

令和3年度開始「廃炉・汚染水対策事業費補助金」

「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)」

## 2022年度最終報告

2023年6月

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構(IRID)

# 目次

1. 「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)」の目的と目標
2. 上アクセス工法に関する補助事業での検討実績・内容
3. 本事業の概要
4. 本事業の実施スケジュール
5. 本事業の実施体制
6. 本事業の実施内容
7. 実施目的を達成するための具体的目標と達成度評価

# 1. 「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)」の目的と目標

## 【燃料デブリの取り出し工法の開発の目的】

東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所(1F)では、核燃料が炉内構造物とともに溶融し、燃料デブリとして原子炉圧力容器(RPV)内及び原子炉格納容器(PCV)内に存在していると考えられる。

RPV及びPCV内部の燃料デブリは、現在未臨界状態にあると考えられるが、事故によって原子炉建屋(R/B)、RPV、PCV等が損傷している等、プラント自体が当初設計とは異なる不安定な状態に置かれているため、燃料デブリを取り出して燃料デブリの未臨界状態を維持し、放射性物質の拡散を防止して安定な状態にする必要がある。

上記の背景のもと、本事業は、「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」(以降、中長期ロードマップ)に基づき、東京電力ホールディングス(株)(東京電力)が実施するエンジニアリングやプロジェクト管理と連携しながら、燃料デブリ取り出し規模の更なる拡大における作業を実現することを目標に検討を実施する。本事業での開発成果は、東京電力が行うエンジニアリングに活用する。

本事業は、1Fの廃炉・汚染水対策に資する技術の開発を支援する事業を、中長期ロードマップ及び「2021年度廃炉研究開発計画」(廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議(第86回))に基づき行うことで、1Fの廃炉・汚染水対策を円滑に進めるとともに、我が国の科学技術の水準の向上を図ることを目的とする。

「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」においては、燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、大型構造物の取り出し及び搬送時における公衆、作業員の安全を確保するために重要となる放射性物質の閉じ込め、作業員の被ばく線量の低減のための隔離に関する要素技術の開発を実施する。

## 【開発全体の目標】

中長期ロードマップに基づき、燃料デブリ取り出し規模の更なる拡大における作業を実現することを目標に検討を実施する。

## 【実施期間】2021年12月～2023年3月(16ヶ月)

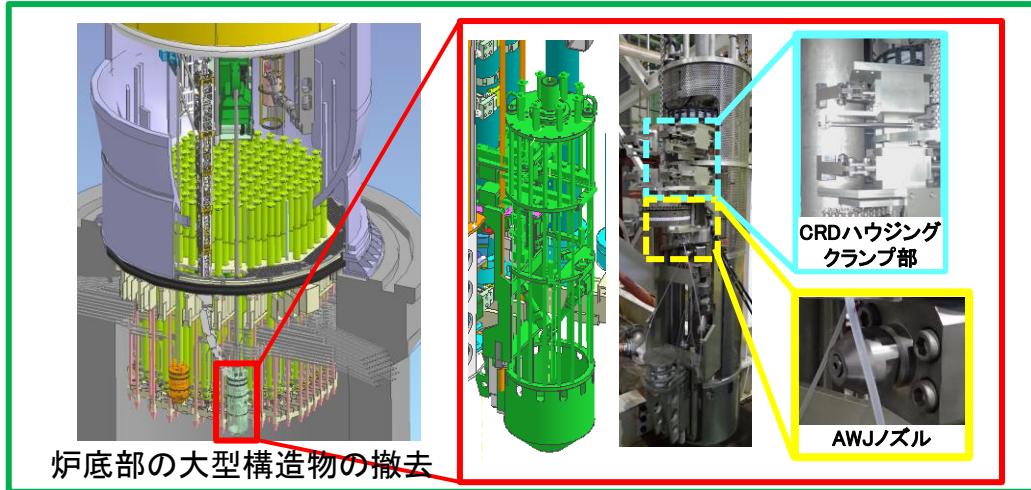
## 2. 上アクセス工法に関する補助事業での検討実績・内容

過去の補助事業の実績および実施中の補助事業での検討内容について整理した。

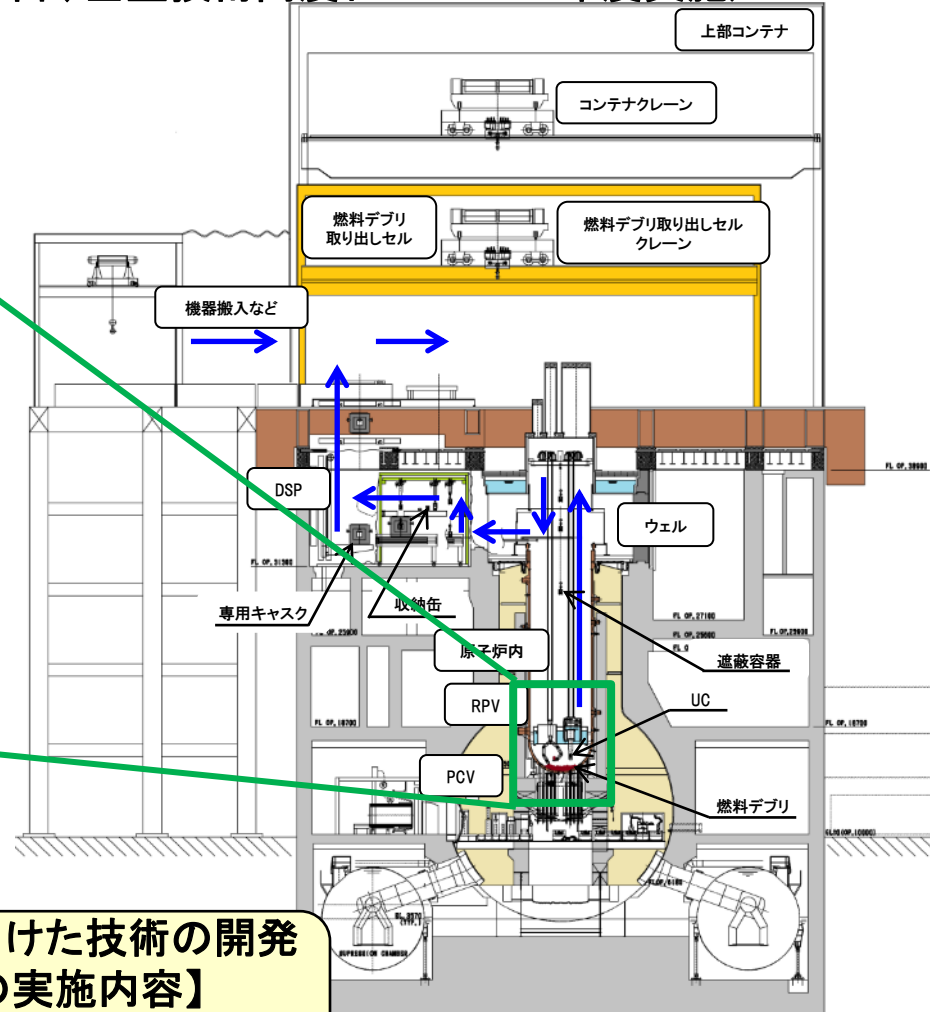
### (1) 上アクセス工法に関する過去の補助事業の実績

#### 【燃料デブリ・炉内構造物の取り出し基盤技術の高度化（以降、基盤技術高度化：2017-18年度実施）での主な検討成果】

- アクセスルート構築(干渉物撤去)イメージを作成し、炉底部について模擬構造体を用いた要素試験を実施して撤去手順の実現性を検証。
- 切り出し単位、切断部分の形状・厚さ、切断方法など手順の想定を行い、取り出し期間(スループット)の試算を実施。



PCV内で構造物を細断し、ユニット缶に収納して搬出する方法は、作業性・作業時間の観点から難易度が高い



【燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けた技術の開発（以降、取り出し規模の更なる拡大：2019-20年度実施）での実施内容】  
構造物をできるだけ大きく搬出し別建屋で細断する工法の実現性確認

## 2. 上アクセス工法に関する補助事業での検討実績・内容

### (1) 上アクセス工法に関する過去の補助事業の実績

#### 【新規上アクセス工法(構造物一体撤去・搬出)の概念】

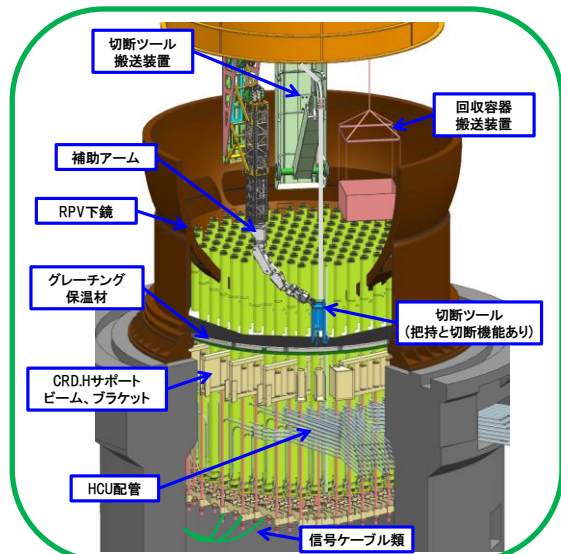
「取り出し規模の更なる拡大」にて検討した構造物一体撤去・搬出工法の概念を以下に示す。

