

CANDU 사용후핵연료 처분시스템 열적안정성 향상을 위한 처분용기 개념

이종열, 조동진, 국동학, 이민수, 최희주
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 niylee@kaeri.re.kr

1. 서론

우리나라 전력생산의 40 %정도를 차지하는 원자력발전이 지속가능한 에너지원으로서 그 역할을 다하기 위해서는 전기를 생산하고 난 후 배출되는 방사성폐기물에 대한 안전한 관리가 매우 중요한 요소이다. 특히, 중저준위 방사성폐기물 처분부지가 확정되고 월성 원자력환경관리센터의 건설이 진행됨에 따라 사용후핵연료를 관리에 대한 관심이 높아지고 있으며 이에대한 국민적 공감대 형성을 위한 공론화를 위한 준비가 진행되고 있다. 사용후핵연료 관리를 위한 후행핵연료주기는 국가 정책에 따라 사용후핵연료를 적절하게 처리하여 유용한 물질을 회수하여 재활용하는 순환주기와 사용후핵연료를 직접 처분하는 비순환주기로 구분한다. 이에 대한 결정은 원자력을 이용하는 국가들이 자국의 정치, 경제, 사회, 기술적 환경을 고려하여 결정하고 있으며 이러한 결정을 위한 다양한 분석을 수행하고 있다.

우리나라는 1978년 상용 고리원자력발전소를 시작으로 현재 20기의 원자력발전소를 운영하고 있으며, 발전소 형태는 가압 경수로형(PWR)과 가압 중수로형(PHWR:CANDU)으로 이들로부터 2가지 형태의 사용후핵연료가 발생하고 있다. PWR 사용후핵연료는 농축 우라늄을 사용하는 핵연료로 적절한 처리공정으로부터 재활용 가능물질을 회수하는 재순환주기에 대한 고려가 가능하지만, 천연 우라늄을 그대로 사용하는 CANDU 사용후핵연료는 재활용 가능성이 낮아 직접처분하는데 있어 효율을 향상시키기 위한 다양한 처분시스템에 대한 연구를 수행하고 있다. 따라서, 본 논문에서는 CANDU 사용후핵연료를 고준위폐기물의 안전하게 격리하는 가장 좋은 방법으로 고려하고 있는 심지층에 처분하는 방법을 고려하여, 처분시스템의 주요 요건인 열적요건을 만족하면서 처분효율을 향상시킬 수 있는 처분용기 개념을 도출하고 이에 대한 분석을 수행하였다.

2. CANDU 사용후핵연료 처분용기 개념

가. CANDU 처분용기/처분시스템 개념

처분용기의 형상에 따른 효율을 비교분석하기 위하여 처분용기 개념은 CANDU 원자력발전소에서 사용하고 있는 저장바스켓을 고려한 처분용기로서 수송 및 취급 조건 등을 고려하여 바스켓 8단 용량과 4단 용량의 처분용기 개념을 설정하였다. 설정된 처분용기 개념으로 부터 심지층에서 처분하는데 있어 처분공당 동일용량(480 번들/처분공)이 처분되도록 처분개념을 도출하였으며, 그림 1은 이들에 대한 개념을 도식적으로 보여주고 있다.

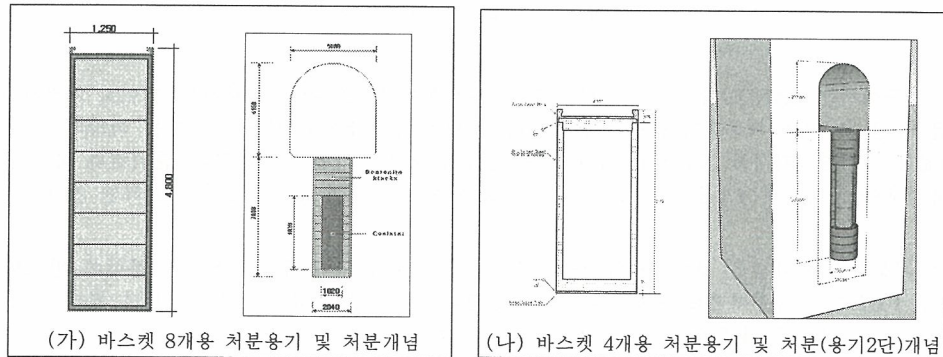
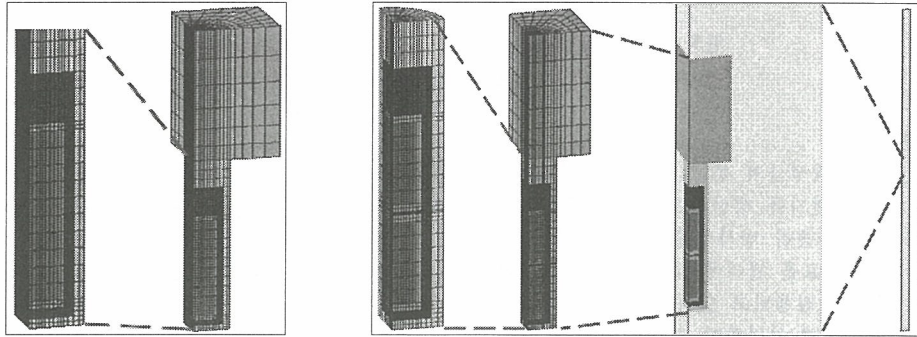


