東京都における福島第一原子力発電所事故後の空間線量率の推移と変動要因

小 西 浩 之 ^a, 冨 士 栄 聡 子 ^b, 生嶋 清美^b, 鈴木 俊也^b 保 坂 三 継 ^a, 栗 田 雅 行 ^a

2011年3月から2015年3月までの4年の間について、モニタリングポストによる都内の空間線量率のモニタリング結果をま とめた.空間線量率は、2011年3月に福島原発事故の影響と考えられる特徴的な変動を示した.波高分布の解析で、2011年 3月15日~16日の空間線量率上昇は放射性プルームが新宿のモニタリングポスト周辺を通過したものと考えられた.また、 3月21日~23日の空間線量率の上昇は、降雨に伴って¹³¹Ⅰ、¹³⁴Cs及び¹³⁷Csが降下したことが原因と判明した.空間線量率は4 月以降、2か月間に大きく減衰し、6月31日には0.060 µGy/hまで低下した.この間の減衰は、ウェザリング効果の影響が大 きかったことが伺えた.2011年7月~2015年3月までの間に都内の空間線量率は減衰し、自然の放射線のみが存在するに近 い状況となった.しかし、2015年3月31日の波高分布の解析では、区部で放射性セシウムのピークが確認された.すべて のモニタリングポストでこれらのピークが認められなくなるまでには時間を要すると考えられる.2011年6月28日~2015年 3月31日までの間に、空間線量率が一定レベル以上上昇したときを異常値として波高分布を解析した.異常値は、都内7か 所のモニタリングポストで合計240回検出された.そのうち208回は降雨による自然放射線量の増加が原因であり、また、 解析したすべての事例で福島原発事故との関連は認められなかった.

キーワード:福島第一原子力発電所事故,モニタリングポスト,空間線量率,波高分布,放射性プルーム キセノン131,ヨウ素131,セシウム137,セシウム134

はじめに

東京都では、モニタリングポスト(以下MPと略す)に よる都内の空間線量率の測定を2006年12月から新宿にある 東京都健康安全研究センター(以下当センターと略す)の 庁舎屋上に設置したMP(以下新宿MPと略す)で行ってき た.2011年3月の福島第一原子力発電所(以下福島原発と 略す)事故によって人工放射性核種が東京にまで達したこ とをうけ、都及び国はMPを順次増設し、現在では、新宿 MPを含めて区部4か所及び市部3か所の計7か所に設置され ている.

福島原発事故が発生した2011年3月,新宿MPは15日から 16日にかけて,複数回にわたり空間線量率の急上昇をとら えており,一時間あたりの最大値で0.089 μGy/hを記録し た.空間線量率はこの後,すみやかに平常時の状況に近い 値まで低下したが,3月21日から23日までの間に降雨があ り,これと同時に空間線量率は再び上昇し,以降は平常時 の状況にまで直ちに戻ることなく,緩やかな低下傾向を示 した¹⁾.

これらの空間線量率の上昇について,新宿MPが測定し たガンマ線の波高分布を解析することで,空間線量率変動 原因の詳細が明らかになった.すなわち,3月15日から16 日にかけての空間線量率の急上昇では,福島原発事故によ り環境中に放出された人工放射性核種が気体状の放射性プ ルームとして新宿MP付近を通過し,通過後,¹³¹I,¹³⁴Cs, ¹³⁷Csなどの人工放射性核種がわずかに乾性沈着した.ま た,21日から23日の空間線量率の再上昇では,大気中にあった人工放射性核種が降雨によって,地上に降下して湿性 沈着した.3月24日以降はこれら地上に沈着した人工放射 性核種が物理的半減期及びウェザリング効果により次第に 減少することで,空間線量率は緩やかな低下となった²⁾. 更に,2011年4月以降から2013年3月までの間に,新宿MP 及びその後に増設された都内各所のMPの測定値に一定レ ベルの上昇が記録されるごとに波高分布の解析を行って空 間線量率上昇の原因を検討し,福島原発事故由来と考えら れる上昇はなかったことを報告した³⁾.

