

東京都における降下物及び陸水中の人工放射性物質の経年変化

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

東京都では1957年から、大気圏内核実験や核関連事故等の影響を把握するために環境放射能水準調査を実施している。本稿では1963年から2014年7月までの約50年間における月間降下物及び陸水の調査結果をまとめた。

月間降下物中のセシウム137 (Cs-137) 及びストロンチウム90 (Sr-90) は調査開始当初には100 Bq/m²を超えていたが次第に減少し、チェルノブイリ原子力発電所事故時は一過性に上昇したが、福島第一原子力発電所事故前はほぼN.D.であった。福島原発事故が発生した2011年3月は、Cs-137の値として1957年の調査開始以来最も高い8,100 Bq/m²を検出し、他にも人工放射性核種7種類が認められた。4月以降、降下量は急激に減衰し、2014年現在ではCs-137は1960年台後半～1970年台前半、Sr-90はおおむね事故以前のレベルで推移している。

陸水中のCs-137及びSr-90は調査開始当初から共に漸減傾向を示したが、Sr-90はCs-137に比べて減少の度合いが緩やかで、福島原発事故以前でもSr-90は約1 Bq/L検出されていた。2011年6月に採水した金町浄水場浄水からはCs-134及びCs-137が検出され福島原発事故の影響が見られたが、Sr-90では明確な上昇は認められなかった。

2014年現在も、月間降下物及び試料を濃縮して測定した蛇口水では依然としてCs-134及びCs-137が検出されており、検出感度の高い方法で今後も継続してモニタリングしていく必要性が示唆された。

キーワード：環境放射能, 大気圏内核実験, チェルノブイリ原子力発電所事故, 福島第一原子力発電所事故, 降下物, 陸水, ゲルマニウム半導体検出器, 核種分析, セシウム137, セシウム134, ストロンチウム90

はじめに

東京都健康安全研究センター（以下、当センター）では1957年以来、科学技術庁（現・文部科学省）の委託を受けて、環境放射能水準調査を実施してきた¹⁾。この調査は、2013年4月から原子力規制庁が所管することとなり、現在も継続して全国で調査が行われ、結果は環境放射能データベースとしてホームページで公開されている²⁾。

50年以上にわたる継続的な調査の間には、1960年台に行われていた大気圏内核実験、1986年のチェルノブイリ原子力発電所事故（以下、チェルノブイリ原発事故）及び2011年の福島第一原子力発電所事故（以下、福島原発事故）という、環境中へ人工放射性物質が放出された事象がいくつか含まれている。これらの事象により環境試料中に放出された長寿命核種であるセシウム137（以下、Cs-137）及びストロンチウム90（以下、Sr-90）の存在状況及び長期変動を把握することは、人体におよぼす被ばく量を推定するための基礎的な資料として極めて重要である。また、今回の福島原発事故による汚染状況と今後の経年的な推移並びにその環境影響を評価するうえでも非常に有意義である。

降水中の全ベータ放射能の推移を報告した前年報¹⁾に引きつづき、本稿では東京都における1960年代以降の月間降下物及び陸水中の人工放射性物質の詳細な解析を行い、都内の人工放射性物質の汚染実態と経年変化及び福島原発事故以降の状況についてまとめたので報告する。

調査方法

1. 調査対象, 採取場所, 調査期間及び測定項目

調査対象, 採取場所, 調査期間及び測定項目を表1に示す。

表1. 各試料の採取場所, 調査期間及び調査項目

調査対象	採取場所	調査期間	測定項目		
			放射化学分析	核種分析	
降下物	月間降下物	東京都健康安全研究センター ²⁾	1963～1989 ³⁾	△	
	緊急時降下物 ¹⁾	東京都立衛生研究所	1986. 5. 1～1986. 5. 22		△
	天水	大島 三宅島	1964～1970 1964～1972	△ △	
陸水	蛇口水	金町浄水場	1970～1989 ³⁾	△	
		東京都健康安全研究センター	1990～2013 2012～2014 ⁴⁾	△ △	○ ○

測定機関：△日本分析センター、○東京都健康安全研究センター
1) チェルノブイリ原発事故対応
2) 2002年以前の名称は東京都立衛生研究所
3) 1973年度を除く。 4) 平日に1.5 L採水した3ヶ月分。

2. 試料の採取及び前処理

原子力規制庁「環境放射能水準調査委託実施計画書」³⁾、文部科学省「環境試料採取法」⁴⁾、「ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法」⁵⁾及び「緊急時におけるガンマ線スペクトロメトリーのための試料前処理法」⁶⁾に準拠した。

