

## IV. 計画・設計

農地除染実施のための計画・設計として、事前調査で得られた情報をもとに以下の作業を行う。

1. 区域の設定、工期の設定
2. 対策工法の選定と設計
3. 関係者の同意確認

### 1. 区域の設定、工期の設定

#### (1) 区域の設定

農地除染の区域は、地形条件、用排水系統、地域組織・耕作者等の地区の連担性、除去した土壌等の仮置き手法などを検討した上で、地元市町村や農家の意向を考慮して設定する。

#### 【 解 説 】

- 地形条件や用排水系統との関係について  
安全に営農を再開する上で、除染対策工事は同一流域等の上流側から実施することが望ましい。
- 用排水系統や地区の連担性との関係について  
同様の傾斜を有するほ区のまとまり、水利組合や地域組織（組や班）、耕作者の出入り作状況などの地域特性を踏まえ、農地の集団性と地区として一定の連担性が認められる範囲を分断しないように区域を設定することが望ましい。
- 工事中の放射性セシウム拡散との関係について  
除染工事において、未除染の土壌等が施工機械等に付着して区域外に持ち出されないよう、施工区域は連担して設定することが望ましい。
- 仮置場との関係について  
除去した草木や土壌等の仮置場の位置及び保管可能量について確認する。

## (2) 工期の設定

- 農地除染工事の工期は、農地表層部の土を扱うという特性から、施工時期や地元調整の進捗状況を勘案し、設定することが望ましい。
- 施工時期は、降雨・降雪や気温などの気候条件を踏まえて、適切に設定することが望ましい。

### 【 解 説 】

- ・ 農地の除染工事は、ほ場整備工事と同様に土工事が主体となることから、工事の進捗は天候に大きく左右される。特に、表土削り取りの場合は、農地の表層数 cm のところに集積している放射性セシウムを除去することが目的であることから、施工機械による土の攪乱をできるだけ防ぐために、ほ場の状態に応じて、工事を一時中断するなど、デリケートな対応が必要となる。工期を守るために、施工が乱雑になることは避けなければならない、工期はこれらを勘案して設定する。
- ・ 表土削り取りや水による土壌攪拌・除去など、除去土壌が発生する工法では、仮置場への搬出等、除去土壌の処分方法の決定とそれに対する関係者の理解を得ることが重要である。これらは工期に大きな影響を及ぼす要因となる。
- ・ 農地除染実証工事を例にあげると、飯舘村において 2 月から、川俣町において 3 月から工事に着手したものの、積雪・凍結、春先の雪解け、春雨、梅雨などの影響を受け、農地に施工機械を入れることができない、または工事を中断せざるを得ない状況が続いた。さらに、春先以降の雑草の伸長による除草作業の増加等に伴い、廃棄物量が増加した。また、夏期は炎天下であっても粉じんが舞っている場合は、全身化学防護服を着用した作業が必要となる場合があり、熱中症などの危険性が高くなるなど労働安全衛生上の課題が見られた。一方、同じ福島県下であっても、浜通り地域の平地では、冬季の降雪・積雪が少なく乾燥していることから、ほ場整備等の土工事が冬季を含めて通年で施工されている。これらを踏まえ、主要な工事を土壌が乾燥し扱いやすく精度の高い機械施工が可能で、かつ労働安全衛生上での課題が少ない時期に適切に実施できるように、施工時期を設定することが望ましい。

## 2. 対策工法の選定と設計

### (1) 工法選定の基本的考え方

土壌中の放射性セシウム濃度に応じて、以下の表を基本として、関係者の意向を考慮し、表土削り取り、水による土壌攪拌・除去、反転耕といった除染技術（対策工法）の適用を検討する。

表 1 農地土壌除染技術適用の考え方

土壌の放射性セシウム濃度	畑		水田	
～5,000Bq/kg	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、○移行低減栽培技術を適用。			
5,000～ 10,000Bq/kg	地下水位		土壌診断・地下水位	
	低い場合※)	高い場合※)	低地土	低地土以外
	●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)
10,000～ 25,000Bq/kg	●表土削り取り		●表土削り取り	
25,000Bq/kg～	●表土削り取り 5cm以上の厚さで削り取り。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 5cm以上の厚さで削り取り。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

※) 数値は、農林水産技術会議事務局にて検討中

### 【 解 説 】

- 適用する除染技術は、これまでの農地除染に関する研究・実験報告内容を踏まえる。
- 未耕起の農地では、放射性セシウムは主に表層付近に高濃度に集積している。
- 表面から15cmまでの平均放射性セシウム濃度が5,000 Bq/kg以上の農地では、原則として表土削り取りを検討する。また、5,000Bq/kg未満の農地では、原則として反転耕・移行低減栽培技術を検討する。
- 表面から15cmまでの平均放射性セシウム濃度が5,000 Bq/kg以上の農地であっても、

作土層が減少する等の理由により表土削り取りによることが困難な場合には、反転耕、水による土壌攪拌・除去（水田の場合）を適用することが可能である。

- ただし、反転耕及び水による土壌攪拌・除去は、除染効果の観点から、表面から 15cm までの平均放射性セシウム濃度が 10,000 Bq/kg 未満の場合のみ適用が可能である。
- 反転耕は、作土層の厚さ、下層における礫層の有無、地下水位等によっては適用が困難である。反転耕が適用できない場合は、その他の方法（表土削り取り、水による攪拌・除去）を再度検討する（表面から 15cm までの平均放射性セシウム濃度が 5,000Bq/kg 未満の農地では、深耕による対応も含めて個別に検討する。）。
- 表面から 15cm までの平均放射性セシウム濃度が 5,000Bq/kg 未満の農地で反転耕の適用が困難な場合は、個別に検討する。
- 水による土壌攪拌・除去では、放射性物質の拡散につながらないように、発生する濁水を適切に処理する施設が必要である。
- 同一の対策工法を適用する範囲は、行政区域等の社会的つながりや営農形態等を考慮し、関係者の意向に基づき決定する。
- このほかに、今回、農地除染実証工事の対象としなかったが、効率的な除去や低減が期待される工法として以下の工法がある（詳細は、参考資料編、参照）。
  - パワーハロー（バーチカルハロー）等により表土を砕土した後、トラクタに装着したリアブレードやフロンドロダにより表土を削り取り・集積する工法<sup>17)</sup>
  - 冬季の寒冷期に 5cm まで凍結した凍土を剥ぎ取る工法
  - 汚染した農地に新たに客土（有機肥料等を加え調整した非汚染土壌）を追加し、元の土壌と耕うん攪拌することにより、汚染濃度を希釈低減する工法
- その他、以下の点に留意が必要である。
  - 表土削り取り及び水による土壌攪拌・除去では、除去した高濃度の放射性セシウムを含む土壌の処理（保管のための仮置場等の確保を含む。）について、事前に検討・準備が必要である。
  - 表土削り取りを選択する場合、作土層が一定厚さ除去されることから、除染対策後の土壌改良の必要性について、農地の関係者（地権者・耕作者等）と確認し、必要な場合は、県、JA、市町村等の営農支援組織と共に試験を行いながら土壌改良材等の設計を行うことが重要である。
  - 農地除染実証工事では、反転耕の反転深さは、機械の能力、土層の状況から、水田では 30cm として実施した。

