

경수로 사용후핵연료 연소도 및 농축도 특성 분석

김민철, 정성환, 강기두

한수원중앙연구원, 대전광역시 유성구 유성대로 1312번길 70

mchkim@khnp.co.kr

1. 서론

국내 경수로 원전에서 발생한 사용후핵연료의 방사능 특성을 분석하기 위하여 사용후핵연료의 농축도 및 연소도 특성을 분석하였다. 기존 시스템을 개선하여 한층 체계화한 한수원(주)의 사용후핵연료 이력 관리시스템을 활용하여 2008년 말까지 발생된 사용후핵연료 11,121 다발을 대상으로 연료별 초기농축도와 주기 말 노심에서 방출시의 연소도 특성 현황을 조사·분석하였다.

2. 연소도

2.1 원전별 연소도 분포

평가대상인 경수로 사용후핵연료 11,121 다발의 평균연소도는 36,461 MWD/MTU로 나타났다. 고리, 영광 및 울진 원전에 저장된 사용후핵연료의 연소도 분석을 위하여 Fig. 1과 같이 6개 구간으로 나누어 구간별 사용후핵연료 발생빈도를 나타내었다. 또한, 경수로 원전 전체에서 연소도 구간별 발생율을 Fig. 2에 제시하였다. 40-45 GWD/MTU 연소도 구간이 전체의 28.41%로 가장 많은 핵연료가 분포하고 있고, 40 GWD/MTU 미만의 구간에 약 57%의 연료가 분포하는 것으로 나타났다.

2.2 기간별 연소도 분포

경수로 상업운전이 시작한 1978년부터 2008년 말까지 약 10년 간격으로 세 구간('78~'89, '90~'99, '00~'08)으로 나누어 연소도 6개 구간에 대한 발생경향을 살펴보았다. Fig. 3에 제시한 바와 같이 핵연료가 40 GWD/MTU 이상의 고연소도화 추세에 있음을 확인하였다. 이러한 경향은 경수로 원전에 대하여 1990년대 이후부터 12개월 주기에서 18개월 주기로 장주기운전이 단계적으로 적용됨에 따른 영향인 것으로 판단된다.

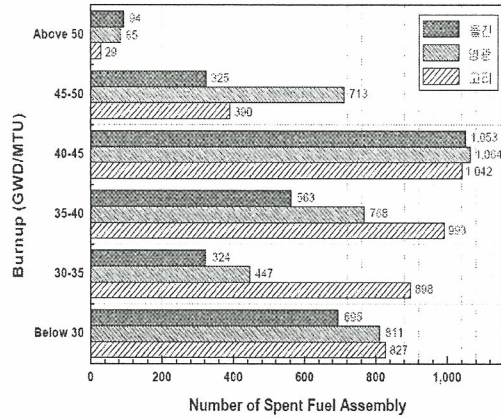


Fig. 1. Burnup Distribution by respective site.

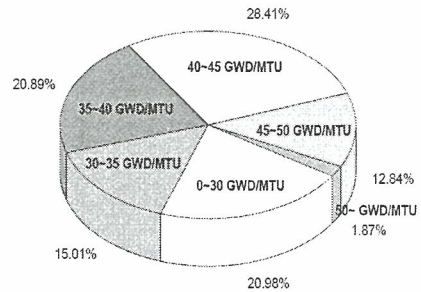


Fig. 2. Burnup Distribution.

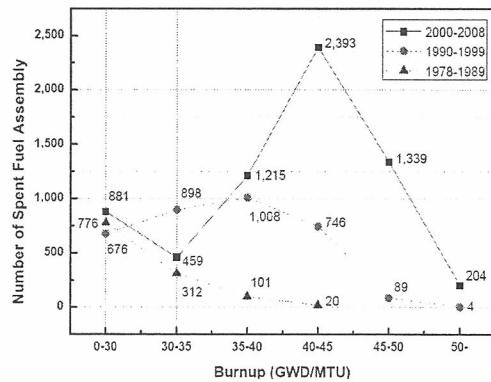


Fig. 3. Burnup Distribution by Time Term.

