放射能除染マニュアル（第２版）

マニュアル使用上の留意点：
（１）本マニュアルは、技術的にはまだ改善途中であり随時新しいバージョンに変えていく。
（２）本マニュアルで紹介している除染方法のうち、すでに実証実験がなされ実績がある程度証明されている方法には「実証実験済」、現在実験中であり課題が残っている方法には「実証実験途中」、まだモデル提案の段階で実証実験がされていない場合は「未実証実験」と表示している。
（３）本マニュアルは、エントロピー学会とＮＰＯ法人「木野環境」のホームページにおいて公開される。
　エントロピー学会のホームページ・アドレス：http://entoropy.ac/
　ＮＰＯ法人木野環境のホームページ・アドレス：http://www.kino-eco.or.jp/
（４）本マニュアルの文責は山田國廣にあり、除染方法を実施されて問題点が見つかった場合、質問などがある場合は、山田のメールまでお知らせください。
山田のメールアドレス：yamalabo@kyoto-seika.ac.jp

目　　次

１．除染の目的……2
２．除染原則……3
３．除染前測定とセシウムの特性……3
４．マイクロ・ホットスポットの見つけ方と緊急型除染……5
５．「固めて取る、取って固める、剥ぎ取る」除染方法の基本……10
６．放射能で汚染されている材質別の除染方法……14
７．除染された放射能汚染物質の一時保管場所及び保管方法(実証実験済)…23
８．事後測定……24
９．除染経費の立て替えと請求……24
１０．法的根拠……24
「除染マニュアル」付録資料（その１）……25
放射能除染時の服装と注意点……25
「除染マニュアル」付録資料　（その２）
放射能除染において圧力洗浄機を使用することの問題点……27

放射能除染マニュアル（第２版）

１．除染の目的

東京電力福島第一原発事故により、福島県を中心とした広い範囲に大量の放射能が降り注いだ。3月末の段階で福島市と川俣町の学校・保育所などでの放射線測定が保護者の手によっていち早く実行された。その結果をふまえた保護者・市民からの要請により、4月の時点で、福島県による学校運動場の調査データが発表されて、子供たちの放射能被曝の厳しい実態がわかってきた。子供たちの被曝は運動場だけでなく、通学路や児童公園や家庭生活圏でも生じている。福島の子供たちは、一刻も早く避難すべき状況にある。

一部の子供たちは家族とともに自主的に避難している。しかし、まだ多くの子供たちが福島で不安を感じながら暮らしており、一刻も早く放射能除染を行なうべきである。「避難」と「除染」という2つの方法は、互いに矛盾するものではない。子供たちの健康と生命を放射能の脅威から守るという最も重要で基本的な立場に立つならば、「避難」と「除染」は相互補完的なものである。ところが、国や福島県は、避難させないことを目的に“除染”を呼びかけているかのようにみえる。もしそうだとしたら、国や県の姿勢は、守るべき根本価値を見誤った本末転倒な態度である。

福島における子供たちのこのような現状を憂慮した私たちは、「子供たちの放射線被曝量を可能な限り減らす」ことを目的として「放射能除染・回復プロジェクト」を立ち上げ、活動を開始した。すでに、2011年5月17日から19日には除染すべき民家の事前調査と通学路のホットスポット測定を行なった。6月10日から14日には、3軒の民家と通学路の一部の除染を実施した。そして、7月16日から19日には、企業や自治体の管理地におけるホットスポットの調査と、民家、果樹園のモデル除染を実施した。

政府や自治体を頼りにして除染してくれることを待っていても被曝状態が続くだけである。子供たちの被曝を避けるためには、市民自らが除染を実施していく必要に迫られている。そこで私たちは市民が実施できる「放射能除染マニュアル（第２版）」を作成した。そこでは、福島県が実施しようとしている除染方法ついて、とくに「圧力洗浄機」を使用することの問題点を強く指摘した。

県の除染方法には、そのほかにも、落ち葉などの焼却処理を認めていること、汚染土などの保管方法があいまいであることなど重大な問題点がある。私たちは、福島の放射能除染作業における重要な原則の一つとして、除去された放射能汚染物質は東京電力に引き取らせ、最終的には福島第一原発へ戻すことがあると考える。さらに、子供たちの通学路や児童の生活圏における被曝量を減らすためには、家や学校だけでなく、商業施設の駐車場や自治体の管理地を含む公共の場所に数多く存在するホットスポットを除染しなければならないが、県が実施しようとしている除染計画には、それらが決定的に抜け落ちている。

私たちは今後も、放射能除染マニュアルの改善、実証的モデル除染の実施などを提案し、一刻も早く福島が放射能汚染から回復する活動を継続していく決意である。

■放射能除染・回復プロジェクト　福島の住民の呼び掛けに応じてエントロピー学会有志と複数の大学教員らにより始められ、住民と一体となって進めているプロジェクトです。

福島における地元連絡先：中里見博（福島大学行政政策学類）h-naka@io.ocn.ne.jp

２．除染原則

２．１　放射性物質を土壌、水、大気中に拡散させないで、可能な限り汚染場所から剥ぎ取る。

２．２　汚染場所から剥ぎ取られた放射性物質を含むＰＶＡ膜、アルファ澱粉、土壌、植物などは、除染場所周辺の適切な場所（例えば、人があまり近付かないような場所）において安全な状態で一時保管する。個人所有地については「敷地内保管」をする。

２．３　除染作業に伴う放射線被曝（外部被曝、内部被曝）を可能な限り少なくするように配慮し、作業中の空間線量率積算値を測定し、外部被曝量を監視・測定する。除染の際の、服装や注意点については、付録資料を参照してください。

２．４　除染前後の空間線量率の測定と写真撮影を行ない、除染効果の確認と記録を残す。

２．５　除去された放射能汚染物質は東京電力が引き取り、最終的には福島第一原発へ戻す。

２．６　除染に要した経費、人件費、健康的・精神的被害については、東電および日本政府が補償する。

３．除染前測定とセシウムの特性

３．１　測定箇所は、建物外側を構成する土、石、樹木（葉、幹）・雑草・コケなど植物、敷石、アスファルト、コンクリート、タイル、モルタル、瓦、スレート、樋、庇など材質別に存在範囲を確定して、材質の表面（被曝状況把握のため場合によっては５０ｃｍ、１ｍ高さも測定する）の空間線量率を測定する。測定は、鉛板で囲んだ局所測定と、周囲からの放射線影響を入れた鉛板無しの測定の両方を併用する。

