

神奈川県茶園土壌における放射性セシウムの垂直分布

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者名	武田, 甲 白木, 与志也 船橋, 秀登 北, 宜裕 山田, 良雄
発行元	日本土壌肥料学会
巻/号	84巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 49-52
発行年月	2013年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



神奈川県茶園土壌における 放射性セシウムの垂直分布*

武田 甲¹・白木与志也¹・船橋秀登¹・
北 宜裕²・山田良雄¹

キーワード 茶園, 放射性セシウム, 垂直分布, 土壌

1. はじめに

日本における茶栽培の主要産地は関東以南であり, 作付面積は平成22年度に全国で46,800 ha, 神奈川県では274 haである(社団法人日本茶業中央会, 2011). 茶栽培は鳥獣被害を受けないことなどから中山間地域における重要な作目のひとつとなっている.

2011年3月11日に起きた東北地方太平洋沖地震に伴う福島第一原子力発電所の事故により, 3月15日および3月21日に放射性物質が拡散した(青山ら, 2011). 当該原子力発電所から239~310 kmの距離にある神奈川県内では, 葉根菜および果樹類への影響は軽微であり, 2011年3月17日に設定された食品衛生法に基づく放射性セシウムの暫定規制値である500 Bq kg⁻¹を超えた作物はなかった. しかし茶生産においては, 関東地域内のほとんどの茶産地で生産された一番茶の荒茶から放射性セシウムが検出され, 暫定規制値を超えた産地では出荷制限に至った(原子力災害対策本部長神奈川県知事宛通知, 2011など).

これまで茶の放射能汚染に関する研究としては, 1954年のビキニ環礁での水爆実験が日本の茶葉および浸出液に及ぼした影響に関する報告(河合ら, 1956), チェルノブイリ原子力発電所の事故がトルコの黒海沿岸部で生産された茶に及ぼした影響に関する報告(Gedikoglu and Sipahi, 1989), 同地域で生産された茶葉の生物学的半減

期の報告(Ünlü *et. al.*, 1995), および1961年~1979年に生産されたインドのアッサム茶で行われた核種別濃度推移に関する報告等がある(Lalit *et. al.*, 1983). また, 放射性セシウムの移行係数を算出した報告(近澤・宅間, 2005), 汚染茶葉から抽出した放射性セシウムの挙動を砂質土で試験した報告(Yücel and Özmen, 1995), 茶樹体内での部位別の放射性セシウム濃度を調査した報告(Topçuoğlu *et. al.*, 1997)等がある. しかし, 国内の茶園土壌あるいは茶樹根圏における放射性セシウム動態については詳細な検討がなされていないことから, 著者らは降下後6ヶ月後(1地点)および8ヶ月以後(5地点)の神奈川県内の茶園土壌における放射性セシウムの垂直分布調査を行ったので報告する.

2. 材料および方法

2011年9月5日に, 神奈川県農業技術センター北相地区事務所(神奈川県相模原市, 以下北相地区事務所)の茶園1地点(標高175 m, 福島第一原子力発電所からの距離259 km, 厚層多腐植質黒ボク土)より試料採取し, 2011年11月24日~12月19日に神奈川県中西部に位置する茶産地5市町村の茶栽培圃場5地点(A, B, C, D, E)から試料採取した.

試料採取は1地点につき3採取点で行い, 地点内の各採取点間は20 m以上の距離を取った. 茶樹の主幹と葉層端直下の間の中央付近を樹冠下採取点とし, それに隣接する通路中央を畝間採取点とした. 表面有機物は樹冠下, 畝間とも1採取点あたり0.3 m²(畝方向1.5 m, 幅20 cm)を, 腐熟により目視で上下2層に分けて採取した. 0~1 cm土壌は1採取点あたり0.1 m²(畝方向50 cm, 幅20 cm)を, 表面有機物を除去した後の土壌から剥離して採取した. 深さ1 cm以下の土壌は直径38 mmの採土管により, 表面から1~5, 5~10, 10~15 cmまで深さ別に1採取点あたり5回採取し, 採取後に混合して1試料とした(ただし北相地区事務所内茶園においてはさらに15~20, 20~25 cmまで採取した). 北相地区事務所の試料は3採取点の試料を個別に放射性セシウム濃度を計測し, 採取点間の平均値と標準偏差を記載した. 茶園A~Eの試料は, 3採取点から採取した試料を混合し, 1つの試料として放射性セシウム濃度を計測し, 神奈川県中北西部をひとつのエリアとして地点間の平均値と標準偏差を記載した.

