

## 특수 제작 HPGe 검출기의 성능확인 시험

주준식, 박광준, 신희성, 강희영, 김호동

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

[nisju@kaeri.re.kr](mailto:nisju@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

사용후핵연료(spent fuel: SF)에 대한 핵물질 계량은 여러 가지 측정방법이 사용되고 있다. 그 중에서 가장 많이 사용되는 비파괴적인 방법은 중성자측정 및 감마선분광분석 방법이다. pyro 공정에서의 핵물질 계량은 습식재처리 공정에서의 핵물질 계량 방법을 그대로 활용할 수가 없다. 그 이유는 습식공정에서는 감마선을 방출하는 거의 모든 핵분열 생성물이 제거되지만 pyro 공정에서는 일부 감마선을 방출하는 핵분열 생성물이 잔존하기 때문이다. 이러한 일부 핵분열 생성물의 컴프턴 산란에 의한 저 에너지 구역의 자연방사능이 높아져 저 에너지대에 생성되는 계량대상 핵물질인 우라늄이나 플루토늄의 감마선 피크를 구별해 내는 것이 불가능하다. 이러한 것이 감마선 분광분석법에 의한 핵물질 계량에 걸림돌이 되고 있다. 본 연구에서는 pyro공정 핵물질 계량을 위한 전단계로서, 소량의 디스크형 사용후핵연료 시편에 대한 핵특성을 분석하기 위해서 감마/중성자 통합 측정시스템을 구축하고 있다. 그 과정에서 감마선 센서를 특수형태로 제작하게 되었으며, 제작 후, 명세서 상의 성능이 원래대로 나오는지에 대한 확인시험을 수행하게 되었다.

### 2. HPGe 검출기 특수 제작

본 감마/중성자 통합 측정 장치는 방사선 준위가 높은 사용후핵연료를 취급하기 때문에 그림1과 같은 차폐형 글로브박스내/외에 설치된다. 신규 제작이 아닌 기존의 글로브박스에 측정 장치를 설치해야만 하는 입장이므로 감마선 검출 센서인 HPGe 검출기의 기하학적 구조에 제한을 받게 된다. 측정대상 사용후핵연료 시편은 글로브박스 내부의 중성자 계수기내에 인입되며, 시편으로부터 방출되는 감마선은 글로브박스의 주변 장치 특성상 밑바닥에 설치된 감마선 시준기를 통하여 HPGe 검출기로 입사하게 된다. 따라서 HPGe 검출기는 이러한 글로브박스의 구조적인 특성을 고려하여 글로브박스 바깥 아래쪽에 설치할 수 밖에 없게 되었다. 그러나 일반 상용화된 검출기를 그대로 사용할 경우, 검출기와 합체된 냉각용기 부분의 돌출부로 인해서 검출기의 크리스탈 부분이 SF 시편으로부터 방출되는 감마선 빔 통로(gamma-ray beam path) 까지 미치지 못하게 된다. 그래서 감마선 검출기 전문 제작사에 우리의 용도에 맞는 크기로 주문제작을 의뢰하게 되었다.

검출기 제작과정에서 제원 변경 전 원래 모델에서와 같은 성능이 나오지 않았는데, 그 원인은 정확히 알 수는 없지만 LN<sub>2</sub> dewar와 검출기 크리스탈 사이의 냉각봉 길이 연장으로 인한 검출기 크리스탈의 냉각도 하나의 문제일 수 있고, 또한 크리스탈 자체의 결함일 수도 있다.

