

4. 除染に関わるカタログと手引き

4.1 技術カタログ

4.1.1 取りまとめの経緯

放射性物質が沈着している地域で効率的な除染作業を進める場合、計画段階で採用する技術の選定が重要となる。この問題に関連して、国の原子力災害対策本部は、平成23年8月26日に「除染に関する緊急実施基本方針」において、特に高い線量の地域も含め、各地域でのモデル事業を通じて、除染に必要な技術情報を継続的に国が提供することを示した。一方、その時点でも国や地元自治体等による放射線モニタリングにより、各地域における放射線量等の状況が既に明らかとなっており、除染の早急な取り組みの要望もあった。

以上の背景から、委託事業等の成果が得られる前にも、東京電力福島第一原子力発電所での事故発生後に行われてきた、学校等の除染試験、農地の除染の実証試験等の様々な取組から得られた知見に基づき、「除染技術等調査推進委員会」での意見を取り入れて、「技術カタログ」を取りまとめることとした。カタログの取りまとめにおいては、日本原子力学会の原子力安全調査専門委員会クリーンアップ分科会による除染技術カタログ(平成23年10月24日;日本原子力学会, 2011a)や、2002～2006年に欧州委員会の下で進められたEURANOS プロジェクトが取りまとめた除染技術データシート等 (<http://www.euranos.fzk.de/>) (翻訳版, 日本原子力学会, 2011b) の諸外国の知見も取り入れた。最初の技術カタログ(第1版)は、平成23年11月22日に内閣府原子力被災者生活支援チームより公表された(内閣府, 2011)。その際、本委託事業等の除染に係る様々な活動や実証試験で得られる新たな知見やデータ等を踏まえて、適宜改訂を行うこととした。

4.1.2 除染対象毎の除染技術の抽出

国の原子力災害対策本部は、平成23年8月26日に「除染に関する緊急実施基本方針」の他に、各市町村で効率的、効果的に除染を実施するために必要な事項について、「市町村による除染実施ガイドライン」(以下、「除染実施ガイドライン」とする。)を公表した(原子力災害対策本部, 2011)。その中で、以下の対象ごとに、除染の方針や方法について、暫定的な考え方を示した。

- ・生活圏(家屋・庭, 道路, 学校・保育所・公園など, 街路樹など生活圏の樹木)
- ・森林
- ・農地
- ・河川

この暫定的な考え方の中では、除染作業を進めるにあたり、被ばくの低減を効果的に図るための手順や注意点がされた。技術カタログの取りまとめにあたり、除染作業の計画立案で除染実施ガイドラインと照合しつつ、技術を選定することが想定して、上記の対象ごとに技術を抽出、整理した。ただし、河川については、除染実施ガイドラインでは「河川水による遮へい効果を考慮した場合、住民への影響は限定的だと考えられる。」とされていた。また、他の対象とは異なり、事故発生後に除染試験等の報告例がなかったため、河川の除染については、技術カタログの中に含まなかった。一方、それまでの除染作業で得た経験から、土壌等の除去物が大量に発生することが懸念されていたため、処理する除去物の容積を減少できる技術について、まとめて提示することとした。

以上の考えに基づき、除染実施ガイドラインの記載に従い、除染対象は、「A. 家屋(その他の

建築物)・庭」,「B.道路」,「C.学校・保育所・公園など」,「D.街路樹など生活圏の樹木」,「E.森林」及び「F.農地」とアルファベット順に分類し、技術を抽出しさらに A-1 のように数字を付した上で、技術カタログの第 1 版に記載した。表 4.1-1 に各対象で抽出し、技術カタログの第 1 版に記載した技術を取りまとめた。なお、4.1.2 に記したとおり、土壌等の除去物の対策が保管場所の確保が課題となることが予想されたため、G.項として「除去物の減容化を可能とする技術」を付け加えた。

A.から F.の中で記した各技術については、他の対象物についても適用が可能なものが多く含まれる。そこで、技術カタログの付表として、各対象の除染において、適用可能と考えられる技術を取りまとめた。ここでは、例えば、家屋については、屋根、壁、雨樋、側溝の他に、ベランダ、窓及び駐車場を追加する等、対象をより詳細に分類した。

表 4.1-1 各除染対象についてカタログで選定した技術一覧

認識番号	除染技術
A. 家屋（その他の建築物）・庭	
A-1	屋根、屋上等の清掃、拭き取り、ブラシ洗浄
A-2	屋根、屋上等の放水（高圧）洗浄
A-3	雨樋・側溝等の清掃、洗浄
A-4	壁の削り取り、屋根の撤去・葺き替え
A-5	庭等（狭い土地）における表土等の除去
B. 道路	
B-1	道路（舗装面）の清掃、洗浄
B-2	道脇や側溝の除染
B-3	舗装面の剥ぎ取り
B-4	未舗装の道路、のり面の土面における表土除去、客土
C. 学校・保育所・公園など	
C-1	広い土地における表土除去
C-2	芝地の除染
C-3	土地表面の被覆（上下層の土の入替、芝等の被覆）
C-4	拭き取り、剥ぎ取り（金属面）
C-5	拭き取り、剥ぎ取り（木面）
C-6	砂場の除染
C-7	プールの除染（吸着剤を用いた水中の放射性物質の除去）
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
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
F. 農地	
F-1	農地の表土削り取り
F-2	農地の芝、牧草の剥ぎ取り
F-3	反転耕（土層の天地返し）
F-4	水田の土壌攪拌（代かき）、除去
G. 除去物の減容化を可能とする技術	

表 4.1-1 にある各技術は、以下の考え方で選定した。

1) A.家屋（その他の建築物）・庭

福島県内で進められていた除染作業の経験より、放射性物質は、屋根や屋上に溜まっている落ち葉（枯葉）、苔、泥等の堆積物に付着していることが確認されていた。そのため、既に試験的に進められていた除染作業を参考にして、堆積物を清掃、拭き取り、ブラシ洗浄により取り除く技術を A-1 として、排水口等での放水洗浄（高圧洗浄）を A-2 として提示した。雨樋や側溝については、溜まった堆積物に付着した放射性物質が原因で、周囲と比較しても顕著に放射線量が高いことが確認されていたので、その清掃方法を A-3 に示した。放射線量が高い地域では、洗浄、清掃等により、被ばく線量の十分な低減効果が得られないことも想定されたため、日本原子力学会での検討を参考として、壁の削り取り、屋根の撤去、葺き替えを A-4 として示した。屋外で放射性物質は、土の表面や草の根元等、特に家屋や建物の近くの雨水が流出した地点において、線量率が局所的に高くなっている可能性が示唆されていた。そこで、庭等の狭い土地において、既に進められていた土面の表層、草や芝を除去する技術を A-5 とした。

2) B.道路

道路について、舗装面の除染は洗浄作業等を B-1 として示し、雨水の流出などによって放射性物質が溜まりやすい道路脇、側溝等の除染を B-2 として示した。コンクリートやアスファルト表面の除染で、洗浄作業だけでは除染効果が期待できない場合、ブラスト作業等による剥ぎ取りが有効となり、既に実績もあったため、B-3 として掲載した。道路脇にあるのり面の土面については、家屋の庭と同様に表土の除去が想定されたため、B-4 として示した。

3) C.学校・保育所・公園など

小児、幼児が長時間滞在する学校、保育園等については、早急な除染作業が広く要求されていた。その中で、校庭等で放射性物質が沈着していた表土の剥ぎ取りが広く進められていた。一方で、除去した土壌が大量となり、保管場所の確保が問題点として指摘されていた。そこで、削り取る厚さを適切に決める点等を明記したうえで、土壌の除去に関係する技術を C-1 として示した。公園等の芝地については、完全に除去することなく、芝生の再生が可能な除染方法が試験されたため、C-2 として示した。表層土壌を除去した場合でも、他に保管場所を必要としない方法として、上下層の土の入替（天地返し）がチェルノブイリ事故後も試験されていた。また、高線量域で、放射性物質を含む土の再浮遊を防止するため、芝生で土地表面を被覆する技術の試験例があった。これらの技術は、土地表面の被覆として C-3 にまとめて記載した。学校や公園の遊具等、生活環境には家屋や建物以外の構造物が存在する。これらの構造物について、金属、木等の材質に応じて、拭き取りや剥ぎ取りで、表面に付着した放射性物質を除去する方法が試行されていたので、金属面及び木面の対策として、C-4 及び C-5 に示した。砂場は多くの場合に学校や公園にあるが、掘り起こしを考慮して、他の土とは異なった厚さで除去することが適切であることが確認されていたので、砂場の除染を C-6 とした。また、福島県内では学校、幼稚園のプールに溜まっていた水について、周辺の農水路等への影響が指摘され、排水等の処理ができない状況にあった。そこで、固溶分離により上澄み溶液を排出、残存する汚染沈殿物のみを除去物として回収する手法を C-7 として示した。

