

走行サーベイによる四国の環境放射線調査

井村裕吉*¹・清水陸登²・石田啓祐³・阪間 稔²

1 徳島大学大学院医歯薬学研究部 〒770-8503 徳島市蔵本町 3-18-15

2 徳島大学病院診療支援部 〒770-8503 徳島市蔵本町 2-50-1

3 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 Survey of Environmental Radiation in Shikoku, Japan

Hiroyoshi IMURA*¹・Rikuto SHIMIZU²・Keisuke ISHIDA³・Minoru SAKAMA²

1 Institute of Biomedical Sciences, Tokushima University Graduate School.

3-18-15 Kuramoto-cho, Tokushima 770-8503, Japan

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

3 Institute of Socio-Arts and Sciences, Tokushima University Graduate School.

1-1 Minamijosanjima-cho, Tokushima 770-8502, Japan

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

Abstract

We investigated the environmental radiation in Shikoku area using a car-borne survey and obtained the change of dose rate by continuous survey. Dose rates in Ozu city and its surrounding area, Ehime prefecture were the lowest in other areas of Shikoku. Dose rates obviously changed on the north side of it's low dose rates area but gradually changed on the south side. Dose rates in Ashizuri-misaki, Kochi prefecture were the highest in Shikoku and changed in accordance with the boundary of geological structure. Dose rate on the survey route, from Imabari city in Ehime prefecture to Shimanto city in Kochi prefecture, was the lowest at the surrounding area of the prefectural boundary. This lowest dose rate was considered to be caused by geological structure. The influence of altituded on dose rates was not observed in this survey route. The average dose rates of environmental radiation in Ehime prefecture and Kochi prefecture were almost the same and the lowest in Shikoku. Tokushima prefecture was the highest in the average dose rates of environmental radiation of other prefectures in Shikoku.

Keywords: car-borne survey, environmental radiation, Shikoku

1. はじめに

環境放射線に関する調査は古くから行われており、広域に及ぶ環境放射線の調査は阿部¹⁾らによって行われた。また、各地域でも研究機関や各県の衛生研究所、環境研究所などにおいて調査、測定が行われている。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福島第一原子力発電所での事故後のような環境放射線レベルの変動を知る上で重要である。

四国においても、各県の衛生研究所などにおいて環境放射線の測定が行われている。特に高知では高知衛生研究所²⁾により高知県内566地点で詳細に測定されている。徳島県³⁾、香川県⁴⁾での測定地点は高知県に比べてかなり少ないが定期的に測定されている。愛媛県では、愛媛県公害技術センター⁵⁾により走行サーベイによって環境放射線の調査が行われている。しかし、四国全体を

視野に入れた調査は行われていない。

我々は走行サーベイにより徳島県全域及び香川県全域の環境放射線を調査し報告してきた^{6, 7)}。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、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。四国では、愛媛県以外の3県における環境放射線の調査は定点で行われており、また、連続的に測定されていないため地域的な違いがわかりにくい。そこで我々は、四国全域を対象として、四国各県の環境放射線の線量率の違いを知るとともに、現況の線量率分布を把握し、環境条件が変化した場合の基礎となる線量率の値を得ることを目的として走行サーベイによる調査を行った。

2. 方法

2-1 測定システム

NaI シンチレーションサーベイメータ(東洋メ

ディック; 5000Cypher, 1'Φ×1'') の検出器を自動車助手席のヘッドレストに固定した。サーベイメータの測定値はケーブルで接続されたパソコン(Panasonic; Let's note CF-W2)に入力し記録した。測定は走行中連続して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り10秒毎の平均 γ 線線量率を得た。本測定に使用したサーベイメータの時定数は、fast/med/slowの3設定となっており、時間では示されていない。本測定は移動測定であるため、時定数はfastに設定した。 ^{137}Cs による $0.5\mu\text{Sv/h}$ での校正定数は1.12であった。

2-2 走行測定ルートと地点の同定

測定ルートの同定はGPS(GlobalSat; DG-100)によって行い、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測定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程度までばらついた。測定は四国の国道(一部県道を含む)を対象とした。今回の全測定ルートを図1に示す。



図1 測定ルート(赤線)

測定ルート図はインターネットでGPSデータから地図上での距離計算ができるサイト⁸⁾を利用して描画した。調査は2012年11月から2013年11月にわたって断続的に行い、その後2014年6月まで確認のための調査を行った。なお、12月下旬から3月上旬の期間は路面凍結、積雪等のため測定は避けた。また、降雨時の測定も避けた。大気中に浮遊していたラドン子孫核種が降雨により雨滴に付着して降下し、地上に落ちてくると、それらの核種から放出される γ 線の影響で地上付近の空間線量率が上昇する⁹⁾と考えられ、そのアーティファクトを避けるためである。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については、香川県環境管理課¹⁰⁾、徳島県環境管理課¹¹⁾、高知県衛生研究所¹²⁾、愛媛県原子力センター¹³⁾の各所で報告された空間線量を基に、事故による影響がみられていないことを確認した後測定を行った。本調査での測定値は四国の平常時の環境放射線線量率であると考えられる。

