

## クローバー検出器の add-back 測定におけるコインシデンスサム補正

Coincidence summing correction for add-back measurement by using clover detector

\*山下 貴大<sup>1</sup>, 小島 康明<sup>2</sup>, 柴田 理尋<sup>2</sup>

<sup>1</sup>名大院・工, <sup>2</sup>名大・RIC

高効率であるクローバー検出器の add-back 測定はコインシデンスサム効果が著しく大きい。この条件で、複雑な崩壊図式である核種を測定し、検出効率と $\gamma$ 線強度の補正が可能であることを明らかにした。

**キーワード:** 検出効率 コインシデンスサム効果 クローバー検出器 モンテカルロシミュレーション

**1. 緒言** 加速器や原子炉で生成される核種には半減期が 10s 以下で収率が極めて小さい核種が存在する。 $\gamma$ 線測定のマシタイムには制約があり、高効率検出器の使用が必要になるが、その反面大きなコインシデンスサム効果が生じる。従って、 $\gamma$ 線強度の決定には、コインシデンスサム補正を適切に行う必要がある。本研究では高効率なクローバー検出器で崩壊図式が複雑な標準線源を add-back 測定し、検出効率と $\gamma$ 線強度のコインシデンスサム補正が適切に行えるか検証した。

**2. 実験・計算** クローバー検出器は 4 つの Ge 結晶と貫通孔を有し、貫通孔中心では立体角が 98% である。add-back 測定は、結晶間のコンプトン散乱線を同時事象と見なしそれらのエネルギーを足し合わせることで効率が高い。その反面カスケード $\gamma$ 線を放出する核種では、コインシデンスサムの影響が大きく、実測のピークカウントよりも補正量の方が大きくなる。まず、単色線源  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{54}\text{Mn}$  と、単純なカスケード関係を持つ  $^{139}\text{Ce}$ ,  $^{88}\text{Y}$ ,  $^{60}\text{Co}$  を貫通孔中心で測定して、ピーク効率と全効率を実験的に決定し、この実験値をモンテカルロシミュレーションコード Geant4 で再現した。次に、崩壊図式が複雑な  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{152,154}\text{Eu}$  を測定し、自作のモンテカルロ計算プログラム[1]を用いてコインシデンスサム補正をした。補正では核種の $\gamma$ 線強度、 $\beta$ 線分岐比、内部転換係数、準位図式などの核データと、実験値から決めたピーク効率と全効率を用いた。更に $^{134}\text{Cs}$ を $\gamma$ 線強度と $\beta$ 線分岐比が未知である核種と想定し、add-back スペクトルのピークカウントを初期値として繰り返し補正を行い、 $\gamma$ 線強度の決定精度を評価した。

**3. 結果・評価** 図 1 の実線と点線は、単色線源の測定による実験値を Geant4 で $\pm 2\%$ の精度で再現したピーク効率と全効率曲線である。この効率を用いて  $^{134}\text{Cs}$  の実験点●を補正した

結果が○である。実験値はコインシデンスサムによって 1 桁程度小さいが、補正を行うことで、ピーク効率曲線と $\pm 5\%$ の精度で一致した。図 2 は  $^{134}\text{Cs}$  の測定値に対してコインシデンスサム補正を繰り返し適用して得られた収束値と文献値の比較である。コインシデンスサムにより初期値と文献値は大きく異なるが、補正により $\gamma$ 線強度は 9 本の $\gamma$ 線の内、8 本が $\pm 10\%$ の精度で文献値と一致した。

**4. 結論** 全立体角の add-back 測定において、ピーク効率と全効率を $\pm 2\%$ で決定すれば $\pm 5\%$ の精度でコインシデンスサムを補正できる。また、 $\gamma$ 線強度の補正は崩壊図式が複雑でない場合は $\pm 10\%$ の精度で補正できると予想される。今後、崩壊図式が複雑である  $^{152,154}\text{Eu}$  に適用し、検証する。

**参考文献**[1] Y. Shima, *et al.*, Applied Radiation and Isotopes 91(2014)97-103.

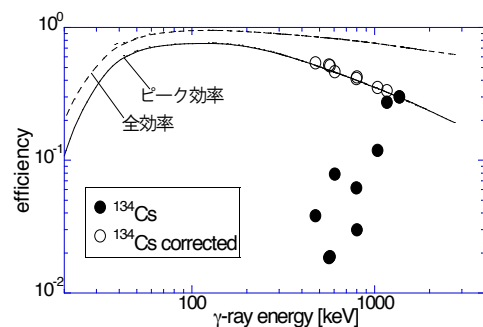


図 1 add-back モードのピーク効率と全効率。 $^{134}\text{Cs}$  の●が補正前で○が補正後。

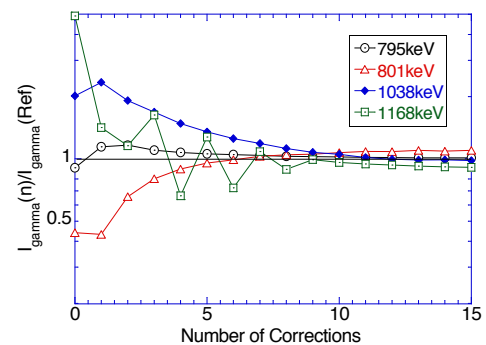


図 2  $^{134}\text{Cs}$  の相対 $\gamma$ 線放出率の繰り返し補正結果。補正の、605keV の $\gamma$ 線に対する相対放出率の補正値と文献値の比。

\*Takahiro Yamashita<sup>1</sup>, Yasuaki Kojima<sup>2</sup> and Michihiro Shibata<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Engineering, Nagoya University, <sup>2</sup> Radioisotope Research Center, Nagoya University