

【重点課題11】 3R・適正処理の徹底

『巨大地震に耐えうる環境安全で堅牢な 最終処分場の新技術開発に関する研究』

(課題番号 3K143001)

研究代表者

九州大学大学院工学研究院

教授 島岡 隆行

平成26年度～平成28年度

76,071千円

報告内容

1. 研究の背景及び目的

2. 研究の内容及び体制

3. 主な成果

テーマ(1)・(2) 固化体の材料及び性状

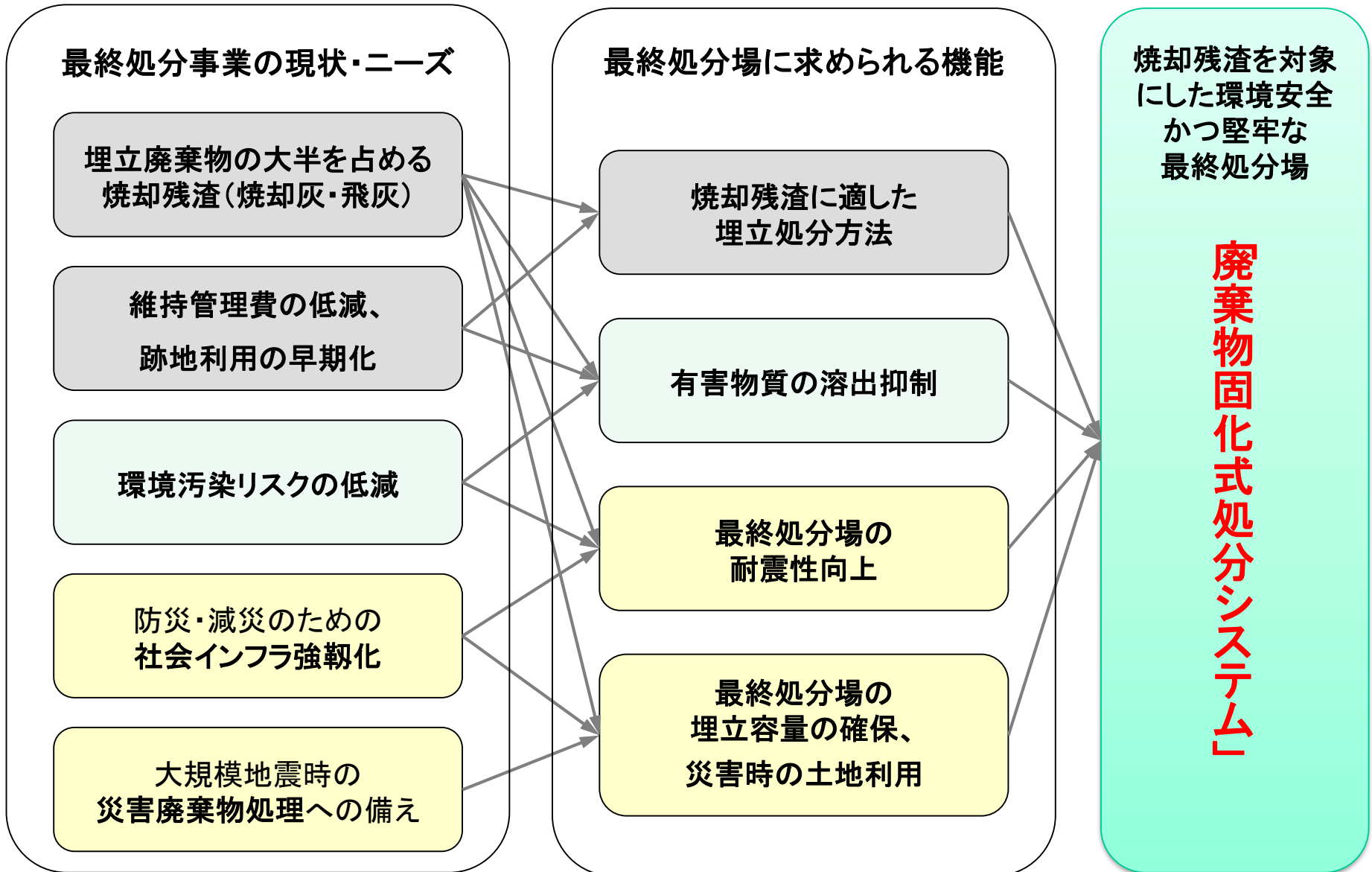
テーマ(3) 固化体の耐久性

テーマ(4) 固化式処分場の施工性

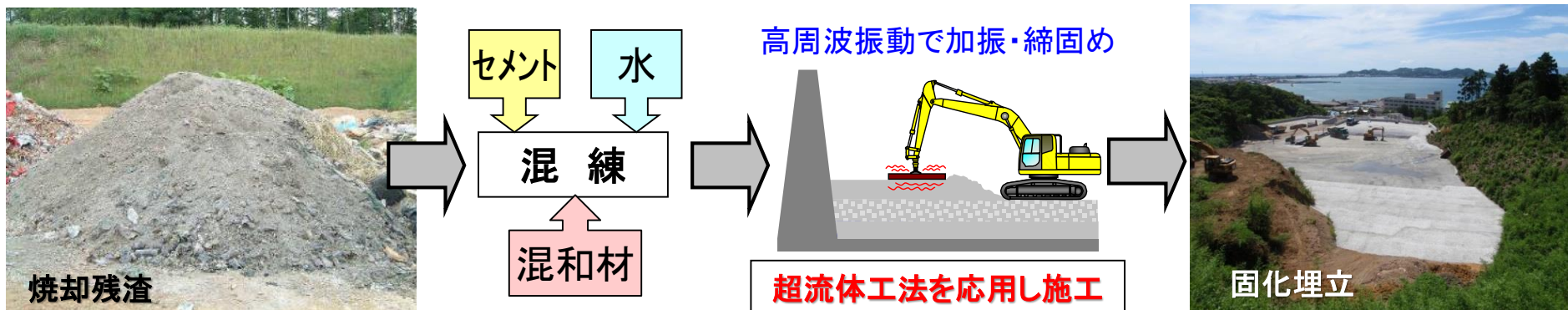
テーマ(5) 固化式処分場の耐震性

4. 総括

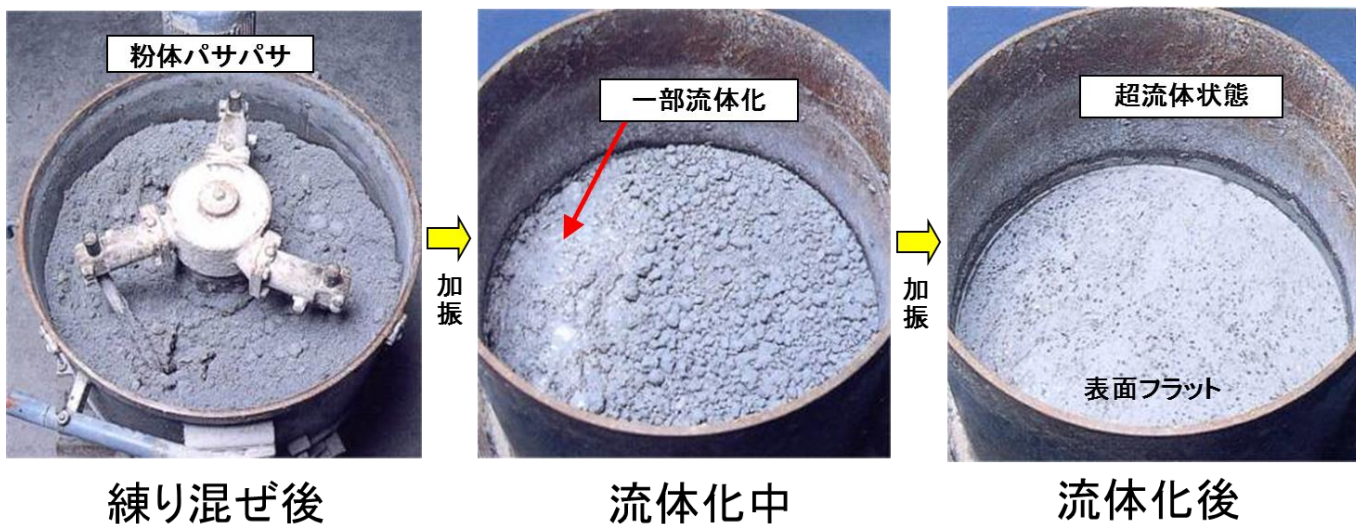
1. 研究の背景及び目的



廃棄物固化式処分システムとは？



超流体力法 とは、石炭灰にセメントおよび最適含水比近傍の水量を添加し、その粉体を加振することにより**流体化させる工法**である。

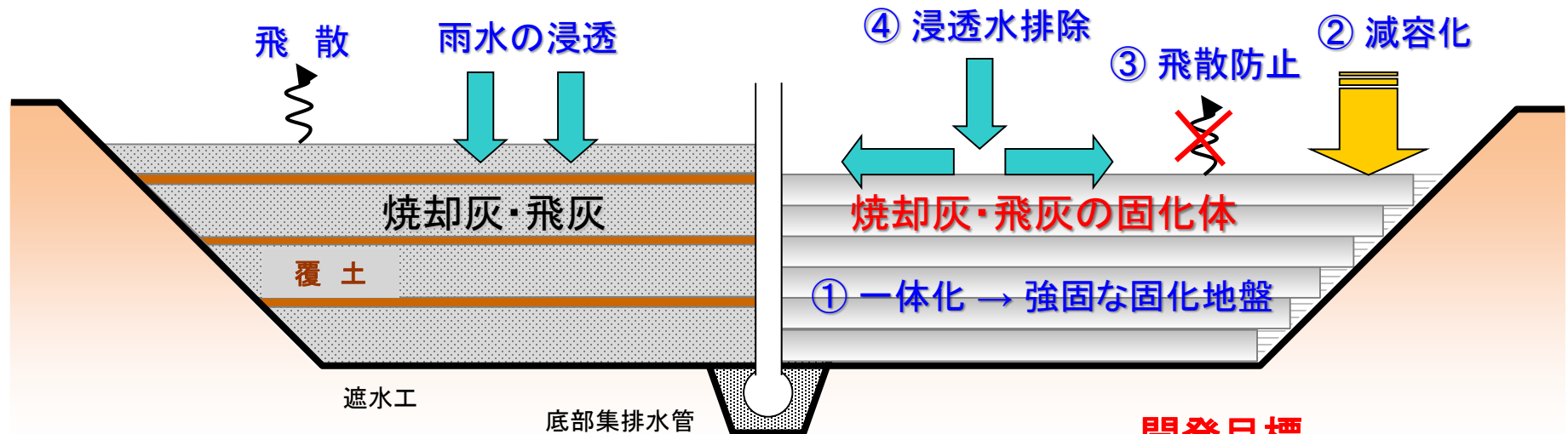


廃棄物固化式処分システムの4つの特徴と効果

従来型処分場

VS

廃棄物固化式処分場



開発目標

- ① 強固化
 - 耐震性の向上 → 環境汚染リスク低減 $> 5 \text{ N/mm}^2$
 - 重量構造物上載可 → 非常時の土地利用
- ② 減容化
