

## 東京都におけるセシウム134及びセシウム137の空間放射線量率の長期的推移

富士栄 聡子<sup>a</sup>, 角田 徳子<sup>a</sup>, 相原 三菜子<sup>a</sup>, 木下 輝昭<sup>a</sup>, 猪又 明子<sup>b</sup>

都内7か所のモニタリングポストにおける, 2011年6月から2024年12月までのセシウム134 (以下<sup>134</sup>Csと略す) 及びセシウム137 (以下<sup>137</sup>Csと略す) の線量率の推移を解析し, その減衰特性を明らかにした. 当初線量率が高かった半減期約2年の<sup>134</sup>Csは急速に減衰し, 一方で半減期約30年の<sup>137</sup>Csは緩やかな減衰を示し, 長期にわたり残留する傾向が確認された. 調査開始時の各線量率は江戸川局が最も高く, 他の局に比べて放射性セシウムの沈着が比較的多かったことが示唆された. <sup>134</sup>Csの消失時期は, 江戸川局が2024年頃, 大田局及び足立局が2021年頃, 多摩地域は2019年頃であった. <sup>137</sup>Csについては, 2024年末に江戸川局が約10 nGy/h, 大田局及び足立局が約2 nGy/hであり, 多摩地域では明確な減衰傾向が認められなかった.

指数関数による減衰分析では, <sup>134</sup>Csの決定係数の範囲は0.91~1.00と高く, 指数関数的な減衰が顕著であった. 一方<sup>137</sup>Csは0.42~0.91と低く, これは初期線量率が小さく半減期が長いと考えられた. 環境半減期の範囲は<sup>134</sup>Csが1.3~1.7年, <sup>137</sup>Csが2.9~9.5年であり, いずれも物理半減期を下回った. 2011年3月21日時点での遡及推定では, 江戸川局は<sup>134</sup>Csが107 nGy/h, <sup>137</sup>Csが25 nGy/hと最も高く, 足立局, 大田局及び新宿局がこれに続き, 多摩地域は江戸川局の約1/10であった. 将来予測では, <sup>137</sup>Csの線量率が1 nGy/hを下回る時期は, 大田局が2032年, 足立局が2036年, 江戸川局が2056年と推定された.

**キーワード:** モニタリングポスト, 空間放射線量率, 波高分布, レスポンスマトリックス法, 福島第一原子力発電所事故, セシウム134, セシウム137, 決定係数, 半減期, 遡及推定, 将来予測

### はじめに

東京都では, 東京都健康安全研究センターに1989年からモニタリングポスト (以下MPと略す) を設置し (以下新宿局と略す), 空間放射線量率 (以下線量率と略す) を常時監視している.

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故 (以下原発事故と略す) では, 東京都にも人工放射性核種が降下し, 新宿局において線量率の上昇が観測された<sup>1)</sup>. このため, 都では, 事故後2012年4月までに都内6か所にMPを増設し, 線量率の監視体制を強化してきた<sup>1)</sup>. 設置後の線量率は, 半減期約2年のセシウム134 (以下<sup>134</sup>Csと略す) 及び半減期約30年のセシウム137 (以下<sup>137</sup>Csと略す) の減衰に伴い低下し, 近年では線量率の推移がほぼ一定となっている<sup>1)</sup>.

MPでは, エネルギーごとのスペクトル (以下パルス波高分布と略す) を測定するが, これを線量率に換算する必要がある. 線量率への換算には, スペクトル線量換算演算子 (以下G(E)と略す) 関数を用いるG(E)関数法と<sup>2)</sup>, スペクトル解析によるレスポンスマトリックス法 (以下RM法と略す) 及びピールオフ法がある<sup>3,4)</sup>.

G(E)関数法は, 複雑なスペクトル解析を行わずに簡易的に線量率を算出できる利点があり, 新宿局を含む都内7か所のMPにおいてもこの方式で線量率を測定し, 毎時ホームページに公開している. しかしながら, G(E)関数法では

合計線量率しか算出できず, 天然及び人工放射性核種の寄与を明確にすることができない. そのため, 線量率が低下したとしても, 事故後に設置されたMPにおける線量率が事故前のレベルに戻ったのか, または依然として原発事故由来の<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csの線量率が残存しているのか, さらに残存している場合, 線量率が事故前のレベルへ戻る時期についても不明である.

