

営農再開初年度の水田における放射性微粒子の存在と水稻へのセシウム吸収 Distribution of radioactive cesium-rich microparticles in the paddy field and its effect to Cs transfer to rice in first year of restarting farming

辰野宇大¹・志田篤紀¹・高橋諒太郎¹・吉村和也²・二瓶直登³

¹北海道大学・²日本原子力研究開発機構・³福島大学

要旨(Abstract)

東電福島原発事故から13年が経過し、福島県内では営農を再開する農地が増加している。本研究は、2023年に営農を再開した水田において、高濃度放射セシウム含有微粒子(CsMPs)や放射性セシウム(Cs)の圃場内分布、玄米へのCs移行に与える影響を調査した。土壌におけるCsやCsMPsについて、圃場内分布(水口、中央、水尻部)には明確な傾向は見られなかった。また、土壌のCsMPs由来のCs濃度を従来法と温塩酸処理法を用いて調査した結果、前者は土壌Cs濃度の7%、後者は22%がCsMPsに由来するとの結果を得た。しかし、玄米へのCs移行係数においてCsMPsの影響を考慮した正味の移行係数は、影響を考慮しない見かけの移行係数と優位な差はなく、玄米へのCs移行においてCsMPsの影響は限定的であることが示唆された。

キーワード：放射性セシウム、除染、水稻、移行係数

Key words: Radioactive Cesium, Decontamination activity, Rice paddy, Transfer factor

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故以降、居住区を中心に除染活動が進み、環境中に飛散した放射性セシウム(Cs)の影響は大幅に軽減され、福島県内の営農再開面積も増加しつつある。一方で、県面積の約7割を占める森林域においては全面的な除染が難しく、大気や河川等を通じて、広範囲にCsが再移動することから、除染・営農を再開した農地における周辺環境からのCsの流入、作物への移行に関する評価は現在においても重要である。特に、県沿岸部には未除染かつ高濃度に汚染された森林域が多く残り、当該地域から原発由来のCsを含む不溶性ガラス質微粒子である高濃度放射セシウム含有微粒子(CsMPs)が河川や大気を通じて周辺環境に移動することも報告されている¹⁾。本研究では、2023年から営農を再開した福島県浪江町の水田圃場を対象に、土壌におけるCsおよびCsMPsの圃場内分布、玄米のCs濃度を調査し、水田圃場のCs濃度や玄米へのCs移行におけるCsMPsの寄与について評価した。

2. 実験方法

(1)対象地・試料：2023年に営農を再開した福島県浪江町の水田圃場を対象地とした。対象地を縦横4分割の計16区画に分け(Fig.1)、各区画において2023年5月(代掻き後)と9月(収穫期)に土壌表層から20~30cm程度の作土層に相当するカラム土壌をライナー採土機やアクリル円筒等で採取した。また、各区画において9月に水稻試料の採取も行った。

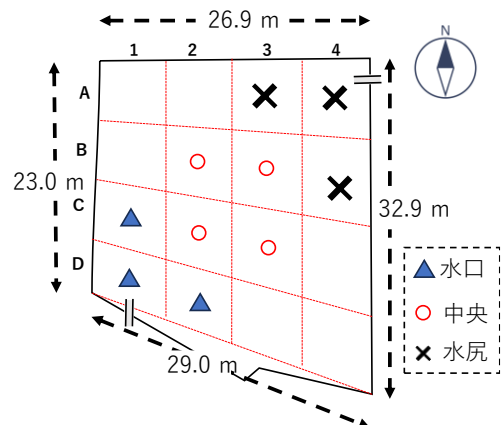


Fig.1 圃場の採取区画

(2)Cs濃度の分析：カラム土壌は表層から所定の長さで切り分け、Ge半導体検出器を用いて

Cs 濃度 (^{137}Cs , ^{134}Cs) を測定した。また、水稲試料は十分な風乾処理を行った後、玄米・籾・藁にわけ、各部分ごとの Cs 濃度を測定した。収穫期に採取された土壌と作物体の Cs 濃度比から、水稲への見かけの Cs 移行係数を求めた。また、後述の CsMPs 由来の Cs 濃度 (CsMPs 濃度) の測定結果から、土壌の Cs 濃度において不溶性微粒子である CsMPs の寄与を排した正味の移行係数の評価も行った。

(3)放射性微粒子の測定：本研究ではオートラジオグラフィ法 (ARG 法)²⁾と温塩酸処理法 (CE 法)³⁾を用いて、収穫期の土壌の CsMPs 濃度 (CsMPs_{ARG}, CsMPs_{CE}) を算出した。