採取した試料は風乾破碎し, 土壌については2 mm篩により根や礫等の夾雑物を除き, セイコーEG & G社製ゲルマニウム半導体検出器(ORTEC社GEM20P4-70による構成)を用いたガンマ線スペクトロメトリー法により放射性セシウムを計測した. 表面有機物は2Lマリネリ容器により2,000秒間計測した. 土壌はU8容器により, 深さ0~1 cmおよび1~5 cmの試料は10,000秒間, 5~25 cmの各試料はそれぞれ50,000秒間計測した. なお検出下限値はCooperの方法に準じて自動算出した.

3. 結果および考察

北相地区事務所の茶園1地点について, 放射性セシウム

Hajime TAKEDA, Yoshiya SHIRAKI, Nobuhiro KITA and Yoshio YAMADA: Vertical distributions of fallout radioactive caesium in tea gardens soil in Kanagawa Prefecture

*本研究の一部は, 平成23年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「茶・果樹の放射性セシウム濃度低減技術の開発」により行った.

¹ 神奈川県農業技術センター北相地区事務所(252-0176 神奈川県相模原市緑区寸沢嵐620-6)

² 神奈川県農業技術センター(259-1204 神奈川県平塚市上吉沢1617)

Corresponding Author: 武田 甲

2012年7月12日受付・2012年10月16日受理

日本土壤肥科学雑誌 第84巻 第1号 p.49~52 (2013)

の垂直分布と採取点間のばらつきを調査した。この調査では、表面有機物の放射性セシウム濃度は、採取場所が畝間であるか樹冠下であるかと、上層であるか下層であるかによらず、同程度だった。土壌では表面から深くなるにつれて、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ともに濃度が低下した。とくに15~25 cmでは採取場所によらず微量または検出下限値以下だった。いずれの深さでも採取点間の標準偏差は平均値に比べ高かった(表1)。

降下物に含まれていた ^{134}Cs と ^{137}Cs の比率と、事故前後の ^{134}Cs と ^{137}Cs の増加量より、事故の寄与率を求めることができる。事故前の2010年に採取した神奈川県内2地点の試料について行われた調査(神奈川県衛生研究所, 2011)によれば、2010年の土壌中の ^{137}Cs 存在量は、横須賀市(果樹園)で採取した土壌では0~5 cmで4.4 Bq kg⁻¹、5~20 cmで4.0 Bq kg⁻¹であり、横浜市(公園)で採取した試料では0~5 cmで定量下限値以下、5~20 cmで1.4 Bq kg⁻¹であった。このとき、これらの試料中の ^{134}Cs はいずれも定量下限値以下だった(定量下限値は0.2 Bq kg⁻¹)。したがって、今回検出された ^{134}Cs は、ほぼ全量が福島第一原子力発電所の事故に由来し、 ^{137}Cs の存在量に対して ^{134}Cs の存在量が多かった採取深さの浅い試料ほど事故の影響が大きいと考えられた。このことから福島第一原子力発電所事故由来の降下放射性セシウムは、神奈川県内では深さ15 cmより下層では確認されないか極少量でしか存在していないと考えられた。

また、採取点が20 m程度しか離れていない3試料間でも、放射性セシウム濃度の標準偏差は平均値に比較して非常に大きかった。このことは、近傍においても放射性セシウムの降下量にばらつきがあったか、または表面水の移動による偏りが生じたことを示唆する。採取地は谷底の川から丘陵にいたる緩やかな斜面の途中に位置し、造成により水平に切り開いた圃場であり、圃場内の風道や周辺地形が影響したと考えられる。

より広範なエリア内の傾向を把握するため、深さを15 cmまでとして、神奈川県中北西部の茶産地5市町村の茶園土壌を11月以後に採取して調査した(表2)。表面有機物の放射性セシウムは、畝間では上層と下層が同程度で

