
原著

神奈川県における福島第一原子力発電所事故後の環境放射能レベルの推移

桑原千雅子, 勝部貢治, 飯島育代, 佐藤 学,
林 孝子, 酒井康宏*, 上村 仁

Change of environmental radioactivity in the Kanagawa Prefecture after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident

Chikako KUWAHARA, Kouji KATSUBE, Ikuyo IJIMA, Manabu SATO,
Takako HAYASHI, Yasuhiro SAKAI and Hitoshi UEMURA

Synopsis

Chikako KUWAHARA, Kouji KATSUBE, Ikuyo IJIMA, Manabu SATO, Takako HAYASHI, Yasuhiro SAKAI and Hitoshi UEMURA (Chemistry Division, Kanagawa Prefectural Institute of Public Health, 1-3-1 Shimomachiya, Chigasaki-shi, Kanagawa 253-0087, Japan). Change of environmental radioactivity in the Kanagawa Prefecture after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident

Kanagawa Prefecture has been monitoring environmental radioactivity since 1961. Results have indicated that radioactivity levels in environmental samples collected in the Kanagawa Prefecture increased following the nuclear weapons tests in the atmosphere in the 1960s and the Chernobyl NPP disaster in 1986.

Radiation dose rate and the concentration of radionuclides in environmental samples were further heightened after the Fukushima Dai-ichi NPP accident, which occurred on March 11, 2011. The radiation dose rate was detected as 0.18 and 0.15 μ Gy/h at 13:00 on March 15 and at 8:00 on March 16, respectively. The dose rate then decreased rapidly in Chigasaki, Kanagawa Prefecture. However, the radiation dose rate again increased, reaching 0.11 μ Gy/h on March 22, owing to rainfall on March 21. Artificial radionuclides such as ^{131}I , ^{132}I , ^{133}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ derived from the accident were detected in airborne particulates collected at 9:00 on March 15 and dry fallout on March 16 in Chigasaki, Kanagawa. The highest concentration of ^{131}I and radioactive Cs in the airborne particles was recorded on March 16 and the concentrations then rapidly decreased. Only ^{134}Cs and/or ^{137}Cs were detected in the samples collected after August 2011.

The characteristic of environmental radioactivity in Kanagawa after the Fukushima Dai-ichi NPP accident was low amounts of ^{90}Sr deposition and a large amount of ^{137}Cs depositions in comparison to the results of the nuclear weapons tests and the Chernobyl accident.

Key Words : fallout, airborne particulate, Fukushima dai-ichi npp accident, radioactive cesium, radioactive iodine

緒言

神奈川県衛生研究所（以下、当所）では、1961年、米ソによる大気圏内核実験が再開されたことから、その

影響を把握するため、同年より科学技術庁（現文部科学省）の委託を受け、放射能調査を開始した。当時、県内には4基の研究用原子炉が設置され、稼動していた。また放射性同位元素を使用する事業所や病院なども多いことから、これらの施設による環境放射能汚染が危惧され、1962年からは県独自の放射能調査も開始した。

これまでに1960年代からの大気圏内核実験、1986年

神奈川県衛生研究所 理化学部
〒253-0087 茅ヶ崎市下町屋1-3-1
chika_kuwahara.u79v@pref.kanagawa.jp
*現 地域調査部

チェルノブイリ原発事故等に対応し、神奈川県における放射能影響調査を実施してきた¹⁻⁴⁾。

2011年3月11日に発生した東日本大震災に伴う東京電力(株)福島第一原子力発電所(以下、福島第一原発)事故においても、当所では、翌12日から文部科学省よりモニタリング強化等の協力要請を受け、環境放射能調査を開始した。これらの調査結果からは、¹³¹I、¹³⁴Cs、¹³⁷Csの他に、¹³²I、¹³³I、¹²⁹Te、¹³²Te、^{99m}Mo、^{99m}Tc、¹⁴⁰La等、様々な人工放射性核種を確認することとなった⁵⁻⁷⁾。

本報では、神奈川県における福島第一原発事故による影響を把握するために、空間放射線量率の測定結果と事故後3年間に実施した大気浮遊じんならびに定時・月間降下物のガンマ線放出核種分析結果についてまとめた。また、これまでの大気圏内核実験やチェルノブイリ原発事故における神奈川県への影響との違いについても検討したので報告する。

方 法

試料の採取、分析および測定は、文部科学省「環境放射能水準調査委託実施計画書」⁸⁾ならびに文部科学省放射能測定法シリーズ^{9,10)}に準拠した。

1. 空間放射線量率 当所(茅ヶ崎市下町屋)構内の地上4.9m高さに設置したモニタリングポストのNaIシンチレーション検出器(アロカMAR-22)により連続測定した。

2. 大気浮遊じん ハイボリウムエアサンプラー(柴田科学HV-1000F)を用い、2011年3月14日より12月28

日までは毎日午前9時から24時間、流速1,050 l/minで、ろ紙(東洋濾紙(株)GB-100R)上にろ過捕集した。ろ紙を直径47mmの円形に型抜きし、重ね合わせて試料とした。2012年1月からは週1回原則月曜日にろ紙(東洋濾紙(株)HE-40T)を設置し24時間、集じんした。また、3か月試料は、上記にて採取した試料を各月2~3試料選び、計7~8回分の打ち抜きろ紙をプラスチック容器(以下、U-8容器)に充填し試料とした。

