

簡易測定器による環境放射線測定

—九州における γ 線線量率の走行サーベイ—

飯野直子^{*1}・金柿主税^{*2}

Measurement of Environmental Radiation with a Simple Device

— Car-borne Survey of Gamma-Ray Dose Rates in Kyushu —

Naoko IINO^{*1} and Chikara KANAGAKI^{*2}

(Received October 1, 2014)

In order to examine the ability of a simple device to measure the environmental radiation dose rate level, we carried out a 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 recorded by a GPS logger. It was found that the gamma-ray dose rate varies in the following cases: [1] the dose rate is maintained low level when the car passes an alluvial plain, such as the Tsukushi Plain and the Kumamoto Plain, [2] a downward tendency of the dose rate is observed when the car passes a basalt tableland, such as the Kitamatsuura Peninsula, [3] a remarkable increase of the dose rate is observed when the car passes a tunnel, [4] an upward tendency of the dose rate is observed when the car passes a mountainous road. These results suggest that the simple device is useful to obtain the environmental radiation dose rate level map as teaching materials.

Key words : terrestrial radiation, CsI (Ti) scintillator, geology, topography, artificial structure

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災によって引き起こされた福島第一原子力発電所事故により、国民の環境放射線に対する関心が高まった。また、平成20年公示の学習指導要領で30年ぶりに中学校理科で放射線を取り扱うことになったことなどから、地域の環境放射線レベル（バックグラウンドレベルや地域分布など）についての基礎的な情報は有用であると考えられる。

福島第一原子力発電所事故以前より、モニタリングポストは全国各地に設置されており、空間放射線量の監視が行われてきた。事故以降は全国でモニタリングポストが増設され、測定データが空間線量率として公開（リアルタイムおよびアーカイブ）されている[1]。現在、九州では各県4～13か所で連続測定された結果を知ることができるが、県によって設置数の差が大きい。また、福島第一原子力発電所事故以降に文部科学省によって行われた走行サーベイなどの測定結果が

放射線量等分布マップとして公開されているが[2]、関東北部から東北太平洋側が主な対象となっており、地域が限定的である。このように、国民が環境放射線についての情報を得やすい環境が整ってきているものの、児童生徒にとって身近な地域の情報が得られるとは限らない。

そこで本研究では、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学習コンテンツ開発の基礎資料を得るために、地域の環境放射線レベルを手軽に測定する機器として簡易放射線測定器が利用可能かどうか検討することを目的として、比較的安価な測定器を用いて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との関係を概観した。

2. 測定方法

2.1 測定機器と測定方法

環境放射線測定には（株）堀場製作所製の通信機能

*1 熊本大学教育学部理科教育

*2 熊本支援学校

付放射線モニタ Radi PA-1100 (CsI (Tl) 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 γ 線である。専用ソフトウェアをインストールした Windows 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。

これまでに、簡易測定器 5 機種を用いて熊本県内 5 か所 (荒尾市役所、熊本県庁、八代市役所、水俣市県環境センター、天草市県天草保健所) のモニタリングポスト近傍の地表面から高さ 1 m における環境放射線を 1 分ごとに 10 分間測定し、モニタリングポストデータを基準として測定器の性能特性を検討してきた [3]。その結果、Radi の変動係数の平均値は 0.07 と小さいことを確認した。モニタリングポストは空気吸収線量率 [$\mu\text{Gy/h}$] 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、 $1 [\mu\text{Gy/h}] = 1 [\mu\text{Sv/h}]$ として換算した実効線量が空間線量率として表示されている [1]。そのため、1 センチメートル線量当量率で表示する Radi の測定値とは厳密には意味が異なる。しかし、Radi の測定結果は、一般的に言われている、1 センチメートル線量当量は実効線量より高めの値になることと整合的であり、さらに測定地点ごとのバックグラウンド値の高低の傾向も一致していた。また、1 センチメートル線量当量率から空気吸収線量率への換算係数 0.82 [4] を乗じた、平均値および最頻値は 5 機種のなかで最もモニタリングポストデータに近い値が得られていた。以上のことから環境放射線レベルの測定に Radi を使用することに問題はないと判断した。