4) D.街路樹など生活圏の樹木

樹木の対策については、放射性物質が付着した部分を剪定で除去することが、除染実施ガイド

ラインで指摘されていた。また、周辺地表面の落葉等の堆積有機物に放射性物質が付着していることが、チェルノブイリ事故後の海外での調査でも指摘されていた。生活圏の樹木の対策は、これらの知見に基づいて D-1 として取りまとめた。

5) E. 森林（住居などから近隣の部分）

森林域の除染は、チェルノブイリ事故後の調査研究でも、困難であることが報告されていた。今回の事故後の対応として、平成 23 年 9 月 30 日に原子力災害対策本部から「森林の除染の的札な方法等の公表について」、同日農林水産省より「森林内の放射性物質の分布状況及び分析結果について」が公表された。これらの公表資料に基づき、住居等の近隣にある森林地帯における地表面の堆積物除去及び枝葉の除去について、その方法等を E-1 として取りまとめた。

6) F. 農地

農地の対策については、その場所での放射線量の他、作物に含まれる放射性物質の量を減じさせるという観点が必要とされる。農林水産省では、事故後、福島県の農場において、様々な除染方法の試験が進められ、平成 23 年 9 月 14 日にその結果が公表された。また、その結果に基づき、有効と考えられる除染技術について、その方法、注意点などが取りまとめられていた。そこで、この公表資料を参照して、「F-1 農地の表土削り取り」、「F-2 農地の芝、牧草の剥ぎ取り」、「F-3 反転耕（土層の天地返し）」及び「F-4 水田の土壌攪拌（代かき）、除去」を技術カタログの中で掲載した。

7) G. 除去物の減容化を可能とする技術

事故の発生後に進められていた校庭における表土除去等の作業を通じて、既に除染に伴い発生する放射性物質が含まれる除去物の保管場所の確保が問題点として指摘されていた。そこで、除去物の減用化を可能とする技術についても、カタログの中で掲載した。

4.1.3 各技術での記載項目

除染技術の選定にあたっては、手法及び期待される被ばく低減の効果の情報を参考にすることが予想された。この他、除染実施ガイドラインでも示されているように、除染作業では作業者の安全確保、除染作業に伴い発生する放射性物質を含む除去物の安全な取り扱いや保管場所の確保等の安全確保も、除染を進める際の重要な課題となる。そこで、技術カタログでは、下記の項目について、分かりやすさに配慮しつつ整理した。

- ・ 除染技術の概要

関連する作業内容、注意点（除去物の発生、管理等）の全体的な説明

- ・ 除染方法

除染の手順、各技術に該当する手法間の比較（利点等）、関連する他の技術

- ・ 除染に必要な機器

作業に使用する機器、多い場合は代表的なものを選択して記載

- ・ 除染に必要な人員

必須（有資格者、専門業者）、もしくは作業を効率的に進めるための専門家等

- ・ 必要な安全対策

除染作業に伴う被ばく、汚染拡大の対策（放射性物質の飛散等）、高所作業等の一般的な安全対策

- ・ 被ばく低減の効果

線量率、表面汚染の低減率（実測値を中心に）

- ・ 注意点

除染効果が得られない可能性のある状況、コスト等の負担

また、カタログの冒頭では、除染技術の選択にあたって、投入した負担（費用、労力）に見合った効果（被ばく線量の低減）が得るためには、適切な除染技術を選定することが重要である点を言及した。この他、全ての除染技術に共通する留意事項として、除染前の放射線の状況を把握するためのモニタリングにおける、専門家の助言、関与の必要性も明記した。

4.1.5 に、「除染技術カタログ」の第1版にある技術等の説明部分を掲載する。

4.1.4 技術カタログの改訂

本事業を通じて、技術カタログ第1版を公表して以降、除染技術の知見やデータ等を蓄積することができた。例えば、家屋の屋根については、素材等により異なる表面の汚染状況をモニタリング等で把握し、いくつかの除染技術が試験された。その結果、拭き取り、研磨等による、多くの排水の発生を伴わない除染技術について、被ばく低減効果等のデータが得られた。ショットブラストによるコンクリート材等の研磨については、道路の他に家屋の構造物でも進められた。この中で、発生粉塵の回収方法、走行ブラストにおける投影密度（走行速度）と除染効果の関係のデータ等を取得した。表土の除去については、ホットスポットの生じやすい場所、傾斜地での崩落防止を鑑みて、削り取る土壌の厚さを設定する点等の有用な知見を得た。森林については、南相馬市ハートランドはらまちにおける除染試験により、作業に対する効果的な除染効果を得るための範囲の設定や技術に関するデータを得た。これらの成果は、4.1.1に記したとおり、得られたデータ等を整理したうえで、技術カタログの改訂に反映させる予定である。

なお、本事業の他、「警戒区域、計画的避難区域等における除染モデル実証事業」、「除染技術実証試験」「汎用機材を用いた様々な除染（JAEA 福島技術本部のHPへ掲載）」などの取組が進展した。また、農地については、平成24年3月に農林水産省が「農地土壌の放射性物質除去技術（除染技術）作業の手引き」を公表している。これらの事業や公表資料からも、除染技術に関する有益な知見等を得ることが期待できる。一方で、特に、モデル実証事業及び技術実証試験については、事業の目的、対象が異なるため、当該技術が直ちに実用に供し得るか否か等を検討する必要がある。

4.1.5 技術カタログ第1版（平成23年11月22日 内閣府原子力被災者生活支援チーム）

（1）除染技術カタログの活用にあたっての留意事項

除染にあたっては、投入した負担（費用、労力）に見合った効果（被ばく線量の低減）が得られるよう計画を立てる必要があり、そのために除染対象や汚染の状況に応じた適切な除染技術を選定することは重要である。

また、除染作業の結果発生する除去物の安全な取り扱いや保管場所の確保等は、除染を進める際の重要な課題となるが、除去物の発生量は適用する除染技術によっても異なることから、除去物の発生量をなるべく低減化する観点からも除染技術を選定していくことが求められる。

一方、除染技術を適切に選定し、効果的な除染を行うためには、除染を行う範囲や対象物についてモニタリングを行い、汚染の分布状況を正確に把握することが前提となる。除染作業前のモニタリングにより得られる情報等から、必要な除染技術や除染作業の方法を決定することが可能となる。また、除染の作業中・作業後のモニタリングを効果的に行えば、除染による被ばく低減効果を確認しつつ作業を進めることができ、除染の進捗状況に応じた適用技術の変更や、追加の除染作業の要否の判断等を行うこともできる。

これらの点に留意しつつ除染技術を選定し、これらを適切に適用して除染を安全かつ効果的に進めていくため、除染技術の選定、適用に当たっては、放射線や放射能に関する専門家の助言を受けることが求められる。

なお、この除染技術カタログは、現時点での知見を基に除染に必要となる技術を網羅的にとりまとめたものであり、国による除染に係る財政措置等の適用範囲を示すものではないことに留意されたい。

(2) 各除染対象に関する技術

A. 家屋（その他の建築物）・庭

A-1： 屋根，屋上等の清掃，拭き取り，ブラシ洗浄

除染技術の概要

家屋や公共的な建物の屋根（屋上）等については，放射性セシウムを含む枯葉，苔，泥等が付いているので，これらの枯葉，苔，泥等を除去することにより，被ばく線量の低減化が図られる。その除去方法は，固着状態に応じて，手作業，拭き取り，あるいはタワシやブラシによる洗浄を適用する。

除染作業で回収した枯葉，苔，泥等は除去物として適切に取り扱い，管理する。また，拭き取りや洗浄に使用した機器等にも放射性物質が付着している可能性があるため，これらについても適切に管理する必要がある。

除染方法

以下に示す方法で，屋根や屋上等の表面から放射性セシウムを含む枯葉，苔，泥等を除去する。屋根の重ね合わせ部，金属が腐食している部分，大きな建物の屋上の排水口周り等は，放射性物質が付着し除去しにくくなっている場合があるので注意する。

