

《短報》

土壌散布によるセシウムの茶新芽への移行

武田甲・白木与志也・岡本保・上山紀代美

Translocation of Cs to tea leaves by injection to soil

Hajime TAKEDA, Yoshiya SHIRAKI, Tamotu OKAMOTO and Kiyomi KAMIYAMA

摘 要

面積 3 m² の土壌埋設型ライシメーターで生育した 31 年生茶樹に対し、塩化セシウム [¹³³Cs] 3 g を 300 L の水に溶解し、2011 年 7 月 12 日に注入して栽培したところ、10 月 15 日に採取した秋冬番茶新芽には 1.53 mg kg⁻¹ のセシウムが含まれた。このことから、根域に水溶性セシウムが存在すると、茶樹は根からセシウムを吸収し、新芽まで移行することが示された。

キーワード：福島第一原子力発電所，Cs，茶，土壌

Summary

On July 12, 2011, we injected 3 g cesium chloride [¹³³Cs] / 300 L water into 31 - year - old tea trees cultivated on a 3 m² pan lysimeter. On October 15, new leaves and their buds (namely “new bud” for winter leaf Japanese tea) included 1.53 mg Cs kg⁻¹ of soil. These results suggest that if soluble Cs⁺ existed in the rhizosphere, tea trees would uptake it via roots, and translocate it in their leaves.

Key words: Fukushima No.1 nuclear power plant, Cs, Tea, Soil

緒 言

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 日以後、放射性物質が拡散した（青山ら 2011）。この影響により、関東東海地域内の多くの茶産地で生産された茶から放射性セシウムが検出された。神奈川県内でも、2011 年産一番茶から当時の暫定規制値 500 Bq kg⁻¹ を超える放射性セシウムが検出され、多くの地域で出荷制限に至った（原子力災害対策本部長神奈川県知事宛通知 2011 など）。

茶の放射能汚染に関する研究としては、茶葉に含まれる放射性セシウムを土壌の含有量と比較した報告（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、移動速度が遅いことを示した報告（Yücel and Özmen 1995）等がある。し

かし、国内土壌における茶樹根域での放射性セシウムの動態の詳細は解明されておらず、茶樹の根からの吸収に関する知見は極めて少ない。

著者らは放射性セシウムが茶園土壌内において水溶性の形態で茶樹根域に到達した場合を想定し、塩化セシウムを大量の水溶液として茶樹に投与し、茶樹が根からセシウムを吸収しやすい状況を設定して、土壌から茶新芽への移行が起こるかどうかを検討した。

また、本研究における塩化セシウム添加量を評価するために、著者らが用いた茶園と同一の土壌を用いて、添加したセシウムの土壌の吸着能をあわせて調査した。

材料及び方法

1. ライシメーター試験

実験は神奈川県農業技術センター北相地区事務所

内に設置した土中埋設ライシメーター(1.5 m × 2 m , 深さ 1 m , 無底枠, 9 基, 土壌: 厚層多腐植質黒ボク土)で行った. 供試材料は 1983 年に 3 年生苗を 1 基 7 株植え付け, 2011 年まで通常管理した‘やぶきた’を用いた. 2011 年 7 月 12 日に, ライシメーター 1 基当たり, 塩化セシウム [^{133}Cs] 0 g, 3 g 及び 30 g を 300 L の水に溶解してライシメーター枠内に急速に注入した. 実験は各水準 3 反復で行った.

その後伸長した秋冬番茶新芽を, 10 月 15 日に 5 葉程度まで, 可搬型摘採機で区内全量を採取した. 採取した新芽は 70 °C で 24 時間通風乾燥後, 一部を微粉碎して次のとおり分析に供した. 試料 1 g に硝酸 20 mL を加えて一昼夜静置後, 過塩素酸 10 mL を加え 12 時間加熱し湿式分解した. 乾固させて得られた白色の分解物を硝酸で溶解し, 最終 100 mL に定容して, 誘導結合プラズマ質量分析装置 (Agilent Technologies, 7700 X, 以下 ICP-MS) により計測した. 定量検量線は, セシウムについて 0, 0.1, 10, 100, 及び 1000 $\mu\text{g kg}^{-1}$ を含み, 試料と同濃度の硝酸を含む塩化セシウム水溶液により作成した. セシウムの分析定量限界は, 検体溶液について 0.1 $\mu\text{g L}^{-1}$ だった. この条件下では, 茶葉乾物当たりの検出限界は 0.01 mg kg^{-1} となった. さらに, 栽培後の 10 月 15 日に, 各ライシメーターより土壌を採取し, 風乾及び微粉碎処理を行った後, 各区 2 g の試料により, 同様の条件で栽培終了後の土壌中セシウム量を分析した.