 - 埋立容量の増加(延命化) $> 20\%$
- ③ 飛散防止
 - 覆土不要 → 埋立容量の増加
 - 環境汚染リスク低減
- ④ 浸透抑制
 - 有害物質の溶出抑制
 - 環境汚染リスク低減 $< \text{処分場排水基準}$
 - 維持管理費の削減
 - 跡地利用の早期化

2. 研究の内容及び研究体制

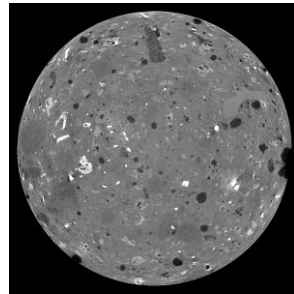
廃棄物処分場、焼却残渣の研究実績が豊富で各種分析装置を保有する『九州大学』と
石炭灰固化研究、施工実績が豊富な『安藤ハザマ』の共同研究体制

テーマ(1)・(2) 固化体の材料・性状 (H26-H28)

1. 焼却灰及び飛灰の物理化学的性状
2. 示方配合、セメント、混和材の添加等の検討
3. 固化体の圧縮強度、透水性
4. 固化体の有害物質の溶出特性
5. 固化体の孔隙構造



透水試験



マイクロX線CT画像

テーマ(3) 固化体の耐久性 (H26-H28)

1. 耐候性試験 (凍結融解、乾湿繰返し、屋外曝露)
2. 吸湿・潮解性試験 (性状変化、物質移動)
3. 腐敗性ガス発生状況



屋外曝露試験



吸湿・潮解性試験

テーマ(4) 固化式処分の施工性 (H27-H28)

1. 現場における配合決定手法
2. 現場密度試験による減容効果把握



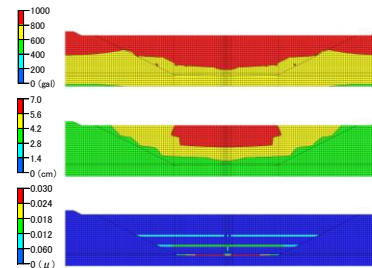
混練状況



現場密度試験(水置換法)

テーマ(5) 固化式処分場の耐震性 (H28)

