三宅島の環境放射線(能)

細田 正洋^{*1, *2}, 福士 政広^{*3}, 杉野 雅人^{*4}, 古川 雅英^{*5}, 下 道 國^{*6}

(2005 年 6 月 27 日受理)

(2005 年 8 月 22 日 再受理)

The Natural Radiation on Miyake-jima of the Izu Islands, Japan

M. HOSODA,^{*1, *2} M. FUKUSHI,^{*3} M. SUGINO,^{*4} M. FURUKAWA^{*5} and M. SHIMO^{*6}

In order to confirm the radiation safety for an active volcanic island, Miyake-jima, environmental radiation and radioactivity have been investigated. The average, minimum and maximum of the environmental gamma-ray dose rates were estimated to be $18.6 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$, $6.7 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ and $29.2 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$, respectively. For the radioactivity in soils, the averages of ^{238}U , ^{232}Th and potassium concentrations were found from calculations to be $0.38 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, $0.43 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ and 0.38%, respectively. The radon exhalation rate was below the detection limit, and the average value of thoron exhalation rate was estimated to be $38 \text{ mBq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. These results are clear evidence that the radiation level and radioactivity on Miyake-jima are lower than the averages in other parts of Japan. It was confirmed that Miyake-jima is presently a safe island in terms of environmental radiation and radioactivity level.

KEY WORDS: Miyake-jima, environmental radiation, environmental radioactivity, dose rate, ^{238}U , ^{232}Th , potassium, radon, thoron, exhalation rate.

I はじめに

活火山である三宅島の火山活動は、伊豆諸島の中では比較的新しいが、少なくとも1万年以前からの活動が確

認されており¹⁾、有史以降だけでも15回の噴火が記録されている²⁾。最近では、2000年6月28日に山体の地殻変動や周辺海域の変色が発生し、7月8日に雄山山頂で最初の噴火が起こった。8月18日には初回以降最大の噴火があり、その噴煙は上空15,000mに達した³⁾。また、この噴火によって、火山灰の他に大量の火山礫や火山弾の降下があった。8月29日には火砕流が発生するに至り、9月2日に全島民の島外避難が行われた。本調査は、2000年の噴火活動開始から4年半経過した2005年2月1日からの住民帰島開始に先立ち、三宅島の環境放射線(能)に関する安全確認を行うことを目的として実施された。

II 三宅島の概要

三宅島は三浦半島の南方約120kmに位置し、面積は55km²、直径約9kmの伊豆諸島では3番目に大きい島である(Fig. 1)²⁾。行政的には東京都三宅村に属し、島内は神着、伊豆、伊ヶ谷、阿古、坪田の5地区に区分されている。人口は、2005年3月1日時点の住民登録に基づけば3,214人(1,699世帯)であるが、2005年5月

^{*1} 中央医療技術専門学校; 東京都葛飾区立石 3-3-20 (〒124-0012)

Chuoh College of Medical Technology; 3-5-12, Tateishi, Katsushika-ku, Tokyo 124-0012, Japan.

^{*2} 東京都立保健科学大学大学院; 東京都荒川区東尾久 7-2-10 (〒116-8551)

Tokyo Metropolitan University of Health Sciences; 7-2-10, Higashiogu, Arakawa-ku, Tokyo 116-8551, Japan.

^{*3} 首都大学東京; 東京都荒川区東尾久 7-2-10 (〒116-8551)
Tokyo Metropolitan University; 7-2-10, Higashiogu, Arakawa-ku, Tokyo 116-8551, Japan.

^{*4} 群馬県立県民健康科学大学; 群馬県前橋市上沖町 323-1 (〒371-0052)

Gumma Prefectural College of Health Sciences; 323-1, Kamiokicho, Maebashi, Gunma 371-0052, Japan.

^{*5} 琉球大学; 沖縄県中頭郡西原町字千原 1 番地 (〒903-0213)
University of the Ryukyus; 1, Senbaru, Nishihara, Okinawa 903-0213, Japan.

^{*6} 藤田保健衛生大学; 愛知県豊明市沓掛町田楽ヶ窪 1-98 (〒470-1192)

Fujita Health University; 1-98, Dengakugakubo, Kutsukake-cho, Toyoake, Aichi 470-1192, Japan.