- ・ 手作業で除去する。
- ・ 厚手の紙タオルで拭き取る。
- ・ デッキブラシ，タワシ等を用いてブラッシング洗浄する。

洗浄は，拭き取り作業等で枯葉，苔，泥等を可能な限り除去した後に行うことで，排水の発生量や，そこに含まれる放射性物質の量を低減させることができる。



- ・ 洗浄作業後，周囲を放射線モニタリングし，汚染の拡大がないことを確認する。特に，屋根や屋上から洗浄水（排水）の流れ先となる庭や敷地等に注意する。

家屋や建物の除染作業で水を使用した場合，放射性物質が庭等に移る可能性もあるため，庭地の除染（例えば，A-5 に示す表土等の除去）は，家屋の後に実施するのが効率的である。

除染に必要な機器（代表的なもの）

①清掃，拭き取り，洗浄

- ・ ゴム手袋 ・ 厚手の紙タオル
- ・ デッキブラシ ・ タワシ （・必要に応じて，洗剤）

②防水等の対策

- ・ マスク ・ ゴム長靴 ・ 防水服（雨合羽）

③高所対策

- ・高所作業車　・命綱　・ヘルメット

除染に必要な人員

- ・屋根，屋上等の高所の専門作業員（安全面から）

必要な安全対策

- ・ 枯葉，苔，泥等の除去作業中やその後の取り扱いの際には，ゴム手袋等を使用して，直接手で触れないようにする。
- ・ 拭き取り作業の際，紙タオル，雑巾等は，折りたたんだ各面を使用することで，除染作業当たりの紙タオル等の使用量を抑え，排出物の発生量を低減させることができる。除染（拭き取り）に使用した面は放射性セシウムが付着している可能性があるため，直接手で触れないようにする。
- ・ 飛び散った洗浄水を吸入したり体に付着させたりしないように，作業中はマスクや防水服等を着用する。
- ・ 水を周囲に飛散させないよう，周縁部から内側，高地から低い方向へ向け洗浄する。
- ・ ブラシ等を用いた洗浄では，水の飛沫を浴びないようにする。使用したブラシ等は，洗浄により再利用できる。
- ・ 除去物は，汚染（線量率）のレベルに応じて，適切に管理する。
- ・ 屋根等の高所作業については，転落や物の落下に注意しながら作業を進める（例；命綱，ヘルメットの着用）。

作業による被ばく低減の効果

福島県内の学校の屋上の排水溝で，土砂，落葉の除去とタワシ洗浄，高圧洗浄を行い，表面の線量率が 35 μ Sv/h から 1.9 μ Sv/h へ低下した事例がある。＊

※「福島における除染活動について」平成 23 年 8 月 2 日原子力委員会資料（（独）日本原子力研究開発機構）にある福島県災害対策本部原子力班速報より

A-2： 屋根、屋上等の放水（高圧）洗浄

除染技術の概要

家屋や建物の屋根（屋上）、外壁等を放水洗浄（高圧洗浄）して、拭き取りやブラシ洗浄で除去できなかった枯葉、苔、土等を流れ落とすことにより、被ばく線量の低減化が図られる。

作業で大量の水を使用する場合、洗浄水（排水）の取り扱いに注意し、適切に取り扱う必要がある。

除染方法

- ・ A-1 に示す作業で屋根や屋上に付着している枯葉、苔、土等を除去した後に、高圧洗浄を実施することにより、排水の発生量、水に含まれる放射性物質の量を低減させ、再汚染の拡大を防止できる。
- ・ 洗浄水が流れる経路を事前に想定し、排水経路は予め清掃して、スムーズな排水が行えるようにする。A-3 に示す雨樋の清掃は、放水洗浄の前に実施する。
- ・ 除染作業は高所から低所の順に行う。例えば、屋根は上部から先に洗浄を行う。
- ・ 高圧水洗浄を行う場合、最初は低圧での洗浄を行い、洗浄水の流れや飛散状況を確認しつつ、徐々に圧力を上げて洗浄を行う。これにより、水压による土等の飛散を防ぐことができる。
- ・ 洗浄水（排水）を周囲に飛散させないように、周縁部から内側、高地から低い方向へ向けて洗浄する。
- ・ 枯葉、苔、土等が溜まりやすい部分（例：屋上の排水口）は、念入りに洗浄する。
- ・ 除染効果を高めるためには、水の突出口を除染する対象に近づける必要がある。
- ・ 洗浄作業後、周囲を放射線モニタリングし、汚染の拡大がないことを確認する。特に、屋根や屋上から洗浄水（排水）の流れ先となる庭や敷地等は注意する。



家屋や建物の除染作業で水を使用した場合、放射性物質が庭等に移る可能性もあるため、庭地の除染（例えば、A-5 に示す表土等の除去）は、家屋の後に実施するのが効率的である。

除染に必要な機器（代表的なもの）

①洗浄

- ・ 放水用のホース ・ 高圧水洗浄機（・ 洗浄機の動力源 ・ 給水装置）

②高所対策

- ・ 高所作業車 ・ 命綱 ・ ヘルメット

③防水対策

- ・ マスク ・ ゴム手袋 ・ ゴム長靴 ・ 防水用の服

除染に必要な人員

- ・ 屋根、屋上等の高所の専門作業員（安全面から）。

- ・ 高圧水洗浄，回転ブラシ洗浄を行う場合，洗浄機の操作経験のある者。
- ・ 高所作業用の車両，給水ポンプを使用する場合は運転者。

必要な安全対策

- ・ 放水による除染の際，洗浄水が飛散する可能性があるので，吸入したり，体に付着させたりしないよう，マスクや防水服等を着用する。特に，高圧水洗浄では，洗浄水が作業者に付着しないように注意する。
- ・ 大量の水を使用する場合，洗浄水（排水）が流れる経路，下流域の水利用を確認した上で，必要に応じて取水制限を行う等，除染の計画段階で検討する。
- ・ 屋根洗浄の場合，高所作業になるため，転落や物の落下に注意しながら作業を進める（例；命綱，ヘルメットの着用）。

作業による被ばく低減の効果（表面汚染密度の低減率）

福島県内での試験結果として，高圧洗浄機回転ノズル(15MPa の場合)で下記の除染効果(表面の汚染密度の減少)が得られた事例がある。

- ・ 日本瓦及び焼き瓦 約 90%（汚染が約 1/10 になった。）
- ・ セメント瓦 約 80%（汚染が約 1/5 になった。）

注意点

- ・ 洗浄する表面の素材により除染効果は異なる。レンガのような多孔性の物では，孔の中に吸着したセシウムを除去することは難しく，高圧洗浄でも線量率が顕著に低下しなかったことが確認されている。
- ・ 回転ブラシは，茅葺きや瓦の屋根には適さない。
- ・ 高圧洗浄では，水压により除染効果が異なる。（トタン屋根で，7MPa の作業では低減効果が確認されなかった事例もある。）また，屋根の素材，構造等によっては，高圧水で破損等する可能性もあるため，専門業者の助言を受けることが重要となる。

A-3： 雨樋・側溝等の清掃，洗浄

除染技術の概要

雨樋，側溝といった集水，排水設備には，雨で屋根等から流れ落ちた放射性物質が付着した枯葉，土等が溜まっている。そこで，溜まった枯葉等を清掃により除去し，その後，高圧洗浄等を行うことで，周囲の被ばく線量を減少させることができる。

作業で回収する土，落ち葉には放射性セシウムが付着しているため，除去物として適切に取り扱い，保管する。また，高圧洗浄で使用する水は，排水経路等に注意する必要がある。

除染の方法

枯葉，苔，泥等を可能な限り除去した後に行うことにより，排水の発生量，含まれる放射性物質の量を低減させることができる。他に関係する除染作業として，A-2 に示す屋根への放水洗浄は，排水経路となる雨樋や側溝に溜まっている枯葉，苔，泥等を可能な限り除去した後に行う。



①雨樋

- ・溜まっている落ち葉，土を手作業ですくい取る（トング，シャベル等を使用）。
- ・すくい取った回収物は，飛散しないように土のう袋等に詰める。
- ・呼び樋，堅樋，排水管の内面は，パイプクリーナー，厚手の紙タオル等を使用して，手作業で拭き取り，洗浄を行う。

