

D. 街路樹など生活圏の樹木

D-1：街路樹，公園，庭などの生活圏の樹木の除染

除染技術の概要

街路樹，公園，庭などの生活圏の樹木については，周辺地表面の落葉等の堆積有機物の除去，樹木の洗浄，剪定，刈り込み（場合によって伐採）により，付着した放射性セシウムを除去することにより，被ばく線量の低減化が図られる。

落葉等の堆積有機物の除去等に伴い発生する除去物は，適切に管理する必要がある。洗浄では排水を適切に管理する。

除染方法

①落葉等の堆積有機物の除去

- ・ 樹木の近辺の地表面にある落葉の除去，除草を行う。
- ・ 根系を傷めないように注意しつつ，手作業又は重機等の使用により表層の土壌を5cm程度の深さで除去する。植栽への影響を抑え，除去物の発生量を過度に増やさないという観点からも，深く掘りすぎないようにする。除去した落葉等の堆積有機物は，土のう袋等に封入して適切に管理する。
- ・ 表層を除去した部分は，客土を施すとともに，土壌の乾燥防止，地温の調整等のため，適宜，わらやウッドチップ等によりマルチングを行うことが望ましい。また，土砂等の流出及び斜面の崩落の防止に留意する。

②樹木の洗浄

- ・ 樹木の幹については，ブラシ洗浄や高圧洗浄により，除染することが可能である。ただし，幹の表面に凹凸がある等の場合には，除染効果は得られない可能性もある。また，ブラシ洗浄や高圧洗浄では，幹や枝などを傷つけないことに注意して作業を進める必要がある。

③樹木の剪定，刈り込み（場合によって伐採）

- ・ 樹木の生育に著しい影響が生じない範囲で枝抜き剪定や刈り込みを行い，切り落とした枝葉を回収する。
- ・ 剪定，刈り込みは，一般に常緑樹については一定の効果が期待できるが，放射性物質の放出が集中した3月において新葉が展開していなかった落葉樹では，効果は期待できないことに注意する。
- ・ 伐採については，除去物の発生量が多くなるので，樹木の役割，多くの人立ち入る場所か否か，他の方法で除染効果が期待できないか等を考慮したうえで実施を判断する。
- ・ 樹木に対する除染作業は，周辺地表面の落葉等の堆積有機物の除去の前に行うことが

F-3：反転耕（土層の天地返し）

除染技術の概要

プラウ耕により，放射性セシウムで汚染された表層の土を下層に，下層にあった汚染のない土壌を表層に置くように土層を反転させ，農作業に伴う外部被ばく線量の低減，汚染土壌の吸入を防止するとともに，作物への放射性物質の移行量を低下させる。

汚染された土壌が，同じ農地の下層に置かれることになるので，廃棄物としての排土は発生しない。放射性物質は残存するので，比較的汚染が軽度な土壌での適用が推奨される。

除染方法

- ・ 吸着剤（バーミキュライト等）を表面散布
- ・ プラウ耕
- ・ 土面を踏圧，砕土，均平化し，農作業を可能とさせる。

土壌の天地返しについては，土層の反転させた深度を深くするほど，覆土による遮へい効果により，空間線量率のより大幅な低下が期待できる。以下のように，反転耕の深度に応じて表土の放射性セシウムが土中に移動する

