
歩行サーベイによる
ハンガリー・ヴェスプレーム市街地の
空間線量率分布

赤田尚史* 細田正洋* ** 岩岡和輝***

*弘前大学被ばく医療総合研究所

**弘前大学大学院保健学研究科

***国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

歩行サーベイによるハンガリー・ヴェスプレーム市街地の空間線量率分布 Distribution of ambient dose rate in urban area of Veszprém, Hungary by walking survey

赤田尚史*, 細田正洋**, 岩岡和輝***

Naofumi AKATA, Masahiro HOSODA, Kazuki IWAOKA

*弘前大学被ばく医療総合研究所

Institute of Radiation Emergency Medicine, Hirosaki University

**弘前大学大学院保健学研究科

Hirosaki University Graduate School of Health Science

***国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

1, はじめに

我々は、日々の生活の中で、定常的に自然からの放射線を浴びている。自然放射線は、土壌内の天然放射性核種に起因する大地からの放射線、大気中ラドン壊変生成核種に起因する大気からの放射線、そして宇宙線の3つに大きく分類される(下ほか, 2013)。環境放射線の測定量としての空間線量率は、外部被ばくの指標となるものであり、ある空間における単位時間あたりの放射線量(空気吸収線量や空気カーマ)である。その寄与成分である大気放射線は大地放射線の約10~20%であるため、空間線量率は主に大地からの放射線による影響が大きい。大地からの放射線は、主に地球誕生から存在するウラン系列核種とトリウム系列核種および放射性カリウム(^{40}K)から構成されるため、観測地点やその周辺地域における地質環境により大きく異なる値を示す。日本においては、空間線量率と地質環境の関連について数多くの研究が行われており(例えば、細田ほか, 2015等)、日本全域についてデータが取り纏められている(古川, 1993; 湊, 2006)。また、福島第一原子力発電所事故以降は、人工放射性核種によって高められた空間ガンマ線線量率の地域分布について数多くの報告がある(例えば Hosoda et al. 2011; Pornnumpa et al. 2016等)。

このような調査は海外でも数多く行われており(例えば Turhan et al. 2011; Hosoda et al. 2015等)、各地のデータが取り纏められている。著者らは、国際会議出席のため訪問したハンガリー・ヴェスプレームにおいてポケット線量計を用いて空間線量の測定を実施し、その結果を報告している(赤田ほか, 2016)。本報では、市街地を中心により詳細な測定を行った結果について報告する。

2, 調査

調査はハンガリーの中心部に位置するヴェスプレームで実施した。ハンガリーの概要は前報でまとめている(赤田ほか, 2016)が、ここでは繰り返して述べる。ハンガリーは、中央ヨーロッパに位置し、オーストリア、スロベニア、スロバキア、ウクライナ、ルーマニア、セルビア、クロアチアに囲まれた内陸国である。カルパチア山脈・アルプス山脈・ディナル・アルプス山脈の尾根に囲まれたカルパチア盆地が主であり、その中央に位置するハンガリー大平原を流れるドナウ川が特徴的である(Fig. 1)。ハンガリー大平原の中西部には後期更新世の地殻陥没で形成された中央ヨーロッパ最大のバラトン湖がある。また、