Fig. 1 A map of Miyake-jima, located 120 km to the south of Miura Peninsula. Survey routes for measuring the environmental gamma-ray dose rates on Miyake-jima, and sites for measuring the radon and thoron exhalation rate and concentration of natural radionuclide. — Survey routes. * Measured points of MSZ and JSM-102/Sampled points of soil. ⊙ Measured points of indoor radon concentration.

9日と10日に行われた調査では、1,668人（969世帯）が帰島したにとどまっている⁴⁾。

三宅島火山を構成する岩石の大部分は玄武岩である²⁾。現在の火口で三宅島のほぼ中央に位置する雄山の標高は813.9 mであったが、今回の噴火によって38.6 m低い775.3 mとなった⁵⁾。

III 調査項目と方法

2004年8月26日～9月1日の7日間、空間ガンマ線線量率、土壌中の天然放射性核種濃度、地殻ガンマ線線量率、ラドンおよびトリオン散逸率、屋内ラドン濃度について調査を行った。線量率はいずれも地表から1 mの高

さにおける値である。その詳細を以下に示す。ここで、本論では、走行サーベイで得たものを「空間ガンマ線線量率」、核種濃度から算出したものを「地殻ガンマ線線量率」と便宜的に区別して結果を示す。

3.1 空間ガンマ線線量率

2"φ×2" NaI (TI) シンチレータ (S-2361-8820B 応用光研) を車に搭載して1分間ごとの連続データを得る走行サーベイを実施した。復興作業や亜硫酸ガスの影響で立ち入る事ができなかった地域を除いて、立ち入り可能な道路については概ね走行した。走行速度は30～50 km・h⁻¹、平均約40 km・h⁻¹であった。走行ルートを図1に示す。本調査では、得られたガンマ線エネルギースペクトルを

Table 1 The outline of a measured site

Measured point	Measured day	Latitude	Longitude	Meteorological element			Moisture content [%]	Volcanic activity age
				Temperature [°C]	Relative humidity [%]	Atmospheric pressure [hPa]		
Igaya	2004.8.26	34° 06' 01.8"	139° 29' 32.8"	33.0	79.5	1003.6	11.7	Before historic times (Tuff ring)
Yakiba	2004.8.26	34° 07' 18.2"	139° 31' 50.3"	35.3	77.5	1007.1	15.2	1874 (Lava flow)
Akabakyo	2004.8.26	34° 06' 12.4"	139° 33' 33.1"	30.7	90.1	1008.2	5.0	1962 (Lava flow)
Ako	2004.8.26	34° 04' 29.7"	139° 28' 31.0"	33.7	67.8	1008.8	5.1	1643 (Lava flow)
Izu	2004.8.26	34° 06' 41.2"	139° 30' 04.7"	31.1	75.8	1010.5	25.1	Before historic times (Scoria cone)
Hytan-yama	2004.8.27	34° 06' 00.3"	139° 33' 35.2"	33.1	85.7	1008.4	15.2	1940 (Scoria cone)
Awabe	2004.8.30	34° 03' 10.8"	139° 29' 41.3"	33.3	88.5	1010.9	11.4	1763 (Tuff ring)
Ohnagai	2004.8.30	34° 03' 49.1"	139° 33' 00.8"	37.2	51.5	1007.7	12.9	1595 (Lava flow)

線量率に換算するために、応答行列関数法を用いた解析ソフト（Formal Haunt）を使用した。本調査で用いた $2''\phi \times 2''$ NaI (Ti) スペクトロメータは、1 分間の測定で得られる線量率の誤差が大きい。そこで、旅館客室内の 8 箇所において 1,200 ~ 3,600 秒間のエネルギースペクトル測定を行った。ここで得られた線量率と計数率の比を平均することによって、換算係数として $0.0060 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{cpm}^{-1}$ を得た。この換算係数を走行サーベイによって得られた車内の計数率に乘じることで車内の線量率に換算した。今回は、島内の線量率分布を把握するのが目的であったため、地形や人工構造物の影響を考慮せず、車体による遮蔽のみを補正した。補正は、車内外の計数率測定を 4 箇所で行い、それぞれでの車内外比の平均値 1.3 を補正係数として、これを用いて行った。つまり、得られた車内の線量率に 1.3 を乘じることによって屋外の線量率に換算した。なお、測定は晴天もしくは曇天時に実施した。

