ベルトコンベア上の土質を瞬時に判別する

「土質判別システム」

除去土壌の建設資材化のための

「品質調整システム」

OBAYASHI

（株）大林組

本発表内容は、中間貯蔵・環境安全事業（株）が環境省より受託した平成28・29年度中間貯蔵施設の管理等に関する業務の成果の一部です。

本日発表する技術

1. 土質判別システム

土を分けて効率的に処理するためのシステム

（平成28年度JESCO減容等技術実証事業）

2. 品質調整システム

土を混合して有効活用するシステム

（平成29年度JESCO減容等技術実証事業）

土質判別システム　開発目標

【除染土壌の特徴】

異なる場所から発生した土壌のため土質が様々かつ大量

【現状の課題】

✓砂質土と粘性土が混在　⇒　改質不要な砂質土にも改質材添加

✓一般的な土質判別方法は粒度試験　⇒　・時間がかかる
・土壌全量には困難

粒径（mm）

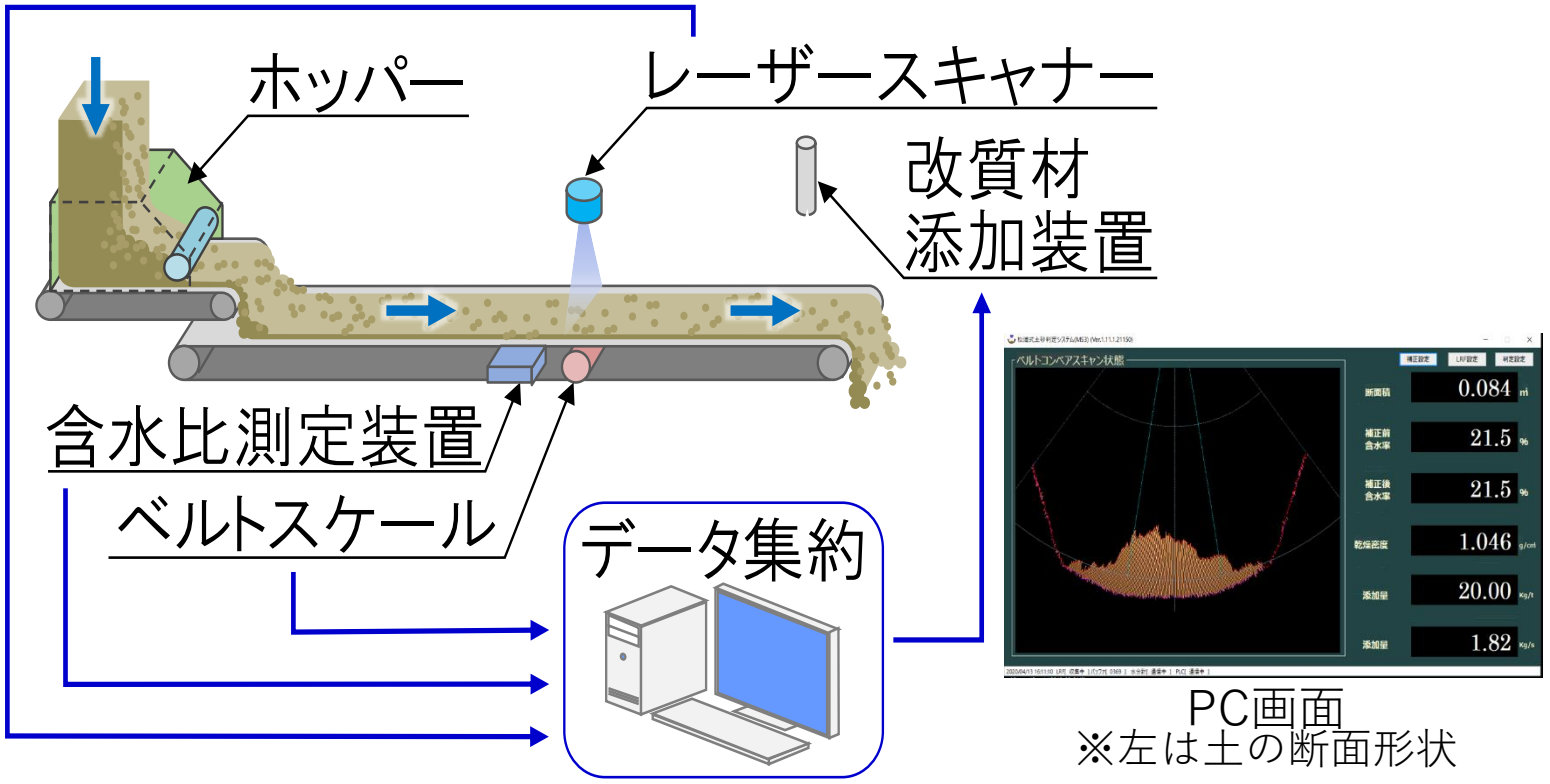
0.005	0.075	2	75	
粘土	シルト	砂	礫	石
細粒分		粗粒分		石分

【開発目標】

ベルトコンベア上を流れる土壌の土質を連続判別する技術

技術の概要

【土質判別システム概要】



PC画面
※左は土の断面形状

汎用性の高い計測機器を組合せて連続的かつ瞬時に土質を判別する独自のアイデア

技術の概要

OBAYASHI

【技術の特徴】

- 独自の**3つの指標**（**断面積、含水比、乾燥密度**）による土質判別手法
- 判別**時間の大幅な短縮**
- 判別作業を**無人化**
- 改質コストを縮減、分級処理を効率化

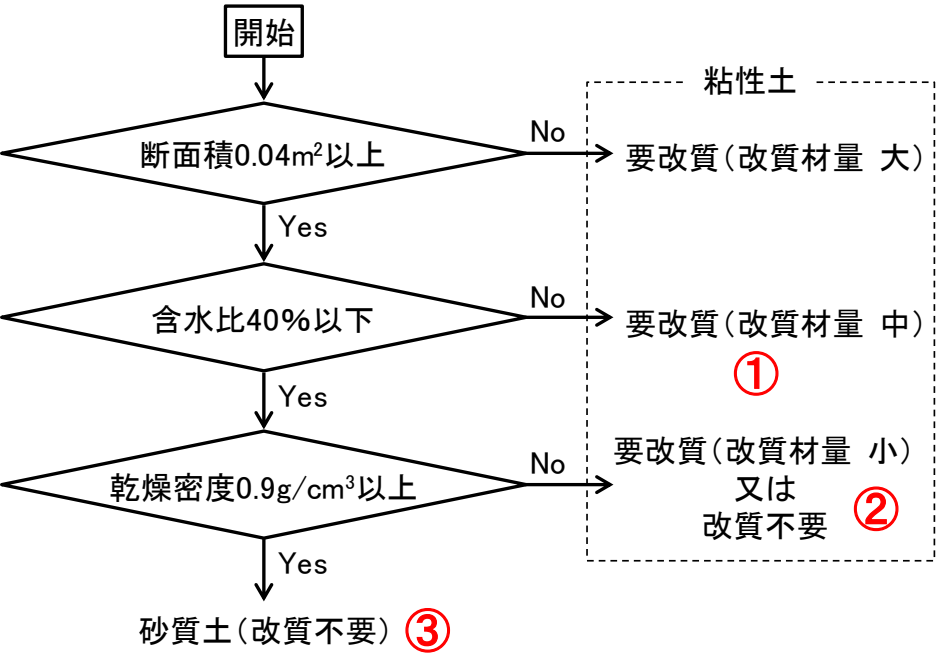
【従来技術との比較】 類似技術はない

	対象	判別精度	所用時間	連続計測	作業員被ばく
従来技術（粒度試験）	抜き取り	◎	1試験体あたり2日	×	あり 有人作業
開発技術	全量	○	リアルタイム	○	なし 無人化施工

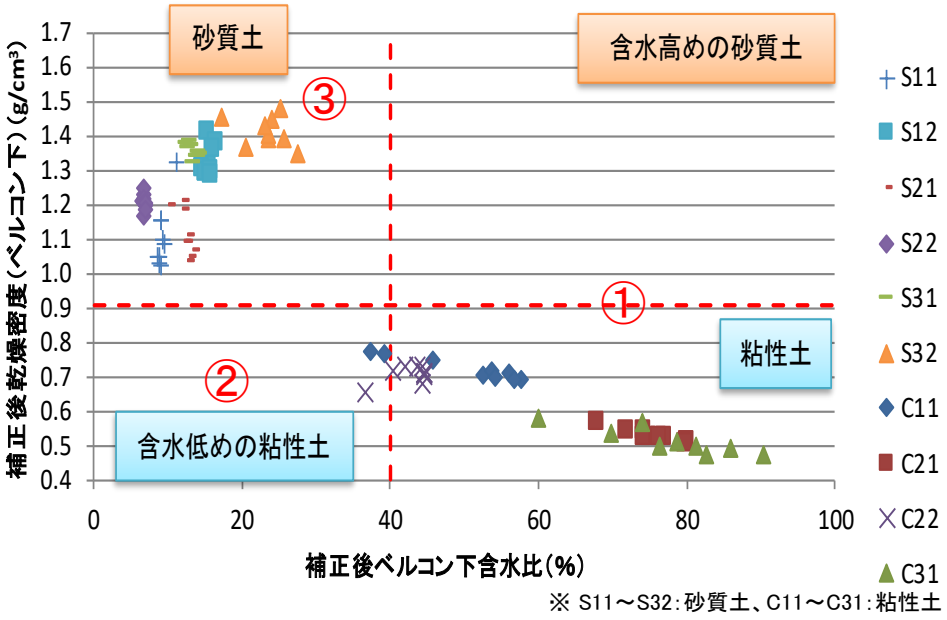
技術の概要（三つの指標）

粘性土の特性・傾向	判別指標	計測方法と判別の考え方
①塊状になりやすい	断面積 （m^2）	レーザースキャナー 断面積が小さいもの （塊状で空隙が多い） ⇒　粘性土に判別
②細粒分が多く、 含水比が高い	含水比 （%）	RI含水比測定装置 含水比が高いもの ⇒　粘性土に判別
③砂質土に比べ 乾燥密度が小さい	乾燥密度 （g/cm^3）	ベルトスケール 乾燥密度が小さいもの ⇒　粘性土に判別 ※乾燥密度＝ （重さ/体積）/（1＋含水比/100）

実証結果のまとめ



土質判別フロー



単一土実験結果の判別例

■目標とした速度でベルトコンベア上を搬送される土の判別指標を計測可能であることを確認し、本試験設備における各指標の閾値を見出した。

■見出した土質判別方法によって土質の種類を連続判別可能であることを確認した。

実験結果のまとめ（判別フロー）

OBAYASHI

【判別フロー】

開始

断面積0.04m²以上

No → 例えば 断面積 0.01m² → 粘性土

Yes

含水比40%以下

No → 含水比 50% → 乾燥密度 0.7g/cm³

Yes

乾燥密度0.9g/cm³以上

No → 含水比 36% → 乾燥密度 0.65g/cm³

Yes

砂質土

例えば 含水比 9% 乾燥密度 1.0g/cm³

適用実績

■土壌の含水比をリアルタイムに計測できるという成果は、中間貯蔵施設の全工区に展開され、改質材の抑制に繋がっている。

■土質判別システムの適用実績

平成29年度中間貯蔵施設（大熊3工区）土壌貯蔵施設等工事

平成30年度中間貯蔵施設（大熊5工区）土壌貯蔵施設等工事

大熊3工区　受入分別施設

大熊3工区　土質判別システム

本日発表する技術

1. 土質判別システム
土を分けて効率的に処理するためのシステム
（平成28年度JESCO減容等技術実証事業）

2. 品質調整システム

土を混合して有効活用するシステム

（平成29年度JESCO減容等技術実証事業）

品質調整システム　開発目標

- 除染土壌の粒度・含水比等は大きく変動する
- 土工事に用いる土壌は一定の品質であることが重要

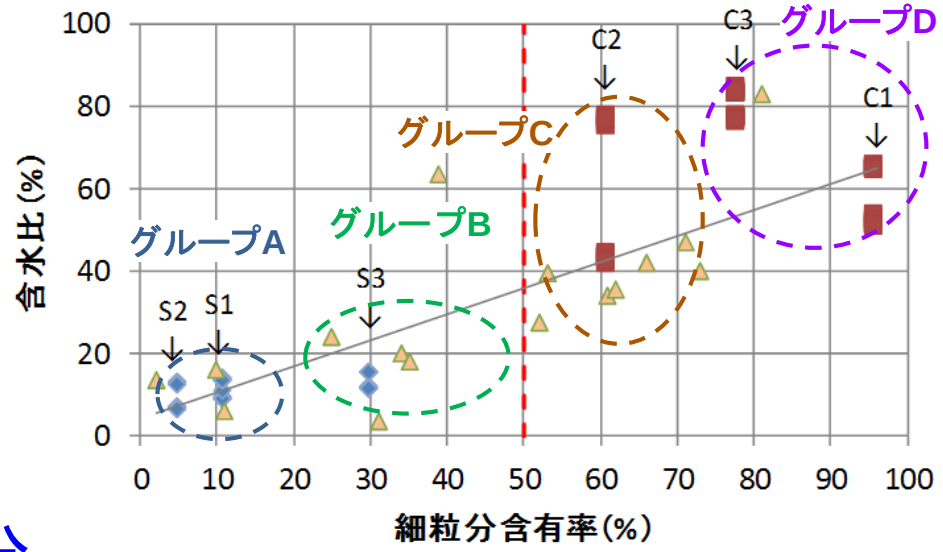
- 細粒分含有率および強度と相関の高い含水比に着目
- RI含水比測定装置により短時間かつ自動測定が可能
- あらかじめ4つに区分した除染土壌を含水比に応じて組み合わせることにより建設資材化

