

丸森町における実証事業の 実施状況について

令和5年2月27日
環境省 環境再生・資源循環局
環境再生事業担当参事官室

1. 丸森町における実証事業について

- (1) 概要
- (2) 実証事業の流れ
- (3) 測定項目
- (4) 埋立方法
- (5) 分別作業の様子
- (6) 実証事業の経過

2. 放射性Cs濃度の推計について

- (1) 表面線量率と放射性Cs濃度の関係
- (2) 放射性Cs濃度の推計と重量との関係
- (3) 放射性Cs濃度の推計結果

3. 分別の結果（速報）

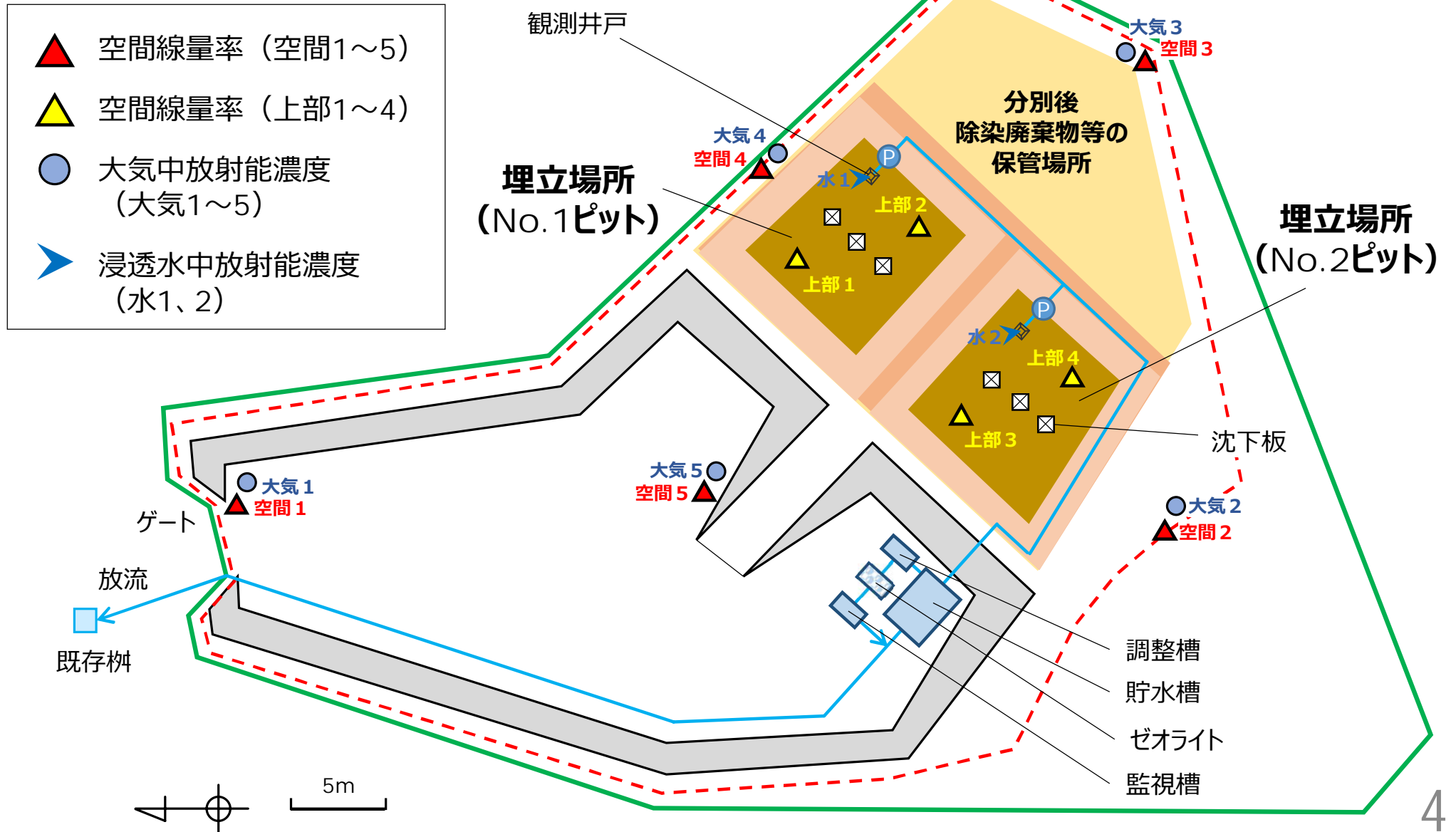
- (1) 分別物の概要
- (2) 分別物の重量割合
- (3) 除去土壌等の組成
- (4) 分別の結果

4. 実証事業のモニタリング結果

- (1) 作業者の個人被ばく線量
- (2) 大気中の放射能濃度
- (3) 空間線量率
- (4) 浸透水中の放射能濃度
- (5) 埋立場所の沈下量

1. (1) 概要 (埋立平面図)

