



# 除去土壌の再生利用に係る検討すべき方策(案) 参考資料

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

# (参考)福島県内における再生利用実証事業の概要

- 2018年4月に計画認定された飯舘村の「特定復興再生拠点区域」において、除染による発生土(除去土壌)を再生資材化して盛土材として使用し、その上に覆土をして、**農地造成**として利用する実証事業を実施中。
- 2021年4月から約22haの大規模な農地造成に着手し、工事が完了した工区から、**順次水田試験等**を実施中。
- さらに、2022年10月から中間貯蔵施設内において**道路盛土**の実証事業を実施中。
- これまで**実証事業を通じて安全性等を確認**。

※南相馬市仮置場における試験盛土造成実証事業(2021年9月に撤去し、本実証は、2022年3月31日で終了)

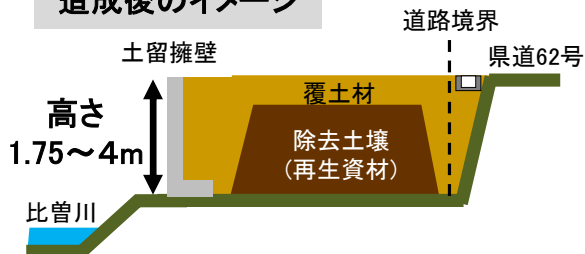
◇飯舘村長泥地区での農地造成実証事業



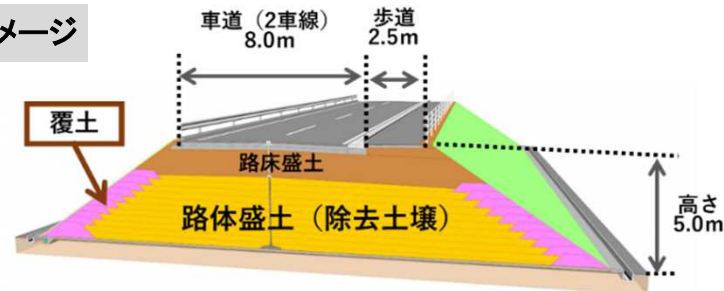
◇中間貯蔵施設内(大熊町)での道路盛土実証事業



造成後のイメージ



構造イメージ



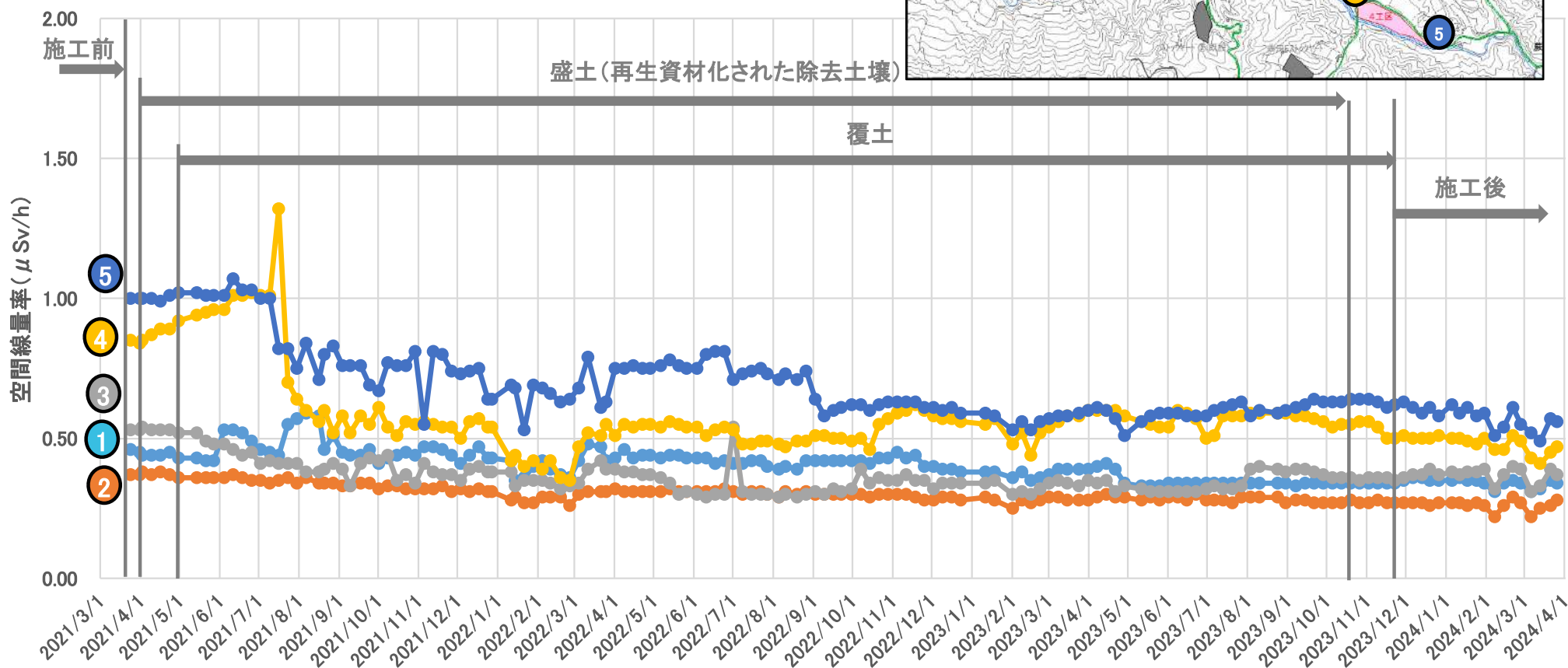
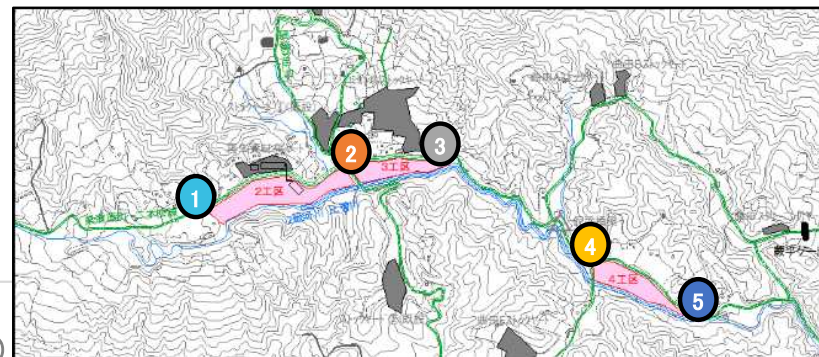
---

**方策②に係る参考資料**  
**～長泥地区の環境再生事業～**

---

# 方策②に係る参考資料(空間線量率)

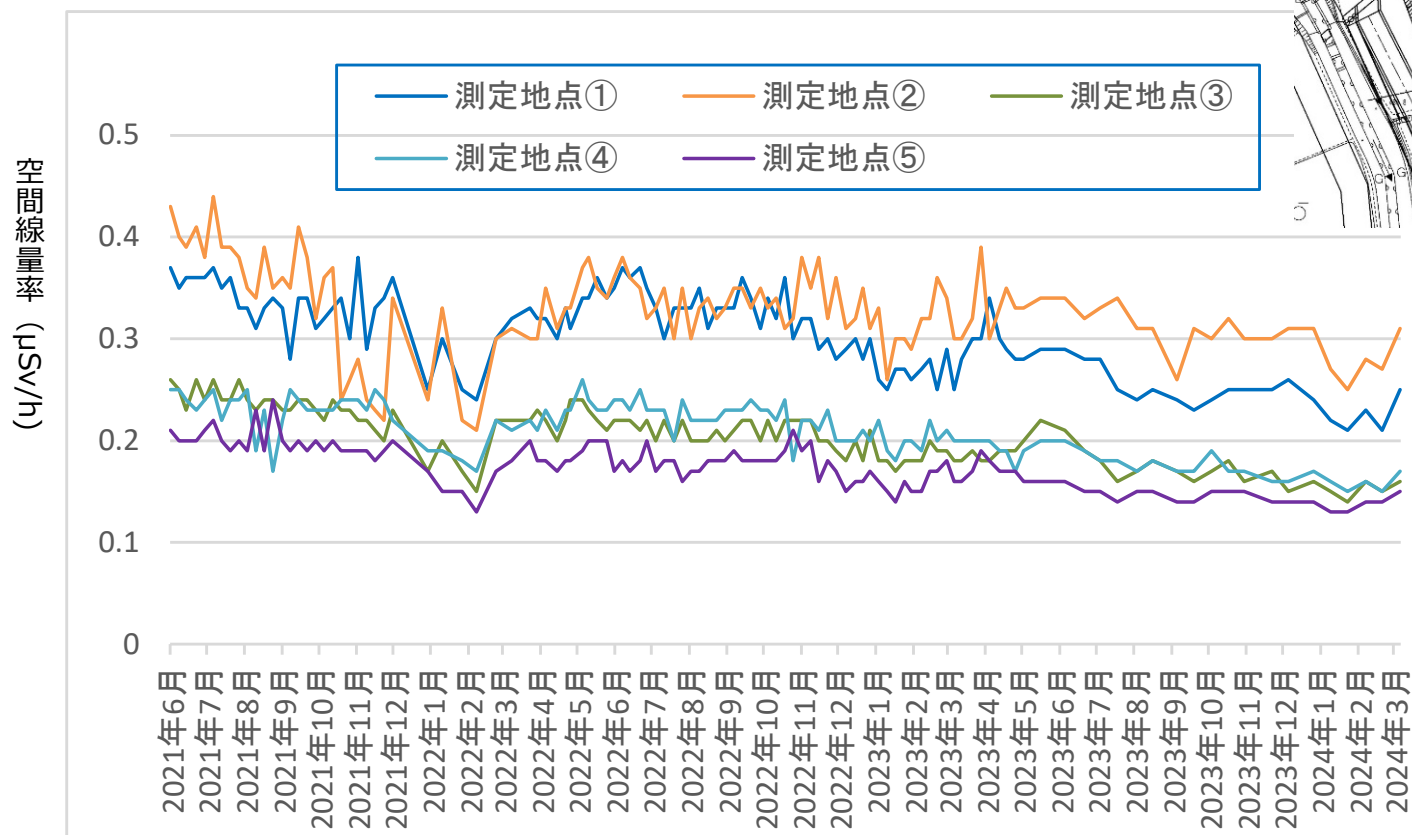
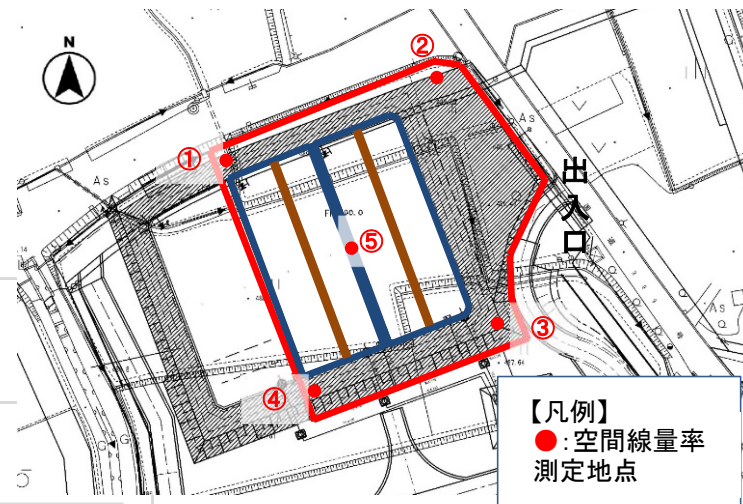
○施工前、施工中及び施工後における境界部の空間線量率は、0.22～1.32  $\mu\text{Sv/h}$ で推移したが、施工後は施工前の数値以下で推移。



