

1-8 $\alpha/\beta/\gamma$ 線のエネルギースペクトルを弁別して同時に測定 — Phoswich型 $\alpha/\beta/\gamma$ 線検出器を用いた連続モニタリング装置の開発 —

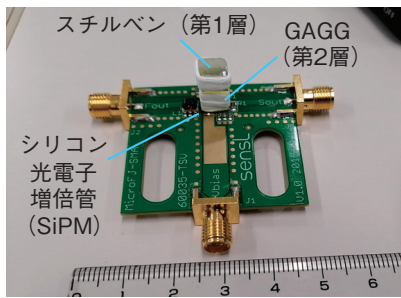


図1-16 開発した Phoswich 型 $\alpha/\beta/\gamma$ 線弁別検出器
第1層は α 線と β 線検出用のスチルベンシンチレータ、第2層は γ 線検出用の GAGG シンチレータで構成されています。また、その下にシリコン光電子増倍管 (SiPM) を配置しています。

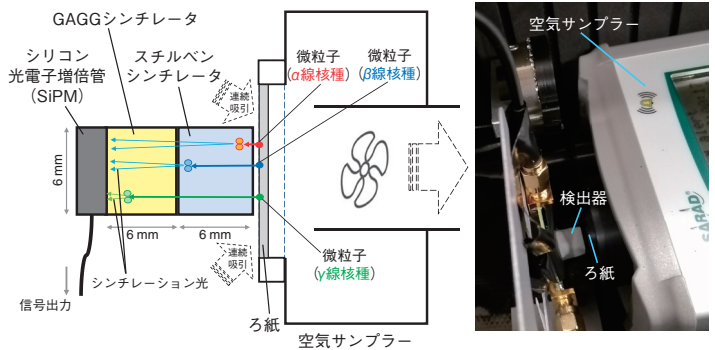


図1-17 開発したポータブル $\alpha/\beta/\gamma$ 線連続空気モニタリング装置
概念図 (左) と写真 (右) を示します。ろ紙に捕集される放射性物質の $\alpha/\beta/\gamma$ 線を Phoswich 型検出器で連続測定ができる装置です。

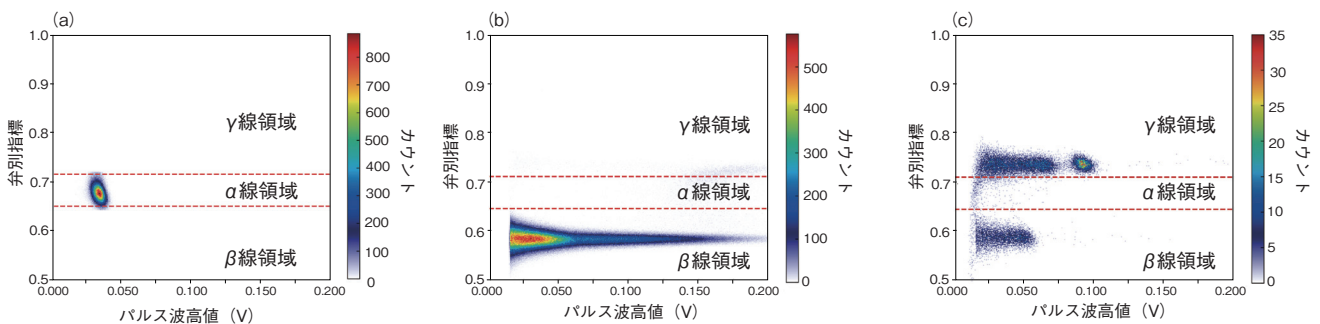


図1-18 PSD 技術による弁別結果

一つの検出器で $\alpha/\beta/\gamma$ 線のエネルギースペクトルを弁別して同時に測定できています。従来は三つの検出器をそれぞれ使い分ける必要がありました。(a) ^{241}Am 線源から放出される α 線、(b) ^{90}Sr - ^{90}Y 線源から放出される β 線、(c) ^{137}Cs 線源から放出される γ 線を示します。 γ 線が第1層目でもエネルギーを付与するため、 β 線領域にも計数が見られます。

東京電力福島第一原子力発電所の廃炉現場では、 α 線、 β 線、 γ 線の放出核種が混在する汚染が存在します。そのため、各放射線を測定する際に、 α 線では ZnS (Ag) シンチレーション検出器、 β 線では GM 計数管、 γ 線では NaI (Tl) シンチレーション検出器が用いられます。このように放射線に対して個別の検出器が必要となるため、未知の放射性物質が混在する汚染環境の測定では時間が掛かります。

そこで、未知の放射性物質を迅速に検出するために、Phoswich 型 $\alpha/\beta/\gamma$ 線弁別検出器を開発しました (図1-16)。また、開発した検出器をポータブル型の空気サンプラーと組み合わせることで、ポータブル $\alpha/\beta/\gamma$ 線連続空気モニタリング装置も開発しました (図1-17)。

検出器は、第1層目にスチルベンシンチレータ (サイズ: 6 mm × 6 mm × 6 mm)、第2層目には1層目と同じサイズの Gd₃(Ga, Al)₅O₁₂ (Ce) (GAGG) シンチレータを備えています。GAGG シンチレータの底面にはシリコン光電子増倍管 (SiPM) を光学的に結合しました。SiPM から出力される電圧信号にパルス波形弁別 (PSD) 技術を適用することにより、 α 線、 β 線、 γ 線を正確に弁別測定することができました (図1-18)。

開発した検出器のエネルギー分解能は、5.5 MeV の α 線に対して $22.1 \pm 0.21\%$ FWHM (半値幅)、0.662 MeV

の γ 線に対して $10.3 \pm 0.18\%$ FWHM でした。また、実測したエネルギースペクトルは同じ測定体系のモンテカルロシミュレーションの計算結果とよく一致しました。

また、ポータブル $\alpha/\beta/\gamma$ 線連続空気モニタリング装置を用いて、 ^{222}Rn (ラドン) 濃度が約 200 Bq/m^3 のコンクリート建物の地下において、 ^{222}Rn 濃度の連続測定を実施しました。その結果、 α 線、 β 線、 γ 線を正確に弁別測定することができ、かつ、 ^{222}Rn 及び ^{220}Rn の子孫核種である ^{212}Bi (6.1 MeV)、 ^{214}Po (7.7 MeV)、 ^{212}Po (8.8 MeV) のそれぞれのピークを検出することに成功しました。

$\alpha/\beta/\gamma$ 線を測定するには、従来は三つの検出器をそれぞれ使い分ける必要があり、連続モニタリング装置への適用に不向きでした。開発したモニタリング装置は、一つの検出器で α 線、 β 線、 γ 線を正確に弁別しエネルギースペクトルを測定できることから、廃止措置の施設や原子力施設等から放出される未知の放射性物質の早期検出に役立てることができそうです。

本研究は、日本学術振興会科学研究費若手研究 (JP19K15482) 「 γ 線バックグラウンド下で動作可能な遠隔 α 線空気モニタリング装置の開発」の支援を一部利用して実施されました。

(森下 祐樹)

●参考文献

Morishita, Y., Development of a Portable Alpha-Beta-Gamma Radioactive Material Continuous Air-Monitoring System, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, vol.1027, 2022, 166258, 7p.