지하형태 사용후핵연료 장기건식저장시설의 내부 저장용기 초기온도 분석

차정훈, 김상녕, 최경우*
경희대학교, 경기도 용인시 기흥구 서천 1동
*한국원자력안전기술원, 대전광역시 유성구 과학로 34
chamanse@nate.com

1. 서론

2009년 현재 국내에는 20기의 원전이 운영 중이며, 2016년에는 각 원자력발전소 부지의 사용후핵연료 습식 임시저장시설이 포화상태에 이를 것으로 예상하고 있다. 이에 사용후핵연료 중간저장 시설 도입이 필요한 실정이다. 그러나 건식저장 기술은 다른 분야의 선진기술과 마찬가지로 대부분 대외비로 취급되거나 특허에 의해 보호되어 있어 기본 메뉴얼 등을 제외한 기술개발 자료들의 습득이 어려운 실정이다. 현재 한국원자력안전기술원에서는 이와 같은 사용후핵연료 장기저장 시설에 대한 열적 안전성 해석 방법론을 개발하기 위한 연구를 수행 중에 있으며, 세계적으로 사용화 되어 있는 여러 가지 사용후핵연료 장기 건식저장시설을 검토한 결과 형태를 3가지로 제안하였다.[1] 3가지 제안된 장기건식저장시설 모델은 지상형태, 지하형태, 동굴형태이며, 본 연구에서는 지하형태 장기건식저장시설 모델의 용기 표면 초기온도가 시스템에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 본론

지하형태 장기건식저장시설 모델은 Dry well 방식을 기본으로 하였다. 자연대류에 의한 냉각시스템을 이용하고 폐기물을 포장한 캐니스터(Canister)의 외벽은 외부공기와의 압력차로 발생되는 부력효과에 의해 냉각된다. 외부공기는 지상의 공기입구를 통하여 흡입된다. 지하시설은 지하공간에 설치되어 있어 지상에 설치된 시설보다 일사량의 영향을 적게 받으며, 낮은 지반온도로 인한 열적 이득을 가지고 있다. 내부 저장용기는 PWR 사용후핵연료 24개를 저장할 수 있는 24-MPC (Multi Purpose Canister)를 기초로 하였다.

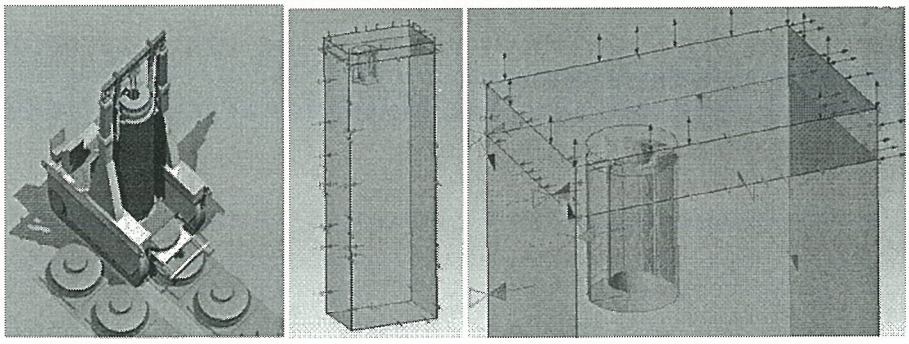

그림 1. 지하형태 장기건식저장시설 해석모델

그림 1은 해석모델로 4 m 간격으로 시설이 위치하고 있으며 해석 영역은 지표면에서 지하 50 m 로 설정하였다. 지하는 일반 국내 화감암반으로 심도 100m 당 3℃씩 암반의 온도가 증가한다고 가정하였다[2]. 즉, 지표온도 15 ℃를 기준으로 지하 50 m의 암반은 16.5℃로 유지되고 있다고 가정하였다. 주변공기는 40 ℃이며, 일사량은 수평 및 수직면에 400 W/m^{2}로 가정하였다.

지하형태 장기건식 저장시설은 공기에 의한 냉각뿐만 아니라 암반에 의한 냉각효과가 있기 때문에 정상상태 열해석을 통하여 초기온도를 계산할 경우 결과가 보수적이지 못한 결과를 얻을 수 있다. 그림 2는 시간에 따른 지하시설 저장용기 표면온도의 변화를 CFX 코드로 계산한 결과이다. 보수적인 용기 표면온도를 계산하기 위한 과도상태 열해석을 하기 위해서는 초기온도설정이 중요하며 이에 따라 지하시설 내부용기 표면 초기온도와 용기 최대표면온도와의 관계를 분석 하였다. 초기 용기표면온도가 각 각 77℃(350°K),

127℃(400°K), 177℃(450°K)일 때, 시간에 따른 최대 용기표면 온도를 계산하였다(표 12). 그림 3은 그 계산 결과를 그래프로 표시한 것이다.

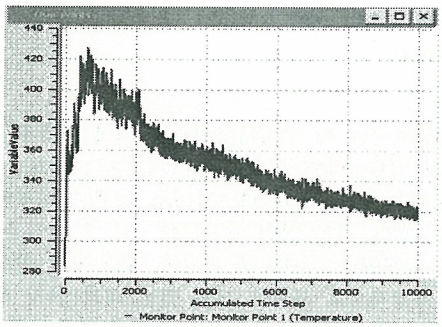

그림 2. 정상상태 열해석 시 지하시설 저장 용기 표면온도의 변화

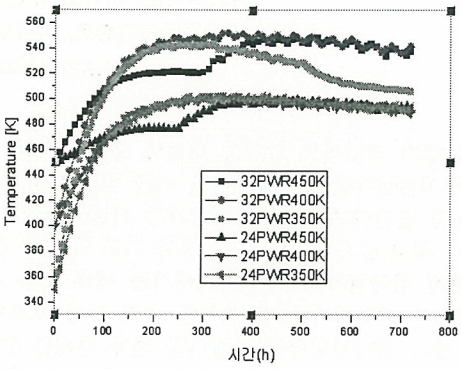

그림 3. 지하시설 초기온도 분석 결과 그래프

3. 결론

민감도 분석결과 초기온도에 대한 용기 최대 표면온도의 변화는 미비했으며 최대온도가 나타나는 시간도 거의 비슷한 걸로 나타났다. 결국 초기 용기 표면온도에 의한 효과는 거의 없었으며 내부 열원의 차이에 의해 최대 온도가 변화하는 것으로 나타났다. 향 후 본 연구 결과는 향 후, 본 연구 결과는 사용후핵연료 건식저장시설과 관련된 분야에 기초 참조 자료로 활용될 수 있을 거라 기대된다.

참고문헌

[1] 김상녕, 차정훈, 정현철, 유미, "HLW 장기건식저장에 따른 열적 안전성 해석기법 개발", KINS/HR-852, 한국원자력안전기술원(2008).

[2] 최종원 외, "고준위폐기물 처분기술개발", 한국원자력연구원 기술보고서, KAERI/RR-2765/2006, 2006.