- ✓ 構造物単位で一体で搬出。
- ✓ 炉心部は複数単位に分割、炉底部は下鏡を一体でRPVから切り離しを実施。
- ✓ 搬出対象物の遮蔽・気密は容器、アクセスルートまたはそれらの組合せにて対応。
- ✓ 取り出した構造物の細断、容器への収納はR/Bから離れた建屋にて実施。

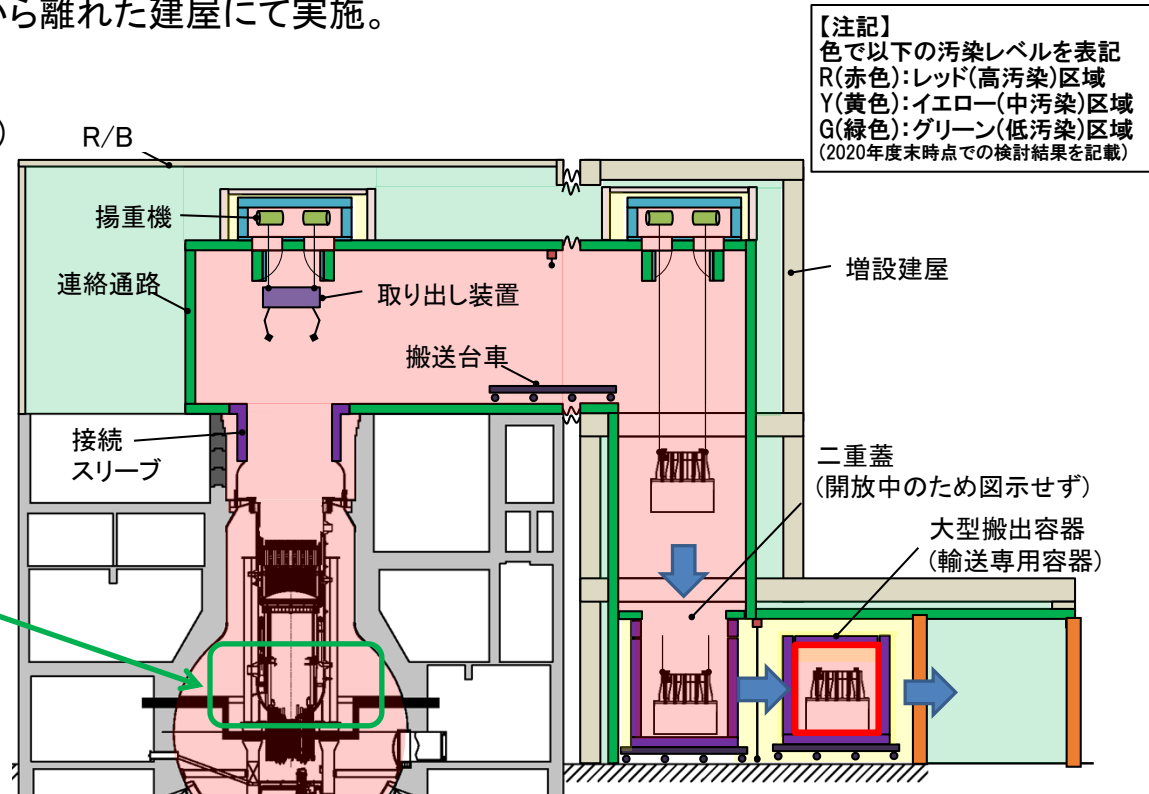
#### 【「取り出し規模の更なる拡大」での検討内容】

2019-20年度の補助事業(取り出し規模の更なる拡大)において以下を検討した。

- ✓ 一体搬出工法(搬出ルート)の検討。
- ✓ 炉底部解体方法の検討・要素試験。



炉底部干渉物撤去作業イメージ



【注記】  
色で以下の汚染レベルを表記  
R(赤色):レッド(高汚染)区域  
Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
(2020年度末時点での検討結果を記載)

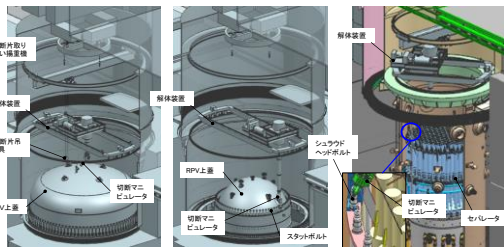
2019-20年度に検討した一体搬出工法(搬出ルート)

## 2. 上アクセス工法に関する補助事業での検討実績・内容

No.5

(2) 「燃料デブリの取り出し工法の開発」(以降、取り出し工法:2021-22年度実施)事業での検討内容  
上アクセス工法に関し、①大型切断工法、②大型搬出容器、③大型搬送装置の技術開発を実施。

### ① 大型切断工法

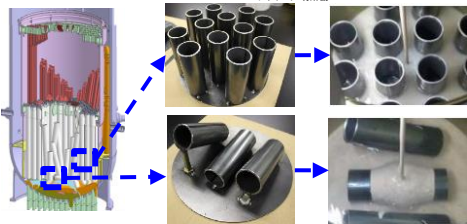
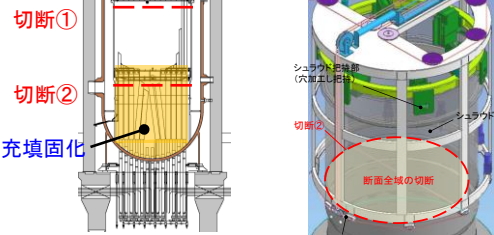


取り出し規模の更なる拡大(19-20年度)概念検討実施

#### 炉内構造物以外の構造物切断工法

#### 炉内構造物切断工法

##### 充填切断イメージ

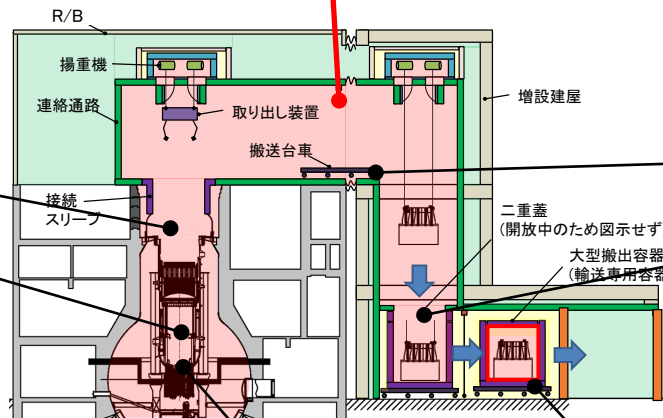


倒壊したCRGT\*を模擬

ジオポリマ充填 (容器内径300mm)

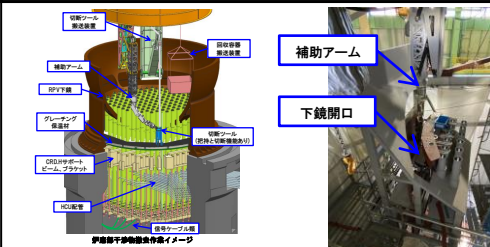
取り出し規模の更なる拡大(19-20年度)要素試験実施

### 連絡通路内の高汚染範囲を低減する方法について検討 [本事業]

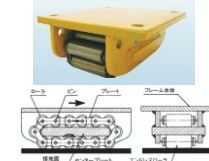


【注記】  
色で以下の汚染レベルを表記  
R(赤色):レッド(高汚染)区域  
Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
(2020年度末時点での検討結果を記載)

