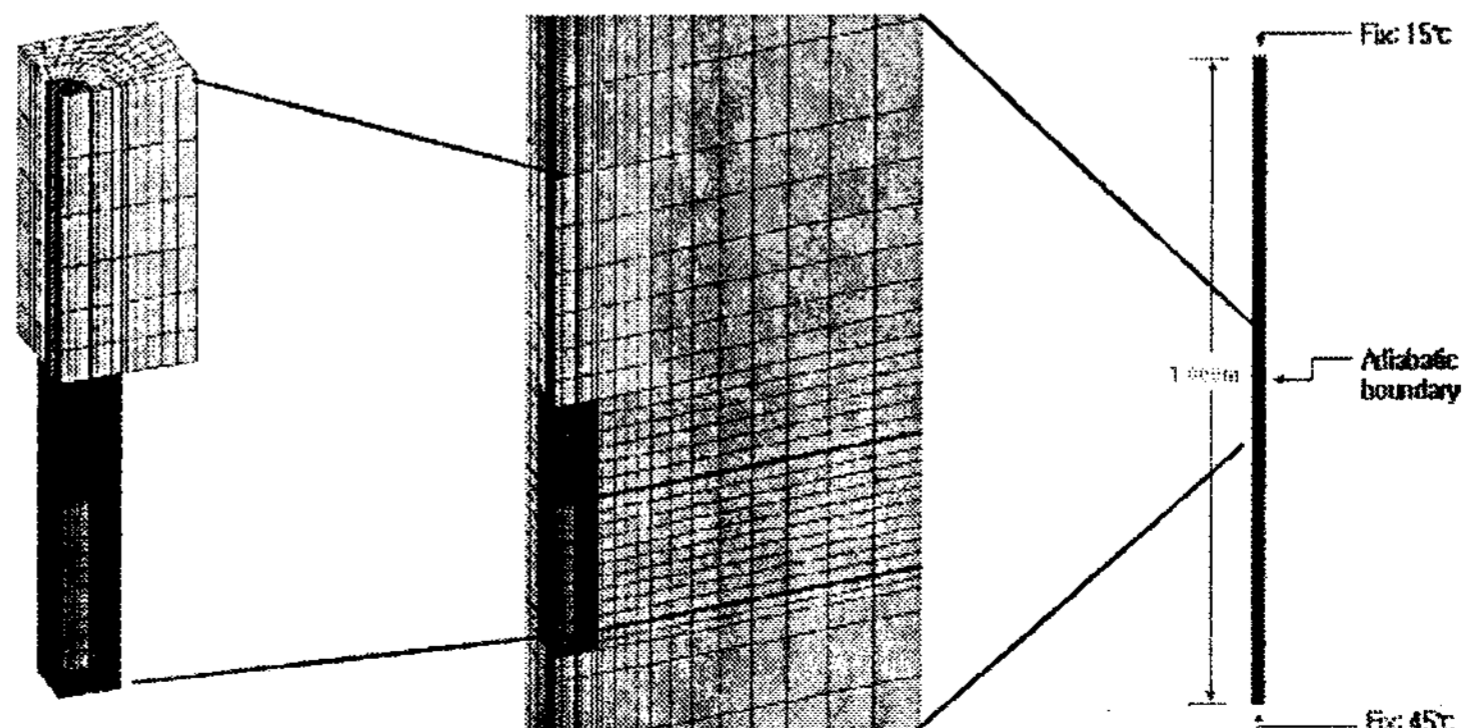


그림 2. 처분용기 열해석 모델

- 처분용기가 처분됨과 동시에 공학적 방벽이 설치되는 것으로 가정
- 방사성붕괴열에 의한 열전달 해석 수행
- 주요지점의 온도변화 예측 및 열적기준 만족여부 확인(열적기준: 완충재의 최대온도 100℃ 이내)

