

사용후핵연료 저장 및 운송용기 적용 중성자 흡수재에서의 가돌리늄 함유량 효과

김미진, 이희재, 손동성*

울산과학기술원, 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

*dssohn@unist.ac.kr

1. 서론

사용후핵연료 저장 수조 포화로 인하여 사용후핵연료 저장 및 이송 문제가 대두되고 있다. 이에 대하여 조밀랙 저장, 호기간 이송 및 건식 저장소 설치 등의 방안이 해결책으로 제시되고 있다. 이를 위해서는 우수한 성능을 가진 중성자 흡수소재가 필요하다.

중성자 흡수소재의 경우 전량 수입에 의존하고 있기 때문에 독자적인 개발이 필요하며 이를 위해서는 규정에 따른 해석이 필요하다. NRC guideline 인 10 CFR 72.124 [1]와 NUREG-1617 Standard Review Plan [2]에 따르면 핵임계 증배계수(k_{eff})의 합이 0.95를 넘어서는 안 된다.

본 연구에서는 첨단 흡수소재인 가돌리늄을 포함하는 중성자 흡수재를 건식 저장소에 적용하여 핵임계 해석을 진행하였다.

2. 본론

2.1 전산 코드

핵임계 계산은 SCALE 6.1 패키지의 KENO-V.a. 코드를 사용하였다[3]. 사용한 핵단면적 자료는 ENDF/B-VII 238 Group [4]이며 총 2000주기와 주기 당 8000개의 중성자를 생성하여 해석하였다. 전체적인 표준편차는 0.00020 - 0.00023이다.

2.2 계산 모델

본 해석에서는 Fig. 1과 같이 21개 핵연료 집합체 다발을 저장할 수 있는 사용후핵연료 저장 및 운송용기가 기본 모델로 설정하였다. 바스켓의 자세한 구조를 Fig. 2에 나타내었고 이는 구조재와 중성자 흡수재의 기능을 겸하는 일체형 구조이다. 두께의 경우 5 mm가 사용되었고 소재의 경우 스테인레스강에 첨단 중성자 흡수재를 첨가하였다.

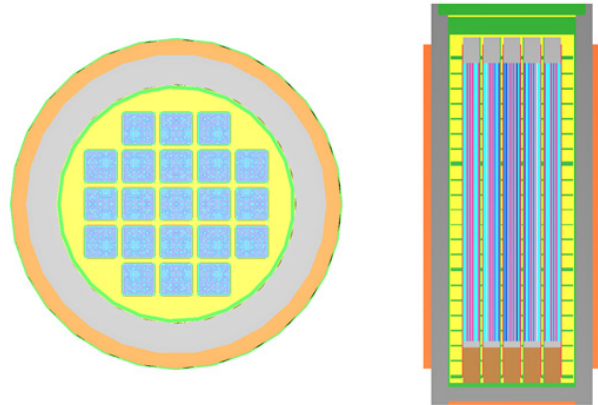


Fig. 1. Cask model.

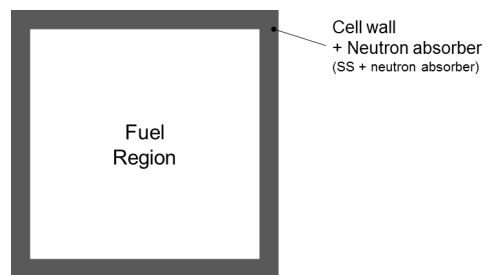


Fig. 2. Integral basket structure.

핵임계 계산에서 가장 심각한 반응을 나타내는 침수조건을 모사하기 위하여 물을 냉각재로 사용하였다. Westinghouse의 17X17 배열을 가지는 OFA (Optimized Fuel Assembly)를 계산에 사용하였고 U-235 농축도의 경우 4.5wt%이다. 보수적인 계산을 위하여 연소되지 않은 신연료의 농축도와 성분을 사용하였고 가연성 흡수체와 제어봉은 무시하였다.

2.3 결과

2.3.1 가돌리늄 첨가에 따른 효과

일체형 구조의 바스켓에 가돌리늄(at%)을 첨가함에 따라 나타나는 핵임계 증배계수를 Fig. 3에 나타내었다.

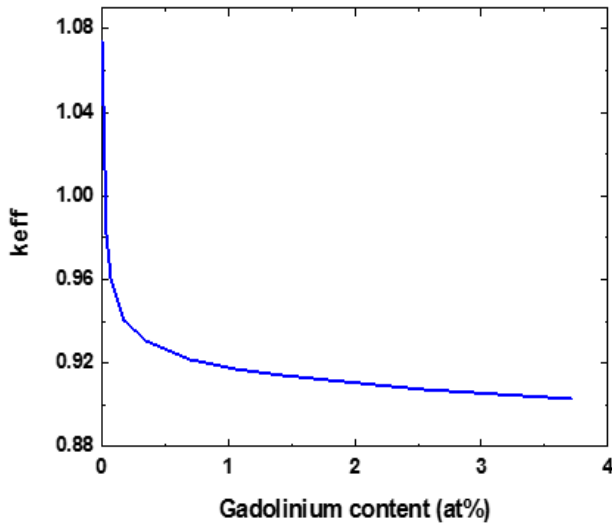


Fig. 3. The gadolinium content (at%) effect.

가돌리늄 첨가에 따라 유효증배계수는 감소하며 1at% 이상 삽입할 경우 기타 불확실도에 대한 여유도를 남겨두고 임계 규정인 0.95를 만족하는 것으로 보인다.

3. 결론

핵연료 집합체 21개 다발을 저장할 수 있는 건식 저장 및 운송용기에 첨단 흡수소재인 가돌리늄을 적용하여 해석을 진행하였다. 가돌리늄 첨가에 따른 해석을 진행한 결과 가돌리늄을 1at% 이상 첨가할 경우 임계 규정인 0.95 이하를 만족한다. 하지만 가돌리늄 함유량이 증가함에 따라 비례적으로 핵임계 증배계수가 감소하지 않기 때문에 적절한 가돌리늄 함유량을 설정하고 가돌리늄을 보완할 수 있는 중성자 흡수물질을 추가적으로 삽입하는 것이 중성자 흡수재를 더욱 효과적으로 사용할 수 있을 것으로 보인다.

4. 감사의 글

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다 (No. 20141710201690).

5. 참고문헌

- [1] Code of Federal Regulations, Title 10, Part 72.124, "Criteria for nuclear criticality safety" (2015).
- [2] NUREG-1617, "Standard Review Plan for

Transportation Packages for Spent Nuclear Fuel" (2000).

- [3] L.M. Petrie and N.F. Landers, "KENO-V.a.: An improved Monte Carlo Criticality Program with Supergrouping", ORNL/TM-2005/39, Version 5, Sect. F11 (2005).
- [4] M.B. Chadwick, P. Oblozinsky, and M. Herman et al., "ENDF/B-VII.0: Next generation Evaluated Nuclear Data Library for Nuclear Science and Technology", Nuclear Data Sheets, Vol. 107, Issue. 12, 2931-3060 (2006).