

【成果公開資料】

令和5年度開始 廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金
燃料デブリ取り出し工法の開発
**（気中上取り出し工法における大型搬送装置等の
オペフロ上部設備の開発）**

2024年度 最終報告

Decom.Tech

2025年10月

東双みらいテクノロジー株式会社

目次

1. 事業目的・事業背景など
 - 1.1 事業目的
 - 1.2 事業背景
 - 1.3 実施概要
 - 1.4 本事業のゴールイメージ
 - 1.5 実施体制
2. 実施スケジュール
3. 各工法の概要
4. 検討結果
 - 4.1 前提条件の整理結果
 - 4.2 要求事項の整理結果
 - 4.3 工法・作業方法・手順等の技術開発
 - 4.4 試験計画
 - 4.5 試験結果
 - 4.6 現場適用性の評価
 - 4.7 工法・作業方法・手順等の技術開発（見直し）
5. 実機適用に向けた留意点
6. まとめ
7. 実施項目とその関連，他研究との関係
8. 添付資料

1. 事業目的・事業背景など

1.1 事業目的

◆ 補助事業の名称

燃料デブリ取り出し工法の開発

（気中上取り出し工法における大型搬送装置等のオペフロ上部設備の開発（以下、「大型搬送装置等のオペフロ上部設備の開発」という。）

◆ 事業目的

- 先行実施されている「燃料デブリ取り出し工法の開発」（2021・2022年度）事業および「燃料デブリの取り出し工法の開発（大型構造物取り出し及び搬送時における汚染拡大防止隔離技術の開発）」（2021・2022年度）事業の成果を踏まえ、以下を実施することで、福島第一原子力発電所（1F）の廃炉対策を円滑に進めるとともに、我が国の科学技術水準の向上を図ることを目的とする。
- 気中上取り出し工法においては、原子炉内の構造物を大型一体で切断し搬出する技術の開発を進めている。これまで、原子炉ウェル内の大型構造物（PCV ヘッド、RPV ヘッドなど）、炉内構造物（ドライヤ、セパレータ、ジェットポンプなど）、燃料デブリを含んだ構造物（炉心部、炉底部など）を対象に取り出し工法の技術開発を行ってきた。
- 本事業では原子炉内構造物に先立って撤去が必要になるウェルシールドプラグを対象に解体から搬出までに必要となる大型搬送装置等のオペフロ上部設備、作業方法等について技術開発を行った。
- 実施項目 大型搬送装置等のオペフロ上部設備の開発
 - ✓ 気中上取り出し工法を構築する上で重要な技術要素である「大型搬送装置等のオペフロ上部設備」について、燃料デブリ取り出し期間の継続的な作業を考慮した技術開発を行った。

本技術開発は、東京電力ホールディングス殿のニーズを踏まえ、関係者（経済産業省殿、東京電力ホールディングス殿、廃炉・汚染水・処理水対策事業事務局殿）との協議を行い、進めるものとした。

1. 事業目的・事業背景など

1.2 事業背景

- 気中上取り出し工法においては、原子炉内の構造物を大型一体で切断し搬出する技術の開発を進めている。これまで、原子炉ウェル内の大型構造物（PCVヘッド、RPVヘッドなど）、炉内構造物（ドライヤ、セパレータ、ジェットポンプなど）、燃料デブリを含んだ構造物（炉心部、炉底部など）を対象に取り出し技術の開発を行ってきた。
- 本事業では、原子炉内構造物に先立って撤去が必要になるウェルシールドプラグを対象に解体から搬出までに必要となる大型搬送装置等のオペフロ上部設備、作業方法等について技術開発を行った。
- なお、上記技術開発に際しては、実機適用に向け、号機に応じたウェルシールドプラグの状況等の条件設定を行い、この条件に応じた開発を行った。
- 課題と2023年度提案内容（課題への対応策）を以下に記載する。

課題	本事業での提案内容
【課題①】 ➤ ウェルシールドプラグに対し解体から搬出まで行うには、事故により損傷していることを考慮した工法の検討、作業計画が必要	【課題への対応策①】 ➤ ウェルシールドプラグの解体から搬出までに必要となる大型搬送装置等のオペフロ上部設備、落下対策を含む工法、作業方法・手順等の技術開発を行う。
【課題②】 ➤ ウェルシールドプラグに対し解体から搬出まで行うには、事故時に揮発して各層間の隙間等に大量に付着、堆積したと考えられるCs等の汚染源があることを考慮した工法の検討、作業計画が必要	【課題への対応策②】 ➤ 上記で実施する設備・工法・作業方法・手順等の検討は、閉じ込め性、ダスト拡散低減等を踏まえた技術開発とする。

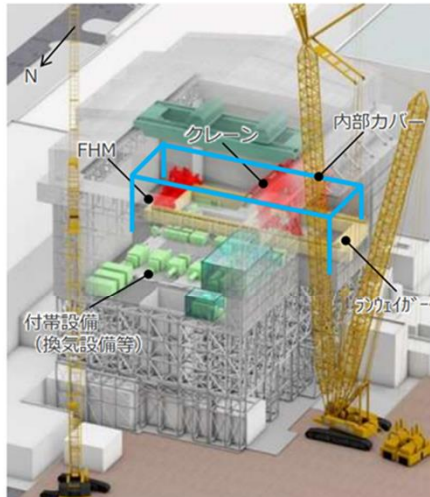
1. 事業目的・事業背景など

Decom.Tech

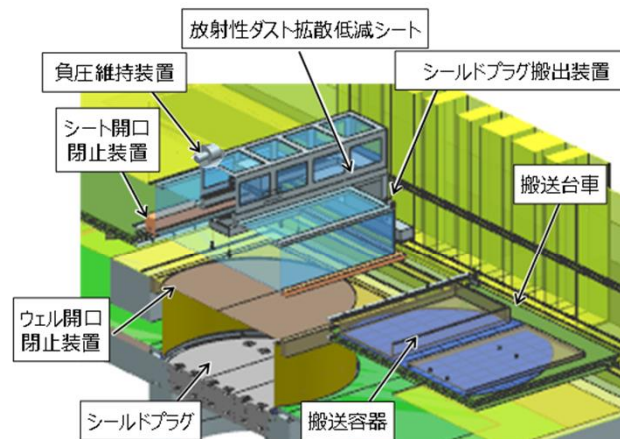
1.3 実施概要

- 大型搬送装置等のオペフロ上部設備の開発では、2022年度までに実施された開発成果を踏まえ、ウェルシールドプラグの撤去工法に関する検討を行った。
- ウェルシールドプラグの撤去工法は号機毎に以下を念頭に置いた検討を行った。

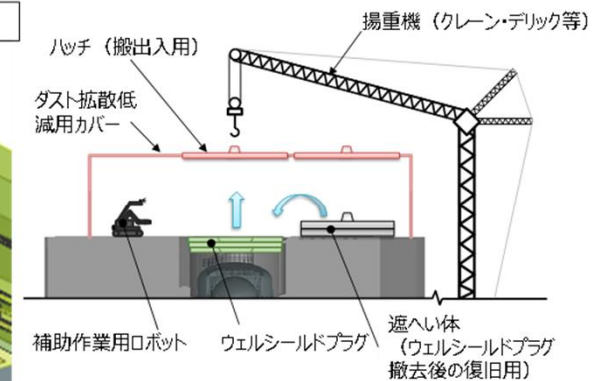
号機	撤去工法	備考
1号機	SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（以降工法1という）	
3号機	大型一体搬出工法（以降工法2という）	2号機は3号機の工法の適用性確認を行った（2号機の損傷による影響は比較的小さく、3号機の工法適用性確認結果で包含できることを想定しているため。）。
	ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（以降工法3という）	



出典： <https://www2.nra.go.jp/data/000373007.pdf>
SFP燃料取り出し用大型カバー設備のイメージ
(工法1)



大型一体搬出工法のイメージ
(工法2)



ウェルシールドプラグ用カバーを用いた
撤去工法イメージ
(工法3)

1. 事業目的・事業背景など

1.3 実施概要

- 上アクセスでの取り出し工法の想定を以下に示す。
- 工法1,3は以下に示す燃料デブリ取り出しの準備工事として実施する。
- 工法2は以下に示す燃料デブリ取り出し用のセル構築後で、燃料デブリ取り出し前に実施する。

項目	実施内容（想定）
RPV内部調査 ↓	・調査実施のための環境整備（調査・燃料デブリ取り出し（初期）を実施するためのウェルシールドプラグコア抜き） ・炉内などの環境調査 ・炉心部，炉底部の調査
RPV内サンプリング及び加工・回収技術等の検証 ↓	・燃料デブリ取り出し（サンプリング）
RPV内燃料デブリ取り出し	・準備工事（オペフロ上の既設設備類の撤去，ウェルシールドプラグ撤去（必要設備の構築・撤去含む）など） ・燃料デブリ取り出し用のセル構築 ・燃料デブリ取り出し

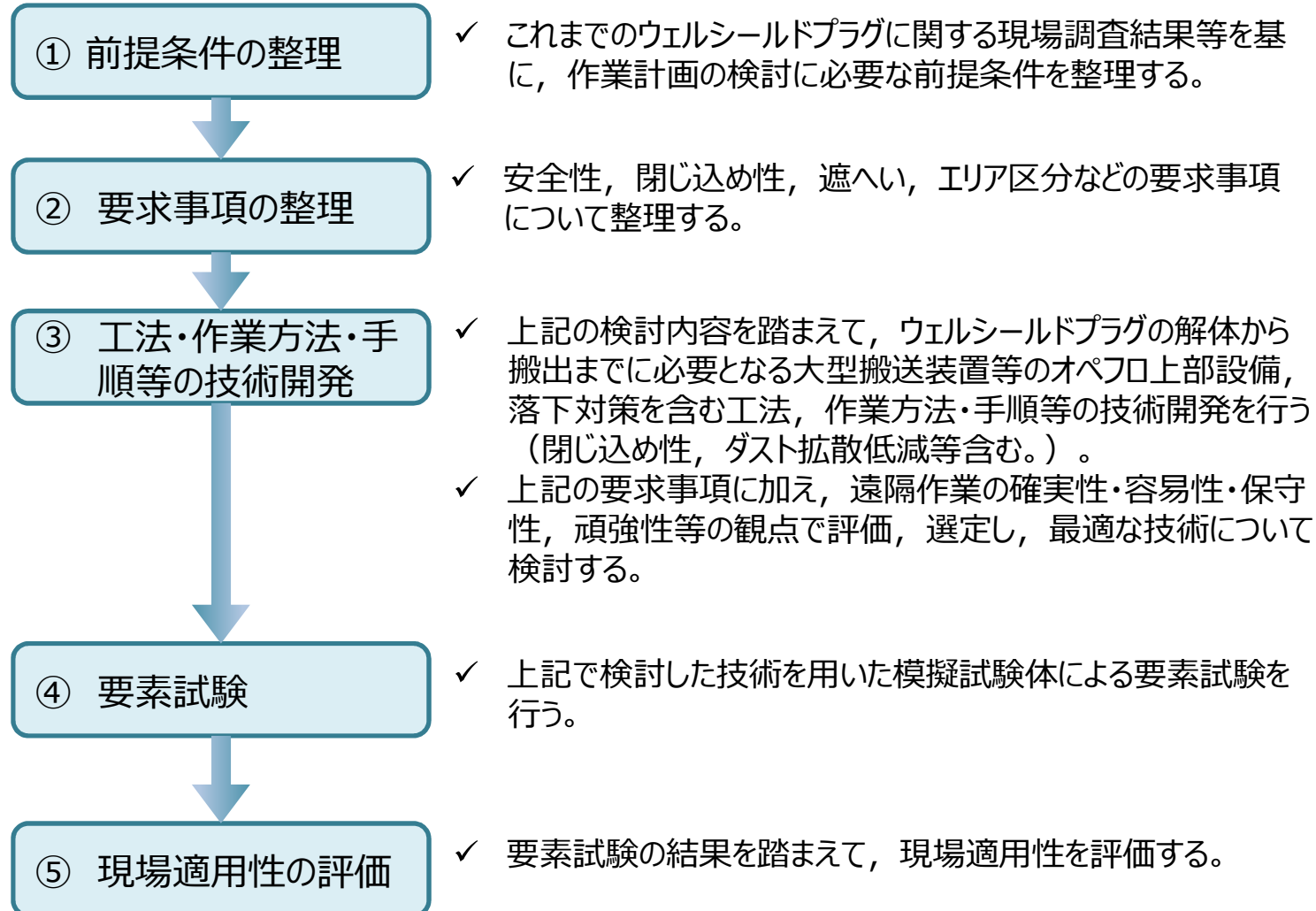
工法1,工法3の
想定作業時期

工法2の想定作
業時期

1. 事業目的・事業背景など

1.3 実施概要

- 前述した撤去工法毎に以下の検討を行った。



ウェルシールドプラグの搬送フロー

1. 事業目的・事業背景など

1.4 本事業のゴールイメージ

大型搬送装置等のオペフロ上部設備の現場適用性確認

気中上取り出し工法を構築する上で重要な技術要素である大型搬送装置等のオペフロ上部設備について、以下を目標とし、技術開発を行った。

- ✓ ウェルシールドプラグの解体から搬出までに必要となる設備・工法・作業方法・手順の概念設計を行った。
- ✓ 検討した技術を用いた要素試験により、オペフロ上部設備の現場適用性の評価を行った。

TRL

7

6

5

4

3

2

1

レベル	本事業に対応した定義	フェーズ
7	実用化が完了している段階。	実運用
6	現場での実証を行う段階。	フィールド実証
5	実機ベースのプロトタイプ機を製作し、工場等で模擬環境下での実証を行う段階。	模擬実証
4	開発、エンジニアリングのプロセスとして、試作レベルの機能試験を実施する段階。	実用化研究
3	従来経験に応用、組合せによる開発、エンジニアリングを進めている段階。又は、従来経験のほとんど無い領域で基礎データに基づき開発、エンジニアリングを進めている段階。	応用研究
2	従来経験として適用できるものがほとんど無い領域の開発、エンジニアリングを実施し、要求仕様を設定する作業をしている段階。	応用研究
1	開発、エンジニアリングの対象について、基本的内容を明確化している段階。	基礎研究

適用性検討

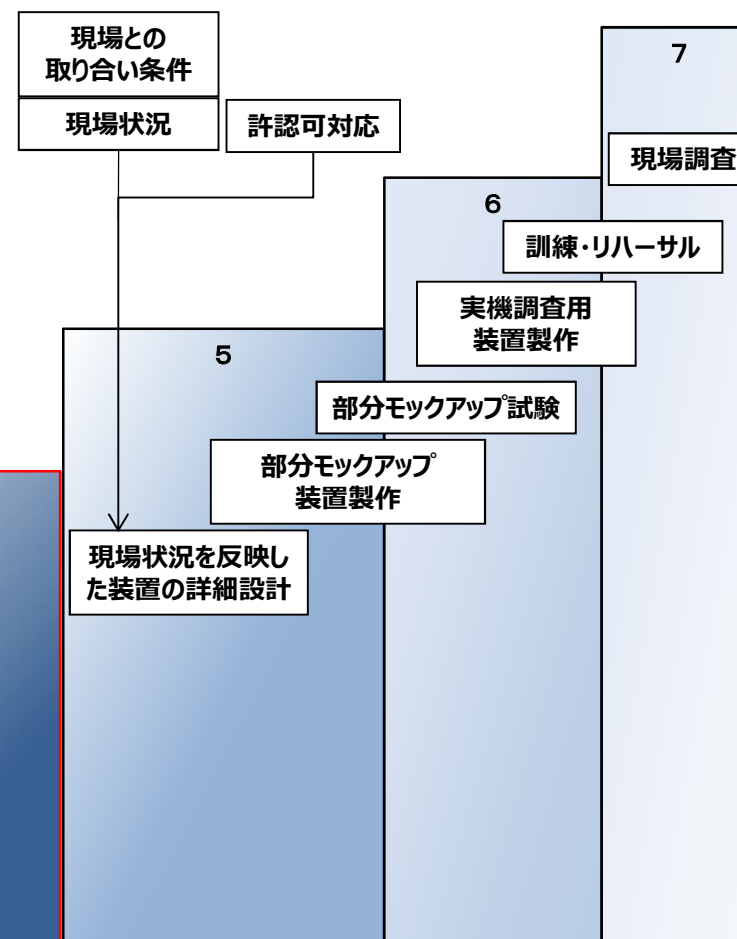
概念設計

要素試験

基本設計

設備仕様検討

要素試験

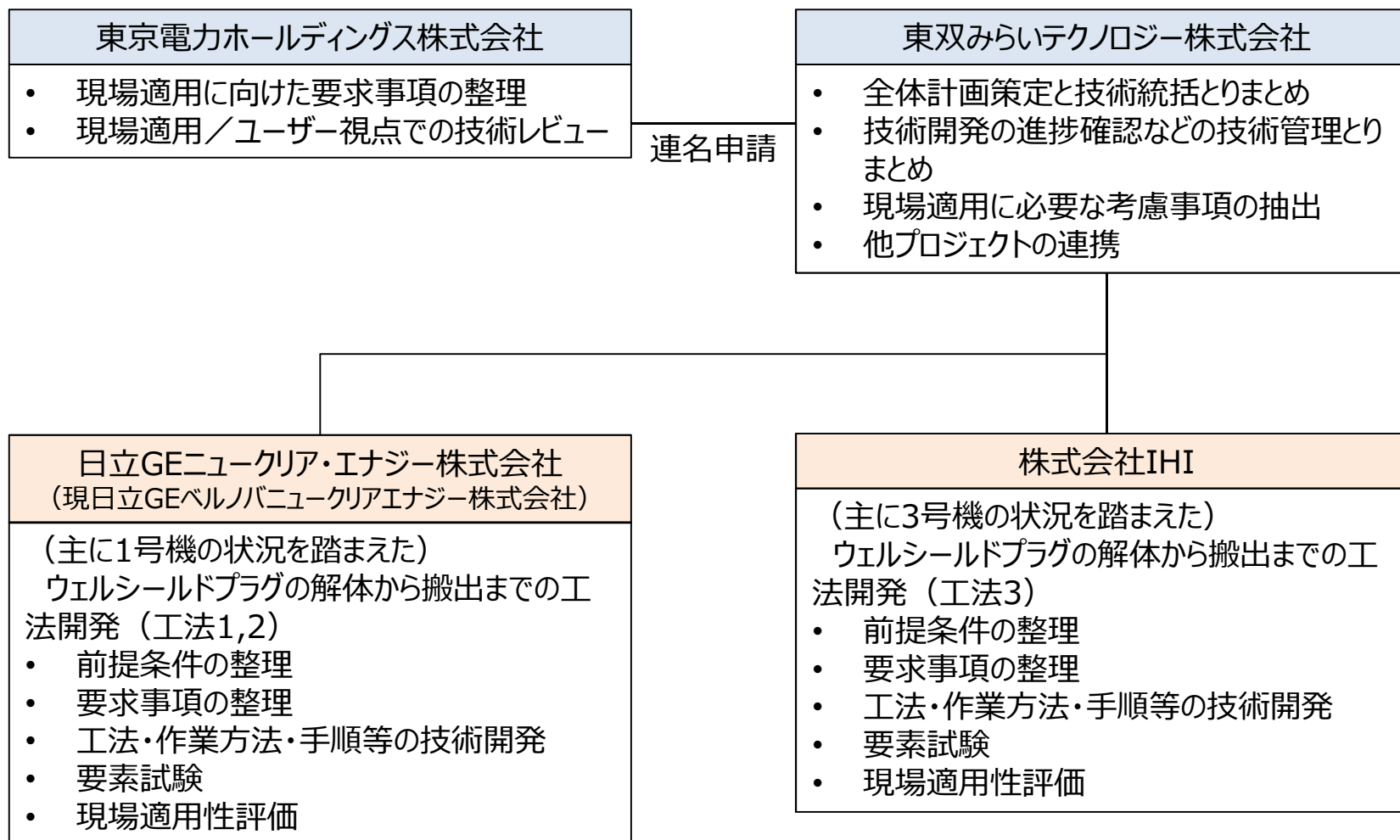


1. 事業目的・事業背景など

Decom.Tech

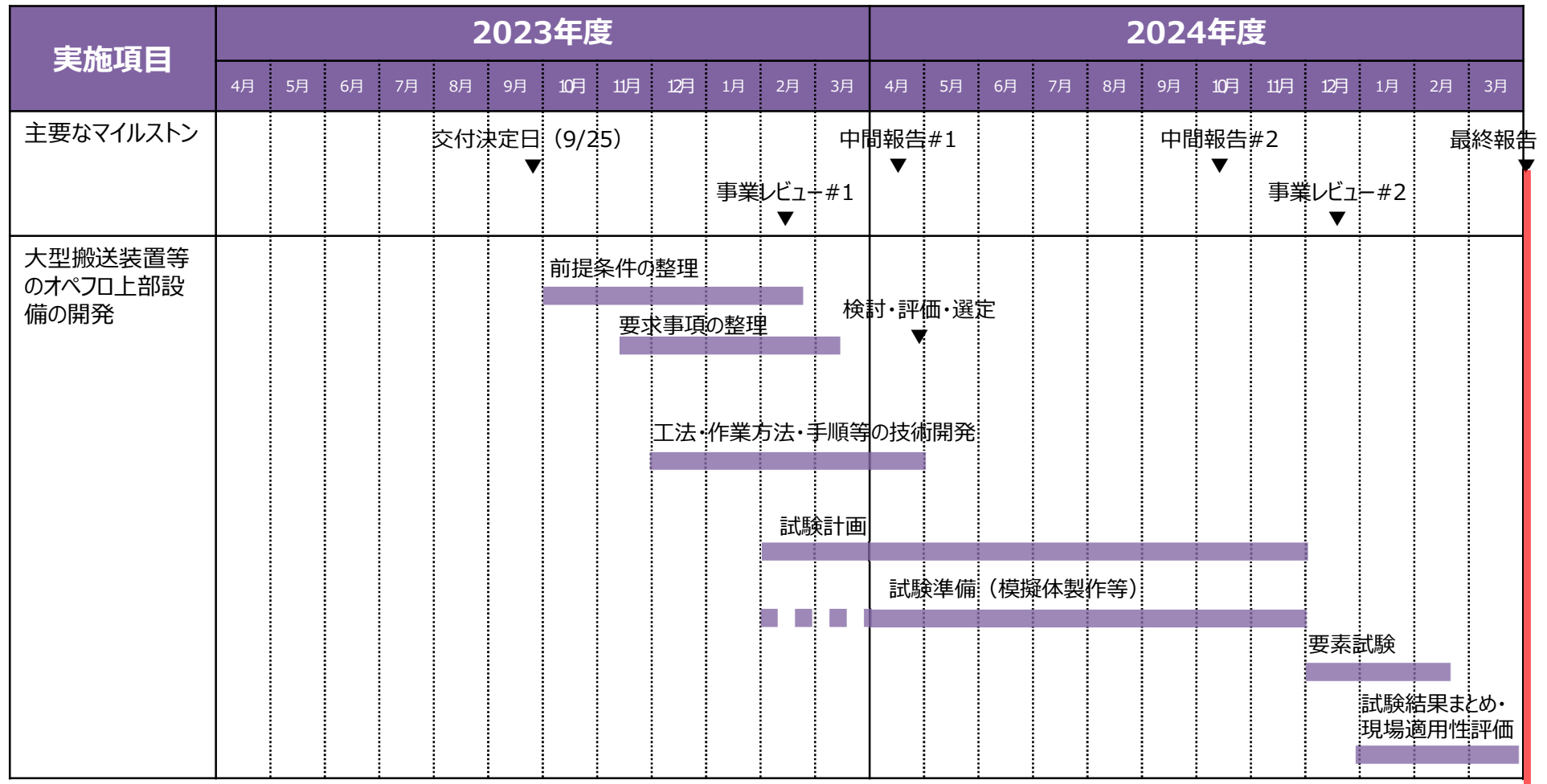
1.5 実施体制

◆ 本事業の実施体制



2. 実施スケジュール

Decom.Tech



3.各工法の概要

Decom.Tech

- これまで、燃料デブリを含んだ構造物（炉心部、炉底部など）を対象に取り出し技術の開発を行ってきた。本検討では、先立って撤去が必要になるウェルシールドプラグを対象に、解体から搬出までに必要となる設備、作業方法等（工法）の検討を行った。各号機の検討方針を以下とする。

号機	撤去工法	内容
1号機	SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）	既設のSFP燃料取り出し用大型カバー設備を利用し、ウェルシールドプラグを撤去する工法を検討した。1号機では特に、ウェルシールドプラグが落下しており、その状態においても吊り上げ・撤去できることが求められており、その検討を行った。
3号機※	大型一体搬出工法（工法2）	3号機を対象とし、過去の補助事業で検討した燃料デブリ取り出し工法の一つである大型一体搬出工法を前提とし検討した。ウェルシールドプラグ上には汚染物質などの付着が考えられるため、それらの閉じ込め性、ダスト拡散低減等を踏まえた技術開発の検討を行った。なお、本工法にて確認した閉じ込め性、ダスト拡散低減方法については、1号機にも必要な技術と考えられるため、適用できるよう検討した。
	ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）	3号機を対象とし、飛散抑制用のカバーを用いて、ウェルシールドプラグを撤去する工法を検討した。本工法では、燃料デブリ取り出しの前段階の作業として、できる限り簡易的に実施可能な工法の検討を行った。また、3号機では、ウェルシールドプラグ中央部が損傷していることから、損傷を考慮した工法の検討を行った。

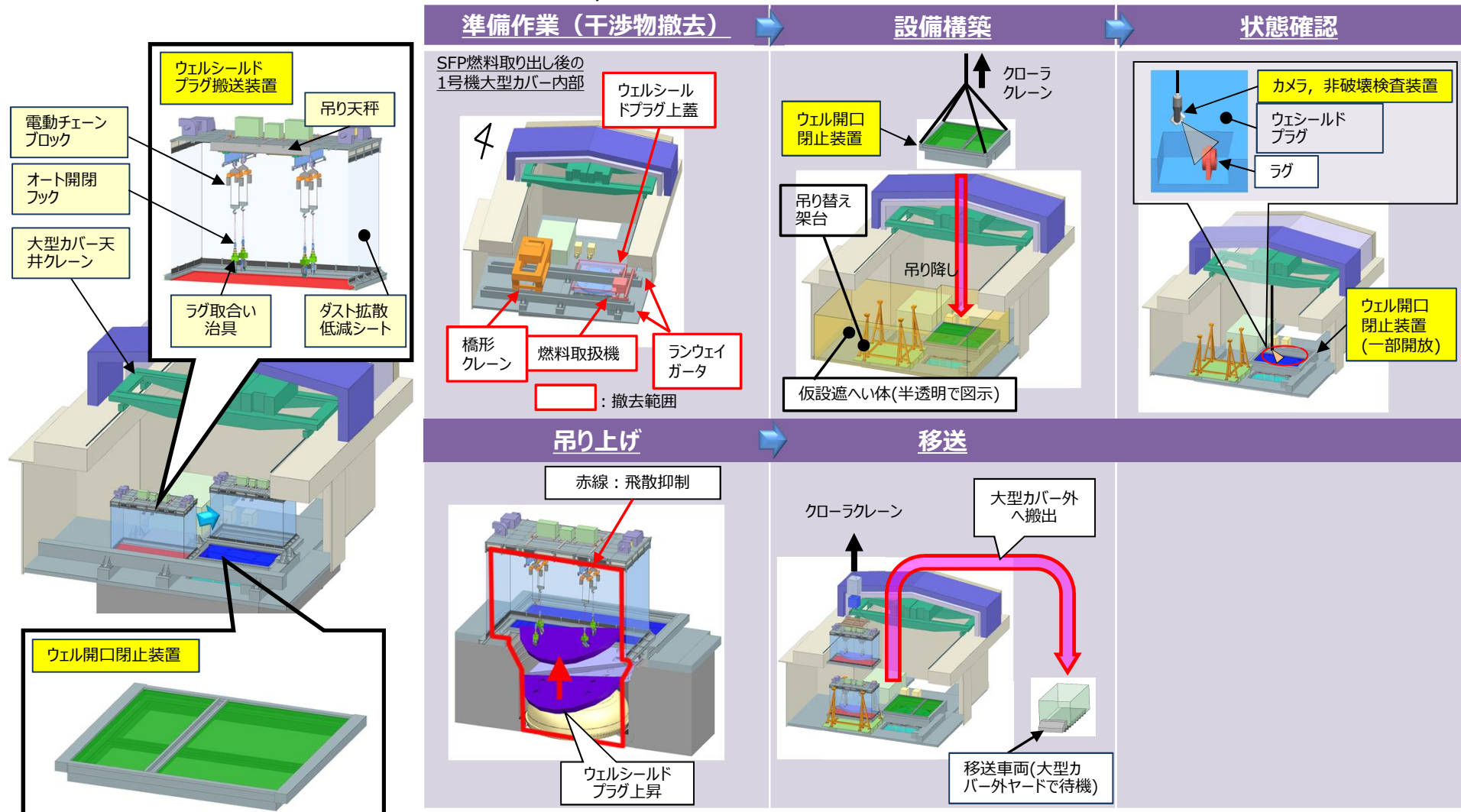
※2号機は3号機の工法の適用性確認を行った。

（2号機の損傷による影響は比較的小さく、3号機の工法適用性確認結果で包含できることを想定しているため。）

3.各工法の概要

(1) SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（1号機）（工法1）

- 本検討で実施する工法の概要（装置，手順）を以下に示す。

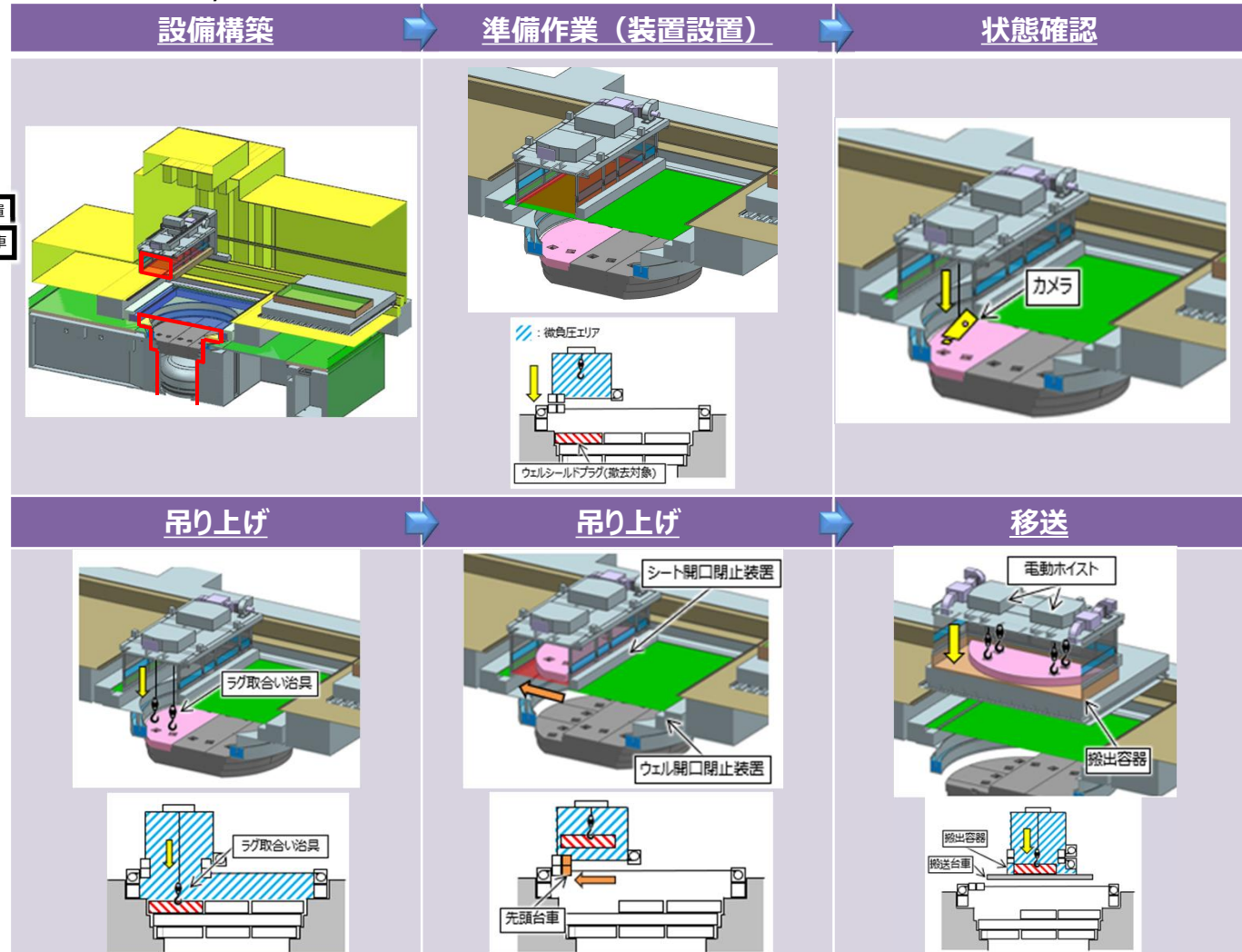
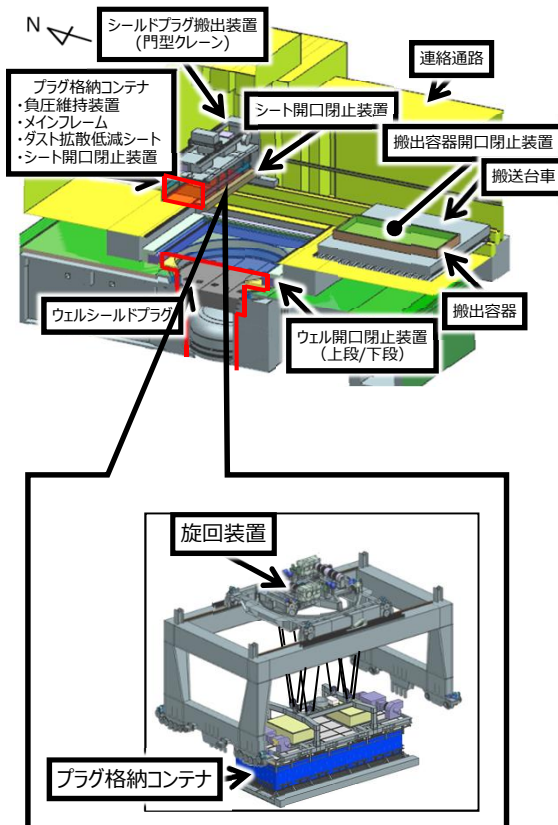


3.各工法の概要

Decom.Tech

(2) 大型一体搬出工法（3号機）（工法2）

- 本検討で実施する工法の概要（装置，手順）を以下に示す。

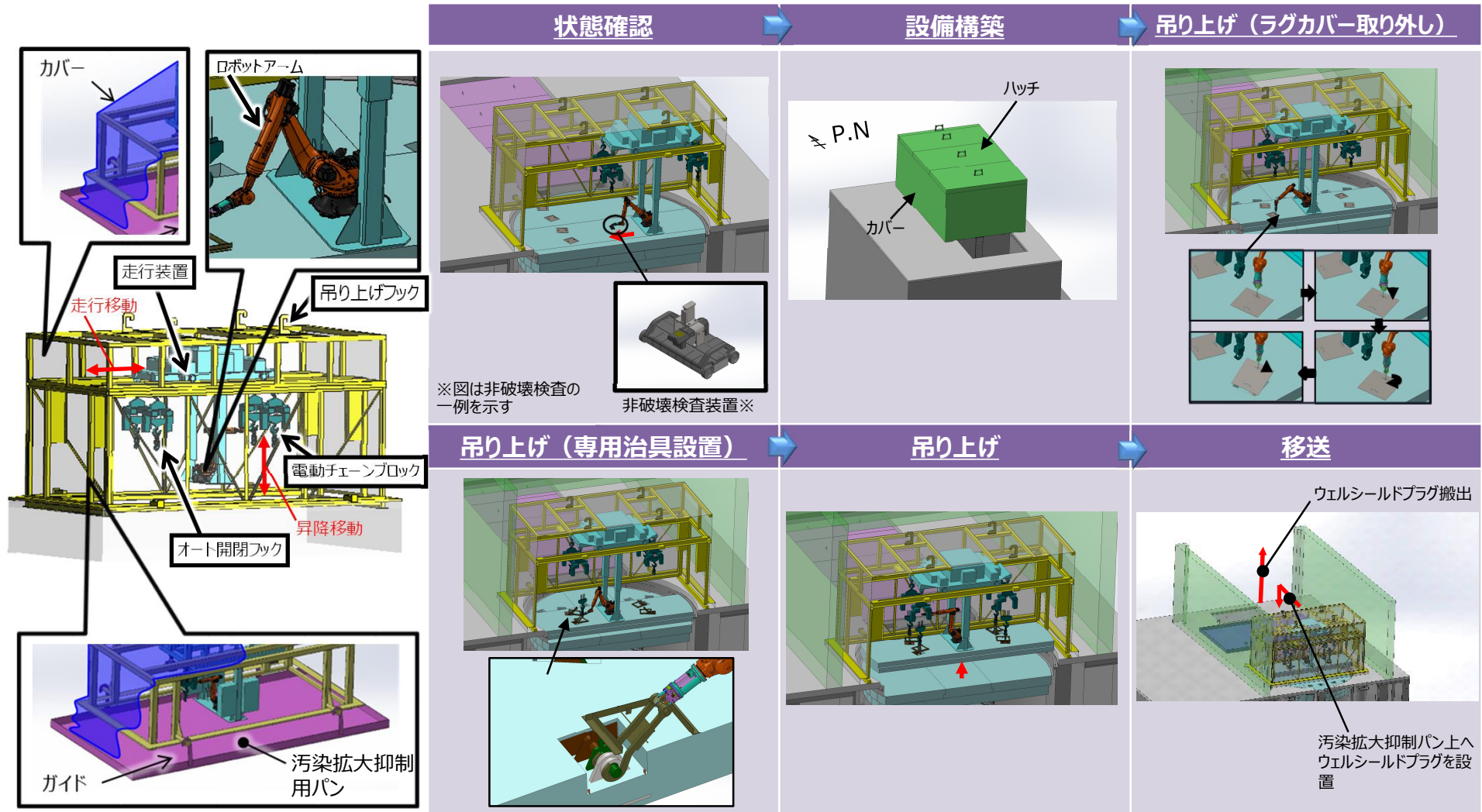


3.各工法の概要

Decom.Tech

(3) ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）（工法3）

- 本検討で実施する工法（装置、手順）の概要を以下に示す。



3.各工法の概要

Decom.Tech

➤ 各工法の飛散抑制の検討結果を以下に示す。

各工法	内容	イメージ図
SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法 (1号機) 工法1	飛散抑制を目的とした装置を設置する。各作業状況に応じ、以下のように飛散抑制処置を行う。 ・ウェルシールドプラグ吊り上げ作業前 ウェル開口閉止装置をオペフロ上に設置する。 ・ウェルシールドプラグ吊り上げ作業時 ダスト拡散低減シートをウェル開口閉止装置に設置し、同時に開くことで飛散抑制処置とする。 ・ウェルシールドプラグ搬送時 搬送中はダスト拡散低減シートウェル開口閉止装置にて飛散抑制とする。オペフロ上は、ウェル開口閉止装置にて飛散抑制とする。	ウェルシールドプラグ吊り上げ作業前 ウェルシールドプラグ吊り上げ作業時 ウェルシールドプラグ搬送時
大型一体搬出工法 (3号機) 工法2	ダスト拡散低減を目的とした装置を設置する。各作業状況に応じ飛散抑制処置を行う。加えてセル自体も飛散抑制とする。	ウェルシールド吊り上げ作業中 ウェルシールド吊り上げ作業前 ウェルシールド吊り上げ作業時
ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法 (3号機) 工法3	飛散抑制を目的とし、ウェルシールドプラグ搬送時に飛散抑制用の装置を設置する。加えてオペフロ上に飛散抑制を目的とした囲いを設ける。	ウェルシールド吊り上げ作業前 ウェルシールド吊り上げ中 ウェルシールド撤去完了後 飛散抑制箇所

4.検討結果

4.1 前提条件の整理結果

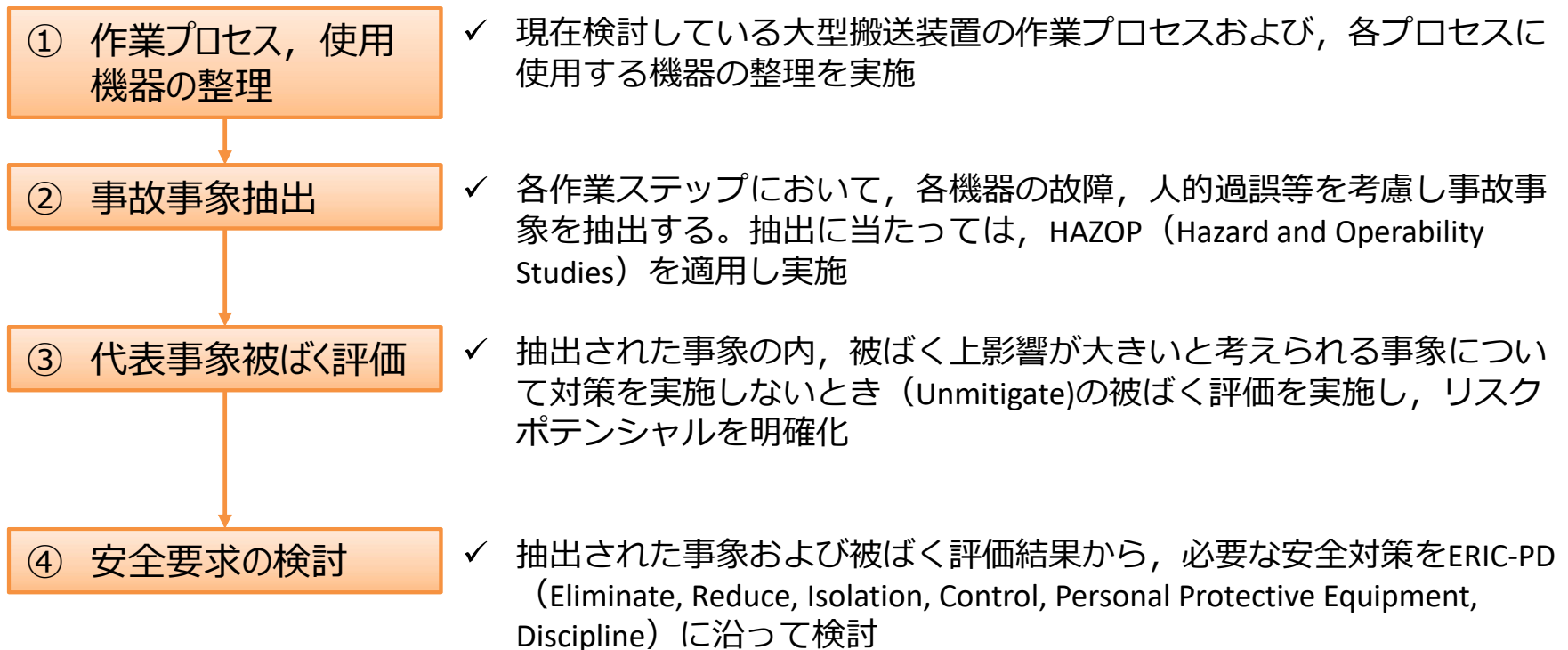
- 各工法で設定した主な前提条件を下表に示す。
- 各工法の前提条件の詳細は，添付資料4.1-1～4.1-3に示す。

No.	項目		前提条件
1	対象号機	工法1	1号機
		工法2,3	3号機（2号機）※2号機は3号機に包括できると考え，3号機を前提とした。
2	ウェルシールドプラグの状態	工法1	3段とも大きなズレ（傾斜）あり。
		工法2,3	上段に破損（センターのプラグの中央部分が30cm陥没）
3	ダスト（粒径分布）	工法1	0.3～0.5 μm : 91.8 %，0.5～1.0 μm : 7.0 %，1.0～2.0 μm : 0.7 %，2.0～5.0 μm : 0.5 %，5.0～10 μm : 0.05 %，10～20 μm : 0.004 %
		工法2,3	詳細な粒径分布は不明のため，1号機と同様として検討を進める。
4	作業場所	工法1	SFP燃料取り出し用大型カバー内
		工法2	大型一体搬出工法 連絡通路内
		工法3	オペフロ上（ウェルシールドプラグ撤去用カバー内）
5	ラグの使用可否	工法1,2	既設吊り上げ用ラグが使用可能なものとして概念検討を行う。
		工法3	既設吊り上げ用ラグが使用できない条件においても概念検討を行う。

4. 検討結果

4.2 要求事項の整理結果

- 要求事項の整理は以下フローにて実施した。
- 要求事項の整理では、1号機、3号機共に実施したが、本報告では代表して1号機の検討内容を示す。
- 3号機の検討結果については、添付資料4.2-1に示す。



要求事項の整理検討フロー

4. 検討結果

4.2 要求事項の整理結果

①作業プロセス、使用機器の整理

- 作業プロセスは3項（p.11）に示すとおり、準備作業⇒設備構築⇒状態確認⇒吊り上げ⇒移送である。
- 本検討では最終的に被ばく評価を実施し、リスクポテンシャルを明確にしたのち、安全要求の検討を行うこととした。
- 準備作業、設備構築、状態確認は被ばくへの影響が少ないと想定し、本検討では吊り上げ、移送の詳細作業プロセスを検討し、事象の抽出、代表被ばく評価、安全要求の検討を行った。
- 吊り上げ、移送の作業プロセス、使用機器の整理結果を下図に示す。また、機器の概略図を次頁に示す。

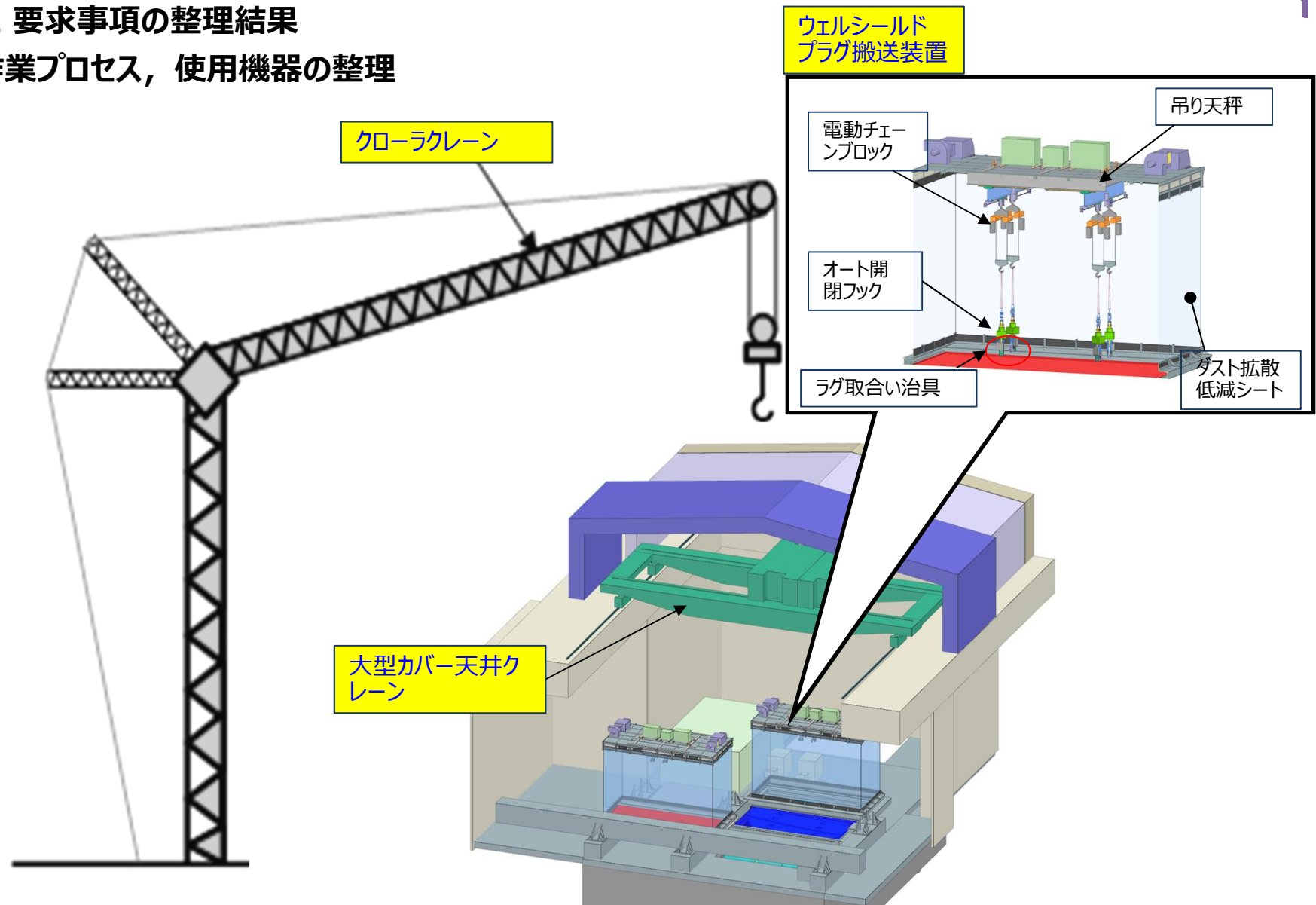
No	詳細作業プロセス		詳細作業プロセス説明	必要機器
1	吊り上げ準備	ラグ取合い治具取付け	ラグ取合い治具をウェルシールドプラグラグ（吊り金具）に取付ける。	・大型カバー天井クレーン ・ウェルシールドプラグ搬送装置※
			ウェルシールドプラグ1枚につき4つある既存ラグ全てにラグ取合い治具を取り付ける。	・大型カバー天井クレーン ・ウェルシールドプラグ搬送装置※
2	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ	電動チェーンブロックを巻き上げ操作し、ウェルシールドプラグを1m程吊り上げる。	・大型カバー天井クレーン ・ウェルシールドプラグ搬送装置※
		ウェルシールドプラグ傾き調整	吊り天秤の調芯操作と電動チェーンブロックの上下操作によりウェルシールドプラグをほぼ水平状態に調整する。	・大型カバー天井クレーン ・ウェルシールドプラグ搬送装置※
		ウェルシールドプラグ吊り上げ	ダスト拡散低減設備を閉じ、大型カバー天井クレーンを巻き上げ操作し、ウェルシールドプラグを吊り上げる。吊り上げ高さは新オペフロレベル（O.P.39700）に対して5m。	・大型カバー天井クレーン ・ウェルシールドプラグ搬送装置※
3	移送	ウェルシールドプラグ移動（吊り替え場所まで）	大型カバー天井クレーンを走行し、クローラクレーンへの吊り替え場所までウェルシールドプラグを移動する。	・大型カバー天井クレーン ・ウェルシールドプラグ搬送装置※
		ダスト拡散低減設備吊り替え	ウェルシールドプラグ搬送装置を、大型カバー天井クレーンからクローラクレーンへ吊り替える。	・クローラクレーン ・大型カバー天井クレーン ・ウェルシールドプラグ搬送装置※
		ウェルシールドプラグ移動	クローラクレーンを操作しウェルシールドプラグを大型カバー外に待機している輸送車両上まで移動する。吊り上げ高さは地上から約70m。	・クローラクレーン ・ウェルシールドプラグ搬送装置※
		ウェルシールドプラグ吊り降し	クローラクレーンを巻き下げ操作し、ウェルシールドプラグを1階で待機している輸送車両上の搬送容器へ収納する。吊り降し高さは地上から約70m。	・クローラクレーン ・ウェルシールドプラグ搬送装置※

※吊り天秤、ラグ取合い治具、電動チェーンブロック、オート開閉フック、ダスト拡散低減シート含む

4.検討結果

4.2 要求事項の整理結果

①作業プロセス, 使用機器の整理



4. 検討結果

4.2 要求事項の整理結果

②事象事象抽出

- まず、HAZOPガイドワード※から被ばくの危険性があるワードの絞り込みを行うこととした。
- HAZOPガイドワードを下表に示す。HAZOPガイドワード※のうち下表に基づき関連するワードを「多量」、「乱順」、「晚期」に絞り検討を行うこととした。

※プロセスにおける 動作を否定～後置（下表参照）までのガイドワードに当てはめながら事故発生のおそれがないかを検討・抽出する手法

ガイドワード	説明	対象, 非対象 選定理由
否定	設計目的の全否定	設計目的を全否定するプロセスは無いため, 対象外。
多量	量的増加（本検討では量を汚染物と捉え検討した）	汚染物の増加や火災の増加等が考えられるため, 対象に含める。
少量	量的減少（本検討では量を汚染物と捉え検討した）	量が少ないことに対する危険は抽出されなかったため対象外。
余分	項目追加による設計目的未達成	余分は多量に含めるため, 対象外とした。
不足	項目不足による設計目的未達成	不足は少量に含めるため, 対象外とした。
逆順	論理的に逆の目的の達成	逆の目的の達成といった危険は抽出されなかったため, 対象外とした。
乱順	手順がばらばら	違う手順を行うことで, 危険が生じる可能性があるため対象に含める。
相違	まったく違うことの生起	まったく違うことを生起するプロセスは無いため, 対象外とした。
早期	予定した時刻よりも早く生起	作業が早まった場合, 被ばくの可能性は減るため, 対象外とした。
晚期	予定した時刻よりも遅く生起	作業が遅れると作業員被ばくの可能性があるので対象に含める。
前置	予定の順位よりも前に生起	乱順に含めるため, 対象外とした。
後置	予定の順位よりも後に生起	乱順に含めるため, 対象外とした。

4. 検討結果

4.2 要求事項の整理結果

② 事象事象抽出

- 各作業プロセスおよび使用機器を基に、HAZOPガイドワードに沿って不具合モードの抽出を実施した。その結果を下表に示す。
- 抽出した詳細の不具合モードを添付資料4.2-2に示す。

No	詳細作業プロセス		ガイドワード	不具合モード	事象説明
1	吊り上げ準備	・ラグ取合い治具取付け ・吊り天秤取付け	多量	漏えい	機器の故障・誤操作などにより、 <u>ウェルシールドプラグ上に機器を落下させ、放射性物質を漏えいさせる。</u>
			乱順	落下	機器の故障・誤操作などにより、 <u>ウェルシールドプラグ上に機器を落下させる。</u>
			晩期	—	晩期による不具合モードは無い。
2	吊り上げ	・ウェルシールドプラグ吊り上げ ・ウェルシールドプラグ傾き調整 ・ウェルシールドプラグ吊り上げ	多量	漏えい	機器の故障・誤操作などにより、 <u>ウェルシールドプラグを落下させ、放射性物質を漏えいさせる。</u>
				機器破損	<u>汚染拡大抑制設備の機器の故障や誤操作により、放射性物質を漏えいさせる。</u>
			乱順	落下	機器の故障・誤操作などにより、 <u>ウェルシールドプラグや機器を落下させる。</u>
			晩期	—	晩期による不具合モードは無い。
3	移送	・ウェルシールドプラグ移動(吊り替え場所まで) ・ダスト拡散低減設備吊り替え ・ウェルシールドプラグ移動 ・ウェルシールドプラグ吊り降し	多量	漏えい	機器の故障・誤操作などにより、 <u>ウェルシールドプラグを落下させ、放射性物質を漏えいさせる。</u>
				機器破損	<u>汚染拡大抑制設備の機器の故障や誤操作により、放射性物質を漏えいさせる。</u>
			乱順	落下	機器の故障・誤操作などにより、 <u>ウェルシールドプラグや機器を落下させる。</u>
					<u>既設設備（電源設備）に衝突・損傷し火災を発生させる。</u>
					<u>既設設備（換気空調系設備）に衝突・損傷しバウンダリを喪失させる。</u>
			晩期	被ばく	<u>作業が予定より遅れた場合、作業員被ばくの可能性がある。</u>

4. 検討結果

4.2 要求事項の整理結果

③代表事象被ばく評価

➤ 「②事象事象抽出」結果から、代表事象を以下のとおり抽出した。

- ・ウェルシールドプラグを落下させ、放射性物質を漏えいさせる。

影響が大きいと想定する、ウェルシールドプラグをオペフロ上に落下させる（下図①）、搬出動線の中で吊り上げ高さが最大となる高さ70mから落下させる（下図②）。

- ・汚染拡大抑制設備の機器の故障や誤操作により、放射性物質を漏えいさせる。

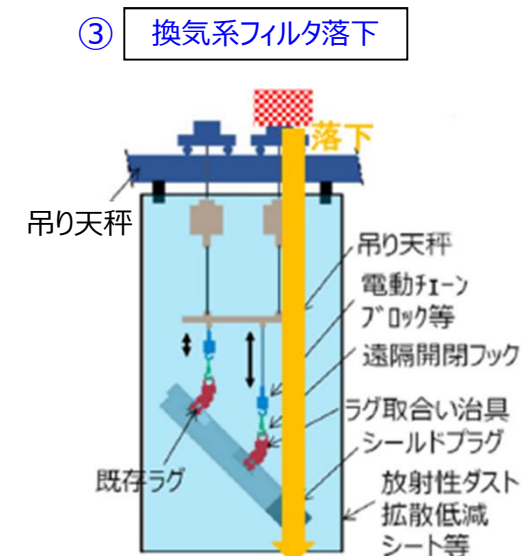
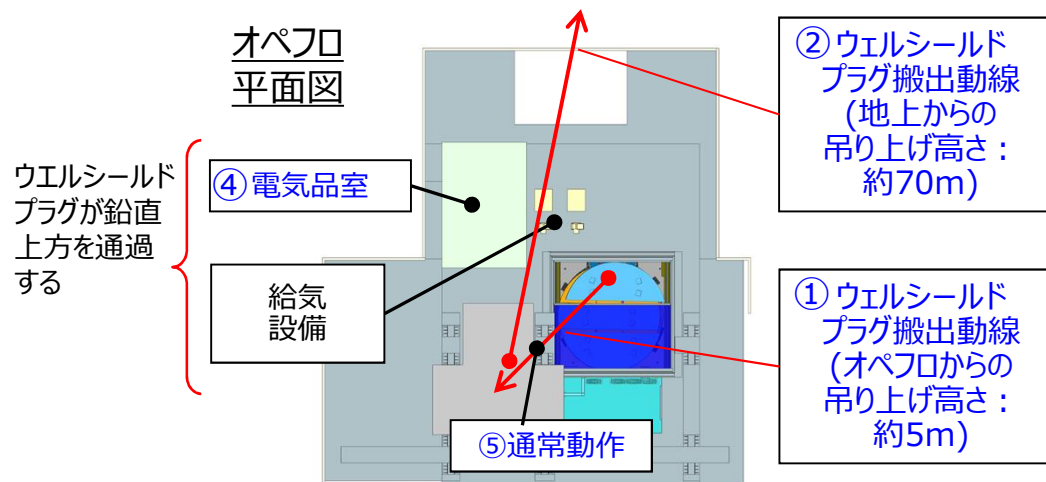
汚染拡大抑制設備である換気系フィルタを落下させることで、ダクトに付着した放射性物質が漏えいする（下図③）。

- ・既設設備（電源設備）に衝突・損傷し火災を発生させる。

既設機器の電機品室にウェルシールドプラグを落下させ、火災が発生する。その火災によりウェルシールドプラグ上の放射性物質を漏えいさせる（下図④）。

- ・通常時動作における放射性物質の放出

ウェルシールドプラグの移送の通常作業時に飛散する放射性物質が蓄積するフィルタを線源とした事象を想定した。（下図⑤）



4. 検討結果

4.2 要求事項の整理結果

③ 代表事象被ばく評価

- 前頁で抽出した代表事象に対して、リスクポテンシャルを確認するため、対策無し（Unmitigate）での被ばく評価を実施した。その結果を下表に示す。
- 4つの事故事象の内、電気品室火災のみ、事故時基準5mSv を超過しており、リスクポテンシャルが高く対策が必要である結果となった。

代表事象			対策無し [mSv]※
事故時 (基準：5mSv)	ウェルシールドプラグ落下， ウェルシールドプラグに付着した汚染物質の 漏洩	5m落下	2.0E-01
		70m落下	2.8E+00
	電気品室火災		4.8E+02
	換気系フィルタ落下		9.3E-03
通常時 (基準：10μSv/y)	ウェルシールドプラグ移送時		6.0E-04 [μSv/y]

※ 1Fウェルシールドプラグの被ばく評価については、保守性を持たせ以下の条件で実施した。
 ・ウェルシールドプラグの落下を、「粉体落下」と仮定しウェルシールドプラグに付着した汚染物質が100%飛散すると仮定。
 ・1号機のプラグ汚染密度(実測値)「6.7E+7Bq/cm2」を「1.0E+8Bq/cm2」に丸めて評価に使用している。
 ・電気品室火災の発生確率は低い(10E-7/年以下)が、発生する前提で評価している。
 (「電気品室への落下によりメタクラ破損を想定し、さらに火災に進展すると仮定している。)

④ 安全要求の検討

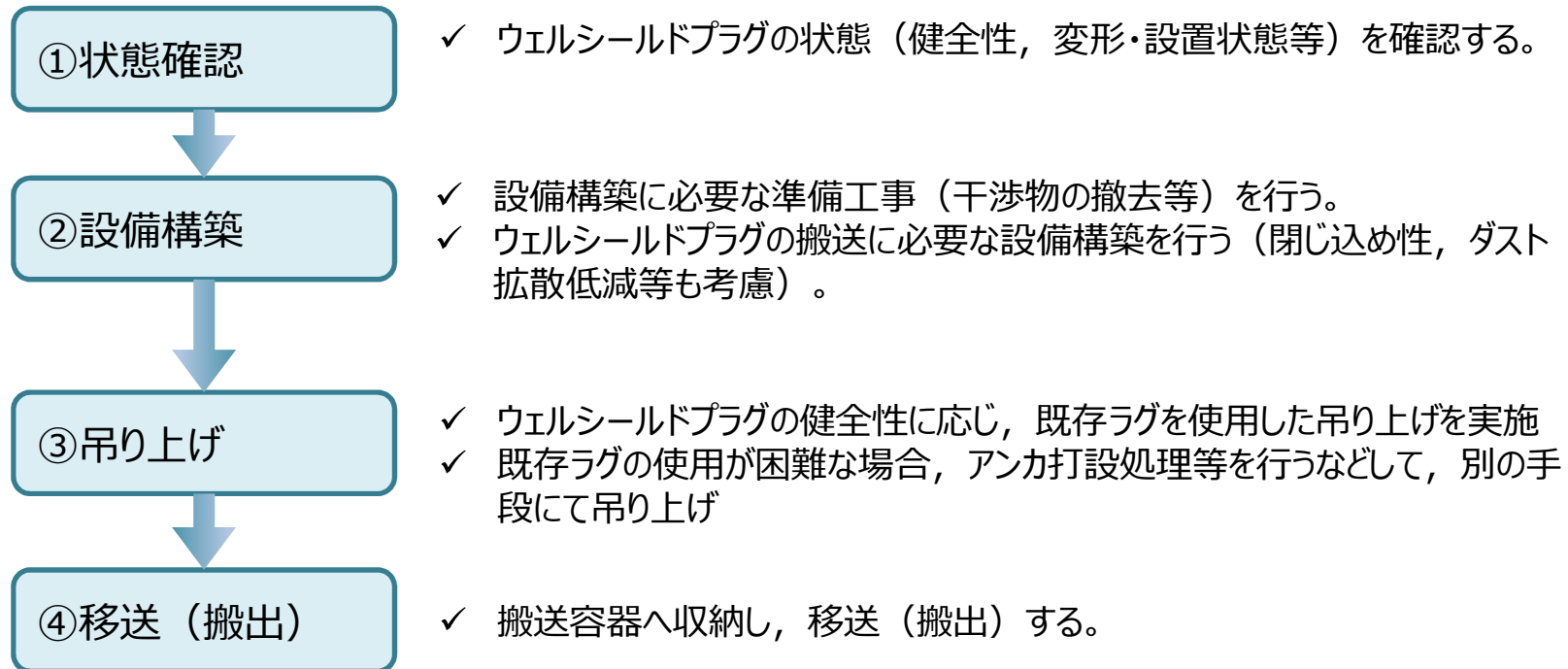
- 上記の「③代表事象被ばく評価」結果を元に対策が必要な、電気品室火災に対して対策案の検討および、安全要求の検討を行った。
- また、それ以外の代表事象については、対策を必要としない結果となったが、ALARPの観点での対策を検討した。
- 本検討で使用する機器に対しての安全要求を抽出した結果を以下に示す。詳細の検討結果は添付資料4.2-3参照。
 - ・閉じ込め機能
⇒安全要求としては閉じ込め機能ではなく汚染拡大防止機能と設定することとし、「汚染性物質拡散の防止」に含めて検討した。
 - ・放射性物質の拡散防止
⇒放射性物質拡散の防止，落下対策を検討した。誤操作防止方法は基本設計段階での検討と想定する。
 - ・遮へい機能（作業員被ばくを考慮した）
⇒この対策はクローラクレーンへの遮へいが対象となるが、基本設計段階での検討と想定する。

4. 検討結果

4.3 工法・作業方法・手順等の技術開発

◆ 検討方針

- ウェルシールドプラグを解体から搬出までに必要となる大型搬送装置等のオペフロ上部設備，落下対策を含む工法，作業方法・手順等の技術開発を行う（閉じ込め性，ダスト拡散低減等含む。）。
- 上記の要求事項に加え，遠隔作業の確実性・容易性・保守性，頑強性等の観点で評価・選定し，最適な技術について検討する。



ウェルシールドプラグの搬送フロー

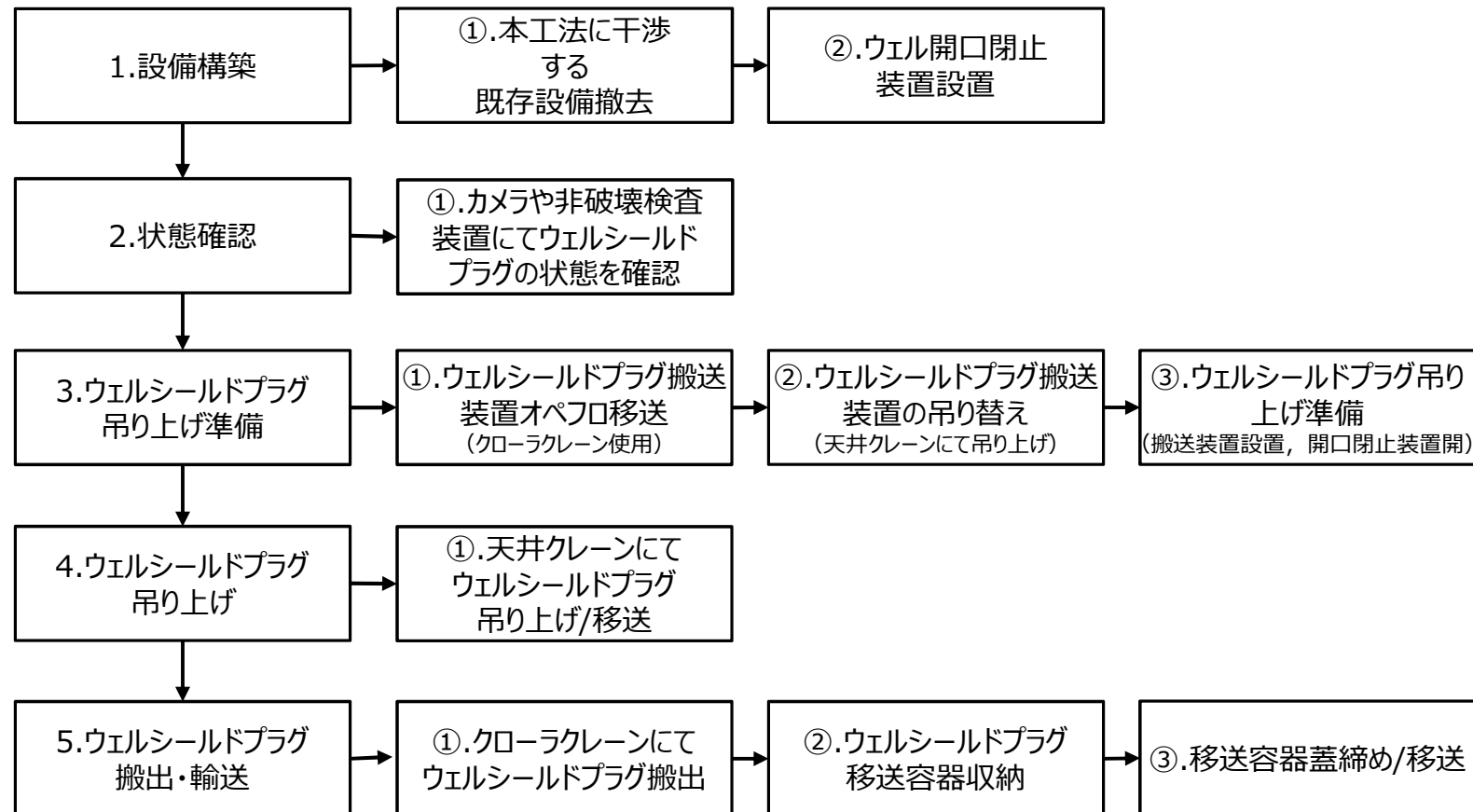
4. 検討結果

4.3 工法・作業方法・手順等の技術開発

1号機

①SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

- 工法1の工法・作業方法・手順等を検討した作業フローを下図に示す。
- 「①状態確認」、「②設備構築」、「③吊り上げ」、「④移送」それぞれの方法詳細を添付資料4.3-1に示す。
- 作業イメージとして本検討で詳細の検討を行った「3.ラグ取合い治具吊り上げ準備」～「5.ウェルシールドプラグ搬送・輸送」までのステップ図を添付資料4.3-2に示す。



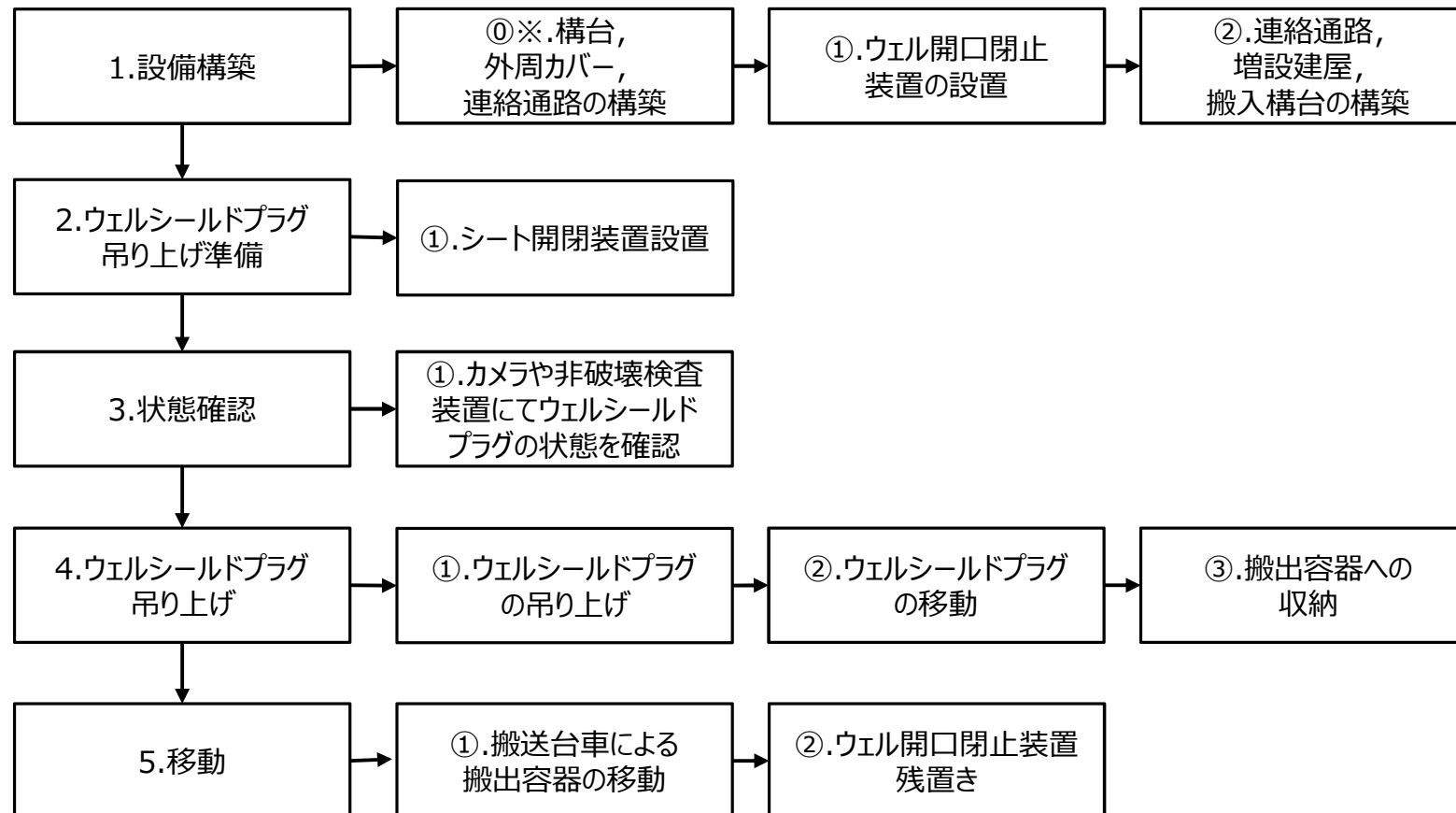
4. 検討結果

4.3 工法・作業方法・手順等の技術開発

3号機

②大型一体搬出工法（工法2）

- 工法2の工法・作業方法・手順等を検討した作業フローを下図に示す。
- 「①状態確認」、「②設備構築」、「③吊り上げ」、「④移送」それぞれの方法詳細を添付資料4.3-3に示す。
- 作業イメージとしてのステップ図を添付資料4.3-4に示す。



※本ステップは本事業検討対象外

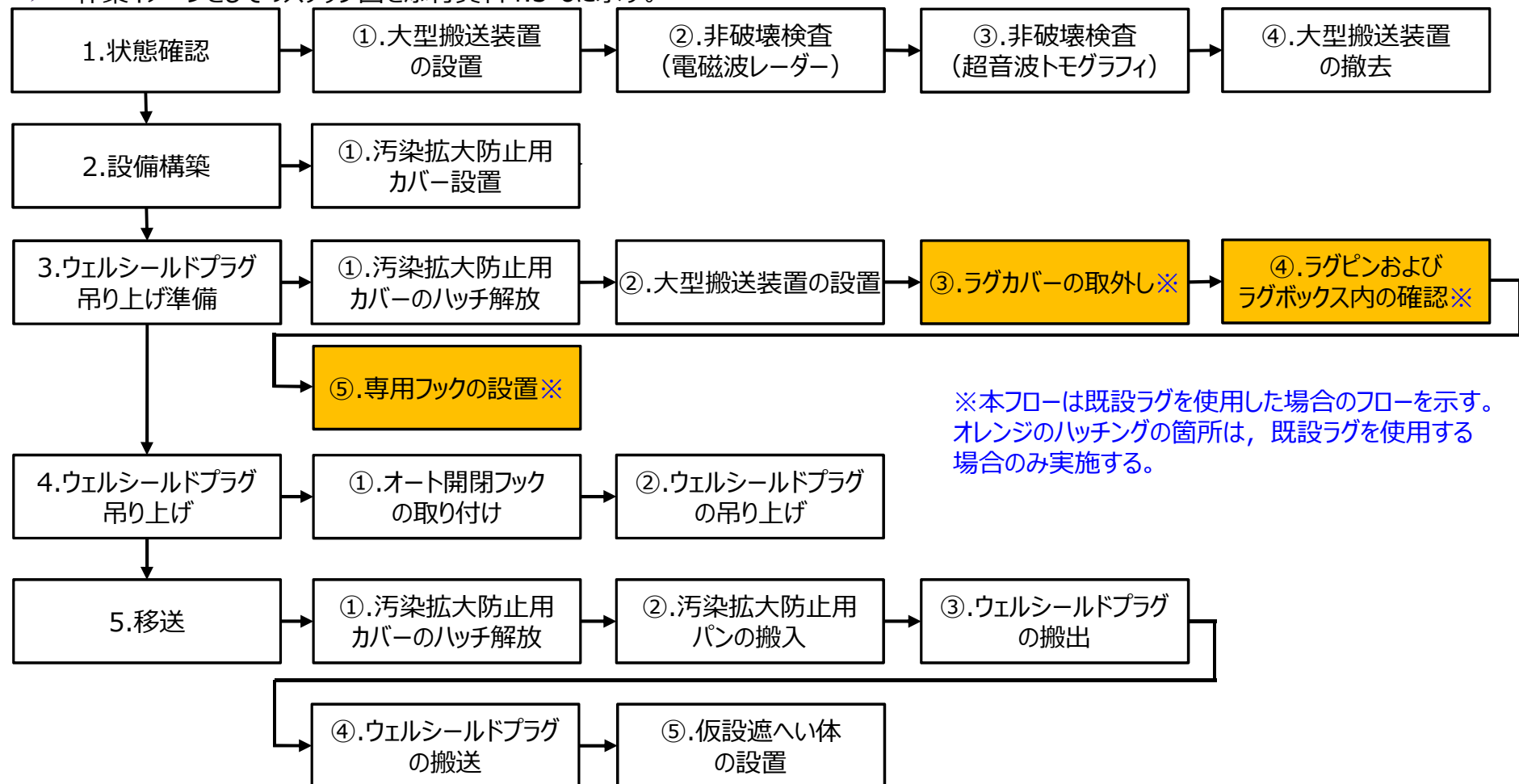
4. 検討結果

4.3 工法・作業方法・手順等の技術開発

3号機

③-1 ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

- 工法3の工法・作業方法・手順等を検討した。検討した作業フローを下図に示す。
- 既設ラグを使用した場合の作業フローを下図に示す。
- 「①状態確認」、「②設備構築」、「③吊り上げ」、「④移送」それぞれの方法詳細を添付資料4.3-5に示す。
- 作業イメージとしてのステップ図を添付資料4.3-6に示す。



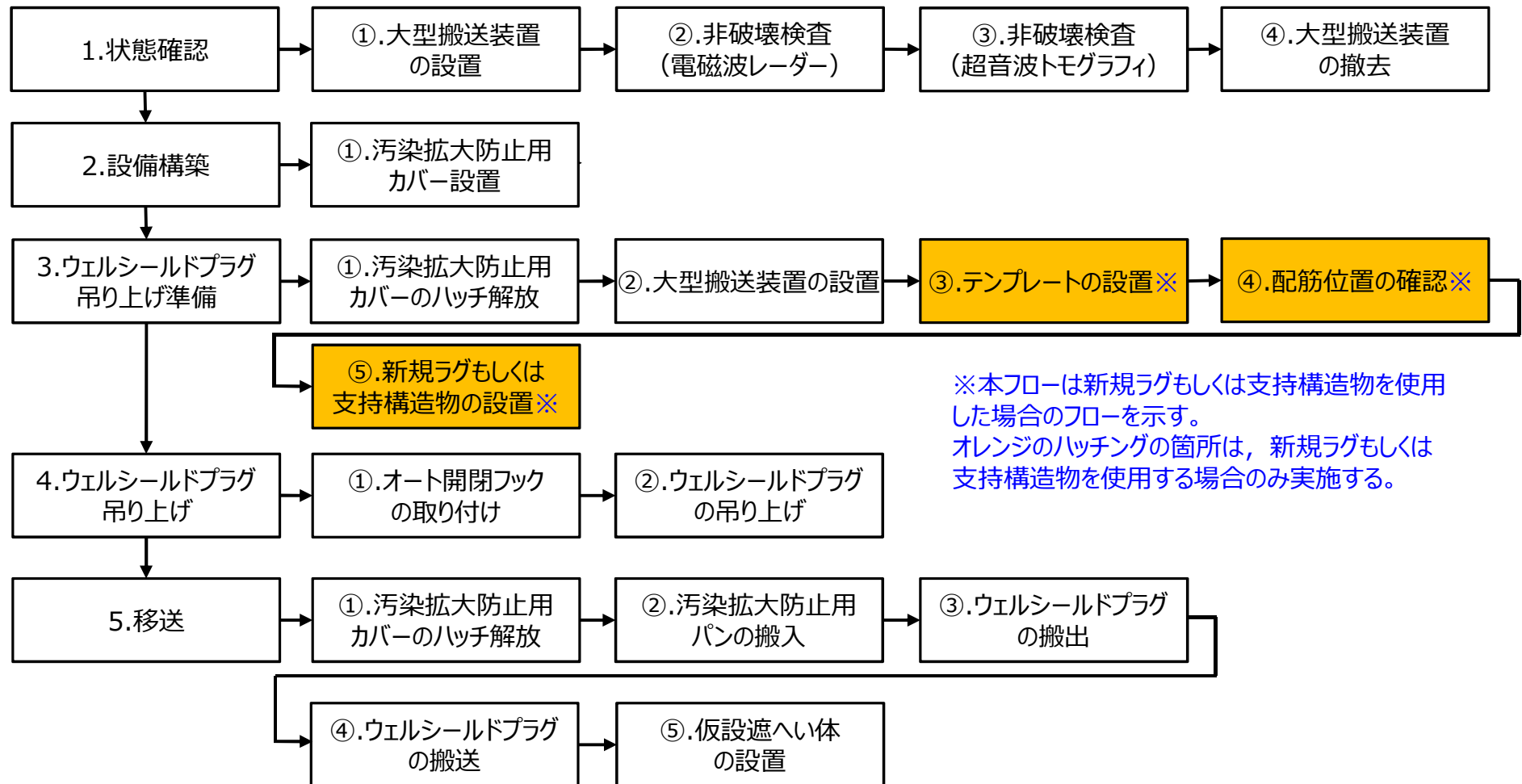
4. 検討結果

4.3 工法・作業方法・手順等の技術開発

3号機

③-2 ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

➤ 新規ラグを使用した場合と、支持構造物を用いた場合の作業フローを下図に示す。



4. 検討結果

4.4 試験計画

1号機

①SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

- 吊り天秤含む全体要素試験で成立性を確認する工法，内容を下表に示す。
- 試験計画として，工法・作業方法・手順等の技術開発にて検討した工法から課題を抽出し，その内容に対して要素試験を実施することとした。
- 下表に示すNo.1,2の課題については，単体試験にて確認を行い，その結果をNo.3,4の全体要素試験へ反映することとした。
- 次頁に試験計画の作業イメージを示す。
- 試験計画詳細を添付資料4.4-1に示す。

No.	試験名称	課題	要素試験 確認項目	試験区分
1	ラグ取合い治具単体試験（設置作業可否の確認）	遠隔作業によるラグ取合い治具の位置合わせ方法	ラグ取合い治具のカメラ映像の確認のみで遠隔操作を行い以下を確認する。 【確認項目】 ・遠隔操作でのラグ取合い治具の水平/高さ方向位置合わせ可否 ・遠隔操作でのラグへのラグ取合い治具姿勢合わせ可否	ラグ取合い治具単体試験にて確認
2	ラグ取合い治具単体試験（把持及び落下防止策の妥当性確認）	遠隔作業によるラグ取合い治具位置合わせ後のラグ把持方法	ラグ取合い治具設定後，遠隔操作によるラグ把持可否および落下防止対策の機能を確認する。 【確認項目】 ・遠隔操作でのフック挿入（ラグの把持）可否 ・落下防止用ロックピンの挿入可否	
3	吊り天秤含む全体要素試験（玉掛，吊り上げ確認）	遠隔作業による吊り天秤を用いた各ラグ取合い治具への玉掛作業方法	吊り天秤およびラグ取合い治具のカメラ映像の確認のみで遠隔操作を行い，以下を確認する。 【確認項目】 ・ウェルシールドプラグの4つの吊り金具（ラグ）への遠隔玉掛作業の可否。	吊り天秤含む全体要素試験にて確認
4	吊り天秤含む全体要素試験（姿勢調整確認）	遠隔作業による吊り天秤の姿勢調整方法	【確認項目】 ・吊り天秤の吊り点移動機能によるプラグの姿勢調整の可否	

