
環境修復技術のご説明資料 (暫定版 第2版)

平成23年9月5日

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

はじめに

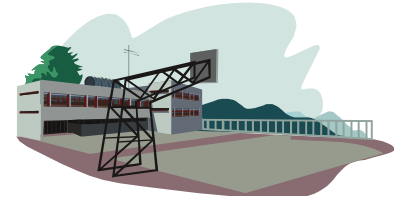
- ◇日本原子力学会「原子力安全」調査専門委員会クリーンアップ分科会では、発電所敷地外を対象に、汚染地域の環境修復に関する技術を検討している。
- ◇その一環として、海外情報の調査・翻訳※1、日本への適用性や学会の見解を含めた修復技術カタログ※2、これに基づいた「ご説明資料（暫定第2版）」を取りまとめている。
- ◇従って、このご説明資料では、修復技術を並列的に取り上げており、実際の適用にあたっては汚染の程度や除染に伴う2次廃棄物の取り扱い、さらには費用対効果などの面から、技術を選定していくことが必要である。クリーンアップ分科会は、自治体・住民の方々が技術の選定を行うにあたって、コミュニケーションしながら積極的に協力していくこととしている。
- ◇今後は適宜、実用化されていたり、開発中の技術について適用性を評価して、本資料及び技術カタログを充実させていくとともに、地域住民の方々の意見も取り入れていく予定である。
- ◇修復対象として、建物（屋外、屋内）、公共施設（公園・運動場、道路）、水田、畑地、果樹園、牧草地・牧畜、森林、水域、生活用品、ガレキ等を今回対象物として取り上げた。
- ◇地域住民の方々の除染計画の作成に、本資料が参考になれば幸いである。

※1：EURANOS除染技術データシートのご紹介、日本原子力学会HP（<http://www.aesj.or.jp/information/fnpp201103/chousasenmoniinkai.html>）

※2：改定作業中



建物（屋根・屋上）の除染技術①



- ・ 屋根に対しては、放水洗浄、ブラシ洗浄、拭き取り、閉じ込め、屋根の葺き替え、の5種を取り上げた。
- ・ 屋根の汚染物質は、既に雨で多くが流されていると考えられ、劇的に線量を低減するとは考えにくい。多くの時間を過ごす生活空間に近い。地道に進めることが肝要である。
- ・ 瓦屋根等、日本に独特な屋根については、汚染の状況や除染の効果に関する情報がない。除染プロジェクトの実施結果を今後蓄積していく必要がある。

1. 放水洗浄

◇ 水洗浄や高圧洗浄によって、汚染物質を除去する

◇ 屋根の素材、放水方法等によって、除染効果は異なる

※水洗浄 (ID13)：沈着後1週間以内に相当量の降雨があれば除去率約20%を達成。繰り返しの効果は小さい。時間の経過とともに除去効率は大幅に低下。

※高圧水洗浄 (ID16)：沈着後早期に実施すれば、除去率約30%を達成。繰り返しの効果は小さい。温水（約65℃の高圧水）を利用した場合、除去率約50～85%を達成 (ID17)。

◇ 現在では、既に降雨により多くの汚染物質が洗い流されていると考えられる

◇ 汚染水が庭の土壌に流れないように作業するか、もしくは流れ込んだ土壌を除去する

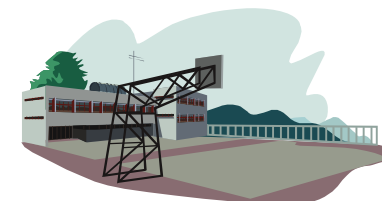
※想定される液体および固体廃棄物発生量は、次の通り。

- ・ 水洗浄： 液体廃棄物 50L/m²、固体廃棄物 0.1～0.2kg/m²程度 (ID13)
- ・ 高圧水洗浄： 液体廃棄物 20L/m²、固体廃棄物 0.2kg/m²程度 (ID16)
- ・ 高圧温水洗浄： 液体廃棄物 30L/m²、固体廃棄物 0.2～0.4kg/m²程度 (ID17)





建物（屋根・屋上）の除染技術②



2. ブラシ洗浄

◇建物の屋根の汚染を回転ブラシなどにより洗浄する。ただし、茅葺屋根には適用不可。

※除去率は50～85%程度を期待できるが、繰り返しの効果は低い(ID14)

◇ブラシ洗浄の除去効果は、素材や表面の平滑度等によって異なる

※除染効果は、沈着後10年まで有効。ただし、屋根の材料による(ID14)

◇薬剤等を用いると多少除染効果は向上するが、汚染水処理が難しくなる

◇粉塵や苔などの廃棄物が発生するため、廃棄物の処理方策や受け入れ環境の整備が必要

※廃棄物量は、液体廃棄物として15L/m²、固体廃棄物（ダスト、苔）として0.2～0.6kg/m²程度(ID14)

