



東京学芸大学リポジトリ

Tokyo Gakugei University Repository

簡易放射線測定器「はかるくん」を用いた自然放射線の観測

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2012-10-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 大洞, 行星, 織原, 義明, 鈴木, 裕子, 荒川, 悦雄, 藤原, 博伸, 鴨川, 仁 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2309/131812

簡易放射線測定器「はかるくん」を用いた自然放射線の観測

大洞 行星*・織原 義明*・**・***・鈴木 裕子*
荒川 悦雄*・藤原 博伸****・鴨川 仁*

物理学分野

(2012年5月25日受理)

OHHORA, K., ORIHARA, Y., SUZUKI, Y., ARAKAWA, E., FUJIWARA, H., and KAMOGAWA, M.: Background radiation measurement with Hakaru-kun. Bull. Tokyo Gakugei Univ. Div. Nat. Sci., 64: 25-30. (2012) ISSN 1880-4330

Abstract

In order to educate the basic knowledge of background radiation for the students and the teachers, we propose an experiment of background radiation measurement for the post-accident of the nuclear power plant on March of 2011. In the experiment, we use a handy-scintillation counter named “Hakaru-kun” provided by MEXT, because many student have a chance to use this counter.

Key words: Background radiation, Hakaru-kun, Radon, Cosmic-ray

Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan

要旨: 2011年3月福島第一原子力発電所の事故以降, 小中高の教育現場においても保護者からの放射線の安全に関する問い合わせは多く, 現場の教員においても放射線の知識が求められるようになった。その不安から放射線測定器を求める人が増え, 国産の放射線測定器が品薄になるといった事態にもなった。そういった環境の下で放射線量と安全性の関係を知るには我々の周りにはどれくらいの放射線が存在し, それがどの程度日常的に変動しているのかという定量的な感覚を身につけておく必要があると考えられる。それゆえ本研究では自然放射線を, 小中高等学校の教育現場でしばしば用いられる簡易放射線測定機「はかるくん」を用いて, 航空機内における上空や日本最高峰の富士山などで観測を行った。その結果, 高度方向については, はかるくんのような小型測定器でも理論で得られる曲線におおむね整合的な結果を得ることができた。

* 東京学芸大学 (184-8501 小金井市貫井北町 4-1-1)
** 東海大学海洋研究所地震予知研究センター (424-8610 静岡県清水区折戸 3-20-1)
*** 独立行政法人防災科学技術研究所社会防災システム研究領域 災害リスク研究ユニット (305-0006 茨城県つくば市天王台 3-1)
**** 私立女子聖学院高等学校 (114-0015 東京都北区中里 3-12-2)

1. はじめに

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震が発生し、それに伴い多くの災害が発生した。その中でも福島第一原子力発電所の事故に関しては、今まで誰も経験したことのない事態の連続により、多くの国民が不安に駆られた。その不安から放射線測定器を求める人が増え、インターネット通販でも購入できることなどから国内の放射線測定器が品薄になるといった事態にもなった¹⁾。そうした一般の消費者が測定した放射線量がネット上に飛び交い、「政府や自治体の発表した数値より高い」「すぐに避難」といった情報が入り乱れて混乱を招いている¹⁾。

しかし我々は福島第一原子力発電所の事故とは関係なく日常的に放射線を浴び続けている。放射線には、アルファ線、ベータ線のような高エネルギー粒子線やX線、ガンマ線などの電磁波などがある。我々が日常的に浴びている放射線は自然放射線といい、大地からの放射線、宇宙からの宇宙線の2つがおもに存在する^{2) 3)}。大地に微量に含まれるウラン、ラジウム、カリウムは少量ながら放射線を出している。特に地中のラジウム226は α 崩壊し、同位体のラドン222になる。ラドンは気体であるから空气中に存在することができ放射性崩壊もする。一方、宇宙放射線には、太陽系の外からやってくる銀河放射線、太陽から発射される太陽放射線などの一次宇宙線およびこれらが大気と衝突し空気シャワーを起こしつつ発生する二次宇宙線がある。二次宇宙線には、ミューオン、ニュートリノ、電子、ガンマ線などさまざまな粒子や電磁波が存在する。地球は厚い大気と磁場で覆われているため、宇宙放射線は地表においてはごく微量となる⁴⁾。ところが、大気の薄い高高度となると宇宙放射線の量は多くなる。また宇宙放射線の多くは帯電した粒子であるため、地球磁場の影響で赤道上空へは進入しにくく極地方には進入しやすいという性質がある。後者については磁力線の方向が南北両極地方では地表に対し垂直に近いので、磁力線につかまった宇宙放射線が地表に到達しやすいからである⁴⁾。