3.2 天然放射性核種濃度

Figure 1 に示した測定サイト（全 8 サイト）において、 $3''\phi \times 3''$ NaI (Ti) シンチレータ（JSM-102 ALOKA）によってガンマ線を 15 分間計測し、得られた波高分布からウラン系列、トリウム系列、カリウム濃度を求めた⁶⁾。測定サイトの選定は、地質分布（異なる年代の火山噴出物）を考慮して行った。また、測定サイトの表層 10 cm 以浅の土壌を採取し、研究室にて分析を行った。土壌試料（計 8 試料）を 105°C で 24 時間の乾燥後、1 mm のふるいで粒径を整え、 $48 \text{ mm} \phi \times 55 \text{ mm}$ のポリプロピレン製の円柱容器（U8 容器）に封入し、高純度 Ge 検出器（GMX10P ORTEC）で 80,000 秒間計測した。現場での測定と同様に、得られた波高分布から各核種濃度を求めた。測定サイトの詳細を Table 1 に示す。

3.3 地殻ガンマ線線量率

地殻ガンマ線線量率は、上記で求めた天然放射性核種濃度から (1) 式⁷⁾ および (2) 式⁸⁾ によって算出した。ここで、(1) 式は *in situ* 測定、(2) 式は採取した土壌試料に基づく地殻ガンマ線線量率の評価式である。

$$D [\text{nGy} \cdot \text{h}^{-1}] = 13.0 K [\%] + 5.4 U [\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}] + 2.7 Th [\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}] \quad (1)$$

$$D [\text{nGy} \cdot \text{h}^{-1}] = 0.0417 K [\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}] + 0.462 U [\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}] + 0.604 Th [\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}] \quad (2)$$

3.4 ラドン・トロン散逸率

in situ 型散逸率測定器（MSZ）^{9, 10)} を用いて天然放射

性核種濃度と同様の測定サイトで 30 分間の測定を行った。MSZ は 13 L のガス溜め容器を備えた、 $30 \times 40 \text{ cm}$ の ZnS (Ag) シンチレーションサーベイメータである。ラドンとトロン散逸率を、計測時間中の前半と後半に得られた計数率にそれぞれの換算係数を乘じて同時に評価した^{9, 10)}。

3.5 屋内ラドン濃度

滞在した木造 2 階建ての旅館（神着地区）の 2 階客室において、Alpha Guard（Genitron Instruments）を用いて 1 時間間隔でほぼ連続測定を行った。客室の壁は石膏ボードで作られており、8 月 26 日～27 日、30 日の屋外測定中は部屋を開放したが、28 日以降の在室中は基本的に閉め切った状態にした。

IV 調査結果および考察

4.1 空間ガンマ線線量率

Figure 2 に全 425 データから作成した空間ガンマ線線量率の島内分布、Fig. 3 に火山地質図¹¹⁾を示した。ここで雄山近辺は、立入禁止地域で実測していないため白抜きにしてある。また、各走行ルート間の線量率は逆距離加重補間法^{12, 13)}によって推定した。線量率の最小値は $6.7 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ 、最大値は $29.2 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ であり、平均値は $18.6 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ であった。地質（噴火時期が異なる溶岩流堆積物など）によって空間ガンマ線線量率に違いはみられなかった。これは、今回の噴火によっても特異的な空間ガンマ線線量率の変動が無かったことを示している。

Figure 4 に三宅島、東京都、全国の平均空間ガンマ線線量率¹⁴⁾を比較した結果を示した。東京都内のデータは、本調査と同様に走行サーベイによって 2003 年 8 月

Fig. 2 The distribution of the environmental gamma-ray dose rate of Miyake-jima. (Please see color-figure on page 306)

Fig. 3 A geological map of the Miyake-jima volcano.¹¹⁾
(Please see color-figure on page 306)

Fig. 4 Comparison of the environmental gamma-ray dose rate.

