

新幹線車内における簡易放射線測定機を用いた空間線量率測定

田上 恵子

1 はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故発生から4年が経過した。事故発生直後は東日本の広い範囲で短半減期放射性核種の影響により空間線量率が高くなったり、水道水や野菜等には¹³¹Iや放射性セシウムが検出されたこともあり、核種の量を表すベクレル(Bq)や人への影響を表すシーベルト(Sv)などの単位が広く一般に知られるようになった。その福島第一原子力発電所の1-4号機については、東京電力を始め関係諸機関においてその対策に日々追われ、最終目標の廃炉までには長い年月が必要な状況である。さらには、日本各地にある多くの原子力発電所では、すべてが稼働停止しているものの、放射性廃棄物は確実に出てくることから、どのような処分方法でどこに処分するのか、という喫緊の課題がある。これらの課題に適切に対処するためには、将来の担い手となる後継者を継続して育成すること、その基盤として重要なのは、放射線・能に対して、一般の方々に科学的な根拠を基に正確に理解していただくことであろう。

まずは身の回りの放射線について、一般の方々に意識していただきたいのだが、近年では放射性セシウム濃度が一般に流通する食品からほとんど検出されなくなったこともあり、徐々に関心が低くなってきているようである。しかし食品以外の観点として、生活をしている上で自然放射線から受ける外部被ばくも、多くの人々には興味の対象になろう。一般の方々が外部被ばく線量を測定するためには、比較的安価で取扱の容易な簡易型放射線測定装置が適している。ただ住宅周辺の限られた範囲の測定では、測定結果の高低に一喜一憂してしまうだけかもしれない。より一般的な自然放射線への理解促進のためには、普段とは異なるいろいろな場所で自ら測定してみるというのも、放射線・能への理解を深めるきっかけになると思う。そこで筆者は人々が長距離を移動する際に利用し、正確なダイヤで運行される新幹線に着目した。正確なダイヤで運行されるということは、測定時刻

さえ分かれば測定場所をおおよそ推定することができる。このようなデータをすでに個人で収集しているケースもあるが、多くの場合、福島県内を通る東北新幹線区間のデータである¹⁾²⁾。福島県内においては、トンネル通過時の空間線量率の減少が報告されており、それだけでは環境放射線に対する誤解を生む可能性もある。そこで本報告では、どのような条件が空間放射線量率に影響しているのか理解を深めるために、三つの新幹線区間において測定を行った結果について報告する。

2 測定装置および測定方法

まず使用する簡易型測定装置として、0.001 μSv/hが測定可能な2機種(CUSTOM製RD105CおよびHORIBA製PA-300)について検討を行った。放射線検出部について、RD105CはGM管式であり、PA-300はCsIシンチレーション式である。どちらも¹³⁷Csを用いた校正が行われており、実験室内において福島第一原発由来の放射性Csを含む環境試料を用いて比較したところ、指示値は測定誤差範囲内で一致した。しかし、千葉県千葉市稲毛区の研究所敷地内の屋外において1m高における測定を1分間隔で10回行ったところ、RD105Cは $0.081 \pm 0.012 \mu\text{Sv/h}$ 、PA-300は $0.048 \pm 0.003 \mu\text{Sv/h}$ であり、両者の指示値に有意差があった。同所内にはモニタリングポスト(球形電離箱式)が3か所設置されている。同じ測定日の時間帯における値は $0.080 \pm 0.020 \mu\text{Sv/h}$ (それぞれ0.94, 0.58, 0.89 μSv/h)であり、ばらつきは大きいもののRD105Cの値に近かった。比較のために同所から約11 km南に位置するモニタリングポスト³⁾における1 m高の値を調べたところ、同じ測定日時では $0.051 \pm 0.002 \mu\text{Sv/h}$ であり、この値はPA-300とは誤差範囲内で一致していた。今回測定した屋外環境では、福島第一原発由来の放射性Csによる放射線は、自然由来の放射線と比べて著しく高くないレベルであることから(事故以前は0.04~0.1 μSv/hであり、平成27年3月は0.06~0.11 μSv/h)、自然放射線計測に対する検出器の特性を反映して、差異が生じた可能性がある。このような低レベル測定においては、簡易型測定装置を用いた場合、真値とある程度差

Application of Handheld Radiation Monitor to Measure Air Dose Rate in Shinkansen Super Express Train (Tokaido-Sanyo, Jyoetsu and Tohoku Lines).