福島原発事故から4年が経過した2015年4月現在,都内の 空間線量率は,新宿MPで福島原発事故以前に観測された 測定値の範囲(0.028 ~0.079 µGy/h),つまり自然放射線 のみが存在する状況に近い数値にまで低下しているが,測 定データの波高分布を詳細に解析すると,現在でもなお, 福島原発事故によって地上に沈着した放射性セシウムが空 間線量率に影響を与えていることが伺える.また,当セン ターでは,2013年4月以降も空間線量率の上昇が見られる ごとに原因究明のための波高分布の解析を実施している。 そこで今回,これまでに発表した調査結果にその後の継続 調査で得られた結果を加え,福島原発事故が発生した2011 年3月から2015年3月までの4年間にわたる都内空間線量率 のモニタリング結果を総括し,報告する.

調查方法

 * 東京都健康安全研究センター薬事環境科学部 169-0073 東京都新宿区百人町 3-24-1

[▶] 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

表1. モニタリングポストによる空間線量率の測定場所

調査地点	測定場所			
新宿	新宿区 百人町(東京都健康安全研究センター)			
江戸川	江戸川区 上篠崎(都立篠崎公園)			
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)			
小平	小平市 中島町(東京都薬用植物園)			
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)			

1. 調査地点,調査期間及び機器

1) 調査地点及び調査期間

調査地点は, MP を設置した都内 7 か所(新宿,大田, 足立,江戸川,八王子,調布,小平). それぞれの MP の 設置場所を表1 に示した.

新宿 MP は地上 18 m の当センター庁舎屋上に設 置(図1),検出器は屋上床面から1.8 m に位置する (2013年7月に別棟屋上22 m に移設).他の MP は すべて地上に設置し,検出器の高さは地面から1.8 m (江戸川,小平)及び1.0 m (足立,大田,八王子, 調布)である.

調査期間は、2011 年 3 月から 2015 年 3 月までの 4 年間. ただし、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、江戸川)及び 2012 年 4 月 (大田、足立、八王子、調布)から 2015 年 3 月までの測 定値を対象とした。

2) 機器

(1) モニタリングポストの機器仕様 都内7か所に設置 したMPの機器仕様は、いずれも富士電機株式会社製 TB24469で、検出器に2インチφ×2インチ円筒型ヨウ化ナ トリウムタリウム (NaI(Tl)) シンチレータを用い、1000 チャンネルの多チャンネル波高分析器で波高弁別バイアス 変調 (Discrimination Bias Modulation 略してDBM) 方式に より入射したガンマ線を連続測定し、空気吸収線量率を示 す. エネルギー特性は50 keV~3,000 keVの範囲で±10%

(¹³⁷Cs基準) である.検出部のアンプゲインは¹³⁷Csのピ ークチャンネル(662 keV) が132チャンネルになるように 調整されており,エネルギー分解能は¹³⁷Csのフォトピー クに対して10%以下である.空間線量率は1分間ごとに算 出され,これをもとに1時間ごとに1時間値,24時間ごとに 1日値として最大値,最小値及び平均値を算出してサーバ ーに保存される.また同時に,空間線量率算出のもととな るガンマ線の計数値が50 keV~3,000 keVの範囲で波高分 析器により5 keVごとに分別,積算され,10分間ごとに CSVファイルとして保存される.

なお,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.

(2) 波高分布の解析 空間線量率の変動原因の解析は, MPで 10分間ごとに記録されたガンマ線の計数値の測定デ



図1. 新宿モニタリングポスト(左)とその設置場所(右)

ータを用いて行った.ガンマ線のエネルギー範囲は、ピー クの判別を容易にするため50 keVから2,000 keVとし、横 軸に各チャンネルに対応するガンマ線のエネルギー

(keV),縦軸に各エネルギーごとの10分間のカウント数 をとって波高分布を求め,波高分布上の全吸収ピークの位 置⁴⁾から放射性核種を推定した.また,異なる日時の波高 分布の形状及び計数率を比較し,検出核種の経時的変動を 調べた.必要に応じて,各エネルギーごとのカウント数を G(E)関数⁵⁾によって線量率に換算し,縦軸を線量率として 解析した.

2. 調査

1) 空間線量率の推移と変動要因

(1) 原発事故直後の状況(2011年3月) 福島原発事故 が発生した2011年3月中の空間線量率の変動について,新 宿MPで測定した1分値の推移を求め,空間線量率に特徴 的な変動があった日時の波高分布をもとに解析した.

(2) 2011年4月~6月の空間線量率の推移 新宿MPにおけ る4月から6月までの空間線量率の1時間値の推移を求め、4 月以降の空間線量率の減衰の傾向を波高分布をもとに解析 した.また、この間に空間線量率の上昇が観測されるごと に波高分布を解析し、変動要因を検討した.

