

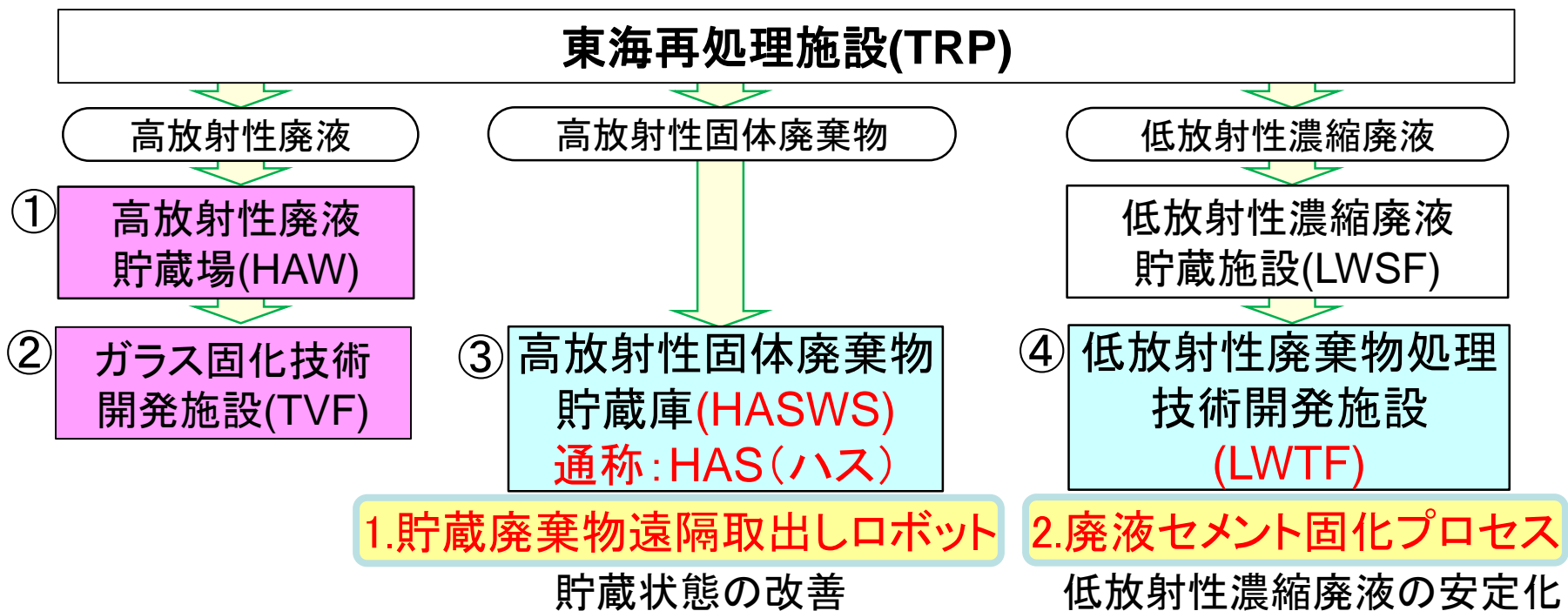
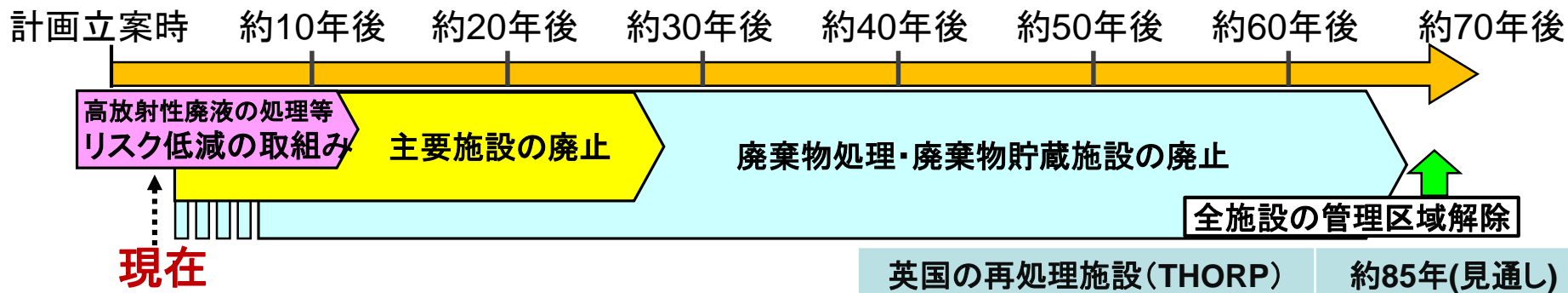
# 東海再処理施設における 廃止措置技術の確立に向けて

