

環境修復に向けた取り組み

# 除染技術実証事業について

2014年8月6日(水)

福島研究開発部門 企画調整室 渡辺 将久  
独立行政法人 日本原子力研究開発機構

- ・ **現状(これまでの活動)、  
JAEAの環境修復に関する活動 モデル事業等**
- ・ **これまでの除染技術実証事業の概要**
- ・ **内閣府委託 除染技術実証試験事業  
(除染技術の高度化を一部含む)**
- ・ **環境省 平成23～25年度 除染技術実証事業**
- ・ **まとめ**

# JAEAの環境修復に関する活動

## 1. 状況把握

- 航空機、走行サーベイ、定点モニタリング等による空間線量率と放射能汚染状態の把握
- 自然環境動態と生活環境動態の確認
- 被ばく評価(外部被ばくと内部被ばく)

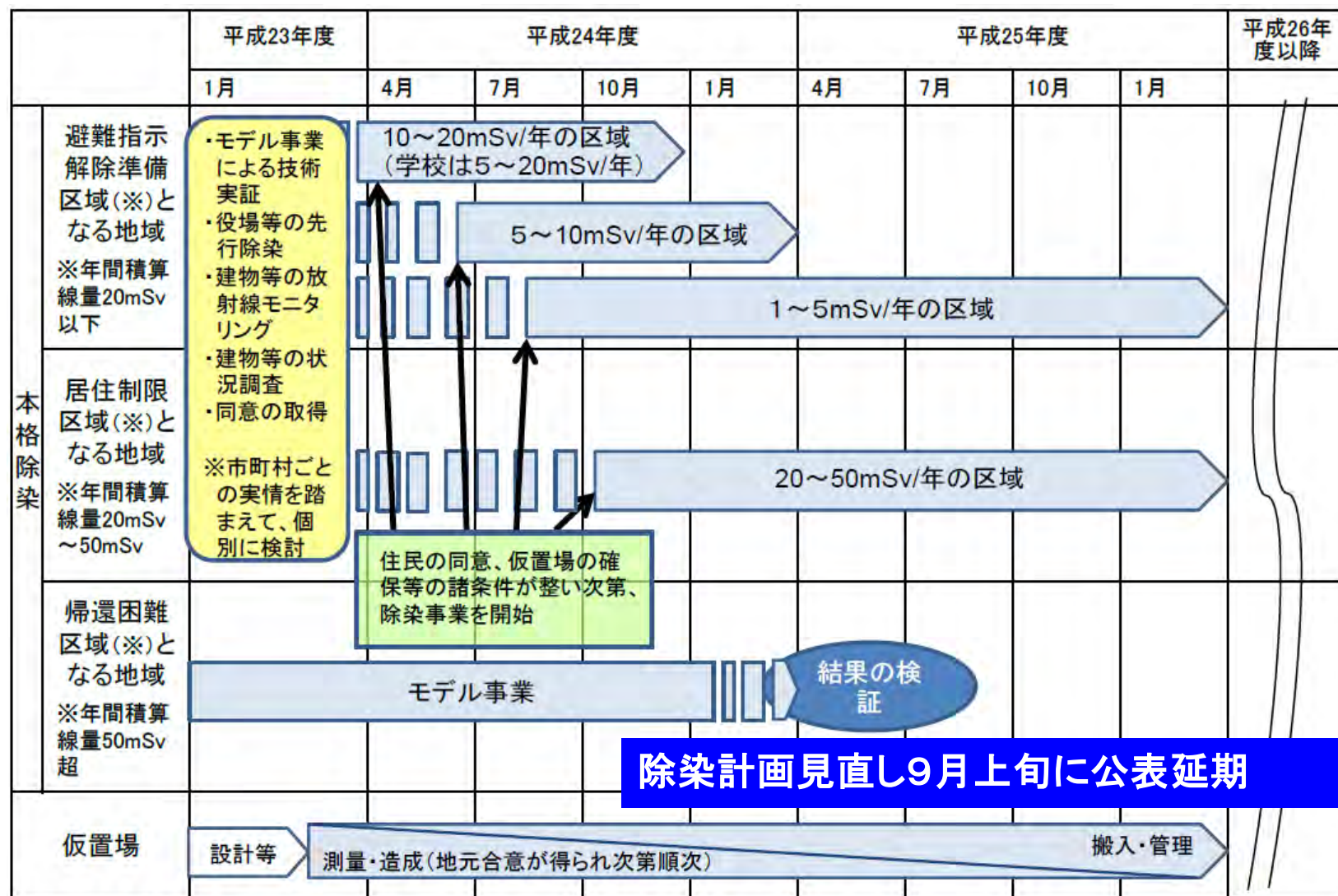
## 2. 環境回復

- 生活環境回復(除染)  
除染モデル実証事業  
除染技術実証事業
- 自然環境回復(除染、ウェザリング、移行制御)
- 廃棄物マネジメント

## 3. コミュニケーション

- 放射線に関するご質問に答える会
- 住民説明会

# 避難指示区域ごとの本格除染工程表



※具体的な除染の実施に際しては、市町村ごとに除染の手順を設定。

※除染の実施に当たっては、モデル事業(内閣府、環境省)等で得られる技術的知見を適宜取り入れる。

(出典: 環境省HPより)

## 除染モデル実証事業(背景)

### ●除染に関する緊急実施基本方針 ●除染特別措置法

放射性物質による環境の汚染が人の健康又は生活環境に及ぼす影響を速やかに低減する



●国は、除染等の措置等を実施することを踏まえ、基準等の設定を実施。 → 実証された除染方法を示す。

原子力機構

本格除染への準備

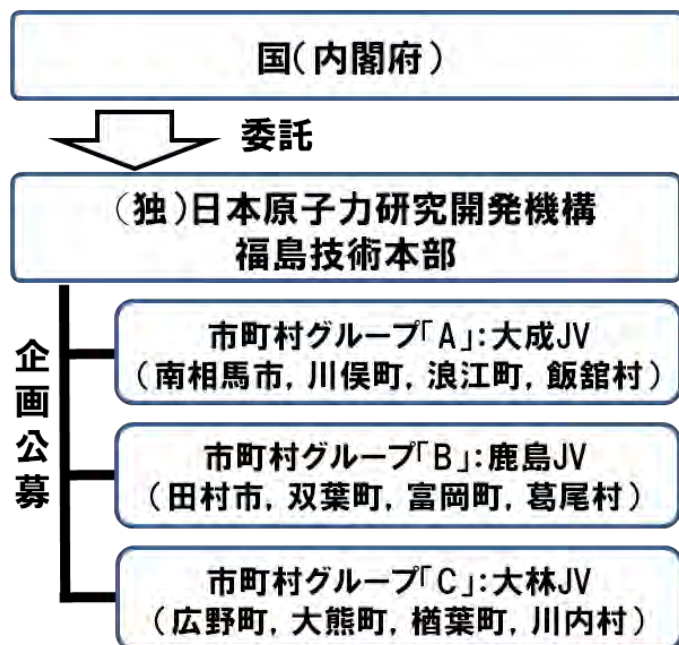
### 除染モデル実証事業(内閣府委託事業)

- 主に高線量域(約20mSv/年超)を対象として、
- 既存技術を用いた除染手法等の実データを基に、
- 限られた時間の中で、屋外における大規模な除染方法や作業員の放射線防護に係わる安全確保策等を提示



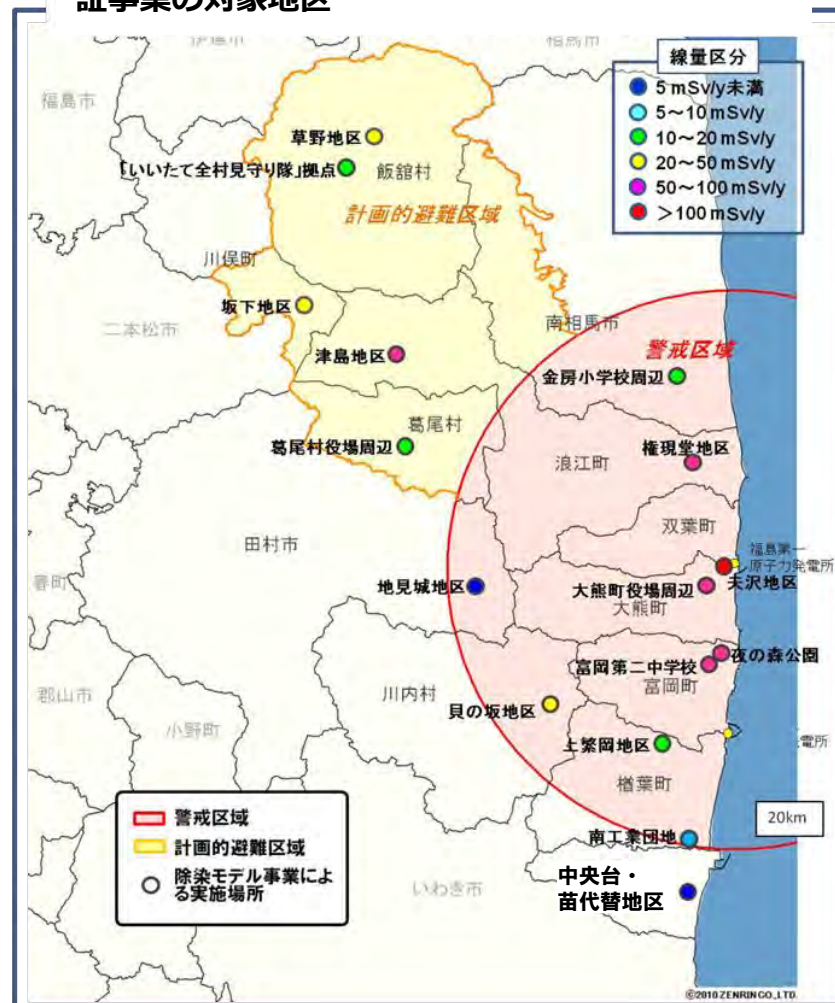


# 除染モデル実証事業



- **企画公募**: 計画策定から除染の実施、評価に至る一連のアプローチに関するJVからの提案に対し、原子力機構の所要の審査を経て、上記3JVが受託
- **実施体制**: 各JVの技術提案に基づき、各JVが実施、原子力機構が監理、検証・評価
- **対象地区**: 警戒区域等11市町村
- **対象面積**: 計209ha

警戒区域、計画的避難区域における除染モデル実証事業の対象地区



双葉町については、町より除染モデル事業の実施は見送る旨、連絡あり

## 除染モデル実証事業(結果)

除染の実施計画の策定のための**事前調査の重要性**、  
全事業を通じて個々の実施内容における限界(**既存  
技術を用いた除染効果の限界**)を指摘。

- ① 除染前 20～30mSv/年の地域は、20mSv/年を下回る水準まで低下。
- ② 除染前40mSv/年超の地域は、40～60%の低減達成。20mSv/年以下には下げられず。
- ③ 除染前300mSv/年超の地域は、農地、宅地で70%以上低減。しかし、全体として50mSv/年以下には下げられず。

## EURANOS

チェルノブイリ発電所事故後、欧州で同様に緊急事態に備えるため2002年から2006年に欧州連合(EU)が実施したプロジェクト成果の一部が、緊急時に対応するため4つのハンドブックを作成

### ・ハンドブックの題目；

- ① 欧州における放射能事故で汚染された居住エリア管理のための包括的ハンドブック
- ② 欧州における放射能事故で汚染された食糧生産システム管理のための包括的ハンドブック
- ③ 欧州における放射能事故で汚染された飲料水管理のための包括的ハンドブック
- ④ 欧州における放射能事故後、緊急時対策の解除を支援するための助言



日本の環境に即していない場合もある  
(水田、瓦屋根、粘土質土壌等)

## EURANOS 除染技術データシートのご紹介

平成23年8月12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

クリーンアップ分科会では、放射能汚染エリアの早期かつ合理的な環境修復に資するため、チェルノブイリ発電所事故における環境修復に関する調査(緊急シンポジウム資料：[http://www.aesj.or.jp/aesj-symp/presentations/03-02\\_takahashi.pdf](http://www.aesj.or.jp/aesj-symp/presentations/03-02_takahashi.pdf))等を行ってきました。

チェルノブイリ事故後、旧ソ連諸国のヨーロッパでは、同様の緊急事態に備えるため、2002～2006年に欧州委員会のもと、EURANOS プロジェクト(<http://www.euranos.fzk.de/>)が実施され、その成果として、緊急時に対応するための4つのハンドブックが作成されました(末尾)。

分科会では、避難されている方々の早期帰還の実現に向けて、下記ハンドブックのうち、①居住エリア管理のための包括的ハンドブックに目し、それに含まれる除染技術データシート(59件)を仮訳しましたので、ここに紹介いたします。

EURANOS 除染技術データシート(59件)

ID: 1 屋内退避	ID: 31 高圧洗浄
ID: 2 避難	ID: 32 表面除去と置換
ID: 3 安定ヨウ素剤	ID: 33 舗装板の裏返し
ID: 4 呼吸保護のための簡易マスク着用	ID: 34 縛り付け(放射能汚染した表面に汚染を固定する)
ID: 5 窓、ドア、換気口の閉鎖と換気の制限	ID: 35 芝刈り
ID: 6 掃除機を利用した空気の浄化	ID: 36 草と灌木の除去
ID: 7 個人物品/貴重品のカバー、保管、密閉	ID: 37 芝の刈り取り
ID: 8 居住地からの一時的退避	ID: 38 表土と芝土の除去(機械式)
ID: 9 居住地からの永久退去	ID: 39 表土と芝土の除去(手作業)
ID: 10 非居住区域への公衆の立入り制限	ID: 40 汚染されていない土壌で被覆
ID: 11 非居住区域への従事者の時間、職種による立入り管理	ID: 41 固着(表面に汚染を固定する)
ID: 12 建物の取り壊し	ID: 42 耕うん機(機械による掘り起こし)
ID: 13 水洗浄	ID: 43 人手による掘り起こし
ID: 14 屋根のブラシかけ	ID: 44 芝や土の表面を量う(例えばアスファルトで)
ID: 15 サンドブラスト	ID: 45 三層地返し
ID: 16 高圧水洗浄	ID: 46 耕起
ID: 17 高圧温水による屋根の洗浄	ID: 47 深耕
ID: 18 屋根の取替え	ID: 48 ブラウによる表土の剥ぎ取りと埋設
ID: 19 硫酸アンモニウムによる壁処理	ID: 49 剥離性被覆材
ID: 20 木質壁の機械的研削	ID: 50 除雪
ID: 21 固定化(表面への汚染物の固定)	ID: 51 落葉の収集
ID: 22 吸引清掃	ID: 52 樹木及び灌木の剪定/除去

問合せ先 E-mail: QandA\_cu@aesj.or.jp



## 既存技術の調査

EURANOS等に記載のある技術が日本の環境に適用できるのか確認する必要あり。

しかし、園芸業者は、芝刈り機が除染に利用できるなんて夢にも思っていないし、汚染するから貸してくれない。



芝刈り機による除染風景

↓  
専門家が気づき、導くことが重要。

↓  
除染モデル実証事業

## 新技術の調査

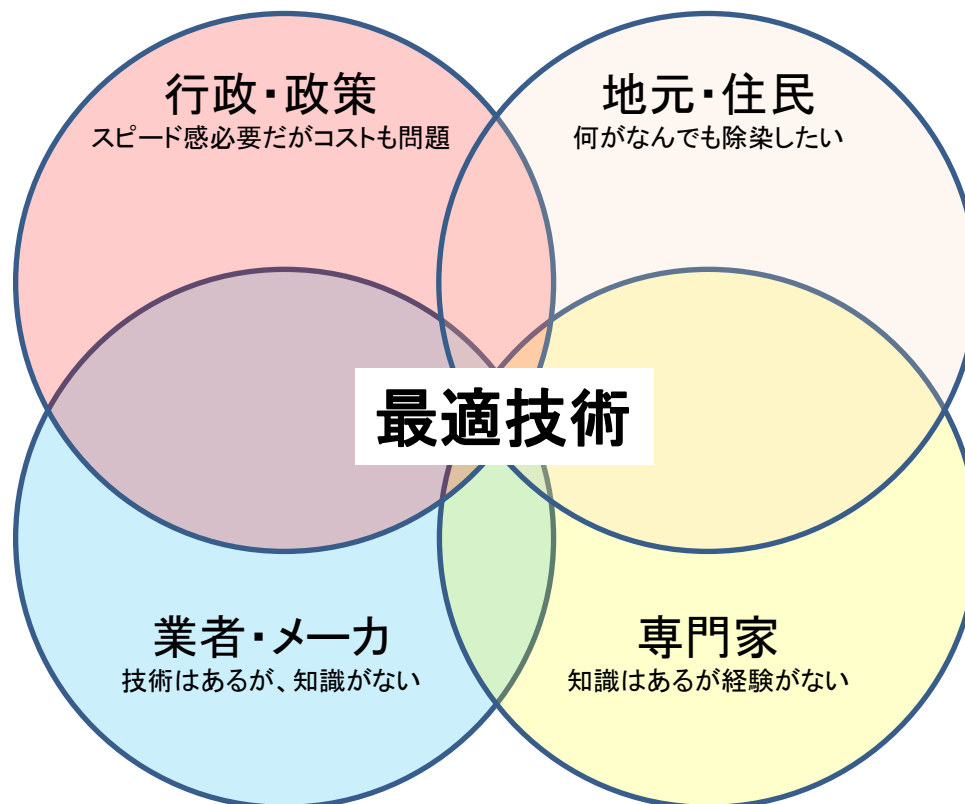
日本全国に新技術を募集(約1000件:内閣府、環境省、福島県等)

↓  
原子力機構は、平成25年度までに73件の技術について実証試験に参画

↓  
除染技術実証事業

# 除染に求められるもの

難しいのは・・・早く・安く・効果的で安心できる除染



境界条件を見極め、スピード感を持って成果を提示することが専門家の役割

# 除染場所毎の汚染源・発生物の特徴

種類	汚染形態	留意点
落葉樹	葉にはない	幹の汚染少
常緑樹	葉が汚染	3年程度で入替
リター層	初年層が高	年々遮へいされる

種類	汚染形態	留意点
底泥	一定蓄積	土質・底流
水	SS汚染	イオンはない

種類	汚染形態	留意点
牧草・芝	腐葉土・サッチ	生育形態
牛糞	初年のみ	現在は汚染少



種類	汚染形態	留意点
バーク	内部浸透	腐敗の熱、ガス発生
木材	バークが汚染	バイオマス等への応用可

種類	汚染形態	留意点
土壌	表層汚染	廃棄物量
水田	表層汚染	農業影響
砂利	雲母・表面	廃棄物多

種類	汚染形態	留意点
水	SS汚染	イオンはない
プールサイド	路面と同	目地部高

種類	汚染形態	留意点
津波瓦礫	汚染少	塩害有
地震瓦礫	汚染高	分別要、廃棄物多

種類	汚染形態	留意点
非透水性	表面のみ	2,3mm薄層
透水性	表面＋内部も少し	支配的なのは表面汚染

種類	汚染形態	留意点
汚泥	有機物	新たな汚染は少

## ○除染に関する新技術の探索    ○技術の実力を示す

原子力機構

環境省：除染ガイドライン  
除染技術探索サイト(DTOX)

**除染技術実証事業(内閣府・環境省)**

➤技術評価と知見の整理

**除染現場への適用  
促進**

期間	実施機関	実施数73/909 採択数/提案数	評価機関	特徴
2011Nov. -2012Mar.	内閣府	25/305	JAEA	土壌除染, 路面, 水処理, 有機物堆肥化等
2011Mar. -2012Oct.	環境省	22/295	JAEA	熱分解, 燃焼, バイオエタノール化, バーク洗浄, ため池底質等
2012Oct. -2013Jun.	環境省	15/173	JAEA	飛灰洗浄, リユース, 浚渫等
2013Jun. -2013Dec.	環境省	11/136	JAEA	放射線計測, 自動車 & 家電, 土壌減容等

# 除染技術実証事業～実際に公募をしてみると～

「ウソ」or「ホント」？

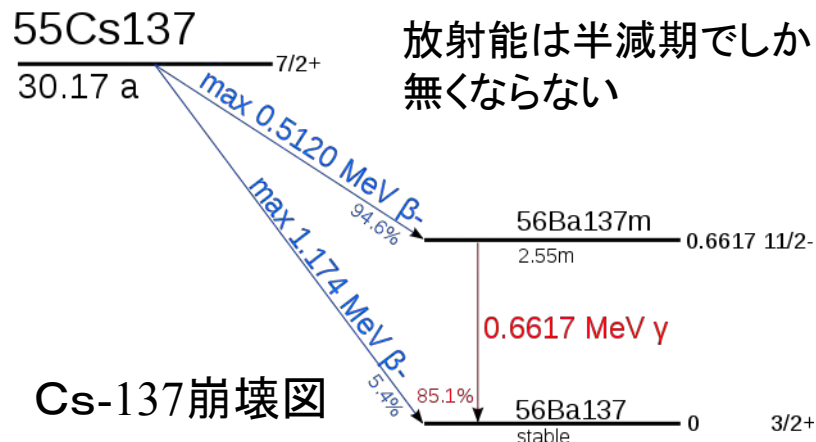
魔法の絵画を飾れば放射線が消えます。今度、福島県で試験するので評価をしてください。

「ウソ」or「ホント」？

農地除染には〇〇菌が有効だ！ 〇〇菌を土に混ぜれば肥よくな土地になり帰還しても農業を即再開できる。田んぼを使って試験をやり、 $5\mu\text{Sv/h}$ が $1\mu\text{Sv/h}$ に減少した試験結果もある！

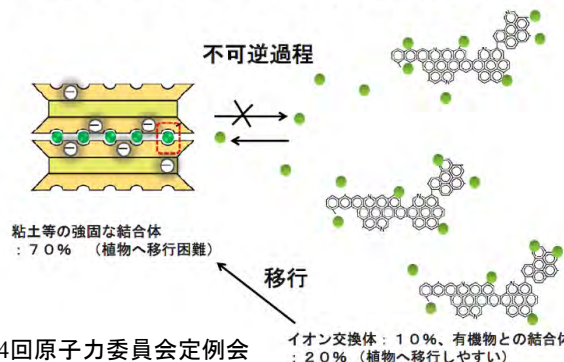
「ウソ」or「ホント」？

セシウムの沸点は約 $670^{\circ}\text{C}$ 。土を加熱すれば、セシウムは揮発する。  
セシウムは水溶性。土を水に入れば、セシウムは溶解して回収できる。



イオン交換体、有機物に結合したセシウムイオンが粘土質に吸着されていく。

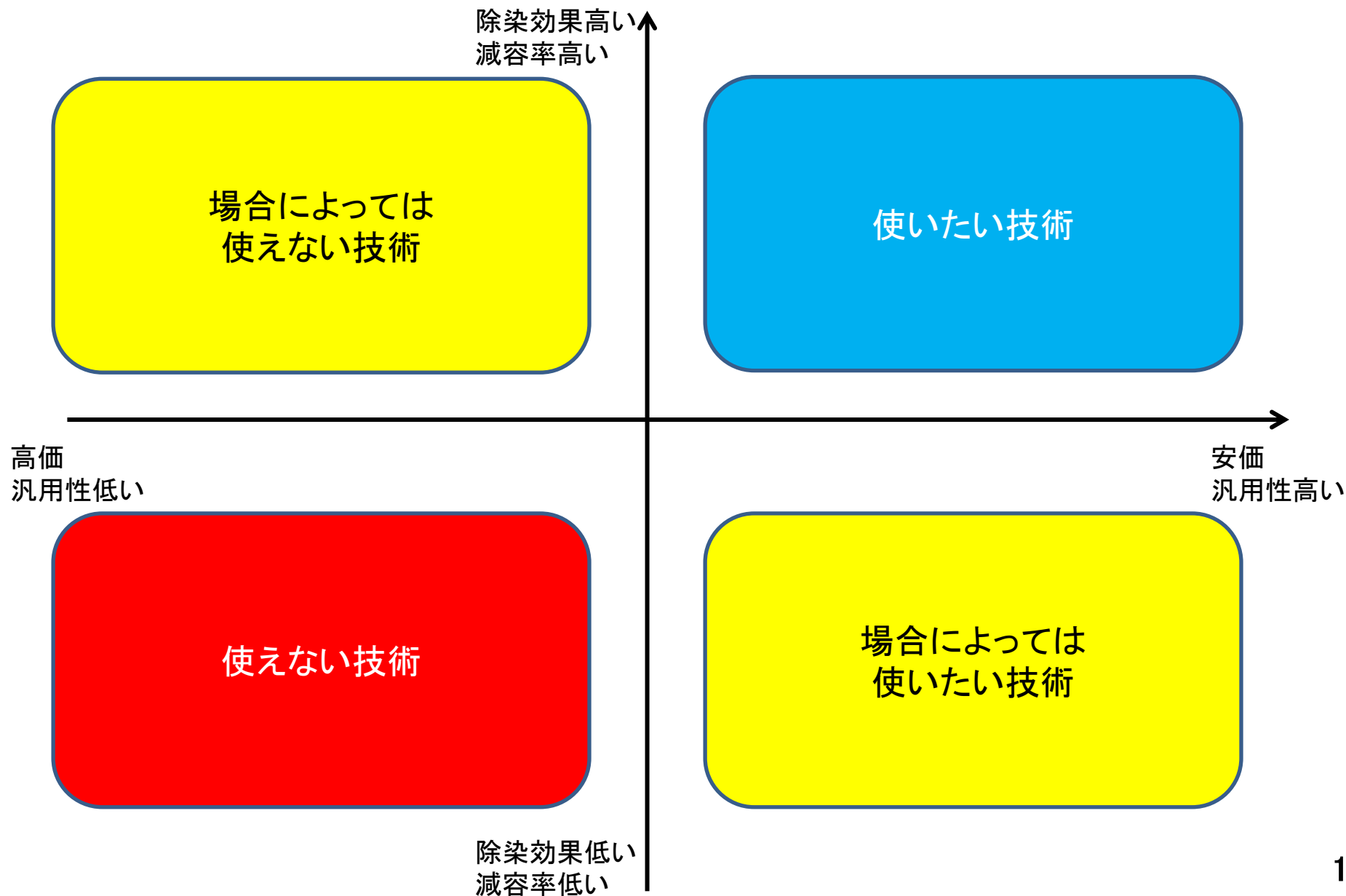
真贋は理論  
で見極める





# 除染技術実証事業

～まずは使えないものを見極める～



## ●除染技術実証試験の提案の概要と実施者一覧

「除染技術実証試験事業」は、今後の除染作業に活用し得る優れた技術を公募により発掘し、除染効果、経済性、安全性等を確認する観点から実証試験を行い、その有効性を評価するもの。