1. 動的FEM解析による地震時挙動解析
2. 振動台実験



動的FEM解析



振動台実験

3. 主な成果

テーマ(1)・(2) 固化体の材料及び性状

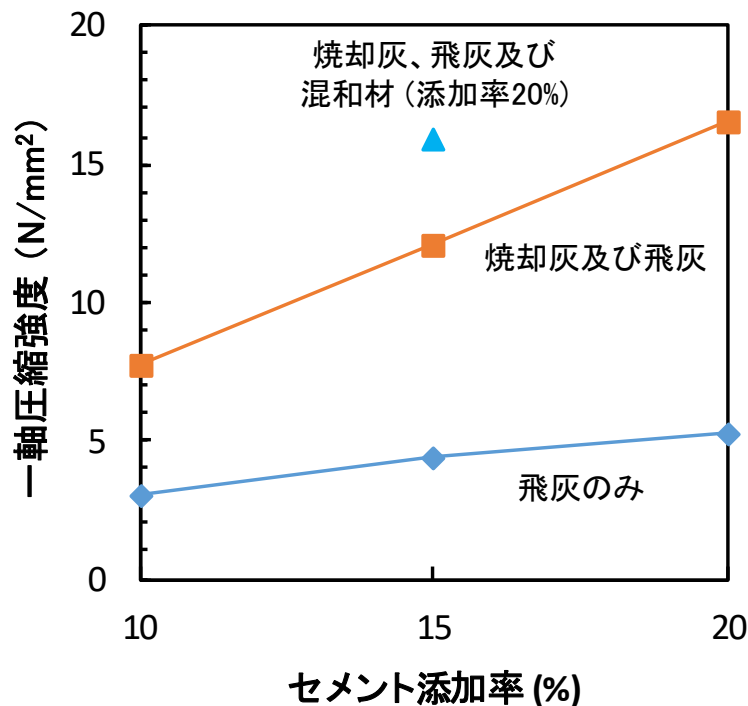
テーマ(3) 固化体の耐久性

テーマ(4) 固化式処分場の施工性

テーマ(5) 固化式処分場の耐震性

テーマ(1)・(2) 固化体の材料及び性状

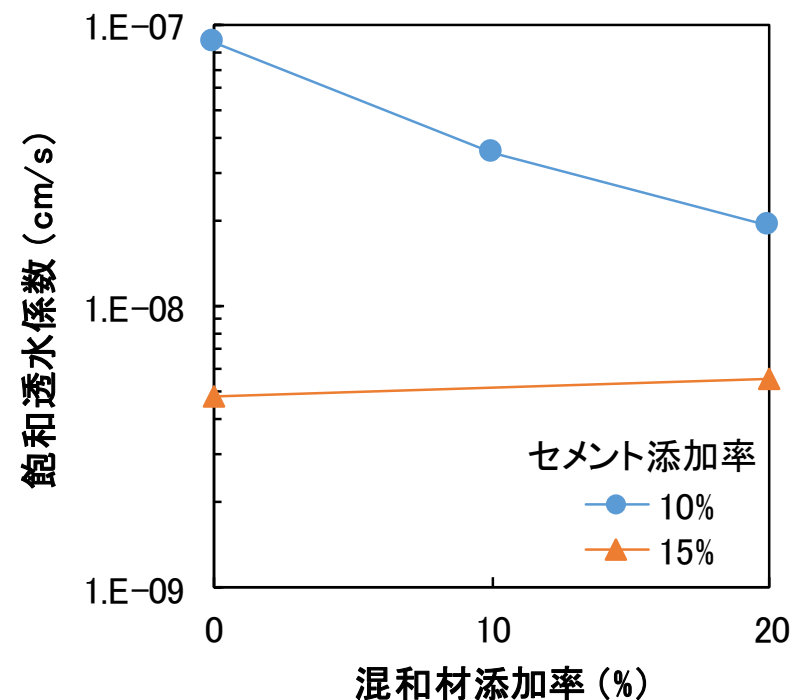
① 一軸圧縮強度



一軸圧縮強度と配合の関係

- 固化体の一軸圧縮強度は 10N/mm^2 程度(軟岩相当)であり、セメント添加率の調整により所定の強度の廃棄物埋立地盤の形成が可能である。

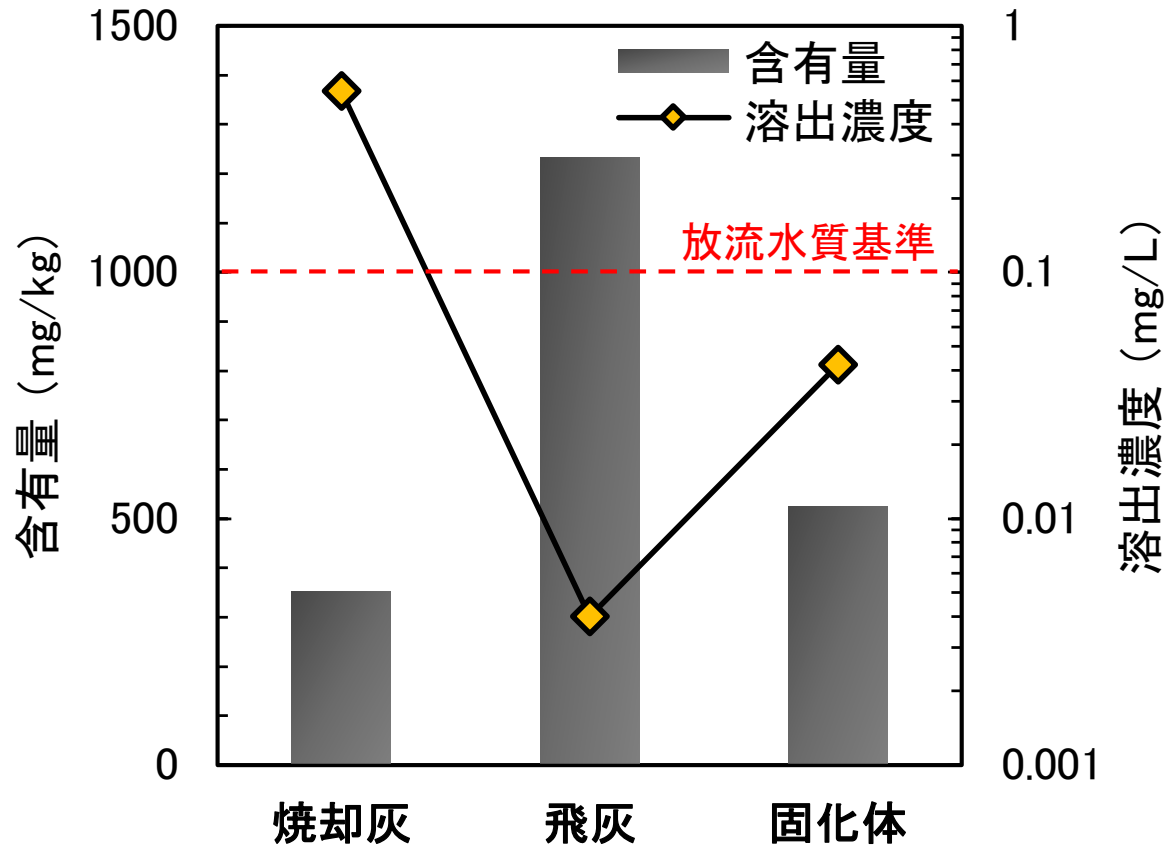
② 飽和透水係数



飽和透水係数と配合の関係

- 固化体は実質不透水 ($<10^{-7} \text{ cm/s}$) である。
- 雨水の埋立地盤内への浸透は極めて少なく、浸出水処理は主に埋立地盤の表面を流れる表流水となる。