2. 2 測定環境の影響

Radi による測定値 (以下、Radi データ) への環境からの影響として以下の 3 つが考えられる。一つ目は自然由来の影響因子として二次宇宙線と降雨がある。NaI (Tl) シンチレーションスペクトロメータによる宇宙線測定に際しては、測定スペクトルのエネルギー領域を 3 MeV 以上として測定するとある [5]。Radi は CsI (Tl) シンチレーション式で検出体が異なるため、この数字をそのままあてはめて考えることはできないが、Radi の仕様でエネルギー範囲は 150 keV ~ 1250 keV 以上とされていることから、宇宙線に対する感度は低いと思われる。降雨による影響としては線量率の上昇がよく知られており、降雨のない日に測定を行うのが理想であるが、本研究では降雨時のデータもそのまま使用することとした。降雨による Radi データへの影響の検討については今後の課題としたい。二つ目

の影響として、走行サーベイを行う上では避けられない人工的な影響因子である、自動車の車体による遮蔽と道路舗装がある。車体による遮蔽の影響を調べるために、車内後部座席上と車外のアスファルト上の座席高さで測定を行ったところ、2 割程度の線量率低下が認められた。本研究では相対的な環境放射線レベルの空間分布を得ることに主眼をおいたため、Radi データの補正は行わなかった。道路舗装の影響についても、裸地上の線量率を推定することを目的としていないため、Radi データをそのまま使用することとした。なお、文献 [6] では、事前にいろいろな地点で舗装道路とそのごく近傍の裸地上での線量率を測定することによって、相関係数 0.72 で走行サーベイの結果から裸地上相当の線量率を評価できると述べられている。三つ目に、その他の影響として、崖付近やトンネル内を走行中の線量率増加、橋を走行中の線量率減少が考えられるが、本研究ではこれらの地形や人工構造物による影響も含めて環境放射線と捉えている。以上の理由により、本研究では Radi データの補正は行わず、得られた生データをそのまま使用することとした。

3. 結果と考察

環境放射線測定の走行ルート番号、ルート名、道路名、測定日の降雨の有無を表 1 に示す。No.5 は小雨、No.8 は雨、No.9 は走行中に雨から曇になった。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

表 1 環境放射線測定に関する情報

No.	ルート名	道路名	降雨
1	熊本-門司	九州自動車道	無
2	鳥栖-長崎	長崎自動車道・長崎バイパス	無
3	鳥栖-佐伯	大分自動車道・東九州自動車道	無
4	熊本-宮崎	九州自動車道・宮崎自動車道	無
5	えびの-鹿児島	九州自動車道	有
6	武雄-平戸	一般道	無
7	宮崎-延岡	一般道	無
8	延岡-臼杵-阿蘇-熊本	一般道	有
9	鹿児島-川内原子力発電所-八代	南九州自動車道・一般道	有
10	熊本-牛深	一般道	無
11	熊本-五木-人吉	一般道	無

