

## 付録2 除染モデル実証事業等の成果報告

# 除染モデル実証事業等の成果報告会 プログラム

平成 24 年 3 月 26 日

内閣府原子力被災者生活支援チーム  
環 境 省  
独立行政法人日本原子力研究開発機構

- (1) 主催者挨拶（内閣府原子力被災者生活支援チーム）【10:30～10:35】
- (2) 除染モデル事業等の成果報告（日本原子力研究開発機構）  
除染モデル事業等の結果概要 【10:35～12:05】
  - ・ 事業の位置づけ・全体概要 【10 分】
  - ・ A～C グループの結果概要 【各 20 分】
  - ・ 伊達・南相馬における除染実証試験の結果概要 【20 分】

休憩 【12:05～13:10】

除染モデル事業/除染技術実証試験事業に関するポスターセッション※  
(2 階ホール)

除染モデル事業等の結果の分析・評価 【13:10～15:55】

  - ・ 除染計画策定 ・ 除染技術 ・ 除去物と仮置場 ・ 放射線管理

休憩 【15:55～16:10】
- (3) 除染技術実証試験事業の結果報告（日本原子力研究開発機構）  
【16:10～16:50】
- (4) 質問書の回答（日本原子力研究開発機構等）【16:50～17:10】
- (5) 講評（除染実証業務推進委員会）【17:10～17:20】
- (6) 今後の取組について（環境省）【17:20～17:30】
- (7) 閉会 【17:30】

上記の時間は前後することがあります。

※除染モデル事業/除染技術実証試験事業に関するポスターセッションは、休憩時間（12:05～13:10、15:55～16:10）及び閉会后 30 分程度を利用し行います。

## (2)除染モデル事業等の成果報告

### 除染モデル事業等の結果概要 —事業の位置付け・全体概要—

#### 日本原子力研究開発機構

除染モデル実証事業等の成果報告会平成24年3月26日 福島市公会堂  
主催：内閣府原子力被災者生活支援チーム・環境省・日本原子力研究開発機構

### 除染モデル実証事業等の位置付け

- 除染に関する緊急実施基本方針(平成23年8月26日:原子力災害対策本部)
- 特措法(平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法) 基本方針(平成23年11月11日)

- 事故由来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ことが喫緊の課題
  - 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
  - 復興の取組を加速



- 国は、速やかに除染等の措置等(土壤等の除染等の措置並びに除去土壤の収集、運搬、保管及び処分をいう。)実施する必要があることを踏まえ、基準等の設定を行う
  - 迅速な土壤等の汚染等の措置の推進のため、費用対効果が高くかつ効果の実証された除染方法を標準的な方法として示す
  - 除去土壤の収集、運搬、保管及び処分に当たっては、飛散流出防止の措置、周辺住民の健康保護等への配慮に関する必要な措置、並びに除去土壤については、可能な限り減容化を図る

# 本格的な除染等の措置の実施にあたっての主な懸案事項

どの方法が適切か？



計画策定のポイントや、発注時の留意点は？



作業の監理ポイントや作業のノウハウは？



新たな技術の適用性は？

- 除染や除去土壌の運搬、保管等の実施にあたって、様々な手法の中から採用する手法を選択する際に、実データに基づいた定量的な情報(低減効果、コスト、除去物発生量)が整理されていない。
- 自治体、住民の方々、一般の事業者の方々による除染等の進め方や、外部に発注するための手引き等が整備されていない。
- 新たな技術の開発や改良の適用性が示されていない。

# 除染モデル実証事業等の主なねらい

除染実証試験

- 居住は可能であるが、やや線量が高い区域を対象として、
- 適用した除染手法等の実データに基づき、
- 放射線の低減効果の実証や課題を抽出

除染モデル事業

- 高線量域(約20mSv/年超)を対象として、
- 適用した除染手法等の実データに基づき、
- 除染方法や、作業員の放射線防護に係わる安全確保策等の選択肢を提示

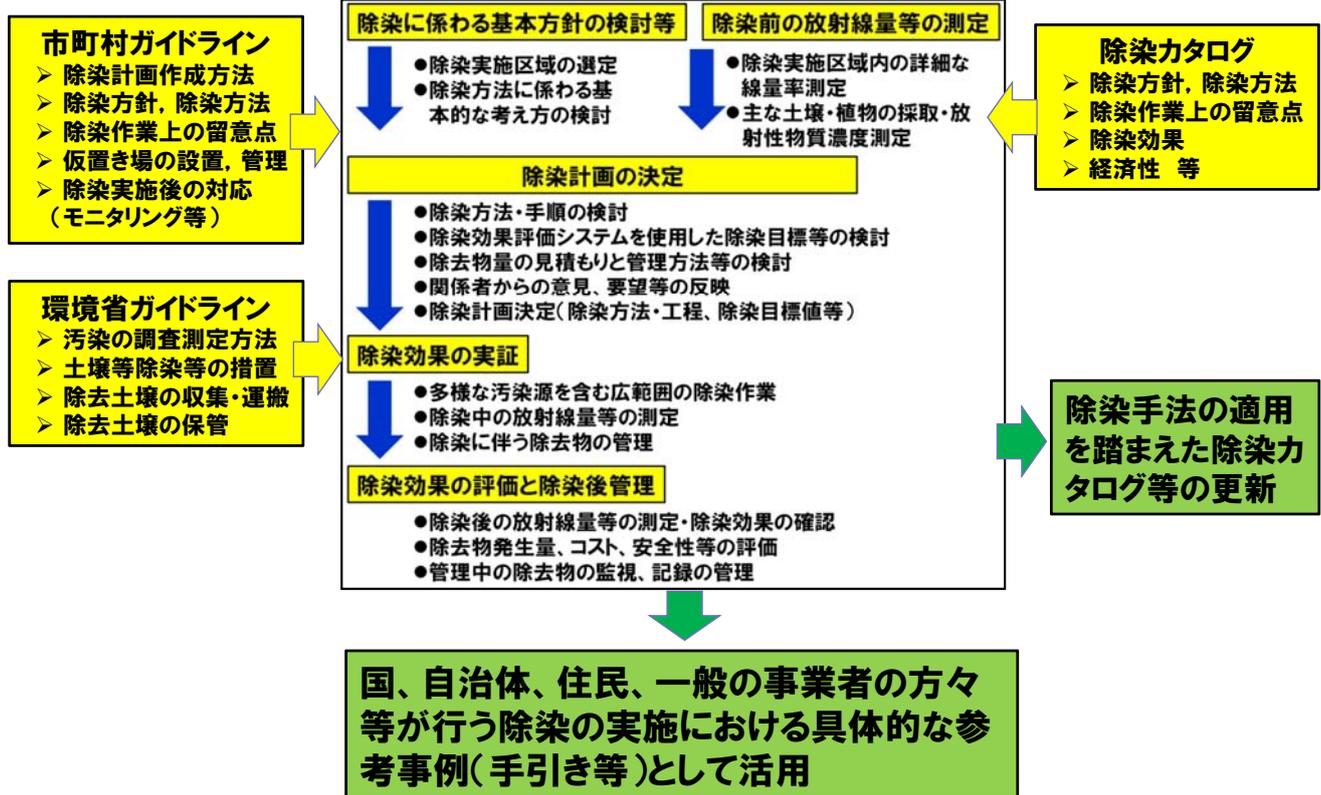
本格的な除染等の措置



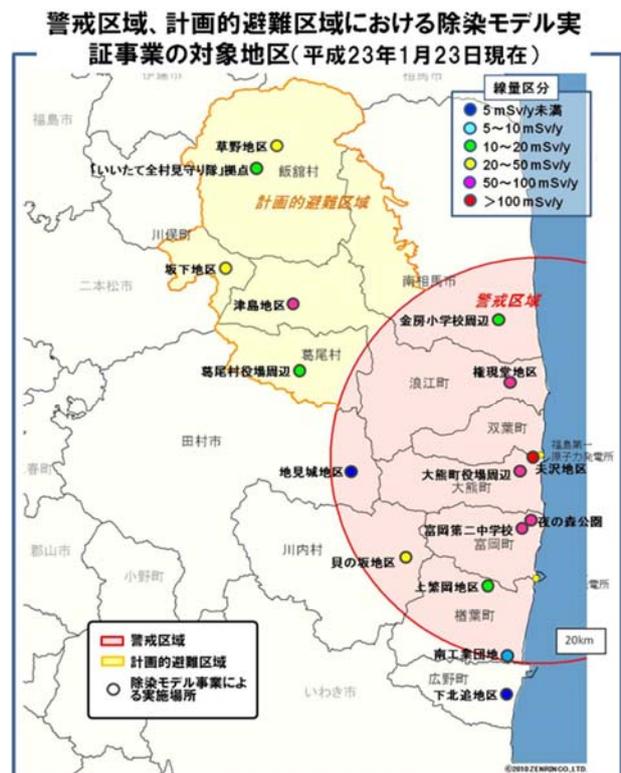
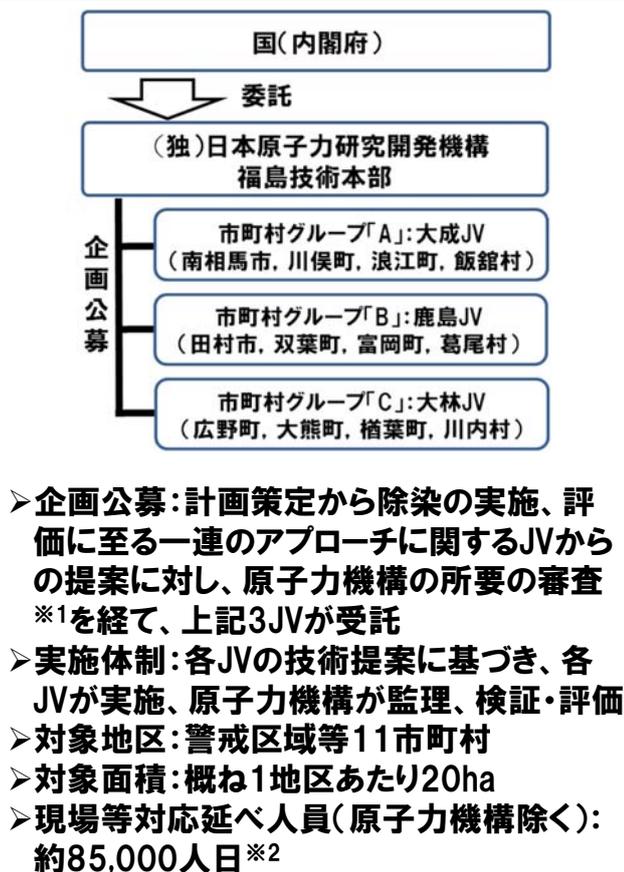
除染技術実証試験事業

- 公募・審査を経た25件の技術について、
- 実用を念頭においた新たな除染技術の開発・改良

# 除染実証試験及び除染モデル事業のアプローチ



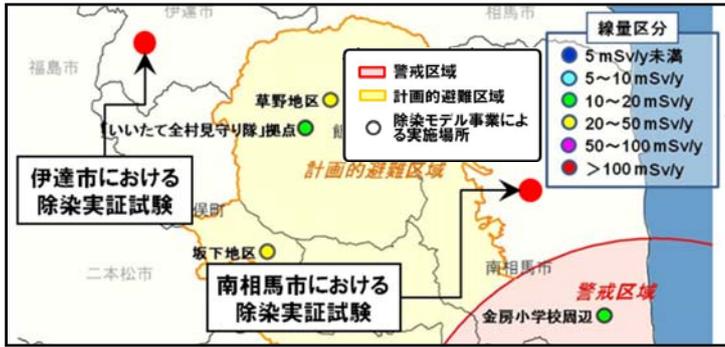
# 除染モデル事業の体制等



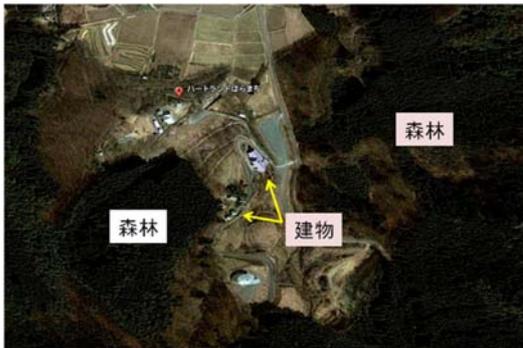
双葉町については、町より除染モデル事業の実施は見送る旨、連絡あり

※1:原子力機構が委嘱した委員会による審査  
 ※2:2月29日時点(日報等をベース)

# 除染実証試験の体制等



- 実施体制: 原子力機構が計画策定から除染の実施、評価に至る一連の作業を実施(現場作業等を個別に外注)
- 対象地区: 伊達市及び南相馬市
- 対象面積: 1地区あたり約3ha
- 現場等対応延べ人員(原子力機構除く): 約1,150人日



南相馬市



伊達市

# 除染技術実証試験事業の体制等

## 平成23年度「除染技術実証試験事業」採択案件

除染対象物	手法	特徴	No.	実施者	
土壌	熱処理	高性能反応促進剤	1	太平洋セメント(株)	
		ポンプ分級	2	ロート製薬(株)	
	分級	植物混入分級	3	(株)竹中工務店	
		湿式分級		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)
下水汚泥	化学処理	有機酸処理	8	(株)東芝	
	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)	
		ナノバブル水	11	京都大学	
	特殊水洗浄	モルクラスターオゾン水	12	ネイチャーズ(株)	
		高圧洗浄	超高压(280MPa)	13	(株)キクテック
		研削・剥離	ウェットブラスト	14	マコー(株)
瓦礫	洗浄	水洗浄	15	戸田建設(株)	
		ドライアイスブラスト	16	環テックス(株)	
植物・牛糞減容	堆肥化	100℃以上	17	(独)宇宙航空研究開発機構	
		50~60℃	18	日本ミクニヤ(株)	
水	捕集	ゼオライトブロック	19	前田建設工業(株)	
	吸着・凝集	フェロシアン化鉄	20	東京工業大学	
森林・木材	固化剥離	セメント剥離	21	大成建設(株)	
		洗浄	水洗浄・焼却	22	郡山チップ工業(株)
	高圧洗浄・水処理		23	(株)ネオナイト	
	間伐有		空間線量率変化	24	福島県林業研究センター
	間伐無	施工法の効率化	25	(株)大林組	

- 企画公募: 今後の除染作業に活用し得る優れた技術を発掘し、除染効果、経済性、安全性等を確認するために実証試験を実施。原子力機構が委嘱した委員会の審査を経て、25の実施者が受託。
- 実施体制: 各実施者が技術提案に基づき、試験を行い、原子力機構が測定等の技術指導、地元調整。
- 対象地区: 警戒区域及び計画的避難区域を含む福島県内等。



**ご清聴、ありがとうございました。**



**日本原子力研究開発機構**

## (2)除染モデル事業等の成果報告

### 除染モデル事業等の結果概要 —Aグループの結果概要—

日本原子力研究開発機構

除染モデル実証事業等の成果報告会 平成24年3月26日 福島市公会堂  
主催：内閣府原子力被災者生活支援チーム・環境省・日本原子力研究開発機構

### 報告内容

- モデル事業実施位置
- 各地区の概要
- 実施期間
- 各地区における除染手順
- 各地区における除染方法
- 1m高さの空間線量率  
(面的除染の効果)
- 除去物の現場保管・仮置き
- 作業員数及び作業における  
平均被ばく線量
- まとめ



# 1. モデル事業実施位置



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

**飯館村**

草野地区  
 いいたてホーム  
 いちばん館

**川俣町**

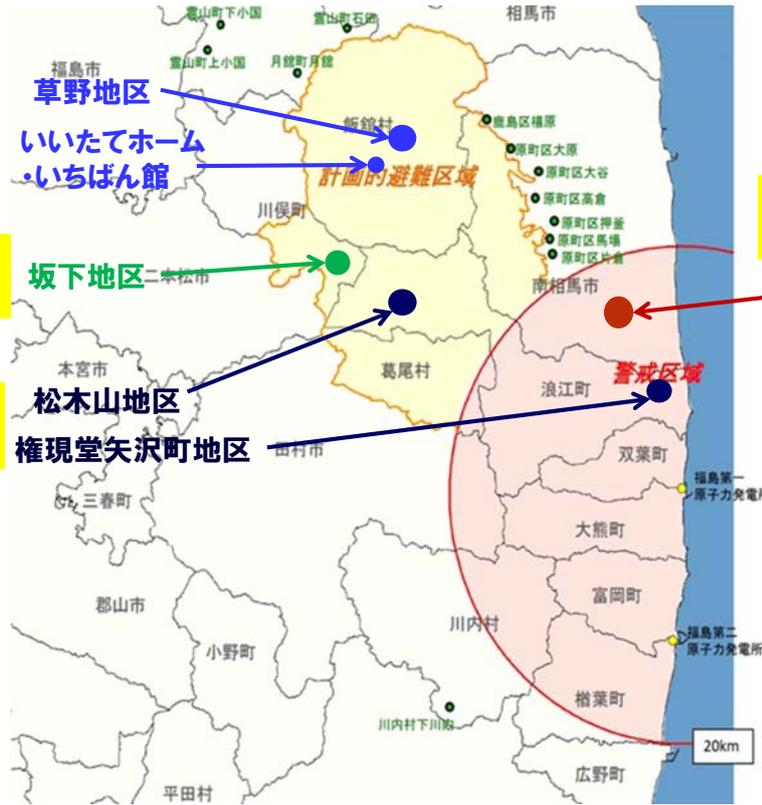
坂下地区

**浪江町**

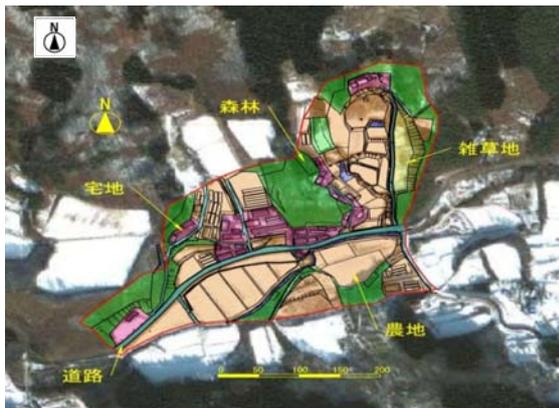
松本山地区  
 権現堂矢沢町地区

**南相馬市**

金房小学校地区



# 2. 各地区の概要(1/3)



## 【川俣町坂下地区】

- ・谷合に位置する山間部の居住地域。
- ・大型構造物はなく、農地、森林が大部分を占める中に宅地が点在する区域。
- ・面積：約11.0ha



## 【南相馬市金房小学校地区】

- ・平地に位置する市街地の居住地域。
- ・小学校や工場等の大型建物、宅地、農地が隣接する区域。
- ・面積：約13.9ha



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

## 2. 各地区の概要(2/3)



草野地区

### 【飯舘村】

- ・山間部の平地に位置する居住地域。
- ・県道の中軸に宅地が存在し、その周囲に農地、森林、大型建物が点在する区域。
- ・面積: 約11.3ha(草野地区)  
 約 0.3ha(ハヤシ製作所)  
 約 2.2ha(菊池製作所)  
 約 3.5ha(いいたてホーム・いちばん館)

- : 森林
- : 農地
- : 宅地
- : 大型建物
- : 道路
- : 対象地境界線



ハヤシ製作所



菊池製作所



いいたてホーム・いちばん館



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

## 2. 各地区の概要(3/3)



### 【浪江町松木山地区】

- ・谷合に位置する山間部の居住地域。
  - ・宅地、中学校等の大型建物、農地、森林が混在する区域。
  - ・面積: 約5.0ha
- : 森林
  - : 農地
  - : 宅地
  - : 大型建物
  - : 道路・駐車場
  - : 対象地境界線



### 【浪江町権現堂矢沢町地区】

- ・平地に位置する都市部の居住地域。
  - ・大型建物、宅地、農地が隣接する区域。
  - ・面積: 約12.8ha
- : 農地
  - : 宅地
  - : 大型建物
  - : 道路・駐車場
  - : 対象地境界線



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

### 3. 実施期間

	2011年			2012年		
	11月	12月		1月	2月	3月
川俣町	モニタリング 除染作業			仮置場		
飯舘村	モニタリング 除染作業 現場保管場所					
南相馬市	モニタリング 除染作業 現場保管場所					
浪江町 (松木山地区)	モニタリング 除染作業			仮置場		
浪江町 (権現堂 矢沢町地区)	モニタリング 除染作業			仮置場		



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

6

### 4. 除染手順(1/3)

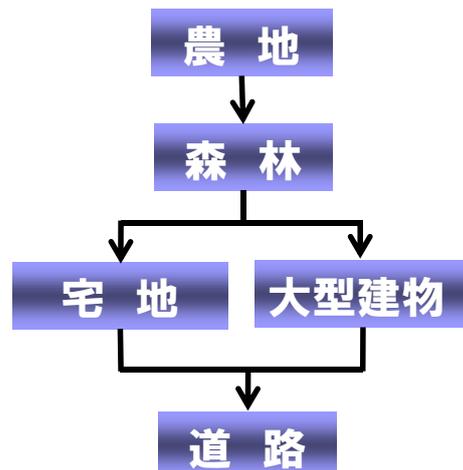
#### 【川俣町】

- 1) 森林では、傾斜地形を考慮し、除染を実施。
- 2) 農地では、表土剥ぎ取りの他、反転耕や固化剤を利用した表土剥ぎ取り等を試行。
- 3) 宅地では、できるだけ水を用いない拭き取りやブラッシングといった除染方法を選定して実施。



#### 【飯舘村】

- 1) 農地では、固化剤を利用した表土剥ぎ取りを実施。
- 2) 森林では、実施範囲を定めて常緑樹の「枝打ち」を実施。宅地等近隣の森林については、植物の枝や葉が地表面に堆積し未分解の状態のリター層の除去を実施。
- 3) 宅地や大型建物では、高圧洗浄を基本に、洗浄剤を用いた洗浄などを実施。
- 4) 可燃物の焼却による減容試験を実施。



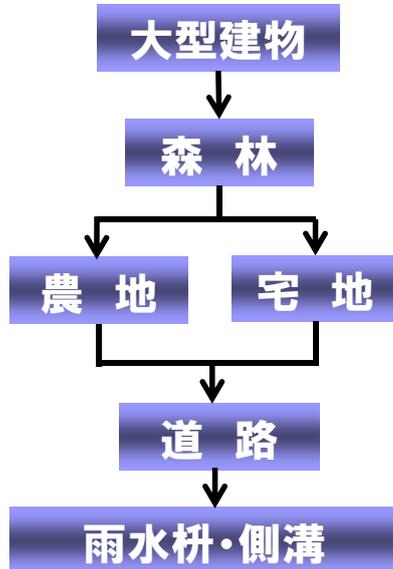
大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

7

## 4. 除染手順(2/3)

### 【南相馬市】

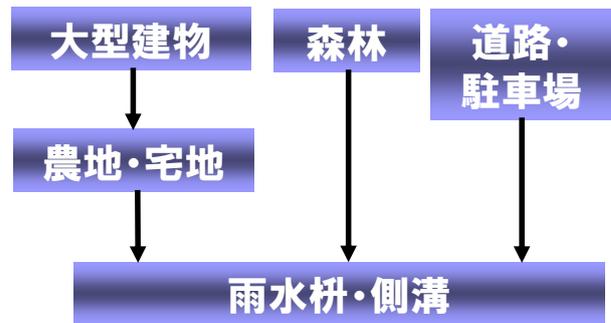
- 1) 大型建物については、高圧水洗浄を実施。
- 2) グラウンド・農地・宅地などについては、表土の剥ぎ取り、プラウを用いた反転耕を実施。
- 3) 鋼板に対して、レーザーアブレーション技術を試行実施。



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

### 【浪江町;松木山地区】

- 1) 大型建物に対してコンクリート部の切削試験、拭き取り方法による除染を試行実施。
- 2) 駐車場を含む道路舗装面については、洗浄とスチールショットブラストによる除染を実施。
- 3) 農地に関しては、薄層表土剥ぎ取り機などによる表土剥ぎ取りを実施。

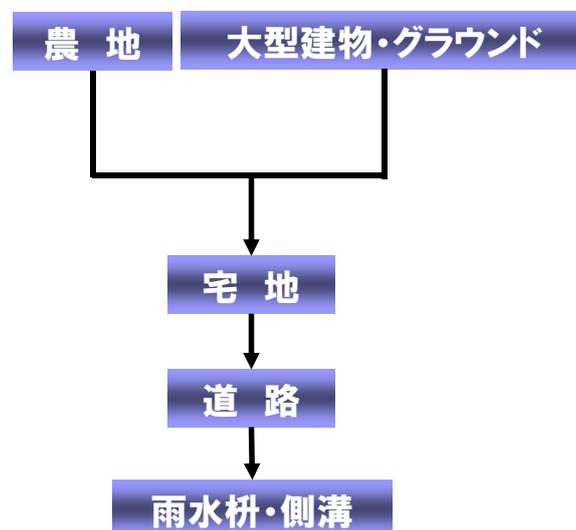


8

## 4. 除染手順(3/3)

### 【浪江町;権現堂矢沢町地区】

- 1) 農地については、重機を用いて下草刈りや表土剥ぎ取りを実施。
- 2) 宅地・大型建物については、高圧水洗浄による除染。
- 3) 駐車場を含む道路舗装面については、清掃や高圧水洗浄による除染に加えて、スチールショットブラストによる除染を試行。



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

9

## 5. 除染方法(1)森林・農地・雑草地

【川俣町】

### 〈森林〉

バキュームによる落葉等除去



枝葉の剪定・除去



### 〈農地〉

プラウ※による反転耕



※耕耘用農機具

固化剤を利用した  
表土剥ぎ取り



人力による雑草地の  
表土剥ぎ取り



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

10

## 5. 除染方法(1)宅地・道路

【川俣町】

### 〈宅地〉

人力によるブラシ清掃



人力によるホットスポット除去



### 〈道路〉

側溝清掃・堆積物除去



バックホウによる碎石撤去、敷き直し



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

11

## 5. 除染方法(1)森林・大型建物

【飯舘村】

### 〈森林〉

人力による下草刈り



人力による落葉等除去



大型バキュームによる落葉等除去



### 〈大型建物〉

切削機による表土剥ぎ取り(グラウンド)



洗浄剤を用いた遊具の洗浄



バキュームブラストによる壁面切削



人力による屋根洗浄(洗浄剤使用)



ブラシによるプール清掃



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

12

## 5. 除染方法(2)宅地・農地・道路

【飯舘村】

### 〈宅地〉

人力による雨樋清掃



人力による屋根ブラシ清掃



人力による表土剥ぎ取り



### 〈農地〉

固化剤を利用した表土剥ぎ取り



固化剤散布



バックホウによる表土剥ぎ取り(固化後)

### 〈道路〉

人力による側溝の堆積物除去



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

13

## 5. 除染方法(3)可燃物の焼却試験

【飯館村】

- 焼却試験対象物： 枝葉・刈草・落葉
- 焼却炉： 固定床式、焼却能力：毎時29kg、焼却温度800℃以上
- 排気ガス処理： バグフィルター及び消石灰・活性炭投入、HEPAフィルター
- ▷試験結果： 重量減容率：85～98%、体積減容率：96%以上

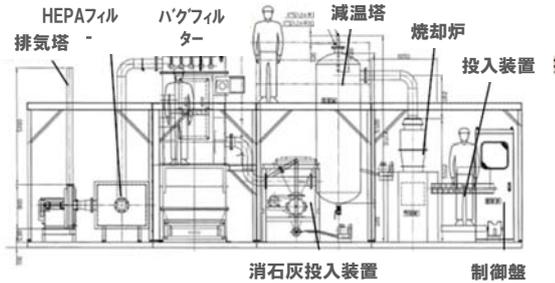
焼却前試料の放射能濃度： 約24,000～ 91,000Bq/kg  
 焼却後の灰の放射能濃度：約500,000～2,000,000Bq/kg  
 排気ガス中の放射能濃度：

バグフィルター通過後：最大で1.31Bq/m<sup>3</sup>※  
 HEPAフィルター通過後：全6回の試験とも不検出

※)原子炉周辺監視区域外の空气中濃度限度：50Bq/m<sup>3</sup>



焼却試験装置外観



焼却試験装置概要図



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

## 5. 除染方法(1)大型建物・道路

【南相馬市】

### 〈大型建物〉

高圧水洗浄



レーザーアブレーションによるチェッカープレート面の除染



中性洗剤を併用した試行洗浄



### 〈道路〉

路面清掃車による水洗浄



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

## 5. 除染方法(2)農地・森林・宅地

【南相馬市】

〈農地〉

ハンマーナイフモアによる草刈り



〈森林〉

人力による落葉等の除去



〈宅地〉

人力による表土剥ぎ取り



バックホウによる表土剥ぎ取り



人力による表土剥ぎ取り



屋根の高圧水洗浄



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

16

## 5. 除染方法(3)除去物の減容化

【南相馬市】

植物根混じりの表土の分別処理



車載型ツイスター

解砕土砂の乗り換え

粒径小:土砂

粒径大:植物根



自走式振動フルイ機

低温焼却処理



- 焼却試験対象物: 刈草・落葉・芝+土
- 焼却炉: ロータリードライア
- 焼却温度: 250~400℃程度
- 排気ガス処理:  
バグフィルター及びHEPAフィルター
- ▶ 試験結果: 重量減容率: 30~70%、  
体積減容率: 75~90%程度



処理前



処理後



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

17

## 5. 除染方法(1)宅地・大型建物

【浪江町】  
(松木山地区)

### 〈大型建物〉

高所作業車による高圧水洗浄



スチールショットブラストによる  
舗装表面薄層切削



バックホウによる表土剥ぎ取り



金属ブラシスイーパーによる  
インターロッキング表面薄層切削



### 〈宅地〉

人力による拭き取り



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

18

## 5. 除染方法(1)農地・森林

【浪江町】  
(松木山地区)

### 〈農地〉

重機・人力による表土剥ぎ取り



薄層表土剥ぎ取り機による表土剥ぎ取り



### 〈森林〉

人力による下草刈り・落葉等除去



高所作業車による枝葉等の除去



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

19

## 5. 除染方法(1)農地・宅地

【浪江町】  
(権現堂矢沢町地区)

### 〈宅地〉

高圧水洗浄による壁面清掃



人力による表土剥ぎ取り



### 〈農地〉

ハンマーナイフによる下草刈り



バックホウによる表土剥ぎ取り



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

20

## 5. 除染方法(1)大型建物・道路

【浪江町】  
(権現堂矢沢町地区)

### 〈大型建物〉

高圧水洗浄による屋根清掃



グレーダーによる  
表土剥ぎ取り



### 〈道路〉

高圧水洗浄による舗装面清掃



スチールショットブラスト等による切削  
(インターロッキング)



人力による堆積物除去



コンクリートカンナによる  
狭小箇所の切削



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

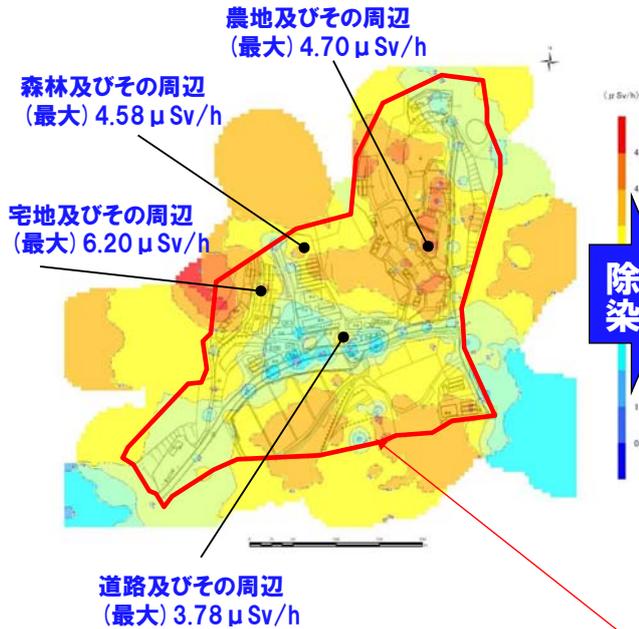
21

## 6. 1m高さの空間線量率(面的除染の効果)

### 【川俣町】

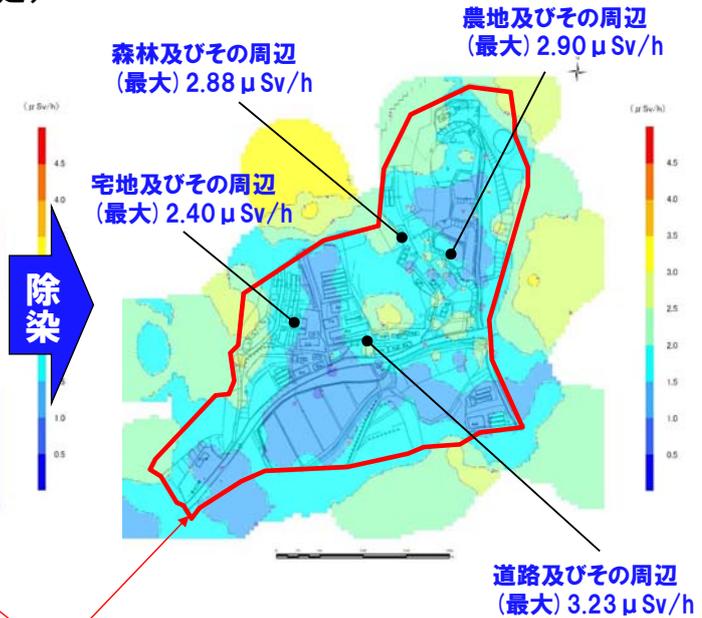
#### 【事前モニタリング】

(2011年11月27日～11月30日測定)



#### 【事後モニタリング】

(2012年2月24日～2月29日測定)



除染モデル実証事業の除染対象範囲

事後モニタリング時に積雪あり



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

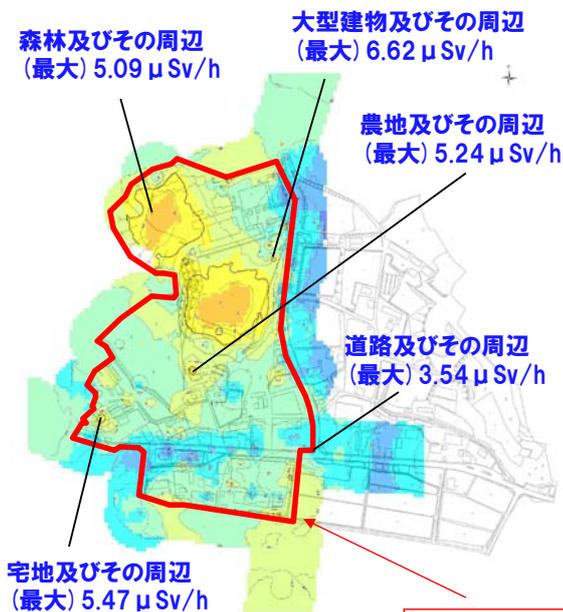
22

## 6. 1m高さの空間線量率(面的除染の効果)

### 【飯舘村】

#### 【事前モニタリング】

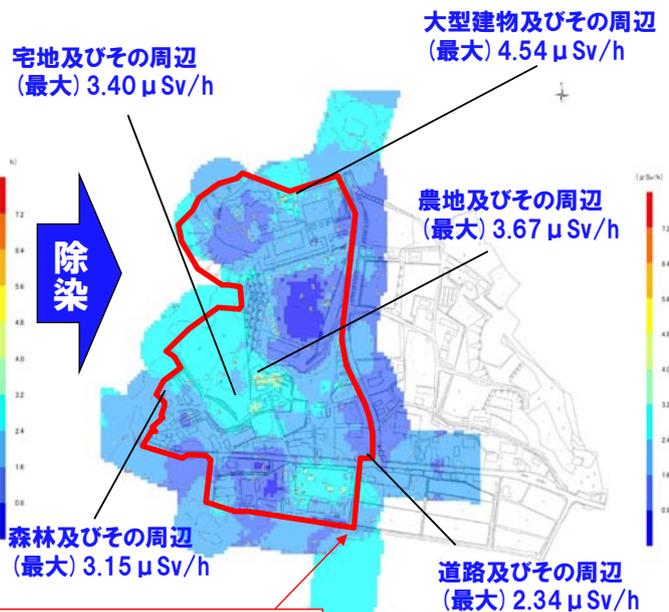
(2011年12月7日～12月10日測定)



#### 【事後モニタリング\*】

(2012年1月27日～2月10日測定)

\*:一部測定時に積雪あり



除染モデル実証事業の除染対象範囲



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

23

## 6. 1m高さの空間線量率(面的除染の効果)

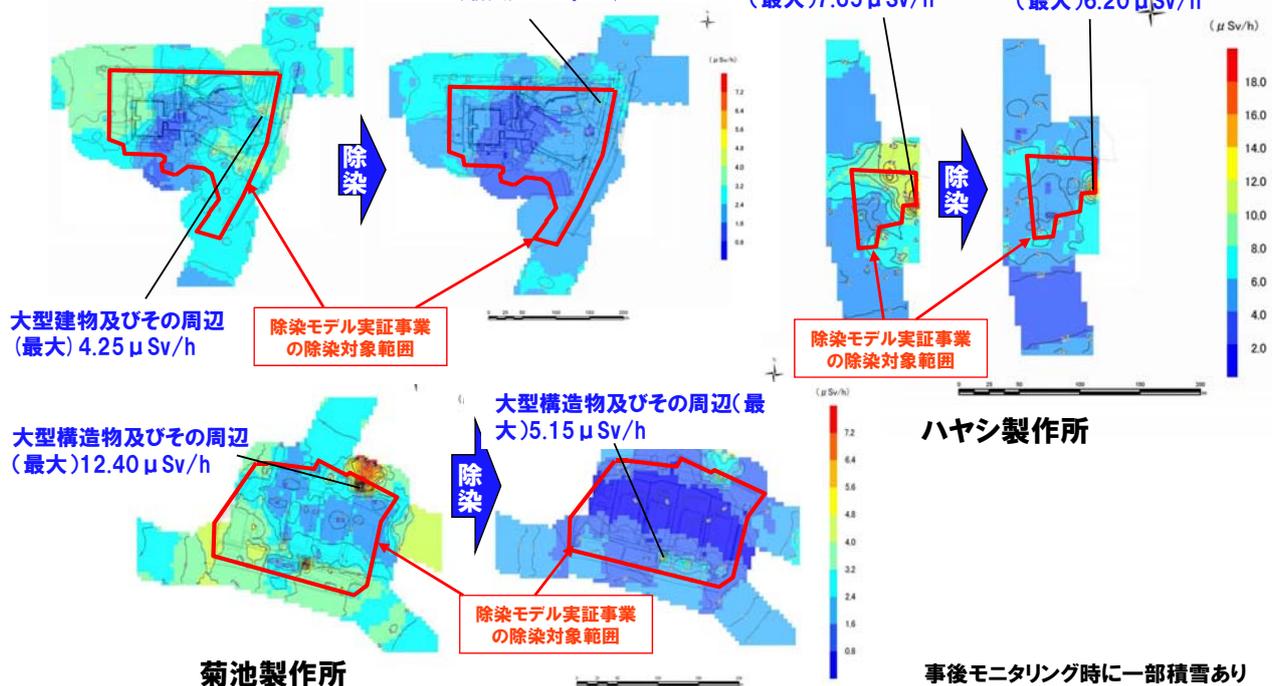
### 【飯館村】(その2)

いちばん館・いいたてホーム

大型建物及びその周辺  
(最大) 3.27  $\mu\text{Sv/h}$

大型構造物及びその周辺  
(最大) 7.65  $\mu\text{Sv/h}$

大型構造物及びその周辺  
(最大) 6.20  $\mu\text{Sv/h}$



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

24

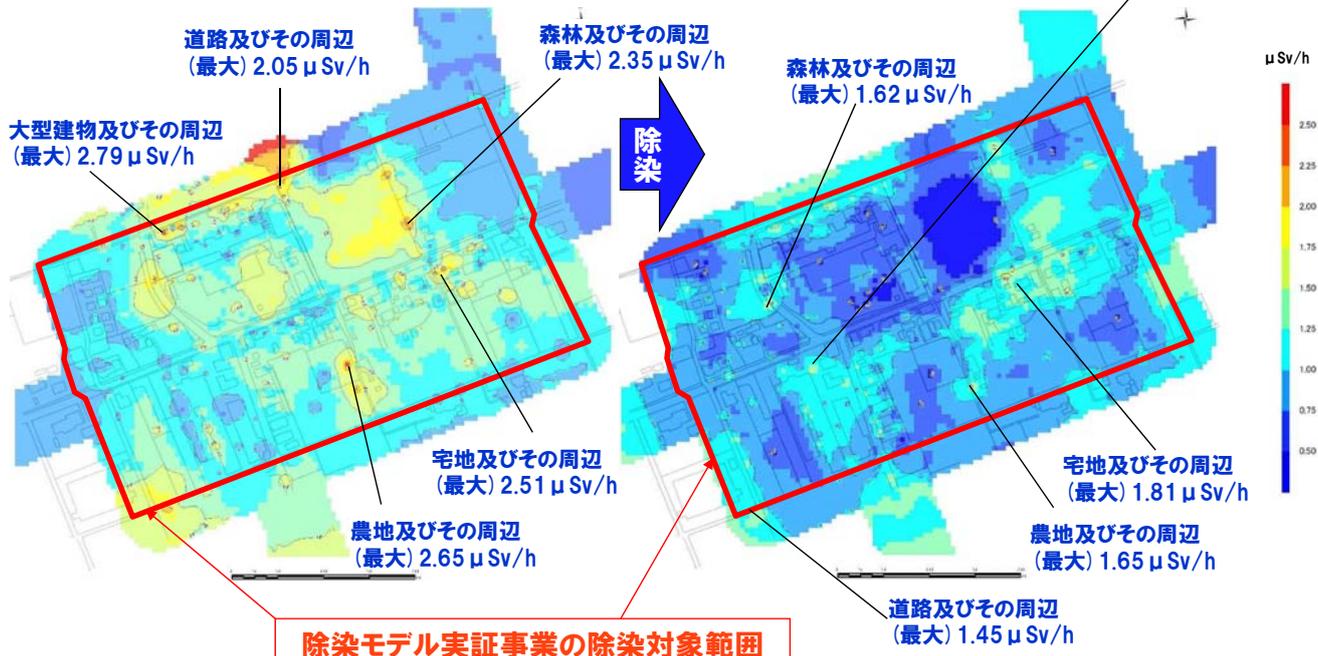
## 6. 1m高さの空間線量率(面的除染の効果)

### 【南相馬市】

【事前モニタリング】  
(2011年12月7日～12月21日測定)

【事後モニタリング】  
(2012年2月1日～2月17日測定)

大型建物及びその周辺  
(最大) 1.62  $\mu\text{Sv/h}$



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

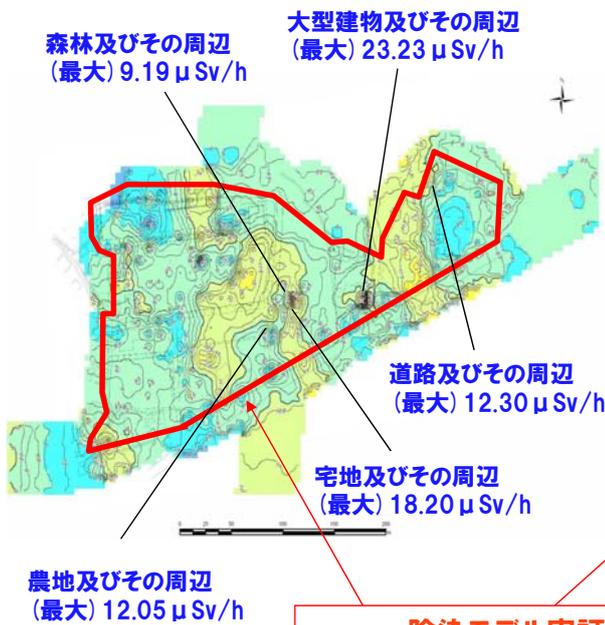
25

## 6. 1m高さの空間線量率(面的除染の効果)

### 【浪江町:松木山地区】

【事前モニタリング】

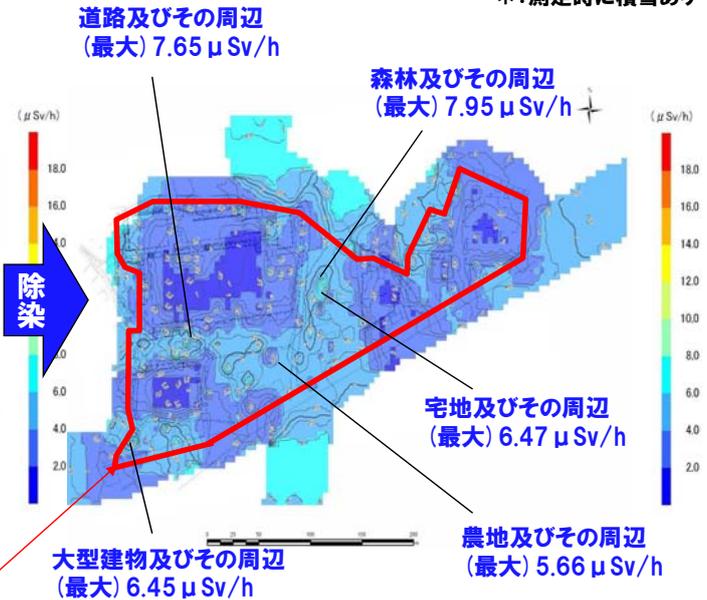
(2011年11月30日～12月5日測定)



【事後モニタリング\*】

(2012年1月25日～2月1日測定)

\*:測定時に積雪あり



除染モデル実証事業の除染対象範囲



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

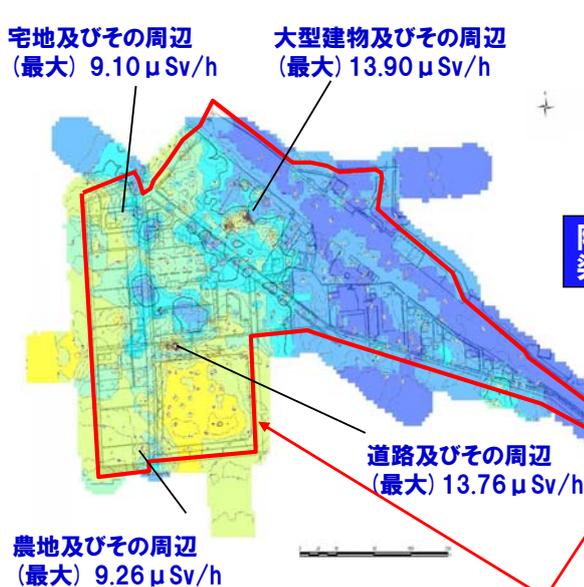
26

## 6. 1m高さの空間線量率(面的除染の効果)

### 【浪江町:権現堂矢沢町地区】

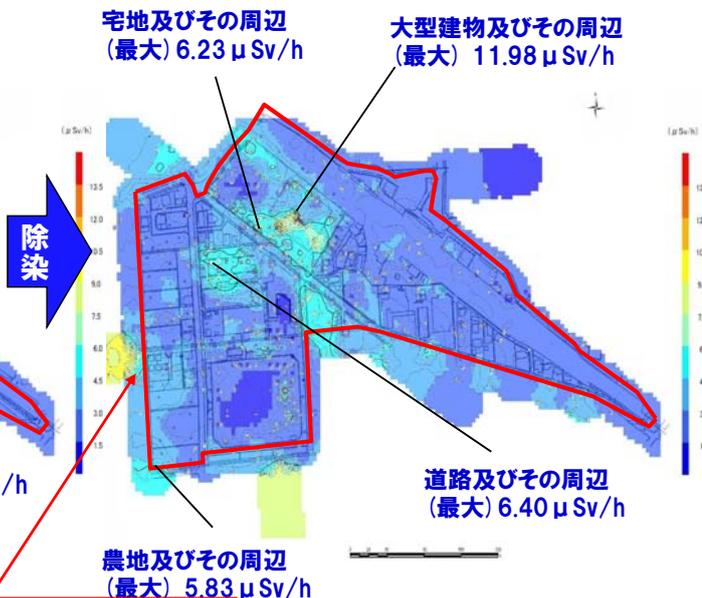
【事前モニタリング】

(2011年12月6日～12月9日測定)



【事後モニタリング】

(2012年1月29日～2月18日測定)



除染モデル実証事業の除染対象範囲

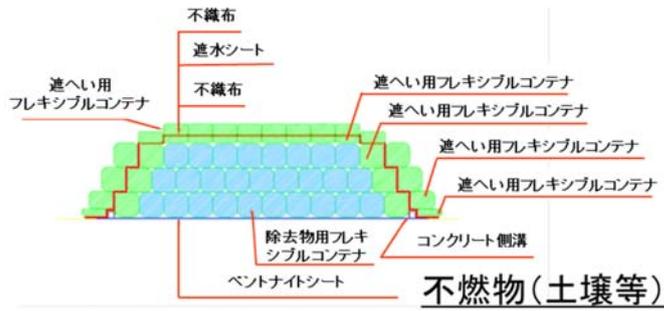


大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

27

## 7. 除去物の現場保管・仮置き

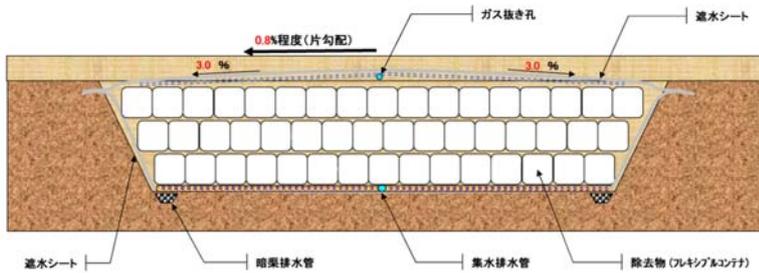
### 地上保管方式のイメージ図



(例)浪江町松木山地区の仮置場



### 地下保管方式のイメージ図



(例)南相馬市の現場保管場所



〈除去物搬入状況〉



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

## 7. 除去物の現場保管・仮置き

### 【基本的な機能】

- 不燃物・可燃物を分離して保管
- 周囲に放射線遮へいのための覆土を実施
- 上部:遮水シート+ガス抜き孔(可燃物)を設置
- 下部:遮水シート+暗渠排水管を設置
- 集水管による除去物からの浸出水を回収できる構造

### 【発生除去物量など】

地区	除去物の発生量		空間線量率(1m)		備考
	フレキシブルコンテナ(個)	重量 (ton)	保管前 (μSv/h)	保管後 (μSv/h)	
川俣町	2,910	1,496	1.27	1.02	12地点の平均値
飯舘村	4,875	2,989	4.03	1.33	5地点の平均値
南相馬市	4,116	2,835	1.74*	0.35	10地点の平均値
浪江町 (松木山地区)	1,726	1,147	2.12	1.73	7地点の平均値
浪江町 (権現堂矢沢町地区)	2,239	2,461	1.67	0.63	

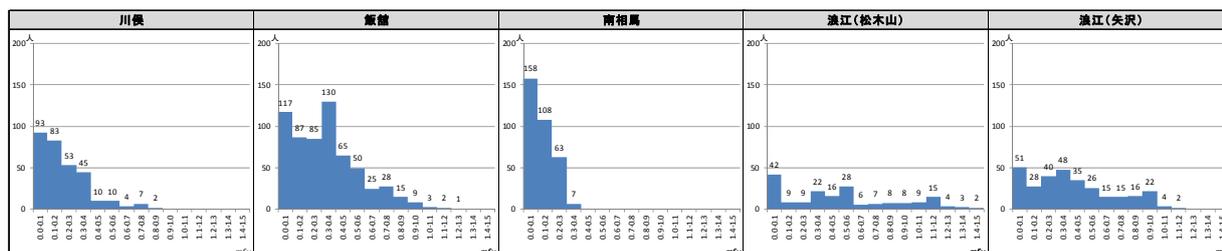
\*:事前モニタリング時の測定値



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

## 8. 作業員数及び作業における平均被ばく線量

地区	作業日数 (日)	作業員数 (人日)	作業員1人1日当たりの 平均被ばく線量 ( $\mu\text{Sv}/\text{人日}$ )	備考
川俣町	83	5,830	10.8	
飯館村	77	14,377	14.0	
南相馬市	78	6,605	6.1	
浪江町 (松木山地区)	40	3,942	24.5	
浪江町 (権現堂矢沢町地区)	54	6,988	17.3	



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

## 9. まとめ

### 【川俣町坂下地区】

- ・農地の表土除去・反転耕、森林での落葉・リター層除去などにより、宅地周辺の空間線量率が低下(平均; $3.0 \mu\text{Sv}/\text{h} \rightarrow 1.7 \mu\text{Sv}/\text{h}$ (積雪影響を含む))。
- ・アスファルト舗装の道路では、土砂払い・水洗浄などを行うことで表面汚染密度が半分程度まで低減した。

### 【飯館村草野地区ほか】

- ・草野小学校周辺でグラウンドの表土剥ぎ、校舎などの除染を行うことで空間線量率が低下(平均; $4.6 \mu\text{Sv}/\text{h} \rightarrow 1.7 \mu\text{Sv}/\text{h}$ )。
- ・庭や隣接森林の除染作業に伴い、民家部分で空間線量率が低下(平均; $3.6 \mu\text{Sv}/\text{h} \rightarrow 1.6 \mu\text{Sv}/\text{h}$ )。

### 【南相馬市金房小学校地区】

- ・金房小学校等のグラウンドの表土剥ぎ取りや校舎周辺の側溝清掃などを行うことで空間線量率が低下(平均; $1.3 \mu\text{Sv}/\text{h} \rightarrow 0.8 \mu\text{Sv}/\text{h}$ )。
- ・果樹園を含む農地において、表土剥ぎ取り・反転耕を行うことで空間線量率が低下(平均; $1.3 \mu\text{Sv}/\text{h} \rightarrow 0.8 \mu\text{Sv}/\text{h}$ )。



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

## 9. まとめ

### 【浪江町松木山地区】

- ・津島中学校等のグラウンドの表土の剥ぎ取りや建物周辺のホットスポット除去などを行うことで空間線量率が低下(平均;9.6  $\mu\text{Sv/h}$ →2.8  $\mu\text{Sv/h}$ (積雪影響を含む))。
- ・宅地周辺で庭の表土除去や落葉・リター層除去を行うことで空間線量率が低下(平均;10.0  $\mu\text{Sv/h}$ →4.4  $\mu\text{Sv/h}$ (積雪影響を含む))。

### 【浪江町権現堂矢沢町地区】

- ・庭や隣接田畑の表土剥ぎ取りなどにより宅地周辺の空間線量率が低下(平均;5.7  $\mu\text{Sv/h}$ →2.6  $\mu\text{Sv/h}$ )。
- ・道路等で側溝清掃・高圧水洗浄・スチールショットブラストなどにより、空間線量率が低下(平均;7.5  $\mu\text{Sv/h}$ →3.3  $\mu\text{Sv/h}$ )。



## 9. まとめ

### 【森林・公園植栽】

- ・落葉・リター層除去が空間線量の低減に効果的であることが確認された。
- ・ただし、斜面崩壊のリスクを考慮する必要がある。
- ・常緑樹では木の上部の線量率が高く、落葉樹では木の下部の線量率が高い傾向が確認された。

### 【農地】

- ・土壌中の放射性セシウムは概ね深さ5cm程度までに存在することが確認された。
- ・震災直前に耕していた農地では、放射性セシウムが深くまで存在していることが確認された。

### 【家屋・宅地(土面・舗装面)】

- ・建物壁面では、表面汚染密度は低い傾向が確認された。
- ・雨樋・雨だれ部など雨水の溜まる部分において、特に表面線量率が高い部分が確認された。
- ・たたきのようなコンクリート部分ではバキュームブラストによる表面切削で効果が確認された。



## 9. まとめ

### 【大型構造物・グラウンド】

- ・平坦な屋根や側溝など雨水の溜まりやすい部分で放射性セシウムが多く残留していることが確認された。
- ・建物の周辺部分の除染により、除染を行っていない建物内部においても線量低減の効果が確認された。
- ・建物の壁面については表面汚染密度が比較的低い傾向が確認された。

### 【道路・駐車場】

- ・平坦なアスファルト舗装面などは、スチールショットブラストなどの切削が効果的であることが確認された。
- ・インターロッキング部分については、切削による表面の削り取りに加え、隙間の土壌まで除去することで一定の効果が確認された。

### 【除去土壌等の仮置き】

- ・現場保管場所・仮置場では、除去物の搬入時に一時的に線量率が上昇するが、定置後の覆土により搬入前より線量率が低下することが確認された。
- ・可燃物について焼却による減容試験を行った結果、95%程度の減容率であり、フィルターを設置により放射性セシウムの拡散がないことが確認された。



大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

34



ご清聴、ありがとうございました。



日本原子力研究開発機構

大成・間組・日本国土・三菱マテリアル・アトックス・関場共同企業体

35

## (2)除染モデル事業等の成果報告

### 除染モデル事業等の結果概要 —Bグループの結果概要—

日本原子力研究開発機構

除染モデル実証事業等の成果報告会 平成24年3月26日 福島市公会堂  
主催:内閣府原子力被災者生活支援チーム・環境省・日本原子力研究開発機構

### 報告内容

- モデル事業実施位置
- 各地区の概要
- 実施期間
- 除染手順
- 除染方法
- 1m高さの空間線量率(面的除染の効果)
- 除去土壌等の現場保管
- 作業員数及び作業における平均被ばく量
- 各地区の除染結果のまとめ
- 除染方法に関する知見