除染作業効率化や除染除去物減容化等に関する25件の技術提案について実証試験を実施。

### <公募概要>

○対象事業分野: 除染作業効率化技術、  
土壌等除染除去物減容化技術、  
除去物の運搬や一時保管等関連技術、  
除染支援等関連技術

○実施期間: 平成23年11月  
～平成24年2月末

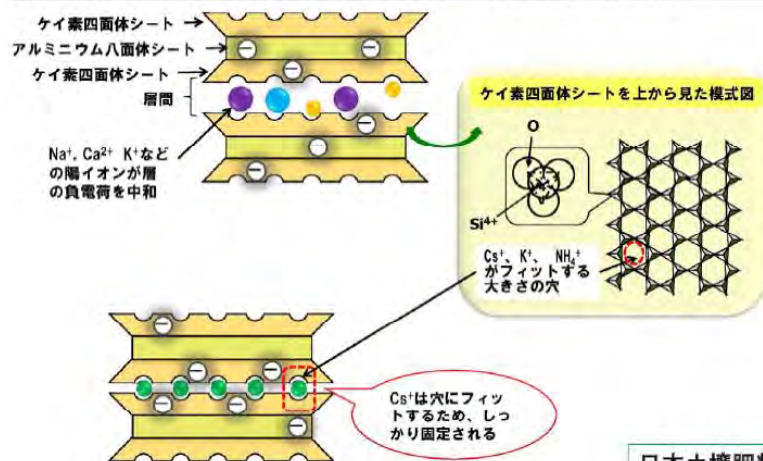
除染対象物	手法	特徴	No.	実施者
土壌	熱処理	反応促進剤	1	太平洋セメント(株)
	分級	ポンプ分級	2	ロート製薬(株)
		湿式分級	3	(株)竹中工務店
			4	(株)熊谷組
			5	(株)日立プラントテクノロジー
			6	(株)鴻池組
			7	佐藤工業(株)
	化学処理	有機酸処理	8	(株)東芝
下水汚泥	溶出	有機物処理	9	新日鉄エンジニアリング(株)
公園・道路・ 建物	切削・剥離	ストリップペイント	10	志賀塗装(株)
	特殊水洗浄	ナノバブル水	11	京都大学
		モルクラスターオゾン水	12	ネイチャーズ(株)
	高压洗浄	超高压(280MPa)	13	(株)キクテック
瓦礫	洗浄	ウェットブラスト	14	マコー(株)
		水洗浄	15	戸田建設(株)
植物・牛糞 減容	堆肥化	ドライアイス	16	環テックス(株)
		100℃以上	17	(独)宇宙航空研究開発機構
水	捕集	50～60℃	18	日本ミクニヤ(株)
		ゼオライトブロック	19	前田建設工業(株)
森林・木材	吸着・凝集	フェロシアン化鉄	20	東京工業大学
	固化剥離	セメント剥離	21	大成建設(株)
		水洗浄・焼却	22	郡山チップ工業(株)
	洗浄	高压洗浄・水処理	23	(株)ネオナイト
		空間線量率変化	24	福島県林業研究センター
	間伐有 間伐無	施工法の効率化	25	(株)大林組

# 粘土成分とセシウムの関係

第34回原子力委員会定例会: <http://www.aec.go.jp/iicst/NC/iinkai/teirei/sirvo2011/sirvo34/sirvo1.pdf>

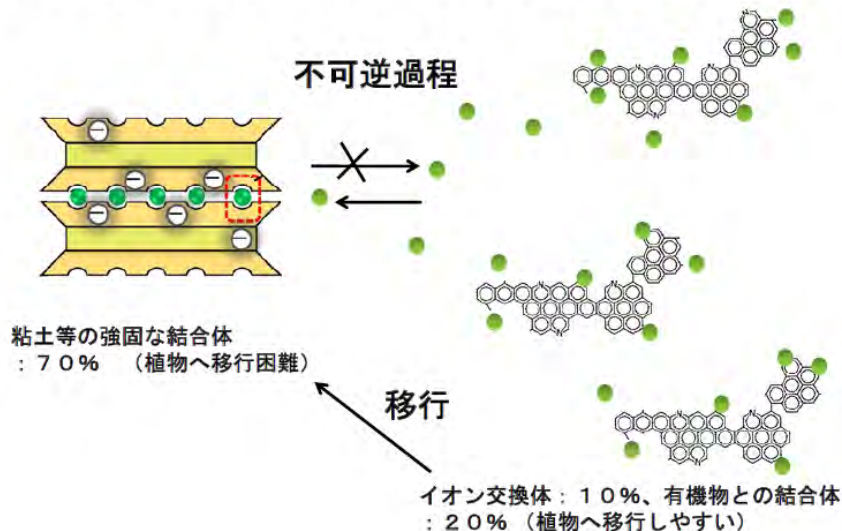
## セシウムは粘土質にしっかり吸着される

2: 1型層状ケイ酸塩鉱物は、ケイ素と酸素からなるシート（ケイ素四面体シート）が、アルミニウムと酸素からなるシート（アルミニウム八面体シート）をはさんだ構造をもつ層を一単位とし、これらの層が積み重なってできている。ケイ素四面体シートのケイ素の一部がアルミニウムに置き換わる、又はアルミニウム八面体シートのアルミニウムの一部がMgなどと置き換わることでシートが負電荷を持つ（同型置換）。



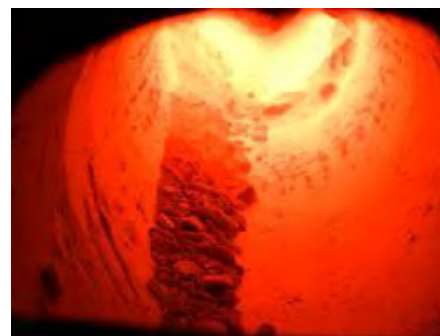
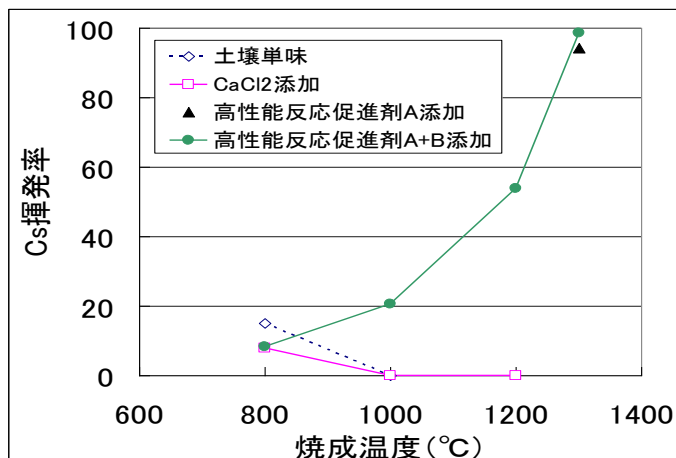
日本土壤肥料学会

## イオン交換体、有機物に結合したセシウムイオンが粘土質に吸着されていく。



- 一旦粘土に付着すると取れない。
- 粘土と結合したセシウムは1300℃に加熱しても気化しない(セシウム金属の沸点は約670℃)
- 酸の利用は熱をかけないとセシウムが溶出されない。(コストが高くなることが懸念)
- 粘土との結合力  $K^+ < NH_4^+ \ll Cs^+$  (日本土壤肥料学会)
- すでに環境中の水中にセシウムイオンとしてはほとんど存在していない  
(セシウムイオンなのかそれとも粘土粒子と結合したセシウムなのか)  
(ゼオライト、プルシアンブルーで吸着できる範囲は限定的)
- 磨鋤等で表面を削り、分級すれば減容できるが、再付着、コストと廃棄物量評価が必要
- 水洗の場合、重金属の流出なども評価する必要がある

## ● 添加物のセシウム昇華率寄与



昇華装置内部



浄化処理物

- 高性能反応促進剤添加でCs揮発率大幅向上
- 急激な温度上昇は、ケイ素が溶出しガラス固化するため、均一に熱を加えることが重要

## ● 回転式昇華装置による結果

- バグフィルター出口の排ガス中Cs濃度は検出限界(0.1Bq/m<sup>3</sup>)以下であった。
- 昇華したCsは、塩化物として濃縮、バグフィルタにて捕集できた。

	汚染土壌 (Bq/kg)			浄化処理物 (Bq/kg)		
	Cs134	Cs137	合計	Cs134	Cs137	合計
実汚染土壌①	27,100	28,900	56,000	<26	19	<45
実汚染土壌②	33,000	34,300	67,300	<17	29	<46

## ● 試験結果

No.	実施者	特徴	除染前 Bq/kg	除染後 Bq/kg	除染率 %	減量率 %	実証試験 速度
1	太平洋セメント	反応促進剤	56,000 67,300	<46 <47 しきい値 100	99.8 ~99.%	98~99	1kg/hr

- ・高性能反応促進剤の添加により、1300°C以上で土壌内のセシウム昇華
- ・浄化処理物は極めて低いレベル(100Bq/kg以下)であった。
- ・環境省の可燃性廃棄物減容化事業(仮設資材化施設)に採用(平成25年度末より着手)<sup>17</sup>



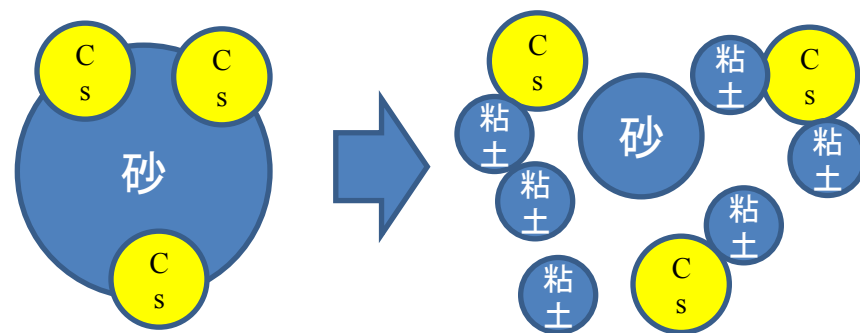
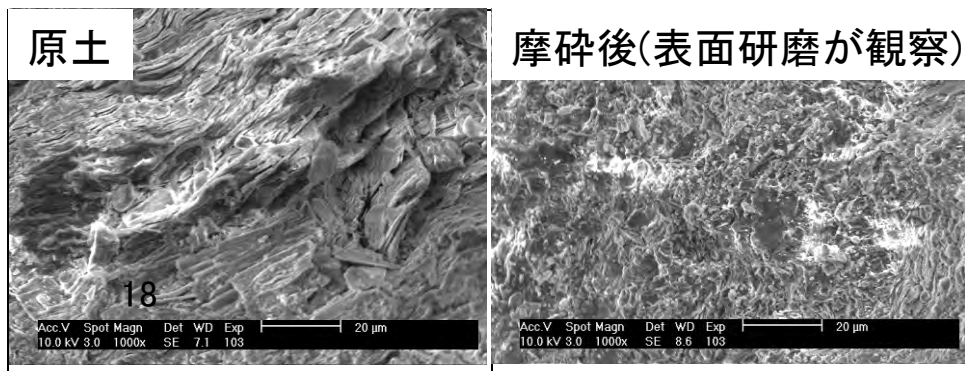
# 分級によるセシウム除去技術

## ●分級技術の特徴

試料① レキ(花崗岩系)

No.	事業者	分級	研磨	洗浄	加熱
2	ロート製薬	篩	—	特殊ポンプ	—
3	竹中工務店	篩 比重分離	ボールミル	ドラムウォッシャ	—
4	熊谷組	篩 サイクロン	摩砕装置	—	—
5	日立プラントテクノロジー	篩 比重分離	—	—	700℃
6	鴻池組	篩	摩砕装置 キャビテーションジェット	キャビテーションジェット	—
7	佐藤工業	浮上分離	高圧ジェット	マイクロバブル	—

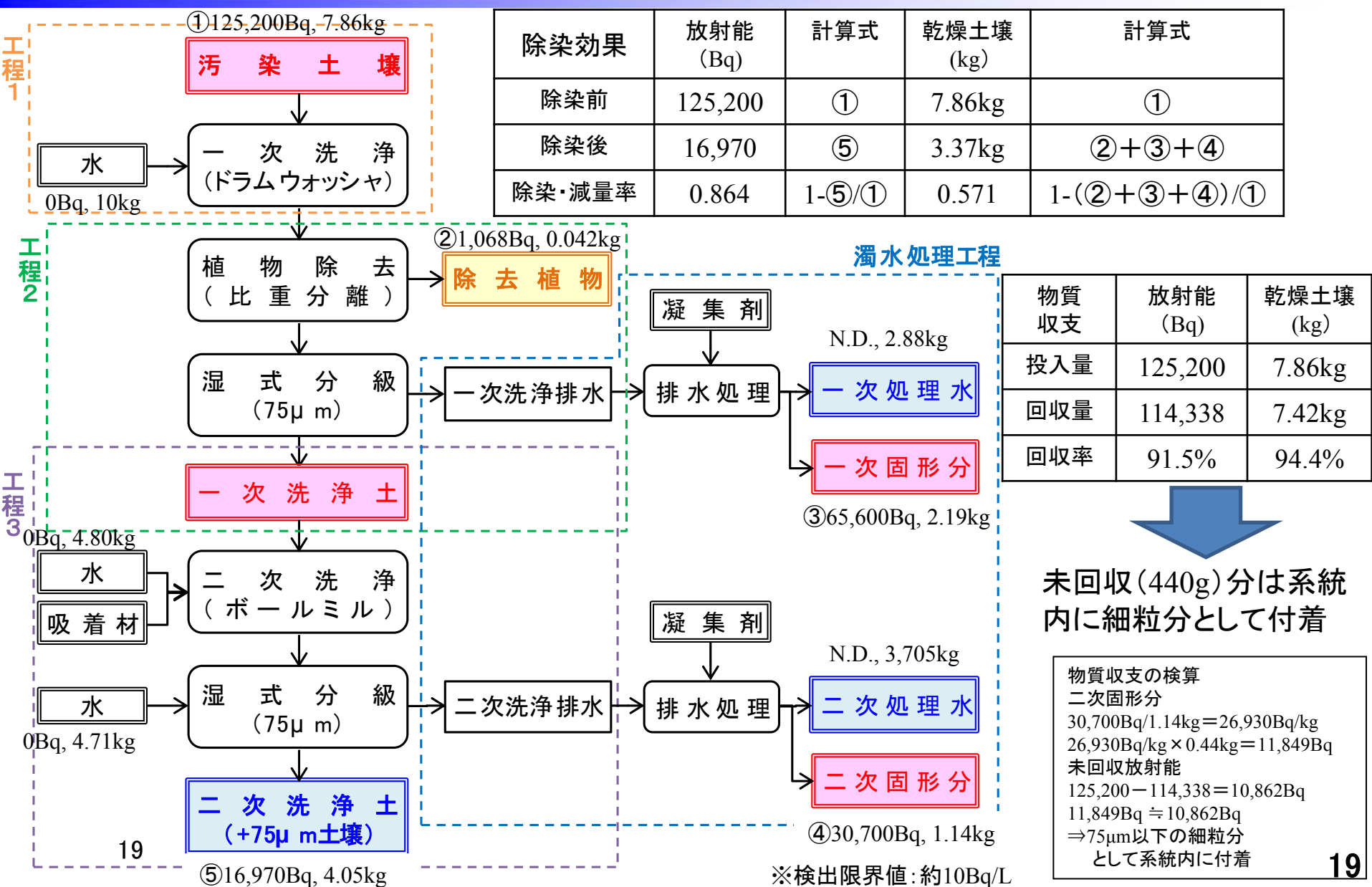
## ●研磨効果 礫表面、電子顕微鏡写真



粒度分布は細粒側にシフトする



# 分級評価の例



# 分級によるセシウム除去技術の比較

## ● 除染率、減量率、試験速度の比較

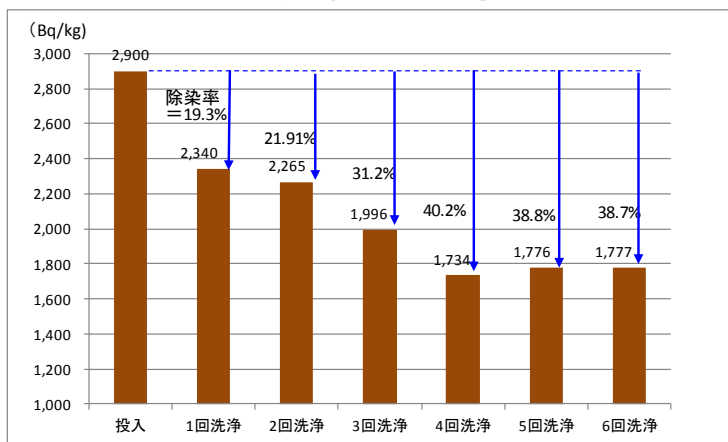
No.	実施者	特徴	除染前 Bq/kg	除染後 Bq/kg	除染率 %	減量率 %	実証試験 速度
2	ロート製薬	分級・洗浄	26,991	657 しきい値1,000	97.8	90	16m <sup>3</sup> /h
3	竹中工務店	分級・研磨・ 洗浄	12,500 12,600	1,530 1,040 しきい値8,000	87.8 ~91.7	48.7 ~60	2.5kg/h
4	熊谷組	分級・研磨	19,700 125,667	663 965 しきい値8,000	89.0 99.0	91.9 0.6	1t/h
5	日立 プラントテクノロジー	分級・加熱	10,584	4,362 しきい値8,000	58.8	12	2t/h
6	鴻池組	分級・研磨・ 洗浄	3,970 ~8,070	531 ~1,777 しきい値8,000	74.7 ~91.5	66.7 ~75.6	150kg/hr
7	佐藤工業	分級・洗浄	6,600	943 しきい値1,000	85.7	65	0.5m <sup>3</sup> /h

除染率、減量率、コストで総合的に評価、除染率は約60~90%。  
分級だけの効果は原土の粒度分布で決定される。

# 繰り返し研磨・洗浄の効果

## ● 研磨と仕上げ洗浄の比較

### 研磨＋洗浄



キャビテーションジェット洗浄の繰り返し回数に伴うセシウム濃度の低下

4回程度で飽和

### 仕上げ(すすぎ)洗浄

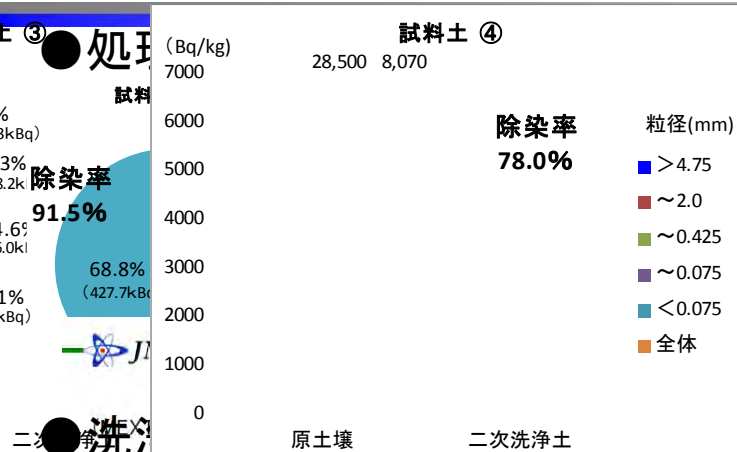
	ケース④	ケース⑤	ケース⑥	ケース⑦
	試験実施ケース▼処理目標			
汚染土壌	12,000	9,200	12,500	5,400
二次洗浄土	1,300	1,400	3,300	1,110
仕上げ洗浄土	670	930	2,800	870
75μ m以下細粒分	15,400	10,600	15,400	8,900
二次洗浄土の濃度低減率	89.2%	88.3%	72.5%	90.8%
仕上げ洗浄土の濃度低減率	94.4%	92.3%	76.7%	92.8%

仕上げ(すすぎ)洗浄の効果

仕上げ(すすぎ)は有効

砂表面のクラックなどに入り込んだセシウムは研磨では除去されにくい。  
再付着した粘土分を仕上げ(すすぎ)洗浄で除去。  
細粒分の含水率が多くなると、増容する場合もある。減容のために脱水が重要

# 分級除染技術の目標と適用範囲

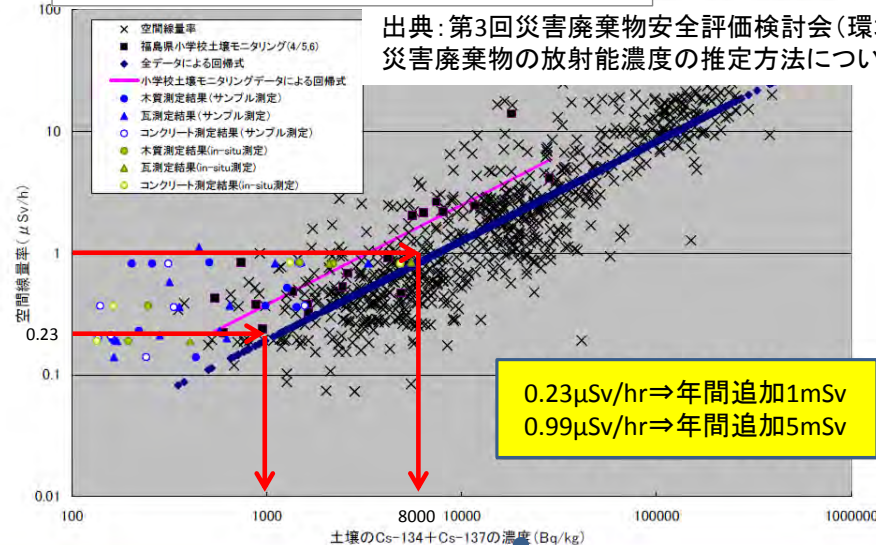


粘土質に多く付着している放射性セシウムを分級によって除去することで除染が可能。

関係関係  
のデータ) (2011/6/1に換算)

	媒体	種別	単位	試料土③
減容化なし	保管容積		L	70.59
減容化後 (計算)	保管時容積	締固めなし	L	20.70
		締固め時	L	17.85
	減容化率	締固めなし	%	59.3
		締固め時	%	74.7

脱水ケーキの締固めにより、約75%まで減容化可能。



0.23μSv/hを目標, 1,000Bq/kgに相当  
約1μSv/hを目標, 8,000Bq/kgに相当

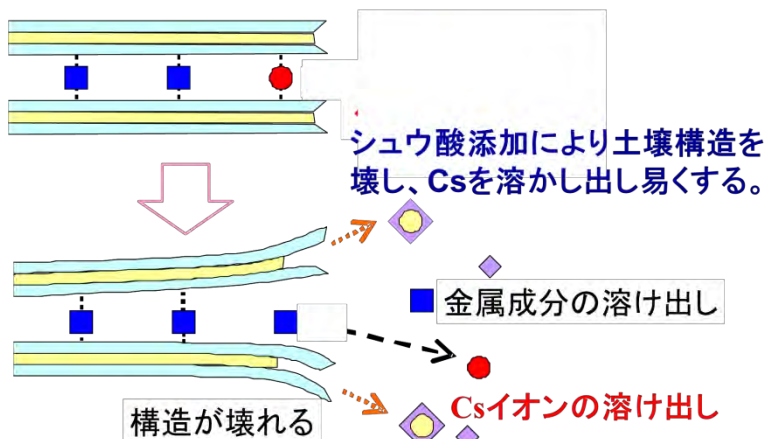
除染効果80%とすると  
再利用土壌の放射能濃度  
1,000Bq/kgの場合5,000Bq/kg  
8,000Bq/kgの場合40,000Bq/kg

## 土壌分級の適用範囲

減容化には、締固め等が必要。原土の細粒分が多い場合、増容する場合もある。除染目標1,000または8,000Bq/kgである場合、除染効果約80%であることから5,000または40,000Bq/kgまでの原土。分級実施場所は、除染現場もしくは仮置場が経済的。

## ●セシウム溶離原理

- Csイオン
- カリウムなど
- ◆ シュウ酸イオン
- ◆ 金属とシュウ酸の化合物



写真提供：(株)東芝

- セシウム溶離 : 土壌は外観上変化なく、土壌中のCsを最大**93%**除去できることを確認。
- セシウム回収 : 吸着剤を用いることで、二次廃棄物発生量が少なく、減容が可能であることを確認。
- シュウ酸分解 : シュウ酸は水と二酸化炭素に分解可能なことを確認。
- システム成立性 : 基本設計条件で、処理容量5トン/日の処理装置の概念設計を実施。

## ●試験結果とコスト評価

No.	実施者	特徴	除染前 Bq/kg	除染後 Bq/kg	除染率 %	減量率 %	実証試験 速度
8	東芝	有機酸	4,853	340～ 1,116	77%～ 93%	95%	600kg/h

シュウ酸(有機酸)による溶離によって、93%のセシウムが回収できることを実証した



## 成果

- 回転加熱による昇華、酸による除染は90%以上の除染効果。回転加熱は、下水汚泥にも応用可能
- 減容化には、締固め等が必要。  
除染目標1,000または8,000Bq/kgの場合、  
除染効果約80%では5,000または40,000Bq/kgまでの原土が適用範囲。
- 細粒分を除去するため、いずれの技術も農地へは適用が難しい。

## 課題

- コスト低減が課題
- 農地除染技術の開発が必要
- 減容技術適用場所の最適化(中間貯蔵場か仮置き場か)

# 建物・道路等の除染

- ✓ 水をなるべく利用しない除染方法への期待。
- ✓ 遊具の塗装等の除染方法を望む声あり。
- ✓ アスファルト、透水性舗装、インターロッキング等では高圧水洗浄の効果が低い。



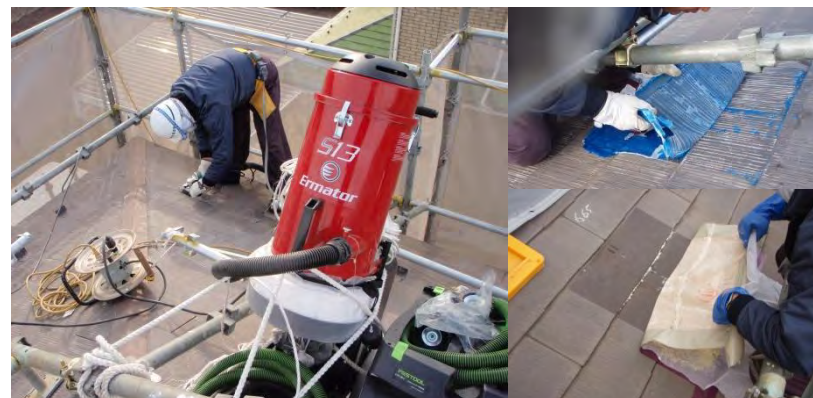
## 研磨、洗浄水の回収、超高圧水による洗浄等の除染技術の提案

No.	事業者	特徴	建物		道路	
			切削	剥離	特殊水	切削
10	志賀塗装(株)	切削: 吸塵式サンダー 剥離: ストリップペイント	○	○	—	—
11	京都大学	ナノバブル水	—	—	○	—
12	ネイチャーズ(株)	高濃度オゾン水	—	—	○	—
13	(株)キクテック	超高圧水洗浄	—	—	—	○
14	マコー(株)	ウェットブラスト	—	—	—	○