(3) 2011年7月~2015年3月の空間線量率の推移 新宿MP は2011年7月から,他の6か所のMPはそれぞれ設置日以降 から2015年3月までの空間線量率の1日値の平均値の推移を 求め,福島原発事故以降の都内の空間線量率の減衰の傾向 を波高分布をもとに解析した.また,この間に特徴的な変 動がみられた日時について,変動要因を波高分布をもとに 解析した.

2) MP測定値の異常値の解析

2011 年 7 月 1 日から 2015 年 3 月 31 日までの間に,空間線量率測定値に異常値が検出されるごとに,当該 MP について波高分布をもとに解析し,空間線量率の変動原因を検討した.2011 年 7 月から 2013 年 3 月までの調査結果については既報³⁾にまとめたが,これを含め,2015 年 3 月 31 日までの 4 年間の調査結果として,都内 7 か所の MPの測定場所ごとに集計した.

(1) 異常値の検出条件 MPの空間線量率測定値が以下



図2. 新宿モニタリングポストにおける空間線量率(1時間の平均値)の推移(2011年3月1日~2011年6月30日)

の条件を満たしたときを異常値とした. なお, 2011 年 7 月1日から2013 年 3 月 31 日までを期間 1, 2013 年 4 月 1 日以降を期間 2 として異常値の判断条件を変更して調査を 行った.

·期間1:2011年7月1日~2013年3月31日

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.

·期間2:2013年4月1日~2015年3月31日

次の①または②に該当したとき.①降雨があり,かつ, 直近 1 時間の最大値が,その直前の 1 時間の最大値から 0.015 μGy/h 以上高い場合.②降雨がなく,かつ,直近 1 時間の最大値が,その直前の 1 時間の最大値から 0.010 μGy/h 以上高い場合.

(2) 解析方法 異常値が検出されたMPの当該時刻付近 の空間線量率の経時変化と感雨計の感雨の状況を確認し, 最も空間放射線量率が高くなった時刻及びその前後の空間 線量率の波高分布を比較検討し,異常値となった原因を推 察した.また,原因の推察を補完する情報を得るため,必 要に応じてMPが設置してある施設の管理者に対して当該 時刻の周囲の状況について聞き取り調査を行った.

結果及び考察

1. 空間線量率の推移と変動要因

1) 原発事故直後の状況(2011年3月)

新宿MPで測定した2011年3月1日から6月30日までの空 間線量率の1時間の平均値の推移を図2に示す.3月1日から 東日本大震災のあった11日を経て14日までの間は,空間線 量率は概ね0.035 μGy/hで推移した.3月15日から16日まで, 及び20日から23日までの間に福島原発事故の影響と考えら れる空間線量率の特徴的な変動がみられた.21日からの変 動で上昇した空間線量率は,24日以降は漸減傾向を示し, 4月1日までに1日の平均値は0.100 μGy/hを下回った.その 後もゆっくり低下し,6月末には0.060 μGy/hまで減衰した.

なお,新宿MPは福島原発事故当時,当センター庁舎屋 上の地上18 mの高さにあったことから,必ずしも地上の 空間線量率を示しているとはいえないが,図1に示すとお り周囲に高い建築物がなく,広く周囲を見渡せる場所に位 置し、かつ、地上に相当する屋上床面もあったことから、 MPの測定値は当時の新宿周辺へ人工放射性物質が到達し た状況を比較的よく反映していると考えられる.

(1) 3月15日~16日の空間線量率の変動 2011年3月15日 から16日までの2日間における新宿MPの空間線量率の1分 値の推移を図3に示す.この2日間に,4回の空間線量率の 急上昇がみられ,2回目の上昇で15日の10時15分に最大値 0.809 µGy/hを記録した.

