

つくば市において観測された東京電力福島第一原子力発電所事故直後から1年間の葉菜、土壌および降水中の放射性核種濃度の推移

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2019-12-20 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 大瀬, 健嗣, 木方, 展治, 井上, 恒久, 栗島, 克明, 福園, 康志, 谷山, 一郎 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00003005

〔 農環研報 34,
1-9 (2015) 〕

つくば市において観測された
東京電力福島第一原子力発電所事故直後から1年間の葉菜、
土壌および降水中の放射性核種濃度の推移

Changes in radionuclides concentration in leafy vegetables,
soil and precipitation for a year after the
Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident ;
In case of Tsukuba City, Japan.

大瀬健嗣*・木方展治**・井上恒久***・栗島克明****・福囿康志*****・谷山一郎*****

(平成26年12月2日受理)

シノプシス：

東京電力福島第一原子力発電所から南南西およそ170kmの距離にある茨城県つくば市の農業環境技術研究所圃場において、事故直後から、葉菜、土壌について1年間、降水について8月間、それらに含まれる放射性核種 (^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs) 濃度を調査した。3月15日につくば市を通過した放射性プルームからの乾性沈着により、葉菜の ^{131}I 濃度は著しく増加したが、事故後の3月21日から3月23日にかけての最初の降水による湿性沈着の寄与は比較的小さかった。また、ハウレンソウとコマツナとでは各放射性核種濃度の推移に相違があった。一方、土壌中の放射性核種濃度は最初の降水による湿性沈着による増加がきわめて大きく、最初の降水の前に通過した放射性プルームによる乾性沈着の寄与は小さかった。

I まえがき

東北地方太平洋沖を震源とするマグニチュード9.0の地震が2011年3月11日14時46分に発生し、これに伴う津波によって、東京電力福島第一原子力発電所（以下、

福島第一原発）は全交流電源を喪失した。その結果、冷却機能のほとんどが失われ、翌3月12日には1号建屋で水素爆発が発生、さらに3月14日から3月16日にかけて、相次いで2号建屋、3号建屋、4号建屋で爆発や火災が発生し、大量の放射性核種が大気中に放出された。放

* 元土壌環境研究領域（現福島大学）

** 土壌環境研究領域

*** 元土壌環境研究領域（現日本土壌協会）

**** WDB（株）

*****（株）リクルートスタッフィング

***** 元研究コーディネータ

出された放射性核種により、福島県を始めとする東北地方及び関東地方を中心に、東日本の広い範囲で高い放射線量が観測されるとともに、農畜産物や土壌の深刻な放射能汚染が次々と報告された。福島第一原発から南南西約170kmの位置にある茨城県つくば市においては、3月15日に放射性プルーム(放射能雲)が通過し、 $1.27 \mu\text{Sv h}^{-1}$ をピークに高い線量率が観測された(佐波ら, 2011)。

大気中に放出された放射性核種は、乾性沈着と降水による湿性沈着により、植物および土壌に沈着する。植物への移行経路には、放射性核種の葉面等植物地上部からの取り込み及び土壌を経由した根からの吸収が報告されている(津村ら, 1984; Zehnderら, 1995; Singhalら, 2004)。また、放出された放射性物質は、土壌中における挙動や土壌から植物への移行が核種毎に異なることが報告されている(結田ら, 2002; Ban-naiら, 2002)。しかしながら、これらの報告の多くは、大気圏内での核実験に起因する降下放射性核種に関するものか、実験室で得られた結果である。

独立行政法人農業環境技術研究所(以下、農環研)で

は、放射能調査研究の一環として、全国各地の定点圃場から採取した農産物および土壌の放射能モニタリングを行うとともに、放射能事故等の非常時に対応することを目的に、研究所内の圃場で常時葉菜を栽培し、速やかに放射性核種の測定を行う体制を整えている。今回の事故においては、緊急時対応として3月12日から1年間葉菜および土壌を採取するとともに、降雨ごとに降水も採取し、それらに含まれる放射性核種濃度について経時変化を調査したので報告する。

II 試料および方法

農環研は茨城県つくば市の南部にあり、北緯 $36^{\circ}01'38''$ 、東経 $140^{\circ}06'37''$ 、筑波-稲敷台地上の標高約20 mに位置する。福島第一原発からは南南西に約170 km離れている(図1)。

葉菜および土壌は、同じ敷地内にある圃場から定期的に採取した。採取した葉菜類は、主としてホウレンソウ(*Spinacia oleracea* L.)およびコマツナ(*Brassica rapa* var.