あり、 ^{134}Cs と ^{137}Cs の合計では平均で上層740 Bq kg⁻¹、下層781 Bq kg⁻¹だった。樹冠下では各地点内で上層のほうが高い傾向があり、平均では上層1,310 Bq kg⁻¹、下層720 Bq kg⁻¹だった。表面有機物を除いた5地点の土壌0~15 cmの平均の放射性セシウムの濃度(^{134}Cs と ^{137}Cs の合計)は、畝間146 Bq kg⁻¹、樹冠下53 Bq kg⁻¹と樹冠下のほうが低くなった。また、深さ別では採取場所によらず土壌表面から1 cmの濃度が高く、その傾向は樹冠下でより顕著だった。 ^{134}Cs は、畝間では10~15 cm以下、樹冠下では5~10 cm以下の土壌では少量しか存在しないか不検出だった。なお、地点の特徴として標高と福島第一原子力発電所からの距離、土壌の特徴として土壌統群、土壌pH、および高熱減量率を表に記載したが、現在これらと土壌の放射性セシウムの間には顕著な関連性は見出されていない。

茶樹では越冬葉の光合成活性は6月中旬には顕著に低下し、秋整枝時の9月下旬までにはほとんどが落葉する(岡野・松尾, 1996)。9月上旬に試料採取した表1の結果とは異なり、11月に試料採取した表2に示す表面有機物の放射性セシウム濃度が、樹冠下の上層で顕著に高濃度となった理由は、降下した放射性セシウムが茶樹の葉および枝に吸着・吸収され、11月下旬までに落葉・落下等して蓄積したためと推定される。また、表面有機物とその直下の土壌の放射性セシウム濃度の間に、明確な相関は見いだされなかった。このことは、放射性セシウムの有機物分解による土壌への移行が、調査時点では進行していないことを示唆する。

茶園土壌における降雨の降水量は茶園内の位置により異なり、樹冠下ではばらつきが大きいことが明らかにされている(辻・金田, 2002)。土壌0~15 cmにおける放射性セシウムの平均存在量が、畝間と樹冠下で比較すると樹冠下で低く、畝間で高かった理由としては、畝間上に降下した放射性セシウムは、遮られることなく畝間土壌および表面有機物に降着したが、樹冠下への降下は葉や枝に遮られ、含有された放射性セシウムの一部は樹冠下土壌に到達しなかったためであると考えられる。

2011年の神奈川県における一番茶芽の萌芽日は4月

表1 北相地区事務所内1茶園内における放射性セシウム垂直分布のばらつき(3反復調査*, Bq kg⁻¹風乾土)

試料採取深さ	畝間			樹冠下		
	^{134}Cs	^{137}Cs	$^{134}\text{Cs} : ^{137}\text{Cs}$	^{134}Cs	^{137}Cs	$^{134}\text{Cs} : ^{137}\text{Cs}$
表面有機物(上層)	187 ± 74	201 ± 75	1:1.1	396 ± 72	477 ± 64	1:1.2
表面有機物(下層)	219 ± 100	278 ± 108	1:1.3	379 ± 90	437 ± 150	1:1.2
0~1 cm	180 ± 103	215 ± 120	1:1.2	168 ± 42	210 ± 50	1:1.3
1~5 cm	73 ± 46	88 ± 53	1:1.2	47 ± 15	59 ± 25	1:1.3
5~10 cm	20 ± 8.9	27 ± 7.9	1:1.4	7.2 ± 3.0	12 ± 4.5	1:1.7
10~15 cm	9.3 ± 4.5	13 ± 3.5	1:1.4	1.8 ± 1.8	5.7 ± 1.8	1:3.2
15~20 cm	2.1 ± 1.9	7.0 ± 2.4	1:3.3	N.D. <1.4	3.8 ± 0.9	
20~25 cm	N.D. <1.6	5.16**		N.D. <1.4	3.1 ± 0.3	