2. 供試土壌のセシウム吸着確認試験

培養ビンに茶園土壌 11 g を採取し, 塩化セシウム水溶液を Cs 量で土壌に対し 1.00 mg kg^{-1} 添加し, 水分 50%程度に調整後, 25 °C で 0~16 週間培養した. 0, 1, 3, 7, 14, 28, 56 及び 112 日後, 土壌の交換性セシウムを 1 M 酢酸アンモニウムで抽出した. 定量には ICP を用い, 分析は上述の「1. ライシメーター試験」と同じ条件で行った. 比較のため, 神奈川県秦野市の非農耕地から採取した有機物含量の少ない火山灰土(以下「赤土」とする)に対し, 塩化セシウム水溶液を添加する実験を同様に実施した.

ライシメーター 1 基当たり塩化セシウム 3 g を水溶液で注入した区では, 秋冬番茶新芽に含まれるセシウムは平均 1.53 mg kg^{-1} となり, 塩化セシウム 30 g を水溶液で注入した区では平均 23.1 mg kg^{-1} となった(図 1). 変動係数は, それぞれ 0.22 及び 0.25 となり, ばらつきは平均値に比べ小さかった. 新芽のセシウム含量をライシメーター 1 基当たりの投入量で除した値をこの 2 水準間で比較すると有意差はなく, 根域内のセシウム存在量にかかわらず, 同程度の効率で根を介した土壌から茶新芽への移行が起こったことが推定された.

また, 塩化セシウムを投与しなかった試験区からはセシウムは 2 試験区で検出されなかったが, 1 試験区からは 0.11 mg kg^{-1} が検出された.

実験開始時のライシメーター内土壌(作土層 15 cm)の仮比重は平均 0.67, 含水率は 44.6 %であり, 最大容水量は 62.6 %だった. 長谷川(1997)に従って土粒子の密度 2.65 とし, 仮比重より孔隙率を算出すると, $1 - (0.67/2.65) = 0.747$ である. 粗孔隙がすべて塩化セシウム水溶液に満たされたとすると, 添加した 300 L の塩化セシウム水溶液は深さ 13.4 cm までの土壌に浸透したと考えられた. 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. したがって本試験において投入した塩化セシウム水溶液は, 根域まで急速に到達したと推定された.

栽培後のライシメーターから採取した土壌(表面 0 cm ~ 20 cm)を硝酸・過塩素酸により湿式分解し, ICP-MS により抽出液のセシウム濃度を実測したところ, 検出されたセシウムは, 塩化セシウム 3 g 投入区では 12.1 mg kg^{-1} (標準偏差 1.24), 30 g 添加区では 43.2 mg kg^{-1} (標準偏差 19.6), 無添加区では 0.09 mg kg^{-1} (標準偏差 0.08)だった. 供試試料を採取した深さ 20 cm までの乾燥土壌重量は, 仮比重よ 402 kg 程度と考えられるから, 実験開始時の深さ 20 cm までの平均セシウム濃度の理論値は, 塩化セシウムとして 2.37 g) 投入区では 5.89 mg kg^{-1} , 30 g (セシウムとして 23.7 g) 添加区では 58.9 mg kg^{-1} となる. 従って, 実験終了後に検出されたセシウムの濃度

結果及び考察

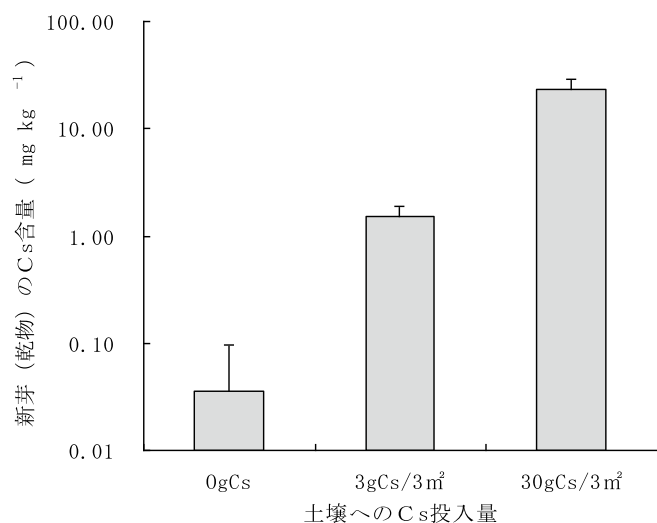


図1 土壌注入による茶新芽のセシウム吸収

は、3 g 添加区では理論値の倍程度と過大となり、30 g 添加区では理論値の 2/3 程度となった。過大となった原因は、土壌試料採取時に生じた偏りと考えられるが、これらの結果から、投入したセシウムの多くが実験終了時まで茶樹根域に存在したと考えられた。