◇汚染水が庭の土壤に流れないように作業するか、もしくは流れ込んだ土壤を除去する



3. 拭き取り

◇建物の屋根の汚染を拭き取りにより洗浄する

◇汚染水が飛散しないため、汚染拡大防止が期待できる。

◇薬剤等を用いると多少除染効果は向上するが、汚染水処理が難しくなる

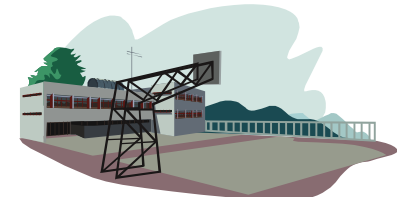
◇茅葺屋根については、拭き取りは使えない

◇廃棄物が発生するため、廃棄物の処理方策や受け入れ環境の整備が必要である





建物（屋根・屋上）の除染技術③



4. 閉じ込め（汚染物質の固定化）

◇表面に固定化塗料を吹き付け、汚染物質を固定化する

※表面を除染するわけではないため、本方法での線量低減は見込めないが、
粒子の再浮遊防止による吸入防止は期待できる(ID21)

※固定化は、沈着後でも効果がある(ID21)

◇汚染物質が発生しない利点はあるが、汚染物質はそのまま残る。

◇屋根を葺き替えする場合、作業時の作業被ばくの低減に利用できる

◇ペインティング材の選定が必要



5. 屋根の葺き替え

※本方法は、上記除染方法で効果が得られず、屋内に居ても屋根からの被ばくが相当量予想されるような高濃度の汚染除去に適用

◇古い屋根材料と一緒に屋根表面から汚染物質を除去する

◇放射性物質をほとんど取り除くことが可能である

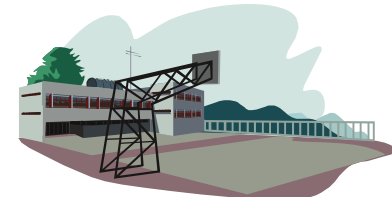
◇通常の屋根の葺き替え費に加え、屋根の処分費が加算されるため、
その他方策が適用できない場合に採用する

◇多量の廃棄物が発生するため、廃棄物の処理方策や受け入れ環境の整備が必要
※廃棄物は、タイルやスレートが20~50kg/m²発生(ID18)





建物（壁）の除染技術①



- ・ 壁に対しては、放水洗浄、拭き取り、閉じ込め、剥離性コーティング剤、削り取りの5種を取り上げた。
- ・ 屋根と同様に、壁の汚染物質は既に雨で多くが流されていると考えられ、劇的に線量を低減するとは考えにくいですが、多くの時間を過ごす生活空間に近いいため、地道に進めることが肝要である。
- ・ サイディングや塗り壁、土壁等、素材の違いによる、汚染の状況や除染の効果に関する情報がない。除染プロジェクトの実施結果を今後蓄積していく必要がある。

1. 放水洗浄

- ◇「建物（屋根） 1. 放水洗浄」、「建物（屋根） 2. ブラシ洗浄」参照

2. 拭き取り

- ◇「建物（屋根） 3. 拭き取り」参照

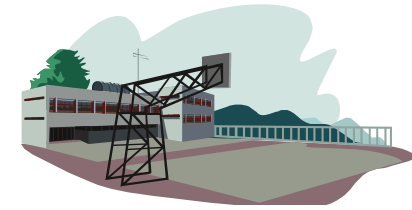
3. 閉じ込め

- ◇「建物（屋根） 4. 閉じ込め」参照





建物（壁）の除染技術②



4. 剥離性コーティング剤

- ◇剥離性塗料を外壁に塗布し、外表面をコーティングした後、剥がすことで汚染物質を除去する
- ◇コーティング剤や壁材の素材によって、表面平滑度等によって、除染効果は異なる
 - ※沈着後数週間以内に実施すれば、除去率は約80%。滑らかな表面に適用した場合効果的であり、逆にレンガ及びタイルなど多孔質な建材への適用した場合の効果は小さい(ID49)
- ◇廃棄物が発生するため、廃棄物の処理方策や受け入れ環境の整備が必要である
 - ※廃棄物は、ゴム状の物質が1kg/m²発生 (ID49)
- ◇コーティング材の選定が必要

5. 削り取り

- ◇壁の表面を機械的に研磨し、汚染物質を除去する
 - ※木質壁の場合、沈着後早期に実施された場合、除去率は30~50%である。繰り返しの効果は低い(ID20)
 - ※壁材の材質によっては、サンドブラストする方法もある (ID15)
- ◇壁材の素材によって、汚染物質の内部への移行(浸透)の度合いは異なる
 - ※木質壁の場合、付着直後に実行された場合に効果がある。また、対策の遅れは壁内部への移行が進行する(ID20)
- ◇削り取り作業に伴う再浮遊粒子に対する対策が必要である
- ◇レンガや石で構成された欧米の建物に対して、日本の外壁は一般にセメント系のスレートなどによる表面加工が多く、削り取りによる弊害の方が多いと思われる。
- ◇廃棄物発生量は少ないが、浮遊微粒子のため汚染物質の回収が難しい
 - ※廃棄物は、固体廃棄物が0.1kg/m²発生 (ID20)





