

# 이온전리함을 이용한 저준위 감마선 조사장치 교정 유효성 검증

조문형\* · 원유호 · 강기두  
원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1  
E-mail: 02190559@khnp.co.kr

중심어 (keyword) : 저준위 감마선 조사장치, 공기커마울, 상대 확장불확도, 전리전류

## 서 론

저준위 감마선 조사장치는 저준위 서베이미터, 환경선량률 감시기 및 이온전리함 등의 저선량 측정용 방사선계측장비를 교정하는데 사용하는 표준기이다.

감마선 조사장치는 1년 주기로 교정을 실시하고 있으며 저준위 감마선 조사장치의 경우 방사선에 의한 전리전류의 크기가 매우 작아 교정시 사용하는 일반적인 이온전리함보다 체적이 큰 대용량 이온전리함을 사용한다.

이 실험의 목적은 저준위 감마선 조사장치의 방사선장이 교정일(2009년 9월)로부터 6개월이 경과한 시점인 2010년 3월에도 교정 결과가 국가측정표준에 부합함을 검증하는데 있다.

실험은 대용량 이온전리함을 이용하여 측정된 공기커마울과 저준위 감마선조사장치의 교정 결과를 이용하여 산출한 공기커마울을 비교하는 방법으로 수행하였으며 측정값의 상대 편차와 상대 합성불확도의 비율인  $|En|$  값을 산출하여 실험을 수행한 시점에서 교정결과와 유효성을 검증하였다.

## 실험방법

전리 전류를 측정하기 위하여 대용량 이온전리함(3,300 ml)을 감마선 조사장치로부터 1,000 mm의 거리에 위치시킨 후 감마선 조사장치의 레이저를 이용하여 이온전리함의 중심점이 조사빔과 수직이 되도록 정렬하였다[1].

조사장치에 내장된 두 개의 선원 중 740 MBq의

선원을 인출한 후 다음의 식을 사용하여 전리 전류를 측정하였다.

$$I = C \times \Delta V / \Delta t \dots\dots\dots(1)$$

C는 캐패시터의 용량으로 충분한 전하가 수집될 수 있도록 일렉트로미터 외부에 설치하였으며 그 값은 101.55 pF 이다.

$\Delta V$ 는 이온전리함에서 생성된 전하의 수집에 의해 캐패시터 양단에 걸리는 전압으로 측정 개시전압은 0.1 V, 측정 종료전압은 1.7 V로 설정하였다.

$\Delta t$ 는 캐패시터 양단의 전하 수집시간으로 매 측정시 마다 약 100초 정도로 산출되었다.

이 세가지 변수를 이용하여 10회 측정된 결과 평균 1.74 pA의 전류를 구하였고 이 값에 측정 전·후 자연방사선 준위에 의한 백그라운드 전류를 빼준 후 이온전리함의 교정 성적서에 명시된 교정인자를 곱하여 현재 시점에서의 공기커마울 58.42  $\mu\text{Gy/h}$ 를 산출하였다.

측정값에 대한 불확도 요인은 이온전리함 교정인자의 표준불확도, 측정전류의 통계적인 편차, 전류측정 장치의 합성불확도, 온도와 압력 측정장치에 의한 환경보정인자, 위치재현성에 의한 불확도 및 조사 빔의 균질성 등이 있으며 이러한 불확도 요인의 분산을 합성한 후 양의 제곱근을 구하여 합성표준불확도를 산출하였다.

185 MBq 선원에 대하여도 위와 동일한 방식으로 실험하여 공기커마울과 상대확장불확도를 산출하였다.

측정된 공기커마울의 유효성을 확인하기 위하여 감마선 조사장치의 교정성적서를 이용하여 현재 시점에서의 기준 공기커마울을 산출하여 측정된 값과 비교하였으며 아래의 식을 이용하여  $|En|$  값을 산출하였다.

$$E_n = \frac{(X_r - X_m) \cdot 100/X_r}{\sqrt{U_r^2 + U_m^2}} \dots\dots\dots(2)$$

여기서

$X_r$  : 기준 공기커마울

$X_m$  : 측정된 공기커마울

$U_r$  : 기준 공기커마울의 상대확장불확도

$U_m$  : 측정된 공기커마울의 상대확장불확도

|En|값은 기준값과 측정값의 상대편차가 기준값과 측정값의 합성 불확도 범위 내에 있음을 확인하기 위한 인자로서 그 값이 1 이하인 경우 감마선 조사장치의 교정 결과가 유효한 것으로 평가하는데 쓰인다[2].

### 결과 및 고찰

측정된 공기커마울의 상대 확장불확도는 각각의 불확도 요인을 합성한 결과 다음과 같이 산출되었다.

<표 1> 측정 공기커마울의 상대확장 불확도

불확도 요인		상대표준불확도(%)	
		740 MBq	185 MBq
기준기 교정인자		1.7	1.7
측정전류		0.059	0.183
전류측정 장치	캐패시터	0.01	0.01
	전 압	0.026	0.026
	타이머	0.18	0.18
	합 성	0.182	0.182
환경보정 인자	압 력	0.0035	0.0035
	온 도	0.012	0.012
	합 성	0.013	0.013
위치재현성		0.024	0.024
조사 빔 균질성		1.44	1.44
상대 합성표준불확도		2.236	2.243
상대 확장불확도		4.473	4.486

이온전리함을 이용하여 측정된 공기커마울, 상대 확장 불확도와 감마선 조사장치의 교정성적서를 이용하여 점검 시점에서 산출한 공기커마울, 상대 확장불확도는

다음과 같다.

<표 2> 공기커마울 및 상대확장불확도 비교

구 분		선 원	
		740 MBq	185 MBq
기준값	공기커마울	59.5 $\mu$ Gy/h	16.7 $\mu$ Gy/h
	상대 확장불확도(%)	6.4	6.6
측정값	공기커마울	60.9 $\mu$ Gy/h	17.3 $\mu$ Gy/h
	상대 확장불확도(%)	4.9	4.9

|En|값을 산출하기 위하여 <표 2>의 값을 식 (2)에 대입한 결과 740 MBq과 185 MBq 선원 대하여 각각 0.005, 0.109 의 |En| 값을 얻게 되었다.

|En|값이 1 이하이므로 교정 후 6개월이 경과한 시점에서 그 결과가 유효하며 공기커마울과 상대확장 불확도 또한 기준값과 차이가 거의 없는 것을 알 수 있었다.

### 결론

점검결과 |En| 값이 740 MBq과 185 MBq 선원에 대해 각각 0.005, 0.109로 산출되어 기준값인 1 이하이기 때문에 점검 시점에서 감마선 조사장치의 각 선원별 최종 교정결과에 대하여 유효성을 입증하였으며, 교정용 기준 방사선장으로 국가측정표준에 부합함을 확인 할 수 있었다.

### 참 고 문 헌

1. KASTO 93-26-1040-102 Standard Calibration Procedure of Gamma Irradiation System(2002.11.08)
2. KOLAS-R-003:2004 숙련도시험 운영기준 4.4항 결과의 평가(2007.07.25)