<sup>17)</sup> 「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）

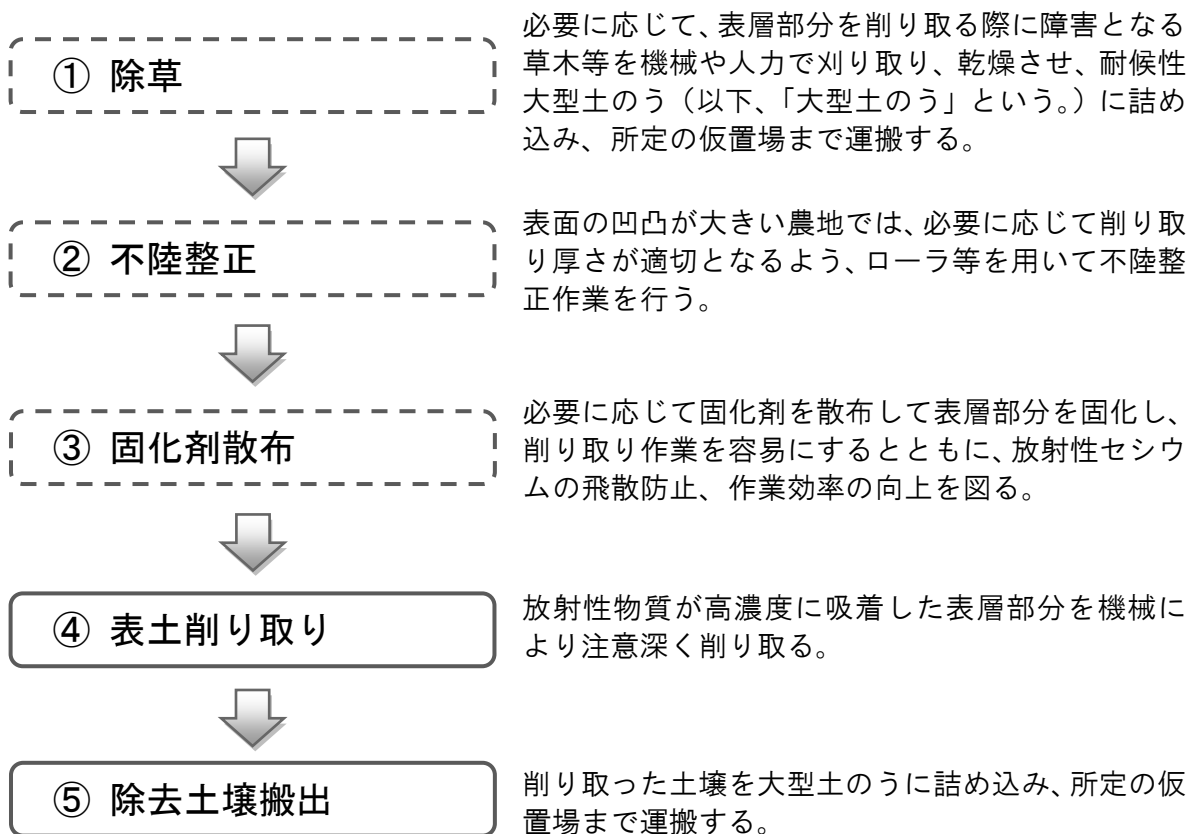
## (2) 表土削り取り

### 1) 工法の特徴

- 表土削り取りは、表層付近に高濃度に集積している放射性セシウムを効率よく除去するために、バックホウ等の機械を用いて表土を物理的に削り取る工法である。このため、放射性セシウム降下後に耕起されていないほ場に適している。
- 本工法は、放射性セシウムを除去する確実性が高い一方で、大量の除去土壌が発生する。また、できる限り作土層を保全し、農地における除染後の作物生産性への影響を最小限にするためにも、可能な限り少ない削り取り量で放射性セシウムの高い除染効果を達成することが重要である。
- したがって、施工時の削り取り厚さの管理が重要となることから、畝等の不陸<sup>18)</sup> 整正作業を組み合わせるなど、施工性を向上させ施工管理を容易にすることで、過剰な削り取りが行われないように努める。

### 【 解 説 】

表土削り取りの大まかな手順は、以下のとおり。（詳細については、第2編 施工編、参照）



<sup>18)</sup> 農地表面の凸凹のことを、ここでは不陸と呼ぶ。

## 2) 設計削り取り厚さ

表土削り取りの厚さ（設計削り取り厚さ）は、土壌中の放射性セシウム濃度や関係者の意向を考慮して決定される。

### 【 解 説 】

表土削り取り厚さの決定に際しては、以下の点に留意する必要がある。ここで「設計削り取り厚さ」とは「最低」削り取り厚さのことを示す。

#### 【設計削り取り厚さを 3cm とする場合】

- 水田において、削り取り機械で追従できない小さな起伏に対しては、凸凹の表面のうち高さの低い底部を基面とし、そこから最低 3cm 削り取る。

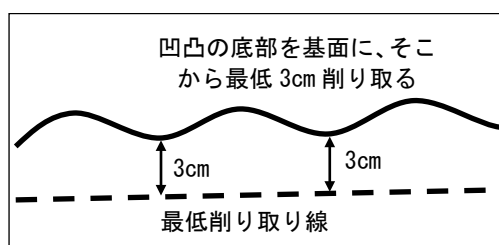


図 10 小さな起伏（凹凸）がある場合の設計削り取り厚さの考え方

- 畑における大きな畝など、削り取り機械で追従できる大きな起伏に対しては、ほ場の表面を基面とし、そこから最低 3cm 削り取る。

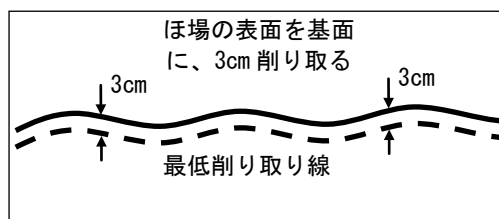


図 11 大きな起伏がある場合の設計削り取り厚さの考え方

- イノシシなどの野生動物により表土の攪乱を受けているほ場で、その攪乱面積が大きい場合は、攪乱された部分の底部を基面として、そこから 3cm の削り取りを行う。

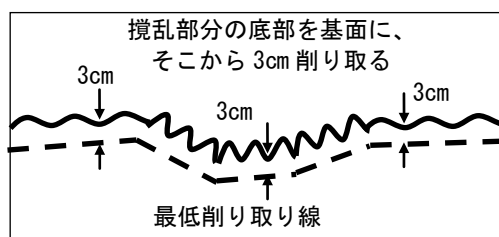


図 12 表土の大きな攪乱がある場合の設計削り取り厚さの考え方

## 【 参 考 】 一農地除染実証工事における事例一

- 大半の農地では、表層から 3cm までに 90%程度の放射性セシウムが分布している。  
この結果、データを踏まえると 3cm を超えて削り取りを行う場合、放射性セシウムの低減の差は小さいが、廃棄土量は多量となる。
- 一方、最低削り取り厚さを 3cm 未満とすることは、機械施工上では難しい。

表 2 削り取り厚さの相違による廃棄土量の増加割合  
(放射性セシウム濃度)

低減率 <sup>1)</sup>		廃棄土量 <sup>2)</sup>	
3cm 削り取り	5cm 削り取り	3cm 削り取り	5cm 削り取り
86.3%	93.8%	1	1.4～1.6 倍程度

7.5%

※事前調査結果に基づく計算値

1)低減率は小宮・草野向押・山木屋地区の計算値

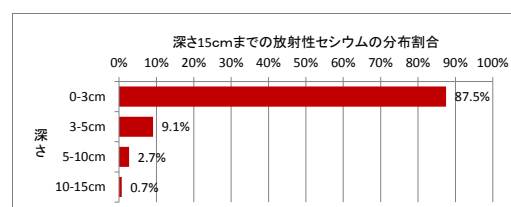
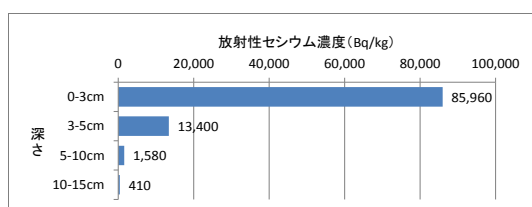
2)廃棄土量は 3cm を 1 として設計削り取り厚さ及び設計削り取り厚さ+管理値 20mm を用いた比率

- 草野向押地区、小宮地区、山木屋地区では、最低削り取り厚さ 3cm の削り取りによって、作土層の放射性セシウム濃度は、平均 8,140Bq/kg 程度から、960Bq/kg 程度に低減(約 9 割低減)した。また、地上 1m の空間線量率は、平均 3.83μSv/h が 0.96μSv/h に低下(約 7 割低減)した。

表 3 最低削り取り厚さ 3cm による表土削り取りの実績  
(放射性セシウム濃度)

地点数	表土削り取り前			表土削り取り後
	平均 (Bq/kg)	最大 (Bq/kg)	最小 (Bq/kg)	平均 (Bq/kg)
289	8,140	34,760	340	960

- 一方、表層から 15cm までの放射性セシウム濃度が高い長泥地区(帰還困難区域)では、表層から 3cm までに 90%程度の放射性セシウムが分布しているにもかかわらず、表層から 3cm～5cm の層でも平均で 13,000Bq/kg を超える高い放射性セシウム濃度となっている(下図、参照)。



長泥地区 (15cm 平均 19,650Bq/kg)

- このため、長泥地区では設計削り取り厚さを 5cm として削り取りを行った結果、作土層の放射性セシウム濃度を平均 19,650Bq/kg 程度から 1,730Bq/kg 程度に低減(約 9 割低減)させた。これに伴い、空間線量率は平均 8.72μSv/h が 2.29μSv/h に低下(約 7 割低減)した。

表 4 最低削り取り厚さ 5cm による表土削り取りの実績  
(放射性セシウム濃度)

地点数	表土削り取り前			表土削り取り後
	平均 (Bq/kg)	最大 (Bq/kg)	最小 (Bq/kg)	平均 (Bq/kg)
119	19,650	71,120	350	1,730

表 5 空間線量率の低減

地区名	最低削り取り 厚さ(cm)	測 定 箇所数	施工前 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	施工後 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	低減率 (%)
長泥	5	119	8.72	2.29	74
小宮	3	112	5.16	1.25	76
草野向押	3	72	4.20	0.85	80
山木屋細田	3	59	2.15	0.76	65
山木屋日向	3	46	2.17	0.67	69