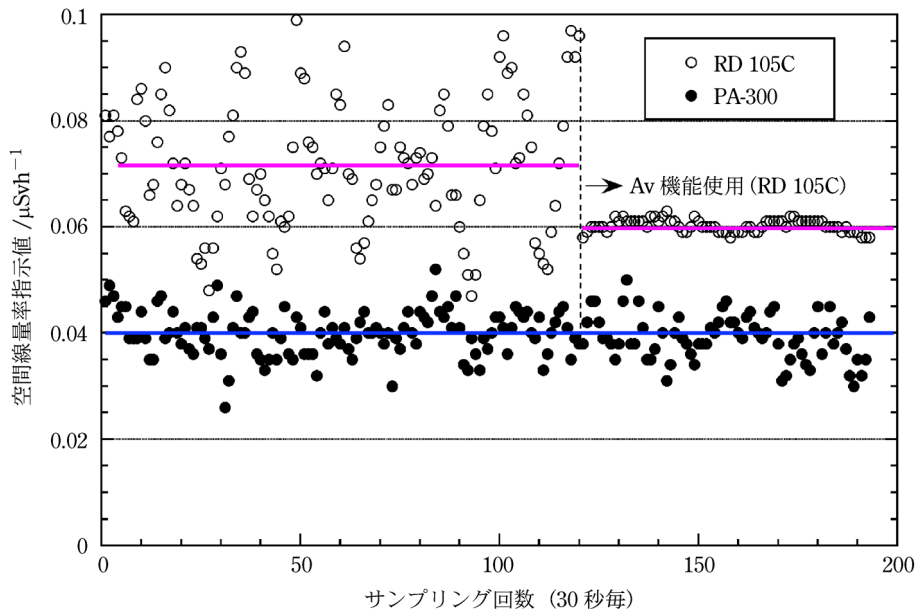


図1 同一室内における簡易測定装置 (RD105C と PA-300) の空間線量率指示値の変動

が生じてしまうことも念頭に測定をするほうが良いであろう。ただし、同じ測定装置を使って得られた値を比較する、という目的では十分利用価値が高い。

さらに、長時間同じ条件における指示値の変動についても検討した。測定は室内において、装置を実験室窓際に設置し、検出部を外側に向けた状態で30秒間隔の指示値を記録する方法で行った。測定日の天気は曇りであった。結果を図1に示す。PA-300は10秒ごとに1分測定の平均値を示す方式であり、RD105Cは即時値もしくはある一定の時間の平均値 (Av機能) を示すことができる二つのモードがある。RD105Cの即時値を1時間、その後Av機能を用いて測定した結果、即時値は大きくばらついたが、Av機能を使用することでばらつきは抑えることができた。しかし、平均値は即時値で0.072 μSv/h、Av機能値で0.060 μSv/hとなり、同じ装置でありながら平均値が異なる理由は不明であった。ばらつきが大きいことと測定モードの違いによる平均値の差があることは、測定結果の信頼性が低くなると考えられることから、今回の新幹線内での測定には不適當である。

以上の結果から、新幹線内の測定はPA-300を用いて行うこととした。RD105CはGM管式であるため、放射性Csを汚染源とする比較的空間線量率が高い場合に適しており、より低い空間線量率のエリアにおいてはシンチレーション式が適していることを反映している。なお本装置にはメモリ機能が付いておらず、したがって設定した時間の都度指示値を読み取らなければならない。近年ではやや高額になるがGPSデータと測定データを時間とともに記録することができる通信機能付きの製品もある (例えば、HORIBA PA-1100)。

対象路線は東海道・山陽新幹線、上越新幹線および東北新幹線である。測定期間は、お互いのデータを比較できるようにするため、短期間 (2015年1月27日から2月18日) で行った。測定は窓側座席において検出部が外に面するように検出器を置いて行った。また駅を通過した時間も記録して位置を把握した。なお、図1に示したように、PA-300の指示値は同じような条件においても変動しており、193回の30秒間隔測定の平均値と範囲は0.040 μSv/h (範囲: 0.026~0.052) であった。環境放射線はランダムに発生するため、1分平均値を指示する本装置であってもこの程度のばらつきが生じることに注意しておかなければならない。したがって、多くの測定点があれば、変動があった場合に検出しやすくなるといえる。

