

조사핵연료에 대한 집합체의 연소도 측정

엄성호 · 권형문 · 이형권 · 황용화 · 손영준 · 전용범 · 민덕기

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

eom@kaeri.re.kr

조사후시험시설의 풀(Pool)에는 원자로에서 연소 후 냉각된 핵연료집합체에 대한 감마선 분광 분석을 수행할 수 있는 시설이 되어 있으며 이 시설을 정상적으로 운전하고 나아가서는 기술 확립 및 개발을 위해서, 핵연료집합체를 대상으로 한 감마선 분광분석에 의한 연소측정의 기술현황 분석이 요구된다. 수행해야 할 핵연료 집합체에 대한 감마선 분광분석 실험을 비파괴적인 방법으로 연소분포, 방사성 핵종의 종류 및 특성을 파악하고 또 집합체내의 분포된 감마선 스펙트럼을 분석하기 위하여 측정 방법에 있어서, 시설 및 장치의 차이에 따른 측정방법의 종류 및 이들의 장 단점을 파악하여 조사후시험시설에 적합한 측정법을 수행하였다.

집합체에 대한 감마선 분광분석 측정시, 측정방법은 면측정법(side measurement method) 과 대각 측정법(diagonal measurement method)이 있다. 대각측정법은 신속하게 측정을 수행할 수 있는 장점을 가지고 있으나 핵연료 집합체의 4면을 서로 비교할 수 없는 단점을 갖고있다. 반면에, 면측정법은 핵연료 집합체의 4면에 대한 특성을 서로 비교할 수 있는 자료를 제공하나 시험에 소요되는 시간이 길어지게 된다. 측정방법이 결정되면 집합체의 측정위치를 정하기 위해서 우선적으로 감마스캐닝을 수행한다. 그림 1은 시준기 고정-집합체 이동형중 시준기가 집합체에 비스듬이 설치된 시설에서 감마스캐닝을 한 것을 나타내고 있다. 이 감마스캐닝으로부터 측정대상 집합체가 갖는 대략적인 연소도분포, 방사능 세기등을 평가하고 측정점등을 결정 짓는다. 그림 1에 나타난 바와 같이 집합체의 그리드에 해당하는 부분은 Co-60으로 인하여 총 계수율은 대단히 높으며 감마선 분광분석 측정시의 측정 위치로는 선택될 수 없다. 감마스캐닝을 행한 후 핵연료 집합체의 전체 길이중 감마선 분광분석 측정 위치로 한 면에 대하여 보통 7 ~ 10 지점을 정한 후 측정면의 각 지점에 대한 감마스펙트럼을 일정시간 동안 수집하여 이 스펙트럼으로부터 필요한 핵종의 에너지가 갖는 감마선 세기를 구하였다. 또한 그림 2는 원자로에서 조사된 후 약 8년 동안 냉각된 핵연료 집합체에서 방출되는 감마선을 검출한 스펙트럼을 나타내고 있다. 핵연료의 냉각시간이 길어짐에 따라 비교적 반감기가 짧은 핵종이 갖는 감마선 세기는 반감기가 긴 핵종에 비해 상대적으로 빨리 감소하게 되므로 냉각시간에 따라 스펙트럼의 모양은 약간씩 변하게 된다. 이 스펙트럼 상에 나타나고 있고 주요 핵분열생성물을 생성과정에 따라 분류하였다.

조사후시험시설의 풀에 설치된 핵연료 집합체에 대한 감마선 분광분석 시험 시설을 정상적으로 운전하고 또 나아가서는 기술개발을 하기 위하여 지금까지 조사 분석한 감마선분광분석법에 의한 조사후 핵연료 집합체의 연소측정평가를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 핵연료 집합체에 대한 감마선 분광분석에 있어서, 각 스펙트럼을 수집하는데 소요되는 시간이 길고 스펙트럼의 수 및 스펙트럼상에 나타나는 에너지 피크의 수가 상당히 많으므로 이들을 신속하게 처리 보관하기 위해서는 측정 및 분석이 자동화되어야 한다. 그러므로 당 시설 및 장치에 적합한 프로그램의 개발등 시스템 자동화에 대한 연구가 수행되어야 한다.

둘째, 감마선 분광분석의 결과분석에 있어서, 핵연료 체의 강한 차폐효과로 인하여 집합체의 가장 자리에 있는 연료봉들에 대해서만 실질적인 해석이 가능하다는 것을 알았으며 한 집합체의 4면으로부터 얻은 결과들로부터 내부에 있는 연료봉들에 대해 해석할 수 있는 방법을 모색하여야 한다.