建物（屋内）及び生活用品の 除染技術①



- ・ 建物（屋内）及び生活用品に対しては、吸引清掃、洗浄、自動洗車の3種を取り上げた。
- ・ 屋内や生活用品の汚染状況に関する情報は少なく、必ずしも除染の必要があるか、現状では分からない。自動車については、汚染物質を付着し、移動させる要因となり得るため、対策の必要性を検討する必要がある。
- ・ これらの方法により、劇的に線量を低減するとは考えにくい、多くの時間を過ごす生活空間に近いため、地道に進めることが肝要である。
- ・ 放射性物質のついたダスト（土壌等）を家屋内に持ち込まないなど、塵や花粉と同様の生活上の工夫が求められる。

1. 吸引清掃

◇屋内表面や家具などの汚染物質を掃除機で吸い取り、除去する

※除去率は、バラツキがあるが、概ね80~90%程度である。但し、沈着後2~3週間以内で、前洗浄などされていない場合。

繰り返しの効果は低い(ID22)

◇再浮遊を防ぐため、集塵性能の高いフィルタ付属のものが望ましい

※集塵性能の高いフィルタとして、HEPAフィルタなどがある。

◇掃除機等で誰でもできる

◇吸引ごみは、一般廃棄物として処分される(?)

※廃棄物は、固体廃棄物（ダスト）が0.005kg/m²発生(ID22)





建物（屋内）及び生活用品の 除染技術②



2. 洗浄

◇屋内表面や家具などを温熱水及び洗剤を用いて洗浄し、汚染物質を除去する

※除去率は、バラツキがあるが、概ね30～60%程度である。但し、沈着後2～3週間以内で、前洗浄などされていない場合。繰り返しの効果は低い(ID22)

◇表面の種類と状態、実施時間等によって除染効果は異なる

◇水、ブラシ等で誰でもできる

◇洗浄水を下水に流す場合、下流域への影響が課題である（洗浄した後の、汚染水の放射能濃度が高い場合）

※廃棄物は、ダストと水が0.001～0.002kg/m²発生（ID22）



3. 自動洗車

◇不要な内部・外部被ばくを低減できる

◇自動洗車機で誰でも自動で洗車できる

◇汚染度が高い場合には洗浄水の回収も可能であるが、汚染水の処理方法の検討が必要である



◆何れも生活用品に対する除染マニュアルの整備が必要



敷地、庭等の除染技術①



- ・ 敷地、庭等については、表土の削り取り、表面被覆（表土と下土替え含む）、芝刈り・草の除去、灌木の剪定・落ち葉回収、樹木・灌木の伐採、閉じ込め（汚染物の表面固定）の6種を取り上げた。
- ・ 居宅での生活中に受ける、敷地、庭からの線量の割合は比較的高いため、敷地及びその周囲、庭を除染することは有効である。
- ・ 土壌については、放射性物質が比較的強く固着していることから、表土の削り取りや表面被覆など、大掛かりで、発生廃棄物量が多い。除染の範囲等、十分な検討を行ってから実施すべきである。
- ・ 芝刈り・草の除去、灌木の剪定、落ち葉回収については、発生廃棄物の取り扱いを定めれば、住民による実施も可能と考えられる。ただし、樹木・灌木の伐採に関しては、伐採対象となる樹木に汚染物質が大量に沈着しており、外部被ばく線量の低減のためには、伐採がやむなしと判断された場合にのみ、適用することが適切であると考ええる。
- ・ 汚染物の表面固定は、放射性物質の再浮遊が問題になる場合であり、それ以外の場合には適用しない。



敷地、庭等の除染技術②



1. 表土の削り取り

◇表土を除去し、汚染物質を除去する

※除去深度は概ね2cm程度と考えられる。ただし、最適な除去深度は汚染状況によって異なる。

※最適な除去深度の場合、除去率は、90～97%に達する(ID38,39)

◇汚染物質の土壌鉛直方向への移行速度は非常に遅い例が多い

※セシウムは、粘土質土壌の場合、表面から数cmの間に何年も留まっているため、汚染されて数年の間に実施するのが効果的である。

※花崗岩や粗粒質の土壌の場合、固定量は少なくなる(ID38,39)

◇庭など限られた範囲であれば、重機に限らずシャベルやレーキなどでも誰でも作業ができる。

◇必要以上に過度な表土除去は、汚染土壌が大量に発生し、実現が困難となる。

※土壌や芝土が55～70kg/m²発生する(5cm除去の場合)。なお、汚染された廃棄物の分離は困難である(ID38,39)。

◇多量の廃棄物が発生するため、廃棄物受け入れ状況が整わない限り、実現が困難である



2. 表面被覆（表土と下土替え含む）

◇汚染土壌表面からの放射線を遮蔽するため、非汚染のクリーンな土壌で汚染土壌表面を覆う

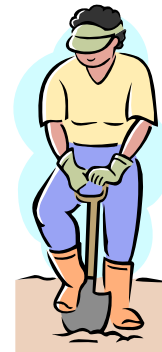
※クリーン土壌10cm被覆すると、ガンマ線線量率は75～80%減少すると予想される(ID40)