3. 定時降下物 緊急時モニタリングとして、ステンレス製雨水採取器(面積:490cm²)に設置した容器を毎日9時に交換し、24時間の降下物を採取した。雨や霧、雪等で地表に降下したものを湿性降下物とし、湿性降下物がない場合は、採取器をイオン交換水で洗浄し、乾性降下物とした。降下物が80ml以下の時は全量をU-8容器に封入し試料とした。80ml以上のときは、混合し均一にした試料全容量を計り、そこから80mlを分取し供試量とした。

4. 月間降下物 ステンレス製水盤(面積:0.5m²)により湿性および乾性降下物を1か月間採取した。ろ紙(東洋濾紙(株)No.2)を通し、残さをろ紙とともに450℃で灰化した。ろ液は穏やかに加熱濃縮し、灰化した残さと合わせてU-8容器に入れ赤外線ランプ下で乾燥させ、試料とした。

5. 測定方法 各調整試料は、ゲルマニウム半導体検出器(PGT社製 IGC40200, OXFORD社製 CNVDS30-35195, CANBERRA社製 GC3520)により、γ線核種分析を行った。測定時間は、福島第一原発事故後の緊急

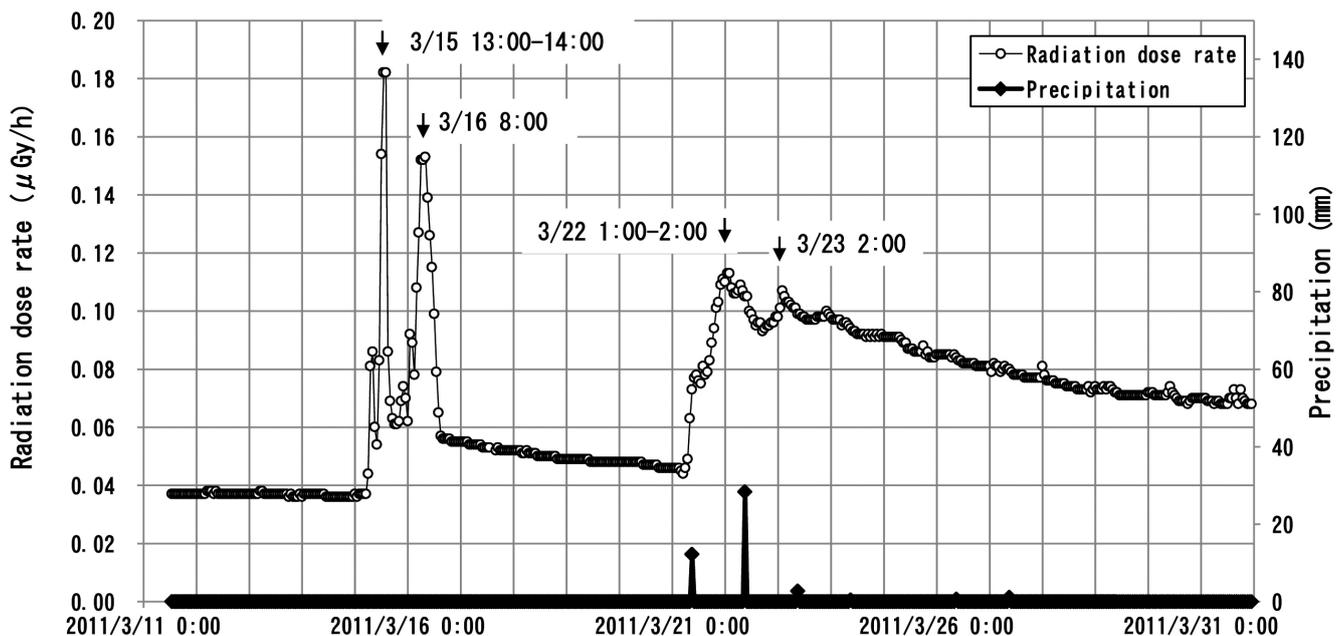


Fig. 1 Radiation dose rate detected at the Kanagawa Prefectural Institute of Public Health in Chigasaki, Kanagawa during the period of March 11-31, 2011.

時調査（2011年3月～12月の定時降下物及び大気浮遊じん）では15,000秒，月間降下物及び2012年以降の試料については60,000～100,000秒とした。

なお，1963年から1980年までの ^{137}Cs ならびに全ての ^{90}Sr の定量は，当所で全ベータ放射能測定あるいは γ 線核種分析後，公益財団法人日本分析センターに試料を送付し，同センターが実施した¹¹⁾。

結果および考察

1. 空間放射線量率 2011年3月12日夕刻に受けた文部科学省からのモニタリング強化等の協力要請により，モニタリングポストによる空間放射線量率測定は24時間の監視強化体制となった。福島第一原発より南南西に約250km離れた神奈川県への事故の影響は，15日午前4時40分頃，川崎市青島に設置したモニタリングポストで最初に検知された¹²⁾。当所では，Fig.1に示すように同日午前5時30分頃より空間放射線量率が上昇し始め，13時から14時にかけて $0.182\ \mu\text{Gy/h}$ に達し，これが最大のピークとなった。その後，急激に線量率は低下したが，21時から再び上昇し始め，16日8時の $0.153\ \mu\text{Gy/h}$ が2番目のピークとなった。その後は穏やかに低下しつつあったが，21日午前からの降雨により線量率は再び上昇し，22日1時と2時に $0.113\ \mu\text{Gy/h}$ ，23日2時に $0.107\ \mu\text{Gy/h}$ のピークを観測した。これ以降は，降雨の際に若干上昇したが，徐々に低下した。

