

기체유출물의 ¹⁴C 분석을 위한 소광보정 방법 비교 평가

박경록, 이정진, 양호연

한국수력원자력(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1

krpark@khnp.co.kr

1. 서론

원전에서 방출되는 기체유출물 중에 ¹⁴C 방사능 포집용액으로 2M NaOH를 사용하고 있으며 이를 측정하기 위해 직접흡수법(Direct Absorption Method, 이하 DAM)과 직접혼합법(Direct Mixing Method, 이하 DMM)의 전처리 방법을 사용한다. DAM은 시료를 전처리하여 분말형태로 만든 후 산을 떨어뜨려 CO₂를 발생시키고 이를 CO₂ 흡수제(Carbosorb)에 흡수시킨 후 섬광체(Permarflour)와 혼합하여 측정하는 방법이며 DMM은 포집용액(NaOH)과 섬광체(Hionic)를 직접 혼합하여 액체섬광계수기(LSC)로 측정한다. LSC를 이용한 측정에는 시료에서 방출되는 광자의 에너지가 줄어드는 소광현상이 보정되어야 한다. 일반적으로 미지시료의 소광현상을 보상하는 방법으로는 내부표준법(Internal Standard Method)인 표준선원대비법과 외부표준법(External Standard Method)이 있다. DAM과 DMM 2가지 방법에 대하여 각각 내부표준법과 외부표준법을 이용하여 소광보정을 하고 임의의 시료에 대해 다시 측정한 결과 두 방법 모두 10%이내의 측정 오차를 보이고 있다. DMM 방법의 경우 스웨덴 PWR 발전소인 Ringhals 원전에서 사용하고 있는 방법이다. 본 논문에서는 DAM방법과 DMM방법을 사용할 때 각각의 내부표준법과 외부표준법을 이용한 소광보정에 대한 유효성을 평가하였다.

2. 실험 및 결과

DAM 방법을 사용할 경우에는 CaCO₃ 형태의 분말에 질산을 가하여 발생된 CO₂를 흡수제(Carborsob)에 흡수시키고 섬광체(Permarflour)와 혼합하여 액체섬광계수기로 측정한다. 이때 소광현상 보정을 위해 표준선원으로 옥살산 4990C를 사용한 내부표준법으로, ¹⁴C-톨루엔 선원을 사용한 외부표준법으로 소광곡선을 구하였다. ¹⁴C-톨루엔을 사용할 경우에는 7개의 Vial을 준비하여 CO₂흡수제와 섬광체를 1:1로 혼합하고 각각의 Vial에 천연대리석을 이용하여 CO₂의 양을 다르게 흡수시킨 후 소광곡선을 작성하였다(그림 1)

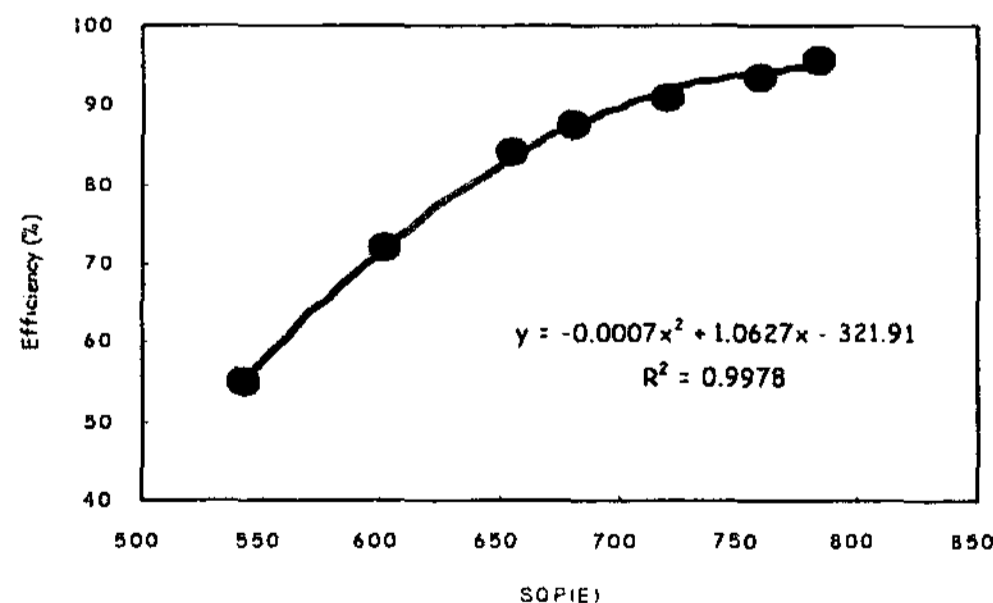


그림 1 ¹⁴C-toluene 소광곡선

DMM 방법의 경우에는 내부표준법을 위한 표준선원으로는 Wallac standard Kit(1210-123), 섬광체로는 Hionic-fluor(Perkinelmer), 외부표준법에는 ¹⁴C quenched set(10개, Perkinelmer)를 사용하여 소광곡선을 작성(그림 2)한 후 임의의 동일시료에 대해 각각의 보정방법에 따라 측정한 후 결과를 비교하였다.