このように地球上ではこれらの自然放射線の変動が観測される。前述のような放射線への認識が高まっている現状では、我々の周りにはどれくらいの自然放射線が存在し、どの程度日常的に変動しているのかという定量的な感覚を身につけておく必要がある。特に、個人で放射線測定器を購入し測定をする場合は事前にどの程度の測定誤差があるのかなどの知識も必要と考えられる。それゆえ本研究では、小中高等学校の

教育現場でしばしば用いられる簡易放射線測定機「はかるくん」を用いて自然放射線をさまざまな場所で測定した。測定では、航空機内における上空での観測、客船による航海上、日本最高峰の富士山での観測、南大西洋磁気異常帯であることから宇宙線量が多いブラジル・リオデジャネイロで観測を行った(図1)。以上本研究では高度・緯度経度が異なる場合における自然放射線の変動に着目する。

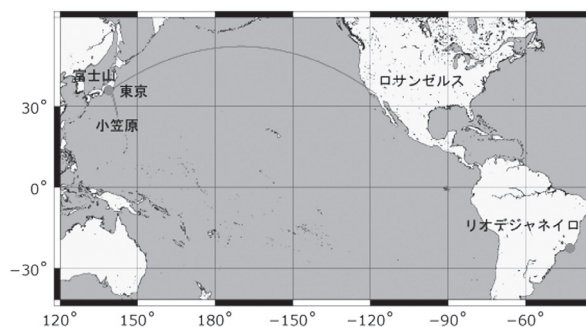


図1 本研究での測定箇所

2. 測定方法と結果

2. 1 測定機器

測定では日本科学技術振興財団が貸し出している簡易放射線測定機“はかるくん”を用いた。また複数機種がある“はかるくん”のなかでも、透過力の高いガンマ線を測定することができるCP-100を使用した。本機器は、10秒ごとに過去60秒間のガンマ線の平均線量(単位は毎時マイクロシーベルト)を表示してくれる。放射線が当たると蛍光を示す性質をもつヨウ化セシウム(CsI)をセンサーとして、その光の数と振幅を電気信号に変換して放射線量を表示する仕組みとなっている。また測定範囲は0.001~9.999 [μ Sv/h]であり検出部の指示誤差は $\pm 10\%$ である⁵⁾。

2. 2 緯度依存性について～船上での観測

東京・竹芝桟橋と小笠原諸島を結ぶ貨客船「おがさわら丸」の船上および船内で測定を行った(図2)。海上では地表に含まれる放射性物質による影響、とりわけ大地から飛来するラドンが水に溶けやすい性質から、大地からの放射線の影響は少ないといわれている²⁾。それゆえに宇宙放射線起源のガンマ線のみを測定できることが期待できる。加えて、竹芝桟橋から小笠原諸島まではほぼ真南に約1000km離れているため、十分な緯度依存性データが期待できる。測定は、夜間船外に出られないことや海上の状況により船外に出ることが制限されることがあったため、船内の窓際