3. 結果と考察

3-1 測定値への修飾因子

本測定は検出器を車内に設置して移動しながら行うため種々の因子が測定値に影響する。その因子は既報⁷⁾のとおりであり、車体による遮蔽率は26.3%、移動測定による測定値の定点測定による測定値に対する割合は79.8%~111.4%、線量率では最大 $0.015\mu\text{Sv/h}$ の差がみられた。測定経路(往路、復路)による線量率の差はほとんどなかった。また、移動測定では移動速度を常に一定として測定することはできないため、移動速度が測定値に影響する因子になり得る。本報告では移動速度による線量率への影響の有無の検討を加えた。本測定は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り10秒毎の平均 γ 線線量率を得ているため、移動速度が異なると10秒間測定での移動距離が異なる。具体的には、時速30kmで走行すると10秒間に83m、時速50kmでは134m進むが、測定値はその区間での平均値となる。そこで移動速度が40km/hによる線量率と、20km/hによる線量率を比較した。既報⁷⁾で示している県道2号線を走行しながら測定した。時速40kmでの平均線量率が $0.071\mu\text{Sv/h}$ 、時速20kmでの平均線量率も $0.071\mu\text{Sv/h}$ であり、走行速度による違いは認められなかった。なお、以降の測定値は車内での測定値をそのまま示した。

3-2 走行ルート上の線量率

以下に図1に示す全測定ルートから、その一部の測定ルート上の線量率を示す。

3-2-1 四国北部を周回する国道の線量率

図2に四国北部を、徳島県との県境にある香川県東かがわ市から西に向って、高知県との県境の愛媛県愛南町までの測定ルートを示す。



図2 四国北部を香川県から愛媛県まで周回する航空写真上の測定ルート(赤線)。

赤矢印: 測定方向, A: 四国中央市, B: 新居浜市, C: 西条市, D: 今治市, E: 松山市, F: 伊予市, G: 大洲市, H: 八幡浜市, I: 西予市, J: 宇和島市, K: 愛南町

航空写真上に描画した測定ルート図は、インターネットで GPS データから移動の軌跡を地図上にプロットできるサイト¹⁴⁾を利用した。以後、本報告で示す測定ルート図は全て同様にして描画した。図3に測定ルート上の線量率を示す。

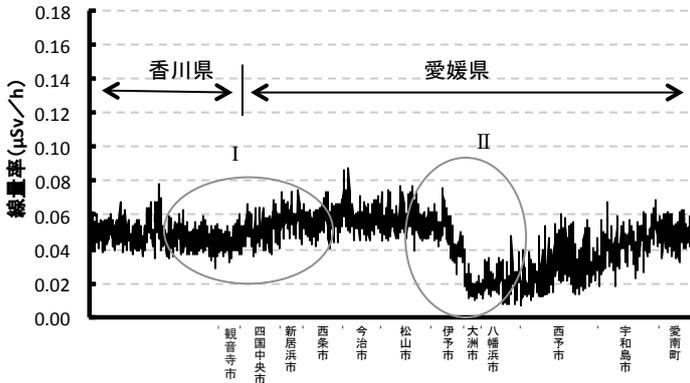


図3 四国北部を周回する測定ルート上の線量率

図3にはトンネルを除いた線量率を示した。トンネル内では線量率が上昇するため、線量率の変化が捉えづらくなるためである。香川県から愛媛県に入ると線量率がわずかに高くなった(図3中I)。愛媛県との県境にある香川県の観音寺市の平均線量率と標準偏差は $0.044 \pm 0.005 \mu\text{Sv/h}$ 、愛媛県側県境にある四国中央市は $0.051 \pm 0.006 \mu\text{Sv/h}$ 、四国中央市の隣の新居浜市は $0.058 \pm 0.006 \mu\text{Sv/h}$ であった。これら3市の平均線量率を Steel-Dwass 法^{15,16)}により多重比較検定を行った。観音寺市と四国中央市の間、観音寺市と新居浜市の間、四国中央市と新居浜市の間にそれぞれ危険率1%で有意な差がみられ、愛媛県に入ると線量率が上昇することが確認された。図4に地質図上の測定ルートを示す。

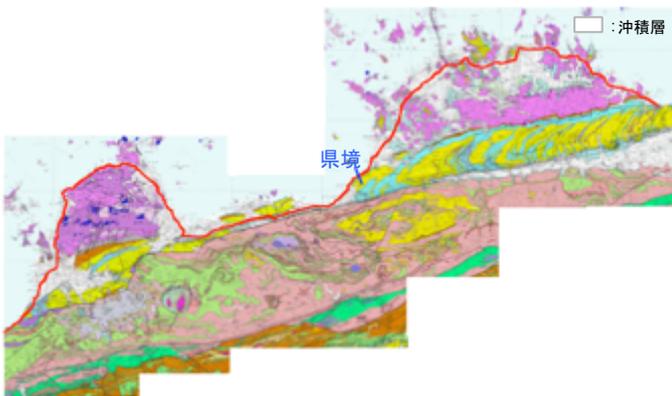


図4 地質図上の測定ルート(赤線)

四国地方地質図¹⁷⁾上に測定ルートを描画した。香川県から愛媛県の測定ルートがほとんど沖積層上であり、同一地層上を走行測定しているが、香川県での測定ルートは図2に示すようにほとんど平野部であるのに対し、愛媛県に入ると山の

近くを走行測定している。そのため、地形構造の違いにより線量率が高くなったものと思われる。愛媛県では線量率が大きく変化する地点があり、低線量率を示す領域がみられた。この領域は古川¹⁹⁾、安永⁵⁾によって報告されている領域とほぼ一致した。線量率が大きく変化する地点(図3中II)は、伊予市、大洲市の沿岸部を通過する国道378号線上にあり、伊予市と大洲市の境界で大きく線量率が低下した。線量率が低下した伊予市、大洲市境界周辺の地質図に線量率が変化した地

