

## 내부 표준법을 이용한 HPGe 검출기의 검출 효율 교정 방법 연구

이정희\* · 김은주\*  
이경범 · 박태순 · 이종만 · 이상한 · 오필제 · 이민기  
전북대학교\* 한국표준과학연구원  
E-mail: jhlee77m@nate.com

keyword :  $\gamma$ -ray, 방사 평형, Internal standards, .

### 서론

외부 표준법은 일반적인 방사능 측정 방법으로 외부 표준물질(CRM)을 사용하여 교정한다. 내부 표준법은 이에 반해 외부의 표준 물질(CRM)을 사용 없이 교정하여 시료의 방사능을 얻을 수 있는 측정법이다.

$^{232}\text{Th}$  과  $^{238}\text{U}$ 의 붕괴 사슬의 영구 평형을 기본적으로 가정한다. 상대 효율은  $\epsilon = a(E/E_0)^m$  의 형태로 피팅 되어진다. ( $\epsilon$  효율,  $E$ 는  $\gamma$ -ray 에너지,  $E_0 = 1\text{keV}$   $a$ 와  $m$ 은 상수) 상대 효율과 에너지의 로그-로그를 취하면  $\ln(\epsilon) = \ln(a) + m \ln(E/E_0)$  1차식으로 표현 된다.[1] 이 측정 방법의 장점은 외부 표준법에서 측정 시료와 표준 선원 사이의 밀도 차이에 의한 방사능 차이를 제거 할 수 있고 측정 샘플의 기하학적인 구조와 유사한 외부 표준 물질을 구할 수 없을 때 유용하게 사용할 수 있다.

### 재료 및 방법

내부 표준법은 검출기의 효율 교정을 특정 시료인 토양시료 IAEA385 90cc(can)과 자체 제작한 KCl 시료를 사용하여 수행한다.

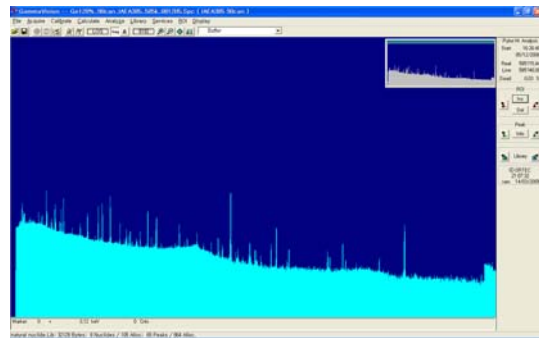


그림 1 IAEA 385 토양 시료 spectrum

$^{238}\text{U}$  계열의 핵종  $^{214}\text{Pb}$  와  $^{214}\text{Bi}$  와  $^{232}\text{Th}$  계열의 핵종  $^{228}\text{Ac}$ 과  $^{212}\text{Bi}$   $\gamma$ -ray 에너지별 계수율을 측정한다..

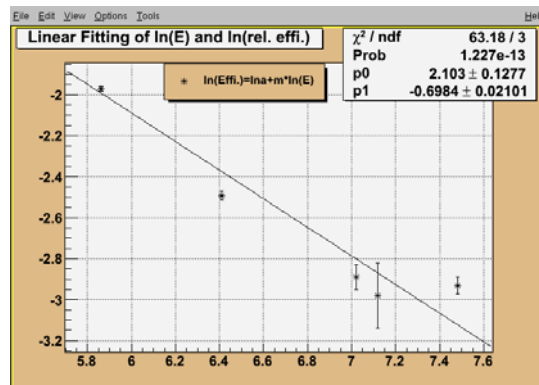


그림 2  $^{238}\text{U}$  계열의 핵종들의 에너지와 상대효율의 로그-로그 스케일에 의한 1차 선형 피팅.