②側溝

- ・溜まっている泥等をスコップ等で除去する。
- ・すくい取った回収物は，飛散しないように土のう袋等に詰める。
- ・その後，ブラシ洗浄または高圧洗浄を行う。

除染に必要な機器，装備

① 落ち葉，土等のすくい取り

- ・トング，シャベル，スコップ等の機器
- ・防塵マスク
- ・ゴム手袋
- ・ゴム長靴

② 洗浄作業

- ・ブラシ，ホース
- ・ゴム長靴
- ・防水服（雨合羽）
- ・防水対策の器具

③ 除去物（落ち葉、土等）の運搬、保管

- ・土のう等，封入する機器
- ・運搬する車，荷車

除染に必要な人員

雨樋の除染には，高所専門作業（安全面から）。

必要な安全対策

- ・事前に放射線モニタリングにより，特に線量率が高くなっている場所を把握する。
- ・枯葉，苔，泥等は，除去作業中やその後の取り扱いの際には，ゴム手袋等を使用して，直接手で触れないようにする。トング，スコップ等を使用して，落ち葉や土等から離れることで，作業時の被ばく線量を低減できる。
- ・洗浄作業で飛び散った水を吸入したり，体に付着させたりしないように，作業中はマスクや防水服等を着用する。
- ・集積した落ち葉や土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を行う。
- ・除去物は，汚染（線量率）のレベルに応じて適切に管理する。
- ・屋根等の高所での作業の際には，転落や物の落下に注意しながら作業を進める（例；命綱，ヘルメットの着用）。

作業による被ばく低減の効果

小学校の雨樋の除染作業により，雨樋たたきの線量率が約 1/10 低下したことが確認されている。表面 1cm で 90% 程度の線量率の低減効果があった事例がある。（除染前:40 μ Sv/h→除染後:4.2 μ Sv/h，3.7 μ Sv/h）。※

側溝の除染では，散水，ブラシ洗浄だけでなく，高圧洗浄を実施することにより，70~89% 程度の線量率の低減効果があった事例がある。

※「福島における除染活動について」平成 23 年 8 月 2 日原子力委員会への資料（（独）日本原子力研究開発機構）にある福島県災害対策本部原子力班速報より

注意点

側溝のコンクリートの目地が深い場合，除染の効果は低くなるので注意を要する。

A-4： 壁の削り取り，屋根の撤去・葺き替え

除染技術の概要

壁の削り取り，屋根の撤去・葺き替えでは，拭き取りや洗浄作業で除去できなかった放射性セシウムを生活する環境から取り除くことができるため，被ばく線量の大幅な低減が期待される。

ただし，削り取りでは多くの粉塵が発生する。また，特に屋根の撤去・葺き替えでは大量の除去物が発生すること等の問題が残るので，他の除染方法では被ばく線量が十分に低減できないことが予想される場合にのみ実施を検討することが適当である。

除染方法

①壁の削り取り

- ・除去物の飛散防止のための集塵機や養生マットを準備する。
- ・研磨機による除染作業は高所から低所の順に行う。

②屋根の撤去・葺き替え

- ・作業用の足場を準備（または移動式リフトを準備）する。
- ・屋根の撤去，葺き替え作業では，粉塵が飛散するため，作業前に屋根表面を水で湿らせ，飛散を抑制する。また，作業中，家屋内に粉塵や雨が入らないようにビニールシートで養生を行う。
- ・粉塵，飛散水への対策を確認した後，屋根の撤去・葺き替え作業（屋根に付属する樋等も必要に応じて交換）を行う。

除染に必要な機器（代表的なもの）

①壁の削り取り

- ・研磨機 ・集塵機 ・養生マット
- ・剥ぎ取り用の機器

②屋根の撤去，葺き替え

- ・足場用の鋼材 ・移動式リフト ・ハンマー ・釘抜き ・鎌 ・養生マット
- ・ビニールシート

③高所作業

- ・命綱 ・ヘルメット

④防塵，防水対策

- ・防塵マスク ・ゴム手袋 ・ゴム長靴

除染に必要な人員

- ・壁の削り取り；研磨機の操作経験のある者が望ましい。
- ・屋根の撤去・葺き替え；屋根の葺き替え作業を行う専門業者が必要となる。

必要な安全対策

①壁の削り取り

- ・研磨作業の前に，粉塵の飛散防止のための集塵機や養生マットを準備する。

②屋根の撤去，葺き替え

- ・作業中は，家屋内に粉塵や雨が入らないようにビニールシートで養生を行う。

③共通する事項

- ・ 粉塵が作業者に付着しない，吸入されないように注意する。（埃を取り払いやすい服装，防塵マスク等）
- ・ 作業後に屋内へ入る際には，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。
- ・ 養生マット（粉塵を集めたもの），撤去した屋根等の保管方法や場所は，汚染（線量率）のレベルに応じて，適切に管理する。
- ・ 作業後は，放射線モニタリングで，汚染の拡大がないことを確認する。

作業による被ばく低減の効果

研磨による壁の削り取り，屋根の撤去・葺き替えは，汚染した表面を完全に除去するので，残存する放射性物質は，ほとんどない。

注意点

屋根の撤去・葺き替え作業による除染は，他の除染方法に比べ，コストも高く，作業も大がかりになる上，大量の除去物が発生する。他の除染方法では被ばくの低減効果の見込みが期待できない場合にのみ実施を検討することが推奨される。

A-5：庭等（狭い土地）における表土等の除去

除染技術の概要

家屋の庭等では、放射性セシウムは土面の表層近くに付着しているので、表土を概ね数 cm～5cm 程度で剥離することにより、被ばく線量の低減化が図られる。特に、雨樋からの排水口、雨樋のない屋根の軒下の付近、樹木の根元等は部分的に線量率が高くなっているため、念入りの作業が必要となる。

除去物の発生量が過度に多くならないよう、剥離する土壌の厚さは適切に選定することが重要となる。除去した表土は放射性セシウムを含んでいるため、適切に取り扱い、管理する。表土等を除去した場所では、必要に応じて、汚染のない土壌により、客土、圧密を行い、作業前の状態に回復させる。

除染方法

- ・ 事前に放射線モニタリングにより、特に線量率が高くなっている場所を把握する。（例、雨樋からの排水口、雨樋のない屋根から雨水が流れ落ちた軒下の付近等。）

また、家屋や建物の除染作業で水を使用した場合、屋根等にあった放射性物質が流れてくる可能性もあるので、庭や周辺の敷地等の除染作業は家屋や建物の後に実施するのが効率的である。

- ・ 草が生えている場合には除草し回収する。（芝地の対策は、C-2 に示す。）
- ・ スコップやレーキ等を用いて、表層土を数 cm～5cm の深さまで除去する。小型の重機が入る場合は、利用することも可能である。
- ・ 線量率が部分的に高い土壌の表層土については、手作業等により、5cm 以上の深さまで除去する必要がある。ただし、発生する除去物の量を低減化させるため、モニタリングをしながら適切な厚さの土壌を除去し、厚く削り過ぎないように注意する。
- ・ 除去した土、草等は土のう袋に入れる。
- ・ 表層土を除去した部分について、必要に応じて、客土や圧密を施して、除染前の状態に回復させる。



除染に必要な機器（代表的なもの）

- ・ スコップ ・ シャベル ・ レーキ ・ 小型の重機（立ち入ることのできる場所）
- ・ 土のう袋等の除去物を封入する機器 ・ 除去物の運搬車（荷車）
- ・ マスク ・ ゴム手袋 等

必要な安全対策

- ・ 除草の作業中や、刈り取った草を運搬、保管する作業の際には、ゴム手袋等を使用して、直接手で触れないようにする。
- ・ マスクの着用により、表土除去で発生する浮遊粒子の吸入を防止できる。

- ・ 作業後の汚染拡大を防止するため、除去に使用した機器は水の飛沫を浴びないように洗浄する。
- ・ 作業後に屋内に入る際には、靴の泥を落とし、服を着替える等を行い、体に付着した粉塵を屋内に持ち込まないようにする。
- ・ 除去物(除去した土壌等)の保管方法や場所は、汚染（線量率）のレベルに応じて適切に管理する。
- ・ 集積した土壌等の除去物の周囲では線量率が高くなるため、剥離した土壌等の運搬、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線量計の装着が必要となる。

作業による被ばく低減の効果

農家の軒下の土、雑草の除去をした場合、地表の線量率が低減した事例がある。※

※「福島県内（警戒区域及び計画的避難区域を除く）における生活圏の清掃活動（除染）に関する基本的な考え方」平成 23 年 7 月 15 日原子力災害対策本部

備 考

除染する土面を深く掘削し、除去した（表層にあった）土壌を埋設し、深い層にあった土壌を表層に被覆する方法を採用した場合には、他に除去物の保管場所を必要としない。（C-3 を参照のこと。）