30cm：表土は 15～20cm の土中に移動する。

45cm：表土は 25～40cm の土中に移動する。

60cm：表土は 40～60cm の土中に移動する。

ただし，農地については，耕盤を壊すおそれ，痩せた土壌で作物を栽培する際の地力向上対策の必要等，固有の問題を考慮する必要がある。

必要な機器等

- ・ トラクタ
- ・ ジョインター付きプラウ（トラクタ牽引）
- ・ 吸着剤

除染に必要な人員

トラクタの運転，操作が可能な者が必要とされる。熟練者の場合，効率的な作業が可能となる。

必要な安全対策等

- ・ 放射性物質が農地に残存するので，事前に地下水に関する汚染リスクを評価する。
（例；簡易ボーリングによる地下水位調査，土壌の放射性セシウム溶出試験。）

- ・実施前の水散布等により，土埃の舞い上がりが防止できる。

作業による被ばく低減の効果

30cm の反転プラウで，最表層の放射性セシウムの濃度は明らかに低下することが確認されている。

ほ場表面の線量率は，不耕起：0.66 μ Sv/h，プラウ耕：0.30 μ Sv/h であった。

除染作業の時間

プラウ耕の作業時間は，10a 当たり 0.5 時間

出典

「農地土壌の放射性物質除去技術（除染技術）について」平成 23 年 9 月 14 日 農林水産省プレスリリース，（独）農業・食品産業技術総合研究機構の実証試験

F-4：水田の土壌攪拌（代かき），除去

除染技術の概要

水田で，表層土壌を攪拌（浅代かき）した後，放射性セシウム含有量の高い土壌表層の細粒子を含む濁水を強制的に排水し，沈砂地で固液分離を行う。これにより，汚染された水田を利用可能な状態に回復するとともに，農作業における外部被ばく線量，土壌からの再浮遊粒子に伴う内部被ばく線量を低減する。

沈砂地で分離した土壌（排水に含まれていた土壌）は，除去物として適切に取り扱い，保管する必要がある。

除染方法

- ・ 作業の事前に水田の雑草を処理する。
- ・ バーチカルハローで表層約 2cm を攪拌した後，水田に水を入れて攪拌（浅代かき）を行う。攪拌された濁水は，塩ビ管の使用により人力でポンプを設置した方向に押し出し，ポンプによりビニールシートを覆った沈砂地に強制的に排水する。
- ・ 凝集剤を投入して，沈砂地で固液分離する。分離された上澄み溶液をサンプリングして，放射性セシウムの濃度を測定で確認した後，排出する。
- ・ 沈砂地に残存する土壌は，例えば，乾燥後に土のう袋等に移し替え保管する。

必要な機器等

- ・ バーチカルハロー
- ・ ドライブハロー
- ・ ポンプ（動作に必要な動力源も必要）
- ・ 塩ビ管
- ・ ビニールシート（沈砂地）
- ・ 土のう袋等の土壌を保管する機器

除染に必要な人員

バーチカルハローの運転，操作が可能な者（熟練者の場合，効率的な作業）。
排水系（ポンプ，排水路）を設置可能な者。

必要な安全対策等

- ・ 土壌攪拌（代かき）の際は，周辺の側道等へ飛散させないように注意する。
- ・ 水田から沈砂地への濁水の強制排水の際は，排水経路からの漏えいの防止，排水の流れの確認を行う。
- ・ 固液分離は一定の時間を必要とするため，例えば，遮水シートで地面を覆う等により，沈砂地とする場所からの漏えいを防止する。

- ・ 分離された上澄み溶液は、排出前に放射能を測定する。
- ・ 作業中、放射性物質が水に溶出した場合、プルシアンブルー不織布等のフィルタとした水路や天然鉱物などによる吸着が可能である。
- ・ 念のため、作業後、水田、排水路、沈砂地の周辺をモニタリングし、再汚染の有無を確認することが推奨される。

作業による被ばく低減等の効果

水田の試験で、放射性セシウム濃度が 36%低減したというデータが得られている。

土壌に含まれる粘土含量等の違いにより、除染効果は異なる。(粘土含有が少ない場合、高い効果は期待できない。)

備考

除去物とされる土壌は、沈砂地で固液分離により残存した土壌のみなので、表土の剥ぎ取り等と比較して、その発生量は少なくなる。

出典

「農地土壌の放射性物質除去技術（除染技術）について」平成 23 年 9 月 14 日 農林水産省プレスリリース，(独) 農業・食品産業技術総合研究機構の実証試験

G. 除去物の減容化を可能とする技術

除去物の減容化技術の概要

除染には多くは除去物の発生を伴うため、その適切な保管方法について検討し、予め管理場所を確保することが必要となる。このため、除染作業を行うに当たっては、除去物の不必要な発生がないように作業を適切に行う一方、土壌の圧密、天地返し、焼却処理等、容量の低減や、除去物が発生しにくい除染技術の選択を行う。