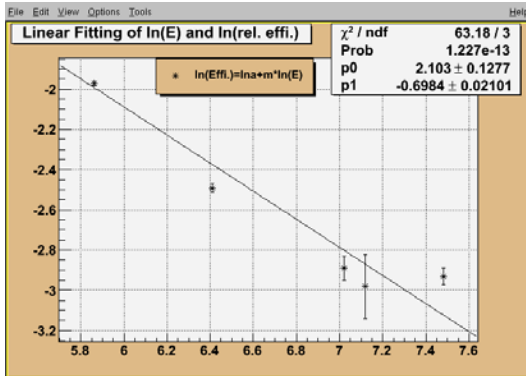


그림 3  $^{232}\text{Th}$  계열 핵종들의 에너지와 상대 효율의 로그-로그 스케일에 의한 1차 선형 피팅.

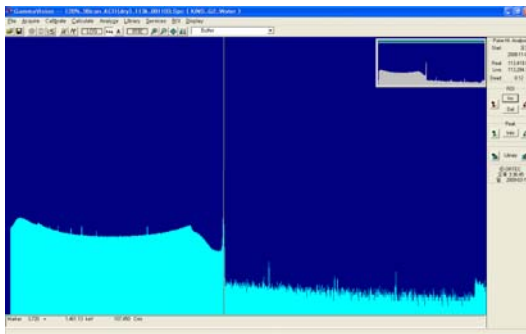


그림 4 Reference material KCl  
90cc (can) spectrum

KCl spectrum에서의 계수율(cps)을 측정하여 40K 1461 keV에서 절대 효율을  $\epsilon_{1461} = 3.23\text{E}-02$ 를 구한다.[2]

## 결과 및 고찰

$^{238}\text{U}$  계열의 핵종과  $^{40}\text{K}$  1461 keV에서의 효율 비교 인자  $\epsilon_{\text{rel}} / \epsilon_{1461} = 0.64$  그리고  $^{232}\text{Th}$  계열의 핵종과의 비교 인자  $\epsilon_{\text{rel}} / \epsilon_{1461} = 0.30$  값을 구했다. 효율 비교 인자값을 각각의 계열 핵종의 상대 효율값과 곱하여 절대 효율값을 얻었다.

외부 표준법을 이용하여 얻은 효율은 내부 표준법과 0.7MeV 이상에서 5% 이하로 일치율이 높게 나타났다.

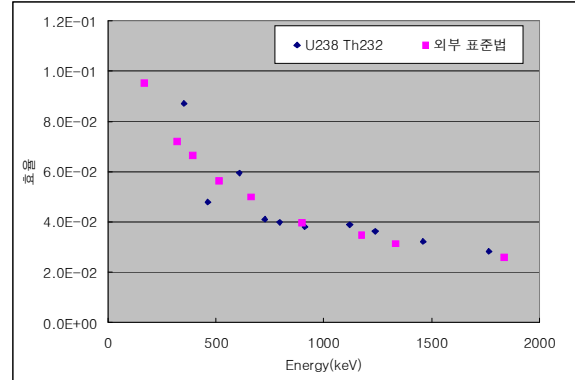


그림 5  $\text{U}^{238}$  &  $\text{Th}^{232}$ 에 의한 효율 vs 외부 표준법 비교

## 결론 및 계획

$^{238}\text{U}$  계열과  $^{232}\text{Th}$  계열의  $\gamma$ -ray 에너지의 각각의 효율 비교 인자를 사용하여 내부 표준법을 구했다. 향후 하나의 비교 인자를 사용 방법을 연구할 예정이며, 내부 표준법의 효율을 곡선으로 피팅하여, 임의의 에너지에 대한 불확도를 구할 계획이다.

## 참고 문헌

1. P.H.G.M. Hendriks, J. Limburg, R.J. de Meijer "Efficiency calibration of germanium detectors with internal standards" Journal of Environmental Radioactivity 53 (2001) 365-380
2. Katse Piet Maphoto "Determination of Natural Radioactivity Concentrations in Soil: a comparative study of Windows and Full Spectrum Analysis" (2004) 46-87