# 建物等の切削・剥離除染技術

## ●切削除染

- 屋根での試験結果390～3,523cpm  
除染後318～1,973cpm 32～75.5%減少
- 施工面積4m<sup>2</sup>/h



## 安全上の注意点

- 吸塵器排気口にはバグフィルタやHEPAフィルタ等を設置する。
- フィルタ交換時に粉塵が舞上るので、内部被ばくに注意する。

## ●剥離除染の比較

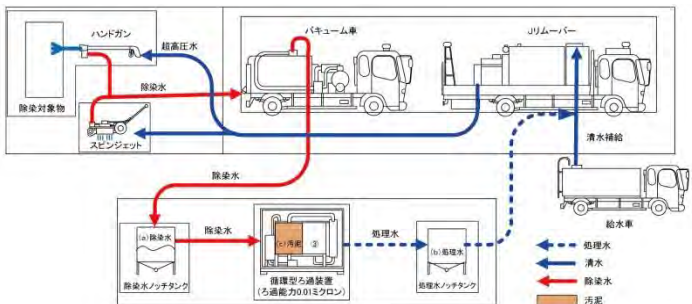



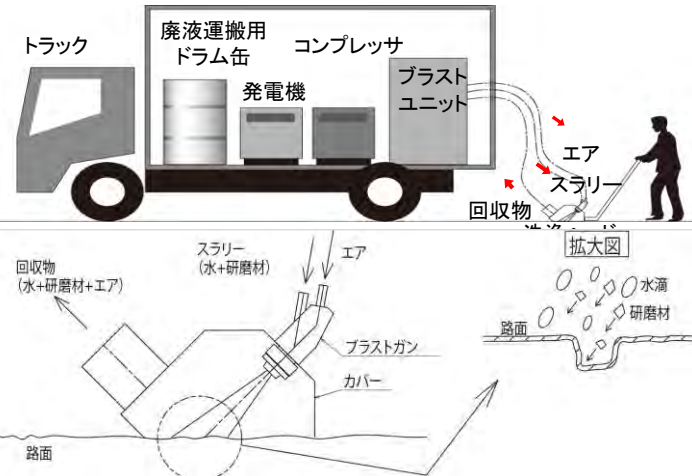

除染剤	価格(円/m <sup>2</sup> )	平均減少率(%)	
除染剤A	10,000	59	(34～84%)
低温仕様除染剤B	9,500	56	(50～62%)
汎用粘土	6,500	28	(18～38%)
ストリップペイント	2,900	25	(14～35%)

5℃以下では固化促進剤必要。冬場の使用は温度に留意

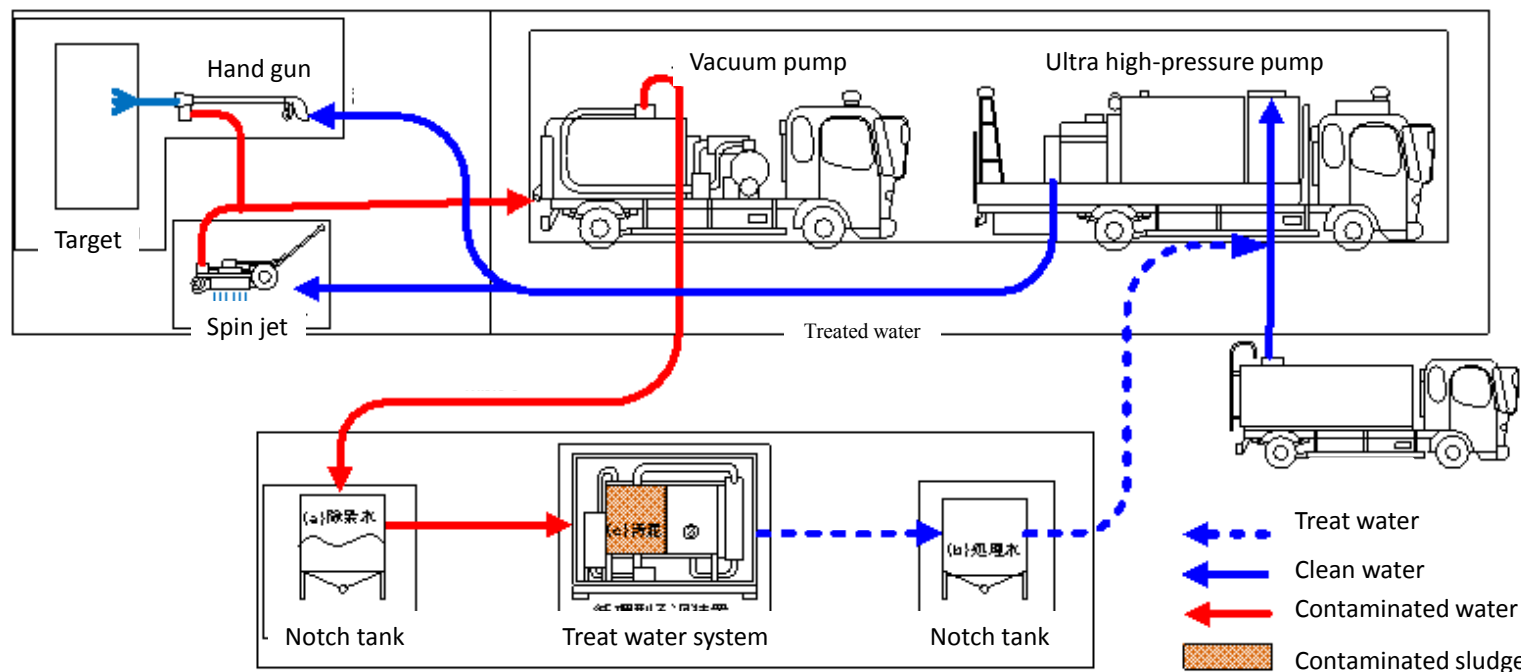
## 切削・剥離除染の適用範囲

切削除染の効果は、バラツキ大きく、効果としては50%程度である。  
剥離除染については、一定の除染効果はあるが、除染剤はコストが高い。

# 道路の超高圧水とウェットブラストによる 切削除染技術について

項目	超高圧水	ウェットブラスト
条件	最大280MPa, 水量30L/min	ブラスト材: アルミナ
水処理	凝集沈殿+フィルタ(UF+活性炭)	なし
作業速度	62m <sup>2</sup> /h	24m <sup>2</sup> /h
装置	   	 

# 超高压水除染技術

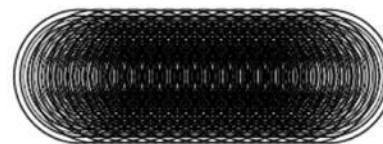
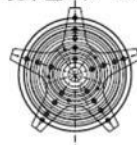


スターノズルセット  
道路白線消去用  
最大20穴

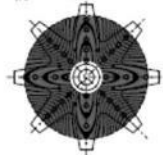


オクトパスノズルセット  
除染用に開発  
最大36穴

従来型スターノズルセット (20穴-18軌跡)



新型オクトパスノズルセット (36穴-36軌跡)



- ✓ ノズル1本あたりの衝撃力緩和
- ✓ 均一な切削軌跡

軌跡

※同進行速度、同回転数により比較



## 成果

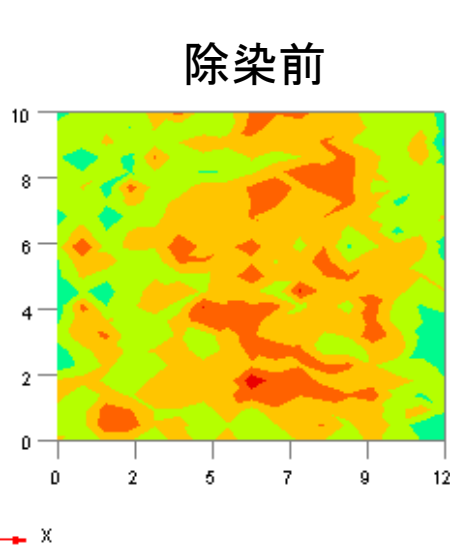
- 切削・剥離除染による建物の除染効果は約50%
- 超高压水では、いずれの路面も150Mpa以上の圧力により、1時間あたり62m<sup>2</sup>で放射性物質の90%以上を除去可能。
- ウェットブラストでは、いずれの路面(透水性舗装を除く)においても1時間あたり24m<sup>2</sup>で放射性物質の60～70%を除去可能。

## 課題

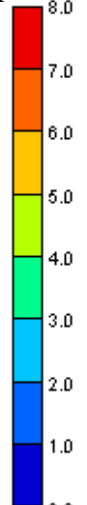
- 建物屋根については、より高除染率化とバラツキを抑えた安定的な除染手法の開発が必要。
- 超高压水洗浄、ウェットブラストはコストが課題。  
本格除染に適用するには、さらに効率化を図る必要がある。



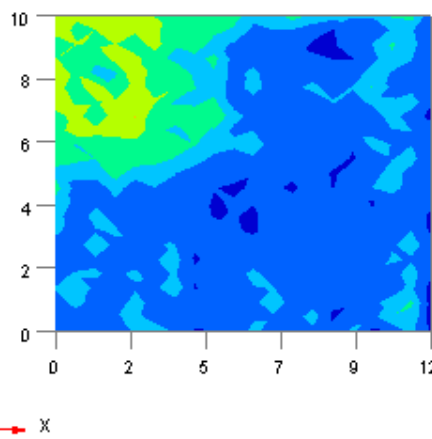
除染前



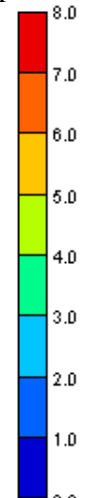
cps/cm<sup>2</sup>



除染後



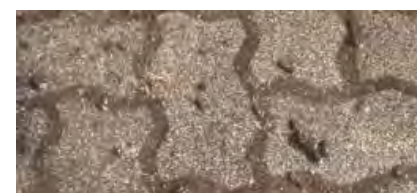
cps/cm<sup>2</sup>



回収しない高圧水除染の課題

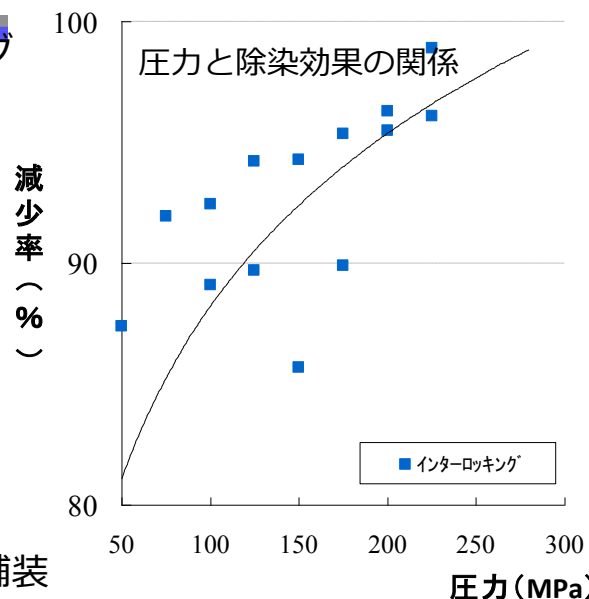


ムラ



目地砂の飛散

インターロッキング  
除染前 除染後

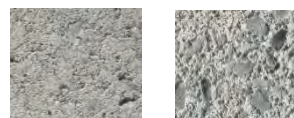


コンクリート舗装

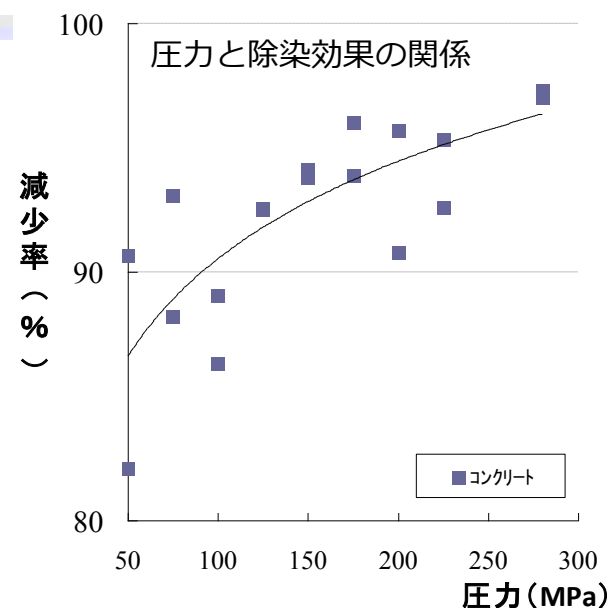
除染前 除染後



2,030→87cpm



53,180→1,438cpm

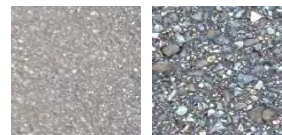


密粒アスファルト舗装

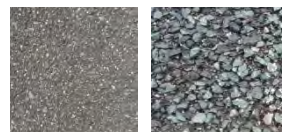
除染前 除染後



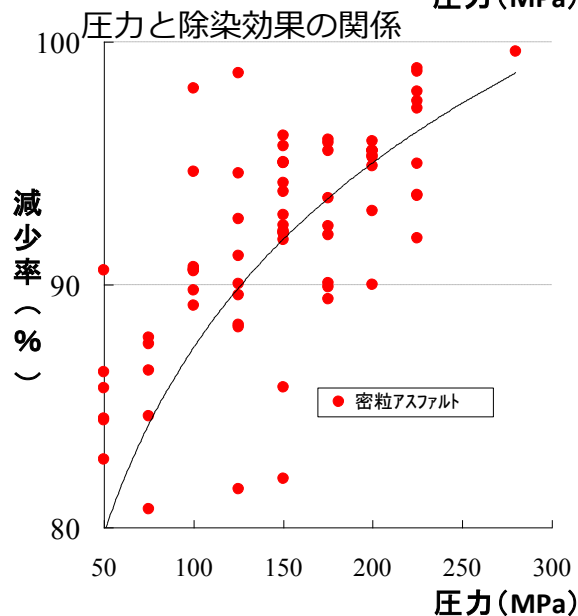
0.6 $\mu$ Sv/hr 225MPa  
1,710→41cpm



3.3 $\mu$ Sv/hr 225MPa  
9,702→573cpm



3.3 $\mu$ Sv/hr 280MPa  
53,448→213cpm

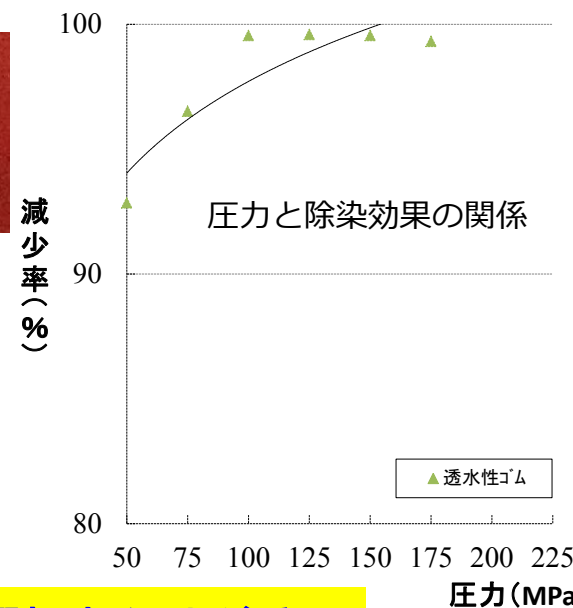


透水性ゴム

除染前 除染後



1,408→1cpm



高除染率かつ表面ダメージを抑えた最適水圧を選択することが重要

## 目的

超高压水除染技術を早期に除染現場に投入できるようにする。  
高線量地域における効率的な面的除染効果を確認する。

## 課題1

除染パラメータの最適化による作業効率の向上

## 課題2

適用範囲を広げるために様々な用途に合わせたヘッドの開発

## 課題3

再利用を目的とする水処理の最適化



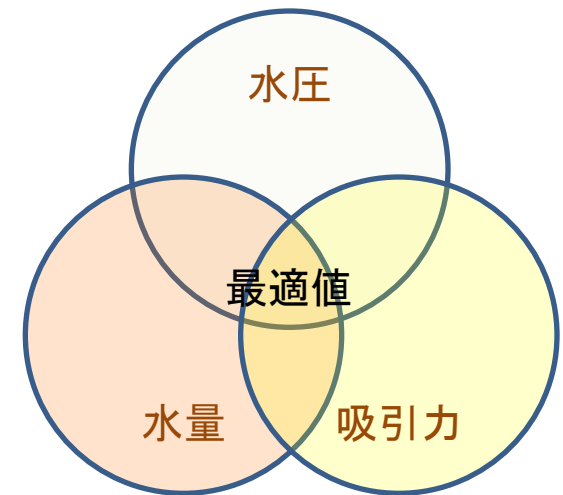
# 課題1へのアプローチ

## マルチジェットの開発

目標: 除染に必要な最適パラメータを把握し、1台の超高圧ポンプによって複数ヘッドの利用を可能にする。



中通りでは最大3台(作業効率3倍)まで利用可能であることを確認



乗用型ツインヘッドの開発

作業効率: 最大3倍を達成



# 中通りでの試験結果(ヘッド3台)

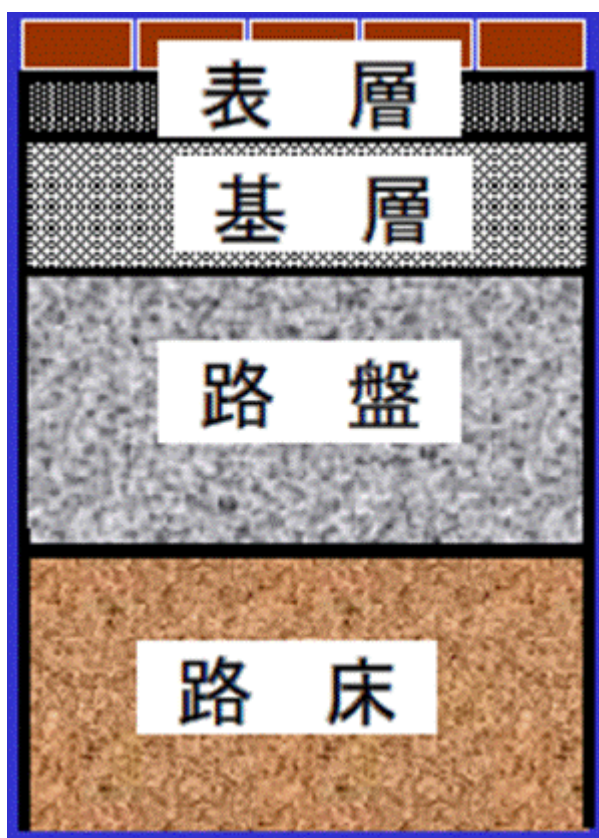
試験場所		路面材質	表面汚染(cpm)		水処理(Bq/kg)	
			除染前	除染後	原水	除染後
福島大学	福島市	密粒アスファルト コンクリート	500-700	60-70 (90%減)	550	2.0
芳賀池公園	郡山市	ウッドデッキ	150	60 (60%減)	1,600	N.D.
開成山プール	郡山市	ゴム 密粒アスファルト	2,300 1,400	81 (97%減) 66 (95%減)	1,600	N.D.
こむこむ館	福島市	ゴムチップ(透水性)	480	260 (47%減)	4,700	4.2
みずいろ公園	本宮市	インターロッキング	1,900	14 (99%減)	5,300	4.6
福島駅西口 駐輪場	福島市	透水性アスファルト	1,200	250 (79%減)	3,700	2.2

表面汚染はバックグラウンドを引いた値。測定誤差は省略

N.D.:  $^{134}\text{Cs}$ 0.63、 $^{137}\text{Cs}$ 0.73Bq/kg

# 路面の除染状況

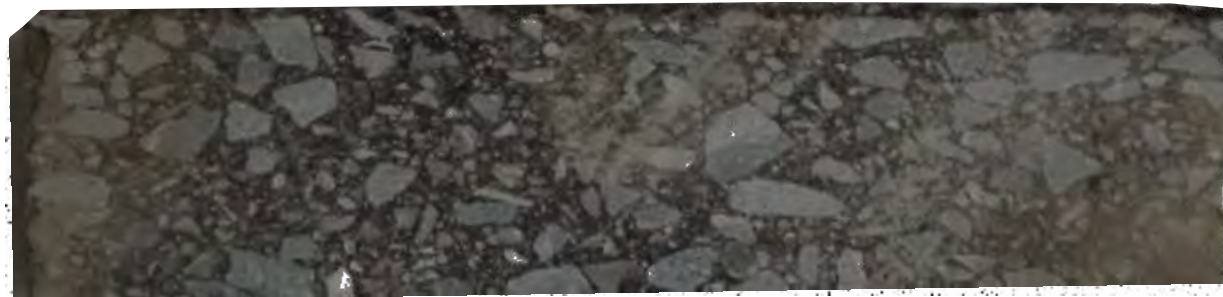
## 舗装面の構造



## 除染工法と適用深さの関係

ゼロ	ブラッシング等 高圧水洗浄 (数～数十MPa)
数 $\mu$ m～数mm	ブラスト法 (鉄、アルミナ等) 超高圧水洗浄 (数十～280MPa)
数mm～数cm	切削法 (・オーバーレイ)

断面



密粒AS



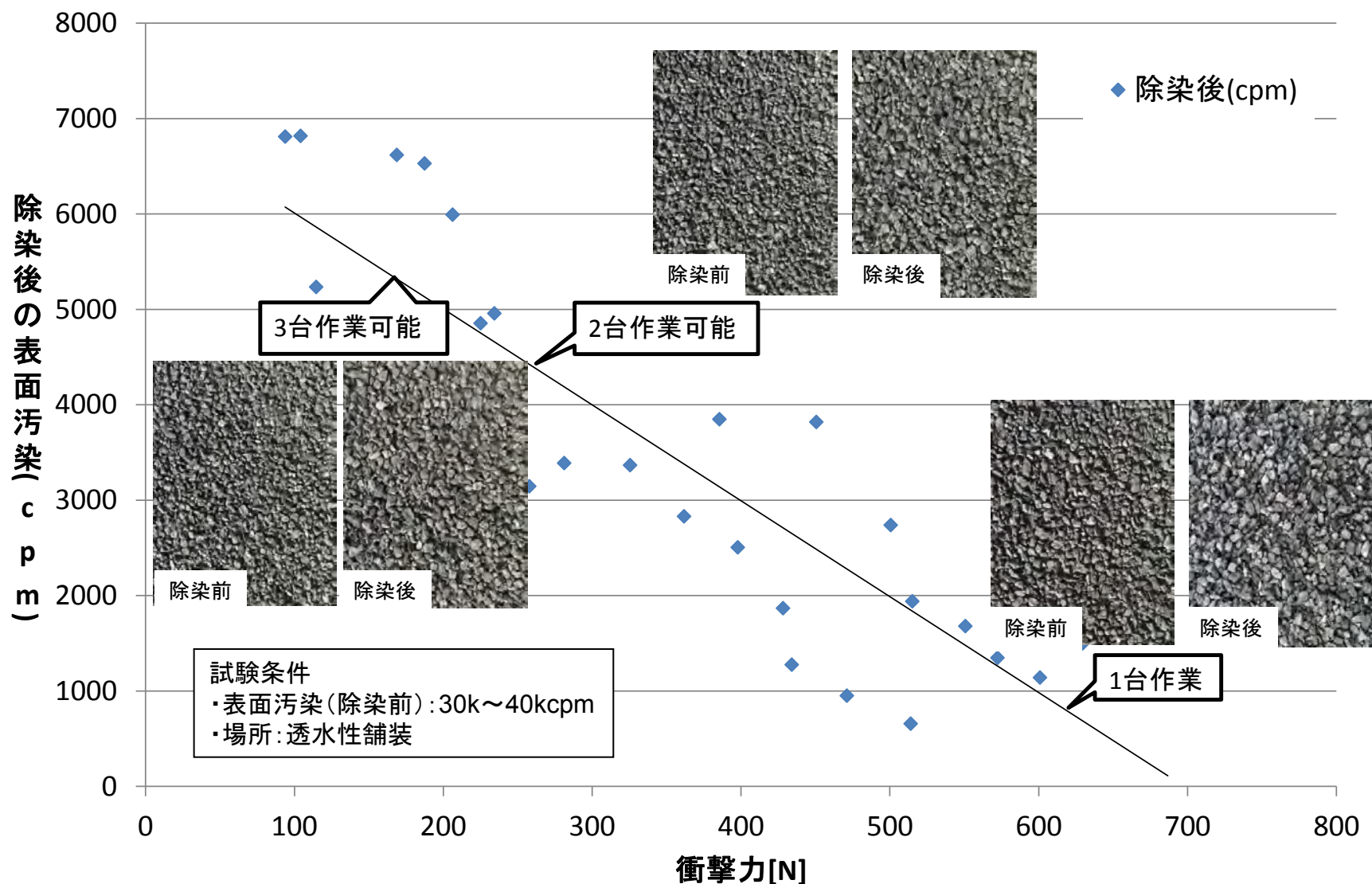
透水性AS 35

舗装設計施工指針 平成18年版より抜粋  
<http://www.road.or.jp/event/pdf/hosou02.pdf>

## 最適化試験(例:透水性アスファルト舗装)

路面への衝撃力＝噴射反力(水量、水圧の関数)として除染効果との相関を評価

$$\text{Impact Force[N]}=0.745 \times Q \quad (\ell/\text{min}) \times \sqrt{P[\text{MPa}]}$$