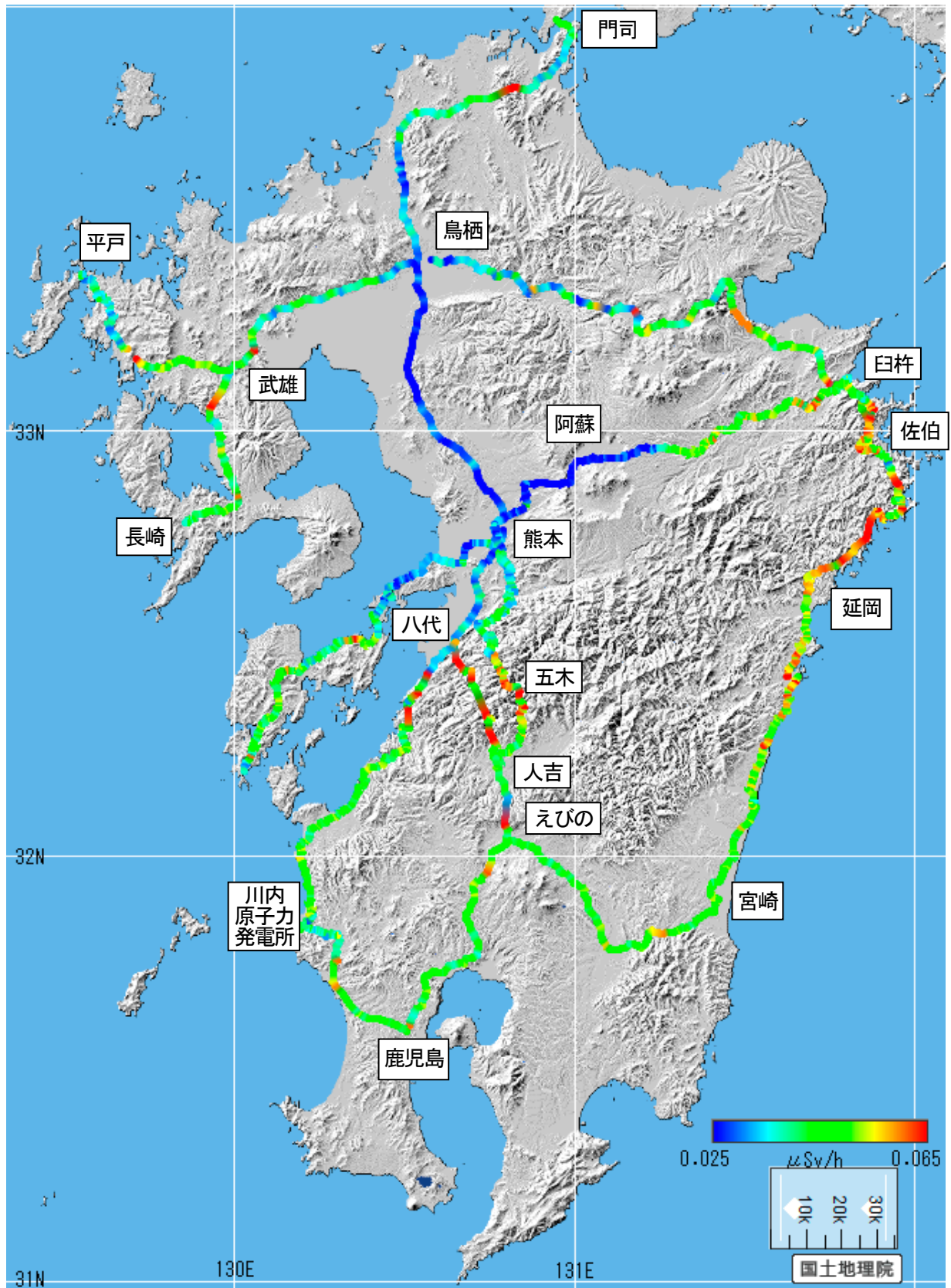
