

走行サーベイによる香川県の環境放射線調査

井村裕吉*・清水陸登**・石田啓祐***・阪間 稔*

- * 徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部 〒770-8503 徳島市蔵本町 3-18-15
** 徳島大学病院診療支援部 〒770-8503 徳島市蔵本町 2-50-1
*** 徳島大学大学院ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部
〒770-8502 徳島市南常三島町 1-1
責任著者：井村裕吉 (E-mail: imura@medsci.tokushima-u.ac.jp)

A car-borne measurement of environmental radiation in Kagawa Prefecture, Shikoku, Japan

Hiro Yoshi IMURA*・Rikuto SHIMIZU**・Keisuke ISHIDA***・Minoru SAKAMA*

*Institute of Health Biosciences The University of Tokushima Graduate School. 3-18-15 Kuramoto-cho, Tokushima 770-8503, Japan

**Tokushima University Hospital. 2-50-1, Kuramoto-cho, Tokushima 770-8503, Japan

*** Institute of Socio-Arts and Sciences, The University of Tokushima Graduate School. 1-1, Minamijosanjima-cho, Tokushima 770-8502, Japan

Correspondence: Hiro Yoshi IMURA (E-mail: imura@medsci.tokushima-u.ac.jp)

Abstract

After the accident of the Fukushima Daiichi nuclear power plant by the Great East Japan Earthquake on March 11, 2011, concern about radiation is increasing and monitoring of environmental radiation is performed even in Kagawa Prefecture. Then, we investigated for a short period of time for the purpose of creating the dose rate distribution map of Kagawa Prefecture while getting to know the dose rate of each municipality in Kagawa Prefecture in detail using a car-borne survey technique. As a result of measurement, the dose rates were low in the plain regions and those became high in the mountainous regions. Due to the average value of each municipality, the dose rates of municipalities in the southeastern prefecture, which contain Izumi Group and mountainous region affluent in granite, were high. The average dose rates of all municipalities in Kagawa Prefecture were obtained from this investigation, and the dose rate distribution map was created. From the tendency of the dose rate distribution in Kagawa, it has confirmed that a dose rate changed with geographical feature or geology.

Keywords: car-borne measurement, environmental radiation, Kagawa prefecture

1. はじめに

東日本大震災により福島第一原子力発電所で事故が発生し、大量の放射性物質が福島県を中心に広範囲にわたって環境中に放出された。そのため各所で空間線量が測定されており、福島県では放射線測定器を車に搭載し、走行しながら測定する走行サーベイが行われている¹⁾。このような事故によって変動する空間線量率レベルを評価するためには、それぞれの地域でのバックグラウンドレベルを把握しておかなければならない。環境放射線レベルやその地域分布は、環境条件によって変動しており、地域による特性を持つ。この地域特性を調査しておくことは、その後の環境放射線レベルの変動を知る上で重要である。日本の全地域における空間線量率の測定は阿部²⁾などの

測定がある。また、各県の衛生試験所や環境研究所などにおいてもその県におけるγ線線量の測定が行われている。

香川県では環境保健研究センターによりモニタリングポストでの空間線量の測定が行われている³⁾。しかし、測定は県内4ヶ所のみであり、県下全域にわたり広域には行われていない。我々は走行サーベイにより徳島県全域の環境放射線を調査し、報告してきた⁴⁾。走行サーベイは、環境放射線による線量率レベルを広域にわたって短期間で調査でき、また、連続測定することで環境放射線の線量率変化の地域的な違いがわかりやすい。そこで、我々は香川県全域を対象として、県下の環境放射線による線量率を市町村別に詳しく知るとともに、線量率分布を短期間に作成することで現況を把握し、環境条件が変化した場合

の基準となる線量率の値を得ることを目的として測定を行った。

2. 方法

NaI シンチレーションサーベイメータ(東洋メデック; 5000Cypher, $1' \Phi \times 1'$)とパソコン(Panasonic; Let's note CF-W2)をケーブルで繋ぎ、サーベイメータの検出器を助手席のヘッドレストに固定した(図1)。測定は走行中連続して



