

# 簡易測定器による環境放射線測定

—九州の $\gamma$ 線線量率レベルマップ—

飯野 直子<sup>\*1</sup>・金柿 主税<sup>\*2</sup>

## Measurement of Environmental Radiation with a Simple Device

— Gamma-Ray Dose Rates Level Map of Kyushu —

Naoko IINO<sup>\*1</sup> and Chikara KANAGAKI<sup>\*2</sup>

(Received October 1, 2015)

In order to visualize the environmental radiation dose rate level, we carried out the car-borne survey of gamma-ray dose rates in Kyushu. The obtained data was illustrated on the topographic and geological maps in Kyushu along the run routes as teaching materials. It was found that the characteristics of the environmental-radiation-level in Kyushu Island are as follows: (1) lower tendency of the level is shown in northern Kyushu, (2) high-level tendency is shown at the Kyushu Mountains area and (3) middle-level tendency is shown in southern Kyushu. In addition, we established a website to provide these results for science education and energy-and-environmental education.

**Key words :** Car-borne Survey, Gamma-Ray Dose Rates, terrestrial radiation, CsI (TI) scintillator, website

### 1. はじめに

前報 [1] では、中学校や高等学校における理科学習やエネルギー環境教育の教材開発にあたり、学校教育に適した簡易放射線測定器の検討を目的として、主に高速道路上で $\gamma$ 線線量率の走行サーベイを行い、九州における環境放射線レベルの分布図を作成して地形や地質などとの関係を概観し、簡易測定器の有用性を確認した。

ここでは、教材として九州における平時の環境放射線レベルを可視化するために、各県の主に一般道を走行サーベイして得られた $\gamma$ 線線量率データを前報の環境放射線レベル分布図に追加し、九州における環境放射線のレベル分布について概観した。また、本研究で得られた結果やこれまでにモニタリングポスト近傍や航空機内などさまざまな場所で簡易測定器を用いて測定した結果 [2] をエネルギー環境教育や理科教育のための素材・教材として提供するためのウェブサイトを開設したので報告する。

### 2. 測定機器と測定方法

使用機器と測定方法は前報と同様である。環境放射線測定には(株)堀場製作所製の通信機能付放射線モニタ Radi PA-1100 (CsI (TI) シンチレーション式)を用いた。以下ではRadiとする。測定線種は $\gamma$ 線である。専用ソフトウェアをインストールしたWindows搭載パソコンにRadiをUSB接続して10秒ごとの線量当量率[ $\mu\text{Sv/h}$ ]を記録した。走行ルートは、I-Oデータ社製のGPSロガーGPSLOGを用いて5秒ごとに記録した。機材は自動車の後部座席上に設置した。車体による遮蔽によって、車外での測定と比べて2割程度線量率が減少するが、本報においても自動車の車体による遮蔽の影響の補正は行わず、得られたデータをそのまま使用することとした。

なお、堀場製作所からはAndroid用のデータ管理用アプリも提供されている。このシステムについて検討したところ、データの記録時間間隔が5分程度であったため、本研究でも、前報と同様に10秒ごとのデータが得られるパソコンを用いるシステムを採用した。

\*1 熊本大学教育学部理科教育

\*2 熊本支援学校

### 3. 九州の環境放射線レベルマップ図

環境放射線測定の実行ルート番号とルート名を表1に示す。ルート No. 1～No. 11 は前報で報告した結果を再掲している。No. 5 は小雨, No. 8 は雨, No. 9 は走行中に雨から曇になった。それ以外の日に降雨はなかった。一般に、降雨があると環境放射線線量率が上昇するといわれているが、前報と同様に補正は行っていない。なお、No. 9 の川内駅付近から川内原子力発電所までのルートは、No. 22 も同じなので、この区間については、本報では降雨のなかった No. 22 で得られたデータを使用した。環境放射線レベルの分布図を図1, 2に示す。図1のベース地図は国土地理院の10 m 標高図、図2のベース地図は産業技術総合研究所のシームレス地質図である。地質図の凡例は、図の下に示した URL の画面上でマウスをポイントすることによって表示される。各ルートの始点、終点、通過点の地名を図1中に示す。Radi データと GPS ログデータを1分ごとに抽出し、走行ルート上の環境放射線レベルを青 (0.030  $\mu\text{Sv/h}$ ) から赤 (0.060  $\mu\text{Sv/h}$ ) のレインボーカラーで表している。表示にはカシミール3D [3] を用いた。本研究では、相対的な環境放射線レベル分布を捉えることを目的とするため、以下では分布図上の表示が青～水色を低～低めのレベル、緑色