# 1. モデル事業実施位置



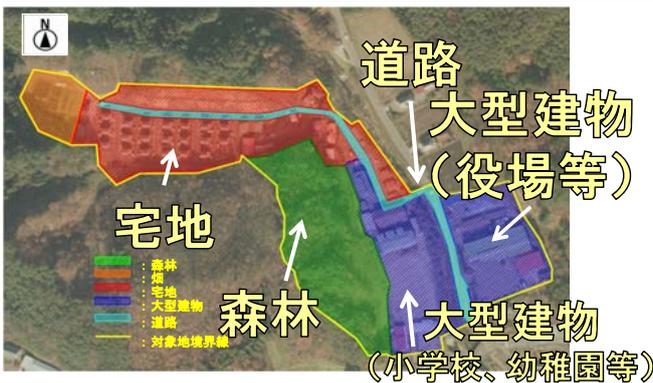
〈除染実施共同企業体〉

- ・鹿島建設
- ・日立プラントテクノロジー
- ・三井住友建設

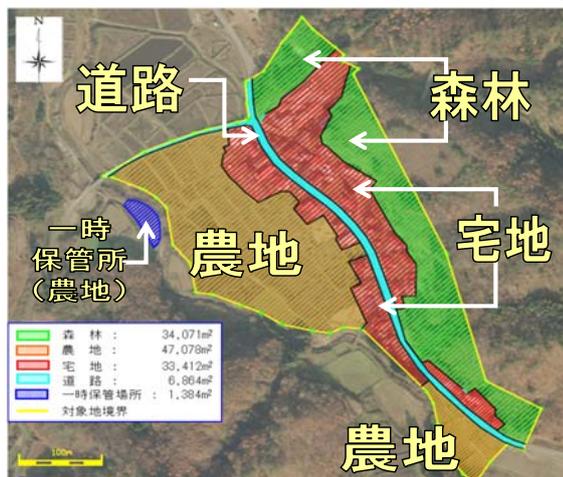
夜の森公園地区

富岡第二中学校

# 2. 各地区の概要 1/2



- 【葛尾村落合地区】
- ・谷部に位置する山間部の居住地域。
  - ・役場、小学校、幼稚園等の公共施設及び住宅地が森林に隣接している。



- 【田村市地見城地区】
- ・山間部の居住地域。また、大型の建築物はなく、農地および森林が大部分を占める。

## 2. 概要 2/2

### 【富岡町】



### (夜の森公園地区)

- 平地に位置する都市部の居住地域。
- 森林やグラウンド等からなる公園に隣接して宅地や大型建物が混在する区域。



### (富岡第二中学校)

- 平地に位置する都市部の居住地域にある中学校で、体育館・グラウンド・テニスコート・プール等からなる。



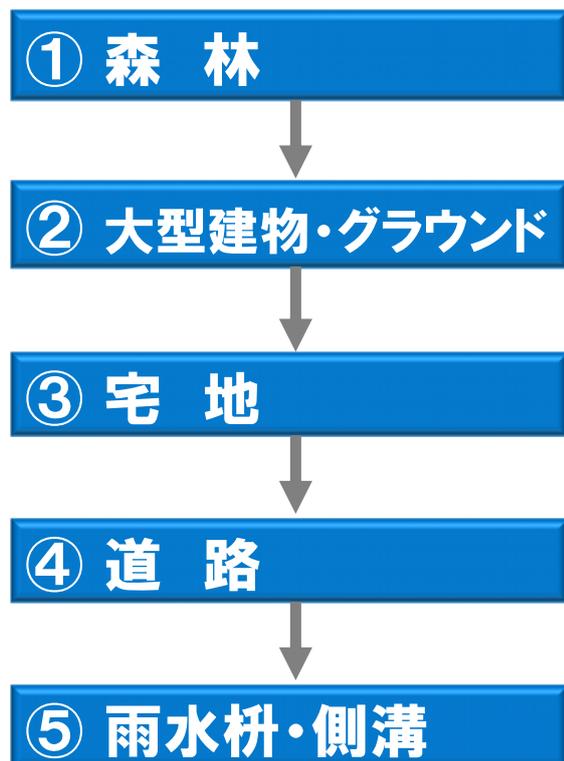
## 3. 実施期間

	2011年		2012年	
	11月	12月	1月	2月
<b>葛尾村</b>	モニタリング 除染作業 現場保管場所			
<b>田村市</b>	モニタリング 除染作業 現場保管場所			
<b>富岡町 (夜の森公園)</b>	モニタリング		除染作業 現場保管場所	
<b>富岡町 (富岡第二中学校)</b>	モニタリング	除染作業	除染作業 現場保管場所	

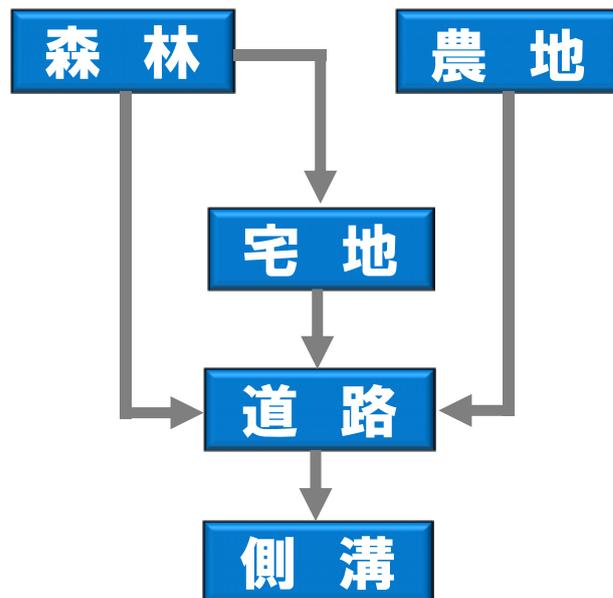
## 4. 除染手順 (1/2)



### 【葛尾村】



### 【田村市】

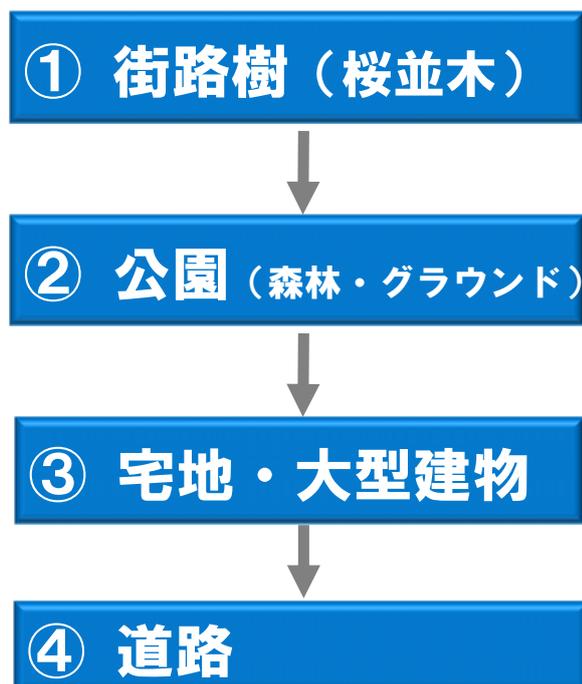


6

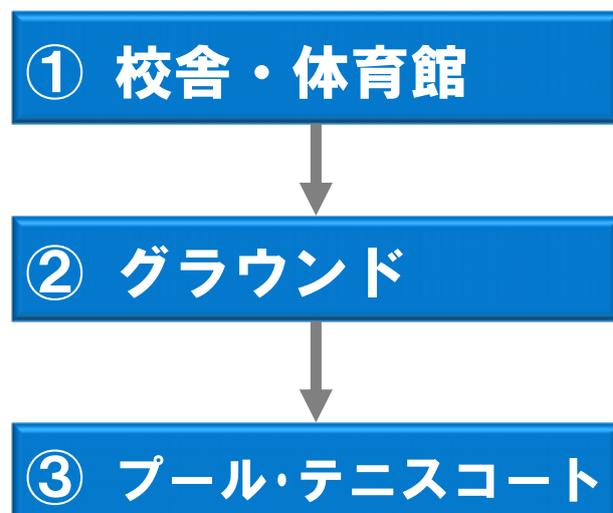
## 4. 除染手順 (2/2)



### 【富岡町 (夜の森公園地区)】



### 【富岡町 (富岡第二中学校)】



7

# 5. 除染方法(1)

# 【葛尾村】



## 〈森林〉

人力による下草刈, 灌木・小竹の伐採



バキューム車による枯葉の収集



給食センター雨樋の洗浄



幼稚園園庭砂利撤去



## 〈大型建物・グラウンド〉

切削機による剥ぎ取り

除去土壌運搬・搬出  
ダンプトラック

表面切削・積込  
切削機



役場屋上の洗浄



# 5. 除染方法(2)

# 【葛尾村】



## 〈宅地〉

屋根: 水洗浄、ブラシ洗浄



屋根: 剥離剤による除染\*



雨樋: 堆積物除去



壁: ふき取り



庭: 草・コケ除去、剥ぎ取り



インターロッキング\*\* : 高圧水洗浄



## 〈道路〉

機能回復車による高圧水洗浄



\*剥離剤による除染:  
洗濯のり状の剥離剤(K-PACK)を瓦に塗り、約24時間待って乾いたところをはがします。

\*\*インターロッキング:  
舗装に用いるコンクリートブロック

## 5. 除染方法(1)

## 【田村市】



### 〈森林〉

人力による下草刈, 灌木・小竹の伐採



### 〈農地〉

トラクタによる攪拌希釈



重機による天地返し



固化剤散布後の剥ぎ取り



10

## 5. 除染方法(2)

## 【田村市】



### 〈宅地〉

雨樋: 堆積物除去・ふき取り



雨樋下の土壌(ホットスポット): 除去・砕石の敷設



### 〈道路・側溝〉

機能回復車による高圧水洗浄



側溝の堆積物除去



11

## 5. 除染方法(1)

【富岡町】



### 〈宅地〉

屋根: 水洗浄、ブラシ洗浄



壁: 拭き取り



雨樋(縦樋): 高圧水洗浄、吸引



コンクリート(たたき):  
高圧水洗浄



コンクリート(たたき):  
ショットブラスト



コンクリート(たたき):  
表面研磨機



庭: 表土の剥ぎ取り



12

## 5. 除染方法(2)

【富岡町】



### 〈リフレ富岡〉

宿泊棟屋上: 高圧水洗浄



壁: 高圧水洗浄



### 〈公園(森林・グラウンド)〉

バックホウによる表土の剥ぎ取り



中低木の枝葉等の除去



グラウンド:  
切削機による表土の剥ぎ取り



13

## 5. 除染方法 (3)

【富岡町】



### 〈道路〉

排水性舗装機能回復車による高圧水洗浄



ショットブラストによる表面研削



### 〈街路樹(桜並木)〉

幹の洗浄(水洗浄、ブラシ洗浄)



表土の剥ぎ取り



14

## 5. 除染方法 (4)

【富岡町】



### 〈校舎〉

屋上(多目的ホール):  
ポリッシャー洗浄



校舎側溝: 堆積物除去、吸引



校舎側溝: 高圧水洗浄



〈体育館〉 体育館雨樋: 高圧水洗浄、吸引



体育館側溝: 堆積物除去



15

# 5. 除染方法 (5)

# 【富岡町】



## 〈プール・テニスコート〉

高圧水洗浄



水切りワイパー



テニスコート:  
バックホウによる表土の剥ぎ取り

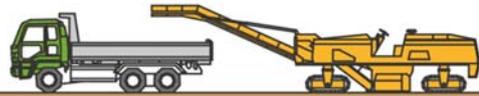


## 〈グラウンド〉

グラウンド: 切削機による表土の剥ぎ取り

ダンプトラック

切削機



グラウンド周囲: 表土の剥ぎ取り(バックホウ、人力)



法面:  
バックホウによる表土の剥ぎ取り



16

# 6. 1m高さの空間線量率(面的除染の効果)



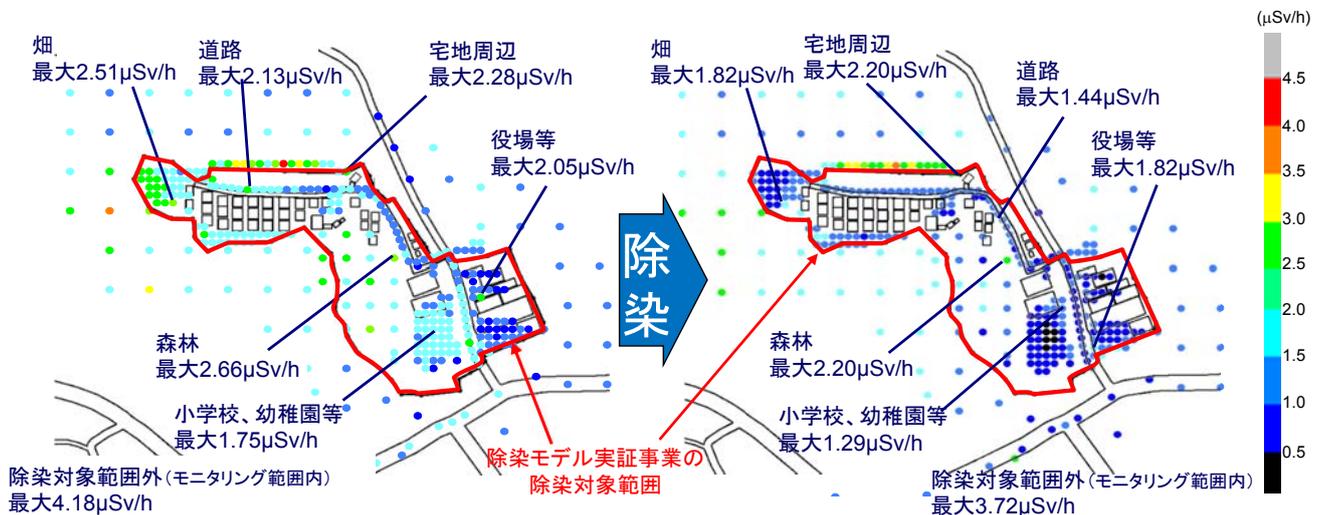
## 【葛尾村】

### 【事前モニタリング】

(2011年11月24日~27日測定)

### 【事後モニタリング】

(2011年12月25日~2012年1月15日測定)



17

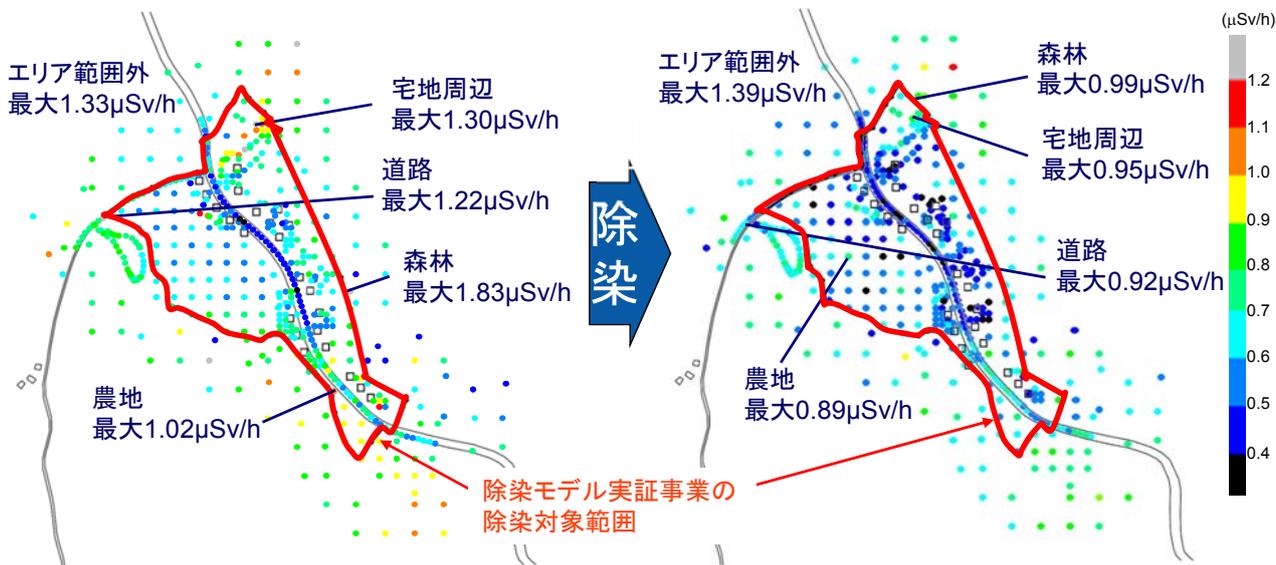
## 6. 1m高さの空間線量率(面的除染の効果)



### 【田村市】

【事前モニタリング】  
(2011年11月24日～28日測定)

【事後モニタリング】  
(2012年1月13日～19日測定)



18

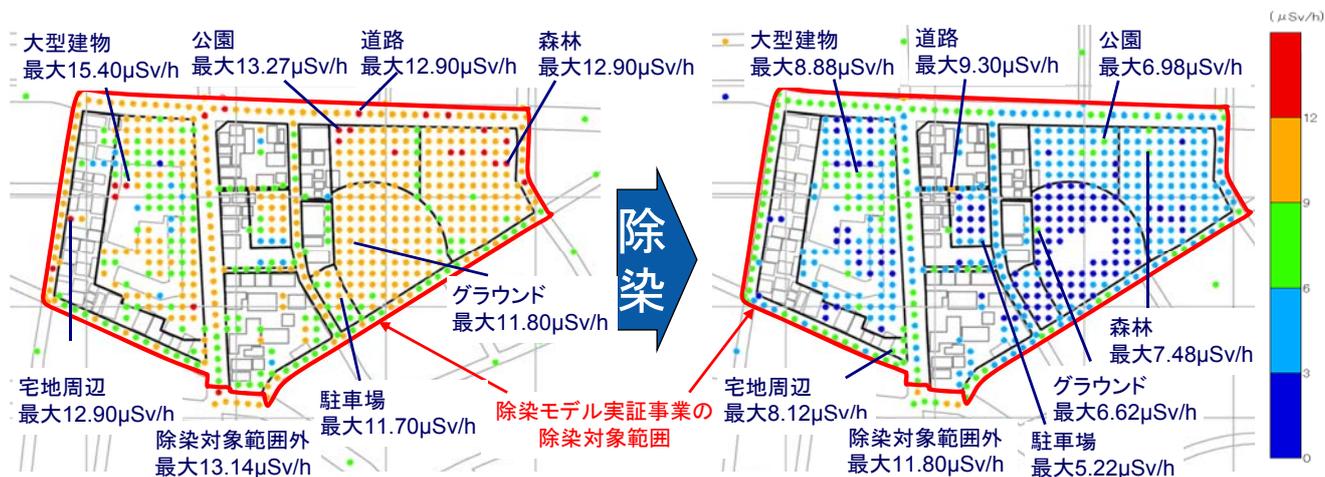
## 6. 1m高さの空間線量率(面的除染の効果)



### 【富岡町(夜の森公園地区)】

【事前モニタリング】  
(2011年11月26日～12月26日測定)

【事後モニタリング】  
(2012年2月16日～24日測定)



19

## 6. 1m高さの空間線量率(面的除染の効果)



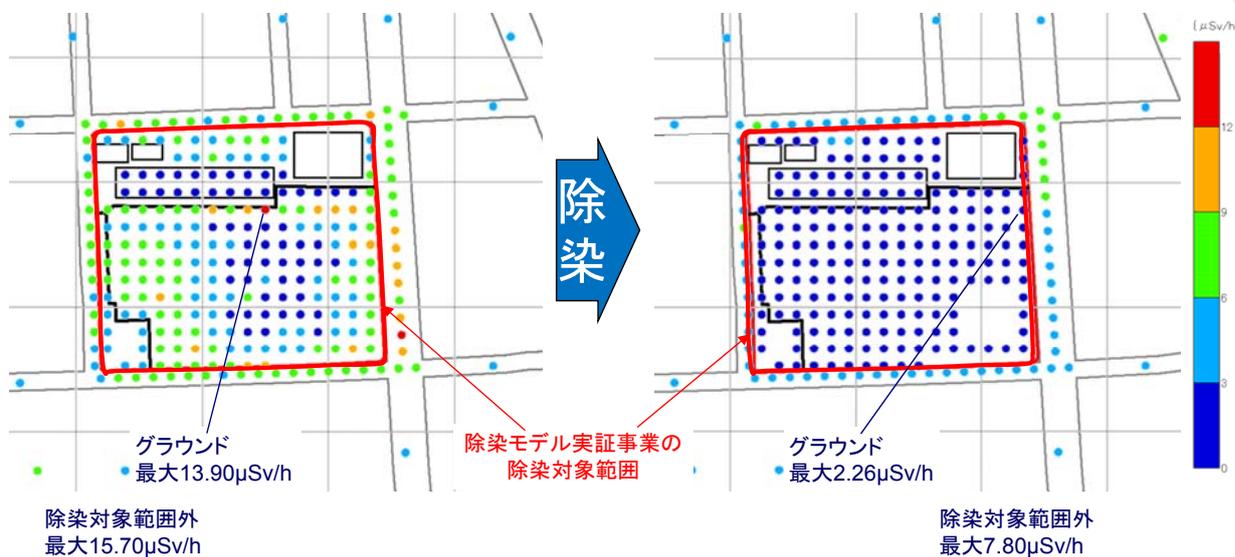
### 【富岡町(富岡第二中学校)】

#### 【事前モニタリング】

(2011年11月29日～12月13日測定)

#### 【事後モニタリング】

(2012年2月18日～24日測定)



20

## 7. 除去土壌等の現場保管



### 富岡第二中の現場保管場所(例)(上部遮水シート敷設後)



保管場所	除去土壌等の発生物量		空間線量率(1m)※		備考
	フレキシブルコンテナ(個)	重量 (ton)	保管前 ( $\mu$ Sv/h)	保管後 ( $\mu$ Sv/h)	
葛尾村	1,664	948	2.8	2.6	※ 6 測定点の平均値
田村市	571	185	0.74	0.58	
富岡町 (夜の森公園)	3,056	1,744	5.44	1.44	
富岡町 (富岡第二中)	1,306	1,208	2.25	0.97	

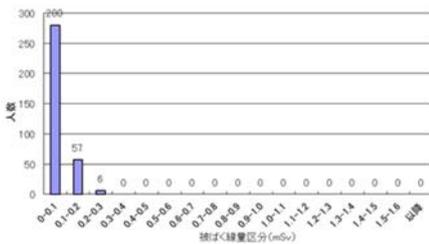
21

## 8. 作業員数及び作業における平均被ばく量

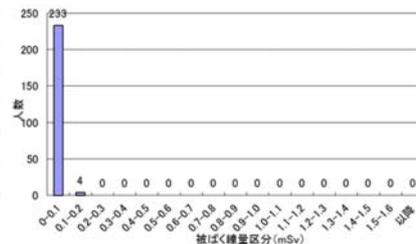


市町村	作業日数(日)	作業員数(人日)	一人一日当たりの平均被ばく線量( $\mu\text{Sv}/\text{人日}$ )	備考
葛尾村	61	3,303	5.37	
田村市	52	2,139	1.98	
富岡町	78	10,626	21.31	夜の森公園地区及び富岡第二中学校の合計結果

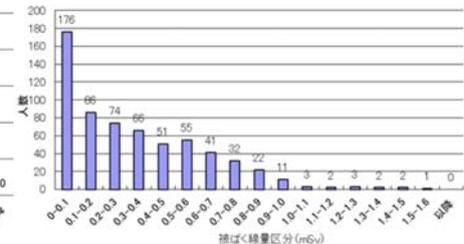
### 【葛尾村】



### 【田村市】



### 【富岡町】



22

## 9. 各地区の除染結果のまとめ



### 【葛尾村落合地区】

- グラウンド・園庭の表土剥ぎ取り、宅地のコケ・表土剥ぎ取り等により、小学校、幼稚園、宅地等において、空間線量率が低下した(小学校、幼稚園において平均  $1.51 \mu\text{Sv}/\text{h} \rightarrow 0.75 \mu\text{Sv}/\text{h}$ )

### 【田村市地見城地区】

- 農地の攪拌希釈等により、農地の空間線量率が低下した ( $0.84 \mu\text{Sv}/\text{h} \rightarrow 0.58 \mu\text{Sv}/\text{h}$ )
- 軒樋の堆積物除去・ふき取り、縦樋の高圧水洗浄、雨樋下の表土除去等により、宅地周辺の空間線量率が低下した(平均  $0.71 \mu\text{Sv}/\text{h} \rightarrow 0.55 \mu\text{Sv}/\text{h}$ )

### 【富岡町夜の森公園地区】

- 樹木の除染、表土剥ぎ取り、道路の切削ないし高圧水洗浄、宅地の屋根のブラッシング、雨樋の堆積物除去・拭き取り、たたきの高圧水洗浄ないし切削、庭の表土剥ぎ取り等により、宅地周辺等の空間線量率が低下した(宅地周辺において平均  $7.94 \mu\text{Sv}/\text{h} \rightarrow 4.21 \mu\text{Sv}/\text{h}$ )

### 【富岡町富岡第二中学校】

- 富岡第二中学校グラウンドの表土剥ぎ取り等により、グラウンドの空間線量率が低下した( $5.39 \mu\text{Sv}/\text{h} \rightarrow 0.83 \mu\text{Sv}/\text{h}$ )

23

## 10. 除染方法に関する知見(1)



### 【森林・公園植栽】

- ・ 常緑樹林では、新しい落ち葉層の下のリター層まで放射性セシウムが多く付着している傾向もあり、「下草刈り」と「新しい落葉層の除去」に加えて「リター層」まで除去すると除染効果が向上することを確認した。
- ・ 樹木の幹に対しては、粗皮が剥がれても生育に悪影響のない範囲で高圧水洗浄を行うことで除染効果が高い(例:夜の森公園ケヤキ)。

### 【農地】

- ・ 農地については、深度方向の放射性セシウム分布を調査した上で、攪拌耕・反転耕・天地返し・表土剥ぎ取りの深さを決定し実施することが有効であることが分かった。
- ・ 固化剤散布については、冬季の低温環境下で固化剤が固まらない事象が発生した。

### 【家屋・宅地(土面・舗装面)】

- ・ 雨樋の堆積物を除去し、さらに拭き取ることによって高い除染効果が得られた。
- ・ 庭については、ホットスポットとなっている雨樋下の砂利等の除去は効果が大きかった。
- ・ 室外の除染による室内の空間線量率の低減効果を確認した。

24

## 10. 除染方法に関する知見(2)



### 【大型構物・グラウンド】

- ・ コンクリート(防水加工付)の屋上は、高圧水洗浄が効果的であった。
- ・ 壁について、作業性の観点からすると、周囲に洗浄水を飛散させない「拭き取り」による除染が有効であった。
- ・ 室内を除染しない場合でも、室外の除染効果が室内における空間線量率の低減に影響していることを確認した。

### 【道路・駐車場】

- ・ 「剥離・切削」する手法を適用する場合、機械作業となるため、歪曲・損耗した路面では、除染効果にムラが生じる場合があった。

### 【除去土壌等の仮置き】

- ・ 除去物の搬入・定置にあたっては、表面線量率の高い除去物を中心に定置し、その周囲に、より表面線量率の低い除去物を定置することによって、除去物そのものの遮へい効果により、表面線量率の高い除去物からの放射線の影響を軽減することが可能である。
- ・ また、汚染されていない土壌を詰めた土嚢で除去物の周囲を覆うことで更に高い遮へい効果が得られる。

25



**ご清聴、ありがとうございました。**



**日本原子力研究開発機構**

**鹿島建設・日立プラントテクノロジー・三井住友建設 共同企業体**

## (2)除染モデル事業等の成果報告

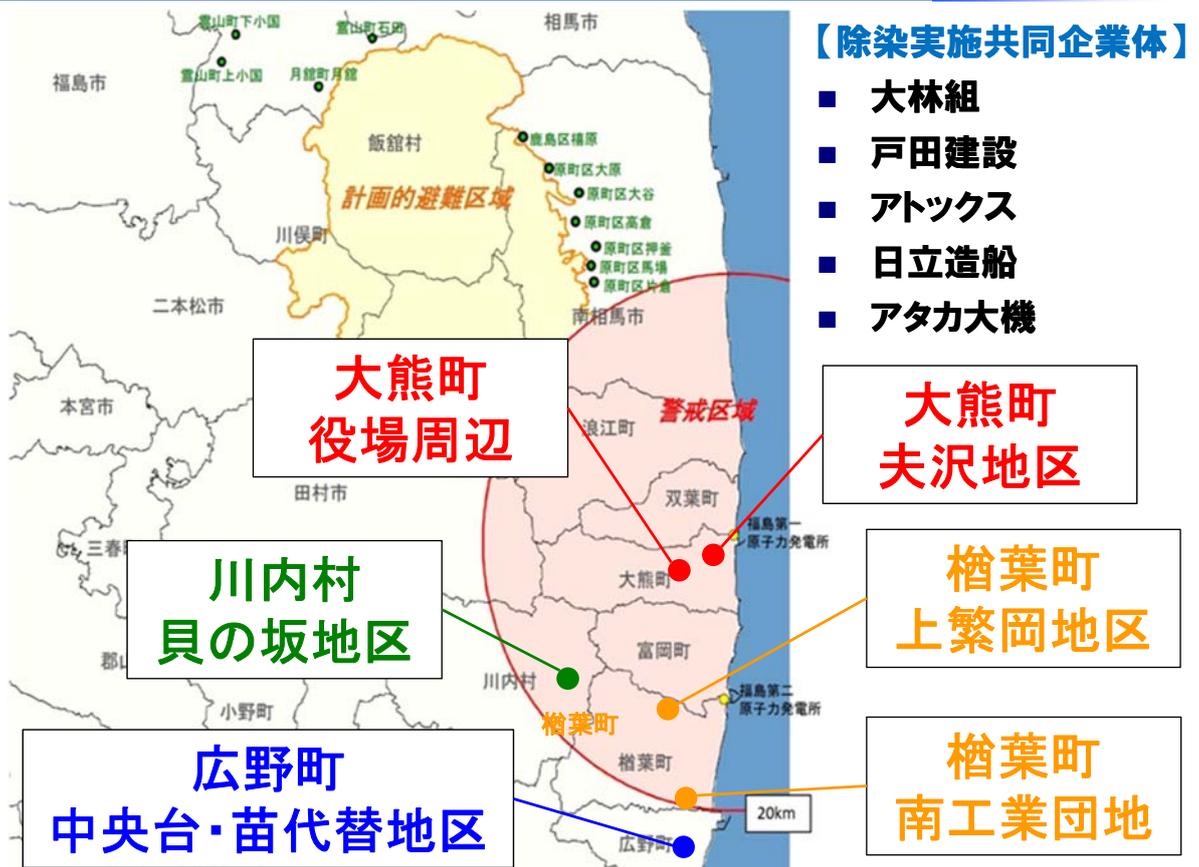
### 除染モデル事業等の結果概要 —Cグループの結果概要\*—

#### 日本原子力研究開発機構

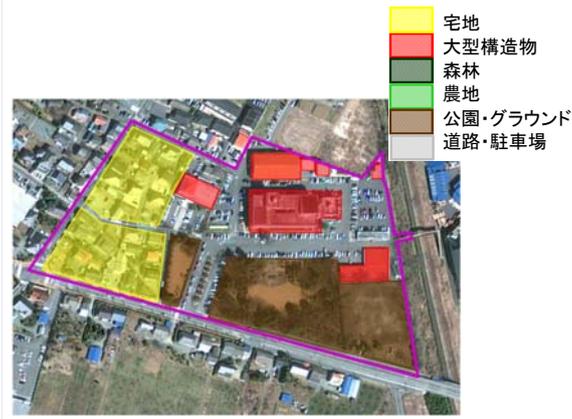
\*:Cグループの結果概要については、「除染モデル実証事業等の成果報告会」以降の除染結果等も追加した内容になっております。

除染モデル実証事業等の成果報告会 平成24年3月26日 福島市公会堂  
主催:内閣府原子力被災者生活支援チーム・環境省・日本原子力研究開発機構

### 1. モデル事業実施位置

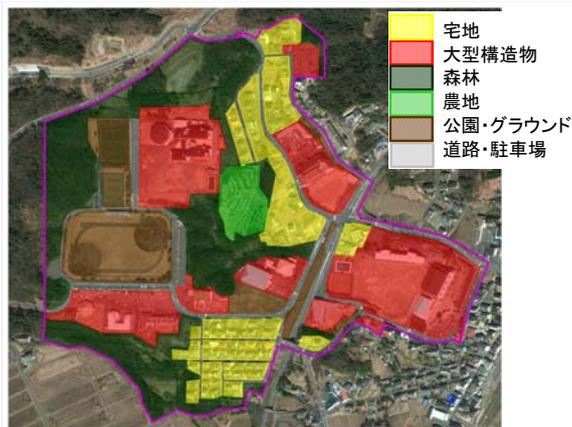


## 2. 対象地区の概要(1)



### 【大熊町役場周辺地区】

- 都市部の居住地域
- 公共施設(役場、公民館、体育館)および住宅地が隣接する
- 広い舗装駐車場と植栽に囲まれた広い公園あり
- 高線量率

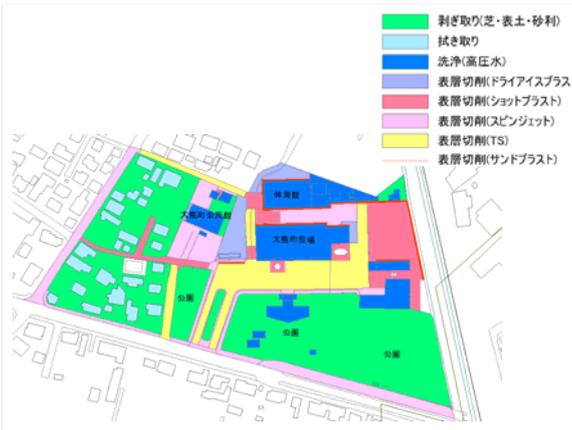


### 【広野町中央台・苗代替地区】

- 都市部の居住地域
- 丘陵地に公共施設(役場、小中学校等)および住宅地が広がる

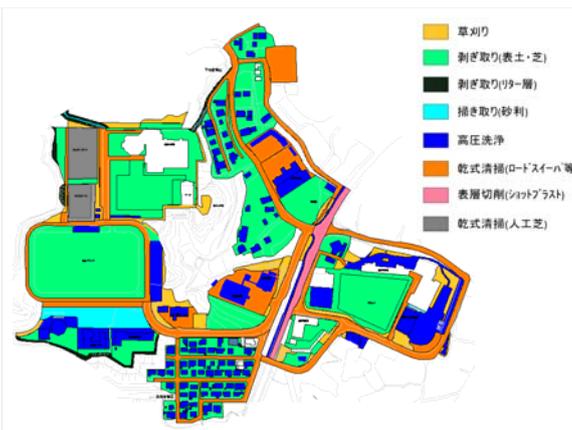
2

## 3. 対象区域の除染方法(1)



### 【大熊町役場周辺地区】

- 除染効果が大きい技術を適用
- 空間線量率低減のため、面的に除染
  - 宅地(土面)・公園: 表土・芝剥ぎ取り
  - 宅地(舗装面)・駐車場・道路: 切削、プラスト
  - 大型構造物: 屋根・壁等の高圧洗浄
  - 家屋: 屋根・壁等の拭き取り
  - 公園植栽: 剪定、枝打ち(一部)

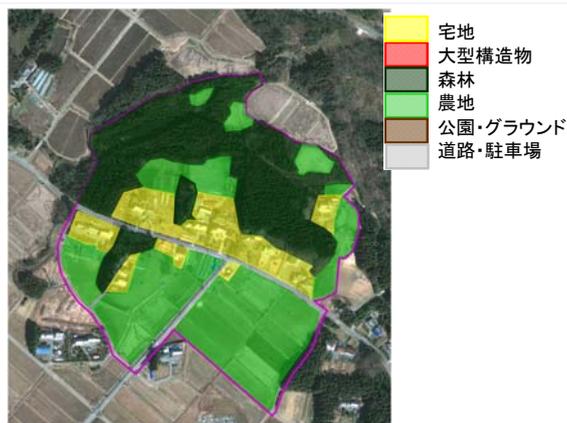


### 【広野町中央台・苗代替地区】

- 児童関連施設を中心に、空間線量率低減のため、面的に除染
  - グラウンド・宅地(土面): 表土・芝剥ぎ取り
  - 家屋: 屋根高圧洗浄・拭き取り
  - 大型構造物: 高圧洗浄
  - 駐車場・道路: 乾式清掃、プラスト(一部)
  - 森林: 落葉・リター層除去(法尻部)

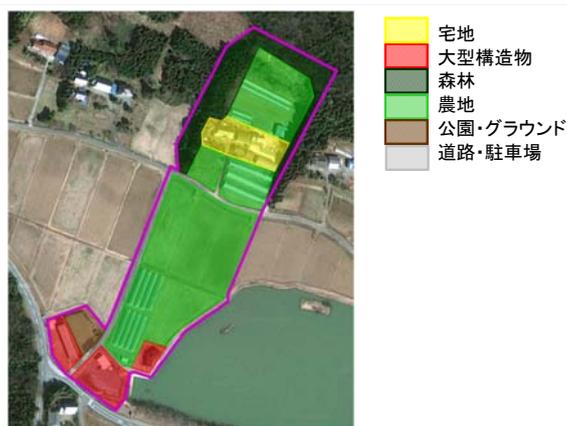
3

## 2. 対象区域の概要(2)



### 【大熊町夫沢地区】

- 平野部に位置する農村地域
- 住宅地北側に針葉樹林、南側に農地が広がる
- 高線量率

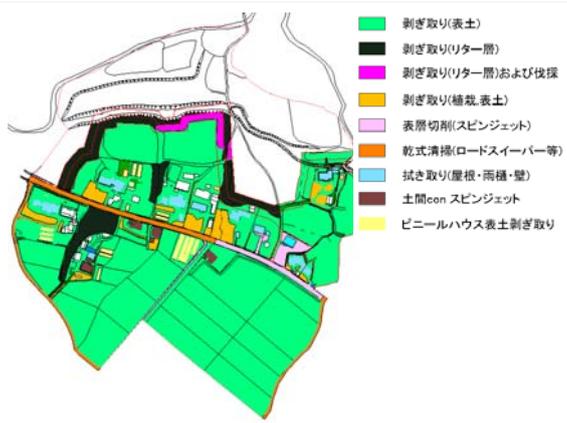


### 【檜葉町上繁岡地区】

- 平野部に位置する農村地域
- 家屋の背後に森林、前面に農地が広がる

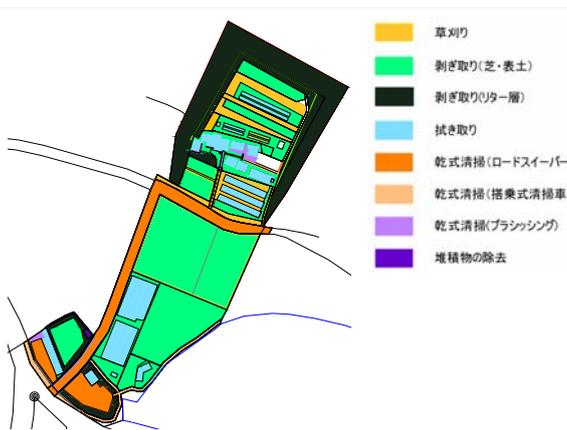
4

## 3. 対象区域の除染方法(2)



### 【大熊町夫沢地区】

- 除染効果が大きい技術を適用
- 空間線量率低減のため、面的に除染
  - 農地・宅地(土面): 表土・芝剥ぎ取り
  - 森林: リター層除去、枝打ち(一部)
  - 宅地(舗装面)・駐車場・道路: 切削、ブラスト
  - 家屋: 屋根・壁等の拭き取り

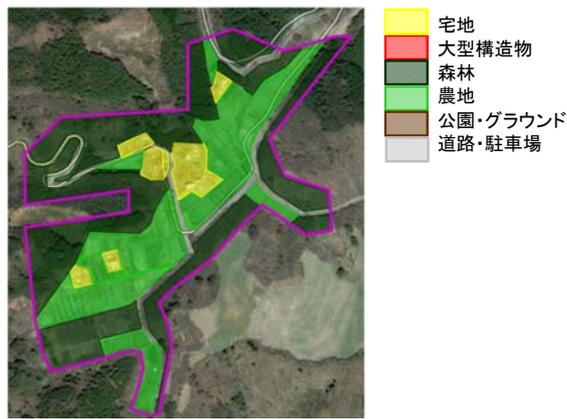


### 【檜葉町上繁岡地区】

- 空間線量率低減のため、面的に除染
  - 農地・宅地(土面)・芝地: 表土・芝剥ぎ取り
  - 森林: 落葉・リター層除去
  - 宅地(舗装面): ブラスト
  - 駐車場・道路: 乾式清掃
  - 大型構造物: 拭き取り、高圧洗浄(一部)
  - 家屋: 屋根・壁等の拭き取り

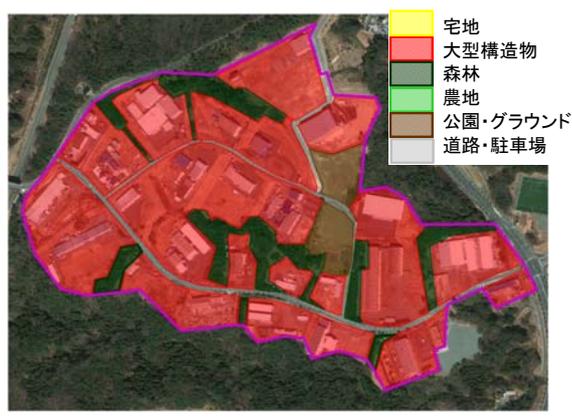
5

## 2. 対象区域の概要(3)



### 【川内村貝の坂地区】

- 谷部に位置する山間部の農村地域
- 家屋の背後の傾斜地に森林、前面に農地が広がる



### 【榎葉町南工業団地】

- 緩やかな傾斜地に広がる工業団地
- 土面・舗装面の工場敷地内に大型構造物が複数存在
- 工場敷地間に草地・松林の法面あり

6

## 3. 対象区域の除染方法(3)



### 【川内村貝の坂地区】

- 傾斜地に配慮しつつ、空間線量率低減のため、面的に除染
- 農地・宅地(土面): 表土剥ぎ取り
  - 森林: 落葉除去、リター層除去(宅地隣接部)
  - 宅地(舗装面): プラスト
  - 家屋: 屋根・サッシ等の拭き取り

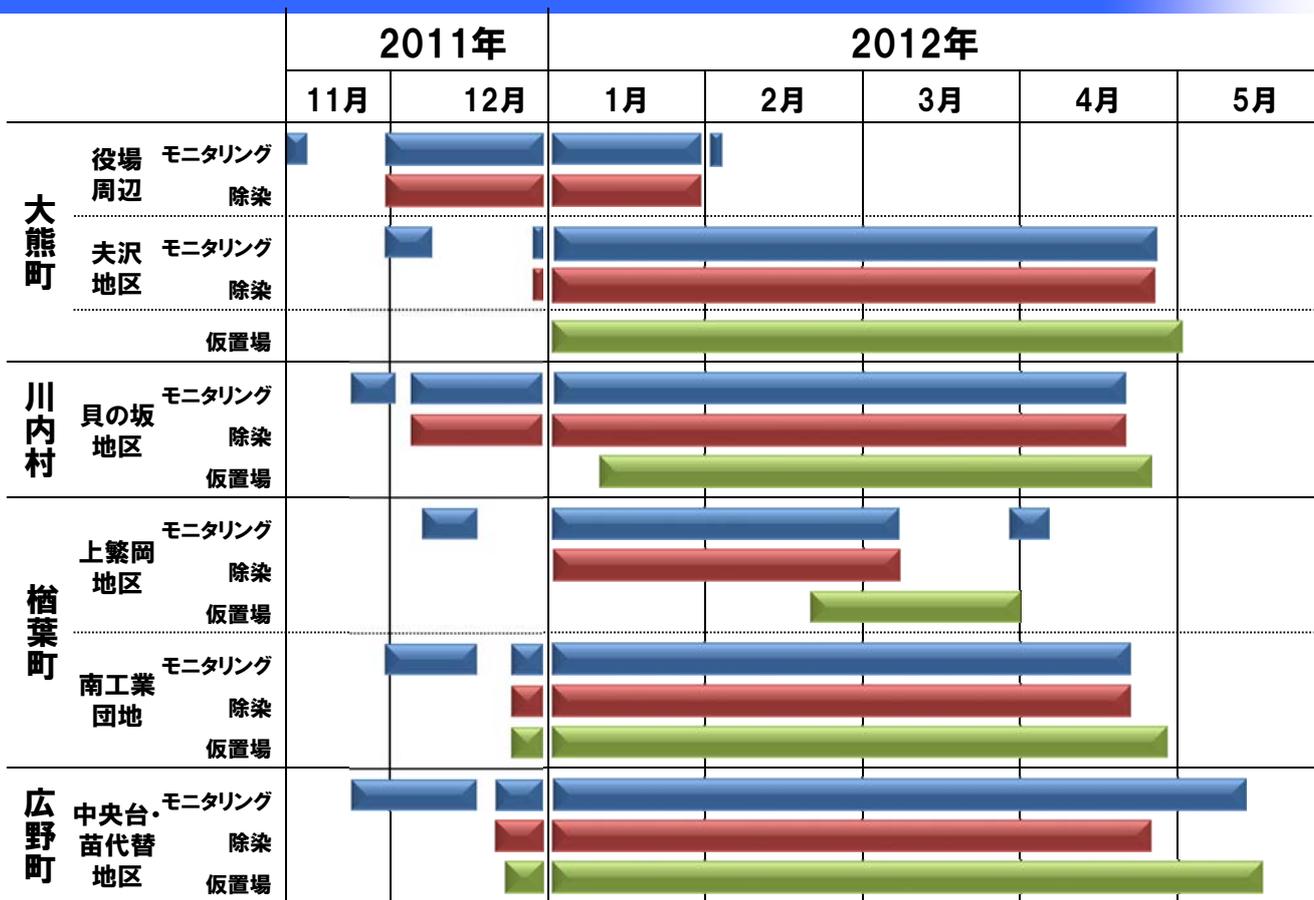


### 【榎葉町南工業団地】

- 工場の敷地利用状況に配慮しつつ、空間線量率低減のため、面的に除染
- 敷地(土面): 天地返し、表土剥ぎ取り(一部)
  - 敷地(舗装面)・道路: 乾式清掃
  - 森林: 落葉・リター層除去(法尻部)
  - 大型構造物: 屋根・サッシ拭き取り、高圧洗浄

7

# 4. 実施期間



# 5. 方法(1) 森林・公園植栽／可燃物の焼却

落葉・リター層除去



バキュームによる落葉等の集積



植栽の剪定



小型焼却炉による焼却



減容率:平均98.5%

	放射性セシウム濃度
焼却物	45~723 kBq/kg
焼却灰	443~2,048 kBq/kg
焼却飛灰	289~2,380 kBq/kg
排ガス (バグフィルター出口)	N.D. ~1.40 Bq/m <sup>3</sup>
排ガス (HEPAフィルター出口)	N.D. ~0.30 Bq/m <sup>3</sup>

処理能力:約50kg/時、焼却温度:800℃、試験時間:5時間/日

## 5. 方法(2) 農地・グラウンド／土壤分別

表土剥ぎ取り(モーターグレーダー)



表土剥ぎ取り(バックホウ・ワイバー工法)



表土剥ぎ取り(ハンマーナイフ)

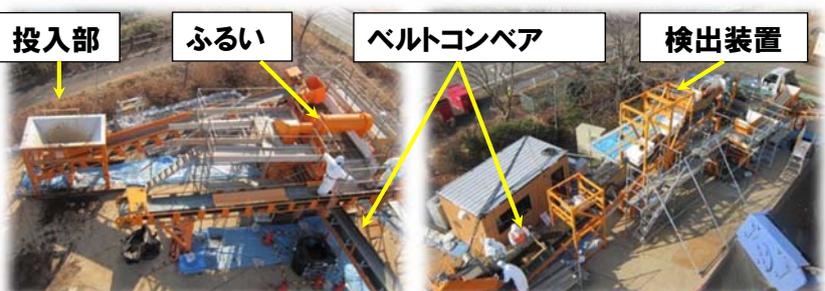


天地返し(バックホウ)



土壤分別(スキャンソート)

投入部      ふるい      ベルトコンベア      検出装置



剥ぎ取った表土の放射性物質濃度を測定し、分別基準値を超える表土のみを除去することで、除去土壌量を減容。

10

## 5. 方法(3) 建物／水処理

屋根の拭き取り(人力)



屋根の高圧洗浄



宅地(舗装面)の超高圧水切削



高所作業車による雨樋の拭き取り



水処理



ろ過処理(写真)と凝集沈殿処理を併用

大熊町における除染水処理の実績

除染に使用した水量		200 m <sup>3</sup>
全処理水量		380 m <sup>3</sup>
放射能濃度	除染前	6,700～9,600 Bq/L
	除染後	N.D.～340 Bq/L
平均処理能力	ろ過	2.2 m <sup>3</sup> /日
	凝集沈殿	18 m <sup>3</sup> /日

※現在、その他の含有物濃度を測定し、各種排水基準を満たすことを確認中

11

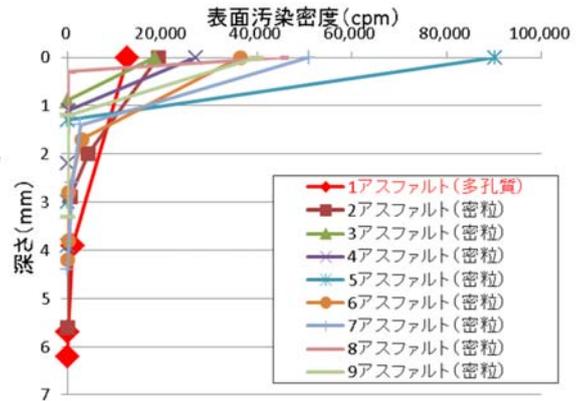
# 5. 方法(4) 道路・駐車場

## 舗装面の放射性物質の沈着状況調査



密粒度の舗装面では表面から深度約2~3 mm程度、多孔質の透水性(排水性)舗装でも表面から深度約5 mm程度までに、放射性物質の大部分が留まっている。

舗装面をコア抜きし、深さ方向放射能分布を測定。



### 切削(超高压水)



### 切削(ショットブラスト)



### 切削(TS切削機)



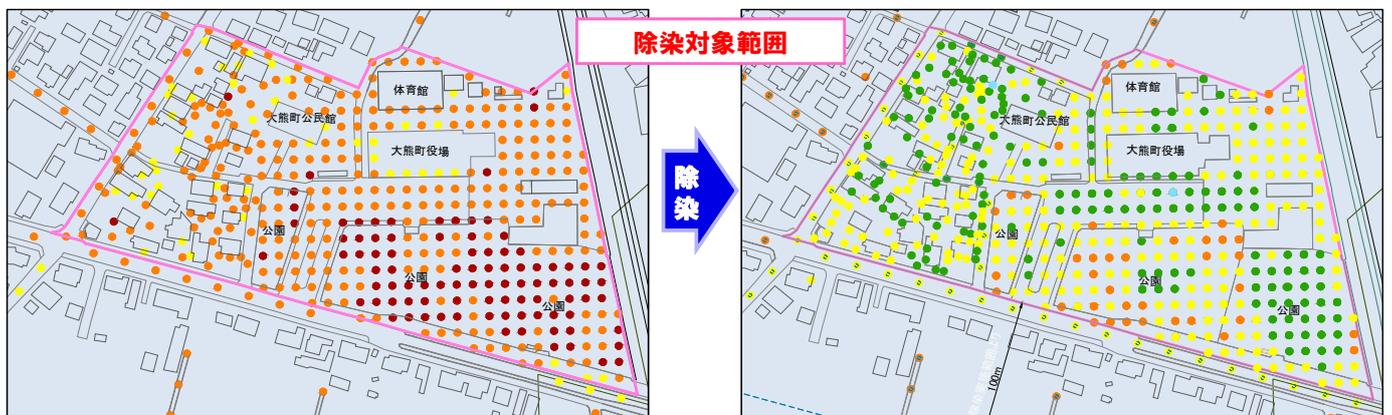
# 6. 面的除染の効果(1) 大熊町役場周辺地区

## 事前モニタリング結果

( 2011年11月18日~21日測定 )

## 事後モニタリング結果

( 2012年1月28・29日, 2月2・3日測定 )



	事前モニタリング	事後モニタリング
公園	8.4~33.1 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 19.2 $\mu\text{Sv/h}$ )	2.0~14.5 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 7.2 $\mu\text{Sv/h}$ )
宅地周辺	2.5~26.7 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 11.5 $\mu\text{Sv/h}$ )	1.8~ 8.7 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 3.9 $\mu\text{Sv/h}$ )
駐車場・道路	5.2~43.6 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 13.8 $\mu\text{Sv/h}$ )	2.0~15.7 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 5.3 $\mu\text{Sv/h}$ )
エリア範囲外	7.2~18.8 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 11.3 $\mu\text{Sv/h}$ )	6.7~13.8 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 9.7 $\mu\text{Sv/h}$ )

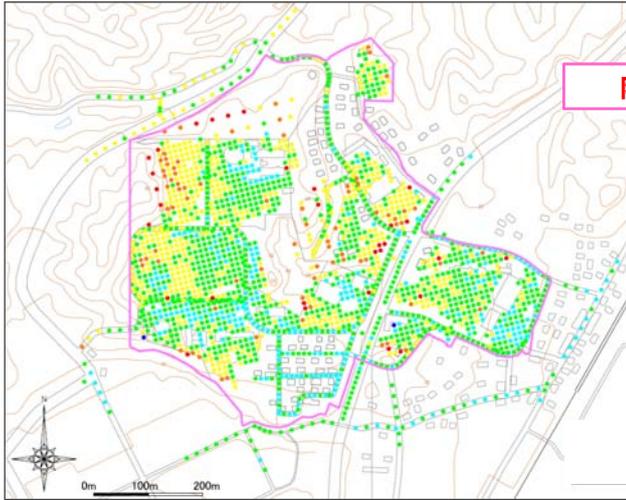
### 凡例

- 0  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 1.0  $\mu\text{Sv/h}$
- 1.0  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 1.9  $\mu\text{Sv/h}$
- 1.9  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 3.8  $\mu\text{Sv/h}$
- 3.8  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 9.5  $\mu\text{Sv/h}$
- 9.5  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 19.0  $\mu\text{Sv/h}$
- 19.0  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値

## 6. 面的除染の効果(2) 広野町中央台・苗代替地区

### 事前モニタリング結果

( 2011年11月24日～12月17日測定 )

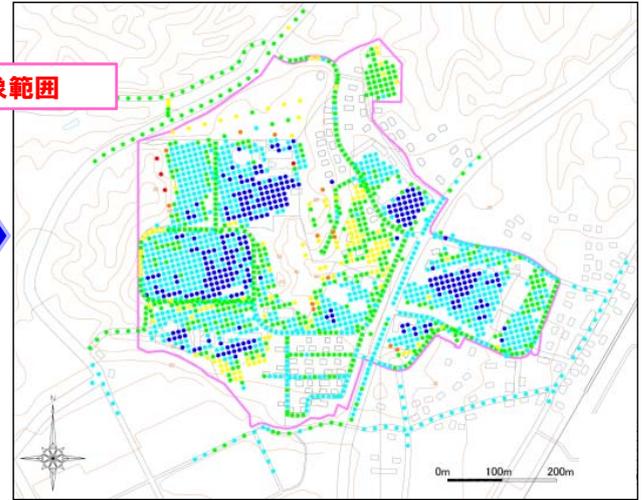


除染対象範囲



### 事後モニタリング結果

( 2012年2月12日～5月14日測定 )



	事前モニタリング	事後モニタリング
森林	0.43 ~ 1.44 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.73 $\mu\text{Sv/h}$ )	0.08 ~ 1.16 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.60 $\mu\text{Sv/h}$ )
農地(果樹園)	0.40 ~ 1.28 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.70 $\mu\text{Sv/h}$ )	0.17 ~ 0.82 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.56 $\mu\text{Sv/h}$ )
宅地(屋外)	0.10 ~ 3.41 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.40 $\mu\text{Sv/h}$ )	0.13 ~ 0.85 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.33 $\mu\text{Sv/h}$ )
大型建造物	0.16 ~ 1.88 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.56 $\mu\text{Sv/h}$ )	0.08 ~ 1.30 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.32 $\mu\text{Sv/h}$ )
道路	0.24 ~ 0.77 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.45 $\mu\text{Sv/h}$ )	0.18 ~ 0.76 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.39 $\mu\text{Sv/h}$ )
道路(エリア外)	0.28 ~ 0.82 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.50 $\mu\text{Sv/h}$ )	0.18 ~ 0.64 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.42 $\mu\text{Sv/h}$ )

#### 凡例

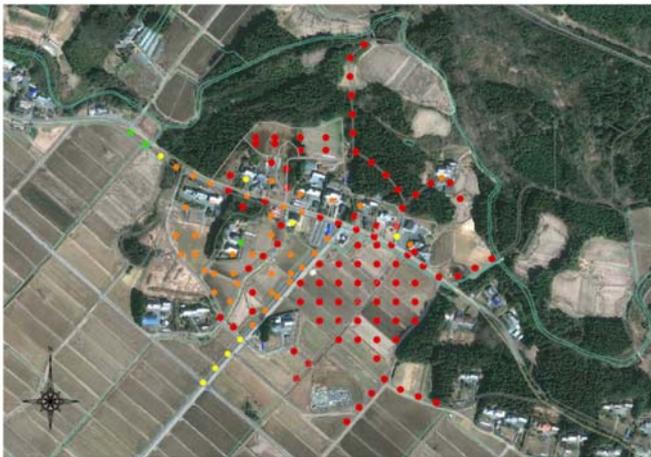
- 0.00  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 0.20  $\mu\text{Sv/h}$
- 0.20  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 0.40  $\mu\text{Sv/h}$
- 0.40  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 0.60  $\mu\text{Sv/h}$
- 0.60  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 0.80  $\mu\text{Sv/h}$
- 0.80  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 1.00  $\mu\text{Sv/h}$
- 1.00  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値