3 新幹線乗車時の空間線量率について

3.1 東海道・山陽新幹線

東京-岡山区間において、のぞみ号に乗車したときの往復の空間線量率を、1分ごとの読み取り値でプロットした結果を図2に示す。主なトンネル区間は灰色で示した。途中の停車駅は品川、新横浜、名古屋、京都、新大阪、新神戸 (各駅において2分程度の停車) であった。本プロットの結果から、トンネル区間では空間線量率が高くなっていることがわかる。これはすでによく知られているように、天然に存在するカリウム-40およびウラン・トリウムの子孫核種に由来する。平地では地面だけが放射線源になるが、トンネル内では放射線源に取り囲まれる形になることが空間線量率を押し上げる要因になる (図3)。

さらに興味深いのは、三河安城駅付近の東京方面と大

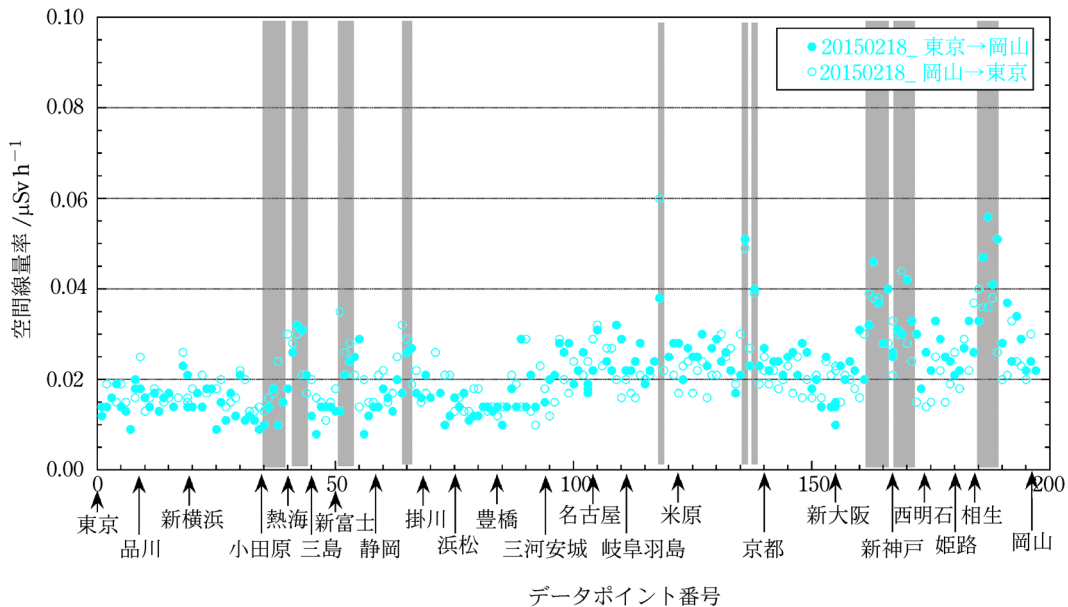
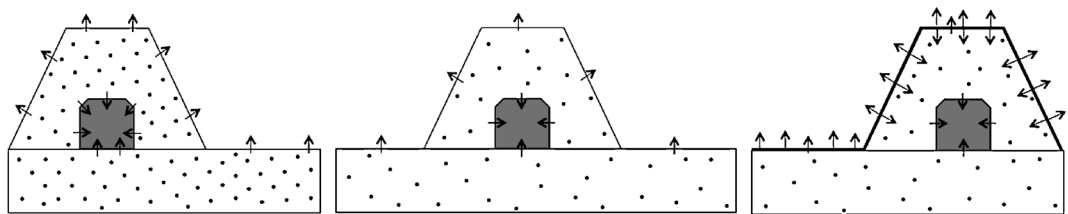