図1 サーベイメータ検出部の固定

1秒毎の γ 線を自動測定し、モニタリングソフトウェアによ10秒毎平均 γ 線線量率を得た。時定数はfastに設定した。GPS(GlobalSat; DG-100)によって測定ルート上の同定を行い、ICレコーダー(SONY; ICD-UX91)で測定ルート上の目印地点を記録することで地点と線量率の照合ができるようにした。移動速度は渋滞から時速50km程度までばらついている。測定ルートは香川県内の市町村を全て測定できるように主要国道と県道を用いて、香川県を縦断または横断となるように設定した。測定ルートを図2に示す。測定ルート図はインターネットでGPSデータから地図上の距離計算ができるサイト⁵⁾を利用して描画した。なお、図2以降に示す測定ルート図も同様に描画した。



図2 測定ルート

調査は2012年4月から2012年12月にわたって断続的に行い、降雨時の測定は避けた。降雨により大気中に浮遊していたラドン子孫核種が雨滴に付着して降下し、地上に落ちてくると、それらから放出される γ 線の影響で地上付近の空間線量率が上昇する⁶⁾ためである。なお、2011年3月の福島第一原子力発電所の事故による環境放射線への影響は、香川県環境保健研究センターにより測定されている³⁾事故前後の空間線量よ

り、事故による影響がみられていないことを確認した後に測定を行ったため、本調査での測定値は香川県での平常時の環境放射線線量率であると判断できる。

3. 測定値に影響する因子について

3-1 自動車の車体による遮蔽

本測定は測定器を車内に設置するため、環境からの放射線が自動車の車体により遮蔽される。車体による遮蔽効果は、周囲に建造物等がない広い場所で同じ地点において、車内と車外でそれぞれ測定し比較した。車内での測定は実際の測定と同様に測定器を設置し、車外での測定は車体を測定器から離し、測定器を車内で設置したときの地面からの高さと同じ高さになるように設置した。

測定は車外、車内それぞれで1時間ずつ行い、測定開始後10分間と測定終了前10分間を除いた40分間の測定値の平均値で比較した。車外での平均値と標準偏差は $0.057 \pm 0.004 \mu\text{Sv/h}$ 、車内では $0.042 \pm 0.003 \mu\text{Sv/h}$ となり、自動車の車体による遮蔽率は27.3%であった。

3-2 移動測定による誤差

測定は移動しながら行うため、測定器の時定数による応答遅れが測定値に影響し、さらに10秒毎の平均値として測定値を得ているため、ある地点の線量率はその場所の線量率を正確には示さない。そこで移動測定による線量率と、1分間程度停車して測定した定点測定による線量率を比較した。

ルートは平地から山地に入っていく県道2号線を選定した。県道2号線は橋やトンネルも含み、線量率に影響を及ぼすと考えられる地形や建造物が存在するルートである。ルート上でそのような建造物がある地点や、地形が変化する地点、県境などを含んだ16カ所で停車し、停車中の測定値の平均値をその地点での定点測定時の線量率とした。移動測定時の線量率は、GPSとICレコーダーの記録をもとに、定点測定地点16カ所を走行中の測定値から抽出した。図3に移動測定時の線量率と定点測定時の線量率を示す。地点Dで

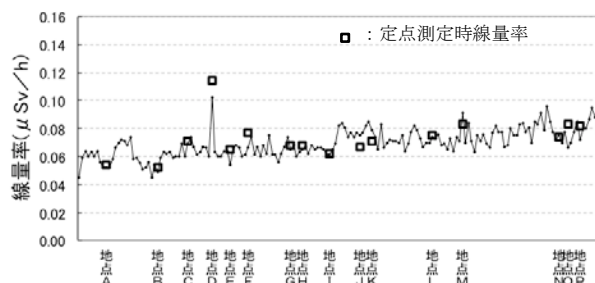


図3 移動測定時と定点測定時の線量率

は定点測定時の線量率が高かった。地点Dはトンネル内であるが、移動測定すると10秒に満たず数秒で通過する。移動測定では10秒毎の平均値として測定値を得ており、地点Dの線量率はトンネル外の線量率が含まれて平均値として示され

