

国及び地方自治体がこれまでに実施した除染事業における
除染手法の効果について

平成25年1月

環境省 除染チーム

目次

1. 本資料の背景・目的と解釈にあたっての注意点	1
1. 1 背景・目的	2
1. 2 本資料の解釈にあたっての注意点	3
2. 除染効果の分析方法	5
3. 除染対象箇所ごとの除染効果	9
3. 1 建物等工物	
(1) 雨樋・側溝等	
①雨樋	11
②雨水枡	13
③側溝	15
(2) 屋根等	17
(3) 外壁	
①コンクリート	19
②金属	21
③窓・扉・シャッター等	21
④タイル・サイディング	23
(4) 庭等敷地	
①土・草地	25
②芝生	27
(5) 駐車場等舗装面	
①アスファルト舗装面	29
②コンクリート舗装面	31
③インターロッキング	33
(6) グラウンド等(土)	35
3. 2 道路(アスファルト舗装面)	37
(参考1) 線量率計と表面汚染密度計の比較	39
(参考2) 表面汚染密度計による測定結果を採用した理由	40
(参考3) 低減率の表現方法について	41
(参考4) バックグラウンドの影響について	42
(参考5) 低減率のばらつきの要因について	44

概要

- 本分析では、国及び地方自治体が、福島県内の主として比較的線量の高い地域において実施した、初期(主に平成23年度)の除染事業について、それらの結果の情報を収集整理し、除染によって、どの程度放射性物質の量を減らすことができたのかを取りまとめる。
- 本分析では、初期に実施された除染事業のデータのうち、建物工物・道路などの住居等近隣を中心としたデータを対象としている。(田畑、森林に関しては、分析に用いるデータが不足しているため、今回は分析の対象とはしていない。)
- 本分析は、個々の除染手法の効果をとりまとめることを目的にしているため、分析した除染効果は、それぞれの除染手法による表面汚染密度の低減率としている。
- 本分析では、除染対象物以外からの影響によるばらつきを小さくするために、分析対象は除染前表面汚染密度が2000cpm以上のデータとしている。

本分析に用いた除染対象物、データ数及び除染手法

対象物	データ数(2000cpm以上)	データ数(全データ)	分析に用いた除染手法
雨樋	343	772	堆積物除去後の拭き取り、高圧洗浄
雨水枡	85	214	堆積物除去後の高圧洗浄
側溝	132	306	堆積物除去、堆積物除去後の高圧洗浄
屋根	464	751	拭き取り、洗浄、高圧洗浄
外壁	64	997	拭き取り、洗浄、高圧洗浄
庭等敷地	446	628	草刈り、表土剥ぎ、入れ替え、芝生剥ぎ取り
駐車場等舗装面	601	781	洗浄、高圧洗浄、削り取り
グラウンド等(土)	271	343	表土剥ぎ
道路(アスファルト舗装面)	506	539	洗浄、高圧洗浄、削り取り
計	2,912	5,331	

1. 本資料の背景・目的と 解釈にあたっての注意点

1

1. 1 背景・目的

- 放射性物質による汚染が生じた地域においては、放射線による人の被ばく線量を低減するために除染を進めていく必要がある。生活環境における空間線量率を下げるためには、その元となる放射性物質の量を減らすことが重要となる。
- 国等においてはこれまでモデル事業、先行的除染事業を進めてきており、除染結果に関するデータが蓄積されつつある。
- そこで、国及び地方自治体が、福島県内の主として比較的線量の高い地域において実施した、初期(主に平成23年度)の除染事業について、それらの結果の情報を収集整理し、除染によって、どの程度放射性物質の量を減らすことができたのかを取りまとめる。
- 本分析の対象は、除染の方法等が必ずしも確立されていない初期の除染事業であり、その後の改善等が反映されていないものであることから、本分析の結果はあくまで暫定的なものとして取り扱うことが必要である。そのような前提のもとで、今後の除染事業の検討にこれらの結果を活用していく。

2

1.2 本資料の解釈にあたっての注意点

(1) 本資料の対象となった除染について

- 本分析は、対象物毎に個々の除染手法の効果のみをとりまとめたものである。除染手法の選定にあたっては、除染効果のみではなく、汚染状況や地域の実情、除染により生じる土壌・廃棄物等の量及び費用対効果等を総合的に勘案する必要がある。
- 本分析は初期に行われた除染事業の結果を取りまとめたものである。その後の除染については、時間経過による放射性物質の付着状況の変化、除染の技術の改良等により、除染効果はこれらと異なることがある。

(2) 取り扱ったデータについて

- 本分析では、初期に実施された除染事業のデータのうち、建物工作物・道路などの住居等近隣を中心としたデータを対象としている。
- 本分析では、主に比較的線量の高い地域のデータを対象としている。
- データを収集した除染事業は必ずしも統一的な除染効果の解析を目的とした事業ではないため、データ収集項目や測定方法等が完全には一致していないものについて一定の整理をしている。

3

1.2 本資料の解釈にあたっての注意点

(3) データの分析について

- 本分析は、個々の除染手法の効果を取りまとめることを目的にしているため、分析した除染効果は、それぞれの除染手法による表面汚染密度の低減率としている。空間線量率は、周囲の影響を含めた放射線量を把握するものであるため、本分析では対象としない。
- 留意点については、掲載したグラフやデータから読み取れる知見だけでなく、それぞれの事業において得られた知見等を含めて掲載している。

(4) バックグラウンドの影響について

- 分析したデータは、コリメート(鉛等による遮へい)を行っていない、バックグラウンドの放射線の影響を含む測定値である。そのため低減率は、バックグラウンドの影響を除いた低減率よりもやや小さめの値となる。(詳細は、「(解説2-1) バックグラウンドの影響について」を参照)
- 表面汚染密度が小さい場合においては、バックグラウンドの影響が相対的に大きくなるため、低減率が小さく評価される傾向がある。(詳細は、「(解説2-1) バックグラウンドの影響について」を参照)

4

2 除染効果の分析方法

■分析に用いた測定値

➤GM計数管式サーベイメータ(※1)による表面汚染密度(単位:cpm)の測定値

シンチレーション式サーベイメータによる表面線量率及び空間線量率の測定は測定対象以外の放射線の影響を受けやすいため、測定対象以外の放射線の影響を比較的受けにくいGM計数管式サーベイメータによる表面汚染密度の測定値(※2)を用いて除染効果の分析を行う。

※1:線量率計(シンチレーション式サーベイメータ)と表面汚染密度計(GM計数管式サーベイメータ)の概要は「参考1」参照。

※2:分析にあたって表面汚染密度の測定値を採用した理由は「参考2」参照。

■除染効果の指標

➤表面汚染密度の低減率を以下のように定義し、指標とする。

$$\text{低減率(\%)} = (1 - \text{除染後表面汚染密度} / \text{除染前表面汚染密度}) \times 100$$

➤除染効果は、除染対象箇所、除染手法ごとに、表面汚染密度の低減率の平均値及び低減率の分布の幅(25%値-50%値-75%値)(※3)を用いて評価

※3:25%値-50%値-75%値はパーセンタイル値。詳細は「参考3」参照。

■分析の対象

➤表面汚染密度に対してバックグラウンドが相対的に大きい場合は、バックグラウンドの影響が大きくなる(※4)とともに、様々な影響でばらつきが大きくなる(※5)。今回分析の対象としたデータのバックグラウンドは一定程度高いことから、除染前表面汚染密度が2000cpm以上(※6)のデータを対象として低減率を算出する。

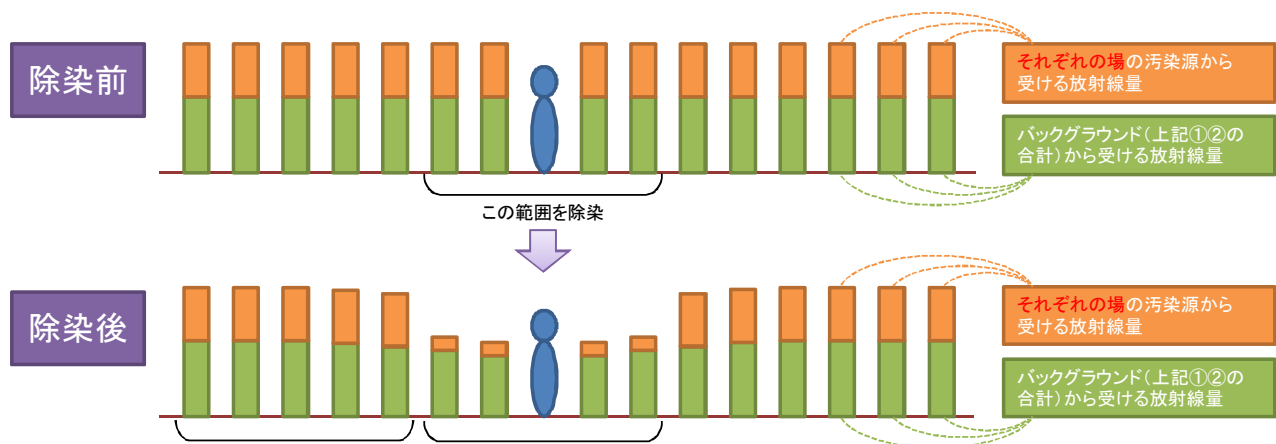
※4:バックグラウンドの影響については「(解説2-1)バックグラウンドの影響について」参照。

※5:ばらつきの要因については「参考5」参照。

※6:2000cpmは今回の整理にあたって暫定的に採用した値。詳細は「(解説2-2)低減率の算出に2000cpm以上のデータを採用する理由」参照。

(解説2-1) バックグラウンドの影響について(1)

- 放射線量は、その場の汚染源から受ける放射線量とバックグラウンドから受ける放射線量の合計となる。
- バックグラウンドの放射線量は、ここでは①環境バックグラウンド(自然界に存在する放射性物質、及び核実験等によって放出された放射性物質)、②少し離れた場所が存在する事故由来放射性物質からのそれぞれの放射線量の合計とする。
- その場の汚染源の除染を行うと、当該汚染源から受ける放射線量は減少するが、周辺には汚染が残っているためバックグラウンドの放射線量はあまり減少しない。
- そのため、汚染源の放射性物質は減少したものの、測定される放射線量はあまり減少しないという現象が生じる。特に、除染した場所の汚染の度合いが相対的に小さい場合はバックグラウンドの影響が支配的となるため、この傾向が顕著に現れやすくなる(次頁参照)。

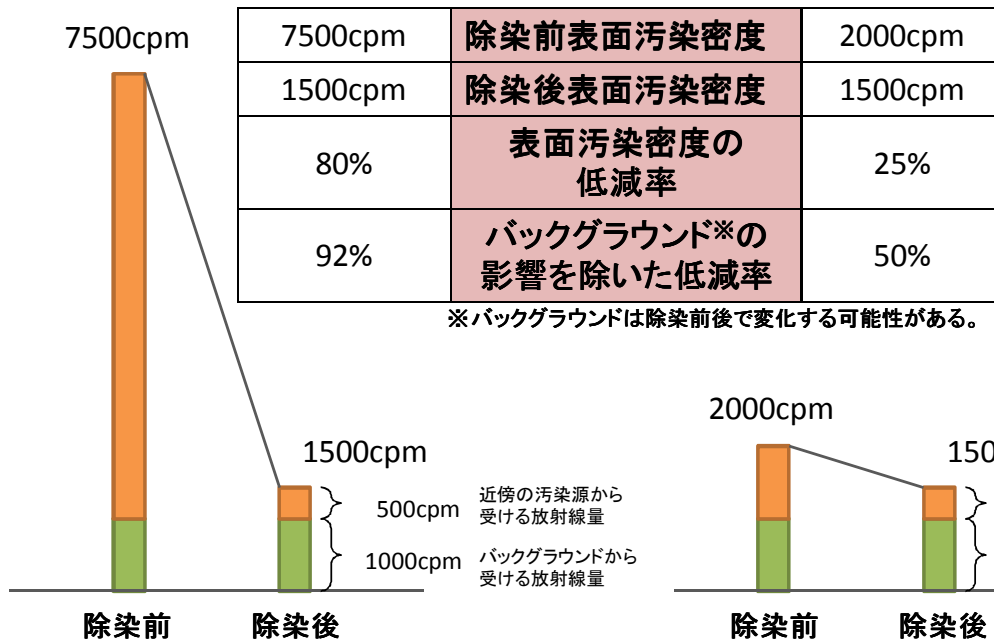


除染していない範囲ではそれぞれの場に汚染が残っており、周辺のバックグラウンドに影響を与える。 除染した範囲の汚染は低減されるが、環境バックグラウンドの影響は残る。

