

廃止措置への仮想化技術の応用

ふくいスマートデコミッショニング技術
— 実証拠点（スマデコ）における取組 —

2020.12.15. Tue.



敦総研HP



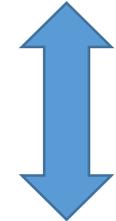
スマデコHP

日本原子力研究開発機構 高速炉・新型炉研究開発部門
敦賀総合研究開発センター レーザー・革新技術共同研究所
革新技術開発グループ 古澤 彰憲

原子力機構の敦賀地区における廃止措置への取り組み



現場 (プラント)



現場・研究の両輪で
廃止措置に取り組む

研究所 (市内モックアップ施設)



ふくいスマートデコミッションング技術実証拠点（スマデコ）

地域科学技術実証拠点整備事業

1. 廃止措置ニーズの高まり

ふくいスマートデコミッションング 技術実証拠点（スマデコ）



廃止措置
解体技術検証
フィールド

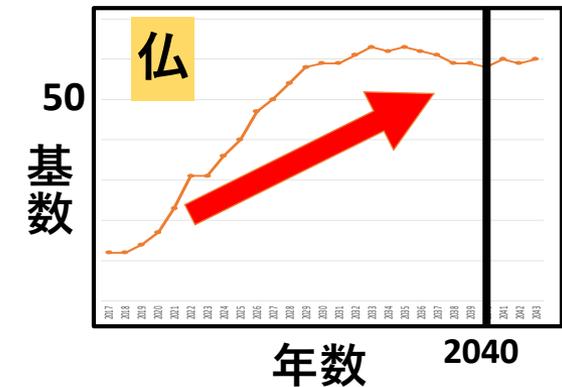
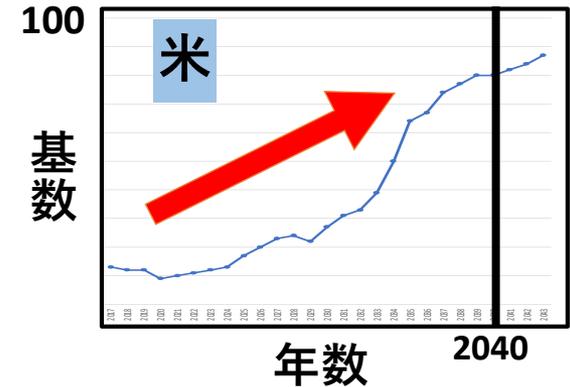
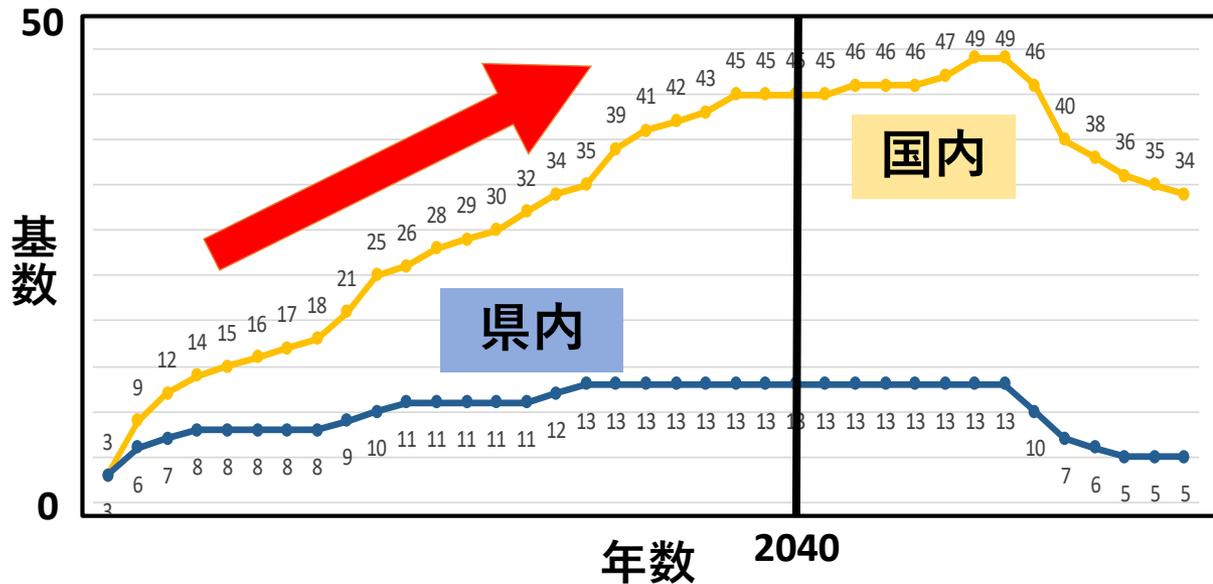
レーザー
加工高度化
フィールド

廃止措置
モックアップ
試験フィールド

2. 地域経済の発展

3. 福井県の優位性

1. 国内外における廃止措置ニーズの高まり ^{※1}



市場規模：約6000億円（県内）^{※2}

2. 地域経済の発展

3. 福井県（敦賀）の優位性

※1 国内の商用原子力発電所を対象に廃止措置期間を30年と想定

※2 原子力発電所の廃止措置を巡る会計制度の課題と論点（H25年6月資源エネルギー庁）を基に試算

※1, ※2の詳細は2016年11月の公募申請資料による

福井県と原子力機構の廃止措置等に関する協定書



<http://www.atom.pref.fukui.jp/anzen/index.html>

ふげん協定書（地域振興対策）

第5条 乙は、地元企業、大学、研究機関等と連携し、廃止措置に関する研究開発および人材育成に努めるものとする。

2 乙は、廃止措置の工事に関する具体的な内容、実施時期等に関する計画を作成し、公表することにより、地元企業の発展および地元雇用の促進に努めるものとする。

もんじゅ協定書（地域振興対策）

第5条 乙は、国、内外の大学および研究機関ならびに地元企業等と連携し、原子力・エネルギーに関する国際的な研究開発および人材育成に努め、「エネルギー研究開発拠点化計画」を積極的に推進しなければならない。

2 乙は、廃止措置に係る工事その他の具体的な作業内容、実施時期等に関する計画を作成、公表し、地元企業の発展および地元雇用の促進に努めるものとする。

福井県（敦賀）の優位性

これまでの知見・経験

原子力技術への理解

- **福井県には**県内に5事業所15基の様々なタイプの原子炉を有し（**我が国の約1／4の原子力発電所が存在**）、特に敦賀半島には廃止措置（又は準備）中の3炉型4基の原子炉が存在。
- **福井県や県内企業**は、原子力発電事業に対して積極的であり、市民の**原子力への理解度も高い**。
- **県内企業**は、長年にわたり県内の原子力発電所の建設、保守、運転、点検等に参入しており、**原子力発電所を熟知**。
- **敦賀市**には、福井大学附属国際原子力工学研究所、若狭湾エネルギー研究センター、福井県国際原子力人材育成センター等の**教育・研究インフラが多く立地**。
- **嶺南Eコースト計画**（旧エネルギー研究開発拠点化計画）の下で連携基盤が存在。