■開発目標

除染土壌の含水比測定から適切な配合までを自動的に行い利用目的に応じた安定した品質の混合材を製造する技術

土壌区分方法

■含水比と細粒分含有率および土壌区分の関係



◆ 砂質土※1（S1、S2、S3）
■ 粘性土※1（C1、C2、C3）
△ 環境省データ※2

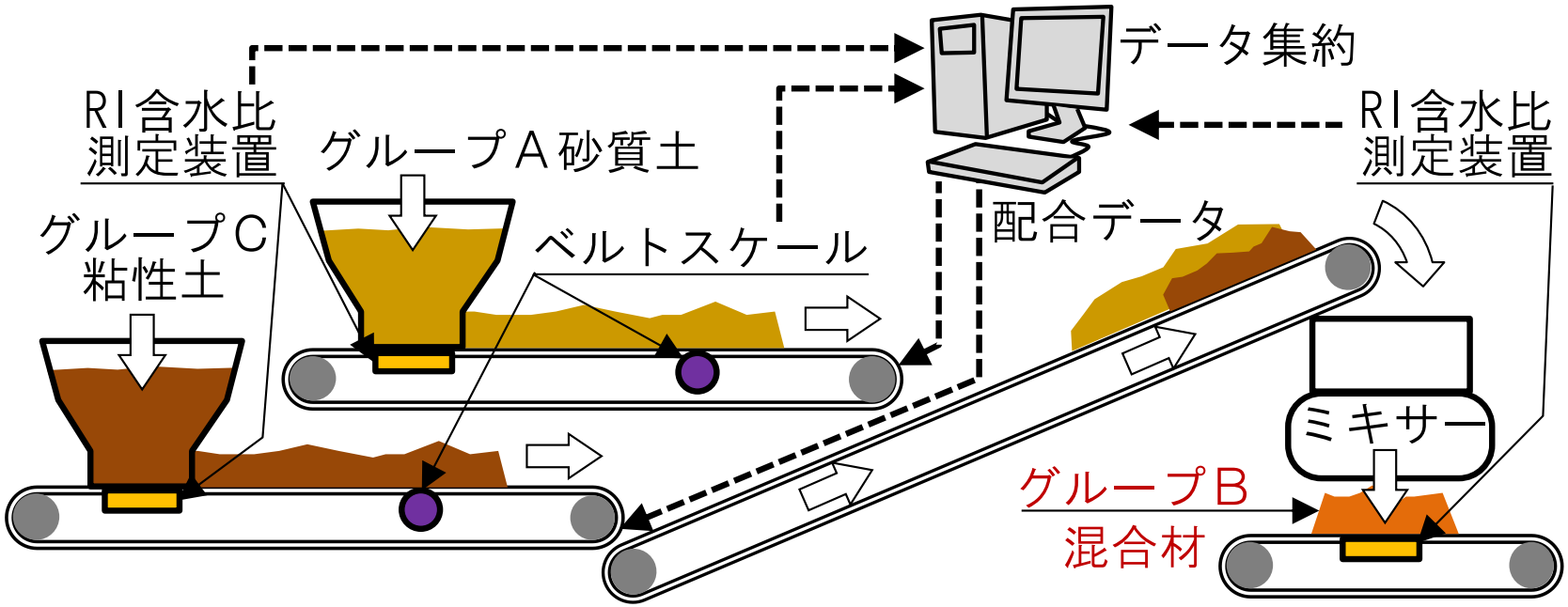
※1　H28年度実証結果よりグラフ化
※2　H24年度環境省委託調査結果を元にグラフ化

■土壌の区分

グループ	含水比	細粒分含有率（推定）	相当すると考えられる土質区分	品質調整
グループA	15%未満	15%未満	第1種建設発生土	Cと混合後、出荷
グループB	40%未満	50%未満	第2、3種建設発生土	そのまま出荷
グループC	80%未満	50%以上	第4種建設発生土	Aと混合後、出荷
グループD	80%以上	—	泥土(塊状となる土壌も含む)	用途に応じ土質改良

- 建設発生土利用基準から引用または推定

品質調整システム



混合材の製造手順

① RI含水比測定装置によるグループA、Cの含水比の計測
② 目標の合成含水比となるように配合割合を計算
③ 所定の配合割合となるようにグループA、Cを自動で計量・運搬
④ ミキサーによる混合攪伴
⑤ RI含水比測定装置による混合材の含水比の計測（品質確認）

今後の適用先

- 令和2・3・4・5年度飯舘村長泥地区環境再生事業盛土等工事へ適用予定（土質判別システム）

- 一般建設現場においても、発生する掘削土や汚泥の改質などに適用し、再利用の効率化による廃棄物量の削減を図ることが可能

JESCO／減容化・再生利用と復興を考える知のネットワーク

技術実証事業成果発表会　発表資料

連続式土壌濃度測定分別装置を用いた土壌分別および分別しやすい土壌改質の実証（H28年度）

2021年1月29日

株式会社 安藤・間

本発表内容は、中間貯蔵・環境安全事業（株）が環境省より受託した
平成28年度中間貯蔵施設の管理等に関する業務の成果の一部です。

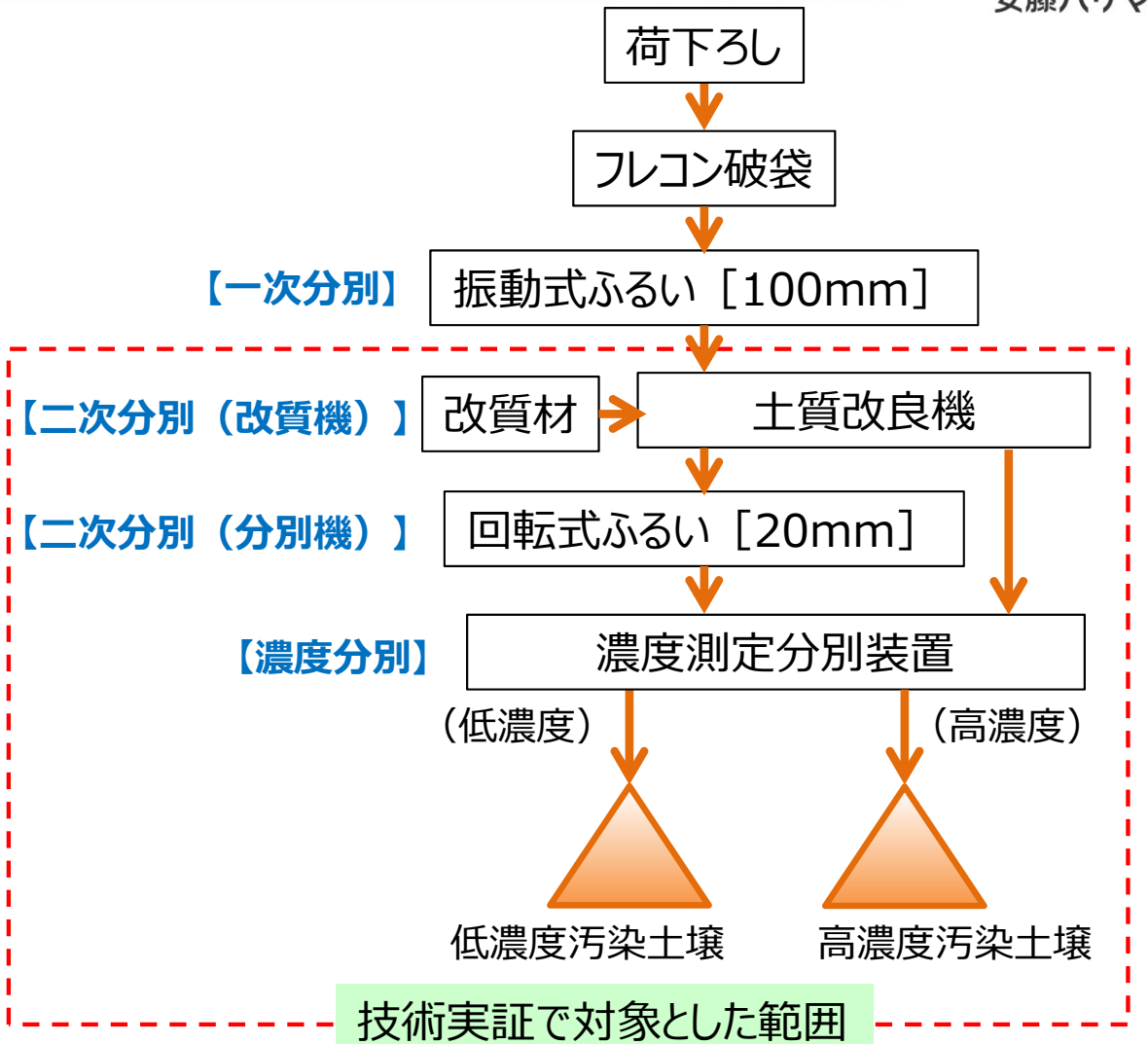
1．技術実証の内容

安藤ハザマ

○中間貯蔵施設では、大量の除去土壌等を所定の濃度（たとえば8,000Bq/kgなど）で分別する必要がある。
○放射性物質に汚染された土壌を連続的に測定・分別する装置を構築し、分別性能（測定精度および分別精度）や処理能力を明らかにし、土壌濃度測定分別技術を実証する。

○除去土壌の分別処理等を安定的に行うにあたっては、対象土壌を濃度測定分別装置で取扱いやすい性状に改質する必要がある。
○大量供給可能な石こう系改質材を用いた土壌改質試験により、最適な改質条件を明らかにし、実規模機械（70t/h以上）を用いた改質により、大量施工時の土壌改質の施工性を実証する。

→土壌改質から濃度分別までの一連の作業を連続処理する実規模施工システムとして実証する



技術実証で前提とした施工フロー

（平成28年度中間貯蔵施設の土壌貯蔵施設等工事
：受入・分別処理工事　要求水準書による）

©2014 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

2. 濃度測定分別技術の背景と技術目標

安藤ハザマ

技術の背景

〇これまで、既存の土壌濃度分別システムにより現場等での技術実証が行われている。
〇実利用に向けて以下の課題があると考えられる。
・測定対象土壌の重量をリアルタイムに測定する機能が必要（精度確保）
・適切な土質改質が必要（閉塞防止）
・粘性土を対象とした濃度分別の可能性
○当社の社内試験（2014年2月実施）でも上記と同様の課題を認識している。

技術目標

1）放射能汚染土壌の放射能濃度を誤差平均10%以下の精度で測定する。
2）実現場での適用を想定し、70t/h以上の処理能力を確保する。
3）測定・分別作業中の装置近傍の粉じん濃度が10mg/m^3以下。