③ 有害物質溶出特性



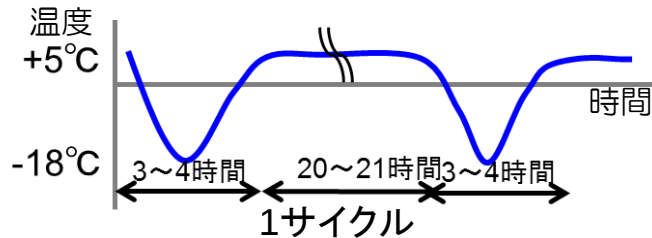
鉛含有量及び溶出濃度
(本研究で用いた全試料の平均値)

- 固化により、Pbの溶出濃度は**放流水質基準以下**に低下した(固化体の一部は土壌溶出量基準以下まで低下)。

テーマ(3) 固化体の耐久性

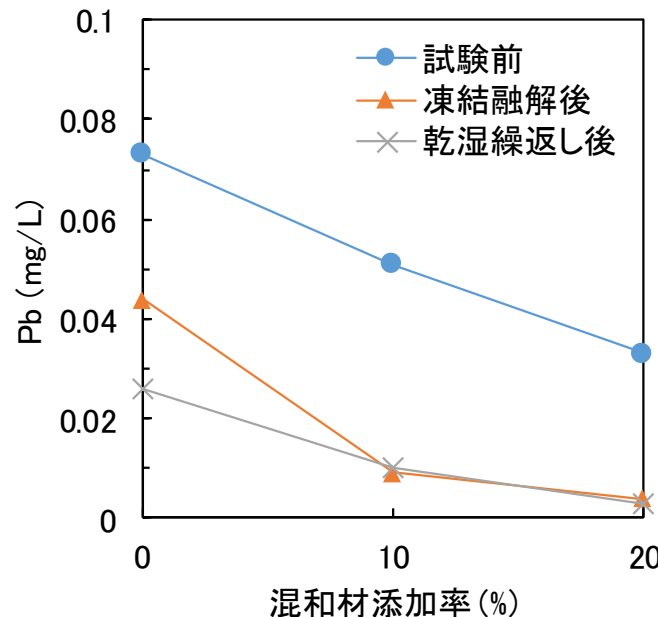
① 耐候性 (a) 凍結融解、(b) 乾湿繰返し

凍結融解試験 (JIS A1148)

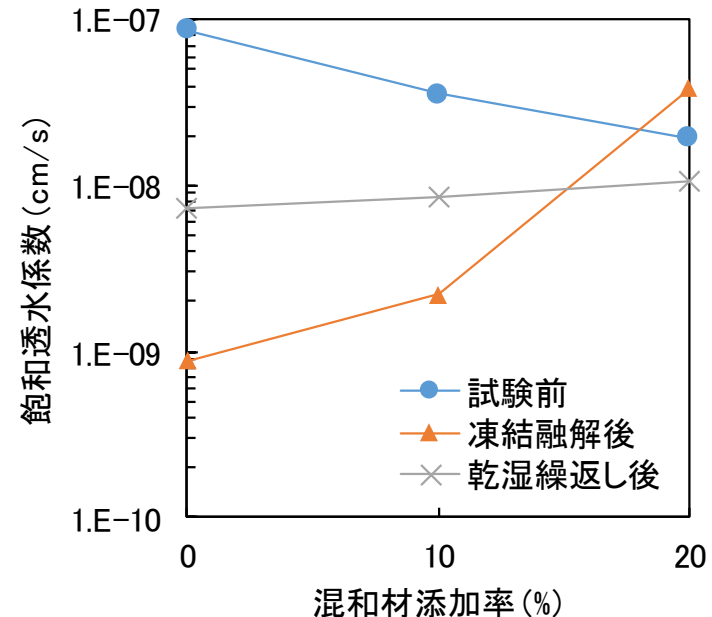


乾湿繰返し試験 (JCI規準集)

乾燥3日間(40℃)→湿潤1日間(20℃)→乾燥2日間→湿潤1日間を2サイクルとし、20サイクル行った。



試験前後の鉛溶出濃度



試験前後の飽和透水係数

- 凍結融解後及び乾湿繰返し後の固化体
- 鉛溶出濃度は放流水質基準以下 ($< 0.1 \text{ mg/L}$) を維持
 - 透水係数は実質不透水 ($< 10^{-7} \text{ cm/s}$) を維持