図2 東海道・山陽新幹線車内における簡易型放射線計測器による空間線量率測定結果



左：母岩に含まれる天然由来放射性核種が多い場合，中央：母岩に含まれる天然由来放射性核種が少ない場合，右：土壌表面が放射性核種（ γ 線放出）に汚染された場合。

図3 トンネルおよび平地における大地放射線と表面汚染による放射線の模式図

阪方面ではベースとなる空間線量率が異なっていることを簡易計測器でも観測できた点である。新幹線車内であるため車体による遮蔽効果があるが、およそ $0.01 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 程度の違いがあることがわかる。地質的には、関西方面では ^{40}K およびウラン・トリウム濃度が多い花崗岩類が母岩を形成している一方で、関東では堆積岩が主である⁴⁾。つまり、放射性核種の地面に含まれる量が多と異なることが、大地放射線量に地域差を生む要因になっており、日本の空間線量分布図⁵⁾⁶⁾からもそれが読み取れる。なお、平地における空間線量率の高い関西地域のトンネル内の方が関東近辺よりも指示値が高くなっており、今回の測定では $0.06 \mu\text{Sv}/\text{h}$ が最大値であった。ただし、大阪等の大都市近辺では建物等による遮蔽があるためか、空間線量率が郊外に比べて低くなる傾向があった。

3・2 上越新幹線

東京-新潟区間において、Max とき号に乗車したときの往復の空間線量率を30秒ごとの読み取り値でプロットした結果を図4に示す。同じく主なトンネル区間を

灰色で示した。途中の停車駅は上野、大宮、高崎（新潟→東京のみ）、越後湯沢、浦佐と燕三条（東京→新潟のみ）、長岡である。東海道・山陽新幹線と同様に、トンネル内で空間線量率が高くなり、トンネル区間が長いほど高くなる傾向があった。上毛高原駅から越後湯沢駅の間（通過に約10分）で最大値 $0.055 \mu\text{Sv}/\text{h}$ が観測された。越後湯沢駅のある湯沢町における空間線量率³⁾は、測定日（2015年2月6日）において、平均値で $0.021 \mu\text{Sv}/\text{h}$ であったことから、トンネル内で高まっていることが良く理解できる。ただし、トンネル区間が最大でも5分程度と短い東海道・山陽新幹線で観測された値よりも、やや低かった。長い区間のほうが空気中に放出された ^{222}Rn や ^{220}Rn 由来の子孫核種のトンネル内滞留により放射線量が高くなると考えられたが、今回の上越新幹線と東海道・山陽新幹線との比較により、地殻に含まれる放射線源の絶対量が多いほうが、より空間線量率に影響していることが明らかとなった。

