

# 茶における放射性セシウム濃度低減技術の開発\*

野中邦彦

キーワード チャ, 茶, 放射性セシウム, 移行係数, 土壌

## 1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所の事故（以下、東電福島原発事故という）発生後の2011年産一番茶において、平常値より高い濃度の放射性セシウム（ $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ ）が検出された。当初、生葉に対して食品衛生法の観点から放射性セシウムの暫定規制値  $500 \text{ Bq kg}^{-1}$  が適用され、その後、荒茶および仕上げ茶に対しても同じ  $500 \text{ Bq kg}^{-1}$  が適用されることになり、出荷停止となった地域が相次いだ。この規制値は2012年4月に改訂され、茶については、飲む状態での検査となり、飲料水の基準値  $10 \text{ Bq kg}^{-1}$  が適用されることになった。試験研究機関には、茶の放射性セシウム低減に向けた一刻も早い技術開発が求められた。

日本における茶の放射性物質汚染に関する研究は、1950～60年代に取り組みられて以来、報告例がないが、海外では1986年に発生したチェルノブイリ原発事故の後に多くの研究例がある。廣野（2011）は茶の放射性物質による汚染に関するそれら内外の関連文献を総説としてとりまとめている。茶樹体内における放射性セシウムの動態とその効果的な除染方法に関する知見は限られていたが、チェルノブイリ原発事故の後、トルコの茶産地で調べられた茶葉中の放射性セシウム濃度の経時変化の報告は重要な資料となった。茶園土壌は、低pH、高アンモニア含量などの特殊性があるため、他の作物での知見がそのまま適用できるとは限らない。また、チェルノブイリ原発事故発生時、トルコにおける茶樹の生育ステージは一番茶伸長期で、新芽が直接汚染されたのに対し、東電福島原発事故発生時の茶樹の生育ステージは一番茶萌芽期、すなわち、一番茶新芽が包葉を脱いで生長を始めようとしていた時期であ

り、新芽は直接汚染されていないという点で大きく異なる。これまで、多くの農作物において放射性セシウムの移行係数が示されてはいる（財団法人原子力環境整備センター、1988）が、茶についての報告は見当たらないことや酸性土壌では移行係数が1を超える例も報告されていたことから、強酸性土壌の多い茶園では移行係数の解明も重要であると考えられた。

## 2. 茶樹における放射性セシウムの分布特性と新芽への放射性セシウム移行メカニズムの推定

放射性セシウムがどのような経路で新芽に取り込まれたか、当初は不明であった。しかし、トルコにおける調査事例からは、茶新芽に含まれる放射性セシウムは古葉などからの転流が主であり、根からはあまり吸収されないと想定され、せん枝を行うことにより、一度樹体内に取り込まれ、今後新芽へと転流する可能性がある放射性セシウムを樹体から取り除くことができると推定された。もとより、茶の栽培においては数年に一度、樹体の更新、すなわち、品質や収量の維持・向上、作業性の向上を目的としたせん枝を行うのが一般的である。

そこで、樹体中の放射性セシウムの分布状況を把握するとともに、せん枝による放射性セシウムの除去効果を推定するために、野菜茶業研究所内の試験茶園において、2011年6月3日と7月1日に、新芽（7月のみ）、葉層部（古葉および枝）、深刈り面～中切り面（主に枝）、中切り面～地際（台切り面、主に幹、枝）、地下部（主に根）に分けて採取し（図1）、各部位の放射性セシウム濃度を測定した（図2）。6月3日の結果から、葉層部の放射性セシウム濃度が最も高いこと、深刈り面より上に茶樹全体の放射性セシウム量の37%、中切り面より上に74%が存在することが判明した。また、7月1日の結果では、6月3日の結果に比べ地下部を除いて放射性セシウム濃度が低下していた（農研機構、2011）。

茶樹における放射性セシウムの分布が地上部で多く、地下部で少ないという傾向は、茨城県（茨城県、2013）、埼玉県、千葉県（千葉県、2012）、神奈川県（白木ら、2012a）、静岡県（松本ら、2013）のいずれの茶園でも確認されている。

