

원자로 내에서의 핵연료 조사거동 (Irradiation Behavior of Nuclear Fuels in Reactor)

한국원자력연구소 유길성, 민덕기

1. 서론

원자력의 평화적 이용의 하나로 추진중인 원자력 발전은 기존 화석연료를 사용한 발전에 비해 경제적인 이득 뿐 아니라, 이산화탄소 발생에 따른 지구온난화에 거의 영향을 미치지 않는다. 특히 우리나라와 같이 지하자원이 부족한 국가들에 있어서는 중요한 국가 에너지원 중의 하나이다. 이러한 원자력발전을 지속적으로 유지·발전시키기 위해서는 핵연료의 안정적인 공급과 다른 한편으로는 핵연료의 성능향상 및 새로운 개념의 핵연료 개발이 중요하다. 원자로용 핵연료는 UO_2 세라믹형태를 가지며, 원자로 내에서 조사될 때 여러 가지 물리적/화학적인 특성변화가 일어난다. 이런 특성변화의 정확한 이해와 예측은 핵연료의 성능, 원자로 내에서의 안정성 확보 및 사용후핵연료의 관리에 중요하다. 따라서 사용후핵연료의 조사후시험(Post Irradiation Examination)으로부터 나온 핵연료 토내 성능평가자료는 앞서 언급한 여러 분야의 연구에 귀중한 자료를 제공한다. 따라서 본 연구에서는 국내 원자력 발전소들로부터 연소되고 나온 정상 및 손상 핵연료를 대상으로 조사후시험을 수행하여 핵연료가 원자로에서 조사될 때 일어날 수 있는 여러 가지 특성변화를 분석하고 그 성능을 평가하였다.

2. 실험방법

국내 상용 원자력발전소에서 타고 나온 사용후핵연료봉들을 연소주기별로 선정한 후 핫셀이라는 특수 방사선 차폐셀 내에서 감마스캐닝, 와전류탐상, 외관검사, X-선 래디오그래피 등과 같은 비파괴 시험 및 핵분열기체 채집, 연료봉 절단, 시편채취, 마운팅, 연삭, 연마 및 에칭과 같은 준비작업 후 금속광학현미경, 주사전자현미경 및 EPMA 시험 등과 같은 파괴시험을 수행하였으며 그 결과를 분석, 평가하였다.

3. 실험결과

사용후핵연료에 대한 감마스캐닝 결과는 핵연료봉에 대한 길이방향의 연소도 분포를 정밀하게 보여주었으며, 와전류 및 외관검사 결과를 통해 핵연료 피복관에 대한 결함 여부를 판별할 수 있었다. 광학 및 주사전자현미경 시험에서 핵연료의 단면으로부터 원자력발전소의 정지 시 열충격에 의해 생겨난 많은 균열들을 관찰할 수 있었으며, 이러한 균열된 핵연료의 입계들을 관찰하므로써 입계면에 생성된 핵분열생성기체 공동을 확인할 수 있었다. 사용후핵연료에 대한 직접적인 비파괴 및 파괴시험 결과들은 앞으로의 더 나은 핵연료 설계 및 사용후핵연료의 안전한 장기저장 관리를 위한 기본 자료로 활용될 수 있을 것이다.