

都内の放射線量の推移とモニタリングポスト異常値対応

小西 浩之^a, 富士栄 聡子^a, 生嶋 清美^a, 保坂 三継^a, 中江 大^b

2011年3月の東日本大震災によって発生した福島原発事故を受けて、都では都内7地点のモニタリングポスト（MP）で空間放射線量率の測定を実施し、ホームページ上で公開している。測定結果に対する都民の関心は高く、線量率が上昇した場合には原発事故との関連性についての問い合わせも寄せられる。今回、原発事故が発生した2011年3月から2013年2月までの2年間のモニタリングポスト測定データの集計解析を行い、都内の放射線量の推移についてまとめた。また、しばしば検出された放射線量率の一時的な上昇の原因について、原発事故との関連性の検討ならびに原因究明を行った。

新宿MPの2011年3月中の空間放射線量率の推移において、事故直後の3月15日に数値が急上昇した原因はキセノン133を主とする気体状の放射性プルームの新宿MP付近の通過とガンマ線スペクトル解析結果から考えられた。また、3月20日から22日にかけての線量率上昇は、降雨によりセシウム134と137が降下したことが原因と考えられた。空間放射線量率は多摩地区で低く区部で高い傾向があり、原因はセシウム134及び137の降下量の違いによると推察された。2011年6月～2013年3月までの調査期間で、空間放射線量率が一時的に上昇し、原因究明の解析を行った回数は61回で、原因は降雨が50回で最も多く、解析したすべての事例は福島原発事故以外の原因と考えられた。

キーワード: モニタリングポスト, 都内, 空間放射線量率, ガンマ線スペクトル, キセノン133, ヨウ素131, セシウム134, セシウム137

はじめに

東京都では、2011年3月11日の東日本大震災によって発生した東京電力福島第一原子力発電所（以下、福島原発）事故を受けて、都民の健康不安を解消するため、大気中の放射線量、水道水や降下物（塵や雨）に関する放射能測定結果を東京都健康安全研究センター（以下、当センター）のホームページ（以下、HP）で提供している。

大気中の放射線量については、福島原発事故以前より当センター屋上に設置したモニタリングポスト（以下、MP）により常時監視を行ってきたが、福島原発事故による放射性物質放出を受けて、3月15日からHP上で「大気中の放射線量」として1時間ごとにMPで測定した空間放射線量率を公開¹⁾することとした。現在、当センターでは、当センター屋上MP（以下、新宿MP）を含め都内7地点のMPで空間放射線量率の測定を実施し、HP上で公開している。

HP上でのMP測定値の公開は、当初、当センター職員が夜間・休日勤務を含む交代勤務で1時間ごとに手入力ですアップロード作業を行った。3月31日からは測定データを当センターHPに自動でアップするシステムが稼動した。これにより、アップロード作業に係る職員の負担は軽減したが、一方で、非意図的な原因によるイレギュラーな数値も自動でアップロードされることとなった。大気中の放射線量測定結果は、都民の関心も高く、数値が一時的に上昇し

た際には原発事故との関連性についての問い合わせも寄せられることから、異常値の原因究明並びにイレギュラーなデータであった場合のHP上での訂正など、新たな対応が求められることとなった。

福島原発事故直後の新宿MPの放射線量の推移については、すでに報告しているところである²⁾が、今回、事故後に追加設置した6地点のMPの測定結果を加え、原発事故が発生した2011年3月から2013年3月までの2年間について、都内7地点のMP測定データの集計解析を行い、都内の放射線量の推移についてまとめた。また、この間にしばしば検出された空間放射線量率の一時的な上昇時の対応について、当センターの異常値対応体制を紹介し、MP測定値の詳細な解析による原発事故との関連性の検討ならびに原因究明を行いたいいくつかの事例について報告する。

調査方法

1. 都内の空間放射線量の推移

1) 調査地点及び調査期間

都内7地点（新宿、大田、足立、江戸川、八王子、調布、小平）に設置したMPによる空間放射線量率を対象としたMPの測定場所を表1に示した。

調査期間は、福島原発事故が発生した2011年3月から2013年3月までの2年間。但し、新宿以外の地点については、MPを設置した時期により、2011年12月（小平、