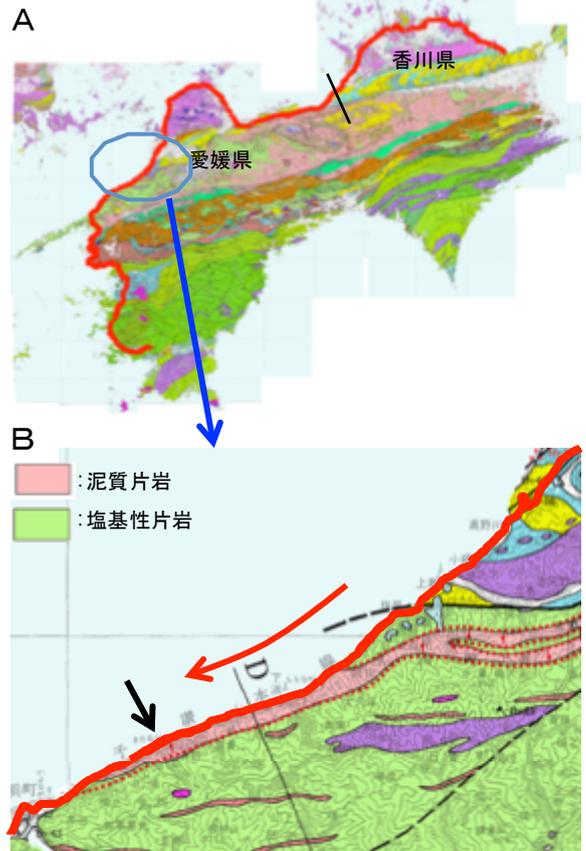


図5 地質図上の測定ルート(赤線)。

A: 全測定ルート, B: 線量率変換点近傍の地質図, 赤矢印: 測定方向, 黒矢印: 線量率変化点

点を重ねる(図5)と線量率の変化は、地質の境界にほぼ一致した。伊予市と大洲市の境界での線量率の低下は図中に黒矢印で示した地点であり、泥質片岩の層と緑色片岩の層の境界付近であった。伊予市、大洲市の沿岸部を通過する国道378号線は、北側は海、南側には山が迫っている地形が続いており、線量率が変化した伊予市と大洲市



図6 線量率変化点近傍のストリートビュー

の境界(図6)では、測定ルート上での明確な地形の変化はなかった。この測定ルート上でみられた線量率の変化は地質構造が関係しているものと思われる。なお、走行ルート周辺の地形、構造物の写真には Google マップのストリートビュー¹⁸⁾を利用した。本走行ルート上の線量率は、大洲市から更に南に向くと徐々に上昇し、伊予市と大洲市の境界でみられたような大きな線量率の上昇はなかった。国道56号線、197号線、441号線の各国道も、線量率の低い大洲市から南の宇和島市方面へ続いているが、その測定ルート上の線量率も、大洲市から南に向うに従って線量率が徐々に上昇し、線量率が大きく変化する地点は明瞭ではなかった。

大洲市周辺では、その他にも線量率が大きく変化する地点がみられた。伊予市から大洲市に向う国道56号線上と砥部町から内子町に向う国道379号線上であった。測定ルート上の線量率を図7に示す。

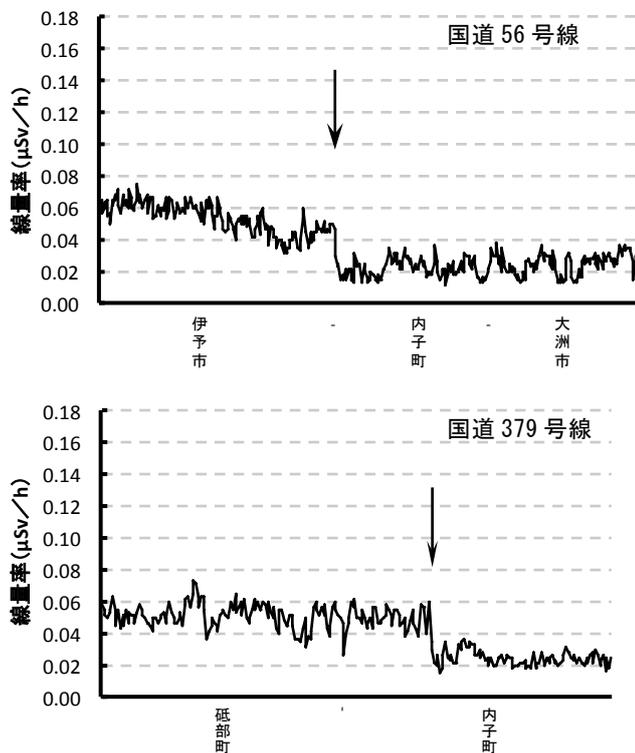


図7 測定ルート上の線量率。黒矢印：線量率変化点

国道56号線上では伊予市と内子町の境界で線量率が低下した。国道379号線上では内子町内であった。地質図上に両測定ルートを描画して図8に示し、線量率が変化した地点を矢印で示した。国道56号線上では塩基性片岩の層を走行中に線量率が低下し、国道379号線上では泥質片岩の層を走行中に線量率が低下した。両測定ルートともに線量率が変化した地点では地質の明確な変化はみられず、線量率の低下は地質に関係したものではないと思われる。同ルート上の線量率が変化した地点の地形を図9に示す。地形上、線量率が