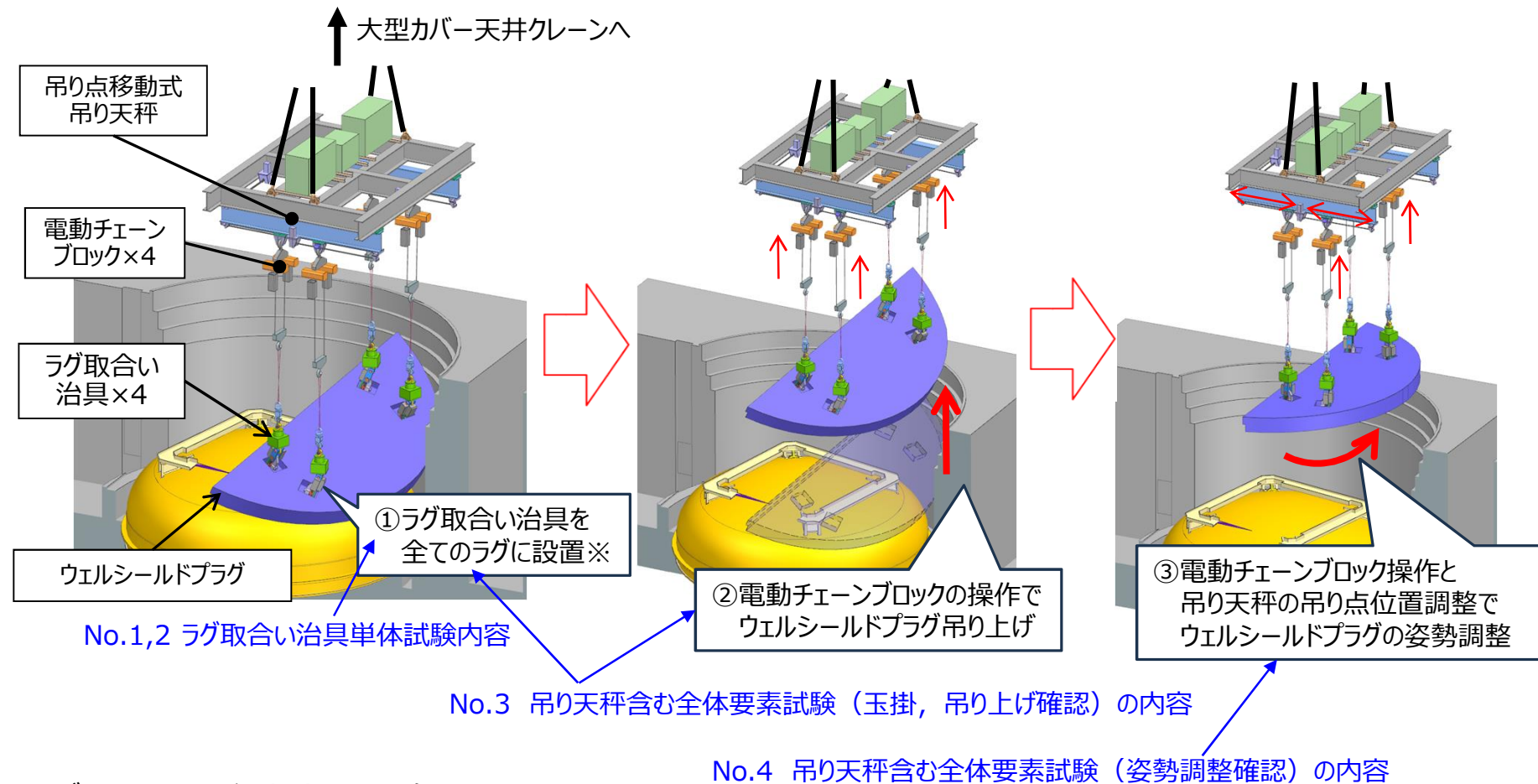
4. 検討結果

4.4 試験計画

1号機

①SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

- 試験計画の作業イメージを下図に示す。



※ラグへの設置は単体試験にて確認を行い，その試験結果を全体要素試験へ反映させることとした。

4. 検討結果

4.4 試験計画

3号機

②大型一体搬出工法（工法2）

- 実機手順のうち，試験で確認する工法，内容を下表に示す。
- 試験計画として，工法・作業方法・手順等の技術開発にて検討した工法から課題を抽出し，その内容に対して要素試験を実施することとした。
- 次頁に試験計画の作業イメージを示す。
- 試験計画詳細を添付資料4.4-2に示す。

No.	試験項目	試験概要
1	<u>ダスト拡散低減設備の構造成立性</u> 【確認項目】 (1-1)開口閉止装置の開閉動作の成立性 (1-2)負圧維持装置の負圧バランス成立性	(1-1)開口閉止装置単体における開閉動作が所定の仕様を満たしていることを確認する。 (1-2)ダスト拡散低減設備の各機器単体または組合せにおいて，閉じ込め性能が所定の仕様を満たしていることを確認する。
2	<u>各開口装置の結合状態(開閉状態)</u> 【確認項目】 (2-1)結合部構造の成立性 (2-2)結合時のズレによる開閉動作への影響	(2-1)開口閉止装置が結合・開閉の動作を行い，所定の仕様を満たしていることを確認する。 (2-2)開口閉止装置の着座位置がずれた際の開閉動作への影響を確認する。
3	<u>各開口閉止装置間を切り離した状態でのダスト拡散低減シート内の負圧維持性能</u> 【確認項目】 (3-1)各開口閉止装置の気密性能 (3-2)ダスト拡散低減シート構造の妥当性(たわみ等)	(3-1)結合した状態からシート開口閉止装置を切り離し，切り離した際の負圧維持可否を確認する。 (3-2)結合した状態からシート開口閉止装置を切り離し，切り離した際の負圧維持可否を確認しつつ，ダスト拡散低減シートの挙動を監視する。
4	<u>大型搬送装置動作による負圧維持性能への影響</u> 【確認項目】 (4-1)加速度が生じることによる負圧維持装置への影響 (4-2)加速度が生じた際のダスト拡散低減シート構造の妥当性 (4-3)ダスト拡散低減シート外部に気流が生じた際の負圧維持装置への影響	(4-1)水平及び鉛直動作を行い加速度を生じさせた際の負圧維持可否を確認しつつ，過負圧防止ダンパの挙動を監視する。 (4-2)水平及び鉛直動作を行い加速度を生じさせた際の負圧維持可否を確認しつつ，ダスト拡散低減シートの挙動を監視する。 (4-3)水平動作及び回転動作を行った際の負圧維持可否を確認しつつ，過負圧防止ダンパの挙動を監視する。

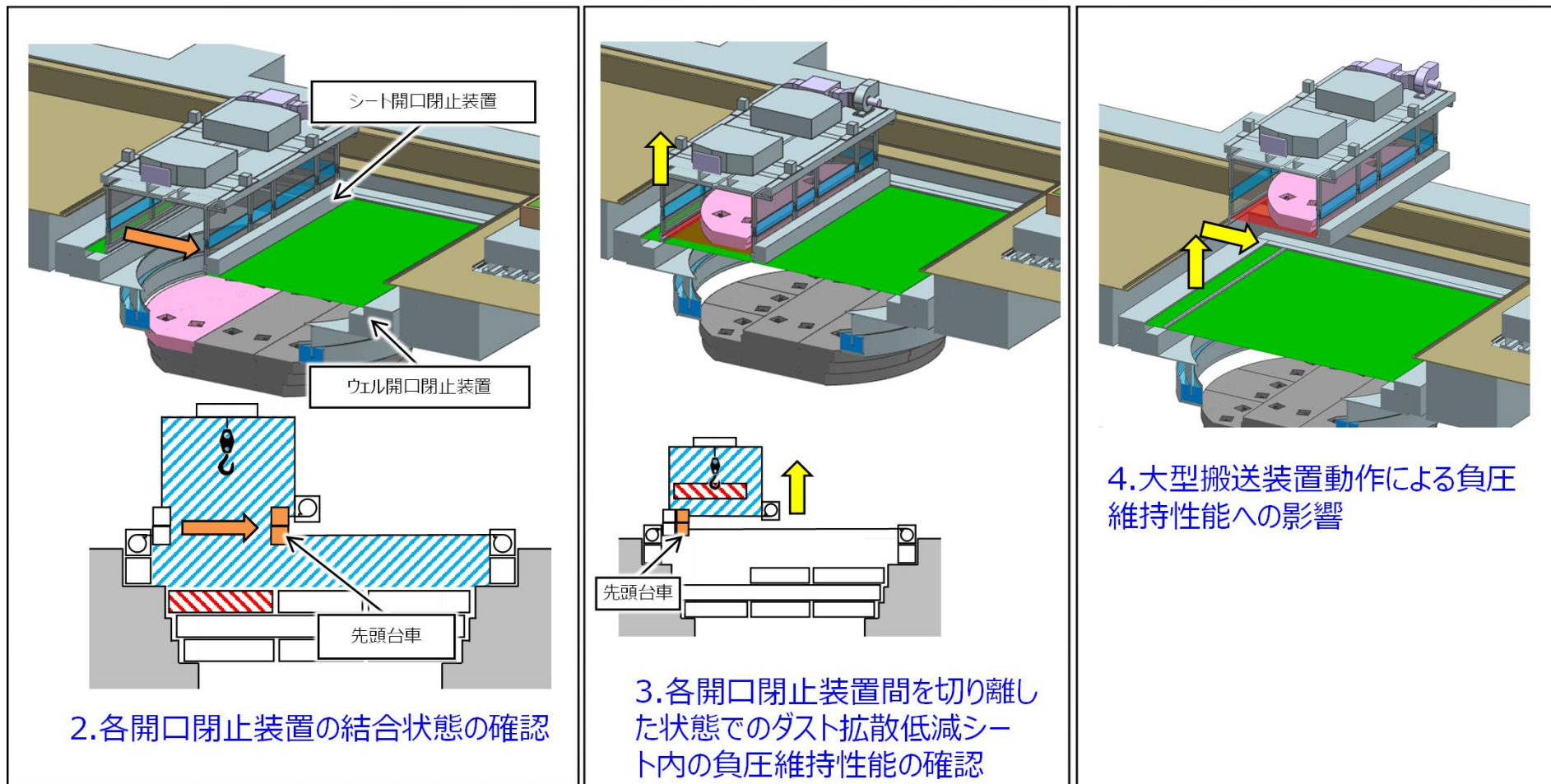
4. 検討結果

4.4 試験計画

3号機

②大型一体搬出工法（工法2）

➤ 試験計画の作業イメージを下図に示す。



前頁に示す試験項目No.1の「ダスト拡散低減設備の構造成立性」は全体で確認する。

4. 検討結果

4.4 試験計画

3号機

③ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

- 試験で実施する工法，内容を下表に示す。
- 試験計画として，工法・作業方法・手順等の技術開発にて検討した工法から課題を抽出し，その内容に対して要素試験を実施することとした。
- 次頁に試験計画の作業イメージを示す。
- なお，試験で使用するウェルシールドプラグ模擬体は実現象と違い静的荷重で模擬するが，静的荷重による負荷の方が一般的に損傷範囲は広がるため，非破壊検査としては保守的となる。
- 試験計画詳細を添付資料4.4-3に示す。

No.	試験名称	課題	要素試験 確認項目
1	非破壊検査方法の確認	ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊検査方法	ラグや鉄筋を対象とし健全性の確認を行う。要素試験では，遠隔操作性に加え測定可否を確認する。 【確認項目】 ・ラグ固定部の損傷状態の確認可否 ・上部配筋の亀裂や破断等の確認可否 ・上記の遠隔操作
2	破損したウェルシールドプラグの搬送方法の確認	破損したウェルシールドプラグの搬送方法	状態確認結果から，ラグや鉄筋の状態に応じた吊り上げ方法が必要になる。要素試験では，吊り上げ・搬送時の作業手順に対し，遠隔操作が難しいと想定する以下項目に対して試験を行う。 【確認項目】 ・遠隔操作によるラグカバー撤去可否 ・既設ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ可否 ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ可否
3	ダスト拡散低減方法の確認	ダスト拡散低減方法	ウェルシールドプラグ搬送時のダスト拡散低減方法として必要と考えられる以下項目に対して試験を行う。 【確認項目】 ・ダスト拡散低減効果

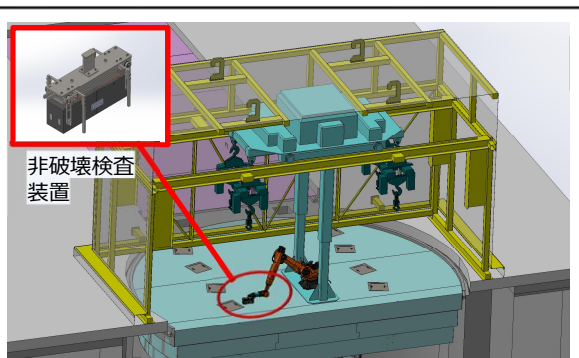
4. 検討結果

4.4 試験計画

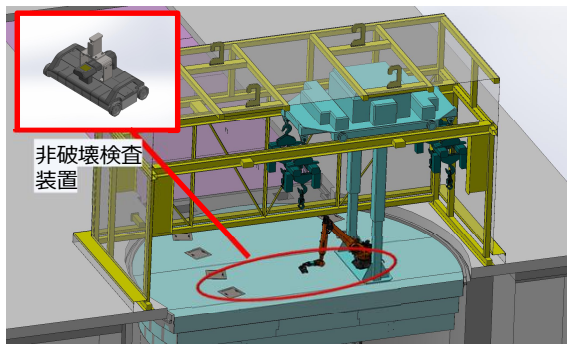
3号機

③ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

- 試験計画の作業イメージを下図に示す。

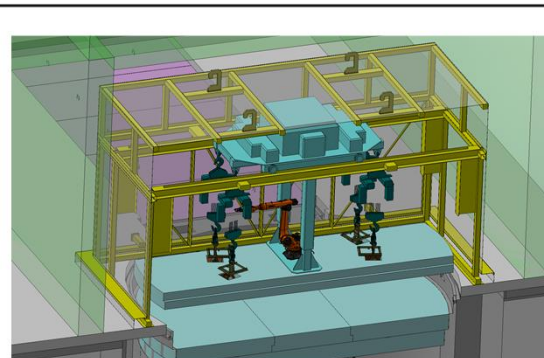


ラグ周辺の非破壊検査

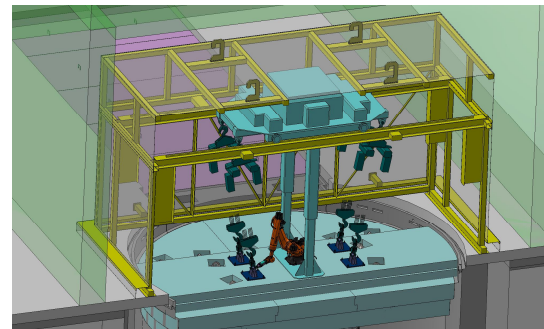


上部鉄筋の非破壊検査

1. 非破壊検査方法の確認

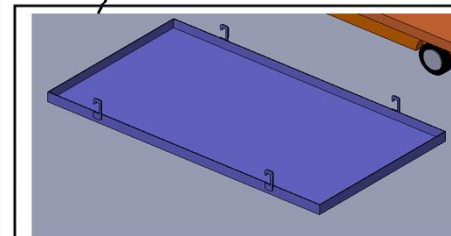
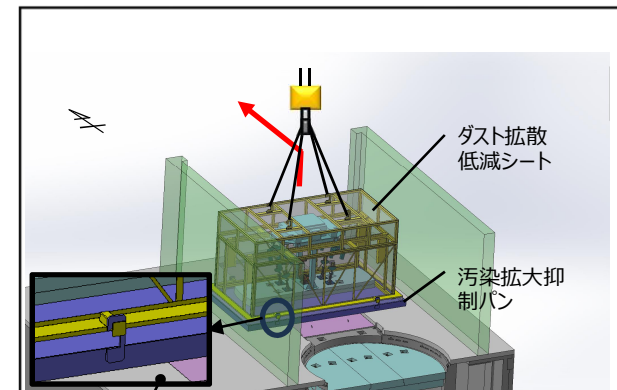


既設ラグを使用する場合



新規ラグを使用する場合

2. 破損したウェルシールドプラグの搬送方法の確認



汚染拡大抑制パン
ウェルシールドプラグ搬出時下面に敷き、飛散抑制を図る。

3. ダスト拡散低減方法の確認

4. 検討結果

4.5 試験結果

①SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

- 要素試験の試験項目、結果概要を下表に示す。また、詳細の結果を添付資料4.5-1に示す。
- 試験項目として挙げた3項目に対して、すべて遠隔操作にて実施可能であった。課題として、吊り点荷重を管理値以下に制御することが困難であった。その対策としては、電気チェーンブロックなどの容量の見直し※1や荷重の管理方法を検討することで、解決可能と考える。

No.	試験項目	試験内容	結果	
1	ラグ取合い治具 4台の設置可否	・遠隔操作で、ウェルシールドプラグの4つのラグに治具を取り付け（玉掛け）可能か確認。	可	吊り天秤やラグ取合い治具の遠隔操作により、ラグへの位置/向き合わせ（磁石の吸着、クレーン操作）を行い、4つのラグにラグ取合い治具を設置可能であった。 また揺れの影響については、ラグ取合い治具単体試験にて、治具を10m程度吊り下げた条件でも遠隔操作で取り付け可能であることは確認できた。
2	ウェルシールドプラグ の吊り上げ可否	・遠隔操作でウェルシールドプラグを吊り上げ可能か確認。	可	・4つのラグにラグ取合い治具設置後、遠隔操作により電動チェーンブロックを巻き上げ、ウェルシールドプラグ模擬体を吊り上げ可能であった。 ・ただし、吊り点の荷重を4点全て1765N（180kgf）以下（管理値※2）に制御することは困難であった。
3	ウェルシールドプラグ の姿勢調整可否	・遠隔操作で、吊り上げ後のウェルシールドプラグの姿勢を調整可能か確認。	可	・遠隔操作により、吊り天秤の電動チェーンブロックの水平方向位置を調整（吊り点位置調整）し、4つの電動チェーンブロックの長さが同じになるよう巻き上げることで、ウェルシールドプラグ模擬体の姿勢をほぼ水平に調整可能であった。 ・ただし、吊り点の荷重を4点全て1765N（180kgf）以下（管理値※2）に制御することは困難であった。
—	共通項目 遠隔操作性・視認 確保	・No.1～3の試験項目について、カメラによる視認のみで遠隔操作可能であることを確認する。	可	・No.1～3の試験項目に対して、カメラによる視認にて遠隔操作可能であることを確認した。カメラ映像については、添付資料4.5-1に示す。

※1実機では容量にさらなる裕度を設けることで各々のチェーンブロックの定格荷重で制御可能と考える。

※2実際のウェルシールドプラグは6.3 t程度であり、これを4点で吊るのでラグ1点には 約1.6 tが掛かる計算で、吊り具1点の許容荷重はその1.25倍の2.0 t。試験では上記を踏襲し、模擬体570 kgの1/4の1.25倍で180 kg

4. 検討結果

4.5 試験結果

②大型一体搬出工法（工法2）

- 要素試験の試験項目，結果概要を下表に示す。
- 試験結果としては，**ワンスルーで実施した試験結果を示すこととした。**
- 試験項目として挙げた4項目を実施し，**項目2「各開口閉止装置の結合部構造の成立性」に対して負圧維持可能であったが，負圧が深い側に判定割れがあった。**この対策として，以下が考えられ実機適用時に対策可能と判断した。

・負圧の判定基準はJIS B 9919（負圧の深い側は「扉を開けることができる」）に基づき目安として定めており，実際の挙動（扉を開ける動作）に影響するような値からは十分な裕度を持つため，判定基準の見直しは可能と考える。

No.	試験項目	試験内容	結果	
1	ダスト拡散低減設備の構造成立性	各開口閉止装置の開閉動作の成立性を確認する。 【判定基準】 平均開閉速度※1:平均0.02m/s以上 先頭台車停止精度※1:±7mm以下	可	開口閉止装置の開閉動作に対して成立することを確認した。
		負圧維持装置の負圧バランスが成立することを確認する。 【判定基準】 負圧エリア内差圧※2:-20PaG~-5PaG	可	装置を組み合わせた状態で負圧維持装置の負圧バランスを確認し，成立することを確認した。
2	各開口閉止装置の結合部構造の成立性	各開口閉止装置（ウェル開口閉止装置，シート開閉装置，搬出容器開閉装置）について，結合させ動作の成立性と負圧維持可能であることを確認する。 【判定基準】 動作：結合状態で正常に動作すること。 負圧エリア内差圧※2:-20PaG~-5PaG	否	・各開口閉止装置を結合させた状態で，正常に動作した。 ・ シート開口閉止装置とウェル開口閉止装置を同時閉止する際，ダスト拡散低減シート内の差圧が判定基準-20[PaG]を超えて-21 [PaG]まで上昇した。

※1 概念検討結果による。

※2 JIS B 9919（クリーンルームの設計・施工及びスタートアップ）「A.5.3差圧制御の概念」に準じる。

4. 検討結果

4.5 試験結果

②大型一体搬出工法（工法2）（前頁からの続き）

No.	試験項目	試験内容	結果	
3	各開口閉止装置を切り離した状態でのダスト拡散低減シート内の負圧維持性能	各開口閉止装置（ウェル開口閉止装置，シート開閉装置，搬出容器開閉装置）を切り離し，動作の成立性と負圧維持可能であることを確認する。 【判定基準】 動作：正常に動作すること，シートを破損させるような動作が無いこと。 負圧エリア内差圧※2:-20PaG～-5PaG	可	各開口閉止装置の切り離しを行い，正常に動作し負圧バランスも成立することを確認した。
4	大型搬送装置動作による負圧維持性能への影響	大型搬送装置を動作させ，加速度が生じさせ，動作の成立性と負圧維持可能であることを確認する。 【判定基準】 動作：正常に動作すること，シートを破損させるような動作が無いこと。 負圧エリア内差圧※2:-20PaG～-5PaG	可	正常に動作し負圧バランスも成立することを確認した。

※2 JIS B 9919（クリーンルームの設計・施工及びスタートアップ）
「A.5.3差圧制御の概念」に準じる。

4. 検討結果

4.5 試験結果

②大型一体搬出工法（工法2）

- 参考で下表に示す試験を実施し、結合時ずれが生じた際およびシートが破損した際においては、負圧を維持することが難しいことが分かった。今後、本リスクへの対応方法（シート2重化、接触防止措置など）を検討し、必要に応じて装置設計へ反映する。

No.	試験項目	試験内容	結果	
1	結合時ズレが生じた際の影響	結合時に装置内最大、最小サイズのボルト（M16, M30）を挟み込んだ状態で、開口閉止装置を結合させ、負圧維持可能か確認する。 【判定基準】 負圧エリア内差圧※1:-20PaG~-5PaG	否	-5 [PaG]を超える場合があった。
2	シート破損時の影響	シートを破損させ、負圧維持可能かの確認を行う。 【判定基準】 負圧エリア内差圧※1:-20PaG~-5PaG	—	破損 縦700 [mm]の場合は、判定基準-5 [PaG]を超えることがなかったが、それ以上破損を広げた場合は負圧維持が不可であった。
3	フィルタ最終圧損時の負圧維持性能	フィルタ最終圧損時に、負圧維持可能かの確認を行う。 【判定基準】 負圧エリア内差圧※1:-20PaG~-5PaG	可	フィルタが最終圧損時においてもワンスルーで動作確認を行い、負圧維持ができることを確認した。

※1 JIS B 9919（クリーンルームの設計・施工及びスタートアップ）
「A.5.3差圧制御の概念」に準じる。

4. 検討結果

4.5 試験結果

③ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

- 要素試験にて、試験項目である3項目の確認を行った。その結果を下表に示す。詳細の結果を添付資料4.5-2に示す。
- 結果として、非破壊検査、破損したウェルシールドプラグの搬送は可能であった。ただし、非破壊検査のうち上部鉄筋の破断については、判定基準の設定が難しく、ギャップ32mm以下の破断を検出できなかった。対策として、非破壊検査装置による確認に加え、インチングによる吊り上げなどで挙動を確認するなど、非破壊検査以外の対策の具体化検討が必要になる。詳細は5章参照。
- ダスト拡散低減については、目標値を下回ったことから散水、飛散防止剤の塗布、フード内負圧など飛散抑制の対策方法を検討する必要がある。詳細は5章参照。

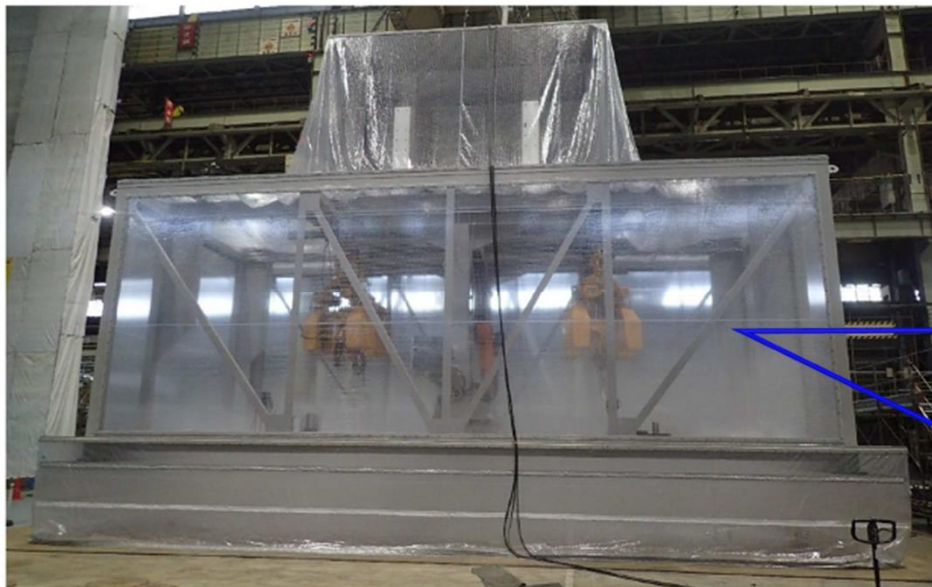
No.	試験名称	試験内容	結果	
1	ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊検査方法	ラグや鉄筋を対象とし健全性の確認を行う。要素試験では、遠隔操作性に加え測定可否を確認する。 【判定基準】 ・ラグ固定部の損傷状態を確認できること。 ・上部配筋の亀裂や破断等の確認ができること。	可	・遠隔操作にてラグ固定部の損傷状態を確認可能であることを確認した。 ・遠隔操作にて、上部配筋の亀裂や破断を確認することができた。ただし、明確な判断基準を設けることは難しく、また、ギャップ32mm以上の破断の検出は不可であった。
2	破損したウェルシールドプラグの搬送方法	状態確認結果から、ラグや鉄筋の状態に応じた吊り上げ方法が必要になる。要素試験では、吊り上げ・搬送時の作業手順に対し、遠隔操作が難しいと想定する以下項目に対して試験を行う。 【判定基準】 ・ラグカバーを撤去可能であること。 ・既設ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げが可能であること。 ・新規ラグピンを遠隔で設置したうえで、それを使用しウェルシールドプラグの吊り上げが可能であること。	可	- 遠隔操作にて以下を確認可能であることを確認した。 ・ラグカバーの撤去 ・既設ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ ・新規ラグピンの遠隔での設置 ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ ・新規ラグピンを予定外位置に設置した場合の吊り上げ（予定外位置など結果を添付資料4.5-3に示す。）
—	共通項目 遠隔操作性・視認性確保	・No.1,2の試験項目について、カメラによる視認のみで遠隔操作可能であることを確認する。	可	・No.1,2の試験項目に対して、カメラによる視認にて遠隔操作可能であることを確認した。カメラ映像については、添付資料4.5-4に示す。

4. 検討結果

4.5 試験結果

③ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

No.	試験項目	試験内容	結果	
3	ダスト拡散低減方法	ダスト拡散低減設備有無によるダスト拡散低減効果を確認する。 【確認項目】 ・散水効果と同様の1/300以上の効果があること。	否	・カバー内に粉体を充満させ、漏れ程度を目視確認した結果、ほとんど漏れはなかったため、効果はあった（下図参照）。 ・低減効果は1/2～1/5程度であり、目標値を達成させる効果は得られなかった。



大型搬送装置内に粉体を充満させた状態を示す。



大型搬送装置内は粉体が舞っている状況。

4. 検討結果

4.6 現場適用性の評価

1号機

① 1号機 SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

- 現場適用性の評価は、整理した要求事項への整合性と、遠隔作業の確実性・容易性・保守性・頑強性等から評価を行った。
- 現場適用性の評価結果を以下に示す。

No.	項目	現場機適用性の評価
1	要求事項への整合性	要求事項の整理にて、「①閉じ込め機能」、「②放射性物質の拡散防止（落下対策，誤操作防止）」、「③遮へい機能（作業員被ばくのため）」を抽出した。抽出した安全要求に関して、現場適用性の評価を行った結果を以下に示す。 <u>①閉じ込め機能（汚染拡大防止機能）</u> 工法1では、がれき撤去の延長のため、安全要求としては閉じ込め機能ではなく汚染拡大防止機能と設定し検討②の汚染性物質拡散の防止に含める。 <u>②放射性物質拡散の防止（落下対策，誤操作防止）</u> ・放射性物質拡散の防止方法として、工法2の検討結果（汚染拡大防止用シートの検討・試験結果）から現場適用性の見通しがあると評価した。 ・その他、落下対策，誤操作防止機能が必要になる。落下対策（フックの外止め（ロックピン））としては、検討した落下対策方法に対して、要素試験を実施し、その有効性を確認できたため、現場適用性の見通しを得た。誤操作防止方法については基本設計段階での検討と想定する。 <u>③遮へい機能（作業員被ばくを考慮した）</u> この対策はクローラークレーンの操作員への被ばく低減処置として仮設遮へいとなり、ウェルシールドプラグの汚染状況把握後、適切な遮へい厚を確認し、現場適用時には反映可能と考える。
2	遠隔作業の確実性・容易性	要素試験の結果から、ラグ取合い治具および吊り点移動式天秤を用いた遠隔操作にて、傾斜したウェルシールドプラグへの玉掛け、吊り上げ、姿勢調整が実施可能であることを確認したため、現場適用の見通しを得た。
3	保守性	保守方法としては、装置をヤードなどに移動させ保守を実施することと想定したが、今後設計が具体化した際に検討することとし、課題に抽出した。
4	頑強性	頑強性の検討では、地震などの異常対策して落下防止方法の検討（フックの外止め（ロックピン））および装置の誤操作防止方法を検討した。落下防止方法としては、工法1の検討結果を適用することを想定し、現場適用性の見通しを得たと考える。ただし、地震時などの異常時の対応については、今後、吊り具以外の他設備の詳細検討を実施していく中で、設備全体として検討する必要がある。また、誤操作防止方法については基本設計段階での検討と想定する。

4. 検討結果

4.6 現場適用性の評価

1号機

②3号機 大型一体搬出工法（工法2）

- 現場適用性の評価は、工法1と同様、整理した要求事項への整合性と、遠隔作業の確実性・容易性・保守性・頑強性等から評価を行った。
- 現場適用性の評価結果を以下に示す。

No.	項目	現場適用性の評価
1	要求事項への整合性	要求事項の整理にて、「①閉じ込め機能」、「②放射性物質の拡散防止（落下対策、誤操作防止）」を抽出した。抽出した安全要求に関して、現場適用性の評価を行った結果を以下に示す。 <u>①閉じ込め機能（汚染拡大防止機能）</u> 要素試験で検討した汚染拡大防止機能の確認を行い、現場適用性はあると考える。 <u>②放射性物質拡散の防止（落下対策、誤操作防止）</u> 放射性物質拡散の防止方法として、落下対策、誤操作防止機能が必要になる。落下対策工法1検討した方法を適用することを想定しており、現場適用性はある。誤操作防止方法については基本設計段階での検討と想定する。
2	遠隔作業の確実性・容易性	工法2は閉じ込め性、ダスト拡散低減等を踏まえた技術開発を行い、要素試験の結果から閉じ込め性、ダスト拡散低減が可能と判断するため、現場適用性の見通しを得たと考える。
3	保守性	保守方法としては、装置をセル内や隣接する建屋内に移動させ保守を実施することと想定したが、今後設計が具体化した際に検討することとし、課題に抽出した。
4	頑強性	耐震設計における耐震クラスは、事故時の敷地境界線量評価の結果による。このため今後ウェルシールドプラグの汚染状況を調査の上、設計段階で事故時の敷地境界線量評価を行い、耐震クラスを設定の上耐震設計を実施する。本工法の場合、設備を抱擁するセルは燃料デブリ取り出し用のセルと共用とするため、基本的には閉じ込め性を担保するセル筐体は耐震Sクラス、その他のセル内機器は耐震Cクラス（波及的影響は別途考慮）となる可能性がある。 構造強度設計については、設計段階でハード的な落下防止対策等を講じる予定である。

4. 検討結果

4.6 現場適用性の評価

1号機

③3号機 ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

- 現場適用性の評価は、工法1と同様、整理した要求事項への整合性と、遠隔作業の確実性・容易性・保守性・頑強性等から評価を行った。
- 現場適用性の評価結果を以下に示す。

No.	項目	現場適用性の評価
1	要求事項への整合性	要求事項の整理にて、「①閉じ込め機能」、「②放射性物質の拡散防止（落下対策、誤操作防止）」を抽出した。抽出した安全要求に関して、現場適用性の評価を行った結果を以下に示す。 <u>①閉じ込め機能（汚染拡大防止機能）</u> 工法3では、がれき撤去の延長のため、安全要求としては閉じ込め機能ではなく汚染拡大防止機能と設定し検討②の汚染性物質拡散の防止に含める。 <u>②放射性物質拡散の防止（落下対策、誤操作防止）</u> ・放射性物質拡散の防止に関する要素試験を実施した。その結果、シートのみ対策では、目標値を達成させる効果は得られなかった。従って、飛散防止剤や散水、装置内負圧を組み合わせることで現場適用性の見通しはあると考える。 ・その他、落下対策、誤操作防止機能が必要になる。落下対策（フックの外止め（ロックピン））としては、検討した落下対策方法に対して、要素試験を実施し、その有効性を確認できたため、現場適用性はある。誤操作防止方法については基本設計段階での検討と想定する。
2	遠隔作業の確実性・容易性	要素試験の結果から、損傷したウェルシールドプラグに対して、遠隔操作にて新規ラグを設置できることを確認した。また、新規ラグや既設ラグへの遠隔による玉掛け・吊り上げが実施できたことから、現場適用性の見通しを得たと考える。
3	保守性	保守方法としては、装置をヤードなどに移動させ保守を実施することを検討した。この方法は現場適用性の見込みはあると考えるが、詳細な保守方法の検討を基本設計段階で実施する必要がある。
4	頑強性	頑強性の検討では、地震などの異常対策として落下防止方法の検討（フックの外止め（ロックピン））および装置の誤操作防止方法を検討した。落下防止方法としては、工法1の検討結果を適用することを想定し、現場適用性の見通しを得たと考える。ただし、地震時などの異常時の対応については、今後、吊り具以外の他設備の詳細検討を実施していく中で、設備全体として検討する必要がある。また、誤操作防止方法については基本設計段階での検討と想定する。

4. 検討結果

4.6 現場適用性の評価

1号機

- 本検討で対象とした1号機～3号機に対して、適用性の評価を行った。その結果を下表に示す。

号機	前提	メインとなる 適用工法	適用性評価
1号機	燃料取り出し用カバー内でウェルシールドプラグを撤去	工法1	工法1で検討した内容が適用できると考える。
2号機	建屋が残存しており、それを考慮に入れる必要がある。	工法2,3	・吊り上げ方法については、損傷が厳しい3号機の吊り上げ方法を検討した工法3が適用可能と考える。 ・ただし、工法3はクローラクレーンを使用することとしたため、建屋の屋根に開口を設けるなど検討する必要がある。 ・汚染拡大防止方法としては、工法2,3で検討した工法が適用可能と考える。
3号機	大型一体搬出用カバー内でウェルシールドプラグを撤去	工法2	工法2で検討した内容が適用できると考える。
	オペフロ上にカバーを設置し、その中でウェルシールドプラグを撤去	工法3	工法3で検討した内容が適用できると考える。

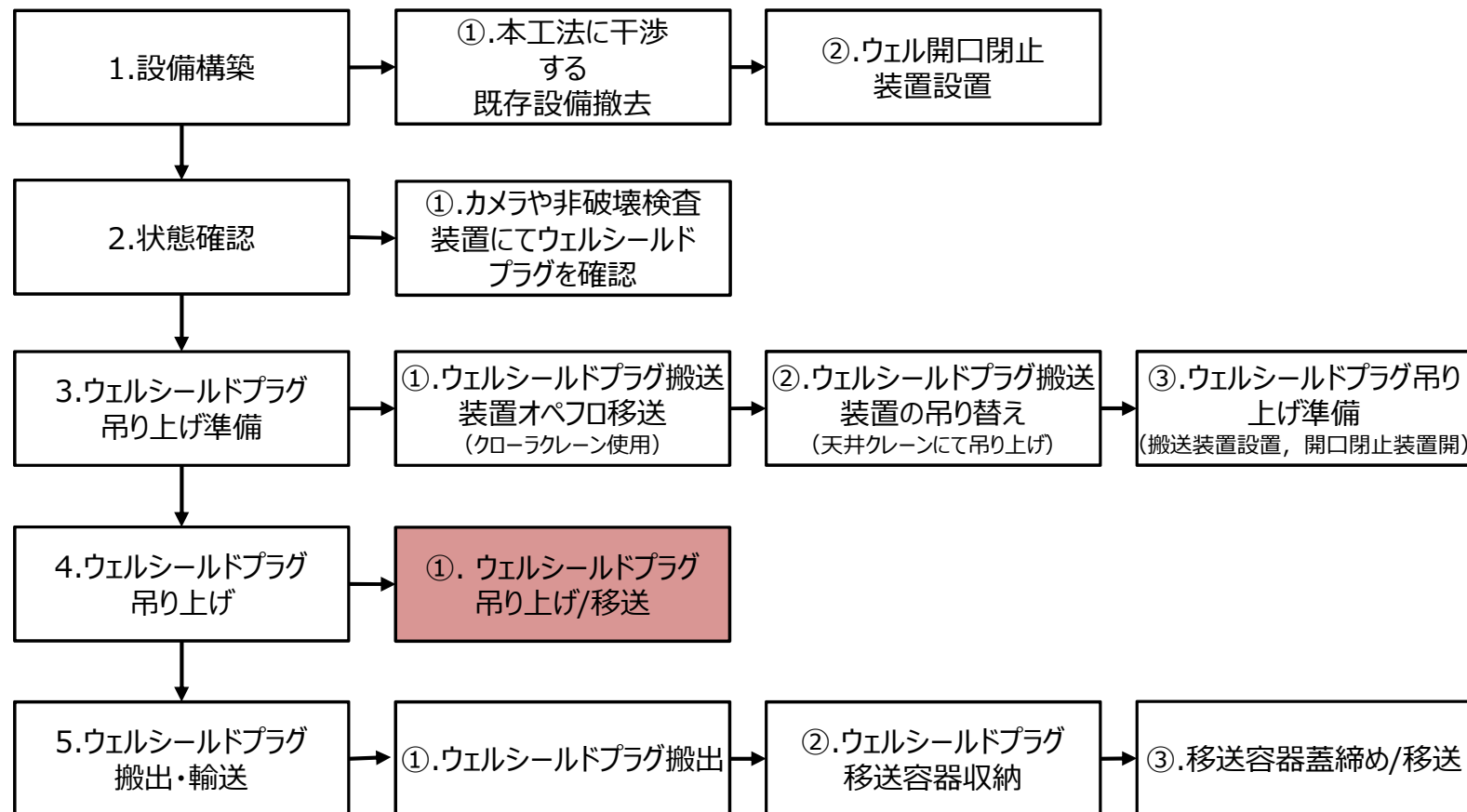
4. 検討結果

4.7 工法・作業方法・手順等の技術開発（見直し）

1号機

①SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

- 本項では、4.3項で検討した工法・作業方法・手順等に対して、4.6項の試験結果から見直しを行った。
- 要素試験でウェルシールドプラグ吊り上げ時に、**荷重が管理値以下に制御することが困難であることを確認した。**
- 上記の試験結果をうけ、**工法・作業方法・手順等の見直しは無いが**、赤ハッチング部に示す箇所についての対策が必要である。
- 具体的に**反映が必要な箇所はウェルシールドプラグの吊り上げ/移送方法**であり、詳細箇所を次頁に示す。



4. 検討結果

Decom.Tech

4.7 工法・作業方法・手順等の技術開発（見直し）

1号機

①SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

ステップ	ウェルシールドプラグ吊り上げ/移送
イメージ図	
手順	①ラグ取合い軸 設定（玉掛け）（4台） ②ウェルシールドプラグ吊り上げ⇒管理方法 および 吊り具の許容荷重の見直し検討を行う必要がある。 ③ウェルシールドプラグ姿勢調整⇒管理方法 および 吊り具の許容荷重の見直し検討を行う必要がある。

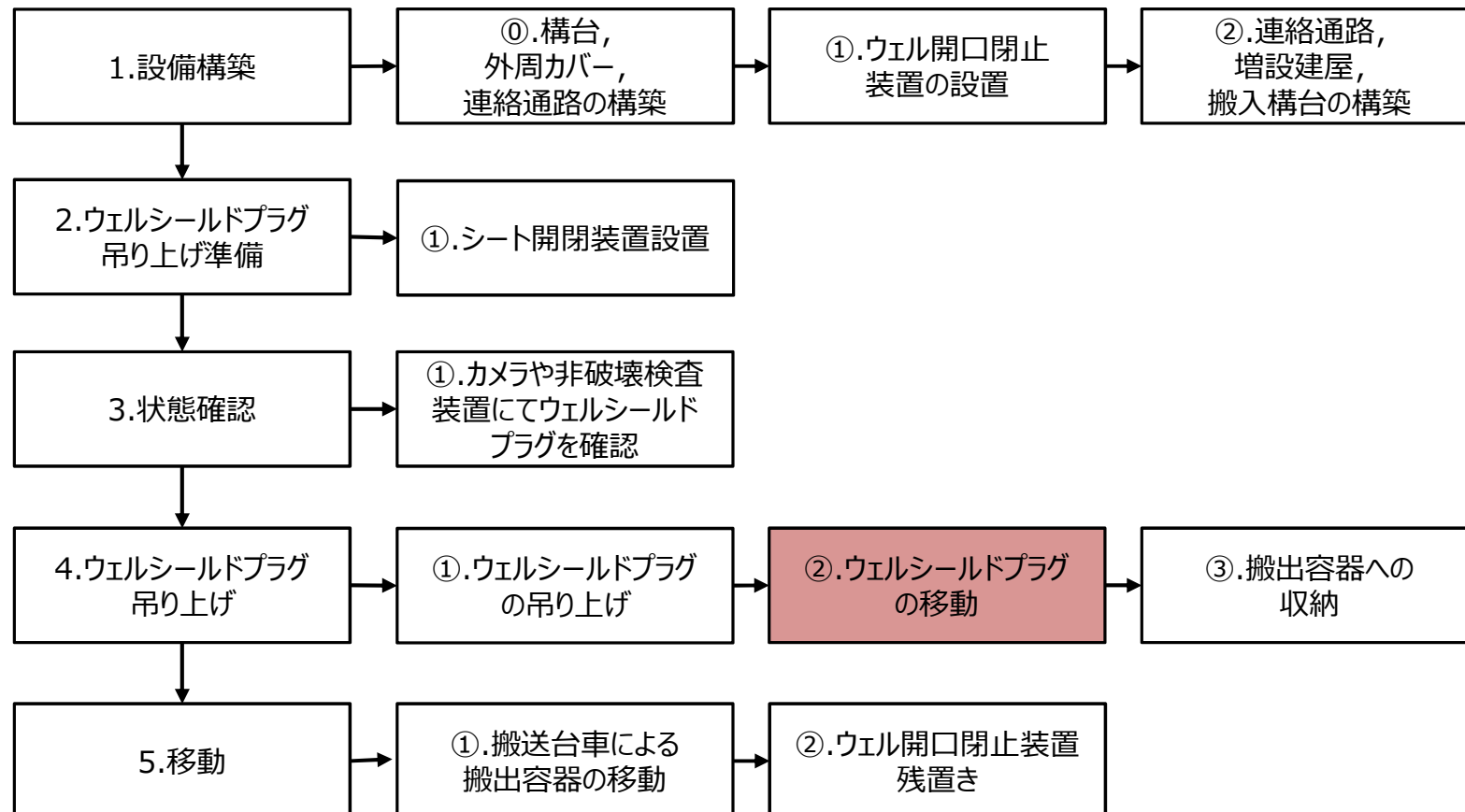
4. 検討結果

4.7 工法・作業方法・手順等の技術開発（見直し）

3号機

②大型一体搬出工法（工法2）

- 本項では，4.3項で検討した工法・作業方法・手順等に対して，4.6項の試験結果から見直しを行った。
- 要素試験で確認した課題として，シート開口閉止装置とウェル開口閉止装置を同時閉止する際，ダスト拡散低減シート内の差圧が判定基準-20[PaG]を超えて-21 [PaG]まで上昇した。
- 上記の試験結果をうけ，工法・作業方法・手順等の見直しは無いが，赤ハッチング部に示す箇所についての対策が必要である。
- 具体的に反映が必要な箇所はウェルシールドプラグの移動のうち，シート開口閉止装置とウェル開口閉止装置を同時閉止手順であり，詳細箇所を次頁に示す。



4. 検討結果

4.7 工法・作業方法・手順等の技術開発（見直し）

3号機

②大型一体搬出工法（工法2）

ステップ	吊り上げ2：ウェルシールドプラグの移動
イメージ図	遠隔作業 ①ロケットピンにより結合したシート開口閉止装置とウェル開口閉止装置を同時に閉める。 ②シールドプラグ搬出装置を用いてシート開口閉止装置を上昇させる。また、上昇によりロケットピンにより結合していたシート開口閉止装置とウェル開口閉止装置の先頭台車の結合が解除される。その後、搬送容器と取合う地点にシート開口閉止装置を移動させる。 ③搬送容器の向きに合わせ、シート開口閉止装置を回転させる。
手順	①ロケットピンにより結合したシート開口閉止装置とウェル開口閉止装置を同時に閉める。 ②シールドプラグ搬出装置を用いてシート開口閉止装置を上昇させる。また、上昇によりロケットピンにより結合していたシート開口閉止装置とウェル開口閉止装置の先頭台車の結合が解除される。その後、搬送容器と取合う地点にシート開口閉止装置を移動させる。 ③搬送容器の向きに合わせ、シート開口閉止装置を回転させる。

4. 検討結果

4.7 工法・作業方法・手順等の技術開発（見直し）

3号機

③ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

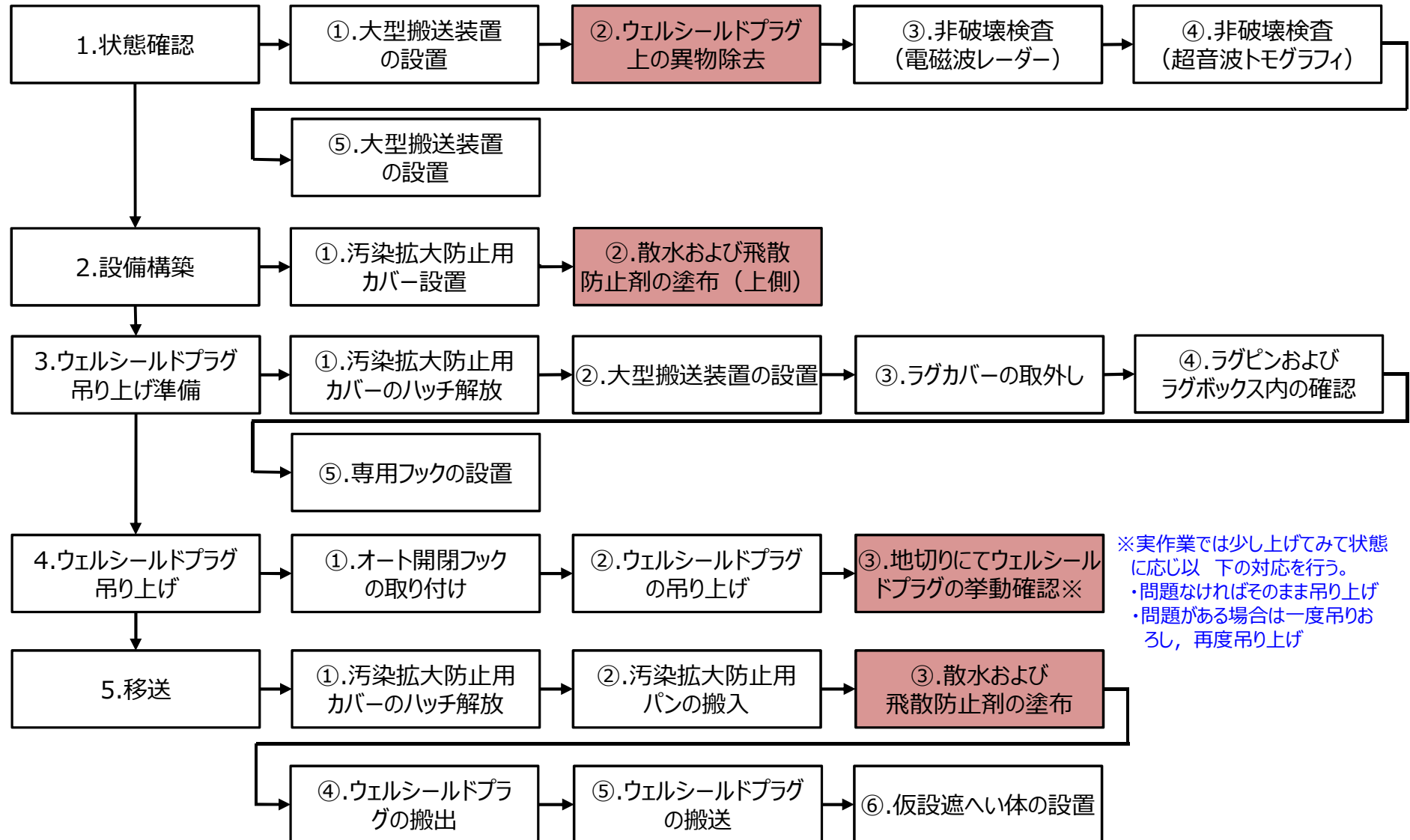
- 本項では、4.3項で検討した工法・作業方法・手順等に対して、4.6項の試験結果から見直しを行った。
- 要素試験で確認した課題として、以下が挙げられる。
 - ・ダスト拡散低減方法として、本工法に加えダスト拡散防止剤や散水が必要となる。
 - ・非破壊検査実施前に、ウェルシールドプラグ上の異物などを撤去する必要がある。
 - ・非破壊検査の試験結果から、上部配筋の亀裂や破断を確認することができたが、明確な判断基準を設けることは難しく、また、32mm未満の破断の検出は不可であった。そのため、非破壊検査に加えウェルシールドプラグの地切り時にウェルシールドプラグの挙動等の確認を行う必要がある。
- 上記の試験結果をうけ、工法・作業方法・手順等の見直しを行った。その結果を次頁に示す。追加箇所は赤ハッチング箇所となる。
- なお、新規ラグ設置手順も同様の箇所の変更となるため、次頁には代表して既設ラグ設置時の変更内容を示す。

4. 検討結果

4.7 工法・作業方法・手順等の技術開発（見直し）

3号機

③ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）



※実作業では少し上げてみて状態に応じ以下の対応を行う。
 ・問題なければそのまま吊り上げ
 ・問題がある場合は一度吊りおろし、再度吊り上げ

5.実機適用に向けた留意点

- 本事業では、1～3号機を対象とし、各号機の状況に応じ、下表に示す課題に関して検討を行ってきた。
- 各工法（工法1（SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（1号機））、工法2（大型一体搬出工法（3号機））、工法3（ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）））各々に対しての内容に分けて課題出しを行うこととした。
- 本検討では下表に示す、「**オペフロ上部設備、落下対策を含む工法、作業方法・手順等の技術開発**」、「**閉じ込め性、ダスト拡散低減等を踏まえた技術開発**」の各検討結果に対しての課題出しを行うこととした。課題出しを行うにあたり本項目を大項目とした。
- 各工法について、ウェルシールドプラグ撤去に必要な作業フロー（状態確認⇒設備構築⇒吊り上げ⇒移送）毎に課題出しを行った。課題出しを行うにあたり本項目を中項目とした。
- 抽出した課題を次頁以降 及び 添付資料5-1に示す。

課題	本事業での提案内容
【課題①】 ➤ ウェルシールドプラグに対し解体から搬出まで行うには、事故により損傷していることを考慮した工法の検討、作業計画が必要	【課題への対応策①】 ➤ ウェルシールドプラグを解体から搬出までに必要となる大型搬送装置等の オペフロ上部設備、落下対策を含む工法、作業方法・手順等の技術開発 を行う。
【課題②】 ➤ ウェルシールドプラグに対し解体から搬出まで行うには、事故時に揮発して各層間の隙間等に大量に付着、堆積したと考えられるCs等の汚染源があることを考慮した工法の検討、作業計画が必要	【課題への対応策②】 ➤ 上記で実施する設備・工法・作業方法・手順等の検討は、 閉じ込め性、ダスト拡散低減等を踏まえた技術開発 とする。

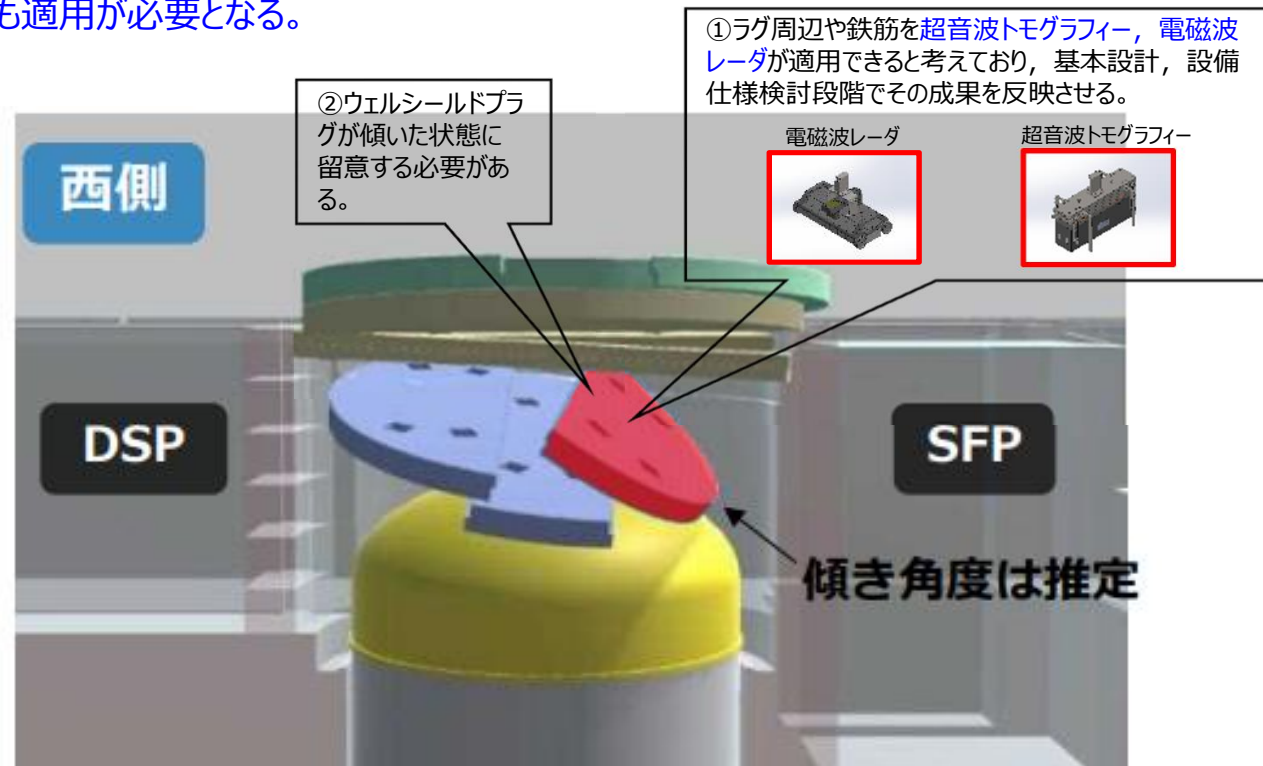
5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(1)1号機 SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）（1/11）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題①】 オペフロ上部設備、 落下対策を含む 工法，作業方 法・手順等の技 術開発	①-1 状態確認	【非破壊検査方法の確立】 水平状態のウェルシールドプラグの 非破壊検査は工法3で検討してい るが，工法1ではウェルシールドプ ラグが斜めになっている状態であり，そ の点に留意した検討が今後必要に なる。	①工法3で検討した非破壊検査方法（超音波トモ グラフィ，電磁波レーダ）が適用できると考えており， 基本設計，設備仕様検討段階でその成果を反映さ せる。 ②ただし，工法1ではウェルシールドプラグが斜めになっ ている状態であり，その点に留意した検討が必要にな る。	TRL4

本課題は，工法2でも適用が必要となる。



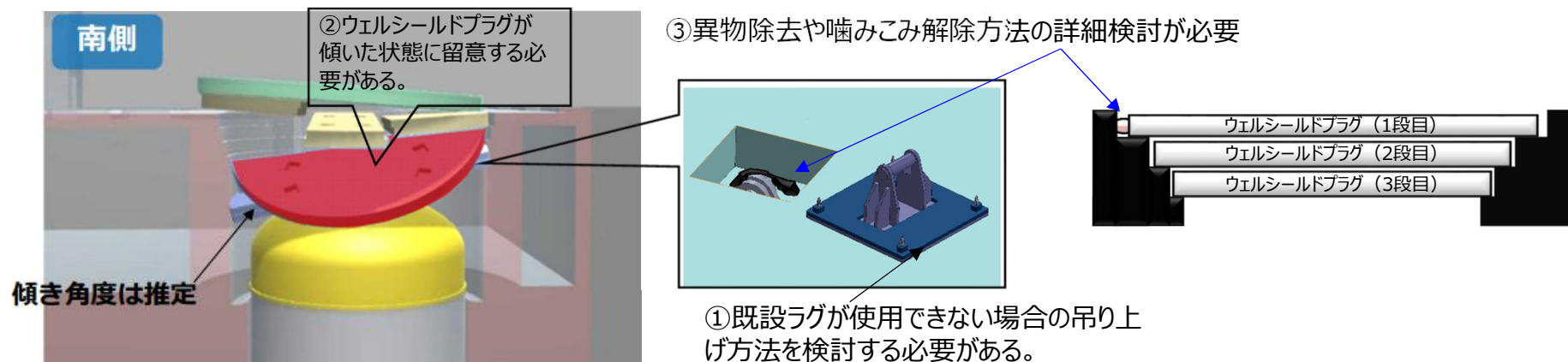
5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(1)1号機 SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）（2/11）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題①】 オペフロ上部設備、 落下対策を含む工 法、作業方法・手 順等の技術開発	①-2 吊り上げ	【既設ラグが使用できない場合の吊り上げ方法】 工法1では、前提条件として既設ラグが使用可能とした。そのため、既設ラグが使用できない状態（以下参照）でのウェルシールドプラグの吊り上げ方法の検討は必要となる。 ・既設ラグが使用可能な状態で要素試験を行ったため、既設ラグが使用できない場合の詳細検討が必要になる。 ・ラグやラグボックス内、ウェルシールドプラグ周辺に異物がある場合の異物除去方法について検討が必要になる。	①工法3で検討した方法（新規ラグ追設など）が適用できると考えており、基本設計、設備仕様検討段階でその成果を反映させる。 ②ただし、工法1ではウェルシールドプラグが斜めになっている状態であり、その点に留意した検討が必要になる。 今後、特にアンカーボルトの打設に関して、斜めになっている床を使ってその実現性を確認し、必要な設備を明らかにする必要がある。 ③ラグ周辺の異物除去や噛みこみ解除方法（圧空除去や吸引回収、機械的加工による除去など）の詳細検討を行う必要がある。	TRL4

本課題は、工法2,3でも適用が必要となるが、工法3は既設ラグが使用できない場合の検討も行ったため、③の異物除去方法の検討が必要となる。



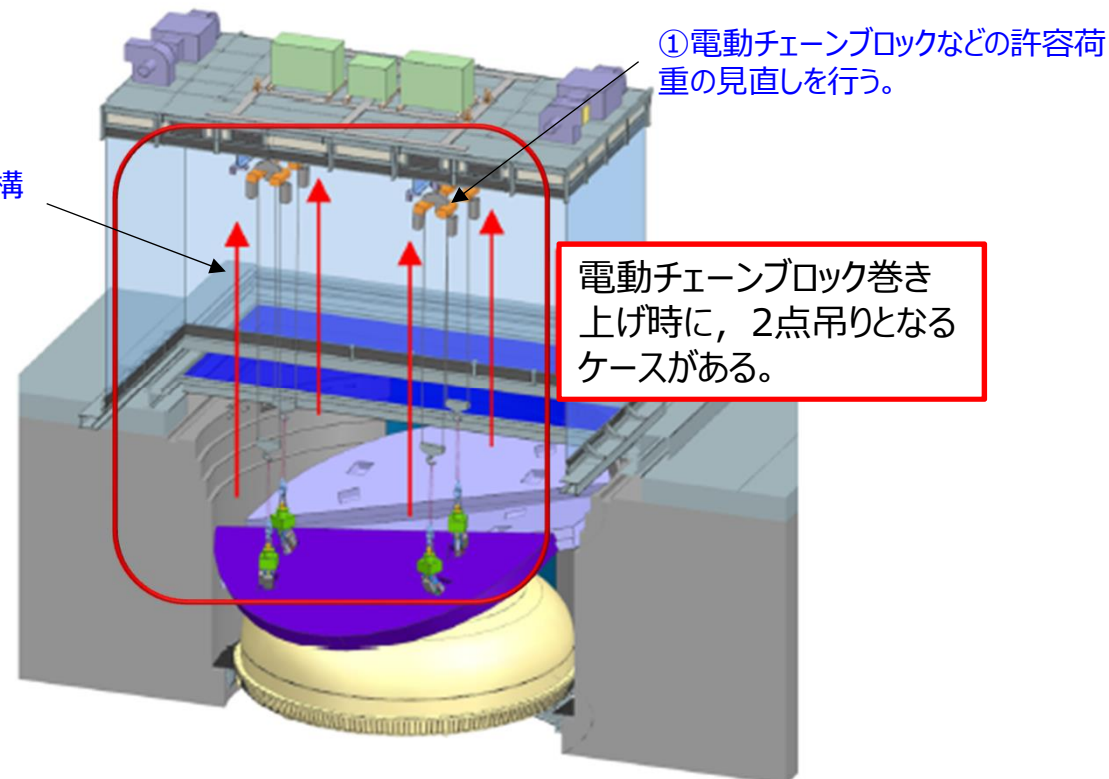
5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(1)1号機 SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）（3/11）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題①】 オペフロ上部設備、 落下対策を含む工 法，作業方法・手 順等の技術開発	①-2 吊り上げ	【吊り上げ荷重の見直し】 要素試験結果から，ウェルシールドプラグが2点吊りとなり， 30tを超える荷重 が治具にかかる可能性があるため， 荷重管理方法と合わせて合理的な許容荷重に見直しが必要 。	①電気チェーンブロックなどの容量の見直しを行う。 ②インチング操作量の変更などの吊り上げ管理を行う。	TRL4

②荷重の管理方法・装置構成の検討が必要となる。



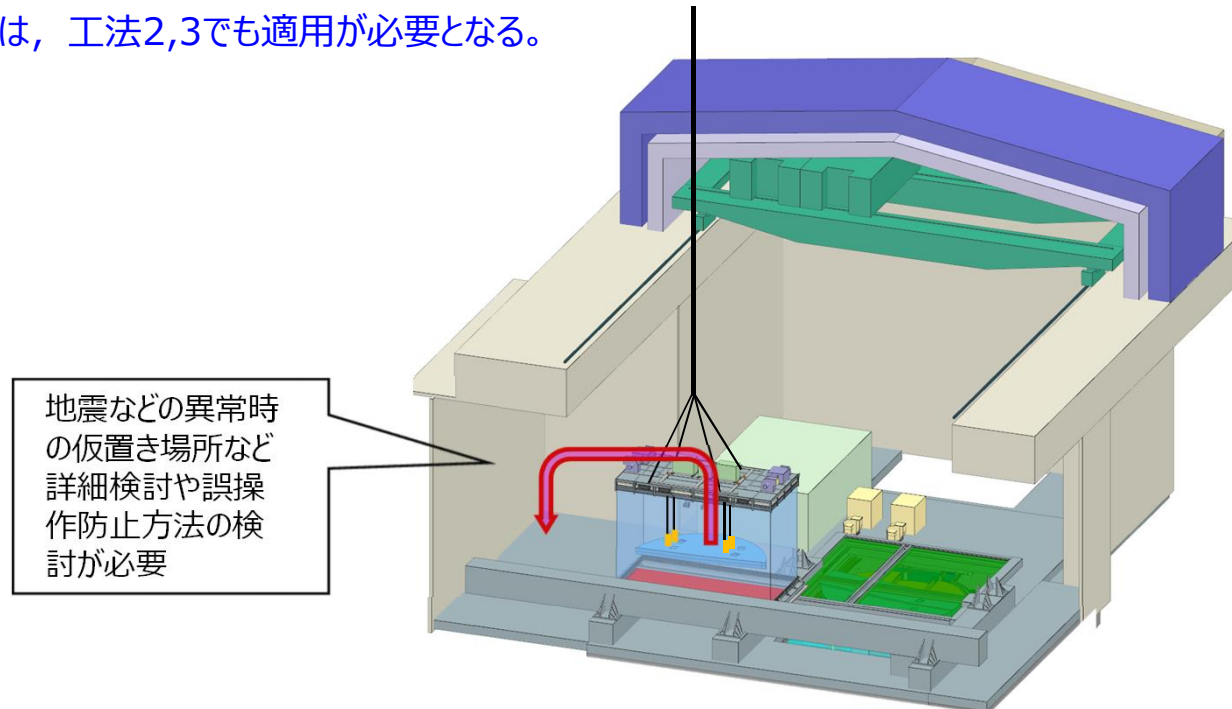
5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(1)1号機 SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）（4/11）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題①】 オペフロ上部設備、 落下対策を含む 工法、作業方 法・手順等の技 術開発	①-3 吊り上げ ①-4 移送（搬 出）	【誤操作防止，異常時の処置】 工法1では主に落下しているウェル シールドプラグに対しての吊り上げ方 法の検討を行い，その吊り上げ方 法に対して要素試験を行った。 今後の検討で，装置の誤操作防 止方法，地震など異常時の落下・ 転倒防止方法の検討が必要となる。	本検討では，ウェルシールドプラグの吊り具に関して試 作機を用いた要素試験までを実施しており，その中で 落下防止対策としてフックの外止め（ロックピン）を検 討したが，地震時の対応については，今後，吊り具 以外その他設備の詳細検討を実施していく中で，設備 全体として検討する必要がある。	TRL4

本課題は，工法2,3でも適用が必要となる。



5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(1)1号機 SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）（5/11）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題①】 オペフロ上部設備、 落下対策を含む 工法，作業方 法・手順等の技 術開発	①-5 その他 （全体）	【全体手順の検討】 工法1では主に落下しているウェル シールドプラグに対しての吊り上げ方 法の検討を行い要素試験を実施し た。 今後，状態確認方法など詳細検 討を行い，作業全体における実作 業を想定した手順の検討が必要と なる。	①-1や①-2で示したようラグや状態確認方法やラグが 使用できない場合の吊り上げ方法など工法3の検討結 果を元に，本工法への適用を検討する必要がある。 その検討結果に基づき，実作業を想定した手順の検 討を基本設計～モックアップ試験の段階で継続して実 施していくことが必要と考える。	TRL4～6

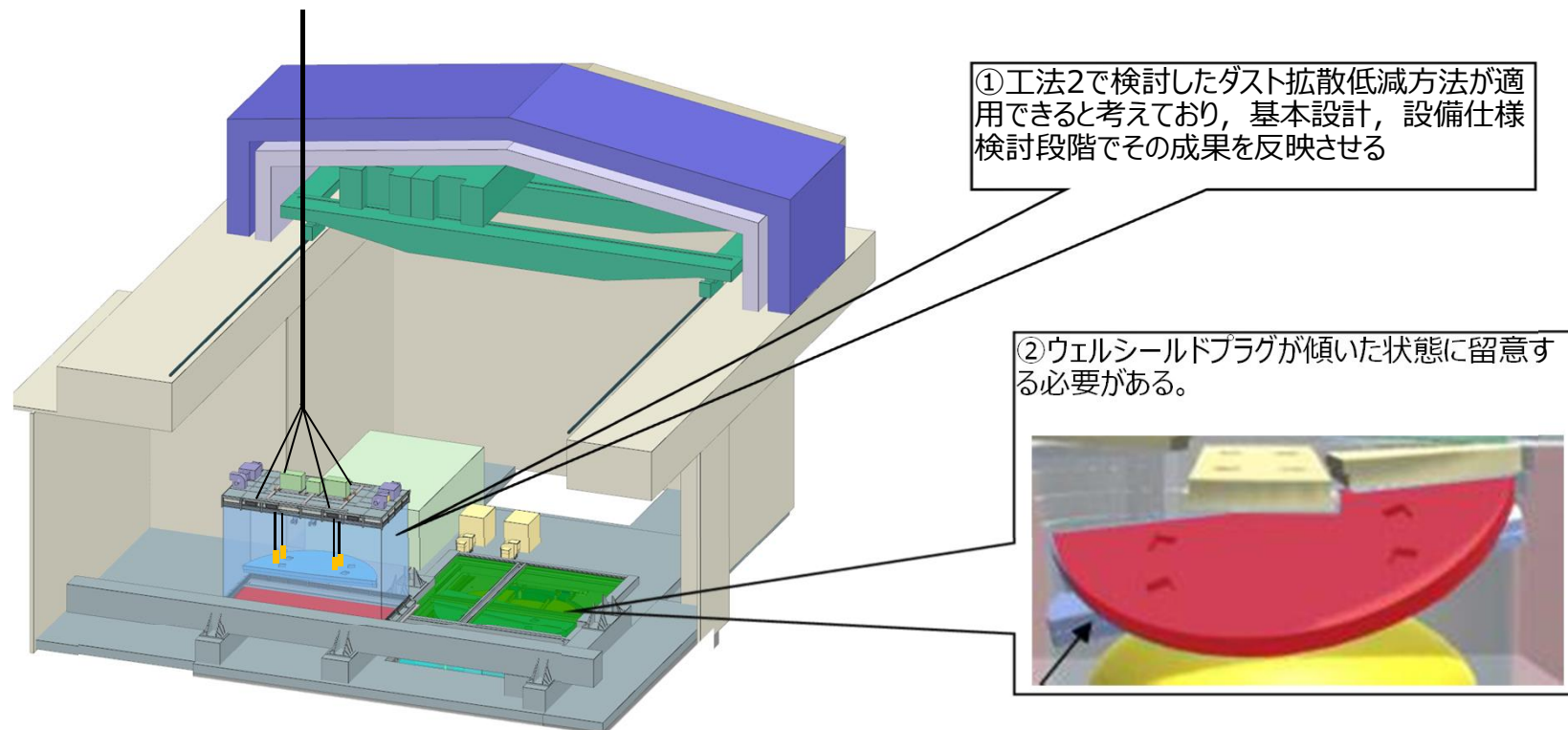
本課題は，工法2でも適用が必要となる。

5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(1)1号機 SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）（6/11）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題②】 汚染源があることを考慮した工法の検討，作業計画が必要	②-1 吊り上げ	【ダスト拡散低減対策】 工法2で検討，試験を行ったダスト拡散低減方法を行ったが，工法1ではウェルシールドプラグが斜めになっており，そこに留意した検討が必要になる。	①工法2で検討したダスト拡散低減方法が適用できると考えており，基本設計，設備仕様検討段階でその成果を反映させる。 ②基本設計段階での留意点として，工法1ではウェルシールドプラグが斜めになっており，工法2と機器構成などが異なるため，その点に留意し基本設計を行う必要がある。	TRL4



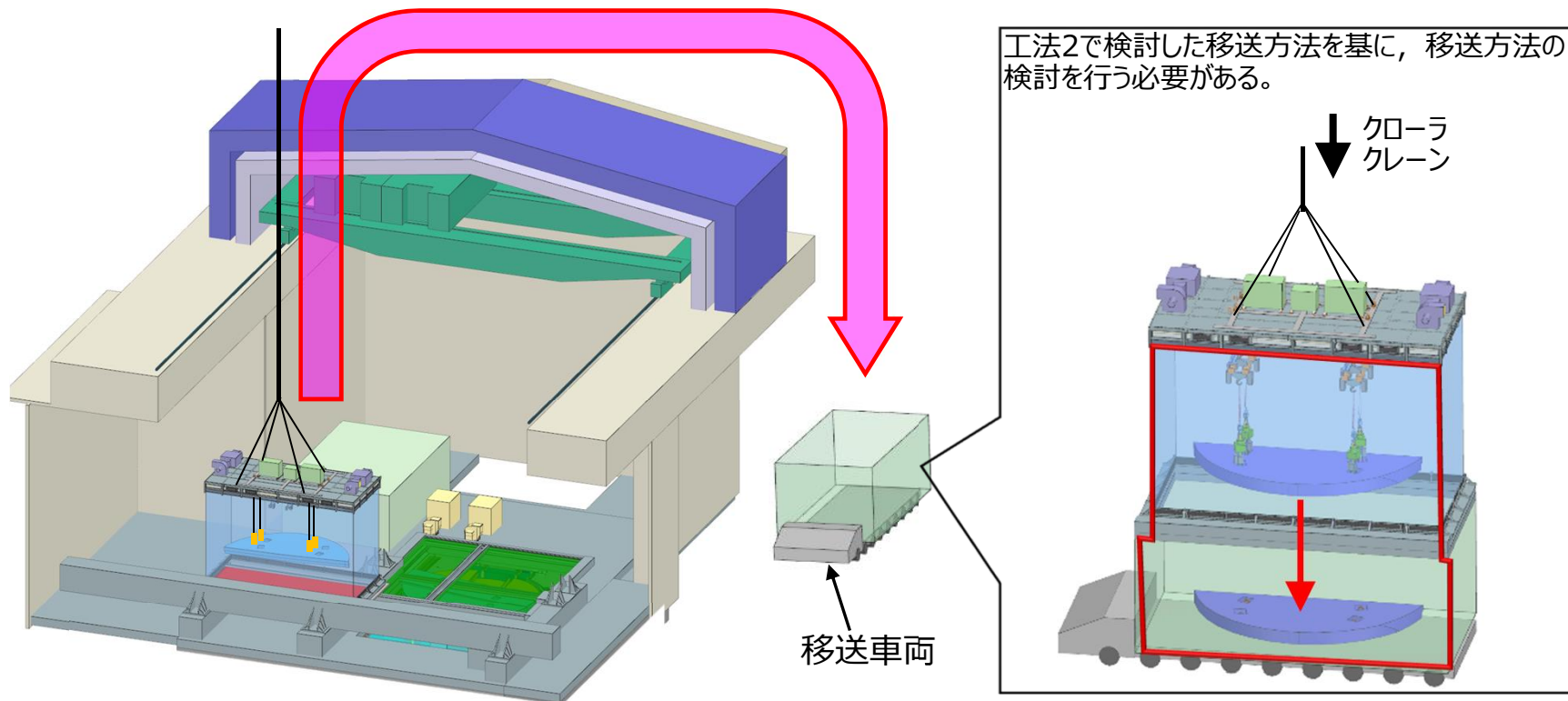
5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(1)1号機 SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）（7/11）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題②】 汚染源があることを考慮した工法の検討，作業計画が必要	②-2 移送（搬出）	【移送方法の検討】 工法1では主に落下しているウェルシールドプラグに対しての吊り上げ方法の検討を行い要素試験を実施したが，保管施設への移送方法を検討する必要がある。	移動車両への搬送・搭載方法，移送容器の構造などを検討する必要がある。	TRL4

本課題は，工法2,3でも適用が必要となる。



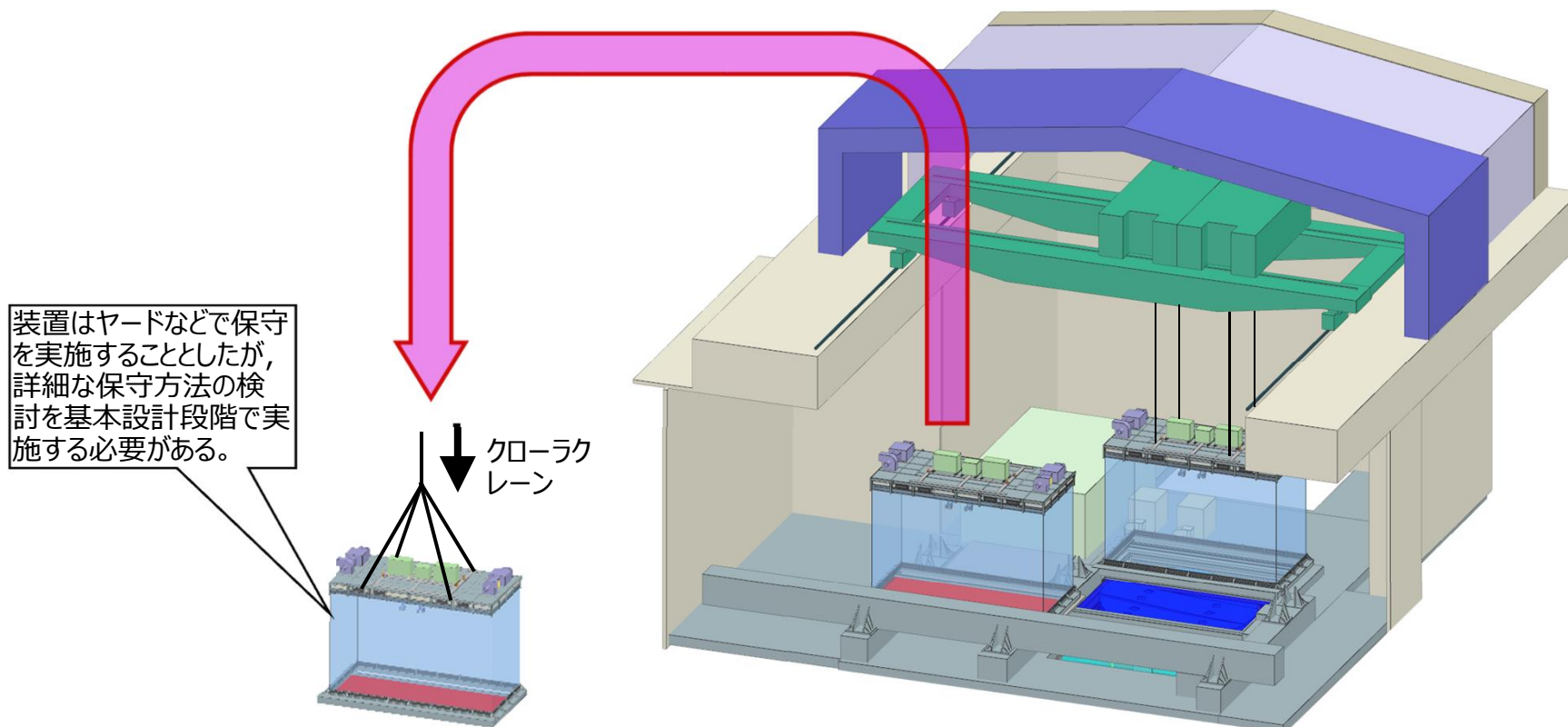
5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(1)1号機 SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）（8/11）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題②】 汚染源があることを考慮した工法の検討，作業計画が必要	②-3 その他 （全体）	【保守方法の検討】 設備の保守方法の検討が必要となる。	概念検討としてヤードなどで保守を実施することとしたが， 詳細な保守方法の検討を基本設計段階で実施する必要がある。	TRL4

本課題は，工法2,3でも適用が必要となる。



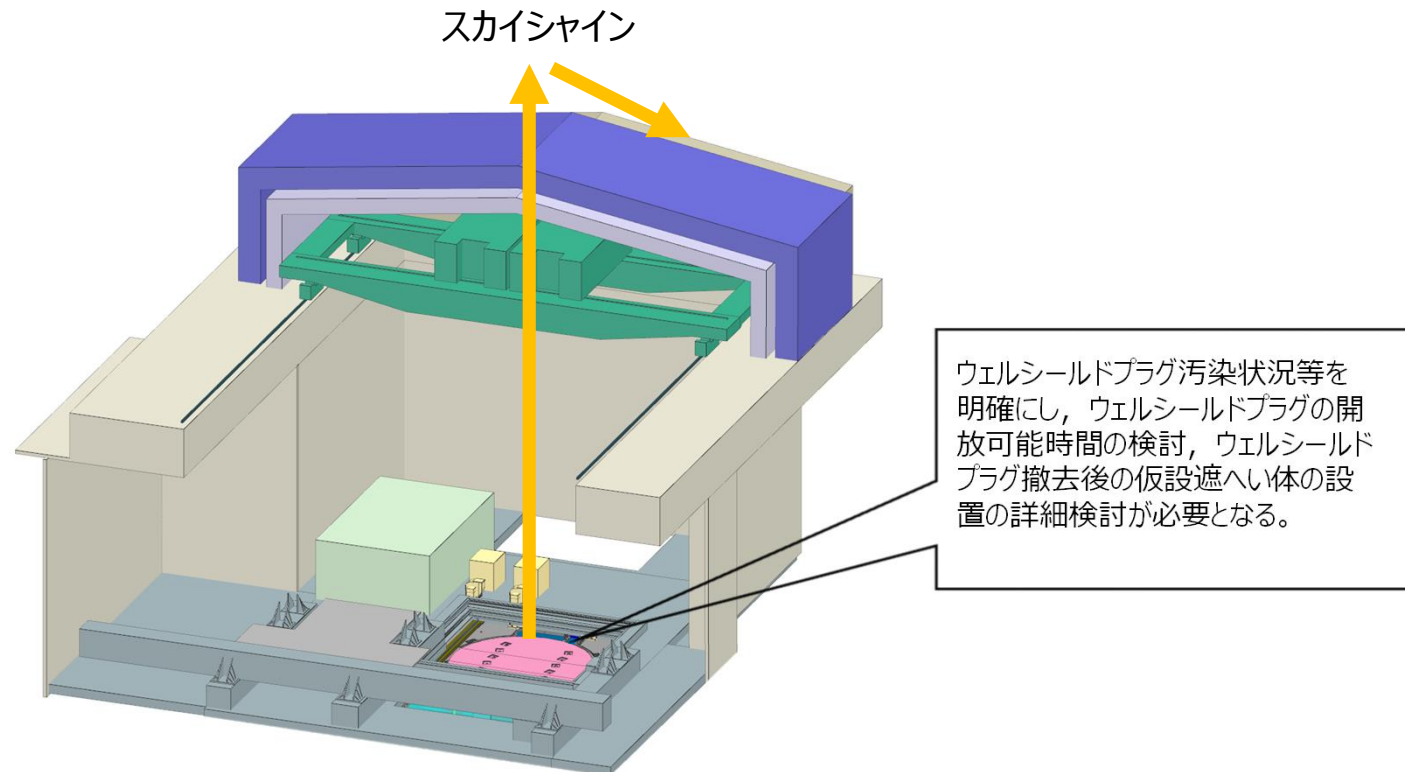
5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(1)1号機 SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）（9/11）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題②】 汚染源があることを考慮した工法の検討，作業計画が必要	②-4 その他 （全体）	【ウェルシールドプラグ撤去後の敷地境界線量への影響】 ウェルシールドプラグ撤去後のPCV内部からのスカイシャインおよびダストの大気拡散の影響を考慮した対策を検討する必要がある。	ウェルシールドプラグ汚染状況について今後の調査で明確にした上で敷地境界線量評価を行い，必要に応じて以下の対策を検討する必要がある。 - ウェルシールドプラグの開放可能時間の検討 - ウェルシールドプラグ撤去後の仮設遮へい体の設置	TRL4,5