14

## 6. 面的除染の効果(3) 大熊町夫沢地区

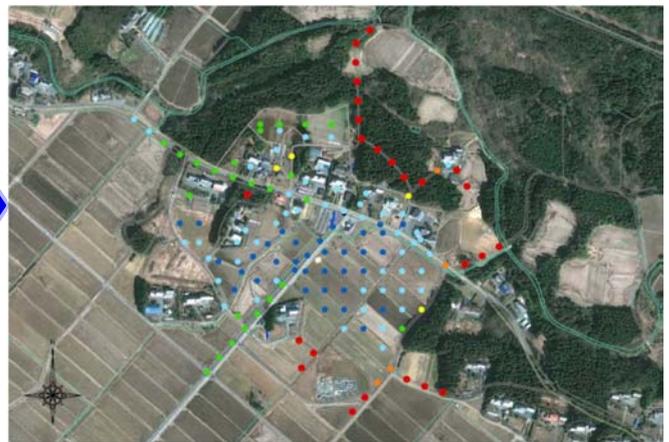
### 事前モニタリング結果

( 2011年12月2日～5日測定 )



### 事後モニタリング結果

( 2012年4月18日～25日測定 )



	事前モニタリング	事後モニタリング
森林	113.9 ~ 159.6 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 136.8 $\mu\text{Sv/h}$ )	60.9 ~ 65.4 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 63.1 $\mu\text{Sv/h}$ )
農地	40.1 ~ 83.0 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 62.4 $\mu\text{Sv/h}$ )	5.7 ~ 33.2 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 12.4 $\mu\text{Sv/h}$ )
宅地	45.5 ~ 63.2 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 55.3 $\mu\text{Sv/h}$ )	10.0 ~ 23.8 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 14.5 $\mu\text{Sv/h}$ )
道路	41.5 ~ 84.0 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 55.2 $\mu\text{Sv/h}$ )	5.9 ~ 45.5 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 17.3 $\mu\text{Sv/h}$ )
道路(未舗装)	80.9 ~ 159.0 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 112.5 $\mu\text{Sv/h}$ )	31.5 ~ 128.5 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 76.4 $\mu\text{Sv/h}$ )
エリア範囲外	23.58 ~ 133.0 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 65.3 $\mu\text{Sv/h}$ )	15.1 ~ 146.3 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 51.8 $\mu\text{Sv/h}$ )

#### 凡例

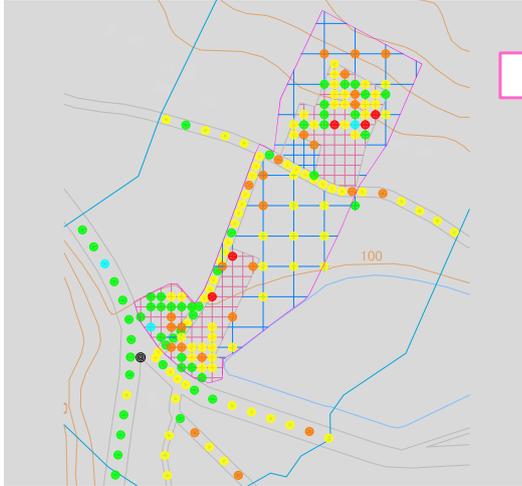
- 0  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 10.0  $\mu\text{Sv/h}$
- 10.0  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 20.0  $\mu\text{Sv/h}$
- 20.0  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 30.0  $\mu\text{Sv/h}$
- 30.0  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 40.0  $\mu\text{Sv/h}$
- 40.0  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 50.0  $\mu\text{Sv/h}$
- 50.0  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値

15

## 6. 面的除染の効果(4) 楢葉町上繁岡地区

### 事前モニタリング結果

( 2011年12月8日～13日測定 )

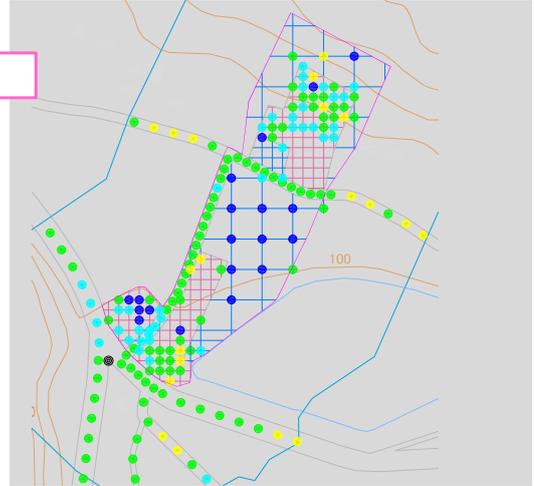


除染対象範囲



### 事後モニタリング結果

( 2012年3月24日～4月6日測定 )



	事前モニタリング	事後モニタリング
宅地	1.18 ~ 3.84 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 2.13 $\mu\text{Sv/h}$ )	1.07 ~ 1.71 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 1.42 $\mu\text{Sv/h}$ )
大型建造物	1.46 ~ 2.82 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 2.08 $\mu\text{Sv/h}$ )	0.49 ~ 2.21 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 1.45 $\mu\text{Sv/h}$ )
道路	1.50 ~ 2.95 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 2.18 $\mu\text{Sv/h}$ )	1.23 ~ 2.45 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 1.64 $\mu\text{Sv/h}$ )
森林	2.20 ~ 2.63 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 2.42 $\mu\text{Sv/h}$ )	1.86 ~ 1.96 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 1.91 $\mu\text{Sv/h}$ )
農地	1.89 ~ 4.70 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 2.43 $\mu\text{Sv/h}$ )	0.46 ~ 2.41 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 1.36 $\mu\text{Sv/h}$ )
エリア範囲外	1.44 ~ 2.99 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 2.06 $\mu\text{Sv/h}$ )	1.28 ~ 2.23 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 1.83 $\mu\text{Sv/h}$ )

#### 凡例

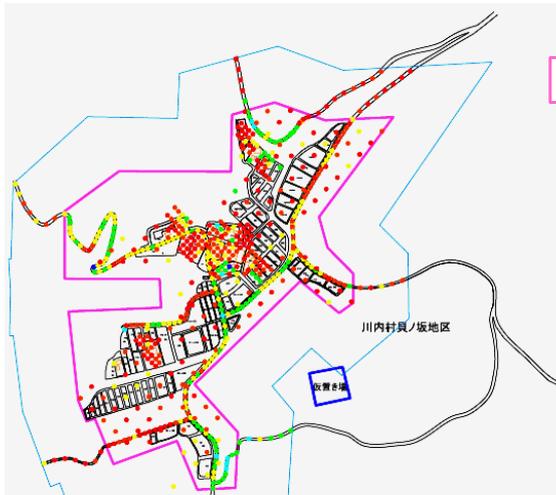
- 測定値 < 1.0  $\mu\text{Sv/h}$
- 1.0  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 1.5  $\mu\text{Sv/h}$
- 1.5  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 2.0  $\mu\text{Sv/h}$
- 2.0  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 2.5  $\mu\text{Sv/h}$
- 2.5  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 3.0  $\mu\text{Sv/h}$
- 3.0  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値

16

## 6. 面的除染の効果(5) 川内村貝の坂地区

### 事前モニタリング結果

( 2011年11月24日～12月2日測定 )

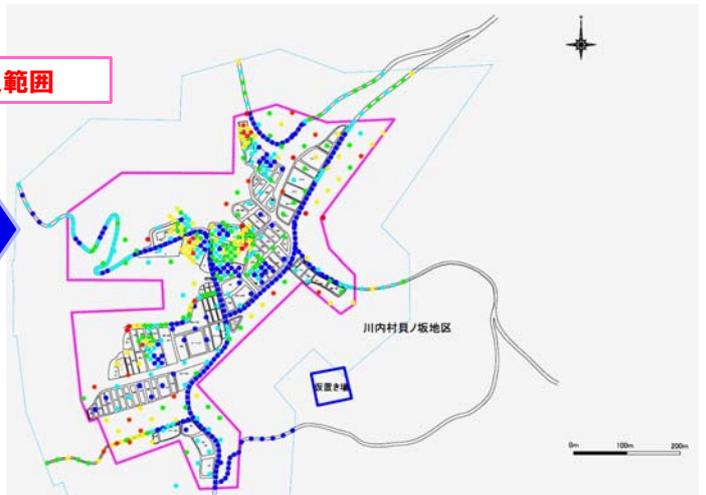


除染対象範囲



### 事後モニタリング結果

( 2012年4月19日～25日測定 )



	事前モニタリング	事後モニタリング
森林	2.48 ~ 5.72 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 3.90 $\mu\text{Sv/h}$ )	1.31 ~ 5.01 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 2.83 $\mu\text{Sv/h}$ )
農地	2.61 ~ 5.24 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 3.98 $\mu\text{Sv/h}$ )	1.41 ~ 3.85 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 2.38 $\mu\text{Sv/h}$ )
宅地(屋外)	1.50 ~ 5.44 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 3.87 $\mu\text{Sv/h}$ )	0.80 ~ 4.35 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 2.62 $\mu\text{Sv/h}$ )
道路	1.50 ~ 5.23 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 3.29 $\mu\text{Sv/h}$ )	1.09 ~ 4.21 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 1.93 $\mu\text{Sv/h}$ )
道路(エリア外)	2.12 ~ 5.61 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 3.76 $\mu\text{Sv/h}$ )	1.25 ~ 3.57 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 2.31 $\mu\text{Sv/h}$ )

#### 凡例

- 0.0  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 2.0  $\mu\text{Sv/h}$
- 2.0  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 2.5  $\mu\text{Sv/h}$
- 2.5  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 3.0  $\mu\text{Sv/h}$
- 3.0  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 3.5  $\mu\text{Sv/h}$
- 3.5  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値 < 4.0  $\mu\text{Sv/h}$
- 4.0  $\mu\text{Sv/h}$  ≤ 測定値

17

## 6. 面的除染の効果(6) 楢葉町南工業団地

### 事前モニタリング結果

( 2011年12月1日～12月25日測定 )

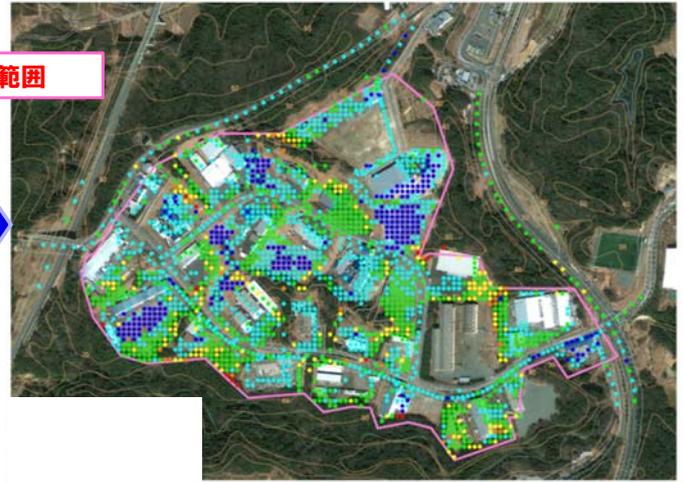


除染対象範囲

除染

### 事後モニタリング結果

( 2012年2月9日～4月13日測定 )

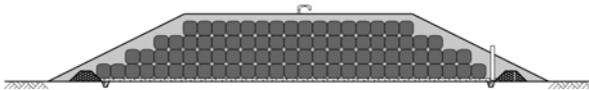


	事前モニタリング	事後モニタリング	凡例
森林	0.56 ~ 1.48 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 1.04 $\mu\text{Sv/h}$ )	0.51 ~ 2.33 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.91 $\mu\text{Sv/h}$ )	● 0.00 $\mu\text{Sv/h}$ ≤ 測定値 < 0.30 $\mu\text{Sv/h}$
大型建造物	0.13 ~ 2.59 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.78 $\mu\text{Sv/h}$ )	0.15 ~ 2.50 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.56 $\mu\text{Sv/h}$ )	● 0.30 $\mu\text{Sv/h}$ ≤ 測定値 < 0.60 $\mu\text{Sv/h}$
道路	0.29 ~ 0.80 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.49 $\mu\text{Sv/h}$ )	0.25 ~ 0.55 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.40 $\mu\text{Sv/h}$ )	● 0.60 $\mu\text{Sv/h}$ ≤ 測定値 < 0.90 $\mu\text{Sv/h}$
道路(エリア外)	0.24 ~ 1.22 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.70 $\mu\text{Sv/h}$ )	0.23 ~ 1.04 $\mu\text{Sv/h}$ (平均 0.61 $\mu\text{Sv/h}$ )	● 0.90 $\mu\text{Sv/h}$ ≤ 測定値 < 1.20 $\mu\text{Sv/h}$
			● 1.20 $\mu\text{Sv/h}$ ≤ 測定値 < 1.50 $\mu\text{Sv/h}$
			● 1.50 $\mu\text{Sv/h}$ ≤ 測定値

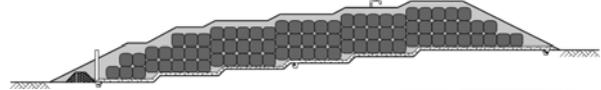
18

## 8. 仮置き(1) 仮置場の設置方式

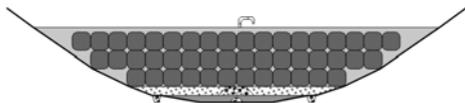
### 平地における地上式



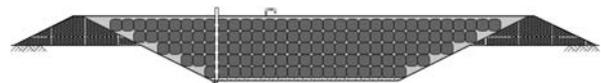
### 傾斜地を利用した地上式(階段状)



### 谷地形を利用した地上式



### 平地における半地下式



## 8. 仮置き(2) 仮置場の建設

造成(伐採・掘削)



地下水集排水管敷設



堰堤構築



遮水工敷設



保護土敷設



浸出水集排水管敷設



20

## 8. 仮置き(3) 仮置場の操業・監視

定置



覆土



上部遮水シート工



遮光性保護マット



柵の設置



監視



## 8. 仮置き(4) 発生量、仮置場の空間線量率

保管場所	除去物の発生量		空間線量率(1m)		備考
	フレキシブル コンテナ(個)	総重量 (ton)	保管前 ( $\mu$ Sv/h)	保管後 ( $\mu$ Sv/h)	
大熊町 役場周辺・夫沢地区	15,107	10,581	36.7*1	5.6*2	*12011年12月13日計測(造成前) *22012年4月26日計測(保護マット上)
川内村 貝の坂地区	4,371	2,404	5.06*1	0.68*2	*12011年12月20,21日計測(造成前) *22012年4月26日計測(保護マット上)
楢葉町 上繁岡地区	1,783	1,191	2.38*1	1.97*2	*12012年1月23日計測(造成前) *22012年4月2日計測(柵付近)
楢葉町 南工業団地	2,218	702	0.85*1	0.59*2	*12011年1月14日計測(造成前) *22012年4月25日計測(柵付近)
広野町 中央台・苗代替地区	6,016	4,003	0.92*1	0.13*2	*12011年12月21日計測(造成前) *22012年3月12日計測(保護マット上)

22

## 8. 作業員の外部被ばく線量(1)

作業場所	作業日数 (日)	作業員 (人)	平均線量 (mSv)	個人最大線量 (mSv)	年間積算線量 (mSv)*1
大熊町 役場周辺地区	130	223	1.56	8.52	65
大熊町 夫沢地区	108	304	2.43	11.6	344
川内村 貝の坂地区	110	249	0.39	1.8	20
楢葉町 上繁岡地区	90	206	0.12	1.3	11
楢葉町 南工業団地	118	331	0.11	0.83	4
広野町 中央台・苗代替地区	116	367	0.16*2	0.77*2	3

\*1 除染実施区域の事前モニタリングによって測定した空間線量率から個別に試算した値。

\*2 ガラスバッチにより評価した積算線量で、他の地区のようなポケット線量計による作業時間内の線量のみを積算したものは評価方法が異なる。

23

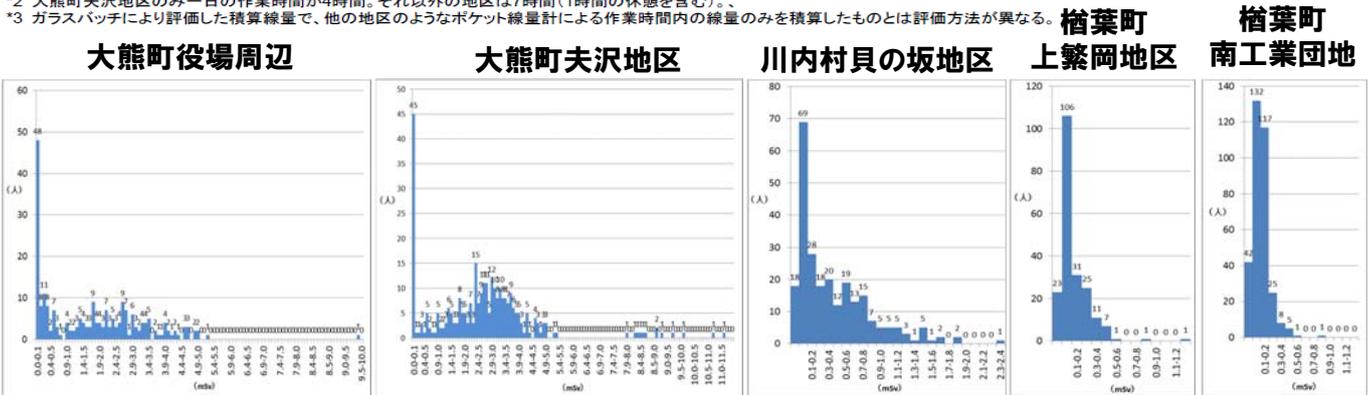
## 8. 作業員の外部被ばく線量(2)

作業場所	作業日数 (日)	述べ作業員数 (人日)	一人一日当たりの 平均被ばく線量 ( $\mu\text{Sv}/\text{人日}$ )	年間積算線量 ( $\text{mSv}$ ) <sup>*1</sup>
大熊町 役場周辺地区	130	3,941	88	65
大熊町 夫沢地区	108	8,346	90 <sup>*2</sup>	344
川内村 貝の坂地区	110	6,208	15.0	20
楢葉町 上繁岡地区	90	2,057	9.5	11
楢葉町 南工業団地	118	4,565	7.8	4
広野町 中央台・苗代替地区	116	7,982	7.0 <sup>*3</sup>	3

\*1 除染実施区域の事前モニタリングによって測定した空間線量率から個別に試算した値。

\*2 大熊町夫沢地区のみ一日の作業時間が4時間。それ以外の地区は7時間(1時間の休憩を含む)。

\*3 ガラスパッチにより評価した積算線量で、他の地区のようなポケット線量計による作業時間内の線量のみを積算したものとは評価方法が異なる。



24

## 9. まとめ(1)

### ■ 大熊町役場周辺地区

- 家屋周辺の徹底した表土の剥ぎ取りと舗装面の切削により、宅地周辺の空間線量率は**約1/3程度まで低下**できた。
- 庭や公園等の植栽周辺に対しては、**落葉除去や表土の剥ぎ取り、剪定を実施したものの比較的高い空間線量率が残存**する。

### ■ 広野町中央台・苗代替地区

- 文教施設の広い平坦面に対して高い除染効果が期待できる技術(表土や芝の剥ぎ取り、ショットブラスト等)を適用した区域では、**約1/2程度まで空間線量率を低減**できた。
- 落葉除去等を実施したものの家屋の植栽周辺では**比較的高い空間線量率が残存**する。

## 9. まとめ(2)

### ■ 大熊町夫沢地区

- 高い除染効果が期待できる技術(表土や芝の剥ぎ取り、超高压水洗浄機による舗装面の切削等)を適用した宅地・農地・道路では、**約1/3~1/5程度**まで空間線量率を低減できた。
- 同様の技術を用いた宅地・農地でも、森林に近いところでは、比較的高い空間線量率を示す。
- 高線量の地域でも、**作業時間を制限することや作業をローテーション制とすること**等の対策をとることで被ばく線量を抑制し、除染作業を実施することが可能である。

### ■ 檜葉町上繁岡地区

- 表土の剥ぎ取りにより、**約1/2程度**まで土面の空間線量率を低減できた。
- 家屋周辺の森林の近いところでは、比較的高い空間線量率が残存する。

26

## 9. まとめ(3)

### ■ 川内村貝の坂地区

- 全体を通じて水を使わない除染方法のみ適用し、空間線量率を**約3~4割程度**まで低減できたことで、水を使わない除染に見通しが得られた。
- 農地は表土の剥ぎ取りを実施したものの、降雪・融雪の影響で定量的な剥ぎ取りが困難であった。
- 除染が困難であった森林・傾斜地付近に比較的高い空間線量率が残存する。

### ■ 檜葉町南工業団地

- 大規模な天地返しの実施により、除去物を発生させずに広大な平坦土面の空間線量率を大幅に低減できた。
- 広大な舗装面の高効率な除染方法が課題である。

27

## 9. まとめ(4)

### ■ 森林

- 落葉・リター層除去の高速化及び除去物の収集・運搬作業員の被ばく低減のため、バキュームによる除去・集積が有効である。
- 樹木の剪定・伐採は、樹木の直下においては空間線量率の低減効果が顕著であるものの、樹木から10m以上離れるとその効果は極めて小さい。

### ■ 農地

- あらかじめ深さ方向の放射性物質の分布状況を調べたうえで、必要な厚さを決定し、表土の剥ぎ取りを行うことが有効である。
- スキャンソートにより放射能濃度に応じた土壌の分別は可能である。より高い効果で除去土壌を減量するためには、高濃度の表層付近の土壌と低濃度の深部の土壌の混合を抑制した、運搬・装填について検討を要する。

28

## 9. まとめ(5)

### ■ 宅地

- 宅地周辺の地表面を除染することで、家屋内の空間線量率は低減する。
- 宅地の土・芝面は剥ぎ取り、舗装面は高圧水洗浄・超高圧水切削が有効である。一方、植栽周辺に比較的高い空間線量率が残存しやすい。

### ■ 大型建造物

- コンクリートや舗装等の広い面に対しては、施工速度を重視するのであれば高圧水洗浄、細部の仕上げや隙間の多いインターロッキングでは回収型の高圧水洗浄が効果的であるとともに、高い低減率が必要な超高圧水切削が有効である。
- ろ過(孔径0.3 μm)及び凝集沈殿(ポリ鉄イオン)により除染に用いた水処理を実施し、排水のめやすを下回る濃度まで放射性セシウムを除去することができた。

29

## 9. まとめ(6)

### ■ グラウンド等(広く平坦な土・芝面)

- あらかじめ深さ方向の放射性物質の分布状況を調べたうえで、必要な厚さを決定し、表土の剥ぎ取りを行うことが有効である。また、天地返しにより、除去物の発生量を抑制しつつ表面・空間線量率を大幅に低減できる。
- 芝面に対して高い除染効果を得るためには、ルートマット下の表土も含めて剥ぎ取ることが有効である。

### ■ 道路・駐車場(広く平坦な舗装面)

- 深度方向の放射性物質の分布を測定したところ、密粒の舗装では表層2～3mm、多孔質な排水性舗装では表層5mm程度に大部分の放射性物質が残存していた。そのため、表層5mm程度を切削することで表面・空間線量率を大幅に低減できた。
- 切削方法としては、超高圧水、ショットブラスト、TS切削機等が有効である。

30

## 9. まとめ(7)

### ■ 除去物の焼却減容

- 可燃性の除去物の焼却により、平均98.5%の減容効果が得られた。
- バグフィルターとHEPAフィルターにより、排気中の放射性物質濃度を十分低く維持することができた。

### ■ 除去物の管理

- Cグループ全体で、約30,000体の除去物が発生した。
- 土地の地形的特徴(平地、傾斜地、谷地)や自治体・住民の方々のご意向を踏まえ、柔軟に必要な安全機能を備えた仮置き施設を設計・建設できた。
- 間詰土・覆土は、除去物からの放射線の遮へいと安定な定置に効果的であった。

31



**ご清聴、ありがとうございました。**



**日本原子力研究開発機構**

**大林組・戸田建設・アトックス・日立造船・アタカ大機 共同企業体**

## (2)除染モデル事業等の成果報告

### 除染モデル事業等の結果概要 —伊達・南相馬における 除染実証試験の結果概要—

日本原子力研究開発機構

除染モデル実証事業等の成果報告会平成24年3月26日 福島市公会堂  
主催:内閣府原子力被災者生活支援チーム・環境省・日本原子力研究開発機構

## 伊達市

### 【対象地域:下小国地区の特徴】

- 1) 家屋(庭を含む)、畑、牧草地、果樹園等を含むエリア

### 【除染方法のコンセプト及びポイント】

- 1) 除染方法は、容易に実施可能な方法を採用。
- 2) 二次的な汚染を避けるため出来るだけ水を用いない方法を採用。



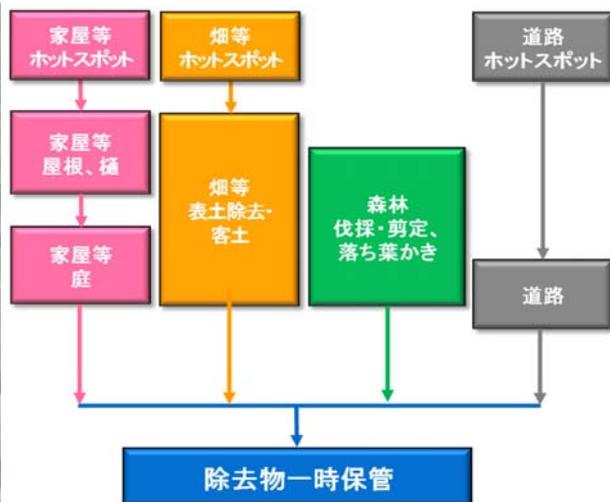
除染実施場所面積  
:約28,400m<sup>2</sup>

# 除染対象及び除染順序

## 【除染対象のエリア区分】



## 【除染順序】



## 除染方法(1) 家屋周りの除染

ホットスポットの除去



屋根の除染



側溝、集水マスの除染



庭の草、植栽の除去



庭の砂利の除去・敷設



コンクリート敷のプラスト除染



## 除染方法(2) 畑、牧草地及び果樹園の除染

草の除去



野菜の撤去



斜面の草刈り



植栽の伐採



重機による表土除去



客土



4

## 除染方法(3) 森林及び道路の除染

竹の伐採



高木の剪定



落ち葉かき



道路の走行式ブラスト除染



アスファルトの撤去・再舗装



5

# 除染結果(土地等の利用状況毎)

対象		方法		除染前	除染後	低減率 (%)	備考	
家屋	屋根	瓦	拭き取り	表面汚染密度*1	1,110 cpm	330 cpm	71	雑薬瓦、いぶし瓦のデータ
				トタン	表面汚染密度*1	2,240 cpm	610 cpm	
		雨樋	拭き取り、交換	表面汚染密度*1	10,710 cpm	330 cpm	97	
	周囲等	土庭等、側溝	庭土除去・客土、砂利除去・再敷設、プラスト除染 側溝堆積物除去	空間線量率(1m)	1.78 $\mu$ Sv/h	0.73 $\mu$ Sv/h	59	
				表面線量率(1cm)	2.96 $\mu$ Sv/h	0.86 $\mu$ Sv/h	71	
	畑等	草刈り、表層土除去・客土等	空間線量率(1m)	2.47 $\mu$ Sv/h	0.72 $\mu$ Sv/h	71	表層土はエリアに応じて約4~14cmを除去	
			表面線量率(1cm)	3.22 $\mu$ Sv/h	0.75 $\mu$ Sv/h	77		
	中央集会所広場	除草、表層土の除去等	空間線量率(1m)	2.32 $\mu$ Sv/h	1.05 $\mu$ Sv/h	55	表層土を約2cmを除去	
			表面線量率(1cm)	3.61 $\mu$ Sv/h	1.17 $\mu$ Sv/h	67		
	森林等 (森林前の傾斜地を含む)	伐採、剪定、除草、落ち葉かき	空間線量率(1m)	1.98 $\mu$ Sv/h	1.43 $\mu$ Sv/h	28	森林の入口から奥行き約10m~20mの範囲を除染	
			表面線量率(1cm)	2.71 $\mu$ Sv/h	1.77 $\mu$ Sv/h	35		
道路	アスファルト舗装、 砕石敷き	プラスト除染、 舗装撤去・再舗装 砕石撤去・再敷設	空間線量率(1m)	2.00 $\mu$ Sv/h	0.92 $\mu$ Sv/h	53		
			表面線量率(1cm)	3.94 $\mu$ Sv/h	1.20 $\mu$ Sv/h	69		

\*1: 表面汚染密度: 表面の測定値-BGの測定値

注) 上記各データは、以下の測定点で得られた測定値をそのまま平均したものです。

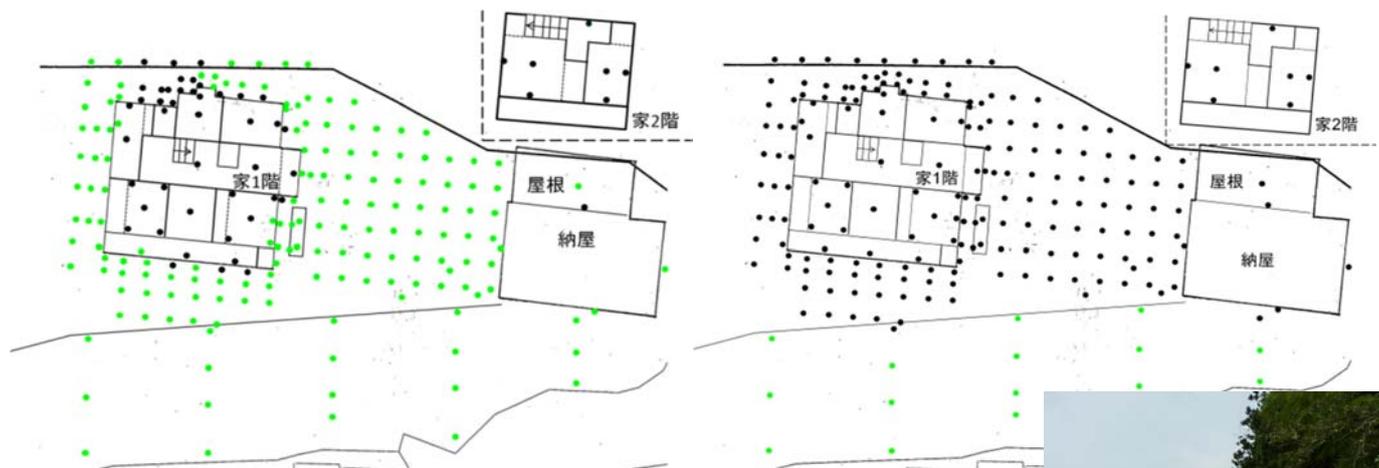
屋根: 瓦27点、トタン89点、雨樋43点、庭等: 770点、畑等373点、中央集会所広場126点、森林等45点、道路71点

## 1m高さの空間線量率(家屋周囲における除染効果の一例)

### 家屋HB

### 除染前

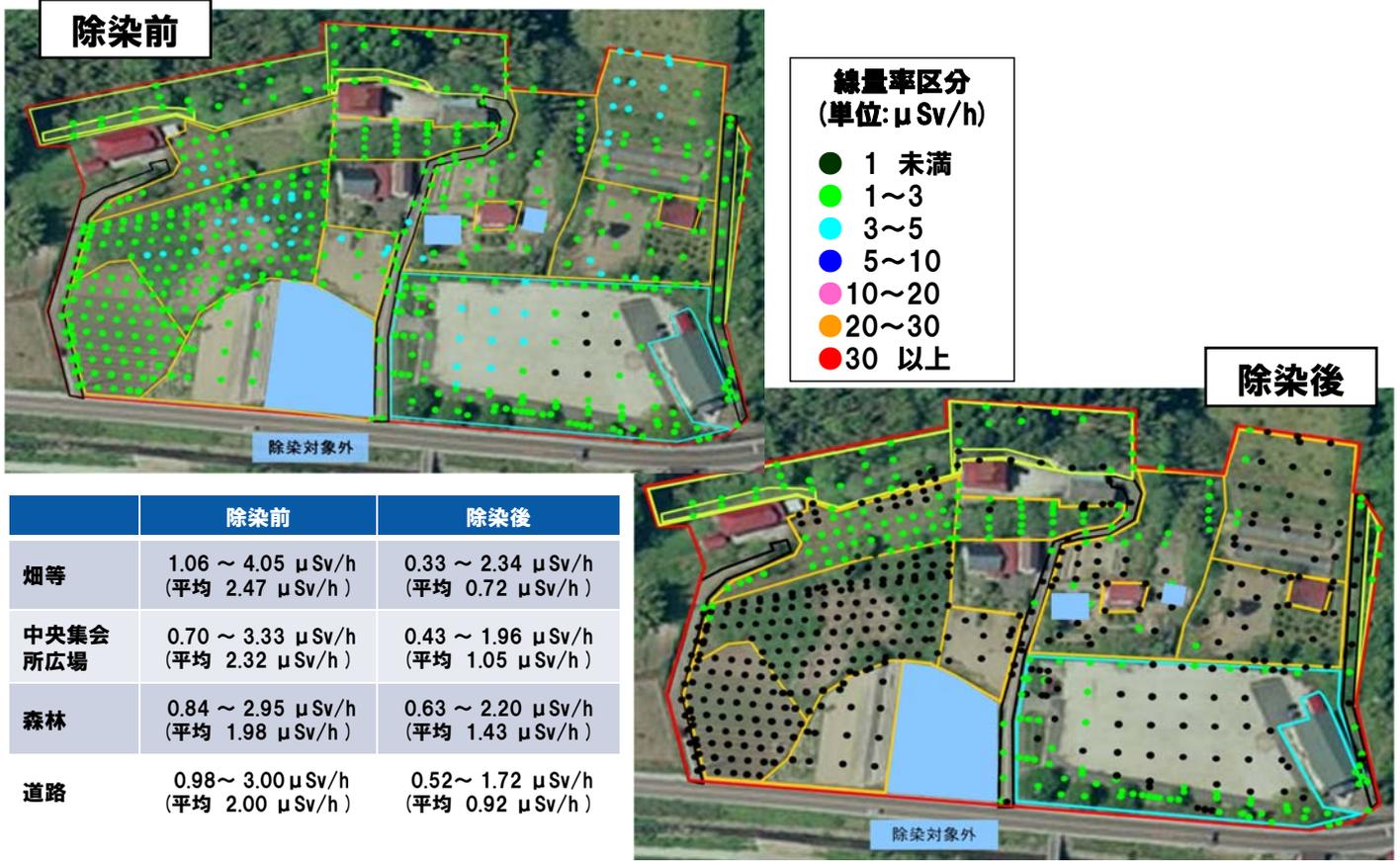
### 除染後



線量率区分 (単位: $\mu$ Sv/h)	事前モニタリング		事後モニタリング	
	● 1 未満			
● 1~3				
● 3~5				
● 5~10				
● 10~20				
● 20~30				
● 30 以上				
家屋HA	0.81 ~ 3.14 $\mu$ Sv/h (平均 1.89 $\mu$ Sv/h)	0.36 ~ 1.75 $\mu$ Sv/h (平均 0.93 $\mu$ Sv/h)		
家屋HB	0.51 ~ 2.78 $\mu$ Sv/h (平均 1.48 $\mu$ Sv/h)	0.26 ~ 0.93 $\mu$ Sv/h (平均 0.57 $\mu$ Sv/h)		
家屋HC	0.30 ~ 3.30 $\mu$ Sv/h (平均 1.56 $\mu$ Sv/h)	0.17 ~ 1.68 $\mu$ Sv/h (平均 0.63 $\mu$ Sv/h)		
家屋HD	0.64 ~ 3.85 $\mu$ Sv/h (平均 1.97 $\mu$ Sv/h)	0.47 ~ 1.54 $\mu$ Sv/h (平均 0.88 $\mu$ Sv/h)		
家屋HE	1.10 ~ 4.03 $\mu$ Sv/h (平均 2.13 $\mu$ Sv/h)	0.35 ~ 0.91 $\mu$ Sv/h (平均 0.52 $\mu$ Sv/h)		
集会所HF	0.56 ~ 4.22 $\mu$ Sv/h (平均 1.94 $\mu$ Sv/h)	0.30 ~ 2.40 $\mu$ Sv/h (平均 0.89 $\mu$ Sv/h)		



# 1m高さの空間線量率（除染範囲における面的除染の効果）



# 除去土壌等の一時保管（地上保管施設）



掘削造成



遮水シートの敷設・接合



上部保護土層の敷設



上部遮水シートの敷設

除去土壌等の発生量			保管場所の空間線量当量率	
	主要内容物	発生数	保管開始前*1	保管後*2
可燃性	草・枯葉・枝等	1m <sup>3</sup> フレコン 507 個 (104 t)	1.94 $\mu\text{Sv/h}$	0.39 $\mu\text{Sv/h}$
不燃性	土壌・碎石等	1m <sup>3</sup> フレコン 1,416個 (1,666 t)		

\*1: 一時保管施設設置場所の敷地内及び境界の35箇所の測定結果の平均値

\*2: 除去物定置場所の周囲19箇所の測定結果の平均値

# 南相馬市

## 【対象地域：ハートランドはらまちの特徴】

- 1) 森林に隣接した家屋、傾斜地等を含むエリア

## 【除染方法のコンセプト及びポイント】

- 1) 除染方法は、容易に実施可能な方法を採用。
- 2) 二次的な汚染を避けるため出来るだけ水を用いない方法を採用。



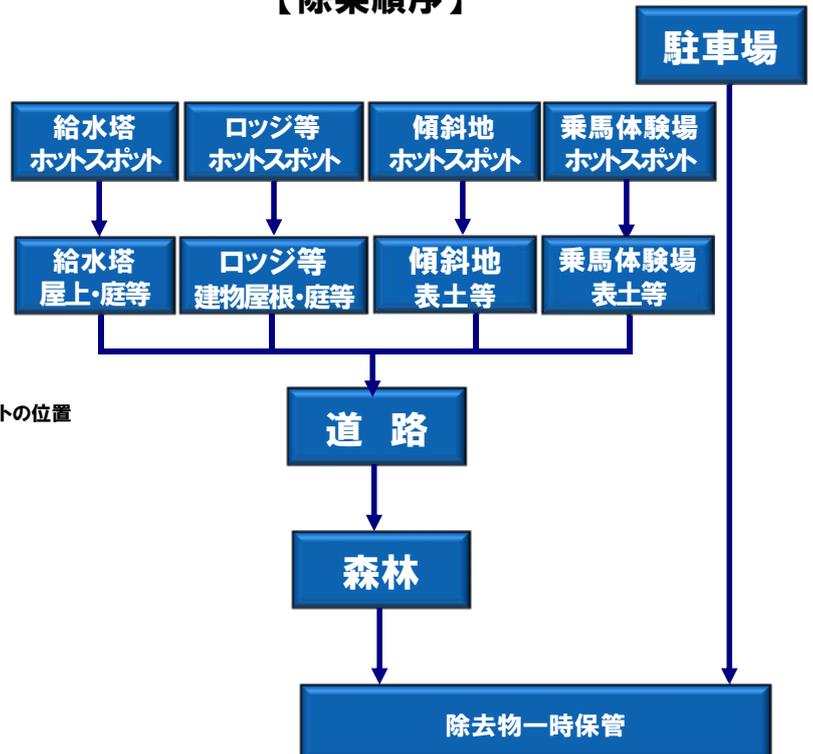
除染実施場所面積 : 約27,500m<sup>2</sup>

# 除染対象及び除染順序

## 【除染対象のエリア区分】



## 【除染順序】



## 除染方法(1) 土地の利用形態・汚染状況に応じた エリア毎の土壌等の除染

【給水塔】  
排水口の堆積物除去



【ロッジ】  
雨樋下の土除去



【給水塔】  
重機による表土除去



【傾斜地】  
木の根元の土除去



【傾斜地】  
人力による表土除去



【道路】  
走行式ブラストによる除染



12

## 除染方法(2) 森林の除染

除染前



落葉かき・除草



腐葉土除去



枝打ち



# 除染結果(主要対象毎)

対象		方法		除染前	除染後	低減率(%)	備考	
駐車場		表土除去	空間線量率(1m)	2.84 $\mu$ Sv/h	1.44 $\mu$ Sv/h	49	表土除去は約5cmを除去	
			表面線量率(1cm)	4.14 $\mu$ Sv/h	1.46 $\mu$ Sv/h	65		
傾斜地		除草、落葉かき、表土除去	空間線量率(1m)	2.65 $\mu$ Sv/h	1.74 $\mu$ Sv/h	34	表土剥ぎは、斜面の土砂等の流出及び斜面の崩落に留意	
			表面線量率(1cm)	3.90 $\mu$ Sv/h	1.89 $\mu$ Sv/h	52		
給水塔	屋上	堆積物除去、拭き取り	表面線量率(1cm)	73.5 $\mu$ Sv/h	2.35 $\mu$ Sv/h	97	雨樋の堆積物除去	
	庭	表土除去	空間線量率(1m)	3.03 $\mu$ Sv/h	0.98 $\mu$ Sv/h	68	表土除去は表層の碎石の下から約5cmを除去	
			表面線量率(1cm)	5.89 $\mu$ Sv/h	1.10 $\mu$ Sv/h	81		
ロッジ	屋根	拭き取り	表面汚染密度*1		356 cpm	281 cpm	21	除染前後の値が2Bq/cm <sup>2</sup> 以下の低い値 *管理区域の設定基準: 4Bq/cm <sup>2</sup>
					1,462 cpm	1,137 cpm	22	
森林	針葉樹エリア	除草、落葉かき、腐葉土除去	空間線量率(1m)	2.69 $\mu$ Sv/h	1.47 $\mu$ Sv/h	45	腐葉土除去は約3cmを除去	
			表面線量率(1cm)	3.07 $\mu$ Sv/h	1.57 $\mu$ Sv/h	49		
	空間線量率(1m)		2.97 $\mu$ Sv/h	1.77 $\mu$ Sv/h	40			
	表面線量率(1cm)		3.78 $\mu$ Sv/h	1.70 $\mu$ Sv/h	55			
道路	アスファルト舗装	走行式プラスト	表面汚染密度*1		5,050 cpm	550 cpm	89	投射密度: 70kg/m <sup>2</sup>
					5,300 cpm	650 cpm	88	投射密度: 50kg/m <sup>2</sup>
					4,550 cpm	1,350 cpm	70	投射密度: 30kg/m <sup>2</sup>

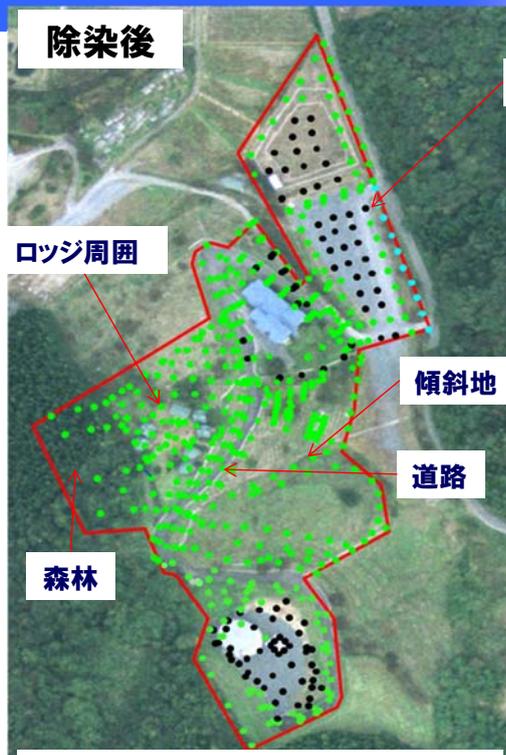
\*1: 表面汚染密度: 表面の測定値-BGの測定値

注) 上記各データは、各測定点(駐車場:68点、傾斜地等:20点、ロッジ屋根塗装部:16点、錆部16点、給水塔屋上:雨樋表面4点、給水塔庭:75点、森林:針葉樹:9点、広葉樹4点、道路:3点(試験領域4m×4mにおいてそれぞれ1点)で得られた測定値をそのまま平均したものです。

# 1m高さの空間線量率(面的除染の効果)



駐車場	1.83 ~ 4.21 $\mu$ Sv/h (平均 2.84 $\mu$ Sv/h)
ロッジ周囲	2.03 ~ 3.54 $\mu$ Sv/h (平均 2.90 $\mu$ Sv/h)
森林	2.49 ~ 3.07 $\mu$ Sv/h (平均 2.49 $\mu$ Sv/h)
傾斜地	2.34 ~ 3.00 $\mu$ Sv/h (平均 2.65 $\mu$ Sv/h)
道路	1.80 ~ 6.35 $\mu$ Sv/h (平均 2.80 $\mu$ Sv/h)



駐車場	0.60 ~ 2.52 $\mu$ Sv/h (平均 1.44 $\mu$ Sv/h)
ロッジ周囲	1.06 ~ 2.10 $\mu$ Sv/h (平均 1.60 $\mu$ Sv/h)
森林	1.26 ~ 1.91 $\mu$ Sv/h (平均 1.56 $\mu$ Sv/h)
傾斜地	1.46 ~ 2.00 $\mu$ Sv/h (平均 1.74 $\mu$ Sv/h)
道路	0.90 ~ 1.80 $\mu$ Sv/h (平均 1.40 $\mu$ Sv/h)



# 除去土壌等の一時保管



掘削



遮水シート敷設



1m³フレコン定置



可燃物地上保管

埋戻し後

除去土壌等の発生量			保管場所の空間線量当量率*1	
	主要内容物	発生数	保管開始前*2	保管後
可燃性 (地上保管)	草・枯葉・枝等	1m³フレコン 約 210個 (22 t)	2.5 μSv/h	0.9 μSv/h
不燃性 (地下保管)	土壌・砕石等	1m³フレコン 約 1,240個 (917 t)	2.5 μSv/h	0.8 μSv/h

\*1: 可燃物保管場所のローピング地点 (除去物より約1mの位置) において10測定点、不燃物保管場所は砕石敷設部の21測定点の平均値  
\*2: 一時保管場所の除染前の測定値 (可燃物保管予定場所測定6点、不燃物保管場所直上21点の平均値)

# 除染技術の実証 (1)

## 家屋屋根の主要な汚染部位と汚染状況



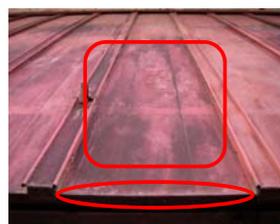
燻瓦 (土瓦)	表面密度*(cpm/20cm²)
通常の部位	200
○ 汚染部位	2,100



釉薬瓦 (陶器瓦)	表面密度*(cpm/20cm²)
通常の部位	300
○ 汚染部位	3,000(写真右 杉の樹液等)



セメント瓦	表面密度*(cpm/20cm²)
通常の部位	全面汚染
○ 汚染部位	6,000

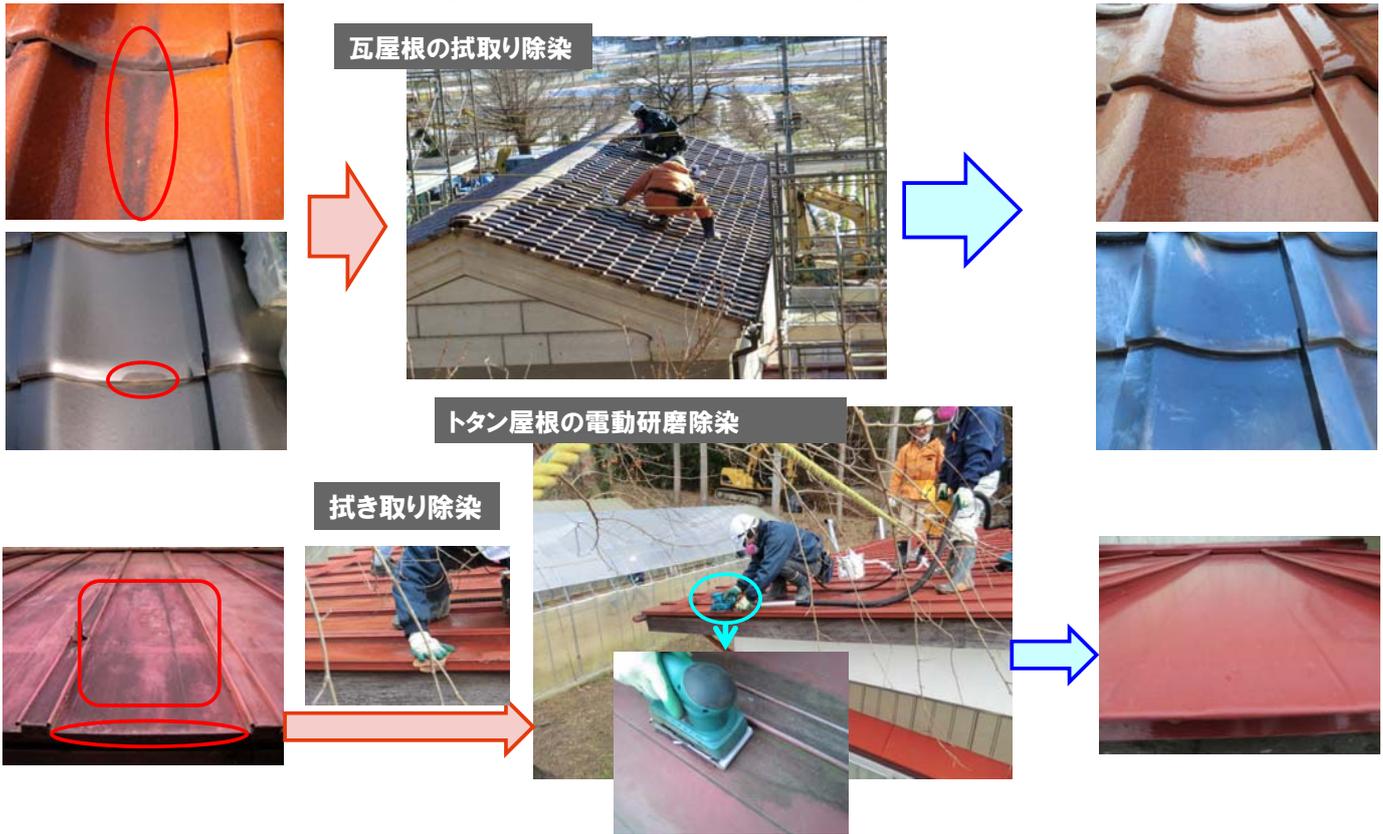


トタン	表面密度*(cpm/20cm²)
通常の部位	600
○ 汚染部位	5,400(写真左 杉の樹液等)

\*表面密度: 表面の測定値-BGの測定値

# 除染技術の実証(1)

## 家屋屋根の拭き取り方式等による除染



18

# 除染技術の実証(2)

## 森林除染の効果



森林の奥行き方向の除染広さに対する森林入口付近の空間線量率(1m)の推移 (μSv/h)

領域	測定点No	除染前	区画1 除染後			区画2 まで除染後		区画3 まで除染後	
			除草・落ち葉かき*1	リター層除去	入口付近枝打	除草・落ち葉かき	リター層除去	除草・落ち葉かき	リター層除去
針葉樹エリア入口	①	2.6	2.2	1.4	1.3	1.2	1.3	1.3	1.2
	②	2.5	2.3	1.6	1.4	1.5	1.4	1.2	1.3
広葉樹エリア入口	③	2.4	1.7	1.4	-*2	1.5	1.4	1.4	1.6
	④	2.7	2.3	2.0		2.2	2.2	1.5	1.9

\*1 区画1除草・落ち葉掻きの線量率は、地表面1cmで測定。1m高さでの値は概ねこの0.8倍程度  
\*2 広葉樹は全て落葉しており枝打ちは実施していない。

# 除染技術の実証(3)

## 走行式ブラスト除染

### スチールブラストの投射密度による除染効果試験

コンクリート(伊達市)  
アスファルト(南相馬市)



#### ● 表面汚染密度の測定結果

投射密度 (kg/m <sup>2</sup> )		80	100	120	140	160
作業前	表面汚染密度 <sup>*1</sup>	4,250	4,100	3,400	3,750	3,200
ブラスト後	(cpm/20cm <sup>2</sup> )	BG	BG	BG	BG	BG

#### ● 表面汚染密度の測定結果

投射密度 (kg/m <sup>2</sup> )		30	50	70
作業前	表面汚染密度 <sup>*1</sup>	3,600	5,300	5,050
ブラスト後	(cpm/20cm <sup>2</sup> )	1,350	650	550

※1: 表面汚染密度 = 表面の測定値 - BGの測定値

20

## 除染実証試験のまとめ

今後の自治体等による除染計画の策定及び除染活動の実施の際に必要な知見・データの蓄積することを目的に、以下の、様々な土地の利用形態を対象に面的除染を実施した。

- 【伊達市下小国地区】  
家屋(庭を含む)、畑、牧草地、果樹園等を含むエリア
- 【南相馬市ハートランドはらまち】  
森林に隣接した家屋、傾斜地等を含むエリア

### (1) 面的除染の実証

- ◆ 除染エリア毎の地形、土地の利用状況等に応じて容易に実施可能な除染方法を用いた結果、除染後の空間線量率の平均値は概ね除染前の1/2まで低減した。

### (2) 除染技術の実証

#### ◆ 屋根の汚染状況と除染方法

屋根の汚染状況については、放射性セシウムは、特定箇所に付着・残留している傾向があり、汚染状況に応じて、拭き取り方式や、電動研磨方式を用いることが有効であった。

#### ◆ 森林除染の効果

森林に隣接する家屋の居住者に対する被ばく線量を低減することを目的として森林を除染する場合、森林入口から奥行10mまでの除染を行うことで十分な効果が得られた。

#### ◆ 走行式ブラスト除染

コンクリートスラブ及びアスファルト舗装道路の汚染に対しては、スチールショットブラスト除染が有効であった。

22



ご清聴、ありがとうございました。



日本原子力研究開発機構

## (2)除染モデル事業等の成果報告

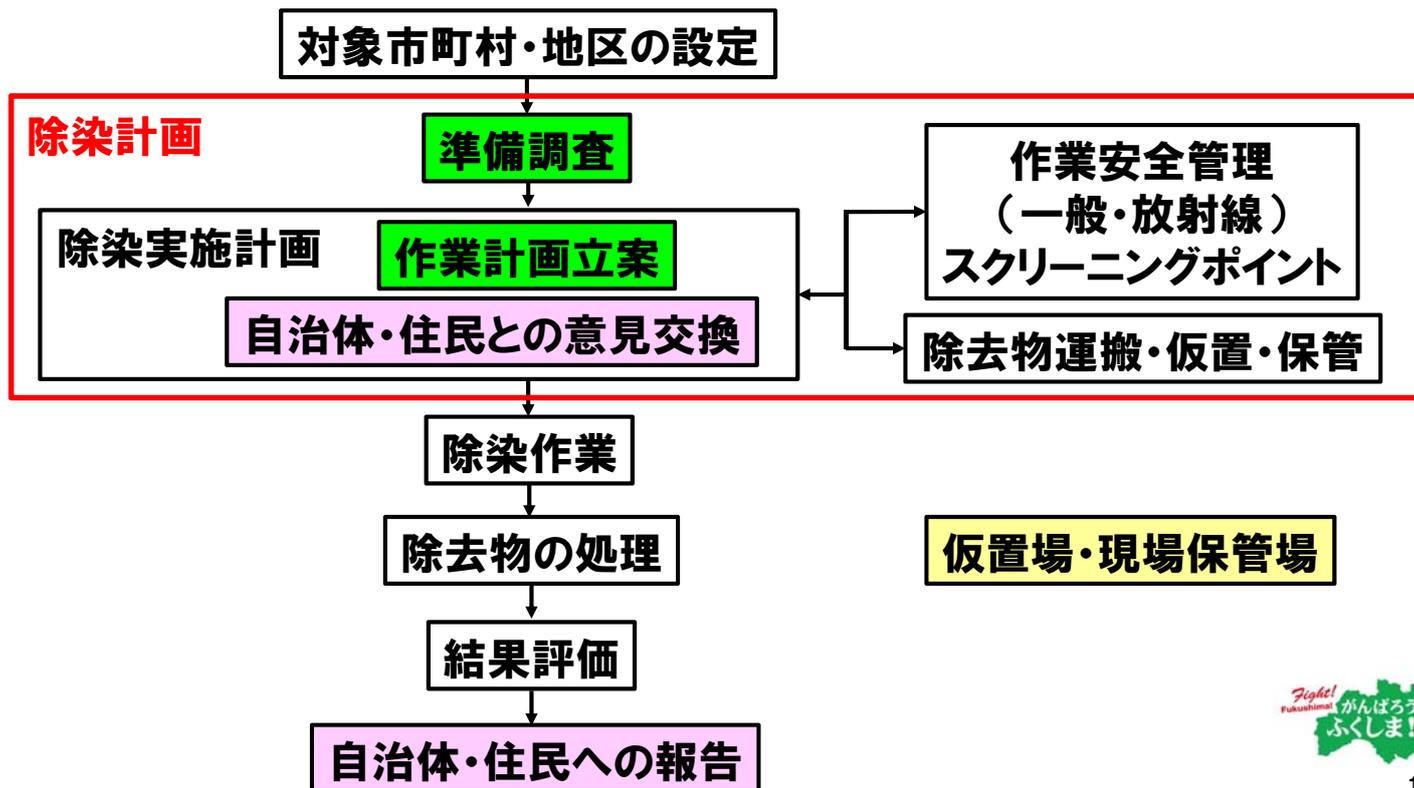
### 除染モデル事業等の結果の分析・評価 — 除染計画策定/モニタリング —

日本原子力研究開発機構

除染モデル実証事業等の成果報告会 平成24年3月26日 福島市公会堂  
主催:内閣府原子力被災者生活支援チーム・環境省・日本原子力研究開発機構

### 除染モデル実証事業の流れ(実績)

- 除染計画は、除染目標等を設定した後、作業安全管理、除去物の処理等の計画も並行しながら策定する必要がある。



# 除染計画策定の流れ

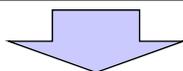
## 準備調査

地域情報収集

空間線量率分布の把握

環境サンプリング(放射能濃度の把握)