※表土10cmとその下40cmの土を入れ替えることで線量が10分の1に減少(文科省)

◇汚染物質の発生はなく、重機に限らずシャベルやレーキなどでも対応できるため、実現性は高い

◇汚染物質が発生しない利点はあるが、汚染物質はそのまま残る。

◇元々の汚染レベルが高い場合は表面被覆（表土と下土替え含む）では下げきれない



文中のID番号はEURANOSハンドブックの除染技術データシートに対応



敷地、庭等の除染技術③



3. 芝刈り・草の除去

◇芝に付着した汚染物質が土壌に移行する前に刈り取り、汚染物質を除去する

※大きな雨が降る前で、沈着の1週間以内であれば除去率は50~90%が期待される。雨の後の場合は、大きく効果は低減する(ID35)

◇汚染植物の廃棄処分方法が確立されると実現性が高まる

※廃棄物は、0.0001~0.0004m³/m²の芝が発生する(0.15kg以下/m²) (ID35)

◇廃棄物は適切に保管する必要がある



4. 灌木の剪定、落ち葉回収

◇剪定鋏、刈り込み機等で成長した枝葉を除去し、表面付着した汚染物質を除去する

※大きな雨が降る前で、沈着の1週間以内であれば除去率は50~90%が期待される。雨の後の場合は、大きく効果は低減する。また、沈着時に枝葉が枯れ落ちている秋/冬の実施は効果ない(ID36)

◇枝葉の廃棄処分方法が確立されると実現性が高まる

※廃棄物は、草木、灌木が2kg/m²(ID36)

◇今年発生する常緑樹の落ち葉の回収は効果が期待できる

◇廃棄物は適切に保管する必要がある



文中のID番号はEURANOSハンドブックの除染技術データシートに対応



敷地、庭等の除染技術④



5. 樹木、灌木の伐採

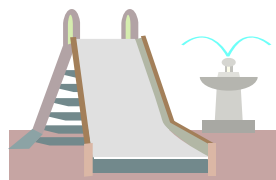
- ◇チェーンソー等で成長した樹木を除去し、表面付着した汚染物質を除去する
※全ての樹木が伐採され、全ての葉が回収された場合、除去率98%を期待できる(ID52)
- ◇常緑樹、落葉樹によって効果は異なる。
3月時点で落葉していた樹木（落葉樹）では、あまり効果は期待できない。
- ◇樹木を除去した場合、多量の廃棄物が発生するため、除去した樹木等の廃棄物処分方法が確立されると実現性が高まる
※廃棄物は、木材、植生が10kg/m²(ID52)
- ◇廃棄物は適切に保管する必要がある



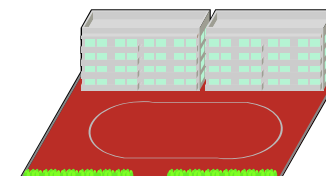
6. 閉じ込め（汚染物の表面固定）

- ◇芝や土壌表面に汚染物質を固着させるため、固定化剤を用いる
※汚染の除去はできないが、再浮遊を防止できる(ID41)
- ◇固定化剤を散布する場合は、熟練作業員が必要
- ◇廃棄物は発生しない利点がある





公共施設（公園、運動場等） の除染技術



- ・ 公共施設（公園、運動場等）については、表土の削り取り、表面被覆（表土と下土替え含む）、側溝の泥・草・枯葉等の除去、の3種を取り上げた。
- ・ 土壌については、放射性物質が比較的強く固着していることから、表土の削り取りや表面被覆など、大掛かりで、発生廃棄物量が多い。十分な検討を行ってから実施すべきである。
- ・ 側溝の泥・草・枯葉等の除去については、発生廃棄物の取り扱いを定めれば、住民による実施も可能と考えられる。

1. 表土の削り取り

◇「敷地、庭等 1. 表土の削り取り」参照

2. 表面被覆（表土と下土替え含む）

◇「敷地、庭等 2. 表面被覆（表土と下土替え含む）」参照

3. 側溝の泥、草、枯葉等の除去

◇公園等の汚染物質は、雨によって流され、側溝の泥、草、枯葉等に付着している

◇放射エネルギーが減少するため、低減効果は期待できる

◇枯葉等の回収については、手作業あるいはバキューム等が考えられ、実現性は高い

◇泥、草、枯葉等の廃棄物処分方法が確立されると実現性が高まる

◇廃棄物は適切に保管する必要がある





道路等の除染技術①



- ・道路等の除染については、散水洗浄、側溝・のり面の泥・草・枯葉等の除去、固定化、削り取りと再舗装の4種を取り上げた。
- ・舗装された道路は、汚染物質が雨で流されていると考えられ、散水洗浄の効果は不明である。また、道路で測定された線量は、周囲からの影響を受けていると考えられ、道路の除染の実施にあたっては効果を良く検討する必要がある。
- ・道路上の汚染物質は、のり面、側溝の泥、草、枯葉等に移動し、偏在していることが考えられるため、これらの除染は有効であると考えられる。