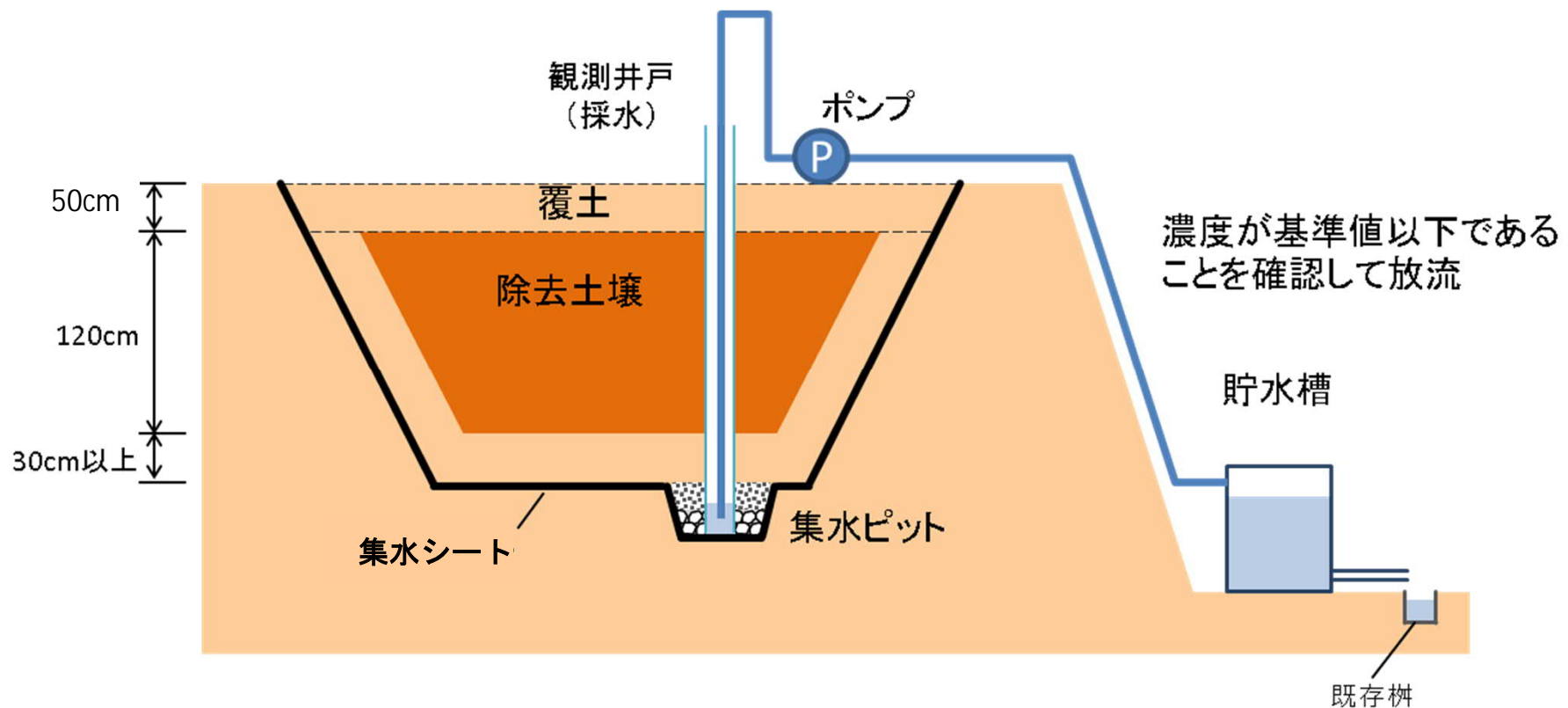
埋立平面図



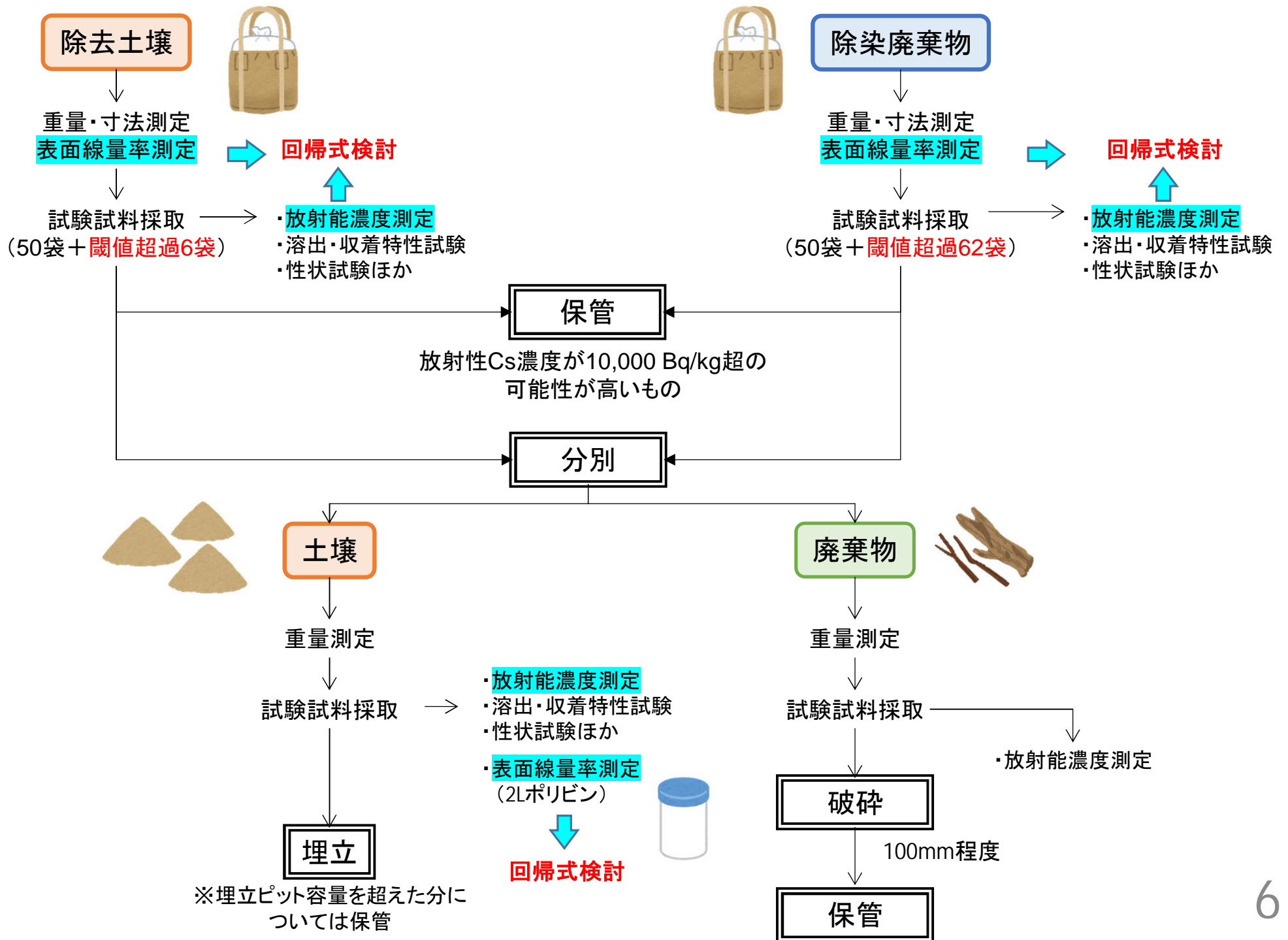
1. (1) 概要(埋立断面図)

埋立断面図

- 除去土壌の埋立場所に降った雨を集水ピットに集める
- 採取した浸透水の放射性セシウム濃度を測定
- 覆土厚は、廃棄物処分場における飛散流出防止対策としての覆土厚及び再生利用に係る実証事業における覆土厚を参考に50cmに設定



1. (2) 実証事業の流れ



1. (3)測定項目①

■埋立場所での測定項目

区分	測定データ項目	作業前	作業中 (取り出し・分別・埋立)	埋立終了後
埋立場所 及び 周辺環境	大気中の放射性Cs濃度	○ (1回)	○ (1回/週)	○ (1回/月)
	空間線量率(敷地境界)	○ (1回)	○ (1回/日)	○ (1回/週)
	空間線量率(埋立場所上部)			○ (1回/週)
	浸透水の放射性Cs濃度			○ (1回/週)
	埋立場所の沈下量			○ (1回/月)
作業者	個人被ばく線量		○	○
	作業時間、作業内容		○	○
除去土壌等 (容器ごと)	重量		○	
	表面線量率		○	
	寸法(サンプル調査)		○	

1. (3)測定項目②

■サンプリング調査・ボーリング調査による測定項目

測定データ項目	除去土壤		除染廃棄物			ボーリング調査		
	分別前	分別後 土壤	分別前	分別後		健全土	自然 土壤	埋立 土壤
				土壤	廃棄物			
試料対象数	56	56	112	112	112	5	5	8
基礎性状試験 (①～⑧)*1	○	○	○	○	—	○	○	○
基礎性状試験 (⑨放射性Cs濃度)	○	○	○	○	○	○	○	○
溶出特性試験	○	○	○	○	—	○	○	○
収着特性試験	○	○	○	○	—	○	○	○
かさ密度	○	—	○	—	—	—	—	—

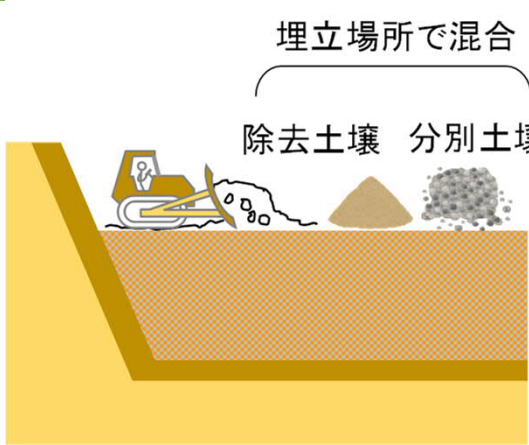
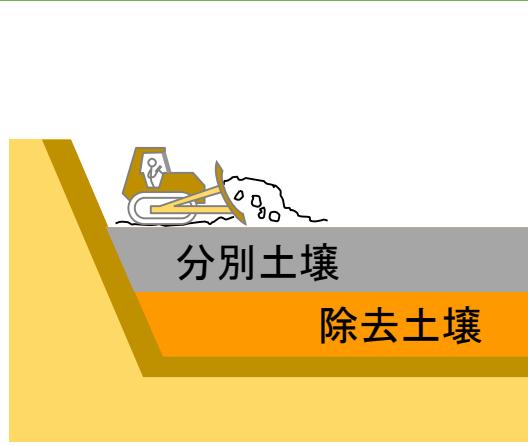
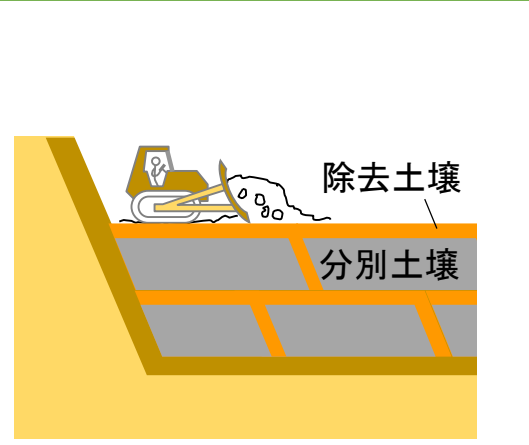
*1) ①湿潤密度、②自然含水比、③土粒子密度、④粒度分布(重量分布)、⑤pH(水素イオン濃度)、⑥EC(電気伝導度)、⑦強熱減量、⑧熱勺減量

- 今回は基礎性状試験(⑨放射性Cs濃度)、かさ密度に関して報告
- 基礎性状試験(①～⑧)、溶出特性試験、収着特性試験及びボーリング調査については現在実施中または結果とりまとめ中であるため、次回検討チーム会合において報告予定

(前回資料)埋立方法

分別の結果(分別土壌の量、放射性Cs濃度)を踏まえて、除去土壌と分別土壌の混合比や埋立方法を決定する。(2パターンを比較予定)

埋立方法

案1:混合方式	案2:交互/層状方式	案3:セル方式
埋立場所において除去土壌と分別土壌を混合しながら埋め立て	まず除去土壌を埋め立て、次にその上部に分別土壌を埋め立て(層数は様々)	分別土壌を除去土壌で包み込むように埋め立て
		


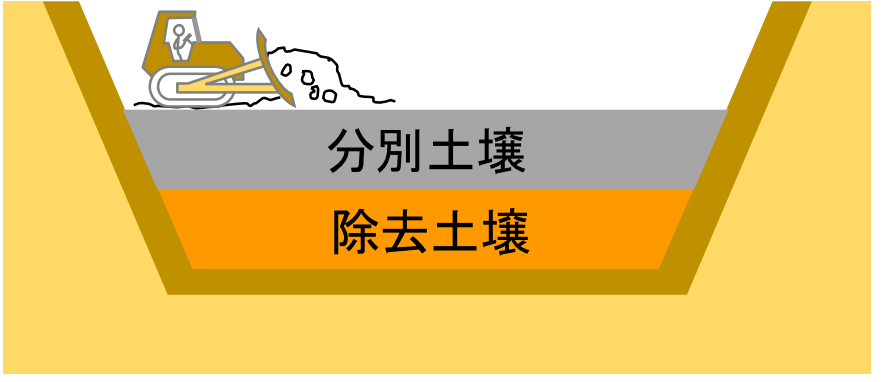
実証事業での確認項目・課題

- 作業性
- 現場混合や埋立作業で発生する粉じん等による周辺環境への影響
- 期待される土壌の吸着効果やフィルター効果による浸透水への放射性Cs溶出

1. (4) 埋立方法

- これまでの実証事業との比較の観点からNo.1ピットには除去土壤のみを埋立
- No.2ピットには、現場での作業効率等の観点から、交互/層状方式を採用。除去土壤及び分別土壤(除染廃棄物から分別した土壤)を二層にして埋立

