

までい水田における放射性セシウムの鉛直移動

Vertical movement of radiocaesium in Madei paddy field

○溝口勝¹・西村拓¹・伊井一夫²・田尾陽一²

MIZOGUCHI Masaru¹, NISHIMURA Taku¹, II Ichio², TAO Yoichi²

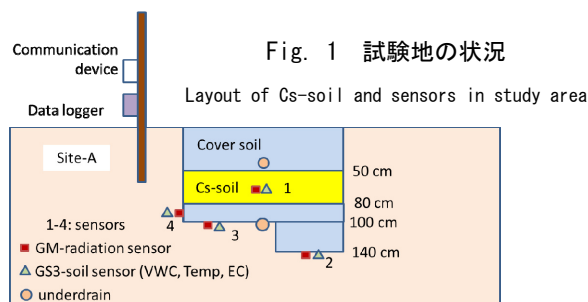
1. はじめに

原発事故で全村避難が続く飯館村では表土剥ぎ取りによる農地除染が進められ、放射性セシウム（以後、放射性 Cs）汚染土を詰め込んだ黒いフレコンバックの山が各地区に出現している。一方、著者らは一刻も早い帰村と農業再生のためには農民が自ら実施できる除染方法を提示することが急務であると考え、2012年12月に剥ぎ取った汚染表土をその場に埋設する「までい工法」を実施した¹⁾。汚染土の埋設に関しては地下水汚染が懸念されるが、水溶性の放射性 Cs は現地土壤に多く含まれる雲母類の粘土鉱物に固定されているため、水が汚染土中を浸透しても濾過効果によりこれらの粘土粒子が土壤間隙中に捕捉されて Cs は下方に移動しないと考えられる²⁾。この仮説を立証するために、本研究では汚染表土を埋設した水田（までい水田）で通常の稲作を行ない、一連の過程における土壤中の放射線量変化と収穫後に採取した土壤中の放射性 Cs の鉛直分布を測定した。そして、汚染土壤を埋設した水田土壤中の Cs 移動について考察した。

2. 方法

(1) 試験地の状況

福島県飯館村佐須滑の水田（約10m×30m）で試験を行った。この水田の中央には帯状（幅2m、長さ30m、深さ50-80cm）に放射性 Cs を含む汚染表土が埋設されている。また、その周囲には放射線・地下水位・土壤センサが埋設されている¹⁾。



(2) 水田管理と土壤採取

2013年5月11日の粗起し後、5月29日に水田に水を入れ、整地のために通常の代かきを3回行い、6月9日に田植した。代かき時の濁水は排水せずに自然地下浸透させた。水田を3区画（稲わら鋤き込み区、対照区、堆肥鋤き込み区）に分けた。10月12日の稲刈りまでの間は通常の水管理方法であった。稲刈り後に各試験区の5地点からライナー採土器（DIK-110C：大起理化工業）を用いて土壤（0-15cm）を採取し、各試験区の土壤の放射性 Cs（Cs-134, Cs-137）濃度を5cmごとに測定した。さらに、11月30日に汚染土を埋設した地点で土壤放射線センサを掘り出す際に、0-130cmの深さでライナー採土器を用いて30cm長さの土壤コアを複数に分けて採取し、2cmごとに放射性 Cs 濃度を測定した。

3. 結果と考察

(1) 降水量と地下水位の変化(Fig.2)

井戸の水深は田植え前には降雨に応答して最大で130cm（地下水位20cm）まで急激に上昇し、降雨停止後に徐々に低下し、次の降雨で再び上昇する傾向を示した。田植え後は中干しや落水期以外はほぼ湛水状態にあった。

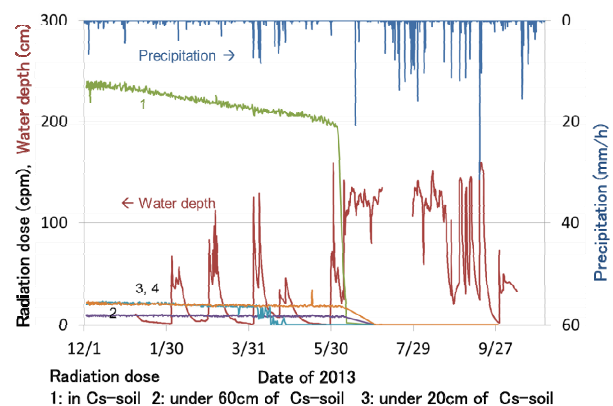


Fig. 2 地下水位、降水量、土壤放射線量の変化

Changes in water level, precipitation and soil radiation dose

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Science, The University of Tokyo,

² ふくしま再生の会 Group of "Resurrection of Fukushima"

キーワード：土壤除染,放射性セシウム,地下水漏洩

(2) 土壌中の放射線量の変化(Fig.2)

