



除去土壌の埋立処分に係る 実証事業の結果について

2024年10月3日

環境省環境再生・資源循環局

中間貯蔵除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略検討会(第16回)
環境回復検討会(第21回)
合同検討会

実証事業の流れと確認項目

- 除去土壌の埋立処分に伴う作業員や周辺環境への影響等を確認することを目的とし、2018年から実証事業を東海村、那須町、丸森町で実施し、以下の項目について確認を行っている。

除去土壌を保管場所から実証事業場所に運搬※1



受入～埋立中

- ① 除去土壌を実証事業場所に受入※1
- ② 保管容器の表面線量率から除去土壌の放射能濃度を推計
- ③ 保管容器の内容確認・分別※2
- ④ 除去土壌を実証事業場所にて埋立
- ⑤ 埋立終了後、覆土を施工

主な確認項目

- 実証事業実施場所のバックグラウンドの空間線量率の把握
- 除去土壌の放射能濃度(保管容器の表面線量率からの推計、サンプル調査)
- 埋立場所及び敷地境界の空間線量率、大気中放射能濃度
- 作業員の個人被ばく線量
- 浸透水中の放射能濃度
- 気象条件(天候、降水量、風速等)

埋立終了後

- ① 周辺環境等への影響を継続的にモニタリング
- ② 浸透水中の放射能濃度を確認

- 埋立場所及び敷地境界の空間線量率、大気中放射能濃度
- 作業員の個人被ばく線量
- 浸透水中の放射能濃度
- 気象条件(天候、降水量、風速等)

※1) 那須町、丸森町実証事業は、保管場所において実施するため、他の場所からの除去土壌の受入はない。

※2) 分別は丸森町及び東海村で実施。あわせて除染廃棄物の分別も実施。

実証事業の概要

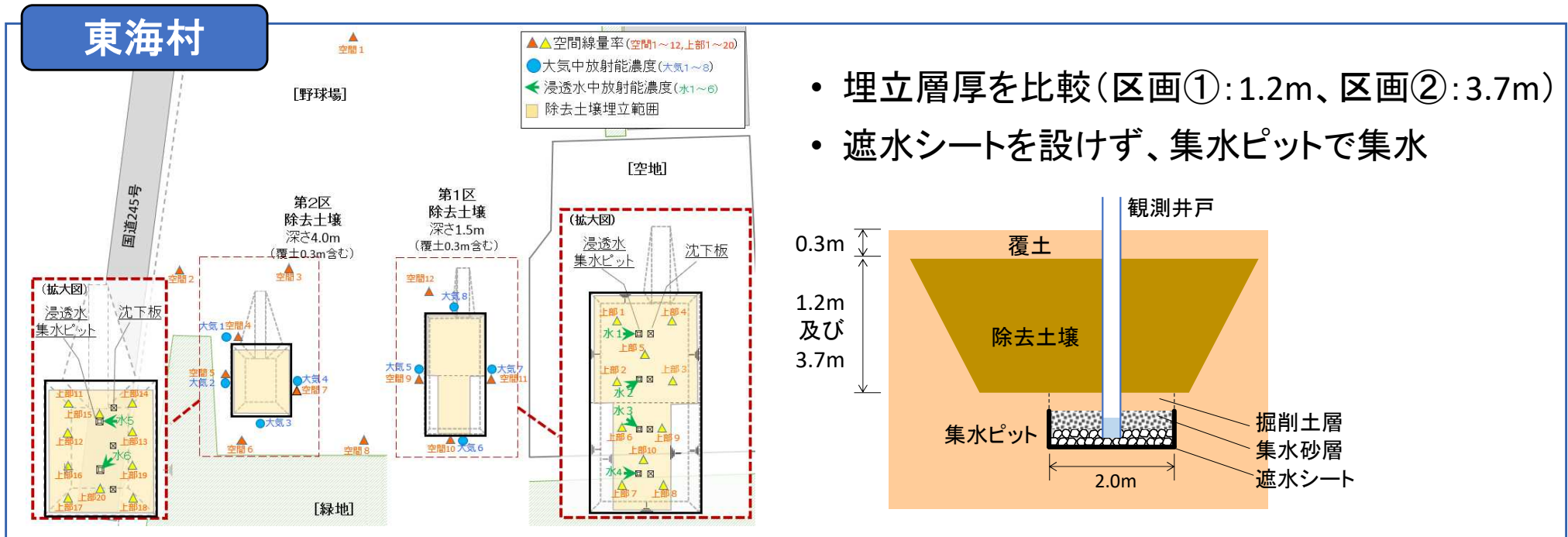
- 実証事業の実施について協力を得られた東海村(茨城県)、那須町(栃木県)及び丸森町(宮城県)において、当該自治体が保管している除去土壌等を用いて実施。

	茨城県 東海村				栃木県 那須町	宮城県 丸森町	
	第1区		第2区	第3区		ピット1	ピット2
	区画①	区画②					
処理対象	除去土壌			除染廃棄物から 分別した土壌	除去土壌	除去土壌 から分別し た土壌	除去土壌・ 除染廃棄物 から分別し た土壌
実証事業実施場所	日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所敷地内				伊王野 山村広場内	上滝仮置場内	
埋立量(実績値)	351 m ³	290 m ³	787 m ³	(計画中)	217 m ³	88.7m ³	88.6m ³
保管場所	豊岡なぎさ の森	真崎古墳 群公園	豊岡なぎさの森 ほか3箇所※	同左	伊王野 山村広場	上滝仮置場	
埋立層厚(実績値)	1.2 m	1.2 m	3.7 m	(計画中)	1.2 m	1.2m	1.2m
覆土厚(実績値)	0.3 m	0.3 m	0.3 m	(計画中)	0.3 m	0.5m	0.5m
集水方法	集水ピット	集水ピット	集水ピット	(計画中)	遮水シート +集水ピット	遮水シート +集水ピット	
除染廃棄物の分別	—	—	—	R3:予備調査 R4~:分別実施	—	R3~R4:分別実施	

※東海村第2区は、特措法の対象外である表土除去により除去された土壌116m³を含む

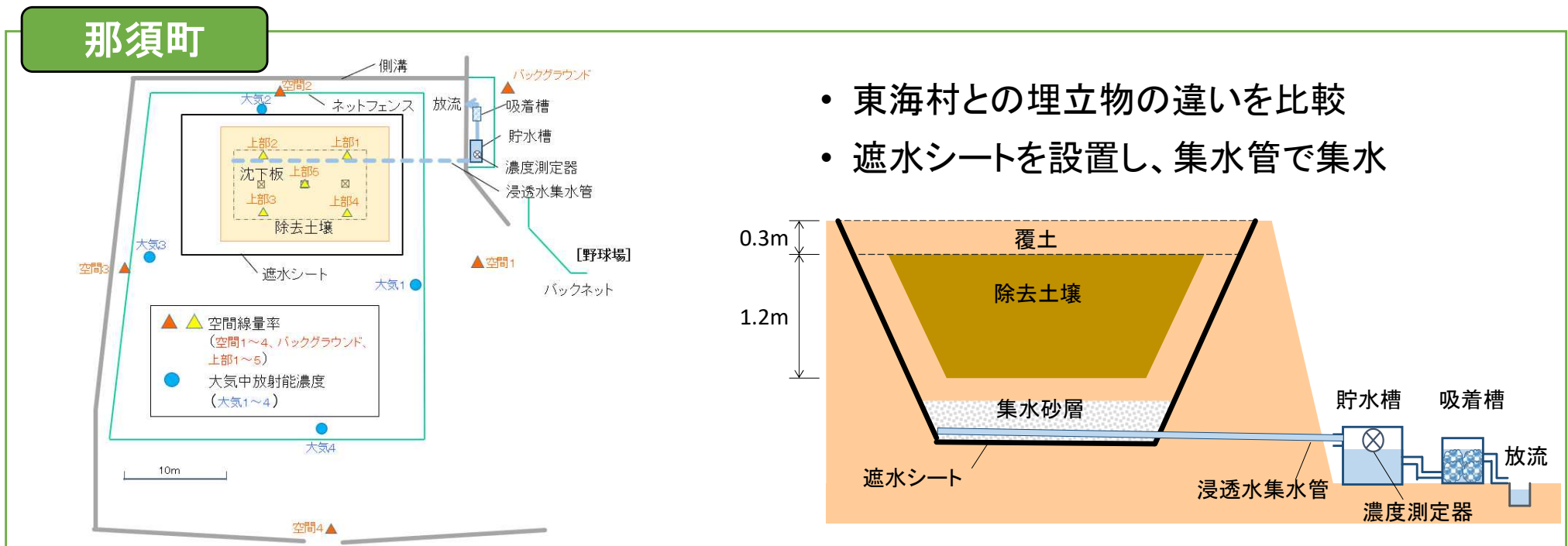
埋立場所の構造、モニタリング位置、浸透水の集水方法①

東海村



- 埋立層厚を比較 (区画①: 1.2m、区画②: 3.7m)
- 遮水シートを設けず、集水ピットで集水

那須町

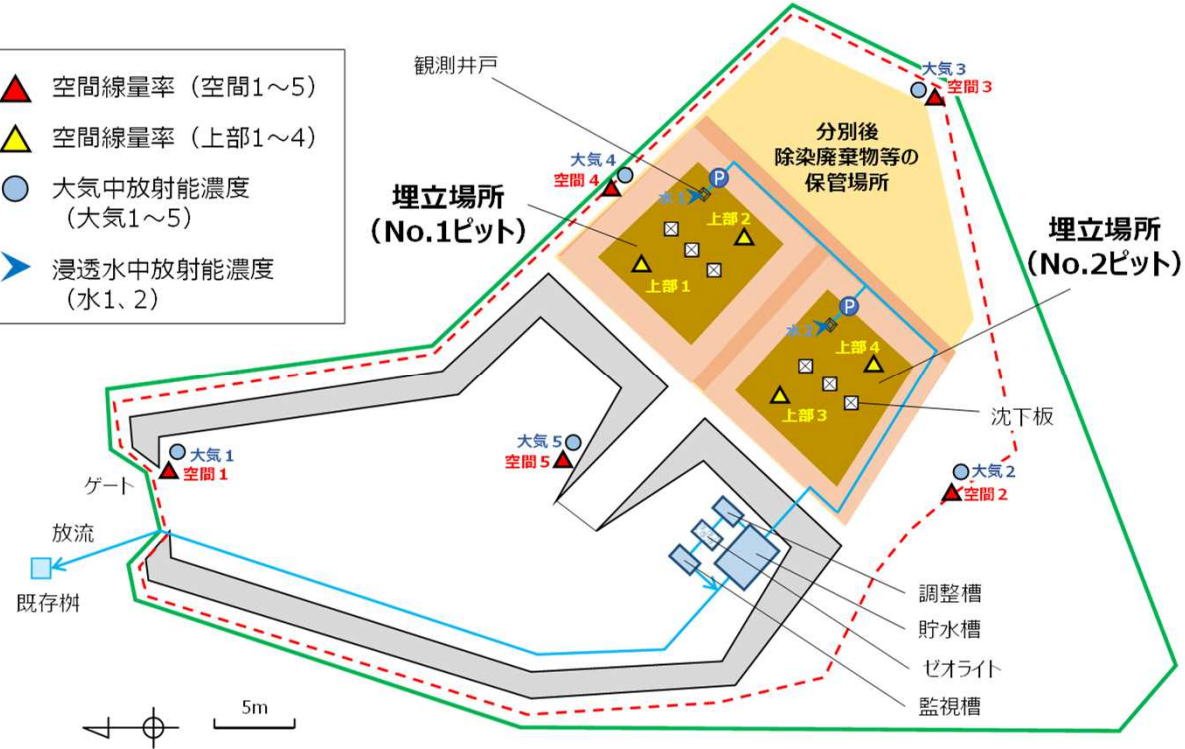


- 東海村との埋立物の違いを比較
- 遮水シートを設置し、集水管で集水

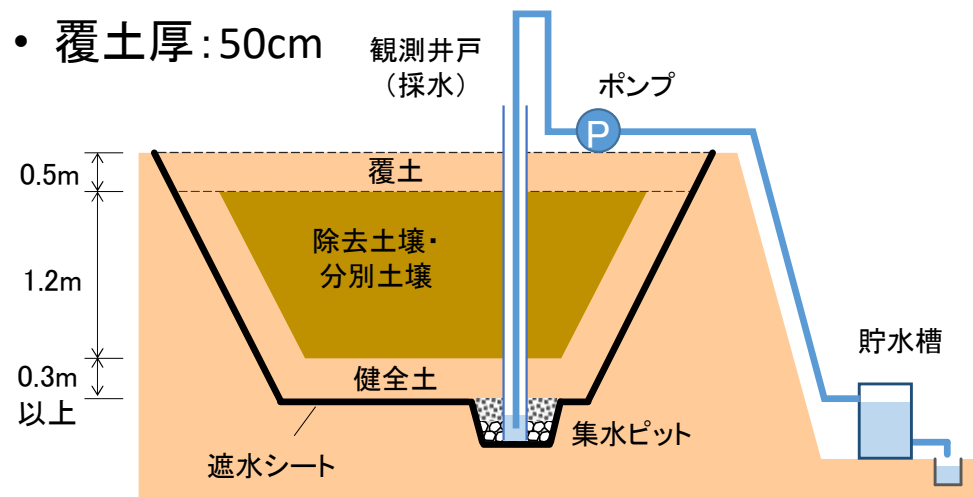
埋立場所の構造、モニタリング位置、浸透水の集水方法②

丸森町

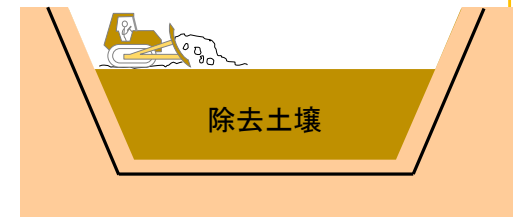
- ▲ 空間線量率 (空間1~5)
- ▲ 空間線量率 (上部1~4)
- 大気中放射能濃度 (大気1~5)
- ▶ 浸透水中放射能濃度 (水1、2)



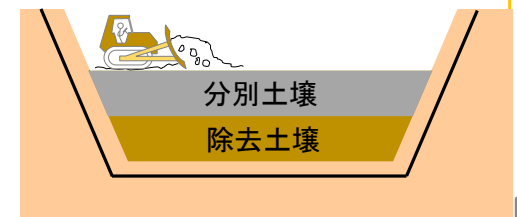
- 除去土壌及び除染廃棄物から分別した土壌を埋立
- 遮水シートを設置し、集水ピットで集水
- 覆土厚: 50cm



No.1ピット
除去土壌のみを埋立



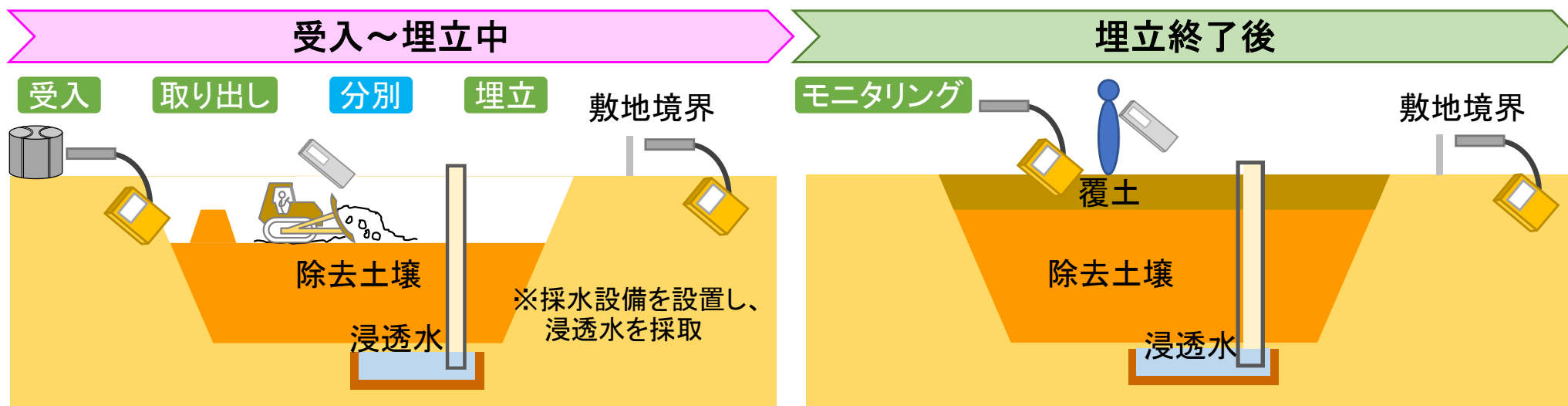
No.2ピット
除去土壌及び分別土壌(除染廃棄物から分別した土壌)を二層にして埋立



除去土壌の埋立処分に関する確認項目一覧

技術的確認項目		事業の段階と主な作業				評価内容
		受入～埋立中			埋立終了後	
確認項目	確認方法	受入	取り出し・分別	埋立	モニタリング	
除去土壌の放射能濃度	・表面線量率測定 ・放射能濃度測定(抽出調査)	●	●	—	—	受入管理のあり方 分別した土壌の取扱
作業上の放射線安全	・個人被ばく線量測定 ・大気中放射能濃度測定	●	●	●	●	作業者の安全性、 被ばく管理のあり方
周辺環境の安全	・空間線量率測定	●	●	●	●	埋立処分の安全性
	・大気中放射能濃度測定	●	●	●	●	
	・浸透水中放射能濃度測定	—	—	●※	●	

※丸森町では埋立中は浸透水の流出が見られなかったため、浸透水中の放射能濃度測定は実施せず

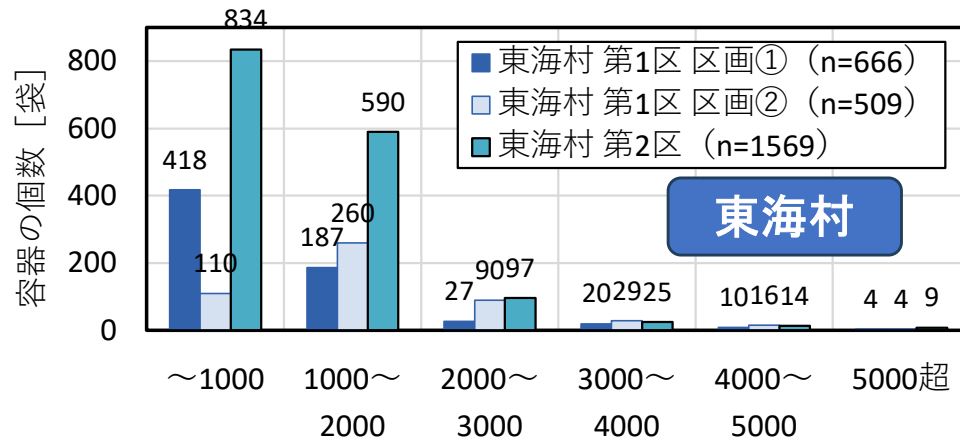


除去土壌の放射能濃度

- 除去土壌の放射能濃度は、平均的には1,000～2,000Bq/kg程度であり、福島県外における除去土壌の放射性セシウム濃度分布の約95%は2,000Bq/kg以下という推計結果と同じ傾向が見られた。
- 実証事業場所によって濃度に差があるとともに、その地域の中でもばらつきが見られる。

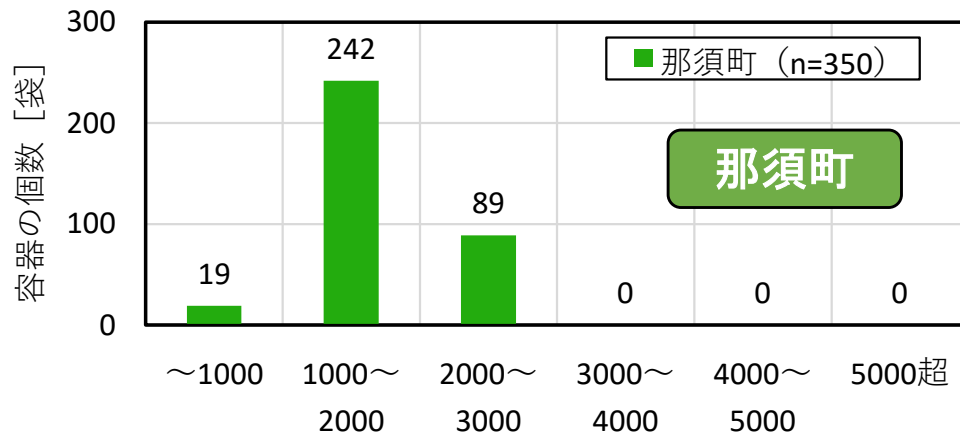
	東海村	那須町	丸森町
放射能濃度※1	平均※2: 1,220 Bq/kg (0～7,600 Bq/kg)	平均※2: 1,710 Bq/kg (520～2,900 Bq/kg)	平均※2: 2,030 Bq/kg (150～15,700 Bq/kg)