埋立方法

ピット	No.1	No.2
埋立対象物	除去土壤: 88.7m ³	除去土壤: 44.3m ³ 分別土壤: 44.3m ³
埋立方法		

※埋立に使用しなかった分別後の土壤は保管

1. (5) 分別作業の様子

内容物の確認



試料採取



分別 i _破袋作業



分別 ii _分別開始



分別 iii _分別後の土壌



1. (6) 実証事業の経過

手順1 掘り起こし



令和3年12月～令和4年3月

手順2 分別



令和4年3月～8月頃

手順3 埋立



令和4年8月頃～10月

手順4 モニタリング



令和4年10月～

(実証事業着手前)



※R3年12月撮影

(作業後)

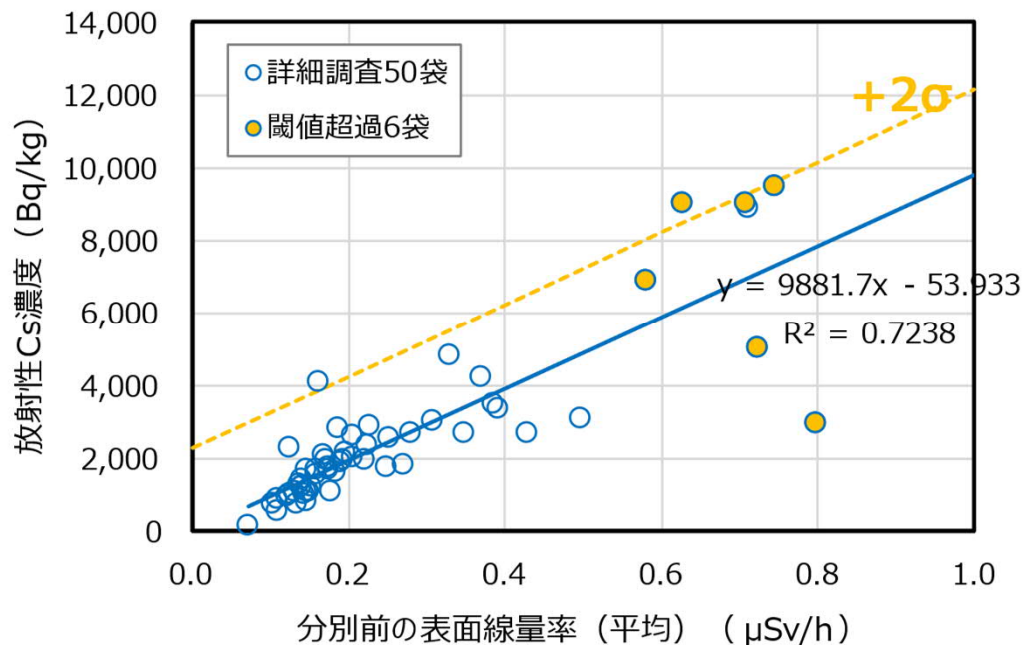


※R4年11月撮影

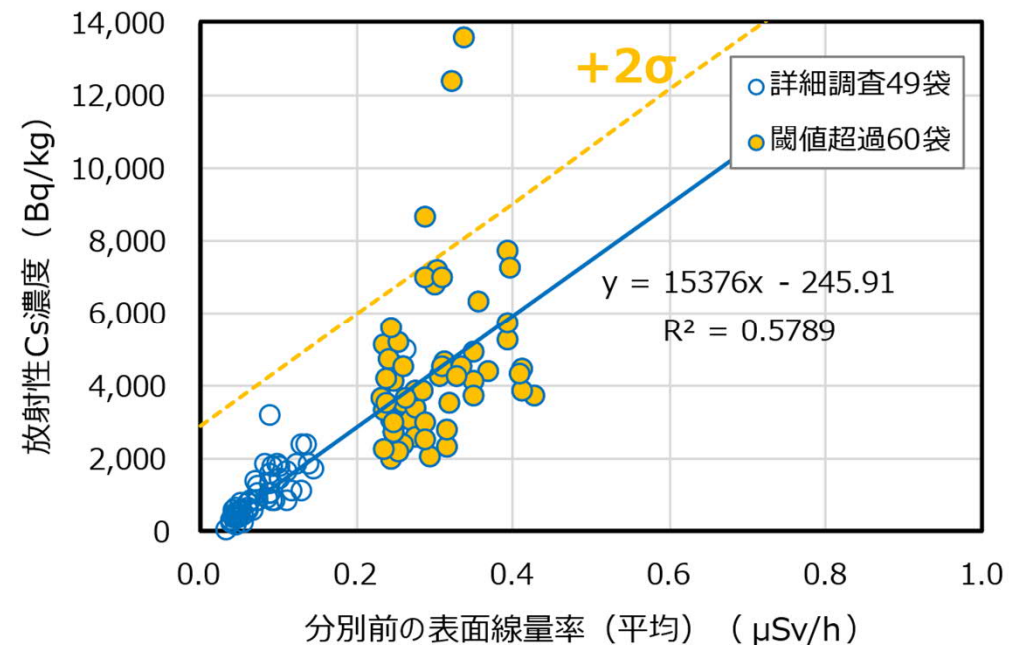
2. (1) 表面線量率と放射性Cs濃度の関係

- 詳細調査100袋に加え、表面線量率から比較的高濃度と推計される容器についても追加で放射性Cs濃度の測定を実施(値のばらつきを考慮し、閾値を6,000Bq/kg以上相当に設定)
- 閾値を超過した試料は、測定結果のばらつきが大きくなる傾向がある
- なお、表面線量率より、10,000Bq/kgを超える可能性があるかと推計された除去土壌1袋及び除染廃棄物5袋並びに放射性Cs濃度の測定結果より10,000Bq/kgを超えた除染廃棄物2袋については分別を行わず保管

