

土壌攪拌（代かき）による放射性物質低減技術の
実施作業の手引き

平成27年7月

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 東北農業研究センター

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所

DOWA エコシステム株式会社

国立大学法人 信州大学工学部

国立研究開発法人 農業環境技術研究所

太平洋セメント株式会社

福島県農業総合センター

はしがき

東京電力福島第一原子力発電所の事故に伴って生じた土壌および食品への汚染に対処するため、農林水産省では農地の放射性物質の汚染状況に応じた除染技術の開発に取り組んでおり、対象とする土壌の放射性セシウム濃度を各段階に分けて、除染技術の適用の考え方を示している。水による土壌攪拌・除去、表土削り取りおよび反転耕などが推奨される 5,000～10,000 Bq/kg、表土の削り取りが必要とされる 10,000～25,000 Bq/kg、固化剤などを用いて土壌飛散防止措置を講じた上で表土を削り取ることが推奨される 25,000 Bq/kg 以上に分けられている。

表土の削り取りは除染としては有効であるが、肥沃な作土を失うことになり、また、汚染残土の処理も大きな問題である。反転耕の場合、汚染残土は生じないが肥沃な作土が利用出来なくなる。また、作土層が薄く直下に礫が出現したり、下層土が砂質な場合などは、表土削り取りや反転耕を行うと作物生産に著しい障害を生じる恐れがある。そこで、既耕耘地や作土層が薄い、あるいは、下層に礫が出現するなどにより、放射性物質を除去するための表土削り取りや反転耕が施工できない水田ほ場の空間線量率と作物への放射性物質の移行を効果的に低減する方策として、「土壌の攪拌(代かき)による放射性物質低減技術」の開発を農林水産省の委託研究プロジェクトにより、平成 24 年～26 年の3ヵ年にかけて実施した。

研究が終了するに当たり、各研究グループの成果を持ち寄り、技術参考資料として、「土壌攪拌(代かき)による放射性物質低減技術の実施作業の手引き」を取りまとめた。

今後の関連地域の営農再開に向け、本研究成果や手引きが活用され、除染作業が推進されることを願うものである。

なお、本手引きは、3部構成になっており、各部の研究担当機関名および問い合わせ担当者は、下記のとおりである。

(1) 研究担当機関一覧

- I 部 国立研究開発法人 農業環境技術研究所、太平洋セメント株式会社、福島県農業総合センター
- II 部 国立研究開発法人 農研機構農村工学研究所、DOWA エコシステム株式会社、国立大学法人 信州大学工学部
- III 部 国立研究開発法人 農研機構東北農業研究センター福島研究拠点・農業放射線研究センター

(2) 各部の問い合わせ先

- I 部 国立研究開発法人 農業環境技術研究所 土壌環境研究領域 上席研究員 牧野知之 (電話番号: 029-838-8314)
- II 部 国立研究開発法人 農研機構農村工学研究所 水利工学研究領域 上席研究員 中 達雄 (電話番号: 029-838-7530)
- III 部 国立研究開発法人 農研機構東北農業研究センター福島研究拠点・農業放射線研究センター 上席研究員 太田 健 (電話番号: 024-593-6176)

目次

0. はじめに.....	0
I 部 小規模水田の除染に適用する「水による土壌攪拌・除去」実施作業の手引き	
1. 本技術の適用	I -1
2. 技術の概要.....	I -2
3. 具体的作業の内容と手順.....	I -4
(1) 事前作業.....	I -4
(2) 設備の配置	I -7
(3) 波板設置・グラントレベルの確認	I -7
(4) 砕土(土壌細粒化)	I -8
(5) 導水・土壌アルカリ処理.....	I -8
(6) 水による土壌攪拌	I -9
(7) 原泥水の流送.....	I -9
(8) 中和・凝集処理.....	I -10
(9)-1 フィルタープレス脱水.....	I -10
(9)-2 袋詰め脱水.....	I -11
(10) 高度排水処理	I -12
(11) 土壌搬出.....	I -13
(12) 除染効果の確認	I -13
4. 作業上の留意事項.....	I -14
II 部 大規模水田の除染に適用する「水による土壌攪拌・除去」実施作業の手引き	
1. 本技術の適用	II -1
2. 技術の概要	II -2
3. 具体的作業の内容と手順	II -6
(1) 事前作業	II -6
(2) 設備の配置.....	II -7
(3) 土壌攪拌・吸引作業.....	II -8
(4) 凝集沈殿(固液分離)作業.....	II -9
(5) 固液分離(凝集・沈殿)後の大型脱水袋への泥土(スラリー)の注入および排水作業 ..	II -10
(6) 脱水袋内の土壌の搬出	II -13
(7) 除染効果の確認	II -13
4. 土壌攪拌・吸引および脱水作業工程の開発状況	II -16
5. 作業上の留意事項.....	II -21
III 部 除染後の水稻栽培	
1. 作期の決定と品種選定	III -1
2. 施肥量と吸収抑制対策	III -1
3. 作業と水管理の留意点	III -2

I 部

小規模水田の除染に適用する「水による土壌攪拌・除去」実施作業の手引き

1. 本技術の適用

先に公表された「農地土壌の放射性物質除去技術(除染技術)作業の手引き第1版」(農林水産省、平成24年3月)には、表土削り取りや反転耕、水による土壌攪拌・除去後の農地について、土壌診断に基づき客土や堆肥、石灰の施用など地力回復対策を行うこととされている。放射性物質の水による攪拌・除去後の農地についても、地力回復と同時に吸収抑制効果も併せ持つ土壌・施肥管理技術を構築する必要がある。

本手引きで説明する技術は、小規模な既耕耘地や作土層が薄い、あるいは、下層に礫が出現するなどにより、放射性物質を除去するための表土削り取りや反転耕が施工できない水田ほ場の空間線量率と作物への放射性物質の移行を効果的に低減する方策としての適用を想定している。また、原発事故後に、表土を耕起した水田ほ場の除染技術としても適用が可能である。

表 I -1.1 農地土壌除染技術適用の考え方(農林水産省、平成24年3月)
(農林水産省:農地土壌の放射性物質除去技術作業の手引きより)

土壌の放射性セシウム濃度	畑		水田	
～5,000 Bq/kg	耕起されていないところでは、●表土削り取りを選択することが可能。農作物への移行を可能な限り低減する観点、また、空間線量率を下げる観点から、必要に応じて○反転耕、○移行低減栽培技術、●水による土壌攪拌・除去の手法を適用。			
5,000～10,000 Bq/kg	地下水位		土壌診断・地下水位	
	低い場合(数値は検討)	高い場合(数値は検討)	低地土	低地土以外
10,000～25,000 Bq/kg	●表土削り取り ○反転耕	●表土削り取り	●表土削り取り ●水による土壌攪拌・除去 ○反転耕(耕盤が壊れる)	●表土削り取り ●水による土壌攪拌・除去(低地土より効果低) ○反転耕(耕盤が壊れる) (地下水位が低い場合のみ適用)
25,000 Bq/kg	●表土削り取り		●表土削り取り	
25,000 Bq/kg	●表土削り取り。ただし、高線量下での作業技術の検討が必要。 (例えば土ぼこりの飛散防止のための固化剤の使用)		●表土削り取り。ただし、高線量下での作業技術の検討が必要。 (例えば土ぼこりの飛散防止のための固化剤の使用)	

注) ●は廃棄土壌が出る手法、○は出ない手法。

2. 技術の概要

本技術は、汚染水田に水と分散剤（水酸化ナトリウム）を加えて攪拌（代かき作業）を行い、分散した懸濁水（泥水）の速やかな排水を繰り返すことで、水中に分散した放射性セシウムを多く含む細かな土壌粒子（微細土粒子）を除去する方法である。作業工程の概略は、①土壌採取や放射能分析、分散（アルカリ化）条件の検討、雑草処理、土壌の解砕、畦（波）板設置などを含む事前作業、③現地における設備配置、④土壌のアルカリ処理と攪拌作業、⑤排水、⑦排除した微細土粒子の脱水減容化、⑧排水後のほ場における土壌の pH 矯正である。なお、脱水については、フィルタープレス法と袋詰脱水法から選択あるいは両者を併用する。この技術は、攪拌後の土壌懸濁液を速やかに排水する必要があるため、数 a 規模の小規模水田が主な対象となり、大規模水田で行う場合はほ場を小規模に区切って行う必要がある。作業の流れの概要を図 I -2.1 および図 I -2.2 に示す。