代かき前の期間では、降雨に伴う地下水の変化にもかかわらず、汚染土壌中の放射線量は埋設時の 234cpm (2012/12/1) から一定の割合 (-0.2 cpm/day) で減少し、2013/5/31 には 198cpm になった。それに対して 20cm と 60cm 下の土壌中ではそれぞれ 18cpm と 8cpm 程度で際立った増大は見られなかった。これは、12 月からの半年間で降雨による土壌中への水の浸潤があっても汚染土壌から放射性 Cs の下方移動がなかったことを示す。しかし、田植の直前に各深さの放射線量は急激に低下し、田植え以降はほぼゼロになった。これは放射線センサの防水が不完全であったために水が浸入して壊れてしまったためである。

(3) 稲刈り後の水田土壌の放射性 Cs 濃度(Fig.3)

稲わら区、対照区、堆肥区における 0-15cm の土壌の放射性 Cs (Cs-134+Cs-137) 濃度の平均値はそれぞれ 224, 195, 419(Bq/kg) だった。

Fig. 3 は稲刈り後のまでい水田における土壌放射性 Cs 濃度の分布である。土壌コアごとに 2cm 深さ毎の測定値をプロットしたが、0-60cm ではバラツキが大きいので 0-6cm 毎に求めた移動平均と標準偏差を計算し実線で示した。

80-130cm の土壌の Cs 濃度はバラツキが小さく、20(Bq/kg) 程度の低い値のままだった。これは稲作の過程で水田が湛水状態で土壌が飽和状態にあったにもかかわらず放射性 Cs が下層に移動しなかったことを示す。つまり、埋設された汚染土壌から Cs の漏洩はなかったことを意味する。

一年前の工事では 50-80cm の深さに汚染土の埋設したが、放射性 Cs 濃度は 20-60cm の層で高くバラツキが大きかった。これは代かき時の整地や稲作時の湛水や落水によって埋め戻した土層が締まって、地表面が汚染土埋設時よりも沈下したためと考えられる。また、0-20cm では地表面に近いほど放射性 Cs 濃度の平均値が高く、0-5cm では 400 ± 200 (Bq/kg) だった。これは、①表土剥ぎ取り時に汚染土が取り残された、②農業用水により再汚染された、③埋設時に有機物に付着していた Cs がイネの根の伸長に伴い吸収された、等の理由が考えられる。また、④バラツキが大きいとはいへ埋設時の汚染表土の Cs 濃度に比べると埋

設土層中の移動平均値が低すぎる。(45cm 深さで 380 ± 450 Bq/kg) 今回は埋設センサ周辺の土壌のみを採取したが、一連のこうした疑問に答えるためには、圃場の空間的変動性を含む様々な要因を想定した現地実験を繰り返し、土壌中の放射性 Cs 濃度分布を調べる必要がある。

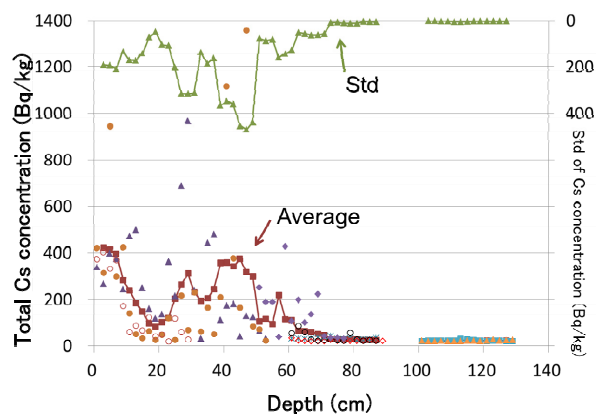


Fig. 3 稲刈り後のまでい水田における土壌放射性 Cs 濃度分布/ Soil radiocaesium concentration profile in "Madei" paddy field after harvest

4. おわりに

本研究では、福島県飯舘村の汚染土を埋設した「までい水田」でイネを栽培し、収穫後に土壌中の放射性 Cs の鉛直分布を測定した。その結果、汚染土から Cs の漏洩がないことが確認された。一方、稲刈り後の土壌では放射性 Cs 濃度が表層で高く、埋設汚染土層中で予想以上に低かった。これらの原因を明らかにするためには、稲作前後で空間的変動性を含む様々な要因を想定した現地実験を繰り返し、土壌中の放射性 Cs 濃度分布を調べる必要がある。

なお、までい水田で収穫された白米の放射性 Cs 濃度は 5(Bq/kg) の検出限界以下であったことを付記しておく。

謝辞 試験水田を提供して頂いた飯舘村農業委員会会長の菅野宗夫氏と一連の作業に協力してくれた「ふくしま再生の会」「サークルまでい」の方々、放射性 Cs の測定に協力頂いた東京大学の田野井慶太郎氏・廣瀬農氏・小林奈通子氏に感謝する。また、明治大学震災復興支援・防災研究プロジェクト、科研費(基盤 C: 25517005) から旅費等の支援を受けた。

参考文献 1)溝口勝ら: 福島県飯舘村の水田における Cs 汚染表土の埋設実験, 農業農村工学会講演要旨集(2013) 2)溝口勝: 農地除染の新たな試み, 学術の動向, 10, 52-56(2012)