3. 結果

(1)土壌の Cs・CsMPs と玄米の Cs 濃度：収穫期に採取した土壌における圃場内の Cs 濃度 ($^{134}\text{Cs}+\text{}^{137}\text{Cs}$)、CsMPs 濃度、玄米部の Cs 濃度を Table1 に示す。水口・中央・水尻の各区分における土壌の Cs 濃度および CsMPs 濃度、玄米の Cs 濃度には優位な差はなく ($p > 0.05$)、圃場内の放射能汚染の状態・分布に明確な傾向は見られなかった。また、これは抽出処理の異なる CsMPs 濃度 (CsMPs_{ARG}, CsMPs_{CE}) の圃場内分布においても同様であった。

Table1 土壌の Cs・CsMPs, 玄米の Cs 濃度の圃場内分布

	水口	中央	水尻
soil (Bq/kg)	2983	3058	3253
CsMPs _{ARG} (Bq/kg)	209	112	389
CsMPs _{CE} (Bq/kg)	740	724	1003
brown rice (Bq/kg)	12.6	6.1	5.7

(2)Cs 濃度における CsMPs の寄与と玄米への Cs 移行への影響：収穫期に採取された圃場全体の土壌 (16 区画の平均) における Cs 濃度および CsMPs 濃度を Fig.2 に示す。圃場全体の土壌の平均 Cs 濃度 2926 Bq/kg に対し、ARG 法と CE 法で算出された CsMPs 濃度はそれぞれ 207 Bq/kg, 693 Bq/kg であり、これは土壌の Cs 濃度の約 7%と 22%を占めた。CE 法は

ARG 法で使用するイメージプレート画像の閾値 (1 粒子あたり 0.06Bq) 以下の CsMPs を定量できると考えられ、ARG 法で取りこぼした可能性のある CsMPs が土壌中には無視できない量が含まれていることが示唆された。また、Fig.3 に CsMPs を含んだ土壌からの見かけの移行係数 (TF_{apparent}) と、CsMPs の寄与を排した正味の移行係数 (TF_{ARG}, TF_{CE}) を示す。圃場全体における各移行係数の平均は TF_{apparent}: 2.81×10^{-3} , TF_{ARG}: 2.99×10^{-3} , TF_{CE}: 3.58×10^{-3} となり、各移行係数の間に優位な差はなかった ($p > 0.05$)。CsMPs は作物表面に付着した際に、作物の Cs 濃度を局所的に増加させることが既往の研究で報告されているが⁴⁾、本研究のような水稲の経根吸収を対象としたような場合では、CsMPs が作物の Cs に与える影響は限定的であることが示唆され

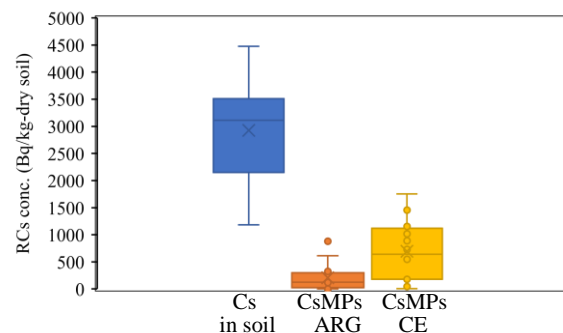


Fig.2 圃場全体での土壌の Cs 濃度と CsMPs 濃度

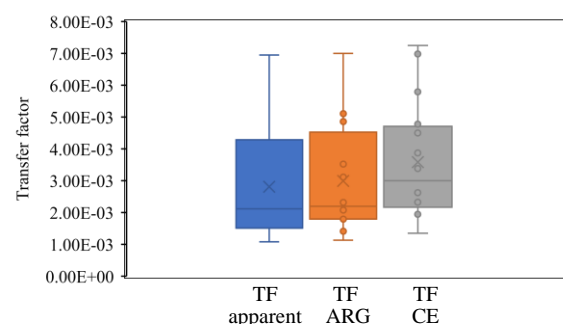


Fig.3 圃場全体での見かけと正味の Cs 移行係数

謝辞 本研究は科研費 (24K17981)、ヤンマー資源循環機構 2024 年度研究助成、2023 年度エスベック地球環境研究・技術基金の助成を受けて行った。また、試料分析手法について東京大学教授小暮 敏博先生にもご協力いただいた。ここに記して感謝する。

参考文献等 ¹⁾ Igarashi et al., 2019. J. Environ. Radioactiv. 205-206, 101-118. ²⁾ Ikehara et al., 2018. Environ. Sci. Technol., 52(11), 6390-6398. ³⁾ 小暮他. 日本放射化学会第 66 回討論会, 2022 年 9 月 16 日発表 ⁴⁾ Manabe & Matsumoto, 2019. J. Nucl. Sci. Technol. 56, 78-86.