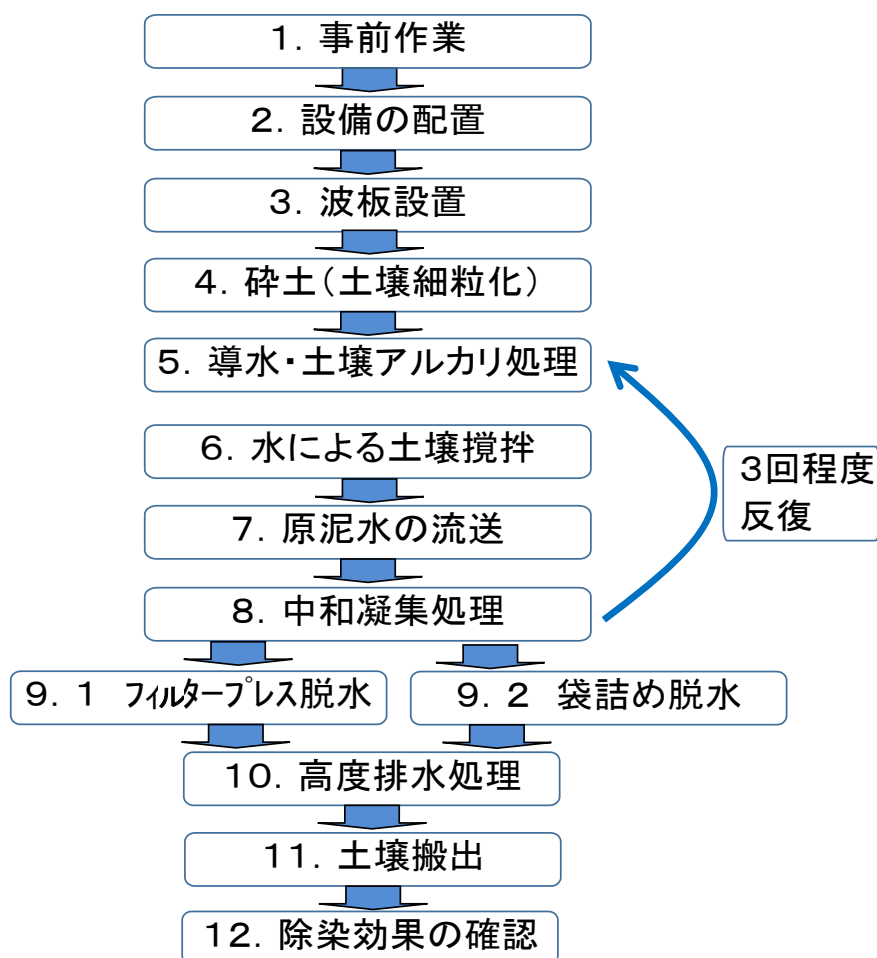


図 I -2.1 作業の流れ

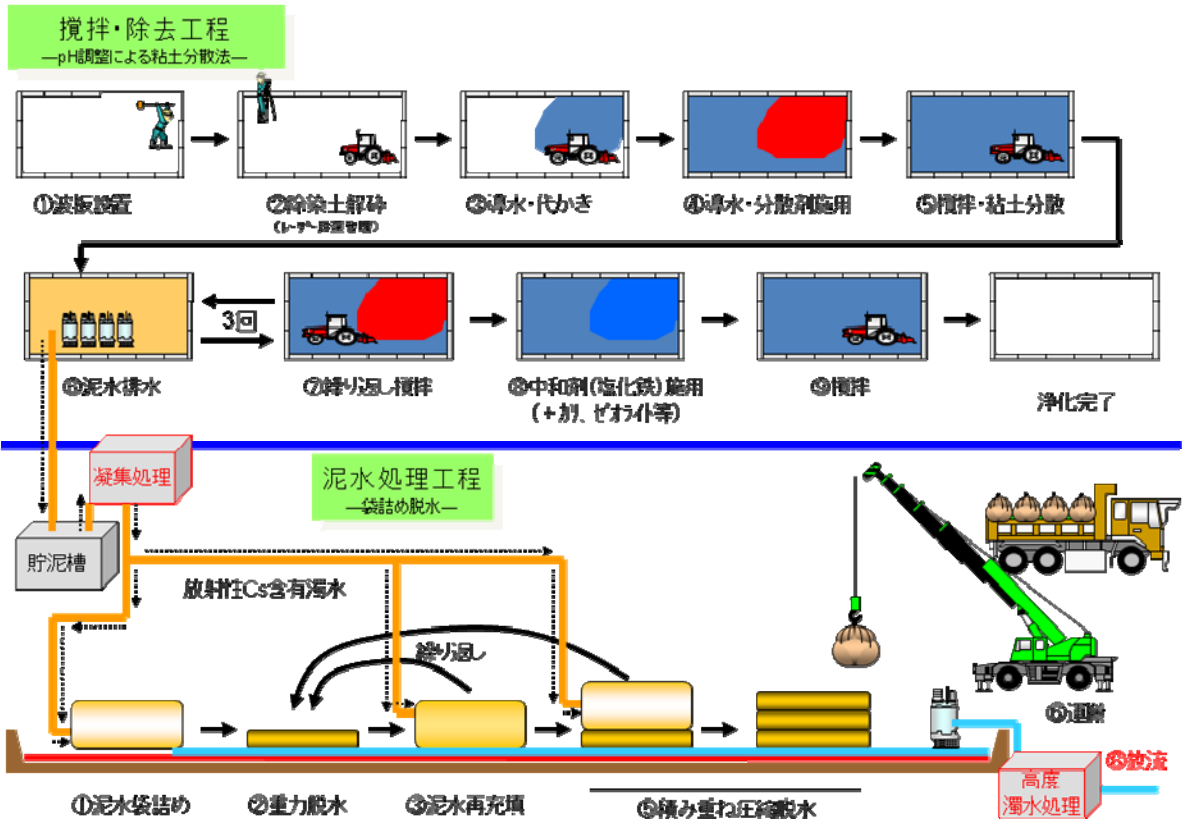


図 I-2.2 土壌の攪拌、泥水吸引、脱水、乾燥減容化処理の流れ

3. 具体的作業の内容と手順

(1) 事前作業

1) 準備するもの

- ・刈払い機
- ・フレキシブルコンテナ(耐候性仕様)
- ・シンチレーション式サーベイメータ等
- ・コンベックス、巻尺、標尺
- ・水中ポンプ
- ・ビニルホース
- ・土壌サンプル保管用容器(必要があれば)
- ・土壌採取器

2) 除草

- ・農地が雑草で覆われている場合は、刈払い機等により除草を行う。
- ・処理した雑草は、定められた場所に仮置きし、フレキシブルコンテナ等に入れる。搬出する場合は、フレキシブルコンテナ等の容器ごと搬出するなどし、周囲に飛散しないように注意する。



図 I -3.1 除草作業

3) 土壌採取と土壌の放射性セシウム濃度および空間線量率の測定

- ・除染実施前に空間線量率および土壌の放射性セシウム濃度の測定を行い、除染効果の比較対象とする。
- ・空間線量率の測定は、ほ場内を格子状(例:10mあるいは、それ以上のメッシュ)に区切り、ほ場面から1cm、1mの高さの位置で実施する。
- ・小規模攪拌では除染面積が小さいため、空間線量率は周囲の汚染状況の影響を受けやすい。除染効果を比較するためには、土壌の放射性セシウムの測定が望ましい。
- ・ほ場の5か所で表面から耕盤までの作土層全体を採取する。これらを混合して測定試料とする。作土層をカラム状に採取できるコアサンプラーの使用が望ましい。

4) ほ場内の排除土壌の集積場所等の決定

- ・作業を開始する前に、ほ場内でどのように土を運び、どの位置に集積してほ場外へ運び出すかを事前に決めておく。
- ・平坦な場所で、ダンプトラックの進入や、ラフテレーンクレーンによる荷吊りが可能で、フレキシブルコンテナ等の容器に詰める作業を実施することが可能な場所を確保する。

5) 作業ヤード、装置等設置場所の確保

- ・除染するほ場に近接する場所に、泥土の凝集・沈澱、脱水および乾燥に必要な装置設置スペースおよび作業スペース等を確保する。農地の場合は、鉄板等による地表面の養生を行う。



図 I -3.2 ヤードの確保(左手)

6) 用水の確保

- ・用水は、用水路、河川もしくはため池の水を利用する。河川の利用では、水中ポンプを用意する。なお、しばらく利用されていないため池や用水路からの水の利用では、通水直後に濁水や底泥が流下する可能性があるため、注意が必要である。
- ・利用する水に濁りがなければ、放射性物質を含有していないと考えられるが、水が濁っている状況では、利用を再検討する。
- ・通常の代掻きより高水深で土壌攪拌を行うが、既存の導水系統では水頭差が確保できず導水困難となる場合があり、エンジンポンプ等による用水路からの導水系を確保する。
- ・本研究で実施した福島県伊達市での現地試験で使用した河川水の放射性セシウム濃度は、検出限界以下であった。



図 I-3.3 エンジンポンプによる導水系確保

7) ほ場へのアルカリ施用量の決定

- ・3)で現地から採取した後、風乾した土壌 10g に水 40mL を添加する。1M 水酸化ナトリウムを 0, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45 または 0.5ml 加えて 1 時間攪拌後、pH を測定する。得られたデータを図 3.4 のようにプロットして pH9.0 となるアルカリ量を求める。
- ・ほ場の土壌量を、作土層の厚さ×面積×1.1 で求める。上記のアルカリ量と土壌量からほ場へのアルカリ施用量を決定する。

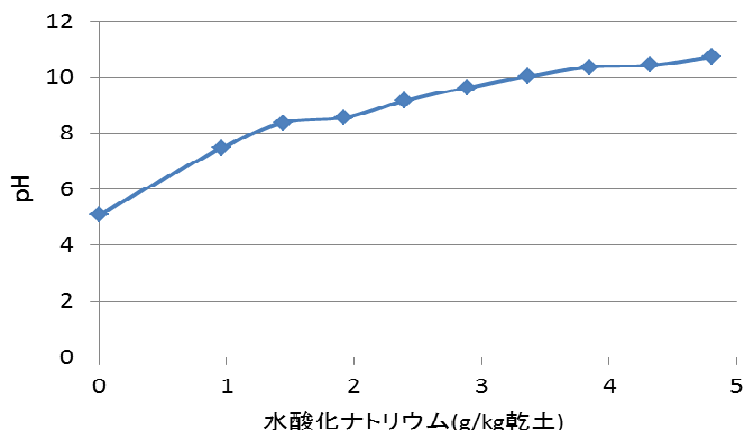


図 I-3.4 水酸化ナトリウム添加量と土壌 pH の関係

8) 本手法の適用の考え方

- ・本手法は、アルカリ条件下で水により土壌を攪拌して、土壌中の粘土・シルトを主体とする放射性セシウムが濃縮した微細粒子を懸濁状態となるように分散させて、土壌を排除するものであり、その粒子に吸着する放射性セシウムを除去するものである。したがって、本手法は、粘土含有量の高い水田等で効果的である。微細粒子が分散し難い黒ボク土や腐植の多い土壌では効果が劣る。

(2) 設備の配置

- ・濁水貯留槽、凝集槽、フィルタープレス、高度排水処理装置、発電機、脱水袋ヤードをほ場近隣に設置する。
- ・農地を利用する場合には、鋼版等で土壌表面の養生方法を検討する。



脱水袋の設置



敷き鉄板とノッチタンク



フィルタープレス



高度排水処理装置

図 I -3.5 設備の配置

(3) 波板設置・グラウンドレベルの確認

- ・通常の代掻きより高い水深で攪拌を行うため、硬質の波板(商品名:アゼ板なみ 材質:再生ポリエチレン)をほ場に設置する。
- ・波板の設置には、あて木を添え、カケヤ等で打ち込むが、耕盤に食い込むまで深く設置し、漏水を防止する。
- ・レーザー水準器等を用いて、ほ場全体のグラウンドレベルを割り出す。グラウンドレベルと湛水深が測定できるよう、市販のシール付きの目盛を設置した波板に貼り付ける。



図 I -3.6 波板の設置例



図 I -3.7 グラントレベルの測定例

(4) 碎土(土壌細粒化)

- ・事前作業で汚染の深さ方向への拡散状況を把握し決定した改良深度に従い、精度良く土壌を細粒化する。
- ・碎土は、レーザーレベルセンサーによる耕深管理ができるトラクターを用い、作業機は一般的な形状のロータリーを用い実施する。
- ・十分に土壌を細粒化させるため、土壌が湿潤状態での作業を避け、高速で3回以上ロータリーを掛けることが好ましい。



図 I -3.8 レーザーにより耕深を管理した碎土

(5) 導水・土壌アルカリ処理

- ・事前作業で準備したエンジンポンプにて導水を行う。導水深さは、改良土厚に従い事前に調査した土壌粒子系の分級が生じる固液比となる量を導水する。
- ・水深の管理は、波板に貼り付けた目盛りを参考にする。
- ・2013 年度に実施した福島県伊達市の実績では、改良土厚 7cm に対し、改良土厚底面から 25cm となる量を導水した。
- ・アルカリは、事前調査で決定した水酸化ナトリウムを施用する。施用は食品添加用の水酸化ナトリウムのフレークを水で溶解し、ポンプ等でほぼ均一になるよう施用する。この時、ポ