図8 地質図上の測定ルート。黒矢印：測定方向、赤矢印：国道56号線上の線量率変化点、黄色矢印：国道379号線上の線量率変化点

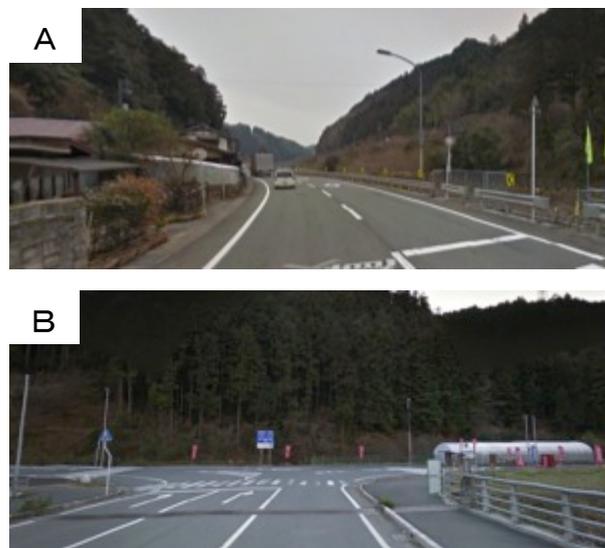


図9 線量率変化点近傍のストリートビュー
A：国道56号線、B：国道379号線

急激に変化するのに影響する明確な地形の境界はみられない。本報告では、地質的にも地形的にも線量率が変化する原因はなかったところまでを明らかにした。

3-2-2 四国南部を周回する国道の線量率

図10に四国南部を香川県との県境にある徳島県鳴門市から南に向って、愛媛県との県境の高知県宿毛市までの測定ルートと、図11に測定ルート上の線量率を示す。本測定ルートは、高知県土佐清水市で一部県道を含んでいる。線量率は、徳島県から高知県に入ると徐々に線量率が低下し、東洋町では $0.049 \pm 0.006 \mu\text{Sv/h}$ であった。高知市でもっとも低く $0.036 \pm 0.006 \mu\text{Sv/h}$ となり、須

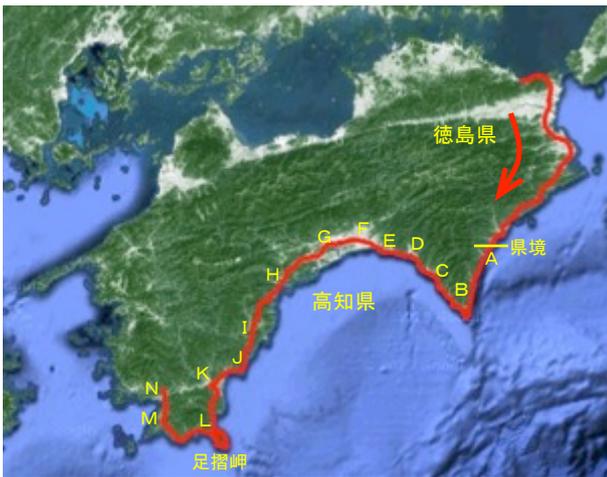


図 10 四国南部を徳島県から高知県まで周回する航空写真上の測定ルート（赤線）。
赤矢印：測定方向，A：東洋町，B：室戸市，C：奈半利町，D：安芸市，E：香南市，F：南国市，G：高知市，H：須崎市，I：四万十町，J：黒潮師，K：四万十市，L：土佐清水市，M：大月町，N：宿毛市