※1: 実測濃度及び表面線量率からの推計値
 ※2: 重量を加味した加重平均

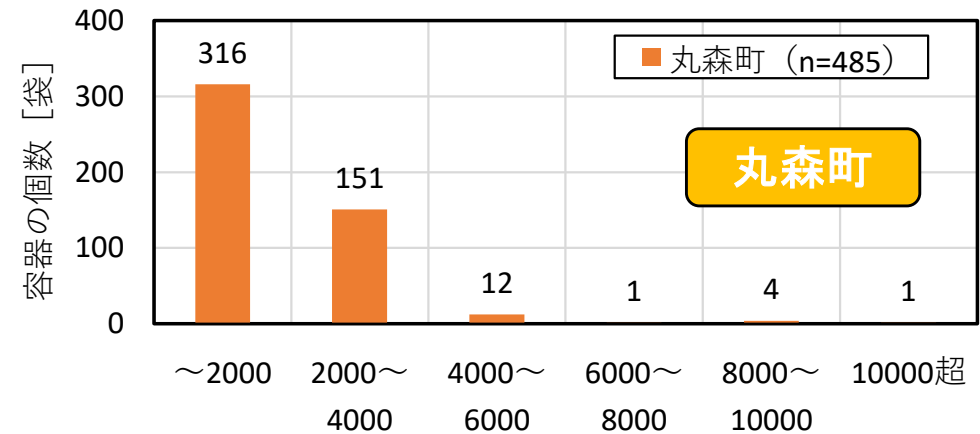


<測定日>

東海村 第1区: 2018年9月
 東海村 第2区: 2018年9、11～12月
 那須町: 2018年10月
 丸森町: 2020年11月
 2022年3月



※10,000 Bq/kg超の土壌は埋立に使用せず、保管継続。



除去土壌の放射性セシウム濃度 [Bq/kg]

除去土壌の放射性セシウム濃度 [Bq/kg]

除去土壌等の分別や埋立作業に伴う作業員への影響

- 除去土壌等の埋立作業に伴う被ばく線量は年間 1 mSv を下回ることを確認。
- 埋立作業に伴う個人被ばく線量について、シミュレーションと実測結果を比較しても、同程度の値であり、覆土、散水等による作業員への被ばく対策の有効性が確認された。

		東海村	那須町	丸森町
外部被ばく	時間あたり被ばく線量(埋立作業) (※除去土壌以外から受ける放射線量を含む)	平均:0.11 μSv/h (最大:0.24 μSv/h)	平均:0.17 μSv/h (最大:0.27 μSv/h)	平均:0.09 μSv/h (最大:0.34 μSv/h)
	年間被ばく線量 (※平均線量で年間250日×8時間従事と仮定)	0.22 mSv/y	0.34 mSv/y	0.18 mSv/y
内部被ばく (吸入)	大気中の放射能濃度の最大値 (埋立作業期間:Cs-137)	0.18 mBq/m ³ (敷地境界)	N.D. (敷地境界)	0.4 mBq/m ³ (分別作業場所)
	ダスト採取期間(5日間)の追加被ばく線量 (※防護を行わない場合)	0.00000078 mSv	—	0.00000013 mSv

		東海村	那須町	丸森町
シミュレーションによる 個人被ばく線量※1 (外部被ばく)	放射能濃度(推計)	1,220 Bq/kg	1,710 Bq/kg	2,030 Bq/kg
	作業時間(実測)	8時間/日×26日 =208時間	8時間/日×6日 =48時間	8時間/日×11日 =88時間
	被ばく線量	31 μSv	10 μSv	20 μSv
実証事業における測定結果※2(自然由来の放射線※3を除く)		0~16 μSv	2.7~8.4 μSv	0~6.2 μSv

※1) 保守的に10m×10m×1m(100m³)の除去土壌を埋立処分すると仮定(MCNP5コードにより外部被ばく線量換算係数を算出)。

東海村、那須町は、Cs-134/Cs-137=0.082(事故後8年経過時点の存在比)、丸森町はCs-134/Cs-137=0.028(事故後11.5年経過時点の存在比)と仮定。

※2) シミュレーションと比較するため、1日の作業時間が8時間に満たない日、あるいは8時間を超える日については、8時間の数値に補正した上で集計。

※3) バックグラウンドの放射線量を考慮するため、自然由来の放射線のうち、事故前の大地からの放射線量0.33mSv/年の作業時間(東海村:208時間、那須町:48時間、丸森町:88時間)分として、東海村7.83μSv、那須町1.81μSv、丸森町3.32μSvを差し引いており、事故後の放射線量のほうが高いと考えられることからより保守的な推計結果となっている。

除去土壌の埋立処分に伴う周辺環境への影響

- 埋立作業中から埋立後の管理期間を通して、東海村、那須町、丸森町のいずれの実証事業においても、除去土壌の飛散・流出、地下浸透等による周辺環境への影響は見られなかった。

■埋立作業中

- 空間線量率(敷地境界)は、準備段階から埋立開始前までの変動幅の中で概ね推移。
- 大気中の放射能濃度(敷地境界)は、東海村で最大 0.18 mBq/m³、那須町では検出下限値未満、丸森町では最大 0.18 mBq/m³(分別作業期間)と十分に低い値であった。

■埋立後

- 敷地境界の空間線量率や大気中の放射能濃度は、埋立作業開始前の変動幅の範囲に収まっていた。
- 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。2019年の台風19号による影響も見られなかった(日降水量:東海村 93 mm、那須町 275 mm)。
- 丸森町では除染廃棄物から分別した「土壌・腐葉土」の埋立も行ったが、除去土壌だけを埋め立てた場合と大きな違いは見られなかった。

1) 埋立作業時におけるモニタリング項目

1) 埋立作業(状態の確認・破袋・埋立)

■ 埋立場所

- ① 作業者の個人被ばく線量測定
- ② 大気中の放射能濃度測定
(ダストサンプリング)

■ 周辺環境の安全

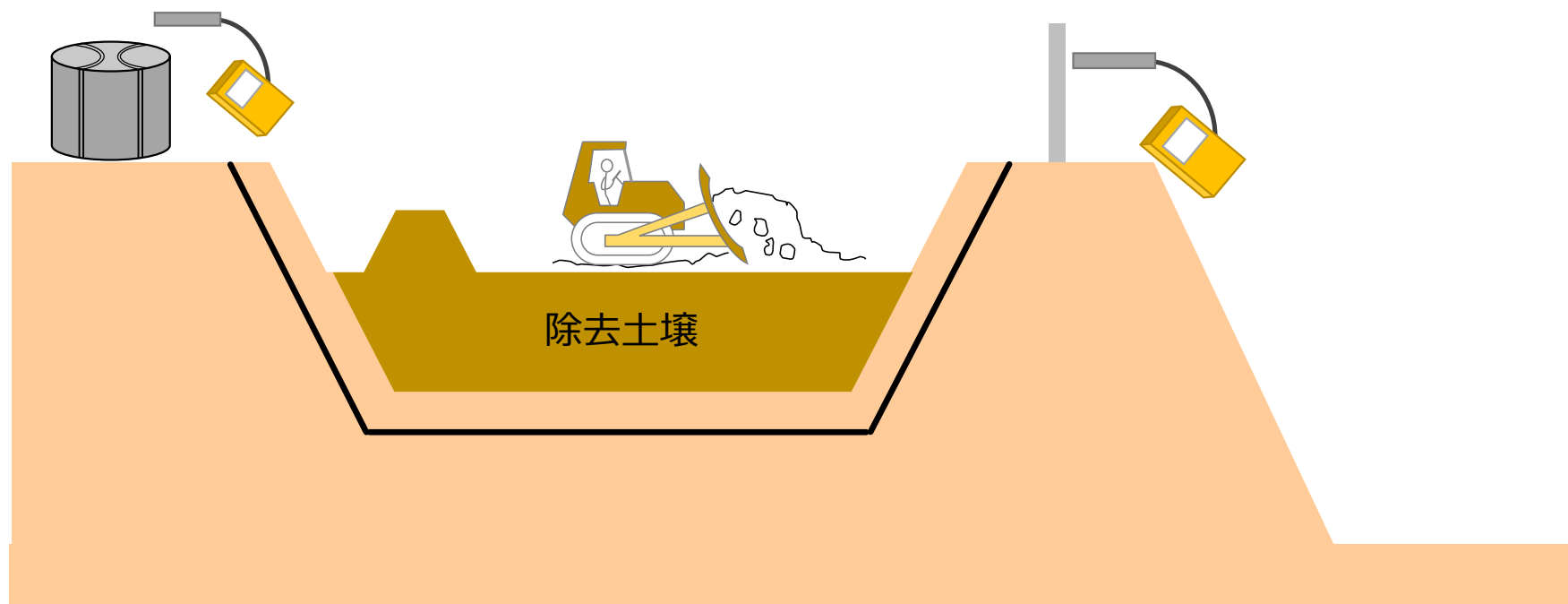
- ③ 空間線量率測定

状態の確認

破袋・分別

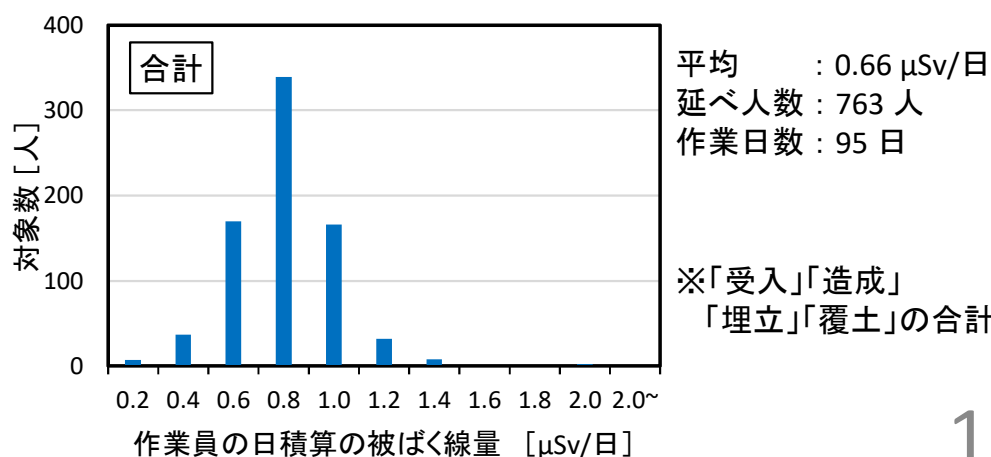
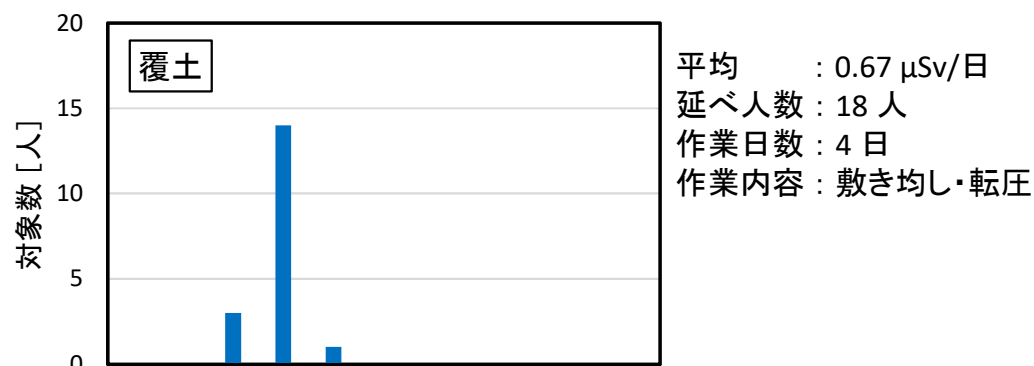
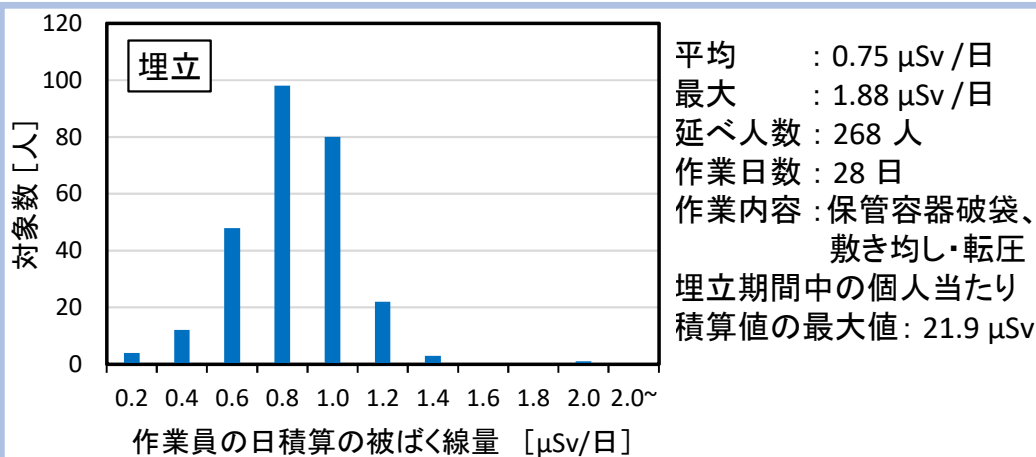
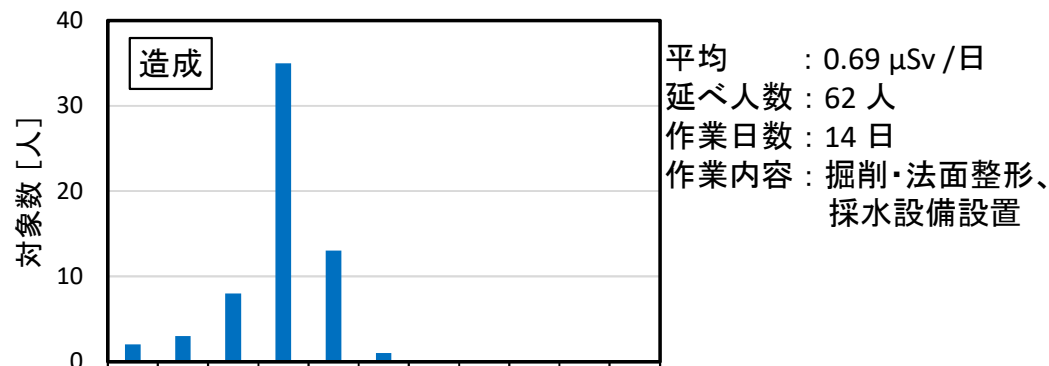
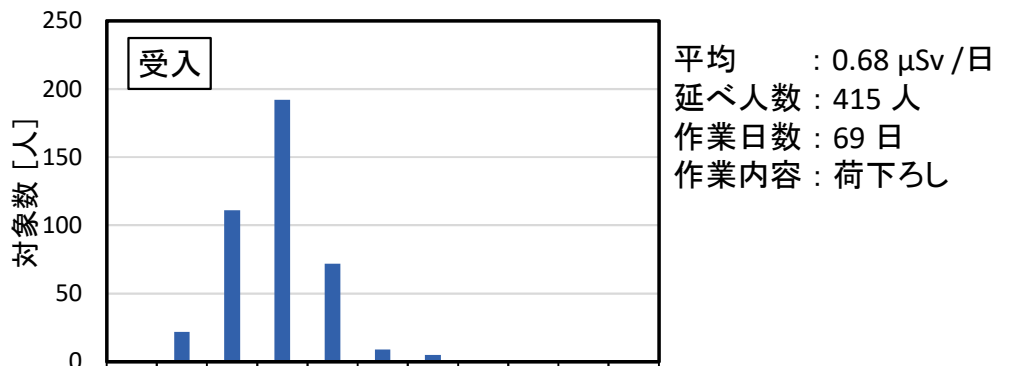
埋立

敷地境界

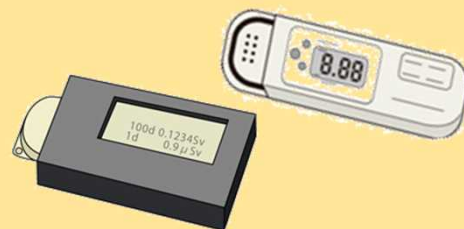


①作業者の個人被ばく線量

- 作業者の日積算の被ばく線量は、埋立作業における平均値は1日当たり0.75 μ Sv、最大でも1.88 μ Svであった(除去土壌以外から受ける放射線量を含む。)



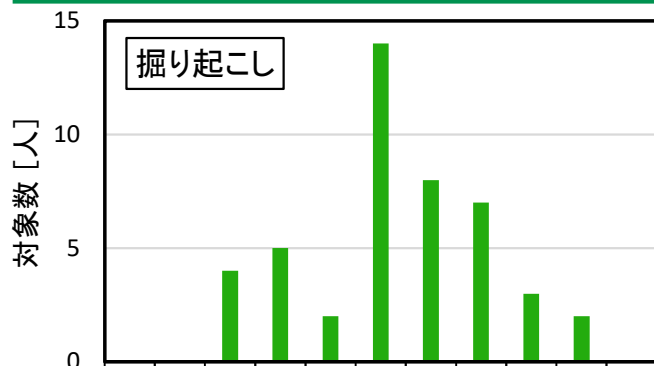
個人線量計を作業員一人一人の体幹部に装着し、作業員全員の1時間ごとの個人被ばく線量を測定。



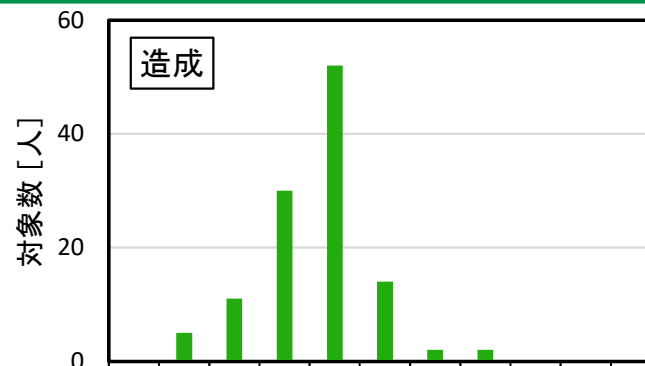
※除去土壌以外から受ける放射線を含むことに留意

①作業者の個人被ばく線量

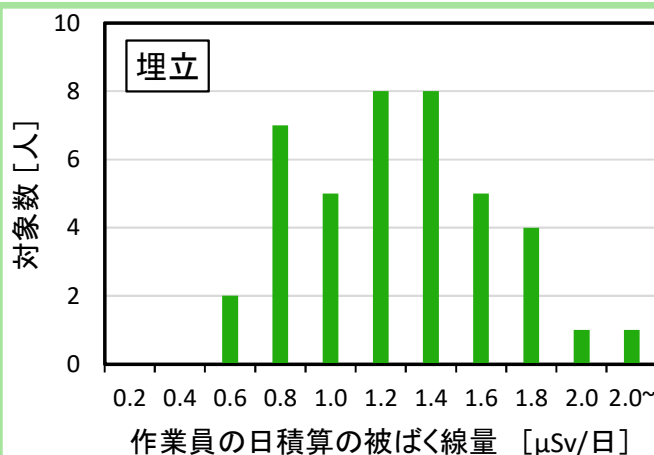
- 作業者の日積算の被ばく線量は、埋立作業における平均値は1日当たり1.17 μ Sv、最大でも2.19 μ Svであった(除去土壌以外から受ける放射線量を含む。)



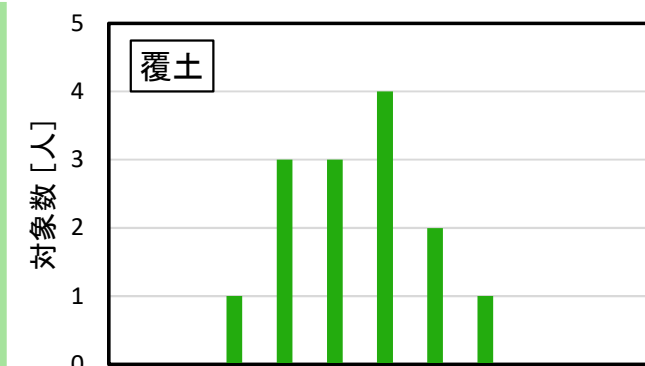
平均 : 1.18 μ Sv/日
 延べ人数 : 45 人
 作業日数 : 6 日
 作業内容 : 掘り起こし・移動



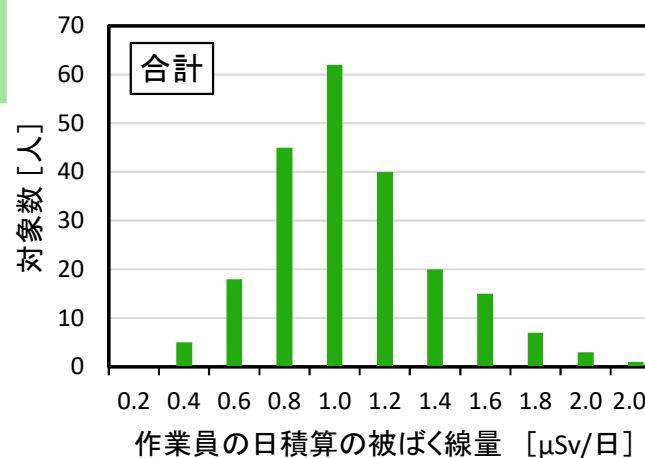
平均 : 0.83 μ Sv/日
 延べ人数 : 116 人
 作業日数 : 19 日
 作業内容 : 掘削・法面整形
 遮水シート工
 採水設備設置