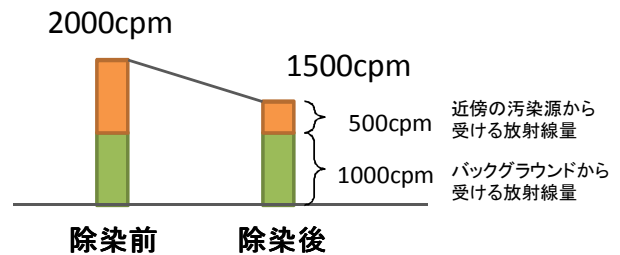
(解説2-1) バックグラウンドの影響について(2)

- 汚染の度合いに対してバックグラウンドが大きい場合には、除染を行っても、見かけ上、表面汚染密度の低減率が低くなる。

汚染の度合いが大きい場合



汚染の度合いが小さい場合



7

(解説2-2) 低減率の算出に2000cpm以上のデータを採用する理由

- 解説2-1、参考4、参考5に示すとおり、バックグラウンドの影響を受けるなど、様々な要因によって表面汚染密度の低減率にはばらつきが生じる。
 - 実際のデータにおいてもこの傾向は見られ、特に表面汚染密度が相対的に小さい場合は、バックグラウンドの影響をより強く受けるため低減率は小さくなる傾向があり、除染効果の評価が難しくなる(図1)。そのため、一定の表面汚染密度未満のデータは除染効果の検証に用いるのは適切ではないため除外する必要がある。
 - 一方、入手したデータのうち除染前表面汚染密度が小さいデータは非常に多い(図2)。(1000cpm未満、2000cpm未満、3000cpm未満のデータがそれぞれ28%、44%、52%を占める。)
- ↓
- よって、低減率の算出にあたって、表面汚染密度が小さいデータを除外しつつ、入手したデータを少なくとも半分以上は活用したいとの考えから、ここでは2000cpm以上のデータを低減率の算出に使用することとする。

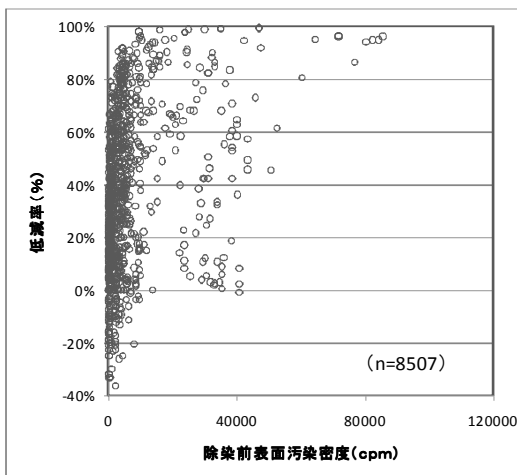


図1 除染前表面汚染密度と低減率の関係(全データのプロット)

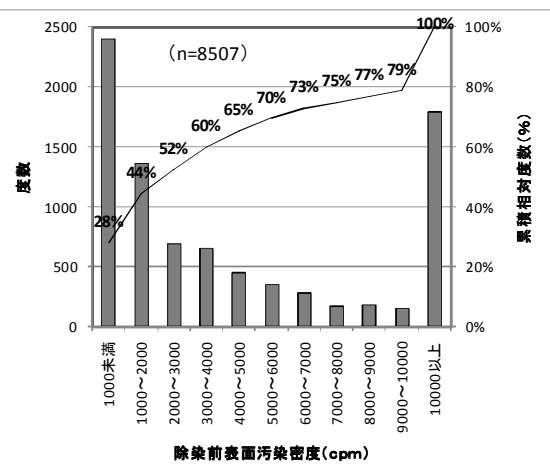


図2 除染前表面汚染密度の度数分布

8

3. 除染対象箇所ごとの除染効果

(解説3-1) 除染効果のとりまとめの見方について

除染対象箇所

【表面汚染密度の低減率】

除染手法ごとの表面汚染密度の低減率(2000cpm以上)について、データから得られる特徴を整理。

【各除染箇所ごとの除染効果のグラフ(2000cpm以上)】

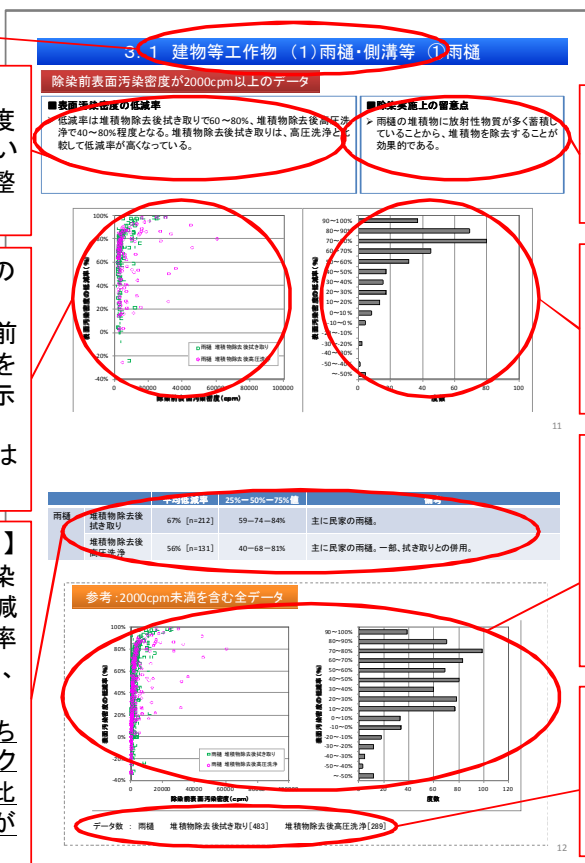
各除染箇所について、除染前表面汚染密度に対する低減率を除染手法ごとに凡例を分けて示している。

低減率が40%未満のデータはグラフに表示されない。

【低減率一覧表(2000cpm以上)】

除染対象箇所の詳細及び除染手法ごとに表面汚染密度の低減率の平均値、データ数、低減率の分布(25% - 50% - 75%値)、備考を記載。

※今回取り扱ったデータのうち2000cpm未満のデータは、バックグラウンドの影響から表の値と比較して小さめの値となる傾向がみられた。



【留意点】

除染効果の解釈や、実際の除染にあたって、留意すべき点を記載。

【低減率の度数分布(2000cpm以上)】

低減率の区間(10%刻み)ごとに、該当する除染結果の個数を横棒グラフで示している。

【2000cpm未満を含む全データのグラフ】

2000cpm以上のデータを対象として除染効果の傾向を見ることがしているが、参考として2000cpm未満を含む全データのグラフを掲載。

【2000cpm未満を含む全データのデータ数】

2000cpm未満を含む全データの除染手法ごとのデータ数を記載。

3.1 建物等工作物 (1)雨樋・側溝等 ①雨樋

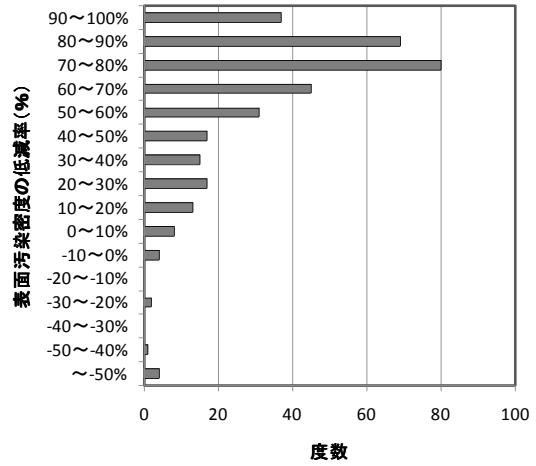
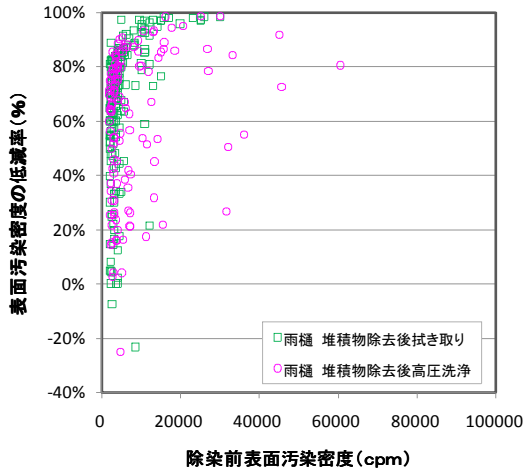
除染前表面汚染密度が2000cpm以上のデータ

■表面汚染密度の低減率

➤ 低減率は堆積物除去後拭き取りで60～80%、堆積物除去後高圧洗浄で40～80%程度となっている。堆積物除去後拭き取りは、高圧洗浄と比較して低減率が高くなっている。

■除染実施上の留意点

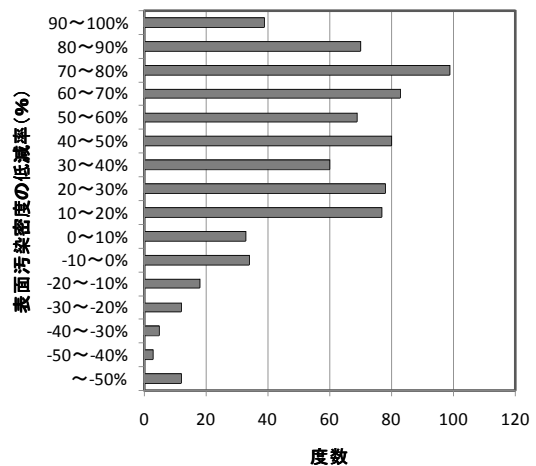
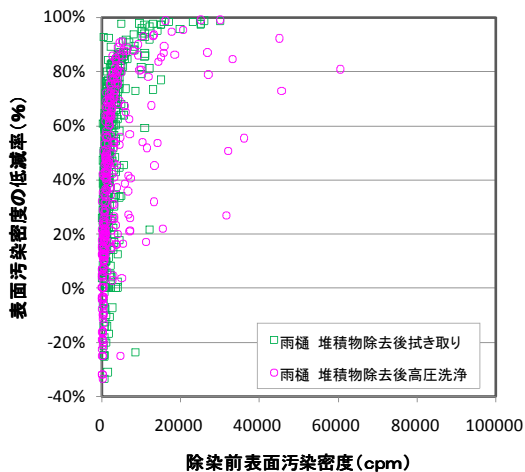
➤ 雨樋の堆積物に放射性物質が多く蓄積していることから、堆積物を除去することが効果的である。



11

		平均低減率	25%—50%—75%値	備考
雨樋	堆積物除去後拭き取り	67% [n=212]	59—74—84%	主に民家の雨樋。
	堆積物除去後高圧洗浄	56% [n=131]	40—68—81%	主に民家の雨樋。一部、拭き取りとの併用。

参考：2000cpm未満を含む全データ



データ数：雨樋 堆積物除去後拭き取り[483] 堆積物除去後高圧洗浄[289]