## 貯蔵廃棄物遠隔取出しロボットと 廃液セメント固化プロセス

再処理廃止措置技術開発センター  
環境保全部 環境管理課  
マネージャー 菅谷 篤志

## — 廃止措置の進め方 —

保有する放射性廃棄物に伴うリスクの早期低減を当面の最優先課題とする。

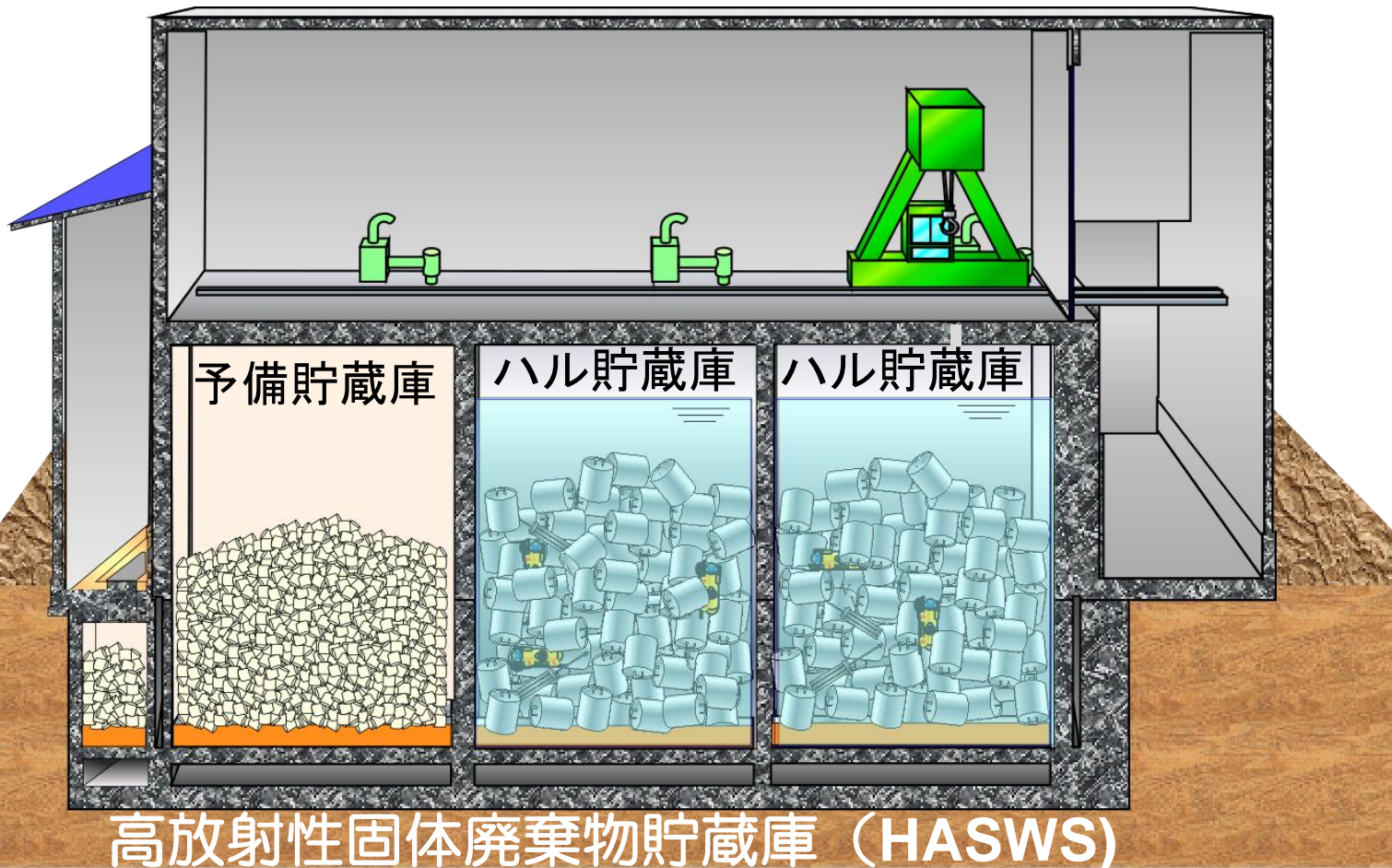


# 1.貯蔵廃棄物

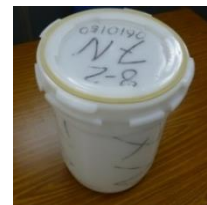
## 遠隔取出しロボット

高放射性固体廃棄物貯蔵庫  
(HASWS:ハス)