B. 道路

B-1：道路（舗装面）の清掃，洗浄

除染技術の概要

道路の舗装面（歩道）、縁石、ガードレール、歩道橋等に付着した放射性セシウムを清掃，洗浄により除去することで，被ばく線量の低減化を図ることができる。

洗浄作業では，放射性セシウムを含む水が排水され，植物や土壌のある縁に流れるので，排水経路に注意する必要がある。

B-2 に示す道路脇や側溝の対策を併せて実施することで，線量率の低減効果を得ることが期待できる。

除染方法

- ・ 事前に道路表面のゴミ等（枯葉，苔，草，泥，土等）を手作業により除去する。
- ・ アスファルトの継ぎ目やひび割れの部分をブラッシングする。
- ・ 縁石，ガードレール，歩道橋等の拭き取り，洗浄を行う。（他に，ガードレール，歩道橋等の金属面の除染では，C-4 に示す拭き取りや剥ぎ取りによる方法等も適用できる。）
- ・ 舗装面等から汚染物質を洗浄する際には，水による洗浄を周囲に飛散させないように，周縁部から内側，高地から低い方向へ向けて洗浄する。
- ・ 洗浄作業後，周囲を放射線モニタリングする。



除染に必要な機器（代表的なもの）

- ・ 放水用のホース ・ 高圧水洗浄機 （・ 洗浄機の動力源，水源）
- ・ ゴム手袋 ・ ゴム長靴 ・ 防水用の服

除染に必要な人員

消火ホースを取り扱った経験のある者の場合，効率的な作業が期待できる。

必要な安全対策

- ・ 放水による除染の際，洗浄水が飛散する可能性があるため，吸入したり，体に付着させたりしないよう，マスクや防水服等を着用する。（特に高圧洗浄の場合。）
- ・ 実行前に洗浄後の排水経路を確認しておくことが重要である。例えば，農業用水として用水路に流れることが懸念される場合には，事前に地域の用水路の管理主体等の協力を得て，用水路でのサンプリング等による確認を行うことが望ましい。
- ・ セシウムは，水みちに沿って動くこと，吸着性が高いため表面積が大きい固体があるほど濃縮すること等，セシウムの化学的性質から線量の高い場所をおおよそ推定しながら作業を行う。
- ・ 水たまりができないように，また，周りの汚染していない壁などに飛び散らせないように作業を行うことが重要となる。
- ・ 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，体に付着した汚染を屋

内に持ち込まないようにする。

作業による被ばく低減の効果

沈着直後に実施した場合、 $1/3 \sim 1/7$ まで放射性物質の量が低減するという事例があるが、自然現象（降雨等）により、道路の表面から周辺（側溝等）へ洗い流されている可能性もあり、その場合には低減率は小さくなる。

注意点など

道路の他に、家屋や建物の近くにある舗装面での適用も可能で、室内にいる者の被ばく線量の低減効果が図られる。

既に降雨で汚染物質が流されている場合には、汚染物質が溜まっている可能性がある道脇、側溝の除染が重要となる。（B-2 を参照のこと。）

多孔性の材質（例えば、レンガを敷き詰めた通路）については、高圧洗浄だけでは顕著な線量率の低下は確認されなかった。（このような場合、B-3 に示す汚染した舗装面の剥ぎ取り等により除染する必要がある。）

B-2：道脇や側溝の除染

除染技術の概要

道路の側溝には、雨水で集められた放射性セシウムが付着している泥、草、枯葉等が溜まっている。そこで、これらの泥、草、枯葉等を除去し、さらに高圧洗浄することで、被ばく線量の低減化が図られる。

回収した泥、草、枯葉等は除去物として適切に管理し、洗浄作業を行う場合は排水経路等に注意する必要がある。

除染方法

堆積物(泥、草等)を可能な限り除去した後、洗浄作業を実施する。

- ・ 事前に放射線モニタリングにより、線量率が高くなっている場所を把握する。特に、雨水が溜まりやすい場所、植物の根元、苔が生えている場所等を注意する。
- ・ 道脇のゴミを拾う等の清掃、雑草の抜き取り等を行う。
- ・ 側溝の枯葉、苔、草、泥、土等を、スコップ等を用いて手作業により除去する。
- ・ ゴミ等を除去した後、水を用いて、デッキブラシやタワシ等で洗浄、高圧洗浄機による放水洗浄を行う。
- ・ 側溝内の清掃、洗浄後の線量率の測定で、線量率が十分に減少していない場合、B-3に示すグラインダー等による表面の研磨等も検討する。



除染に必要な機器（代表的なもの）

- ・ トング、スコップ等（すくい取り）
- ・ デッキブラシ ・ タワシ ・ 箒
- ・ ゴム手袋 ・ 長靴 ・ マスク
- ・ 土のう袋、ブルーシート等の除去物を封入、保管する機器 ・ 除去物の運搬車（・ 高圧水洗浄機 ・ グラインダー）

必要な安全対策

- ・ マスクを着用することで、除染作業中に浮遊する物質の吸入を防止できる。
- ・ スコップ等を使用して、除去する堆積物からある程度の距離を取ることにより、作業時の被ばく線量を低減できる。
- ・ 使用する洗浄水の量、発生する排水に含まれる放射性物質を少なくするため、できるだけ落ち葉や土砂を除去する。
- ・ 洗浄作業で飛び散った水を吸入したり体に付着したりしないように、作業中はマスクや防水服等を着用する。（特に、高圧洗浄を実施する場合。）

- ・発生した除去物については、土のう袋等に収納し、汚染（線量率）のレベルに応じて、適切に管理する。
- ・集積した除去物の周囲では線量率が高くなるため、土砂や雑草等の運搬、保管作業時には、適切な放射線モニタリング、被ばく管理のために線量計の装着が必要となる。

作業による被ばく低減の効果

側溝内のゴミ等の除去により、側溝底部から 1cm の高さで、線量率が 68%程度低減した事例がある。除染前：2.11 μ Sv/h→除染後：0.68 μ Sv/h

また、ゴミ等の除去後、水とブラシ洗浄を行うことで、側溝底部から 1cm の高さで、線量率が 69%程度低減した事例がある。除染前：1.4 μ Sv/h→除染後：0.43 μ Sv/h

同様に、ゴミ等の除去後、高圧水洗浄を行うことで、側溝底部から 1cm の高さで、線量率が 73%程度低減した事例がある。除染前：2.75 μ Sv/h→除染後：0.74 μ Sv/h

備考

厚いコンクリート蓋が付いている側溝では、蓋が遮へい材の効果を果たす可能性もある。放射線モニタリングにより、歩行者等がいる場所での線量率が十分低いと判断された場合には、作業者の被ばく線量とのバランスを考慮して、側溝の泥の除去作業等を行うか否かを検討する。

注意点

側溝のコンクリート目地が深い場合、除染効果が小さくなる可能性がある。

B-3：舗装面の剥ぎ取り

除染技術の概要

道路等の舗装面をブラスト作業や解体工法で剥ぎ取ることで、舗装面の目地、くぼみ中の放射性物質を除去することができ、被ばく線量の低減化が図られる。

除去物（アスファルトやコンクリート）が大量に発生する可能性もあるが、適切に管理する必要がある。

除染方法

- ・剥ぎ取り前に、道路表面のゴミ、枯葉、苔、草、泥、土等を手作業により除去する。
- ・舗装面の剥ぎ取りに適用可能な技術(代表的なものを以下に示す。)を用いて舗装面を剥ぎ取る。

①ショットブラスト

高圧空気を用いて、鉄球等の研磨剤を対象エリアの表面に吹き付けて、舗装面を除染する。

②表面切削機（プレーナー）

床面切削機の電動モーターによりカッターを偏心回転させ、その先端部をコンクリート表面に叩き付けて剥離を行う。

③振動ドリル

周囲に粉塵が飛び散らないよう措置（例：簡易ビニールテントの設置）して、振動ドリルでコンクリート表面を除去する。



ショットブラスト



表面切削機
(プレーナー)



振動ドリル

- ・線量率が十分に減少していない箇所については、グラインダー、ニードルガン、スーパーケレン等による表面の追加研磨等を検討する。

除染に必要な機器（代表的なもの）

- ・ブラスト作業用機器（ショットブラスト）
- ・表面切削機（プレーナー）
- ・振動ドリル
- ・グラインダー
- ・ニードルガン
- ・スーパーケレン
- ・箒
- ・ゴム手袋
- ・粉塵マスク等
- ・集塵機
- （・簡易ビニールテントの設置機器）



ニードルガン



グラインダー



スーパーケレン

除染に必要な人員

- ・剥ぎ取りに用いる機器を取り扱える専門の作業者。

必要な安全対策

- ・除去作業で発生する浮遊粒子を吸入しないようにマスクを着用する。
- ・ブラスト作業においては、鉄球等が除染対象区域外に出て行かないように措置を施す。また、使用後の鉄球等は、付着した放射性物質を周辺にまき散らさない方法で回収する。
- ・削り取り等で発生する塵対策として、集塵機との接続、事前の散水作業、簡易式のビニールの設置による飛散防止策等がある。
- ・清掃等で発生した除去物については、土のう袋等に収納し、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の効果