写真１　鉛版で囲んだ場合の測定の様子

３．２　建物内についても、各部屋を構成する材質別に土間、畳、板、タイル、カーテン、壁紙、ガラス、天井などの表面と、各部屋の床面、５０ｃｍ、１ｍ、天井の空間線量率を測定する。

３．３　セシウムの特性

5月17日、18日の除染及び測定作業で、土壌や植物のスペクトル分析を大阪大学理学部

福本敬雄さんに実施していただいた。その結果によると、最も高かったのは御山S宅の雨樋下土壌でセシウム134が20500Bq/kg、セシウム137が218000Bq/kgであった。御山の深田さん宅畑のスギナはセシウム134が5400Bq/kg、セシウム137が6200Bq/kgであった。ヨウ素131も微量検出されたが、土壌や植物から検出されたのは、ほとんどがセシウムで同位体のセシウム134とセシウム137が同程度の量という特徴もあった。

このことより、私たちが除染で立ち向かうべき相手の物質はセシウム134とセシウム137であることがわかってきた。セシウム134の半減期は約2年、セシウム137は約30年と長く、空間線量率がなかなか下がらないのも半減期が長いことが原因している。

セシウム137は、β崩壊によりその多くはバリウム137になる。バリウム137は約3腐と短い半減期でγ崩壊していく。セシウム137は、内部被曝によって体内へ入ると、心臓、脳、筋肉などに分配されβ線による内部被曝を起す。そして、γ線放出による外部被曝の原因にもなる。セシウム137は、ウランから生成される完全な人工物であり、核実験や原発事故以前には地球上には存在しなかった。

セシウムそのものは周期表におけるアルカリ金属第I族の仲間で、同じ族のなかにはリチウム、ナトリウム、カリウムル、ルビジウムなどがある。第I族原子は、電子の最外殻に１個の電子が回っており、それを放出して陽イオンとして安定になろうとするイオン結合の性質がある。そのため反応生に富んでいる。セシウムは中でも反応性に富み水と激しく結合する。放射性セシウムについてもこの特性はあるものと想定される。福島第一原発事故よってまき散らせたセシウムについて、これまでわかってきた事実として以下に説明する２面性がある。

（１）当初降り注いだセシウムが雨など水に溶けてその場所から流れだし、新たなマイクロ・ホットスポットを形成し、側溝、下水、田畑、河川、海へ流れていく。

（２）土壌や屋根やアスファルトにへばり付いて、水をかけたくらいではその場から離れない。土壌中のセシウムは時間が経過してもほとんど変化していないし、圧力洗浄を実施してもそれほどは除去できない。

除染を実施する際には、セシウムのもつこの一見相反する２面性を理解しておかなければならない。この２面性は、「セシウムが反応性に富む」という特徴をからきているものと考えられる。

４．マイクロ・ホットスポットの見つけ方と緊急型除染

４．１　緊急型除染と通常型除染

除染には、

①マイクロ・ホットスポットを見つけ時間的に優先して除染する緊急型除染

②時間をかけて余裕を持って除染する通常型除染

がある。

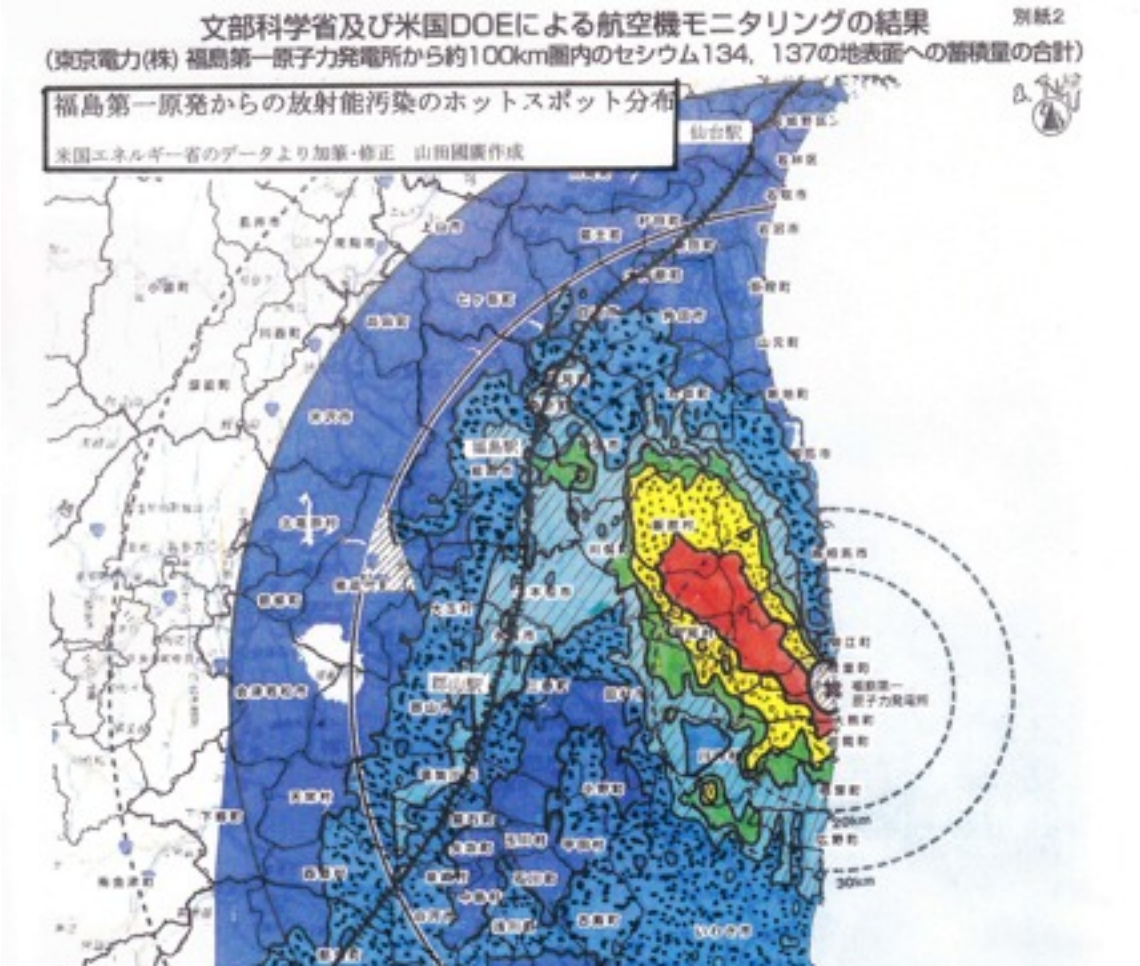
福島市における民家敷地内の事例では、雨樋下が５０μSv/hであり、物置小屋の雨跡なんども１０μSv/h台のラインを形成していた。大きな駐車場の側溝に接する端では１５０μSv/hが観測された。このような、マイクロ・ホットスポットは汚染範囲が比較的狭く、見つけて優先的に除染を行えば、短時間で効果的に減らすことが可能になり、子供たちの被曝量や除染作業中の被曝量を減らすことができる。