一方, RM法はエネルギー帯ごとの線量率を算出できる手法であり, 従来の22×22の応答行列 (レスポンスマトリックス) より詳細な49×49の応答行列を適用することで<sup>5)</sup>, <sup>134</sup>Csと<sup>137</sup>Csの分離評価が可能なオプションを追加できる. これにより, <sup>134</sup>Csと<sup>137</sup>Csの合計線量のみならず, 両核種の線量率を個別に評価することが可能となる. また, 各MPにおける<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csの線量率の推移を解析し, その減衰特性を明らかにすることができる. さらに, 減衰特性を解析することで, MP設置以前の<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csの線量率を遡って推定するとともに, 将来の線量率を予測することが可能となる.

そこで, <sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csの線量率について分離評価が可能なオプションを備えた49×49のRM法を用い, 都内7か所に設置したMPにおける, 2011年6月から2024年12月31日までの線量率を解析し, 両核種の長期的な推移を明らかにしたので報告する.

<sup>a</sup> 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

<sup>b</sup> 東京都健康安全研究センター薬事環境科学部

## 調査方法

### 1. 調査状況

#### 1) 調査地点及び設置状況

調査地点は、MPを設置した都内7か所（新宿区、江戸川区、小平市、大田区、八王子市、足立区、調布市）である。それぞれのMPの設置状況を表1に示す。

#### 2) 調査期間

49×49の応答行列は、<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Cs以外の人工放射性核種が存在しない場合に用いるべきである<sup>5)</sup>。このため、新宿局の調査期間は、<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Cs以外の短半減期核種の線量率が消失したと推測される2011年6月1日から、MPの地上移設により人工放射線量率が0 nGy/hになった2017年3月14日までの期間とした<sup>6)</sup>。

新宿局以外の調査期間は、MPの設置時期に合わせて決定した。江戸川局及び小平局は2011年12月から、大田局、八王子局、足立局及び調布局は2012年4月から開始し、いずれも2024年12月までの期間を対象とした。

### 2. 測定装置及び解析方法

#### 1) 測定装置

MPは富士電気株式会社製であり、型番を表1に示す。検出器は、いずれもφ2インチ×2インチの円筒型NaI(Tl)シンチレーションカウンタである。パルス信号は、多重波高分析器（Multi Channel Analyzer）により、5 keV～3,000 keVの範囲でエネルギー分解能5 keV、600チャンネルに分別、積算され、10分間ごとにパルス波高分布データがサーバーに保存される。

#### 2) 解析方法

解析には、ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ社製DoseCenter（環境セシウム解析オプション付き）を用いた。

パルス波高分布の解析では、降水に伴う短時間の線量率上昇の影響をできるだけ抑え、長期的な推移を明確にするために、10分間のパルス波高分布を1日分加算した1日値を用いた。ただし、線量率の単位はnGy/hであるため、1日値をnGy/dayではなく24で割ったGy/hとして算出した。

パルス波高分布のエネルギー校正には、-17 keVの0チャンネル、1,461 keVのカリウム40及び2,614 keVのタリウム208

のチャンネルとエネルギーの二次関係式を適用した<sup>3)</sup>。

RM法には、湊による49×49の応答行列を使用した<sup>5)</sup>。応答行列への換算係数は、一定の値ではなく、解析スペクトルのカリウム40の分解能を用いて決定した<sup>7)</sup>。これは、外気温の変動によるピーク中心のエネルギー位置がドリフト（昼間は上昇、夜間は下降）することにより10分値を1日分（144個）加算すると半値幅が劣化すること、検出器の老朽化に伴い半値幅が経年的に変化することの影響をできる限り抑制するためである。

応答行列は、検出器の高さ1.0 mを基準として作成されており、検出器の高さ1.8 mには直接適用することができない。また、検出器の更新前後において、大きさ及び形状は同一であるが、分解能や感度などの検出器特性が異なる可能性があるため、一律に比較することは困難である。しかしながら、減衰の推移の傾向を可能な限り把握するために、検出器の高さや検出器間の個体差は考慮しないものとして、条件を変えずに一括して解析し、検討した。

