

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26511004

研究課題名(和文) 稲わらの再利用による水田除染後の地力向上に関する基礎研究

研究課題名(英文) The improvement of soil fertility by the mixing of the rice straw into the paddy field after the stripping top soil off decontamination

研究代表者

西脇 淳子(Nishiwaki, Junko)

茨城大学・農学部・助教

研究者番号：00549892

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、稲わらによる有機物補給機能を重視した、新たな地力増進手法を開発することを目的とした。2011年の原発事故後、原発より40km北西に位置する農業の盛んであった福島県飯館村の農地では、削り取り除染や客土が行われた。そのため、以前に蓄積された肥沃な土壌や土壌有機物含量が低減する恐れがあった。継続的な土壌および水稲中の放射性セシウム濃度の観測結果より、飯館村の除染後水田において、国の流通基準を大幅に下回るコメを栽培できることが確認された。また、生育調査および収量調査結果より、削り取り除染直後の水田においては、有機物、特に稲わらの施用施用が生産量回復に有効であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The agricultural fields were contaminated by the radionuclides after the Nuclear Power Plant accident in Iitate Village. Since 2011, decontamination work such as stripping-off the top soil had been ongoing. Although decontamination is essential, the soil fertility could be decreased. Here, we examined the use of organic matter to quickly recover the fertility of the agricultural top soil. We transplanted rice crops into three paddy plots: mixed with rice straw, with cattle manure, and without anything as a control after decontamination. The rice yield from the rice straw plot was higher than others in first year. After that, there were no differences depend on the treatments. Radioactive Cs concentrations in the new rice from all plots had been lower than the maximum Japanese governmental allowed level through this research. These results revealed that treating soil with rice straw might have great potential to aid a paddy field recovery just after the decontamination.

研究分野：土壌物理

キーワード：放射能汚染 水田 削り取り除染 有機資源 稲わら 生産性

1. 研究開始当初の背景

2011年の福島第一原子力発電所の事故で、広範囲の農地が放射性物質で汚染された。特に、原発から北西方向に向かう農耕地土壤中では、高濃度汚染が観測された。原発から北西方向に30~50km圏に位置する飯館村は、事故前は農業の盛んな地域であった。また、「までい(飯館の方言で、丁寧に、心をこめてなどの意)ブランド」という安全で健康に良い農産物を作り、自然環境と調和した循環型農業を推進する流れがあった。飯館村は全村が避難指示区域で、農地の除染が行われた。しかし農家からは、除染は行われても、農産物を生産するための土壌の肥沃度(地力)が低下するのではないかと、という懸念があがっていた。現実的には、表層土壌は10cm程度取り除かれると考えられるため、既往の層別土壌有機物(炭素)データより、有機物量は半減することが推察される。

農水省は、表土削り取り除染でCs濃度が90%低減できたと報告するが、長年培ってきた農業に適する土壌が取り去られるという問題がある。化学肥料で収量を上げる工夫はできるが、持続的農業の再生には、土壌そのものを作物生産に適した状態に回復させる必要がある。その点で、農地由来の有機資源を利用し、長期的視点で土壌改良させることが重要と考えられた。

2. 研究の目的

飯館村の除染計画書には、村内の水田(1,178ha)や畑(1,127ha)への表土削り取り等の計画があるが、それにとまなう土壌劣化やその再生への取り組みの具体的な方策が提案されていない。削り取りで土壌中放射性Csが90%除去できる反面、土壌有機物含量は半減する。飯館村など山間地の土壌改善には落ち葉等の地域有機資源が有効活用されてきたが、森林汚染にとまなない落ち葉堆肥が利用できない。本研究では、稲わらによる有機物補給機能を重視した、新たな地力増進手法を開発する。この手法は農家にとって実現可能で、多くの地域で適応の可能性が高い。

本目的における飯館村での農業再生には、農家の方の生活再生が必要である。したがって、本研究では、3つの主題を設定した。()現場で働く農家の安全、および()消費者の安全を守りながら、()作物の安定生産のために農地地力の回復を図り、飯館村における循環型農業を再生させること、である。これらの解決を通して稲わらによる農地再生を試みた。本研究を遂行するため、研究期間内に以下の3項目について検討した。

(1) 農地土壌と空間線量モニタリングを行い、放射性物質の周辺環境への拡散がなく、農業従事者や近隣生活者への基準値以上の被ばくが生じない有機資源のすき込み法を開発する。そのために、モニタリング結果を用いて環境や生態系リスクを検討する。