なお、新潟側において、関東よりも空間線量率が高いのは、福島第一原発事故の影響ではない。越後平野を構成するのは主に堆積岩であるが、火山岩地帯が関東より

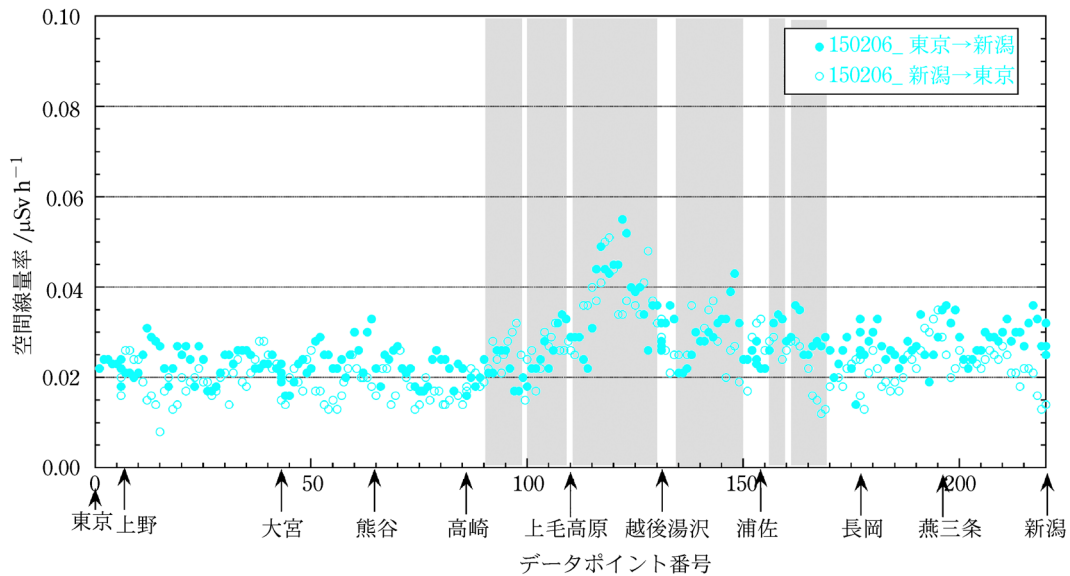


図4 上越新幹線車内における簡易型放射線計測器による空間線量率測定結果

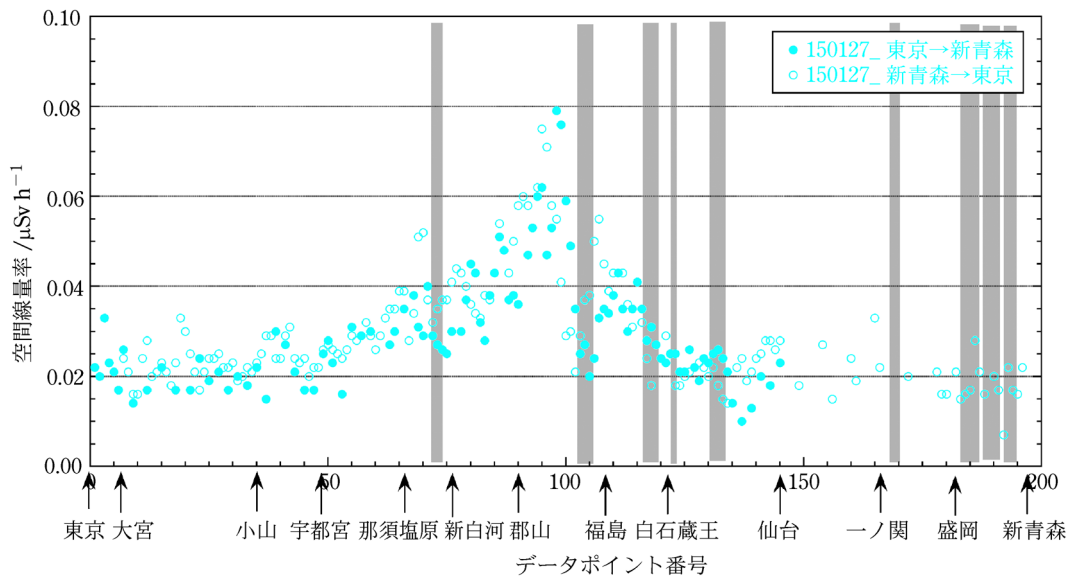


図5 東北新幹線車内における簡易型放射線計測器による空間線量率測定結果

も近いことが影響していると考えられた。これまでの報告でも新潟周辺での空間線量率は高い傾向にあることが知られている⁵⁾⁶⁾。

3.3 東北新幹線

東京-新青森区間において、はやぶさ号に乗車したとき（2015年1月27日）の往復の空間線量率測定結果を図5示す。主なトンネル区間を同じく灰色で示した。プロットは大宮-仙台間においては30秒ごとで示してあるが、それ以外の区間では5分ごとのサンプリングである。そのため、横軸は距離や時間と必ずしも一致しない。停車駅は大宮、仙台、盛岡、新青森（新青森から二戸区間においては各駅停車）であった。

栃木県北部から福島県内の区間においては、この区間

以外のエリアよりも空間線量率が高くなり、福島第一原発事故由来の放射性セシウム（¹³⁴Csおよび¹³⁷Cs）の影響が測定された。福島駅と郡山駅間において最大0.08 μSv/hが観測されたが、前出の二つの新幹線区間のトンネル内に比べて著しく高い値ではなくなっていることがわかる。ただし、他の新幹線区間と異なるのは、トンネル内において空間線量率が低くなる現象が見られたことである。すでに報告されているとおり¹⁾²⁾、郡山、福島間のトンネルにおいて特に顕著であった。これは図3に示したように、土壌表面部分が汚染しているため、トンネル外ではその影響を受けるが、トンネル区間内においては、岩盤の厚みによって放射線が遮蔽され、空間線量率が下がることが要因であると考えられる。