©2014 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

3. 試験場所および試験土壌

試験場所

・検出器特性確認試験：大阪市大正区（工場内）、福島県浪江町（帰還困難区域内）
・土壌濃度測定分別試験：福島県浪江町（帰還困難区域内）

現地試験場所に設置したテント
（L50m×W20m×H11m）

テント内の機器配置（濃度測定分別試験時）

試験土壌の調達

・検出器特性確認試験：摸擬汚染土壌（非汚染土壌＋密封点線源）、除去土壌
・土壌濃度測定分別試験：浪江町内の除去土壌（仮置き場保管土壌）

©2014 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

4. 濃度測定分別装置の特徴

安藤ハザマ

○実運用を見据えた耐環境性の高い検出器を採用

・シンチレータ結晶　＋　光検出器

⇒CsIシンチレータ　　⇒フォトダイオード（MPPC）

シンチレータ結晶の比較

項　目	プラスチック	NaI	CsI
γ線感度	△	◎	○
エネルギー分解能	×	◎	○
水分による潮解性	◎	×	○
耐衝撃性	◎	×	○

光検出器の比較

項　目	光電子増倍管	MPPC
低ノイズ	◎	○
耐衝撃性	×	◎
サイズ	×	◎
耐磁性	△	◎

・CsI検出器はNaI検出器に比較して、エネルギー分解能は劣るが、潮解性がなく衝撃に強いため、現場での取り扱いが容易。

・MPPCは光電子増倍管に比較して、ノイズが多いものの小型で衝撃に強く、低い電圧で動作することから、検出器構造が簡素化でき、メンテナンス性に優れる。

・CsI結晶とMPPCの組み合わせは、高い放射線検出効率が得られる。

振動や粉じんなどの厳しい環境での長期運用に対し、CsI結晶とMPPCの組み合わせが最も適していると考えた。

○測定対象土壌の重量をリアルタイムに測定

・ベルトスケールから得られる土壌重量情報を用いて濃度を算出。

・ベルトコン上の多少の土壌整形不良にも対応可能。

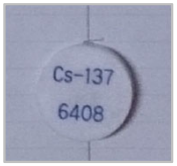
©2014 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

5. 検出器特性確認試験（工場内試験）

安藤ハザマ

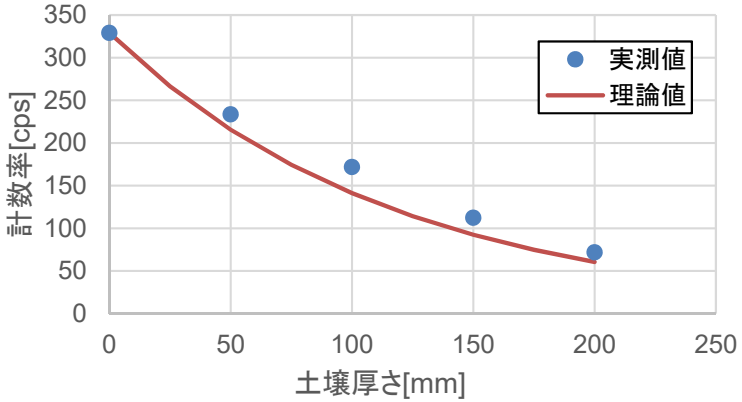
○非汚染土壌とセシウム137の密封点線源を用いて基礎試験を実施

非汚染土壌



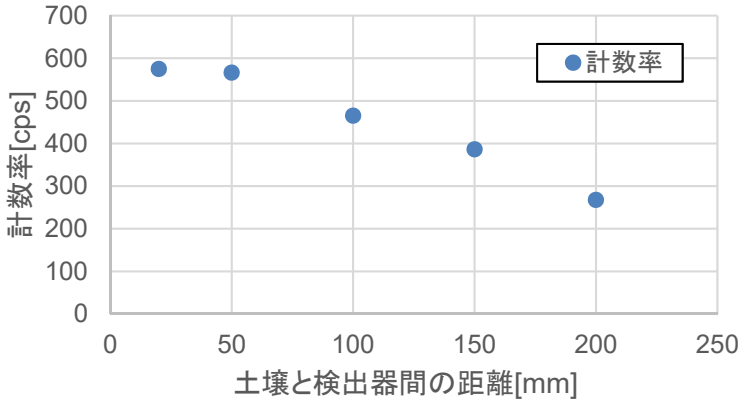
点線源

・土壌厚特性



⇒ 土壌によるγ線の減衰特性傾向は理論値と一致

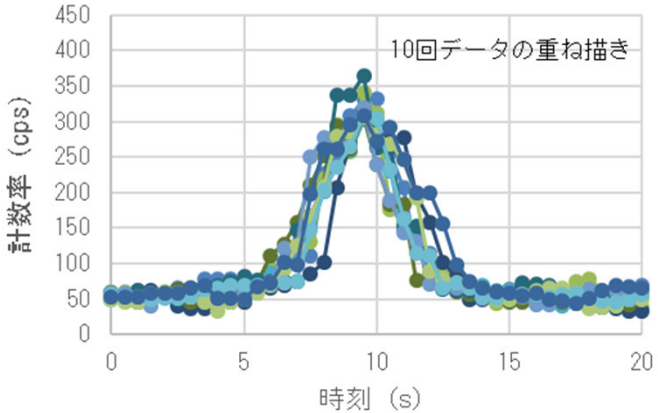
・検出器距離特性



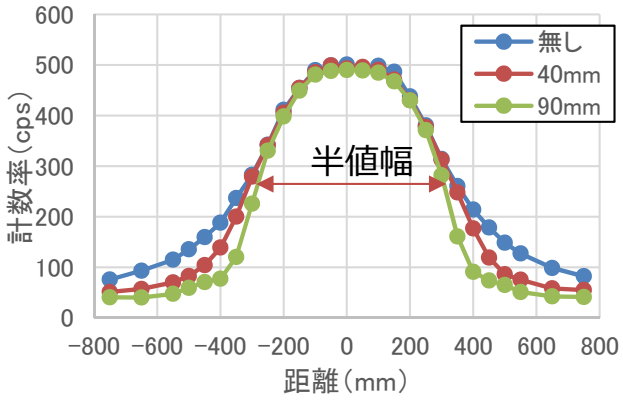
⇒ 距離による減衰は二乗則より立体角の影響が大きい

工場内試験の状況

・搬送速度特性（速度：10m/分）



⇒ 0.4秒間隔のデータ測定で検出可能



⇒ 検出器のコリメータ効果を確認

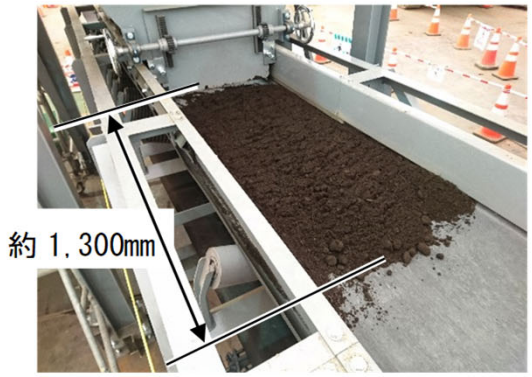
©2014 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

5. 検出器特性確認試験（現場試験）

安藤ハザマ

○汚染土壌を用いて繰り返し測定の実施

測定土壌（繰り返し測定）



測定土壌（連続搬送測定）

現場試験の状況

【繰り返し測定試験】

○6袋の土のうに詰めた汚染土壌（約100kg）を一定速度で搬送し、10回の繰り返し測定を行った。ベルトコンベア速度は21m/分。

【連続搬送測定試験】

○上記土壌をベルトコンベア上に展開・整形し、10回の繰り返し測定を行った。

○測定装置で得られた放射能濃度はGe検出器での測定結果に対して誤差平均5.5%（繰り返し測定試験）、3.6%（連続搬送測定試験）であり、目標の誤差平均10%以下を満足した。

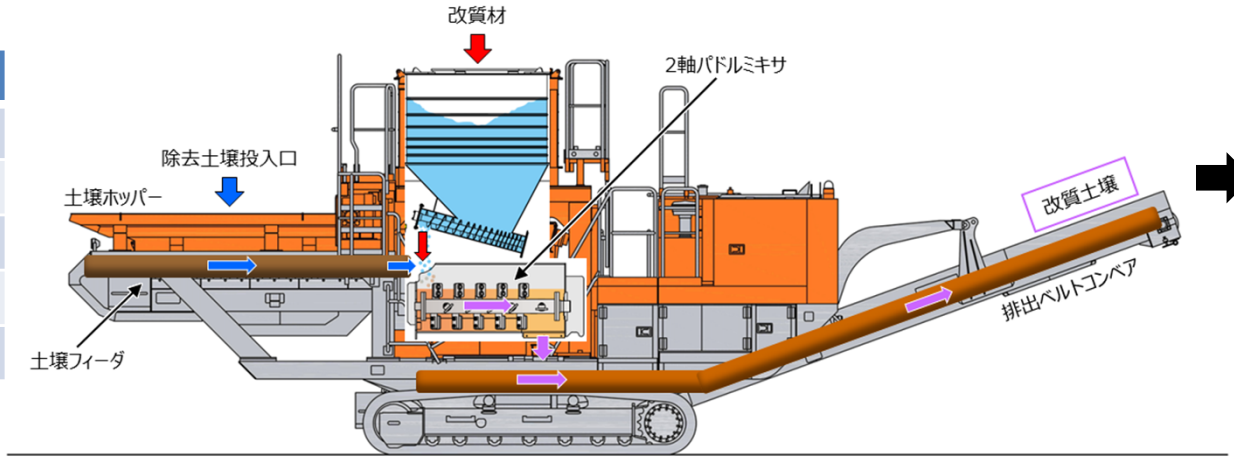
©2014 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

6. 土壌濃度測定分別試験（使用機器）

安藤ハザマ

土質改良機

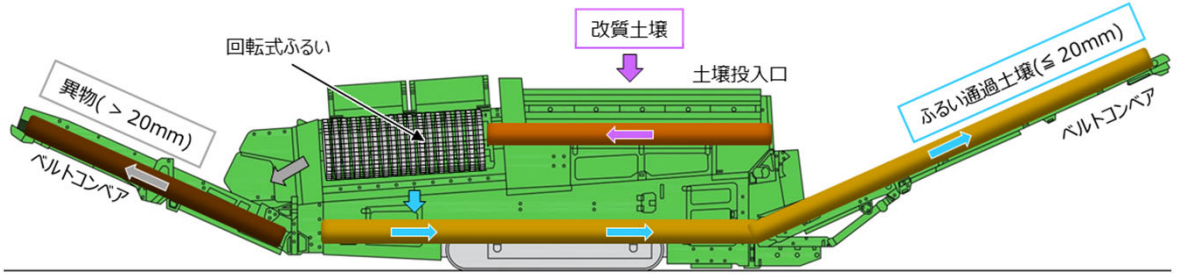
項　目	仕様・諸元
型　式	SR-2000G（日立建機）
混合方式	二軸パドルミキサ
土壌ホッパ容量	1.8m³
改質材ホッパ容量	3.0m³
最大許容塊	150mm



➡ 回転式ふるい機（トロンメル）へ

回転式ふるい機（トロンメル）

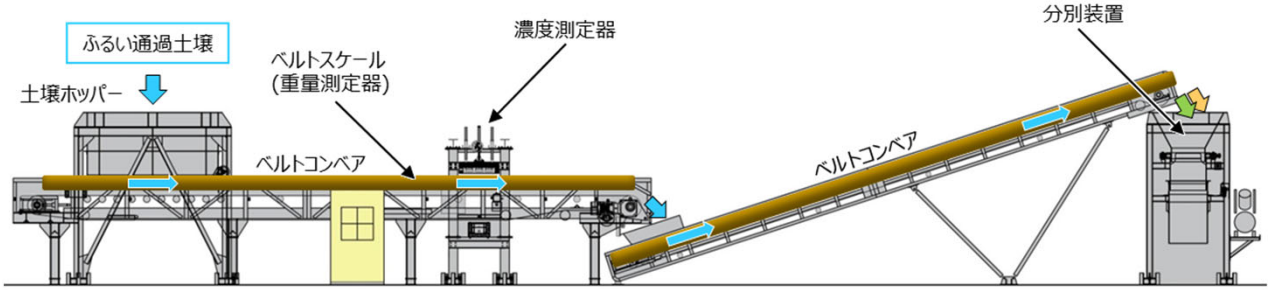
項　目	仕様・諸元
型　式	512RET（マクロスキー）
ふるい方式	回転式、ふるい目20mm
フィードホッパ容量	3.0m³
ふるい寸法	Φ1,525×L3,700mm



