

Anticoincidence 法を用いた Ge 検出器のバックグラウンド低減

古澤優太, 浜島靖典, 小村和久

〒923-1224 石川県能美市和気町 金沢大学環日本海域環境研究センターLLRL

Y. Furusawa, Y. Hamajima, and K. Komura

Background reduction for analysis of low level environmental radionuclides using an anticoincidence method

【はじめに】 Ge 検出器による γ 線測定において、微弱な放射能を精度良く測定するには、スペクトルに表れるバックグラウンド(BG)を減らすことが必要である。BG の原因には、主に環境中の放射性核種によるもの、検出器自身に含まれる放射性核種によるもの、二次宇宙線(μ 粒子)によるものがある。この内宇宙線を低減させる方法は、地下に検出器を設置する方法、プラスチックシンチレーター(PS)を設置し PS と Ge 検出器の信号が同時に発生したものを除く方法(Anticoincidence 法)がある。これまで用いられてきた Anticoincidence 法では、厚い PS(通常、50 mm 厚)を遮蔽外部に設置しているために環境中の γ 線も検出する。このため偶然 Coincidence を起こし、被測定試料中の γ 線を数え落とす確率が高く、更なる改良が必要である。

本研究では、 μ 粒子の波高は検出されるしきい値以上となり、 γ 線の波高はしきい値以下となるように厚さ 3 mm の PS を使用した。また遮蔽内側に PS を設置することで、 γ 線の影響をさらに低減させるようにした。これにより、地上の検出器でも μ 粒子に由来する BG を 1 桁低減できる新しい γ 線測定システムの開発を試みた。

【実験】 180 mm \times 200 mm \times 3 mm の PS (KURARAY 製, SCSN-81) の周囲に深さ 2mm, 幅 1mm の溝を掘り、波長変換光ファイバー(BICRON 製, BCF-91A)を挿入した。同形のものを 5 枚作製し、遮光フィルムで全面を覆った。出力となる 5 本の光ファイバーを一本の光電子増倍管(浜松フォトニクス製, H3165-10 ; 以下 PMT)に接続した。PS は Ge 検出器(Ortec 社製, 463cc, 相対効率 90%)の上面と側面に設置した。その側面は厚さ 10 cm Pb, 20cm Fe, 上面は 2 cm Pb, 20 cm Fe で遮蔽をした(Fig. 1)。PS は宇宙線を模擬した ^{90}Sr を用いて、相対検出効率を測定した。

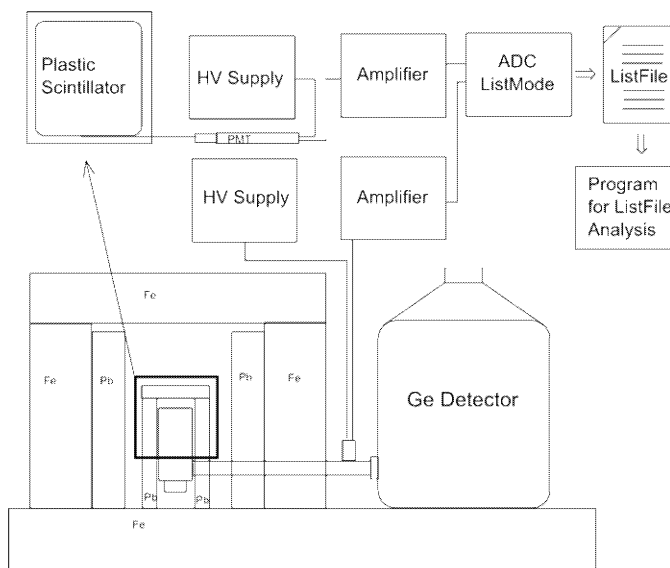


Fig.1 Schematic diagram of a Ge spectrometer.

Ge 検出器及び PS の信号は増幅器を通し ADC に入力した。ADC は入力信号の波高と検出された時刻を ListFile として記録する。この ListFile を解析するために、ソフトウェアを今回新たに作成した。このソフトウェアで、Ge 検出器と PS との信号の Coincidence を取った。Ge 検出器のスペクトルから PS との Coincidence スペクトルを差し引くことで宇宙線由来の BG を除いたスペクトルを得た。

【結果】

適切な Coincidence 時間幅の決定

Ge 検出器と PMT の信号が相対的に何 μ 秒の時間差で検出されるかをプロットした。(Fig. 2) この結果, -14μ 秒と -9μ 秒に二本のピークを観測した. 偶然 Coincidence して除かれるパルスを極力少なくするため, Coincidence の時間幅は Ge のパルスが検出される時間を基準として -20μ 秒 \sim 0μ 秒と決定した.

