

〔資 料〕

放射性医薬品被投与者による環境放射線の変動事例

石川県保健環境センター 環境科学部 吉本 高志・鶴谷 亮太・内田 賢吾

〔和文要旨〕

令和元年 5 月に環境放射線観測局の一つにおいて、放射性医薬品被投与者の接近によるものと推定される線量率の変動が観測された。線量率が上昇したときのガンマ線スペクトルのピーク位置及びピーク面積の時間変化より推定した半減期から、使用された核種をテクネチウム 99m と推定した。線量率が上昇した時間帯に測定器に接近した人影は確認されなかったが、観測局周辺 20～25 m の範囲に民家が複数あることから、これらの民家の住民の中にテクネチウム 99m の被投与者がいたと推定した。また、被投与者は投与された当日に医療機関から帰宅したものと推定した。

キーワード：環境放射線，放射性医薬品，テクネチウム 99m

1 はじめに

石川県では、志賀原子力発電所（以下「発電所」という。）周辺 30km 圏内の 24 地点に環境放射線観測局（以下「観測局」という。）を設置し、環境中ガンマ線による放射線量率（以下「線量率」という。）の常時監視を行っている（図 1）。平成 2 年 7 月の測定開始以来、これまで発電所に起因する線量率の変動は観測されていない。しかしながら線量率レベルは常に一定というわけではなく、降雨等の気象状況や測定地点周辺の地理的状況の変化等により変動している^{1)~3)}。

線量率の変動要因の一つとして、放射性医薬品被投与者の測定器への接近がこれまでに報告されている^{4)~6)}。石川県においても、放射性医薬品被投与者がグラウンドゴルフをプレイ中に放射線測定器に接近し線量率が上昇した事例⁵⁾がある。

本報では、令和元年 5 月に観測局の一つで観測された放射性医薬品被投与者によるものと推定された線量率の変動について報告する。

2 測定方法

線量率測定器の仕様と測定項目を表 1 に示す。通過率

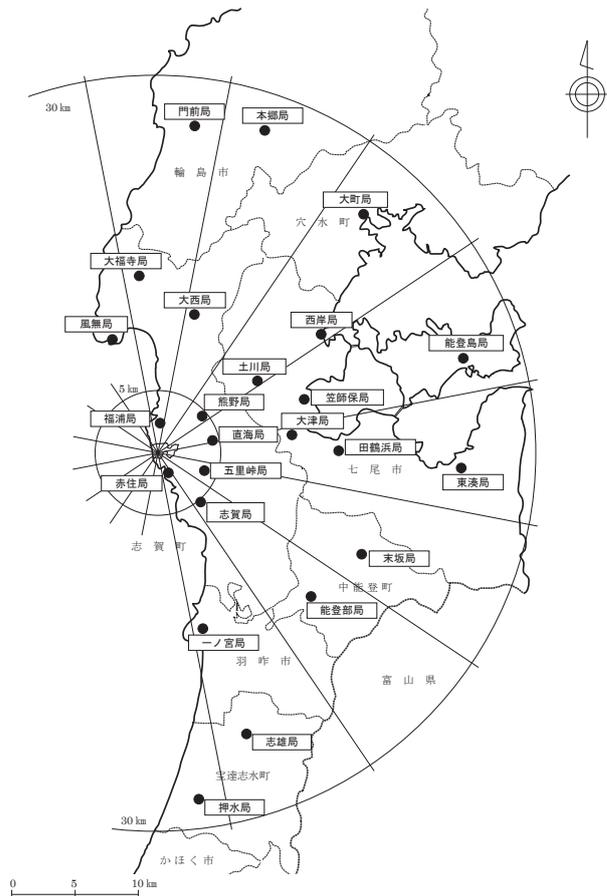


図 1 環境放射線観測局設置地点図

A Case Report of Variation of Environmental Radiation by a Patient Administered Radiopharmaceutical. by YOSHIMOTO Takashi, TSURUYA Ryota and UCHIDA Kengo (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science)