平均 : 1.17 μ Sv/日
 最大 : 2.19 μ Sv/日
 延べ人数 : 41 人
 作業日数 : 6 日
 作業内容 : 保管容器破袋
 敷き均し・転圧
 埋立期間中の個人当たり
 積算値の最大値 : 9.2 μ Sv



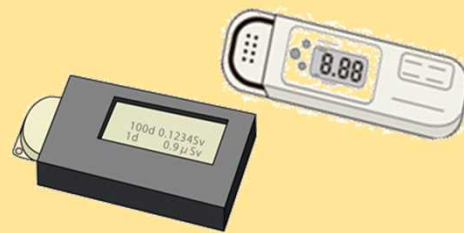
平均 : 1.00 μ Sv/日
 延べ人数 : 14 人
 作業日数 : 2 日
 作業内容 : 敷き均し・転圧



平均 : 0.98 μ Sv/日
 延べ人数 : 216 人
 作業日数 : 33 日

※「掘り起こし」「造成」「埋立」「覆土」の合計

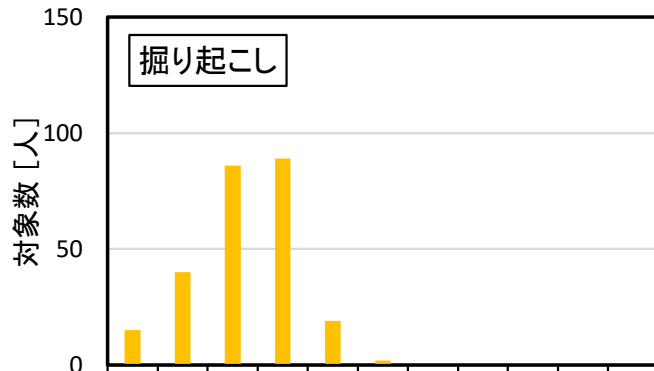
個人線量計を作業員一人一人の体幹部に装着し、作業員全員の1時間ごとの個人被ばく線量を測定。



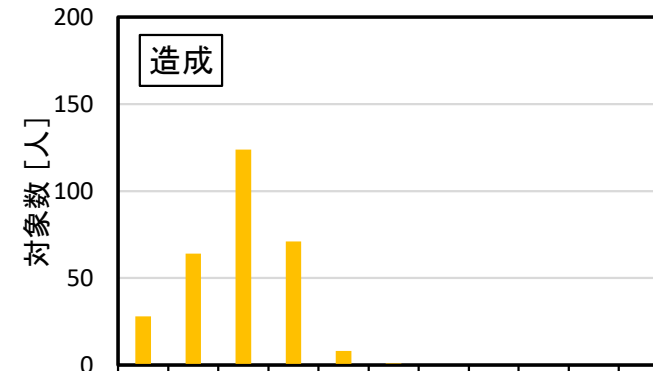
※除去土壌以外から受ける放射線を含むことに留意

①作業者の個人被ばく線量

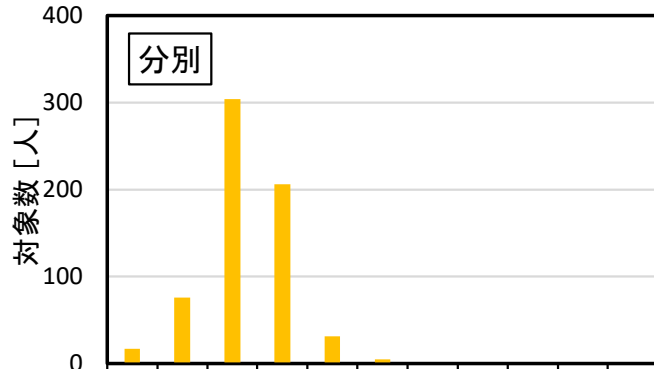
- 作業者の日積算の被ばく線量は、埋立作業における平均値は1日当たり $0.67\mu\text{Sv}$ 、最大でも $1.04\mu\text{Sv}$ であった(除去土壌以外から受ける放射線量を含む。)



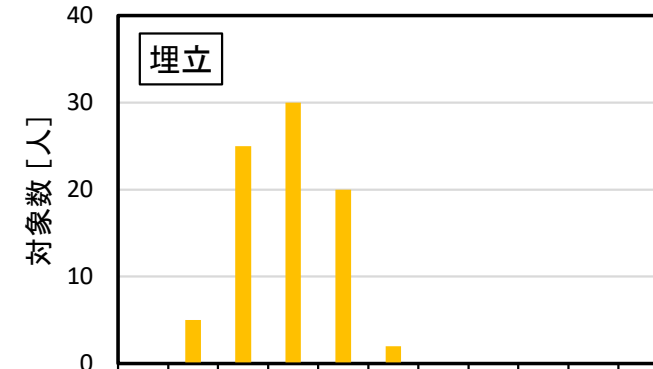
平均 : $0.56\mu\text{Sv}/\text{日}$
 延べ人数 : 251 人
 作業日数 : 42 日
 作業内容 : 取り出し



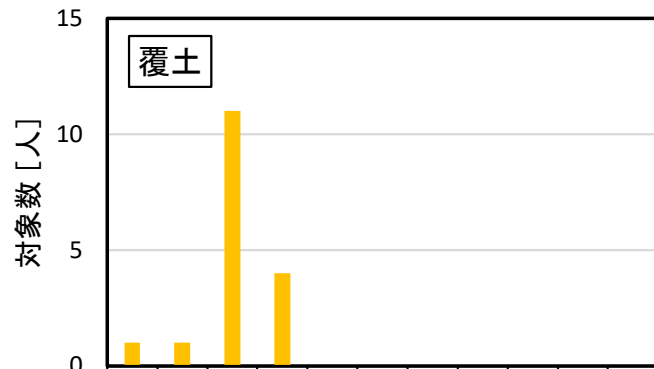
平均 : $0.48\mu\text{Sv}/\text{日}$
 延べ人数 : 296 人
 作業日数 : 48 日
 作業内容 : 造成
 遮水シート工
 採水設備設置



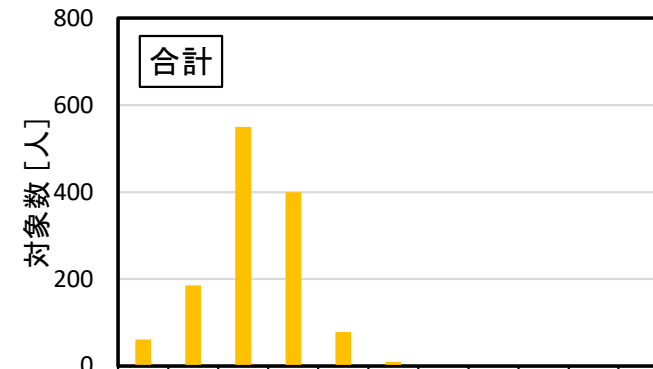
平均 : $0.56\mu\text{Sv}/\text{日}$
 延べ人数 : 639 人
 作業日数 : 98 日
 作業内容 : 分別・チップ化



平均 : $0.67\mu\text{Sv}/\text{日}$
 最大 : $1.04\mu\text{Sv}/\text{日}$
 延べ人数 : 82 人
 作業日数 : 11 日
 作業内容 : 除去土壌埋立
 埋立期間中の個人当たり
 積算値の最大値 : $9.4\mu\text{Sv}$



平均 : $0.52\mu\text{Sv}/\text{日}$
 延べ人数 : 17 人
 作業日数 : 3 日
 作業内容 : 覆土



平均 : $0.55\mu\text{Sv}/\text{日}$
 延べ人数 : 1,285 人
 作業日数 : 202 日

※「掘り起こし」「造成」
 「分別」「埋立」「覆土」
 の合計

- 大気中の放射能濃度の最大値は埋立時の0.18mBq/m³。
- 上記のサンプリング期間における埋立場所の近くでのCs-137の吸入による追加被ばく線量は、0.00000078mSvと推計※¹される。
- 除去土壌の量、濃度等について保守的な仮定※²を置いた場合、埋立場所での1年間の放射性Csによる追加被ばく線量(吸入)の推計結果は0.00011mSvとなった。

■第1区

主な作業	採取期間※ ³	核種	放射能濃度[mBq/m ³]				検出下限値[mBq/m ³]
			大気5	大気6	大気7	大気8	
受入	2018/9/7～ 2018/9/12	Cs-134	—	N.D.	—	—	0.058～0.058
		Cs-137	—	N.D.	—	—	0.071～0.071
受入埋立	2018/9/18～ 2018/9/22	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.060～0.071
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	0.084	0.061～0.070
埋立	2018/9/23～ 2018/9/28	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.062～0.076
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	0.18	0.064～0.068
埋立	2018/9/29～ 2018/10/4	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.065～0.075
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.064～0.069
埋立	2018/10/9～ 2018/10/13	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.062～0.067
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.058～0.071
埋立覆土	2018/10/15～ 2018/10/22	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.065～0.081
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.062～0.069

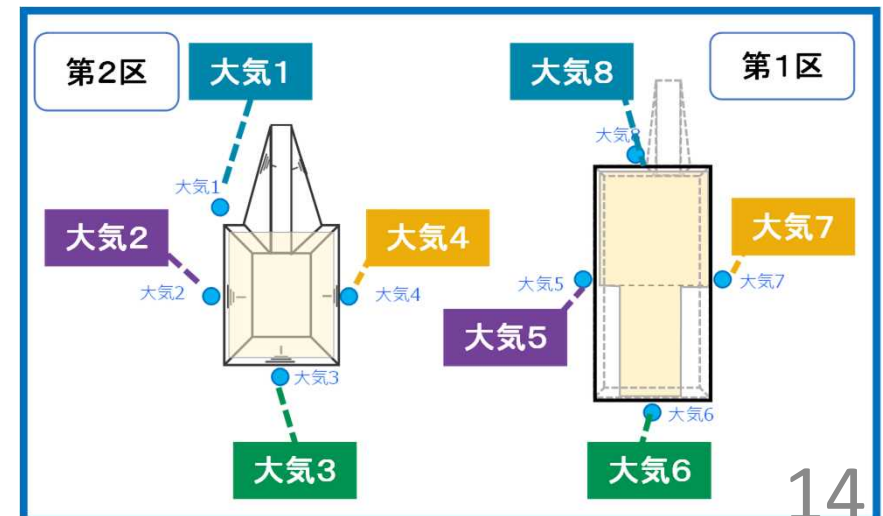
※¹ 大気中放射能濃度の最大値が観測された測定点の周辺で滞在した場合を仮定し、吸入による預託実効線量について環境放射線モニタリング指針を参考に計算(成人の呼吸率22.2×10⁶cm³/日、滞在期間5日間(ダスト採取期間))。

※² 除去土壌の放射性Cs濃度が1,370Bq/kgのときに大気中放射能濃度が0.18mBq/m³(測定された最大値)となるとした上で、除去土壌の放射性Cs濃度が2,500Bq/kgであり、年間通して継続すると仮定した場合。Cs-134についてはCs-137に対して0.082の比率で存在していると仮定。

※³ 「採取期間」のうち、5日間の大気を採取。

■第2区

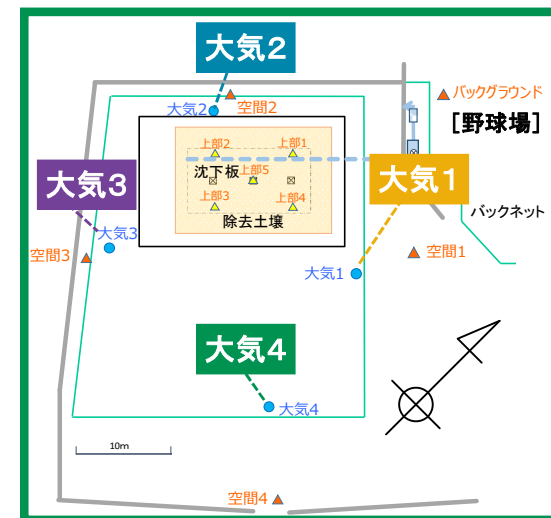
主な作業	採取期間※ ³	核種	放射能濃度[mBq/m ³]				検出下限値[mBq/m ³]
			大気1	大気2	大気3	大気4	
造成	2019/1/22～ 2019/1/26	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.071～0.082
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.065～0.069
埋立	2019/1/30～ 2019/2/4	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.060～0.074
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.062～0.076
	2019/2/5～ 2019/2/12	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.065～0.077
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.066～0.077
覆土	2019/2/13～ 2019/2/18	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.064～0.078
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	0.11	0.060～0.071
覆土	2019/2/19～ 2019/2/23	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.063～0.070
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.065～0.070



②大気中の放射能濃度

- 2検体で放射性Csが検出されたが、準備段階であり除去土壌由来ではないと考えられる。
- 上記のサンプリング期間における埋立場所の近くでのCs-137の吸入による追加被ばく線量は、0.00000065mSvと推計※1される。

主な作業	採取期間※2	核種	放射能濃度 [mBq/m ³]				検出下限値 [mBq/m ³]
			大気1	大気2	大気3	大気4	
準備	2018/9/25～ 2018/10/1	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.080～0.089
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.086～0.096
	2018/10/3～ 2018/10/10	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.065～0.079
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	0.15	0.069～0.083
	2018/10/11～ 2018/10/17	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.071～0.081
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.068～0.079
	2018/10/18～ 2018/10/24	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.065～0.079
		Cs-137	0.13	N.D.	N.D.	N.D.	0.071～0.089
掘り起こし	2018/10/25～ 2018/10/31	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.073～0.077
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.073～0.083
造成	2018/11/1～ 2018/11/8	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.055～0.064
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.055～0.062
	2018/11/9～ 2018/11/15	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.054～0.061
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.059～0.062
	2018/11/16～ 2018/11/22	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.053～0.064
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.061～0.066
	2018/11/26～ 2018/11/30	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.059～0.066
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.052～0.062
埋立	2018/12/3～ 2018/12/7	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.056～0.060
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.059～0.072
覆土	2018/12/10～ 2018/12/14	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.053～0.059
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.055～0.061



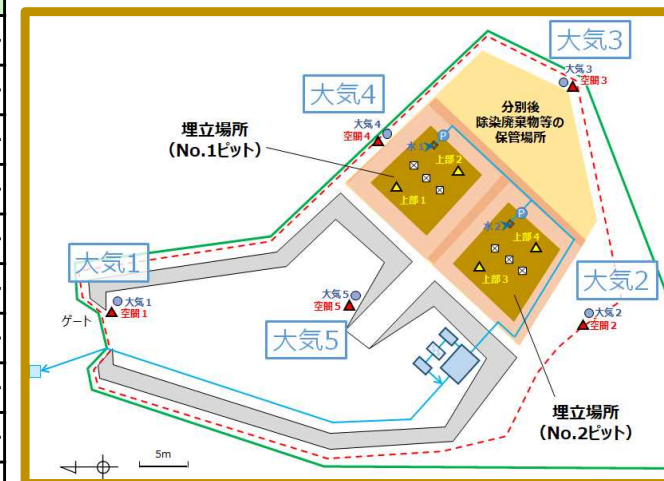
※1) 大気中放射能濃度の最大値が観測された測定点の周辺で滞在した場合を仮定し、吸入による預託実効線量について環境放射線モニタリング指針を参考に計算（成人の呼吸率 $22.2 \times 10^6 \text{cm}^3/\text{日}$ 、滞在期間5日間（ダスト採取期間））。

※2) 「採取期間」のうち、5日間の大気を採取。**15**

②大気中の放射能濃度

- 分別作業箇所(大気5)では、分別作業期間中(21週間:21検体)に10検体でCs-137が検出された。(最大値は 0.4 mBq/m³)。
- 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。(最大値は 0.18 mBq/m³)。
- 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、0.00000013 mSv と推計※1され、1mSvを下回った。(作業員は保護マスクを着用するため、通常は粉じんの吸入はない。)

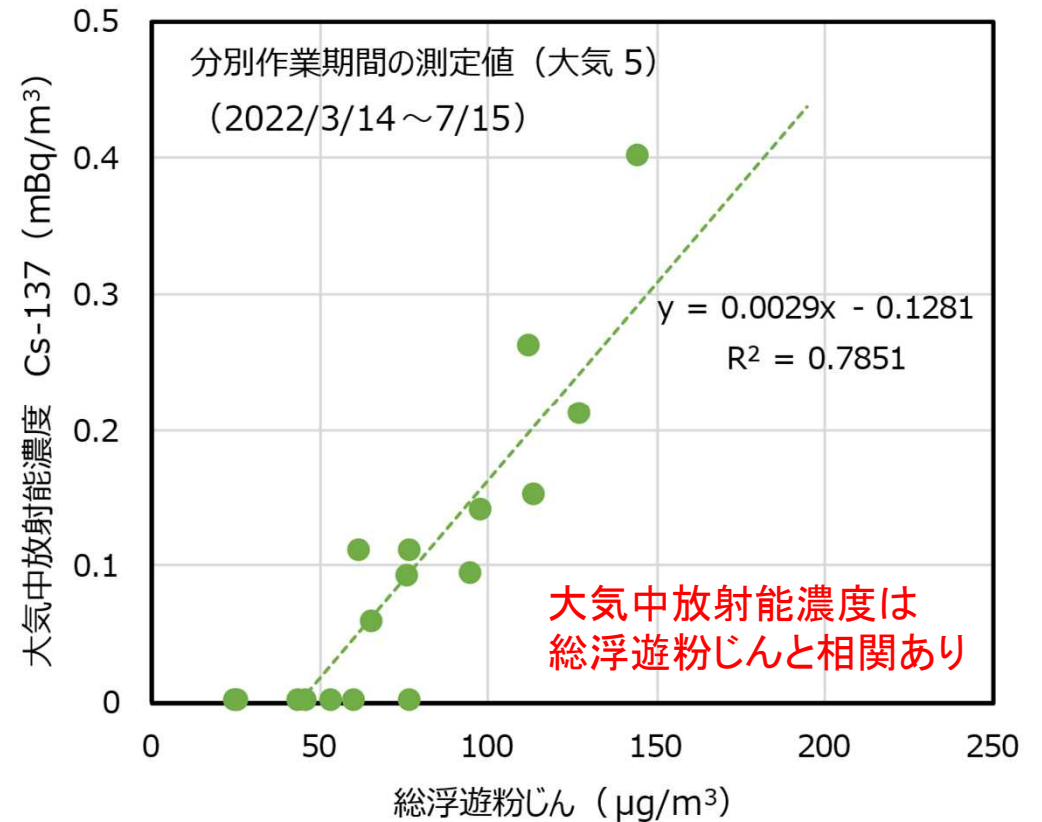
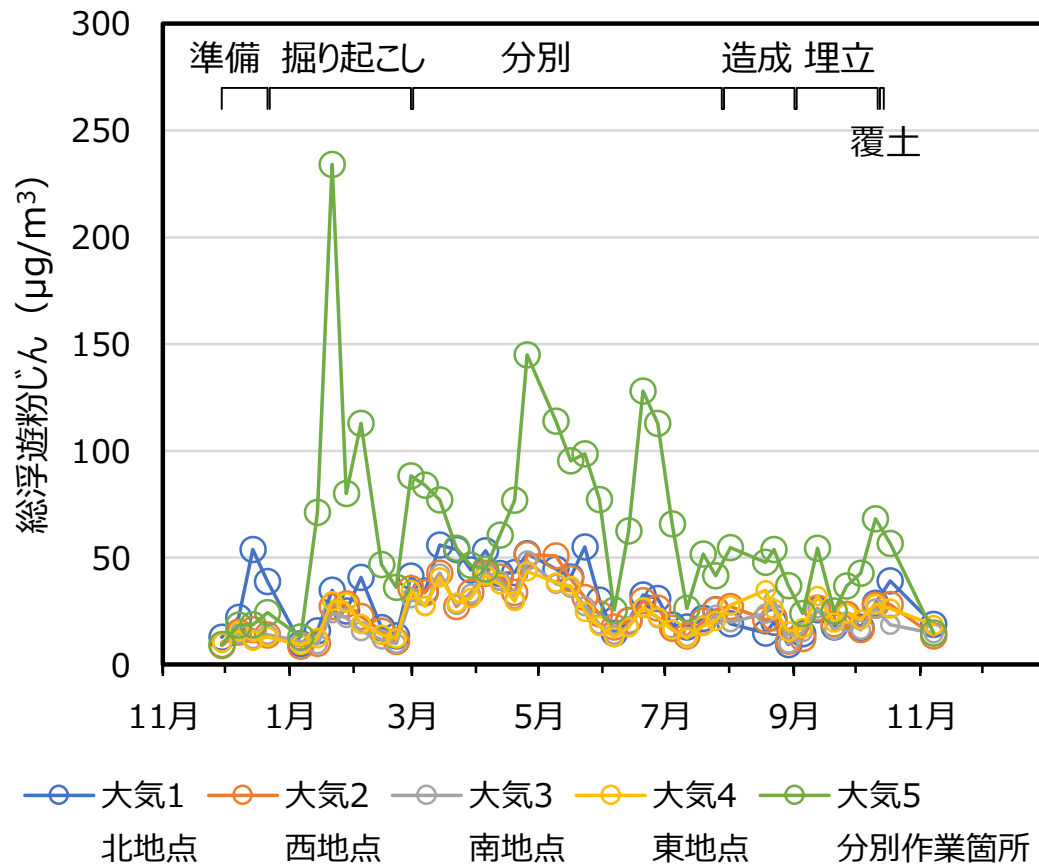
主な作業	採取期間	核種	放射能濃度[mBq/m ³]					検出下限値 [mBq/m ³]
			大気1	大気2	大気3	大気4	大気5	
準備	2021/11/29~ 2021/12/28	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.045~0.095
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.044~0.089
掘り起こし	2022/1/6/~ 2022/2/25	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.050~0.077
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.053~0.075
分別	2022/2/28/~ 2022/3/4	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.061~0.071
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.14	0.062~0.068
	2022/3/7/~ 2022/4/18	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.053~0.079
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.057~0.079
	2022/4/19/~ 2022/4/22	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.058~0.086
		Cs-137	N.D.	0.18	N.D.	N.D.	0.091	0.063~0.082
	2022/4/25/~ 2022/4/28	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.082~0.093
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.40	0.078~0.093
	2022/5/9/~ 2022/5/13	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.057~0.069
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.15	0.061~0.068
	2022/5/16/~ 2022/5/21	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.053~0.062
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	0.066	0.094	0.049~0.054
	2022/5/23/~ 2022/5/28	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.057~0.067
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.14	0.051~0.068
	2022/5/30/~ 2022/6/4	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.053~0.066
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.11	0.059~0.068
	2022/6/6/~ 2022/6/11	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.072~0.085
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.066~0.076
	2022/6/13/~ 2022/6/18	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.057~0.067
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.11	0.050~0.064
2022/6/20/~ 2022/6/25	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.060~0.078	
	Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.21	0.062~0.073	
2022/6/27/~ 2022/7/2	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.055~0.073	
	Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.26	0.048~0.064	
2022/7/4/~ 2022/7/9	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.057~0.065	
	Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.058	0.057~0.070	
2022/7/11/~ 2022/7/29	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.072~0.090	
	Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.070~0.092	
造成	2022/8/1/~ 2022/8/20	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.057~0.099
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.064~0.100
埋立	2022/8/22/~ 2022/8/27	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.053~0.066
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.24	0.062~0.068
埋立	2022/8/29/~ 2022/9/2	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.074~0.087
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.11	0.062~0.078
	2022/9/5/~ 2022/9/9	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.081~0.097
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.077~0.086
2022/9/12/~ 2022/9/17	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.059~0.063	
	Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	0.15	N.D.	0.055~0.063	
覆土	2022/9/20/~ 2022/10/8	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.050~0.096
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.050~0.082
覆土	2022/10/10/~ 2022/10/18	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.058~0.065
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.058~0.064



