

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 19 日現在

機関番号：11101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26660188

研究課題名(和文)複合汚染農地の客土による更正

研究課題名(英文)Amendment by soil dressing on farmland with multiple contamination

研究代表者

佐々木 長市(Sasaki, Choichi)

弘前大学・農学生命科学部・教授

研究者番号：30162374

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：複合汚染農地の水田転用は、稲体へのカドミウムの移行が懸念される。本研究では、青森県内のリンゴ園土壤中の各種重金属濃度を調査したうえで、複合汚染農地の水田転用を想定して成層水田模型を作製し、客土(層厚や混層耕)及び浸透型が稲に及ぼす影響を調査した。土壌調査では、銅などの重金属濃度が高い園地が観察された。成層水田模型実験で、客土厚を12.5cmと薄くしても下層の汚染土濃度を1.0mg/kg以下にすると浸透型に関わらず汚染米が検出されず、また客土厚25cm以上が浸透型の如何によらず安全という結果となった。混層耕と組み合わせた経済的な客土厚及び浸透型の相違による玄米への影響が明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Converting multiple contaminated arable lands, including orchards, to paddy fields may cause heavy metal contamination of rice plants. Here, we investigated soil cadmium, copper, arsenic and zinc content at three apple orchards in Aomori prefecture. Then, growing experiments with stratified paddy field models were conducted to clarify effects of soil dressing and percolation patterns on rice plants at converted multiple contaminated fields. High Cu content was detected in a certain site by the field investigation. The model experiments revealed that it was effective to dilute soil Cd content to 1.0 mg/kg for reducing Cd uptake of rice plants even if the soil dressing was 12.5cm, half of the recommended thickness, regardless of percolation patterns. Soil dressing thicker than 25cm was also effective for decreasing Cd content in brown rice. Thus we clarified the economical combination of soil dressing and mixing tillage, and effects of percolation patterns on Cd uptake of rice plants.

研究分野：農学

キーワード：農地整備・保全 農地の重金属汚染 成層水田 カドミウム 浸透型

1. 研究開始当初の背景

(1) リンゴ園では、長年にわたり各種農薬が使用され、カドミウム(Cd)や銅(Cu)などの重金属の複合汚染果樹園となっていることが懸念されている。こうした園地が水田に復元された場合の重金属や浸透型の影響、さらに経済的な対策は検討されていない。
 (2) 玄米中のCd濃度基準は、国際的には0.1-0.2mg/kgという国が多く、こうした国への日本の米などの輸出促進という面からもこの基準のクリアは重要課題である。

2. 研究の目的

(1) リンゴ園の深度方向のCd、Cu、ヒ素(As)及び亜鉛(Zn)の実態解明を青森県の主要土壌タイプについて明らかにする。
 (2) 成層水田模型を用い、客土厚、汚染土のCd濃度及び浸透型(開放浸透、閉鎖浸透)の相違が稲の生育収量及び植物体のCd濃度にどのような影響を与えるかを解明する。

3. 研究の方法

(1) 初年度は、青森県のリンゴ園の代表的3土壌タイプ(細粒灰色低地土:F地点、表層腐植質クロボク土:H地点、細粒褐色森林土:K地点、20年以上の栽培履歴をもつ)においてソイルオーガーを用い1mまでの重金属(Cd、Cu、As、Zn)濃度を約10cm深毎に調査した。採取した土の土性及び原子吸光法による土壌分析などを行う。
 (2) 2年目以降は、成層水田模型(作土、すき床、心土から構成)を作製し、客土厚を10cm~25cmとし、汚染土(15cm厚)の濃度を0.5mg/kg、1.0mg/kg、2mg/kgと変えて、かつ下層の浸透型を閉鎖浸透と開放浸透として、稲(15本、つがるロマン)を移植し、生育収量及び植物体のCd濃度を調査した。具体的な成層水田模型は、客土厚を12.5cm、汚染土厚を15cmとし、この汚染土濃度を0.5mg/kgとした模型をo-1、c-1、汚染土濃度を1.0mg/kgとした模型をo-2、c-2、汚染土濃度を2.0mg/kgとした模型をo-3、c-3と命名した。

同様に、成層水田模型の汚染土の濃度を2mg/kgとし、客土厚を20.0cm、25.0cmとした模型をそれぞれ、o-4、c-4及びo-5、c-5とした。ただし、oはすき床層及び心土層が開放浸透模型、cは同層が閉鎖浸透模型を意味する。