数多くの温泉が湧き出ており、ヨーロッパ有数の「温泉大国」でもある。

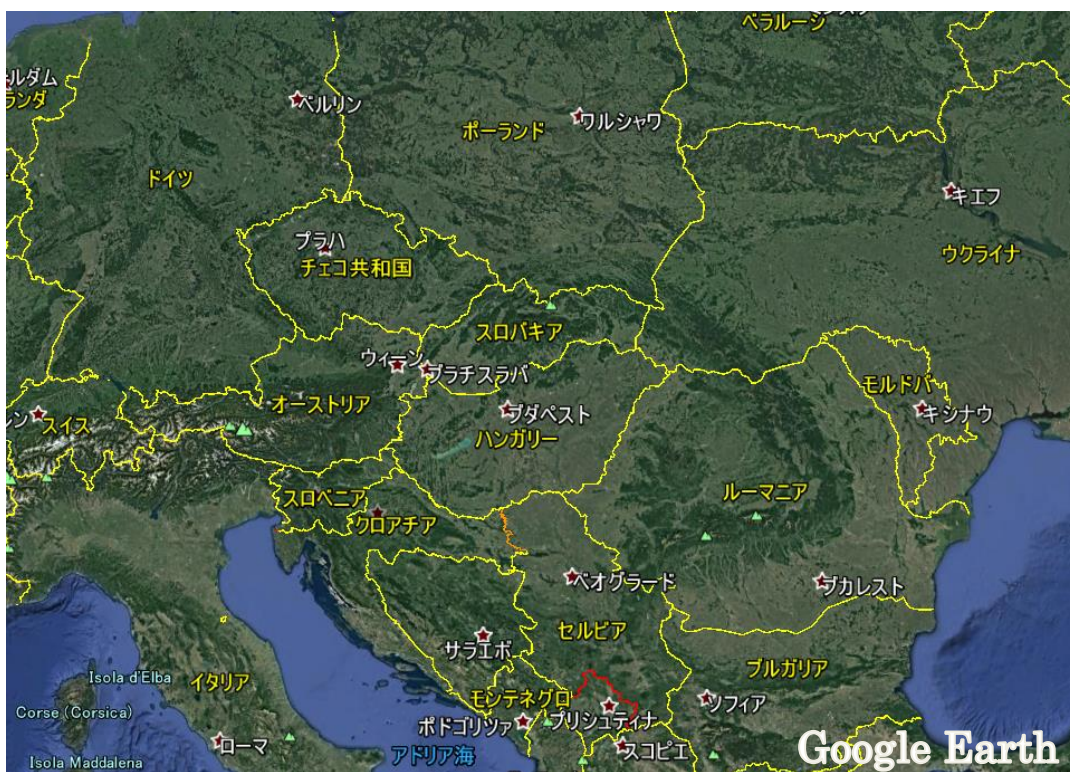


図1 観測場所であるハンガリーの位置関係

ここで、ハンガリーの地質について概要図（図2）をもとに簡単に述べる（鹿園，1998）。地表の80%は鮮新世から第四紀の碎屑性堆積岩が占める。バラトン湖周辺には上部古生代基盤岩が認められ、北東から南西にかけてその基盤岩が見られる。この地域は石灰岩やドロマイトが有名であり、ブタペスト市内のブタの丘等は主として limestone や dolomite で形成されている。