^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

測定後の試料は、放射化学分析用試料として日本分析センターに送付した。

1) 月間降下物

当センター屋上に設置した受水面積5,000 cm²の大型水盤にて1ヶ月間に降下した降水及びじん埃を採取し、試料に対し塩酸を0.1%相当加え、放射化学分析用に一定量の非放射性セシウム及びストロンチウムの担体を添加した。蒸発濃縮後全量をU8容器に移し、乾固して測定試料とした。

なお、チェルノブイリ原発事故後の1986年5月1～22日の降下物は、採取後、日本分析センターに送付し、核種分析に供した。

2) 陸水

天水10 Lもしくは蛇口水をおおむね100 L採水し、月間降下物と同様に塩酸及び担体を添加後、濃縮乾固したものを測定試料とした。

3. 測定装置、測定方法及び解析方法

1) 測定装置

1990～1998年 東芝社製 PGT IGC1619S (半値幅 1.8 keV/コバルト60 (以下、Co-60) 1,332 keV, 相対効率 16%)。

1998～2007年 CANBERRA社製 GC2018-7500RDC/ULB (半値幅 1.8 keV/Co-60 1,332 keV, 相対効率 20%)。

2007～2012年 CANBERRA社製 GC2018-7500RDC/S-2002C (半値幅 1.8 keV/Co-60 1,332 keV, 相対効率 20%)。

2012年～ CANBERRA社製 GC2518 (半値幅 1.8 keV/Co-60 1,332 keV, 相対効率 25%)。

2) 測定方法

装置は、あらかじめ高さの異なる5段階のU8容器多核種混合体積線源を用いて効率校正及びエネルギー校正を行った。

核種分析は、文部科学省「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」⁷⁾及び「緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法」⁸⁾に準拠した。

測定時間は70,000秒とした。

3) 解析方法

得られたスペクトルの核種分析を行い、単位面積または単位体積あたりの放射能濃度を算出した。なお、計数値がその計数誤差の3倍以下のものについては検出限界未満(以下、N.D.)とした。

結果及び考察

1. 降下物

1963年から現在までの東京都における月間降下物中のCs-137及びSr-90の経年変化を図1に示した。

両核種の降下量は調査を開始した1963年5月がCs-137 303 Bq/m², Sr-90 224 Bq/m²と高く、7月まではCs-137及びSr-90共に100 Bq/m²を超えていたが、英国・米国・ソ連による部分的核実験禁止条約が締結された1963年8月以降は100 Bq/m²を下回った。その後、時おり上昇は認められるものの、降下量は漸減傾向を示し、1970年台は数Bq/m²前後、1986年のチェルノブイリ原発事故以前には降下量はN.D.～0.1 Bq/m²前後まで減少した。Cs-137/Sr-90比は、おおむね1～2であった。

1950年代後半～1960年代前半は、米国、ソ連、英国及びフランスによる大気圏内核実験が盛んに行われた。特に1961年から部分的核実験禁止条約発効前までは大規模な核実験が相次ぎ、調査開始時は成層圏への核分裂生成物質の放出量が増した時期であった^{9,10)}。大気圏内核実験に伴い放出された放射性物質は、大気中に拡散し、放射性降下物(以下、フォールアウト)として降下した。日本では、核爆発実験直後に実験地域周辺に降下する局地フォールアウトは認められないものの、対流圏の気流に乗って核爆発地点と同一半球の数百km～数千kmの地点に降下する対流圏フォールアウト、成層圏まで達した放射性物質が全世界に降下する成層圏フォールアウトの影響を受けた¹¹⁾。大気中に放出された放射性物質の滞留時間は、対流圏で30～50日、成層圏では1.0～1.2年と求められており¹²⁾、対流圏に拡散したものは比較的短期間に、成層圏にまで到達した場合は