本課題は，工法3でも適用が必要となる。



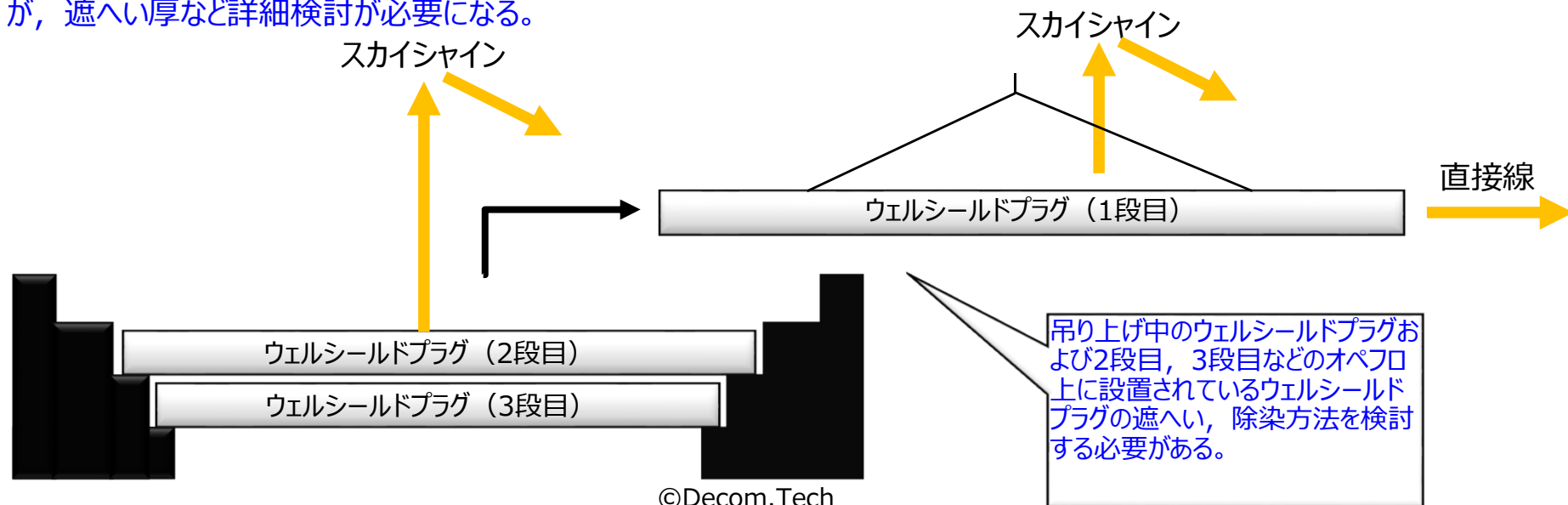
5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(1)1号機 SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）（10/11）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題②】 汚染源があることを考慮した工法の検討，作業計画が必要	②-5 その他（全体）	【ウェルシールドプラグ撤去作業中の敷地境界線量への影響】 ウェルシールドプラグを吊り上げた状態で，吊り上げ中のウェルシールドプラグやオペフロ上に設置されている2段目，3段目のウェルシールドプラグ上の汚染物による直接線／スカイシャインおよびダストの大気拡散により，敷地境界における公衆被ばく線量の上限值を超える可能性がある。	ウェルシールドプラグ汚染状況について今後の調査で明確にした上で敷地境界線量評価を行い，必要に応じて以下の対策を検討する必要がある。 - 吊り上げ中のウェルシールドプラグおよび2段目，3段目のオペフロ上に設置されているウェルシールドプラグの遮へい方法 - オペフロ上でのウェルシールドプラグ（上面，下面）の除染方法 - シールドプラグを吊り上げた際，直接線／スカイシャインによって敷地境界線量が上昇することが懸念されるため，吊り上げ前にシールドプラグ表面の汚染状況を詳細に調査の上，必要に応じシールドプラグ表面の除染や飛散防止剤塗布を行う。 - 吊り上げ前にシールドプラグ表面の汚染状況を詳細に調査の上，付着しているダストの粒径分布も考慮した敷地境界線量評価を行う。	TRL4

本課題は，工法2,3でも適用が必要となる。ただし，工法2では大型一体搬出工法で使用するセルで対策可能と考えるが，遮へい厚など詳細検討が必要になる。



5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(1)1号機 SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）（11/11）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題②】 汚染源があることを考慮した工法の検討，作業計画が必要	②-6 その他（全体）	【工法の検討】 1号機ウェルシールドプラグの汚染状況については，上段プラグ下面および中段プラグ上面の一部で調査がなされているものの，他箇所については不明のため，過去のがれき撤去での実績，燃料デブリ取り出し検討における対策をもとに検討を行った。各号機に対して汚染状況確認後，どの工法を選択するか検討は必要である。	号機毎の現場状況把握後に，工法1～3のうち，どの工法が妥当かの判断が必要になる。	TRL5

本課題は，工法1～3すべてに共通する課題である。

5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(2) 3号機（2号機）大型一体搬出工法（工法2）（1/2）

中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題②】 汚染源があることを考慮した工法の検討，作業計画が必要	②-1 吊り上げ	【負圧の判定割れに対する検討】 要素試験において，負圧レベルが判定基準（JIS 推奨値）を下回る（-20 PaG 以下となる）事象が発生したことから，機器損傷等を考慮した負圧レベル下限値の設定・検証等が必要。	・実機設計時に負圧維持装置の設定を追い込む。 ・負圧の判定基準はJIS9919（負圧の深い側は「扉を開けることができる」）に基づき目安として定めており，実際の挙動（扉を開ける動作）に影響するような値からは十分な裕度を持つため，判定基準の見直しは可能と考える。	TRL4
		【負圧の判定割れに対する検討】 シートの破損状況により負圧維持が出来ない場合があることを確認した。よって，破損リスクの低減方法および破損時の対応方法の検討が必要。	リスクへの対応方法（シート2重化，接触防止措置など）を検討し，必要に応じて装置設計へ反映する。	TRL4～5

5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(2) 3号機（2号機）大型一体搬出工法（工法2）（2/2）

中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題②】 汚染源があることを考慮した工法の検討，作業計画が必要	②-2 その他（全体）	【ダスト分布の状況把握】 3号機ではダスト分布の前提とした粒径分布の比率を1号機のデータに基づき検討し，要素試験の計画を行った。 そのため，ダスト分布の確認は必要となる。	現場詳細状況把握後に，装置の詳細設計に反映させる必要がある。	TRL5

本課題は，3号機を対象とする検討の課題であり，工法3も適用が必要な課題となる。

【前提条件抜粋】

No.	項目	前提条件	出典/根拠
5	ダスト（粒径分布）	詳細不明につき，1号機と同等として検討を行う。 (0.3～0.5 μm : 91.8 %，0.5～1.0 μm : 7.0 %，1.0～2.0 μm : 0.7 %，2.0～5.0 μm : 0.5 %，5.0～10 μm : 0.05 %，10～20 μm : 0.004 %)	1号機 原子炉建屋 使用済燃料プール周辺小ガレキ撤去の進捗状況及び崩落屋根撤去作業時のダスト性状把握について

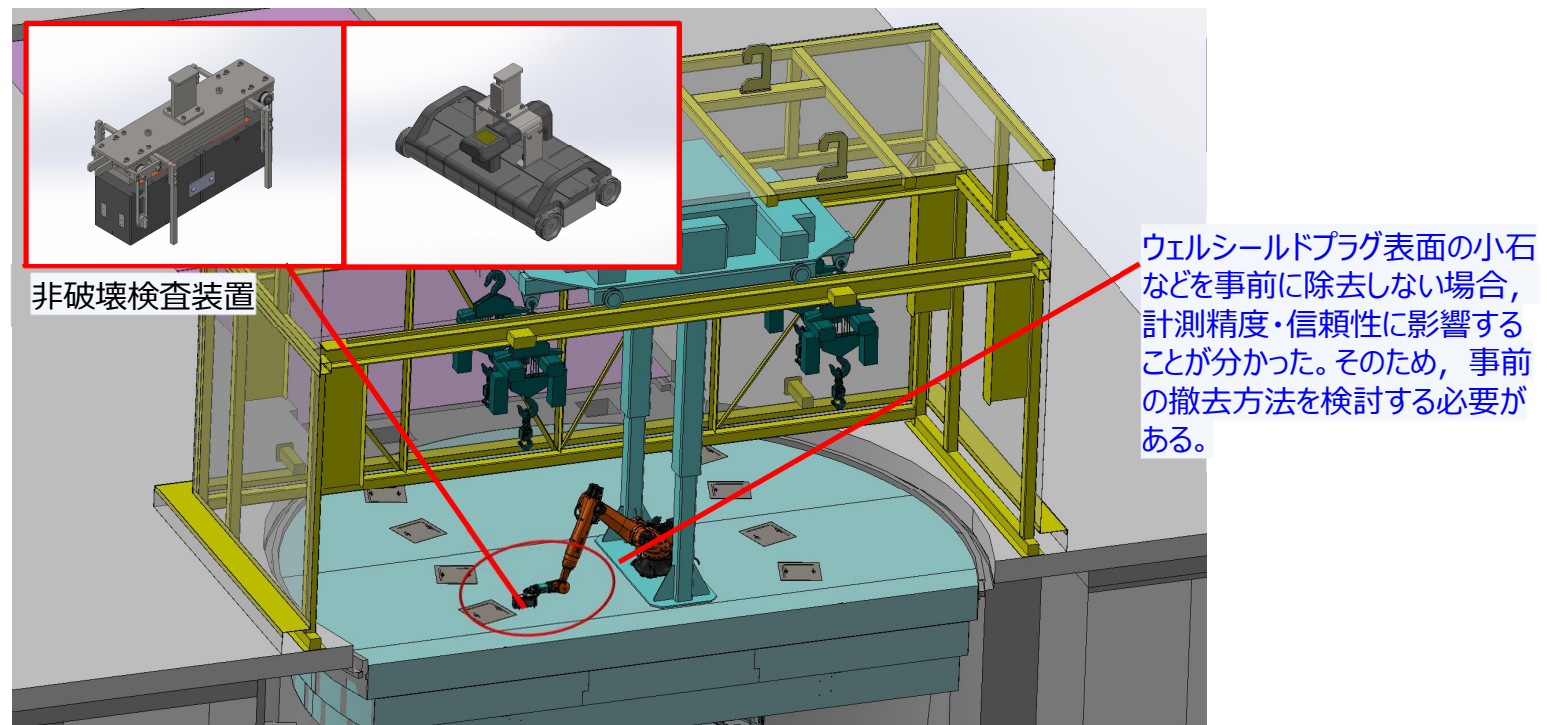
1号機のデータに基づき検討している。
そのため，ダスト分布の確認は必要となる。

5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(3) 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）（1/10）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題①】 オペフロ上部設備、 落下対策を含む工 法，作業方法・手 順等の技術開発	①-1 状態確認	【非破壊検査時の留意点】 要素試験で，非破壊検査装置（電磁波 レーダ/超音波トモグラフィ）の使用時， ウェ ルシールドプラグ表面の小石などを事前に除 去しない場合，計測精度・信頼性に影響 することを確認した。	非破壊検査工程の前に清掃工程を 入れる。そして，具体的な清掃方法 についての検討も必要である。	TRL4



5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(3) 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）（2/10）

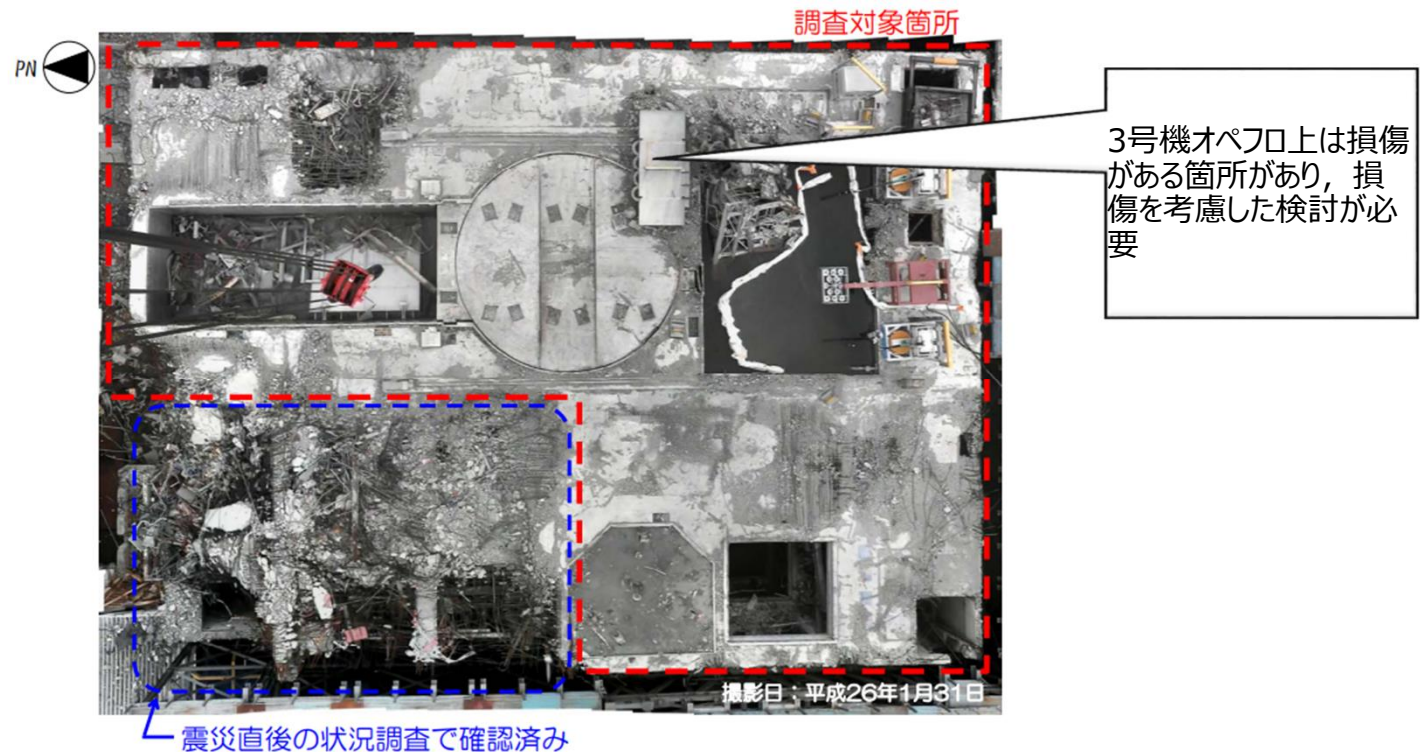
大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題①】 オペフロ上部設備, 落下対策を含む工 法, 作業方法・手 順等の技術開発	①-1 状態確認	【非破壊検査時の留意点】 上部配筋の亀裂や破断を確認することができた。ただし, 明確な判断基準を設けることは難しく, また, 32mm未満の破断の検出は不可であった。	・非破壊検査装置による確認に加え, 以下に示すような非破壊検査以外の 対策の具体化検討が必要になる。 ①インチングによる吊り上げ時及び地 切り状態で一定時間観察して, そ の後の変形・異音等の数値的デー タを測定し(収音マイク, カメラなどを想 定), 異常が進展する場合のシミュ レーションと比較して判断する。 ②落下時の影響が小さい高さで引き 出す方法。	TRL4

5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(3) 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）（3/10）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題①】 オペフロ上部設備, 落下対策を含む工 法, 作業方法・手 順等の技術開発	①-1 設備構築	【設備構築時の留意点】 3号機では建屋の損傷も大きく, 設備の詳細検討段階では, カバー設置箇所や耐震などの検討が必要。	・構造物を設置する際の留意事項として既設建屋の状況を今後詳細に調査の上, 耐震設計や床耐荷重評価に反映する必要がある。	TRL5

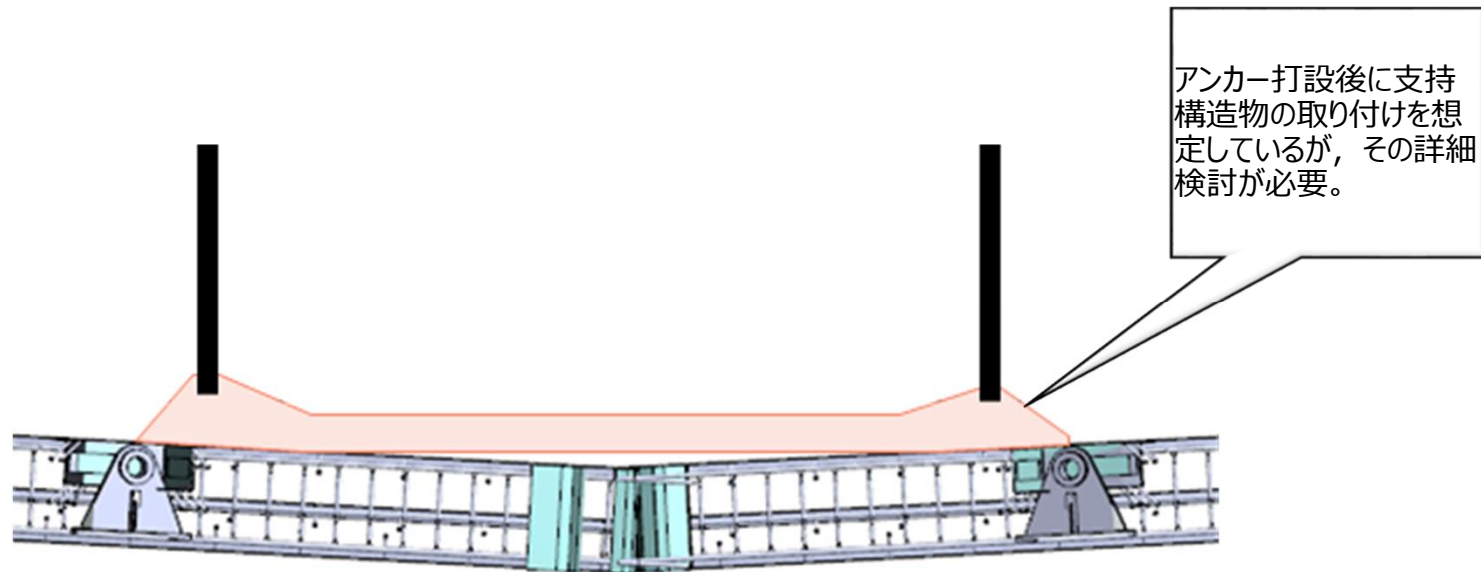


5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(3) 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）（4/10）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題①】 オペフロ上部設備， 落下対策を含む工 法，作業方法・手 順等の技術開発	①-3 吊り上げ	【支持構造物の取り付け方法の成立性】 要素試験ではアンカー打設の遠隔取付け 試験を実施し問題ないことを確認した。 本支持構造物の詳細な構造や手順を検 討する必要があり，要素試験や検討結果 を反映し検討する必要がある。	新規ラグの取り付けと同様，アンカー 打設後に支持構造物の取り付けを想 定している。新規ラグ取り付けについて， 要素試験で成立性の確認を行うため， その結果を反映し，基本設計段階で 詳細検討が必要になる。	TRL4



5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(3) 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）（5/10）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題①】 オペフロ上部設備， 落下対策を含む工 法，作業方法・手 順等の技術開発	①-3 吊り上げ	【吊り上げ方法の成立性】 要素試験で以下確認したため，基本設計 段階で検討が必要になる。 ・アンカーボルト用の穴を穿孔する際，遠心力でビット 先端がガタ分回ること，目標とする穿孔中心位置か ら少しずれた位置に穿孔する懸念がある。 ・アンカーボルトの打設深さについて，ケミカルアンカーの 硬化時間が早く，当初の目標値である打設深さ270 mmに対して，安定的な打設ができなかった。 ・既製品のケミカルアンカーには蓋部分に突起物がある。 この突起物を施工前に綺麗に取り除かないと，ケミカ ルカプセルをアンカーの穴に設置する際，ガイドに引っ 掛かりケミカルカプセルが穴に落ちない問題が生じた。 ・アンカーボルトにナットを締め込む際に，ナットがボルト のねじ部に引っ掛かり噛み込んだ事象が発生した。 ・打設した4本のアンカーボルトはそれぞれ傾いており， アンカーボルト打設用ベースプレートおよび新規ラグのボ ルト穴に入らず，設置ができない問題が発生した。そ のため，“傾かないような施工管理方法や”傾く場合 を考慮した対策”を検討する必要がある。 ・ナットランナーでアンカーボルトのナット締結をしたところ， ナットランナーの仕様で1箇所を締結すると，ロックがか かり，続けて2箇所目以降を締結することができない。 （規定トルクまで締結したら自動で停止し，レバーを 戻す必要がある機構となっているため。）	左記対策の検討が必要になる。	TRL4

5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(3) 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）（6/10）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題①】 オペフロ上部 設備，落下 対策を含む 工法，作業 方法・手順等 の技術開発	①-3 吊り上げ	【ラグカバー取外し】 ラグカバー撤去については，IAEAと調整が必要になる。	IAEA封印に関する情報の入手，調 整を行う必要がある。	TRL4,5

5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(3) 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）（7/10）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題①】 オペフロ上部 設備，落下 対策を含む 工法，作業 方法・手順等 の技術開発	①-3 吊り上げ	【汚染拡大抑制に関する課題】 要素試験で，ダスト拡散低減設備の検証を行い，目標値としていた1/300程度※の汚染抑制効果を達成できなかった。 ※本工法はがれき撤去の延長と考えており，その汚染効果として散水効果の1/300を目標とした。	ダスト拡散低減については，目標値を下回ったことから散水，飛散防止剤の塗布，フード内負圧など飛散抑制の対策方法を検討する必要がある。	TRL4,5

5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(3) 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）（8/10）

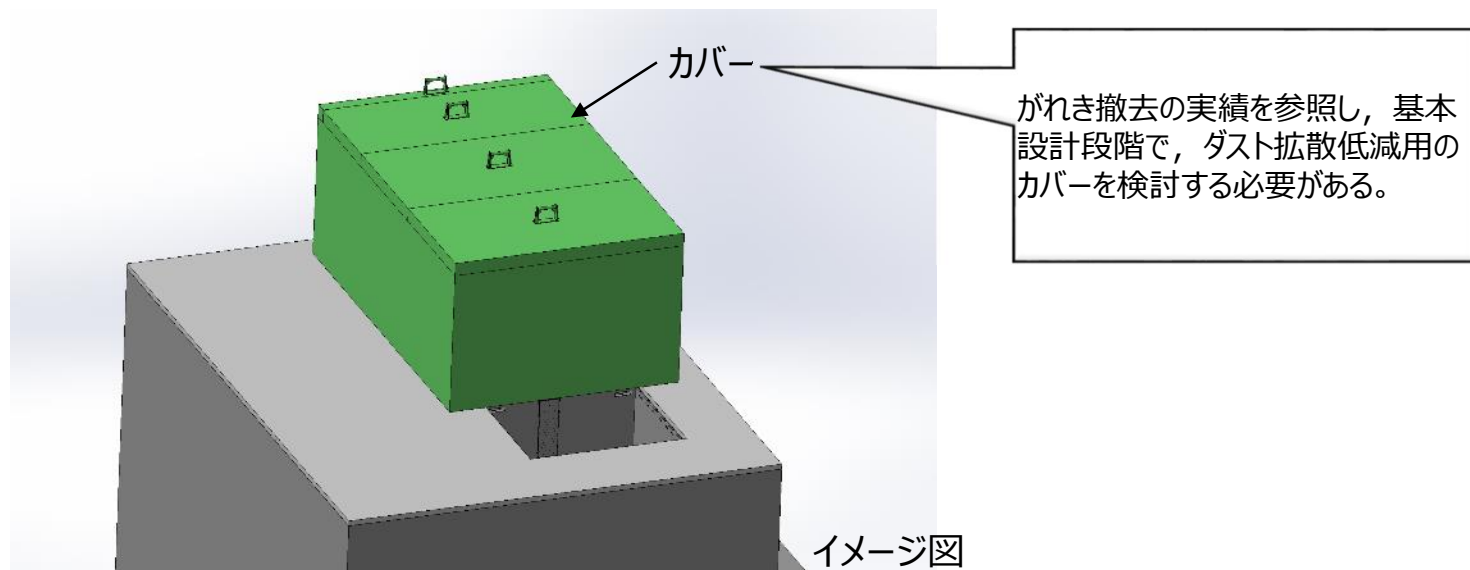
大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題①】 オペフロ上部設備, 落下対策を含む工 法, 作業方法・手 順等の技術開発	①-5 その他（全 体）	【全体手順の検討】 工法3では主に破損しているウェルシールドプラグに対しての吊り上げ方法の検討を行い要素試験を実施した。 今後, 設備構築など詳細検討を行い, 作業全体における実作業を想定した手順の検討が必要になる。	①-1や①-3で示したよう設備設置方法や支持構造物設置方法など, 本工法への適用を検討する必要がある。 その検討結果に基づき, 実作業を想定した手順の検討を基本設計～モックアップ試験の段階で継続して実施していくことが必要と考える。	TRL4～6

5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(3) 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）（9/10）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題②】 汚染源があることを考慮した工法の検討，作業計画が必要	②-1 設備構築	【設備におけるダスト拡散低減方法の検討】 移送中や吊り上げ時のダスト拡散低減方法の検討，要素試験の実施を実施したが，オペフロ上の設備については，ダスト拡散低減方法の検討など実施する必要がある。	・1号機や3号機のがれき撤去の実績があることから，その実績を基本とし，基本設計段階で，ダスト拡散低減用のカバーを検討する必要がある。 ・工法2と同様，ダスト分布の前提として1号機のデータに基づき検討しているため，現場詳細状況把握後に，詳細設計に反映させる必要がある。	TRL4,5

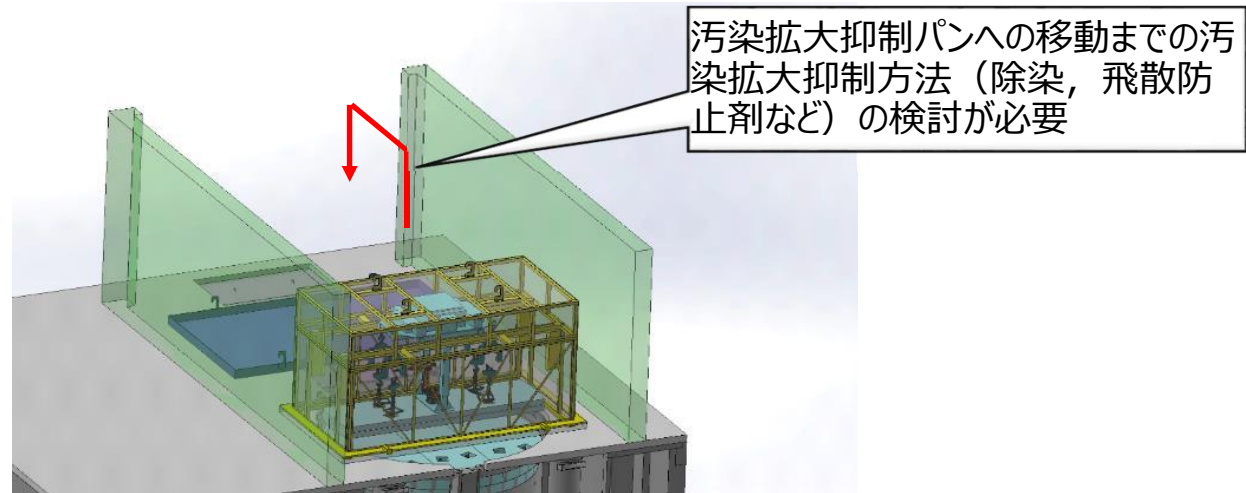


5.実機適用に向けた留意点

Decom.Tech

(3) 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）（10/10）

大項目	中項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
【課題②】 汚染源があることを考慮した工法の検討，作業計画が必要	②-2 吊り上げ	【汚染拡大抑制パンが無い状態における汚染拡散低減方法の検討】 本検討においては，装置を覆うカバー及びウェルシールドプラグ下面を覆う汚染拡大抑制パンにてダスト拡散を低減させる計画であり，その効果を確認することとしている。 ウェルシールドプラグ搬送手順は以下で，ウェルシールドプラグ吊り上げ後，汚染拡大抑制パンへ移動するまで，短時間ではあるが，汚染拡大抑制パンが無い状態がある。 なお，要素試験では汚染拡大抑制パンを設置した状態におけるダスト拡散低減効果を確認する計画としている。 【搬送手順】 ①ウェルシールドプラグ吊り上げ ②汚染拡大抑制パン設置位置へ移動（オペフロ上） ③汚染拡大抑制パンを吊り上げ ④ウェルシールドプラグ移送	ウェルシールドプラグ吊り上げ後， 汚染拡大抑制パンへの移動までの汚染拡大抑制方法（除染，飛散防止剤など）の検討が必要となる。	TRL4,5



6.まとめ

「気中上取り出し工法における大型搬送装置等のオペフロ上部設備の開発」の検討，開発成果を以下にまとめた。

【1号機 SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）】

No.	検討フロー	成果・まとめ
1	前提条件の整理	前提条件の整理では，対象号機，ウェルシールドプラグの状態，ダスト分布，作業場所，ラグの使用可否に対して，整理を行った。
2	要求事項の整理	要求事項の整理を行い，「①閉じ込め機能」，「②放射性物質の拡散防止（落下対策，誤操作防止）」，「③遮へい機能（作業員被ばくのため）」を安全要求として抽出した。
3	工法・作業方法・手順等の技術開発	・工法1ではウェルシールドプラグが落下しており，その状態においても吊り上げ・撤去できることが求められており，その検討を行った。 ・工法・作業方法・手順等の技術開発では，「状態確認」，「設備構築」，「吊り上げ」，「移送」のフローと各フローの工法を検討した。
4	要素試験	【単体作動試験】 ・ラグ取合い治具単体試験（設置作業可否の確認） 遠隔操作にてラグ取合い治具の位置合わせを行い実施可能であることを確認した。 ・ラグ取合い治具単体試験（把持及び落下防止策の妥当性確認） 遠隔操作にてラグ取合い治具の把持及び落下対策の妥当性を確認した。 【全体要素試験】 ・吊り天秤含む全体要素試験（玉掛，吊り上げ確認） 玉掛，吊り上げ可能であることを確認できた。ただし，吊り点荷重が管理値以下に制御することが困難であることを確認し，今後，吊り具の容量を上げる対策など必要であることを確認した。 ・吊り天秤含む全体要素試験（姿勢調整確認） 姿勢調整可能であることを確認した。ただし，吊り点荷重が管理値以下に制御することが困難であることを確認し，今後，吊り具の容量を上げる対策など必要であることを確認した。
5	実機適用性の評価	・上記から現場適用性の見通しを得た。 ・本検討では主な課題として挙げた「オペフロ上部設備，落下対策を含む工法，作業方法・手順等の技術開発」，「閉じ込め性，ダスト拡散低減等を踏まえた技術開発」の課題出しを行った。 ・主要な課題として，「状態確認方法や既設ラグが使用できない場合の具体化」，「保守や異常時の対応策の具体化」，「ウェルシールドプラグの状態調査後の敷地境界評価」などを抽出した。

6.まとめ

【3号機 大型一体搬出工法（工法2）】

No.	検討フロー	成果・まとめ
1	前提条件の整理	前提条件の整理では、対象号機、ウェルシールドプラグの状態、ダスト分布、作業場所、ラグの使用可否に対して、整理を行った。
2	要求事項の整理	要求事項の整理を行い、「①閉じ込め機能」、「②放射性物質の拡散防止（落下対策、誤操作防止）」を安全要求として抽出した。
3	工法・作業方法・手順等の技術開発	・工法2では、ウェルシールドプラグ上には汚染物質などの付着が考えられるため、それらの閉じ込め性、ダスト拡散低減等を踏まえた技術開発の検討を行った。 ・工法・作業方法・手順等の技術開発では、「状態確認」、「設備構築」、「吊り上げ」、「移送」のフローと各フローの工法を検討した。
4	要素試験	・ダスト拡散低減設備の構造成立性 ダスト拡散低減設備にたいして、負圧維持可能であることを確認した。 ・各開口閉止装置の結合部構造の成立性 負圧の深い側に判定割れが生じた対策が必要であることを確認したが、管理値の見直しを行うことで対策可能と判断した。 ・各開口閉止装置を切り離した状態でのダスト拡散低減シート内の負圧維持性能 各開口閉止装置の切り離しを行い、負圧が維持できることを確認した。 ・大型搬送装置動作による負圧維持性能への影響 大型搬送装置の動作を行い、負圧維持できることを確認した。
5	実機適用性の評価	・上記から現場適用性の見通しを得た。 ・本検討では主な課題として挙げた「オペフロ上部設備、落下対策を含む工法、作業方法・手順等の技術開発」、「閉じ込め性、ダスト拡散低減等を踏まえた技術開発」の課題出しを行った。 ・主要な課題として、「状態確認方法や既設ラグが使用できない場合の具体化」、「保守や異常時の対応策の具体化」、「ウェルシールドプラグの状態調査後の敷地境界評価」などを抽出した。

6.まとめ

【3号機ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）】

No.	検討フロー	成果・まとめ
1	前提条件の整理	前提条件の整理では、対象号機、ウェルシールドプラグの状態、ダスト分布、作業場所、ラグの使用可否に対して、整理を行った。
2	要求事項の整理	要求事項の整理を行い、「①閉じ込め機能」、「②放射性物質の拡散防止（落下対策、誤操作防止）」を安全要求として抽出した。
3	工法・作業方法・手順等の技術開発	・工法3では、ウェルシールドプラグ中央部が損傷していることから、損傷を考慮した技術開発の検討を行った。 ・工法・作業方法・手順等の技術開発では、「状態確認」、「設備構築」、「吊り上げ」、「移送」のフローと各フローの工法を検討した。
4	要素試験	・非破壊検査方法の確認 測定可能であるものの、判定基準を設けることが難しく、32mm以下の破断を検出できないため、地切り等を行い状態確認を行うなどの追加確認が必要であることを確認した。 ・破損したウェルシールドプラグの搬送方法の確認 新規ラグを遠隔で設置可能であり、設置した新規ラグ、既設ラグを用い遠隔で吊り上げ可能であることを確認した。 ・ダスト拡散低減方法の確認 ダスト拡散低減方法としては、効果があるものの、目標とした効果を得られなかったため、散水、飛散防止剤の塗布、フード内負圧など飛散抑制の対策方法を検討する必要があることを確認した。
5	実機適用性の評価	・上記から現場適用性の見通しを得た。 ・本検討では主な課題として挙げた「オペフロ上部設備、落下対策を含む工法、作業方法・手順等の技術開発」、「閉じ込め性、ダスト拡散低減等を踏まえた技術開発」の課題出しを行った。 ・主要な課題として、「ウェルシールドプラグの状態調査後の敷地境界評価」、「耐震などを考慮した設備構築方法」などを抽出した。

7. 実施項目とその関連，他研究との関係

Decom.Tech

燃料デブリ取り出し工法の開発（気中上取り出し工法における充填安定化技術，加工時落下対策技術の開発）

- ✓ オペフロ上部に設置する充填設備等の概念検討情報

原子炉圧力容器内部調査技術の開発（上部アクセス調査工法における加工技術の高度化，下部アクセス調査工法の開発）

- ✓ 上部アクセス調査方法・調査装置の概念検討情報

検討状況の共有

本事業

検討状況の共有

燃料デブリ取り出し工法の開発（気中上取り出し工法における大型搬送装置等のオペフロ上部設備の開発）

- ✓ 大型搬送装置等のオペフロ上部設備の設計・検討情報

検討状況の共有

オペフロ上部設備PJ

- ✓ 使用済燃料取り出しにおけるオペフロ上部設備の設計・検討情報

8. 添付資料

添付資料4.1-1 : 工法1 前提条件の設定結果
添付資料4.1-2 : 工法2 前提条件の設定結果
添付資料4.1-3 : 工法3 前提条件の設定結果
添付資料4.2-1 : 3号機要求事項の整理結果
添付資料4.2-2 : 1号機抽出した詳細の不具合モード
添付資料4.2-3 : 1号機要求事項の整理結果
添付資料4.3-1 : 工法1 工法・作業方法・手順等の技術開発
添付資料4.3.1-1 : 工法1 吊り上げ方法の評価・選定結果
添付資料4.3-2 : 工法1実機作業ステップ詳細
添付資料4.3-3 : 工法2 工法・作業方法・手順等の技術開発
添付資料4.3-4 : 工法2実機作業ステップ詳細
添付資料4.3-5 : 工法3 工法・作業方法・手順等の技術開発
添付資料4.3.5-1 : 工法3 非破壊検査装置の検討
添付資料4.3.5-2 : 工法3 吊り上げ方法の検討
添付資料4.3-6 : 工法3実機作業ステップ詳細
添付資料4.4-1 : 工法1試験計画
添付資料4.4-2 : 工法2試験計画
添付資料4.4-3 : 工法3試験計画
添付資料4.4.3-1 : 工法3ウェルシールドプラグ模擬体
添付資料4.5-1 : 工法1試験結果
添付資料4.5-2 : 工法3試験結果
添付資料4.5-3 : 工法3新規ラグ（予定外）取り付け位置
添付資料4.5-4 : 工法3カメラ映像
添付資料5-1 : 実機適用に向けた留意点一覧

8. 添付資料 添付資料4.1-1 工法1 前提条件の設定結果(1/2)

Decom.Tech

SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（1号機） 前提条件の設定

1号機

➤ 本工法における主要な前提条件を以下の通り設定した。

No.	項目		前提条件	出典/根拠
1	対象号機		1号機	当社で設定
2	ウェルシールドプラグ寸法*1		センター：W3,200×L12,426×H625 (mm) サイド：W4,708×L12,056×H625 (mm)	建設時図面 (G-192797/G-193017)
3	ウェルシールドプラグ重量*1		センター：56 (ton), サイド：63 (ton)	No.2と同じ。
4	ウェルシールドプラグの状態		3段とも大きなズレ（傾斜）あり。上段に変形あり。 (状態推定図を次頁に示す。)	原子力規制委員会殿，東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会第12回会合 資料3-1
5	ダスト（粒径分布）		0.3～0.5 μm：91.8%，0.5～1.0 μm：7.0%， 1.0～2.0 μm：0.7%，2.0～5.0 μm：0.5%， 5.0～10μm：0.05%，10～20 μm：0.004%	1号機 原子炉建屋 使用済燃料プール周辺小ガレキ撤去の進捗状況及び崩落屋根撤去作業時のダスト性状把握について
6	ラグの使用可否		ラグの使用可否それぞれに対して，遠隔吊り上げ方法のケース分類を行う。本事業で検討する遠隔吊り上げ装置は，ラグが使用可能なものとして概念検討を行う。	当社で設定
7	躯体情報	作業場所	SFP燃料取り出し用大型カバー内	当社で設定
8		荷降し用開口	(位置) 大型カバー内北側端 (寸法) 14m x 9.3m (但し，TP 19,272以下は8.8m x 9.3m)	SFP燃料取り出し用カバーの設計情報を基に当社で設定
9	環境条件	温度	10～40℃	SFP燃料取り出し用カバーの設計条件
10		湿度	10～90%RH	

*1：本資料中では，最大寸法・重量の上段プラグの情報について，記載

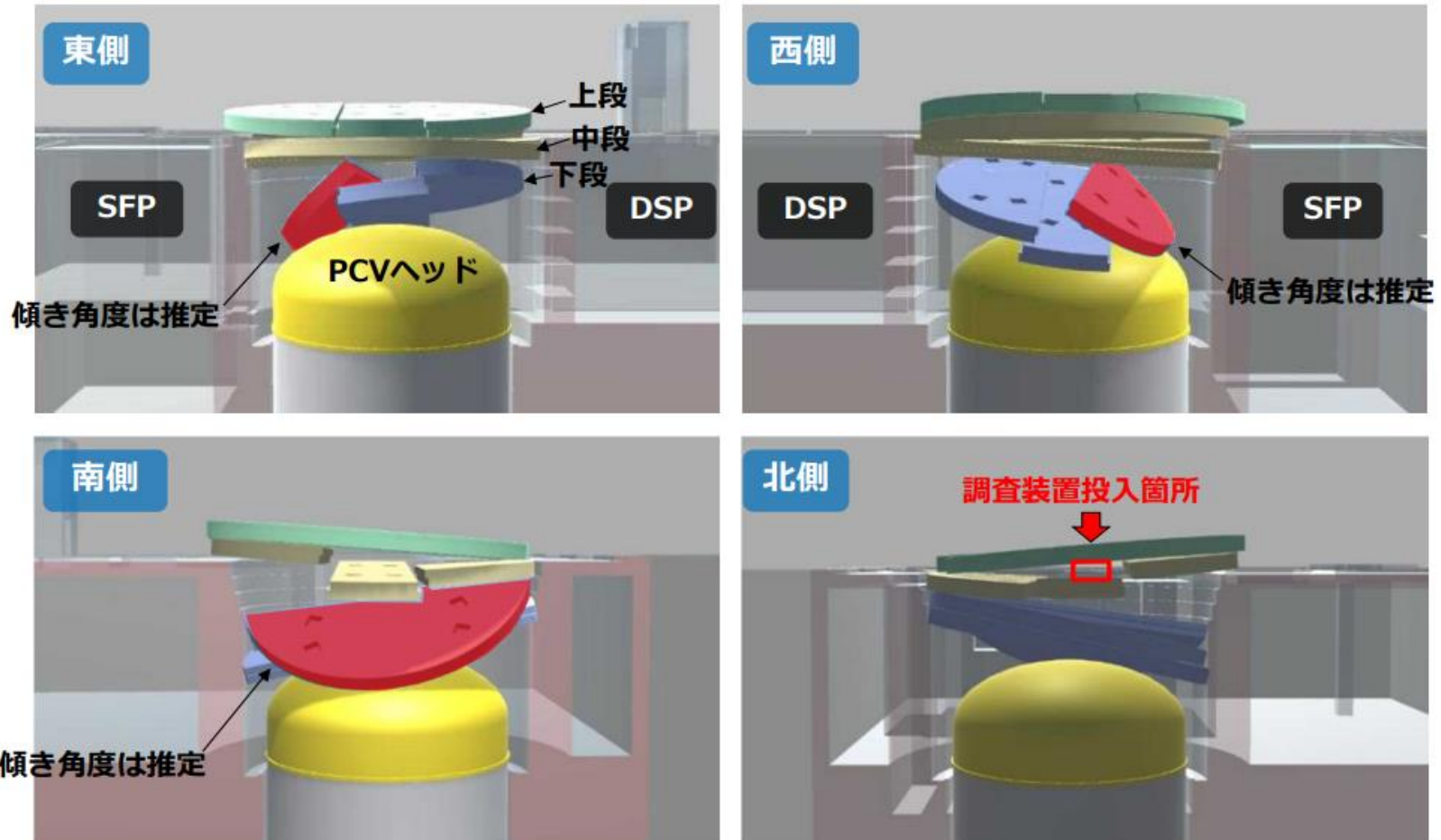
©Decom.Tech

8. 添付資料 添付資料4.1-1 工法1 前提条件の設定結果(2/2)

Decom.Tech

SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（1号機） 前提条件の設定

1号機



出典：東京電力ホールディングス，福島第一原子力発電所1号機 ウェルプラグ調査について（2019/6/27）

8.添付資料 添付資料4.1-2 工法2 前提条件の設定結果(1/2)

Decom.Tech

大型一体搬出工法（3号機） 前提条件の設定

3号機

➤ 本工法における主要な前提条件を以下の通り設定した。

No.	項目		前提条件	出典/根拠
1	対象号機		3号機	当社で設定
2	ウェルシールドプラグ寸法*1		センター：W3,200×L11,828×H618 (mm) サイド：W4,410×L11,438×H618 (mm)	建設時図面 (SR-206/SR-229)
3	ウェルシールドプラグ重量*1		センター：55 (ton), サイド：55 (ton)	No.2と同じ。
4	ウェルシールドプラグの状態		上段に破損（センターのプラグの中央部分が30cm陥没）	次頁参照
5	ダスト（粒径分布）		詳細不明につき、1号機と同等として検討を行う。 (0.3～0.5 μm：91.8 %, 0.5～1.0 μm：7.0 %, 1.0～2.0 μm：0.7 %, 2.0～5.0 μm：0.5 %, 5.0～10μm：0.05 %, 10～20 μm：0.004 %)	1号機 原子炉建屋 使用済燃料プール周辺小ガレキ撤去の進捗状況及び崩落屋根撤去作業時のダスト性状把握について
6	躯体情報	作業場所	大型一体搬出工法 連絡通路内	当社で設定
7		荷降し用開口	搬出容器（連絡通路内 搬送台車上）	当社で設定
8		SFP燃料取り出し用カバー	撤去されていることを前提とする。	当社で設定
9	環境条件	温度	10～40℃	一般的な建屋内と同様
10		湿度	Max. 90%RH	

*1：本資料中では、最大寸法・重量の上段プラグの情報について、記載

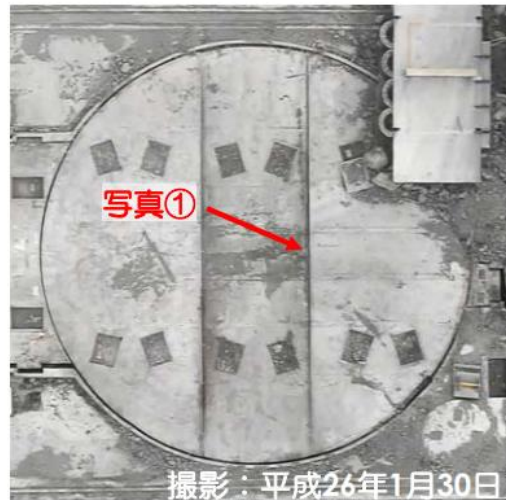
8. 添付資料 添付資料4.1-2 工法2 前提条件の設定結果(2/2)

Decom.Tech

大型一体搬出工法（3号機） 前提条件の設定

3号機

- 本工法における主要な前提条件を以下の通り設定した。



除染作業（小がれき集積）進捗後



写真①シールドプラグの変形状況

出典：東京電力ホールディングス，福島第一原子力発電所3号機原子炉建屋上部ガレキ撤去後の建屋躯体調査結果について（2014/2/14）

8.添付資料 添付資料4.1-3 工法3 前提条件の設定結果

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法 前提条件の設定

3号機

➤ 本工法における主要な前提条件を以下の通り設定した。

No.	項目		前提条件	出典/根拠
1	対象号機		3号機	当社で設定
2	ウェルシールドプラグ寸法*1		センター：W3,200×L11,828×H618 (mm) サイド：W4,410×L11,438×H618 (mm)	建設時図面 (SR-206/SR-229)
3	ウェルシールドプラグ重量*1		センター：55 (ton), サイド：55 (ton)	No.2と同じ。
4	ウェルシールドプラグの状態		上段に破損（センターのプラグの中央部分が30cm陥没）。(状態イメージは5.2(1)と同様)	
5	ダスト（粒径分布）		詳細不明につき，1号機と同等として検討を行う。 (0.3～0.5 μm：91.8%，0.5～1.0 μm：7.0%，1.0～2.0 μm：0.7%，2.0～5.0 μm：0.5%，5.0～10μm：0.05%，10～20 μm：0.004%)	1号機 原子炉建屋 使用済燃料プール周辺小ガレキ撤去の進捗状況及び崩落屋根撤去作業時のダスト性状把握について
6	躯体情報	作業場所	オペフロ上（ウェルシールドプラグ撤去用カバー内）	当社で設定
7		荷降し用開口	ヤード等とし，別途設定（オペフロ上からの撤去とする）	当社で設定
8		SFP燃料取り出し用カバー	撤去されていることを前提とする。	当社で設定
9	環境条件	温度	－10～40℃	屋外相当とし，保守的に設定
10		湿度	0～100%（No Control）	

*1：本資料中では，最大寸法・重量の上段プラグの情報について，記載

8. 添付資料 添付資料4.2-1 3号機要求事項の整理結果 (1/4)

Decom.Tech

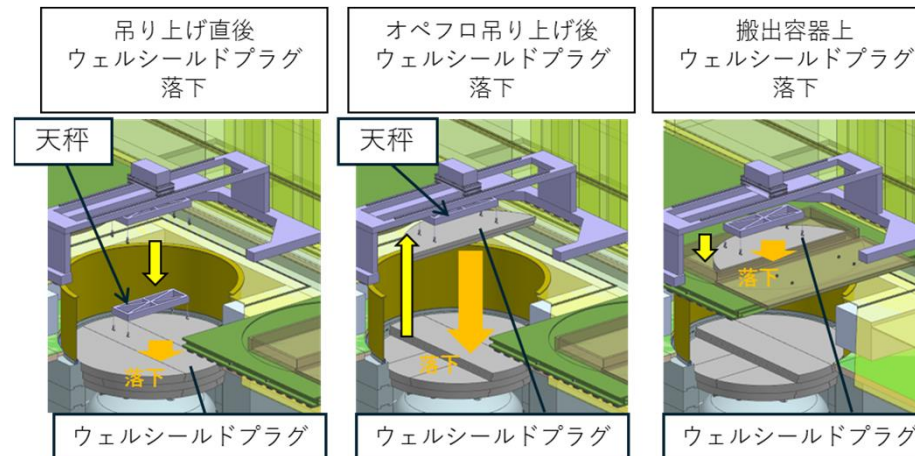
3号機 要求事項の整理

3号機

- 1号機と同様に、抽出した代表事象に対して、リスクポテンシャルを確認するため、対策無し (Unmitigate) での被ばく評価を実施した結果を下表に示す。
- 3つの事故事象全てが、事故時基準5mSvを超過しており、リスクポテンシャルが高く対策が必要という評価結果となった。

代表事象			対策無し (Unmitigate) [mSv]
事故時 (基準 : 5mSv)	ウェルシールドプラグ落下, ウェルシールドプラグに付着 した汚染物質の漏洩	吊り上げ直後落下 (約7m)	1.9E+02
		オペフロへの吊り上げ後落下 (約12m)	3.2E+02
		搬出容器上への落下 (約3m)	8.0E+01
通常時 (基準 : 10μSv/y)	ウェルシールドプラグ移送時		4.0E-01 [μSv/y]

対策が必要



8. 添付資料 添付資料4.2-1 3号機要求事項の整理結果（2/4）

Decom.Tech

3号機 要求事項の整理

3号機

安全要求の検討

- 対策が必要と評価したウェルシールドプラグ落下，シールドプラグに付着した汚染物質が漏洩，対策案の検討および，安全要求の検討を行った。
- 対策案の検討においては，ERIC-PD*を参考に下表の通り対策候補案を抽出した。

代表事象		対策候補案
事故時 (基準:5mSv)	シールドプラグ落下， シールドプラグに付着 した汚染物質が漏 洩	・ シールドプラグ表面汚染物の除染 ・ 持ち上げ重量の低減 (ウェルプラグの細分化) ・ 天井クレーンの誤操作防止 ・ 天井クレーンの落下防止装置の設置 (誤操作，地震時) ・ 電動チェーンブロック・遠隔開閉フックの誤操作防止 ・ 電動チェーンブロック・遠隔開閉フックの落下防止装置の設置 (誤操作，地震時) ・ 連絡通路での閉じ込め
通常時	プラグ移送時	<u>ALARPの観点での対策：</u> ・ 連絡通路汚染拡大防止のためのダスト拡散シート等

*：対策を検討するうえでのヒエラルキーとなっており，Eliminate, Reduce, Isolation, Control, Protective, Disciplineの順番に沿って，対策が可能かを検討する方法

8. 添付資料 添付資料4.2-1 3号機要求事項の整理結果（3/4）

Decom.Tech

3号機 要求事項の整理

3号機

安全要求の検討

- 対策案を基にまとめた必要な安全要求を下表に示す。
- 検討の結果、安全要求として以下を抽出した。
 - ✓ 閉じ込め機能
 - ✓ 放射性物質の拡散防止（汚染物拡散の防止，落下対策，誤操作防止）
- なお，「対象の除染」方法を検討した結果，閉じ込め機能，汚染ブル拡散の防止方法で実施することとした。
- 連絡通路へのしゃへいについては，別事業での検討と想定する。

原子力安全※1		安全原則※1		基本的安全要求※1	安全要求（例）※1	本設備に対する安全要求※2
人と環境を放射線リスクから防護する	公衆と環境を放射線リスクから防護する	放射性物質の過大な放出防止	放射性物質の閉じ込め	バウンダリによる放射性物質の閉じ込め	気体中の放射性物質の安全基準で許容される以上の漏洩	閉じ込め機能（換気空調系、フィルタ含む）
					液体系の放射性物質の安全基準で許容される以上の漏洩防止	対象外（本プロセスでは液体の取り扱いがないため）
				炉内から取り出された放射性物質の移送容器による閉じ込め	移送容器による放射性物質の漏洩防止	対象外（移送容器等での閉じ込めに対する安全要求はないため。ただし、ALARPの観点での閉じ込め機能を付加することが望ましい）
		放射性物質の異常な追加生成の防止	追加核分裂反応の防止	臨界による異常な放射性物質の生成防止	対象外本プロセスでは、臨界質量の燃料デブリの取り扱いがないため）	
			異常な加熱の防止	燃料デブリの異常な温度上昇による放射性物質の放出防止	対象外（本プロセスでは、温度上昇するほどの燃料デブリの取り扱いがないため）	
			切削による異常な放射性物質の拡散防止	燃料デブリ、構造物の切削による異常な放射性物質拡散の防止	・対象の除染 ・汚染物拡散の防止 ・揚重機の落下防止装置（波及的影響防止） ・誤操作防止 （本基本的安全要求の項目ではないが、対象がないためここに記載。）	
			放射線による過大な被ばくの防止	外部被ばくに対する防護	直接放射線による過大な被ばく防止のための遮へい	公衆被ばくを考えた連絡通路への遮へいが必要

※1：平成28年度補正予算 廃炉・汚染水対策事業費補助金事業燃料デブリ・炉内構造物取り出し工法・システムの高度化 研究報告書(最終報告) 平成31年3月にて，整理された記載内容

※2：本設備とは，①で整理した作業プロセスの範囲を示す。

8.添付資料 添付資料4.2-1 3号機要求事項の整理結果（4/4）

Decom.Tech

3号機 要求事項の整理

3号機

安全要求の検討

- 対策案を基にまとめた必要な安全要求を下表に示す。

原子力安全※1		安全原則※1	基本的安全要求※1	安全要求（例）※1	本設備に対する安全要求※2
人と環境を放射線リスクから防護する	作業員を放射線リスクから防護する	作業員の過大な外部被ばく・内部被ばくの防止 -デブリ取り出し作業に必要な新規装置設置に伴う被ばく -デブリ取り出し関連作業に伴う被ばく -デブリ取り出し関連以外のサイト内作業員の被ばく	作業員の被ばく低減のための設計	遮へい，汚染・線量区分の適切な設定と被ばくを低減する遠隔保守御呼び動線システム設計	対象外（遠隔操作のため）
			作業員の被ばく低減のための運転管理	被ばく低減のための運転方法，保守計画および作業管理	対象外（遠隔操作のため）

※1：平成28年度補正予算 廃炉・汚染水対策事業費補助金事業燃料デブリ・炉内構造物取り出し工法・システムの高度化 研究報告書(最終報告) 平成31年3月にて，整理された記載内容

※2：本設備とは，①で整理した作業プロセスの範囲を示す。

8. 添付資料 添付資料4.2-2 1号機抽出した詳細の不具合モード(1/5)

Decom.Tech

1号機

No	プロセス	詳細プロセス	使用機器	起因(機器等)	故障等	HAZOP キーワード	不具合モード	結果(影響)	事象説明
1	吊り上げ準備	ラグ取合い治具取付け	・大型カバー天井クレーン×1 ・ラグ取合い治具×1 ・遠隔開閉フック×1 ・電動チェーンブロック×1 ・吊り天秤×1 ・ダスト拡散低減設備	・大型カバー天井クレーン	誤操作	多量	吊り天秤の落下	漏えい(放射性物質)	・大型カバー天井クレーンの誤操作のため吊り天秤の落下、漏えい(放射性物質)
2	吊り上げ準備	ラグ取合い治具取付け	同上	・大型カバー天井クレーン	故障	多量	吊り天秤の落下	漏えい(放射性物質)	・大型カバー天井クレーンの故障のため吊り天秤の落下、漏えい(放射性物質)
3	吊り上げ準備	ラグ取合い治具取付け	同上	・遠隔開閉フック	誤操作	乱順	電動チェーンブロックの落下	漏えい(放射性物質)	・遠隔開閉フックの誤操作のため電動チェーンブロックの落下、漏えい(放射性物質)
4	吊り上げ準備	ラグ取合い治具取付け	同上	・遠隔開閉フック	故障	乱順	電動チェーンブロックの落下	漏えい(放射性物質)	・遠隔開閉フックの故障のため電動チェーンブロックの落下、漏えい(放射性物質)
5	吊り上げ準備	ラグ取合い治具取付け	同上	・電動チェーンブロック	誤操作	乱順	ラグ取り合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの誤操作のためラグ取り合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
6	吊り上げ準備	ラグ取合い治具取付け	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ラグ取り合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの故障のためラグ取り合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
7	吊り上げ準備	ラグ取合い治具取付け	同上	・電動チェーンブロック	誤操作	乱順	ダスト拡散低減設備の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの誤操作のためダスト拡散低減設備の落下、漏えい(放射性物質)
8	吊り上げ準備	ラグ取合い治具取付け	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ダスト拡散低減設備の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの故障のためダスト拡散低減設備の落下、漏えい(放射性物質)
9	吊り上げ準備	ラグ取合い治具取付け	同上	・吊り天秤	誤操作	乱順	ダスト拡散低減設備の落下	漏えい(放射性物質)	・吊り天秤の誤操作のためダスト拡散低減設備の落下、漏えい(放射性物質)
10	吊り上げ準備	ラグ取合い治具取付け	同上	・吊り天秤	故障	乱順	ダスト拡散低減設備の落下	漏えい(放射性物質)	・吊り天秤の故障のためダスト拡散低減設備の落下、漏えい(放射性物質)
11	吊り上げ準備	吊り天秤取付け	・大型カバー天井クレーン×1 ・ラグ取合い治具×4 ・遠隔開閉フック×4 ・電動チェーンブロック×4 ・吊り天秤×1 ・ダスト拡散低減設備	・大型カバー天井クレーン	誤操作	多量	吊り天秤の落下	漏えい(放射性物質)	・大型カバー天井クレーンの誤操作のため吊り天秤の落下、漏えい(放射性物質)
12	吊り上げ準備	吊り天秤取付け	同上	・大型カバー天井クレーン	故障	多量	吊り天秤の落下	漏えい(放射性物質)	・大型カバー天井クレーンの故障のため吊り天秤の落下、漏えい(放射性物質)
13	吊り上げ準備	吊り天秤取付け	同上	・電動チェーンブロック	誤操作	乱順	ラグ取り合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの誤操作のためラグ取り合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
14	吊り上げ準備	吊り天秤取付け	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ラグ取り合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの故障のためラグ取り合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
15	吊り上げ準備	吊り天秤取付け	同上	・電動チェーンブロック	誤操作	乱順	ダスト拡散低減設備の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの誤操作のためダスト拡散低減設備の落下、漏えい(放射性物質)
16	吊り上げ準備	吊り天秤取付け	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ダスト拡散低減設備の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの故障のためダスト拡散低減設備の落下、漏えい(放射性物質)
17	吊り上げ準備	吊り天秤取付け	同上	・吊り天秤	誤操作	乱順	ダスト拡散低減設備の落下	漏えい(放射性物質)	・吊り天秤の誤操作のためダスト拡散低減設備の落下、漏えい(放射性物質)
18	吊り上げ準備	吊り天秤取付け	同上	・吊り天秤	故障	乱順	ダスト拡散低減設備の落下	漏えい(放射性物質)	・吊り天秤の故障のためダスト拡散低減設備の落下、漏えい(放射性物質)

8. 添付資料 添付資料4.2-2 1号機抽出した詳細の不具合モード(2/5)

Decom.Tech

1号機

No	プロセス	詳細プロセス	使用機器	起因(機器等)	故障等	HAZOP キーワード	不具合モード	結果(影響)	事象説明
19	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ	・大型カバー天井クレーン×1 ・ラグ取合い治具×4 ・遠隔開閉フック×4 ・電動チェーンブロック×4 ・吊り天秤×1 ・ダスト拡散低減設備	・大型カバー天井クレーン	誤操作	多量	吊り天秤の落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・大型カバー天井クレーンの誤操作のため吊り天秤の落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
20	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ	同上	・大型カバー天井クレーン	故障	多量	吊り天秤の落下、PCVバウンダリ等の喪失	機器破損	・大型カバー天井クレーンの故障のため吊り天秤の落下、PCVバウンダリ等の喪失、機器破損
21	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ	同上	・大型カバー天井クレーン	故障	多量	吊り天秤の落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・大型カバー天井クレーンの故障のため吊り天秤の落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
22	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ	同上	・電動チェーンブロック	誤操作	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・電動チェーンブロックの誤操作のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
23	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・電動チェーンブロックの故障のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
24	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ウェルプラグの落下、PCVバウンダリ等の喪失	機器破損	・電動チェーンブロックの故障のためウェルプラグの落下、PCVバウンダリ等の喪失、機器破損
25	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ	同上	・電動チェーンブロック	誤操作	乱順	ラグ取合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの誤操作のためラグ取合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
26	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ラグ取合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの故障のためラグ取合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
27	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ	同上	・遠隔開閉フック	誤操作	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・遠隔開閉フックの誤操作のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
28	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ	同上	・遠隔開閉フック	故障	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・遠隔開閉フックの故障のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
29	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ	同上	・遠隔開閉フック	故障	乱順	ウェルプラグの落下、PCVバウンダリ等の喪失	機器破損	・遠隔開閉フックの故障のためウェルプラグの落下、PCVバウンダリ等の喪失、機器破損
30	吊り上げ	ウェルシールドプラグ傾き調整	・大型カバー天井クレーン×1 ・ラグ取合い治具×4 ・遠隔開閉フック×4 ・電動チェーンブロック×4 ・吊り天秤×1 ・ダスト拡散低減設備	・大型カバー天井クレーン	誤操作	多量	吊り天秤の落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・大型カバー天井クレーンの誤操作のため吊り天秤の落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
31	吊り上げ	ウェルシールドプラグ傾き調整	同上	・大型カバー天井クレーン	故障	多量	吊り天秤の落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・大型カバー天井クレーンの故障のため吊り天秤の落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
32	吊り上げ	ウェルシールドプラグ傾き調整	同上	・大型カバー天井クレーン	故障	多量	吊り天秤の落下、PCVバウンダリ等の喪失	機器破損	・大型カバー天井クレーンの故障のため吊り天秤の落下、PCVバウンダリ等の喪失、機器破損
33	吊り上げ	ウェルシールドプラグ傾き調整	同上	・電動チェーンブロック	誤操作	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・電動チェーンブロックの誤操作のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
34	吊り上げ	ウェルシールドプラグ傾き調整	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・電動チェーンブロックの故障のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
35	吊り上げ	ウェルシールドプラグ傾き調整	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ウェルプラグの落下、PCVバウンダリ等の喪失	機器破損	・電動チェーンブロックの故障のためウェルプラグの落下、PCVバウンダリ等の喪失、機器破損
36	吊り上げ	ウェルシールドプラグ傾き調整	同上	・電動チェーンブロック	誤操作	乱順	ラグ取合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの誤操作のためラグ取合い治具の落下、漏えい(放射性物質)

8. 添付資料 添付資料4.2-2 1号機抽出した詳細の不具合モード(3/5)

Decom.Tech

1号機

No	プロセス	詳細プロセス	使用機器	起因(機器等)	故障等	HAZOP キーワード	不具合モード	結果(影響)	事象説明
37	吊り上げ	ウェルシールドプラグ傾き調整	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ラグ取り合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの故障のためラグ取り合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
38	吊り上げ	ウェルシールドプラグ傾き調整	同上	・遠隔開閉フック	誤操作	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質、中規模破損)	・遠隔開閉フックの誤操作のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質、中規模破損)
39	吊り上げ	ウェルシールドプラグ傾き調整	同上	・遠隔開閉フック	故障	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質、中規模破損)	・遠隔開閉フックの故障のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質、中規模破損)
40	吊り上げ	ウェルシールドプラグ傾き調整	同上	・遠隔開閉フック	故障	乱順	ウェルプラグの落下、PCVバウンダリ等の喪失	機器破損	・遠隔開閉フックの故障のためウェルプラグの落下、PCVバウンダリ等の喪失、機器破損
41	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ (北側移動時の高さキープのため)	・大型カバートンクレーン×1 ・ラグ取合い治具×4 ・遠隔開閉フック×4 ・電動チェーンブロック×4 ・吊り天秤×1 ・ダスト拡散低減設備	・大型カバートンクレーン	誤操作	多量	吊り天秤の落下	漏えい(放射性物質、中規模破損)	・大型カバートンクレーンの誤操作のため吊り天秤の落下、漏えい(放射性物質、中規模破損)
42	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ (北側移動時の高さキープのため)	同上	・大型カバートンクレーン	故障	多量	吊り天秤の落下	漏えい(放射性物質、中規模破損)	・大型カバートンクレーンの故障のため吊り天秤の落下、漏えい(放射性物質、中規模破損)
43	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ (北側移動時の高さキープのため)	同上	・大型カバートンクレーン	故障	多量	吊り天秤の落下、PCVバウンダリ等の喪失	機器破損	・大型カバートンクレーンの故障のため吊り天秤の落下、PCVバウンダリ等の喪失、機器破損
44	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ (北側移動時の高さキープのため)	同上	・電動チェーンブロック	誤操作	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質、中規模破損)	・電動チェーンブロックの誤操作のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質、中規模破損)
45	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ (北側移動時の高さキープのため)	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質、中規模破損)	・電動チェーンブロックの故障のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質、中規模破損)
46	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ (北側移動時の高さキープのため)	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ウェルプラグの落下、PCVバウンダリ等の喪失	機器破損	・電動チェーンブロックの故障のためウェルプラグの落下、PCVバウンダリ等の喪失、機器破損
47	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ (北側移動時の高さキープのため)	同上	・電動チェーンブロック	誤操作	乱順	ラグ取り合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの誤操作のためラグ取り合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
48	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ (北側移動時の高さキープのため)	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ラグ取り合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの故障のためラグ取り合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
49	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ (北側移動時の高さキープのため)	同上	・遠隔開閉フック	誤操作	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質、中規模破損)	・遠隔開閉フックの誤操作のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質、中規模破損)
50	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ (北側移動時の高さキープのため)	同上	・遠隔開閉フック	故障	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質、中規模破損)	・遠隔開閉フックの故障のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質、中規模破損)
51	吊り上げ	ウェルシールドプラグ吊り上げ (北側移動時の高さキープのため)	同上	・遠隔開閉フック	故障	乱順	ウェルプラグの落下、PCVバウンダリ等の喪失	機器破損	・遠隔開閉フックの故障のためウェルプラグの落下、PCVバウンダリ等の喪失、機器破損
52	移送	ウェルシールドプラグ移動 (吊り替え場所まで)	・大型カバートンクレーン×1 ・ラグ取合い治具×4 ・遠隔開閉フック×4 ・電動チェーンブロック×4 ・吊り天秤×1 ・ダスト拡散低減設備	・大型カバートンクレーン	誤操作	多量	吊り天秤の落下	漏えい(放射性物質、中規模破損)	・大型カバートンクレーンの誤操作のため吊り天秤の落下、漏えい(放射性物質、中規模破損)
53	移送	ウェルシールドプラグ移動 (吊り替え場所まで)	同上	・大型カバートンクレーン	故障	多量	吊り天秤の落下	漏えい(放射性物質、中規模破損)	・大型カバートンクレーンの故障のため吊り天秤の落下、漏えい(放射性物質、中規模破損)
54	移送	ウェルシールドプラグ移動 (吊り替え場所まで)	同上	・電動チェーンブロック	誤操作	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質、中規模破損)	・電動チェーンブロックの誤操作のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質、中規模破損)

8. 添付資料 添付資料4.2-2 1号機抽出した詳細の不具合モード(4/5)

Decom.Tech

1号機

No	プロセス	詳細プロセス	使用機器	起因(機器等)	故障等	HAZOP キーワード	不具合モード	結果(影響)	事象説明
55	移送	ウェルシールドプラグ移動 (吊り替え場所まで)	同上	・電動チェーンブロッ ク	故障	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・電動チェーンブロックの故障のためウェル プラグの落下、漏えい(放射性物質、中規模 破損)
56	移送	ウェルシールドプラグ移動 (吊り替え場所まで)	同上	・電動チェーンブロッ ク	故障	乱順	ウェルプラグの落下、PCVバ ウンダリ等の喪失	機器破損	・電動チェーンブロックの故障のためウェル プラグの落下、PCVバウンダリ等の喪失、 機器破損
57	移送	ウェルシールドプラグ移動 (吊り替え場所まで)	同上	・電動チェーンブロッ ク	誤操作	乱順	ラグ取り合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの誤操作のためラグ 取り合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
58	移送	ウェルシールドプラグ移動 (吊り替え場所まで)	同上	・電動チェーンブロッ ク	故障	乱順	ラグ取り合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの故障のためラグ取 り合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
59	移送	ウェルシールドプラグ移動 (吊り替え場所まで)	同上	・遠隔開閉フック	誤操作	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・遠隔開閉フックの誤操作のためウェルプラ グの落下、漏えい(放射性物質、中規模破 損)
60	移送	ウェルシールドプラグ移動 (吊り替え場所まで)	同上	・遠隔開閉フック	故障	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・遠隔開閉フックの故障のためウェルプラグ の落下、漏えい(放射性物質、中規模破損)
61	移送	ウェルシールドプラグ移動 (吊り替え場所まで)	同上	・遠隔開閉フック	故障	乱順	ウェルプラグの落下、PCVバ ウンダリ等の喪失	機器破損	・遠隔開閉フックの故障のためウェルプラグ の落下、PCVバウンダリ等の喪失、機器破 損
62	移送	ウェルシールドプラグ移動 (吊り替え場所まで)	同上	・遠隔開閉フック	故障	乱順	ウェルプラグが落下し、電源 設備に衝突・損傷し火災発生	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・遠隔開閉フックの故障のためウェルプラグ が落下し、電源設備に衝突・損傷し火災発 生、漏えい(放射性物質、中規模破損)
63	移送	ダスト拡散低減シート吊り替 え	同上	・大型カー天井ク レーン	誤操作	多量	吊り天秤の落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・大型カー天井クレーンの誤操作のため 吊り天秤の落下、漏えい(放射性物質、中規 模破損)
64	移送	ダスト拡散低減シート吊り替 え	同上	・大型カー天井ク レーン	故障	多量	吊り天秤の落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・大型カー天井クレーンの故障のため吊 り天秤の落下、漏えい(放射性物質、中規模 破損)
65	移送	ダスト拡散低減シート吊り替 え	同上	・大型カー天井ク レーン	故障	多量	吊り天秤の落下、PCVバウン ダリ等の喪失	機器破損	・大型カー天井クレーンの故障のため吊 り天秤の落下、PCVバウンダリ等の喪失、 機器破損
66	移送	ダスト拡散低減シート吊り替 え	同上	・電動チェーンブロッ ク	誤操作	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・電動チェーンブロックの誤操作のためウェ ルプラグの落下、漏えい(放射性物質、中規 模破損)
67	移送	ダスト拡散低減シート吊り替 え	同上	・電動チェーンブロッ ク	故障	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・電動チェーンブロックの故障のためウェ ルプラグの落下、漏えい(放射性物質、中規 模破損)
68	移送	ダスト拡散低減シート吊り替 え	同上	・電動チェーンブロッ ク	故障	乱順	ウェルプラグの落下、PCVバ ウンダリ等の喪失	機器破損	・電動チェーンブロックの故障のためウェ ルプラグの落下、PCVバウンダリ等の喪失、 機器破損
69	移送	ダスト拡散低減シート吊り替 え	同上	・電動チェーンブロッ ク	誤操作	乱順	ラグ取り合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの誤操作のためラグ 取り合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
70	移送	ダスト拡散低減シート吊り替 え	同上	・電動チェーンブロッ ク	故障	乱順	ラグ取り合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの故障のためラグ取 り合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
71	移送	ダスト拡散低減シート吊り替 え	同上	・遠隔開閉フック	誤操作	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・遠隔開閉フックの誤操作のためウェルプラ グの落下、漏えい(放射性物質、中規模破 損)
72	移送	ダスト拡散低減シート吊り替 え	同上	・遠隔開閉フック	故障	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・遠隔開閉フックの故障のためウェルプラグ の落下、漏えい(放射性物質、中規模破損)
73	移送	ダスト拡散低減シート吊り替 え	同上	・遠隔開閉フック	故障	乱順	ウェルプラグの落下、PCVバ ウンダリ等の喪失	機器破損	・遠隔開閉フックの故障のためウェルプラグ の落下、PCVバウンダリ等の喪失、機器破 損
74	移送	ダスト拡散低減シート吊り替 え	同上	・クローラクレーン	誤操作	多量	搬出容器落下	工程遅延	・クローラクレーンの誤操作のため搬出容器 落下、工程遅延
75	移送	ダスト拡散低減シート吊り替 え	同上	・クローラクレーン	故障	多量	搬出容器落下	工程遅延	・クローラクレーンの故障のため搬出容器落 下、工程遅延

8. 添付資料 添付資料4.2-2 1号機抽出した詳細の不具合モード(5/5)

Decom.Tech

1号機

No	プロセス	詳細プロセス	使用機器	起因(機器等)	故障等	HAZOP キーワード	不具合モード	結果(影響)	事象説明
76	移送	ウェルシールドプラグ移動	同上	・クローラクレーン	誤操作	多量	搬出容器落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・クローラクレーンの誤操作のため搬出容器落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
77	移送	ウェルシールドプラグ移動	同上	・クローラクレーン	故障	多量	搬出容器落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・クローラクレーンの故障のため搬出容器落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
78	移送	ウェルシールドプラグ移動	同上	・電動チェーンブロック	誤操作	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・電動チェーンブロックの誤操作のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
79	移送	ウェルシールドプラグ移動	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・電動チェーンブロックの故障のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
80	移送	ウェルシールドプラグ移動	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ウェルプラグが落下し、換気空調系設備に衝突・損傷しバウンダリ喪失	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・電動チェーンブロックの故障のためウェルプラグが落下し、換気空調系設備に衝突・損傷しバウンダリ喪失、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
81	移送	ウェルシールドプラグ移動	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ウェルプラグが落下し、電源設備に衝突・損傷し火災発生	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・電動チェーンブロックの故障のためウェルプラグが落下し、電源設備に衝突・損傷し火災発生、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
82	移送	ウェルシールドプラグ移動	同上	・電動チェーンブロック	誤操作	乱順	ラグ取り合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの誤操作のためラグ取り合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
83	移送	ウェルシールドプラグ移動	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ラグ取り合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの故障のためラグ取り合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
84	移送	ウェルシールドプラグ移動	同上	・遠隔開閉フック	誤操作	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・遠隔開閉フックの誤操作のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
85	移送	ウェルシールドプラグ移動	同上	・遠隔開閉フック	故障	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・遠隔開閉フックの故障のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
86	移送	ウェルシールドプラグ移動	同上	・遠隔開閉フック	故障	乱順	ウェルプラグが落下し、換気空調系設備に衝突・損傷しバウンダリ喪失	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・遠隔開閉フックの故障のためウェルプラグが落下し、換気空調系設備に衝突・損傷しバウンダリ喪失、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
87	移送	ウェルシールドプラグ吊り降し	同上	・クローラクレーン	誤操作	多量	搬出容器落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・クローラクレーンの誤操作のため搬出容器落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
88	移送	ウェルシールドプラグ吊り降し	同上	・クローラクレーン	故障	多量	搬出容器落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・クローラクレーンの故障のため搬出容器落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
89	移送	ウェルシールドプラグ吊り降し	同上	・電動チェーンブロック	誤操作	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・電動チェーンブロックの誤操作のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
90	移送	ウェルシールドプラグ吊り降し	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・電動チェーンブロックの故障のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
91	移送	ウェルシールドプラグ吊り降し	同上	・電動チェーンブロック	誤操作	乱順	ラグ取り合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの誤操作のためラグ取り合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
92	移送	ウェルシールドプラグ吊り降し	同上	・電動チェーンブロック	故障	乱順	ラグ取り合い治具の落下	漏えい(放射性物質)	・電動チェーンブロックの故障のためラグ取り合い治具の落下、漏えい(放射性物質)
93	移送	ウェルシールドプラグ吊り降し	同上	・遠隔開閉フック	誤操作	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・遠隔開閉フックの誤操作のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
94	移送	ウェルシールドプラグ吊り降し	同上	・遠隔開閉フック	故障	乱順	ウェルプラグの落下	漏えい(放射性物質, 中規模破損)	・遠隔開閉フックの故障のためウェルプラグの落下、漏えい(放射性物質, 中規模破損)
95	移送	ウェルシールドプラグ吊り降し	同上	・クローラクレーン	時間超過	晩期	作業員の被ばく	被ばく	遠隔作業に時間がかかり、作業員が被ばくする。

8. 添付資料 添付資料4.2-3 1号機要求事項の整理結果（1/3）

Decom.Tech

1号機

要求事項の整理（安全要求の検討）

- 前項で対策が必要と評価した電気品室火災に対して、対策案の検討および安全要求の検討を行った。また、評価値が基準値を下回った。その他の事象に対しても、ALARPの観点での対策候補について検討した。
- 対策案の検討においては、ERIC-PD*を参考に下表の通り対策候補案を抽出した。

代表事象		対策候補案
事故時 (基準：5mSv)	ウェルシールドプラグ落下、ウェルシールドプラグに付着した汚染物質の漏洩	ALARPの観点での対策： ・ ウェルシールドプラグ表面汚染物の除染 ・ 吊り上げ重量の低減（ウェルシールドプラグの細分化） ・ 大型カバー天井クレーン・クローラクレーンの誤操作防止 ・ 大型カバー天井クレーン・クローラクレーンの落下・転倒防止装置の設置（誤操作、地震時） ・ 電動チェーンブロック・遠隔開閉フックの誤操作防止 ・ 電動チェーンブロック・遠隔開閉フックの落下防止装置の設置（誤操作、地震時） ・ 連絡通路での閉じ込め
	電気品室火災	ALARPの観点での対策： ・ 吊り上げ重量の低減（ウェルシールドプラグの細分化） ・ クローラクレーンの誤操作防止 ・ クローラクレーンの転倒防止装置の設置（誤操作、地震時） ・ 電動チェーンブロック・遠隔開閉フックの誤操作防止 ・ 電動チェーンブロック・遠隔開閉フックの落下防止装置の設置（誤操作、地震時） ・ 火災防護
	換気系フィルタ落下	ALARPの観点での対策： ・ フィルタ交換不要化（金属HEPA等逆洗可能フィルタ） ・ フィルタ交換頻度向上（蓄積放射性物質の低減） ・ フィルタ交換時に使用するクレーンの落下防止装置の設置（誤操作、地震時） ・ 換気空調系フィルタ交換時の誤操作防止
通常時 (基準：10μSv/y)	ウェルシールドプラグ移送時	ALARPの観点での対策： ・ 大型カバー汚染拡大防止のためのダスト拡散低減シート等 ・ クローラクレーン操縦席の遮へい

*：対策を検討するうえでのヒエラルキーとなっており、Eliminate, Reduce, Isolation, Control, Protective, Disciplineの順番に沿って、対策が可能なかを検討する方法

8. 添付資料 添付資料4.2-3 1号機要求事項の整理結果（2/3）

Decom.Tech

1号機

要求事項の整理（安全要求の検討）

対策案を基にまとめた必要な安全要求を下表に示す。

原子力安全※1		安全原則※1		基本的安全要求※1	安全要求（例）※1	本設備に対する安全要求※2
人と環境を放射線リスクから防護する	公衆と環境を放射線リスクから防護する	放射性物質の過大な放出防止	放射性物質の閉じ込め	バウンダリによる放射性物質の閉じ込め	気体中の放射性物質の安全基準で許容される以上の漏洩	閉じ込め機能（換気空調系、フィルタ含む）
					液体系の放射性物質の安全基準で許容される以上の漏洩防止	対象外（本プロセスでは液体の取り扱いがないため）
				炉内から取り出された放射性物質の移送容器による閉じ込め	移送容器による放射性物質の漏洩防止	対象外（移送容器等での閉じ込めに対する安全要求はないため。ただし、ALARPの観点での閉じ込め機能を付加することが望ましい）
		放射性物質の異常な追加生成の防止	追加核分裂反応の防止	臨界による異常な放射性物質の生成防止	対象外本プロセスでは、臨界質量の燃料デブリの取り扱いがないため）	
			異常な加熱の防止	燃料デブリの異常な温度上昇による放射性物質の放出防止	対象外（本プロセスでは、温度上昇するほどの燃料デブリの取り扱いがないため）	
			切削による異常な放射性物質の拡散防止	燃料デブリ、構造物の切削による異常な放射性物質拡散の防止	・対象の除染 ・対象の分割（搬送物の低減） ・揚重機の落下防止装置（波及的影響防止） ・誤操作防止 ・火災防護 ・フィルタ交換の不要化 ・フィルタ交換頻度の向上（蓄積放射性物質の低減） ・フィルタ交換クレーンの落下防止（誤操作、地震） （本基本的安全要求の項目ではないが、対象がないためここに記載。）	
放射線による過大な被ばくの防止	外部被ばくに対する防護	直接放射線による過大な被ばく防止のための遮へい	公衆被ばくを考えた大型カバーへの遮へいが必要			

※1：平成28年度補正予算 廃炉・汚染水対策事業費補助金事業燃料デブリ・炉内構造物取り出し工法・システムの高度化 研究報告書（最終報告）平成31年3月にて、整理された記載内容

※2：本設備とは、SFP燃料取り出し用大型カバーを用いた撤去工法の内、ウェルシールドプラグへのラグ取合い治具取り付け～大型カバー外への搬出の作業プロセスの範囲を示す。

8.添付資料 添付資料4.2-3 1号機要求事項の整理結果（3/3）

Decom.Tech

1号機

要求事項の整理（安全要求の検討）

対策案を基にまとめた必要な安全要求を下表に示す。

原子力安全※1		安全原則※1	基本的安全要求※1	安全要求（例）※1	本設備に対する安全要求※2
人と環境を放射線リスクから防護する	作業員を放射線リスクから防護する	作業員の過大な外部被ばく・内部被ばくの防止 -デブリ取り出し作業に必要な新規装置設置に伴う被ばく -デブリ取り出し関連作業に伴う被ばく -デブリ取り出し関連以外のサイト内作業員の被ばく	作業員の被ばく低減のための設計	遮へい，汚染・線量区分の適切な設定と被ばくを低減する遠隔保守御呼び動線システム設計	作業員被ばくを考慮したクローラクレーンへの遮へいが必要
			作業員の被ばく低減のための運転管理	被ばく低減のための運転方法，保守計画および作業管理	作業員被ばくを考慮したクローラクレーンの作業時間管理が必要 なお，クローラクレーンの保守は現地外で実施のため管理対象外

※1：平成28年度補正予算 廃炉・汚染水対策事業費補助金事業燃料デブリ・炉内構造物取り出し工法・システムの高度化 研究報告書(最終報告) 平成31年3月にて，整理された記載内容

※2：本設備とは，SFP燃料取り出し用大型カバーを用いた撤去工法の内，ウェルシールドプラグへのラグ取合い治具取り付け～大型カバー外への搬出の作業プロセスの範囲を示す。

8. 添付資料 添付資料4.3-1 工法1 工法・作業方法・手順等の技術開発 (1/4) *Decom.Tech*

① SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法 (1号機)

1号機

①-1 状態確認

- 本工法におけるウェルシールドプラグの吊り上げの主旨は既存のラグを用いることとして検討する。
- そのため、既存のラグに対してラグと取り合う治具（ラグ取り合い治具）の取り合い上の問題がないかを確認することを主目的として、カメラや非破壊検査装置にて、ラグ周辺の外観確認を行う。
- 外観確認方法は下図参照。非破壊検査装置については工法3の検討結果と同様とする。
- 確認項目は下表に示す健全性・変形・設置状態・施錠管理を対象とした。