除去物を減容化する方法

①土壌の圧密処理

除染作業で回収した土壌を油圧プレス機等により圧密処理を行うことで、保管容量を低減できる。特に、重機などで大量に土壌を除去した場合、有効な手段となり得る。
(関連する除染技術として、A-5, B-4, C-1, F-1 を参照のこと。)



②「深刈り」による芝地の除染 (C-2 を参照のこと。)

芝生の葉及びサッチ層(枯れた芝草, 刈りかすの堆積層)を除去する「深刈り」では、根こそぎ剥ぎ取る方法よりも、除去物の発生量が少なくなる。

③土壌の上下層の入れ替え(天地返し)(C-3 を参照のこと。), 農地の反転耕(F-3 を参照のこと。)

同じ場所で、表層にあった放射性セシウムを含む土壌を下層へ移し、下層にあった汚染のない土で被覆する方法は、除去物の保管場所を他に必要とせず、被ばく線量を低減できる。特に、線量率の低い地域では、有効な手段として期待される。

④代かき(F-4 を参照のこと。)

表層土を水中攪拌した後、固液分離による沈殿物のみが除去物となるため、表土の除去等よりも発生量が少なくなる。

⑤焼却処理

可燃物で、放射能濃度が基準以下の場合には、焼却処理により、除去物を処理することも可能である。

必要な機器等

①土壌の圧密処理

- ・油圧プレス機等

②「深刈り」による芝地の除染

C-2 を参照のこと。

③-1 土壌の上下層の入れ替え

C-3 を参照のこと。

③-2 農地の反転耕

F-3 を参照のこと。

④代かき

F-4 を参照のこと。

⑤焼却処理

- ・フィルタ付き焼却炉

必要な安全対策，注意点等

①土壌の圧密処理

含まれる放射性セシウムの量は変化しないため，単位容積当たりの放射能は増加することになる。（単位質量当たりの放射能は変化しない。）

②「深刈り」による芝地の除染

C-2 を参照のこと。

③-1 土壌の上下層の入れ替え

C-3 を参照のこと。

③-2 農地の反転耕

F-3 を参照のこと。

④代かき

F-4 を参照のこと。

⑤焼却処理

念のため，放射性物質が飛散しないよう，フィルタを排出口に設置する。

付表. 除染対象と適用可能と考えられる技術

	対象	適用可能と考えられる技術
家 屋	屋根	A-1, A-2, A-3, A-4
	壁	A-1, A-2, A-4
	ベランダ	A-1, A-2, C-4
	窓	A-1, C-4
	雨樋, 側溝	A-3
	駐車場	B-1, B-3
庭	通路	(土) A-5, B-2, B-4, (舗装) B-1, B-3
	土面, 草地	A-5, B-4, C-2
	植栽	D-1
	池	(敷石) B-1, C-4, (水) C-7
	柵	(金属) C-4, (木) C-5
	塀 (玄関)	A-1, A-2, A-4, C-4, C-5
道 路	舗装面	B-1, B-3
	側溝	B-2, (のり面) B-4
	街路樹	D-1
公 共 的 な 建 物 ・ 公 園 ・ 運 動 場	屋上	A-1, A-2, A-3, A-4
	壁	A-1, A-2, A-4
	窓	A-2, C-4
	雨樋, 側溝	A-3
	駐車場	B-1, B-3
	プール	D-7
	通路, 敷地	(土) A-5, B-4, C-3, (舗装) B-1, B-3
	土面	A-5, B-4, C-1, C-3
	芝地	A-5, C-2
	植栽	D-1
	砂場	C-6
	遊具	(金属) C-4, (木) C-5
	噴水・池	(構造物) B-1, C-4, (水) C-7
	ベンチ	C-4, C-5
農 業 ・ 畜 産	水田	F-1, F-2, F-3, F-4
	畑地	F-1, F-2, F-4
	牧草地	F-2
	果樹園	D-1, E-1
	畜舎	A-1, A-2, A-3, A-4
林	林地	E-1