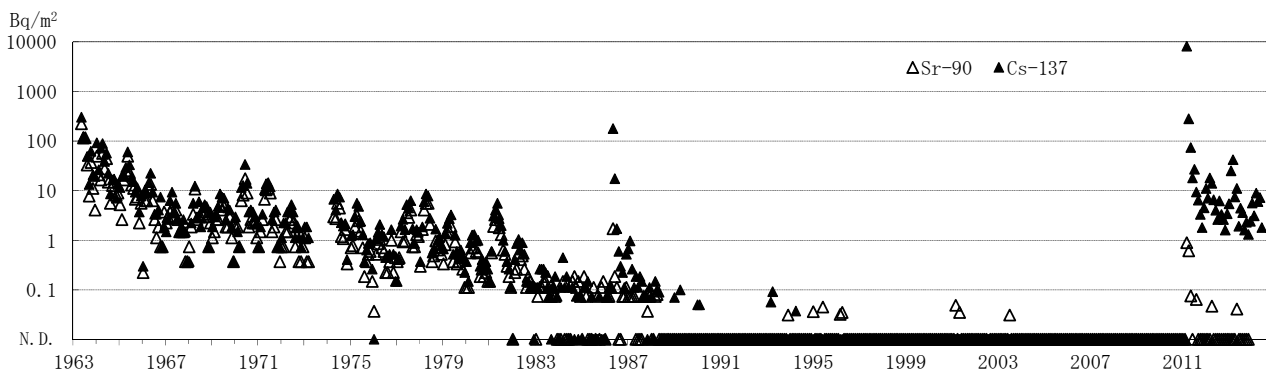


図1. 東京都における月間降下物中のCs-137及びSr-90の経年変化 (1973年度を除く)

Cs-137 (～1989年) 及びSr-90: 日本分析センター測定。

Cs-137 (1990年～) 東京都健康安全研究センター (2002年以前の名称は東京都立衛生研究所) 測定

N.D.: 計数値が計数誤差の3倍以下のもの

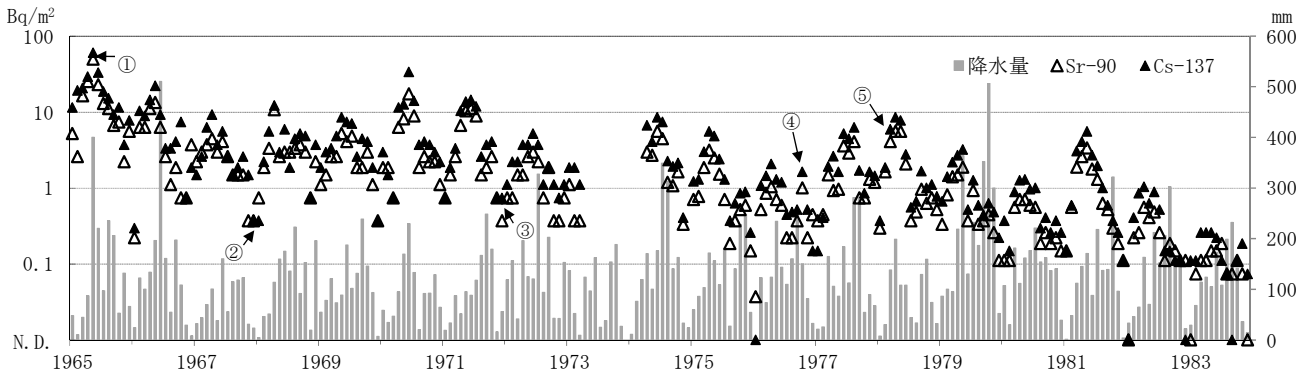


図2. 東京都における1965年～1985年の月間降下物中のCs-137, Sr-90 (1973年度を除く) の降下量及び降水量の経年変化
 東京都立衛生研究所 (現: 東京都健康安全研究センター) 採取, 日本分析センター測定.

中国核実験実施日: ①第2回 1965/5/14, ②第5回 1966/12/28, ③第13回 1972/1/7, ④第19回 1976/9/26, ⑤第23回 1978/3/15.

表2. チェルノブイリ原発事故後の降下物中の放射性核種分析結果

核種名	⁹⁵ Nb	¹⁰³ Ru	¹⁰⁶ Ru	^{110m} Ag	^{129m} Te	¹³¹ I	¹³² Te	¹³⁴ Cs	¹³⁶ Cs	¹³⁷ Cs	¹⁴⁰ Ba	¹⁴⁰ La	¹⁴¹ Ce	¹⁴⁴ Ce
半減期	35d	39d	374d	250d	34d	8d	3d	2y	13d	30y	13d	2d	33d	285d
濃度 (Bq/m ²)*	2.1	185	55	1.0	126	277	11	67	8.1	144	19	20	3.1	3.3

採取期間 1986年5月1日～5月22日, 東京都立衛生研究所 (現: 東京都健康安全研究センター) 採取, 日本分析センター測定.