ンプはケミカルポンプを用いる。また、水酸化ナトリウム溶液は強アルカリ性であることから、雨合羽の着用により、肌への付着を防止する。特に目の保護のため、ゴーグルは必ず装着し作業する。



図 I -3.9 ほ場の湛水状況と湛水深の計測

(6)水による土壌攪拌

- ・トラクターは、改良土厚下の土壌層をかく乱しないため、接地圧の低いクローラー若しくはセミクローラー駆動で、耕深を管理できるレーザーレベルセンサーを備えたものを用いる。
- ・攪拌作業機は、土壌解砕で用いたロータリーを使用できるが、より攪拌効率を高めるため、リボンプレートを装着した作業機を用いる。
- ・トラクターの走行速度は、0.6km/h(10m/min.)程度で、ほ場全体を3回攪拌し、十分スラリー化を行う。
- ・トラクターの旋回時に、クローラーにより改良土厚より下の作土および耕盤近傍の粘土層を巻きあげ、想定以上の排出粘土が発生することがある。急旋回および転回を避けるように注意する。



リボンプレートを装備した土壌攪拌作業機



レーザーでの耕深管理による攪拌

図 I -3.10 水による土壌攪拌

(7)原泥水の流送

- ・攪拌作業を終了した後、鋼製の枠内に設置した水中ポンプにて、速やかに泥水を排出、準備したノッチタンク等を受ける。
- ・排水は、能力の高い水中ポンプを数台設置し 30 分以内に完了できるようにすることで、粘土粒子が沈降する前に排出することができる。
- ・(5)～(8)の工程は、除染の効果を高めるため、3回程度繰り返すことが重要である。



水中ポンプによる原泥水の流送



ノッチタンクへの流送

図 I -3.11 原泥水の流送

(8)中和・凝集処理

- ・ノッチタンクに集めた原泥水は pH9.0 程度のアルカリ性であり、中和処理と凝集処理を併せて行う。
- ・原泥水を中和凝集槽に送水し、pH が 7.0 になるよう、ポリ塩化アルミニウムを添加し、攪拌することで中和処理するとともに、粘土粒子を凝集させる。



図 I -3.12 中和凝集槽での処理

(9)-1 フィルタープレス脱水

- ・中和・凝集処理した泥水をフィルタープレスで脱水し、粘土分をケーキ状で回収する。
- ・フィルタープレスは、可搬型のものがレンタル器機としてあるのでこれを用いると便利である。

- ・脱水ろ液は、透明であれば排水路等へ放流するが、脱水初期に濁りが発生するので濁り水は中和・凝集槽に返送し、再処理することで濁りは放流しないよう注意する。
- ・脱水した粘土は、耐候性のフレキシブルコンテナに詰め、設置した仮置き場で保管する。
- ・粘土は、作土より放射能物質が濃縮しており放射線量が高いことから、防護服等を装備し被爆を避けるようにする。
- ・フィルタープレスによる泥水の脱水は、工事費用が高額となることから、(9)-2に示す袋詰め脱水法を選択することもできる。



脱水粘土



脱水により発生する排水

図 I -3.13 フィルタープレスによる脱水

(9)-2 袋詰め脱水

- ・ここで適用した「袋詰め脱水処理工法」は、ハイグレードソイル研究コンソーシアムで開発された技術であり、実施においては、同コンソーシアムの会員企業の協力を得る必要がある。
- ・中和・凝集処理した泥水を袋詰め脱水法で脱水し、粘土分をケーキ状で回収する。
- ・袋詰め脱水を行う場所は、予め厚手のシートで防水を施す(ブルーシートの場合は#3000以上)。
- ・各袋には、塩ビ配管を施すことで作業の充填作業が効率化される。
- ・用いる脱水袋は、そのまま仮置き場に搬送することを想定し、耐候性の材質で縫製されたものを用いる。
- ・中和・凝集処理層から、スラリーポンプで各脱水袋に凝集泥水を注入する。
- ・充填直後は、ろ布が目詰まりするまで初期濁りが生じるので、濁り水を回収して中和凝集槽に返送するか、後段の高度濁水処理施設で粘土を回収し、放流する。
- ・充填後、初期濁りが収まり、透明な排水が得られれば、そのまま放流ができる。
- ・脱水が進み、再充填の余裕ができれば、凝集泥水の注入を繰り返す。
- ・袋への充填が完了したら、数日放置することでさらに脱水が進むが、レッカー等で脱水袋を吊り、重ねることで脱水が促進され、トラック等で運搬可能な状態となる。



図 I -3.14 脱水袋の配置



図 I -3.15 初期濁り排水



図 I -3.16 透明な排水



図 I -3.17 放置による脱水



図 I -3.18 積み重ねによる自重脱水



図 I -3.19 脱水の完了

(10) 高度排水処理

- フィルタープレスおよび袋詰め脱水で排出された濁水は、排水路等へ放水することなく、高度排水処理を行い、粘土分を回収し放水しなければならない。
- 高度濁水処理は、高分子凝集剤による凝集と沈殿槽からなるが、現場設置型のレンタル器機があるのでこれを用いると便利である。
- 処理済み排水は濁りが無いことを確認して排水路等へ放流する。



図 I -3.20 高度濁水処理装置



図 I -3.21 処理排水(放流水)

(11) 土壌搬出

- ・フィルタープレスで脱水され耐候性フレキシブルコンテナに詰められた粘土、袋詰め脱水で発生した脱水袋は、レッカー等を用いて吊り、トラックにて指定された仮置き場等へ搬出する。
- ・2013 年度に福島県伊達市で実施した試験結果では、回収した粘土は含水率が 60%程度で、10 アール当たり 20 m³程度の粘土が回収された。



図 I -3.22 脱水袋の荷吊りと運搬

(12) 除染効果の確認

- ・除染実施前と同様に空間線量率および土壌の放射性セシウム濃度の測定を行い、除染前後の線量および濃度変化と低減率を求める。
- ・2013 年度に福島県伊達市で実施した試験結果では、土壌高さ 1cm の空間線量率は除染前 1.89 $\mu\text{Sv/hr}$ から除染後 1.07 $\mu\text{Sv/hr}$ に、作土 0-15cm の放射性セシウム濃度は 4,990 Bq/kg から 1,900 Bq/kg に低減した。

4. 作業上の留意事項

(1) 作業

- ・作業においては、関係法令を遵守するとともに、除染関係ガイドライン(環境省、平成 23 年 12 月 14 日)、除染等業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン(厚生労働省、平成 23 年 12 月 22 日)を参照し、作業者の安全には、十分留意すること。
- ・トラクターによる作業(特に傾斜地)は、転倒事故を引き起こす可能性があるため、安全フレーム付き(原則としてキャビン付き)のトラクターを用いるなど作業者の安全に十分留意すること。
- ・作業後に、機械に付着した土はできるだけ作業現場で落とし、洗浄する場合は汚染された土が周囲に流出しないような対策を行う。

(2) 排水処理

- ・水を扱う本手法では、放射性セシウムを含むほ場からの濁水の管理が重要である。
- ・固液分離の上澄水は、十分濁質を分離させることで、環境中への排水が可能となる。
- ・濁水および濁質は、外部に流出しないよう再度処理するか、高度排水処理装置等で浄化処理する必要がある。
- ・本手法は、専門の技術者の下、安全対策に十分留意して実施する必要がある。農家や人が実施することは、想定していない。

Ⅱ部

大規模水田の除染に適用する「水による土壌攪拌・除去」実施作業の手引き

1. 本技術の適用

先に公表された「農地土壌の放射性物質除去技術(除染技術)作業の手引き第1版」(農林水産省、平成24年3月)には、表土削り取りや反転耕、水による土壌攪拌・除去後の農地について、土壌診断に基づき客土や堆肥、石灰の施用など地力回復対策を行うこととされている。放射性物質の水による攪拌・除去後の農地についても、地力回復と同時に吸収抑制効果も併せ持つ土壌・施肥管理技術を構築する必要がある。

本手引きで説明する技術は、既耕耘地や作土層が薄い、あるいは、下層に礫が出現するなどにより、放射性物質を除去するための表土削り取りや反転耕が施工できない大規模水田ほ場の空間線量率と作物への放射性物質の移行を効果的に低減する方策としての適用を想定している。また、原発事故後に、表土を耕起した水田ほ場の除染技術としても適用が可能である。

表Ⅱ-1.1 農地土壌除染技術適用の考え方(農林水産省、平成24年3月)
(農林水産省:農地土壌の放射性物質除去技術作業の手引きより)

土壌の放射性セシウム濃度	畑		水田	
～5,000 Bq/kg	耕起されていないところでは、●表土削り取りを選択することが可能。農作物への移行を可能な限り低減する観点、また、空間線量率を下げる観点から、必要に応じて○反転耕、○移行低減栽培技術、●水による土壌攪拌・除去の手法を適用。			
5,000～10,000 Bq/kg	地下水位		土壌診断・地下水位	
	低い場合(数値は検討)	高い場合(数値は検討)	低地土	低地土以外
10,000～25,000 Bq/kg	●表土削り取り ○反転耕	●表土削り取り	●表土削り取り ●水による土壌攪拌・除去 ○反転耕(耕盤が壊れる)	●表土削り取り ●水による土壌攪拌・除去(低地土より効果低) ○反転耕(耕盤が壊れる) (地下水位が低い場合のみ適用)
25,000 Bq/kg	●表土削り取り。ただし、高線量下での作業技術の検討が必要。 (例えば土ぼこりの飛散防止のための固化剤の使用)		●表土削り取り。ただし、高線量下での作業技術の検討が必要。 (例えば土ぼこりの飛散防止のための固化剤の使用)	

注) ●は廃棄土壌が出る手法、○は出ない手法。

2. 技術の概要

本技術は、水田土壌の表層を対象に、ほ場レベルで適用が可能な水による攪拌(代かき作業的)によって高濃度の放射性物質を含んだ微細土砂を効率的に吸引し、土壌の分級(篩い分け)、微細土砂の分離、排除土砂の脱水減容化までの作業プロセスから構成される。微細土砂の吸引では管路内の流体制御技術を、また、脱水については、袋詰脱水法を適用している。

水田ほ場から微細土砂をフレキシブルコンテナまで格納する一連の工程をほ場内で行う技術体系である。

なお、この技術では、30a 区画の水田ほ場に対して約 1～2 日の工程で土壌の攪拌、濁水吸引、土壌分級および凝集沈殿を行うことを目安にし、その後、凝集沈殿した泥水は、脱水・乾燥工程へ効率的に引き渡し、前工程から供給される水田微細土壌からなる泥水を袋詰水法等により脱水・減容化する。その処理工程は、約 1～2 日程度を経て、大型脱水袋により、容易に外部へ搬出する技術を想定している。作業の流れの概要を図 II-2.1 に示す。