(別添)

除染技術等調査事業推進委員会
委員名簿

石井 慶造	東北大学大学院工学研究科教授
石倉 武	財団法人エネルギー総合工学研究所原子力工学センター参事
石樽 顕吉	東京大学名誉教授 社団法人日本アイソトープ協会常務理事
井上 正	財団法人電力中央研究所研究顧問
鈴木 克昌	福島県生活環境部除染対策課長
高橋 隆行	福島大学副学長
高橋 正通	独立行政法人森林総合研究所企画部研究企画科長
田中 知	東京大学大学院工学系研究科教授
田中 俊一	特定非営利活動法人放射線安全フォーラム副理事長
谷山 一郎	独立行政法人農業環境技術研究所研究コーディネータ
藤田 玲子	日本原子力学会理事

(五十音順，敬称略)

効率的である。

除染に必要な機器（代表的なもの）

①落葉等の堆積有機物の除去

- ・スコップ ・レーキ
- ・土のう袋等の除去物を封入する器材 ・除去した堆積有機物の運搬車
- ・重機（持ち込み可能な場合）

②樹木の洗浄

- ・ゴム手袋 ・デッキブラシ ・タワシ ・放水用のホース ・高圧水洗浄機

③樹木の剪定，枝打ち（場合によって伐採）

- ・枝切鋸 ・剪定鋏 ・刈込鋏 ・バリカン式剪定機（トリマー） ・チェーンソー ・脚立
- ・土のう袋等の除去物を封入する器材 ・除去した枝葉等の運搬車

①～③に共通して必要な機器

- ・ゴム手袋 ・マスク

除染に必要な人員

機器類（チェーンソー等）を用いた作業，高所作業を行い得る専門業者。

必要な安全対策

- ・ 粉塵が発生する可能性があるため，吸入しないようにマスクを着用する。
- ・ 集積した落葉等の堆積有機物や枝葉等の周囲では線量率が高くなるため，運搬，保管作業時には適切な放射線モニタリング，被ばく管理のための線量計の装着が必要となる。
- ・ 作業後の汚染拡大を防止するため，除去に使用した機器を水の飛沫を浴びないように洗浄する。
- ・ 作業後，屋内に入る際には，靴の泥を落とし，服を着替える等を行い，作業者に付着した粉塵を屋内に持ち込まないようにする。
- ・ 発生した除去物について，土のう袋等に収納する。森林内に一次保管する場合は，ブルーシート等により養生を施し，標識を立てる等の接近防止策を講じる。
- ・ 枝打ちは高所作業になるため，転落や物の落下に注意しながら行う。刃物を利用しているため，必要な人員以外は周囲に近づかない。

E. 森林（住居などから近隣の部分）

E-1：住居などの近隣の森林の除染

除染技術の概要

住居等近隣の森林については、放射性セシウムが付着した落葉等の堆積有機物や枝葉等を除去、回収することにより、被ばく線量の低減化が図られる。

落葉等の堆積有機物や枝葉等の除去に伴い、放射性セシウムを含む除去物が発生するため、除去物を適切に管理する必要がある。

除染方法

①落葉等の堆積有機物の除去

- ・落葉等の除去は、当該森林近隣の住居等における空間線量率にもよるが、林縁から20m程度の範囲を目安に行うことが効果的・効率的である。
- ・枝葉等除去後の空間線量率の低減効果を確認しつつ、その範囲を決定することが推奨される。

②枝葉等の除去

- ・林縁部周辺の最も縁の部分は、一般的に着葉量が多く、比較的多くの放射性物質が付着していると考えられることから、できるだけ高い位置まで枝葉を除去することが推奨される。
- ・その場合、立木の成長を著しく損なわない範囲で行うことが望ましく、樹冠の長さの半分程度までを目安に枝葉の除去を行う。