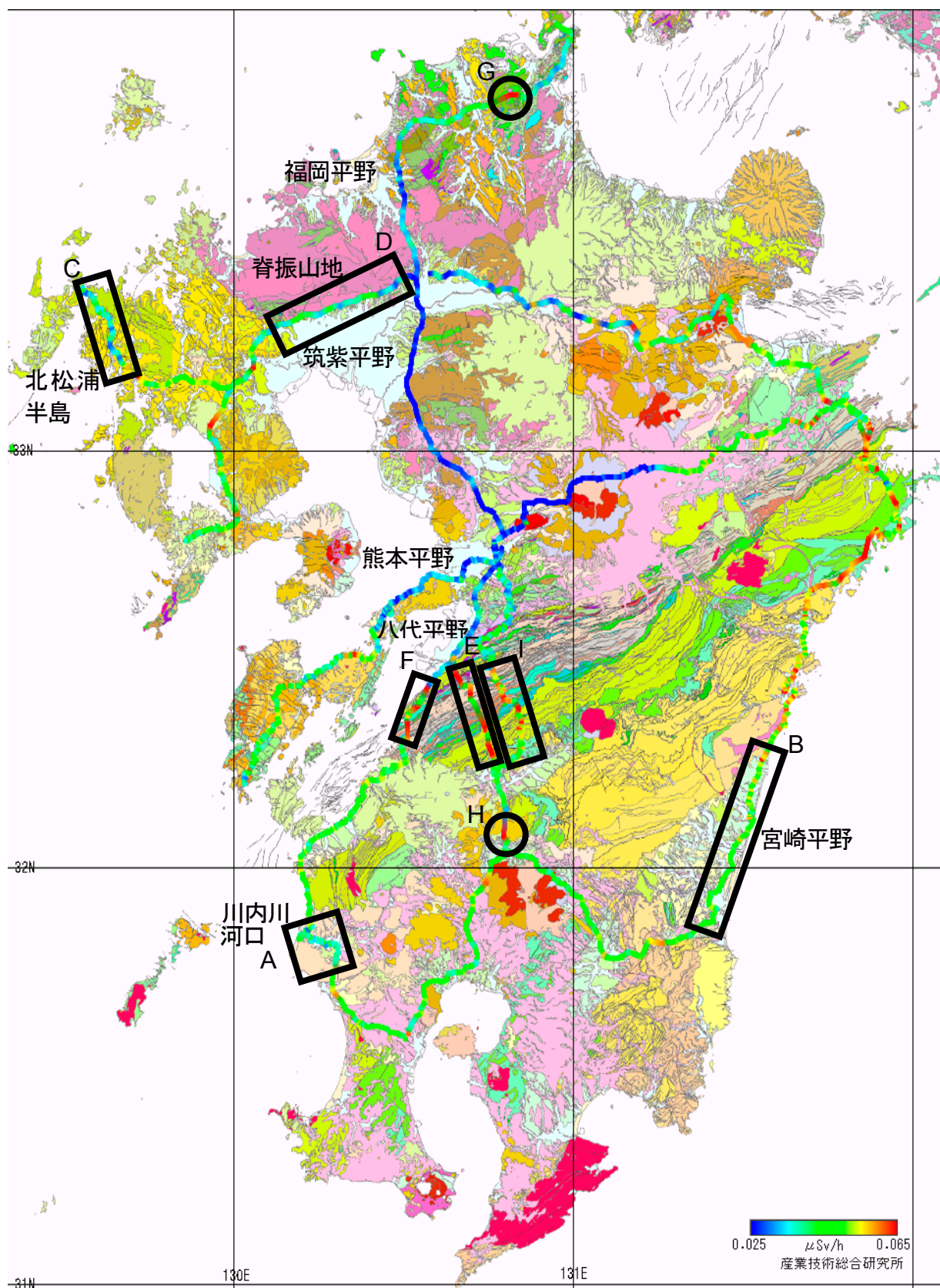