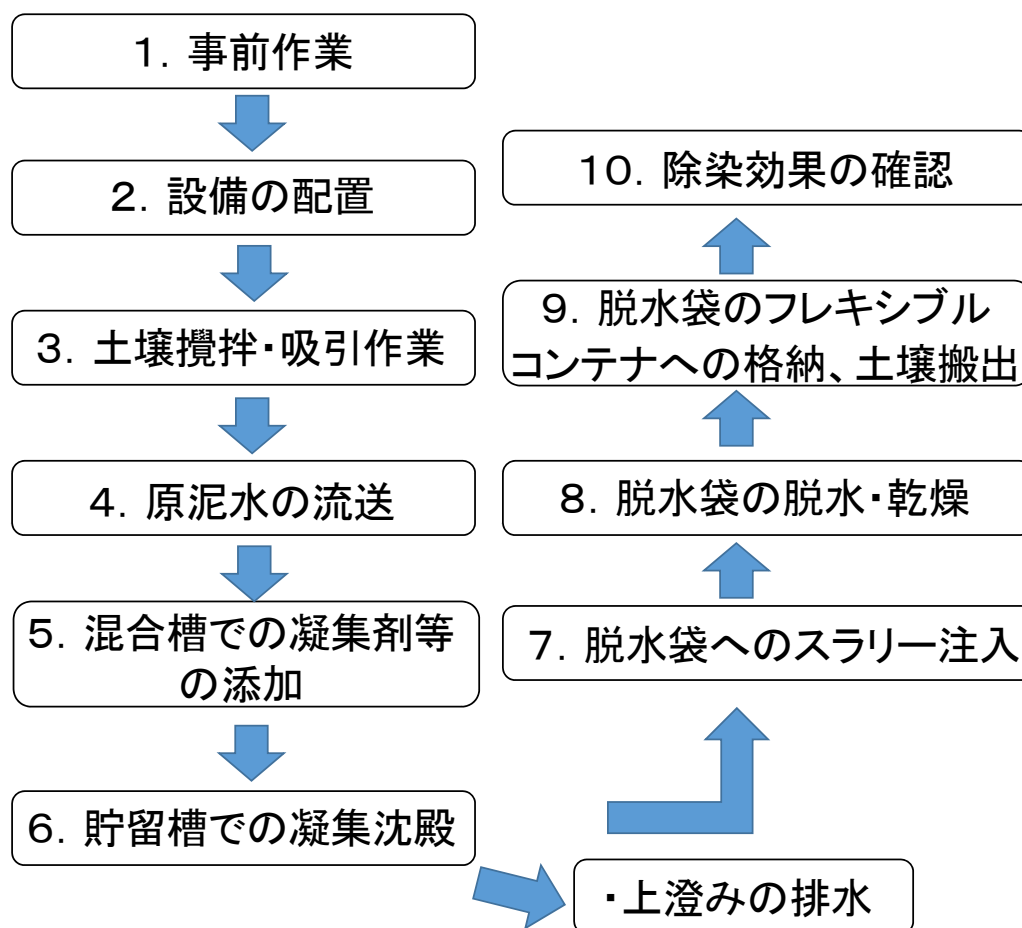


図 II-2.1 作業の流れ

① 事前作業

- ・空間線量率の測定、土壌の集積場所・排出場所の決定、用水路または、周辺河川・排水路からの用水供給準備および畦畔の整備(漏水防止)を行う。



ホースによる用水の供給



水中ポンプによる給水

図Ⅱ-2.2 土壌攪拌のための用水供給

② 設備の配置

- ・(a)トラクター(代かきハロー)の配備、(b)バキューマと小型振動フルイ(2mmメッシュ)の配備、混合槽の配備、(c)脱水袋のヤードの整備、(d)貯留槽の配備および排水一時貯留処理設備の配備を行う。



(a)トラクターの配備



(b)バキューマの配備



(c)脱水ヤードの整備



(d)貯留槽の配備

図Ⅱ-2.3 各設備の配備

③ 土壌攪拌・吸引作業および泥水流送

・ほ場湛水深の維持(約 10cm)、土壌攪拌(深さ約 15cm)と雑物除去および泥水吸引の管理を行う。



泥水の吸引



吸引作業の管理(排砂および雑物除去)

図 II -2.4 土壌攪拌・吸引作業

④ 原泥水の流送、混合槽での凝集剤等の添加



図 II -2.5 原泥水の流送と混合槽での凝集剤添加

⑤ 貯留槽での凝集沈殿、脱水袋へのスラリー注入



貯留槽で凝集沈殿



脱水袋へのスラリー注入

図 II -2.6 凝集沈殿・スラリー注入

⑥ 作業の流れと各工程の概要

・土壌攪拌、泥水吸引、凝集沈殿および減容化処理の流れと各工程の概要を図 II-2.7 に示す。

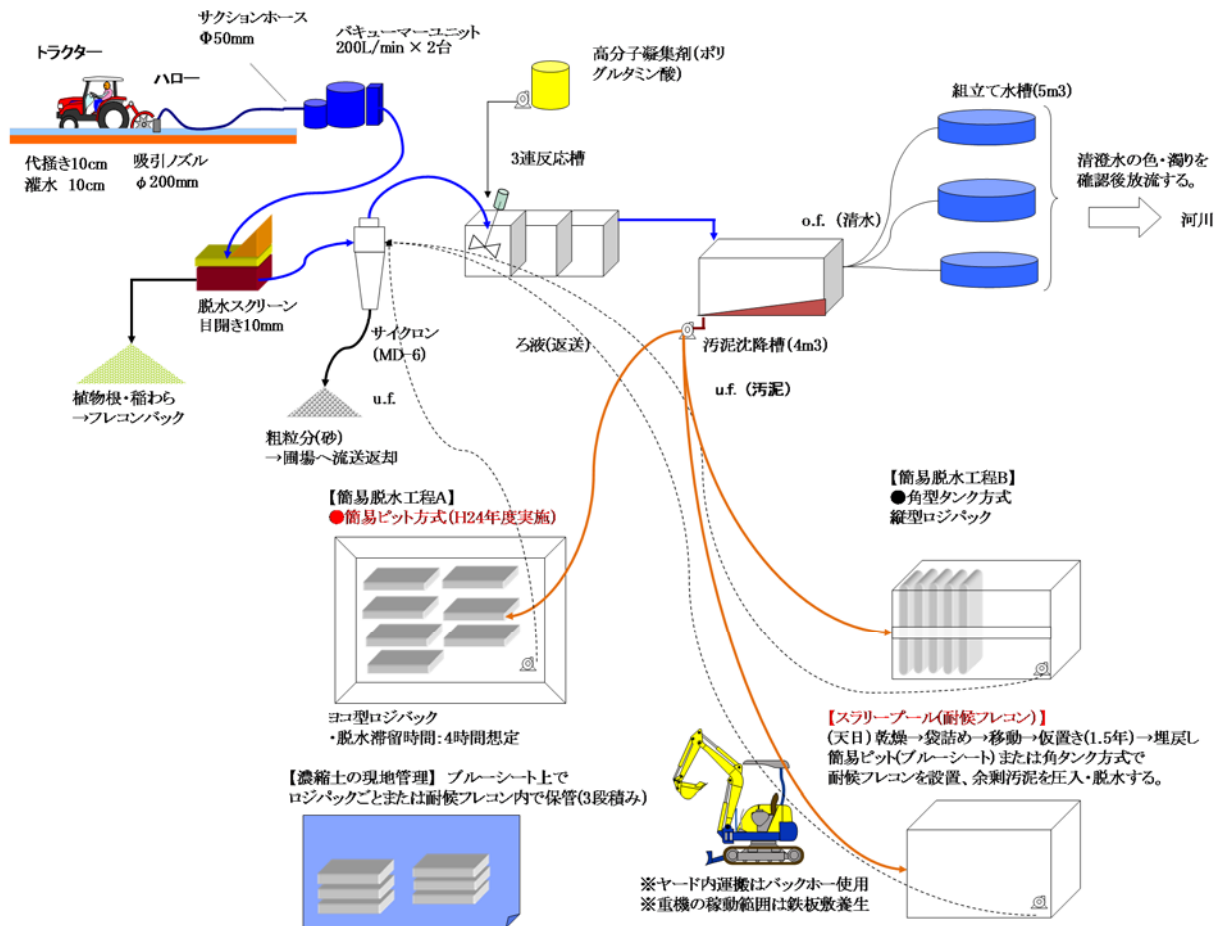


図 II-2.7 土壌攪拌、泥水吸引、凝集沈殿および減容化処理の流れ

3. 具体的作業の内容と手順

(1) 事前作業

1) 準備するもの

- ・刈払い機
- ・フレキシブルコンテナ
- ・シンチレーション式サーベイメータ等
- ・コンベックス、巻尺、標尺
- ・木杭(水位確認用)
- ・水中ポンプ
- ・ビニールホース
- ・土壌サンプル保管用容器(必要があれば)

2) 除草および整地

- ・農地が雑草で覆われている場合は、除草を行う。
- ・処理した雑草は、定められた場所に仮置きし、フレキシブルコンテナ等に入れる。搬出する場合は、フレキシブルコンテナ等の容器ごと搬出するなどし、周囲に飛散しないように注意する。
- ・対象農地の地表面の不陸が著しい場合は、土壌攪拌を効率的に行うための、荒起し、整地を行う。
- ・湛水時の漏水を防ぐために、畦畔の整備を行う。



図 II-3.1 荒起しの後のほ場面の状況(平成25年、福島県南相馬市)

3) 土壌濃度あるいは空間線量率の測定

- ・除染実施前に空間線量率および必要に応じて土壌の放射性セシウム濃度の測定を行い、除染効果の比較対象とする。
- ・空間線量率の測定は、ほ場内を格子状(例:10m あるいは、それ以上のメッシュ)に区切り、ほ場面から1cm、1mの高さの位置で実施する。

4) ほ場内の排除土壌の集積場所等の決定

- ・作業を開始する前に、ほ場内でどのように土を運び、どの位置に集積してほ場外へ運び出すかを事前に決めておく。
- ・平坦な場所で、ダンプトラック等が進入可能で、フレキシブルコンテナ等の容器に詰める作業を実施することが可能な場所を確保する。

5) 作業ヤードの確保

- ・除染するほ場に近接する場所に、泥土の凝集・沈澱および乾燥に必要な作業スペース等を確保する。農地の場合は、地表面の養生を行う。



図Ⅱ-3.2 ヤードの確保(右手)