除去土壌

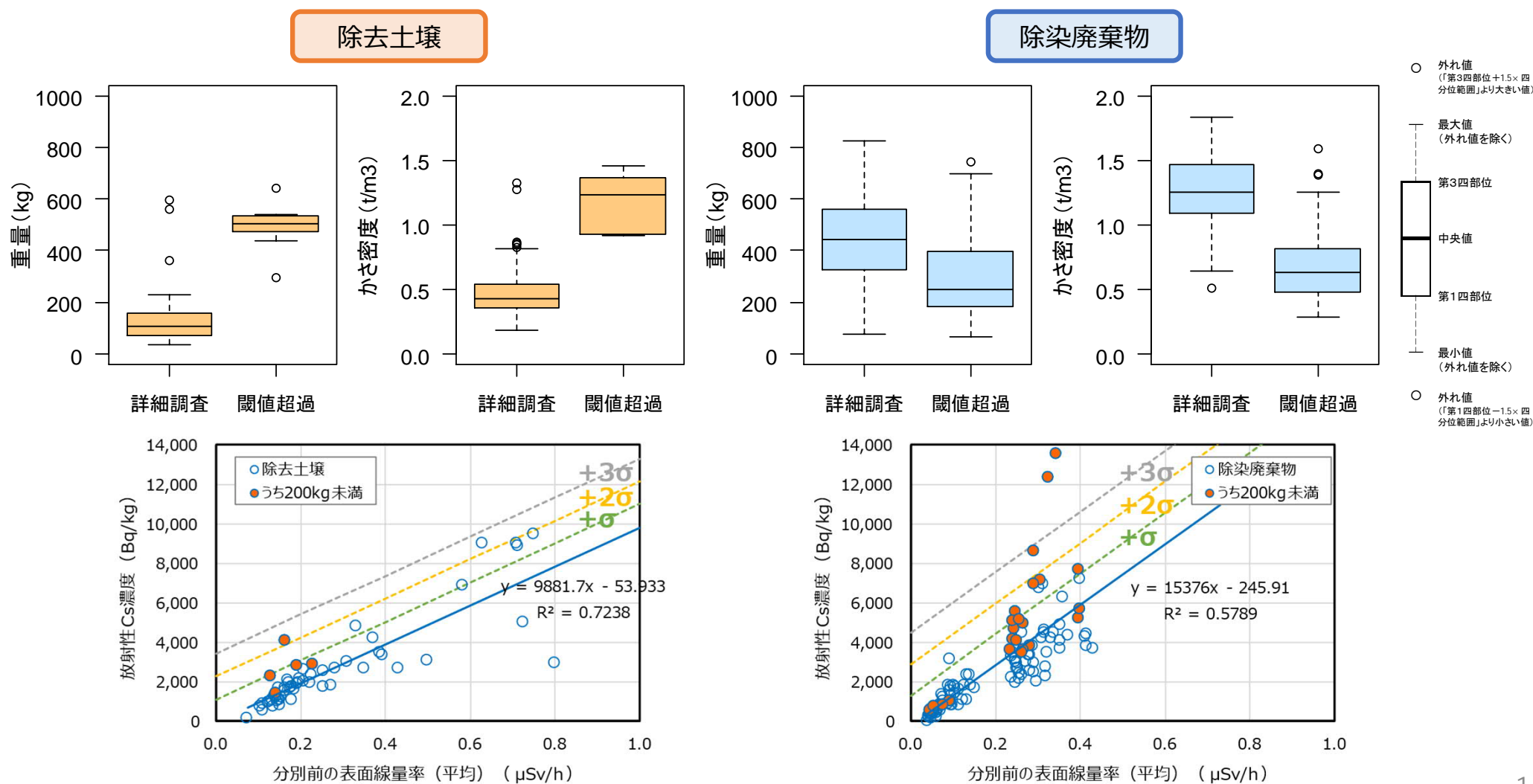


除染廃棄物



2. (2) 放射性Cs濃度の推計と重量との関係

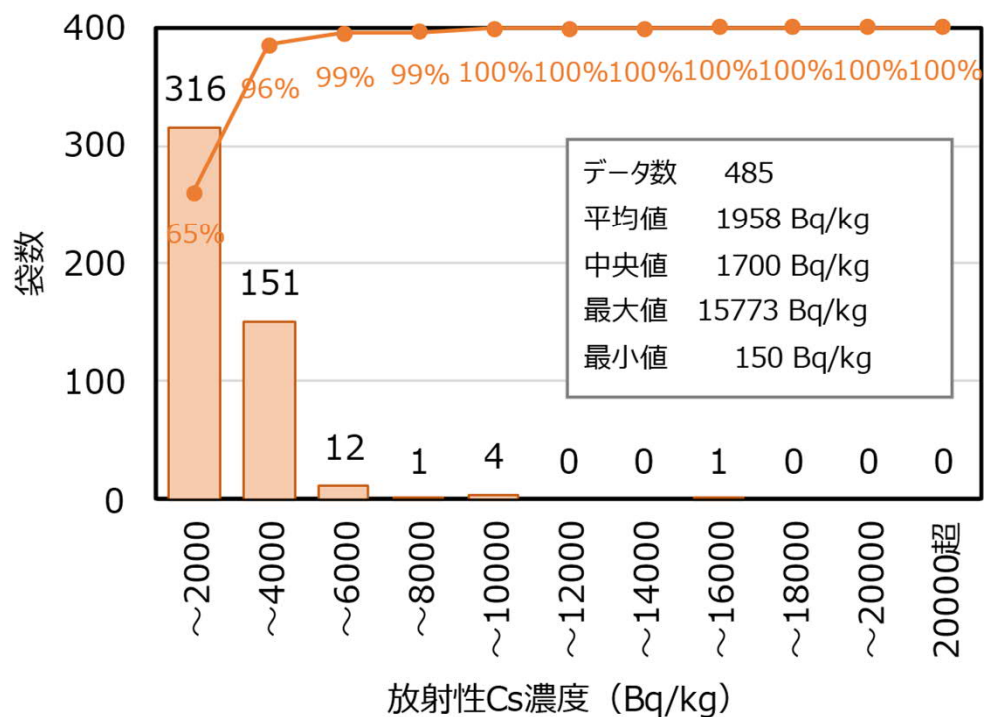
- 閾値を超過した容器は、除去土壌では重量やかさ密度が無作為に抽出した詳細調査容器よりも大きいですが、除染廃棄物では重量やかさ密度が小さい傾向が見られた
- 除染廃棄物の重量(分別前)が小さい容器では、放射性Cs濃度は回帰式による推計濃度より高くなる傾向が見られる。



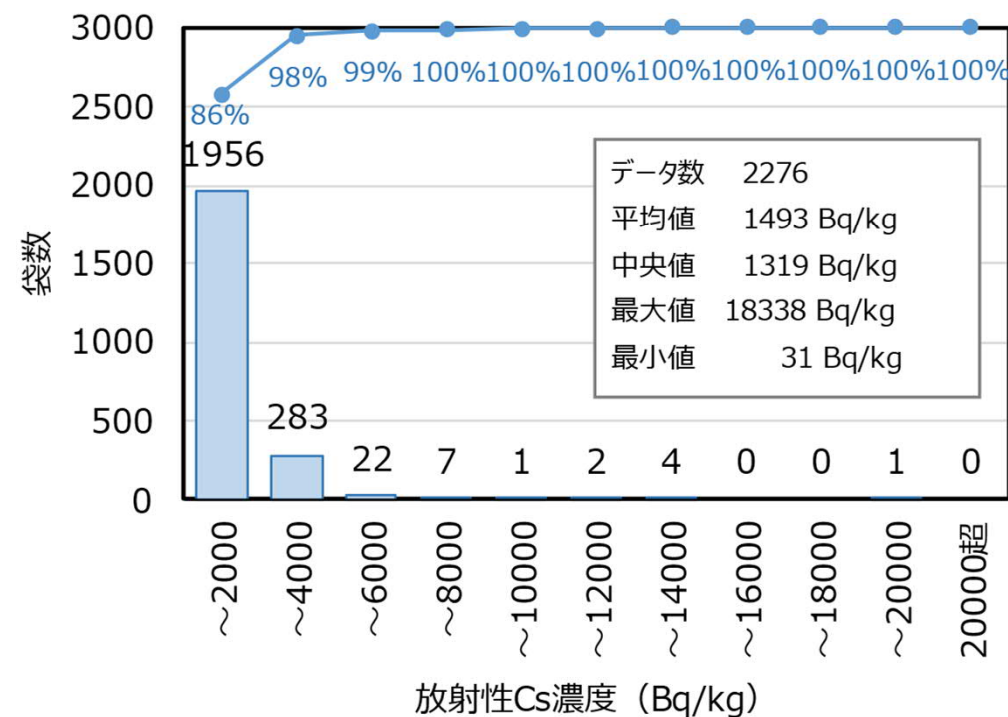
2. (3) 放射性Cs濃度の推計結果

- 表面線量率による回帰式もしくは測定結果から全袋の放射性Cs濃度を推計
- 10,000Bq/kg超と判明したのは除染廃棄物2袋。回帰式から10,000Bq/kg超の可能性があると推計されたのは除去土壌1袋及び除染廃棄物5袋

除去土壌





除染廃棄物



※除去土壌については、昨年度予備調査で測定した5試料の値も含む

3. (1) 分別物の概要

土壌	腐葉土
193 t (約 145 m ³)	238 t (約 433 m ³)
	

<比重の設定>

組成	比重	設定根拠
土壌	1.33	R2丸森町予備調査（室内試験湿潤密度）
腐植土	0.55	R2丸森町予備調査（室内試験湿潤密度）
枝葉・草木	0.40	R3丸森町実証事業（チップ化した枝葉・草木のかさ密度の平均）
石	2.65	丸森町に多い花崗岩の比重を採用
その他廃棄物	0.35	「廃プラスチック類」の重量換算係数を採用（JWNET）

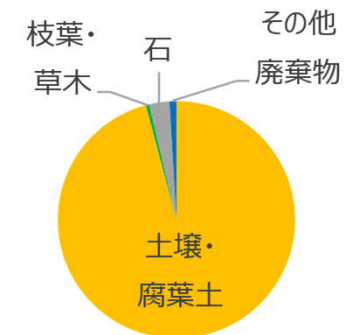
枝葉・草木	石 (大きい石を含む)	その他 (金属、プラスチック、コンクリート片等)
126 t (約 315 m ³)	8 t (約 3 m ³)	10 t (約 29 m ³)
		

3. (2) 分別物の重量割合

- 除去土壌(計480袋)及び除染廃棄物(計2,276袋)を分別
- 除染廃棄物から分別された土壌・腐葉土の割合は重量ベースで63%

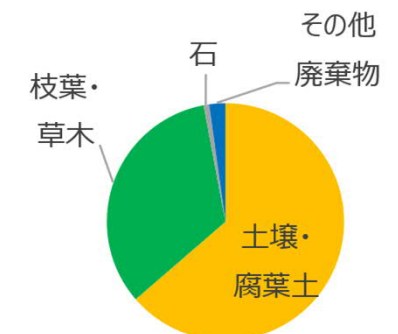
除去土壌

区分	袋数	破袋前重量 (kg) *1	分別後重量 (kg)				合計*4
			土壌・ 腐葉土	枝葉・ 草木	石	その他 廃棄物	
詳細調査	50	22,762	20,949	167	617	171.48	21,904
閾値超過*2	6	3,016	2,728	11	53	36.2	2,828
未分別*3	1	438	-	-	-	-	438
それ以外	423	180,462	169,679	778	4,855	1,692	177,005
合計	480	206,678	193,356 (95.6%)	956 (0.5%)	5,525 (2.7%)	1,900 (0.9%)	202,175 (100.0%)



除染廃棄物

区分	袋数	破袋前重量 (kg) *1	分別後重量 (kg)				合計*4
			土壌・ 腐葉土	枝葉・ 草木	石	その他 廃棄物	
詳細調査	50	6,837	4,160	1,420	35	232	5,847
閾値超過*2	60	17,846	15,597	583	241	577	16,998
未分別*3	7	1,808	-	-	-	-	1,808
それ以外	2,159	359,084	218,340	122,897	2,556	7,413	351,206
合計	2,276	385,575	238,097 (63.3%)	124,900 (33.2%)	2,832 (0.8%)	8,221 (2.2%)	375,858 (100.0%)



