

사용후핵연료의 제원측정과 연소도분포에 대한 연소거동 분석

엄성호 · 이은표 · 서항석 · 김길수 · 황용화 · 양송열 · 홍권표

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

eom@kaeri.re.kr

사용후 핵연료의 건전성과 성능을 최종적으로 확인하기 위하여 조사후시험시설의 핫셀(HOT CELL)에서 핵연료 연료봉에 대한 비파괴 시험의 일환으로 제원측정 및 연소도 분포측정을 수행하였다. 고리원자력 1호기에서 4주기 동안 연소한 핵연료봉 G23-J11, G23-M4 및 G23-K2 에 대한 연소도 분포를 측정하기 위한 감마선 스캐닝(scanning) 핵종으로는 Zr95-Nb95, Ru106-Rh106, Ce144-Pr144 및 Cs-137등이 사용되고 있는데, 연소기간과 냉각기간에 따라 핵종을 선정하여 스캐닝하고 있다. 상용핵연료의 경우에는 일반적으로 반감기가 30년인 Cs-137 핵종을 선정하여 축방향 연소도분포를 측정하였다. 그림 1은 연료봉의 축방향 연소도분포인데, Cs-137 핵종에서 나오는 662keV의 감마선을 축방향으로 스캐닝하여 얻은 결과와 화학분석을 통하여 구한 시료의 연소도를 근거로 한 연소도 상관관계식을 이용하여 축방향 연소도분포로 결정하였다. 그 결과 G23-J11, G23-M4 및 G23-K2 연료봉의 평균 연소도는 각각 33.51 GWd/tU, 35.93 GWd/tU 및 35.28 GWd/tU 로서 발전소 공표 값과는 약 7.3 %, 8.7 % 및 9.6 % 의 차이를 보였다. 각 연료봉의 축방향에 따른 측정위치별 연소도분포는 연료봉 하단부와 상단부에서 낮았고 그 외의 부위에서는 고른 분포를 나타냈는데, 다만 지지격자의 열중성자 흡수(absorption of thermal neutron)에 의한 영향으로 다른 부위 보다 약간 낮았는데, 집합체내 연료봉의 위치에 관계없이 약 1 % 정도 낮은 연소도를 보였다.

각 연료봉에 대한 직경변화 측정치는 그림 2에서 보는바와 같이 연소전에 비하여 감소한 모습을 보이고 있다. 로내 연소에 따른 연료봉의 직경 감소량을 0°와 90° 방향에서 측정한 값의 평균치와 연료봉의 설계기준치를 비교하여 본 결과 스프링이 장전된 연료봉의 플레넘(plenum)부위에서는 직경의 변화가 없었는데 반하여, 연료소결체 부위의 평균직경은 10.64mm로 약 0.66 % 의 직경 감소가 있었다. 이때 연료봉의 축방향 평균 조사성장율은 0.80 % 이었다.

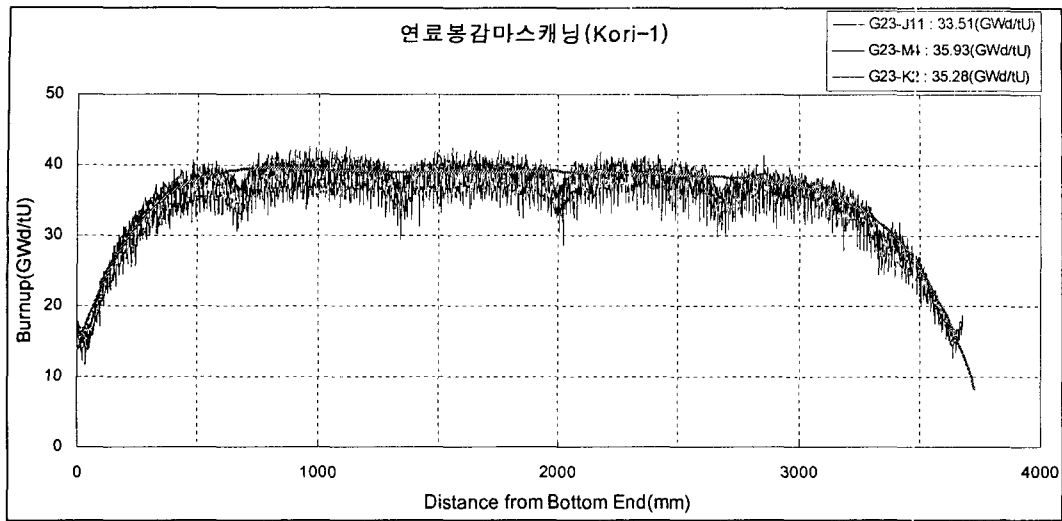


Fig. 1. Axial Burnup Distribution of G23-J11, G23-M4 and G23-K2 Fuel Rods.

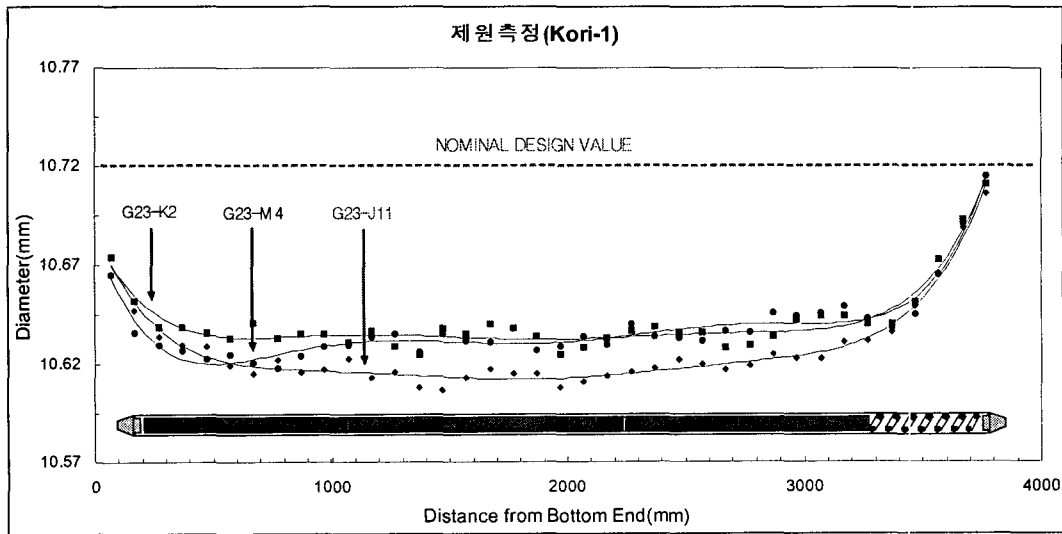


Fig. 2. Diameter Variation of G23-J11, G23-M4 and G23-K2 Fuel Rods.