野中ら（2011）は安定同位体セシウム（ $^{133}\text{Cs}$ ）を土壌あるいはチャの葉面に施用し、施用1ヶ月後の移行量は葉面散布で多く、土壌からはほとんど移行しないことを確認

Kunihiko NONAKA: Development of reducing technologies of radioactive cesium concentration in tea

\* 本報告の成果は主に平成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」及び農林水産省の平成24年度委託プロジェクト研究「農地・森林等の放射性物質の除去・低減技術の開発」の「高濃度汚染地域における農地土壌除染技術体系の構築・実証（果樹園・茶園の除染技術）」によって得られたものである。

（独）農研機構 野菜茶業研究所 茶業研究領域（428-8501 島田市金谷猪土居 2769）

日本土壌肥科学雑誌 第85巻 第2号 p.113～116 (2014)

した(図3)。ちなみに、この実験における新芽へのセシウム移行は2013年6月11日の二番茶まで継続調査され、その時点においても土壌からの吸収移行は確認されていない。

以上のことから、2011年の一番茶の放射性セシウム汚染の主な要因は、古葉や枝条から吸収されたものが新芽へ転流したことであったと考えられた。また、放射性セシウムは降下直後には茶樹の葉層や細枝に多く存在しており、速やかにせん枝を行うことにより大部分の放射性セシウムを樹体から除去でき、刈り落とす枝葉の量が多いほど低減効果が高いことが示された。

なお、放射性セシウムの分布特性に関する調査の中で、白木ら(2012b)は、神奈川県2011年産一番茶では放射性セシウム濃度に地域差がみられたが、福島第一原発からの距離と降水量等のみでは説明できないことを報告している。

### 3. せん枝による茶の放射性セシウム濃度低減効果

せん枝を行うことで、その後に再生してくる新芽中の放射性セシウム濃度をどれくらい低減できるかが明らかにされつつある。野菜茶業研究所では、前項調査の一環として行った2011年5月の一番茶収穫後の中切り処理により、10月の秋整枝でせん除された枝葉中の放射性セシウム濃度を無処理区の50%に低減できることを確認した。

白木ら(2012a)は、新芽摘採後にせん枝を行い、古葉と枝を除去すれば、再生芽の放射性セシウム濃度を50%低減できること、松本ら(2012)はせん枝後の再生芽の放射性セシウム濃度はせん枝の強度が増すほど低下し、中切りを行うことで慣行の管理に比較して40~50%の濃

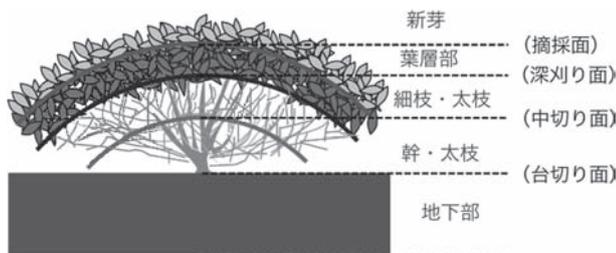


図1 放射性セシウムの部位別分布調査の概略図

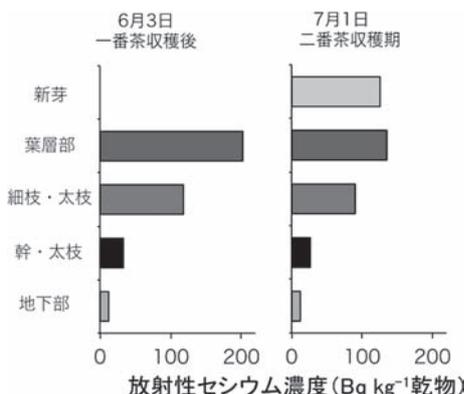


図2 茶樹の部位別の放射性セシウム濃度(2011年)

度低減効果があること、白鳥ら(2012)は、静岡県農林技術研究所茶業研究センター内茶園における調査で、摘採回数が多いほど樹体からの放射性セシウム収奪量が高まり、樹体中の放射性セシウム量を減少させることができることを報告している。さらに、2011年度に農林水産省により実施された「茶樹放射性物質影響軽減剪枝技術実証事業」において、せん枝による放射性セシウム濃度低減効果の検証が行われた結果、せん枝による再生芽および越冬葉中の濃度の低減効果が認められ、その効果は高い方から、台切り、中切り、深刈りの順であった。