*1) 破袋前重量は大型土のうの重量を含む

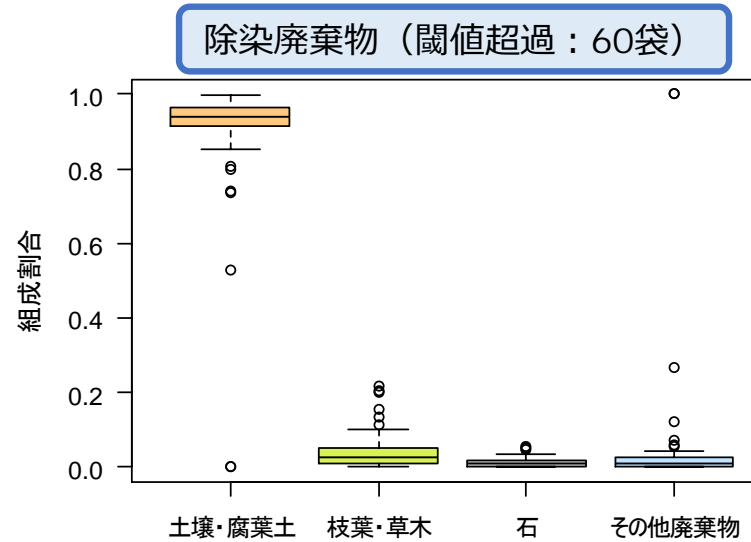
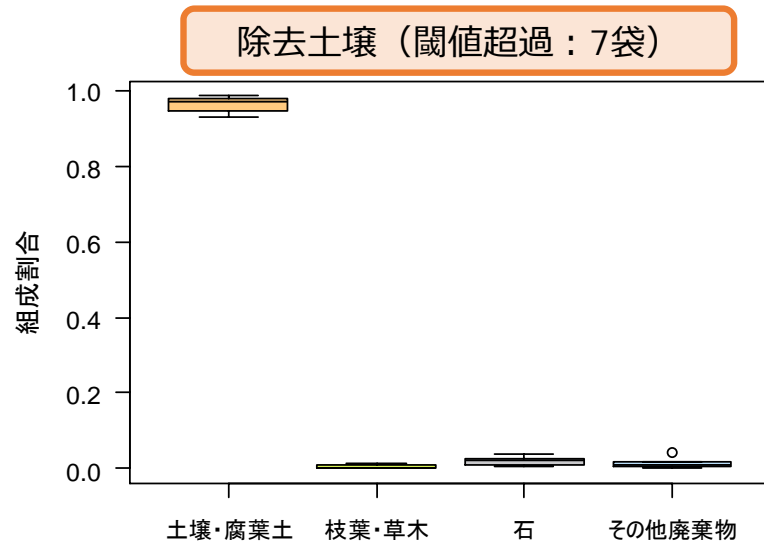
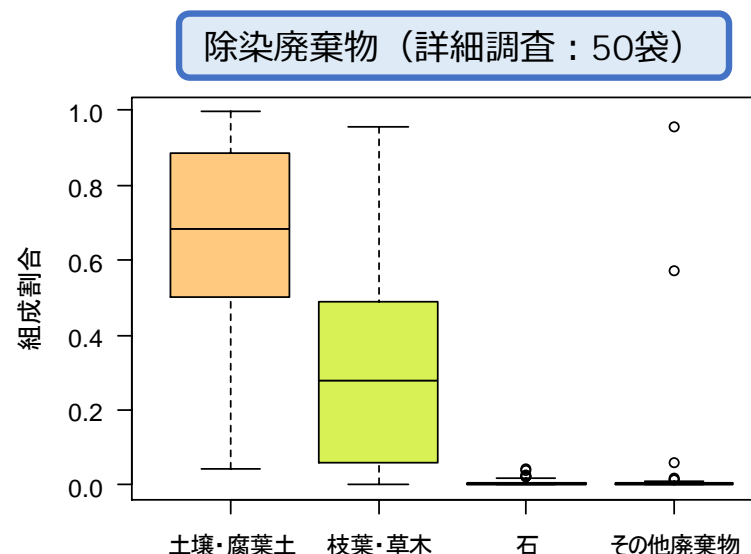
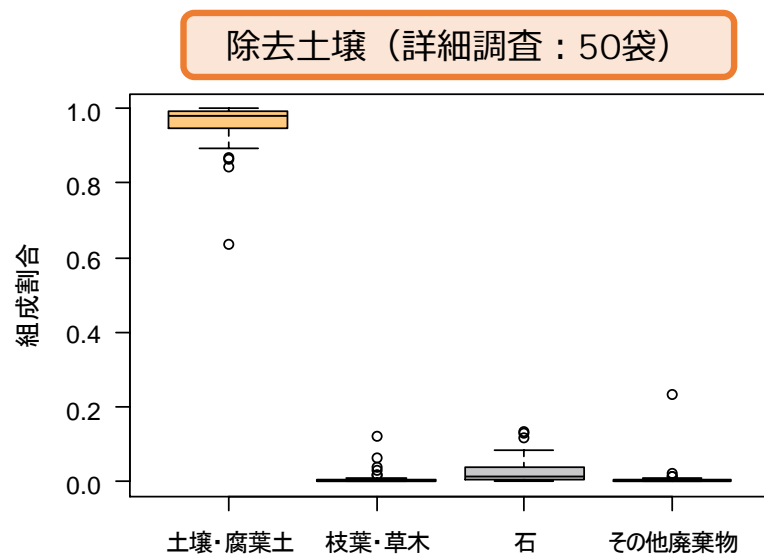
*2) 1次閾値を超過したもののうち、10,000Bq/kg以下と推計されたもの(「未分別」を除く)

*3) 放射性Cs濃度測定結果から10,000Bq/kgを確認、もしくは、表面線量率から10,000Bq/kg超とみなし、分別を行わなかったもの

*4) 分別後重量の合計については、風袋を含まないこと、試料採取後の重量であること等から、破袋前重量合計と一致しないと考えられる

3. (3) 除去土壌等の組成

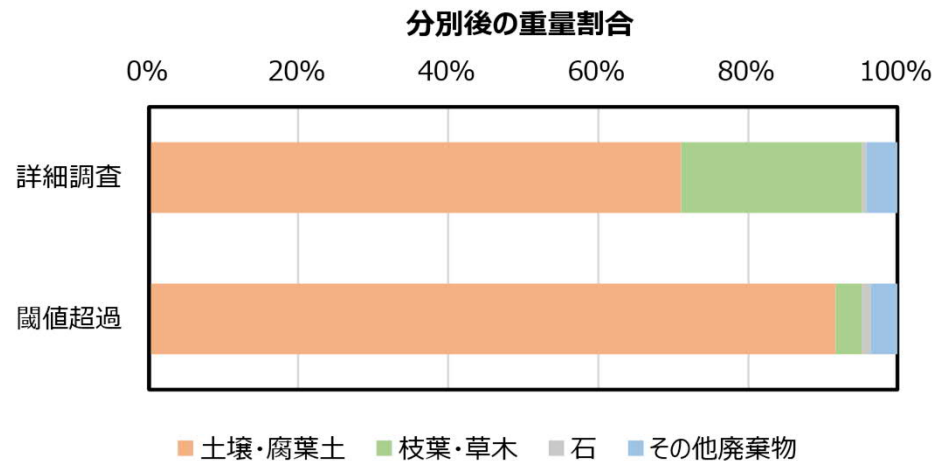
- 除去土壌の組成は、ほぼ土壌・腐葉土であり、枝葉・草木等の混入はほとんどない
- 除染廃棄物の組成は、土壌・腐葉土が多く、枝葉・草木はそれより少ない
- 閾値を超過した除染廃棄物の組成は、ほぼ土壌・腐葉土であった



3. (4) 分別の結果

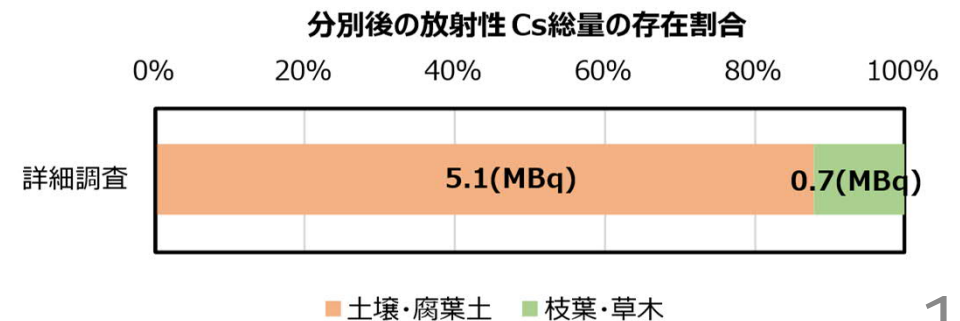
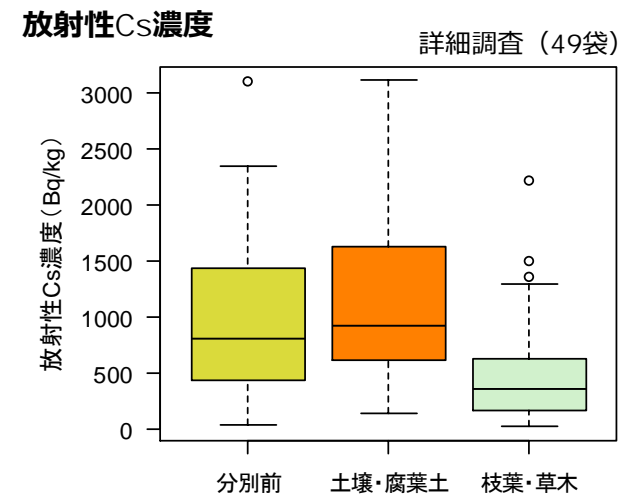
- 除染廃棄物(詳細調査)の分別により、分別後の草木の重量は分別前の除染廃棄物の重量の約30%となった。また、閾値超過した除染廃棄物では分別後の草木の重量は分別前の除染廃棄物の重量の約10%であった
- 放射性Csの総量では、分別後の土壌・腐葉土に分別前の約90%が、枝葉・草木に約10%が存在する