# 高放射性固体廃棄物貯蔵庫 (HASWS)の概要



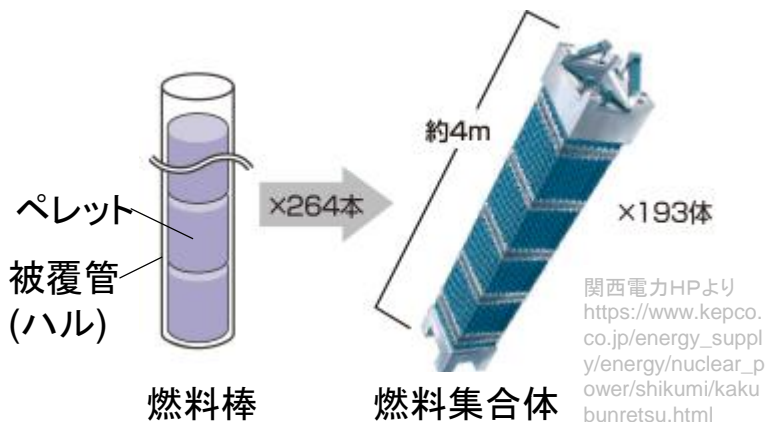
ハル缶



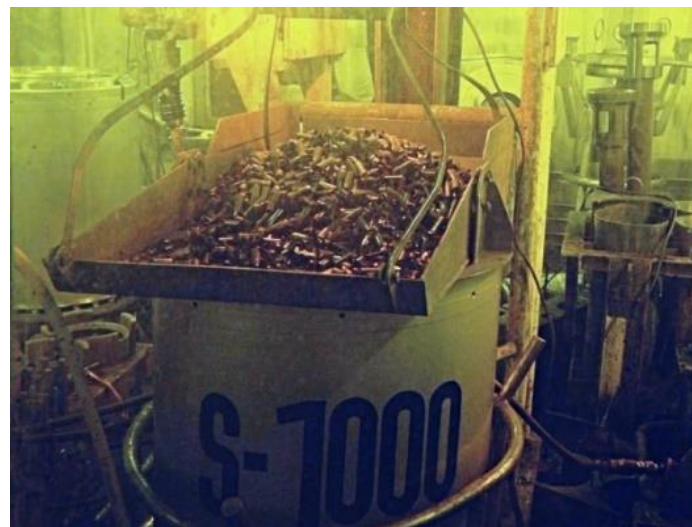
分析廃棄物  
用容器

ハル缶の取出しを例に取出しロボットを紹介。

# ハル缶の中身及びハル缶の貯蔵方法



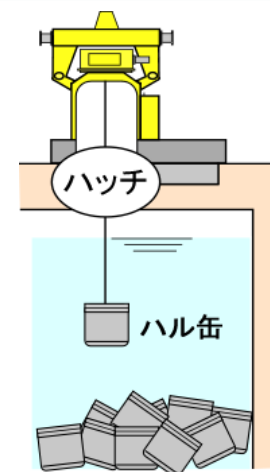
使用済核燃料を再処理  
(昭和52年～平成19年)