^a 東京都健康安全研究センター薬事環境科学部環境衛生研究科
169-0073 東京都新宿区百人町3-24-1

^b 東京都健康安全研究センター薬事環境科学部

表1. MPによる空間放射線量率の調査地点

調査地点	測定場所
新宿	新宿区 百人町 (健康安全研究センター)
大田	大田区 羽田空港内
足立	足立区 舎人公園 (都立舎人公園)
江戸川	江戸川区 上篠崎 (都立篠崎公園)
八王子	八王子市 南大沢 (首都大学 東京)
調布	調布市 西町 (調布飛行場)
小平	小平市 中島町 (薬用植物園)

江戸川) または 2012 年 4 月 (大田, 足立, 八王子, 調布) から 2013 年 3 月までの測定値を対象とした。

2) モニタリングポスト

都内 7 地点の MP はいずれも富士電機株式会社製 TB24469 で、検出器に 2 インチφ 円筒ヨウ化ナトリウム タリウム (NaI(Tl)) シンチレータを用い、入射したγ線を MCA (Multi Channel Analyzer) を用いて 50 keV~3 MeV の範囲をエネルギー分解能 5keV で分別して計数し、DWM (Digital Weighting Method) のスペクトル線量変換演算子法を用い、G(E)関数により空気吸収線量率 (Gy/h) を算出する³⁾。

各MPの測定データは、1 分間ごとに当センターに設置したサーバーに転送され、空間放射線量率 ($\mu\text{Gy/h}$) として、10分間、1時間及び 1 日毎の平均値、最大値、最小値を算出する。また、エネルギーごとに分別測定した計数値を10分間ごとにサーバーに蓄積する。この計数値のデータをもとに任意の測定時間におけるガンマ線スペクトルが得られる。なお、得られるスペクトルは、ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトルと比べてエネルギー分解能が低いので、核種の正確な同定はできないが、ある程度の核種の推定が可能である。

各MPは、付属装置として感雨計を装備し、1 分間の測定値と同時に 1 分毎の感雨の状況を記録する。

3) 空間放射線量率調査

新宿MPの2011年3月中の空間放射線量率について、MP測定値の1時間値の推移、及びガンマ線スペクトル解析により、原発事故直後から3月末までの空間放射線量変動の要因について検討した。次に、2011年3月から2013年3月までの空間線量率について、各MP測定値の1日値の平均値の推移、及びガンマ線スペクトル解析により、2013年3月末の各測定地点における人工放射性物質の汚染の状況を検討した。

2. MP測定値の異常値の解析と原因究明

1) 異常値対応体制について

サーバーに取り込まれた MP のデータは、データ監視システムにより、以下のいずれかに該当した場合を異常値として検出する。① 1 時間の最大値が $2 \mu\text{Gy/h}$ 以上の時、② 直近 1 時間の最大値が、その直前の 1 時間の最大値から

20 % 以上高い場合。異常値が検出された場合は、研究部門及び事務部門の各担当者宛てに異常値を知らせるアラートメールが自動で送信される。アラートメールを受け取った担当者は、それぞれの役割分担に応じて迅速に必要な対応を行う。現在のところ、①に該当する事象の発生はないことから、以後は②に該当した場合の対応事例について記述する。

アラートメールには、異常値が検出された時間までのその日のすべての 1 分間の測定値を記載したデータファイルが添付されている。これには、1 分間の測定値に対応した感雨のデータも併記されている。メールを受け取った研究部門の担当者はデータを精査し、緊急性を要すると判断した場合は直ちに、また夜間、土日等であつ緊急性を要しないと判断した場合は翌出勤日に詳細なデータ解析を行い事務部門に結果を報告する。事務部門では必要に応じて関連各部門に連絡すると同時にホームページ上のデータの修正が必要と認めた場合は研究部門と調整の上でデータ修正とその理由についてホームページ上でアナウンスを行う。また、都民からの問い合わせ対応を行っている。

2) 異常値の解析

調査期間は2011年6月から2013年3月で、異常値発生によりアラートメールが送信された場合を解析の対象とした。解析は、異常値が検出されたMPについて、サーバーに付属する測定データ管理用端末で当該時間帯の空間放射線量率の測定値の経時変動と感雨の状況を確認するとともに、最も空間放射線量率が高くなった付近の測定データをもとにガンマ線スペクトル解析を行い、線量率上昇の原因を考察した。また、必要に応じて聞き取り等の付加的調査を行った。なお、複数のMPから同時にアラートメールが送信された場合で同じ原因によると考えられる場合は、これを1回としてまとめて解析した。