① 耐候性 (c) 長期屋外曝露

混和材
添加率

0 %



【配合】

- ・焼却灰: 飛灰 = 3:1
- ・セメント添加率10%

【供試体寸法】

- ・10 × 10 × 40cm

10 %



○ 表層剥離

○ クラック

20 %



28日目

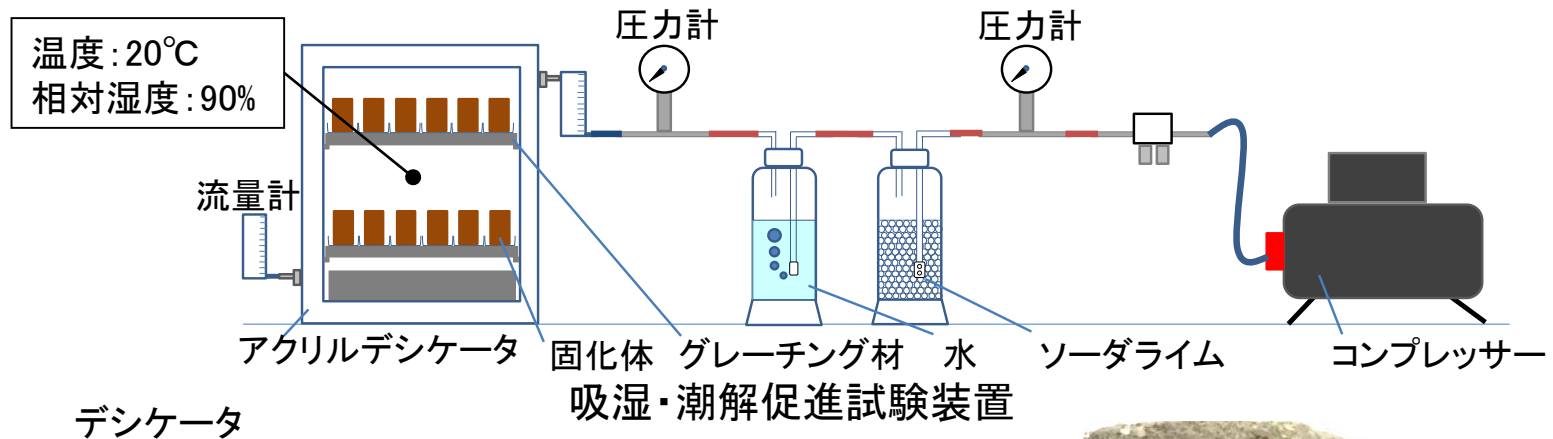
148日目

559日目

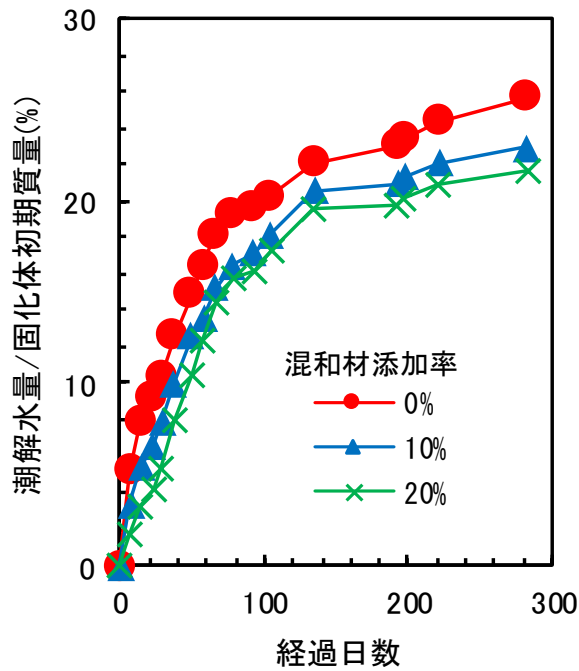
- ・ 供試体の一部に表層剥離及びクラックが発生した。
- ・ ポップアウト部には炭酸カルシウムの析出が見られた。

② 吸湿・潮解性

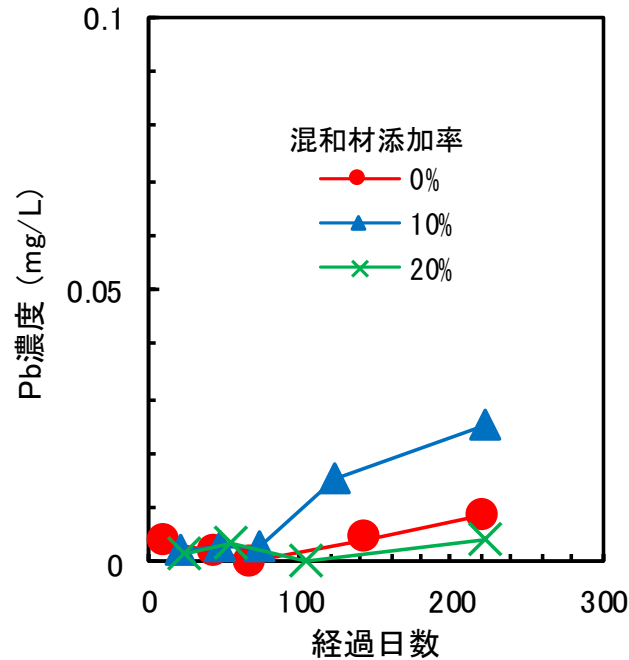
- 焼却灰及び飛灰は吸湿・潮解性を示す**潮解性塩類**(NaCl、KCl)を多く含有
- 固化体から**潮解水とともに有害な成分が流出**し、また固化体の**孔隙径の拡大**により、環境安全性及び固化体の強度が低下することが懸念される。



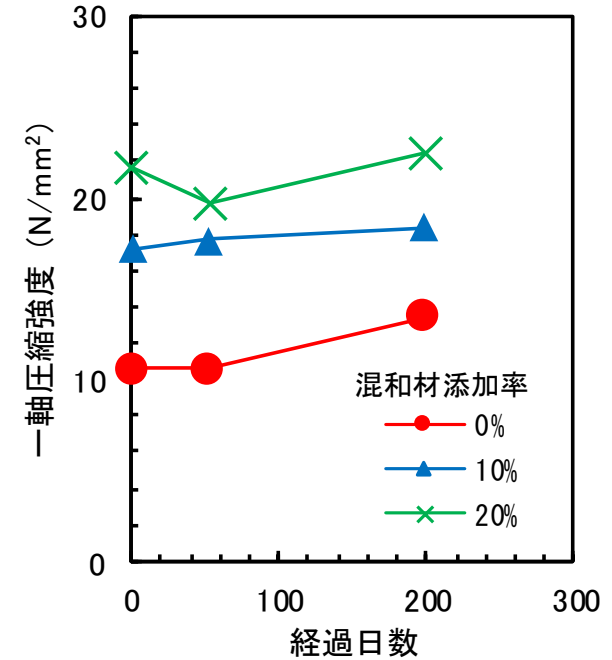
② 吸湿・潮解性



潮解水量



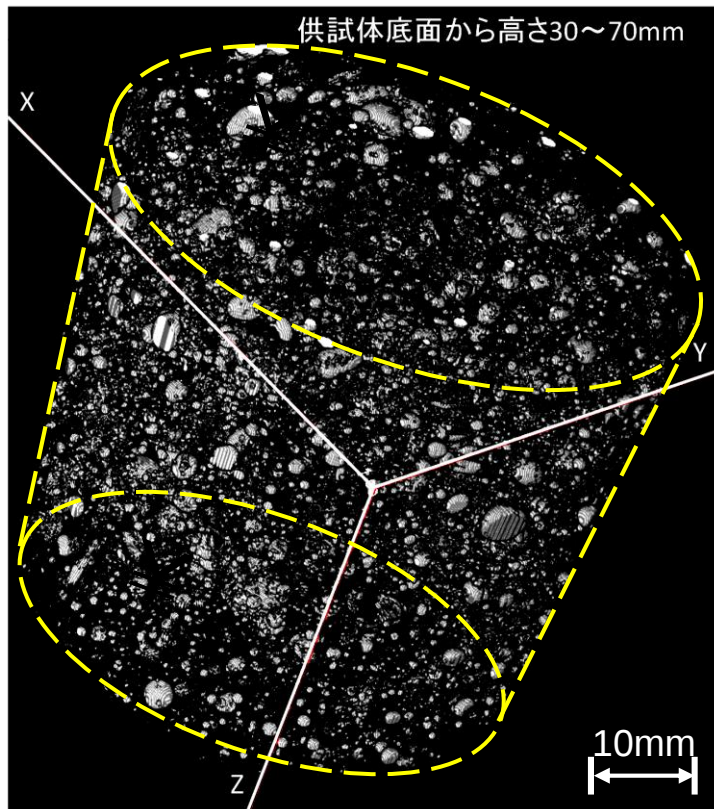
潮解水のPb濃度



一軸圧縮強度

- 潮解水量は固化体質量の2～3割程度であった。
- 水質は放流水質基準 (Pb<0.1mg/L) を満足した。
- 吸湿・潮解に伴う固化体の強度低下は認められなかった。