#### 炉底部構造物切断

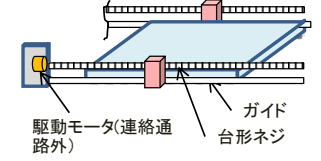


取り出し規模の更なる拡大(19-20年度)要素試験実施



エンドレスコロ方式

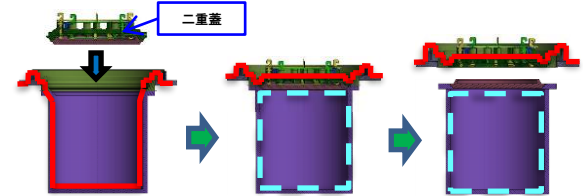
取り出し規模の更なる拡大(19-20年度)概念検討実施



台形ネジ駆動方式

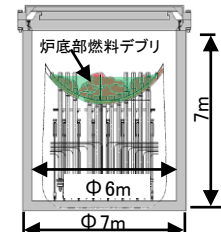
### ③ 大型搬送装置

#### 二重蓋の気密機構



燃料デブリ取り出し作業時の安全確保に関わる技術開発(20-21年度)要素試験計画

### ② 大型搬出容器



取り出し規模の更なる拡大(19-20年度)概念検討実施

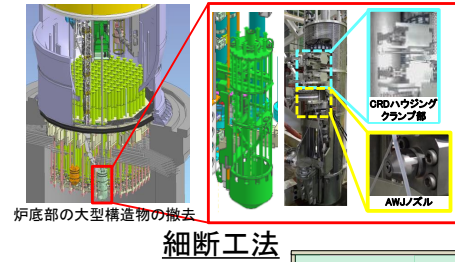
## 2. 上アクセス工法に関する補助事業での検討実績・内容

【これまでの開発内容と本事業との関連】

### 基盤技術高度化(2017-18年度実施)

#### 【PCV内細断工法の検討】

- 炉底部構造物模擬体を用いた要素試験の実施
- スループット試算、課題の抽出

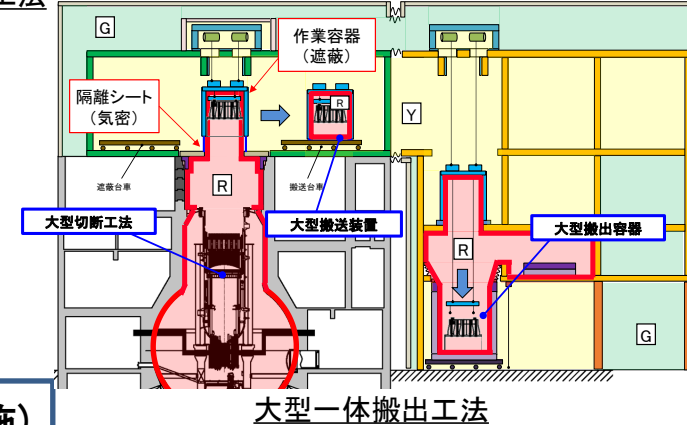
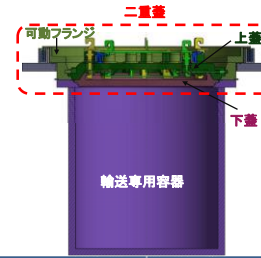


【注記】  
色で以下の汚染レベルを表記  
R(赤色):レッド(高汚染)区域  
Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
G(緑色):グリーン(低汚染)区域

### 取り出し規模の更なる拡大(2019-20年度実施)

#### 【一体搬出工法の検討】

- 炉底部解体に関する要素試験の実施
- 大型搬出容器に関する概念検討
- 容器収納までの臨界管理方法の検討



### 安全確保(2020-21年度実施)

#### 【大型搬出容器蓋の実現性確認】

- 容器蓋の気密機構の開発・要素試験
- 容器収納後(移送中)の臨界管理方法の検討

### 取り出し工法(2021-22年度実施)

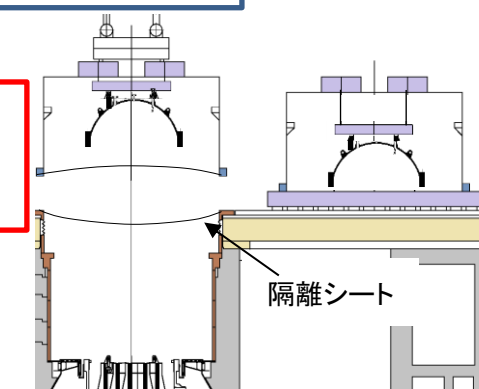
#### 【取り出しコンセプト実現のための技術開発】

- 大型切断工法の検討
- 大型搬出容器(本体)の検討
- 大型搬送装置の検討

### 本事業

#### 【汚染拡大防止隔離技術の開発】

- 隔離技術の開発・要素試験



### 今後の検討項目

- エンジニアリングや技術開発で抽出された開発課題の検討 等

## 2. 上アクセス工法に関する補助事業での検討実績・内容

### 【2020年度までの開発成果(検討内容)】

連絡通路内の高汚染範囲を低減する方法の概念検討を実施した。

【注記】  
 色で以下の汚染レベルを表記\*  
 R(赤色):レッド(高汚染)区域  
 Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
 G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
 \*主要区域には色のほか、R・Y・Gと表記

|       | (連絡通路方式)  | (連絡通路方式)改1<br>ゲートで仕切り追加   | (連絡通路方式)改2<br>作業容器で仕切り追加  |
|-------|---|---|---|
| 概念図   |   |   |   |
| メリット  | <ul style="list-style-type: none"> <li>取り出し手順がシンプルである。</li> <li>設備構成も少なく、廃棄物量が少ない。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>ゲートを閉じることで、切断中の放射性ダストが連絡通路へ拡散することを低減。</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>作業容器により、切断中の放射性ダストが連絡通路へ拡散することを低減。</li> <li>構造物運搬時は、作業容器も使用して運搬することで、放射性ダストが連絡通路に拡散することを低減。</li> </ul> |
| デメリット | <ul style="list-style-type: none"> <li>切断中の放射性ダストは直接連絡通路に拡散する(放射性ダストの蓄積大)。</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>搬送台車のレール、走行駆動部がゲート閉時に干渉が生じる。</li> <li>構造物運搬時は、付着した放射性ダストが連絡通路に拡散する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>作業容器追加により二次廃棄物量が増える。</li> </ul> <p>注記: 作業容器は下面の閉止はないため、搬送台車への移送時は一時的に開放される。</p>                        |

連絡通路内への放射性ダストによる汚染拡大防止のため、作業容器にて仕切りを入れた状態で、加工及び運搬が可能な方法(改2)を主案として検討した。

**但し、作業容器は下面の閉止がないため、搬送台車への移送時は一時的に開放され、汚染が広がる。**

⇒ 燃料デブリ取り出しは長期の作業となる可能性があり、装置類の保守、非常時の対応等を考慮した場合、汚染拡大範囲を可能な限り低減することが望ましいことから、21年度の燃料デブリの取り出し工法の開発PJにて継続して検討。



## 2. 上アクセス工法に関する補助事業での検討実績・内容

No.8

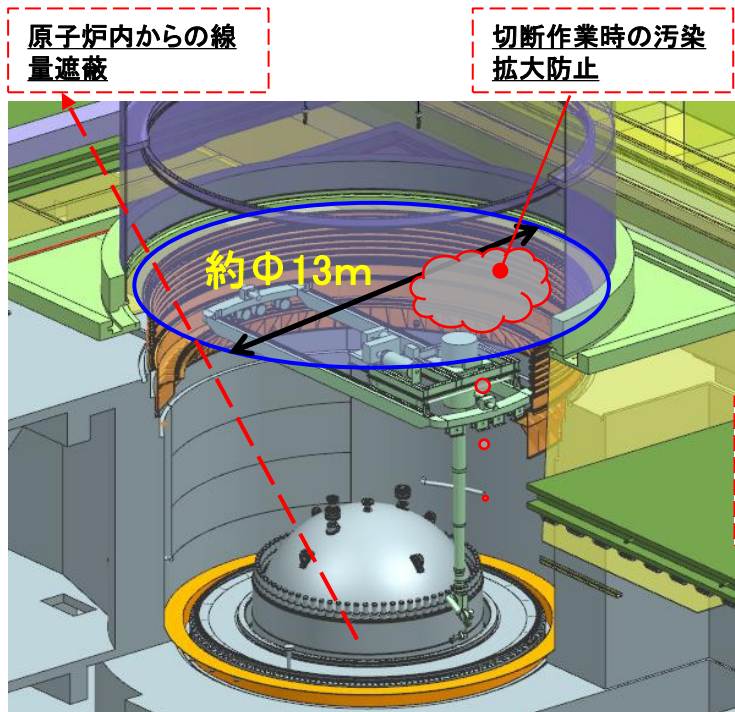
【2020年度までの開発成果(検討内容)】

### ◆ 作業容器の条件 [(連絡通路方式)改2: 作業容器で仕切り追加]

- ①作業容器切り離し時の原子炉ウェル側と作業容器下面側を同時に閉じ込めを行う
- ②作業容器の重量低減を念頭に作業区分に応じて寸法の異なる容器を使い分ける

#### 切断作業用作業容器

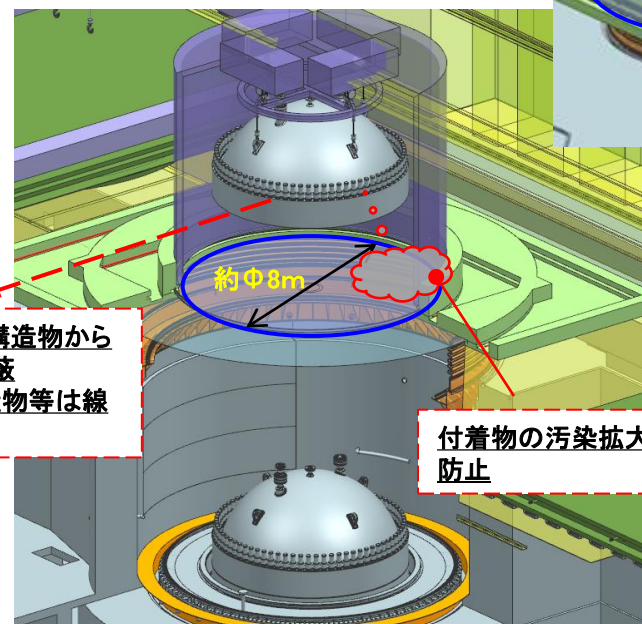
- ・原子炉ウェル全域をカバーする寸法(内径大)
- ・原子炉内からの線量低減を考慮した  
最小限の板厚(板厚小)  
→ 作業容器の重量低減