供用施設としてのスマデコ

施設供用制度：原子力機構の有する実験装置・設備等を大学・企業等の外部利用者に有償で貸与することが可能な制度

ふくいスマートデコミッションング技術実証拠点（スマデコ）

自社の技術力アップにスマデコを使ってみませんか。

—あなたの会社の技術力をさらにアップして原子力施設の廃止措置業務に適用できる技術力を身に付けませんか？—

原子力機構では
模擬施設を用いた確認試験ができる
「ふくいスマートデコミッションング技術実証拠点」を整備しました。

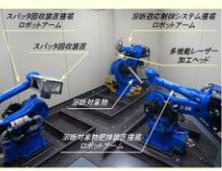
3つの体験施設

廃止措置解体技術検証フィールド



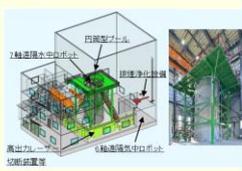
複合現実感(MR)システムを使って、精密に再現した解体現場をバーチャル体験！

レーザー加工高度化フィールド



レーザーの遠隔操作で安全な作業の実現！！高出力レーザーも体験可能！！

廃止措置モックアップ試験フィールド



実際の原子力発電所の実機材を使って気中切断、水中切断の体験！！

※各フィールドの利用には、利用料金が必要になります。

お問い合わせ：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 敦賀総合研究開発センター
 〒914-8585 福井県敦賀市木内65-20
 TEL: 0770-21-5033 FAX: 0770-25-5782
 HP: <https://fsd.jaea.go.jp>

アクセス：JR敦賀駅よりタクシーで約15分
 北陸自動車道1.0より車で約20分

開館時間：午前8時30分～午後5時



ふくいスマートデコミッションング技術実証拠点（スマデコ）

～利用を検討されている皆様へ、まずは無料でお試しいただきたい～

各フィールドの初回の利用は**無料**で試せる

トライアルユース実施中です。

一度試してみたい、体験してみたい施設を気軽にお試しができます(お申込みが必要です)。

スマデコ施設利用料金 (単位:円/時間)(税別)

対象施設等	成果非占有課題		成果占有課題		トライアルユース	備考
	研究・開発 【基本料金2】	産業利用(福井県内に本社を有する企業等) 【基本料金2】	左記以外 【基本料金1】	左記以外 【基本料金1】		
技術実証試験・交流棟	産業技術交流室	1,800	1,800	1,900	-	
	産学連携協力室	2,700	2,700	2,900	-	
	研究者室(1)	1,000	1,000	1,000	-	
	研究者室(2)	1,000	1,000	1,000	-	
	共同研究室	3,000	3,000	3,200	-	
廃止措置解体技術検証フィールド	複合現実感(MR)システム	13,600	13,600	29,500	0	
	ロボット協調・レーザー溶断適応制御システム	9,100	9,100	21,400	0	
レーザー加工高度化フィールド	解析用ワークステーション	300	300	900	0	・1台/1時間あたり(最大10台) ・SPLICEの利用を原則とする
	FBGセンサ製造装置	5,900	5,900	8,800	0	
廃止措置モックアップ試験フィールド	水中技術実証試験エリア(水中解体検証用タンク)	10,200※	10,200※	13,900※		光熱水費実費
	気中技術実証試験エリア(排煙浄化設備)	10,200※	10,200※	13,900※		光熱水費実費

※光熱水費は実費負担。
 上記の金額のほか、消耗品費(施設の運転に伴い発生するものを除く。)について実費を徴収します。また、利用者支援に係る経費(成果非占有課題に関するものを除く。)について機構の基準により積算した金額を徴収致します。
 1時間未満は、1時間と扱います。

ふくいスマートデコミッションング実証拠点リーフレット

安全かつ経済的に合理的な廃止措置

原子力発電所に固有の課題（特徴）



放射線環境下における作業



人体への負荷



解体に伴う放射性廃棄物



環境への負荷

仮想現実技術

レーザー技術

実証用モックアップ

スマデコの3フィールド

解体技術検証フィールド

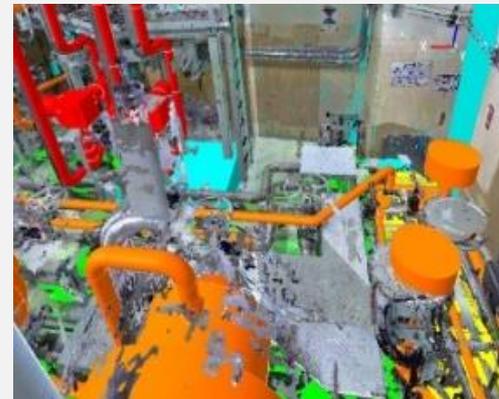
複合現実感 (MR)

被ばく量の
低減

点群データの取得と整備



点群データの利活用

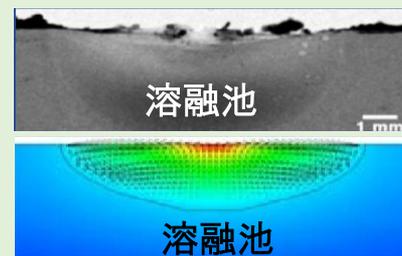
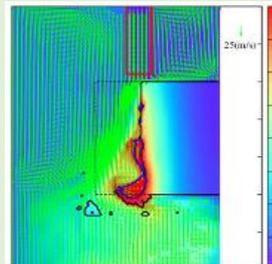