結果および考察

1. 都内の空間放射線量の推移

1) 2011 年 3 月中 (福島原発事故直後) の空間放射線量
福島原発事故が発生した 2011 年 3 月時点では、都内には当センター屋上の新宿 MP のみが設置されていた。東日本大震災が発生した 2011 年 3 月 11 日の前日の 10 日から 3 月 31 日までの空間放射線量率の 1 時間値の平均値の推移を図 1 に示した。空間放射線量率は、3 月 15 日の 0 時 (①) では $0.0341 \mu\text{Gy/h}$ であったが、3 月 15 日から 16 日にかけて、4 回にわたり線量率の急上昇が見られた。この 4 回うち最も高い線量が測定されたのは 15 日の 10 時 (②) からの 1 時間で最大値 $0.809 \mu\text{Gy/h}$ 、平均値は $0.496 \mu\text{Gy/h}$ であった。この急上昇は 15 日の 22 時ごろまでに平常時の範囲にまで減少し、20 日の 2 時 (③) からの 1 時間の平均値で $0.046 \mu\text{Gy/h}$ まで低下したが、21 日から再び上昇し、22 日の 20 時 (④) からの 1 時間の平均値 $0.155 \mu\text{Gy/h}$ をピークに徐々に減少しながら、3 月 31 日の 17 時 (⑤) では、1 時間の平均値で $0.100 \mu\text{Gy/h}$ を下回った。なお、福島原発事故前の 3 年間の新宿 MP の空間放

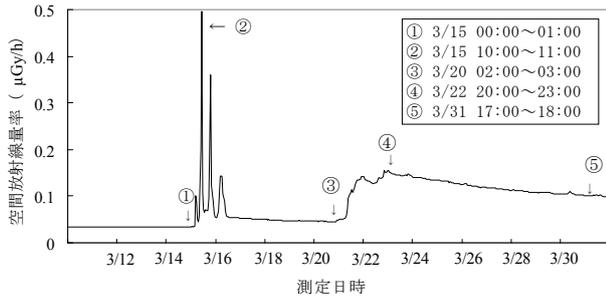


図1. 2011年3月の空間放射線量率 (1 時間値の平均値) の推移 (新宿MP)

放射線量率の測定値は 0.028 ~0.079 μGy/h で、平均値は 0.035μ Gy/h である。

次に、上記①~⑤の時間帯について、ガンマ線スペクトル解析を行い、空間放射線量率上昇の原因を検討した(図2)。なお、ガンマ線スペクトルは通常は縦軸をカウント数で表すが、ここでは空間放射線量率に占める人工放射性核種の割合を把握し易くするために、各エネルギーごとのカウント数を G(E)関数により換算した線量率(nGy/h)を縦軸とした。

空間放射線量率の急上昇前の①では、人工放射性核種⁵⁾と考えられるピークは見られなかったが、3月15日の②ではいくつかの核種のピークが見られ、最も低エネルギー側のピークはキセノン 133(81 keV, 38.0 %)、350 keV 付近のピークはヨウ素 131(364 keV, 81.7 %)と考えられる。これは、千葉県の本分析センターでの15日の空間放射線の解析結果⁴⁾とも一致し、キセノン 133を主とする気体状の放射性プルームの新宿MP付近の通過を示すものと考えられた。22日の③では、キセノン 133と考えられるピークはほとんど見られず、②にはなかった新たなピークが650 keVより少し低エネルギー側に見られた。当センターの毎日の降下物の測定では、3月20日から22日にかけての降雨にあわせ人工放射性核種であるセシウム 134と 137を検出していることから、この新たなピークはセシウム 134(605 keV, 97.6 %)、これと高エネルギー側に隣り合う2つのピークはそれぞれセシウム 137(662 keV, 85.1 %)及びセシウム 134(796 keV, 85.5 %)で、空間放射線量率の上昇はこれらが降雨により降下したことが原因と考えられた。④では、