#	確認要領	イメージ	健全性	変形	設置状態	施錠管理
1	ラグを真上から撮影		ラグ上面に異常がないことを確認	上面から倒れや曲がり等の変形の有無を確認	上面からラグの設置状態にズレ等がないかを確認	施錠管理の有無と方法を確認
2	ラグを南側から斜めに撮影		ラグ南面に異常がないことを確認	ラグ南面に変形等がないことを確認	ラグ下端の設置状態に浮き上がり等の異常がないかを確認	
3	ラグを北側から斜めに撮影		ラグ北面に異常がないことを確認	ラグ北面に変形等がないことを確認		
4	ラグを東側から斜めに撮影		ラグ東面に異常がないことを確認	ラグ東面に変形等がないことを確認		
5	ラグを西側から斜めに撮影		ラグ西面に異常がないことを確認	ラグ西面に変形等がないことを確認		

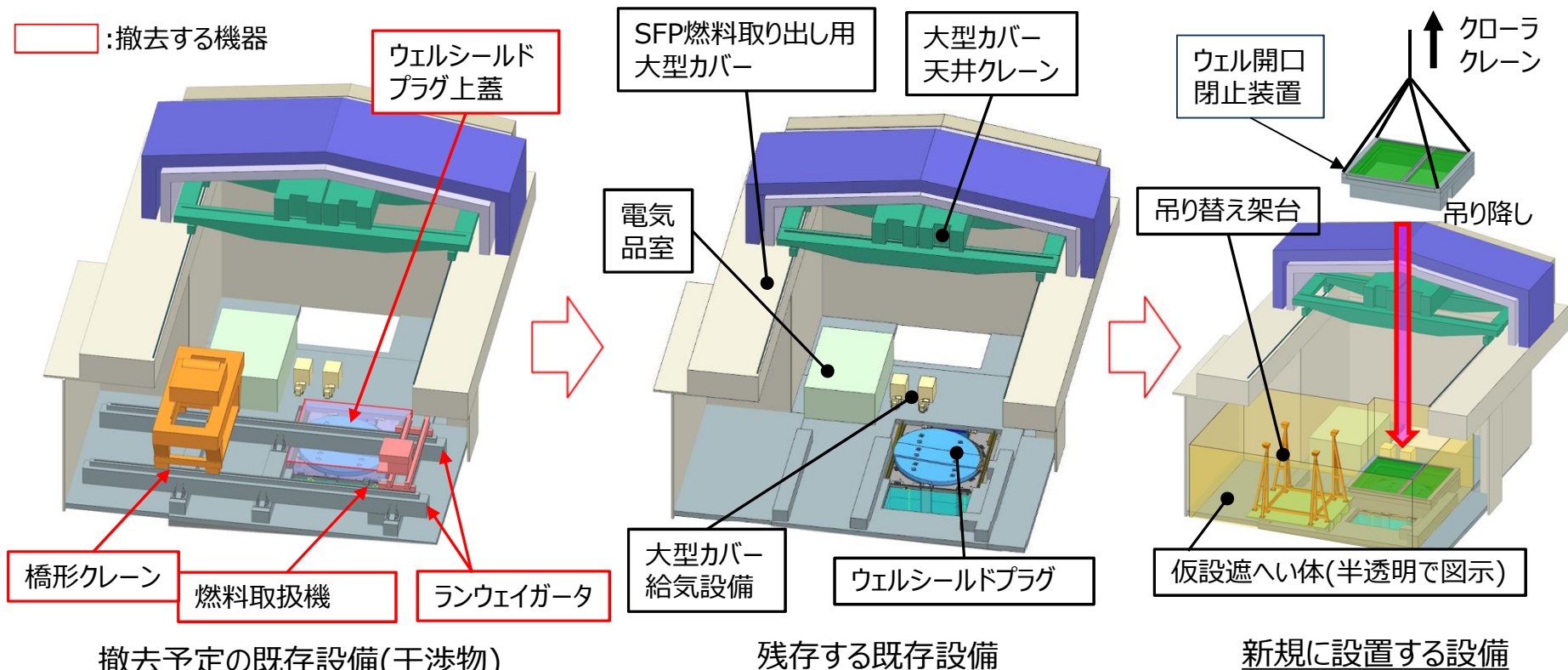
8. 添付資料 添付資料4.3-1 工法1 工法・作業方法・手順等の技術開発 (2/4) *Decom.Tech*

① SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法 (1号機)

1号機

①-2 設備構築

- 大型カバー設備を用いた遠隔取扱い工法成立のために撤去が必要となる既存設備(干渉物)の抽出, および新規に設置する設備を以下に示す。
- 1号機SFP燃料取り出しに使用した橋型クレーンやウェルシールドプラグ遮へいのための上蓋は撤去が必要であり, 一方, 大型カバー天井クレーンや給気設備などはウェルシールドプラグ搬出に活用を考慮し撤去はしないことで整理した。また, 後述するウェル開口閉止装置等, 新規に設置する必要がある設備も整理した。



8. 添付資料 添付資料4.3-1 工法1 工法・作業方法・手順等の技術開発 (3/4) *Decom.Tech*

① SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法 (1号機)

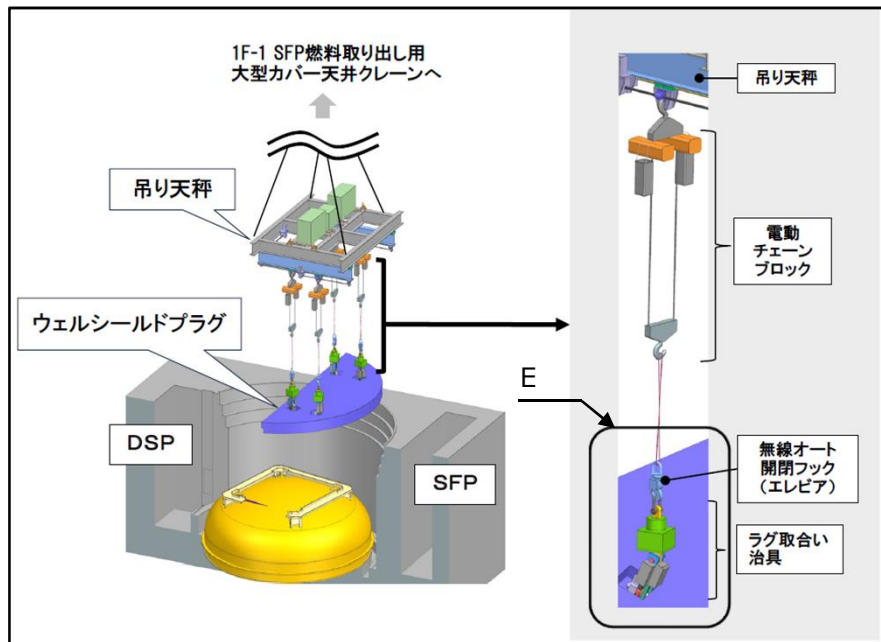
1号機

①-3 吊り上げ

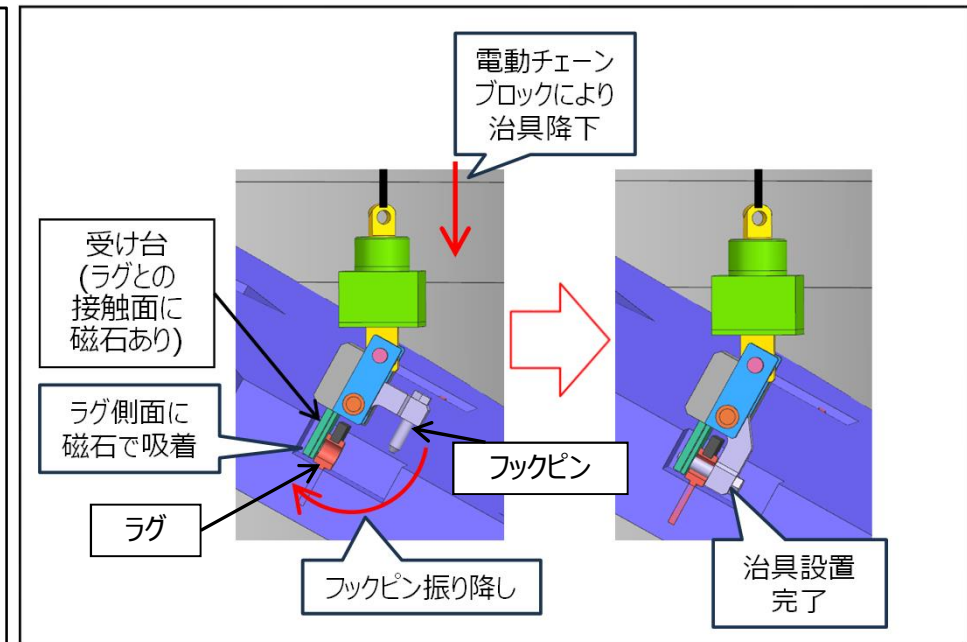
- 遠隔吊り上げ方法に関して吊り上げ方法の抽出※を行い、抽出したケースに対して「作業安全性（落下状況の想定、プラグ落下リスク）」、「ダスト飛散性」、「遮へい」、「遠隔作業の確実性（技術的な実現性、実機実現への課題等）」、「容易性（作業容易さ）」、「保守性」、「頑強性」、「後工程への影響」について比較・評価を実施。

※抽出した吊り上げ方法の詳細は添付資料4.3.1-1参照。

- その結果、主案として「既存ラグ玉掛けによる吊り上げ」を選定した。本ケースは、既存ラグが使用可能であり、プラグ一体搬出可能であることを前提とした案であり、他ケースと比較し、安全性、実機実現性、ダスト飛散性、容易性の面で優位であり、最適と考えた。



吊天秤およびラグ取合い用治具の概略イメージ



ラグ取合い用治具詳細（E詳細）

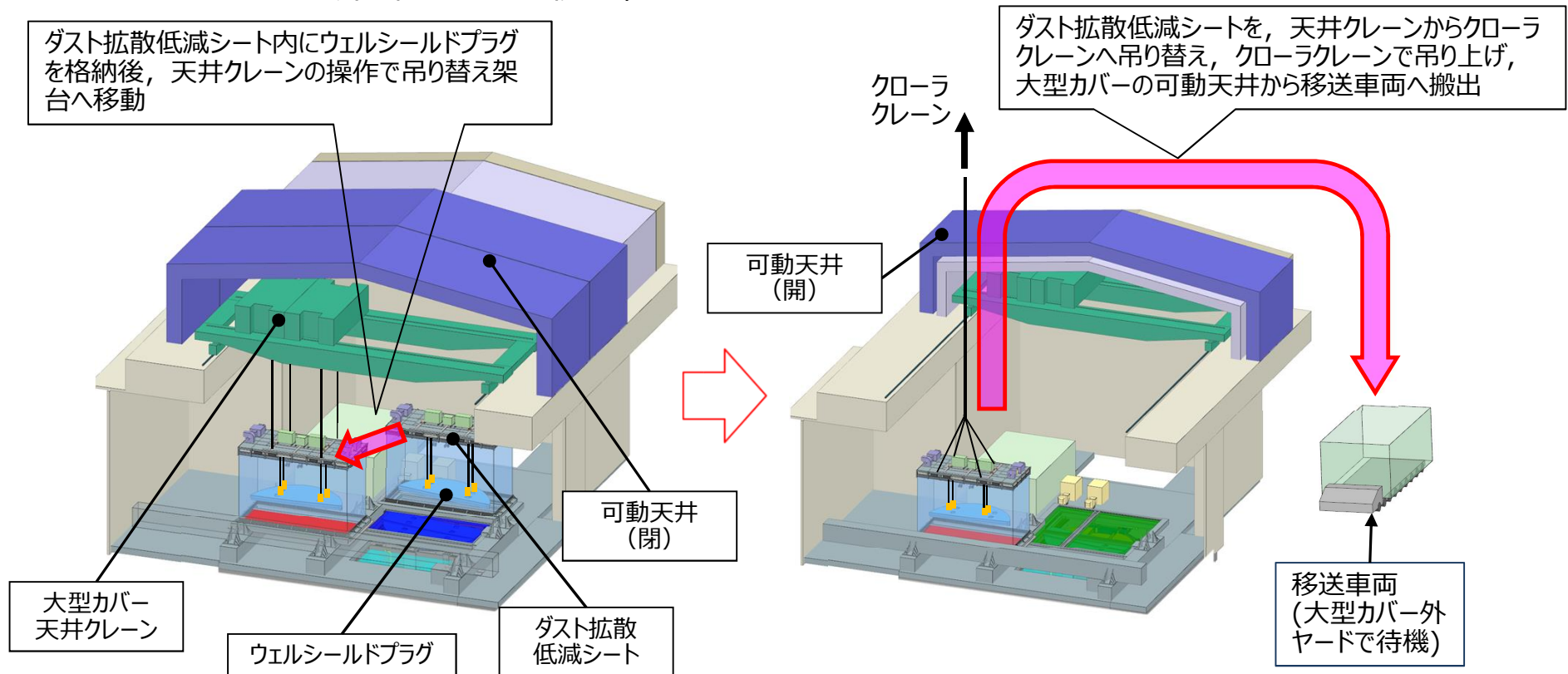
8. 添付資料 添付資料4.3-1 工法1 工法・作業方法・手順等の技術開発 (4/4) *Decom.Tech*

① SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法 (1号機)

1号機

①-4 移送 (搬出)

- 吊り上げ後のウェルシールドプラグの移送 (搬出) について、大型カバー外への搬出開口を「可動天井」とし、以下の手順で搬出する。
 - ① ダスト拡散低減シート内にウェルシールドプラグを格納後、大型カバー天井クレーンを操作し、吊り替え架台へ移動
 - ② ダスト拡散低減シートを、天井クレーンからクローラクレーンへ吊り替え
 - ③ ダスト拡散低減シートをクローラクレーンで吊り上げ、大型カバーの可動天井を経由し、大型カバー外で待機している移送車両へ搬出



8. 添付資料 添付資料4.3.1-1 工法1 吊り上げ方法の評価・選定結果（1/4）

SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（1号機） 工法・作業方法・手順等の技術開発

1号機

◆ 遠隔吊り上げ方法の評価・選定

- 一体搬出可否およびラグの使用可否等の観点から、遠隔吊り上げ方法に関するケース分類を実施
- これら各ケースを「作業安全性（落下状況の想定、プラグ落下リスク）」、「ダスト飛散性」、「遮へい」、「遠隔作業の確実性（技術的な実現性、実機実現への課題等）」、「容易性（作業容易さ）」、「保守性」、「頑強性」、「後工程への影響」について比較・評価を実施
- その結果、主案として「既存ラグ玉掛けによる吊り上げ」を選定した。本ケースは、既存ラグが使用可能であり、プラグ一体搬出可能であることを前提とした案であり、他ケースと比較し、安全性、実機実現性、ダスト飛散性、容易性の面で優位であり、最適と考えた。

主案

ケース1	ケース2	ケース3
既存ラグ玉掛けによる吊り上げ	真空パッド吸着による吊り上げ	真空パッド吸着+クランプによる吊り上げ

8. 添付資料 添付資料4.3.1-1 工法1 吊り上げ方法の評価・選定結果（2/4）

SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（1号機） 工法・作業方法・手順等の技術開発

1号機

◆ 遠隔吊り上げ方法の評価・選定

ケース4-1	ケース4-2	ケース4-3	ケース4-4
【コア抜き、アンカー金具取り付け】 コアボーリングマシン 真空パッド (反力受け) ウェルシールドプラグ	型枠 ウェイト (反力受け)	重機アーム	ワイヤーソー (押し切り)
【吊り上げ】 吊り天秤 電動チェーンブロック アンカー金具 遠隔開閉フック コア抜き孔			
コア抜き孔案①	コア抜き孔案②	コア抜き孔案③	コア抜き孔案④

8. 添付資料 添付資料4.3.1-1 工法1 吊り上げ方法の評価・選定結果（3/4）

SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（1号機） 工法・作業方法・手順等の技術開発

1号機

◆ 遠隔吊り上げ方法の評価・選定

ケース4-5	ケース5-1	ケース5-2	ケース5-3
【コア抜き，アンカー金具取り付け】 ※コア抜きのイメージは，ケース4-1～4参照	【コア抜き，細断・小割り】	【細断】	【コア抜き，アンカー金具取り付け】
【吊り上げ】	※図は下段プラグをイメージ	【細断】	【玉掛け，細断】
【吊り上げ】			
一部既存ラグ使用不可	細断・小割案①，移送案①	細断・小割案②，移送案①	細断・小割案②－移送案②

8.添付資料 添付資料4.3.1-1 工法1 吊り上げ方法の評価・選定結果（4/4）

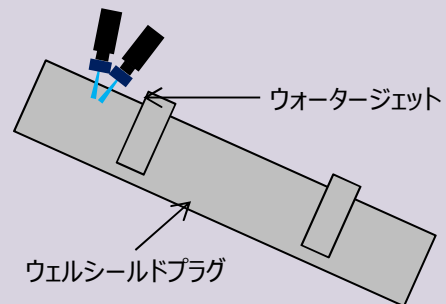
SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（1号機） 工法・作業方法・手順等の技術開発

1号機

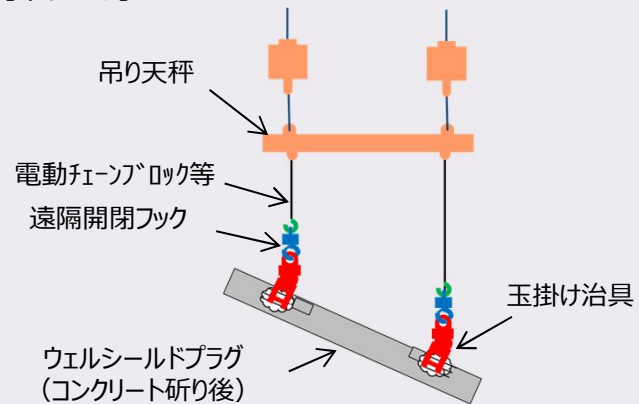
◆ 遠隔吊り上げ方法の評価・選定

ケース6

【コンクリート研り】



【吊り上げ】



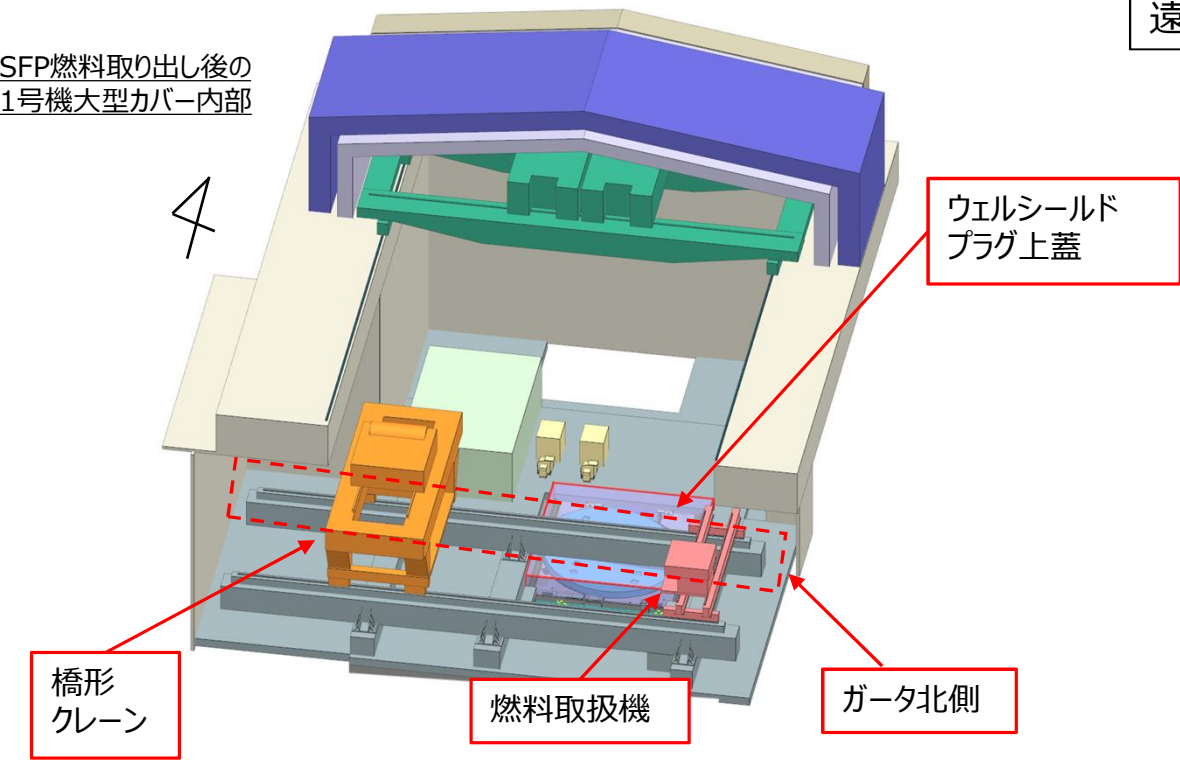
一部既存ラグ使用不可

8.添付資料4.3-2：工法1実機作業ステップ詳細（1/11）

Decom.Tech

SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

1号機

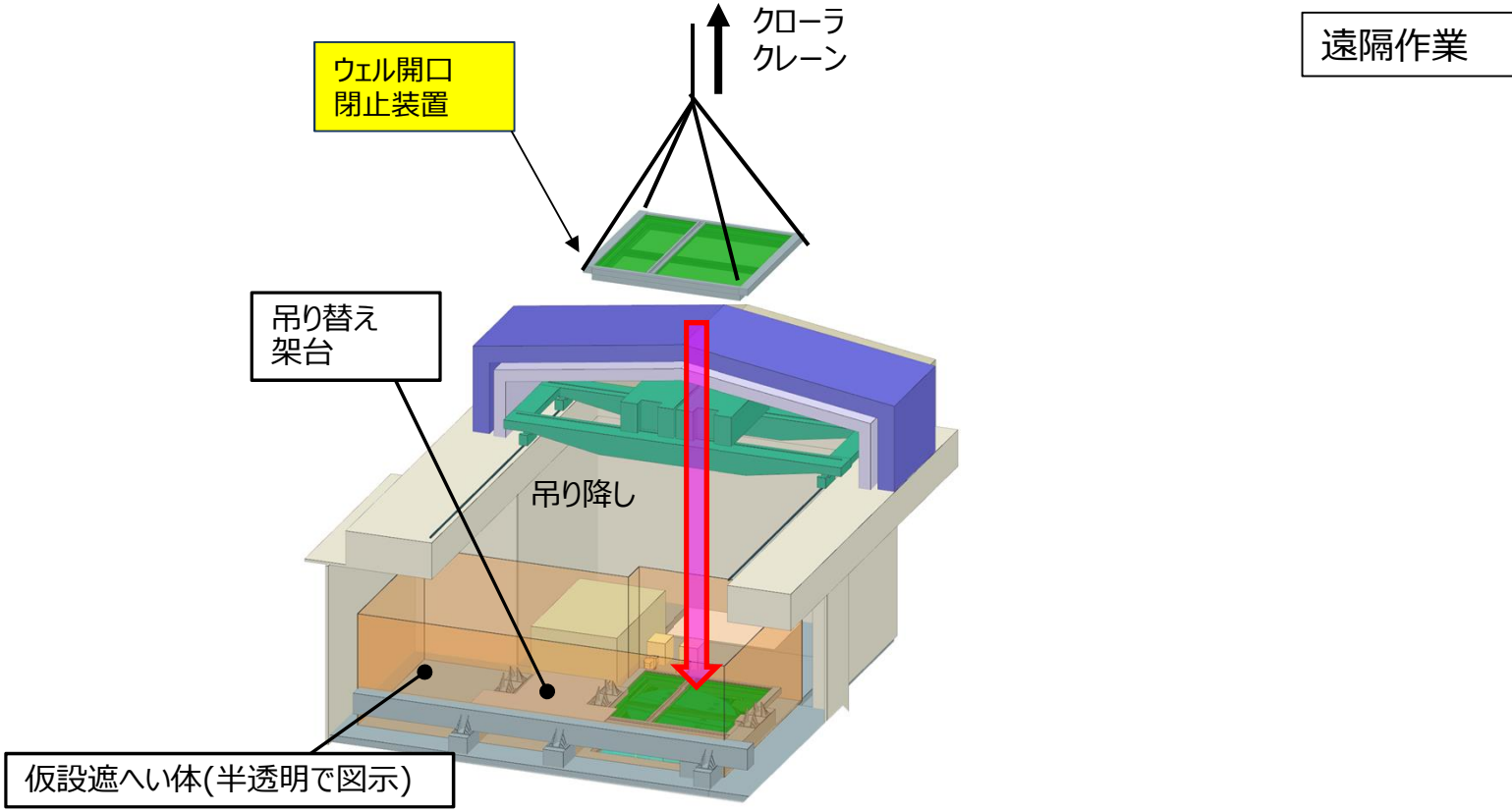
ステップ	本工法に干渉する既存設備撤去
イメージ図	遠隔および直接作業 SFP燃料取り出し後の 1号機大型カバー内部  ウェルシールド プラグ上蓋 橋形 クレーン 燃料取扱機 ガータ北側
手順	ウェルシールドプラグ搬出に干渉する設備（SFP燃料取り出しに使用した橋型クレーンや燃料取扱機，遮へいのためのウェルシールドプラグ上蓋等の図中の赤枠）を撤去する。

8.添付資料4.3-2：工法1実機作業ステップ詳細（2/11）

Decom.Tech

SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

1号機

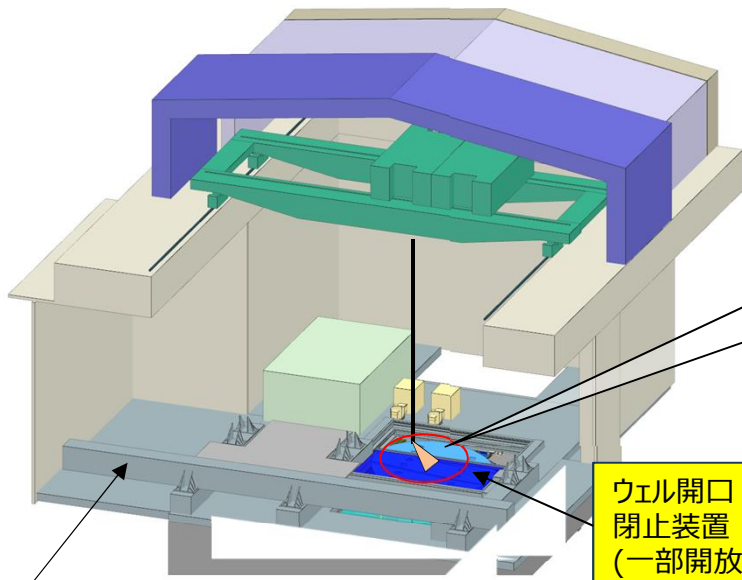
ステップ	ウェル開口閉止装置設置
イメージ図	 ウェル開口閉止装置 クローラークレーン 吊り替え架台 吊り降し 仮設遮へい体(半透明で図示) 遠隔作業
手順	ウェルシールドプラグのダスト拡散低減のため、ウェル開口閉止装置をウェル上部に設置する。その他、必要な付帯設備を設置する。

8.添付資料4.3-2：工法1実機作業ステップ詳細（3/11）

Decom.Tech

SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

1号機

ステップ	ウェル開口閉止装置設置
イメージ図	遠隔作業  カメラ, 非破壊検査装置 ウェルシールドプラグ 既存の吊り金具 (ラグ) ウェル開口閉止装置 (一部開放) 仮設遮へい体は非表示
手順	ウェル開口閉止装置の一部を開放し，ウェルシールドプラグの既存の吊り金具（以下，「ラグ」という）の状態をカメラで確認する。

8.添付資料4.3-2：工法1実機作業ステップ詳細（4/11）

Decom.Tech

SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

1号機

ステップ	ウェルシールドプラグ搬送装置オペフロ移送
イメージ図	クローラー クレーン ② 発電機 旋回制御装置 ヤード用吊り天秤 ウェルシールドプラグ搬送装置 吊り替え架台 ③ ④ ⑤ 大型カバー天井 遠隔作業 ③ ④ 中段ウェルシールドプラグ搬送時イメージ
手順	①大型カバー天井 開 ②ウェルシールドプラグ搬送装置をオペフロへ搬入 ③ウェルシールドプラグ搬送装置を旋回 ④ウェルシールドプラグ搬送装置を吊り替え架台に着座 ⑤大型カバー 閉

8.添付資料4.3-2：工法1実機作業ステップ詳細（5/11）

Decom.Tech

SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

1号機

ステップ	ウェルシールドプラグ搬送装置の吊り替え
イメージ図	The diagram illustrates the process of replacing the well shield plug transport device. It shows a cross-section of the reactor building. A ceiling crane is used to lift a scale (オペフロ用吊り天秤). The scale is then used to move the transport device (ウェルシールドプラグ搬送装置) through a debris loading/unloading opening (ガレキ荷下ろし開口). The process is shown in two steps: ① lifting the scale and ② hoisting the device (玉掛け). The entire operation is performed remotely (遠隔作業).
手順	① オペフロ用吊り天秤を天井クレーンに接続・オペフロへ吊り上げ ② ウェルシールドプラグ搬送装置をオペフロ用吊り天秤へ接続

8.添付資料4.3-2：工法1実機作業ステップ詳細（6/11）

Decom.Tech

SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

1号機

ステップ	ウェルシールドプラグ吊り上げ準備
イメージ図	遠隔作業 ウェル上詳細 ウェルシールドプラグ搬送装置 ウェル開口閉止装置
手順	①ウェルシールドプラグ搬送装置を移送 ②ウェルシールドプラグ搬送装置をウェル開口閉止装置に着座 ③ウェルシールドプラグ搬送装置底部およびウェル開口閉止装置 開

8.添付資料4.3-2：工法1実機作業ステップ詳細（7/11）

Decom.Tech

SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

1号機

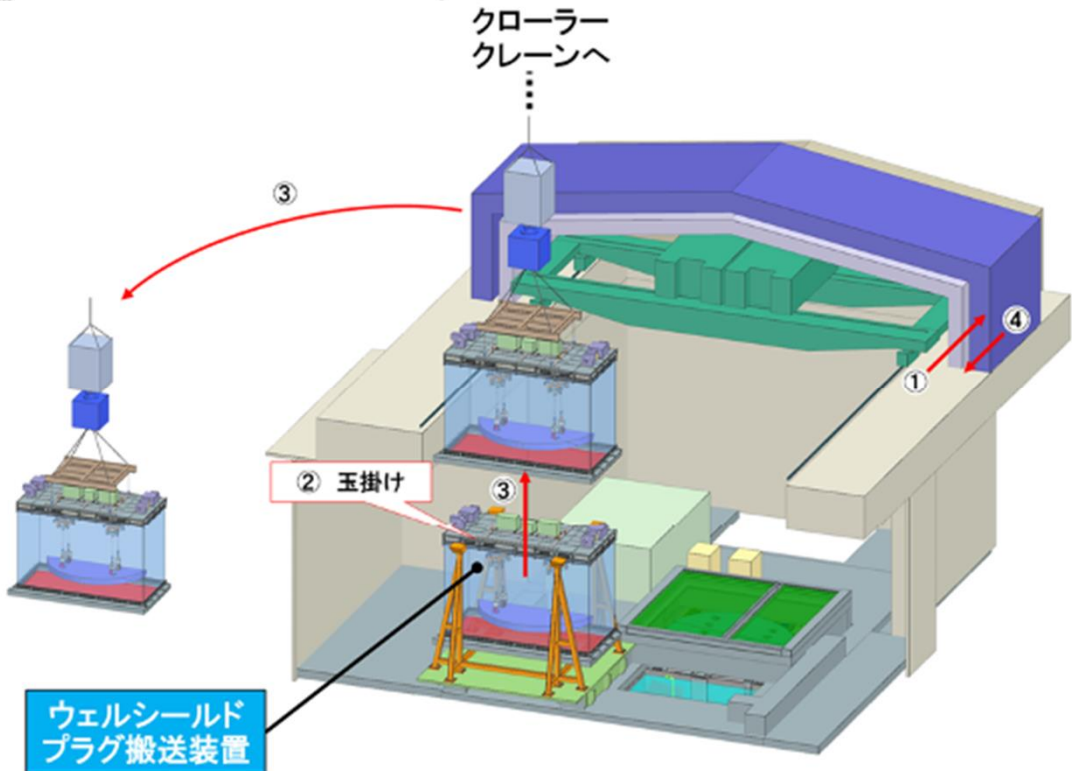
ステップ	ウェルシールドプラグ吊り上げ/移送（1/2）
イメージ図	遠隔作業
手順	①ラグ取合い治具設定（玉掛け）（4台） ※添付資料4.3-1「①-3吊り上げ」に詳細を示す。 ②ウェルシールドプラグ吊り上げ ③ウェルシールドプラグ姿勢調整

8.添付資料4.3-2：工法1実機作業ステップ詳細（9/11）

Decom.Tech

SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

1号機

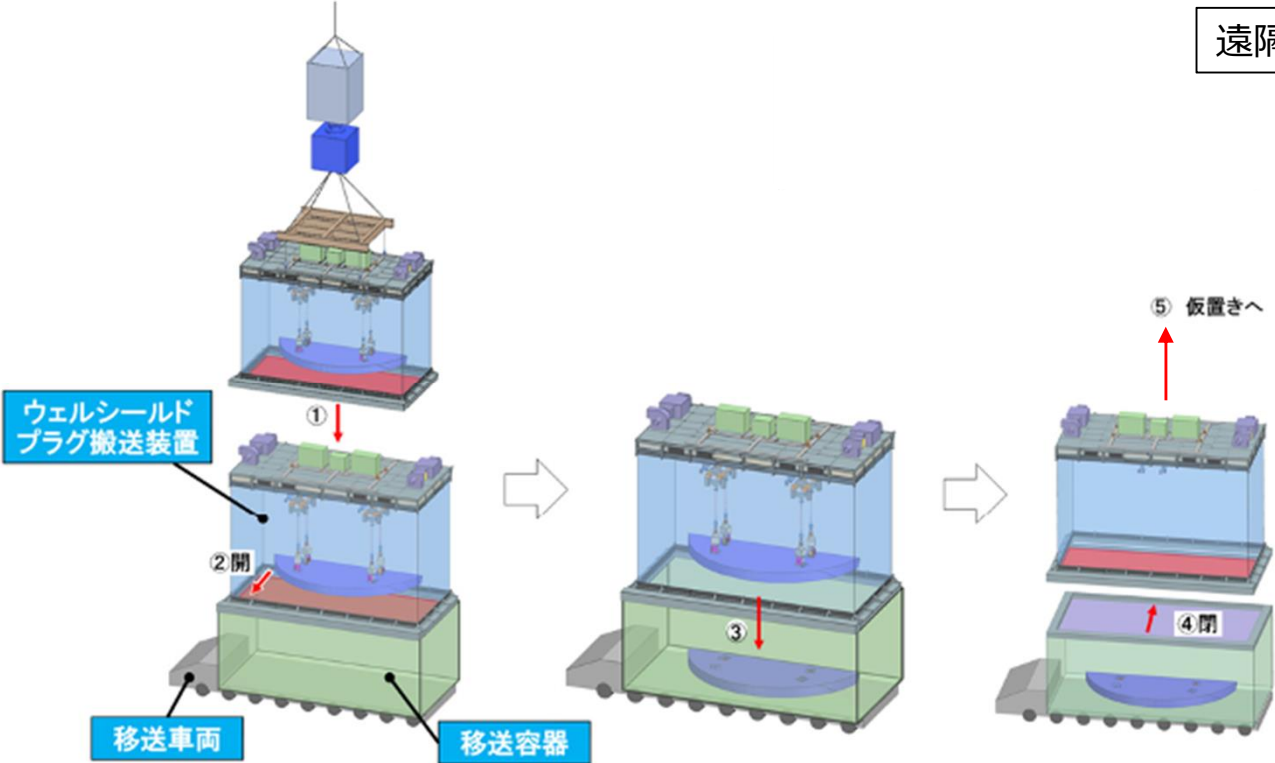
ステップ	ウェルシールドプラグ搬出
イメージ図	 クローラー クレーンへ ③ ② 玉掛け ③ ④ ① ウェルシールド プラグ搬送装置 遠隔作業
手順	①大型カバー天井 開 ②ウェルシールドプラグ搬送装置をヤード用吊り天秤へ接続（玉掛け） ③ウェルシールドプラグ搬送装置を大型カバー外へ吊り上げ/移送 ④大型カバー 閉

8.添付資料4.3-2：工法1実機作業ステップ詳細（10/11）

Decom.Tech

SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

1号機

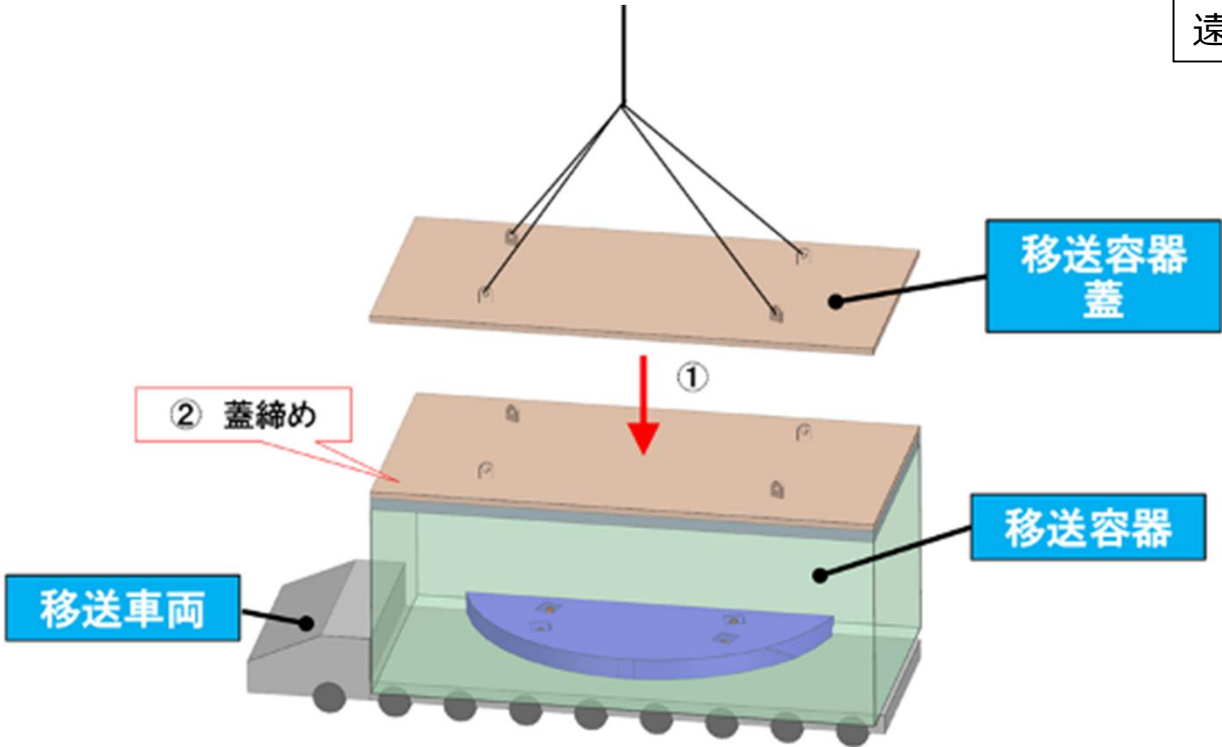
ステップ	ウェルシールドプラグ移送容器収納
イメージ図	遠隔作業 
手順	①ウェルシールドプラグ搬送装置を移送容器に着座 ②ウェルシールドプラグ搬送装置底部 開 ③ウェルシールドプラグ吊り下げ・切り離し ④移送容器上面 閉 ⑤ウェルシールドプラグ搬送装置を仮置き・ラグ取合い治具切り離し

8.添付資料4.3-2：工法1実機作業ステップ詳細（11/11）

Decom.Tech

SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（工法1）

1号機

ステップ	移送容器蓋締め/移送
イメージ図	 遠隔作業 移送容器蓋 ① ② 蓋締め 移送容器 移送車両
手順	①移送容器蓋吊り上げ ②移送容器蓋締め

8.添付資料4.3-3 工法2 工法・作業方法・手順等の技術開発（1/4）

大型一体搬出工法（工法2）

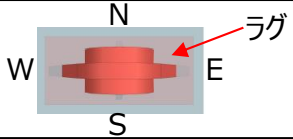
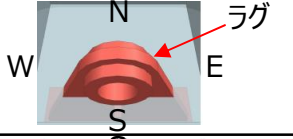
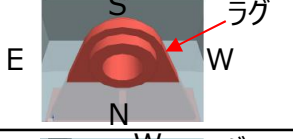
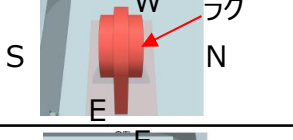
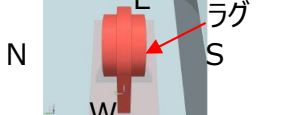
3号機

◆ 検討方針

- 工法1の検討と同様に、実機の作業手順として想定される①状態確認、②設備構築、③吊り上げ、④移送（搬出）に関する検討を行う。

①状態確認

- 本工法におけるウェルシールドプラグの吊り上げの主旨は既存のラグを用いることとして検討する。
- そのため、既存のラグに対してラグと取り合う治具（ラグ取り合い治具）の取り合い上の問題がないかを確認することを主目的として、カメラや非破壊検査装置にて、ラグ周辺の外観確認を行う。
- 1号機の結果を横展開する方針で検討を実施した。現時点での1号機確認方法を下図に示す。非破壊検査装置については、工法3と同様となる。

#	確認要領	イメージ	健全性	変形	設置状態	施錠管理
1	ラグを真上から撮影		ラグ上面に異常がないことを確認	上面から倒れや曲がり等の変形の有無を確認	上面からラグの設置状態にズレ等がないかを確認	施錠管理の有無と方法を確認
2	ラグを南側から斜めに撮影		ラグ南面に異常がないことを確認	ラグ南面に変形等がないことを確認	ラグ下端の設置状態に浮き上がり等の異常がないかを確認	
3	ラグを北側から斜めに撮影		ラグ北面に異常がないことを確認	ラグ北面に変形等がないことを確認		
4	ラグを東側から斜めに撮影		ラグ東面に異常がないことを確認	ラグ東面に変形等がないことを確認		
5	ラグを西側から斜めに撮影		ラグ西面に異常がないことを確認	ラグ西面に変形等がないことを確認		

8. 添付資料4.3-3 工法2 工法・作業方法・手順等の技術開発（2/4）

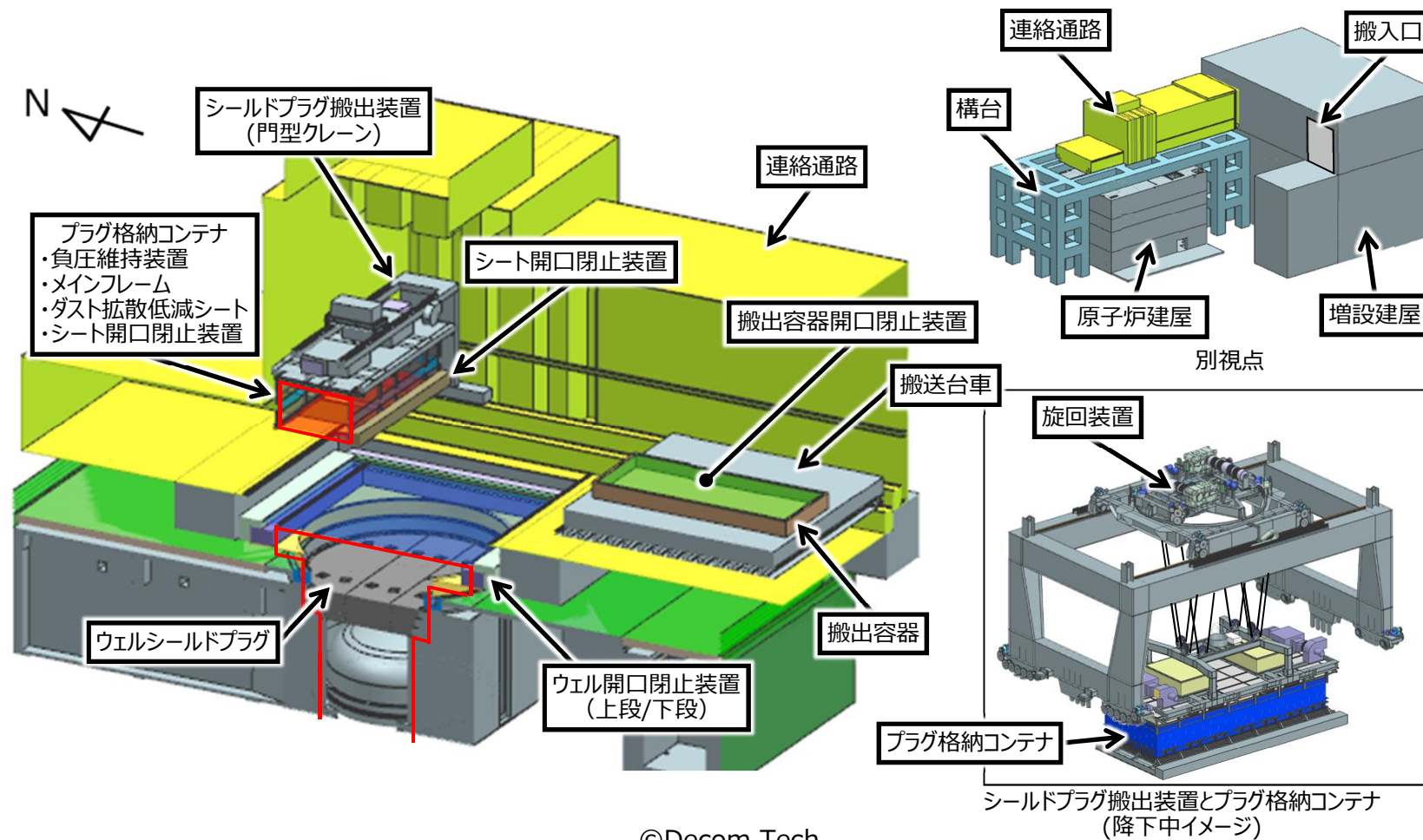
大型一体搬出工法（工法2）

3号機

②設備構築

◆ 設備全体イメージ

- ウェルシールドプラグの撤去に用いる設備として、シールドプラグ搬出装置、ダスト拡散低減設備の概念検討を実施した。



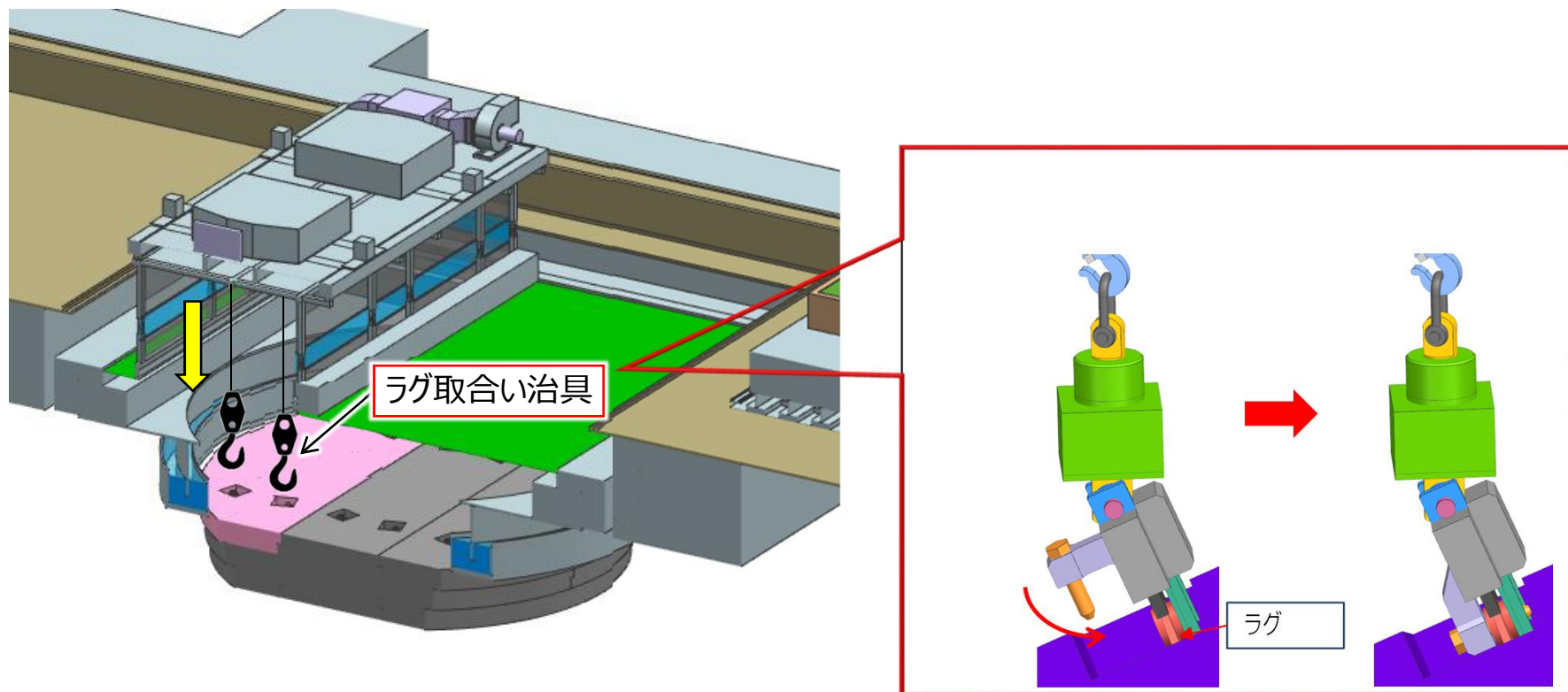
8.添付資料4.3-3 工法2 工法・作業方法・手順等の技術開発（3/4）

大型一体搬出工法（工法2）

3号機

③吊り上げ

- 1号機の結果を横展開する方針で検討を実施した。現時点での1号機の吊り上げ方法を下図に示す。



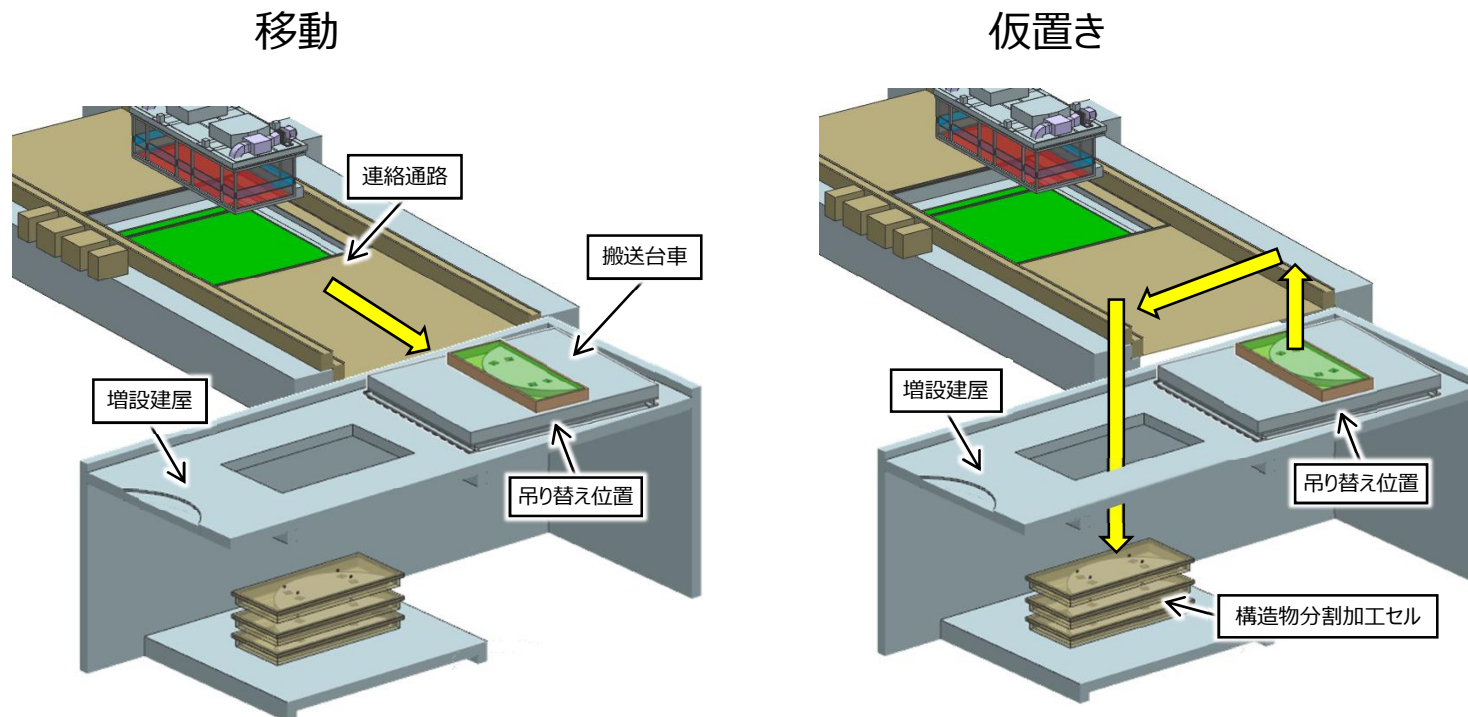
8. 添付資料4.3-3 工法2 工法・作業方法・手順等の技術開発（4/4）

大型一体搬出工法（工法2）

3号機

④移送方法

- 吊り上げ後のウェルシールドプラグの移送（搬出）は以下手順にて実施する。
 - ✓ 搬送台車（ウェルシールドプラグ搭載状態にて）にてウェルシールドプラグを増設建屋へ移動する。
 - ✓ 「吊り替え位置」から「構造物分割加工セル」まで増設建屋の天井クレーンを使用し、ウェルシールドプラグを移動する。
 - ✓ 構造物分割セル状の蓋を開放し、天井クレーンにてウェルシールドプラグを構造物分割セルへ移動する。



8.添付資料4.3-4：工法2実機作業ステップ詳細（1/12）

Decom.Tech

大型一体搬出工法（工法2）

3号機

ステップ	設備構築0：前提（構台，外周カバー，連絡通路の構築）
イメージ図	遠隔および直接作業
手順	連絡通路のセル床面を構台上に設置。並行して，旧オペフロ面上に水シール樋を設置後，外周カバーを構台に設置し，溶接して固定。

8.添付資料4.3-4：工法2実機作業ステップ詳細（2/12）

Decom.Tech

大型一体搬出工法（工法2）

3号機

ステップ	設備構築1：ウェル開口閉止装置の設置
イメージ図	ウェル開口閉止装置 遠隔および直接作業 ① ② ③
手順	①ウェル開口閉止装置を養生し，クローラークレーンで吊り上げ，連絡通路へ搬送 ②ウェル開口閉止装置を外周カバー上に設置し ③設置部を気密処理する

8. 添付資料4.3-4：工法2実機作業ステップ詳細（3/12）

Decom.Tech

大型一体搬出工法（工法2）

3号機

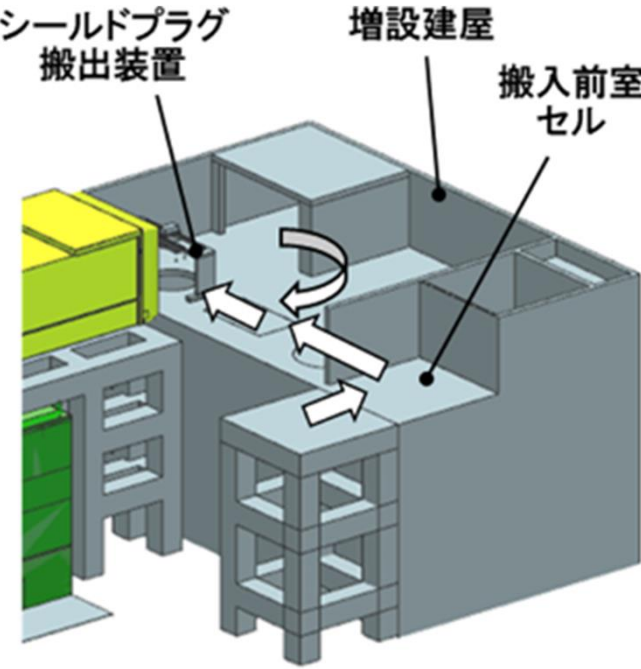
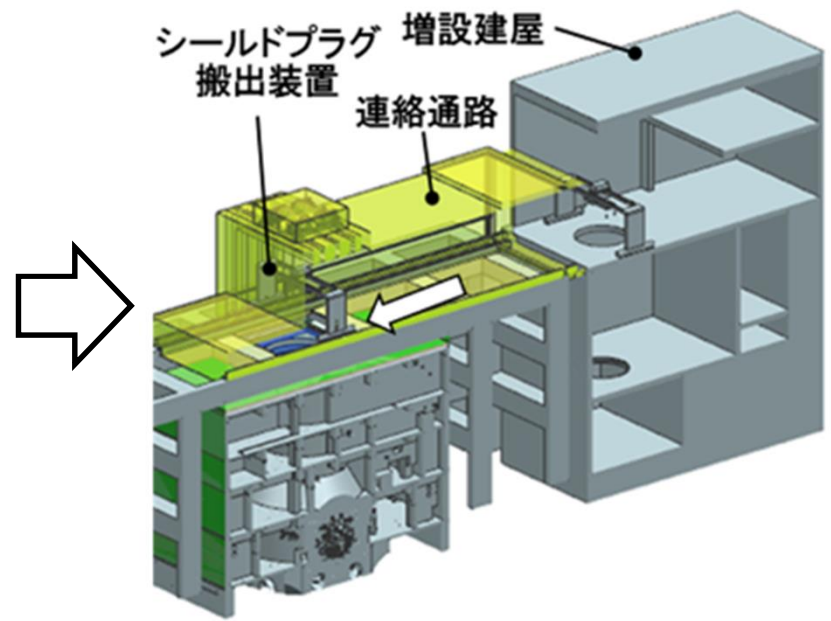
ステップ	設備構築2：連絡通路（側面/天井），増設建屋，搬入構台の構築
イメージ図	① 連絡通路 ② 連絡通路 増設建屋 シールドプラグ搬出装置 搬入構台 遠隔および直接作業
手順	① 連絡通路をセル床面上に設置し，接続部を溶接で固定 ② 増設建屋，搬入構台を構築し，セル内設備を構築した搬入構台上に仮置きする。 （図はセル内設備のうち，シールドプラグ搬出装置を搬入構台に仮置きした例）

8. 添付資料4.3-4：工法2実機作業ステップ詳細（4/12）

Decom.Tech

大型一体搬出工法（工法2）

3号機

ステップ	設備構築3：連絡通路（側面/天井），増設建屋，搬入構台の構築
イメージ図	①  ② 
手順	① 増設建屋内天井クレーン等を用いて，セル内設備を移送する。 （図はシールドプラグ搬出装置を移送する例） ② セル内設備を連絡通路内を通じてセル内に移動する。（シールドプラグ搬出装置は自走）

8.添付資料4.3-4：工法2実機作業ステップ詳細（5/12）

Decom.Tech

大型一体搬出工法（工法2）

3号機

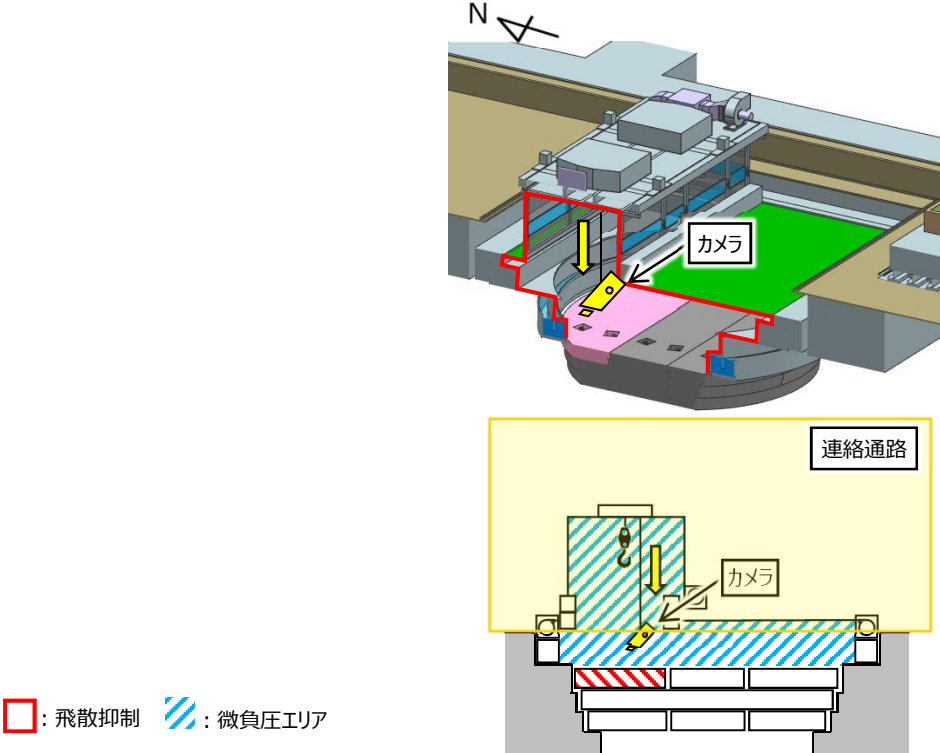
ステップ	準備 1：シート開口閉止装置設定
イメージ図	遠隔作業 ① シールドプラグ搬出装置を用いてシート開口閉止装置をウェル開口閉止装置上に着座させる。 ② ロケートピンにより結合したシート開口閉止装置とウェル開口閉止装置を同時に開放する。 ① ウェルシールドプラグ ② 先頭台車 連絡通路 ウェルシールドプラグ(撤去対象) 飛散抑制 微負圧エリア
手順	① シールドプラグ搬出装置を用いてシート開口閉止装置をウェル開口閉止装置上に着座させる。 ② ロケートピンにより結合したシート開口閉止装置とウェル開口閉止装置を同時に開放する。

8.添付資料4.3-4：工法2実機作業ステップ詳細（6/12）

Decom.Tech

大型一体搬出工法（工法2）

3号機

ステップ	状態確認：状態確認
イメージ図	遠隔作業  □：飛散抑制 〰：微負圧エリア
手順	吊り上げ対象のウェルシールドプラグの状態をカメラで確認する。

8.添付資料4.3-4：工法2実機作業ステップ詳細（7/12）

Decom.Tech

大型一体搬出工法（工法2）

3号機

ステップ	吊り上げ1：ウェルシールドプラグの吊り上げ
イメージ図	遠隔作業 ① ウェルシールドプラグ 電動ホイスト ラグ取合い治具 連絡通路 ② 連絡通路 ラグ取合い治具 飛散抑制 微負圧エリア
手順	① ラグ取合い治具等を用いてウェルシールドプラグを把持する。 ② 電動ホイスト等を用いてダスト低減シート内へ吊り上げる。

8. 添付資料4.3-4：工法2実機作業ステップ詳細（8/12）

Decom.Tech

大型一体搬出工法（工法2）

3号機

ステップ	吊り上げ2：ウェルシールドプラグの移動
イメージ図	① ロケットピンにより結合したシート開口閉止装置とウェル開口閉止装置を同時に閉める。 ② シールドプラグ搬出装置を用いてシート開口閉止装置を上昇させる。また、上昇によりロケットピンにより結合していたシート開口閉止装置とウェル開口閉止装置の先頭台車の結合が解除される。その後、搬送容器と取合う地点にシート開口閉止装置を移動させる。 ③ 搬送容器の向きに合わせ、シート開口閉止装置を回転させる。
手順	

8.添付資料4.3-4：工法2実機作業ステップ詳細（9/12）

Decom.Tech

大型一体搬出工法（工法2）

3号機

ステップ	吊り上げ3：搬出容器への収納（1/2）
イメージ図	遠隔作業 ② 搬出容器 搬送台車 ① 連絡通路 搬出容器 搬送台車 ③ シート開口閉止装置 搬出容器開口閉止装置 連絡通路 先頭台車 □：飛散抑制 ▨：微负压エリア
手順	①搬送台車により搬出容器をシート開口閉止装置の下に移動させる。 ②シールドプラグ搬出装置を用いてシート開口閉止装置を降下させ、ラフガイドにより搬出容器開口閉止装置上の所定の位置へ着座させる。また、ロケットピンによりシート開口閉止装置と搬出容器開口閉止装置の先頭台車を結合する。 ③先頭台車を同時に移動させ、シート開口閉止装置と搬出容器開口閉止装置を同時開放する。

8.添付資料4.3-4：工法2実機作業ステップ詳細（10/12）

Decom.Tech

大型一体搬出工法（工法2）

3号機

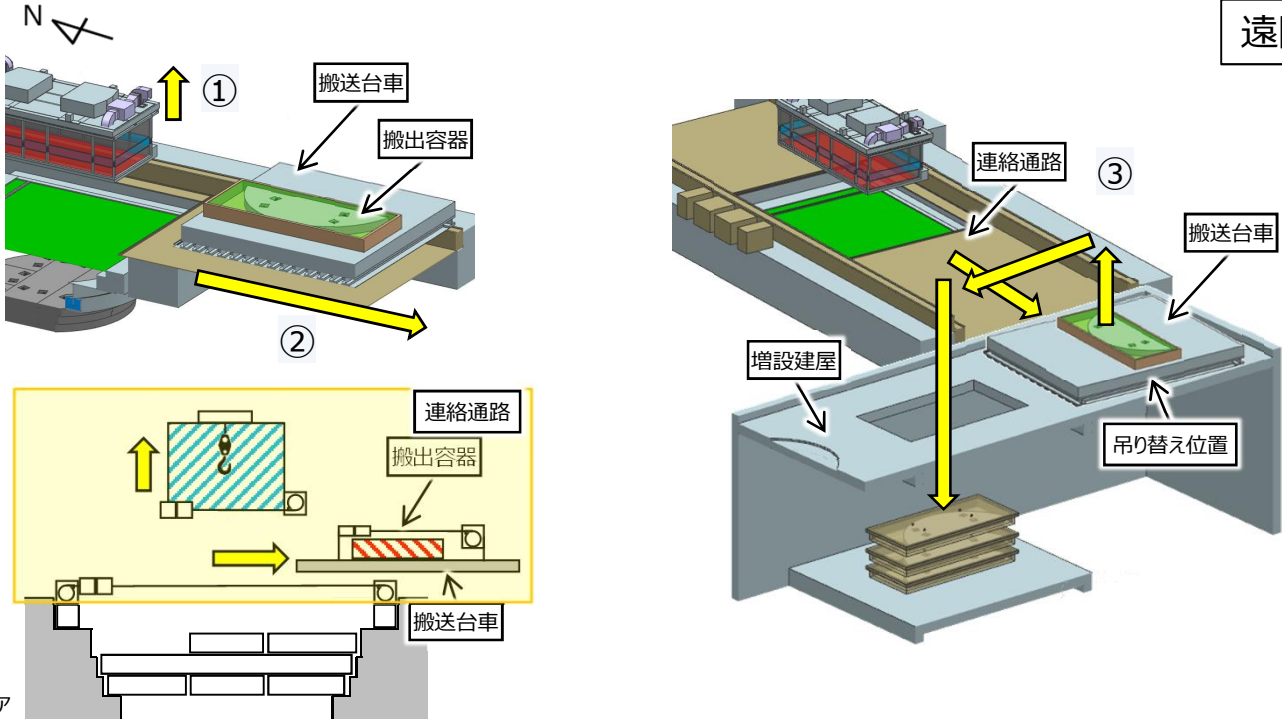
ステップ	吊り上げ4：搬出容器への収納（2/2）
イメージ図	遠隔作業 ① 電動ホイスト等を用いて、ダスト拡散低減シート内のウェルシールドプラグを搬出容器へ吊り下す。 ② ウェルシールドプラグを把持していたラグ取合い治具等を開放する。 ③ 先頭台車を同時に移動させ、シート開口閉止装置と搬出容器開口閉止装置を同時に閉める。
手順	① 電動ホイスト等を用いて、ダスト拡散低減シート内のウェルシールドプラグを搬出容器へ吊り下す。 ② ウェルシールドプラグを把持していたラグ取合い治具等を開放する。 ③ 先頭台車を同時に移動させ、シート開口閉止装置と搬出容器開口閉止装置を同時に閉める。

8.添付資料4.3-4：工法2実機作業ステップ詳細（11/12）

Decom.Tech

大型一体搬出工法（工法2）

3号機

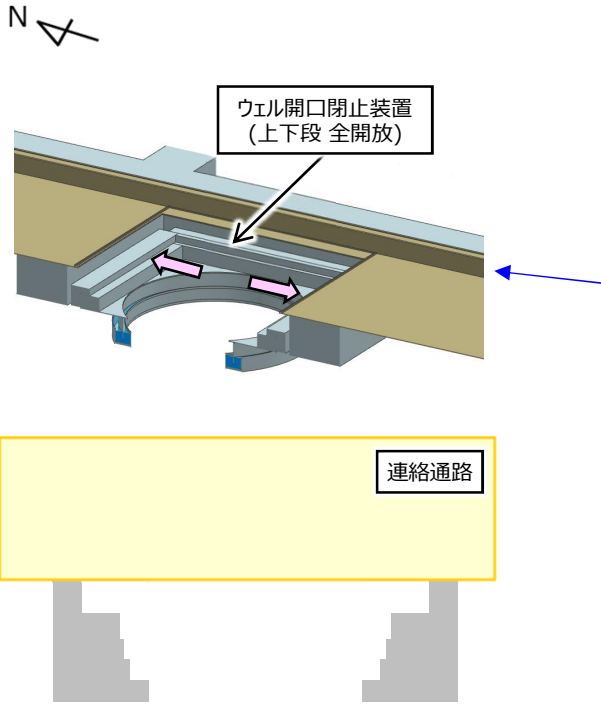
ステップ	移動 1：搬送台車による搬出容器の移動
イメージ図	 遠隔作業 ① ② ③ 搬送台車 搬出容器 連絡通路 吊り替え位置 増設建屋 ①：飛散抑制 ②：微负压エリア
手順	①シールドプラグ搬出装置を用いてシート開口閉止装置を上昇させる。 ②増設建屋内に搬出容器を移送させ、吊り替え位置で停止する。 ③増設建屋の天井クレーンを用いて、搬出容器を吊り上げて下階の構造物分割加工セル内に重ねて仮置きする。

8.添付資料4.3-4：工法2実機作業ステップ詳細（12/12）

Decom.Tech

大型一体搬出工法（工法2）

3号機

ステップ	残置
イメージ図	遠隔作業 
手順	ウェル開口閉止装置の上下段の両方を全開放し、後工程の作業に干渉しない状態で残置する。シールドプラグ搬出装置(門型クレーン)及びプラグ格納コンテナは、連絡通路から搬出する。

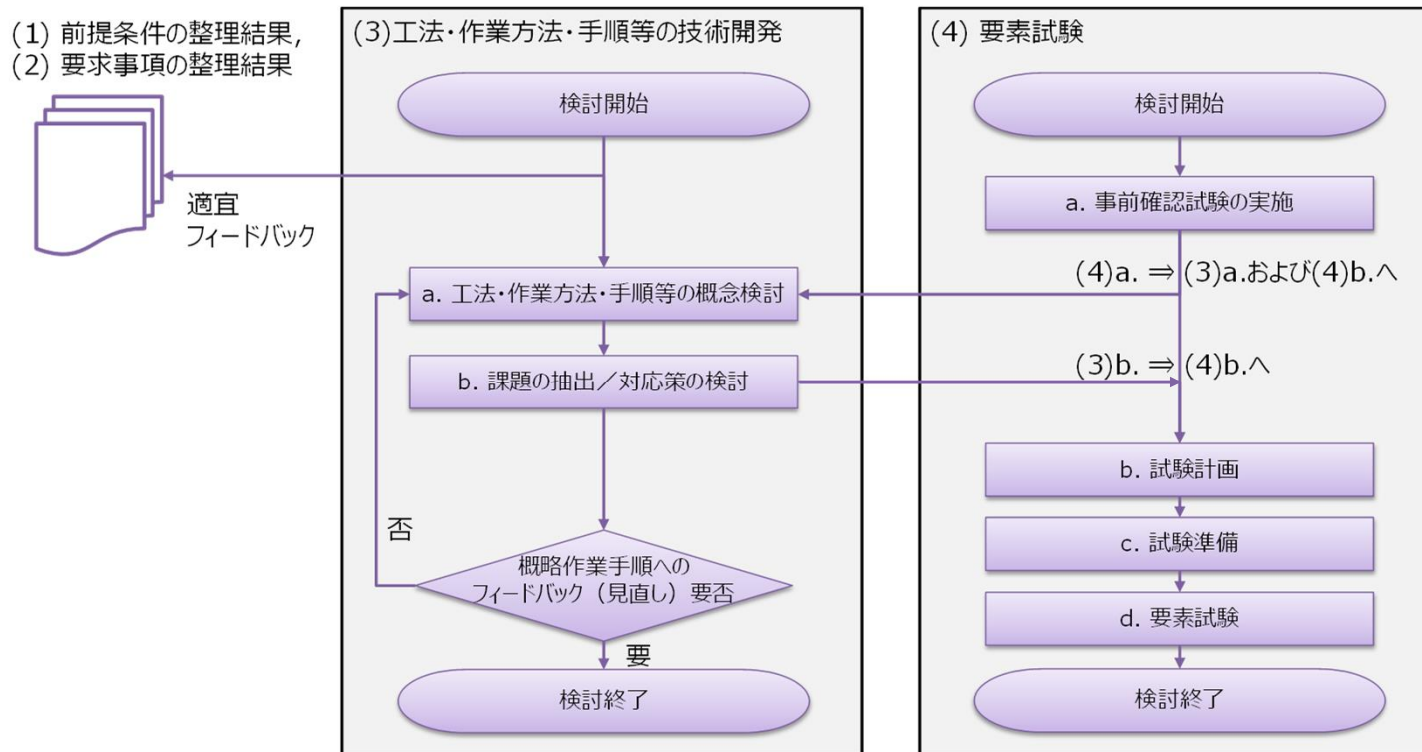
8.添付資料4.3-5 工法3 工法・作業方法・手順等の技術開発（1/11）

Decom.Tech

3号機

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

- ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法では、「工法・作業方法・手順等の技術開発」および「要素試験の開発フロー」を以下の通りとし、検討を実施した。
- ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法に関する要素試験においては、実機相当のサイズで損傷模擬したウェルシールドプラグの模擬体を製作予定につき、これに先立ち「事前確認試験」を実施した。



「工法・作業方法・手順等の技術開発」および「要素試験の開発フロー」

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

3号機

➤ 事前確認試験の目的

ウェルシールドプラグ実寸大の模擬体を用いた要素試験を本年度に実施する。この要素試験を適切に実施する上で「損傷状態の模擬方法」および「損傷状態の確認方法」について、課題がある。これらの課題を潰しこむために事前確認試験を実施する。

【目的】

① 損傷状態の模擬方法の検証（損傷模擬試験）

設定したウェルシールドプラグの損傷状態をインプット情報として解析を行い、その解析結果に従い、損傷状態を模擬するための荷重を模擬体(損傷前状態)に付加する計画であるが、目標とする損傷状態を確実に付与できるか、製作方法に懸念がある。そのため、事前確認試験を通じて模擬体の製作方法を確立する必要がある。

② 損傷状態の確認方法の検証（非破壊検査方法の検証試験）

ウェルシールドプラグの健全性を一括で検査可能な計測技術は存在しないため、想定される損傷ごとに適切な非破壊検査法を選定するために事前確認試験にて検証する。計測結果の確からしさを確認する必要があるため、計測後、模擬体を切断して内部を調査するなどして、計測結果と実際の損傷を対比する必要がある。

8.添付資料4.3-5 工法3 工法・作業方法・手順等の技術開発（3/11）Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

3号機

- 損傷状態の模擬方法の検証（**損傷模擬試験**）試験結果に関する主な結果を以下に示す。

No.	試験大項目	試験項目（確認項目）	判定基準	結果/評価
1	載荷条件の確認	除荷後の塑性変形量が300mm相当程度であることを確認する。	除荷後の塑性変形量が300mm相当程度であること。	○/本試験にて確認した条件で模擬体を製作する。
2	鉄筋コンクリートの損傷状態計測可否の確認	損傷がない位置または載荷試験前と損傷が想定される位置または載荷試験後の計測データを比較し、鉄筋コンクリートの損傷状態の計測可否を確認する。	鉄筋コンクリートの損傷前後の差を確認できること。	○/電磁波レーダ、超音波トモグラフィーにて確認できた。
3	版厚618mm鉄筋コンクリートの計測可否の確認	探査深さが618mmに相当する位置における底面反射信号の有無および信号強度を確認することで、版厚618mmの鉄筋コンクリートの計測可否を確認する。	底面信号を確認できること。	○/超音波トモグラフィーにて測定可能。
4	内部鉄筋の健全状態、破断状態の区別可否確認	鉄筋破断模擬部に相当する位置の信号強度を比較し、鉄筋の破断状態を想定可能か確認する。	鉄筋の破断状態を推定可能であること。	×/下部鉄筋 ○/上部鉄筋

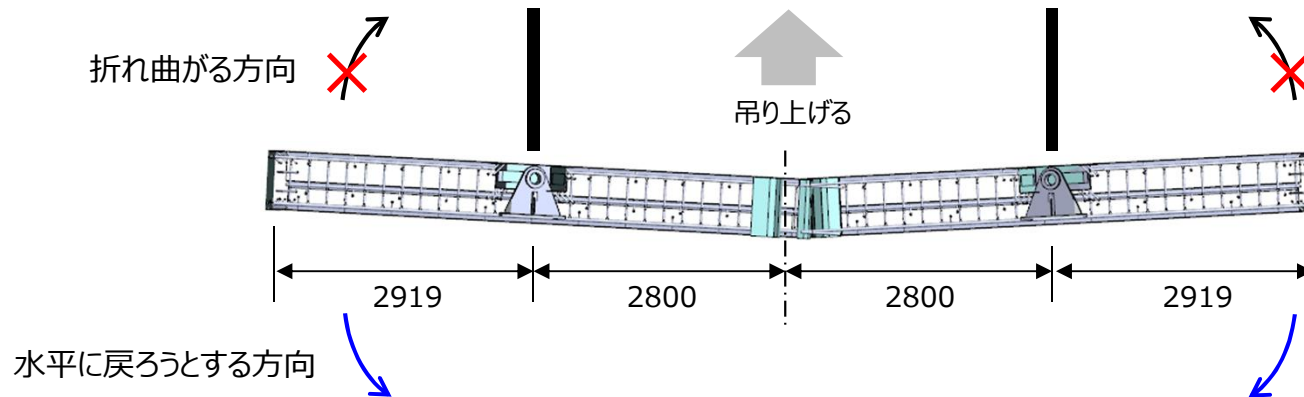
【凡例】 ○：判定基準を満足した ×：判定基準を満足しなかった

8. 添付資料4.3-5 工法3 工法・作業方法・手順等の技術開発 (4/11) *Decom.Tech*

3号機

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

- 下図に示すよう既設ラグを用いて吊り上げた場合、ウェルシールドプラグは折れ曲がる方向ではなく、水平に戻ろうとする方向のモーメントが生じる。そのため、吊り上げ時に引張鉄筋として機能するのは上部鉄筋となる。



- そのため、上部鉄筋に問題がなければ下部鉄筋の状態に応じた対策なしで、搬送可能となる。
- 非破壊検査試験の結果から、上部鉄筋、ラグ周辺の計測は実施できる可能性が高いため、上部鉄筋、ラグ周辺の非破壊検査を行い、吊り上げ方法の検証を行うこととする。

8.添付資料4.3-5 工法3 工法・作業方法・手順等の技術開発（5/11）Decom.Tech

3号機

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

- 実機ウェルシールドプラグの損傷状態として想定されるケースを下図に示す。
- 事前検証試験結果を踏まえた吊り上げ方法の検討結果を下図に示す。ラグの使用可否，鉄筋の破断状況により下図に示す3パターンの吊り上げが必要と考える。
- 非破壊検査方法，ラグが使えなかった場合の工法については，SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（1号機），大型一体搬出工法（3号機），にも同様の工法の適用が期待できる。

【凡例】 ○：判定基準を満足した ×：判定基準を満足しなかった

	部位	状態	損傷ケース					
			①	②	③	④	⑤	⑥
1	既設ラグ	使用可	○	○	○	×	×	×
		使用不可	×	×	×	×	×	×
2	上部鉄筋	破断なし	○	△	×	○	△	×
		破断あり（一部）	△	△	×	○	△	×
		破断あり（全部）	×	×	×	×	×	×
3	下部鉄筋	破断（全部）	×	×	×	×	×	×
4	背面コンクリート	ほぼ残存	○	○	○	○	○	○

吊り方①

吊り方③

吊り方②

吊り方③

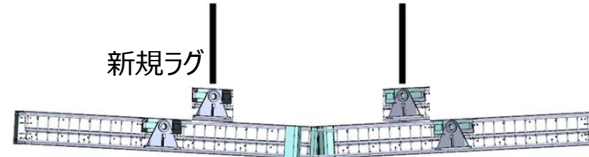
【吊り方①】損傷ケース①，②

・既設ラグを使用し吊り上げる。



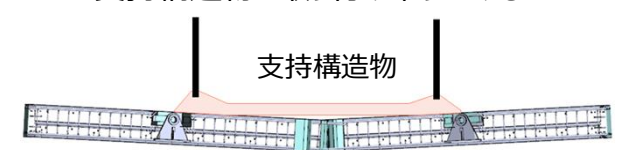
【吊り方②】損傷ケース④，⑤

・新規ラグを取り付け吊り上げる。



【吊り方③】損傷ケース③，⑥

・支持構造物を取り付け吊り上げる。

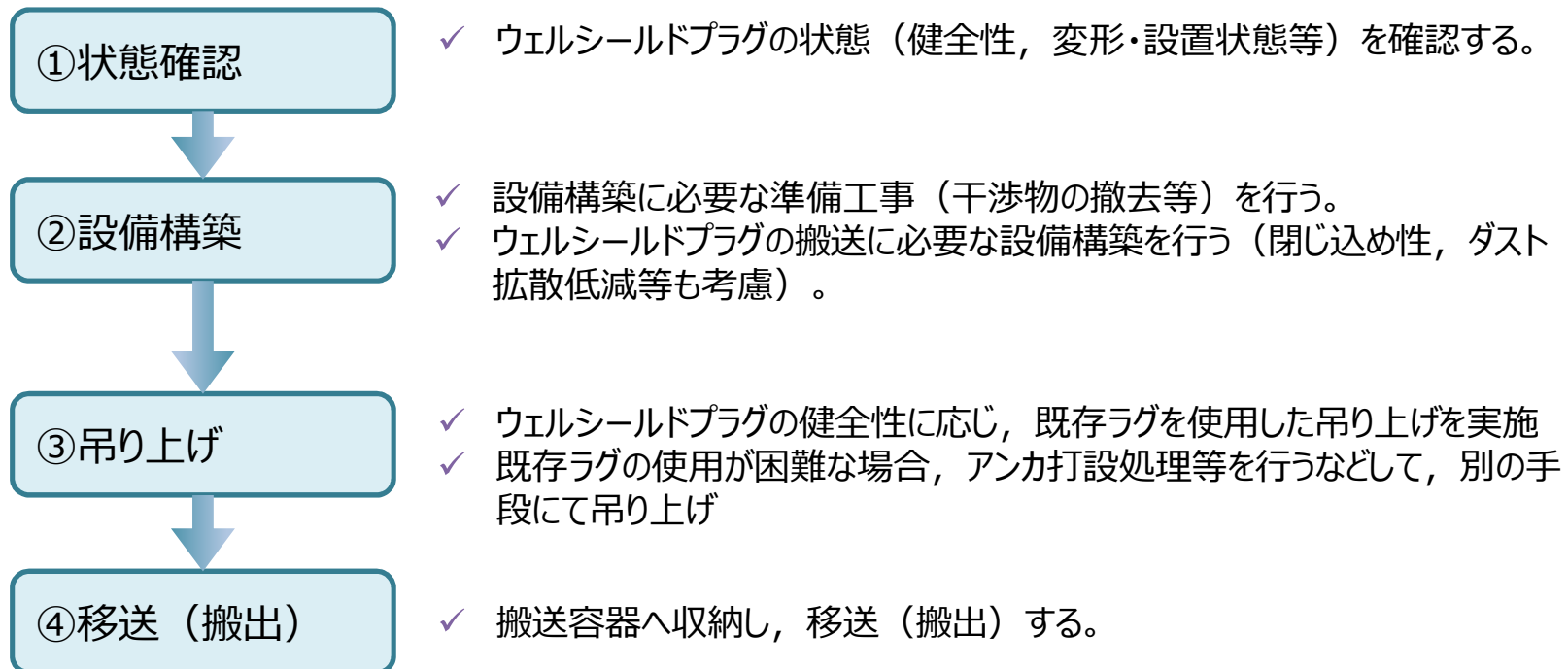


8.添付資料4.3-5 工法3 工法・作業方法・手順等の技術開発（6/11）Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