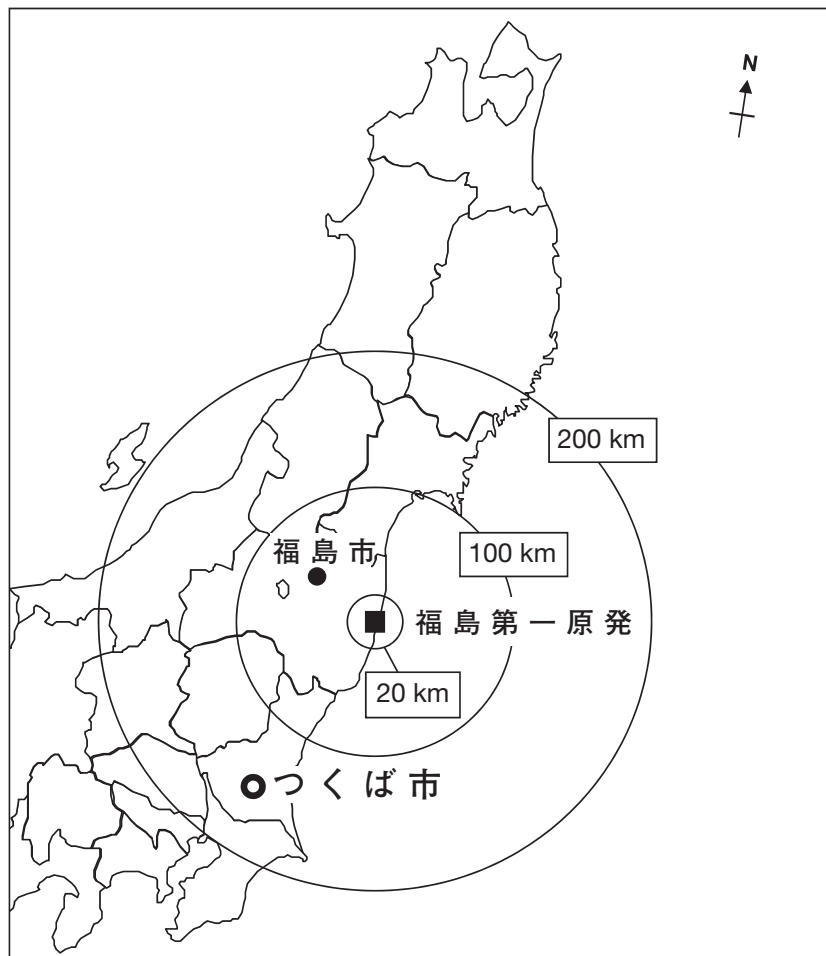


図1 福島第一原発に対するつくば市の位置

表1 栽培した葉菜の播種および採取日一覧

作目名	品種名	播種日	採取年月日	
			年	月日
ハウレンソウ	ソロモン (針葉系)	2010/11/5	2011	3/12, 3/13, 3/14, 3/15, 3/16, 3/19, 3/24, 4/1
	ソロモン (針葉系)	2010/11/11	2011	4/21, 4/28, 5/6
	ソロモン (針葉系)	2011/3/24	2011	5/12, 5/26
	アクティブ (針葉系)	2011/4/14	2011	6/24, 7/8, 7/21
	ソロモン (針葉系)	2011/10/6	2011	10/28, 11/10, 11/25, 12/8, 12/22
	ソロモン (針葉系)	2011/11/2	2012	1/5, 1/18, 2/6, 3/13
	ソロモン (針葉系)	2011/11/2	2012	3/29
コマツナ	わかみ	2010/10/18	2011	3/15, 3/16, 3/19, 3/22, 3/23, 3/24, 3/25, 3/28, 3/29, 3/30, 3/31, 4/1, 4/4, 4/6, 4/8, 4/11, 4/15
	楽天	2011/3/24	2011	5/12, 5/26, 6/9
	楽天	2011/4/14	2011	6/24, 7/8, 7/21, 9/5
ニラ	(不明)	2010/3/12	2011	6/9, 6/23
チンゲンサイ	夏帝	2011/7/12	2011	9/5

perviridis) であり、両圃場は約 150 m 離れている。さらに、ハウレンソウ栽培圃場に隣接した圃場でチンゲンサイ (*Brassica rapa* var. *chinensis*) およびニラ (*Allium tuberosum*) を補足的に採取した。採取した葉菜の播種日と採取日は表1に示した。それぞれの試料は、対角線法により圃場の5ヶ所から採取し、混合した。その際、土壌の混入が起こらないように、地上部2~3 cmより上部をステンレススチール製の刃で切断した。洗浄は行わずに、1~2.5 cm角程度に裁断し、2 L容のアクリル製マリネリ容器 (以下マリネリ容器) に充填した後、同軸形ゲルマニウム半導体検出器 (セイコー-EG&G社製、1.33 KeV 相対検出効率58%および55%、以下ゲルマニウム半導体検出器) で放射性核種濃度を測定した。水による洗浄効果を見るために、コマツナの一部は流水で洗浄し、蒸留水で濯いだ後、水切りをしてから切断しマリネリ容器に充填した。土壌表層における放射性核種濃度の推移を調べるための土壌試料は、福島第一原発事故時にハウレンソウが作付けされていた圃場から採取した。この圃場は、事故後から採取していた間には耕起は行わなかった。この圃場の土壌は表層多腐植質黒ボク土に分類された。対角線法により圃場の5ヶ所から、土壌物理性測定用の0.1 L用ステンレス円筒を用いて、0~5 cmの深さの試料を採取し、混合した。水分を含んだまま厚さ2 cm、96 ml容のスチロール製容器に充填した後、ゲルマニウム半導体検出器で放射性核種濃度を測定した。