25 日, 27 日, 29 日, 9 月 1 日, 2 日の 5 日間で得たデータ (全 698 データ) であり, 東京 23 区および多摩地区の平均値は, それぞれ $28 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ と $30 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ であった。また, 放射線医学総合研究所の調査による全国平均値は約 $50 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ である¹⁴⁾。三宅島の平均値は東京都内 (23 区および多摩地区) の 62%, 全国の 37% と低い傾向を示した。

4.2 天然放射性核種濃度

Table 2 に定点測定の結果を, Fig. 5 に三宅島と東京都内の平均天然放射性核種濃度を比較した結果を示した。都内の天然放射性核種濃度は, 前項で示した空間ガンマ線線量率の測定時に得たものである (全 55 データ)。波高分布から算出した島内のウラン系列, トリウム系列, カリウム濃度の平均値は, それぞれ $0.38 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, $0.43 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 0.38% であった。これは, 都内平均値のそれぞれ 17%, 7%, 23% であり, 空間ガンマ線線量率と同様にいずれも低い傾向を示した。また, 土壌試料のウラン系列, トリウム系列, カリウム 40 の比放射能は, それぞれ $4.4 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$, $3.4 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$, $163 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ であった。これは, 著者らがすでに報告した 21 都道府県 (49

Fig. 5 Comparison of the concentration of the natural radio-nuclide.

サイト) における測定値¹⁵⁾ のそれぞれ 19%, 20%, 27% であった。三宅島の基盤地質は主としてソレアイト質玄武岩であり, その天然放射性核種濃度や地殻ガンマ線線量率は低い事が報告されている¹⁶⁾。同時に, 天然放射性核種濃度と空間ガンマ線線量率との相関が良いことも報告されている¹⁷⁾。したがって, 島内の天然放射性核種濃度が低いため, 空間ガンマ線線量率も低い傾向を示したと考えられる。なお, 伊ヶ谷とひょうたん山 (赤場暁) を除いた 6 サイトでは, 人工放射性核種である ^{137}Cs が検出され, その平均濃度は $2.8 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ であった。

Figure 6 に *in situ* 測定データと土壌試料の核種濃度から算出した地殻ガンマ線線量率を示した。*in situ* 測定による地殻ガンマ線線量率の平均値は $9.3 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$, 土壌試料に基づく線量率の平均値は $7.2 \text{ nGy} \cdot \text{h}^{-1}$ であり, *in situ* の方が土壌試料の場合よりも 1.3 倍高い傾向を示した。相関係数が 0.99 であり, 測定サイトにおける線量率の高低傾向もよく一致したことから, ここで算出した線量率が空間ガンマ線線量率よりも低い値となったのは, 崖や舗装の影響が含まれないためであると考えられる。

4.3 ラドン・トロン散逸率

Figure 7 に三宅島と同様の方法で得られた 10 都県¹⁸⁾ のラドン・トロン散逸率の平均値を比較した結果を示した。島内のラドン散逸率は検出下限値以下 ($0.72 \text{ mBq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), トロン散逸率は $38 \text{ mBq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ であり, いずれも 10 都県の平均値 (それぞれ $7.6 \text{ mBq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, $690 \text{ mBq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) と比較して非常に低い値となった。著者らはすでに, 地殻ガンマ線線量率や天然放射性核種濃度と同様に, 散逸率も概ね地質分布に依存することを報告¹⁸⁾ しており, 本結果もその傾向に一致している。

4.4 屋内ラドン濃度

滞在中 (7 日間) の屋内ラドン濃度の連続測定結果を

Table 2 Various measured data at each site. Terrestrial gamma-ray dose rate, cosmic-ray dose rate, natural radionuclide concentration (potassium, uranium series and thorium series) and radon and thoron exhalation rate.