ブラスト作業については、小学校の校舎周辺の舗装面（アスファルト）での適用事例があり、この事例では、表面線量率の低減効果として、線量率が 65～67%程度低減した事例がある。除染前：2～3 μ Sv/h，除染後：0.7～1 μ Sv/h

注意点

道路の他に、家屋や建物の近くにある舗装面への適用も可能で、この場合には、室内にいる者の被ばく線量の低減効果も期待できる。

ただし、舗装面の剥ぎ取りは、大量の除去物を発生させ、高い費用を要する作業なので、先に洗浄、清掃等を実施し、放射線モニタリングで線量率の低減が確認できなかった場合に実施を検討する。

B-4：未舗装の道路、のり面の土面における表土除去、客土

除染技術の概要

未舗装の道路表面やのり面等の土面では、表層の近くに放射性セシウムが付着していると考えられる。そこで、表層の土を除去することにより、被ばく線量の低減化が図られる。

放射性セシウムを含む土壌を大量に発生させる可能性があるため、剥離する土壌の厚さの選定と、作業後の除去土壌の適切な管理が重要となる。

除染の方法

- ・ 事前に放射線モニタリングにより、汚染部分の範囲を特定する。
- ・ 土壌の除去前に、表面のゴミ、枯葉、苔、草、泥、土等を手作業により除去する。
- ・ 表層の汚染されている部分の土壌を除去する。狭い領域の場合は手作業で、広い領域の場合は重機を使用する。
- ・ 必要に応じて土壌を除去した表面を客土、圧密して、作業前の状態に回復する。

除染に必要な機器

- ・ ブルドーザー ・ 油圧シャベル ・ シャベル
- ・ レーキ ・ 土のう袋等の除去物を封入する機器
- ・ ゴム手袋 ・ マスク等

除染に必要な人員

- ・ 重機を使用する場合、運転、操作可能な者を必要とする。



必要な安全対策

- ・ 表土除去で発生する粉塵をなるべく吸入しないよう、マスクを着用する。
- ・ 作業後の汚染拡大を防止するため、除去に使用した重機等を水の飛沫を浴びないように洗浄する。
- ・ 除去物(除去した土壌等)の保管方法や場所は、汚染（線量率）のレベルに応じて適切に管理する。
- ・ 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線量計の装着が必要となる。
- ・ のり面の除染後の客土、圧密については、斜面の崩落などに注意する。

備 考

この手法は、未舗装の道路やのり面の他、家屋近くの土地、土手等にも適用できるが、除染対象とする範囲が広いほど、大量の除去物が発生し、その保管法が問題となる。そのため、除去物の発生量を低減させるため、事前に放射線モニタリングにより、汚染部分の範囲を特定した後、スコップ等で汚染部分の表面を掘削し、掘削土壌面及び掘削土壌を放射線サーベイメータで測定して汚染の深さを特定することが重要となる。

また、回収した土壌の保管容量低減のため、油圧プレス機等により圧密処理を行うことも有効となる。（Gを参照。）

C. 学校・保育所・公園など

C-1：広い土地における表土除去（主に重機使用）

除染技術の概要

校庭、園庭、公園の土壌で、放射性セシウムは土面の表層近くに付着しているので、表面から数 cm～5cm の層の土壌を除去することにより、被ばく線量の低減化が図られる。

被ばく線量の大幅な低減が期待されるが、放射性セシウムを含む土壌が大量に発生する作業なので、除去する土壌厚さを適切に選定して、除去物の発生量を抑えることが重要となる。

除染方法

- ・ 運動場のような広い土面については、重機で剥離する。表土を残さないよう、数回（3回程度）に分けて、数層で剥離することが推奨される。
- ・ 雑草が放射性セシウムを含む腐葉土化した層を取り除く。そのため、同時の雑草の除去も有効となる。
- ・ 重機が入れない狭い領域については、手作業で表土を除去する。
- ・ 除去した土壌を土のう袋等に封入する。



除染に必要な機器（代表的なもの）

- ・ ブルドーザー等の重機
- ・ シャベル，レーキ（補助的な手作業）
- ・ マスク
- ・ ゴム手袋
- ・ 装置，機器の運搬車
- ・ 土壌の運搬車，荷車
- ・ 土のう袋等の土壌を封入する機器

除染に必要な人員

重機を使用する場合，運転，操作可能な者を必要とする。

必要な安全対策

- ・ マスクを着用することで，表土除去で発生する粉塵の吸入を防止できる。
- ・ 放射能濃度が高い地域では，水や固化剤（マグネシウム系固化剤，ポチイオン等）の散布による土壌の再浮遊防止が推奨される。実施に当たっては，散布作業に伴う被ばく線量とのバランスを考慮する必要がある。
- ・ 作業後の汚染拡大を防止するため，除去に使用した重機等を水の飛沫を浴びないように洗浄する。
- ・ 除去物（除去した土壌等）の保管方法や場所は，汚染（線量率）のレベルに応じて適切に管理する。
- ・ 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線量計の装着が必要となる。



作業による被ばく低減の効果

- ・学校、幼稚園において土壌を剥離した場合、下記のような線量率の低減効果があった事例がある。（周辺環境の除染状況により、線量率の低減効果は大きく異なる。）

中学校の校庭の平均 除染前:2.50→除染後:0.15 μ Sv/h (1m 高さ)

幼稚園の園庭の平均 除染前:2.7→除染後:0.22 μ Sv/h(50cm 高さ)

- ・公園において、表面 2~3cm 程度の土壌を雑草とともに除去した場合、線量率が表面で 80%程度、1m 高さで 60%程度の線量率の低減効果があった事例がある。



表土除去前



表土除去後

除染作業の期間

重機による約 10,000m²の校庭の表土除去（トレンチへの保管）の例では、約 10 人の作業員で 5~6 日を要した。このうち、表土剥離に 1 日、客土と表面整形に 2 日は必要となる。トレンチの掘削、遮水工、埋設、覆土工事などには、さらに前後 2 日は必要となる。（土壌の保管場所により、作業日数は変わる。）

備 考

除染する土面を深く掘削し、除去した（表層にあった）土壌を埋設し、深い層にあった土壌を表層に被覆する方法を採用した場合には、他に除去物の保管場所を必要としない。（C-3 を参照のこと）

グラウンドの表土除去の場合、その広さから除去物の発生量も多くなる。そこで、放射線モニタリングを行い、除去の必要性を確認した後に作業を進めるとともに、必要以上に土壌を厚く剥ぎ取らないように注意する。

C-2：芝地の除染

除染の概要

芝地では、放射性セシウムが芝の地上部や土壌表面近傍に沈着・浸透している可能性がある。そこで、放射性物質が沈着あるいは堆積する前からある芝生等を除去することにより、被ばく線量の低減化を図ることができる。

その際、芝生の再生が可能な方法の適用を検討することが重要となる。除去した刈芝等は適切に取り扱い、管理する。

除染方法

- ・ 事前の放射線モニタリングにより、特に線量率が高くなっている場所を把握する。
特に、家や建物に近い芝生は、流れ落ちた雨水等により放射性物質が集積している可能性がある。
- ・ 芝刈り機の使用、あるいは手作業により、芝や草を刈り取る。刈り取った芝や草は、熊手、箒等で回収する。芝刈り機に装備されている集塵箱を利用した場合、周囲に芝、草、土を飛散させずに回収できる。
- ・ 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」により、除染の効果が期待できる。この場合、芝生の再生が期待できる。
- ・ 線量率が高く、「深刈り」では十分な除染効果が得られない場合は、シャベルや鍬等を用い、芝、草を根こそぎ除去する。



除染に必要な機器（代表的なもの）

- ・ 芝刈り機 ・ ソッドカッター
- ・ シャベル ・ 鍬 ・ 熊手 ・ 箒

ソッドカッター

必要な安全対策

- ・ マスクを着用することで、発生する粉塵の吸入を防止できる。
- ・ 作業後の汚染拡大を防止するため、除去に使用した重機等を水の飛沫を浴びないように洗浄する。
- ・ 除去物(除去した芝生等)の保管方法や場所は、汚染（線量率）のレベルに応じて適切に選定する。
- ・ 除去した芝生等を集積した場合、そ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。