12

3.1 建物等工物 (1)雨樋・側溝等 ②雨水枡

除染前表面汚染密度が2000cpm以上のデータ

■表面汚染密度の低減率

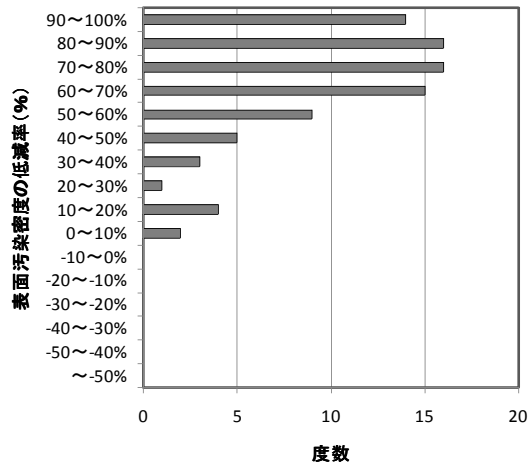
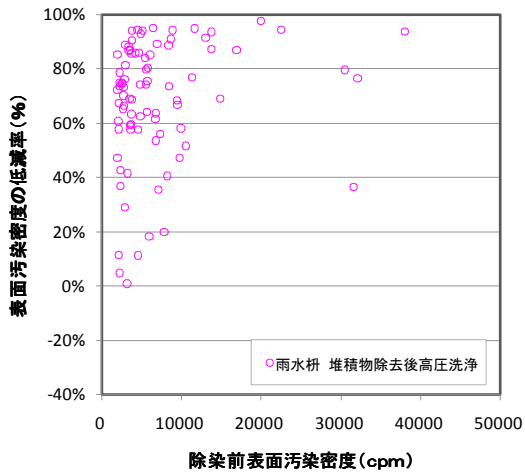
- 低減率は、堆積物除去後高圧洗浄で60～90%程度となっている。
- 堆積物除去が行われており、それによる効果も大きいと考えられる。

■データ解釈上の留意点

- 初期の降雨によって継ぎ目やひび割れに放射性物質が高濃度に染み込むことで低減率が低くなることもある。

■除染実施上の留意点

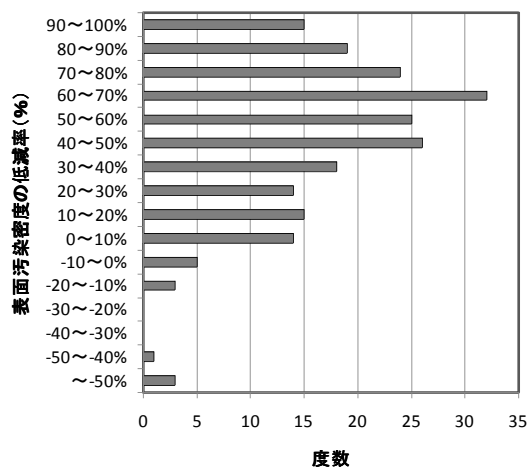
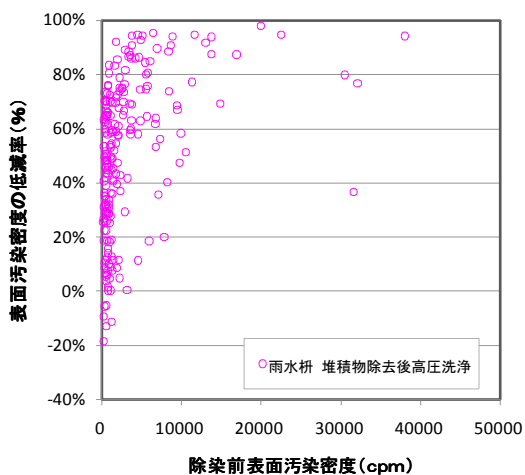
- 雨水枡が破損している場合は、周辺土壌等が汚染されている可能性があるため注意が必要である。



13

		平均低減率	25%—50%—75%値	備考
雨水枡	堆積物除去後高圧洗浄	69% [n=85]	58—74—87%	公共施設等及び民家の雨水枡。ブラッシングとの併用が多い。

参考: 2000cpm未満を含む全データ



データ数 : 雨水枡 堆積物除去後高圧洗浄 [214]

14

3. 1 建物等工作物 (1)雨樋・側溝等 ③側溝

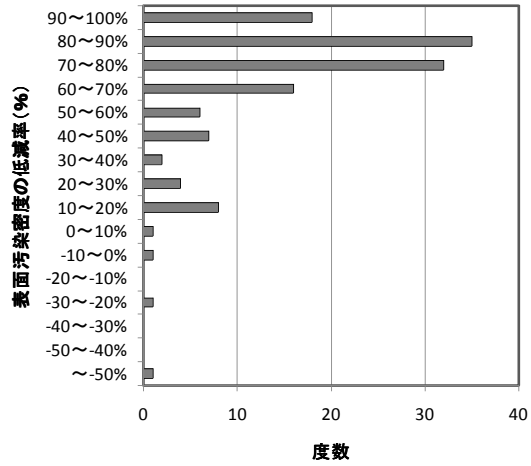
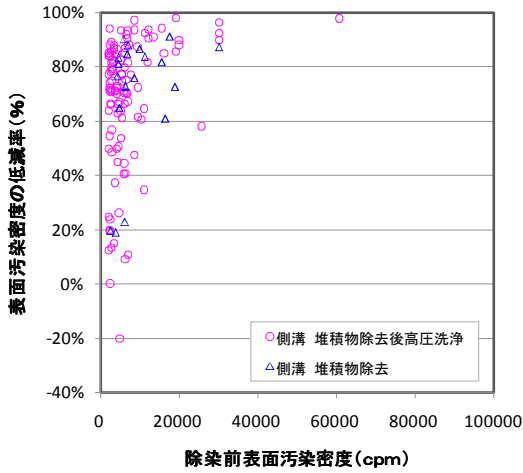
除染前表面汚染密度が2000cpm以上のデータ

■表面汚染密度の低減率

- 低減率は、堆積物除去で70~90%、堆積物除去後高圧洗浄で60~90%程度となっている。

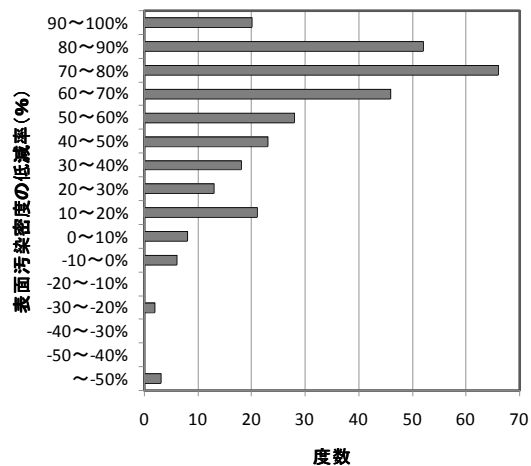
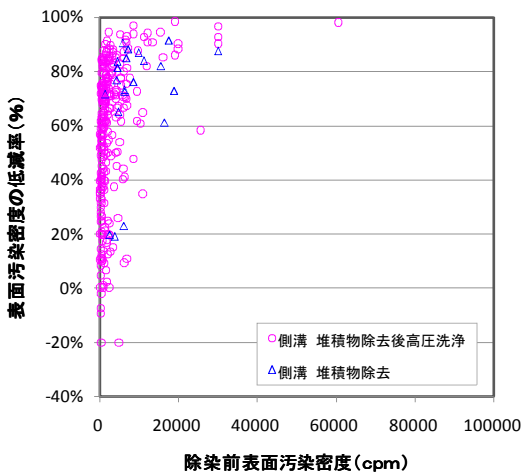
■除染実施上の留意点

- 側溝の堆積物に放射性物質が多く蓄積していることから、堆積物を除去するだけでも十分に効果的である。
- 側溝が破損している場合は、周辺土壌等が汚染されている可能性があるため注意が必要である。



		平均低減率	25%—50%—75%値	備考
側溝	堆積物除去	71% [n=20]	71—79—85%	土砂払い等のみ。
	堆積物除去後高圧洗浄	66% [n=112]	60—74—86%	公共施設等が大部分。ブラッシングとの併用が多い。

参考: 2000cpm未満を含む全データ



データ数 : 側溝 堆積物除去[21] 堆積物除去後高圧洗浄[285]

3.1 建物等工物 (2) 屋根等

除染前表面汚染密度が2000cpm以上のデータ

■表面汚染密度の低減率

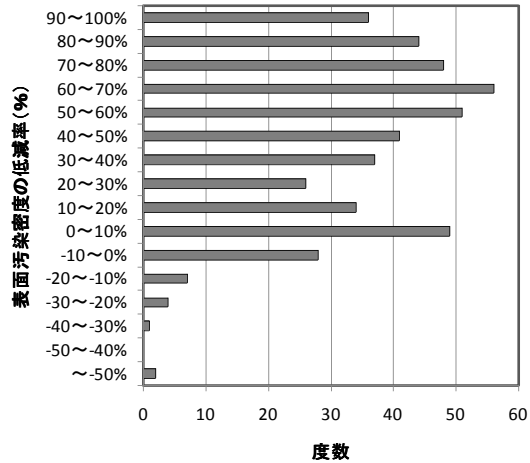
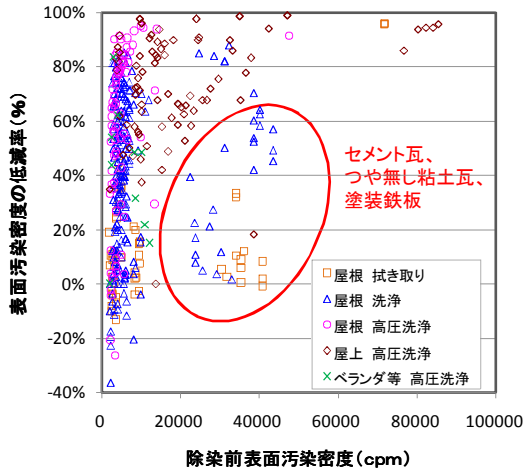
- 屋根の場合、低減率は拭き取りで0~20%(※)、洗浄で20~60%、高圧洗浄で40~80%程度となっている。
(※平成24年秋期に行われた民家の屋根の拭き取りでは、拭き取り方法の改善により20~50%程度の低減率が達成されている。)
- 屋上の場合、低減率は高圧洗浄で60~90%程度となる。屋上は形状もあまり複雑ではないと考えられ、高圧洗浄による効果が高い。
- ベランダ等の場合、低減率は高圧洗浄で20~50%程度となる。ただし、データ数は少ない。

■データ解釈上の留意点

- 屋根の表面の材質や形状によってはばらつきが生じる。
- 高圧洗浄は、汚染された洗浄水が残留することで結果にばらつきが生じる。
- 屋根の洗浄・拭き取りでは、表面汚染密度が大きいデータであっても、低減率の小さいものが見られる。これはセメント瓦、つや無し粘土瓦、塗装鉄板の事例であり、錆や素材による影響と考えられる。

■除染実施上の留意点

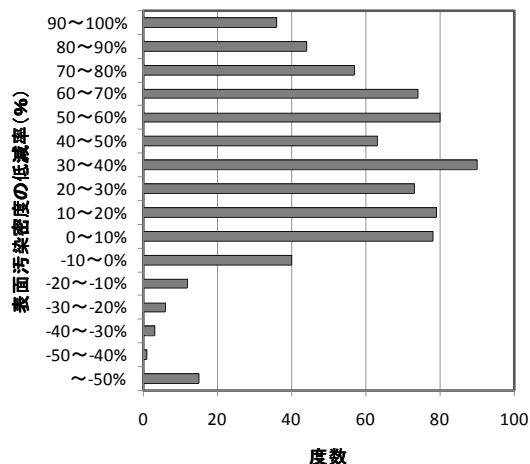
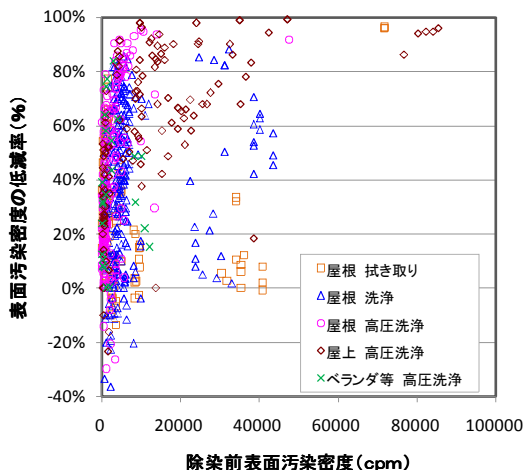
- 水を利用する除染作業を行う場合は、洗浄水の飛散防止措置が必要である。
- 錆が存在する場合には、高圧洗浄の効果が低いことがあるため、拭き取り等により錆そのものの除去が必要である。
- 高圧洗浄の場合は表面がはがれるなど財物を損傷する可能性があることに注意を要する。