- 福島県中通りなどで、現在作付けが行われている農地の作土層の放射性セシウム濃度は、90%がおおむね 2,900Bq/kg 以下である。

表 6 福島県中通りなどで作付けが行われている農地の放射性セシウム濃度

調査ほ 場数	作土層中の放射性セシウム濃度 (Bq/kg)			
	平均	最大	最小	高濃度 10%を除いた最大 (90 パーセンタイル値)
393	1,224	4,770	30	2,880

表 7 削り取り厚さの実績

地区名	施工面積	削り取り厚さ <sup>*)</sup>		
		設 計	実 績	増加率
小宮・草野向押 山木屋	25.3ha	3cm	47.8 mm	159%
長泥	7.6ha	5cm	61.0 mm	122%

\*) 標高直接測定による

表 8 除去土量 (ほ場のみ)

地区名	設計削り取り厚さ	削取面積	除去土量
小宮・草野向押・山木屋	3cm	25.35ha	17,064m <sup>3</sup>
長泥	5cm	7.63ha	6,410m <sup>3</sup>

※除去土量は、1 大型土のう=1m<sup>3</sup>で換算



### 3) 工法の選択

各工法の特徴を踏まえ、工事实施の時期、現場条件、機械の利用状況等を勘案して工法を選択する。

## 【 解 説 】

これまでの試験施工や今回の農地除染実証工事では、表土削り取りについて、以下の施工法が試験・実証されている（詳細は、第2編 施工編 V.農地除染工 1.表土削り取り 参照）。なお、特殊な施工機械は特注品であるか、または建設機械市場での調達が困難な場合もあることから、機械の利用状況、調達の困難性についても勘案して工法を選択する。

各工法の比較は、表 9 農地除染実証工事における採用工法の比較に、また各工法の評価は、表 10 農地除染実証工事の結果を踏まえた削り取り工法における工法別評価に取りまとめているので参考にされたい。

#### ア バックホウによる削り取り工法（写真 5・6、参照）

- 平爪または法面バケット等を装着したバックホウで表土を削り取る方式。
- 削り取った表土の搬出方法によって、以下の工法に分かれる。
  - 標準運搬工法：  
削り取った場所に集積した土砂をバックホウで大型土のう<sup>19)</sup>に詰め込み、不整地運搬車で場内仮置場に運搬後、搬出する。
  - 吸引工法：  
削り取った土砂を大型汚泥吸排車により吸引後、所定の仮置場で排出し、バックホウで大型土のうに詰め込み搬出する。

#### イ ワイパー工法（農村工学研究所開発）（写真 7・8、参照）

- バックホウのバケットに削り取り用エッジ（土中への差し込み深さが一定になるように設定されたエッジ）を設置し、バケットをほ場表面に置いたまま水平一方向にスイングさせることによって、表土を削り取る方式。
- 削り取り集積した表土の搬出方法によって、以下の工法に分かれる。
  - コンベア工法：  
削り取った土砂を、ハンマーナイフ付き特殊バケットのついたスクリュコンベア式削り取り機にて機械後方の大型土のうへ詰め込み搬出する。
  - 吸引工法：  
削り取った土砂を、大型汚泥吸排車と連結したバケット付きのバックホウまたは大型汚泥吸排車により吸引後、所定の仮置場で排出し、バックホウで大型土の

<sup>19)</sup> 第2編 施工編 I. 除染作業の進め方、2.共通留意点 参照

うに詰め込み搬出する。

➤ 標準運搬工法：

バックホウによる削り取り工法の運搬式に同じ。

ウ ロータリーカッター工法（写真 9・10、参照）

- ハンマーナイフ式（回転羽による芝刈り方式）アタッチメントを装着した重機を使用し、アタッチメントを表土に押し付け、スライドさせて表土を削り取る方式。
- 削り取った表土は、アタッチメントに併設されたスクリーンコンベアを介して大型土のうに詰め込まれ搬出される。

エ ターフストリッパー工法（写真 11・12、参照）

- 競技場等で、芝生を張り替えるために傷んだ芝生を短時間で切削するため開発された工法。
- 不陸整正して平坦にしたほ場に、農用トラクタ(クローラ式)でターフストリッパー（小さなスコップ状の多くの刃が回転することにより、表土ごと地中の草の根も切削する構造の機械）を牽引し削り取りを行う。
- 削り取った表土は、ターフストリッパーに取り付けられたベルトコンベアにより並走する不整地運搬車に積込まれ、ほ場の一箇所に集積後、バックホウで大型土のうに詰め込まれ搬出される。

オ スキマー工法（写真 13・14、参照）

- デルタテーブル（特殊樹脂板が水平に回転し、土壌を乱すことなく表土と稲株等を削り取る構造）が前面に付いた自走式の機械で削り取りを行う。
- 削り取った表土は、リアコンベアにより並走または後方の不整地運搬車に積み込み、ほ場の一箇所に集積後、バックホウで大型土のうに詰め込まれ搬出される。

表 9 農地除染実証工事における採用工法の比較

工法名	バックホウによる削り取り工法	ワイパー工法
特徴	平爪、法面バケット等を装着したバックホウで表土を削り取る。 削り取った表土の搬出方法によって、標準運搬工法と、吸引工法に分かれる。 標準運搬工法は、一般的な機械で対応が可能である。	バケットに削り取り用エッジを設置したバックホウで、バケットを水平一方向にスイングさせることによって表土を削り取る。 削り取った表土の搬出方法によって、吸引工法、標準運搬工法、コンベア工法に分かれる。
機械構成	・0.28～0.45m <sup>3</sup> 級バックホウ(平爪または法面バケット等を装着) ・0.28～0.45m <sup>3</sup> 級バックホウ(詰込用・標準運搬工法) ・クレーン機能付きバックホウ ・不整地運搬車(標準運搬工法) ・8t 級汚泥吸排車(吸引工法)	・0.28m <sup>3</sup> バックホウ(削り取り用エッジ付き) ・スクリーコンベア式削り取り機(コンベア工法) ・8t 級汚泥吸排車(吸引工法) ・0.28～0.45m <sup>3</sup> 級バックホウ(詰込用・標準運搬工法) ・クレーン機能付きバックホウ ・不整地運搬車(コンベア工法、標準運搬工法)
削り取り	バックホウで表土を削り取る。	バケット(削り取り用エッジ付き)を、地表面を水平にスイング(片押し)して表土を削り取り集積する。
大型土の詰込	【標準運搬工法】集積された表土を重機・人力併用で大型土のうに詰め込み、その場に仮置きする。 【吸引工法】削り取った土砂を汚泥吸排車により吸引後、所定の仮置場で排出し、バックホウで大型土のうに詰め込む。	【コンベア工法】集積した表土を、スクリーコンベア式削り取り機で、集積箇所下の表土部分と合わせて削り取りながら機械後方の大型土のうへ回収し、その場へ仮置きする。 【吸引工法】削り取った土砂を汚泥吸排車により吸引後、所定の仮置場で排出し、バックホウで大型土のうに詰め込む。 【標準運搬工法】集積された表土を重機・人力併用で大型土のうに詰め込み、その場に仮置きする。
小運搬・仮置き	【標準運搬工法】仮置きされた大型土のうは、クレーン機能付きバックホウにて不整地運搬車に積込み、場内小運搬し、場内所定場所に集積・仮置きする。 【吸引工法】詰込が完了した大型土のうは、隣接した場内所定場所に仮置きする。	【コンベア工法】、【標準運搬工法】仮置きされた大型土のうは、クレーン機能付きバックホウにて不整地運搬車に積込み、場内小運搬し、場内所定場所に集積・仮置きする。 【吸引工法】詰込が完了した大型土のうは、隣接した場内所定場所に仮置きする。