被覆管(ハル)をハル缶に封入



ハル缶をキャスクに収納してHASWSに輸送



ハル缶を貯蔵  
(昭和52年～平成6年) 4

# なぜ廃棄物遠隔取出しロボットの開発が必要か



最大重量1トン



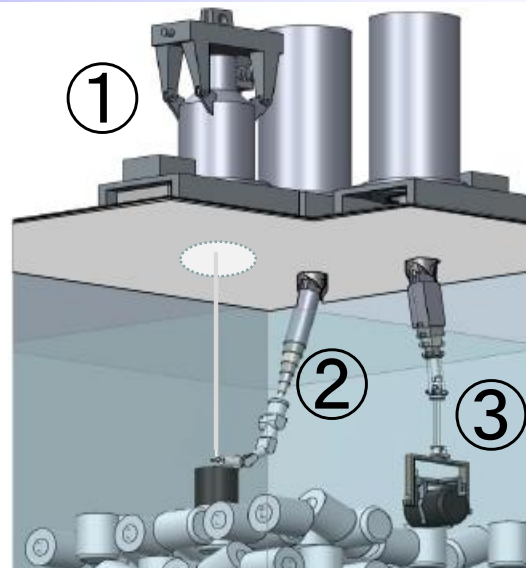
不規則な貯蔵状態



貯蔵時のワイヤー



ハル缶上部のハンドル



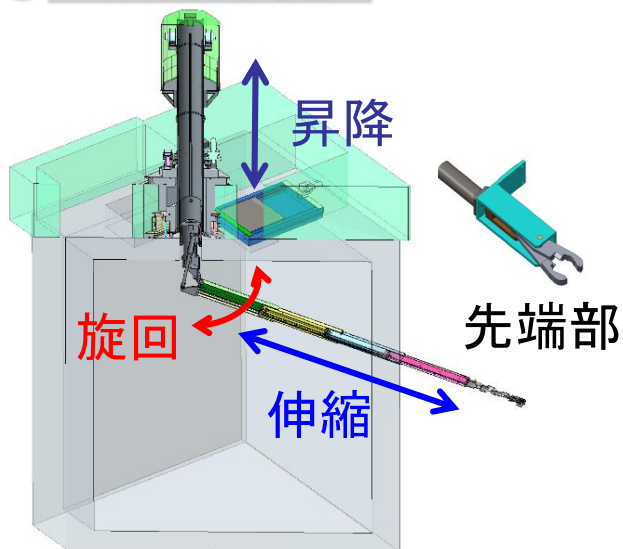
## ① 廃棄物吊上げ・移送装置



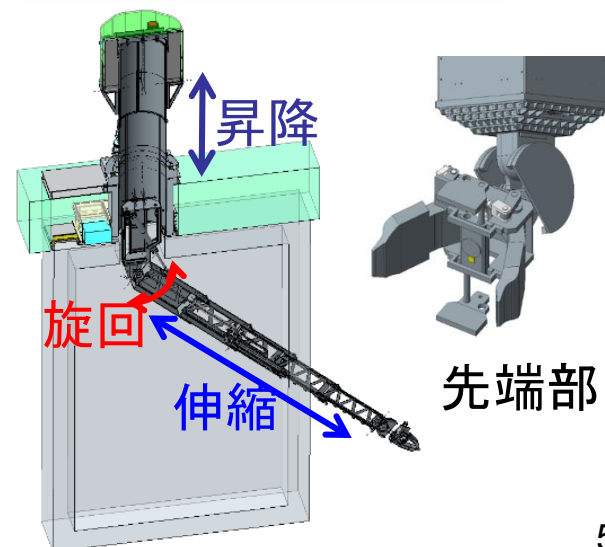
ハル缶

吊具

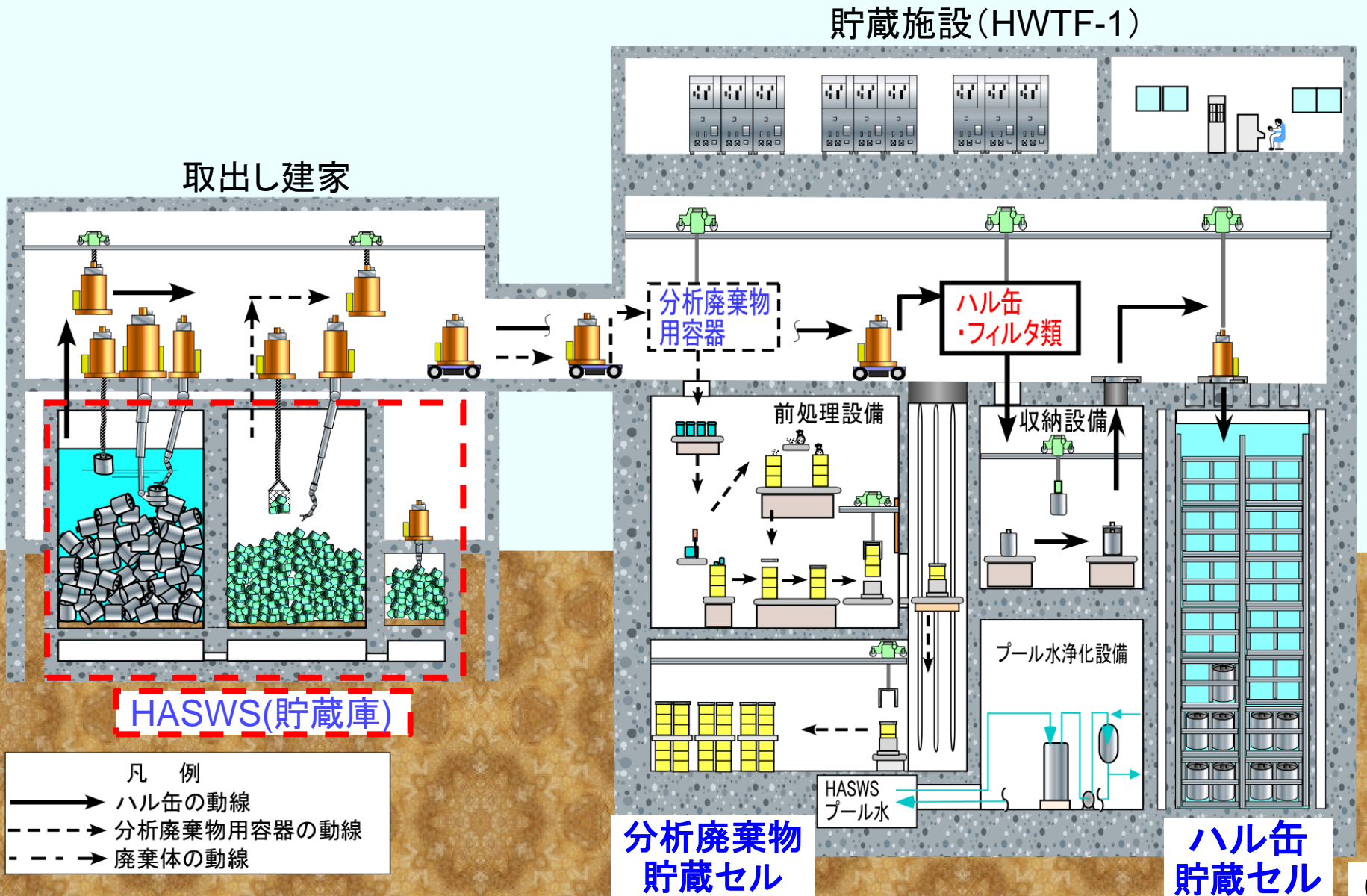
## ② 遠隔誘導装置



## ③ 廃棄物姿勢調整装置



# 取出し建家及び新規貯蔵施設 (HWTF-1)の概念図



# HASWSからの廃棄物取出し・廃棄体化处理の概念

## フェーズI

- ・ 取出し装置の開発
- ・ 取出し装置を設置するための建家の建設
- ・ 新規貯蔵施設 (HWTF-1) の建設
- ・ HASWSの廃棄物を取り出し、HWTF-1で貯蔵

