

액체섬광계수기를 이용한 H-3 분석시 소광보정을 위한 최적화에 대한 연구

김희강, 황정래*, 전인섭*, 하충기*, 김대원*, 엄유선*

영광원전환경·안전감시센터, 전라남도 영광군 영광읍 무령리 83-44번지

*라드텍(주), 대전광역시 유성구 덕진동 150번지 한국원자력연구소 창업보육센터 109호

jl-hwang@hanmail.net

중심어 : 소광변수, 소광보정곡선, SQP(E), Repeat, Internal standard kit

서론

액체섬광계수기를 사용하여 환경시료 내에 존재하는 H-3의 방사능농도 분석할 경우 소광현상이 발생하게 되는데 장비에 대한 교정을 수행할 때 소광현상에 대한 보정이 이루어진다. 교정을 수행하기 위해서는 먼저 선원, 증류수, 섬광체의 혼합비에 따라 시료를 조제한 후 계측을 수행하고, 그 결과에 근거하여 소광보정곡선을 작성함으로써 장비에 대한 교정뿐만 아니라 소광현상을 보정하게 된다. 국내의 일부 방사능 측정 및 분석기관에서는 소광현상을 보정하기 위해 고체 형태의 H-3 선원을 사용하여 시료를 조제하고, 조제된 시료를 순차적으로 1회씩 측정된 후 장비 제작사에서 공급하는 Software를 이용하여 소광보정곡선을 작성하는 방법을 적용하고 있다. 그러나 환경시료 분석시 시료는 액체 형태로 측정용기 내부에 증류수 및 섬광체와 균일하게 혼합되어 있는 반면 장비에 대한 검·교정시 사용되는 H-3 선원은 고체 형태로 존재하기 때문에 선원의 형태에 있어서 차이가 존재하고, 이로 인해 시료내의 소광물질의 함량에 차이가 발생하여 최종적으로 분석시료에 대한 방사능 값에 오차가 발생된다는 것이 최근 연구 결과 발표되었으며, 측정방법의 측면에서 기존에는 Replicate 방법을 적용하여 교정을 수행하고 있으나 환경시료 측정시에는 Repeat 방법을 사용함으로써 측정방법에 차이가 소광보정에 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상되나 이에 대한 연구 결과가 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 SQP(E) 값에 기준으로 위의 두 변수에 대한 영향을 정량적으로 비교 분석한 후 그 결과에 근거하여 소광현상을 보정하기 위한 최적의 방법 및 방안을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

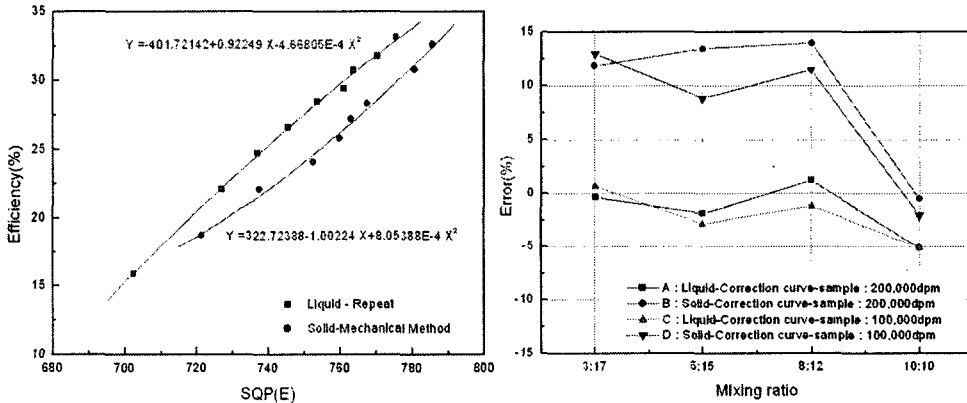
소광현상을 보정하기 위한 최적의 조건을 도출하기 위해 본 연구에서는 소광현상을 보정하는 대표인자로 SQP(E) 값을 사용하였다. 또한 기존의 소광보정 방법인 고체 형태의 H-3 선원을 이용하여 혼합비별로 시료를 조제하였고, 조제한 시료를 Replicate 방법으로 1회씩 측정된 후 장비에 내장된 소프트웨어를 이용하여 소광보정곡선을 작성한 결과와 실제 환경시료의 기하학적 형태와 성분이 유사한 액체 형태의 H-3 선원으로 조제한 시료를 Repeat 방법으로 측정하여 작성된 소광보정곡선과의 차이점을 비교 분석하였다. 비교 분석을 위해 사용된 장비는 Quantulus 1220이고, 사용된 H-3 선원은 비방사능이 20만 dpm/g인 Wallac사의 고체형태 선원과 비방사능이 10만, 20만 dpm/g인 액체형태 선원이며, 구입한 각각의 선원을 이용하여 선원, 증류수, 섬광체의 혼합비별로 총 10개 시료를 조제하였다. 계측장비를 이용하여 조제된 시료를 Repeat와 Replicate 방법으로 측정된 후 소광보정곡선을 작성하였고, 그 결과에 대한 분석을 수행하였다. 선원의 형태와 측정방법 이외의 변수인 시료의 방치시간과 외부선원의 조사시간은 각각 24시간 이상, 75초로 동일하게 적용하였다.