2. 大気浮遊じん 緊急時モニタリング開始当初の3月15日に採取した試料（捕集期間：2011年3月14日9時～3月15日9時の24時間）より，調査期間中最多の11種類の人工放射性核種（ ^{131}I , ^{132}I , ^{133}I , ^{134}Cs , ^{136}Cs , ^{137}Cs , ^{129}Te , $^{129\text{m}}\text{Te}$, ^{132}Te , ^{99}Mo , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）を検出した⁶⁾。この試料は，空間放射線量率の上昇時間から考えると実質的には15日午前5時30分から9時までの3時間半の間に集じんし

た放射性核種であると考えられ， ^{131}I 濃度は2番目に高い値であった（Fig.2）。放射能濃度の最大値は，3月16日に採取した試料（ $^{131}\text{I}\ 40\text{Bq/m}^3$, $^{134}\text{Cs}\ 11\text{Bq/m}^3$, $^{137}\text{Cs}\ 10\text{Bq/m}^3$ ）であった。Fig.1の3月15～16日にかけての空間放射線量率の上昇は，Fig.2に示す同時期に採取した大気浮遊じん中の ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 等の濃度上昇とも一致し，これらの放射性核種を含むプルーム（雲）が福島第一原発から北風によって運ばれ，通過したことによるものと考えられた。また，通過後の空間放射線量率の急激な低下は，東京都立産業技術研究センターの大気浮遊じんの結果から推測すると大気中の放射能濃度の低下¹³⁾と乾性沈着した半減期の短い ^{129}Te , ^{132}Te , ^{131}I , ^{132}I , ^{133}I 等が放射崩壊したことによるものと考えられた。また，当所の大気浮遊じんの結果（Fig.2）は，大原ら¹⁴⁾が報告した筑波で測定された ^{131}I と ^{137}Cs の大気濃度の時間変化の結果と非常に近似していた。事故直後から4月上旬までの ^{134}Cs , ^{137}Cs 濃度の時間変動は ^{131}I に比べて大きく，またその濃度レベルは ^{131}I に比べると低かった。4月中旬以降になると ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs の3核種の時間変動や濃度レベルの差が認められなくなった。このような違いが生じる原因について，大原ら¹⁴⁾は，福島第一原発内の放出

Table 1 ^{131}I , ^{137}Cs and ^{134}Cs concentrations in airborne particulates and precipitation in Chigasaki, Kanagawa in 2011.

Number	Sampling date	Precipitation mm	Most frequent wind direction*	^{131}I	^{137}Cs	^{134}Cs
				mBq/m ³		
11AP 0252	5/1	0.02	SSW	<LOD	0.63	0.58
11AP 0255	5/2	1.8	SW	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0259	5/3	-	NNW	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0262	5/4	0.6	NNE	3.1	12	10
11AP 0265	5/5	-	SSW	3.1	7.6	6.5
11AP 0268	5/6	-	N	2.2	14	12
11AP 0271	5/7	2.5	NNE	0.39	1.4	1.4
11AP 0274	5/8	0.4	N	<LOD	0.32	0.39
11AP 0277	5/9	-	NNE	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0287	5/10	-	SSW	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0291	5/11	43.4	WSW	<LOD	0.53	0.50
11AP 0305	5/12	47.0	NE	<LOD	0.89	0.82
11AP 0310	5/13	14.4	N	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0314	5/14	-	SSE	<LOD	0.66	0.65
11AP 0317	5/15	-	SSW	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0320	5/16	-	SSW	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0330	5/17	-	SSW	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0334	5/18	6.3	SSW	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0337	5/19	-	SSW	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0351	5/20	-	S	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0354	5/21	-	SSW	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0357	5/22	-	SSW	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0360	5/23	6.4	SSW	0.63	1.7	1.6
11AP 0373	5/24	9.8	NNE	2.6	12	9.9
11AP 0377	5/25	1.4	NNE	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0381	5/26	-	S	<LOD	1.3	1.1
11AP 0387	5/27	1.0	N	0.24	2.8	2.4
11AP 0390	5/28	17.3	N	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0393	5/29	31.4	N	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0396	5/30	44.8	N	<LOD	<LOD	<LOD
11AP 0404	5/31	-	NNE	<LOD	0.40	0.37

* Most frequent wind directions were recorded by the Automated Meteorological Data Acquisition System observed in Tujido, Kanagawa.

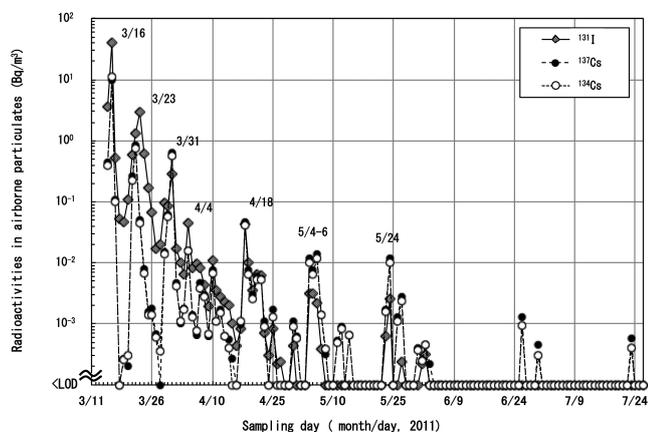


Fig. 2 Time series of ^{131}I , ^{134}Cs , and ^{137}Cs concentrations in airborne particulates collected in Chigasaki, Kanagawa all through March 15 to July 26, 2011.