4回の空間線量率上昇のそれぞれの最大値付近の波高分 布を図4に示す.なお、図4の①~④の波高分布は、図3中 の①~④の日時に対応する.波高分布では、4回の上昇と も福島原発事故で環境中に放出された人工放射性核種と考 えられる¹³³Xe,¹³²Te,¹³¹I,¹³²Iの放出するガンマ線のエネ ルギー付近に計数率の増加(以下ピーク」と略す)がみら れた.波高分布の形状を比較すると、1回目(①)と2回目 (②)の上昇では広いエネルギー範囲で計数率の増加があ ったが、3回目(③)と4回目(④)の上昇では特に¹³³Xe と推定されるピークが占める比率が高く、①、②と③、④ では検出された核種の組成の比率が異なるものであったと 考えられる.また、それぞれの上昇は一時的であり、検出 された人工放射性核種のほとんどは地上に降下することな く、放射性プルームとして新宿MP付近を通過したものと 推察される。この2日間の変動後の空間線量率は、16日の



図3. 新宿モニタリングポストにおける空間線量率(1分値)の推移(2011年3月15日~16日)











23時からの1時間の平均値で0.050 µGy/hであり,変動前の 概ね0.035 µGy/hまで戻らなかった.その原因について, 変動前の15日0:00~0:10と変動後の16日23:50~24:00の波 高分布を解析すると(図5),変動後では¹³²Te,¹³¹I,¹³²Iと 考えられるピークが確認され,放射性プルームの通過後, 人工放射性核種の一部が地上に降下し,沈着したものと考 えられる。

(2) 3月20日~23日の空間線量率の変動 空間線量率の次 の特徴的な変動は3月20日の夜間から始まった.3月20日か ら23日までの空間線量率の1分値の推移を図6に示す.空間 線量率は20日の21時30分ごろからわずかに上昇し,翌21日 の8時過ぎから急上昇した.この上昇では15日~16日の間 の上昇と異なり,空間線量率は0.100 µGy/h以上のレベル で3月23日までかけて上昇と低下の変動を繰り返した.

この間の波高分布を図7に示す。なお、図7の⑤~⑧の波 高分布は、図6中の⑤~⑧の日時に対応する. 20日からの 空間線量率上昇直前(⑤)では、3月15日~16日の放射性 プルーム通過後(図5)の波高分布と比べて¹³¹I以外の短半 減期の核種(¹³²Te,¹³²I)は十分減衰したものと考えられ



図5. 新宿モニタリングポストにおける空間線量率上昇 前後の波高分布の変化(2011年3月15日~16日)



23日)

⑤~⑧は図6中の⑤~⑧の時刻における波高分布を示す.

た. 一方, ¹³²Iの減衰によって, 15日~16日の波高分布の 解析では明確に認められなかった¹³⁴Cs,¹³⁷Csと思われる ピークが確認できるようになった.次に、空間線量率が急 上昇した21日12時(⑥)では,¹³³Xeの他,¹³⁴Cs,¹³⁷Csと 考えられるピークが確認された.また、⑥と⑦及び⑧の波 高分布を比較すると、⑧では¹³¹Iのピークが大きくなって おり、⑥と比べて⑦、⑧では¹³¹Iが多く降下したことが推 察される.21日の8時過ぎから23日にかけて東京では降雨 があり⁶,空間線量率上昇の時刻と一致していることから, この間に¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Csなど多くの人工放射性核種が降 雨に伴って地上に降下したものと考えられる.なお、MP による空間線量率測定と並行して実施した定時降下物の測 定結果(表2)と比較すると、21日の9時に採取した降下物 (a) 中には前日の20日9時に採取した試料と比べ¹³¹Iの濃 度が増加し、かつ前日までみられなかった¹³⁴Cs及び¹³⁷Cs が検出されるなどMPの波高分布解析結果と一致した変化 があった. また22日(b)及び23日(c)の9時に採取した 定時降下物の測定結果では、23日採取分(c)で¹³¹Iの濃度 が最も高く、これもMPの波高分布解析結果と一致するも

表2. 新宿における定時降下物測定結果(2011年3月18日 9:00~3月25日9:00)

				Bq/m ²
	定時降下物採取期間	¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
	03/18 9:00 ~ 03/19 9:00	51	ND	ND
	$03/19 \; 9:00 \; \sim \; 03/20 \; 9:00$	40	ND	ND
a	$03/20 9:00 \sim 03/21 9:00$	2,900	550	560
b	$03/21 \; 9:00 \; \sim \; 03/22 \; 9:00$	32,000	5,300	5,300
c	$03/22 \ 9:00 \sim 03/23 \ 9:00$	36,000	330	330
	$03/23 \; 9:00 \; \sim \; 03/24 \; 9:00$	13,000	130	160
	03/24 9:00 ~ 03/25 9:00	170	34	37

定時降下物採取期間 a ~c は図6中のa ~c の期間を示す.

のであった.