表1 環境放射線の測定ルート

No.	ルート名	No.	ルート名
1	熊本－門司	15	平戸－玄海原子力発電所－太宰府
2	鳥栖－長崎	16	佐賀－糸島
3	鳥栖－佐伯	17	大津－九重
4	熊本－宮崎	18	国東－北九州
5	えびの－鹿児島	19	熊本－延岡
6	武雄－平戸	20	宇城－倉岳－苓北－河浦
7	宮崎－延岡	21	人吉－西都－日南－大崎－国分
8	延岡－臼杵－阿蘇－熊本	22	人吉－伊佐－川内原子力発電所
9	鹿児島－川内原子力発電所－八代	23	薩摩川内－始良
10	熊本－牛深	24	鹿児島－垂水(鹿児島湾海上)
11	熊本－五木－人吉	25	垂水－佐多岬
12	熊本－島原－野母崎	26	根占－内之浦－鹿屋
13	長崎－西海－佐世保	27	鹿児島－指宿－坊津－市来
14	平戸島	28	鹿児島－南九州

を中程度のレベル、黄色～赤色を高め～高いレベルとしてみている。なお、Radi は 60 秒間の移動平均を 10 秒ごとに表示するため、記録された時刻のデータには、直前 1 分間の情報が含まれている点に注意が必要である。

図2に示すように、本報では九州地方の地域区分として、概ね臼杵－八代構造線に境界をおき、その北側を北部九州、南側を南部九州とする。図1, 2にみられる九州島内の環境放射線レベル分布を誤解をおそれずに一言で述べると、北部九州は低～やや低め、南部九州の北に位置する九州山地は高めで、九州山地以南の南部九州は中～やや低めの傾向がみられるといえよう。以下で北部九州と南部九州内でみられる特徴を少し詳しくみていく。

北部九州における環境放射線レベルの特徴としては、筑紫平野、熊本平野、八代平野にかけての第四紀に堆積した沖積層や洪積層が広く分布する領域を走行中のレベルが低いことがあげられる。また、九州北西部の東松浦玄武岩、北松浦玄武岩からなる東松浦半島、北松浦半島、西彼杵半島北部を走行中のレベルも低めである。一般に、大地  $\gamma$  線の照射線量率は、主に大地表面に含まれる放射性核種 ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) の濃度や周辺の地形に大きく依存することや地表  $\gamma$  線線量率のレベルは基盤岩石の種類や土壌によって支配されることが知られている[4]。また、酸性岩(花崗岩など)は放射性核種濃度が高く、塩基性岩(玄武岩など)は低いといわれている[5]。九州北西部の結果はこれらのことからうなずける。その他、阿蘇火山地域および金峰山、宇土半島といった火山性山地の領域の海岸線沿いのレベルも低めである。一方、主に古第三紀や白亜紀の堆積岩からなる天草の海岸線沿いのレベルは中～高めである。堆積岩は、露出していた岩石が風化作用などによって礫、砂、泥などの碎屑性堆積物となり、これらの堆積物が続成作用によって固化したものである。そのため堆積岩地帯の地表  $\gamma$  線線量率について理解するためには、起源となる岩石(後背地である基盤岩地帯)までさかのぼって考えたり、後背地の土壌が堆積岩地帯に移動するまでに失われる放射能についても考える必要がある。今後詳しく検討していきたい。先に述べたように、北部九州では低～やや低めの傾向がみられるが、そのなかで赤色表示されている高いレベルが記録されていたのはトンネル通過中であった。その他に興味深い点として、筑紫平野内の一般道を走行中の環境放射線レベルがあげられる。筑紫平野東部(筑後川東側)の筑後平野内は青の低いレベルであるのに対して、筑紫平野西部(筑後川西側)の佐賀平野内は、水色から一部緑のやや低い～中程度レベルである。筑後平野は筑後川、矢部川の扇状地性平野であり、