➡ 濃度測定分別装置へ

濃度測定分別装置

項　目	仕様・諸元
処理能力	70t/h以上
濃度測定精度	誤差平均10%以下
土壌重量測定	ベルトスケールによる
濃度測定最小単位	約30kg（土壌重量）
濃度分別段数	2段（高濃度/低濃度）

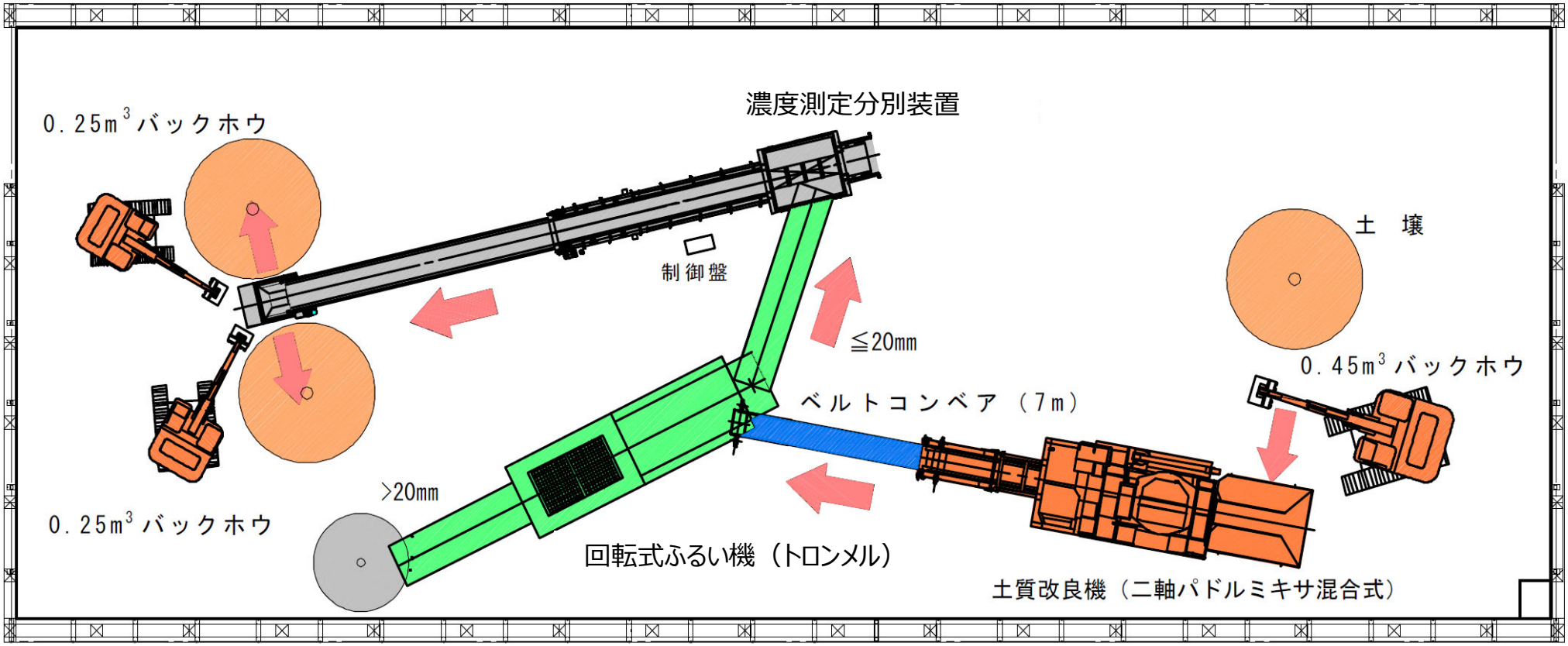


➡ 高濃度
低濃度
に分別

©2014 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

6. 土壌濃度測定分別試験（機器配置）

すべての使用機器を仮設テント（ L50m×W20m×H11m）内に配置して試験を実施し、外部環境への影響が最小限になるよう配慮した。



土壌濃度測定分別試験状況
（動画　1分30秒）

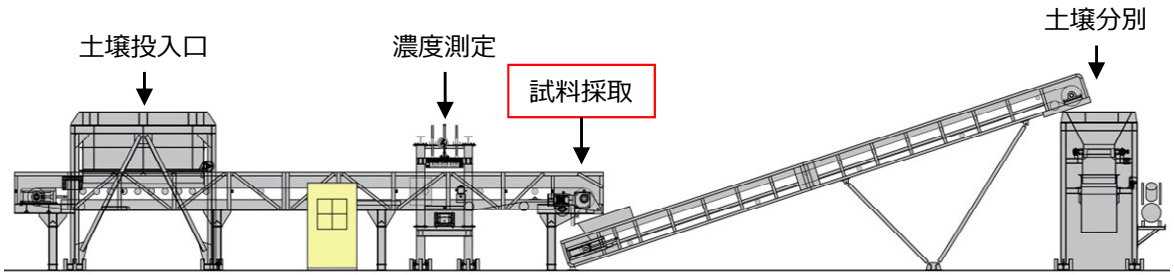
©2014 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

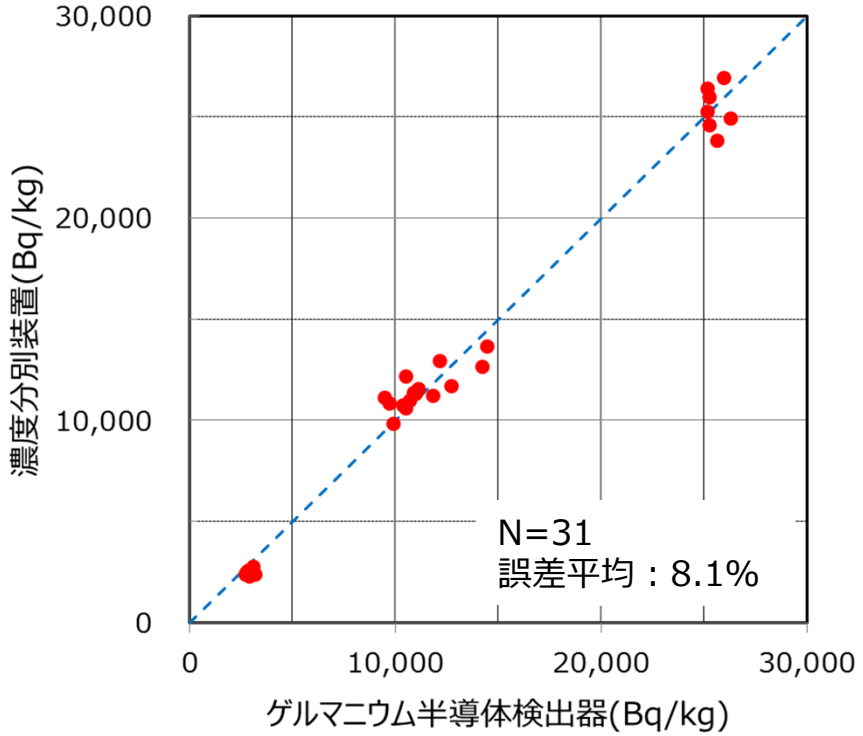
6. 土壌濃度測定分別試験

測定精度確認試験結果

○採取試料の装置測定記録とGe半導体検出器分析結果の比較から測定精度を評価した。

測定精度　誤差平均　＝ 8.1 %





試料の採取状況

○Ge半導体検出器と本装置での測定値がほぼ1：1の相関関係にある。誤差平均は8.1%であり、成果目標の10%を満足した。

○25,000Bq/kg程度の範囲では誤差平均3.5%，10,000Bq/kgでは6.6%に対し、3,000Bq/kgでは誤差平均が15.6%であった。校正方法の最適化により、低濃度域でも精度向上を実現できる可能性がある。

○コンベア速度を2倍の42m/分として、8,000Bq/kg付近の濃度を測定した試験での誤差平均は6.1%（N=12）であった。

©2014 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

6. 土壌濃度測定分別試験

安藤ハザマ

分別精度確認試験結果

○8,000Bq/kg付近、5,000Bq/kg付近、3,000Bq/kg付近の試料を調製し、分別シュートで分別した土壌が正しく分別されているかをGe半導体検出器の測定結果から確認した。

分別設定濃度	超過混入率	未満混入率
8,000 Bq/kg	0検体／2検体＝0%	0検体／4検体＝0%
5,000 Bq/kg	1検体／2検体＝50%	0検体／2検体＝0%
3,000 Bq/kg	0検体／6検体＝0%	0検体／6検体＝0%
合　計	1検体／10検体＝10%	0検体／12検体＝0%

超過混入率：低濃度側に分別された検体中、Geが設定濃度以上の検体数／設定濃度より低濃度側に分別された検体数
未満混入率：高濃度側に分別された検体中、Geが設定濃度以下の検体数／設定濃度より高濃度側に分別された検体数

○超過混入した割合は10検体中1検体、未満混入した割合は12検体中0検体であった。
○超過混入を回避するためには、分別濃度設定値を安全側の低めに設定するなどの対応が必要。

©2014 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

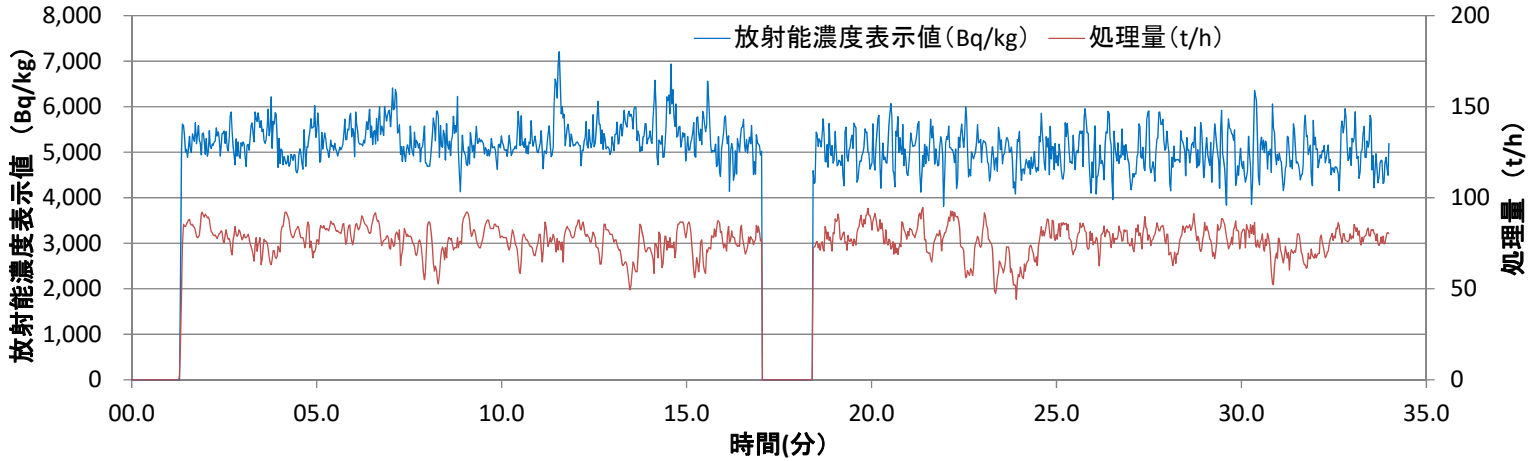
6. 土壌濃度測定分別試験

実規模連続運転試験結果

○30分間の連続運転を行い，処理能力を評価した（処理量35t以上）。

土壌種類	処理量（t）	所要時間（分）	稼働時間（分）	処理能力（t/h）	備　考
宅地	39.7	33.5	31.0	76.8	トラブル停止なし
畑	37.0	33.8	30.0	74.0	〃
水田	37.9	34.7	32.1	70.8	〃