		平均低減率	25%—50%—75%値	備考
屋根	拭き取り(※)	15% [n=56]	2—9—22%	主に民家の屋根。雑巾等による拭き取り。一部、紙タオルによる拭き取り。
	洗浄	40% [n=235]	16—45—64%	主に民家の屋根。デッキブラシ洗浄。一部、ワイヤブラシやハンドポリッシャー。
	高圧洗浄	55% [n=76]	37—64—81%	公共施設、民家、工場の屋根。ブラッシングとの併用が多い。
屋上	高圧洗浄	75% [n=87]	63—78—90%	公共施設の屋上。ブラッシングとの併用が多い。
ベランダ等	高圧洗浄	41% [n=10]	24—46—53%	公共施設のベランダ等。一部、ブラッシングや拭き取りとの併用。

※平成24年秋期に行われた民家の屋根の拭き取りでは、拭き取り方法の改善により20~50%程度の低減率が達成されている。

参考: 2000cpm未満を含む全データ



データ数: 屋根 拭き取り[99] 洗浄[298] 高圧洗浄[192]
屋上 高圧洗浄[132] ベランダ等 高圧洗浄[30]

3.1 建物等工物 (3)外壁 ①コンクリート

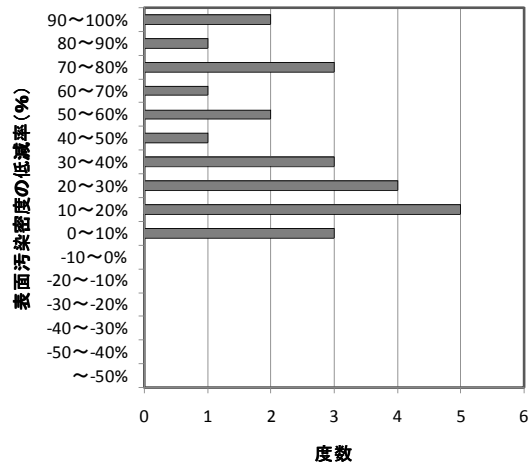
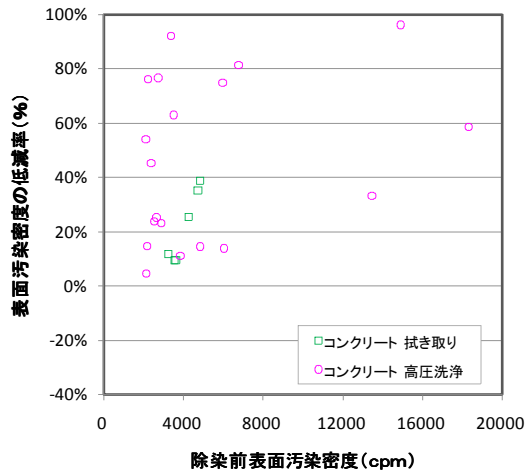
除染前表面汚染密度が2000cpm以上のデータ

■表面汚染密度の低減率

- 低減率は、拭き取りで10～30%、高圧洗浄で20～80%程度となっている。ただし、拭き取りのデータ数は少ない。
- 表面汚染密度が小さいデータ(2000cpm未満)が多く、放射性物質の付着が少量であったか、すでに降雨によりある程度放射性物質が洗い流されていた可能性があると考えられる。

■データ解釈上の留意点

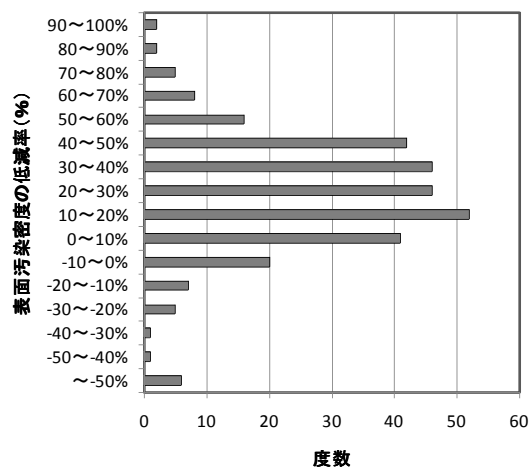
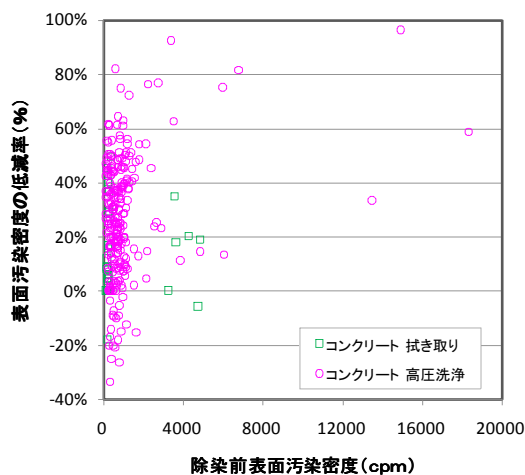
- 壁は、屋根や雨樋等と比較して放射性物質を含んだ雨、塵等が付着しにくいいため、一般的に汚染の程度は低くなっている。
- 除染実施上の留意点
- バックグラウンドと対象物の汚染状況を比較して除染の実施について検討する必要がある。
- 高圧洗浄の場合は壁がはがれるなど財物を損傷する可能性があることに注意を要する。



19

		平均低減率	25%—50%—75%値	備考
コンクリート	拭き取り	22% [n=6]	10—19—33%	公共施設。
	高圧洗浄	47% [n=19]	19—45—76%	公共施設が多く、一部民家。一部、ブラッシングや拭き取りを併用。

参考: 2000cpm未満を含む全データ



データ数 : コンクリート 拭き取り[34] 高圧洗浄[266]

20

3.1 建物等工作物 (3)外壁 ②金属③窓・扉・シャッター等

除染前表面汚染密度が2000cpm以上のデータ

■表面汚染密度の低減率

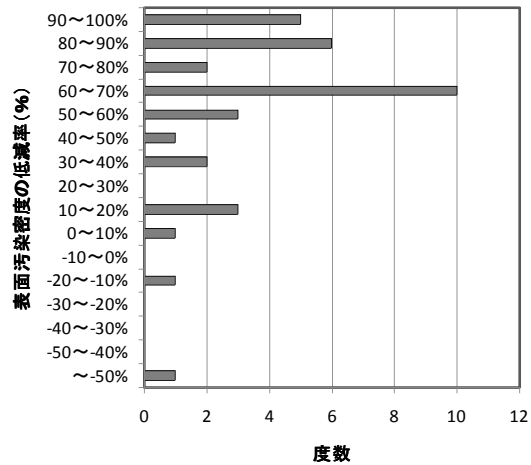
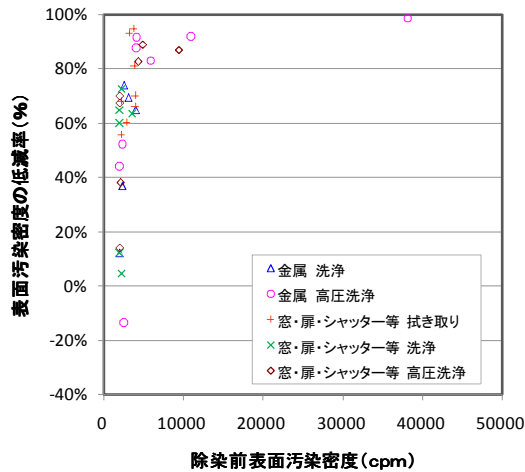
- 外壁の金属、窓・扉・シャッター等は、いずれの手法もデータ数は少ない。
- 金属の場合、低減率は洗浄で40～70%、高圧洗浄で40～90%程度となっている。
- 窓・扉・シャッター等の場合、低減率は拭き取りで70～80%、洗浄で20～70%、高圧洗浄で50～90%程度となっている。
- 表面汚染密度が小さいデータ(2000cpm未満)が多く、放射性物質の付着が少量であったか、すでに降雨によりある程度放射性物質が洗い流されている可能性があると考えられる。

■データ解釈上の留意点

- 壁は、屋根や雨樋等と比較して放射性物質を含んだ雨、塵等が付着しにくいいため、一般的に汚染の程度は低くなっている。

■除染実施上の留意点

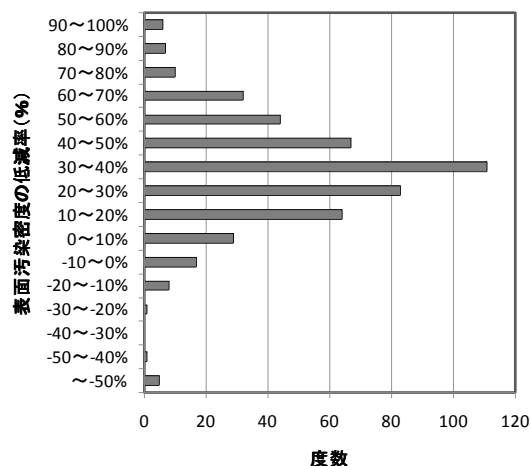
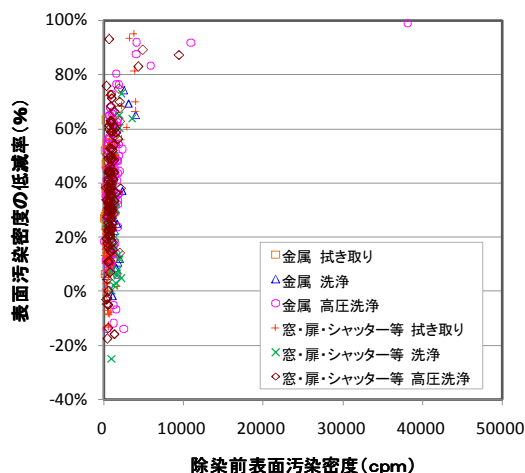
- バックグラウンドと対象物の汚染状況を比較して除染の実施について検討する必要がある。



21

		平均低減率	25%—50%—75%値	備考
金属 (ブリキ、トタン、鉄板等)	洗浄	51% [n=5]	37—65—69%	民家。ブラシ洗浄。
	高圧洗浄	43% [n=9]	44—83—92%	工場、民家、学校。一部、拭き取りを併用。
窓・扉・シャッター等	拭き取り	74% [n=8]	65—69—84%	民家及び公共施設が多い。
	洗浄	46% [n=6]	24—62—65%	民家。ブラシ洗浄。一部、拭き取りを併用。
	高圧洗浄	64% [n=7]	53—70—85%	民家が大部分。一部、ブラッシングを併用。

参考: 2000cpm未満を含む全データ



データ数 : 金属 拭き取り[20] 洗浄[24] 高圧洗浄[156]
 窓・扉・シャッター等 拭き取り[115] 洗浄[27] 高圧洗浄[143]