４．２　ホットスポット分布の認識

除染をするにあたり事前測定をする場合、除染対象場所が大きなホットスポットのどの位置にあるのか、土壌汚染の程度、空間線量率の程度を認識しておく必要がある。図１は米エネルギー省の協力で文部科学省が行っている５月２６日段階のγ線の航空機モニタリング調査結果である。セシウム134とセシウム137の合計量がＢｑ/ｍ^{2}の単位で分布として表示されている。この分布はかなり正確な「広域的ホットスポット」を表している。

凡例の空間線量率については山田が計算して記入した。空間線量率とセシウム合計量と下のグラフに示すように直線関係になっている。

この図１を地元地図上に拡大していくと、除染対象場所のおおよその土壌汚染状態、１ｍ高さの空間線量率を知ることができる。この認識をしておくことが、きわめて重要である。なぜなら、新聞報道によると７月段階で福島市の代表的モニタリングポスト(福島市杉



駐車場の場合は、雨水が側溝に流れ落ちる端が、ライン状にホットスポットになっている。児童公園などの場合、滑り台の下、ブランコの坐り台の下のへこみ部分、鉄棒の真下のへこみ部分が高線量ホットスポットになっている。砂場や雑草は中程度に高い線量率である。

これらホットスポットを事前に確認して、作業中は可能な限り近づかないようにすることと、優先的に除染するように配慮する。

図１　福島第一原発から１００ｋｍ圏内のセシウム134、137の地表面への蓄積量の合計分布と空間線量率分布

４．３　典型的なマイクロ・ホットスポットの紹介

住民の抗議などにおされて、７月に入り福島県、福島市など各自治体は、マイクロ・ホットスポットの測定を開始している。しかし、測定方法が「メッシュ主義」、「５０cmか１mの高さでの測定」になっており、これでは「除染目的のマイクロ・ホットスポット」は見つからない。除染をするためには、ピンポイントで最も高い放射線量を示す場所を見つける必要がある。測定高さは地面を基本とし、被曝影響を見るため５０cm、１m高さも測定する。さらに測定場所についてはメッシュ主義ではなく「経験と勘」で、「高そうな場所」を見つけて測定する。高そうな場所とは、以下の写真でしめすような①物置屋根の下の雨垂れの跡②雨樋下の土③駐車場は端の雑草や土砂④土砂が堆積している側溝⑤道路端に堆積している落葉や土砂⑥大きな樹木の下の雑草や土壌⑦遊園地の滑り台、ブランコ、鉄棒の下などなどである。

写真２　物置屋根の下の雨垂れ跡

写真３　民家の雨樋下の土

写真４　大きな駐車場の端の雑草と土砂

写真５　土砂の堆積した側溝　　写真６　道路端に堆積した落葉と土砂

写真７　大きな欅の木の下の雑草と土壌

写真８　児童公園のすべり台、鉄棒、ブランコの下

４．４　マイクロ・ホットスポットの測定事例

２０１１年５月から７月にかけて、福島市内で実施された放射線測定結果～、典型的な事例を以下に紹介する。

測定結果（要点）　数字はすべて地表（または座席上）測定による空間線量率　μSv/h

１）高圧水を用いた除染実験がおこなわれた市内の小学校の地上Ｕ字溝において 56.9、校庭脇に積み上げられた汚染土　3.1　（7月17日）

２）通学路：　市内小学校の通学路沿いのＵ字溝脇草むら 29.2（5月18日）、同地点 151.2（6月11日）、同地点除染後 4.7（6月12日）

３）福島駅駐輪場：　屋根の無い自転車置き場の排水口付近 8.1　（市内の高校に通う高校生多数が日常使用する駐輪場）（7月17日）

４）児童公園：　市内、小学校直近の児童公園のすべり台着地点で　15.2　（5月18日）

５）駅前広場：　福島駅東口広場のベンチ真下の排水口　3.8、西口および東口の街路樹根元で　4.4〜22.4（すぐ近くにベンチやバス停）（7月17日）

６）バス停：　福島駅東口および西口の複数のバス停留所のベンチ、植え込み、雨樋下において　1.3〜4.8　（7月17日）

７）公共駐車場：　県庁駐車場の路肩、排水口、植え込みなどで　4.2〜20.8（7.0以上５ヶ所）；　量販店の駐車・駐輪場所の路肩、側溝、植え込みなどで　2.7〜29.6（27.0以上３ヶ所、5.0以上８ヶ所）（7月17日）

※ 放射線測定には、NaIシンチレータ（堀場製作所 PA-100 および PA-1000）を使用し、7〜12回の読み取りを減点平均（最大値と最小値を除いて平均）した。ただし、10μSv/h　を超えてシンチレータが振り切れた場合、ガイガーカウンター（独Coliy社 Radiation Scanner 900+）を使用した。
以上の測定及びデータ整理については、京都精華大学の細川弘明と同志社大学の和田善彦によってなされたものである。

４．５　「汚染の見える化」のための線量率の区分け

除染作業を安全かつ効果的に行なうため、汚染レベルを５段階に区分けして、可能であれば色分けして塗布する。以下は、福島市の放射線レベルにおける区分けの例である。

1　１μＳｖ／ｈ以下
2　１〜３μＳｖ／ｈ
3　３〜５μＳｖ／ｈ
4　５〜１０μＳｖ／ｈ
5　１０μＳｖ／ｈ以上

４．６　マイクロ・ホットスポットの除染

マイクロ・ホットスポットを確認して、局部的に様々な道具（スコップ、小手、枝切り挟み、布テープ、粘着ローラーなど）を使用して除去する。ＰＶＡ液、デンプンなんどで固めたり塗布するに先立ち、雑草、松などの常緑針葉樹の剪定、落ち場やコケの取り除き、小石の取り除きを行なう。除去された汚染物質は、土のうに入れ、一保管場所へ安全を確保して保管する。除染方法の基本は５章、実際的方法は６章に従う。