農地除染実証工事における採用工法の比較

工法名	ロータリーカッター工法	ターフストリッパー工法	スキマー工法
特徴	<p>本工法で使用する機械は、回転羽による芝刈り機をバックホウに装着させたものである。</p> <p>削り取られた土砂を直接大型土のうに袋詰めできる。</p>	<p>本工法は、競技場等で芝生を張り替えるため傷んだ芝生を短時間で切削するため開発された工法である。</p> <p>機械の底に小さなスコップ状の刃がたくさん付いていて、回転することにより表土ごと地中の草の根も切削(～約 50mm 深)する構造である。</p> <p>また、農用トラクタをベースに作業を行うため、土木用重機と比べて農地での作業性が良い。</p>	<p>本工法で使用する機械は、自走式で削り取り機(デルタテーブル)が機械前面にあり、削り取り前の土壌面に機械を乗り入れることがないため、土壌を荒らすことなく施工ができる。</p> <p>集土部は特殊樹脂板が水平に回転し、上下回転がない構造のため、土壌を乱すことなく表土と稲株等の削り取りが可能。</p> <p>厚さの管理は～約 100mm に設定が可能で、水平な面の場合は機械前面のセンサーにより自動管理が可能。また、傾斜面に対しては、全面ガラス張りの運転席よりオペレーターが深さを手動で容易に調整できる。</p> <p>リアコンベアは後方 180 度に向きを変えられるため、現場条件に合わせ並走または後方に配置した運搬車両に直接土砂を積み込むことができる。</p>
機械構成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・回転羽芝刈り機を装着させたクローラ型掘削機(スクリュコンベア付)</li> <li>・不整地運搬車</li> <li>・クレーン機能付きバックホウ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・農用トラクタ(ベルトコンベア付、クローラ式)</li> <li>・ターフストリッパー</li> <li>・不整地運搬車</li> <li>・バックホウ(詰込用)</li> <li>・クレーン機能付きバックホウ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デルタテーブルを取り付けた自走式削り取り機(ベルトコンベア付)</li> <li>・不整地運搬車</li> <li>・バックホウ(詰込用)</li> <li>・クレーン機能付きバックホウ</li> </ul>
削り取り	<p>接地面積約 1.0m×0.7m のハンマーナイフ式(回転羽による芝刈り方式)アタッチメントを装着したクローラ型掘削機を使用し、アタッチメントを表土に押し付け、スライドさせて表土を削り取る。</p>	<p>あらかじめ不陸整正して平坦にしたほ場に、農用トラクタ(クローラ式)で幅 2m のターフストリッパーを牽引し削り取りを行う。</p>	<p>デルタテーブルを取り付けた自走式機械(クローラ式)で作業幅 2.4m の削り取りを行う。</p>
大型土のう詰込、小運搬・仮置き	<p>削り取られた表土はアタッチメントに併設されたスクリュコンベアを介して直接大型土のうに袋詰めさせる。</p> <p>仮置きされた大型土のうを不整地運搬車にて場内小運搬し、場内仮置場に仮置きする。</p>	<p>削り取られた土砂等はターフストリッパーに取り付けられたベルトコンベアにより並走する不整地運搬車に積込み、ほ場の一箇所に集積する。</p> <p>※土壌が極度な湿潤状態では作業が困難なため、適度に乾燥した状態で作業を行う。</p> <p>集積された土砂を、大型土のうにバックホウにて詰め込み、その場に仮置きする。</p>	<p>削り取られた土砂等はベルトコンベアにより並走または後方の不整地運搬車に積込み、ほ場の一箇所に集積する。</p> <p>※土壌が極度な湿潤状態では作業が困難なため、適度に乾燥した状態で作業を行う。</p> <p>集積された土砂を、大型土のうにバックホウにて詰め込み、その場に仮置きする。</p>

—各工法の削り取り概要—

【バックホウによる削り取り工法】（標準運搬工法）



写真 5 バックホウで表土を削り取り  
（バケットを前後に動かす）



写真 6 大型土のうに  
バックホウで詰め込み搬出

【ワイパー工法】（コンベア工法）



写真 7 バケットのエッジで削り取り  
（バケットを一方向にスウィングさせる）



写真 8 集積した表土を  
スクリーンコンベアで詰め込み



【ロータリーカッター工法】



写真 9 ハンマーナイフ式アタッチメントで削り取り



写真 10 直結したコンベアで大型土のうに詰め込み

【ターフストリッパー工法】



写真 11 トラクタでターフストリッパーを牽引



写真 12 並走する運搬車に詰め込み

【スキマー工法】



写真 13 機械前面で削り取り



写真 14 後方の運搬車に詰め込み

## 【 参 考 】

下表を参考に工事実施の時期、現場条件、機械の利用状況等を勘案して工法を選択する。

表 10 農地除染実証工事の結果を踏まえた削り取り工法における工法別評価

工法名	バックホウによる 削り取り工法		ワイパー工法			ロータリーカッ ター工法※	ターフストリッ パー工法	スキマー 工法
	標準運搬	吸引※	コンベア	吸引※	標準運搬			
使用機械	バックホウ バックホウ(詰 込用) 不整地運搬車	バックホウ 汚泥吸排車	バックホウ(削 り取り用エッジ 付き) スクレーコン ベア 不整地運搬車	バックホウ(削 り取り用エッジ 付き) バックホウ(バ キューム機付 き) 汚泥吸排車	バックホウ(削 り取り用エッジ 付き) バックホウ(詰 込用) 不整地運搬車	バックホウ(回 転羽式掘削 機・チェーンコ ンベア付) クレーン機能 付きバックホ ウ(土のう運搬 用)	トラクタ(ベル トコンベア付) ターフストリッ パー 不整地運搬車	自走式削り取 り機(デルタテ ーブル・ベル トコンベア付) 不整地運搬車
設計削り取り 厚さ	5cm/3cm	3cm	5cm/3cm	5cm/3cm	5cm/3cm	5cm	3cm	3cm
平均削り取り 厚さ	mm 60.6/47.8	mm 40.0	mm 61.6/48.4	mm 62.0/42.0	mm 61.6/48.4	mm 60.1	mm 49.5	mm 46.9
厚さ増加率	% 121/159	% 133	% 123/161	% 124/140	% 123/161	% 120	% 165	% 156
除染実効率	% 97/105	% 149	% 95/96	% 81/105	% 95/96	% 90	% 97	% 101
特記事項	土壌水分 条件への 適応性	・乾湿状況に 関係なく適 応可能	・含水比が高 い土壌はバ キューム作 業困難	・含水比が高 い土壌はス クレーコン ベアに詰まり やすい	・含水比が高 い土壌はバ キューム作 業困難	・乾湿状況に 関係なく対 応可能	・含水比が高 い土壌及び 草根はチェ ーンコンベ アに詰まりや すい	・土壌が乾燥 していること ・畑地に適す ・湿田でも可
	小規模ま 場への適 応性	・ほ場規模に 関係なく適 応可能	・大型汚泥吸 排車の通行 ルートに注 意が必要	・ほ場規模に 関係なく適 応可能	・大型汚泥吸 排車の通行 ルートに注 意が必要	・ほ場規模に 関係なく適 応可能	・ほ場規模に 関係なく適 応可能	・広いエリアの 施工に適す
	ほ場の表 面条件への 適応性	・表面の凹凸 に関係なく 適応可能	・表面の凹凸 に関係なく 適応可能	・表面の凹凸 に関係なく 適応可能	・表面の凹凸 に関係なく 適応可能	・表面の凹凸 に関係なく 適応可能	・水田の細か な凹凸への 追従性が悪 い	・水田の細か な凹凸への 追従性が悪 い
	オペレー ター依存 度	・大～中 ・機械による 削り取り操作 の習熟が必要	・大～中 ・機械による 削り取り操作 の習熟が必要	・小 ・単純な操作 のため習熟 度を問わない	・小 ・単純な操作 のため習熟 度を問わない	・小 ・単純な操作 のため習熟 度を問わない	・中 ・特殊機械に 対する習熟 が必要	・中 ・特殊機械に 対する習熟 が必要
	その他	・一般的な機 械のみで施 工が可能	・バックホウと 汚泥吸排車 間のホース 長は30m程 度を限度と する	・上記評価は コンベア長 を短くした改 良機に對す るものである	・1回の削り取 り厚さは3cm が限度 ・5cmの場合 は2回削り取 りとなる	・1回の削り取 り厚さは3cm が限度 ・5cmの場合 は2回削り取 りとなる	・畑の畝程度 の凹凸には 追従できる ・トラクタと不 整地運搬車 は未除染地 を走行 ・削り取り土が 小運搬時に 飛散するお それあり	・2回走行す ると再汚染 を生じる

工法名		バックホウによる 削り取り工法		ワイパー工法			ロータリーカッター工法※	ターフストリパー工法	スキマー工法
		標準運搬	吸引※	コンベア	吸引※	標準運搬			
評価	機械 汎用性	◎	○	△ 要エッジ作成 要特殊機械	△ 要エッジ作成 要特殊機械	○ 要エッジ作成	△ 独自開発機械	△ 要特殊機械	△ 要特殊機械
	施工性	・削り取り工法として現場条件への適合性に優れている	・含水比が高い土壌はバキューム作業困難	・オペレーターの習熟度を問わないため施工性が高い ・含水比が高い土壌はスクリーコンベアの詰まりに注意が必要	・オペレーターの習熟度を問わないため施工性が高い ・含水比が高い土壌はバキューム作業困難	・オペレーターの習熟度を問わないため施工性が高い	・水田の細かな凹凸への追従性を高めるよう機材の改良が必要	・未除染地を作業車が通行しないよう工法の改良が必要	・乾燥した土壌の3cm程度の削り取りに適す
		◎	△ ただし、乾燥した土壌であれば○	○	△ ただし、乾燥した土壌であれば○	◎	△ ただし、緩やかな凹凸であれば○	△	○