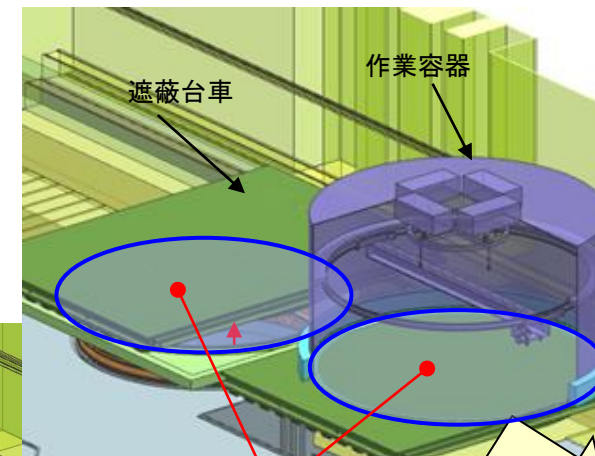
切断(解体)作業時(イメージ例)

#### 構造物搬出用作業容器

- ・搬出する構造物に対応する最小限の寸法(内径小)
- ・搬出する構造物から線量低減を考慮した板厚(板厚大)  
→ 作業容器の重量低減



搬出作業時(イメージ例)

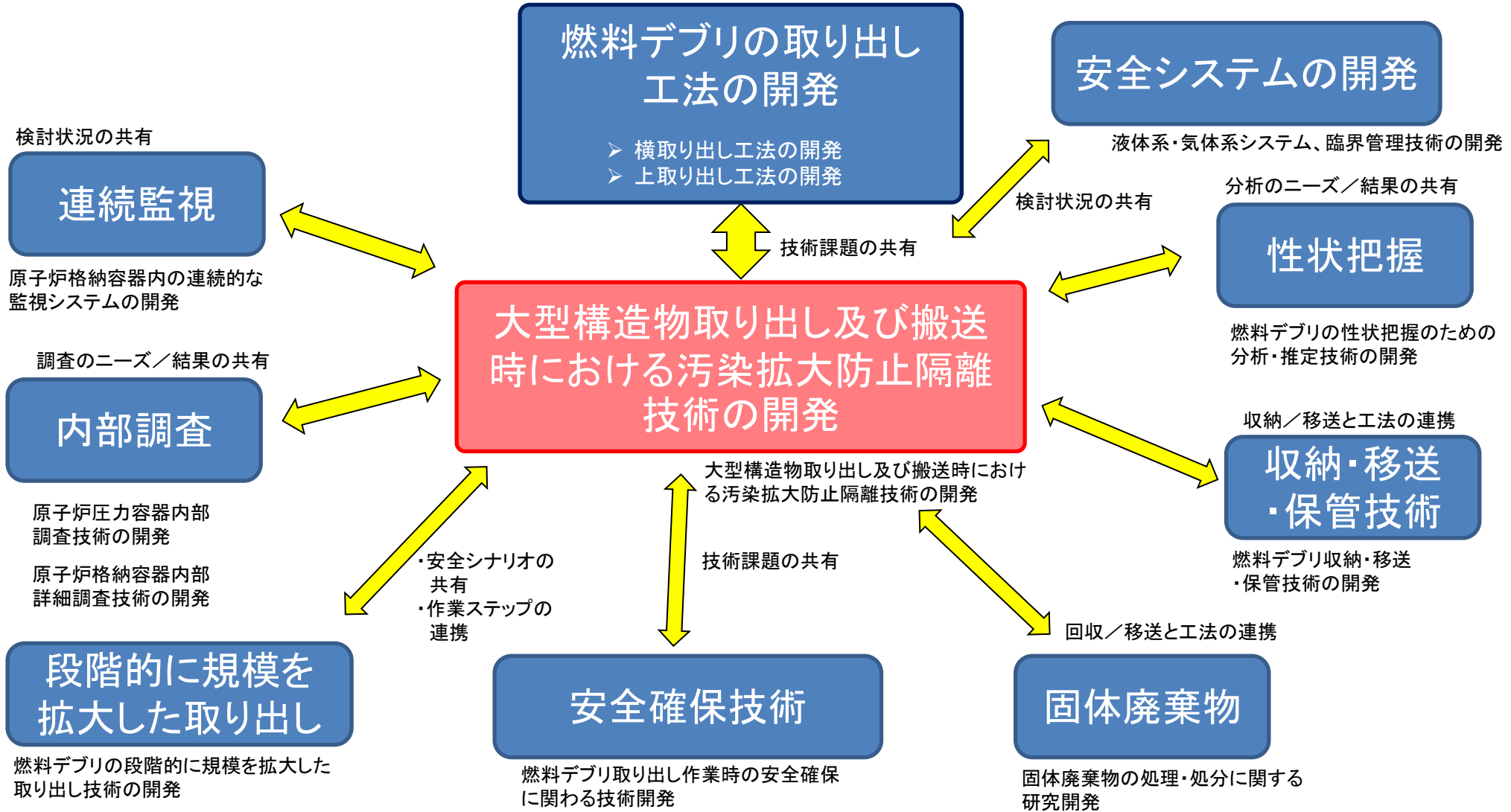


作業容器を切り離し時に  
原子炉ウェル側と作業容器下面  
側を同時に閉じ込めを行う

移送作業時(共通)  
(イメージ例)

### 3. 本事業の概要

#### 3.1 他事業との連携



本事業では上記事業と連携し、必要に応じて合同会議を実施。

## 3. 本事業の概要

### 3.2 公募の開発項目と実施方針

#### 公募の開発項目

1) 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

#### 実施方針

燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに関しては、上アクセス工法のスループット向上のため大型一体搬出工法について2019年度からの開発中であり、原子炉内構造物を可能な限り大型一体で切断し、切断した構造物をR/Bオペレーションフロアまで引き上げ、大型搬送装置により増設建屋へ搬出する方法を検討している。

放射性物質の閉じ込め、作業員の被ばく線量の低減のため、R/Bオペレーションフロアから増設建屋までの連絡通路は可能な限り汚染しないよう計画する必要があるため、原子炉内での切断、増設建屋までの搬出において作業容器を設けることにより汚染した構造物を覆うこと、また、作業容器を原子炉内からR/Bオペレーションフロアへ搬出する際には隔離機構を設けることにより、放射性物質の連絡通路への拡散を防止する方法の概念を検討中である。

汚染拡大防止策を具体化するため、作業により発生する汚染物質、その拡大する経路などを整理し、連絡通路に要求する汚染エリア区分を明確にした上で、汚染拡大防止のための隔離機構について装置、運用方法などの技術開発を実施する。

# 3. 本事業の概要

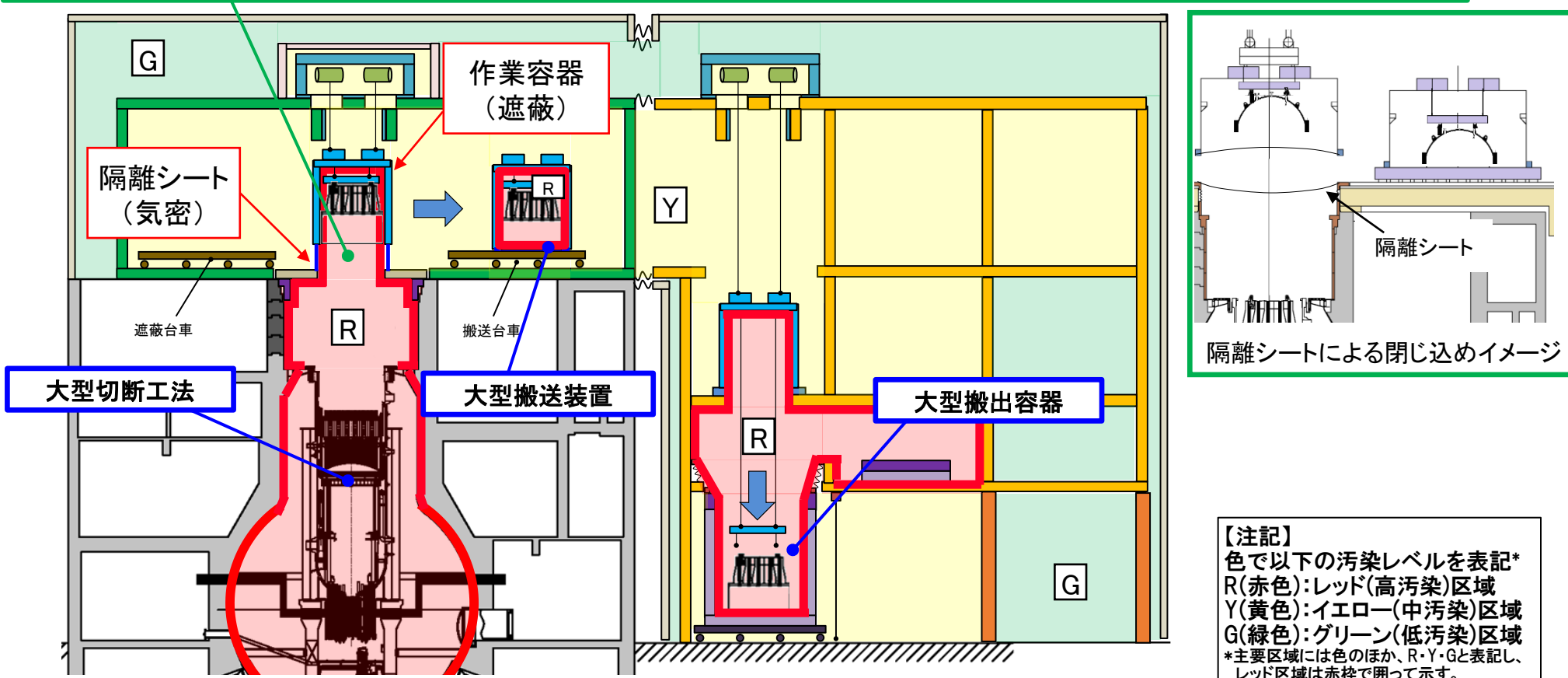
## 3.3 本事業の目的

- 大型構造物の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(本事業)
- 燃料デブリの取り出し工法の開発(2021~2022年度)