6) 用水の確保

- ・用水は、用水路、河川もしくはため池の水を利用する。河川の利用では、水中ポンプを用意する。なお、しばらく利用されていないため池や用水路からの水の利用では、通水直後に濁水や底泥が流下する可能性があるため、注意が必要である。
- ・利用する水に濁りがなければ、放射性物質を含有していないと考えられるが、水が濁っている状況では、利用を再検討する。
- ・本研究で実施した福島県飯舘村および南相馬市での現地試験で使用した河川水の放射性セシウム濃度は、検出限界以下であった。

7) 本手法の適用の考え方

- ・本手法は、土壌中の粘土・シルトを主体とする放射性セシウムが濃縮した微細粒子を、水により土壌を攪拌し、土壌浮遊(スラリー回収)させて排除するものであり、その粒子に濃縮した放射性セシウムを除去するものである。したがって、本手法は、粘土含有量の高い水田等で効果的である。

(2) 設備の配置

- ・バキューマ、小型振動フルイ、混合槽、凝集・沈殿槽(貯留槽)、脱水袋用ヤード、排水槽、発電機を設置するヤードをほ場近隣に確保する。

- ・ヤードとして農地を利用する場合には、鋼版等で土壌表面の養生方法を検討する。

(3) 土壌攪拌・吸引作業

- ・準備するものとして、トラクター、代かきハロー、土壌攪拌器、サクシオンホース(吸引、スラリー流送用)、バキューマ、発電機を準備する。
- ・ほ場の湛水深は、約 10cm に維持し、作業中に減水する場合は、適宜、用水を補給する。その際、木杭(スタッフゲージ)等で湛水位を管理する。



図 II-3.3 ほ場の湛水状況と湛水深の計測(福島県飯舘村現地試験ほ場)

- ・トラクター(代かきハロー)にて土壌表面(約 10~15cm 程度)の攪拌(代かき)を行い、代かきハロー後方に設置した樋型吸引ノズルで粘土などの細粒分を捕捉し、バキューマで混合槽へ流送する。バキューマ吸引時には、放射能濃度が相対的に低い砂などの粗粒分を同時に回収する事の無いようにノズルの開口度や設置角度、設置深度を調整する。
- ・また、雑物や植物根等の除去を行う。



図 II-3.4 現地試験で用いた攪拌・吸引部(塩ビ製樋をパイプサポートで支持)

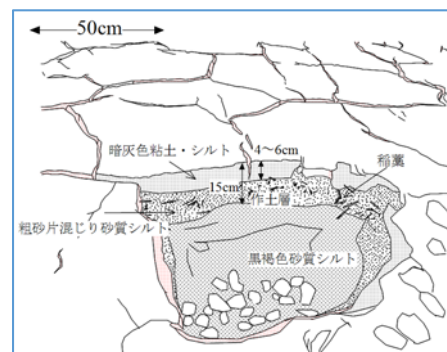
- ・現地試験(ほ場面積 10a)で用いたトラクターおよび代かきハローの幅は約 2m であり、対象ほ場の短辺が 15m 程度であるので 3 往復半代かきを行えば全面を攪拌したこととなる。3 往復半を 1 スキャンと数え、ほ場表面 2cm 相当の土壌を回収することを目標として計 3 スキャン分の攪拌・回収を行った。トラクターの走行速度は、平均で 2m/min 程度の速度で走行していた。

- ・樋で捕捉した泥水をバキュームで凝集・沈殿のための混合へ流送する。
- ・作業員の配置は、トラクター運転:1名、トラクター後方で補助作業:1名、吸引ホースの管理作業:1名程度を配置する。ホースでの泥水の吸引では、雑物や砂の排除に十分留意する必要がある。



図Ⅱ-3.5 土壌攪拌・吸引でのほ場内作業(平成24年8月、福島県飯舘村)

- ・試験後の土壌断面は、表層から40～60mmに粘土、シルト層が分布し、その下位に径1～2mmの雲母等の粗砂と稲藁片が混じった砂質シルト層が形成されて、その境界は明瞭であった。表層に放射性セシウム濃度の高い土壌層が形成される(図Ⅱ-3.6)。



図Ⅱ-3.6 除染後の土壌断面(平成24年8月、福島県飯舘村ほ場)

(4) 凝集沈殿(固液分離)作業

- ・準備するものとして、薬剤注入タンク(3式)、仮設型プールタンク(8基)、泥水引き出しポンプ(3台)、上澄水抜き出しポンプ(4台)、脱水袋への注入ポンプ(2台)を準備する。
- ・バキューマーにてサクシオンホースから吸引された泥水は振動フルイにより砂・稲わらなど混雑物を除去した後に、混合槽で凝集剤を添加し、沈殿槽で、細粒分を沈降分離させる。
- ・吸引中にサクシオンホース内で泥水(スラリー)が閉塞しないよう管理する。

- ・凝集剤は、本研究では、生分解性のポリグルタミン酸系（日本ポリグリル株式会社製 PGa21Ca）を使用した。



図 II-3.7 泥水と凝集剤との混合



図 II-3.8 凝集・沈殿後の固液分離状況(左:泥水、右:上澄み水)

(5) 固液分離(凝集・沈殿)後の大型脱水袋への泥土(スラリー)の注入および排水作業

- ・沈殿槽から泥水ポンプにより、泥土(スラリー)を脱水袋(ロジパック:脱水機能付きフレキシブルコンテナ)へ注入し、排除土壌の脱水・減容化を行う。



図 II-3.9 沈殿槽(木製)と大型脱水袋(平成 24 年 8 月、福島県飯舘村)



大型脱水袋(ロジパック、平置き型)

図Ⅱ-3.10 土壌スラリーのロジパックへの注入

- ・大型脱水袋の下には、ビニールシート等で、濁水を捕捉する排水ピットを設ける。
- ・排水は、仮設プールで一旦貯留し、濁度に留意し安全を確認して排水する。平成 24 年 7 月に実施した福島県飯舘村での現地試験での排水の検査では、放射性セシウム 134 の検出限界:0.8Bq/kg、放射性セシウム 137 の検出限界:0.9Bq/kg の測定において、上澄水の測定結果は、いずれも放射性物質は検出されなかった(ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメリーによる各種分析法を適用)。



図Ⅱ-3.11 固液分離した排水および脱水袋から浸みだした排水の貯留と濁度の観察

- ・平成 24 年度に実施した飯舘村での試験では、真空ポンプによるロジパック脱水は、真空圧は-2~-7kPa 程度であったが、真空圧を負荷している場合の方が約1時間程度までは脱水速度が速い。しかし、袋の種類や真空の有無にかかわらず、いずれのケースにおいても、脱水速度は 6 時間以降においてほぼ同じであり、脱水後の含水比に有意な差は無く、その含水比は搬出可能な平均 175%(120~250%)程度である(図Ⅱ-3.12)。なお、さらに脱水速度や減容化率を向上させるためには、より排気量の大きい適切な真空ポンプを用いる必要がある。

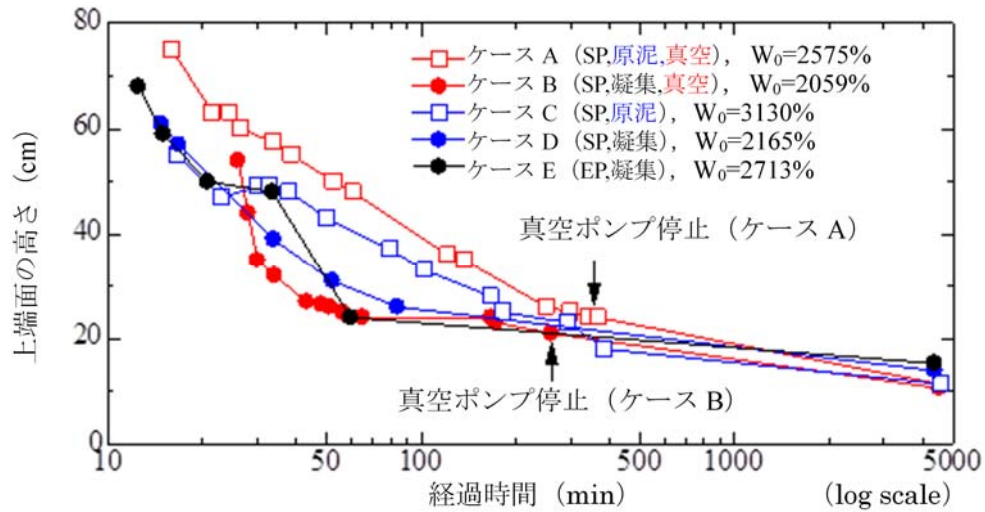


図 II -3.12 脱水袋の高さの変化(平置状態)

- 凝集剤を使用しない状態では、注入した原水がそのまま透過する状態となったが、凝集剤を使用した状態でのロジパックでの脱水は概ね良好な処理能力・脱水状態が確認された。



図 II -3.13 ロジパック内の土壌の積み重ね自重脱水

- ロジパックの諸元および単価を表 II -3.1 に示す。

表 II-3.1 ロジパックの概要

品名	ロジパック EP(平置き型) ロジパック EB(懸垂型)	ロジパック SP(平置き型) ロジパック SB(懸垂型)	除染用フレコンバッグ ゼオコン(懸垂型) 内袋:ゼオライト機能紙※
製造	芦森工業株式会社	芦森工業株式会社	辰野株式会社
タイプ	一般土壌用減量化小型袋	汚染土壌用減量化小型袋	耐候性クロスコンテナバッグ
寸法	EP:幅 1.5m×長さ 2.3m EB:幅 1.5m×長さ 2.5m	SP:幅 1.5m×長さ 2.3m SB:幅 1.5m×長さ 2.5m	直径 1.1m×高さ 1.1m
容量	1.0m ³	1.0m ³	1.0m ³
透水係数	1.5×10 ⁻³ cm/s (カタログ値)	2.6×10 ⁻⁴ cm/s (カタログ値)	-
定価	5,400 円	12,000 円	10,500 円

(6) 脱水袋内の土壌の搬出

- ・バックホー(キャビン付き)および耐候性フレキシブルコンテナを準備する。
- ・取り扱いが可能となった脱水袋を、バックホーを用いてフレキシブルコンテナに詰め込み、搬出する。
- ・管理のために、排除土壌を入れた容器の表面(1cm の距離)の空間線量率を測定する。

(7) 除染効果の確認

- ・作業後に空間線量率および必要に応じて土壌の放射性セシウム濃度の測定を行い、除染前の効果を比較する。
- ・測定は、作業前と同じ方法、測定器で行う。
- ・平成 24 年 8 月に実施した福島県飯舘村の現地ほ場(9a)では、土壌攪拌工法による線量率の低減率(3 回のスキャン)は、1m 高さで 18~25.3%となった。ほ場土壌の放射性 Cs の低減率は、8.8~16.2%であった(表 3.2)。
- ・また、試験ほ場での放射性セシウムの収支試算を表 II-3.3 に示す。初期ほ場濃度は、7 月 17 日測定のものを使い、ほ場外への放射性セシウム排出量は、計測した廃棄土壌の重量およびセシウム濃度から求めた。放射性セシウムの排出率は、15.6%と試算され、表 II-3.2 の低減率と概ね一致する。