除染効果の予測



## 除染実施計画

適用技術の選定

除去物発生量の評価

工期、コストの見積

2

# 地域情報収集

対象	主な確認項目	モニタリングとの関連
共通	<ul style="list-style-type: none"> <li>空間線量率レベル</li> <li>インフラ(道路、水道、電気等)</li> <li>アクセス手段</li> <li>地震、津波等による損傷</li> <li>野生化した動物等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定機器選択</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>地形</li> <li>樹種、植生、耕作物</li> <li>土質(耕作の有無)</li> <li>用排水路</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>線量率測定場所の選定(数密度、数量等)</li> </ul>
宅地 大型建造物	<ul style="list-style-type: none"> <li>建物の材質、種類</li> <li>健全性、階高さ</li> <li>庭・公園(植栽、土、遊具)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>環境サンプリング対象の選定(種類、数量等)</li> </ul>
道路	<ul style="list-style-type: none"> <li>幅員、舗装種別</li> <li>側溝</li> </ul>	

3

# 放射線計測技術：空間線量率と表面密度

測定項目		主な使用機器	計測における留意事項	
<ul style="list-style-type: none"> <li>空間線量率 (地上高さ1m)</li> <li>表面線量率 (地上高さ1cm)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nalシンチレーション式サーベイメータ</li> <li>電離箱式サーベイメータ</li> </ul>	機器選択	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期的校正</li> <li>使用機種間の整合性</li> </ul>	
		誤差要因排除	<ul style="list-style-type: none"> <li>強風、積雪、雨等の影響</li> <li>測定機器の汚染防止</li> <li>統計学的アプローチ</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>表面密度 (地上高さ1cm)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GM管計数管型サーベイメータ</li> </ul>	的確なデータ解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定条件の記録</li> <li>異常値の抽出、確認</li> </ul>	



GM管計数管型サーベイメータ



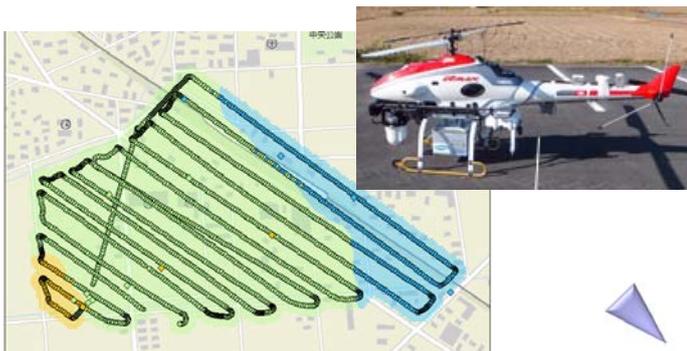
Nalシンチレーション式サーベイメータ



電離箱式サーベイメータ

## 空間線量率分布の把握

上空モニタリング(全体傾向観察)



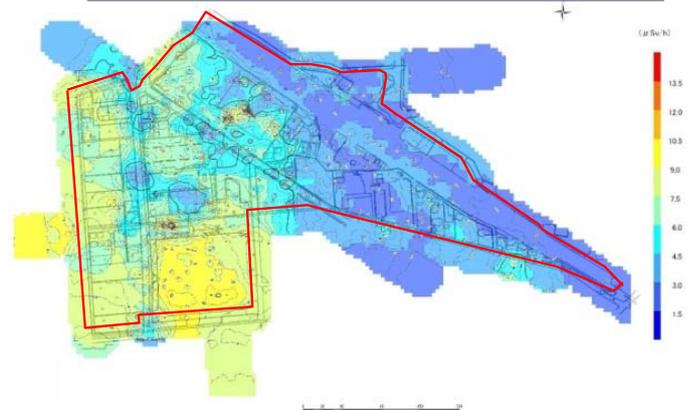
除染対象地域に応じた測定手法の組合せ

- 人力**  
 ・サーベイメータ (遮へい体)  
**機械**  
 ・無人ヘリ

地上モニタリング(定量)



等高線図による面的分布の可視化



# 環境試料採取と放射能濃度測定

	測定対象（例）	主な使用機器
固体 液体	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 落葉、腐葉土、コケ、樹皮</li> <li>・ 農土、庭土</li> <li>・ アスファルト舗装</li> <li>・ プール水、除染水</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Ge半導体検出器</li> <li>・ NaIスペクトロメータ</li> <li>・ ベクレルモニタ</li> </ul>
気体	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 空气中ダスト濃度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ダストサンプラ（放射能・粉塵）</li> </ul>



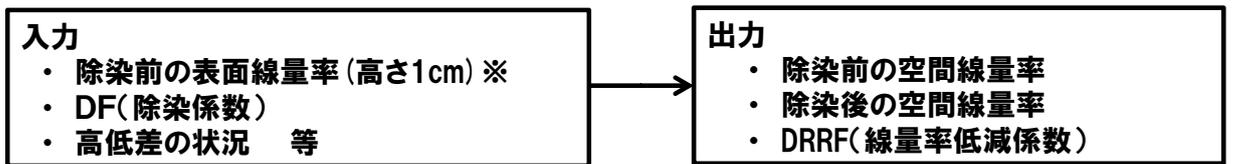
土壤試料の採取作業

計測における留意事項	
試料採取	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 試料汚染の防止（混入防止）</li> </ul>
放射能濃度測定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 適切な前処理（例、乾湿条件統一）</li> <li>・ 校正（誤差把握）</li> </ul>
的確なデータ解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 試料採取条件の記録</li> <li>・ 測定条件の記録</li> <li>・ 異常値の抽出、確認</li> </ul>

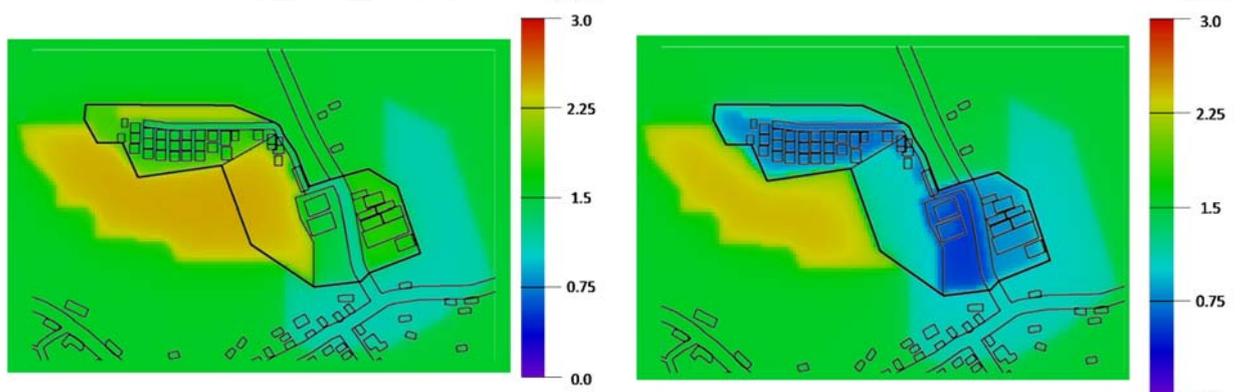
# 除染効果の予測

## ○ 解析コードの活用

- ・ 例、除染効果システム(CDEなど)の活用



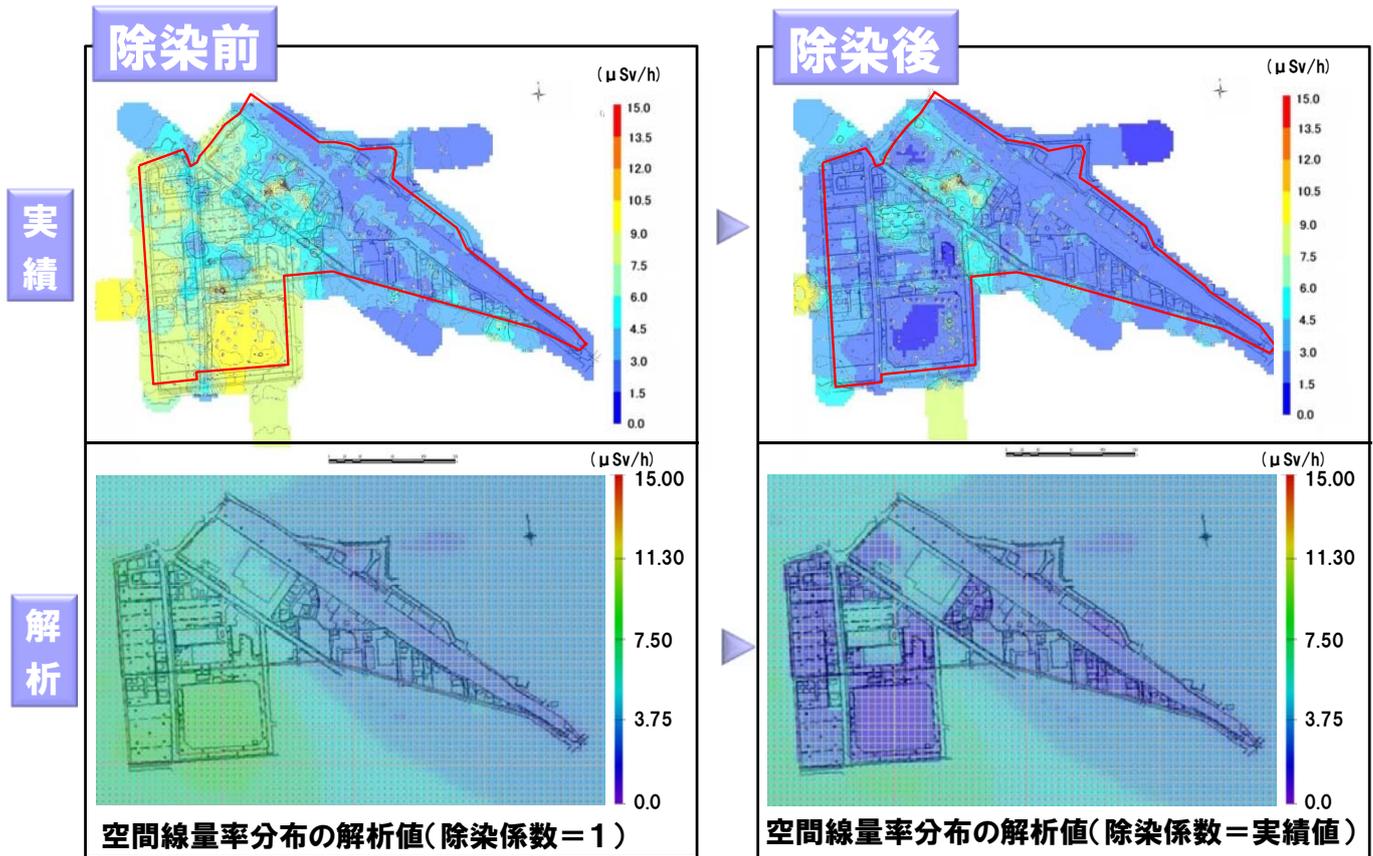
※Ver2.2以降は空間線量率（高さ1m）



除染前簡易モニタリング(JAEA計測)結果での空間線量率計算結果(1m)

除染後の1mでの空間線量率予測計算結果

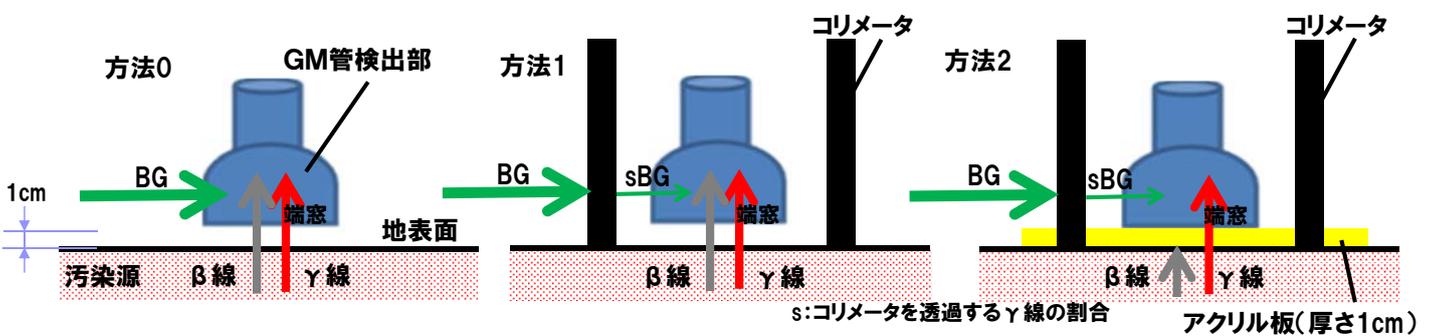
# 除染前後による空間線量率の広域分布の変化



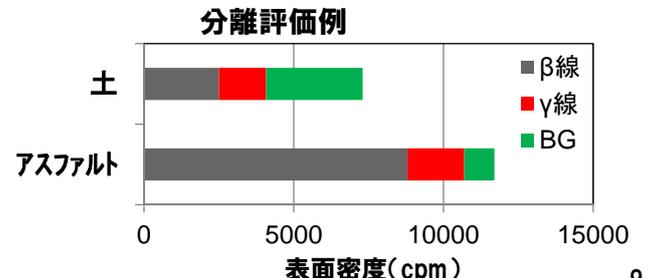
8

## 技術経験：汚染状態の詳細評価方法

- 表面密度の測定値には、対象面以外からの放射線(特に、γ線)も含まれる。
- 対象面以外からの寄与が大きくなると、表面密度の測定結果の評価を難しくすることがある。その場合は、遮へい体を使用するのが有効である。
- 空間線量率が高い場所、屋根、壁等では、ベータ線遮へい材(例、アクリル板)を組み合わせた測定を行うと、汚染の有無を判定しやすくなる。



コリメータとその使用例

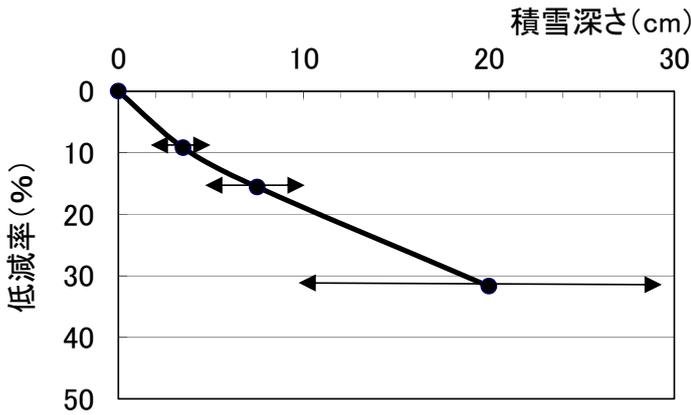


9

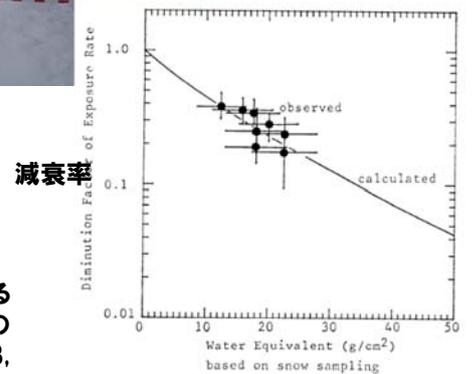
# 技術経験：空間線量率に及ぼす積雪の影響

- 水は放射線の遮蔽効果を有するが、積雪深さと空間線量率値との関係を把握した。
- この結果は、冬季の除染における空間線量率測定の際に、本来の線量を推定する目安になると考えられる。

積雪深さと空間線量率の低減率



積雪の状況



理論値と実測値  
長岡ら：積雪による  
地殻γ線線量率の  
減衰,保健物理,23,  
1988

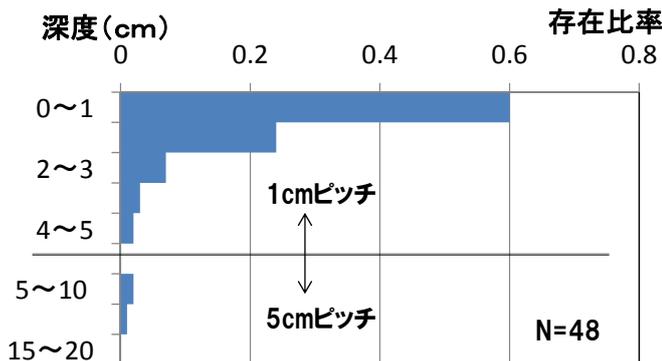
積雪深さ(積雪水量)(g/cm<sup>2</sup>) 10

# 技術経験：放射性セシウムの深度方向分布1

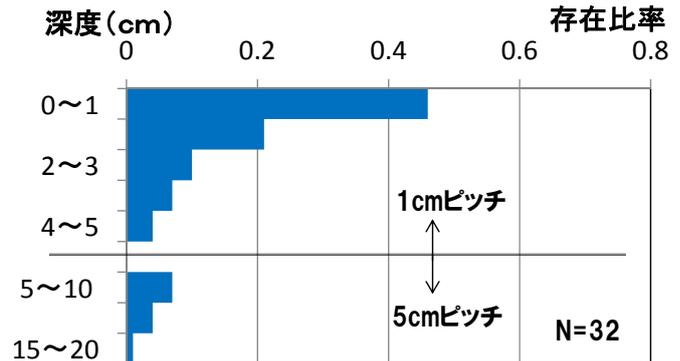
## ① 土壌における深度分布に関する知見

- 除染モデル実証事業における測定経験では、ほとんどの測定地点において地表面から約5cm程度の範囲に放射性セシウムの80%以上が存在する傾向があった。
- 放射性セシウムの濃度(Bq/kg)と分布は、測定箇所(汚染レベル)、土壌の状態等によって個々に異なっていた。

学校・運動場



農地

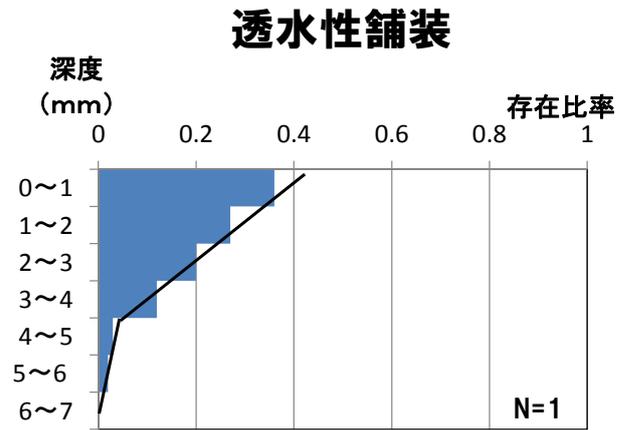
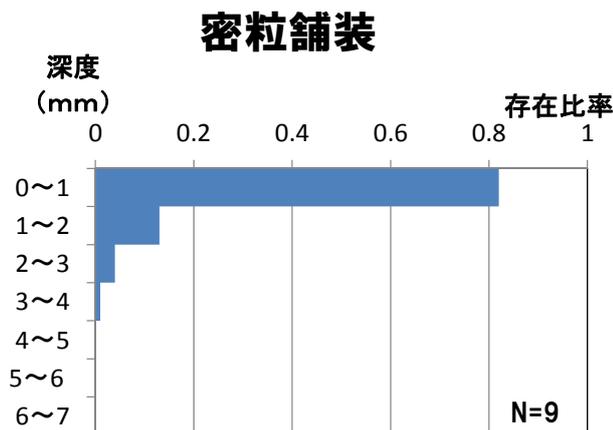


存在比:地表面から20cmの区間の放射能濃度分析値(Bq/kg)を積分した値を1として計算

# 技術経験：放射性セシウムの深度方向分布2

## ② アスファルト舗装における深度分布に関する知見

- 表面からのコア抜き試料を対象に表面密度をもとに深度方向分布を評価した。
- 密粒度の舗装面では約2～3mm程度に放射性セシウムのほとんどが存在する傾向があった。
- 多孔質な透水性舗装(試料数1個)では約5mm程度までにほとんどが存在する傾向があった。



存在比: 地表面から7mmの区間の表面密度値(cpm)を積分した値を1として計算  
表面密度(cpm)

## まとめ

### 1. 計画策定は、多面的視野による検討が必要である。

ハード	ソフト
除染技術選定 (費用対効果) 減容技術選定 除去物の運搬・保管 (仮置場)	作業インフラ・アクセス 被ばく管理 (外部・内部) 作業安全 (事故防止、休憩所) 除染目標設定 気象

### 2. モニタリングはあらゆる技術側面と関係する。

		空間線量率	表面密度	放射能濃度	
				固体・液体	気体
除染	技術選択	面的汚染状況	汚染箇所判定	除去物発生量	
	結果評価	面的汚染状況	除染効果判定		
除去物	保管	仮置場遮へい		仮置場容量	
放射線管理	計画	作業時間			呼吸保護具
	結果評価	外部被ばく線量			内部被ばく線量



**ご清聴、ありがとうございました。**



**日本原子力研究開発機構**

## (2)除染モデル事業等の成果報告

### 除染モデル事業等の結果の分析・評価 —除染技術—

日本原子力研究開発機構

除染モデル実証事業等の成果報告会 平成24年3月26日 福島市公会堂  
主催:内閣府原子力被災者生活支援チーム・環境省・日本原子力研究開発機構

### 除染モデル事業における評価指標

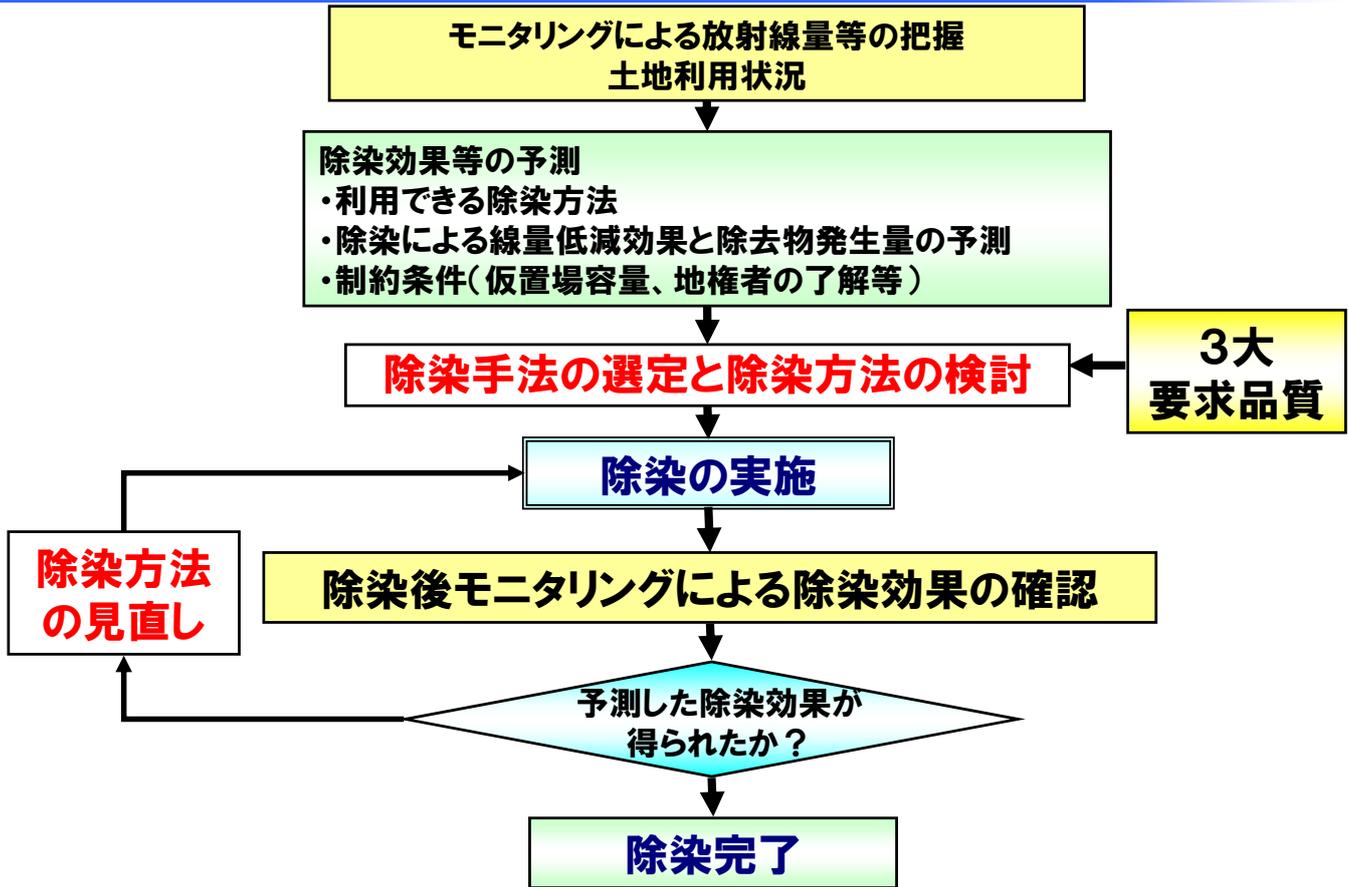
#### 除染に求められる3大要求品質

- **速さ** …1日に1施工班が除染できるエリア
- **無駄の無さ**…剥ぎ取り, 切削の精度  
(除去物発生量の抑制)  
…後戻り(二次汚染)の無さ
- **きれいさ**…低減率(表面密度, 空間線量率)

推奨される除染技術とは？

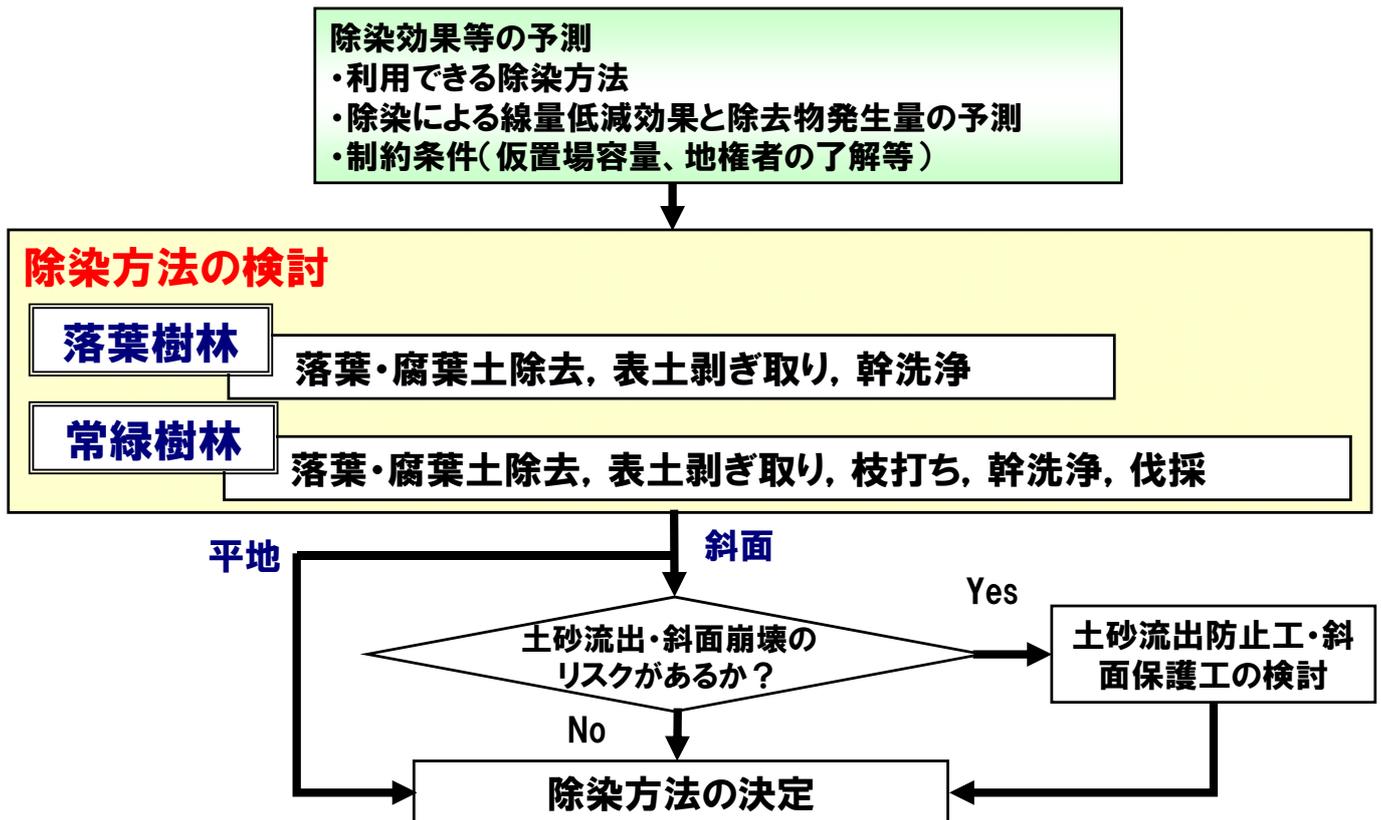
3大要求品質を満足できる除染手法とその方法

# 除染の基本フロー



2

## ① 森林



3

# ①-1 森林の放射性セシウム付着状況

## 常緑樹と落葉樹の高さ方向の空間線量率の違い

### ◆ 常緑樹(杉林)

木の上部ほど線量率が高くなる又は高さ方向でほぼ一定になる傾向が見られた。事故時点より葉を付続けている杉のような常緑樹では、枝葉部に多くの放射性セシウムをつけていると推定される。

### ◆ 落葉樹

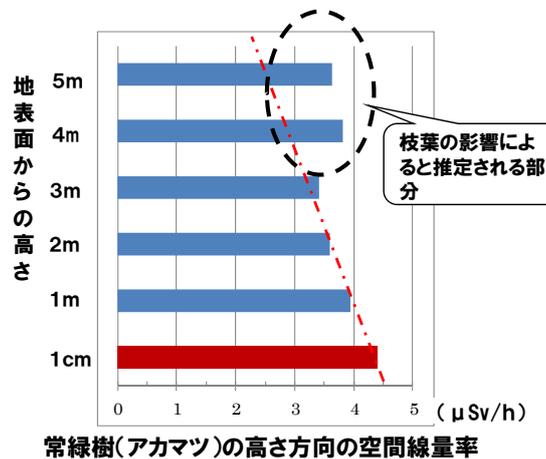
木の上部ほど線量率が低くなる傾向が見られた。これにより事故時点で葉の無かった落葉樹では、大部分の放射性セシウムが、直接、地上に降下したと推定される。

常緑樹(杉林)の高さ方向の空間線量率

地上高さ	空間線量率 (μSv/h)		
	北側	南側	東側
15m	7.88	7.07	—
10m	7.14	7.91	9.12
5m	6.94	5.83	7.65

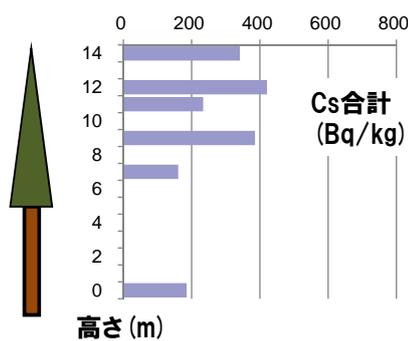
落葉樹と竹林の混合林の空間線量率の高さ方向分布

地上高さ	空間線量率(μSv/h)
432.0cm	8.9
335.0cm	9.49
216.5cm	9.58
108.5cm	11.64

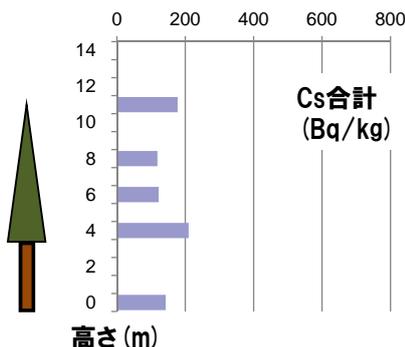


# (参考) 樹木への放射性セシウム付着状況

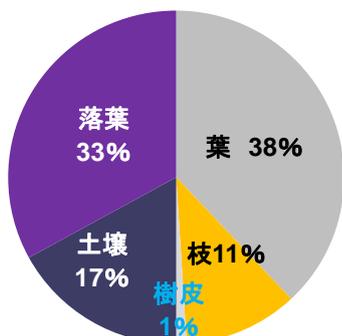
## ○ スギの壮齢樹



## ○ スギの若齢樹

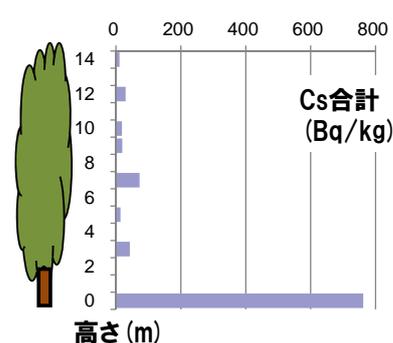


## ○ スギ林内の放射性セシウム分布



スギ(常緑樹)は高さによらずほぼ同じセシウム付着濃度であり、地上と樹体とでほぼ同量の放射性セシウムが付着。(昨年9月時点)

## ○ 落葉樹



落葉樹は地表の落葉の付着濃度が高く、地上にほとんどの放射性セシウムが存在と推測。

出典:「森林内の放射性物質の分布状況及び分析結果について(中間とりまとめ)」林野庁平成23年9月30日、「放射線量等分布マップの作成等に係る検討会(第8回) 配付資料8-1-1」平成23年9月13日

## ①-2 森林の除染範囲

- 生活圏に接する森林外縁から森林の奥部方向に除染(落葉除去とリター層除去)を進め、森林から生活圏に与える放射線量の影響変化を調査したところ、**10m奥部まで除染したところで、生活圏で最も森林に近い森林外縁部において測定される空間線量率は除染前に比べて40%程度低下した。**
- 他方、**10m以上の森林奥部に除染を進めても、森林外縁部において測定される空間線量率は、ほとんど低下しなかった。**
- 生活圏に隣接する森林の除染(除草と落葉除去とリター層の除去)を行うことは、**森林近隣の生活圏の放射線量を下げる上で効果的。**



森林入口からの除染範囲および森林内の除染方法の違いによる森林入口での線量率変化に係る測定結果

領域	測定点	除染前	森林外縁から10m(区画1)除染後			森林外縁から20m(区画2)まで除染後		森林外縁から30m(区画3)まで除染後	
			除草・落葉かき*1	リター層除去	入口付近枝打	除草・落葉かき	リター層除去	除草・落葉かき	リター層除去
針葉樹エリア入口	①	2.60	2.21	1.41	1.32	1.16	1.27	1.25	1.17
	②	2.45	2.30	1.63	1.36	1.45	1.35	1.20	1.29
広葉樹エリア入口	③	2.40	1.70	1.38	-*2	1.47	1.40	1.37	1.64
	④	2.70	2.26	2.02	-*2	2.15	2.18	1.45	1.87

\*1 区画1除草・落葉かき後の線量率は、地表面1cmで測定。1m高さでの値は、概ねこの0.8倍程度。

\*2 広葉樹は全て落葉しており枝打ちは実施していない。

6

## ①-2 森林除染方法の比較

除染方法	落葉・腐葉土・表土除去	樹木		
		幹洗浄	下部枝打	伐倒
常緑樹の放射性物質の比率(9月時点)	50%	幹: 1%	枝葉: 49%	全体: 50%
除去率	80%程度	30%程度	—	100%
放射線量率低減率	50%×80%=40%	1%×30%=1%以下	10-20%	50%×100%=50%
除去物発生量	0.05-0.1m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> (不燃)	少量(樹皮, コケ)	1-3m <sup>3</sup> /本(可燃)	多量(樹皮・枝葉)
二次汚染	なし	あり	多少あり	多少あり
樹木・周辺環境への影響	傾斜地は土砂流出に要留意	樹皮剥がしに弱い樹種あり	枝打ちに弱い樹種有	治山・防風面で要留意
施工スピード(平地)	300m <sup>2</sup> /日	4本/日	500m <sup>2</sup> /日	—
適用性	落葉樹林	◎	▲	—
	常緑樹林	◎	▲	○

◎: 強く推奨, ○: 推奨, △: 目標除染率により推奨, ▲: 推奨されない

## ①-3 落葉・腐葉土層除去方法(平坦地)

**平坦地:** 人力(熊手, レイキ)により木の根周りおよび狭隘部の腐葉土および表土を必要な深さ剥ぎ取り、広いエリアはバックホウにより剥ぎ取る。



木の根周りの剥ぎ取り(人力)



広いエリアの剥ぎ取り(バックホウ)

### 留意点:

- ◆ 平地の場合、腐葉土層を全て除去することを基本とする。また、バキューム車を使用する場合、汚染レベルの高い場所ではバキューム車と吸い込み口の間にはバグフィルターを設置する必要があるかどうかを検討する必要がある。
- ◆ 本施工に先立ち、試験区域を設けて剥ぎ取り深度と除染効果の関係を調査し、必要な剥ぎ取り深さを決定することが重要である。
- ◆ 人力で行う区間は作業員の違いによる除去収集程度のバラツキを極力少なくなるように目合わせ等を実施することが重要である。

8

## ①-3 落葉・腐葉土層除去方法(傾斜地)

**施工概要:** 人力(竹箒, フロア)により落ち葉を集積しコンテナに詰込む、さらに人力(熊手, レイキ)によりリター層(腐葉土)を集積し、バキュームにより吸引搬送し、バキューム車から人力でコンテナに詰込む。



腐葉土の吸引除去



バキューム車(吸引力:120m<sup>3</sup>/時)

### 留意点:

- ◆ 傾斜地の場合、腐葉土層を全て除去すると将来降雨による土壌流出および斜面崩壊の危険性を伴うことから、汚染の状況に応じてリター層の除去深度ならび除去後の斜面保護対策(しから, 土のう積み等)を検討する必要がある。
- ◆ 汚染レベルの高い場所ではバキューム車と吸い込み口の間にはバグフィルターを設置する必要があるかどうかを検討する必要がある。
- ◆ リター層を全て除去する場合は、完全に表土が見えるまで丁寧に除去することが重要である。

9

## ①-4 森林除染方法の留意点

### ○除染エリアならびに除染方法の決定に関する留意点

- ① 生活圏(森林との境界)の線量低減に寄与する範囲は、**水平距離で10m程度**である。
- ② **常緑樹林**では、新しい落ち葉層の下のリター層まで放射性セシウムが多く付着している傾向もあり、「**下草刈り**」と「**新しい落葉層の除去**」に加えて「**リター層**」まで除去することにより除染効果が向上する。
- ③ 樹木の幹に対しては、粗皮が剥がれても生育に悪影響のない範囲で高圧水洗浄を行うことによる除染効果が高い(例:夜の森公園ケヤキで低減率約80%)
- ④ 山林などの傾斜地では、腐葉土層を全て除去すると降雨による**土砂流出と斜面崩壊の危険性**が高まることになる。従って、腐葉土層全てを除去する必要がある場合は、しごら、土のう積みなどの**土砂流出防止対策**を含めて検討する必要がある。

### ○適用する除染方法に関する留意点

- ① 常緑樹林、落葉樹林のいずれの場合も、**落葉およびリター層を除去することが最も除染効果が高い**。また、山林などの傾斜地および竹林など樹間が狭い場所ではバキューム車による吸引搬送が効率的である。
- ② リター層の除去に先立ち、試験区域を設けて**除去深度と除染効果の関係を調査し、除去深度を決定することが重要**である。また、人力で行う区間は作業員の違いによる**除去程度のバラツキを極力少なく**するように事前に**目合わせ等**を実施することが重要である。

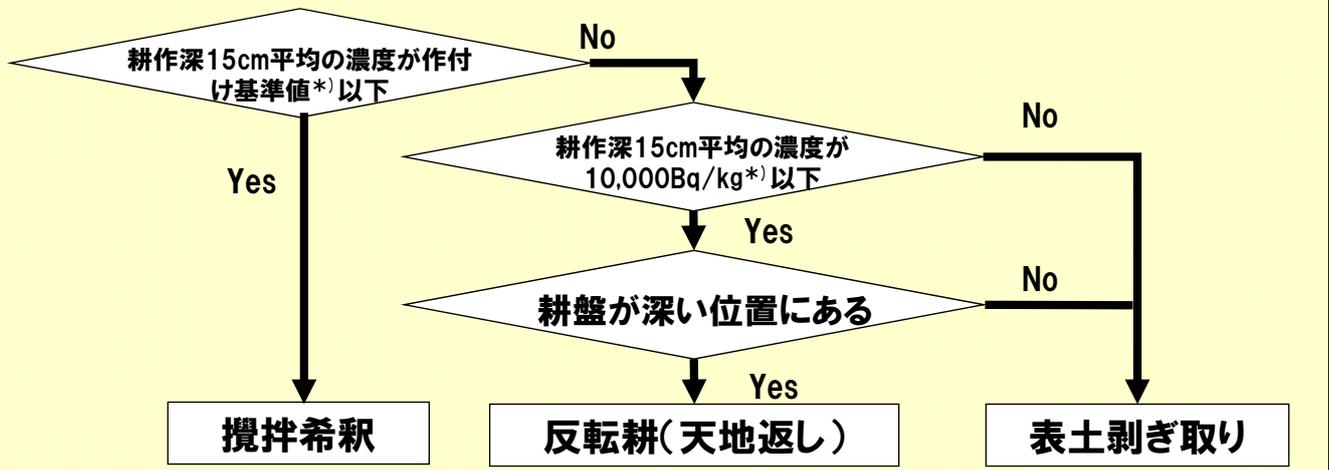
10

## ② 農地

### 除染効果等の予測

- ・利用できる除染方法
- ・除染による線量低減効果と除去物発生量の予測
- ・制約条件(仮置場容量、地権者の了解、農水省の指針等)

【農地土壌除染技術の適用の考え方(農水省)を参考とした一例】



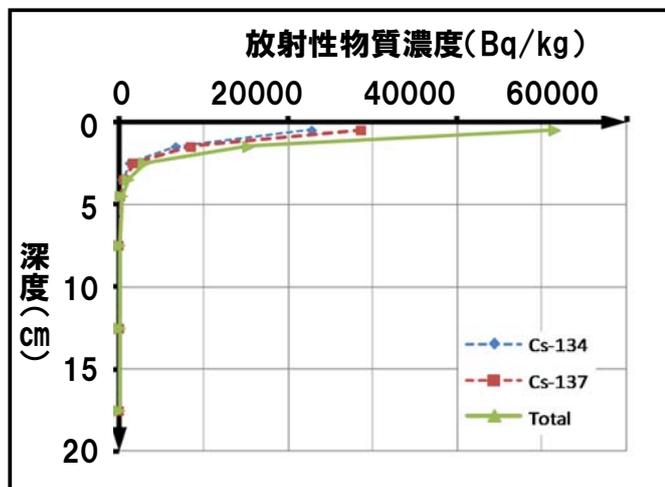
\*)判断基準濃度は農水省ガイドラインに従って随時変更する

除染方法の決定

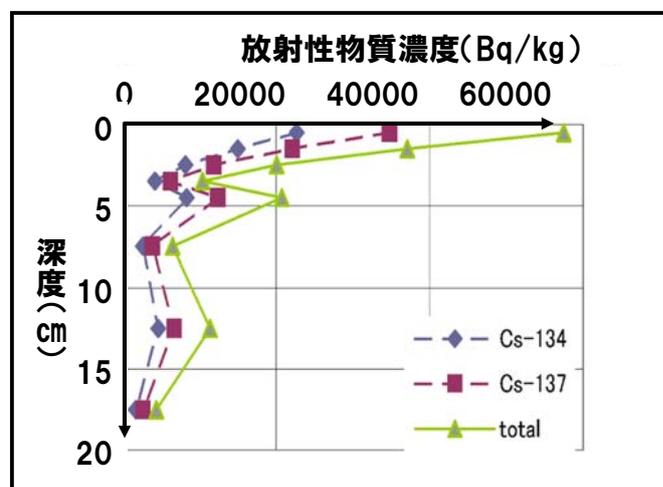
## ②-1 農地の放射性セシウム付着状況

### 放射性セシウム付着・残留の傾向の違い

- ◆ 事故直前に、土を耕している田では、耕していない田よりも深くまで放射性セシウムが浸透しており、トラクタの轍等の凹凸により濃度分布がばらついていた。



一般的な田畑のセシウム濃度分布



事故前(H23/2月頃)に田起こした田畑のセシウム濃度

※放射能濃度の測定値は、サンプリング手法、測定手法等による誤差が含まれる。

12

## ②-2 反転耕施工方法の比較

除染方法	反転耕 (トラクタ+プラウ)	天地返し (バックホウ)
低減率	65 - 80%	約65%
除去物発生量	なし	なし
二次汚染	なし	なし
周辺環境への影響	なし	なし
施工スピード	1,000m <sup>2</sup> /日	300m <sup>2</sup> /日
適用性	◎	○

◎:強く推奨, ○:推奨, △:目標除染率により推奨, ▲:推奨されない

## ②-3 反転耕

### トラクタ+プラウ

必要な反転深さの能力を有するプラウ付き耕運機で反転する。



### 天地返し(バックホウ)

Cs90%程度を含む表層土を薄く剥ぎ取り、仮置きする。下層土を30cm程度剥ぎ取り、仮置きする。表層土を敷き均した後、下層土を敷き均す。



表層土5cm剥ぎ取り



下層土45cm剥ぎ取り

#### 留意点:

- ◆ 放射能濃度の深度分布ならびに耕盤の深度を把握し、反転深度を決定することが重要である。

#### 留意点:

- ◆ 放射能濃度の深度分布ならびに耕盤の深度を把握し、天地返しの上層と下層の深度を決定することが重要である。
- ◆ 上層の剥ぎ取った土壌が下層の剥ぎ取った土壌に混入しないように仮置きすることが重要である。

14

## ②-4 表土剥ぎ取り施工方法の比較

除染方法	薄層土壌剥ぎ取り機 (ハンマーナイフ)	バックホウ (5cm剥取)	表面固化剤散布	
			分離改修機	バックホウ剥ぎ取り回収
低減率	70%程度	65-95%	80%程度	80%程度
除去物発生量 (余掘り率)	余掘りなし	5cm以下の薄層剥ぎ取りは困難	余掘り少ない	余掘り少ない
二次汚染	なし	なし	なし	なし
施工スピード	700m <sup>2</sup> /日	700m <sup>2</sup> /日	300m <sup>2</sup> /日	300m <sup>2</sup> /日
適用条件	・凍土は剥ぎ取り不可能	・地耐力のある締まったほ場 ・重機搬入時畦畔を壊すことがある	・乾燥したほ場 ・湛水したほ場及び氷点下以下では固化しない	・地耐力のある締まったほ場 ・湛水したほ場及び氷点下以下では固化しない
適用性	◎	○	○	○

◎:強く推奨, ○:推奨, △:目標除染率により推奨, ▲:推奨されない

## ②-5 表土剥ぎ取り(薄層表土剥ぎ取り機)

**施工概要:** 薄層表土剥ぎ取り機(ハンマーナイフモア)により薄層の剥ぎ取りを行う。剥ぎ取り目標深度に達するまで走行を繰り返す。



ハンマーナイフ・モア

**利点:**

草刈りと薄層表土剥ぎを同一機械で行える利点がある。草の除根と土壌のほぐしを同時に行えるため回収作業が容易となる。

**留意点:**

- ◆ 1回の剥ぎ取り可能厚さは1cm以下と浅いため、事前に走行回数と剥ぎ取り厚さおよび除染率の関係を把握し、施工方法を決定することが重要である。
- ◆ 剥ぎ取った土壌、根っこを熊手、竹箒などにより人力できれいにかき集め除去することが重要である。
- ◆ 薄層の剥ぎ取りであり、凹凸があると凹部は剥ぎ取りができずに残るため、剥ぎ取り残しの箇所をサーベし、その部分は人力で剥ぎ取りを行うことが重要である。

16

## ②-6 表土剥ぎ取り(表土固化と分離回収機)

**施工概要:** 草刈・集積終了後、固化剤散布機により固化剤を散布し3日の養生後、分離回収機・バックホウで表土を剥ぎとる。



固化剤散布

+



固化土壌分離回収機

or



バックホウ(スーパー方式)

**留意点:**

- ◆ 分離回収機は、対象土壌が高含水であると、移送部の配管で土砂が閉塞し、使用が不能となる。そのため、高含水土壌ではバックホウにて剥ぎ取ることが有効である。
- ◆ 固化剤は氷点下では固化しないため、冬季ではこの工法は効果的でない。
- ◆ 降雨等により湛水したほ場では固化しないため、乾燥させた状態で散布することが重要である。
- ◆ 固化剤は灰白色であるため、取残しがあるかどうかの目印としての効果もある。

17

## ②-7 農地除染方法の留意点

### ○除染方法の決定に関する留意点

- ① 深度方向の放射性セシウム濃度分布、ならびに耕盤の深度を調査した上で、攪拌希釈・反転耕(天地返し)・表土剥ぎ取りの**何れを適用するかを決定**することが重要である。
- ② 表層～深さ約5cmに80%以上の放射性セシウムが付着・残留する傾向があった。表土の剥ぎ取りの剥ぎ取り深さは**作深(水田:15cm, 畑:30cm)間の放射性セシウム濃度が作付け基準を下回るように、決定**する必要がある。
- ③ 土木施工機械である**バックホウ(平爪付)だけでは5cm以下の薄層を精度良く剥ぎ取ること**は困難であることから、必要剥ぎ取り厚さが5cm以下の場合**は薄層剥ぎ取り工法**を選択する必要がある。
- ④ **固化表土分離回収機は、水分の多い土壌では回収コンベアで土壌が固着し回収不良**となることを考慮して回収方法を選択することが重要である。

### ○適用する除染方法に関する留意点

- ① 薄層表土剥ぎ取り機の1回の剥ぎ取り可能厚さは1cm以下と浅いため、**事前に走行回数と剥ぎ取り厚さおよび除染率の関係**を把握し、**施工方法を決定**することが重要である。
- ② 固化剤散布については、**湛水状態のほ場および冬季の低温環境下のほ場では固化剤が固まらない**ため、適用条件を満たす範囲で適用することが重要である。

18

## ③ 大型建造物, 宅地

除染効果等の予測

- ・利用できる除染方法
- ・除染による線量低減効果と除去物発生量の予測
- ・制約条件(仮置場容量、地権者の了解等)

### 除染方法の検討

#### 材質

コンクリート, アスファルト, 金属, プラスチック, 木材, 土, 芝, 碎石, 瓦等

#### 面の状況

広いエリア, 狭いエリア, 隅角部, 固い, 軟らかい, 水平, 鉛直等

#### 除染手法の選定

材質, 面の状況等それぞれの環境条件に合った除染手法の選定

#### 施工方法(圧力, 回数等)の検討

#### 除染方法の決定

## ③-1-1 大型建物(屋上)の除染結果

### ○コンクリートの屋上除染結果

- ◆ コンクリート(防水加工付)、軽量コンクリートの屋上は、高圧水洗浄が効果的であった。
- ◆ コンクリート(モルタル)の屋上では、高圧水洗浄(約10MPa)を実施した場合、高圧水洗浄にブラッシングを加えた場合、ナノバブル洗浄、過酸化水素水等、特殊溶液を活用した場合のいずれにおいても、効果は限定的であった。

屋上材質	場所	除染手法	表面汚染密度 (cpm)		表面汚染密度低減率
			除染前	除染後	
モルタル	大型建物C	高圧水洗浄+回転ワイヤブラシ	38,500	16,200	58
モルタル	大型建物C	3%過酸化水素水とオゾン水を加えたナノバブル水を用いた高圧水洗浄	40,600	24,100	41
モルタル	大型建物C	高圧水洗浄	40,000	24,400	39
モルタル	大型建物C	ナノバブル水を用いた高圧水洗浄	40,100	18,200	57
モルタル	大型建物C	3%過酸化水素水を加えた水による洗浄	48,600	23,800	51
防水加工	大型建物C	高圧水洗浄	65,000	4,300	93
防水加工	大型建物A	水洗浄、ポリッシャー洗浄	21,229	4,006	81
防水加工	大型建物D	高圧水洗浄	420	280	33
軽量コンクリート	大型建物E	高圧水洗浄	25,220	5,830	77

大型建物C



防水加工

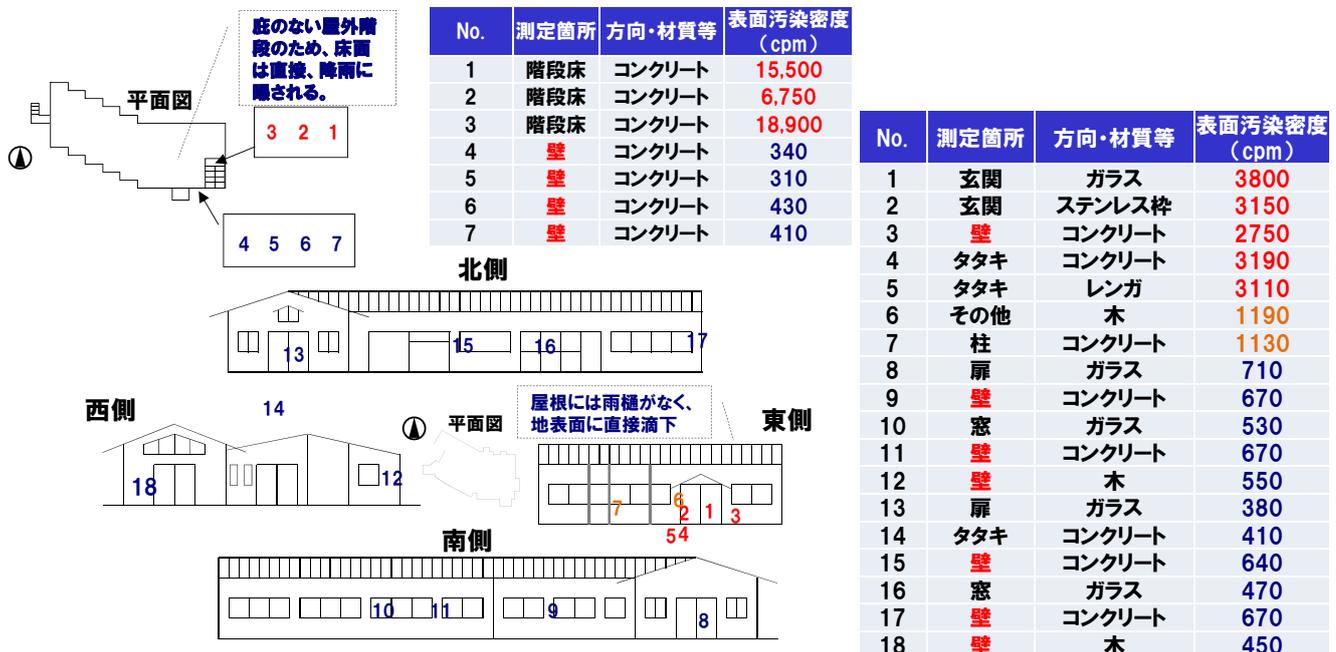


モルタル

## ③-1-2 大型建物各部位の汚染状況

### ○放射性セシウムの付着状況

- ◆ 大型建物の壁は、タタキや床に比べて表面汚染密度が低い傾向がある(例えば大型建物F)。一方、雨だれ等の状況によって汚染している壁も認められた(例えば、大型建物Gの場合、東面は他の面に比べて高い傾向があった。)

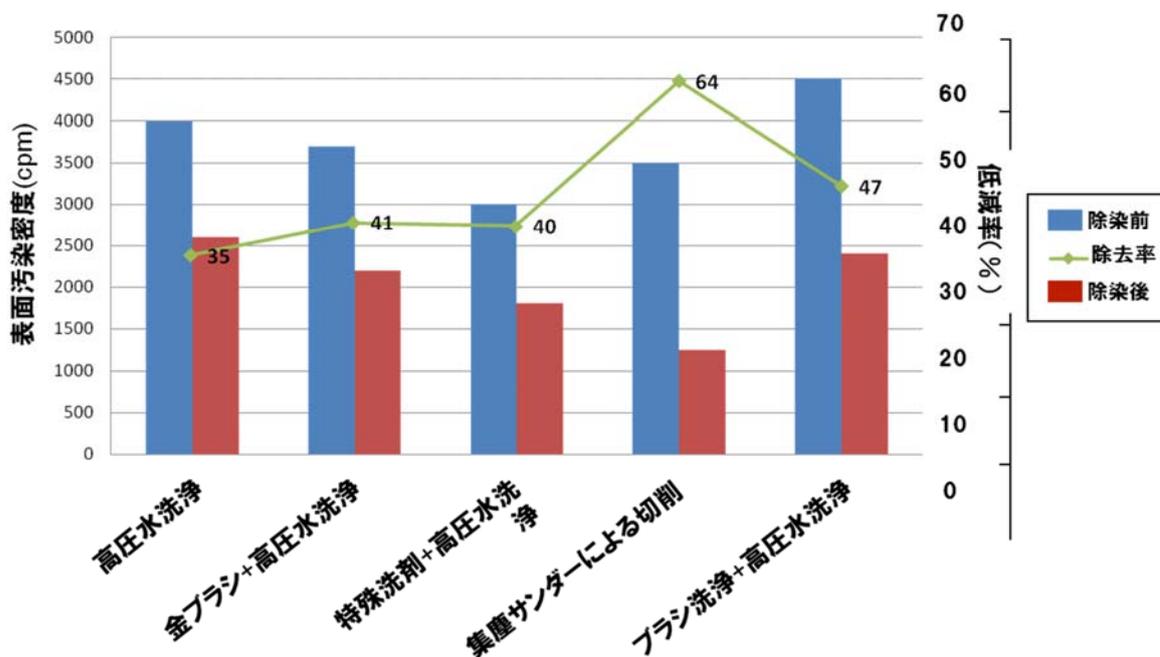


赤: 表面汚染密度が2,000cpmを超える箇所  
 橙: 表面汚染密度が1,000~2,000cpmの箇所

### ③-1-3 コンクリート(たたき)の除染方法の比較①

#### ○除染方法

- ◆ コンクリート(たたき)には、高圧水洗浄では除染効果が限定的であるが、集塵サンダーによる表面切削が効果的である。
- ◆ 高圧洗浄水については、金ブラシ等、他の手法を併用しても、その効果は変わらなかった。



