액체섬광계수기에 대한 검·교정 수행시 선원형태 차이 및 플라스틱 역할에 대한 연구

이승진, 한상준, 김희강, 이나영, 문지연, 박응섭, 황정래*
영광원전환경·안전감시센터, 전라남도 영광군 영광읍 무령리 83-44번지
*라드텍(주), 대전광역시 유성구 덕진동 150번지 한국원자력연구소 창업보육센터 109호
lsj2910@hanmail.net

중심어 : 액체섬광계수기, Geometry 차이, 소광보정 및 교정곡선, 방사능오차분석, 플라스틱 용기

서 론

저에너지의 베타선을 방출하는 핵종인 H-3를 검출하기 위해 액체섬광계수기가 전 세계적으로 널리 사용되고 있다. 국내의 일부 기관에서는 액체섬광계수기에 대한 교정을 수행할 때 고체형태의 H-3선원을 이용하여 교정을 수행하고 있는데 실제 환경시료는 시료와 섬광체가 측정용기 내부에 균일하게 분포된 형태로 측정이 되기 때문에 환경시료와는 Geometry 차이가 존재하게 되고, 이러한 차이로 인해 환경시료를 분석하는 과정에서 오차를 유발할 수 있을 것으로 판단되지만 이에 대한 체계적인 평가 및 연구 결과가 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 계측 정확도와 정밀도를 높이기 위해 민감도 분석을 수행한 후 그 결과에 근거하여 Geometry 차이에 따른 영향을 계측 장비를 이용하여 정량적으로 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

Geometry 차이에 따른 영향을 평가하기 위해 Wallac사의 Quantulus 1220 액체섬광계수기를 사용하였고, 비방사능이 20만 dpm/g인 액체 및 고체 형태의 H-3선원을 이용하여 선원, 증류수, 섬광체의 혼합비별로 총 20개의 교정용 시료를 조제하였다. 조제한 시료를 계측하기 전에 계측 정확도와 정밀도를 높이기 위해 측정 결과에 영향을 미칠 수 있는 변수를 도출 한 후 민감도 분석을 수행하였으며, 그 결과[1]에 근거하여 조제된 총 20개 시료를 연속적으로 31회씩 계측함으로써 정량적인 분석을 수행하였다. 계측 결과에 대한 검증을 수행하기 전에 장비의 정상작동 여부를 평가하기 위해 일반적으로 널리 사용되고 있는 Chi-square test를 수행한 후 방사능 오차분석법을 이용하여 계측 결과에 대한 검증을 수행하였고, 그 결과에 근거하여 Geometry 차이에 따른 영향과 플라스틱 용기의 역할에 대한 원인 규명을 수행하였다.

결과 및 고찰

계측장비의 정상작동 여부를 파악하기 위해 일반적으로 널리 사용되고 있는 Chi-square test 수행한 결과 Chi-square probability가 2%~98% 내에 포함되었기 때문에 계측 장비의 건전성에는 문제가 없는 것으로 판단하였다. [그림 1]은 Activity가 20만 dpm인 고체 및 액체 형태의 H-3선원을 이용하여 작성한 소광보정 및 교정 곡선으로 액상선원이 고상선원에 비해 효율이 높게 나타나고 있는 것을 볼 수 있다. [그림 1]에 제시된 교정곡선을 검증하기 위해 조제한 시료들 중 혼합비가 3:17, 5:15, 8:12인 시료를 선정하여 방사능오차분석을 수행한 결과 액체 및 고체 형태 모두 최대 2% 미만의 오차를 보였기 때문에 교정 곡선에 대한 신뢰성에는 문제가 없는 것으로 판단하였고, 검증된 교정곡선을 20만 dpm으로 실제 환경시료의 Geometry와 동일하게 조제된 표준검증시료에 적용한 경우의 결과를 [그림 2]에 도시하였다. [그림 2]에서 보여 주듯이 액체형태의 교정곡선을 적용한 경우 오차가 거의 없는 반면 고체의 오차범위는 13~17%로 상당히 높게 나타나고 있는 것을 볼 수 있는데, 이에 대한 원인을 규명하기 위한 실험결과를 [표 1]에 제시하였다. [표 1]에 제시된 결과는 H-3 선원 자체의 차이에 의한 영향과 플라스틱 용기의 역할을 규명하기 위한 것이다. [표 1]의 Case A와 B는 플라스틱의 역할을 규명하