また本手法において精度を担保できる最小値は2 nGy/hであるが<sup>7)</sup>、減衰の全体的な傾向を俯瞰するのが目的であれば、2 nGy/hを下回る1 nGy/hまで評価可能と考えた。

降水により地表面に残存した水分による遮へいは、低エネルギーのγ線ほど顕著であり、線量率がより減少する。<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csからのγ線エネルギーは、天然成分からのエネルギーに比べて低いため、水分による遮へいの影響を受けやすい<sup>3)</sup>。本調査では減衰の推移を明らかにすることを目的としていることから、全体的な傾向を考慮しつつ、線量率が著しく低いデータは解析対象から除外した。

### 3. 調査内容

#### 1) 線量率の推移及び地域差

RM法を用いて、各局における<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csの線量率の1日値を解析し、その推移を検討した。また、都内における<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csの線量率の地域的な傾向を調べ、地理的要因との関連性について考察した。さらに、2024年12月末時点において、<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csの線量率の減衰が継続しているかを確認した。

表1. モニタリングポストの設置状況及び型番

測定局 及び測定場所	設置日（設置経緯）	床面の高さ	検出器 の高さ	型番
新宿局	2006年12月21日（更新）	地上約18 m	1.8 m	TB24469
東京都健康安全研究 センター	2013年7月24日（移設） 2017年3月14日（更新・移設）	地上約22 m	1.8 m	TKB0791
江戸川局	2011年12月1日（新規）	地面	1.8 m	TA3A6018
都立篠崎公園	2024年1月16日（更新）	地面	1.0 m	NAH031A1-YCYYY-S
小平局	2011年12月1日（新規）	地面	1.8 m	TA3A6018
東京都薬用植物園	2024年1月18日（更新）	地面	1.0 m	NAH031A1-YCYYY-S
大田局	2012年4月1日（新規）	地面	1.0 m	TA4C3395
羽田空港	2022年3月30日（更新）	地面	1.0 m	NAH031A1-YAYYY-S
八王子局	2012年4月1日（新規）	地面	1.0 m	TA4C3395
東京都立大学	2022年3月31日（更新）	地面	1.0 m	NAH031A1-YCYYY-S
足立局	2012年4月1日（新規）	地面	1.0 m	TA4C3395
都立舎人公園	2023年3月8日（更新）	地面	1.0 m	NAH031A1-YAYYY-S
調布局	2012年4月1日（新規）	地面	1.0 m	TA4C3395
調布飛行場	2023年3月9日（更新）	地面	1.0 m	NAH031A1-YAYYY-S

2) 線量率の減衰に関する検討

各局の<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csの実測線量率を指数関数で近似し、減衰曲線を引き、決定係数、半減期（以下環境半減期と示す）を算出した。各局における<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csの決定係数の違いについて、初期線量率及び物理半減期の影響を確認した。また、<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csの物理半減期と環境半減期の一致もしくは不一致を確認した。

3) 線量率の遡及推定及び将来予測

<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csの減衰曲線に基づいて時間的な変化を解析し、線量率の遡及的な推定及び将来の予測を行った。

結果 及 び 考 察

1. 線量率の推移及び地域差

各局における1日ごとの<sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csの線量率の推移を図1にプロットで示す。