各種の事前検討等

レーザー加工高度化フィールド

切断技術の高度化

放射性廃棄物の
発生量低減



溶融池

溶融池

モックアップ試験フィールド

実証・教育・訓練

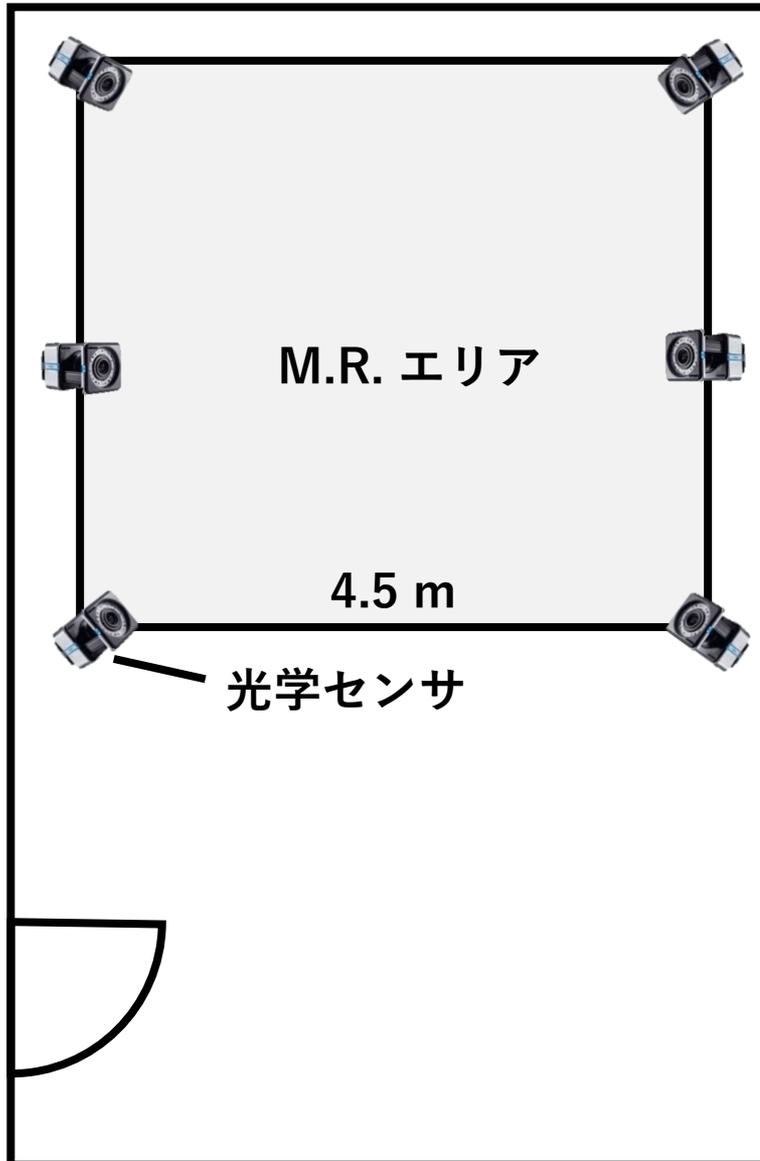
『スマデコ』の実証
『スマデコ』の拡大



(発表時紹介)

(発表時紹介)

解体技術検証フィールド



メーカー：キャノン
型式：MD-10
重量：約1100 g
表示角度： 68° (対角)
60° (水平)
40° (垂直)



メーカー：HP
CPU：Xeon 3.40GHz x 2
GPU：Quadro P6000
メモリー：64GB



メーカー：PENTAX
(Z+F社 OEM)
型式：S-3180V
距離：0.3~187m
重量：11kg
撮影角度： 360° (水平)
320° (垂直)

点群データの取得と整備

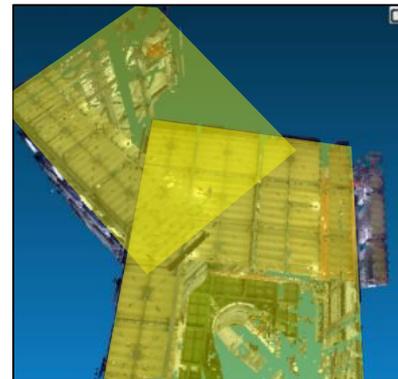
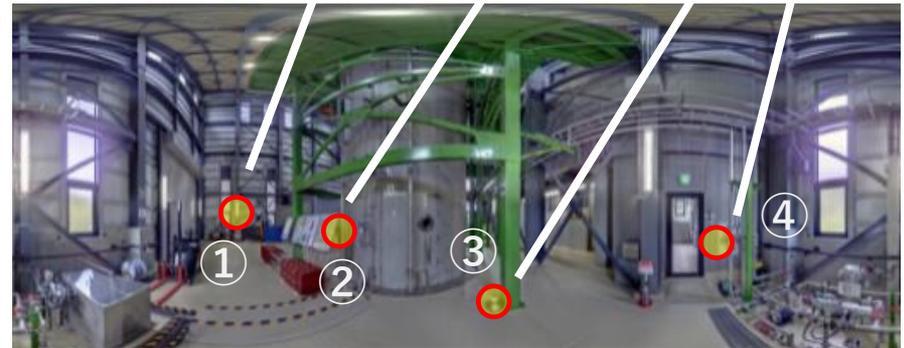
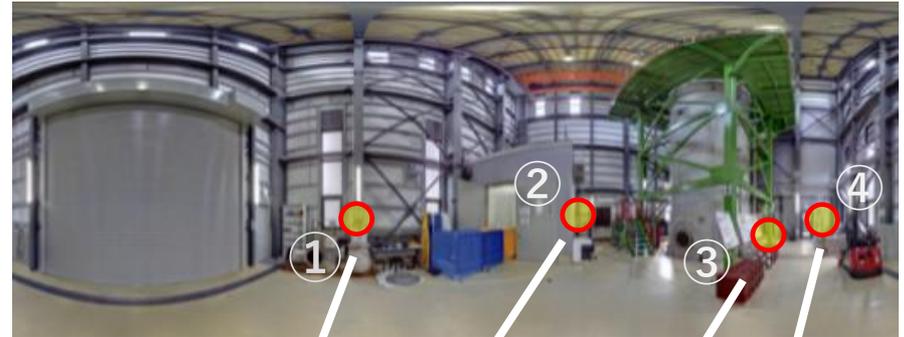
1. スキャニング



- レーザスキャナーが全天球撮影
- 物体の位置・形状を点の集合としてデータ化
- 得た座標データに対してカメラのRGBデータを付加してカラー化



2. レジストレーション (点群合成)



