

방사성핵종분석 숙련도 시험

서장수, 김광봉, 하석호*, 오필제*

한수원(주) 원자력교육원, 울산광역시 울주군 서생면 신암리 991

*한국표준과학연구원, 대전광역시 유성구 도룡동 1 번지

sissis@khnp.co.kr

1. 서론

한국인정기구(KOLAS)에서는 교정, 측정에 대한 교정기관의 능력을 평가하고 다른 교정기관과의 편차식별, 원인파악 및 시정조치를 통해 교정기관의 수행능력을 향상시키고자 숙련도 시험을 운영하고 있다. 그래서 KOLAS 공인기관은 중분류 기준으로 3년에 1회 이상 시험에 참가하도록 규정짓고 있으며, 이에 따라 여러 기관이 숙련도 시험을 하였다.

교정분야의 경우 다음 식의 En 값에 기초하여 수행도를 평가하여 $|En| \leq 1$ 일 때 만족, $|En| > 1$ 일 때 의심하는 수행도 평가기준을 운영하고 있다.

$$En = \frac{x - X}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

여기서 x : 참가 교정기관의 측정값, X : 설정값(평균 또는 중위수)

U_{lab} : 참가자들의 시험결과 불확도, U_{ref} : 숙련도시험운영기관의 설정값 불확도

2. 측정 및 분석

가. 장치교정

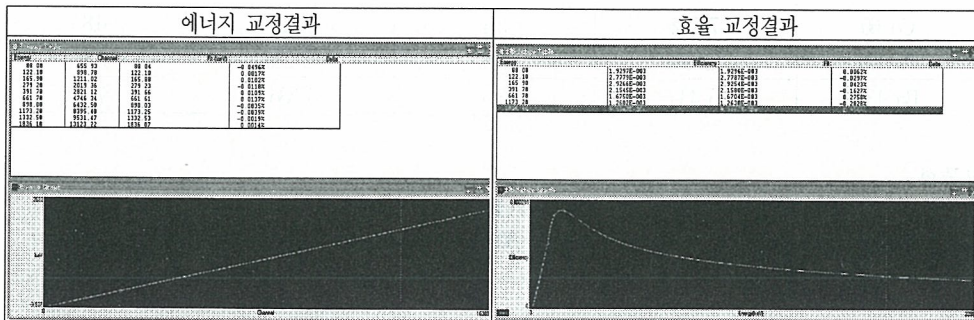
숙련도시험운영기관에서 제시한 시료를 측정 분석하기 위해 먼저 분석 장치를 교정하였다. 장치를 교정하는데 표준방사성물질은 Eckrt & Ziegler사가 제작한 20 ml의 Glass Vial Type(model 77410-487) 으로 핵종 및 방사능양은 다음 표1과 같다.

표1. 핵종 및 방사능양[기준일 : 08-04-01 00h(KST)]

순번	핵종	방사능(Bq)	불확도(k=2)	순번	핵종	방사능(Bq)	불확도(k=2)
1	Cd-109 (88.0 keV)	5 638	3.8 %	6	Cs-137 (661.7 keV)	3 691	2.4 %
2	Co-57 (122.1 keV)	2 956	2.9 %	7	Y-88 (898.0 keV)	13 980	2.6 %
3	Ce-139 (165.9 keV)	4 184	2.4 %	8	Co-60 (1 173.2 keV)	6 870	2.7 %
4	Hg-203 (279.2 keV)	10 060	2.4 %	9	Co-60 (1 332.5 keV)	6 867	2.8 %
5	Sn-113 (391.7 keV)	5 744	2.5 %	10	Y-88 (1 836.1 keV)	14 790	2.6 %

장치 교정결과 에너지 분해능은 1 332 keV에서 2.24 keV(FWHM)이고, FWTM/FWHM 은 4.00/2.24 이었다. 에너지교정 및 효율교정결과는 다음 그림1과 같다.

그림1. 에너지 및 효율 교정결과



나. 측정 및 불확도 평가

숙련도시험운영기관에서 제공한 시료를 20 cm 이격하여 80 000 초동안 측정하였으며, background는 80 000 초를 측정하였다. 그 결과 분석된 각 핵종에 대한 불확도는 다음 표2 와 같다.

표2. 핵종별 불확도 요약

불확도 성분	불확도(%)			
	Co-57	Co-60	Cs-137	Ba-133
효율교정함수의 상대표준불확도	3.35	3.35	3.35	3.35
스펙트럼 피크면적의 상대표준불확도	0.57	0.12	0.04	0.33
감마선 방출확률의 상대표준불확도	0.75	0.03	0.24	0.88
방사능붕괴 보정인자의 상대표준불확도	0.10	0.01	0.09	0.07
불감시간 보정인자의 상대표준불확도	0.00	0.00	0.00	0.00
기저방사선 보정인자의 상대표준불확도	0.03	0.00	0.00	0.02
상대확장불확도 ($k = 2$)	7.0	6.8	6.8	7.0

다. 상대표준불확도 산출 및 평가방법

- 효율교정함수 : 반도체검출기 교정결과에 따른 확장불확도 6.7 %를 포함인자 $k = 2$ 로 나누어 적용함
- 스펙트럼 피크면적 : 스펙트럼 피크면적의 불확도 중 가장 높은 값을 적용함
- 감마선 방출확률 : U.S. Brookhaven National Laboratory, NNDC (National Nuclear Data Center) 핵종표를 참조하여 가장 높은 값을 적용함
- 방사능붕괴 보정인자 : 측정시간에 따른 방사능 붕괴 보정인자의 불확도로서 NIST(U.S. National Institute of Standards and Technology) 핵종표 자료를 참조하여 산출함
- 불감시간 보정인자 : 광자측정용 반도체검출기의 표준교정절차(KASTO 04-26-3070-062, 2004.2.5)를 참조하여 산출함
- 기저방사선 보정인자 : 기저방사선 스펙트럼 피크면적의 불확도 중 가장 높은 값을 적용함
- 상대확장불확도 ($k = 2$) : 신뢰수준 약 95 % 에서 포함인자 $k = 2$ 를 적용하며, 유효숫자는 두 자리를 취하는데 그 아랫자리에서 올림 처리함

3. 결론

숙련도시험운영기관의 기준값과 비교한 결과 다음 표3과 같이 잘 일치하는 것으로 나타났으며, 불확도는 다소 높게 나왔는데 이는 CRM(인증표준물질)에 포함된 저에너지 핵종 Cd-109의 감마선 방출확률 불확도가 높은데서 나타나는 결과이다. 또한 수행도를 평가하는 기준인 $|En| \leq 1$ 을 만족하는 양호한 결과가 나왔다.

표3. 측정 및 분석결과

핵종	기준값		측정값	
	방사능 농도(Bq)	확장불확도 ($k = 2, 95\%$ 신뢰도)	방사능 농도(Bq)	확장불확도 ($k = 2, 95\%$ 신뢰도)
Co-57	1 153	4.0	1 140	7.0
Co-60	7 792	3.4	7 717	6.8
Cs-137	62 460	3.6	62 220	6.8
Ba-133	6 435	3.5	6 336	7.0

참고문헌

1. 숙련도시험운영기준(기술원표준원 고시 제2007-109호)
2. 반도체검출기의 표준교정절차(KASTO 04-26-3070-062)