るため、トンネル内で定点測定した線量率よりも低くなる。地点Jでは、定点測定時の線量率が低い。地点Jは地形が変化する所で、山を切り開いた切り通しに入る手前であり、山肌から離れた場所で定点測定することになる。しかし、移動測定では、10秒毎の平均値として測定値を得ているため、山肌からの線量率も含まれて平均値として示されるため、定点測定した線量率よりも高くなる。このように移動測定による測定値の定点測定の測定値に対する割合は79.8%~111.4%となり、線量率では最大0.015 $\mu\text{Sv/h}$ の差がみられた。

3-3 経路（往路、復路）による誤差

測定器を車載しての測定では、特に山間部では、走行時の周辺状況が異なり、山肌近くを走行する場合もあれば、山肌から少し離れて走行する場合もあり、往路、復路により周辺状況がわずかだが異なる。また、測定値は10秒毎の平均値として測定値を得ているため、往路、復路での10秒間測定時の周辺状況は全く同じにはならない。図4に、県道2号線を往復測定した往路、復路での線量率を示す。往路での平均線量率は0.071 $\mu\text{Sv/h}$ 、復路の平均線量率は0.070 $\mu\text{Sv/h}$ であり、走行経路による差はほとんどない。しかし、どちらの走行経路においても、地域による線量率の変化は同様に捉えることができている。

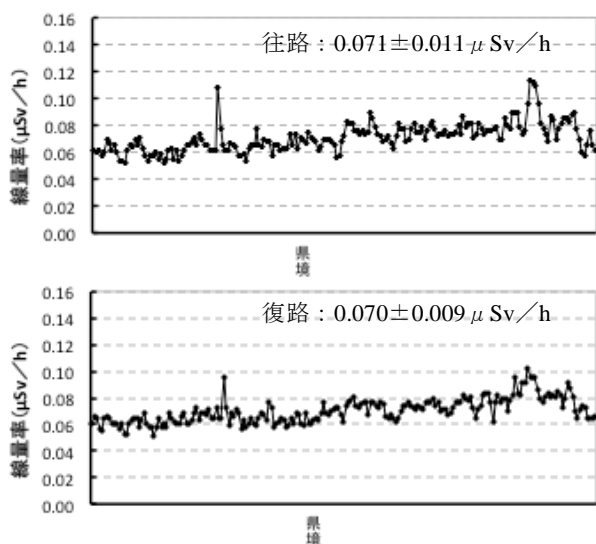


図4 県道2号線の往路、復路の線量率

4. 結果と考察

4-1 走行ルート上の線量率

4-1-1 香川県を東から西に向かう国道11号線上の線量率

図5に国道11号線を東かがわ市から西に向かう測定ルートを示した。測定ルートはほぼ平野部であり、沖積層⁷⁾上である。図6に測定ルート上を東から西に測定した線量率を示す。図中に0.13

$\mu\text{Sv/h}$ を超える線量率を示したところがあるが、坂出市の金山トンネルを通過したものである。トンネル内では周囲の地盤からの放射線により線量率は高くなる。