５．「固めて取る、取って固める、剥ぎ取る」除染方法の基本

５．１　剥がし方の原則と剥がし液の特徴

５．１．１　除染方法の基本は、剥がし液（ＰＶＡ）、アルファ澱粉によって、①固い表面を有す物については膜を形成して剥がす、②土のような柔らかい表面を有する物については固めてから剥がす、という２種類である。

５．１．２　ＰＶＡの特徴　日本における高分子化学の先駆者である京都大学の桜田一郎教授（1904-1986）が京都大学在職中に発明したビニロン繊維の原料である。ポリビニルアルコール（polyvinyl alcohol; PVA）は、合成樹脂の一種で示性式は（－CH_2CH（OH）－）$_n$の重合になっている。

写真９ＰＶＡ＝「せんたく糊」として販売

合成樹脂としては特殊な性質があり、分子中にヒドロキシ基（－ＯＨ）があるため「温水に溶ける」という特徴がある。親水性をいかして、バインダー（つなぎ剤）、界面活性剤として使用されている。製造元から濃度を指定して購入することができる。

市販されているものでなじみのあるのは、　７００ｍｌポリ容器入り（１本１００円から１５０円）で販売されている洗濯のりで、「化学のり」「合成のり」などの商品名でも売られている。ＰＶＡの濃度を高めたい場合は、市販されている化学のりを購入して、鍋に入れて３０分ほど弱火で焦がさないように煮詰めると2倍以上になる。

５．１．３　アルファ澱粉の特徴

ＰＶＡ液の前に販売されていた「デンプンのり」で、現在は粉の状態で「ケイコー糊」などの商品名で販売されている。粉であるので、散布の際のハンドリングがよく、水をかけるとすぐに固まり始める。ＰＶＡ液にアルファ澱粉を入れると、固まる時間が短縮されるので、場合によっては併用も考えられる。

「　写真１０　ケイコー糊」として販売されているアルファ澱粉

写真１１　ＰＶＡ液で乾いた土を固めた様子

写真１２　アルファ・デンプンで乾いた土を固めた様子、
ＰＶＡより硬く固まる。

５．１．４　固め剤を使用することの大きな効果

これらの固め剤を用いることの効用は以下の項目があげられる。

（１）埃などが舞い上がることを防止し内部被曝を防ぐ。

（２）土壌除去時の操作性（スコップなどの操作のなめらかさ）をよくする。

（３）除去した土壌や雑草などの体積を圧縮する。土壌の場合は、固め液を使用しない場合に比べて６０％に減少する。雑草の場合は５０％に減少する。

（４）除去した土壌や雑草の形（直方体）を整え、保管場所の無駄な空間を少なくする。これによって、形を整えない場合より保管体積を２０％減少させることができる。上記（３）の効果と合わせると、土壌の場合は約５０％減、雑草などの場合は６０％減少（元の４０％に減少）させることができる。これは、固め剤を使用することの大きな効果である。

（５）除去した土壌中の放射能を安定的に閉じ込める。

（６）汚染除去物を党九電力へ返却できる状態で保管することができる。

５．１．５　ＰＶＡ液、アルファ澱粉が固まってできた膜は、剥がし残りが生じるという指摘があるが、剥がし残りは布テープで簡単に除去することができる。

写真１４　ＰＶＡ液を滑らかな材質表面に垂らして乾燥

させると透明の膜が形成され、それを剥がすと
材質表面に付着していた汚れを除去できる。

写真１５　ＰＶＡ膜が形成され、クションフロワーの汚れが膜に付着して除去される様子。膜を剥がした跡は、汚れが取れて綺麗になっている。乾燥を十分行って、膜が形成されていることを確認してから剥がす。剥がし残りは、布テープで簡単にとれる。

５．１．６　ＰＶＡ、アルファ・デンプン＋寒冷紗

ＰＶＡ液、アルファ・デンプンの膜形成は、傾斜のある材質表面では「下方に垂れる」ために均質な膜が形成されにくい欠点がある。また、膜の剥がし残りが生じて、布テープで剥がすという二度手間が生じる。　そこで、下方に垂れることを防止し、さらに剥がし残りが生じないように、寒冷紗を使用する。

写真１６（「寒冷紗（かんれいしゃ）」とは：粗く平織りにした薄い綿布を、糊付けして固く仕上げたもの。被覆資材の一種で、夏期の高温、強光による乾燥、しおれ等を防止する育苗時などに使用されるほか、防風、防虫、防鳥にも利用される。ホームセンターのガーデニング用品売場で買える。）

写真１７　寒冷紗＋ＰＶＡによって、汚れが剥がされた跡

手順としてはＰＶＡの場合、寒冷紗を汚れた材質に被せて、ＰＶＡ液をかけ、刷毛でならししてから、十分に乾燥させて寒冷紗を材質から剥がす。天気がよければ、５時間程度で乾燥するが、曇りや雨の場合は１日程度かかる。乾燥が十分でないと、剥離効果は弱くなる。

デンプンの場合は、粉状態のデンプンを汚れた材質の上に均等にふりかけ、寒冷紗を被せてからデンプンに水を吸収させる程度に散水する。その後に、寒冷紗の上から刷毛でならし、デンプンと寒冷紗を一体化させる。デンプンの場合はＰＶＡより乾燥時間がかかり、天気の良い日でも半日程度は必要である。乾燥状態が悪いと、剥離効果は弱い。

５．１．７　塗料剥がし液＋ブラシ＋ＰＶＡ（デンプン）＋寒冷紗

屋根の瓦やアスファルトなどには、セシウムがへばり付いており、簡単な剥離操作では除去率がよくない傾向がある。そこで、市販されている「塗料剥がし液」を汚染材質に塗布してブラシで擦り剥がし液が泡立ってきたところに、ＰＶＡ（デンプン）＋寒冷紗を実施すると、除去効果は大きくなる。

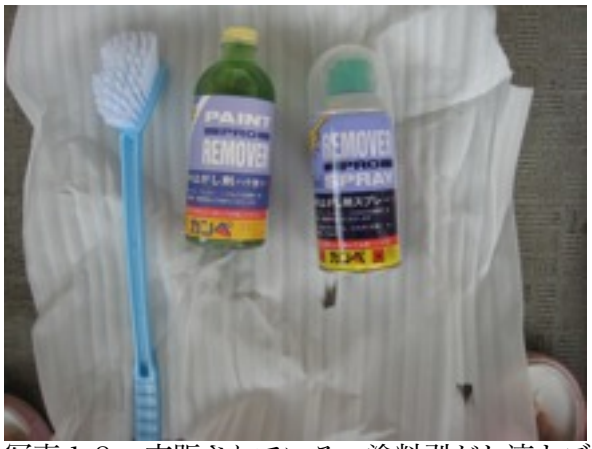


写真１８　市販されている、塗料剥がし液とブラシ

６．放射能で汚染されている材質別の除染方法

６．１　　乾いた土の除染方法(実証実験済)

