

## NPL 교차분석시료에서의 동시합성효과에 대한 평가

이완로, 박두원, 정근호, 김희령, 조영현, 강문자, 최상도, 곽승임, 곽지연, 최근식, 이창우  
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045  
 petor@kaeri.re.kr

### 1. 서론

감마분광분석기를 이용한 감마방출핵종 분석시 동시합성효과를 고려해야 할 경우가 종종 생긴다. 동시합성효과는 크게 두 종류가 있는데 하나는 random 동시합성효과이고 다른 하나는 true 동시합성효과이다. Random 동시합성효과는 여러 핵종에서 방출된 두 개 또는 그 이상의 에너지가 검출기 분해시간 이내에 동시에 흡수되어 합해진 에너지에서 측정되는 것으로 주로 count rate에 영향을 받는다. 또 다른 하나는 한 핵종에서 연속적으로 두 개 또는 그 이상의 에너지가 방출될 때 일어나는 것이 true 동시합성효과이다. True 동시합성효과는 count rate와 상관없이 검출기와 기하학적인 절대효율에 매우 민감하고, 특히 well 형태의 검출기에서는 반드시 고려해야 한다. 이런 동시합성으로 인하여 나타나는 현상은 원래의 peak에서 count수가 감소하는 현상뿐만 아니라 summing 효과로 다른 에너지에서 peak 관찰되는 효과가 있다. 이런 효과에 대한 연구는 지속적으로 연구자들에 의해서 토론되었으며, ANSI N42.14에서 자세히 설명되었다[1, 2]. 본 연구에서는 NPL 교차분석에 참여한 경험을 토대로 true 동시합성효과에 대해서 평가하였다.

### 2. 실험 및 결과

그림 1에서는 2007년도 NPL(National Physical Laboratory)에서 주관한 교차분석시료 중 동시합성효과를 고려해야 하는 대표적인 핵종인 Cs-134에 대한 붕괴도를 개략적으로 보여주고 있다. Cs-134는 베타붕괴를 하여 Ba-134로 변환되는데 이때 여러 방사선이 방출된다. 이 중에서 true 동시합성에 많은 영향을 주는 것은 604.71 keV와 795.85 keV이다. 이는 검출기 분해능 이내인 6 ps내에서 동시에 방출되고 방출률도 매우 높기 때문에 두 에너지의 합인 1400.56 keV영역에서 동시합성 peak가 측정된다. 이때 동시합성효과를 고려하지 않고 604.71 keV와 795.85 keV를 이용한 Cs-134 방사능은 실제 값보다 낮을 수 있다.

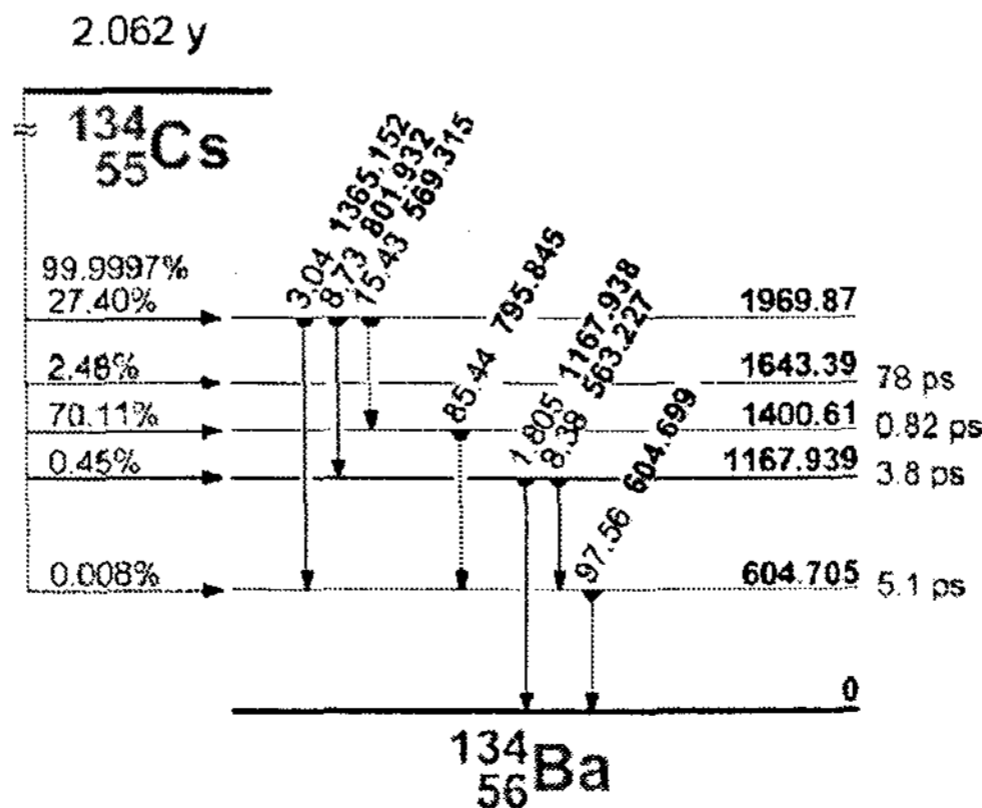


Fig 1. Decay drawing of Cs-134

2007년도 NPL 교차분석 시료에서는 Cs-134핵종이외에 동시합성효과를 고려해야 하는 Ba-133 핵종이 포함되어 있었다. 동시합성효과를 고려하는 방법은 두 에너지의 합에서 나타난 peak가 정규 분포를 이루고 충분히 클 때, 동시합성 peak비율 만큼 원래의 에너지에 보상해주는 방법을 이용하였다.