## フェーズII

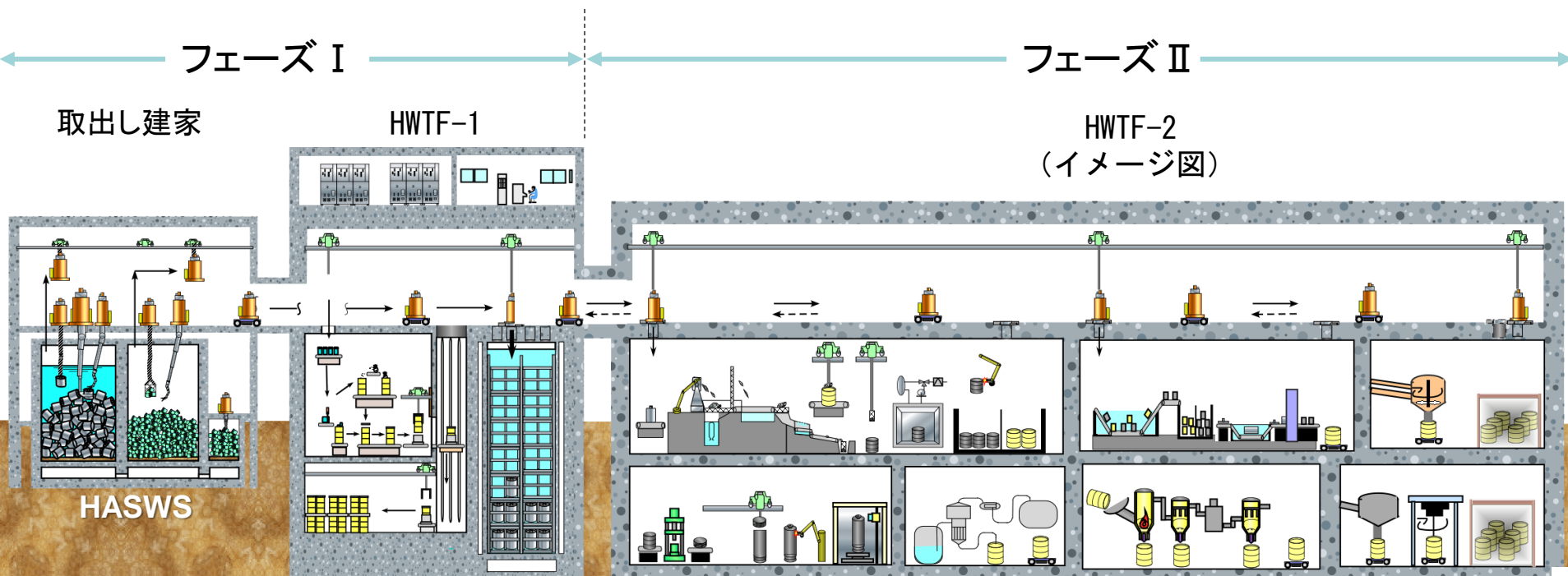
- ・ 新規処理施設 (HWTF-2) の建設
- ・ 廃棄物の廃棄体化处理



モックアップ水槽

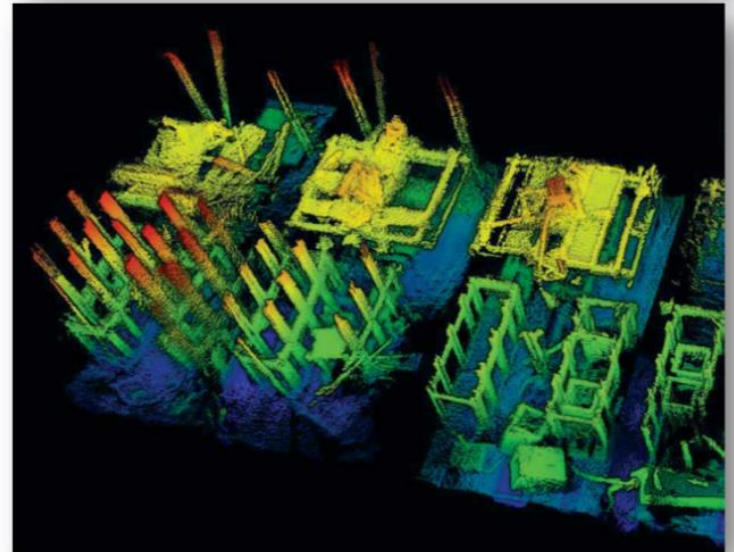
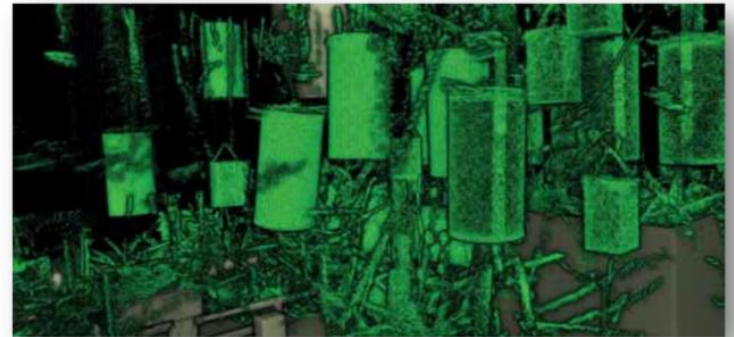


水槽への水張状況





英国での先行事例を調査している。



ROV(水中作業用の小型ロボット) 超音波可視化システムの適用例

(出典; James Fisher Nuclear  
<https://www.jfnl.co.uk/media/videos/> )

(出典; Sellafield magazine issue6. 2017 Feb,  
<https://www.gov.uk/government/publications/sellafield-magazine-issue-6P12-P15>)

# 2. 廃液セメント固化 プロセス

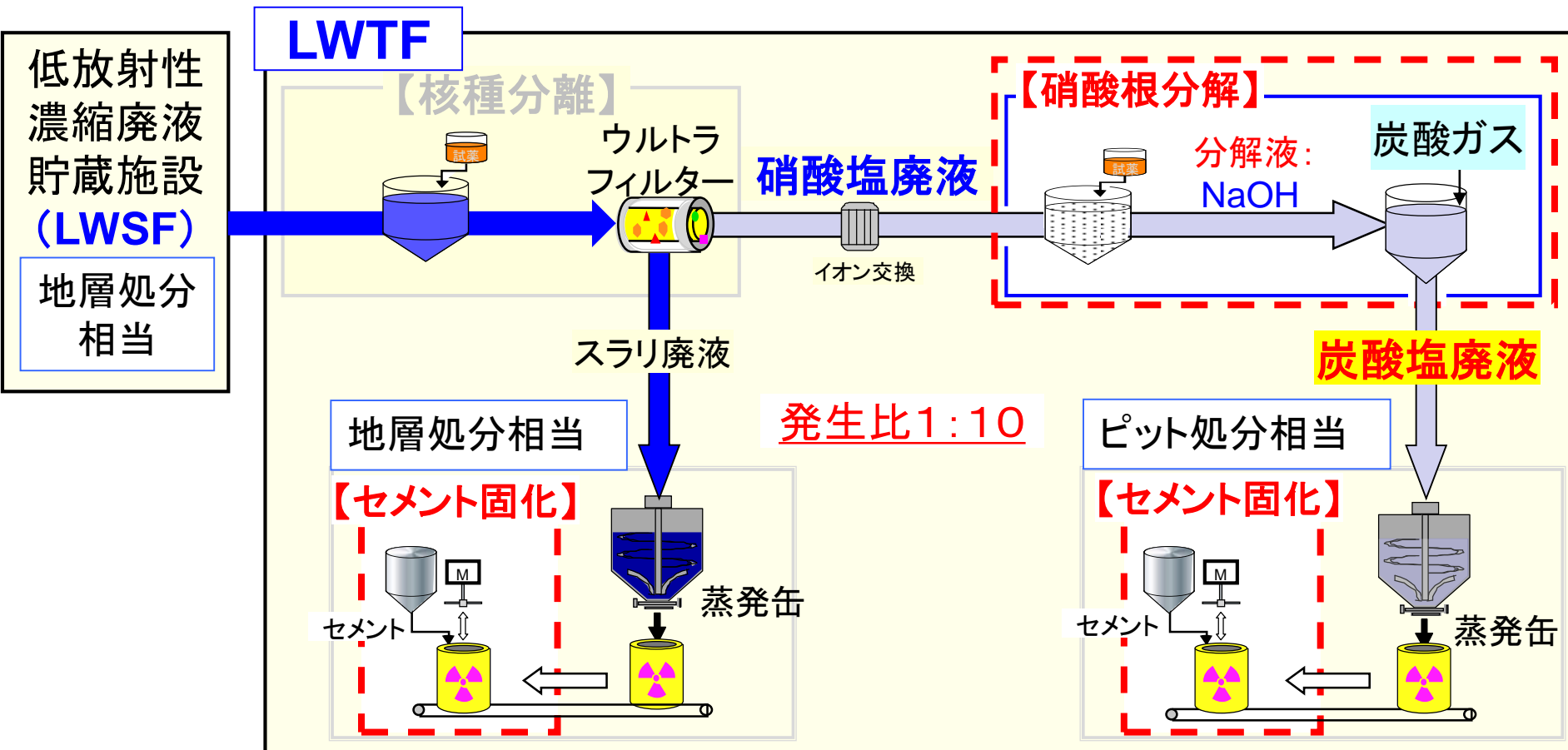
低放射性廃棄物処理  
技術開発施設(LWTF)