なお、湊ら²⁾は「同一車両でも座席の位置により床下

にある機器の配置が違うので遮蔽効果に違いが出る」という可能性を示唆している。本報告では往復とも同じ型に乗車した際の結果であり、座席位置は異なったが往復で違いが見られなかった。したがって本調査の結果は、窓側で測定をしている限りは、測定結果に大差がないことを示している。ただし、窓側と通路側の座席であれば値は異なる可能性がある。新幹線車両による遮蔽効果の詳細についてはデータを蓄積する必要があるだろう。

4 最後に

本報告では新幹線乗車時における空間線量率の測定を行った結果を示した。往復で2回測定しているの、1回の測定よりもより信頼の高い形でデータが提供できたものとする。今回特に取り上げた、トンネル内で高くなる、低くなるという現象はそれぞれ模式的に記載した図3のような考え方で説明できた。ただし、気をつけなければならないのは、これは車内での空間線量率であって、新幹線構造物や新幹線の車体自身による遮蔽があるので、野外での測定値とは異なること、新幹線の運行速度によっては値が異なることがあること、さらには、前述したが、同じような場所を通過中や停車中における測定でも値がばらつくこと、これらをきちんと認識しておくことである。

今回のような測定は比較的容易であり、誰にでも行える。このような測定を通して、我々の身の回りには放射線源となる天然放射性核種があり、日常的にそのような放射線に曝^{さら}されている、ということを確認できるし、地球科学に興味を持つきっかけとなるかもしれない。ただし、得られた値については、一般の方々が誤解されない

ように、科学的な根拠を示してサポートすることも必要であろう。トンネル内で放射線源となる核種の挙動については、さらに研究すれば空間線量率との関係解明に役立つと期待される。なお、今回報告した東北新幹線および上越新幹線における測定の詳細については、別報⁷⁾⁸⁾を参照していただければ幸いである。

文 献

- 1) 森山正樹: *Isotope News*, **719**, 37 (2014).
- 2) 湊 進, 池田 正: *Isotope News*, **731**, 47 (2015).
- 3) 全国および福島県の空間線量測定結果, 原子力規制委員会 HP, <http://radioactivity.nsr.go.jp/map/ja/index.html> (2015年3月21日, 筆者最終確認).
- 4) 日本シームレス地図, 産業技術総合研究所 地質調査総合センター HP, <https://gbank.gsj.jp/seamless/> (2015年3月21日, 筆者最終確認).
- 5) 湊 進: *Journal of Geography*, **115**, 87 (2006).
- 6) 全国空気吸収線量率データベース, 放射線医学総合研究所 HP, <http://www.nirs.go.jp/db/anzendb/ERLABE/Erlabe.php> (2015年3月21日, 筆者最終確認).
- 7) 田上恵子, 内田滋夫, 石井伸昌: *放射化学*, **31**, 2 (2015).
- 8) 田上恵子, 内田滋夫, 石井伸昌: *放射化学*, **31**, 7 (2015).

田上恵子 (Keiko TAGAMI)



国立研究開発法人放射線医学総合研究所 廃棄物技術開発研究チーム (〒263-8555 千葉県千葉市稲毛区穴川4-9-1)。筑波大学 農林学類生物資源生産学卒。農学博士 (京都大学)。《現在の研究テーマ》放射性廃棄物に関わる長半減期放射性核種の陸域環境挙動の解明。
E-mail: k_tagami@nirs.go.jp

原 稿 募 集

創案と開発欄の原稿を募集しています

内容: 新しい分析方法・技術を創案したときの着想, 新しい発見のきっかけ, 新装置開発上の苦心と問題点解決の経緯などを述べたもの。但し, 他誌に未発表のものに限ります。

執筆上の注意: 1) 会員の研究活動, 技術の展開に参考になるよう, 体験をなるべく具体的に述べる。物語風でもよい。2) 従来の分析方法や装置の問題点に触れ, 記事中の創案や開発の意義, すなわち主題の背景を分かりやすく説明する。3) 図や表, 当時のスケッチなどを用いて理解しやす

くすることが望ましい。4) 原稿は図表を含めて4000~8000字(図・表は1枚500字に換算)とする。

◇採用の可否は編集委員会にご一任ください。原稿の送付および問い合わせは下記へお願いします。

〒141-0031 東京都品川区五反田1-26-2
五反田サンハイツ304号
(公社)日本分析化学会「ぶんせき」編集委員会
〔電話: 03-3490-3537〕