

집합체 연소도 측정을 위한 성능평가용 CZT 검출기 평가 장치 설계

오중명, 박세환, 신희성, 엄성호, 송대용, 김영수, 전용범, 김호동
 한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045
 jmoh@kaeri.re.kr

1. 서론

비파괴적인 방법으로 사용후핵연료 집합체 외부에서 연소도를 측정할 수 있는 장치 개발은 사용후핵연료 연소도 효과적용을 위한 연소도분포 측정기술 개발을 위해 중요하다. 한국원자력연구원 조사후 시험시설 (PIEF : Post Irradiation Examination Facility) 집합체 저장수조 내 수심 9m~15m에 저장되어 있는 사용후핵연료 집합체에 적용하여 연소도 분포를 측정하기 위한 감마선 스펙트럼 측정 장치를 개발하고 있다.

사용후핵연료 집합체의 외부에서 연소도 분포를 측정하기 위한 방법으로 사용후핵연료에서 존재하는 동위원소 비(예, $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$)를 이용하기도 한다. 이때 동위원소 비를 구하고자 할 경우 널리 쓰이고 있는 방법은 감마선 에너지 스펙트럼 분석법이다. 감마선 에너지 스펙트럼을 측정하기 위해서는 HPGe 검출기, CZT 검출기, LaBr₃ 검출기 등을 이용한다.

현재 감마선 스펙트럼 측정을 위하여 널리 쓰이는 검출기는 HPGe 검출기이다. 이 경우 HPGe 검출기 동작을 위해서는 액체 질소에 의한 냉각을 필요로 한다. 이는 사용후핵연료 저장수조와 같은 환경에서 동작하기에는 많은 제한을 가지고 있어, 본 연구에는 CZT 감마선 검출기를 선택하여 핵연료집합체가 저장된 수조 내 수심 9~15m내에서 사용할 수 있도록 성능평가용 CZT 감마선 검출기 장치를 설계하였다.

2. 본론

2.1 장치 design 배경

CZT 검출기를 이용한 감마선 스펙트럼 측정을 위해서는 사용후핵연료 집합체가 보관된 조사후 시험시설의 수심 9~15m의 수조에서 사용후핵연료 집합체에 CZT 검출기를 근접시켜야 한다.

이때 CZT 검출기를 사용하기 위해서는 수중에서 사용할 수 있는 밀봉된 검출함, 적절한 차폐체 및 검출기에 입사하는 감마선 방향과 확산을 한

정시키기 위해 납이나 텅스텐 같은 재료에 적절한 터널(Hole)을 가공하여 필요한 방향으로 집중 조사되도록 하고 그 이외의 방향으로 입사하는 감마선은 차폐되도록 하는 정밀한 시준기(collimator) 설계가 필요하며, CZT 검출기에서 정확하고 재현성 있는 측정자료 생산을 위해서는 검출기에 입사하는 감마선 터널은 감마선이 집중 조사되도록 정밀하고 정확한 직진성이 요구되며 외부 충격에 의해 시준기의 정렬의 호트러짐이 없는 정밀한 성능평가용 CZT 검출기 장치설계가 필요하다.

2.2 장치 설계

- ▶ CZT 검출기 평가 장치를 이용하여 시준기 조건, 핵연료-검출기 사이 거리 등을 변화시키면서 측정 하도록 설계.
- ▶ 검출함 내부 크기 : $\Phi 100\text{mm} \times 390\text{mm}$
- ▶ 시준기의 차폐는 납을 사용하고 시준기의 크기는 내경 $\Phi 2.0\text{mm}$, 길이는 217mm, 차폐두께는 50mm로 함.
- ▶ 외경 $\Phi 13.5\text{mm}$, $\Phi 38.5\text{mm}$ 2종의 CZT 검출기를 교체 사용 가능하도록 설계.
- ▶ 시준기를 Cone Type 형상으로 하여 시준기 Hole 정렬시 호트러짐을 방지하고 직진성을 유지하며 사용 중 외부 충격에도 시준기 Hole의 단면적을 일정하게 유지하고 시준기 Hole의 막힘 현상을 제거하여 방사선이 CZT 검출기에 도달하도록 정확하고 재현성 있는 감마선 스펙트럼을 측정 할 수 있도록 함
- ▶ 시준기의 차폐거리를 조절하여 사용할 수 있도록 분리형 시준기 적용하여 해체 및 재설치가 용이 하도록 설계.
- ▶ 검출함 및 신호선 연결부는 수중 15m 에서 완전한 Sealing 유지.
- ▶ CZT 검출기의 계장선은 Stainless steel flexible hose 내부에 설치하여 보호 및 밀봉이 되도록 하였으며, 측정 시 신호관련 noise 가 최소화 하도록 함.

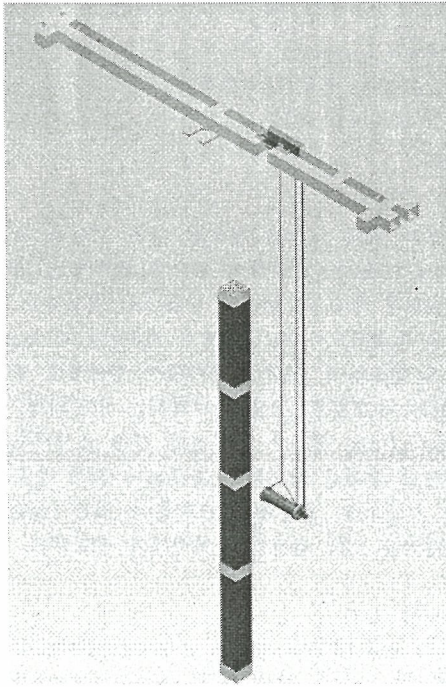


Fig. 1. 성능평가용 CZT 검출기 장치 구성도.

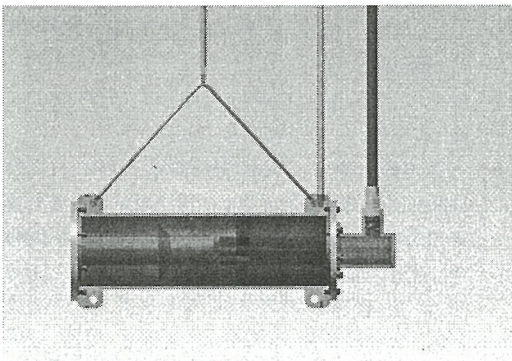


Fig. 2. 성능평가용 CZT 검출함 구성도.

3. 결론

성능평가용 CZT 검출기 장치를 설계 제작하여 기초실험을 통한 CZT Sensor의 차폐조건, Pb Shield Collimator tube 내측 Hole Size 평가, Pb Shield Collimator tube의 최적화 설계 자료를 도출 하고, 이에 대한 분석 평가 결과는 사용후핵연료 집합체 연소도 측정 장치에 적용될 것이다.

4. 감사의 글

본 연구는 원자력 연구 개발 사업 및 2009년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(과제번호 : 2009T100100650)의 일환으로 수행되었습니다. 또한 교육과학기술부 원자력연구개발사업에서 일부 연구비를 지원받았다.

5. 참고문헌

- [1] 엄성호외 5인, “사용후핵연료 및 우라늄 시료에 대한 감마측정을 하여 FRAM 코드에 적용하기 위한 시험”, 한국방사성폐기물학회, 춘계학술발표회 논문요약집, pp.438-439, 2009.
- [2] 박세환외 5인, “감마선을 이용한 우라늄 농축도 분석시 차폐체 영향 평가분석”, 한국방사성폐기물학회, 춘계학술발표회 논문요약집, pp.157-158, 2011.