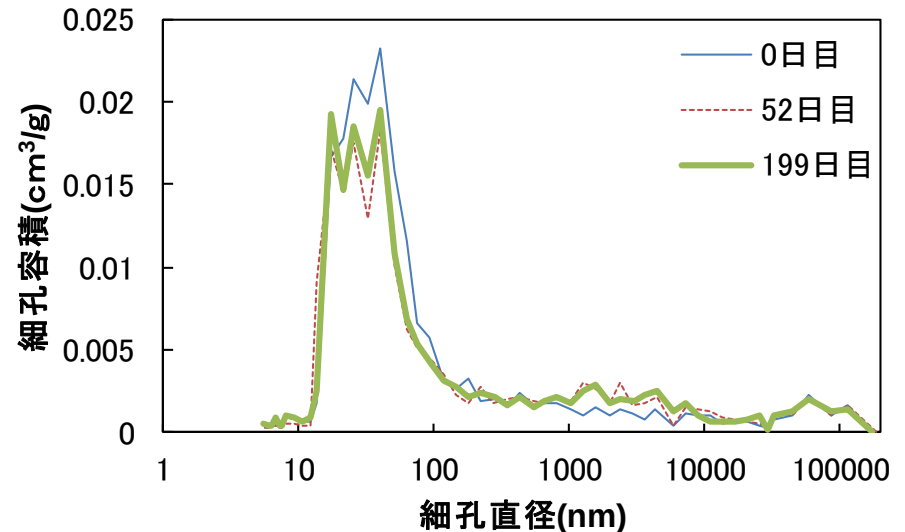
② 吸湿・潮解性： 吸湿・潮解に伴う孔隙変化



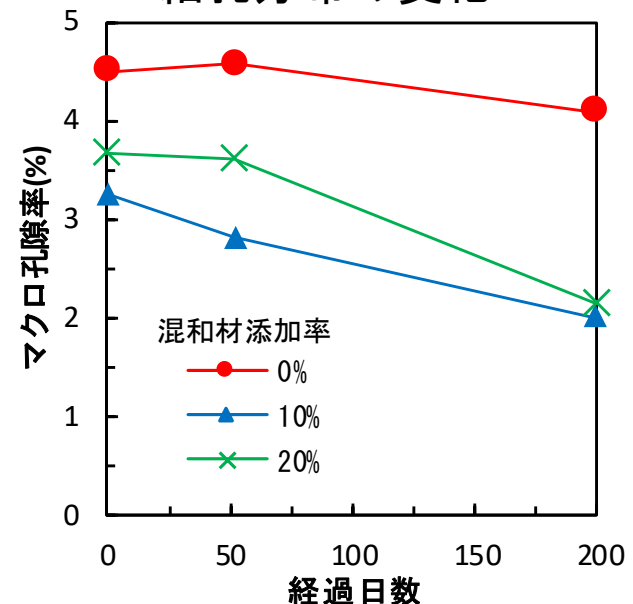
マクロ孔隙*の立体構造(マイクロX線CT法)

