

중수로 사용후연료 전용운반용기 성능검사를 위한 선원항 평가

김민철, 최보열, 맹성준

한국수력원자력|주 원자력발전기술원, 대전시 유성구 금병로 508번지

mchkim@khnp.co.kr

1. 서론

원자력발전소 운영을 통해 발생하는 사용후연료는 고준위 방사성물질로서 운반시 방사선 위험으로부터 작업자와 주변환경의 안전을 확보해야 한다. 월성원전 사용후연료의 부지내 안전운반을 위하여 제작된 전용운반용기의 차폐성능 입증을 위해 선원항을 평가하였다.

2. 본론

2.1 평가대상 연료

중수로 사용후연료의 선원항 평가를 위하여 핵연료 제원[1]을 Table 1에 제시하였다. 사용후연료 전용운반용기는 Fig. 1과 같이 2개의 바스켓에 총 120다발의 사용후연료를 장전한다. 전용운반용기 설계시[2] 선원항 평가는 단일 평균연소도와 단일 냉각기간의 사용후연료를 기준으로 하였으나, 본 연구에서는 성능검사에서 사용할 실제연료의 정확한 선원항 계산을 위하여 사용후연료 120다발 각각에 대한 실제연소도와 냉각기간을 적용하였다(Table 2)[3]. 설계시 적용한 평균연소도는 7,800 MWD/MTU, 냉각기간은 6년이었으나, 실제로 장전한 사용후연료 120다발의 평균연소도는 7,014 MWD/MTU, 평균냉각기간은 6.4년이다.

2.2 평가 방법

운반용기의 설계에서 선원항 평가는 SCALE 4.4 코드의 SAS2H 모듈을 이용하였으나, 제작검사를 위한 본 연구에서는 SCALE 5.0[4]의 GUI (Graphic User Interface)인 ORIGEN-ARP를 이용하여 사용후연료 선원항을 평가하였다.

Table 1. Characteristics of fuel and operating data

Item	Design
Enrichments(wt % ²³⁵ U)	0.711
No. rods per assembly	37
Rod pitch (cm)	1.506 (sq)*
Assembly pitch (cm)	28.6
Fuel type	UO ₂
Fuel density (g/cm ³)	10.6
Pellet outside diameter (cm)	1.22
Clad material	Zirc4
Clad OD (cm)	1.31
Fuel temperature (K)	960
Average density (g/cm ³)	1.083
Moderator temperature (K)	346

*Equivalent square lattice pitch

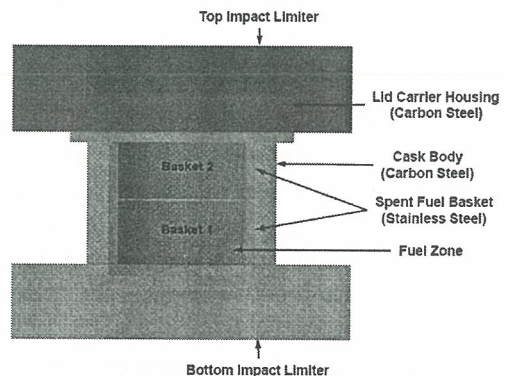


Fig. 1. Description of an exclusive package for PHWR spent fuel

Table 2. Comparison of burn-up and cooling time

Item	Design	Performance test	
		Basket 1	Basket 2
Burn-up [MWD/MIU]	7,800	6,034~9,086	5,634~9,140
Cooling time [Years]	6.00	6.41~6.43	6.40~6.41

2.3 선원항 평가

중수로 사용후연료 전용운반용기의 설계시 적용한 방법과 동일하게 감마선원의 경우 0.45MeV~3.00MeV, 중성자선원의 경우, 0.1MeV~20MeV에 대하여 각각 6개 및 7개의 에너지 구간을 설정하였다. 120다발 개별연료에 대한 방출 연소도, 냉각기간 등의 특성자료에 따라 선원항 계산 후, 에너지 구간별로 결과를 합산하였다.

2.4 평가 결과

중수로 핵연료에 대한 중성자선원 및 감마선원의 에너지 구간별 방출률의 합산결과를 설계치와 비교하여 Table 3에 제시하였다.

Table 3. Calculated fuel neutron and gamma source

Fluence rate	Design	Performance test
Neutrons/s	8.57E+06	6.17E+06
Photons/s	2.45E+15	2.06E+15

3. 결론

중수로 사용후연료 전용운반용기 제작에 대한 차폐성능 검사를 위하여 운반용기에 적재되는 사용후연료 120다발에 대한 선원항을 평가하였다. 감마선 방출률이 2.06E+15/s로 중성자 방출률 6.17E+06/s 에 비해 선원항 기여도가 상대적으로 크다는 것을 확인하였다. 한편, 본 평가의 중성자 및 감마선 방출률을 설계치와 비교하였을 때, 각각 약 28% 및 16% 낮은 값을 나타냈다. 이는 본 연구와 설계시 적용한 연소도 차이(약 11%)가 주요 영향인자 중 하나로 작용 했을 것이라 추정되나, 명확한 규명을 위하여 향후 추가적인 연구가 필요하다.

4. 참고문헌

- [1] 월성원자력 제2발전소 최종안전성분석보고서(ZPM-LD-0007) revision 3, 4.3장 pp.56~61, 4.5장 pp.23~24, 한국수력원자력|주|, 1997
- [2] Safety analysis report on the HI-STAR 63 package revision 4, Holtec International, pp.302~338, 2009
- [3] 중수로연료통합관리시스템, 월성2발전소 연료, 2009. (www.10.135.1.96:8021 /khnrfuel/main.jsp)
- [4] SCALE, a modular code system for performing standardized computer analyses for licensing evaluation version 5, Oak Ridge National Laboratory, 2005