※1) 大気中放射能濃度の最大値が観測された測定点の周辺で作業した場合を仮定し、吸入による預託実効線量についてICRP Publ.23及びICRP Publ.68を参考に計算(労働(軽作業)時の呼吸量の数値20L/min、滞在期間5日間(ダスト採取期間))。

②大気中の放射能濃度

- 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

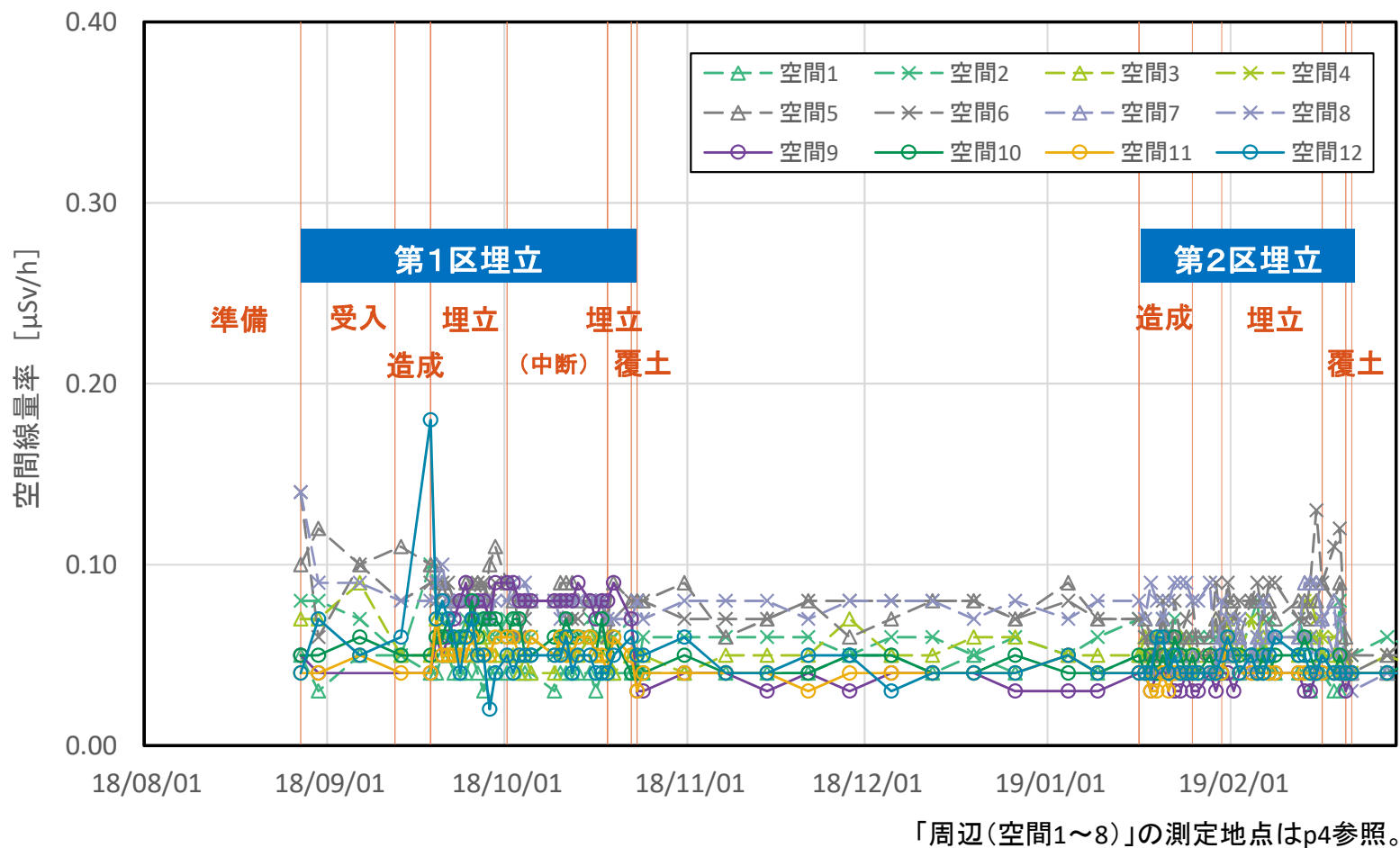


※検出下限未満の場合は、0としてプロット

※総浮遊粉じん量はハイボリウムエアサンプラーで採取

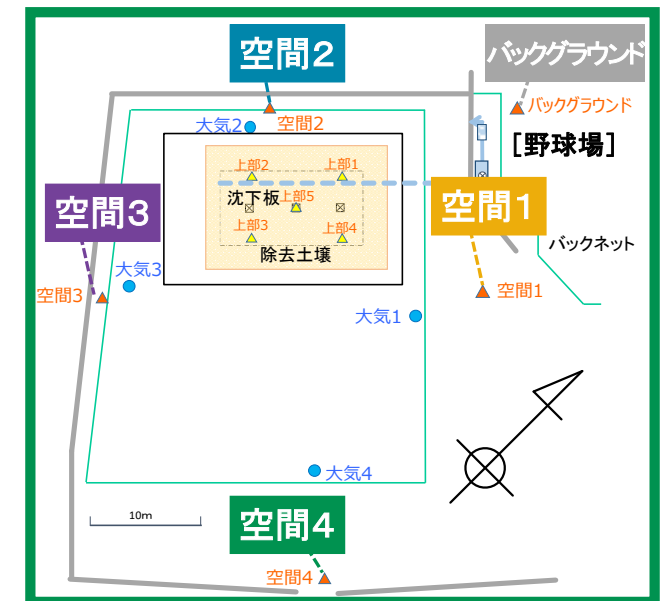
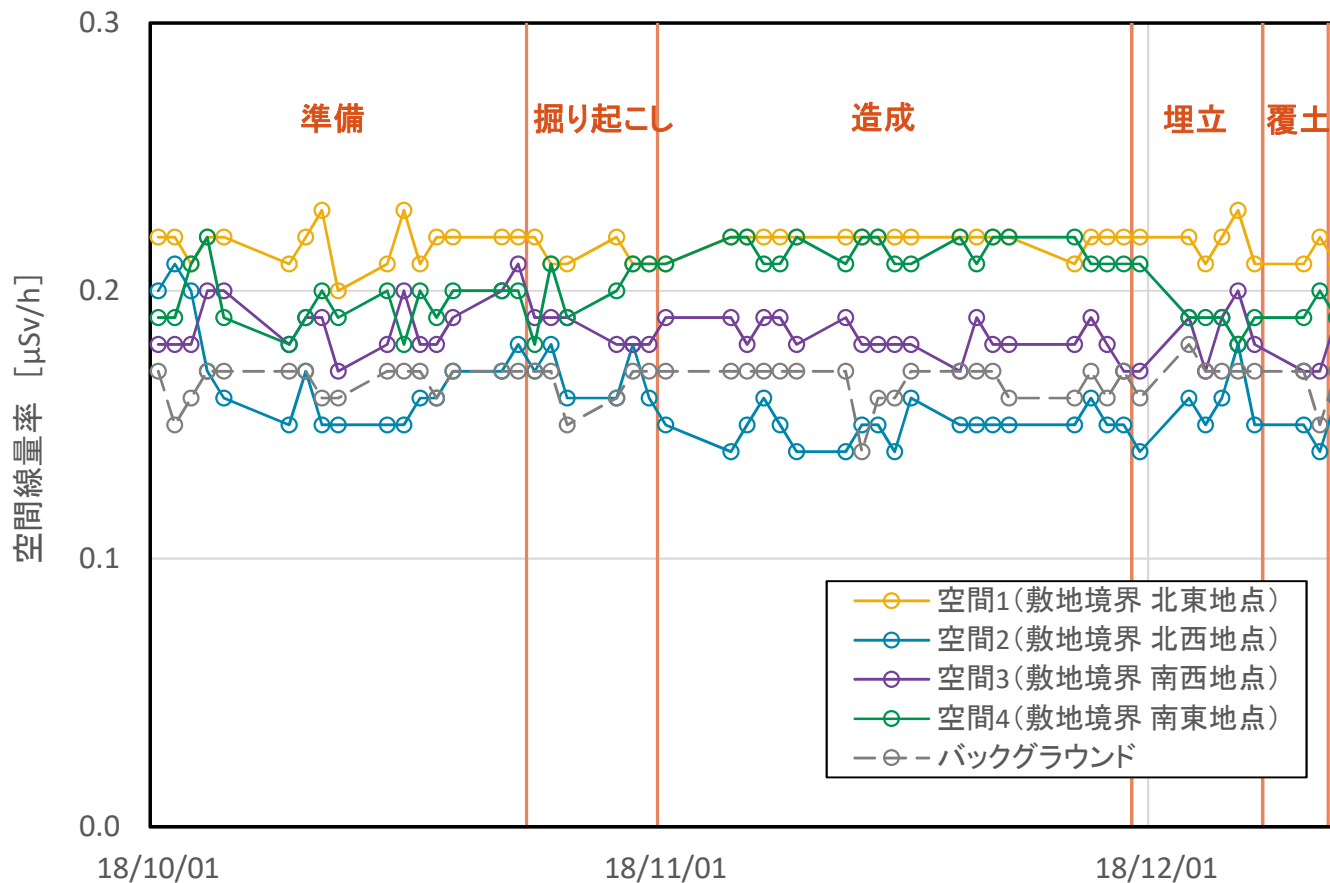
③空間線量率

- 実証事業場所の空間線量率は、準備段階から埋立開始前までの変動幅の中で概ね推移している。
- 9月18日に空間12の地点で $0.1\mu\text{Sv/h}$ 程度の空間線量率の上昇が見られるが、これは埋立作業のために同地点のすぐ近傍に除去土壌を集約していたことによると推察される。



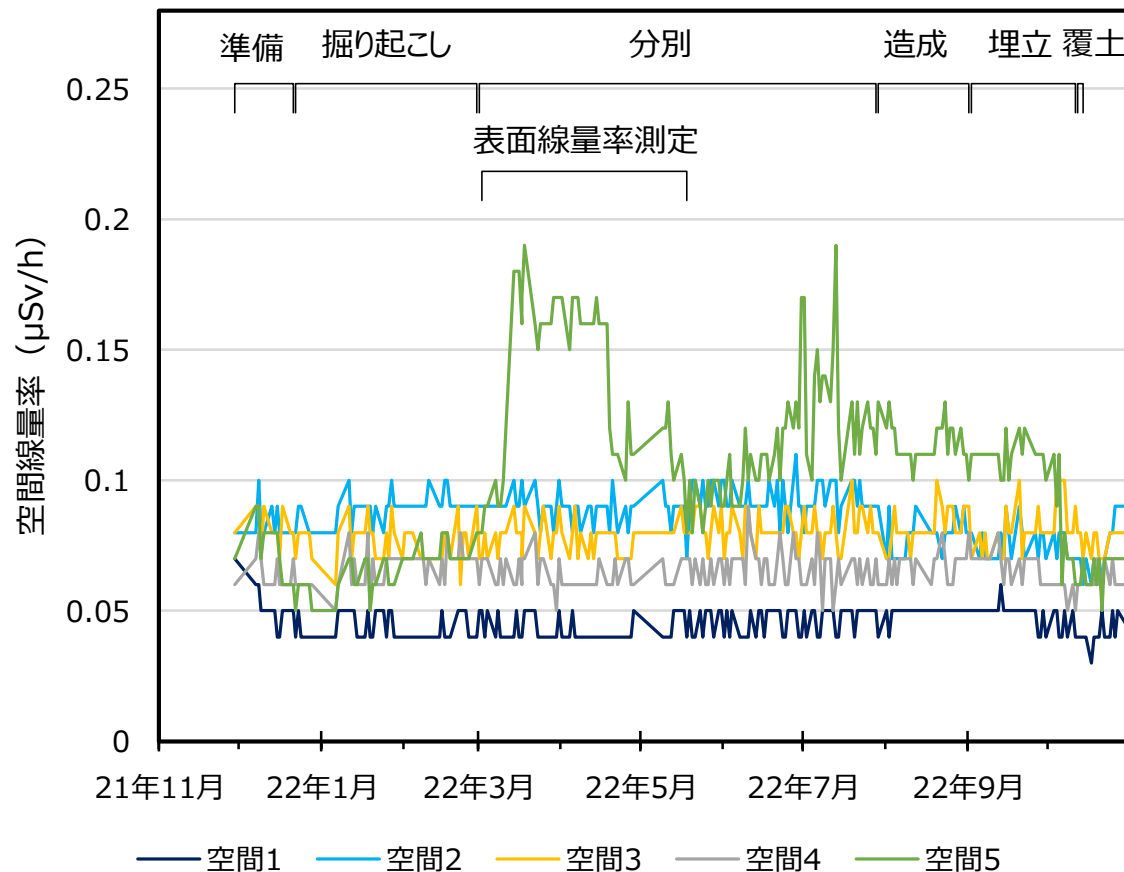
③空間線量率

- 埋立作業中の実証事業場所の空間線量率は、準備段階から埋立開始前までの変動幅の中で推移している。
- 空間4(除去土壌の掘り出し後、仮置きを行った場所に隣接)は、仮置き前後で空間線量率に有意な変化があり、仮置きによる空間線量率の上昇は $0.02\mu\text{Sv/h}$ であった。



③空間線量率

- 分別作業や埋立作業時の敷地境界(空間1~4)における空間線量率は、実証事業の準備期間中の変動の範囲内で推移し、除去土壌の分別や埋立作業の前後で周辺環境の空間線量率に大きな変化はなかった。
- 埋立作業期間中の分別作業場所(空間5)の空間線量率は、分別作業時において最大で0.19 $\mu\text{Sv/h}$ であった。



2) 埋立後におけるモニタリング項目

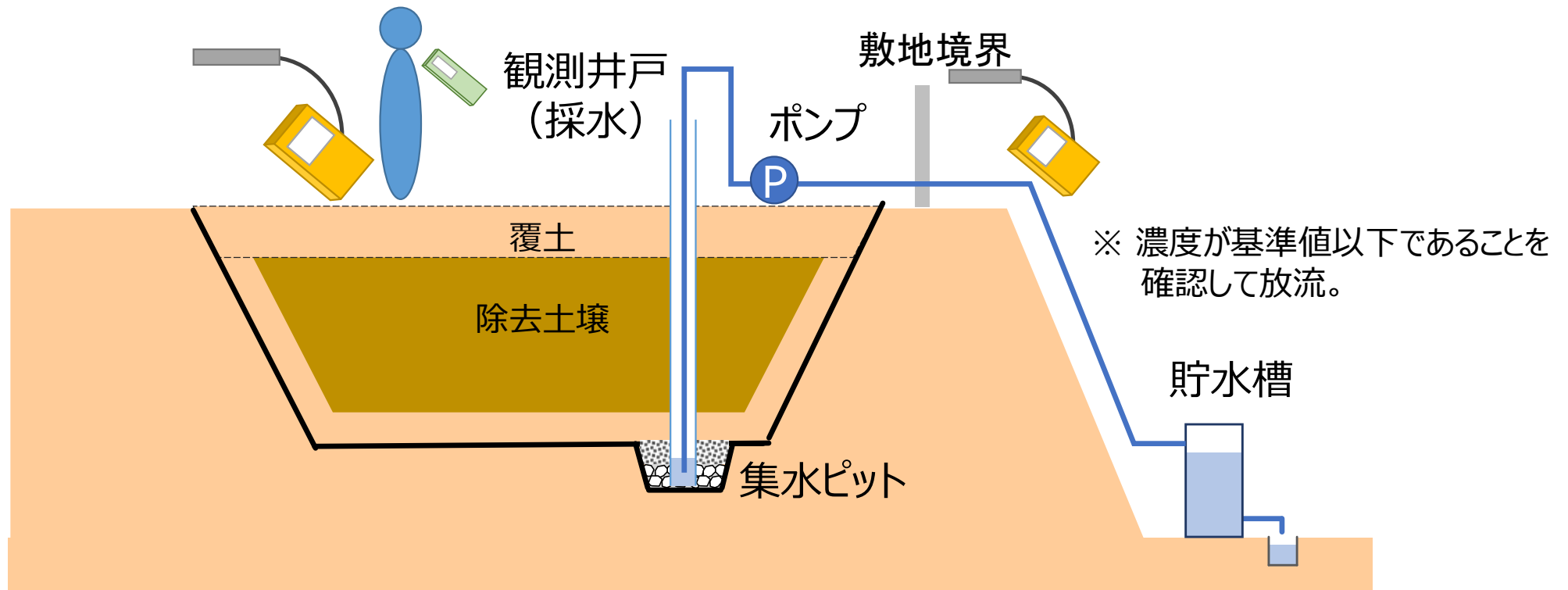
2) 埋立後の管理

■ 埋立場所

- ① 空間線量率測定
- ② 作業者の個人被ばく線量測定
- ③ 浸透水の放射能濃度測定
- ④ 沈下量測定

■ 敷地境界

- ⑤ 空間線量率測定
- ⑥ 大気中の放射能濃度測定
(ダストサンプリング)