3号機

- 実機ウェルシールドプラグの吊り上げ方法は以下フローに従い実施する。
- 各項目の検討結果を次頁以降に記載する。



ウェルシールドプラグの搬送フロー

8.添付資料4.3-5 工法3 工法・作業方法・手順等の技術開発 (7/11) *Decom.Tech*

3号機

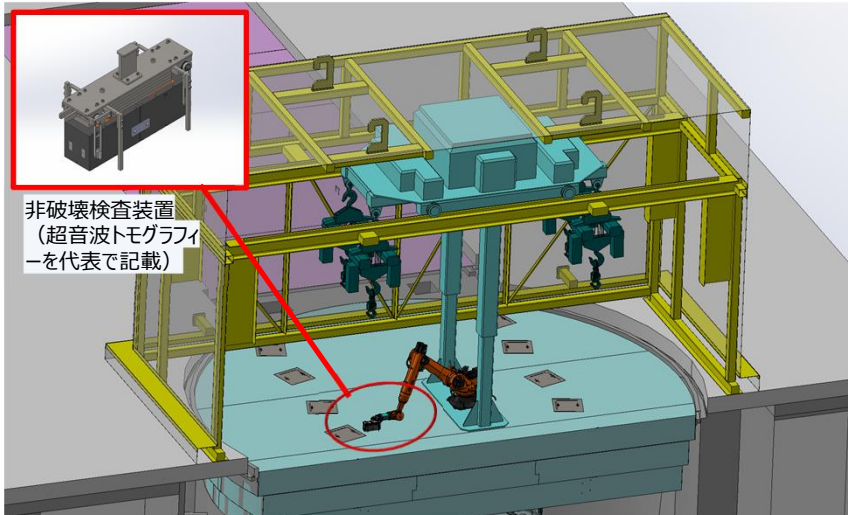
ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

①状態確認

これまでの検討結果から、吊り上げに影響する箇所として以下が挙げられ、その確認方法の検討結果を示す。

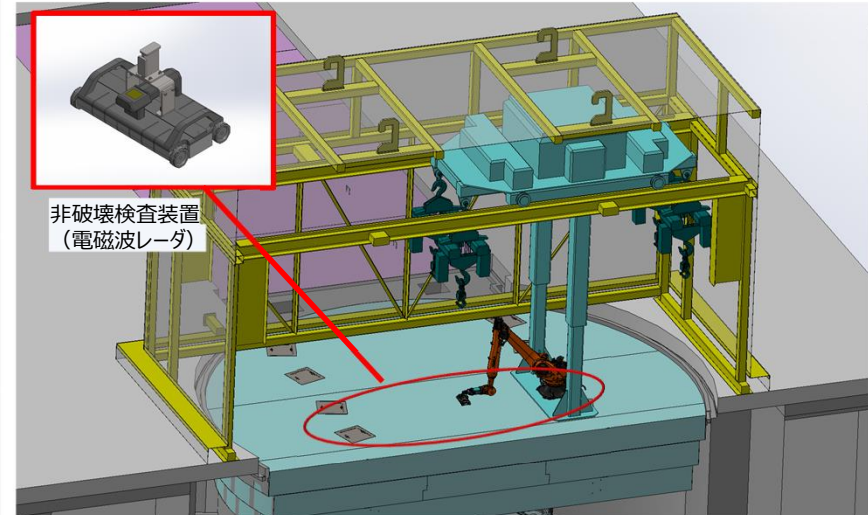
- ✓既設ラグ：既設ラグ使用可否を判定するため確認が必要。ラグ本体に加えラグ周辺のコンクリートの確認が必要。確認方法を下図に示す。
- ✓上部鉄筋：支持構造物の必要可否を判定するため確認が必要。確認方法を下図に示す。

既設ラグ，その周辺の非破壊検査



- ・カメラを用いラグ本体の外観確認を行う。確認方法としては、4.1.1項にて示す方法を想定する。
- ・ラグ周辺コンクリート部の非破壊検査を行う，装置は電磁波レーダや超音波トモグラフィーとする。装置詳細を添付資料4.3.5-1に示す。

上部鉄筋の非破壊検査



- ・上部鉄筋の非破壊検査を行う。装置は上部鉄筋を測定可能な電磁波レーダとする。装置詳細を添付資料4.3.5-1に示す。

8.添付資料4.3-5 工法3 工法・作業方法・手順等の技術開発 (8/11) *Decom.Tech*

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法 (工法3)

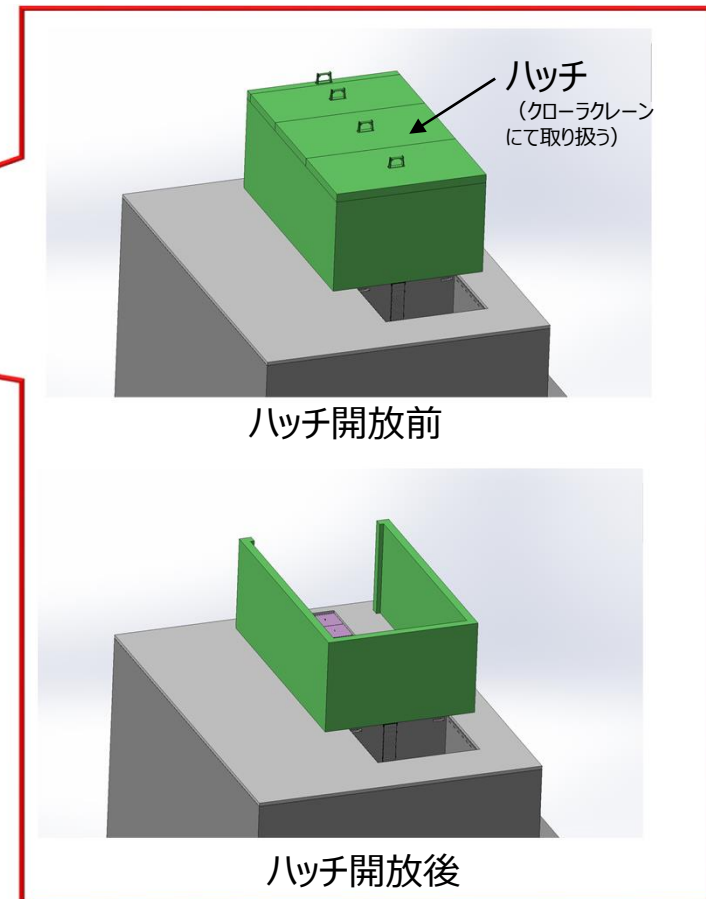
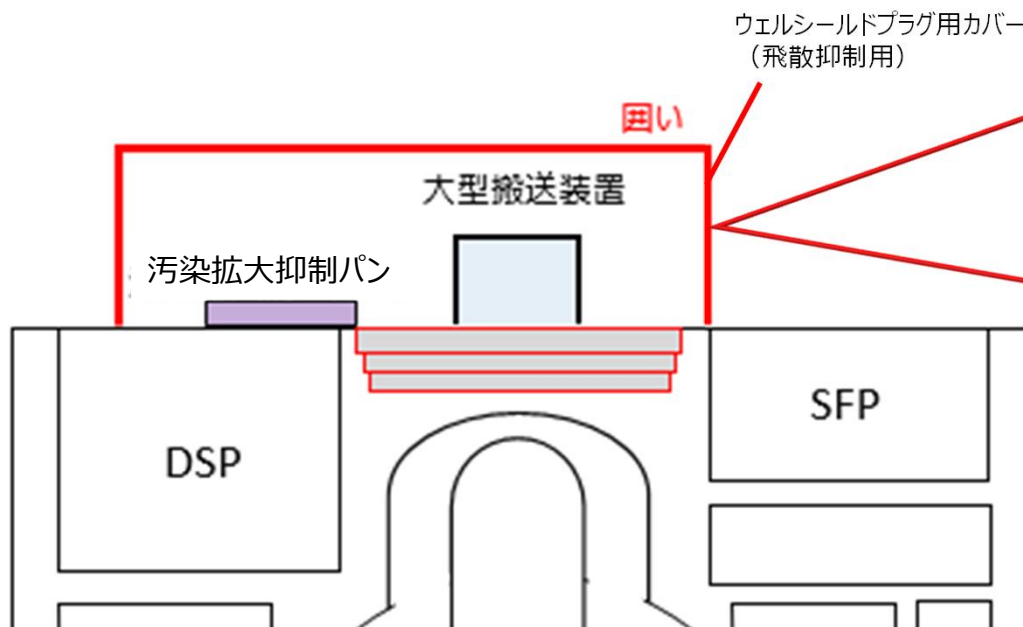
3号機

(3) 工法・作業方法・手順等の技術開発

②設備構築

◆ 設備全体イメージ

- ウェルシールドプラグの撤去に用いる設備として、汚染物質の飛散抑制を目的としたウェルシールドプラグ用カバーを検討した。その結果を下図に示す。
- 飛散抑制の考えはp.14参照



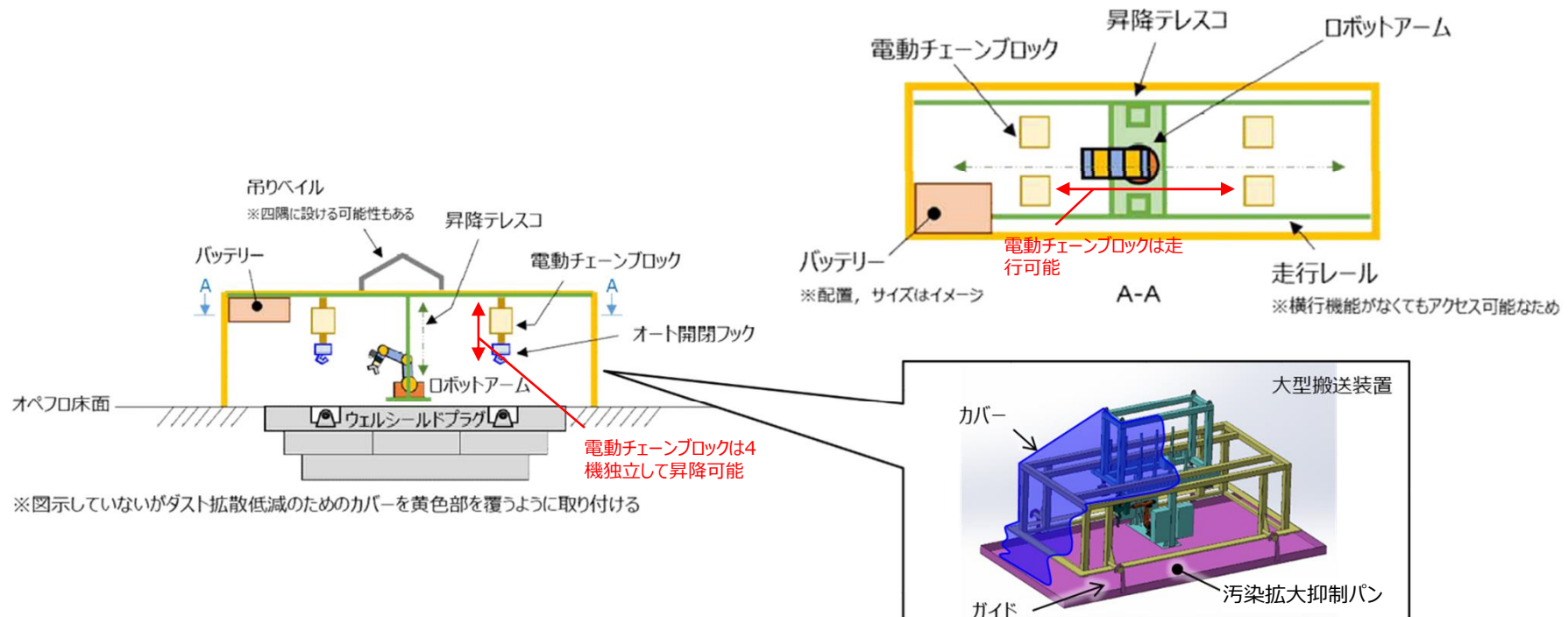
8.添付資料4.3-5 工法3 工法・作業方法・手順等の技術開発 (9/11) *Decom.Tech*

3号機

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

③吊り上げ

- ウェルシールドプラグを搬送する大型搬送装置の実機コンセプト概要を下記に示す。
 - ✓ ウェルシールドプラグの損傷有無に関わらずウェルシールドプラグを吊り上げ搬送できること。
 - ✓ ウェルシールドプラグ上での非破壊検査などの各種作業を行うためのロボットアームおよび先端ツールを設ける。
 - ✓ ウェルシールドプラグ各部へのアクセス性確保を目的とした、ロボットアーム自身の移動は、他設備の揚重機を使用することなく大型搬送装置の機能で行えること。
 - ✓ ダスト拡散低減を施す。
- 上記を踏まえた実機コンセプト案を下図に示す。



8. 添付資料4.3-5 工法3 工法・作業方法・手順等の技術開発 (10/11) *Decom.Tech*

3号機

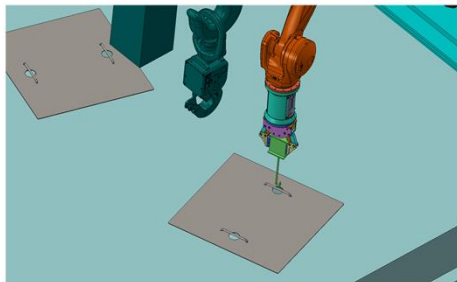
ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

③吊り上げ（続き）

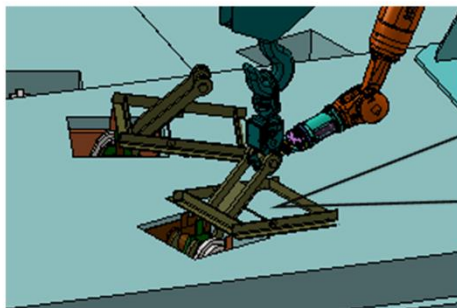
➤ウェルシールドプラグの吊り上げ方法には、「既設ラグを使用し吊り上げる」、「新規ラグを取り付け吊り上げる」、「支持構造物を取り付け吊り上げる」の3パターンの吊り上げ方法が考えられ、それぞれの検討結果を下図に示す。

➤なお、アンカー選定に係る検討内容を添付資料4.3.5-2に示す。

既設ラグを使用し吊り上げる



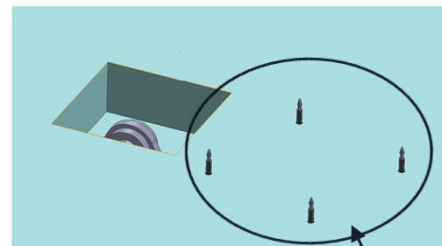
ラグカバーについてはロボットアームに専用治具を把持させ取り外しを行う。



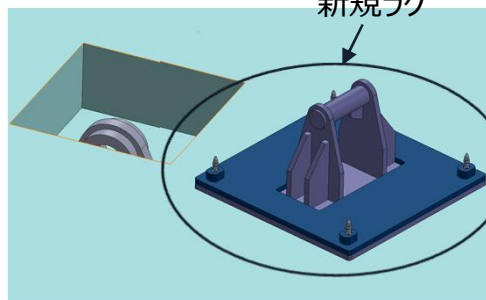
カバー取り外し後、専用フックをラグに取り付け、大型搬送装置のフックを専用フックに掛ける。

専用フック

新規ラグを取り付け吊り上げる



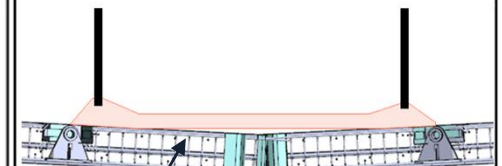
アンカー



新規ラグ

既存のラグ周辺にアンカーなどを設置しその部位に新規ラグを設置する。

支持構造物を取り付け吊り上げる



支持構造物

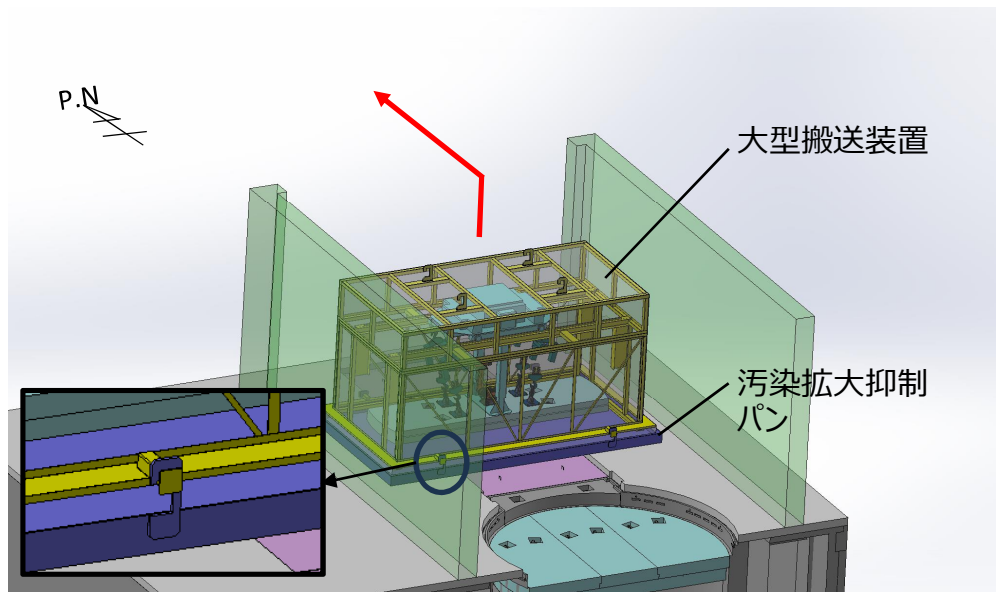
8.添付資料4.3-5 工法3 工法・作業方法・手順等の技術開発 (11/11) *Decom.Tech*

3号機

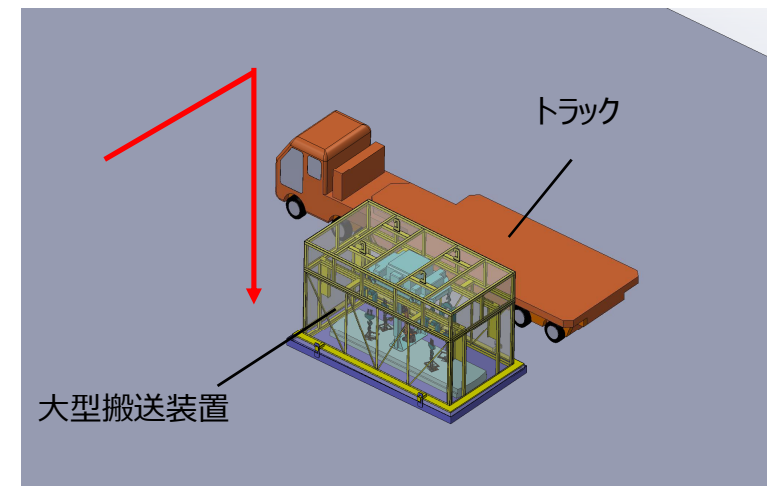
ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

④移送

- 吊り上げ後のウェルシールドプラグの移送（搬出）について、ウェルシールドプラグ用カバーから以下手順で搬出する。
 - ✓ クローラクレーンにて、大型搬送装置（ウェルシールドプラグ把持状態で）をオペフロ上から地上へ移動させる。
 - ✓ 地上で待機しているトラック近傍に仮置きする。
 - ✓ クローラクレーンにて汚染拡大抑制パンから、大型搬送装置をトラックなどに載せ換える。



→ 移動経路を示す。



8.添付資料4.3.5-1 工法3 非破壊検査装置の検討（1/2）

3号機

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

- コンクリート内部の鉄筋の確認のため、電磁波レーダを使用することとした。その内容を説明する。
- 電磁波レーダの動作原理を以下に示す。
 - ・図1に示す送信アンテナからコンクリートに電磁波を放射する。
 - ・コンクリート内部にコンクリートと違う鉄筋などがあると、電磁波はその物質の境界面で反射する。
 - ・反射した電磁波は再びコンクリート表面に出てきて受信アンテナに到達
 - ・電磁波が戻ってくるまでの時間から、鉄筋などの距離を検出できる。
 - ・上記にて鉄筋を検出することができる。
- 鉄筋の検出例を図2に示す。鉄筋がある場合は、波形の山形の中心が鉄筋の頂点となり確認できる。

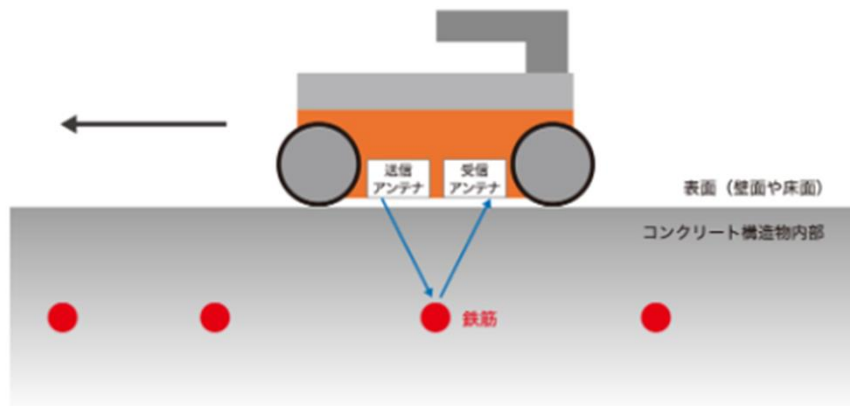


図1

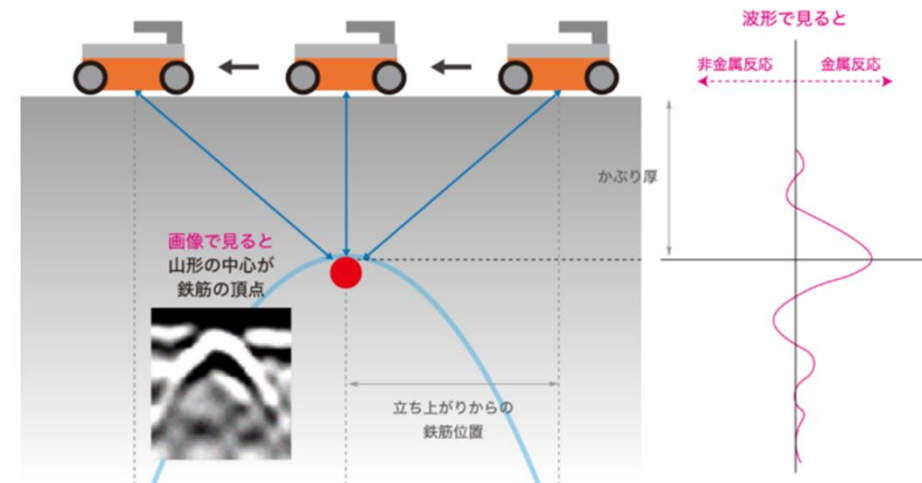


図2

出典：鉄筋探査（電磁波レーダ法）の目的と仕組み - 株式会社ディ・アール | 構造物検査・調査、破壊・非破壊検査のディ・アール

8.添付資料4.3.5-1 工法3 非破壊検査装置の検討（2/2）

3号機

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

- ラグ周辺コンクリート部の確認に、超音波トモグラフィーを使用する。
- 超音波トモグラフィーの内容を図1に、探査原理を図2に示す。

ミラ（MIRA）超音波トモグラフィー調査とは



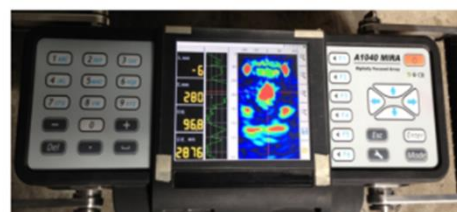
ミラとは、鉄筋コンクリート等減衰の大きい材料内部の鉄筋、空洞やジャンカ等の検出を目的として、超音波トモグラフィー法を用いて開発された非破壊試験装置です。（独 Acoustic Control Systems 社製）



桁、支柱、床版等の鉄筋、埋設管（塩ビ等）の探査、ジャンカ・空洞の探査、ひび割れ深さの調査等に適用できます。透過力の高い横波を用いることで、約2mの厚さまでの構造物に適用できます。



ミラ本体には、48個（4列×12列）のアレイ型センサーが配置され、12CHの素子が、自動的に高速で切り替わられて数多くのデータを採集します。このデータをもとに反射時間と設定された横波伝搬速度から、試験装置のソフトウェアによって、トモグラフィ画像（逆解析断面画像）として内部の鉄筋、配管等を即時に表示することができます。また、発振周波数は可変であるため（25～85KHz）、対象に合わせて探査深度・精度を最適化することができます。



MIRA ディスプレイ画面



MIRA 表面センサー

図1

探査原理

ミラ本体には、48個（4行×12列）のアレイ型のセンサーが配置されています。CH1から超音波を発振し、残りのCH2～12で受振します。次に、CH2から超音波を発振し、残りのCH3～12で受振、・・・と順に超音波横波の発振と受振を高速で切り替えながら行うことで、66通り（11+10+・・・+2+1）、1056経路（66×4×4）の信号を受振します。

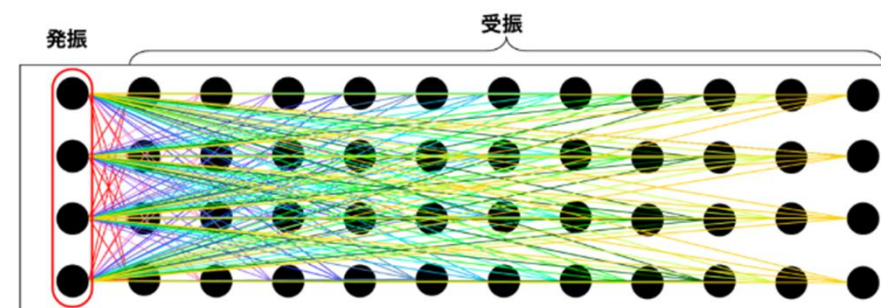
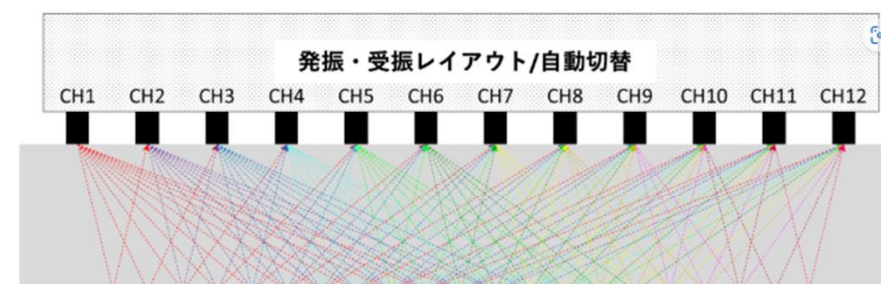


図2

8.添付資料4.3.5-2 工法3 吊り上げ方法の検討（1/3）

3号機

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

- ウェルシールドプラグのラグを使用できない場合のバックアッププランの具体化を目的に、一般的な吊り技術を調査し、ウェルシールドプラグ解体・搬出工法への適用性を評価した結果を下表に示す。

分類	技術例名称	一般的な吊上げ方法	一般的な特徴
引っ掛ける	ハッカー 	吊り荷の側面に吊り具を差し込み、吊り荷の下面を吊り具の爪で引っ掛けて吊上げる。	・簡便で迅速な施工が可能。 ・鋼材を吊り荷にする場合に使用する。 ・把持ではなく、引っ掛けて吊上げるので、爪の引っ掛けかりが不十分な場合には外れるリスクがある。 ・曲がり板、湾曲状の板、たわみが生じる板への使用が禁止されている。
掴む	クランプ メカニカルトング  	吊り荷の側面もしくは上面下面を吊り具の爪で掴み吊上げる。	・信頼性が高く、安全性も比較的良好。 ・設置がやや複雑で、特定の状況で効果的。 ・脆性材、低硬度材や強度が著しく低い材料への使用が禁止されている。
加工する	ケミカルアンカー メカニカルアンカー  	吊り荷に孔あけ加工し、孔内を清掃し、アンカーボルトを打ち込み、アンカーボルトと吊り荷を固定させる。アンカーボルト自体を吊り金具にするもしくはアンカーボルトで吊り金具を固定し、吊り具で金具を固定して吊上げる。	・高い安全性と信頼性を持つが、施工精度に依存し、準備と手間がかかる。 ・遠隔施工が難しい場合がある。

8.添付資料4.3.5-2 工法3 吊り上げ方法の検討（2/3）

3号機

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

- 下表にまとめた要素技術の総合評価の結果から、安全に吊れる可能性の高い“加工する”が適用可能性の高い技術と評価し、今後はこの工法で検討を進める。
- コンクリート部が健全で引っ掛けるスキマがある場合は、遠隔施工性に優れる“引っ掛ける”方法も優れるため、現場状況により本工法の適用の可能性もあると考える。なお、コンクリートが脆性材料のため、面圧等を考慮した上での要素試験（吊り上げ・搬送試験）で適用性を確認する必要がある。

【凡例】 ○：適用可能性高 ×：適用不可 △：適用可能性低

分類	安全性	遠隔施工性	現場適用性	総合評価
引っ掛ける	・自重で滑りやすい場合や傾斜がある場合は落下するリスクが高い。 ・吊り上げ時に吊り具の爪が引っ掛かる部分に発生する集中荷重により、コンクリートを損傷させる可能性がある。	・シンプルな施工方法のため、遠隔施工も比較的容易と考えられる。 ・カメラ等で隙間を確認する必要がある。	・ウェルシールドプラグの吊り上げ耐久が十分でない場合、吊り上げる際にひびの進行が進む可能性があるが、ウェルシールドプラグに補強を施すことで対応できる可能性がある（※）。 ・引っ掛ける隙間が無い場合、別の方法（アンカーボルト打ち込みなど）で一時的に吊り上げて、引っ掛ける隙間を作る必要がある（引っ掛けるための治具単体では吊り上げ困難な可能性がある）。	・遠隔施工性の観点で適用できる可能性が高いが、安全性の面で現状のウェルシールドプラグの状態に大きく依存してリスクが高まるため、適用可能性を低とする。
	△	○	△	△
掴む	・コンクリートを掴むことで吊り上げるため、掴む部分の強度に依存する。 ・重心が偏っている場合や、表面の損傷が大きい場合はリスクがある。 ・圧縮力を利用して掴むため、コンクリートの破損リスクがある。	・機構の設置や操作が必要で、遠隔操作がやや複雑になる可能性がある。 ・ウェルシールドプラグの側面や下面に吊り具を差し込むための空間が確保できない。	・把持力を維持するために、吊り具が大型化する。 ・掴む機構の吊り具の一般的な注意事項として脆性材、低硬度材や強度が著しく低い材料への使用が禁止されていることから、今回のコンクリート材への用途は不適と判断できる。 ・掴む隙間が無い場合、別の方法（アンカーボルト打ち込みなど）で一時的に吊り上げて、掴む隙間を作る必要がある（掴むための治具単体では吊り上げ困難な可能性がある）。	・コンクリート材の吊り方として不適であるため、ウェルシールドプラグの吊り上げ技術として適用不可とする。
	△	△	×	×
加工する	・適切な位置でアンカーボルトを打ち込めれば安全な吊り方で運用できる可能性がある、施工精度に依存する。	・ウェルシールドプラグへの孔あけ、孔内清掃、アンカーボルト打ち込みなどの工程が多岐にわたり、それぞれ精度も求められるため遠隔での操作に課題がある。	・内部配筋と干渉せず強度も保てるコンクリートの位置を走査する必要がある。 ・内部配筋が無い場所を走査する必要がある。	・遠隔施工性や現場適応性で課題が残るが、要素試験などにより解決できれば、安全に吊れる可能性が高いため、適用可能性を高とする。
	○	△	△	○

（※）損傷したコンクリート構造物の搬送は、搬送しやすい形状・大きさに解体または補修や補強を施した上で行われている。そのため、何かしらの加工を施すことが望ましい。

8.添付資料4.3.5-2 工法3 吊り上げ方法の検討（3/3）

3号機

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（工法3）

- 下表に「加工する」に関する既存技術の抽出、評価、選定結果を示す。
- 結果として、既存のラグが使用できない場合には、ケミカルアンカーを使用して吊り上げる方法が有力であると考える。

分類	方法	使い方	安全性	遠隔施工性	現場適用性	総合評価
加工する	ケミカルアンカー 	吊り荷に孔あけ加工し、孔内を清掃し、接着剤が封入されたカプセルを挿入後、アンカーボルトを挿入し、化学反応で接着剤を硬化させ、アンカーボルトを固定する用具。	・コンクリートを扱う土木、建築分野で使用され、振動や衝撃に強い。	・一般的な作業手順は孔あけ、孔内清掃、カプセル挿入、アンカーボルト挿入など複雑であり、施工精度も求められるため、遠隔化が難しい。（メカニカルアンカーも同様） ・適切な先端ツールを複数用意することで遠隔化できる可能性がある。	・内部配筋と干渉せず強度も保てるコンクリートの位置を走査する必要がある。（メカニカルアンカーも同様） ・ケミカルアンカーの引張強度を確保できるプロセスを要素試験で確認できれば、健全性確認が可能な見通し。	・遠隔施工性や施工後の強度確認方法など課題が多くあるが、現状の状態に対し不明点が多くあるウェルシールドプラグに対し、様々なケースに対応可能な施工方法と考えられる。
	メカニカルアンカー 	吊り荷に孔あけ加工し、孔内を清掃し、専用のメカニカルアンカーを打ち込み、くさび効果でアンカーの先端を広げて、摩擦の力で固定する用具。	・ケミカルアンカーと比較すると振動や衝撃に対して弱い。 ・輸送時の振動や荷振れが原因でアンカーボルトの摩擦部がスリップする可能性がある。	・ケミカルアンカーと比較して、摩擦の力だけで荷重を保持するため、大きな引張強度が得られず、多くのアンカーボルトを打ち込む必要があるが、限られたスペースに遠隔で必要数のアンカーボルトを打つのは難しい。	・アンカーボルトを打ち込む本数がケミカルアンカーよりも多いため、打ち込むための範囲をより多く必要とする。（現状のウェルシールドプラグで必要とする範囲を確保できるか現地調査時まで不明）	・遠隔施工性がケミカルアンカーと同程度以上に難易度が高い上に、同程度の引張強度を得るためにはアンカーボルトの本数を増やす必要があるため、施工できる範囲が不足する可能性がある。

【凡例】 ○：適用可能性高

△：要素試験での検証等で適用できる可能性あり

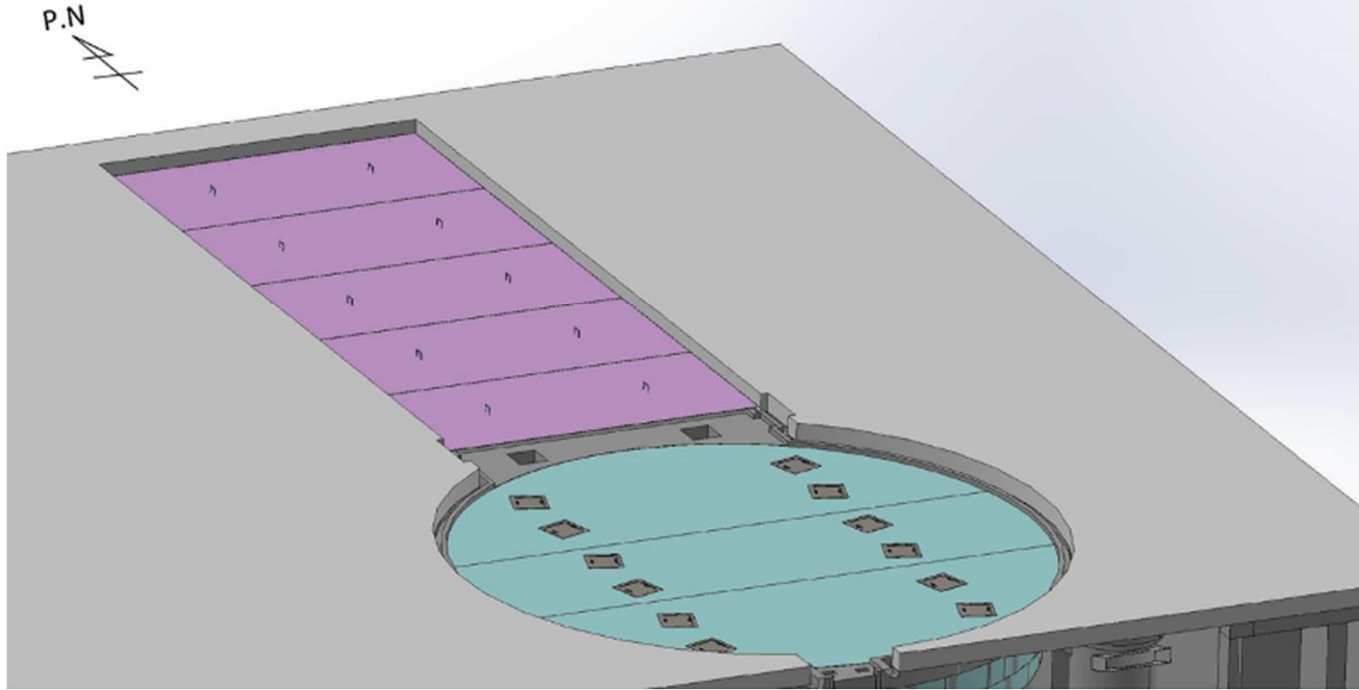
×：適用できるかの判断が既存のウェルシールドプラグの状態に依存するため現状では適用不可

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（1/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

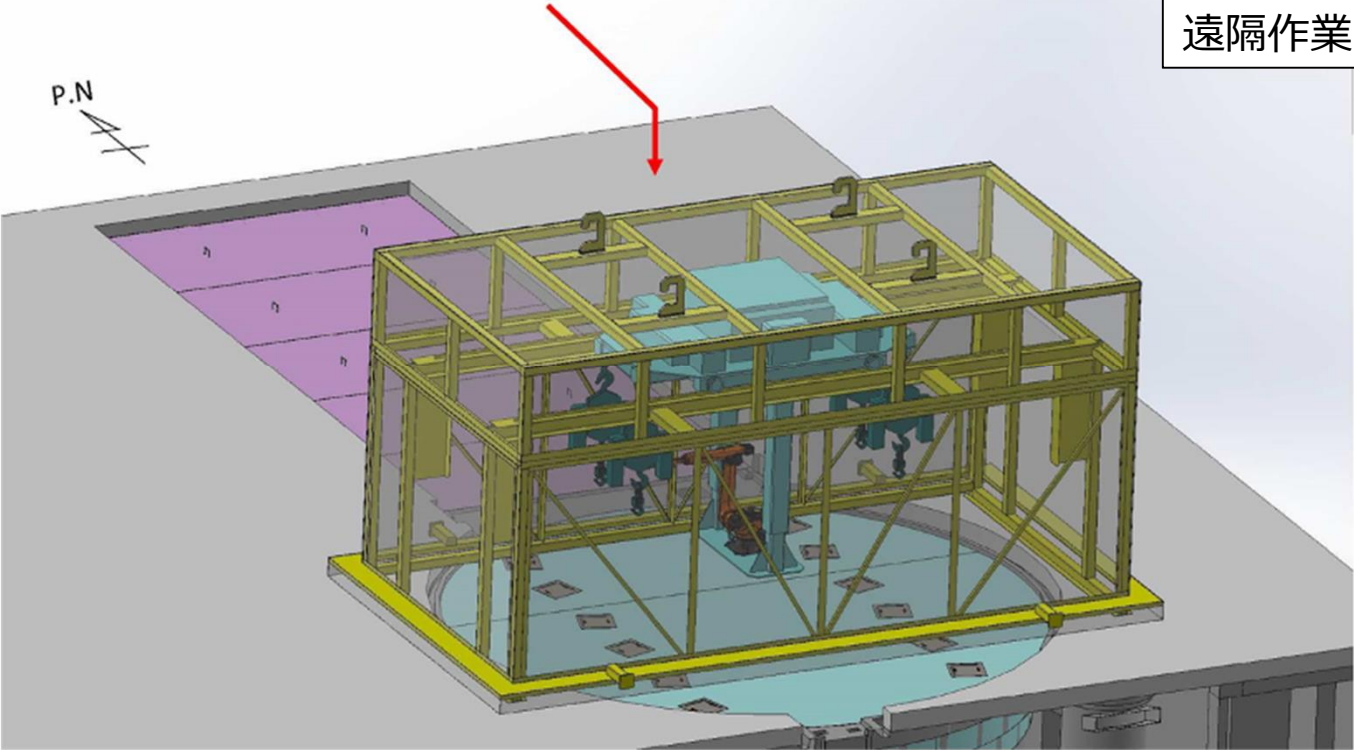
ステップ	初期状態
イメージ図	
手順	初期状態

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（2/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

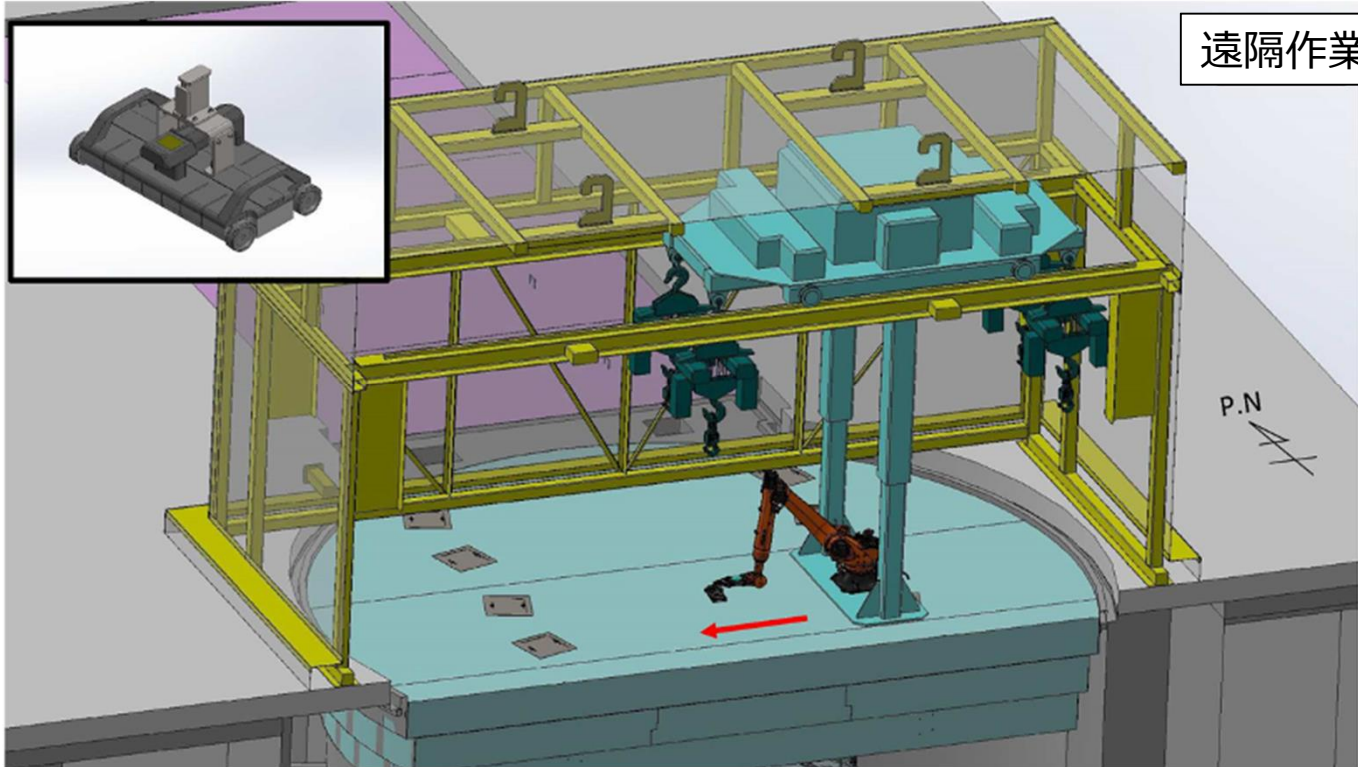
ステップ	状態確認 1：大型搬送装置の設置	共通作業
イメージ図		
手順	クローラクレーンにて大型搬送装置をオペフロ上に設置する。	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（3/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

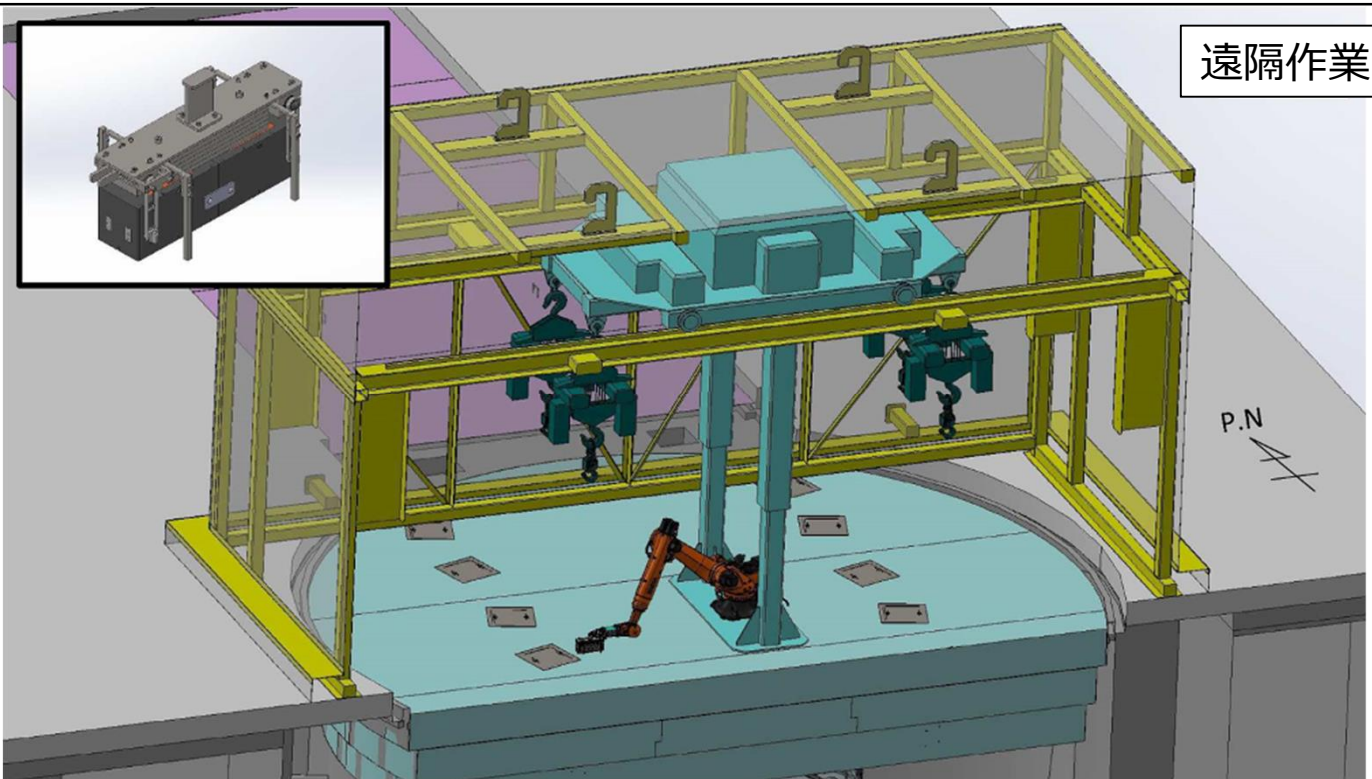
ステップ	状態確認 2：非破壊検査（電磁波レーダー）		共通作業
イメージ図			
手順	ロボットアームの把持ツールにて電磁波レーダーを把持し、非破壊検査を行う。		

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（4/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

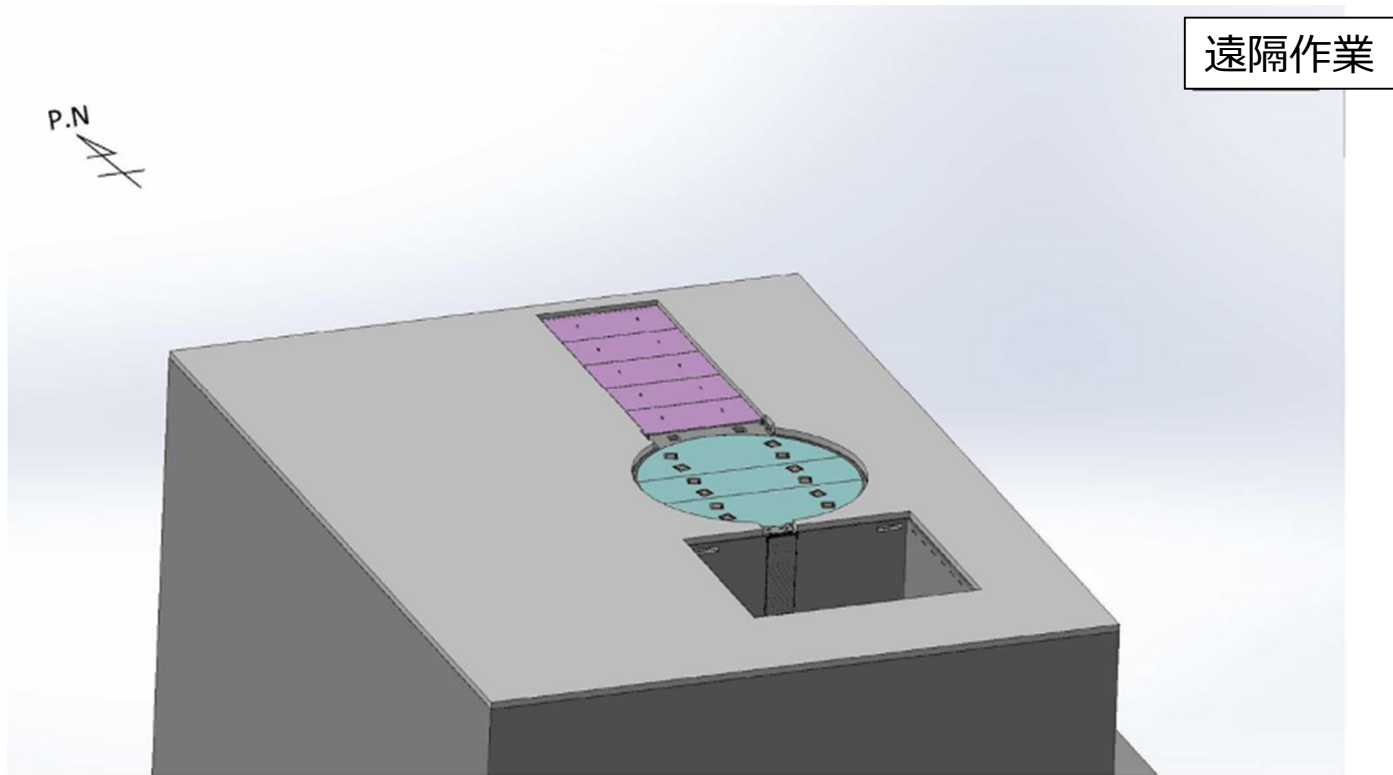
ステップ	状態確認 3：非破壊検査（超音波トモグラフィ）	共通作業
イメージ図		
手順	ロボットアームの把持ツールにて超音波トモグラフィを把持し，非破壊検査を行う。	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（5/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

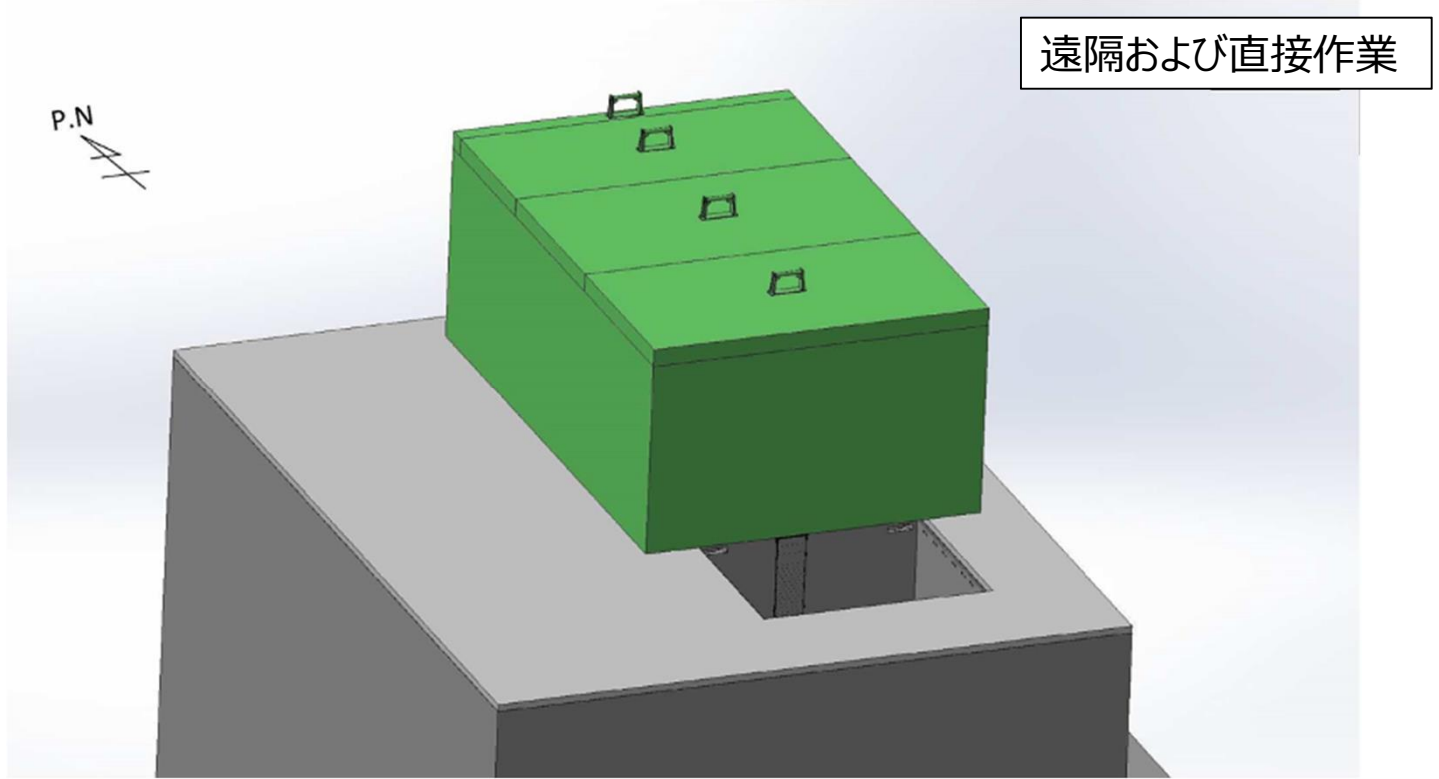
ステップ	状態確認 4：大型搬送装置の撤去	共通作業
イメージ図		
手順	クローラークレーンにて大型搬送装置を撤去する。また、非破壊検査結果から既設ラグの使用可否を確認する。 既設ラグ使用可→既設ラグ使用時の手順へ 既設ラグ使用不可→新規ラグ使用時の手順へ	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（6/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

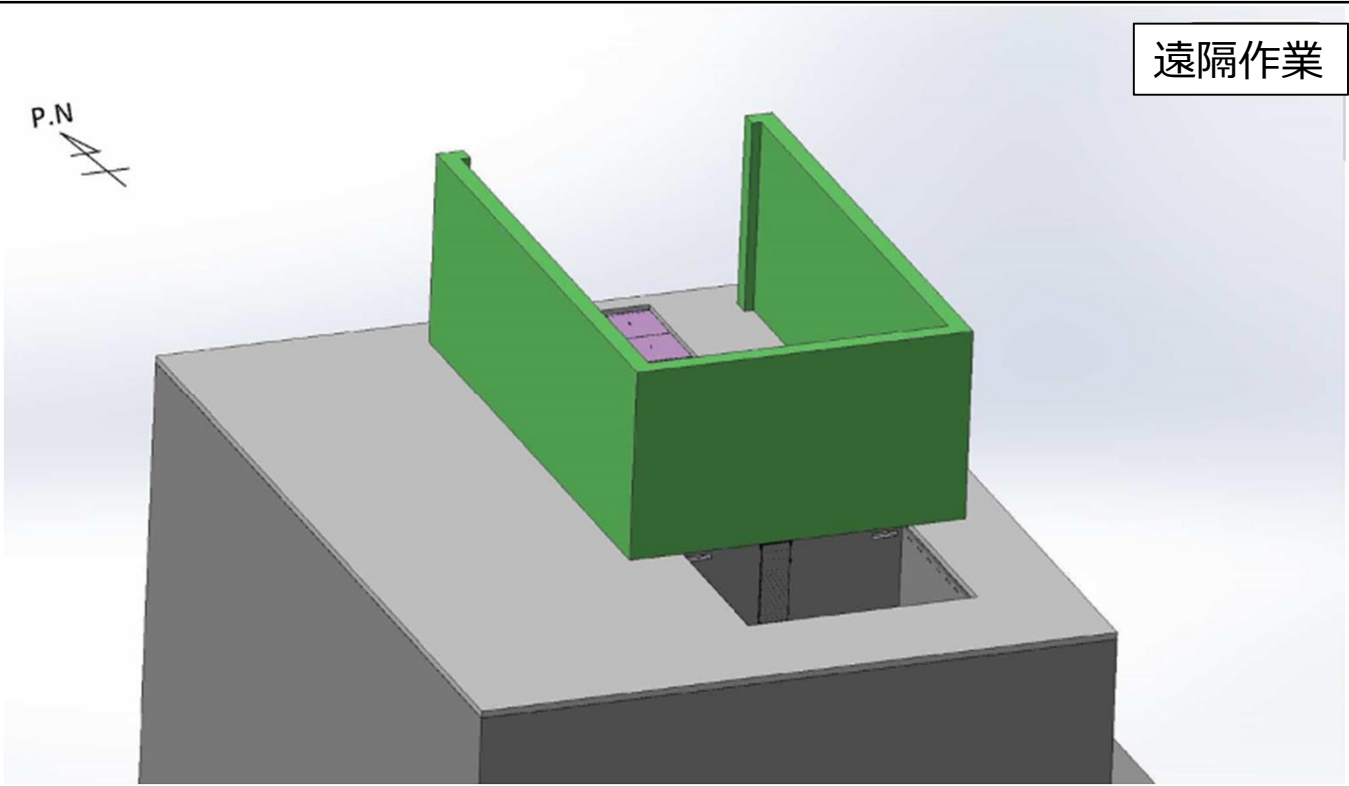
ステップ	設備構築 1：汚染拡大防止用カバー設置	共通作業
イメージ図		
手順	オペフロ上に汚染拡大防止用カバーを設置する。	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（7/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

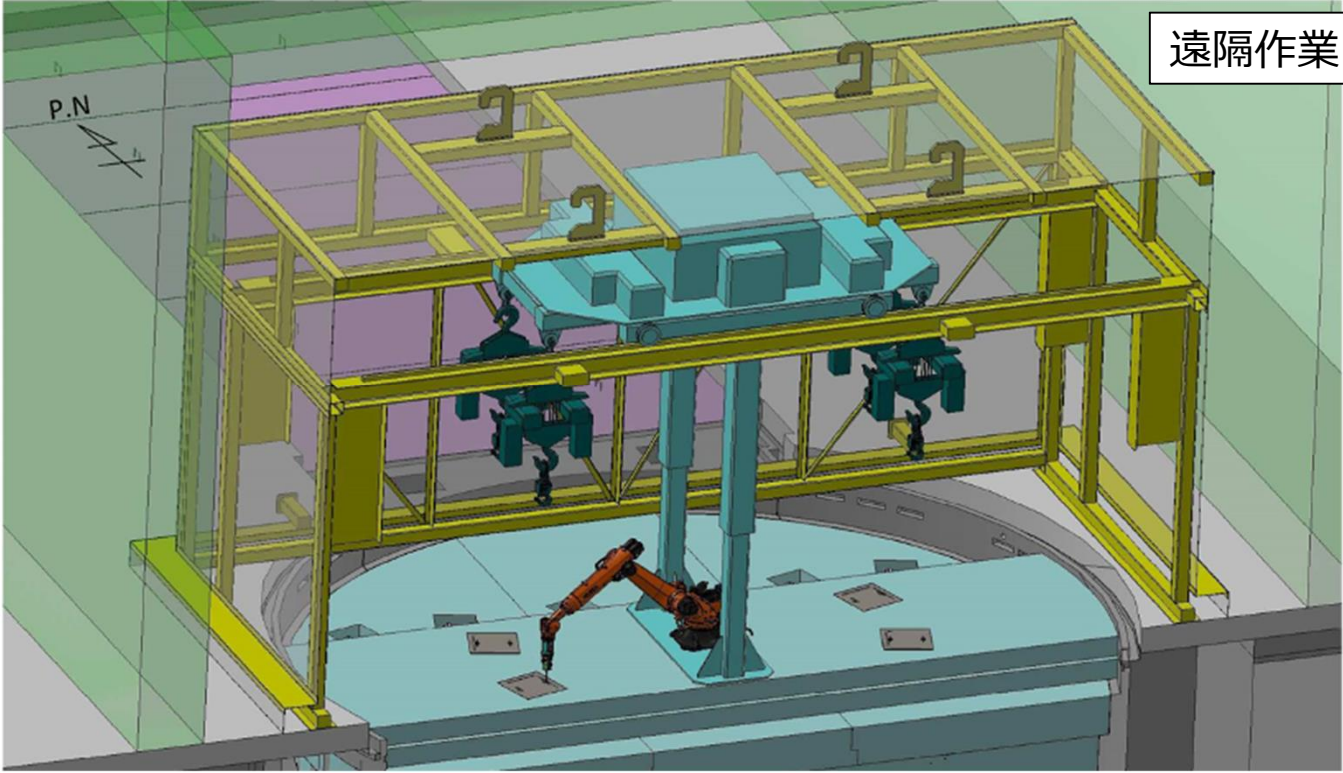
ステップ	吊り上げ準備 1：汚染拡大防止用カバーのハッチ解放	共通作業
イメージ図		
手順	汚染拡大防止用カバーのハッチを解放する。	

8. 添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（8/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

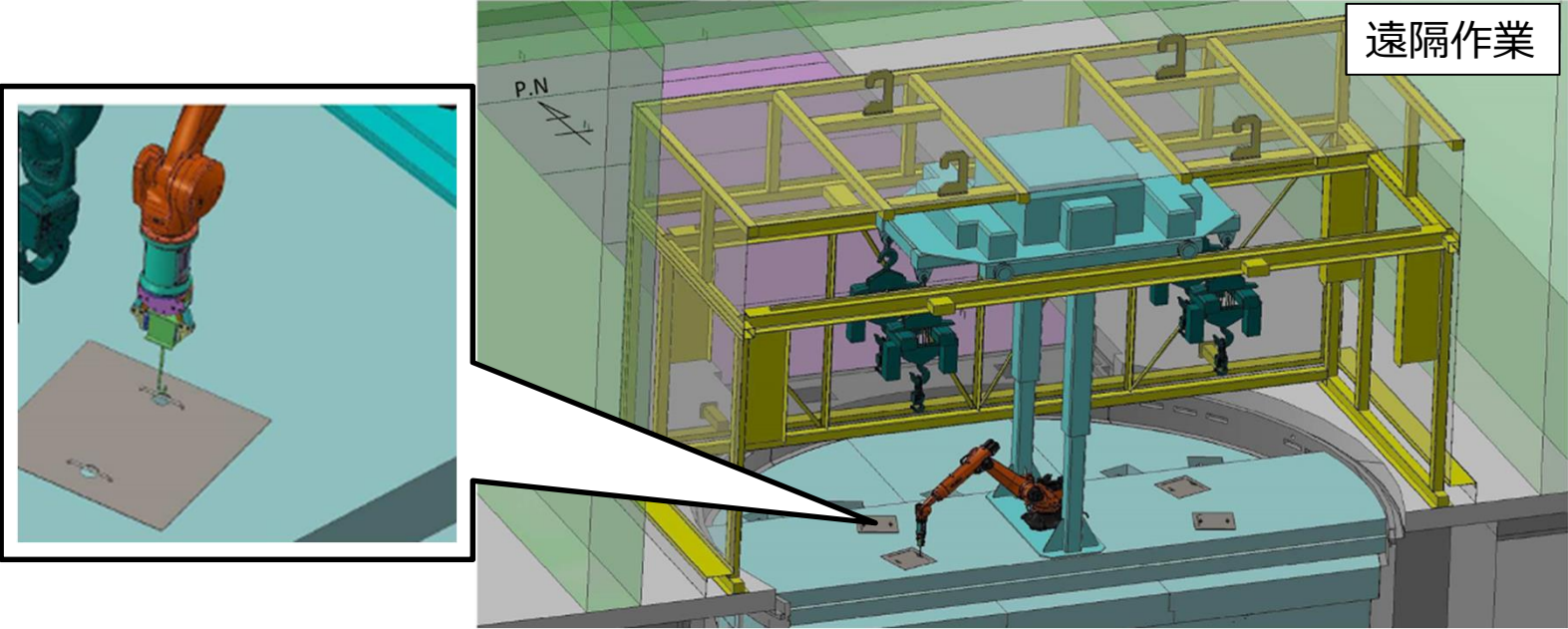
ステップ	吊り上げ準備 2：大型搬送装置の設置	共通作業
イメージ図		
手順	大型搬送装置を汚染拡大防止用カバーの中に設置する。	

8. 添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（9/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

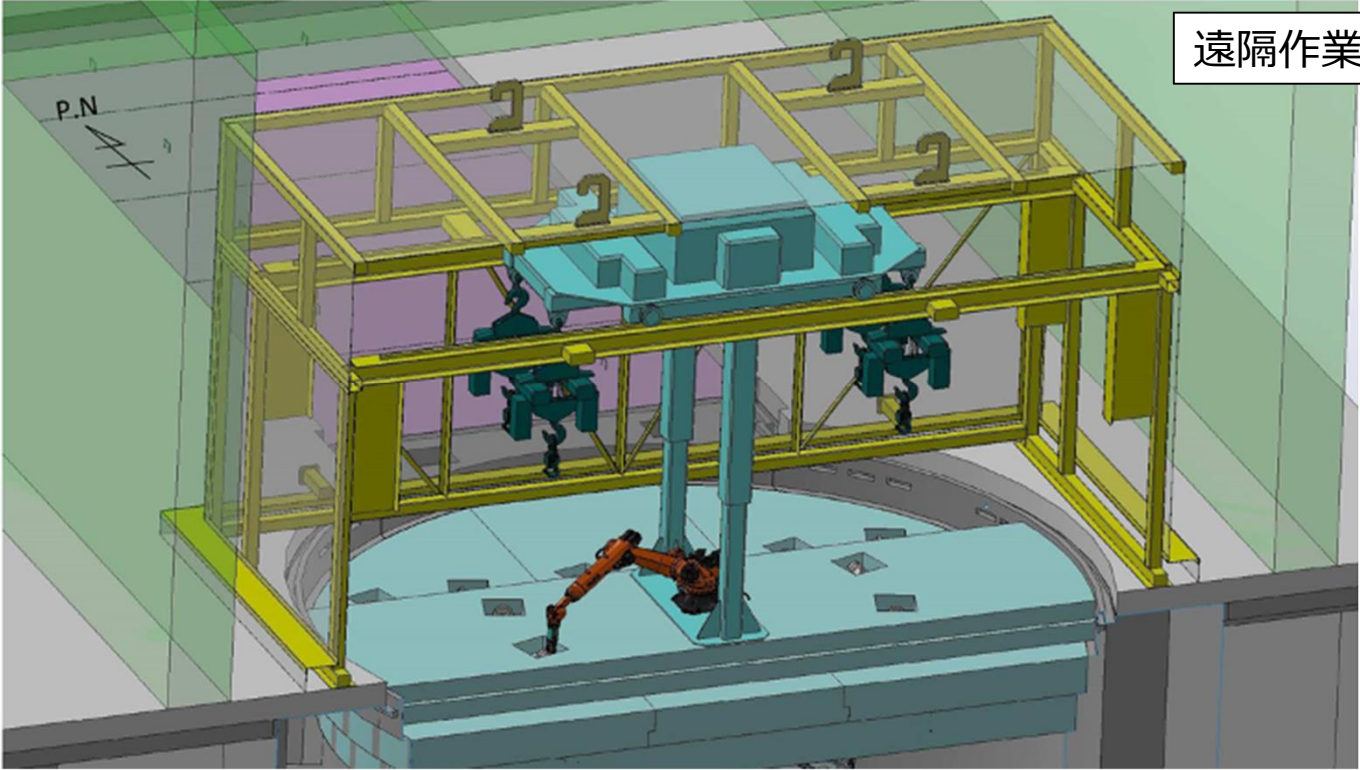
ステップ	吊り上げ準備 3：ラグカバーの取外し	既設ラグ使用時
イメージ図		
手順	把持ツールでフックを把持し、ラグカバーの取っ手に掛けて持ち上げ、ラグカバーを取り外す。	

8. 添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（10/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

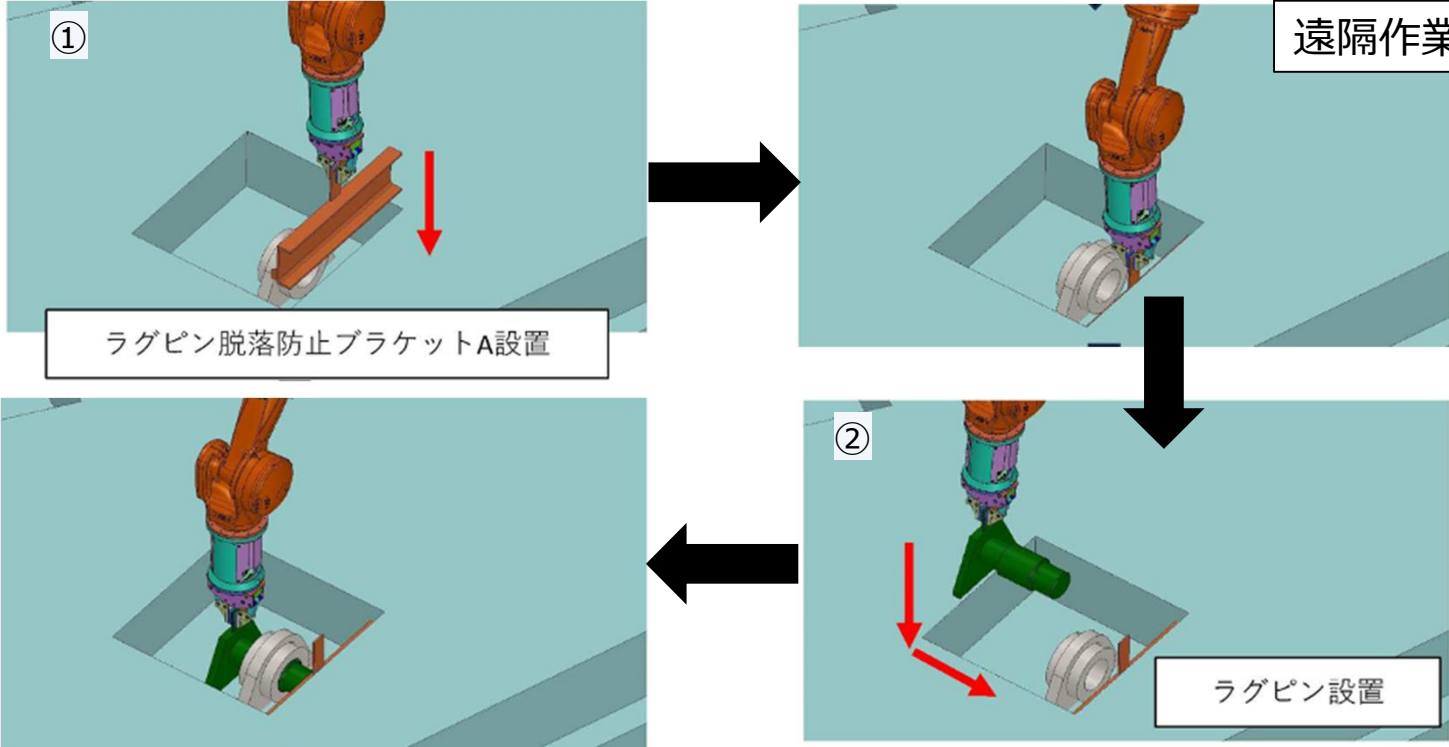
ステップ	吊り上げ準備 4：ラグピンおよびラグボックス内の確認	既設ラグ使用時
イメージ図		
手順	ロボットアームの把持ツールにてカメラを把持し、ラグピンおよびラグボックス内を確認する。	

8. 添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（11/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

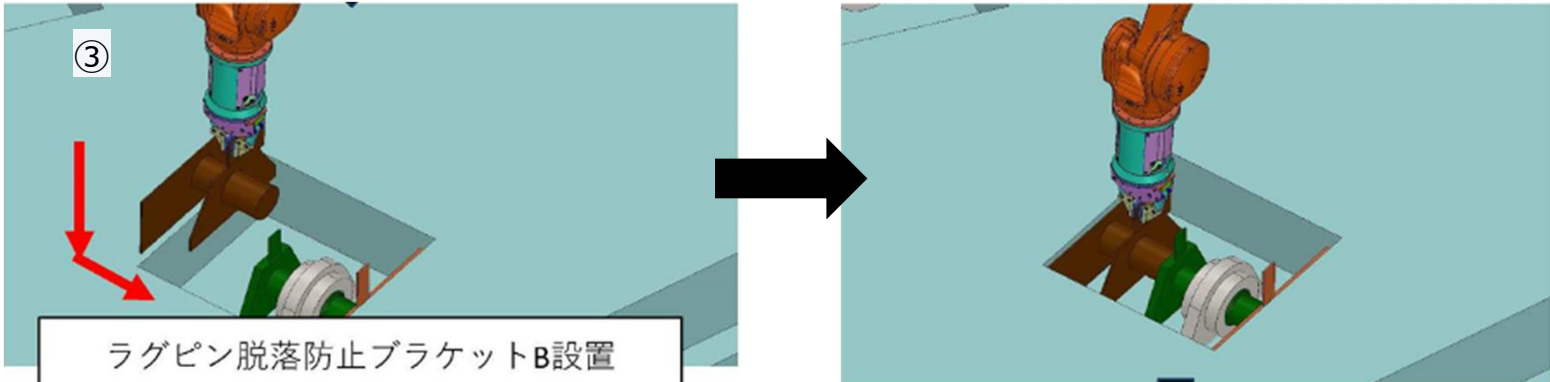
3号機

ステップ	吊り上げ準備 5：専用フックの設置（1/3） 既設ラグ使用時
イメージ図	 ① ラグピン脱落防止ブラケットA設置 遠隔作業 ② ラグピン設置
手順	①ロボットアームの把持ツールにてラグピン脱落防止用のブラケットAを設置する。 ②ロボットアームの把持ツールにてラグピンを設置する。

8. 添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（12/32） *Decom.Tech*

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

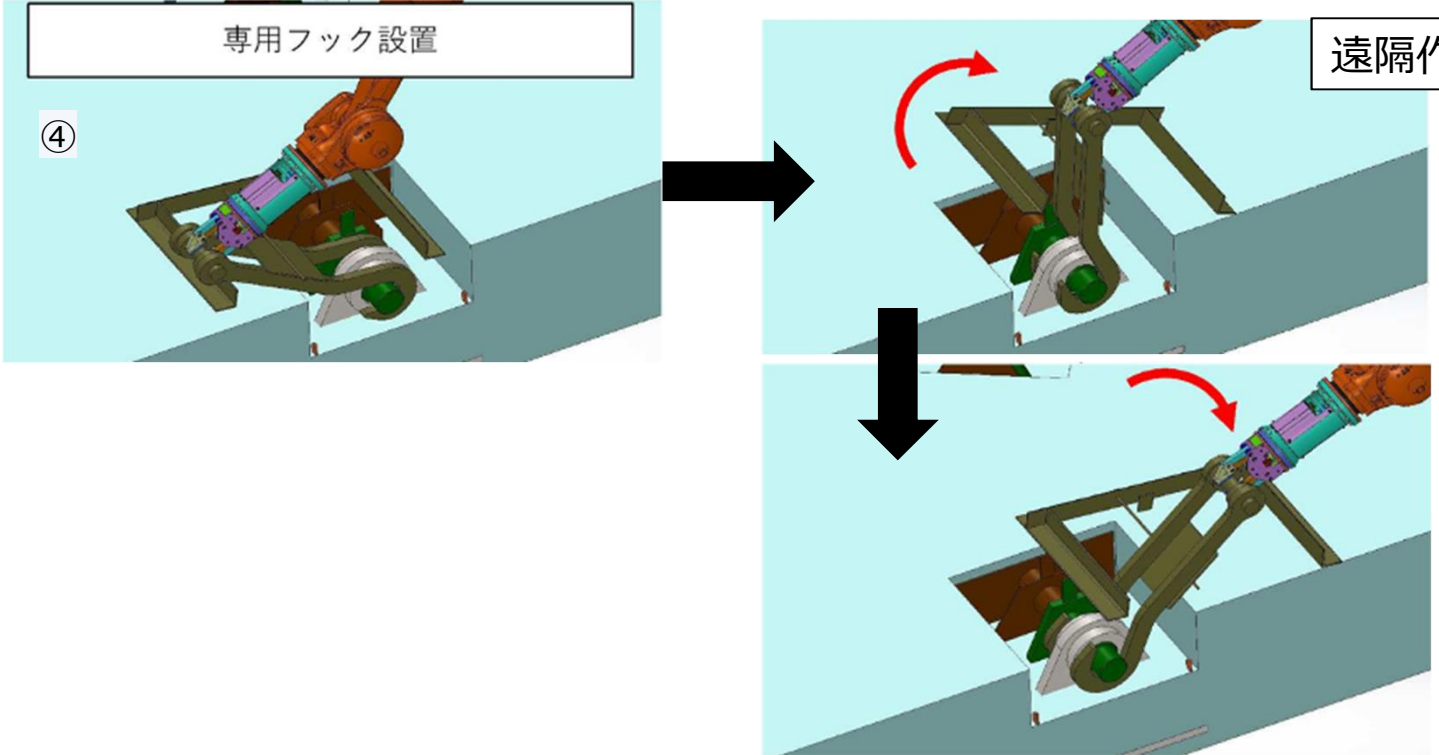
ステップ	吊り上げ準備 5：専用フックの設置（2/3）	既設ラグ使用時
イメージ図	遠隔作業 	
手順	③ロボットアームの把持ツールにてラグピン脱落防止用のブラケットBを設置する。	

8. 添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（13/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

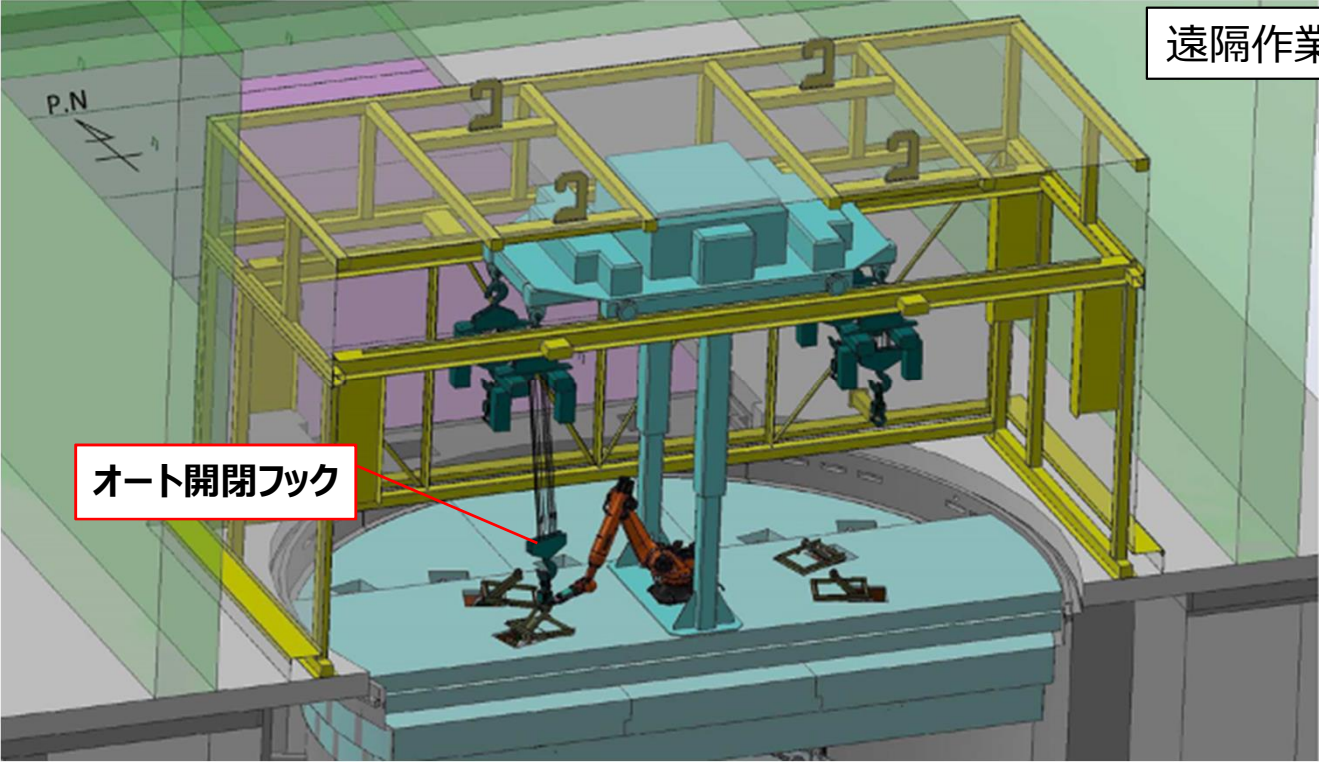
ステップ	吊り上げ準備 5：専用フックの設置（3/3） 既設ラグ使用時
イメージ図	
手順	④ロボットアームの把持ツールにて専用フックをラグピンにひっかけ、反転させることで、専用フックを取り付ける。 ①～④の手順を4か所のラグで行う。

8. 添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（14/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