*数値は採取点間反復の平均(採取点間距離は20 m)、±のあとの数値は標準偏差。土壌は厚層多腐植質黒ボク土。採取日2011年9月1日。

**畝間20~25 cmは反復を混合して計測した。

表2 神奈川県中西部の茶産地5市町村の茶園における放射性セシウムの垂直分布

試料採取深さ	地点A** 灰色低地土*		地点B 淡色黒ボク土		地点C 灰色低地土*		地点D 灰色低地土*		地点E 礫質褐色森林土		畝間平均***		樹冠下平均***
	畝間	樹冠下	畝間	樹冠下	畝間	樹冠下	畝間	樹冠下	畝間	樹冠下			
¹³⁴ Cs 濃度 (Bq kg ⁻¹)													
表面有機物 (上層)	299	513	343	596	299	439	359	694	319	581	324 ± 27	578 ± 105	
表面有機物 (下層)	528	—	298	466	167	209	242	253	497	365	346 ± 159	323 ± 116	
0~1 cm	423	—	239	273	108	83	158	78	249	152	235 ± 120	146 ± 91	
1~5 cm	89	—	196	59	97	20	90	18	136	22	122 ± 46	30 ± 20	
5~10 cm	6.8	—	43	13	47	6.9	26	N.D. <1.2	26	4.9	30 ± 16	6.2 ± 5.4	
10~15 cm	1.4	—	16	N.D. <1.0	19	N.D. <1.3	9.0	N.D. <1.1	6.1	2.4	10 ± 7.2	N.D.	
0~15 cm 平均****	55	—	88	38	55	13	46	10	63	18	61	20	
¹³⁷ Cs 濃度 (Bq kg ⁻¹)													
表面有機物 (上層)	382	632	422	741	382	539	476	906	420	775	416 ± 39	740 ± 152	
表面有機物 (下層)	661	—	393	537	214	254	301	343	604	453	435 ± 192	397 ± 124	
0~1 cm	556	—	288	347	132	103	220	109	319	207	303 ± 159	192 ± 114	
1~5 cm	116	—	249	81	124	33	138	40	184	35	162 ± 55	47 ± 23	
5~10 cm	14	—	60	21	60	13	45	13	39	14	44 ± 19	15 ± 4.0	
10~15 cm	6.5	—	28	10	29	5.3	22	11	13	6.5	20 ± 10	8.2 ± 2.7	
0~15 cm 平均****	75	—	115	55	71	22	74	26	88	30	85	33	
供試土壌 (5~10 cm) *****													
土壌 pH	7.0	—	3.6	4.4	3.7	4.4	3.4	4.3	3.8	4.1			
強熱減量率 (%)	20.8	—	18.0	16.7	16.5	9.7	20.8	11.5	19.5	17.3			
採取場所													
標高 (m)	257		89		64		119		521				
距離 (km) *****	260		292		293		267		303				
試料採取日 (2011年)	11月22日		11月30日		12月1日		12月19日		12月28日				

*中粗粒灰色低地土 (灰褐色)。**地点A 樹冠下土壌はマルチ栽培のため試料なし。***N.D.を0として集計、±のあとの数値は地点間の標準偏差。****土壌採取量 (体積) を加重して平均。*****土壌 pH は1:5水抽出液を計測、強熱減量率は105℃12時間で乾燥した微粉碎資料を、600℃で4時間処理した減量率。*****福島第一原子力発電所からの直線距離。

16日 (神奈川県相模原市寸沢嵐) で、福島第一原子力発電所由来の放射性セシウムが降下した時期には、まだ一番茶の新芽は発芽していなかったため、茶新芽の放射性セシウムの直接汚染がなかったことは明らかである。白木ら (2012) は、茶樹体内の放射性セシウムの部位別分析結果と、一番茶収穫期後の深い剪枝により、二番茶期の再生芽における放射性セシウム濃度が顕著に低下したことから、放射性セシウムは茶の葉や枝表面から樹体内に吸収された後、新芽に転流・移行したと推定した。Koranda and Robinson (1978) も、果樹において、放射性セシウムは土壌からの根部吸収より植物表面吸収の方が量的に多いことを認めている。また近澤・宅間 (2005) は、茶樹における放射性セシウムの移行係数は0.002~0.11程度であるとし、野中・廣野 (2011) は安定セシウムを用いた葉面散布・土壌施用実験で葉面吸収は確認されたが土壌吸収では検出されなかったとした。

本研究によっても、事故後8ヶ月を経た11月以後の調査において、放射性セシウムの土壌内分布は主として地表面に集中していたことが明らかとなった。野中 (2005) は、茶園における茶樹の吸収根の分布は0~40 cm であるとしているが、土壌 pH の低い圃場の畝間では0~20 cm への吸収根の分布は少なく、20~40 cm のほうが多いとしている。本報告における採取時の観察でも、畝間、樹冠下ともに、土壌表面から1 cm では、茶樹の細根は少なかった。

これらのことから、2011年に関東南部に飛来・降下し

た放射性セシウムによる一番茶の汚染は、土壌から根部を介した茶新芽への移行ではなく、主として樹体表面からの吸収に由来したことが検証された。

一般に茶園の表面有機物は非常に多量である。本研究で調査したいずれの地点においても、表面有機物は上下合計7 cm 以上の厚さで堆積し、その平均乾物量は畝間上層2.0 kg m⁻²、下層2.8 kg m⁻²、樹冠下上層1.4 kg m⁻²、樹冠下下層3.1 kg m⁻²であった。