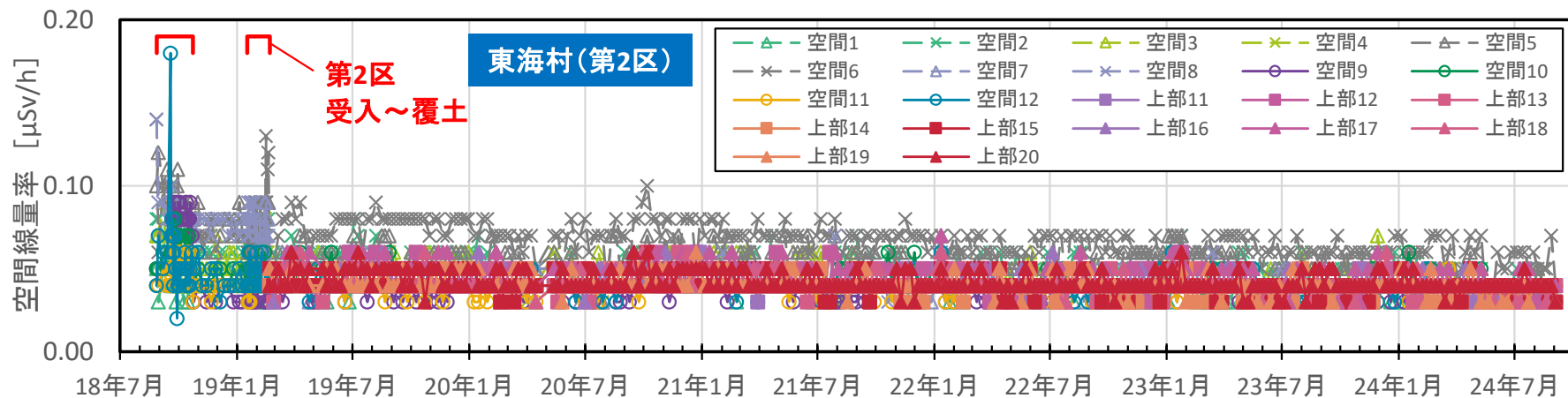
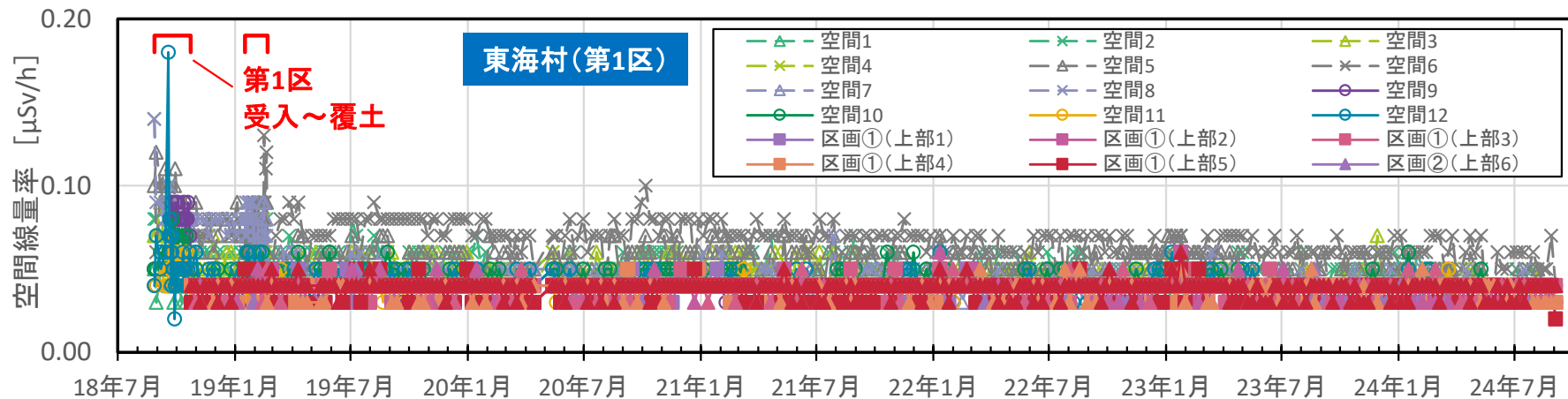


- 空間線量率の測定、作業者の個人被ばく線量測定、浸透水の放射能濃度測定は原状回復まで継続

①空間線量率(埋立場所)

■埋立後管理期間中の埋立場所における空間線量率

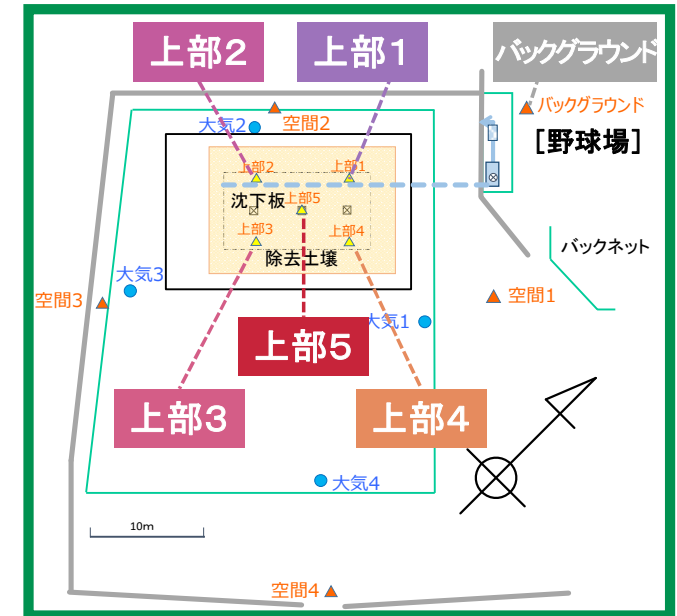
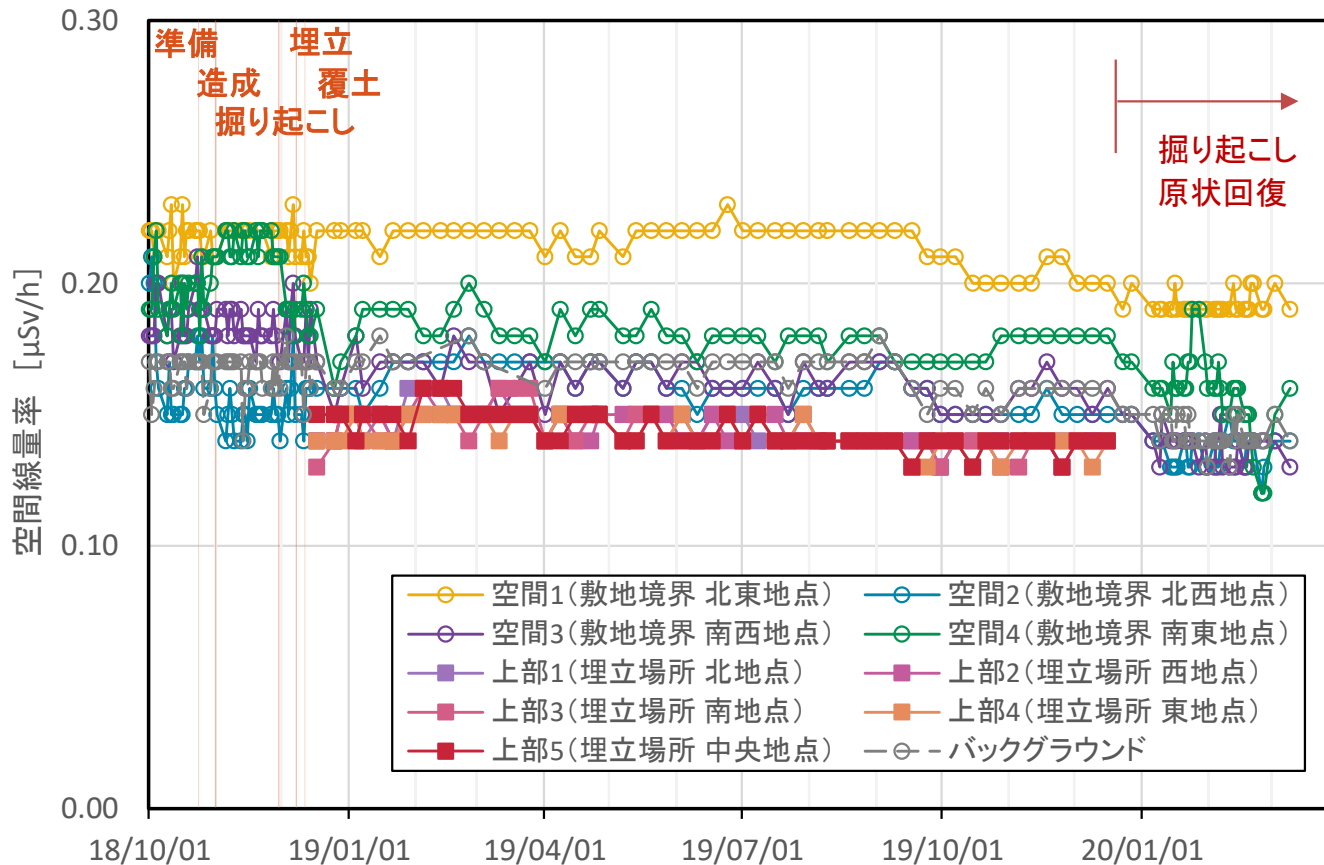
- 覆土完了以降、敷地境界12地点、埋立場所20地点(第1区、第2区それぞれ10地点)の空間線量率を測定。
- 埋立場所、敷地境界のいずれも除去土壌の埋立前後で空間線量率に大きな変化はなかった。



①空間線量率(埋立場所)

■埋立後管理期間中の埋立場所における空間線量率

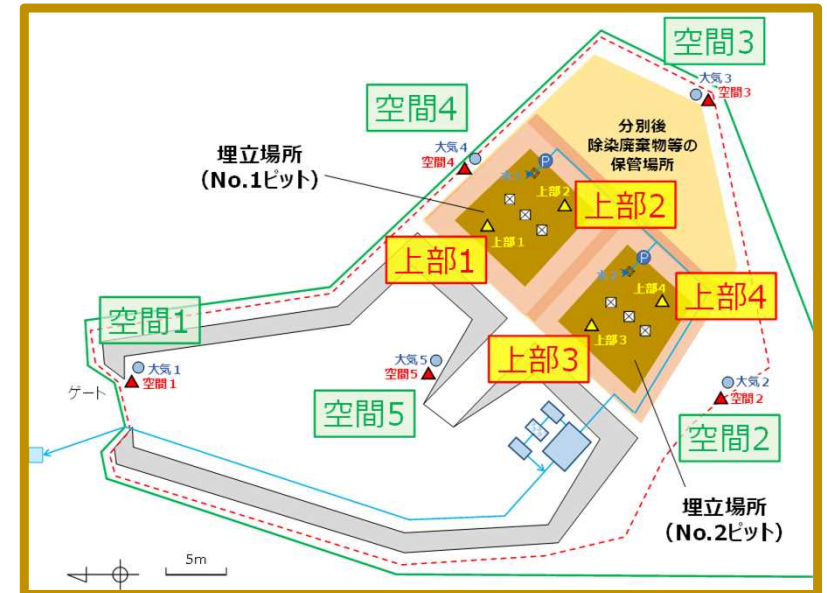
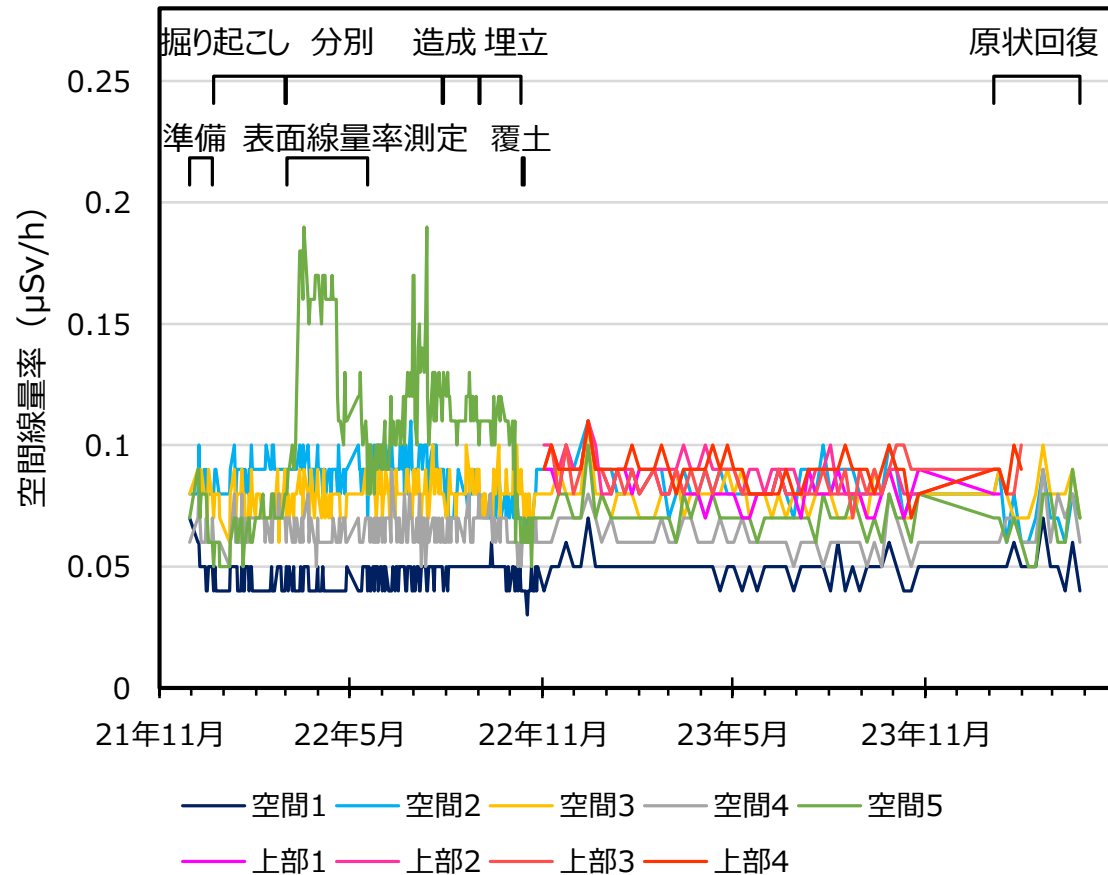
- 覆土完了以降、敷地境界4地点、埋立場所5地点における空間線量率を測定。
- 埋立場所、敷地境界のいずれも除去土壌の埋立前後で空間線量率に大きな変化はなかった。



①空間線量率(埋立場所)

■埋立後管理期間中の埋立場所における空間線量率

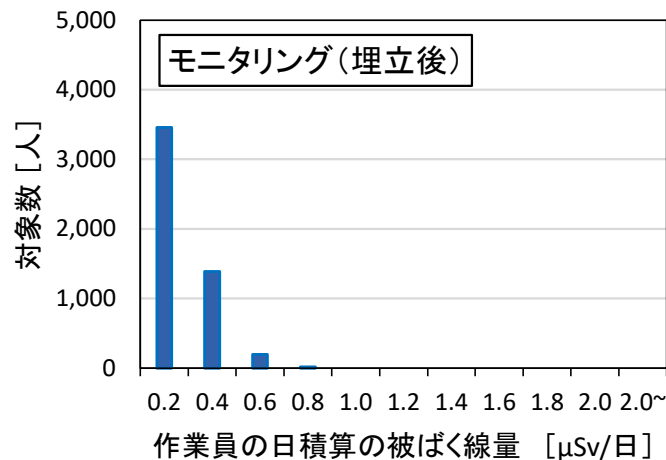
- 覆土完了以降、埋立場所の上部4地点における空間線量率を測定。
- 埋立後管理期間中の空間線量率(埋立場所上部)は、実証事業の準備期間中の変動の範囲内で推移していた。



■埋立後管理期間中のモニタリング作業者が受ける個人被ばく線量

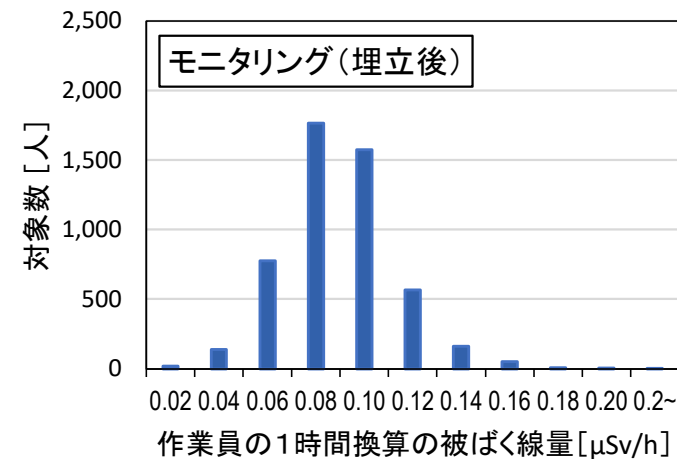
- 1日当たりの個人被ばく線量の最大値は $0.77\mu\text{Sv}$ であった(除去土壌以外から受ける放射線量を含む。)

■1日当たりの線量



平均 : $0.18\mu\text{Sv}/\text{日}$
 延べ人数 : 5,061 人
 作業日数 : 1,032 日
 作業内容 : モニタリング
 日線量最大 : $0.77\mu\text{Sv}/\text{日}$

■1時間当たりの線量



平均 : $0.08\mu\text{Sv}/\text{h}$
 延べ人数 : 5,061 人
 作業日数 : 1,032 日
 作業内容 : モニタリング
 日線量最大 : $0.22\mu\text{Sv}/\text{h}$

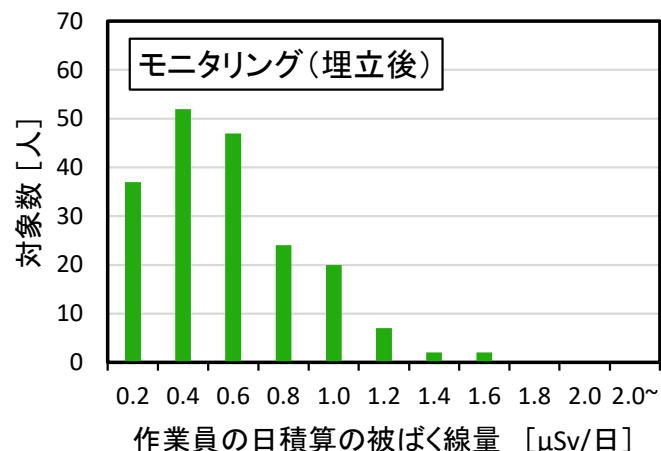
除去土壌以外から受ける放射線量を含む。
 1時間当たりの線量に補正。

②作業者の個人被ばく線量

■埋立後管理期間中のモニタリング作業者が受ける個人被ばく線量

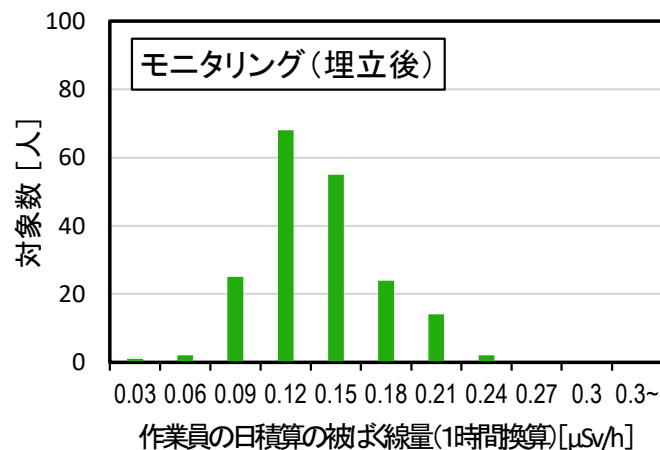
- 1日当たりの個人被ばく線量の最大値は1.56 μ Svであった(除去土壌以外から受ける放射線量を含む。)

■1日当たりの線量



平均 : 0.48 μ Sv/日
 延べ人数 : 191 人
 作業日数 : 118 日
 作業内容 : モニタリング
 日線量最大 : 1.56 μ Sv/日

■1時間当たりの線量

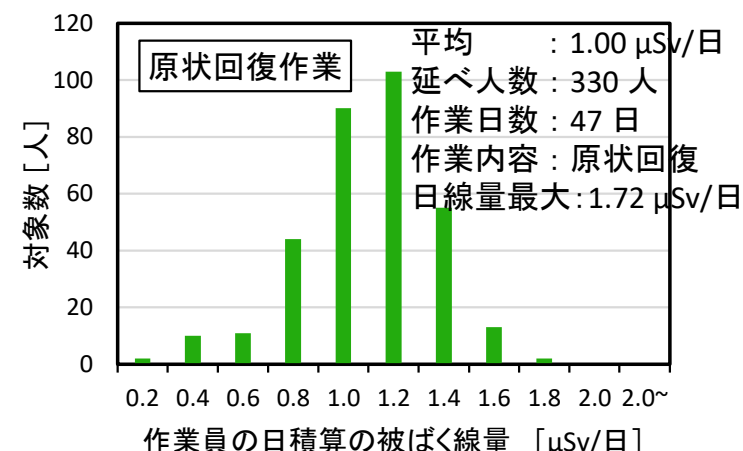


平均 : 0.13 μ Sv/h
 延べ人数 : 191 人
 作業日数 : 118 日
 作業内容 : モニタリング
 日線量最大 : 0.23 μ Sv/h

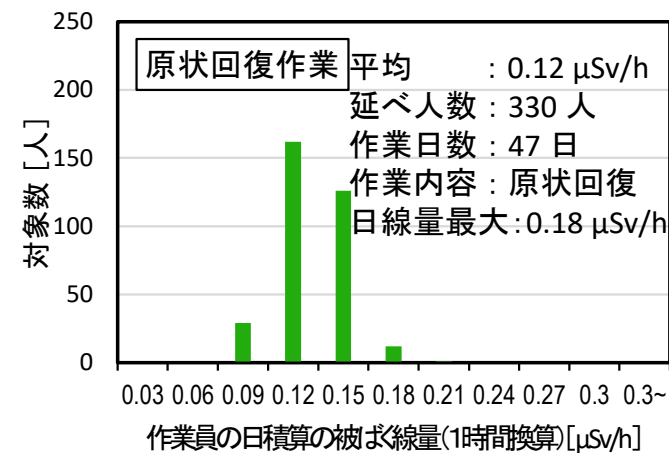
除去土壌以外から受ける放射線量を含む。
 1時間当たりの線量に補正。

【参考:原状回復作業】

■1日当たりの線量



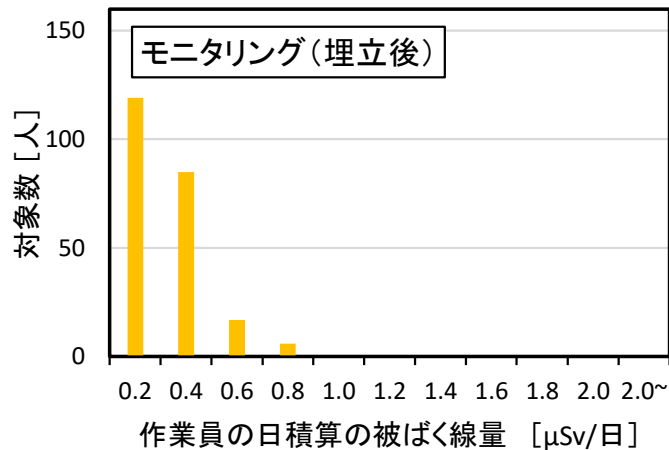
■1時間当たりの線量



■埋立後管理期間中のモニタリング作業者が受ける個人被ばく線量

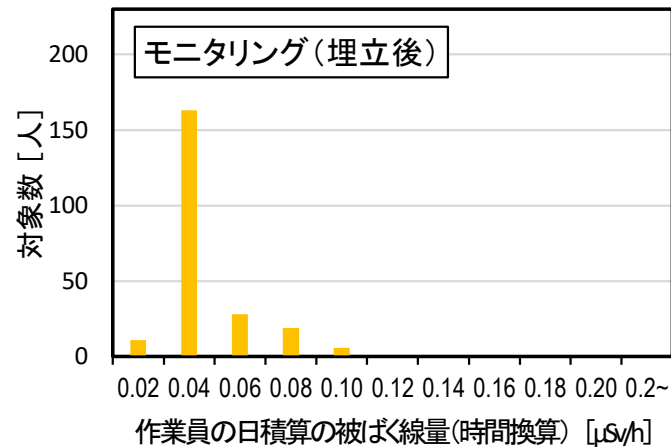
- 1日当たりの個人被ばく線量の最大値は $0.71\mu\text{Sv}$ であった(除去土壌以外から受ける放射線量を含む。)