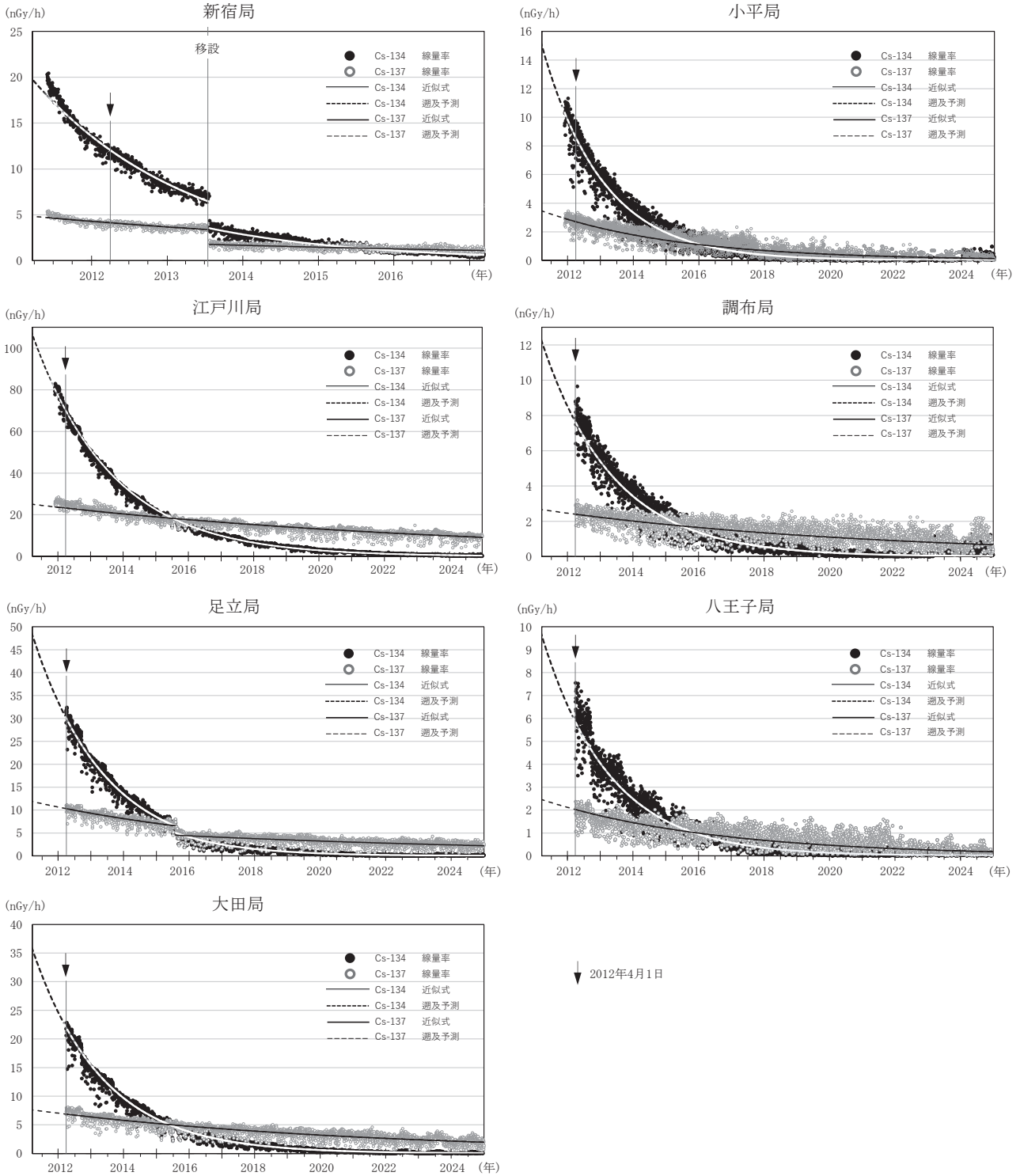


図1. <sup>134</sup>Cs及び<sup>137</sup>Csの線量率の推移及び減衰曲線

### 1) 線量率の推移

全局において調査開始時には、 $^{134}\text{Cs}$ の線量率は高いものの時間の経過とともに急速に減衰し、2016年当初までに $^{137}\text{Cs}$ を下回るようになった。一方、 $^{137}\text{Cs}$ の線量率は緩やかに減衰しており、長期的に残存していた。

新宿局は、2013年7月24日のMPの移設前後で $^{134}\text{Cs}$ の線量率は約7 nGy/hから約4 nGy/hに、 $^{137}\text{Cs}$ は約4 nGy/hから約2 nGy/hに低下した。これは移設により周辺の環境が変化したためである<sup>6)</sup>。また足立局では、2015年8月頃に $^{134}\text{Cs}$ の線量率は約7 nGy/hから約4 nGy/hに、 $^{137}\text{Cs}$ の線量率は約7 nGy/hから約5 nGy/hに低下している。2013年3月と2016年2月に撮影した足立局の写真を図2に示す（両写真の撮影方向は逆である）。2013年と比較すると、2016年には歩道に沿ったMP周辺に灌木が植えられており、周辺環境の変化に伴い線量率が低下した可能性がある。