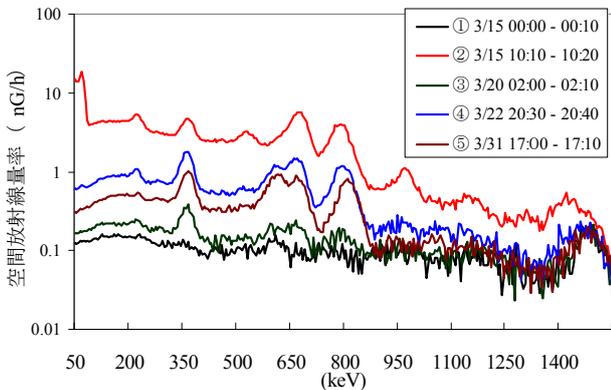


図2. 空間放射線量率上昇時のガンマ線スペクト(2011年3月 新宿MP)

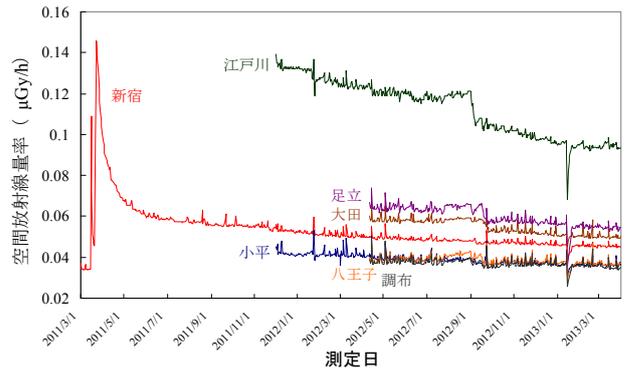


図3. 都内7地点の空間放射線量率の1日値の推移 (2011年3月~2013年3月)

ヨウ素 131, セシウム 134 及び 137 のピーク以外のピークはほとんど消失した。②及び③で見られたヨウ素 131、セシウム 134 及び 137 以外のピークはいずれも短半減期の人工放射性核種によるものと推察される。

次に、2011年3月から2013年3月までの都内7地点のMPの空間放射線量率の1日値の平均値の推移を図3に示した。空間放射線量率は、新宿では2011年7月ごろまでに急速に低下したが、以降は緩やかに低下傾向にある。7月までの急速な低下は、降下物中に5月頃まで検出された短半減期のヨウ素 131の崩壊による減少によるものと考えられる。原発事故後に設置した新宿以外のMPの測定値については原発事故直後の状況は不明であるが、測定開始以降、新宿同様に穏やかに低下しており、短半減期の人工放射性核種の影響はすでになく、いずれもセシウム 134(半減期 2.065 年)及びセシウム 137(半減期 30.07 年)の崩壊により空間放射線量率は漸減しているものと考えられる。

図4に都内7地点のMPについて、福島原発事故から2年経過した2013年3月末の時点でのガンマ線スペクトを示した。新宿の空間放射線量率は、0.0436 μGy/hで、事故前よりも0.01 μGy/h程度高く、ガンマ線スペクトルのピークからその原因はセシウム134及び137であることがわかる。都内7カ所のMPについて比較すると、これらのセシウムのピークは小平、八王子、調布など多摩地区では小さく、江戸川、足立、大田など区部で大き

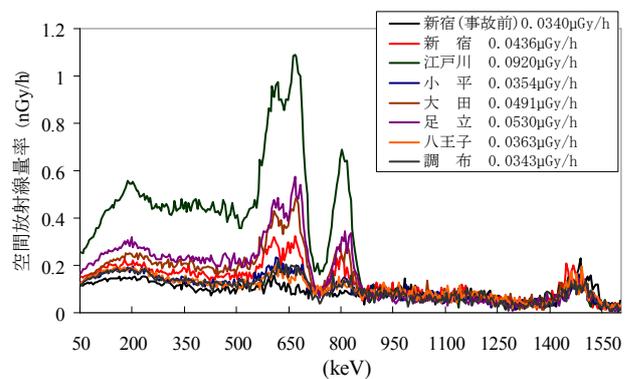


図4. 都内7地点のMPのガンマ線スペクトル (2013年3月31日 23:50~24:00)

いことが確認された。この違いは、それぞれの地点におけるセシウム 134 及び 137 の降下量の違いを反映したものと推察される。

2. MP測定値の異常値の解析と原因究明

2011年6月～2013年3月までの期間にアラートメールを受けて異常値の原因解析を行った回数と解析により判明した原因を表2に示した。調査回数は、2011年6月～11月は新宿MPのみで3回、2011年12月～2012年3月は新宿MPと2011年12月に増設した江戸川、小平のMPを加えた3地点で計7回、2012年4月～2013年3月は2012年4月に増設した4台を加えた都内7地点で計51回、合計61回の解析を行った。なお、61回の調査回数において、送信されたアラートメールの数は合計119通であった。