22

### ③-1-4 コンクリート(たたき)の除染方法の比較②

#### コンクリート・モルタル(大型建物屋上・壁、たたき、擁壁等)

除染方法	集塵サンダー (コンクリートかな)	超高压水洗浄 (150Mpa以上)	高压水洗浄 (10~50Mpa)	ショットブラスト
低減率	60%-80% (回数による)	70%程度 (圧力, 回数による)	30-70% (圧力, 回数による)	70%程度 (投射密度, 回数)
除去物発生量	切削屑 20袋/ha程度	ほとんどなし	ほとんどなし	切削屑 20袋/ha程度
二次汚染	ダスト吸引回収 多少あり	洗浄水吸引回収 ほとんどなし	流末処理 多少あり	ダスト吸引回収 多少あり
施工スピード	40m <sup>2</sup> /日	300m <sup>2</sup> /日	100~200m <sup>2</sup> /日	300m <sup>2</sup> /日
適用条件	・ 広い範囲は 非効率 ・ 雨天は不可	・ 隅角部は不可 ・ 鉛直面は困難		・ 隅角部および 狭隘部は不可 ・ 鉛直面は困難 ・ 雨天は不可
適用性	△	○	○	○

◎: 強く推奨, ○: 推奨, △: 目標除染率により推奨, ▲: 推奨されない

### ③-1-5 集塵サnder(コンクリートかな)

**施工概要:** 集塵サnder(集塵機能付きのコンクリートかな)により、コンクリート面の切削を行う。高線量地域では集塵機にHEPAフィルターを装備し、吸着させることにより拡散を防止する。



コンクリート階段



コンクリートたたき



コンクリートたたき

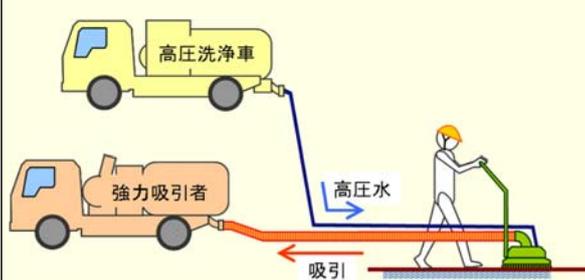
#### 留意点:

- ◆ 路面に残った切削屑を全て除去することが重要である。
- ◆ 切削回数(深度)と除染効果の関係を事前に調査し、仕様決定することが重要である。
- ◆ 高線量地域では集塵機にHEPAフィルターを装着し、吸着させることにより拡散を防止することが必要である。

24

### ③-1-6 超高圧水洗浄(150Mpa以上)

**施工概要:** 超高圧水洗浄機(150Mpa以上)により、コンクリート面を薄削する。切削に使った水はバキューム車で吸引回収し、水処理設備へ運搬する。



中型超高圧水洗浄機



ハンディ型超高圧洗浄機

#### 留意点:

- ◆ コンクリート面の深くまで汚染が進行している場合には、高圧での洗浄もしくは複数回の施工が必要となることから、事前に圧力、回数の違いによる除染効果の違いを把握し、仕様を決定することが重要である。なお、低減効果の測定にあたっては、除染水による遮へい効果を除くため、乾燥した後に測定することが重要である。
- ◆ 切削厚さによっては、オーバーレイ(モルタル)が必要となる。

## ③-1-7 高圧水洗浄(+ワイヤーブラシ)

**施工概要:** 高圧水洗浄機(10Mpa~50Mpa)により洗浄を行う。洗浄前にワイヤーブラシによりブラッシングを実施することにより、低減率が上がる。洗浄水は流末で回収し、水処理する。



屋上洗浄(ワイヤーブラシ)



たたき洗浄



擁壁洗浄

### 留意点:

- ◆ 噴射口と除染面との離隔を20cm以下に保つよう指導管理することが重要である。
- ◆ 除染水が土壌上に飛散浸透することがないように飛散浸透防止を図ることが重要である。
- ◆ 低減率を上げるためにはコンクリート表面を削るの必要があり、ワイヤーブラシの併用も検討する必要がある。

26

## ③-1-8 ショットブラスト

**施工概要:** ショットブラストにより、コンクリートを切削し、切削屑はバキューム吸引により回収する。また研削材(鉄球)は磁石により回収する。



中型ショットブラスト



中型ショットブラスト接写

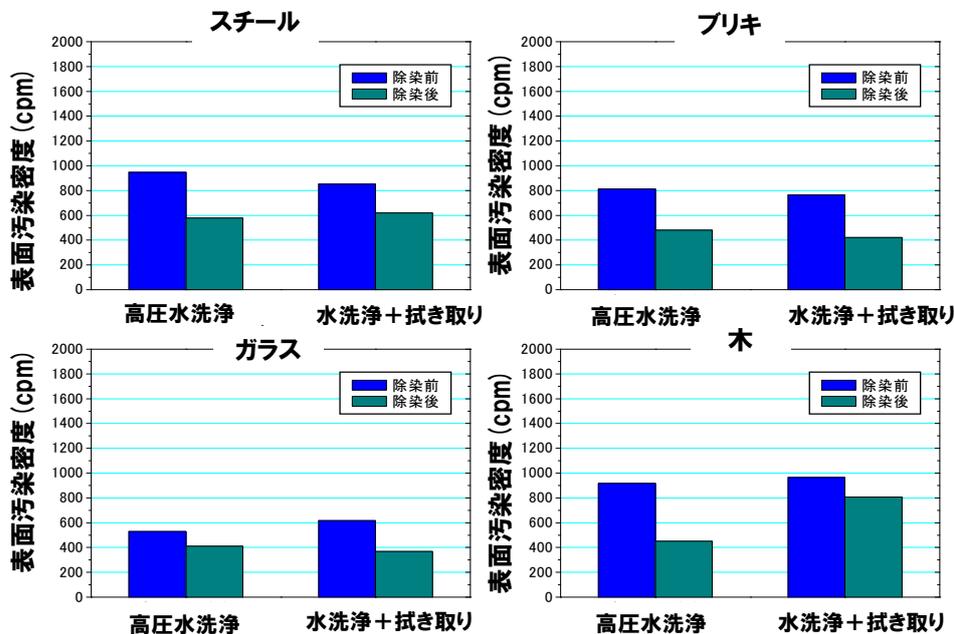
### 留意点:

- ◆ 路面に残った切削屑を竹箒で収集除去しているが、粒の細かいものが空中に舞うことがあるので搭乗式清掃機との組み合わせが望まれる。また、研削材(鉄球)を全て回収することが重要である。
- ◆ ブラスト面の中央部と端部で切削深度に違いがあるため、半分の幅程度のラップが必要である。また、投射密度によっても切削深さが異なるので事前に投射密度と除染効果の関係を調査する必要がある(モデル事業では200kg/m<sup>2</sup>を選定)。

### ③-1-9 建物(壁)の除染方法の比較

#### ○建物(壁)の除染方法

- ◆ 壁では、いずれの材質(スチール、ブリキ、ガラス、木)に対しても、拭き取り、高圧水洗浄で効果に大きな差は見られなかった。
- ◆ 作業性の観点からすると、周囲に洗浄水を飛散させない「拭き取り」による除染が有効であると考えられる。



28

### ③-1-9 大型建物の除染方法の留意点

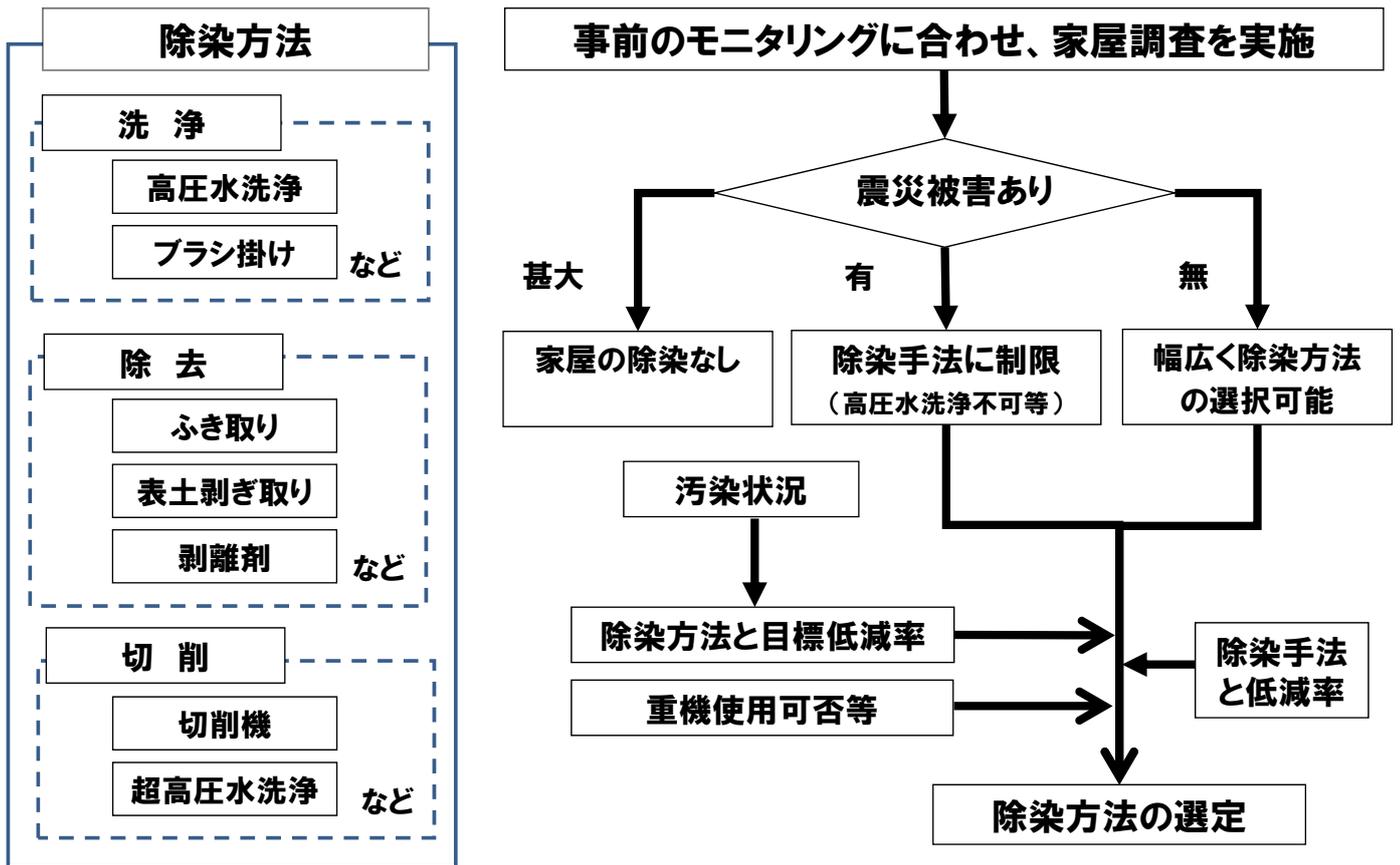
#### ○除染方法の決定に関する留意点

- ① 大型建物に付着した土埃等が、雨の流れによって溜まる箇所(雨樋、雨だれ部)に、これらに吸着した放射性セシウムが多く残留している。逆に、雨水が流れるだけで溜まらない箇所には、比較的残留していない状況にある。
- ② コンクリート(防水加工付)の屋上は、高圧水洗浄が効果的である。
- ③ コンクリート(モルタル)の屋上は、高圧水洗浄(圧力10~20Mpa)とワイヤーブラシによるブラッシングを組み合わせることで50%程度の低減率が得られる。
- ④ 壁では、いずれの材質(スチール、ブリキ、ガラス、木)に対しても、拭き取り、高圧水洗浄で効果に大きな差はない。
- ⑤ 作業性の観点からすると、周囲に洗浄水を飛散させない「拭き取り」による除染が有効であると考えられる。

#### ○適用する除染方法に関する留意点

- ① 高圧水洗浄の場合は、**噴射口とコンクリート面との離隔を20cm以下**に保つよう指導管理することが重要である。
- ② 高圧水洗浄の場合は、**洗浄水ならびに飛沫が土壤上に浸透しないように飛散浸透防止策**を講じることが重要である。
- ③ 超高圧水洗浄は**水圧と回数**により、ショットブラストは**投射密度と回数**により低減率が変化するから、**事前に効果を確認し仕様を決める**ことが重要である。

## ③-2 家屋の除染方法の選定フロー



30

## ③-2-1 家屋各部位の汚染状況

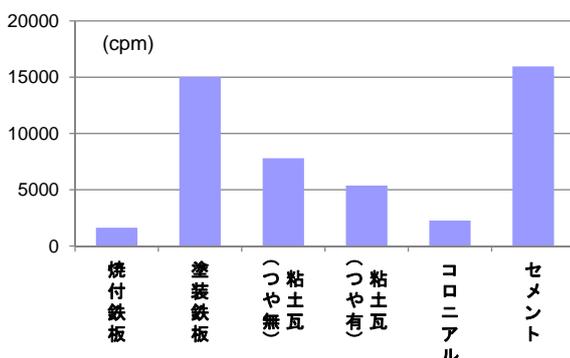
### ○ 部位の区分



### ○ 部位による汚染状況

		A市町村 (2 μSv/h程度)	B市町村 (9 μSv/h程度)
建物	屋根	5,000cpm	7,800cpm
	壁	700cpm	2,300cpm
	雨樋	3,700cpm	11,000cpm
屋外	庭土	3,900cpm	9,100cpm
	舗装	4,400cpm	12,000cpm

### ○ 屋根(同一市町村内での測定結果)



注: 屋根は粘土瓦 (つや無) 計測結果

### ③-2-2 家屋(屋根)の除染手法の比較

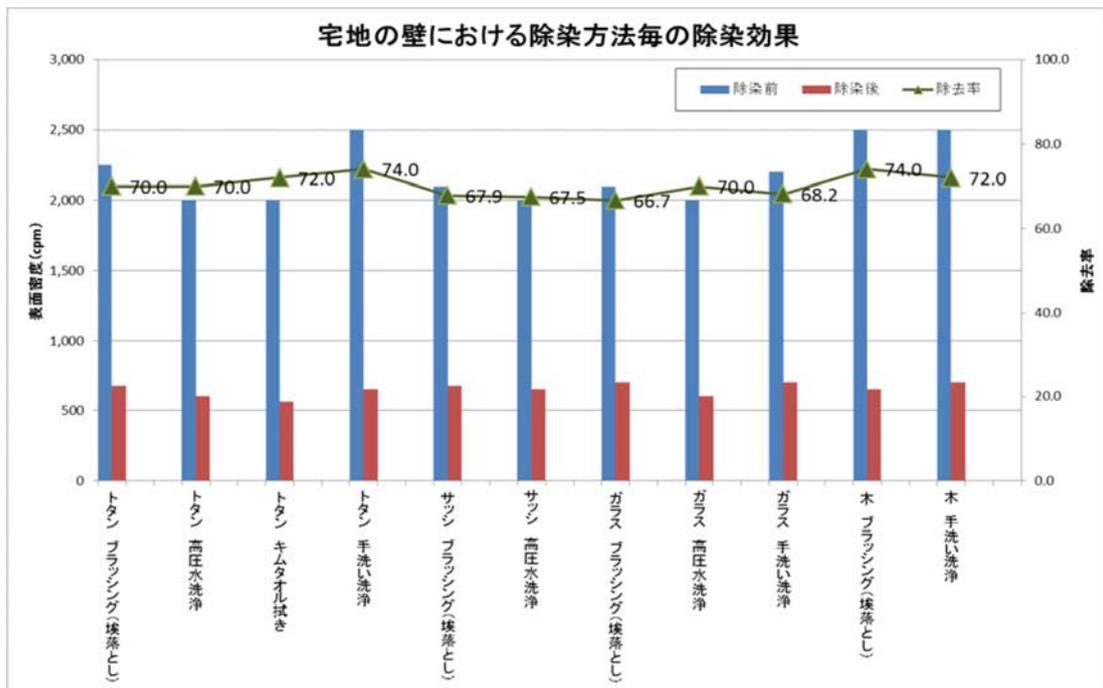
#### 家屋(屋根)

除染方法		高圧水洗浄	ブラシ掛け	拭き取り	剥離剤塗布
低減率	焼付鉄板	—	10%程度	10%程度	10%程度
	塗装鉄板	—	30%程度	5%程度	15%程度
	粘土瓦	—	50%程度	70%程度	30%程度
	セメント瓦	30%程度	5%程度	0%程度	30%程度
	スレート	10%程度	0%程度	25%程度	35%程度
除去物発生量	ほとんどなし	ほとんどなし	多少(ウエス)	多少(剥離剤)	
二次汚染	飛沫が土壤に浸透あり	流末で水回収ほとんどなし	なし	なし	
施工スピード		120m <sup>2</sup> /日	120m <sup>2</sup> /日	10m <sup>2</sup> /日	
適用条件	・周辺土壤の剥ぎ取りが必要 ・瓦間浸水リスク	・洗浄水の回収 ・処理が必要	・ウエス洗浄水の処理が必要		
適用性	▲	○	○	▲	

◎:強く推奨, ○:推奨, △:目標除染率により推奨, ▲:推奨されない

### ③-2-3 家屋(壁)の除染方法の比較

- ◆ トタン・サッシ・ガラス・木に対し、「手洗い洗浄」、「ふき取り」、「高圧水洗浄」、「ブラッシング」を行ったところ、除染方法が異なっても除染後の表面汚染密度に大きな差異は確認されなかった。
- ◆ この中で、特に「拭き取り」は、周囲に洗浄水を飛散させることがないため、作業性の観点からも有効な手段であるといえる。



## ③-2-4 家屋(雨どい)の除染方法の比較

- ◆ 雨樋の拭き取りと高圧水洗浄の除染効果に顕著な違いは見られない。拭き取りの方が汚染水が、飛散しない等の点で作業性が良い。

雨樋に対する除染方法による除染効果の違い

除染方法	作業内容	表面汚染密度低減率
拭き取り	雨樋に堆積物(土やコケなどが堆積)している場合は、除去した上でウエスや紙タオルで拭き取りを実施。	30~90%
高圧水洗浄	雨樋に堆積物(土やコケなどが堆積)している場合は、あらかじめ除去した上で、高圧水洗浄を実施。	60%程度



堆積物除去+拭き取り作業



高圧水洗浄

34

## ③-2-4 家屋の除染方法の留意点

### ○除染方法の決定に関する留意点

- ① 雨樋の堆積物を除去し、さらに拭き取ることによって高い除染効果が得られる。
- ② 屋根について、材質の違いによって除染効果に差異が確認された。
  - 粘土瓦と塗装鉄板にはデッキブラシによるブラッシングが有効。
  - 粘土瓦については、拭き取りも効果的。
  - 剥離剤は、スレート、セメント瓦に対しては、他の手法に比較して相対的に高い効果が認められる
  - セメント瓦においては、いずれの除染方法においても効果が限定的であった。
- ③ 壁について、トタン・サッシ・ガラス・木それぞれの材質のものに対し、「手洗い洗浄」、「ふき取り」、「高圧水洗浄」、「ブラッシング」を行ったが、除染方法が異なっても減少率に大きな差異は確認されなかった。

### ○適用する除染方法に関する留意点

- ① 高圧水洗浄は水平方向に噴射すると瓦の間を通過して水が室内に入る危険がある。また、スレートおよび金属屋根に対し、高圧水洗浄による除染を実施する場合は、施工後に周辺土壌の剥ぎ取り(すきとり)を実施する必要がある。
- ② 拭き取り、ブラッシングの場合は、事前に拭き取りまたはブラッシング回数と除染効果の関係を調査し、本施工における回数(モデル事業では3回)を決定することが重要である。なお、施工直後は湿潤水により遮へいされることから、乾燥後に表面汚染密度を測定することが重要である。

### ③-3 グラウンド

除染効果等の予測

- ・利用できる除染方法
- ・除染による線量低減効果と除去物発生量の予測
- ・制約条件(仮置場容量、地権者の了解等)

除染方法の検討:

材質

テニスコート, 雑草地  
運動場, 等

面の状況

広いエリア, 狭いエリア,  
隅角部, 凹凸の有無, 吹き溜まりの有無, 等

除染手法の選定

材質, 面の状況等それぞれの環境条件に合った除染手法の選定

施工方法(剥ぎ取り厚さ, 回数等)の検討

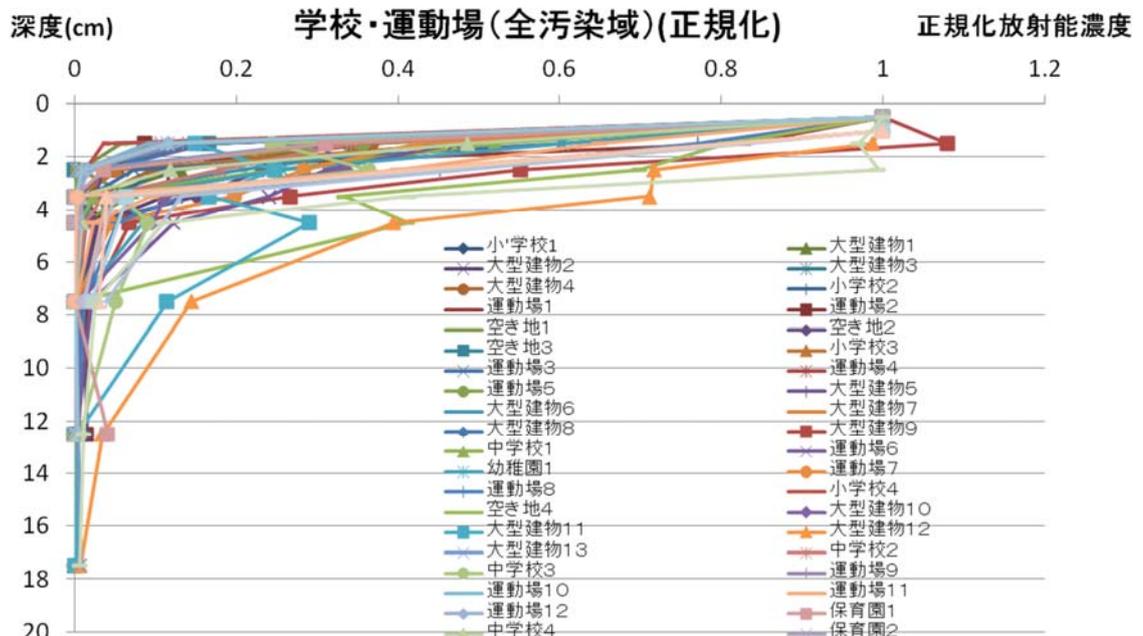
除染方法の決定

36

### ③-3-1 グラウンドの放射性セシウム付着状況

放射性セシウム付着・残留の傾向の違い

- ◆ 公園・グラウンドにおいては、ほとんどの地点(37/40地点)において表面から深度3~5cm程度の範囲に放射性セシウムの90%以上が付着していた。
- ◆ その他3地点においても深度8cmまでに放射性セシウムは90%付着していた。



### ③-3-2 グラウンドの除染手法の比較

除染手法	薄層土壌剥ぎ取り			天地返し
	ハンマーナイフモア+スーパー	路面切削機	モーターグレーダー	
低減率	90%程度	80%（低線量域） 90%（中高線量域）	80%（低線量域） 90%（中高線量域）	85%程度
除去物発生量 （余掘り）	200m <sup>3</sup> /ha （目標2cm深さ） 余掘りなし	300m <sup>3</sup> /ha （目標2cm深さ） 3cm以下制御困難	200m <sup>3</sup> /ha （目標2cm深さ） 2cm以下制御困難	なし
二次汚染	ほとんどなし	ほとんどなし	多少あり	ほとんどなし
施工スピード	300m <sup>2</sup> /日	1,500m <sup>2</sup> /日	1,000m <sup>2</sup> /日	300m <sup>2</sup> /日
適用条件	・平坦地 ・凍土は不可 ・表土が締まっていること	・平坦地 ・表土が締まっていること	・平坦地 ・凍土は不可 ・表土が締まっていること	・排水層等がある場合困難
適用性	○	○	○	◎

◎:強く推奨, ○:推奨, △:目標除染率により推奨, ▲:推奨されない

38

### ③-3-3 ハンマーナイフモア+スーパー

**施工概要:** 改造型ハンマーナイフ草刈機を用いて表土をほぐした後、改造型スーパーにて集積して、バックホウによりフレキシブルコンテナに回収し運搬を行う。



ハンマーナイフモア



スーパーによる表土掻き取り

#### 留意点:

- ◆ 施工スピードが遅いため、広いエリアの除染には適さない。
- ◆ この作業は改造型ハンマーナイフにてグラウンド表面を数mmほぐすことにより、改造型スーパーによる表土の掻き取り効率を高めることが重要である。
- ◆ 汚染の深度方向の分布を把握し、90%以上Csを除去できる深度を目標深度とし、1回の走行剥ぎ取り深度を確認し（実績は6mm程度）、走行回数（モデル事業では3回）を決定することが重要である。

### ③-3-4 路面切削機

**施工概要:** 剥ぎ取り面が柔らかい場合には振動ローラにより地表面を踏み固め、切削機の沈み込みを低減した後に、事前に定めたレーンに沿って表土を剥ぎ取る。剥ぎ取った土壌は切削機に付帯しているベルトコンベアでトラックへ積み込む。



路面切削機



刃先部分(ビット)

#### 留意点:

- ◆ 事前に深度方向の放射性物質の分布状況測定、および試験エリアを設定し剥ぎ取り深度と除染効果の関係を調査し、剥ぎ取り深度を設定することが重要である。
- ◆ 重機幅が大きいのでグラウンド境界部の剥ぎ取りはできないため、境界部や遊具近傍ではバックホウや人力で行うなど、複数の手法を組み合わせることが必要。
- ◆ 地面が柔らかい場合には車両の沈み込みにより目標の切削深さよりも深く切削する可能性があり注意が必要である。

40

### ③-3-5 モーターグレーダー

**施工概要:** コンパウンドローラーで地ならしをし表面を平滑にした後、モーターグレーダーにより剥ぎ取る。バックホウにより集積し、コンテナに詰込む。



モーターグレーダー



表土剥ぎ取り状況



除去土壌詰込状況

#### 留意点:

- ◆ 放射性セシウムの深度方向の分布を調査するとともに、試験区間を設定し、剥ぎ取り深さと低減率の関係を調査し、剥ぎ取り深度を決定することが重要である。
- ◆ 掻き取った表土を溢散させず、全て除去することが重要である。
- ◆ 凹凸があり、剥ぎ取り残しがないか面的に測定確認することが重要である。

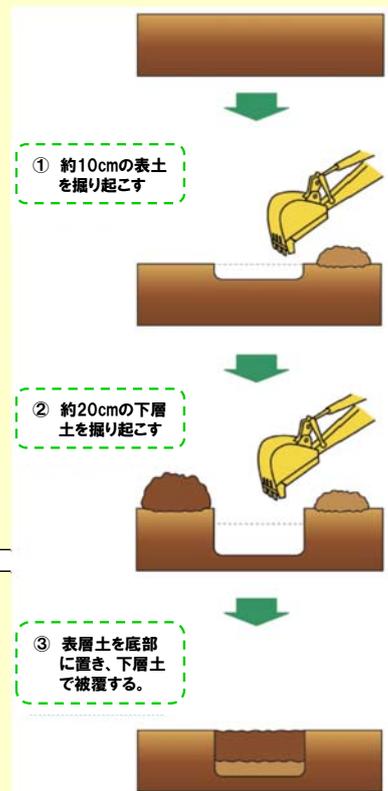
### ③-3-6 天地返し

**施工概要：**放射性セシウム90%以上を含む表層土を薄く剥ぎ取り、仮置きする。下層土を20cm程度剥ぎ取り、仮置きする。表層土を敷き均した後、下層土を敷き均す。



上層10cm掘削

下層20cm掘削



#### 留意点：

- ◆ 放射能濃度の深度分布ならびに地層構造を把握し、天地返しの上層と下層の深度を決定することが重要である。
- ◆ 特に、高線量地域では、遮へい効果(30cmの覆土で98%遮へい)を考慮し、下層の深度を決定することが重要である。

42

### ③-3-7 グラウンド除染方法の留意点

#### ○除染方法の決定に関する留意点

- ① グラウンド土壌中の放射性セシウム濃度の深度分布を測定した結果、ほとんどの地点(37/40地点)において表面から**深度3~5cm程度の範囲に90%以上が残留**していることが明らかとなった。
- ② 路面切削機、モーターグレーダーは作業幅2mであるため、路面に凹凸があると**凹部が削り残される**ことになることから、凹凸があるグラウンドは**事前に平らに均す**必要がある。
- ③ ハンマーナイフモア+スーパースーパーは**施工スピードが遅い**ため、広いエリアの除染には適さない。
- ④ いずれの方法も**狭隘部はバックホウ、人力で剥ぎ取り**を実施する必要がある。

#### ○適用する除染方法に関する留意点

- ① ハンマーナイフモア+スーパースーパーは**1回の剥ぎ取り深さを確認**し(モデル事業では6mm程度)、汚染の深度方向の分布を把握し、**走行回数を決定**することが重要である。
- ② いずれの方法も**作業幅が広い**ため、凹凸があると凹部が削り残されることになることから、**放射線測定を面的に実施**し、剥ぎ取りが不十分な場所については**人力で剥ぎ取る**ことが重要である。
- ③ いずれも**事前に試験区間を設け**、剥ぎ取り深度と低減率の関係を調査し、**剥ぎ取り深さを決定**することが重要である。

43

### ③-4-1 庭の主な除染手法

#### 庭土

除染方法	コケ・雑草・ 表土すき取り（人力）	土壌剥ぎ取り （人力+バックホウ）
低減率	60%程度以上 （すきとり深さによる）	60～90%程度
除去物発生量	コケ・草・土 約300袋/ha （土壌2cmすきとりの場合）	土壌 約600袋/ha （土壌5cmすきとりの場合）
二次汚染	ほとんどなし	ほとんどなし
施工スピード	350m <sup>2</sup> /日 （5～7人/日/班）	700m <sup>2</sup> /日 （5～7人/日/班）

#### 砕石・ 玉砂利

除染方法	砕石剥ぎ取り	高圧水による玉砂利洗浄
低減率	50～60%程度	90%程度
除去物発生量	砕石・土 900袋/ha	少量の土砂
二次汚染	なし	多少あり
施工スピード	剥ぎ取り160m <sup>2</sup> /日 （3cm剥ぎ取りの場合）	200m <sup>2</sup> /日

44

### ③-4-2 屋外の主な除染手法

#### 芝

除染方法	大型芝剥ぎ機	肩かけ草刈機 ソッドカッター
低減率	50～80%程度	80%程度
除去物発生量	芝及び土壌 0.02～0.05m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	芝・土壌 0.02m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> 程度
二次汚染	ほとんどなし	ほとんどなし
施工スピード	3,000m <sup>2</sup> /日	500m <sup>2</sup> /日
留意事項	小石がないこと 残渣は人力で掻き取り除去	植栽がないこと 残渣は人力で掻き取り除去
適用性	○	○



大型芝剥ぎ機



ソッドカッター

### ③-4-3 屋外の主な除染手法

#### 植栽

除染方法	剪定, 下枝打ち・下土除去
低減率	60%程度 (表土のすきとり厚さによる)
除去物発生量	260~600袋/ha (庭土2.5~5cm剥ぎ取りの場合)
二次汚染	多少あり
施工スピード	300m <sup>2</sup> /日
留意事項	<ul style="list-style-type: none"><li>・剪定, 下枝打ち自体は除染効果は小さく、表土除去を行うための事前準備との位置づけ</li><li>・強剪定には注意</li></ul>

46

### ③-4-4 庭の除染方法の留意点

#### ○除染方法の決定に関する留意点

- ① 除染方法は森林、グラウンド、未舗装道路等において選定された除染方法をそれぞれの**同種の部位に適用**することが重要である。
- ② 芝については、**サッチ層またはルートマットまで剥ぎ取れる**ソッドカッター等を選択することが望まれる。

#### ○適用する除染方法に関する留意点

- ① 除染の留意点は森林、グラウンド、未舗装道路等において選定された除染方法の留意点と同様である。
- ② 特に、森林同様、**植栽周りには落葉、腐葉土が蓄積**しており、放射線量が比較的高いことから、**除去**することが望ましい。そのためには、手が入るように地表から**30cm程度下枝を枝打ち**する必要がある。
- ③ **芝地**については、サッチ層(ルートマット)まで剥ぎ取った後に、芝草ならびに表土の**残渣を人力またはスーパーで全て除去**することが重要である。

## ④ 舗装道路(駐車場)

- 除染効果等の予測
- ・利用できる除染方法
  - ・除染による線量低減効果と除去物発生量の予測
  - ・制約条件(仮置場容量、地権者の了解等)

### 除染方法の検討:

#### 材質

密粒度アスファルト, 排水性舗装

#### 面の状況

広いエリア, 狭いエリア, 隅角部, 歪曲の有無, 損傷の有無, 等

#### 除染手法の選定

材質, 面の状況等それぞれの環境条件に合った除染手法の選定

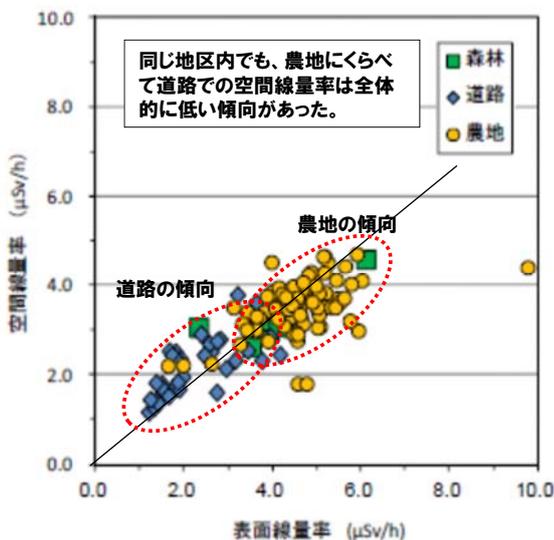
#### 施工方法(圧力, 回数等)の検討

#### 除染方法の決定

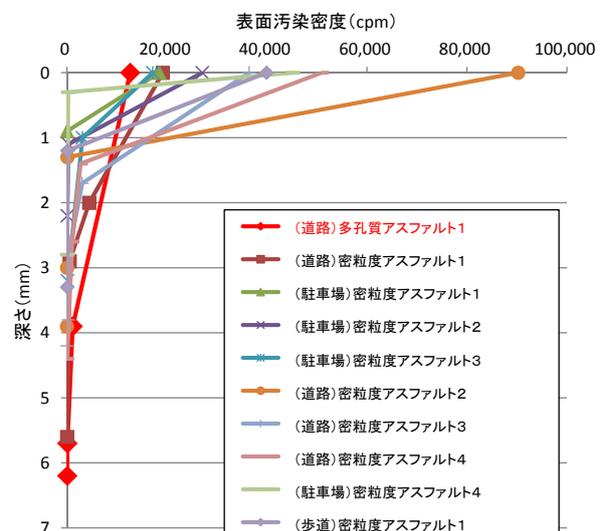
48

## ④-1 道路(舗装面)の放射性セシウム付着状況

- ◆ 道路(舗装面)は、周辺の農地やグラウンドなどの土面上と比べ、空間線量率が低い傾向がある。これは事故以降の降雨等により、道路(舗装面)の表面に付着した放射性物質が洗い流されたことによるものと考えられる。
- ◆ 高線量地域のアスファルト舗装面の表面汚染密度の深度分布を測定した結果、放射性物質は密粒度の舗装面では表面から深度約2~3mm程度、多孔質なアスファルト舗装(透水性舗装等)でも表面から深度約5mm程度までにほとんど留まっていることが明らかとなった。

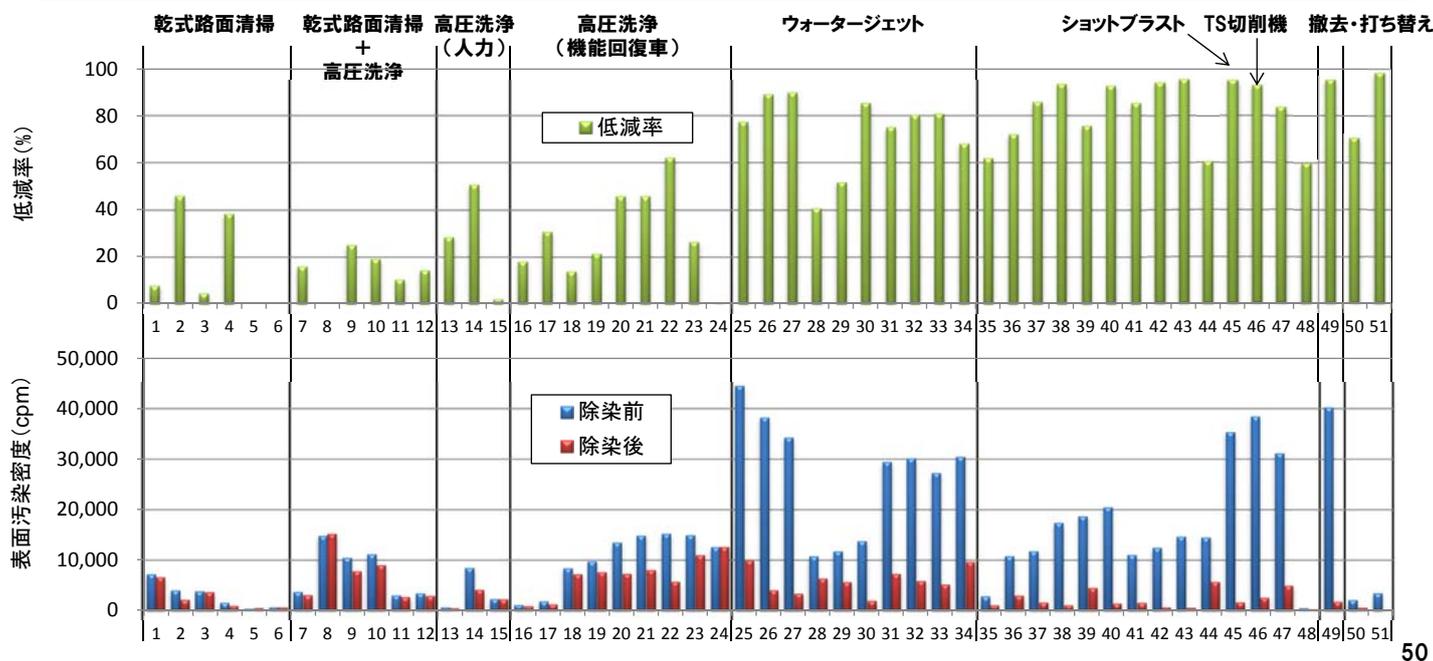


土地利用区分毎の表面線量率と空間線量率の関係



## ④-2 道路(舗装面)の除染方法と低減率

- ◆ アスファルト舗装面に対しては、「清掃(乾式路面清掃等)」や「洗浄(高圧洗浄、機能回復車等)」による除染よりも、表面の「剥離・切削(ウォータージェット、ショットブラスト、TS切削機等)」による除染のほうが高い低減効果が得られる。
- ◆ 「剥離・切削」する手法を適用する場合、機械作業となるため、建物や塀の近傍などでは、作業困難な場合があり、また、歪曲・損耗した路面では、除染効果にムラが生じる場合もある。



50

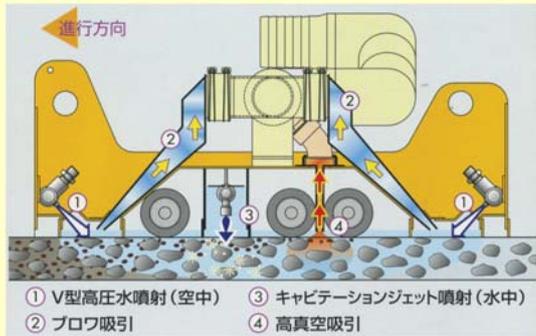
## ④-3 アスファルト舗装除染方法の比較

除染方法	機能回復車	高圧水洗 (10-20Mpa)	超高圧水洗浄 (240Mpa)	ショットブラスト	TS切削機
低減率	0-60%	2 - 50%	40-90% (圧力, 回数)	60-95% (投射密度, 回数 による)	95%以上
除去物発生量 (余掘り)	ほとんど無し	ほとんど無し	ストレートアス ファルト汚泥	切削屑 30袋/ha程度	5mm以下の薄削 は困難 60袋/ha程度
二次汚染	洗浄水回収 ほとんど無し	流末処理 多少あり	洗浄水回収 ほとんど無し	多少あり	多少あり
施工スピード	2500m <sup>2</sup> /日	300m <sup>2</sup> /日	300m <sup>2</sup> /日	300-800m <sup>2</sup> /日	1000m <sup>2</sup> /日
適用条件	・歪曲・損傷 のない平滑な 道路	・損傷のない 道路 ・側溝蓋も洗 浄可	・損傷のない道 路 ・側溝蓋も洗 浄可	・乾燥した道路 ・歪曲・損傷の ない道路	・乾燥した道路 ・歪曲・損傷の ない道路
適用性	△	△	◎	○	○

◎:強く推奨, ○:推奨, △:目標除染率により推奨, ▲:推奨されない

## ④-4 排水性舗装機能回復車

**施工概要:** 排水性舗装機能回復車により路面に付着している放射性物質を含んだ土砂等を除去し、回収する。回収した土砂を汚泥としてそのまま搬出する。



洗浄部分図解



洗浄部分拡大



機能回復車

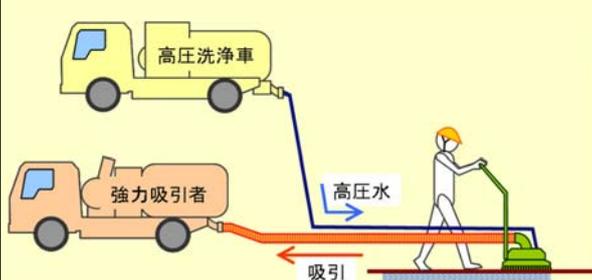
### 留意点:

- 轍が大きい道路や地震等の影響で歪曲・損耗した路面では、高圧洗浄部分と路面の間隔が開き、除染効果が低くなる。また、水の回収率も低下する。
- 回収率が高く、施工時に横漏れしない洗浄アタッチメントの開発を行うことで改善されると想定される。

52

## ④-5 超高压水洗浄(150Mpa以上)

**施工概要:** 超高压水洗浄機(150Mpa以上)により、アスファルト舗装面を薄削(特にストレートアスファルト)する。切削に使った水はバキューム車で吸引回収し、水処理設備へ運搬する。



中型超高压水洗浄機



ハンディ型超高压水洗浄機

### 留意点:

- 舗装面の深くまで汚染が進行している場合には、高圧での洗浄もしくは複数回の施工が必要となることから、事前に圧力、回数の違いによる除染効果の違いを把握し、仕様を決定することが重要である。なお、低減効果の測定にあたっては、除染水による遮へい効果を除くため、乾燥した後に測定することが重要である。
- 切削厚さによっては、オーバーレイ(ストレートアスファルトのみ)が必要となる。

## ④-6 ショットブラスト(薄層切削)

**施工概要:** ショットブラストにより、アスファルト舗装面を切削し、切削屑はバキューム吸引により回収する。また研削材(鉄球)は磁石により回収する。



中型ショットブラスト



大型ショットブラスト



施工後の接写

### 留意点:

- ◆ 路面に残った切削屑を竹箒で収集除去しているが、粒の細かいものが空中に舞うことがあるので搭乗式清掃機との組み合わせが望まれる。また、研削材(鉄球)を100%回収することが重要である。
- ◆ ブラスト面の中央部と端部で切削深度に違いがあるため、半分の幅程度のラップが必要である。また、投射密度によっても切削深さが異なるので事前に投射密度と除染効果の関係を調査する必要がある(モデル事業では大型タイプの場合200kg/m<sup>2</sup>を選定)。
- ◆ 切削厚さによっては、オーバーレイが必要となる。

54

## ④-7 TS路面切削機(薄層切削)

**施工概要:** 路面切削機により、アスファルト舗装面を任意の厚さ(5mm以上)で切削後、切削機に付帯しているベルトコンベアでトラックへ集積する。切削屑の残渣を人力で回収する。



ベルトコンベアで切削屑をトラックは排出



TS路盤切削機本体

### 留意点:

- ◆ 路面に残った切削屑を竹箒で収集除去しているが、粒子の細かいものが飛散することがあるので搭乗式清掃機との組み合わせが必要である。
- ◆ 震災の影響等により、路面に凹部がある場合には、取り残しが生じるため、他の方法(超高圧水洗浄やショットブラストなど)で補完する必要がある。
- ◆ 切削厚さによっては、オーバーレイが必要となる。

55

## ④-8 道路除染方法の留意点

### ○除染方法の決定に関する留意点

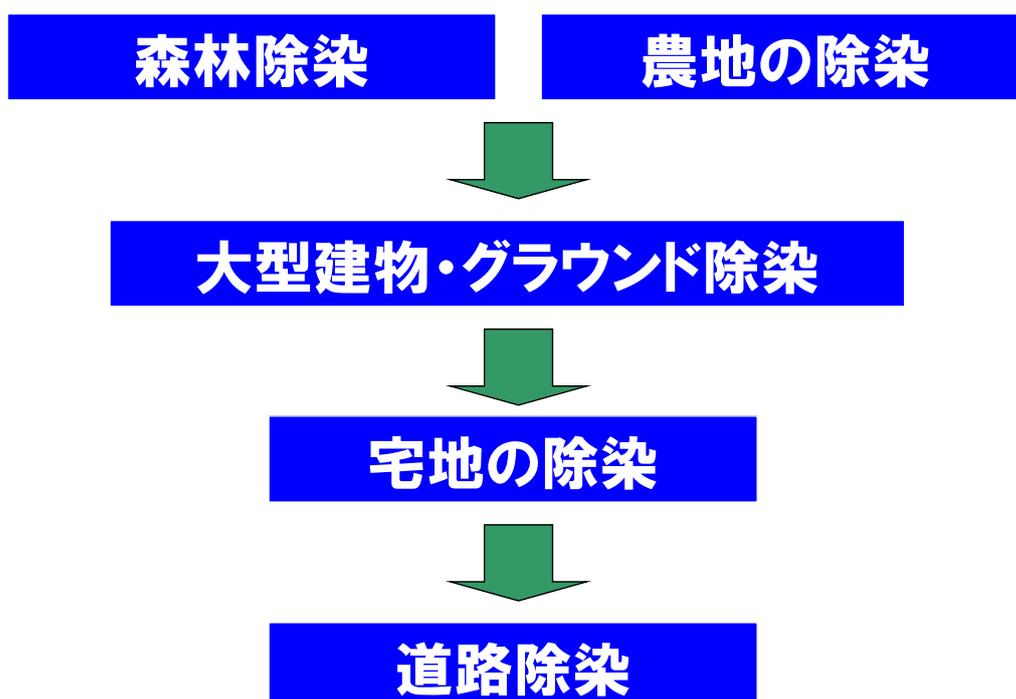
- ① 高線量地域のアスファルト舗装面の表面汚染密度の深度分布を測定した結果、放射性物質は密粒度の舗装面では表面から深度約2～3mm程度まで、多孔質な排水性舗装でも表面から深度約5mm程度までに残留していることが明らかとなった。
- ② 舗装道路に対する除染方法として、「切削」は、除染効果は高いが、他の方法に比べると発生除去物量が多い。放射性物質は、アスファルト舗装面表面のごく近傍(数mm程度)にその大部分が付着・残留していることも踏まえると、切削厚さを可能な限り薄くすることにより発生除去物量を減らしながら、高い除染効果を達成する方法を選択することが重要である。
- ③ 排水性舗装機能回復車による低減率は最大50%程度であるが、施工スピードが他の3～8倍程度速いことから、目標低減率が低い場合は効率的な除染方法となり得る。
- ④ 薄層切削工法の中では、TS切削機が最も低減率が高く、施工スピードも速いが5mm以下の切削は精度上困難であることから、余掘りがあり除去物発生量が多くなる。

### ○適用する除染方法に関する留意点

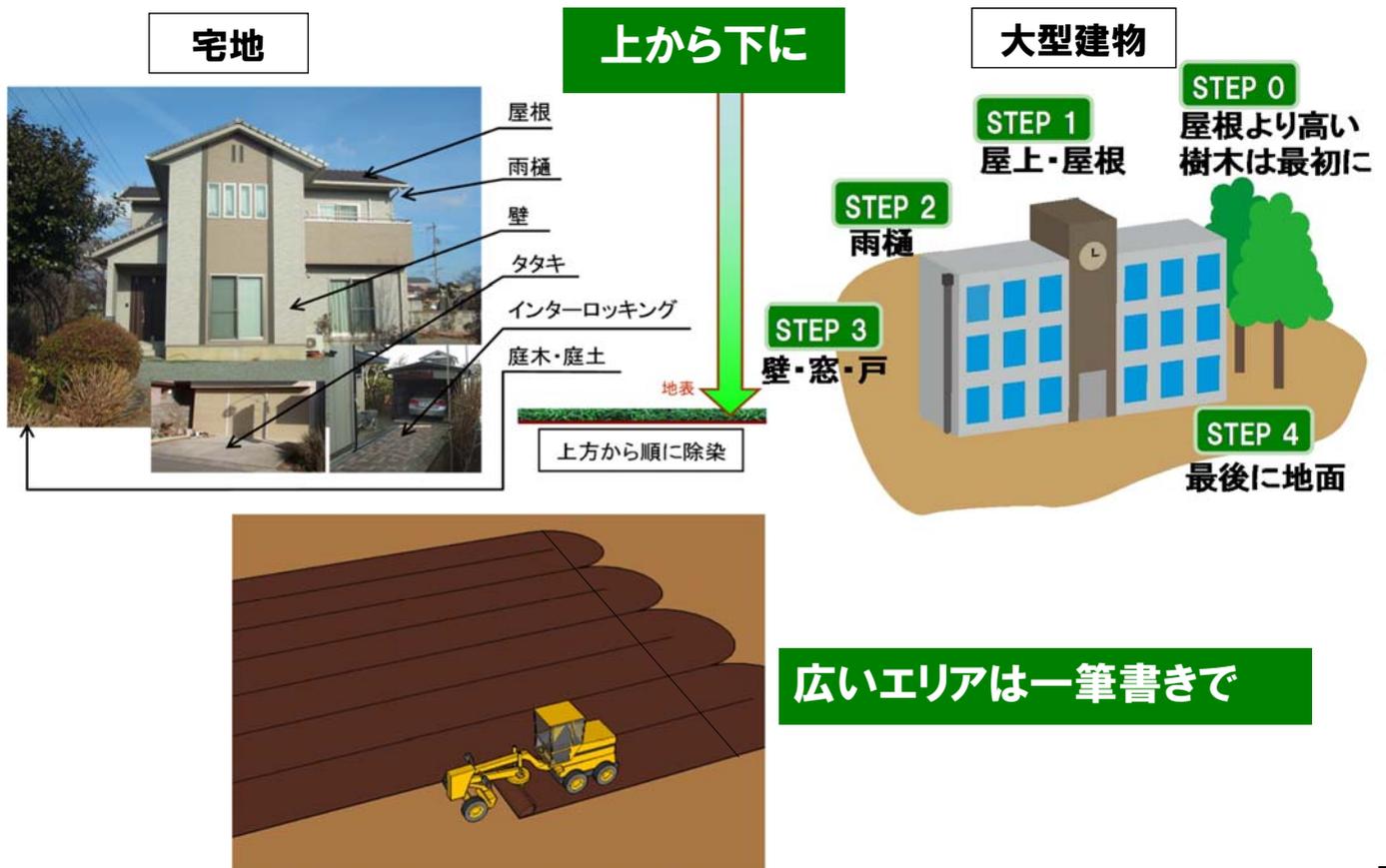
- ① 舗装面の剥離(切削)厚さは、除染対象地域の線量低減目標に依存するため、事前に舗装面(深さ方向)の放射性物質の残留・蓄積状況を把握したうえで、最適な方法を決定することが重要である。
- ② 超高压水洗浄は水圧と回数により、ショットブラストは投射密度と回数により低減率が変化するから、事前に効果を確認し仕様を決めることが重要である。

56

## 面的除染を念頭においた組合せ・手順



# 面的除染を念頭においた組合せ・手順



58



ご清聴、ありがとうございました。



日本原子力研究開発機構

## (2)除染モデル事業等の成果報告

### 除染モデル事業等の結果の分析・評価 — 除去物・仮置き —

日本原子力研究開発機構

除染モデル実証事業等の成果報告会 平成24年3月26日 福島市公会堂  
主催:内閣府原子力被災者生活支援チーム・環境省・日本原子力研究開発機構

### 除去物の種類

主な内容物		代表的な品目
不燃物	土類	表土, 側溝泥 (多少の草や苔が混じるものも含む)
	石類	石, 砂利
	切削材	ブラスト材
	アスファルト	アスファルト混合物
	シート類	ブルーシート等
	その他	フィルタ(マスク, 水処理), ゴム手, プラ系靴カバー
可燃物	草木類	草類(芝, 苔, 雑草等) 木材, 枝葉(竹, 剪定した枝, 葉等)
	除染作業で発生 した可燃物	タイベック, ウェス等

## 除去物の減容(粉碎機による枝葉等の減容化)



- 破砕機では、粉塵対策を施すことにより、周囲に放射性物質が付着した粉塵を飛散させずに、減容化することが可能

減容物	減容化方法	減容率	備考
枝, 笹	枝・小径木用 (川俣町)	88%	枝葉等の投入に係る作業性が良い。
草, 落葉	木材用 (田村市, 葛尾村)	45-63%	草・落ち葉類での作業性が悪い。事前分別が必要。
集積丸太 (直径10-20 cm)	木材用 (浪江町松木山)	7%	木材を試験的に破砕。丸太は枝葉と比べて嵩張らないため減容率は小さかった。

2

## 除去物の減容(焼却による枝葉等の減容化)



- 高温焼却は、放射性物質を煙とともに外部へ拡散させずに、極めて高い効率での減容化が可能
- バグフィルターやHEPAフィルターを用いた排煙処理によって、排気中のセシウム濃度は法令に定める空气中放射性物質濃度未満
- 低温焼却は、高温焼却や粉碎機に比べると、減容率が若干低いですが、根等の混在した土砂の減容には有効である。

減容物	減容化方法	減容率
下草・枝葉	高温焼却炉(29kg/h, 800℃以上)	96%以上
下草・枝葉	高温焼却炉(49kg/h, 800-850℃)	96-99%
根等の混合した土砂	ロータリドライア (低温焼却 250~400℃)	75~90 %程度

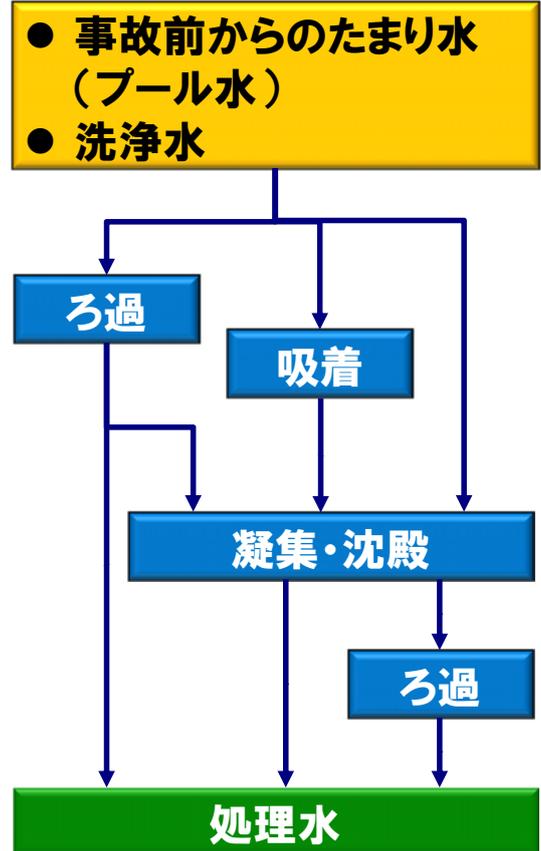
3

## 除去物の減容(洗浄水の処理)

- 各地点の洗浄水及び事故前からのたまり水(プール水)の汚染度等を踏まえ…

- ✓ ろ過
- ✓ 吸着
- ✓ 凝集
- ✓ 沈殿

…を組み合わせて処理したことにより、すべての処理方法で排水基準を満足する処理が実施できた。



4

## 除去物の運搬

### □ 運搬経路の選定

- 関係自治体や地元住民の方々の意向や要請や、運搬距離、交通量、道路の幅員、震災による被害状況などを考慮し、最も効率的に除去物を運搬できる経路を選定

### □ 飛散防止策

- フレキシブルコンテナ等の密閉容器の使用

### □ 二次汚染防止策

- 運搬車両に放射性物質の付着防止策(荷台の養生など)
- 運搬経路の放射線測定(運搬前後での空間線量率、路面の表面密度)

### □ その他

- 運搬車両であることの明示



5

## 仮置場に必要とされる安全対策と要件(1/2)

施設要件	対応
遮へいと離隔	除去土壌からはガンマ線が発生するため、施設を住居等から離隔することや、土壌で覆うこと(覆土)等によってこれらの放射線による公衆の追加被ばくを抑える措置
除去土壌の飛散防止	除去土壌を搬入する場合、放射性廃棄物が飛散しないように口を閉じることができる袋やドラム缶に入れておく。搬入後は、覆いや覆土による飛散防止の措置
雨水等の浸入の防止	降雨等により除去土壌に水が浸入し、放射性物質が流出する可能性があるため、遮水シート等の防水シートで覆う等の措置と地下水位より高いところに設置する等地下水の浸入防止の措置