点群データの取得と整備

3.フィルタリング（ノイズ除去）

梯子周辺の細かいノイズ除去



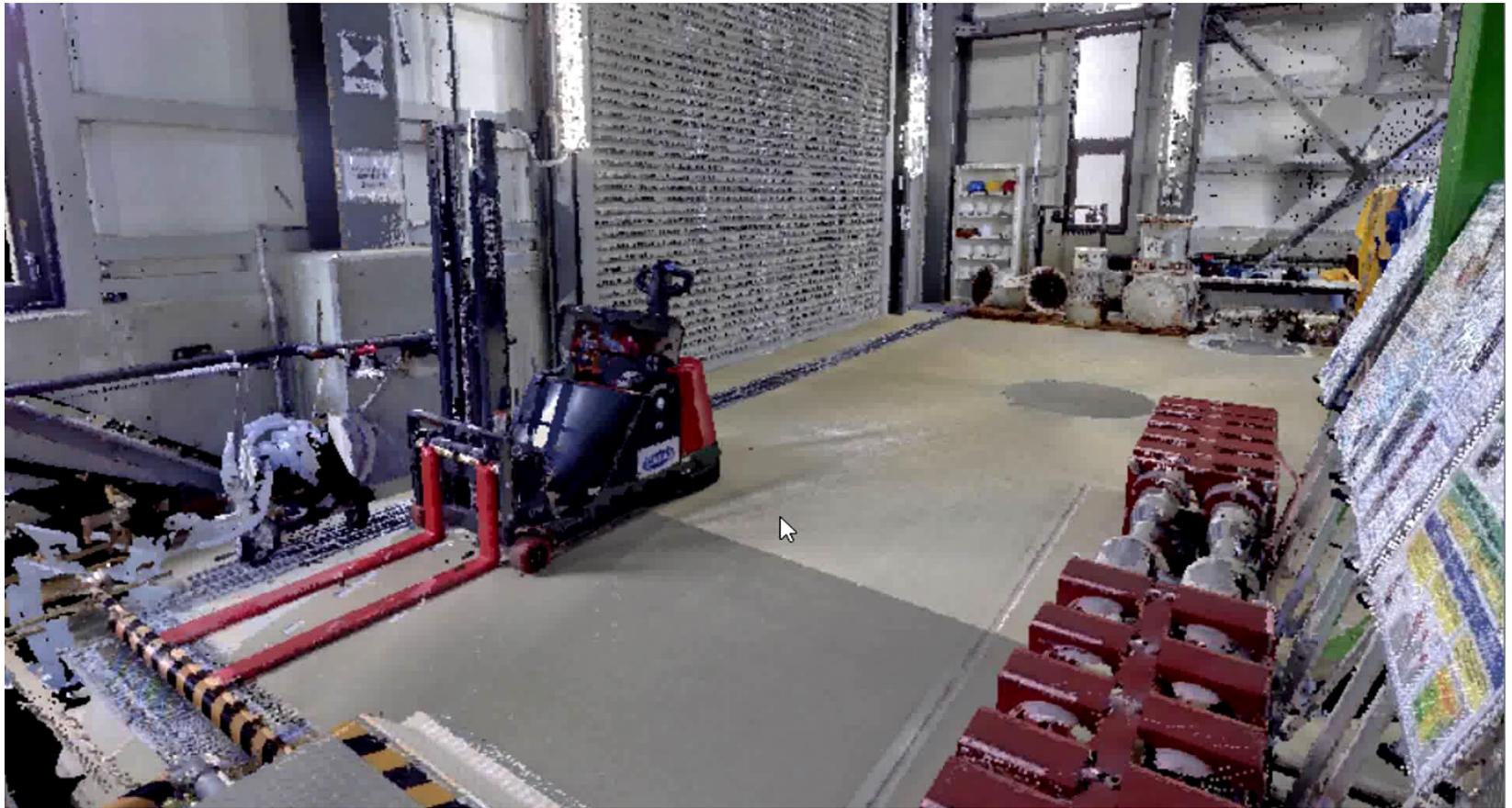
残像などのノイズ除去



点群データの取得と整備

4.MRシステムへの取り込み

自由な視点で仮想体験が可能



点群データの取得と整備

ふげんの点群データ取得状況

<https://fsd.jaea.go.jp/overview/verification/tengun.pdf>



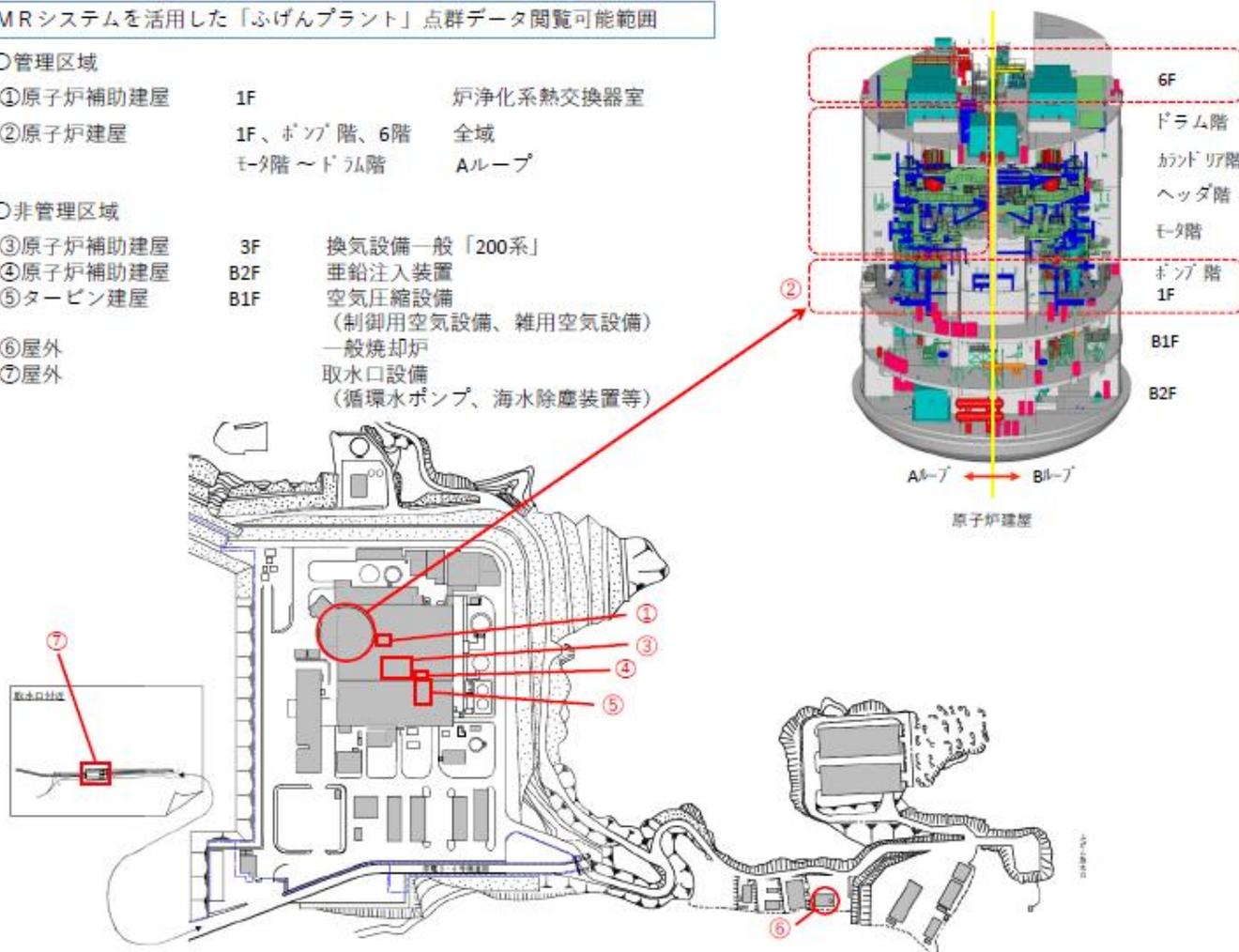
MRシステムを活用した「ふげんプラント」点群データ閲覧可能範囲

○管理区域

- | | | |
|----------|------------|-----------|
| ①原子炉補助建屋 | 1F | 炉浄化系熱交換器室 |
| ②原子炉建屋 | 1F、ポンプ階、6階 | 全域 |
| | モータ階～ドラム階 | Aループ |