2) 2011年4月~6月の空間線量率の推移

MPの空間線量率は、3月30日までに1日の平均値で0.100 μGy/hを下回り、更に4月30日で0.068 μGy/h、5月31日で 0.060 μGy/hまで低下した、4月の1カ月間の空間線量率の 減衰は次の5月の1カ月と比べて大きく、一方、6月30日の 空間線量率は0.059 μGy/hで5月末以降は大きな減衰はみら れなかった。

図8に4月1日から6月30日までの一か月ごとの波高分布を 示す.波高分布では4月の1カ月間(①から②)で¹³¹Iのピ ークは大きく減衰した.この減衰について、2011年3月末 までの定時降下物中に検出された¹³¹Iがすべて地上に沈着 し、物理的半減期のみによって減衰したと仮定して計算す すると(図9)、4月1日に38,000 Bq/m²程度残留し、4月末 までに3,000 Bq/m²に減衰すると考えられるが、波高分布 上の¹³¹Iのピーク面積はこれより大きく減衰している.ま た、①から②の間に、¹³¹Iよりも物理的半減期の長い¹³⁴Cs、 ¹³⁷Csと考えられるピークも減衰した.更に1か月経過した ③では、¹³¹Iのピークは波高分布上でピークとして確認で きないレベルまで減衰し、¹³⁴Cs、¹³⁷Csのピークも更に減 衰した.しかし、③から④までの1か月では、波高分布の

1.E+05 1.E+04 1.E+04 1.E+02 1.E+01 1.E+00 1.E+00

図8. 新宿モニタリングポストにおける空間線量率の 減衰傾向(2011年4月~6月)

1050 1300

エネルギー(keV)

1550

1800

800

50

300

550

明らかな変化はみられなかった.このことから、4月から5 月の2か月間の空間線量率の減衰は、地上に降下した人工 放射性核種の物理的半減期による減衰に加え、ウェザリン グ効果の影響が大きかったものと考えられる.

次に、4月1日から6月30日までの間に空間線量率の上昇 があった日について波高分布から上昇原因を解析した.空 間線量率の上昇がみられたのは、4月11日、19日、5月3日、 11日、17日、22日、28日、6月2日、5日、11日、13日、17 日、18日及び26日の14回であった.それぞれの上昇時の空 間線量率の最大値付近について波高分布を解析したところ、 6月26日を除く13回は、すべて降雨による自然放射線の増 加の影響と考えられた.6月26日については、降雨が原因 ではないが、一時的な上昇であり、かつ、¹³³Xe、¹³¹I、 ¹³⁴Cs、¹³⁷Cs等の核種に相当するピークの増加はみられず、 福島原発事故由来とは考えにくい原因不明の上昇であった. よって、4月1日から6月30日までの間に、福島原発事故の 影響と考えられる空間線量率の上昇は確認されなかった.

3) 2011年7月~2015年3月の空間線量率の推移

2011年3月から2015年3月までの空間線量率の1日の平均 値の推移を図10に示す。新宿以外の6地点は、各MPの設置 日からの空間線量率の推移を示している.2011年6月末ま でに0.059 μGy/hまで低下した新宿MPの空間線量率は,7 月1日以降も緩やかに減衰し、2年後の2013年7月1日では 0.044 µGy/hとなった. なお、同7月25に当センター庁舎建 替工事に伴いMP設置場所を隣接する庁舎屋上(地上 22m)に移設したため、空間線量率は移設前より0.01 µGy/h程度低い表示値となり, 2015年3月31日では0.033 µGy/hである.都内の各地点の空間線量率を比較すると, 市部と比べて区部でやや高く、都内7か所のうち江戸川MP の数値が最も高かった.しかし、いずれの地点の空間線量 率も新宿同様に経時的に減衰し、福島原発事故から4年が 経過した2015年3月31日では、区部0.033 ~0.065 µGy/h, 市部0.033 ~0.034 μGy/hで, すでに自然の放射線のみが存 在するに近い状況となった地点もあるが、2015年3月31日 の波高分布(図11)では区部のMPでは放射性セシウムの



よる減衰



図10. 都内7か所のモニタリングポストにおける空間線量率(1日の平均値)の推移(2011年3月~2015年3月)

ピークが確認でき、区部のMPでこれらのピークが認めら れなくなるまでには時間を要すると考えられた.