せん枝による茶の放射性セシウム濃度低減効果の検証は、現在も茨城県、埼玉県、千葉県、神奈川県において継続して行われている。なお、せん枝等の除染処理を加えていない茶園における放射性セシウム濃度の推移も報告されている(白木ら, 2013a; 松本ら, 2013)。

### 4. 土壌中の放射性セシウム濃度の分布とその推移

茨城県において東電福島原発事故の約1年後に測定された茶園土壌における放射性セシウムの分布をみると、表層0~5cmでその濃度が高い(図4)(農林水産技術会議, 2012)。千葉県でも同様な分布を示した(千葉県, 2012)。武田ら(2013)は、神奈川県中北西部の茶産地5市町村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い、うね間の土壌表面有機物の放射性セシウム(<sup>134</sup>Cs+<sup>137</sup>Cs, 5地点平均値, 風乾物当たり)は上層740Bqkg<sup>-1</sup>, 下層781Bqkg<sup>-1</sup>であり、土壌は深さ別に0~1cmが538Bqkg<sup>-1</sup>, 1~5cmが284Bqkg<sup>-1</sup>, 5~10cmが74Bqkg<sup>-1</sup>,

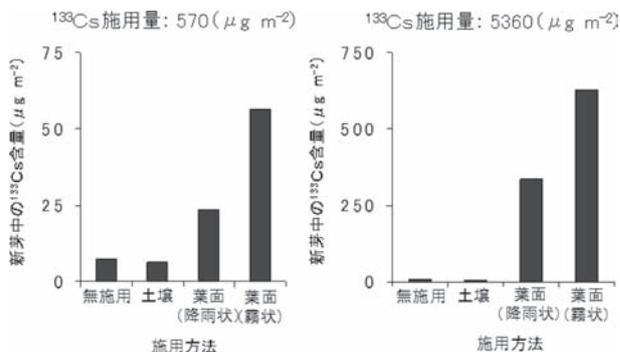


図3 施用したセシウム(<sup>133</sup>Cs)の二番茶新芽への移行量

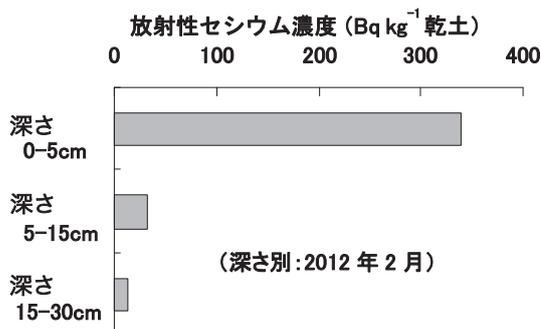


図4 土壌の放射性セシウム濃度  
茨城県農業総合センター内、表層腐植質黒ボク土  
(深さ別:2012年2月)

10~15 cm が  $30 \text{ Bq kg}^{-1}$  で、東電福島原発事故後 8 ヶ月を経ても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ることを明らかにした。松本 (2013) は、静岡県内茶園におけるうね間土壌の深さ別の放射性セシウム濃度は表層有機物、深さ 0~5 cm および深さ 0~15 cm で採取した土壌とも経時的に減少傾向にあること、深さ 15 cm より下層への移行は 2 年間の調査期間内では認められなかったとしている。

### 5. チャにおける放射性セシウムの移行係数

チャについては、これまでほとんど報告例がない。唯一、人の手が加えられていない地点から土壌と茶葉を採取して調べられた例 (近澤・宅間 2005) では、移行係数は 0.002~0.11 の値を示し、平均値は 0.02 であった。ただし、この値は、栽培条件下のチャにおける測定結果ではないため、実際の茶園に適用できるかどうかは不明であった。

茶樹そのものが汚染された状態では、移行係数を求めることが難しいため、現在、非汚染茶樹の移植や汚染茶樹の台切り等による実験で検討が進められている。本多 (2013) は茶樹の地上部をハンマーモアでほとんど粉碎除去する台切り処理を行った後、再生した茶樹を用いて、移行係数は一番茶で 0.017、二番茶で 0.026 であったと報告している。