図1 環境放射線レベルの分布図（ベース地図は国土地理院の10 m標高図）



は産業技術総合研究所の20万分の1日本シームレス地質図である。地質図の凡例は論文中には示さないが、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。各ルートの始点と終点の地名を図1中に示している。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 ($0.025 \mu\text{Sv/h}$) から赤 ($0.065 \mu\text{Sv/h}$) のレインボーカラーで表した。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に主眼をおくため、以下では測定値は用いずに、分布図上の表示が青～水色を低いレベル、緑色を中程度のレベル、オレンジ～赤色を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1の環境放射線レベル分布図をみると、八代から福岡間の九州自動車道を走行中に、八代平野、熊本平野、筑紫平野、福岡平野あたりの環境放射線レベルが低かったことがわかる。図3中のaに示される、沖積層および洪積層の分布域に対応することがわかる。また、川内川下流域の河川沿いを走行中(図2中のA)にも低いレベルが記録されていた。図3中のbより、ここにも沖積層が分布していることがわかる。一方、宮崎平野も沖積層および洪積層からなっているが(図3中のc)、環境放射線レベルは中程度である(図2中のB)。先に述べた筑紫平野などが沖積平野であるのに対して宮崎平野は海岸平野であり、段丘地形が発達していることが影響しているかもしれない。この他に、北松浦半島を佐世保から平戸へ走行中に低いレベルが記録されていた(図2中のC)。大地 γ 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}U , ^{232}Th , ^{40}K)の濃度や周辺の地形に大きく依存することや地表 γ 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おり[5]、一般に酸性岩(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。超塩基性岩(かんらん岩など)の放射性核種濃度はきわめて低いといわれている[7]。このことは、各種岩石の放射線強度を測定した結果からも示されている[8]。また、1967年からの全国規模での実測調査に基づいた研究成果として、放射線医学総合研究所環境衛生研究部によって公表された地表付近の自然の空間放射線分布[9]や、その後得られたデータも含めて作成された自然放射線レベルの地理的分布を地質や土壌に着目して検討した結果[10]、大学や地方公設機関、産業技術総合研究所などによる全国規模の地表 γ 線の線量率分布を基盤岩石別にまとめた研究[11]でも示されている。ここで図3中のdをみると、北松浦半島には塩基性の更新

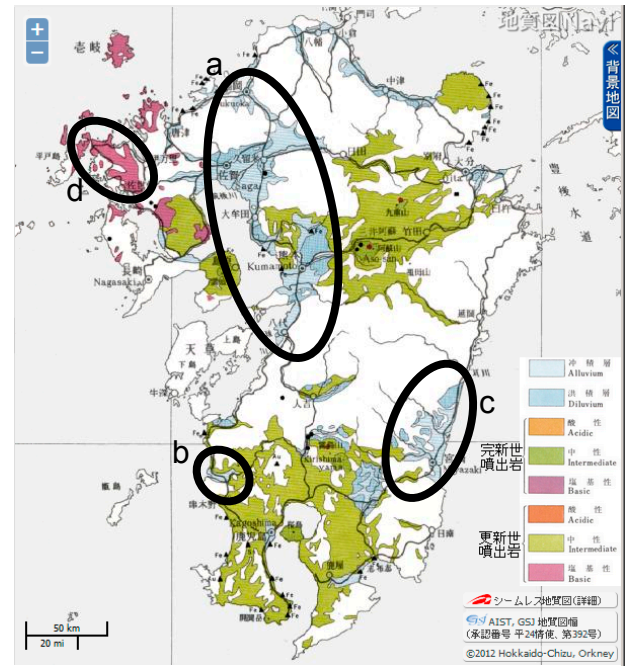


図3 九州の第四紀鉍化作用

産業技術総合研究所日本の鉍床図 - 第四紀鉍化作用 (1954)より九州付近を切出。

世噴出岩が分布していることから、本研究で得られた環境放射線レベル分布図において、この領域のレベルが低かったことがうなずける。しかし、一般的に高レベル域である場合が多いといわれている、花崗岩類が広く分布する脊振山地の南縁を通過中(図2中のD)の環境放射線レベルは低めである。パソコン上で図2を拡大して確認すると、この領域の長崎自動車道は花崗岩地帯のごく近傍、一部は花崗閃緑岩(古期領家花崗岩類)上を通過しているものの、多くは段丘堆積物の上を通っていることから、花崗岩類の影響をあまり受けなかった、あるいはRadiではそれを捉えることができなかったのかもしれない。花崗岩の放射性核種濃度は風化を受けた期間の長さによって大きく変化するとの指摘[7]や大阪府内352点の地表 γ 線測定を行って地質との関連を調べた研究[12]で、花崗岩類は種類によって値が大きく異なると示されていることから、花崗岩の形成時期やタイプなども考慮して考える必要があると思われる。今後詳細な検討が必要である。