分別後の重量割合



	分別後重量 (kg)				合計
	土壌・腐葉土	枝葉・草木	石	その他廃棄物	
詳細調査 (50袋)	4,160 (71%)	1,420 (24%)	35 (1%)	232 (4%)	5,847 (100%)
閾値超過 (60袋)	15,597 (92%)	583 (3%)	241 (1%)	577 (3%)	16,998 (100%)

分別後の放射性Cs総量の存在割合



4. (1) 作業者の個人被ばく線量

- 除去土壌等との距離が近くなる埋立や分別作業等において、被ばく線量が比較的大きくなる

- 平均日被ばく線量の最大値は 0.71 $\mu\text{Sv}/8\text{h}$ (除染廃棄物等以外から受ける放射線量を含む)であり、この線量で当該作業に1年間従事*1 した場合の追加被ばく線量は 0.18 mSvと推計される

*1) 250日従事すると仮定

- 時間当たり被ばく線量の最大値は 0.34 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ (除染廃棄物等以外から受ける放射線量を含む)であり、この線量で当該作業に1年間従事*2 した場合の追加被ばく線量は 0.68 mSvと推計される

*2) 1日8時間、250日従事すると仮定

*3)

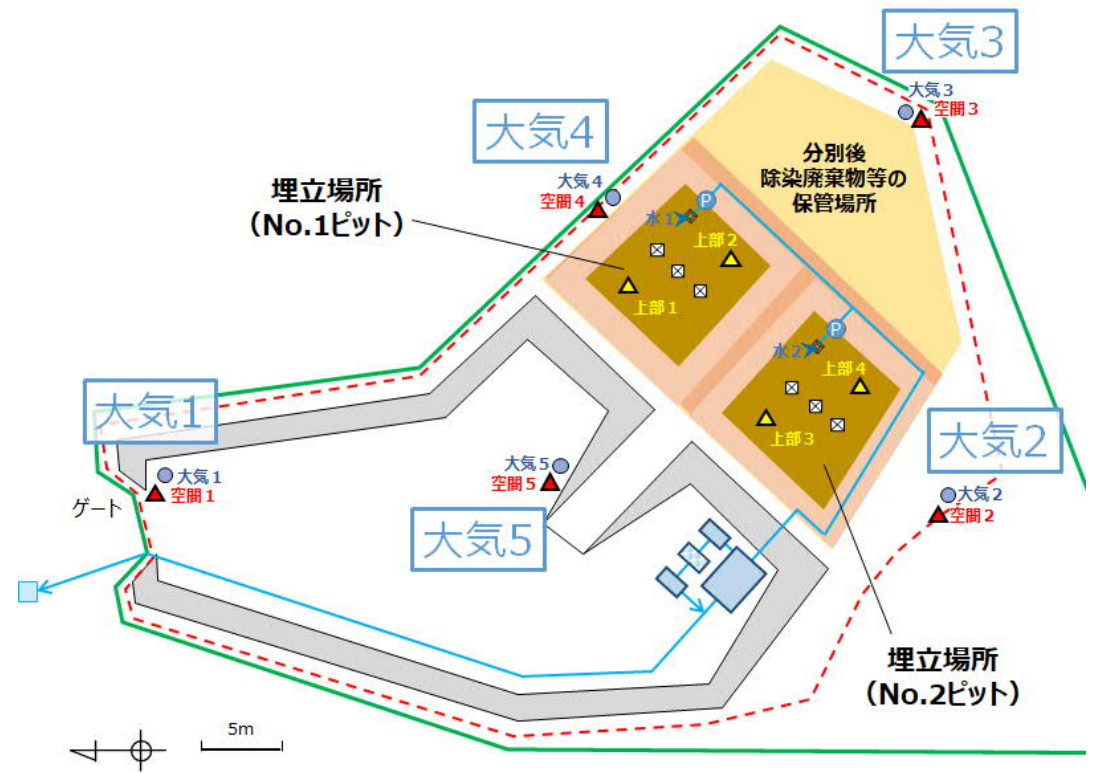
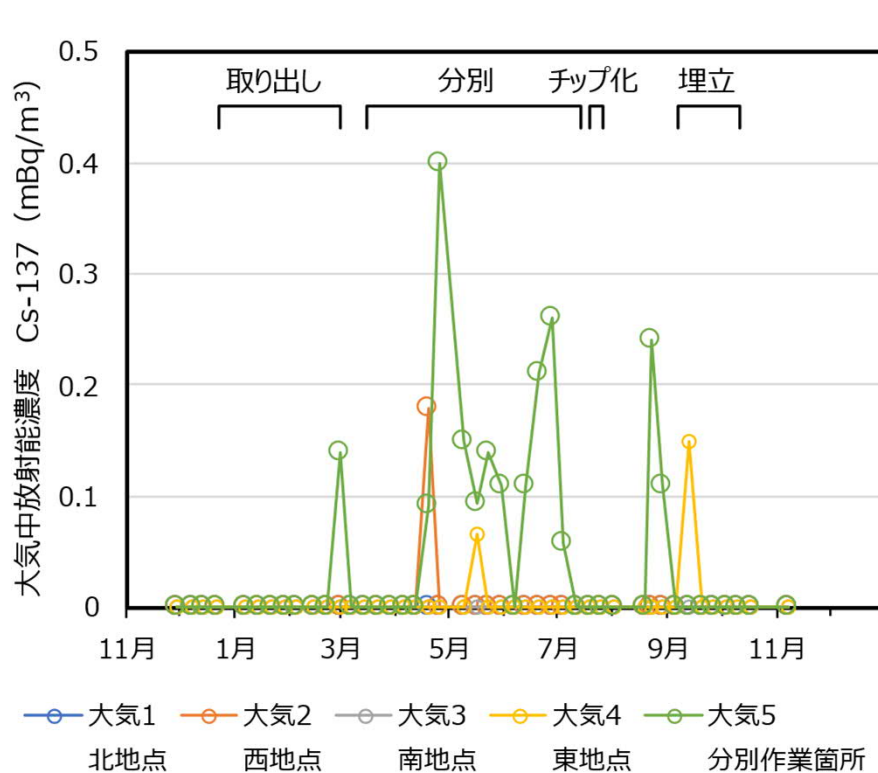
$$\text{平均日被ばく線量} = \frac{\text{当該作業による積算線量}}{\text{当該作業への従事時間合計}} \times 8$$

(除去土壌以外から受ける放射線量を含む。)

大分類	中分類	小分類	詳細	従事時間 (h)	平均日被ばく線量 ($\mu\text{Sv}/8\text{h}$) *2
埋立作業中	バックグラウンド			2,491	0.53
	掘り起こし	準備工		451	0.50
		取出し		1,724	0.65
		分別			
	分別	準備工		132	0.53
		除去土壌		758	0.64
		除染廃棄物		3,506	0.62
		チップ化		363	0.55
		埋立			
	埋立	準備工		110	0.57
		造成		755	0.58
		シート工		431	0.63
		除去土壌	No.1埋立て	338	0.68
		埋立	No.2埋立て	299	0.71
			沈下板設置	61	0.59
		覆土		128	0.55
	集排水設備設置	観測井戸敷設		34	0.71
		貯水槽等設置		149	0.53
	除染廃棄物保管	詰め替え		192	0.61
		No.3埋立て		339	0.68
		ガス抜き管設置		27	0.51
		設備撤去・整備		444	0.53
		工事管理		3,092	0.56
		打合せ		49	0.54
		その他		24	0.54
	(埋立作業合計)				13,406
測定作業	試料採取	除去土壌		31	0.67
		除染廃棄物		58	0.49
		大気 (HV)		1,043	0.57
		大気 (LV)		13	0.42
		閾値超過		232	0.74
	チップ		110	0.56	
	測定	空間線量率		236	0.57
表面線量率			1,594	0.66	
(測定作業合計)				3,317	0.63

4. (2) 大気中の放射能濃度(測定結果)