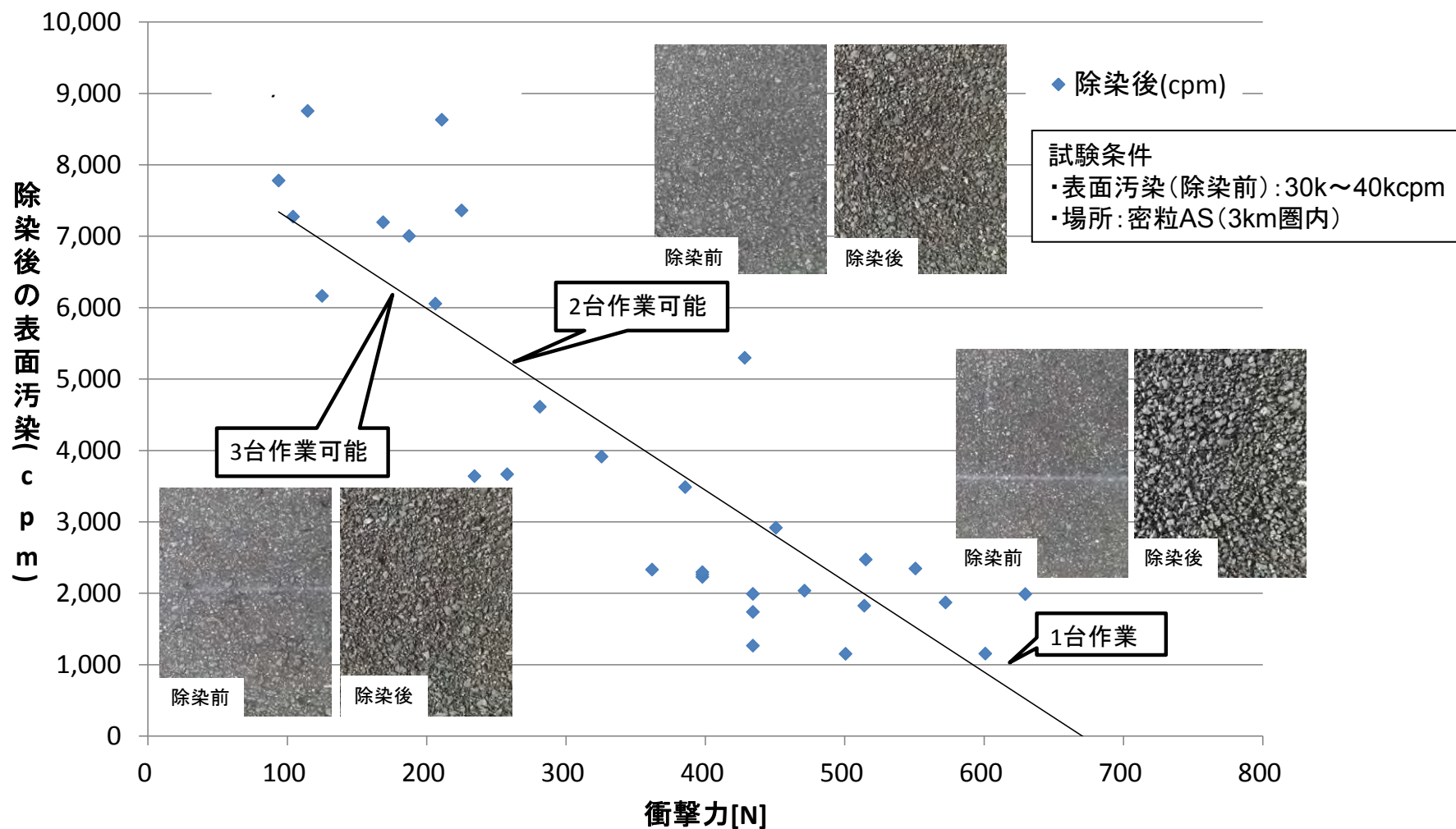




## 最適化試験(例:密粒アスファルト)

路面への衝撃力＝噴射反力(水量、水圧の関数)として除染効果との相関を評価

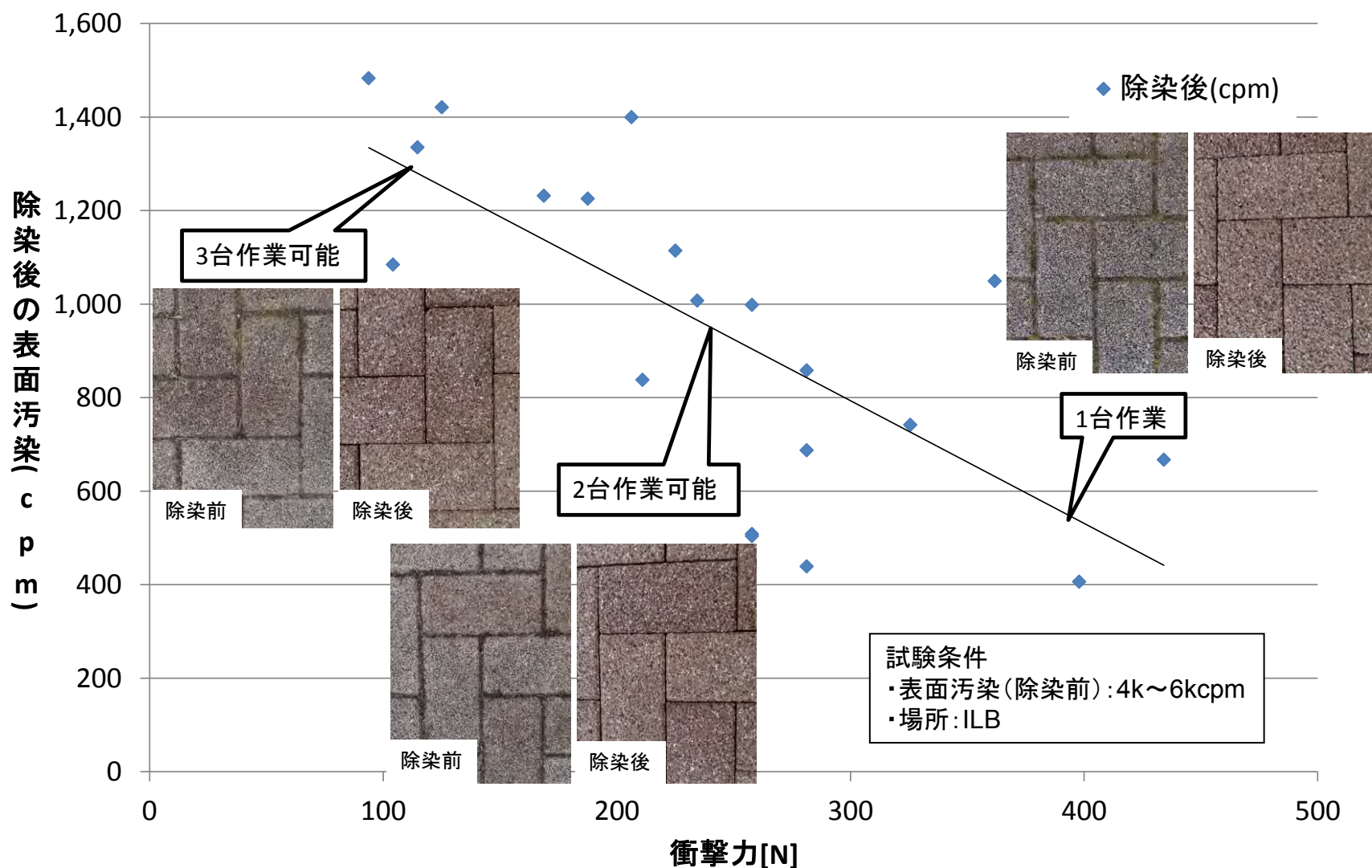
$$\text{Impact Force [N]} = 0.745 \times Q \quad (\ell/\text{min}) \times \sqrt{P [\text{MPa}]}$$



# 最適化試験(例:インターロッキングブロック)

路面への衝撃力＝噴射反力(水量、水圧の関数)として除染効果との相関を評価

$$\text{Impact Force[N]} = 0.745 \times Q \text{ (}\ell/\text{min)} \times \sqrt{P[\text{MPa}]}$$

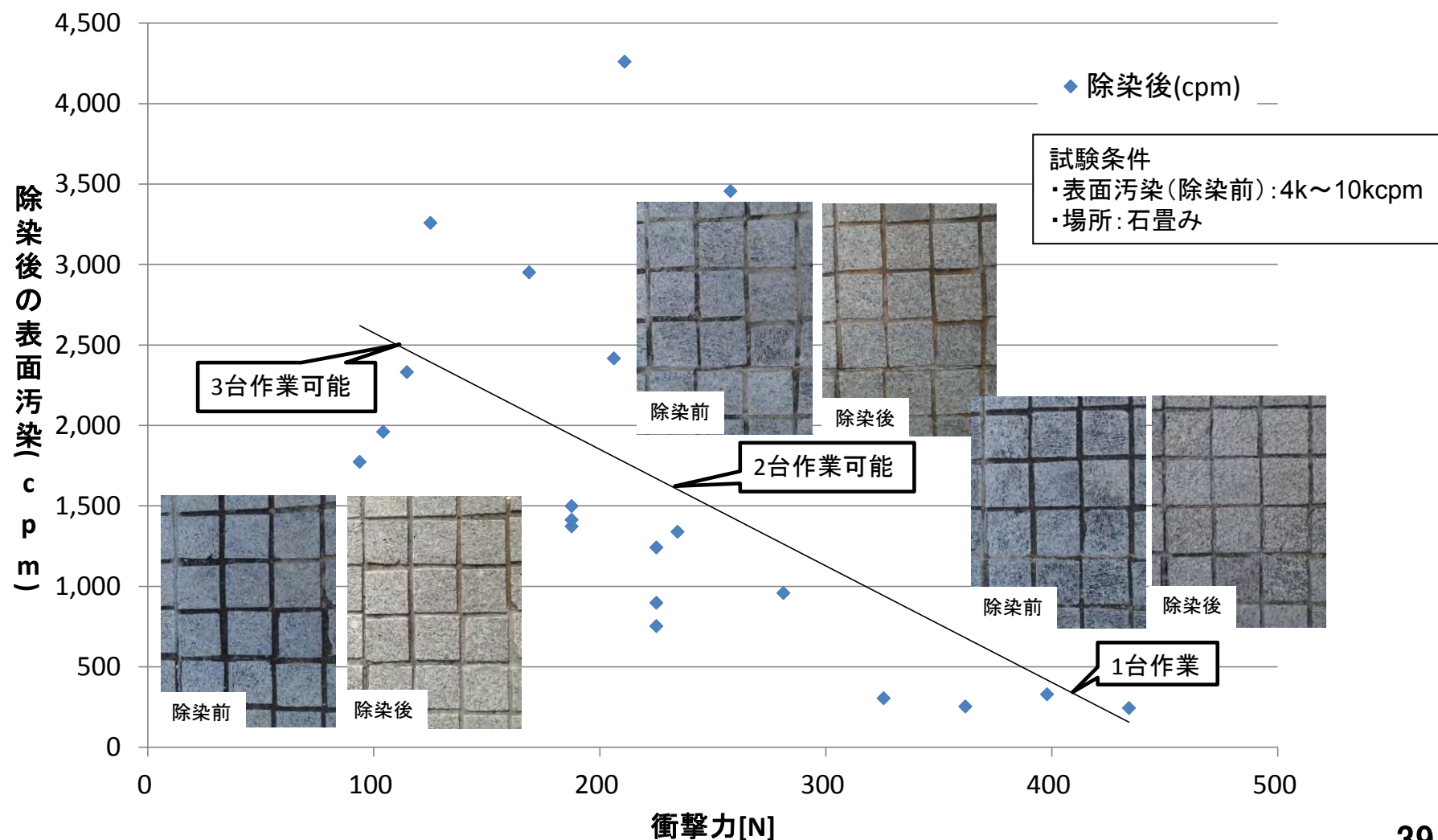




# 最適化試験(例:石畳み)

路面への衝撃力＝噴射反力(水量、水圧の関数)として除染効果との相関を評価

$$\text{Impact Force[N]} = 0.745 \times Q \text{ (}\ell/\text{min)} \times \sqrt{P[\text{MPa}]}$$



# ヘッド2台での作業風景





# 課題2へのアプローチ

## ハンディジェットの開発

目標：小型の超高圧ヘッドを開発し狭隘部等への適用性を拡大する。

狭隘部用



端部用



手持ち(ガン)用



手持ち(面)用



出隅用



5種類の小型ヘッドを開発

## 課題

事前測定を行う測定員の被ばく量が多い(1点3分程度、2～3人で測定)

## 高速測定装置

- ・10～20倍の測定効率向上
- ・高線量地域では時定数短くても測定誤差少ない
- ・0～1Sv/hまで測定可能
- ・1点3～10秒程度。1人で測定可能

## 低減策

高速測定装置等を用いたり、除染に必要な導線上をまずは除染するなどの措置により作業員の被ばくを低減



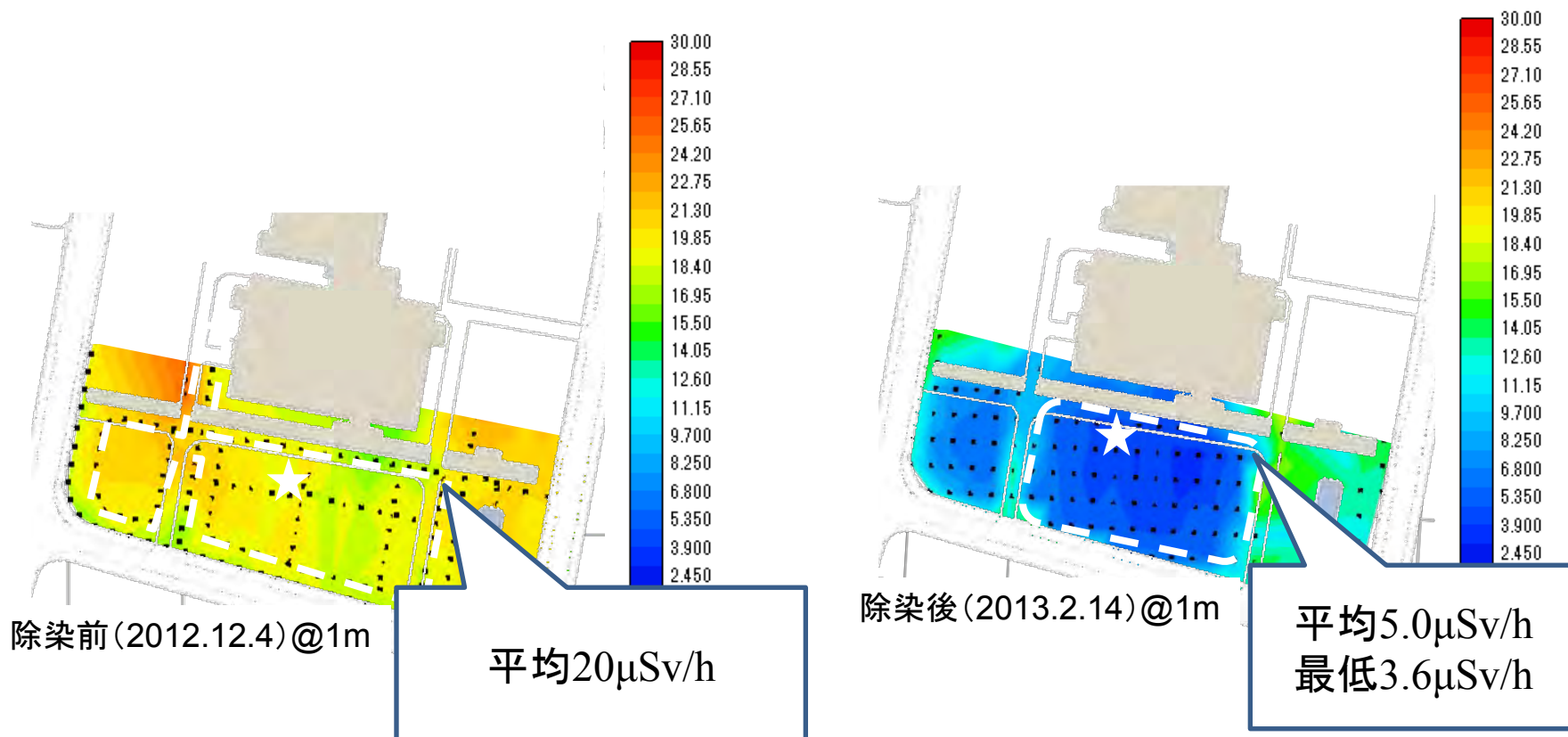
高速測定装置(ガンマプロッタH)

# 高線量域における面的除染効果

場所: 駐車場(透水性アスファルト)

表面汚染密度: 30~50kcpm $\Rightarrow$ 3~4kcpm (DF10以上)

測定: 高速測定装置(ガンマプロッタH)





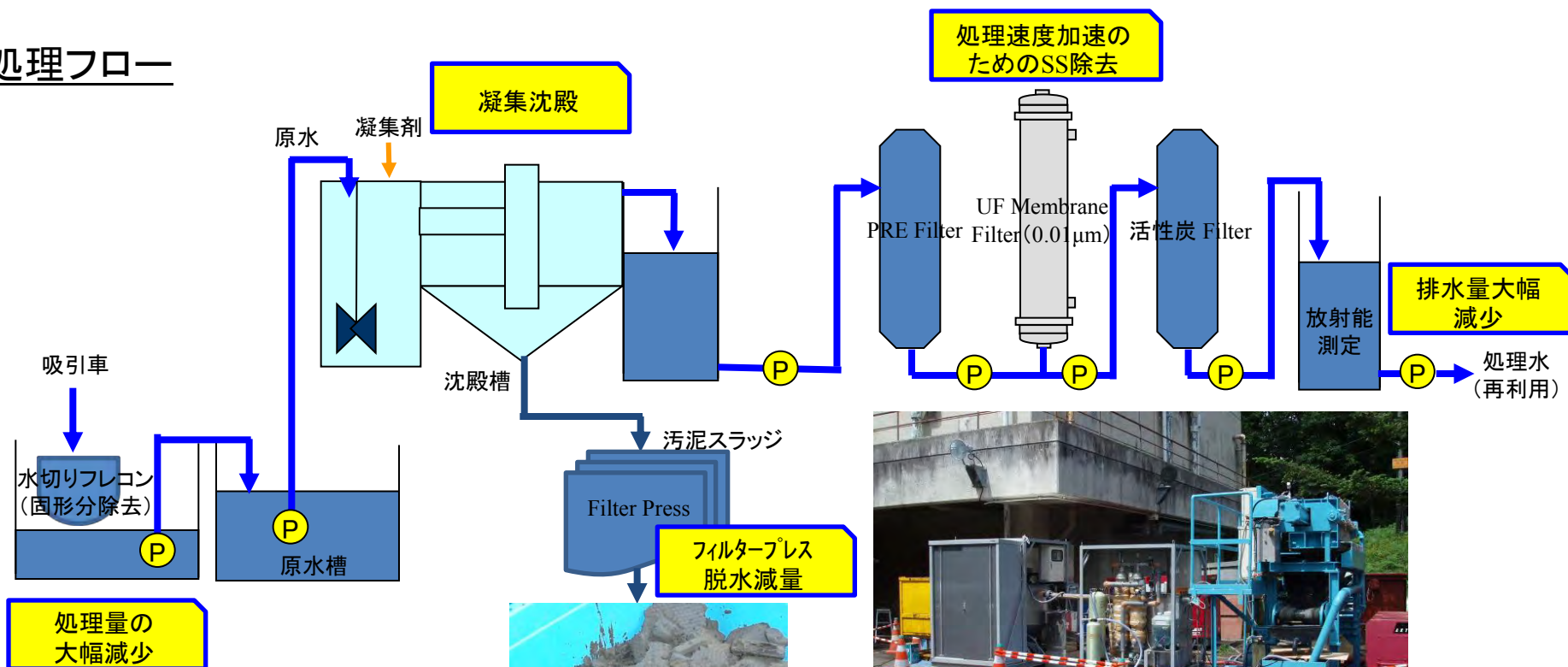
# 課題3へのアプローチ

## 水処理の最適化

目標：高線量地域においても(1)式を余裕をもって達成する水処理の最適化を行う。

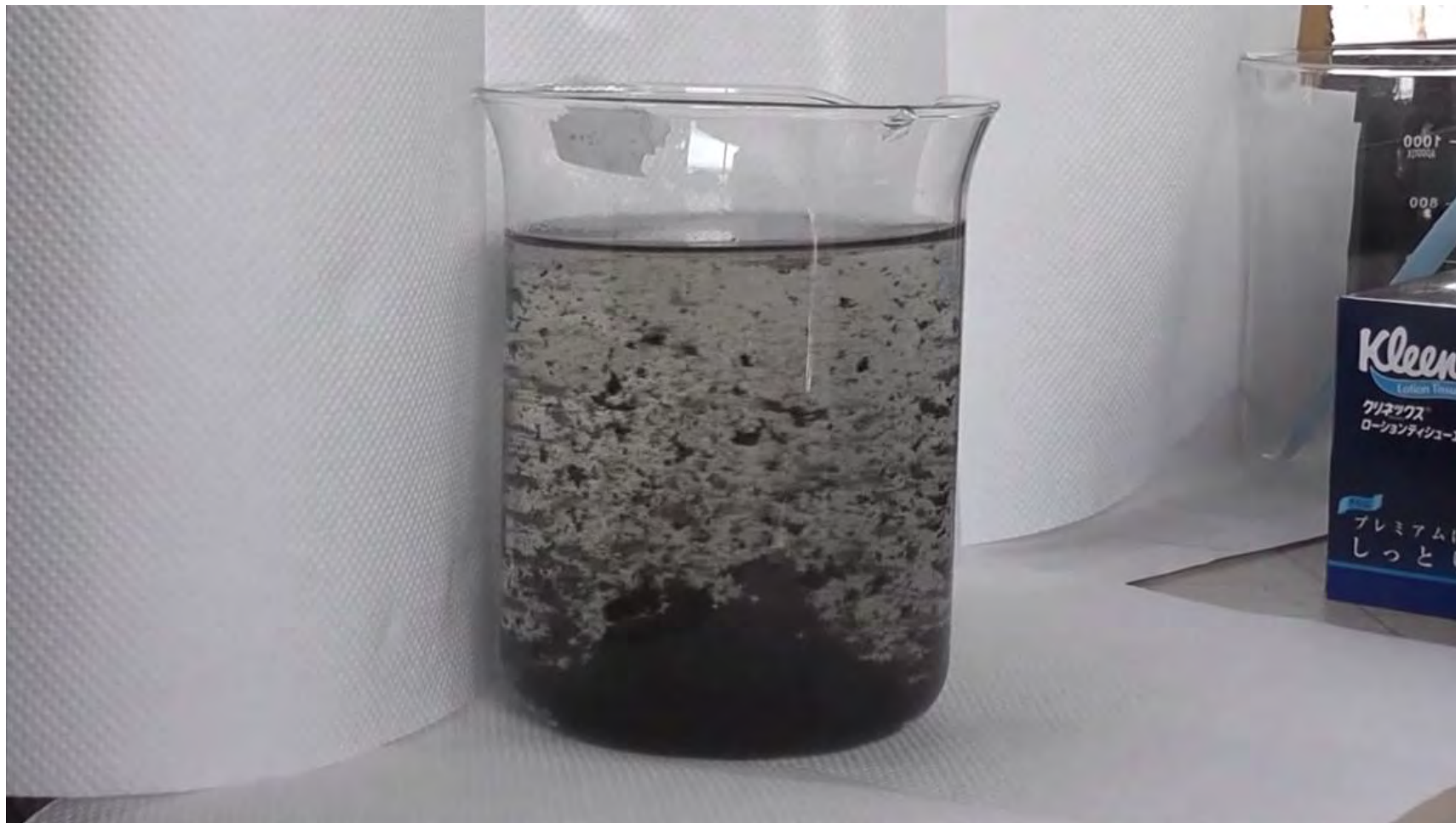
$$\frac{\text{セシウム134濃度 (Bq/kg)}}{60} + \frac{\text{セシウム137濃度 (Bq/kg)}}{90} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (1) \text{式}$$

## 処理フロー



装置全景

# 凝集沈殿の様子



# 水処理結果(例)

路面	処理内容	凝集剤添加量 (ppm)	SS (mg/L)	濁度 (°)	$^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ (Bq/kg)	減少率 (%)	DF
密粒AS (町道)	原水	—	16,000	4,500	150,000	—	—
	PAC+高	PAC:250 高:250	27	22	290	99.8	530
	PAC+高 +UF	PAC:250 高:250	2.0	5.1	1.8	100.0	86,000
透水性AS (駐車場)	原水	—	8,900	8,400	230,000	—	—
	PAC+高	PAC:250 高:250	10	4.0	190	99.9	1,200
	PAC+高 +UF	PAC:250 高:250	1.0以下	0.2	N.D (下限値1.0)	100.0	230,000
コンクリート (敷地内)	原水	—	1,700	770	54,000	—	—
	PAC+高	PAC:250 高:250	9.0	8.0	1,200	97.8	46
	PAC+高 +UF	PAC:250 高:250	1.0以下	0.4	1.9	100.0	29,000

表面汚染はバックグラウンドを引いた値。測定誤差は省略

PAC:ポリ塩化アルミニウム(凝集剤)、高:高分子凝集剤(ゼオライト含有)、UF:0.01 $\mu\text{m}$  **46**

# 超高圧水除染のまとめ

## 課題1

除染パラメータ(水量、水圧、吸引力)の最適化し、最大3倍の作業効率の向上が図られた。高線量地域においても十分な除染効果が得られることを確認した。

## 課題2

用途の異なる5種類の小型ヘッドを開発し、適用性拡大を図った。

## 課題3

高線量域でも水を再利用できることを実証。

## 本技術は

除染特別地域(国直轄)の標準除染工法に採用(平成24年6月)され、檜葉町で施工された。

非直轄地域の除染でも条件付きで予算措置(平成24年12月)がなされた。



# 環境省 平成23年度除染技術実証事業

○今後除染作業等に活用し得る技術を発掘し、除染効果、経済性、安全性等を確認するため、実証試験の対象となる除染技術を公募。(公募期間:平成23年12月28日～平成24年2月29日)

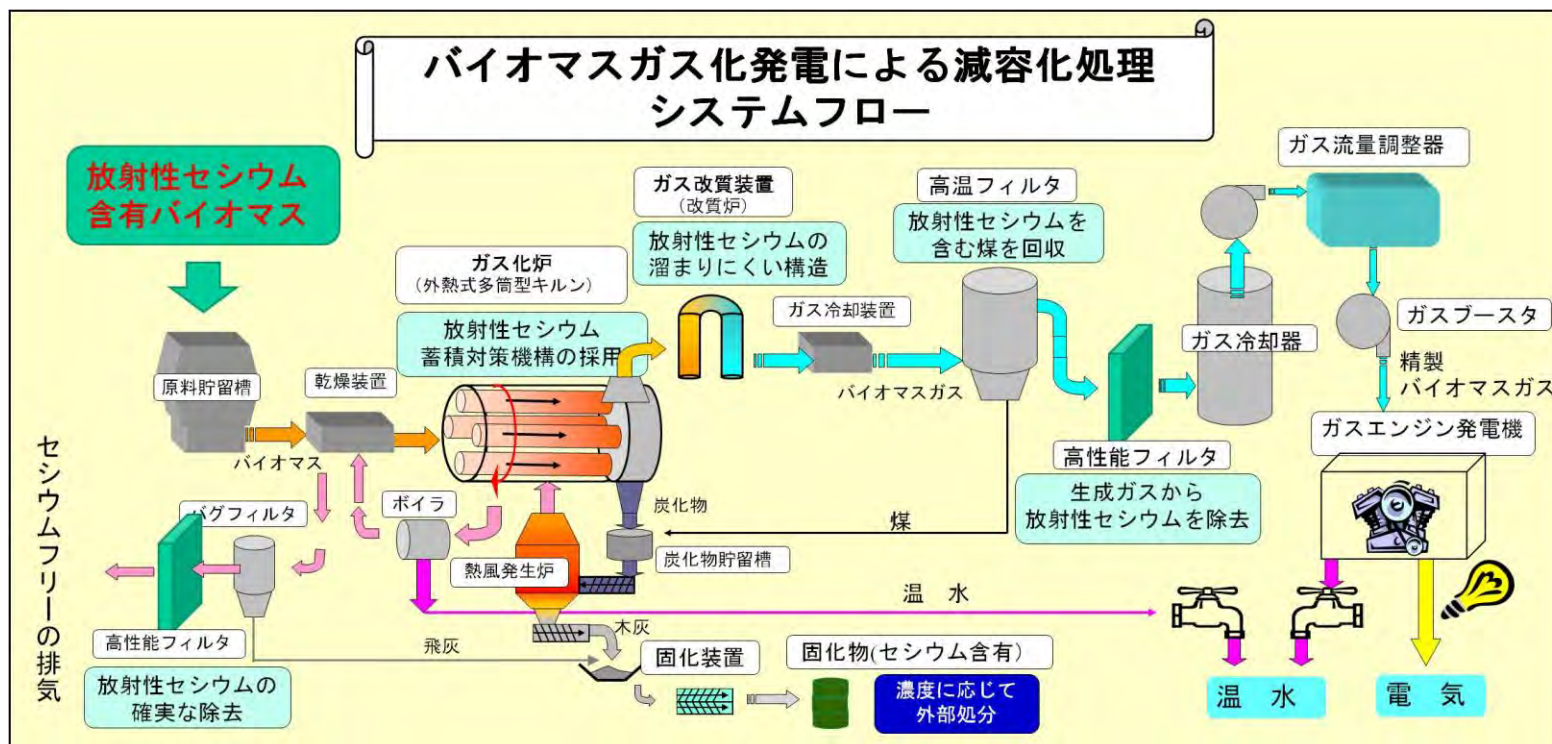
対象物	手法	特徴	実施代表者の所属機関	No.
路面・ コンクリート等	高圧水洗浄	高圧水洗浄、汚水回収・処理・循環	福島小松フォークリフト株式会社	1
	超高圧水洗浄	吸着・自走式装置による壁面等の超高圧水洗浄	村本建設株式会社	2
	超高圧水洗浄、 剥離	大型・中型・小型の超高圧水洗浄装置、塗膜剥離	東電工業株式会社	3
土壌	分級	湿式分級、擦りもみ洗浄(湿式)、濃縮残渣処理の自動化	清水建設株式会社	4
		混気ジェットポンプ、螺旋式分級装置(湿式)	前澤工業株式会社	5
		混気ポンプ、篩式分級(湿式)	財団法人 原子力研究バックエンド 推進センター	6
	表土剥ぎ	解砕・分級(乾式)、表面研磨(乾式)	富士古河E&C株式会社	7
ため池など の底土	凝集沈殿	光ファイバーによる面的な線量測定、表土剥ぎ取り	株式会社IHI	8
	浚渫、分級	凝集沈殿(高速)	三菱化工機株式会社	9
有機物	減容	浚渫装置、遠心分離式分級(湿式)	東洋建設株式会社	10
	炭化	灰化(低温燃焼)	国立大学法人 東北大学	11
		炭化(可搬式)	株式会社 山口製作所	12
	<u>バイオマス発電</u> 、 エタノール製造	熱分解によるガス化・炭化、発生ガスの利用	鉄建建設株式会社	13
		エタノール製造(草本・木質系)	株式会社 コンティグ・アイ	14
		ファイトレメディエーション、エタノール製造(多糖類植物)・ ガス化発電	財団法人 日本グラウンドワーク協会	15
バーク	洗浄	熱分解(炭化・ガス化)、炭の燃焼	株式会社 鴻池組	16
		摩砕洗浄	株式会社 鴻池組	17
焼却灰	固化(超流体工法)	水洗、圧縮成型	会津土建株式会社	18
	洗浄	遠野興産株式会社	遠野興産株式会社	19
瓦礫	研削	固化剤と外部振動による焼却灰の固化・減容化	株式会社 間組	20
	摩砕・分級	飛灰からのCs溶出、プルシアンブルーでのCs吸着	郡山チップ工業株式会社	21
		ウェットブラスト	マコー株式会社	22
		水分固化、摩砕分級(乾式)	高砂熱学工業株式会社	23