図中のA、Bで示した部分は、周辺とは異なり線量率が高かった。この線量率変化を示した走路上の写真を図7に示す。Aで示した部分は、周辺

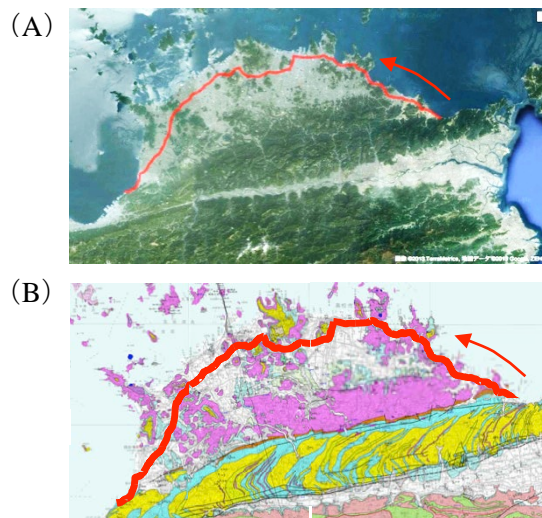


図5 国道11号線測定ルート
(A)地図上ルート
(B)地質図上ルート(四国地方地質図⁷⁾より)

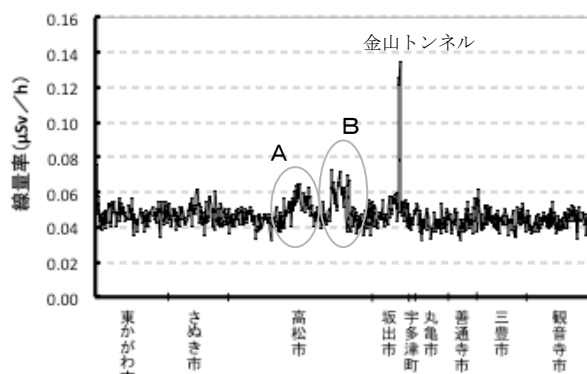


図6 国道11号線上の線量率

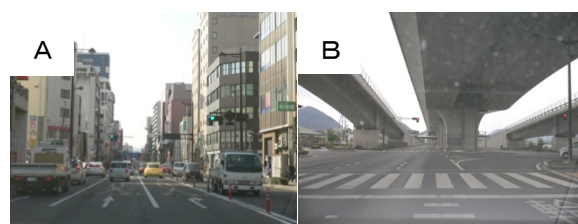


図7 線量率変化を示す測定ルート上の建造

にビルが建ち並ぶルートであり、測定ルート上にビルが近接している。また、図6のBで示した線量率の変化は、図7のBに示すように、走行ルート上に高速道路が走っている。このように建造物が近接している場合には、これらの建造物に含まれている放射性同位元素からの放射線^{8, 9)}により、線量率は影響を受ける。

