

PWR 사용후핵연료 CASK 방식 건식저장시설의 방사선차폐 안전성평가에 관한 연구

김병수 · 정재학 · 이계성 · 정찬우

한국원자력안전기술원, 대전광역시 유성구 구성동 19번지

본 연구에서는 PWR 사용후핵연료 저장시설의 안전성평가와 관련한 방사선차폐해석 분야의 검증기술 검토 및 개발을 위한 사례분석을 일부 수행하였다. 본 연구는 중장기적인 목적의 차폐안전성 평가 검증기술 개발을 위한 연구로서, 검증기술 개발은 진행중이며, 본 연구의 사례분석 결과는 향후 최종 연구결과와 다를 수 있음을 미리 밝혀둔다.

국내 PWR 사용후핵연료 중간건식저장시설 모형은 아직 확정된 것이 없으며, 개념설계단계의 연구가 진행중인 상황이다. 본 연구의 검증기술 개발연구를 위한 검증모형을 설정하기 위하여, 개념설계중인 일부 모형을 대상으로, 저장 용량, 저장용기 구조 및 재질 등을 참고하고, 이를 간략화하여 검증모형을 예비 설정하였다.

PWR CASK 방식 저장시설의 예비검증모형은 고연소도 핵연료 사용까지 대비할 수 있도록 U-235 농축도 5w/o, 최대연소도 50,000MWD/MTU의 핵연료를 대상으로, 7년의 냉각기간을 거친 사용후핵연료를 CASK 저장시설에 24다발 저장할 수 있는 모형이다. 방사선원 평가를 위하여, SCALE5.0 코드의 ORIGEN-ARP 프로그램 및 기본 라이브러리를 이용하여 평가하였다.

차폐해석을 위하여 SAS4 (SCALE5.0 패키지) 및 QAD-CGGP-A 코드를 이용하였다. 검증모형의 방사선차폐해석을 위하여 24다발의 사용후핵연료는 균질화하여 모형화하고, 차폐해석을 위한 기하학적 구조 및 매질을 모델링하였으며(Fig. 1), 선량환산인자로는 ANSI/ANS-6.1.1-1977 자료를 사용하였다. 중성자 스트리밍을 고려하지 않는 경우에, 저장용기 1개에 대한 중성자 선량은 감마선량과 비교하여 1% 미만으로 평가되었으며, 중성자 스트리밍 및 Co-60 감마선에 의한 영향분석은 향후 수행될 계획이다. 본 연구에서는 핵연료의 감마선만을 대상으로 평가하였다.

거리에 따른 감마선량은 Fig. 2와 같다. 정상조건에서 경계구역의 유효선량기준은 연간 0.25mSv (10CFR72.106, 8760 시간기준으로는 2.85×10^{-8} Sv/hr)이고, 방사성유출물에 의한 피폭은 없고, 직접방사선의 외부피폭만 있다고 가정할 때, 1개의 저장용기에 대해서 200m 지점에서 선량기준을 만족하고, 2×5 배열의 저장시설에 대해서는 300m지점에서 선량기준을 만족함을 알 수 있다.

저장용기를 2×5 배열로 배치한 경우의 배열 내부 및 거리에 따른 선량분포는 Fig. 3과 같다. 감마선량은 배열이 넓은 지점의 선량이 배열이 좁은 지점의 선량보다 2.9배정도 높게 나오고 있다. 배열에 따른 특성을 고려하여 선량이 평가되어야 함을 확인할 수 있다.

본 연구를 통하여 설정된 예비검증모형을 대상으로, 방사선원 평가 및 감마선량 분석을 수행하여, 방사선차폐 안전성 평가를 위한 검증체제를 일부 구축하였다. 아직 평가를 수행하지 못한 경우(중성자 스트리밍, Co-60 감마선 등)에 대한 분석 및 검증모형 보완 작업을 통하여 검증체제를 개선하면, 향후 예상되는 사용후핵연료 저장시설에 대한 안전성 검증 수요에 대응할 수 있을 것이다.

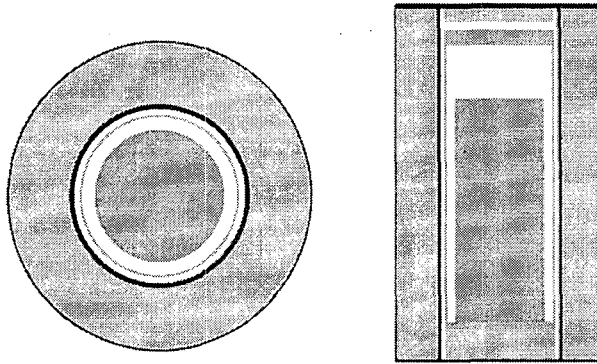


Fig 1. PWR CASK 방식 저장시설 모형 단면도(좌) 및 측면도(우)

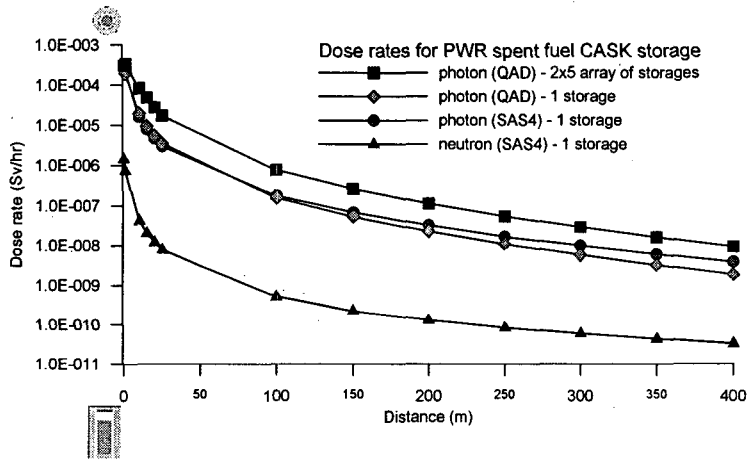


Fig 2. PWR CASK 방식 저장시설에 대한 감마선량 비교

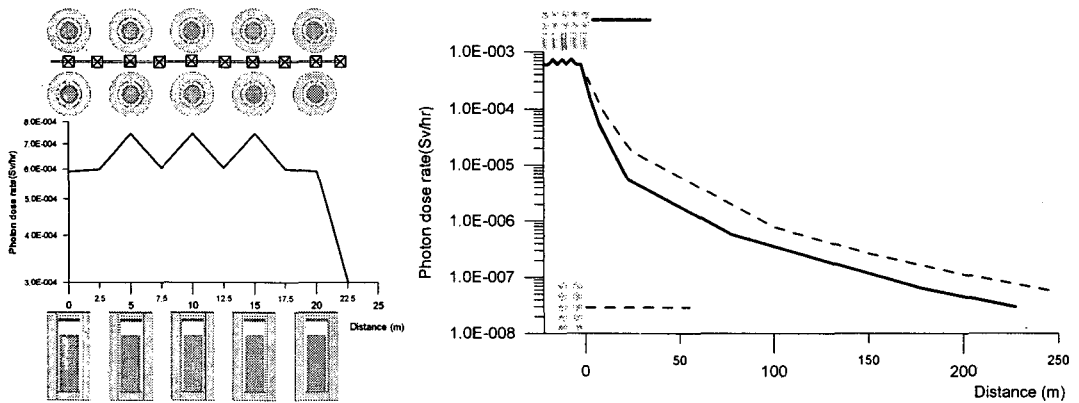


Fig. 3 PWR CASK 방식 저장시설의 2x5 배치구조에 대한 감마선량 계산