源の違いや¹³¹Iと¹³⁷Csの物性/沈着過程の違いを反映している可能性が考えられるが、さらに検討すべき課題であると報告している。4月19日以降は、3核種以外の人工放射性核種は不検出となった⁶⁾。さらに5月に入ると¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Csも不検出となる日が増えたが、Table1に示すとおり、雨の降り始めや北北東、北東からの風が多く観測された日にごく微量検出されていた。一方、雨が降り続いた日や南南西からの風が多く観測された日は不検出となる傾向が認められた。しかし、Fig.2に示すとおり、¹³¹Iは6月2日、¹³⁴Cs, ¹³⁷Csは7月23日を最後に不検出となった。

また、事故より2か月以上が経過した5月24日に採取した試料より半減期8.04日の¹³¹Iが若干高め(2.6 mBq/m³)に検出された(Table1)。時間を置いて同試料をさらに3回測定したところ、Fig.3に示すように4回の実測値は、¹³¹Iの減衰曲線に良く一致したため、核種同定ならびに定量結果に間違いがないことを確認した。当時、毎日の調査試料から人工放射性核種の不検出が続くようになっていたことから、事故は収束しつつあると考えていたが、この時点では放出が止まっていないことを確認した。

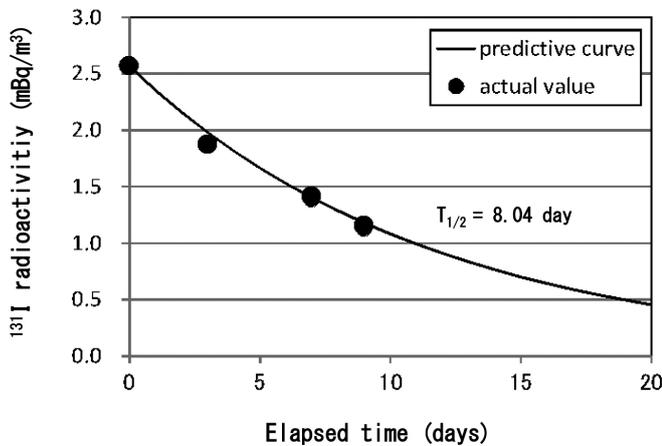


Fig. 3 Decay curve of ¹³¹I radioactivity in airborne particulates collected in Chigasaki, Kanagawa for the period of May 23-24, 2011.

3. 降下物 定時降下物は、3月11日(金)9時から翌週14日(月)9時までと翌15日に採取した乾性降下物からは、放射性核種が検出されなかった。15日に採取した大気浮遊じんからは、事故由来の放射性核種が検出されていたことから、大気中には存在していたものの、この間における地表面への沈着は限定的だったと推測される。16日に採取した乾性降下物より初めて事故由来の人工放射性核種7種類(¹³¹I, ¹³²I, ¹³³I, ¹³²Te, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ^{99m}Tc)を検出した^{5,6)}。定時降下物の測定結果(Fig.4)は空間放射線量率の観測値(Fig.1)と相関があり、16

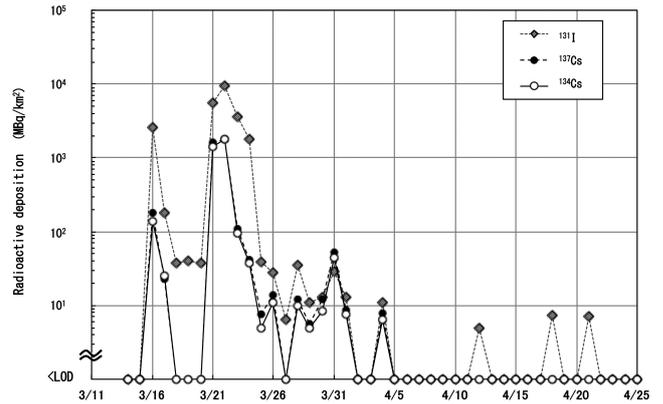


Fig. 4 Daily ¹³¹I, ¹³⁴Cs, and ¹³⁷Cs depositions in Chigasaki, Kanagawa during March 11-April 25, 2011.

日以降、放射能濃度は減少したが、21日早朝からの低気圧通過に伴う降雨により大気中の放射性核種が降下したため、21日から24日までに採取された定時降下物からは高い放射能濃度が検出された。最大値は22日に採取した試料で、¹³¹I 9500 MBq/km², ¹³⁴Cs 1800 MBq/km², ¹³⁷Cs 1800 MBq/km²となった。21日からの空間放射線量率の上昇は、大原らに¹⁴⁾よると北風によって輸送された放射性プルームの通過と低気圧の通過に伴う雨の降り始めが重なったことに起因すると報告されている。このときの降雨が、神奈川県を含め、関東地方の多くの地域に大量の放射性核種を地表に降下させ、長期にわたる空間放射線量率の上昇を招き、また多くのホットスポットが出来た原因となったと推察される。その後、降下量は急激に減少し、¹³⁴Cs, ¹³⁷Csが4月4日、¹³¹Iは4月21日の検出を最後に、定時降下物中の放射性核種は、大気浮遊じんより3か月以上早く不検出となった。