4-1-2 香川県を東から西に向かう県道40号線上の線量率

図8に県道40号線を引田から西に向かう測定ルートを、図9にその測定ルート上の線量率を示す。この測定ルート上には五名トンネル、大窪

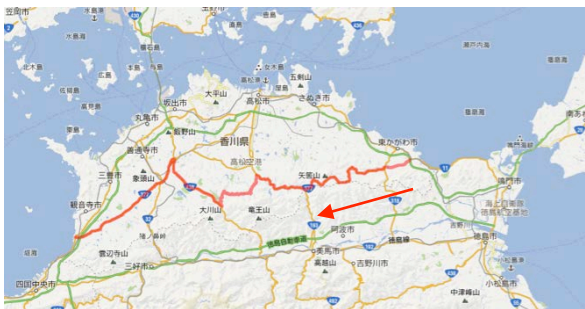


図8 県道40号線を西に向かう測定ルート

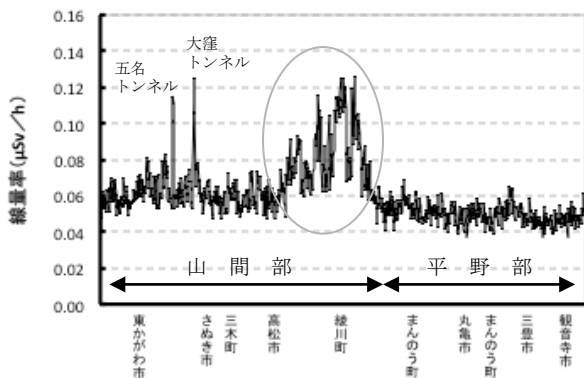


図9 県道40号線から西に向かうルート上の線量率

トンネルがあり、トンネルを通過することにより線量率は上昇する。その他、トンネル通過と同程度の線量率上昇を示す場所があった。この測定ルート上の環境放射線の線量率は約 0.037~0.126 $\mu\text{Sv/h}$ であり、場所によっては線量率が大きく異なった。引田から県道40号線を西に向かう測定ルートは、阿讃山脈北側の山間部を西に向かい、まんのう町から平野部へと地形が変化する測定ルートで、地層の地帯区分上、領家帯⁷⁾を走行測定しており、放射性物質に富む花崗岩帯を走行測定している。しかし、図中に示した綾川町、柏原溪谷近辺で線量率が高くなる場所は、花崗岩帯を走行測定しているのみでなく、走行ルート沿いに岩石が露出し(図10)、道が狭いため岩石が露出



図10 岩石が露出した山肌近くの走行ルート

した山肌近くを走行測定するようになったためと思われる。それ以外の場所は同地帯を走行測定しているものの、山肌から離れたところを走行測定しているために大きな線量率上昇はみられない。また、図11に示すように、線量率が上昇す



図11 県道40号線を西に向かう測定ルート

る綾川町までは山間部を走行測定するルートであり、綾川町からまんのう町に入るあたりから平野部を走行測定するルートである。まんのう町までの山間部を走行測定した線量率を平均すると $0.060 \pm 0.007 \mu\text{Sv/h}$ 、まんのう町からの平野部を走行測定した線量率を平均すると $0.050 \pm 0.006 \mu\text{Sv/h}$ であり、山間部を走行測定すると線量率は高い。平野部における環境放射線は、周辺になにもないため地面からの放射線が主となる。山間部では走行測定する道路の両側に山が接近するようになり、山や近接する岩石、土壌に含まれる天然放射性核種からの放射線により平野部に比べて線量率が高くなる。

4-1-3 香川県を屋島から南に向かうルート上の線量率

図12に屋島から県道30号線、県道42号線を南に国道193号線まで向かう測定ルートを示す。図13にその測定ルート上の線量率を示す。測定ルート上では、三木町で山間部に入る。この山間部に入るあたりから、それまでに比べ線量率が高くなった。また、国道193号線近くでは綾川町、柏原溪谷近辺での状況と同じような線量率の上昇がみられた。この線量率の上昇は国道193号線に合流する近くでみられたが、この領域も柏原溪谷近辺と同様に道が狭く、岩石が露出した山肌近くを走行測定する状況であった。



図 12 屋島から県道 30 号線を南に向かう測定ルート

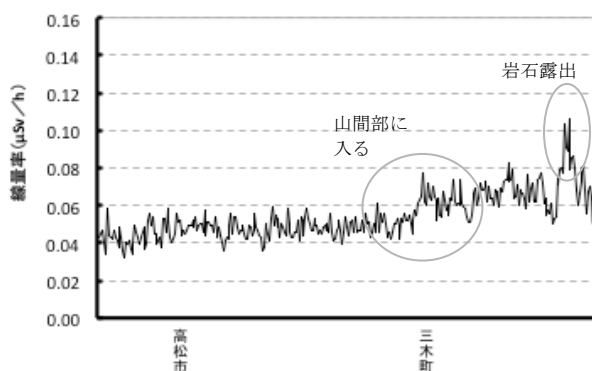


図 13 屋島から県道 30 号線を南に向う測定ルート上の線量率

4-2 各市町村の線量率

本調査により測定した各市町村の線量率について、トンネルと主な橋の線量率を除いて線量率分布図を作成し、図 14 に示す。線量率分布図は白地図¹⁰⁾上に線量率に対応した濃淡で作成した。また、表 1 に各市町村の平均線量率を示す。