2011年7月1日から2015年3月31日までの都内の空間線量 率の推移で、特徴的な空間線量率の変動があった図10の① 及び②について波高分布によって解析した. ①では、江戸 川MPで2012年8月末から9月にかけて空間線量率が約0.01 µGy/h低下した.足立,大田,八王子の測定値も変動幅は 小さいが同様な傾向を示している.この変動はMPの定期 点検時に校正を行ったことが原因と判明しているが、これ を江戸川MPを例に校正前後の波高分布(図12-1,図12-2) を比較すると、校正前後で¹³⁴Cs及び¹³⁷Csと考えられる ピークのチャンネルが異なっている。つまり、校正前では ピークトップが本来のチャンネルからシフトしていた.図 12-1では、¹³⁴Cs及び¹³⁷Csのピーク付近の計数率はチャンネ ルがずれていることを除けば校正前後で波高分布の形状に 違いはない.しかし、全チャンネルのそれぞれの計数率を G(E) 関数を用いて空間線量率に換算すると(図12-2), 校正前0.120 µGy/hであったものが校正後は0.106 µGy/hと なった. 図12-2では,空間線量率への換算の結果,¹³⁴Cs, ¹³⁷Csのピーク及びその前後のチャンネルのピーク高が校 正前よりも校正後で低くなっている. つまり, 校正後の 0.106 µGy/hを本来の数値とすれば、校正前には本来の空 間線量率よりもやや高い表示値を示していたことを意味し ている.

次に、図10の②の空間線量率の変動は、2013年1月と 2014年2月に都内全域で降雪による積雪があったときにみ られた.図13に2013年1月の降雪前後の空間線量率の1時間 の平均値の推移を示した.1月14日の午前2時過ぎごろか らの降雪で、都内7か所のMPの測定値は降雨時と同様に自 然放射線の増加によって上昇したが、積雪が進むに従って、 空間線量率は降雪前よりも低くなり、その後、1月15日以 降、雪が解けるにしたがって徐々に積雪前の空間線量率に 戻った.この空間線量率の変動について、新宿MPの波高 分布をみると(図14)、降雪前と比べて降雪中はラジウム 線源の波高分布に類似したいくつかのピークがみられた. つまり、大地中の²²⁶Raから生じた大気中のラドンの娘核 種による自然放射線が降雪とともに増加することによって 空間線量率が上昇した.一方,積雪後の波高分布では降雪 前にあった¹³⁴Cs,¹³⁷Csのピークが減衰しており,積雪に より地面が遮へいされたことで空間線量率が低下したこと が伺える.2014年2月についても波高分布を解析したとこ ろ,同様な現象がみられた.

2. 異常値の解析

4月1日から6月30日までの間の空間線量率の一時的な上 昇では、福島原発事故の影響と考えられる空間線量率の上 昇は確認されず、かつ、 空間線量率の測定と併行して実 施している毎日の降下物調査では、福島原発事故由来と考 えられる人工放射性核種は2011年5月中には不検出となっ た.よって、以降の空間線量率の変動は原発事故以外の原 因によると推定されたが,福島原発における事故対応が終 息に至っていない現状を鑑み、空間線量率に上昇がみられ た場合の原因究明を継続した.しかし,空間線量率は日常 的に自然放射線量の増減によっても変動することから, 2011年7月以降は一定レベル以上の上昇があったときを異 常値として解析を行った.新宿MPの原発事故前の測定値 の日常の変動を参考に、期間1(2011年7月1日~2013年3月 31日)では便宜的にMPの測定値が直前の1時間値よりも 20%以上上昇した場合を異常値とした.しかし、約2年に わたる調査の結果、降雨による自然放射線量の増加は、都



図11. 都内7か所のモニタリングポストにおける波高分布 (2015年3月31日)



図12-1. 江戸川モニタリングポスト校正前後の波高分布 の変化(計数率)



図13. 都内7か所のモニタリングポストの降雪前後の空間 線量率(1時間の平均値)の推移(2013年1月13日~16日)

内で同時に降雨があった場合,いずれの測定場所も同程度 の空間線量率の上昇をもたらすため,新宿MPよりも日常 の空間線量率が低い市部のMPで異常値として検出されや すく,都内7か所のMPで異常値の発生頻度に偏りが生じた こと,また,異常値検出基準の20%以内の空間線量率の上 昇であっても自然放射線量の変動とは考えにくい一時的 な上昇もみられたことから,期間2では降雨がある場合と ない場合とで異常値の検出条件を変え,空間線量率が絶対 値で一定レベル以上上昇したときを異常値として調査を行 った.