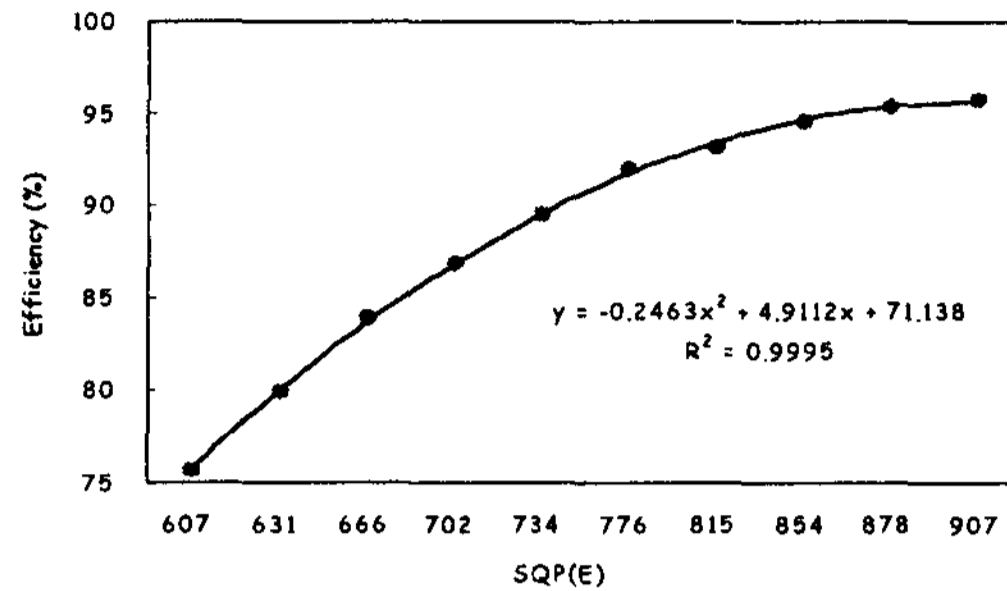


그림 2 ¹⁴C quenched set 소광곡선

DAM/DMM 각각의 경우 내부표준법과 외부표준법으로 측정된 결과는 다음 표 1, 2와 같다. DAM의 경우에는 임의시료 7개씩 측정된 결과의 오차는 약 6%~9% 범위에 있으며, DMM 방법의 경우에는 2% ~ 3%의 오차를 보이고 있어 각각의 전처리법에 따른 소광보정법이 유효함을 알 수 있다.

표 1. DAM의 보정방법에 따른 결과비교

No.	4990C (dpm)	¹⁴ C-toluene (dpm)	비교 (%)
1	3107.48	3405.80	91.24
2	5065.68	5455.30	92.86
3	8494.52	9158.80	92.75
4	80570.40	86432.80	93.22
5	9427.07	10263.40	91.85
6	8686.95	9467.00	91.76
7	1097108.75	1165923.00	94.10
AVG.	-	-	91.14

표 2. DMM의 보정방법에 따른 결과비교

No.	standard Kit (dpm)	¹⁴ C quenched set (dpm)	비교 (%)
1	171672.5	168576.6	101.8
2	17412.2	16927.1	102.9
3	167066.2	163041.8	102.5
4	513395.1	500904.7	102.5
5	216489.8	211912.3	102.2
6	9631.9	9324.1	103.3
7	28760.4	28186.5	102.0
AVG.	-	-	102.5

내부표준법은 계측시료와 동일한 조성으로 공시료 및 표준시료를 만들어 3가지 시료를 동시에 측정하는 것으로 계측 후 최적 측정영역을 인위적으로 설정할 수 있어 검출하한치가 낮다는 장점이 있으나 측정할 때마다 표준시료를 매번 만들어야 하는 단점이 있다. 외부표준법은 소광계수와 계측효율간의 상관곡선을 한번 작성하면 매번 표준시료를 만들지 않는다는 장점이 있으나 측정영역이 계측장비에서 결정되어 채널설정이 크게 선택되므로 백그라운드가 높아 내부표준법에 비해 검출하한이 높은 단점이 있다. 따라서 내부표준법은 방사능농도가 매우 낮고 높은 분석정밀도를 요구하는 경우에 적절하며 방사능농도가 높고 빈번한 분석의 경우 외부표준법이 적절한 것으로 판단된다.

3. 결론

¹⁴C 방사능을 측정함에 있어 소광보정을 위한 방법은 내부표준법과 외부표준법을 모두 적용할 수 있으나 어떤 방법을 선택할 것인지는 분석시료의 측정주기, 대상시료의 농도, 요구되는 정밀도 등을 고려하여 선택하면 될 것으로 보인다. DAM의 경우에는 소광곡선을 사용하면 표준선원과 시료의 조성 불일치에 따른 오차를 줄일 수 있을 것이며, DMM의 경우 이미 상용화된 표준선원 Set을 이용하면 직접표준선원을 조제하여 사용하는 불편함을 경감시킬 수 있을 것으로 판단한다.

참고문헌

1. Jock Thomson, "Use and Preparation of Quench Curves" PerkinElmer Life Sciences, Inc