測定位置		測定期間	測定頻度	測定結果
周辺環境	施工前	2021年3月24日～2021年3月28日	1回/週	0.37～1.00 $\mu\text{Sv/h}$
	施工中	2021年3月29日～2023年11月21日		0.25～1.32 $\mu\text{Sv/h}$
	施工後	2023年11月22日～2024年3月26日		0.22～0.63 $\mu\text{Sv/h}$

# 方策②に係る参考資料(水田試験時の空間線量率)

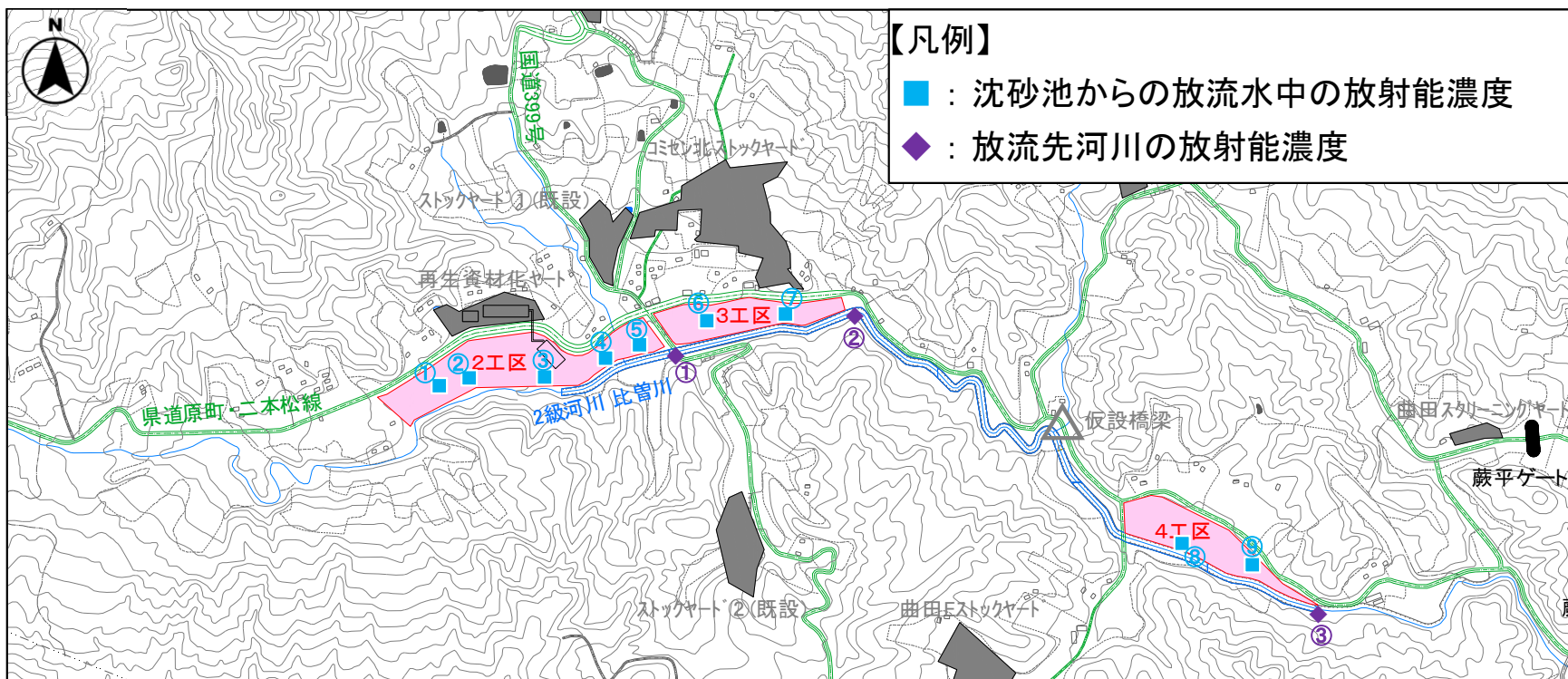
○水田試験を実施している期間における空間線量率は、  
0.13~0.44  $\mu$ Sv/hで推移。



主な測定項目	測定期間	結果の概要	測定頻度
空間線量率	2021年6月17日~2024年3月22日	0.13~0.44 $\mu$ Sv/hの範囲であった。	週1回、2023年6月以降月2回

# 方策②に係る参考資料（放流水中の放射能濃度①）

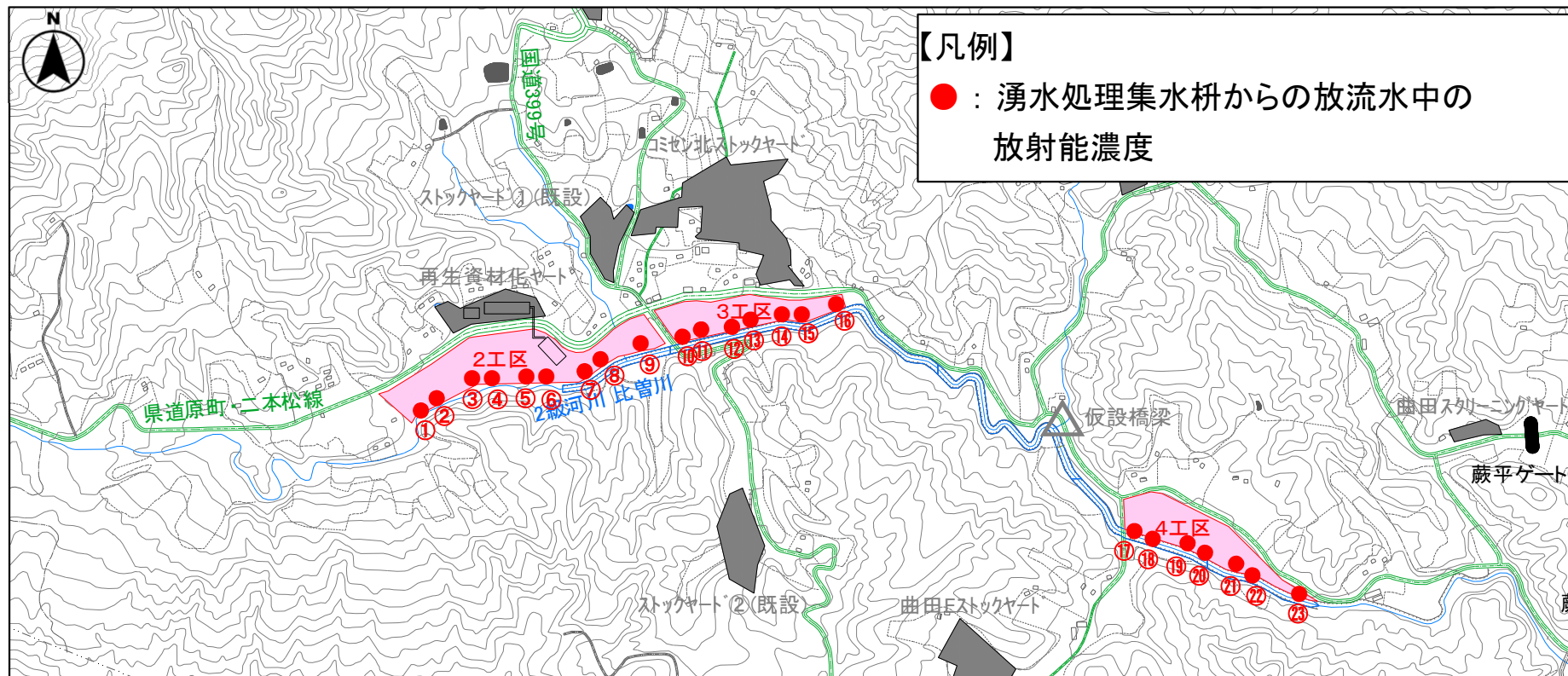
○農地造成している期間における沈砂池（盛土に設置）からの放流水中の放射能濃度を測定し、安全性を確認している。



主な測定項目	測定期間	結果の概要	測定頻度
沈砂池からの放流水中の放射能濃度	2021年4月1日～2024年3月26日	測定データの約97%が検出下限値(1Bq/L)未満。検出されたデータの最大値は19Bq/Lであり、基準(Cs134の濃度(Bq/L)/60(Bq/L)+Cs137の濃度(Bq/L)/90(Bq/L)≤1)を下回った。	放流の都度
放流先河川の放射能濃度	2021年4月27日～2024年3月5日	全て検出下限値(1Bq/L)未満であることを確認した。	月1回