22

3.1 建物等工物 (3)外壁 ④タイル・サイディング

除染前表面汚染密度が2000cpm以上のデータ

■表面汚染密度の低減率

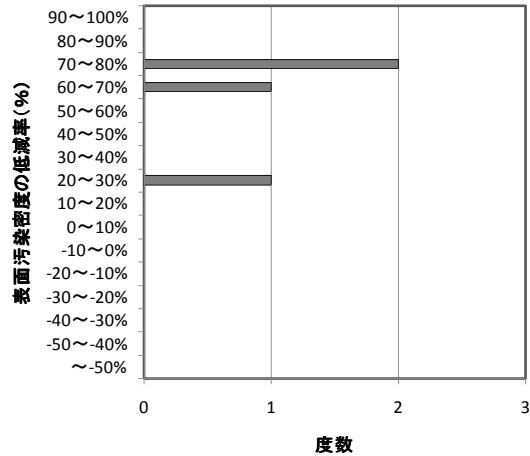
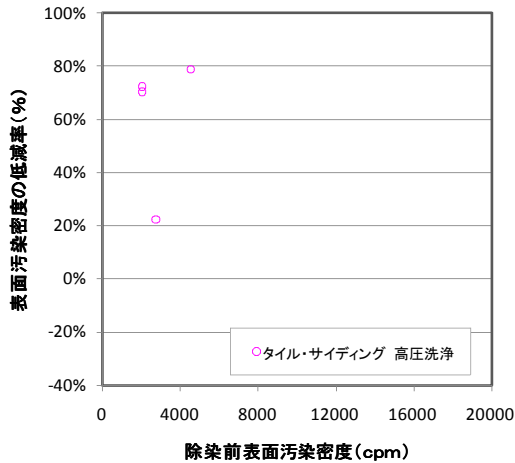
- 低減率は、高圧洗浄で60~70%程度となっている。ただし、データ数は少ない。
- タイル・サイディングの高圧洗浄は、コンクリート壁の高圧洗浄と比較すると低減率は高くなっている。
- 表面汚染密度が小さいデータ(2000cpm未満)が多く、放射性物質の付着が少量であったか、すでに降雨によりある程度放射性物質が洗い流されている可能性があると考えられる。

■データ解釈上の留意点

- 壁は、屋根や雨樋等と比較して放射性物質を含んだ雨、塵等が付着しにくいいため、一般的に汚染の程度は低くなっている。

■除染実施上の留意点

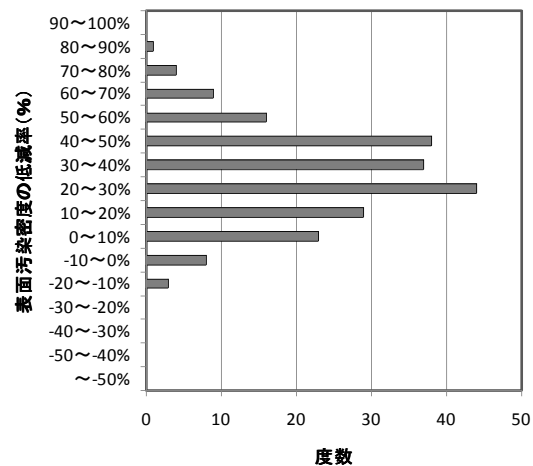
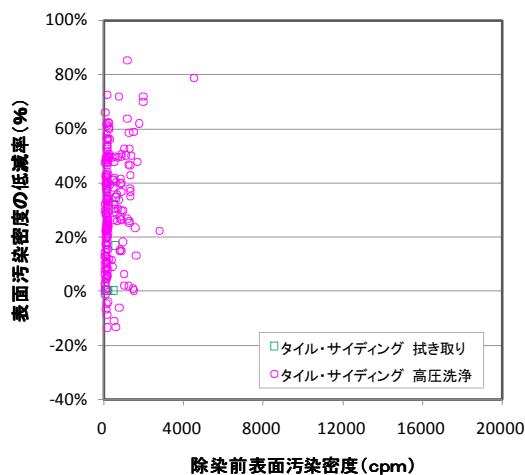
- バックグラウンドと対象物の汚染状況を比較して除染の実施について検討する必要がある。



23

		平均低減率	25%—50%—75%値	備考
タイル・サイディング	高圧洗浄	61% [n=4]	58—71—74%	民家。ブラッシングとの併用が多い。

参考: 2000cpm未満を含む全データ



データ数 : タイル・サイディング 拭き取り[13] 高圧洗浄[199]

24

3.1 建物等工作物 (4)庭等敷地 ①土・草地

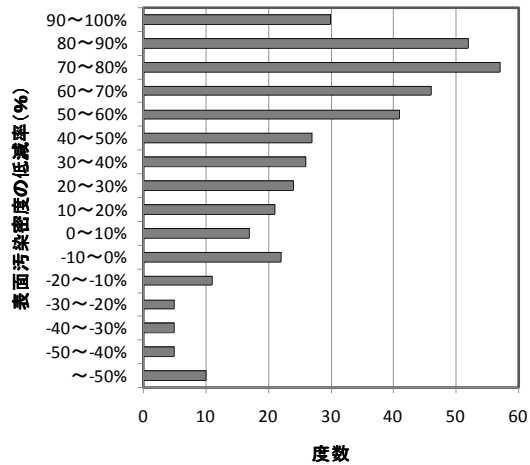
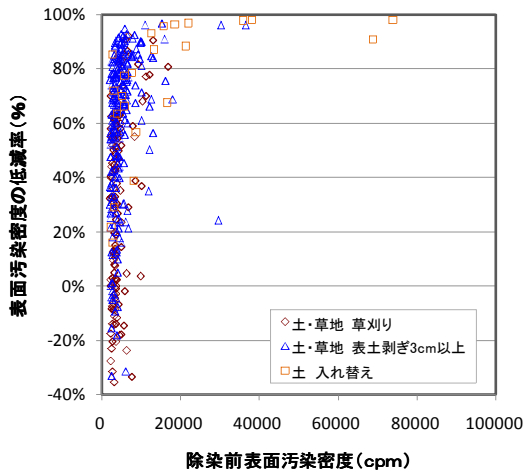
除染前表面汚染密度が2000cpm以上のデータ

■表面汚染密度の低減率

- 低減率は、草刈りで0～60%、表土剥ぎで40～80%、入れ替えで70～100%程度となっている。
- 土の入れ替えは表面汚染密度が比較的高い場合に行われている。

■データ解釈上の留意点

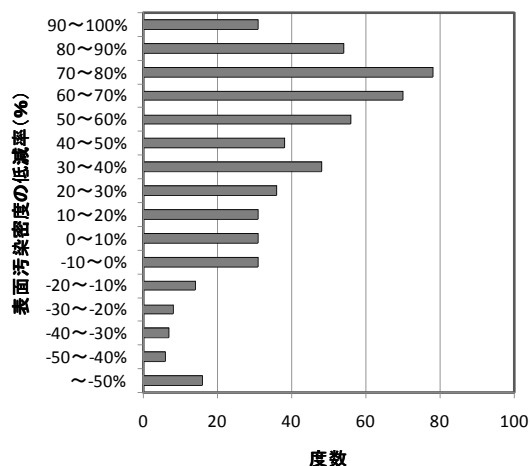
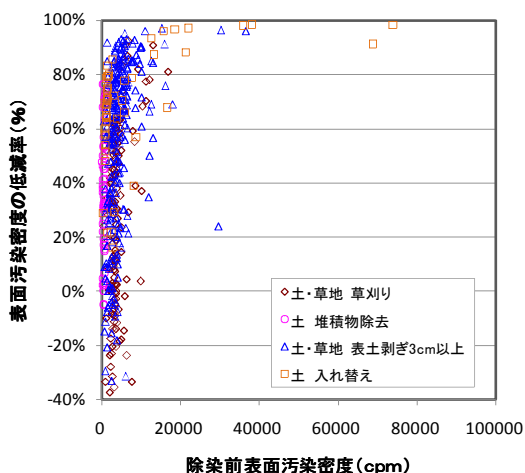
- 庭の表土剥ぎは、植栽があることやグラウンドと比較して不陸があることから、除染作業の確実性が低くなる可能性がある。
- 草刈りは、時間の経過とともに草そのものへの放射性物質の付着の状況が変わること、草の生育状況に左右されることから、除染効果が変わる可能性がある。
- 草刈りにより、草によるβ線の遮へい効果が減じ、低減率が低くなる場合がある。



25

		平均低減率	25%—50%—75%値	備考
土・草地	草刈り	19% [n=144]	-3—29—55%	公共施設、倉庫、民家の敷地。
	表土剥ぎ	58% [n=232]	42—68—81%	公共施設、工場、公園、民家の敷地。3～5cm以上の表土剥ぎ(客土する前)。
	入れ替え	73% [n=23]	65—79—95%	公共施設、民家の敷地。表面汚染密度が比較的大きいデータのみ。埋め戻し材は、砂利、碎石、土。

参考: 2000cpm未満を含む全データ



データ数 : 土・草地 草刈り[163] 土 堆積物除去[54] 土・草地 表土剥ぎ[286] 土 入れ替え[52]

26

3.1 建物等工作物 (4)庭等敷地 ②芝生

除染前表面汚染密度が2000cpm以上のデータ

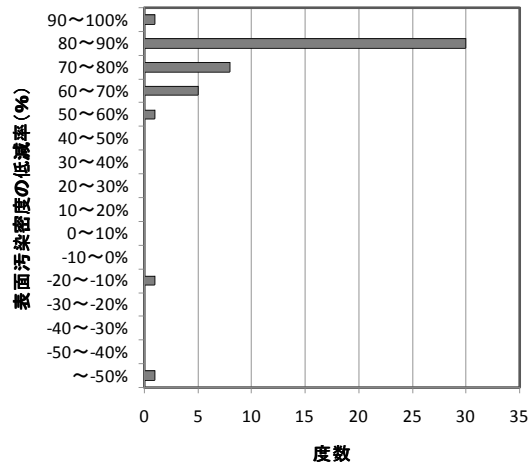
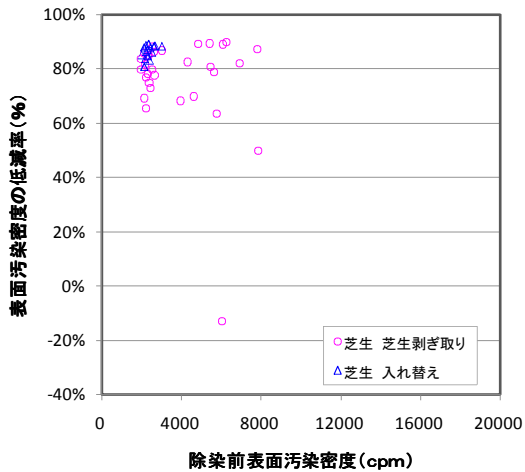
■ 表面汚染密度の低減率

➤ 低減率は、芝生剥ぎ取りで70～90%、入れ替え(芝除去後に採石敷設)で90%程度と高くなっている。

■ 除染実施上の留意点

➤ 除去土壌等の発生量抑制、芝生の再生という観点からも、一定の放射線量の低減効果が確認されている「深刈り(※)」による除去を検討することが必要である。

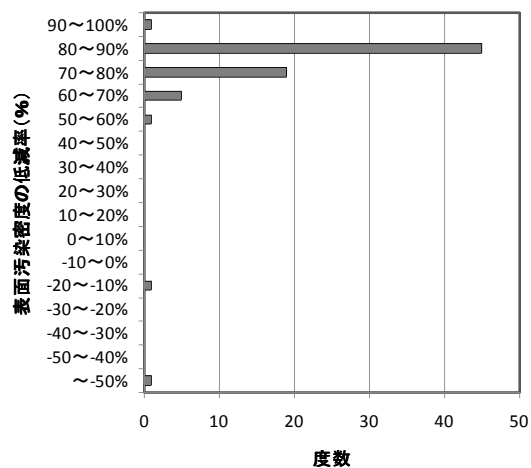
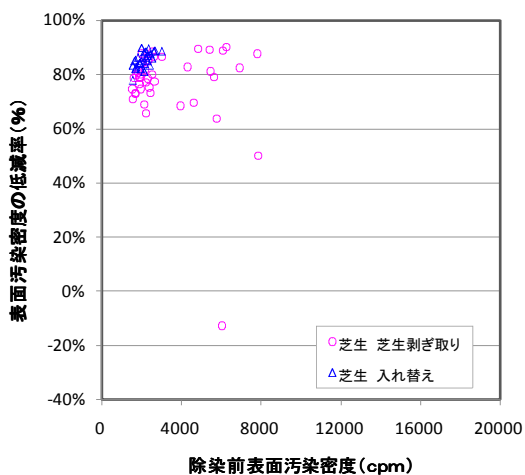
※深刈り:放射性物質の付着状況に応じ、枯れた芝草等の堆積層を含めて除去を行う方法