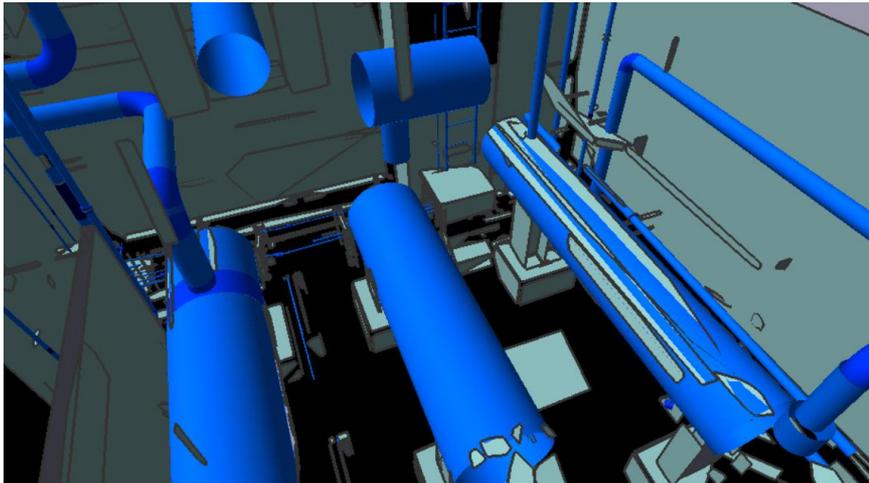
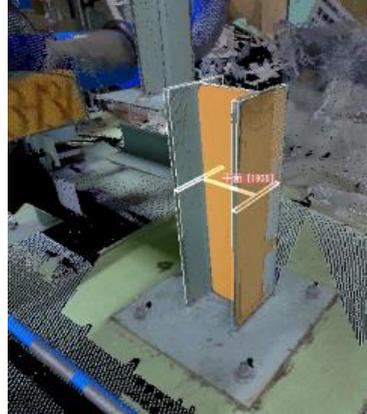
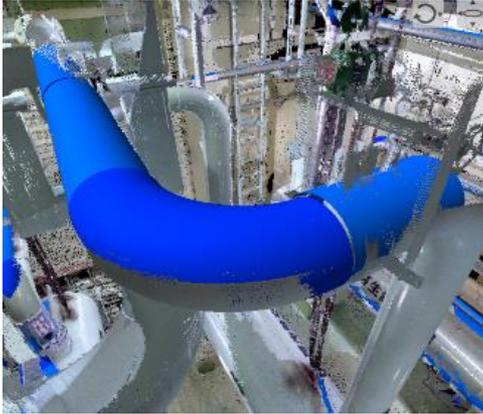
○非管理区域

- | | | |
|----------|-----|----------------------------|
| ③原子炉補助建屋 | 3F | 換気設備一般「200系」 |
| ④原子炉補助建屋 | B2F | 垂鉛注入装置 |
| ⑤タービン建屋 | B1F | 空気圧縮設備
(制御用空気設備、雑用空気設備) |
| ⑥屋外 | | 一般焼却炉 |
| ⑦屋外 | | 取水口設備
(循環水ポンプ、海水除塵装置等) |



点群データの取得と整備

点群データからのCAD化



その他の点群データ取得

- 供用課題に応じた点群データ
- 原子力機構福島地区との連携※
(楢葉遠隔技術開発センター)



敦賀市内



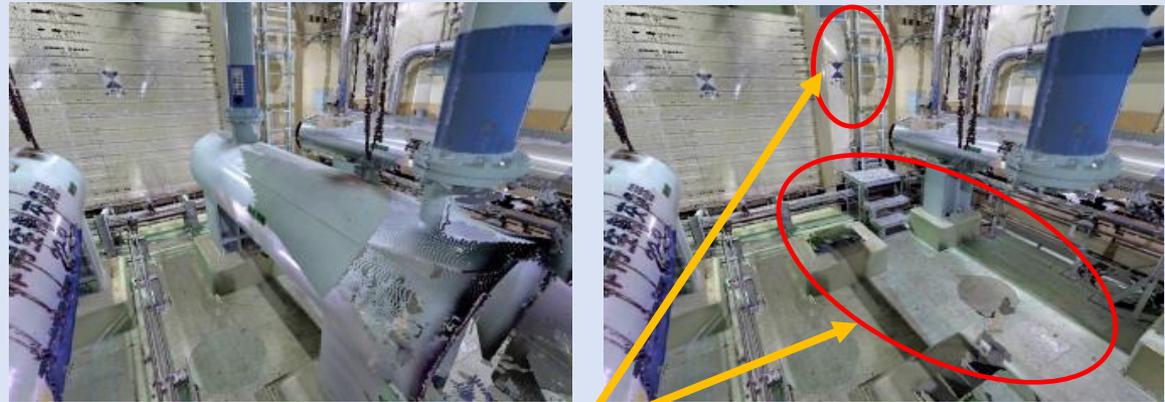
※CADデータのみ
(MRシステムへの適用性を検証中)