(2) 放射性物質の作物移行量を測定し、

再汚染を生じさせない有機資源、およびすき込み法を明らかにする。

(3) 各種有機資源の土壌すき込み後に土壌特性の刑事変化調査、および作物生育量調査を行い、除染により生産力の低下した土壌の地力向上策を提案する。

3. 研究の方法

稲の生育量調査と土壌診断を継続的にを行い、表土削り取り除染後の農地における地力、および各種有機資源を施用した際の地力変化を調べた。有機資源としては、現場農地由来の有機資源を活用し、福島県飯館村で推進されてきた自然環境と調和した循環型農業の再生を目指した。水田稲作に重点を置き、収穫された稲わら、および牛ふん堆肥を土壌にすき込むことで、表土削り取りで低下すると考えられる地力の回復を目指した。また、資源すき込みによる放射性物質の拡散影響と稲の再汚染の有無に関し、土壌と作物の継続的な線量モニタリングにより評価した。稲の栽培試験は飯館村佐須地区で行った。本地区では事故前から自然との調和に重きを置いた米作りが行われ、稲作が盛んであった。農地は地元農家より借用した。

具体的には、有機資源として分解の遅い稲わら(稲わら区)、または分解の進んでいる牛ふん堆肥(堆肥区)をすき込んだ除染後農地、および何も添加しない除染後農地(対照区)で水稻栽培を行い、(1)土壌・空間線量モニタリング、(2)作物移行量調査、および(3)土壌特性変化と生育調査を行うことで、地力向上を目指した循環型農業の開発を行った。下記に、それぞれの具体的な計画を示す。

(1) 土壌・空間線量モニタリング(平成26-28)

定点観測用の線量計を設置し、空間および土壌線量の変化を継続的にモニタリングする。また、各処理区の土壌を定期的に取り出し、Ge半導体検出器(GC4020, Canberra Industries Inc., エネルギー分解能は1.33 MeVで2.0 keV以下)を用いた高精度線量測定を平衡した。研究代表者の西脇と連携研究者の溝口が担当した。

(2) 作物移行量測定(平成26-28)

各処理区で収穫されたイネの地上部セシウム濃度を測定し、土壌、稲わら、および堆肥由来セシウムの作物への移行率を推定した。イネの部位による放射性物質蓄積量を把握するため、稲わら、稲もみの線量測定を行った。また、玄米と精米時の線量測定も行った。西脇と溝口が担当した。

(3) 各種有機資源の土壌すき込みによる土壌特性変化モニタリング、および作物生育量調査(平成26-28)

継続的に農地土壌をサンプリングし、土壌pH、EC、陽イオン交換容量、全炭素・全窒素、可給態リン酸、交換性塩基類等の土壌特性を測定した。西脇と連携研究者の小松崎が

担当した。

生育量調査として、イネ草丈、茎数、SPAD値を計測した。また、収穫時に収量測定として、穂数、籾数、籾千粒重、登熟歩合、玄米収量等の測定を行った。研究分担者の浅木が担当した。

水稻栽培は慣例に従い、全試験区で、基肥(N:P₂O₅:K₂O:MgO=12:18:16:4)を40kg=10a、KClを20kg=10aで施用した。栽培品種はひとめぼれ、またはコシヒカリで、栽植密度は30×18cm、1株5本植えとした。移植は試験期間を通して6月上旬に、収穫は10月上旬に行った。

4. 研究成果

農業再生のためには農地除染が喫緊の課題である。しかし、除染を行っても、農業を再開し、生産作物が世に流通して収益を上げなければ、本質的な農業の復興には繋がらない。本研究の特色は、除染後農地の作物生産性の低下という将来的に起こりうるであろう問題にいち早く着目し、農業再生のために調査およびデータ収集を行った点である。独創的な点は、除染後農地の地力回復へ向け、循環型農業に目を向けて、将来的に持続可能な農業の再生を試みた点である。下記、それぞれの項目に対する成果を示す。