（１）乾いた土を、そのままスコップなどで表面除去をすると、微細な埃が舞い上がり、内部被曝の恐れがある。乾いた土では、セシウムが表面の浅いところに蓄積している傾向があり、事前にその深さを確認しておく。

（２）その後に、アルファ澱粉の粉を土壌表面に散布して、上から水をかけ、表面の土とアルファ澱粉を混合させながら練る。そのまま、半日ほど乾燥させると、練った部分のみが固まり、それからスコップで除去し、土のうに入れて圧縮し、安全な場所へ保管する。

写真１９　アルファ澱粉で固まった土

（３）アルファ澱粉の代わりに、ＰＶＡ液を土壌表面にまいてから、スコップで練り上げ、半日程度乾燥させて除去してもよい。アルファ澱粉の方がＰＶＡ液より、土壌が固くなる傾向がある。

（４）乾燥時間を短縮して土壌除去したい場合は、アルファ澱粉、ＰＶＡ液で土壌を練り上げた後、すぐに土のうに入れて踏みつけて体積圧縮、型枠へのはめ込みをして、直方体になるようにし、安全な場所へ保管する。

写真２０　固めた液を投入した土のうをプランターに入れ、直方体の形に整える

６．１．３　やわらかく湿った土の除染方法(実証実験済)

（１）柔らかい土の場合、セシウムは表面から１０ｃｍ下にまで入り込んでいるときがある。事前に、どの深さまで除去する必要があるか確認しておく。

（２）湿った土の場合、アルファ澱粉の粉をそのまま土壌に散布して、スコップで除去する深さまで混ぜる。数時間すると土壌は固まってくるので、スコップで固まった表面を除去する。アルファ澱粉の粉の量を多くすると固くなるので、除去しやすくなる固さ

に合わせて、経験的に粉の散布量を把握する。乾燥時間を短縮したい場合は、アルファ澱粉の粉を散布して混ぜ合わせた後で、スコップで除去して、土のうにいれ、体積圧縮と直方体型枠入れを行い、安全な場所に保管してもよい。

（３）アルファ澱粉の代わりに、ＰＶＡ液を土壌表面にまいてから、スコップで練り上げ、すぐにスコップで除去して、土のうにいれ、体積圧縮と直方体型枠入れを行い、安全な場所に保管してもよい。

写真２１　雨樋下のホットスポットをＰＶＡ液で緩めては、
ちいさなスコップで土をすくい取り、土のうに入れている様子。

写真２２　柔らかい土と雑草の混合物をデンプンで固めて踏みつけた状態

６．１．４　砂利の除染方法(実証実験済)

土の上に砂利が敷いてある場合、放射能を砂利の表面だけでなく、砂利の下の土にまで達している場合が多い。このような場合、ＰＶＡ液を散布して砂利表面のセシウムを固定しから、砂利をスコップで除去して土のうに入れて固める。固める際には、アルファ澱粉の粉を多い目に入れて混ぜ合わせ、上から少しだけ水を撒くとよく固まる。砂利を除去して出てきた、汚染土壌については、上記の「湿った土の除染法」に従う。

６．１．５　根などが表面に出ている土の除染方法(実証実験済)

（１）街路樹の下や果樹園などの土壌が放射能に汚染されている場合は、土の除去時に根が操作を困難にする。このような場合、まず雑草を除去し、ＰＶＡ液を散布して根の周辺の土を、樹木を傷めないように注意しながらスコップなどで「土をゆるめる」操作をする。

写真２３　青リンゴの果樹園における除染の様子。木の根っこが思わぬところにあり、注意しながら土を除去して、デンプンを混ぜて土のうに入れ、形を直方体に整える。

（２）土をゆるめてから、寒冷紗を被せて、もう一度ＰＶＡ液を寒冷紗の上から散布し、数時間後に乾燥してから寒冷紗を剥がす。そうすると、ゆるめた土ごと、除去できる。

写真２４　緩めた土を、寒冷紗＋ＰＶＡでからめとる

６．２　これまで実施してきた土壌除染の成果と課題

住宅敷地内の土壌除染については、６月と７月の実証実験において、除染前後の放射線低減率は平均で９０％程度ある。除染前には、2.7〜11.2μSv/hあったものが除染後は0.38〜1.1μSv/ｈにまで低下した。この傾向は、他の場所における土壌除染においても同様であり、土壌除染は汚染されている深さまで土壌を除去すれば確実に下げることができる。さらに、固め剤投入と形の整形による体積減少効果も、土壌で５０％程度、雑草など植物で６０％程度あり、着実な成果が認められた。

課題は、汚染土壌を一時保管するための穴掘りが人力では大変きつく、機械化導入が必要である。被曝量をすくなくするためにも、ミニパワーシャベルなどの使用を考える必要がある。

６．３　固くて平面を有する材質の除染方法(実証実験途中)

（１）木、クッションフロワー、表面が滑らかなコンクリート、鉄板などの表面が放射能で汚染されている場合、濃度が濃い目のＰＶＡ液を刷毛で塗り、数時間で十分乾燥させてから、形成されたＰＶＡ膜を剥がすと、セシウムは膜に吸着されて除去できる。この際に

大切なことは「膜が形成される」ことである。ＰＶＡ膜は吸着力が強く、逆にそれを剥がすときは剥離力も強い。杉のような柔らかい木の場合、木部の一部が剥ぎ取られる場合もある。膜が均一にできないと、剥離の時にちぎれてしまい操作に時間がかかる場合がある。

（２）上記のなめらかな表面を有する材質で、構造上傾斜がある場合工夫を要する。刷毛で塗ったＰＶＡ液が斜面に従って垂れてくるので、それを防止しる為には、刷毛で塗った後から寒冷紗を被せて、垂を防止する方法をとる。寒冷紗を被せた場合、ＰＶＡ液の膜の形成力が弱くなる傾向があるので、剥離力も寒冷紗を使わないときに比べて若干弱くなる。しかし、寒冷紗剥離の際の操作性はよくなる。

写真２５　駐車場コンクリートからアルファ・デンプン＋寒冷紗を剥がす。
コンクリートの表面が剥離している。

写真２６　アルファ・デンプン＋寒冷紗を剥がした面
にへばり付いたコンクリートの剥離部分

６．４　屋根の除染方法(実証実験未実施)