Key words : Environmental Radiation, Radiopharmaceutical, Technetium-99m

表1 線量率測定器の仕様と測定項目

型式	アロカ株式会社製 ASM-R22-21553&B
検出器	3"φ×3" NaI(Tl)シンチレーション検出器
検出器の位置	地上1.8m
測定エネルギー範囲	50keV～3MeV
測定項目	線量率, 計数率, 通過率

は、測定器のエネルギー特性を反映した量であり、通過率 \propto エネルギー補償後の計数/エネルギー補償前の計数である。使用している検出器はガンマ線のエネルギーが低くなるにつれてレスポンスが高くなるエネルギー特性を持っているため、低いエネルギーのガンマ線の割合が増えると通過率は低下する。

測定値は1分毎に当センターに送信され、1分値10個の平均から10分値を算出している。また、ガンマ線スペクトル(10分間の積算)を併せて連続測定している。

観測局には、防犯カメラを設置しており、測定器周辺の映像をリアルタイムで当センターに送信している。

3 結果

図2に、令和元年5月9日9:00から5月10日21:00までの、観測局の一つにおける線量率及び通過率の10分値の変動状況を示す。測定期間中に発電所は稼働しておらず、外部への線量率の影響はなかった。また、降雨は観測されなかった。図中の下矢印が観測された線量率の上昇である。5月9日14:00に最初の線量率の上昇及び通過率の低下が観測された。線量率の上昇量は約6nGy/hであった。その後、17:00、18:30、21:00、5月10日7:30にも同様の変動が観測された。通過率の低下は、低エネルギーのガンマ線の割合が増加したことを示している。