그림 2에서는 NPL시료에 포함된 핵종 중에서 Ba-133, Cs-134에 대해서 동시합성을 고려하지 않았을 경우와 고려했을 경우를 주어진 값과 비교한 결과를 보여주고 있다. 그림에서 보면 Cs-134 및 Ba-133의 경우는 고려하지 않았을 경우 거의 20%의 상대차이를 보이고 있다. 이는 교차분석에서 outlier로 처리될 수 있는 값이며, 동시합성 효과를 고려할 경우 주어진 값에 5% 이내로 좋은 결과를 얻었다.

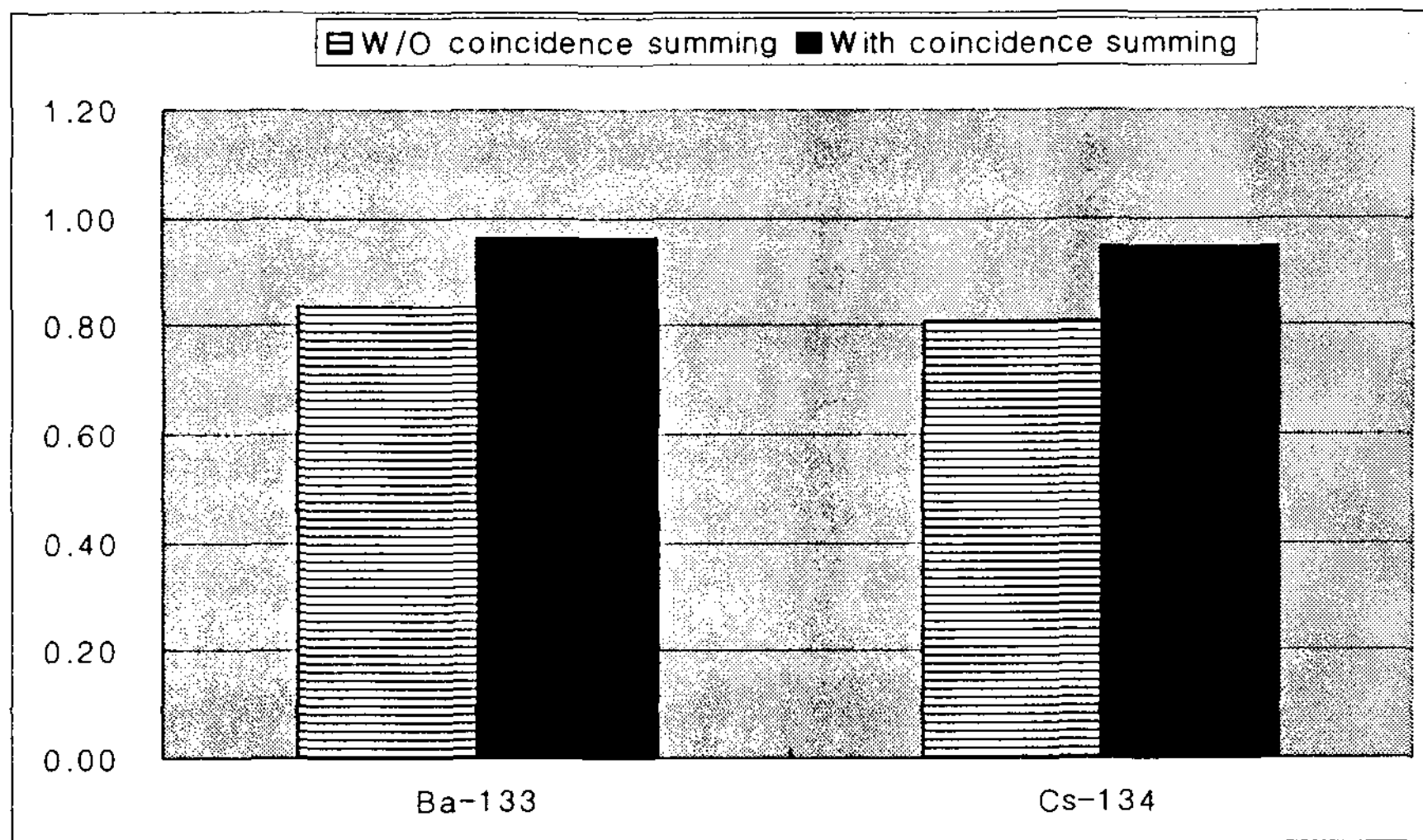


Fig 2. Ratio of measured activity to stated activity for without and with coincidence summing effect

### 3. 결론

감마분광분석기를 이용하여 감마방출핵종을 분석할 때 true 동시합성효과를 고려해야 하는 핵종에 대해서 그 효과를 고려하지 않았을 경우에 실제 제시된 값과 비교하여 많은 차이점이 보일 수 있기 때문에 반드시 고려해야 함을 알 수 있었다. 또한 본 연구에서는 소스와 검출기의 거리 및 기하적인 형태와 상관없이 간단히 true 동시합성효과를 고려하는 방법을 제시하여 실제 환경분석자들에게 도움이 될 수 있을 것이다.

### 참고문헌

- [1] ANSI N42-14, "Calibration and Use of Germanium Detectors for the Measurement of Gamma-Ray Emission Rates of Radionuclides".1999.
- [2] Menno Blaauw, "The Use of Sources Emitting Gamma-rays for Determination of Absolute Efficiency Curves of highly Efficient Ge Detectors", NIM A32, pp.483-500, 1993