連絡通路内の汚染範囲を低減するため、遮蔽機能を有する作業容器と隔離シート等の隔離技術を用いた取り出し工法のイメージを下図に示す。

現在開発を実施している大型搬出容器および二重蓋と共存可能な構成で検討を実施する。

汚染拡大防止隔離技術(本事業) → **作業容器下面からの汚染拡大防止を図る隔離シート等隔離技術の開発**  
(連絡通路内の汚染レベル低減、作業員被ばく低減、揚重機等のメンテナンス性向上)



作業容器での連絡通路内汚染低減イメージ

【注記】  
色で以下の汚染レベルを表記\*  
R(赤色):レッド(高汚染)区域  
Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
\*主要区域には色のほか、R・Y・Gと表記し、  
レッド区域は赤枠で囲って示す。

## 3. 本事業の概要

### 3.4 本プロジェクトを進めるうえでの留意事項

公募実施内容を記載

本事業における計画を遂行するにあたり、留意事項について以下に記載する。

#### 【留意事項】

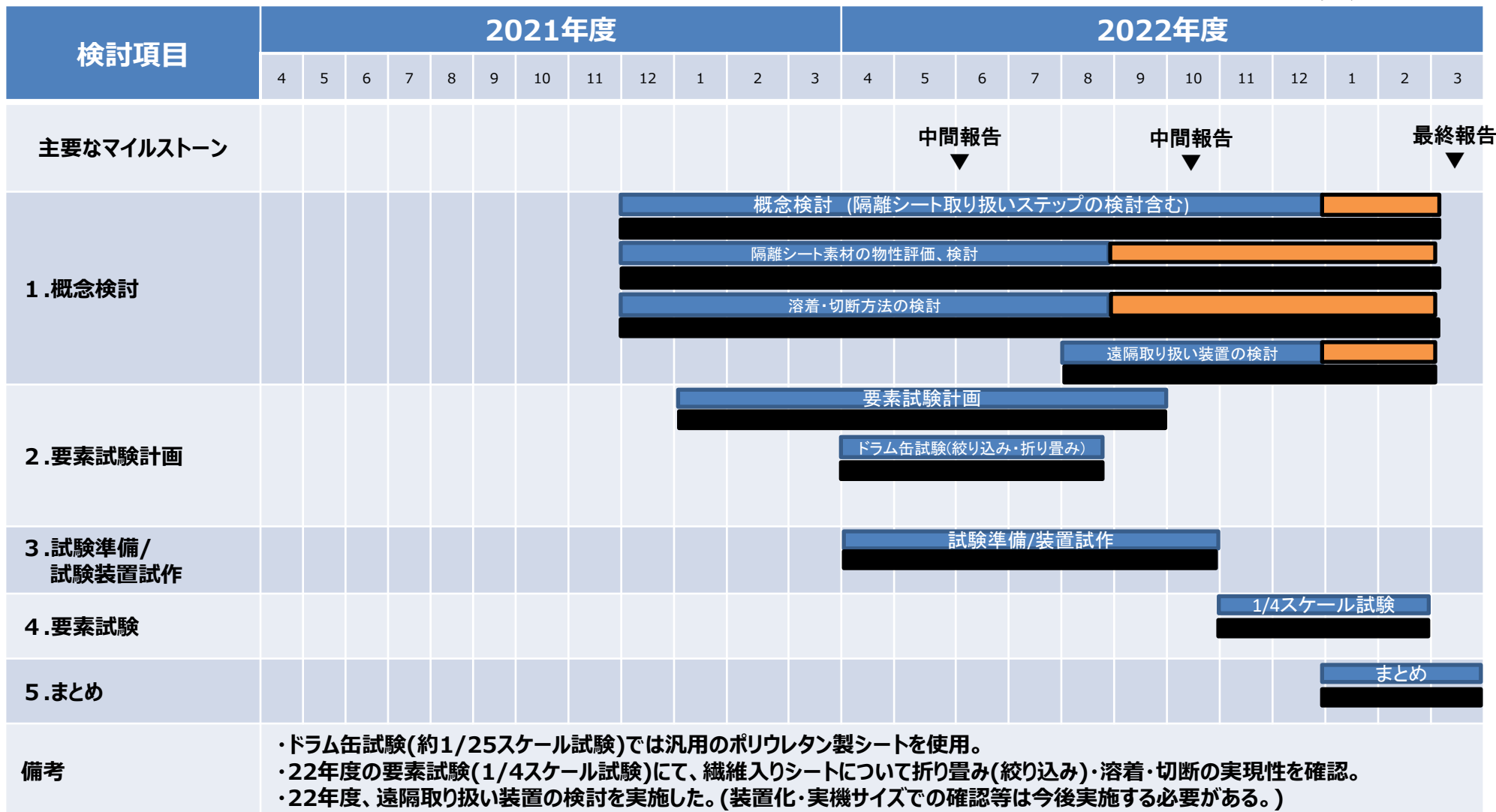
検討に際し、以下について遠隔で扱う装置の取り扱い性、保守方法を考慮した開発を行う。

- ・高線量エリアに設置することから、遠隔での保守が原則となる。
- ・装置の汚染と必要な除染に配慮する必要がある。
- ・保守を行うための作業エリアが限られる。
- ・保守作業によって発生する廃棄物を極力抑える必要がある。
- ・臨界監視装置の設置、取り扱いに配慮する必要がある。

# 4. 本事業の実施スケジュール

## 【工程】

■ : 計画  
 ■ : 計画(見直し後)\*  
 ■ : 実績



技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

- 全体計画の策定と技術統括のとりまとめ
- 技術開発の進捗などの技術管理のとりまとめ

東京電力ホールディングス株式会社

- 現場適用性の観点での諸調整

日立GEニュークリア・エナジー株式会社

**【要素試験・技術開発】**  
 (1) 大型構造物の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

**【外注の内容】**

- ・汚染拡大防止隔離技術に関する技術開発
- ・遠隔での超音波溶着機構の開発  
 (東鋳商事株式会社)

## 連携する開発プロジェクトチーム

原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発(X-6ペネトレーションを用いた内部詳細調査技術の現場実証)

福島第一原子力発電所廃止措置統合管理のための支援技術の開発  
 (原子炉格納容器内の連続的な監視システムの開発)

原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発(堆積物対策を前提とした内部詳細調査技術の現場実証)

燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けた技術の開発  
 (燃料デブリ取り出し作業時の安全確保に関わる技術開発)

原子炉圧力容器内部調査技術の開発

燃料デブリの取り出し工法の開発

燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術開発

安全システムの開発(液体系・気体系システム、臨界管理技術)

固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発

燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発

燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発

### 1) 汚染拡大防止隔離技術の開発

公募実施内容を記載

燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに関しては、上取り出し工法のスループット向上のため、大型一体搬出工法について2019年度から開発を進めている。本工法においては、原子炉内の炉内構造物などの構造物を可能な限り大型一体で切断し、切断した構造物をR/Bオペレーションフロアまで引き上げ、大型搬送装置により増設建屋へ搬出する方法を検討している。放射性物質の閉じ込め、作業員の被ばく線量の低減のために、R/Bオペレーションフロアから増設建屋までの連絡通路は可能な限り汚染しないよう計画する必要がある。このため、原子炉内での切断、増設建屋までの搬出において作業容器を設けることにより汚染した構造物を覆うこと、また、作業容器を原子炉内からR/Bオペレーションフロアへ搬出する際には隔離機構を設けることにより、放射性物質の連絡通路への拡散を防止する方法の概念を検討している。

本事業では、これらの汚染拡大防止策を具体化するために、作業により発生する汚染物質、その拡大する経路などを整理し、連絡通路に要求する汚染エリア区分を明確にした上で、汚染拡大防止のための隔離機構について装置、運用方法などの技術開発を行う。開発に当たっては、閉じ込め性、遠隔作業の確実性・容易性、頑強性・耐久性、点検・保守性などの観点で評価、選定し、最適な技術について検討する。また、検討した技術を用いた模擬試験体による要素試験を実施し現場適用性を評価する。