*: 1 Bq/m² = 27.03 pCi/m²で換算

数ヶ月から数年をかけて徐々に地表に降下したと考えられている。当センターでもこれらのフォールアウトが認められた。

図2に、図1の1965年～1983年部分を拡大し、定時降水中の全ベータ放射能結果を元に中国の大気圏内核実験による上昇が認められた月を①～⑤で含めた図を示した。またこの図の第2軸に降水量を表した。

中国の大気圏内核実験によるCs-137及びSr-90の降下量上昇が①④⑤で認められたが、核実験とは関係なく春に周期的な増加が見られた。これは、春季に北半球上空で成層圏と対流圏の大気の交換が活発化し、成層圏に浮遊していた人工放射性物質が対流圏に流入し、地表に落下したため、スプリングピークと呼ばれている。このピークは太平洋側やニューヨークでも出現しており^{9,10,13}、放射性物質が成層圏へ広く拡散したことがうかがえる。降下量と降水量の関係は、当センターでは降水量が少ない冬季は降下量が少なかった。同様に太平洋側では冬季に降下量が低下し、逆に冬季に降水量の多い日本海側では11月頃から翌年2月頃にかけて高めなことが報告されている^{9,10,13}。しかし、梅雨、台風の降水の多い時期に高くなる明確な傾向はみられなかった。

1986年4月26日にチェルノブイリ原発事故が発生し、日本にも放射性降下物が飛来した。東京の5月の降下量はCs-137 178 Bq/m², Sr-90 1.7 Bq/m²であり、Cs-137/Sr-90比は約100であった。Cs-137は福島原発事故以前では測定開始当初に次ぐ高い値であり、Sr-90は1960年代後半～1970年代前半のレベルであった。

1986年5月1～22日までの期間に当センターで採取した降下物を日本分析センターで核種分析した結果¹⁴)を表2に示

す。

チェルノブイリ原発事故では都においてもCs-137の他、通常検出されないヨウ素131 (以下、I-131) 277 Bq/m²を始めとする短半減期 (2日～8日) の核種や比較的沸点の高いニオブ (以下、Nb)、ルテニウム (以下、Ru)、ランタン (以下、La)、セリウム (以下、Ce) が検出された。また、これら核分裂生成物の他、核実験とは異なり、原子炉内で長期にわたり蓄積する放射化生成物であるセシウム134 (以下、Cs-134) も確認され、事故由来の放射性核種は合計14核種であった。当センターで採取したチェルノブイリ事故後の雨水中のCs-134とCs-137の濃度比は、おおむね1:2であった。Cs-137及びSr-90は5月をピークに急激に減少し1987年後半には事故前のレベルとなった。

チェルノブイリ原発事故後も降下量は減少し、福島原発事故前はCs-137が春季にわずかに検出されることはあったものの、1994年4月以降、Cs-137はN.D.、Sr-90はN.D.～0.05 Bq/m²で推移した。これは、大気圏内核実験が停止されてから30年以上が経過し、成層圏からの供給がなくなったこと、またそれにもかかわらず春に極微量検出される理由としては、それまでに降下し、まだ残留している放射性物質が付着した表土粒子が風塵などの現象によって再浮遊し、再度地上に降下した可能性があげられる。この表土粒子は、Cs-137/Sr-90比から判断して、日本の表土ではなく大陸の黄土高原由来であることが示唆されている¹⁵。中国では1980年までロプノールにおいて大気圏内核実験が実施されており、3月～4月に発生する黄砂と共に放射性物質が飛来することでわずかに検出されたと思われる。

2011年3月に福島原発の事故が発生し、毎日の定時降下物からI-131, Cs-134及びCs-137が検出された^{15,17}。Cs-137

の3月の降下量は1963年の調査開始時及びチェルノブイリ原発事故時よりも1桁高い8,100 Bq/m²であった。Sr-90は0.89 Bq/m²と1970年代後半～1980年代前半のレベルであった。3月におけるCs-137/Sr-90比は約10,000であり、チェルノブイリ原発事故時よりその比率は低かった。Cs-137の降下量は4月に280 Bq/m²、5月には18 Bq/m²と急激に減少し、この間に対流圏に拡散した放射性物質の大半が降下したと考えられる。その後は約1～数十Bq/m²であり、おおむね1960年代後半から1970年台前半のレベルで推移していた。Sr-90の降下量は4月に0.61 Bq/m²、5月に0.075 Bq/m²と減少し、9月以降はN.D.～0.05 Bq/m²と事故以前の値になっている。