■1日当たりの線量



平均 : $0.21\mu\text{Sv/日}$
 延べ人数 : 227 人
 作業日数 : 149 日
 作業内容 : モニタリング
 日線量最大 : $0.71\mu\text{Sv/日}$

■1時間当たりの線量

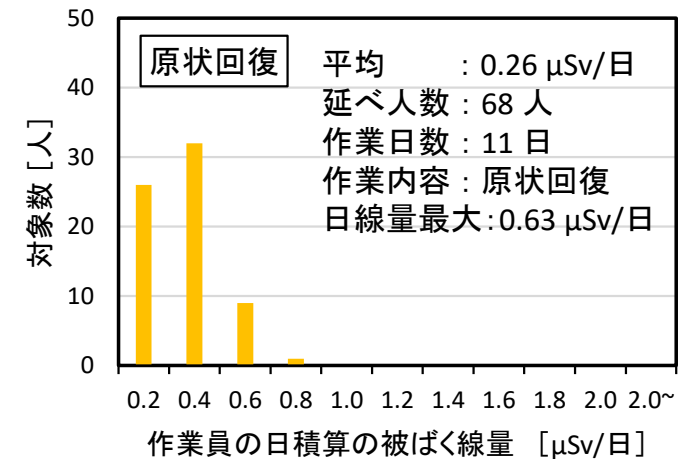


平均 : $0.04\mu\text{Sv/h}$
 延べ人数 : 227 人
 作業日数 : 149 日
 作業内容 : モニタリング
 日線量最大 : $0.10\mu\text{Sv/h}$

除去土壌以外から受ける放射線量を含む。
 1時間当たりの線量に補正。

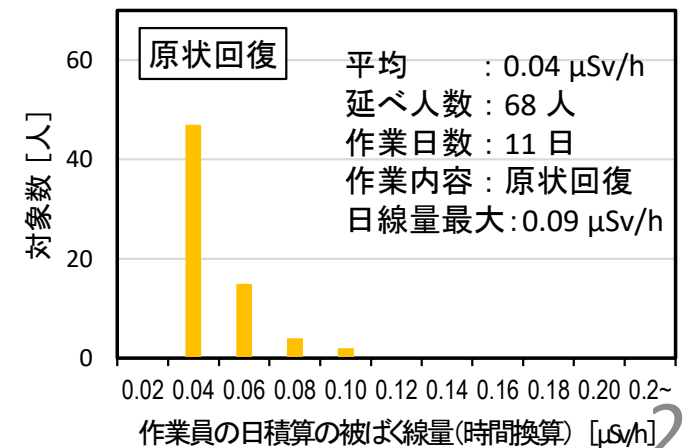
【参考:原状回復作業】

■1日当たりの線量



平均 : $0.26\mu\text{Sv/日}$
 延べ人数 : 68 人
 作業日数 : 11 日
 作業内容 : 原状回復
 日線量最大 : $0.63\mu\text{Sv/日}$

■1時間当たりの線量



平均 : $0.04\mu\text{Sv/h}$
 延べ人数 : 68 人
 作業日数 : 11 日
 作業内容 : 原状回復
 日線量最大 : $0.09\mu\text{Sv/h}$

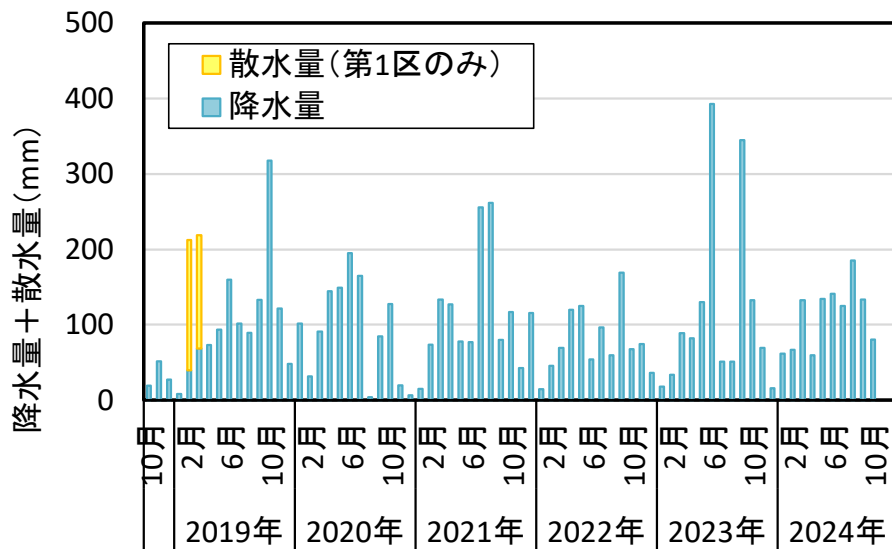
■埋立後管理期間中の浸透水中の放射能濃度

- 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。

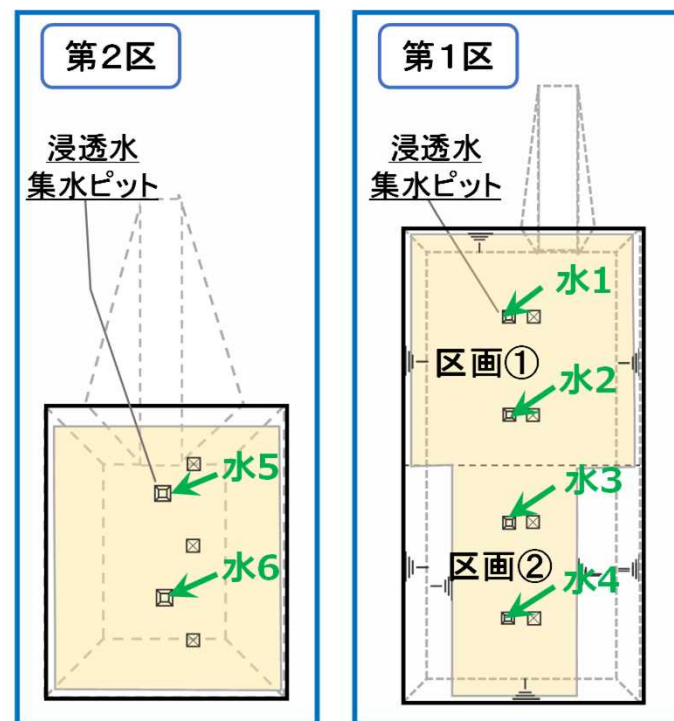
＜浸透水中の放射能濃度＞

	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]
東海村 (第1区)	2018/10/24～ 2024/8/27	1回/週	303回 (1101検体)	Cs-134	N.D.	0.44～0.91
				Cs-137	N.D.	0.57～0.99
東海村 (第2区)	2019/2/27～ 2024/8/27	1回/週	280回 (436検体)	Cs-134	N.D.	0.60～0.95
				Cs-137	N.D.	0.68～0.99

＜月降水量＞



※東海村第1区では、サンプリングが困難になったこと等を考慮し、2019年2月25日から3月1日まで散水を実施。散水量は、同村内の過去10年間の7日間当たり最大降水量を基に350mmに設定。



＜参考:土質＞

土質分類

周辺土壌 (n=4)
(砂層)

分級された砂(SP)
細粒分まじり砂(S-F)

除去土壌 (n=8)

砂質細粒土(FS)
細粒分質砂(SF)
細粒分まじり砂(S-F)

③浸透水中の放射能濃度

■埋立後管理期間中の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。

<浸透水中の放射能濃度>

	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]
那須町	2018/12/20~ 2020/1/27	1回/週	60回 (60検体)	Cs-134 Cs-137	N.D. N.D.	0.33~0.73 0.42~0.80

<参考:土質>

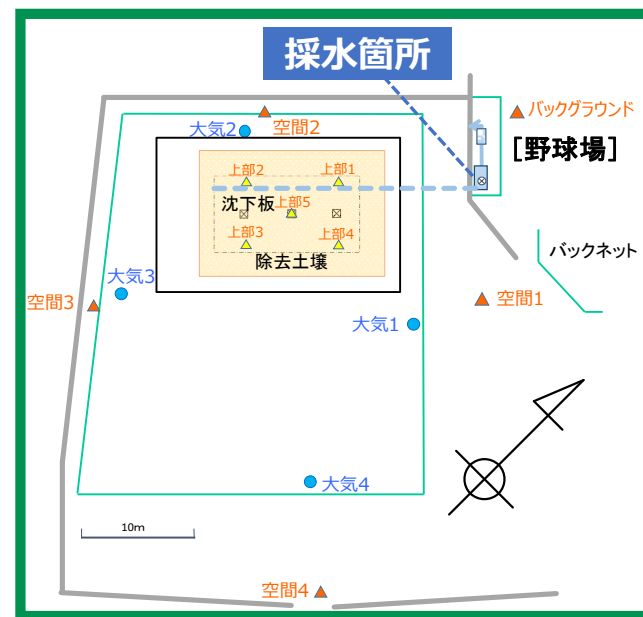
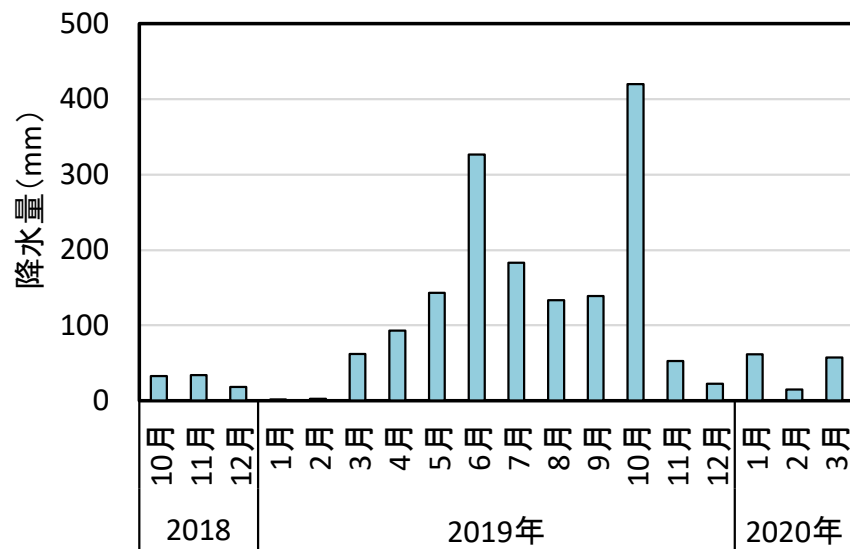
土質分類

周辺土壌1 (n=3)
(黒ボク)
[GL-0.5~1.3m]
砂質細粒土(FS)
細粒分まじり礫質砂(SG-F)

周辺土壌2 (n=3)
(火山灰質粘性土)
[GL-1.3m~]
砂質細粒土(FS)
細粒分質礫質砂(SFG)
砂まじり細粒土(F-S)

除去土壌 (n=2)
細粒分質礫質砂(SFG)

<月降水量>



③浸透水の放射能濃度

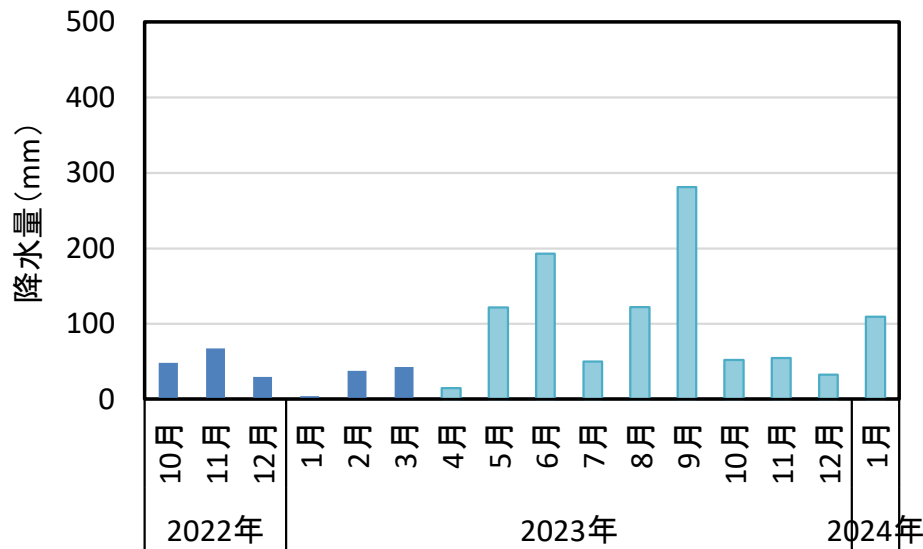
■埋立後管理期間中の浸透水中の放射能濃度

- 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。

＜浸透水中の放射能濃度＞

	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]
丸森町 (No.1ピット)	2022/10/28～ 2024/1/10	1回/週	55回 (55検体)	Cs-134	N.D.	0.44～0.99
				Cs-137	N.D.	0.56～1.00
丸森町 (No.2ピット)	2022/10/28～ 2024/1/10	1回/週	55回 (55検体)	Cs-134	N.D.	0.49～0.98
				Cs-137	N.D.	0.62～1.00

＜月降水量＞

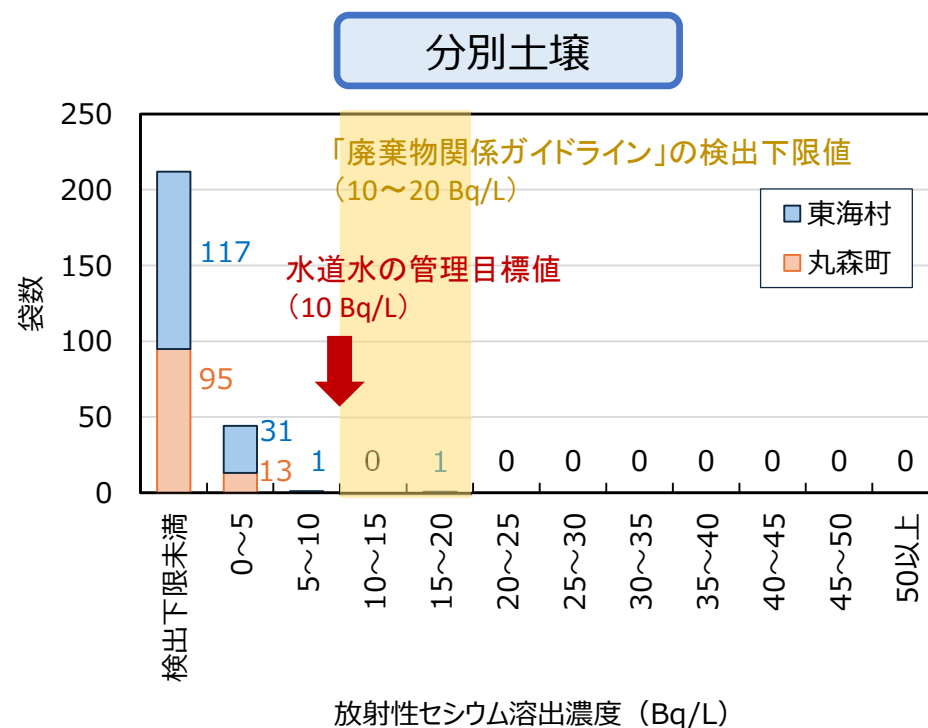
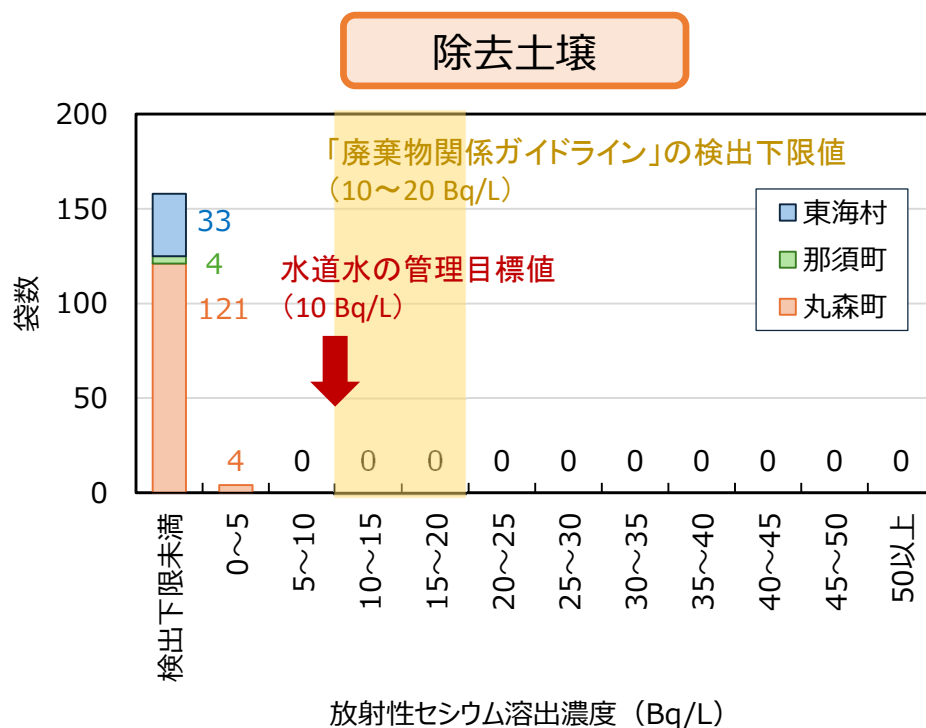