除染に必要な機器（代表的なもの）

①落葉等の堆積有機物の除去

- ・レーキ ・ゴム手袋 ・マスク
- ・土のう袋等の除去物を封入する機器 ・除去した落葉等の堆積有機物の運搬車

②枝葉等の除去

- ・ナタ ・枝打ち機 ・チェーンソー ・枝打ち梯子 ・ゴム手袋 ・マスク

- ・土のう袋等の除去物を封入する器材
- ・除去した枝葉等の運搬車
- ・結束ロープ

除染に必要な人員

機器類（枝打ち機，チェーンソー等）を用いた作業，高所作業ということを考慮した場合，専門業者が行うことが適当である。

必要な安全対策

- ・ 粉塵が発生する可能性があるため，吸入しないようにマスクを着用する。
- ・ 集積した落葉等の堆積有機物や枝葉等の除去物の周囲では線量率が高くなるため，運搬，保管作業時には，適切な放射線モニタリング，被ばく管理のための線量計の装着が必要となる。
- ・ 作業後，屋内に入る際には，靴の泥を落とし，服を着替える等を行い，作業者に付着した粉塵を屋内に持ち込まないようにする。
- ・ 落葉等の堆積有機物や枝葉等の除去で発生した除去物について，土のう袋等に収納する。森林内に一時保管する場合は，ブルーシート等により養生を施し，標識を立てる等の接近防止策を講じる。

備 考

常緑樹林は，3，4年程度継続して落葉等の堆積有機物を除去することが効果的である。

出典

「森林の除染の適切な方法等の公表について」（平成23年9月30日原子力災害対策本部）

「森林内の放射性物質の分布状況及び分析結果について（中間とりまとめ）」（平成23年9月30日農林水産省プレスリリース）

F. 農地

F-1：農地の表土削り取り

除染技術の概要

農地の表層にある土壌を削り取り、放射性セシウムを除去することにより、汚染された農地を利用可能な状態に回復する。また、農作業における外部被ばく線量、土壌からの再浮遊粒子に伴う内部被ばく線量も低減される。

放射性セシウムを含む土壌を除去物として保管する。そのため、剥離する土壌の厚さ、作業後の保管方法は適切に選定することが重要となる。

除染方法

① 基本的な削り取り

- ・ 農業用トラクタを利用して、表面を浅く（4～5cm）砕土の後、土壌を削り取る。
- ・ 削り取った土壌は、バックホー等で土のうに詰める。

② 固化剤の利用

- ・ マグネシウム系固化剤と水の混合溶液を農場に吹き付ける。
- ・ 固化剤が浸透し、土壌が十分固化した後（晴天時 7～10 日）、削り取り作業を行う。
- ・ 削り取り厚を一定に制御するため、油圧ショベルのアームを押しつけながらスイングして、削り取りを進める。

固化剤が土壌に浸透するよう、ほ場が乾燥している状態で固化剤を吹きつけることが望ましい。

必要な機器等

① 基本的な削り取り

- ・ 農業用トラクタ
- ・ バーチカルハロー：砕土のためトラクタに取り付け
- ・ リアブレード（排土板）：土壌を削り取り、集積するためトラクタに取り付け
- ・ フロントローダー
- ・ バックホー、土のう

② 固化剤の利用

- ・ マグネシウム系固化剤
（ポリイオン、分子性ポリマーでも同様の効果が期待される。）
- ・ 油圧ショベル

除染に必要な人員

トラクタ、重機の運転、操作が可能な者。

必要な安全対策等

- ・ 表土の削り取り作業では粉塵が発生する可能性があるため、防塵マスクを着用する。
- ・ 高線量域では、土壌の飛散防止効果から、固化剤の使用が推奨される。
- ・ 固化剤の使用により、削り取り厚も薄くなるため、除去物の発生量を減少できる。
- ・ マグネシウム系固化剤の使用により地表が白色に着色されるため、削り残し、取りこぼしが目視で確認できる。(マーキングによる目視確認効果に有用)
- ・ 作業後の汚染拡大を防止するため、除去に使用したトラクタ（特に、取り付けたバーチカルハロー、リアブレード）、重機等を洗浄することが必要となる。
- ・ 集積した土壌の周囲では線量率が高くなるため、剥離した土壌の運搬、保管作業時には、適切な放射線モニタリング、被ばく管理のための装備が有効となる（線量計）。
- ・ 除去した土壌は汚染（線量率）のレベルに応じて、適切に管理する。

