

조사핵연료에 대한 연료봉감마스캐닝 기술

엄성호, 손영준, 서항석, 양송열, 이형권, 김길수, 김재용

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

eom@kaeri.re.kr

원자로에서 연소된 핵연료에 대한 연소상태를 측정함과 아울러 핵물질의 안전관리를 위해서 연소 측정이 요구되고 있다. 연소 측정의 기술로는 화학분석에 의한 방법과 핵연료 시료 및 연료봉에 대한 파괴 및 비파괴 측정법등이 있다. 감마선분광분석법에 의하여 특정핵분열생성물의 연료봉 내의 분포를 측정함으로써, 핵분열 생성기체의 누출이나 소결체의 기공(void) 및 결함(crack)의 위치까지도 확인할 수 있으며, 또한 다른 방법으로는 측정하기 어려운 조사중의 핵분열 생성물들의 물리화학적 거동에 관한 정보도 얻을 수 있다.

K23 집합체에서 취출한 시험 대상 핵연료봉(K23-N05)은 울진 2호기 사용후핵연료봉의 측방향에 따른 연소도 분포를 측정하고 아울러 이들 연료봉 내부의 소결체 내장 상태를 검사하기 위하여 비파괴 감마스캐닝을 수행하였다. 사용후핵연료의 스펙트럼을 수집하여 여러 감마선 방출 핵종들 중에서 반감기가 가장 길고 가장 검출세기가 큰 Cs-137을 연소도 모니터 핵종으로 선택하였으며, 이 핵종에서 방출되는 662 keV의 감마선을 측정대상 에너지로 하였다. 한편, 소결체의 내장 상태를 검사하기 위한 전감마선 측정시에는 이들 LLD(Lower Level Discriminator)와 ULD(Upper Level Discriminator)를 완전히 열어 모든 감마선이 입사될 수 있도록 하였으며 이렇게 하므로서 소결체간의 간격을 뚜렷하게 구별할 수 있었다. 또한 연료봉의 하단부와 상단부에서의 감마선의 세기는 중앙부에 비하여 낮았고 중앙부에서는 거의 고른 분포를 나타내었다. 감마스캐닝 시험은 연료봉의 연소 및 냉각조건에 따라 적절한 검출계수치하에서 수행하였다.

본 시험의 연료봉감마스캐닝은 연료봉(K23-N05)에 대한 시험 결과는 냉각기간 약 2.3년인 연료봉에 대한 스펙트럼은 그림 1과 같이 나타내었으며, 제원측정에 의해서 연료봉의 전체길이가 3,897mm로 알려진 연료봉(K23-N05)에 대한 전감마스캐닝(Gross Gamma Scanning)한 결과를 나타내었고, 핵종비에 의한 연소도 값과 연료봉 전체길이에 대한 총 감마선 세기분포곡선을 이용하여 연료봉 평균 연소도 값을 구하였다. 그 결과는 그림 2에 나타난 연료봉의 평균 연소도 값 56,860MWd/tU으로 원자로에 의해서 제공된 연료봉 평균 연소도 값 56,596MWd/tU에 잘 일치하였다.

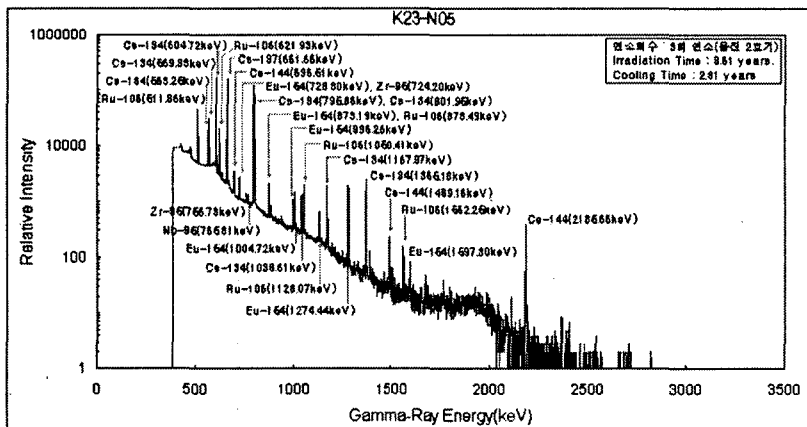


Fig. 1. Gamma-ray Spectrum of Spent Nuclear Fuel.

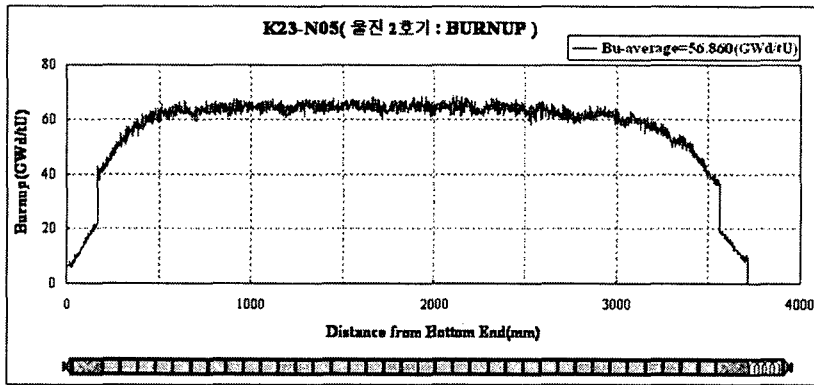


Fig. 2. Burnup of Cs-137 Isotopic Axial Distribution for Spent Fuel Rod.