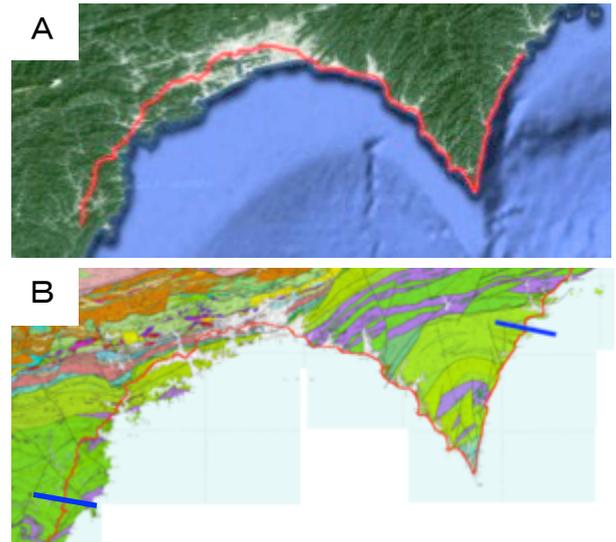


図 12 高知県東洋町から黒潮町への測定ルート
A：航空写真上の測定ルート（赤線）
B：地質上の測定ルート（赤線）

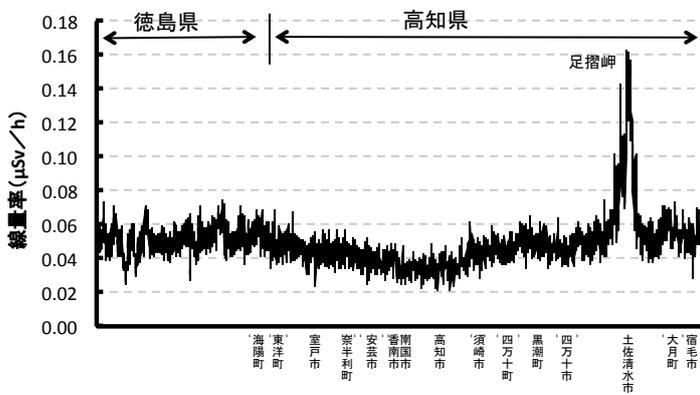


図 11 四国南部を周回する測定ルート上の線量率

崎市から四万十町に入るに従って徐々に線量率が増加した。四万十町につづく黒潮町では $0.049 \pm 0.005 \mu\text{Sv/h}$ となり、徳島県から高知県に入った東洋町の線量率とほぼ同じになった。東洋町、高知市、黒潮町の線量率を Steel-Dwass 法により多重比較検定を行った。東洋町と高知市の間、および高知市と黒潮町の間において危険率 1% で有意な差がみられたが、東洋町と黒潮町の間には有意な差がみられなかった。東洋町と黒潮町は高知市よりも南にある。高知県の南方面の線量率が高いことが確認できた。図 12 に、高知県東洋町から黒潮町にいたる測定ルートと地質図上に描画した測定ルートを示す。

測定ルートは、高知県東洋町からほぼ沿岸部が続いており、測定ルート上の片側（南側）は海に沿っているが、反対側は山沿いとなっている。安芸市を過ぎたあたりから平野部に入り、高知市内

は平野部を走行測定している。高知市、須崎市から四万十町、黒潮町にいたるに従って山間部に入っている。このような測定ルート上の地形構造の違いが線量率に影響したものと思われる。地質構造に関して、四国は付加体の配列からなる構造（図 13）をしており、東洋町から黒潮町にかけての測定ルート（図 12）は、室戸半島と足摺岬に

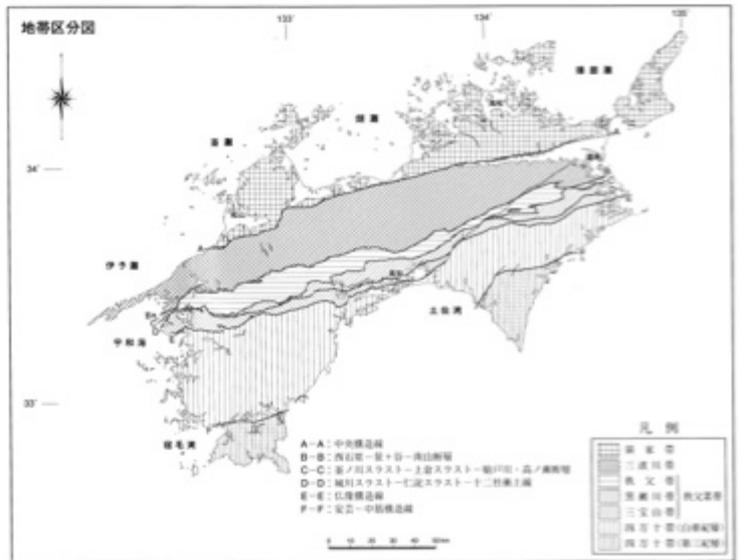


図 13 四国の地層構造

かけての大半が四万十帯（白亜紀～古第三紀付加体）に属し、土佐湾の奥に位置する高地平野周辺が秩父帯南帯（ジュラ紀付加体）とそれを被覆する高地平野の沖積層に属する¹⁷⁾。これらの付加体には、海洋プレートによってもたらされた塩基性火成岩である玄武岩類や遠洋性堆積物のチャート・石灰岩類が伴い、主として海溝充填堆積物で

ある砂岩と泥岩から構成される。以上の秩父南帯と四万十帯の付加体を構成する堆積岩類や海洋プレート起源の塩基性火成岩類が示す線量は、本測定ルート上の線量率（図 11）に見るバックグラウンド値（ $0.04 \mu\text{Sv/h} \sim 0.06 \mu\text{Sv/h}$ ）となっており、それをやや下回る範囲がちょうど、測定ルート上では、秩父南帯のジュラ紀付加体を沖積層が被覆する高知平野付近にあたる。近澤²⁾らも同様の測定結果を得ている。

高知県土佐清水市では、今回測定した四国の線量率のなかで最も高い線量率 $0.163 \mu\text{Sv/h}$ を示した。測定ルートは国道 321 号線から足摺岬方面へ向う県道 27 号線上であった。足摺岬における地質図上の測定ルートを図 14 に示す。線量率の変化は地質構造に一致し、砂岩、泥岩層から花崗岩層に入ると線量率が上昇した。花崗岩はウラン、トリウム等の天然放射性核種の濃度が高く、放射線強度が高い²⁰⁾。そして、花崗岩層から砂岩、泥岩層に入ると線量率は低下した。足摺岬とその周辺には、四万十帯の古第三紀付加体を構成する砂岩・泥岩の堆積岩類に、新第三紀のトーナライト岩体が貫入している。このトーナライトは花崗閃緑岩よりもさらに斜長石に富む酸性の深成岩類で、花崗岩類に帰属するものであり、放射性同位元素の含有率が高いことが知られている²¹⁾。