調査結果を表3に示す.2011年6月28日から2015年3月31 日までの全調査期間をとおして、都内7か所のMPで異常値 は合計240回検出された.すべての事例について波高分布 を解析したところ、空間線量率の上昇原因は降雨によるも のが208回で最も多かった.その他、非破壊検査によるX 線を検出したと考えられる事例が8回、原因不明な事例が 24回あった.非破壊検査では波高分布上の低エネルギー域 でX線による計数率の増加がみられることで判別でき³⁾、8



の変化 (空間線量率)



図14. 新宿モニタリングポストの降雪及び積雪による 波高分布の変化(2011年1月14日)

回の検出事例のうち新宿MP及び八王子MPで検出した計7 回について、関連施設への聞き取り調査により非破壊検査 が行われたことを確認した. 原因不明の事例の多くは、空 間線量率の上昇がごく短時間であり、10分間のカウント数 から求めた波高分布では明確な変化として捉えられなかっ た.24回の原因不明のうち、9回は医療用の放射性医薬品 と考えられる波高分布の変化がみられた. 放射性医薬品と 考えられる事例があったのは足立(都立公園)と小平(薬 用植物園)の2か所で、MPが一般の利用者の目に触れやす い場所に設置されており、特に小平の薬用植物園では入口 付近にあることから、入園時と退園時と思われる一定の時 間間隔で2度の空間線量率上昇が記録された.これらの事 例では波高分布で^{99m}Te、¹³¹Iなど医療用でしばしば用いら れる放射性物質と考えられるピークがみられた.小平MP の事例については薬用植物園に当日の人の出入りの状況を 問い合わせ、当該時刻にMP付近を人が通り過ぎたことを 確認したが、放射性医薬品の服用については確証がなく、 原因究明にまで至らなかった.

表3. 空間線量率異常値発生の原因別内訳

MP設置場所	降雨	非破壊検査	不 (うち,放射	明 性医薬品)	合計
新宿	5	6	0	(0)	11
期間1	5	5	0	(0)	10
期間 2	0	1	0	(0)	1
江戸川	15	0	4	(0)	19
期間1	6	0	3	(0)	9
期間 2	9	0	1	(0)	10
大田	15	1	2	(0)	18
期間1	6	0	2	(0)	8
期間 2	9	1	0	(0)	10
足立	31	0	9	(6)	40
期間1	14	0	0	(0)	14
期間 2	17	0	9	(6)	26
小平	46	0	7	(3)	53
期間1	30	0	2	(1)	32
期間 2	16	0	5	(2)	21
八王子	39	1	0	(0)	40
期間1	24	0	0	(0)	24
期間 2	15	1	0	(0)	16
調布	57	0	2	(0)	59
期間1	32	0	0	(0)	32
期間 2	25	0	2	(0)	27
合計	208	8	24	(9)	240
期間1	117	5	7	(1)	129
期間 2	91	3	17	(8)	111

期間1:2011年7月1日~2013年3月31日 期間2:2013年4月1日~2015年3月31日

次に,異常値の判断基準を変更した期間1と期間2で比較 すると,期間1と期間2では降雨時の異常値検出傾向が異な り,新宿MPを除くと区部のMPは期間2で期間1より検出数 が多くなった.一方,市部のMPではこれと逆の傾向を示 した.都内の広い範囲で降雨時のあった時など,空間線量 率の上昇は区部と市部で空間線量率の上昇幅に大きな違い がないため,異常値の判断基準を期間1の相対値から期間2 の固定値に変更したことで通常時の空間線量率が比較的低 い市部では自然放射線の増加を異常値として検出する回数 が減少したものと考えられる.

これら240回のすべての事例を解析した結果,原因不明 の事例を含め、いずれも一過性の上昇であり、また、波高 分布の解析で放射性セシウムなど人工放射性核種のピーク の新たな出現はみられなかったことから、福島原発事故由 来と考えられる空間線量率の上昇はなかった.

なお,異常値の解析は異常値が検出されるごとに随時実施し,空間線量率上昇時の都民からの問い合わせ対応の資料として情報提供に活用された.

まとめ

福島原発事故が発生した2011年3月から2015年3月までの 4年間について、MPによる都内の空間線量率のモニタリン グ結果をまとめた.