降水試料は研究所の敷地内に90 L容のポリエチレン製容器を設置し、降水ごとに回収した。採取した降水は、

落葉等の浮遊物を取り除いた後、そのままマリネリ容器に封入した。ただし、透明性が損なわれる程の浮遊物がある試料は、定性ろ紙 (No.2) によるろ過を行った。放射性核種濃度の測定は、ゲルマニウム半導体検出器で行った。

III 結果および考察

1) 放射性プルーム通過による放射能汚染

佐波ら (2011) によると、つくば市に原発事故の放射性プルームが最初に到達したのは3月15日の2時13分であり、その日の8時38分に $1.27 \mu\text{Sv h}^{-1}$ の最大値が観測された。つくば市において葉菜類から人工放射性核種が検知されたのは、表2に示すように、3月15日からあり、放射性プルームの到達時期と合致した。放射性プルームは測定器の汚染を引き起こし、福島第一原発事故前には0と見なすことができたバックグラウンド値が、2011年3月15日以降は認められるようになった。3月18日に得たバックグラウンド値は、 ^{131}I で2 Bq相当、 ^{134}Cs および ^{137}Cs で1.5 Bq相当で、観測した中では最大であった。2011年3月15日~31日までの期間においては、2 Lマリネリ容器に封入した作物試料の最小値は、 ^{131}I で500 Bq、 ^{134}Cs および ^{137}Cs で25 Bqであり、バックグラウンドを差し引かない場合の誤差は ^{131}I で0.4%以内、 ^{134}Cs および ^{137}Cs で6%以内にそれぞれ収まると考えられた。この期間においては、バックグラウンド値の変動が激しく、正確な差し引きが困難であったこともあり、バックグラウ

ンド値の差し引きは行わなかった。なお、表2の3月14日までの試料は、放射性プルーム通過前に測定を開始しており、各核種のピークも認められなかったことから、この期間のバックグラウンド値は各核種0 Bq相当と考えられた。

図2に、3月15日に採取したコマツナ試料のγ線スペクトルを示した。人工放射性核種として、¹³¹I (「The 8th edition of the Table of Isotopes」による半減期8.0日、以下同じ)、¹³²I (0.1日、¹³²Teの娘核種)、¹³³I (0.9日)、¹³⁷Cs (30.167年)、¹³⁴Cs (2.065年)、¹³⁶Cs (13.2日)、¹³²Te (3.2日)、^{129m}Te (33.6日)、^{99m}Tc (0.25日、⁹⁹Moの娘核種)、

⁹⁹Mo (2.7日) が検出され、放射性プルームが多核種による汚染を引き起こしたと考えられた。

2) 降水による放射能汚染

福島原発事故後の降水中の放射性核種濃度および降水量の推移を図3に示した。福島第一原発事故後に1 mm以上の降水量が観測された最初の降水イベントは、3月21日から23日にかけて発生した。同月の9日に23.5 mmの降雨があつて以来、12日間0 mmを超える降雨は発生しておらず、それまでは大気は乾いた状態が続いていたと考えられる。図4に、2011年3月21日9時から3月22日

表2 地震翌日から放射性プルーム通過までのホウレンソウの放射性物質濃度変化

放射性核種	単位	試料採取日時				
		3月12日 7時40分	3月12日 16時40分	3月13日 9時40分	3月14日 10時40分	3月15日 9時10分
¹³¹ I	Bq kg ⁻¹	< 0.30*	< 0.22	< 0.22	< 0.30	10500 ± 10**
¹³⁴ Cs	Bq kg ⁻¹	< 0.17	< 0.21	< 0.21	< 0.28	107 ± 2.6
¹³⁷ Cs	Bq kg ⁻¹	< 0.20	< 0.19	< 0.23	< 0.29	98.7 ± 4.8
放射性Cs***	Bq kg ⁻¹	< 0.37	< 0.40	< 0.44	< 0.57	206 ± 5.4