27

		平均低減率	25%—50%—75%値	備考
芝生	芝生剥ぎ取り	72% [n=32]	72—80—86%	公共施設のみ。
	入れ替え	86% [n=15]	85—87—88%	公共施設のみ。芝生除去後に砕石敷設。

参考: 2000cpm未満を含む全データ



データ数 : 芝生 芝生剥ぎ取り[45] 入れ替え[28]

28

3.1 建物等工作物 (5) 駐車場等舗装面 ①アスファルト舗装面

除染前表面汚染密度が2000cpm以上のデータ

■表面汚染密度の低減率

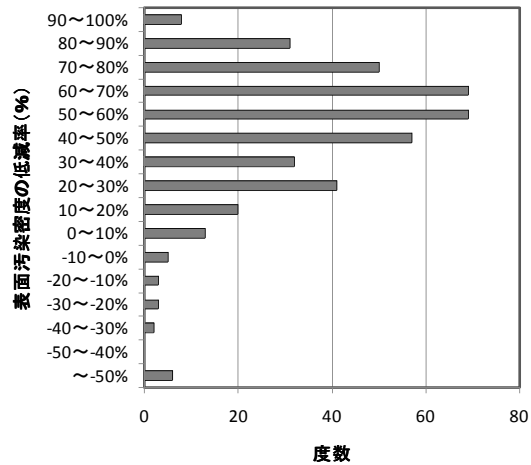
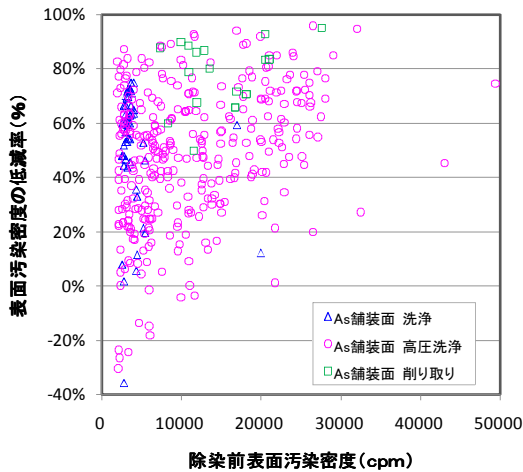
- 低減率は、洗浄で50～70%、高圧洗浄で30～70%、削り取りで70～90%程度となっている。
- 高圧洗浄は、表面汚染密度の大小にかかわらず、低減率のばらつきは大きい。

■データ解釈上の留意点

- 駐車場のように入染範囲が広い場合、高圧洗浄は、地点によって作業方法(ノズルの地上高さ、面積あたりの作業時間等)にばらつきが生じたり、表面の状態(透水性や排水性の違い)の影響により、低減率のばらつきが大きくなることもある。

■除染実施上の留意点

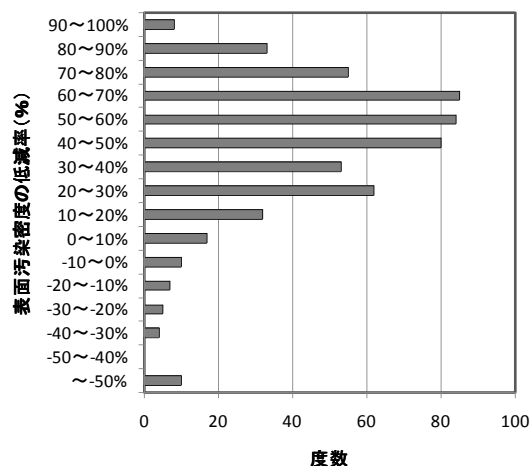
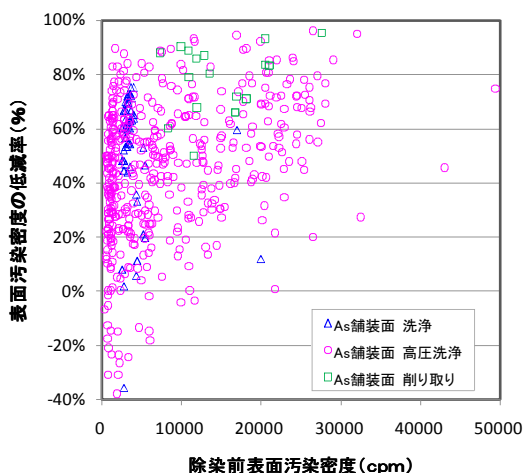
- 水を利用する除染作業を行う場合は、洗浄水の飛散防止措置が必要である。
- 亀裂などがある場合は、破損部分に浸透している可能性があるため注意が必要である。



29

		平均低減率	25%－50%－75%値	備考
アスファルト舗装面	洗浄	52% [n=60]	47－59－65%	主に公共施設敷地。排水性舗装機能回復車。一部、金属ブラシスーパー、散水車＋スーパー。
	高圧洗浄	46% [n=329]	30－50－67%	主に公共施設敷地。ブラッシングとの併用が多い。
	削り取り	78% [n=20]	70－82－87%	主に公共施設敷地。ショットブラスト。

参考：2000cpm未満を含む全データ



データ数：アスファルト舗装面 洗浄[60] 高圧洗浄[465] 削り取り[20]

30

3.1 建物等工物 (5) 駐車場等舗装面 ②コンクリート舗装面

除染前表面汚染密度が2000cpm以上のデータ

■表面汚染密度の低減率

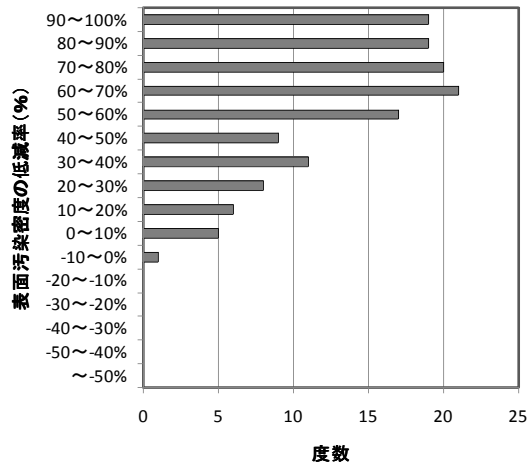
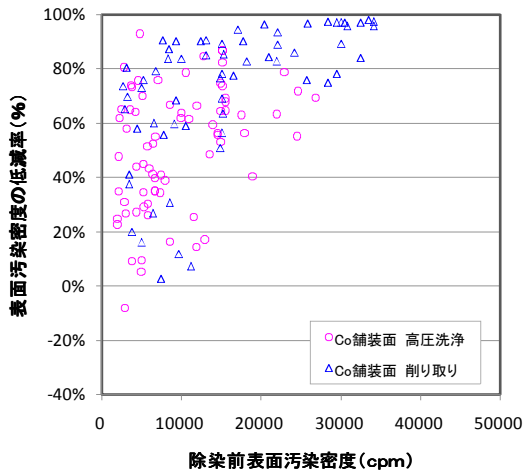
- 低減率は、高圧洗浄で40～70%、削り取りで60～90%程度となっている。
- 削り取りは、工法によって低減率に違いが見られる。

■データ解釈上の留意点

- 駐車場のように入染範囲が広い場合、高圧洗浄は、地点によって作業方法(ノズルの地上高さ、面積あたりの作業時間等)にばらつきが生じたり、表面の状態(透水性や排水性の違い)の影響により、低減率のばらつきが大きくなることもある。

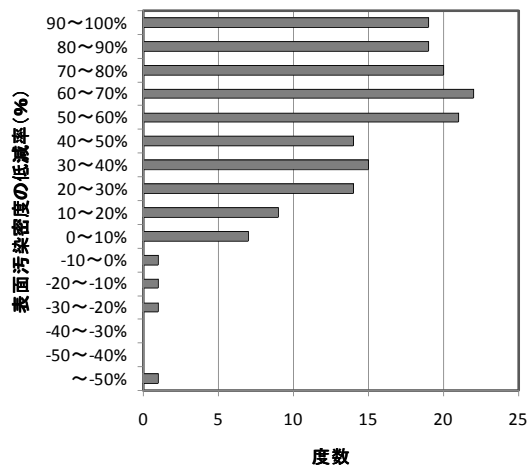
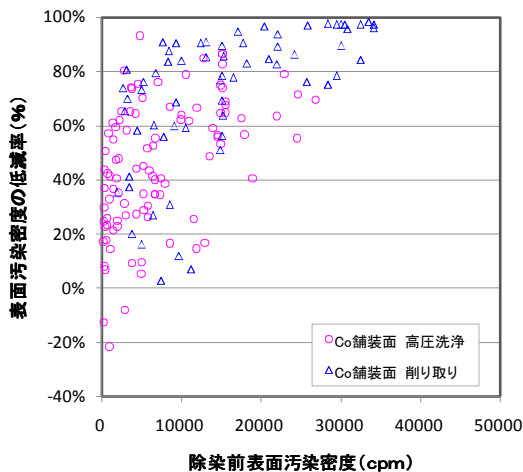
■除染実施上の留意点

- コンクリートは、凹凸が少なく除染効率は比較的高いが、苔の付着部分に汚染が集中する傾向がある。
- 水を利用する除染作業を行う場合は、洗浄水の飛散防止措置が必要である。



		平均低減率	25%—50%—75%値	備考
コンクリート舗装面	高圧洗浄	52% [n=73]	35—56—68%	公共施設、倉庫、民家の敷地。ブラッシングとの併用が多い。
	削り取り	73% [n=63]	62—81—90%	民家敷地。ショットブラスト、バキュームブラスト、集塵サンダー、研削機。

参考：2000cpm未満を含む全データ



データ数：コンクリート舗装面 高圧洗浄[100] 削り取り[64]

3.1 建物等工物 (5) 駐車場等舗装面 ③インターロッキング

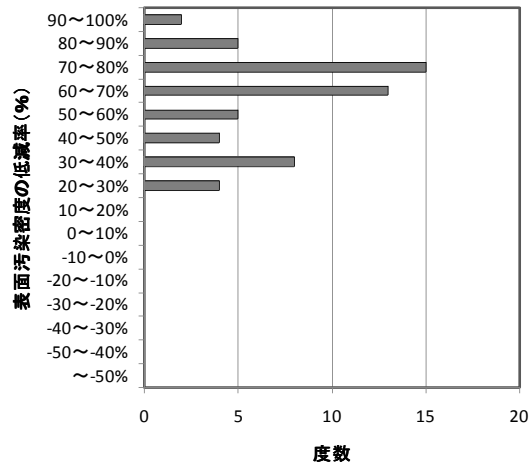
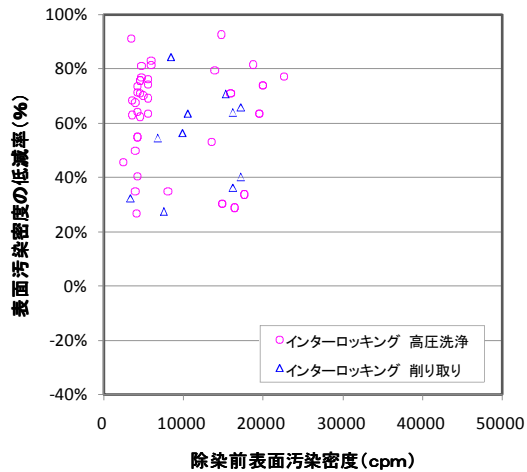
除染前表面汚染密度が2000cpm以上のデータ