各層の温度及び酸化還元環境は各層の中心部に温度及びEhセンサーをセット測定した。常時湛水栽培として、成層水田の作製装置(30×50×70cm、鉄製)は、学内のビニールハウス内に行った。

4. 研究成果

(1) H地点の土壌は、上層20cmの重金属濃度がAs(20-25mg/kg)及びZn(250-400mg/kg)で、管理基準を上回る値となったが、下層はこれに比べ低下し、管理基準を下回った(図

1)。

K地点は、上層に比べ下層の重金属濃度が高い結果となった。Cuの下層の値は、管理基準を上回る値となった。F地点は、上層の重金属濃度が高まる結果となったが、管理基準を上回る値とはならなかった(図2)。

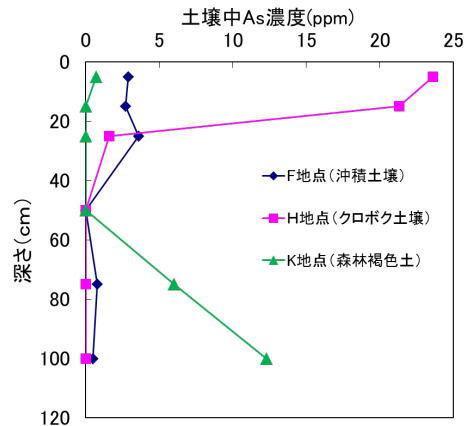


図1 土壌中のヒ素濃度

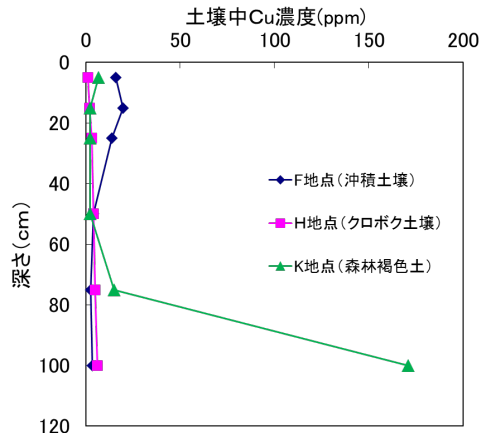


図2 土壌中の銅濃度

(2) 成層水田模型の各層の酸化還元環境は、浸透型に対応した値となった。具体的には、全ての水田模型で、作土層は-100mV以下となり、還元層となった。すき床層及び心土層は、o-1~o-5において400mV以上の値を示す酸化層となった。水平方向からの酸素供給の影響によると判断される(佐々木ら、2010)。これに対し、c-1~c-5のすき床層及び心土層は-100mV前後となり、還元層と判断された。この結果より、開放浸透層では、汚染土が酸化層となり、植物に吸収されやすい形態(松中照夫、2003)となるが、閉鎖浸透層では吸収が抑制される実験環境となったと推察された。

(3) 成層水田模型の客土厚が12.5cmで、下層の汚染土の濃度を変えた模型の生育収量(草丈、茎数、総藁重、穂数、玄米千粒重など)は、統計的な有意差は明確には認められなかった。

同条件の成層水田模型での植物体のCd濃度は表1のようになった。玄米中のCd濃度

は、o-3 模型で他の模型に比べ有意に高い結果となった。5 模型は、Cd 濃度の相違及び浸透型の相違によらず日本の非汚染地の Cd 濃度以下となった。混層耕は、少ない客土厚条件下では、浸透型の如何にかかわらず汚染土濃度を 1.0mg/kg 以下とすることが有効対策となる。茎の Cd 濃度も玄米と同様な有意差が認められた。

表 1 混層耕と植物体の Cd 濃度

模型	玄米	茎葉
	(mg/kg) n=10	(mg/kg) n=10
O-1	0.07±0.04 ^b	0.33±0.13 ^b
O-2	0.05±0.01 ^{ab}	0.28±0.14 ^b
O-3	0.17±0.05 ^c	0.86±0.45 ^a
C-1	0.05±0.01 ^{ab}	0.21±0.10 ^b
C-2	0.04±0.01 ^{ab}	0.18±0.03 ^b
C-3	0.03±0.01 ^a	0.24±0.13 ^b