## 除染に伴い発生する有機物のバイオマスガス化発電による減容化及びエネルギー回収

## 【目的】

本検討は、除染等に伴い発生する放射性セシウム含有有機物をバイオマスガス発電の燃料として利用することで、安全で経済的な放射性セシウム含有有機物の減容化の促進を図ることを目的とし、その前提として、実証試験により放射性セシウムの移動・濃縮・蓄積とそれに伴う空間線量率等への影響を確認したもの。



## 【実施内容】

### ①室内試験:

管状炉を用いて模擬汚染チップの熱分解試験(炭化)と炭の燃焼試験を行い、安定セシウムの挙動を確認

### ②現地試験:

バイオマスガス化試験装置により放射性セシウムを含む枝葉等のガス化(炭化処理)試験と燃焼処理試験を行い、放射性セシウムの挙動を調査



実験用管状炉



バイオマスガス化試験装置



# 除染に伴い発生する有機物のバイオマスガス化発電による 減容化及びエネルギー回収

## 放射性セシウム汚染試料

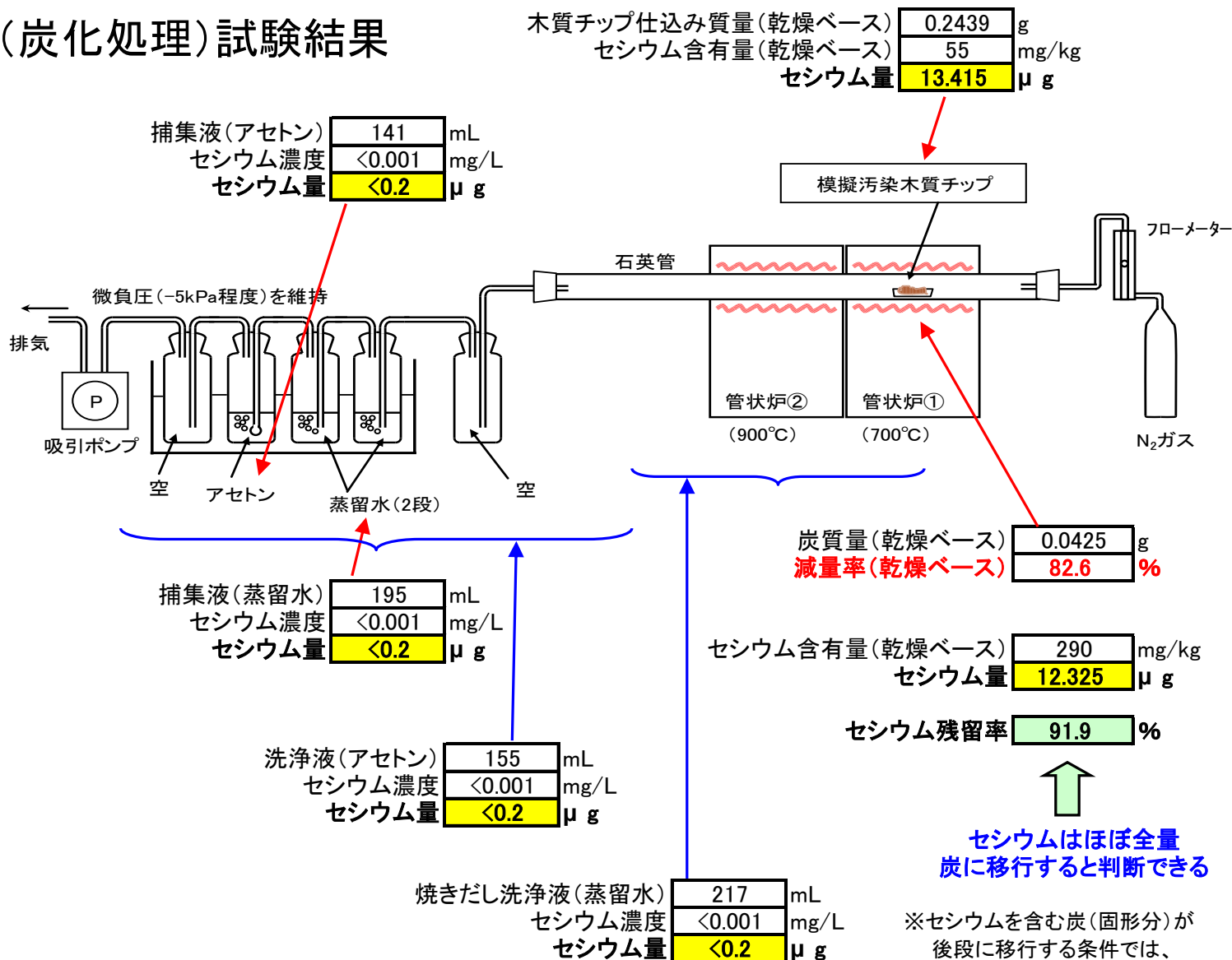
奥州市内で採取

木チップ(杉間伐材)	牧草	木チップ(杉の枝葉)
H23冬～H24春の間伐材を 樹皮付きでチップ化	事故後に刈り取った一番 草。(農家保管分)	H23冬～H24春の時の林 地残材を採取してチップ化
84Bq/kg-wet	1,968Bq/kg-wet	1,708Bq/kg-wet



# 除染に伴い発生する有機物のバイオマスガス化発電による 減容化及びエネルギー回収

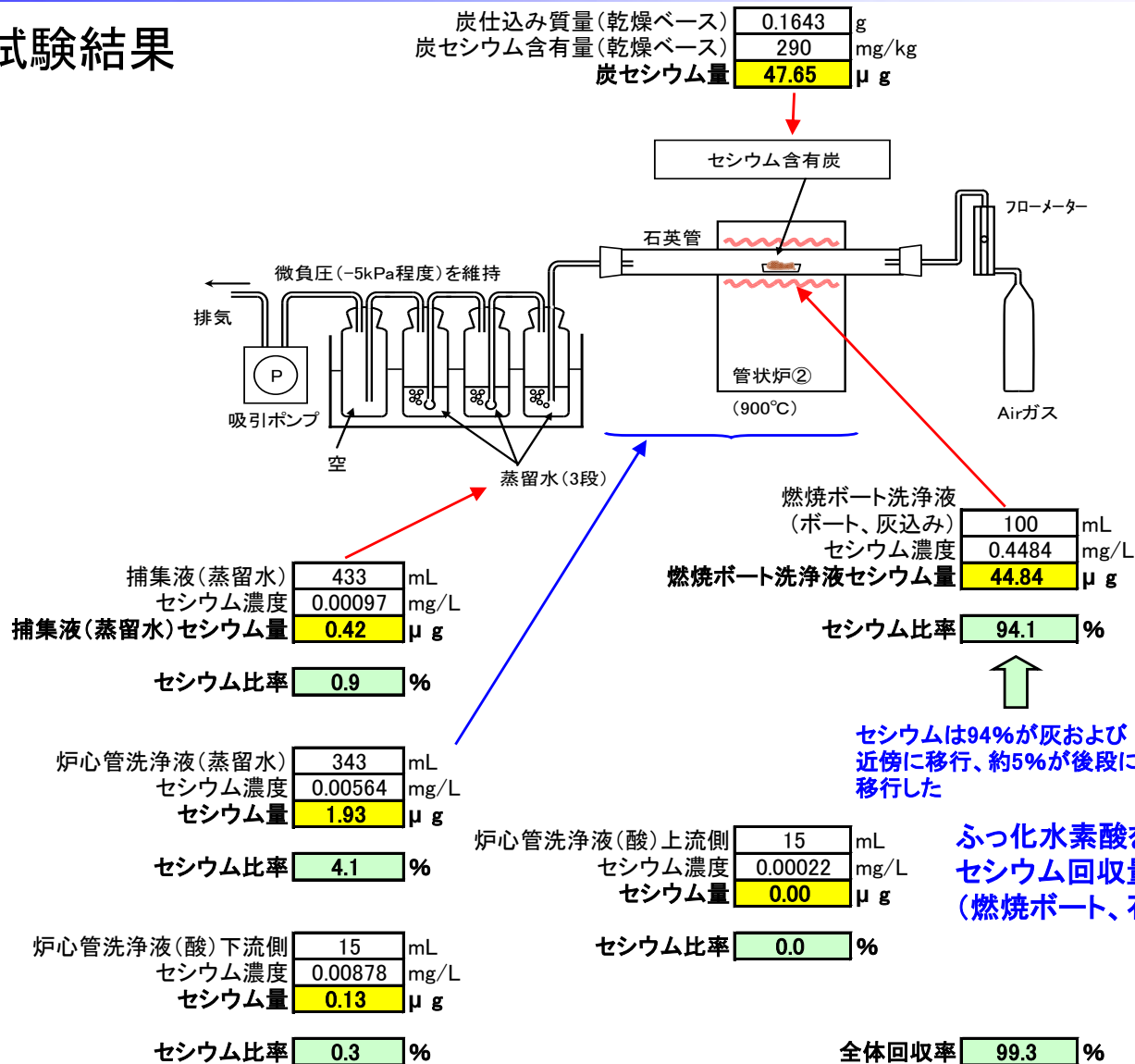
## ガス化(炭化处理)試験結果





# 除染に伴い発生する有機物のバイオマスガス化発電による 減容化及びエネルギー回収

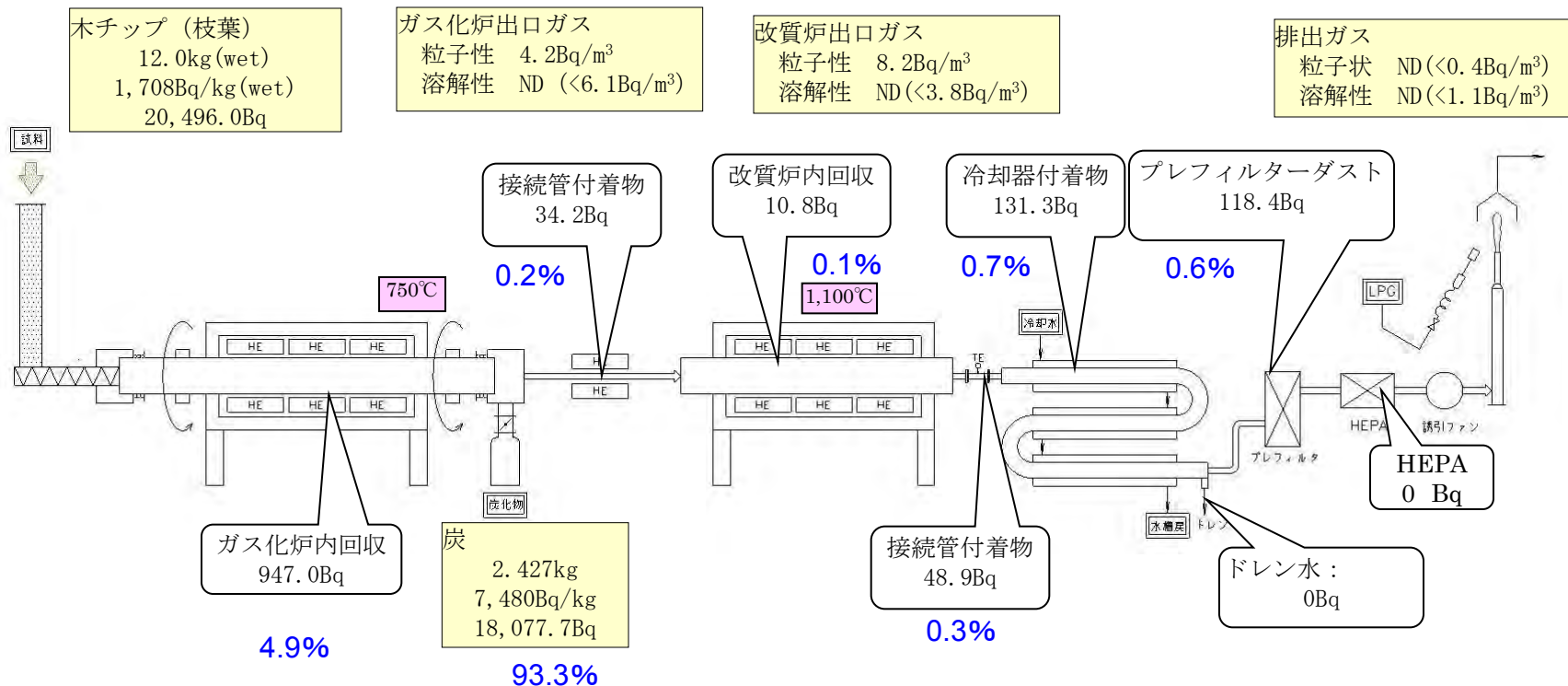
## 燃焼処理試験結果



セシウムの収支を確認⇒系内に全量存在し、系外には出ていない

# 除染に伴い発生する有機物のバイオマスガス化発電による減容化及びエネルギー回収

### ガス化(炭化処理)試験③ ー 木チップ(枝葉)



## 固形分収支

投入量 9.756kg-dry

回収量 2.427kg-dry(ダスト等含む)

回收率 24.9%

## セシウム収支

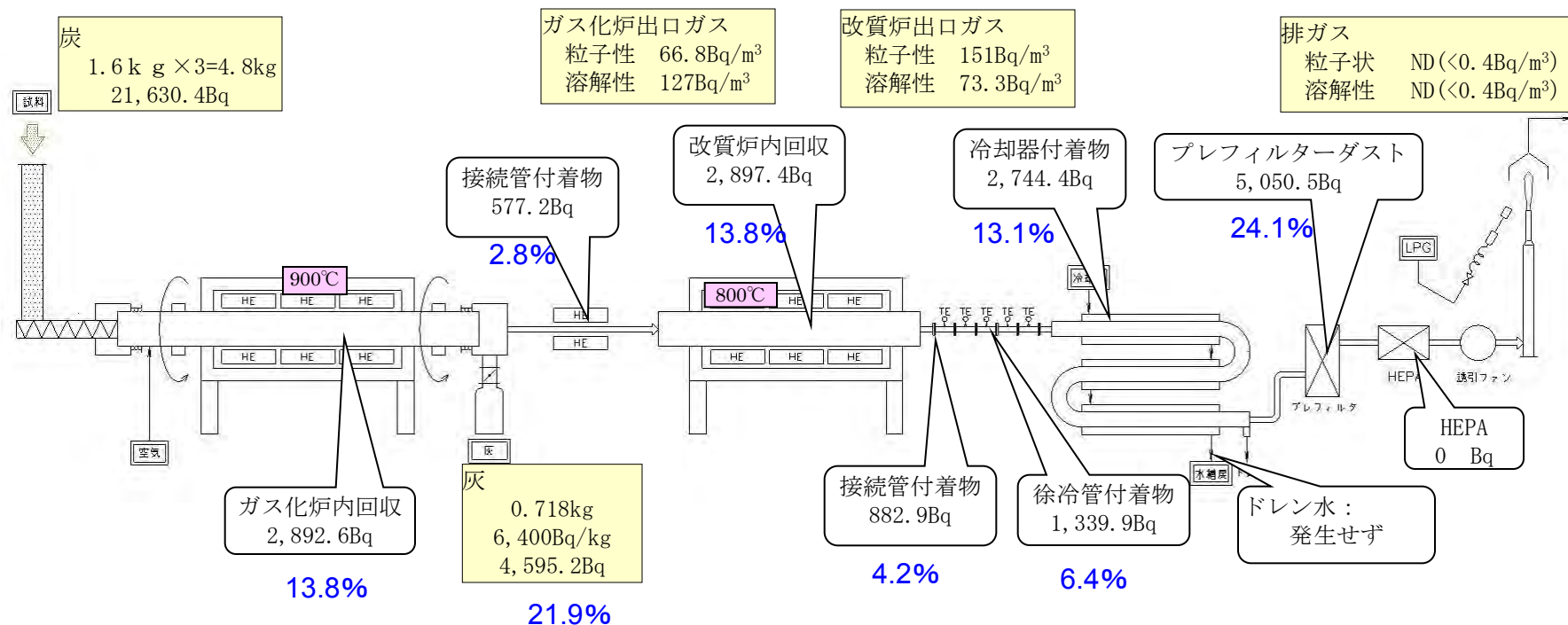
投入量 20,496.0Bq

回収量 19,368.2Bq(ガス分析分含む)

回收率 94.5%

# 除染に伴い発生する有機物のバイオマスガス化発電による 減容化及びエネルギー回収

## 燃焼試験 — 炭(3種混合) 試験結果



### 固形分収支

### (原料換算)

### セシウム収支

投入量 4.796 kg-dry  
回収量 0.718 kg-dry  
回収率 15.0%

投入量 18.372 kg-dry  
回収量 0.718 kg-dry  
回収率 3.9%  
(減量化率 96.1%)

投入量 21,630.4 Bq  
総回収量 20,980.3 Bq (ガス分析分含む)  
回収率 97.0%

## 燃焼処理試験



試料(3種の炭)



運転状況(試料投入)



炉内燃焼状況



灰(主灰相当)



付着物の状況(1)



付着物の状況(2)



# 除染に伴い発生する有機物のバイオマスガス化発電による 減容化及びエネルギー回収

## 灰の化学成分

化合物名	単位	主灰相当	飛灰相当				
		灰	接続管(ダクト) 付着物	改質炉内 回収物	改質炉出口 付着物	排出管(徐冷 管)付着物	プレフィルター ダスト
Na <sub>2</sub> O	wt%	—	4.2	3.9	5.7	4.2	0.77
MgO	wt%	4.3	0.72	0.46	0.44	0.043	0.021
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	wt%	2.7	0.63	0.4	0.43	0.22	0.085
SiO <sub>2</sub>	wt%	23.5	1.7	2.2	0.9	0.82	0.05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	wt%	7.1	1.1	0.71	0.71	0.34	0.01
SO <sub>3</sub>	wt%	1.9	2.1	1.4	1.8	2.6	0.54
Cl	wt%	2.7	40.1	30.0	42.3	42.7	2.4
K <sub>2</sub> O	wt%	20.0	31.8	21.4	30.8	33.0	1.7
CaO	wt%	21.2	5.8	3.3	3.5	1.8	0.031
その他	wt%	16.7	5.2	30.3	3.2	2.5	0.5
強熱減量	wt%	0.97	6.53	5.85	10.13	11.82	93.90

(注) 水分や炭素成分の影響も考慮し、別途測定した強熱減量の値も反映した推定定量値

付着物の主成分が塩素とカリウムであることから、塩化カリウムが主体と想定

塩化カリウムはガス状で流下し、冷却に伴い析出・付着したと考えられる。

セシウムもカリウムと類似の挙動を示しているのではないかと推定される。

## 【まとめ】

- 炭の燃焼時、セシウムの2割は主灰に残留したが、残りはガス側に移行
- 排ガスおよびHEPAフィルタではセシウムは不検出（装置内付着ないしプレフィルタで除去された）
- 売電（FIT制度利用※）等の収入を考慮すると、営業運転可能（処理費用不要）。純粹な処理を行う場合、処理コストは12千円/t
- セシウム付着対策、遮蔽措置を行うことで、作業空間の空間線量を約6割低減可能と想定

※未利用間伐材等の林地残材を木質バイオマスとして利用する場合、伐採・集材・運搬など、燃料の調達に関するコストが大きな問題。そのため、コストが見合わずに、今まで利用が進まなかった未利用間伐材等についても、固定価格買取制度（FIT制度）の施行に伴って、利用が促進されることが期待。



# 環境省 平成24年度除染技術実証事業

○今後除染作業等に活用し得る技術を発掘し、除染効果、経済性、安全性等を確認するため、実証試験の対象となる除染技術を公募。(公募期間:平成24年5月25日～8月31日)

対象物	手法	特徴	実施代表者の所属機関	No.
路面・ コンクリート	超高压水洗浄	超高压水・少水量洗浄、汚水回収・処理・循環（可搬式）	清水建設株式会社	1
	切削	特殊ビット、薄層切削	株式会社NIPPO	2
土壌	表土剥ぎ	法面の無人高所掘削機械	株式会社深沢工務所	3
汚泥	焼却	水ガラスによる固化、フェロシアン化鉄	国立大学法人東京工業大学	4
水	水処理	機能性炭化物によるイオン吸着・ろ過（可搬式）	株式会社ガイア環境技術研究所	5
底質	浚渫	薄層浚渫、薄層覆砂	大成建設株式会社	6
有機物	炭化	過熱水蒸気による炭化	白河井戸ボーリング株式会社	7
	減容	低温熱分解、非汚染留分の燃料化	遠野興産株式会社	8
	焼却	炉内空冷式焼却による焼却・減容（可搬式）	辰星技研株式会社	9
	洗浄	水洗、木材（バーク付原木）の表面汚染密度測定	株式会社ネオナイト	10
焼却灰	溶融	焼却灰の溶融による安定化・減容化	株式会社神戸製鋼所	11
	固化・不溶出化	複合合成樹脂による固化	株式会社E&Eテクノサービス	12
		セメントによる焼却灰の造粒、固化後の水洗	株式会社 大林組	13
再利用		汚染ガレキのコンクリート骨材利用	戸田建設株式会社	14
その他（廃棄物処理等）		多機能盛土による保管	旭化成ジオテック株式会社	15



# S-Jetモバイル除染システム(少量型超高压ウォータージェット)による高効率除染とゼオライトインラインフィルターを用いた水のリサイクル技術の実証

## 事業の概要

少水量(水量3ℓ/min以下、水圧180MPa)で高効率な除染が可能なこと、及び全ての除染関連機器を4tトラック1台に搭載しオンサイトで除染廃液処理が可能な高機動性除染システムであることを実証する。

## 実施内容

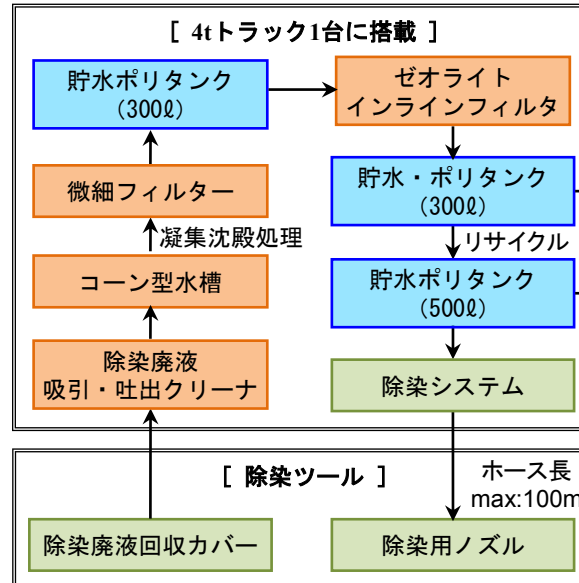
1. 除染システムの実証  
最適な除染効率となる、施工条件を施工部位ごとに明らかにする。
2. 除染廃液処理試験  
除染システムで回収された除染廃液を放流可能なレベルまで処理できる条件を明らかにする。

## 事業の主な実施場所

伊達市(福島県)

## 技術概要

### 1. 試験フロー



### 2. 試験目標

- (1) 汚染濃度・部位に応じた最適パラメータの設定
  - ・表面汚染密度80%低減
  - ・除染速度60m<sup>2</sup>/時間以上
- (2) 除染廃液処理  
処理廃水の放射能濃度 : 10Bq/kg以下

### 3. 期待される効果

- (1) 効率的かつ、確実に除染可能なシステムの提供
- (2) 4tトラックに必要な機材を搭載した高機動性システムの提供



作業状況



除染部位の状況



## 1. 低減率と施工速度(単位:m<sup>2</sup>/時間)

低減率(表面汚染密度)	50%	60%	70%	80%	90%	95%
インターロッキングブロック	120		80		40	25
アスファルト路面		120			60	—
コンクリート土間(比較的健全)	80	40	—	—	—	—
コンクリート路面(表面劣化)	120		60	40	—	—



フロアクリーナによる除染状況

廃液回収装置

## 2. 凝集沈殿処理とゼオライトインラインフィルターによる除染廃液処理

除染廃液種類	放射能濃度 [Bq/kg]	低減率
除染廃液	8,900	—
凝集沈殿上澄み	11	99.88%
精密ろ過ろ液	11	
ゼオライト処理	(処理速度により) 0.36~5.1	99.94~99.99%

※ 試験結果はインターロッキングブロックの除染廃液



ゼオライトインラインフィルターと精密ろ過



ゼオライトインラインフィルター(内部)  
約15kg充填、φ20mm、長さ500mm

## 3. 放射性セシウムの存在形態等

- 除染廃液には凝集沈殿では除去できない約0.1%の放射性物質(0.45μmのメンブレンフィルターを透過するコロイド状の物質に吸着したと思われる放射性セシウム)が存在する。
- ペレット状ゼオライトの寿命は12Bq/g以上

少水量型ウォータージェットの能力を最大限活用できる特殊ノズルヘッドの採用により、「洗浄と切削」の両工法のメリットを生かした、「最低限の切削と高い除染効果」が得られるシステムの提供

- ・汚染濃度・部位に応じた最適パラメータ・コストを設定
- ・除染廃液処理廃水の放射能濃度10Bq/kg以下を達成
- ・除染コスト: ¥970/m<sup>2</sup>~(除染廃液処理費用含む、施工部位・目標低減率によりコストは異なる)

# 薄層切削による路面除染技術の改良・改善

## 事業の概要

特殊薄層切削機で舗装表面を薄く削り取り、放射性物質を除去する。  
 わだち掘れ路面では小型薄層切削機を併用して切削残を低減する。  
 切削後は除去物の回収・清掃と区画線を復旧して交通開放する。

