

## 簡易測定器による環境放射線測定

## Environmental Radiation Measurements by using Commercial Devices

飯野直子, 金柿主税

IINO, Naoko, KANAGAKI, Chikara

熊本大学, 熊本支援学校

Kumamoto University, Kumamoto Special-needs School

**[要約]** 小学校および中・高等学校理科の教員免許取得予定者を対象に放射線に関するアンケートを行ったところ, 学習機会や知識等が十分ではなく, 放射線を観察・測定した経験もほとんどないことがわかった. 小学校および中・高等学校理科の教員免許取得予定の大学生用の放射線教育素材・教材が必要であると思われた. そこで, 学校現場で利用可能な5機種の簡易測定器を用いて, 熊本県内のモニタリングポスト近傍や, 航空機内, 高速船内の環境放射線を測定した. その結果, 各機器の特徴が明らかになるとともに, 放射線教育で利用可能な素材データを取得することができた.

**[キーワード]** シンチレーション式, GM管式, モニタリングポスト, 航空機, 高速船

## 1. はじめに

小学校教員免許および中学校・高等学校理科教員免許取得予定の学部学生の放射線に関する知識や考え方の実態を調べるために, 放射線に関するアンケート調査を行った. 小学校教員免許取得予定の教育学部学生 (n=98) を対象としたアンケートでは, 放射線等について平和学習等でくりかえし学習している学生がいる一方で, 46%の学生が「経験なし」と回答した. 放射線を観察したり測定したりした経験の有無をたずねたところ, 93%が「経験なし」と回答した. 放射線等に関する学習機会が十分ではないことが示唆された. 福島第一原子力発電所事故以前と直後で放射線等に関する関心に変化したかたずねたところ, 89%の学生は「関心が高まった」と回答したが, 11%は「変化なし」と回答した. その理由は, 「もともと関心がないから」や「身近ではないから」であった. 福島第一原子力発電所事故直後とアンケートを実施した2013年6月現在とで放射線等に関する関心の変化を質問したところ, 先の質問で「関心が高まった」と回答した学生のうち42%が「関心が低下した」と回答した. その理由として, 71%の学生が「報道が減って目や耳にしなくなったから」や「身近な問題ではないから」と記述していた. また, 知識を問う設問として「放

射線」と「放射能」の違い, 「ベクレル」と「シーベルト」の違い, 「半減期」について知っているかたずねたところ, 肯定的な回答をした学生は, それぞれ15%, 8%, 33%であった. 2013年1月に中学校・高等学校理科教員免許取得予定の理学部の学生 (n=49) を対象に行ったアンケートでは, 上記の質問に対して, それぞれ53%, 12%, 53%が肯定的な回答をした. 両学部に共通して, 単位に関する知識・認識が十分ではないと思われた. アンケートの結果から教員免許取得予定の大学生向けの, 実測を伴う放射線学習プログラムや身近な環境放射線に関する教材, 地域素材が必要であると考えた.

ここでは, 学校現場で利用可能な環境放射線簡易測定器の特徴を把握することと放射線教育のための素材データを取得することを目的として, 熊本県内において地上に設置されているモニタリングポスト近傍や航空機内, 高速船内において環境放射線測定を行った結果を報告する.

## 2. 使用機器と測定方法

環境放射線測定には, CsI (Tl) シンチレーション式の以下の4機種: (1) クリアパルス(株)  $\gamma$ 線エネルギー補償型環境放射線モニタ Mr. Gamma A2700 (以下ではMG); (2) (株)堀場製作所 通信

機能付放射線モニタ Radi PA-1100（以下では Radi）；（3）日本レイシステムズ(株) X,  $\gamma$ 放射線測定用パーソナル線量計 miniDOSE PRM-1100（以下では mD）；（4）エステー(株)家庭用放射線測定器 AIR COUNTER EX（以下では ACEx）と、ガイガー・ミュラー計数管が用いられた、GM 管式の（5） GmbH & Co.KG 社製の簡易放射能検知器 GAMMA-SCOUT（以下では GS）のあわせて 5 機種を使用した。GS の線種切り替えレバーは  $\gamma$ 線のみ測定するように選択した。シンチレーション式の簡易測定器の測定線種は、mD が X 線と  $\gamma$ 線、それ以外の 3 機種は  $\gamma$ 線となっている。