（１）屋根の除染は高所にあるため、作業に危険性が伴う。まず、足場の確保が必要となる。移動式の足場などレンタルで借り受けて、屋根の高さまで足場を確保する。さらに、屋根の上の作業には安全ロープなどで滑り落ちることを防ぐ。

（２）屋根の材質は、瓦やスレート葺きの場合が多い。基本的には、「傾斜があり滑らかな表面を有する材質の除染方法」に従うので、屋根の材質にＰＶＡ液を刷毛で塗布して寒冷紗を被せて固めてから剥ぎ取る方法が中心となる。

（３）ただし、高所の作業であるため、作業性をよくする必要がある。寒冷紗を屋根の瓦など大きさに切断してＰＶＡ液にあらかじめ侵たしておき、それを１枚ずつ屋根の部材に張り付けて、乾燥させてから剥ぎ取る方法などが考えられる。
（４）いづれにしても、屋根の除染については危険性が伴うため、高所作業などの専門性を身に付けた人が実施する必要がある。

６．５　固くて凹凸のある表面材質の除染方法(実証実験途中)
（１）アスファルト道路や駐車場では、砂利をタールで固められた構造であるため、表面に凹凸や小さな穴があいている。このような表面にセシウムがへばり付いている場合、凹凸表面や穴の中にまで固め剤を入れこみ、その後に固めて剥ぎ取る操作が必要になる。
（２）アルファ澱粉を凹凸部や穴が埋まるまで散布してから寒冷紗を被せ、そのうえから水を散布する。固まってきたらそのうえから少量のアルファ澱粉を散布して寒冷紗とアルファ澱粉を一体化させる。そして、十分乾燥させてから、寒冷紗を剥ぎ取ると、凹凸部や穴に入っていたセシウムも剥ぎ取れる。
（３）凹凸部のセシウムが強固にへばり付いている場合は、事前に湿らせたブラシで擦りゆるめてから、上記（２）の操作を行う。ブラシで擦るさいに溶剤などを使えば、効果的になる可能性もあるので、今後の研究課題である。

写真２７　アスファルト道路表面の除染方法。
左側は（寒冷紗＋ＰＶＡ）、右側は（デンプン＋寒冷紗）の様子

写真２８　デンプン＋寒冷紗を乾燥後に剥がすと、
アスファルトそのものが剥ぎ取られた様子。
剥離効果が大きいことがわかる。

６．６　敷石の除染方法（実証実験途中）
（１）敷石の間には土が入りそこから雑草やコケが生えている場合が多い。敷石の間の雑

草、コケ、土はマイクロ・ホットスポットを形成している場合が多い。小さなコテなどで丁寧に除去しビニールテープなどで除去後の雑草、コケ、土を吸着して除くことが大切である。除去したそれらの混合物は、ＰＶＡ液をかけて土のうに入れて、固めてから安全な場所に保管する。

（２）敷石の間の汚染物が事前に除去された後は、敷石表面の除染を行う。この方法は、上記の「固くて凹凸のある表面材質の除染方法」に従う。この場合、アルファ澱粉は表面だけでなく敷石の間にも入れこみ、残っているセシウムを吸着させて剥ぎ取る。

写真２９　敷石の間の雑草、コケ、汚染土壌を取り除いてから、
敷石表面に寒冷紗＋ＰＶＡを実施する。

６・７　これまでに実施してきた固い表面を有する材質の除染に関する効果と課題

敷石、コンクリート駐車場など、固い表面を有する材質の除染については、PVA液＋寒冷紗、またはデンプン＋寒冷紗でセシウムを剥がす実証実験を行ってきた。しかし、放射線低減率は２５％程度と低い実績であった。実は、６月、７月に実施した２回の実証実験中に雨が降り、寒冷紗が水浸しになり乾燥が十分ではなかった。PVA、デンプンともに十分乾燥して膜が形成されないと剥離効果は期待できない。そういう意味では、課題は「十分に乾燥させる」ことである。

アスファルトなど凹凸のある表面にへばり付いたセシウムの除去、瓦など屋根材にへばりついたセシウムの除去には、「強力塗料剥がし液＋ブラシで擦る＋PVA＋寒冷紗」というような丁寧な除染方法が必要となってくる。

６．８　側溝の除染方法（実証実験途中）

住宅内及び周辺の雨水側溝には多くの場合。土砂、落ち葉、雑草、ゴミが堆積しており、そこは線状のマイクロ・ホットスポットになっている。住宅空間としても、通学路としても子供たちの放射能被曝の大きな原因になっている。個人所有の敷地内側溝については、住宅所有者が、市町村が管理している側溝については、地元自治体が緊急に除染に除染する必要がある。

６．８．１　水のある側溝の除染方法

写真３０　プランターに入れた土のうに側溝から汚染土壌をすくい上げ汚染水を分離する

写真３０　側溝汚染土壌の測定

水のある側溝においては、汚染土壌をすくい取ると、汚染水が土のうから滴り落ちてくる。それをプランターに受けてしばらく置いておくと、土壌と汚染水が分離する。土のうの汚染土壌の方にはデンプンを入れて固める。プランターの汚染水については、自然乾燥により水分を蒸発させ、プランターの底に残った細かい土壌は土のうに入れ固めて処理をする。

６．８．２　乾いた側溝の除染方法

側溝の一部では、水がほとんど流れていない箇所が多くある。そのような側溝には、土砂、雑草、ゴミなどが多く堆積しておりマイクロ・ホットスポットを形成している。スコップなどで堆積物を除去し、土のうに入れてデンプンで固めて整形し、一時保管場所に保管する。

６．９　植物の除染方法（実証実験途中）

（１）３月１５日～１６日にかけて放射能雲が到来し雨が降って、放射能汚染が地上に固定された。そのとき、最初の汚染を受けとめたのは森林、公園、街路樹などの高木である。これらの葉の表面、幹の表面、それに樹木の下に流れ出した放射能が堆積した雑草や土壌はマイクロ・ホットスポットを形成している。家庭の敷地内、公園、学校、河川敷などにある芝生、雑草地、花壇などの植物及び土壌もマイクロ・ホットスポットを形成している。駐車場の側溝手前の雑草、大きな道路の歩道脇にある段差の雑草などは、高濃度の汚染がよく見出される。