茶園の表面有機物から放射性セシウムが放出される形態と速度は未解明であり、それらが土壌中の粘土鉱物に吸着される機構は解明されていないため、表面有機物に含まれる放射性セシウムが、今後、茶樹に及ぼす影響については、継続的な調査が必要であると考えられる。しかし、降下半年後の状況を調査した本研究から、表面有機物から根圏への放射性セシウムの移行は数年以上をかけて起こっていくことが予想される。一方、初期に降雨とともに降下した放射性セシウムは、土壌に沈着・吸着した後は、時間と共に可給態の割合が減少するものと考えられる (塚田ら, 2011)。さらに、茶園面積の83%以上を占める樹冠下の土壌は耕起しない。これらのことから、今後急速には、根部から茶樹への放射性セシウムの多量の移行・吸収は起らないものと予想される。

謝 辞：本研究は神奈川県農業技術センター足柄地区事務所の石原淑恵氏と木村仁美氏の協力によった。記して謝意を表する。

文 献

- 青山智夫・八木徹・神部順子・中山榮子 2011. 放射性物質拡散に関する一考察. *J. Compt. Chem. Jpn.*, 10, A7-12.
- 近澤紘史・宅間範夫 2005. 薬草中の ^{137}Cs . 高知衛研報, 51, 53-62.
- Gedikoglu, A., and Sipahi, B. L. 1989. Chernobyl Radioactivity in Turkish Tea. *Health Physics*, 56, 97-101.
- 原子力災害対策本部長内閣総理大臣 2011. 平成 23 年 6 月 2 日付け神奈川県知事宛指示 (原子力災害対策特別措置法第 20 条第 3 項に基づく指示).
- 神奈川県衛生研究所 2011. 神奈川県における放射能調査・報告書 - 2010 -, p. 22.
- 河合惣吾・石垣幸三・高柳博次 1956. 放射性物質による茶の汚染について. 東海近畿農業試験場研報. 茶業部, 4, 40-59.
- Koranda, J. J., and Robinson, W. L. 1978. Accumulation of radionuclides by plants as a monitor system. *Environ. Health Perspective*, 27, 165-179.
- Lalit, B. Y., Ramachandran, T. V., and Rajan, S. 1983. Strontium-90 and Caesium-137 in Indian Tea. *Radiat. Environ. Biophys.*, 22, 75-83.
- 野中邦彦 2005. 茶園における窒素環境負荷とその低減のための施肥技術. 茶研報, 100, 29-41.
- 野中邦彦・廣野祐平 2011. 二番茶成育期間中の茶樹におけるセシウムの吸収・移行について. 茶研報, 112, 55-59.
- 岡野邦夫・松尾喜義 1996. 茶葉の発育にともなう光合成活性の変化と光条件の関与. 茶研報, 82, 1-8.
- 白木与志也・北 宣裕・山田良雄 2012. 神奈川県の茶における放射性セシウムの樹体内分布とその低減化について. *Radioisotopes*, 61, 261-265.
- 社団法人日本茶業中央会 2011. 平成 23 年度版茶関係資料, p. 4.
- 辻 正樹・金田秋光 2002. 茶樹冠下への雨水の落下分布特性. 茶研報, 94, 7-14.
- 塚田祥文・鳥山和伸・山口紀子・武田 晃・中尾 淳・原田久富美・高橋智之・山上 睦・小林大輔・吉田 聡・杉山英男・柴田 尚 2011. 土壌-作物系における放射性核種の挙動. 土肥誌, 82, 408-418.
- Topçuoğlu, S., Ü, N., Köse, A., and Varinlioğlu, A. 1997. Translocation and depuration of ^{137}Cs in tea plants. *J. Radiat. Nucl. Chem.*, 218, 2, 263-266.
- Ünlü, M. Y., Topçuoğlu, S., Küçükcezzar, R., Varinlioğlu, A., Güngör, N., Bulut, A. M., and Güngör, E. 1995. Natural effective half-life of ^{137}Cs in tea plants. *Health Physics*, 68, 1, 94-99.
- Yücel, H., and Özmen, A. 1995. Migration of ^{137}Cs extracted from contaminated tea in sandy clay soil. *J. Nucl. Sci. Technol.*, 32, 547-555.