## 方策②に係る参考資料（放流水中の放射能濃度②）

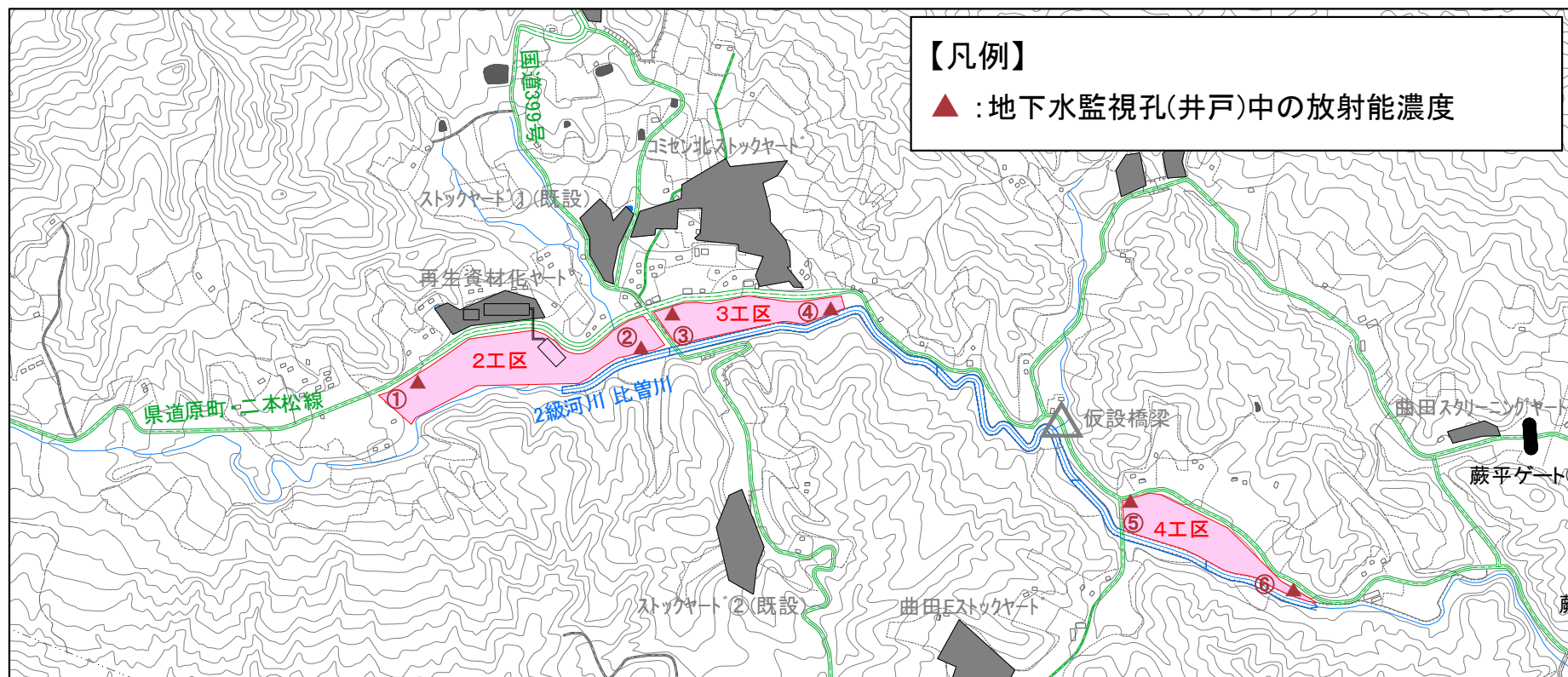
○農地造成している期間における湧水処理集水枡（擁壁と河川の間）に設置された集水枡からの放流水中の放射能濃度を測定し、安全性を確認している。



主な測定項目	測定期間	結果の概要	測定頻度
湧水処理集水枡からの放流水中の放射能濃度	2021年12月1日～2024年3月25日	測定データの約99%が検出下限値(1Bq/L)未滿。検出されたデータの最大値は7.7Bq/Lであり、基準(Cs134の濃度(Bq/L)/60(Bq/L)+Cs137の濃度(Bq/L)/90(Bq/L)≤1)を下回った。	週1回

## 方策②に係る参考資料(地下水中の放射能濃度)

○農地造成している期間における地下水中の放射能濃度を測定し、安全性を確認している。

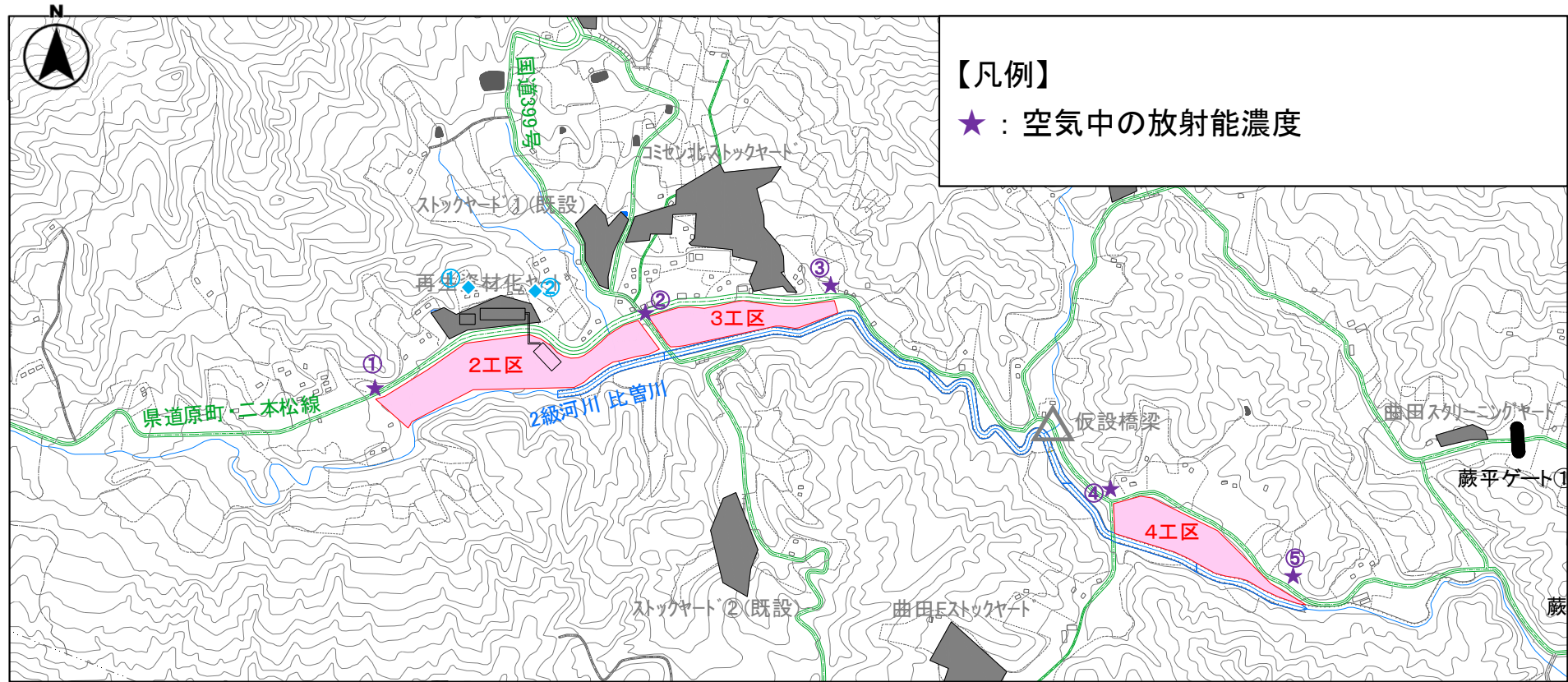


主な測定項目	測定期間	結果の概要	測定頻度
地下水監視孔(井戸)中の放射能濃度	2022年2月15日 ~ 2024年3月5日	測定データの約99%は検出下限値(1Bq/L)未滿。検出されたデータの最大値は2.6Bq/Lであり、基準(Cs134の濃度(Bq/L)/60(Bq/L)+Cs137の濃度(Bq/L)/90(Bq/L)≤1)を下回った。	月1回



# 方策②に係る参考資料（空气中的放射能濃度）

○農地造成している期間における空气中的放射能濃度を測定し、安全性を確認している。

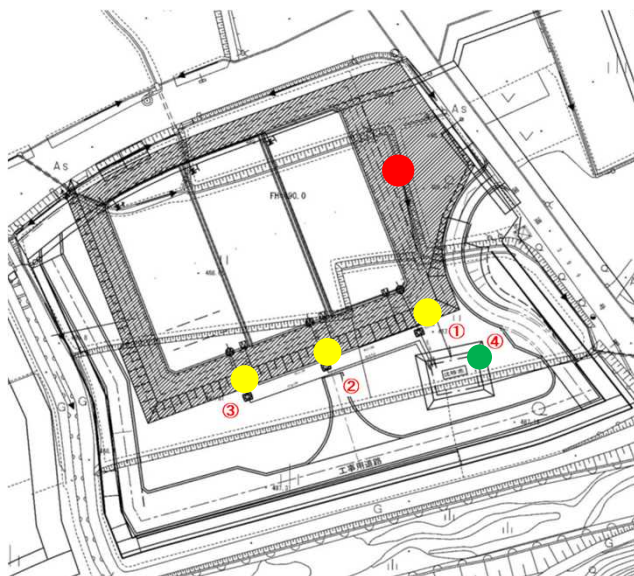


【凡例】  
★：空气中的放射能濃度

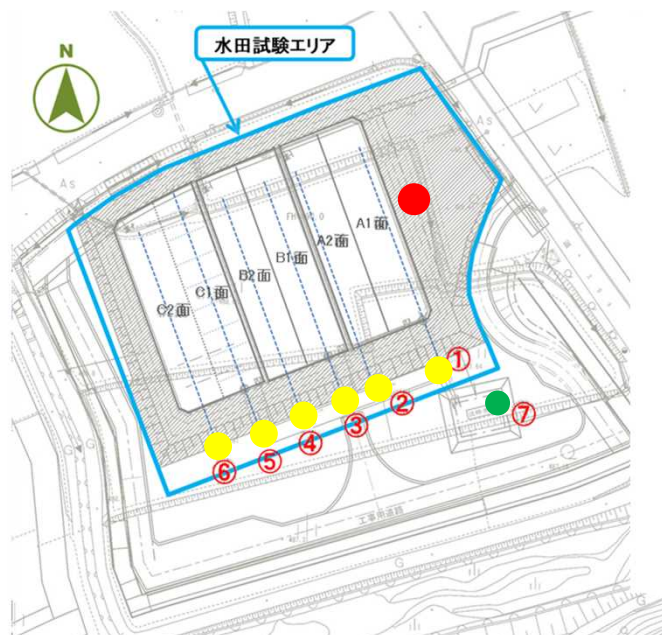
主な測定項目	測定期間	結果の概要	測定頻度
空气中的放射能濃度	2021年9月22日～2024年3月19日	全て検出下限値 (Cs134: $1.0 \times 10^{-7}$ Bq/cm <sup>3</sup> 、Cs137: $1.0 \times 10^{-7}$ Bq/cm <sup>3</sup> ) 未満であることを確認した。	月1回

## 方策②に係る参考資料 (水田試験時の放流水中の放射能濃度と空気中の放射線濃度)

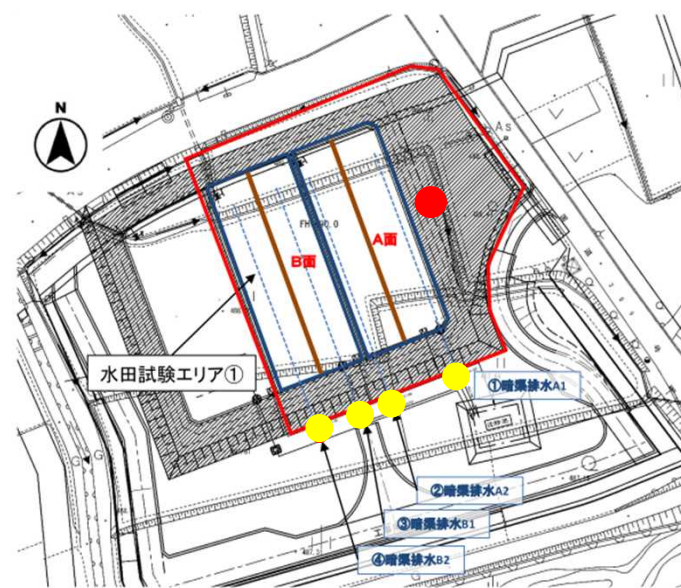
○水田の試験を実施している期間における沈砂池からの放流水、暗渠排水、空気中の放射能濃度を測定し、安全性を確認している。