MRシステムの能力

利用法

例

解体シミュレーション



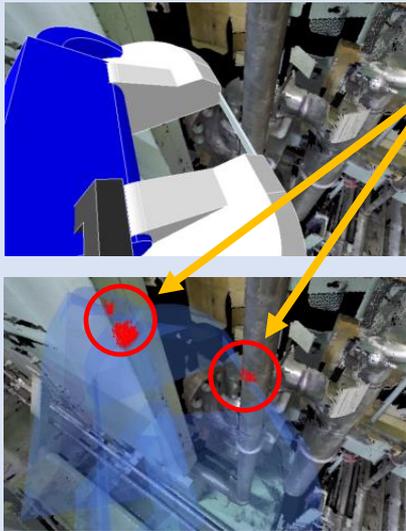
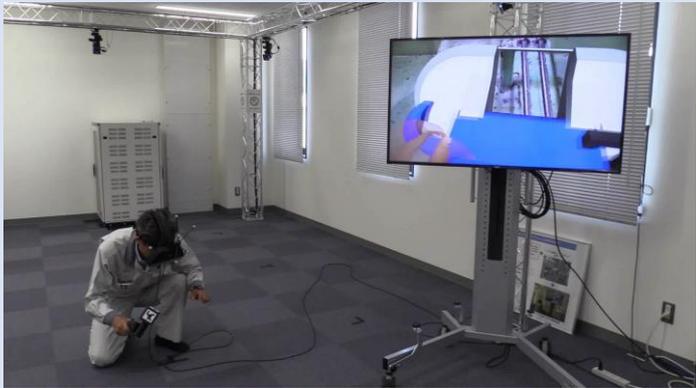
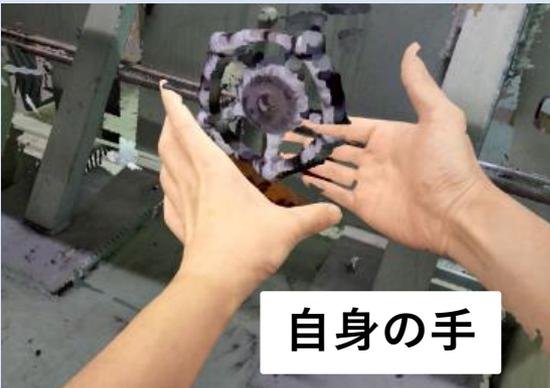
配管・機器撤去後の状況が確認可能

放射線可視化



遮蔽の必要性、作業用通路が確認可能

MRシステムの能力

利用法	例
干渉チェック	 <p>干渉すると赤く表示</p> 
作業性の確認	  <p>自身の手</p>

MRシステムの紹介動画

「スマデコMRシステムでプラントを見る！」

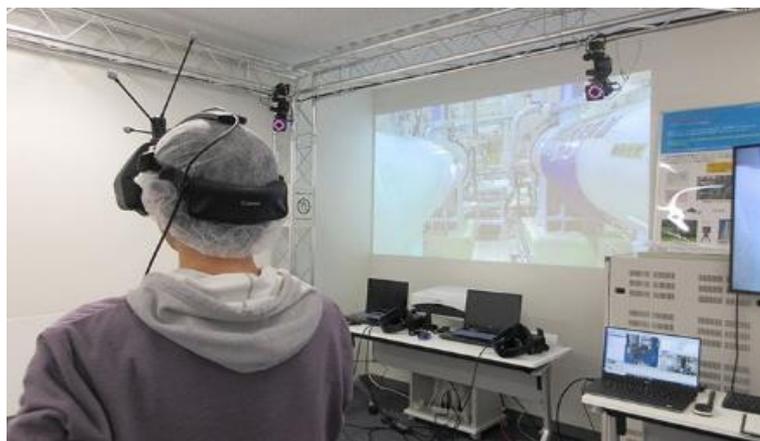


つるそうけんチャンネル <https://www.jaea.go.jp/04/tsk/channel.html>

(発表時に紹介)

大学生向け講義・演習(利活用事例)