61回の調査における解析で、原因として特定されたものは降雨50回、非破壊検査（エックス線）によるもの5回、放射性医薬品が疑われるもの1回、その他ごく短時間のノイズと考えられるものが5回あった。これらはすべて福島原発事故以外の原因と考えられ、2011年6月以降では原発事故由来と考えられる事象はなかった。

以下に、これらの異常値解析事例について紹介する。

1) 降雨の影響

降雨があると大気中に浮遊する自然由来の短半減期の放射性核種（ビスマス 214、鉛 210 等）が雨とともに降下して空間放射線量率の上昇に寄与する。スペクトルのパターンはラジウム 226 線源を測定した場合のスペクトルと類似する。降雨時のガンマ線スペクトル例を図5に、この時にデータ管理用端末のモニター画面に表示された空間線量率と感雨の状況の経時変化を図6に示した。降雨を原因とする空間放射線量率の上昇はしばしば見られ、福島原発事故以降しばらくの間は都民の関心も高く、事務部門では空間放射線量率上昇のたびにその原因についての問い合わせ対応に追われたが、現在では問い合わせは少なくなっている。なお、降雨の場合、雨雲の分布によってしばしば同時に複数の地点のMPからアラートが送信される。

降雨による空間線量率の上昇は自然現象による通常の変動であるので、測定値の削除や訂正は行わない。

2) 非破壊検査の影響

モニタリングポストの近隣で非破壊検査によるエックス線照射があるとモニタリングポスト測定値が一時的に高値を示す場合がある。非破壊検査は道路工事、ビルの建設工

表2. 異常値の解析数（2011年6月～2013年3月）

調査期間	調査地点	原因				
		調査回数	降雨	X線	医薬品	その他
2011年6月～11月	新宿	3	1	1	0	1
2011年12月～2012年3月	新宿・江戸川・小平	7	3	2	0	2
2012年4月～2013年3月	都内7地点	51	46	2	1	2
合計		61	50	5	1	5

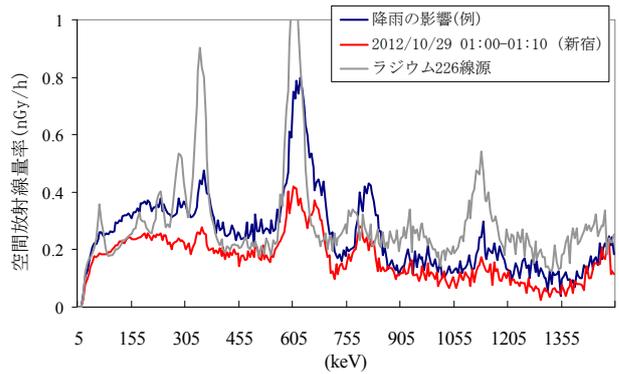


図5. 降雨時のガンマ線スペクトル例

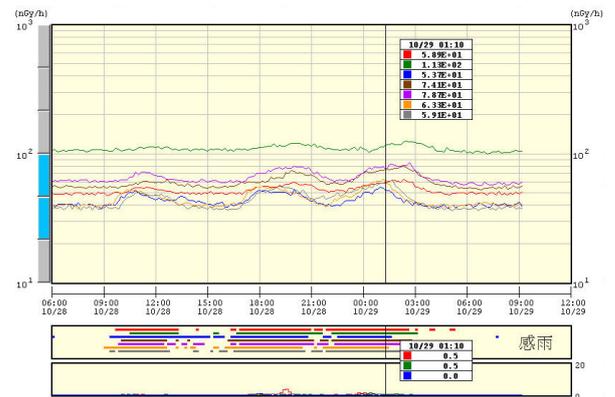


図6. 降雨時の空間放射線量率と感雨の状況の経時変化

事等に併いしばしば実施される。調査期間中、当センターでは老朽化した建物の増新築工事が行われており、この工事に伴って実施された非破壊検査によりMPの測定値が上昇した事例を以下に示す。