(1) 土壌・空間線量モニタリング

土壌中放射性Cs濃度は年による経時的な変化は確認できなかった。一方、空間線量に関しては、放射性物質の半減期にともなう低下が確認された。土壌中での放射性Cs濃度に経時的な傾向が認められなかったのは、現場における不均一性の問題に由来すると考えられた。各区において5点法でサンプリングを行ったが、区ごとにばらつきがあったと考えられる。また、農作業中の個人線量計による積算被ばく線量は、個人差があったが、2014年度の田植えにおいて6時間の屋外作業で3~6μSvであった。これも、空間的な差に由来すると考えられる。平均値4μSv/6h=0.66μSv/hは、国(環境省、2011)が示している毎時0.23μSvより高い値であった。しかし、空間的なばらつきと日々の屋外作業量等を検討し、被ばく線量を低減できると考えられる。本地域は冬場は雪で覆われ、雪の遮蔽により線量が低減することが学会等で口頭報告されている。また、年々空間線量は低下してきている。被ばくによる健康被害の問題は本課題を超えるためここでは議論することはできないが、どの程度の被ばく線量があるのかを把握することは村民の安心・安全につながる。これらのデータをもとに、2016年度より、本課題に協力していただいているNPO法人ふくしま再生の会発信で、個人の日々の活動と線量測定が開始された。個人情報のためデータは公表されていないが、これらの値をもとに、村民の安心・安全につながる見当が可能になると考えられる。今後も、継続的な測定が重要である。

(2) 作物移行量測定(平成26-28)

土壌および作物中の放射性セシウム濃度を継続的に観測し、移行量を算出した。水稻中の放射性物質濃度は、地上部部位ごとに差があり、茎葉で若干高く、籾や玄米で低いことが確認された。ここで、高い濃度というのは、Ge測定器によるものであり、分析器の精度をかなり高め、値がでるようにして確認したものである。玄米は国の流通基準値を大幅に下回る値で、通常流通用米の検査に用いられる分析器では検出限界値以下の値(不検出)であった。Cs134とCs137には半減期にともなう差がみられた。2015年は、茎葉で高濃度の放射性Csが観測されたが、これは、関東豪雨にともなう洪水流入土砂が水稻に付着したためと考えられる。収穫後の乾燥前に水洗いを行ったが、洗い流せなかった土壌コロイド成分が付着していたと考えられる。2015年の水稻でも、玄米では放射性Cs濃度は低減し、流通基準値を大幅に下回った。移行量は、どの程度の割合で土壌中放射性物質が作物へ移動するか、という基準である。大きければ移行しやすいことを示すが、土壌中の存在量が非常に少なければ、作物への移行割合が大きいとしても、実際の作物への移行量は非常に小さいということになる。Cs134とCs137の移行係数は、ほぼ等しい値であった。よって、どちらのCsも似た動態を示すと考えられる。土壌から玄米への移行係数は本区では0.01程度であった。

(3) 各種有機資源の土壌すき込みによる土壌特性変化モニタリング、および作物生育量調査(平成26-28)

有機資源の投入により、特にCN比に変化が出ると予想していたが、土壌の特性変化はほとんど認められなかった。本研究での投入量では変化に対しては大きな影響がなかったと考えられる。土壌特性も、区画ごとの差はほとんど認められなかった。

生育調査に関しては、SPAD値は年間を通じた違いは認められなかった。イネ草丈は、2016年において他の年よりどの区でも低い傾向であった。分けつ数は2014年に堆肥区でもっとも多く、稲わら区で低い結果であった。これは、一般の方々の田植え体験を開始した年であり、一枚あたりの植え付け本数の違いが反映されたものと考えられた。2015、2016年は区画による違いは確認されなかったが、2016年の分けつ数は他の年よりも少なかった。収量は削り取り直後には有機物投与による生産性の回復が確認されたが、その後はどの区も有機物施用・無施用での違いは確認されなかった。それ以上に、気象条件等による影響が大きいことが確認された。これは、本区域の土壌が深度方向に深くまで肥沃であったことと関係すると考えられた。目視による土壌断面の観察でも、70cm程度まで、黒色の土壌が続いていた。よって、現場土壌の適切な観察と組み合わせた農業復興体系の検討が必要である。本区においては、削り

取り直後の有機物投与は有効と示唆された。
本申請課題により、削り取り直後の水田において、放射性物質の環境中での拡散と稲への移行を軽減できる循環型農業の開発が行えた。その後は、有機資源投与の有無での違いは認められなかったが、水稲への放射性物質の移行はほぼ観測されず、国の流通基準を大幅に下回る放射性セシウム濃度の水稲栽培が行えることが確認された。したがって、本申請課題は、人の安心・安全な暮らしを支え、農業の再生へとつながる重要な意義を持つと考えられる。今後もモニタリングを継続する必要がある。