1. レーザースキャンによる 撮影演習



2. 機構技術者を交えた講義演習 ディスカッション



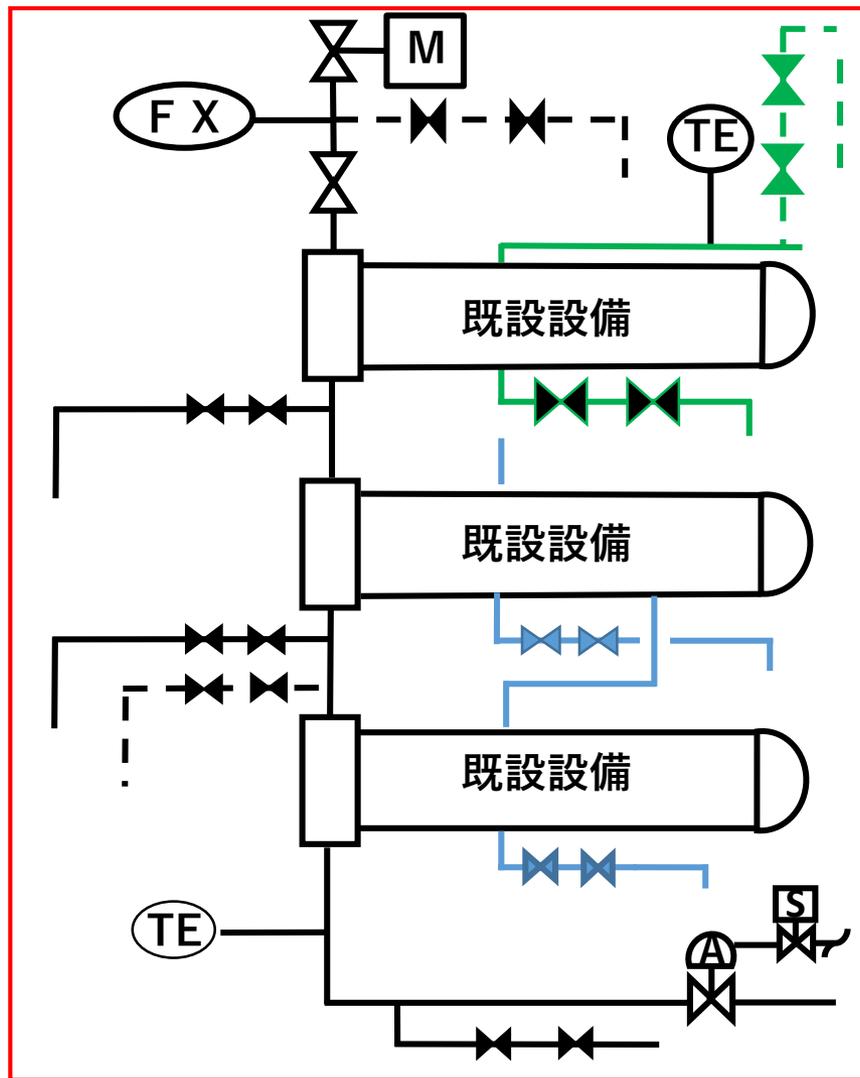
演習内容の紹介

図面調査

解体撤去範囲

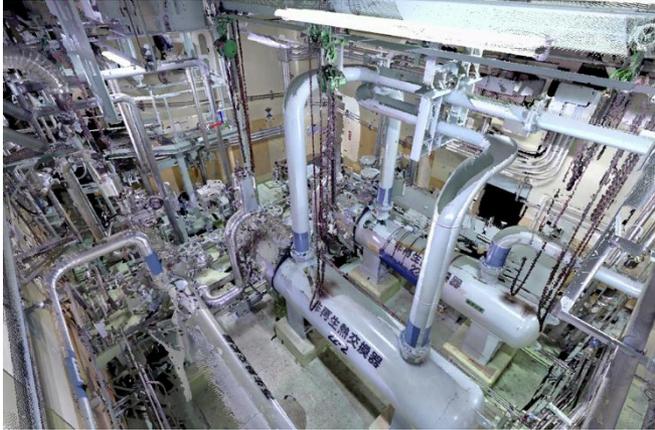
凡例

-  : 隔離弁
-  : 流量発振器
-  : 温度検出器
-  : 空気操作弁
-  : 電動操作弁
-  : 電磁弁
- : ドレン
- : ベント



演習内容の紹介

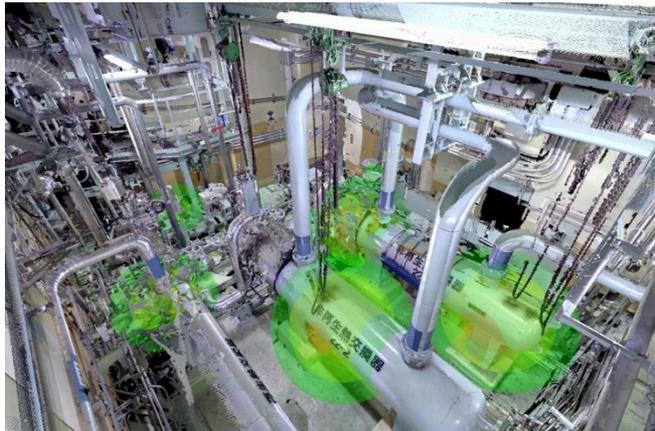
1. MRによる現場調査・確認



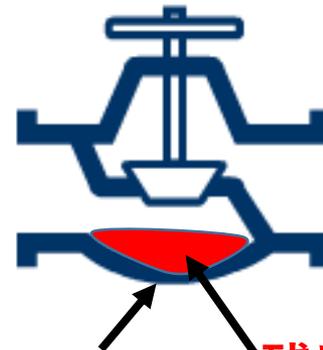
2. MRによる既設装置の寸法測定



3. 高線量・汚染場所の確認



4. 解体作業時のポイント解説



解体前に残留水をドリルで穿孔・抜取りし、汚染防止を図る

弁箱 残留水

Etc...

廃止措置工事参入の支援

地元企業の廃止措置への参画を促進する為、新規参入企業向けの「解体技術研修」を開催。本研修は2019年度から実施し、今年度で2回目となる。研修には地元企業4社が参加した。

【基本方針】

- ・ 廃止措置工事において元請経験のない地域企業を支援する
- ・ 敦賀商工会議所との連携・協力により支援活動を実施する
- ・ スマデコ施設を有効に活用する

【解体技術研修の実施内容】

実施日：R2年8月5日、6日／場所：ふげん、スマデコ施設

講師：地元元請け企業、JAEA

参加企業：4社（地元企業）

1日目（場所：ふげん、スマデコ施設）

- ・ ふげん廃止措置現場の見学体験
- ・ 廃止措置に係る安全措置、各種手続き、作業要領書等に関する机上教育

2日目（場所：スマデコ施設）

- ・ ふげん実機材を用いた解体訓練
- ・ MRシステムを活用した、ふげん解体予定現場のMR確認及び作業内容の紹介



ふげん実機材を用いた解体訓練



MRで解体予定現場の確認

既存設備の位置の検証（利活用案）

CADデータ



違いの比較・検討



点群データ



CADデータと点群データとの比較することで、実際の機器配置との違いを可視化し比較・検証することを可能とする

遊具設置に係る事前検討（その他の事例）

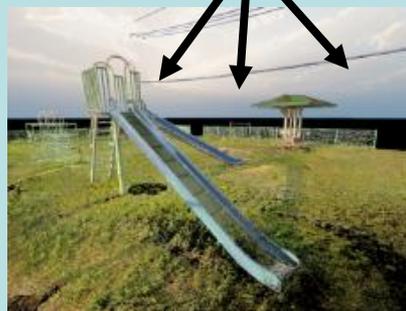
遊具の設置環境をMRで表現して体験することで、事前に設計や設置場所等の検討をした。

環境の点群取得



レーザー計測

周辺建物の削除



3Dデータ作成

点群の合成



既設すべり台の撤去

新たな遊具

遊具の点群取得



レーザー計測

遊具のみ抽出



3Dデータ作成

仮想体験



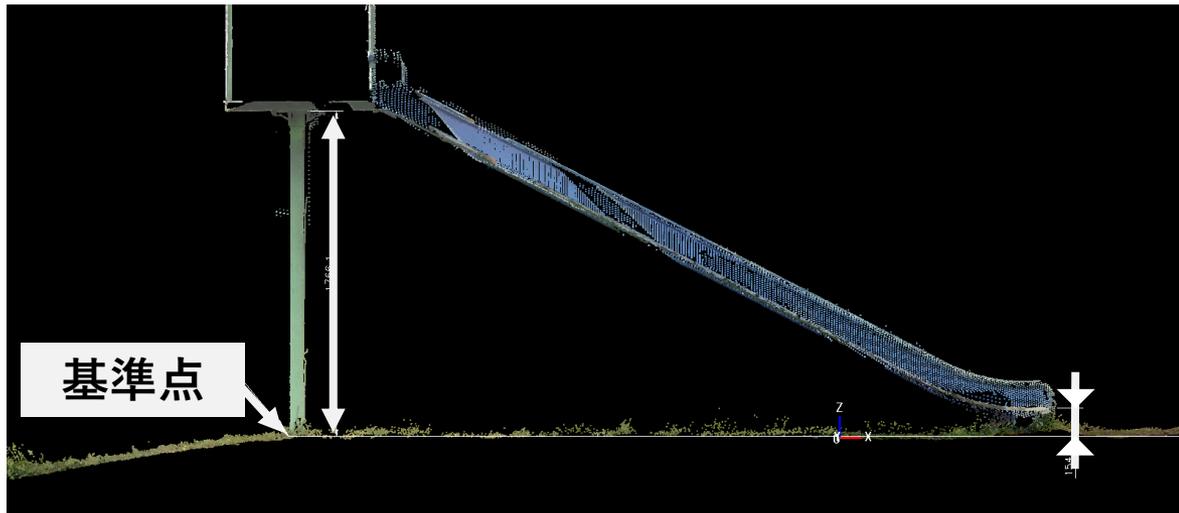
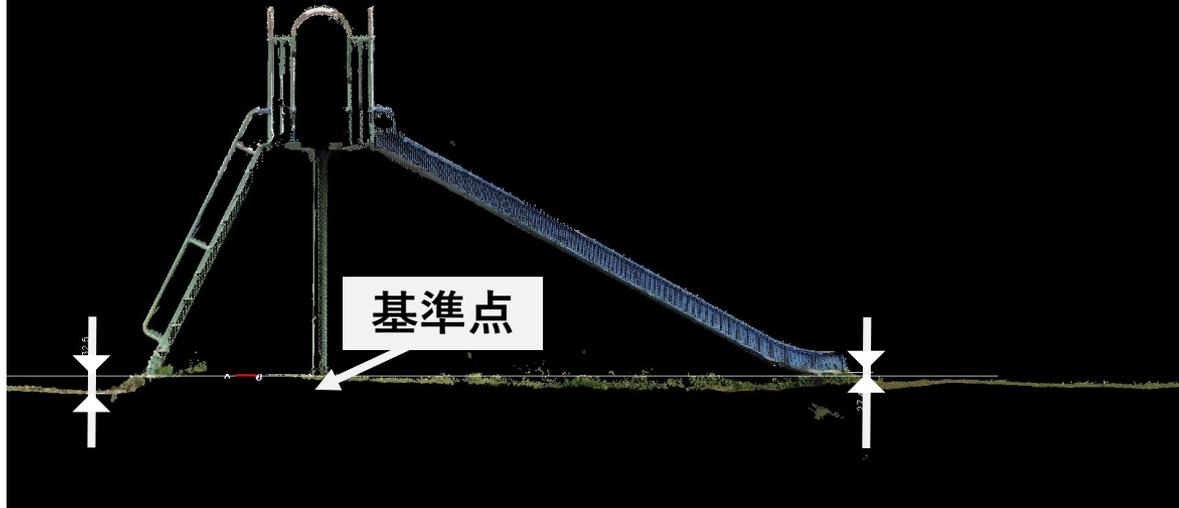
MRで体験