1. 散水洗浄

◇水洗浄や高圧水洗浄によって、道路の汚染物質を除去する

◇道路や舗装された領域に限られ、表面の状態や交通量、降雨量によって除染効果は異なる

※水洗浄：沈着後1週間以内で、相当量の降雨の前で除去率は、約50～75%。繰り返しの効果は低い。交通量や雨の量によって効果は異なる(ID29)。

※高圧水洗浄：沈着後早期に実施すれば除去率は約30～80%。繰り返しの効果は低い(ID31)

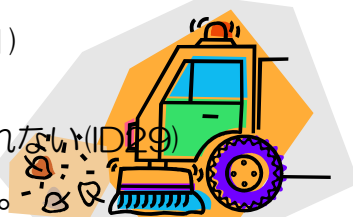
◇既に雨で多くの汚染物質が流されていると考えられる

※除染効果は、沈着後、約一週間以内実施すれば効果が高いが、遅くなれば効果は得られない(ID29)

◇洗浄水の回収と廃液処理が必要。但し、洗浄水の回収は新たな要素開発。

※水洗浄： 廃棄物量は、液体廃棄物50L/m²、固体廃棄物（塵など）0.1～0.2kg/m²程度(ID29)

※高圧水洗浄： 廃棄物量は、液体廃棄物20L/m²、固体廃棄物（塵など）0.2～0.4kg/m²程度(ID31)





道路等の除染技術②



2. 側溝・のり面の泥、草、枯葉等の除去

- ◇道路の汚染物質は、雨によって流され、側溝の泥、草、枯葉等に付着している
- ◇生活道路や農道ではのり面の雑草、土の除去は効果が高い
- ◇「公共施設（公園、運動場等） 4. 側溝の泥、草、枯葉等の除去」 参照

3. 固定化

- ◇アスファルトで表面舗装することで、汚染物質を固定化する
- ◇汚染物質を除去しないので、廃棄物は発生しない
※廃棄物は発生しない (ID34)

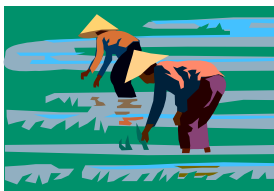


4. 削り取りと再舗装

- ※本方法は、汚染度が高く、外部被ばく線量の低減のためには、実施がやむなしと判断された場合にのみ、適用することが適切であると考える。
- ◇汚染度が高い場合には、道路工事専用の機器を用いてアスファルトもしくはコンクリートを削り取り、再舗装することで、汚染物質を除去する
※除去率は約80~90%程度達成。繰り返しの効果は低い (ID32)
- ◇多量の放射性廃棄物が発生するため、廃棄物処理・処分方策を整える必要がある
(実現性を検討する必要有)
※廃棄物は、アスファルト1cm深さで15kg/m²、コンクリート1cm深さで約30kg/m²発生 (ID32)
- ◇作業中の粉塵対策が課題である



文中のID番号はEURANOSハンドブックの除染技術データシートに対応



水田の除染技術①



- ・ 水田の除染については、耕起、表土の剥ぎ取り、代かき、土壌洗浄、植物栽培による土壌浄化、施肥の6種を取り上げた。
- ・ これらの対象については、土壌自身が稲作のための機能を有するため、その機能を勘案した除染方法を選定しなければならない。
- ・ また、汚染のレベルや土壌の性質に応じた対応が必要であると考えられるため、自治体、農家、農業や放射能の専門家の中で、良く議論して進めることが重要である。

1. 耕起

◇ 土壌表面に放射性セシウムは沈着していると想定されることから、機械もしくは手作業によって、土壌を掘り起こし、非汚染土壌と混合・希釈させることによって、表土の汚染物質濃度を下げる

※大半が何年もの間、土壌の表面から50mm以内に沈着している例が多い（ID43,46）。

◇ 水田あたりの放射エネルギーに変化はないため、低減効果は限られる

◇ 掘り起こし深さによって、効果は異なる。

※30cm耕越で、線量率が72.5%低減可能

※除染係数は、深さ等に係らず1である。（ID43、46）

※耕うん機で150mm深さまで掘り起こした場合 γ 線の線量率は1/2~1/3に減少（ID43）

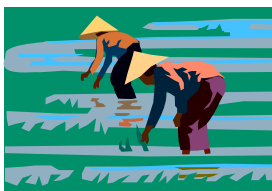
※プラウで250~300mm深さ（耕起）まで掘り起こした場合、 γ 線の線量率は1/2~1/5に減少（ID46）