## 実施内容

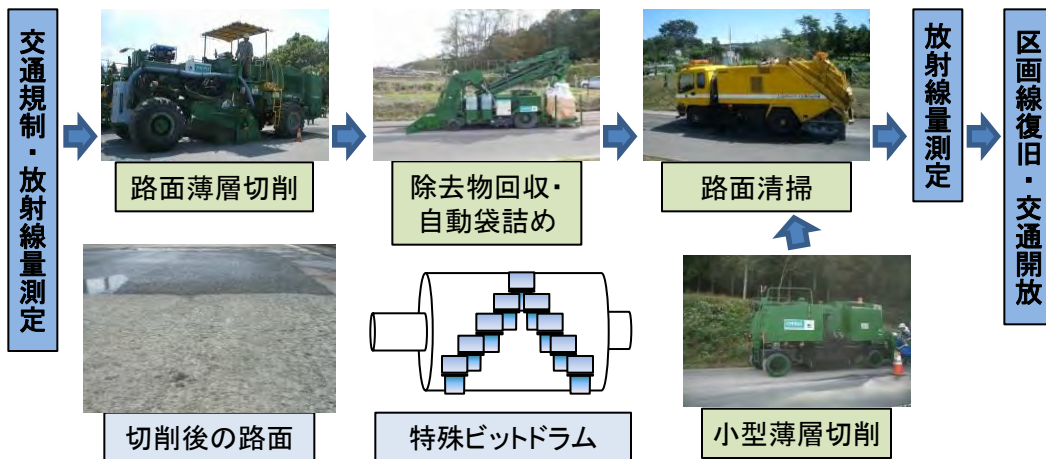
1. 切削厚さ(除去物量)と除染効果の関係を検証する。
2. 舗装路面の凹凸状況に応じた適切な切削機の組合せを検討する。
3. 作業能力とコストを検証する。
4. 切削後の路面性状が一般供用に支障ないかを確認する。
5. 作業時の粉じん低減を検証する。

## 事業の主な実施場所

矢吹町(福島県)

## 技術概要

### 1. 試験フロー



### 2. 試験目標

- (1) 表面汚染低減率: 95%以上
- (2) 平均切削厚: 5mm以下
- (3) 施工能力: 2000m<sup>2</sup>/日以上
- (4) 切削面のまま供用できる路面性状を確保
- (5) 粉じん発生の抑制

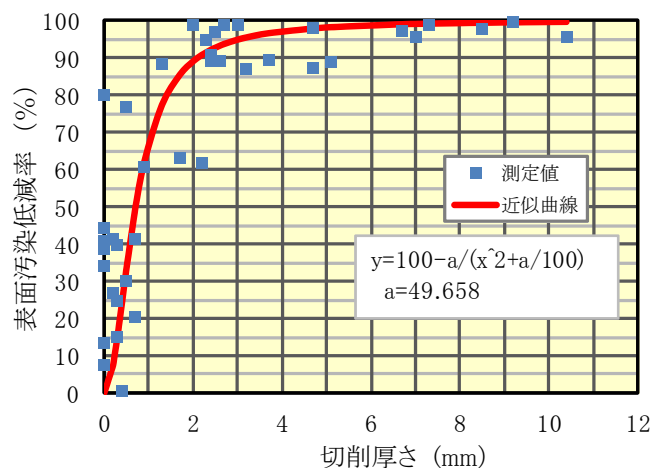
### 3. 期待される効果

- (1) 除去物発生量を最小に抑えて高い除染効果を得る。
- (2) 路面除染をスピードアップしてローコスト化する。
- (3) 再舗装せず切削面のまま供用を可能にし、工法の適用場面を広げる。

## 切削面積率、表面汚染低減率等の結果

工区	対象面積 (m <sup>2</sup> )	切削面積 (m <sup>2</sup> )	切削面積率 (%)	除去物の重量 (kg)	除去物発生量 (kg/m <sup>2</sup> )	除去物の 放射能濃度 (Bq/kg)	平均切削厚さ (mm)	表面汚染低減 率 (%)	使用した特殊 切削機
1工区	639.3	544.7	85.2	4,954	9.1	2,220	3.9	96.3	大型のみ
2工区	490.2	477.1	97.3	5,229	11.0	570	4.7	87.7	小型のみ
3工区	741.0	531.8	71.8	4,379	8.2	2,090	3.5	93.1	大型+小型

注) 3工区は切削厚さと表面汚染低減率の関係を求めるため、意図的に切削厚さを調整したことから切削面積率が低くなった。



切削厚さと表面汚染低減率の関係



切削前の路面状況

薄層切削  
路面清掃



切削後の路面状況

- ・切削厚さと表面汚染低減率の関係を基に、本実証で対象とした路面では3～5mmの切削で低減率95%以上が得られることを確認した。
- ・平均切削厚: 5mm以下の施工が可能であることを確認した。
- ・日当たり施工量は、交通規制等を勘案すると大型機で1,800m<sup>2</sup>、小型機で1,200m<sup>2</sup>程度であることを確認した。
- ・切削面のまま供用できる路面性状が確保できることを、きめ深さおよびすべり抵抗測定により確認した。
- ・粉じん発生量は最大でも8.63mg/m<sup>3</sup>で、高濃度粉じん作業(10mg/m<sup>3</sup>超)に該当しないことを確認した。
- ・現場状況と路面の凹凸状況に応じた適切な切削機械(大型または小型特殊薄層切削機)の組合せを確認した。



# 無人高所掘削機械を用いた法面表土剥ぎ取りの迅速化 及び安全性の向上

## 事業の概要

通常人力でしか対処できなかった高所法面の表土剥ぎ取り作業を、無人高所掘削機械を用いて作業時間の短縮及びコスト低減を実現する。

また施工時の作業の安全性向上と被ばくを最小限に抑える技術を実証する。

## 実施内容

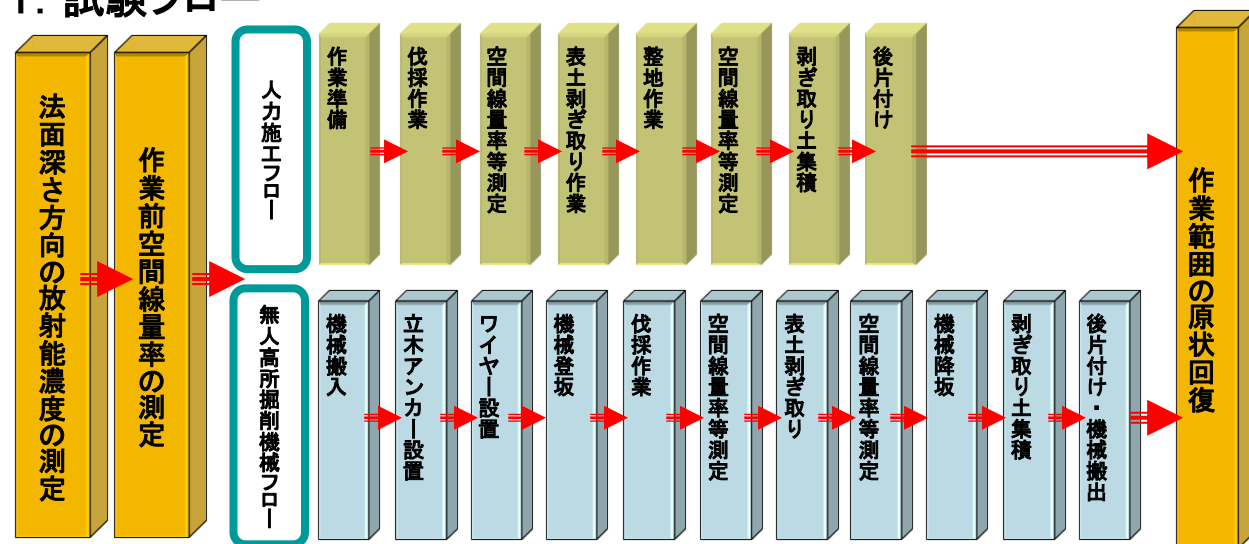
法面表土を100～200m<sup>2</sup>程度の範囲で人力及び無人機械化施工により、剥ぎ取りを行う。工程ごとの作業員数、作業時間、被ばく線量等を計測し、安全性、合理性、コストも含めて適用性に関する総合評価を行う。

## 事業の主な実施場所

広野町(福島県)  
高速道路の緑化法面

## 技術概要

### 1. 試験フロー



### 2. 試験目標

- (1) 無人機械化施工を導入した場合の作業時間の短縮、被ばく低減効果の評価
- (2) 無人機械化施工における表土の剥ぎ取り厚さの算定と精度の評価

### 3. 期待される効果

表土剥ぎ取りに係る作業時間の短縮及び無人機械化施工による省力に伴う被ばく低減と、無人機械化施工による高精度な剥ぎ取り施工



無人高所掘削機械表土剥ぎ取り状況



施工面積が150m<sup>2</sup>と狭かったこと、比較的低い空間線量率など限定された条件下ではあったが、詳細なデータを取得することができた。両施工方法に共通する作業においては、無人機械化施工による作業時間の短縮は49%、被ばく低減効果は63%となった。剥ぎ取り厚さは約2cmと評価され、人力施工より高い精度を示した。

得られた試験データを基に、無人機械化施工法をより広い面積(1,000~4,000m<sup>2</sup>)に適用する場合の全作業に要する作業時間(人工数)、被ばく線量、コスト、廃棄物発生量を評価した。この結果を同じ面積を人力施工した場合を1とした相対値で示すと、下表のようになる。

人力施工を1とした場合の無人機械化施工の作業時間等の割合

施工面積の規模	150m <sup>2</sup>	1,000m <sup>2</sup>	4,000m <sup>2</sup>
作業時間(人工数)	1	0.5	0.5
被ばく線量	1	0.5	0.5
除去土壌発生量	1	1	1
廃棄物発生量*	0.3	0.3	0.3
コスト	12	2	1

(\*主な廃棄物は伐採後の草木等であり、無人機械化施工の場合は細断されるため容積は1/3程度に減少する。)



コスト面では、施工面積規模が増大するにしたがって人力施工との比は小さくなり、1,000m<sup>2</sup>程度で約2倍、4,000m<sup>2</sup>で人力施工と見合う試算となった。しかしながら、この試算には人力施工におけるコスト増大に寄与する除染作業員の諸経費(現地宿泊費等)や廃棄物の処置に係る経費などの要因を含めていない。これらが適切に考慮されれば、無人機械化施工は4,000m<sup>2</sup>より小さい施工規模においてコスト面でも優位となると考えられ、より実際の広い施工面積においては人力施工と遜色ない経済性、またさらに大規模な施工面積においては優れた経済性を有すると判断される。

- ・無人機械化施工は作業効率化、被ばく低減、廃棄物発生量において、効果的な施工方法であることが確認された。
- ・本施工法は、平地においても使用可能であり、公園や校庭、未舗装道路の除染等、多くの場面において活用が考えられる。高線量率地域での除染作業の一助になるものと思われる。

○今後除染作業等に活用し得る技術を発掘し、除染効果、経済性、安全性等を確認するため、実証試験の対象となる除染技術を公募。(公募期間:平成25年2月14日～5月24日)

対象物	手法	特徴	実施代表者の所属機関	No.
<b>土壌</b>	フッ化物塩	常温、常圧下でのフッ化物塩を用いたCs溶出	水ing株式会社	1
	真空加圧	セメントを用いた固型化と真空加圧による脱水減容	前田建設工業株式会社	2
底質	分級	原位置での底質の分級	あおみ建設株式会社	3
<b>有機物</b>	破碎・吸引・回収	破碎、吸引システムによる緑地除染の省力化	福島小松フォークリフト株式会社	4
	乾燥・破碎	植物と土壌の混合物の乾燥、破碎後の分級	株式会社大林組	5
モニタリング	無人ヘリによるモニタリング	無人ヘリによる超低高度計測による空間線量率マップの作成とハイパースペクトル技術による植生・土地被覆現況図の作成	国立大学法人千葉大学	6
	容器単位のモニタリング	容器単位での放射能濃度の簡易測定	株式会社東芝	7
焼却灰	洗浄	焼却灰中Csの高効率洗浄	株式会社フジタ	8
	洗浄・磁気分離	吸着剤を担持した磁性ナノ粒子を利用した焼却飛灰からのCs回収	大成建設株式会社	9
廃棄物	有機酸	車両のアルミ製熱交換品の有機酸(主成分)による除染	株式会社E&Eテクノサービス	10
	ブラスト	重曹ブラストによるリサイクル廃家電製品の除染	中外テクノス株式会社	11

# 土壤細粒分等からの常温常圧下でのCs溶離および溶離したCsの吸着・濃縮による減容化技術

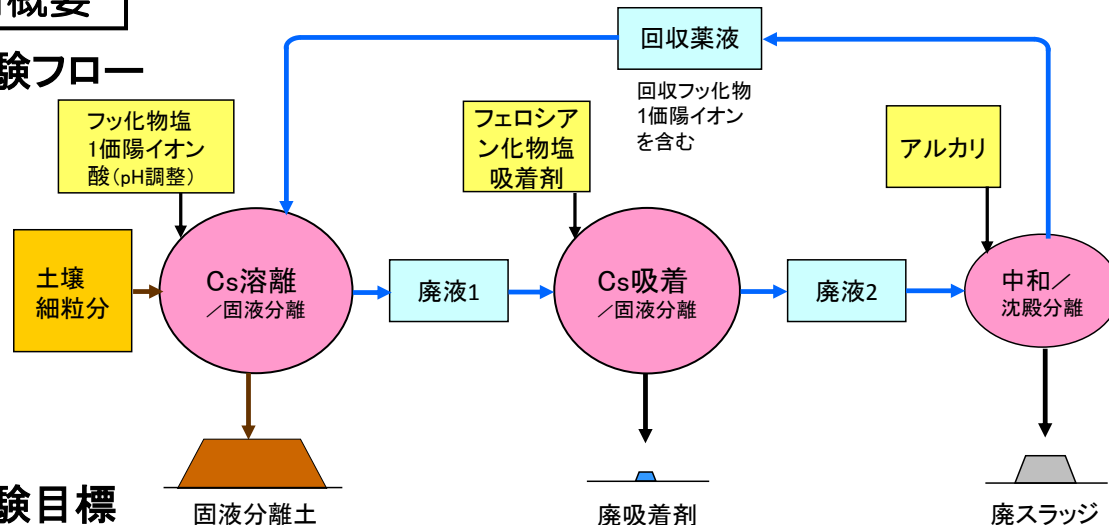
試験担当: 荏原工業洗浄株式会社

## 事業の概要

土壤細粒分や砂、汚泥焼却灰等の放射性Cs汚染物を常温常圧下にてフッ化物塩を主とした薬液で処理してCsを溶離させ、放射能濃度を低減するとともに、溶離したCsを選択性の高い吸着剤で濃縮回収する、高濃度汚染物減容化技術を実証する。

## 技術概要

### 1. 試験フロー



### 2. 試験目標

- ・浄化目標: 高濃度土壌細粒分等は10万Bq/kg 以下、低濃度汚染土壌は3,000Bq/kg 以下
- ・高濃度汚染物減容化率: 99%
- ・処理土のフッ素等: 土壤汚染対策法準拠

### 3. 期待される効果

- (1) 10万Bq/kg 以下に浄化: 遮断型処理場処分コストを削減できる。
- (2) 3,000Bq/kg 以下に浄化: 再生資材として再利用が期待できる。\*

\*「東日本大震災からの公共工事における災害廃棄物由来の再生資材の活用について(通知)」H24.5.25



固液分離土脱水ケーキ



廃吸着剤ろ集物

## 実施内容

1. 砂画分等への適用性評価
2. パイロットスケール装置による土壌細粒分での性能実証
3. パイロットスケール装置による土壌細粒分でのCs、フッ化物のマスバランス、安全性評価

## 事業の主な実施場所

大熊町、楢葉町(福島県)

## <パイロットスケール装置による処理試験結果>

回収薬液を繰り返し使用した時の処理土壤中の放射能濃度およびフッ素溶出量

対象汚染土壌		放射能濃度 (Bq/kg)		処理後フッ素 溶出量 (mg/L)*
		処理前	処理後	
高濃度 土壌細粒分 ( $<0.077\text{mm}$ )	1回目	293,000	60,000	19~22
	2回目		78,000	
	3回目		70,000	
低濃度砂分 ( $0.077\sim 2\text{mm}$ )	1回目	5,100	2,260	0.5~0.7
	2回目		2,420	
	3回目		1,580	

\*土壌汚染対策法に基づく溶出試験結果

## <高濃度土壌細粒分処理時の放射能量、重量、フッ素バランス>

対象汚染土壌		処理前 (%)		処理後 (%)				
		試験供試 土壌	薬液	処理 土	廃 吸着剤	廃 スラッジ	回収 薬液	洗浄 水
高濃度土壌 細粒分 $<0.077\text{mm}$	放射能量	100	0	20	25	4	27	2
	重量	100	—	76	0.9	43	—	—
	フッ素	0	100	2	0	29	66	3

## <10万Bq/kgを超過する除染除去土壌50tの処理費用>

処 理	コスト
未処理 (全量、遮断型処分: 浅地中ピット処分)	118.0万円/t
分級処理 (分級後放射能濃度に応じて処分)	26.6万円/t
分級処理 + 提案技術 (分級後、高濃度分に対して提案技術適用)	6.0万円/t

10万Bq/kgを超過する除染除去土壌50t(細粒分: 10万Bq/kg以上10t、細粒分以外: 10万Bq/kg未満40t)を処理すると設定してコストを算出した。

10万Bq/kg以上は放射性物質汚染対処特措法における遮断型処分場での処分を仮定した。



フッ化物塩で処理することにより、高濃度土壌細粒分は10万Bq/kg未満に、低濃度汚染土壌は3,000Bq/kg未満に放射能濃度を低減できた。処理土のフッ素残留は土壌汚染対策法基準値(第二溶出基準24mg/L、溶出基準0.8mg/L)以下であることを確認した。

- ・減容化率: 高濃度汚染物は廃吸着剤のみとなり、約99%の減容化を達成可能である。
- ・薬液回収: 回収薬液は繰り返し使用することができ、フッ化物塩の65%を回収し再利用可能である。
- ・処理コスト: 原土の洗浄分級、フッ化物塩処理、発生廃棄物処理を行った場合のトータルコストは6万円/t原土である。



# 真空加圧脱水法による除染廃棄物に含まれる放射性物質の固定化・減容化同時処理技術の実証

## 事業の概要

濁水処理で生じる汚泥等の放射性物質を含む高含水土に、脱水とセメントによる土粒子の固定化を同時処理する「真空加圧脱水固化処理工法」を適用することで、保管対象となる脱水ケーキに対し、放射性物質の付着した細粒分の流出抑制(不溶化)と減容化を可能とする技術を実証する。

## 実施内容

1. 室内配合試験において、真空加圧脱水固化処理工法を適用した脱水ケーキに対して溶出試験を行い、セメント添加量と放射性物質の溶出防止効果の関係を把握する。
2. 除染工事の濁水処理設備に、実験設備を設置し、当該技術を適用した脱水ケーキの溶出特性を確認することで実現場における適用性を検証する。
3. 従来のフィルタプレスによる処理と比較を行い、技術の有効性を確認する。

## 事業の主な実施場所

楢葉町(福島県)

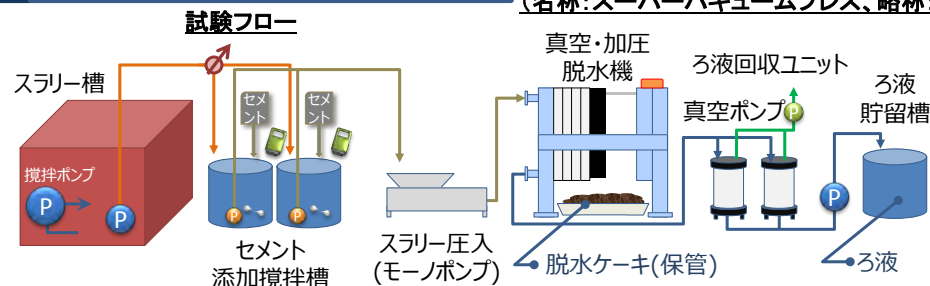
## 技術概要

### 1. 試験フロー

- ① 室内配合試験におけるセメント添加量と溶出防止効果の把握
- ② 小型タイプの実機を用いた実験設備による実現場での適用性の検証
- ③ 従来のフィルタプレスとの比較
- ④ 実プラントの設計



真空加圧脱水固化処理機(小型タイプ)  
(名称:スーパーバキュームプレス、略称:SVP)



実験設備の概要

### 2. 試験目標

脱水ケーキの溶出試験により、放射性セシウム溶出量が10Bq/L以下※となる汚泥の処理工法を検証する。

※食品衛生法における飲料水に係る新基準値を参考

### 3. 期待される効果

- (1) 放射性物質の溶出が防止可能な減容化処理技術の開発により、保管時の安全性が向上
- (2) 装置の自動運転により、作業者の被ばく低減が可能

# 結果

## ■土粒子の溶出確認試験

### ①脱水ケーキを気中養生後、有姿攪拌試験を実施したケース(図1)

- ・フィルタープレス工法(以後、FPと称す)で処理した脱水ケーキからは、放射性Csの溶出が確認された。
- ・真空加圧脱水固化処理工法(以後、SVPと称す)で処理した脱水ケーキは、FPで処理した場合に比較し、放射性Csの溶出が防止され、目標値を満足した。

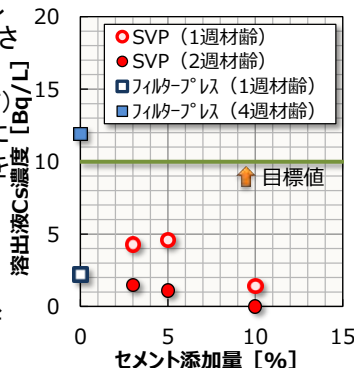


図1 有姿攪拌試験結果

### ②脱水ケーキを気中養生後、24時間水に漬置して有姿攪拌試験を実施したケース(図2)

- 脱水ケーキを24時間水に漬置した後、有姿攪拌試験を行った。その結果、
- ・FPで処理した脱水ケーキは、ケーキが崩壊して溶出液がSSで懸濁し、Cs濃度が300Bq/kgを超過した。
  - ・SVPで処理した脱水ケーキは、有姿攪拌後も健全性を保ち、放射性Cs濃度も目標値を満足した。

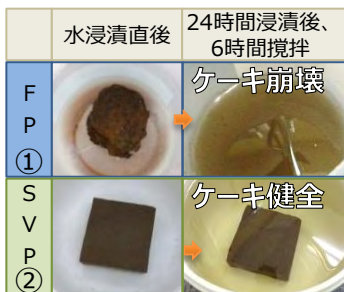


写真1 脱水ケーキの状態

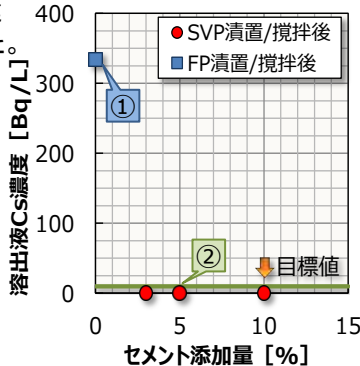


図2 水浸漬後有姿攪拌試験

SVPで処理した脱水ケーキは、Csの不溶化が図れた

## ■減容化率確認結果

表1 脱水ケーキの性状及び減容化率一覧

- ・SVPではセメントを添加しているに関わらず、減容化率はFPと同程度であった。
- ・SVPでは、脱水ケーキの含水比が低下し、密度が大きくなった。

	FP	SVP		
セメント添加量[%]	0.0	3.0	5.0	10.0
含水比[%]	94.1	76.5	72.0	61.3
脱水ケーキ密度[t/m <sup>3</sup> ]	1.3	1.5	1.7	1.8
減容化率[%]	86.0	86.4	85.9	82.1

セメントを添加したにもかかわらず、減容化率はFPと同程度

## ■従来工法(FP)との比較

表2 処理速度比較表

- FPと比較し、以下の2点より作業員の被ばく低減に優れることを確認した。
- ・脱水時間の短縮化が図れ、作業時間を削減できる(表2)。
  - ・SVPの開枠やろ板洗浄の自動機構により、線量が高くなるろ板周辺での作業を簡略化できる。

	セメント添加量[%]	脱水時間[分]	作業時間[分]	サイクル時間[分]	処理速度比[倍]
FP	0.0	180	10	190	1.0
SVP	3.0	100	10	110	1.7
	5.0	60	10	70	2.7
	10	30	10	40	4.8

作業時間の短縮と自動化により、作業員の被ばくリスクを低減

## ■脱水ケーキの改良強度

- ・SVPの脱水ケーキは、時間と共に強度増加し、セメント添加量に応じた強度増加を示す。
- ・28日後には、第4種・第3種改良土相当となるため、硬すぎず、また再泥化することのないハンドリング性の高い状態に改良できることを確認した。

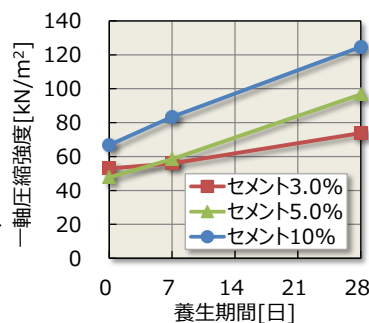


図3 養生期間と改良強度



写真2 脱水ケーキ

脱水ケーキは強度増加を示すため、ハンドリング性が改善する

真空加圧脱水固化処理工法は、放射能を含む高含水土に対し、放射性物質の不溶化と減容化を同時処理することが可能な技術であり、本工法で処理した脱水ケーキは、降雨等に対して特段の養生をしなくても屋外にそのまま保管可能な処理物となることを実証した。以下に特徴を示す。

- ・放射性物質が付着した細粒分の流出を抑制することで脱水ケーキの不溶化が図れ、保管時の安全性を向上できることが確認できた(図1、図2)。
- ・セメント添加による脱水ケーキの容積増加がなく、従来工法と同程度の減容化効果が確認できた(表1)。
- ・脱水速度が速く作業時間の短縮が図れるため、作業員の被ばくと処理コストの低減に寄与できることが確認できた(表2)。
- ・脱水ケーキ(写真2)は第3種・第4種改良土相当に強度改善(図3)され、ハンドリング性が向上する(FP脱水ケーキは鋭敏比が高く再泥化しやすい)。
- ・試験時の線量測定結果では、ろ板周辺の空間線量が高くなることが確認された。このため、本装置が有する開枠やろ板洗浄の自動機構が作業員の被ばくリスクの低減に有効であることが確認できた。

## 事業の概要

公園や住宅地、里山（住居等近隣の林縁から20メートル）における除染のための芝生地や笹竹群生地の深刈り作業について、機器を使用した効果的・効率的な作業が可能であることを実証する。

## 実施内容

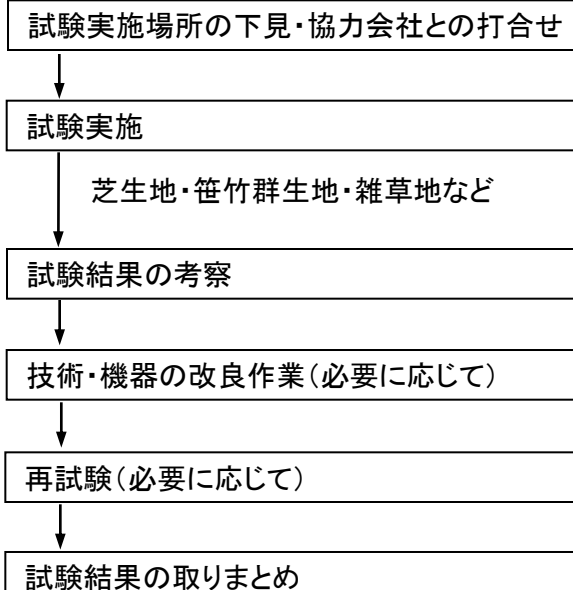
1. 緑地除染における省力化【緑地・土壌向け破砕吸引システム】に関する技術を開発
2. 当技術を使用した際の従来作業との各種効率、効果の測定と比較
  - ・作業効率（作業時間・作業人数）の測定と比較
  - ・除去物量の測定と比較
  - ・表面汚染密度の低減効果の測定と比較