土壌濃度測定分別装置の処理能力70t/h以上を確認



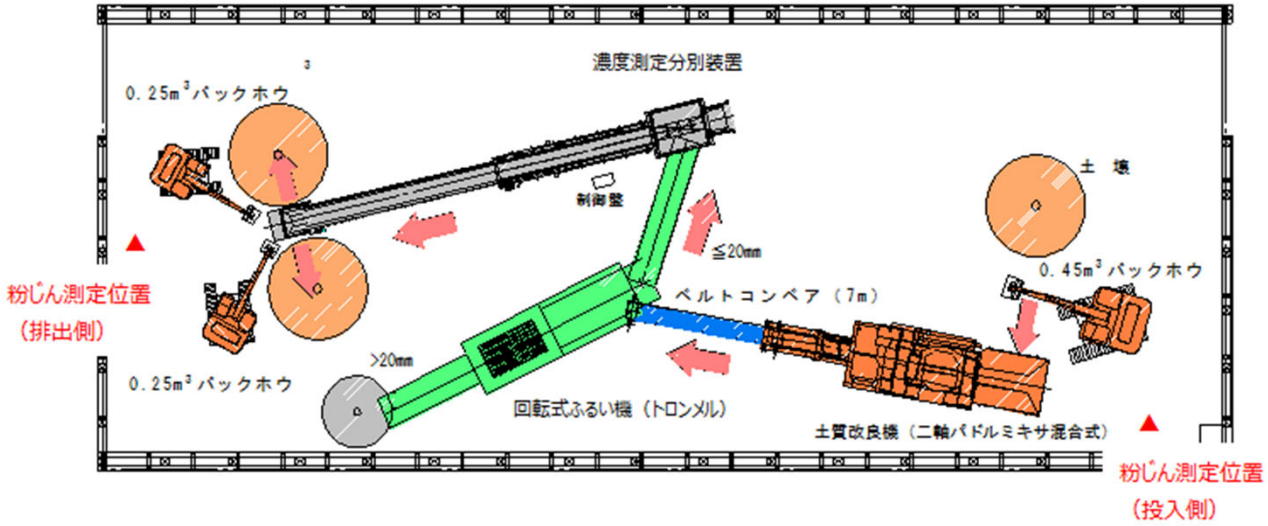
実規模連続運転時の運転記録（宅地土壌試験の例）

©2014 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

6. 土壌濃度測定分別試験

粉じん濃度の測定結果

試験ケース 土壌種類	測定位置	粉じん濃度 (mg/m³)	放射性Cs濃度（Bq/m³） Cs-134	Cs-137	備　考
宅地	投入側	0.60	1未満	1未満	検出下限値 1Bq/m³
	排出側	1.4	1未満	1未満	
畑	投入側	4.2	1未満	1未満	
	排出側	2.3	1未満	1未満	
水田	投入側	5.8	1未満	1未満	
	排出側	1.6	1未満	1未満	



粉じん測定（投入側）

粉じん測定（排出側）

○作業中の粉じん濃度は0.60～5.8mg/m³であり、ガイドラインに示される高濃度粉じん作業の基準値（10mg/m³）を下回ることを確認した。

○空気中の放射性セシウム濃度はすべて1Bq/m³未満であり、空気中の濃度限度を下回ることを確認。

©2014 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

7. 技術実証結果と課題

■実証試験の結果

実証試験結果より、土壌濃度測定分別を実規模で確実に行うことができ、誤差平均8.1%で土壌の放射能濃度を連続的に測定できることを確認した。

① CsIシンチレータとMPPCの組み合わせを用いた濃度測定分別装置を構築し、ベルトスケールで土壌重量を測定して濃度算出することにより、誤差平均10%以下で土壌濃度を連続的に測定できることを実証した。

② 低濃度域では測定精度が低下することが判明した。校正手法の最適化、CsI検出器の増加、ベルトコンベアの最適化（低速化、幅広化）などの対応が必要と考えられた。

③ 分別精度は超過混入率10%、未満混入率0%であった。

④ 土壌改質から濃度測定分別までの一連の作業を連続的に行い、70t/h以上の処理能力を確認した。

■今後の課題

① 濃度測定分別装置の測定データの蓄積（Ge検出器との比較）と校正方法の最適化。

② 濃度測定分別装置の土壌ホッパ容量の最適化と安定した土壌排出機構の検討。

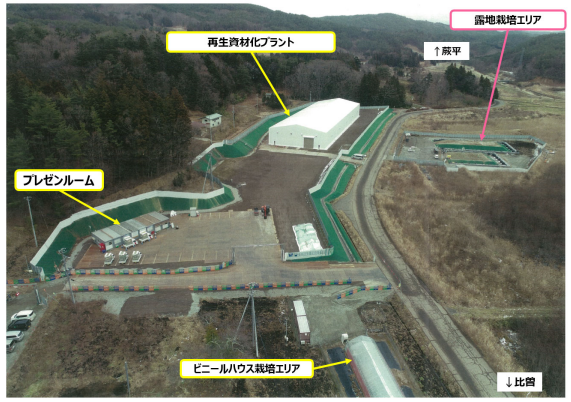
©2014 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

8. 実証技術の実用化状況

■現場への展開

平成30年度除去土壌再生利用技術等実証事業（飯舘村長泥地区）を除去土壌等減容化・再生利用技術研究組合（VOREWS)が環境省より受託し、この事業の土壌放射能濃度連続分別に適用された。

期　間：2019年5月～11月
処理量：1,400トン
分別濃度：5,000Bq/kg



工事全景（環境省HPより）

長泥実証事業における濃度測定分別装置

■現場展開での判明事項

① Ge検出器に比較して16%程度小さく測定された → 装置校正を正確に行う必要がある
② 処理速度は25.0～45.7t/h → 改質、分別等の他の装置との待ち時間があった
③ 改質をしていない土壌では投入ホッパ部で詰まりが発生 → 土壌改質により改善

©2014 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

ご清聴ありがとうございました。

©2014 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

環境放射能とその除染・中間貯蔵および環境再生のための学会　第17回講演会
併催 「減容化・再生利用と復興を考える知のネットワーク　会合」
～技術実証事業成果発表会（第1回）～

高含水・高粘性の農地除去土壌に含まれる草木類の選別除去を可能にする土質改良とふるい分けによる減容化と農地再生利用促進システムの実証・検証

鹿島建設株式会社
地球環境・バイオグループ
田中　真弓

中間貯蔵施設における本技術の適用イメージ

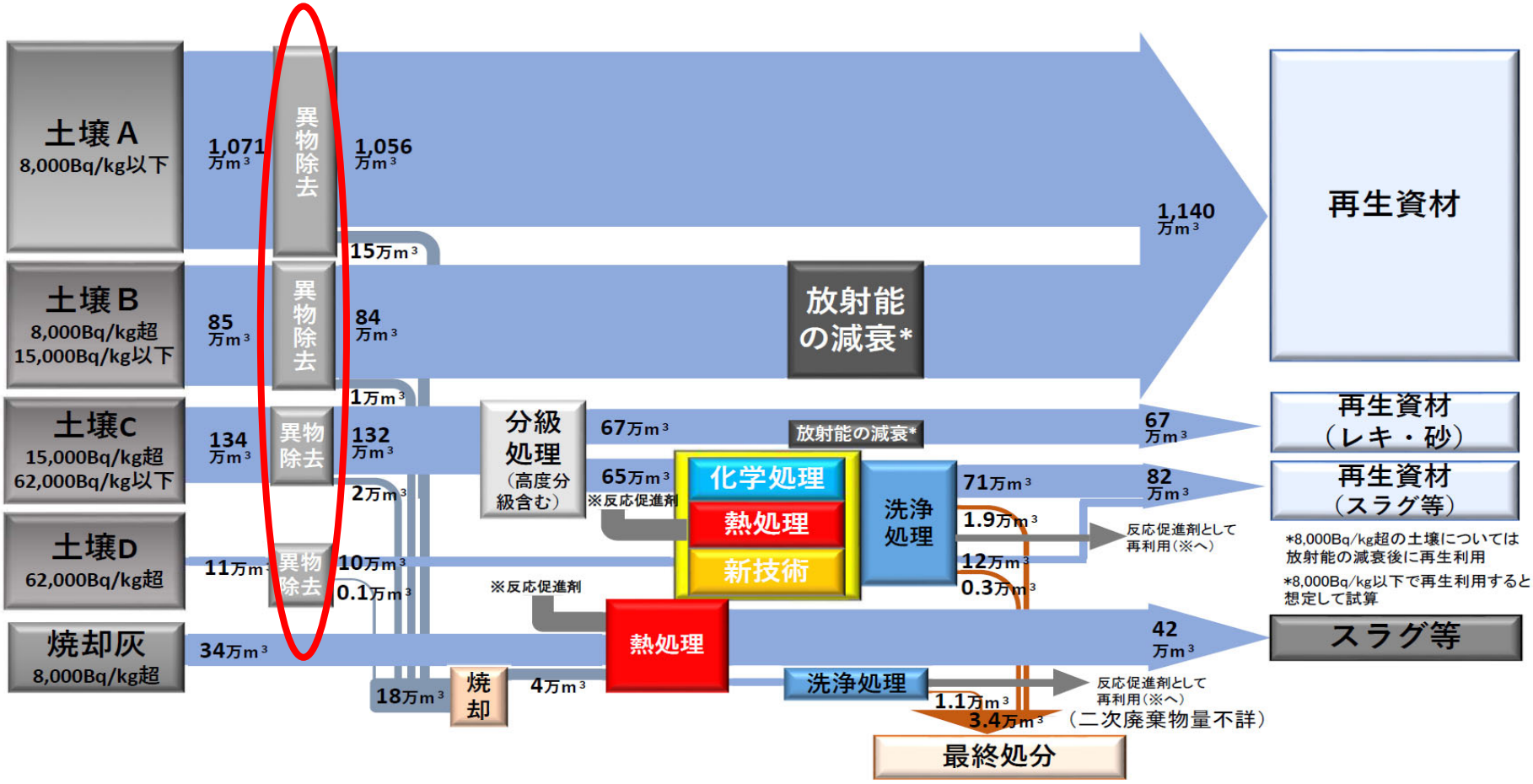
除 染 工 事

中間貯蔵施設

・草木…埋立て後，ガス発生や盛土の沈下等の不安定要因
・礫など…埋立て土壌として不適

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9回）

ケースⅣの物質収支の詳細



※図中の放射能濃度は2018年10月末時点での評価。
また、図中の物量は、四捨五入し、整数値で表記。
但し、計算にあたっては小数点以下も考慮しているため、
図中に記載した整数値のみの計算とは必ずしも一致しない。