4月22日以降、定時降下物からは不検出が続いていたが、現状の放射能レベルをより低濃度まで把握するため、2011年10月からは、原則1週間分の定時降下物全量を合わせて濃縮し、1試料として測定した。その結果

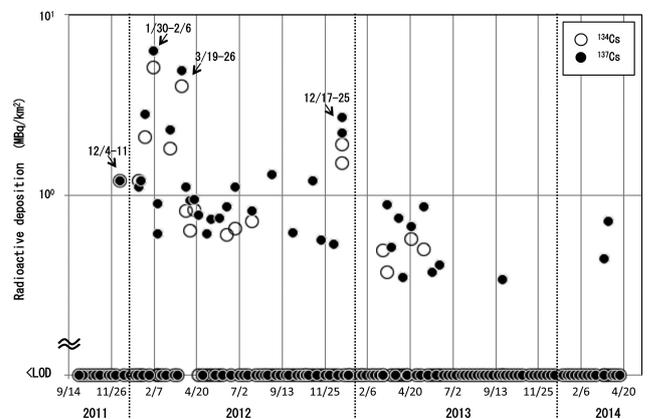


Fig. 5 Weekly ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs depositions in Chigasaki, Kanagawa throughout October 2011 to March 2014.

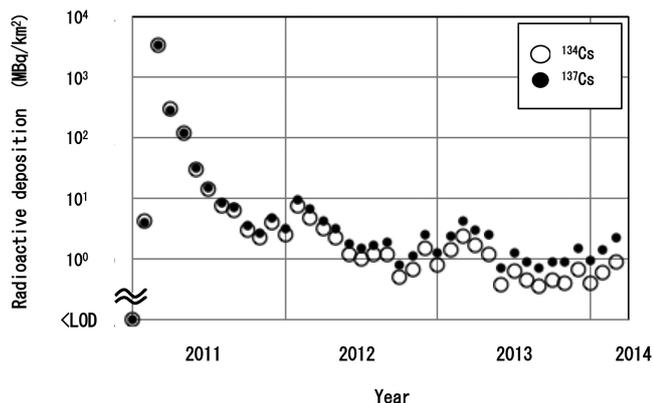


Fig. 6 Monthly ^{134}Cs and ^{137}Cs deposition in Chigasaki, from January 2011 to March 2014.

をFig.5に示す。調査開始当初は不検出が続いていたが、冬季から春季にかけて（2011年12月4－11日，2012年1月30日－2月6日，3月19－26日，12月17－25日）比較的高い ^{134}Cs ， ^{137}Cs 降下量が認められた。その後，夏

季から秋季では降下量が減少あるいは不検出となり季節変動が認められた。この傾向は，2011年からの月間降下物における ^{134}Cs ， ^{137}Cs 降下量結果からも顕著に認められた (Fig.6) .2011，2012，2013年12月から翌年3月にかけては，2012，2013年6月から11月までに比べると上昇傾向が認められた。これは，冬季は大気が乾燥し，さらに風向きも大陸からの風が変わるため，一度地表に降下した放射性核種が再浮遊するため上昇したと考えられる。Fig.6中の冬季から春季における ^{134}Cs ， ^{137}Cs の月間降下量を，神奈川県で初めて事故の影響が認められた日（2011年3月15日）に減衰補正すると， $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ の放射能比は約1.0となった。福島第一原発より大気中に放出された ^{134}Cs と ^{137}Cs 量の試算値から算出される放射能比 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ は，ほぼ1という報告¹⁵⁾と一致したことから，冬季から春季における ^{134}Cs ， ^{137}Cs 降下量の上昇は，福島第一原発事故時に降下した ^{134}Cs ， ^{137}Cs が沈着した土壌粒子の再浮遊によると考えられる。