<引用文献>

環境省、2011、

<https://www.env.go.jp/press/files/jp/18437.pdf> (2017.5.1 参照)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計8件)

西脇淳子、浅木直美、小松崎将一、溝口勝、登尾浩助、飯館村除染後水田における生産性回復のための有機資源投入実証試験経過と飯館村の現状、土壌の物理性、135、2017、33-39、査読有

Jayasanka, D., Komatsuzaki, M., Hoshino, Y., Seki, H., Moqbal, M., Nutrient Status in Composts and Changes in Radioactive Cesium Following the Fukushima Daiichi Nuclear Power Accident, Sustainability, 8, 2016, 1332, 査読有

Junko Nishiwaki, Naomi Asagi, Masakazu Komatsuzaki, Masaru Mizoguchi, Kusuke Noborio, Effect of added organic matter on soil fertility after stripping-off Cs-contaminated top soil at Iitate village in Fukushima Prefecture, Paddy and Water Environment, 15 (1), 2016, 11-18, DOI 10.1007/s10333-016-0524-4, 査読有

溝口勝、伊藤哲、農業・農村を変えるフィールドモニタリング技術、水土の知、82(2) 3-6、2015、査読有

[学会発表](計29件)

Junko Nishiwaki, Masakazu Komatsuzaki, Masaru Mizoguchi and Kosuke Noborio, The Effect of Continuous Application of Organic Materials and Flooded Sand Inflow on the Cs Concentration in Rice after Stripping the Cs Contaminated Top Soil Off at Iitate Village in Fukushima Prefecture, ASA, CSSA and SSSA International Annual Meeting, Phenix, USA, 2016.11.9

西脇淳子、浅木直美、小松崎将一、溝口勝、登尾浩助、飯館村除染後水田における生産性回復のための有機資源投入実証試験サイトの経過報告、2016年度 土壤物理学学会大会(招待講演) 京都大学、2016.10.29

西脇淳子、小松崎将一、溝口勝、登尾浩助、

飯館村除染後農地での水稲収量および放射性Cs濃度への洪水土砂流入の影響、平成28年度農業農村工学会、2016.8.31

Junko Nishiwaki, Naomi Asagi, Masakazu Komatsuzaki, Masaru Mizoguchi and Kosuke Noborio, Cs transfer to rice plants from soil after continuous application of organic materials at Iitate Village, Japan Geoscience Union Meeting, 幕張メッセ, 2016.5.23

Masaru Mizoguchi, Yoichi Tao and Muneo Kanno, Radiation Measurement in Paddy Soil Layer That Was Buried Contaminated Topsoil in Fukushima, SSSA Annual Meeting, Mineapolis, USA, 2015.11.16

西脇淳子、小松崎将一、溝口勝、登尾浩助、飯館村での除染後農地への有機物継続施用における水稲生育と土壌特性、土壤物理学学会、佐賀大学、2015.10.24

溝口勝、板倉康裕、菅野宗夫、田尾陽一、汚染表土を埋設した水田土層内の放射線測定、平成27年度農業農村工学会、岡山大学、2015.9.2

西脇淳子、浅木直美、小松崎将一、溝口勝、登尾浩助、飯館村における除染後農地の再生に向けた投入有機資源の違いがイネ生産性に与える影響、平成26年度農業農村工学会、2014.8.28

溝口勝、西村拓、伊井一夫、田尾陽一、までい水田における放射性セシウムの鉛直移動、平成26年度農業農村工学会、2014.8.28

[図書](計1件)

溝口勝、原発事故後、いかに行動したか - 専門家と被災者の軌跡、原子力と地域住民のリスクコミュニケーションにおける人文・社会・医学による学術的研究(研究代表者: 中川恵一)、東京大学医学部付属病院、2015年3月31日発行

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西脇 淳子 (NISHIWAKI JUNKO)

茨城大学・農学部・助教

研究者番号: 00549892

(2) 研究分担者

浅木 直美 (NAOMI ASAGI)

茨城大学・農学部・准教授

研究者番号: 40571419

(3) 連携研究者

溝口 勝 (MIZOGUCHI MASARU)

東京大学・農学生命科学研究科・教授

研究者番号: 00181917

小松崎 将一 (MASAKAZU KOMATSUZAKI)

茨城大学・農学部・教授

研究者番号: 10205510