地上屋外における測定は、熊本県内 6 箇所に設置されているモニタリングポストのうち、地上に設置されている 5 箇所（荒尾、熊本、八代、水俣、天草）のモニタリングポスト近傍において行った。図 1 にモニタリングポストの設置位置を示す。測定には 5 機種すべてを用いた。モニタリングポストと同様に地上高さ約 1 m に測定器を固定し、1 分ごとに 10 回測定して記録した。測定は 2013 年に行った。荒尾：6 月 23 日 12：40 頃（小雨），熊本：10 月 19 日 10：00 頃（曇），八代：7 月 7 日 13：40 頃（晴），水俣：7 月 7 日 10：40 頃（晴），天草：6 月 22 日 15：10 頃（薄曇）である。

上空における測定は、2013 年 9 月に熊本空港から中部国際空港へむかうプロペラ機内（6 日）と中部国際空港から熊本空港へむかうジェット機内（8 日）において行った。Bluetooth 機能を有する Radi を除く 4 機種を用いて測定した。電源



図 1 熊本県内に設置されているモニタリングポストの位置[1]

ボタンのない GS 以外の 3 機種については、離陸後、電波を発信しない状態にある電子機器の使用が許可されている時間内だけ測定した。GPS 受信機についても同様に許可された時間内のみ使用した。測定器を座席テーブル上に設置し、1 分ごとに記録した。

海上における測定は、2013 年 9 月 8 日に津新港からセントレア港へむかう高速船内で行った。航空機内と同じ 4 機種を使用した。測定器を窓枠のスペースに設置し、出航 1 分前から機橋に降り立つまで 1 分ごとに記録した。なお、GS にはログ機能がある。上空および海上での測定時には 1 分ごとに内蔵メモリにログをとるモードで使用した。パルス測定 [パルス数/設定した測定時間]，パルスレート測定 [パルス/秒]，線量率測定 [ $\mu$ Sv/h] の値が記録される。

### 3. 結果と考察

#### 1) モニタリングポスト近傍

熊本県内 5 箇所のモニタリングポスト近傍における測定結果（平均値と標準偏差）と測定時刻のモニタリングポストの値[1]を図 2 に示す。モニタリングポストでは空気吸収線量率 [ $\mu$ Gy/h] で測定しており、ウェブサイト上では、環境放射線モニタリング指針（原子力安全委員会）に基づき、1 [ $\mu$ Gy/h] = 1 [ $\mu$ Sv/h] として換算した実効線量率を表示している[1]。このため、本研究で使用した、1 センチメートル線量当量率を測定する簡易測定器を用いた測定値とは厳密には意味が異なるが、以下では両者とも空間線量率 [ $\mu$ Sv/h] と表記し、モニタリングポストの値を基準として考察する。GM 管式の GS の平均値は、モニタリングポストの値やシンチレーション式の簡易測定器の平均値に比べて 2~5 倍高かった。これは一般に安価な GM 管式では低い線量を測るときに過大評価になることが指摘されていることと合致する。GS の標準偏差は大きいですが、変動係数は 0.11~0.22 であり、使用した 5 機種のなかでは中程度であった。一方、シンチレーション式の機種についてみると、モニタリングポストの値に比べて家庭用 ACEx の値は低い傾向を示した。それ以外の 3 機種は高めの傾向を示した。1 センチメートル線