「環境省 除去土壌の保管に係るガイドライン」

6

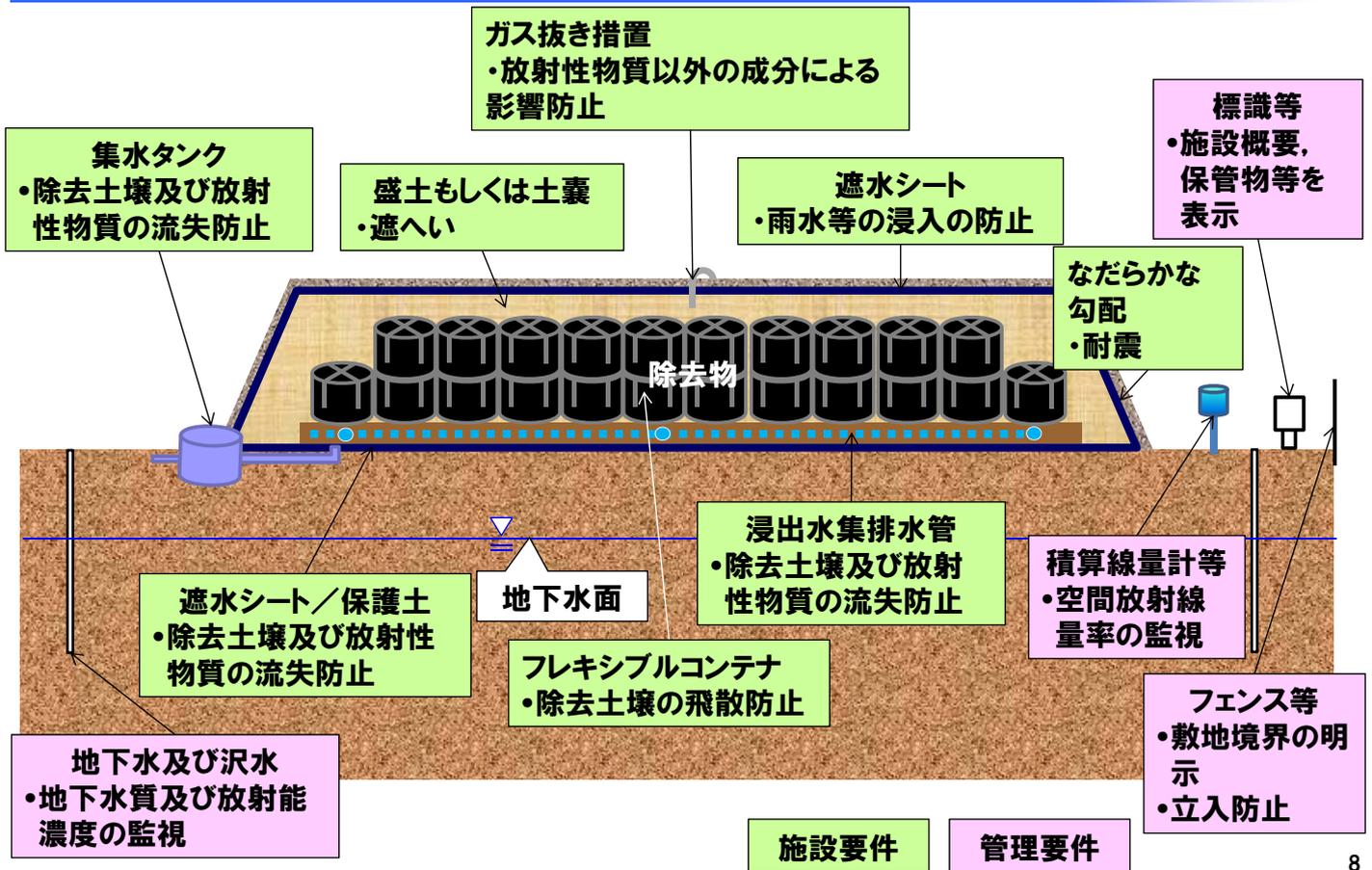
## 仮置場に必要とされる安全対策と要件(2/2)

施設要件	対応
除去土壌及び放射性物質の流失防止	除去土壌を含む汚水が流出ないように底面に遮水シート等を敷く等の措置
放射性物質以外の成分による影響防止	有機物の腐敗による可燃性のガスの発生の恐れがある場合は、必要に応じて、火災防止や悪臭防止の措置
耐震等	想定される地震に対して、機能を損なわない設計

「環境省 除去土壌の保管に係るガイドライン」

付録-215

7



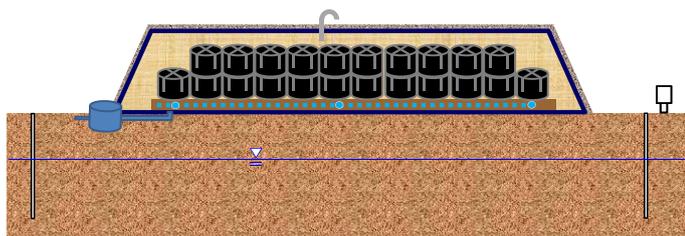
## 仮置場の選定

### □ 基本的考え方

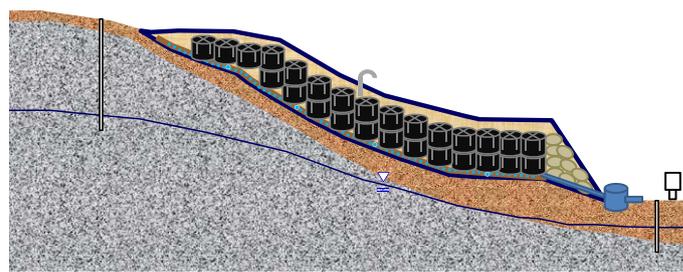
- 安全確保を大前提とし、自治体等の要望を踏まえて、地形や土地利用状況、利用可能面積等を考慮して選定

### □ 選定時の考慮事項

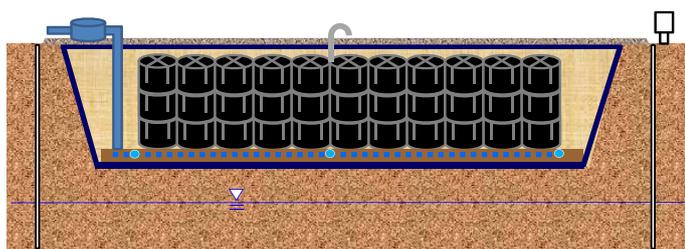
- 利用可能敷地面積と除去物推定発生量
- 地形の状況
- 土地利用状態
- 地盤状態
- 住居などと仮置場候補地の位置関係(離隔距離、地形的の上下関係など)の確認
- 運搬経路の状況(運搬距離、交通量、道路の幅員、被災状況、凍結可能性など)



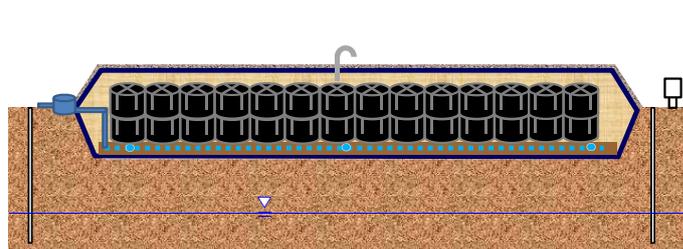
地上保管型(平坦地の場合)



地上保管型(斜面の場合)

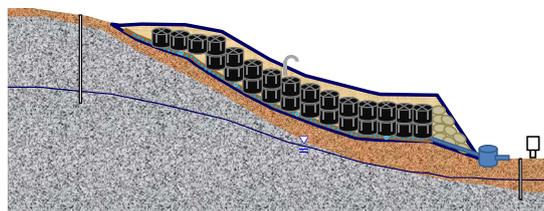
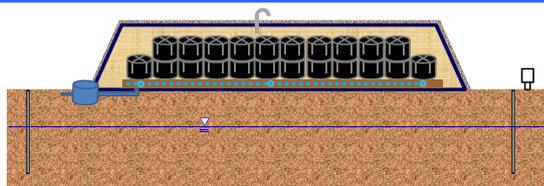


地下保管型



半地下保管型

## 仮置場の形式(地上保管型)



### □ メリット

- 中間貯蔵施設等への搬出作業が容易
- 設置完了後の除去物の移動が容易(補修・点検が容易)
- 傾斜地の場合、斜面を利用した設置が可能

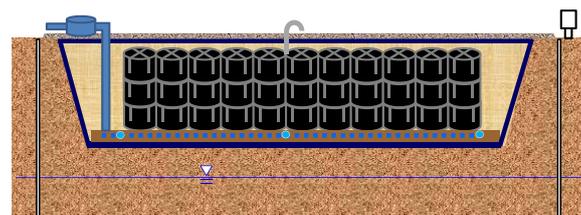
### □ デメリット

- 他の地域において遮へい用の土壌の確保が必要
- 地盤が軟弱な場所に設置する場合、地盤改良が必要

## 仮置場の形式(地下保管型)

### □ メリット

- 遮へい用の土壌を現場で確保することが可能
- 地盤が軟弱な場所でも地盤改良なしで設置することが可能
- 覆土部分の補修・点検が容易
- 景観の維持が可能



### □ デメリット

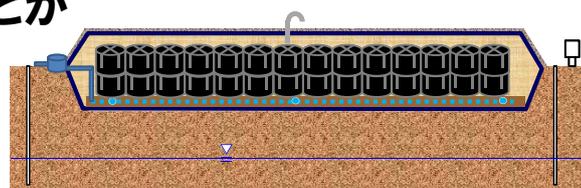
- 地下部分の掘削造成に時間を要する
- 除去物を地下水位より下部に設置使用とする場合、止水等の対策及び地下水浸入防止対策や地下水位低下防止対策が必要
- 除去物取り出しの際に掘り出し等の作業が必要

12

## 仮置場の形式(半地下保管型)

### □ メリット

- 地上部分と地下部分を併せると比較的段数を積むことができるため、小さい面積の場所でも定置量を増やすことが可能
- 地下部分に高濃度の除去物を定置し、地上部分に比較的濃度の低い除去物を定置することで、容易に遮へいが可能
- 遮へい用の土壌を現場で確保することが可能



### □ デメリット

- 地下部分の掘削造成に時間を要する
- 地上部分と地下部分の境に雨水浸入対策が必要
- 除去物を地下水位より下部に設置使用とする場合、止水等の対策及び地下水浸入防止対策や地下水位低下防止対策が必要

13

# 除去物の管理

- 表面線量率や重量などの測定
- 除去物の発生場所や内容物の諸元，保管先などをトレースできるように，個々のフレキシブルコンテナにタグを取り付け，記録を管理



除去物の表面線量率測定状況

ICタグによる個別管理

場所	A-1 B23-C
日時	11/10/01 12
種類	袋
重量	500kg/kg
...	...



ICタグの例



メタルタグの例



ペーパータグの例

除去物の情報管理(タグ)

# 除去物の発生量

	除染物の発生量		年間積算線量* (mSv)	保管形式
	フレキシブルコンテナ(袋)	重量 (ton)		
田村市	571	185	4	地上
南相馬市	4,116	2,835	5	地下
葛尾村	1,664	948	8	地上
川俣町	2,910	1,496	15	地上
飯舘村	4,875	2,988	19	地上
浪江町(権現堂矢沢地区)	2,239	2,461	26	地上
富岡町(富岡第二中学校)	1,306	1,208	32	地上
富岡町(夜の森公園)	3,056	1,744	43	地上
浪江町(松木山地区)	1,726	1,147	48	地上
大熊町(町役場周辺)	1,665	1,130	65	地上

※除染実施区域の事前モニタリングによって測定した空間線量率から個別に算出した値。

# 仮置場施工の流れ (1/2)

① 造成(伐採・掘削)



② 堰堤構築



③ 遮水工敷設



④ 浸出水集排水管敷設



# 仮置場施工の流れ (2/2)

⑤ 保護土敷設



⑥ 定置



⑦ 上部遮水シート工



⑦ 覆土



⑧ 覆土



⑧ 上部遮水シート工



- 掲示板の設置
- 敷地境界部に侵入防止柵などの設置



除去土壌の保管場所である旨と緊急時の連絡先を記入した掲示板を設置



侵入防止柵

「環境省 除去土壌の保管に係るガイドライン」に準じて設置

- 監視項目と頻度
  - 空間線量率(1回/週程度)
  - 地下水の放射能濃度(1回/月)
  - 浸出水の放射能濃度(1回/月)
  - ガス濃度及び温度(適宜)



空間線量率の測定



地下水位観測及び採水

「環境省 除去土壌の保管に係るガイドライン」に準じて実施

- 仮置き場／現場保管場の敷地境界付近の空間線量率は、造施工時前の空間線量率の高低に関わらず、除去物の保管後には低減した。

保管前(μSv/h)			保管後(μSv/h)		
最小	最大	平均	最小	最大	平均
0.74	9.01	3.41	0.58	2.6	1.18

- 浸出水及び地下水中の放射能濃度は、検出限界値を下回った。
- 防火対策に係るモニタリングの結果、火災発生が疑われるような高温、高濃度のCO<sub>2</sub>ガス・COガスの発生は認められなかった。



ご清聴、ありがとうございました。



日本原子力研究開発機構

## (2)除染モデル事業等の成果報告

### 除染モデル事業等の結果の分析・評価 —放射線管理—

日本原子力研究開発機構

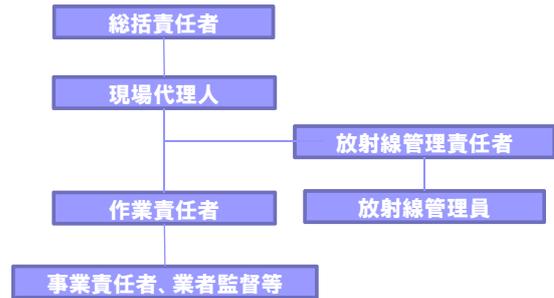
除染モデル実証事業等の成果報告会 平成24年3月26日 福島市公会堂  
主催:内閣府原子力被災者生活支援チーム・環境省・日本原子力研究開発機構

## 1. 除染作業の放射線管理

- 放射線管理体制の整備
- 作業場所の放射線環境の把握
  - 事前モニタリング
  - ホットスポットの確認
- 作業区域等への入退域(スクリーニング場所の確保)
  - 入域のための適切な防護装備の装着
  - 作業者の身体、車両、物品のスクリーニング
  - 退域時に発生した廃棄物の処置
- 除染作業の放射線管理
  - 作業者の外部被ばく管理
  - 作業者の内部被ばく管理(防護装備の徹底等)
  - 休憩所の入退域に係るスクリーニング

## 2. 放射線管理体制の整備

- 放射線管理の基本的な体制は左記のとおりであり、A・B・C各グループの共同企業体ごとに体制を組み、放射線管理を実施。各グループの共同企業体の現場代理人の下に放射線管理責任者を置き放射線管理業務を統括し、作業に係る放射線管理の指導體制を構築。
- 外部被ばく管理は全ての作業者に積算型の線量計（ガラス線量計又はOSL線量計）及びポケット線量計を着用。
- 内部被ばく管理は、作業前にホールボディカウンタにより体内放射能の有無を測定し、作業終了後に同様の測定を実施。その結果から除染作業における放射性物質の取り込みの有無を確認。
- 電離則第56条に準拠した定期健診として、作業者に対して所要の電離放射線健康診断を実施。
- 「除染に関する緊急実施基本方針及び市町村による除染実施ガイドラインに基づく除染作業における労働者の放射線障害防止措置について」に従い、放射性物質の取り扱い等に関する所要の教育訓練を実施。

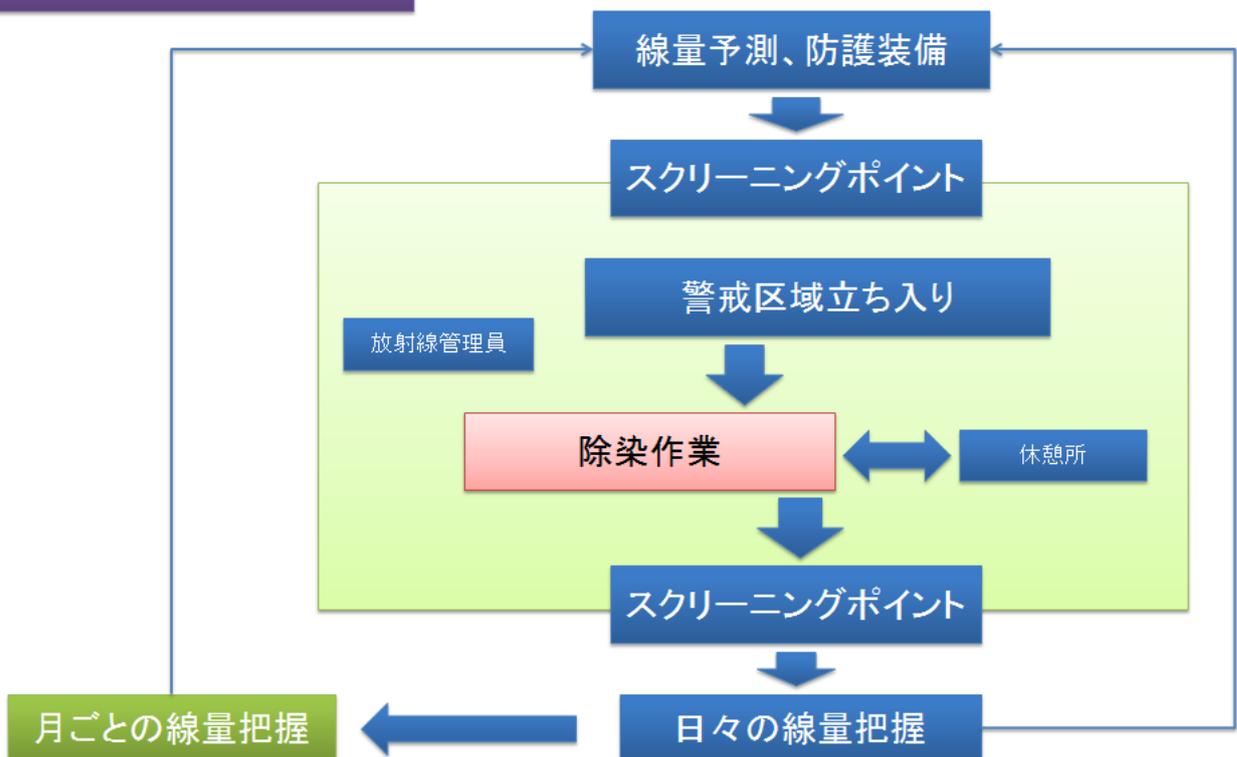


2

## 3. 日々の放射線管理のフロー

事前モニタリングによる現場把握

- 日々の放射線管理のフロー



3

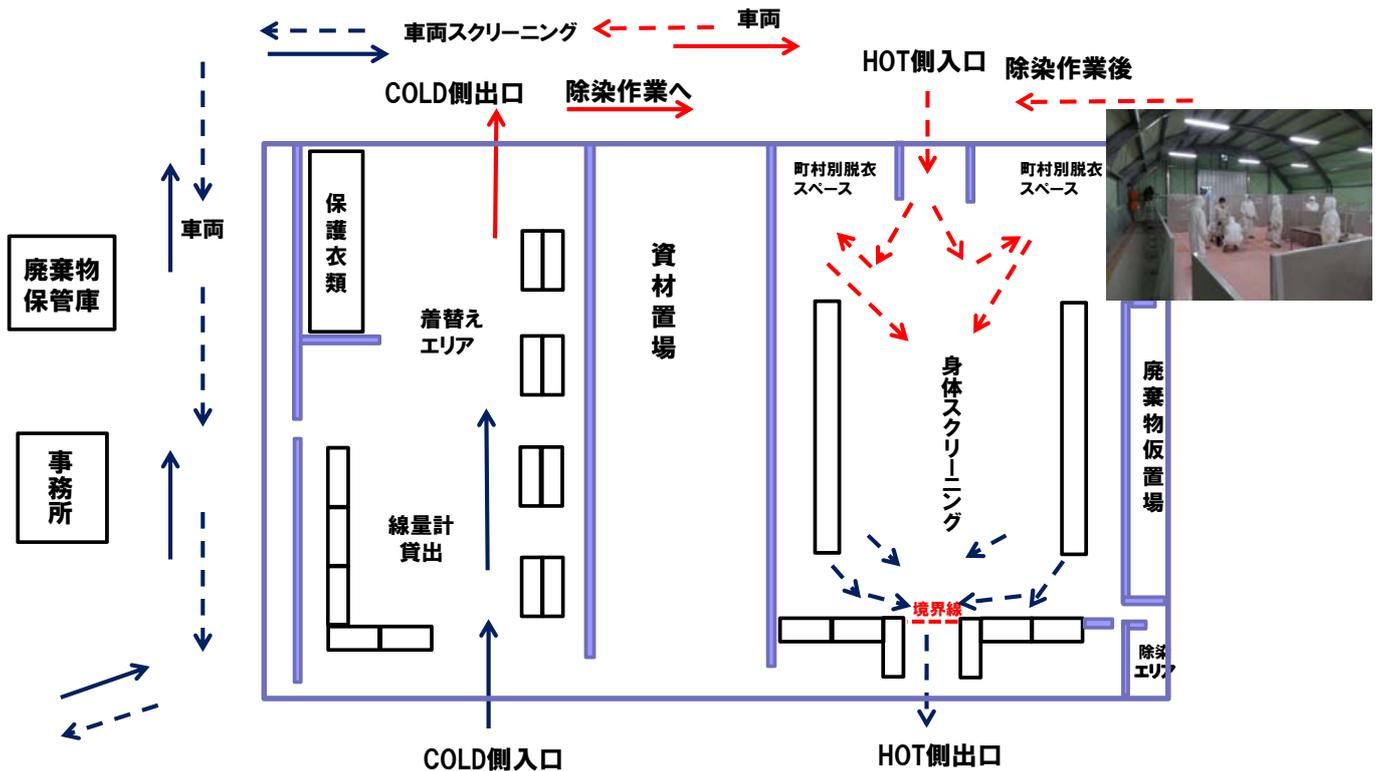
# 4. 警戒区域への入退域

- 警戒区域周辺の北側、西側、南側の三箇所に警戒区域への入退域のためのスクリーニングポイントを設置
- 防護装備の着脱を行うとともに、作業車、車両、物品のスクリーニングを実施

拠点	北側	西側	南側
	南相馬市 馬事公苑	田村市 古道体育館	楡葉町 総合グラウンド駐車場
構造	警戒区域外	警戒区域外	警戒区域内
運用開始日	テントハウス	体育館	テントハウス
	平成23年11月28日 (テントハウスは12月22日より)	平成23年11月28日	平成23年12月2日 (テントハウスは平成24年1月9日より)



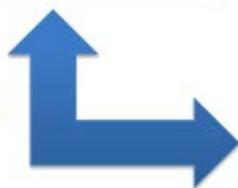
# 5. スクリーニングの導線(楡葉町の例)



## 6. 現場の作業管理・休憩



休憩所の設置による  
作業者の負担軽減



- ・ 休憩所利用時のスクリーニングの例

6

## 7. スクリーニングの実績(汚染検査結果)

- 作業員は、基準値 (13,000cpm) を超えた件数ゼロ。
  - 車両は、基準値を超えた件数が田村市の拠点除いて数件発生。いずれも、除染等を実施し、基準値を下回ることを確認した上で、スクリーニングポイントを通過。
- 平成24年 2月29日 現在

拠点		南相馬市	田村市	楢葉町
作業員		13,356人	6,092人	29,752人
車両		1,797台	2,565台	11,970台
基準値 超え	作業員	0件	0件	0件
	車両	3件	0件	4件

## 8. スクリーニングポイント内の放射線状況

- スクリーニングポイント内の放射線の管理状況は、下表の通りであり、スクリーニング実施場所での汚染拡大は見られなかった。

平成24年 2月29日 現在

拠点	南相馬市		田村市	楡葉町	
	11/28～ 12/21 (テントハウス外)	12/22～ 2/29 (テントハウス内)	11/28～2/29	12/2～2/29 (テントハウス外)	12/22～2/29 (テントハウス内)
空間線量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	1.0～1.6	0.4～0.65	0.12～0.21	0.99～1.35	0.35～0.54
表面汚染密度 (cpm)	472～700	160～240	80～120	750～1,500	190～390
空气中放射性物質濃度 ( $\text{Bq/cm}^3$ )	検出限界値 以下※	同左	同左	同左	同左

※バックグラウンドの計数率とフィルタの計数率が同程度

8

## 9. スクリーニングポイント周辺の放射線状況

- スクリーニングポイント周辺の放射線の管理状況は、下表の通りであり、周辺への汚染拡大も見られなかった。

平成24年 2月29日 現在

拠点	南相馬市		田村市		楡葉町
	作業中 (1/4,2/16～ 2/24)	作業後 (2/25～ 2/29)	作業開始前 (11/24,25)	作業中・後 (12/12～ 2/29)	作業中 (12/2～2/29)
空間線量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	0.5～2.42	0.39～2.3	0.22～0.76	0.25～0.33	0.99～1.35
表面汚染密度 (cpm)	230～6,000	200～4,900	210～1,750	280～500	750～1,500 1,300～2,700※1

※1:12月23日より道路側の測定点を追加

9

## 10. スクリーニングポイントの廃棄物管理

- 種類(可燃、難燃、不燃)別及び作業場所(市町村)別に区別し、袋に詰めて屋外のコンテナで保管管理。
- 南側では高汚染箇所において全面マスクを使用したため不燃物が発生し、また、防護服を二重に使用したため廃棄物の発生量が多い。
- 西側では、除染作業で発生した廃棄物を現場で廃棄しスクリーニングポイントに持ち込まなかったための発生量は全体的に少ない。

平成24年 2月29日 現在

南相馬市			田村市			楡葉町		
可燃	難燃	不燃	可燃	難燃	不燃	可燃	難燃	不燃
742袋	140袋	0袋	70袋	16袋	0袋	2,407袋	328袋	162袋
66.4m <sup>3</sup> ※	6.3m <sup>3</sup>	—	5.76m <sup>3</sup>	1.53m <sup>3</sup>	—	82.3m <sup>3</sup>	11.5m <sup>3</sup>	5.7m <sup>3</sup>

※収納袋の容量(リットル)と袋数で換算

10

## 11. 作業者の外部被ばく

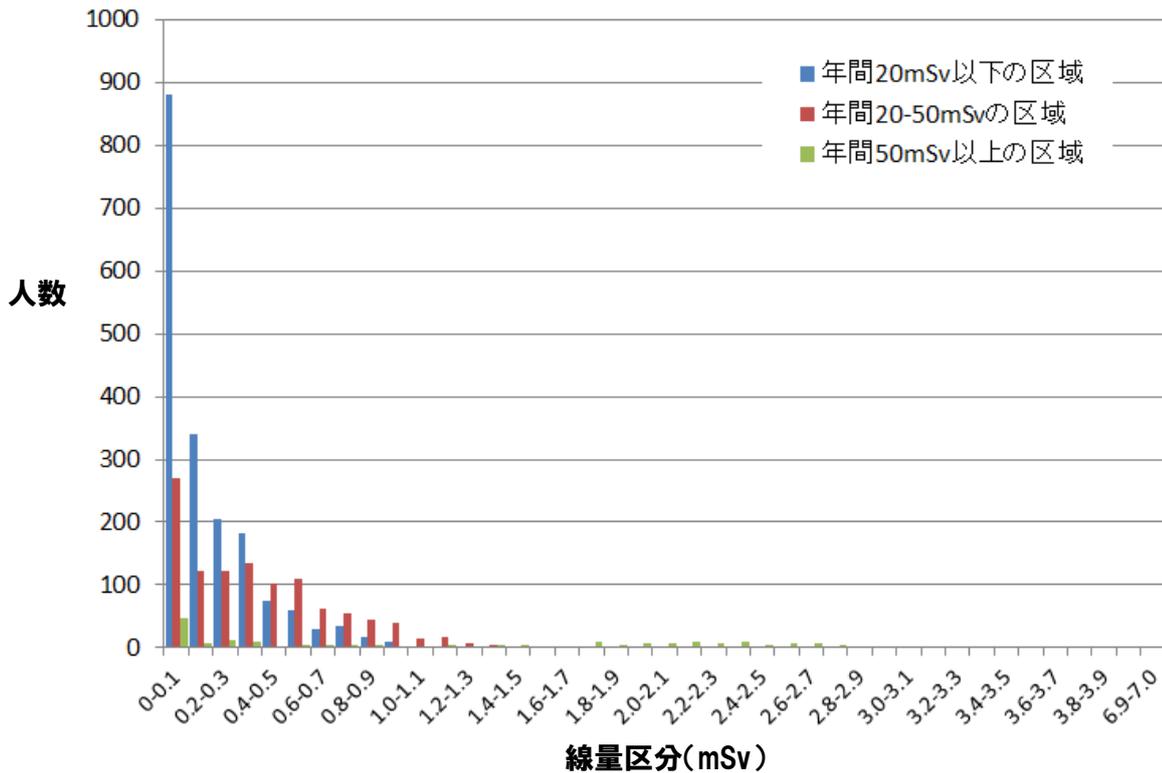
- 除染対象地区ごとに作業員の外部被ばく線量を比較すると、除染前の作業場所の空間線量率が高いところで被ばく線量が高くなる傾向。
- 適切な放射線管理を行うことにより、線量限度の範囲内に管理できた。

除染対象地区	年間積算線量 (mSv) *	作業期間 (日)	作業者数 (人)	平均線量 (mSv)	個人最大線量 (mSv)
田村市	4	52	237	0.02	0.12
南相馬市	5	80	336	0.12	0.36
葛尾村	8	61	343	0.05	0.25
川俣町	15	84	307	0.21	0.87
飯館村	19	79	617	0.33	0.93
浪江町 (権現堂地区)	26	54	302	0.41	1.15
富岡町 (富岡第二中学校)	32	78	627	0.33	1.56
富岡町 (夜ノ森公園)	43				
浪江町 (津島地区)	48	40	188	0.51	1.41
大熊町 (町役場周辺)	65	70	198	1.30	6.96

\*除染実施区域の事前モニタリングによって測定した空間線量率から個別に算出した値。

## 12. 作業区域ごとの線量分布

- 約100人の作業者を除き、約3,000人の作業者は1mSv以下の被ばくであった。



12

## 13. 作業者の内部被ばく

- ホールボディカウンタによる内部被ばく測定結果

- 除染作業者はスクリーニング判定用のホールボディカウンタにより、内部被ばくの測定を行った。これまで約3,000人の作業者の測定を行った結果では、記録レベル(1mSv)を超える作業者はいなかった。

- 作業現場の空气中放射性物質濃度

- 今回のモデル事業の作業現場の空气中の放射性物質濃度は、それほど高いレベルではなく、防護装備を装着したことにより、記録レベルである1mSvを超える内部被ばく線量は検出されなかった。

## 14. 今後の本格除染に向けて(1)

- 事前モニタリングを踏まえた放射線管理計画
  - 除染作業開始前に事前モニタリングにより、面的な放射線環境の把握、ホットスポットの状況を把握し、除染作業の放射線管理計画の立案に活用することが有効
- 作業者の被ばく履歴の管理
  - 除染電離則に基づく線量記録の保存機関として「(財)放射線影響協会」が指定されたことから、除染作業者の長期の被ばく履歴の管理が可能。また、これにより原子炉等規制法との重複作業の被ばく管理も可能
- 作業区域への出入り管理
  - 警戒区域内へのアクセスに関し、警戒区域の境界付近の北側、西側、南側の三箇所に3カ所のスクリーニングポイントを設置し、運用を実施。実際の除染作業の現場の近くにスクリーニングポイントを設けることも有効
  - 作業者の負担軽減の観点で、作業現場の近くに休憩所を設置し、出入り管理を徹底して、休憩、飲食が出来るスペースを確保することが重要

14

## 14. 今後の本格除染に向けて(2)

- 外部被ばく管理
  - 日々の線量管理により作業員の被ばくは管理可能
  - 高放射線環境での除染作業においては、被ばく低減に有効な除染手法と作業手順の組み合わせの最適化、機械利用による作業の効率化とともに、作業時間を制限する等により被ばくを低減することが可能
- 内部被ばく管理
  - 通常の防護装備により管理可能であり、装備の軽減も可能。夏期の除染作業をにらみ、過剰装備による身体負荷低減への配慮も必要。
  - 今回のモデル事業では全ての作業者について作業前・作業後にWBC測定を行ったが、除染電離則に従い、高土壌濃度・高粉じん作業を除き、スクリーニングにより管理可能

15



**ご清聴、ありがとうございました。**



**日本原子力研究開発機構**

# (3) 除染技術実証試験事業の結果報告

平成23年度

## 「除染技術実証試験事業」

日本原子力研究開発機構

除染モデル実証事業等の成果報告会 平成24年3月26日 福島市公会堂  
主催：内閣府原子力被災者生活支援チーム・環境省・日本原子力研究開発機構

## 除染技術実証試験事業の概要

2

### ●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>

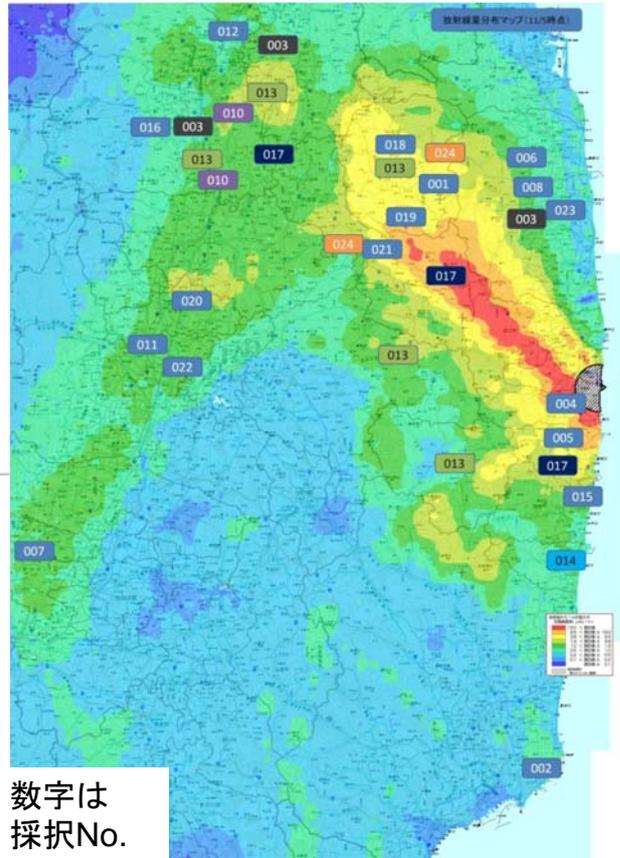
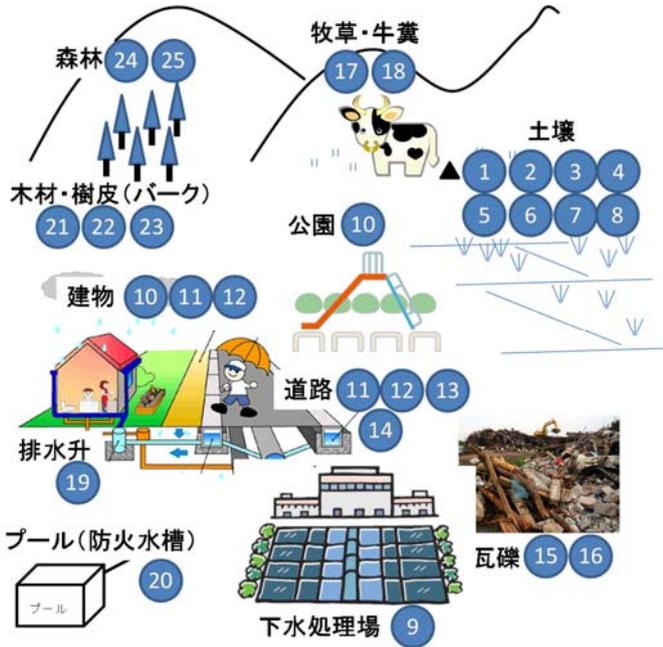
○対象事業分野：除染作業効率化技術、土壌等除染除去物減容化技術、除去物の運搬や一時保管等関連技術、除染支援等関連技術

○採択件数：25件

○実証試験事業予算：1件当たり原則2000万円程度

○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)	
		ポンプ分級	2	ロート製薬(株)	
	分級	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)	
	高圧洗浄	超高圧(280MPa)	13	(株)キクテック	
	研削・剥離	ウェットブラスト	14	マコー(株)	
瓦礫	洗浄	水洗浄	15	戸田建設(株)	
		ドライアイス	16	環テックス(株)	
植物・牛糞減容	堆肥化	100℃以上	17	(独)宇宙航空研究開発機構	
		50～60℃	18	日本ミクニヤ(株)	
水	捕集	ゼオライトブロック	19	前田建設工業(株)	
	吸着・凝集	フェロシアン化鉄	20	東京工業大学	
森林・木材	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	高圧洗浄・水処理	23	(株)ネオナイト	
		間伐有	空間線量率変化	24	福島県林業研究センター
	間伐無	施工法の効率化	25	(株)大林組	



数字は採択No.

## 土壌の除染・減容化

- ✓ 水溶したセシウムは、粘土の構造の間に取り込まれ、極めて強く「固定」される。
- ✓ 土壌粒径が小さいほどセシウムを良く吸着。

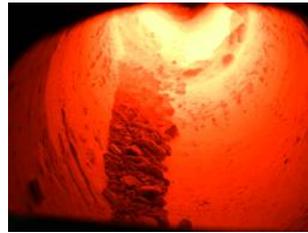
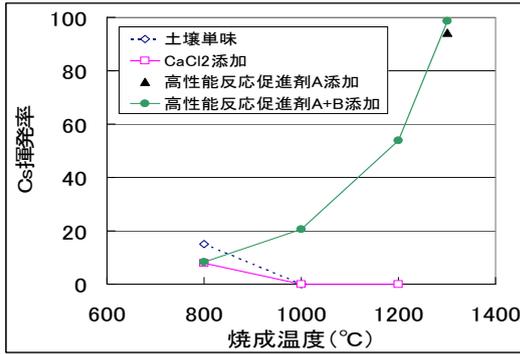
### 土壌の分級、研磨、洗浄、加熱を軸とした除染技術の提案

No.	事業者	特徴	分級	研磨	洗浄	加熱
1	太平洋セメント	回転炉により昇華しセシウム分離	—	—	—	○
2	ロート製薬	特殊ポンプと篩機による小型分級システム	○	—	○	—
3	竹中工務店	ボールミル・ドラムウォッシャ	○	○	○	—
4	熊谷組	摩砕洗浄機	○	○	—	—
5	日立プラントテクノロジー	分級後、700℃で加熱	○	—	—	○
6	鴻池組	摩砕洗浄機、キャビテーション洗浄	○	○	○	—
7	佐藤工業	高圧ジェット水流、マイクロバブル洗浄・分離	○	○	○	—
8	東芝	シュウ酸によるCs溶離	—	—	○	—

No.1は加熱、No.2～7は分級、No.8は酸溶解

# 回転加熱によるセシウム昇華技術

## ● 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、バグフィルターにて捕集できた。

	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	<b>56,000</b>	<26	19	<b>&lt;45</b>
実汚染土壌②	33,000	34,300	<b>67,300</b>	<17	29	<b>&lt;46</b>

## ● 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

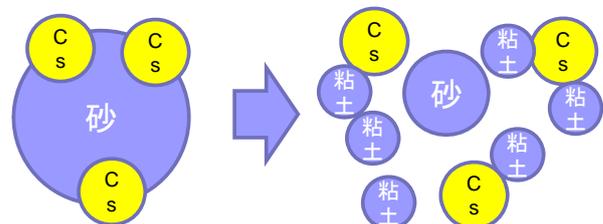
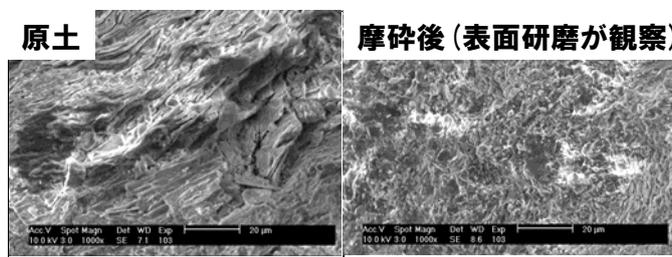
高性能反応促進剤の添加により、1300°C以上で土壌内のセシウム昇華  
浄化処理物は極めて低いレベル(100Bq/kg以下)であった。

# 分級によるセシウム除去技術

## ● 分級技術の特徴

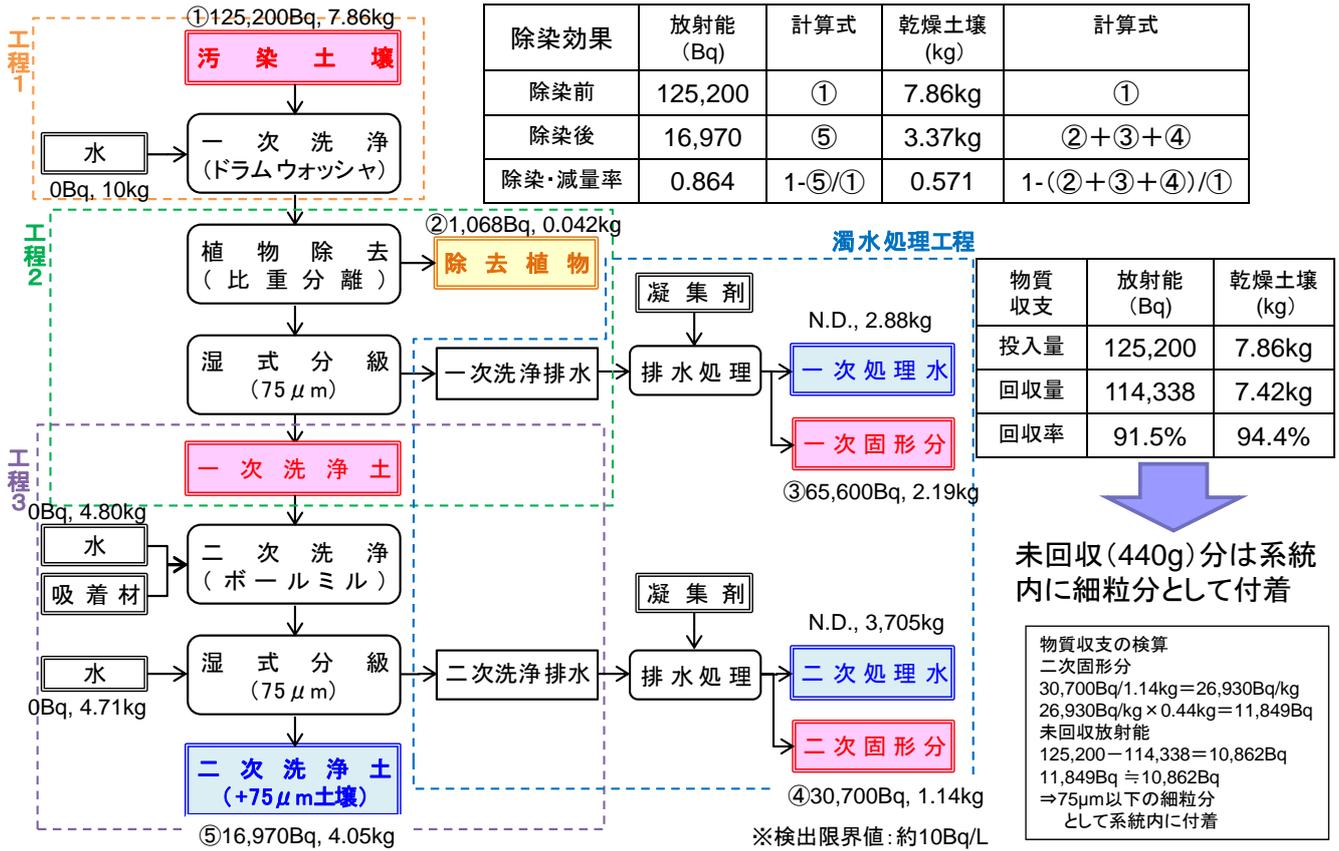
No.	事業者	分級	研磨	洗浄	加熱
2	ロート製菓	篩	—	特殊ポンプ	—
3	竹中工務店	篩 比重分離	ボールミル	ドラムウォッシュヤ	—
4	熊谷組	篩 サイクロン	摩砕装置	—	—
5	日立プラントテクノロジー	篩 比重分離	—	—	700°C
6	鴻池組	篩	摩砕装置 キャビテーションジェット	キャビテーションジェット	—
7	佐藤工業	浮上分離	高圧ジェット	マイクロバブル	—

## ● 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



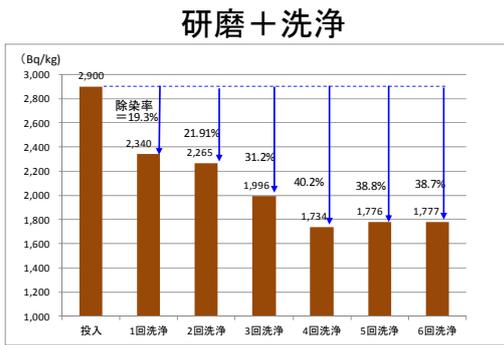
# 分級によるセシウム除去技術の比較

## ● 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

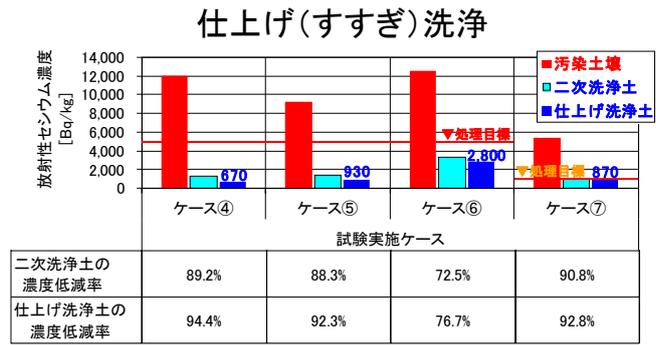
除染率、減量率、コストで総合的に評価、除染率は約60~90%。  
 分級だけの効果は原土の粒度分布で決定される。

## ● 研磨と仕上げ洗浄の比較



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



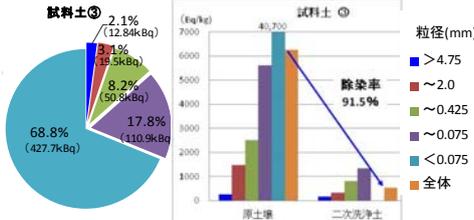
仕上げ(すすぎ)洗浄の効果

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

## ● 処理土壌の脱水による更なる減容化

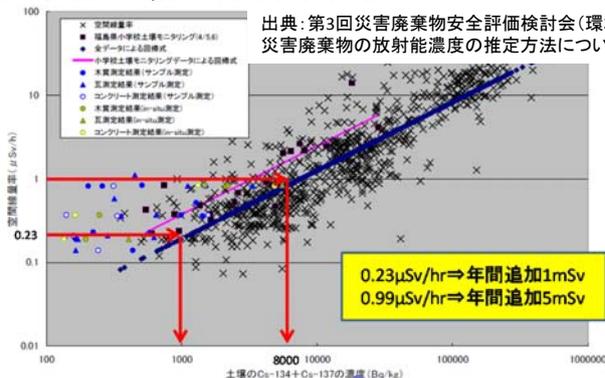


粘土質に多く付着している放射性セシウムを分級によって除去することで除染が可能。

	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。

## ● 洗浄後土壌の再利用目安



出典: 第3回災害廃棄物安全評価検討会(環境省) 災害廃棄物の放射能濃度の推定方法について

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

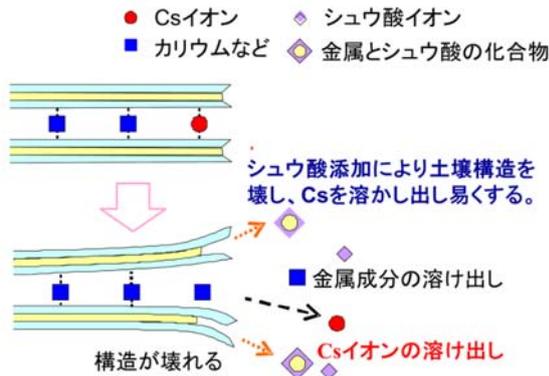
除染効果80%とすると  
再利用土壌の放射能濃度  
1,000Bq/kgの場合5,000Bq/kg  
8,000Bq/kgの場合40,000Bq/kg

### 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

製品化例 (SARRY-Soil)



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

# 土壌の除染・減容化の成果と課題

## 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

- ✓ 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。



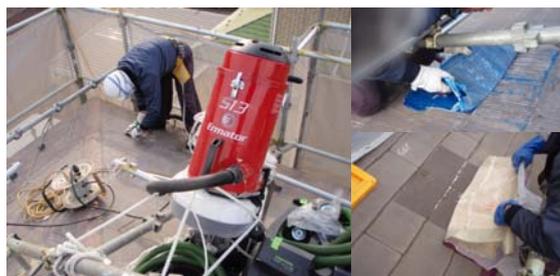
## 研磨、洗浄水の回収、超高压水による洗浄等の除染技術の提案

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	超高压水洗浄	—	—	—	○
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。

## ●水道水、高圧水洗浄との比較

- 界面活性効果が期待されるナノバブル水(NB水)
- 酸化力を有し漂白剤にもなる高濃度(60ppm)オゾン水(HO水)
- 水道水によるかけ流しと高圧水洗浄で比較

\*シンチレーションサーベイメータで測定

対象	コンクリート				アスファルト		
	水道水		NB水	HO水	水道水	NB水	HO水
媒体	水道水		NB水	HO水	水道水	NB水	HO水
条件	掛流	7MPa	掛流	0.45MPa	7MPa	7.5MPa	0.45MPa
除染前	1,370cpm	907cpm	1,570cpm	0.87 μ Sv/h*	999cpm	2,830cpm	0.49 μ Sv/h*
除染後	1,250cpm	288cpm	1,480cpm	0.71 μ Sv/h*	186cpm	430cpm	0.13 μ Sv/h*
減少率	<b>9%</b>	<b>68%</b>	<b>6%</b>	<b>18%</b>	<b>81%</b>	<b>85%</b>	<b>73%</b>
作業速度	90m <sup>2</sup> /h	90m <sup>2</sup> /h	90m <sup>2</sup> /h	60m <sup>2</sup> /h	90m <sup>2</sup> /h	90m <sup>2</sup> /h	60m <sup>2</sup> /h

## 安全上の注意点(高濃度オゾン水)

- 高濃度オゾン(60ppm)水散布により、除染中の大気オゾン濃度が0.1ppmになる可能性高いため、送気マスク必要
- 作業環境では、大気中オゾン濃度が0.1ppm以下(厚生労働省)
- 無管理状態での環境中の使用は不適



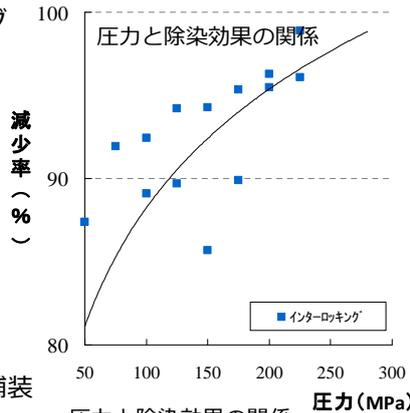
特殊水はいずれも高圧水洗浄と同程度の除染効果

# 道路の超高压水とウェットブラストによる 切削除染技術について

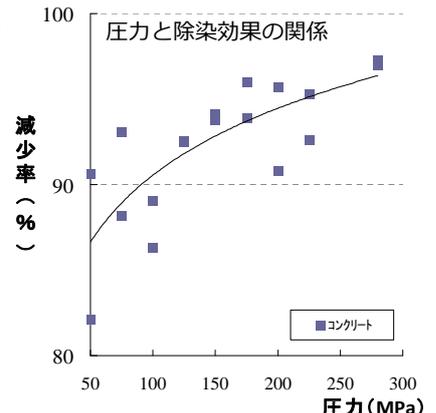
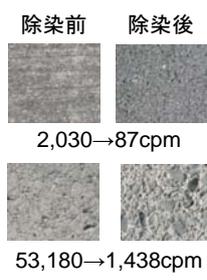
項目	超高压水	ウェットブラスト
条件	最大280MPa, 水量30L/min	ブラスト材: アルミナ
水処理	凝集沈殿+フィルタ(UF+活性炭)	なし
作業速度	62m <sup>2</sup> /h	24m <sup>2</sup> /h
装置		

# 超高圧水による除染結果

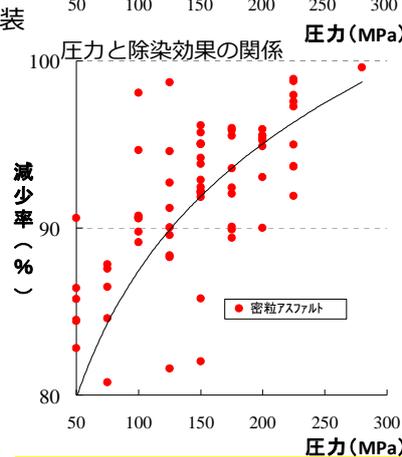
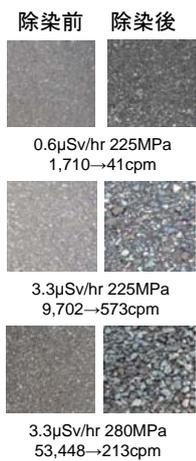
## インターロッキング



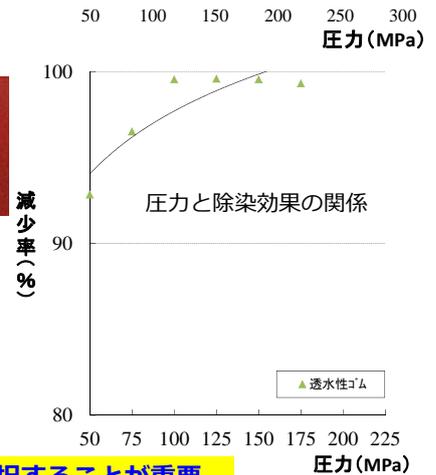
## コンクリート舗装



## 密粒アスファルト舗装



## 透水性ゴム

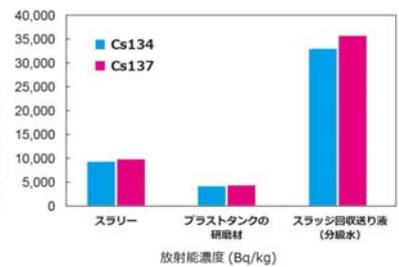
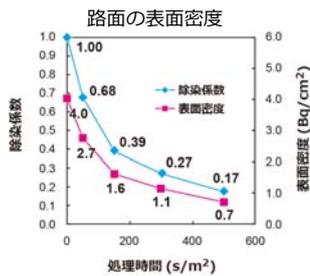
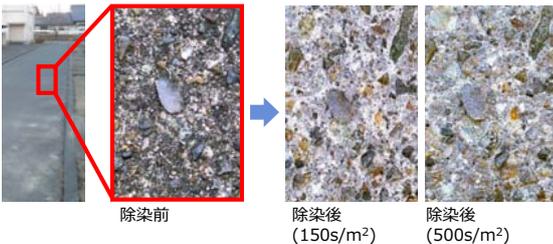


高除染率かつ表面ダメージを抑えた最適水圧を選択することが重要

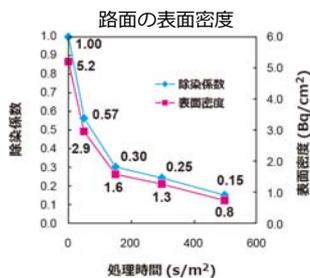
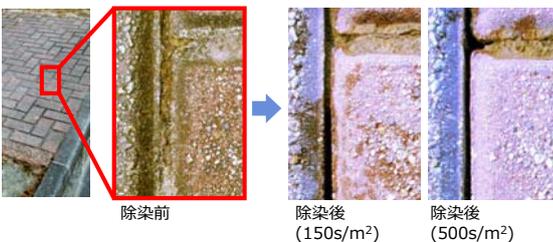
# ウェットブラストによる除染結果

## コンクリート舗装

※1 鉛遮蔽による測定をし、バックグラウンドを補正した。  
※2 除染係数 = 除染後/除染前

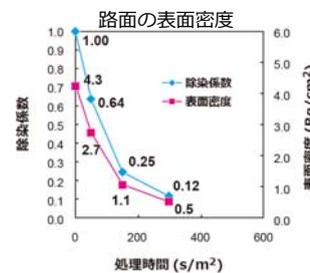
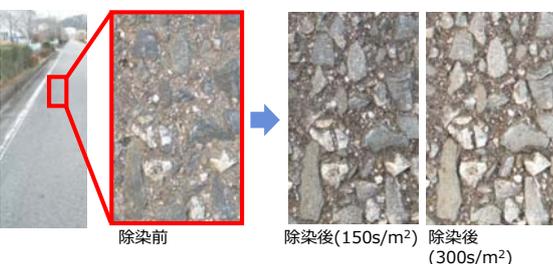


## インターロッキング



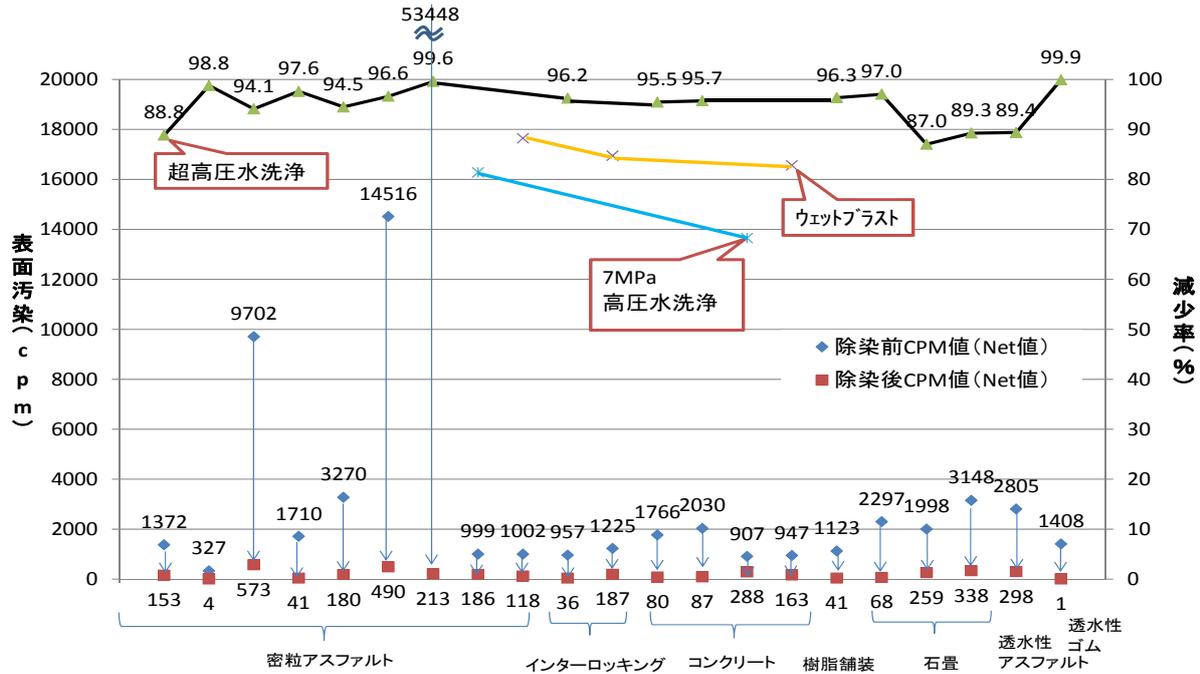
いずれのサンプルも、0.2μmのフィルタによるろ過により分離された水の放射能濃度は、すべて検出限界以下。

## 密粒アスファルト舗装



◎ウェットブラストでは、コンクリート、インターロッキング、アスファルトいずれの路面においても1㎡当たり約150秒で放射性物質の60~70%を除去可能。

◎回収した水・研磨剤等からの放射性物質の除去が可能。



## 道路除染の適用範囲

超高圧水洗浄は、舗装の種類に関係なく90%以上の効果。ウェットブラストは60%以上の効果。いずれも水は90%以上回収し、処理することで再利用可能。

# 建物・道路除染の成果と課題

## 成果

- 切削・剥離除染による建物の除染効果は約50%
- 特殊水による道路の除染効果は高圧水洗浄(7MPa)と同程度
- 超高圧水では、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。
- 超高圧水洗浄、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。

- ✓環境中の水の中にはセシウムはイオンの形ではほとんど含まれていない。
- ✓各除染技術の中でも除染に伴う排水処理を必要とするものが複数存在。



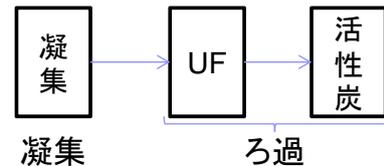
## 吸着、凝集沈降を活用した水の浄化技術の提案

No.	事業者	特徴	捕集	水処理 (凝集・吸着)
19	前田建設工業(株)	ゼオライトブロック	○	—
20	東京工業大学	フェロシアン化鉄	—	○
2,3,4,5,6,9,13, 14,15,22,23	他技術で水処理を要するもの	凝集剤+ゼオライト、凝集剤+フィルタ等	—	○

# 水処理例

- **ゼオライトを利用した水処理** (超高压水洗浄後の回収水)  
《路面形態: 密粒アスファルト》 検出限界値 (20Bq/L)

工程	セシウム (Cs134+137) (Bq/kg)
① 原水	17,290
②-1 上澄み水(ゼオライト+凝集剤)	29
②-2 上澄み水(凝集剤のみ)	57
③ UF(ウルトラフィルタ)ろ過処理水	25
④ 活性炭処理水	N.D.