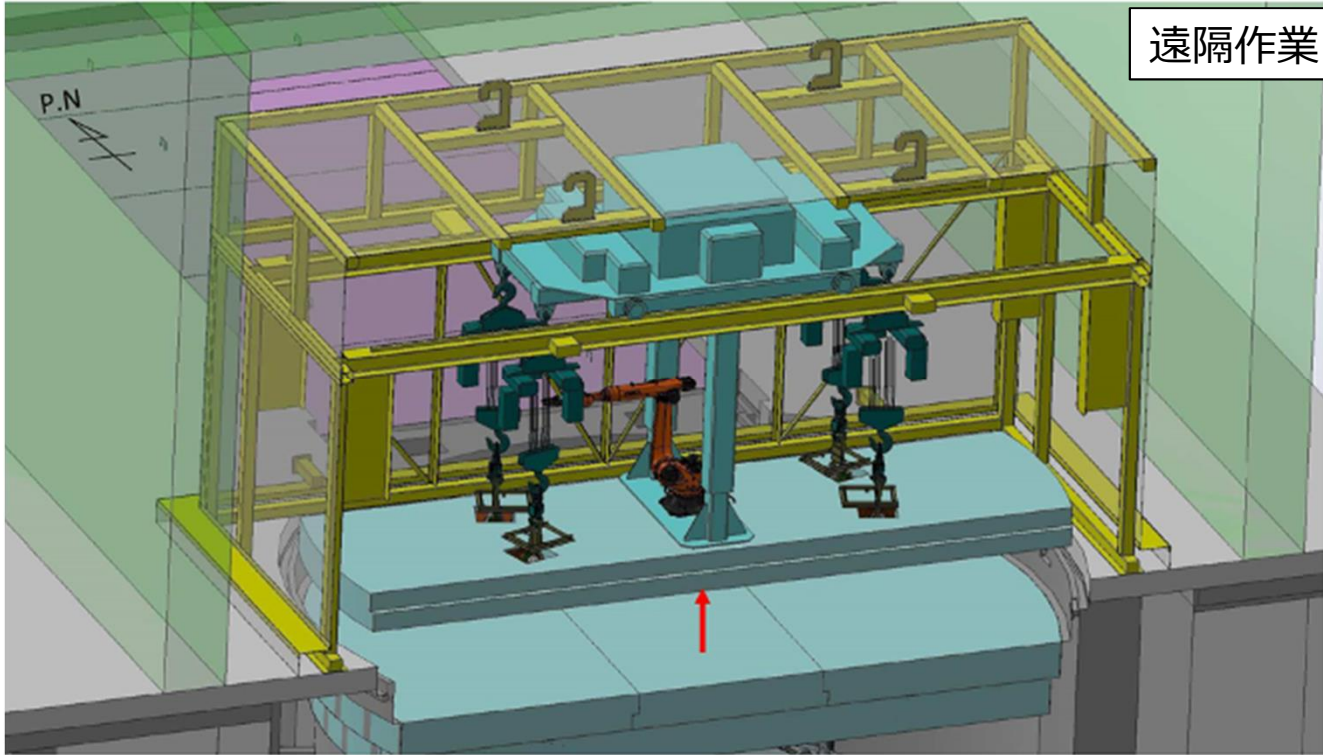
ステップ	吊り上げ1：オート開閉フックの取り付け	既設ラグ使用時
イメージ図		
手順	ロボットアームにて大型搬送装置のオート開閉フック4つを4か所の専用フックに掛ける。	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（15/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

ステップ	吊り上げ2：ウェルシールドプラグの吊り上げ	既設ラグ使用時
イメージ図		
手順	大型搬送装置のチェーンブロックを巻き上げ、ウェルシールドプラグを吊り上げる。	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（16/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

ステップ	吊り上げ準備 5'：テンプレートの設置	新規ラグ使用時
イメージ図	アンカー打設用 テンプレート 遠隔作業	
手順	ロボットアームの把持ツールにてアンカー打設用のテンプレートを既設ラグに取り付ける。	

8. 添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（17/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

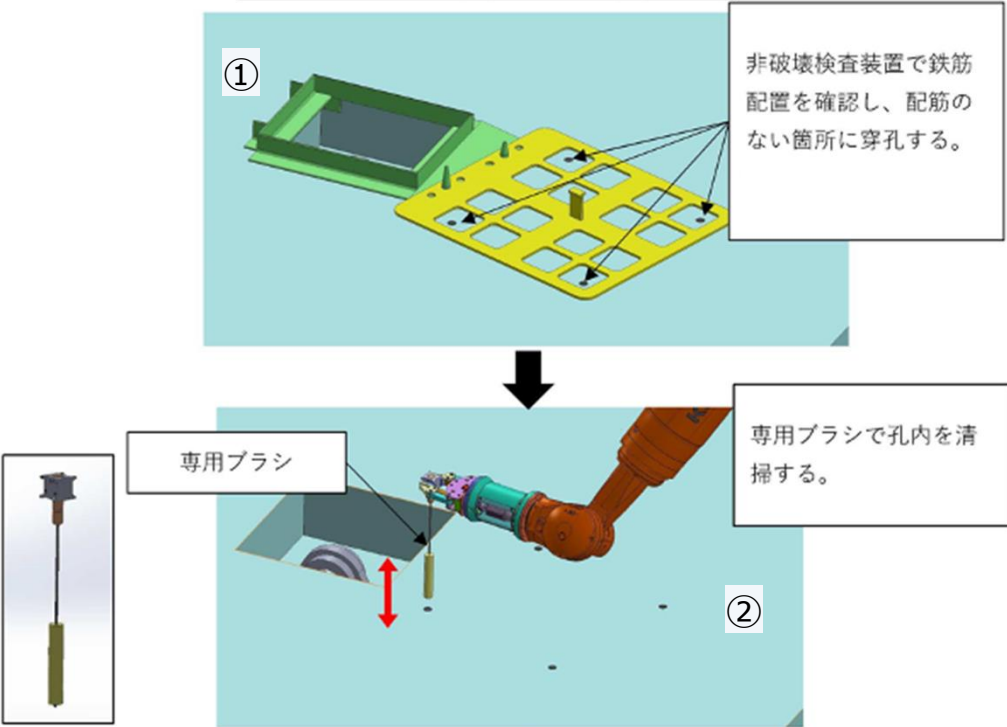
ステップ	吊り上げ準備 6'：配筋位置の確認	新規ラグ使用時
イメージ図		
手順	ロボットアームの把持ツールにて電磁波レーダーを把持し、鉄筋位置の確認を行う。	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（18/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

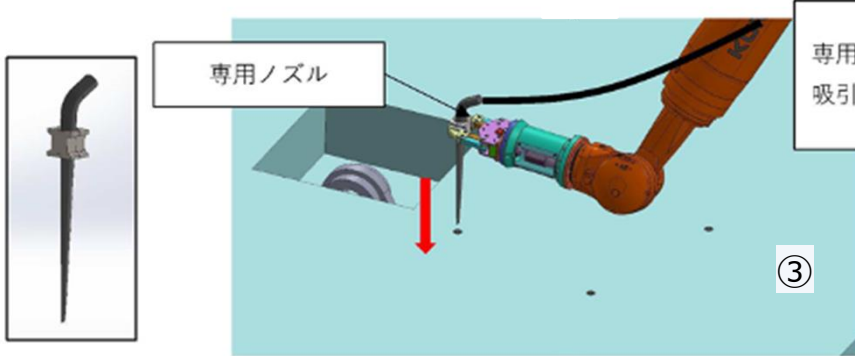
ステップ	吊り上げ準備 7'：新規ラグの設置（1/6） 新規ラグ使用時
イメージ図	 遠隔作業
手順	①非破壊検査で鉄筋の配置を確認し、鉄筋の無い箇所を穿孔する。 ②専用ブラシを用い、孔内を清掃する。

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（19/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

ステップ	吊り上げ準備 7'：新規ラグの設置（2/6） 新規ラグ使用時
イメージ図	  ③ 遠隔作業 ↓   ④
手順	③専用ノズルで粉塵等を吸引する。 ④孔内カメラにて孔内の確認を行う。

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（20/32） *Decom.Tech*

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

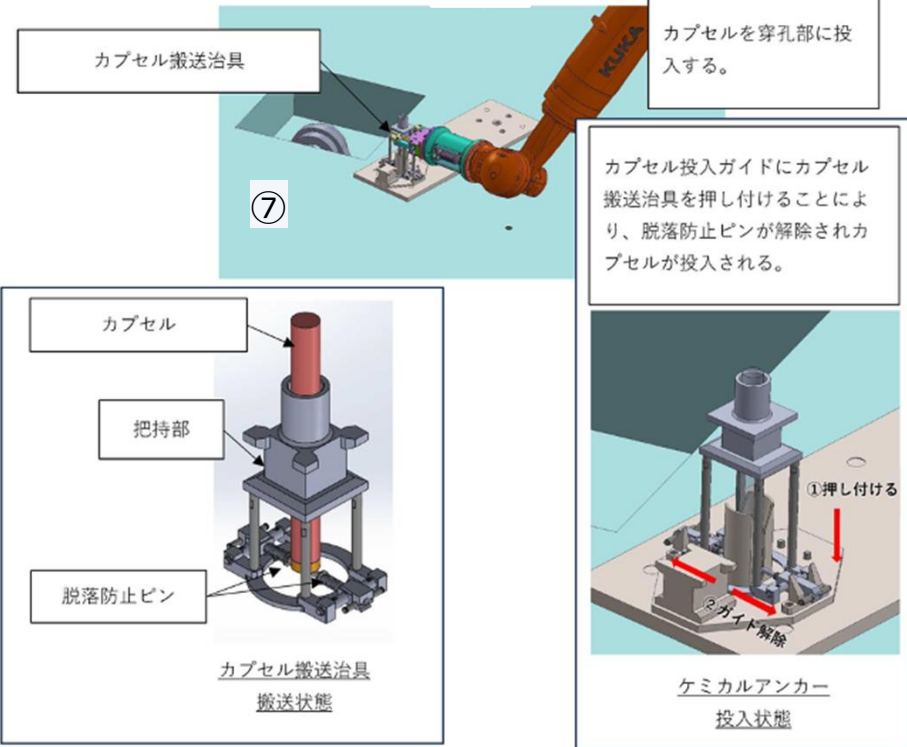
ステップ	吊り上げ準備 7'：新規ラグの設置（3/6）	新規ラグ使用時
イメージ図	ベースプレート ベースプレートを設置する。 ⑤ ⑥ カプセル投入ガイドを設置する。 カプセル投入ガイド 遠隔作業	
手順	⑤ケミカルカプセル投入用のベースプレートを設置する。 ⑥ベースプレート上にカプセル投入ガイドを設置する。	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（21/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

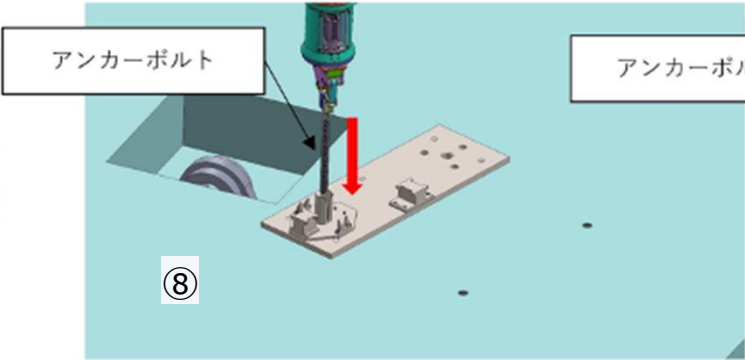
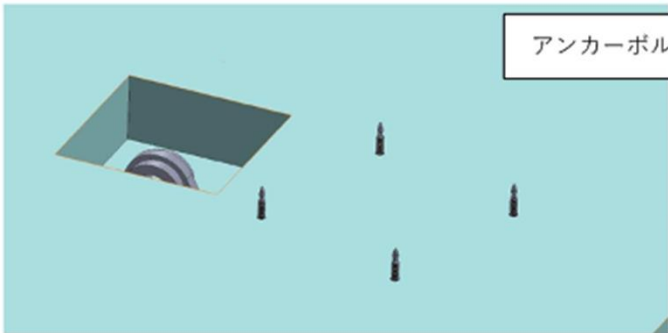
ステップ	吊り上げ準備 7'：新規ラグの設置（4/6）	新規ラグ使用時
イメージ図		遠隔作業
手順	⑦カプセル搬送治具をカプセル投入ガイド治具上に設置し、カプセルを孔内に投入する。	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（22/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

ステップ	吊り上げ準備 7'：新規ラグの設置（5/6）		新規ラグ使用時
イメージ図	   アンカーボルトを挿入する。 遠隔作業 アンカーボルトを4本挿入する。		
手順	⑧ 4 か所の孔内にアンカーボルトを挿入する。		

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（23/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

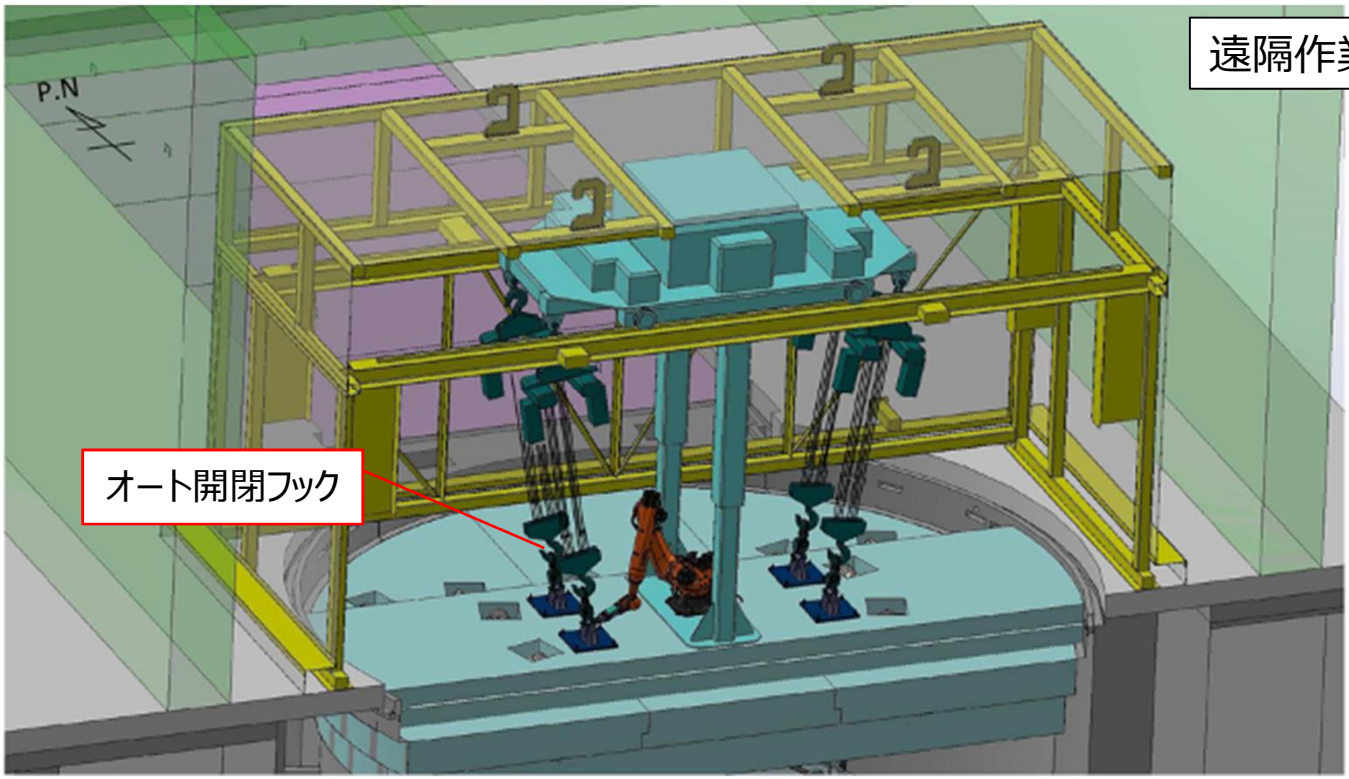
ステップ	吊り上げ準備 7'：新規ラグの設置（6/6）	新規ラグ使用時
イメージ図	The diagram illustrates two steps of the process. Step 9 shows a robotic arm installing a '後付けラグ' (Rear Lug) onto a base. Step 10 shows the '後付けラグ押さえ' (Rear Lug Pusher) being installed onto the same base. Both steps are labeled as '遠隔作業' (Remote Work).	
手順	⑨新規ラグを設置する。 ⑩後付けラグ押さえを設置し、遠隔ナットを取り付ける。 ①～⑩の手順を4か所のラグで行う。	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（24/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

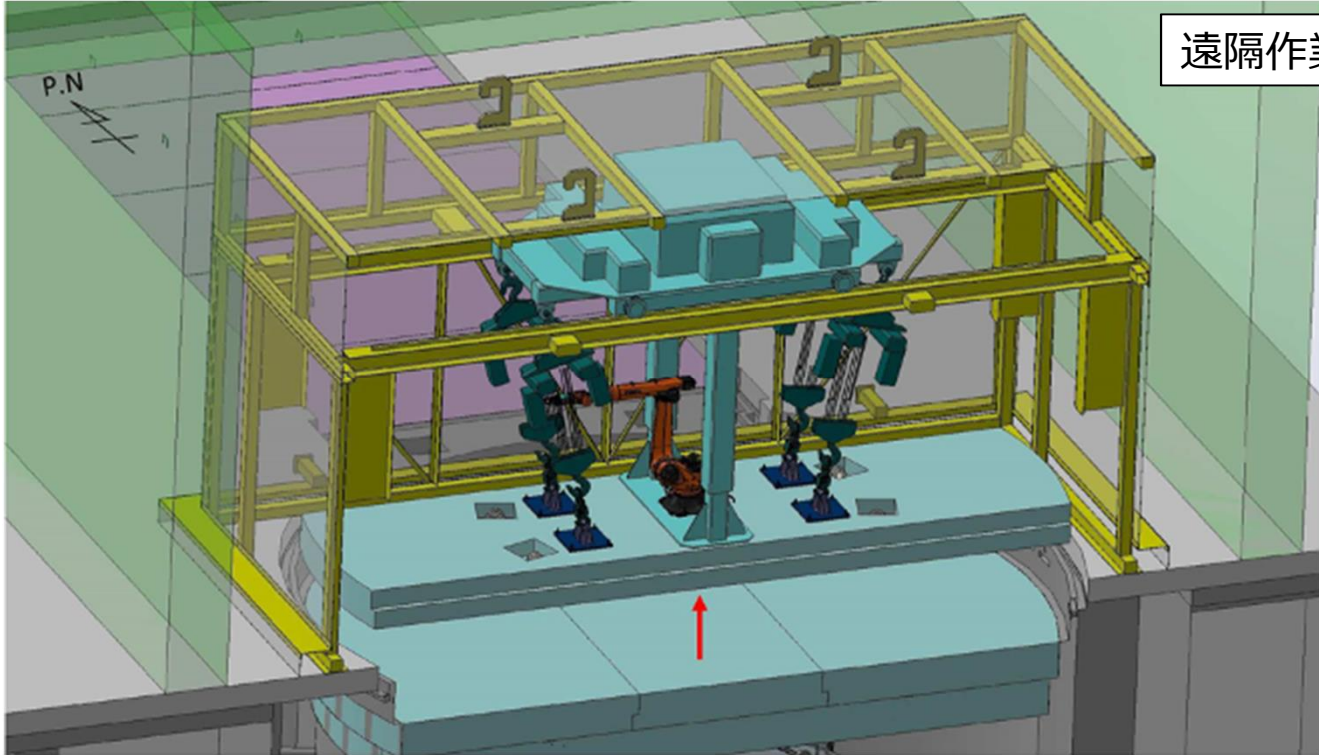
ステップ	吊り上げ1'：オート開閉フックの取り付け	新規ラグ使用時
イメージ図		
手順	ロボットアームにて大型搬送装置のオート開閉フック4つを4か所の新規ラグに掛ける。	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（25/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

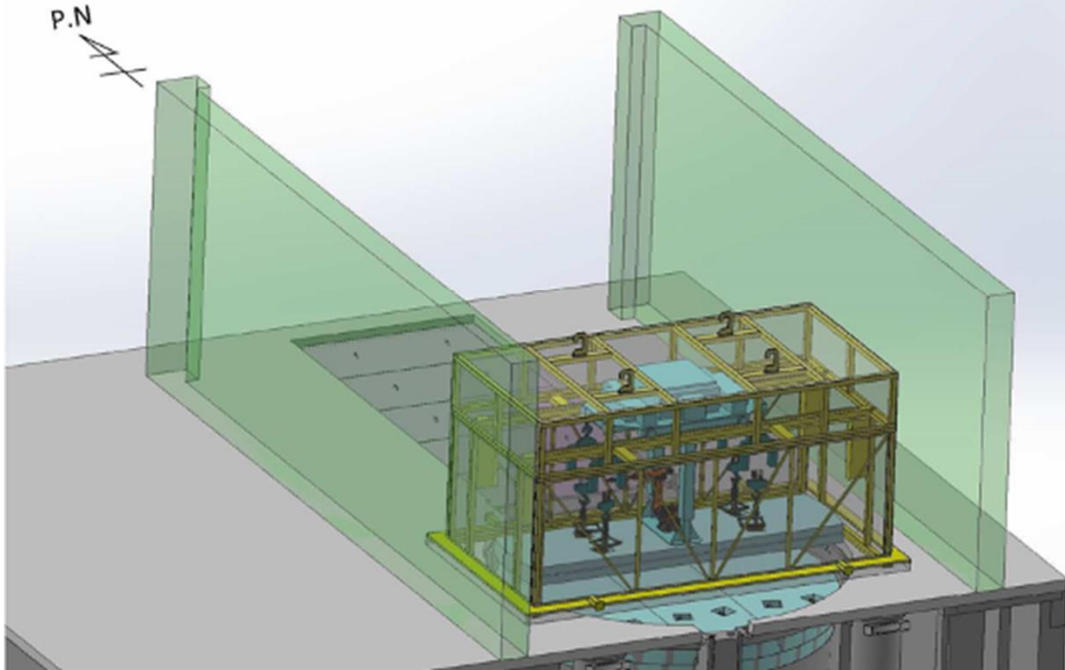
ステップ	吊り上げ2'：ウェルシールドプラグの吊り上げ	新規ラグ使用時
イメージ図		
手順	大型搬送装置のチェンブロックを巻き上げ、ウェルシールドプラグを吊り上げる。	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（26/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

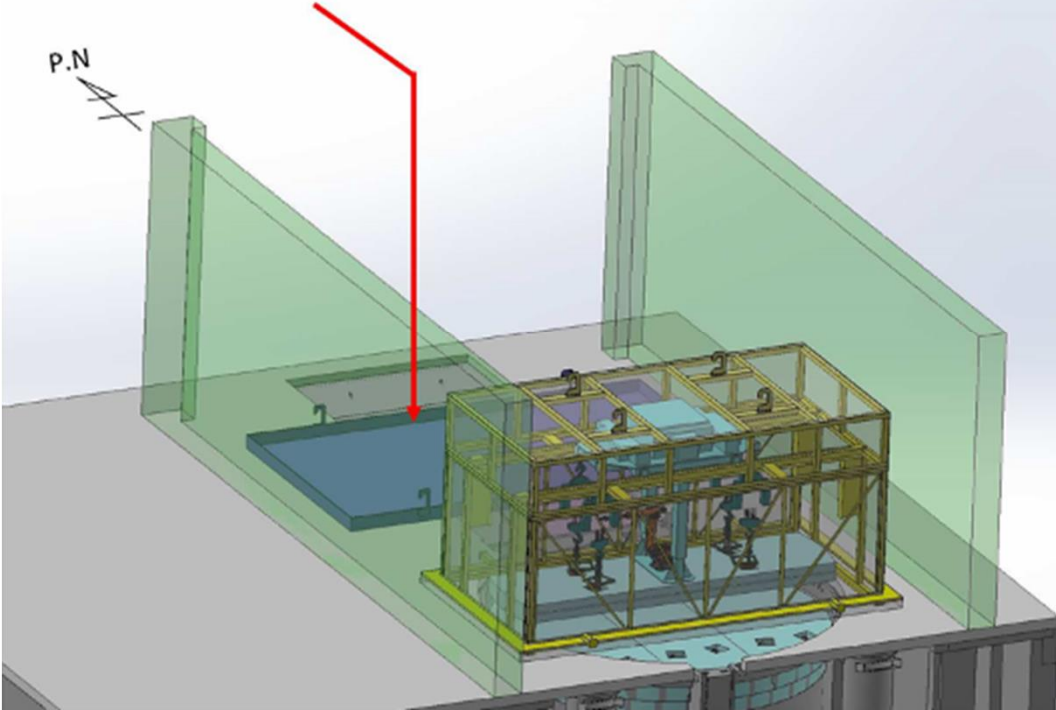
ステップ	移送 1：汚染拡大防止用カバーのハッチ解放	共通作業
イメージ図		
手順	汚染拡大防止用カバーのハッチを解放する。	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（27/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

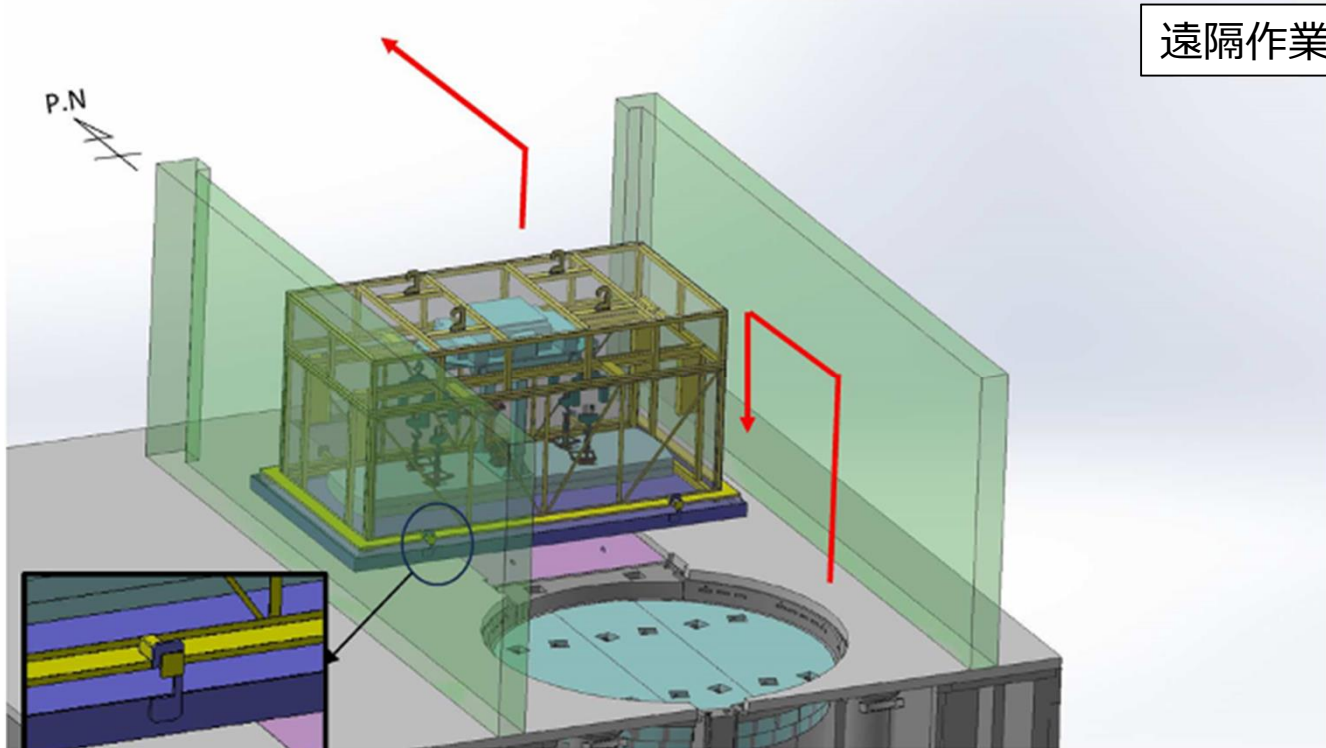
ステップ	移送 2：汚染拡大防止用パンの搬入	共通作業
イメージ図		
手順	クローラクレーンにて汚染拡大防止用パンをオペフロ上に搬入する。	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（28/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

ステップ	移送 3：ウェルシールドプラグの搬出	共通作業
イメージ図		
手順	クローラークレーンにて大型搬送装置を移動させ，汚染拡大防止用パンを取り付け，ウェルシールドプラグを搬出する。	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（29/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

ステップ	移送 4：ウェルシールドプラグの搬送（1/3）	共通作業
イメージ図		
手順	大型搬送装置をヤードに仮置く。	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（30/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

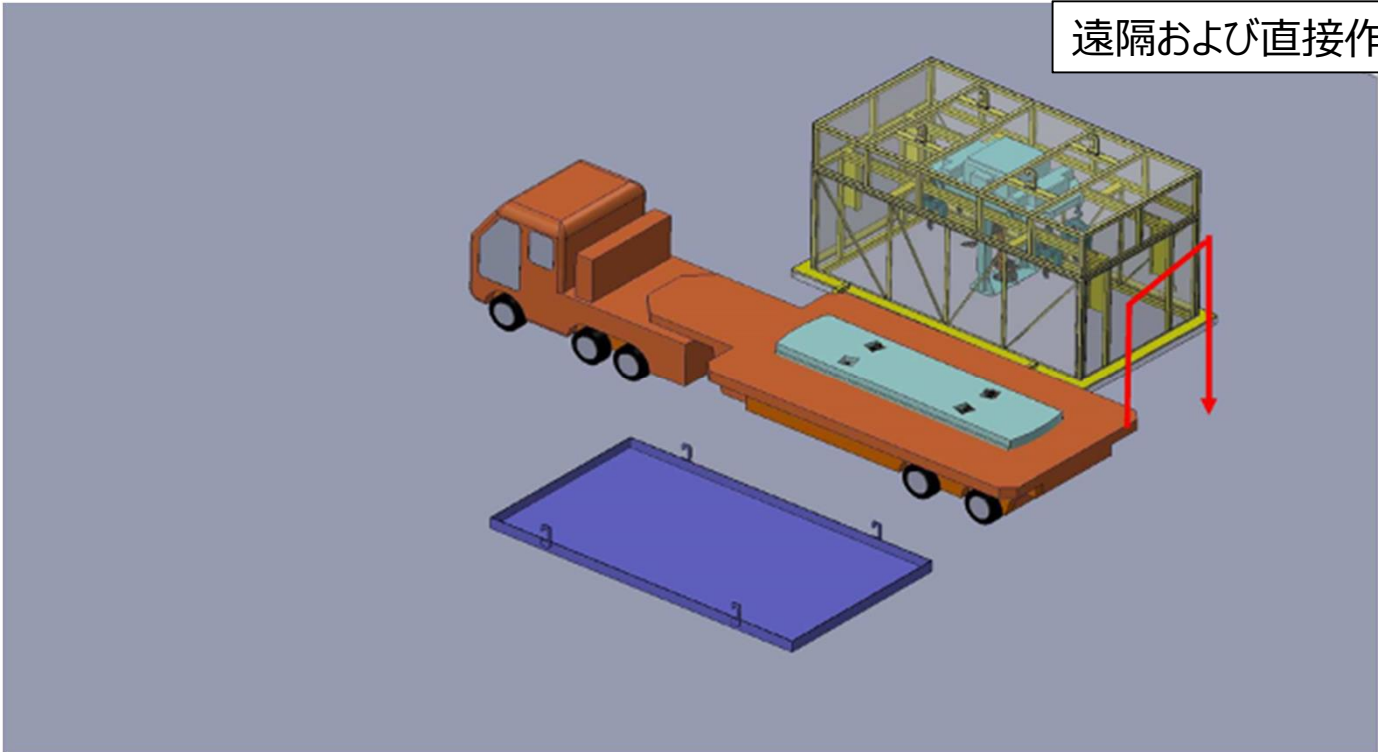
ステップ	移送 4：ウェルシールドプラグの搬送（2/3）	共通作業
イメージ図		
手順	汚染拡大防止用パンを取外し、大型搬送装置をトレーラーに仮置く	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（31/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

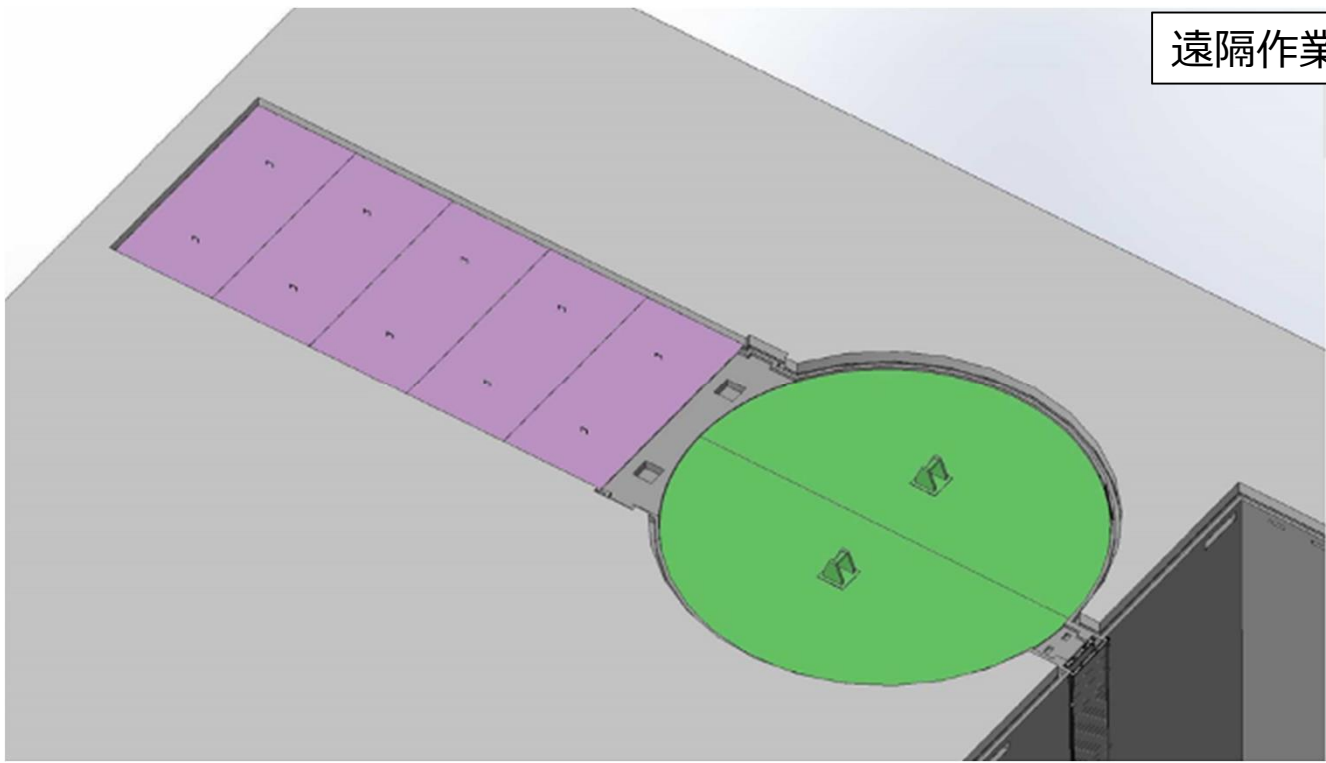
ステップ	移送 4：ウェルシールドプラグの搬送（3/3）	共通作業
イメージ図		
手順	シールドプラグをトレーに置きオート開閉フックを取り外す。その後、大型搬送装置をヤードに仮置く。	

8.添付資料4.3-6：工法3実機作業ステップ詳細（32/32）

Decom.Tech

ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

ステップ	移送5：仮設遮へい体の設置	共通作業
イメージ図		
手順	仮遮へい体を設置する。	

8.添付資料 添付資料4.4-1 工法1試験計画（1/11）

1号機

①SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（1号機）

◆ 主要な課題

- 本検討結果を受けて課題の抽出を実施した。課題および要素試験との対応を以下に示す。
- 抽出された課題の内、ラグ取合い治具の機能に関わる内容(表中のNo.1, 2)については「ラグ取合い治具単体試験」にて、
吊り点移動式吊り天秤の機能に関わる内容(表中のNo.3, 4)については「吊り天秤含む全体要素試験」にて確認することとした。

No.	課題	要素試験 確認項目	試験区分
1	遠隔作業によるラグ取合い治具の位置合わせ方法	ラグ取合い治具のカメラ映像の確認のみで遠隔操作を行い以下を確認する。 【確認項目】 ・遠隔操作でのラグ取合い治具の水平/高さ方向位置合わせ可否 ・遠隔操作でのラグへのラグ取合い治具姿勢合わせ可否	ラグ取合い治具単体試験にて確認
2	遠隔作業によるラグ取合い治具位置合わせ後のラグ把持方法	ラグ取合い治具設定後、遠隔操作によるラグ把持可否および落下防止対策の機能を確認する。 【確認項目】 ・遠隔操作でのフック挿入（ラグの把持）可否 ・落下防止用ロックピンの挿入可否	
3	遠隔作業による吊り天秤を用いた各ラグ取合い治具への玉掛作業方法	吊り天秤およびラグ取合い治具のカメラ映像の確認のみで遠隔操作を行い、以下を確認する。 【確認項目】 ・ウェルシールドプラグの4つの吊り金具（ラグ）への遠隔玉掛作業の可否。	吊り天秤含む全体要素試験にて確認
4	遠隔作業による吊り天秤の姿勢調整方法	【確認項目】 ・吊り天秤の吊り点移動機能によるプラグの姿勢調整の可否	

8. 添付資料 添付資料4.4-1 工法1試験計画（2/11）

① SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（1号機）

1号機

◆ 試験範囲

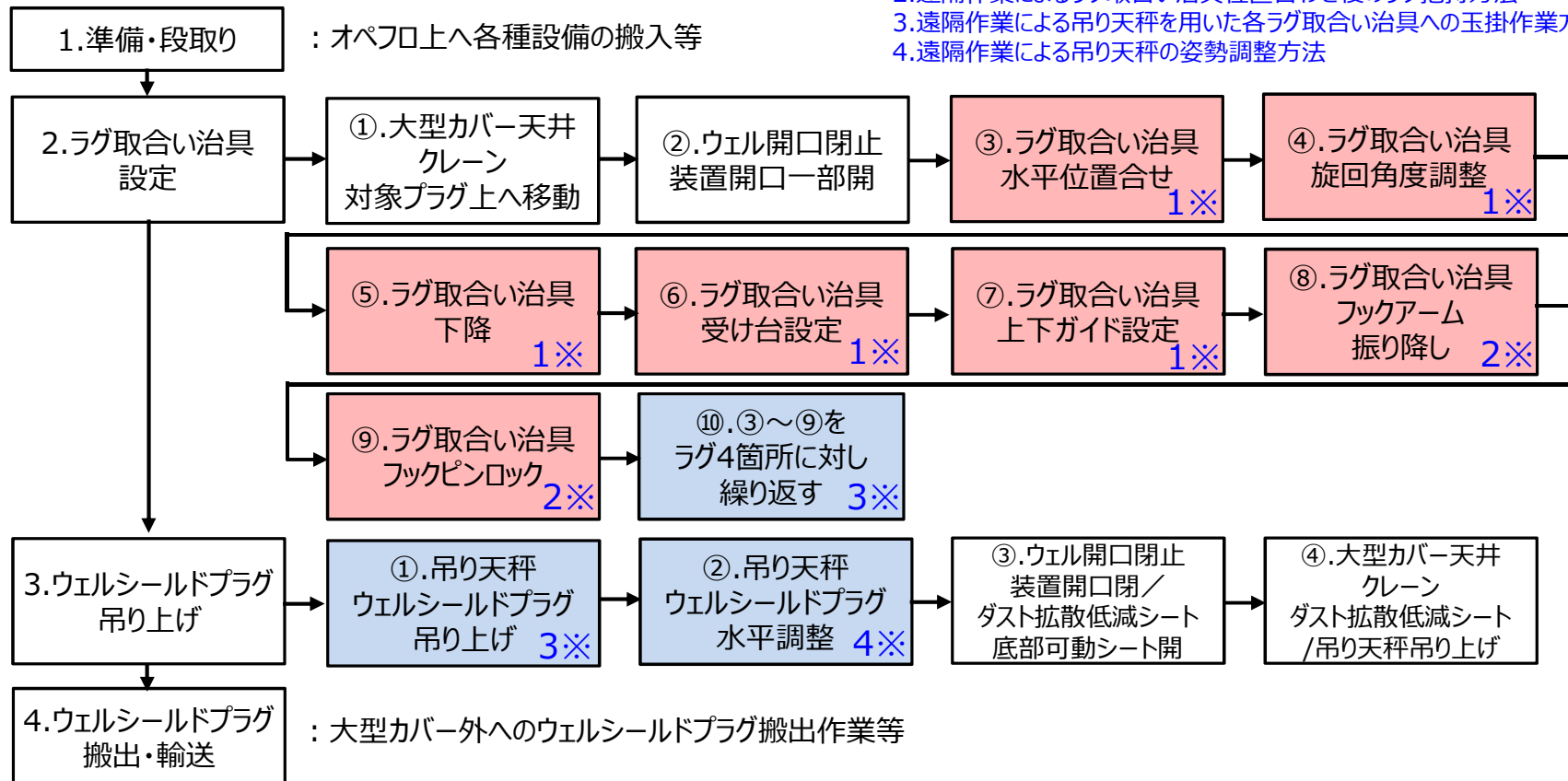
➤ 計画中的実機作業ステップ（下図参照）に対し、本年度に計画している各試験範囲を以下に示す。

- i. ラグ取合い治具単体試験：下図の2.③～2.⑨（下図の赤色）の作業
- ii. 吊り天秤含む全体要素試験：下図の2.③～3.②（下図の赤色，青色）の作業

※要素試験で確認する項目番号を以下に示す。

- 1.遠隔作業によるラグ取合い治具の位置合わせ方法
- 2.遠隔作業によるラグ取合い治具位置合わせ後のラグ把持方法
- 3.遠隔作業による吊り天秤を用いた各ラグ取合い治具への玉掛作業方法
- 4.遠隔作業による吊り天秤の姿勢調整方法

【計画中的実機作業ステップ】



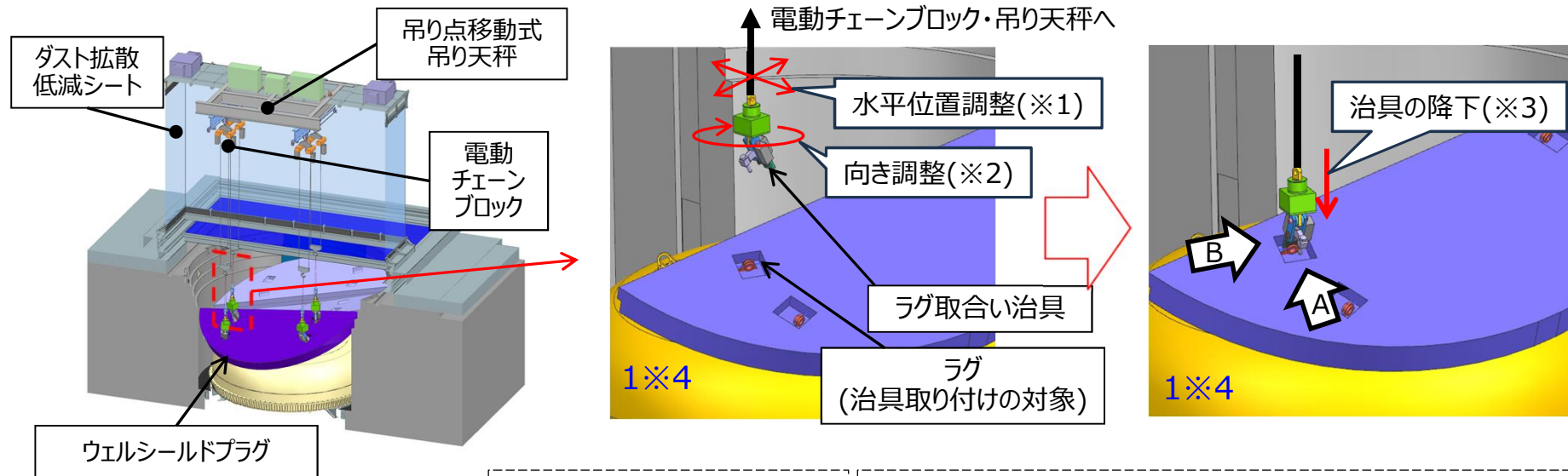
8. 添付資料 添付資料4.4-1 工法1試験計画 (3/11)

① SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法 (1号機)

1号機

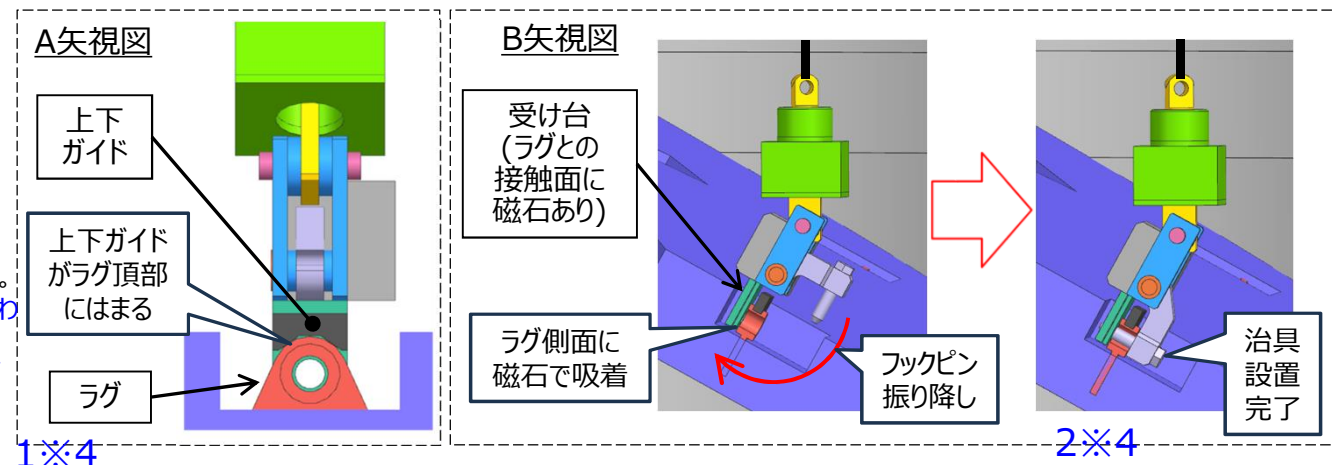
◆ 試験内容 (ラグ取合い治具単体試験)

- ラグ取合い治具単体試験で成立性を確認する実機作業 (前頁の2.③～2.⑨ の作業) イメージを以下に示す。
- 下図に示す本作業イメージは実作業の内容を記載する。



- ※1: 吊り点移動式吊り天秤の操作で調整。
 ※2: ラグ取合い治具自身の旋回機能で調整。
 ※3: 電動チェーンブロックの操作で調整。
 ※4: 単体試験で確認する項目番号を以下に示す。

1. 遠隔作業によるラグ取合い治具の位置合わせ方法
2. ラグ取合い治具による位置合わせ後のラグ把持の可否



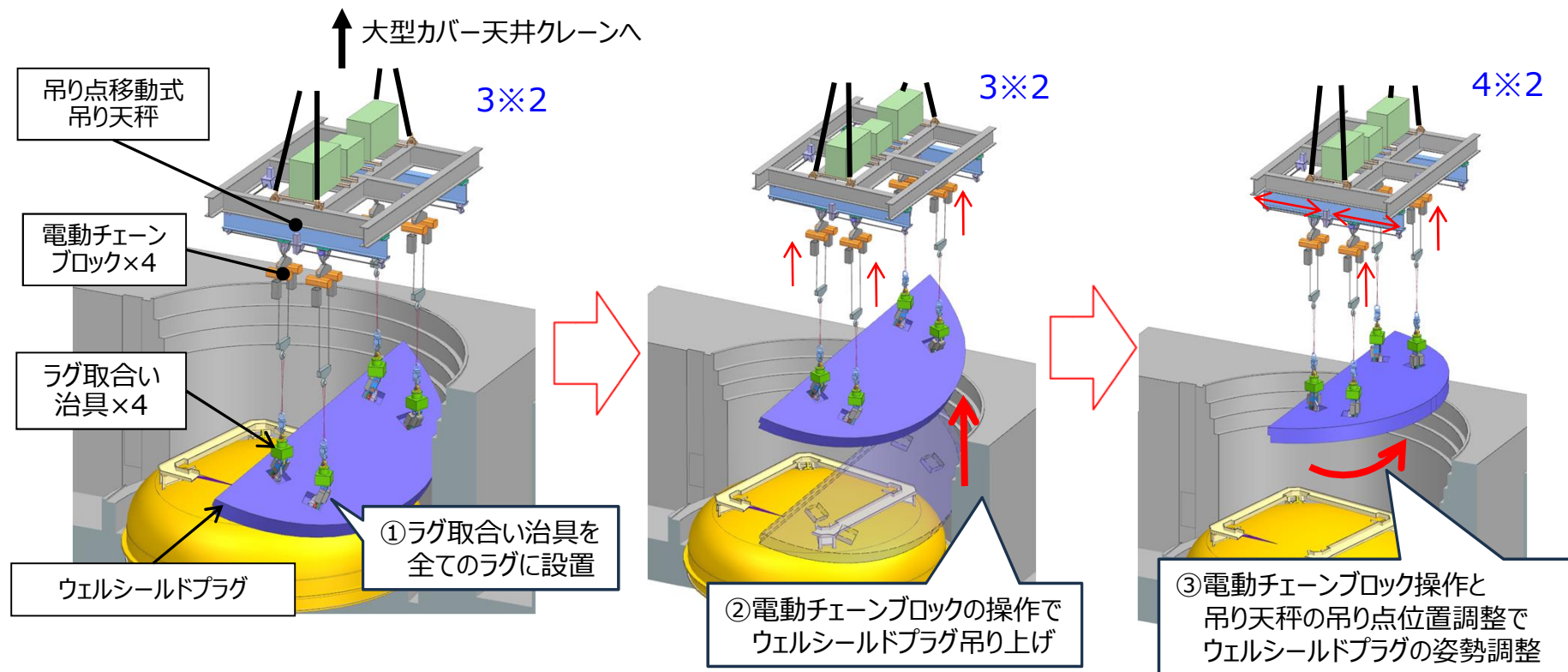
8. 添付資料 添付資料4.4-1 工法1試験計画 (4/11)

① SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法 (1号機)

1号機

◆ 試験内容 (吊り天秤含む全体要素試験)

- 吊り天秤含む全体要素試験で成立性を確認する実機作業 (前々頁の2.⑩～3.②の作業) イメージを以下に示す。



※1: ダスト拡散低減シートは非表示

※2: 要素試験で確認する項目番号を以下に示す。

3.遠隔作業による吊り天秤を用いた各ラグ取合い治具への玉掛作業方法

4.遠隔作業による吊り天秤の姿勢調整方法

8.添付資料 添付資料4.4-1 工法1試験計画（5/11）

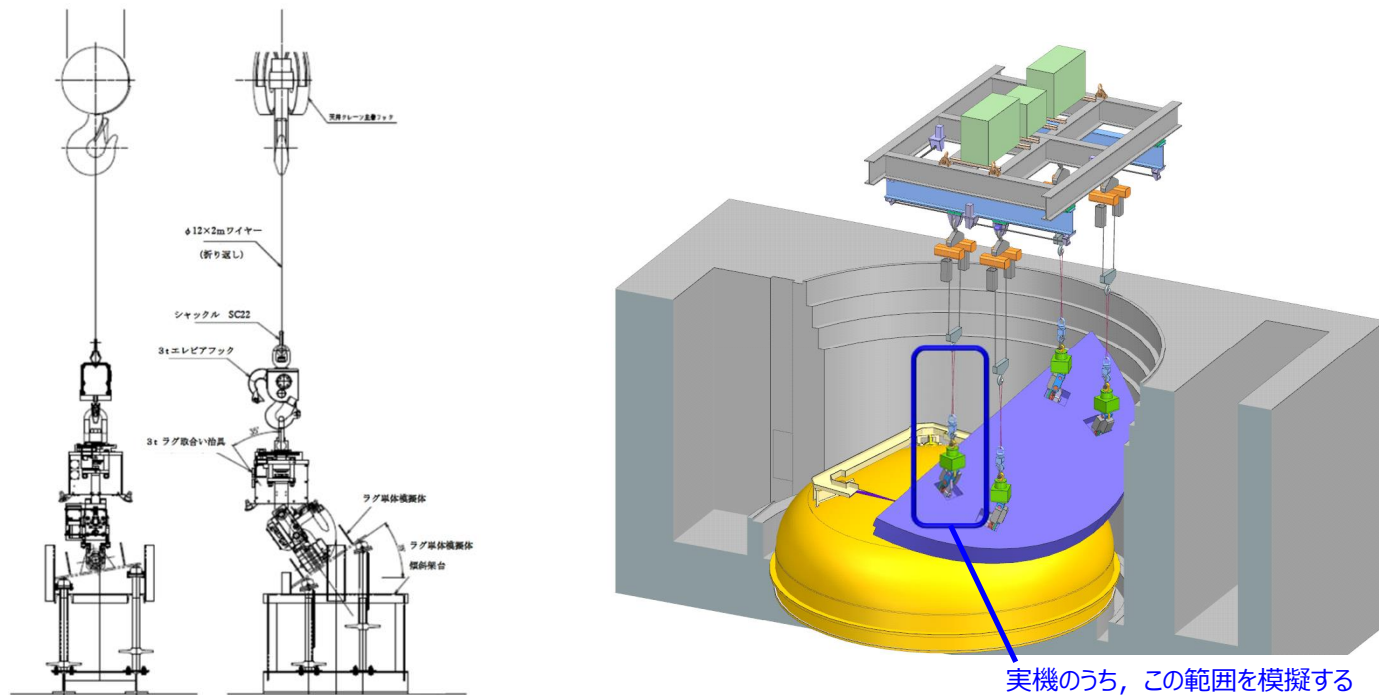
①SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（1号機）

1号機

◆ 試験設備（単体試験）

- 単体試験設備の概略図を下図に示す。
- 単体試験設備と実機との主な違いを下表に示す。

No	項目	単体試験設備の実機との違い	理由
1	概略寸法	試作機は実機の約 1/2スケールとする。	吊り上げ方法への影響は無いため。
2	模擬範囲	ラグ取り合い用治具のみ模擬	ラグ取り合い用治具のラグへの取り付け可否の確認を目的とするため。
3	使用するクレーン	工場内に設置されている天井クレーンを使用	操作性に影響は無いと考えるため。



8. 添付資料 添付資料4.4-1 工法1試験計画 (7/11)

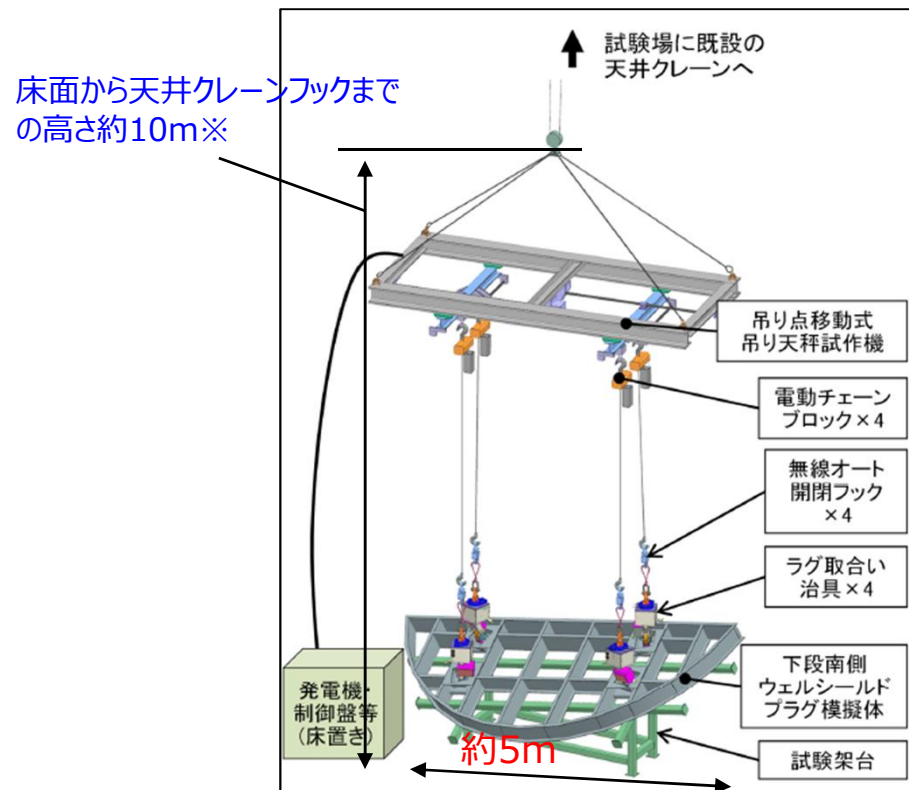
① SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法 (1号機)

1号機

◆ 試験設備の構造 (要素試験)

- 吊り具については、単体試験時のものと同様のものを使用
- 要素試験設備の概略図を下図に示す。

No	項目	要素試験設備の実機との違い	理由
1	概略寸法	試作機の寸法は1/2程度とする。	吊り上げ方法への影響は無いため。



※本試験においては、揺れに影響するワイヤやチェーンブロックの長さにつきましては、試験場の設備仕様（天井クレーンの揚程等）を考慮し可能な限り長い距離となるように計画した。

なお、実機において吊り天秤からウェルシールドプラグのラグまでの高さは12m程度の想定である。一方単体試験では、試験場の天井クレーンからのラグ模擬体までの高さは約10mの条件で試験を行っており、実機想定よりは小さいものの同程度の高さで位置合わせ可能なことは確認済みである。単体試験では、試験場既設の天井クレーンにて位置合わせを行ったが、実機では、より送り速度の小さいスクレージャッキを適用可能なため、揺れは更に小さくなると予想しており問題ないと考えた。

8. 添付資料 添付資料4.4-1 工法1試験計画 (8/11)

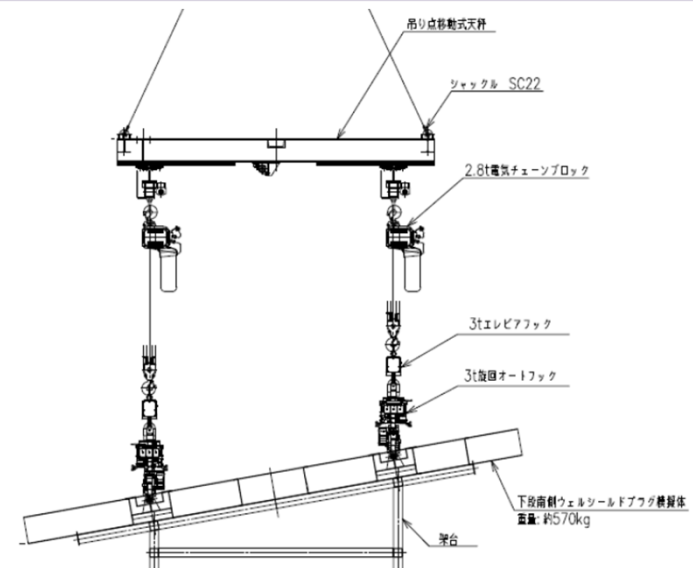
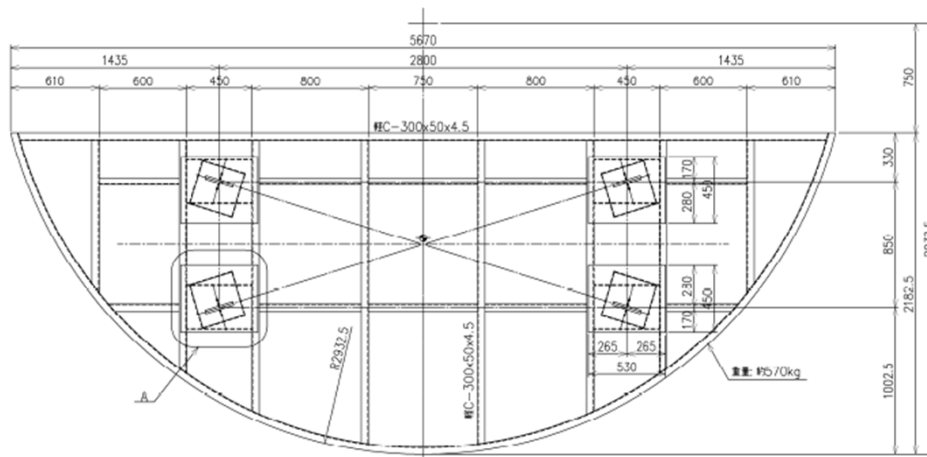
① SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法 (1号機)

1号機

◆ 試験設備 (要素試験ウェルシールドプラグ模擬体)

- 要素試験設備の概略図を下図に示す。
- ラグの形状, 寸法等は単体試験に使用したものと同様とする。
- ウェルシールドプラグの傾きを架台上に設置することで模擬する。
- 要素試験設備と実機との主な違いを下表に示す。

No	項目	要素試験設備の実機との違い	理由
1	概略寸法	ウェルシールドプラグ模擬体の寸法は1/2程度とする。	試験設備同様, 吊り上げ方法への影響は無いため。
2	重量	模擬しない	ラグ取り合い用治具のラグへの取り付け可否の確認を目的とするため。
3	ウェルシールドプラグの傾き	架台上にウェルシールドプラグ模擬体を設置	傾きを模擬できれば良いため。



8.添付資料 添付資料4.4-1 工法1試験計画（9/11）

①SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（1号機）

1号機

◆ 試験内容（単体試験）

➤ 試験での確認項目、確認内容を以下に示す。

No.	試験項目	試験概要
1	<u>ラグへの設置作業可否の確認</u> 【確認項目】 ・遠隔操作でのラグ取合い治具の水平/高さ方向位置合わせ可否の確認 ・遠隔操作でのラグへのラグ取合い治具姿勢合わせ可否の確認 ・遠隔操作でのフック挿入（ラグの把持）可否の確認	遠隔操作にて、ラグとラグ取合い治具の位置合わせ～設置までの手順を行い、作業の成立性の見通しや課題を確認する。なお、本試験では吊り点移動式天秤および電動チェーンブロックは試験場内の天井クレーン操作にて模擬する。
2	<u>落下防止策の妥当性確認</u> 【確認項目】 ・落下防止用ロックピンの挿入可否の確認 ・電源/無線切断時のロックピン挙動の確認（参考確認）	・ラグヘフック挿入後、落下防止策であるラグ取合い治具のロックピンの挿入可否を確認する。 ・電源/無線が切れた場合にロックピンが外れないことを確認。
3	<u>ラグ角度ズレの許容値確認（参考確認）</u> 【確認項目】 ・ウェルシールドプラグのラグの角度が現状の実機想定に対しズレていた場合にラグ取合い治具が設置可能なラグ角度	・実機ラグが現状想定に対し、5°程度大きく傾いていた場合に取り付け可能か確認。 ・ラグ取合い治具の中折れ角度とラグ角度が相対的に±5°ズレがあった場合に、取り付けが可能か確認

- 使用する試験体、設備を下記に示す
- ・ラグ取合い治具試作機(1式)
 - ・ラグ + ラグボックス模擬体(1式)
 - ・付帯設備（制御盤/コントローラ/モニター等）

8.添付資料 添付資料4.4-1 工法1試験計画（10/11）

①SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法（1号機）

1号機

◆ 試験内容（要素試験）

➤ 試験での確認項目，確認内容を以下に示す。

No.	試験項目	試験概要
1	<u>吊り上げ作業可否の確認</u> 【確認項目】 ・ウェルシールドプラグの4つの吊り金具（ラグ）への遠隔玉掛作業の実施可否の確認。 ・吊り天秤の吊り点移動機能によるウェルシールドプラグの姿勢調整の可否の確認	・今回試作した吊り天秤，ラグ取合い治具を組み合わせた機能を確認 ・吊り天秤およびラグ取合い治具の遠隔操作にて，ラグ取合い治具設置作業(4箇所)，吊り天秤によるプラグ吊り上げ/姿勢調整作業の成立性や課題を確認

- 使用する試験体，設備を下記に示す
- ・ラグ取合い治具試作機(4式)
 - ・吊り天秤試作機(1式)
 - ・ウェルシールドプラグ模擬体(1式)
 - ・付帯設備（制御盤/コントローラ/モニター等）

8. 添付資料 添付資料4.4-1 工法1試験計画 (11/11)

① SFP燃料取り出し用大型カバー設備を用いた撤去工法 (1号機)

1号機

- 単体試験の実施結果としては、問題なく以下課題を実施可能であることを確認した。
(下図参照)
 - ✓ ラグ取合い治具の遠隔作業による位置合わせの実施
 - ✓ ラグ取合い治具による位置合わせ後のラグ把持の実施
- そのため、要素試験で使用するラグ取り合い用治具は単体試験で使用したもので試験を行う。



8. 添付資料 添付資料4.4-2 工法2試験計画（1/7）

②大型一体搬出工法（3号機）

3号機

◆ 主要な課題

- 本検討結果を受けて課題の抽出を実施した。
- 主にダスト拡散低減設備の構想成立性、各開口閉止装置の結合状態（開閉状態）、各開口閉止装置間を切り離した状態でのダスト拡散低減シート内の負圧維持性能、大型搬送装置動作による負圧維持性能への影響等について、要素試験を行い、課題の潰しこみを行う。

No.	課題	要素試験 確認項目
1	ダスト拡散低減設備は開発品であり、既存設備として類似するものが無い為、設備としての構造成立性が不明である。	<u>ダスト拡散低減設備の構造成立性</u> ・開口閉止装置の開閉動作の成立性 ・負圧維持装置の負圧バランス成立性
2	開口閉止装置間の結合状態は、シート開口閉止装置の着座時のズレや、結合部に異物を挟み込むことによる影響を受ける可能性があるが、解析や机上検討のみでの評価は困難である。	<u>各開口閉止装置の結合状態（開閉状態）</u> ・結合部構造の成立性 ・結合時のズレによる開閉動作への影響
3	容易に形状が変化する（ダスト拡散低減）シート飛散抑制工法に採用する為、負圧エリアの容積変化が生じる可能性がある。当該容積変化は、負圧維持性能へ影響を与える可能性があるが、解析や机上検討のみでの評価は困難である。	<u>各開口閉止装置間を切り離した状態でのダスト拡散低減シート内の負圧維持性能</u> ・各開口閉止装置の気密性能 ・ダスト拡散低減シート構造の妥当性（撓み等）
4	ダスト拡散低減設備（ダスト拡散低減シート、負圧維持装置、シート開口閉止装置）は、シールドプラグ搬出装置により上昇・下降・停止動作を繰り返す。当該動作の変化に起因する加速度や対気速度の変化は負圧維持性能へ影響を与える可能性があるが、解析や机上検討のみでの評価は困難である。	<u>大型搬送装置動作による負圧維持性能への影響</u> ・加速度が生じることによる負圧維持装置（過負圧防止ダンパ等）への影響 ・加速度が生じた際のダスト拡散低減シート構造の妥当性（撓み等） ・ダスト拡散低減シート外部に気流が生じた際の負圧維持装置への影響
5	簡易解析モデルは過負圧防止ダンパ等の構造を反映していないため、より実機構造を反映した解析モデルにより圧力分布等が変化する可能性がある。ダスト拡散低減設備（ダスト拡散低減シート、負圧維持装置、シート開口閉止装置）は、シールドプラグ搬出装置により上昇・下降・停止動作を繰り返す。当該動作の変化に起因する加速度や対気速度の変化は負圧維持性能へ影響を与える可能性があるが、解析や机上検討のみでの評価は困難である。	— （実機構造をより細部まで模擬した解析モデルによる気流解析）

8. 添付資料 添付資料4.4-2 工法2試験計画 (2/7)

②大型一体搬出工法 (3号機)

※要素試験で確認する項目番号を以下に示す。

- 1.ダスト拡散低減設備の構造成立性：要素試験すべてで確認する
- 2.各開口閉止装置の結合状態の確認
- 3.各開口閉止装置間を切り離れた状態でのダスト拡散低減シート内の負圧維持性能
- 4.大型搬送装置動作による負圧維持性能への影響

3号機

◆ 試験範囲

➤ 実機想定作業のうち、要素試験の範囲を下図に示す。

□：要素試験対象

作業フロー					
主要作業 ステップ	サブステップ	詳細フロー			
ウェルシールドプラグ 搬出 (上段) (下段)	①シート開口閉止装置着座	ウェル開口閉止装置 先頭台車移動 2※	シールドプラグ搬出装 置移動位置合わせ 4※	天秤降下 4※	シート開口閉止装置 着座 2※
	②シート開口閉止装置, ウェル開口閉止装置同時開放	開口閉止装置の開放 2※			
	③ウェルシールドプラグ 吊り上げ	ラグ取合い治具降下	天秤の位置微調整 4※	ラグ接続	ウェルシールドプラグ 吊り上げ
		天秤の位置戻し 4※			
	④シート開口閉止装置, ウェル開口閉止装置同時閉止	開口閉止装置の閉止 2※			
	⑤シート開口閉止装置離脱	天秤上昇 3,4※			
	⑥シート開口閉止装置着座	搬送台車の移動 位置合わせ 4※	天秤降下 4※	着座 2※	
	⑦シート開口閉止装置, 搬出 容器開口閉止装置同時開放	開口閉止装置の開放 2※			
	⑧ウェルシールドプラグ吊り下し	ウェルシールドプラグ吊 り下し 2※	ラグ接続の開放	ラグ取合い治具上昇	
	⑨ウェルシールドプラグ搬出	開口閉止装置の閉止	天秤上昇 3,4※	搬送台車の移動	

8. 添付資料 添付資料4.4-2 工法2試験計画 (3/7)

②大型一体搬出工法 (3号機)

3号機

◆ 試験範囲 (続き)

 : 上段からの追加箇所

作業フロー					
主要作業 ステップ	サブステップ	詳細フロー			
ウェルシールドプラグ 搬出 (中段)	①ウェル開口閉止装置切り替え	ウェル開口閉止装置の 開放 (下段)	ウェル開口閉止装置の 開放 (上段)		
	②シート開口閉止装置回転	天秤回転 4※			
	③シート開口閉止装置着座	天秤横行 4※	シールドプラグ搬出装 置移動位置合わせ	天秤降下 4※	着座確認 2※
	④シート開口閉止装置, ウェル開口閉止装置同時開放	開口閉止装置の開放	2※		
	⑤ウェルシールドプラグ 吊り上げ	ラグ取合い治具降下	天秤の位置微調整 4※	ラグ接続	ウェルシールドプラグ 吊り上げ
		天秤の位置戻し 4※			
	⑥シート開口閉止装置, ウェル開口閉止装置同時閉止	開口閉止装置の閉止	2※		
	⑦シート開口閉止装置離脱	天秤上昇 3,4※	天秤横行 4※	天秤回転 4※	
	⑧シート開口閉止装置着座	搬送台車の移動 位置合わせ	天秤降下	着座	
	⑨シート開口閉止装置, 搬出 容器開口閉止装置同時開放	開口閉止装置の開放			
	⑩ウェルシールドプラグ吊り下し	ウェルシールドプラグ吊 り下し	ラグ接続の開放	ラグ取合い治具上昇	
	⑪ウェルシールドプラグ搬出	開口閉止装置の閉止	天秤上昇	搬送台車の移動	

8. 添付資料 添付資料4.4-2 工法2試験計画 (4/7)

3号機

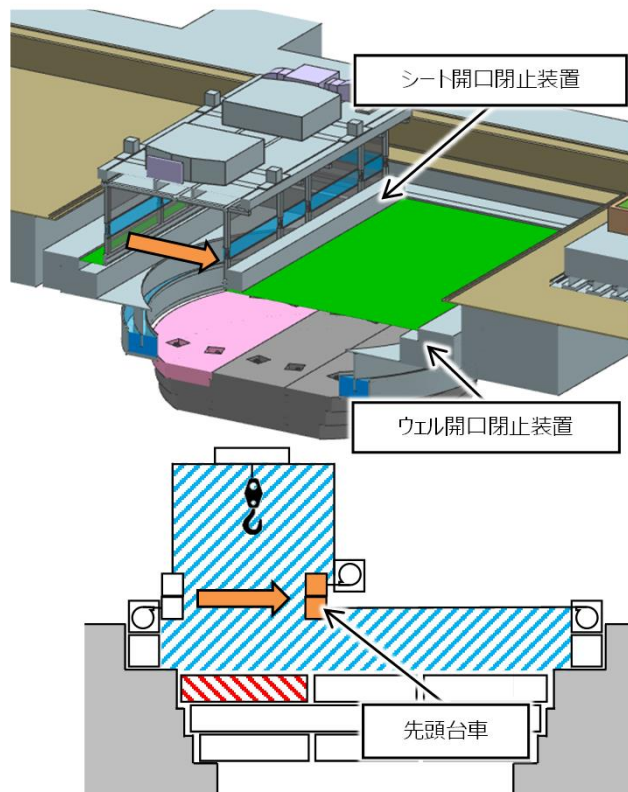
②大型一体搬出工法 (3号機)

◆ 試験内容

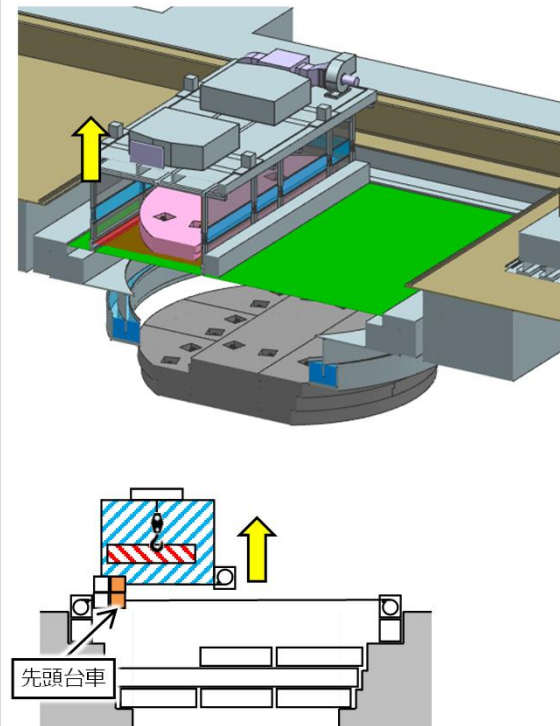
- 実機手順のうち、試験で確認する工法、内容を下図に示す。
- 下図に示す本作業イメージは実作業の内容を記載する。

※要素試験で確認する項目番号を以下に示す。

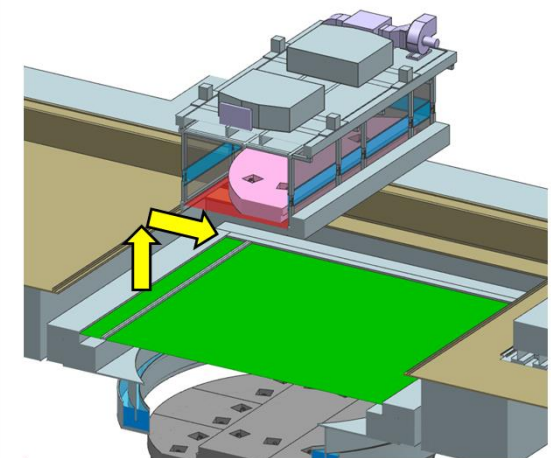
- 1.ダスト拡散低減設備の構造成立性：すべての作業で実施
- 2.各開口閉止装置の結合状態の確認
- 3.各開口閉止装置間を切り離れた状態でのダスト拡散低減シート内の負圧維持性能
- 4.大型搬送装置動作による負圧維持性能への影響



2. 各開口閉止装置の結合状態の確認



3. 各開口閉止装置間を切り離れた状態でのダスト拡散低減シート内の負圧維持性能の確認



4. 大型搬送装置動作による負圧維持性能への影響

8. 添付資料 添付資料4.4-2 工法2試験計画 (5/7)

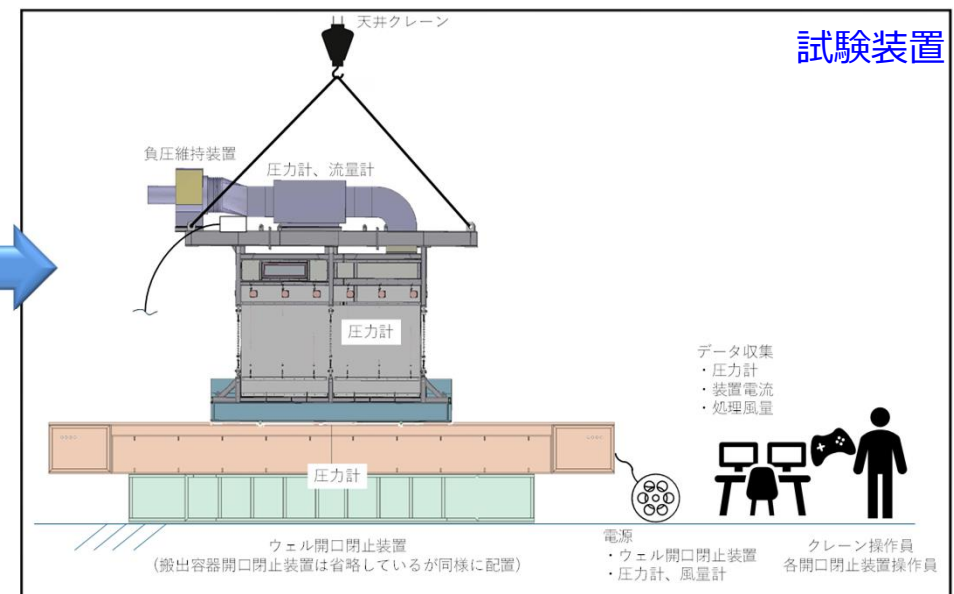
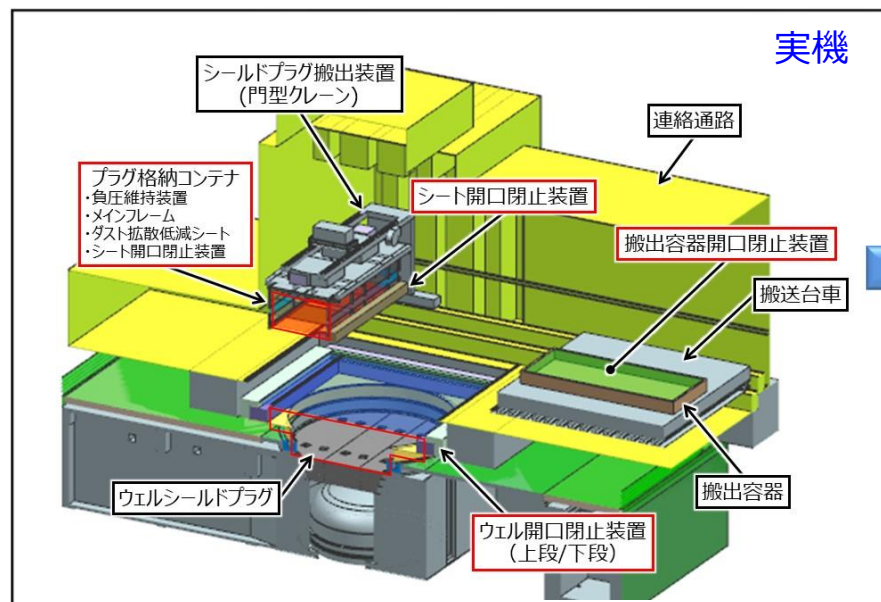
②大型一体搬出工法 (3号機)

3号機

◆ 試験設備

- 要素試験設備の概略図を下図に示す。
- 要素試験設備と実機との主な違いを下表に示す。詳細は添付資料4.2.2-1参照

No	項目	要素試験設備の実機との違い	理由
1	模擬範囲	放射性ダスト拡散施設のみ模擬	試験目的が放射性ダスト拡散低減の確認のため。
2	ウェルシールドプラグ	模擬しない。	同上
3	概略寸法	負圧維持に関わる部品の構造を1/1模擬し、同じ構造が連続する箇所は短くするように要素試験装置を設計した。	計測した要素試験装置における単位面積当たりの通気量($m^3/(h \cdot m^2)$)を用いて、実機の面積から実機の通気量(m^3/h)を算出することができるため、縮小した要素試験装置の結果で実機の評価を行うことができる。



8. 添付資料 添付資料4.4-2 工法2試験計画 (6/7)

②大型一体搬出工法 (3号機)

3号機

◆ 試験内容 (1/2)

➤ ダスト拡散低減設備の要素試験内容を以下に示す。

No.	試験項目	試験概要
1	<u>ダスト拡散低減設備の構造成立性</u> 【確認項目】 (1-1)開口閉止装置の開閉動作の成立性 (1-2)負圧維持装置の負圧バランス成立性※1	(1-1)開口閉止装置単体における開閉動作が所定の仕様を満たしていることを確認する。 (1-2)ダスト拡散低減設備の各機器単体または組合せにおいて、閉じ込め性能が所定の仕様を満たしていることを確認する。
2	<u>各開口装置の結合状態(開閉状態)</u> 【確認項目】 (2-1)結合部構造の成立性 (2-2)結合時のズレによる開閉動作への影響	(2-1)開口閉止装置が結合・開閉の動作を行い、所定の仕様を満たしていることを確認する。 (2-2)開口閉止装置の着座位置がずれた際の開閉動作への影響を確認する。
3	<u>各開口閉止装置間を切り離した状態でのダスト拡散低減シート内の負圧維持性能</u> 【確認項目】 (3-1)各開口閉止装置の気密性能 (3-2)ダスト拡散低減シート構造の妥当性(たわみ等)	(3-1)結合した状態からシート開口閉止装置を切り離し、切り離した際の負圧維持可否を確認する。 (3-2)結合した状態からシート開口閉止装置を切り離し、切り離した際の負圧維持可否を確認しつつ、ダスト拡散低減シートの挙動を監視する。

※1負圧維持装置を用いてダスト拡散低減シート内を微負圧(目標値10Pa_{diff} 程度※2)に保つことを目標とする。※2ウェルシールドプラグのダスト粒径は、前提条件では主に0.3～0.5 μ m(全体の91.8%)であり、一般的なクリーンルームが対象としているものと同じである。一般的なクリーンルームは、10～20Pa 程度で十分な清浄度を維持しており、ダスト拡散低減設備も同程度の差圧でダスト拡散低減が可能と考えて設定した。

注:「監視」は、負圧維持ができなかった場合の原因を探ることを目的としてその部位の測定等を行うことが難しい箇所を対象に行う。

(例 ダスト拡散低減シートの変形、過負圧防止ダンパの開閉 等)

8. 添付資料 添付資料4.4-2 工法2試験計画 (7/7)

②大型一体搬出工法 (3号機)

3号機

◆ 試験内容 (2/2)

- ダスト拡散低減設備の要素試験内容を以下に示す。

No.	試験項目	試験概要
4	<u>大型搬送装置動作による負圧維持性能への影響</u> 【確認項目】 (4-1) 加速度が生じることによる負圧維持装置への影響 (4-2) 加速度が生じた際のダスト拡散低減シート構造の妥当性 (4-3) ダスト拡散低減シート外部に気流が生じた際の負圧維持装置への影響	(4-1) 水平及び鉛直動作を行い加速度を生じさせた際の負圧維持可否を確認しつつ、過負圧防止ダンパの挙動を監視する。 (4-2) 水平及び鉛直動作を行い加速度を生じさせた際の負圧維持可否を確認しつつ、ダスト拡散低減シートの挙動を監視する。 (4-3) 水平動作及び回転動作を行った際の負圧維持可否を確認しつつ、過負圧防止ダンパの挙動を監視する。
5	<u>ワンスルー試験</u> 【確認項目】 負圧維持の可否	実機の作業ステップから負圧維持に関わる作業ステップを抜き出し、実施する全ての作業ステップにおいて負圧維持可否を確認する。
6	<u>シート破損時の負圧維持性能</u> 【確認項目】 負圧維持の可否	ダスト拡散低減シートが破損した状態を切り込みを入れることで模擬し、その状態ワンスルー試験を行う。
7	<u>フィルタ最終圧損時の負圧維持性能</u> 【確認項目】 負圧維持の可否	フィルタが最終圧損に到達した状態を模擬した状態でワンスルー試験を行う。

注：「監視」は、負圧維持ができなかった場合の原因を探ることを目的としてその部位の測定等を行うことが難しい箇所を対象に行う。

8. 添付資料 添付資料4.4-3 工法3試験計画（1/6）

③ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

- 本検討結果を受けて課題の抽出を実施した。
- 主に非破壊検査，破損したウェルシールドプラグの搬送方法，ダスト拡散低減方法に課題があり，要素試験を行い課題の潰しこみを行う。
- 試験で使用するウェルシールドプラグ模擬体への損傷方法としては，実際の現象（衝撃荷重によるもの）と違い静的荷重で模擬したが，以下理由による損傷範囲が広くなることから保守的な状態での試験を実施することとなる。
【静的荷重と衝撃荷重の比較】
静的過重と衝撃荷重で比較が必要な項目を以下と考えており，その考えを以下に示します。
 - ・新規ラグの設置範囲
新規ラグ設置箇所はコンクリートが破損していない箇所とする必要があり，設置範囲については，静的荷重による付加の方が一般的に損傷範囲は広くなるため，衝撃に比べ保守的となります。
 - ・鉄筋の状態
鉄筋が破断するか否かについては，衝撃荷重，静的荷重で違いますが，本検討では破断した状態（保守的な状態）でも吊り上げる方法を検討いたします。
- 試験内容を次頁に示す。