本技術の概要

異物除去・再生利用が難しい
高含水・高粘性の農地除去土壌

少量の 選別補助材 で
改質

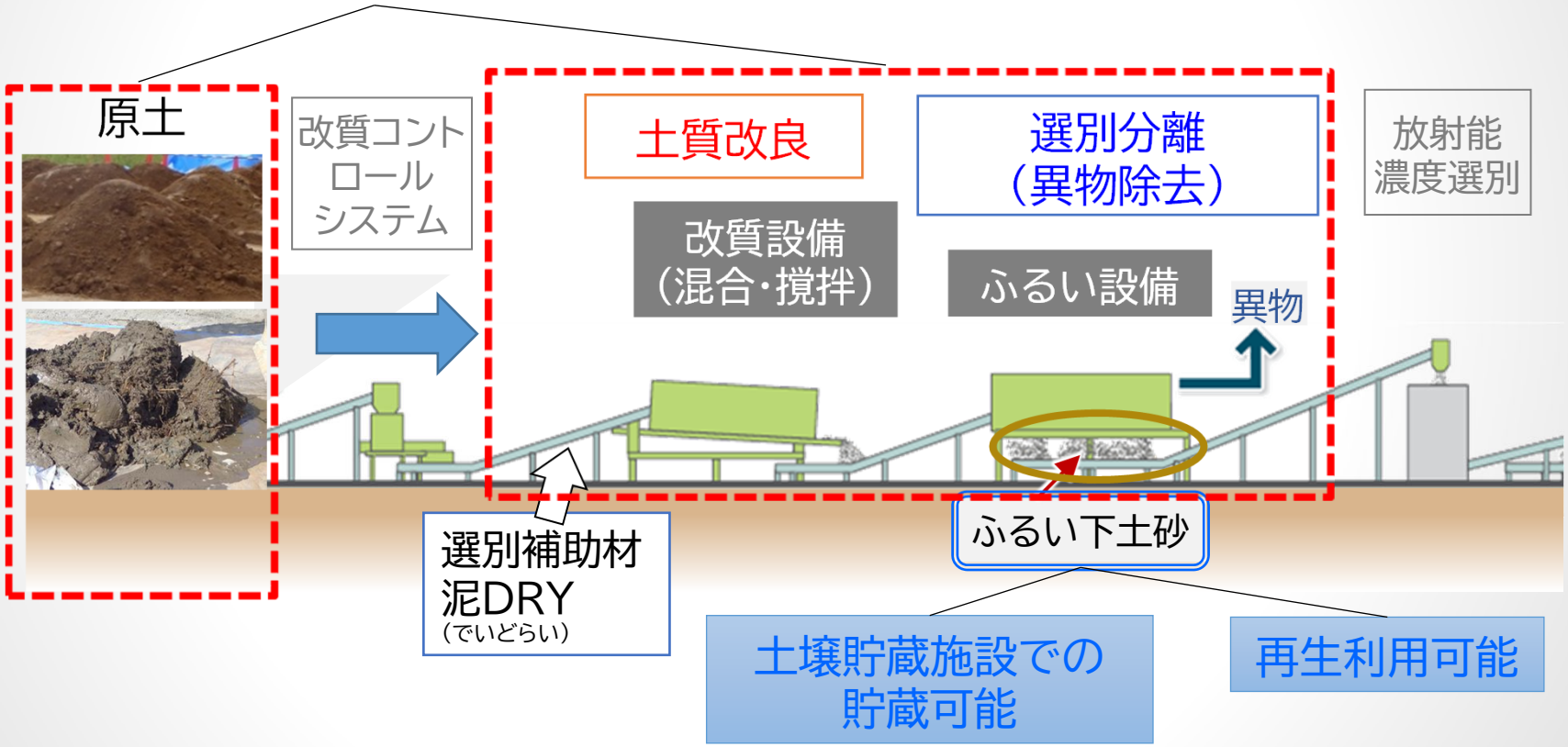
改質・異物除去を連続的かつ大量に行えるシステム
・・・再生利用可能な中性の土壌

処理対象土壌の減容化を実現

改質・異物除去処理システムの概要

- 環境省「平成27年度　除染・減容等技術実証事業」

福島県内の農地土壌を使った現場実験を実施



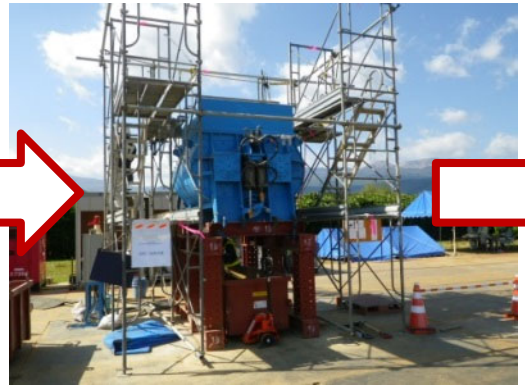
設計処理量　80m^3/hr（100t/hr）

実証試験の状況

改質・異物除去を連続的かつ大量に行えるシステム

試験土壌
（粘性土）

土質改良



改質設備
（混合・撹拌）

選別分離
（異物除去）

ふるい設備

試験フロー

試験土壌(粘性土)
選別補助材　添加
撹拌機で撹拌
50㎜ふるい上
20㎜ふるい上
20㎜ふるい下
再生利用可能
一時埋立て貯蔵可能

試験結果 （システムの処理能力の確認、選別補助材による違い　を評価）

- 試験土壌：
  粘性土（畑）

含水比（%）	60.0
細粒分含有率（%）	74

■結果1

システムの処理能力

設計通り　80m^3/hrを実現可能なことを確認

■結果2

選別補助材により違いがあることを確認

※　20mm未満の土壌／原土

選別補助材	添加率（kg/m^3）	土砂回収率※（重量%）	pH
泥DRY	20	94.8	7.6
生石灰	120	86.0	11.6

少ない添加率で，高品質な改質効果を発揮

⇒ 減容化効果が高い。（土壌を不要に増やさない。）

土壌のpHが変わらない。

⇒ 環境に負荷をかけない。

試験結果により確認できた、本技術の特長

（1） 改質・異物除去を 連続的 かつ 大量処理が可能なシステム

（2） 選別補助材 「泥DRY」 を使った改質で、以下を実現

① 中性

② 改質時間 4 分程度

③ 添加量 約 20 kg/m^3

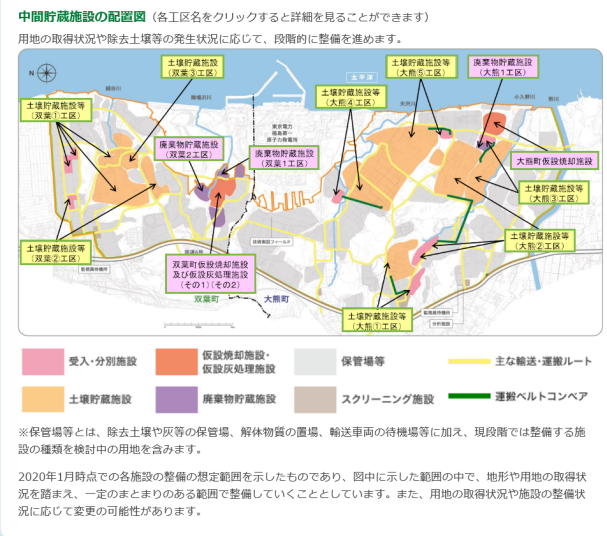
④ 発現強度 400～1000 kN/m^2

実適用の状況

中間貯蔵施設の受入分別施設で、選別補助材 泥DRY を使用し、
実証試験で得られた添加条件などを活用している。

受入・分別施設

土壌貯蔵施設



（抜粋）環境省HP　中間貯蔵施設情報サイト
http://josen.env.go.jp/chukanchozou/about/

今後の技術開発で重要なポイント

- 実際に事業で行われる規模に近い大きさでの実証試験を行うこと
- 事業全体を見通して、後から行われる処理を阻害したり、周辺の自然環境に負荷をかけるようなことがないこと
- 工事での作業が安全に効率よく行えるかを考えること

ご清聴 ありがとうございました。

100年をつくる会社
鹿島

埋立時における粉塵等発生抑制技術

大林組
技術研究所自然環境技術研究部
千野裕之

2021年1月29日

本日の発表内容

- 粉塵等発生抑制に関する技術のご説明
- 抑制効果に関する室内試験および現地試験のご紹介

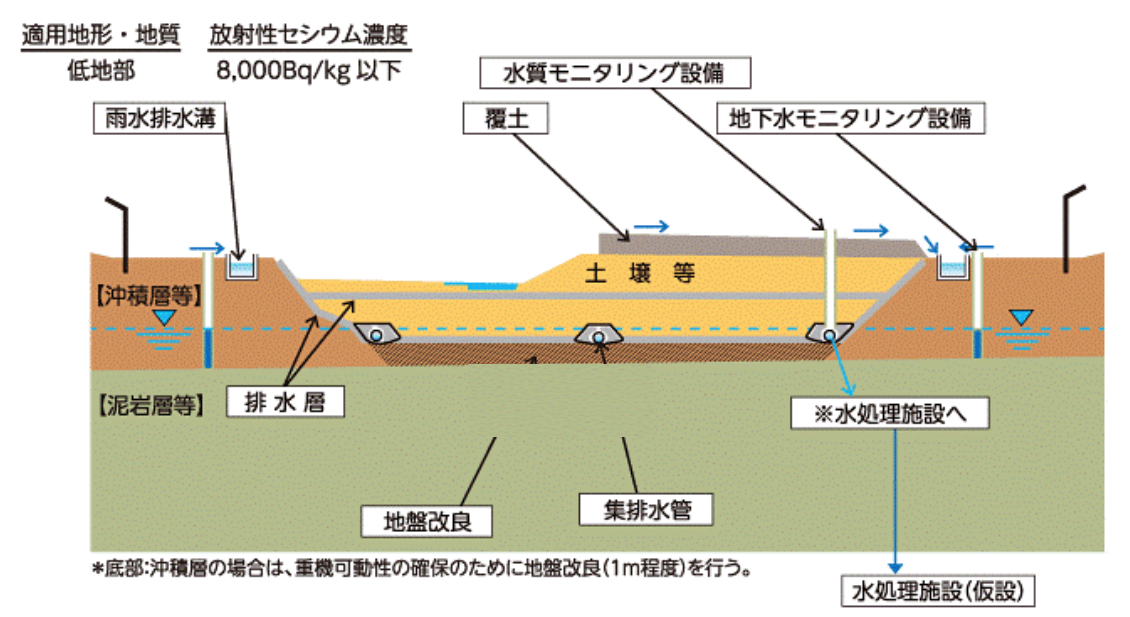
福島放射能汚染対策関連の研究開発

中間貯蔵施設で作業員の被爆リスクを低減したい

➡

シート掛けによらない飛散・土砂懸濁物の発生抑制出来ないか？ ➡

ポリイオンコンプレックスに着目

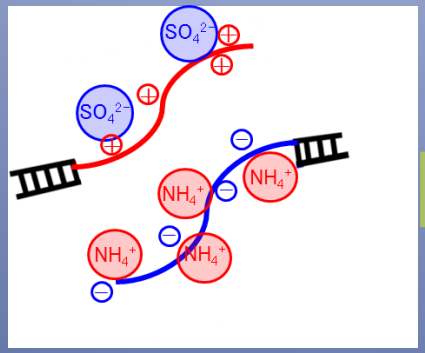


中間貯蔵施設の例

ポリイオンコンプレックスとは

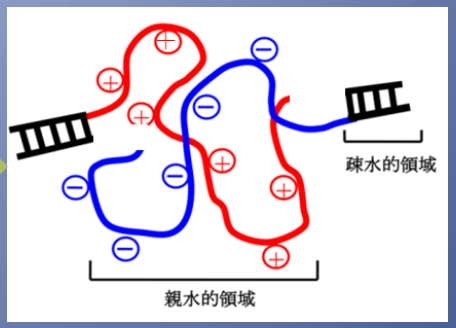
・ポリイオンとは、正電荷をもつ高分子と負電荷をもつ高分子の複合体
・土粒子間隙に浸透し、接着剤として機能する。

PIC溶液



さらさら

除塩



固まる

効　果

・施工中のシート養生や散水手間を低減させる。　⇒生産性向上
・簡易な法面保護方法として使用できる。　⇒コスト低減
・粉塵低減により、作業員の労働環境の改善できる。　⇒作業安全性向上

ポリイオンコンプレックス適用の目的

ポリイオンコンプレックス(以下PICと呼ぶ)は放射能汚染地域で表層の剥ぎ取りによるセシウム除染する技術として研究され、また道路除染にも適用されてきた。

PICは土の表層に含浸することで、表層土の安定性を向上することが期待できる。

中間貯蔵施設における毎日の埋立終了後に、除去土壌等の表面にPICをで散布し、表層土壌の処理(固定化)を行うことで粉塵発生を抑制出来ないか？

本技術の特長

- 液体散布のため、貯蔵容量に影響を与えない。
- ゲル状のため、1回の散布でも粉塵の発生を防止できる。
- 粘性が高く、流出しないため、効果の持続性に優れ、追加散布を必要としない。