図2 (a) おがさわら丸



(b) 船内での測定

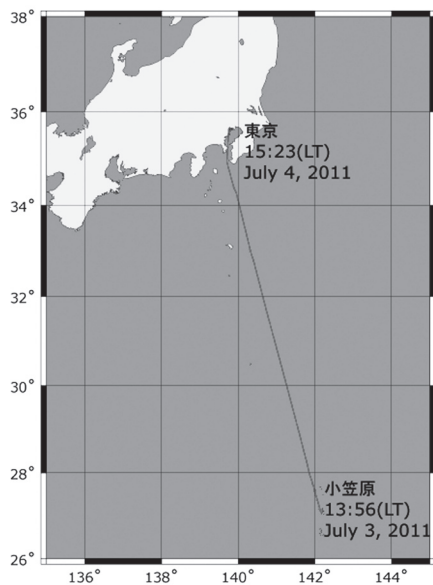


図3 おがさわら丸の航路(復路)

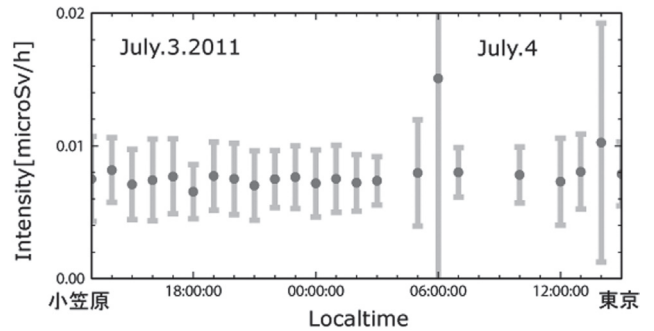


図4 おがさわら丸での測定結果

に「はかるくん」を設置して測定をした。

手順は、まず窓際に「はかるくん」を設置し、電源を入れる。その正面にGPS位置評定機能付きのデジタルカメラ(PENTAX WG-1)を三脚にセットし、インターバル撮影モードで1分おきに1枚ずつ「はかるくん」の計測地を撮影した。計測終了後、デジタルカメラで撮影した画像を見ながら日付、時間、位置情報、ガンマ線線量値を数値データ化し、グラフ化した。データは1時間ごとの平均値および標準偏差をエラーバーとした。測定は、7月3日から4日にかけて小笠原(南)から東京(北)へ向かう航路(図3)にて行った。測定結果は図4となり、顕著な変化は見られなかった。

2. 3 高度依存性の観測～富士山下登山における測定 次に高度依存性を調べるため、富士山の登山時

測定を行った(図5-7)。往路は、7月30日に5合目(2380m)からの登山にて測定を行った。一方、復路は、30日、山頂(10合目:3776m)から新5合目(1440m)までの下山にて行った。また、下登山時では、およそ15分間隔でGPS機能付きデジタルカメラを用いて「はかるくん」を撮影した(図5)。その後、2-2と同様にして画像から数値データ化し、グラフ化した(図6)。下山時では、測定された線量は高度とともに増加傾向にあるが、往路については変動が大きく高度にかかわらず時折大きな値を示している。

2. 4 高高度および経度依存性～航空機内での測定

ロサンゼルス発成田行きの飛行機の機内に、「はかるくん」とGPS機能付きのデジタルカメラをプラスチックボックスに入れて固定し、インターバル撮影モードで5分おきに1枚ずつ「はかるくん」の測定値



図5 (a) 富士山山頂における測定箇所から見た景色



(b) 富士山での測定 (下山時6合目)

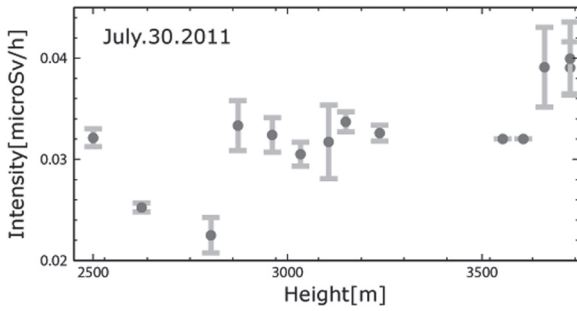
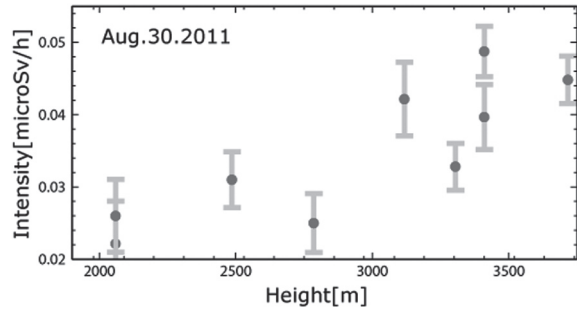