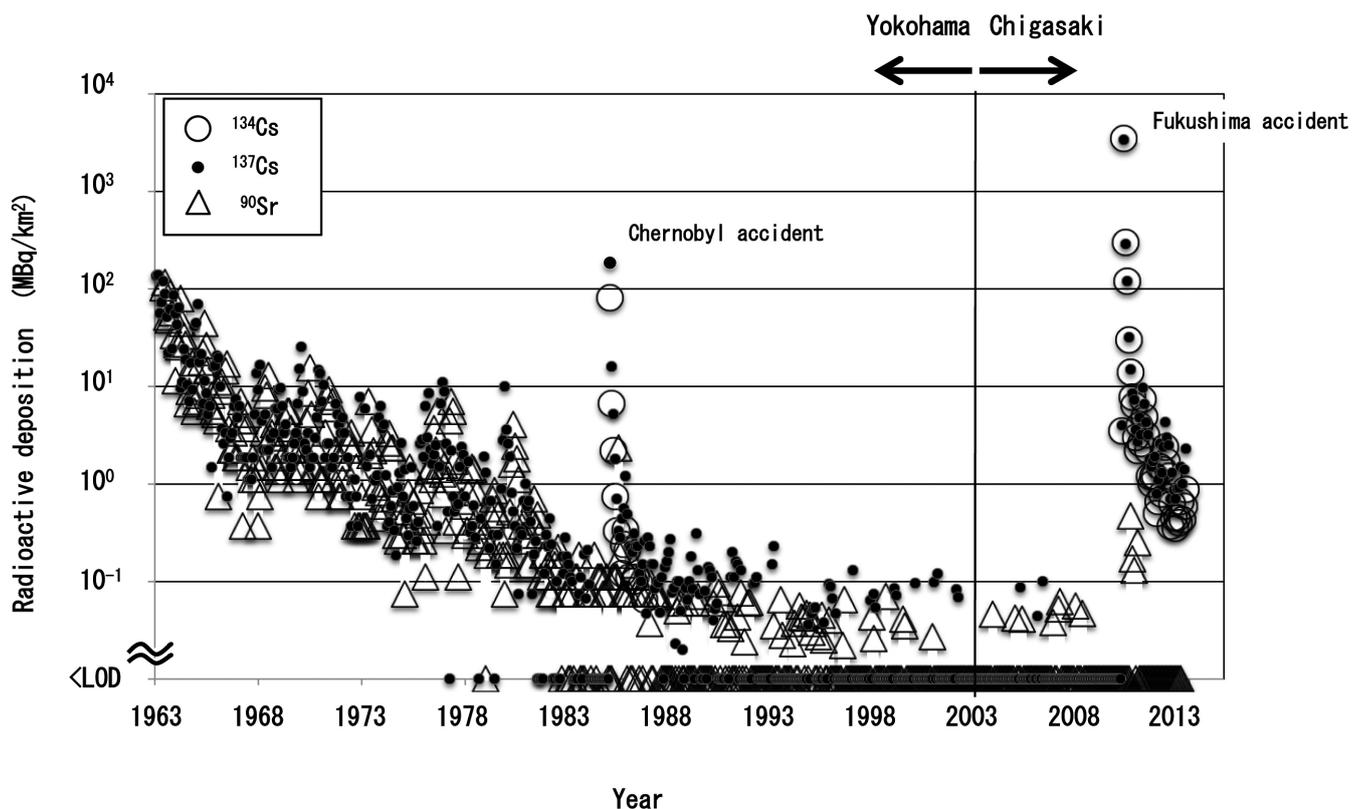


Fig. 7 Monthly ^{134}Cs ， ^{137}Cs ，and ^{90}Sr deposition at the Kanagawa Prefectural Institute of Public Health from May 1963 to March 2014. The results shown for ^{137}Cs during 1963 to 1974 and all ^{90}Sr data was analyzed and determined by the Japan Chemical Analysis Center¹¹⁾. The monthly deposition was collected in Yokohama until May 2003, and after which collections were performed in Chigasaki.

4. 1960年代からの月間降下量の推移 1963年5月から2014年3月までの¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Srの月間降下量をFig.7に示す. 観測当初は1963年6月の¹³⁷Cs降下量139 MBq/km²が最も高かった. その後, 大気圏内核実験の影響によるピークは認められるものの, 経時的に減少傾向を示した. 1980年を最後に大気圏内核実験が中止されたため, ¹³⁷Cs降下量は急激に減少し, 定量限界未満 (<LOD: Limit of detection) ~0.44 Bq/m²で推移した. しかし, 1986年4月のチェルノブイリ原発事故により, 5月にそれまでの最大の降下量 (¹³⁴Cs 81 MBq/km², ¹³⁷Cs 185 MBq/km²) となり, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Csの他に事故由来の放射性核種が10核種 (¹³⁶Cs, ¹⁴¹Ce, ¹⁴⁴Ce, ¹⁰³Ru, ¹⁰⁶Ru, ⁹⁵Zr, ⁹⁵Nb, ¹²⁵Sb, ^{129m}Te, ^{110m}Ag) 検出された¹⁶⁾. その後, 急激に減少し, 春季に微量¹³⁷Csが検出されることはあったが, 2007年4月の¹³⁷Cs 0.1 MBq/km²を最後に不検出となった. しかし, 2011年3月の福島第一原発事故により, 3月の試料が測定開始以来, 最大の降下量 (¹³¹I 10000 MBq/km², ¹³⁴Cs 3500 MBq/km², ¹³⁷Cs 3400 MBq/km²) を示した. チェルノブイリ原発事故同様, 翌月の4月には降下量は急激に減少し, 以後, 徐々に減少したが, 7月の試料から, 事故後従前には検出されていなかった¹⁴¹Ce, ¹⁴⁴Ceが微量検出された^{5,6)}. 両核種とも, 事故当初より福島第一原発から大気中に放出された放射性核種として推計値が報告されている¹⁵⁾が, 両核種のγ

線のエネルギーは¹⁴¹Ce 145keV, ¹⁴⁴Ce 134keVと低いことから, 事故直後は, 他の高濃度の放射性核種の影響で, 両者のγ線のピークが検出できなかったものと思われる. 時間の経過とともに, 他の半減期の短い放射性核種の減衰等により試料中の全放射能濃度が低下し, ベースラインに埋もれていた両核種のピークが検出可能になったものと思われる. なお, 核種同定は, ピークエネルギーの一致の他に, 時間を置いて同試料を2回測定し, ¹⁴¹Ce, ¹⁴⁴Ceの半減期, それぞれ32.508日, 284.91日で減衰することによっても確認した. 2011年8月以降は¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs以外の核種は不検出となった. ¹³⁴Cs, ¹³⁷Csは漸減傾向にあるが, 冬季に若干上昇し, 6月以降減少する傾向を繰り返しながら全体的に低下しつつあった.