### 【課題】

- ・ 連絡通路内の**全体に汚染が拡散するリスク**がある。
- ・ 燃料デブリ取り出し工事の現地施工性を考慮し、**汚染拡大防止を図る必要がある**。

### 【実施内容】

- ・ 燃料デブリ取り出し作業により発生する汚染物質、その拡大する経路などを整理し、**連絡通路に要求する汚染エリア区分を明確化する**。
- ・ 汚染拡大防止のための隔離機構について、閉じ込め性、遠隔作業の確実性・容易性、頑強性・耐久性、点検・保守性などの観点で評価、選定し、**最適な技術について検討する**。
- ・ 大型構造物取り出し及び搬送時における**汚染物の閉じ込め方法、および手順の検討**を行う。
- ・ 検討した技術について、模擬試験体による**要素試験を実施し、製作性・装置への収納性・気密性等の確認を行い、現場適用性を評価する**。

### 【得られる成果】

- ・ 汚染した大型構造物搬送時の**汚染拡大防止方法の提示**。
- ・ 要素試験結果を踏まえた、**連絡通路に要求する汚染エリア区分の提示**。

## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

No.17

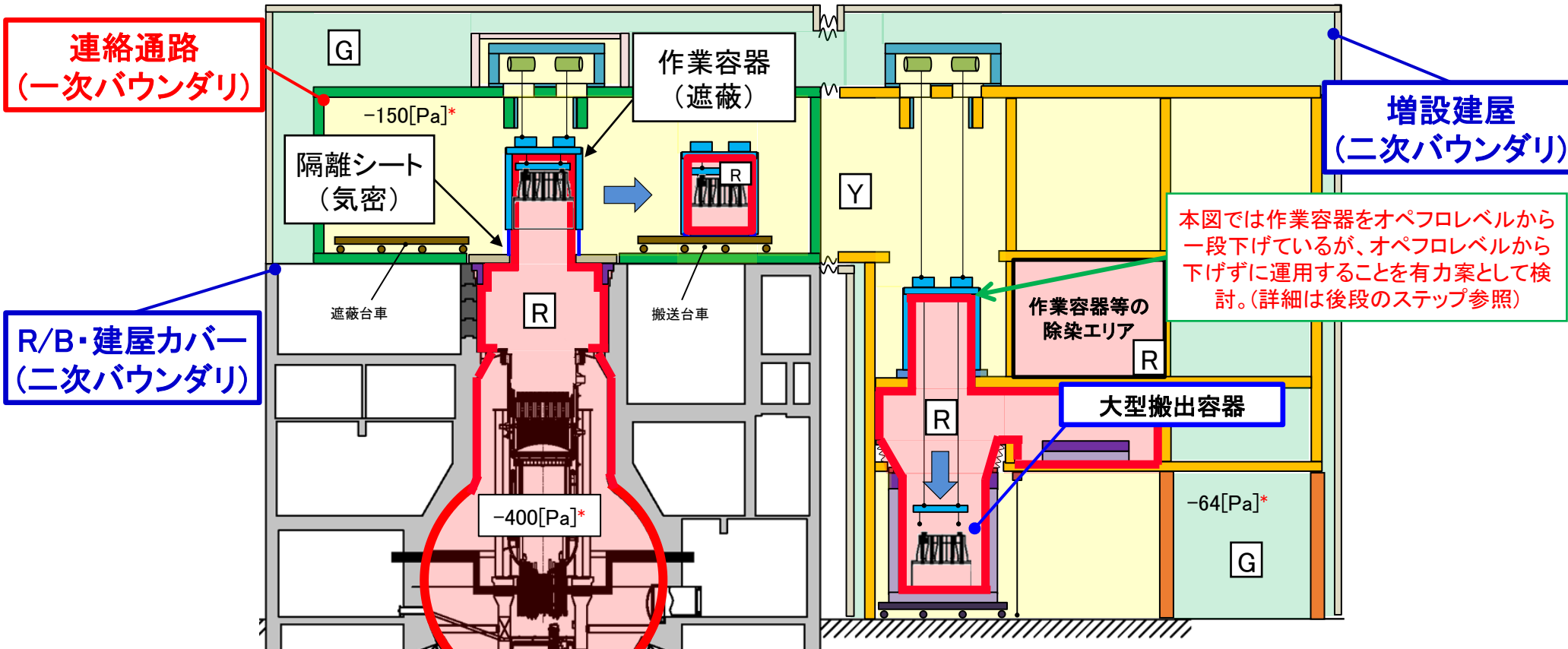
### (a) 隔離技術の考え方

【連絡通路に要求する汚染エリア区分の明確化】

◆ バウンダリおよび汚染エリア区分の考え方

- 一次バウンダリは連絡通路、二次バウンダリはR/B・建屋カバー・増設建屋とする。
- 隔離シートおよび作業容器を用い、極力、連絡通路内がイエロー(中汚染)区域となるように管理し、連絡通路内の高汚染範囲を低減する。

【注記】  
色で以下の汚染レベルを表記\*  
R(赤色):レッド(高汚染)区域  
Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
\*主要区域には色のほか、R・Y・Gと表記し、  
レッド区域は赤枠で囲って示す。



本図では作業容器をオペフロレベルから一段下げているが、オペフロレベルから下げずに運用することを有力案として検討。(詳細は後段のステップ参照)

汚染エリア区分

\*圧力は想定値

# 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

## (a) 隔離技術の考え方

【連絡通路に要求する汚染エリア区分の明確化】

### ◆連絡通路内エリア条件の目標

#### ●燃料デブリ取り出し作業時

- ① 公衆被ばく低減
  - ・敷地境界での線量低減
  - ・環境への放射性ダストの漏洩防止
- ② 作業員被ばく低減
  - ・遠隔操作・自動化

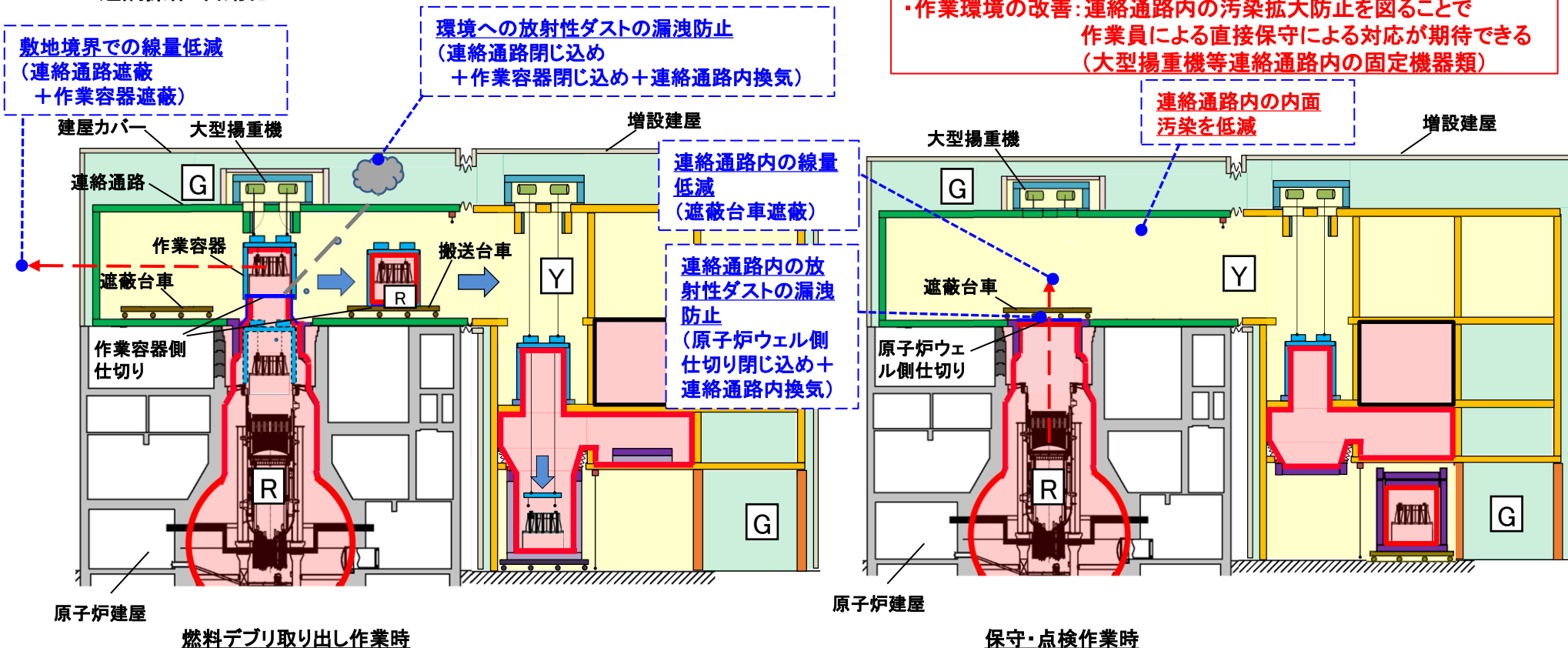
#### ●保守・点検作業時

- ① 公衆被ばく低減
  - ・敷地境界での線量低減
  - ・環境への放射性ダストの漏洩防止
- ② 作業員被ばく低減
  - ・遠隔操作・自動化

【注記】  
色で以下の汚染レベルを表記\*  
R(赤色):レッド(高汚染)区域  
Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
\*主要区域には色のほか、R・Y・Gと表記し、  
レッド区域は赤枠で囲って示す。