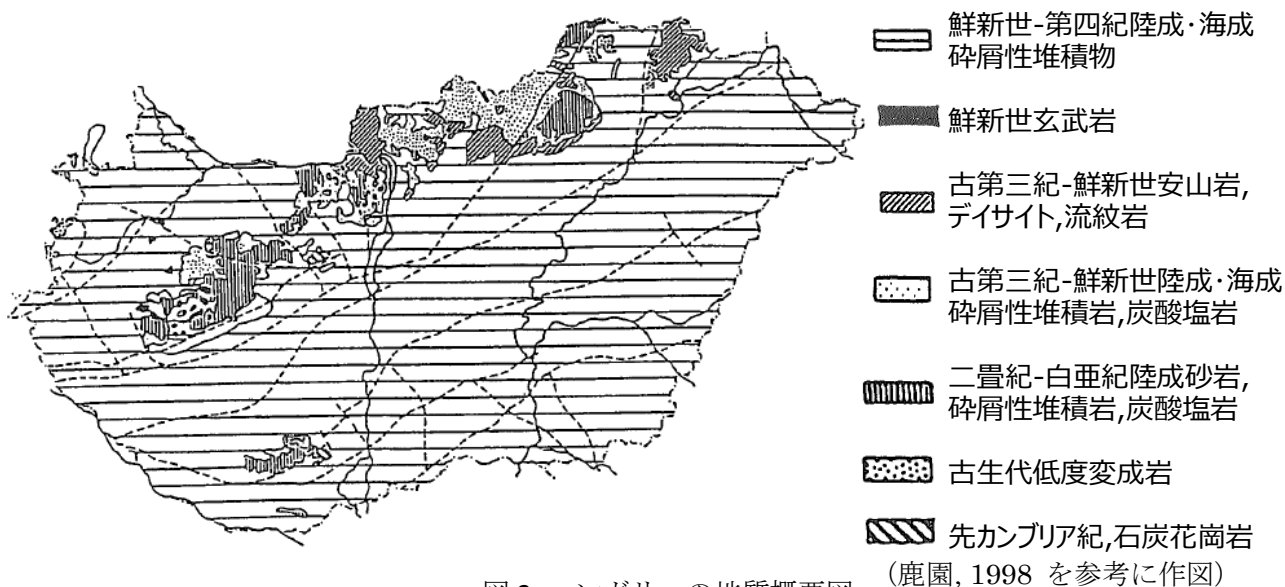


図2 ハンガリーの地質概要図

調査対象地域であるヴェスプレーム（図3）は、ブタペストより南西に約100kmに位置し、旧市街地にあるヴェスプレーム城を中心に、周辺に住宅地等が広がっている。

歩行による線量測定には、3インチ×3インチ NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ（EMF-211, EMFジャパン）を用いた。スペクトロメータを肩から掛けて、データ取り込み用PCと付属のGPSをカバンに入れ、歩道や舗装道路を持ち歩くことで測定を行った。測定期間は2018年9月2日、3日、7日および9日の4日間である。歩行しながら30秒間の計測によって得られる全1,024チャンネルの全計数値から以下の式(1)を用いて空気吸収線量率を求めた。

$$D = C \times F \quad \text{-- (1)}$$

ここで、 D は空気吸収線量率（nGy/h）、 C は全計数率（cpm）、 F は換算係数（nGy/h/cpm）である。全計数率から空気吸収線量率への換算係数の算出法は、細田ら(2016)により詳しく説明されている。ここでは細田ら(2016)により求められた0.0019（nGy/h/cpm）を用いた。このときの標準不確かさは1.2%と報告されている。なお、測定中において、一時降雨が観測された。一般的に、降雨や降雪時に空間線量率が上昇することが知られている。そのため、降雨観測時のデータは、本報告からは除外した。本調査では930データを取得することができた。



図3 ヴェスプレームの位置関係

3、結果

ヴェスプレーム市街地を歩行して得られた空気吸収線量率の分布図を図4に示す。また、空気吸収線量率の頻度分布を図5に示す。空気吸収線量率は20.2~61.1 nGy/hの範囲であり、平均値（±標準偏差）は34.2±5.4 nGy/hであった。前報では、ヴェスプレーム市街地の数点においてポケット線量計を用いて測定し、26~57 nGy/hの値を得ている（赤田ほか, 2016）。本歩行測定により得られた測定値は前報と同程

度であると共に、既報（Nemeth and Tokonami, 2004）とも同程度であった。ヴェスプレームは18世紀初頭に建設された城郭を中心とした古い町並みが残る歴史的地域であり、旧市街地はアスファルトによる舗装道路だけではなく、limestoneを切り出した石畳も残る（図6）。また、limestoneブロックで組み上げられた家屋やゲートも残っている（図7）。本調査で得られた50 nGy/hを越えた地点は全てlimestoneの石畳の上やlimestone家屋のそばを歩行した時のものであり、建材による影響と考えられる。