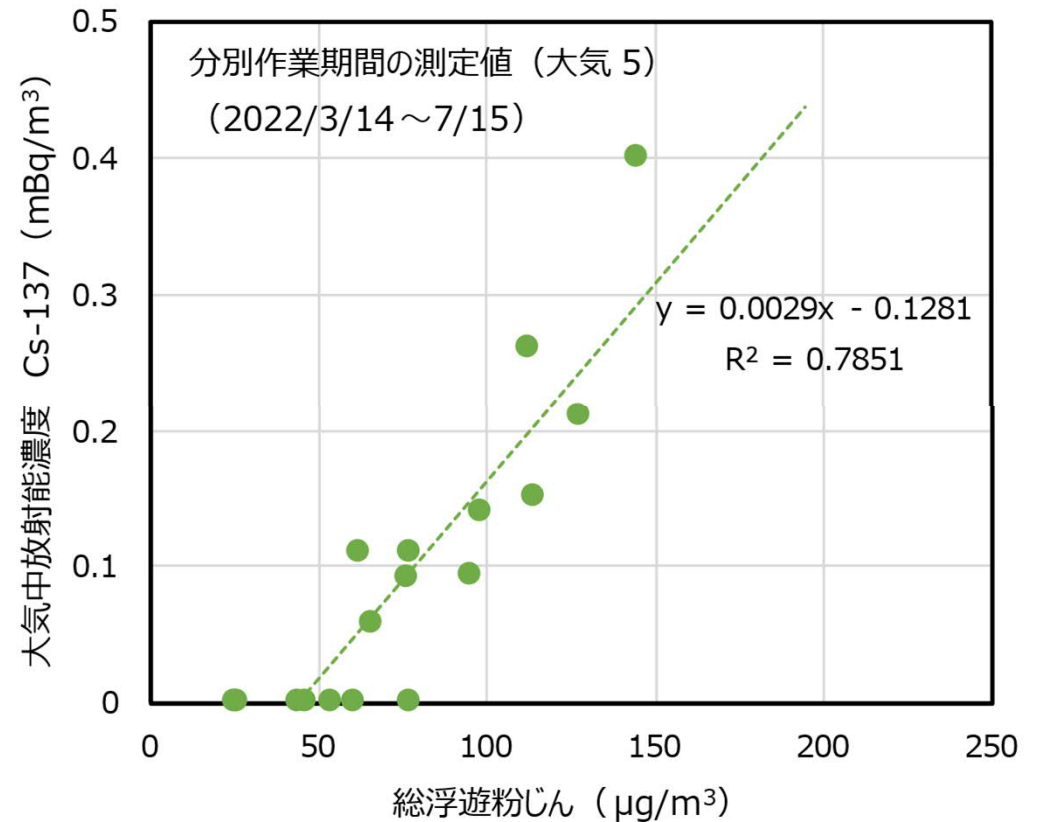
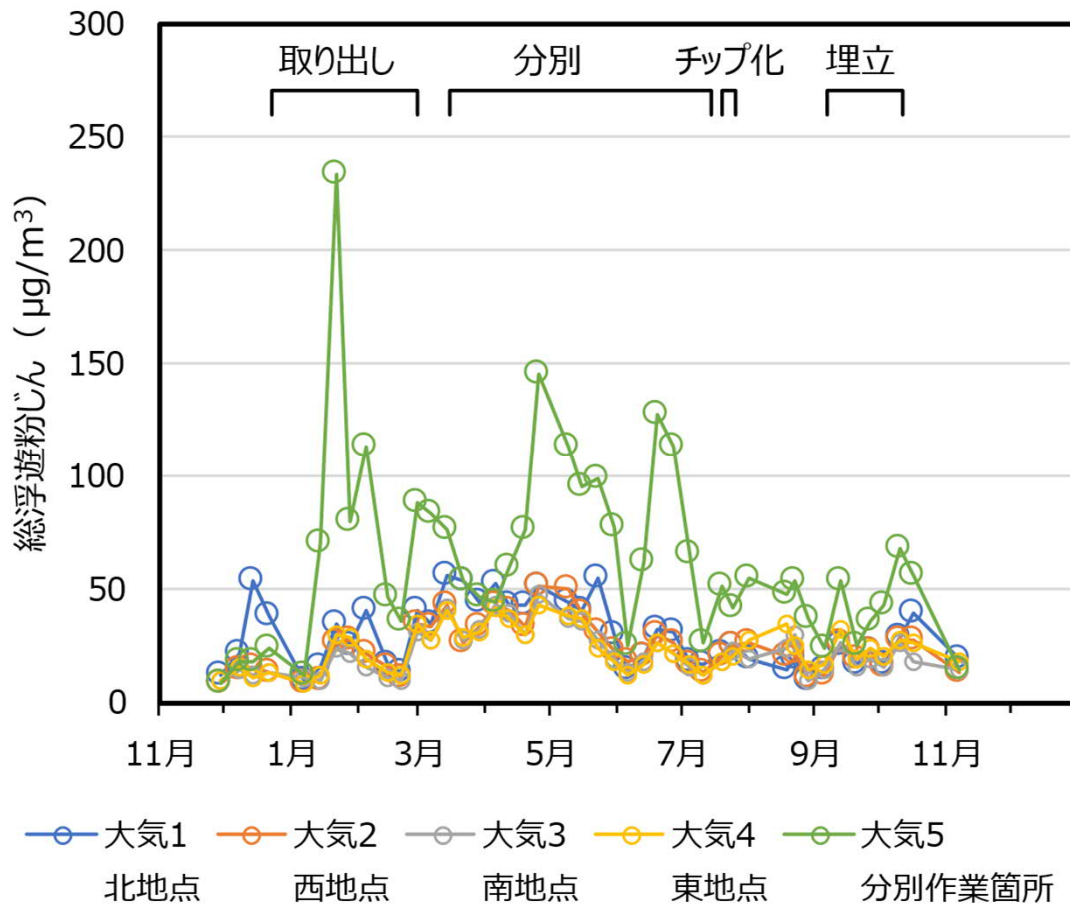
- 分別作業箇所(大気5)では、分別作業期間中(17週間:17検体)に10検体でCs-137が検出された。敷地境界(大気1~4)では、分別作業期間や埋立作業期間において、3検体でCs-137が検出された。
- 防護を行わなかったと仮定した場合、採取期間中のCs-137による作業者の追加被ばく線量(吸入)は、最大0.00000013 mSvと推計される。(通常は保護マスクにより粉じんの吸入はない)
- 埋立後のモニタリング(1回/月、9箇所でダスト採取)では、大気中の放射能濃度は全て検出下限値未満であった。



※検出下限未満の場合は、0としてプロット。検出下限値 Cs-134:0.045~0.099、Cs-137:0.044~0.10(mBq/m³)

4. (2) 大気中の放射能濃度（浮遊粉じんとの関係）

- 分別作業箇所（大気5）の総浮遊粉じんは、敷地境界（大気1～4）の総浮遊粉じんより大きくなった
- 分別作業期間において、分別作業箇所（大気5）の大気中放射能濃度は総浮遊粉じんと相関が見られた

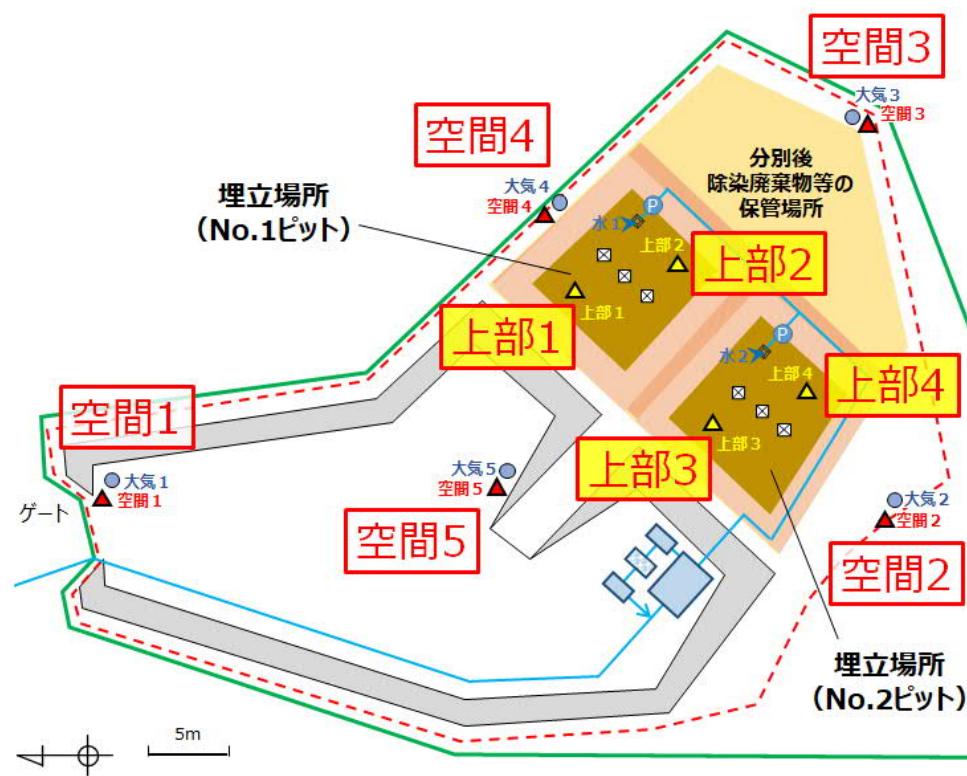
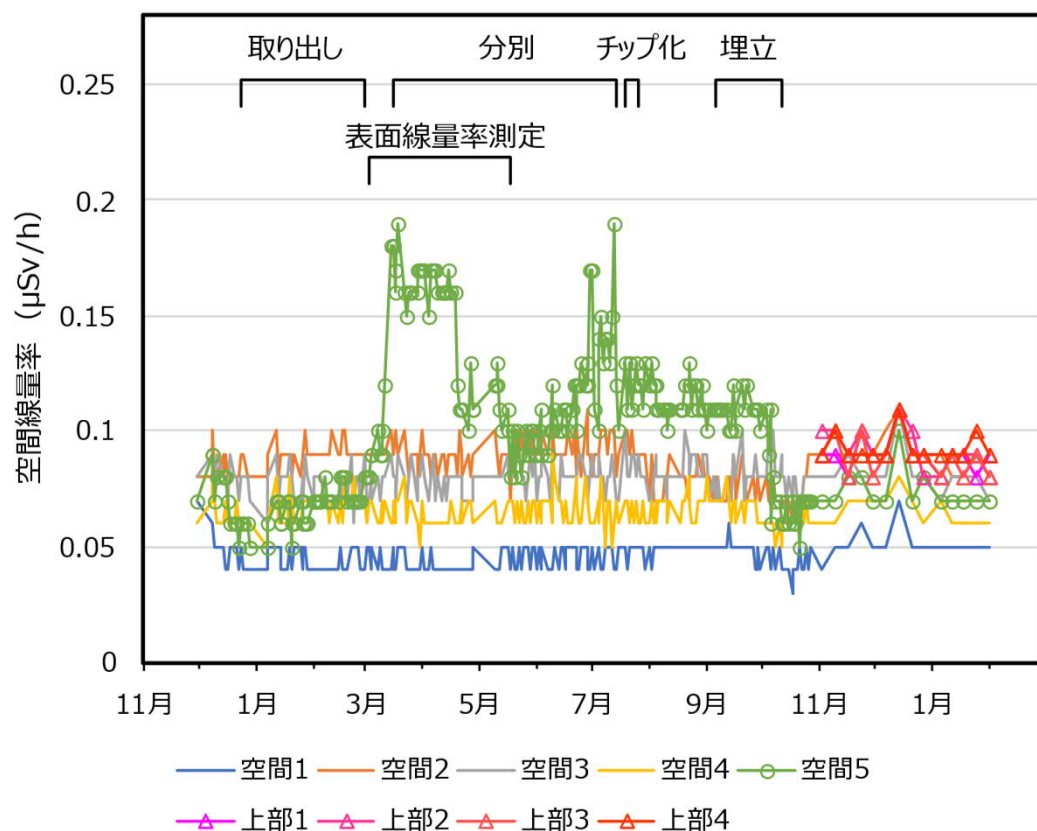