※2022年10月～2023年3月はアメダス降水量（丸森）
2023年4月以降は現地測定



(参考) 除去土壌等の溶出特性

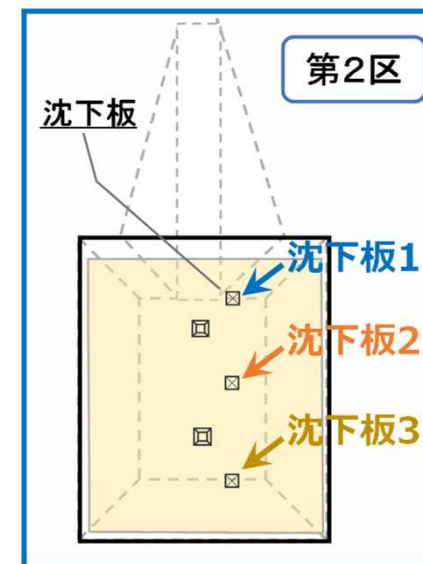
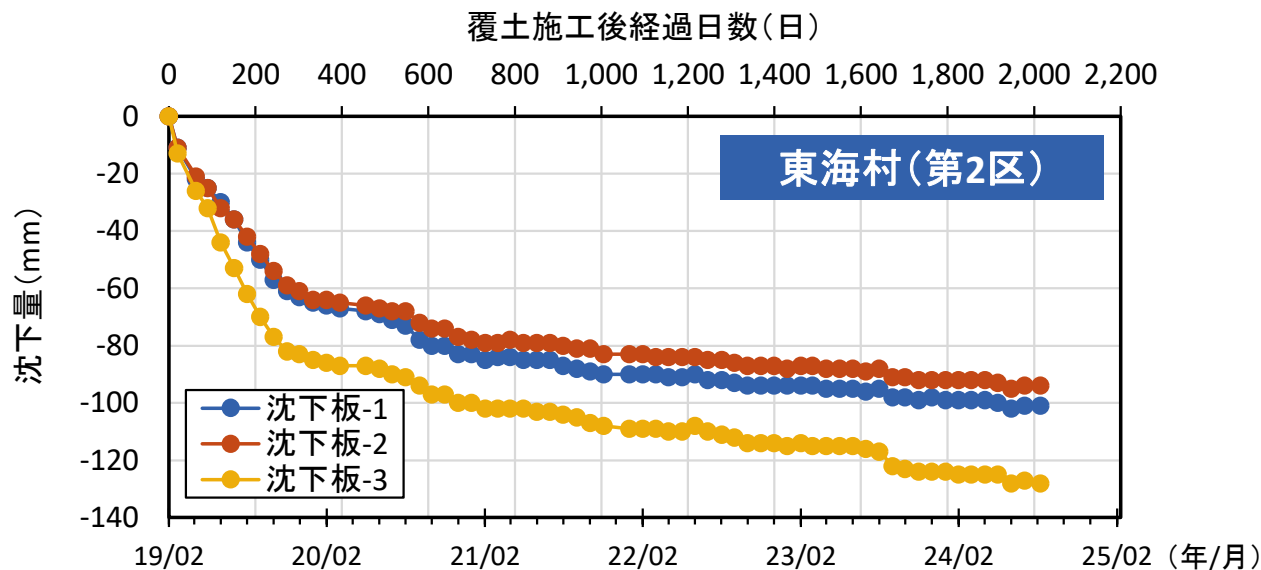
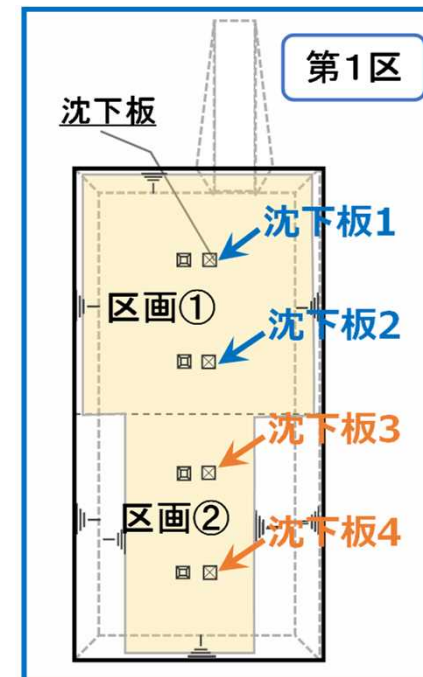
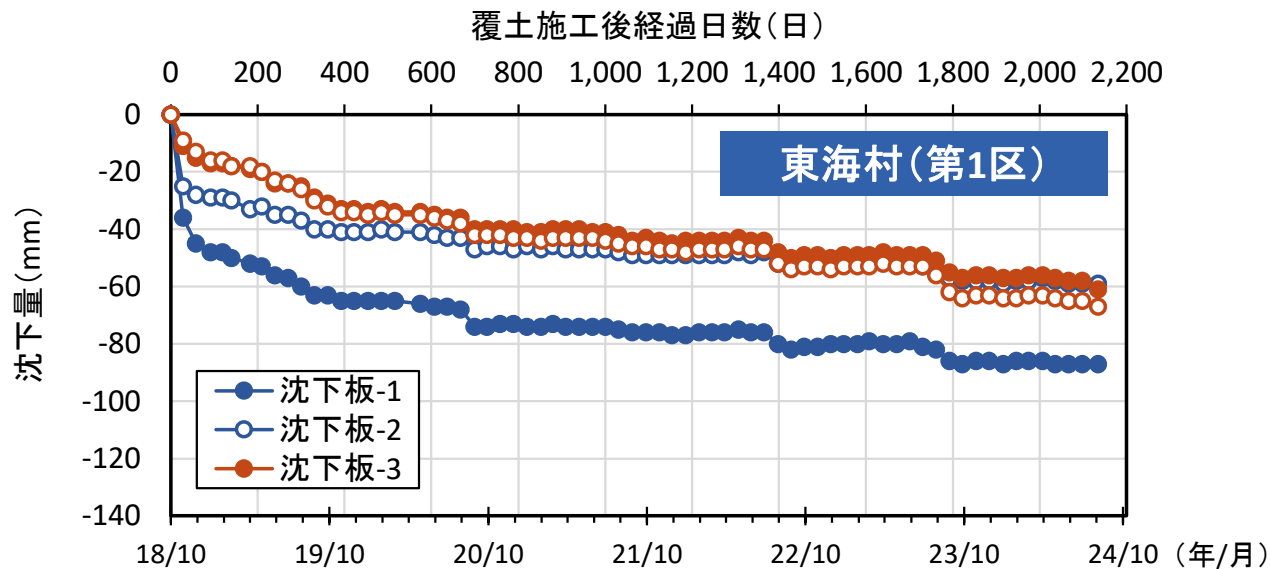
- 溶出試験は、土壌から、どのような物質がどの程度溶け出してくるのかを調べるための試験(室内試験)。
- 試験の結果、わずかに放射性セシウムが溶出する検体が見られたが、前ページのとおり実際の浸透水中の放射能濃度は全て検出下限未満であった。
- このことは、土壌からは放射性セシウムはほとんど溶け出さず、溶け出したとしてもすぐに周囲の土壌に吸着されるため、浸透水に出てこなかったものと解釈できる。



<参考> 水道水中の放射性物質の管理目標値 : 10 Bq/kg (= 10 Bq/L)
 「廃棄物関係ガイドライン」の検出下限値 : 10~20 Bq/L
 今回の溶出試験の検出下限値 : 0.3~4.1 Bq/L

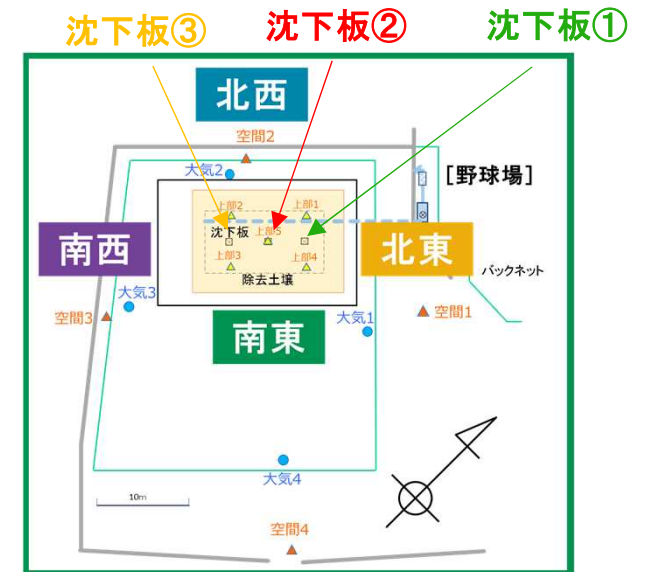
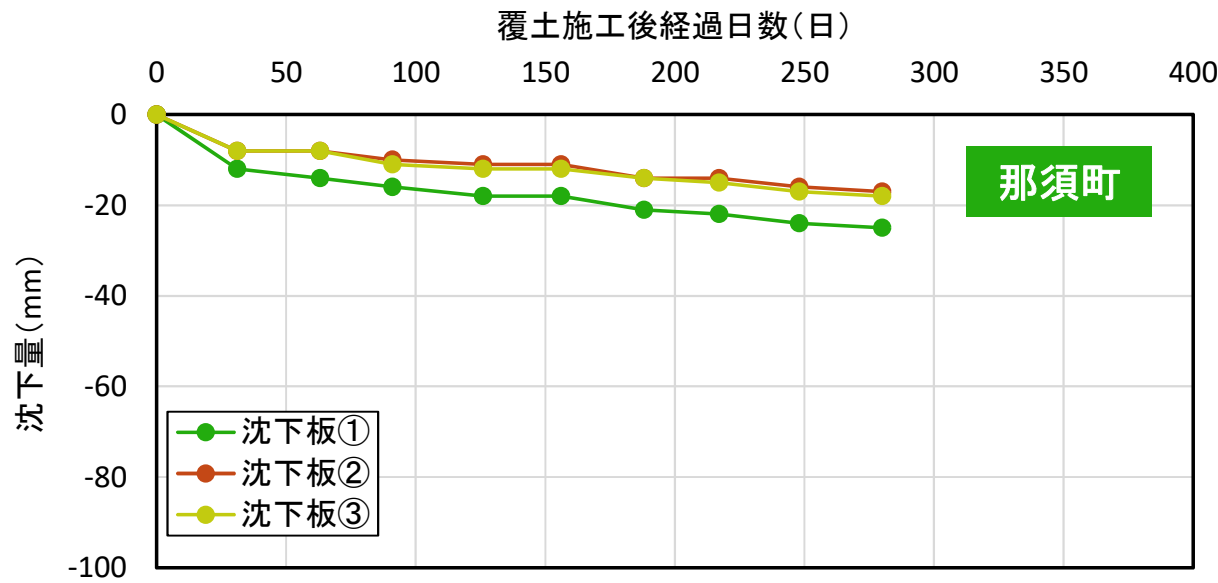
④埋立場所の沈下量

- 第1区(覆土施工後1854日)における埋立場所の沈下量は、最大87mm
- 第2区(覆土施工後1734日)における埋立場所の沈下量は、最大128mm



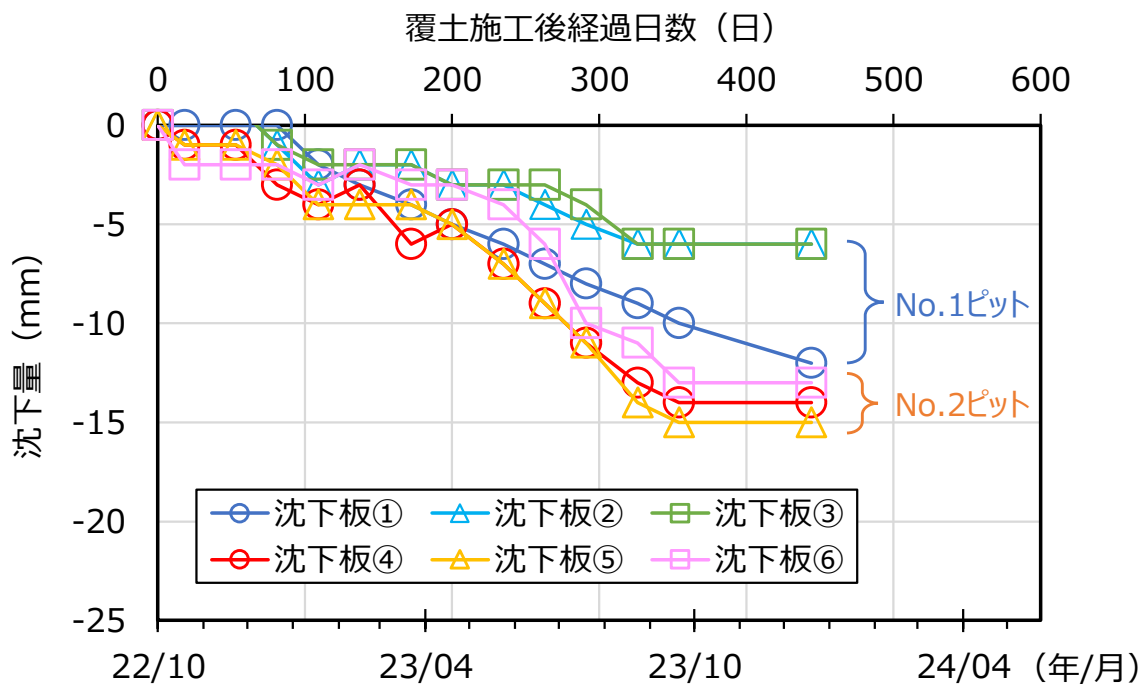
④埋立場所の沈下量

- 覆土施工280日後における埋立場所の沈下量は、最大25mm。



④埋立場所の沈下量

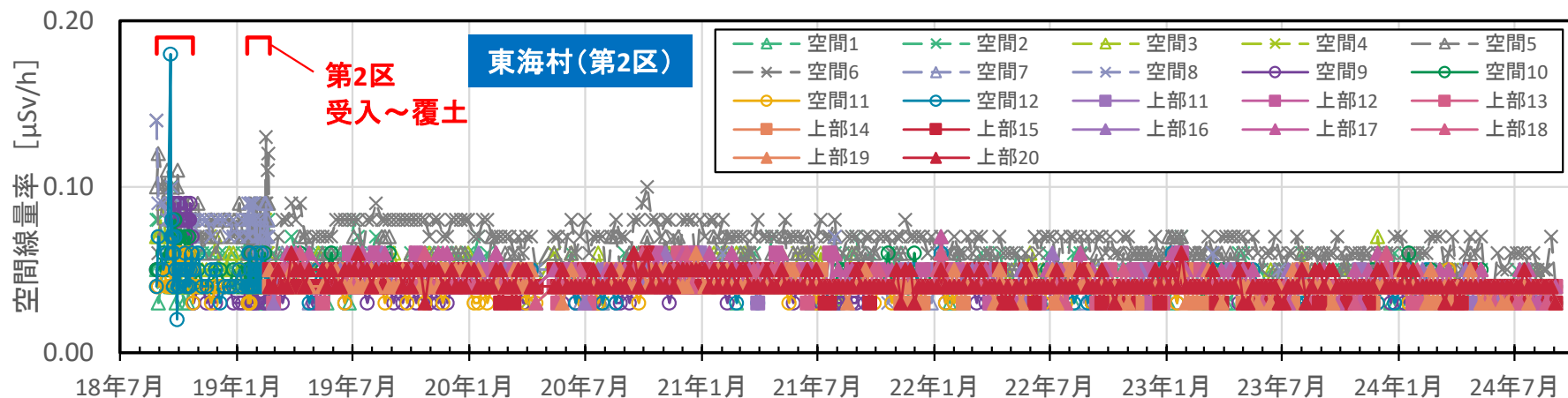
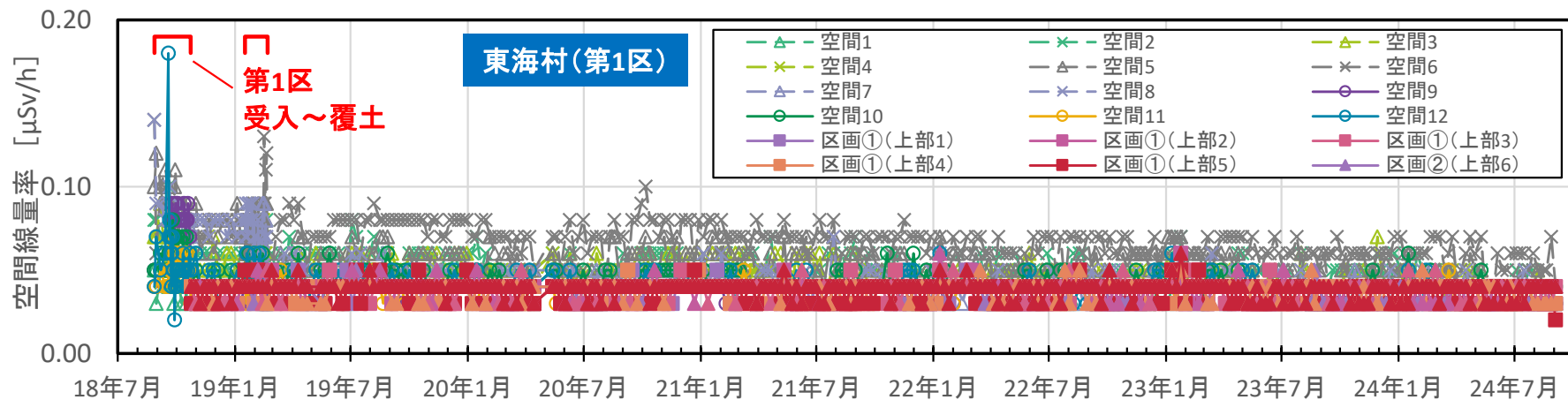
- No.1ピット(覆土施工後444日)における埋立場所の沈下量は、最大12mm
- No.2ピット(覆土施工後444日)における埋立場所の沈下量は、最大15mm



⑤空間線量率(敷地境界)

■埋立後管理期間中の埋立場所における空間線量率

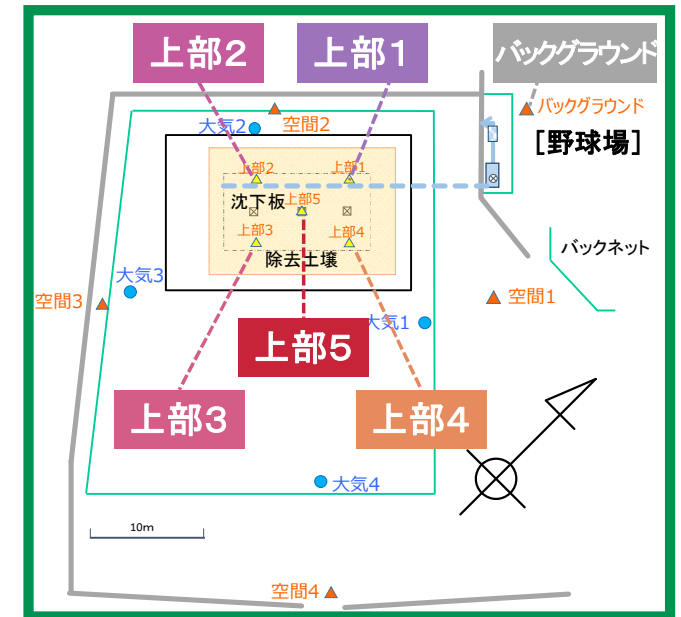
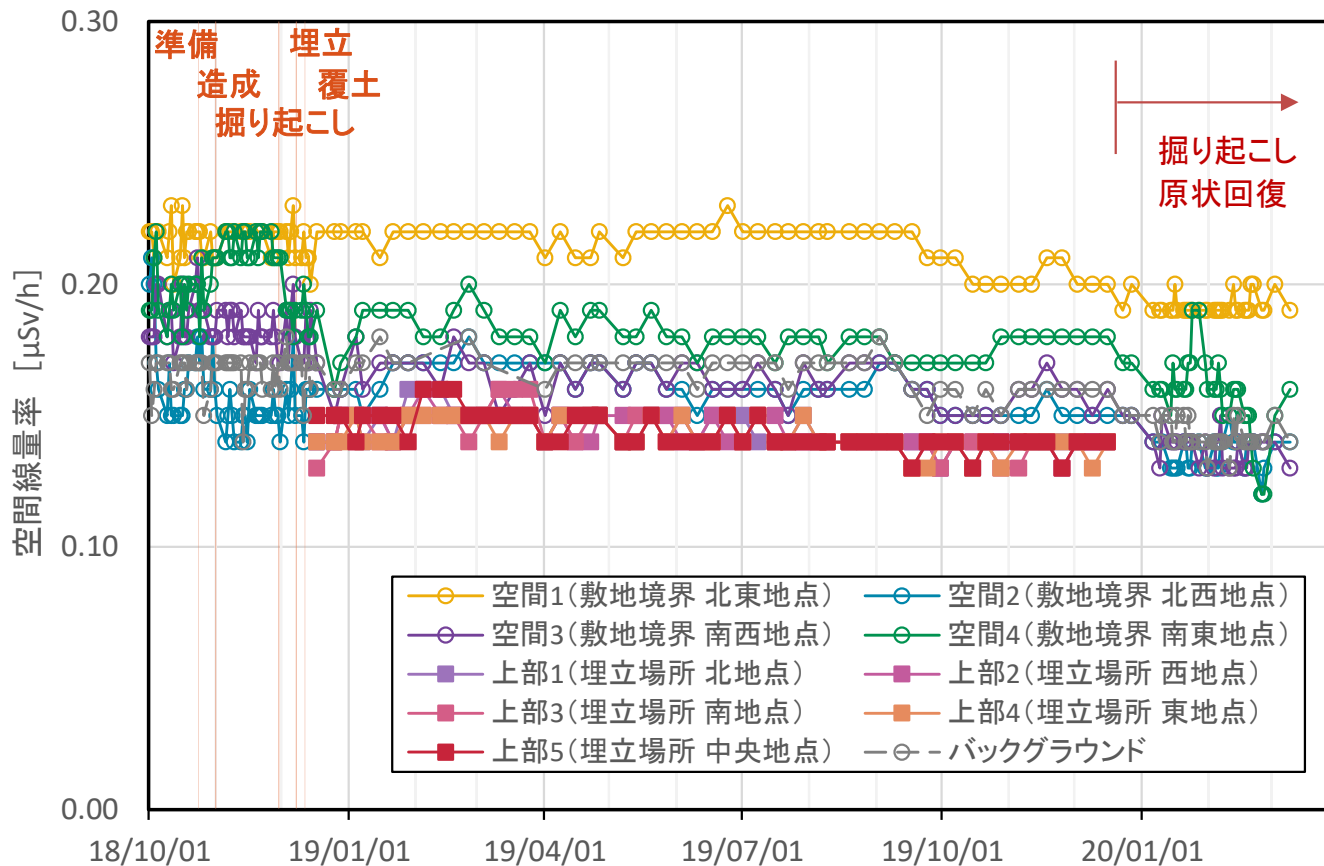
- 覆土完了以降、敷地境界12地点(空間1~12)、埋立場所20地点(上部1~20。第1区、第2区各10地点)の空間線量率を測定。
- 埋立場所、敷地境界のいずれも除去土壌の埋立前後で空間線量率に大きな変化はなかった。



⑤空間線量率(敷地境界)