図6 (a) 7月30日往路の測定結果



(b) 8月30日復路の測定結果



図7 登山時6合目では雲の中にて計測



図8 飛行機内での測定の様子

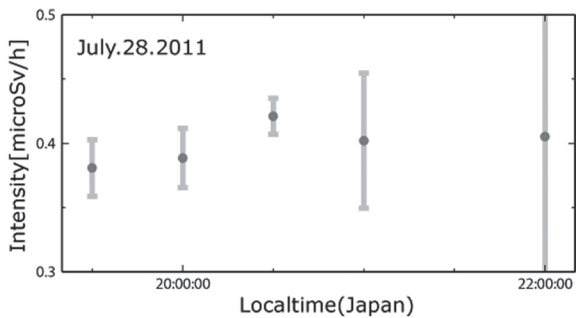


図9 飛行機内の測定結果 (30分ごとを1データとした)



図10 はかるくんCP-100 (ブラジル・リオデジャネイロにて撮影)

表示部を撮影した(図8)。飛行機の高度はほぼ10km, 測定器を入れたプラスチックボックスは, 機内の手荷物収納棚に置き, ほぼ水平飛行になった時点から測定を開始した。その後, 前節と同様な方法でデータを取り込み, グラフ化した(図9)。ただし1データは30分ごとの平均とした。データはほぼ2時間程度取得しており, 経度差は国際線の航行時速から推定すると1800km相当であるが, 線量の有意な差は見られなかった。

2. 5 ブラジル・リオデジャネイロでの測定

ブラジルおよびその周辺は, 南大西洋異常域とよばれ放射線量が異常に多い地域として知られている。これは地球上空をとりまいているヴァン・アレン帯という放射線帯の高度が著しく低いことが原因だと考えられている⁶⁾。リオデジャネイロの海岸での観測は大地からの影響が少なくなるように波打ち際で行った(図10)。日時は2011年8月17日午後4時ごろ(地方時)である。およそ30秒~1分おきに1データを取得し, それらの平均を求めた。その結果は約0.022 [$\mu\text{Sv/h}$]であった。

3. 考察

東京, 小笠原間で行った緯度依存性に関する観測について測定結果は図4となり, 変動は, エラーバーの範囲内であり, 本測定では大きな緯度依存性は見られなかったといえる。高度依存性に関する観測については下山については測定された線量は高度とともに増加傾向にあった。時折大きな値を示している登山時については天候が悪く, 6合目前後では雲の内部で測定していたことが多かった(図7)。それゆえ, 霧に含まれているラドンの効果の影響が反映されたと推察される。高高度及び経度依存性に関する観測については, 経度差としては国際線の航行時速から1800km相当になるが, 線量の有意な差は見られなかった。ブラジル・リオデジャネイロの海岸では約0.022 [$\mu\text{Sv/h}$]という値が測定され, これは日本の地上のおよそ3倍にあたる放射線量であり, 富士山では標高2000m付近に相当する値となった。

以上のことから, 緯度別では1000km, 経度別については1800kmのスケールでは有意なデータが本測定では得ることができず, 緯度経度依存性を確認することはできなかった。