（２）３月１５日の段階で、葉を付けていた常緑樹（とくに住宅地の近くの松、杉、ヒノ

キ、カイヅカイブキなど）は、放射能を受け止めて汚染されている可能性が高いので、葉を剪定する。

写真３１　松の放射線測定、針葉樹の

写真３２　ヒノキの葉もうろこ状で面積が多い。

松はヒノキの放射線測定葉っぱの面積
も多く、ヤニのように粘っこいので、
セシウムはなかなか離れない。

写真３３　雑草もマイクロ･ホットスポットを形成している。
葉っぱに付着する、根から吸収する、雨で流れてきた放射能を
トラップするという３つの効果が考えられる。

（３）欅の街路樹など、大木ほど放射能を受け止める面積が大きいため、樹木の正面や街路樹下の土壌、雑草を除染する必要がある。除染方法は「根のある土壌の除染方法」に従う。

（４）芝生、雑草、コケなどは、根から除去する。除去した植物は、枝切りバサミなどで小さく裁断して土のうに入れ、ＰＶＡ液を散布して、体積圧縮と直方形を形成してから、安全な場所に保管する。植物は、体積が嵩張るため、圧縮と形を整えることが、保管場所の節約のため大切である。

写真３４　雑草と土を除去し土のういれてＰＶＡ液を入れて固める

（５）芝生や雑草を除去した後の土も汚染されているので、その場合は「湿った土の除染方法」に従う。

６．１０　田畑、雑草地、空き地などの除染方法(実証実験途中)

田畑の場合、上記の「湿った土の除染方法」に従うが、面積が大きいため、機械化を導入する必要がある。機械化については、農業機械を改良して、土のうちで固めた表面だけを「すくい取る」ことができれば、作業被曝を少なくし、効率、能率が大幅にアップする。農業機械の改良および使用を急ぐ必要がある。一時保管は、田畑の片隅に穴を掘り、不透水性シートを敷いて、土のうに詰めて固め剤で圧縮して直方体に整形した汚染土を整列させて埋めシートを被せ、その上から汚染されていない土を被せておく。

畑などの除染について、ひまわりなどセシウム吸収効率の植物を植えることが一部の地域で実施されている。耕していない田畑であれば現時点において、セシウムは土壌の１０cm程度までの深さに留まっており、それより深いところまで根を張るヒマワリを植えても吸収効果はあまり期待できない。ヒマワリの吸収が期待できるのは、畑を耕してしまったあとセシウムが深い場所まで拡散しているような場合である。

６．１１　森林の除染方法(実証実験未実施)

福島第一原発から南西方向へ移流してきた放射能雲が雨で叩き落とされ、その多くは森林の樹木の葉っぱや幹や土壌に付着した。森林の除染は最も困難な対象となる。まず、降雨など水の流れによって、放射性物質が地表、地下水からどのように移流・拡散していくかを観測し、田畑や集落への汚染拡大を防ぐ必要がある。そのためには、山裾に堀や溝をつくり、そこへ表流水を集め、一部を深くして放射性物質を土砂とともに沈降による捕捉・除去して安全保管するような方法を考える。森林そのものの除染としては、落葉や表土の除染から取り組む。樹木の伐採なんどは、放射性物質の森林、樹木内の移動形態を観測しながら、検討していく。

７．除染された放射能汚染物質の一時保管場所及び保管方法（実証実験済）

７．１　除染された放射能汚染物質は、除染場所敷地内から持ち出さず、敷地内保管を原則とする。

７．２　敷地内に土壌部分があれば、そこに穴を掘り（可能であれば１ｍ程度）、ブルーシートを敷いて、そこへ土のうに入れた汚染物質を可能な限り体積圧縮を行ってから投入して、ブルーシートで覆い、その上から汚染されていない土を被せ、表面の線量率レベルを測定する。線量率が１μＳｖ／ｈを上回る場合は、レンガやコンクリートブロックでの蓋
をする。

写真３５　穴を掘って、ブルーシートを敷き、
そのうえから土のうを、並べて配置し、無駄な
空間をすくなくする。

写真３６　空間線量率の測定

写真３７　穴を掘ったときの出てきた、汚染されていない
土壌で表面を埋め戻し、放射線量測定を行い、１μＳｖ／ｈ

（できれば０．５程度）より低いことを確認して完了。

８．事後測定

８．１　除染の効果を客観的記録として事後に残すため、事前に測定した主要な場所の空間線量率については、除染後にも測定し、除染効果を確認する。測定は、鉛板で囲んだ局所測定と、周辺からの放射線影響を入れた測定に２種類を併用する。

８．２　事前、事後の測定結果は、電子情報で記録に残す。

９．除染経費の立て替えと請求

９．１　本来、除染費用は東電及び政府が負担すべきである。しかし当面、そのことが認められるまでは、住宅などの所有者が自ら建て替え、後日東電と政府に、請求書および領収書のコピーを送付する。

９．２　除染に必要な購入物品については、全て領収書を入手して、保管しておく。

９．３　除染に要した人件費（人数×時間×時間給）は、必ず記録に残し、請求する。

９．４　助成費用が立て替えられない家庭などの場合を考え、除染資金の別途確保を行う。　その方法としては、助成金申請、カンパ要請、除染トラストの立ち上げなどが考えられる。

１０．法的根拠

原発事故の補償に関する法律は、推進を建前とし、事故は起こらないことになっていたので、今回の福島第一原発事故については「不備」そのものである。それゆえ「市民が自ら被曝をさけるためやむにやまれず除染を行う」という行為に関する法的根拠は、おそらく憲法第２５条「すべての国民は、健康で文化的な最低限度の生活を営む権利を有する」という生存権が最後に残ってくると考えられる。現在の福島市を含めた、放射能汚染都市の状況は、憲法２５条に違反していると言える。法的根拠については、弁護士とも相談をし、今後より詳細に検討を加えていく必要がある。

「除染マニュアル」付録資料（その１）

放射能除染時の服装と注意点

（１）除染作業をする際には、放射能による内部被曝、外部被曝を極力防止しなければならない。２０１１年８月現在、福島における放射能汚染物質としての核種は、そのほとんどがセシウム134,セシウム137である。放射性セシウムは、β線及びγ線を放出している。

β線は透過能力が弱く、厚さ数ｍｍのアルミ板で防ぐことができる。一方、γ線は透過能力が強く、透過を防ぐには鉛でも１０ｃｍ、コンクリートでは５０ｃｍの厚さが必要である。