表 II-3.2 水による土壌攪拌・除去の実施結果(福島県飯舘村、平成 24 年 8 月)

代かき実施日	H24.7.17~H24.7.27									
代かき除染繰り返し回数	3 回									
実施面積	9 a									
合計排土量	実測	8,857 t(乾土)								
10aあたりの排土量	9.84 t/10a 乾土									
土壌の喪失深	計算値	1.3 cm								
1回当たりの土壌喪失深	0.43 cm/回									
粘土分離後の水の放射性セシウム濃度	ND Bq/L		検出限界		0.8(Cs134) Bq/kg 0.9(Cs137)					
空間線量率(μSv/h)	1m (コリメータなし)		1m (コリメータあり)		1cm (コリメータなし)		1cm (コリメータあり)			
	測定日	除染前	除染後	除染前	除染後	除染前	除染後	除染前	除染後	
除染前・攪拌前	6月5日	2.24				2.40				
	6月6日	2.45				2.31		0.40		
6月21日 攪拌作業実施										
除染前・攪拌後	7月12日	1.83		0.28		1.81		0.28		
	7月17日					2.00		0.17		
7/17-7/27 代かき除染										
除染後・攪拌前	8月15日		1.83		0.28		1.75		0.28	
	8月17日		1.57	一言雨後のデータを含む			1.77		0.27	
8月23日 攪拌作業実施										
除染後・攪拌後	9月13日		1.50				1.53		0.26	
低減率(%)		25.3	18.0			24.2	15.5	30.8	7.1	
0-15cm 土壌放射性セシウム濃度 (Bq/kg) 乾土										
	土壌採取日	除染前	除染後							
	除染前・攪拌後	7月17日	7,602	30地点 平均						
	除染後・攪拌前	8月16日		6,367	24地点 平均					
	除染後・攪拌後	9月14日		6,935	24地点 平均					
低減率(%)				16.2%						
				8.8%						

表 II-3.3 放射性セシウムの収支計算(福島県飯舘村平成 24 年 8 月)

①初期水田 Cs濃度 (Bq/kg/15cm)	②除染面積 (a)	③排土重量 (kg)	④排土乾燥重量(kg)	⑤排土乾燥重量 (kg/10a)	⑥排土濃度 (Bq/kg)	⑦排出Cs量 M Bq/10a	⑧Cs全量 M Bq/10a	⑨Cs排出率 (%)
7,602	9.0	19,839	8,857	9,841	15,412	152	969	15.6

・平成 25 年 5 月の福島県南相馬市の現地試験の実施状況は、未耕起である試験ほ場の前処理として、荒起し(5/10)、事前代かき(5/23)および、5 月 27 日から水入れ(湛水深:0.1m)を行った。対象深度:0.1m を目標に 29 日~31 日の 3 日間(3 スキャン)で、①土壌攪拌→②泥水吸引→③雑物除去→④分級→⑤凝集沈殿→⑥袋詰め脱水→⑦廃棄土壌の搬出の工程による除染試験を行った。



図 3.14 福島県南相馬市での現地試験の流れ(平成 25 年 5 月)

・現地試験の評価

- 1) 試験では、回収土の計量を行うとともに、除染後のほ場内の空間線量率および土壌の放射性セシウム濃度を計測し、除染前との比較を行った。1m 高さの空間線量率では、61%～65%低減し、土壌濃度では、48%～52%低減した(表 II-3.4、8 地点平均)。回収土量は試運転分も含めると 112.6m³、乾土重量:15t(内稲わら:0.3t)、脱水ケーキ:13.9t(乾土換算)であった。表層土 4.1cm の範囲相当の土壌除去率となる(試験当初目標厚:10cm、達成率:40.9%)。スラリー中の土壌の平均放射性セシウム濃度は、7,200Bq/kg(乾土)であった。総回収土量から推定される総回収ベクレル量は、約 1 億 1,100 万 Bq であり、試験前に想定した除染対象表土層 10cm に対する 50.1%に相当する。
 - 2) 凝集剤を使用した状態でのロジパック(総数:22 袋)での脱水工程では、1袋当たり 780kg の脱水ケーキが得られ、平均含水率は、40.1%であった。概ね良好な処理工程が確認された。耐候性フレキシブルコンテナを利用した簡易脱水工程では、計 20 袋を使用し、1袋当たり 377kg の脱水ケーキが得られ、含水率 54.7%と、ロジパックに比較して脱水効果がやや低い。
 - 3) 試験ほ場約 10a から約 755kg(湿潤)の稲わらが回収された。2mm メッシュの振動フルイで分離除去可能であった。
- なお、稲わらの含水率は、60.1%、放射性セシウム濃度は、3,380Bq/kg であった。

表 II-3.4 現地試験結果(福島県南相馬市、平成 25 年 5 月)

ほ場の状態			調査日	空間線量率 [μ Sv/h]		Cs濃度 [Bq/kg]	
					1m		15cm採取
除染前	未耕起		2013/04/26	①	0.65	①	2,251
除染前	耕起	荒起し	2013/05/10	②	0.61	②	-
除染前	耕起	事前代かき後	2013/05/23	③	0.56	③	2,083
除染後	耕起	作付前	2013/06/08	④	-	④	1,159
除染後	耕起	収穫後、降雨	2013/10/15	⑤	-	⑤	1,092
除染後	耕起	収穫後	2013/12/03	⑥	0.40	⑥	-
			低減率	⑥/①	61%	⑤/①	48%
			低減率	⑥/②	65%	⑤/③	52%

濃度は最終測定日に減衰補正

4. 土壌攪拌・吸引および脱水作業工程の開発状況

(1) 土壌攪拌・吸引樋の機器の改良

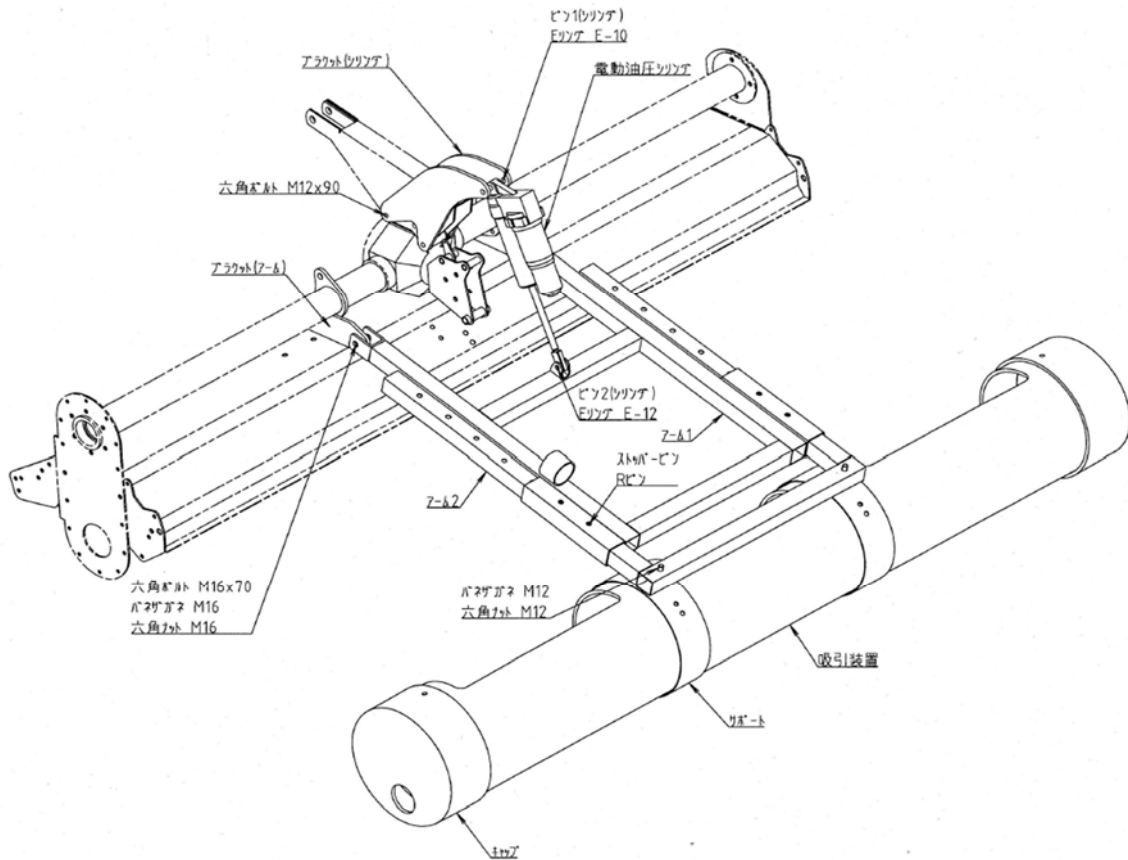
・ほ場での作業を効率化するために、土壌攪拌・泥水回収装置が開発されている。機能および仕様を下記に示す。試作器を図Ⅱ-4.1、図Ⅱ-4.2、表Ⅱ-4.1、図Ⅱ-4.3 に示す

1) 土壌攪拌ハロー

- ① 整地抑制版の改良
- ② 稲わらや植物根の分離のためのスクリーンの設置
- ③ 作業幅は、2,200mm～2,300mm を想定

2) 泥水回収樋および泥水吸引部(ホース流入部)

- ① 回収樋は、口径 300mm の塩ビ管
- ② 可動域:前後:680mm-1,180mm(5段階調整)
上下:520mm-750mm(リモコンスイッチで調整)
回転域:90度(3段階)
- ③ 装着トラクター:国産 70 馬力
- ④ 吸引ホース:2 インチサクションホース



図Ⅱ-4.1 平成 25 年度時点設計基本図



全景



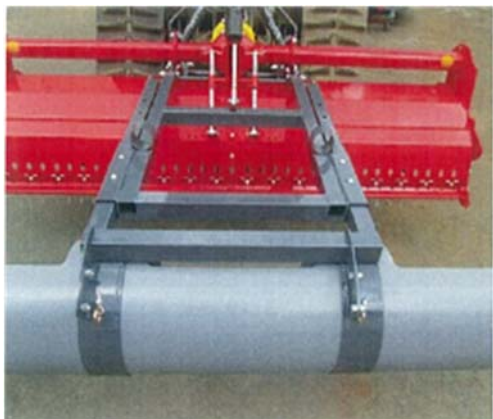
側方部



レベラー部(長孔追加、レキ付き)



回収部(側方前面)



回収部(後方)