香川県南東部の東かがわ市、さぬき市、三木町、綾川町、まんのう町の線量率が高く、次いで高松市が高い。これらの地域は地層構造から和泉層群を含み、更に花崗岩に富む山間部を含んでいる(図 5)。高松市は北から南の県境まで広がっており、県南部の山間部を含んでいるものの、県北部の平野部も多い。平野部は山間部に比べて線量率が低いいため、高松市は山間部と平野部の線量率が平均され、東部、南部に属する東かがわ市、まんのう町に比べ線量率が低くなったものと思われる。

表 1 各市町村の環境放射線の平均線量率(μSv/h)

市町村名	線量率	市町村名	線量率
東かがわ市	0.057	宇多津町	0.046
さぬき市	0.056	丸亀市	0.047
三木町	0.057	多度津町	0.048
高松市	0.051	普通寺市	0.047
坂出市	0.049	琴平町	0.049
綾川町	0.059	三豊市	0.048
まんのう町	0.055	観音寺市	0.048



図 14 各市町村の環境放射線の線量率分布

香川県北西部の坂出市、宇多津町、丸亀市、多度津町、善通寺市、琴平町、三豊市、観音寺市の線量率は低い値となった。これらの地域は平野部であり、ほとんどが沖積層である。また、測定ルート上の両側には国道 11 号線の高松駅近辺 (図 7) のように建造部が建ち並んでいるわけではなく、近接していない。

5. 結語

走行サーベイによって香川県の環境放射線の線量率を調査し、各市町村の環境放射線の線量率分布図を作成した。

環境中の放射線の線量率は平野部に比べ山間部で高くなった。山間部では走行路両側に山が接近し、さらには岩や土が近接するようになり、近接する岩石や土壌に含まれる天然放射性核種からの放射線により線量率が高くなる。また、地層、地質によって線量率が異なった。和泉層群を含み、花崗岩に富む山間部を含む県南東部の地域は高い線量率を示した。今回の調査で香川県の全市町村の平均線量率を得ることができた。

謝辞 本論文の作成にあたり、元徳島大学大学院ヘルスバイオサイエンス研究部、前澤博教授には多大なるご助言、ご提案をいただきました。ここに感謝申し上げます。また、徳島大学アイソトープ総合センター、三好弘一教授には本論文を査読いただき、示唆に富んだご意見をいただきました。感謝申し上げます。

文献

- 1) 谷垣 実, 2011, KURAMA の開発と運用. フィルムバジニュース, 420 ; 6-10
- 2) 阿部史朗, 1982, 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.
- 3) 香川の環境.
<http://www.pref.kagawa.jp/kankyo/mizukankyo/mizu-life.htm>
- 4) 清水陸登, 井村裕吉, 石田啓祐, 他. 走行サーベイによる徳島県の環境放射線調査. 四国公衆衛生学会雑誌, 58 ; 176-183.
- 5) Google Maps API を使って地図上の距離計測.
http://www2s.biglobe.ne.jp/~satosi/gmap/map_length.html
- 6) 湊 進, 1995, 環境放射線の走行サーベイ技術. 名古屋工業技術研究所報告, 44; 609-628.
- 7) 四国地方土木地質図編纂委員会, 1998, 20 万分の 1 四国地方土木地質図および同説明書. 建設省四国地方整備局, 内外地図, 57p, 396p
- 8) 新・放射線の人体への影響, 2001, 日本保健物理学会、日本アイソトープ協会 (編集). 丸善株式会社 14p
- 9) 高田 純, 2008, 医療人のための放射線防護学. 医療科学社 25p
- 10) テクノコ白地図イラスト
http://technocco.jp/n_map/0370kagawa.html

原稿受付	2013 年 4 月 4 日
改訂原稿受付	2013 年 4 月 30 日
論文受理	2013 年 4 月 30 日