

## 사용후핵연료집합체 내부 위치별 감마 및 중성자 측정기술

엄성호 · 신희성 · 안성규 · 황용화 · 오석진 · 김호동 · 이정원 · 함영수\*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 대덕대로 1045

\*로렌스리버모어국립연구소(LLNL), P.O. Box 5012, Livermore, CA 94551

[com@kaeri.re.kr](mailto:com@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

한국원자력연구원 조사후시험시설의 풀(수조)에는 지수실험을 목적으로 설치한 사용후핵연료 집합체 대상 중성자 측정실험 장치가 있다. 이 장치는 사용후핵연료 집합체에 쉽게 접근하여 중성자 측정실험을 수행할 수 있고, 약간의 보완을 통하여 간단한 감마선 측정실험도 수행할 수 있다 [1]. 최근 미국의 로렌스리버모어국립연구소(LLNL)에서는 이와 유사한 장비를 개발할 목적으로 DOE 연구과제를 수행하고 있다. 그러나 미국에서는 사용후핵연료 집합체에 접근하여 중성자나 감마선의 측정실험을 수행하기가 용이하지 않아, 원자력연구원의 조사후시험시설의 풀에 저장된 사용후핵연료 집합체를 이용한 실험데이터를 활용하고자 한다. 이에 따라서 기술수출 수탁과제 일환으로, LLNL 전문가 2 인의 참관 하에 조사후시험시설의 풀의 사용후핵연료 집합체를 대상으로 감마와 중성자 측정시험을 수행하였다.

### 2. 실험방법 및 결과

조사후시험시설의 풀에는 8 개의 사용후핵연료집합체가 저장되어 있다. 현재 설치되어 있는 중성자 측정장치(원래 지수실험 장치)를 사용하여 중성자 측정실험을 수행해 본 집합체는 주로 고리 1 호기의 사용후핵연료인 14x14 타입 집합체이다. 14x14 타입 집합체 중에서는 여러 개의 핵연료봉이 제거된 C15 및 G23 집합체와, 연료봉이 모두 채워진 J14 집합체를 선정하여 실험하였다. 특히 C15 집합체는 핵연료봉이 한 위치에 집중적으로 제거되어 있다. 사용후핵연료 집합체의 전용을 감시하는 기술개발이 목적이므로, C15와 같이 특정부위의 핵연료봉이 집중적으로 제거된 집합체를 대상으로 한 실험은 본 연구의 출발점으로 삼을 수 있다. 즉, 핵연료봉이 집중된 지점에서의 중성자 측정결과와 핵연료가 많이 뿜힌 곳에서의 중성자 측정결과가 어느 정도 차이가 나는지를 실험적으로 확인하여, 이를 근거로 집합체에서 사용후핵연료봉이 몇 개가 제거된 것인지를 감지할 수 있다면 사용후핵연료 집합체의 전용감시 장비로 유용하게 활용할 수 있을 것이다. 사용후핵연료 집합체의 제어봉 가이드 튜브에 중성자 검출기를 삽입하여 축방향으로 위치를 변화 시키면서 중성자의 세기를 측정하고, 또한 가이드 튜브 위치별로의 중성자 세기의 변화 측정을 수행하였다. Fission Chamber 중성자 검출기를 집합체 상부에서부터 1 m 아래로 하강시켜 측정하였고, 측정시간은 5 분으로 설정하였다. 측정 결과는 [그림 1]과 [그림 2]에 제시한 바와 같이 집합체 상부에서 일정한 거리에서 중성자 검출기를 삽입하여 중성자 세기를 측정함으로써 집합체의 축방향 특정 지점 단면에서의 위치별 중성자 세기의 차이를 측정하여 가짜 연료봉 유무를 판정할 수가 있었다.[2]

### 3. 결론

한국원자력연구원의 중성자 측정장치를 이용하여 LLNL 직원과 함께 실험을 수행하였으며, 사용후핵연료집합체 전용감시 기술개발에 필요한 사용후핵연료 집합체 대상 중성자 측정실험이 가능하다는 것을 확인하였다. 앞으로 다양한 사용후핵연료봉을 대상으로 많은 실험을 수행하여 측정 데이터를 분석하고, 이를 근거로 측정기술을 개선할 나갈 계획이며 궁극적으로 중성자 스캐닝에 의한 연소도 측정기술의 기술적 안전성을 입증할 계획이다.

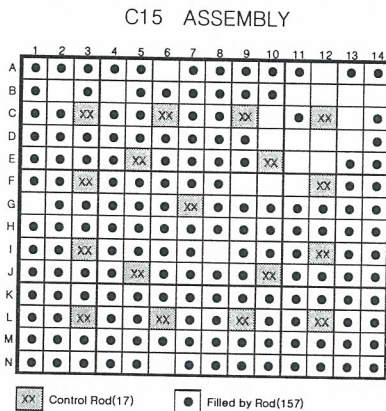


그림 1. C15 집합체 단면.

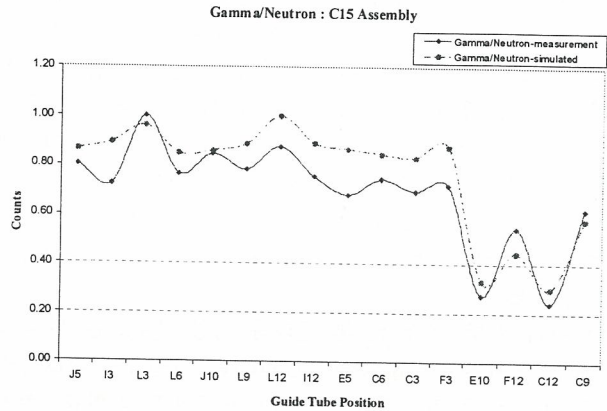


그림 2. C15 집합체에 대한 측정 계수치(실선)와 시뮬레이션에 의한 계수치(점선). 계수값은 각각의 최대값이 1.0이 되도록 표준화하였음.

### 사 사

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발 중장기 계획사업의 일환으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

- [1] 지수실험장치의 구성 및 성능시험, 한국원자력연구소 보고서 KAERI-TR-2199/2002.
- [2] S. Sitaraman, Y. S. Ham, Sensitivity Studies for an In-Situ Partial Defect Detector(PDET) in Spent Fuel using Monte Carlo Techniques, LLNL-CONF-404163, May 27, 2008.