

団粒破壊代かきによる水田除染法に関する基礎研究 A basic study on decontamination method of paddy field by soil puddling of disassembled soil aggregates

○石渡尚之¹ 溝口勝¹

ISHIWATA Naoyuki, MIZOGUCHI Masaru

1. はじめに

福島第一原子力発電所の事故によって汚染された農地除染法として①天地返し ②表土剥ぎ取り ③水による攪拌と強制排水(=代かき除染法)の3種が提案されている(農林水産省 2013)。放射性セシウムは、おもに土壌表層 5cm に集中していると言われる(塩澤ら 2011)が、実際の農地では獣害によるかく乱によって水田内部に拡散してしまっている場所が多い。このような農地では③の代かき除染法のみが有効と考えられる。セシウムは水に浮遊しやすい粘土粒子に固着している(Amphlett&McDonald 1956)ので水に乗せて排出できると考えられる。しかし土壌中の粘土粒子はフロックおよび団粒といった集合構造を形成するために予想よりも速く沈んでしまう。この問題を回避するために、集合構造を破壊して沈みにくい粒子を増やし、代かき除染の除染効果を高められることが考えられるが、その効果を検証した研究はない。そこで本研究では団粒破壊代かき除染法の開発を目的として、①土壌の粒度別の放射能分布、②土壌の粒度別重量割合、③攪拌後静置時間や代かき深さと水深に着目し、代かき除染の除染効果を事前に予測する理論の構築のための基礎実験を行った。

2. 材料と方法

試料の調整: 福島県相馬郡飯舘村小宮の水田表層 5cm の攪乱土を、2mm のふるいに通して 105°C の乾燥炉で 24 時間以上乾燥させた。(以降これを初期土と呼ぶ)。初期土の一部を、過酸化水素水で有機物分解し、分散剤(ヘキサメ

タリン酸ナトリウム)を添加して粒度分析を行った。粒径 0.063mm 以上をふるいで分画し、0.02mm 以下をピペット法によって定量した。超音波洗浄機を使い、初期土の粒子集合構造を破壊した試料を作った。(これを超音波破碎土と呼ぶ。)用意した二種の土(初期土・超音波破碎土)を用いて以下の2つの測定を行った。①有機物分解をせず、分散剤も添加しない粒度分析 ②粒径画分別の放射能(Bq/kg)の測定。粒径画分は小さい順に、A[0.002mm 以下]、B[0.002mm~0.02mm]、C[0.02mm~0.063mm]、D[0.063mm~0.250mm]、E[0.250mm~2mm]とした。分画方法は、粒径 0.063mm 以上ではふるい分け、0.02mm 以下では沈定法を用いた。ただし C[0.02mm~0.063mm]の画分は全体から A, B, D, E の区分を差し引いて計算した。

除染試験: 内径 85mm の透明アクリルパイプにゴム栓をしたカラムを用いた。以下の4つの条件でカラムに土と水を混ぜた。①初期土 100g、水高 26cm ②初期土 100g、水高 19cm ③超音波破碎土 100g、水高 26cm ④超音波破碎土 100g、水高 19cm。代かきを模して、カラムを上下に返して1分間振とうしたのち、5分間静置してから、水面から沈殿土面までの泥水をホースによって排水した。その後、残土と排水された泥水中の土粒子の放射能を測定した。

3. 結果と考察

得られた粒度分布と粒径画分別放射能より、累積画分別放射能曲線(%表示)を導いた。これは、ある粒径以下に全体の何%の放射能が含ま

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

キーワード: 水田除染、代かき、団粒破壊

れるかを示した曲線である。これを粒径加積曲線とともに図1に示す。

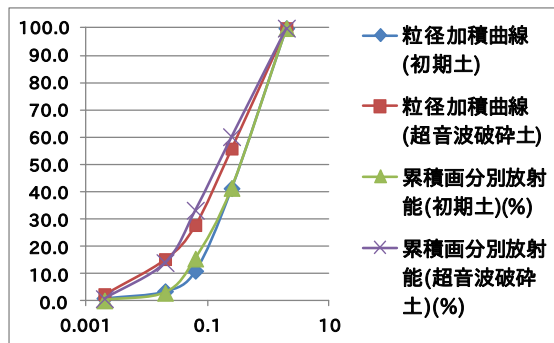


図1 累積画分別放射能曲線と粒径加積曲線

累積画分別放射能曲線の近似式を $F(x)$ 、粒径別排出可能割合曲線を $R(x)$ と置く。 $F(x) \times R(x)$ を除染条件によって決まる排出可能な粒子の粒径の範囲で積分した値は、排出可能な放射能の量 (Bq) を表す(式1)。