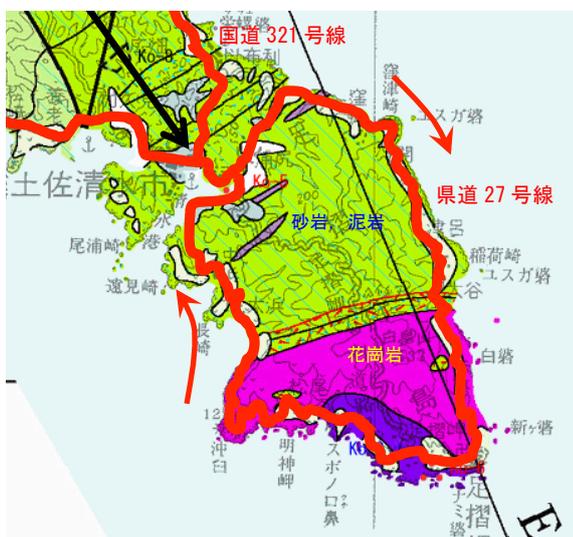


図 14 地質図上の測定ルート（赤線）。
赤矢印：測定方向

3-2-3 四国西部を縦断する国道の線量率

図 15 に四国西部を愛媛県今治市から南に向い、高知県四万十市までの測定ルートを航空写真上に示す。

本測定ルートは四国山脈を越える測定ルートであるため線量率に標高を重ねて図 16 に示した。測定ルート上では、愛媛県と高知県の県境付近で線量率の低下がみられ（図 16 中 I）、愛媛県側の県境にある久万高原町では $0.050 \pm 0.006 \mu\text{Sv/h}$ 、高知県側の県境にある構原町では $0.044 \pm 0.008 \mu\text{Sv/h}$ であった。この地域は本測定ルート上で標高が最も高くなり 1,000m を越えるところであった。



図 15 四国西部を愛媛県今治市から高知県四万十市まで縦断する航空写真上の測定ルート（赤線）。
赤矢印：測定方向、A：今治市、B：松山市、C：砥部町、D：久万高原町、E：構原町、F：津野町、G：構原町、H：四万十町、I：四万十市

更に南下するに従って標高は低くなったが、線量率は徐々に上昇し、高知県津野町では $0.052 \pm 0.005 \mu\text{Sv/h}$ であった。久万高原町、構原町、津野町の線量率を Steel-Dwass 法により多重比較検定を行った結果、久万高原町と構原町の間、構原町と津野町の間、久万高原町と津野町の間それぞれ危険率 1% で有意な差がみられ、愛媛県と高知県の県境付近での線量率の低下が確認された。本測定では標高の影響は観測されなかった。

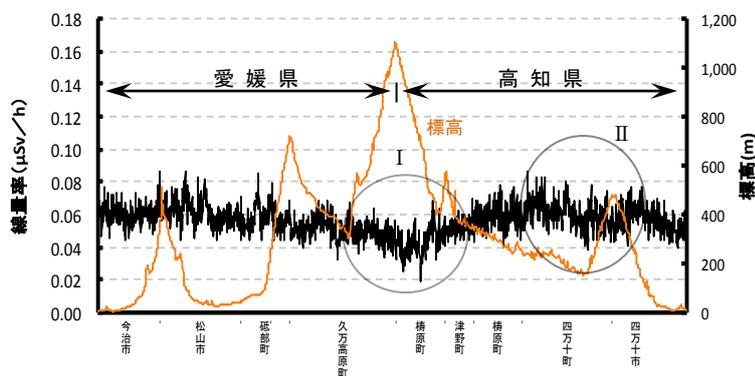


図 16 四国西部を愛媛県今治市から高知県四万十市まで縦断する測定ルート上の線量率

図 17 に地質図上測定ルートを、特に線量率の低下がみられた（図 16 中 I）領域の地質図を示す。線量率の低下は秩父累帯（図 13）を横断する領域であり、特に秩父累帯の黒瀬川帯通過時に最も線量率が低くなった。この測定ルート上は主に砂岩、泥岩互層からなり、石灰岩²⁰⁾などの礫