本開発の見直し点

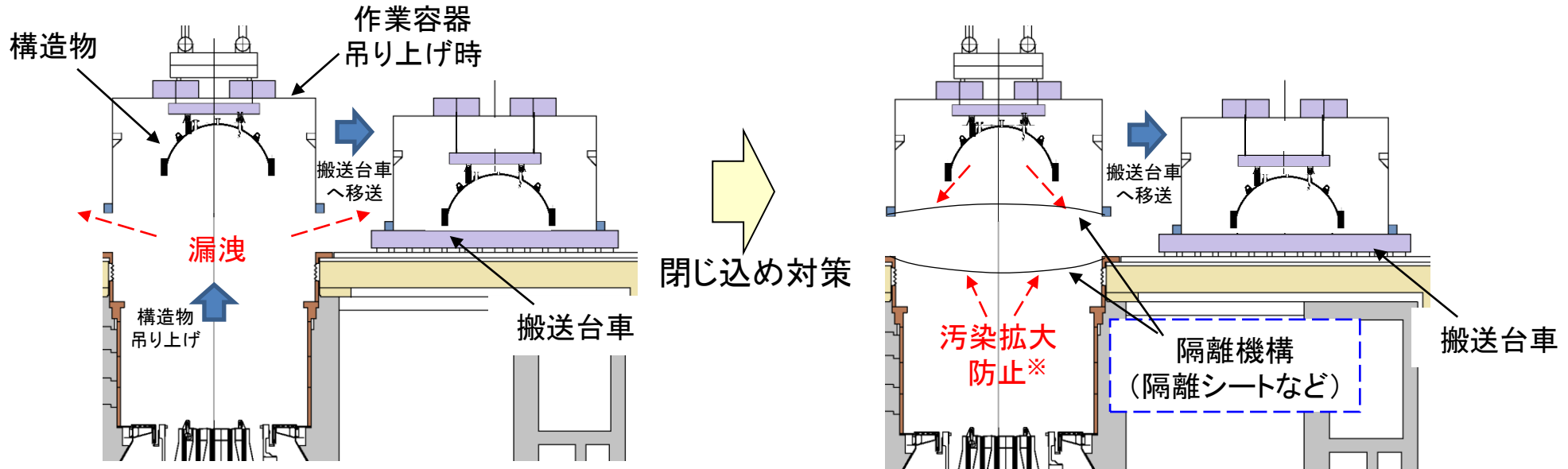
・作業環境の改善:連絡通路内の汚染拡大防止を図ることで  
作業員による直接保守による対応が期待できる  
(大型揚重機等連絡通路内の固定機器類)



## (a) 隔離技術の考え方

【隔離機構に関する最適な技術の検討】

◆隔離機構による閉じ込め概念(作業容器下面の閉止)



作業容器は下面の閉止はないため、搬送台車に移送時は一時的に開放

大型作業容器内の構造物からの汚染拡大防止、及び原子炉内からの汚染拡大防止を図る

## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

### (a) 隔離技術の考え方

#### 【隔離機構に関する最適な技術の検討】

#### ◆作業容器切り離し時の容器下面の閉じ込め方法の比較

#### (1) 前提条件および要求機能

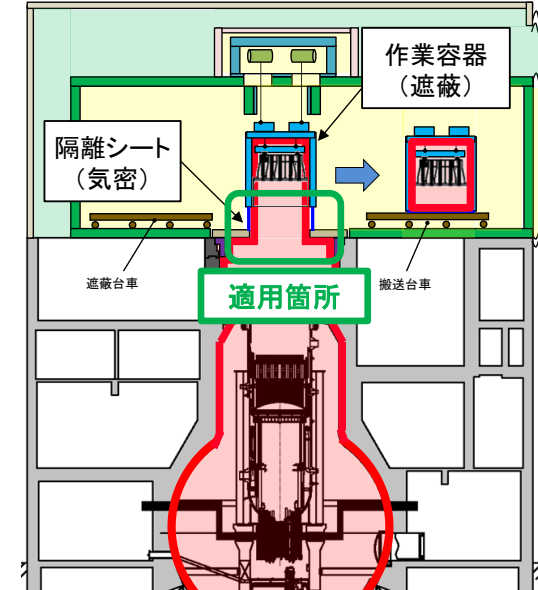
- ① 作業容器と原子炉ウェル側を隔離機構で隔離する。
  - ・気相(粒子)および液相(水滴等)の閉じ込め(汚染環境との縁切り)が可能であること。
  - ・取り扱い時に原子炉ウェル等と干渉しないこと。
- ② 作業容器は重量低減が必要。
  - ・作業区分に応じ、寸法の異なる容器を使い分けることを検討中。
  - ・寸法の異なる容器に対応可能なこと。

#### (2) 適用範囲

- ・対象構造物: 原子炉ウェル内構造物(PCVヘッド等)、炉内構造物
- ・閉じ込め箇所: 原子炉ウェル側のシール、作業容器底面のシール
- ・期間: 作業容器への構造物収納時  
(一時的な使用を想定)

以上を踏まえ、作業容器切り離し時の容器下面の閉じ込め方法として、開閉方式・接合方式・トラップ方式および飛散防止方式を比較した。

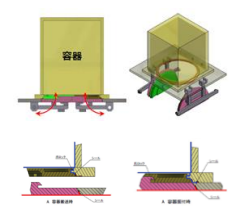
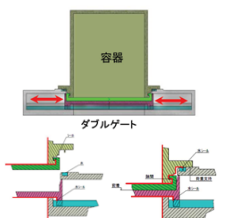
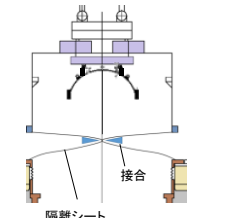
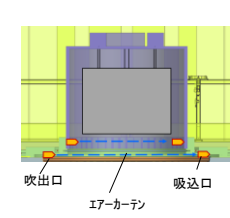
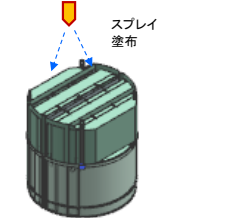
【注記】  
色で以下の汚染レベルを表記  
R(赤色):レッド(高汚染)区域  
Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
G(緑色):グリーン(低汚染)区域



## (a) 隔離技術の考え方

### 【隔離機構に関する最適な技術の検討】

#### ◆作業容器切り離し時の容器下面の閉じ込め方法の比較: 評価結果

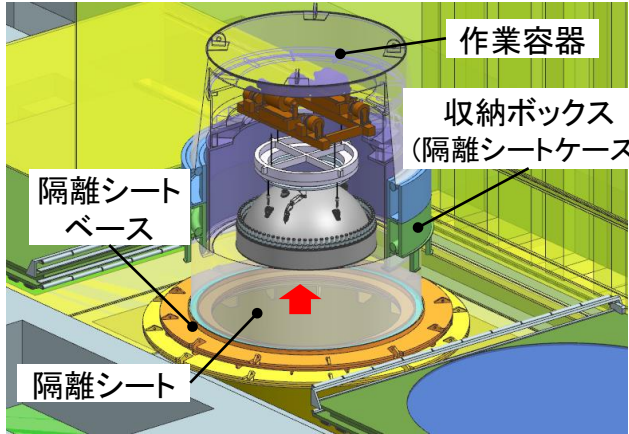
| No | 項目                        | 開閉方式  |   |  |   |   |
|----|---------------------------|---|---|--|---|---|
|    |                           | ダブルドア   | ダブルゲート  | 接合方式<br>隔離シート  | トラップ方式<br>エアーカーテン   | 飛散防止方式<br>表面塗布  |
| 1  | 概要                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>容器側と接続先である原子炉ウエル側の両方に気密性の蓋を設け、相互の蓋を接触・密着させた状態のまま一体で旋回することで開閉する。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>容器側と原子炉ウエル側の両方に気密性のゲートを設け、相互のゲートを接触・密着させた状態のままスライドして開閉する。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>容器側と原子炉ウエル側を連結した円筒状のシート類において、中央部を絞り込み接合・切断する。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>容器側と原子炉ウエル側の両方に空気の吹出口と吸込口を相対させてエアーカーテンを形成し切り離す。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>構造物表面の汚染源を塗料等により固めて剥離、飛散を防止</li> </ul>  |
| 2  | 閉じ込め性<br>・気相(粒子)          | ○<br>・気相(粒子)の閉じ込めは可能  | ×<br>・ゲート開時の側面からの汚染物質のリーク   | ○<br>・気相(粒子)の閉じ込めは可能   | ×<br>・気相(粒子)を完全に閉じ込めることは困難<br>・JPDR解体実地試験(実績)ではエアーカーテン内外の空气中濃度比約1/30 <sup>*1</sup>  | ×<br>・炉内構造物の内面、隙間を確実に塗布することは困難  |
| 3  | 閉じ込め性<br>・液相(水滴したり)       | ○<br>・容器側の蓋で受けは可能   | ○<br>・容器側ゲートで受けは可能  | ○<br>・容器側の下面シートで受けは可能  | ×<br>・水滴の受けは困難  | ×<br>・表面の水滴への対処に課題あり  |
| 4  | 取り扱い時の<br>干渉有無            | ×<br>・開動作時に、原子炉ウエルと干渉   | ○<br>・連絡通路下面に空間確保   | ○<br>・連絡通路下面に空間確保  | ○<br>・連絡通路下面に空間確保   | —<br>(開閉不要)   |
| 5  | 寸法の異なる<br>作業容器の<br>切り替え可否 | ×<br>・相互の蓋は同一寸法、形状を合わせる必要あり<br>・原子炉ウエル側蓋を含めた全取り換えが必要  | ×<br>・相互のゲートは同一径で合わせる必要あり<br>・原子炉ウエル側ゲートを含めた全取り換えが必要  | ○<br>・径の異なるシートを積層して対応  | ○<br>・容器側の寸法に合わせて吹出口/吸込口を配置   | —<br>(開閉不要)   |
| 6  | 耐久性                       | △<br>・機械的な繰返し使用であるが、使用頻度は限定的  | △<br>・機械的な繰返し使用であるが、使用頻度は限定的  | △<br>・1回ごとに交換するため、長期の耐久性は不要  | ○<br>・吹き出し口の消耗は少ないので耐久性の影響は少ない  | △<br>・構造物ごとに使用(塗布)するため、長期の耐久性は不要  |
| 7  | 保守性                       | △<br>・原子炉側(原子炉ウエル内)に機構が配置されるため、保守性に課題あり   | △<br>・原子炉側(原子炉ウエル内)に機構が配置されるため、保守性に課題あり   | △<br>・交換は比較的容易   | △<br>・機械的機構を使用しないので、保守不要となる可能性あり  | —   |
| 8  | 評価                        | × (寸法の異なる容器への適用が困難)   | × (寸法の異なる容器への適用が困難)   | ○  | × (完全な縁切りが困難)   | × (完全な縁切りが困難) <sup>*2</sup>   |

