

WDS에 대한 사용후핵연료 시편에서 방출되는 감마선의 영향 분석

권형문, 주준식, 서항석, 민덕기, 전용범

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

django@kaeri.re.kr

사용후핵연료의 소결체에 대한 성분분석을 수행하기 위해 한국원자력연구소 조사후시험시설에서 보유하고 있는 차폐형 전자현미경에 추가로 Wavelength Dispersive Spectroscopy (WDS) 설치에 대한 계획을 수립하였다. 이미 설치되어 있는 Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)로는 고선량의 소결체 시편에 대한 성분분석이 불가능하다. 다만, 조사된 소결체가 완전히 제거된 피복관 시편이나 피복관 외부에 침착되어 있는 크러드 시편의 경우에 한하여 성분분석 시험을 수행하고 있다. 고연소도 시편의 경우 Pellet-Cladding Interaction(PCI) 영역이 확장됨에 따라 소결체의 완전한 제거 역시 쉽지 않으며, EDS 분석에 적합하도록 시편의 선량을 감소시켜려면 미세샘플링 기술이 요구된다. 60 GWd/tU의 고연소도 사용후핵연료 시편을 1mm 두께로 절삭하여 디스크 형태의 시편을 제작하고 이 시편에 대한 EDS 시험을 수행하면 100,000 cps 이상의 카운트가 검출된다. 시편에서 방출된 감마선의 영향으로 증폭된 카운트수는 불감응시간을 증가시켜 결국 분석을 불가능하게 한다. EDS 시험에 적합한 카운트는 2,000~4,000 cps 정도로, 결국 시편을 1/50 이하의 크기로 샘플링해야 한다. 미세샘플링은 원격으로 시편을 제작하는 핫셀 환경에서 고가의 미세샘플링 장비 없이는 어려운 일이다. 또한 시편의 형태를 그대로 유지하는 것이 분석위치에 대한 정보를 확보하는데 더 유리할 것으로 생각된다.

WDS는 P-10 (90%Ar-10%CH₄) 가스를 사용한 gas flow proportional counter를 X선 검출기로 사용한다. X선보다 에너지가 높은 감마선의 경우 transmission loss가 매우 커져 대부분 전자사태(electron avalanche)를 발생시키는 검출기 가스의 전리현상이 극히 적게 발생하고 WDS 자체의 검출능력이 1,000,000 cps에 이르기 때문에, 분석불능에 이르게 하는 불감응시간의 증가 없이 고선량의 사용후핵연료 시편의 성분분석이 가능할 것으로 여겨진다. 다만 counter를 감싸고 있는 알루미늄 합금과 시편에서 방출된 감마선의 반응으로 발생하는 2차 전자 및 X선이 가짜 신호(spurious pulse)로 작용할 가능성이 있다. 이를 평가하기 위해 몬테카를로 방법을 사용하고 있는 MCNP 코드를 사용하여 분석하였다. 60 GWd/tU의 연소도와 1년의 붕괴시간을 가정하고 1mm 두께로 제작된 사용후핵연료 시편에서 방출되는 감마선 스펙트럼은 Origen-S 코드를 사용하여 평가하고 MCNP의 source 항목으로 사용하였다. 또한 전자현미경 시편실에 시편을 장입했을 경우 전선피폭재, crystal, counter의 end cap 등 WDS 각 내부부품에 대한 흡수선량을 분석하고 감마선에 의한 각 부품의 성능저하 정도를 평가하였다.