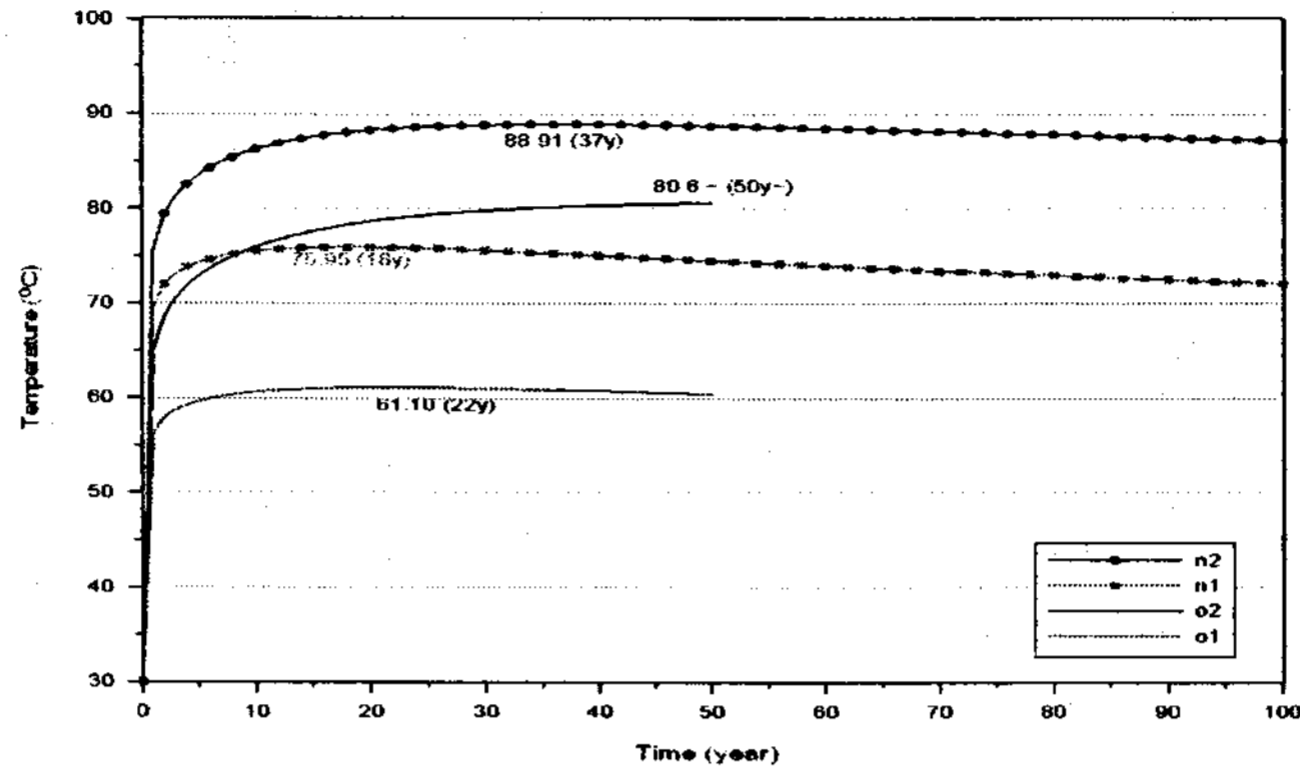


그림 3. 열해석 결과

다. 구조해석

처분용기에 지하 심지층 500 m의 처분환경에서 사용후핵연료에서 발생하는 열응력과 가해지는 외압(수압, 완충재 팽윤압)에 대해서 구조적으로 안정성을 유지할 수 있어야 한다. 본 연구에서 설정된 개념의 CANDU 사용후핵연료 처분용기에 대한 구조안정성 평가를 위한 해석개요는 아래와 같으며, 해석 모델 및 결과는 그림 4에 나타내었다.

- 처분용기의 온도가 최대일 때의 열전달 해석을 수행하여 열응력 입력자료
- 처분심도(500m)의 예상 수압 : 5 MPa
- 버퍼의 팽윤압 : 7 MPa

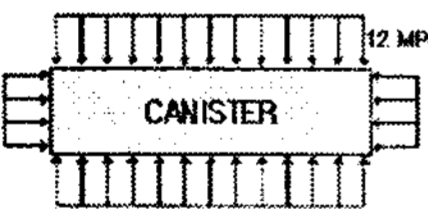
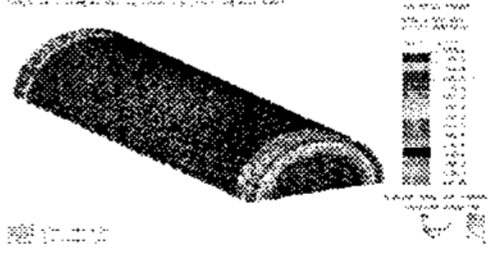
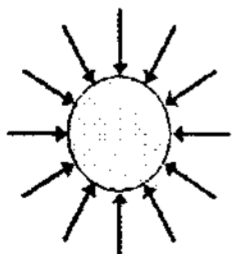

	result	Max. value	safety factor
<p>- Case 2 (normal case): 외력 12MPa (열응력, 팽윤압, 수압 작용)</p> 	<p>von-Mises stress (for cast iron)</p> 	81.1 MPa	2.90 (235/81.1)
	<p>deformation (3X) (for cast iron)</p> 	1.47 mm	

그림 4. 구조해석 모델 및 해석 결과

3. 결론 및 향후 계획

본 연구에서는 처분 대상으로 고려하고 있는 CANDU 사용후핵연료의 처분용기 개념을 설정하고 처분환경에서의 열 및 구조적 안정성 분석을 수행하였다. 분석결과 열적 측면에서는 처분용기 표면온도 기준인 100 °C 이하를 유지하였으며, 구조적 측면에서는 최대 응력에 따른 안전요소 2.9로 안정성을 유지하는 것으로 판단되었다. 향후 이를 바탕으로 처분효율 향상을 위한 심도있는 분석 및 연구 수행이 필요하다.