従来技術との比較

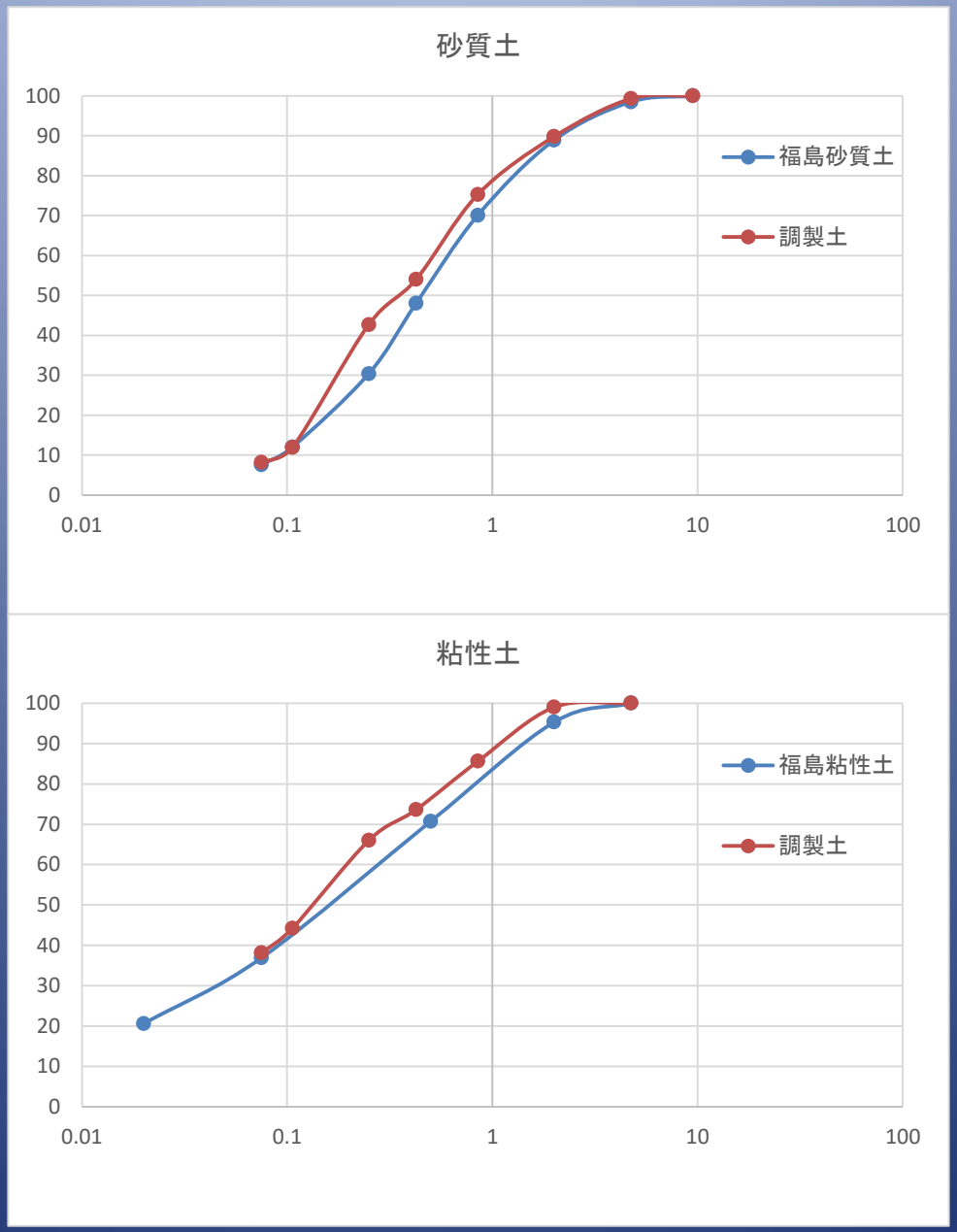
	覆土（購入土）	シート掛け	散水	PIC
強風時	◎	△	△	◎
雨天時	○	○	△	◎
経済性	△	◎	◎	○
被爆安全性	◎	△	△	◎
貯蔵量確保	△	◎	◎	◎

PICとはどんなものか

	陽イオン	陰イオン
ハイブリッド系PIC	ポリメタアクリル酸エステル系アミド	カルボキシメチルセルロース
合成系PIC	ポリジアリルジメチルアンモニウムクロライド（poly-DADMAC）	ポリアクリル酸ナトリウム塩

これらは、食品分野での増粘剤、安定剤として、
さらに紙おむつ、ローション等に利用されている
硫安などの塩を加えることで粘性を調製可能

供試土壌について(現地の土に粒度を調整)



室内試験

現地を想定した土質条件（宅地・グラウンド由来、農地由来）の土に、複数の種類（無機系、有機系）のPICを散布し、最適な散布量、散布濃度および耐久性を明らかにする。

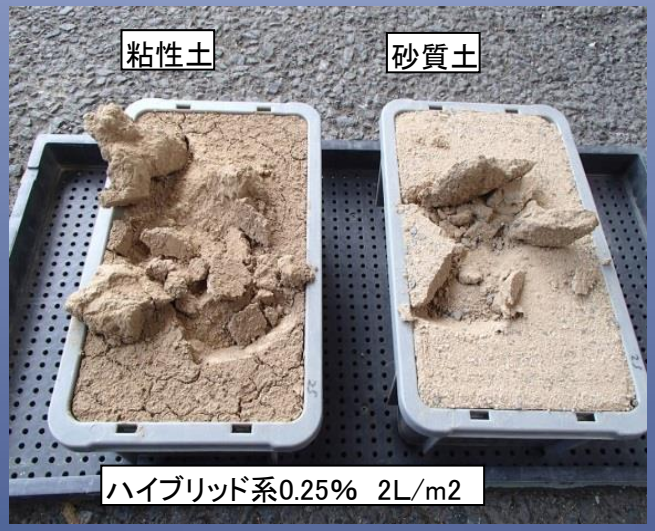
室内試験のケース

PIC種類	ハイブリッド系1種類、合成系1種類
土質条件	グラウンド由来（砂質土）、農地由来（粘性土）
PIC濃度	ハイブリッド系1%、合成系3%
PIC散布量	ハイブリッド系2L/m^2、4L/m^2、合成系1L/m^2、2L/m^2

飛散土砂抑制試験

送風機で14m/sの風速で送風
コンテナ内の土の減量を測定

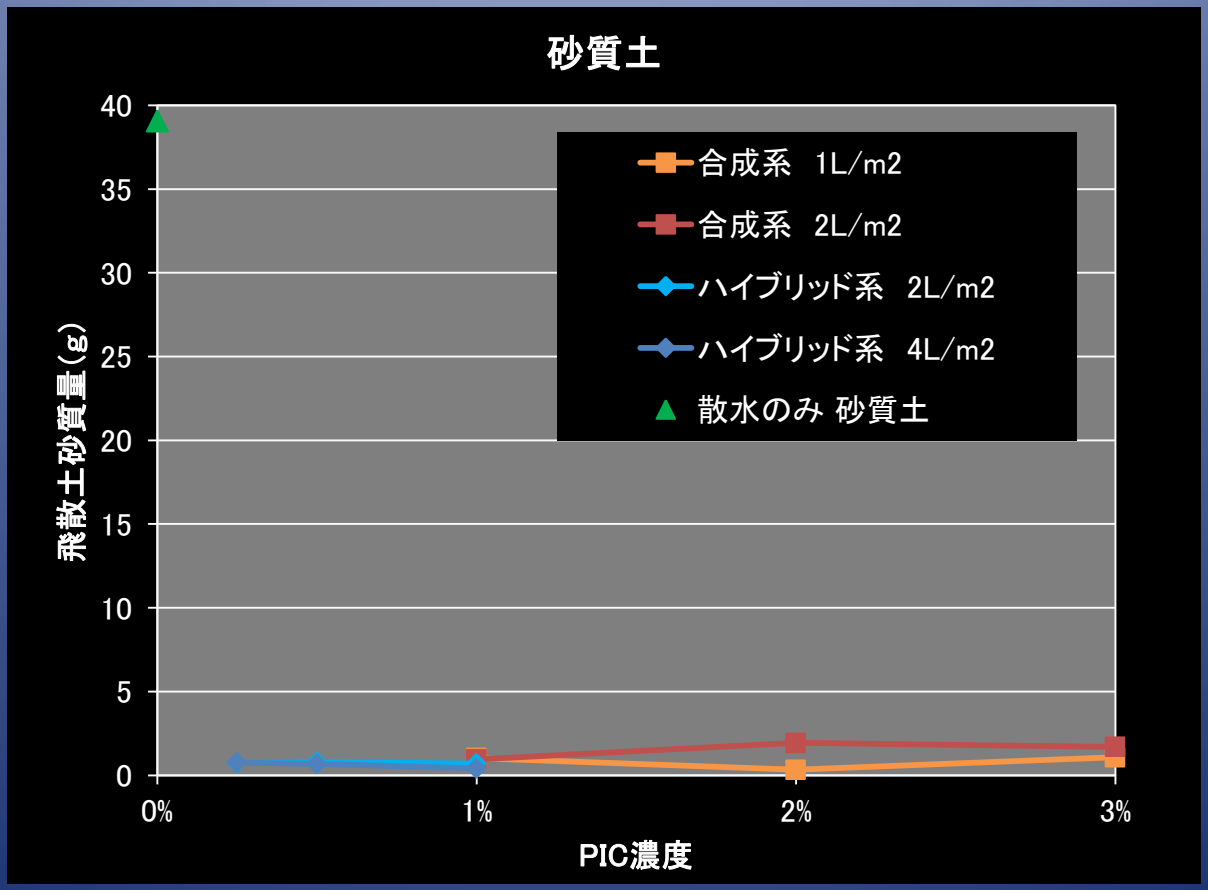
粉塵抑制試験後のサンプル



PICを加えることで表層が固結する

固化剤の選定結果

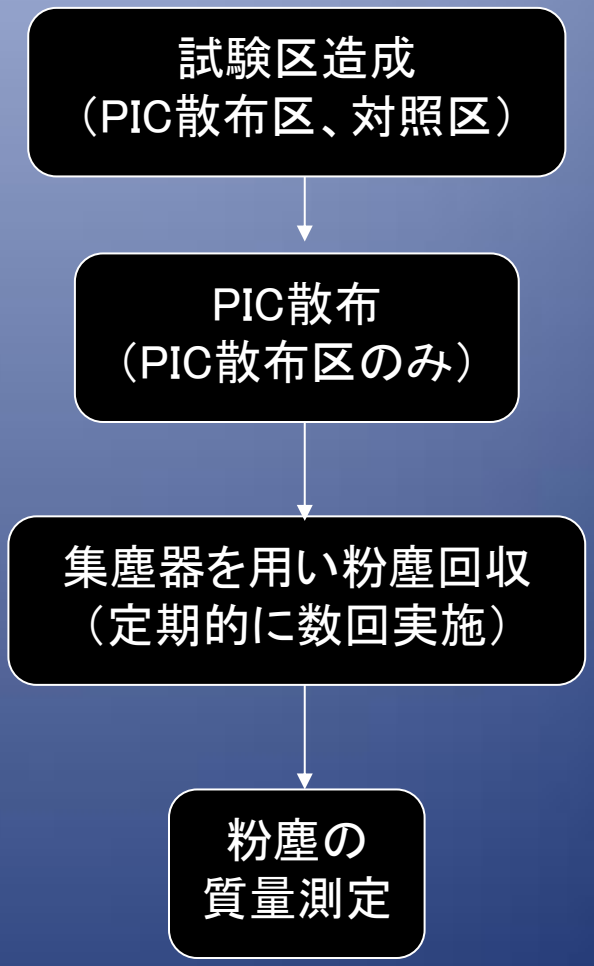
室内試験では、飛散土砂量は砂質土で大幅に低減した。粘性土では飛散土砂量が少なく、効果は把握できなかった。
合成系、ハイブリッド系それぞれ2L/m²を用いることとした。



屋外試験

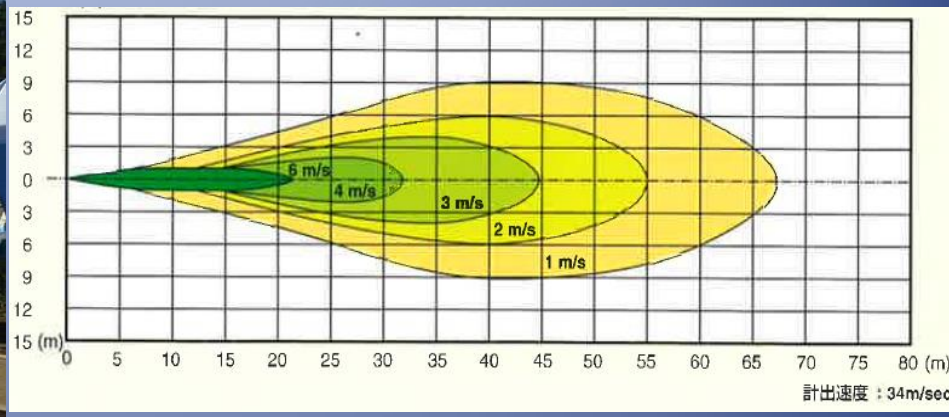
室内試験の結果を基に、現地を模擬して造成した試験区においてPICを散布し、効果を検証した。