⁹⁰Sr降下量は, 大気圏内核実験の影響が強く認められる1960年代から1985年までは, ¹³⁷Cs降下量と良く一致していたが, チェルノブイリ事故後は, 降下量に差が見られるようになった. 1996年以降は不検出が多くなり, 2008年11月を最後に不検出となっていた (Fig.7). しかし, 福島第一原発事故後, 2011年3月~5月と7月の月間降下物から微量 (0.13-0.47MBq/km²) 検出され, それ以降は不検出であったことから先の期間に検出された⁹⁰Srは福島第一原発事故由来であると推定している. また, 文部科学省は, 2011年3月もしくは4月に秋田県, 岩手県, 茨城県, 神奈川県, 群馬県, 埼玉県, 東

Table 2 ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, and ¹³⁴Cs concentrations in addition to the ⁹⁰Sr/¹³⁷Cs and ¹³⁴Cs/¹³⁷Cs ratio in monthly deposition and airborne particulates at the Kanagawa Prefectural Institute of Public Health.

Sample name	Sampling period	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	⁹⁰ Sr/ ¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs/ ¹³⁷ Cs	
		MBq/km ²					
Monthly deposition	2011/3	0.47	3400	3500	1/7200	1/0.97	
	Fukushima Daiichi NPP accident	2011/4	0.17	290	300	1/1700	1/0.97
		2011/5	0.13	120	120	1/920	1/1
		2011/6	<LOD	32	30	—	1/1.1
		2011/7	0.25	15	14	1/60	1/1.1
	Atmospheric nuclear test*	1963/5-12	11-120	22-140	—	1/1.9 - 1/1.1	—
	Chernobyl accident*	1986/5-12	0.074-2.3	0.33-185	<LOD-81	1/83 - 1/3.8	1/3.7-1/2.1
Sample name	Sampling period	mBq/m ³			⁹⁰ Sr/ ¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs/ ¹³⁷ Cs	
Airborne particulate	Fukushima Daiichi NPP accident	2011/4-6	0.0081	6.6	6.5	1/810	1/1.0
		2011/7-9	0.0019	0.068	0.060	1/36	1/1.1

*The results for ¹³⁷Cs throughout 1963 to 1974 and all ⁹⁰Sr was analyzed and determined by the Japan Chemical Analysis Center¹¹⁾. Monthly deposition was collected in Yokohama until May 2003, thereafter collected in Chigasaki. The radionuclide concentrations were decay-corrected to the date on which the sample was collected.

京都、栃木県、千葉県、山形県で採取された月間降下物から、事故前の11年間に全国で観測された⁹⁰Srの最大値(0.30MBq/km²)を超える値が検出されたと^{11,17)}、福島第一原発事故直後に⁹⁰Srが検出されたことから、先の試料には福島第一原発事故由来の⁹⁰Srが含まれている可能性が高いとしている。

5. 過去の調査結果との比較 Table2に、福島第一原発事故と過去の原子力関連事故等において当所が採取した月間降下物と大気浮遊じん(3か月分)の⁹⁰Sr、¹³⁷Cs、¹³⁴Csの降下量と放射能濃度、および⁹⁰Srと¹³⁷Cs、¹³⁴Csと¹³⁷Csの放射能比を示した。

福島第一原発事故由来の¹³⁷Cs降下量は、大気圏内核実験(1963年)の25倍、チェルノブイリ原発事故の20倍であった。それに反し、⁹⁰Sr降下量は、大気圏内核実験(1963年)の1/250、チェルノブイリ原発事故の1/5と少なかった。福島第一原発から大気中に放出された¹³⁴Cs量は¹³⁷Cs量とほぼ同量であるのに対し、⁹⁰Sr量は¹³⁷Cs量の約1/110と試算されていて、¹³⁴Cs、¹³⁷Csに比較すると⁹⁰Srの放出量は少なかったことが分かっている¹⁵⁾。事故の影響が最も高かった3月の月間降下物の¹³⁴Cs/¹³⁷Csが1/0.97(Table2)と放出量からの試算値¹⁵⁾とよく一致しているのに対し、⁹⁰Sr/¹³⁷Csは1/7200と試算値よりさらに小さかった。この降下量の差は、⁹⁰Srは¹³⁷Csに比べ、揮散しにくい物性の違いにより遠方まで飛散しなかったものと考えられる。また、過去の大気圏内核実験やチェルノブイリ原発事故時の月間降下物で観測された⁹⁰Sr/¹³⁷Cs(1/83~1/1.1)に比較しても小さく、福島第一原発事故における放射能汚染では¹³⁷Csによる寄与割合が大きかったことが分かった。永岡ら¹⁸⁾の茨城県東海再処理施設周辺における福島第一原発事故後の調査結果からも⁹⁰Sr降下量は大気圏内核実験に比べると1/25と少なく、その影響は小さいと報告している。

福島第一原発事故後、多種類の放射性核種が大量に環境中に放出されたため、当初は全容が分からない中、神奈川県においても、 γ 線放出核種だけではなく、 β 線放出核種の⁹⁰Srや α 線放出核種のプルトニウムを測定して欲しいと多くの要望が寄せられた。現実的には、測定機器が無いこと、人員不足、 α 線、 β 線測定には長時間を要することなど様々な要因で実施は不可能だった。先の永岡ら¹⁸⁾は、¹³⁷Cs降下量が比較的高い降下物試料について行ったプルトニウム(²³⁸Pu、^{239,240}Pu)測定結果からは福島第一原発事故の影響は認められず、数値は全国の過去の^{239,240}Pu降下量における範囲内で、その最大値と比較しても十分小さなものであったと報告している。

