

## 방사성폐기물 드럼 핵종분석에서 감마선 감쇄보정 방법들의 비교 평가

지영용, 유영걸, 락경길, 김기홍

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

yyji@kaeri.re.kr

적절한 교정표준의 사용과 드럼 내에서 방출되는 감마선의 감쇄보정은 감마선 비파괴분석에서 중요할 뿐만 아니라 아주 밀접한 관계에 있다. 일반적으로 교정표준에는 에너지 및 선원 위치의 함수로서 검출기 효율과 측정선원에 대한 감마선 방출율, 계측위치에서의 기하학적 효율 그리고 측정 샘플의 크기 및 형태로 나눌 수 있다. 실제 감마선 측정에 있어서는 측정하고자하는 샘플과 유사한 크기 및 형태의 표준선원을 제작하여, 이 표준선원의 계측으로부터 측정 장비의 교정이 이루어지며, 이를 토대로 측정하고자하는 샘플을 교정지점에 위치시켜 방출되는 감마선을 측정한다. 그러나 측정하고자하는 샘플의 크기가 커지게 되면 샘플로부터 방출된 감마선의 측정값은 실제 샘플에 존재하는 핵종의 양에 비례하지 않는다. 이는 거대해진 샘플에 의한 감마선 감쇄가 주원인이며 따라서 정확한 분석을 위해서는 감마선 감쇄에 대한 보정이 반드시 이루어져야 한다.

실제 방사성 폐기물 드럼 내의 핵종을 분석하기 위해서는 동일 규격의 빈 드럼 중앙에 표준선원을 위치시켜, 이 표준선원의 계측으로부터 측정 시스템을 교정하게 된다. 그 후 실제 드럼을 교정된 지점에 위치시켜 감마선 계측을 하게 되며 그 측정값에 대해 감마선 감쇄 보정을 수행하여 최종적으로 드럼 내 핵종의 양을 결정하게 된다.

폐기물 드럼 분석 시스템에서 널리 이용되는 감마선 감쇄보정 방법에는 전송선원 보정방법(transmission source correction), 미분 피크 보정방법(differential peak correction) 그리고 평균밀도 보정방법(average density correction) 등의 3 종류가 있다. 전송선원 보정방법은 드럼 외부에 전송선원을 장착하여 전송선원의 세기가 드럼 매질에 의해 얼마나 감쇄되는가를 측정하여 드럼 내 매질의 밀도를 구하며 이것으로부터 감쇄보정인자를 결정하는 방법이다. 이때 빈 드럼에 대한 전송선원의 감쇄정도를 먼저 측정하여 전송선원의 초기 세기( $I_0$ )를 결정해 놓아야 한다. 그리고 두 개의 감마선 피크를 가지는 핵종이 드럼 내에 존재하는 경우, 이들 두 피크의 상대적인 감쇄정도를 이용하여 드럼 내 매질의 밀도를 얻을 수 있으며, 이를 이용하는 방법이 미분 피크 보정방법이다. 이 또한 감쇄되지 않은 두 피크의 초기 세기를 알고 있어야 하며, 이는 측정 시스템 교정과 같은 조건에서 빈 드럼 내 존재하는 표준선원 중,  $^{60}\text{Co}$  핵종의 두 감마선 피크 계수율을 측정하여 이를 각 피크의 초기 세기( $I_0$ )로 사용한다. 마지막으로 평균밀도 보정방법은 일정 부피의 드럼 내 매질의 무게를 측정하여 이로부터 매질의 평균밀도를 구하는 간단한 방법이다.

드럼 내 핵종의 분석을 위하여 본 실험에서는 밀도가 다른 두 개의 모델드럼을 이용하였으며, 드럼의 중앙에 표준선원을 위치시킨 후, 측정 시스템의 교정지점에 측정하고자하는 드럼을 장착하였다. 먼저 드럼으로부터 나오는 감마선을 계측하였으며, 감쇄보정이 되지 않은 이 측정값에 3 종류의 감마선 감쇄보정을 각각 실행하여 그 결과를 빈 드럼에서 측정된 값과 비교해 보았다. 그 결

과를 그림 1, 2에 나타냈으며, 밀도가 낮은 콜크(cork)드럼(0.2516 g/cm<sup>3</sup>)의 경우 낮은 에너지를 제외하고서 평균밀도 보정방법이 대체적으로 좋은 결과를 보였고, 밀도가 높은 모래드럼(1.3480 g/cm<sup>3</sup>)의 경우는 전송선원 보정방법이 좋은 결과를 보였다.

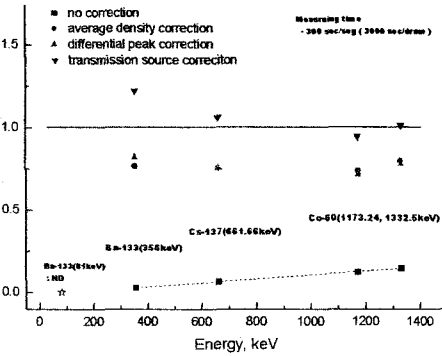
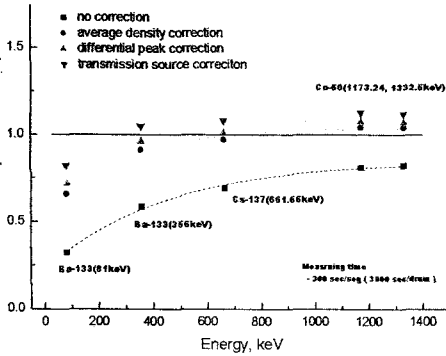


그림 1. 콜크드럼에서 분석된 핵종별 방사능과 빈 드럼에서 분석된 방사능의 비

그림 2. 모래드럼에서 분석된 핵종별 방사능과 빈 드럼에서 분석된 방사능의 비

그림 1, 2에서 보듯이 낮은 에너지 영역에서 감쇄가 크게 나타났으며, 특히 모래드럼의 경우 <sup>133</sup>Ba의 81 keV 감마선 피크는 높은 밀도에 의한 산란으로 드럼 외부로 빠져나오지 못해 검출되지 않았다. 그로 인해 <sup>133</sup>Ba의 356 keV 피크로만 분석이 이루어져 전송선원 보정방법을 이용한 최종 핵종분석 시, 과대평가로 인해 오차가 크게 나타났다(표 1). 콜크드럼의 경우, <sup>133</sup>Ba의 81 keV 감마선 피크는 검출되었으며 356 keV 피크와의 가중 평균을 통하여 핵종의 양을 계산한 결과 평균밀도 보정방법보다 전송선원 보정방법이 좋은 결과를 보였다.

표 1. 모델드럼을 내의 핵종 분석 결과

	측정값 / 실제값		
	Ba-133	Cs-137	Co-60
콜크드럼 (평균밀도 보정)	0.851	0.840	1.048
모래드럼 (전송선원 보정)	1.316	0.943	1.033