8. 添付資料 添付資料4.4-3 工法3試験計画（2/6）

③ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

➤ 試験項目を下表に示す。

No.	課題	要素試験 確認項目
1	ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊検査方法	ラグや鉄筋を対象とし健全性の確認を行う。要素試験では、遠隔操作性に加え測定可否を確認する。 【確認項目】 ・ラグ固定部の損傷状態の確認可否 ・上部配筋の亀裂や破断等の確認可否 ・上記の遠隔操作
2	破損したウェルシールドプラグの搬送方法	状態確認結果から、ラグや鉄筋の状態に応じた吊り上げ方法が必要になる。要素試験では、吊り上げ・搬送時の作業手順に対し、遠隔操作が難しいと想定する以下項目に対して試験を行う。 【確認項目】 ・遠隔操作によるラグカバー撤去可否 ・既設ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ可否 ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ可否
3	ダスト拡散低減方法	ウェルシールドプラグ搬送時のダスト拡散低減方法として必要と考えられる以下項目に対して試験を行う。 【確認項目】 ・ダスト拡散低減効果

8. 添付資料 添付資料4.4-3 工法3試験計画（3/6）

③ ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

◆ 試験範囲

- 実機想定作業のうち、要素試験の範囲を下図に示す。

※要素試験で確認する項目番号を以下に示す。
 1. ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊
 検査方法
 2. 破損したウェルシールドプラグの搬送方法
 3. ダスト拡散低減方法

 : 要素試験対象

作業フロー					
主要作業 ステップ	サブステップ	詳細フロー			
ウェルシールドプラグ 搬出	① ウェルシールドプラグ状態確認（ラグの状態確認含む）	大型搬送装置設置	ラグカバー取り外し 2※	ラグ周辺外観確認	非破壊検査装置把持（ロボットアーム）
		ラグ周辺コンクリート非破壊検査 1※	非破壊検査装置持ち替え	上部鉄筋非破壊検査	1※
	② 設備構築	大型搬送装置退避	オペフロ上に飛散抑制用カバー設置	ハッチ取り外し	
	④ 吊り上げ	ウェルシールドプラグの状態に応じた吊治具準備	大型搬送装置をオペフロ上に設置	ウェルシールドプラグ吊り上げ 2,3※	
	⑥ 搬送（ウェル上部⇒ヤード（仮））	大型搬送装置をヤード内へ搬送			
	⑦ 仮設遮へい体設置	仮設遮へい体設置 2※			

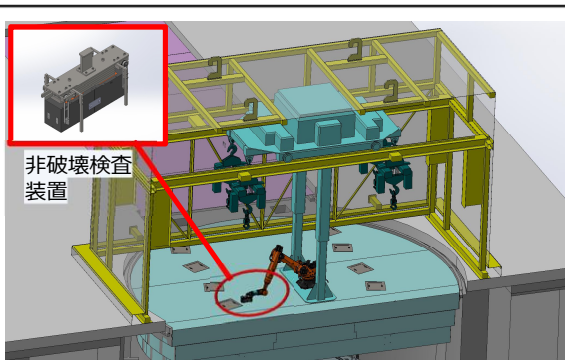
8. 添付資料 添付資料4.4-3 工法3試験計画（4/6）

③ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

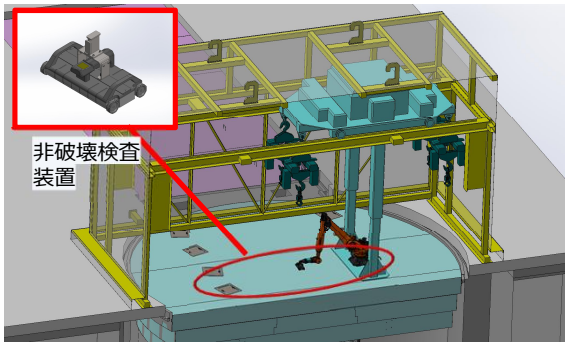
3号機

◆ 試験概要

- 各課題に対する確認作業イメージを下図に示す。

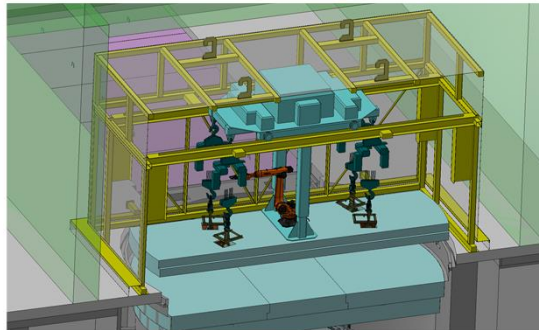


ラグ周辺の非破壊検査

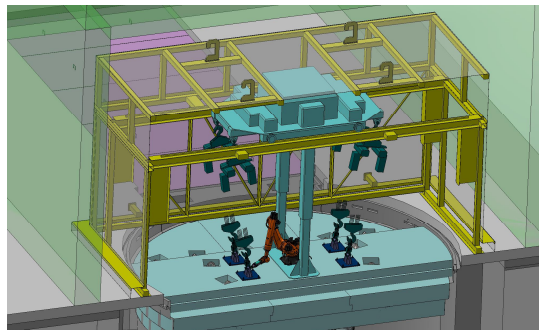


上部鉄筋の非破壊検査

1. ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による
非破壊検査方法

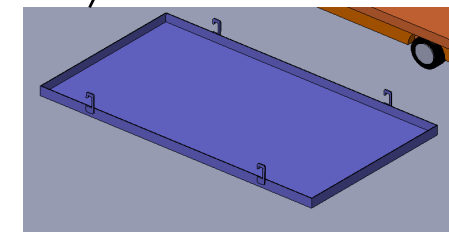
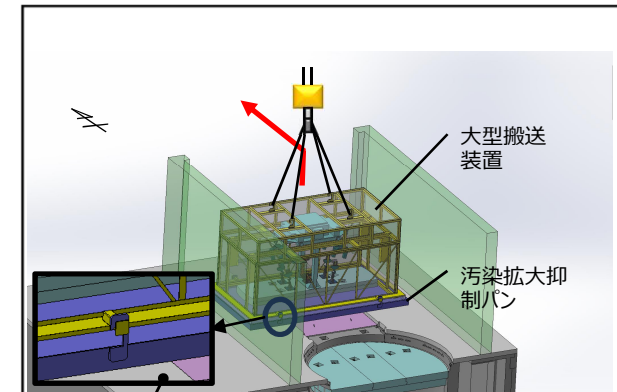


既設ラグを使用する場合



新規ラグを使用する場合

2. 破損したウェルシールドプラグの搬送方法



汚染拡大抑制パン
ウェルシールドプラグ搬出時下面に敷き、飛散
抑制を図る。

3. ダスト拡散低減方法

8. 添付資料 添付資料4.4-3 工法3試験計画（5/6）

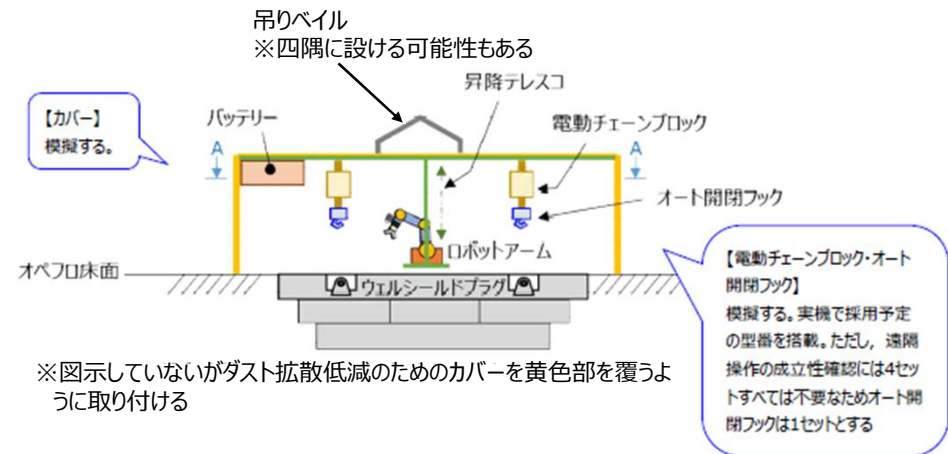
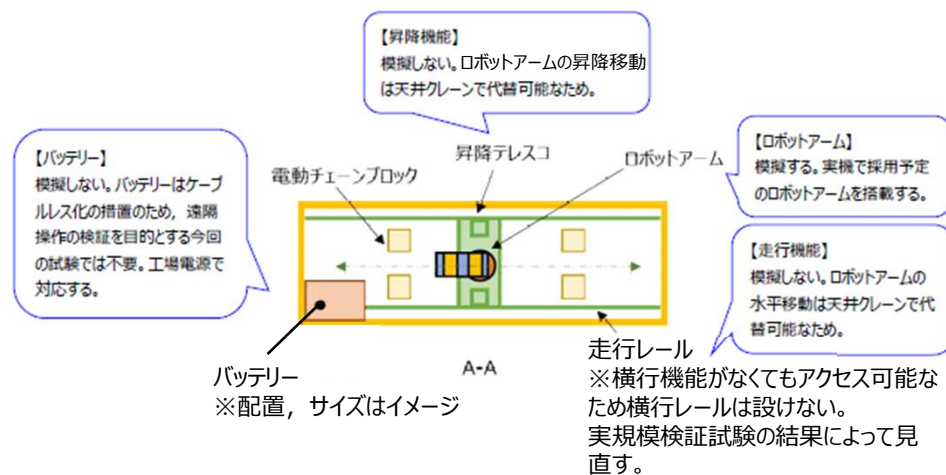
3号機

③ ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

◆ 試験設備

- 要素試験設備の概略図を下図に示す。
- 要素試験設備と実機との主な違いを下表に示す。

No	項目	要素試験設備の実機との違い	理由
1	昇降テレスコ	要素試験装置はクレーン操作により模擬する。	昇降テレスコは既存で入手可能のため、技術的課題は無いと考える。
2	走行機能	要素試験ではクレーン操作により水平移動を模擬する。	技術的課題は無いと考える。また、要素試験ではクレーン操作で模擬可能と考える。
3	バッテリー	模擬しない。	遠隔操作の検証を目的とするため。



8. 添付資料 添付資料4.4-3 工法3試験計画（6/6）

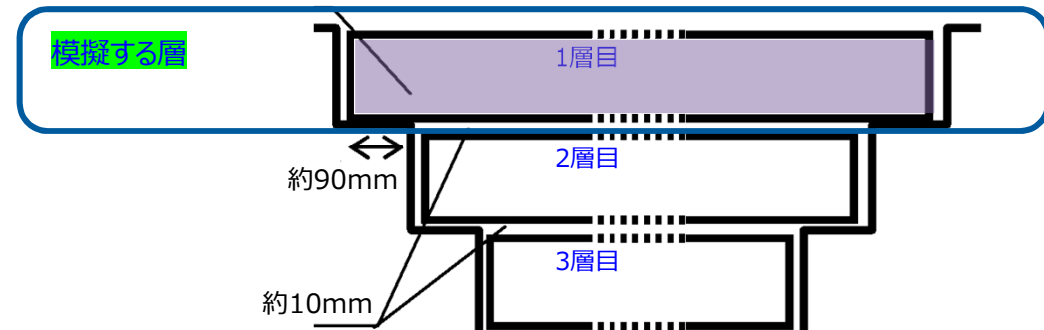
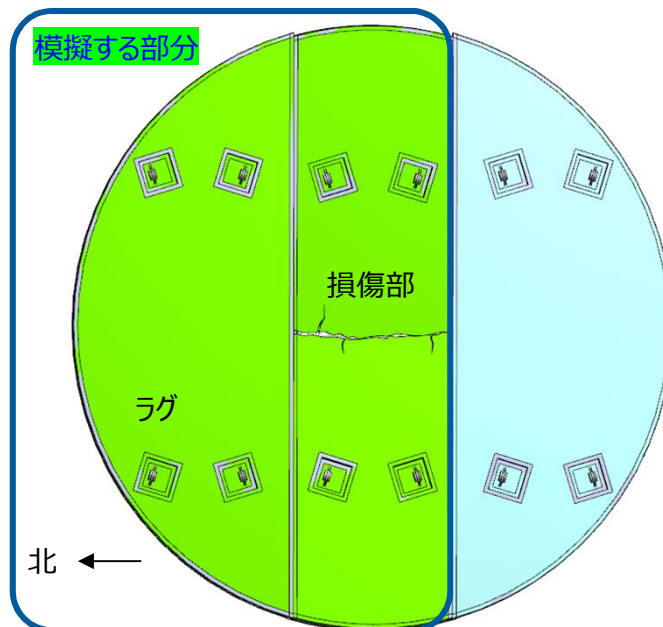
③ ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法（3号機）

3号機

◆ 試験設備（要素試験ウェルシールドプラグ模擬体）

- 要素試験で使用するウェルシールドプラグの概要を下図に示す。
- 構造、寸法、重量は実機を模擬する。
- 損傷状態（中央部300mmの変形）も模擬する。
- 要素試験設備と実機との主な違いを下表に示す。詳細は添付資料4.4.3-1参照

No	項目	要素試験設備の実機との違い	理由
1	模擬範囲	ウェルシールドプラグ1層目の中央部と北側端部のみとする（下図参照）。	模擬しない箇所も同様の吊り上げで実施可能と考えるため。



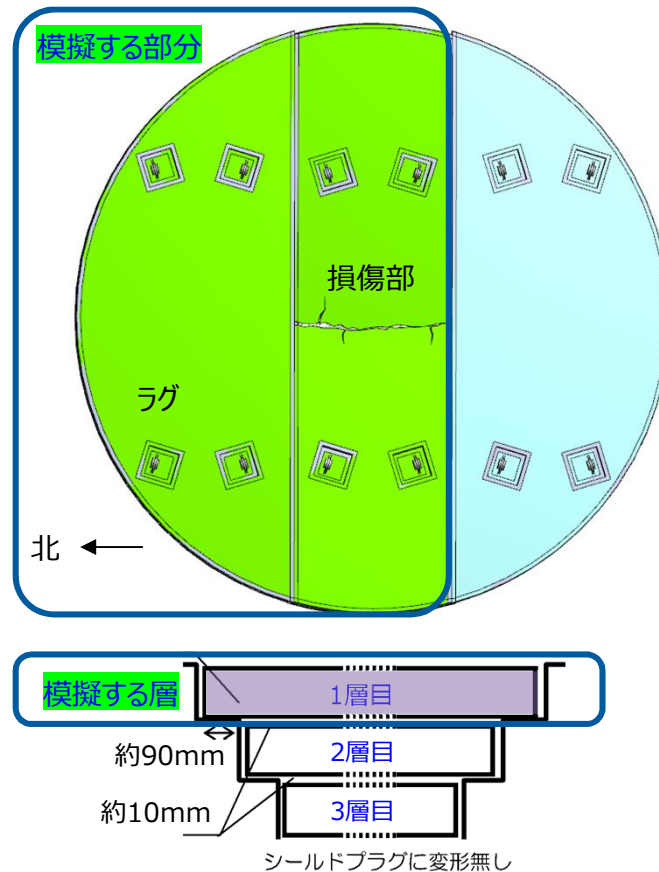
8. 添付資料 添付資料4.4.3-1 工法3ウェルシールドプラグ模擬体（1/2）

Decom.Tech

3号機

◆ 試験設備

実規模ウェルシールドプラグ模擬体



出典：東京電力ホールディングス 福島第一原子力発電所
3号機原子炉建屋上部がれき撤去後の建屋躯体調
査結果について

【模擬範囲】

項目	内容	備考
対象の層	1層目のみ模擬する。	-
対象の部分	・中央部：模擬する。 ・左右部：北側のみ模擬する。	・中央部については予備を1基準備する。 ・左右部は同様の構造※のため、片側のみを模擬することとする。

※正確には南側のウェルシールドプラグには径方向にして70mmの切り欠きが部分的にあるため、差異はあるが搬送試験には関係のないと考え、切り欠きを設ける必要のない北側を模擬する。

【模擬方針】

項目	内容	実機の仕様との差異比較
鉄筋	材質	SD345
	径	上部鉄筋：D25 中段鉄筋：D32 下部鉄筋：D32
	配置間隔	本数、間隔ともに実機仕様で模擬する。
コンクリート	スケール	1/1スケール
	圧縮強度	225kg/cm ²
	構造	円弧形状も含め実機仕様で模擬する。
	ライニング有無	なし
ラグ	材質	SS400（塗装なし）
	構造	実機仕様で模擬する※。
	配置	実機仕様にて配置する。

※ラグカバーの図面（構造・材質のわかる情報）がないため、写真から推測し形状を模擬する。材質はSUS304とする。

【損傷部の模擬方針】

項目	内容	備考
損傷量（変形量）	中央に様に300mm程度	実機と同等
損傷付与の方法（変形のさせ方）	静的荷重にて変形量を管理して損傷を模擬する。	事前検証試験（縮小版試験）と同等

【その他】

損傷部と躯体部との接触有無を確認するため、躯体部を模擬しクリアランスを実機と同等とする。

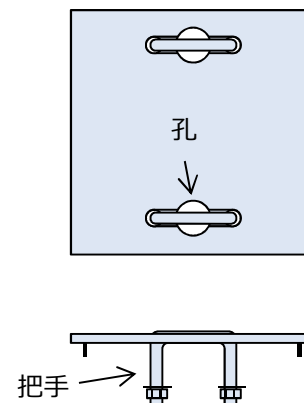
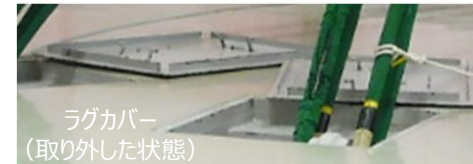
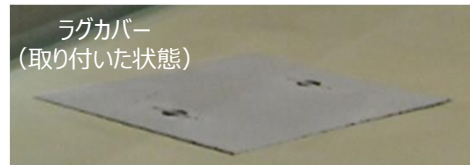
©Decom.Tech

8. 添付資料 添付資料4.4.3-1 工法3ウェルシールドプラグ模擬体（2/2）

Decom.Tech

3号機

ラグカバー



※ラグカバーの図面（構造・材質のわかる情報）がないため、写真から推測し形状を模擬する。材質はSUS304とする。

8. 添付資料 添付資料4.5-1 工法1試験結果（1/8）

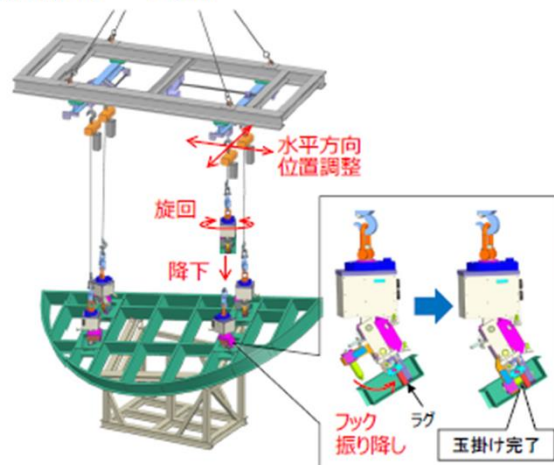
① ラグ取合い治具4台の設置可否の確認結果

【試験目的】・遠隔操作による、ウェルシールドプラグの4つのラグへの治具取り付け(玉掛け)作業の成立性や課題を確認。

【試験概要】・吊り天秤やラグ取合い治具を遠隔操作しラグへの位置/向き合わせを行い、4つのラグへの玉掛けを実施。

【試験条件】①ウェルシールドプラグおよびラグの傾き:実機相当 ②ラグ取合い治具の中折れ角度:ラグのX軸方向角度と一致

【試験イメージ図】



【試験状況】



治具取付け作業中



ラグへの取り付け状態

【試験結果】 各ラグへの取付け可否確認結果

ラグ位置	ラグ傾き角度(°)		治具の中折れ角度(°)	取付け可否
	X軸方向	Y軸方向		
北西	29.1	1.7	29.1	可
南西	22.8	17.3	22.8	可
北東	22.8	17.3	22.8	可
南東	29.1	1.7	29.1	可

・ 試験要領書に記載の要領(9月の単体試験にて確認した手順)にて、問題なく遠隔での治具取り付け作業(※)が可能であった。

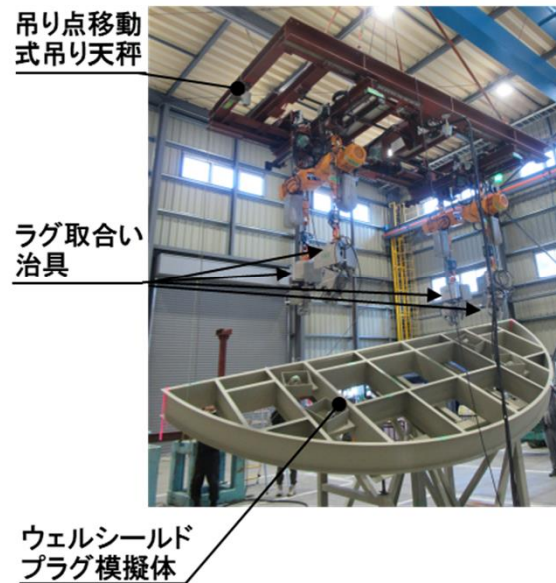
・ 各作業ステップの状況およびカメラ映像を次紙以降に示す。

※治具に取付けたカメラ映像を見ながらの吊り天秤の吊り点水平方向調整およびラグ取合い治具操作による取付け

8. 添付資料 添付資料4.5-1 工法1試験結果 (2/8)

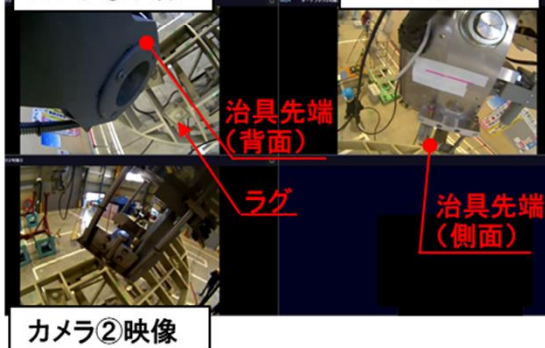
① ラグ取合い治具4台の設置可否の確認結果

0) 開始時の状態

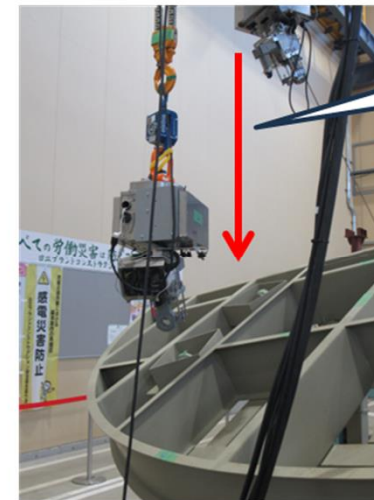


カメラ①映像

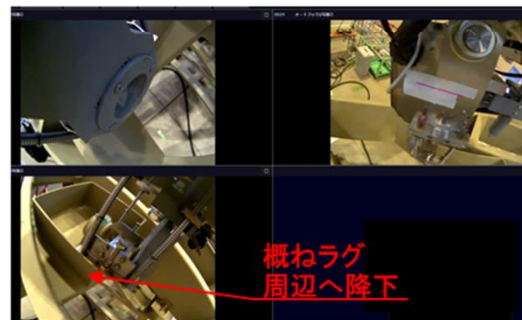
カメラ③映像



1) 水平位置合せ(粗)



粗い水平位置
合わせを行い、
ラグ周辺へ降下
(ラグと治具先端
が接触するまで
降下)



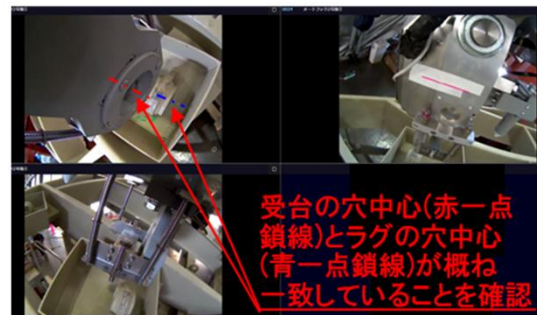
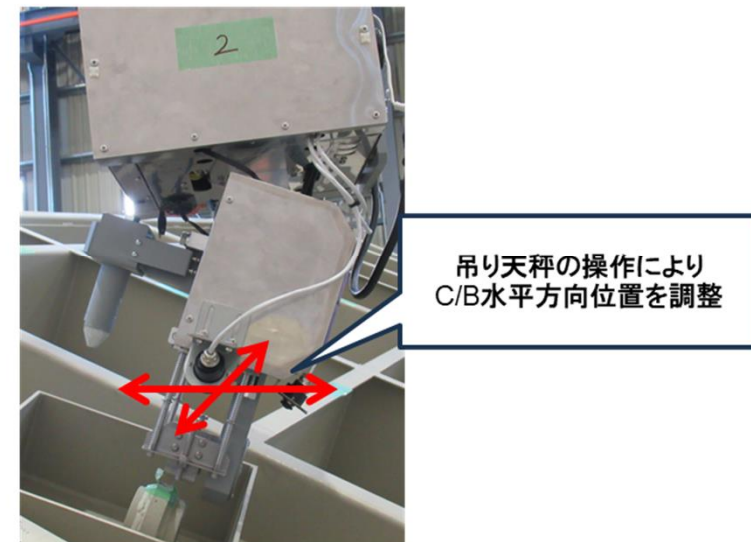
8. 添付資料 添付資料4.5-1 工法1試験結果 (3/8)

① ラグ取合い治具4台の設置可否の確認結果

2) 旋回角度調整



3) 水平位置合せ(細)



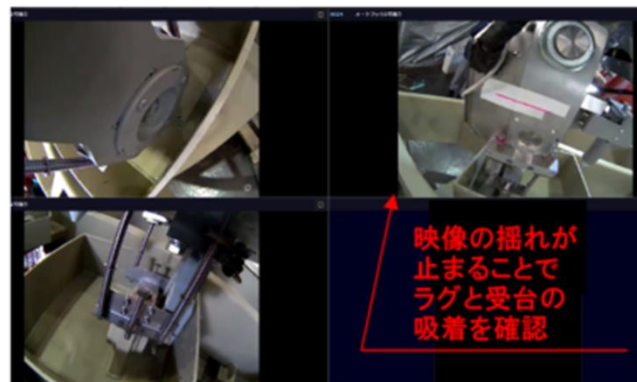
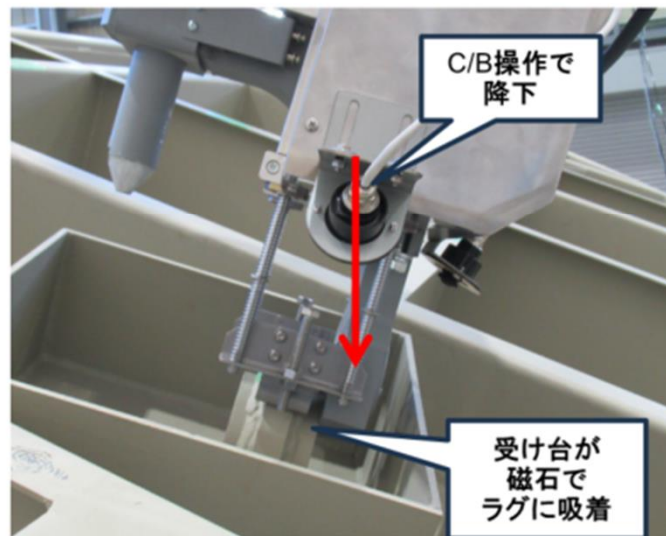
治具先端中心(青一点鎖線)と
ラグの中心(緑一点鎖線)が
概ね一致していることを確認



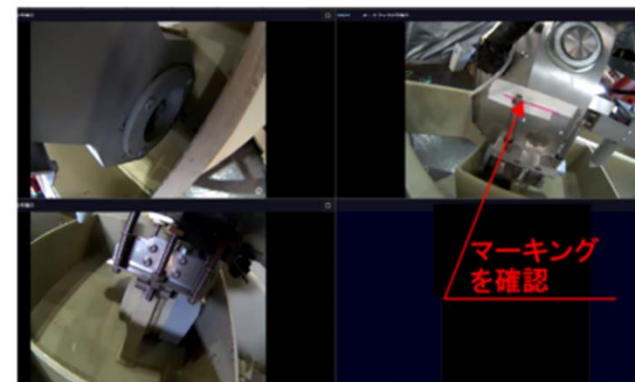
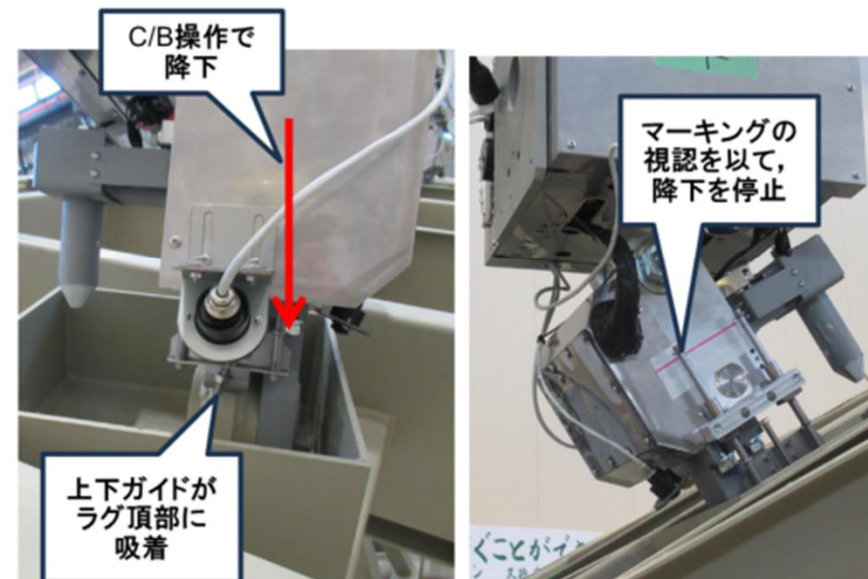
8. 添付資料 添付資料4.5-1 工法1試験結果 (4/8)

① ラグ取合い治具4台の設置可否の確認結果

4) ラグ取合い治具下降



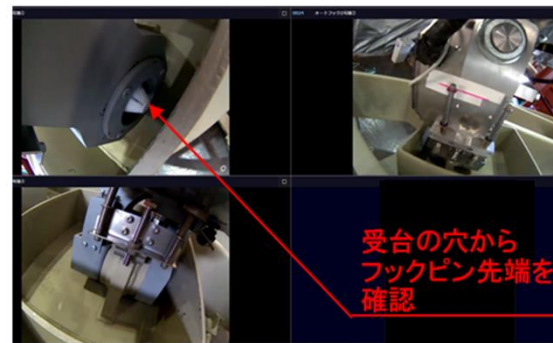
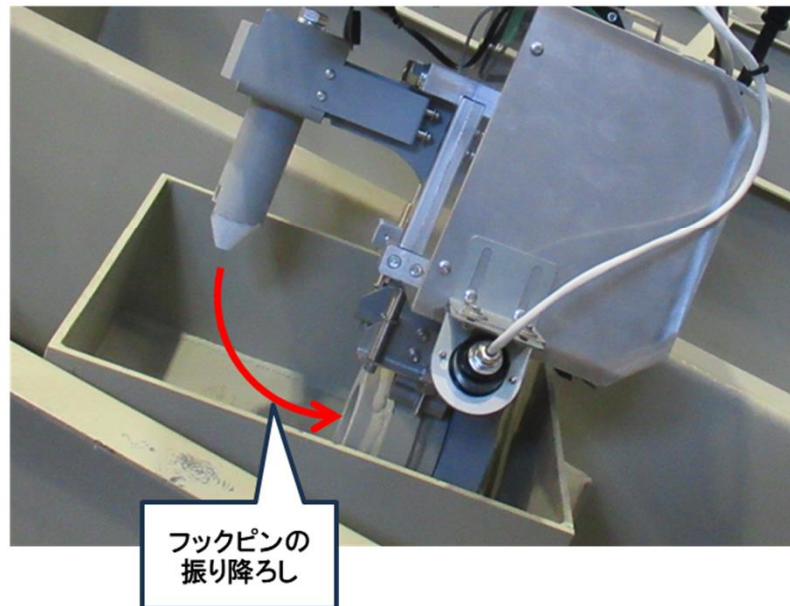
5) 上下ガイド設定



8. 添付資料 添付資料4.5-1 工法1試験結果 (5/8)

① ラグ取合い治具4台の設置可否の確認結果

6) フックピン振り降ろし

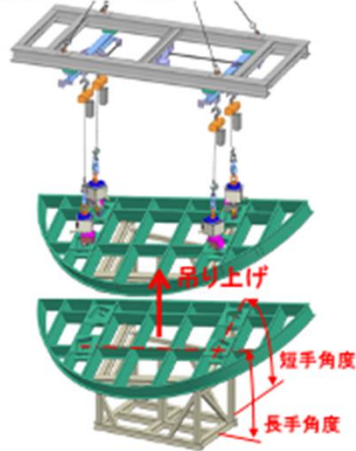


8. 添付資料 添付資料4.5-1 工法1試験結果（6/8）

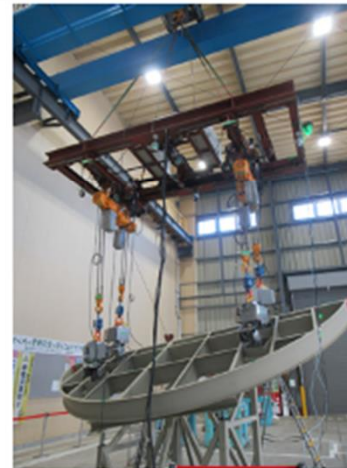
② ウェルシールドプラグの吊り上げ可否の確認

- 【試験目的】・遠隔操作でウェルシールドプラグの吊り上げ可否を確認。
・吊り上げまでの荷重管理やチェーンブロック(以下C/B)の長さ管理の可否を確認。
- 【試験概要】・C/Bを遠隔操作し、ウェルシールドプラグ模擬体の吊り上げを実施。
- 【試験条件】①地切り前のウェルシールドプラグ傾き:実機相当 ②荷重管理値:各吊り点の荷重が1765N(180kgf)を超えないこと。

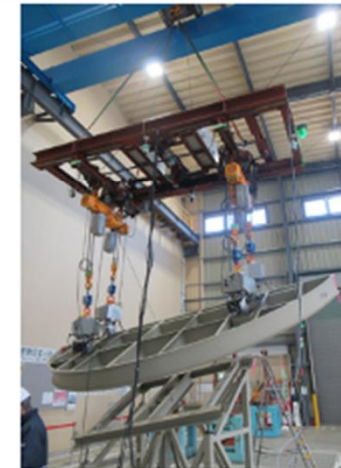
【試験イメージ図】



【試験状況】



吊り上げ前の状態



吊り上げ後の状態

【試験結果】吊り上げ可否結果

ラグ位置	各吊り点の荷重(N)				各吊り点のC/B長さ(mm)				吊り上げ可否
	吊り上げ		吊り上げ		吊り上げ		吊り上げ後		
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	
北西	696	500	1579	1785	1393	1436	690	736	可 【吊り上げ(地切り)後プラグ模擬体傾き】 長手角度：9.1° (1回目) 10.5° (2回目) 短手角度：26.4° (1回目) 27.1° (2回目)
南西	706	647	853	971	1760	1826	1052	1115	
北東	814	579	1834	1726	925	950	224	250	
南東	549	765	667	745	1314	1361	606	649	

・玉掛け後のウェルシールドプラグ吊り上げ作業を遠隔で実施可能

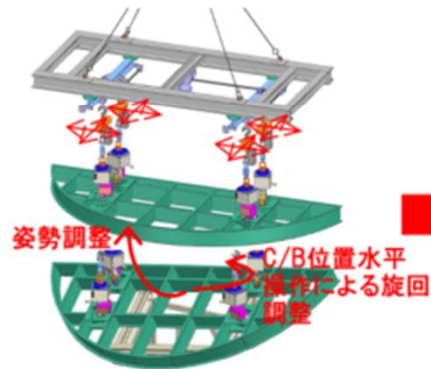
・作業中の吊り点の荷重を4点全て1765N(180kgf)以下(管理値)に制御することは困難であった。

8. 添付資料 添付資料4.5-1 工法1試験結果 (7/8)

③ ウェルシールドプラグの姿勢調整可否の確認

- 【試験目的】 ・遠隔操作でウェルシールドプラグの姿勢調整可否を確認。
 ・吊り上げ～姿勢調整までの荷重管理やチェンブロック(以下C/B)の長さ管理の可否を確認。
- 【試験概要】 ・吊り天秤やC/Bを遠隔操作し、ウェルシールドプラグ模擬体の姿勢調整を実施。
- 【試験条件】 ①地切り前のウェルシールドプラグ傾き:実機相当 ②荷重管理値:各吊り点の荷重が1765N(180kgf)を超えないこと。

【試験イメージ図】



【試験状況】



吊り上げ後の状態



姿勢調整後の状態

【試験結果】 姿勢調整可否結果

ラグ 位置	各吊り点の荷重(N)				各吊り点のC/B長さ(mm)				姿勢調整 可否
	姿勢調整(C/B 長さ合わせ)直後		荷重 調整後		姿勢調整(C/B 長さ合わせ)直後		荷重 調整後		
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	
北西	-147	-49	1128	1304	228	259	226	251	可 【姿勢調整・荷重調整後のプラグ模擬体傾き】 長手角度:0.5° (1回目)、 1.3° (2回目) 短手角度:0.6° (1回目) 1.5° (2回目)
南西	2550	2805	1265	1491	232	257	231	274	
北東	2461	2305	1147	1157	228	255	227	226	
南東	-39	69	1265	1245	232	258	227	243	

・吊り上げ後のウェルシールドプラグを水平に姿勢調整する作業を遠隔で実施可能

・地切り後から水平調整までの作業中の吊り点の荷重を4点全て1765N(180kgf)以下(管理値)に制御することは困難であった。

8. 添付資料 添付資料4.5-1 工法1試験結果 (8/8)

③ ウェルシールドプラグの姿勢調整可否の確認

1) C/B位置調整

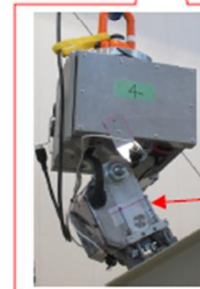
(C/B位置を、ウェルシールドプラグ模擬体を水平且つ
吊り天秤と平行にした時のラグ位置の直上付近に水平調整)

4か所水平方向
位置調整

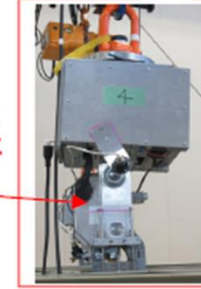


ラグ 位置	各吊り点の荷重(N)		各吊り点のC/B長さ(mm)	
	吊り点位置調整後			
	1回目	2回目	1回目	2回目
北西	1549	1618	689	735
南西	873	1138	1054	1117
北東	1942	1942	227	254
南東	559	559	607	650

2) 姿勢調整、荷重調整



姿勢調整時に
ラグ取合い治具
の中折れが元
に戻る



8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

① ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊検査方法

- ラグや鉄筋を対象とし健全性の確認を行った。
- 試験項目は以下とした。
- 試験結果については、次頁に以降に示す。

No.	試験項目	確認内容	使用機器／確認方針
1	既設ラグの使用可否の確認	・大型搬送装置のロボットアームでカメラ等を用い、遠隔操作にてラグ本体、ラグピンに亀裂などの損傷がないか確認する。	・ロボットアームのカメラまたはカメラツールで視認し判断する。
		・大型搬送装置のロボットアームで非破壊検査装置（超音波トモグラフィ）ツールを把持し、遠隔操作にてラグ固定部（コンクリート）に亀裂などの損傷がないか確認する。	・超音波トモグラフィツールで検出したコンター図（反射強度の差）から判断する。
		・大型搬送装置のロボットアームで非破壊検査装置（超音波トモグラフィ）ツールを把持し、遠隔操作にて損傷模擬部のコンクリート損傷範囲を確認する。*1 *1 範囲が広く計測点が多くなる場合には、遠隔で計測するポイントは絞る可能性がある。	・超音波トモグラフィツールで検出したコンター図（反射強度の差）から判断する。

2	上部鉄筋の状態確認	・大型搬送装置のロボットアームで非破壊検査装置（電磁波レーダ）を把持し、遠隔操作にて損傷模擬部の上部鉄筋の破断有無を確認する。	・電磁波レーダツールで検出したコンター図（反射強度の差）から判断する。
		・新規ラグを取り付ける範囲に対し、大型搬送装置のロボットアームで非破壊検査装置（電磁波レーダ）ツールを把持し、遠隔操作にて上部鉄筋位置（金探）を確認する。*2 *2 本試験は、「3.遠隔搬送技術の確認」の一連作業のプロセスの中で確認する。	・位置決め用テンプレートの設置位置と、電磁波レーダツールで検出したコンター図の位置関係から、配筋を避けた位置にアンカーを打設できるか判断する。

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

① ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊検査方法

- ラグや鉄筋を対象とし健全性の確認を行った。
- 試験項目は以下とした。
- 試験結果については，次頁に以降に示す。

No.	試験項目		試験内容	試験番号
	大項目	中項目		
1	既設ラグの使用確認	ラグ外観確認	カメラ等を用い，遠隔操作にてラグ本体，ラグピンに亀裂などの損傷が無いかを確認する。	試験番号1-1
		非破壊検査 (ラグ固定部)	遠隔操作にて，ラグ固定部（コンクリート）に亀裂などの損傷がないか確認する。	試験番号1-2
		非破壊検査 (ラグ周辺損傷範囲)	遠隔操作にて，ラグ固定部（コンクリート）に損傷模擬部のコンクリート損傷範囲を確認する。	試験番号1-3
2	破損したウェルシールドプラグの搬送方法	非破壊検査 (上部鉄筋破断)	遠隔操作にて，損傷模擬部の上部鉄筋の破断を確認する。	試験番号2-1
		非破壊検査 (上部鉄筋位置)	遠隔操作にて上部鉄筋位置（金探）を確認する。	試験番号2-2

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

① ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊検査方法

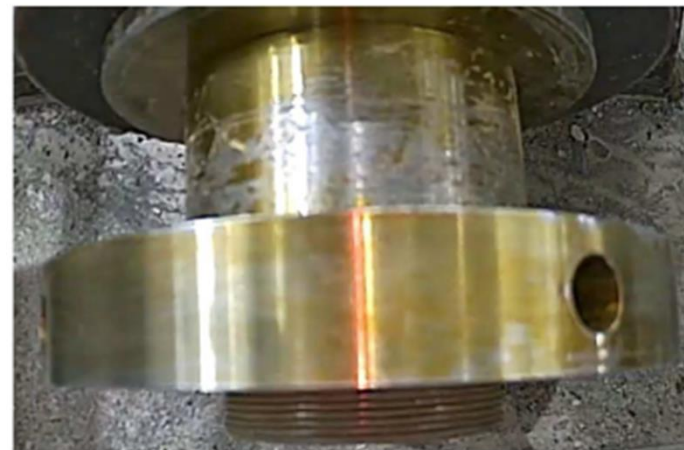
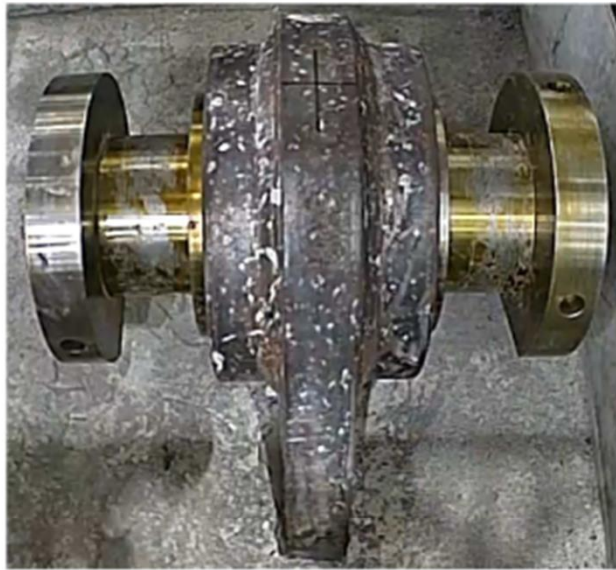
・試験番号1-1 ラグ外観確認結果



8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

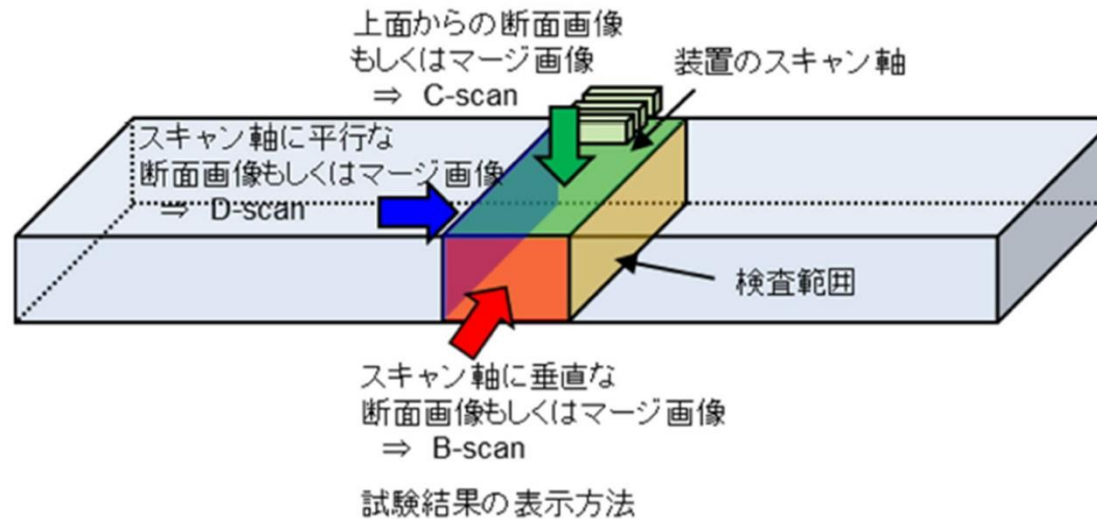
① ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊検査方法

・試験番号1-1 ラグ外観確認結果

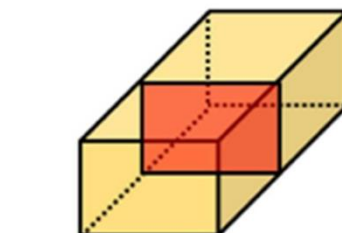


8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

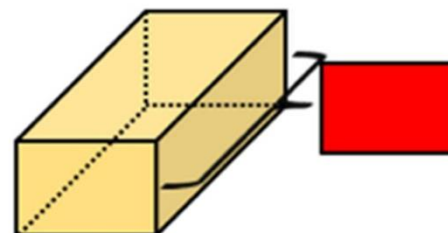
- ① ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊検査方法
 ➤ 非破壊検査での測定箇所，測定方向を下図に示す。



(a) B-scan, C-scan, D-scan



断面画像:
検査範囲の1つの断面

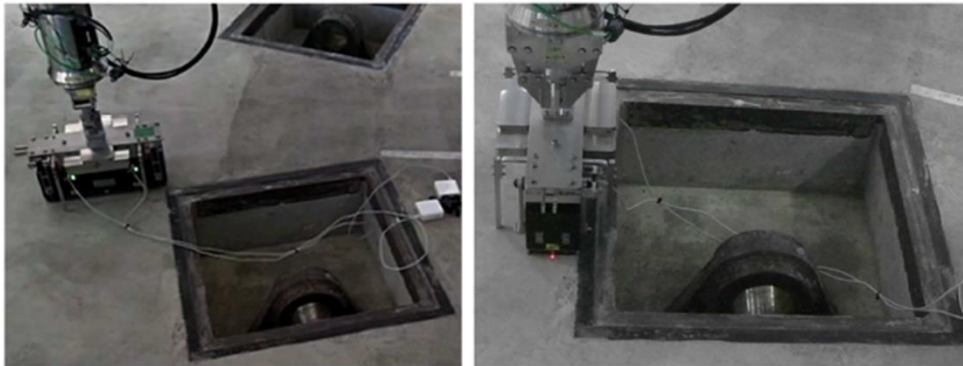


マージ画像:
検査範囲の情報を1つの軸方向に合成したもの

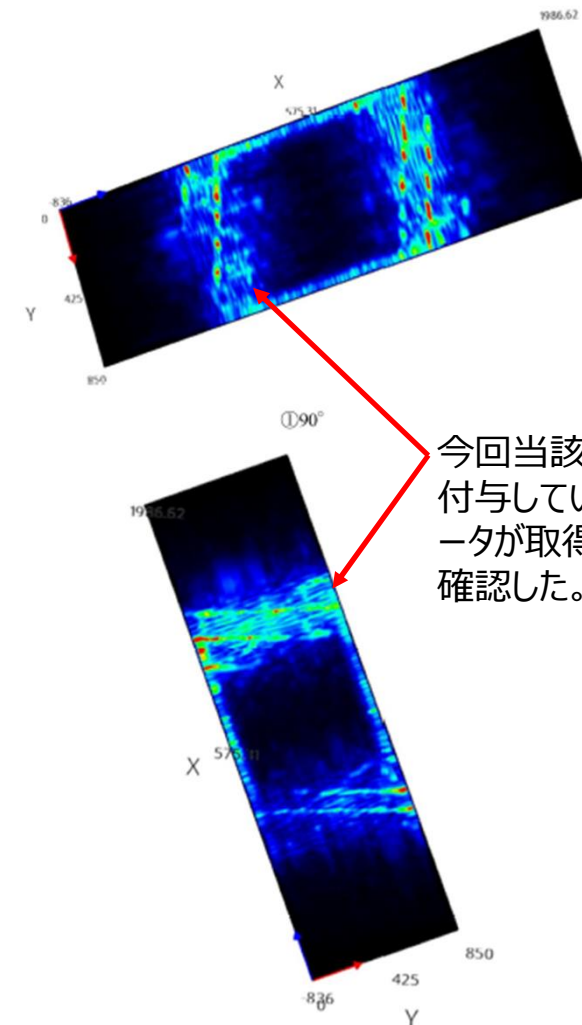
(b) 断面画像とマージ画像

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

- ① ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊検査方法
・試験番号1-2 非破壊検査（ラグ固定部）



(a) 把持, 移動 (左: 0°, 右: 90°)



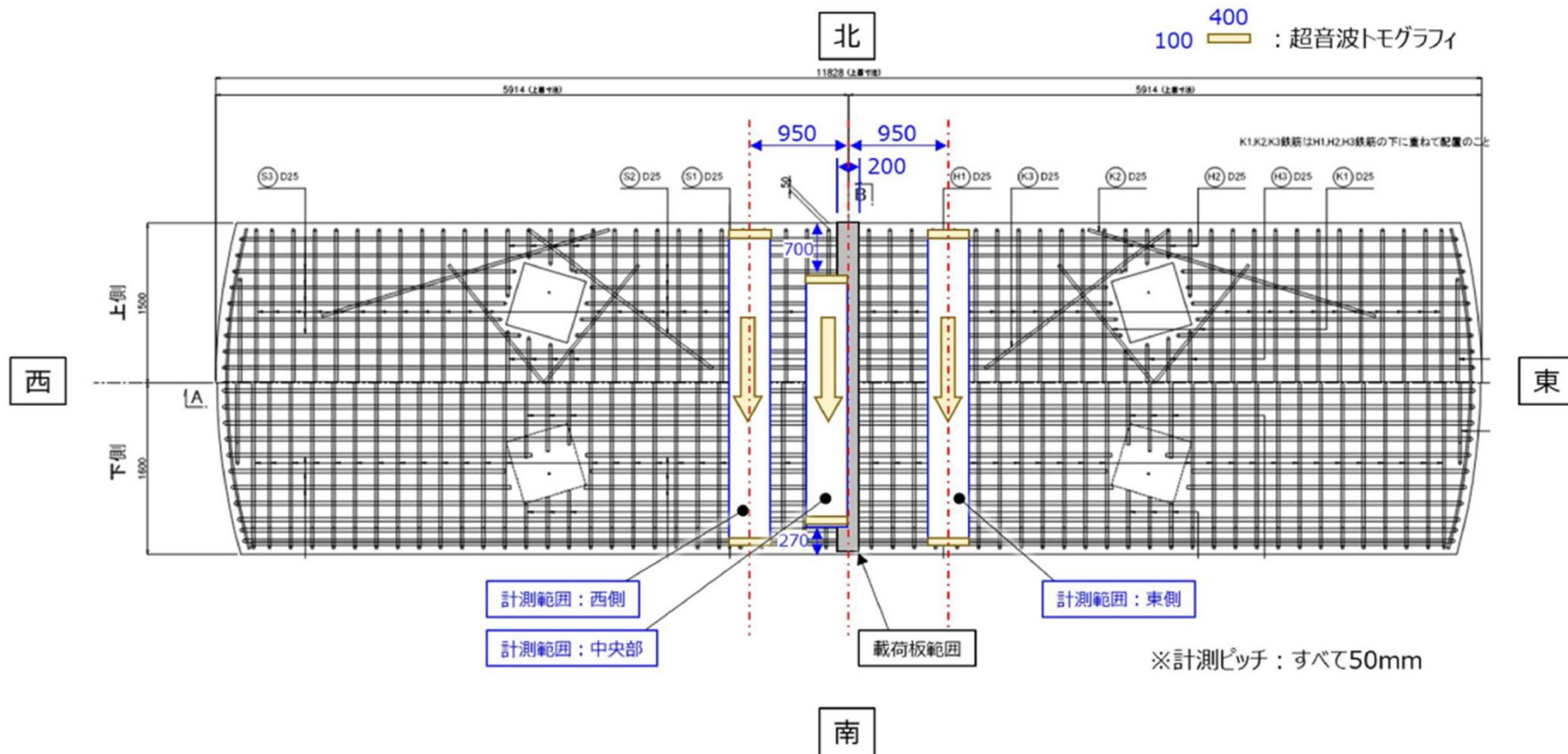
今回当該箇所に損傷を付与していないため、データが取得できることを確認した。

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

① ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊検査方法

・試験番号1-2 非破壊検査（ラグ周辺損傷範囲）

- 測定範囲を下図に示す。
- 計測モードとして，LinerとMatrixで計測したため，それぞれの結果を示す。

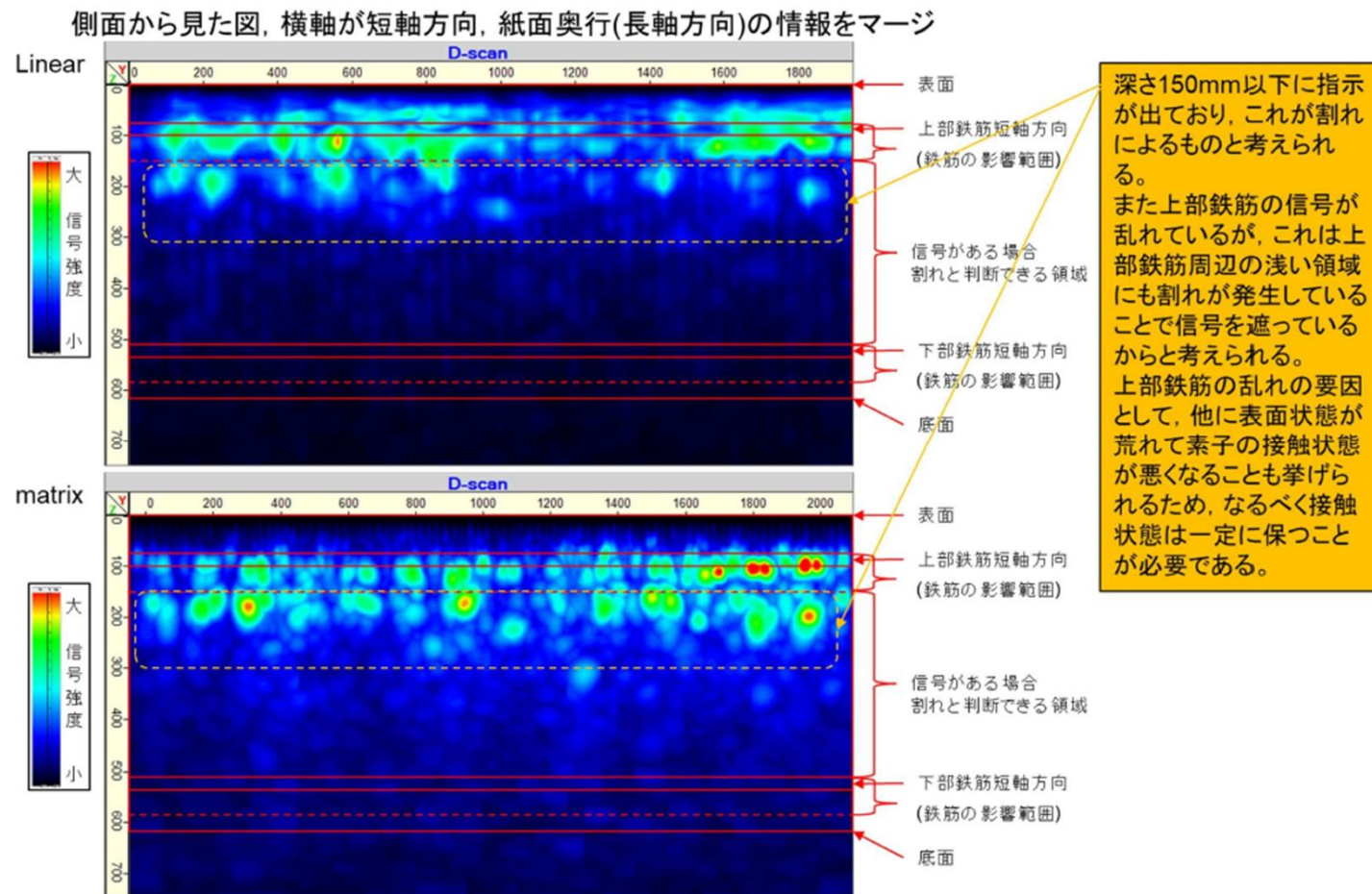


8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

① ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊検査方法

・試験番号1-2 非破壊検査（ラグ周辺損傷範囲）

- 中央部を代表して結果の報告を行う。



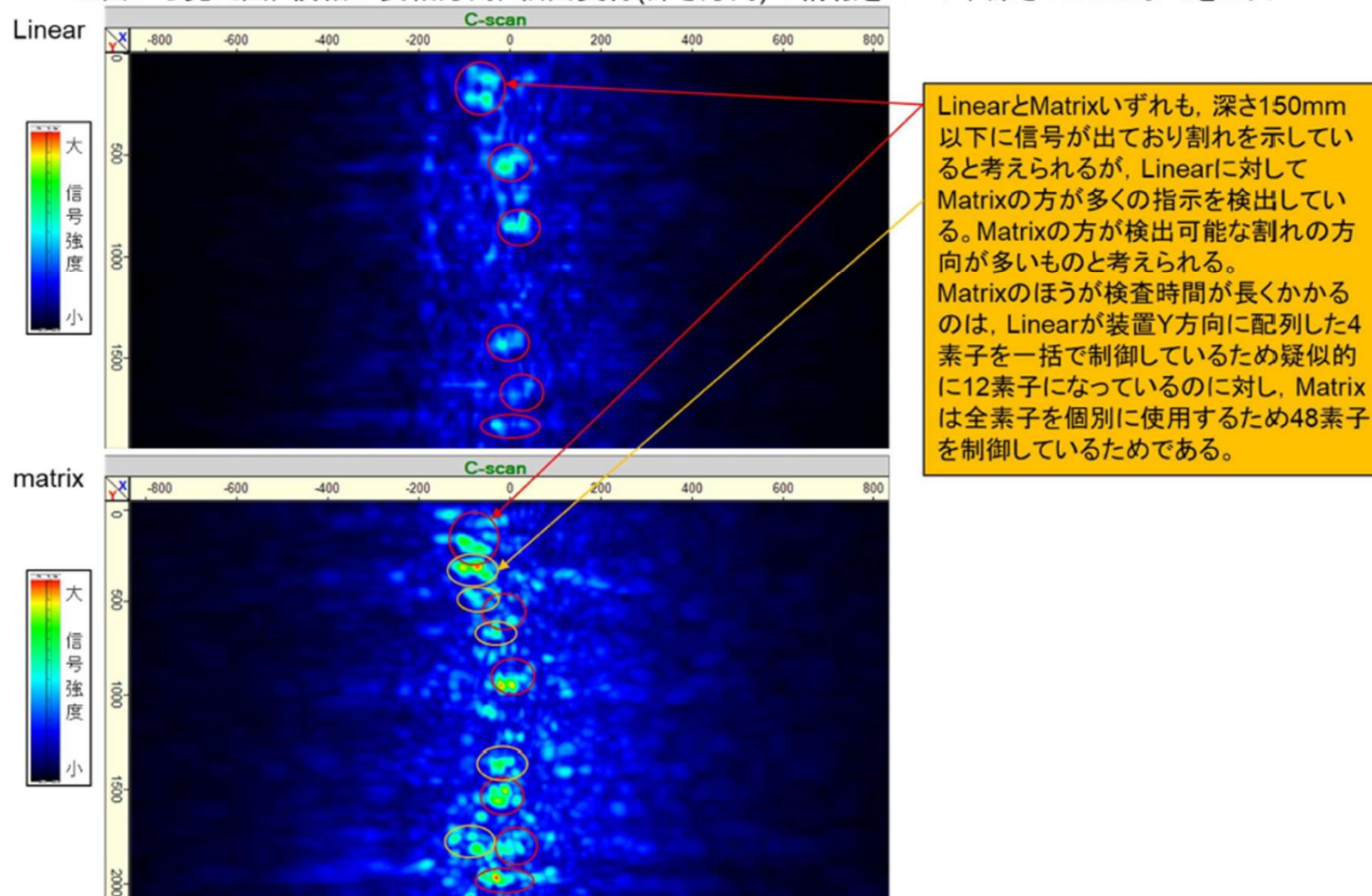
8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

① ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊検査方法

・試験番号1-2 非破壊検査（ラグ周辺損傷範囲）

- 中央部を代表して結果の報告を行う。

上面から見た図、横軸が長軸方向、紙面奥行(深さ方向)の情報をマージ、深さ150mmまでをカット



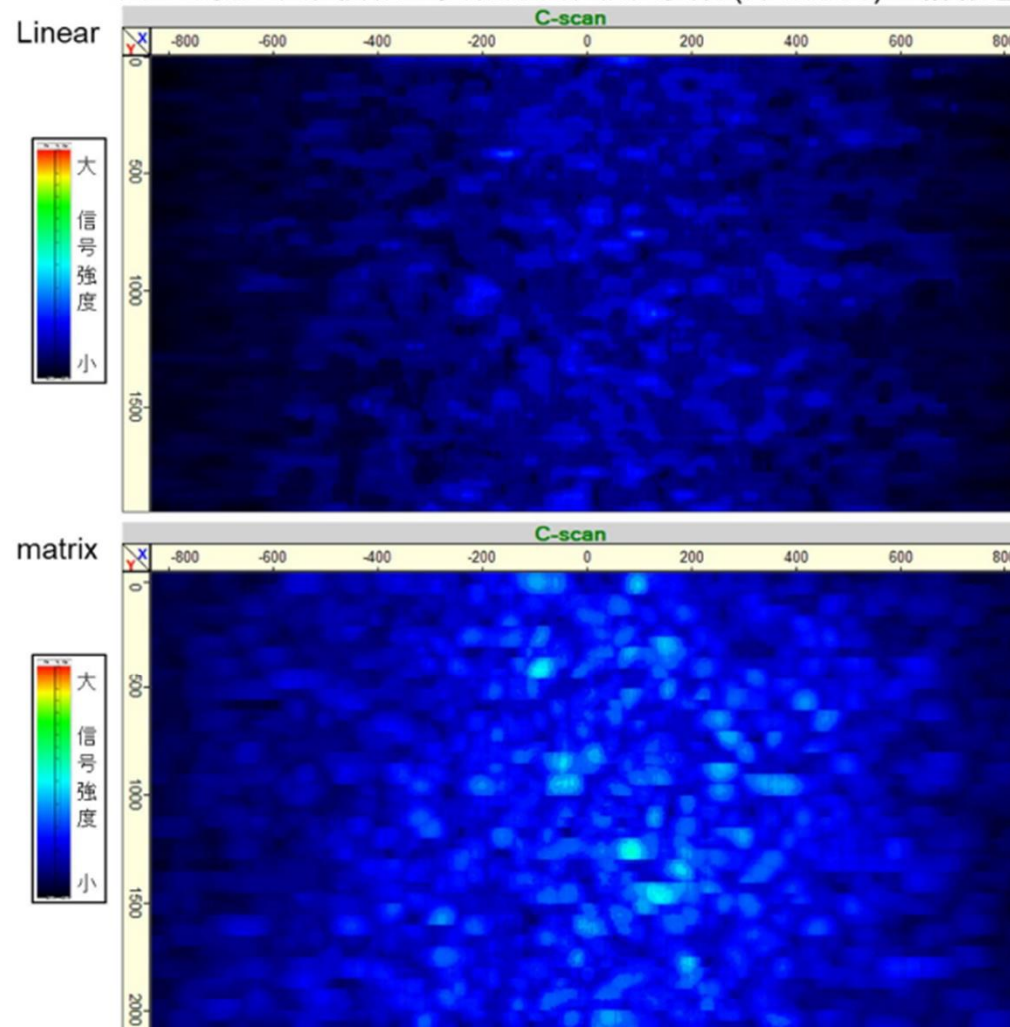
8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

① ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊検査方法

・試験番号1-2 非破壊検査（ラグ周辺損傷範囲）

- 中央部を代表して結果の報告を行う。

上面から見た図、横軸が長軸方向、紙面奥行(深さ方向)の情報をマージ、深さ600mmまでをカット



LinearとMatrixいずれも、深さ600mm以下の底面信号は検出できていないので、割れに遮られていると考えられる。

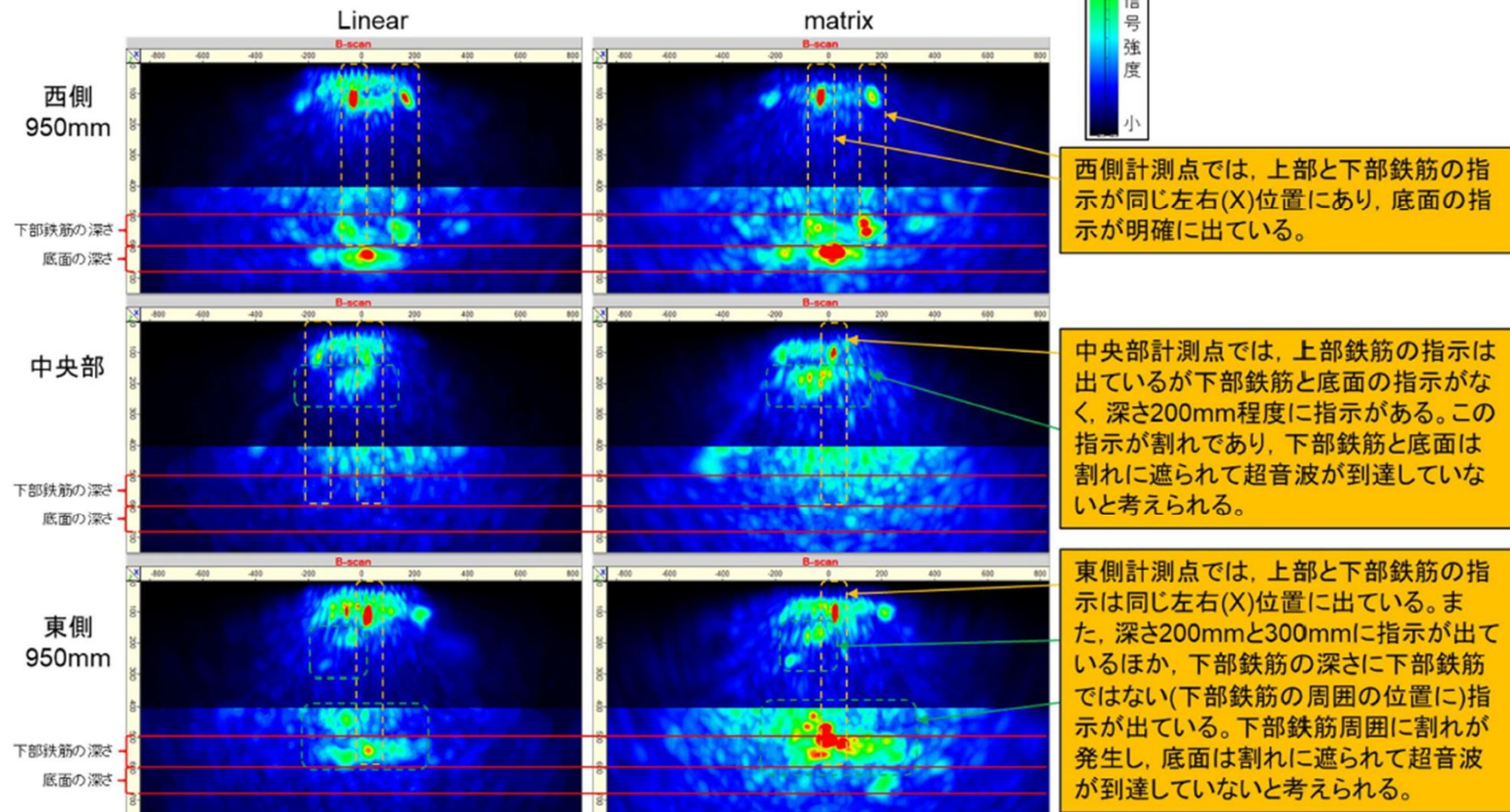
8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

① ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊検査方法

・試験番号1-2 非破壊検査（ラグ周辺損傷範囲）

➤ 中央，西側，東側の比較結果を下図に示す。

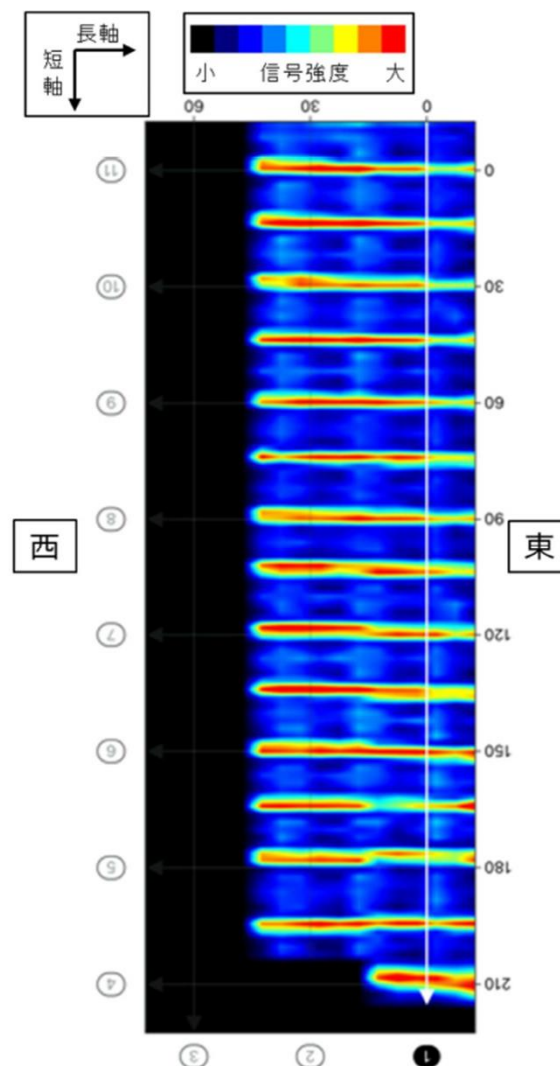
側面から見た図，横軸が長軸方向，紙面奥行(短軸方向)の情報をマージ
深さ400mmまでは通常感度，それ以下は高感度で表示



8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

① ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊検査方法

・試験番号2-1 非破壊検査（上部鉄筋破断）



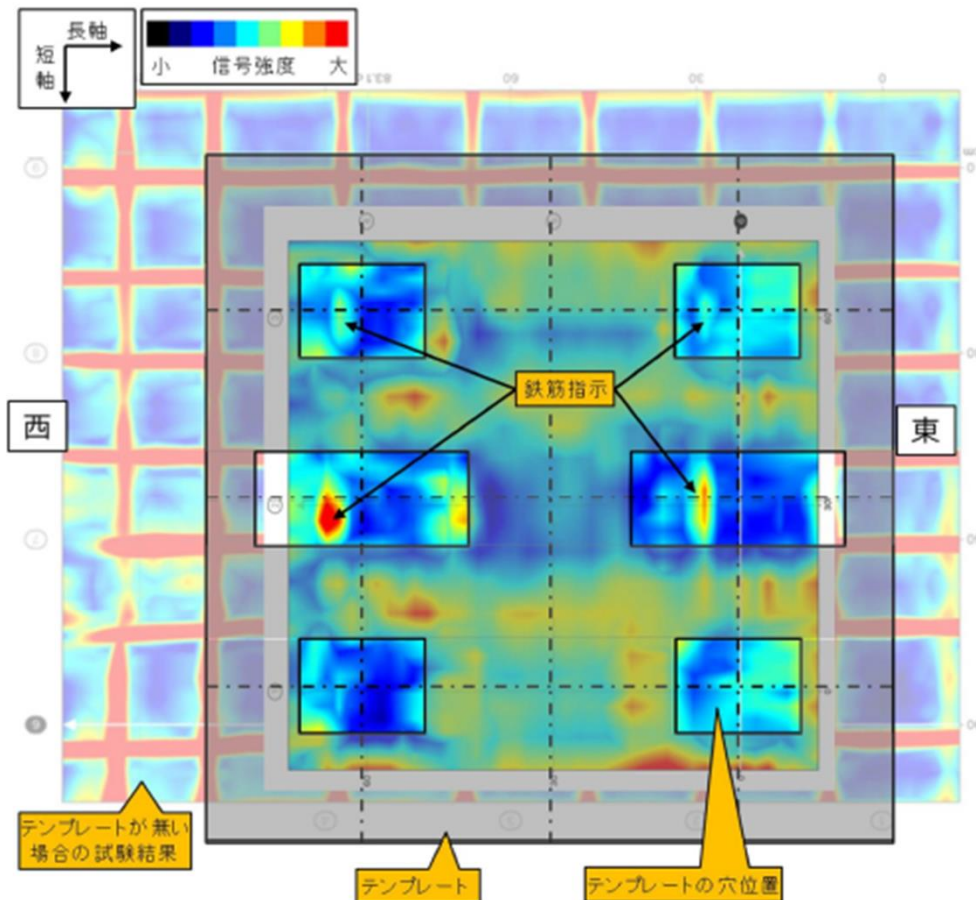
・ 今回のウェルシールドプラグ模擬体で鉄筋破断の可能性が高いのは損傷部中央（載荷部）であり、この試験範囲で横軸0から東側の範囲がそれに該当する。表面状態が一定でないため、鉄筋と電磁波レーダとの離隔距離が変化し検出信号の強度が安定していないものと考えられるが、鉄筋を明確に検出できている。

・ 検出限界寸法は電磁波の波長の1/4にノイズを加味した値で算出され、部分模擬体での結果を踏まえるとギャップ32mm程度までは検出可能と考えられる。上記の考えと本試験結果（上部鉄筋を明確に検出できていること）から、「破断ギャップ幅32mm以上の鉄筋破断は検出されなかった」と考えられる。

・ 走行が乱れると鉄筋指示にも乱れが生じるため、スキャンに際してはまっすぐ走行できるよう、損傷部の瓦礫を除去するなど環境を調整することが望ましい。これは電磁波レーダだけでなく、超音波トモグラフィに対しても同様である。

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

- ① ラグや鉄筋を対象とした遠隔操作による非破壊検査方法
 ・試験番号2-2 非破壊検査（上部鉄筋位置）



- ・ テンプレートの大きい開口において、短軸鉄筋を検出できている。
- ・ テンプレートの打設用の小さい開口においては、短軸鉄筋を検出できているものもないものがある。できていない原因として、穴の縁に近い位置で反射が乱れるなどが考えられる。
- ・ 長軸鉄筋はいずれも検出できていないが、ちょうど穴の縁に近い位置になっているので、検出できない位置にあるものと考えられる。
- ・ テンプレートの打設用の小さい開口については、表示深さを調整しても全体的に信号が出てきてしまいノイズとなっている。
- ・ テンプレートが無い場合に比べ、ある場合は鉄筋の検出性が大きく落ちた。長軸・短軸鉄筋の下にある斜め鉄筋は検出が難しいと考えられる。
- ・ ノイズと検出性低下の要因として以下が考えられる。
 - 電磁波がアンテナから一定角度の範囲に放射されるため、その範囲にテンプレートがあると反射して鉄筋以外の信号が検出されてしまいノイズとなる。
 - 本来鉄筋からの反射が検出できる位置で電磁波が遮られて鉄筋の信号が検出できず、スキャンデータの処理時に鉄筋の信号が「ごく一部のみで検出される弱い信号」として処理されている可能性がある。
- ・ テンプレートの開口の縁に大きく影響を受け検出性が低下している。テンプレートを使用しないか、開口を大きくすることが望ましい。
- ・ 基本的にスキャン時の走行に乱れが生じなければ遠隔操作でも問題ないと考えられる(テンプレートの開口にタイヤが落ちるなどでは影響が出る⇒プラスチックのシートを敷くなどでテンプレートの開口に落ちないようにする、など対応することが望ましい)。

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- 破損したウェルシールドプラグの搬送方法として、以下確認を行った。その結果を次頁以降に示す。
 - ・ラグカバーの撤去可否
 - ・既設ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認
 - ・新規ラグピンを遠隔で設置したうえで、それを使用しウェルシールドプラグの吊り上げ

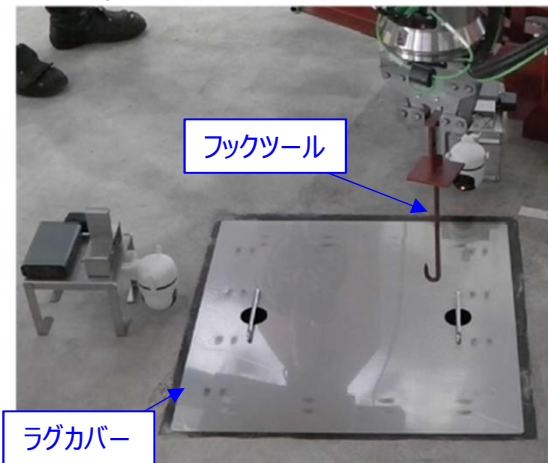
8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

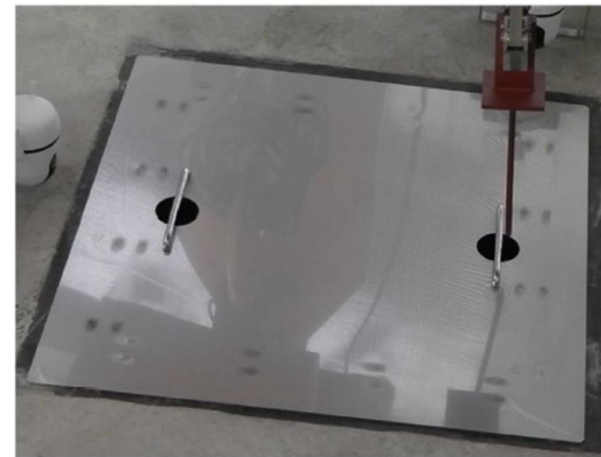
・ラグカバーの撤去可否

遠隔にて実施可能であることを確認した。その一連の写真を以下に示す。

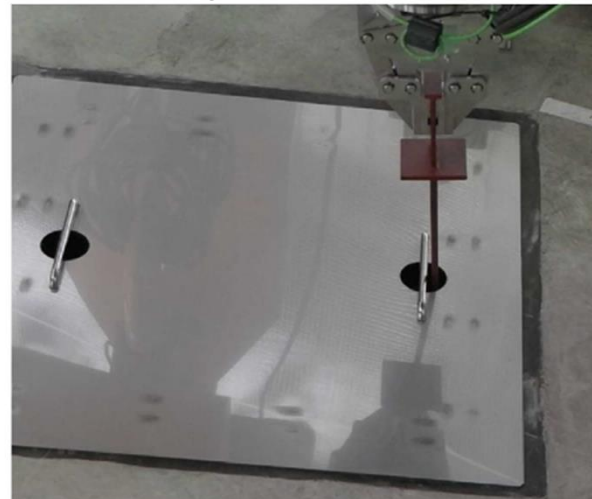
①フックツールをラグカバー上へ移動



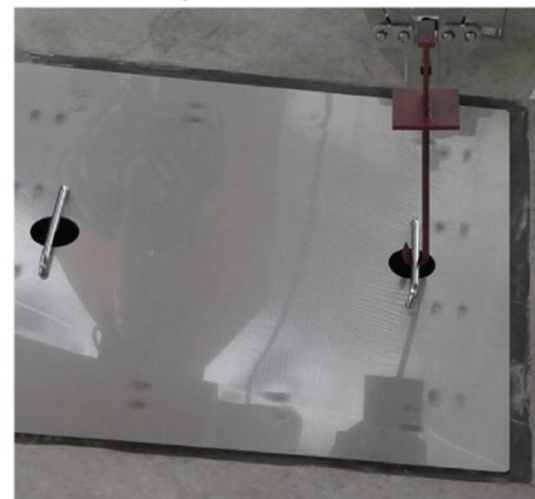
②フックツールをラグカバーの把手に掛ける



③フックツールを上昇



④フックツールを上昇

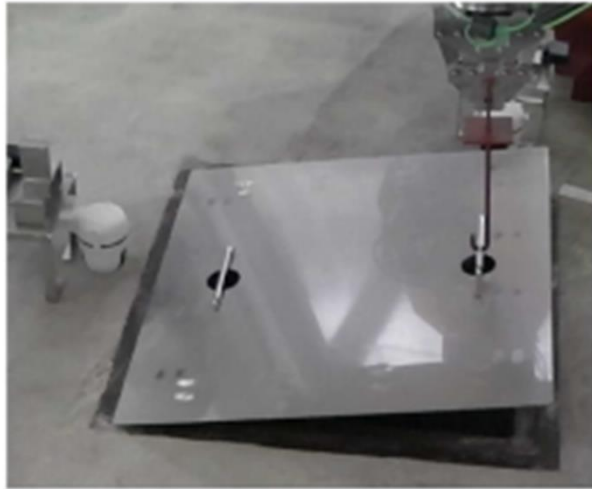


8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

・ラグカバーの撤去可否（続き）

⑤ラグカバーの撤去



⑥ラグカバーの撤去



⑦ラグカバーの移送



⑧ラグカバーの仮置き



⑨ラグカバーの仮置き



⑩フックツールの解除

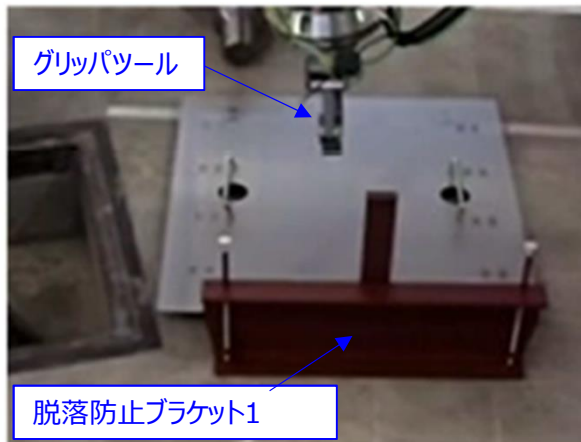


8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

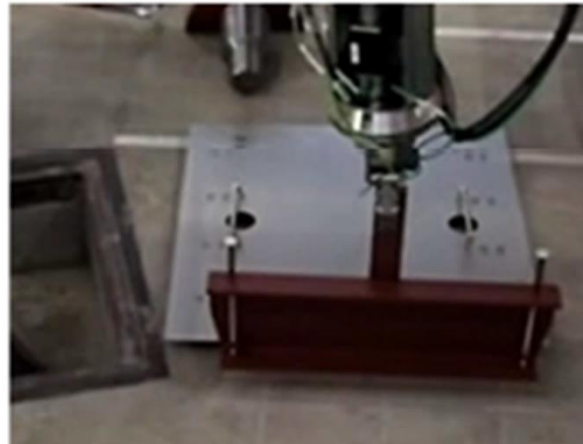
②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・既設ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認
遠隔にて治具の設置，フックの玉掛け，ウェルシールドプラグを実施可能であった。その結果を下図に示す。

