ポータブル宇宙線測定装置の中性子に対する応答特性評価

Evaluation of the Response Characteristics for Neutrons of a Portable Cosmic-Ray Monitor

保田　浩志[1)]　矢島　千秋[1)]　堤　正博[2)]　谷村　嘉彦[2)]

Hiroshi YASUDA　Kazuaki YAJIMA　Masahiro TSUTSUMI　Yoshihiko TANIMURA

[1)]放射線医学総合研究所　[2)]原子力機構

航空機や宇宙船内での携行使用を想定したポータブル宇宙線測定装置の開発を進めている。初期に製作したスチルベンとプラスチックシンチレータから構成されるフォスウィッチ検出部は、中性子、陽子、Heイオンに対する粒子弁別能を有することが確認されたが、一方で、特に高エネルギー重荷電粒子に対して大きな角度依存性が現れることも判明したため、その対応策としてプラスチックシンチレータを薄くした改良型検出部を製作した。本実験では、放射線標準施設で供される 14.8 MeV 単色中性子線を改良型検出部に照射し応答特性試験を行った。結果、14.8 MeV 中性子に対する応答には顕著な角度依存性は現れなかった。また、中性子線と混在していたγ線からの信号をある程度弁別することができた。

キーワード：宇宙線、中性子、フォスウィッチ検出器、航空機

１．目的

我々のチームでは、宇宙飛行士や航空機乗務員が受ける宇宙線被ばく線量評価のため、航空機や宇宙船内等の限定的な空間において高エネルギーの中性子や陽子及びミュー粒子を高精度で測定することが可能なポータブル宇宙線測定装置の開発に取り組んでいる。先ず、ポータブル宇宙線測定装置のプローブとして最初に製作したスチルベンとプラスチックシンチレータから構成される小型のフォスウィッチ検出部の性能評価を行ってきたが（一部を平成 21 年度施設共用利用課題として実施）、高高度の宇宙線被ばくで重要となる中性子、陽子、He イオンに対する粒子弁別能を有することが確認された一方、応答に大きな角度依存性が見られることが判った。大きな角度依存性は、宇宙や高高度環境のように様々な方向から粒子が飛来する放射線場において本測定装置を使用する際に問題となる。その対応策として初期に製作した検出部と基本設計は同じでプラスチックシンチレータを薄くした改良型小型フォスウィッチ検出部を新たに製作した。この改良型検出部に対する応答特性試験は、原子力機構平成 21 年度施設共用利用課題として実施した高崎量子応用研究所・TIARA における 78MeV 中性子実験をはじめ他の加速器施設を利用して陽子ビーム、He イオンビーム実験を一部実施してきたが、低エネルギー側の中性子エネルギー点の応答特性データがまだ不足している。そのため、本実験では、放射線標準施設で供される 14.8 MeV 単色中性子線に対する改良型小型フォスウィッチ検出部の応答特性を評価することを目的としている。

２．方法

開発を進めているポータブル宇宙線測定装置は、検出部、光電子増倍管用小型高圧電源、独自に設計した AD 変換出力機能を持つデータロガー、ノート PC 及びリチウムイオンバッテリーを布製ケースで一体化した携行可能な測定システムである。検出部は、発光時間の短いスチルベンの円筒形結晶シンチレータ（減衰時間 3.5ns、φ50mm×50mm）を発光時間の長いプラスチックシンチレータ（減衰時間 320ns）で覆ったシンチレータ部に 2 インチ光電子増倍管を接続し、全体をアルミニウムでハウジングした小型のフォスウィッチ検出器である。初期に製作した検出部（初期型検出部）はプラスチックシンチレータ厚が 15mm であり、改良型検出部は 5mm である。検出部からの出力信号はデータロガーにより-20～400ns の範囲で 2ns 間隔のデジタル波形データに変換され、ノート PC に保存される。ノート PC には独自に製作した測定制御・データ解析ソフトウェアがインストールされている。データ解析ソフトウェアを用いて信号波形のピークを含む早い蛍光成分と遅い蛍光成分をそれぞれ積分し、それらの比率から粒子弁別解析を行う。

実験は、放射線標準施設 FRS の加速器中性子照射設備から得られるエネルギー14.8MeV の準単色中性子ビームを用いて行った。中性子フルエンスはポータブル宇宙線測定装置での計数率で 200～300cps となるように、また照射面積は検出器位置でφ25cm 以上となるように調整した。改良型検出部に 14.8MeV 中性子ビームを照射し、検出部から出力する信号をデータロガーを介してデジタル信号波形データとして取得した。応答の角度依存性を調べるため、検出部円筒形底面に向かって垂直な方向を 0°入射とし、45°、