異符号間は Tukey Kramer 法により 5%水準で有意差を示す。各数値の±は標準偏差を表す。

(4) 客土厚を変え成層水田模型での生育収量は、下層の汚染土の Cd 濃度を変えた模型と同様に統計的な有意差は認められなかった。

同条件の成層水田模型での植物体の Cd 濃度は表 2 のようになった。玄米中の Cd 濃度は、o-3 及び o-4 模型で他の模型に比べ有意に高い結果となった。4 模型は、Cd 濃度の相違及び浸透型の相違によらず日本の非汚染地の Cd 濃度以下となった。客土厚は、これまでの対策で実施されている客土厚である 25cm 以上であれば、浸透型の如何に係わらず安全な対策となると考えられる。茎の Cd 濃度も玄米と同様な有意差が認められた。

表 2 客土厚と植物体の Cd 濃度

模型	玄米	茎葉
	(mg/kg) n=10	(mg/kg) n=8*
O-3	0.17 ± 0.05 ^a	0.86 ± 0.45 ^a
O-4	0.10 ± 0.02 ^b	0.49 ± 0.05 ^b
O-5	0.05 ± 0.01 ^c	0.14 ± 0.03 ^c
C-3	0.03 ± 0.01 ^c	0.24 ± 0.13 ^c
C-4	0.04 ± 0.00 ^c	0.12 ± 0.03 ^c
C-5	0.02 ± 0.01 ^c	0.11 ± 0.02 ^c

異符号間は Tukey Kramer 法により 5%水準で有意差を示す。各数値の±は標準偏差を表す。

* O-3, C-3 は n=10 である。

以上の結果より、客土厚を薄くした場合の混層耕の目安濃度及び客土厚と濃度の関係が浸透型の相違によりどの程度の影響を受けるかについて、生育収量及び稲体中の Cd 濃度における実態の解明がなされたと判断される。

今後の課題としては、土壌タイプが異なる場合の影響解明などがある。また、汚染土濃度を 2mg/kg としたが、これ以上の値の汚染土も存在することより、今後の検討が必要である。今後は、安全安心な農産物生産及び輸出促進という観点から、Cd 濃度基準の大豆における検討が求められる。こうした背景のもと、酸化環境で栽培される畑作の子実における Cd 濃度は益々重要となると考えられる。

<引用文献>

- 松中 照夫、土壌学の基礎、農文協、2003、pp.328-333
佐々木 長市・松山 信彦・久保田 正
亜・野田 香織・加藤 幸、農業農村工
学会論文集、268 号、2010、pp.23-30

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

- 1) Sasaki, K., Sasaki, C., Kato, C., Matsuyama, N., Endo, A., et al. : Studies on reducing cadmium uptake of paddy rice by both soil dressing and mixing tillage, International Journal of Environmental and Rural Development, 査読有り, Vol.7, 2016, pp.6-14.
- 2) Sasaki, K., Sasaki, C., Kato, C., Annaka, T., Matsuyama, N. et al. : Effects of the percolation patterns and the thickness of soil dressing on reducing cadmium uptake and growth and yields of rice plants, Journal of Environmental Science and Engineering, 査読有り, 2016, pp.11-20.

〔学会発表〕(計 3 件)

- 1) 佐々木喜市・佐々木長市・松山信彦・加藤千尋、成層水田模型の浸透型と客土厚の相違が水稻のカドミウム吸収に及ぼす影響、平成 28 年度農業農村工学会大会講演会、(東京)、2016 年 8 月 30 日 ~ 9 月 1 日
- 2) Sasaki, K., Sasaki, C., Kato, C., Matsuyama, N., Endo A., et al. : Studies on reducing cadmium uptake of paddy rice by both soil dressing and

mixing tillage, International Society
of Environmental and Rural
Development, Cambodia, 2016年1月
16日~17日

- 3) 佐々木喜市・佐々木長市・松山信彦・加藤千尋・范 津瑋・遠藤 明、混層耕による水稲のカドミウム吸収抑制対策に関する研究、平成 27 年度農業農村工学会大会講演会(岡山市) 2015年9月1日~3日.

6. 研究組織

(1)研究代表者

佐々木長市 (SASAKI, Choichi)
弘前大学・農学生命科学部・教授
研究者番号：30162374

(2)研究分担者

松山信彦 (MATSUYAMA, Nobuhiko)
弘前大学・農学生命科学部・准教授
研究者番号：20261430