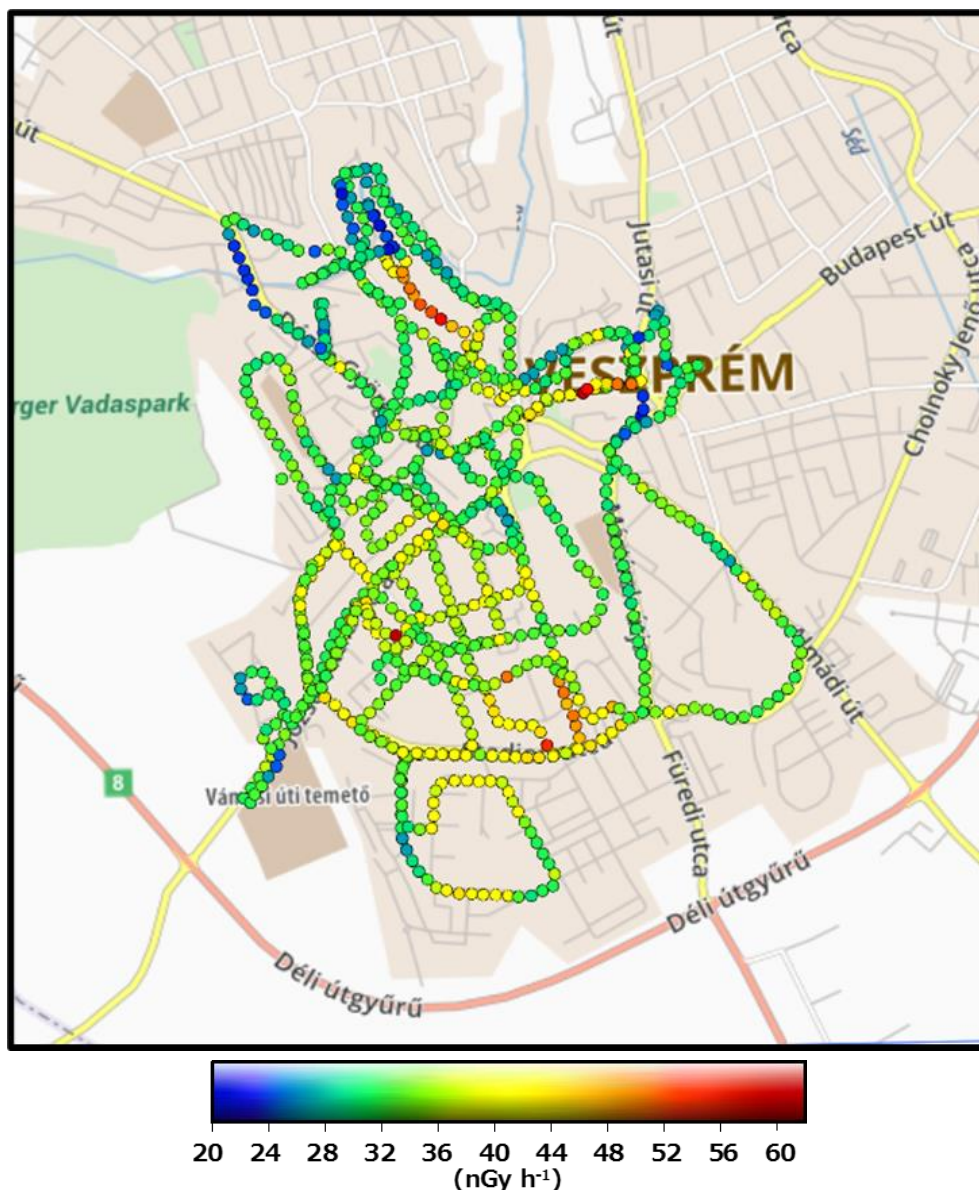


図4 ヴェスプレーム市街地における空気吸収線量率の分布

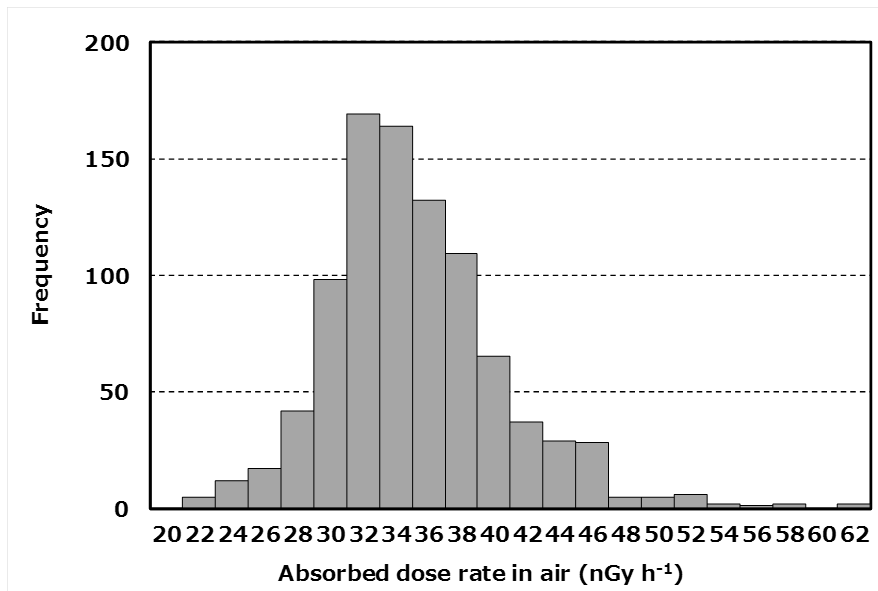


図5 空気吸収線量率の頻度分布



図6 石畳の街並み



図7 石灰岩でできた旧城郭内のゲート

ここで、次の式(2)を用いて年間実効線量 (E) を評価した。

$$E = D \times DCF \times T \quad --(2)$$

ここで、 D は本調査で得られた最大値である 61.1 (nGy/h) を用いた。 DCF は線量換算係数であり、ここでは 0.7 (Sv/Gy) を用いた (UNSCEAR, 2008)。 T は時間 ($8,760 \text{ h}$) である。最大値を用いて求めた年間実効線量は 0.38 mSv/y であり、既報の結果 (UNSCEAR, 2008) と同程度であった。

4, まとめ

本研究では、 NaI(Tl) シンチレーションスペクトロメータを持ってハンガリー・ヴェスプレーム市内を歩行サーベイした。その結果、空気吸収線量率は $20.2 \sim 61.1 \text{ nGy/h}$ の範囲であり、平均値 (±標準偏差) は $34.2 \pm 5.4 \text{ nGy/h}$ であった。このように、歩行サーベイは狭領域の空気吸収線量率分布を求める有効な手

段である。現在、ヴェスプレームにあるパannonia大学構内で大気観測を実施している。今後、様々な環境放射能調査も実施予定である。

謝辞

本研究は、科研費国際共同研究加速化基金「天然起源トリチウムを追跡するためのマルチアイソトープ手法の確立」により実施した。

文献

赤田尚史, 古川雅英, 卓維海, サフーサラタクマール, 床次眞司 (2016) ハンガリーヴェスプレームにおける空間ガンマ線線量率, 放地研特別寄稿シリーズ, SCS-0114, 1-5.

古川雅英: 日本列島の自然放射線レベル (1993) *地学雑誌*, 102, 868-877.

細田正洋, 赤田尚史, 下道國, 古川雅英, 岩岡和輝, 床次眞司 (2015) 岐阜県東濃地域における環境放射線調査, *Radioisotopes*, 64, 465-474.

Hosoda, M., Tokonami, S., Sorimachi, A., Monzen, S., Osanai, M., Yamada, M., Kashiwakura, I., Akiba, S. (2011) The time variation of dose rate artificially increased by the Fukushima nuclear crisis, *Sci Rep*, 1, 87, DOI:10.1038/srep00087.