90°、180°の入射角について測定を行った。また、参照用のデータを取得するために、初期型検出部とφ5インチの大型シンチレーション検出器による測定も行った。

３．研究成果

Figure 1は改良型検出部に14.8 MeV中性子ビームが0°入射した場合の信号について、横軸に発光ピークを含む早い蛍光成分（トリガ時点を0とした-20～50ns）の信号波形積分値、縦軸に遅い蛍光成分（100～200ns）の信号波形積分値をとってプロットした散布図（粒子弁別図）である。細長く分布密度が高くなっている領域が2つあり、上側が中性子による信号、下側がγ線による信号にあたる。データロガーにおけるディスクリにより低波高信号が排除されていることを考慮する必要はあるが、中性子とγ線からの信号をある程度弁別できたと言える。45°、90°、180°入射についてプロットした散布図（表示なし）の間に大差は見られず、顕著な角度依存性は現れなかった。

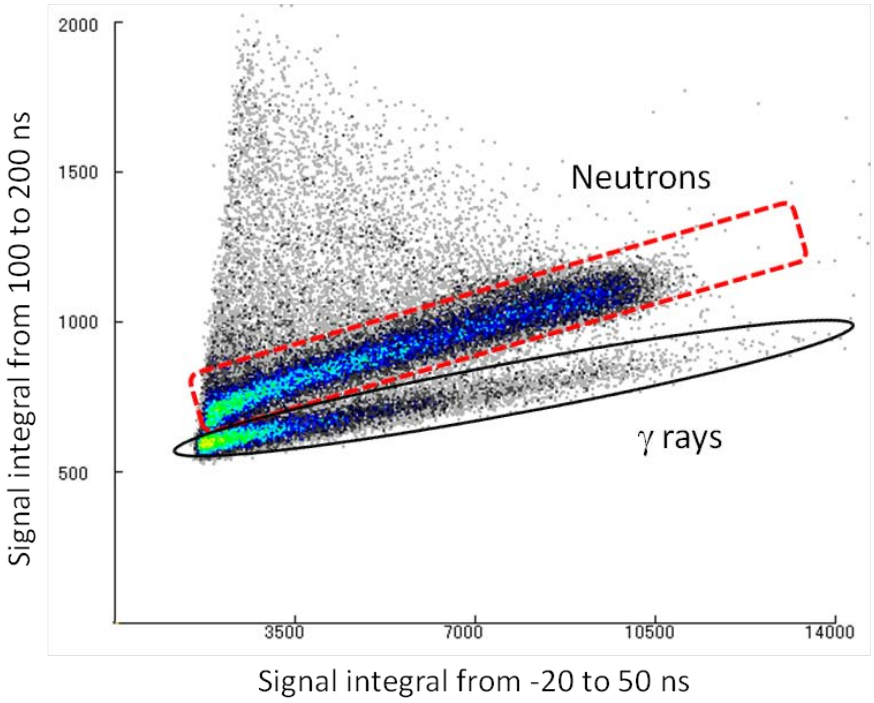

Fig. 1　14.8 MeV中性子ビームが改良型検出部に0°入射した場合の粒子弁別図；横軸は発光ピークを含む早い蛍光成分（トリガ時点を0とした-20～50ns）の信号波形積分値、縦軸は遅い蛍光成分（100～200ns）の信号波形積分値.

４．結論・考察

14.8 MeV中性子に対する改良型検出部の応答には顕著な角度依存性は現れなかった。高崎量子応用研究所TIARAにおいて78MeV中性子を用いた実験においても同様の結果が得られていることから、このエネルギー範囲の中性子に対して角度依存性は軽微な問題であると考えている。しかしながら、他の加速器施設を利用した実験から、陽子、He イオンといった重荷電粒子に対しては、改良型検出部においても一定の角度依存性が現れることは既に判明している。今後は、さらに広いエネルギー範囲で重荷電粒子に対する改良型検出部の応答特性データを取得・集積して考察を進めるとともに、実際の使用時に検出部の方向を固定する等の対応策についても検討する予定である。

５．引用(参照)文献等

1) Hiroshi Yasuda, Kazuaki Yajima, et al., Development of Cosmic Radiation and Energetic Particle Analysing System :CREPAS, Progress in NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY 1 (2011) 356-359.
2) 保田浩志, 矢島千秋, 高田真志, 佐藤達彦, 中村尚司, 福田光宏, 五家建男, 石岡憲昭, 宇宙探査用放射線サーベイメータの開発研究, Space Util. Res. 27 (2011) 103-104.