※プラウで450~900mm深さ（耕起）まで掘り起こした場合、 γ 線の線量率は1/5~1/10に減少（ID46）

◇ 汚染物質の発生はなく、既存のトラクタを用いるため、実現性は高い

◇ 廃棄物は発生しない（汚染物質は除去しない）





水田の除染技術②



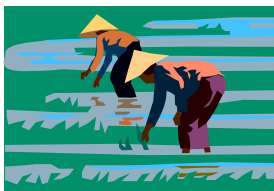
2. 表土の剥ぎ取り

- ◇ 土壌表面に放射性セシウムは沈着していると想定されることから、表土を剥ぎ取り、汚染物質を除去する。
- ◇ 「敷地、庭等 1. 表土の削り取り」参照
- ◇ 固化剤を散布することによって、効率的に除去可能
 - ※ マグネシウム系固化剤を散布することで、2~3cmの表土剥ぎ取り試験を実証試験中（農水省）

3. 代かき

- ◇ 放射性セシウムは微粒子（粘土）に吸着していることから、代かきによって濁水とし、強制落水によって、汚染物質を除去する。
- ◇ 代かき後の泥水を排水し、後段で吸着処理（農水省実証中）
 - ※ 浅い代かき試験の実証試験中（農水省）
 - ※ 吸着処理剤を開発中（農水省/JAEA）
 - ※ 代かき試験実施中（クリーンアップ分科会）
- ◇ 水田あたりの放射エネルギーが減少するため、低減効果は期待できる
- ◇ 汚染水による用水路下流域への汚染拡大を防ぐ対策を施す





水田の除染技術③



4. 土壌洗浄（物理的および化学的洗浄処理）

◇剥ぎ取った土壌を洗浄する方法。物理的処理と化学的処理に大別。

物理的洗浄：放射性セシウムが微細粘土鉱物粒子に保持されやすいことを利用して、汚染土壌を選別する方法

化学的洗浄：土壌に強く保持されている放射性セシウムを洗浄溶液で剥ぎ取る方法

◇適切な洗浄処理方法が確立されることが前提である

◇発生する廃液は、従来の減容技術で総量を減らした上で、処理・管理する

◇現地洗浄が可能となるように、移動式洗浄機の開発を目指している

※農林水産省、研究機関、ゼネコン等で開発中

◇土壌の性質を元の状態に戻すことができるかの検証が必要である



5. 植物栽培による土壌浄化（ファイトレメディエーション）

◇放射性セシウムを経根吸収しやすい植物や作物を栽培、刈り取ることで、汚染土壌から汚染物質を除去する

◇水田あたりの放射エネルギーが減少するが、低減効果は低いと考えられる

※植物栽培による土壌浄化の実証試験中（農水省）

◇植物の処理・処分費用が発生する一方で、表土の剥ぎ取りより安価と考えられるため、費用対効果の観点から評価が必要

◇汚染植物の処理方法が確立されると実現性が高まる

※汚染植物の焼却技術を開発中（農水省/JAEA）





水田の除染技術④



6. 施肥

◇カリウム、アンモニウムおよび石灰などを施肥することで、
作物への放射性セシウムの移行率をコントロールする。

カリウム：吸収を低減 アンモニウム：吸収を促進 石灰：吸収を低減

◇施肥により米への移行率の低下が期待される

※施肥の実証試験中（農水省）

◇安価と考えられる

◇新たな廃棄物の発生及びその対処が不要のため、実現性は高い





畑地の除染技術①



- ・畑地の除染については、耕起、表土の剥ぎ取り、低セシウム吸収作物の栽培、土壌洗浄、植物栽培による土壌浄化、施肥の6種を取り上げた。
- ・これらの対象については、土壌自身が畑作のための機能を有するため、その機能を勘案した除染方法を選定しなければならない。
- ・また汚染のレベルや土壌の性質に応じた対応が必要であると考えられるため、自治体、農家、農業や放射能の専門家の中で、良く議論して進めることが重要である。

1. 耕起

◇「水田 1. 耕起」参照



2. 表土の剥ぎ取り

◇「敷地、庭等 1. 表土の削り取り」参照

◇固化剤を散布することによって、効率的に除去可能

※マグネシウム系固化剤を散布することで、2~3cmの表土剥ぎ取りを検討中（農水省）





畑地の除染技術②



3. 低セシウム吸収作物の栽培

◇作付け制限されている圃場において、セシウムを吸収しにくい作物を栽培する

※低セシウム吸収作物栽培の実証試験中（農水省）

◇汚染された畑の利用方法のひとつ。汚染物質の除去には時間を要する

◇安価と考えられる

◇新たな廃棄物の発生及びその対処の問題は比較的小さいと考えられる



4. 土壌洗浄

◇「水田 4. 土壌洗浄」参照



5. 植物栽培による土壌浄化（ファイトレメディエーション）

◇「水田 5. 植物栽培による土壌浄化」参照



6. 施肥

◇「水田 6. 施肥」参照

◇土壌に対し、作物ごとの効果確認が必要





果樹園の除染技術①



- ・ 果樹園の除染については、モニタリング、樹皮の剥ぎ取り、落葉の回収、果樹の剪定・除去の4種を取り上げた。
- ・ これらの対象については、土壌自身が果樹栽培のための機能を有するため、その機能を勘案した除染方法を選定しなければならない。
- ・ また、汚染のレベルや土壌の性質に応じた対応が必要であると考えられるため、自治体、農家、農業や放射能の専門家の間で、良く議論して進めることが重要である。