図3に2011年以降の月間降下物中の核種分析結果及び第2軸に降水量を示した。

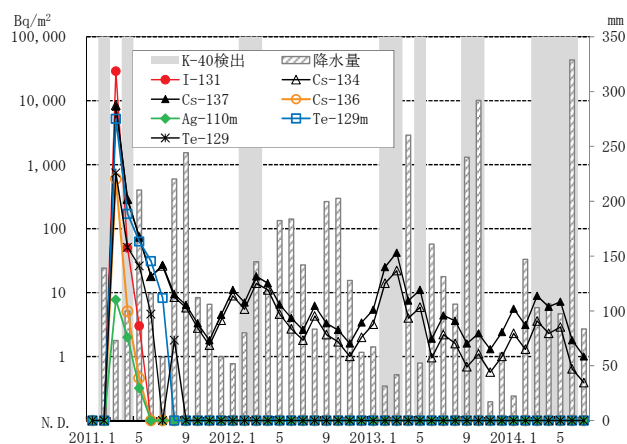


図3. 東京都における2011年以降の月間降下物中の核種分析結果及び降水量

福島原発事故以前に、当センターが核種分析を開始した1990年以来検出した人工放射性核種はCs-137のみであったが、2011年3月以降はCs-137の他、人工放射性物質を6核種検出した。その最大値は3月のI-131 29,000 Bq/m²、Cs-134 8,500 Bq/m²、Cs-137 8,100 Bq/m²、テルル129 m (以下、Te-129m) 5,200 Bq/m²、テルル129 (以下、Te-129) 740 Bq/m²、セシウム136 (以下、Cs-136) 600 Bq/m²及び銀110m (以下、Ag-110m) 7.7 Bq/m²であった。チェルノブイリ原発事故当時とは、試料の調製方法、測定までの日数が異なるため一概に比較はできず、また短半減期の核種は減衰してしまったものの、チェルノブイリ原発事故と同様に揮発性の高いI-131、沸点が比較的低いTe-129m、Cs-134等が検出された。一方、Ru-103、Ce-141等の沸点の高い核種は検出されなかった。いずれの核種も降下量は4月以降急激に減少し、2011年9月以後はCs-134及びCs-137以外の人工放射性核種は全てN.D.となった。

Cs-134の濃度はチェルノブイリ原発事故時にはCs-137の約半分であったのに対し、福島原発事故時ではほぼ同濃度であった。Cs-137はウランの核分裂生成物であるのに対し、

Cs-134はキセノン133が壊変してできた安定核種のセシウム133に、核分裂の際できる中性子が捕獲されて生成する放射化生成物である。このため原子炉内におけるCs-134の蓄積量は運転時間に伴い増加する。チェルノブイリ原発と福島原発では原子炉の種類と稼働時間が異なるため、その強度比にも差異が生じており、環境試料から検出されるCs-134とCs-137の放射能強度比は事故時の原子炉における存在比を反映する¹⁸⁾。福島原発事故当初1:1であったCs-134とCs-137の放射能強度比は、半減期の違いによって生じる差を保って一貫して低下しており、2013年3月には半減期約2年のCs-134の減衰に伴いおおむね1:2となった。

降下量は2011年11月までおおむね10 Bq/m²以下と減少したものの、その後は春先に高く、夏～秋にかけて低くなる季節的な変化を示しながら、ゆっくり低下した。ただし降下量は1980年台までとは異なり、降水の少ない冬季ではなく、晩秋が最も低かった。

日本は初夏～秋は雨が多く湿潤な気候であるのに対し、冬～春にかけて太平洋側は降水量が少なく乾燥している。また、春先には強風が吹くことが多く、ちりや砂ぼこりが地面から巻き上げられやすい状況にあり、2013年3月に東京では煙霧が発生した。図3に示したように、降下量が多い月は天然放射性物質であるカリウム40 (以下、K-40) が検出限界付近ではあるが検出されることが多く、これは土壌由来である可能性が高い。セシウムは土壌粒子に吸着しやすく、福島原発事故により降下したセシウムは現在でも比較的表層に留まっている¹⁷⁾。このため、季節変動の原因は、放射性セシウムやK-40が付着した表土が乾燥期に塵埃となって舞い上がり、採取器内に混入したためと推測される。