■埋立後管理期間中の埋立場所における空間線量率

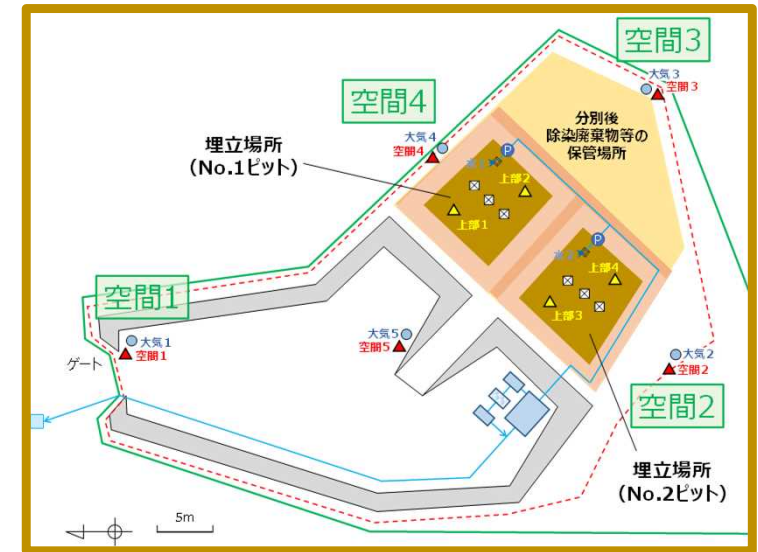
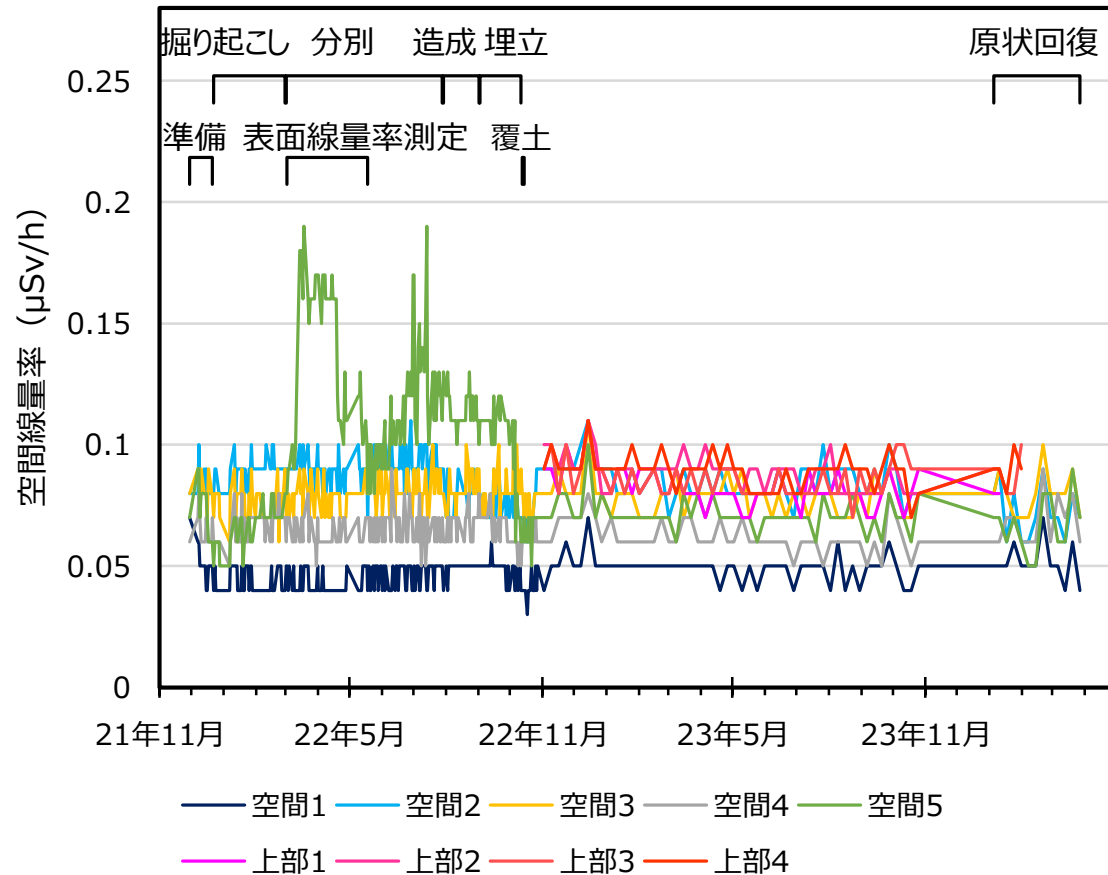
- 覆土完了以降、敷地境界4地点、埋立場所5地点における空間線量率を測定。
- 埋立場所、敷地境界のいずれも除去土壌の埋立前後で空間線量率に大きな変化はなかった。



⑤空間線量率(敷地境界)

■埋立後管理期間中の埋立場所における空間線量率

- 覆土完了以降、敷地境界等5地点、埋立場所4地点における空間線量率を測定。
- 埋立場所、敷地境界等のいずれも空間線量率は、除去土壤の埋立前の変動の範囲内であった。



■埋立後管理期間中の大気中放射能濃度(第1区)

- これまで放射性Csが検出されたのは2検体(2019/1/16～1/20大気5及び大気8,最大0.180mBq/m³)。いずれも大気降下物の影響と考えられる。
- 採取期間中、埋立場所の近くで生活した場合のCs-137による追加被ばく線量(吸入)は、最大0.00000078mSvと推計される。

■埋立後管理期間中の大気中放射能濃度(第2区)

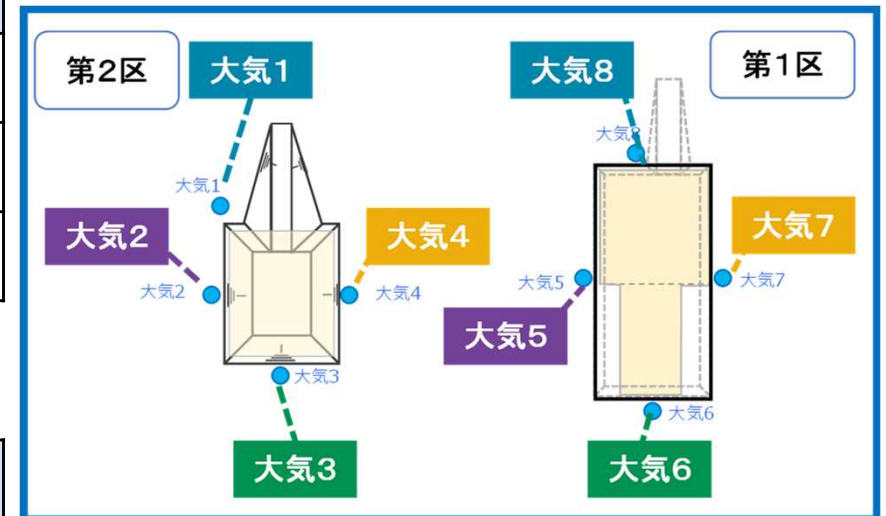
- 大気中の放射能濃度はすべて検出下限値未満であった。

■第1区

主な作業	採取期間※1	核種	放射能濃度[mBq/m ³]				検出下限値[mBq/m ³]
			大気5	大気6	大気7	大気8	
モニタリング	2018/11/19～ 2018/12/25	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.063～0.077
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.051～0.074
	2019/1/16～ 2019/1/20	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.065～0.077
		Cs-137	0.100	N.D.	N.D.	0.180	0.067～0.070
	2019/4/22～ 2024/8/9	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.050～0.086
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.054～0.085

■第2区

主な作業	採取期間※1	核種	放射能濃度[mBq/m ³]				検出下限値[mBq/m ³]
			大気1	大気2	大気3	大気4	
モニタリング	2019/2/25～ 2024/8/23	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.039～0.085
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.045～0.082



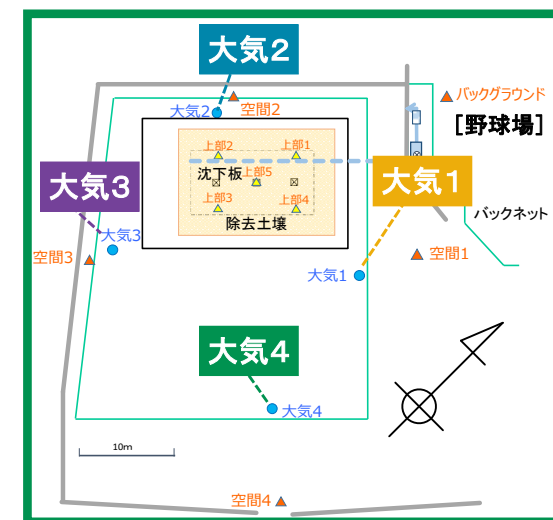
※1)「採取期間」のうち、月に1回、5日間の大気を採取。

⑥大気中の放射能濃度

■埋立後管理中の大気中放射能濃度

- 1検体で放射性Csが検出されたが、大気降下物の影響と考えられる。
- 実証事業の準備段階の際に、放射性Csが検出された測定場所の近くで生活した場合の吸入による1年間の追加被ばく線量は、最大で0.00000026mSvと推計される。

主な作業	採取期間※1	核種	放射能濃度[mBq/m ³]				検出下限値 [mBq/m ³]
			大気1	大気2	大気3	大気4	
モニタリング	2018/12/20～ 2018/12/27	Cs-134	ND	ND	ND	ND	0.056～0.063
		Cs-137	ND	ND	ND	ND	0.053～0.063
	2019/1/7～2019/1/11	Cs-134	ND	ND	ND	ND	0.055～0.066
		Cs-137	ND	ND	ND	0.061	0.048～0.062
	2019/2/4～2019/9/24	Cs-134	ND	ND	ND	ND	0.044～0.082
		Cs-137	ND	ND	ND	ND	0.044～0.082
原状回復	2019/12/23～2020/3/6	Cs-134	ND	ND	ND	ND	0.057～0.079
		Cs-137	ND	ND	ND	ND	0.062～0.079



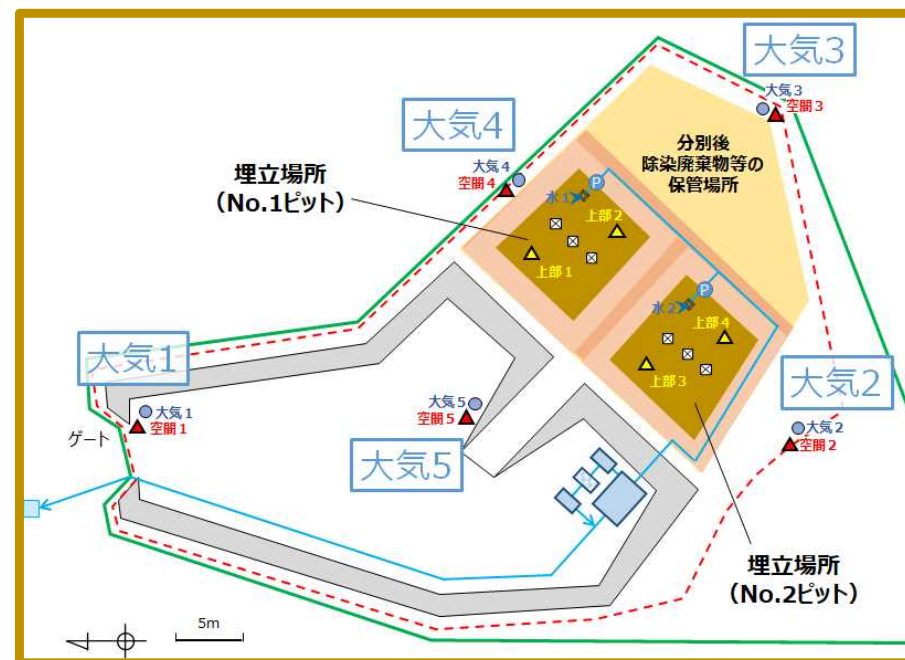
※1) 「採取期間」のうち、
モニタリング作業中は、月に1回、5日間の大気を採取。
現状回復作業中は、週に1回、5日間の大気を採取。

⑥大気中の放射能濃度

■埋立後管理中の大気中放射能濃度

- 埋立後モニタリング期間及び原状回復期間における敷地境界の測定(1回/月)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。

主な作業	採取期間※1	核種	放射能濃度[mBq/m ³]					検出下限値 [mBq/m ³]
			大気1	大気2	大気3	大気4	大気5	
モニタリング	2022/10/17～ 2023/10/20	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.050～0.082
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.051～0.078
原状回復	2024/1/8/～ 2024/3/15	Cs-134	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.054～0.078
		Cs-137	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.050～0.075



※1)「採取期間」のうち、
モニタリング作業中は、月に1回、5日間の大気を採取。
現状回復作業中は、週に1回、5日間の大気を採取。

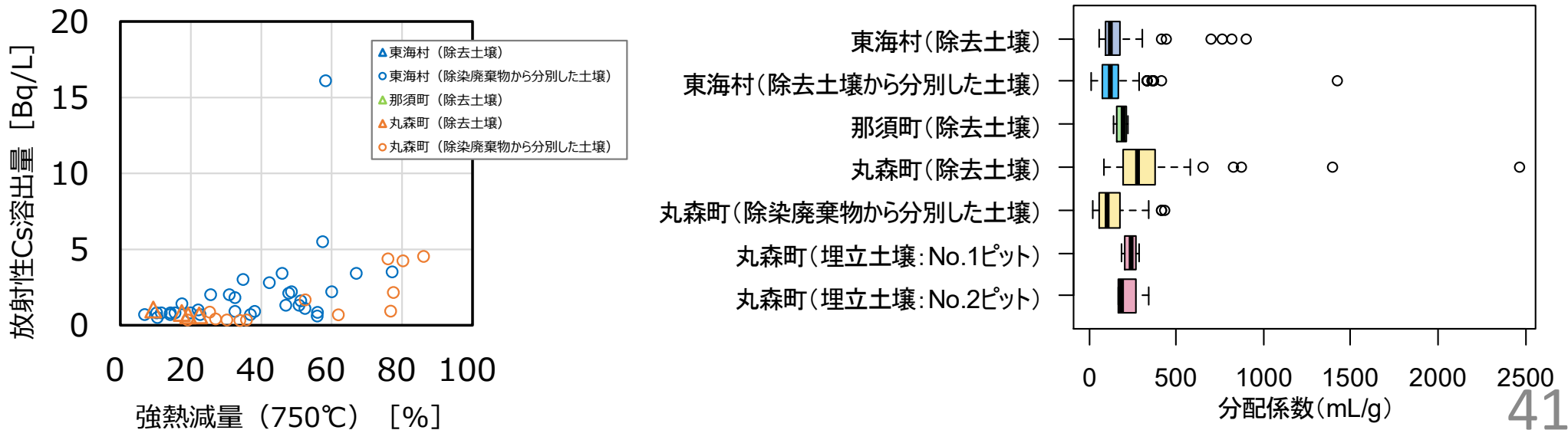
除去土壌の溶出特性と吸着特性

○ 除去土壌の溶出特性

- 溶出試験の結果、放射性セシウムの溶出はほとんど見られず、埋立処分の実証試験においても浸透水中の放射能濃度は全て検出下限値未満であった。
- 除染廃棄物から分別した土壌など強熱減量が大きくなるとわずかながら放射性セシウムは溶出しやすくなる傾向が見られた(液固比10。溶出量は最大で 16.1 Bq/L)が、これらを埋立処分した場合でも浸透水中の放射能濃度は全て検出下限値未満であった。
- 実際の埋立環境では土壌への吸着により除去土壌等から放射性セシウムはほとんど溶出せず、溶出したとしてもすぐに周囲の土壌に吸着されるため、浸透水に出てこないと解釈できる。

○ 除去土壌の収着特性

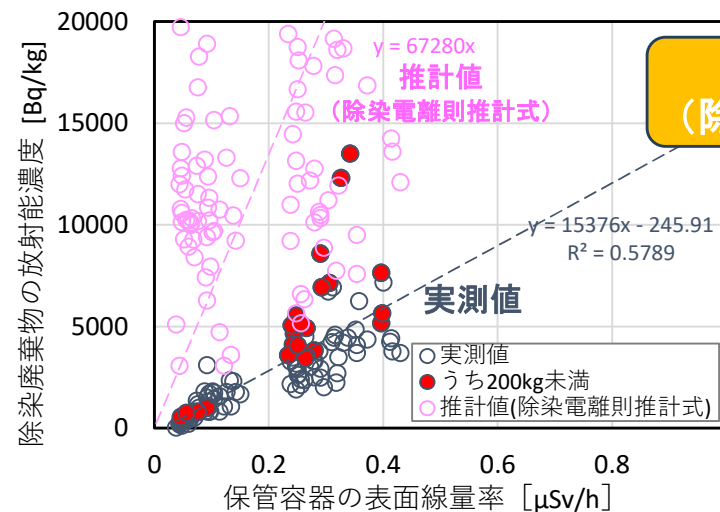
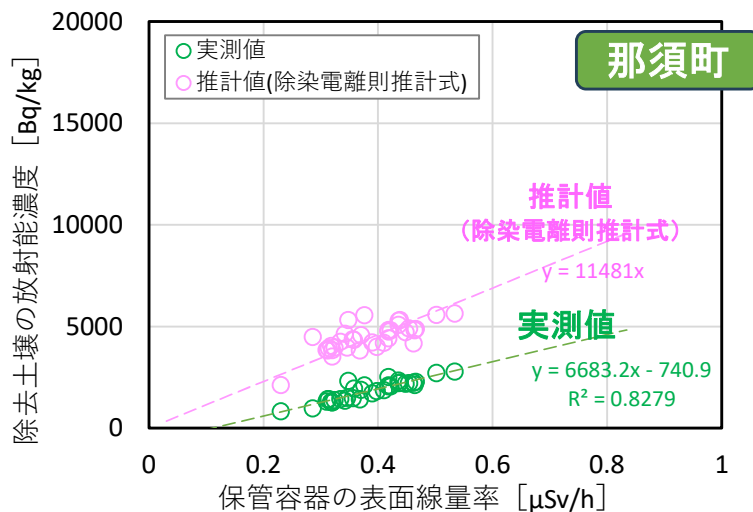
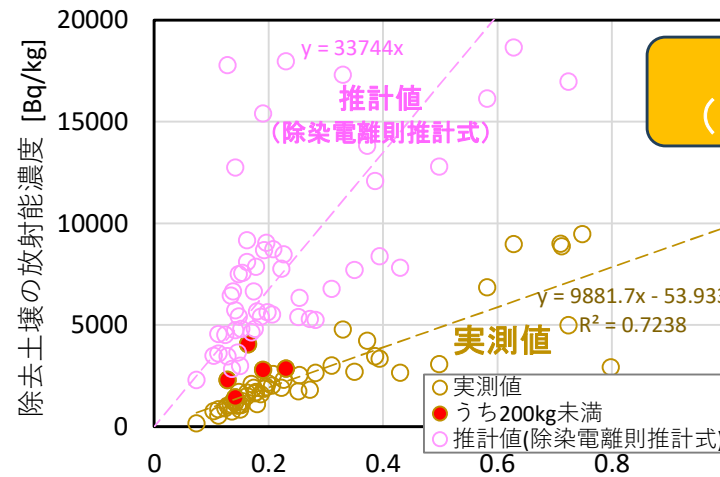
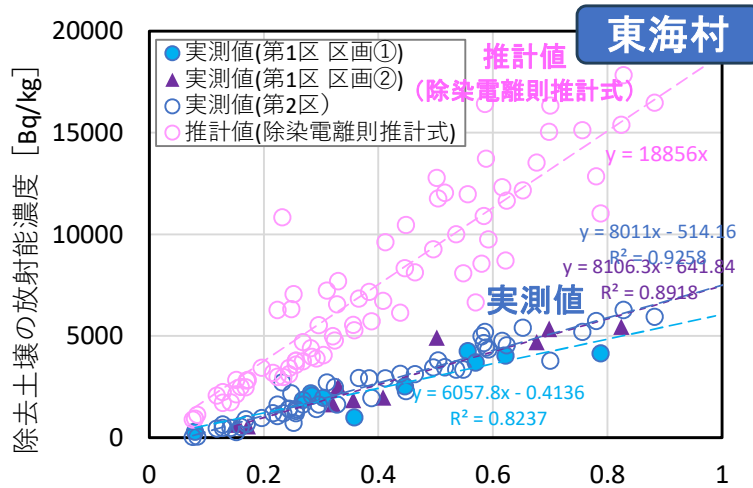
- 安定セシウムを用いた収着特性試験を行った結果、除去土壌等の分配係数はいずれも文献による分配係数の範囲内であった。



容器の表面線量率と除去土壌等の放射能濃度の関係

- 容器の表面線量率と放射能濃度には一定の関係性が認められ、表面線量率から放射能濃度をある程度推計できると考えられた。
- 実証事業ごと(東海村、那須町、丸森町)に、その関係性には違いがあり、特に重量の小さい容器などでは回帰式から大きく外れる検体が見られるなど、引き続きデータの蓄積が必要と考えられる。
- 除染電離則推計式※は安全側に余裕を持った推計式であり、表面線量率と放射能濃度の回帰式と比較して、放射能濃度は大きく推計される傾向にあった。

※除染電離則ガイドラインにおける放射能濃度の簡易測定手順



- 保管容器の表面線量率は容器表面の5点平均。
- 除染電離則推計式は表面線量の最大値を用いるとされているが、ここでは回帰式との比較のため表面線量率の平均値を用いて算定した。