- **フェロシアン化鉄を使用した水処理** (超高压水洗浄後の回収水)



《プール》 検出限界値 (20Bq/L)

工程	原水 (Bq/L)	処理水 (Bq/L)
凝集剤+フェロシアン化鉄	1,116	N.D.
凝集剤のみ	1,116	N.D.

処理水の放射能濃度は検出限界値(約20Bq/L)以下を達成。  
ゼオライト、フェロシアン化鉄を使用しない場合も結果は同じであったことを確認。

## 成果

- 事前にビーカー試験でセシウム吸着剤の要否を確認すれば、セシウム吸着剤は利用しなくてもよい。
- 土壌洗浄などで濃縮された土壌を扱った水中にも100Bq/kgを超えるセシウムイオンは確認されなかった。
- 凝集作用と細微粒分(SS成分)を捕獲するろ過の組み合わせを推奨する。

## 課題

- 環境中の水処理においては、処理する水の性状確認を行うことが必要。

- ✓ 汚染された樹皮(バーク)が野積みとなっている。
- ✓ 加工前に洗浄し輸送等をスムーズに実施したい。



## 木材樹皮の洗浄を軸とした除染技術の提案

No.	事業者	特徴	洗浄	剥離	焼却
21	大成建設	セメント塗布	—	○	—
22	郡山チップ	樹皮(バーク)洗浄、小型焼却炉	○	—	○
23	ネオナイト	樹皮(丸太)高圧水洗浄	○	—	—

No.	実施者 および除去技術	除染前Bq/kg	除染後Bq/kg	除染率%
21	大成建設(株) : 木質がれき等へのセメント塗布	8,320	1,373	84%
22	郡山チップ工業(株) : 樹皮(バーク <sup>※</sup> )の攪拌洗浄	703	432	39%
23	(株)ネオナイト : 木質がれき等の高圧水洗浄	28Bq/cm <sup>2</sup>	1.6Bq/cm <sup>2</sup>	94%

### ●木質がれきへのセメント塗布

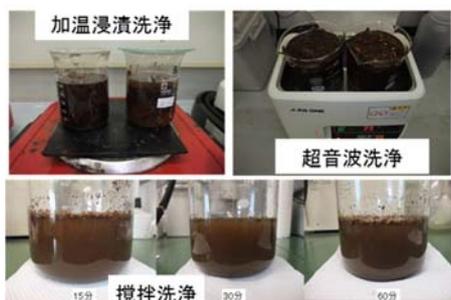


### ●木質がれき(丸太)の高圧水洗浄



	洗浄条件	表面汚染密度 (Bq/cm <sup>2</sup> )		洗浄率 (%)
		洗浄前	20分洗浄	
ナラ	80℃	28	1.6	94
ミズキ	80℃	27	1	96
スギ	80℃	4.3	0.8	81
クリ	80℃	0.5	0.09以下	82

### ●樹皮(バーク)<sup>※</sup>洗浄(攪拌洗浄等)



処理時間	458時間	1時間	1時間	1時間
その他の条件	室温	40~100℃	攪拌時間 15~60分	周波数 28~100kHz
除去率	常緑樹 約700Bq/kg	38%	—	39%
	落葉樹 約2,000Bq/kg	20%	5~32%	45%

※バーク: チップ等の生産過程で発生する樹皮。

## 成果

- 樹皮表面は水洗によって80%以上の洗浄効果が認められた。
- 小型焼却炉で大幅に減容できることを実証。但し、小型焼却炉は飛灰飛散防止のための圧力制御や排気にフィルタを取り付けるなどの対策が必要であることがわかった。

## 課題

- 樹皮(バーク)の再利用を進めるためには、試験結果の周知が必要。
- 今後、規模拡大と効率化が必要。

- ✓ 土壌除染:80%以上の除染効果あり。本格除染では、適用範囲、設備、コストを見極めることで利用可能。
- ✓ 道路除染:80%以上の除染効果あり。本格除染では、最適化を図り、コストを下げることで利用可能。
- ✓ 水処理:高濃度に汚染した土壌を処理した水であっても100Bq/kg以下にする技術が複数あることを実証。  
セシウム吸着剤を使用せずとも、凝集作用とろ過の組み合わせで放射能濃度は十分低減可能。本格除染では、最適化を図ることで適用できる。
- ✓ 木材除染:水洗により、樹皮(バーク)では30%以上、木質がれき(丸太)では80%以上の除染効果あり。飛灰飛散防止、排気フィルタ等の対策を行った小型焼却炉で高減容可能。

総合評価

除染対象物	手法	No.	実施者	除染効果	設備投資	除去物量	コスト	評価
土壌	熱処理	1	太平洋セメント(株)	高	必要	極少	高	コスト低減。放射性Csの高濃縮除去物の取扱い。
		2	ロート製薬(株)	中	既設有	少	中	特殊ポンプ、篩機の除染データの蓄積が必要。
	分級	3	(株)竹中工務店	中	必要	中	低	80%程度の除染効果あり、除染現場での適用性あり。
		4	(株)熊谷組	中	必要	中	低	高濃度汚染土壌の場合、減量率低い。
		5	(株)日立プラントテクノロジー	低	必要	中	低	分級による除染効果あり。熱処理は効果なし。
		6	(株)鴻池組	中	必要	中	低	80%程度の除染効果あり、除染現場での適用性あり。
		7	佐藤工業(株)	中	必要	中	中	80%程度の除染効果あり、除染現場での適用性あり。
	化学処理	8	(株)東芝	中	既設有	極少	高	コスト低減。
下水汚泥	溶出	9	新日鉄エンジニアリング(株)	低	必要	中	評価不能	溶出効果のデータ蓄積が必要。
公園・道路・建物	切削・剥離	10	志賀塗装(株)	中	不要	少	低	50%程度の除染効果あり、即適用可。
	特殊水洗浄	11	京都大学	低	必要	少	高	水道水と同程度の除染効果。
		12	ネイチャーズ(株)	低	必要	少	高	高圧水洗浄と同程度。作業者の安全対策必要。
	高圧洗浄	13	(株)キクテック	高	既設有	少	中	様々な舗装面で90%以上の除染効果、即適用可。
研削・剥離	14	マコー(株)	中	既設有	少	中	様々な舗装面で80%以上の除染効果、即適用可。	
瓦礫	洗浄	15	戸田建設(株)	中	必要	少	中	研磨による除去物減少のための最適化必要。
		16	環テックス(株)	低	必要	中	中	除染効果低いが水処理量削減が可。
植物・牛糞減容	堆肥化	17	(独)宇宙航空研究開発機構	-	必要	評価不能	評価不能	堆肥化のデータ蓄積が必要。
		18	日本ミクニヤ(株)	-	必要	中	中	春夏植物でのデータ蓄積が必要。
水	捕集	19	前田建設工業(株)	低	必要	中	中	ブロックの最適化が必要。
	吸着・凝集	20	東京工業大学	高	既設有	少	中	シアン化物処理が課題だが、即適用可。
森林・木材	固化剥離	21	大成建設(株)	低	不要	多	高	ブラシ水洗と同程度の除染効果。コスト低減。
	洗浄	22	郡山チップ工業(株)	中	既設有	少	中	バークの洗浄除染、焼却減容を実証し即適用可。
		23	(株)ネオナイト	中	既設有	少	低	木材の種類別のデータ蓄積が必要。水処理即適用可。
	間伐有	24	福島県林業研究センター	-	- (知見を得る試験のため)			森林除染における放射線等の基礎データを取得。
	間伐無	25	(株)大林組	-	既設有	-	中	土工材料、アスファルト除去試験では効率化必要。

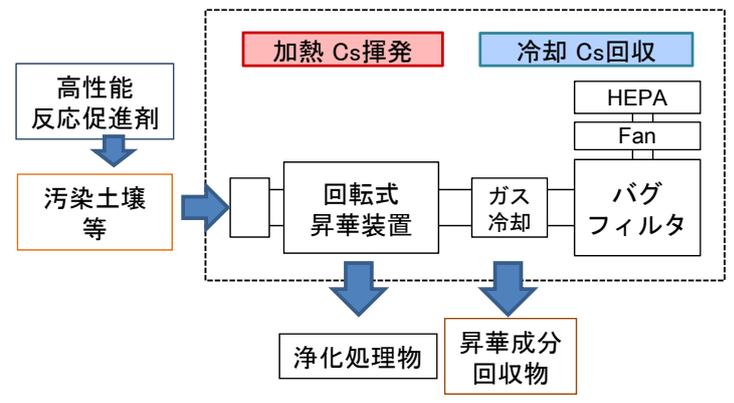
※ 除染効果、設備投資、除去物、コスト、評価については、同分野の技術の相対評価。  
 ※ 今後、技術の進展等により評価は変わり得る。

平成23年度  
「除染技術実証試験事業」  
各案件の概要

事業の概要

放射性セシウムを含む土壌等に高性能反応促進材を添加して加熱し、セシウムを昇華させて冷却回収することにより、除染で生じた除去物(汚染土壌)よりセシウムを熱処理により効率よく昇華させて分離し、クリアランスレベル(100Bq/kg)以下とすることを目的とする。

実施内容



- ラボ試験にてセシウムの最適昇華条件を把握する。
- フィールド試験にて、クリアランスレベル以下への浄化を確認する。
- 排気の放射能濃度を確認する。



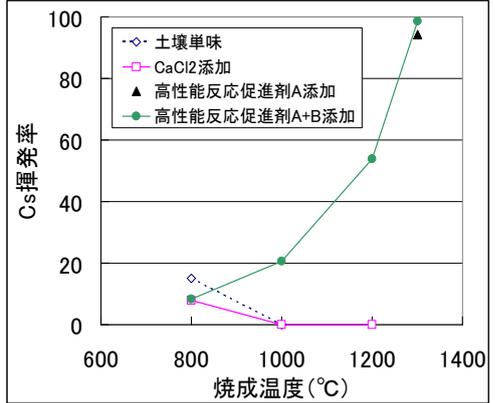
回転式昇華装置



昇華装置内部

結果

● 高性能反応促進剤の効果



- セシウムを吸着した土壌単味の揮発率は低い。また、塩化物を添加した場合でも揮発率は低い。
- 無機系の高性能反応促進剤を添加するとセシウムの揮発率が大幅に向上。



浄化処理物

● 回転式昇華装置による処理の結果

汚染土壌を、1300℃で毎時2kgの速度で加熱処理した結果。

	浄化前土壌 (Bq/kg)			浄化処理物 (Bq/kg)			除去率 (%)
	Cs134	Cs137	合計	Cs134	Cs137	合計	
汚染土壌①	27,100	28,900	56,000	<26	19	<45	99.9<
汚染土壌②	33,000	34,300	67,300	<17	29	<46	99.9<

- 約60,000Bq/kgの汚染土壌を100Bq/kg以下(除去率99.9%以上)にすることができた。
- 昇華したセシウムはバグフィルタにて十分捕集でき、フィルター出口の排ガス中セシウム濃度は検出限界(0.1Bq/m<sup>3</sup>)以下であった。

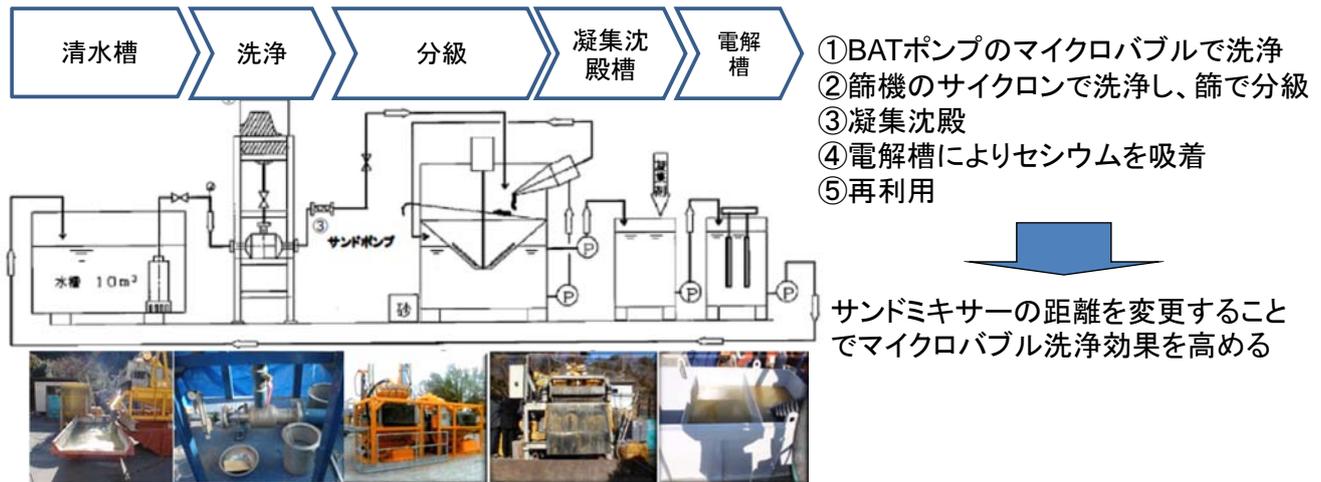
汚染土壌中のセシウムは良く揮発し、目標である100 Bq/kg以下を達成した。

## 事業の概要

特殊(BAT:Blend Air Tornado)ポンプと分級機から構成される土壌洗浄システムにより、土壌の洗浄を行う。粘土分を含む濁水は、凝集沈殿処理を行い、粘土分と処理された水とに分ける。

## 実施内容

- BATポンプに汚染土壌と水を吸い込み、砂・鉱物等を混合衝突させることによって汚染物質を剥離する。
- 分級により、砂、粘土を分別する。また、粘土質は凝集剤等により分離する。
- 除染で利用した水を凝集沈殿等により処理し検出限界以下とする。



## 結果

表. 土壌の洗浄率

サンドミキサー長さ <sup>※1</sup>	原土 (Bq/kg)	砂65-185 $\mu$ m (Bq/kg)	粘土 (Bq/kg)	洗浄率(%)
400mm	15,309	330	83,738	98
800mm		387	84,875	97
1200mm		377	57,978	98
BS <sup>※2</sup> 1200mm		343	65,647	98

※1 サンドミキサーの長さを変更することで、マイクロバブル接触時間が変更することによる洗浄効果を確認。

※2 セシウム吸着促進鉱物(モンモリナイトを主成分とする黒鉛珪石配合粘土)を添加

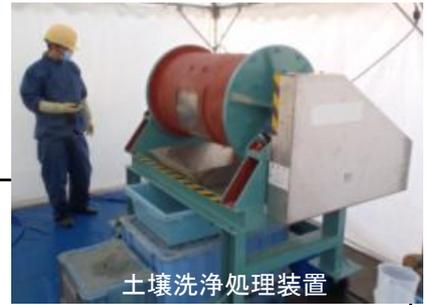
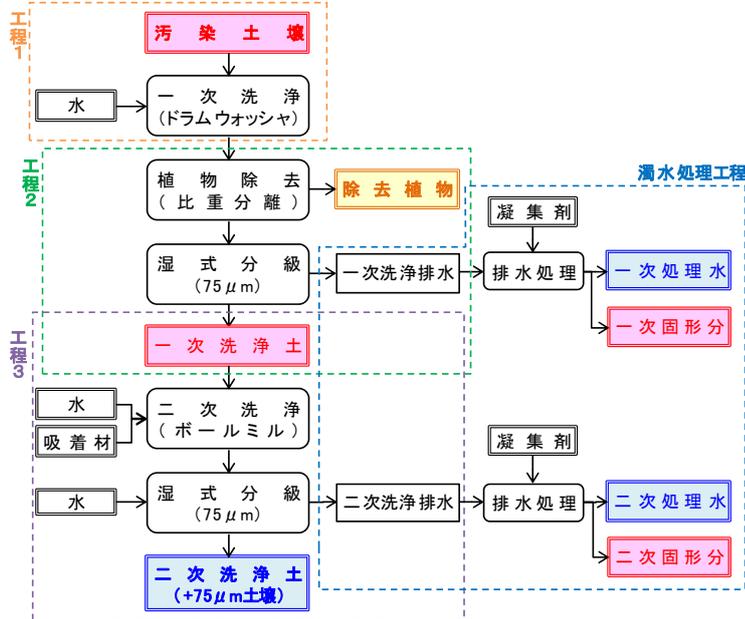
- サンドミキサーの長さ変更により土壌とマイクロバブルの接触時間を変えた範囲では、洗浄効果に差異は見られなかった。
- 洗浄におけるセシウム吸着促進鉱物の添加では、洗浄効果に変化はなかった。
- 水処理では、凝集沈殿で水は検出限界未満となり、電解槽でのセシウム吸着による効果の検証に至らなかった。

- BATポンプによる洗浄効果と、篩機(サイクロン)による粒子の衝突・分級効果により、洗浄率は97%以上であった。水処理では沈殿槽のみで十分処理でき、電解槽は不要であった。
- 分級処理後の砂65 $\mu$ m~185 $\mu$ mの土壌の放射能濃度は原土に比べて大きく低下することが確認されたが、試験データの蓄積により洗浄効果に効くプロセスの分析・評価が必要。

事業の目的

多段階に分級や洗浄系を設けることにより、植物が混入した土壌を洗浄し、放射性セシウムを分離することで除去物を減容化する。

実施内容



- 多段階土壌洗浄処理方法において、植物除去工程及び二次洗浄工程の条件を判断する。
- 異なる汚染土壌を処理して本技術の適用範囲を判断する。

結果

表. 放射能濃度(134Csと137Csを対象)の分析結果と濃度低減率

	土壌A	土壌B	土壌C	土壌D
	Cs濃度 (Bq/kg)	Cs濃度 (Bq/kg)	Cs濃度 (Bq/kg)	Cs濃度 (Bq/kg)
(1) 原土	12000	9200	12500	5400
工程1~2	洗浄+植物除去			
(2) 植物	30000	7700	6100	24000
一次洗浄土	2800	2110	4500	1880
濃度低減率*2	<b>76.7%</b>	<b>77.1%</b>	<b>64.0%</b>	<b>65.2%</b>
濁水処理後の一次洗浄排水	不検出*1	不検出*1	不検出*1	不検出*1
工程3	磨砕+吸着			
(3) 二次洗浄土	1300	1400	3300	1110
濃度低減率*2	<b>89.2%</b>	<b>84.8%</b>	<b>73.6%</b>	<b>79.4%</b>
濁水処理後の二次洗浄排水	不検出*1	不検出*1	不検出*1	不検出*1
(4) 仕上げ洗浄土	仕上げ洗浄(すすぎ洗い)			
濃度低減率*2	<b>94.4%</b>	<b>89.9%</b>	<b>77.6%</b>	<b>83.9%</b>

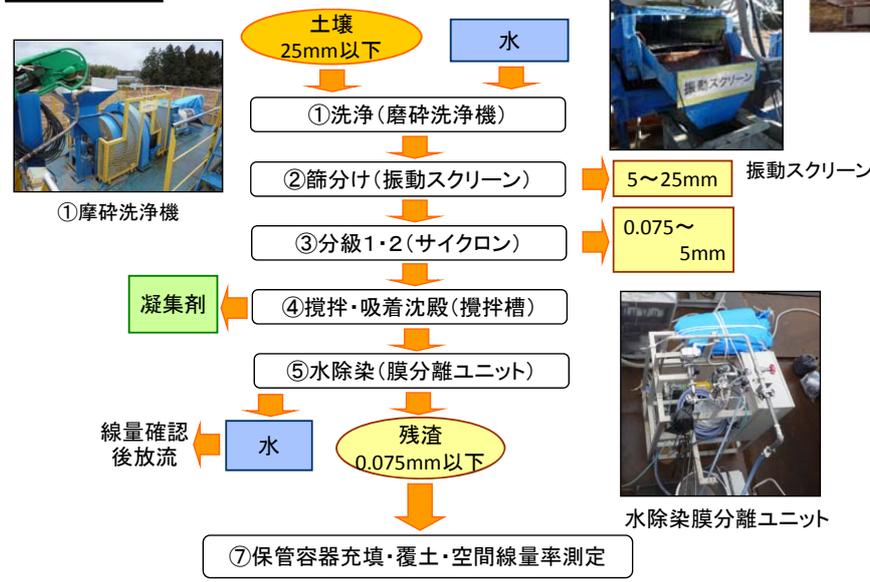
- 植物除去および一次洗浄により放射能濃度は約71%低減。
- 二次洗浄(磨砕処理)、仕上げ洗浄により、放射能濃度はさらに低減。
- 凝集処理後の排水濃度は「不検出」

\*1: 検出限界値は約10Bq/L、\*2: 原土に対するCs濃度の低減率(%)。

事業の目的

特殊土壌洗浄システム(SRS)を用い、土壌を洗浄・分級することにより、粘土に付着している放射性セシウムを分離し、除去物を減容化する。また、減容化後の高濃度汚染土壌の保管方法について検証する。

実施内容



特殊土壌洗浄システム(SRS)

- SRSとセシウム除去のための水処理施設を組み合わせたシステムにより汚染土壌を洗浄・分級し、分級レベルごとに洗浄効果を確認する。
- 粘性土主体の高濃度汚染土壌の保管について、コンクリート製容器と覆土方法の条件の組み合わせと空間線量率を把握・検証する。

結果

●放射能濃度と減容化

試料No. (採取場所の空間線量率)	分級レベル	乾燥状態の放射能濃度 (Bq/kg)	除染率 (%)	粒径0.075mm以下放射能濃度割合 (%)
5-1 (5 μ Sv/h)	未洗浄	19,700		87.4
	5mm以上	663	96.6	
	0.075~5mm	3,553	82.0	
	0.075以下	228,333	—	
10-1 (10 μ Sv/h)	未洗浄	106,333		94.1
	5mm以上	5,760	94.6	
	0.075~5mm	7,317	93.1	
	0.075以下	363,000	—	

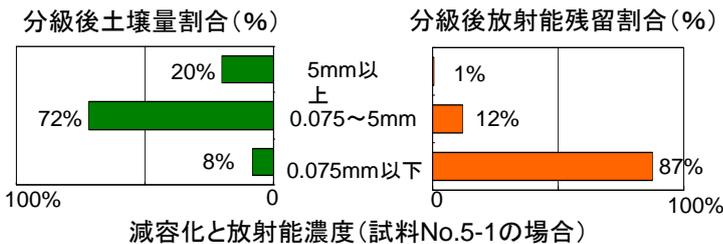


No.5-1 洗浄・分級後の試料



No.10-1 洗浄・分級後の試料

左から未洗浄、粒径5mm、粒径0.075~5mm、粒径0.075mm以下



減容化と放射能濃度 (試料No.5-1の場合)

●保管方法の検討



厚 6cm容器 : 遮へい率 75%~80%  
厚10cm容器 : 遮へい率 85%~90%  
厚15cm容器 : 遮へい断率 95%程度

- ◎ 放射能濃度が100,000Bq/kg程度の土壌では、特殊土壌洗浄システムにより洗浄・分級処理することで高放射能濃度の微粒子(粒径0.075mm以下)と粗粒子(粒径0.075mm以上)に分別することができた。
- ◎ 土壌の洗浄効果は、汚染濃度によって異なる傾向がみられる。

事業の目的

汚染土壤を分級し、分級後の土壤の水洗浄や加熱により放射性セシウム(Cs)の分離性能を確認し、さらに水処理設備による汚染物質の分離性能と減容化性能を確認する。

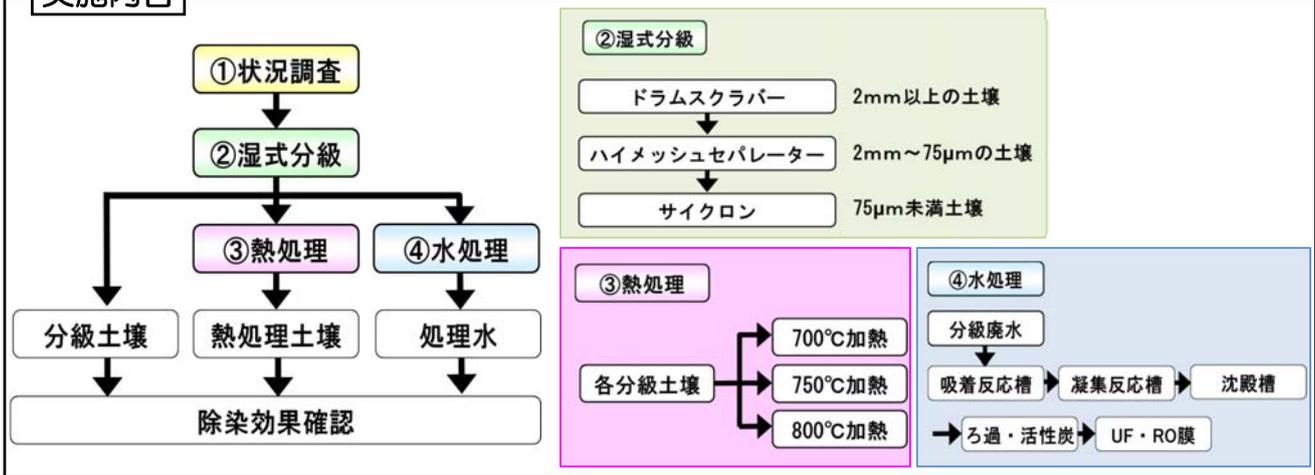


分級試験機



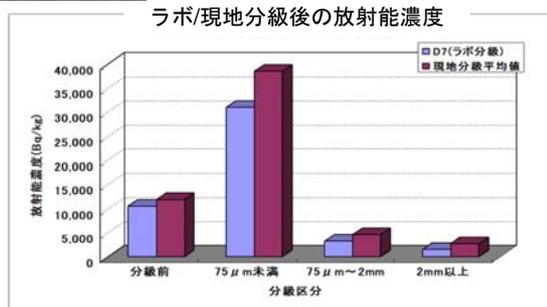
水処理試験機

実施内容



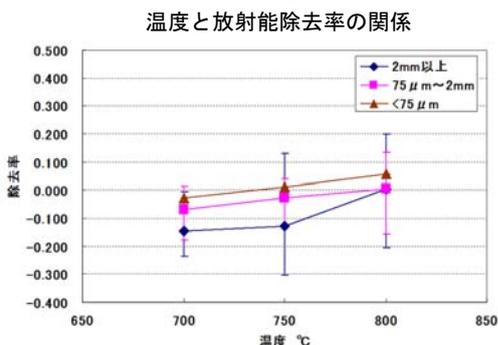
結果

●湿式分級



- 分級後75 μm未満の土壤の放射能濃度は圧倒的に高い。
- 現地分級試験では、
  - ・75 μm未満の土壤: 約40000Bq/kg
  - ・75~2000 μmの土壤: 60%の低減率
  - ・2000 μm以上の土壤: 77%の低減率

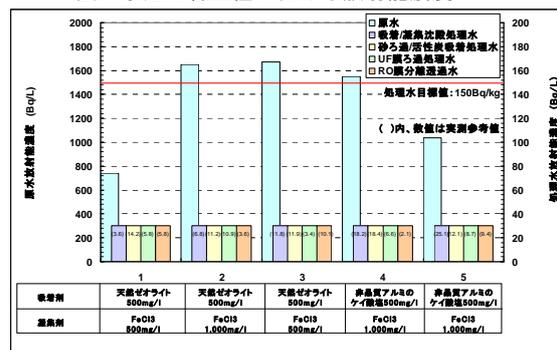
●熱処理



- 800°C、750°C、700°Cのいずれの温度でも除去率はほぼゼロと変化はなく、Csの除去は確認されなかった。

●水処理

図. 水処理各工程における放射能濃度



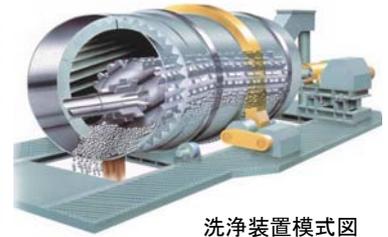
- 粒径75 μm未満の土壤が混在する泥水(約700~1600Bq/Kg)を水処理した結果、吸着+凝集沈殿によって定量下限値(30Bq/L)以下となった。

事業の概要

表面研磨が可能な土壤洗浄設備により、除染で発生する汚染土壤を洗浄処理し、浄化土壤と放射性セシウムが濃縮した少量の脱水ケーキに分離する。浄化土壤は再利用し、脱水ケーキは汚染物として仮置き場や一時保管設備などで保管・管理する。汚染土壤をそのまま保管する場合に比べ、コストおよび保管容量の削減ができる。



ロータリー式土壤洗浄機



洗浄装置模式図

実施内容

福島県内に設ける試験場に土壤洗浄試験設備を設置し、現地の数種類の土壤を用いた実証試験を実施。提案する土壤洗浄処理の洗浄効果を検証する。

項目	内容	分析試料
①試料調整	概ね10,000Bq/kg以上となるように土壤を採取・均質化する	原土壤
②1次洗浄(分級洗浄)	ロータリー洗浄機を用いて土壤をスラリー化した後、分級機で細粒分を除去	一次洗浄土
③二次洗浄(>5mm)	5mm以上のレキをロータリー洗浄機で研磨洗浄し5mm以上を回収	二次洗浄土(>5mm)
④二次洗浄(≤5mm)	残りのレキと砂を、キャビテーションジェット洗浄機で洗浄	二次洗浄土(≤5mm)
⑤水処理	洗浄後の濁水を凝集沈殿処理装置で浄化	原水処理水
⑥脱水ケーキ作成	スラッジを、小型フィルタープレスにかけて脱水ケーキを得る	脱水ケーキ



小型土壤分離装置



キャビテーションジェット装置



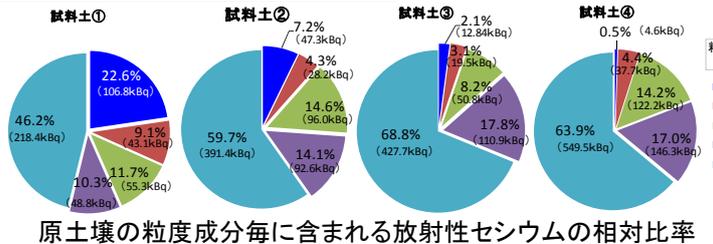
水処理装置



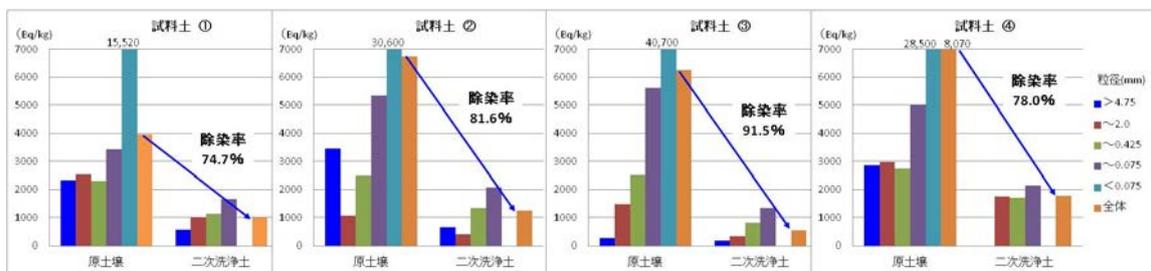
小型フィルタープレス

結果

●分級・洗浄による放射能濃度の低減効果



脱水ケーキ



●減容化効果の検証

減容化効果の検証

	媒体	種別	単位	試料土①	試料土②	試料土③	試料土④	備考
減容化なし		保管容積	L	75.47	73.17	70.59	73.46	
減容化後(計算)	保管時容積	締固めなし	L	40.27	42.57	28.70	38.97	
		締固め時	L	24.01	26.68	17.85	21.38	
	減容化率	締固めなし	%	46.6	41.8	59.3	47.0	平均48.7%
		締固め時	%	68.2	63.5	74.7	70.9	平均69.3%

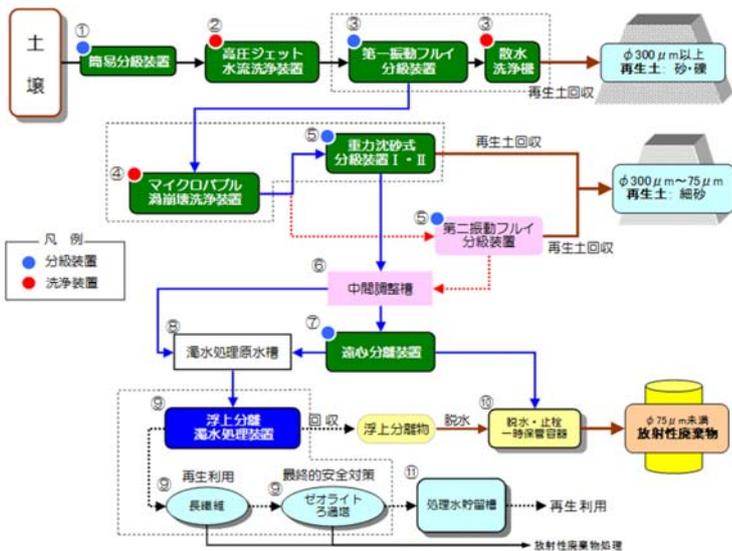
- ① レキ・砂分(粒度0.075mm以上)には土壤中の放射性セシウムの30%以上が含まれるため、これらの研磨洗浄は有効。研磨洗浄により、レキ・砂分の放射性セシウムを約50%除去できた。
- ② 分級・洗浄により土壤容積は40~50%程度減容化することができ、脱水ケーキの締固めにより、70%程度減容化することが可能。

事業の概要

放射性物質が付着した土壤の水洗浄による除染・減容化技術の適用性を確認する。また、除染・減容化技術の概要と除染効率、さらに、洗浄により発生した濁水の処理・再利用技術とその効果を確認する。



実施内容



小規模で機動力のある「高圧ジェット水流洗浄装置」や「マイクロバブル渦崩壊洗浄装置」「浮上分離濁水処理装置」により、放射性物質を分離する。

- ① 除染で発生する放射性廃棄物(土壤)を減容化する。
- ② 放射性物質が含まれる分級(粒度)区分の検証と含有量を把握する。
- ③ 洗浄により発生した放射性物質を含む水の処理技術を実証する。

結果

2種類の洗浄装置による洗浄効果



試料土および洗浄後の再生砂等の放射能濃度  
(再生砂・礫: 粒径300μm以上、再生細砂: 粒径75~300μm)



高圧ジェット水流洗浄装置で洗浄後分級されたもの  
マイクロバブル渦崩壊洗浄装置で洗浄後分級されたもの

浮上分離濁水処理効果



濁水SS: 50~100mg/L 放射能濃度: 1~5 Bq/L  
浮上分離後SS: 20~30mg/L 放射能濃度: 1Bq/L未満  
浮上分離物 放射能濃度: 22800Bq/kg

○高圧ジェット水流洗浄装置、マイクロバブル渦崩壊洗浄装置による洗浄により、土壤の放射能濃度を平均88%低減。  
除染率: 再生砂・砂礫: 84~87%  
再生細砂: 76~81%

○浮上分離処理装置による濁水処理により、処理水の放射能濃度は検出限界以下(1Bq/L)を達成。

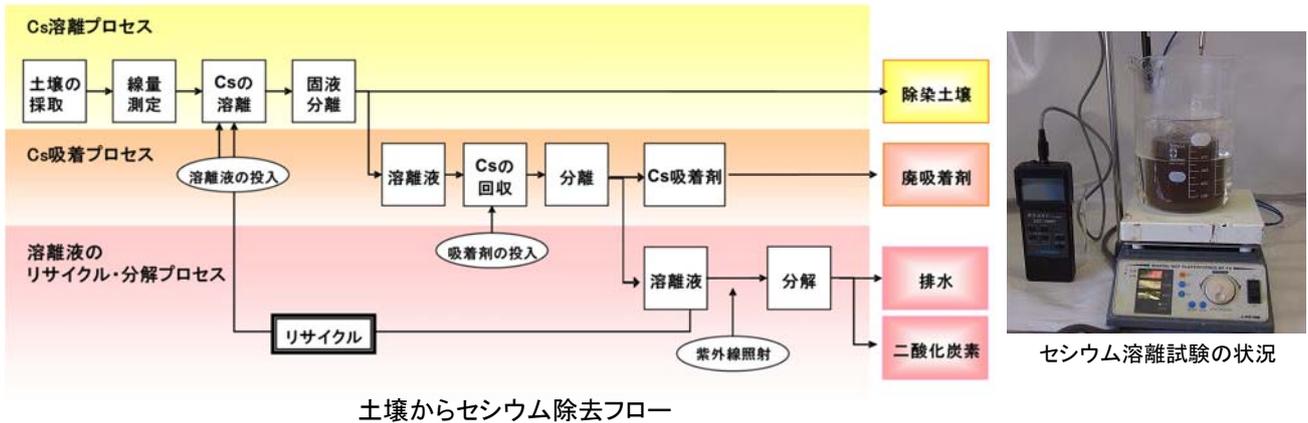
事業の概要

大量発生が予想される汚染土壌に対し、簡便で効率的な除染システムの確立に必要な技術を開発するため、有機酸によるセシウムの溶離・回収を検討する。

実施内容

常圧処理による安全・簡易な手法として、有機酸であるシュウ酸による、汚染土壌からのセシウム溶離および溶離液のリサイクル・分解の効果を確認する。

- ① ラボ試験：実験用土壌による効果の確認
- ② 実証試験：福島県で採取した汚染土壌による実証



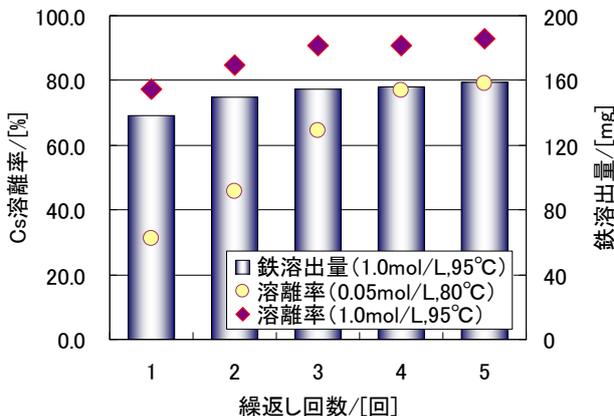
セシウム溶離試験の状況

結果

●シュウ酸によるセシウムの溶離処理

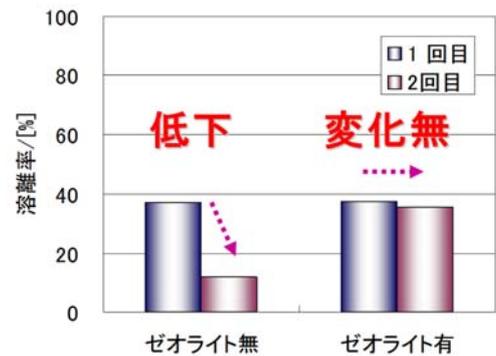


処理前 約5000Bq/kg 処理後 約450Bq/kg 処理前後の溶離液

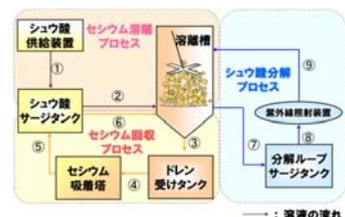


土壌からのセシウム溶離率は93%。  
(条件：1.0mol/Lシュウ酸、処理温度95℃、繰返し回数5回)

●溶離液のリサイクル



ゼオライトを用いて溶離したセシウムを回収すれば、シュウ酸が浄化され、繰り返し利用が可能。



土壌からのCs回収システム(概念設計)

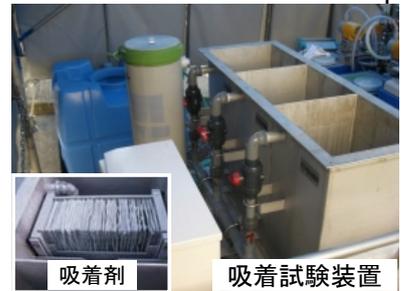
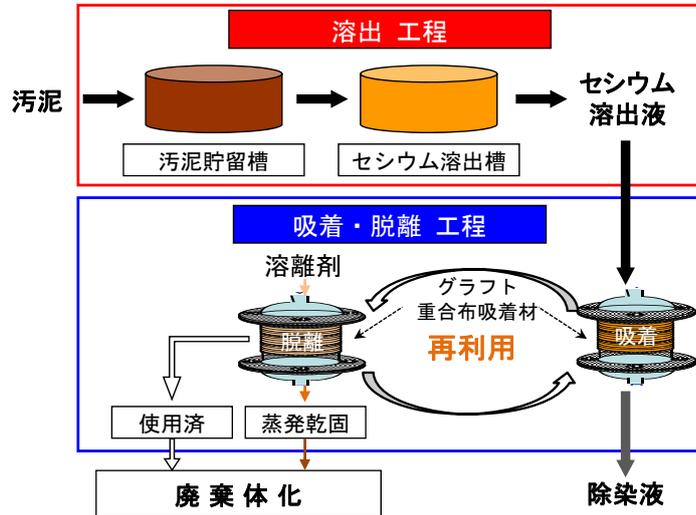
基本設計条件で、処理容量5トン/日の処理装置の概念設計を実施した。

事業の概要

放射性セシウム(Cs)を含む下水処理施設の汚泥等から、汚泥可溶化剤(酸またはアルカリ溶液)を使用してCsを溶出し、特殊な吸着材で吸着回収する。  
吸着したCsを溶離剤により脱着させることで、吸着剤の再利用を図る。

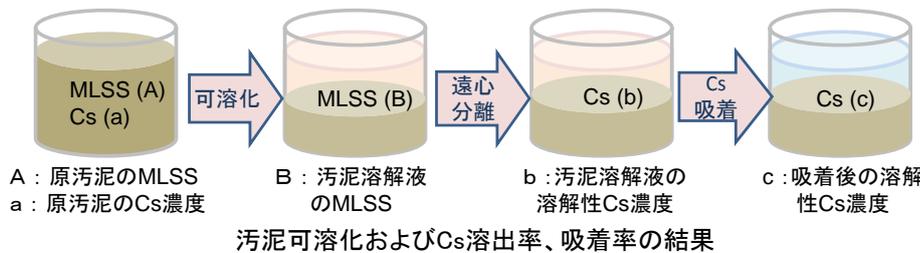


実施内容



- テーブルテストにより、下水汚泥からCsの溶出方法の検討、溶出液からのCs吸着特性把握等の評価を行う。
- 下水処理施設より発生する汚泥を、試験装置により処理を行い、除染効果等の評価を行う。

結果



MLSS: Mixed Liquor Suspended Solidsの略。活性汚泥法のばっき槽内混合液中の浮遊物量(mg/L)をいう。この浮遊物にあたるのが汚泥であり、汚泥が可溶化されるとMLSSの値が低くなる。このことから、MLSSの変化から汚泥の増減を把握できる。

表1. 汚泥減容率

可溶化試験	原汚泥のMLSS (A)mg/L	汚泥溶解後のMLSS (B)mg/L	汚泥減容率 (A-B)/A × 100
テーブルテスト (模擬汚泥+安定性Cs)	10100	920	91 %
実証試験 (汚染汚泥)	39000	19000	50 %

表2. Cs溶出率

溶出試験	原汚泥のCs濃度(a)	汚泥溶解液の溶解性Cs濃度(b)	Cs溶出率 b/a × 100
テーブルテスト (模擬汚泥+安定性Cs)	130µg/L	120µg/L	92 %
実証試験 (汚染汚泥)	16Bq/kg	11Bq/kg	69%

表3. Cs吸着率

吸着試験	吸着前濃度 b	吸着後濃度 c	吸着率 (b-c)/b × 100
テーブルテスト (模擬汚泥+安定性Cs)	90µg/L	50µg/L	44 %
実証試験 (汚染汚泥)	11Bq/kg	< 5Bq/kg	> 55%

- 汚泥可溶化剤による汚泥可溶化により、汚染汚泥を50%減容化できた。
- 可溶化処理によって溶出させたCsは、グラフト重合布吸着材によって吸着が確認された。  
\*注: 本実験では、原汚泥のCs濃度が低いため、溶出量は微量であった。
- 汚泥可溶化処理とCs吸着処理により、汚泥の放射能濃度の低下がみられた。

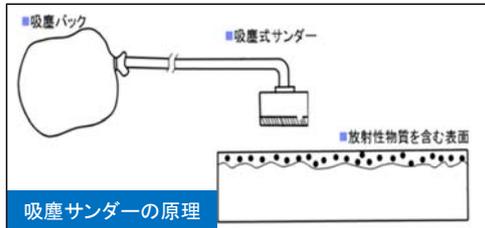
事業の概要

吸塵式サンダーやストリップペイントを用いて、汚染された建物の塗装面等についての、水を用いない除染方法を実証する。

※ 一特許出願中 特願2011-242921

実施内容

実施内容① 研削による除染



吸塵サンダーの原理

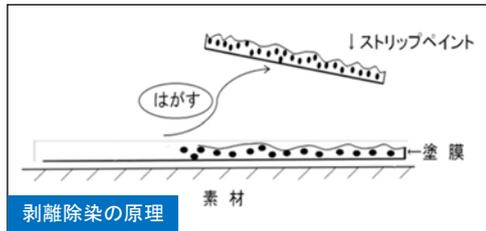


吸塵サンダー



吸塵機

実施内容② 剥離による除染



剥離除染の原理



ストリップペイント塗布



ストリップペイントの剥離

結果

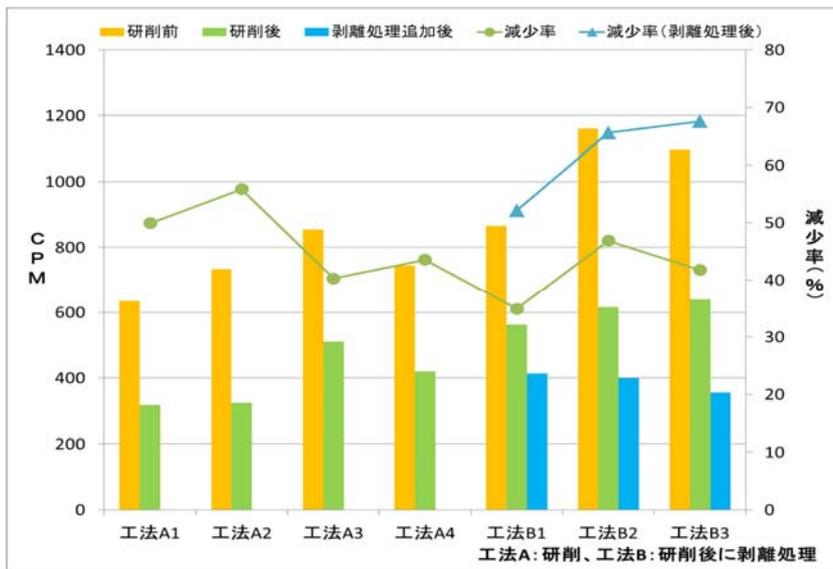


図. 研削および剥離除染による表面汚染の減少率

表. 剥離除染剤の種類によるコストの比較

除染剤名	価格(円/m <sup>2</sup> )	表面汚染の減少率(%)
除染剤A	10,000	59 (34~84%)
ストリップペイント	2,900	25 (14~35%)

● 吸塵式サンダーによる研削除染により、35~56%の表面汚染の減少率が確認された。また、研削後にストリップペイントによる剥離除染を行うことで、研削前に比べ50~68%の表面汚染の減少率が得られた。

● 塗料の剥離剤であるストリップペイントの除染効果(表面汚染濃度の減少率約25%)は、専用の除染剤の除染効果(同59%)に比べ、半分以下。ただし、コストは3割以下であり、吸塵式サンダーとの併用が効果的。

**事業の概要**

機械的摩擦などの物理的な除去が困難な汚染対象物を、水と空気だけで生成可能な洗浄力のあるナノバブル水を用いて直接洗浄し、除染効果を評価する。

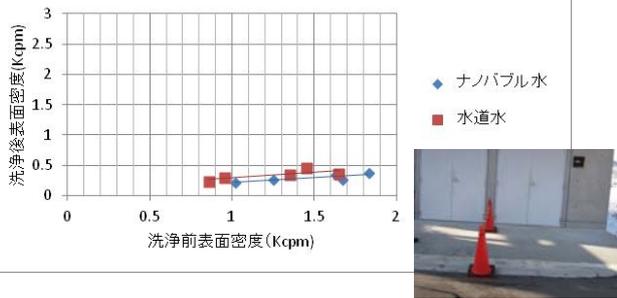
**実施内容**

- 通常の水道水を使って生成させたナノバブル水を用いて除染試験を行う。
- 様々な対象物に対して洗浄試験を行い、除染効果を確認する。
  - ・ 高圧洗浄(コンクリート、樹皮)
  - ・ 拭き取り(ウッドデッキ)
  - ・ 浸漬(砂利)

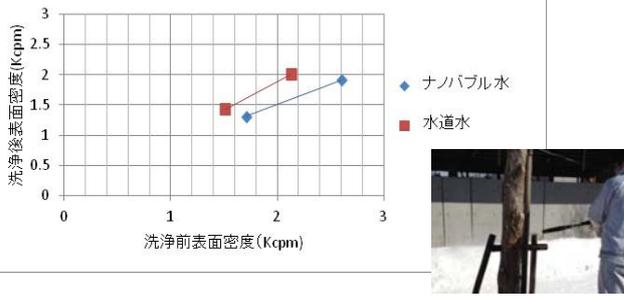


**結果**

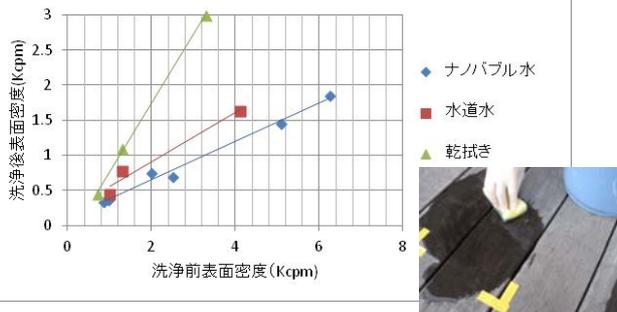
コンクリート舗装面の高圧洗浄  
 (2cmより7.5MPaで10秒)



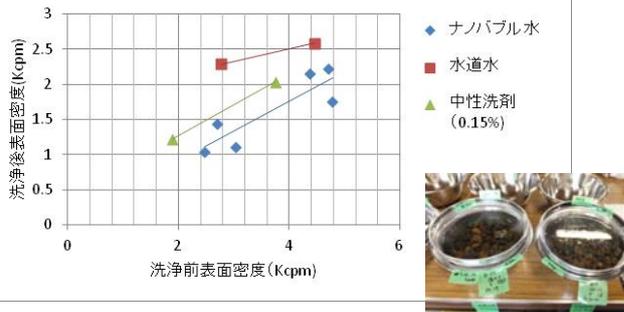
樹木表面の高圧洗浄  
 (5cmより7.5MPaで10秒)



ウッドデッキ拭き取り(スポンジ使用)



砂利の浸漬洗浄(3時間)



- ・ コンクリート舗装面の高圧洗浄の場合、ナノバブル水と水道水はほぼ同等だった。また、樹木表面の高圧洗浄、ウッドデッキ拭き取りの場合についても、ナノバブル水の優位性は僅かであった。
- ・ 砂利をナノバブル水に浸漬した場合には、水道水よりも洗浄効果は高い傾向が見られた。

事業の概要

強力な酸化剤であるオゾン水を用いて、コンクリートやアスファルトに結合している放射性セシウムを構造物から化学的に遊離させ除染する方法について検討する。



オゾン水生成装置の本体

実施内容

モルクラスターオゾン水(高濃度オゾン水)による酸化分解反応が、どのような材質・形状でも、除染に応用できることを実証するため、路面等にオゾン水を噴霧し、除染効果の確認を行う。

【試験条件】

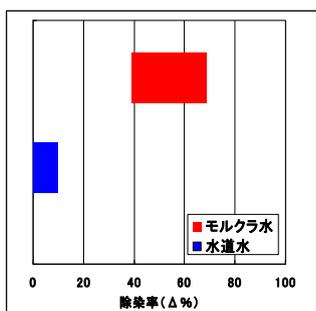
- モルクラスターオゾン水
  - ・ 約40~60ppm
  - ・ 0.3MPa, 数L~数十L/分
- 高圧水道水
  - ・ 8.8MPa, 6L/分

※モルクラスターオゾン水：  
オゾン分子を水クラスターの中に高密度で溶解させたもの。

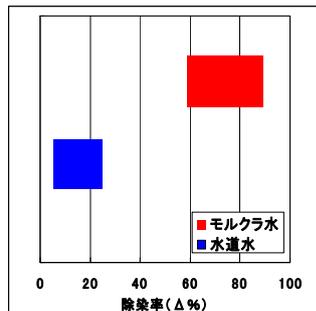


路面・建物の除染

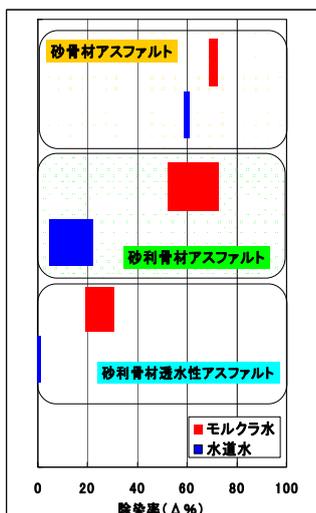
結果



- 硬質コンクリート
- ・ 高圧水道水洗浄の除染率は10%以下。
  - ・ モルクラスターオゾン水の除染率は平均60%。



- 建物
- ・ 高圧水道水洗浄の除染率は20%程度。
  - ・ モルクラスターオゾン水の除染率は約70%。
  - ・ 平滑な塗装面の場合、除染率が高かった。