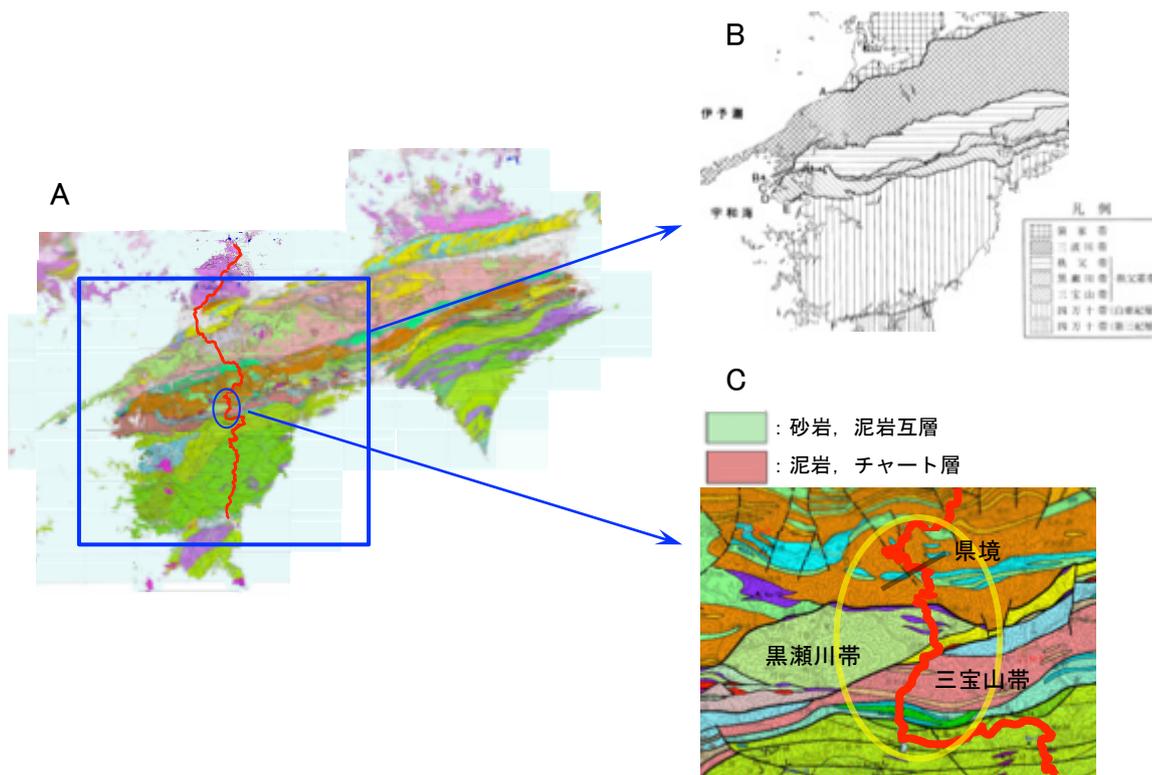


図 17 測定ルート.

A : 地質上の全測定ルート (赤線), B : A 中の四角で囲まれた領域の地質構造, C : A 中の円で囲まれた領域を拡大した地質上の測定ルート (赤線)

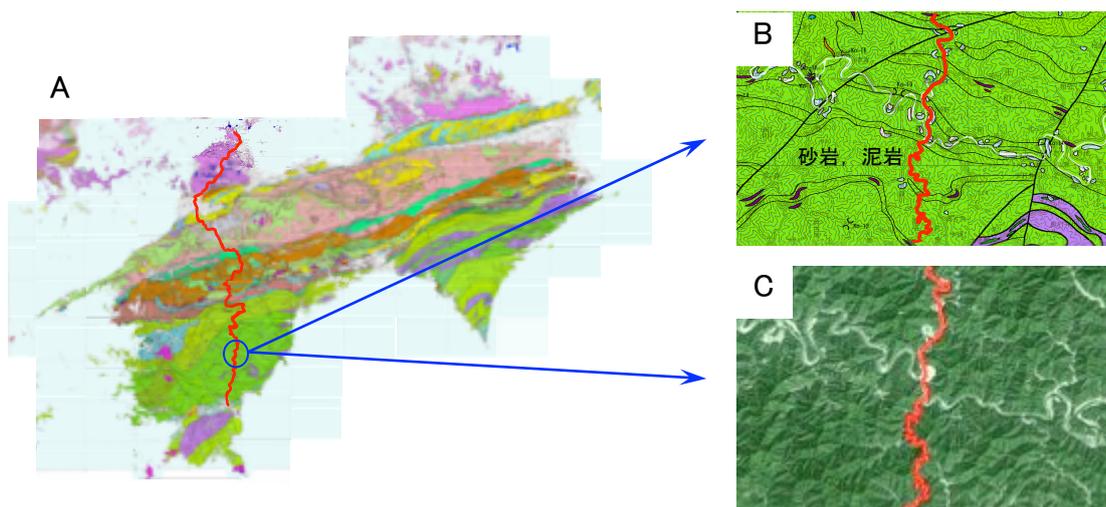


図 18 測定ルート.

A : 地質上の全測定ルート (赤線), B : A 中の円で囲まれた領域を拡大した地質図上の測定ルート (赤線), C : A 中の円で囲まれた領域を拡大した航空写真上の測定ルート (赤線)

含み¹⁷⁾、線量率が低い。黒瀬川帯通過後、三宝山帯を通過する。三宝山帯は泥岩及び遠洋起源の石灰岩、チャート²⁰⁾層からなる¹⁷⁾ため、この領域でも線量率は低い。県境付近での線量率の低下は主に地質によるものと思われる。

また、高知県内では線量率が低下する領域があ

った(図 16 中Ⅱ)。地質図上測定ルートを図 18 に示す。砂岩、泥岩の層¹⁵⁾を走行測定中に地質が変化していないにもかかわらず線量率が低下した。そのため線量率の低下は地質構造によるものではないと思われる。図 18 には線量率が低下した領域の航空写真上の測定ルートも示した。若干

わかりにくいのが、左右に山体が迫った山間部の道から、比較的拓けた、左右に山体が迫っていない領域となっている。この領域の線量率の低下は測定ルート上の地形によるものと思われる。