■表面汚染密度の低減率

➢ 低減率は、高圧洗浄で50～80%、削り取りで40～70%程度となっている。

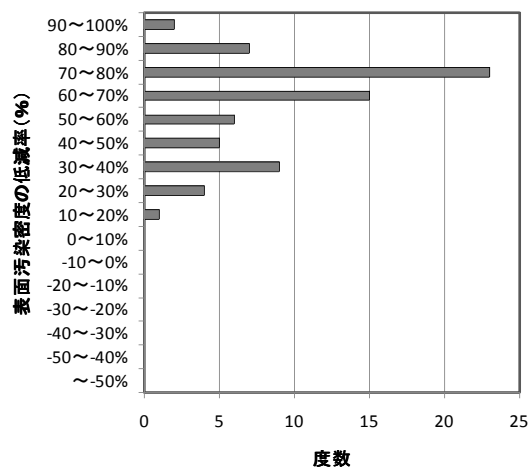
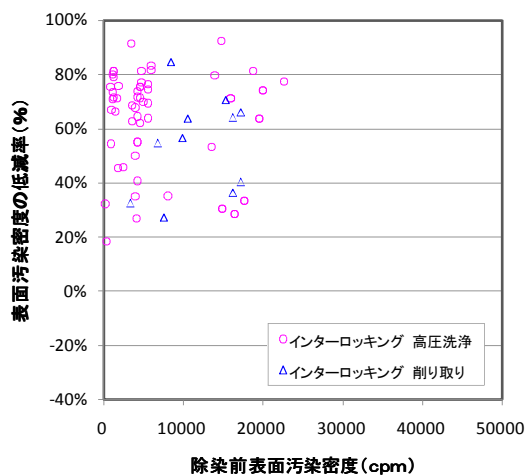
■データ解釈上の留意点

➢ 削り取りを行う場合は、ブロックの隙間に切削らずや放射性物質が残ることで低減率が低くなることもある。
 ➢ インターロッキングの削り取り(ショットブラスト、コンクリートカンナ)の低減率は、アスファルト舗装面やコンクリート舗装面の削り取りと比較して小さくなっている。これは切削らずがインターロッキングの隙間に残ったことなどが考えられる。



		平均低減率	25%—50%—75%値	備考
インターロッキング	高圧洗浄	62% [n=45]	50—69—76%	公共施設及び民家の敷地。
	削り取り	54% [n=11]	38—57—65%	公共施設敷地。ショットブラスト、コンクリートカンナ。

参考: 2000cpm未満を含む全データ



データ数 : インターロッキング 高圧洗浄[61] 削り取り[11]

3.1 建物等工物 (6)グラウンド等 (土)

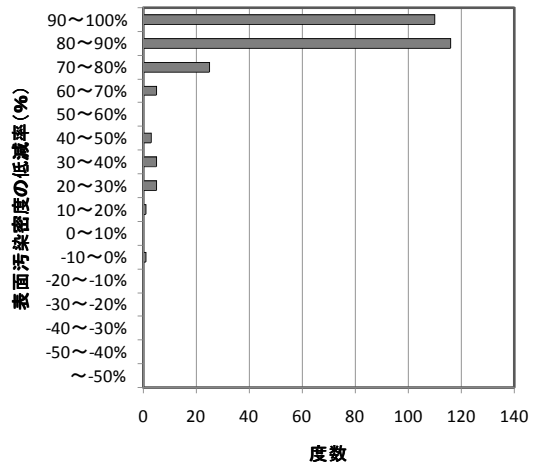
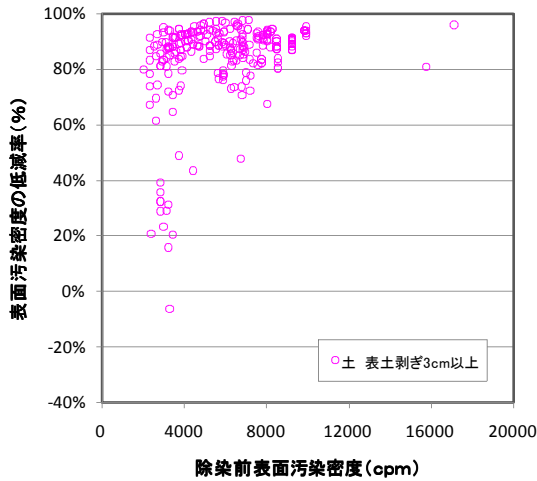
除染前表面汚染密度が2000cpm以上のデータ

■表面汚染密度の低減率

- 表土剥ぎの低減率は80~90%程度であり、効果が高い。
- グラウンドは不陸が少なく、安定した低減率が確保できていると考えられる。

■除染実施上の留意点

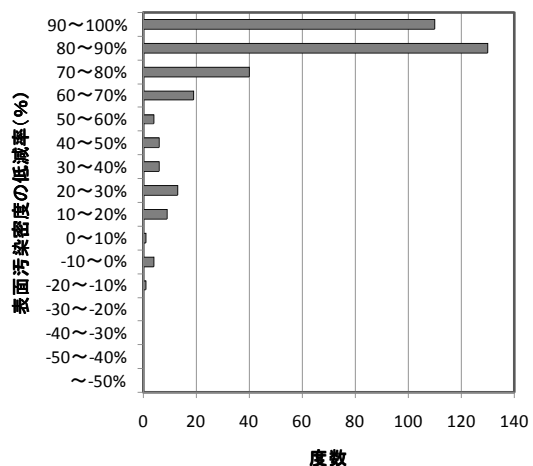
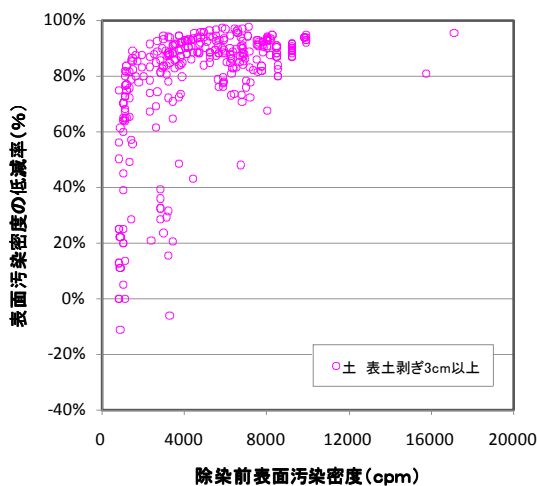
- あらかじめ表層からの汚染の深さを確認し、最適な剥ぎ取り厚さを設定することが必要である。



35

		平均低減率	25%—50%—75%値	備考
土	表土剥ぎ	85% [n=271]	83—88—93%	公園及び校庭(客土する前)。

参考: 2000cpm未満を含む全データ



データ数 : 土 表土剥ぎ [343]

36

3.2 道路(アスファルト舗装面)

除染前表面汚染密度が2000cpm以上のデータ

■表面汚染密度の低減率

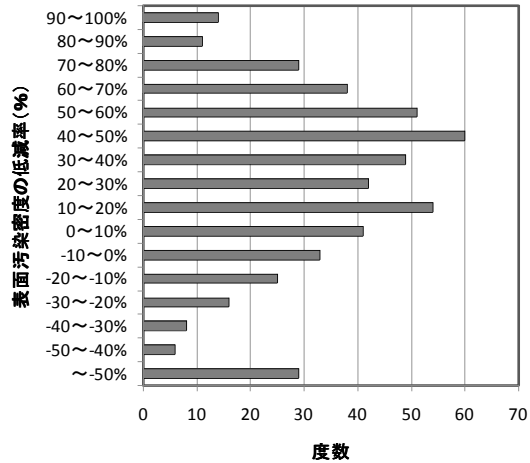
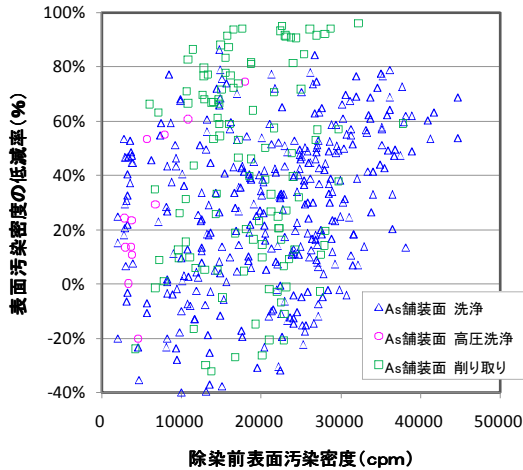
- データのほとんどが洗浄であり、洗浄の低減率は0~50%程度となっている。そのほとんどが排水性舗装機能回復車によるものであり、低減率のばらつきは大きい。
- 高圧洗浄の低減率は10~50%程度となっている。ただし、データ数は少ない。
- 削り取りの低減率は10~70%程度となっている。(※現在は、切削くずの回収の改善により、低減率の向上が図られている)
- 洗浄、高圧洗浄、削り取りのいずれについても、建物等工作物の駐車場等のアスファルト舗装面の低減率と比べて低い値が多くなっている。

■データ解釈上の留意点

- 道路のように除染範囲が広い場合、高圧洗浄は、地点によって作業方法(ノズルの地上高さ、面積あたりの作業時間等)にばらつきが生じたり、表面の状態(透水性や排水性の違い)の影響により、低減率のばらつきが大きくなることもある。
- 水圧が低く、洗浄水の循環を行っている排水性舗装機能回復車の場合は、低減率が低くなりやすい。また、地震等の影響で歪曲・損耗した路面では洗浄や排水回収の能力が低下する。

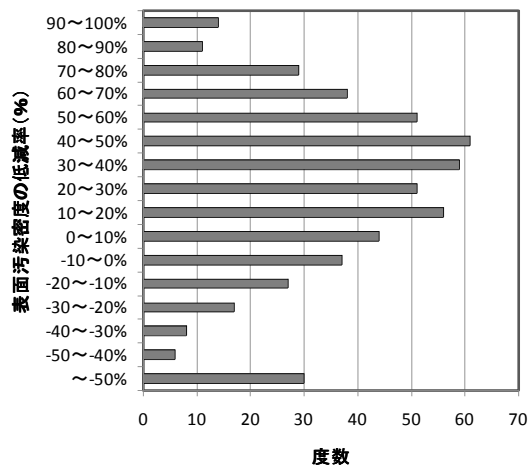
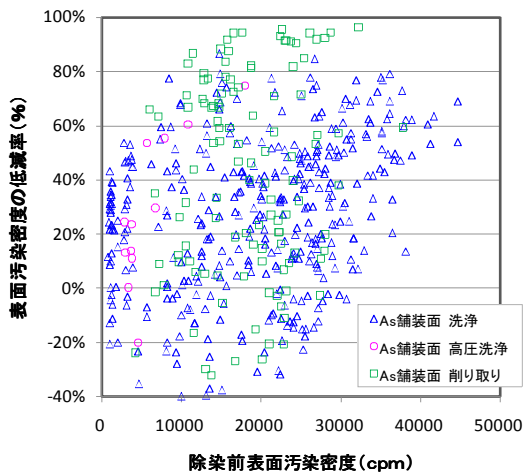
■除染実施上の留意点

- 水を利用する除染作業を行う場合は、洗浄水の飛散防止措置が必要である。



		平均低減率	25%—50%—75%値	備考
アスファルト舗装面	洗浄	20% [n=369]	2—28—49%	主に密粒度舗装部。一部、排水性舗装部。排水性舗装機能回復車(ほとんどが洗浄水圧5MPa程度)。一部、スーパー+散水車、金属ブラシスーパー。
	高圧洗浄	28% [n= 12]	13—24—54%	土砂払いやブラッシングとの併用。
	削り取り	31% [n=125]	7—39—72%	主に密粒度舗装部。ショットブラスト。

参考: 2000cpm未満を含む全データ



データ数 : アスファルト舗装面 洗浄[401] 高圧洗浄[12] 削り取り[126]