本測定での高度別のガンマ線計測結果と高度別の光子の理論値(放射線医学研究所安田浩志ら)との比較

を行った。二次宇宙線に由来する光子は空气中で高エネルギーの電子対に変わる。その高エネルギー電子対と空気分子の原子核との相互作用によりガンマ線(ガンマ光子ともいう)が放出されることが分かっている⁷⁾。航空機内の測定値は理論計算により得られる値よりも大きかった(図11)。測定機器が手荷物用の収納棚に入れられていたためガンマ線が遮蔽され理論値より小さくなると予想されたが逆の結果になった。船上での計測においても船内の窓際で行ったことから船体によるガンマ線の遮蔽が考えられるが, 航空機内同様に, 船上での結果も理論値より全体的に大きくなった。測定器が屋外に置かれている富士山での結果(山頂および5合目)でも同様な割合で大きくなっている。富士山の場合は富士山を形成する玄武岩には放射性物質カリウム40が含まれているので測定値が大きくなったと考えられる。富士山の玄武岩については本研究ではその放射線量をスペクトル解析できる機器は用意できていなかったためそれらがどの程度作用するのかは分かっていない。各測定値が理論値と比較して同様の割合で大きくなっていることから測定器のセンサーの感度やサイズに依存する可能性も考えられる。測定値が理論値より大きくなる原因の解明については今後の課題となるだろう。しかし, いずれの場合も相対的には図11で示される光子の値と調和的であるため高度別の比較測定は十分に行えることが分かった。このことから, いくつかの地点において放射線の値を知りたいときは測定器の表示する値を絶対値として捉えるのではなくて相対値として捉えることが本研究の範囲では望ましいといえる。

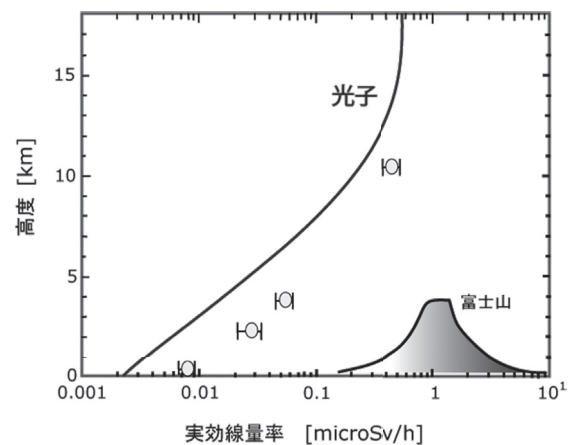


図11 放射線医学研究所安田らによって算出された高度別実効線量率および本観測で得られた高度別線量

4. まとめ

本研究を通して我々の身の回りにある自然放射線とその変動を確認することができた。冒頭で述べたように福島第一原子力発電所の事故以降、メディアからの放射線量に関する情報について、一般の人々の間で定量的な判断をすることなく絶対値のみでの議論が話題となり、測定された値の真偽については議論が少ない¹⁾。それゆえ科学的知識を基に、報道された値や個人で測定した値を冷静に判断できる必要があると考えられる。また、本研究に用いた「はかるくん」は非常に高い性能をもつが、そのセンサーが小型である故に測定値は同じ環境下でも一定であるとは限らなかった。また検出器の指示誤差も±10%程ある。しかし相対的に値を評価することは十分にできると考えられるため、「A地点の放射線量はB地点よりも2倍大きい」というような値の用い方は期待できる。福島第一原子力発電所の事故以降、子供の安全を考えてガイガーカウンタ（放射線測定機）を購入する家庭が増えた⁸⁾。少しでも科学的知識を持ち合わせたうえで測定、評価をすることが必要になる。

5. 謝辞

本研究を進めるにあたって、NPO富士山測候所を活用する会には度重なる登山ならびに測定器設置・運用で多大なるお力添えをいただいた。

6. 参考文献

- 1) 週刊文春, 2011年9月29日号「THIS WEEK 社会」
- 2) 日本放射線同位元素協会, 1966, ラジオアイソトープ講義と実習, 丸善
- 3) 大林辰蔵, 2002, 宇宙空間物理学, p43, 裳華房
- 4) 丸橋克英・恩藤忠典, 2000, 宇宙環境科学, p198, オーム社
- 5) 財団法人日本科学技術振興財団, 2011, はかるくんの使い方
- 6) 桜井邦明ら, 1996, 宇宙線物理学, p37, 朝倉書店
- 7) 飯田博美, 1981, 放射線物理学, p83, 通商産業研究社
- 8) 読売新聞, 2011年8月6日