- ・厚さ増加率：施工結果の平均削り取り厚さ／設計削り取り厚さ(%)（各数値は、標高直接測定による。）  
設計削り取り厚さが3cmの場合は各工法とも150～160%程度、5cmの場合は120～130%程度で大差はない。
  - ・除染実効率：施工前後における実際の除染率／予想除染率(%)  
ここで、予想除染率とは、施工前調査の層別放射性セシウム濃度分析結果に基づき、設計削り取り厚さ分だけ削った場合に予想される除染率をいう。  
バックホウによる削り取り工法(吸引式)で約150%と高い値を示したが、施工面積が小さいため検証が必要。  
その他の工法では、おおむね95%～105%の間に収まっており、大差はない。
  - ・汎用性：使用機械の汎用性により判断(広範な工事において適用が容易か否かの指標とする。)
  - ・施工性：特記事項の内容により判断 ◎：非常に優れている、○：優れている、△：現場条件が限定される
- ※吸引式、ロータリーカッター工法については、施工面積が少ないため、適用については注意が必要。

表 11 施工状況

工法名	バックホウによる 削り取り工法		ワイパー工法			ロータリー カッター工法	ターフストリ パー工法	スキマー 工法
	標準運搬	吸引	吸引	コンベア	標準運搬			
設計削り取り厚さ	5cm/3cm	3cm	5cm/3cm	5cm/3cm		5cm	3cm	3cm
施工面積	ha 28/129	ha 0.1	ha 0.1/0.1	ha 3.5/8.0		ha 0.7	ha 0.8	ha 3.3

※人力併用地点等 9 地点除く



#### 4) 不陸整正

不陸整正（不陸修正のための転圧等作業）の目的は、表土削り取りに際して、細かなわだちや畝などを平坦にすることにより、表土削り取りの施工精度を向上させ、余分な削り取り土量を低減させることである。

#### 【 解 説 】

- 凹凸の底部から設計削り取り厚さをとって水平に削り取る場合、凸部が設計削り取り厚さ以上の削り取り厚さになり、廃棄土量が増加する。不陸整正はこの凸部を転圧することにより、凹凸の差を低減し、設計削り取り厚さ以上の削り取りをできるだけ小さくし、施工精度を向上させるものである。
- 凹凸の小さなほ場や、地下水位が高く、転圧により表土の攪乱が想定されるほ場では不陸整正の必要性は低いが、現地の詳細な状況把握ができていない設計段階では、不陸整正を見込んでおくことが望ましい。
- 作業量として、水田ではハンドガイドローラ 1 回、畑地ではコンバインドローラ 1 回を見込むが、施工段階では状況に応じて変更する。

#### 【 参 考 】 一農地除染実証工事における事例一

##### ア 不陸整正の効果

- ローラ転圧等により不陸が均平化され、余掘量の抑制が図られた。
- また、施工業者によれば、雑草繁茂の抑制、重機によるコネ返しの抑制、表面排水の改善など、作業環境の改善が図られており、施工性の向上に効果があった。
- なお、不陸整正の実施によって、表層が高濃度という放射性セシウム濃度の深度分布の逆転・乱れは生じておらず、不陸整正による圧密量もおおむね 10mm 未満であった。このため、不陸整正を行うことによる設計削り取り厚さの変更は必要ない。

##### イ 機械の種類、転圧回数

- コンバインドローラ（畑向け 2.5～3.0t）、ハンドガイドローラ（水田向け 1t）、麦踏み機（トラクタ牽引）などの機械を用いた。
- おおむね 2 回（往復 1 回）の不陸整正を実施した。

表 12 農地除染実証工事における使用機械等

内容	長泥	小宮	草野向押	山木屋
使用機械	トラクター 麦踏み機 B=2.1m	ハンドガイドローラ	3tコンバインド ローラ	3tローラ
接地圧	0.20kg/cm <sup>2</sup> 、 0.48kg/cm <sup>2</sup>	6.5kg/cm <sup>2</sup> (64.1N/cm)	1.0kg/cm <sup>2</sup> (100kpa)	2.3kg/cm <sup>2</sup>
転圧回数	2	2(往復1回)	2(往復1回)	1

表 13 不陸整正によるほ場段差の変化  
(農地除染実証工事における草野向押地区)

単位：mm

測点	段 差		均平量
	事 前	転圧後	
①-1-2	93	45	48
①-2-2	88	50	38
①-3-2	100	65	35
②-1-2	50	35	15
②-2-2	88	65	23
②-3-2	100	65	35
③-1-2	90	15	75
③-2-2	90	65	25
③-3-2	95	60	35
平均	88.2	51.7	36.6

—農地除染実証工事における事例—



写真 15 コンバインドローラ (3t)



写真 16 麦踏み機 (牽引)

## 5) 固化剤散布

土壌が乾燥している場合は、表土削り取りに先立ち固化剤を散布して土壌の表層部分を固化させ、表土を削り取りやすくするとともに、削り取り作業中に発生する土ぼこりの飛散防止及び表土の平面方向・深さ方向の取り残しの目印とすることで、除染精度の向上及び作業効率の向上が図られる。

### 【 解 説 】

#### ア 固化剤散布の目的

- 放射性セシウム濃度の高い表層部分を固化することで、削り残し・取りこぼしや放射性セシウムの拡散を防止することができる。
- 土壌が湿っている場合は、粉じんが起きにくくなり、また固化剤の浸透が期待できないため、削り残しを防ぐための目印（マーカー）として、より安価な石灰で代用させることも考えられる。
- 夏季に施工する場合は、固化剤散布後に雑草が繁茂することが想定されるため、草刈りや固化剤散布のタイミングについて十分に検討する。

#### イ 固化剤の種類と散布量、養生期間

- 標準の散布量は、マグネシウム系の固化剤の場合、15 トン/haとする。また、養生期間は7日間以上必要である<sup>20)</sup>。
- 石膏系を採用する場合は、1)重金属の含有量が肥料として使用できるレベルであることの保証、2)回収率が限りなく100%に近い工法の採用、3)廃棄土の保管に当たって水の浸入を防ぎ酸化状態を維持し、多量の鉄資材を加えるなど硫化水素を発生させない対策を講じる。
- 固化剤の希釈に使用する水は、施工前調査において安全性を確認した農業用水を利用する。

#### ウ 固化剤散布試験

- 表土の深さ方向の取り残しの目印とする場合は、あらかじめ固化剤散布試験により所定の削り取り厚さまで浸透・固化できる配合を確認する。
- 削り取り厚さ（規定値）を最適に固化できる製品（マグネシウム系及び石膏系が数種市販されている。）の選定と最適な希釈比率を決定するため、小区画での試験施工を行う。
- 農地の土壌タイプが数種類分布する地区では、土壌タイプごとに試験施工を行う。
- 試験実施に当たっては降雨、湛水、気温等の影響を事前に把握しておく。

<sup>20)</sup>「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）

## 【 参 考 】 一農地除染実証工事における事例一

### ア 固化剤散布の効果

- 土壌が乾燥している場合は、固化剤を散布して表層部分を固化させることにより、表層土壌が削り取りやすくなるとともに、作業時に粉じんが起きにくくなるため作業員に対して安全であること、また吹き付け剤が白いため削り取り処理及び未処理部分が目視で判断でき、取りこぼしの防止になることが説明されている。
- 施工時の気温が低かったこと、雪解けや降雨の影響で土壌が湿潤状態であったことから、固化剤の種類や配合を変えても所定の削り取り厚さ（3cm）まで浸透・固化させることが難しい結果となった。しかし、現場のオペレーターの意見では、削り残しを防ぐ平面方向の目印として機能したとのことである。