- アスファルト
- ・ 砂を骨材とする仕上げアスファルト面は高圧水道水でも洗浄できる。
  - ・ 砂利を骨材とする一般的な道路アスファルト面は高圧水道水では20%程度の除染率だが、モルクラスターオゾン水では70%。
  - ・ 砂利を骨材とする透水性アスファルト面は高圧水道水では殆ど除染できなかった。モルクラスターオゾン水では30%程度の除染率。洗浄水が浸透しなくなると除染率は低下。

【安全上の注意点】

- ・ 厚労省の作業環境基準に準拠(環境濃度0.1ppm以下)
- ・ 除染区域を設け、人が侵入しないよう管理
- ・ 除染作業者はオゾン分解マスクを着用
- ・ 環境オゾン濃度、風向、風速を常時監視

- モルクラスターオゾン水による洗浄は、コンクリート、アスファルト、建物等の洗浄において、高圧水道水に比べて除染効果は高い。
- 削取り等構造物の形状を変えずにコンクリートやアスファルト等を除染できる。
- ガス化するオゾンの安全対策が必要。

事業の概要

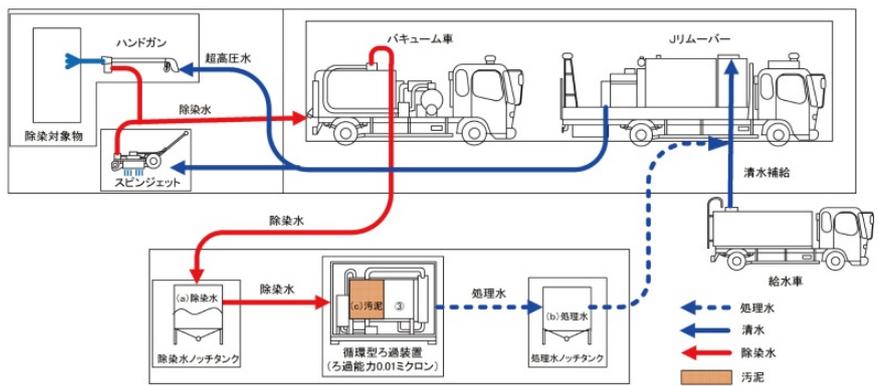
超高压(最大280MPa)水表面処理工法を用いた高压洗浄により、汚染された舗装面等を除染する。また処理水は除染と同時に吸引回収され、Csの除去のための水処理を行う。



スピンジェット  
 福島大学 インターロッキング

実施内容

道路清掃及び路面標識消去に用いる既存の高压洗浄機を応用し、様々な形態の舗装面での除染効果を、様々な吸引圧力別に実証する。また、処理水のリサイクル技術も確立する。



結果

●インターロッキングの除染

表1. 目地砂(乾燥土)の深さ方向の汚染状況

深さ (cm)	134Cs (Bq/kg)	137Cs (Bq/kg)	134Cs+137Cs (Bq/kg)
1	163,000	212,500	375,500
2	70,000	90,900	160,900
3	14,850	19,050	33,900



除染前 除染後  
 1777cpm→101cpm  
 目地深さ約3cm

●密粒アスファルトの除染

《線量 低》  
 0.55μSv/h (高さ1m)

除染前 1710cpm

除染後 41cpm

《線量 中》  
 3.30μSv/h (高さ1m)

除染前 9702cpm

除染後 573cpm

《線量 高》  
 45.66μSv/h (高さ1m)

除染前 53448cpm

除染後 213cpm

●インターロッキングの目地砂を超高压水洗浄で除去することにより、表面汚染を94%低減できた。

表2. 密粒アスファルトの除染(225MPa)

	除染前 cpm	除染後 cpm	低減率 %
線量 低	1710	41	97.6
線量 中	9702	573	94.1
線量 高	53448	213	99.6

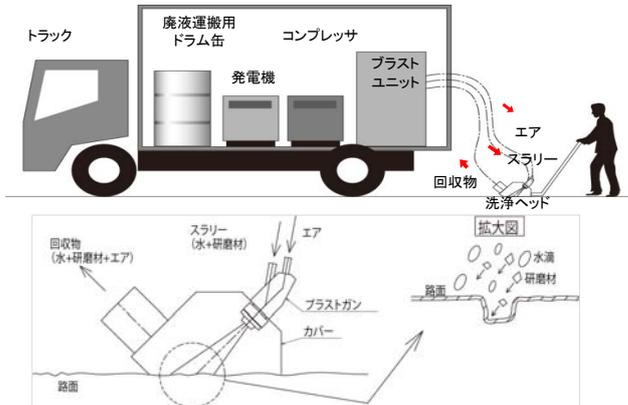
●密粒アスファルトの超高压水除染により、1710～53448cpmの表面汚染が41～513cpmに低減。減率はいずれも94%以上であった。

事業の概要

汚染された舗装面の高圧洗浄は、除染の不十分さや、処理水の漏れいによる二次汚染が危惧される。この解決のためにウェットブラスト装置の製作・試験を実施し、路面の高い除染効果と循環運転の可能性を実証する。

実施内容

水と研磨剤の混合液(スラリー)を高速で噴射し、路面を洗浄・削除するウェットブラスト装置の試作し、実際の道路での除染実証を行う。

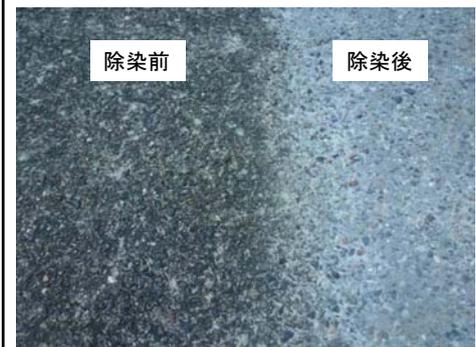


<試験の内容>

- ① 試作した洗浄機が実際の使用に問題が無いか、実用性の確認。
- ② 路面の種類・ブラスト時間の違いによる効果の確認および把握。
- ③ スラッジ回収システムによるスラリー中の微細粒子の回収・除去。



団地内舗装面の除染作業



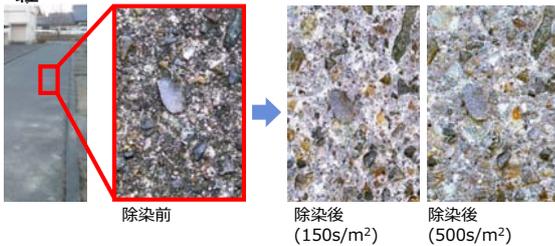
除染前後の舗装面

結果

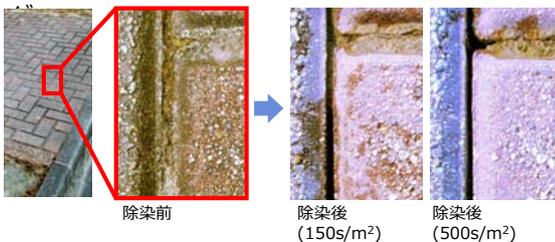
処理時間と除染効果の関係

- ※1 鉛遮蔽による測定をし、バックグラウンドを補正した。
- ※2 除染係数 = 除染後/除染前

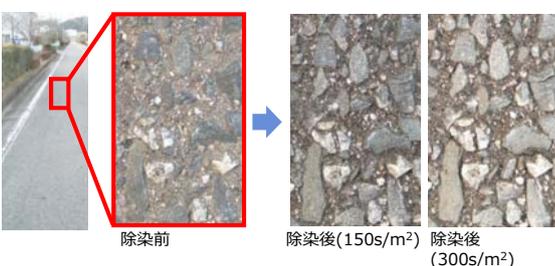
コンクリート舗装



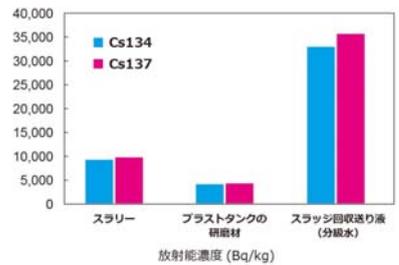
インターロッキング



アスファルト舗装



回収水の処理の結果



いずれのサンプルも、0.2μmのフィルタによるろ過により分離された水の放射能濃度は、すべて検出限界以下。

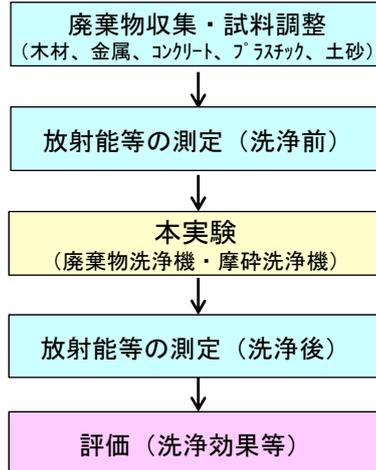
◎ウェットブラストでは、コンクリート、インターロッキング、アスファルトいずれの路面においても1㎡当たり約150秒で放射性物質の60~70%を除去可能。  
◎回収した水・研磨剤等からの放射性物質の除去が可能。

事業の目的

放射性物質で汚染された廃棄物を「廃棄物洗浄機」および「摩砕洗浄機」を使用して洗浄し、対象瓦礫の放射能濃度を低下させ、一般の焼却施設にて焼却等が可能な廃棄物にするなど、中間貯蔵施設へ搬入する廃棄物の量を減らすことを目的とする。

実施内容

- 洗浄は、警戒区域内の瓦礫を対象として、試験用の廃棄物洗浄機及び摩砕洗浄機を用いて洗浄試験を行う。
- 洗浄水はゼオライトろ過を行い、放射能濃度計測後、放水する。
- 洗浄方法、洗浄回数を変更し、洗浄された廃棄物の表面汚染密度、放射能濃度を測定し、洗浄の有効性を検証する。



廃棄物洗浄機  
(洗浄部分：60cm×100cm)



摩砕洗浄機  
(洗浄部分：60cm×100cm)

結果



コンクリート (左：洗浄前、右：洗浄後)

木材 (左：洗浄前、右：洗浄後)

プラスチック (左：洗浄前、右：洗浄後)

金属 (左：洗浄前、右：洗浄後)

土砂 (左：洗浄前、右：洗浄後) (摩砕洗浄)

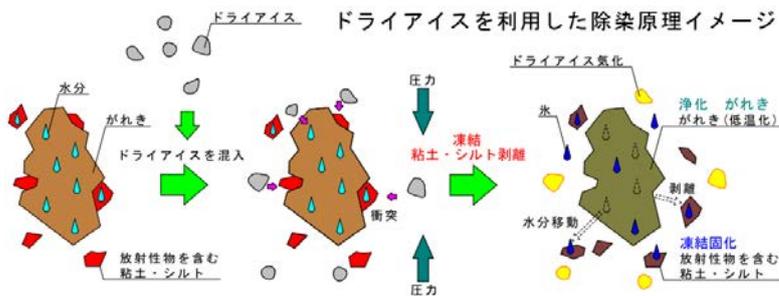
		コンクリート	木材	プラスチック	金属	土砂
洗浄前	放射能濃度平均(Bq/kg)	8,250	2,635	5,080	1,242	16,720
洗浄後	放射能濃度平均(Bq/kg)	2,235	1,552	3,775	576	3,860
放射能濃度低減率		<b>73%</b>	<b>41%</b>	<b>26%</b>	<b>54%</b>	<b>77%</b>

\*1: 廃棄物洗浄後の細粒分をふるい分けした0.5mm以上の土壌際留分をふるい分け前の土壌は20,740(Bq/kg)  
\*2: 摩砕洗浄後の細粒分をふるい分けした0.5mm以上の砂

- コンクリート、木材、プラスチック、金属について廃棄物洗浄機で洗浄することによって、放射能濃度を低減させることができる。
- 材質によって放射能濃度の低減率は26%～77%と異なる。
- 土砂について、摩砕洗浄機で洗浄することによって、放射能濃度を減少させることができる。

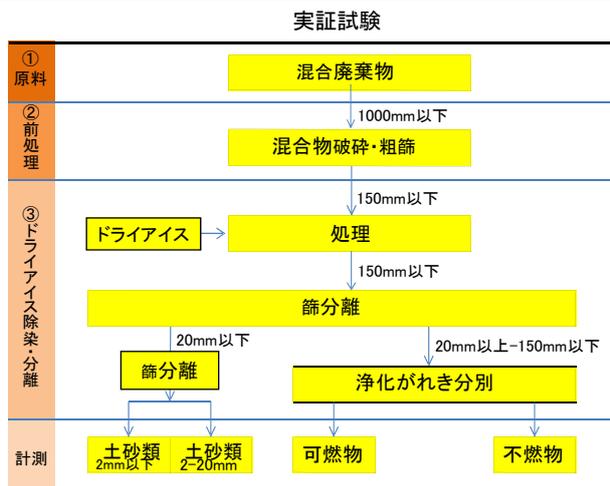
事業の概要

放射性物質に汚染された津波等による災害廃棄物(がれき)を、ドライアイスを利用した乾式方法によって、除染する方法を確立することを目的とする。



実施内容

- ① 放射性物質を含んだ「がれき」を破碎、粗篩の後、ドライアイスと混合する。「がれき」に付着した、粘土・シルトを剥離させ、浄化された「がれき」と放射性物質を含む土砂類を分離する。
- ② 土砂類については、さらに2mmを分級点として篩分離し、2mm以下の土砂類、2mm～20mmの土砂類、20mm以上の可燃物、不燃物の放射能濃度を測定する。



結果

●ドライアイス利用による乾式摩擦除染工程



①ドライアイス投与



②磨砕洗浄機ハリケーンによる洗浄



③分級された2mm以下のガレキ

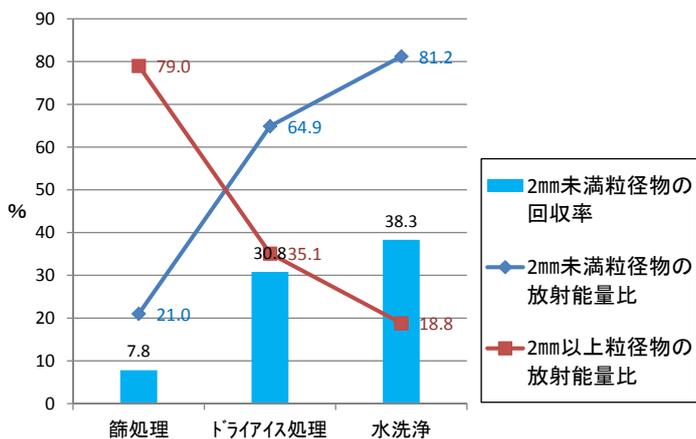


図. ドライアイス利用と他の方法による土壌の洗浄の効果比較

- ドライアイス処理における2mm未満の粒径物の放射能量比は、篩処理の約3倍高い。
- ドライアイス処理は、水洗浄よりも除染効果が低い。2mm未満粒径物の回収率が水洗浄より低く、がれきに付着した、粘土・シルトを剥離させる効果が十分機能していないと考えられる。

ドライアイス処理によるガレキの洗浄は、篩処理よりも除染効果は高いが、水洗浄よりも除染効果は低かった。

事業の概要

宇宙農業構想では、高温好気堆肥菌システムを閉鎖生態系における物質の再生循環利用の要として研究してきた。この宇宙農業研究の堆肥菌システムの成果を活用し、放射性核種で汚染された植物体などを高温好気堆肥菌により生物学的に燃焼して減容化する有効性について実証する。



放射性物質で汚染された植物体



高温好気堆肥菌処理システム



減容化

実施内容

高温好気堆肥菌システムにより、広葉樹の落ち葉、風乾イネ科牧草、野菜等の堆肥化を行う。

高温好気堆肥菌を用いた減容化が、放射能によって大きな変化がなく微生物燃焼(代謝反応によりバイオマスを酸化して水と炭酸ガスを生成)で進むことを確認する。

結果

広葉樹の落ち葉、風乾イネ科牧草、野菜などを、80~100℃の温度で処理したところ、暗色の細かな顆粒と難分解性の硬いセルロース繊維に分解し減容した。



小型減容化装置のなかに落ち葉や種菌などの資材を投入し攪拌。



1日後 落ち葉は小片に分解した。



4日後 落ち葉は顆粒と繊維に分解され反応槽の底部に収まるほどに減容した。

- 処理開始1日以内に水分の蒸発と易分解性成分が分解され乾量ベースで50%減少した。
- 乾量を短期間に減少させるには、高温好気堆肥菌システムの菌叢を処理物の種類にあわせて最適なものとするよう馴化させたり、菌の栄養要求にあわせて適切な副資材を使用しなければならないことが明らかになった。
- 放射能の堆肥菌による減容化への影響は試験した条件の範囲ではみられなかった。

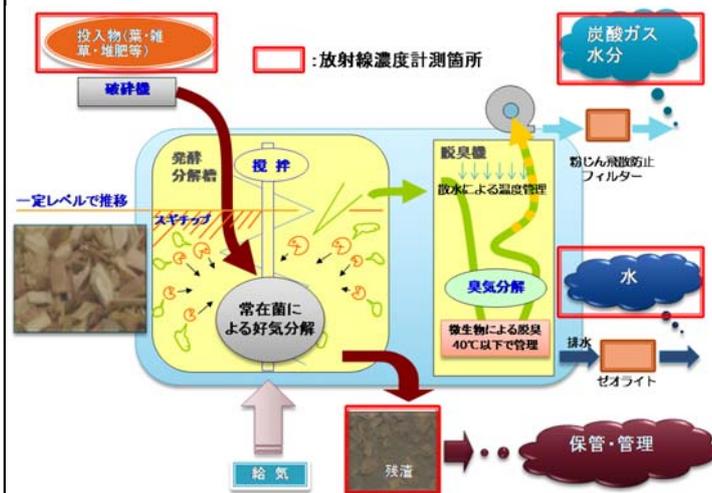
事業の概要

放射性物質を吸収・含有した有機物(除染作業等で発生する伐採樹木や庭木, 放棄農地等で発生する野菜や雑草など)を発酵分解により減容化することで、効率的な除染活動の実現可能性について検討する。

高温好気発酵分解システム



実施内容



- 冬季に落葉しない樹木(葉)や腐葉土、野菜(主に根菜)等を対象とし処理を行い、減容化が高い植物を明らかにする。
- 収集・運搬は、作業効率の向上を図るため、生分解性の袋を用い、袋自体の分解の程度も確認する。
- 処理試料の減容化率と必要日数を把握、評価する。

結果

●各試料の減容化率(重量・体積)

表. 減容化率(重量・体積)

試料名	投入量 (Kg)	処理時間 (h)	重量減容化率 (wt%)	減容化率 [乾燥重量] (Drywt%)	投入体積 [破砕後] (L)	残渣体積 (L)	体積減容化率 (%)
ギンギン	63	92.0	99.3	98.0	400.0	5.0	98.8
根菜	70	66.0	96.4	92.8	130.0	6.3	95.2
松葉	65	69.0	92.8	90.3	430.0	28.0	93.5
杉葉	70	73.5	82.9	78.3	470.0	60.0	87.2
落葉	40	69.5	85.4	84.8	540.0	30.0	94.4

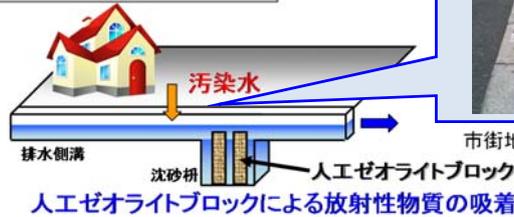


- ギンギン、根菜、松葉、杉葉、落葉のいずれも、重量減容化率は82%以上、体積減容化率は87%以上であった。またいずれも3~4日以内で減容化することができた。
- 本システムの処理によって発生する排気および排水の分析結果はいずれも検出下限値未満であり、放射性物質を外部に飛散させることなく処理できることが確認された。

**事業の概要**

住宅地の排水側溝や集水桝に『人工ゼオライトブロック』を設置し、降雨や洗浄水などから流入する放射性汚染物質を吸着させ、側溝内での汚染物質の堆積や拡散を抑制する。

人工ゼオライトブロック敷設時



市街地の排水側溝と集水桝



**実施内容**

**現地実証試験①(除染工模擬試験)**

現地住居の樋下堆積物などを水に混合し、除染の際に発生する高濃度の模擬汚染水を作製し、人工ゼオライトブロックを設置した模擬水路を流下させることで、除染時のセシウム低減性能を把握する。



模擬水路による吸着効果確認試験



模擬汚染水作製状況

**現地実証試験②(既存水路における吸着試験)**

既存の水路桝等に人工ゼオライトブロックを設置することで、汚染地域の環境水(通常の雨水、湧水等)に含まれる低濃度放射性セシウムを簡易にかつ恒常的に除去し、周辺への汚染拡散を低減できることを確認する。なお人工ゼオライトブロックの性能を確認するため、砕石ブロックを対照試験体として設置する。



**結果**

表1. 模擬水路による浄化実験結果

試料	取水位置	Ge半導体検出器 放射能濃度(Bq/l)			低減率
		Cs-134	Cs-137	計	
ゼオライトブロック	通過前(原水)	9,989	13,241	23,230	46.7%
	通過後	5,239	7,143	12,382	

●人工ゼオライトブロックで放射能濃度を46.7%低減させる効果が確認できた。

表2. 既存水路設置ブロックの放射能測定結果

試料	重量 (kg/ブロック)	Ge半導体検出器 放射能濃度(Bq/kg)		
		Cs-134	Cs-137	計
ゼオライトブロック	2.191	1341	1775	3116
7号砕石ブロック	3.548	563	757	1320

●人工ゼオライトブロックは砕石ブロックの約2倍以上の放射能濃度の低減効果があることが確認できた。

●人工ゼオライトブロックを集水桝等に設置することにより、環境水中の放射性セシウムの低減効果が期待できる。

# フェロシアン化鉄配合吸着凝集沈殿剤を使用した放射能汚染水浄化システムの提案

No.20

69

受託者: 東京工業大学

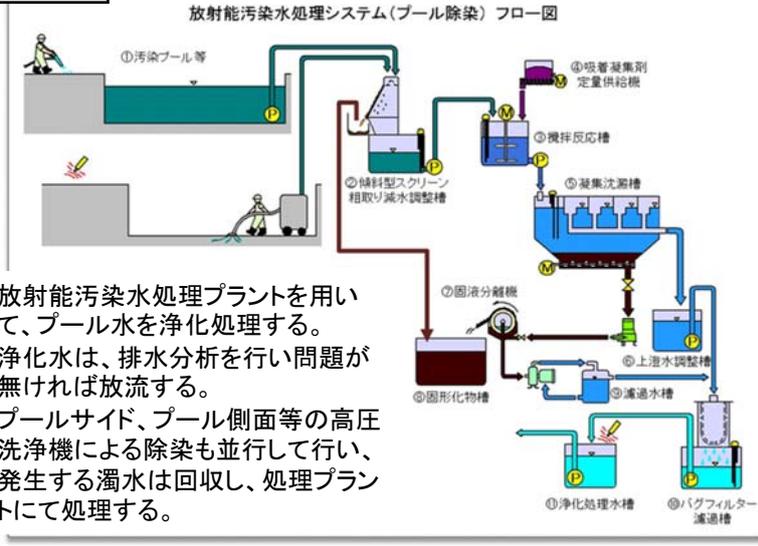
## 事業の概要

フェロシアン化鉄配合吸着凝集沈殿剤による水溶液中のイオン化した放射性セシウムの吸着と、浮遊物質の凝集により、放射性物質を回収する放射能汚染水浄化システムを実証する。また高圧洗浄機の除染の検証を行う。

水処理システム



## 実施内容



- 放射能汚染水処理プラントを用いて、プール水を浄化処理する。
- 浄化水は、排水分析を行い問題が無ければ放流する。
- プールサイド、プール側面等の高圧洗浄機による除染も並行して行い、発生する濁水は回収し、処理プラントにて処理する。



## 結果

70

### ● プール水浄化試験結果概要

処理量	10m <sup>3</sup> /h
吸着凝集剤添加量	0.2%
原水放射能濃度	34 Bq/ℓ ~ 1116 Bq/ℓ
浄化水放射能濃度	ND(10Bq/ℓ以下)
脱水汚泥放射能濃度	29,100 Bq/kg ~ 683,000 Bq/kg
シアン	0.28 mg/ℓ ~ 0.44 mg/ℓ (※フェロシアン化鉄20%配合時)
浮遊物質	7 mg/ℓ ~ 9 mg/ℓ
透視度	0.7 m ~ 1.1 m

- プール水240m<sup>3</sup>を処理した結果、浄化水の放射能濃度は検出限界値(約10Bq/L)以下を達成。
- セシウムイオンが存在しない場合には、フェロシアン化鉄を使用しない場合でも放射性物質の除去が可能。

### ● 高圧洗浄試験結果概要

No.	状況	空間線量 μSv/h			表面汚染密度 Bq/cm <sup>2</sup>
		1cm	50cm	100cm	
高圧洗浄 25~30MPa	除染前	0.869	0.733	0.647	13.12
	除染後	0.527	0.518	0.544	3.51
	除染前	1.138	1.497	1.239	14.94
	除染後	0.617	0.905	0.907	6.40
	除染前	0.772	0.778	0.788	10.19
	除染後	0.544	0.658	0.692	4.57
超高圧洗浄 250MPa	除染前	アスファルト 削り厚 0.5mm			40.07
	除染後	アスファルト 削り厚 0.5mm			1.54
	除染前	コンクリート 削り厚 0.5mm			16.34
	除染後	コンクリート 削り厚 0.5mm			1.59

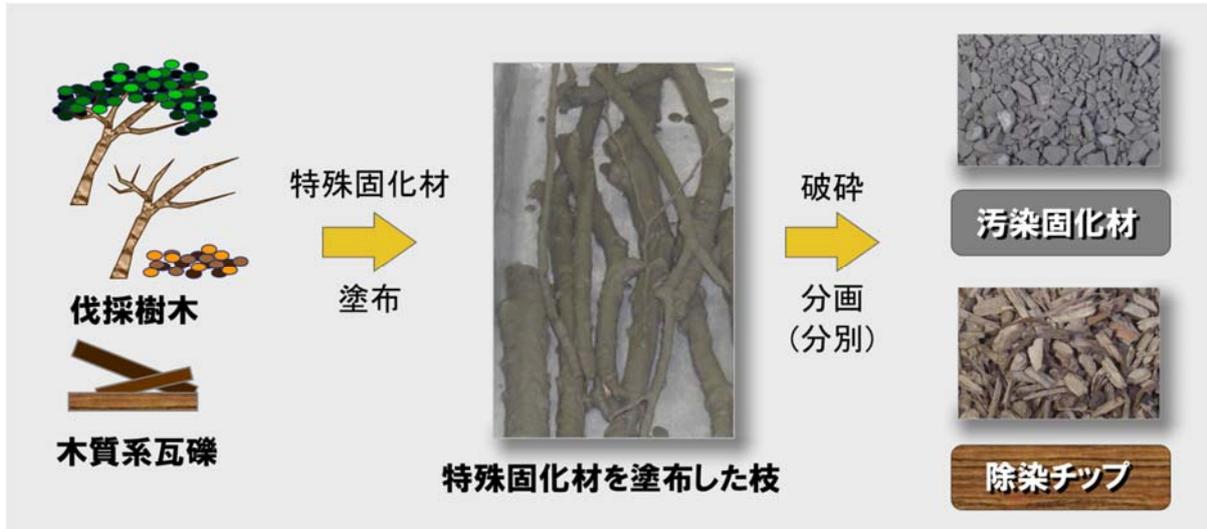
- 高圧洗浄機での除染率は概ね45%程度。除染対象の表面に傷や割れがある場合には除染効果が低下した。
- 超高圧洗浄を行った路面では、アスファルトもコンクリートも除染率は90%以上であり、2Bq/cm<sup>2</sup>以下まで低下した。

事業の概要

伐採樹木や木質瓦礫の表面に固化材を塗布した後に、チップパーにより破碎し、固化材(放射性セシウムを吸着)と除染されたチップとして分画・回収する方法について実証試験を行う。

実施内容

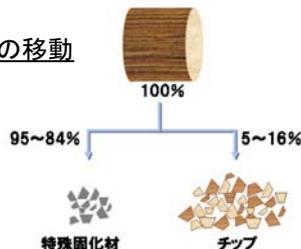
- ① 固化材の選定と散布方法の検討および破碎時の固化材の把握
- ② 固化材と木質チップの破碎状況に応じた分画方法の検討および分画装置を用いた分離効果、回収率の確認
- ③ 本工法の適用による除染効果、作業効率等の測定



結果

- 放射性セシウムの固化材への移行  
固化材には普通ポルトランドセメント等3種類を選定し、塗布方法はコテ塗りを採用。

放射性セシウムの移動

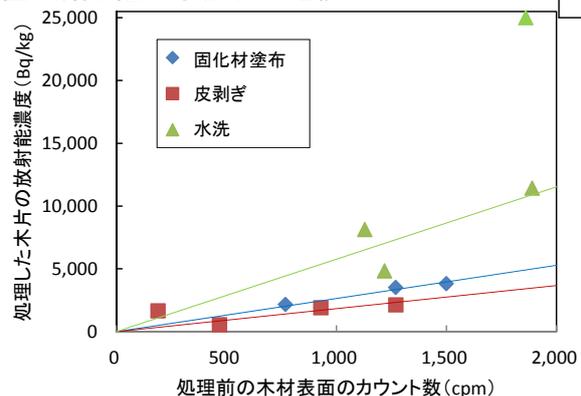


- 立ち木への適用を模擬

- 立ち木を想定し、固化材を木(コナラ)へ塗布し、乾燥後ハンマーで木を叩いて回収。
- 除染後、木の表面線量率は約80%低減。



- 固化剤と他の手法との比較



固化剤塗布は、皮剥ぎに比べて除染効果が多少劣るが、水洗に比べれば除染効果は2倍程度高い。(直線の傾きが大きいかほど除染効果は小さい。)

- 回収した固化材に移行した放射性セシウムは、固化剤分離前の84~95%であり、固化材の塗布、破碎、剥離により放射性セシウムが除去できることが確認された。
- 固化材塗布は、水洗よりも除染効果が高いが、皮剥ぎに比べると除染効果は劣る。
- 立ち木への適用については、幹に塗布した固化材をハンマーで破碎することにより、表面線量率は約80%低減。樹皮の剥離等を伴うことに注意が必要。

事業の概要

チップの生産過程で発生する樹皮(バーク)の水洗浄による除染およびその効果確認を行う。除染効果が低く再利用\*1不可能なバークは小型焼却炉による焼却処理、減容率の確認を行う。

実施内容

- 木材・樹皮に対し、各種洗浄方法を実施し、除染の効果を確認する。
- 洗浄による除染効果の低いバークの、小型焼却炉による焼却処理の実施。
- バグフィルタおよびHEPAフィルタの放射性Cs補足状況\*2を調査し、焼却炉に必要な機能の検証を行う。

\*1 肥料・土壌改良資材・培土中に含まれることが許容される最大値400ベクレル/kg(製品重量)  
「放射性セシウムを含む肥料・土壌改良資材・培土及び飼料の暫定許容値の設定について」(平成23年8月1日農林水産省)。

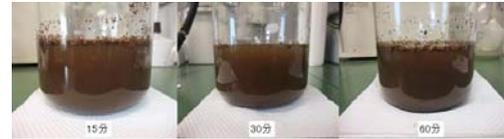
\*2 排ガス中の放射能濃度基準  
Cs134の濃度/20 + Cs137の濃度/30 ≤ 1  
「平成23年環境省令第33号 第33および35条」より



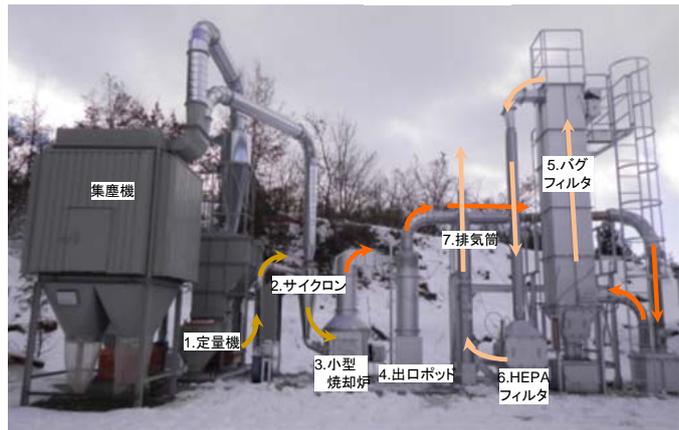
加温浸漬洗浄



超音波洗浄



攪拌洗浄



小型焼却炉外観

結果

●バーク洗浄試験結果(除染率)

		浸け置き		攪拌洗浄	超音波洗浄
処理時間		458時間	1時間	1時間	1時間
その他の条件		室温	40-100℃	攪拌時間15-60分	周波数28-100kHz
除染率	常緑樹 約700Bq/kg	38%	-	39%	17~33%
	落葉樹 約2000Bq/kg	20%	5-32%	45%	13~21%

- 浸け置き、攪拌洗浄、超音波洗浄の中では、攪拌洗浄の除染率が高く、1時間で放射能濃度は約50%低減。
- 洗浄水の温度が高いほど除染効果は大きい。
- 超音波洗浄では、顕著な周波数依存はみられない。

●バーク燃焼試験結果

		バーク	主灰 (焼却炉内)	飛灰1 (出口ポット)	飛灰2 (バグフィルタ捕)
常緑樹	減容化率: 96.4%				
	放射能濃度[Bq/kg]	986	4010	8110	37900
	重量[kg]	111.2	1.37	2.21	0.41
落葉樹	減容化率: 95.4%				
	放射能濃度[Bq/kg]	2020	14900	20300	137000
	重量[kg]	151.1	2.76	3.74	0.39

- バグフィルタ出口にて採取した排気ガスの放射能濃度は検出限界未満(約0.4Bq/m<sup>3</sup>)。
- 運転中の空間線量もバックグラウンド程度であった。
- バークなどの可燃物減容化が確認できた。
- 焼却炉を長時間運転させる際の管理方法等については今後の検討が必要。

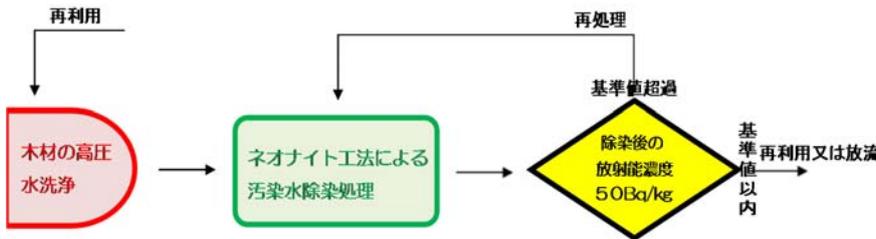
事業の概要

放射性物質で汚染された原木やガレキ等の木質資源を除染しながら、有効利用するしくみを検討する。  
また除染により発生した汚染水を吸着剤(ネオナイト)で処理する方法を実証する。



除染設備全体

実施内容



- ① 汚染された木質バイオマス、高圧水洗浄で除染する。
- ② 除染で発生した汚水・汚泥等は吸着材により放射性物質を吸着させ分離する。処理後の水が基準値以内であれば再利用または放流する。



木材洗浄ユニット  
(高圧水洗浄)



吸着剤

結果

表. 木材の洗浄率

	洗浄条件	表面汚染密度 (Bq/cm <sup>2</sup> )		除染率 (%)
		洗浄前	20分洗浄後	
ナラ	常温	36	2.4	93
	40°C	29	2	93
	80°C	28	1.6	94
ミズキ	常温	3.8	0.9	76
	40°C	4.4	1.1	75
	80°C	27	1	96
スギ	常温	34	7.2	79
	40°C	22	4.1	81
	80°C	4.3	0.8	81
クリ	常温	2.3	0.2	91
	40°C	0.3	0.09以下	70以上
	80°C	0.5	0.09以下	82以上

木材の洗浄では、除染率は木材の種類によって異なったが、温度が高く、洗浄時間が長い(今回の試験では最大20分)ほど除染の効果が高くなった。このため、洗浄時間を20分で行うこととした。



洗浄後の木材



木材の除染により発生した水



吸着剤により処理された水

※ 除染により発生した水の放射能濃度  
最大5,890Bq/kg → 検出限界値(約30Bq/kg)以下

- 高圧水洗浄により木材を70～96%の洗浄率で除染できることが確認された。
- 吸着剤により除染により発生した汚染した水を検出限界値未満に処理することができた。

事業の概要

森林内の間伐量等による空間線量率の変化を確認することにより、森林の放射線量低減技術の実証を行う。  
 また森林作業(下刈、除伐、間伐)に伴う粉塵等の飛散量および放射性物質濃度を検証する。



下草・落葉層の除去作業



間伐木の搬出

実施内容

以下のような森林内間伐等により空間線量率の変化を確認する。

- ① 60m × 60m程度の森林内の落葉層除去、間伐による空間線量率の変化。
- ② 里山の落葉層除去、枝打ち、間伐による空間線量率の変化。
- ③ 森林内の実証作業中の粉塵の吸い込み評価。

実施内容のイメージ

空間線量の測定

ハイボリュームエアサンプラー

粉塵測定

結果

【空間線量の推移】

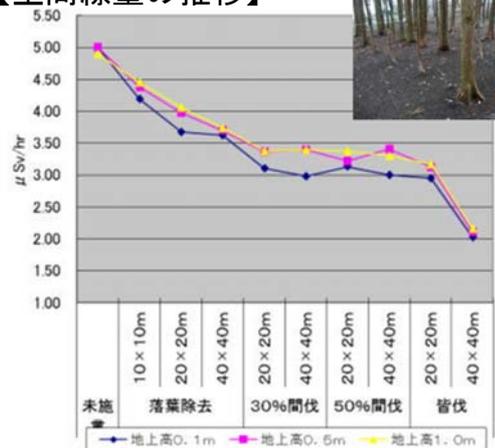


図1. 針葉樹林

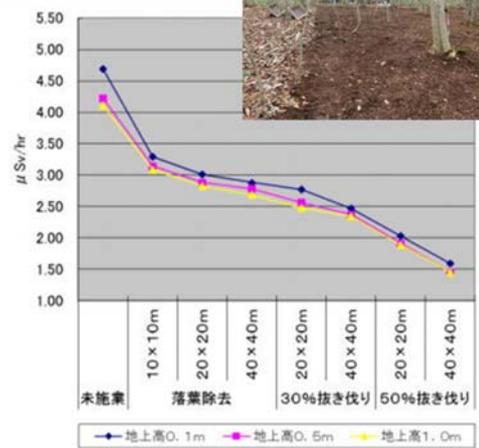


図2. 広葉樹林

【粉塵等の調査】

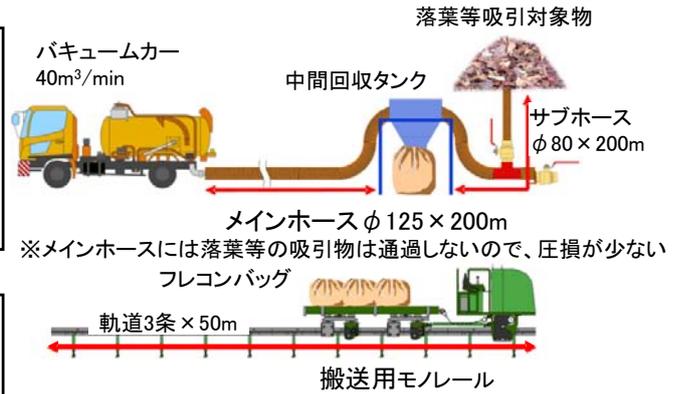
● 森林作業時に舞いあがる粉塵調査では、1μSv前後の森林においては、放射能濃度は<sup>134</sup>Csで $1.7 \times 10^{-7}$ から $6.9 \times 10^{-6}$ Bq/L、<sup>137</sup>Csで $3.9 \times 10^{-7}$ から $9.8 \times 10^{-6}$ Bq/Lであった。これらは規定値<sup>134</sup>Csで $2 \times 10^{-3}$ Bq/cm<sup>3</sup>、<sup>137</sup>Csでは $3 \times 10^{-3}$ Bq/cm<sup>3</sup>よりも大きく下回った。

- 落葉除去と30%間伐を組み合わせれば、針葉樹林で約30%、広葉樹で約40%の低減化が図られる。伐採による除去物の量は膨大となるため、除去物のエネルギーへの活用等、軽減化の手段を見いだす必要がある。
- 1μSv前後の森林では、森林作業時に舞い上がる粉塵による被ばくの影響は小さいが、マスク、簡易防護服、ゴーグル、ゴム手袋等を装備することが必要。

事業の概要

汚染された森林内落葉等を安全かつ効率的に除去・回収する技術の確立。3つの技術を組み合わせることで効率化を図る取り組みの継続的な活用を実規模で確認する。

- 一般的なバキュームカーを用いた落葉吸引除去
- 吸引配管途中に設けたタンクによる中間回収
- モノレールによる回収物の運搬



※メインホースには落葉等の吸引物は通過しないので、圧損が少ない

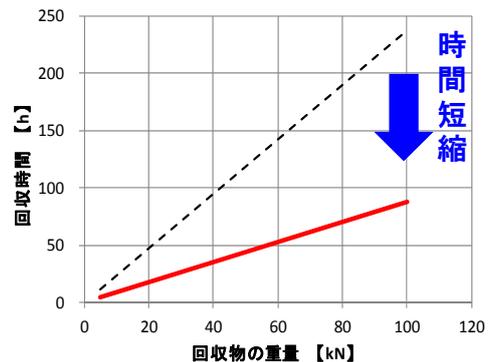
実施内容

- ホース長さを変数とした吸引量試験  
メインとサブのホースの組合せ18ケースついて、同量の落葉に対する吸引時間を測定した。
- 林野における作業効率試験  
通常型および改善型(図1-2)それぞれで10m x 10mのエリア内で吸引回収を行い、回収物重量と作業時間を測定した。

結果

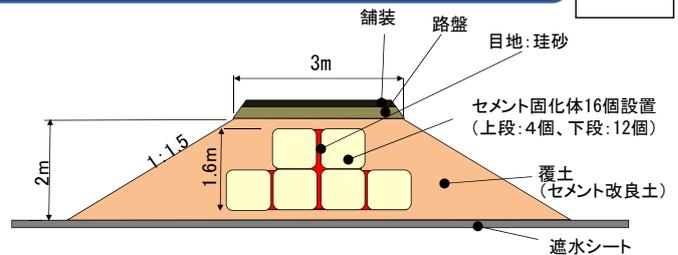
- 中間回収タンクおよびモノレールのない通常型と本提案の改善型で比較した結果。
- 吸引作業の限界距離: 150%向上(最小吸引量を0.03kN/minとした場合)通常型400mに対して改善型600mの結果が得られた。
- 作業効率(右図): 37%向上(回収重量を100kNとした場合)
- 落葉回収作業のコスト: 同等(多量の落葉等を回収する場合)

◎落葉回収作業の作業効率の比較



事業の概要

低濃度の汚染土をセメント等の固化材を混合して固化し、路体材として安全に活用する技術の確立を目指す。現地で有効利用が求められる高炉スラグやフライアッシュ、地域によっては調達しやすい海水を使用し、安価で効率的な改良方法を確認した。



実施内容

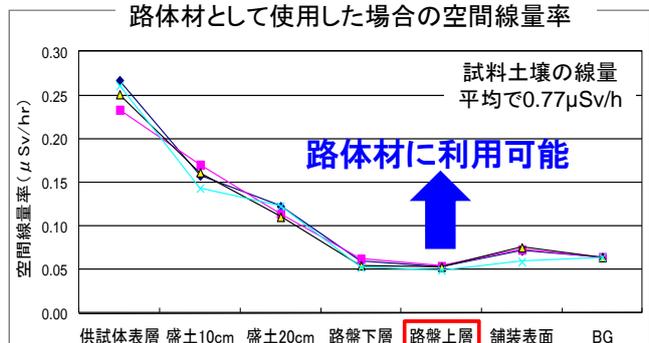
- 固化材配合選定  
固化後の強度、放射能濃度、材料コストを比較する。
- 固化体の製作しやすさ確認  
土壌の配合・フレコンバッグ詰込作業の所要時間を測定する。
- 実規模モデルの道路盛立て施工性確認  
実際のサイズで道路盛立てをし作業性を確認する。



結果

- 最適な固化材の配合(目標強度の2倍を確保)  
普通セメント75%、フライアッシュ25%、  
添加量270kg/m³(スラリー添加)
- 固化体製作の所要時間: 1固化体あたり45分
- 路体材に利用した場合の空間線量率:  
バックグラウンドと同程度
- コストメリット: 産業廃棄物処分費用と同等以上

路体材として使用した場合の空間線量率



## 森林除染事業の効率化実証試験等

### ③アスファルト舗装道路の切削除去に際して発生する放射性廃棄物の減容化

81

#### 事業の概要

道路舗装合材からストレートアスファルトを抽出することにより、放射性物質が付着しているストレートアスファルトと骨材を分離し、骨材を有効利用することで除去物を減容する技術の確立を目指す。

#### 実施内容

- 切削深さ確認試験  
舗装合材の種類による放射性物質の浸透深さの違いを確認する。
- アスファルト抽出試験  
3種類の抽出方法について試験を実施。
  - ・燃焼式抽出(高温でアスファルトを燃焼させて分離)
  - ・アブソン式抽出(溶剤を混合して過熱して分離)
  - ・遠心分離式抽出(溶剤を混合しながら遠心力を加えて分離)

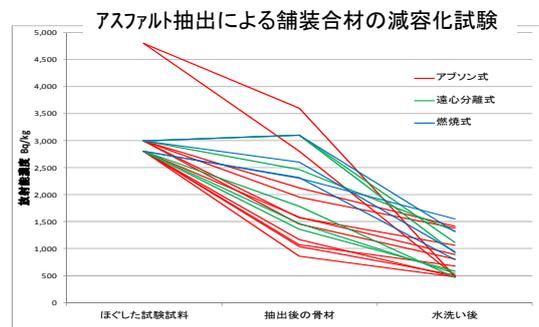
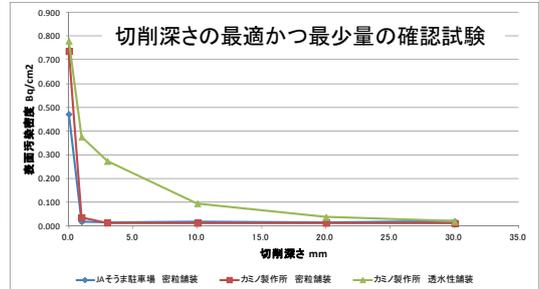
#### 結果

- 舗装種類による放射性物質の浸透深さの違いを定量的に確認。  
⇒汚染度合の深さに対応した切削深さを設定することで除染率を効率的に向上できる。
- ストレートアスファルトと骨材との分離により、放射能濃度を低減でき、放射性廃棄物を減容できることを確認した。また、分離後の骨材を水洗いし、細粒分を除去すると、放射能濃度がさらに低減することを確認した。  
⇒ストレートアスファルトに限らず、75 $\mu$ m以下の細粒分にも放射性物質が付着していると推定される。  
⇒減容率:89.6%(抽出後水洗いした場合)



アブソン式

遠心分離式



82



ご清聴、ありがとうございました。



日本原子力研究開発機構

# 除染モデル事業等の 成果について

除染技術実証推進委員会委員長

石樽 顕吉

## 1. 得られた成果

### ① 除染モデル実証等

- ・線量や土地利用状況等に応じて様々な除染技術を適用  
除染係数、除去物発生量、工数、費用、作業安全、適用の留意点等の知見のまとめ。本格除染に向けた技術基盤整備。

(面的除染)

- ・除去物発生量の大部分を占めるのは表土の除去量  
剥ぎ取り厚さは、放射性セシウム濃度の深さ方向分布、除染目標等を考慮した予測解析等を踏まえ合理的に設定可能。

(異なる除染対象ごとの知見)

### ○道路

- ・放射性セシウムは、アスファルト舗装面表面のごく近傍(数mm程度)に大部分が付着・残留。
- ・切削厚さを可能な限り薄くすることにより発生除去物量を減らしながら、高い除染効果を達成すること可能。

## ○農地

- ・表層～深さ約5cmに80%以上の放射性セシウムが付着・残留する傾向。
- ・放射性セシウムの深度分布を調査し、攪拌耕・反転耕・天地返し・表土剥ぎ取りの深さを決定し実施する事が有効。
- ・除去土壌の発生がない反転耕、天地返しは、表土剥ぎと同等の線量低減効果。

## ○宅地・建造物

- ・放射性セシウムは、土埃等が、雨の流れによってたまる場所（雨樋、雨だれ部）に特に多く残留。
- ・土埃等が流れ落ちる壁面では、表面汚染密度は比較的低い。
- ・屋根ではその材質に依存し、特定箇所に付着・残留する傾向。
- ・雨樋の堆積物を除去し、屋根の付着・残留箇所を拭き取ることによって高い除染効果。
- ・室外の除染効果が室内の線量低減に寄与。

## ○森林

- ・生活圏に隣接する森林の除染（森林の奥部方向に10m程度のリター層の除去）は、生活圏の放射線量を下げる上で効果的。
- ・落葉樹林と常緑樹林の間で状況の相違に注意する必要があるが、落ち葉・腐葉土・表土の除去は何れにも有効。傾斜地は土砂流失に要留意。

## ②除染技術実証試験

- ・今後の除染をより一層効率的、効果的に推進するために、幅広い分野から技術を発掘する目的で公募により実証試験を実施。
- ・いくつかの技術については適用可能なものがあると認識。
  - ・特に、超高圧水による舗装面の除染については実用レベル。
  - ・土壌の分級・洗浄や添加剤を利用した加熱によるセシウム除去は、効果が期待できる。
- ・今後、経済性等の課題をクリアして実用化されていくことが望まれる。

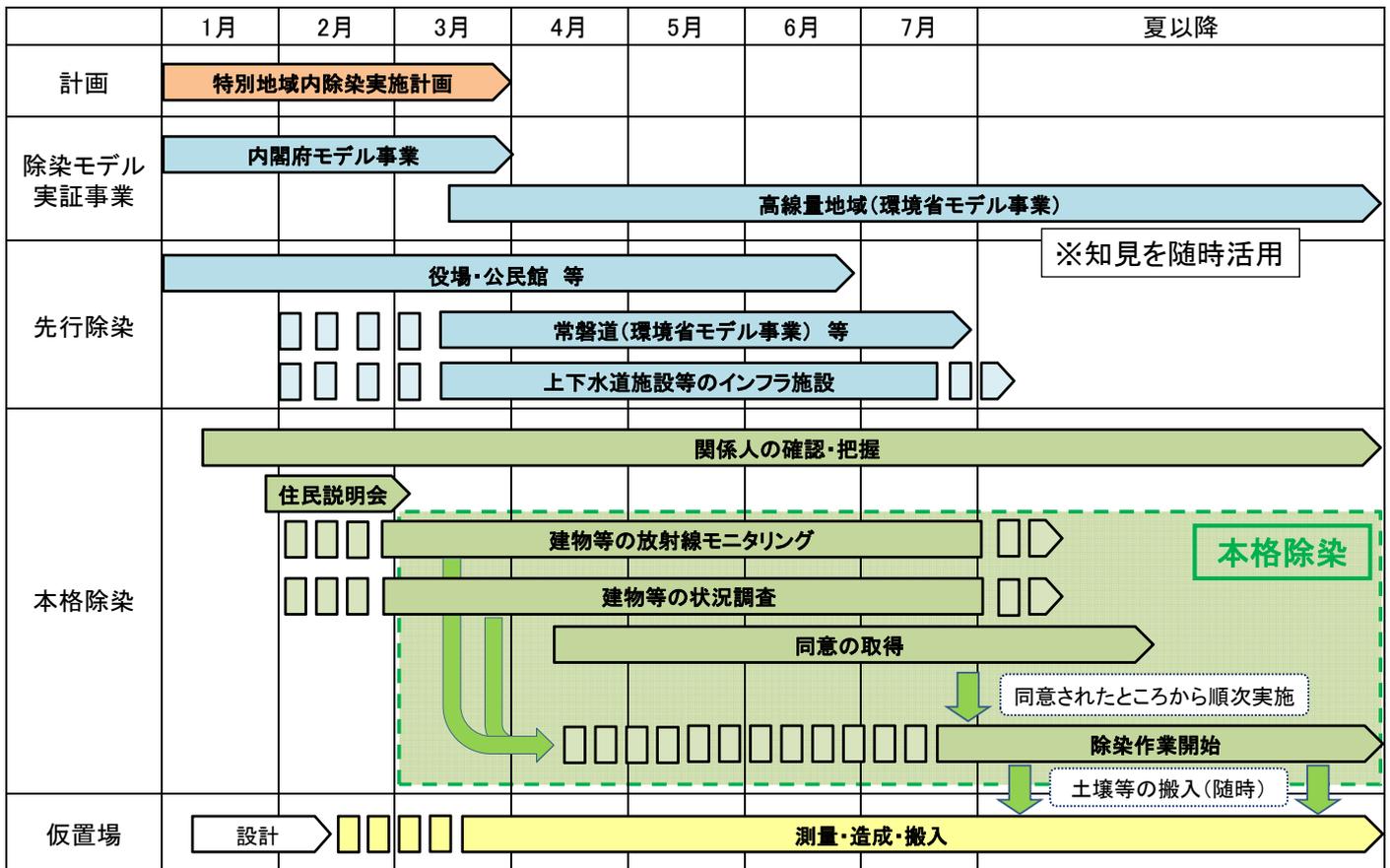
## 2. 今後の課題

- ・放射線量等の測定結果や除染係数の設定等における誤差要因を排除するための手続きと誤差要因を分析するための記録録取のあり方。
- ・除去土壌や廃棄物を増やさぬための適切な分別と管理。
- ・成功例ばかりでなく、予想外となった事例等の取り纏め。
- ・得られた教訓を含む情報の体系化と共有化。
- ・人材育成・教育。
- ・住民との連携・協力の強化。
- ・一つの除染技術だけで問題の解決は困難。
- ・今後とも技術の発掘や高度化のための不断の努力が必要。

# 除染の今後の取り組み

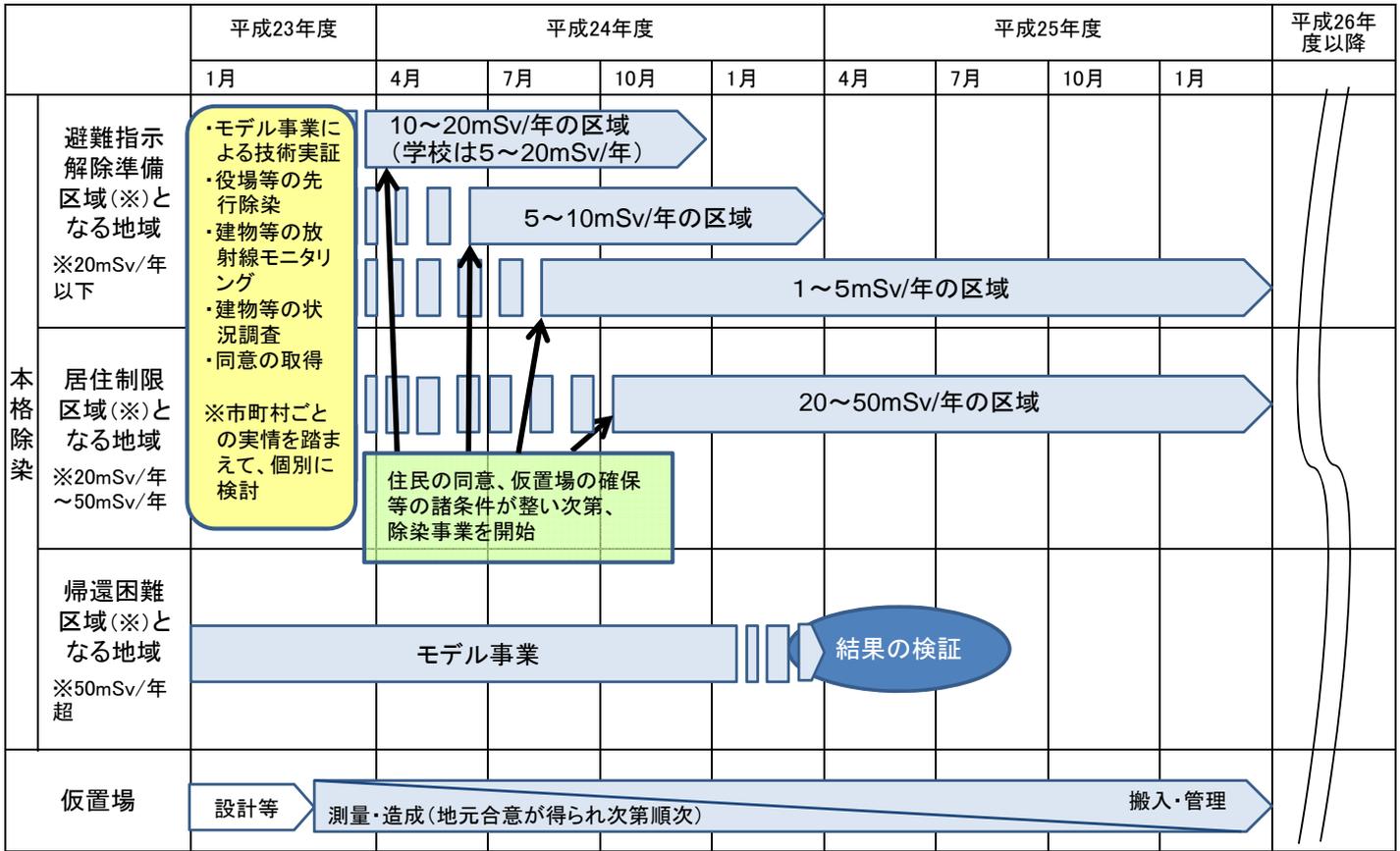
平成24年3月26日  
環境省

当面の除染特別地域の除染工程表



※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

## 新たな避難指示区域ごとの除染工程表



※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。

## 除染工程の一連の流れ