作業による被ばく低減の効果

計画的避難区域（浪江町）において、芝刈り後に 70%程度の線量率低減効果があった事例がある。（地表面 除染前：42 μ Sv/h→除染後：12 μ Sv/h）

芝生の葉及びサッチ層の除去（「深刈り」）で、地上 50cm 及び地表において、それぞれ 45 及び 81%程度の線量率の低減効果があった事例がある。

備 考

除去物の発生量を抑えることができ、芝生の再生が期待できるという観点からも、「深刈り」による除染方法は推奨される。

出典

「芝生の除染実証実験結果」（平成 23 年 8 月 8 日福島県県中建設事務所，（財）福島県都市公園・緑化協会）

C-3：土地表面の被覆（上下層の土の入替，芝等の被覆）

除染の概要

上下層の土を入れ替えることにより，表土にあった（下層に移った）放射性セシウムを下層にあった（表土となった）汚染のない土で被覆する（天地返し）。汚染のない土層が，下層に移った放射性セシウムを遮へいするので，他に保管場所を確保しなくても被ばく線量を低減することができる。

計画的避難区域のような比較的線量率の高い土壤に芝等を植栽することで，土壤の除去等の恒久的な対策までの間の表層の汚染土壤の拡散を抑制するとともに，恒久的対策を行う際の作業員の外部被ばく低減が期待され，作業性の向上を図ることができる。芝等は，恒久的な対策（土壤の除去等）の際に剥ぎ取り，除去物として適切に取り扱う。

除染方法

①上下層の土の入替

10cm の表層土を底部に置き，20cm の掘削した下層の土により被覆する。表層土を除去し，捲き散らないよう一時的に保管する。

- ・土を除去した場所を深く掘削して，深い層にあった土壤と別の場所に保管する。
- ・表層にあった土壤を埋めて，深い層にあった土壤で被覆する。
- ・広い土地では，エリアを区切り，上記の作業を順次進めていく。その際，表層にあった放射性セシウムを含む土壤が，他の土壤と混在しないように保管する場所を確保して作業を進めることが重要である。

②芝等による被覆

農作地や裸地に芝等を植栽する。



芝施工直後

芝施工4週後

芝施工7週後

- ・不陸のある（平らでない）土地では，ローラーにより転圧整地後播種工法や播き芝工法を適用する。
- ・整地されている土地ではゴーローン（木綿製の2層ネットに苗を挟んだもの）や張芝工法（予め芝畑にて1年以上育成した芝を切り出し置いていく）を適用する。
- ・被覆した芝は，恒久的な対策として土の除去作業を行う際に，人力もしくはソッドカッターにより土壤ごと剥離する。
- ・剥離した芝等は，土のう袋等に詰め，適切に保管する。

除染に必要な機器（代表的なもの）

①上下層の土の入替

- ・シャベル・スコップ・レーキ（・小型のブルドーザー）・ゴム手袋・マスク等

②芝等による被覆

- ・自走転圧ローラー・転圧用ベニヤ板・散水器具（汲上用エンジンポンプ等）
- ・ゴム手袋・マスク等

除染に必要な人員

芝等による被覆では、芝等の植生の経験者（専門業者）。

必要な安全対策

①上下層の土の入替

- ・発生する粉塵をなるべく吸入しないようにマスクを着用する。
- ・作業後の汚染拡大を防止するため、除去に使用したシャベル、スコップ等を水の飛沫を浴びないように洗浄する。

②芝等による被覆

- ・対象となる地域に対応した内部被ばく防止のため保護具を着用する。

作業による被ばく低減の効果

- ・上下層の入れ替えの場合、10cm の表層土を底部に置き、20cm の掘削した下層の土により被覆することで、埋めた土からの放射線を遮へいすることが確認されている。
- ・芝の成長に伴う吸収効果も期待でき、芝やサッチ（枯れて堆積した層）の刈り取り・除去により、40%程度の線量率低減効果があった事例がある。（（独）日本原子力研究開発機構による浪江町・計画的避難区域における80日間の試験。）

芝施工時の実績工数

- ・芝張り施工4人日、芝剥離施工2人日、（JAEA試験=108m²実施時の実績）

備 考

- ・上下層の土の入れ替えについては、比較的線量率が低い地域では、除去物の保管場所を他に必要としないことから、適用が推奨される。

C-4：拭き取り、剥ぎ取り（金属面）

除染技術の概要

金属柵、鉄棒、ブランコ、すべり台等の金属表面には、放射性セシウムが付着している可能性がある。表面の拭き取り作業により、被ばく線量の低減を図る一方、汚染が表面に固着し、拭き取りによる除去が困難な場合には、塗料等と一緒に剥ぎ取り作業を実施する。

拭き取り作業に用いるブラシや布、剥ぎ取りに使用するサンドペーパーには、放射性物質が付着する可能性があり、剥ぎ取り作業の場合、塗料にも放射性物質が含まれているので、汚染レベルに応じて適切な管理が必要となる。

除染方法

- ・ 固着していない汚染の場合、ブラシ等で表面を水拭きする。必要に応じて、中性洗剤、「オレンジオイル」（放射性物質の除染剤として利用されているもの）の配合剤を使用する。
- ・ 遊具等の接合部は高圧洗浄を実施する。サビ部は、サンドペーパーで削り落した後で拭き取る。
- ・ 固着している汚染の場合、塗料を剥がす等の作業で除染する。剥ぎ取った面は、放射性物質が残存していないことを確認した後に再び塗装する。
- ・ 除染作業後、周囲を放射線モニタリングし、汚染の拡大がないことを確認する。

周辺の除染作業、例えば、A-5 や C-1 に示す土壌の除去、C-6 に示す砂場の除染等は、本作業の後で実施することが効率的である。



除染に必要な機器（代表的なもの）

- ・ ブラシや布（拭き取り用品）
- ・ 中性洗剤
- ・ オレンジオイル配合洗剤
- ・ サンドペーパー
- ・ ゴム手袋
- ・ マスク等

除染に必要な人員

特別な専門技術は必要としない。

必要な安全対策

- ・ 水洗いでは、散水への対策のため、マスク、手袋等を着用する（吸入、体への付着の防止）。
- ・ 拭き取りや剥ぎ取りによる除染作業後、再び塗装する場合、放射線モニタリングで、十分に除染されていることを確認する。除染が不十分なまま塗装を行うと、再度の除染では洗浄による方法は適用できなくなり、剥ぎ取りが必要となるので注意する。
- ・ 使用したブラシ等は、洗浄により再利用できる。洗浄では、水の飛沫を浴びないようにする。

- ・ 剥ぎ取った塗料等は，除去物として適切に保管する。

作業による被ばく低減の効果

- ・ 実証試験では，固着していない汚染については放射性物質を十分に除染できた事例がある。（作業後の放射線計測では放射性物質の測定値は検下限未満。）
- ・ 固着している汚染について，カビ取り洗剤で 30%程度の低減効果（汚染密度）があった事例がある。（更なるデータ取得が必要）。
- ・ すべり台の接合部の汚染で，高圧洗浄で約 50%程度の低減効果（汚染密度）があった事例がある。

備 考

道路のガードレール，標識等の他の金属面の除染にも同様に適用できる。（B-1 を参照のこと。）

注意点

砂場が併存しているすべり台は，すべり台の除染を砂場よりも先に行う。（C-6 を参照のこと。）

遊具の接合部について，十分に除染効果が得られなかった場合，専門業者による遊具等の取り外し，再設置が必要となる。

C-5：拭き取り，剥ぎ取り（木面）

除染技術の概要

生活環境にある構造物の木材の表面（砂場等の木枠，木製遊具，塀等）を水洗い，または研磨して，表面に付着している放射性セシウムを除去する。

拭き取り，研磨に使用する器具等に放射性物質が付着する可能性がある。また，特に研磨作業では，周囲への削りかすの飛散にも留意する。

除染方法

- ・ 木材の表面をブラシや布等を用いて水洗いする。必要に応じて，中性洗剤，「オレンジオイル」（放射性物質の除染剤として利用されているもの）の配合剤を使用して洗浄する。
- ・ サンドペーパー，電動工具で，木面を研磨する。
- ・ 除染作業後，周囲を放射線モニタリングし，汚染の拡大がないことを確認する。

周辺の除染作業，例えば，A-5 や C-1 に示す土壌の除去，C-6 に示す砂場の除染等は，本作業の後で実施することが効率的である。



除染に必要な機器

①洗浄

- ・ ブラシや布（拭き取り用品）・ 中性洗剤 ・ オレンジオイル配合洗剤 ・ ゴム手袋

②研磨

- ・ サンドペーパー ・ 木面用の電動式サンダー ・ マスク等

除染に必要な人員

研磨については，作業に精通した者が望ましい。（特に，電動工具を使用する場合）

必要な安全対策

- ・ 水洗いでは，洗浄水が飛散する可能性があるので，吸入したり，体に付着させたりしないよう，マスクや手袋等を着用する。
- ・ サンダー研磨では，削りかすが飛散するため，作業者はマスク等を着用し，吸い込みを防止する。
- ・ 電動式工具は，作業後に汚染検査を行い，念のため拭き取り等を行うことで，再利用できる。