3. 농축도

3.1 원전별 농축도 분포

평가대상 연료의 평균농축도는 3.53 wt%로 나타났다. 농축도 3.5~4.5 wt% 사이를 4개 구간으로 나누어 경수로 원전별 농축도 구간별 사용후핵연료 발생빈도를 Fig. 4에, 각 구간별 분포비를 Fig. 5에 각각 제시하였다. 3.5 wt% 미만의 농축도 구간이 전체의 약 40%로 가장 많은 수의 연료가 분포하는 것으로 나타났다.

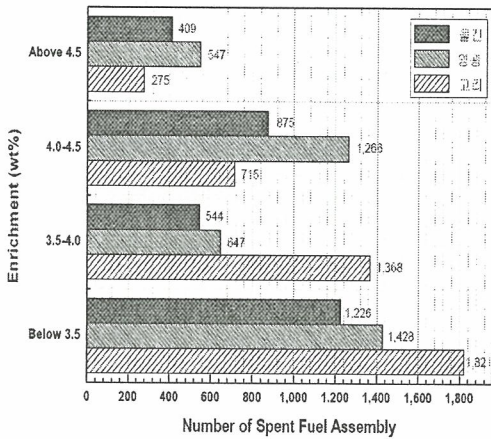


Fig. 4. Enrichment Distribution by respective site.

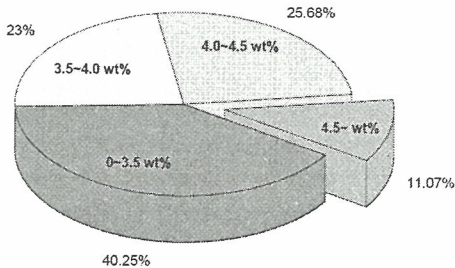


Fig. 5. Enrichment Distribution.

3.2 기간별 농축도 분포

10년 간격의 구간 분류에 따른 핵연료 농축도별 사용후핵연료 발생량을 Fig. 4에 나타내었다. 2000 년대에 들어 농축도 4.0 wt% 이상으로 점차 핵연료의 고농축도 경향을 보이는 것을 확인할 수 있으며, 이는 원전 운영경험의 축적 및 장주기 운전 모드의 영향인 것으로 판단된다.

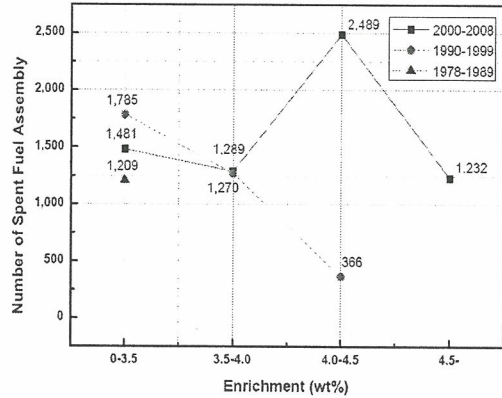


Fig. 6. Enrichment Distribution by Time Term.

4. 사용후핵연료 최대이력특성

원전별 연소도의 최대값은 고리, 영광, 울진본부 각각 55,279, 55,307, 57,853 MWD/MTU 이고, 농축도의 최대값은 4.51, 4.53, 4.51 wt% 인 것으로 나타났다.

5. 결론

사용후핵연료 방사능량의 주요 기여인자인 연소도 및 농축도 이력특성에 대하여 평가대상 사용후핵연료 11,121 다발에 대하여 조사하였다. 장주기운전 추세 및 운전경험의 축적 등에 따라 40 MWD/MTU 이상의 고연소도로 진행되고 있고, 4.0 wt% 이상의 고농축도 경향을 나타내고 있는 것으로 분석되었다. 본 연구를 통하여 한수원(주)의 사용후핵연료 이력 관리시스템을 한층 체계화함으로써 자료의 신뢰성을 제고하였으며, 수송·저장 계통 설계기준연료 설정을 위한 기본자료를 확보하였다.

6. 감사의 글

본 연구는 지식경제부의 방폐물관리기술개발 중장기 기획과제의 일환으로 수행되었습니다.

7. 참고문헌

- [1] 경수로 사용후핵연료 이력특성 분석 보고서, 한수원중앙연구원, 2011.
- [2] PWR Nuclear Design Report, 한전원자력연료.