作業による被ばく低減等の効果

これまでの実証試験において以下の低減効果があった。

① 基本的な削り取り（10aの水田；表土約4cm）

放射性セシウム濃度 除染前:10,370 Bq/kg → 除染後:2,599 Bq/kg

土壌表面の空間線量率 除染前:7.14 $\mu\text{Sv/h}$ → 除染後:3.39 $\mu\text{Sv/h}$

② 固化剤を用いた削り取り（10aの水田：表土約3cm）

放射性セシウム濃度 除染前:9,090 Bq/kg → 除染後:1,671 Bq/kg

土壌表面の空間線量率 除染前:7.76 $\mu\text{Sv/h}$ → 除染後:3.57 $\mu\text{Sv/h}$

除染作業の時間または期間

基本的な削り取り（ただし、除草作業は含めない。）

- ・ 砕土 15～20 分（1 名）
- ・ 削り取り 40～50 分（1 名）
- ・ 集積、排土 70～85 分（2 名）
- ・ 袋詰め 15～20 分（2 名）

出典

「農地土壌の放射性物質除去技術（除染技術）について」平成 23 年 9 月 14 日 農林水産省プレスリリース、(独) 農業・食品産業技術総合研究機構による実証試験

F-2：農地の芝，牧草の剥ぎ取り

除染技術の概要

芝の剥ぎ取り機を用いて，草や表土を同時に切り取り，放射性セシウムを除去することにより，汚染された農地を利用可能な状態に回復する。また，農作業における外部被ばく線量，土壌からの再浮遊粒子に伴う内部被ばく線量も低減される。

作業で除去した放射性セシウムを含む土壌，草等が発生する。そのため，芝，牧草等と同時に剥離する土壌の厚さ，作業後の保管方法は適切に選定することが重要となる。

除染方法

- ・ターフスライサー（芝の剥ぎ取り機）で，芝や草を切り取る。
- ・フロントローダーで，切り取った草と表土を剥ぎ取る。この際，草丈の低い芝地等ではすくい上げ，草丈の高い牧草等では引き剥ぎにより，土壌等を搬出する。

剥ぎ取る層の厚さに応じて，除去物の発生量が変化する。試験において，水田からの転換地ですくい上げでは，想定よりも深く土を剥ぎ取ってしまったため，引き剥ぎで作業を続けた。

必要な機器等

- ・ターフスライサー
- ・フロントローダー
- ・土のう等，芝や草を封入，保管するための機器

除染に必要な人員

ターフスライサー，フロントローダーの運転，操作が可能な者。

必要な安全対策等

- ・作業中，運搬時に，草，土壌が飛散をしないように注意する。
- ・除去した芝，牧草，土壌等は，汚染（線量率）のレベルに応じて，適切に管理する。
- ・削り取った土壌や草の回収等の際の被ばくが全線量に大きく寄与するので，土壌の詰め替え，運搬，保管時には放射線モニタリングで周囲の線量率を確認する。

作業による被ばく低減等の低減効果

農場の試験では，乾土の場合，剥ぎ取り前と比較して，3cm，5cm 層の切り取りで，放射性セシウムの濃度は 95%以上の低減が確認された。

除染作業の時間

3cm 厚の切り取り(10a 当たり)

切り取り：2 時間強（135 分）

剥ぎ取り：2 時間弱（113 分）

除草と土壌除去（除染）が同時に進められるので，除草も必要な場合は効率的な作業となる。

備考

ルートマットの発達している草地では作業はしやすい。

出典

「農地土壌の放射性物質除去技術（除染技術）について」平成 23 年 9 月 14 日 農林水産省プレスリリース，福島県農業総合センターの実証試験