次に環境放射線レベルが高くなった場合についてみていく。環境放射線レベル分布図において赤色で表示されている部分の多くはトンネル通過時に記録されていた。トンネル内では周辺の地盤からの γ 線を測定するため、線量率が顕著に上昇したと考えられる。特にトンネルが連続する九州自動車道の八代-人吉(図2中のE)や図2中のFの南九州自動車道(八代日奈久道路)、長いトンネルである、福知山トンネル(図

2 中の G) や加久藤トンネル (図 2 中の H) などを通
過した時に顕著な色の変化がみられ、赤色表示が長く
続いている。これらの他に、熊本から五木村を經由し
て人吉に一般道を走行したときに図 2 中の I の領域で
高めのレベルが記録された。これは山間の道を走行し
たため、トンネル内ほどではないものの、放射線源の
幾何学的条件が平地とは異なったためにレベルが上昇
したと考えられ、地形による影響と理解できる。

4. おわりに

本研究で得られた九州の環境放射線レベル分布図は、
地形や地質、人工構造物による放射線環境の違いを概
ね反映していることが確認できた。教材として地域の
環境放射線レベル分布図を作成するために、簡易放射
線測定器は有用であるといえるだろう。

本研究では、九州スケールの環境放射線レベル分布
図を短期間で得るために、高速道路を多く利用した。
そのため時間当たりの移動距離が大きい条件下での測
定が多かったことから、空間スケールの小さな地形や
地質による影響については十分に捉えることができな
かったのではないかとと思われる。一方で、先に述べた
ように、一般には高い放射線レベルが測定されるとさ
れる花崗岩類が広く分布する、脊振山地の南縁を走行
中にそれほど高い線量率が記録されなかった。どの程
度の空間スケールの環境を Radi による環境放射線測
定で捉えることができるのか検討する必要がある。ま
た、今回は降雨時のデータをそのまま使用したが、
Radi データへの降雨の影響評価も必要である。

今後は、一般道を中心に走行サーベを行い、本研
究で得られたデータとあわせて地質や地形との詳細な
検討を行うとともに、得られた環境放射線レベル分布
図を理科学習やエネルギー環境教育で利用可能な地域素
材としてデータベース化する予定である。

謝 辞

図 1 のベース地図は国土地理院の 10 m 標高図を利用
させていただきました。図 2 のベース地図は産業技
術総合研究所の 20 万分の 1 日本シームレス地質図、
図 3 は同研究所の日本の鉱床図－第四紀鉱化作用を利用
させていただきました。関係機関に心より感謝いた
します。本研究は JSPS 科研費 2450106 の助成を受け
たものです。

参考文献・URL

- [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] 日本原子力研究開発機構, 放射線量等分布マップ拡
大サイト: <http://ramap.jaea.go.jp/map/>
- [3] 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.
- [4] 森内茂・堤正博・斎藤公明, 自然放射線における空
気吸収線量から実効線量当量への換算係数の評価,
保健物理, 25, 121-128, 1990.
- [5] 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.
- [6] 頼介権・胡雪州・小平和夫・湊進, ブルネ
イにおける地表 γ 線線量率の走行サーベ,
RADIOISOTOPES, 45, 696-699, 1996.
- [7] 藤高和信, 大地の放射線の背景, 保健物理, 21,
295-308, 1986.
- [8] 松田秀晴・湊進, 日本における主な岩石中の放射能,
RADIOISOTOPES, 48, 760-769, 1999.
- [9] 阿部史朗, わが国における自然の空間放射線分布の
測定, 保健物理, 17, 169-193, 1982.
- [10] 古川雅英, 日本列島の自然放射線レベル, 地学雑誌,
102, 868-877, 1993.
- [11] 湊進, 日本における地表 γ 線の線量率分布, 地学雑
誌, 115, 87-95, 2006.
- [12] 柴山元彦・平岡由次・湊進, 大阪府における地表 γ
線量率と地質との関連について, 大阪教育大学紀要
第Ⅲ部門 Vol.52 No.2, 215-223, 2004.

URL は 2014 年 9 月 30 日に確認。