### イ 固化剤の種類

- マグネシウム系、エマルジョン系を対象に固化剤散布試験を実施した結果、マグネシウム系を採用した。

## 一農地除染実証工事における事例一



写真 17 畦シートで区切った小区画での試験



写真 18 固化剤散布試験状況

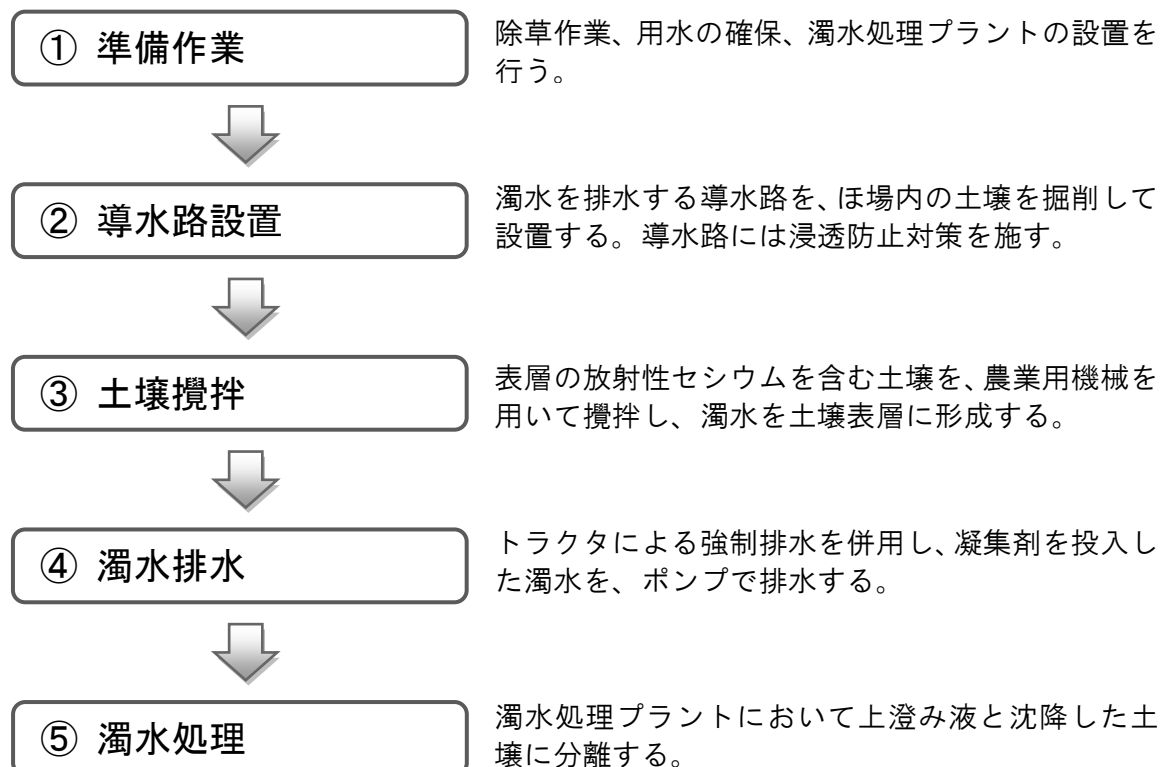
### (3) 水による土壌攪拌・除去

#### 1) 工法の特徴

- 本工法は、あらかじめ水質を測定し安全を確認した用水をほ場に導水し、代かきに準じて農業用機械で表層土壌を攪拌（浅代かき）した後、濁水を排水し放射性セシウムを多量に含有する土壌中の粘土を主体とする細粒子のみを排出する工法である。
- 本工法は、ほ場の粘土含量によって効果に差が生じ、粘土含量の高い水田で効果がある。
- 表土削り取りと比較して除染率が低い、a)表土削り取りに比べて除去土壌量を大幅に減じることができる、b)除染効果を上げるために繰り返し複数回実施することが可能、c)表土が耕起または攪乱されている農地や作土層が浅い農地など、他の工法を適用できない農地でも実施できる、といった特徴がある。
- 取り除かれた細粒子を主体とした土壌は、高濃度の放射性セシウムを含むため取り扱いには十分に注意する。
- 濁水を扱う際に、放射性セシウムが水田から流出する可能性もあることに留意し、畦畔法面からの漏水がないことを事前に確認する。また、下流側に十分配慮して排水する。

#### 【 解 説 】

水による土壌攪拌・除去の大まかな手順は、以下のとおりである（詳細については、第2編 施工編、参照）。





## ⑥ 沈殿土壌の固化

分離された沈殿土壌に固化剤を投入し、固化する。



## ⑦ 固化土壌の搬出

固化した土壌を大型土のうに詰め込み、所定の仮置場まで運搬する。

- 本工法は、土壌中の粘土を主体とする細粒子に付着した放射性セシウムを取り除く工法であるため、土壌中の粘土分の含有量及び排除した土砂の粒度とその量によって除去率が大きく異なる<sup>21)</sup>。
- 導水路を流れる高濃度の放射性セシウムを含む濁水が導水路外に浸透するのを防ぐため、導水路はビニールシート等で被覆する。
- 導水路設置及び濁水排水～濁水処理～沈殿土壌の固化は、農地除染実証工事における手法である。農研機構における試験工事の際の手法については、参考資料編に示す。

<sup>21)</sup> (独)農業環境技術研究所の実験では、除去率は30%～70%の幅であった。(「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月より)



—農地除染実証工事における事例—



写真 19 準備作業（導水路掘削・越流堤設置）



写真 20 導水路へのシート敷設



写真 21 ロータリーティラーによる耕起



写真 22 ドライブハローによる土壌攪拌



写真 23 オイルフェンスによる濁水排水



写真 24 多量の濁水を一気に排水



写真 25 濁水処理（原水槽）



写真 26 濁水処理装置

【 参 考 】 ー農地除染実証工事における事例ー

- 水による土壌攪拌・除去により、深さ 15cm までの作土層の放射性セシウム濃度は 1 割程度低減したと推定される。
- 放流水の放射性セシウム濃度はすべて ND（検出下限値 5 Bq/L 未満）であった。

表 14 水による土壌攪拌・除去の結果（排出土壌の量及び放射性セシウム濃度）

地区名	面積 (ha)	施工前 <sup>1)</sup> (Bq/kg)	排出土壌 の重量 (t)	排出土壌 の濃度 (Bq/kg)	施工後 <sup>2)</sup> (推定) (Bq/kg)	低減率 (推定) (%)
草野向押	0.6	870	9.7	7,130	793	9

※1) 作土層の放射性セシウム濃度、6 箇所測定平均値

2) 排出土壌の重量及び放射性セシウム濃度から施工後の作土層の濃度、低減率を推定

表 15 他の試験結果(放射性セシウム濃度)

場所	面積 (ha)	排土量 (m <sup>3</sup> )	施工前 (Bq/kg)	施工後 (Bq/kg)	低減率 (%)	備考
飯舘村①	0.042	1.73	15,300	9,690	36.7	農地土壌の放射性物質除去技術 (除染技術) 作業の手引きより

表 16 他の試験結果(空間線量率)

場所	面積 (ha)	排土量 (m <sup>3</sup> )	施工前 (μSv/h)	施工後 (μSv/h)	低減率 (%)	備考
飯舘村①	0.042	1.73	7.55	6.48	14.2	農地土壌の放射性物質除去技術 (除染技術) 作業の手引きより



## 2) 水による土壌攪拌・除去の回数の決定

水による土壌攪拌・除去の回数は、放射性セシウム濃度、地元の意向を考慮して決定する。

### 【 解 説 】

- これまでの農地除染実証工事等を踏まえると、本工法の施工途中で随時除染効果を測定し回数を決定することは困難であるため、実施に当たっては、試験区を設け、除染効果を測定し、回数を決定する際の参考にすることが望ましい。

## 3) 濁水処理施設の設計

高濃度の放射性セシウムを含んだ多量の濁水の排出を伴うことから、下流への二次汚染を防止できる濁水処理施設を設計する。

### 【 解 説 】

- 浮遊した土砂の沈降を考慮し、20 分を目途<sup>22)</sup>として対象区域の濁水を排水できるよう、導水路や濁水施設等を設計する。
- ここでの濁水処理施設とは、ほ場からの導水路、濁水処理プラント、沈砂地など、濁水処理の方式にかかわらず、下流を二次汚染させないようほ場から濁水を排出処理するまでの一連の施設のことである。
- 濁水処理施設は、使用する用水量に基づき処理すべき濁水量を算定する。

### 【 参 考 】 一農地除染実証工事における設計事例一

#### ア 導水路及び原水槽

- 30a 標準区画のほ場の場合、ほ場を 3 分割し、10a ごとに施工した。
- 排水量は、最低湛水深 5cm 分に余裕を見込み、10cm 水深として  $1,000\text{m}^2 \times 0.1\text{m} = 100\text{m}^3$  を設計規模とした。
- 泥水は 2 回で強制排水することを基本とした。
- 泥水総量  $100\text{m}^3$  のうち  $70\text{m}^3$  は強制排水できると設定。そのため原水槽は  $70\text{m}^3$  として  $10\text{m}^3$  水槽を 7 台 ( $70\text{m}^3$  分) 用意した。
- 強制排水では 1 回目  $50\text{m}^3$ 、2 回目  $20\text{m}^3$  排水できると設定した。
- 残りの  $30\text{m}^3$  ( $100\text{m}^3 - 70\text{m}^3$ ) も、排水できたときを考慮して、 $30\text{m}^3$  を貯留できる

<sup>22)</sup> 「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）、p.46

導水路を設けた。導水路は幅 2.0mとして長手方向に延長 100m連続して設置した。

- 高さ 10cm の越流堰堤を設置し、水田と導水路を仕切った。

イ 導水路より原水槽へのポンプ

- 泥水中に浮遊する土粒子は時間とともに沈降するので、これまでの実験結果を参考に 20 分以内に 1 回目強制排水の  $50 \text{ m}^3$  を移送した。
- 導水路より原水槽へ移送する水中サンドポンプは、 $0.5 \text{ m}^3/\text{min}$  ( $\phi 50\text{-}3.7\text{kw}$ )を 7 台使用した。

$$0.5 \text{ m}^3/\text{min} \times 20\text{min} \times 7 \text{ 台} = 70 \text{ m}^3/20 \text{ 分} > 50 \text{ m}^3/20 \text{ 分}$$