1. モニタリング（葉、果実、土壌）

- ◇ 汚染状況の確認を実施する
- ◇ 継続的に実施する必要がある

2. 樹皮の剥ぎ取り

- ◇ 樹皮に汚染物質が付着していると考えられることから、スクレーパーなどで樹皮を剥ぎ取る。
- ◇ 汚染した樹皮から、果実への移行（転流）低減効果が期待できる
- ◇ 桃など樹皮が薄く剥ぎ取りが困難な樹種の場合には、高圧水洗浄による汚染物を除去する
- ◇ 廃棄物を適切に保管する必要がある



※果樹の樹体に付着した放射性物質の除染対策（福島県農業総合センター果樹研）



果樹園の除染技術②



3. 落葉の回収

◇樹木の葉に汚染物質が付着していると考えられることから、秋／冬に落葉を回収する。

◇放射エネルギーが減少するため、低減効果は期待できる

※沈着時に樹木に葉があり、全ての葉が回収された場合、除染係数は樹木の除去（ID52）に類似すると考えられる（ID51）。

◇落葉の回収については、手作業あるいはバキューム等が考えられ、実現性は高い

◇廃棄物を適切に保管する必要がある

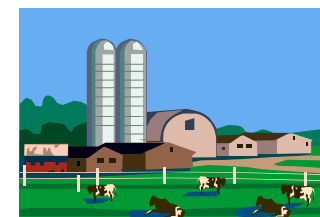
※廃棄物は、葉、松葉、松ぼっくりなどが、0.5kg/m²発生（ID51）

4. 果樹の剪定・除去 ◇「敷地、庭園等 5. 樹木、灌木の除去」参照





牧草地・畜舎の除染技術①



- ・ 牧草地・畜舎の除染については、牧草の刈り取り、耕起、表土剥ぎ取り、畜舎の洗浄、排水系処理の5種を取り上げた。
- ・ これらの対象については、土壌自身が牧畜のための機能を有するため、その機能を勘案した除染方法を選定しなければならない。
- ・ また汚染のレベルや土壌の性質に応じた対応が必要であると考えられるため、自治体、酪農家、酪農や放射能の専門家の中で、良く議論して進めることが重要である。

1. 牧草の刈り取り

◇「敷地、庭等 3. 芝刈り・草の除去」参照



2. 耕起

◇「水田 1. 耕起」参照



3. 表土の剥ぎ取り

◇「敷地、庭等 1. 表土の削り取り」参照

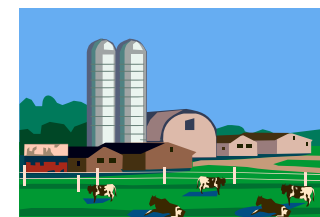
◇固化剤を散布することによって、効率的に除去可能である

※マグネシウム系固化剤を散布することで、2~3cmの表土剥ぎ取りを検討中（農水省）





牧草地・畜舎の除染技術②



4. 畜舎の洗浄

- ◇「建物（屋根） 1. 放水洗浄」、「建物（屋根） 2. ブラシ洗浄」参照

5. 排水系処理

- ◇排水から放射性セシウムを吸着処理等によって、除去することにより、
下流域の汚染物質による汚染が低減されることが考えられる
- ◇これまでの排水路に集積場所及び水処理システムが必要となるが、実現性は高い





森林の除染技術①



- ・森林の除染に関しては、モニタリング、落葉の回収、樹木及び灌木の剪定・間伐、集水域での水処理、放射性セシウム濃集域における堆積物除去、立ち入り制限・植物摂取制限の6種を取り上げた。
- ・放射性物質に汚染された森林の面積は広大であるため、一律の除染は困難であると考えられる
- ・立ち入り制限等の対策を進めながら、モニタリングを継続し、除染の優先順位を検討しながらすすめるなど、長期的、多面的な取り組みが必要と考えられる。

1. モニタリング（葉、樹体、土壌、表面水）

- ◇汚染状況の確認を実施する
- ◇継続的に実施する必要がある



2. 落葉の回収

- ◇「果樹園 2. 落葉の回収」参照
- ◇居住地近傍など限定範囲への適用（森林全てへの適用は困難）



3. 樹木及び灌木の剪定・間伐

- ◇「敷地、庭等 4. 樹木、灌木の剪定・伐採」参照
- ◇居住地近傍など限定範囲への適用（森林全てへの適用は困難）





森林の除染技術②



4. 集水域での水処理

- ◇表面水が集まる下流域の放射能汚染が低減されると考えられる
- ◇排水路の施工費と回収費(例えば吸着材処理)が発生する
- ◇汚染水の処理方法が確立されると実現性が高まる

