

除染技術カタログ

平成23年11月22日
内閣府原子力被災者生活支援チーム

「除染に関する緊急実施基本方針」（平成23年8月26日 原子力災害対策本部）では、国は、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（「除染技術カタログ」）を継続的に提供することとしている。

このような背景から、今般、国の委託事業「福島第一原子力発電所事故に係る福島県除染ガイドライン作成調査業務」（委託先：独立行政法人日本原子力研究開発機構）において、「市町村による除染実施ガイドライン」（平成23年8月26日 原子力災害対策本部）に示されている対象毎の除染の方針及び方法に関し、東京電力福島第一原子力発電所の事故後に行われてきた、学校等の除染試験、農地の除染の実証試験等、除染に関する様々な取組から得られた知見を基に、除染を行っていく際に必要となる有効な技術を整理した「除染技術カタログ」をとりまとめた。

とりまとめに当たっては、同委託事業において設置された「除染技術等調査事業推進委員会」（別添）において専門家の意見を聞くとともに、日本原子力学会「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）や、EURANOS^{*}除染技術データなどの諸外国の知見についても取り入れた。また、国や地方自治体のほか、市民が除染を行う場合等にも活用されるよう、それぞれの除染技術毎に、概要、除染方法、必要な機器・人員、必要な安全対策、作業による線量低減の効果、注意点等の項目を設けて整理し、わかりやすさにも配慮した。

今後とも、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、必要に応じて適宜改訂を行う。

※ チェルノブイリ事故後、同様の緊急事態に備えるため、2002~2006年に欧州委員会の下で行われたプロジェクト。成果として作成された緊急時対応のためのハンドブックの中に除染技術データシートが含まれている。

<内容>

1. 除染技術カタログの活用にあたっての留意事項
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
 - 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（主に重機使用）
 - 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の除染
 - 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

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、現時点での知見を元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 $35\mu\text{Sv/h}$ から $1.9\mu\text{Sv/h}$ 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，水圧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，高圧水洗浄では，洗浄水が作業員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，水圧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，飛散ないように土のう袋等に詰める。
- ・ 呼び樋，豎樋，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，高所専門作業者（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。