※検出下限未満の場合は、0としてプロット

※総浮遊粉じん量はハイボリウムエアサンプラーで採取

4. (3) 空間線量率

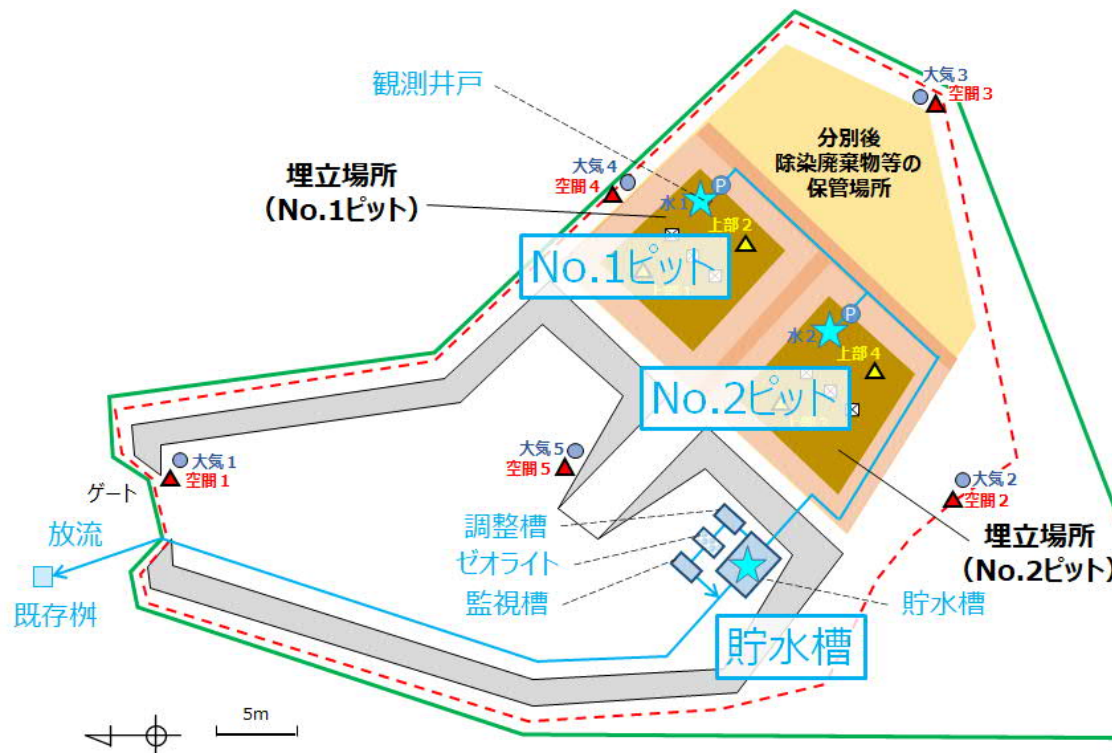
- 分別作業期間中は、分別作業場所(空間5)の空間線量率は敷地境界(空間1~4)の空間線量率よりも大きくなった
- 作業期間、埋立終了後を通じて、敷地境界の空間線量率はほぼ一定で推移
- 埋立場所上部(上部1~5)の空間線量率は敷地境界(空間1~4)の空間線量率と比べると同程度か、わずかに大きい



4. (4) 浸透水中の放射能濃度

- 浸透水中の放射能濃度は、全ての検体で検出下限値未満であった。

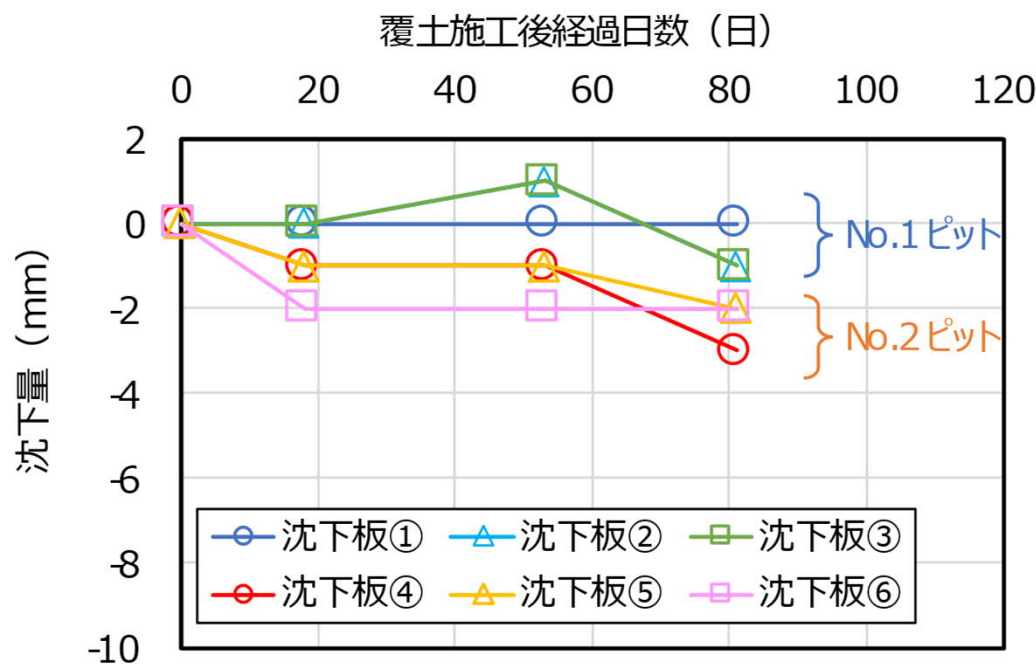
	測定日	測定頻度	測定回数	核種	放射能濃度 〔Bq/L〕	検出下限値 〔Bq/L〕
No.1ピット	2022/10/28～ 2023/1/25	1回/週	14回 (14検体)	Cs-134	N.D.	0.44～0.99
				Cs-137	N.D.	0.56～1.00
No.2ピット	2022/10/28～ 2023/1/25	1回/週	14回 (14検体)	Cs-134	N.D.	0.53～0.95
				Cs-137	N.D.	0.66～0.99
貯水槽	2022/10/28～ 2023/1/11	1回/月	3回 (3検体)	Cs-134	N.D.	0.60～0.78
				Cs-137	N.D.	0.61～0.84



4. (5) 埋立場所の沈下量

- 覆土施工後81日における埋立場所の沈下量は最大3mm。
- No.1ピットに比べて、No.2ピットの方がわずかに沈下量は大きい。
- この沈下量は、東海村実証事業や那須町実証事業における沈下量と比較して小さい。

実証事業	埋立層の厚さ	経過日数	沈下量
東海村(第1区)	1.2m	92日	最大48mm
東海村(第2区)	3.7m	90日	最大32mm
那須町	1.2m	91日	最大16mm
丸森町	1.2m	81日	最大 3mm



実施状況まとめ

- 放射能濃度は容器の表面線量率からある程度推計することができる。ただし、比較的表面線量率が高いもの、重量が小さいものについては値のばらつきが大きくなる傾向があるため、推計方法について引き続き検討が必要
- 分別により、分別前の除染廃棄物の重量の約63%が土壌に、約33%が枝葉・草木に分けられた。また、分別前の除染廃棄物の放射性Cs総量の約90%が分別後の土壌に、約10%が分別後の枝葉・草木に存在していた
- 除去土壌等との距離が近くなる埋立や分別作業等において被ばく線量がやや大きくなるが、作業者の時間当たり被ばく線量の最大値から算出された年間追加被ばく線量は0.68 mSv（除染廃棄物等以外から受ける放射線量を含む）であった
- 作業中及び埋立終了後のモニタリングの結果、分別作業時に一時的に空間線量率の上昇が見られるものの、その後はほぼ一定の空間線量率で推移した。
- 大気中の放射性Cs濃度については、分別作業中等で検出されたが、仮に吸入した場合でも追加被ばく線量は最大0.00000013 mSvと推計される。
- 浸透水中の放射能濃度は全ての検体で検出下限値未満であった。

丸森町実証事業の今後のスケジュール

- 除去土壌等の性状分析等を進めるとともに、埋立後モニタリングを秋頃まで継続
- モニタリング終了後は、原状回復を行う予定

令和3年度	12月 2月24日 3月	工事着手(取り出し開始) 第7回検討チーム会合 分別開始
令和4年度	4月22日 9月～10月 10月 2月27日	検討チーム会合委員視察 埋立 埋立完了後モニタリング開始(約1年間) 第8回検討チーム会合
令和5年度	10月頃 モニタリング終了後	埋立完了後モニタリング終了 原状回復(予定)