# LWTFの目的及びセメント固化設備の設置計画

- ① 低放射性濃縮廃液を**安定な固化体とする**。
- ② 地層処分相当の廃棄物量を低減する。
- ③ 再加工できる**蒸発固化体\***を作製する設備。
- ④ **硝酸根分解設備及びセメント固化設備の追加設置。**

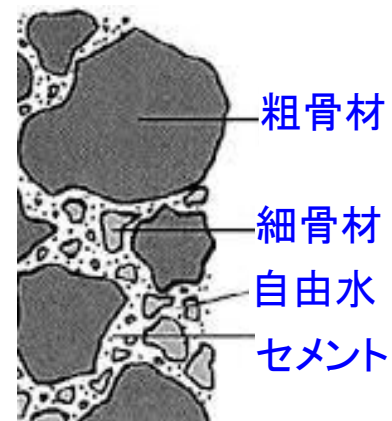
## \*【蒸発固化体】

廃液にホウ酸を添加し濃縮。  
廃液が冷える際にホウ酸が  
水を吸うことで固型化する。

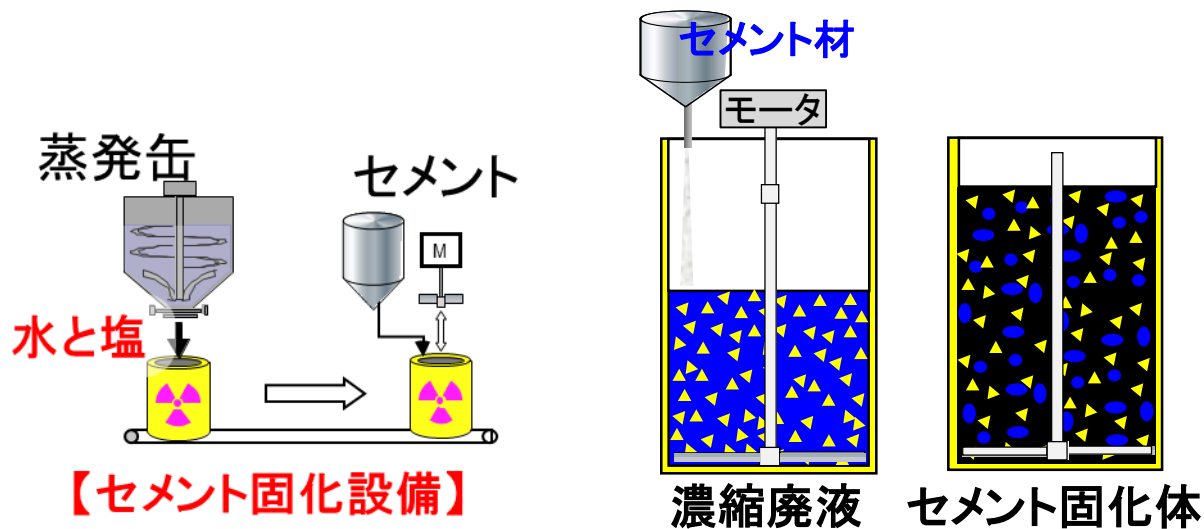


# セメント固化の概要

- ✓一般的なセメント；  
骨材を混ぜ込み型枠に入れて固める。
- ✓LWTF；  
析出した塩（炭酸塩）と放射性物質を骨材の代わりに混ぜ込みドラム缶の中で固める。
- ✓セメントは、セメント材の化学反応で固まる。
- ✓水に溶けた化学反応物質（炭酸塩等）がセメント材の化学反応に悪影響しないことを試験で確認する必要がある。



一般的なセメントの断面図  
結合したセメントで骨材を取り囲んでいる。



- ▲ 析出塩と放射性物質
- 自由水
- セメント  
(水+セメント材)
- セメント固化体  
(水+セメント材  
+ 塩+放射性物質)