図1. 環境放射線レベルの分布図 (ベース地図は国土地理院の10 m標高図, 10倍強調)



図2. 環境放射線レベルの分布図（ベース地図は産業技術総合研究所のシームレス地質図）  
地質図の凡例は以下の URL で検索可能.

<https://gbank.gsj.jp/seamless/maps.html?appendix=1fn&type=detailed&opacity=0.76&latlng=32.86062022102257,130.63766479492188&zoom=8>

筑肥山地などの東方山地（変成岩類や火山噴出物からなる）が後背地となっている。一方、佐賀平野は、北に位置する脊振山地（主に古期花崗岩類からなる）より嘉瀬川などの中小河川が流出して形成された扇状地や西方の新三紀の堆積岩からなる丘陵～山地が後背地となっている平野西部からなっている。これら平野をなす堆積物（岩）の起源（後背地）の違いによる環境放射線レベルの違いが捉えられた可能性がある。筑紫平野内の環境放射線レベルの分布についても今後詳細に検討していきたい。

南部九州の特徴としては、大分県南部、宮崎県北部、熊本県南部に位置する九州山地を走行中のレベルが高いことがあげられる。この領域ではトンネルを通過中だけでなく、山間の一般道を走行中にも高いレベルが記録されたことがあった。九州山地は主に古期堆積岩類からなるが、これは地質による影響だけでなく、地形によって放射線源の幾何学的条件が平地とは異なったために顕著にレベルが上昇したと考えられる。一方、鹿児島湾をフェリーで航行中の $\gamma$ 線線量率は概ね $0.010 \mu\text{Sv/h}$ と陸上よりもかなり低いレベルだった。一般にいわれているように、海水によって海底からの $\gamma$ 線が遮蔽されるためと理解できる。その他に興味深い領域としては、大隅半島南部がある。南部九州において、大隅半島南部は環境放射線レベルが青～水色と低～低めの領域であるが、その中で中新世の花崗閃緑岩からなる肝属山地近傍の海岸線沿いを走行中は、緑～黄色の中～高めのレベルが記録されていた。これは、肝属山地が花崗岩類からなるという地質と急峻な地形の両方が影響したためと考えられる。

#### 4. ウェブサイト

学校教育での利用に適した簡易放射線測定器を検討するために、モニタリングポスト近傍や航空機内など、さまざまな場所で数種類の簡易測定器を用いて測定・検討した結果 [2] や九州内を走行サーベイして得られた結果 [1 および本報] をエネルギー環境教育や理科教育のための素材・教材として提供するために、「環境放射線」に関するウェブサイトを開設した [6]。トップページを図 3 に示す。また、本研究の結果を地域素材・教材として提供するために作成した「九州の環境放射線レベルマップ」のページ [7] を図 4 に示す。図 1, 2 に示した九州島全体の測定結果だけでなく、県ごとに拡大表示した図を提供するページも作成した。県別の図では、地域教材としての利用を考えて、地名が記載されている国土地理院の標準地図をベース地図として使用したものと地質や地形による影響を捉えや



図 3. 環境放射線のトップページ



図 4. 九州の環境放射線レベルマップのページ

すいように、産業総合技術研究所のシームレス地質図とカシミール 3D の解説本 [3] の付属 DVD-ROM に収録されている標高データを重ね合わせた地図をベース地図として使用した画像の 2 種類を用意した。また、測定やマップの作成方法を説明した pdf ファイルも作成した。

