

감마선 방출 핵종비를 이용한 PWR 사용후핵연료의 연소도,
냉각시간 및 초기농축도 동시 결정

Joint Determination of Burnup, Cooling Time and Initial Enrichment
of PWR Spent Fuel by Use of Gamma-ray Emitting Isotope Ratios

박형종, 박광준, 구대서, 이동욱, 엄성호, 민덕기, 노성기
한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

냉각시간, 초기농축도와 출력이력에 대한 정보가 없는 가압경수로(PWR) 사용후핵연료의 연소도를 감마선 측정법만을 사용하여 비파괴적으로 결정할 수 있는 방법을 개발하였다. 다중채널 HPGe 감마선검출시스템(multi-channel analyzer)을 이용하여 고리 1호기와 2호기의 사용후핵연료(절편, 연료봉 및 집합체)에 대한 감마선 측정실험을 수행하고 이 결과로부터 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$, $^{154}\text{Eu}/^{137}\text{Cs}$ 과 $^{106}\text{Ru}^{137}\text{Cs}/(^{134}\text{Cs})^2$ 의 핵종비를 산출하였다. 이와 별도로 사용후핵연료의 초기농축도별 연소도와 냉각시간을 변화시키면서 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$, $^{154}\text{Eu}/^{137}\text{Cs}$ 과 $^{106}\text{Ru}^{137}\text{Cs}/(^{134}\text{Cs})^2$ 의 핵종비를 ORIGEN-S 코드로 계산하고, 이 값과 연소도 및 냉각시간과의 상관관계를 회귀분석하여 핵종비를 연소도 및 냉각시간의 함수로 유도하였다. 이 관계식과 감마선 분광실험으로 측정된 핵종비를 비교 평가하여 냉각시간, 초기농축도 및 연소도를 순차적으로 결정할 수 있었다. 이 방법은 측정 대상의 기하학적 조건이나 공표 자료에 의존하지 않고도 이들 파라미터를 결정할 수 있다는 장점을 갖고 있다.

Abstract

Burnup, cooling time and initial enrichment, which are basic parameters of the spent fuel, were determined nondestructively by use of gamma-ray activity ratios from high resolution gamma-ray spectroscopy and ORIGEN-S calculations. The activity ratios used in this work are $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$, $^{154}\text{Eu}/^{137}\text{Cs}$, and $^{106}\text{Ru}^{137}\text{Cs}/(^{134}\text{Cs})^2$. With the regression analyses of the calculation results, the activity ratios were correlated as a function of burnup, cooling time after irradiation, and initial enrichment. The gamma-ray spectrometric experiments were carried out on spent fuel rods irradiated in Kori Unit-1 and Unit-2 pressurized water reactor(PWR) using a high purity Ge(HPGe) detector system installed in KAERI hot cells. And the cooling time, the initial enrichment and the burnup were sequentially determined with help of the correlation derived. This technique has an advantage in sequential determination of the three spent fuel basic parameters (cooling time, enrichment and burnup) with one gamma-ray measurement without information on measurement geometry (or geometric efficiency) and operator declared values.