この事例では、新設する配管の溶接の状況を調べるため（写真1）、また、改築する建物の床下の配管の状況を調べるため（写真2）の非破壊検査が行われた。新設する配管の溶接の状況を調べるための検査は屋内で実施され、かつ簡易なものではあるが遮蔽も行われていたことからMPの空間線量率の変化はなかった。一方、床下配管調査のための検査では、MPを設置する建物に隣接した建物内での調査であったが、検査方法の性質上、遮蔽は行われておらず、建物内6カ所で行ったすべての調査時刻に対応した空間線量率の変化がデータ管理用端末のモニター上で見られ（図7）、ガンマ線スペクトル解析を行うと、低エネルギー域にエックス線のピークが確認された（図8）。この事例とは別に、当センター前の道路で行われた電力会社の道路工事での非破壊検査でも同様な線量率の変化を確認している。このように、MP近隣で非破壊検査が行われた場合はエックス線がMPの測定値に影響を与える場合があるので注意を要する。

非破壊検査による空間線量率の上昇は一時的かつ意図的、また一般的な生活では非日常的なものであり、1時間値の最大値とするには不適切なため、HPに公開する数値からは除外している。



写真1. 非破壊検査による配管の溶接状況の調査
写真2. 非破壊検査による床下配管の調査

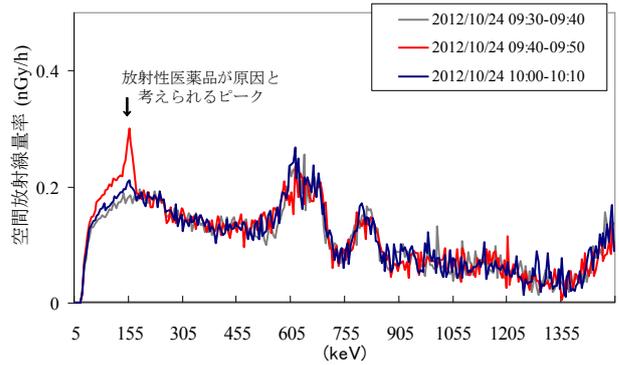


図9. 放射性医薬品が原因と推定されたガンマ線スペクトル例



図7. 非破壊検査時の空間放射線量率の経時変化

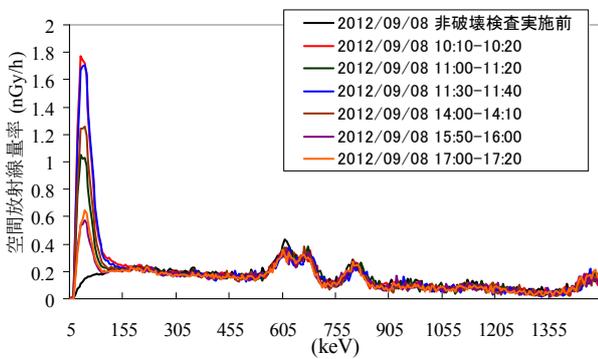


図8. 非破壊検査時のガンマ線スペクトル

3) 放射性医薬品が原因と考えられる事例

アラートメールを受けて、データ管理用端末のモニター画面を確認すると、ある一つのMPで9時から～11時の間に2回の短時間の空間放射線量率の上昇を認めた。ガンマ線スペクトルの解析を行うと非破壊検査のエクス線よりも高エネルギーの155 keV付近にピークが見られた(図9)。この時間のMP周囲の状況について聞き取り調査を行うと、当該時刻頃にMPを設置している施設内でセミナーがあり、高齢者の団体がMPの前を通り過ぎたとの情報を得た。近年、各種の放射性同位元素が放射線医薬品として治療用、診断用に用いられている⁶⁾。特に体内診断用放射性同位元素は画像診断で一般的に使われており、ヨウ素123 (159 keV, 半減期13時間)、テクネチウム99m (141

keV, 半減期6時間)が多く用いられる。アラートメール送信時のモニタリングポスト周囲の状況とガンマ線スペクトルの解析結果から、今回の異常値はこれらの放射性医薬品の影響によるものと推定した。

ま と め

福島原発事故が発生した2011年3月から2013年2月までの2年間について、都内の放射線量の推移についてまとめた。また、しばしば検出された空間放射線量率の上昇原因について、原発事故との関連の検討ならびに原因究明を行った。