試料測定における Anticoincidence 法の適用

Ra 試料を測定. 70 keV-4 MeV までの BG 計数率は 138.0 cpm であった. PMT の計数率は 1411 cpm であった. このうち PS と Coincidence して除かれたものは 57.2 cpm であり, BG を 41.5% 低減させることができた.

ピーク別のスペクトルを Fig. 3 に示す. 各ピークの cps は変わらないが, BG を減少させることが出来ている. ^{228}Ac (338 keV, Fig. 3-a) や ^{214}Bi (2204 keV, Fig. 3-e) は BG が減少したためにピークが見えるようになった. ^{40}K , ^{208}Tl のピークも S/N 比が向上していることがわかる (Fig. 3-d, f). 宇宙線由来の γ 線を含む 511 keV の消滅ピークは 47% 低減することができた (Fig. 3-b).

エネルギーごとの BG 減少率を Table 1 に示す. 3 MeV 以上のエネルギー領域は宇宙線のみとなるが, 減少率は最大 53.2% であった.

【考察】

全体で 41.5% の BG を下げることに成功し, 3 mm の PS でも Anticoincidence 法を用いて宇宙線由来の BG を下げることが出来ると証明できた. 今後は PMT の遮光を徹底して計数率を下げることで, TAC のピークが二本に分かれている理由の解明, 一つの Ge 検出器の信号に対して PMT の信号が 2-3 μ 秒の間隔をあけて連続入射している現象の解明, 遮蔽とプラスチックシンチレータの配置を最適化し, ほぼ宇宙線起源である 3 MeV 以上の領域での BG 減少率を 100% に近づけることを検討していく.

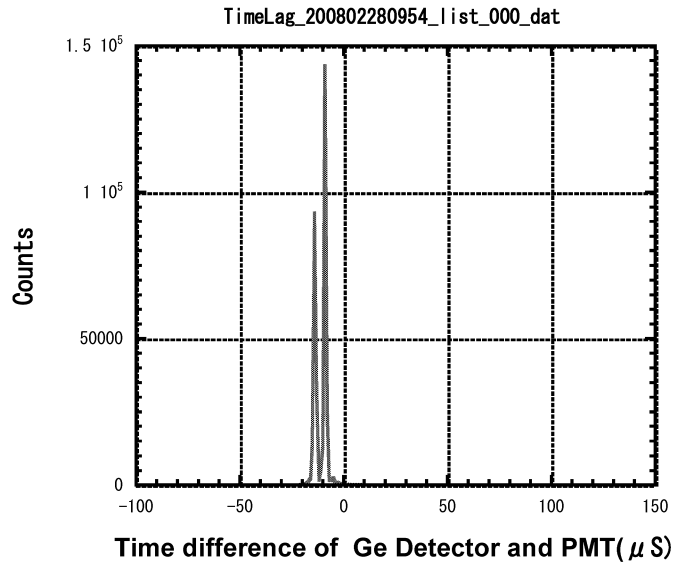


Fig.2 TAC spectrum

Table 1 The background decrease rate of each energy.

Energy (MeV)	0.07 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	> 4
Decrease rate (%)	28.7	43.8	44.2	53.2	50.3

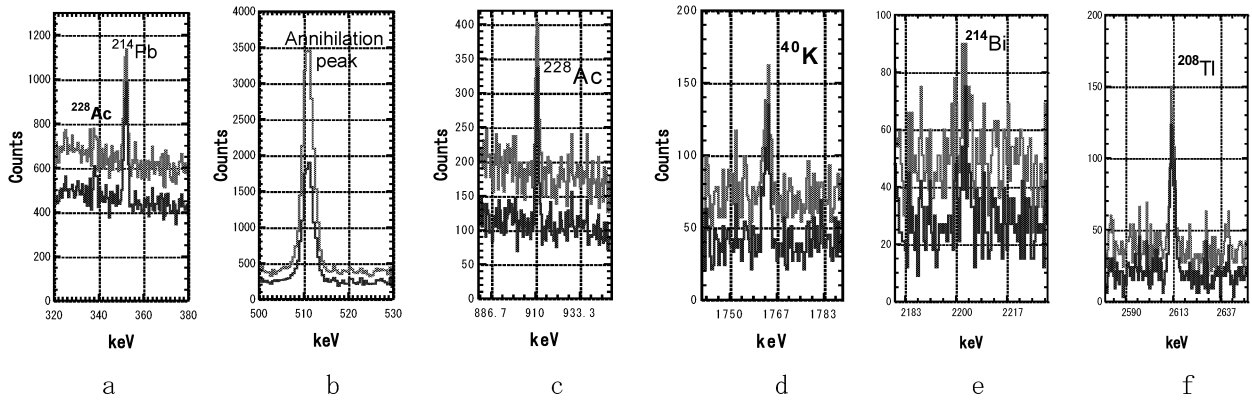


Fig.3 Spectrum of Ra sample.