* : <の後の数値はCooper法 (検出限界計数3) による定量下限値を示す。

** : ±の後の数値は、放射能計数値の標準偏差を示す。

*** : 放射性Csは¹³⁴Csと¹³⁷Csの合計値を示す。

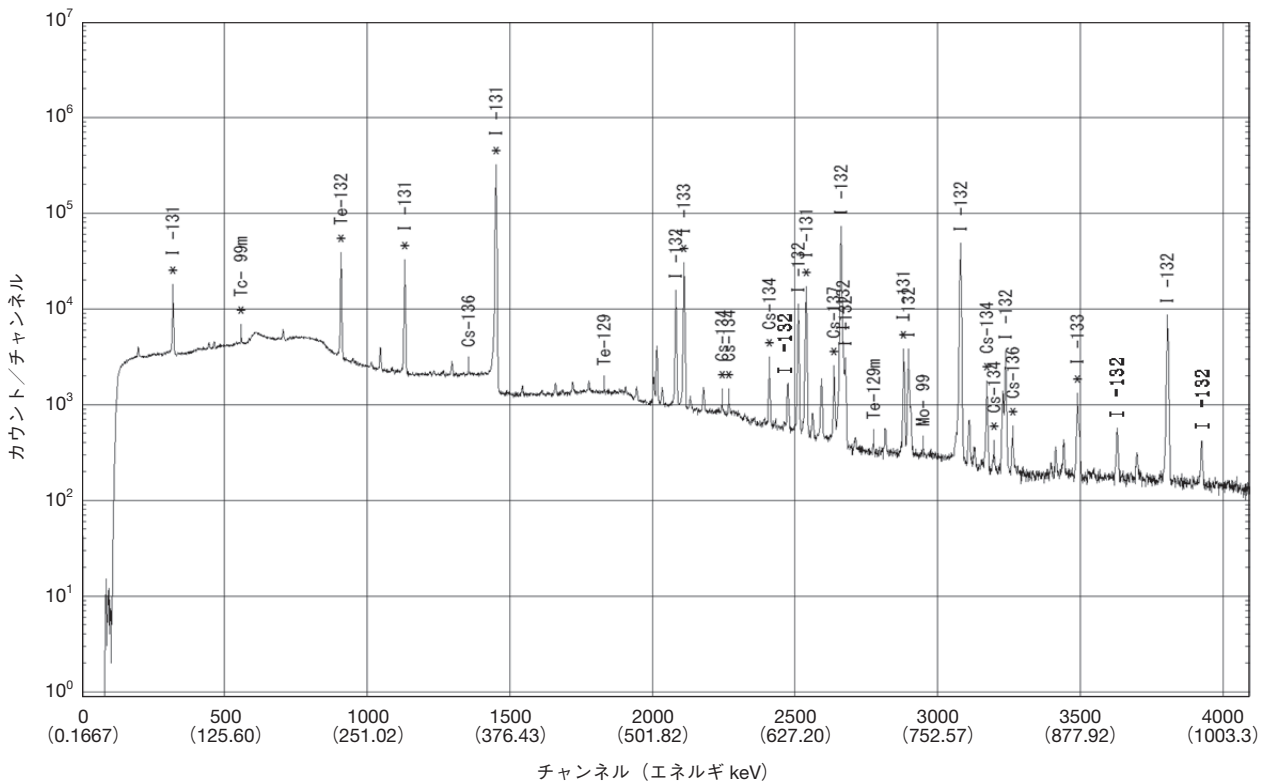


図2 2011年3月15日に採取したコマツナのγ線スペクトル (0-1000 keV) 当日10時採取、10時40分から実測定時間7234秒で測定。図中の*はCooper法 (検出限界計数3) でピークとして検出されたことを示す。

