교정선원의 반감기가 교정결과에 미치는 영향

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

1. 서론

방사선 측정장비의 교정주기는 국가교정기관지정제도운영요령 제42조 제2항에 명시된 규정에 따라 설정하고 있는데 그 내용은 "측정기를 보유 또는 사용하는 자는 자체적으로 교정주기를 설정하고자 할 때에는 측정기의 정밀정확도, 안전성, 사용목적, 환경 및 사용빈도 등을 감안하여 과학적이고 합리적으로 기준을 설정하여야 한다. 다만 자체적인 교정주기를 과학적이고 합리적으로 정할 수 없을 경우에는 기술표준원장이 별도로 고시하는 교정주기를 준용한다."고 되어있다.

대부분의 방사선 사용기관에서 방사선 측정장비를 교정하는 경우 엑스/감마 서베이메터(X/Gamma Survey meters)는 6개월 주기로 교정을 하고 있으며, 엑스/감마 서베이메터(X/Gamma Survey meters)를 교정할 수 있는 교정용 표준기인 광자 조사장치(Photon Irradiators)에 교정선원으로 사용되는 방사성 핵종은 Cesium 137이 보편적으로 사용되고 있다. 본고에서도 교정선원의 반감기가 교정결과에 미치는 영향을 평가하기위해 Cesium 137의 핵종 자료를 사용하였다.

2. 실험 및 결과

평가를 위해 사용한 Cesium 137의 핵종 특성을 표 1.에서 나타냈으며, 본 평가에서는 Gamma or X Rays의 External Exposure($mSv \cdot h^{-1}$) for an activity of 1 MBq에 대한 데이터만을 적용하였으며, Beta Ray 및 Electrons에 대해서는 제외하였다. 그리고 본 평가에서 사용한 Cesium 137의 방사능 값은 795,500 MBq을 적용하였으며, 선원의 형태는 Point Source로 방출형태는 Isotropic한 방출형태로서 적용거리는 30cm로 하였다.

표 1. Cesium 137의 핵종 특성

주요 방출에너지						반감기	External Exposure for an activity of 1 MBq	비고
Gamma or X		Beta(Emax)		Electron				
32 keV	6%	512 keV	95%	624 keV	8	30.2 years	1.1×10^{-3} mSv · h^{-1} Gammas, X Rays (Deep Tissue Dose)	Point Source Distance (30cm)
36 keV	1%	1173 keV	5%	656 keV	1			
662 keV	85%	-	-	660 keV	<1			

최초 Cesium 137 선원이 생성된 시점에서 15일 간격으로 방사능을 계산하고 Gammas, X Rays (Deep Tissue Dose)에 대한 Point Source(30cm)의 External Exposure($mSv \cdot h^{-1}$) for an activity of 1 MBq 1.1×10^{-3} mSv · h^{-1}을 적용하여 방사선량율 값을 비교하여 표 2.에 나타내었다.

본 평가를 위해 사용한 계산식은 다음과 같다.

- External Exposure

$$External\ Exposure\left(\frac{mSv}{hr}\right) = Activity\,(MBq) \times 1.1 \times 10^{-3}\left(\frac{mSv}{hr}\right) \times \frac{1}{1\,MBq} \quad at\ \ 30\,cm$$

- 방사능 값의 변화

$$A = A_0 \times e^{-\lambda t}$$

- A : 평가 시점에서의 방사능, A_0 : 초기 방사능, λ : 붕괴 상수, t : 기간

- 붕괴상수

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{30.2\,years \times \frac{365\,Days}{1\,year}} = 6.288 \times 10^{-5}\left(\frac{1}{day}\right)$$