$$\int_0^D \frac{BM}{10^5} F'(x)R(x)dx \cdot \text{(式1)}$$

B: 試料土の放射能(Bq/kg)
M: 試料土重量(g)

表1に除染実験と除染理論の除染効果の比較を示す。理論上での除染効果は実測値の 0.77 倍から 3.12 倍の範囲に入っている。土粒子の集合構造を破壊したほうが、理論・実際ともに除染効果が高かった。

表1 除染理論と除染実験の除染効果の比較

条件	A	B	C	D
①	3318	49.4	154	3.12
②	3310	50.4	131	2.6
③	3317	146	329	2.26
④	3315	365	281	0.77

A 除染前放射能 (Bq) B 排出放射能 (Bq)
C 理論的排出可能 (Bq) D 理論/実測 比

除染実験の排水中の排出土量と排出された放射能の関係

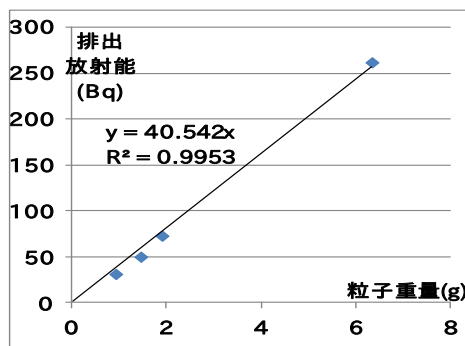


図2 排出土量と排出放射能の関係

図2に示す。除染条件が違うにもかかわらず、二つに直線関係があることは、代かき除染で排

出可能な粒径範囲では、粒子のほとんどが、放射性セシウムを吸着した小さな粒子を材料とする耐水性団粒であることを示唆する。このことから、沈むのが遅く代かき除染で排出できる 0.03mm 以下の粒径範囲で累積画分別放射能曲線(%表示)と粒径加積曲線とが非常に似た形をしていることが説明できる。

表2に土粒子をふるい上で水流のみでふるい分けた場合と、手でざらざらと押してふるいを通させた場合での土粒子の放射能変化を示す。機械的な破壊を行うことで、初期土と超音

表2 ふるい上で土粒子の集合構造の破壊による放射能の変化

水流のみでふるい分けた時の放射能(Bq/kg)		
粒径区分(mm)	0.063~0.250	0.250~2
初期土	27974	32601
超音波破碎土	31396	29445
機械的な破壊を行った時の放射能(Bq/kg)		
粒径区分(mm)	0.063~0.250	0.250~2
初期土	36625	14925
超音波破碎土	32253	17805

波破碎土の両方で、大きい区分[0.250~2mm]で放射能が減り小さい区分[0.063~0.250mm]で放射能が増えている。この結果から、団粒 = 放射能の低い核 + 放射能の高い衣というモデルが考えられる。このモデルは、沈むのが速いため代かき除染では排出できない 0.03mm 以上の範囲でも土粒子は同質の微粒子からなる団粒である可能性を支持しており、二つの曲線が非常に似ている理由も説明できる。

4. 結論

本研究により、効率的な代かき除染のためには何らかの方法で土粒子の集合構造を破壊することが必要であることが示唆される。除染効果予測のために、累積画分別放射能曲線(%表示)を、より測定の簡便な粒径加積曲線で代用できる可能性が示された。また除染理論による除染効果予測の正確性・有用性の向上のために、累積画分別放射能曲線(%表示)の近似の仕方の改良・除染排水に係る時間のモデルへの組み込み・沈殿土の一部排出を含めたモデル構築を検討する余地がある。