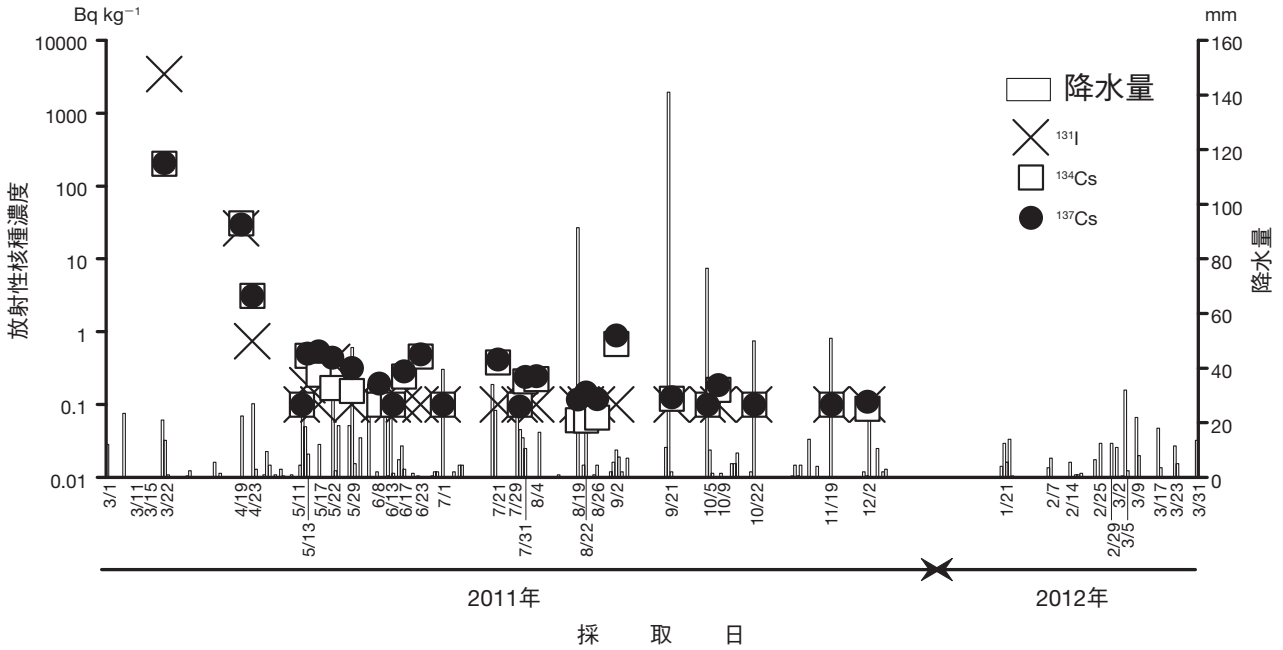


図3 つくば市における降水中放射性核種濃度の推移

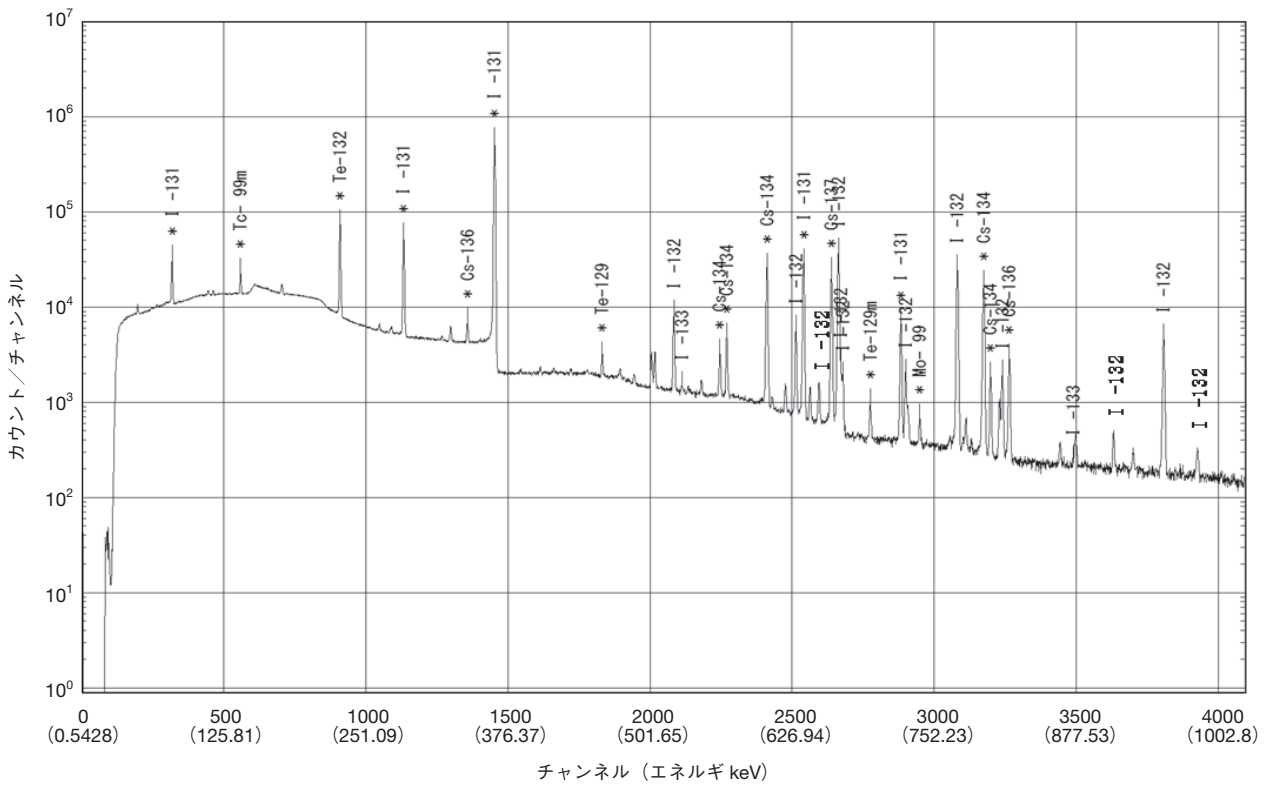


図4 2011年3月21日9時から3月22日21時に採取した降水試料の γ 線スペクトル(0-1000 keV)
 当日9時から22日21時にかけて採取、21時28分から実測定時間22554秒で測定. 図中の*はCooper法(検出限界
 計数3)でピークとして検出されたことを示す。

21時にかけて採取した雨水の γ 線スペクトルを示した。図2で示した湿性沈着の影響のないスペクトルと比べて、検出された核種に相違はないが、事故後10日ほどが経過し、半減期の短い核種の崩壊が進んだことで ^{137}Cs および ^{134}Cs のピークが目立ってきていることが明らかである。

3月21日から22日にかけて採取した降水について、 ^{131}I 、 ^{134}Cs および ^{137}Cs 濃度はそれぞれ、3440、203および207 Bq kg^{-1} と高い値を示した。気象庁によると、この3日間の降水量の合計が35.5 mmであることから、この降水によって地表に降下した放射性核種量は ^{131}I 、 ^{134}Cs および ^{137}Cs がそれぞれ122、7.2および7.3 kBq m^{-2} となる。次のまとまった降水は4月19日であったが、この降水中の放射性核種濃度は ^{131}I 、 ^{134}Cs および ^{137}Cs がそれぞれ26.2、31.0および29.9 Bq kg^{-1} と、最初の降水時と比較して大幅に減少していた。半減期の比較的長い ^{137}Cs と比較すると、最初の降水に対して4月19日の降水では0.4%に低下していた。また、その4日後の4月23日の降水では ^{131}I 濃度が0.7 Bq kg^{-1} 、 ^{134}Cs と ^{137}Cs 濃度とともに3.1 Bq kg^{-1} まで減少し、それ以降に採取された降水ではいずれの放射性核種濃度も1 Bq kg^{-1} 未満であった。なお、図3では12月3日以降は、降水量のみを示している。