계측결과 및 작성된 소광보정곡선을 검증하기 위해 기지의 방사능(200,000 및 100,000 dpm)을 가진 액상 선원을 이용하여 3:17, 5:15, 8:12 및 10:10의 혼합비로 조제된 시료를 계측장비를 이용하여 CPM(Counts per minute)과 SQP(E) 값을 측정하였다. 측정 및 분석 결과에 근거하여 소광보정곡선을 작성하였고, 소광보정곡선에 의해 계산된 방사능 농도와 Known value 값을 비교 분석함으로써 정확도를 평가하였다.

결과 및 고찰

[그림 1]은 고체 및 액체 형태의 H-3선원을 이용하여 혼합비별로 조제한 시료를 기존의 방법과 본 연구에서 제시한 방법으로 측정한 결과를 SQP(E) 값과 효율과의 관계로 비교 분석하기 위해 도시한 것이다. 그림을 통해 볼 수 있듯이 동일한 SQP(E) 값에 대해 본 연구에서 제안한 방법, 즉 Liquid-Repeat 방법이, 기존의 방법에, 즉 Solid-Mechanical Method에, 비해 효율이 전반적으로 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

계측 및 분석 결과를 검증하기 위해 Known value인 액체형태 H-3선원의 방사능 농도를 이용하여 검증용 시료를 조제한 후 액체섬광계수기를 이용하여 SQP(E) 및 CPM 값을 측정하였고, 위의 과정을 통해 측정된 결과와 [그림 1]에 제시된 소광보정곡선에 의해 계산된 방사능 농도를 비교 분석하기 위해 [그림 2]에 나타내었다. [그림 2]에서 SQP(E) 값의 유효범위를 벗어난 혼합비 10:10인 시료를 제외하 나머지 결과를 비교 분석해 보면 본 연구에서 제시한 방법으로 측정한 결과 값은 Known value에 비해 3%이내의 오차를 보이는 반면 기존의 방법으로 측정한 결과 값은 약 9~14% 정도의 오차를 보이고 있음을 확인할 수 있는데, 이러한 결과로부터 선원의 형태와 측정방법이 달라짐에 따라 소광현상에 미치는 영향이 크다는 것을 파악할 수 있었다.



[그림 1]. 기존 및 제안된 방법으로 작성된 소광보정곡선의 비교
[그림 2]. 기존 및 제안된 방법에 따른 방사능오차 비교

결론

기존의 계측 및 분석 방법과 본 연구에서 제시한 방법을 적용하여 소광현상에 미치는 영향을 평가한 결과 그 영향이 크게 나타났고, 이로 인해 방사능농도 계산시 오차 또한 크게 나타났기 때문에 환경시료 중에 존재하는 H-3 농도를 비교적 정확하게 평가하기 위해서는 환경시료를 계측 및 분석할 때와 동일한 조건에서 교정을 수행하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 본 연구에서 분석한 변수는 선원의 형태와 측정방법으로 위의 두 변수 외에 소광현상에 영향을 미칠 수 있는 변수가 추가적으로 존재할 수 있기 때문에 이에 대한 정량화를 수행한 후 그 영향을 파악해야 할 것으로 판단된다.

본 연구는 산업자원부의 전력산업연구개발사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

1. "1220 Quantulus Liquid Scintillation Counter, Instrument Manual", Wallac Company, September, 1995.
2. 한상준, 황정래, 전인섭, 하충기, 김대원, 김용대, "외부표준선원법을 이용한 소광보정시 SQP(E)에 영향을 미치는 변수에 대한 연구", KARP 춘계학술발표회 논문요약집, pp 156~157 (2006)
3. 박용섭, 황정래, 전인섭, 하충기, 김대원, 정병희, "액체섬광계수기를 이용한 H-3 분석시 선원의 형태가 소광보정에 미치는 영향의 평가", KARP 춘계학술발표회 논문요약집, pp 50~51 (2006)