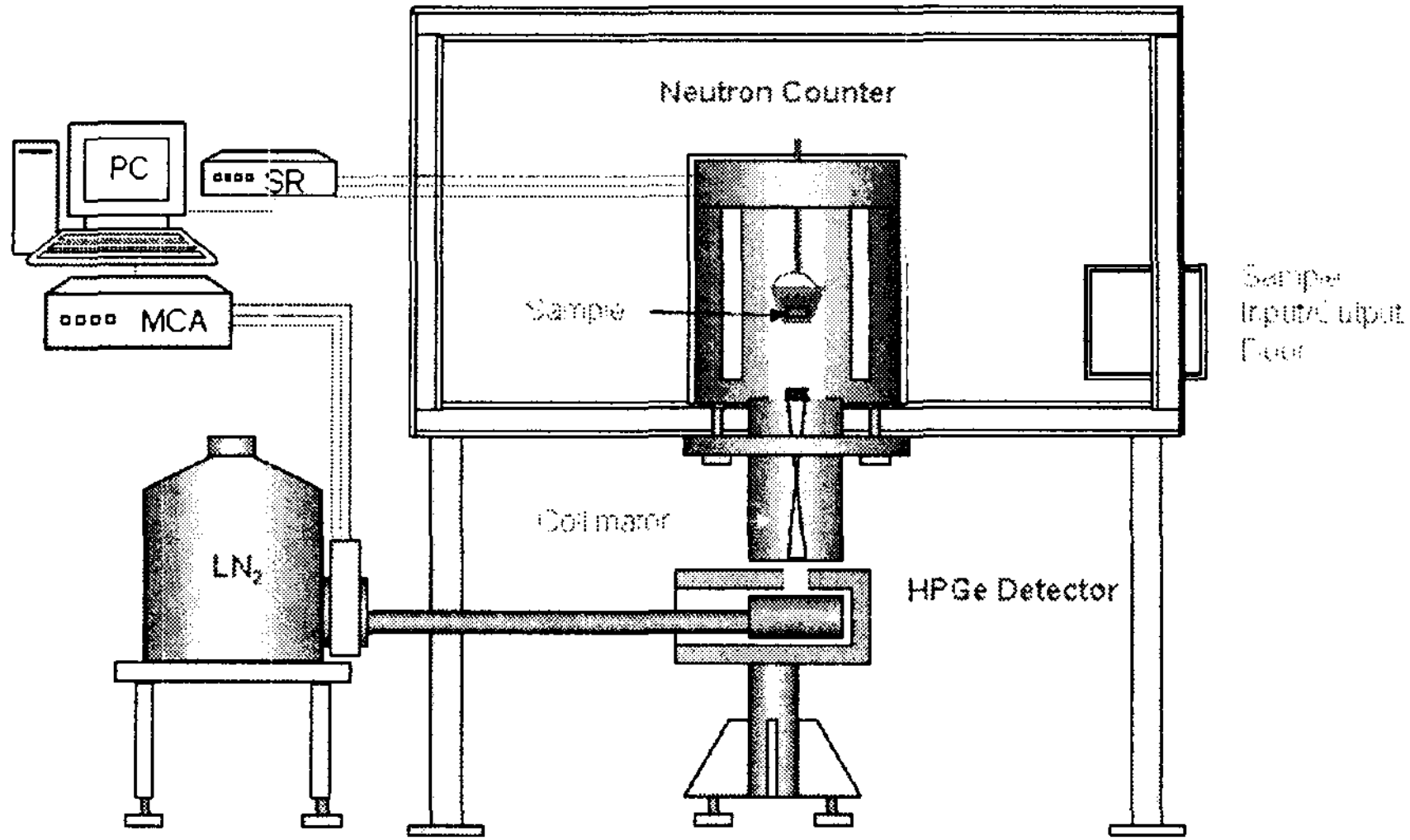


그림1. 차폐글로브박스내/외 감마/중성자 통합 측정장치의 개요도.

### 3. 검출기 성능확인 시험

#### 가. 감마선 스펙트럼 획득

LN<sub>2</sub> dewar에 액체질소를 채운 후, 본 HPGe 검출기와 Multi-Channel Analyzer가 장착된 digital spectrum analyzer DSA-1000, 그리고 Genie-2000 소프트웨어가 내장된 PC를 연결하고, 감마선 체크 선원을 이용하여 감마선 스펙트럼을 획득하였다.

#### 나. 시험결과

Co-60, Cd-109, Am-241에 해당하는 피이크를 분석한 결과 표1과 같은 결과를 얻었다. 표에서 보는 바와 같이 제작사의 명세서 값과 비교해 볼 때, 성능에는 이상이 없음을 확인하였다.

표1. 특수 주문제작 HPGe 검출기의 명세서 상의 성능 및 시험에 의한 성능 비교

	Resolution		
	FWHM(FWTM) at 1.33MeV	FWHM(FWTM) at 88.0 keV	FWHM(FWTH) at 59.3 keV
Speccification	2.1 (4.2) keV	-	-
Test	1.9 (3.7) keV	1.23 (2.16) keV	1.15 (2.31) keV

### 4. 결론

소량의 사용후핵연료 디스크형 시편에 대한 핵특성 분석장치를 구축하기 위하여 감마선 검출기를 특수 주문 제작하였으며, 구조변경에 따른 검출기 성능을 시험을 통하여 재확인하였다. 시험결과 원래의 사양에 명시된 성능을 만족한다는 것을 확인하였다.