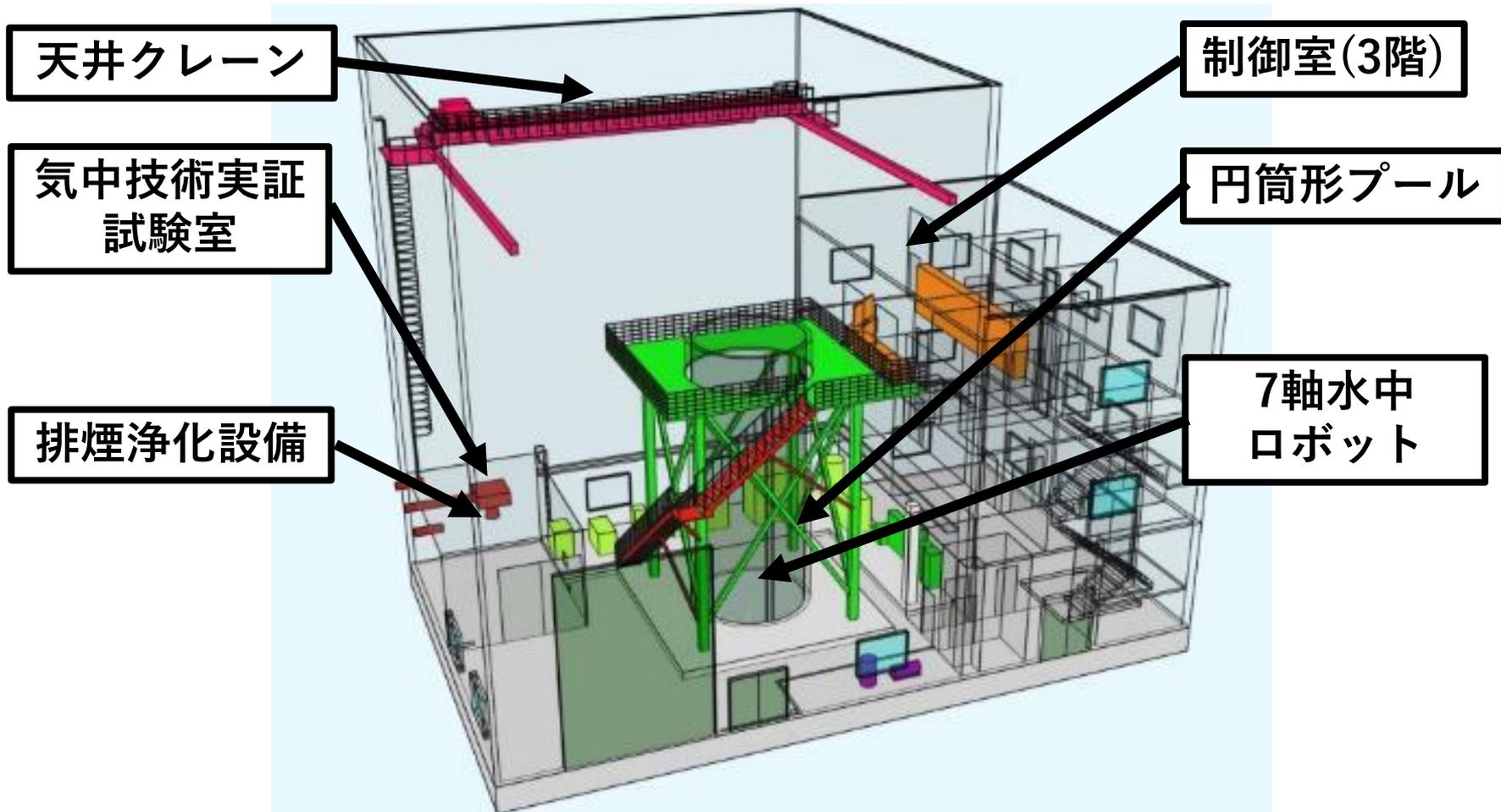
色を変更

遊具設置に係る事前検討（その他の事例）

設置場所の凹凸の評価



モックアップ試験フィールド



1. 廃止措置技術の開発

→内作直営 →他研究機関

2. 地元企業の独自技術の検証

→一般 →機構事業による

地元企業の有望技術の検証

技術課題解決促進事業

<https://soudan.jaea.go.jp/technology/promotion/index.html>



(参考) 古澤彰憲 他, “福井県における原子力機構によるレーザー研究開発と産業振興”, 日本保全学会第14回学術講演会, 松山市, 日本, 2017年8月.

地元企業の提案事例

廃止措置現場を自在に歩行できる装置

(発表時に紹介)

地元企業の提案事例

(発表時に紹介)



地域に根ざした 技術を目指して

つるそうけん



**Thank you for
your attention**