図2. 足立局の写真

$^{134}\text{Cs}$ の線量率は、江戸川局では2024年頃、大田局及び足立局では2021年頃、小平局、調布局及び八王子局では2019年頃に減衰がほぼ見られなくなった。新宿局に関しては、2017年3月（地上移設）まで依然として減衰が継続していた。一方 $^{137}\text{Cs}$ の線量率は $^{134}\text{Cs}$ より低く、減衰は非常に緩やかであり、その値のばらつきが大きいいため、挙動の評価は困難である。しかし、 $^{137}\text{Cs}$ の線量率の長期的な変化を概観すると、2024年末の時点で、江戸川局では約10 nGy/hで依然緩やかな低減が見られ、大田局及び足立局では約2 nGy/hでわずかながら減衰が継続しているように見える。一方、小平局、調布局、八王子局に関しては、1 nGy/h未満で明確な減衰の傾向は認められなくなった。

### 2) 線量率の地域差

各局の2012年4月1日時点の $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ の線量率を比較すると、高い順に、江戸川局が約70 nGy/h及び約24 nGy/h、足立局が約32 nGy/h及び約10 nGy/h、大田局が約23 nGy/h及び約7 nGy/h、新宿局が約12 nGy/h及び約4 nGy/h、小平局が約9 nGy/h及び約3 nGy/h、調布局が約9 nGy/h及び約3 nGy/h、八王子局が約7 nGy/h及び約2 nGy/hであった。いずれの局も、 $^{134}\text{Cs}$ の線量率は $^{137}\text{Cs}$ の約3倍であった。2011年3月の原発事故では、 $^{134}\text{Cs}$ と $^{137}\text{Cs}$ はほぼ同量降下しているが<sup>8)</sup>、 $^{137}\text{Cs}$ は1本の $\gamma$ 線しか放出しないのに対し、 $^{134}\text{Cs}$ は複数のエネルギーの $\gamma$ 線を放出するため、 $^{134}\text{Cs}$ の線量率のほうが高くなっている。

都内の地域差を見ると、江戸川局で高く、多摩地域で低

い傾向が認められた。放射性物質は大気中を輸送される過程で、乾性沈着及び湿性沈着によって大気中から除去されるが、粒子状物質は一般的に乾性沈着しにくく湿性沈着しやすい<sup>9)</sup>。このため、放射性物質を含むブルームが通過する際に降水があると、放射性物質が水滴に付着して降下するため沈着量が多くなる。このことは、新宿局において2011年3月21日から22日の降水時に、放射性ブルームの通過に加え、放射性物質が湿性沈着したことで、降水後も線量率が高い状態が続いたことでも確認されている<sup>16)</sup>。また、江戸川局の $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ の線量率が他の局に比べて高いことから、大気中の放射性物質の沈着が比較的多かった可能性が示唆される。航空機モニタリングの結果でも、茨城県南部から千葉県北西部を経て東京都東部に至る地域は、周囲に比べて線量率、地表面への $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ の沈着量が高くなっている<sup>10)</sup>。

### 2. 線量率の減衰に関する検討

$^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ の実測線量率に対し、指数関数による近似を適用し、減衰の傾向を分析した。新宿局と足立局は、周辺環境の変化が生じた可能性が示唆されたため、これらの状況を考慮し、近似曲線をそれぞれの時期の前後で分割して作成した。近似曲線を図1に実線で示す。また、そこから求めた決定係数及び環境半減期を表2に示すとともに、物理半減期も同表に記載する。

表2.  $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ の決定係数と環境半減期

測定局	決定係数		環境半減期(年)		
	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	
新宿局	2013年移設前	0.97	0.72	1.4	4.5
	2013年移設後	0.91	0.42	1.4	5.3
江戸川局		1.00	0.91	1.7	9.5
足立局	2015年7月まで	0.97	0.70	1.5	5.1
	2015年8月以降	0.91	0.51	1.4	9.2
大田局		0.99	0.84	1.5	7.1
小平局		0.96	0.84	1.3	2.9
調布局		0.95	0.55	1.5	6.9
八王子局		0.92	0.68	1.4	3.7
		物理半減期		2.1	30.2