# 処分できるセメント固化体を作るために確認すること。

確認項目	目的	試験目標値
<b>固型化材料</b>	適切な固型化材料が使用されていることを確認するため。	JISに定めるセメント又はこれと同等以上のセメントを使用する。
<b>圧縮強度</b>	処分場で重ねたときにつぶれないようにするため。セメントが適切に固まっていることを確認するため。	<b>一軸圧縮強度：8MPa以上</b>
<b>練り混ぜ・混合</b>	固化体が均一で品質にばらつきが無いことを確認するため。	<b>流動性を確認する。* (テーブル上で250mm以上)</b>
<b>有害な空隙</b>	処分場で重ねたときにつぶれないようにするため。	上部空隙が30%を超えないこと。

## 開発の流れ

### ①ビーカー試験

- ・固型化材料を選定する。
- ・作製条件を調査する。

### ②実規模試験(200ℓドラム缶)

- ・ビーカー試験の結果を実規模で実証する。
- ・LWTFでの作製条件を調査する。

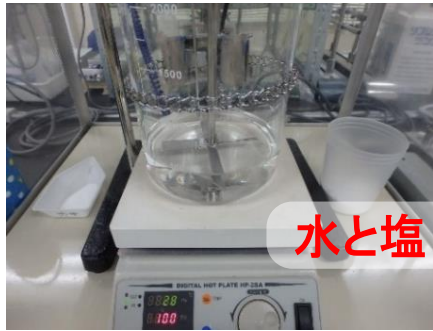
## \*流動性の確認

滑らかに混ぜられないと不均一になる。  
テーブルの上で広がりが大きいほど滑らか。



# 炭酸塩廃液のビーカー試験

## (試験の流れと固型化材料選定試験)



水と塩

模擬廃液の調整



セメント材の投入



小型ミキサーでの混練



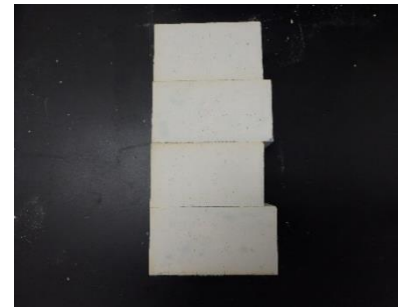
流動性の確認



型枠への流し込み



1日保管



脱型



圧縮強度の測定

### 【固型化材料を選定する試験】

JISセメント(普通ポルトランドセメント(OPC) と 高炉セメント)を試験。

結果：OPCではうまく固まらなかった\*。

高炉セメントは固まったが、  
強度にやや課題が残った。

\*OPCの主成分はカルシウム。カルシウムと炭酸塩の反応により、OPCの硬化に必要なカルシウムが不足したことが原因。

⇒高炉セメントについて改良を進めることとした。

# 炭酸塩廃液のビーカー試験 (高炉セメントの改良試験)

## ➤ JISの高炉セメントとは？

普通ポルトランドセメント(OPC)と高炉スラグ微粉末(BFS\*)の混合セメント  
 ・JISでは、**BFS**の混合率により、A種、B種、**C種**に分類されている。

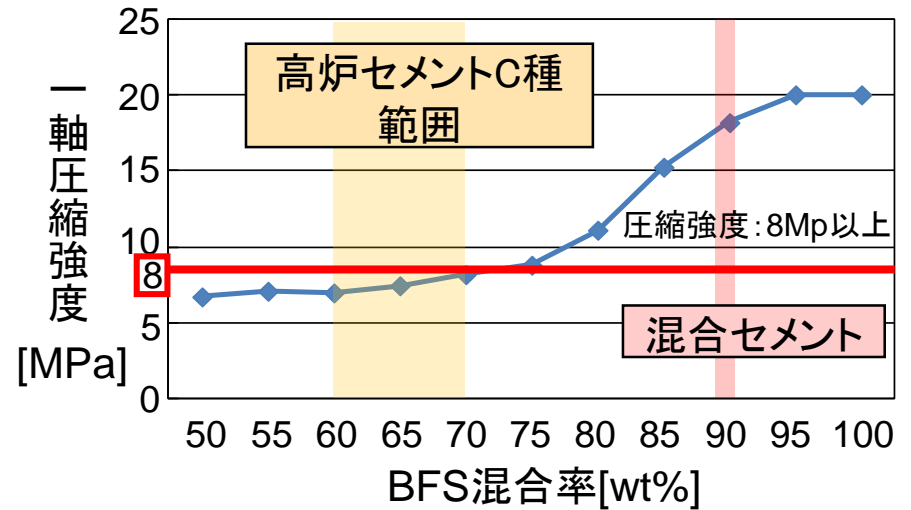
A種は 5wt%超～30wt%以下  
 B種は30wt%超～60wt%以下  
**C種は60wt%超～70wt%以下**