図Ⅱ-4.2 試作装置の全景

表 II -4.1 要求仕様書

攪拌部	代掻き機 (代掻き爪式)
作業幅	2200mm
レベラー部	泥水の流れ出る多数の長孔を追加と、第2 整地板は取り外す
泥水回収部	φ318mm 塩ビパイプの前方位置に 120 度の開口部を成形、ホース接続部設置
回収部動作範囲	前後方向:500mm
	上下方向:520mm (最伸時:750mm)
	回転角度:90 度 (標準位置から-45 度~+45 度)
調整方法	上下調整:無線リモコンで操作し、電動シリンダーで動作
	前後調整:手動によるスライド (5 段階 100 ピッチ)
	角度調整:手動による回転 (3 段階、45 度ピッチ)

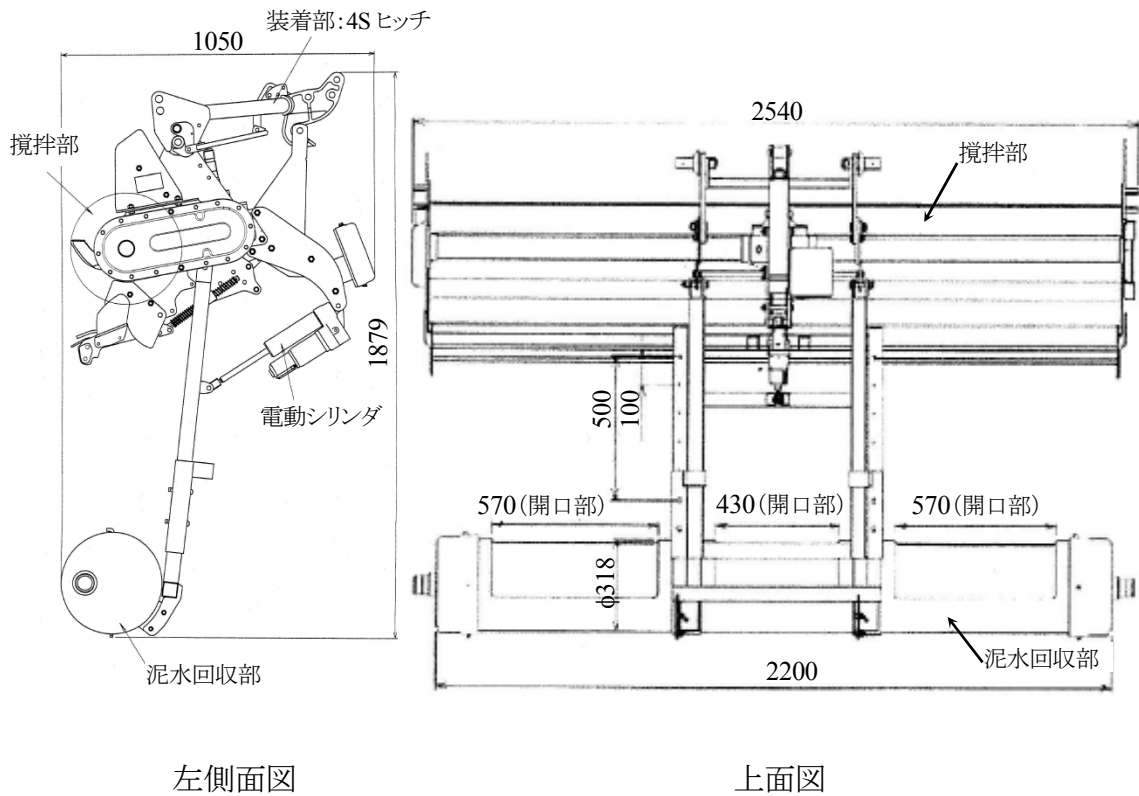


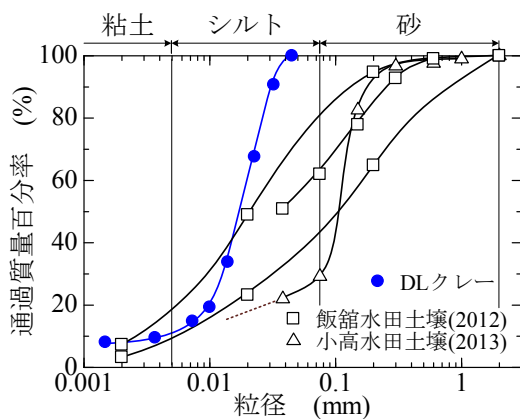
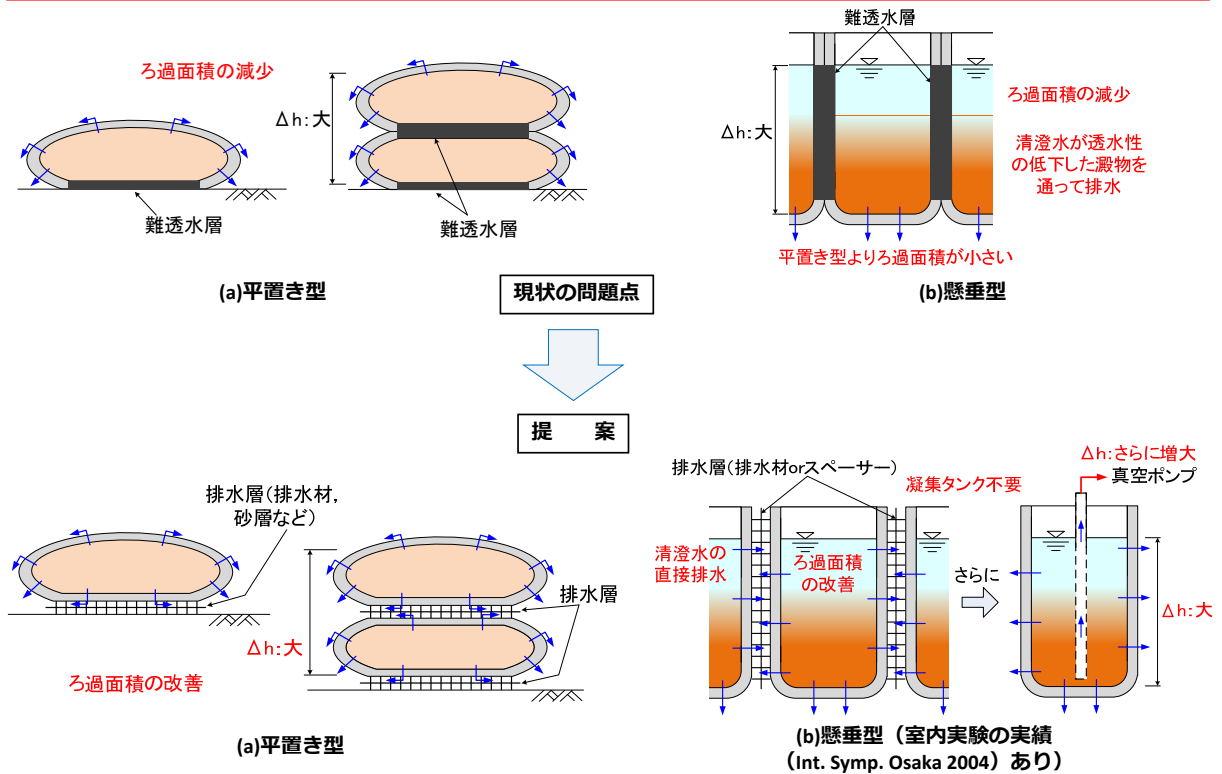
図 II -4.3 攪拌部および泥水回収部の仕様参考図(単位:mm)

(2) 大型脱水袋による工程の作業効率の向上

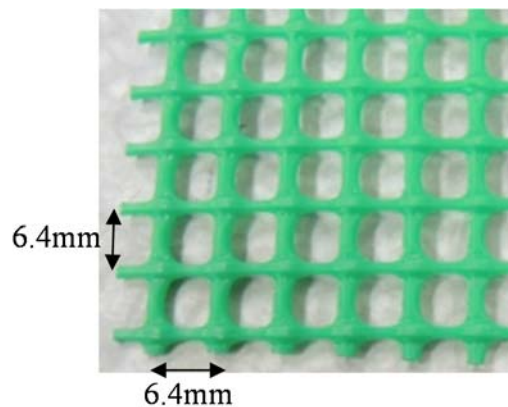
- ・土壌攪拌・吸引・凝集・沈殿のプロセスを経た泥土の簡易な袋詰脱水の作業性の向上のためにロジパックの積層による難透水性の部分の排水性を向上させる手法を室内試験で明らかにする。

<脱水試験のねらい>

凝集剤添加の有無にかかわらず、ろ過面積と水頭差を大きくすることにより脱水ろ過時間を短縮できる。



図II-4.4 土試料の粒度分布



図II-4.5 トリカルネット®N-10 (ダイプラ製)

- ・清澄水での透水のみを考えれば、土木用ネットを設置するだけで、面内方向の透水量を600~1400倍程度に増加させることができる。ネットなしでは、ほぼ透水が得られない(図II-4.6)

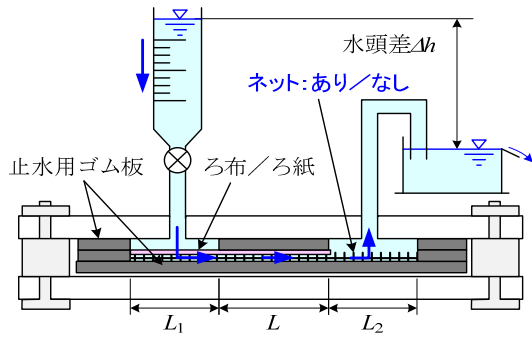


図 II-4.6(a) 土木ネットを併用した場合のろ布の内面方向透水試験装置

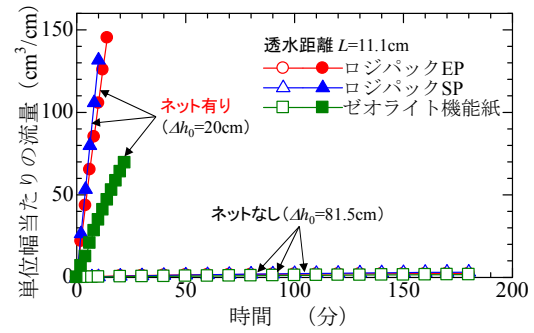
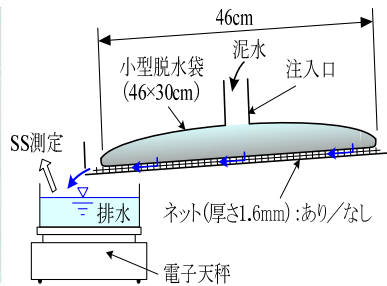
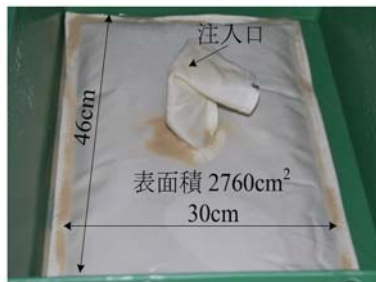