$^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ の線量率を指数関数で近似した結果、全局の決定係数の範囲は $^{134}\text{Cs}$ が0.91~1.00、 $^{137}\text{Cs}$ が0.42~0.91であった。 $^{134}\text{Cs}$ の決定係数は全局で0.91以上と高く、指数関数的な減衰が顕著であることが確認された。特に江戸川局では1.00という極めて高い値を示し、線量率の変化が規則的であることが分かった。一方、 $^{137}\text{Cs}$ の決定係数は $^{134}\text{Cs}$ に比べて全体的に低かったが、江戸川局では0.91と高く、指数関数による近似がよく適合していた。

全局の環境半減期の範囲は、 $^{134}\text{Cs}$ は1.3~1.7年、 $^{137}\text{Cs}$ は2.9~9.5年と算出され、いずれも物理半減期を下回る結果となった。また、 $^{137}\text{Cs}$ は測定地点による値のばらつきが見られた。

一般に、初期線量率が高いほど減衰の傾向が明瞭となり、指数関数近似の適合度が向上する。 $^{137}\text{Cs}$ の初期線量率は

$^{134}\text{Cs}$ に比べて低い減衰パターンが不明瞭となり、決定係数も相対的に低くなったと考えられる。また、 $^{137}\text{Cs}$ は物理半減期が約30年と長いことから、線量率の変化が緩やかになり、指数関数的な減衰が明確に表れにくくなる。このため、 $^{137}\text{Cs}$ の決定係数は $^{134}\text{Cs}$ に比べて低い値を示し、環境半減期のばらつきが生じたと推測される。

江戸川局では、 $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ の環境半減期が1.7年及び9.5年と他局に比べて長く、決定係数がそれぞれ1.00及び0.91と極めて高いことから、この結果は信頼性が高いと考えられる。また、 $^{134}\text{Cs}$ の1.7年は物理半減期2.1年の約80%に相当し、 $^{137}\text{Cs}$ の9.5年は物理半減期30年の約1/3以下と、物理半減期よりも大幅に早い減衰を示している。

なお新宿局では、2011年6月から9月頃にかけての実測値は減衰曲線より高く、乖離がみられた。これは、降水や風による拡散や洗浄、土壌や地表面への吸着などのウェザリング効果が強く作用したためと考えられる。それ以降は減衰曲線に沿った推移を示した。

### 3. 線量率の遡及推定及び将来予測

決定係数が小さい場合、推定値の信頼性が低くなる可能性があるが、線量率の変化を把握する参考データとして数値を算出した。

#### 1) 遡及推定

2011年3月21日まで遡った近似曲線を、図1に波線で示す。また、2011年3月21日、2011年6月1日及び2012年4月1日における $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ の推定線量率を表3に示す。

表3.  $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ の推定線量率

測定局	核種	推定線量率 (nGy/h)		
		2011/3/21	2011/6/1	2012/4/1
新宿局	$^{134}\text{Cs}$	20	18	12
	$^{137}\text{Cs}$	5	5	4
江戸川局	$^{134}\text{Cs}$	107	98	70
	$^{137}\text{Cs}$	25	25	23
足立局	$^{134}\text{Cs}$	48	44	30
	$^{137}\text{Cs}$	12	12	10
大田局	$^{134}\text{Cs}$	36	33	22
	$^{137}\text{Cs}$	8	7	7
小平局	$^{134}\text{Cs}$	15	13	9
	$^{137}\text{Cs}$	3	3	3
調布局	$^{134}\text{Cs}$	12	11	8
	$^{137}\text{Cs}$	3	3	2
八王子局	$^{134}\text{Cs}$	10	9	6
	$^{137}\text{Cs}$	2	2	2

2011年3月21日時点の $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ の推定線量率は、地点ごとに異なり、その差は初期沈着量の違いによるものと考えられる。江戸川局は $^{134}\text{Cs}$ が107 nGy/h、 $^{137}\text{Cs}$ が25 nGy/hと高い線量率を示し、続いて足立局、大田局、新宿局であり、多摩地域の小平局、調布局及び八王子局は $^{134}\text{Cs}$ が10~15 nGy/h、 $^{137}\text{Cs}$ は2~3 nGy/hと低く、江戸川局の約1/10であった。また、2011年6月1日時点では $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ の減衰により、全地点で線量率が低下していた。