Measured point	Terrestrial gamma-ray dose rate [nGy·h ⁻¹]	K [%]	²³⁸ U [μg·g ⁻¹]	²³² Th [μg·g ⁻¹]	⁴⁰ K [Bq·kg ⁻¹]	²³⁸ U [Bq·kg ⁻¹]	²³² Th [Bq·kg ⁻¹]	¹³⁷ Cs [Bq·kg ⁻¹]	Exhalation rate [mBq·m ⁻² ·s ⁻¹]	
									Radon	Thoron
Igaya	17.3	0.68	0.70	1.72	227 ± 7.9	7.3 ± 0.67	5.1 ± 0.54	—	ND*	87 ± 43
Yakiba	6.4	0.29	0.34	0.31	132 ± 5.8	2.6 ± 0.54	2.9 ± 0.45	1.0 ± 0.27	ND	ND
Akabakyo	9.1	0.40	0.47	0.49	164 ± 6.3	4.9 ± 0.56	3.0 ± 0.44	0.70 ± 0.30	ND	ND
Ako	9.6	0.43	0.48	0.55	186 ± 6.9	4.4 ± 0.63	3.1 ± 0.46	1.8 ± 0.32	2.6 ± 2.2	67 ± 37
Izu	8.0	0.39	0.34	0.40	178 ± 8.2	4.1 ± 0.77	4.3 ± 0.65	11.2 ± 0.58	ND	12 ± 15
Hyotan-yama	7.3	0.36	0.36	0.26	128 ± 6.3	4.2 ± 0.63	2.7 ± 0.50	—	ND	ND
Awabe	7.4	0.39	0.30	0.29	153 ± 5.8	3.9 ± 0.50	2.7 ± 0.39	0.48 ± 0.27	ND	ND
Ohnagai	9.2	0.41	0.35	0.73	132 ± 5.9	3.7 ± 0.58	3.1 ± 0.44	1.6 ± 0.31	ND	28 ± 23
Average	9.3	0.38	0.38	0.43	163	4.4	3.4	2.8	ND	38

*ND: Values below the detection limit.

Fig. 6 Relation between the terrestrial gamma-ray dose rate by *in situ* measurement and the terrestrial gamma-ray dose rate estimated from soil sample. **Fig. 7** Comparison of the radon and thoron exhalation rates.

Fig. 8 に示した。平均値は $21 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ であり、日本分析センターによる日本の平均値 ($15.5 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$)¹⁹⁾ の 1.4 倍であった。測定を実施した客室の内装建材は石膏ボードであり、それに含まれるウラン系列濃度は、 $2''\phi \times 2''$ NaI (Tl) シンチレータ (S-2361-8820B 応用光研) による 1,200 秒間隔の 6 回の測定結果から平均 $2.0 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ と推定された。これは、周辺土壌の 5.3 倍であった。なお、ここでは半無限線源を対象とした応答行列関数法によって推定した。この手法で屋内の壁材中の核種を評価すると、1.5 ~ 2 倍程度過大評価になるとの指摘もある²⁰⁾ ことから、屋内の測定で、壁材からの寄与分を評価するのは不適切である。また、屋外土壌の濃度が低いことを考慮すると、石膏ボード中のウラン系列濃度の概算値にはなると考えた。このように、石膏ボードや部屋の密閉に起因して屋内濃度が若干高くなる場合があるが、通常の換気で十分に低減可能な濃度であり、特に火山活動に

関連したと考えられる屋内濃度上昇は認められなかった。

V ま と め

三宅島住民の帰島に先立ち、環境放射線（能）の観点からの安全確認調査を行った。その結果、空間ガンマ線線量率、天然放射性核種濃度、ラドン・トロン散逸率のいずれもが、全国平均値などと較べて低いレベルであった。これにより、噴火や島民退去によって島内の放射線環境に大きな変化がなかったことが示唆された。また、屋内ラドン濃度が全国平均値よりも 1.4 倍高い事例を観測したが、通常の換気により十分に低減できるため、特に問題はないと判断された。なお、三宅島の空間ガンマ線線量率は、過去の全国調査²¹⁾ 等では未測定域であったことから、本調査結果は三宅島の環境放射線（能）に関する最初の基礎データとして貴重である。2005 年 2

Fig. 8 Daily variations of indoor radon concentration. (Aug. 26–Sep. 1, 2004)

月 1 日以降, 住民帰島が続いているが, 現在も雄山周辺は立入禁止区域であり, 阿古や坪田などの亜硫酸ガス濃度が比較的高くなる可能性の大きい地区ではガスマスクの着用が義務付けられている。このような状況下ではあるが, 最終的な安全確認を行うためには, 今回取得できなかった雄山山頂周辺の空間ガンマ線線量率や屋内ラドン濃度の連続測定など, より詳細かつ長期的な調査の実施が必要である。そして, 多くの活火山を抱える国としては放射線安全の観点からの火山モニタリングが今後の重要課題であると考えられる。