Hosoda, M., Tokonami, S., Omori, Y., Sahoo, S.K., Akiba, S., Sorimachi, A., Ishikawa, T., Nair, R.R., Jayalekshmi, P.A., Sebastian, P., Iwaoka, K., Akata, N., Kudo, H. (2015) Estimation of external dose by car-borne survey in Kerala, India, *PLOS ONE*, DOI:10.1371/journal.pone.0124433.

細田正洋, 井上一雅, 岡光昭, 大森康孝, 岩岡和輝, 床次眞司 (2016) 走行サーベイによる環境放射線レベルの評価-青森県全域における調査概要-, *保健物理*, 51, 27-40.

Nemeth, C. and Tokonami, S. (2004) Environmental Radioactivity in Hungary, *Jpn J Health Phys*, 39, 113-118.

Pornnumpa, C., Iwaoka, K., Akata, N., Hosoda, M., Sorimachi, A., Tokonami, S. (2016) Investigation of absorbed dose rate in air by a car-borne survey in Namie Town, Fukushima Prefecture, *Jpn J Health Phys*, 51, 115-121.

下道國, 真田哲也, 藤高和信, 湊進 (2013) 日本の自然放射線による線量, *Isotope News*, 706, 23-32.

湊進 (2006) 日本における地表γ線の線量率分布, *地学雑誌*, 115, 87-95.

鹿園直建 (1998) ハンガリーのメタロジェニーと金属鉱物資源, *地質ニュース*, 530, 49-60.

Turhan, S., Arıkan, I.H., Oguz, T., Ozdemir, T., Yucel, B., Varinlioglu, A., Kose, A. (2011) Car-borne survey of natural background gamma dose rate in Canakkale Region, Turkey, *Rad Protec Dosimet*, 148, 45-50.

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (2008) UNSCEAR 2008 report to the general assembly with scientific annexes.