こうしたことから、月間降下物中のCs-134は今後も半減期に伴って減少していくものの、半減期約30年のCs-137は短期間のうちに急激に減少する可能性は低く、今後も季節による多少の増減を繰り返しながら徐々に低下していくと考えられる。

2. 陸水

東京都における陸水中のCs-137及びSr-90の経年変化を図4に示す。

採取地点、採取量及び試料の種類が異なるため一概には比較できないが、最大は調査当初1964年の三宅島の天水で、Cs-137 189 mBq/L、Sr-90 244 mBq/Lであった。調査開始時に高かった放射能濃度は、フォールアウトとして新たな供給源がなくなったため着実に減少してゆき、大島では1967年以降Cs-137はほぼN.D.となった。一方、Sr-90は依然として数十mBq/L検出され続けた。

1970年より採取を開始した金町浄水場浄水 (以下、金町浄水) のCs-137は、約1 mBq/Lから徐々に減少してゆき、1988年以降福島原発事故前まではN.D.であった。福島原発事故前までの最高値は1970年12月の1.85 mBq/L、次いでチ

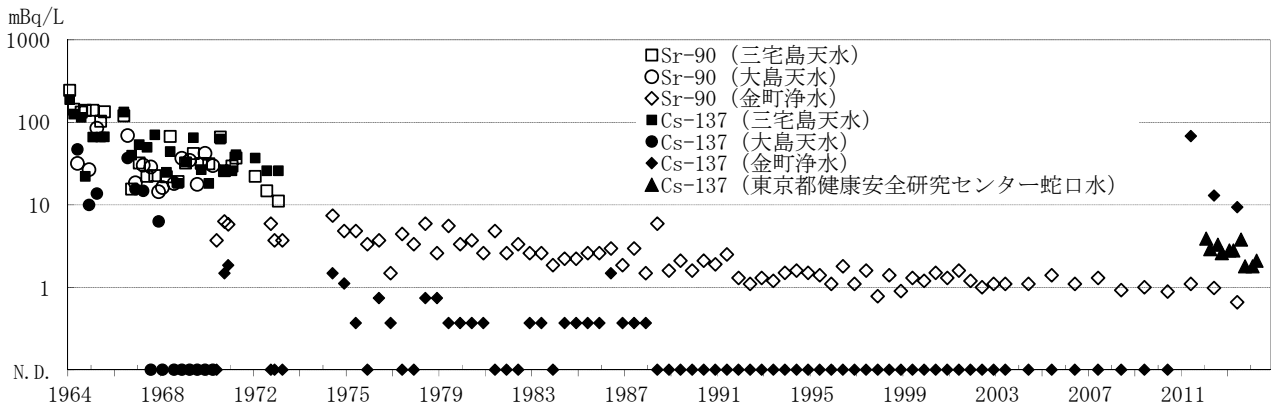


図4. 東京都における陸水中のCs-137及びSr-90の経年変化（1973年度を除く）

Cs-137（～1989年）及びSr-90：日本分析センター測定。

Cs-137（1990年～）：東京都健康安全研究センター（2002年以前の名称は東京都立衛生研究所）測定。

チェルノブイリ事故後の1986年6月の1.48 mBq/Lであった。調査当初数mBq/L検出されていたSr-90も同様に漸減傾向を示したが、Cs-137と同程度の半減期であるにもかかわらず、減少の度合いはCs-137に比べると緩やかで、福島原発事故前も約1 mBq/L検出されていた。しかし、チェルノブイリ原発事故時（1986年）によるSr-90の上昇は認められなかった。

Cs-137がSr-90と異なり福島原発事故前には検出されなかった理由としては、セシウムはストロンチウムに比べてイオン化傾向が高く、マイナスに帯電している土壤に強く吸着され、水系に流出しにくい可能性が考えられる。

福島原発事故後の2011年6月に採水した金町浄水中のCs-137はそれまでの金町浄水中の測定値よりも格段に高い68 mBq/Lであった。また、図4には示していないが、測定開始後初めてCs-134を62 mBq/L検出した。Sr-90は1.1 mBq/Lであり、チェルノブイリ原発事故時と同様、明確な上昇はみられなかった。Cs-134及びCs-137の値はそれぞれ、2011年 62 mBq/L, 68 mBq/L, 2012年 9.4 mBq/L, 13 mBq/L, 2013年 4.8 mBq/L, 9.4 mBq/Lであり、福島原発事故以前と比して高いレベルであるものの、年を追うごとに減少していた。