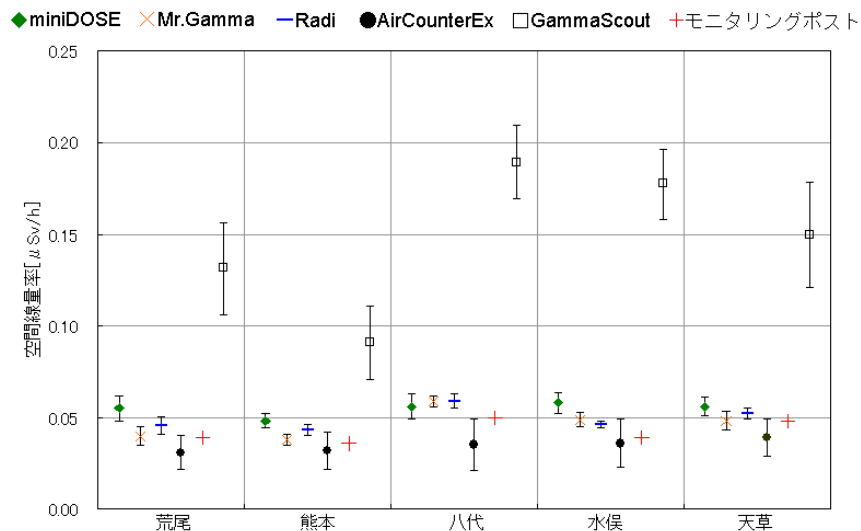


図 2 熊本県内 5 箇所のモニタリングポスト近傍における空間線量率の測定結果

量当量は実効線量に比べて高めの値になる[1]とされていることと整合的である。変動係数は ACEx が 0.27~0.39 と大きく、それ以外の 3 機種については 0.05~0.13 と小さかった。図 2 に示すように、ACEx はデータのバラツキが大きいため、10 分の測定時間の中にモニタリングポストの値に近い値を示すこともあった。mD は 5 箇所すべてでモニタリングポストの値よりも高い値を示した。mD には線量率の表示機能があるが、本来個人線量計であり、1 センチメートル個人線量当量を測定する目的で設計されている。そのため、5 分間経過すると自動的に表示が積算線量に戻ることに注意が必要であった。MG と Radi は文部科学省が「はかるくん CP-100」や「はかるくん DX-300」として貸し出しを行っている機種と同様のものであると思われる。八代と水俣以外の 3 箇所では、モニタリングポストデータに近い値を示した。また、5 箇所すべてにおいて両者は概ね近い値を示した。地上屋外における環境放射線測定では、 $\gamma$  線エネルギー補償の有無はそれほど大きく影響しないと思われる。

## 2) 航空機

プロペラ機（黒線）とジェット機（青線）の高度（実線のみ）の時間変化とそれぞれの機内における GS の空間線量率（□のプロットあり）の時間変化を図 3 に示す。航空機の上昇・下降と空間

線量率の上昇・下降がよく対応していることがわかる。相関係数はプロペラ機が 0.76、ジェット機が 0.96 と高い。巡航高度はプロペラ機が 5500 m、ジェット機は 11000 m であった。ジェット機の巡航高度がプロペラ機の 2 倍であるのに対して、GS による空間線量率は 5.6 倍高かった。

ジェット機内におけるシンチレーション式 3 機種（ACEx、MG、Radi）の空間線量率 [ $\mu$ Sv/h] と GM 管式の GS カウント値 [cpm] の時間変化を図 4 に示す。GS 以外の 3 機種についても、航空機の高度変化と空間線量率の変化はよく対応していることがわかる。相関係数は ACEx と mD が 0.93、MG は 0.98 で非常に高い。巡航高度 11000 m をクルーズ中の空間線量率の変動係数は、MG、mD、GS が 0.06~0.08 で地上屋外と同程度かやや小さめ、ACEx は 0.16 で地上屋外における測定の半分程度であった。次に実測値をみると、ACEx と mD はそれぞれ約 0.17  $\mu$ Sv/h と約 0.16  $\mu$ Sv/h で同程度であり、MG の平均値（約 0.29  $\mu$ Sv/h）の 6 割弱のレベルだった。GS は約 1.97  $\mu$ Sv/h で他の 3 機種の 7~10 倍高かった。文部科学省の小・中・高等学校用の放射線副読本の教師用解説編[2]には、いろいろな場所における自然放射線レベルの違いとして、11000 m の航空機では 1.61  $\mu$ Sv/h、そのほとんどが宇宙線由来であることを示すグラフが掲載されている。今回使用した 4 機種の中なかでは、GS がもっとも近い値を示したことになる。