2021年度測定場所



2022年度測定場所



2023年度測定場所

【凡例】

● : 沈砂池からの放流水中の放射能濃度 ● : 暗渠排水中の放射能濃度 ● : 空気中の放射能濃度 --- : 再生資材盛土部に設置した有孔埋設管

主な測定項目	測定期間	結果の概要	測定頻度
沈砂池からの放流水 及び暗渠排水中 放射能濃度	2021年6月18日～2021年10月18日 2022年4月30日～2022年12月27日 2023年5月9日～2024年3月7日	全て検出下限値(1Bq/L)未満であることを確認した。	放流毎
空気中の放射能濃度	2021年6月24日～2024年3月8日	全て検出下限値未満(Cs134: $1.0 \times 10^{-7}$ Bq/cm <sup>3</sup> 、 Cs137: $1.0 \times 10^{-7}$ Bq/cm <sup>3</sup> )であることを確認した。	月1回

---

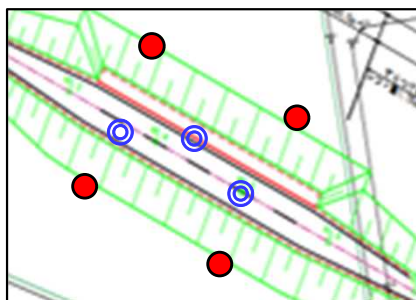
**方策②に係る参考資料**  
**～道路盛土実証事業～**

---

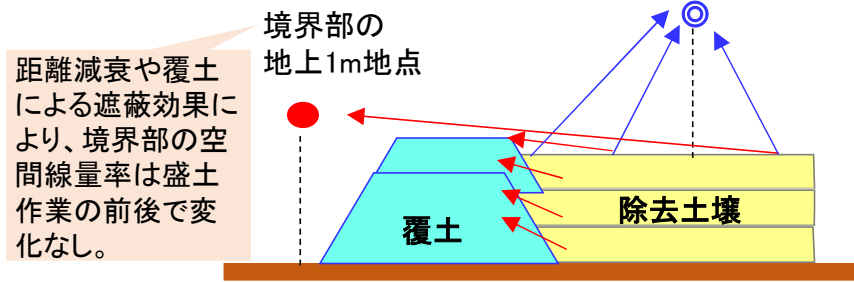
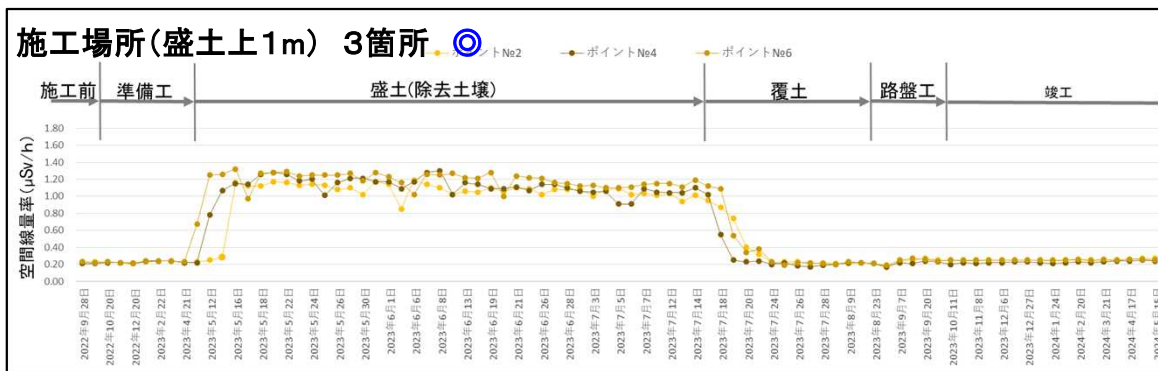
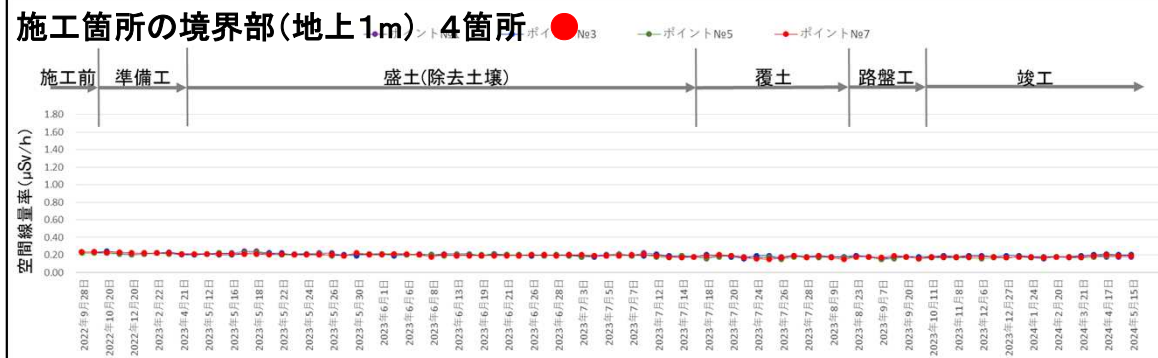
# 方策②に係る参考資料（空間線量率）

- 境界部の空間線量率は、施工中を含め、施工前後で0.15～0.24  $\mu\text{Sv/h}$ で推移。
- 盛土上の空間線量率は、施工中0.16  $\mu\text{Sv/h}$ ～1.32  $\mu\text{Sv/h}$ で推移したが、竣工後は施工前と同程度で推移。

## 【空間線量率の測定位置】



**【空間線量率】**  
 境界部 ●4地点  
 (周辺住民を想定)  
 施工場所となる盛土上  
 (作業員・道路利用者を想定) ●3地点

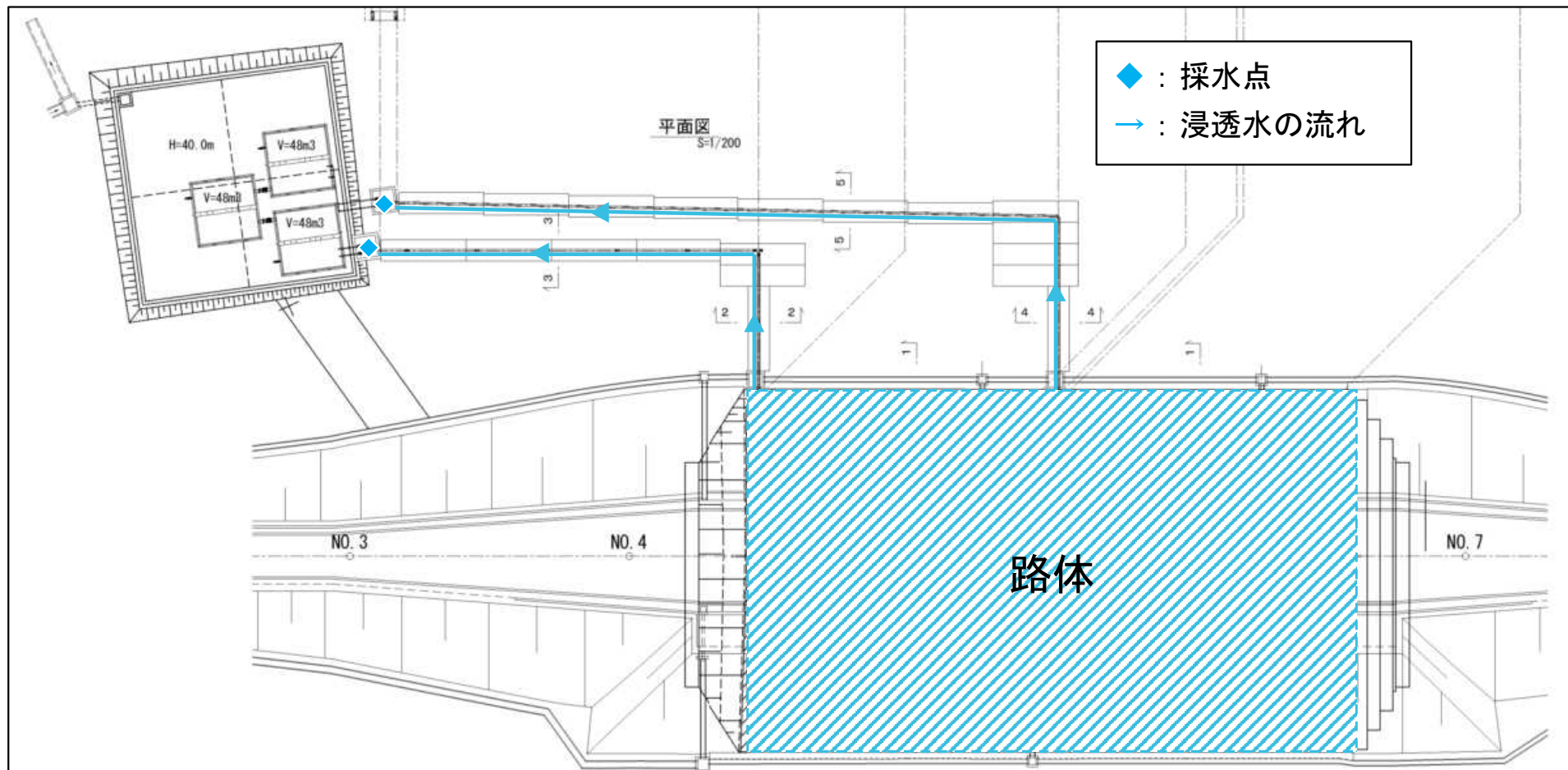


<3層目盛土施工時のイメージ>

測定位置		測定期間	測定頻度	測定結果
境界部	施工前	2022年9月28日～2023年5月9日	1回/月	0.20～0.23 $\mu\text{Sv/h}$
	施工中	2023年5月10日～2023年10月2日	1回/日	0.15～0.24 $\mu\text{Sv/h}$
	竣工後	2023年10月3日～2024年5月15日	1回/2週	0.16～0.20 $\mu\text{Sv/h}$
盛土上	施工前	2022年9月28日～2023年5月9日	1回/月	0.21～0.24 $\mu\text{Sv/h}$
	施工中	2023年5月10日～2023年10月2日	1回/日	0.16～1.32 $\mu\text{Sv/h}$
	竣工後	2023年10月3日～2024年5月15日	1回/2週	0.20～0.27 $\mu\text{Sv/h}$

# 方策②に係る参考資料（浸透水中の放射能濃度）

■ 浸透水中の放射能濃度は、全て検出下限値未満であることを確認。



測定項目	測定期間	結果の概要	測定頻度
未改良土・改良土別の採水点における盛土浸透水の放射能濃度	2023年5月22日 ～継続中	全て検出下限値(1Bq/L)未満であることを確認。	週1回 ※2024年度より2週1回

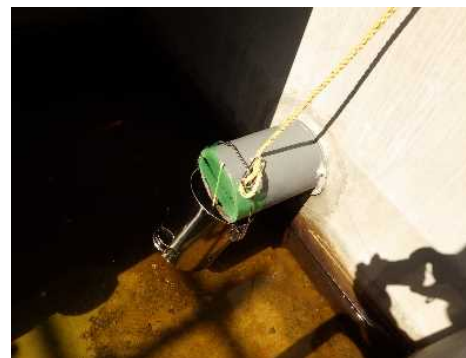
# 方策②に係る参考資料（浸透水浸出量と浸透水中の放射能濃度）

- 浸出水貯留施設設置後の5月22日より、盛土からの浸出水をモニタリング。  
 浸出水量：浸出水枡の管口から流出する水量を計測。  
 放射能濃度：浸出水枡の管口から計測に必要な水量(5.5L/1検体)を採水し、測定。
- 浸出水枡管口で計測している浸出水量は、下表のとおり。
- 測定開始からの放射能濃度は、改良土、未改良土ともに検出下限値(1Bq/L)未満であることを確認。

採取日	管口浸出水量 (L/min)		■未改良土浸出水(集水枡管口) (Bq/L)		■改良土浸出水(集水枡管口) (Bq/L)	
	未改良土	改良土	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137
			(Cs134濃度/60+Cs137濃度/90≤1)		(Cs134濃度/60+Cs137濃度/90≤1)	
2023年						
5月22日	—	—	ND	ND	ND	ND
5月29日	—	—	ND	ND	ND	ND
6月5日	—	—	ND	ND	ND	ND
6月12日	—	—	ND	ND	ND	ND
6月19日	—	—	ND	ND	ND	ND
6月26日	0.070	0.070	ND	ND	ND	ND
7月3日	0.090	0.060	ND	ND	ND	ND
7月10日	1.010	2.030	ND	ND	ND	ND
7月17日	0.125	0.080	ND	ND	ND	ND
7月24日	0.100	0.050	ND	ND	ND	ND
7月31日	0.050	0.040	ND	ND	ND	ND
8月7日	0.100	0.050	ND	ND	ND	ND
8月21日	0.100	0.050	ND	ND	ND	ND
8月28日	0.100	0.050	ND	ND	ND	ND
9月5日	2.400	1.500	ND	ND	ND	ND
9月11日	0.600	0.280	ND	ND	ND	ND
9月18日	0.150	0.025	ND	ND	—	—
9月19日	0.150	0.025	—	—	ND	ND
9月25日	0.150	0.025	ND	ND	—	—
9月26日	0.150	0.025	—	—	ND	ND
10月2日	—	—	ND	ND	—	—
10月3日	0.150	0.250	—	—	ND	ND
10月10日	0.150	0.250	ND	ND	ND	ND
10月23日	0.000	0.000	ND	ND	—	—
11月6日	0.000	0.000	ND	ND	—	—
11月7日	0.150	0.030	—	—	ND	ND
11月20日	0.100	0.025	ND	ND	ND	ND
12月7日	0.052	0.007	ND	ND	ND	ND
12月13日	0.038	0.007	ND	ND	ND	ND
12月20日	0.038	0.004	ND	ND	ND	ND

採取日	管口浸出水量 (L/min)		■未改良土浸出水(集水枡管口) (Bq/L)		■改良土浸出水(集水枡管口) (Bq/L)	
	未改良土	改良土	Cs-134	Cs-137	Cs-134	Cs-137
			(Cs134濃度/60+Cs137濃度/90≤1)		(Cs134濃度/60+Cs137濃度/90≤1)	
2024年						
1月11日	0.036	0.009	ND	ND	ND	ND
1月18日	0.031	0.009	ND	ND	ND	ND
1月25日	0.036	0.009	ND	ND	ND	ND
2月8日	0.055	0.036	ND	ND	ND	ND
2月15日	0.093	0.033	ND	ND	ND	ND
2月22日	0.095	0.108	ND	ND	ND	ND
3月7日	0.245	0.450	ND	ND	ND	ND
3月13日	0.700	0.890	ND	ND	ND	ND
3月21日	0.070	0.110	ND	ND	ND	ND
4月5日	0.180	0.150	ND	ND	ND	ND
4月20日	0.120	0.063	ND	ND	ND	ND
4月29日	0.076	0.013	ND	ND	ND	ND

ND: 検出下限値(1.0Bq/L)未満

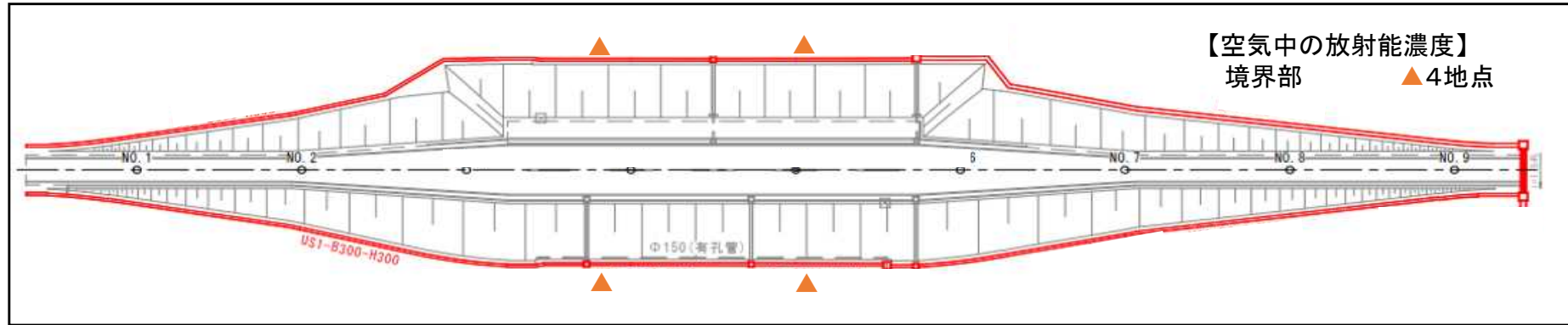


浸出水枡管口

※表中の「-」表示は、浸出水量が少ないことにより計測困難であったことを示す。  
 ※2023年5月22日～6月19日間の放射能濃度の計測は、浸出水枡管口から測定に必要な水量を得ることができなかったことから、浸出水枡に貯まった浸出水を用いて測定した。  
 ※浸出水量については、放射能濃度の測定と併せて計測した結果を示している。

# 方策②に係る参考資料（空气中の放射能濃度）

○盛土施工中及び竣工後に空气中の放射能濃度を測定した結果、全て検出下限値未満であることを確認。



【空气中の放射能濃度の測定位置】

主な測定項目	測定時期	結果の概要
空气中の放射能濃度	1回目：盛土中 1層目 2023年5月10日	全て検出下限値（ $2.0 \times 10^{-1} \text{ Bq/m}^3$ ）未満であることを確認。
	2回目：盛土中 7層目 2023年6月21日	
	3回目：竣工後 2023年10月6日	

※試料採取量：500L/分×6時間：180m<sup>3</sup>

---

## 方策⑥に係る参考資料

---



# 方策⑥に係る参考資料(作業員の被ばく線量(2021年度))

○作業員の年間追加被ばく線量が1mSv以下であったことを確認。

## ■再生資材化施設

作業期間	作業員	日数	電子線量計(mSv)	作業内容
2021/4/1 ～ 2022/3/31	1	258	0.435	再生資材化処理
	2	243	0.434	
	3	239	0.430	
	4	238	0.427	

## ■再生資材化施設以外の土木作業

作業期間	作業員	日数	電子線量計(mSv)	作業内容
2021/4/1 ～ 2022/3/31	1	220	0.745	再生資材化された除去土壌盛土工、覆土工、積み込み、荷下ろし、その他(地盤改良工、擁壁工等)
	2	255	0.701	
	3	244	0.699	
	4	205	0.679	

## ■栽培試験

作業期間	作業員	日数	電子線量計(mSv)	作業内容
2021/4/1 ～ 2022/3/31	1	156	0.151	灌水・換気、生育調査、農薬散布・栽培エリア点検等
	2	177	0.076	
	3	148	0.073	
	4	85	0.069	

- ・作業員のうち上位4名を抽出している。なお、測定された線量はバッググラウンド線量が含まれる。
- ・作業員はマスクを着用し、作業後のスクリーニングにて汚染の無いことを確認している。

# 方策⑥に係る参考資料(作業員の被ばく線量(2022年度))

○作業員の年間追加被ばく線量が1mSv以下であったことを確認。

## ■再生資材化施設

作業期間	作業員	日数	電子線量計(mSv)	作業内容
2022/4/1 ～ 2023/3/31	1	112	0.217	受入れ時の濃度測定 再生資材化処理(2022/8/31で終了) 再生資材化施設解体作業(2022/9/1～)
	2	111	0.215	
	3	111	0.214	
	4	103	0.200	

## ■再生資材化施設以外の土木作業

作業期間	作業員	日数	電子線量計(mSv)	作業内容
2022/4/1 ～ 2023/3/31	1	187	0.477	再生資材化された除去土壌盛土工、覆土工、積み込み、荷下ろし、その他(地盤改良工、擁壁工等)
	2	193	0.467	
	3	189	0.435	
	4	178	0.428	

## ■栽培試験

作業期間	作業員	日数(日)	電子線量計(mSv)	作業内容
2022/4/1 ～ 2023/3/31	1	181	0.134	灌水、生育調査、農薬散布・栽培エリア点検等
	2	149	0.115	
	3	120	0.046	
	4	165	0.031	

- ・作業員のうち上位4名を抽出している。なお、測定された線量はバッググラウンド線量が含まれる。
- ・作業員はマスクを着用し、作業後のスクリーニングにて汚染の無いことを確認している。

# 方策⑥に係る参考資料(作業員の被ばく線量(2023年度))

○栽培試験作業員の年間追加被ばく線量が1mSv以下であったことを確認。

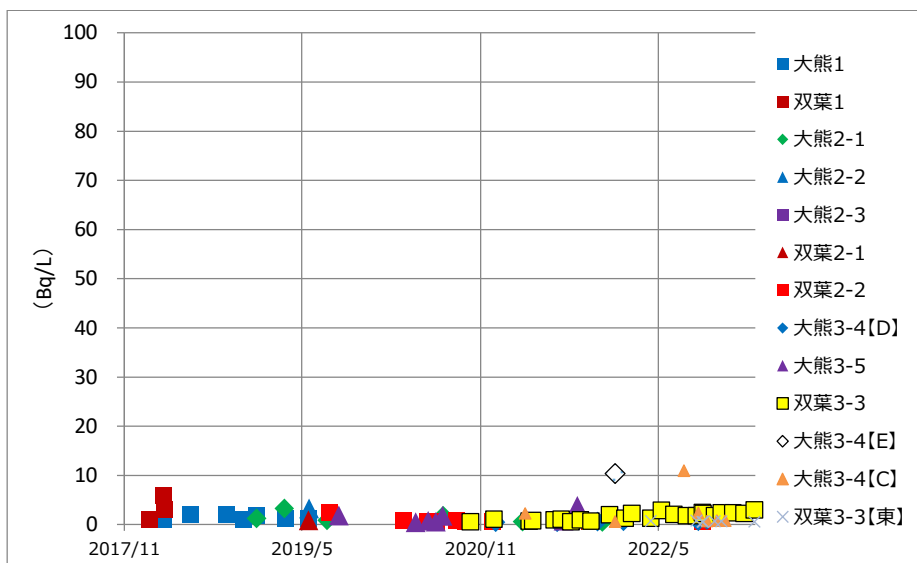
## ■栽培試験

作業期間	作業員	日数(日)	電子線量計(mSv)	作業内容
2023/4/1 ~ 2024/3/31	1	186	0.172	灌水、生育調査、農薬散布・栽培エリア点検等
	2	204	0.165	
	3	138	0.128	
	4	163	0.125	

※作業員のうち上位4名を抽出している。測定された線量にはバックグラウンド線量が含まれる。

※作業員はマスクを着用し、作業後のスクリーニングにて汚染の無いことを確認している。

- 福島県内の除去土壌44サンプルの溶出試験結果において、放射性セシウムが検出されたのは2サンプルのみ(放射能濃度・溶出率はそれぞれ23Bq/L・0.08%、0.7Bq/L・0.12%)
- 中間貯蔵施設での土壌貯蔵施設における浸出水原水の放射能濃度は、排水基準を大きく下回っている。



※測定データの約75%は検出下限値未満(検出下限値:0.5~1.0Bq/L程度)。検出されたデータのみをプロット。

図. 土壌貯蔵施設ごとの浸出水原水の放射性セシウム(Cs-137)濃度(2017/11~2023/2)

- 除去土壌の再生利用実証事業における盛土浸透水等について、モニタリングの結果、放射性セシウム濃度については、排水基準を大きく下回っていた。
- 福島県外で生じた除去土壌について、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(420試料中370試料で検出下限値未満、最大16.1Bq/L)、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。

---

## 方策⑦に係る参考資料

---

## 方策⑦に係る参考資料(作物栽培試験)

収穫した食用作物の放射性セシウムの濃度を測定した結果、0.1～2.5Bq/kgであり、一般食品の放射性セシウム濃度の基準である100Bq/kgを大きく下回った。



本データの放射能濃度は、ゲルマニウム半導体検出器(※)を用いて測定。

※福島県の緊急時環境放射線モニタリングの分析手順では、測定時間2,000秒、検出下限値を概ね5～10Bq/kgとしているが、上記は、測定時間54,000秒、検出下限値を0.05～0.12Bq/kgで行ったもの。

---

## 方策⑨に係る参考資料

～災害・復旧時における追加被ばく線量の検討～

---

## 災害・復旧時における追加被ばく線量の検討①

- 公共事業等により新設される土木構造物は、既往の災害時の教訓を生かして設計され、供用後には、必要に応じた維持管理・補修を行うことで、それぞれの構造物で考慮されている発生頻度・規模の災害等に対する耐性を保持している。
- 再生利用の安全性に万全を期す観点から、万一、災害等により構造物の大規模な破損等が生じた場合を想定し、放射性物質による影響を評価する。

### 想定した大規模災害と破損事象

土木構造物	土砂やアスファルト等で被覆された盛土（道路・鉄道盛土等）
想定災害	地震・異常降雨
破損事象	<p><b>I. すべり崩壊</b> 盛土内部により断面が円弧を描く円弧すべりにより大規模に崩落するケース</p> <p><b>II. 法面崩壊</b> 盛土法面の表層が流出、崩壊するケース</p> <p><b>III. 分断崩壊</b> 基礎地盤の液状化等により盛土が沈下をはじめ、その沈下量が大きい場合に盛土の形状が保てず全体的に分断しながら崩壊するケース</p>

\* 大規模な破損等の評価に当たり、復旧に要する期間については、土砂やアスファルト等で被覆された盛土については最大3か月で評価



## 災害・復旧時における追加被ばく線量の検討②

- 万一、津波等の災害により構造物の大規模な破損等が生じた場合であっても、想定したケースについて一般公衆及び作業者の追加被ばく線量はいずれも1mSv/y以下となる結果が得られた。
- 大規模な破損等を防止するため、施設の計画・設計時において設置される地域及びその周辺の地形、地質、水理、災害履歴等を考慮するものとする。

土木構造物	評価対象として選定した災害の要因	8,000 Bq/kgの再生資材を用いた場合の追加被ばく線量検討結果(決定経路)	評価の条件等
土砂やアスファルト等で被覆された盛土(例:道路盛土・鉄道盛土等)	地震及び異常降雨(豪雨)による「すべり崩壊」、「法面崩壊」、「分断崩壊」	<b>作業者:0.64 mSv/y</b> (分断崩壊、復旧作業者-外部) <b>一般公衆:0.21 mSv/y</b> (すべり崩壊、周辺居住者(子ども)-外部)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地震及び異常降雨(豪雨)によるすべり崩壊により崩落した盛土内の再生資材及び再生資材を含む回収土からの被ばくについて評価。</li> <li>・法面崩壊・分断崩壊により露呈した盛土内の再生資材からの被ばくについて評価。</li> </ul>

# 道路・鉄道盛土を例とした災害・復旧時検討条件の詳細

- 代表的に、道路盛土に対して検討を実施する。(鉄道盛土：一般道路の体系と同様)
- 被ばく期間は、事例調査による復旧期間の最大値3ヶ月に基づき、その間の1日8時間・60日の労働時間と仮定し、500 h/yとする。

### I. すべり崩壊

盛土(再生資材)

保護工(厚さ 10cm)

法面勾配 1:1.5

高さ 5m

道路延長 100m

崩壊面勾配 1:2.1

盛土

被ばく時間 500h/y  
遮へい係数 1.0  
評価点・作業者  
(法面中央、高さ1m)

被ばく時間 2160h/y  
遮へい係数 0.2  
評価点・公衆  
(盛土端 1m、高さ1m)

・円弧すべりにより崩壊するケース。

検討対象：すべり崩壊により崩壊した盛土及び回収土からの被ばく

収集・保管した崩落土と残存盛土部を線源とし、復旧時の崩壊面整地作業、盛土敷設、支保工打ち込み等の作業(外部、粉塵吸入、直接経口摂取)及び周辺住民(外部)の被ばくを検討

### 復旧方法

- ・崩壊した除去土壌を回収し、崩壊部にフレキシブルコンテナを積み上げ、支保工を打ち込み固定。

➤ 崩壊面の勾配：1:2.1  
(事例調査<sup>1)</sup>による崩壊後の傾斜角24~27°より設定)

➤ 回収土：20 m四方×2m  
(現場から10m地点に耐候性大型土のう袋を2段積み上げた場合を想定)

### II. 法面崩壊

盛土(再生資材)

保護工(厚さ10cm)

法面勾配 1:1.5

高さ 5m

道路延長100m

崩壊面勾配 1:1.5

盛土

被ばく時間500h/y  
遮へい係数1.0  
評価点・作業者  
(法面中央、高さ1m)

被ばく時間2160h/y  
遮へい係数0.2  
評価点・公衆  
(盛土端1m、高さ1m)

・盛土法面の表層が流出、崩壊するケース。  
・法面覆工材部のみが崩落し、内部の再生土が露出する状態を想定。

検討対象：法面崩壊により露呈した盛土からの被ばく

盛土法面の保護工のみが崩落し線源が露出した状態での支保工打ち込み作業及び法面保護作業における作業(外部、粉塵吸入、直接経口摂取)及びその周辺住民の被ばくを検討

### 復旧方法

- ・崩落防止のための支保工によって盛土を固定し、再度法面保護を行う。

➤ 崩壊面の勾配 1:1.5  
(作業員から見た場合に、保守的な評価となるよう保護工のみが崩壊した場合を想定)

➤ 崩壊した保護工は線源を含まないことから、回収土による被ばくは検討対象としない。

1) 土木学会、「2007年能登半島地震による能登有料道路の大規模盛土斜面崩壊原因の分析」

## 道路・鉄道盛土を例とした災害・復旧時検討条件の詳細

- 代表的に、道路盛土に対して検討を実施する。(鉄道盛土:一般道路の体系と同様)
- 被ばく期間は、事例調査による復旧期間の最大値3ヶ月に基づき、その間の1日8時間・60日の労働時間と仮定し、500 h/yとする。

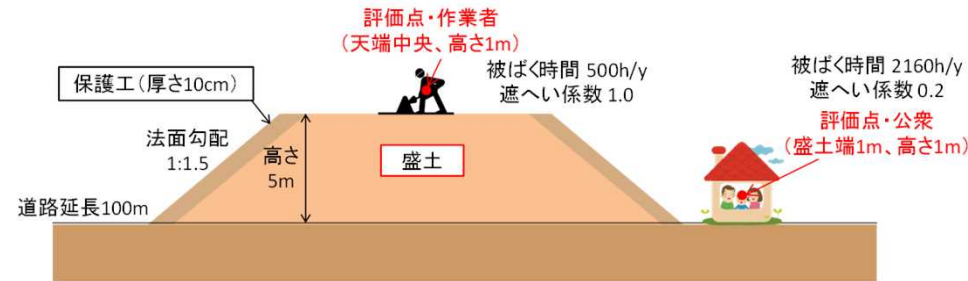
### Ⅲ.分断崩壊



- 基礎地盤の液状化等により盛土が沈下をはじめ、その沈下量が大きい場合に盛土の形状が保てず全体的に分断しながら崩壊するケース。
- 天端部は分断により部分的に遮蔽能力が失われているが、法面については崩壊に至らず変位に留まり、遮蔽能力は失われていないものと考えられる。

検討対象:分断崩壊により露呈した盛土からの被ばく

盛土上部の分断している箇所に対し盛土上部の撤去・整地が行われるため、盛土上部が撤去・整地され、再生土が上面でオープンになっている状態を想定する。この状態での盛土敷設、支保工打ち込み等の作業員及び周辺住民の被ばくを検討。



➤ 崩壊後の盛土形態:道路部分を全て剥がした状態(安全側に立って盛土上面が全て露呈している状態を想定)

➤ 崩壊した道路部分の多くは道路部材(非線源)であることから、回収土による被ばくは検討対象としない。

### 復旧方法

- 盛土上部の分断している箇所については天端構造物の撤去後、再度盛土の敷設となる。
- 法面についてはこれ以上の崩壊を防ぐため、支持工打ち込みや法面保護工を行う。

# 道路・鉄道盛土を例とした災害・復旧時の被ばく線量の検討

- 道路・鉄道盛土の災害・復旧時の被ばく線量の検討経路は以下のとおり。
- 各経路の中で被ばく線量が最大となるのは、分断崩壊した場合の復旧作業者の外部被ばくである。  
(右グラフは、道路を代表例として再生資材濃度8,000 Bq/kgで試算した例)

## ①すべり崩壊での経路

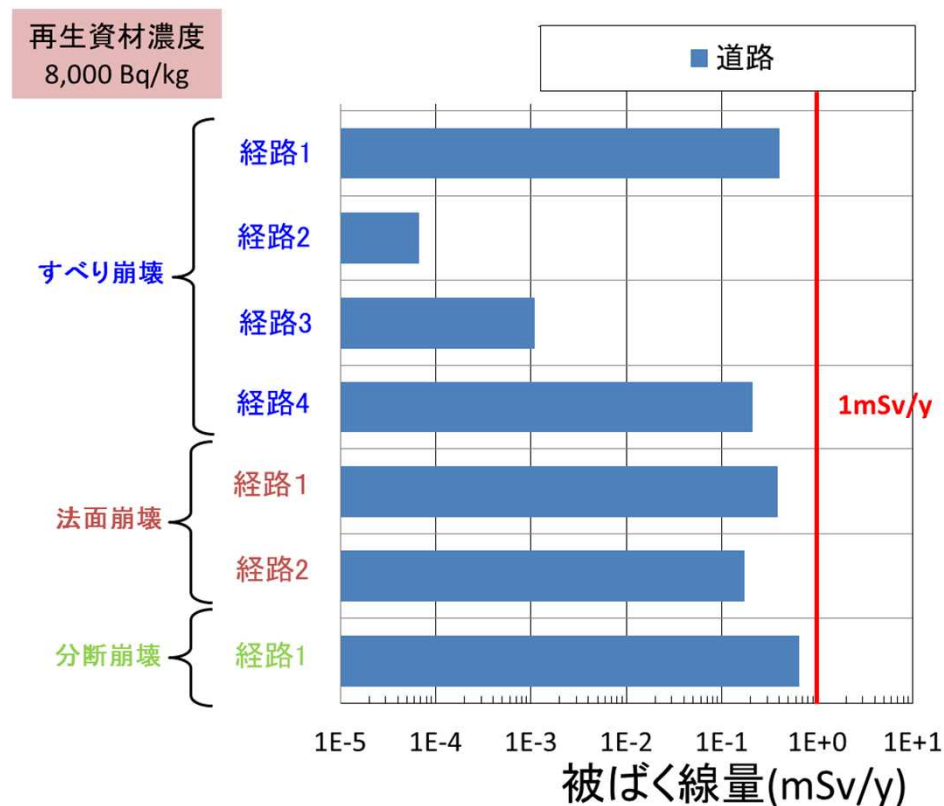
経路	検討対象	線源	対象者	被ばく形態
1	復旧作業	すべり崩壊が生じた盛土、及び回収された崩壊土	復旧作業者	外部
2				粉塵吸入
3				直接経口
4	周辺居住		一般公衆(子ども)	外部

## ②法面崩壊での経路

経路	検討対象	線源	対象者	被ばく形態
1	復旧作業	法面崩壊が生じた盛土	復旧作業者	外部
2	周辺居住		一般公衆(子ども)	外部

## ③分断崩壊での経路

経路	検討対象	線源	対象者	被ばく形態
1	復旧作業	分断崩壊が生じた盛土	復旧作業者	外部
2	周辺居住		一般公衆(子ども)	外部
3	回収土 周辺作業	回収土	回収作業者	外部
4	周辺居住		一般公衆(子ども)	外部



※分断崩壊は4つの経路のうち、最も線量が高い経路1のみグラフ化

---

## 方策⑩に係る参考資料

---

## 放射能濃度分別機による測定

- 分別処理及び品質調整を行った土壌をホッパーに投入し、ベルトコンベア上を搬送される除去土壌の放射能濃度を1秒毎にNaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータにより測定した。
- 予め設定した閾値と測定値とを比較して、測定値が閾値よりも高い場合には高濃度側に、低い場合には低濃度側に土壌を分別した。
- なお、測定精度を確認するため、6つのケースについて、ゲルマニウム半導体検出器による土壌濃度分析結果と比較し、放射能濃度が1,000Bq/kg以上の土壌に対し、20%以下程度の誤差で測定することを確認した。



ホッパーへの除去土壌投入



ベルトコンベアによる放射能濃度測定

- 長泥地区の環境再生事業において、1台/日の頻度により 車載型放射能濃度測定装置を用いて測定し、利用先へ運搬。
- 車載型放射能濃度測定装置については、定期的に校正及びキャリブレーションを実施。

## ①仮置場 (大型土のう袋毎)

## ②資材化前 (トラック毎に全量)

## ③資材化後 (1台/日をサンプリング)

【放射線測定に関する状況】



仮置場における放射線測定状況  
(NaIシンチレーション検出器)



車載型放射能濃度測定装置(NaI(Tl)  
シンチレーションスペクトロメータ8個)  
による放射能濃度測定状況



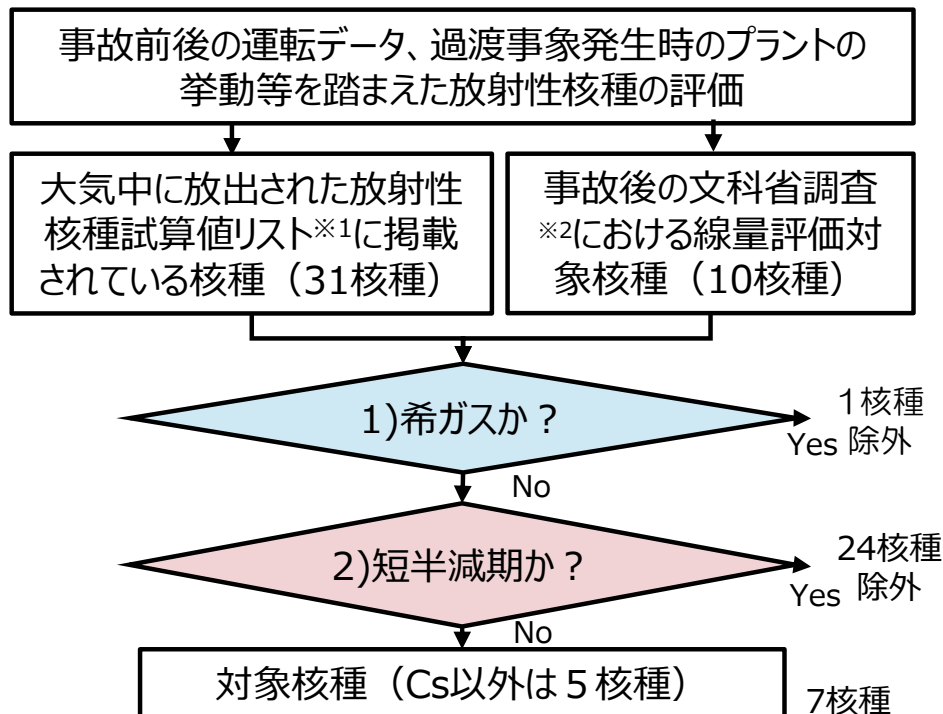
車載型放射能濃度測定装置(NaI(Tl)  
シンチレーションスペクトロメータ1個)  
による放射能濃度測定状況

# 方策⑩に係る参考資料(セシウム以外の放射性核種調査(案)について①調査対象の選定)

1. 事故後の2011年度に、事故に伴い放出された放射性物質の分布状況の調査結果が、文科省が設置した外部有識者で構成される検討会による検証を経て公表され、「今後の被ばく線量評価や除染対策においては、Cs-134、Cs-137の沈着量に着目していくことが適切」と評価されていた。
2. IAEA専門家会合第1回において、除去土壌の再生利用に対する信頼の獲得・醸成のため、Cs以外の放射性核種測定の有効性についてIAEAの専門家から助言があった。
3. これらを踏まえ、国民の皆様の安心・理解醸成の観点から、除去土壌中のCs以外の核種 (Sr-90, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241) の放射能濃度を調査し、安全性に問題がないことを確認する。

※Pu-239とPu-240は合計値として測定。Pu-241はPu-238の測定値から評価

## 対象核種選定の流れ



## 大気中に放出された放射性核種試算値リスト※1 に掲載されている核種 (31核種)

Xe-133	Te-127m	Zr-95	Pu-240	I-131	Mo-99	Ag-110m
Cs-134	Te-129m	Ce-141	Pu-241	I-132		
Cs-137	Te-131m	Ce-144	Y-91	I-133		(他9核種は左表と重複)
Sr-89	Te-132	Np-239	Pr-143	I-135		
Sr-90	Ru-103	Pu-238	Nd-147	Sb-127		
Ba-140	Ru-106	Pu-239	Cm-242	Sb-129		

文科省調査※2における線量評価対象核種(10核種)

下線は文科省調査における線量評価対象核種

左図の1)で除外対象  
左図の2)で除外対象

※1 東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に係る1号機、2号機及び3号機の炉心の状態に関する評価について (原子力安全・保安院, 2011.6.6)

※2 東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴い放出された放射性核種の分布状況等に関する調査研究結果について (文部科学省, 2012.3.13)



# 方策⑩に係る参考資料(セシウム以外の放射性核種の測定結果について)



除去土壌について、以下の方法で試料を採取し、調整・測定を行った。

- 1) 試料採取：中間貯蔵施設に搬入後、分別された除去土壌について、令和5年6～7月の期間に採取した試料。
- 2) 調整・測定：JIS規格（JIS K 0060-1192）により調整、文部科学省の定める放射能測定法により測定。

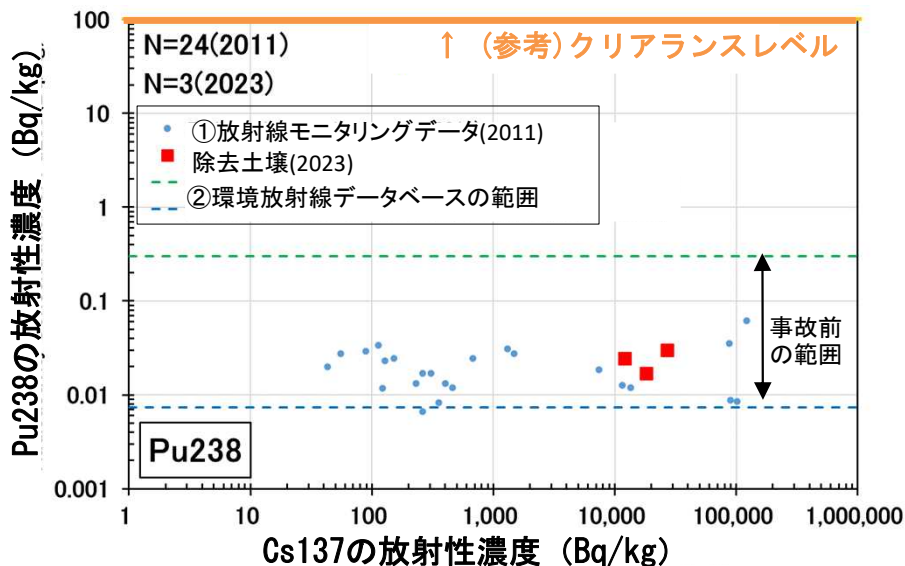
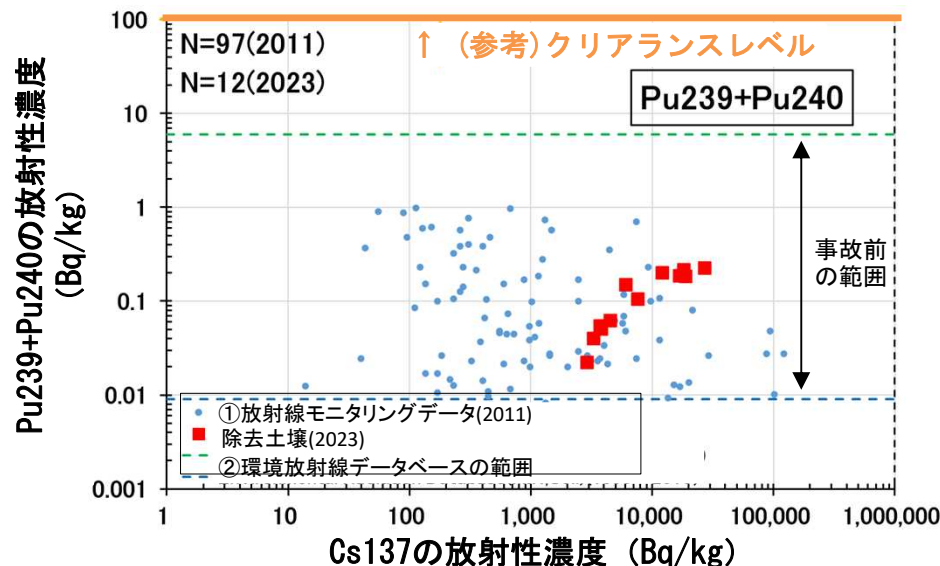
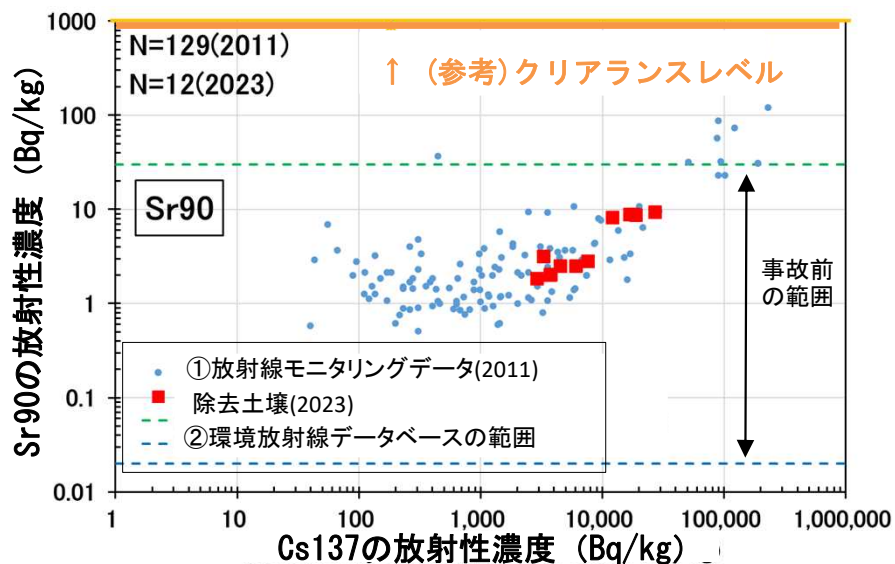
## ＜セシウム以外の放射性核種の測定結果＞

(単位: Bq/kg)

放射性核種 試料番号	【参考】Cs137	Sr90	Pu238	Pu239+240
1	2,880	1.86	検出下限値以下	0.0225
2	3,290	3.20	検出下限値以下	0.0402
3	3,710	2.02	検出下限値以下	0.0546
4	3,770	2.52	検出下限値以下	0.0623
5	4,480	2.05	検出下限値以下	0.0510
6	6,030	2.53	検出下限値以下	0.151
7	7,540	2.83	検出下限値以下	0.106
8	12,000	8.28	0.0244	0.203
9	16,700	8.90	検出下限値以下	0.187
10	18,000	8.77	検出下限値以下	0.186
11	18,700	9.42	0.0301	0.228
12	26,800	8.90	0.0170	0.218

※測定結果は有効数字3ケタに丸めた。

# 方策⑩に係る参考資料(セシウム以外の放射性核種の測定結果について(続き))



【参考】原子力施設等におけるクリアランスレベル  
 Sr90 : 1,000Bq/kg、Pu238、Pu239、Pu240 : 100Bq/kg

## 【資料出典】

①放射線モニタリングデータ (2011年3月東京電力(株)福島第一原子力発電所事故後の調査結果)

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 (JAEA),  
 土壌試料・環境試料 分析 登録データ一覧 (参照 2023年10月)

[https://emdb.jaea.go.jp/emdb\\_old/selects/b10203/](https://emdb.jaea.go.jp/emdb_old/selects/b10203/)

※一部データは 1 Bq/kg=65Bq/m<sup>2</sup>として単位変換  
 ②環境放射線データベース\*\*  
 全国における土壌中の放射能濃度測定値。対象とした時期は1991年1月～2010年12月の20年間。(チェルノブイリ事故(1986年4月)後から東京電力(株)福島第一原子力発電所事故(2011年3月)前までの期間)  
 \*\*1957年以降、科学技術庁→文部科学省→原子力規制庁が関係省庁や都道府県等の協力を得て実施した環境放射能調査の結果をデータベースとしたもの

- 除去土壌のCs137の濃度：約2,880～26,800 Bq/kg
- Sr90は1.86～9.42 Bq/kg (事故前0.02～30 Bq/kg)、Pu238は検出下限値(0.014)以下～0.0301 Bq/kg (事故前0.0074～0.3 Bq/kg)、Pu239+Pu240は0.0225～0.228 Bq/kg (事故前0.009～5.95 Bq/kg)であり、これらは事故前と同程度(事故前20年間の変動の範囲)であった。
- 今回の結果は、2011年度の文部科学省による調査研究結果※における「今後の被ばく線量評価や除染対策においては、Cs-134、Cs-137の沈着量に着目していくことが適切」との記載と整合的であると考えられる。
- 引き続き、セシウム以外の放射性核種について測定を実施する。

※ 出典：東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴い放出された放射性核種の分布状況等に関する調査研究結果について(文部科学省, 2012.3.13)

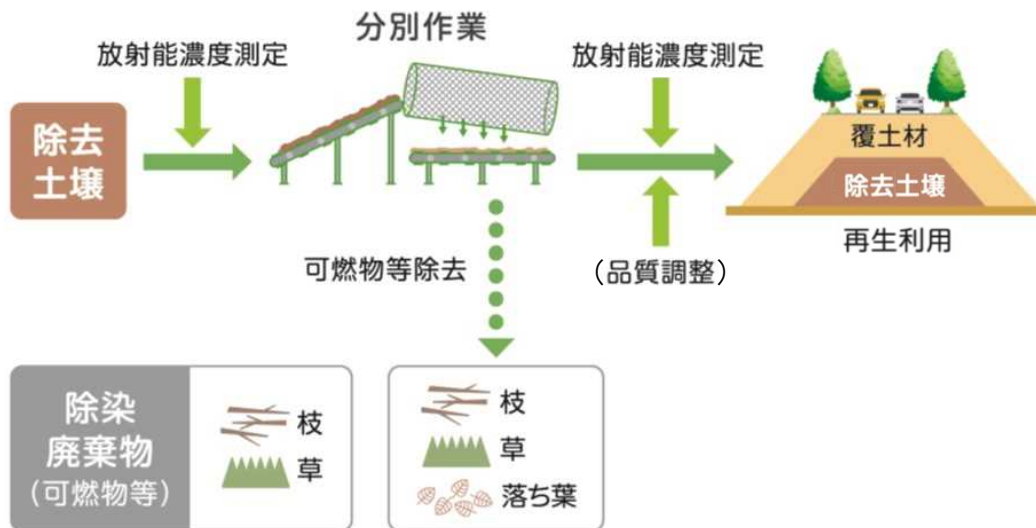
---

## 方策⑫に係る参考資料

---

# 方策⑫に係る参考資料(ふるい分け・分別作業の例)

項目	福島県南相馬市 盛土造成実証事業での 処理実績	福島県飯舘村長泥地区 環境再生事業での処理 実績	【参考】 福島県外の除去土壌の埋立処分実証事業での処理実績	
			(宮城県丸森町)	(茨城県東海村)
ふるい目の 大きさ	20mm	125mm	40mm	40mm
分別使用 機器	回転式	固定式振動ふるい機	自走式振動ふるい機	自走式2選別スクリーン



(長泥地区環境再生事業の例)



破袋後の土壌の取り出し



振動ふるい機



石礫類 (125mmオーバー)



金属類 (鉄筋、鉄線等)



可燃物 (草木等)



コンクリートガラ



再生資材化後の土壌

---

## 方策⑭に係る参考資料

---

## 【参考】 方策⑭に係る参考資料(中間貯蔵事業で得られた知見)

- 中間貯蔵施設への搬入が開始した2015年3月以降、車両周辺の前後左右4箇所において空間線量率を計測したところ、下図の通りであり、 $100 \mu\text{Sv/h}$ を超えた車両は確認されていない。
- このことから、2017年12月更新版以降の輸送実施計画においては、フレキシブルコンテナの表面線量率が $30 \mu\text{Sv/h}$ を超える場合のみ、輸送車両から1m離れた地点での空間線量率が $100 \mu\text{Sv/h}$ を超えないことを確認することとしている。