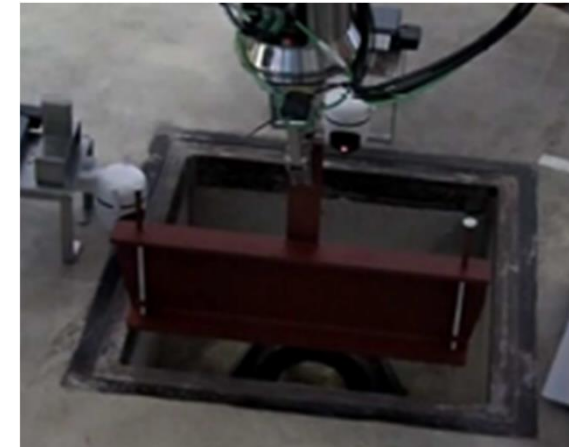
①脱落防止ブラケット1へグリップツールを移動



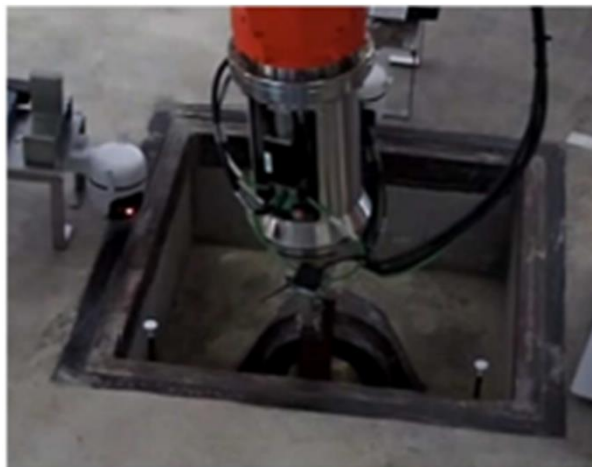
②脱落防止ブラケット1を把持



③脱落防止ブラケット1をラグの窪みへ移動



④脱落防止ブラケット1をラグの窪みへ設置



⑤脱落防止ブラケット1をラグの窪みへ設置

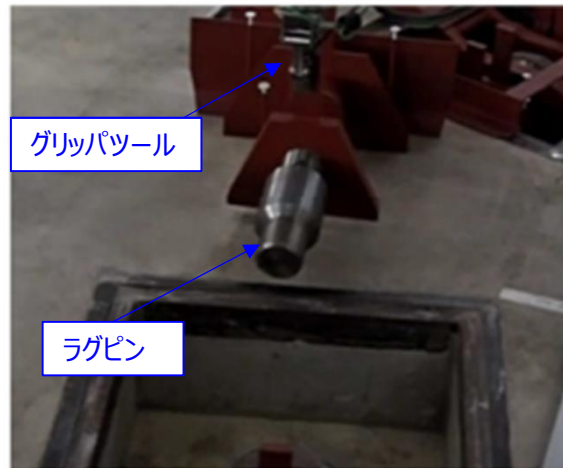


8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・既設ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）

⑥グリップツールにてラグピンを把持



⑦ラグピンをラグへ移動



⑧ラグ開口位置へのラグピン位置調整



⑨ラグ開口位置へラグピン挿入



⑩ラグ開口位置へラグピン挿入



⑪ラグ開口位置へラグピン挿入



8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

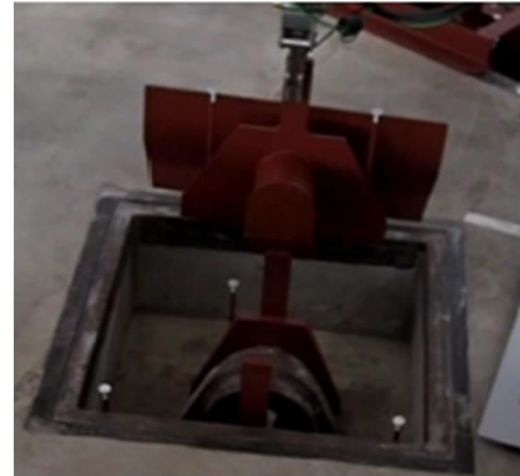
- ・既設ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）

⑫グリップツールにて脱落防止用ブラケット2を把持

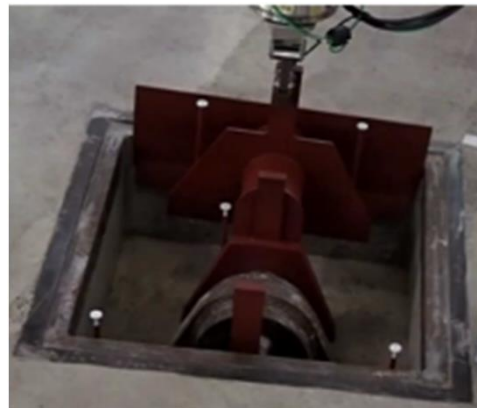


脱落防止ブラケット2

⑬脱落防止ブラケット2をラグの窪みへ移動



⑭脱落防止ブラケット2をラグの窪みへ設置



⑮脱落防止ブラケット2をラグの窪みへ設置

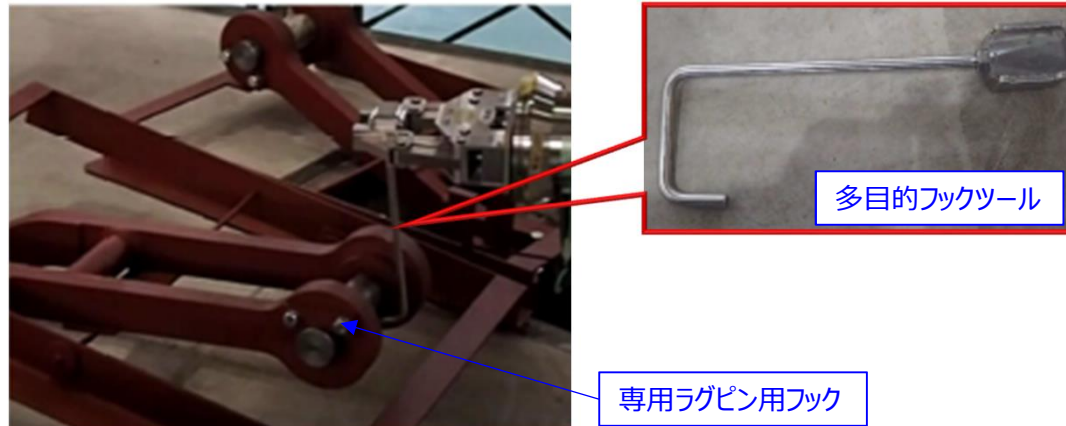


8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

・既設ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）

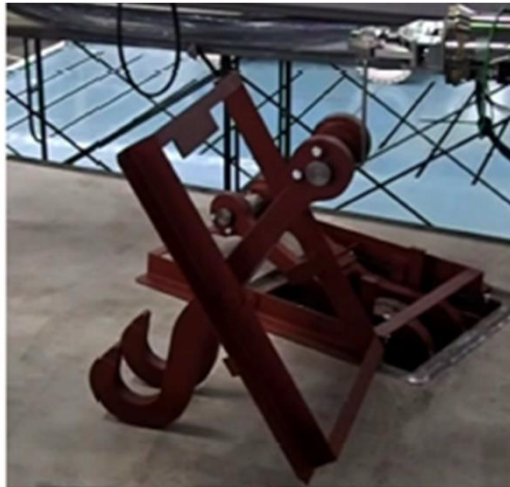
⑯多目的フックツールを専用ラグピン用フックに掛ける



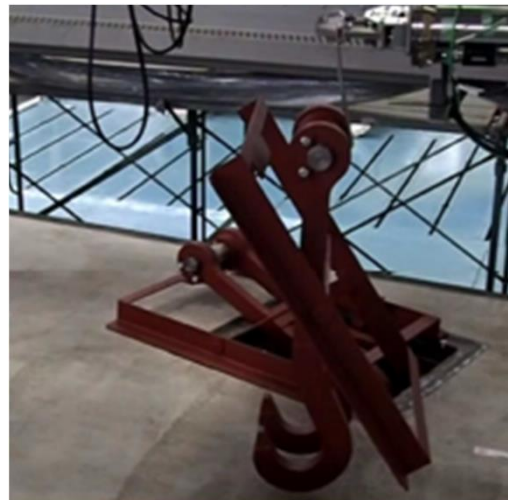
⑰専用ラグピン用フックを吊り上げる



⑱専用ラグピン用フックを吊り上げる



⑲専用ラグピン用フックを吊り上げる



⑳専用ラグピン用フックをラグ位置へ移動



8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

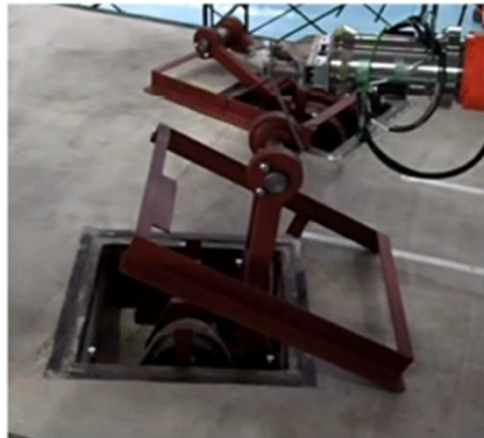
②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

・既設ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）

②④専用ラグピン用フックをラグ位置へ移動



②⑤専用ラグピン用フックをラグピンに掛ける



②⑥専用ラグピン用フックをラグピンに取付け



②④専用ラグピン用フックをラグピンに取付け



②⑤専用ラグピン用フックをラグピンに取付け



②⑥専用ラグピン用フックをラグピンに取付け



8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

・既設ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）

㉗専用ラグピン用フックをラグピンに取付け



㉘多目的フックツールを解除



㉙オート開閉フックを専用ラグピン用フック位置まで移動



㉚オート開閉フックを専用ラグピン用フック位置まで移動



㉛オート開閉フックにて専用ラグピン用フックを把持



㉜オート開閉フックにて専用ラグピン用フックを把持

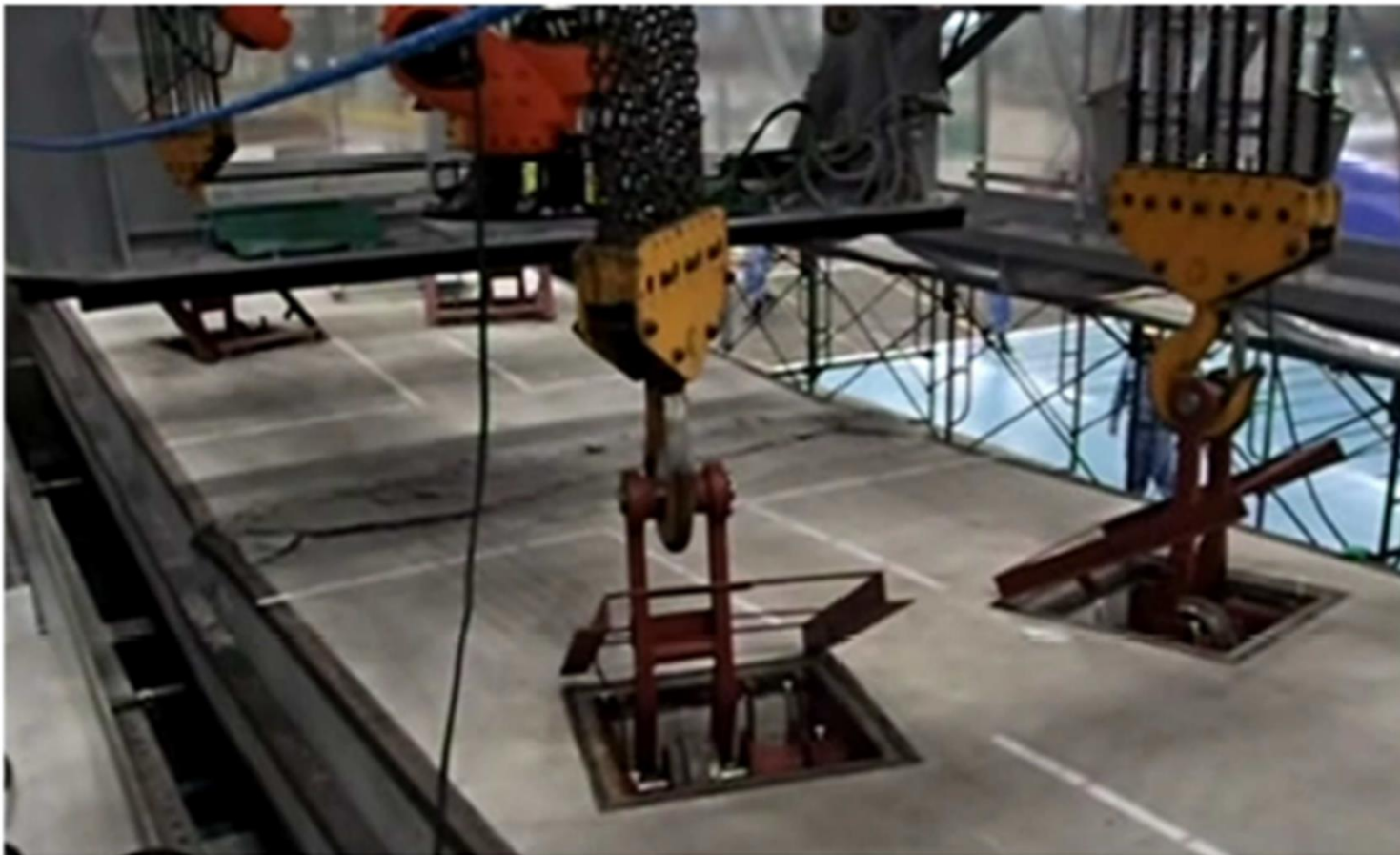


8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・既設ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）

③ウェルシールドプラグ吊り上げ



8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・既設ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）

④ウェルシールドプラグ吊り上げ

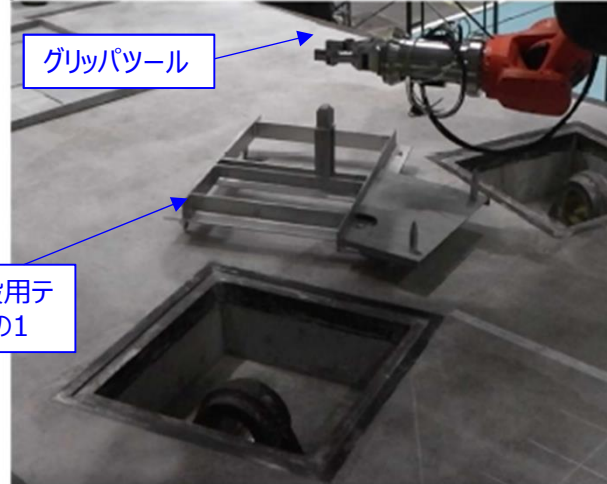


8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（穿孔位置確認用のテンプレートを設置（1/2））
遠隔にて新規ラグピンの設置，フックの玉掛け，ウェルシールドプラグを実施，これらが遠隔で実施できることを確認した。
その結果を下図に示す。

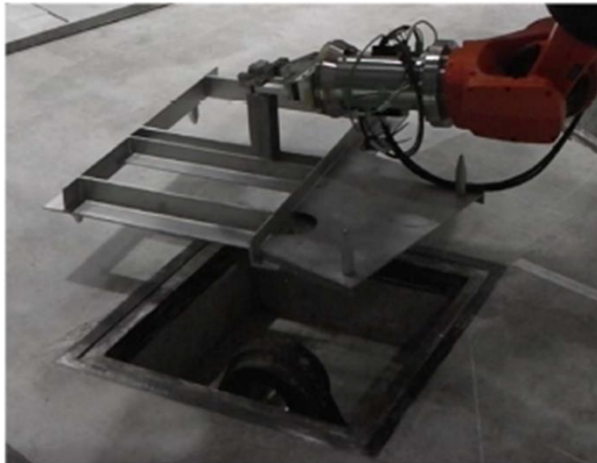
①アンカー打設用テンプレートその1をグリッパツールで把持



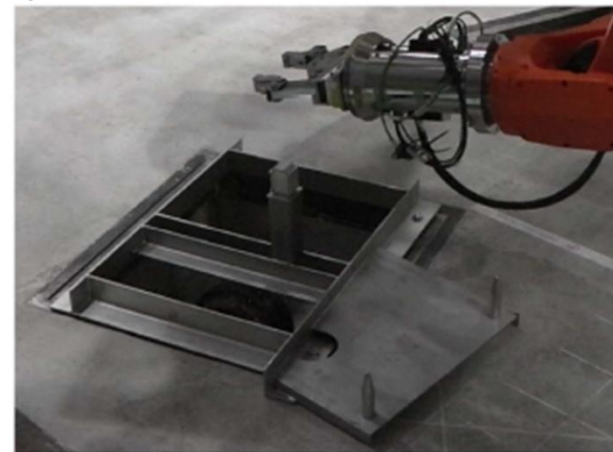
②アンカー打設用テンプレートその1をグリッパツールで把持



③アンカー打設用テンプレートその1をラグ位置まで移動



④アンカー打設用テンプレートその1をラグ位置に設置

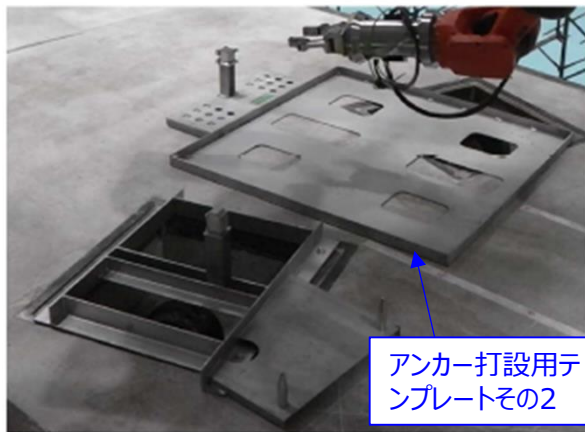


8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（穿孔位置確認用のテンプレートを設置（2/2））

①アンカー打設用テンプレートその2をグリッパツールで把持



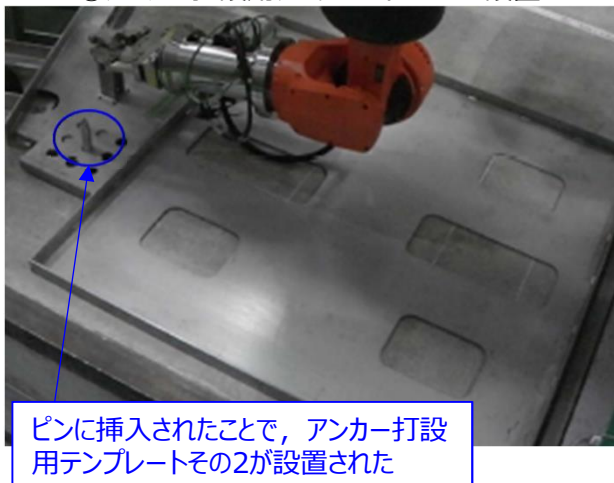
②アンカー打設用テンプレートその2をアンカー打設用テンプレートその1の取付け位置まで移動



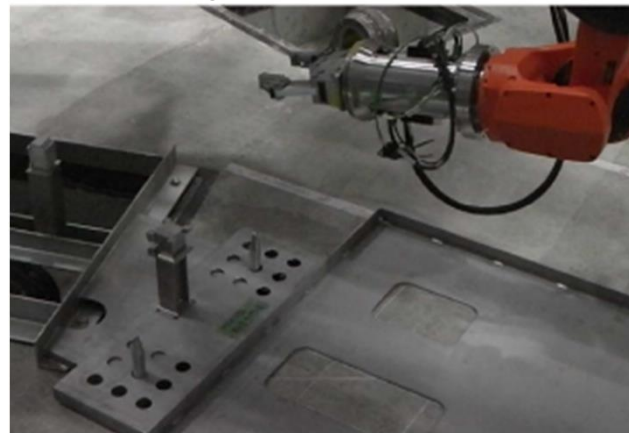
③アンカー打設用テンプレートその2をアンカー打設用テンプレートその1の取付け位置まで移動



④アンカー打設用テンプレートその2を設置



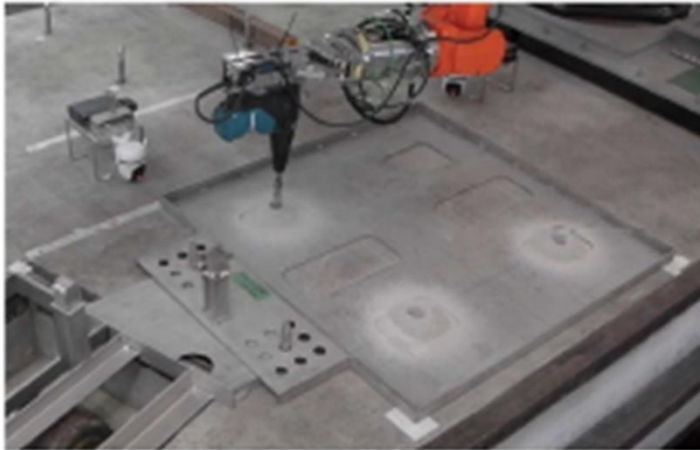
⑤グリッパツールを解除



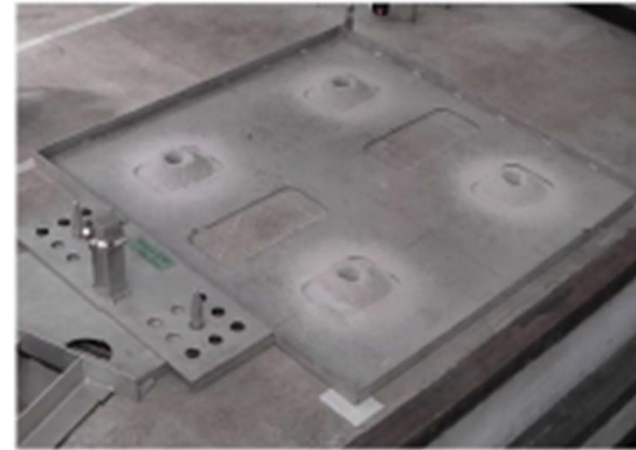
8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

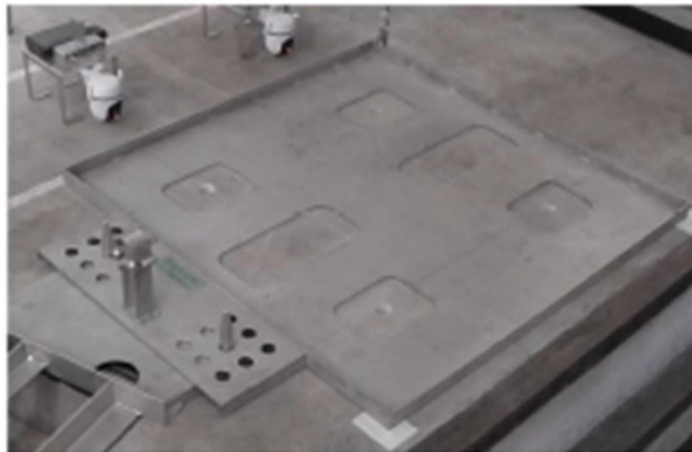
- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（ケミカルアンカー打設作業（1/8））



アンカーボルト用の穿孔（1）



アンカーボルト用の穿孔（2）



穿孔時のコンクリート粉の回収

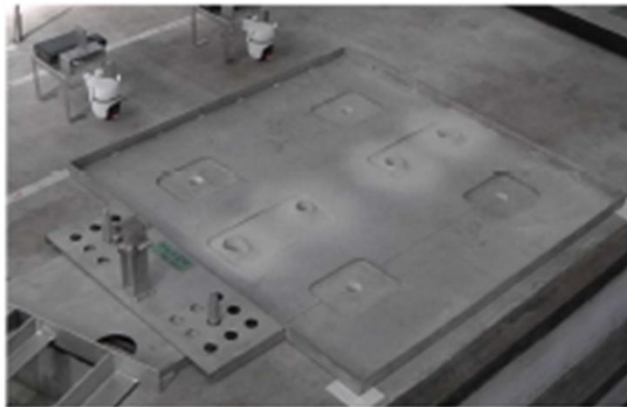


ケミカルアンカー用ベース固定用の穿孔（1）

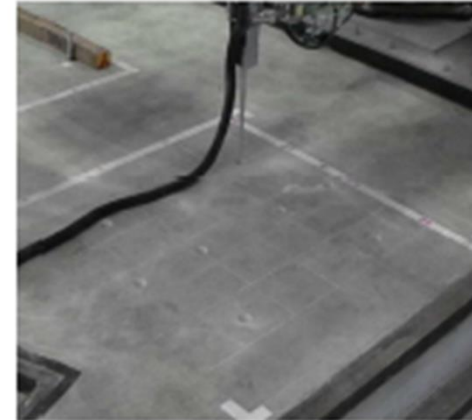
8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（ケミカルアンカー打設作業（2/8））



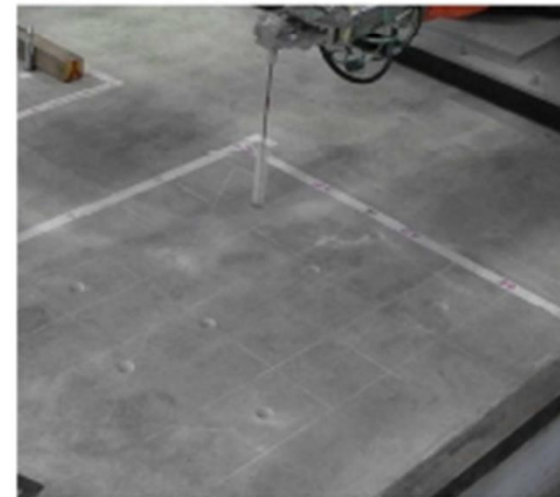
ケミカルアンカー用ベース固定用の穿孔（2）



孔内清掃（吸引）（1）



孔内清掃（吸引）（2）

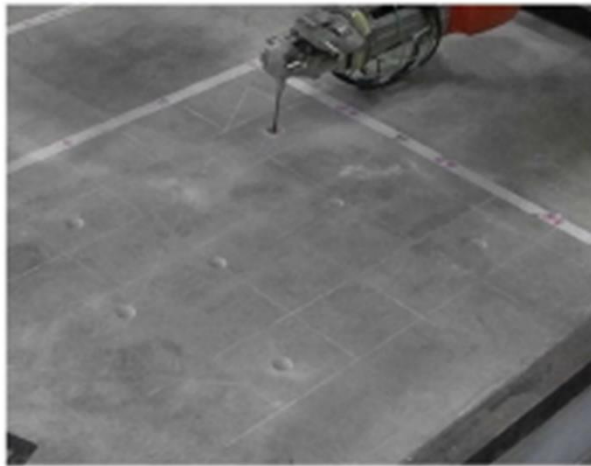


孔内清掃（ブラシ）（1）

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

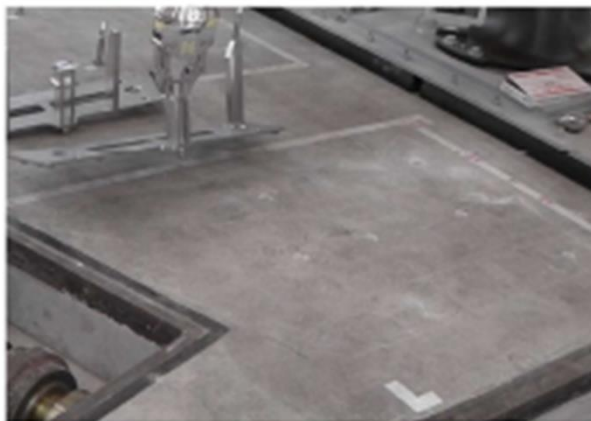
- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（ケミカルアンカー打設作業（3/8））



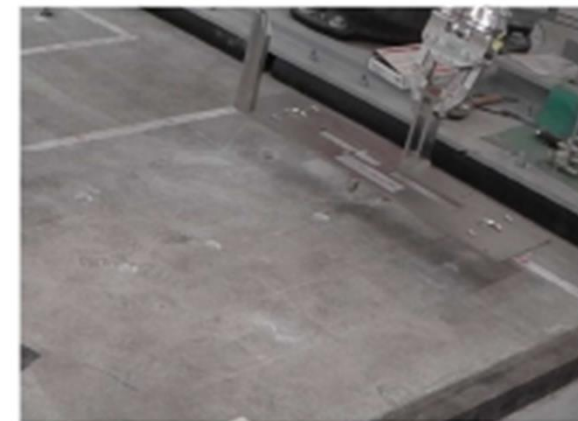
孔内清掃（ブラシ）（2）



孔内映像



ケミカルアンカー用ベース設置（1）



ケミカルアンカー用ベース設置（2）

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（ケミカルアンカー打設作業（4/8））



ケミカルアンカー用ベース設置 (3)



ケミカルアンカー用ベース設置 (4)



ケミカルアンカー用ベース設置 (5)



ケミカルアンカー用ベース設置 (6)

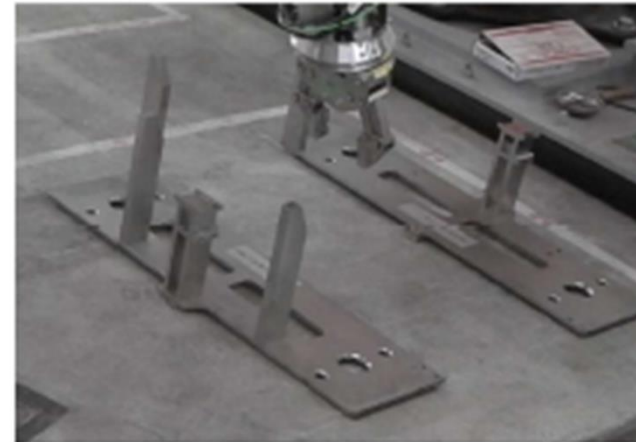
8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（ケミカルアンカー打設作業（5/8））



ケミカルアンカー用ベース設置 (7)



ケミカルアンカー用ベース設置 (8)



カプセル投入用のガイド設置 (1)



カプセル投入用のガイド設置 (2)

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（ケミカルアンカー打設作業（6/8））



カプセル投入用のガイド設置 (3)



ケミカルアンカー把持部設置 (1)



ケミカルアンカー把持部設置 (2)



ケミカルアンカー把持部設置 (3)

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（ケミカルアンカー打設作業（7/8））



ケミカルアンカー把持部設置（4）



ケミカルアンカー把持部設置（5）

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

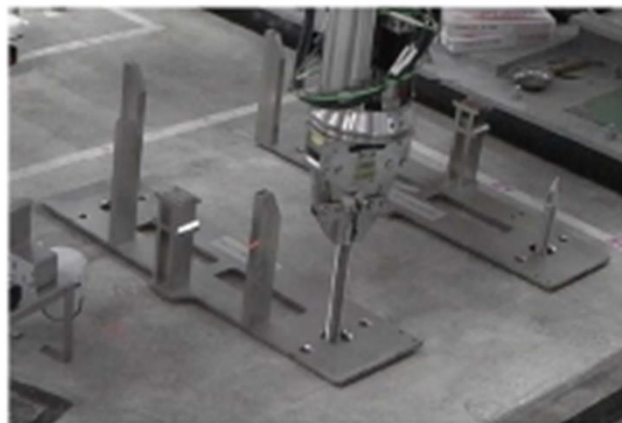
- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（ケミカルアンカー打設作業（8/8））



アンカーボルト打設 (1)



アンカーボルト打設 (2)



アンカーボルト打設 (3)



アンカーボルト打設 (4)

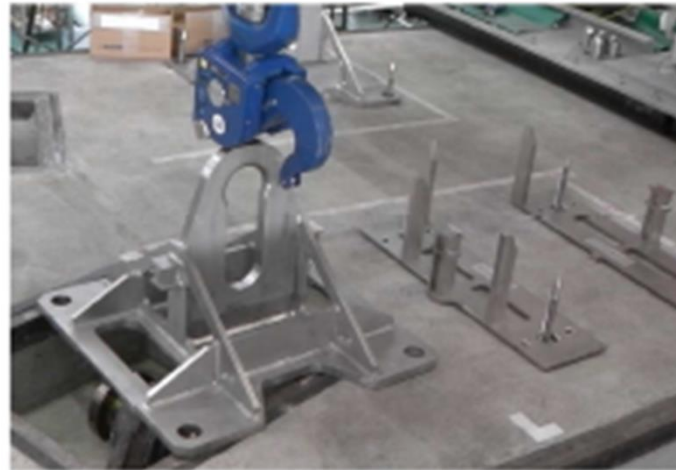
8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（新規ラグ設置作業（1/5））



新規ラグ位置へ移動



新規ラグ把持(1)



新規ラグ把持(2)



新規ラグ移送

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

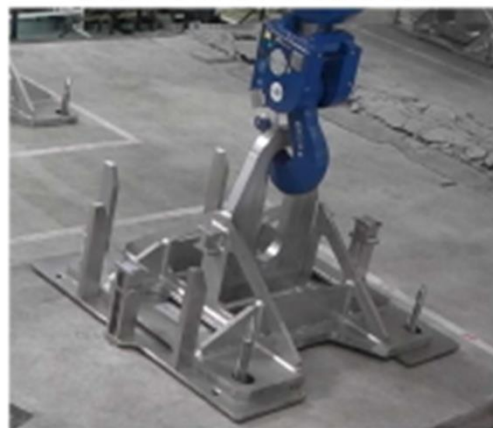
- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（新規ラグ設置作業（2/5））



ロボットアームがウェルシールドプラグ中央にいる状態での、多目的フック（2）で引き寄せることは困難と判断



ロボットアームの位置を、新規ラグが概ねアンカーボルトの直上に来る位置に移動



新規ラグ設置（1）



新規ラグ設置（2）

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（新規ラグ設置作業（3/5））



固定用ナット準備（1）



固定用ナット準備（2）



固定用ナットにて新規ラグ固定(グリッパツール)(1)

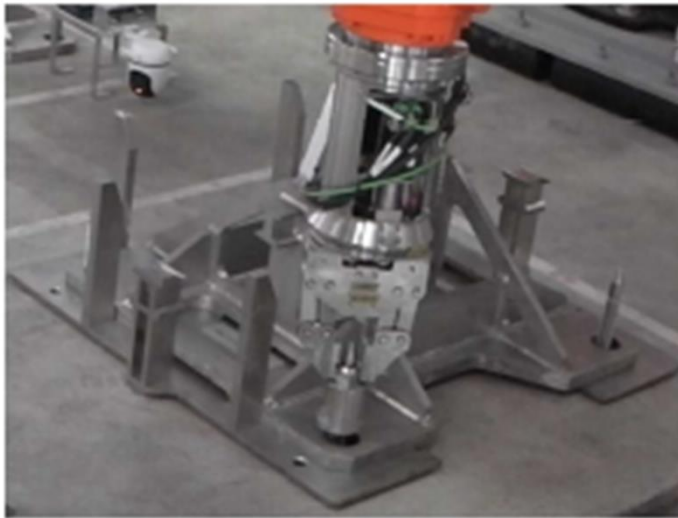


固定用ナットにて新規ラグ固定(グリッパツール)(2)

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（新規ラグ設置作業（4/5））



固定用ナットにて新規ラグ固定(グリッパツール)(3)



固定用ナットにて新規ラグ固定(グリッパツール)(4)

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（新規ラグ設置作業（5/5））



固定用ナットにて新規ラグ固定(ナットランナー)(1)



固定用ナットにて新規ラグ固定(ナットランナー)(2)



固定用ナットにて新規ラグ固定(ナットランナー)(3)

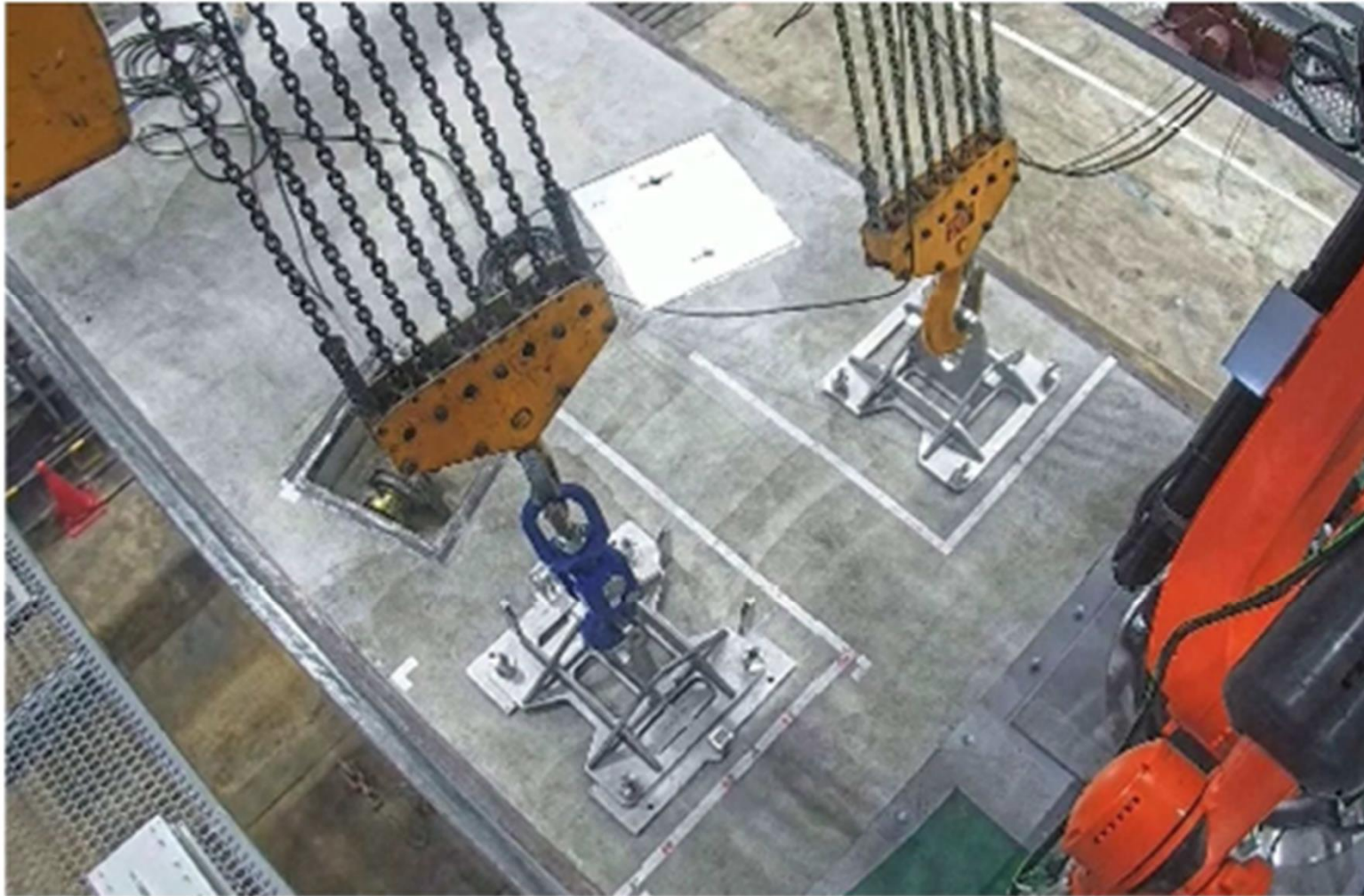


固定用ナットにて新規ラグ固定(ナットランナー)(4)

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（ウェルシールドプラグ吊り上げ（1/3））



ウェルシールドプラグ吊り上げ（1/3）

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

② 破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（ウェルシールドプラグ吊り上げ（2/3））



ウェルシールドプラグ吊り上げ（2/3）

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

②破損したウェルシールドプラグの搬送方法

- ・新規ラグピンを使用したウェルシールドプラグの吊り上げ確認（続き）（ウェルシールドプラグ吊り上げ（3/3））



ウェルシールドプラグ吊り上げ（3/3）

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

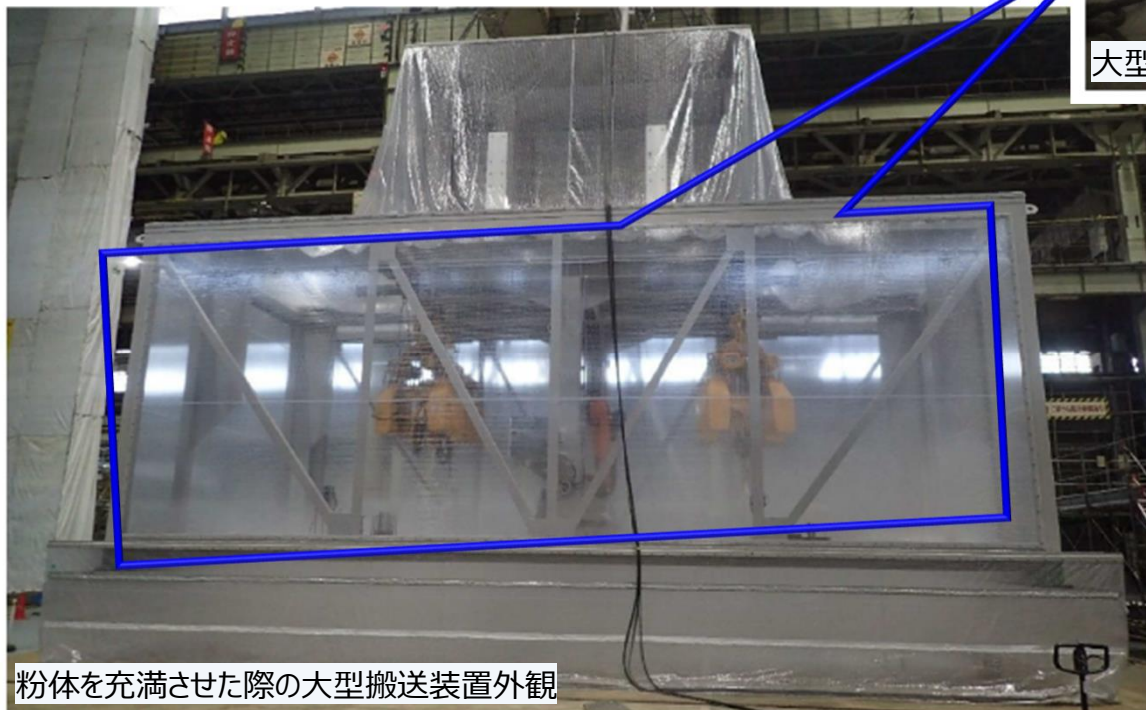
③ダスト拡散低減方法

- 低減効果は1/2～1/5程度であり，目標値を達成させる効果は得られなかった（下図参照）。
- カバー内に粉体を充満させ，漏れ程度を目視確認した結果，ほとんど漏れはなかったため，効果はあった。試験結果の写真を次頁以降に示す。

計測粒径	カバー有り(a)	カバー無し(b)	低減効果(a/b)
0.3 μm	28,874 [個/L]	51,068 [個/L]	0.565 [倍]
2.0 μm	6,709 [個/L]	34,032 [個/L]	0.197 [倍]
5.0 μm	1,717 [個/L]	6,779 [個/L]	0.253 [倍]
風速	8.0～11.0 [m/s]	8.0～11.0 [m/s]	-
粉体重量 (試験前)	1.00 [kg]	1.01 [kg]	-
粉体重量 (試験後)	0.99 [kg]	1.00 [kg]	-
粉体重量 (飛散量)	0.01 [kg]	0.01 [kg]	-

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

③ダスト拡散低減方法（続き）



粉体を充填させた際の大型搬送装置外観



大型搬送装置内側（粉体が舞っている状況）

8. 添付資料 添付資料4.5-2 工法3試験結果

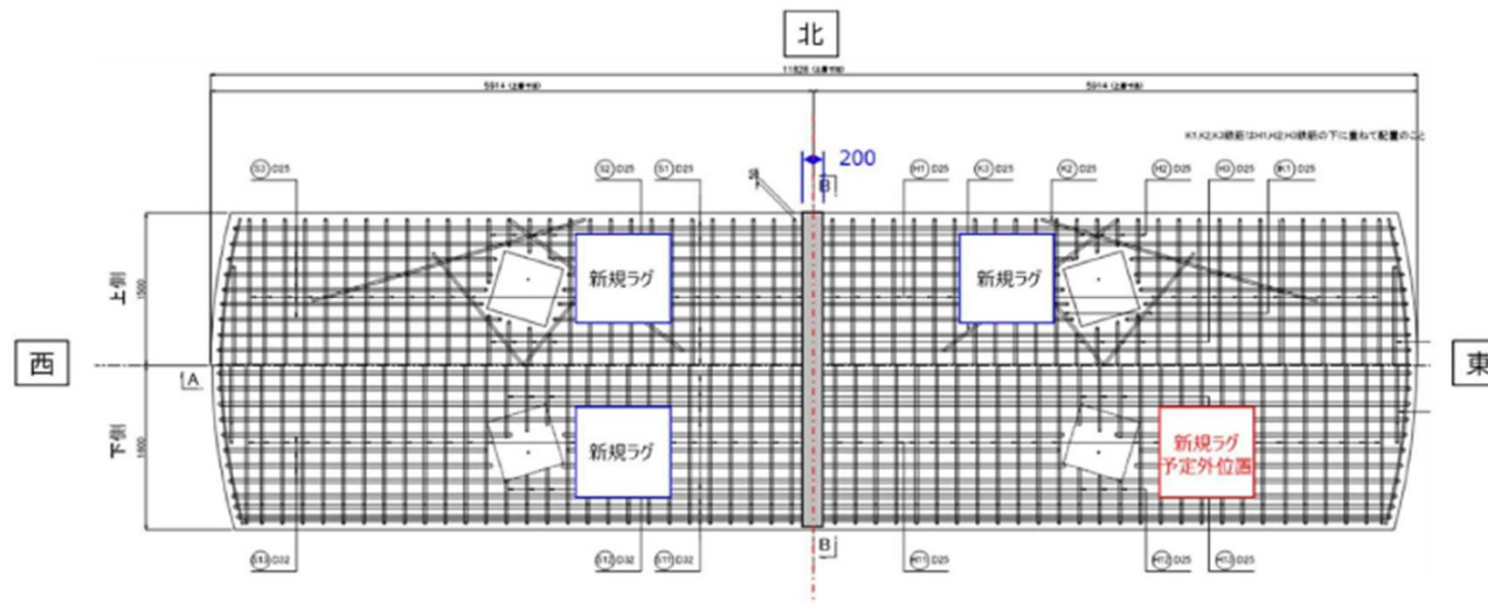
③ダスト拡散低減方法（続き）



大型搬送装置を吊り上げ（カバーを開けた）際の粉体の開放

8. 添付資料 添付資料4.5-3 工法3新規ラグ（予定外）取り付け位置（1/3） *Decom.Tech*

- 新規ラグを予定外位置に設置し、吊り上げ可否の確認を実施した。
- 本試験の目的は、吊り上げ時の影響や制御方法の確認とした。
- 吊り上げ時の影響として吊りバランスが崩れることが考えられ、その状態を模擬する目的で、ラグの設置位置を既設ラグとは別に1か所新規ラグとして設置し、試験を実施した。
- 新規ラグ設置位置を下図に示す。設置位置としては、上部鉄筋側で荷重を受けれるよう、既設ラグの外側とした。
- 試験の結果、吊り上げ可能であったが、吊りバランスを調整する際に水平方向の回転となって現れたため、水平方向に多少回転した。
- 実機適用時は、電動チェーンブロックの自走できる仕様とすることが望ましいことを確認した。
- 試験時の写真を次頁以降に示す。



8. 添付資料 添付資料4.5-3 工法3新規ラグ（予定外）取り付け位置（2/3） *Decom.Tech*

予定外位置への新規ラグ設置



8. 添付資料 添付資料4.5-3 工法3新規ラグ（予定外）取り付け位置（3/3） *Decom.Tech*

ウェルシールドプラグ吊り上げ



8. 添付資料 添付資料4.5-4 工法3カメラ映像

- 遠隔操作はカメラモニタのみの確認で遠隔で実施した。
- その様子を下図に示す。

ウェルシールドプラグ吊り上げ作業全般の操作画面の確認



8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧（1/17）

Decom.Tech

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法1 1号機 SFP燃料 取り出し用大型カ バー設備を用いた 撤去工法	【課題①】 オペフロ上部設 備，落下対策を含 む工法，作業方 法・手順等の技術 開発	1-1-1 状態確認	水平状態のウェルシールドプラグの非破壊検査は工法3で検討する。 ただし，工法1ではウェルシールドプラグが斜めになっている状態であり，その点に留意した検討が今後必要になる。	・工法3で検討した非破壊検査方法（超音波トモグラフィー，電磁波レーダ）が適用できると考えており，基本設計，設備仕様検討段階でその成果を反映させる。 ・ただし，工法1ではウェルシールドプラグが斜めになっている状態であり，その点に留意した検討が必要になる。	TRL4
		1-1-2 設備構築	SFP燃料取り出し用大型カバー内の設備の内，干渉物となる設備の撤去を検討する必要がある。	ウェルシールドプラグの撤去時期に合わせて，干渉物の撤去工事を検討いただく必要がある。	—
		1-1-3 吊り上げ	工法1では，前提条件としてラグが使用可能とした。そのため，ラグが使用できない状態（以下参照）でのウェルシールドプラグの吊り上げ方法の検討は必要となる。 ・ラグが使用可能な状態で要素試験を行ったため，ラグが使用できない場合の詳細検討が必要になる。 ラグやラグボックス内やウェルシールドプラグの周囲に異物がある場合の異物除去方法について検討が必要になる。	・工法3で検討した方法（新規ラグ追設など）が適用できると考えており，基本設計，設備仕様検討段階でその成果を反映させる。 ・ただし，工法1ではウェルシールドプラグが斜めになっている状態であり，その点に留意した検討が必要になる。今後，特にアンカーボルトの打設に関して，斜めになっている床を使ってその実現性を確認し，必要な設備を明らかにする必要がある。 ・ラグ周辺の異物除去や噛みこみ解除方法（圧空除去や吸引回収，機械的加工による除去など）の詳細検討を行う必要がある。	TRL4
			工法1では主に落下しているウェルシールドプラグに対しての吊り上げ方法の検討を行い，その吊り上げ方法に対して要素試験を行った。 今後の検討で，装置の誤操作防止方法，地震など異常時の落下・転倒防止方法の検討が必要となる。	本検討では，ウェルシールドプラグの吊り具に関して試作機を用いた要素試験までを実施しており，その中で落下防止対策としてフックの外止め（ロックピン）を検討したが，地震時の対応については，今後，吊り具以外の他設備の詳細検討を実施していく中で，設備全体として検討する必要がある。	TRL4

8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧（2/17）

Decom.Tech

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法1 1号機 SFP燃料 取り出し用大型カ バー設備を用いた 撤去工法	【課題①】 オペフロ上部設 備、落下対策を含 む工法、作業方 法・手順等の技術 開発	1-1-3 吊り上げ	吊り点移動式天秤やラグ取合い治具にダスト拡散低減シートを反映した場合の影響についても考慮が必要。	シート内部が暗くなるため照明追加が必要となる。	TRL4
			要素試験結果から、ウェルシールドプラグが2点吊りとなり、30tを超える荷重が治具にかかる可能性があるため、荷重管理方法と合わせて合理的な許容荷重に見直しが必要。	・電気チェーンブロックなどの許容荷重の見直しを行う。 ・2点吊りとならずに吊り点4点に荷重が分散した状態を維持しながら吊り上げ・姿勢調整が可能となる様、荷重の管理方法・装置構成の検討が必要となる。	TRL4
			今回検討した手順では、中折れ角度を事前に人手作業で設定する必要がある。実機作業では事前に治具を除染する計画としているが、被ばく低減などの観点から中折れ機構の改良も検討することが望ましい。	・中折れ角度を事前に設定せずに傾斜したラグに取付可能な治具構造・機構の検討を行う。 ・中折れ機構を遠隔調整が可能な構造とする。	TRL4
			保守方法の検討が必要となる。	概念検討としてヤードなどで保守を実施することとしたが、詳細な保守方法の検討を基本設計段階で実施する必要がある。	TRL4
			ラグカバー撤去方法の検討が必要になる。	・IAEA封印に関する情報の入手、調整を行う必要がある。 ・工法3で検討したラグカバー取外し方法が適用できると考えており、基本設計、設備仕様検討段階でその成果を反映させる。 ・ただし、工法1ではウェルシールドプラグが斜めになっている状態であり、その点に留意した検討が必要になる。	TRL4～5

8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧 (3/17)

Decom.Tech

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法1 1号機 SFP燃料 取り出し用大型カ バー設備を用いた 撤去工法	【課題①】 オペフロ上部設 備、落下対策を含 む工法、作業方 法・手順等の技術 開発	1-1-4 移送 (搬出)	1-1-3と同様の内容	1-1-3と同様の内容	TRL4～5
		1-1-5 その他 (全体)	要素試験は装置、ウェルシールドプラグ模擬体を1/2程度の大きさとしている。	本検討では傾いた状態で、落下しているウェルシールドプラグの吊り上げ方法に着目し検討している。そのため、本要素試験では上記内容の確認を実施することに主眼を置いており、1/2スケールとしても確認は可能と判断した。そのため、本検討により吊り上げ方法の見通しは立つと考えるため、大きな課題はないと考える。	—
			工法1では主に落下しているウェルシールドプラグに対しての吊り上げ方法の検討を行い要素試験を実施することとした。 今後、状態確認方法など詳細検討を行い、作業全体における実作業を想定した手順の検討が必要となる。	1-1-1や1-1-3で示したようラグや状態確認方法やラグが使用できない場合の吊り上げ方法など工法3の検討結果を元に、本工法への適用を検討する必要がある。 その検討結果に基づき、実作業を想定した手順の検討を基本設計～モックアップ試験の段階で継続して実施していくことが必要と考える。	TRL4～6
			炉内構造物他取り出しなど、後段作業に使用する装置と本事業で検討したウェルシールドプラグ取り出しに使用する装置の共有化を図る必要がある。	後段作業（炉内構造物他取り出しなど）の工法決定時期に、装置共有化の検討を行う。	工法決定後
	【課題②】 汚染源があることを考慮した工法の検討、作業計画が必要	1-2-1 状態確認	汚染拡大抑制方法として、設備や吊り上げ設備に持たせることで検討したため、状態確認においては課題はない。	—	—
		1-2-2 設備構築	SFP燃料取り出し用大型カバーを使用することを前提としており、本工法での課題は無い。	—	—
		1-2-3 吊り上げ	工法2で検討、試験を行ったダスト拡散低減方法が適用できると考えるが、工法1ではウェルシールドプラグが斜めになっており、そこに留意した検討が必要になる。	・工法2で検討したダスト拡散低減方法が適用できると考えており、基本設計、設備仕様検討段階でその成果を反映させる。 ・基本設計段階での留意点として、工法1ではウェルシールドプラグが斜めになっており、工法2と機器構成などが異なるため、その点に留意し基本設計を行う必要がある。	TRL4

8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧（4/17）

Decom.Tech

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法1 1号機 SFP燃料 取り出し用大型カ バー設備を用いた 撤去工法	【課題②】 汚染源があることを 考慮した工法の検 討，作業計画が 必要	1-2-4 移送（搬 出）	工法1では主に落下しているウェルシールドプラグに 対しての吊り上げ方法の検討を行い要素試験を実 施した。 今後の検討では，移動車両への搬送方法・移送 容器の構造などを検討する必要がある。	大型カバー外へウェルシールドプラグを移送する検討 を行う必要がある。	TRL4
		1-2-5 その他（全 体）	保守方法の検討が必要となる。	概念検討としてヤードなどで保守を実施することと したが，詳細な保守方法の検討を基本設計段階で 実施する必要がある。	TRL4
			ウェルシールドプラグ撤去後のPCV内部からのスカイ シャインの影響を考慮した対策を検討する必要がある。	ウェルシールドプラグ汚染状況等を明確にし，ウェル シールドプラグの開放可能時間などの検討，ウェル シールドプラグ撤去後の仮設遮へい体の設置や除 染方法などの詳細検討が必要となる。	TRL4,5
			ウェルシールドプラグを吊り上げた状態で，吊り上げ 中のウェルシールドプラグや2段目，3段目などのオ ペフロ上に設置されているウェルシールドプラグからの 汚染物等の拡散により，敷地境界における公衆被 ばく線量の上限值を超える可能性がある。	ウェルシールドプラグを吊り上げた状態で，ウェルシ ールドプラグの汚染物等の拡散により，敷地境界にお ける公衆被ばく線量の上限值を超える可能性がある 。そのため，吊り上げ中や2段目，3段目などのオ ペフロ上に設置されているウェルシールドプラグの遮 へい，除染方法を検討する必要がある。	TRL4
			1号機ウェルシールドプラグの汚染状況については， 上段プラグ下面および中段プラグ上面の一部で調 査がなされているものの，他箇所については不明の ため，汚染抑制方法としては，がれき撤去の延 長，燃料デブリ取り出し時相当の検討を行った。各 号機に対して汚染状況確認後，どの工法を選択 するかを検討は必要である。	号機毎の現場状況把握後に，工法1～3のうち， どの工法が妥当かの判断が必要になる。	TRL5
			装置の共有化	後段作業（炉内構造物他取り出しなど）の工法 決定時期に，装置共有化の検討を行う。	TRL5

8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧 (5/17)

Decom.Tech

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法1 1号機 SFP燃料 取り出し用大型カ バー設備を用いた 撤去工法	【課題②】 汚染源があることを 考慮した工法の検 討, 作業計画が 必要	1-2-5 その他 (全 体)	安全対策で抽出した以下対策の具体化が必要となる。 ・閉じ込め機能 ・放射性物質の拡散防止 (汚染物拡散の防止, 落下対策, 誤操作防止) ・遮へい機能 (作業員被ばくを考慮した)	・閉じ込め機能では汚染拡大防止機能と設定することとし, 「汚染性物質拡散の防止」に含めて検討した。 ・放射性物質の格拡散防止として, 汚染拡散の防止方法, 落下防止方法の概念検討を行ったがその具体化が必要。また, 誤操作防止方法の検討も必要になる。 ・クローラクレーンなど, 作業員の被ばくを考慮した遮へい方法の具体化が必要となる。	TRL4~5
			構内移送容器の設計・遠隔蓋締め方法の検討が必要になる。 (ウェルシールドプラグを1F-1のヤードに搬送後, 構内移送するための容器の検討が必要。また, 容器の蓋締めを遠隔で実施する方法の検討が必要。)	・遠隔での蓋締めなどの検討を行う必要がある。 ・No.14(事前調査)結果を踏まえ, 構内移送容器の設計が必要になる。	TRL4~5
			工事計画や安全対策・遮へい設計等に必要となる調査を計画・実施する必要がある。また, 遠隔で汚染状況を調査する技術など, 必要に応じて技術開発が必要となる。	必要な調査項目 (例として以下参照) を抽出し, 事前調査方法の計画を検討する。 ・ウェルシールドプラグとウェルの干渉有無 ・中段下面/下段のウェルシールドプラグ表面の汚染状況 ・ウェル内線量率	TRL5~6
工法2 3号機 (2号 機) 大型一体搬 出工法	【課題①】 オペフロ上部設 備, 落下対策を含 む工法, 作業方 法・手順等の技術 開発	2-1-1 状態確認	水平状態のウェルシールドプラグの非破壊検査は工法3で検討した。工法2でもその方法を適用するが, 使用する設備が違うため, その点に留意した検討が必要になる。	工法3で検討した非破壊検査方法が適用できると考えており, 基本設計, 設備仕様検討段階でその成果を反映させる。	TRL4
		2-1-2 設備構築	ダスト拡散低減設備の設置作業として, 作業員被ばく低減等を考慮した設置作業の検討が必要。	机上にて作業検討を実施するとともに, 装置設計に作業検討の結果をフィードバックする。必要に応じてモックアップ装置を製作し作業成立性を確認する。	TRL4~5

8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧（6/17）

Decom.Tech

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法2 3号機（2号機）大型一体搬出工法	【課題①】 オペフロ上部設備，落下対策を含む工法，作業方法・手順等の技術開発	2-1-3 吊り上げ	ラグやラグボックス内やウェルシールドプラグの周囲に異物がある場合の異物除去方法について検討が必要になる。	ラグ，ウェルシールドプラグ周辺の異物除去方法（圧空除去や掃除機など）の詳細検討を行う。	TRL4
			遠隔作業を実施可能であることの確認が必要。	工法1と同様の方法と考えるが，検討したカメラ配置にて遠隔作業可能かの確認を行う。	TRL4
		2-1-4 移送（搬出）	2-1-3と同様	2-1-3と同様	TRL4
		2-1-5 その他（全体）	SFP燃料取り出し用カバーが設置されている前提で検討したため，その撤去は必要。	－ 別工事と想定するため，本工法範囲外と考える。	－
			作業全体における実作業を想定した手順の検討	本検討ではダスト拡散低減方法に着目し検討している。 本検討と要素試験結果からダスト拡散低減方法の見通しは立つと考えるが，実際の現場作業を想定した検討や試験等は基本設計段階で必要と考える。	TRL4
			炉内構造物他取り出しなど，後段作業に使用する装置と本事業で検討したウェルシールドプラグ取り出しに使用する装置の共有化を図る必要がある。	後段作業（炉内構造物他取り出しなど）の工法決定時期に，装置共有化の検討を行う。	TRL5
			要素試験は装置は1/3程度の大きさとしている。	流量など，体積比率で換算して実施しているため，大きな課題は無いと考えている。必要に応じ装置具体化，要素試験等の段階で確認を行う。	－

8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧（7/17）

Decom.Tech

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法2 3号機（2号機）大型一体搬出工法	【課題①】 オペフロ上部設備、落下対策を含む工法、作業方法・手順等の技術開発	2-1-5 その他（全体）	要素試験装置の構成部品は、ダスト拡散低減シート、EPDM を除き耐放射線性が確認出来ないため、放射線劣化の影響確認が必要。	破損リスクのある構成部品について照射試験を行い、適切な部品を選定する。耐放射線性の不十分であった部品については、再選定や交換・メンテナンス方法を検討する。	TRL4
			要素試験では、各構成機器の耐久性を確認していないため、耐久性に裕度のある設計となっていることの確認が必要。	構成部品について劣化等のリスクのあるものを抽出し、耐久性を確認する。（トラブル等による開閉回数増加等も加味する）	TRL4
			要素試験装置同様に後工程への影響が無い場合においても、最終的には解体が必要となるため、解体方法の事前検討が必要。	機器設計時に解体を考慮すると共に、解体方法を机上検討する。	TRL4
	【課題②】 閉じ込め性、ダスト拡散低減等を踏まえた技術開発	2-2-1 状態確認	汚染拡大抑制方法として、設備や吊り上げ設備に持たせることで検討したため、状態確認においては課題はない。	—	—
		2-2-2 設備構築	大型一体搬出工法の検討で使用するセルを使用することを前提としており、本工法での課題は無い。	—	—
		2-2-3 吊り上げ	ダスト拡散低減設備を設置した場合、設置しなかった場合に比べ、メインフレームの回転や開口閉止装置の着座・開閉によりウェルシールドプラグを吊っている時間が延び、ウェルシールドプラグの落下リスクが上昇すると考えられることから、ダスト拡散低減設備設置により延びる時間を短縮する方法の検討が必要。	・落下防止対策として、工法1の方法が適用できると考えており、基本設計、設備仕様検討段階でその成果を反映させる。 ・机上にて、ダスト拡散低減設備の作業時間を短縮する方法（作業ステップの変更、開口閉止装置の開閉時間等）を検討し、必要に応じて設計へ反映する。	TRL4
			要素試験において、負圧レベルが判定基準（JIS推奨値）を下回る（-20 PaG 以下となる）事象が発生したことから、機器損傷等を考慮した負圧レベル下限値の設定・検証等が必要。	・実機設計時に負圧維持装置の設定を追い込む ・負圧の判定基準はJIS9919に準じており、負圧の深い側は「扉を開けることができる」よう設定されている。本検討では-21PaGにおいても問題なく開口閉止装置を開閉できたため、判定基準の見直しは可能と考える。	TRL4

8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧（8/17）

Decom.Tech

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法2 3号機（2号機）大型一体搬出工法	【課題②】 閉じ込め性，ダスト拡散低減等を踏まえた技術開発	2-2-3 吊り上げ	シートの破損状況により負圧維持が出来ない場合があることを確認した。よって，破損リスクの低減方法および破損時の対応方法の検討が必要。	リスクへの対応方法を検討し，必要に応じて装置設計へ反映する。	TRL4～5
		2-2-4 移送（搬出）	2-2-3と同様	2-2-3と同様	TRL4～5
		2-2-5 その他（全体）	3号機ではダスト分布の前提とした粒径分布の比率を1号機のデータに基づき検討し，要素試験の計画を行った。そのため，ダスト分布の確認は必要となる。	現場詳細状況把握後に，装置の詳細設計に反映させる必要がある。	TRL5
			保守方法の検討が必要となる。	セル内への入域手順等は一体搬出工法と同様と考えるが，本工法の詳細な保守方法の検討を基本設計段階で実施する必要がある。	TRL4
			要素試験は負圧維持の成立性確認のみであったため，ウェルシールドプラグ表面に付着している放射性ダストの拡散低減に対する負圧維持の有効性検証が必要。	ウェルシールドプラグの調査結果等より，模擬ダストを用いた試験を実施し，ダスト拡散低減効果の有効性を確認する。	TRL4
			要素試験では，ウェルからの通気量は考慮・模擬していないため，負圧維持装置の排気風量について，ウェル開口閉止装置下部に存在し，圧力バウンダリの一部となるウェルからの通気量の反映が必要。	現場状況把握後，模擬ダストを用いた試験を実施し有効性を確認する。	TRL4

8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧（9/17）

Decom.Tech

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法2 3号機（2号機）大型一体搬出工法	【課題②】 閉じ込め性，ダスト 拡散低減等を踏まえた技術開発	2-2-5 その他（全体）	以下に示すようなウェルシールドプラグ撤去作業中や撤去後において，汚染物等の拡散により，敷地境界における公衆被ばく線量の上限値を超える可能性がある。以下全てのケースにおいて一体搬出工法で検討したセルの遮へい壁で対策できると想定するが，詳細検討が必要となる。 ・ウェルシールドプラグ撤去後のPCV内部からのスカイシャインや直接線の影響 ・ウェルシールドプラグを吊り上げた状態で，吊り上げ中のウェルシールドプラグからの汚染物等による影響 ・ウェルシールドプラグを吊り上げた状態で，2段目，3段目などのオペフロ上に設置されているウェルシールドプラグからの汚染物等による影響	基本的にはセルの遮へい壁で抑えることを考えておいたが，詳細検討は必要になる。	TRL5
			3号機では，ウェルシールドプラグ（上中下段すべて）の汚染状況が不明のため，汚染抑制方法としては，がれき撤去の延長，燃料デブリ取り出し時相当の検討を行った。各号機に対して汚染状況確認後，どの工法を選択するか検討は必要である。	号機毎の現場状況把握後に，工法1～3のうち，どの工法が妥当かの判断が必要になる。	TRL5

8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧（10/17） *Decom.Tech*

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法3 3号機（2号機）ウェルシールドブラグ用カバーを用いた撤去工法	【課題①】 オペフロ上部設備，落下対策を含む工法，作業方法・手順等の技術開発	3-1-1 状態確認	要素試験で，非破壊検査装置（電磁波レーダ/超音波トモグラフィ）の使用時，ウェルシールドブラグ表面の小石などを事前に除去しない場合，計測精度・信頼性に影響することを確認した。	非破壊検査工程の前に清掃工程を入れる。そして，具体的な清掃方法についての検討も必要である。	TRL4
			上部配筋の亀裂や破断を確認することができた。ただし，明確な判断基準を設けることは難しく，また，32mm未満の破断の検出は不可であった。	・非破壊検査装置による確認に加え，以下に示すような非破壊検査以外の対策の具体化検討が必要になる。 ①インチングによる吊り上げ時及び地切り状態で一定時間観察して，その後の変形・異音等の数値的データを測定し(収音マイク，カメラなどを想定)，異常が進展する場合のシミュレーションと比較して判断する。 ②落下時の影響が小さい高さで引き出す方法。	TRL4
			電磁波レーダの計測は，スイッチon後に電磁波レーダツールの把持部のツバ部分をグリッパツールにより押すことで，進行方向に動かすことで計測を行うが，損傷しているウェルシールドブラグには傾斜があると推定されるため，傾斜を下る向きに動かすと電磁波レーダツールが落下する可能性がある（要素試験では傾斜を上がる方向で実施したため，落下する事象は発生していない）。	電磁波レーダツール把持部のツバを両面につける。両面にツバを設けることで，傾斜を下る向きに電磁波レーダツールを動かす際に，グリッパツールに引っ掛かるようにし，落下防止策とする。	TRL4
			電磁波レーダツールの計測開始スイッチのON/OFFは電磁波レーダツールと無線接続するタブレット端末により実施するが，既製品のままでは通信距離が短い※ため，実機においては遠隔操作室からの操作ができるよう方法を検討する必要がある。 ※障害物のない環境で30m程度まで通信可能であったが，安定して通信を行うには10m程度に抑える必要があった。	電磁波レーダツールとタブレット端末の間に中継器を設けることはできない仕様であるため，タブレット端末を大型搬送装置内部に設置し，タブレット端末にリモート接続する等の方法を検討する。	TRL4

8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧（11/17） *Decom.Tech*

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法3 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法	【課題①】 オペフロ上部設備、落下対策を含む工法、作業方法・手順等の技術開発	3-1-2 設備構築	3号機では建屋の損傷も大きく、設備の詳細検討段階では、カバー設置箇所や耐震などの検討が必要。	建屋の損傷や設置可能箇所等、現場詳細状況把握後に、設計に反映させる必要がある。	TRL5
			詳細が検討できていないため、現場状況把握後に具体的な検討を実施する必要がある。	現場状況把握後に具体的な検討を実施する。	TRL5
			工法3では、主にウェルシールドプラグ中央部が損傷していることから、損傷を考慮した工法の検討を行い、要素試験の計画を行った。 今後の検討で、装置の誤操作防止方法、地震など異常時の落下・転倒防止方法の検討が必要となる。	本検討では概念検討として、地震時はウェルシールドプラグをオペフロ上に置く、吊り上げ装置に落下防止対策を施すなどの検討を実施した。 装置の詳細設計段階で、誤操作防止方法、地震などの異常時のウェルシールドプラグ仮置き場所など詳細検討が必要になる。	TRL5
		3-1-3 吊り上げ	要素試験ではアンカー打設の遠隔取付け試験を実施し問題ないことを確認した。 本支持構造物の詳細な構造や手順を検討する必要がある、要素試験や検討結果を反映し検討する必要がある。	新規ラグの取付けと同様、アンカー打設後に支持構造物の取付けを想定している。新規ラグ取付けについて、要素試験で成立性の確認を行うため、その結果を反映し、基本設計段階で詳細検討が必要になる。	TRL4
			実規模検証試験で採用したカメラの内、移動式カメラは集音機能が備わっているが、多数設けている固定式カメラは集音機能がない。遠隔操作をする上で一番重要なのは視野であるが、ドリルがウェルシールドプラグに接触し穿孔開始したかどうかなどの一部の作業は視野よりも音の方が認識しやすいことがある。そのため、集音機能がないカメラを使用する場合には近傍に集音マイクを設置するなどを検討する。	集音機能がないカメラを使用する場合には近傍に集音マイクを設置するなどの検討を実施する。	TRL4
			ラグやラグボックス内やウェルシールドプラグの周囲に異物がある場合の異物除去方法について検討が必要になる。	ラグ、ウェルシールドプラグ周辺の異物除去方法（圧空除去や掃除機など）の詳細検討を行う。	TRL4

8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧（12/17） *Decom.Tech*

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法3 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法	【課題①】 オペフロ上部設備，落下対策を含む工法，作業方法・手順等の技術開発	3-1-3 吊り上げ	本PJでは電磁波レーダツールで計測した配筋位置を明確化するために，ケミカルアンカーの打設手順で，テンプレート（穴を開けたステンレスプレート）を用いている。本PJでは要素試験の中で，テンプレートを使用した場合と，使用しない場合で金探の検出性を比較したが，テンプレートを用いると検出性が低下することを確認した（検出できないではなく，弱い信号として検出される）。	テンプレートの代わりに計測範囲に遠隔でウェルシールドプラグ上にラインを引くなどする方法を検討する。	TRL4
			本PJでは電磁波レーダツールで計測した配筋位置を明確化するために，ケミカルアンカーの打設手順で，テンプレート（穴を開けたステンレスプレート）を用いている。電磁波レーダツールはスキャン走行してデータを取得するが，テンプレートの穴などの段差を乗り越えるような動作があるとノイズ情報が乗ってしまう。	テンプレートの代わりに計測範囲に遠隔でウェルシールドプラグ上にラインを引くなどする方法を検討する。	TRL4
			ハンマードリルでアンカーボルト用の穴を穿孔する際，遠心力でビット先端がガタ分回することで，目標とする穿孔中心位置から少しずれた位置に穿孔する懸念がある。	新規ラグなどの穴径を大きくすることで，位置ずれを吸収する。	TRL4
			アンカーボルトの打設深さについて，ケミカルアンカーの硬化時間が早く（ロボットアームで動かせなくなるまで約10分程度），当初の目標値である打設深さ270mmに対して，安定的な打設ができなかった。なお，安定して施工可能な深さは200mm程度であった。本結果が得られた一方で，打設深さが150mm以上であれば，引張り荷重としては十分な裕度があるため，成立性としては問題ないとする。	硬化時間が遅い接着系アンカーや，安定して打設可能なショートタイプのカプセルを使用する。	TRL4

8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧（13/17） *Decom.Tech*

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法3 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法	【課題①】 オペフロ上部設備，落下対策を含む工法，作業方法・手順等の技術開発	3-1-3 吊り上げ	既製品のケミカルアンカーには蓋部分に突起物がある。この突起物を施工前に綺麗に取り除かないと，ケミカルカプセルをアンカーの穴に設置する際，ガイドに引っ掛かりケミカルカプセルが穴に落ちない問題が生じる。	施工前にケミカルアンカーの突起物を除去済みであることを確認する。 またはケミカルガイドの穴径を大きくする。	TRL4
			アンカーボルトにナットを締め込む際に，ナットがボルトのねじ部に引っ掛かり噛み込んだ事象が発生した。アンカーボルトを打設する際に，グリッパツールの把持がアンカーボルトの把持部から外れ，アンカーボルトのネジ部にダメージを与えたことが原因と推定する。解決のためには，円滑に締め込むために，潤滑油をスプレーすることや，そもそもダメージを与えないためにアンカーボルトの把持部の溝を深くする，アンカーボルトの把持部とグリッパツールの把持をインローにするなどして打設時に外れないようにするなどといった方法が必要となる。	アンカーボルト把持部構造の見直し検討を実施する。	TRL4
			打設した4本のアンカーボルトはそれぞれ傾いており，アンカーボルト打設用ベースプレートおよび新規ラグのボルト穴に入らず，設置ができない問題が発生した（ある程度傾きを想定し，ボルト穴を空けていたが，吸収できなかった。）。そのため，“傾かないような施工管理方法や”傾く場合を考慮した対策”を検討する必要がある。 要素試験中の対応として，強度計算を行った上で，新規ラグのボルト穴を50mmに拡大することで設置を可能とした。	・新規ラグのボルト穴を拡大することで設置可能である結論を得たが，実機適用化に向け，より余裕を持った設計（新規ラグの穴径のさらなる拡大など）となるよう配慮が望ましい。加えて，アンカーボルトの傾きを低減することを目的に，アンカーボルトの穿孔位置精度（※）を上げる方法を検討する。 （※）アンカーボルト打設用のガイドの設置や，打設するアンカーボルトの長さを調整し各傾き違いの幅を小さくする等 ・“傾かないような施工管理方法や”傾く場合を考慮した対策”を検討する必要がある。	TRL4

8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧（14/17） *Decom.Tech*

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法3 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法	【課題①】 オペフロ上部設備、落下対策を含む工法、作業方法・手順等の技術開発	3-1-3 吊り上げ	ナットランナーでアンカーボルトのナット締結をしたところ、ナットランナーの仕様で1箇所を締結すると、ロックがかかり、続けて2箇所目以降を締結することができない。（規定トルクまで締結したら自動で停止し、レバーを戻す必要がある機構となっているため。） ナットランナーのレバーON/OFFを遠隔で実施する方法を検討するか、グリップツールの回転トルク性能を向上させ、グリップツールでトルク締めをする方法を検討する必要がある。	ナットランナーのレバーON/OFFを遠隔で実施する方法を検討するか、グリップツールの回転トルク性能を向上させ、グリップツールでトルク締めをする方法を検討する。	TRL4
			実規模検証試験で構成した電動チェーンブロックは大型搬送装置をウェルシールドプラグの中央にセットすると、既設ラグの直上になるように配置している。ケミカルアンカー用ラグが同列上に配置できない場合、電動チェーンブロックのフックをロボットアームで掛けるのは困難となる。 電動チェーンブロックの取付位置を高くするか、電動チェーンブロック自体に横行機能を持たせ、任意の位置で吊り上げられるように検討する必要がある。	大型搬送装置の構成を見直し、電動チェーンブロック自体に横行機能を持たせるなどの検討を実施する。	TRL4
		3-1-4 移送（搬出）	3-1-3と同様	3-1-3と同様	TRL4,5
		3-1-5 その他（全体）	工法3では主に破損しているウェルシールドプラグに対しての吊り上げ方法の検討を行い要素試験を実施した。 今後、設備構築など詳細検討を行い、作業全体における実作業を想定した手順の検討が必要になる。	設備設置方法や支持構造物設置方法など、本工法への適用を検討する必要がある。 その検討結果に基づき、実作業を想定した手順の検討を基本設計～モックアップ試験の段階で継続して実施していくことが必要と考える。	TRL4

8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧（15/17） *Decom.Tech*

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法3 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法	【課題①】 オペフロ上部設備、落下対策を含む工法、作業方法・手順等の技術開発	3-1-5 その他（全体）	炉内構造物他取り出しなど、後段作業に使用する装置と本事業で検討したウェルシールドプラグ取り出しに使用する装置の共有化を図る必要がある。	後段作業（炉内構造物他取り出しなど）の工法決定時期に、装置共有化の検討を行う。	TRL5
			要素試験で、作業効率・安全性の観点でツールや装置の性能・安全性の向上、HMIの導入などを行った方が良いことを確認した。その情報を基本設計時に反映させる必要がある。	大きな課題ではないが、要素試験で確認した反映事項は、基本設計段階で反映させる。	TRL4
			ラグカバー撤去については、IAEAと調整が必要になる。	IAEA封印に関する情報の入手、調整を行う必要がある。	TRL4～5
			ウェルシールドプラグ吊り上げ後、ヤード等への移送を想定するがその詳細検討を行う必要がある。	ウェルシールドプラグ移送の詳細検討を行う。	TRL4
	【課題②】 汚染源があることを考慮した工法の検討、作業計画が必要	3-2-1 状態確認	汚染拡大抑制方法として、オペフロ上に設置するカバーやウェルシールドプラグ吊り上げする装置に持たせることで検討した。そのため、状態確認用装置に汚染拡大抑制処置を施す必要は無いと考え、課題はない。	—	—
		3-2-2 設備構築	移送中や吊り上げ時のダスト拡散低減方法の検討、要素試験の実施を実施した。 課題として、設備については、ダスト拡散低減方法の検討など実施する必要がある。	・1号機や3号機のがれき撤去の実績があることから、その実績を基本とし、基本設計段階で、ダスト拡散低減用のカバーを検討する必要がある。 ・工法2と同様、ダスト分布の前提として1号機のデータに基づき検討しているため、現場詳細状況把握後に、詳細設計に反映させる必要がある。	TRL4,5

8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧（16/17） *Decom.Tech*

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法3 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法	【課題②】 汚染源があることを考慮した工法の検討，作業計画が必要	3-2-3 吊り上げ	要素試験で，ダスト拡散低減設備の検証を行い，目標値としていた1/300程度※の汚染抑制効果を達成できなかった。 ※本工法はがれき撤去の延長と考えており，その汚染効果として散水効果の1/300を目標とした。	ダスト拡散低減については，目標値を下回ったことから散水など飛散抑制の対策方法を検討する必要がある。	TRL4,5
			本検討においては，装置を覆うカバー及びウェルシールドプラグ下面を覆う汚染拡大抑制用パンにてダスト拡散を低減させる計画であり，その効果を確認することとしている。 ウェルシールドプラグ搬送手順は以下で，ウェルシールドプラグ吊り上げ後，汚染拡大抑制パンへ移動するまで，短時間ではあるが，汚染拡大抑制パンが無い状態がある。なお，要素試験では汚染拡大パンを設置した状態におけるダスト拡散低減効果を確認する計画としている。 【搬送手順】 ①ウェルシールドプラグ吊り上げ ②汚染拡大抑制用パン設置位置へ移動（オペフロ上） ③汚染拡大抑制用パンを吊り上げ ④ウェルシールドプラグ移送	ウェルシールドプラグ吊り上げ後，汚染拡大抑制パンへの移動までの汚染拡大抑制方法（除染，飛散防止剤など）の検討が必要となる。	TRL4,5

8. 添付資料 添付資料5-1 実機適用に向けた留意点一覧（17/17） *Decom.Tech*

大項目	中項目	小項目	主たる技術課題	実機適用に向けた留意点/対策案	対策段階
工法3 3号機（2号機）ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法	【課題②】 汚染源があることを考慮した工法の検討，作業計画が必要	3-2-5 その他（全体）	ウェルシールドプラグ撤去後のPCV内部からのスカイシャインや直接線の影響を考慮した対策を検討する必要がある。	ウェルシールドプラグ汚染状況等を明確にし，ウェルシールドプラグの開放可能時間などの検討，ウェルシールドプラグ撤去後の仮設遮へい体の設置や除染方法などの詳細検討が必要となる。	TRL5
			ウェルシールドプラグを吊り上げた状態で，吊り上げ中のウェルシールドプラグや2段目，3段目などのオペフロ上に設置されているウェルシールドプラグからの汚染物等の拡散により，敷地境界における公衆被ばく線量の上限値を超える可能性がある。	ウェルシールドプラグを吊り上げた状態で，ウェルシールドプラグの汚染物等の拡散により，敷地境界における公衆被ばく線量の上限値を超える可能性がある。そのため，吊り上げ中や2段目，3段目などのオペフロ上に設置されているウェルシールドプラグの遮へい，除染方法を検討する必要がある。	TRL4
			3号機ではダスト分布の前提とした粒径分布の比率を1号機のデータに基づき検討し，要素試験の計画を行った。そのため，ダスト分布の確認は必要となる。	現場詳細状況把握後に，装置の詳細設計に反映させる必要がある。	TRL5
			保守方法の検討が必要となる。	工法1,2と同様，概念検討としてヤードなどで保守を実施することとしたが，詳細な保守方法の検討を基本設計段階で実施する必要がある。	TRL4
			3号機では，ウェルシールドプラグ（上中下段すべて）の汚染状況が不明のため，汚染抑制方法としては，がれき撤去の延長，燃料デブリ取り出し時相当の検討を行った。各号機に対して汚染状況確認後，どの工法を選択するかを検討は必要である。	号機毎の現場状況把握後に，工法1～3のうち，どの工法が妥当かの判断が必要になる。	TRL5

人を大切にし，新しい技術を創造し，地域と共に成長する

Decom.Tech