本調査は平成 16 年度の東京都傾斜配分研究費によって行われた。また, 現地では三宅村保健所の岸本規夫氏, 空間ガンマ線線量分布図の作成には湊進博士の助力を得た。記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 津久井雅志, 新堀賢志, 川辺禎久, 鈴木裕一; 三宅島火山の形成史, 地学雑誌, **110**, 156–167 (2001).
- 2) 国土地理院; 火山土地条件図三宅島 1:15000, (2000).
- 3) 産業技術総合研究所ホームページ; <http://staff.aist.go.jp/a.tomiya/myk/suii.html>
- 4) 三宅村ホームページ; 広報三宅, <http://www.miyakemura.com/kouhou/17kouhou.htm>
- 5) 国土地理院ホームページ; <http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2004/0427-2-3.htm>
- 6) 古川雅英, 床次真司; 沖縄県宮古島における空間 γ 線線量率の分布, 保健物理, **36**, 195–206 (2001).
- 7) 湊 進; 応答行列法による環境ガンマ線波高分布の解析, 日本分析センター広報, **32**, 2–13 (1998).
- 8) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation; Sources and effects of ionizing radiation, UNSCEAR 2000 report to the general assembly, with scientific annexes, Volume I, Sources, United Nations, New York, p. 116 (2000).
- 9) 下 道國, 三枝 純, 辻本 忠, 山崎敬三, 山内常生; In-situ 型ラドン・トロン散逸率測定器の開発, 岐阜医療技術短期大学紀要, **10**, 19–26 (1994).
- 10) J. SAEGUSA, K. YAMASAKI, T. TSUJIMOTO, T. YAMAUCHI and M. SHIMO; Development of an apparatus for measuring ground exhalation rates of ^{222}Rn and ^{220}Rn , *Environ. Int.*, **22**, S483–S490 (1996).
- 11) 一色直記; 20 万分の 1 地質図幅「三宅島」, 地質調査所 (1984).
- 12) 湊 進, 種村誠太; 名古屋市における地表ガンマ線線量率分布, *RADIOISOTOPES*, **49**, 217–222 (2000).
- 13) 湊 進, 池田 正, 柴山元彦, 平賀章三; 奈良県の地表ガンマ線線量率調査, *RADIOISOTOPES*, **52**, 42–

- 51 (2003).
- 14) 古川雅英；地球規模の自然放射線（1）—地殻 γ 線レベルの地理的分布—，月刊地球号外，**22**，48–54 (1998).
- 15) 松尾健一，細田正洋，野沢 崇，古川悌史，福士政広，大友結子，古川雅英，下 道國；わが国の土壌中天然放射性核種濃度の分布，第6回環境放射能研究会プロシーディング，p. 111–115 (2005) .
- 16) S. MINATO, M. SHIBAYAMA, P. MORA, E. PICADO and Y. HIRAOKA; Terrestrial gamma ray dose rates in costa rica, *RADIOISOTOPES*, **53**, 33–39 (2004).
- 17) 下 道國，湊 進，杉野雅人；東海3県の環境放射線レベル調査，日本原子力学会誌，**41**，954–964 (1999).
- 18) 細田正洋，下 道國，杉野雅人，古川雅英，福士政広；ラドン・トロン散逸率の *in situ* 測定およびその地質学的解釈，保健物理，**39**，206–214 (2004).
- 19) 日本分析センター；ラドン濃度測定調査結果報告書 (1999).
- 20) 湊 進：私信
- 21) 阿部史郎；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).
-

細田 正洋（ほそだ まさひろ）

1974年静岡県生まれ。中央医療技術専門学校学校助手。東京都立保健科学大学大学院保健科学研究科保健科学専攻博士課程在学中。岐阜医療技術短期大学在学中にラドン・トロンに興味を持ち、現在はラドン・トロン散逸率に関する研究等を行っている。

E-mail: m_hosoda@ccmt.ac.jp