当センターの3ヶ月分の蛇口水（以下、センター蛇口水）中のCs-134及びCs-137の濃度範囲はそれぞれ、0.76～3.2 mBq/L及び1.8～3.0 mBq/Lであり、金町浄水場蛇口水より低かった。この原因としては、金町浄水場は福島原発事故後の降下量が比較的多かった江戸川水系を水源としているのに対し、当センターは、利根川・荒川水系の朝霞浄水場の水道水を主とした給水区域にあるためと考えられる¹⁰。

当センター蛇口水における2012年1月～2014年6月のCs-134及びCs-137の濃度範囲及び誤差の3倍を図5に示す。

Cs-134及びCs-137ともに検出限界に比較的近く誤差が大きいが、半減期約2年のCs-134は明らかな減衰を、Cs-137は長期的な低下傾向を示した。誤差が大きく明確にはいえないが、Cs-137の低下傾向は1970年以降の金町浄水のCs-137の推移と同様に、緩やかであるがCs-137の物理的半減

期より早く低下しているように思われる。

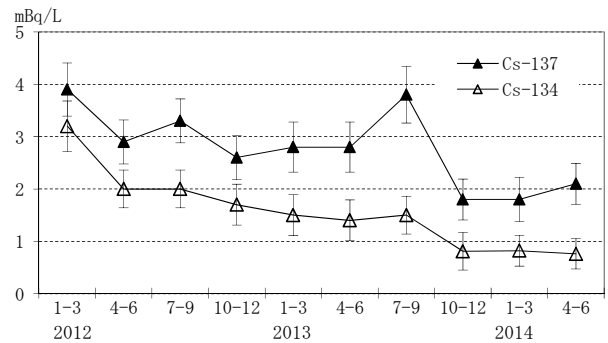


図5. 東京都健康安全研究センターにおける3ヶ月分の蛇口水中のCs-134及びCs-137の推移

ま と め

1963年から2014年7月までの約50年間における月間降下物及び陸水中の調査結果をまとめた。

月間降下物中のCs-137及びSr-90は調査開始時には100 Bq/m²を超えていたものの次第に減少した。チェルノブイリ原子力発電所事故時はCs-137及びSr-90共に上昇し、その他の人工放射性核種も13核種検出されたが、一過性であり、福島原発事故前の近年はほぼN.D.であった。福島原発事故が発生した2011年3月の月間降下量はCs-137の値としては最も高い8,100 Bq/m²であり、この他人工放射性核種7種類が認められた。4月以降は急激に減衰し、2011年8月を最後にCs-134及びCs-137以外の人工放射性核種は全てN.D.となった。Sr-90は2011年9月以降、N.D.～0.1 Bq/m²と概ね事故以前の値で推移している。しかし、Cs-137は1960年台後半～1970年台前半のレベルで推移しており、今後季節による多少の増減を繰り返しながら徐々に減少していくと考えられる。

陸水中のCs-137及びSr-90は、調査開始以降福島原発事故前まで漸減傾向を示したが、Sr-90はCs-137に比べて減少の度合いが緩やかで、Cs-137がほぼN.D.であったのに対

し、Sr-90は約1 mBq/L検出されていた。チェルノブイリ原発事故時の金町浄水は、Cs-137は約1.5 mBq/Lと事故以前と比較すると若干高くなったものの、Sr-90においては事故による上昇は見られなかった。2011年6月に採水した金町浄水では、Cs-137はそれまでの最大値を超える68 mBq/Lであったが、Sr-90は1.1 mBq/Lと明確な上昇は認められなかった。2012年1月以降の3ヶ月ごとの当センター蛇口水ではCs-134及びCs-137が数mBq/L検出されていたが、そのレベルは金町浄水より低かった。

試料を濃縮せず直接測定する毎日の定時降下物及び蛇口水からは2011年8月以降、放射性セシウムが検出されていないものの¹⁷⁾、長期間採取し、濃縮乾固した月間降下物及び蛇口水からは依然としてCs-134及びCs-137が検出されている。環境放射能の長期的変動を把握するためには、今後このような精度を上げた方法でモニタリングを続けていく必要性が示唆された。