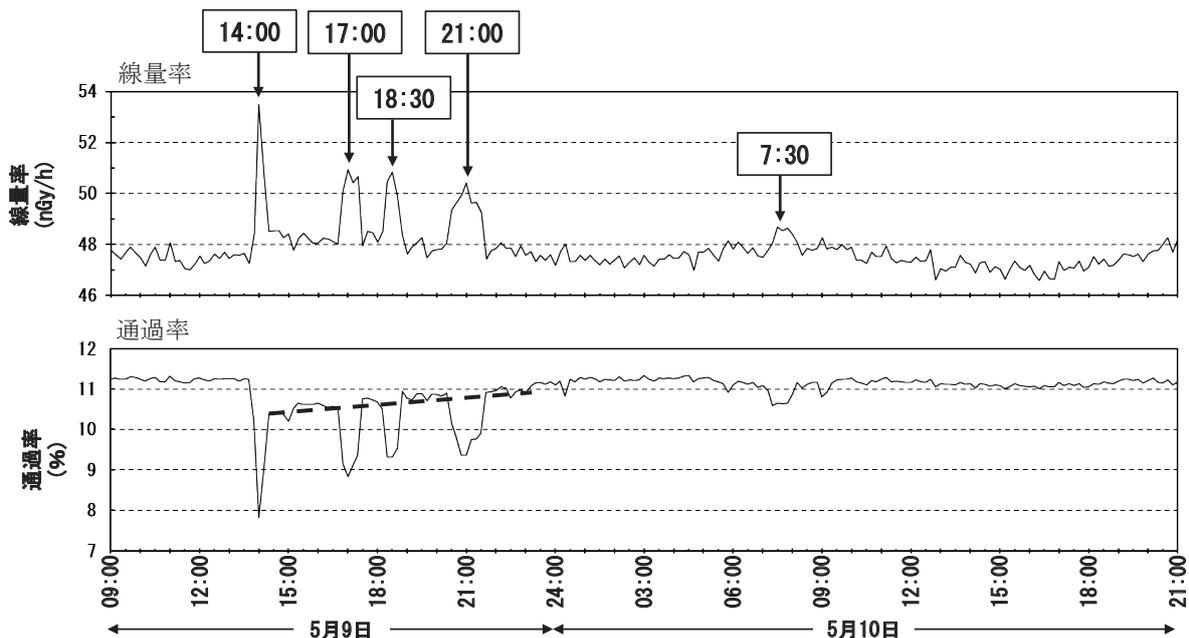


図2 令和元年5月9日9:00から5月10日21:00までの線量率(上図)及び通過率(下図)の10分値の変動状況

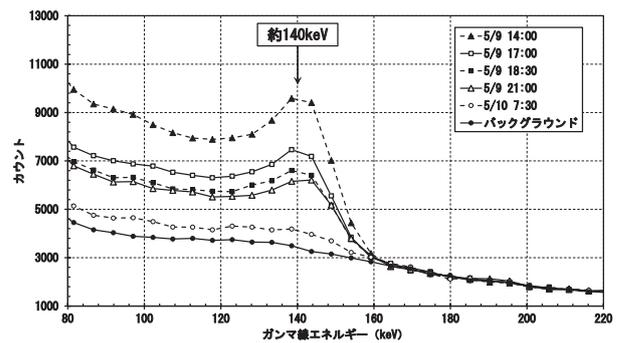


図3 線量率上昇時及びバックグラウンドのガンマ線スペクトル

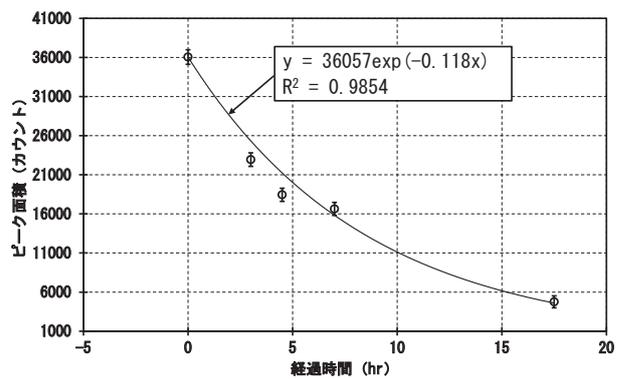


図4 ピーク面積の時間変化

線量率の上昇及び通過率の低下は、時間経過に伴って小さくなっていった。また、線量率の上昇が見られない時間帯でも通過率は最初の線量率の上昇前の値に戻らず低下しており、低下量は時間が進むにつれて小さくなっていった(図2下図の太破線)。

図3に、線量率上昇時とバックグラウンド(5月9日

9:00) のガンマ線スペクトルを示す。線量率上昇時のガンマ線スペクトルでは、約 140keV 付近にピークが確認された。図 4 にガンマ線スペクトルのピーク面積の時間変化を示す。半減期 T を推定するため、最小二乗法により

$$y = N \exp(-\lambda x)$$

でフィッティングし、壊変定数 λ を求めた。N は 5 月 9 日 14:00 におけるピーク面積値とした。 λ の値は 0.118 となり、

$$T = \ln 2 / \lambda$$

から、半減期の推定値は 5.9 時間となった。以上のことから、線量率の上昇はテクネチウム 99m (放出ガンマ線エネルギー: 141keV, 半減期: 6.01 時間) からのガンマ線によるものと推定した。テクネチウム 99m は、天然に存在しない放射性同位体である。また、放射性医薬品として、前立腺がんの骨シンチグラム等に使用されている。

今回の事象は、テクネチウム 99m を含有した放射性医薬品を投与された人が測定器に接近したことによるものと考えられたことから、防犯カメラの映像を確認したが、線量率が上昇した時間に測定器に近づく人影は認められなかった。しかし通過率は、図 2 下図の太破線のように、最初のスパイク状の低下後直ちに元の値に戻らず、時間の経過とともに元の値に戻っていく変動を示しており、テクネチウム 99m の影響を受け続けていたと考えられたことから、テクネチウム 99m 被投与者が観測局の近傍に居続けたと推定した。このため観測局周辺の状況を確認したところ、観測局の周辺 20 ~ 25m の範囲に民家が複数あり、これらの民家の住民の中にテクネチウム 99m 被投与者がいたと推定した。線量率がスパイク状に上昇したのは、テクネチウム 99m 被投与者が、測定器との間の遮へい物が少ない場所に移動したためと考えられた。