3) 土壌の放射性核種濃度の推移

図5はモニタリング圃場から採取した表層土壌(0~5 cm)の3月15日から1年間の放射性核種濃度の推移を示している。濃度を表す縦軸は対数値で表記し、0.1 Bq kg^{-1} 以下の濃度及び検出限界以下の値はすべて0.1としてプロットした。佐波ら(2011)によると、3月15日にピークがあった空間線量率はその後、一旦低下するが、3月21日の降水後に再び増加している。我々が採取した土壌試料では、3月15日の ^{131}I 、 ^{134}Cs および ^{137}Cs の濃度は、それぞれ406、28.5、および28.9 Bq kg^{-1} で、その後3月19日までは ^{131}I 濃度が374~675 Bq kg^{-1} 、 ^{134}Cs と ^{137}Cs の濃度がそれぞれ18.2~38.1 Bq kg^{-1} および27.8~40.2 Bq kg^{-1} の間で推移していた。しかし、最初の降水のあった3月22日には ^{131}I 、 ^{134}Cs および ^{137}Cs 濃度がそれぞれ2780、631、および640 Bq kg^{-1} にまで急激に増加した。このことから、最初の降水によって土壌に大量の放射性核種が沈着したことは明らかであり、降水後の空間線量率の増加の原因を降水による放射性物質の沈着によるものとした佐波ら(2011)の結果と一致する。

土壌試料では、 ^{131}I 濃度は最初の降水後の3月24日の

値が最大値となった(図5)。その後は時間の経過とともに減少し、およそ1ヵ月後の4月21日には529 Bq kg^{-1} 、5月26日には5.2 Bq kg^{-1} 、6月23日には1 Bq kg^{-1} 未満となった。これに対し、 ^{134}Cs および ^{137}Cs 濃度は最初の降水後は比較的高い値で推移し、かつ変動が大きかった。2012年の3月13日における ^{134}Cs と ^{137}Cs 濃度はそれぞれ874と1180 Bq kg^{-1} であり、事故後最初の降水があった2011年3月21日から2012年3月13日までに採取された土壌の ^{134}Cs 濃度は417~1300 Bq kg^{-1} 、 ^{137}Cs 濃度は429~1320 Bq kg^{-1} の範囲であった。このことは耕起を行わない場合、土壌に加えられた放射性物質がそのまま高濃度で表層土壌に存在しつづけることを示唆している。放射性セシウムが畑地の表層土壌から減少する要因としては、物理壊変の他に、風雨による浸食や、耕起による下層との混合、作物吸収による系外への持ち出しなどが考えられる。また、土壌の粘土鉱物に特異的に強く吸着するため(FrancisとBrinkley, 1976)、地下への溶脱はほとんどないことが報告されている(Rosenら, 1999)。農環研では1950年代から日本全国の畑地土壌と水田土壌の放射能モニタリングを行っている。大気圏核実験由来の放射性セシウムの降下量をもっとも高かった1963年を基準に滞留半減期を計算すると、畑地では8~26年(平均18年)であった(駒村ら, 2006)。したがって、本調査地における畑地土壌中の ^{137}Cs 濃度が事故以前のレベルまで減少するには数十から百年を要する。

2) 葉菜の放射性核種濃度の推移

ハウレンソウについては1年間、チンゲンサイについては半年間の測定結果を図6に示す。縦軸には対数値を取り、0.1 Bq kg^{-1} 以下の濃度及び検出限界以下の値はすべて0.1としてプロットした。ハウレンソウの ^{131}I 濃度は3月16日に最大値12900 Bq kg^{-1} を示し、その後は急速に減少した。 ^{134}Cs 濃度と ^{137}Cs 濃度の合計値(以後、放射性セシウム濃度と称す)の最大値は原発事故発生後、最初の降水のあった後の3月24日に採取した試料で検出された1040 Bq kg^{-1} であり、その後は徐々に減少した。半減期の短い ^{131}I だけでなく、比較的半減期の長い ^{134}Cs と ^{137}Cs も短期的に減少した要因としては、作物自体の生育と放射性物質に直接暴露されていない新しい葉の展葉とによる希釈の効果が大きいと考えられる。また、5月12日以降は、事故後に播種したハウレンソウを採取したが、それらの試料では ^{131}I 、 ^{134}Cs および ^{137}Cs 濃度は検出されないか5 Bq kg^{-1} 未満であった。ニラの播種は福島第一原発以前であったが、採取時期は2011年の6月9日