新宿MPの2011年3月中の空間放射線量率の推移について、ガンマ線スペクトル解析により空間放射線量変動の要因を検討した。3月15日の上昇ではキセノン133のピークが見られ、キセノン133を主とする気体状の放射性プルームの新宿MP付近の通過を示すものと考えられた。21日から23日にかけての空間放射線量率の上昇では、セシウム134及び137のピークが見られ、降下物の測定結果と併せて考察すると、降雨に伴って人工放射性核種であるセシウム134と137が降下したことが原因と考えられた。

2011年3月から2013年3月までの都内7地点のMPの空間放射線量率は、緩やかに低下傾向にある。これは、降下したセシウム134及びセシウム137の崩壊により漸減しているものと考えられた。空間放射線量率は多摩地区で低く、区部で高い傾向があり、ガンマ線スペクトル解析から、原因はそれぞれの測定地点におけるセシウム134及び137の降下量の違いによると推察された。

2011年6月～2013年3月までの調査期間で、空間放射線量率の上昇により異常値としてアラートメールが送信されて原因究明のための解析を行った回数は61回で、原因として特定されたものは降雨が50回で最も多く、解析したすべての事例は福島原発事故以外の原因と考えられた。

文 献

- 1) 東京都健康安全研究センター：環境放射線測定結果, <http://monitoring.tokyo-eiken.go.jp/> (2013年9月30日現在, なお本URLは変更または抹消の可能性がある)。
- 2) 保坂三継, 灘岡陽子, 小西浩之, 他：東京都健康研セ

年報, 63, 13-27, 2012.

- 3) 森内茂: スペクトルー線量変換演算子による線量評価法とその演算子の決定, JAERI 1209, 1971.
- 4) 財団法人日本分析センター: 日本分析センターにおける空間放射線量率と希ガス濃度調査結果, 平成 23 年 4 月 1 日.

<http://donjon.rulez.jp/refeqsum/bunsekicenternodo.pdf>

(2013 年 9 月 30 日現在, なお本 URL は変更または抹

消の可能性がある)

- 5) (社) 日本アイソトープ協会: アイソトープ手帳 11 版, 2011 年 1 月.
- 6) 日本核医学会: 放射性医薬品取り扱いガイドライン第 2 版, 平成 24 年 7 月 3 日.

Air Dose Rate Transition in the Tokyo Metropolitan Area and a Case Analysis on the Abnormal Value of the Monitoring Post

Hiroyuki KONISHI^a, Satoko FUJIE^a, Kiyomi IKUSHIMA^a,
Mitsugu HOSAKA^a and Dai NAKAE^a

In response to the accident at the TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant that occurred after the Great East Japan Earthquake on March 2011, the Tokyo Metropolitan Institute of Public Health has been monitoring the air dose rate at monitoring posts at 7 different locations in Tokyo, the data of which is available to the public through our website. Citizens of Tokyo showed a deep interest in the measurement results, and when dose rates increased, we received many opinions and questions about the possible relationship to the nuclear power plant accident. In this paper, we analyzed the air dose rates in the Tokyo metropolitan area and the transition of those measured by our monitoring posts for two years from March 2011 to February 2013. Moreover, we investigated the cases with frequent increases in the measured values and their relation to the nuclear power plant accident.

The gamma-spectrum analyses showed the transient increase of air dose rates in Shinjuku on March 15, 2011, which was considered to have been brought on by the radioactive plumes of gaseous xenon-133 in the air in Shinjuku. However, the cause of the air dose rate increase at Shinjuku from March 20 to 22 was considered to be the result of caesium-134 and caesium-137 fallout with the rain on those days. The air dose rate in Tokyo has been low in the Tama area and high in the 23 special-ward area of Tokyo. From the result of the gamma-spectrum analysis, it was assumed that the cause could be attributed to the difference in the concentration of caesium-134 and caesium-137 deposited on the ground in respective areas. Sixty-one cases of momentary increases of the air dose rate from June 2011 to March 2013 were analyzed. Fifty cases came from natural radioactive material fallout by the rain, and none of the cases were related to the Fukushima nuclear power plant accident.

Keywords: monitoring post, Tokyo metropolitan area, air dose rate, gamma-spectrum, xenon-133, iodine-131, caesium-134, caesium-137

^a Tokyo Metropolitan Institute of Public Health,
3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan