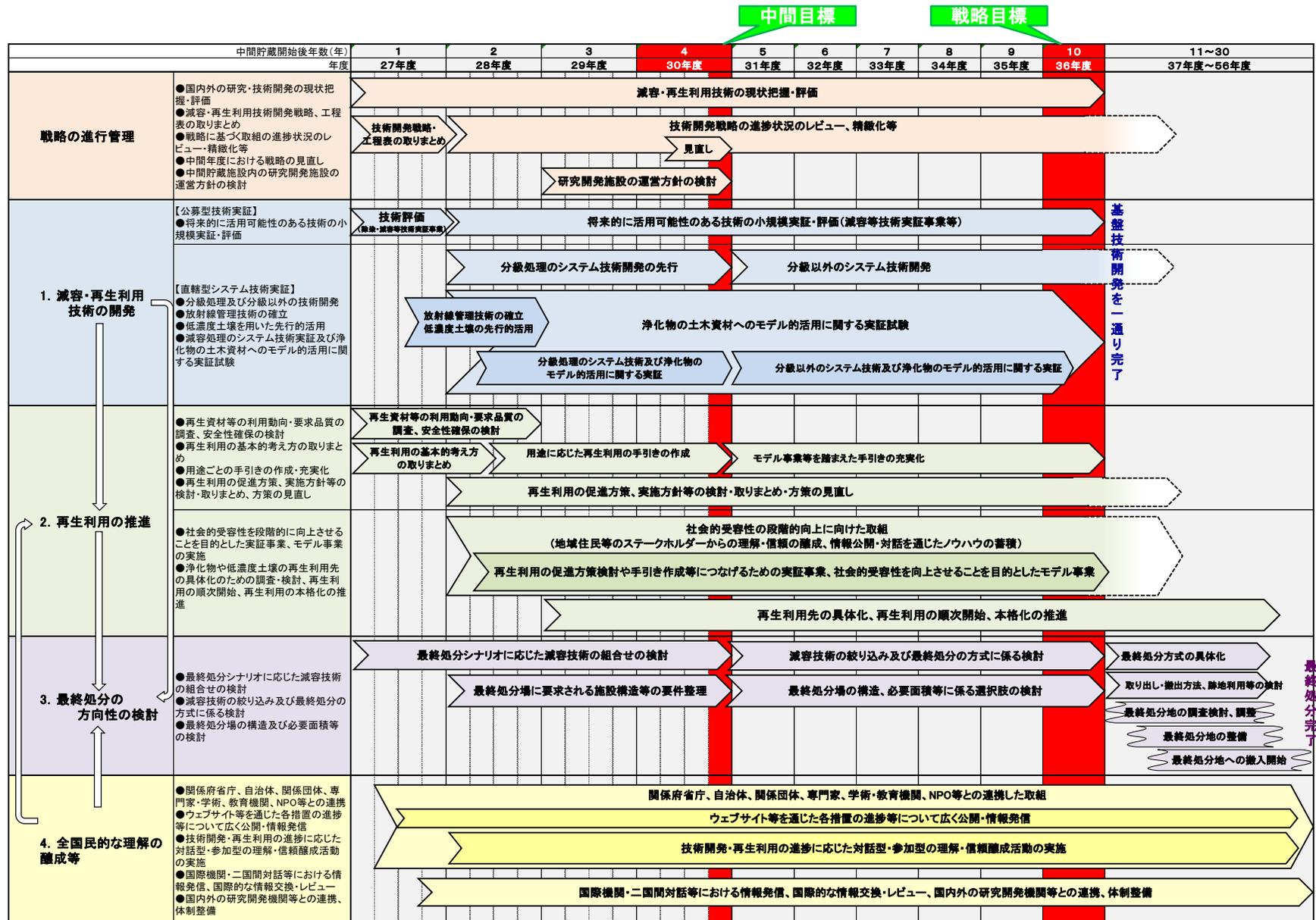


中間貯蔵除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略 進捗状況について

平成31年3月19日
環境省

中間貯蔵除去土壌等の減容・再生利用技術開発戦略 工程表



※中間貯蔵開始後11年目から30年目にかけては、最終処分方向性を明確化した上で、最終処分地に係る調査検討・調整、最終処分地の整備、最終処分地への搬入等を順次実施していく。

- 検討会において、国内外における減容・再生利用技術の開発状況を継続的に把握・評価するとともに、取組方針、取組目標、目標達成に向けた具体的な取組等について進捗状況のレビューを行い、随時、本戦略の精緻化等を行う。
- 特に、中間年度においては、中間目標の達成状況、それ以降の技術開発や再生利用の見通し等を総合的にレビューし、本戦略の見直しを行う。

1. 減容・再生利用技術の開発

中間目標

- スクリーニング時から出荷されるまでの各段階で放射線影響に関する安全性を確保しつつ、安定的かつ大規模に低コストで処理できる分級処理システム技術を確立する。
- 土壌の熱処理、化学処理等の高度処理について、小規模技術実証・評価事業等を通じて、国直轄で実施するシステム技術実証の候補となる処理技術を特定する。
- 焼却灰の減容処理技術について、既存施設における実証試験により技術情報の蓄積を図るとともに、小規模技術実証・評価事業等を通じて、追加的に国直轄で実施するシステム技術実証の候補となる処理技術を特定する。
- 浄化物を再生資材化する工程や再生利用時におけるスクリーニング技術、モニタリング技術、被ばく管理技術、遮へい技術等の放射線管理技術を確立する。

今年度の検討課題

- 引き続き、分級処理技術の直轄型のシステム技術実証試験を着実に推進する。
⇒除去土壌再生利用実証事業及び分級処理技術の直轄型のシステム技術実証試験等を着実に実施（次スライド以降参照）。

1. 減容・再生利用技術の開発

南相馬市東部仮置場における実証事業

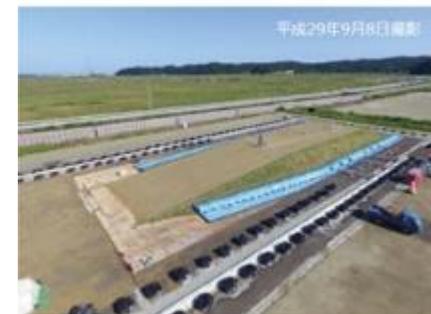
<技術的確認結果>

- ・再生資材化した除去土壌等を用いた盛土構造物を造成し、その後一定期間、放射線等のモニタリングを実施
- ・空間線量率、大気中放射能濃度は施工前、施工中において大きな変動がないことを確認
- ・盛土浸透水の放射能濃度の分析結果はすべて検出下限値未満であることを確認

1. 減容・再生利用技術の開発

【事業概要】

- 福島県南相馬市の仮置場内で、再生資材化実証試験および試験盛土を施工
- 必要な飛散・流出防止対策を講じながら、再生資材化した除去土壌等を用いた盛土構造物を造成し、その後、一定期間盛土構造物のモニタリングを実施
- 盛土構造物はモニタリング終了後、撤去



1. 再生資材化の実証 (2017年4月～)

① 土のう袋の開封・ 大きい異物の除去

大型土のう袋を開封し、
大きな異物を分別・除去。



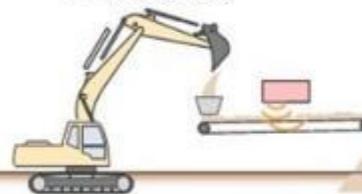
② 小さな異物の除去

ふるいでより小さな異物を
分別・除去。



③ 濃度分別

放射能濃度を測定し、
土壌を分別。



④ 品質調整

盛土に利用する土壌の品質を
調整。(水分、粒度など)



2. 盛土の実証 (2017年5月～)

⑤ 試験盛土の施工・ モニタリング

- ・ 試験盛土を施工。
(全体を新材で50cm覆土)
- ・ 空間線量などの測定を継続。

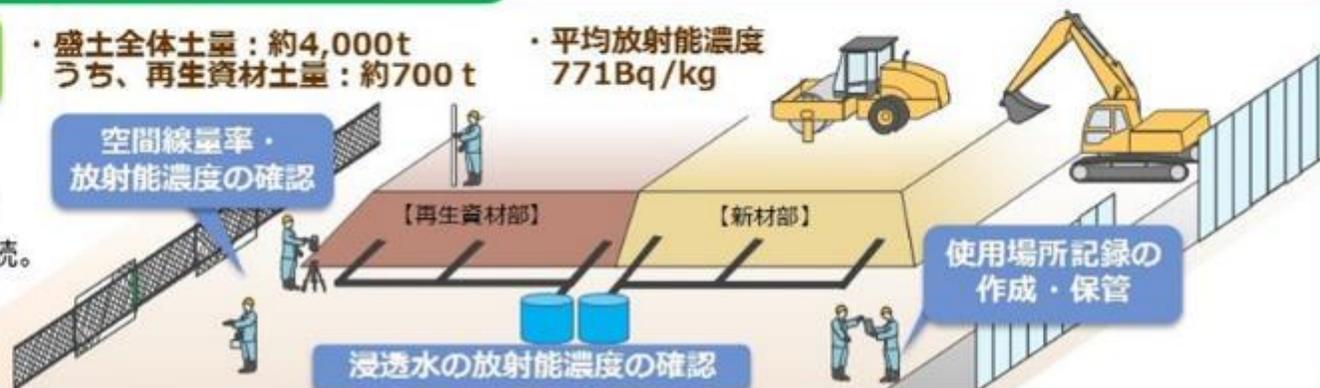
・ 盛土全体土量：約4,000t
うち、再生資材土量：約700t

・ 平均放射能濃度
771Bq/kg

空間線量率・
放射能濃度の確認

浸透水の放射能濃度の確認

使用場所記録の
作成・保管

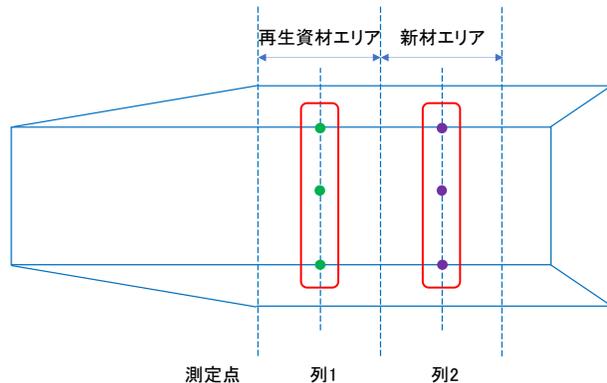


1. 減容・再生利用技術の開発

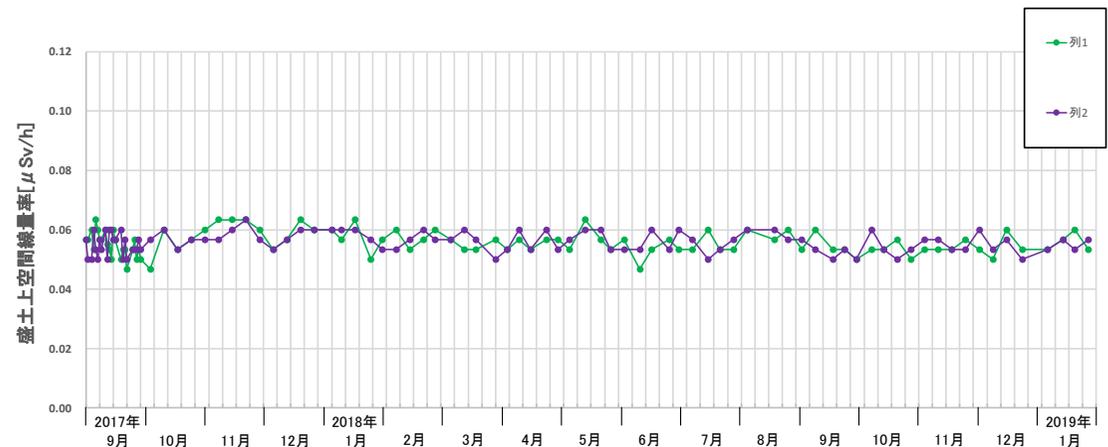
- 盛土周辺の空間線量率は、盛土完成後、大きく変動していない。
- 盛土浸透水は、すべて検出下限値未満。
- 大気中放射能濃度は、除去土壌搬入開始前から盛土完成以降、大きく変動していない。

盛土周辺の空間線量率

- ・2017年8月末に盛土が完成。2017年9月以降、試験盛土上の空間線量率を左下図の位置で測定。
- ・再生資材エリア及び新材エリアの測定点の平均値の時系列をグラフ化(右下図)。
- ・空間線量率は概ねバックグラウンドの空間線量率と同等の $0.05\sim 0.06\ \mu\text{Sv/h}$ であり、その変動は、敷地境界における空間線量率(概ね $0.04\sim 0.09\ \mu\text{Sv/h}$)の範囲内である。



盛土における空間線量率の測定点



盛土の空間線量率時系列
(列1及び列2は、各々3箇所の測定点の平均値)

盛土浸透水について

- ・2017年8月末に盛土が完成し、2017年9月の分析開始以降、再生資材を利用した盛土の浸透水中に含まれる放射性物質の濃度の分析結果はすべて**検出下限値未満**。
(検出下限値(2017年9月～2019年1月末) Cs-134:0.2～0.293Bq/L、Cs-137:0.2～0.331Bq/L)

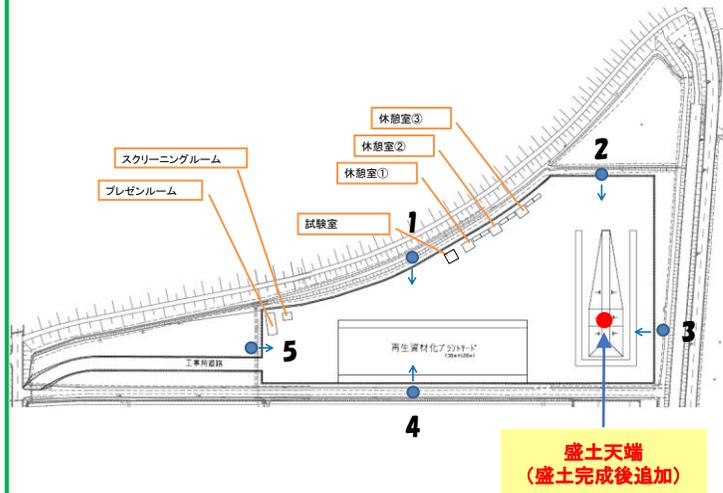


浸透水の集水設備の概観

1. 減容・再生利用技術の開発

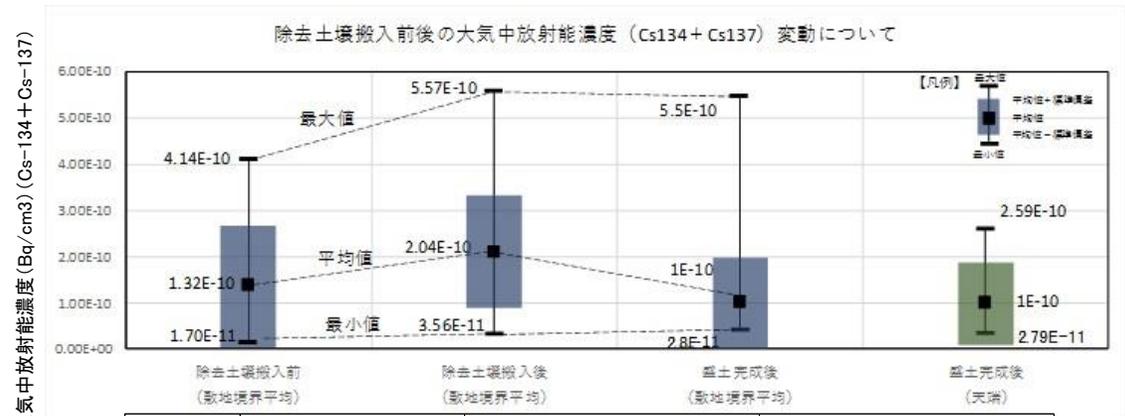
大気中放射能濃度

- ダストサンプラにより吸引・捕集したダストを、Ge半導体検出器分析により放射能濃度測定。
- 基本的に1週間連続吸引したダストを1検体とし、概ね検出下限値が $5E-11$ Bq/cm³程度以下となるよう、Ge半導体検出器による分析時間数を設定。
- 片付工終了後の2017年10月以降は、測定を1ヶ月1検体とし、また、採取場所に盛土天端の再生材エリア中央(図中赤丸)を追加。
- 大気中放射能濃度は除去土壌搬入前から盛土完成以降、2019年1月末までは大きくは変動していない。
- 盛土天端では、敷地境界における測定結果と同程度である。



大気中放射能濃度用ダスト採取位置及び吸引方向

(図は2017年8月までの実証ヤード平面図)



測定箇所	時期	Cs-134濃度 [Bq/cm ³]	Cs-137濃度 [Bq/cm ³]
敷地境界	搬入前 (2017年4月以前)	2.25E-11 ~ 4.70E-11	1.70E-11 ~ 3.67E-10
	搬入後盛土完成前 (2017年5月~8月)	2.80E-11 ~ 6.27E-11	3.56E-11 ~ 4.98E-10
	搬入後盛土完成後 (2017年9月以降)	3E-11 ~ 5E-11	3E-11 ~ 5E-10
盛土天端	搬入後盛土完成後 (2017年9月以降)	4.52E-11	2.79E-11 ~ 2.59E-10

大気中放射能濃度の測定結果 (検出下限値を超える測定値の範囲)

1. 減容・再生利用技術の開発

飯舘村長泥地区における実証事業

<技術的確認項目>

- ・再生資材を農地造成の埋立材・充填材として利用する場合の土木的適用性の確認、放射線安全性の確認(実施中)
- ・園芸作物、資源作物による再生資材からのセシウム移行係数の確認(実施中)

1. 減容・再生利用技術の開発

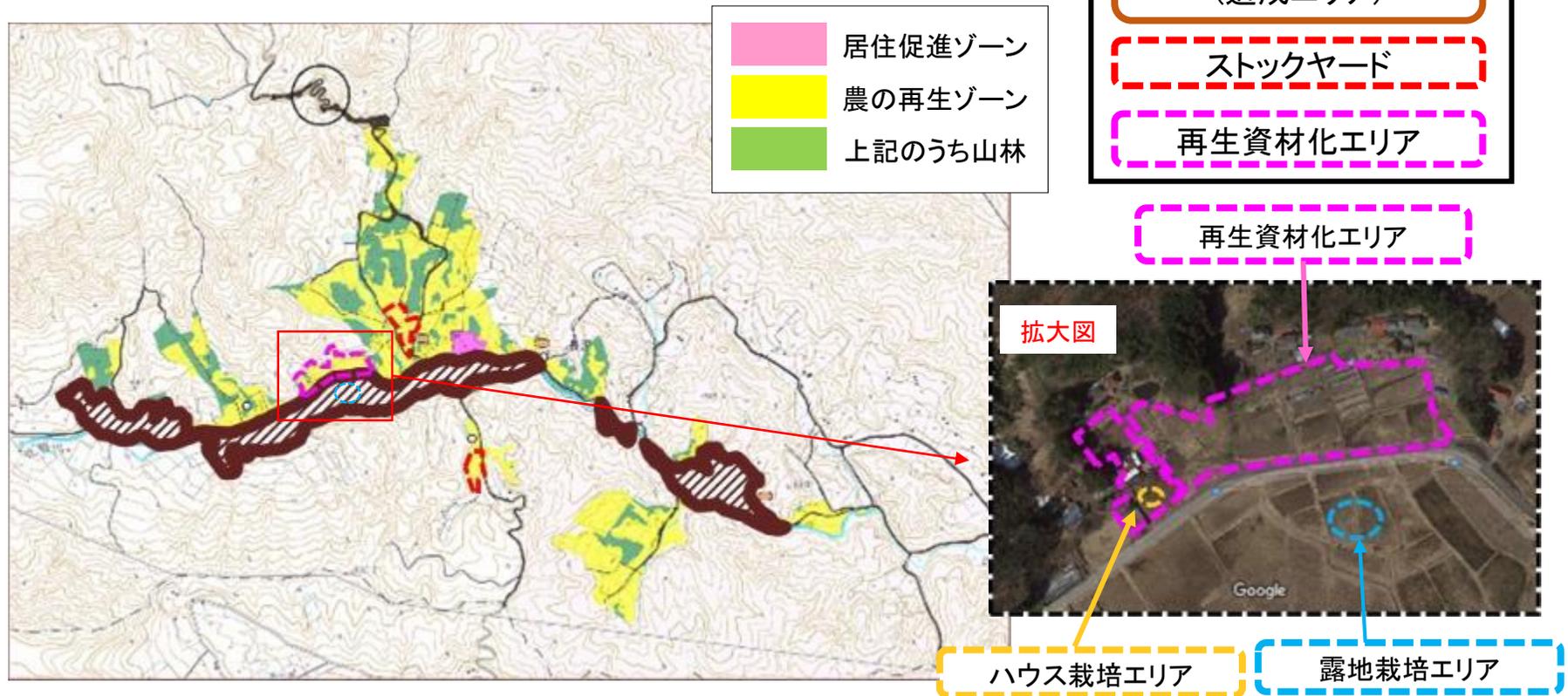
【整備内容】

環境再生事業として資材のストックヤード及び除去土壌の再生資材化施設エリアを整備後、農の再生ゾーンにおいて、再生資材を利用して造成を行う。

【全体整備規模】

候補地: 34ha (今後変更となる場合がある)

※盛土量等については、今後の計画により具体化する。



1. 減容・再生利用技術の開発

村内仮置場等に保管されている除去土壌を再生資材化し、造成をして、資源作物等の試験栽培を行う。

- 1) 村内の仮置場等から、除去土壌をストックヤードに運搬
- 2) 再生資材化施設を設置し、再生資材化の工程として、異物等の除去※①、濃度分別※②、品質調整※③を実施し、再生資材を作る。

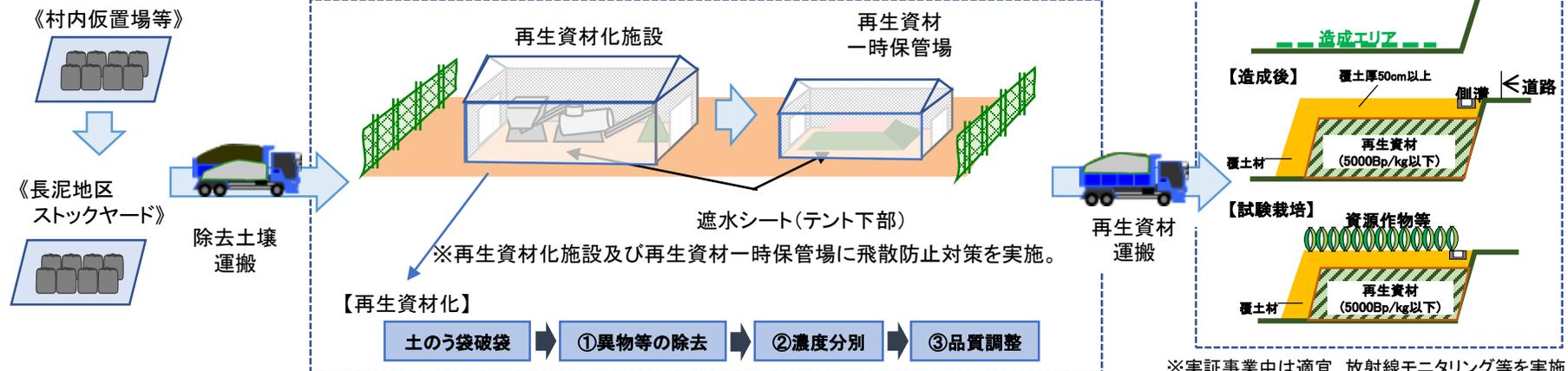
※①異物等の除去…大型(70mm超)の碎石や有機物等を除去する。なお、団子状になっている場合は改質剤を入れほぐしながら20mmのふるいにかける。

※②濃度分別…濃度分別機により、5000Bq/kg超の除去土壌を除去する。(参考2)

※③品質調整…盛土として安定させるため水分調整、遮へい土を混入する。

- 3) 実証事業場所において、再生資材、遮蔽土を用いた覆土材(粒径20mm以下)により造成(2018年冬以降)
- 4) 造成地において、**露地栽培(試験栽培)**を実施(2019年春以降)
- 5) これに先立ち、**ポット栽培**による生育性及び移行係数の確認を行い、**ハウス栽培エリア**にこれらの展示ほを設置するとともに、ハウス内で試験栽培を行う。(2018年12月頃～)

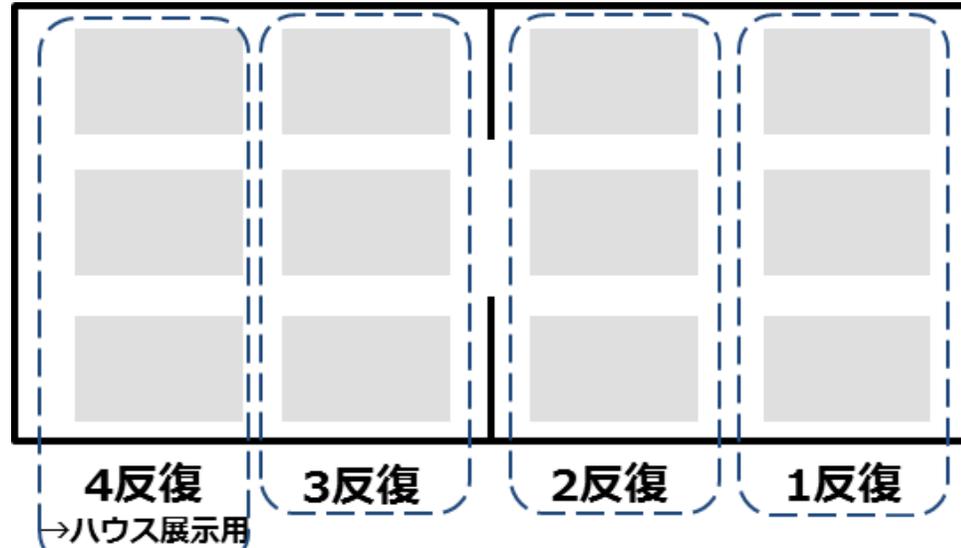
(参考)実証試験イメージ



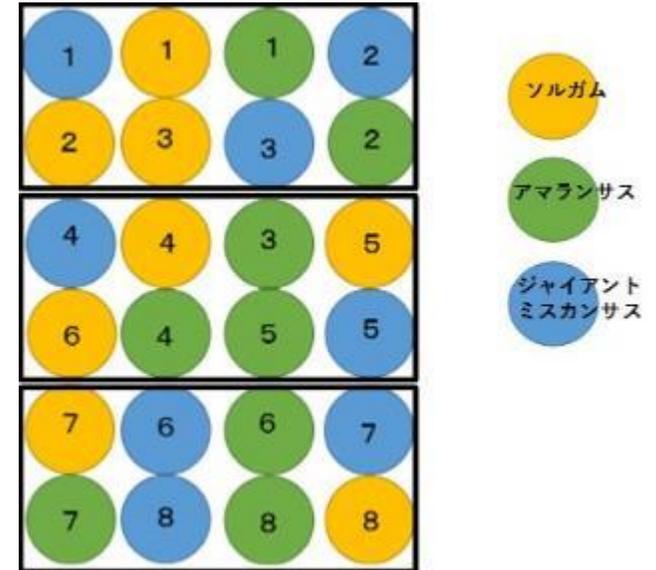
1. 減容・再生利用技術の開発

ポット栽培により、生育性及び移行係数を確認。

【施設内レイアウト】



1反復 拡大図



【進捗状況】

(平成30年11月29日)

作付け(播種・移植)

ソルガムの播種

アマランサスの移植

ジャイアントミスカンサスの移植

の移植

(平成30年11月30日～現在)

栽培管理



【処理区】

試験	標準区	増肥区
作物の生育	1)覆土材	2)覆土材
	3)覆土材 +堆肥	4)覆土材 +堆肥
移行係数	5)覆土材 +再生土壌	6)覆土材 +再生土壌
	7)再生土壌	8)再生土壌

標準区:福島県施肥基準

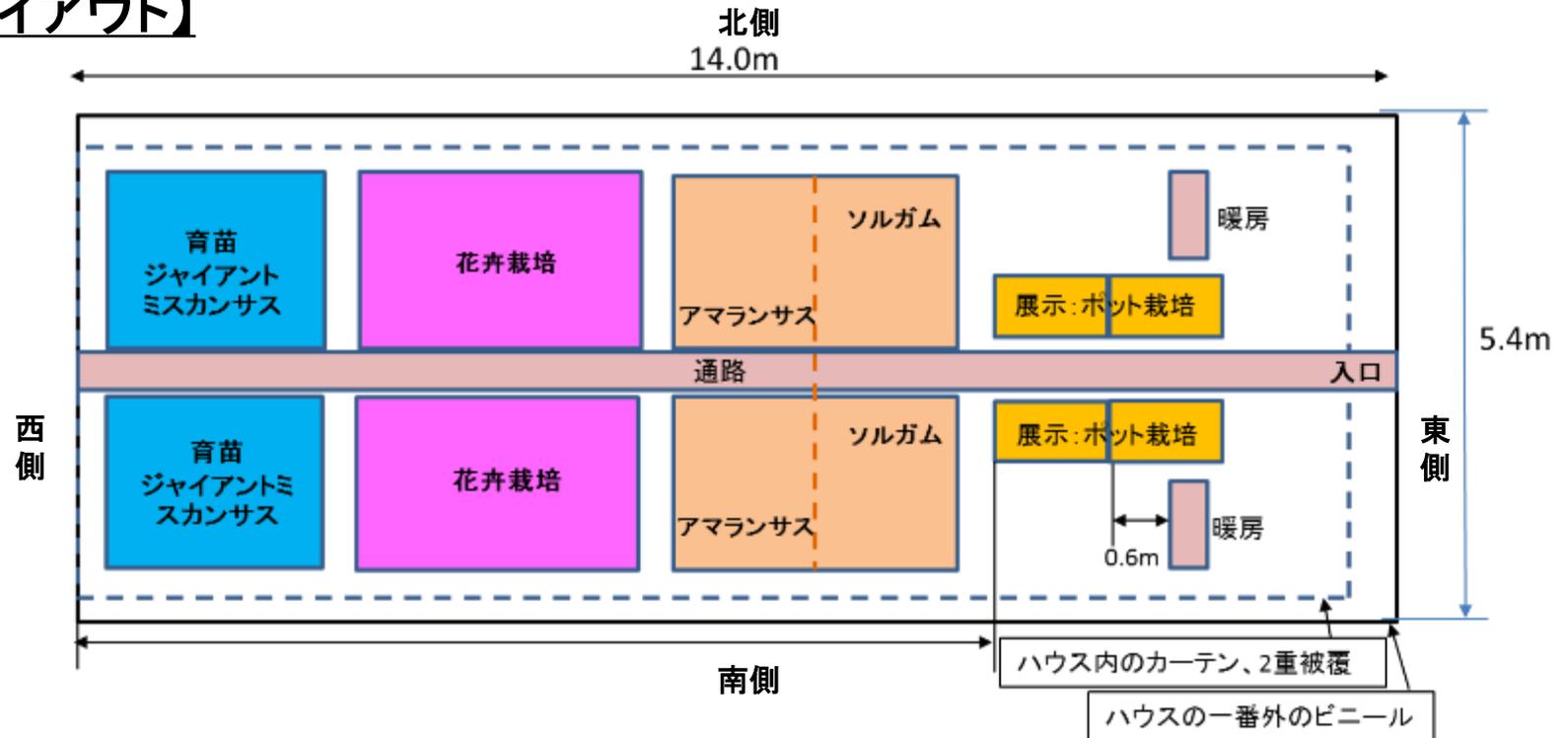
増肥区:福島県農業情報

(原子力災害対策)

1. 減容・再生利用技術の開発

ハウス栽培により、育苗と生育性を確認。

【ハウス内レイアウト】



【栽培状況】



育苗：ジャイアントミスカンサス(奥側)



展示：ポット栽培



圃場(入り口側)

1. 減容・再生利用技術の開発

二本松市における実証事業

1. 減容・再生利用技術の開発

除去土壌の再生資材化及び道路での再生利用に関する実証事業について、二本松市において実施予定 → 事業計画を再検討中

1. 概要

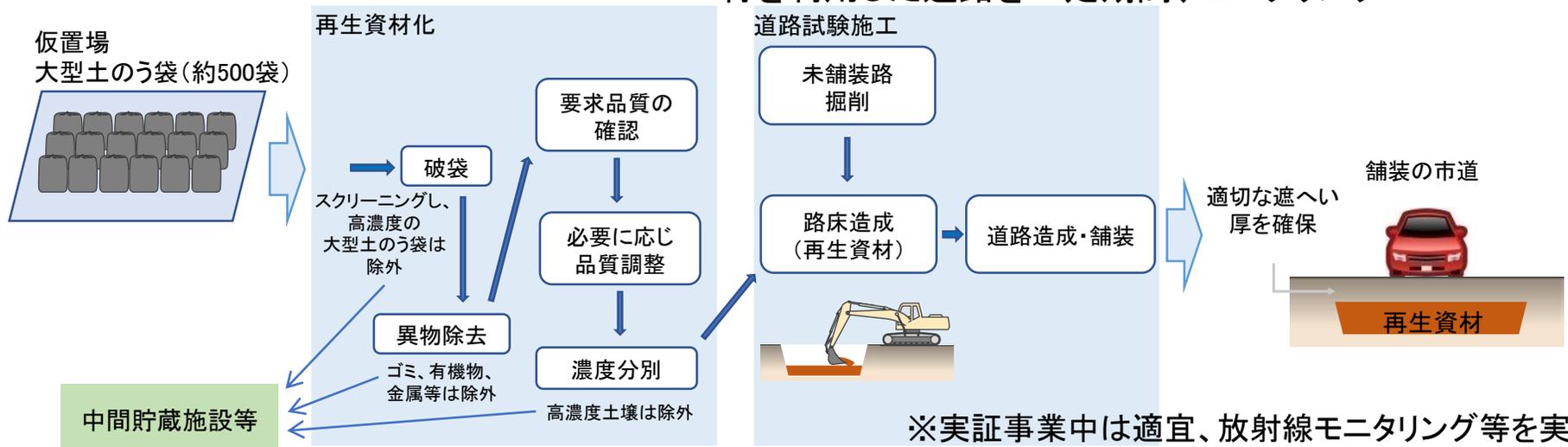
仮置場で保管されている除去土壌を仮置場内で再生資材化し、再生資材を用いた道路を施工する

再生利用の手引き等への反映

2. 実証内容(予定)

- 1) 仮置場内の大型土のう袋(約500袋)の除去土壌を用い、仮置場内で再生資材化の実証試験を実施
- 2) 再生資材を市道(約200m)において、適切な遮へい厚を確保して、路床材として利用。上部を舗装し、道路として利用
- 3) 実施に当たっては、放射線モニタリング、飛散・流出の防止等の環境対策を実施
- 4) 再生資材化後は、再生資材化設備を撤去。再生資材を利用した道路を一定期間、モニタリング

(参考)実証試験イメージ



※実証事業中は適宜、放射線モニタリング等を実施

1. 減容・再生利用技術の開発

分級処理システム実証事業

<技術的確認項目>

- 土質、放射能濃度の異なる土壌に対して分級処理を行い、分級性能、放射能収支等のデータを取得
- 連続して分級処理を行い、実機での運用を見据えた連続運転の安全性、安定性、経済性を評価等(実施中)

1. 減容・再生利用技術の開発

目的と概要

1. 目的

- 分級処理の各工程において安全性(特に放射線に関する安全性)を確保しつつ、安定的かつ低コストで大量の除去土壌の減容処理を行うことのできる分級処理システム技術を確立する技術実証試験を行い、実事業への移行に関する技術的検討を行う。

2. 概要

- 除去土壌を対象とした分級処理システムを構築し、以下の試験を実施する。
 - ・ 土質、放射能濃度の異なる土壌に対して分級処理を行い、分級性能、放射能収支等のデータを取得する試験
 - ・ 連続して分級処理を行い、実機での運用を見据えた連続運転の安全性、安定性、経済性の評価等を行う試験
- 処理方式の異なる10t/時以上の処理能力を有した設備を2系列設置し、系列間で減容化率等を比較検討する。
- 電離則等に則り、電離放射線に関する安全対策等を実施する。また、排水の循環利用等、周辺環境への安全性確保に必要な環境保全措置を講じる。

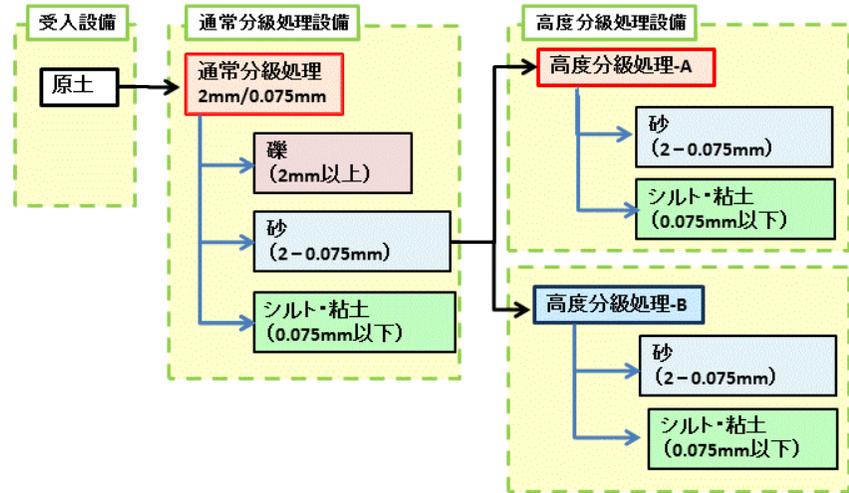
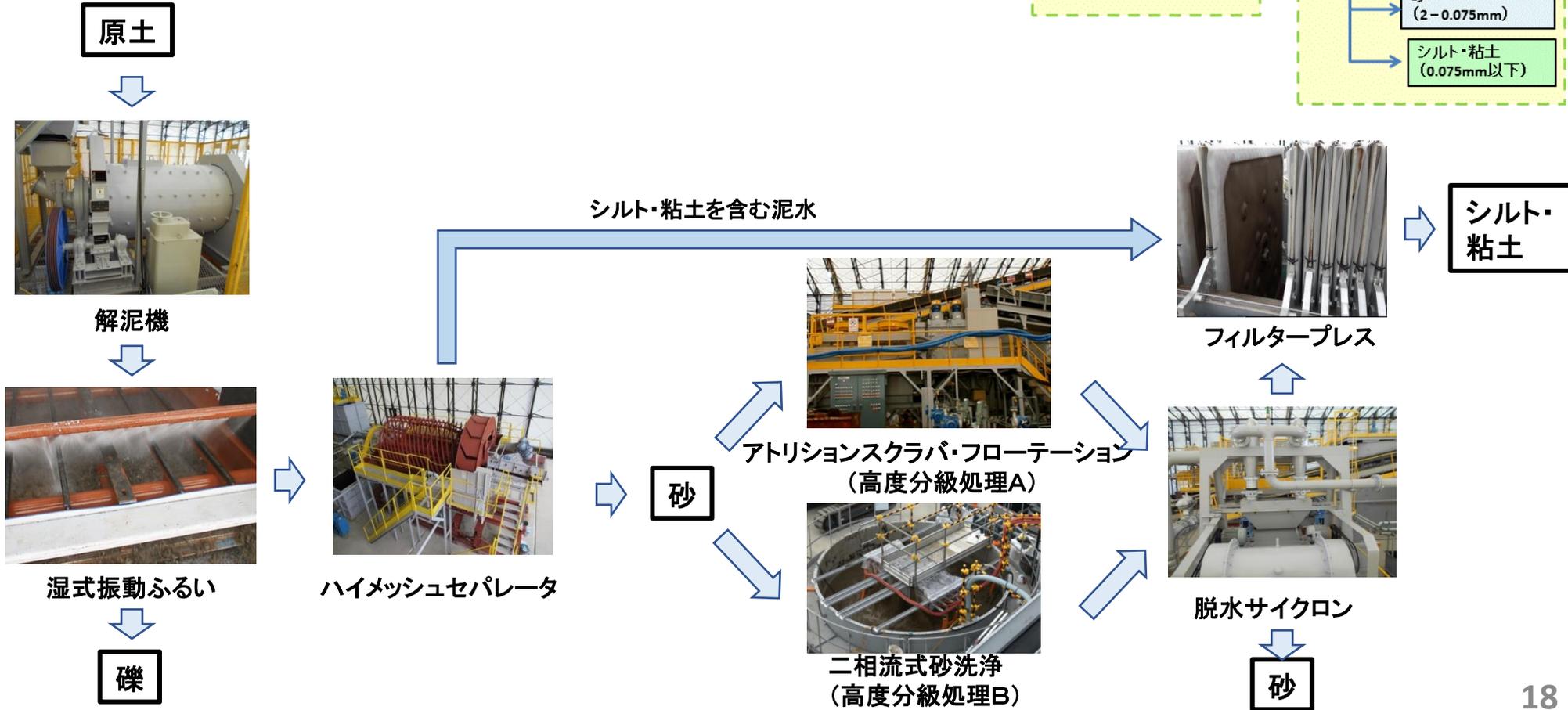
1. 減容・再生利用技術の開発

実証試験処理方式

原土を通常分級により礫、砂、シルト・粘土に分級し、さらに分級後の砂を2系列の高度分級により砂の表面に付着したシルト・粘土の剥離などを行う高度分級装置を設置した。

設置した主な設備とフローを示した。

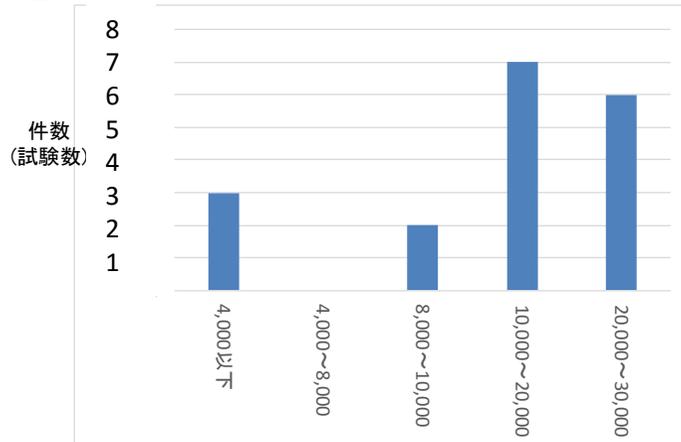
【分級設備概要】



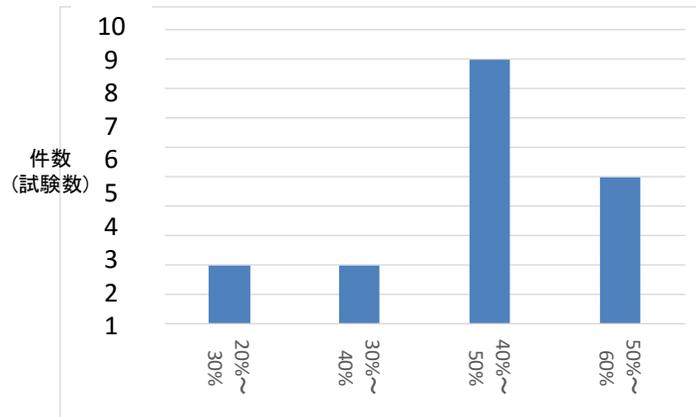
1. 減容・再生利用技術の開発

詳細試験で処理した土壌

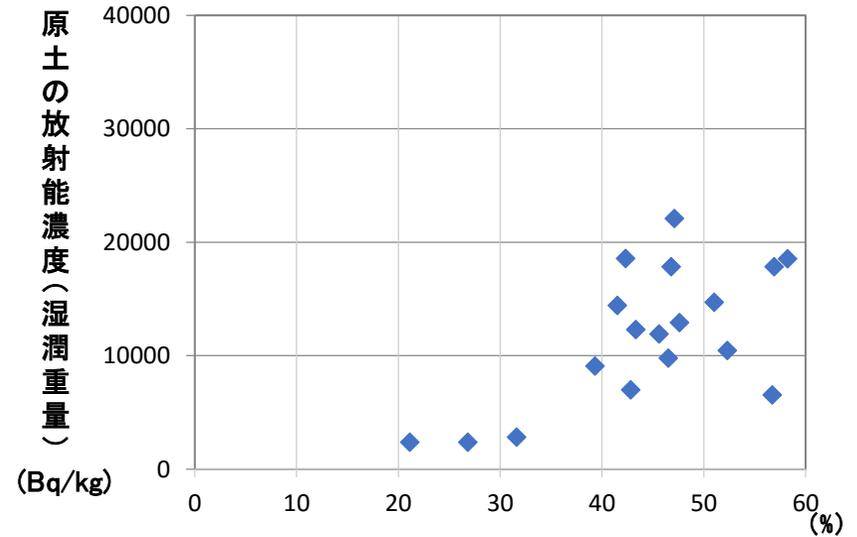
詳細試験では、土質、放射能濃度の異なる土壌に対して分級処理を行い、分級性能、放射能収支、減容化率などのデータを取得した。詳細試験Aで用いた土壌の放射能濃度と細粒分率(室内粒度分布試験結果)の分布について示した。分級対象となるのは、8,000Bq/kg以上の土壌と考えられるが、データ取得のために8,000Bq/kg以下の土壌も実証試験土壌に含めた。



原土濃度のヒストグラム (Bq/kg)



原土細粒分率のヒストグラム



原土の放射能濃度 (湿潤重量)
(Bq/kg)

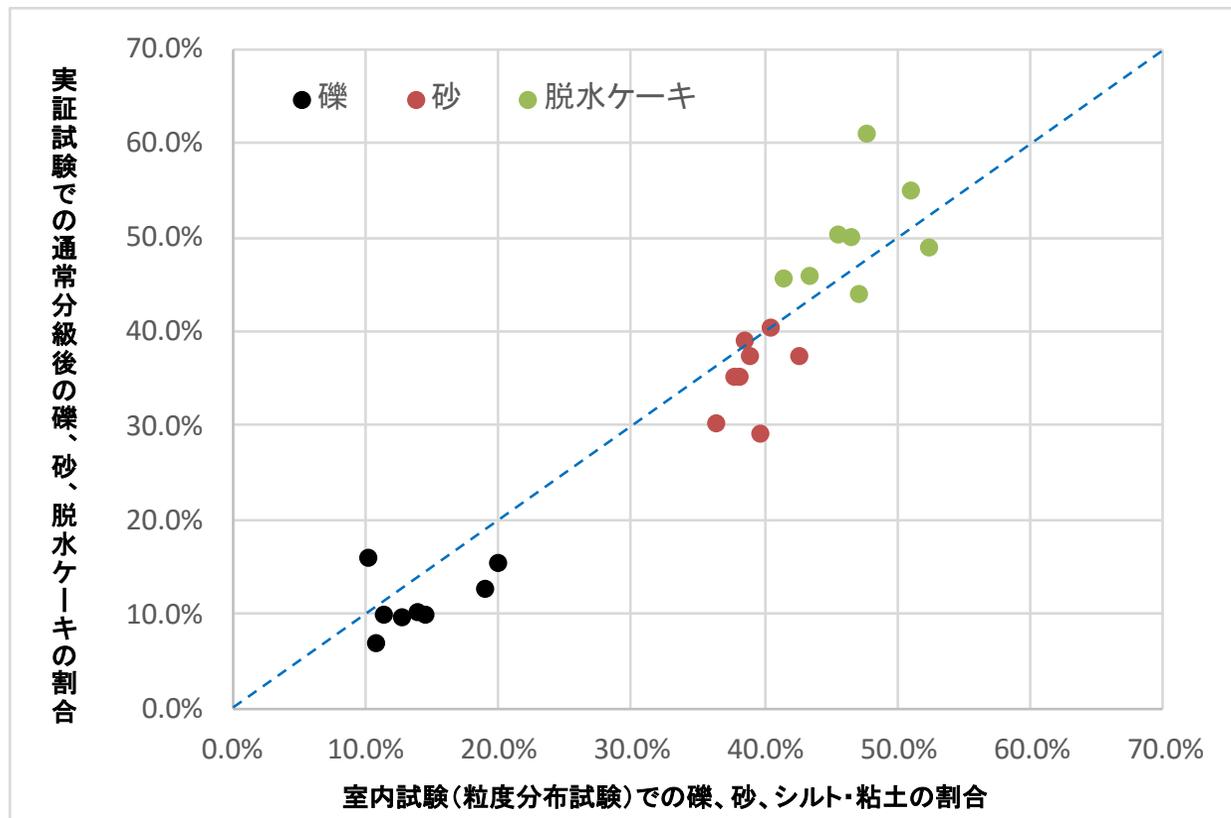
原土の細粒分率 (室内粒度分布試験)

詳細試験Aで処理した原土の細粒分率と放射能濃度

1. 減容・再生利用技術の開発

分級性能

分級処理により、礫(2mm以上)、砂(2mm~0.075mm)、シルト・粘土(0.075mm未満)に分級できているかを調べるために、原土の室内粒度分布試験で求めた礫、砂、シルト・粘土と実際に通常分級試験で得られた礫、砂、脱水ケーキの重量比を比較した。その結果、原土の室内試験結果と実証試験結果が良く一致していることが分かった。



分級性能だけでなく、含水率の測定誤差も影響するデータであるが、理想的な計算値(青点線)からの誤差範囲5%以内のデータが75%、10%以内のデータは92%であり、良く一致していた。

1. 減容・再生利用技術の開発

分級による除染率（まとめ）

今回の実証試験の結果、分級処理後土壌の放射能濃度の原土からの低下率を示す除染率は、通常分級で平均68.9%、高度分級Aで73.3%、高度分級Bで除染率は71.8%であった。通常分級後の砂を高度分級処理することで、通常分級後の砂と比べて10%程度放射能濃度が低下することが分かった。

通常分級（礫、砂）および高度分級A、高度分級Bの除染率

試験	原土		分級後：除染率			
	放射能濃度 (Bq/kg)	細粒分率	通常分級		高度分級	
			礫	砂	高度分級A	高度分級B
No.1	29,629	47.1%	59.9%	53.6%	62.9%	58.1%
No.2	19,499	41.5%	75.6%	61.4%	65.1%	66.3%
No.3	16,677	43.3%	69.9%	55.8%	65.4%	64.9%
No.4	13,449	46.5%	80.2%	55.6%	66.3%	66.2%
No.5	20,189	51.0%	85.3%	65.7%	74.5%	73.3%
No.6	16,137	45.6%	87.1%	62.4%	70.7%	59.8%
No.7	14,452	52.3%	82.5%	61.0%	70.0%	68.3%
No.8	17,931	47.6%	79.6%	67.4%	78.3%	71.4%

$$\text{※除染率(\%)} = (1 - \text{分級後土壌の放射能濃度} / \text{原土の放射能濃度}) \times 100$$

(1) 通常分級の除染率（礫、砂）

53.6%～87.1%

平均：68.9%（標準偏差：11.2%、N=16）

(2) 高度分級Aの除染率（礫、高度分級A砂）

62.9%～87.1%

平均：73.3%（標準偏差：8.3%、N=16）

(3) 高度分級Bの除染率（礫、高度分級B砂）

58.1%～87.1%

平均：71.8%（標準偏差：9.2%、N=16）

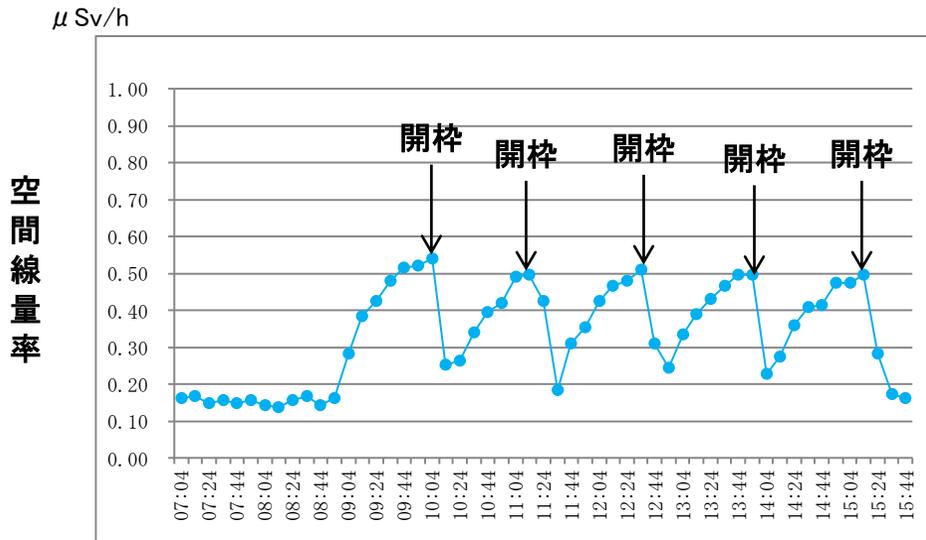
物質収支

試験	原土	重量(乾ベース):ton-dry				回収率:%
		礫、砂、脱水ケーキ			計	
		礫	砂	脱水ケーキ (高度分級差引)		
No.1	15.10	2.38 (16%)	5.64 (39%)	6.62 (45%)	14.64 (100%)	97.0
No.2	15.53	2.36 (15%)	6.03 (39%)	7.07 (46%)	15.46 (100%)	99.5
No.3	15.42	1.94 (13%)	5.39 (37%)	7.08 (49%)	14.41 (100%)	93.5
No.4	15.15	1.46 (10%)	5.63 (38%)	7.57 (52%)	14.66 (100%)	96.8
No.5	15.37	1.05 (7%)	5.39 (36%)	8.45 (57%)	14.89 (100%)	96.9
No.6	14.91	1.50 (10%)	6.00 (40%)	7.5 (50%)	15.00 (100%)	100.6
No.7	14.77	1.46 (11%)	4.46 (34%)	7.21 (55%)	13.13 (100%)	88.9
No.8	15.05	1.43 (10%)	4.36 (29%)	9.16 (61%)	14.95 (100%)	99.3

1. 減容・再生利用技術の開発

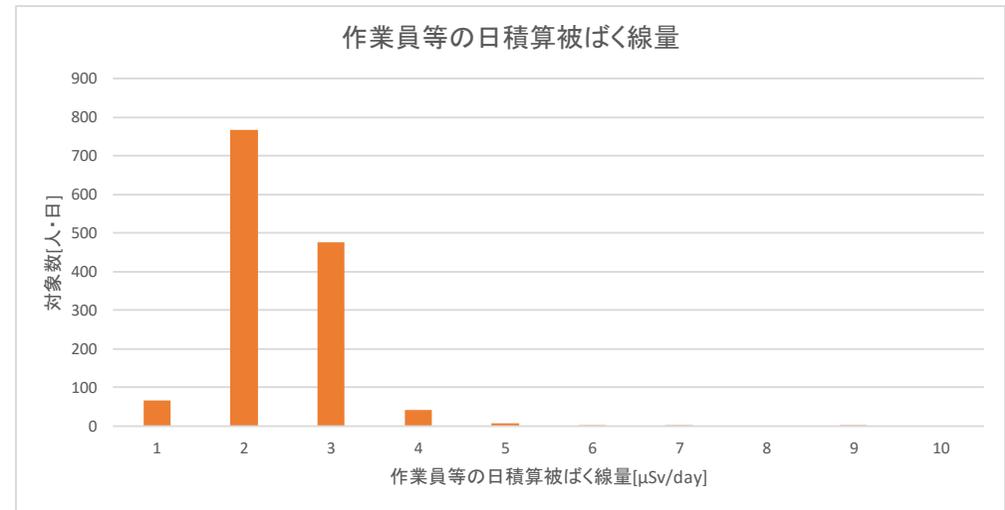
放射線安全管理

放射能濃度が最も高くなると想定されたフィルタープレス近傍での空間線量率は、最大約 $0.6 \mu\text{Sv/h}$ であった。また、分級実証作業に関わった作業員等の1日の被ばく線量は概ね $2\sim 3 \mu\text{Sv}$ 程度であった。



フィルタープレス近傍の空間線量率

現時点までに実施した試験において、フィルタープレス近傍の空間線量率は最大で $0.6 \mu\text{Sv/h}$ 程度であった。仮に、作業員が1日あたり8時間、年間250日間、フィルタープレス近傍での作業に従事したとしても、 $0.6 \mu\text{Sv/h} \times 8\text{時間} \times 250\text{日} = 1.2\text{mSv/y}$ 程度の被ばく線量であると試算される。



分級実証設備の稼働中の作業員等の日積算被ばく線量

分級設備の稼働中の作業員等の1日の被ばく線量は、99%以上で $4 \mu\text{Sv}$ 以下であり、最大でも $7 \mu\text{Sv}$ (1例)であった。被ばく線量が高かった作業員等は特段被ばく線量が高くなる作業に従事していたわけではなく、その原因については調査中であるが、個人線量計に衝撃が与えられたための異常値ではないかと推測される。なお、仮に、年間250日間、同様に被ばくしたとしても、 $7 \mu\text{Sv} \times 250\text{日} = 1.75\text{mSv/y}$ 程度の被ばく線量であると試算される。

1. 減容・再生利用技術の開発

参考： 通常分級：除染率（礫、砂）と濃縮率（脱水ケーキ）

通常分級で得られた礫、砂、脱水ケーキの放射能濃度を原土の放射能濃度と比較した。原土の放射能濃度に関わらず礫は60%~90%、砂は50%~70%の除染率であった。脱水ケーキの放射能濃度は、原土の細粒分率が高い方が高く、原土と比べて1.5倍~2倍に濃縮された。

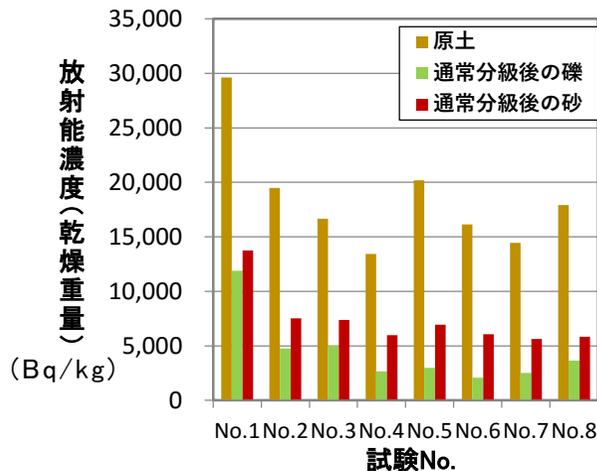


図1. 原土と通常分級後礫・砂の放射能濃度

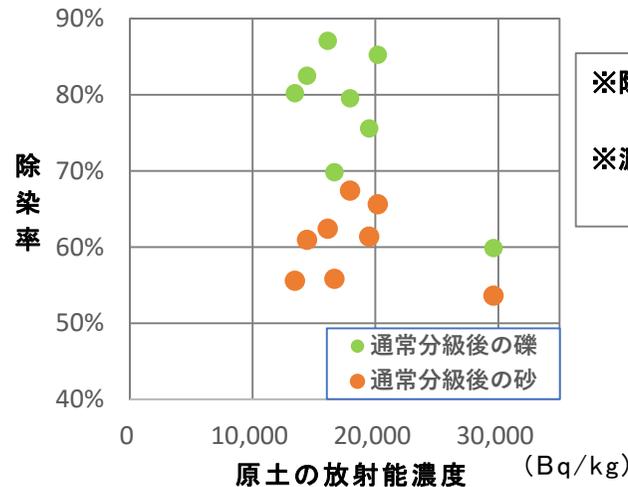


図2. 原土の放射能濃度 vs 礫・砂の除染率

※除染率(%)

$$= (1 - \frac{\text{分級後土壌の放射能濃度}}{\text{原土の放射能濃度}}) \times 100$$

 ※濃縮率(倍)

$$= \frac{\text{分離濃縮物(脱水ケーキ)の放射能濃度}}{\text{原土の放射能濃度}}$$

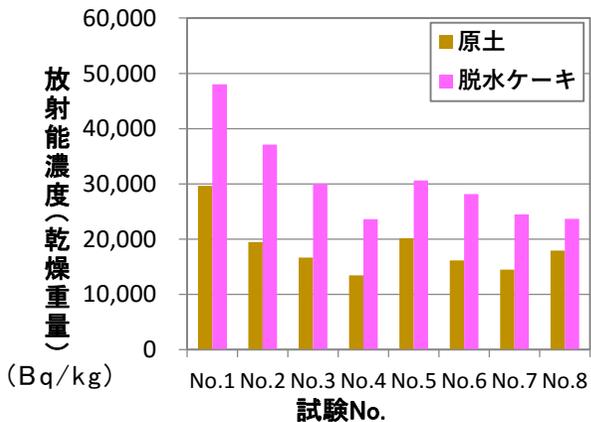


図3. 原土と脱水ケーキの放射能濃度

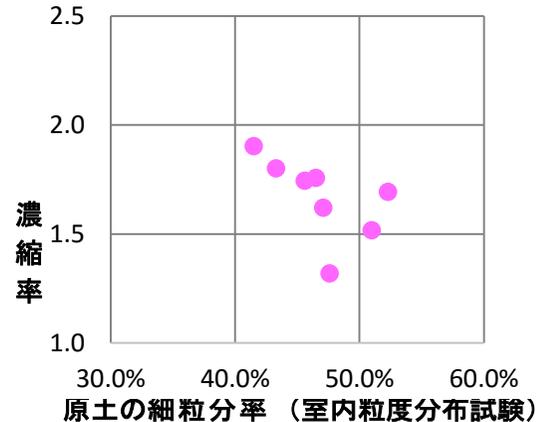


図4. 原土の細粒分率 vs 脱水ケーキの濃縮率

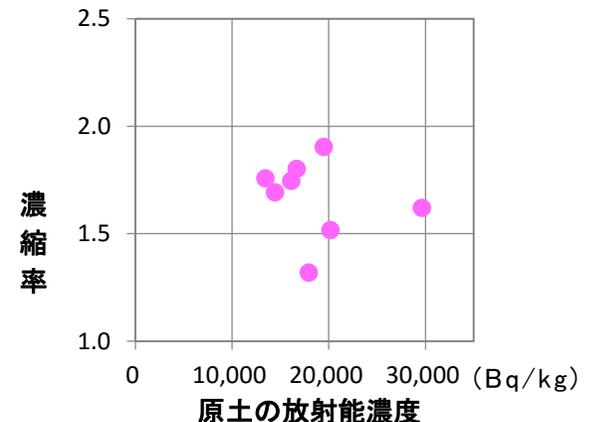


図5. 原土の放射能濃度 vs 脱水ケーキの濃縮率

1. 減容・再生利用技術の開発

参考： 通常分級と高度分級：砂の除染率

通常分級後の砂を高度分級処理することにより、放射能濃度の除染率は60%～80%に増加した(通常分級だけの除染率は50%～70%)。

通常分級処理だけよりも高度分級処理することにより、細粒分が新たに発生するために、減量化率は3%～4%低下するが、除染率は7%～10%向上する結果であった。

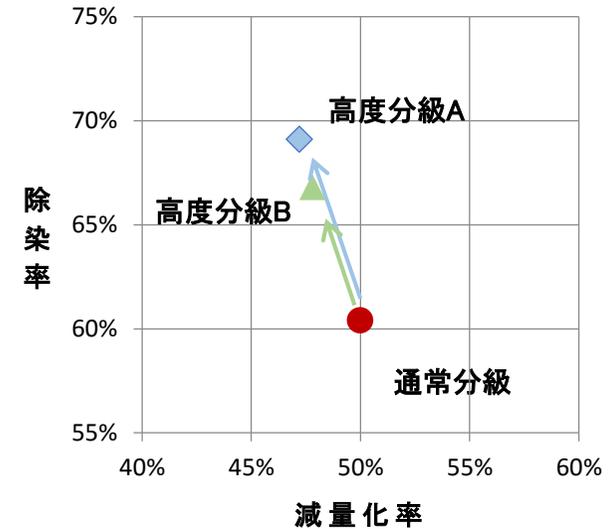


図3. 通常分級、高度分級A、Bの減量化率と除染率

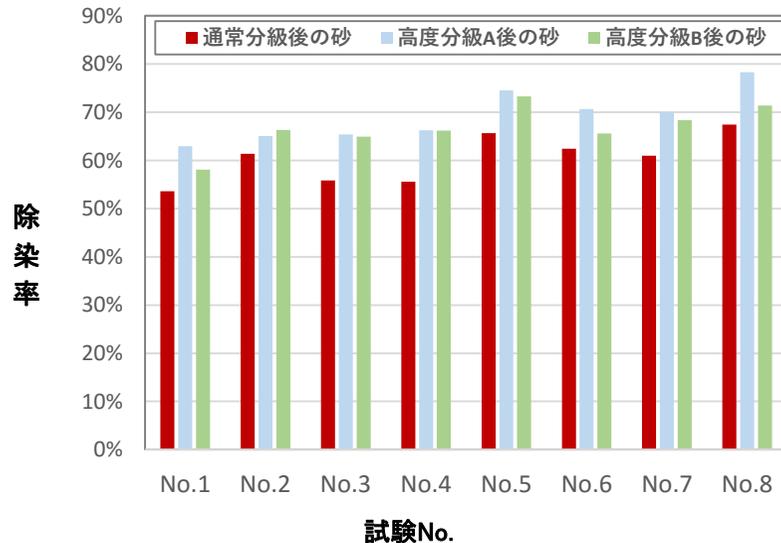


図1. 通常分級後砂、高度分級AおよびB後の砂の除染率

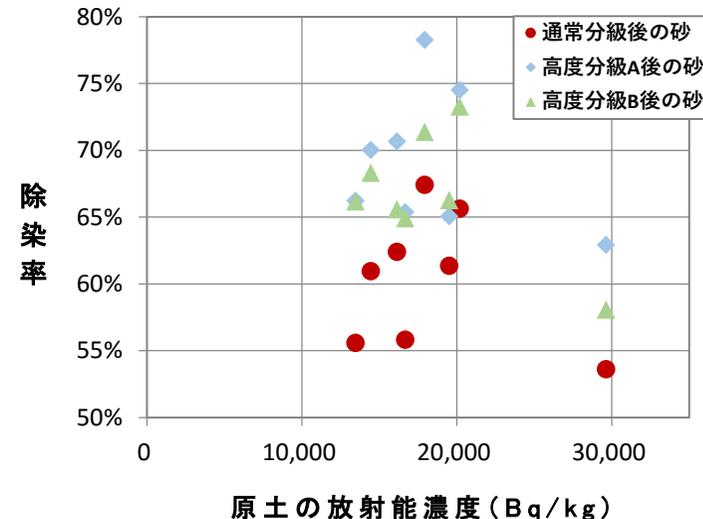


図2. 原土の放射濃度 vs. 通常分級後砂、高度分級A B後の砂の除染率

2. 再生利用の推進

中間目標

- 再生利用の基本的考え方を明確化するとともに、分級処理後の浄化物を主な対象に、再生利用に係る知見や実績を蓄積し、社会的受容性を段階的に向上させることを目的とした実証事業やモデル事業を実施する。
- 再生資材の利用を円滑に進めるため、既存の公共事業等に係る環境関連法令等も含め、現場での再生資材の利用や管理の際の留意点を整理した「再生利用の手引き(仮称)」を作成する。

今年度の検討課題

- 引き続き、学識経験者や関係機関の意見を伺いながら、除去土壌再生利用実証事業を着実に推進するとともに、再生利用の手引き(案)を検討・作成する。
⇒除去土壌再生利用実証事業を着実に推進するとともに、再生利用の手引き(案)を検討・作成している。(資料3、参考資料1参照)

3. 最終処分の方角性の検討

中間目標

最終処分される土壌等や処理後の濃縮物の性状や放射能濃度、処分量に応じて、最終処分場に要求される施設構造等の要件を整理する。

今年度の検討課題

- 引き続き、土壌からの放射性セシウムは容易には水に溶出しないこと、ならびに核種が ^{134}Cs 及び ^{137}Cs に限定されることを踏まえ、最終処分場に要求される施設構造等の要件の絞り込みを実施する。⇒以下のように、最終処分場に要求される施設構造等の要件を検討している。
(次スライド以降参照)

①減容処理ケースの設定

種々の最終処分シナリオに応じた減容技術の組合せを検討。

②減容処理ケースごとの最終処分量及び再生資材量の試算

再生資材の濃度を8,000Bq/kg以下とした場合には、ケースゼロと比較して、特にケースⅠにおいて最終処分量の低減への寄与が大きく、ケースⅡ、Ⅲ、Ⅳの減容処理を行うことにより、更に最終処分量を低減することが可能であることを試算。(但し、あくまでも技術的な可能性を試算したものであることに留意)

③最終処分の対象物及び物量等の試算

減容処理ケースごとに最終処分の対象となる土壌の物量及び平均放射能濃度を想定。

④最終処分に係る安全評価の実施

除去土壌を最終処分場へ埋立処分することを想定し、仮想的な埋設地の立地や形状等について仮定を置いたうえで(外部被ばく線量の評価条件等を保守的に設定)、評価経路毎の年間被ばく線量について評価を実施。評価の結果、特措法基本方針に基づき、運搬時及び埋立時における周辺住民の追加被ばく線量が1 mSv/yを超えないことを確認。

⑤最終処分場に土壌を埋立する場合に要求される施設構造等の要件の整理

最終処分場に土壌を埋立する場合に要求される施設構造等の要件を整理。実際には、最終処分場固有の立地条件、形状等に基づき安全評価を実施した上で、管理措置等を検討する必要があることに留意。

3. 最終処分の方角性の検討

①減容処理ケースの設定

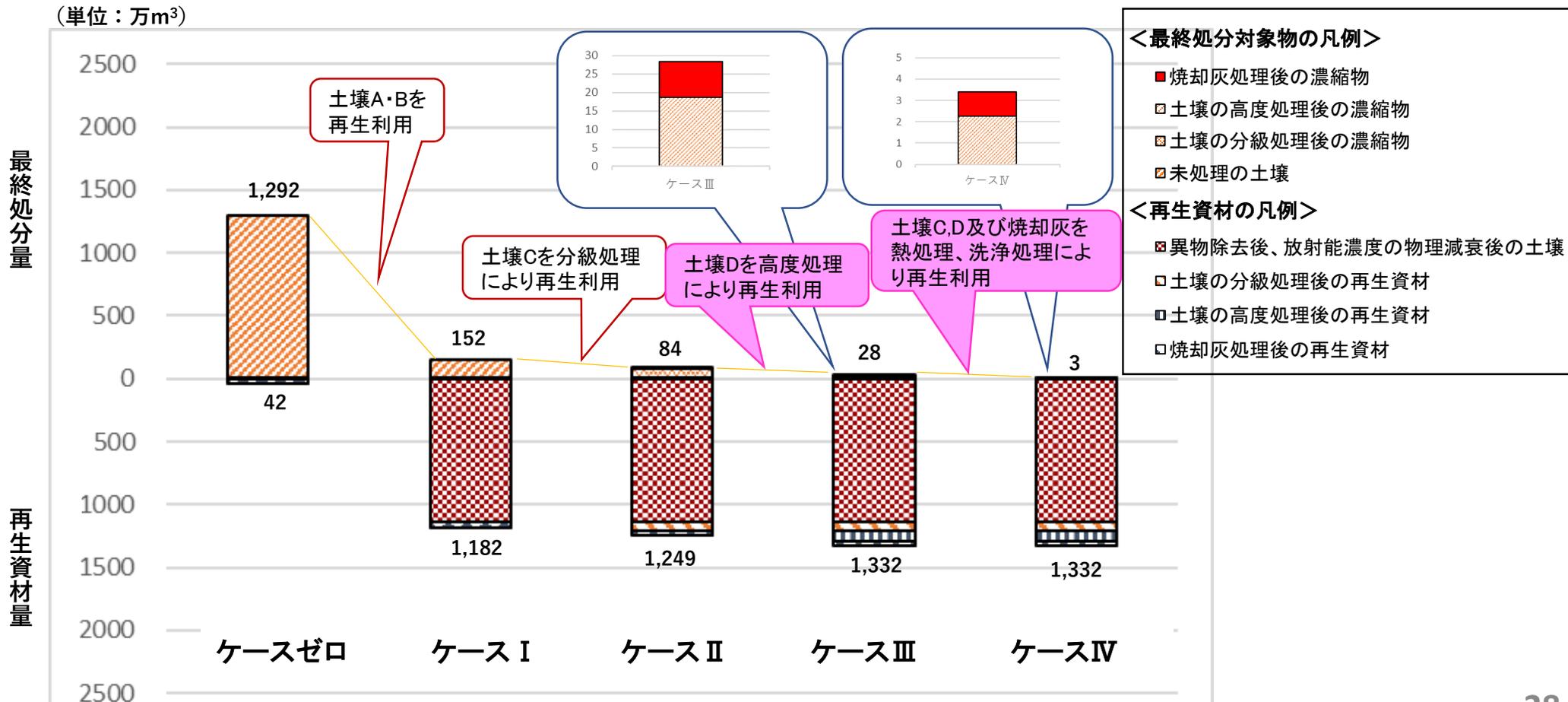
ケース	ケースゼロ	ケースⅠ	ケースⅡ	ケースⅢ	ケースⅣ
減容等技術	<ul style="list-style-type: none"> ・異物除去 ○ ・分級/高度分級 × ・高度処理 × ・熱処理○、溶融飛灰等洗浄 × 	<ul style="list-style-type: none"> ・異物除去 ○ ・分級/高度分級 × ・高度処理 × ・熱処理○、溶融飛灰等洗浄 × 	<ul style="list-style-type: none"> ・異物除去 ○ ・分級/高度分級 ○ ・高度処理 × ・熱処理○、溶融飛灰等洗浄 × 	<ul style="list-style-type: none"> ・異物除去 ○ ・分級/高度分級 ○ ・高度処理 ○、溶融飛灰等洗浄 × ・熱処理○、溶融飛灰等洗浄 × 	<ul style="list-style-type: none"> ・異物除去 ○ ・分級/高度分級 ○ ・高度処理 ○、溶融飛灰等洗浄 ○ ・熱処理 ○、溶融飛灰等洗浄 ○
土壌等区分					
土壌 A		異物除去	異物除去	異物除去	再生利用 異物除去
土壌 B					
土壌 C	最終処分	最終処分	分級/ 高度分級	分級/ 高度分級	分級/ 高度分級
土壌 D			最終処分	高度処理※ 最終処分	高度処理※ + 洗浄 最終処分
焼却灰	熱処理 最終処分	熱処理 最終処分	熱処理 最終処分	熱処理 最終処分	熱処理 + 洗浄 最終処分

3. 最終処分の方角性の検討

②減容処理ケースごとの最終処分量及び再生資材量の試算

- 再生資材の濃度を8,000Bq/kg以下とした場合には、ケースゼロと比較して、特にケースⅠにおいて最終処分量の低減への寄与が大きく、ケースⅡ、Ⅲ、Ⅳの減容処理を行うことにより、更に最終処分量を低減することが可能。(但し、あくまでも技術的な可能性を試算したものであることに留意)

(単位：万m³)



3. 最終処分の方角性の検討

③最終処分の対象物及び物量等の試算

- 最終処分場に廃棄物を埋立する場合に要求される施設構造等の要件は、特措法施行規則における特定廃棄物の埋立処分基準による。
- 土壌を埋立する場合に要求される施設構造等の要件の検討にあたり、減容処理ケース(ケースゼロ、ケースⅠ、ケースⅡ)ごとに最終処分の対象となる土壌に着目。
- ケースゼロ及びケースⅡにおいて、最終処分の対象となる土壌の物量及び平均放射能濃度を想定し、最終処分に係る安全評価を実施(次スライド参照)。

ケース	最終処分の対象物	性状	処分量	
ケースゼロ	土壌A	土壌	1,056.1万m ³	計1,291.9万m ³
	土壌B	土壌	84.1万m ³	
	土壌C	土壌	131.8万m ³	
	土壌D	土壌	10.4万m ³	
	焼却灰を熱処理して得られる濃縮物	熔融飛灰等	9.5万m ³	
ケースⅠ	土壌C	土壌	131.8万m ³	計151.7万m ³
	土壌D	土壌	10.4万m ³	
	焼却灰を熱処理して得られる濃縮物	熔融飛灰等	9.5万m ³	
ケースⅡ	土壌Cを分級処理・高度分級して得られる濃縮物	脱水ケーキ	64.5万m ³	計84.4万m ³
	土壌D	土壌	10.4万m ³	
	焼却灰を熱処理して得られる濃縮物	熔融飛灰等	9.5万m ³	
ケースⅢ	土壌Cを高度処理して得られる濃縮物	熔融飛灰等	16.1万m ³	計28.2万m ³
	土壌Dを高度処理して得られる濃縮物	熔融飛灰等	2.6万m ³	
	焼却灰を熱処理して得られる濃縮物	熔融飛灰等	9.5万m ³	
ケースⅣ	土壌Cを高度処理＋洗浄処理して得られる濃縮物	洗浄処理後の廃吸着材等	1.9万m ³	計3.4万m ³
	土壌Dを高度処理＋洗浄処理して得られる濃縮物	洗浄処理後の廃吸着材等	0.3万m ³	
	焼却灰を洗浄処理して得られる濃縮物	洗浄処理後の廃吸着材等	1.1万m ³	

次スライドのケースBに相当

次スライドのケースAに相当

3. 最終処分の方角性の検討

④最終処分に係る安全評価の実施

- 減容処理ケースゼロ及びケースⅡにおいて、最終処分の対象となる土壌の物量及び平均放射能濃度を想定し、除去土壌の最終処分場への埋立処分に係る安全評価を実施。
- 仮想的な埋設地の立地や形状等について仮定を置いたうえで(外部被ばく線量の評価条件等を保守的に設定)、評価経路毎の年間被ばく線量について評価を実施。

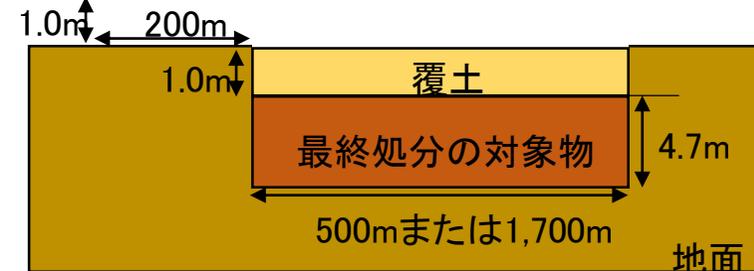
【被ばく線量に係る考え方】

- 特措法基本方針に基づき、運搬時及び埋立時における周辺住民の追加被ばく線量が1 mSv/yを超えないことを条件とする。
- 運搬時及び埋立時における作業員の被ばく線量限度は、電離則の対象となり当該規則が適用されることを想定し、5年で100mSvかつ1年間につき50mSvとする。

【評価条件】

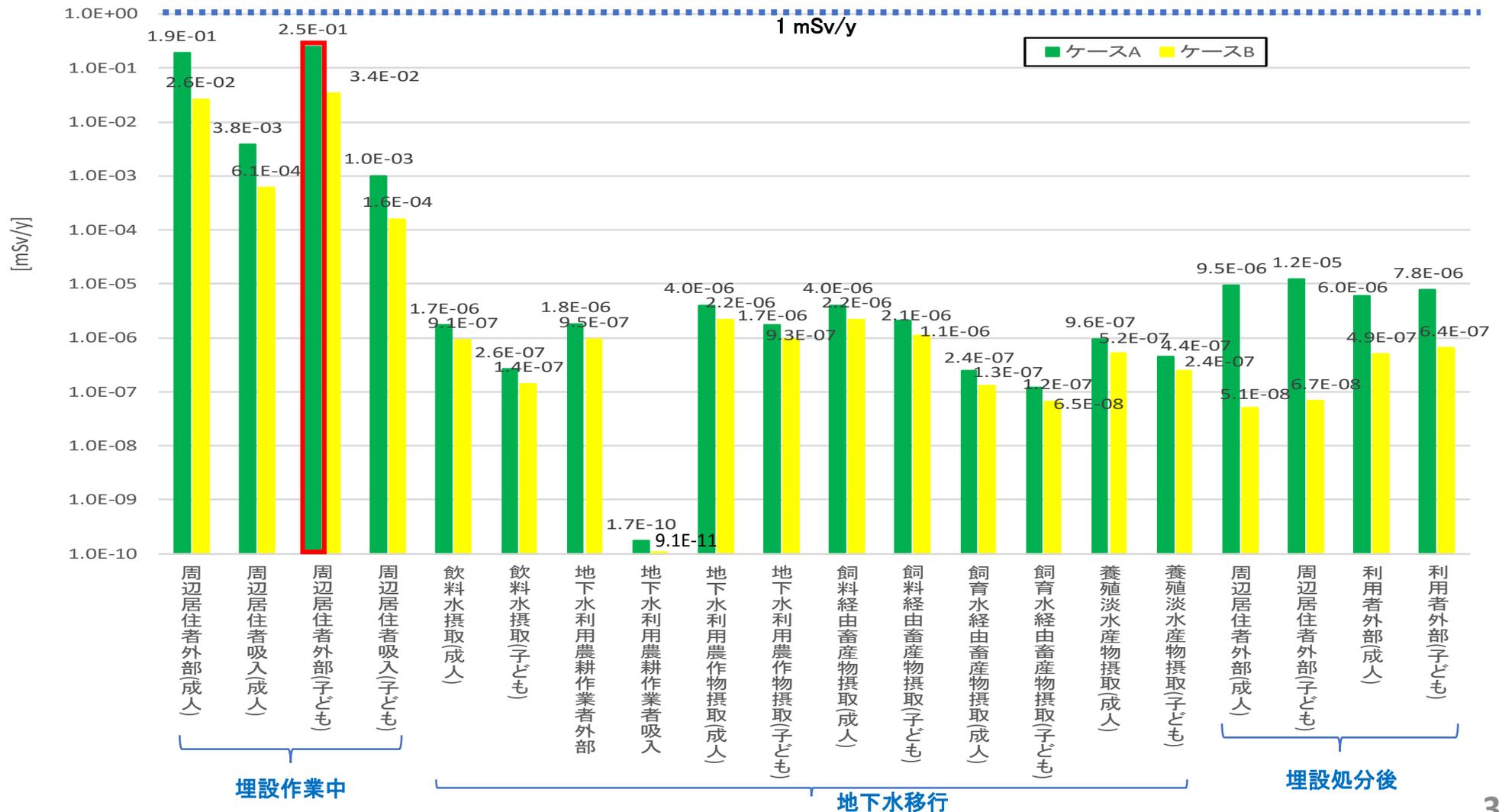
- 線源の面形状として、埋設地の形状を矩形状に模擬し、その線源厚さは4.7mとし外部被ばく線量を保守的に評価。
 - 500m(長さ)×500m(幅)×4.7m(厚さ)、平均放射能濃度50,000Bq/kg
… [ケースA](前スライドのケースⅡの土壌及び脱水ケーキの最終処分を想定)
 - 1,700m(長さ)×1,700m(幅)×4.7m(厚さ)、平均放射能濃度8,000Bq/kg
… [ケースB](前スライドのケースゼロの土壌の最終処分を想定)
- 埋設作業中は最終処分の対象物の埋設が終了するまでは覆土による遮へいが無い状態とし、埋設処分後は覆土厚1mで全ての埋設領域が覆われている状態とした。
- 外部被ばく線量評価点までの距離として、直近民家から埋設地までの最短水平距離を200mとした。
- 直近民家における居住時間は保守的に8,760時間/年とし、住居による遮へいの効果は0.2とした。
- 埋設地からの粉塵による被ばくについて、戸外及び戸内におけるダスト濃度はそれぞれ $2.4E-5g/m^3$ 及び $1.0E-4g/m^3$ とし、居住者は居住時間の20%を戸外で過ごすものとした。
- 埋設地からの地下水移行による被ばくについて、浸透水量は $0.4m/y$ 、地下水流速は $1m/y$ とし、埋設地の下端から井戸までの距離は保守的に0mとした。

外部被ばく線量評価点



3. 最終処分の方角性の検討

年間被ばく線量は、埋設作業中における周辺居住者(子ども)の外部被ばくの経路が最大で0.25mSv/yとなり、特措法基本方針に基づき、運搬時及び埋立時における周辺住民の追加被ばく線量が1 mSv/yを超えないことを確認。



3. 最終処分の方角性の検討

⑤最終処分場に土壌を埋立する場合に要求される施設構造等の要件の整理

実際には、最終処分場固有の立地条件、形状等に基づき安全評価を実施した上で、管理措置等を検討する必要があることに留意

段階	基本安全機能	管理措置		管理項目(例)
		区分	目的	
埋立段階	遮蔽	遮蔽その他適切な措置	施設に起因する外部被ばく線量が線量限度を超えないようにすること。※1	<ul style="list-style-type: none"> ・覆土の巡視・点検(異常がないことの確認) ・覆土の位置・構造・遮へい部材厚・遮へい部材密度(線量評価条件を逸脱しないことを施設検査で確認) ・受け入れ検査など(土壌が施設の受け入れ条件を満足することの確認) ・施設の操業条件の遵守
	飛散防止	飛散防止のための措置	放射性物質を含む粉じんの大気中への飛散を防止すること。	・粉じん濃度、大気中の粉じんの放射能濃度の測定
	移行抑制	覆土の施工	陥没のような大きな変形が生じる原因となる空隙が残らないこと。	・覆土材の選定方法 ・覆土の施工方法
			埋立した土壌が用意に露出しないこと。	・覆土材の選定方法 ・覆土の施工方法 ・覆土の厚さ
		埋立地に係る保全	埋立地の移行抑制を維持すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・埋立施設への立ち入り制限 ・監視設備及び測定設備の維持管理 ・埋立施設の巡視・点検
		監視	移行抑制が適切に機能していること(生活環境への移行を監視)。	・近傍地下水中の放射能濃度の測定
維持管理段階	遮蔽	遮蔽その他適切な措置	施設に起因する外部被ばく線量が線量限度を超えないようにすること。※1	・覆土の巡視・点検(異常がないことの確認)
	移行抑制	埋立地に係る保全	埋立地の移行抑制を維持すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・監視設備及び測定設備の維持管理 ・埋立施設の巡視・点検 ・特定行為の禁止、制約に係る立札などの設置及び維持管理
		監視	移行抑制が適切に機能していること(生活環境への移行を監視)。	・近傍地下水中の放射能濃度の測定

※1 特措法基本方針に基づき、除去土壌の処理等に伴い周辺住民の受ける線量が1mSv/年を超えないようにすることが必要。

4. 全国民的な理解の醸成等

取組目標

- 技術開発や再生利用の考え方及び進め方、放射線影響に関する安全性等に対する全国民的な理解・信頼の醸成を進める。特に、実証試験、モデル事業、さらには本格的な再生利用が円滑に進むよう、地元自治体、地域住民等による社会的受容性の段階的な拡大・深化を図る。
- これらの取組を通じて得られた知見・経験を再生利用等の取組に反映する。

今年度の検討課題

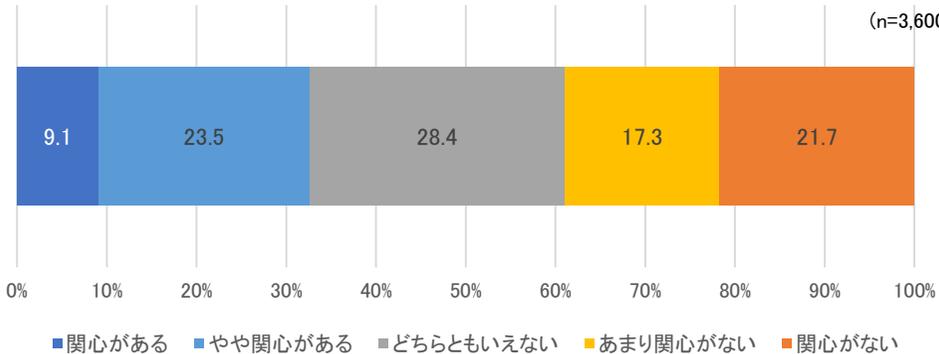
- 引き続き、特に、実証試験等が円滑に進むよう、地元自治体、地域住民等による社会的受容性の段階的な拡大・深化を図る。
⇒地元自治体、地域住民等の社会的受容性の拡大・深化を図っている。（次スライド目以降参照）

4. 全国民的な理解の醸成等

理解醸成活動の効果測定および今後の活動の参考とするため、除去土壌の再生利用に関する現状の関心、認知度等について全国の20代～60代の男女を対象にWEBアンケート調査を実施。半数以上の回答者が除去土壌の再生利用について『聞いたことがなかった』と回答しており、全国的な認知度は高いとはいえない。

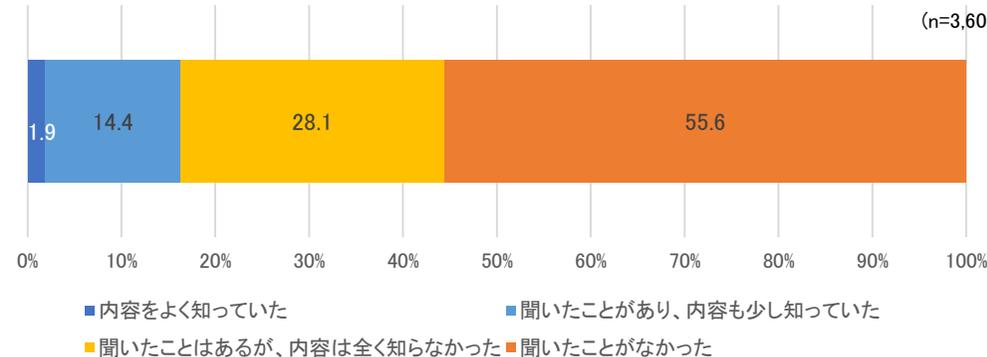
「あなたは、除去土壌の再生利用について、どの程度関心をお持ちですか。」

(n=3,600)



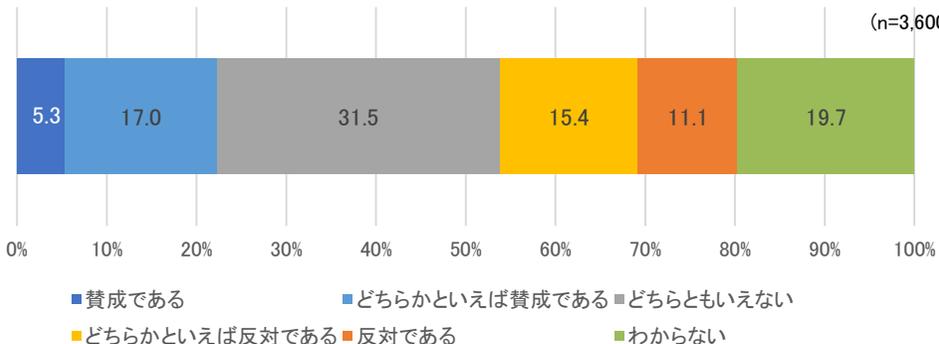
「あなたは、除去土壌の再生利用について、その内容をどの程度ご存知でしたか。」

(n=3,600)



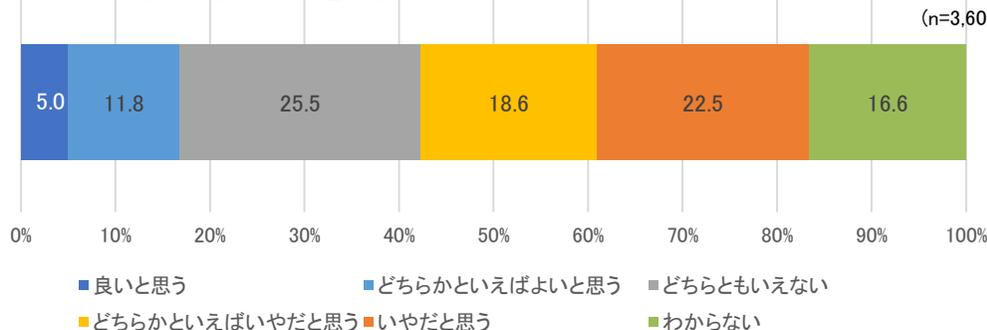
「あなたは、除去土壌の再生利用を進めることに賛成ですか、それとも反対ですか。」

(n=3,600)



「あなたは、自身のお住まいの地域で除去土壌の再生利用が実施されても良いと思いますか、それともいやだと思いますか。」

(n=3,600)



■対象: 全国の20代～60代の男女

■方法: インターネットアンケート

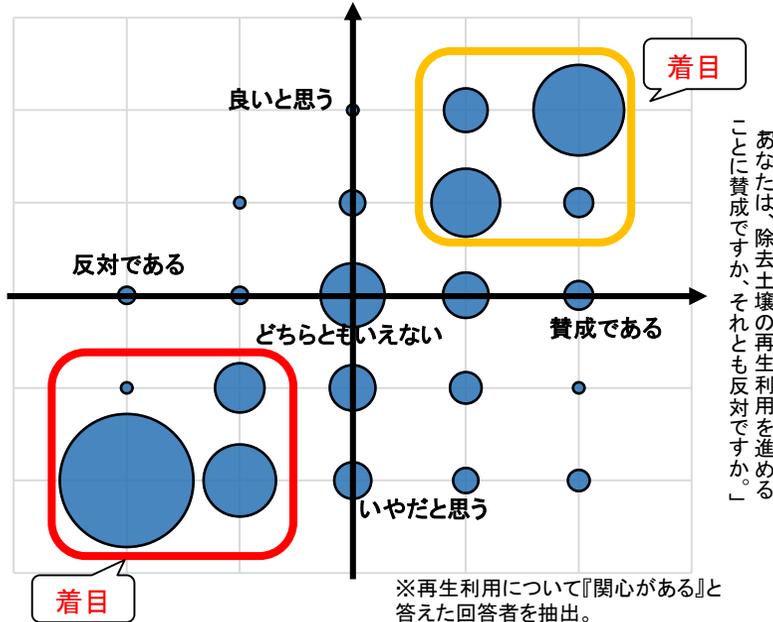
■期間: 2018年11月2日～11月7日

■回収数: 3,600(北海道、東北地方(福島県を除く)、福島県、関東地方、中部地方、近畿地方、中国地方、四国地方、九州・沖縄地方の9地域についてそれぞれ400ずつ。各地方での割合は人口構成比に準拠。)

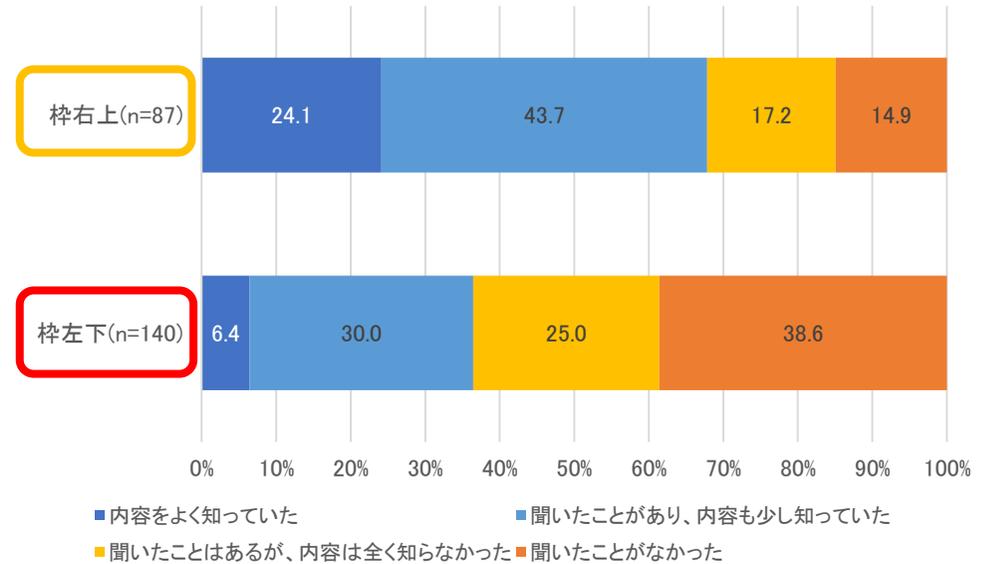
4. 全国民的な理解の醸成等

再生利用について『関心がある』という回答者は、再生利用の賛否についてある程度明確な意思を持っている層が多く存在することが分かった。
 一方で、再生利用について否定的な層についても、再生利用を『聞いたことがなかった』との回答が4割程度であり、十分な情報の周知が必要と考えられる。

「あなたは、自身のお住まいの地域で除去土壌の再生利用が実施されても良いと思いますか、それともいやだと思いますか。」



「あなたは、除去土壌の再生利用について、その内容をどの程度ご存知でしたか。」



- 「あなたは、除去土壌の再生利用について、どの程度関心をお持ちですか。」の質問に『関心がある』と答えた回答者 (n=327) に注目。
- 横軸に「あなたは、除去土壌の再生利用を進めることに賛成ですか、それとも反対ですか。」の質問に対する回答を、縦軸に「あなたは、自身のお住まいの地域で除去土壌の再生利用が実施されても良いと思いますか、それともいやだと思いますか。」の質問に対する回答を示し、各選択肢を回答した回答者の数を円の大きさに示した。(それぞれで『わからない』との回答はn=16と少ないため図から除いていることに留意)(左図)
- 特に回答が集中していた、左図の右上と左下の層に着目し、それぞれの層について再生利用に対する認知を集計。(右図)

4. 全国民的な理解の醸成等

技術開発や再生利用を着実かつ持続可能な形で進める上では、特に次世代を担う若手の育成や、技術面のみならずリスク・コミュニケーション能力を有する人材の育成が重要であり、長期的な体制整備のため、学術・教育機関、NPO 等との連携の強化や様々な取組を協働して行う機会を通じて、必要な人材の育成を図っている。

共同教育の様子と参加学生の主な意見



楢葉町役場 (ならばCANvas)



JAEA 原子力科学研究所 (左: 超低レベル廃棄物施設試験施設、右: 東海村の除去土壌埋立処分実証事業施設)



大林組 技術研究所

- 帰還率約50%であり、仮置き場や中間貯蔵施設の問題は国や県レベルで対応すべき課題と考えている (楢葉町役場)
- 除去土壌の大量で迅速な処理に着目した効率化や無人化の技術開発における現場の努力を知ることができた (大林組 技術研究所)
- 除去土壌の再生利用に伴う被ばく評価の計算実習により被ばくなどに関する具体的な知識を得た (JAEA 原子力科学研究所)

○ 福島県外 (埋立処分) の取組として、東海村の除去土壌の埋立処分実証事業が確実に進んでいることを理解した (JAEA 原子力科学研究所)

除去土壌の再生利用に関するワークショップ(2) (地域住民と若者の対話)

- 日時:平成30年12月8日(土)13:30~16:45
- 場所:富岡町 文化交流センター 学びの森
- 参加者:福島高専学生28名、福島大学生4名
福島高校学生3名、富岡町住民14名
合計49名 (福島高専、福島高校 教職員 10名程度)
- 主催:福島高専

(議事次第)

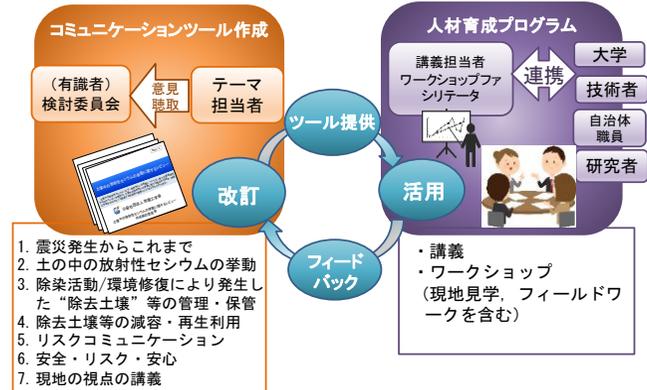
1. 開会あいさつ
2. ワークショップの趣旨、進め方の説明
3. 学生の取り組み紹介
福島大学、福島高校、福島高専
4. グループ討論
テーマ例:再生利用の安全性
再生利用技術の内容、信頼性
除去土壌の処分の経済性、現実性
再生利用の進め方
再生利用と福島復興 など
5. 全体のまとめ、アンケート回収
6. 閉会あいさつ



平成30年度除去土壌等の減容等技術実証事業

「除去土壌の再生利用等の理解醸成に関わる課題解決型アプローチの実践」
(独立行政法人 国立高等専門学校機構 福島工業高等専門学校)

理解醸成を実現するコミュニケーションツール、人材育成プログラムの開発



7 人材育成:ワークショップの実施

11月 ワークショップ・フィールドワーク
学生19名、自治体職員4名参加

18日 (学生)

バスから除染後の復興状況、廃棄物仮置き場を視察
(飯館村→南相馬市→浪江町→双葉町→大熊町→富岡町)
特定廃棄物埋立情報館リブルンふくしま視察
補足講義

リブルンふくしま



19日 (学生,自治体職員)

中間貯蔵施設、仮設焼却施設等の視察

ワークショップ (JAEA楢葉遠隔技術開発センター)
「減容化・再生利用について考える」
・グループワーク (各立場ごとの論点整理)
・対面式説明のロールプレイング



中間貯蔵施設の見学



ワークショップの様子



グループワーク ロールプレイング

20日 (学生,自治体職員)

ワークショップ (郡山商工会議所)
・グループでのディスカッション
・結果の共有

09. ワークショップの難易度、満足度についてどのように感じましたか?

難易度について	満足度について
a. とても難しかった	3名
b. 難しかった	6名
c. 難しかった	6名
d. 簡単だった	2名
e. とても簡単だった	1名
a. とても満足した	7名
b. 満足した	10名
c. どちらでもない	1名
d. 満足しなかった	1名
e. 全く満足しなかった	0名

平成30年度除去土壌等の減容等技術実証事業

「次世代を担う人材への除去土壌等の管理・減容化・再生利用等の理解醸成」
(公益財団法人 原子力安全研究協会)