作業による被ばく低減の効果

砂場の木枠の事例について，作業前後の表面の汚染密度の減少率は以下のとおりである。

- ・ 水洗い：36%程度（オレンジオイル配合剤を使用して57%程度）
- ・ サンドペーパー：77%程度
- ・ サンダー研磨：99%程度

固着している汚染について，カビ取り洗剤で表面の汚染密度が30%程度減少した事例がある。ただし，洗剤の使用により木面が漂白等の影響を受ける可能性がある。

備 考

サンダー研磨は、除染効果が大きいですが、上記のとおり、削りかすの飛散への対策が必要となり、周囲の除染前に実施することが適切である。

例えば、砂場の除染では、木枠のサンダー研磨後に砂の撤去等を実施することにより、木枠の研磨による砂の再汚染を防ぐことができる。(C-6を参照のこと。)

C-6：砂場の除染

除染技術の概要

校庭、園庭、公園の砂場で、表面層を除去することにより、放射性セシウムを含む砂が除去されるため、被ばく線量の低減化が図られる。

作業で除去した放射性セシウムを含む砂は、適切に保管する必要がある。

除染方法

- ・ 木柵や周囲の構造物（例；すべり台）の除染では、放射性物質が飛散する可能性もあるので、砂の除去前に実施することが望ましい。（C-4 及び C-5 を参照のこと。）
- ・ すべり台の下に設置した砂場では、流れ落ちる水によりホットスポット化している可能性があるため、事前にモニタリングで汚染の高い領域を確認しておくことが重要である。
- ・ 砂は、掘り返しを考慮して、運動場の表土よりも深い 10cm~20cm の層をスコップ等で除去する。
- ・ 砂場の周囲、中に雑草などがある場合、砂と一緒に除去する。
- ・ 必要に応じて、汚染のない砂で表面を被覆し、作業前の状態に戻す。



除染に必要な機器（代表的なもの）

- ・ シャベル ・ スコップ ・ レーキ
- ・ 防塵マスク ・ ゴム手袋
- ・ 土のう等、砂を封入する機器



必要な安全対策

- ・ マスクを着用し、作業で浮遊した砂（塵）の吸入を防止できる。
- ・ 作業を通じて手袋の着用して、砂に直接触れないようにする。
- ・ 作業後の汚染拡大を防止するため、除去に使用したシャベル等を水の飛沫を浴びないように洗浄する。
- ・ 除去物(除去した砂等)の保管方法や場所は、汚染（線量率）のレベルに応じて適切に管理する。
- ・ 集積した砂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線量計の装着が必要となる。

作業による被ばく低減の効果

除染効果として、砂場を 5cm 除去することにより表面の線量率の 75%程度の線量率の低減効果があった事例がある。また、ホットスポット化した地点でも、10cm の除染作業で線量率が 14μSv/h から 0.5μSv/h へ 90%以上減少した事例がある。

注意点

5cm の砂の除去でも十分な除染効果は得られるが、砂場での子供の遊び方を考慮した場合、砂の掘り起こしが考えられるため、公園等ではより多く（例えば、10~20cm）の除去が推奨される。

C-7：プールの除染（吸着剤を用いた水中の放射性物質の除去）

除染技術の概要

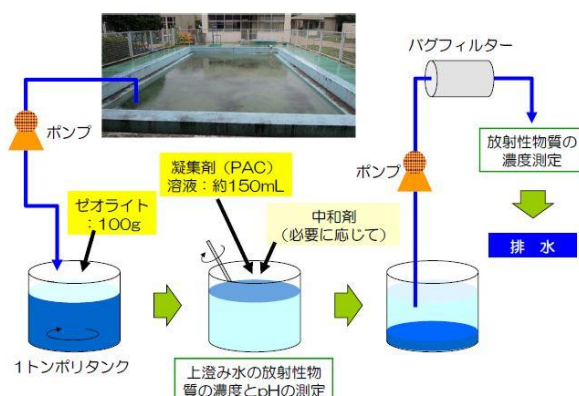
プール等の屋外で溜まった水に含まれる放射性物質を除去し、放射能測定による安全確認をしたうえで排水する。この除去過程では、ゼオライト等を用いて放射性物質を吸着させ、浮遊物とともに凝集、沈殿させる。

排水後に残存する沈殿物は、除去物として適切に管理する必要がある。

除染方法

学校のプール除染の実証試験で実施した手順は下記のとおりである。

- ・深さ毎に水の放射能を測定し、排水の目安とする基準未満の層にある水は順次排水していく。
- ・網などですくい取れる落ち葉等は、バット等の水を受ける容器の網かごに集めて水を切り、ビニール袋に保管する。バット等に溜まった水は、プールへ戻す。）
- ・水でといたゼオライトを投入したポリタンクへプールの残存水を注入後、水が攪拌されている状態で凝集剤（PAC、ポリ塩化アルミニウム）を注入する。凝集剤の注入後に pH を測定、必要に応じて中和処理を行う。なお、排水の基準を満たさない場合、この処理を二次、三次的に実施する。
- ・凝集剤の注入後は、沈殿を待ち、放射能測定後にタンクの上澄み水を排水する。
- ・プール、タンク内の沈殿物を脱水処理して、保管する。
- ・プールを清掃する。



タンクにおける水処理と排水



清掃後のプール

除染に必要な機器（代表的なもの）

- ・吸着剤（ゼオライト）
- ・凝集剤（PAC：ポリ塩化アルミニウム）
- ・pH 調整剤
- ・中和剤
- ・タンク（1t 程度）
- ・分析用容器
- ・麻袋(沈殿物保管)
- ・秤量器
- ・送水用ポンプ
- ・ホース
- ・バッグフィルター
- ・送水機能の動力源（燃料，電源）
- ・清掃用品
- ・防水用品（長靴，ゴム手袋等）
- ・マスク 等

必要な安全対策

- ・除染を通じて、効率的な放射能測定により、排水に含まれる放射性物質の量が安全目安を下廻ることを確認するとともに、吸着、凝集処理を行う水の量を減らす。
- ・吸着剤、凝集剤を使用するため、化学的な安全にも注意を払う必要があり、水素イオン濃度

(pH)については、5.8～8.6 を遵守する。

- ・ 除染作業でプールに沈殿した泥，手作業で除去した落ち葉等を除去物として適切に保管する。
除去物の保管でブルーシートが濡れないようにする。

作業による放射性物質の低減効果

福島県内の幼稚園のプールで実施した試験では，放射性セシウムの濃度（平均）が 4,312Bq/L から 123Bq/L に減少させた事例がある。

除染作業の工数

学校のプール除染の例を示すが，大きさ，状態により，必要な人員，日数は異なる。

①人員 20 名程度

内訳) 管理者：1 名，ポンプ作業：4 名，サンプリング・放射能計測：4 名，
清掃作業：7 名：その他スタッフ：3 名

②時間の目安

- ・ 作業の概要説明 1 時間
- ・ 排水路の確保 土砂の撤去などで 0.5 日
- ・ 作業前の放射能測定 プールで測定点を決め，サンプリング水を測定 3 時間
- ・ プールの上澄水の排出 1 日
- ・ タンクでの水処理 1.5 時間（1t 当たり）
- ・ 沈殿物の水抜き 量，天候等により，0.5～2 日
- ・ 沈殿物の処理。袋詰め 1.5～2 日
- ・ プール清掃 0.5 日
- ・ 後片付け 3 時間

備 考

プールの他，人工池等の屋外で水を貯めている施設で，固液分離により上澄み溶液を排出し，残存する汚染沈殿物を回収する場合にも応用できる。

出典

「学校プール水の除染の手引き」の公表について(平成 23 年 9 月 7 日 国立大学法人福島大学(独) 日本原子力研究開発機構 プレス発表資料)

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，多くの人が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財 ・ 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財 ・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ので，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、出来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財 ・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）碎土の後、土壌を削り取る。
- ・ 削り取った土壌は、バックホウ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：碎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
- ・ バックホウ、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 μ Sv/h → 除染後:3.39 μ 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 μ Sv/h → 除染後:3.57 μ 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

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：0.66μSv/h、プラウ耕：0.30μSv/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、乾燥後にフレコンバック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）
- ・ フレコンバック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。

土壤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

除去物とされる土壤は、沈砂地で固液分離により残存した土壤のみなので、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

「農地土壤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