셋째, 감마선 분광분석을 수행한 집합체에 대한 보다 정확한 분석을 위해서는 이 집합체를 해체한 후 취출한 연료봉 또는 시편등을 대상으로 수행하는 파괴 및 비파괴 시험의 결과 그리고 화학분석법에 의한 결과등과 함께 분석을 하여야 한다. 그러므로 이런 파괴 및 비파괴 방법등에 의한 결과들을 종합적으로 분석할 수 있는 능력을 배양하여야 한다.

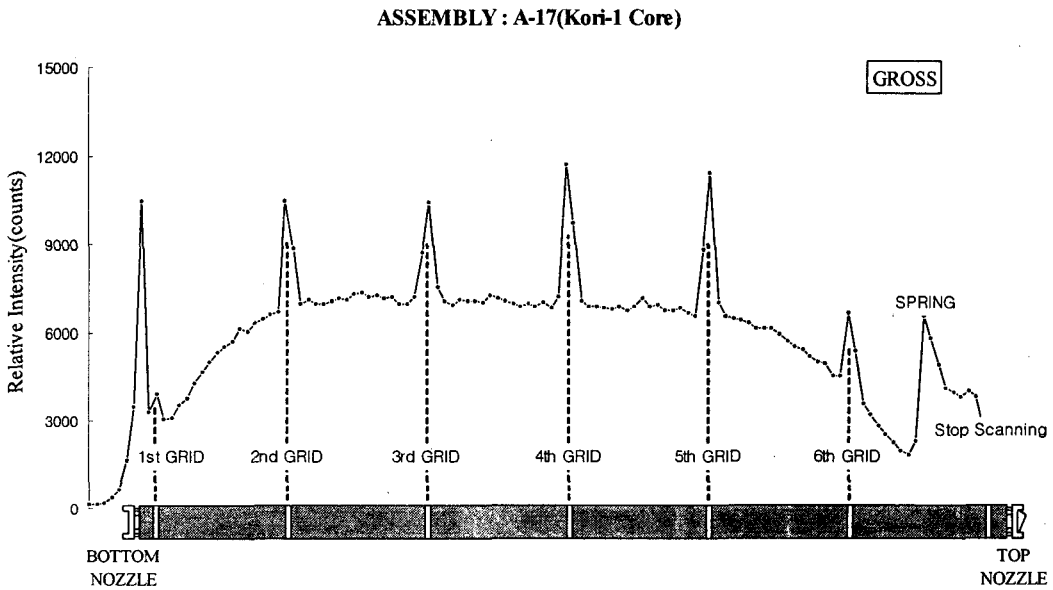


Fig. 1. Gamma-ray Scanning of Spent Fuel Assembly.

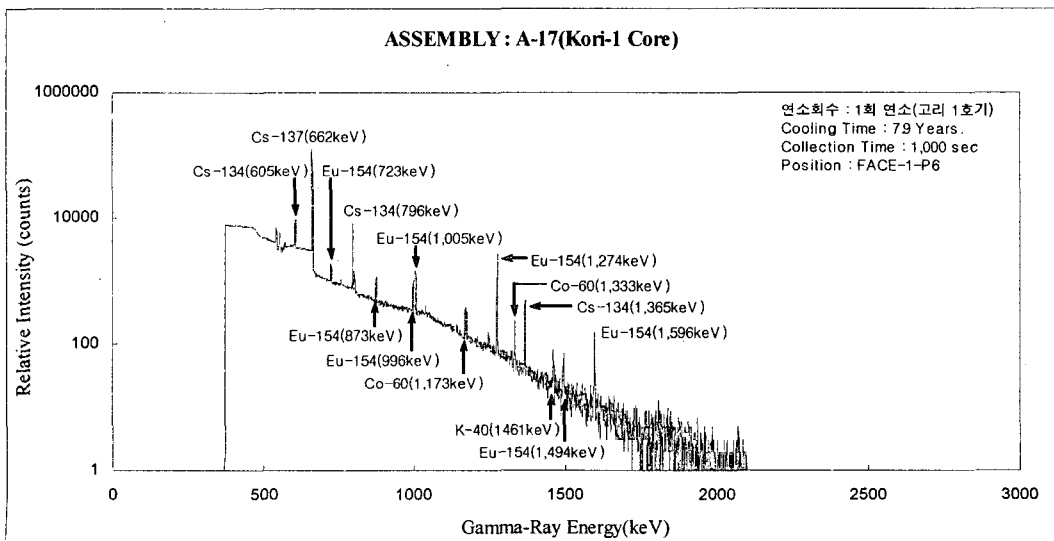


Fig. 2. Gamma-ray Spectrum of Spent Nuclear Fuel.