## 事業の主な実施場所

郡山市、福島市、南相馬市（福島県）

## 技術概要

### 1. 試験フロー

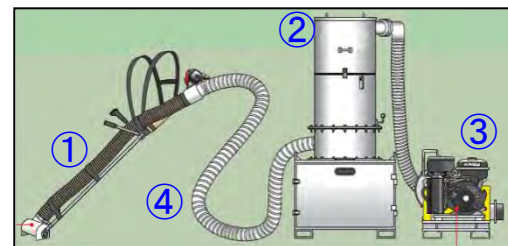


### 2. 試験目標

- (1) 作業効率の向上  
（従来の手作業に対し作業時間・作業人数の低減）
- (2) 手作業と同等以上の地表面 線量率低減効果

### 3. 期待される効果

- (1) 作業効率の向上に伴い、作業面積が拡大される。
- (2) 芝や笹などの地下茎を粉碎しながら回収する事で、除去物容量が低減される。



【緑地・土壌向け破砕吸引システム】

システムは①バキュームトップと呼ばれる吸引先端部、②回収物を収納するフィルター付集塵ボックス、③吸引の動力となるエンジン式ブロワーの3つの機器から構成されています。④ホースは25～50メートルまで汎用可能。  
バキュームトップの先端で土壌表面の芝や雑草を掻き出しながら破砕し、強力な吸引で集塵ボックスに集めます。

システムについて



# 結果

【各試験対象地の機器作業と手作業による結果比較(作業面積:16m<sup>2</sup>)】

試験対象地		芝生地		笹竹群生地		雑草地	
作業手段		機器作業	手作業	機器作業	手作業	機器作業	手作業
地上1cm空間線量率 コリメータ有り(μ Sv/h)	作業前	0.27	0.23	0.43	0.45	0.21	0.15
	作業後	0.07	0.08	0.12	0.13	0.10	0.06
地上1cm表面汚染密度 コリメータ有り(cpm)	作業前	182	183	335	361	173	109
	作業後	99	108	177	171	121	92
除去土壌発生量(m <sup>3</sup> )		0.596	0.771	0.448	0.950	0.420	0.512
土壌掘削作業時間(時間、分、秒)		1h24m3s	1h21m0s	1h43m24s	2h50m48s	1h17m7s	1h34m13s
作業人工(人)		2	3	2	3	2	2
作業員一人換算時間(土壌掘削作業)		168分6秒	243分0秒	206分48秒	512分24秒	154分14秒	188分26秒

※作業員一人換算とは、作業を一人で実施したと仮定した場合の時間。 計算式：作業時間×作業人工



【機器全体と使用状況】

【笹竹群生地において除去した自生植物(笹竹、雑草)と堆積物(落葉、枯れ枝)の合計比較】

	除去物体積	除去物重量	0.1m <sup>2</sup> 当り重量
機器作業	0.144m <sup>3</sup>	36.3kg	31.8kg
手作業	0.350m <sup>3</sup>	73.1kg	20.9kg

※機器作業では破碎回収するため、除去物の体積密度が高くなる。

	芝生地	笹竹群生地	雑草地
機器作業			
手作業			

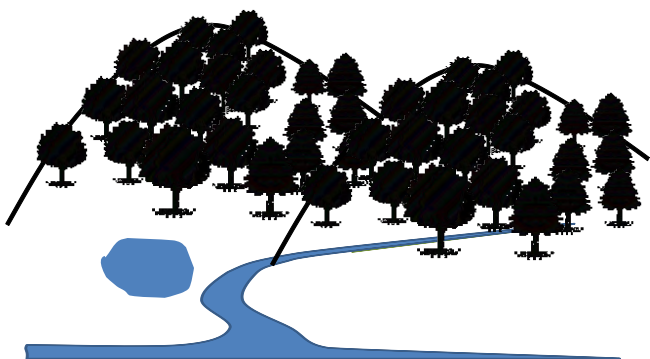
【作業状況】

- ・機器作業によって空間線量率及び表面汚染密度が、手作業と同等程度まで下がることを確認した。
- ・手作業による均一な掘削は難しいが、機器作業ではほぼ均一に掘削できるため、除去土壌量が低下することを確認した。
- ・どの試験対象地においても、手作業に比べ機器作業の方が早く作業できることを確認した。
- ・機器作業は、自生植物や堆積物を粉碎しながら回収するため、除去物容量を減容できる事を確認した。

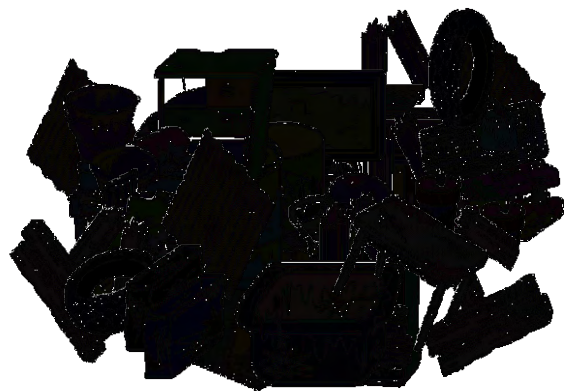


# 汚染源・発生物の特徴を再度整理し検討

今後の除染・減容化の主な対象となり得る、森林、河川・ため池、瓦礫を対象



森林・河川・ため池



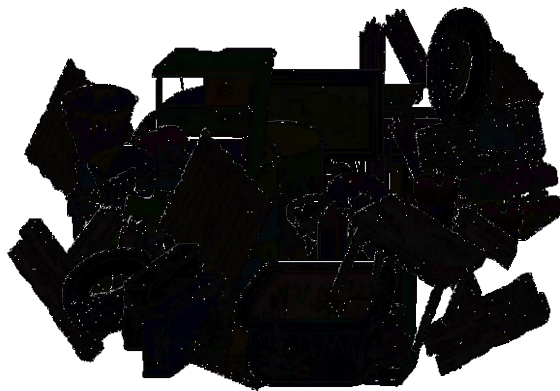
瓦礫

場所	種類	汚染形態	留意点
森林	落葉樹	葉にはない	幹の汚染少
	常緑樹	葉が汚染	3年程度で入替
	リター層	初年層が高	年々遮へいされる
河川・ ため池	底泥	一定蓄積	土質・底流
	水	SS汚染	イオンはない
瓦礫	津波瓦礫	汚染少	塩害有、
	地震瓦礫	汚染高	分別要、廃棄物多
	解体瓦礫	汚染高	分別要、廃棄物多

# 除染技術のメリットとデメリット



森林・河川・ため池



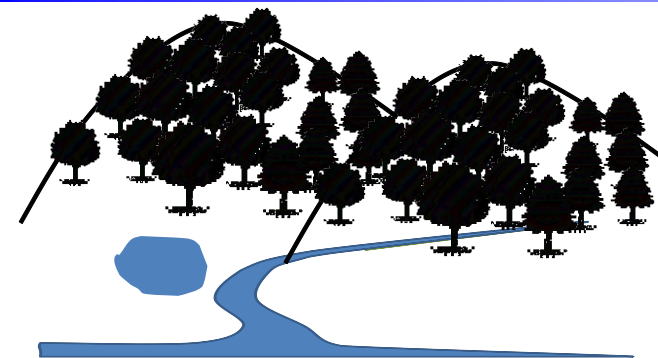
瓦礫

場所	技術	メリット	デメリット
森林	伐採	効果高	廃棄物多・自然破壊、防災機能低減
	枝打ち	効果高	廃棄物多
	リター層除去	効果高	廃棄物多、表面保護要
河川・ため池	浚渫	放射能除去	廃棄物多
	覆砂	移行抑制	放射能除去しない
瓦礫	摩砕	廃棄物少	効果低
	ドライブラスト	効果高	処理量少 (1バッチ数時間)

## 除染時の考慮点と課題

- 森林除染については、実施した場合には発生量・処理量が膨大になること、防災機能が損なわれること、生活環境への影響は限定的であることなどから、現状では原則林縁20mに限って対策を実施。また、住民の安心・安全確保のため、森林から生活圏への放射性物質の流出・拡散の実態把握と対策が重要。
- また、土壌(農地)、瓦礫については、**再利用等**を考慮した除染技術、処理技術が必要。

# 廃棄物処理のニーズと課題



森林・河川・ため池



瓦礫

場所	種類	処理法/用途	課題
森林	木材	伐採	被ばく多い
	資材	2次産業	廃材の再利用
	その他	新産業(バイオマスエネルギー)	コスト・焼却理解
河川・ ため池	底泥	分級	再利用基準なし
	水	凝集沈殿	繰り返し実施？
瓦礫	可燃物	焼却	理解得難い・灰の扱い
	不燃物・難燃物	埋設	処分場

## 除染廃棄物処理時の考慮点と課題

- ・ **焼却**については**周辺住民の理解**が必要。その理解が進めば、減容安定化処理は前進。但し、焼却灰は放射能のレベルに応じた処理が必要。
- ・ **バイオマス化**は森林除染や林業再生に伴って生じる有機系廃棄物に活用可能性があり得る。但し、再利用までの付帯設備類が必要であるため中・長期的処置必要か。

# 顕在化した主な課題(除染全体)

## 1.除染について

- 適切な事前調査に基づく実施計画の策定
- 効率的・効果的な除染技術(汎用性とコスト等)

## 2.大量の除染除去物

- 可燃物の焼却処理の推進
- リサイクル・再利用の仕組み(基準、需要、住民理解等)

## 3.放射性物質の環境中での動態把握

- 放射性物質の分布調査の継続実施
- 除染後の効果確認継続調査

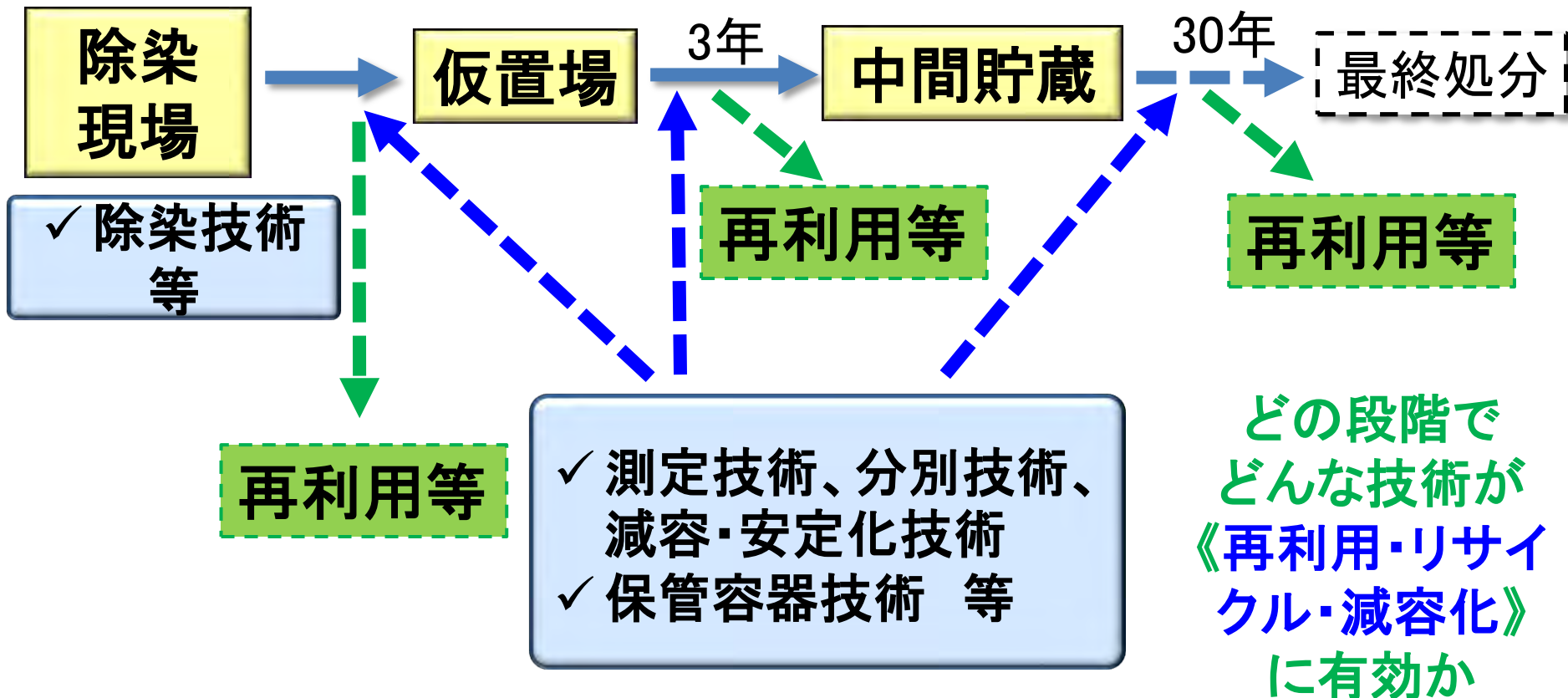
## 4.技術的情報の共有

- 土地所有者や周辺住民の同意取得(新技術への理解)
- 情報発信とリスクコミュニケーション



## ◆ 除去物の発生から処分全体を俯瞰した技術開発

### 〈除去物の流れ〉



- 除染技術実証事業において、求められる主な技術は、
  - 作業の効率化を図った技術
  - 除染除去物を減容化する技術
  - 汚染された廃棄物(ガレキ等)を処理する技術
  - 除去物の運搬や一時保管、中間貯蔵等の関連技術
- 除染技術の高度化に向けて
  - 将来予測のため、継続的にモニタリングを行い、放射性セシウムの移動抑制対策や被ばく評価の手法の確立
  - 合理化のため、除染や除去物の保管、処理、処分までトータルの負担、コストを低減するシステムの技術開発

# 参 考 資 料

# 除染技術実証事業の実施状況

実施者	平成23年度 内閣府・日本原子力研究開発機構(JAEA)	平成23年度 環境省	平成24年度 環境省	平成25年度 環境省
公募期間	平成23年10月	平成23年12月 ～平成24年2月	平成24年5月 ～平成24年8月	平成25年2月 ～平成25年5月
事業期間	平成23年11月 ～平成24年2月	平成24年5月 ～平成24年9月	平成24年11月 ～平成25年3月	平成25年8月 ～平成25年12月
受付件数	305件	295件	173件	136件
採択	25件	22件	15件	11件

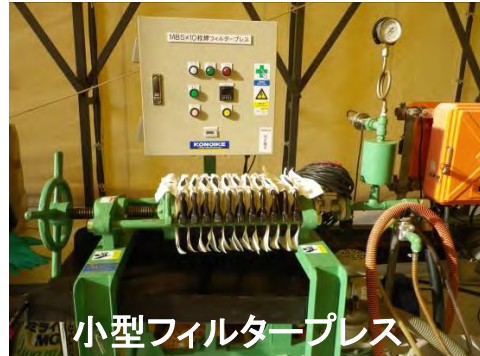


# 新技術の本格除染への活用事例①

洗浄濁水処理の高度化と汚泥の減容  
(鴻池組)



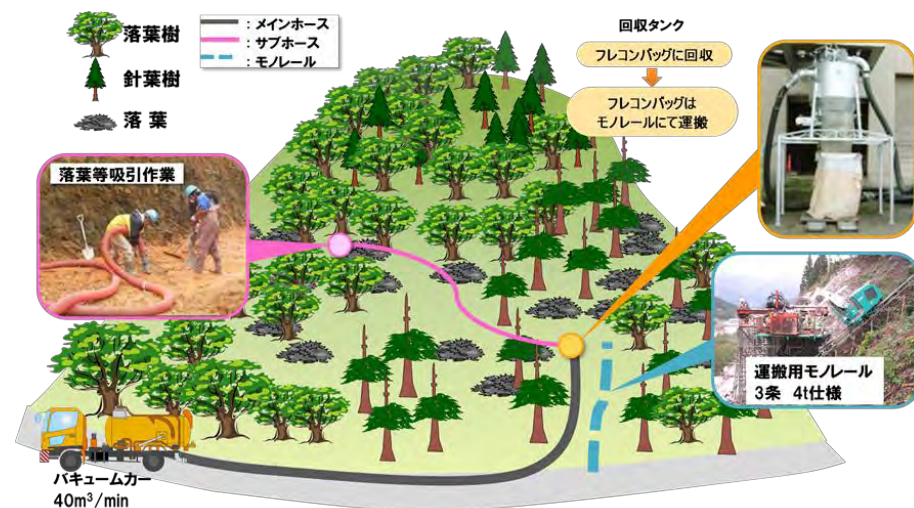
水処理装置



小型フィルタープレス

凝集沈殿処理により濁水を浄化、沈殿物をプレスして減容化。

真空式吸引装置を利用した施工法の効率化  
(大林組)



森林内の落葉などをバキュームカーより手前で回収・袋詰め・運搬し、作業の効率化と作業範囲を拡大

水を使わない建物の塗装面等の除染  
(志賀塗装)



吸塵サンダーによる研磨除染



塗膜剥離除染

汚染表面を、吸塵サンダーで研磨、または塗料の剥離剤により除染。

超高压水洗浄による道路、歩道、駐車場の洗浄  
(キクテック)



超高压(最大280MPa)水により、汚染された舗装面を除染。

# 新技術の本格除染への活用事例①

## 高圧水洗浄・循環ろ過システム (福島小松フォークリフト)



高圧水洗浄システム



サーフェスクリーナー

市販の汎用機器を組み合わせ、排出された汚水をその場で回収、ろ過・循環し、洗浄用に再利用する、高圧水洗浄・循環ろ過システム(最大20MPa)で舗装面を除染。

## 少水量型超高圧ウォータージェット (清水建設)



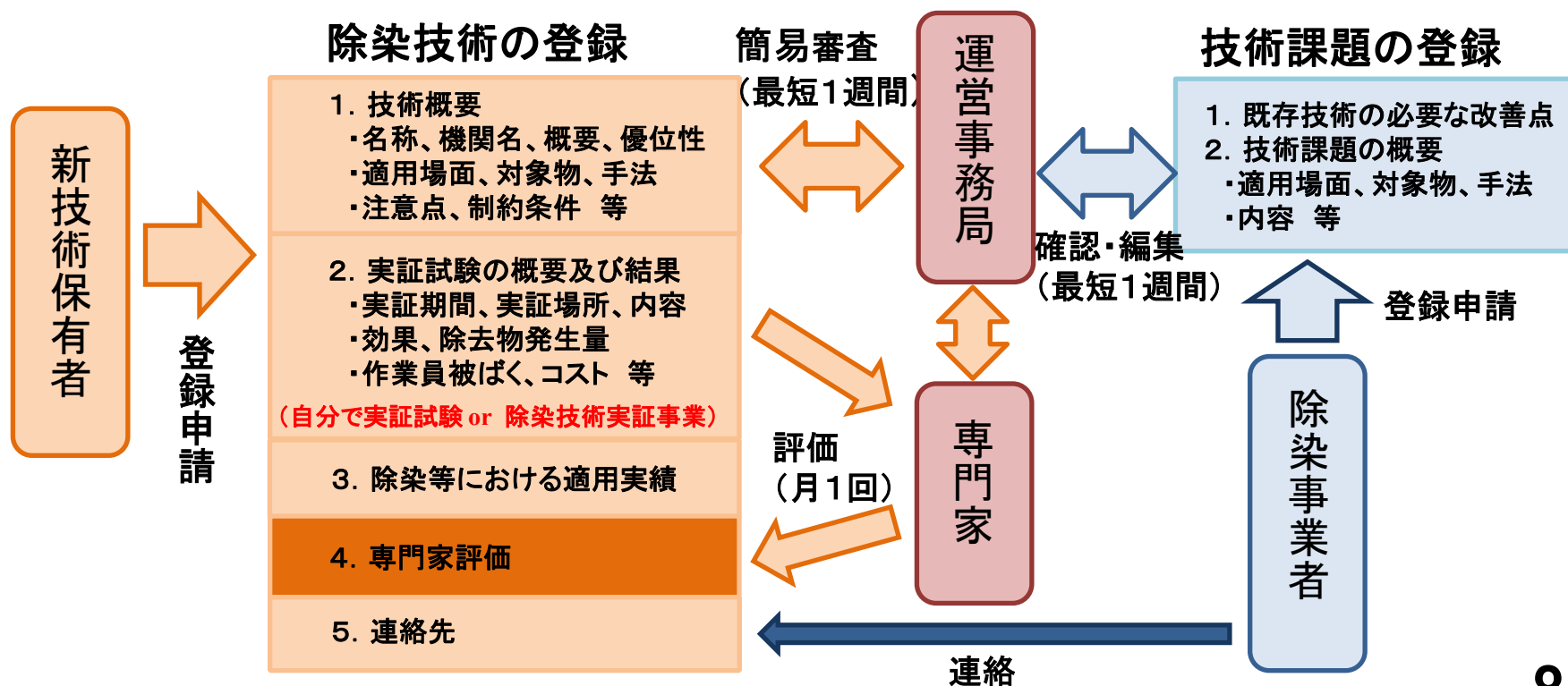
フロアクリーナによる除染状況

少水量型の超高圧(水量3L/分以下、水圧180MPa)で、全ての除染関連機器を4tトラック一台に搭載した水洗浄システムで舗装面を除染。



## 背景及び事業概要

- 除染の加速化のためには、新技術の導入促進が重要。
- そのため、①企業等が保有している除染技術の申請を受け付けて簡易審査の上、登録し、その技術情報を検索・閲覧する機能、②希望により専門家が評価、③除染事業者等が除染現場の技術課題を登録、また、登録された技術課題を検索・閲覧する機能を提供。
- これにより、有用な新除染技術に関する情報が広く共有され、技術を保有する企業等と除染事業者等とのマッチングが促進され、今後の除染作業に積極的に新技術が活用されることが期待。
- 平成25年6月28日より開設し、現在35件の技術が登録。 <https://www2.env.go.jp/dtox/>



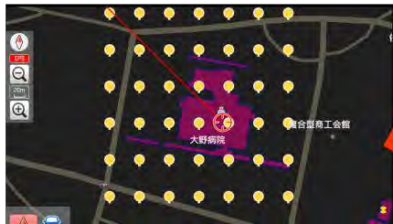
# ① 除染効果評価システムの高度化(見える化)

- 除染対象地域の線量率に応じた除染方法の検討、除染費用の算出、空間線量率の予測等が可能なシステムを高度化

- ・ 地形の3次元効果を考慮
- ・ web GISによる地形データを利用
- ・ データベースを使った入力の迅速化



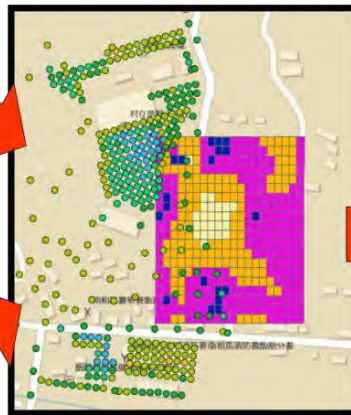
効率的・効果的な  
除染の実施を支援



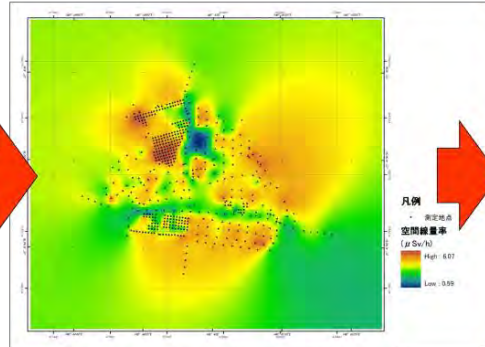
測定データ取得支援携帯端末装置【モニ太郎】を用いたモニタリング

## 既存モニタリングデータ

- ・ 除染モデル実証事業
- ・ ガンマプロッター
- ・ 航空機モニタリング
- ・ 自動車走行モニタリング等

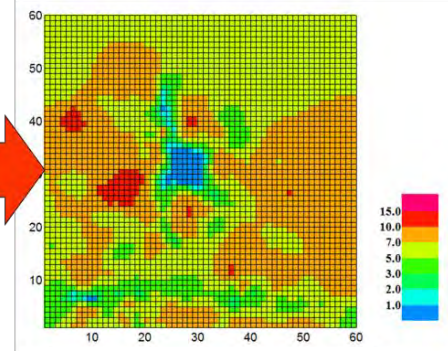


指定した除染範囲内の各種モニタリングデータを用いて解析を行う



除染前の空間線量率分布 ( $\mu\text{Sv/h}$ )

除染後目標線量率の入力



除染後の目標線量率を達成するための除染係数  
解析結果

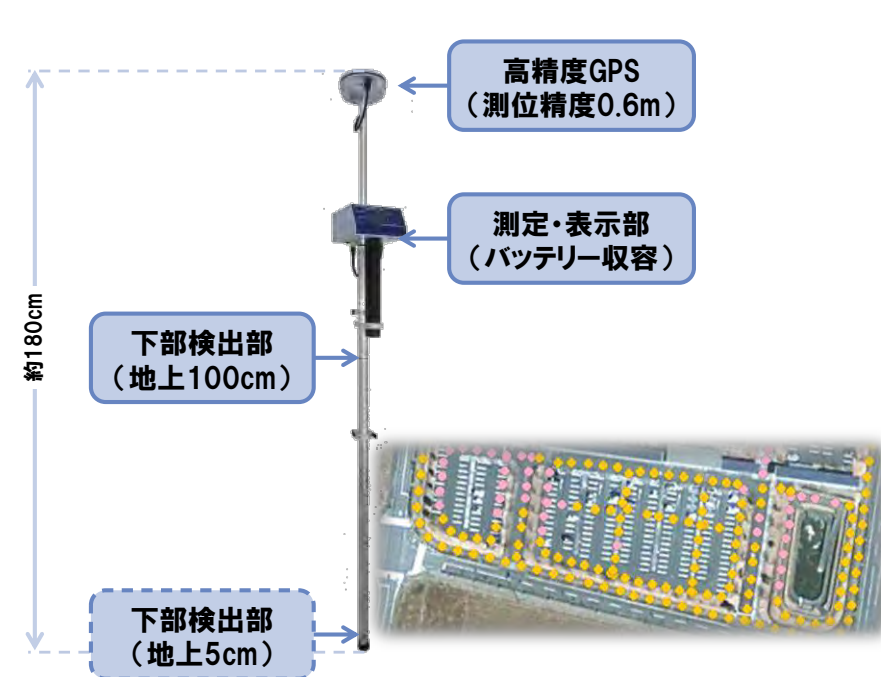


## ②汚染状況の見える化

- 汚染状況を迅速かつ面的に確認し、効果的、効率的な除染を実施する。



品質の高い除染を効率的に実施し、  
除染後の経過観察の負担も軽減できる。

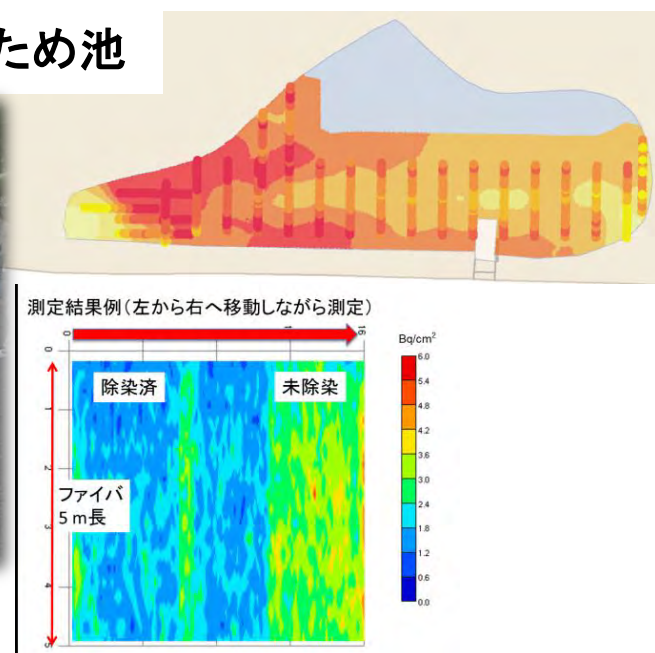


ガンマプロッタH



プラスチックシンチレーションファイバー

ため池



# ③フォローモニタリングと将来予測研究

- 除染済みエリアの空間線量率を**継続的にモニタリング**
- 放射性セシウム（Cs）の環境中における**移動を予測**、被ばく線量への影響が大きい移動経路を明らかにし、**移動抑制対策**や**被ばく評価の手法**を提案【福島長期環境動態研究】