기 위해 도시한 것으로 SQP(E) 및 효율이 거의 차이가 없는 것을 볼 수 있고, 이러한 결과에 근거하여 플라스틱은 Quencher가 아닌 단순 불순물이란 결론을 도출하였다. Case D는 고체선원을 증류수로 희석한 후 1cc를 분취하여 시료를 조제한 후 선원형태에 의한 영향을 평가하기 위해 제시한 것으로 Case C의 결과와는 거의 차이가 없지만 Case A와는 다른 경향을 보이고 있는 것을 볼 수 있다. 즉 Quencher 양을 파악할 수 있는 SQP(E) 값은 차이가 거의 없지만 효율은 Case A에 비해 약 5% 정도 낮게 나타나고 있는 것을 볼 수 있는데, 이러한 경향을 보이는 것은 고체선원의 제작 과정과 환경 조건에 의한 영향이 반영됨과 동시에 Activity가 높은 선원을 사용하였기 때문이라 판단된다.

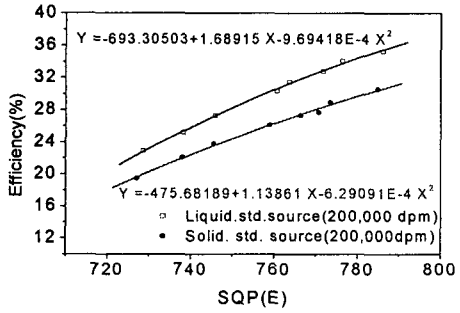

그림 1. Geometry 차이에 따른 영향평가 결과

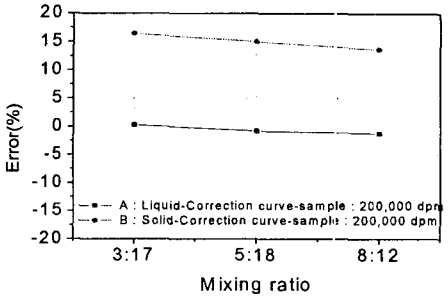

그림 2. 방사능 오차분석 결과

표 1. 선원형태 차이 및 플라스틱 유무에 따른 평가 결과

구분	시료 상태			플라스틱	SQP(E)	Eff.	비고
	선원	증류수	섬광액				
Case A	액(1cc)	7cc	12cc	무	736.83	25.13	
Case B	액(1cc)	7cc	12cc	유	735.66	24.99	
Case C	고(1cc)	8cc	12cc	유	736.52	20.54	
Case D	고(1cc)	7cc	12cc	무	738.08	20.53	고체선원을 희석

결 론

Activity가 20만 dpm/g인 고체 및 액체형태의 H-3선원을 이용하여 Geometry 차이에 따른 영향을 정량적으로 평가한 결과 고체형태의 H-3선원을 사용하여 검·교정을 수행할 경우 액체형태에 비해 오차가 크게 나타났다. 이를 규명하기 위한 실험을 추가적으로 수행한 결과 비수용성인 플라스틱은 Quencher가 아닌 불순물이란 사실을 확인하였고, 구입한 고체선원의 제작 과정과 환경 조건, Activity가 높은 선원의 사용 등에 기인한 것으로 판단된다.

본 연구는 산업자원부의 전력산업연구개발사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. Eung-Seop Park, Sang-Jun Han, Seung-Jin Lee, Hee-Gang Kim, "Research on Measurement Condition Establishment of a Liquid Scintillation Counter System", J. Korea Asso. Radiat. Prot. Vol. 31 No. 3 : 155-164(2006)
2. 박응섭, 황정래, 전인섭, 하충기, 김대원, 정병희, "액체섬광계수기를 이용한 H-3 분석시 선원의 형태가 소광보정에 미치는 영향의 평가", KARP 춘계학술발표회 논문요약집, pp 50~51 (2006)