*孔隙径 $53\mu\text{m}$ (=画素サイズ)以上の孔隙

- 吸湿・潮解に伴い孔隙は減少した。
- 水みちの発生(透水性向上)も見られず、
吸湿・潮解に伴う悪影響は認められなかった。



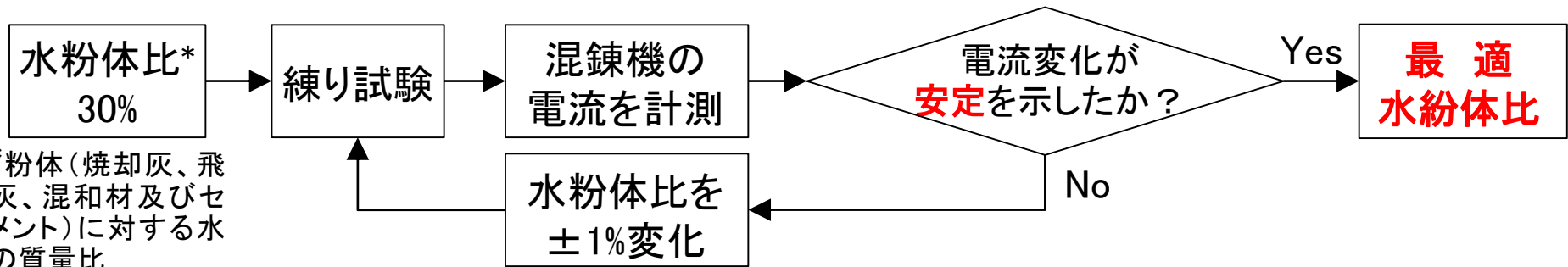
細孔分布の変化



マクロ孔隙*率の変化

テーマ(4) 固化式処分場の施工性

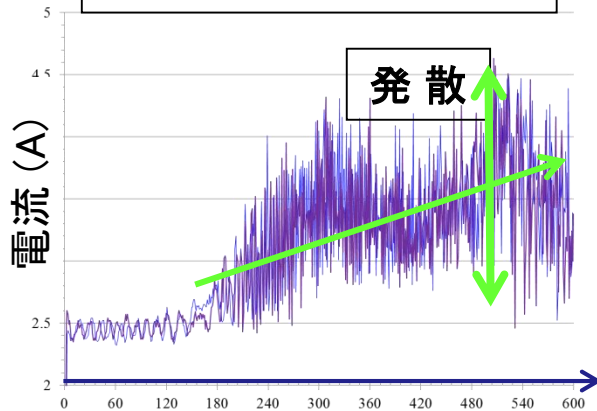
① 現場で最適な固化を可能とする最適水粉体比の決定手法



水粉体比: 28 %



施工性 ○、不透水性 △

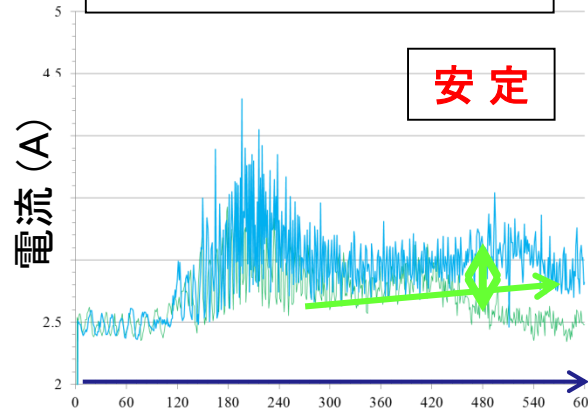


時間

水粉体比: 30 %



施工性 ○、不透水性 ○

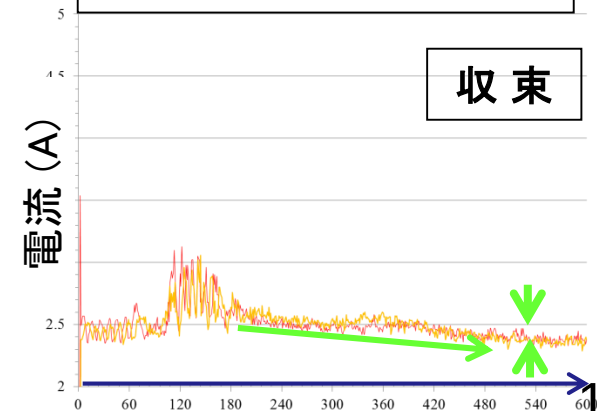


時間

水粉体比: 32 %



施工性 △、不透水性 ○



時間

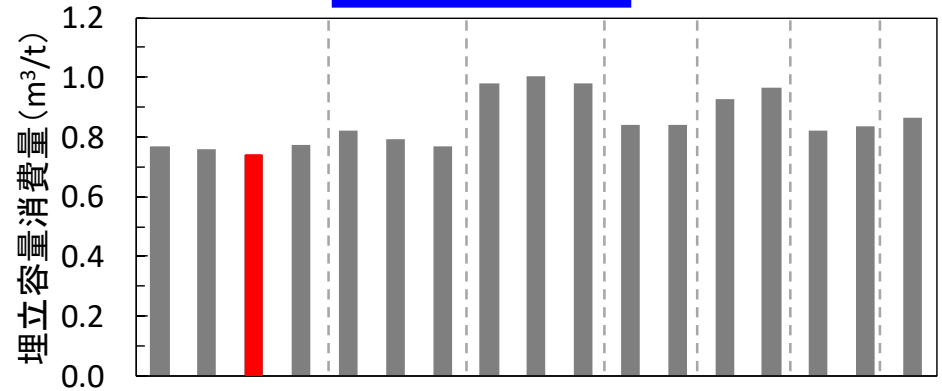
② 減容効果

従来型



埋立焼却残渣の現場密度: 1.28 t/m^3

固化式

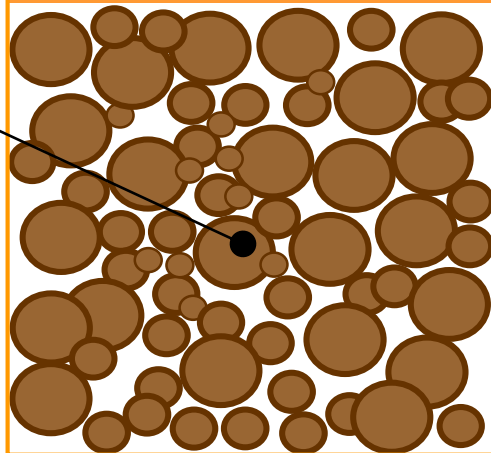


固化式処分の埋立容量消費量*

*埋立容量消費量:
焼却残渣単位質量の埋立
処分に要する埋立容量

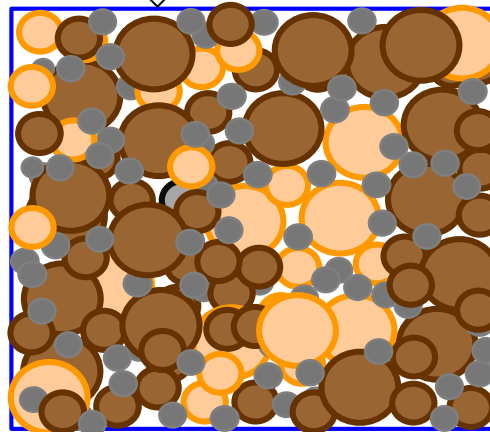
覆土(埋立容量の20%)

焼却残渣の
埋立容量
消費量*
 $0.78 \text{ m}^3/\text{t}$
($=1/1.28$)



埋立容量消費量*: $0.98 \text{ m}^3/\text{t}$

24% (最大)



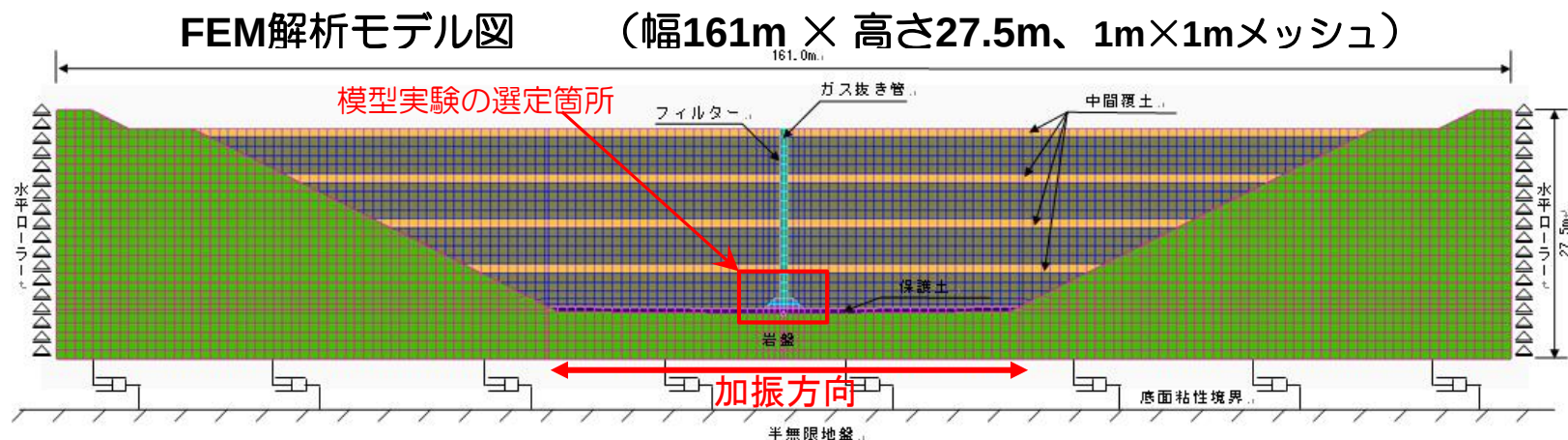
$0.74 \text{ m}^3/\text{t}$ (最小)