## 5. おわりに

川内原子力発電所では、2015年7月6日から1号機の燃料装荷が開始され、8月11日10時30分に原子炉起動、同月14日9時00分より発電が再開されて、9月10日16時00分から通常運転が行われている。また、2号機も通常運転にむけて9月7日から燃料装荷が開始されて14日に終了したことが公表されている[8]。本研究では、川内原子力発電所1号機の通常運転が開始されたあとの2015年9月19日に川内原子力発電所周辺の走行サーベイを行った(表1のルートNo. 22)。一方、前報で報告した川内原子力発電所周辺のデータ(文献[1]の表1のルートNo. 9)は、運転停止中の2014年9月15日に測定したものである。図1に示すように、川内原子力発電所は川内川の河口に位置している。そのため、川内川下流域の河川沿いの沖積層を走行中の環境放射線レベルは、両日ともに青～水色の低めであった。ただし、運転停止中の2014年9月15日の測定時には降雨があったが、通常運転中の2015年9月19日は降雨なしであった。両日の川内川下流域から川内原子力発電所展示館駐車場までの10秒ごとのオリジナルデータをみると、前者が $0.0382 \pm 0.0034 \mu\text{Sv/h}$ に対して、後者は $0.0319 \pm 0.0039 \mu\text{Sv/h}$ と、降雨ありの運転停止中の日の方が高かった。なお、各測定日の測定時刻間にモニタリングポスト(薩摩川内市小平)で測定されたデータ[9]の平均値は、2014年9月15日が $0.0353 \mu\text{Sv/h}$ 、2015年9月19日が $0.0310 \mu\text{Sv/h}$ であった。降雨があると大気中の放射性物質が地表付近に降下するため、放射線量が一時的に上昇するといわれているが、モニタリングポストデータだけでなく、本研究で得られたデータでもその傾向が捉えられていた。

原子力発電所の周辺や原子爆弾が投下された地域は放射線レベルが高いのではないかと思っている子どもがいることが知られている。上述したような原子力発電所周辺を測定して得られた結果を示したり、地域の

環境放射線レベル分布図をみながら総合的に環境放射線について考える学習機会を提供することは、身近な地域の平常時の環境放射線レベルを正しく理解していく上で有用であろう。

## 謝 辞

本研究はJSPS 科研費 2450106 および 15K00924 の助成を受けたものです。

## 参考文献・URL

- [1] 飯野直子・金柿主税, 簡易測定器による環境放射線測定—九州における $\gamma$ 線線量率の走行サーベイ—, 熊本大学教育学部紀要, 第63号, pp.357-362, 2014.
- [2] 飯野直子・金柿主税, 簡易測定器による環境放射線測定, 日本科学教育学会研究会研究報告 Vol.28 No.2, 35-38, 2013.
- [3] 杉本智彦, カシミール3D GPS 応用編, 実業之日本社, 2014.
- [4] 飯田孝夫・阿部貴宏・藤高和信・野口邦和・湊進・古川雅英・岡野眞治, 海底から宇宙までの放射線環境, RADIOISOTOPES, 47, 493-509, 1998.
- [5] 藤高和信, 大地の放射線の背景, 保健物理, 21, 295-308, 1986.
- [6] 熊本大学教育学部理科教育研究室「環境放射線—簡易測定器を用いた環境放射線測定—」:  
<http://es.educ.kumamoto-u.ac.jp/radi/>
- [7] 熊本大学教育学部理科教育研究室「九州の環境放射線レベルマップ」:  
<http://es.educ.kumamoto-u.ac.jp/radi/qradimap/>
- [8] 九州電力「原子力発電所の安全確保に向けた取組みについて」:  
[http://www.kyuden.co.jp/torikumi\\_nuclear\\_restart.html](http://www.kyuden.co.jp/torikumi_nuclear_restart.html)
- [9] 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/>