ウ 濁水処理装置

- 濁水処理装置の能力は、泥水総量  $100 \text{ m}^3$  を 1 日（5 時間運転）で処理できるものとして、 $20 \text{ m}^3/\text{h}$ とした。

エ 放流待機水槽

- 排水量は  $100 \text{ m}^3$  を見込んでいるため、放流待機水槽は  $10 \text{ m}^3$  水槽を 10 台( $100 \text{ m}^3$ )設置した。



図 13 水による土壌攪拌・除去の機器配置の例

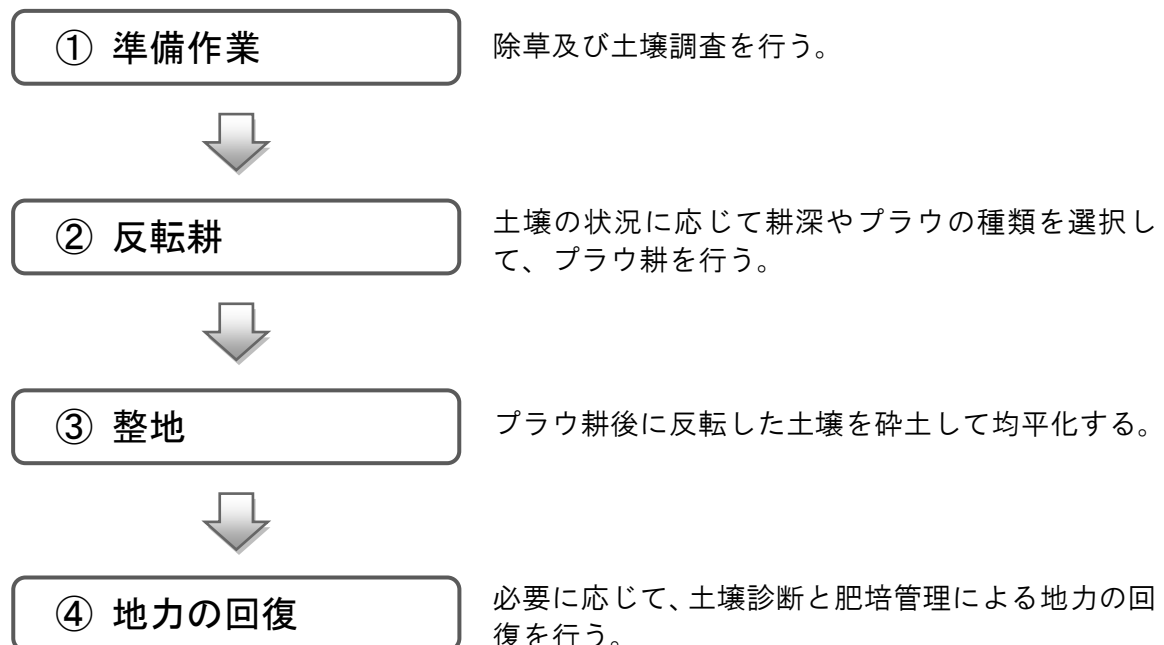
## (4) 反転耕

### 1) 工法の特徴

- 反転耕は、トラクタに取り付けたプラウにより土壌中の放射性セシウム濃度が高い表層と濃度が低い下層土を反転させ、放射性セシウムをその場の地中に隔離する手法である。
- 反転耕の結果、作土層を放射性セシウム濃度が低い土壌に置き換えることができるとともに、放射性セシウム濃度の高い土壌が、濃度の低い土壌に覆われることにより覆土と同様の遮へい効果が発揮される。
- 放射性セシウムを地中に隔離する方法であるため、廃棄土壌が生じない。
- 工事後に、反転深さ以上に耕起すると放射性セシウムが再露出する可能性がある。
- 反転耕は1回に限って適用できる技術である。
- 表土削り取り後の補助工法としても有効である。
- プラウは、土壌の状況、反転深さを考慮し、表土を必要な深さに反転できる能力を有する機種を選定する。

### 【 解 説 】

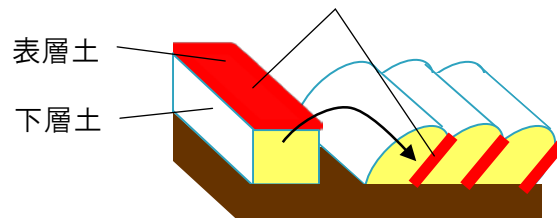
反転耕の作業は、おおむね以下の流れで行う。(詳細については、第2編 施工編、参照)



【 参 考 】 一農地除染実証工事における事例一

プラウ耕で表層部は表層から 0～-31cm（傾斜角度 43°）に反転され、プラウ 2 段耕では表層部は表層から-16～-26cm（傾斜角度 10°）に反転された（いずれも平均値）。

放射性セシウム濃度が濃い範囲（赤色）



（ほ場の断面図）

図 14 普通のプラウによる反転耕のイメージ

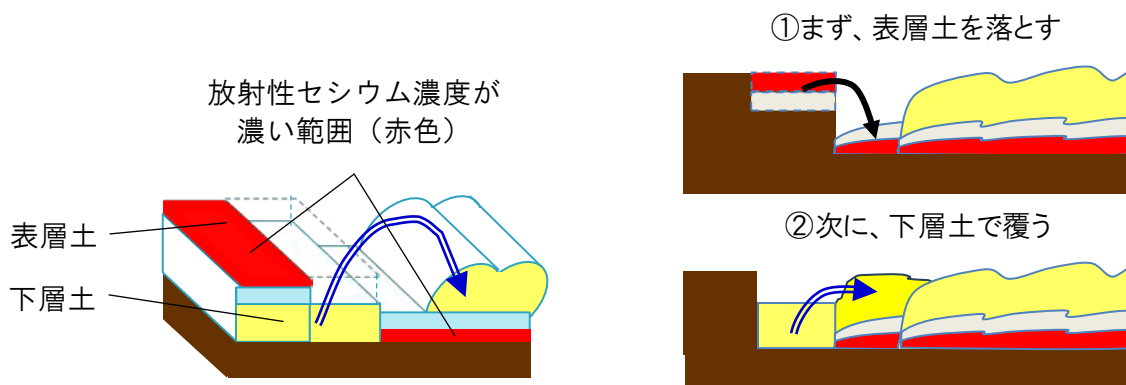


図 15 プラウ耕（2 段耕）による反転イメージ

表 17 反転耕の結果

ほ場	使用したプラウ	GL0～GL-15cm までの 平均放射性セシウム濃度			空間線量率(地表 1m)		
		施工前	施工後	低減率	施工前	施工後	低減率
1	2 連	1,220Bq/kg	607Bq/kg	50%	0.82μSv/h	0.54μSv/h	34%
2	二段耕 2 連	1,127Bq/kg	410Bq/kg	64%	0.78μSv/h	0.56μSv/h	28%
平均値		1,173Bq/kg	508Bq/kg	57%	0.80μSv/h	0.55μSv/h	31%

※農地除染実証工事では、表土削り取りを行った後で反転耕を実施

- 福島県中通りなどで、現在、作付けが行われている農地の 90%の作土層の放射性セシウム濃度は、おおむね 2,900Bq/kg 以下である。

表 18 福島県中通りなどで通常の作付けが行われている農地の放射性セシウム濃度

調査ほ場数	作土層中の放射性セシウム濃度 (Bq/kg)			
	平均	最大	最小	高濃度 10%を除いた最大 (90 パーセンタイル値)
393	1,224	4,770	30	2,880

## 2) 施工方法の選択

反転耕の施工では、放射性セシウム濃度、トラクタの能力、プラウの特徴、地元の意向を考慮して決定する。

### 【 解 説 】

- 放射線遮へい効果をできるだけ発揮させることや、営農再開後の耕起の際に放射性セシウムが再露出しないようにするためには、反転深さはできるだけ深くすることが望ましい。
- 耕深 30cm で二段耕プラウやジョインタ付きプラウを使用する場合の適応トラクタは、65 馬力が必要であり、農家が所有している標準的な 60～80 馬力の中型トラクタで対応が可能である。
- 一方、土壌の比重が軽い畑では、深耕ができる二段耕プラウなどを用い、耕深は 45 cm 程度とする<sup>23)</sup>。
- 二段耕プラウは、表層土をより下層に落とし込む効果がある。