그림 1. CANDU 처분용기 및 용기별 처분개념

나. CANDU 처분용기 열적안정성 분석

현재 CANDU형 원자력발전소에서 사용후핵연료 관리를 위하여 사용하고 있는 저장바스켓과 이에 대한 수송 및 취급을 고려하여 도출한 처분용기 개념을 바탕으로 처분터널 및 처분공간격을 설정하여

열적안정성을 분석하였다. 그림 2는 각 처분용기 개념에 대하여 처분터널 간격과 처분공간간격을 각각 40 m, 5 m로 한 해석모델을 나타내고 있으며, 해석틀은 NISA Heat 모듈을 사용하였다.

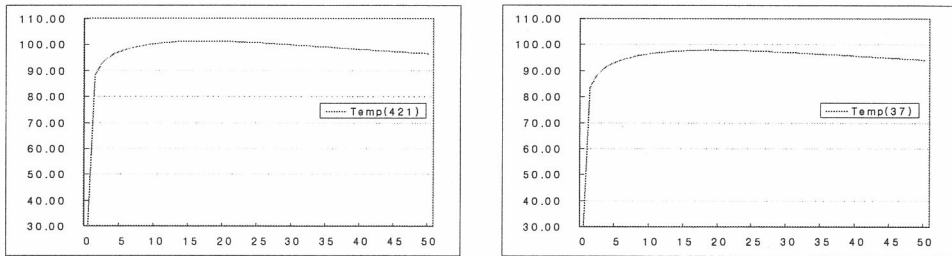


(가) 바스켓 8개 처분용기 모델

(나) 바스켓 4개 처분용기 2단 모델

그림 2. 처분용기별 열해석 모델

처분용기별 해석결과는 그림 3에 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 바스켓 8개 용량의 처분용기를 처분공에 처분하는 경우 최고온도 101.3 °C로 완충재 제한온도 100 °C인 처분시스템 요건을 초과하지만, 바스켓 4개 용량의 처분용기를 처분공에 2단 처분하는 경우 최고온도가 97.8 °C로서 제한요건을 만족하는 것으로 나타났다.



(가) 바스켓 8개 용량 처분용기 처분시스템

(나) 바스켓 4개 용량 처분용기 2단 처분시스템

그림 3. 처분용기별 열해석 결과

3. 결 론

본 연구에서는 CANDU형 원자로에서 배출된 사용후핵연료를 직접 처분하는 것으로 가정하여 처분 효율을 높일 수 있는 처분용기개념 설정을 위하여, 현재 발전소에서 사용하고 있는 저장바스켓을 활용한 처분용기 개념 2가지를 도출하고 이에 대한 열적 안정성 분석을 수행하였다. 분석결과 바스켓 8개용 처분용기보다는 바스켓 4개용 처분용기를 2단으로 처분하는 것이 열적측면에서 유리한 것으로 나타났다.

향후 처분시스템 개념을 보다 구체화하여 처분터널, 처분공, 완충재에 대한 상세분석이 필요하며, 이는 향후 PWR형 사용후핵연료 재활용공정에서 발생하는 폐기물에 대한 처분시스템과 함께 복합폐기물 처분시스템을 개발하는데 있어 기초자료로 활용할 예정이다.