(参考1) 線量率計と表面汚染密度計の比較

	NaIシンチレーションサーベイメータ	GM計数管サーベイメータ
測定対象	γ線	主にβ線(γ線の測定感度はNaIシンチレーションサーベイメータよりも低い。)
単位と考え方	Sv/h: 単位時間当たりの放射線の人体への影響	cpm: 1分あたり検出された放射線の個数
特徴	<ul style="list-style-type: none"> γ線を測定するので、測定対象の周辺にある線源からの放射線を含めて測定する。 	<ul style="list-style-type: none"> β線を測定するので、測定対象以外の線源の影響を受けにくい。 表面が濡れていると、一部のβ線が水により遮へいされて、計数されない可能性がある。 表面からのβ線は計数されるが、表面よりも奥から放出されるβ線は、遮へいされて計数されない可能性がある。
コリメートなし		
コリメートあり		

39

(参考2) 表面汚染密度計による測定結果を採用した理由

- 表面汚染密度の測定にあたっては、測定対象以外の放射線による影響を低減することが望ましい。そのための方法としては、コリメート(遮へい)等により、測定対象以外の放射線の影響を除去する方法がある。

【測定対象以外の放射線による表面線量率及び表面汚染密度への影響】

- 表面線量率(図1)の場合、コリメートなしのデータはコリメートありのデータに比べて右上方向へシフトしている。すなわち、コリメートなしのデータは測定対象以外の放射線の影響を受けやすいことを示している。
- 表面汚染密度(図2)の場合、コリメートなしのデータはコリメートありのデータと近い値を示しており、表面汚染密度の測定については、測定対象以外の放射線の影響を比較的受けにくい。

- 今回入手したデータはコリメートありのデータが少ないため、コリメートなしのデータを用いて除染効果の整理を行うこととした。その際、測定対象以外の影響が比較的小さい表面汚染密度のコリメートなしのデータを採用した。

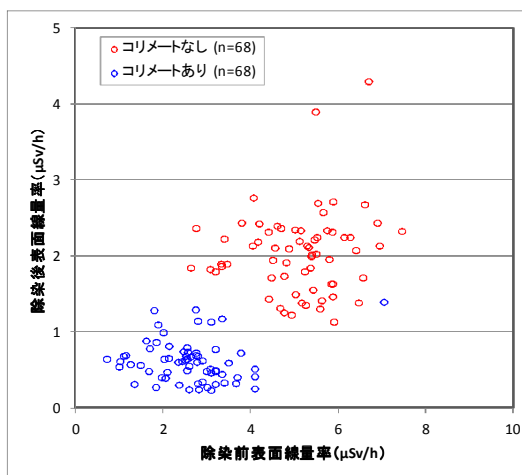


図1 コリメートの有無による表面線量率の違い

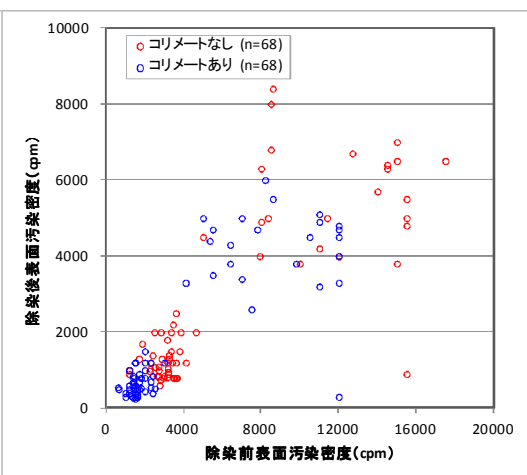


図2 コリメートの有無による表面汚染密度の違い

(参考3) 低減率の表現方法について

➤ 25%値、50%値、75%値は、それぞれ25パーセンタイル、50パーセンタイル、75パーセンタイルを示す。

□ パーセンタイルとは

データを大きさの順に並べたとき、ある値 x より小さな値の割合が $p\%$ 以下である場合に、その x の値を p パーセンタイルとよぶ。

例えば、100個のデータがあったとすると、25パーセンタイルとは小さい順に数えて25番目の値を指す。50パーセンタイルとは50番目の値、75パーセンタイルとは75番目の値となる。

50パーセンタイルは中央値とも呼ばれ、平均値と50パーセンタイルの値を比較して、平均値の方が低いようであれば、極端に小さな値があることが予想できる。

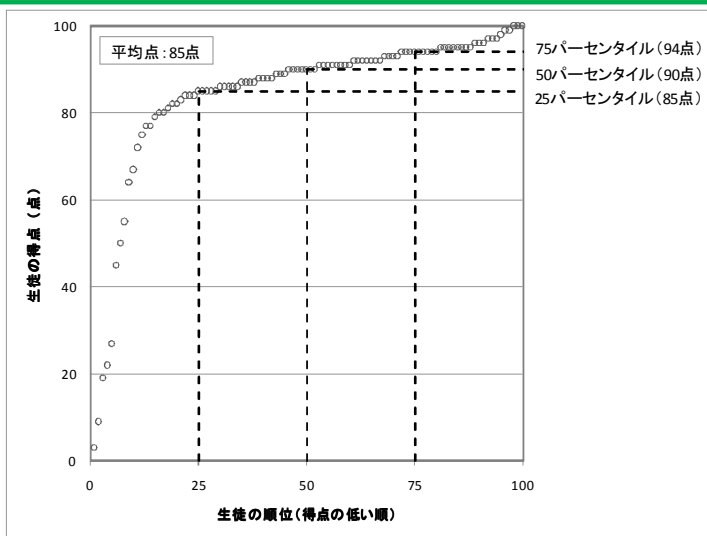
➤ このように、平均値と25%値、50%値、75%値を示すことにより、データのおおよその分布を把握することができる。

■ パーセンタイルの活用の例

例えば、100人の生徒が試験を受けたときに、点数の低い順から並べて25番目の点数が25パーセンタイル、50番目の点数が50パーセンタイル、75番目の点数が75パーセンタイルとなる。

右図の例では、100人中75人が85点以上(25パーセンタイル=85点)であるため、試験が易しかったと見て取ることができる。

また、平均点は85点であり、中央値(50パーセンタイル=90点)より低くなっており、得点が低かったデータに引っ張られて平均値が下がっていることも見て取ることができる。



41

(参考4) バックグラウンドの影響について(1)

表面汚染密度が小さい場合は低減率は低くなり、またばらつきが大きくなる傾向がある。

①例えば表土剥ぎや舗装撤去など、汚染の存在する部位ごと除去する手法では、仮に全ての放射性物質を除去できた場合には除染後の表面汚染密度(※1)はバックグラウンドレベル(※2)まで下がり、バックグラウンド補正を行った場合の低減率は100%となる。仮に、除染前の表面汚染密度によらず常にバックグラウンドが100cpmであり、その変動幅が ± 50 cpmであるとする、除染前表面汚染密度が100cpmから2000cpmの除染対象物について、低減率の変動幅は図1のようになり、除染前の表面汚染密度が低いほど変動幅が大きくなる。

(※1) 表面汚染密度の単位は正しくは Bq/cm^2 であるが、ここではバックグラウンドも含めた計数率としてcpmの単位で扱う事とする。

(※2) 「事故前から環境中に存在する放射線量」と「測定対象部位の外側から入射する放射線量」を合計した放射線量レベル

②さらにバックグラウンド補正を行わず、除染前後の表面汚染密度をそのままプロットすると、低減率の平均値は、除染前の表面汚染密度が低いほど実際よりも低く評価される(図2)。低減率のグラフを見る際にはこの点に注意が必要である。

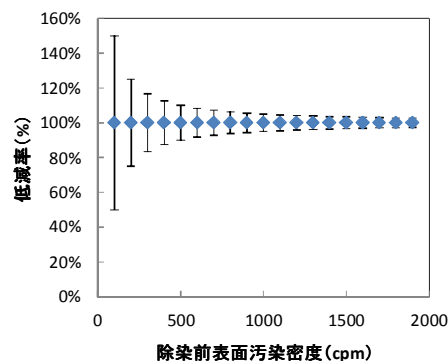


図1 バックグラウンド補正あり

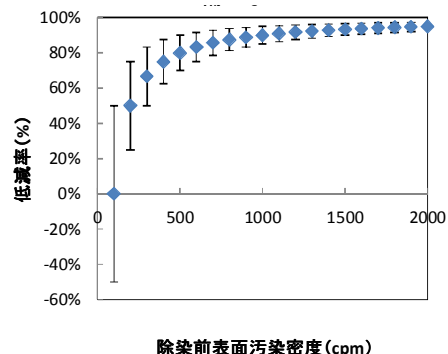


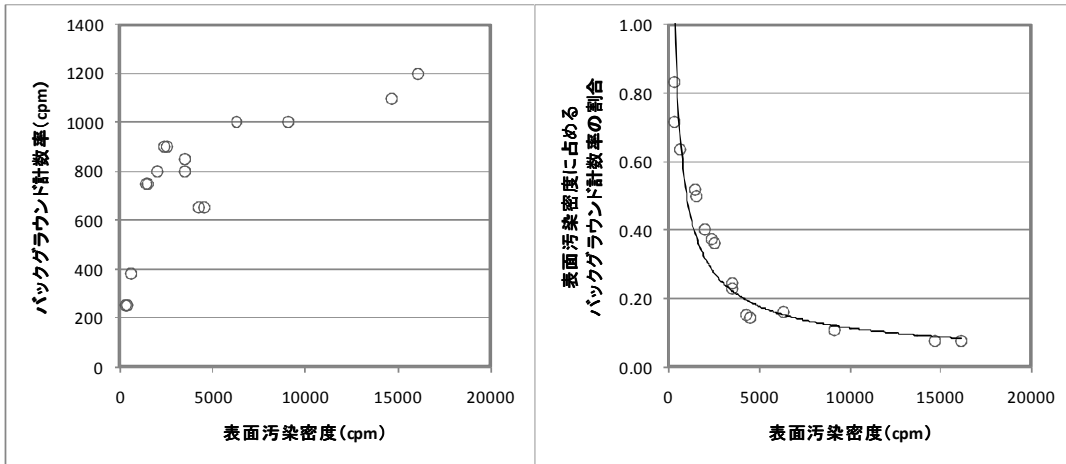
図2 バックグラウンド補正なし

42

(参考4) バックグラウンドの影響について(2)

■実測データの例

- 下図のバックグラウンド計数率は、GM計数管を測定対象と逆方向の空中に向け測定したものである。
- 表面汚染密度とバックグラウンド計数率の間には相関が見られる。
- 例えば、除染前においては、表面汚染密度が5000cpmであれば、そのうちの20%程度はバックグラウンド計数率の影響の可能性が考えられ、特に表面汚染密度が小さい場合はバックグラウンドの影響が大きいことが示唆される。



43

(参考5) 低減率のばらつきの要因について

- 様々な要因によって低減率にばらつきは生じる。特に、表面汚染密度が小さい場合や除染範囲が狭い場合には、これらの要因による影響が相対的に大きくなるため、低減率のばらつきは顕著に現れる。

<低減率のばらつきの要因>

区分	内容	低減率や測定値への影響
バックグラウンドの影響	※参考4参照	バックグラウンドの影響により測定値は高くなる。
測定条件の影響	測定時の天候(積雪や降雨)の影響	積雪による遮へいで測定値は低くなる。 表面が濡れているとβ線が遮へいされ測定値は低くなる。
	測定する場所の状態の違い	周辺に汚染源があると測定値は高くなる。 汚染源との間に遮へい物があると測定値は低くなる。
	測定方法	測定機器、対象物と検出器の距離、測定の位置、数値の読み取り方などで測定値は変わる。
対象物の材質等の影響	素材や含水率などの特性、凹凸などの形状、表面処理などの違い	対象物の素材等によって除染の効果が異なるため、低減率に差が生じる。
	汚染の存在する深さの違い	
	劣化状況や震災による破損状況などの違い	
除染作業の影響	作業監督者、作業員の熟練度	作業員等の熟練度が増すことにより低減率は向上する。
	切削深さ、洗浄圧、除去物の回収率等の違い	除染作業の均一性の違いにより低減率に差が生じる。

44