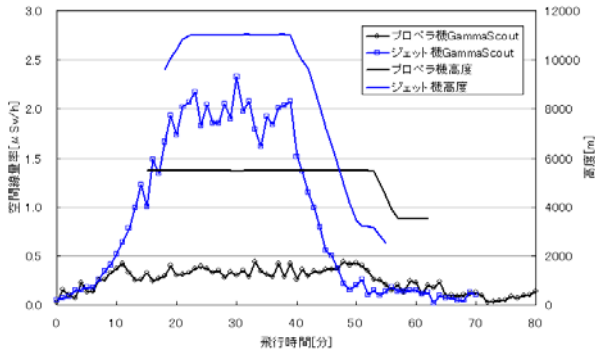


図3 飛行高度と航空機内におけるGSの空間線量率の時間変化

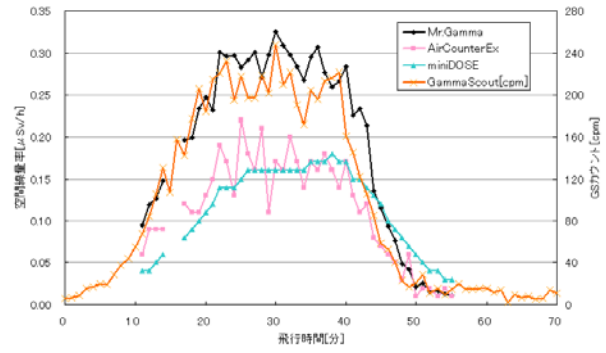


図4 ジェット機内における空間線量率とGSカウント値の時間変化

### 3) 高速船

高速船内におけるシンチレーション式3機種（左縦軸）とGM管式1機種（右縦軸）の空間線量率[ $\mu\text{Sv/h}$ ]の時間変化を図5に示す。先に述べた文献[2]のグラフをみると、海上における値は $0.03 \mu\text{Sv/h}$ 、ほぼ宇宙線由来であることが示されている。航行時間の大部分において、ACExとmDは、測定範囲の下限値である $0.01 \mu\text{Sv/h}$ が続いている。一方、MGとGSの測定範囲の下限値は $0.001 \mu\text{Sv/h}$ であるので変動がみられる。港外を航行している間の平均値は、MGが $0.0043 \mu\text{Sv/h}$ 、GSが $0.0763 \mu\text{Sv/h}$ であり、GSが約18倍高かった。地上屋外や上空に比べて、海上ではMGとGSの差が大きい。海上においては、上空での測定に比べて厚い大気層を通過して到達した二次宇宙線の $\gamma$ 線を主に測定していると考えられるので、測定器のエネルギー範囲がMGは150 keV以上、GSは30 keVであることが影響しているかもしれない。

### 4. おわりに

今回使用した5機種のいずれを用いても、いろいろな場所における環境放射線レベルを定性的に捉えることができることがわかった。上空や海上における測定結果は、放射線教育のための素材・教材として利用できると思われる。一方、環境放射線を定量的に捉えようとする場合、GSの空間線量率はかなり高めの値を示すため、モニタリングポストやシンチレーション式の簡易測定器による測定結果との比較には適さない。パルス測

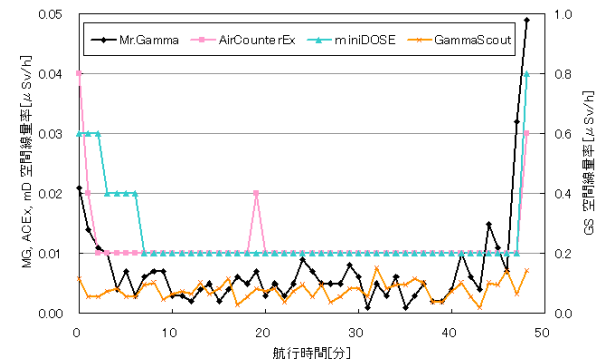


図5 高速船内における空間線量率の時間変化

定値の使用が望ましいと思われる。ロギング機能があるため、手軽にいろいろな場所のデータを自動測定・記録できることは意味がある。ACExは変動係数が大きいため、地上屋外で環境放射線を測定する場合には、測定回数を多くする必要がある。上空における測定時には変動係数が0.16程度に減少したことから、室内における放射線源を用いた実験で使用方法を今後検討していきたい。mDは本来個人線量計である点に注意が必要であるが、モニタリングポストの値から大きくは外れていないことや変動係数が小さいので測定回数をあまり多くしなくてもよいことを考えると、地上屋外のさまざまな環境下で測定を行う場合は有用かもしれない。安価なACExやmD(MGやRadiの1/7程度の価格)を放射線教育において有効活用する方法を今後さらに検討していきたい。

謝辞：本研究はJSPS 科研費 24501061 の助成を受けて行いました。

参考文献：[1]原子力規制委員会，放射線モニタリング情報：<http://radioactivity.nsr.go.jp/map/ja/> [2]文部科学省，放射線に関する副読本教師用解説編：[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shuppan/sonota/attach/1313004.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/attach/1313004.htm)