## 3) 反転耕の適用条件

反転耕は、地下水位、下層土壌、区画形状などの条件を踏まえて適用する。

### 【 解 説 】

- 平成 23 年 3 月以降に耕うんを実施していない水田及び畑ほ場またはロータリなどで耕深が 10cm 程度までと比較的浅く耕うんしたほ場であること。
- 地下水位が、耕深より下方の畑（水田では地下水位の制限は設けない）であること。
- 反転耕によって表層に上がってくる土壌、すなわちプラウの耕深（60～80 馬力の中型トラクタを用いる場合は、水田では 30cm、畑では 45cm）までの土層に、作物を栽培するのに不適な礫層などがいないこと。
- 60～80 馬力の中型トラクタを用いる場合は、ほ場に面した道路及び進入道路の幅員が 2.5m 以上で、水田の形状は短辺長 20m 以上、長辺長 30m 以上で長方形や台形であることが望ましい<sup>24)</sup>。

<sup>23)</sup> 「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）

<sup>24)</sup> 「除染用反転耕プラウの開発とその利用」（独）農研機構 中央農業総合研究センターほか、平成 24 年 8 月）

#### 4) 土壌改良資材等の施用

関係者（地権者・耕作者）の意向を考慮して、地力回復対策として肥料、有機質資材及び土壌改良資材の施用を行う場合は、土壌分析を行い、分析結果を踏まえ、当該地区の営農支援を実施している県、JA、市町村等の指導に基づき、除染後の農地の地力回復を図るために必要な資材の種類と投入量を検討する。

#### 【 解 説 】

- 農地の肥沃度はほ場ごとに大きく異なることから、反転耕による地力の低下を改善するために肥料、有機質資材及び土壌改良資材の施用を行う必要性を地権者・耕作者に確認する。
- 土壌診断に当たり、ほ場内のサンプル採取方法や分析項目については、当該地区の営農指導を実施している県、JA、市町村等の指導に準拠する。特に、交換性カリウム容量、陽イオン交換容量は放射性セシウムの吸収抑制に関係が深いことに留意する。

#### 【 参 考 】

- 表層土の大部分は、プラウ耕の耕深の約  $1/2$  より下に埋設されるため、2作目以降の耕起の深さは、プラウ耕の耕深（反転耕の耕深）の4割程度以下とし、放射性物質の露出を防ぐ。
- 下層土の地力が低い場合には、プラウ耕を実施した後に土壌診断を実施し、肥料及び土壌改良資材の施用量を決定することが望ましい。特に、カリウムは、植物体への放射性セシウムの吸収抑制効果が期待できるため、作物の作付けを行う際には、土壌診断結果に基づき、必要に応じてカリウムの施用を行う。

#### —農地除染実証工事における事例—



写真 27 プラウによる反転耕



写真 28 二段耕プラウにより表層土をより下層へ

## (5) 客土工・土壌改良資材等の施用

除染対策工法に付帯して、地権者・耕作者等から地力回復対策に対して意向がある場合には、必要に応じて、客土工のために地域内で土取り場を整備するなど客土材の確保や、土壌改良資材の施用を行う。

### 1) 客土分析

- 関係者（地権者・耕作者）の意向を考慮して客土を行う必要がある場合は、先ず、事前調査において選定した客土用土について、関係者の確認を受ける。
- 関係者が確認した客土用土について、施工前に土壌分析を行い、分析結果を踏まえ、当該地区の営農支援を実施している県、JA、市町村等の指導に基づき、客土後の化学性の改良に必要な資材の種類と投入量を検討する。

## 【 解 説 】

- ・ 農地の肥沃度はほ場ごとに大きく異なることから、表土削り取りや水による土壌攪拌・除去により、薄くなった作土層の厚さや地力の低下を改善するために客土を行う必要性を地権者・耕作者に確認することが必要である。このため、候補として選定した客土用土の採用の是非については、地権者・耕作者等関係者の意見を考慮する。

## 【 参 考 】 一農地除染実証工事における事例一

福島県の助言を参考に、以下のとおりとした。

- ・ 土取り場 1 か所につき 3 サンプルを分析した。
- ・ 土壌分析項目は、「福島県施肥基準」（福島県農林水産部、平成 18 年 3 月）に示された、水田土壌の改良基準、普通畑土壌の改良基準の項目を参考に、以下のとおりとした。

### a 水田客土材（土取り場）土壌分析項目

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| ・ pH(H <sub>2</sub> O) 乾燥状態及び湿潤状態        | ・ 陽イオン交換容量(CEC)             |
| ・ 石灰(CaO)飽和度                             | ・ 苦土(MgO)飽和度                |
| ・ カリ(K <sub>2</sub> O)飽和度                | ・ 塩基飽和度                     |
| ・ 可給態リン酸(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | ・ 可給態ケイ酸(SiO <sub>2</sub> ) |
| ・ 全窒素                                    | ・ 腐植                        |
| ・ 遊離酸化鉄(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) |                             |

b 畑地客土材（土取り場）土壌分析項目

- ・ pH( $H_2O$ ) 乾燥状態及び湿潤状態
  - ・ 石灰( $CaO$ )飽和度
  - ・ カリ( $K_2O$ )飽和度
  - ・ 石灰苦土比( $CaO/MgO$ )
  - ・ 可給態リン酸( $P_2O_5$ )
  - ・ 腐植
  - ・ 電気伝導度(施肥前)
  - ・ 陽イオン交換容量(CEC)
  - ・ 苦土( $MgO$ )飽和度
  - ・ 塩基飽和度
  - ・ 苦土カリ比( $MgO/K_2O$ )
  - ・ 全窒素
  - ・ 可給態ホウ素(B)
- ・ 施肥は、営農再開時期を考慮した投入量を、客土を実施した後に、ほ場に撒いて耕起（混合）した。

## 2) 土取り場工

客土材用の土取り場の位置は、関係市町村、地域住民などと調整のうえ決定し、採土深さの範囲での土質試験が必要となる。また、地形状況や土質試験結果から土取り場の賦存量を推定し、採土後の土取り場の安全性には十分配慮する。

### 【 解 説 】

- ・ 土取り場の選定に当たっては事前に関係者と調整し、複数の候補地がある場合、客土地までの運搬距離と採土方法、運搬手段を考慮して、最適な場所を選定する。
- ・ 土質試験は粒度、土性、汚染物質濃度等について実施する。なお、汚染物質濃度の判定基準値は別に定めることとする。
- ・ 一箇所の土取り場で工事に必要な客土量がまかなえない場合は、第2候補地を選定しておく。
- ・ 地形の改変に伴い、森林法や農地法等に基づく開発行為や地形形状の変更等に伴う届出などの必要な手続きが必要になる。また、周辺地域の安全性（斜面崩壊、出水量の増加など）には十分な配慮を行い、必要に応じた対策（法面保護工、復旧工など）を講じる。



### 3) 土壌改良資材等の施用

---

関係者（地権者・耕作者）の意向を考慮して、客土を行わず、地力回復対策として肥料、有機質資材及び土壌改良資材の施用を行う場合は、必要に応じて、土壌分析を行い、分析結果を踏まえ、当該地区の営農支援を実施している県、JA、市町村等の指導に基づき、除染後の農地の地力回復を図るために必要な資材の種類と投入量を決定する。

#### 【 解 説 】

- 農地の肥沃度はほ場ごとに大きく異なることから、表土の削り取りや水による攪拌・除去により、薄くなった作土層の地力の低下を改善するために肥料、有機質資材及び土壌改良資材の施用を行う必要性を地権者・耕作者に確認する。
- 土壌診断に当たり、ほ場内のサンプル採取方法や分析項目については、当該地区の営農指導を実施している県、JA、市町村等の指導に準拠する。特に、交換性カリウム容量、陽イオン交換容量は、放射性セシウムの吸収抑制に関係が深いことに留意する。

### 3. 関係者の同意確認

---

除染対策工事の区域として設定した範囲内の農地の地権者、耕作者等の関係者及び市町村担当者、地区関係者に対して、農地除染工事の内容を説明し、工事着工への同意を確認する。

#### 【 解 説 】

農地除染実証工事では以下のように、関係者の除染実施の同意確認とあわせて、営農再開時期に関する意向、客土の要否及び施工後の土壌改良に関する意向等を確認した。

##### ア 地権者や耕作者等の関係者の同意確認について

- 除染の実施に際して、関係者から次の内容について同意や了解を得た。
  - 調査のための土地等への立ち入り
  - 除染対策工事の内容
  - 工事による除去物の仮置き・運搬方法
- 同意確認のために、除染対策工事の内容等について、できるだけわかりやすく解説した資料を用いて関係者へ説明を行った。
- 関係者からの意向に対して窓口を一本化して対応した。

##### イ 営農再開時期の意向、客土の要否、土壌改良の要否の確認について

- 営農再開の時期によって農地除染後の保全管理の必要度合いが異なるため、営農再開時期に関する意向の確認を行った。
- これと関連して、客土の要否と土壌改良の要否についても確認した。
- これらの内容については、同意における条件に含まれる可能性があるため、同意確認における説明の中で対応した。