5. 放射性セシウム濃集域における堆積物の除去

- ◇土壌流亡による放射性セシウムの移行・濃集
- ◇濃集域に堆積した汚染土壌の除去



6. 立ち入り制限・摂取制限

- ◇高線量地域については立ち入り制限する
- ◇火の不始末等による山火事で、木々に付着した汚染物質が飛散することを防止するため、立ち入り制限を行う
- ◇キノコやベリー類など、放射性セシウムを濃集する食材の摂取制限
- ◇立ち入り制限に関する費用が発生する
- ◇新たな廃棄物の発生およびその対処が不要なため、実現性は高い





水域の浄化技術①



- ・ 水域の浄化については、井戸水のモニタリング、河川水のモニタリング、水源のモニタリング、水道水の浄化、飲用水・生活用水の分離、の5種を取り上げた。
- ・ 放射性物質は、水を媒介して移動するので、モニタリングを継続的に実施し、それに応じて対応を検討する必要がある。

1. 井戸水のモニタリング

- ◇汚染度合いの確認が行える
- ◇安価と考えられるが、継続的な出費となる
- ◇新たな廃棄物の発生がなく、その対処が不要なため、実現性は高い



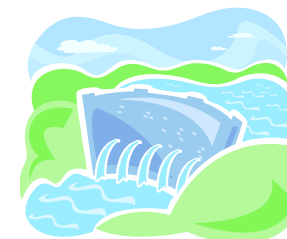
2. 河川水のモニタリング

- ◇汚染度合いの確認が行える
- ◇安価と考えられるが、継続的な出費となる
- ◇新たな廃棄物の発生がなく、その対処が不要なため、実現性は高い



3. 水源のモニタリング

- ◇汚染度合いの確認が行える
- ◇安価と考えられるが、継続的な出費となる
- ◇新たな廃棄物の発生がなく、その対処が不要なため、実現性は高い



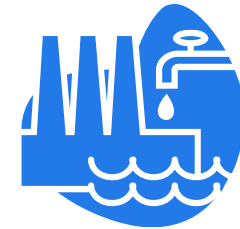


水域の浄化技術②



4. 水道水の浄化

- ◇水道水から汚染物質を除去することで、内部被ばくを低減できる
- ◇浄化システムの導入が必要となるため、高価となる
- ◇浄化システムを導入することで、実現性は高い
但し、浄化システムの検討が必要である



5. 飲用水、生活用水の分離

- ◇水道水や井戸水を飲料水としないことで、内部被ばくを低減できる。
- ◇飲料水の費用が発生する





ガレキ処理技術



1. 焼却（可燃性瓦礫、汚染植物、動物死骸など）

- ◇焼却設備＋廃ガス設備（放射性ダスト等の回収）を新設することで
焼却による汚染拡大が防止される
- ◇焼却による減容効果は非常に大きい
- ◇廃棄物量が多いため、運搬方法の検討が必要である
もしくは、移動式焼却設備の導入も検討する
- ◇放射能濃度の高い焼却灰が発生するため、
これら焼却灰の安定固化・処分方法の検討が必要である
焼却施設自体が汚染物となる



2. 圧縮・破砕（不燃性瓦礫、コンクリート、など）

- ◇圧縮・破砕設備＋廃ガス設備（放射性ダスト等の回収）を新設することで
圧縮・破砕による汚染拡大が防止される
- ◇破砕・圧縮による減容効果は大きい
- ◇破砕物・圧縮物の放射能濃度測定と処分方法の検討が必要である
圧縮・破砕設備、排ガス設備が汚染物となる

おわりに

- 汚染物質による汚染地、汚染物について、除染技術を整理した
(今後も除染試験の結果などを取り入れ適宜改訂を続ける)
- 除染にあたっては、地域の特性、住民の生活環境、生産活動様式を基本として除染地域、対象物に優先度をつけて実施することが必要である
- 除染地を対象として、地域を区画して、その区画ごと除染をする必要がある
 - ✓ このためにはきめ細かな汚染物質による汚染マップの充実が早期に求められる
 - ✓ 隣接物からの二次汚染の可能な限りの排除が求められる
- 実現可能な技術、その特徴を理解した上で複数の除染技術の中から県・住民と協力して除染技術を選定することが必要である
 - ✓ このためには住民との緊密な連携が不可欠であり、必要な情報を提供していく
- 除染技術の選定では、それに伴い発生する汚染物の処理、保管と合わせて考えることが重要である
- また、除染の効果が実施前に精度良く把握できる解析手法の確立も必要である

(本資料は、適宜見直し、より充実したものにして、関係者の意思決定に参考となる資料としていく)