● 焼却灰
● 飛灰
● セメント

- 固化式処分の適用により埋立容量の消費を**最大約24%削減**
- 供用期間を**約1.3倍に延命化**できる。

テーマ(5) 固化式処分場の耐震性

① 動的FEM解析



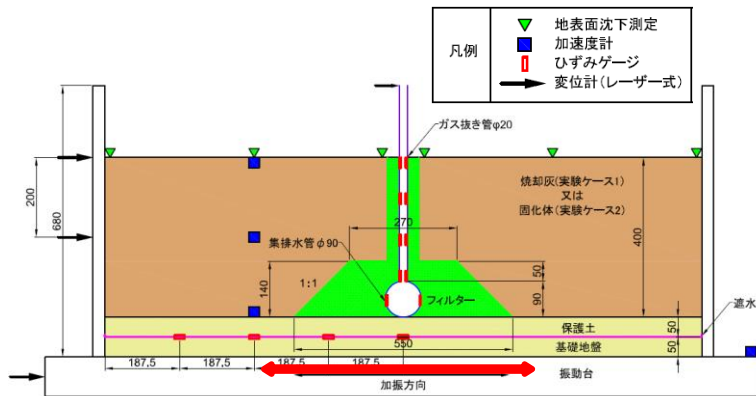
動的FEM解析結果の例 (入力地震動：最大 818gal 兵庫県南部地震 JMA神戸NS波形)

	従来型処分場	固化式処分場
加速度	最大996gal 600~800gal	↓ 803gal 600~800gal 803gal ↓
変位	最大6.3 cm	最大 4.2 cm
せん断ひずみ	最大 0.03 μ	最大 0.02 μ (保護土)

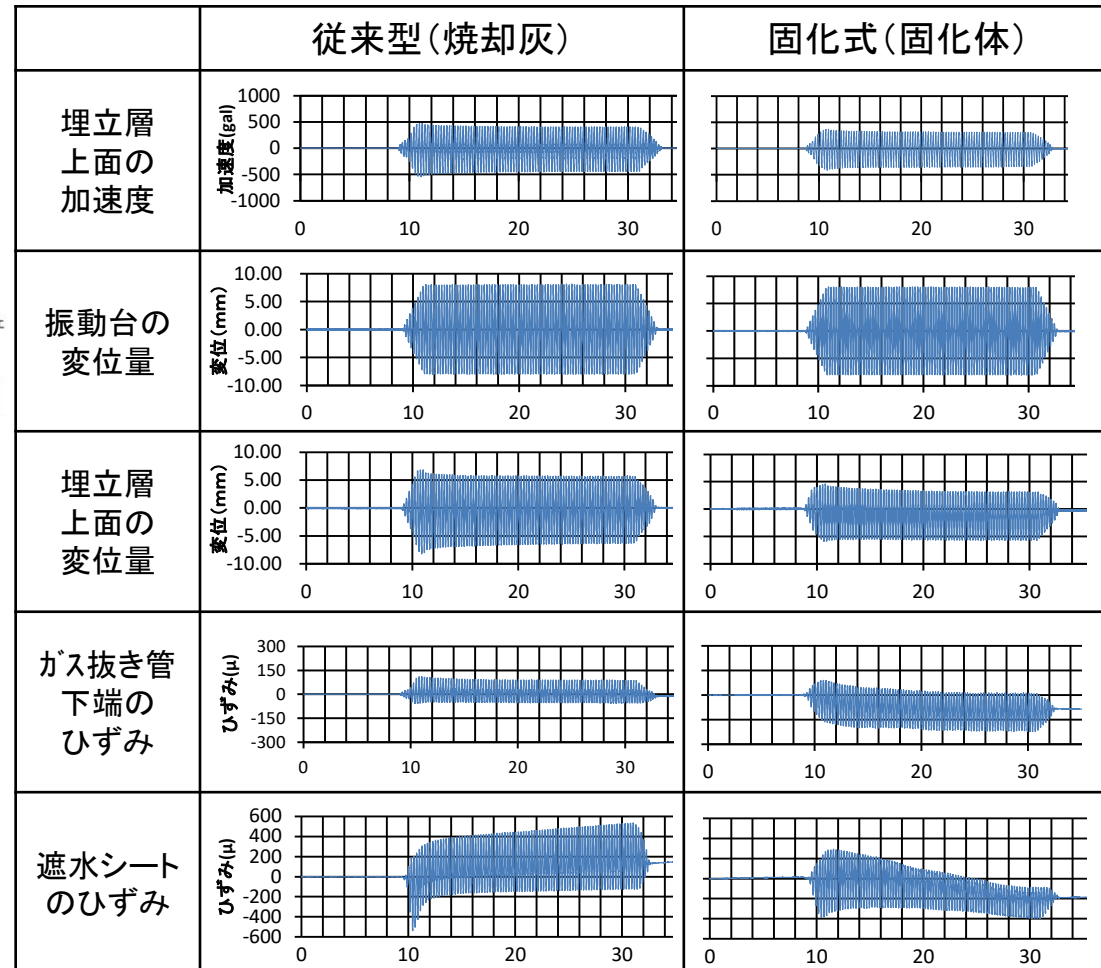
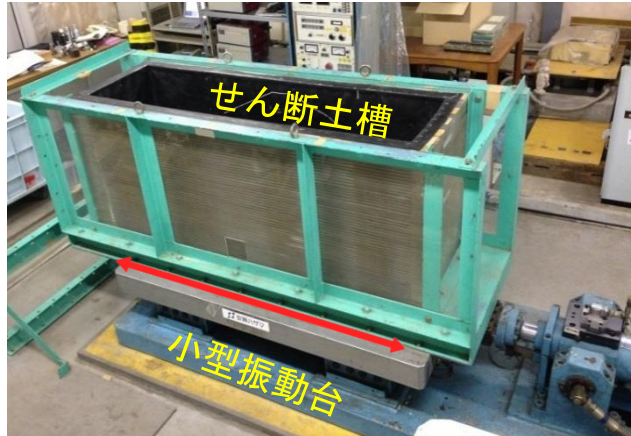
② 振動台実験

処分場の部分模型 (1/10スケール)

代表的な実験結果 (500 gal, 4Hz, 20秒加振)



長さ1.5m × 奥行0.4m × 固化体高さ0.4m



実験結果

- (1) 固化式は、埋立層上面の加速度および変位量が従来型に比べて小さく、地震耐性に優れている。
- (2) 一方、固化式は、豎型ガス抜き管 (特に集水管との接合部) に焼却灰より応力がかかるが、レベルは小さい。
- (3) 遮水工 (遮水シート) への影響には大差がないが、固化式の方が従来型に比べ若干ひずみが小さい。

4. 総 括

- (1) 焼却灰及び飛灰の固化体は、①軟岩相当の強度を有し、②実質不透水であること、③固化により有害物質の溶出を大幅に抑制できることを明らかとした。
- (2) 固化体の特性は、④固化体が劣化しても保持され、⑤吸湿・潮解が固化体の強度、⑥環境安全性に及ぼす悪影響は認められなかった。
- (3) 様々な焼却残渣に対して、⑦最適な固化を可能とする新たな配合決定手法を見出し、⑧固化式処分の減容効果、⑨固化式処分場の地震時挙動も明らかとした。

以上のように、固化式処分場は環境安全かつ堅牢であるとともに、処分場の延命化を図ることもでき、実用化が期待される。

ご清聴、ありがとうございました。