これらのことを踏まえ、今後も環境中の γ 線放出核種、主に¹³⁴Cs、¹³⁷Cs濃度を監視していくことで、福島第一原

発事故の影響を把握することは可能と考える。

要 約

神奈川県における環境放射能レベルを把握するために1961年から調査を開始した。これまでに1960年代からの大気圏内核実験やチェルノブイリ原発事故の際、県内で採取した環境試料より放射能濃度の上昇を確認した。2011年3月11日に発生した福島第一原子力発電所事故後、茅ヶ崎市の空間放射線量率と同地点で採取した環境試料中の放射能濃度が上昇した。空間放射線量率は、3月15日13時に0.18 μ Gy/h、翌16日8時に0.15 μ Gy/hまで上昇し、その後急激に低下した。しかし、21日からの降雨により、再び22日に0.11 μ Gy/hまで上昇した。3月15日9時に採取した大気浮遊じんと16日に採取した乾性降下物から事故由来の¹³¹I、¹³²I、¹³³I、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、^{99m}Tcなどの人工放射性核種を検出した。また、3月16日に採取した大気浮遊じんは、¹³¹Iと放射性Cs濃度が最も高かったが、それ以降は減少した。2011年8月以降の試料からは¹³⁴Cs、¹³⁷Cs以外の核種は不検出となった。

神奈川県における福島第一原発事故による特徴は、過去の大気圏内核実験やチェルノブイリ原発事故と比較すると⁹⁰Sr降下量が非常に少なく、¹³⁷Cs降下量が多かったことであった。

謝 辞

これまでに経験したことの無い、長期にわたる今回の緊急時放射能調査では、当所全職員の方々に様々な支援を頂き大変感謝いたします。また、事故直後の24時間態勢では、当所だけでの対応が困難な際、試料採取・調整にご協力頂きました神奈川県環境農政局環境科学センター研究員の皆様に深謝いたします。

(平成26年8月1日受理)

文 献

- 1) 神奈川県衛生研究所：神奈川県における放射能調査・報告書-1961-~-1985-(1962~1986)
- 2) 高城裕之、小山包博、大木りつ子、石井襄二：第15回中国核実験影響調査、神奈川県研報告、4、69-74(1974)
- 3) 飯島育代、高城裕之、小山包博：生活環境中の放射線および放射性物質の水準、1.食品中の放射性核種濃度、神奈川県研報告、21、7-12(1991)
- 4) 高城裕之、飯島育代、小山包博：生活環境中の放射線および放射性物質の水準、2.神奈川県における環境放射線(能)、神奈川県研報告、22、22-28(1992)

- 5) 桑原千雅子, 飯島育代, 勝部貢治: 神奈川県における放射能調査, 第53回環境放射能調査研究成果論文抄録集 (平成22年度), 182-189 (2011)
- 6) 神奈川県衛生研究所: 神奈川県における放射能調査・報告書-2011- (2012)
- 7) 酒井 康宏, 勝部 貢治, 飯島 育代, 林 孝子, 桑原千雅子: 神奈川県における放射能調査, 環境放射能調査研究成果論文抄録集 (平成23年度) 153-157 (2013)
- 8) 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 (2011)
- 9) 文部科学省: 放射能測定法シリーズ13「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」(1982)
- 10) 文部科学省: 放射能測定法シリーズ7「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」(1992)
- 11) 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>> (参照 2014-05-02)
- 12) 桑原千雅子, 飯島育代, 神奈川県安全防災局: 神奈川県における空間放射線量率レベルの推移, 神奈川県公衆衛生学会誌, **58**, 70(2012)
- 13) 東京都立産業技術研究センター: 東京電力福島第一原子力発電所事故に係る大気浮遊塵中放射性物質の調査報告, 平成24年1月25日訂正
<<http://www.metro.tokyo.jp/INET/CHOUSA/2011/12/60lcq100.htm>> (参照 2014-06-22)
- 14) 大原利真, 森野悠, 田中敦: 福島第一原子力発電所から放出された放射性物質の大気中の挙動, 保健医療科学, **60**(4), 292-299 (2011)
- 15) 原子力安全・保安院: 東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に係る1号機, 2号機及び3号機の炉心の状態に関する評価について, 平成23年6月6日
<<http://www.meti.go.jp/press/2011/06/20110606008/20110606008-2.pdf>> (参照 2014-05-11)
<<http://www.meti.go.jp/press/2011/10/20111020001/20111020001.html>> (参照 2014-05-11)
- 16) 神奈川県衛生研究所: 神奈川県における放射能調査・報告書-1986- (1987)
- 17) 文部科学省: 都道府県別環境放射能水準調査 (月間降下物) におけるストロンチウム90 の分析結果について, 平成24年7月24日
<<http://www.meti.go.jp/press/2011/06/20110606008/20110606008-2.pdf>> (参照 2014-06-22)
- 18) 永岡美佳, 藤田博喜, 中野政尚, 渡辺均, 住谷秀一: 東海再処理施設周辺における東電福島第一原発事故後の降下じん中放射性物質濃度調査結果, Jpn. J. Health Phys., **48**(2), 104-113(2013)