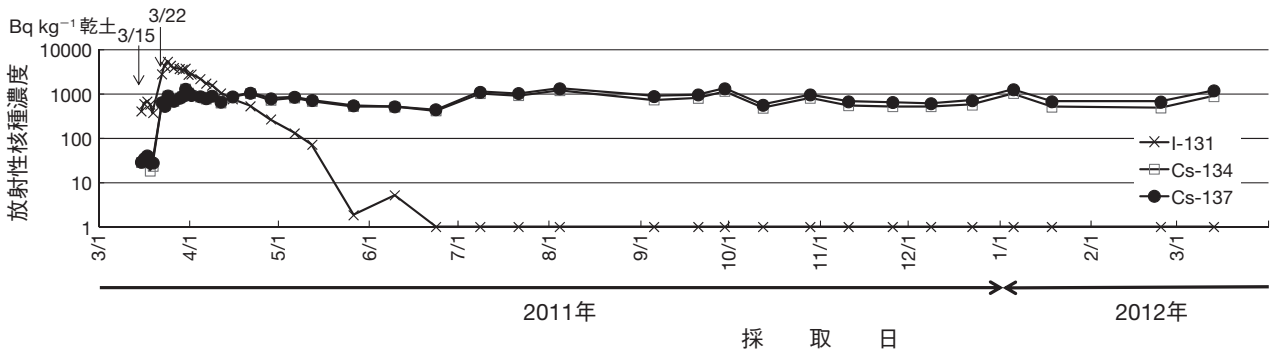


図5 表層土壌の放射性核種濃度の推移

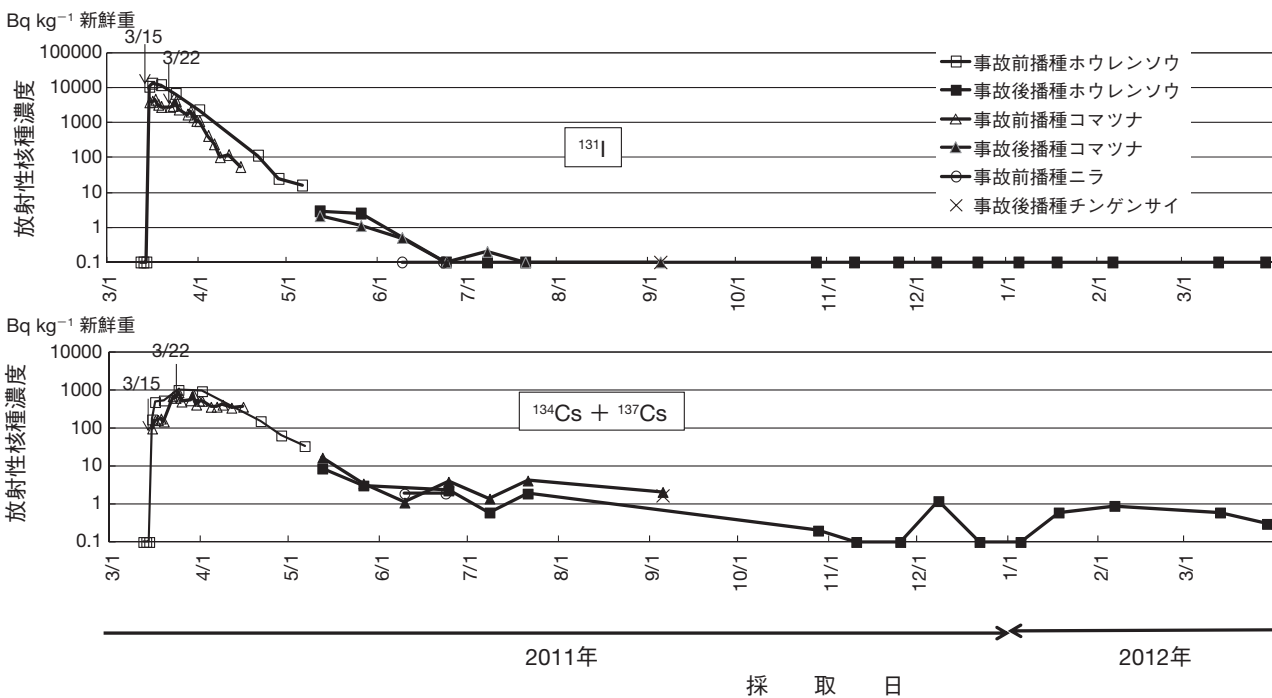


図6 葉菜類の放射性核種濃度の推移

以降であり、2011年に播種したチンゲンサイと同様に、 ^{131}I は検出されず、放射性セシウム濃度は 2 Bq kg^{-1} 未満であった。2012年3月29日においては、葉菜の ^{131}I 濃度は検出下限値以下となった。一方、放射性セシウム濃度は 0.3 Bq kg^{-1} あり、福島第一原発事故以前のレベルには復していないが、2011年3月のピーク時の $1/1000$ 以下であり、事故による汚染の影響は小さくなっているといえる。

コマツナについては、 ^{131}I 濃度は3月15日から3月25日まで $2350\sim 4480\text{ Bq kg}^{-1}$ の範囲で推移していたが、その後はホウレンソウと同様に急速に減少した。放射性セシウム濃度は、3月15日に 99 Bq kg^{-1} に達し、16日から19日まで $100\sim 200\text{ Bq kg}^{-1}$ で推移していたが、3月

22日の降水時に 707 Bq kg^{-1} に急増した。24日に最大値の 898 Bq kg^{-1} に達した後、減少に転じた。5月12日以降の福島第一原発事故後に栽培を開始した試料間の放射性セシウム濃度の比較では、ホウレンソウよりもコマツナで高くなる傾向が見られた。

コマツナについては水洗をしない試料と、水洗をした試料との比較を行った。2011年3月21日の降水より前の試料については、 ^{131}I 、 ^{134}Cs および ^{137}Cs 濃度がそれぞれ平均で45.9%、65.1%および62.0%、水洗により減少していた。しかしながら、降水後2011年の3月22日から4月11日までの試料については ^{131}I 、 ^{134}Cs および ^{137}Cs 濃度の減少がそれぞれ平均で26.6%、31.5%および31.0%と、水洗による減少率は小さくなった。