図 II-4.6(b) 透水試験におけるプラスチックネットの効果(面内方向、清澄水)

- 平置き型脱水袋の場合、土木用ネットを設置することにより、脱水速度を、ロジパック EP の場合には 1.7 倍程度、ロジパック SP の場合には 1.3 倍程度、増加させることができる(図 II-4.7、II-4.8)。なお、初期排水において、SS を排水基準(200mg/L)以下にするためには、凝集剤を添加し、ロジパック SP を使用する必要がある。



水 5L に土試料 (DL クレー) 500g を添加して攪拌した泥水 (含水比約 1,000%, SS ≒ 90,000mg/L) に、凝集剤を添加 (1g/L) して 1 分間スターラーで攪拌した後、水袋に随時注入し、排水量および SS の測定を実施した。ネットなし、凝集剤なしの実験も実施した。

図 II-4.7 平置き型脱水実験 (1/5 模型)

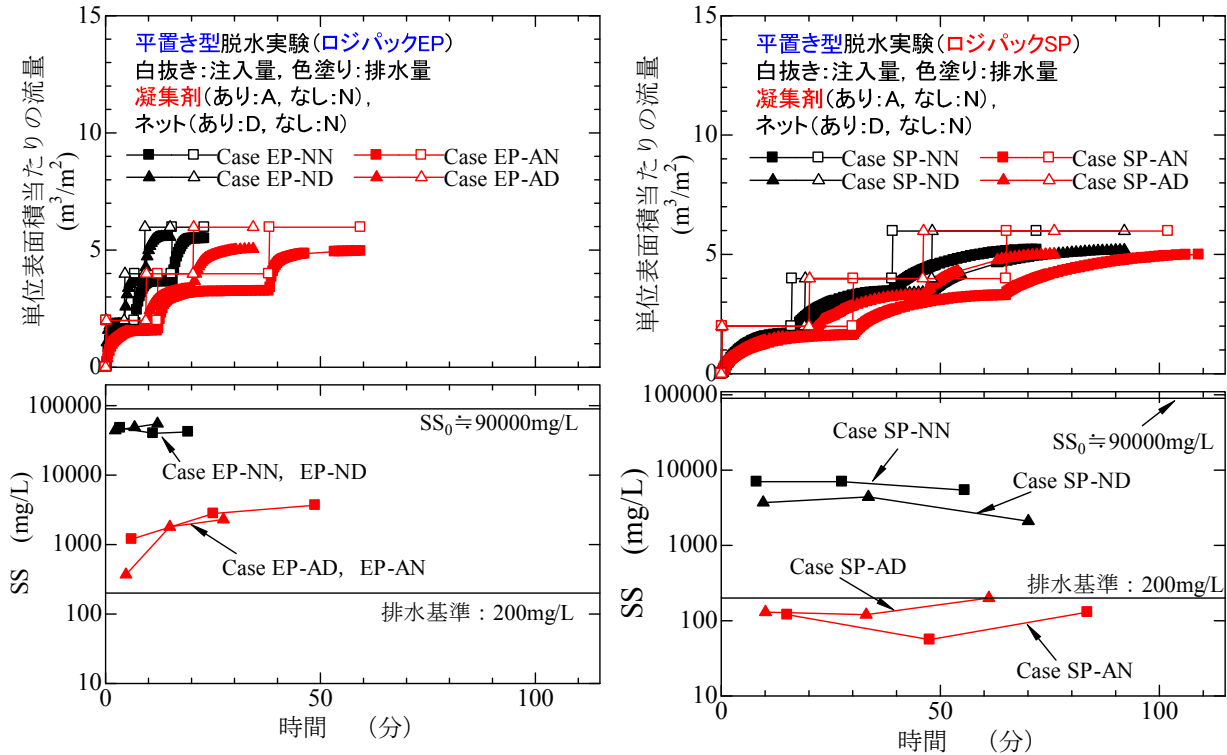


図 II-4.8 排水量および SS の経時変化(平置き型、1/5 模型)

5. 作業上の留意事項

(1) 作業

- 作業においては、関係法令を遵守するとともに、除染関係ガイドライン(環境省、平成 23 年 12 月 14 日)、除染等業務に従事する労働者の放射線障害防止のためのガイドライン(厚生労働省、平成 23 年 12 月 22 日)を参照し、作業者の安全には十分留意すること。
- トラクターによる作業(特に傾斜地)は、転倒事故を引き起こす可能性があるため、安全フレーム付き(原則としてキャビン付き)のトラクターを用いるなど作業者の安全に十分留意すること。
- 作業後に、機械に付着した土はできるだけ作業現場で落とし、洗浄する場合は汚染された土が周囲に流出しないような対策を行う。

(2) 排水処理

- 水を扱う本手法では、放射性セシウムを含むほ場からの濁水の管理が重要である。
- 固液分離の上澄水は、十分濁質を分離させることで、環境中への排水が可能となる。
- 濁水および濁質は、外部に流出しないよう貯水槽等で管理する必要がある。
- 本手法は、専門の技術者の下、安全対策に十分留意して実施する必要がある。農家や個人が実施することは、想定していない。

Ⅲ部 除染後の水稻栽培

1. 作期の決定と品種選定

- ・除染当年に作付けする場合は、除染作業が終わり次第、速やかに施肥・資材施用を行い、耕起・入水・代かきを進められるよう準備する。移植作業が可能になる日から逆算して育苗作業を行う。共同育苗施設を利用できない可能性があるため、種籾と薬剤、育苗箱、培土を準備する。また、育苗時期が遅くなると気温が上昇するため、温度管理に留意する。
- ・除染当年に作付けする場合は、慣行移植時期からの遅れを考慮して、生育期間の短い早生品種を作付けすることが望ましい。除染翌年に作付けする場合は、慣行の作期・品種でよい。

表Ⅲ-1 除染日程とその後の水稻栽培の実例

除染年次・方式	除染終了日	作付け品種	移植日	出穂期	収穫日
2012 年中小区画	6/28	まいひめ	7/2	8/25	10/10
2013 年中小区画	6/7	コシヒカリ	6/12	8/26	10/8
2013 年大区画	6/7	コシヒカリ	6/14	8/25	10/7

2. 施肥量と吸収抑制対策

- ・本方式の除染では、放射性セシウムを吸着する粘土など細粒土壌が選択的に除去されるため、減収する。したがって、除染直後の窒素施肥量は、慣行より多くする必要がある。増施肥量は作期や作付けする品種によって異なるので、農業普及所など関係機関に問い合わせる。なお、窒素のみを増施すると、放射性セシウムの吸収を助長する可能性があるため、カリ成分を含む化成肥料を用いることが望ましい。

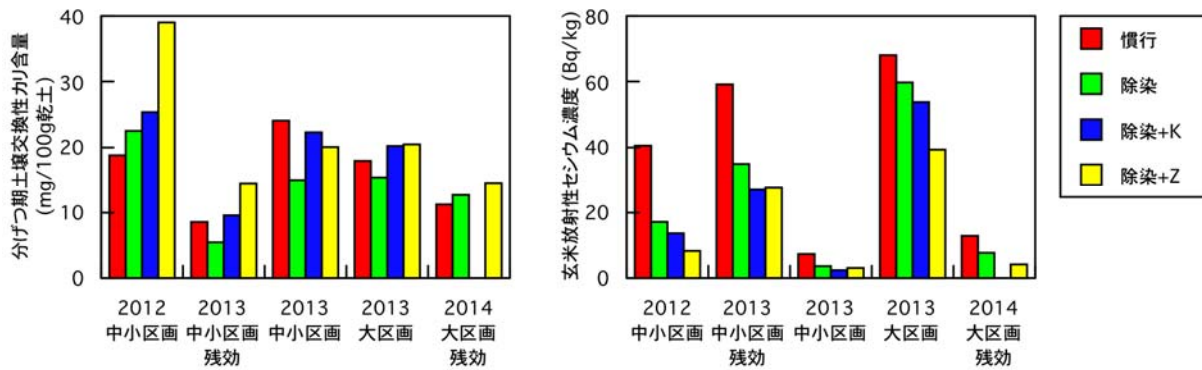
表Ⅲ-2 除染区と慣行区の収量比較(窒素施肥量、玄米重とも kg/10a)

除染年次・方式	当年		除染区		慣行区		翌年	
	作付け品種	窒素施肥量	玄米重	玄米重	作付け品種	窒素施肥量	玄米重	玄米重
2012 年中小区画	まいひめ	10	539	635	コシヒカリ	6	689	703
2013 年中小区画*	コシヒカリ	6	640	581	-	-	-	-
2013 年大区画	コシヒカリ	2.3	533	549	コシヒカリ	2.7	459	481

*2013 年中小区画の慣行区は全面倒伏により減収

- ・本方式の除染では、土壌中の放射性セシウムが除去される一方で、吸収抑制に有効なカリウムも除去される場合がある。したがって、除染直後のカリ施肥量は、少なくとも慣行施肥量が必要である。除染当年の上乗せ施用は、ある程度の吸収抑制効果が認められる。
- ・ゼオライト資材は、本方式の除染実施ほ場における吸収抑制効果が認められ、翌年にも

効果が持続していることから、必要に応じて施用する。



図III-1 除染区におけるカリ増施とゼオライト施用効果

+K:カリ 10kg/10a 増施、+Z:ゼオライト 1t/10a 施用

- 本方式の除染に先立ち、前作の稲わらを除去して還元していない場合には、相当する稲わらや堆肥など有機物を補給することが望ましい。ただし、除染当年に作付けする場合は、作業に余裕がないため施用は行わない。

3. 作業と水管理の留意点

- 粘土含量の低いほ場で本方式の除染を行う場合、移植した苗が土壤に固定されにくくなる可能性がある。苗丈が長くなりすぎないように注意して育苗し、浅植えは避ける。移植直後の風により苗が傾くのを防ぐためには、やや深水で管理する。
- 本方式の除染後に客土を行わない場合、排出された土壤量に相当する厚さの分だけ、田面が低くなる(数 cm 程度)。したがって、高さが固定されている排水口は、対応が必要になる可能性がある。また、除染前と比べて、減水深が変わっている可能性があるため、水深の維持や中干しの強度、収穫前の落水時期の決定においては注意する。
- 本方式の除染を行う場合、土壤中の雑草種子が排出されて発生量が少なくなる傾向があるが、除草剤は慣行と同様に使用する。

除染技術参考資料

土壌攪拌（代かき）による放射性物質低減技術の
実施作業の手引き

発 行 2015年7月

編集発行代表 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
農村工学研究所

〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-6

「本書からの転載・複製する場合は、当所の許可を得てください。」