新宿MPの2011年3月中の空間線量率の推移について、特

徴的な変動のみられた3月15日~16日と21日~23日の変動 原因を波高分布をもとに解析したところ,福島原発事故由 来の人工放射性核種の東京への到達と地上への降下の状況 が明らかになった.15日~16日の空間線量率上昇は放射性 プルームが新宿MP周辺に至り,¹³¹Iなど一部の核種が地上 に沈着した.21日~23日は降雨に伴って¹³¹I,¹³⁴Cs及び ¹³⁷Csが降下し,毎日の降下物調査の結果と一致した.

人工放射性核種の降下により上昇した空間線量率は, 2011年4月~5月の2か月間に大きく減衰し,ウェザリング 効果の影響が大きかったことが伺えた.2011年4月~6月の 間に一時的な空間線量率の上昇が14回あったが,いずれも 人工放射性核種によると考えられる事例はなかった.

2011年7月~2015年3月までの間に都内の空間線量率は減 衰し,自然の放射線のみが存在するに近い状況となった地 点もあるが,2015年3月31日の波高分布では区部のMPでは 放射性セシウムのピークが確認でき,区部のMPでこれら のピークが認められなくなるまでには時間を要すると考え られる.

2011年7月1日~2015年3月31日までの間に空間線量率が 一定レベル以上上昇したときを異常値として波高分布を解 析したところ,異常値は都内7か所のMPで合計240回検出 され,このうち208回は降雨による自然放射線量の増加が 原因であった.また,すべての検出事例で福島原発事故由 来と考えられる空間線量率の上昇はみられなかった.

文 献

- 保坂三継, 灘岡陽子, 小西浩之, 他:東京健安研セ年 報, 63, 13-27, 2012.
- 小西浩之, 冨士栄聡子, 生嶋清美, 他: RADIOISOTOPES, 64(3), 185-195, 2015.
- 小西浩之, 冨士栄聡子, 生嶋清美, 他:東京健安研セ 年報, 64, 173-122, 2013.
- 4)(社)日本アイソトープ協会:アイソトープ手帳11版,
 2011,丸善,東京.
- 5) 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.
- 気象庁:気象観測データ. http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html (2015年7月25日現在.なお本URLは変更または抹消 の可能性がある.

Time Variation and Fluctuation Factors of the Air Dose Rate in Tokyo after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident

Hiroyuki KONISHI^a, Satoko FUJIE^a, Kiyomi IKUSHIMA^a, Toshinari SUZUKI^a Mitsugu HOSAKA^a, and Masayuki KURITA^a

We investigated the influence of radioactive contamination caused by the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident on the Tokyo Metropolitan area, by analyzing measured data from monitoring posts during the four-year period between March 2011 and March 2015.

The air dose rate showed several characteristic increases as a result of the Fukushima nuclear power plant accident, which occurred on March 2011. By analyzing the pulse height distribution, the increases in the air dose rate on March 15 and 16, 2011, were considered to have been caused by the radioactive plumes of gaseous ¹³³Xe, which passed through the sky above the Shinjuku district of Tokyo. In contrast, the increase in the air dose rate from March 20 to 22 was concluded to result from the fallout of ¹³¹I, ¹³⁴Cs, and ¹³⁷Cs with rain. After April 2011, the air dose rate rapidly decreased to a value of 0.060 μ Gy/h on June 31 of that year. The decrease in the measured values during this period was considered to reflect the influence of weathering effects. The air dose rate of the Tokyo Metropolitan area decreased gradually to nearly the background level between July 2011 and March 2015. However, the existence of peaks of radioactive cesium was confirmed by analyzing the pulse height distribution for the 23 wards of Tokyo on March 31, 2015. A long time will be required for disappearance of radioactive cesium peaks throughout the Tokyo Metropolitan area.

From June 28, 2011 to March 31, 2015, we analyzed the pulse height distribution when abnormal rises in the air dose rate beyond a certain value were observed. A total of 240 cases of abnormal rises were detected at seven monitoring posts placed in the Tokyo Metropolitan area. Of these, 208 were caused by the fallout of natural radioactive material with rain. All cases were unrelated to the accident at the Fukushima nuclear power plant.

Keywords: Fukushima Daiichi nuclear accident, monitoring post, air dose rate, radioactive plume, pulse height distribution, xenon 133 (¹³³Xe), iodine 131 (¹³¹I), cesium 134 (¹³⁴Cs), cesium 134 (¹³⁴Cs)

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