放射性核種の濃度変動における土壌と葉菜類との大きな違いは、葉菜類の ^{131}I が最初に放射性ブルームがつくば市に到達した時点で非常に高い値を示した点である。ハウレンソウでは特に顕著で、3月14日採取の試料では 1 Bq kg^{-1} 未満だった ^{131}I が、放射性ブルームがつくば市に到達した3月15日には 10500 Bq kg^{-1} になり、翌3月16日には今回の調査における最大値まで増加した。また、 ^{131}I に関しては降水後の増加は認められなかった。コマツナの場合はハウレンソウと多少異なり、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ともに、まずブルーム到達後に増加し、最初の降水後にも再び増加していた。また、 ^{134}Cs と ^{137}Cs の最大値はコマツナとハウレンソウでは同レベルであったが、 ^{131}I についてはハウレンソウが3倍近く高い値を示した。ハウレンソウの品種は葉面の形状から針葉系と丸葉系に大別されるが、本試験では針葉系を用いた。コマツナはハウレンソウの丸葉系に近い葉面の形状を有しているとも考えられ、ハウレンソウとコマツナとのこのような違いは、両者の葉面構造の違いが影響したものと考えられる。

V 引用文献

- 1) Ban-nai T, and Y. Muramatsu (2002) : Transfer factors of radioactive Cs, Sr, Mn, Co and Zn from Japanese soils to root and leaf of radish. *J. Environ. Radioactivity*, 63, 251-264
- 2) Francis C.W. and F.S. Brinkley (1976) : Preferential adsorption of Cs-137 to micaceous minerals in contaminated freshwater sediment. *Nature*, 260, 511-513
- 3) Rosen K, I. Oborn, and H. Lonsjo (1999) : Migration of radiocaesium in Swedish soil profiles after the Chernobyl accident. *J. Envir. Radioactivity*, 46, 45-66
- 4) 駒村美佐子・津村昭人・山口紀子・藤原英司・木方展治・小平 潔 (2006) : わが国の米、小麦および土壌における ^{90}Sr と ^{137}Cs 濃度の長期モニタリングと変動解析. 農業環境技術研究所報告, 24, 1-21
- 5) 佐波俊哉・佐々木慎一・飯島和彦・岸本祐二・齋藤究・(2011) : 茨城県つくば市における福島第一原子力発電所の事故由来の線量率とガンマ線スペクトルの経時変化. 日本原子力学会和文論文誌, 10, 163-169
- 6) Singhal R.K., U. Narayanan, and R.P. Gurg (2004) : Estimation of deposition velocities for ^{85}Sr , ^{131}I , ^{137}Cs

on spinach, radish and beans leaves in a tropical region under simulated fallout conditions. *Water, Air, and Soil Pollut.*, 158, 181-192

- 7) 津村昭人・駒村美佐子・小林宏信 (1984) : 土壌及び土壌—植物系における放射性ストロンチウムとセシウムの挙動に関する研究. 農業技術研究所報告, B, 36, 57-113
- 8) 結田康一・駒村美佐子・木方展治・藤原英司・栗島克明 (2002) : 原子力施設事故等に伴う農作物・土壌の緊急放射能調査. 日本土壌肥科学雑誌, 73, 203-210
- 9) Zehnder H.J., P. Kopp, J. Eikenberg, U. Feller, and J.J. Oertli (1995) : Uptake and transport of radioactive cesium and strontium into grapevines after leaf contamination. *Radiat. Phys. Chem.*, 46, 61-69

謝 辞

本調査に使用した葉菜類および土壌の採取について、農環研研究支援室 荒貴裕氏、山口弘氏並びに阿部勝男氏にご協力を頂きました。また、独立行政法人農業生物資源研究所の関係諸氏につきましては、コマツナの採取について許可を与えて頂きました。ここに記して謝意を表します。

なお、本研究は文部科学省放射能調査研究費によって行われたものです。

Changes in radionuclides concentration in leafy vegetables, soil and precipitation for a year after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident; In case of Tsukuba City, Japan.

Kenji OHSE, Nobuharu KIHOU, Tsunehisa INOUE, Katsuaki KURISHIMA, Yasushi FUKUZONO and Ichiro TANIYAMA.

Summary

Concentrations of radionuclides (^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs) in leafy vegetables, soil, and precipitation were investigated in Tsukuba City 170 km away from Fukushima Daiichi nuclear power plant, right after Tokyo Electric Power company's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident occurred. The concentration of ^{131}I in leafy vegetables, particularly spinach, significantly increased because of dry deposition caused by radioactive plume passed Tsukuba-city first after the accident. The contribution of wet deposition to the concentration of radionuclides in leafy vegetables was relatively small compared with dry deposition. Changes in the concentration of each radionuclide were different between spinach and komatsuna (Japanese mustard). Concentration of radionuclides in leafy vegetables did not substantially decrease after washing with water following the first precipitation. However, the concentration of radionuclides in soil significantly increased by first precipitation after the accident.