物理半減期が短い $^{134}\text{Cs}$ は、初期の線量率が高い地点ほ

ど減衰量が大きく、江戸川局では2011年3月21日時点で107 nGy/hと推定されていたが、約1年後の2012年4月は約70 nGy/hであり、約40 nGy/h低下した。

#### 2) 将来予測

$^{134}\text{Cs}$ は実測値の推移から、2024年末には全ての局でほぼ消失していると考えられるため、 $^{137}\text{Cs}$ の将来予測を行った。新宿局は2017年3月に地上に移設されたことにより、すでに $^{137}\text{Cs}$ を含む人工放射線量率はほぼゼロとなっている<sup>6)</sup>。また、多摩地域（小平局、調布局及び八王子局）においても、2024年時点で $^{137}\text{Cs}$ の減衰がほぼ完了していることから、予測の対象外とした。これら以外の測定局において、 $^{137}\text{Cs}$ の線量率が1 nGy/hを下回ると推定される時期は、大田局が2032年、足立局が2036年、江戸川局が2056年であった。今回の推定値は、決定係数が小さい場合に信頼性が低下する可能性があるものの、初期沈着量が長期的な線量率の減衰傾向に大きな影響を及ぼしていることが示唆された。

### ま と め

都内7か所のモニタリングポストにおける、2011年6月から2024年12月までの $^{134}\text{Cs}$ 及び $^{137}\text{Cs}$ の線量率の推移を解析し、その減衰特性を明らかにした。半減期約2年の $^{134}\text{Cs}$ は当初の線量率が高かったものの急速に減衰し、2016年当初までに半減期約30年の $^{137}\text{Cs}$ の線量率を下回った。一方、 $^{137}\text{Cs}$ は緩やかに減衰し、長期間残存する特徴が見られた。

調査開始時の各線量率は江戸川局が最も高く、多摩地域は低かった。放射性物質の沈着には湿性沈着が影響し、航空機モニタリングでも東京都東部の線量率や沈着量の高さが確認された。局ごとの $^{134}\text{Cs}$ の消失時期は異なり、江戸川局では2024年頃、大田局及び足立局では2021年頃、小平局、調布局及び八王子局では2019年頃にほぼ消失した。 $^{137}\text{Cs}$ の線量率は2024年末に江戸川局で約10 nGy/h、大田局及び足立局で約2 nGy/hとなり、小平局、調布局及び八王子局では減衰が認められなかった。

指数関数による減衰分析では、 $^{134}\text{Cs}$ の決定係数の範囲は0.91~1.00と高く、減衰が顕著であった。一方、 $^{137}\text{Cs}$ は0.42~0.91と低く、初期線量率が小さく半減期が長いことが理由と考えられた。環境半減期の範囲は $^{134}\text{Cs}$ で1.3~1.7年、 $^{137}\text{Cs}$ で2.9~9.5年と算出され、いずれも物理半減期を下回った。江戸川局では $^{137}\text{Cs}$ の決定係数が0.91と高く、環境半減期は9.5年と物理半減期の約1/3であった。

遡及推定の結果、江戸川局における2011年3月21日時点の推定線量率は $^{134}\text{Cs}$ が107 nGy/h、 $^{137}\text{Cs}$ が25 nGy/hと高く、足立局、大田局及び新宿局がこれに続いた。一方、多摩地域の小平局、調布局及び八王子局は $^{134}\text{Cs}$ が10~15 nGy/h、 $^{137}\text{Cs}$ が2~3 nGy/hと低かった。 $^{134}\text{Cs}$ は初期線量率が高いほど減衰量も大きく、江戸川局では約1年後の2012年4月に約70 nGy/hとなり、約40 nGy/h低下した。将来予測では、 $^{137}\text{Cs}$ の線量率が1 nGy/hを下回る時期は、大田局が2032年、足立局が2036年、江戸川局が2056年と推定された。