一方、根域に水溶性セシウムが存在すると、茶樹は速やかにそれを吸収する。武田ら (2012) の土壌埋設型ライシメーター (1.5 m × 2 m, 深さ 1 m, 無底) を用いた実験 (塩化セシウム ( $^{133}\text{Cs}$ ) 3 g を 300 L の水に溶解したものを注入して栽培)、高橋ら (2013) の安定同位体セシウムの土壌への施用実験 (塩化セシウム施用量:  $0.01 \text{ g m}^{-2}$ ,  $0.1 \text{ g m}^{-2}$ ,  $1 \text{ g m}^{-2}$ ,  $10 \text{ g m}^{-2}$ 。いずれも水 5 L に溶解。静岡県での放射性セシウム降下量のおよそ  $10^7 \sim 10^{10}$  倍) のいずれにおいても施用したセシウムの新芽への移行が確認されている。一家ら (2012) は安定セシウムを用い、培地の pH を 3.0, 4.0, 5.0 とした水耕実験を行い、吸収されたセシウムは速やかに新芽へと移行することや pH の影響は受けないことを明らかにした。

これまでのところ、茶樹のモニタリングデータからは根部の放射性セシウム濃度の変化は確認されていないが、茶園土壌の表面には放射性セシウム濃度の高い有機物層も存在することから、土壌中における動態についてはもう少し調査を継続する必要がある。

### 6. カリウムの増施と葉面散布およびゼオライト施用による放射性セシウム移行低減効果

これまでのところ、カリウムの増施や葉面散布による放射性セシウムの移行低減効果は確認されていない。通常茶園においては、カリ肥料が十分に施用されていることが関係していると考えられる。しかし、ごく限られた例ではあるが、十分なカリ肥料が施用されていない茶園も存在する。そのような茶園ではカリ増施による移行低減効果がみられる可能性がある。また、ゼオライト施用の放射性セシ

ウム移行低減効果も確認されていない。

### 7. 高圧洗浄による茶樹の除染

モモ等の果樹において高圧洗浄機を用いた除染を参考に、茶においても高圧洗浄が検討された。洗浄圧 3 MPa、水量  $10 \text{ L m}^{-2}$ 、または、洗浄圧 7.5 MPa、水量  $2 \text{ L m}^{-2}$  で約 2 割の除染効果が得られたが、水量  $1 \text{ L m}^{-2}$  程度 (洗浄圧 1~3 MPa) では効果は認められなかった。ただし、洗浄圧 3 MPa では落葉等樹体の損傷も認められた。また、放射性セシウムで汚染された枝を酸、中性、アルカリ性の溶液に浸漬する処理が検討されたが、いずれの溶液でも放射性セシウムの低減効果は認められなかった (白木ら, 2013b)。その理由として、茶樹の越冬葉は大部分が 4 月中旬から 9 月中旬までに次期新芽へと葉内成分を転流させながら落葉するため、これらの実験が行われた頃はすでに直接汚染されていた茶葉はほとんど存在しなかったこと、放射性セシウムがすでに樹体内部に取り込まれていたことが挙げられている。白木ら (2013c) は、萌芽前の茶苗木に放射性セシウムを含んだ茶の抽出液を散布し、古葉や茎に散布された放射性セシウムが新芽に転流すること、樹体表面に付着した放射性セシウムは降雨により著しく減少することを確認している。チャ成葉の表と裏では、裏面からの放射性セシウムの吸収移行量が顕著に多いことも示されている (森田ら, 未発表)。安定セシウム散布翌日に水量  $8000 \text{ L ha}^{-1}$  以上で葉面洗浄することによって、その後に生育した新芽中の安定セシウム濃度を約 2 割低減できることも明らかにされており、放射性セシウムの降下直後に葉面洗浄すれば、その後生育する新芽中の放射性セシウム濃度を一定量低減できる可能性はある (廣野ら, 未公表)。

### 8. 今後の方向

せん枝を中心とした茶の放射性セシウム濃度低減対策が推進された結果、すべての茶産地においてすでに出荷制限は解除されてはいるが、放射性セシウムのモニタリングは、茨城県の表層腐植質黒ボク土茶園、埼玉県の黒ボク土茶園、千葉県の黒ボク土茶園及び褐色低地土茶園、神奈川県火山灰土茶園、静岡県赤黄色土茶園で継続されている。今後、降下量別、土壌条件別に放射性セシウムの動態の解明が望まれる。セシウムの根からの吸収及び転流機構に関する遺伝子レベルでの解明や各種土壌における移行係数の解明についても取り組まれているところであり、報告が期待される場所である。

### 文 献

- 千葉県 2012. 千葉県の茶園・茶樹における放射性セシウムの分布実態. <http://www.pref.chiba.lg.jp/ninaite/shikenkenkyuu/h24.html>
- 廣野祐平 2011. 茶の放射性セシウムによる汚染. 茶業研究報告, 112, 1-8.
- 本多勇介・宮崎保博 2013. 黒ボク土壌における茶の放射性セシウム移行係数の推定. 茶業研究報告, 116 (別), 70-71.

- 茨城県 2013. 茨城県の茶樹および茶園土壌における放射性セシウム低減化に向けて. <http://www.pref.ibaraki.jp/kikaku/kagaku/seika/25seika/tea23p.pdf>
- 一家崇志・前田康貴・仁科芳文・森田明雄 2012. 栽培条件がチャのセシウム吸収に及ぼす影響. 土肥要旨集, 58,167.
- 近澤紘史・宅間範雄 2005. 葉草中の<sup>137</sup>Cs. 高知衛研報, 51,53-62.
- 松本昌直・白鳥克哉 2012. 茶園における放射性セシウムの経時変化と分布. 土肥要旨集, 58,166.
- 松本昌直・小杉 徹・高橋冬実 2013. 静岡県内茶園における放射性セシウムの2年間の変化. 茶業研究報告, 116 (別), 64-65.
- 野中邦彦・廣野祐平 2011. 二番茶生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.
- 農研機構 2011. チャ新芽へのセシウムの移行とせん枝による放射性セシウムの除去. [http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/vegetea/2011/a00a0\\_01\\_73.html](http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/vegetea/2011/a00a0_01_73.html)
- 農林水産技術会議 2012. 茶・果樹の放射性セシウム濃度低減技術の開発. [http://www.s.affrc.go.jp/docs/nogyo\\_gizyutu/pdf/3\\_2.pdf](http://www.s.affrc.go.jp/docs/nogyo_gizyutu/pdf/3_2.pdf)
- 白木与志也・北 宜裕・山田良雄 2012a. 神奈川県内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.
- 白木与志也・北 宜裕・武田甲 2012b. 神奈川県における茶葉中放射性セシウム濃度低減への摘採・せん枝の効果. *RADIOISOTOPES*,61,587-594.
- 白木与志也・武田 甲・岡本 保・北 宜裕 2013a. 神奈川県内の茶樹における放射性セシウム濃度の経時変化について. 茶業研究報告, 115,1-9.
- 白木与志也・武田 甲・岡本 保・北 宜裕 2013b. 神奈川県内の茶園における放射性セシウムの樹体洗浄について. 茶業研究報告, 115,21-25.
- 白木与志也・武田 甲・岡本 保・北 宜裕 2013c. 放射性セシウムの茶苗木における転流, および成木茶園の枝, 幹における分布について. 茶業研究報告, 115,11-19.
- 白鳥克哉・松本昌直 2012. 茶樹からの放射性セシウムの取奪量と摘採回数との関係. 茶業研究報告, 114 (別),84-85.
- 高橋冬実・松本昌直・小杉 徹・白鳥克哉 2013. 静岡県内茶園における土壌に施用した安定同位体セシウムの吸収特性. 茶業研究報告, 116 (別),66-67.
- 武田 甲・白木与志也・岡本 保 2012. 土壌散布によるセシウムの茶新芽への移行. 神奈川県農業技術センター研究報告, 155, 35-38.
- 武田 甲・白木与志也・船橋秀登・北 宜裕・山田良雄 2013. 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. 土肥誌, 84,49-52.
- 財団法人原子力環境整備センター 1988. 土壌から農作物への放射性物質の移行係数. 環境パラメータ・シリーズ1.