一方、ビンに採取した茶園土壌及び赤土に、セシウムを 1.00 mg kg^{-1} となるように添加して培養した試験では、112 日間の試験終了後に、交換態として 1M 酢酸アンモニウム水溶液に溶出した割合は、茶園土壌は 64.4 %、赤土は 63.9 % だった (図 2)。このことから、図 1 に示したライシメーターによる実験の条件では、実験開始後、時間の経過とともに添加したセシウムの一部は土壌への固定などにより回収されなくなるが、多くは交換態で存在することが推定された。

図 1 の結果から、根域に多量の水溶性セシウムを投与すると、茶樹は根からセシウムを吸収し、新芽に移行することが示された。このことから茶樹は根域に到達した水溶性セシウムがあれば、これを吸収し、その一部は茶葉へ移行することが示唆された。このことは長期的な影響を考える上で重要である。しかし、本研究の結果は、大量のセシウムイオンを茶樹根域に存在させたモデル試験の結果であるから、これから放射性セシウムの茶樹への移行係数を予測することはできない。茶園土壌と茶樹における放射性セシウムの動態の定量的把握については、今後注意深く調査していく必

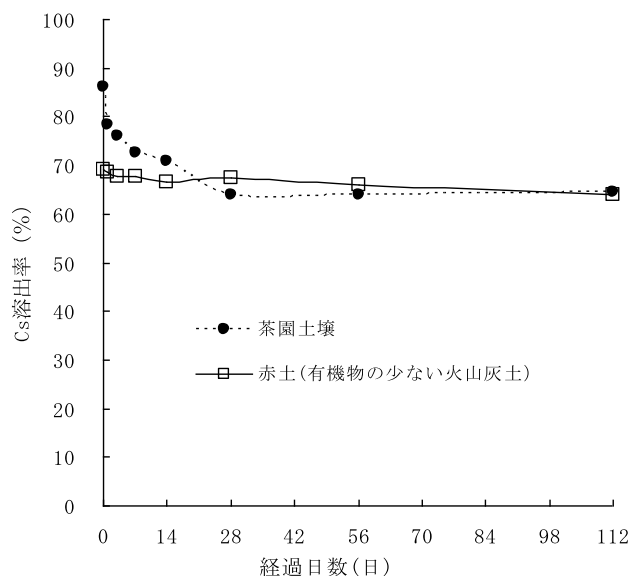


図2 セシウム溶出率の経時変化

セシウム溶出率は 1 M 酢酸アンモニウムに溶出する交換態セシウムの、添加した総セシウムに対する割合で示した。

要がある。

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。野中・廣野 (2011) は微量の塩化セシウムを用いた葉面散布・土壌施用実験により、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。これらのことから、2011 年 3 月以後の初期段階での放射性セシウムの茶樹への移行は根を経由した吸収ではなかったと考えられる。

また、武田ら (2013) は、神奈川県内の茶園における土壌の放射性セシウムの垂直分布を調査し、事故後 7 か月を経ても、放射性セシウムは茶園内の有機物層及び表層に多く分布していたことと、最も高濃度であったのは樹冠下の表面有機物であることを明らかにした。このことと、茶園面積の大部分を占める樹冠下は今後も耕耘されないことから、茶樹の根からの急激かつ大量の吸収は今後も起こらないものと考えられる。

謝 辞

本研究は、北宜裕博士、嶋津貴紀氏、坂本英介氏、山田良雄氏の助言により行った。関係各位による情報収集と助言の多大な労力に深謝する。渡部尚久博士にはご校閲の労をいただいた。記して謝意を表す。

引用文献

- 青山智夫・八木徹・神部順子・中山榮子. 2011.放射線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.
- 原子力災害対策本部長内閣総理大臣. 2011年. 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).
- 長谷川周一. 1997. 第II章土壌物理. p22. 土壌環境分析法編集委員会. 日本土壌肥料学会監修. 土壌環境分析法. 博友社. 東京.
- 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.
- 白木与志也・北宜裕・山田良雄. 2012. 神奈川県の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.
- 武田甲・白木与志也・船橋秀登・北宜裕・山田良雄. 2013. 神奈川県のおける放射性セシウムの垂直分布. *日本土壌肥料学雑誌.* 84(1):49-52
- Yücel,H. and Özmen,A. 1995. Migration of ^{137}Cs extracted from contaminated tea in sandy clay soil. *J.Nucl. Sci. Technol.* 32(6):547-555.