## 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。  
<https://monitoring.tmiph.metro.tokyo.lg.jp/> (2025年8月12日現在。なお本URLは変更または抹消の可能性がある)
- 2) 森内 茂：スペクトル荷重関数方式による環境 $\gamma$ 線線量測定器に関する研究, JAERI-M 7066, 1977.
- 3) 原子力規制庁監視情報課：放射能測定法シリーズ, No.17 連続モニタによる環境 $\gamma$ 線測定法。  
<https://www.envraddb.go.jp/wp-content/uploads/2020/12/No17.pdf> (2025年8月12日現在。なお本URLは変更または抹消の可能性はある)
- 4) 湊 進：名古屋工業技術試験所報告, 27, 384–397, 1978.
- 5) 湊 進：放射線地学研究所特別寄稿シリーズ, SCS-0108, 1–27, 2015.
- 6) 富士栄聡子, 三関詞久, 木下輝昭, 他：東京健安研セ  
年報, 75, 261–269, 2024.
- 7) 松田秀晴, 湊 進, Vincenzo Pasquale :  
*Radioisotopes*, 50, 42–50, 2002.
- 8) 東京都健康安全研究センター：環境放射線測定結果,  
1か月分の降下物中の放射性物質検査結果。  
[https://monitoring.tmiph.metro.tokyo.lg.jp/mon\\_fallout\\_1month\\_data.html](https://monitoring.tmiph.metro.tokyo.lg.jp/mon_fallout_1month_data.html) (2025年8月12日現在。  
なお本URLは変更または抹消の可能性はある)
- 9) 大原利真, 森野 悠, 田中 敦：保健医療科学, 60,  
292–299, 2011.
- 10) 文部科学省：東京都及び神奈川県の航空機モニタリン  
グの測定結果について。  
[https://radioactivity.nra.go.jp/cont/ja/results/airborne/beyond-80km/1910\\_100601.pdf](https://radioactivity.nra.go.jp/cont/ja/results/airborne/beyond-80km/1910_100601.pdf) (2025年8月12  
日現在。なお本URLは変更または抹消の可能性があ  
る)

## Long-Term Trends in the Ambient Dose Rates of Cesium-134 and Cesium-137 in Tokyo, Japan

Satoko FUJIE<sup>a</sup>, Tokuko TSUNODA<sup>a</sup>, Minako AIHARA<sup>a</sup>, Teruaki KINOSHITA<sup>a</sup>, Akiko INOMATA<sup>a</sup>

This study analyzed the long-term trends in the ambient dose rates of cesium-134 (<sup>134</sup>Cs) and cesium-137 (<sup>137</sup>Cs) at seven monitoring posts in Tokyo and characterized their decay behavior from June 2011 to December 2024. The initially high dose rates of <sup>134</sup>Cs, with a physical half-life of approximately two years, declined rapidly. Meanwhile, <sup>137</sup>Cs, with a longer half-life of about 30 years, persisted but gradually declined over time. At the beginning of the monitoring period, the dose rates were highest at the Edogawa station, indicating greater deposition of radioactive Cesium than that at other stations. <sup>134</sup>Cs disappeared at around 2024 at Edogawa, around 2021 at Ota and Adachi, and around 2019 in the Tama area. By the end of 2024, the <sup>137</sup>Cs dose rate was approximately 10 nGy/h at Edogawa and about 2 nGy/h at Ota and Adachi. No significant declining trend was observed in the Tama area.

An exponential decay analysis yielded high coefficients of determination ( $R^2 = 0.91 - 1.00$ ) for <sup>134</sup>Cs, confirming a distinct exponential decay pattern of this radionuclide. In contrast, the  $R^2$  values of <sup>137</sup>Cs ranged from 0.42 to 0.91, likely reflecting the smaller initial dose rate and longer half-life of this radionuclide. The estimated environmental half-lives of <sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs were 1.3 – 1.7 years and 2.9 – 9.5 years, respectively, both lower than their respective physical half-lives. Retrospective estimates as of March 21, 2011, indicated the highest dose rates at Edogawa (107 and 25 nGy/h for <sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs, respectively), followed by Adachi, Ota, and Shinjuku. The levels in the Tama area were approximately one-tenth those at Edogawa. Based on future projections, the <sup>137</sup>Cs dose rates will fall to below 1 nGy/h around 2032 at Ota, around 2036 at Adachi, and around 2056 at Edogawa.

**Keywords:** monitoring post, ambient dose rate, pulse height distribution, response matrix method, Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, Cesium-134, Cesium-137, coefficient of determination, half-life, retrospective estimation, future projection

---

<sup>a</sup> Tokyo Metropolitan Institute of Public Health,  
3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan