

# 除去土壌等減容化・再生利用技術研究組合（\*）の取組み

---

（\*） **VOREWS** : Technology Research Association for **V**olume **R**eduction and Recycling of **W**aste and **R**emoved **S**oil

2024年9月

# 1. 組合の組織

## (1) 組合の概要

- ・所在地：東京都港区虎ノ門
- ・組合企業数：32

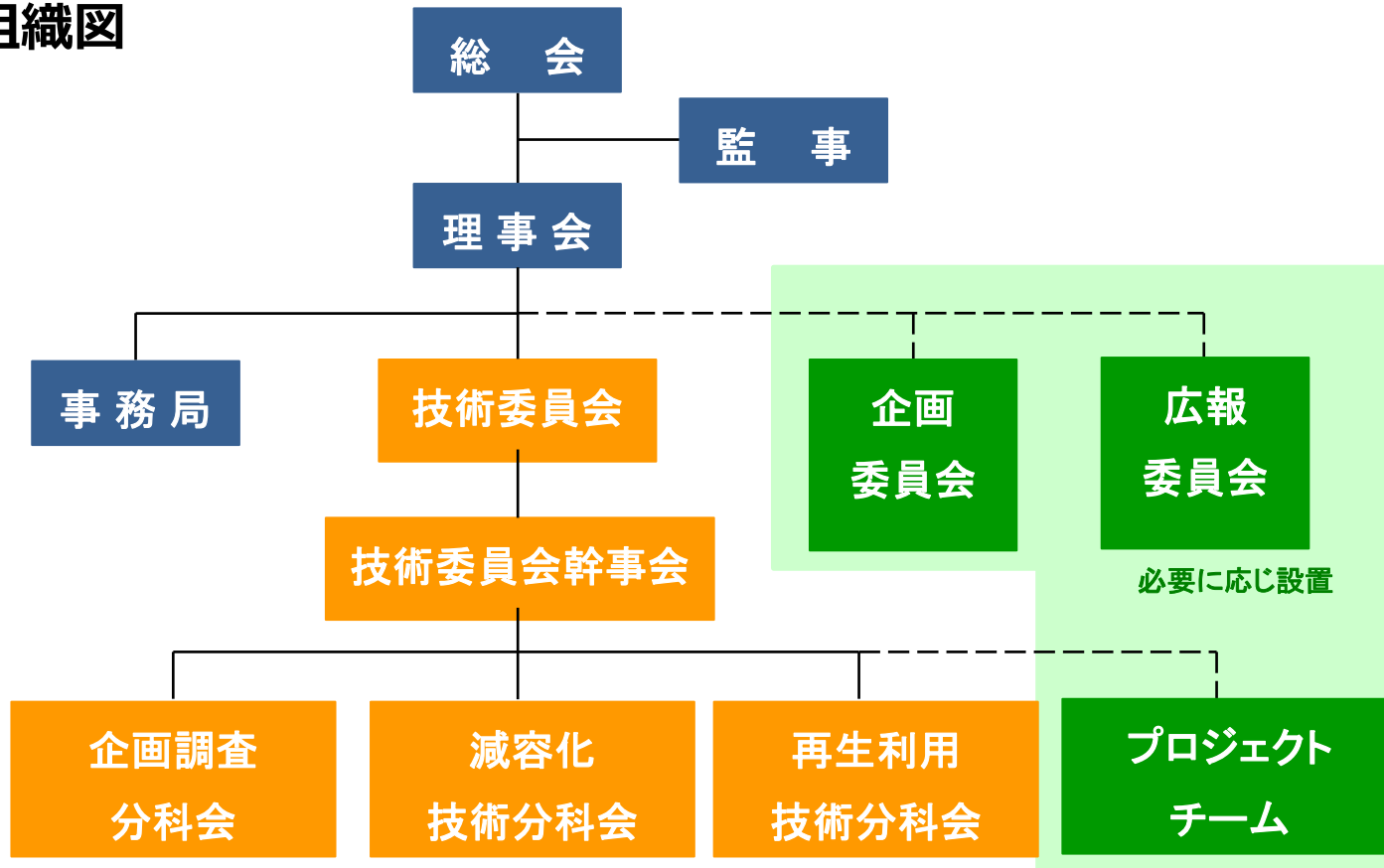
|             |               |                      |
|-------------|---------------|----------------------|
| (株)アトックス    | (株)安藤・間       | いであ(株)               |
| 宇部マテリアルズ(株) | (株)オオスミ       | (株)大林組               |
| (株)奥村組      | 鹿島建設(株)       | (株)環境管理センター          |
| (株)北川鉄工所    | (株)熊谷組        | (株)クレーベスト            |
| (株)鴻池組      | 五洋建設(株)       | (公財)産業廃棄物処理事業振興財団    |
| 清水建設(株)     | 大成建設(株)       | (株)竹中土木              |
| 東亜建設工業(株)   | 東急建設(株)       | 東京パワーテクノロジー(株)       |
| 西松建設(株)     | 日本エヌ・ユー・エス(株) | 日本国土開発(株)            |
| 日立建機日本(株)   | 富士電機(株)       | ポニー工業(株)             |
| 前田建設工業(株)   | (株)三菱総合研究所    | ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ(株) |
| 村本建設(株)     | ライト工業(株)      |                      |

## ・沿革：

平成28年3月17日 環境大臣認可取得（技術研究組合法第13条に基づく認可）  
平成28年5月12日 設立

# 1. 組合の組織

## (2) 組織図



## (3) 理事

○代表理事 理事長

- ・専務理事
- ・理事
- ・理事
- ・理事

佐藤 和郎 大成建設(株)  
伊藤 敬慶 (公財)産業廃棄物処理事業振興財団  
納多 勝 (株)大林組  
松原 武志 鹿島建設(株)  
高田 博充 清水建設(株)

# 2. 分科会活動の概要：減容・再生利用技術開発戦略 工程表

2015～2018年度 ← 2019～2024年度 → 2024年9月

| 中間貯蔵除去年度(年)         |                                                                                                                                                                                                                                                 | 1                                                                                                                                                                                                                                      | 2                | 3                | 4                | 5               | 6               | 7               | 8               | 9               | 10              | 11～30                     |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| 年度                  |                                                                                                                                                                                                                                                 | 2015年度<br>平成27年度                                                                                                                                                                                                                       | 2016年度<br>平成28年度 | 2017年度<br>平成29年度 | 2018年度<br>平成30年度 | 2019年度<br>令和元年度 | 2020年度<br>令和2年度 | 2021年度<br>令和3年度 | 2022年度<br>令和4年度 | 2023年度<br>令和5年度 | 2024年度<br>令和6年度 | 2025年度～2044年度<br>令和7～26年度 |
| <b>戦略の進行管理</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>国内外の研究・技術開発の現状把握・評価</li> <li>減容・再生利用技術開発戦略、工程表の取りまとめ</li> <li>戦略に基づく取組の進捗状況のレビュー・精緻化等</li> <li>中間年度における戦略の見直し</li> <li>中間貯蔵施設内の研究開発施設の運営方針の検討</li> </ul>                                                 | 減容・再生利用技術の現状把握・評価                                                                                                                                                                                                                      |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                           |
|                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>技術開発戦略、工程表の取りまとめ</li> <li>技術開発戦略の進捗状況のレビュー・精緻化等</li> <li>見直し</li> <li>研究開発施設の運営方針の検討</li> </ul>                                                                                                          | 技術開発戦略の進捗状況のレビュー・精緻化等                                                                                                                                                                                                                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                           |
| <b>減容・再生利用技術の開発</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>【公募型技術実証】</li> <li>将来的に活用可能性のある技術の小規模実証・評価(減容等技術実証事業等)</li> </ul>                                                                                                                                        | 将来的に活用可能性のある技術の小規模実証・評価(減容等技術実証事業等)                                                                                                                                                                                                    |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                           |
|                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>【直轄型システム技術実証】</li> <li>分級処理及び分級以外の技術開発</li> <li>放射線管理技術の確立</li> <li>各濃度土壌を用いた実行的活用</li> <li>減容処理のシステム技術実証及び浄化物の土木資材へのモデル的活用に関する実証試験</li> </ul>                                                           | <p>分級処理技術開発の先行 → 分級以外のシステム技術開発</p> <p>放射線管理技術の確立 → 各濃度土壌の実行的活用</p> <p>土木資材へのモデル的活用に関する実証試験</p> <p>分級処理のシステム技術実証及び浄化物のモデル的活用に関する実証</p> <p>分級以外のシステム技術実証及び浄化物のモデル的活用に関する実証</p>                                                           |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                           |
| <b>再生利用の推進</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>再生資材等の利用意向・要求品質の調査、安全性確保の検討</li> <li>再生利用の基本的考え方の取りまとめ</li> <li>用途ごとの平引きの作成・定量化</li> <li>再生利用の促進方針、実施方針等の検討・取りまとめ、方向の見直し</li> </ul>                                                                      | 再生利用の促進方針、実施方針等の検討・取りまとめ、方向の見直し                                                                                                                                                                                                        |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                           |
|                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>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、モデル事業の推進</li> <li>浄化後や低濃度土壌の再生利用の具体化のための調査・検討、再生利用の順次開始、再生利用の本格化の推進</li> </ul>                                                                                              | <p>再生利用の促進方針や手引き作成等につなげるための実証事業、社会的受容性を向上させることを目的としたモデル事業</p> <p>社会的受容性の段階的に向上に向けた取組(地域住民等のステークホルダーからの理解・信頼の醸成、情報公開・対話を通じたノウハウの蓄積)</p> <p>再生利用の促進方針や手引き作成等につなげるための実証事業、社会的受容性を向上させることを目的としたモデル事業</p> <p>再生利用先の具体化、再生利用の順次開始、本格化の推進</p> |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                           |
| <b>最終処分の方方向性の検討</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>最終処分シナリオに対応した減容技術の相合せの検討</li> <li>減容技術の絞り込み及び最終処分方式に係る検討</li> <li>最終処分方式の具体化</li> <li>取り出し・搬出方法、埋地利用等の検討</li> <li>最終処分地の調査検討、調査</li> <li>最終処分地の整備</li> <li>最終処分地への搬入開始</li> </ul>                        | 最終処分方式の具体化                                                                                                                                                                                                                             |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                           |
|                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>最終処分シナリオに対応した減容技術の相合せの検討</li> <li>最終処分場に要求される施設構造等の要件整理</li> <li>最終処分場の構造、必要面積等に係る選択後の検討</li> </ul>                                                                                                      | 最終処分場の構造、必要面積等に係る選択後の検討                                                                                                                                                                                                                |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                           |
| <b>全国民的な理解の醸成等</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>関係省庁、自治体、関係団体、専門家・学術・教育機関、NPO等との連携した取組</li> <li>ウェブサイト等を通じた各層への進捗等について広く公開・情報発信</li> <li>技術開発・再生利用の進捗に応じた対話型・参加型の理解・信頼醸成活動の実施</li> <li>国際機関・二国間対話等における情報発信、国際的な情報交換・レビュー、国内外の研究開発機関等との連携、体制整備</li> </ul> | 関係省庁、自治体、関係団体、専門家、学術・教育機関、NPO等との連携した取組                                                                                                                                                                                                 |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                           |
|                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>ウェブサイト等を通じた各層への進捗等について広く公開・情報発信</li> <li>技術開発・再生利用の進捗に応じた対話型・参加型の理解・信頼醸成活動の実施</li> <li>国際機関・二国間対話等における情報発信、国際的な情報交換・レビュー、国内外の研究開発機関等との連携、体制整備</li> </ul>                                                 | ウェブサイト等を通じた各層への進捗等について広く公開・情報発信                                                                                                                                                                                                        |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                           |

(環境省HP：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より抜粋・加筆)

## 2. 分科会活動の概要

| 年度   | 企画調査分科会                                                                                                              | 減容化技術分科会                                                                                                                                           | 再生利用技術分科会                                                                                                                         |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2016 | <p>分級処理以外の<br/>減容化・再生利用技術の調査検討</p> <p>①既往技術の調査<br/>②関連施設の視察<br/>③放射性廃棄物最終処分の調査<br/>④灰洗浄処理技術の調査</p>                   | <p>除去土壌への分級処理技術の<br/>適用性検討</p> <p>分級処理実証(大熊町)への<br/>支援及びブラッシュアップ</p>                                                                               | <p>除去土壌を盛土等に<br/>利用するための検討</p>                                                                                                    |
| 2017 |                                                                                                                      |                                                                                                                                                    | <p>盛土実証(南相馬)の<br/>試験結果を受けたブラッシュアップ</p>                                                                                            |
| 2018 |                                                                                                                      |                                                                                                                                                    | <p>除去土壌を農地盛土に<br/>利用するための検討</p>                                                                                                   |
| 2019 |                                                                                                                      |                                                                                                                                                    | <p>盛土実証(飯舘村長泥)への支援</p>                                                                                                            |
| 2020 | <p>中間貯蔵事業の全体の整理及び<br/>見込みある事業の検討</p> <p>①減容技術及びその組合せ、絞り込み<br/>②最終処分<br/>③再生利用技術<br/>④中間貯蔵エリアにおける減容・<br/>再生利用関連施設</p> | <p>溶融飛灰への<br/>灰洗浄技術の適用性検討<br/>【2020～2021年度】</p> <p>①灰洗浄・脱水(固液分離)<br/>②セシウム吸着剤、排水処理<br/>③吸着剤の処理・保管<br/>【2022年度】</p> <p>①洗浄飛灰の利活用<br/>②廃吸着剤の輸送技術</p> | <p>洗浄処理後の除去土壌の<br/>コンクリート細骨材への適用性検討</p> <p>①コンクリート製品のニーズ調査他<br/>②設備及び管理項目に関する調査・検討<br/>③プレキャスト製品の仕様・品質管理<br/>④細骨材作成における品質等の検討</p> |
| 2021 |                                                                                                                      |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                   |
| 2022 |                                                                                                                      |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                   |
| 2023 |                                                                                                                      |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                   |
| 2024 | <p>(仮)再生利用等の実現に向けた検討</p> <p>①課題の整理<br/>②再生利用技術(改質材等の影響)<br/>③最終処分</p>                                                | <p>再生利用技術分科会は休止</p>                                                                                                                                |                                                                                                                                   |

### 3.実証事業の概要 ～除去土壌再生利用実証事業(南相馬市)～

---

#### 実証事業1：南相馬市東部仮置場における再生利用実証事業

- **南相馬市**において、**再生資材化の方法**や**再生資材**を用いて施工した**盛土の安全性等を確認するため**、東部仮置場内に保管されている市内小高区東部の除染で発生した土壌を用いて、**再生資材化実証試験及び試験盛土を施工した。**

### 3.実証事業の概要 ～除去土壌再生利用実証事業(南相馬市)～

- 発注者：環境省 福島地方環境事務所
- 場 所：南相馬市 東部仮置場内
- 期 間：平成28年12月～令和4年3月(点検・監視等業務、撤去含む)



### 3.実証事業の概要 ～除去土壌再生利用実証事業(南相馬市)～





### 3.実証事業の概要 ～除去土壌再生利用実証事業(南相馬市)～

## 再生資材化実証工程

試験のため1日あたり30～40袋の処理

1 土のう袋の開封・  
大きい異物の除去

2 小さい異物の  
除去

3 放射線量の測定・  
濃度で分別

4 土壌の品質調整  
(水分、粒度等)



大型土のう袋（約1000袋）を  
開封し、大きな異物を除去しま  
す  
(100mmオーバーの除去)

ふるいでより小さな異物を除去し  
ます  
(20mmオーバーの除去)

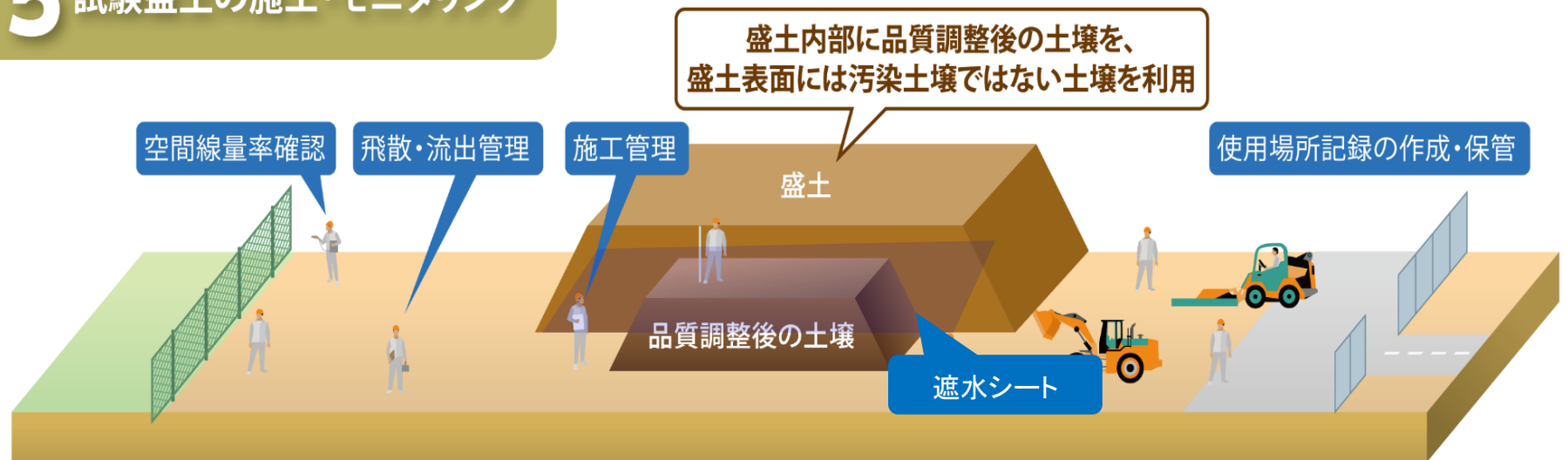
放射線量を測定し、土壌を分別  
します  
(3,000 Bq/kg以下)

盛土に利用する土壌の品質を調  
整します  
(含水、粒度など調整)

### 3.実証事業の概要 ～除去土壌再生利用実証事業(南相馬市)～

## 試験盛土工程

### 5 試験盛土の施工・モニタリング



### 3.実証事業の概要 ～除去土壌再生利用実証事業(南相馬市)～

## 再生資材輸送方法の実証

## 遮断型ダンプトラック試験状況



高圧洗浄機による散水



積込状況



一般道走行



荷下ろし状況

### 3.実証事業の概要 ～除去土壌再生利用実証事業(南相馬市)～

## 再生資材輸送方法の実証

## BOXシート装着ダンプトラック試験状況



全体フレーム枠設置



簡易型フレーム枠設置



シート装着



積込状況



荷下ろし状況

### 3.実証事業の概要 ～除去土壌の分級処理システム実証試験～

---

#### 実証事業2：除去土壌の分級処理システム実証事業

- **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**を行うとともに、**実事業への移行に関する技術的検討**を実施した。

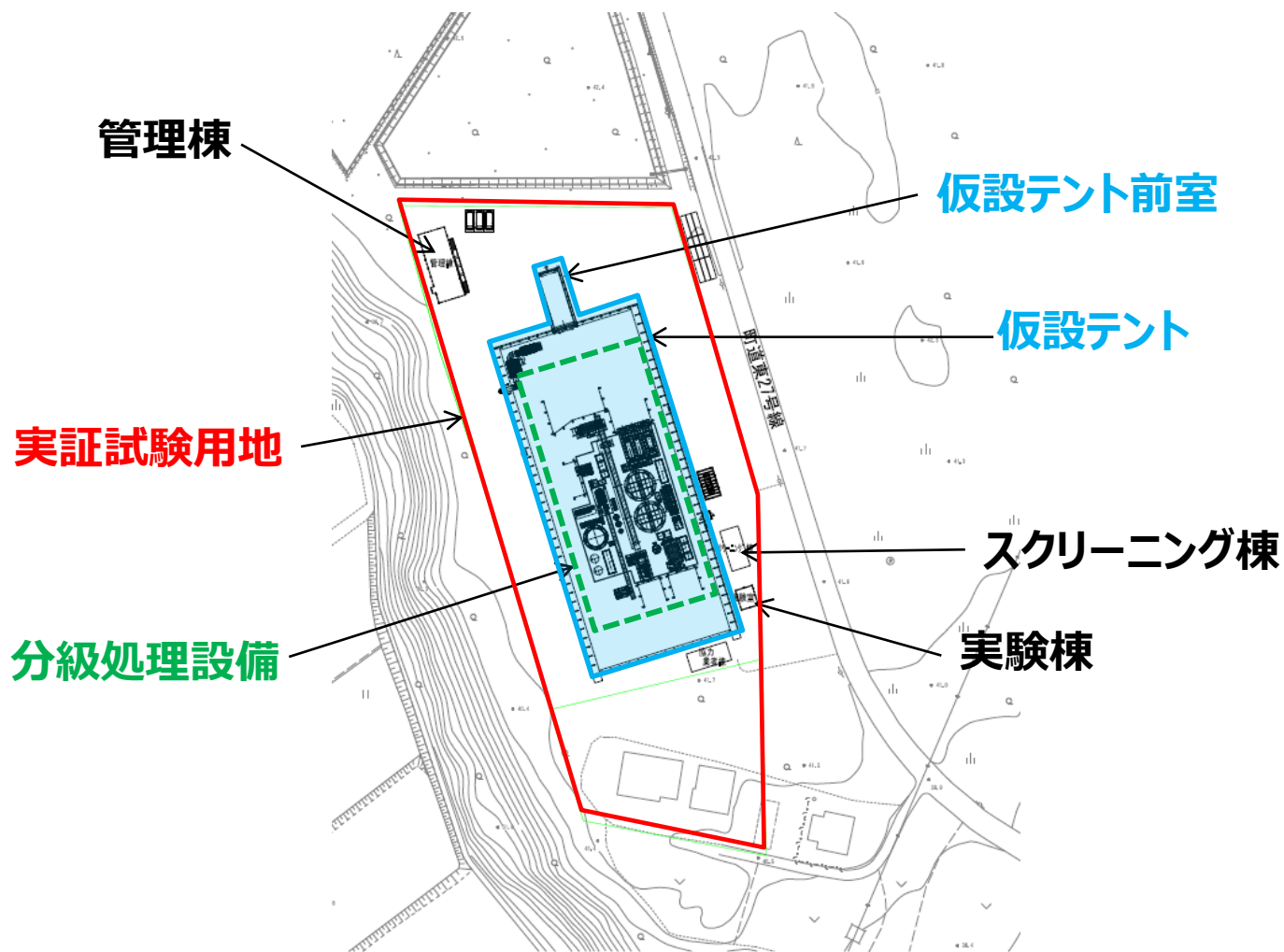
### 3. 実証事業の概要 ～除去土壌の分級処理システム実証試験～

- 発注者：中間貯蔵・環境安全事業株式会社（JESCO）
- 場 所：大熊町 中間貯蔵施設内
- 期 間：平成30年4月～令和元年10月



### 3.実証事業の概要 ～除去土壌の分級処理システム実証試験～

#### 分級処理設備・仮設テント等の配置



# ● 分級処理の流れ ～除去土壌の分級処理システム実証試験～

## ○通常分級処理設備

礫（2mm以上）、砂（2mm～75 $\mu$ m）、シルト・粘土（75 $\mu$ m未満：細粒分）に分級。

## ○高度分級処理設備

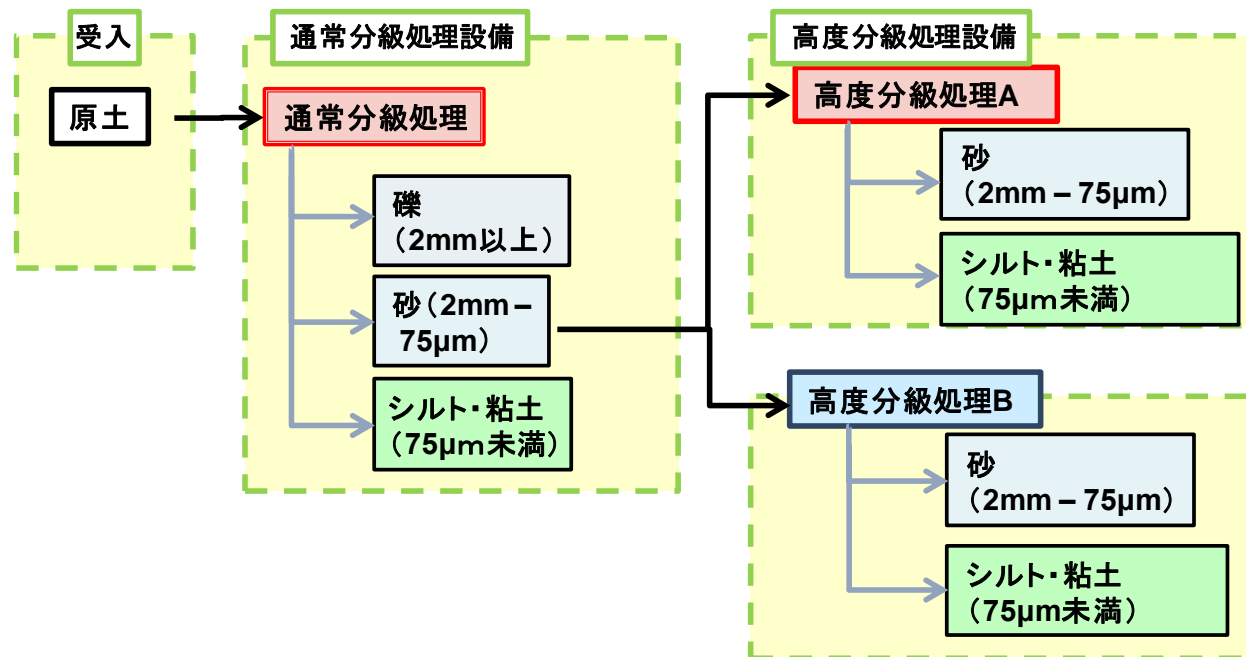
砂表面に付着した細粒分や砂と区分できなかった粘土塊（細粒分）を除去。

### ・高度分級処理A

機械式研磨方式のアトリションスクラバー

### ・高度分級処理B

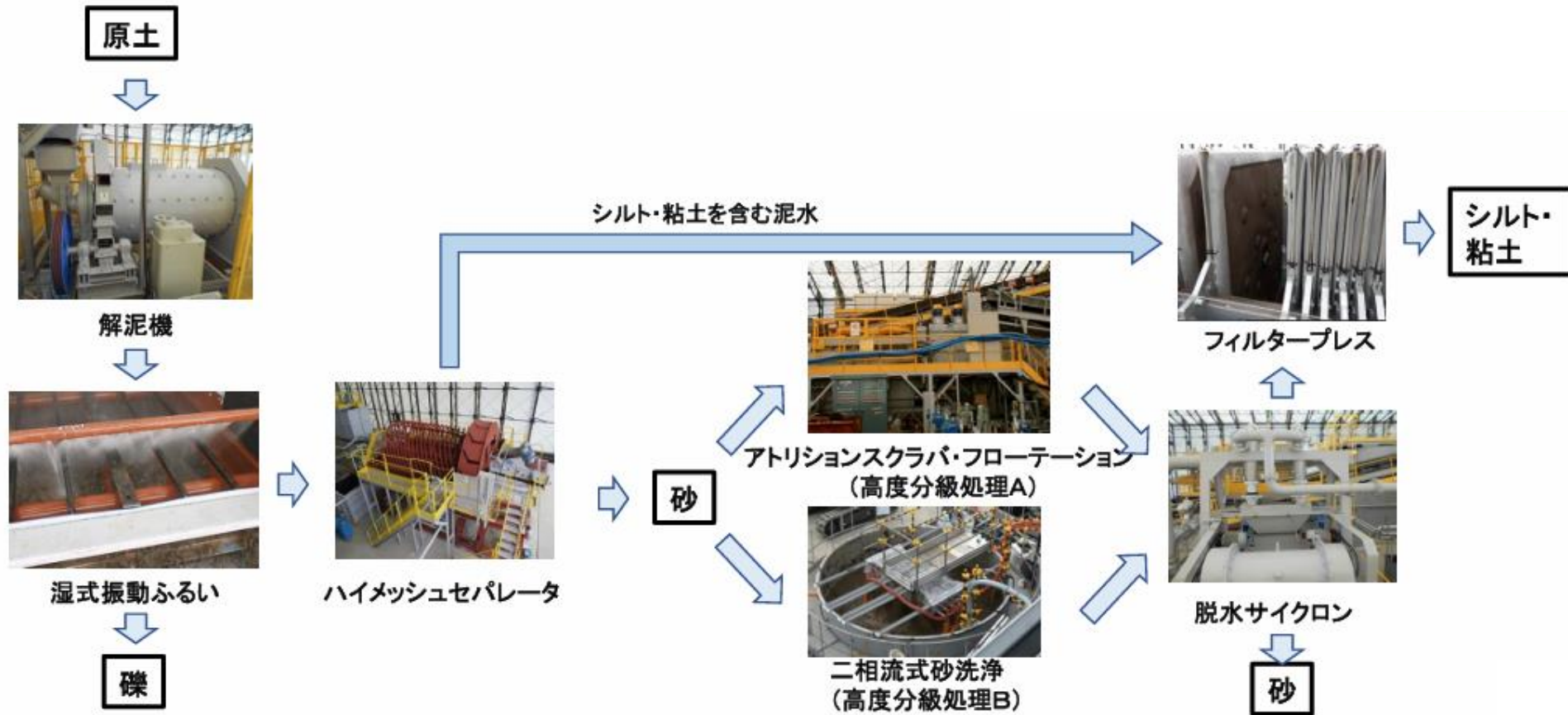
流体式研磨方式の二相流式砂洗浄工法





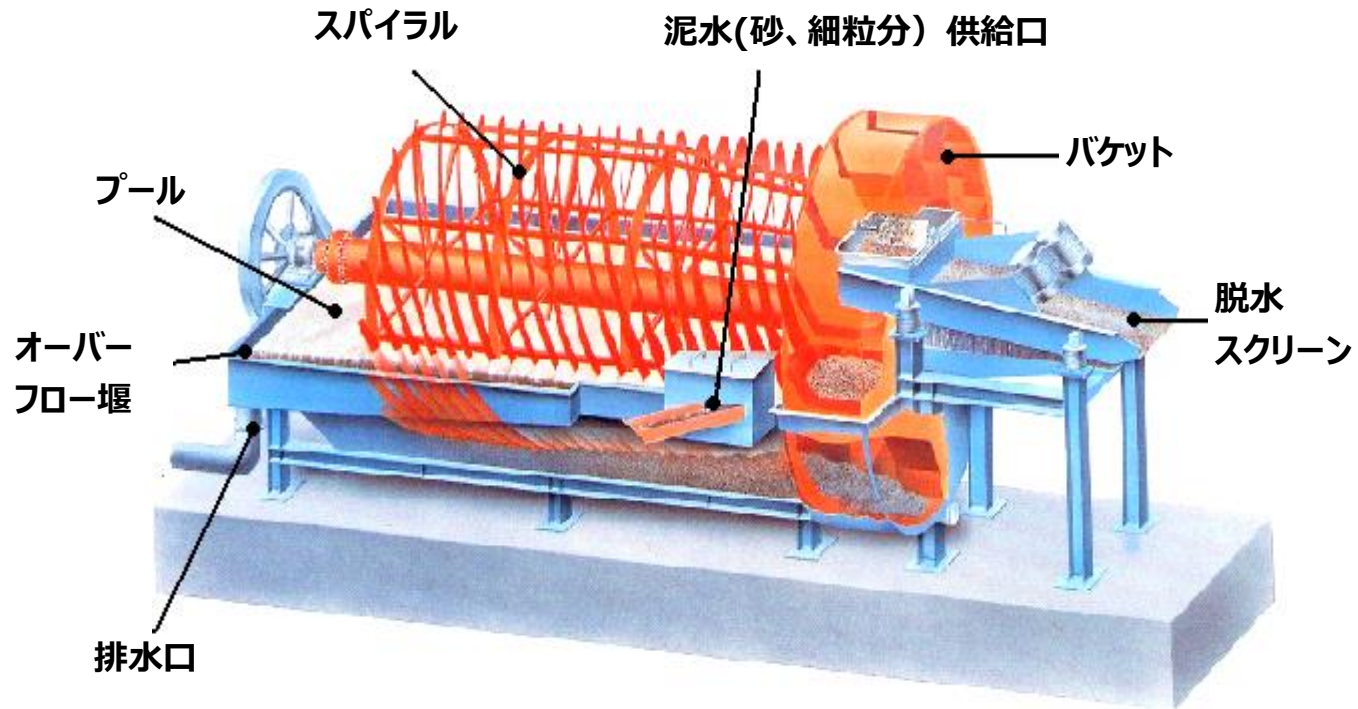
# ● 分級処理の流れ ～除去土壌の分級処理システム実証試験～

## 【分級設備概要】



# ● 通常分級

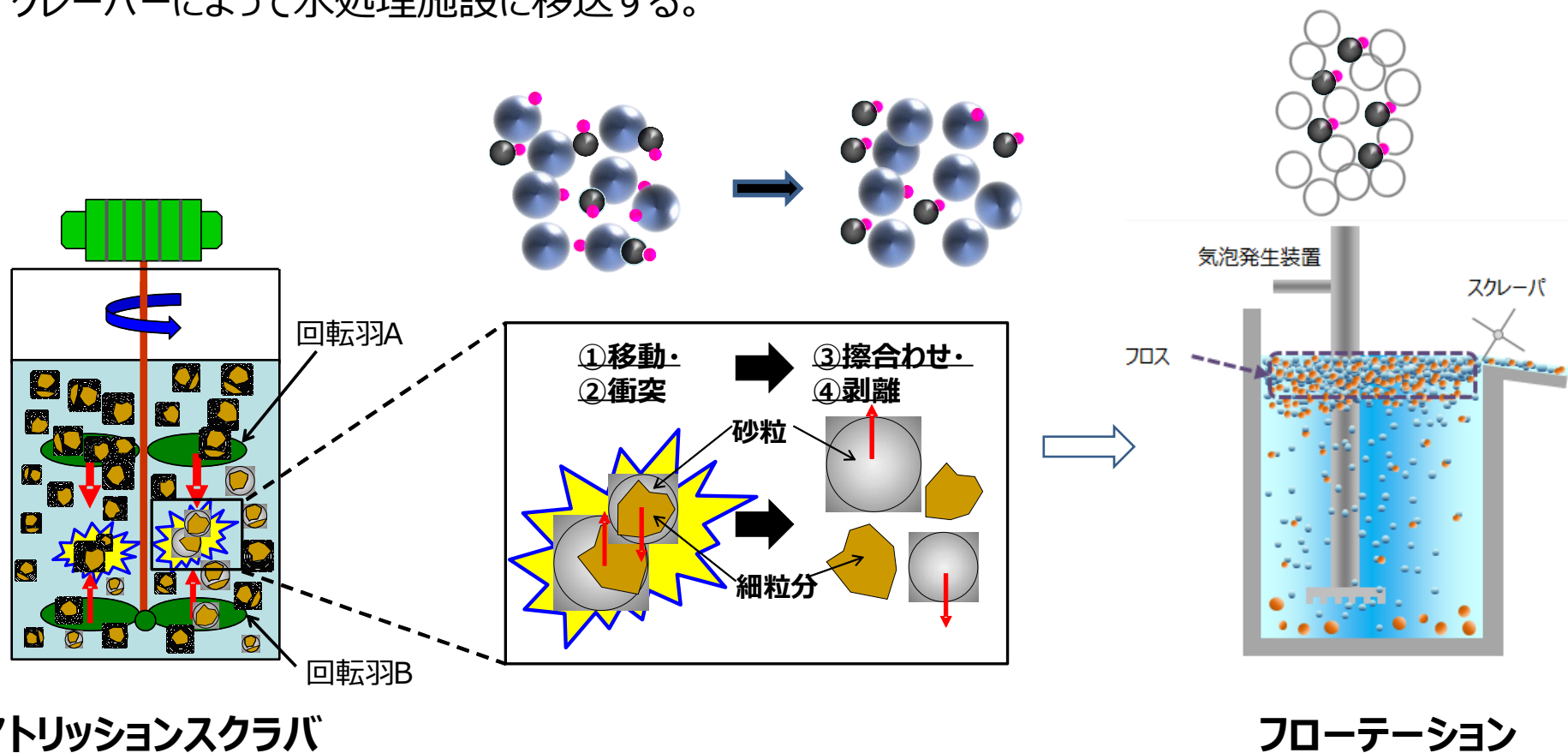
土壌に水を加えてスラリー化した後、粒度の大きい粒子は沈み、小さい粒子は沈みにくい性質を利用した沈降分離式分級機（分級点=75 $\mu$ m）でプールの底にたまった砂とオーバーフローした細粒分（シルト・粘土）を分離・回収する。



# ● 高度分級A：機械式研磨

通常分級後の砂を、機械式研磨を行うアトリッションスクラバに投入し、砂粒同士を擦り合わせることで砂表面に付着した細粒分（シルト・粘土）を取り除く。

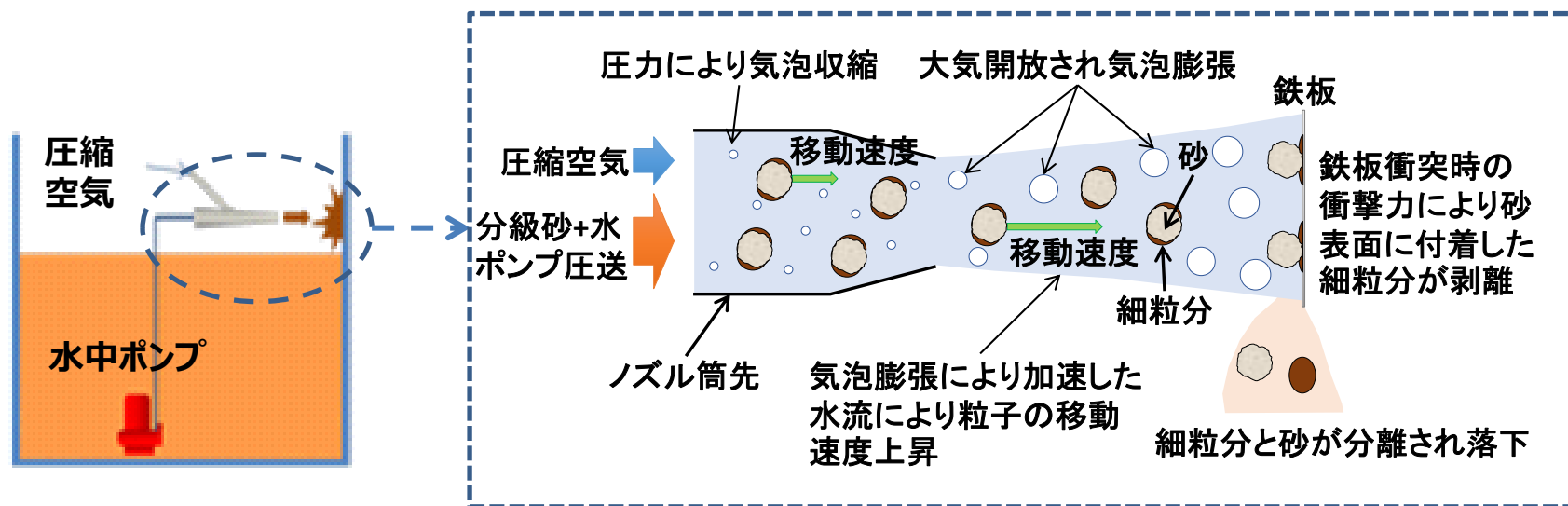
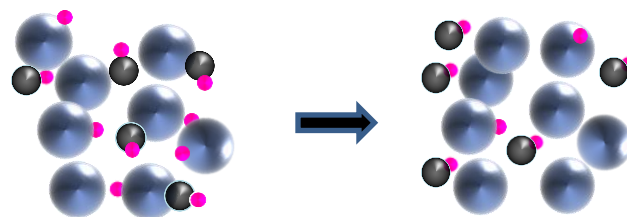
続くフローテーションで、細粒分は気泡に付着し、気泡とともに上部に上昇し、フロスを形成し、スクレーパーによって水処理施設に移送する。



# ● 高度分級B：流体式研磨

通常分級後の砂に加水した後、水中ポンプで吸い上げ、さらに配管内に圧縮空気を吹き込み、砂を含むスラリーを高速で壁面(鉄板)に衝突させる。

表面摩砕（水中ポンプによる攪拌、配管内での砂粒同士の衝突）及び高速で壁面に衝突することにより砂と細粒分（シルト・粘土）を分離する。



### 3. 実証事業の概要 ～除去土壌の分級処理システム実証試験～



### 3. 実証事業の概要 ～除去土壌の分級処理システム実証試験～



### 3.実証事業の概要 ～除去土壌の分級処理システム実証試験～

#### ○除染率結果

$$\text{除染率 (\%)} = \left\{ 1 - \frac{\text{分級砂・礫の放射能濃度}}{\text{原土の放射能濃度}} \right\} \times 100$$

| 試験   | 原土               |       | 分級後：除染率 |       |         |        |
|------|------------------|-------|---------|-------|---------|--------|
|      | 放射能濃度<br>(Bq/kg) | 細粒分率  | 通常分級    |       | 高度分級（砂） |        |
|      |                  |       | 礫       | 砂     | 高度分級A砂  | 高度分級B砂 |
| 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%  |

## 3.実証事業の概要 ～除去土壌の分級処理システム実証試験～

---

### ○除染率結果まとめ

#### (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%

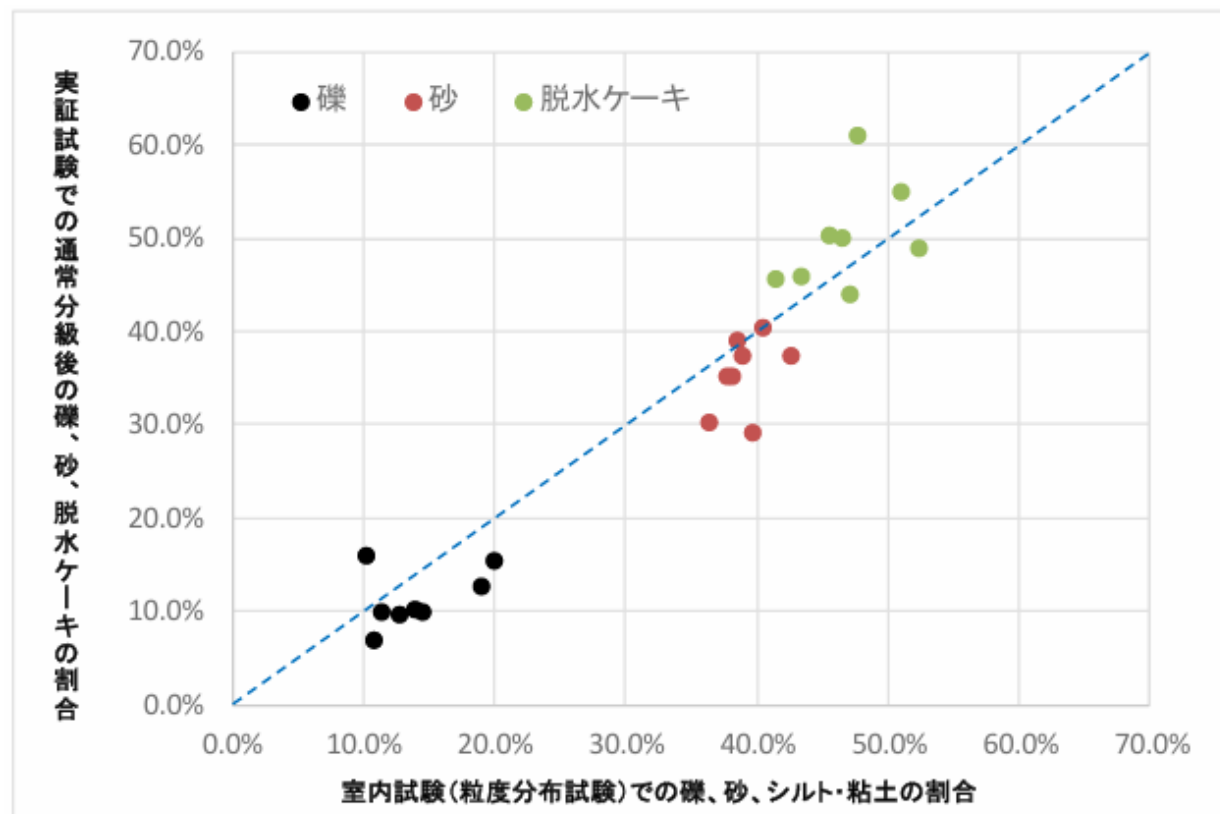
平均：71.8% (標準偏差：9.2%、N=16)



### 3. 実証事業の概要 ～除去土壌の分級処理システム実証試験～

#### ○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。



### 3.実証事業の概要 ～除去土壌再生利用技術等実証事業(飯舘村)～

---

#### 実証事業3：福島県飯舘村における環境再生事業

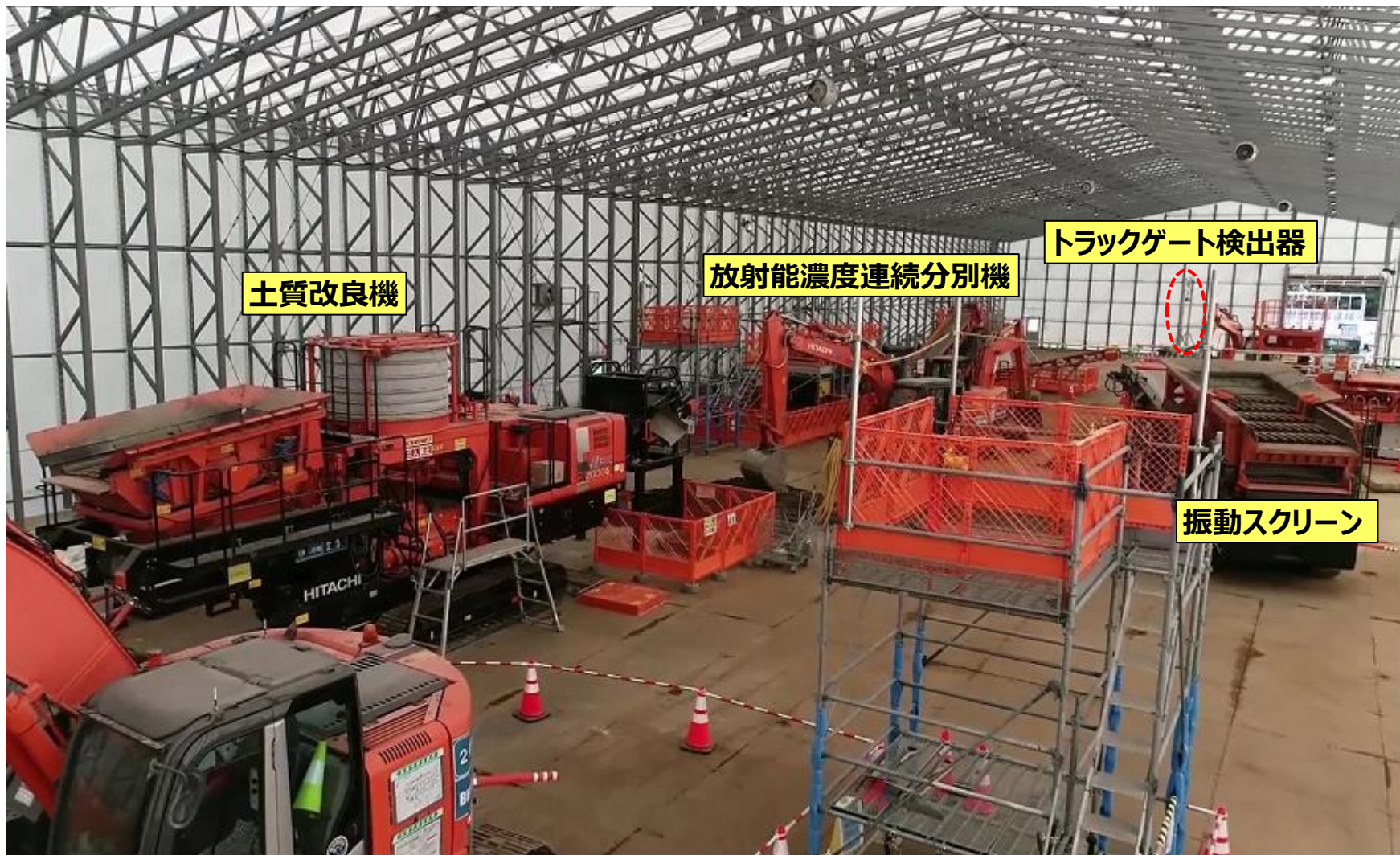
- **飯舘村内**仮置場等に保管されている**除去土壌を再生資材化し、造成を行うと共に、資源作物等の試験栽培を実施した。**

### 3. 実証事業の概要 ～除去土壌再生利用技術等実証事業(飯舘村)～

- 発注者：環境省 福島地方環境事務所
- 場 所：飯舘村長泥地内
- 期 間：平成30年9月～令和2年9月(点検・監視等業務含む)

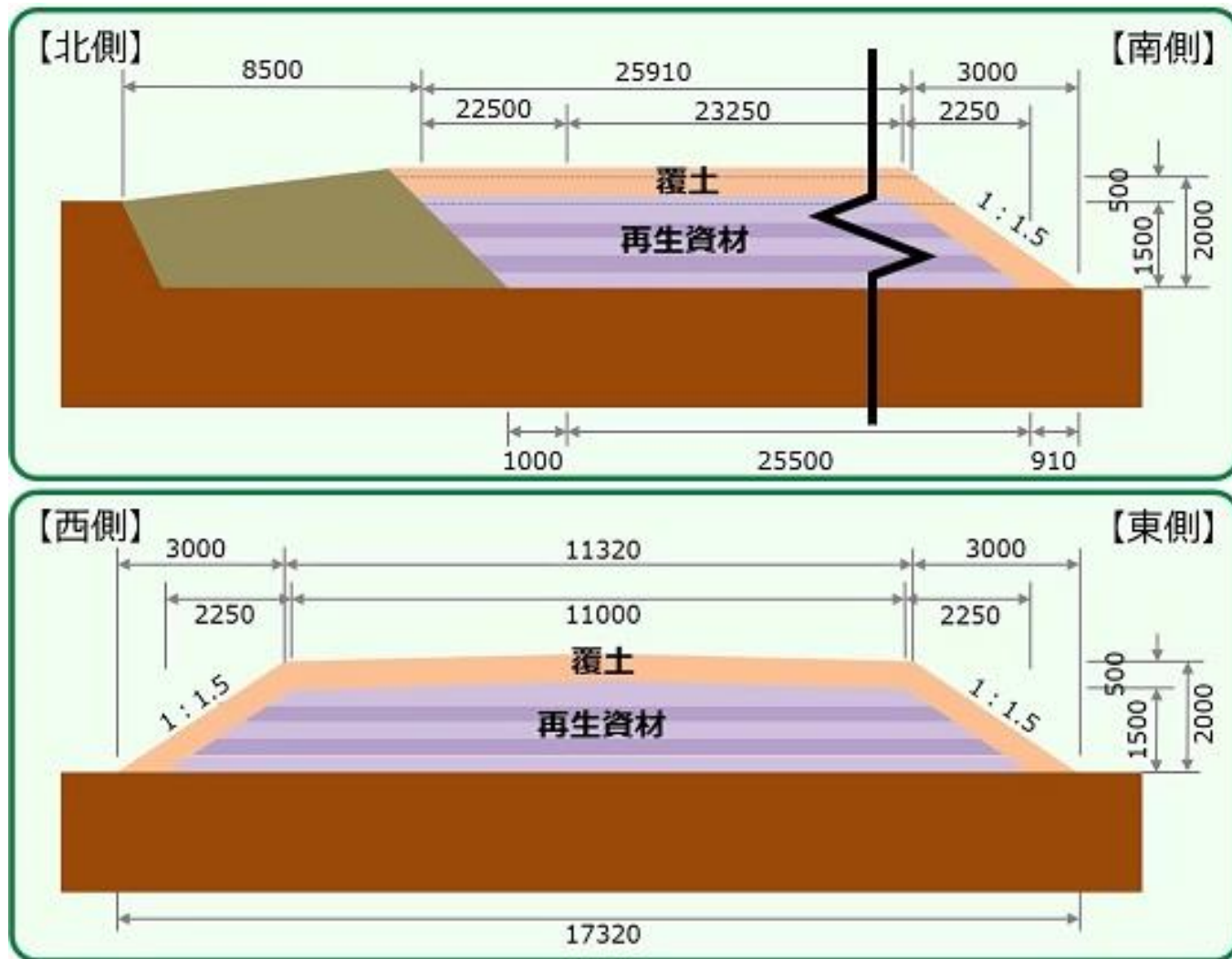


### 3.実証事業の概要 ～除去土壌再生利用技術等実証事業(飯舘村)～



### 3. 実証事業の概要 ～除去土壌再生利用技術等実証事業(飯舘村)～

#### 東側盛土平面・断面



### 3.実証事業の概要 ～除去土壌等の減容等技術実証事業～

---

#### 実証事業4：除去土壌を分級処理した砂をコンクリート細骨材に 利用するための実証事業

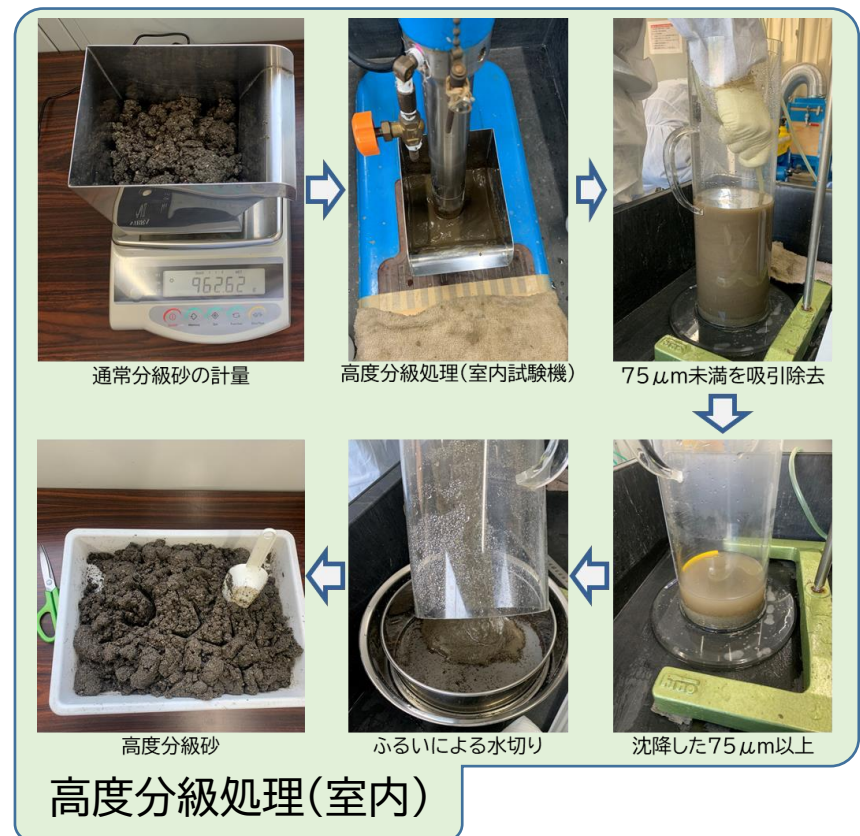
- ・分級処理砂の利用先の選択肢を広げるために、コンクリート再骨材として利用するための、骨材としての品質確認およびコンクリートに利用した際の耐久性の確認および被ばく影響を確認した。

### 3.実証事業の概要 ～除去土壌等の減容等技術実証事業～

- 発注者：中間貯蔵・環境安全事業株式会社（JESCO）
- 場 所：大熊町 中間貯蔵施設内 技術実証フィールド
- 期 間：令和4年9月～令和6年3月
- 内 容：除去土壌等を分級処理した砂をコンクリート用細骨材に利用するための技術実証



試験設備全景



### 3. 実証事業の概要 ～除去土壌等の減容等技術実証事業～

#### (1) 細骨材品質試験

| 試験項目          | 実証通常砂 | 実証高度砂 | 受分通常砂 | 受分高度砂 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| 骨材のふるい分け試験    | 要調整   | 要調整   | 要調整   | 要調整   |
| 絶乾密度          | 6/6   | 6/6   | 3/3   | 3/3   |
| 吸水率           | 6/6   | 6/6   | 3/3   | 3/3   |
| 粘土塊量          | 5/6   | 5/5 ※ | 2/3   | 3/3   |
| 塩化物量          | 0/6   | 0/6   | 3/3   | 3/3   |
| 有機不純物         | 0/6   | 2/6   | 0/3   | 0/3   |
| 安定性試験         | 6/6   | 6/6   | —     | —     |
| 微粒分量          | 6/6   | 6/6   | 3/3   | 3/3   |
| アルカリ骨材反応(化学法) | 6/6   | 6/6   | —     | —     |

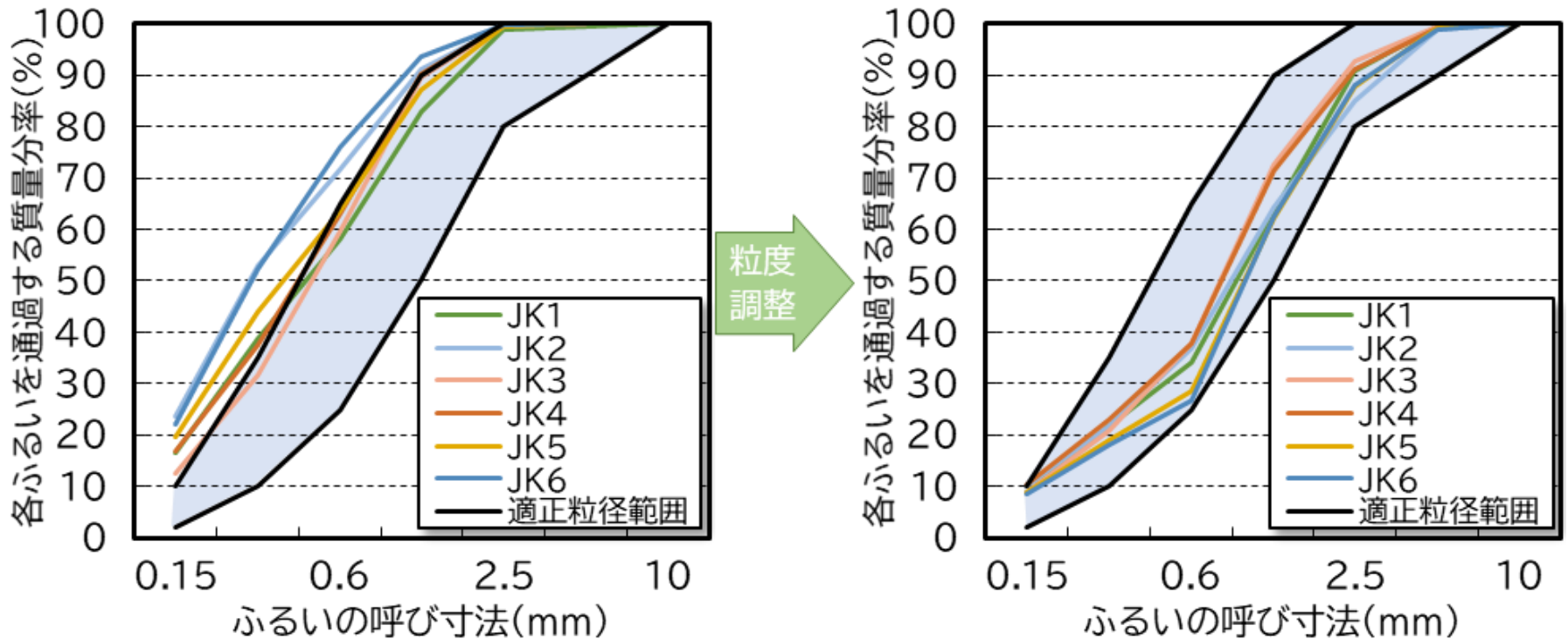
※1検体のデータエラーを含むため基準適合データ数が5検体となった

- ・骨材ふるい分け試験：次ページ参照
- ・粘土塊量：高度分級により基準適合化可能
- ・塩化物量：循環のみではなく水の追加供給により対応可
- ・有機不純物：モルタル圧縮強度比90%以上であるため、細骨材として利用可



# 骨材のふるい分け試験: 粒度調整の必要性の検討

- 既往実証事業で除去土壌を高度分級処理した**実証高度砂**の粒度試験結果を示す。
- 粒径が細かく、**粒度調整が必要**であった。
- 山砂(静岡県掛川市産)の混合により、粒度を適正範囲に調整できた。



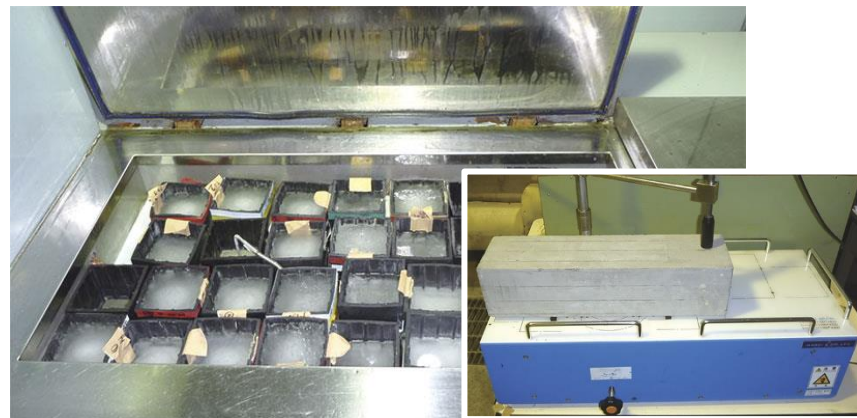
### 3.実証事業の概要 ～除去土壌等の減容等技術実証事業～

(2) 強度試験、耐久性試験：凍結融解・中性化促進、追加被ばく影響確認試験  
配合・強度試験 耐久性試験：凍結融解



圧縮強度試験装置

耐久性試験：中性化促進



凍結融解試験状況

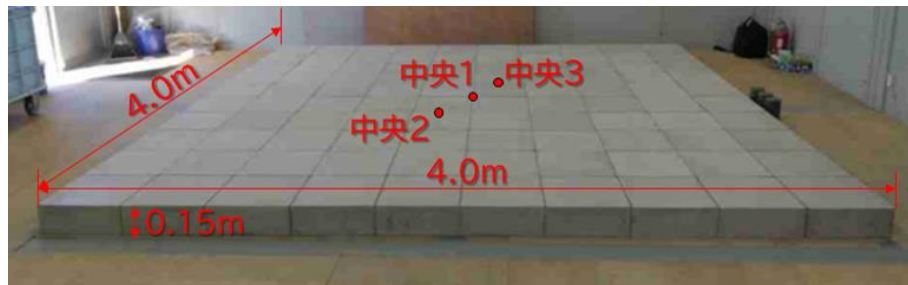
相対動弾性測定状況

追加被ばく影響確認試験



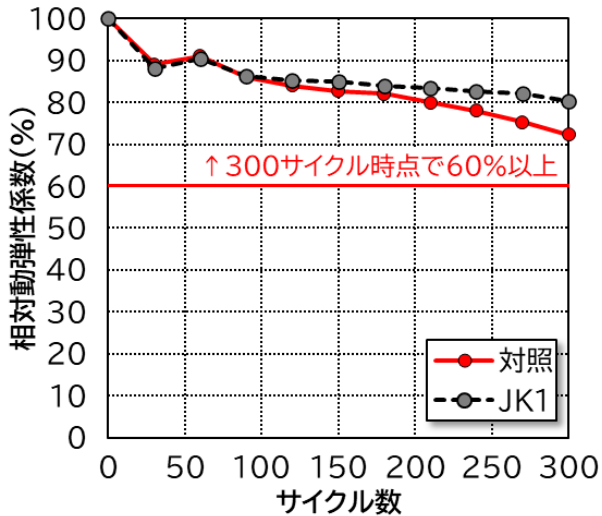
中性化試験装置

フェノールフタレイン法

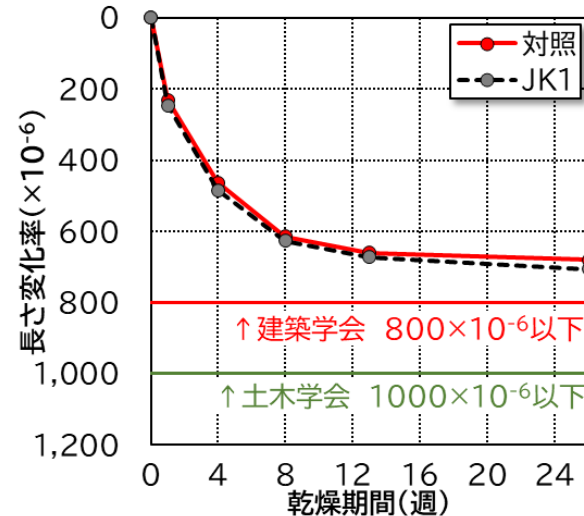


0.4×0.4×0.15m程度のタイルコンクリートを配置して、土間中心部・高さ30cmの空間線量率を測定

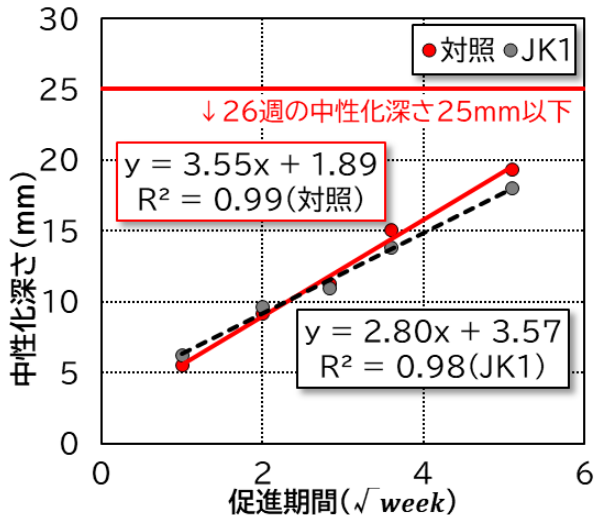
# 3. 実証事業の概要 ～除去土壌等の減容等技術実証事業～



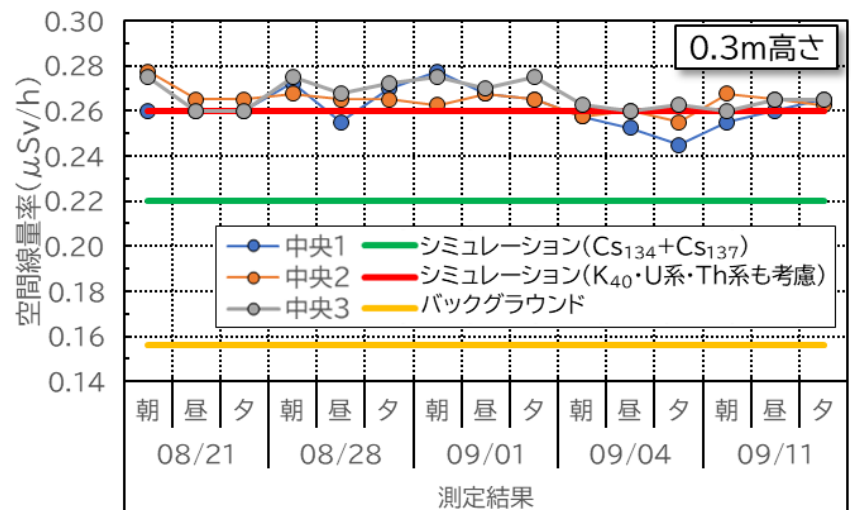
凍結融解試験結果



長さ変化試験結果



中性化促進試験結果



追加被ばく線量測定結果

## 4. 「大熊町・花舞台」への支援

- 花植え作業等を通して福島工業高等専門学校が地域住民との信頼関係を構築
- 令和3・4年度の2年間 VOREWSが費用支援



やすらぎ霊園エリアでの花植え作業



災害公営住宅エリアでの花植え作業

---

ご清聴ありがとうございました