文 献

- 1) 富士栄 聡子, 小西 浩之, 生嶋 清美, 他: 東京健安研七年報, **64**, 181-187, 2013.
- 2) 原子力規制庁: 環境放射線データベース.
<http://search.kankyo-hoshano.go.jp/servlet/search.top>
(2014年8月10日現在. なお本URLは変更または抹消の可能性がある.)
- 3) 文部科学省科学技術・学術政策局原子力安全課防災環境対策室: 環境放射能水準調査委託実施計画書, 平成24年度.
- 4) 文部科学省: 環境試料採取法, 放射能測定法シリーズ16, 1983年制定.
- 5) 文部科学省: ゲルマニウム半導体検出器等を用いる機器分析のための試料の前処理法, 放射能測定法シリーズ13, 1982制定.
- 6) 文部科学省: 緊急時におけるガンマ線スペクトロメトリーのための試料前処理法, 放射能測定法シリーズ24, 1992年制定.
- 7) 文部科学省: ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー, 放射能測定法シリーズ7, 1976年制定, 1992年3訂.
- 8) 文部科学省: 緊急時におけるガンマ線スペクトル解析法, 放射能測定法シリーズ29, 2004年制定.
- 9) 葛城幸雄, 日本におけるCs-137およびSr-90の降下について(I), 天気, **12**, 323-328, 1965.
- 10) 葛城幸雄, 日本における放射性降下物, 天気, **23**, 333-345, 1976.
- 11) 原子力安全委員会: 第1章 第3節 フォールアウトに起因する環境放射能の調査, 原子力安全年報 昭和58年, 1983.
- 12) 葛城幸雄, 日本におけるCs-137およびSr-90の降下について(II)成層圏における人工放射性物質の滞留時間の推定, 天気, **12**, 377-384, 1965.
- 13) 三宅泰雄, 葛城幸雄, 最近の日本における放射性塵の降下, 天気, **17**, 593-598, 1970.
- 14) 阿部俊彦, 他: 昭和61年度上期採取環境試料の放射能水準, 第28回放射能調査研究成果発表会論文抄録集, 科学技術庁, 332-341, 1986.
- 15) 五十嵐康人, ⁹⁰Srと¹³⁷Csを用いたダスト輸送過程と再飛散, エアロゾル研究, **17**(4), 252-258, 2002.
- 16) 保坂三継, 灘岡陽子, 小西浩之, 他: 東京健安研七年報, **63**, 13-27, 2012.
- 17) 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/index.html> (2014年8月10日現在, なお本URLは変更または抹消の可能性がある)
- 18) 河田燕, 山田崇裕, 原子力事故により放出された放射性セシウムの¹³⁴Cs/¹³⁷Cs放射能比について, *Isotope News*, **697**, 16-20, 2012.

Transition of Radioactive Nuclides in Fallout and Inland Water at Tokyo

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

In order to evaluate the amount of fallout from nuclear tests in the atmosphere and nuclear accidents, the Tokyo Metropolitan Institute of Public Health (formerly the Tokyo Metropolitan Research Laboratory of Public Health) has been conducting environmental radioactivity surveys since 1957. We have summarized the levels of artificial radioactive materials in the whole-month samples of fallout and inland water for the past 50 years, from 1963 to July, 2014.

Although the amount of cesium 137 (Cs-137) and strontium 90 (Sr-90) in the whole-month samples of fallout exceeded 100 Bq/m² at the time when the investigation started, they decreased gradually after that. The levels of Cs-137 and Sr-90 before the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant were not detectable (N.D.), except increase in a short period in the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant.

In March, 2011, when the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant disaster occurred, 8,100 Bq/m² of Cs-137 was detected. This is the highest value recorded since the investigation started in 1957. Seven others kinds of radioactive nuclides were also observed. After April, the fallout decreased rapidly. At present, in 2014, the Cs-137 concentration is similar to the levels record in the second half of 1960's and the first half of 1970's. The levels of Sr-90 are returning to the values registered before the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident.

In inland waters, the levels of both Cs-137 and Sr-90 decreased gradually, but decrease of Sr-90 was more slowly than that of Cs-137. In the case of Sr-90, levels of 1 Bq/L were detected even before the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. After the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, the concentration of Cs-134 and Cs-137 increased, but there was no marked increase if Sr-90. Cs-134 and Cs-137 are still detected in the whole-month samples of fallout and tap water (from evaporated concentrated); therefore, it is necessary to continue monitoring them using highly sensitive method.

Keywords: environmental radiological survey, atmospheric nuclear tests, Chernobyl nuclear power plant accident, Fukushima Daiichi nuclear power plant accident, fallout, inland water, germanium semiconductor detector, nuclide analysis, cesium 137, cesium 134, strontium 90

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