屋外試験実施フロー



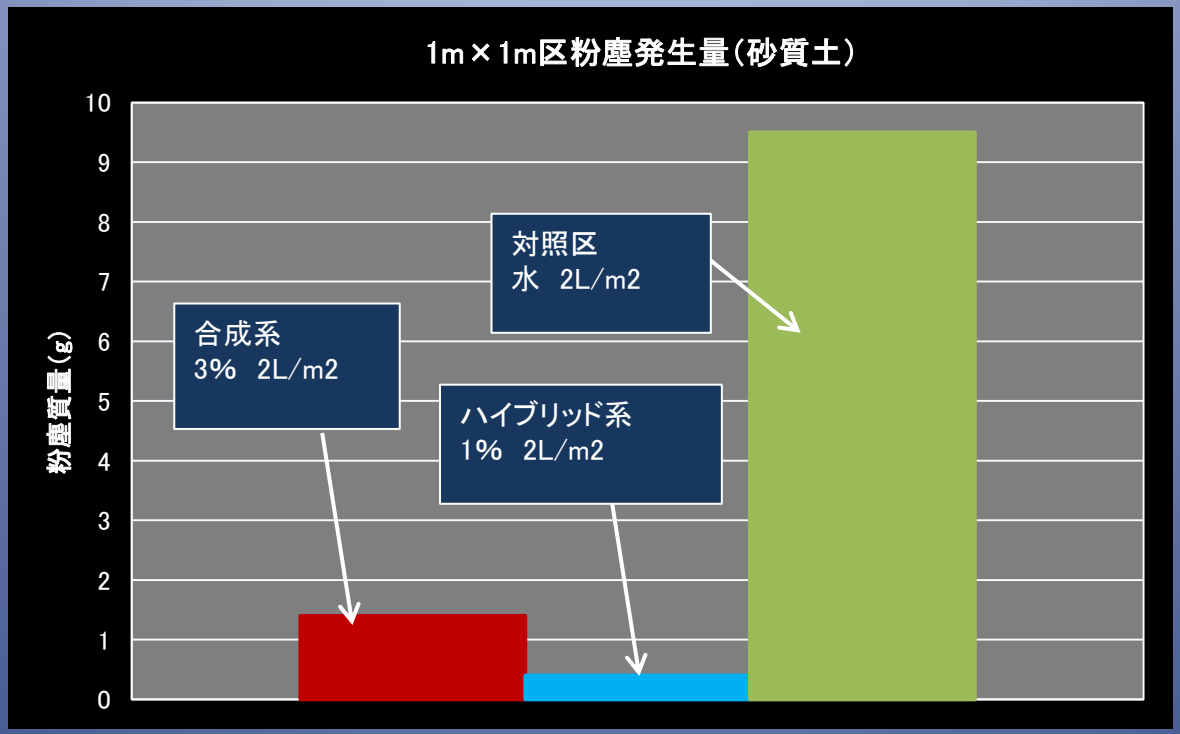
屋外粉塵抑制試験の例

トンネル現場で用いられる送風機　20m/sの風速



集塵機で粉塵を捕集

粉塵抑制試験結果



20m/sの風速×5分で比較

対照区に比べて、粉塵抑制効果が認められた。

目視と電気伝導度測定から2cm深さまで薬剤が浸透

現場実証試験の例

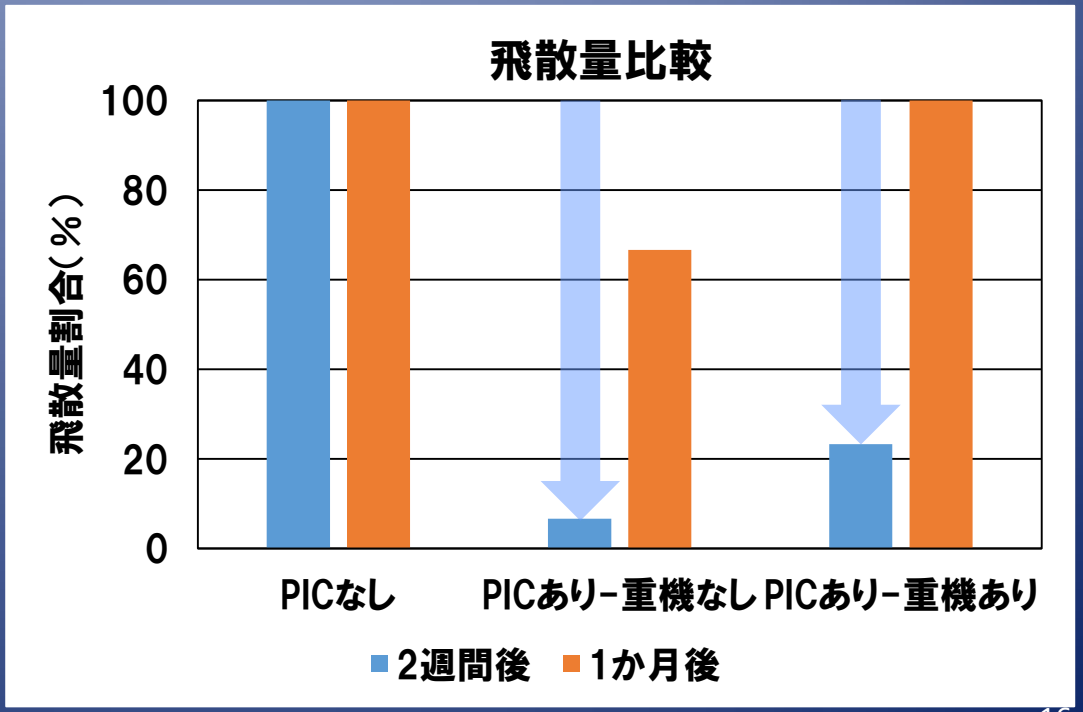
実証事業以降の追加試験

九州の某現場で実証試験、これを含め3現場で適用実積あり

項目	確認事項	課題
散布方法	ハイウォッシャーで散布 一部つまりがみられた。	施工性 （散布材料の液粘性）
耐久性	2週間後では、飛散量に差がみられたが、1か月後では差がみられなかった。	長期耐久性

PIC散布状況

作液に時間を要するのが弱点

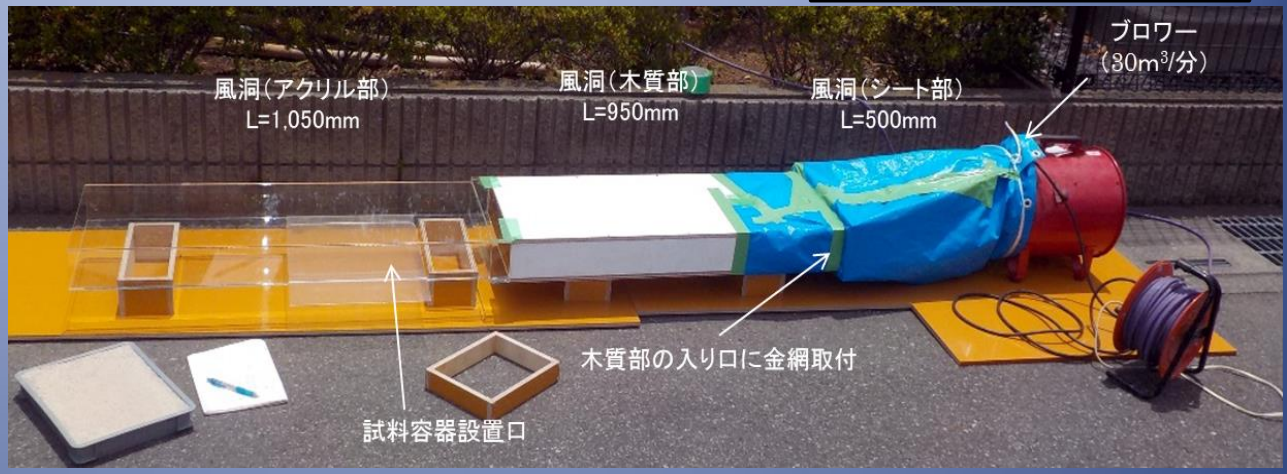


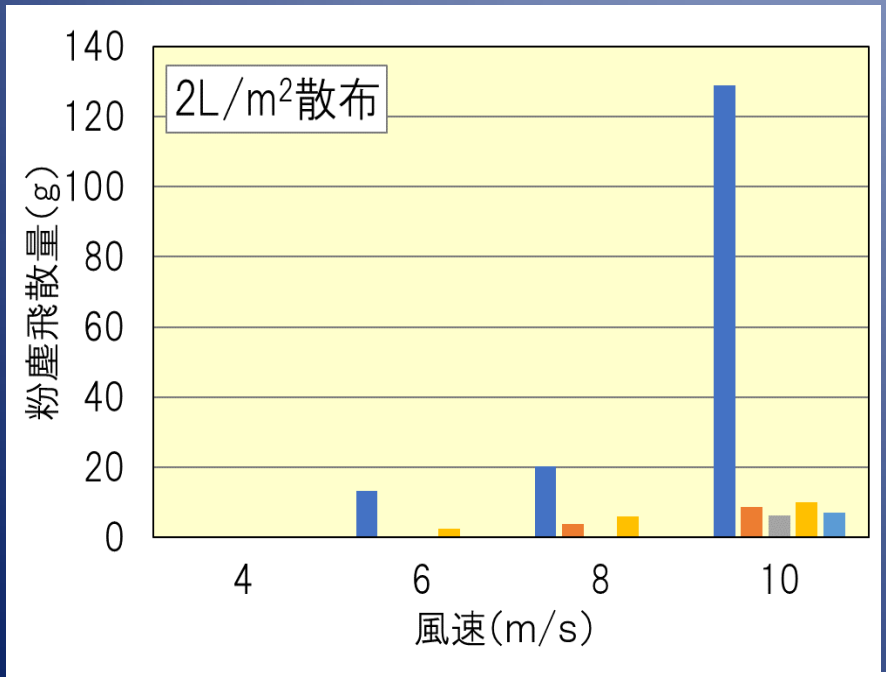
現場試験結果

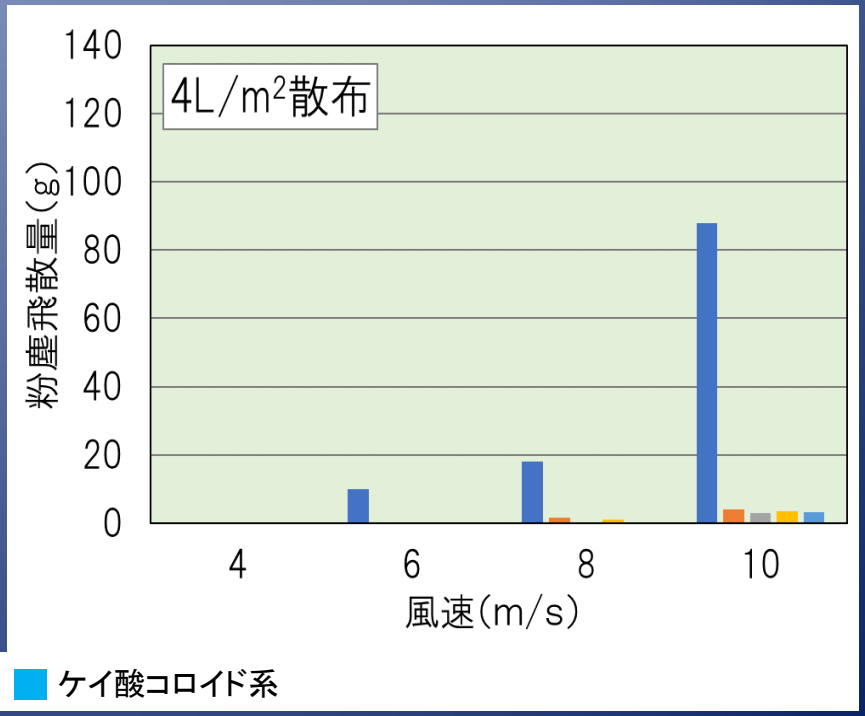
飛散抑制効果試験の例

実証事業以降の追加試験

土壌試料を詰めた容器に飛散防止材を2L/m^2、4L/m^{2}散布し、7日養生後に飛散量を測定







水散布　PIC　合成樹脂系　天然樹脂系　ケイ酸コロイド系

今後の方向性

・PICは作液に時間がかかる→現在も改良中
・中間貯蔵施設の粉塵対策では天然樹脂系材料を予定
・土砂飛散リスクのある現場で適用を進めていく

発塵状況（土木工事）