フォローモニタリングの実施



## ④超高压水除染技術の高効率化

- 内閣府から受託した除染技術実証事業で高い除染効果が確認されたシステムを高効率化
  - ・ 広域除染の効率化
  - ・ 狭隘部除染など適用範囲拡大



除染関係ガイドラインが改定され、  
削り取り等による標準工法として採用される。



狭隘部への適用



複数同時作業による効率化



出隅部への適用

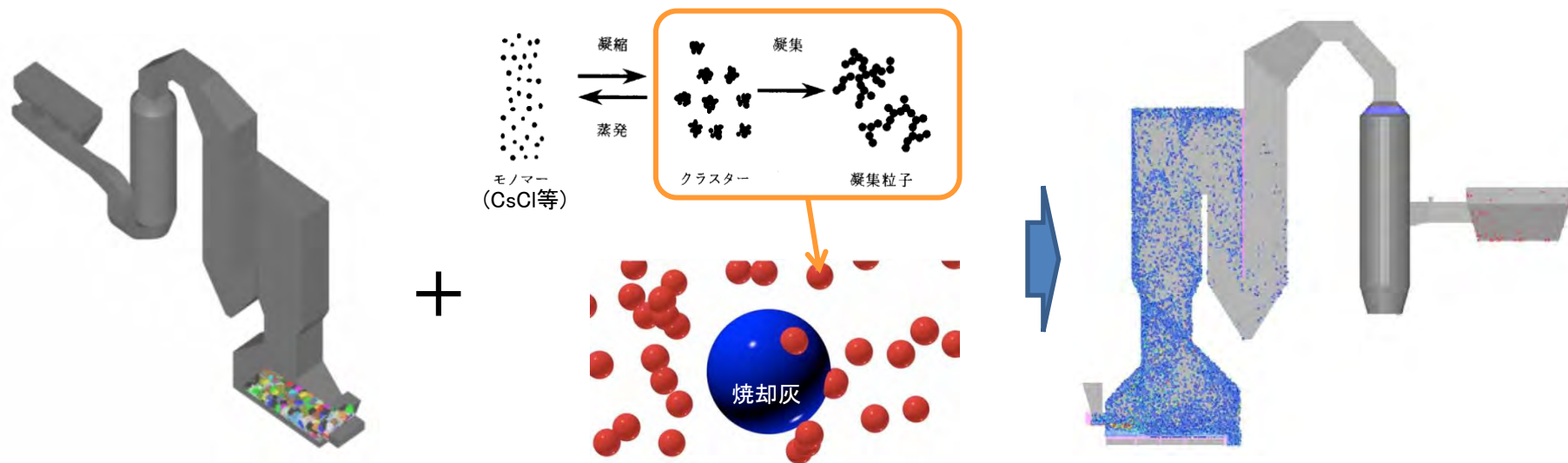


## ⑤ 焼却時のセシウム挙動の見える化

- 燃焼シミュレーションにより、一般焼却炉における灰の生成過程、セシウムの凝集過程を解析



一般焼却炉の安全な運用や、新たな焼却設備を設計する際の支援ツールとしての活用を目指す。



焼却灰挙動解析モデル構築

Cs凝集・付着モデル構築

焼却灰のCs挙動解析

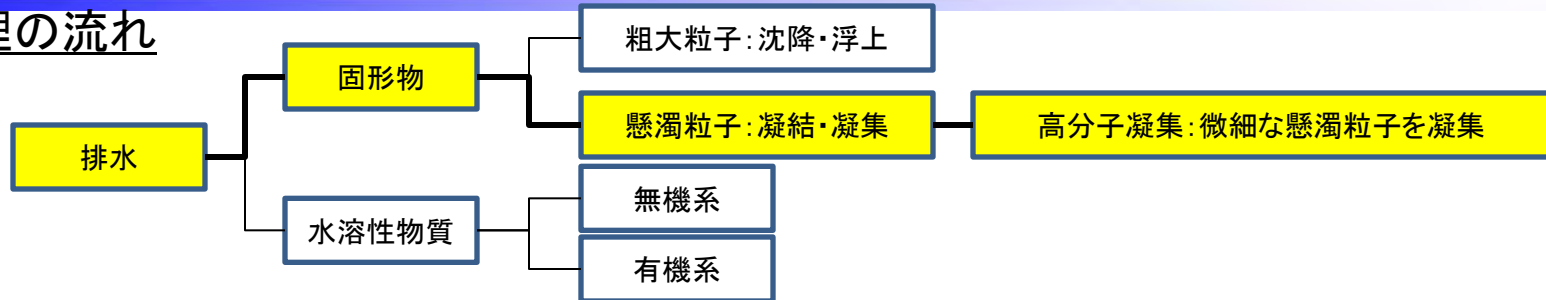


# 高速測定装置(ガンマプロッタH)



# 一般的な水処理

## 水処理の流れ



粒子径	1mm 10 <sup>-1</sup>	100μm 10 <sup>-2</sup>	10μm 10 <sup>-3</sup>	1μm 10 <sup>-4</sup>	100nm 10 <sup>-5</sup>	10nm 10 <sup>-6</sup>	1nm 10 <sup>-7</sup>
種類	懸濁粒子	コロイド粒子				分子	
	砂	繊維くず デンプン粒	バクテリア 顔料		タンパク質 ベントナイト		染料 界面活性剤
処理法	← 自然沈降濾過		凝集沈殿濾過			→ 活性炭吸着、活性汚泥処理 → イオン交換法	

### 無機凝結剤 (例)

- ・ 硫酸バンド
- ・ 塩化アルミ
- ・ PAC (ポリ塩化アルミ)
  - 清澄性の向上
  - 上澄SS低減
- ・ 塩化第二鉄
- ・ ポリ硫酸第二鉄
  - リン低減
  - 硫化水素低減

添加量: 数百ppm

### 有機凝結剤 (例)

- ・ ポリアミン
- ・ DADMAC
  - 上澄SS低減
- ・ メラミン酸コロイド
  - COD低減
- ・ ジシアンジアミド
  - 脱色

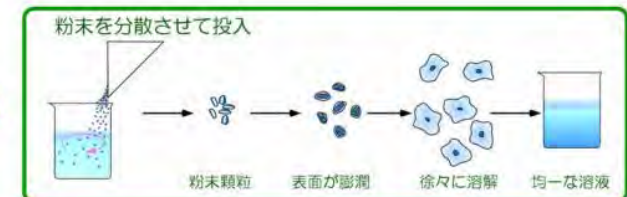
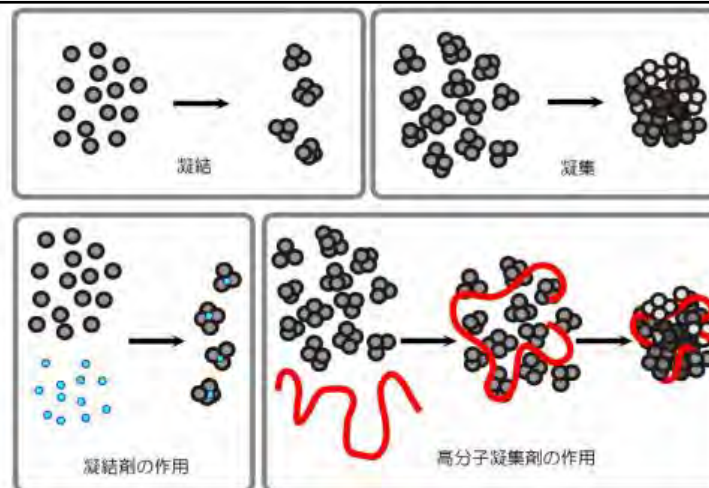
- ① 無機との併用で効果増大
- ② スラッジの低減 (無機との比較)

添加量: 数十ppm

使用する凝集剤等は  
材質により変化

- ・ 土壌
- ・ アスファルト (有機物や油分)
- ・ コンクリート (アルカリ性)

では、処理が微妙に変わる。



攪拌回転数: 200 ~ 400 rpm

攪拌時間: 約1時間



ヘッド2台作業風景(大野病院)



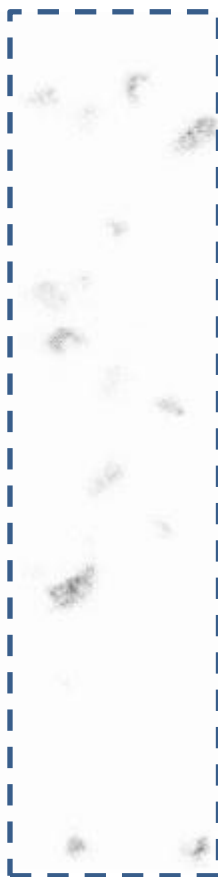
除染により白線消去(大野病院)



# 除染効果IP写真(例:大熊町夫沢町道密粒AS)

撮影時間:  
1時間

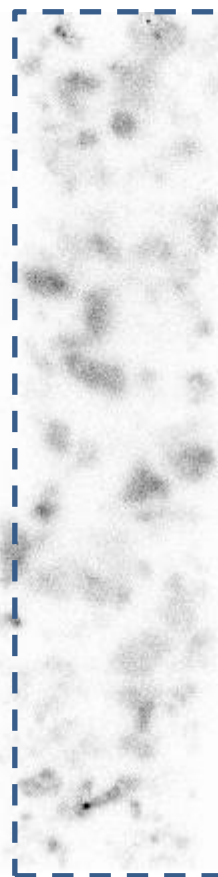
1台作業



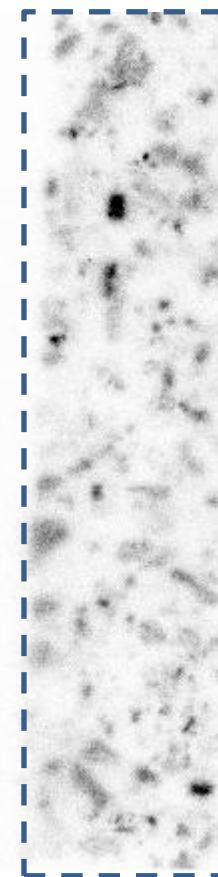
1台作業



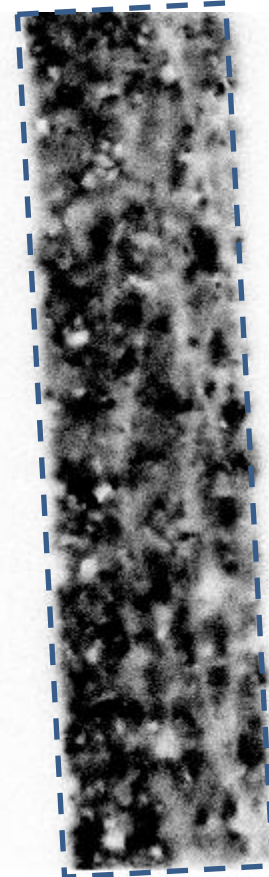
2台作業



3台作業



除染前



衝撃力(N)

687

434

225

94

—

圧力(MPa)

240

240

240

180

—

水量(L/min)

59.5

37.6

19.5

9.4

—

表面汚染密度  
(cpm)

1,514

1,739

7,361

7,780

約40,000 g<sub>2</sub>











# 実証試験結果







大熊町試験結果(ヘッド2台)(試験条件:圧:240MPa 量:19.44L/min 引:35m<sup>3</sup>/min)









試験場所/試験条件	路面材質	表面汚染(cpm)	
		除染前	除染後
夫沢・町道	密粒アスファルト	43,000	2,800 (94%減)
文化センター	ILB(石畳)	9,800	510 (95%減)
オフサイトセンター	ILB	7,800	720 (91%減)
大野病院	密粒アスファルト	35,000	930 (97%減)
	透水性アスファルト黒	27,000	3,400 (88%減)
	透水性アスファルト白	25,000	2,100 (92%減)
	コンクリート	37,000	2,700 (93%減)

表面汚染はバックグラウンドを引いた値。測定誤差は省略

大野病院 (密粒AS舗装)		大野病院 (透水性AS舗装:黒)		大野病院 (透水性AS舗装:白)		大野病院 (コンクリート)	
除染前	除染後	除染前	除染後	除染前	除染後	除染前	除染後
							

# 大熊町試験結果(ヘッド2台)表面状態

夫沢・町道 (密粒AS舗装)		文化センター (石畳)		オフサイトセンター (インターロッキング)	
除染前	除染後	除染前	除染後	除染前	除染後
					

大野病院 (密粒AS舗装)		大野病院 (透水性AS舗装:黒)		大野病院 (透水性AS舗装:白)		大野病院 (コンクリート)	
除染前	除染後	除染前	除染後	除染前	除染後	除染前	除染後
							



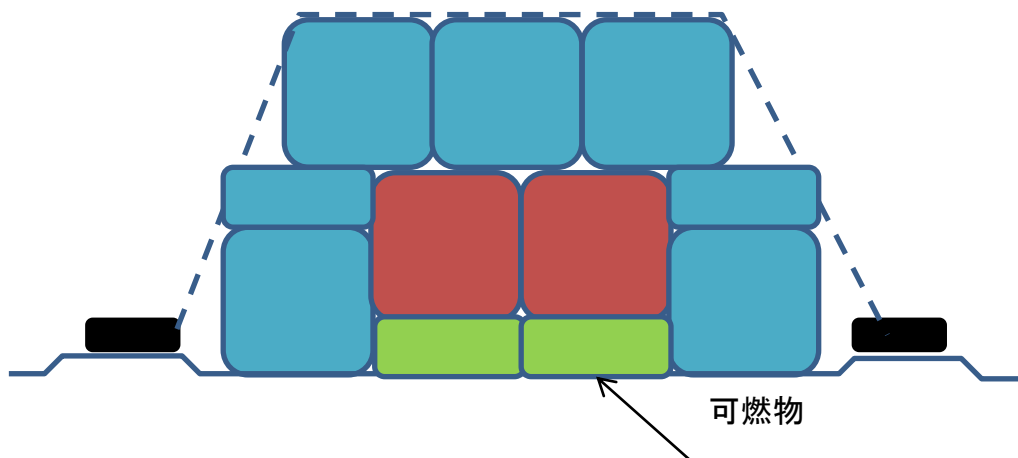
# 仮置場

廃棄物量

汚 泥:30.6t・フレコン19 袋、放射能濃度平均155万Bq/kg

可燃物:933kg

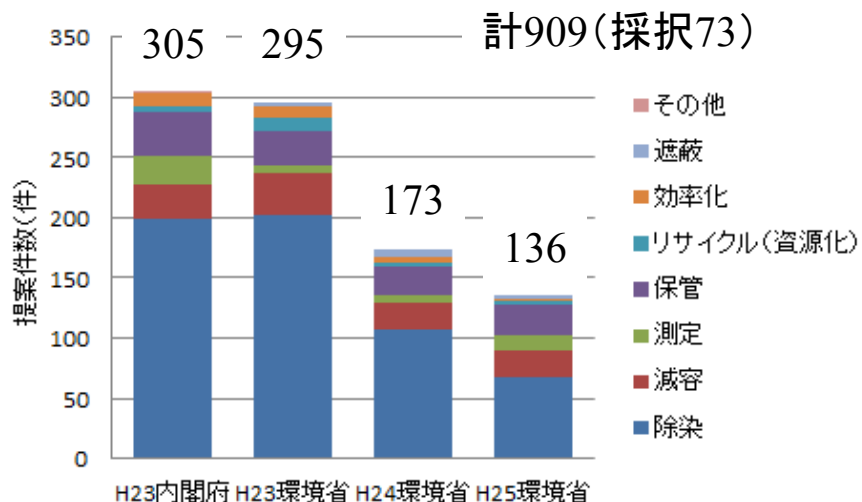
今後、指定廃棄物に申請予定



## 除染技術実証事業の提案書分析結果(1)

※本データは環境省殿の依頼によりJAEAが取りまとめたものです。

### 除染技術実証事業における提案書の分析



### 除染提案(対象物)の内訳

除染提案の内訳	H23内閣府	H23環境省	H24環境省	H25環境省	合計
土壌	112 56%	83 41%	53 50%	26 38%	274
水	32 16%	39 19%	16 15%	17 25%	104
有機物	5 3%	16 8%	3 3%	4 6%	28
森林	9 5%	6 3%	1 1%	3 4%	19
道路・公園・建物	31 16%	31 15%	15 14%	4 6%	81
瓦礫	6 3%	8 4%	4 4%	5 7%	23
溜池	0 0%	4 2%	4 4%	3 4%	11
灰	0 0%	2 1%	7 7%	3 4%	12
その他	4 2%	14 7%	4 4%	3 4%	25
合計	199 100%	203 100%	107 100%	68 100%	577

### 減容提案(対象物)の内訳

減容提案の内訳	H23内閣府	H23環境省	H24環境省	H25環境省	合計
土壌	10 36%	8 24%	7 30%	6 27%	31
有機物	13 46%	14 41%	14 61%	11 50%	52
灰	0 0%	8 24%	0 0%	3 14%	11
その他	5 18%	4 12%	2 9%	2 9%	13
合計	28 100%	34 100%	23 100%	22 100%	107

除染提案の約6割は土壌と水対象  
減容提案の約5割は有機物対象

関心の高い対象か？

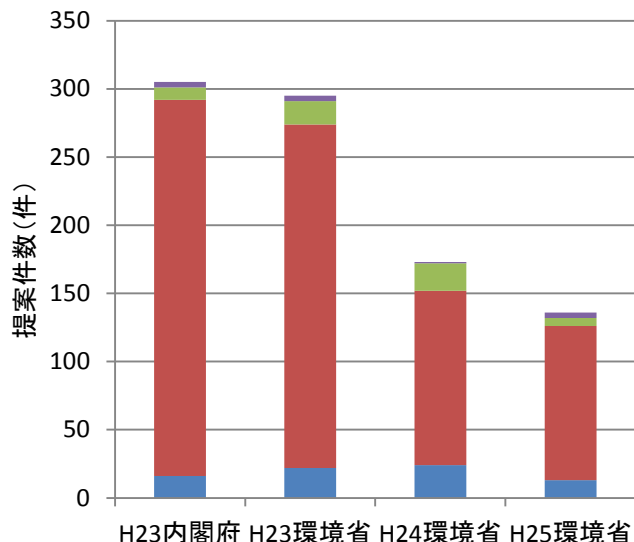
約3/4は、除染と減容の提案



## 除染技術実証事業の提案書分析結果(2)

※本データは環境省殿の依頼によりJAEAが取りまとめたものです。

### 除染技術実証事業における提案書の品質



項目	H23内閣府		H23環境省		H24環境省		H25環境省	
基礎データ(ホット)有	16	5%	22	7%	24	14%	13	10%
基礎データ(コールド)有	4	1%	4	1%	1	1%	4	3%
基礎データ無	276	90%	252	85%	128	74%	113	83%
測定方法不備	9	3%	17	6%	20	12%	6	4%
合計	305	100%	295	100%	173	100%	136	100%



基礎データ(ホット)取得は約1割  
全体の約8~9割は基礎データがない

### 詳細分析結果(複数選択)

項目	H23内閣府		H23環境省		H24環境省		H25環境省	
市販商品の単なる利用	6	2%	3	1%	1	1%	2	1%
実証済、既知知見	40	13%	165	56%	81	47%	92	68%
判断可能なデータなし	288	94%	268	91%	153	88%	118	87%
現状(ニーズ)に合わない	16	5%	32	11%	19	11%	22	16%
経済性に課題	14	5%	23	8%	13	8%	10	7%
効果の取り違い	30	10%	56	19%	27	16%	22	16%
非科学的	33	11%	10	3%	10	6%	13	10%
技術的根拠不明	71	23%	106	36%	62	36%	59	43%
募集の趣旨に合わない	11	4%	8	3%	4	2%	9	7%

- 2回目以降は既に実証済みの技術が多数
- 約9割の提案は定量判断不可
- 水中のセシウムをイオンと考える提案多い
- 希釈を除染や遮へいを取り違い
- 約3割は技術的根拠不明確

### 除染計画8月に見直し 13年度完了、先送りへ

東京電力福島第1原発事故を受け、国が直轄で進めている除染事業で、環境省の井上信治副大臣は25日、2013年度としてきた完了時期について「残りで全部やるのは非常に困難。それぞれの市町村と調整し、8月中には(見直しの計画を)発表したい」と語った。

井上副大臣は見直す内容について「(期間が)延びてしまう市町村が出る」と述べ、完了時期の先送りになるとの考えを明らかにした。

福島県双葉、楢葉両町長とそれぞれ会談した同県いわき市で、報道陣の質問に答えた。

国は第1原発周辺の11市町村を「除染特別地域」に指定し、直轄除染を進めているが、遅れが目立っている。

2013/07/25 22:43 【共同通信】



- 除染の加速と品質確保が課題
- 除染効果が予測できれば、除染品質向上
- シミュレーションには煩雑な入力必要(素人には無理)

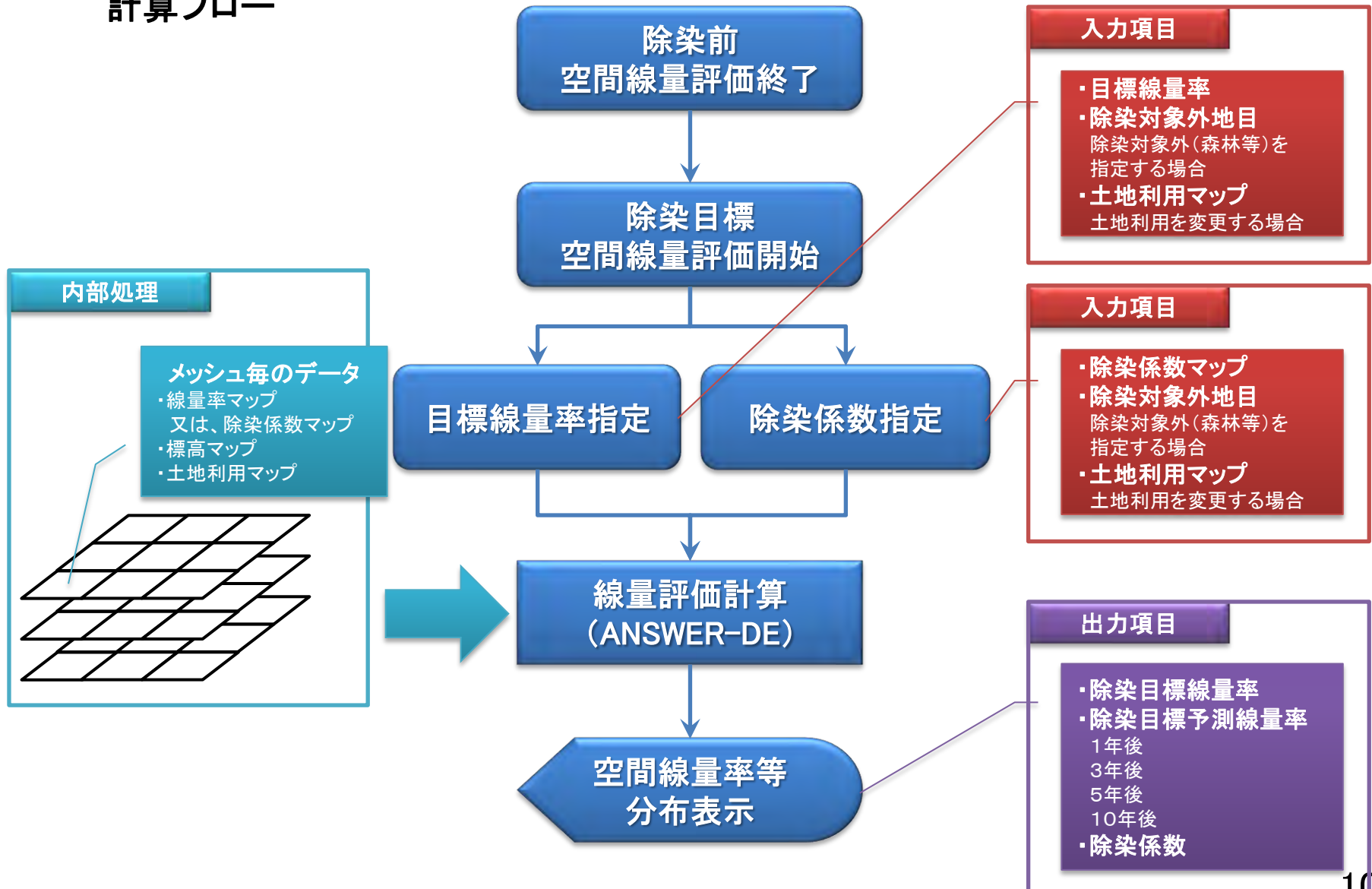


- U/Iの簡便な除染効果のシミュレーションシステムを開発
- その精度を実際の除染と比較評価
- 帰還困難区域で評価(大熊町)

# 除染活動支援システムRESETの開発

## RESET (The Restoration Support system for the Environment)

### 計算フロー





# 除染活動支援システムRESETの開発

## RESET (The Restoration Support system for the Environment)

### 操作画面

インターネット上で操作可能



**RESET** ~The REStoration Support system for Environment~

ようこそ  
[管理] 太郎さん  
2013/07/01 20:11:01

ログアウト

水土里(地図) 水土里(航空) 地図 航空写真

表示レイヤ設定[M-0030]  
地図凡例[M-0040]  
線量率データ表示期間設定[M-0050]  
追加地理情報新規作成[M-0070]  
地図移動(住所/施設名検索)[M-0020]  
地図移動(緯度経度指定)[M-0025]

除染プロジェクト情報詳細[M-0260]  
除染前線量評価[M-0300]  
除染目標線量評価[M-0350]  
除染目標線量評価選択[M-0390]  
除染目標線量評価詳細[M-0420]  
除染後線量評価[M-0325]  
差分線量率マップ設定[M-0450]  
除染プロジェクト新規作成[M-0180]  
除染プロジェクト選択[M-0220]

管理画面

上から順番に操作

航空機モニタリング等のデータ利用

マウสดラッグで除染範囲を指定

Google 200 m 500 ft ©NTT空間情報株式会社 利用規約

## 精度評価

