

## 방사능계측장비 교정 및 측정시 거리에 의한 영향 평가

박병목, 신경욱, 채경선, 전상환, 박장순, 서영석, 박태교  
 세안기술주식회사, 서울특별시 금천구 가산동 481-10 벽산디지털밸리 II 910호  
 pbm@sae-an.co.kr

### 1. 서론

방사능계측기는 검출원리에 따라 가이거물러 계측기, 비례계측기, 섬광 검출기, 반도체 검출기 등으로 구분할 수 있고, 방사능을 측정하는 방법은 이동형(Portable)장비를 사용 현장에서 직접 측정하는 방법과 고정형(Fix) 장비를 사용하여 간접적으로 측정하는 방법이 있다. 통상 간접법을 사용하여 방사능을 측정하는 경우는 장비가 자연방사선의 영향을 받지 않아야 하는 경우, 측정하고자 하는 지역의 자연방사선이 높은 경우, 또는 시료자체와 섬광액을 혼합하여야 하는 경우 등 으로서 이러한 방사능계측기는 지식경제부 고시 제2009-78호 “국가교정기관지정제도 운영요령”의 제 41조 교정대상 및 주기에 따라 전리방사선(Ionization Radiation)중 방사능(Radioactivity) 교정주기를 아래 표 1.과 같이 정하고 있다.

표 1. 전리방사선(Ionization Radiation)중 방사능(Radioactivity) 교정주기

분류번호	소분류명	교정용 표준기	정밀계기
80201	핵종 교정기(Isotope calibrators)	12	12
80202	표면오염 감시기(Contamination monitors)	-	6
80203	가이거물러 계수기(Geiger Muller counters)	-	6
80204	개봉 알파선원(Unsealed alpha sources)	수 시	수 시
80205	개봉 베타선원(Unsealed beta sources)	수 시	수 시
80206	개봉 감마선원(Unsealed gamma sources)	수 시	수 시
80207	밀봉 알파선원(Sealed alpha sources)	수 시	수 시
80208	밀봉 베타선원(Sealed beta sources)	수 시	수 시
80209	밀봉 감마선원(Sealed gamma sources)	수 시	수 시
80210	비례 계수기(Proportional counters)	12	6
80211	섬광 검출기(Scintillation detectors)	12	6
80212	반도체 검출기(Semiconductor detectors)	12	6

본 고에서는 방사능계측기중 선원과 검출기간의 거리가 미치는 영향을 MCNPX 전산모사에 의한 방법과 고전적 방법으로 평가하여 방사능계측기 교정시 미치는 영향과 방사능 측정시 영향을 평가하고자 한다.

### 2. 실험 및 결과

평가 조건으로는 선원과 검출기의 거리를 0.5cm, 1.0cm, 1.5cm, 2.0cm, 2.5cm, 3.0cm, 선원형태는 점선원, 방사선의 방출 형태는 Isotropic 하게 방출되어지도록 하였으며, 선원과 검출기 사이의 매질은  $1.25 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$  밀도를 갖는 공기만을 적용함으로써 선원과 검출기 주변의 간섭물질에 의한 산란선의 영향을 최소화 하였다. 사용 선원은  $^{36}\text{Cl}$ 으로서 방출 방사선은 베타선( $\beta$ )이며, 에너지는 710keV, 방출율은 98%이다. 본 평가에서 사용되어진 범용코드는 MCNPX 2.5.0 이다.

그림 1.에서 묘사되어진 선원과 검출기의 거리변화에 따라 베타선이 입사되어지는 각도가 바뀌며 선원과 검출기의 거리가 0.5cm에서는 각도가 77.3°, 거리 1.0cm에서는 65.8°, 거리 1.5cm에서는 56.0°, 거리 2.0cm에서는 48.0°, 거리 2.5cm에서는 41.6°, 거리 3.0cm에서는 36.5°로 방사능계수기의 교정효율을 결정하는 여러 인자 중 기하학적인인자인 “G값” 공식  $G = 1/2 (1 - \cos\theta)$ 에 따라 거리별 “G값”은  $G(0.5\text{cm}) = 0.390$ ,  $G(1.0\text{cm}) = 0.295$ ,  $G(1.5\text{cm}) = 0.220$ ,  $G(2.0\text{cm}) = 0.165$ ,  $G(2.5\text{cm}) = 0.126$ ,  $G(3.0\text{cm}) = 0.098$ 가 된다.