3-3 四国各県の環境放射線線量率

本走行測定全ルート(図1)から四国各県の平均線量率を算出した。愛媛県の平均線量率は $0.046 \pm 0.015 \mu\text{Sv/h}$ 、高知県は $0.046 \pm 0.013 \mu\text{Sv/h}$ であった。両県の平均線量率はほぼ同じであり最も線量率が低かった。愛媛県北部の地層は領家帯(図13)と呼ばれ花崗岩により主に構成される¹⁷⁾ため、今治市、松山市周辺は愛媛県内の他の市町村に比べて線量率が高く、今治市と松山市の平均線量率はそれぞれ、 $0.059 \mu\text{Sv/h}$ 、 $0.061 \mu\text{Sv/h}$ であった。しかし、大洲市周辺は $0.01 \mu\text{Sv/h}$ 程度の低い線量率を示す領域が多く、大洲市に隣接する八幡浜市では四国で最も低い線量率を示した。大洲市と八幡浜市の平均線量率はそれぞれ $0.022 \mu\text{Sv/h}$ 、 $0.020 \mu\text{Sv/h}$ と低く、そのため愛媛県の平均線量率は低くなったものと思われる。高知県では足摺岬で $0.163 \mu\text{Sv/h}$ の四国で最も高い線量率を示したが、高い線量率は足摺岬の一部のみであった。高知県は高知市の平均線量率が $0.036 \mu\text{Sv/h}$ であり、高知市を中心にその東西を含めた領域、ほぼ秩父帯(図13)に相当する領域で高知市と同程度の低い線量率を示しており、そのため平均線量率では低くなったものと思われる。近澤ら²⁾の測定もほぼ同様の傾向を示している。香川県の平均線量率は $0.05 \pm 0.007 \mu\text{Sv/h}$ であり、愛媛県、高知県に比べて線量率が高かったが、徳島県に比べて低かった。香川県は全域が花崗岩により主に構成される領家帯と呼ばれる地層からなるため愛媛県、高知県に比べて線量率が高くなったものと思われる。香川県は、他県に比べて山地の割合が少なく、平地と山地の割合がほぼ同じ²²⁾である。本測定による走行ルートは花崗岩層が主となる山間部に比べて沖積層を走行測定していることが多かった。徳島県の平均線量率が最も高く $0.052 \pm 0.010 \mu\text{Sv/h}$ であった。徳島県は山地が多く、全面積のおよそ8割を占めている²³⁾。高知県もほぼ同様²⁴⁾であるが、徳島県では、愛媛県、高知県にみられるような線量率が低い領域がない。また、香川県に比べて徳島県は山間部を走行測定している割合が多く、山間部では山体近くを走行測定することが多くなり、線量率が高くなったものと思われる。

4. 結語

四国全域にわたって環境放射線の調査を行った。走行サーベイにより連続的に測定することで線量率変化の地域的な違いがわかった。愛媛県では大洲市とその周辺が四国で最も低い線量率を示した。大洲市周辺の北側では線量率の変化が明瞭であったが、南側では線量率は徐々に変化した。高知県では、足摺岬近傍で四国で最も高い線量率を示した。線量率の上昇は花崗岩帯に一致した。四国各県の平均の環境放射線線量率は徳島県が

最も高く、次いで香川県であった。愛媛県と高知県の平均線量率はほぼ同じであり、最も低かった。四国各県の現況の線量率分布が把握できた。

謝辞 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。ここに記して感謝申し上げます。

文献

- 1) 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)。
- 2) 近澤紘史，植村多恵子，石井隆夫：高知県の地表ガンマ線量率，高知県衛生研究所報，50，59-64(2004)。
- 3) 永峰正幸，尾崎宏実：徳島県における環境放射能調査(第15報)，徳島県保健環境センター年報，28，57-60(2010)。
- 4) 小山 健，岩下陽子，日野康良：香川県における環境放射能調査(XV)，香川県環境保健研究センター所報，3，162-165(2004)。
- 5) 安永章二，篠崎由紀，三谷美嶺雄，山本英夫，篠原広充，渡邊郁雄：自然放射線等調査(長浜町・保内町)-走行サーベイによる空間放射線分布状況-，愛媛県公害技術センター所報，13，28-34(1993)。
- 6) 清水陸登，井村裕吉，石田啓祐，阪間 稔：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(1)，176-183(2013)。
- 7) 井村裕吉，清水陸登，石田啓祐，阪間 稔：走行サーベイによる香川県の環境放射線調査，徳島大学総合科学部自然科学研究，27(2)，7-12(2013)。
- 8) Google Maps API を使って地図上の距離計測 www2s.biglobe.ne.jp/~satosi/gmap/map_length.html
- 9) 湊 進：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(11)，609-628(1995)。
- 10) 香川県内の放射線量等の測定結果について www.pref.kagawa.lg.jp/housyasan/housyasen.pdf
- 11) 環境放射線の調査結果について | 徳島県 www.pref.tokushima.jp/docs/20110315500153/
- 12) 高知県の環境放射線量の状況 www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/130120/kuukansennryo.html
- 13) 愛媛県内の放射線等監視結果について www.pref.ehime.jp/h99901/houshasen/kan-kyo.html
- 14) GPS 軌跡の地図上へのプロット USOINFO usoinfo.if.land.to/osmtool/gpstracemap.php
- 15) 永田靖，吉田道弘：“統計的多重比較法の基礎”，第5章，サイエンティスト社(東京)，2012。
- 16) 柳井久江：“4Steps エクセル統計”，

- 151-181, オーエムエス出版 (埼玉), 2013.
- 17) 四国地方土木地質図編纂委員会: 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 (1998).
- 18) Google マップ 地図検索
<https://maps.google.co.jp>
- 19) 古川雅英: 日本列島の自然放射線レベル, 地
学雑誌, 102(7), 868-877(1993)
- 20) 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)
- 21) 周藤賢治, 朱来正夫: 地殻・マントル構成物
質, 105-111, 共立出版(1997)
- 22) 香川県プロフィール (地勢)
www.pref.kagawa/prfile/
- 23) 徳島県について | 徳島県
[www.pref.tokushima.jp/docs/2009102000
015/](http://www.pref.tokushima.jp/docs/2009102000015/)
- 24) 風土 | 高知県庁ホームページ
www.pref.kochi.lg.jp/info/fudo.html
-

原稿受付: 2015年 4月25日

論文受理: 2015年 4月28日