A種	OPC	BFS
B種	OPC	BFS
C種	OPC	BFS

\*BFSは、製鉄所の高炉から溶融状態で取り出されたスラグを急冷したものを粉砕してつくる微粉末。OPCのアルカリ刺激で硬化する潜在水硬性を有する。

## 【固型化材料を選定する試験】

通常の高炉セメントよりも更に高炉スラグ(BFS)を増やした配合で試験を実施。



普通ポルトランド(OPC)を含みつつ、十分な強度が得られる条件として、**BFSの混合率が90%**となる固型化材をLWTFで採用予定。

LWTFで採用  
 予定の配合

OPC	BFS
-----	-----



模擬廃液の調整



混練



流動性の確認



硬化の確認



コア採取状況



コアサンプル



圧縮強度測定



実規模混練装置

### 固化可能範囲の調査

実際の運転では、**廃液内の塩分量**の測定や**蒸発缶の蒸発量**の測定で**運転誤差**が生じる。

測定に誤差があっても良好に固化できるように、固化可能範囲を調査。



# 炭酸塩廃液の実規模試験結果 (固化可能範囲調査結果)

セメント固化体  
設定重量比

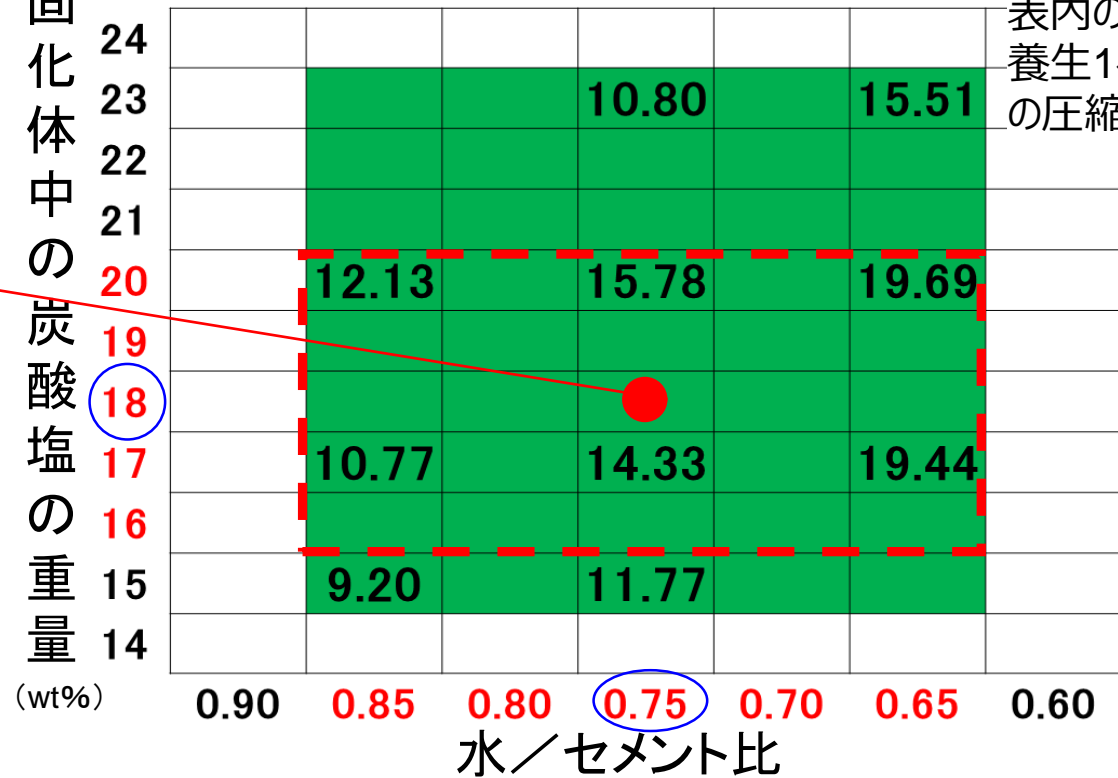
炭酸塩	18wt%
水	35wt%
セメント	47wt%

水／セメント比  
 $35 / 47 = 0.75$

水／セメント比は、  
強度に影響する。

固  
化  
体  
中  
の  
炭  
酸  
塩  
の  
重  
量  
比  
(wt%)

● 設定値    ▭ 運転誤差範囲  
■ は良好な固化が作製できる範囲



表内の数値は、  
養生1ヶ月目  
の圧縮強度(MPa)

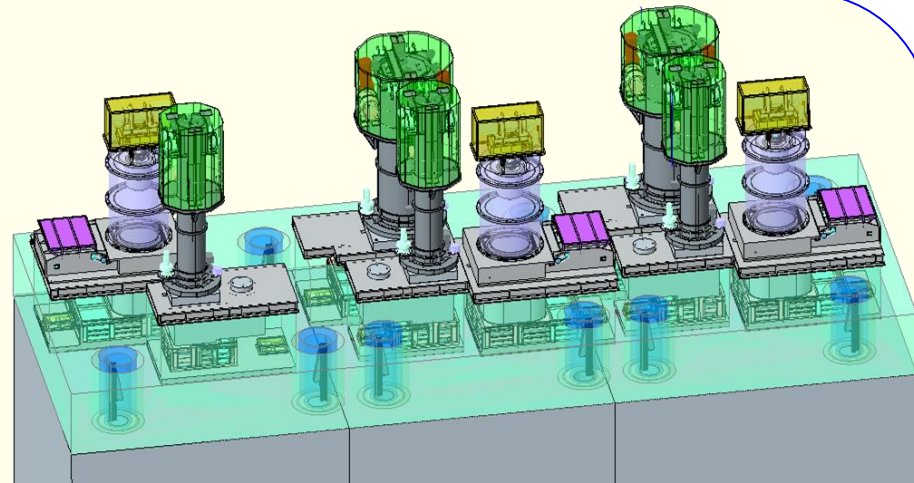
■ **高炉セメントC種(BFS添加)**を用いることにより、LWTFの運転誤差を  
超える広範囲な固化条件で良好な固化体が作製できることを確認した。

# まとめ

## ■ 貯蔵廃棄物遠隔取出しロボット:

廃棄物の取出しからHWTF-1での貯蔵までの一連のプロセスを構築した。

廃棄物の早期取出し開始に向けて取出し装置・建家の設計を進めている。



## ■ 廃液セメント固化プロセス:

ビーカー試験、実規模試験を実施し、良好な固化体を作製できる条件を取得した。

セメント固化施設の早期運転開始に向けて、更にセメント固化条件を取得するとともに装置の製作・設置に向けた設計を実施している。