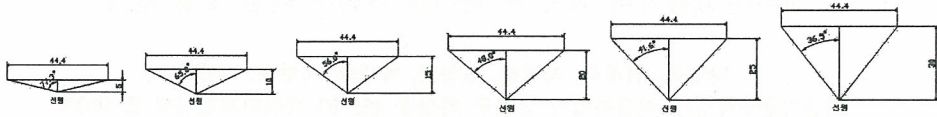


그림 1. 선원과 검출기의 거리별 묘사도

그리고 교정시 선원과 검출기의 거리에 의한 영향을 Particle Flux와 “G값”으로 비교한 결과는 표 2와 같고, 그림 2. 선원과 검출기 거리별 Total Particle Flux와 “G값” 패턴을 보면 같은 패턴을 보이게 됨을 알 수 있다.

표 2. 선원과 검출기 거리별 Total Particle Flux와 G값

구 분	Total Particle Flux [단위 : #/cm <sup>2</sup> ]	G 값	비 고
0.5 cm	$5.32425 \times 10^{-2}$	0.390	
1.0 cm	$2.97131 \times 10^{-2}$	0.295	
1.5 cm	$1.94602 \times 10^{-2}$	0.220	
2.0 cm	$1.34320 \times 10^{-2}$	0.165	
2.5 cm	$9.74332 \times 10^{-3}$	0.126	
3.0 cm	$7.30943 \times 10^{-3}$	0.098	

위의 결과에 대해 예를 들면 교정시 적용된 거리는 1.0cm 이고, 측정시 적용된 거리가 1.5cm일 때 그리고 방사능계측기의 효율을 40%, 교정 및 측정 핵종은 <sup>36</sup>Cl, 교정 및 측정시 계측 값은 모두 100cps 로 볼 때 교정 거리가 1cm였던 교정선원의 방사능 값은 250Bq이다. 그리고 거리 1.5cm에서 계측에 의한 평가된 오염 값은 250Bq이 아니고 거리 1.5cm에서는 1cm기준 65.495%만 계측되므로(Total Particle Flux 적용) 34.506%를 보정해주면 336Bq이 된다. 이러한 결과는 점 선원처럼 오염지역이 작거나, 오염이 균질하지 않고 편중되어 점 선원과 같은 효과를 나타 낼 때 특히 영향을 미친다.

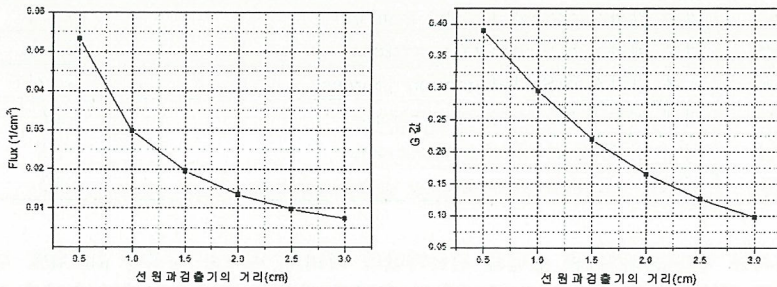


그림 2. 선원과 검출기 거리별 Total Particle flux와 G 값 패턴

### 3. 결론

계산 결과로부터 선원과 검출기의 거리가 변함에 따라 교정 결과가 변함을 알 수 있는데 특히, 입사된 베타선의 에너지는 710keV 단일 에너지였으나, 공기라는 매질을 통과하면서 에너지준위가 나뉘며, 에너지준위별 Particle Flux도 달라진다. 이러한 영향은 교정 효율을 결정하는데 매우 중요한 요인이 된다. 뿐만 아니라 베타선은 에너지가 낮을수록 지그재그 경로를 갖게 되므로 거리가 멀어질수록 교정에 대한 보정이 어려워진다.

본 평가에서 보듯이 교정시 거리가 미치는 영향이 크며, 방사능계측기 교정 후 교정 결과서에 명기된 거리를 확인하고 측정시 동일한 거리를 유지하여 측정하는 것이 정확성과 신뢰성 있는 결과를 얻게 됨을 알 수 있다.

### 참고문헌

- [1] 방사선 이론과 실제 - 한국동위원소협회
- [2] Monte Carlo N-Particle Transport Code System MCNP4C - Los Alamos National Laboratory
- [3] 한국원자력안전기술원 방사선안전관리 통합정보망