（２）外部被曝の低減と注意点

通常の作業着や市販されている防護服でγ線を遮蔽することはできない。そのため、除染作業に参加し、かつ外部被曝量をゼロにすることはできない。その点について、除染参加者は十分認識しておく必要がある。除染作業には被曝による健康影響を受けやすい、比較的年齢の若い人たちは参加を控えたほうがよい。除染作業に参加する人は積算線量計を身につけ、目標とする積算線量(例えば１ｍＳｖ)以内に収まるよう管理しなければならない。集団で除染を行う場合、線量計が足りなくなるので、代表的な作業を行う人が積算線量計をつけて、全員の被曝量を推定する方法をとることが考えられる。一人の人に、ホットスポット除染など高線量被曝作業を集中させない配慮も必要である。

γ線からの外部被曝をある程度防護する(被曝線量を少なくする)には、汚染源である放射性物質から「距離を置く」、「接近時間を短くする」ということが基本的な方法である。

「距離を置く」方法は、例えば除染の道具として「柄の長い物を使用する」、「可能な限り機械を使用して遠くから間接的に除去する」などの方法がある。土壌や雑草を除去したり、穴を掘ったりする作業には、積極的に機械を導入した方が被曝量は少なくなる。

「接近時間を短くする」する方法は、「手早く除染」することである。これには、除染に対して熟練することも必要である。さらに、機械を導入することにより時間を短縮することが可能になる。非常に高線量の汚染源が発見された場合、市販されている鉛板で汚染源の一部を囲い、隙間から除染作業を行う方法も考えられる。

（３）内部被曝を防ぐ方法

除染作業中に内部被曝を防ぐことは、極めて重要である。なぜなら、放射性セシウを体内に取り込んでしまうと、心臓、脳、筋肉などに分配され、細胞が至近距離で放射線被曝するからである。内部被曝に関してはここまでなら安全であるとする「しきい値」は存在しない。

内部被曝を防止する基本は

①肌を露出しない。

②衣服は、作業服（長袖）、作業ズボン（長ズボン）、帽子でよい。

③市販されている防護服を着用してもよいが、夏場は蒸し暑く熱中症に注意を要する。

④呼吸器系からの内部被曝を防ぐためマスクは必ず着用する。

⑤目からの内部被曝を防止するためゴーグルを着用する。

⑥汚染源を除去する作業では必ずゴム手袋を着用する（少し大きめの繰り返し使用できるゴム手袋が作業性もよい）

⑦水で濡れても大丈夫なように長靴などを履く。
⑧低レベル放射線量の除染作業を行った後、作業服などは水洗いで再使用可能である。
⑨除染後は、手などをよく洗う。

射能除染において圧力洗浄機を使用することの問題点

福島県が助成して県内の市町村で実施する除染に関して、高圧水を放水して放射能の一部を除去するため圧力洗浄機を使用することが報道されている。この方法にはさまざまな問題点があり、町内会単位でなされるような住民による除染には使用してはいけない。私たちは、「放射能除染マニュアル」に示すような代替の除染方法を提案する。

屋根、壁、コンクリート、アスファルトなど比較的固い表面にへばりついた放射能（多くはセシウム134、セシウム137が中心である）を洗浄する場合について問題点を分類して指摘する。

１．　圧力洗浄機放水によって除去された放射能は、水の中に溶け込み混合して移動して場所を変えて新たな汚染場所を生み出すだけであり、除染したことにはならない。

1　圧力洗浄機の放水によって、屋根、壁、コンクリートにへばり付いた放射能の一部は除去される可能性がある。しかし、除去された放射能は水に溶けて移動し、建物近くの土壌や側溝に流れ出し、滞留して新たな汚染場所を生じる。

2　このような圧力洗浄を各家庭で実施した場合、隣近所への放射能汚染の押し付け合いになり、「自分のところさえきれいになればいい」という身勝手な行動が、県によって公認されることになる。これは、住民間の対立を招きかねず、混乱のもとになる。

3　すでに、これまでの雨によって除去された放射能は、田畑、下水道を通じて川へ流れ出し、一部は海の汚染物となって魚や海底に蓄積し始めている。阿武隈川で取れるアユ、ヤマメ、ウグイ、イワナからセシウムが高濃度で検出されている。海底にもホットスポットが出始めている。福島県全域で圧力洗浄が始まれば、河川の汚染がさらに悪化することになり、漁民からだけでなく、国際的な非難をも生じることになる。

２．圧力洗浄は放射能除染のチャンス（情報）を失くしてしまう。

1　福島県の担当者がテレビで「圧力洗浄は、雨で放射能が流されていくのと同じこと」と談話していたが、これは大きな間違いである。確かに雨で流されることは防止できない。これは自然現象であり「仕方ない」のである。他方、事前測定によって「そこに放射能がへばり付いている」という情報がある場合には、水で流さず、剥ぎ取って回収するのが適切である。

2　ホットスポットが見つかるということは、「そこに放射能が固まって存在する」という情報が得られたわけで、効果的に除染するチャンスが得られたことになる。圧力洗浄をそのチャンスを失くすことにつながる。

３．屋根やコンクリートにへばり付いているセシウムは、圧力洗浄では一部しか除去できない。

1　セシウムが結合した汚染物は「水に溶けて流れ出す」場合と、「土や屋根材にへばり付いたら、なかなか取れない」場合がある。すでに、放射能雲が雨によって福島市などの土壌、構造物に固着されてから4カ月が経過し、雨によっては除去できないセシウムが残っている。そのため、圧力洗浄のみでは、材質表面から一部のセシウムしか除去できない。

2　このように、しつこくへばり付いているセシウムを、無理やり除去するためには、大量の水が必要となり、それだけ低レベル汚染水ができてしまう。

3　一部しか取れないことを認識していない住民は、圧力洗浄で十分除去されると誤解し、安心してしまって被曝が続くことになる。

４．砂、土壌にへばり付いた放射能を圧力洗浄する場合の問題点。
砂や土の表面にへばり付いたセシウムは、圧力水では除去されず、砂や土そのものが移動するだけである。側溝などを圧力洗浄する場合も、放射能で汚染された砂、土が移動するだけで、新たな汚染場所を生み出すだけである。

５．「汚染者負担原則」により、除染された放射性物質は東京電力が引き取る責任がある。圧力洗浄は、東京電力の責任をわからなくしてしまうことになる。

６．集団被曝線量の考え方では、集団被曝線量＝一人の被曝線量×被曝人口という式で与えられる。この式では、圧力洗浄によって、一人当たりの被曝量を少なくすることになるが、放射能を薄めて拡散するため被曝人口が増え、集団被曝線量は変わらないことになる。よって除染においては「放射能は薄めてはいけない」ということになる。