最初に観測された約 6nGy/h の上昇を基に、テクネチウム 99m を投与されてからの経過時間を推定した。推定値の計算条件として、被投与者が測定器から 25m の位置にいたと仮定し、建屋等による遮へいを無視した。テクネチウム 99m からのガンマ線の空気衝突カーマ率定数⁷⁾ $0.0141 \mu \text{ Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 、及び 20°C における 150keV のガンマ線の線減衰係数⁷⁾ 0.01616m^{-1} を用いて、約 6nGy/h 上昇時におけるテクネチウム 99m 放射能は、 $0.006 [\mu \text{ Gy} \cdot \text{h}^{-1}] \times (25[\text{m}])^2 \times \exp(0.01616[\text{m}^{-1}] \times 25[\text{m}]) / 0.0141 [\mu \text{ Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}] = 398[\text{MBq}]$ となった。平成 10 年 6 月 30 日付け厚生省医薬安全局安全対策課事務連絡⁸⁾ (以下「厚生省事務連絡」という。) では、テクネチウム 99m の典型的な投与量を 740MBq としていることから、今回の被投与者は 740MBq 投与されたと仮定し、投与後 1 半減期、すなわち 6 時間程度経過していたと推定した。建屋等による遮へいがあるこ

とを考慮すると実際の放射能はさらに高く、投与されてからの経過時間は推定よりも短くなると考えられることから、被投与者は投与された当日に帰宅したものと推定した。なお、厚生省事務連絡⁸⁾ によれば、典型的な投与量である 740MBq のテクネチウム 99m を投与された患者については、投与後直ちに帰宅させることが可能であるとされている。

4 まとめ

令和元年 5 月に観測局の一つにおいて、放射性医薬品被投与者の接近によるものと推定される線量率の変動が観測された。線量率が上昇したときのガンマ線スペクトルのピーク位置とピーク面積の時間変化から、使用された核種を、放射性医薬品として前立腺がんの骨シンチグラム等に使用されている、テクネチウム 99m であると推定した。線量率が上昇した時間帯に測定器に接近した人影は確認されなかったが、観測局周辺 20 ~ 25m の範囲に民家が複数あることから、これらの民家の住民の中にテクネチウム 99m 被投与者がいたと推定した。また、被投与者は投与された当日に医療機関から帰宅したと推定した。

文 献

- 1) 原子力規制庁監視情報課：連続モニタによる環境 γ 線測定法 (平成 29 年 12 月改訂)
- 2) 榊田武史, 小森正樹：直海観測局における空間放射線の変動に関する検討, 石川県保健環境センター研究報告書, 40, 121-123 (2003)
- 3) 中谷光, 榊田武史, 小森正樹：空間線量率の変動要因に関する研究 (第 4 報) - 熊野局の平成 13 年度 ~ 14 年度 -, 石川県保健環境センター研究報告書, 41, 11-18 (2004)
- 4) 藤波直人, 渡辺哲也, 荒木智徳, 水本美佳, 筒井剛毅：環境放射線モニタによる放射性医薬品 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 被投与患者からのガンマ線の検出例, 保健物理, 38, 248-253 (2003)
- 5) 吉本高志, 中谷光, 小森正樹：RI 投与者の環境放射線観測局接近に伴う空間放射線への影響, 石川県保健環境センター研究報告書, 43, 38-42 (2006)
- 6) 富士栄聡子, 小西浩之, 鈴木俊也, 保坂三継：放射性医薬品が原因と考えられる空間放射線量率の上昇事例, 東京都健康安全研究センター年報, 67, 269-276 (2016)
- 7) 公益社団法人日本アイソトープ協会：アイソトープ手帳 (11 版 7 刷), 丸善 (2017)
- 8) 厚生省医薬安全局安全対策課：放射性医薬品を投与された患者の退出について, 平成 10 年 6 月 30 日