표 2. Cesium 137 795,500 MBq의 기준의 기간별 External Exposure($mSv \cdot h^{-1}$) 변화값

기 간	방사능 값 [단위:MBq]	External Exposure [단위:$mSv.h^{-1}$]	백분율 [단위:%]	변화율 [단위:%]	기 간	방사능 값 [단위:MBq]	External Exposure [단위:$mSv.h^{-1}$]	백분율 [단위:%]	변화율 [단위:%]
0 Day	795,500	875.050	100.000	0.000	195 Day	785,805	864.386	98.781	1.219
15 Day	794,750	874.225	99.906	0.094	210 Day	785,064	863.571	98.688	1.312
30 Day	794,001	873.401	99.812	0.188	225 Day	784,324	862.757	98.595	1.405
45 Day	793,252	872.577	99.717	0.283	240 Day	783,585	861.943	98.502	1.498
60 Day	792,504	871.755	99.623	0.377	255 Day	782,846	861.131	98.409	1.591
75 Day	791,757	870.933	99.529	0.471	270 Day	782,108	860.319	98.317	1.683
90 Day	791,011	870.112	99.436	0.564	285 Day	781,371	859.508	98.224	1.776
105 Day	790,265	869.291	99.342	0.658	300 Day	780,634	858.697	98.131	1.869
120 Day	789,520	868.472	99.248	0.752	315 Day	779,898	857.888	98.039	1.961
135 Day	788,776	867.653	99.155	0.845	330 Day	779,163	857.079	97.946	2.054
150 Day	788,032	866.835	99.061	0.939	345 Day	778,428	856.271	97.854	2.146
165 Day	787,289	866.018	98.968	1.032	360 Day	777,694	855.464	97.762	2.238
180 Day	786,547	865.201	98.875	1.125	375 Day	776,961	854.657	97.670	2.330

본 평가에서 보면 반감기가 30.2년 이라 할지라도 변화되는 방사능 값에 따라 방사선량율 변화가 확인되므로 반드시 교정시에는 변화되는 방사능 값을 반영하여야 한다. 이외에 교정용 표준기인 광자 조사장치(Photon Irradiators)를 교정한 후 교정실 환경 관리에 주의해야 할 중요한 요인으로는 온도, 습도, 주변 간섭물 등으로 반드시 교정용 표준기인 광자 조사장치(Photon Irradiators)가 설치된 환경은 교정용 표준기인 조사장치 교정시 환경과 방사선 측정장비 교정시 환경이 동일한 조건을 유지할 수 있도록 하여야 한다.

3. 결론

방사선 측정장비 교정시 불확도에 영향을 미치는 요인으로서 많은 교정인자를 고려할 수 있으나 특히, 본 평가에서 다루었던 방사능 값의 변화는 교정인자 중 중요한 요인이라 할 수 있다. 방사능 값은 Flux에 영향을 주는 것으로 Energy와는 다른 관점이며, 정확성 및 신뢰성을 갖는 교정을 위해서는 교정용 표준기인 광자 조사장치(Photon Irradiators)를 교정한 후 방사능 값을 기준으로 매일 방사능 값이 반영되어지도록 하는 것이 가장 적합할 것으로 판단된다.

만약 교정용 표준기인 광자 조사장치(Photon Irradiators)를 교정한 후 방사능 값을 반영하지 않고 360일이 지난 시점에서 교정을 수행할 경우 방사능 값 변화에 따른 방사선량율 측정값의 변화만 2.238%이 되므로 측정의 신뢰성 및 정확성 확보를 위해 방사선 측정장비 교정시 반감기에 의해 변화되어지는 방사능 값을 반드시 반영하여야 할 것이다.

또한 교정성적서 및 결과서 작성시 변화되어지는 방사능 값을 입력하는 과정에서 인적실수에 의한 기록오기도 발생할 수 있는데 이는 교정정수 부여시 관련되는 데이터들을 자동으로 부여할 수 있는 전산프로그램을 개발 사용한다면 인적실수를 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] 방사선 이론과 실제 - 한국동위원소협회
[2] 한국원자력안전기술원 방사선안전관리 통합정보망
[3] 한국계량측정협회 홈페이지