**作業容器下面の閉じ込め性(汚染環境との縁切り、寸法の異なる容器への適用性)を考慮し、隔離シートを選定した。**  
**作業容器を用いない場合や環境条件(ダスト濃度等)によっては、他技術の適用や散水スプレー等との組み合わせも考えられる。**

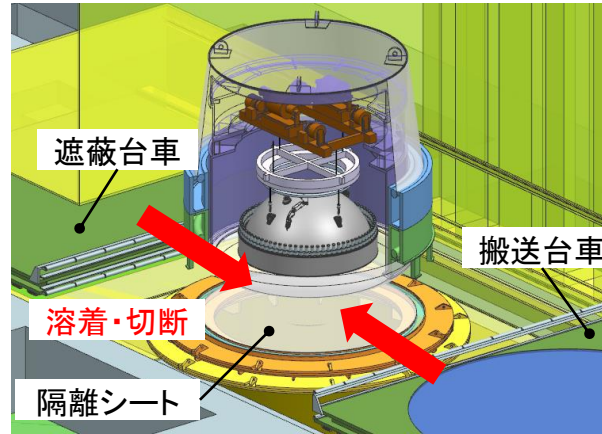
## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

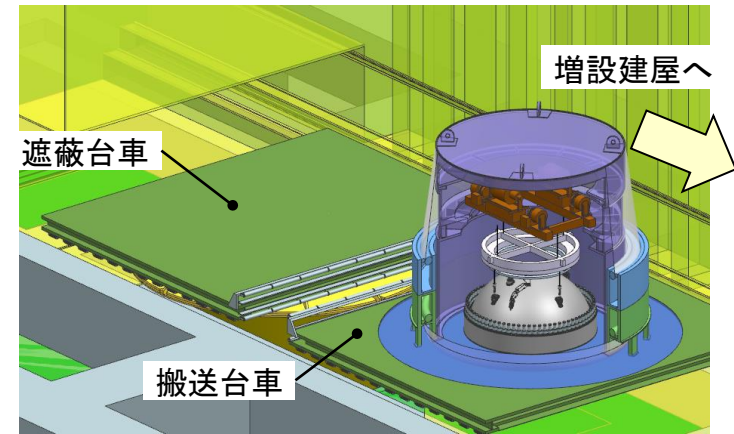
### ◆隔離シートによる閉じ込め手順の検討



ステップ1: 作業容器吊り上げ(上昇)



ステップ2: 隔離シート溶着・切断

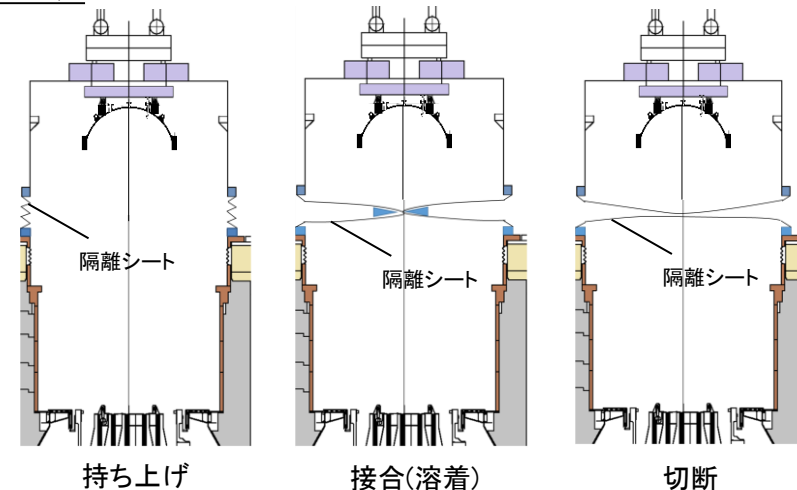


ステップ3: 作業容器を増設建屋へ退避

### 隔離シートを使用した作業容器の搬出イメージ

#### 【概要】

- 作業容器着座時に隔離シートベースに隔離シートの端部を固定。作業容器上昇時に展開。
- 隔離シートの溶着・切断は、遮蔽台車と搬送台車の側面部を使用し実施。
- 隔離シートにより密閉された作業容器は、搬送台車を用いて増設建屋へ移送。



溶着・切断イメージ

## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

◆作業容器概要 (工法PJ検討結果を引用)

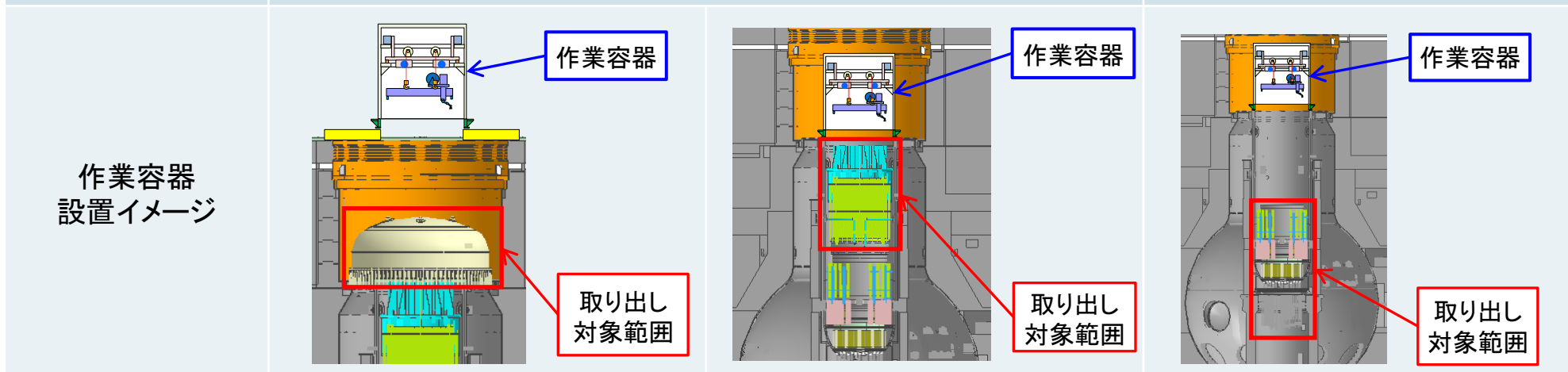
- ✓ 作業容器は、可能な限り径・高さを共通化することで対応。加工用と搬出用で容器内の構成を変える必要があり、それぞれ専用化。炉心部・炉底部は炉内構造物と比較し高重量であることから、揚重機を大型化。

⇒合計3種類の作業容器を準備

- ✓ 作業容器の設置位置は、取り出し対象に応じ変更(揚重機の揚程低減)。

搬出対象物に対する作業容器設置位置と使用する作業容器一覧表

| 搬出対象物     | PCVヘッド、RPVヘッド保温材、RPVヘッド | ドライヤ、セパレータ、FDW/CS*等 | 炉心部・炉底部       |
|-----------|-------------------------|---------------------|---------------|
| 作業容器設置高さ  | オペフロ上(セル床面)             | RPVフランジ面            |               |
| 作業容器(切断時) | 作業容器①                   |                     |               |
| 作業容器(搬出時) | 作業容器①'                  |                     | 作業容器②(重量物搬出用) |





## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

### (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

◆作業容器概要（工法PJ検討結果を引用）

✓ 一体搬出工法で使用する3種類の作業容器の構成は、以下の通り。

\*揚重機室を除く

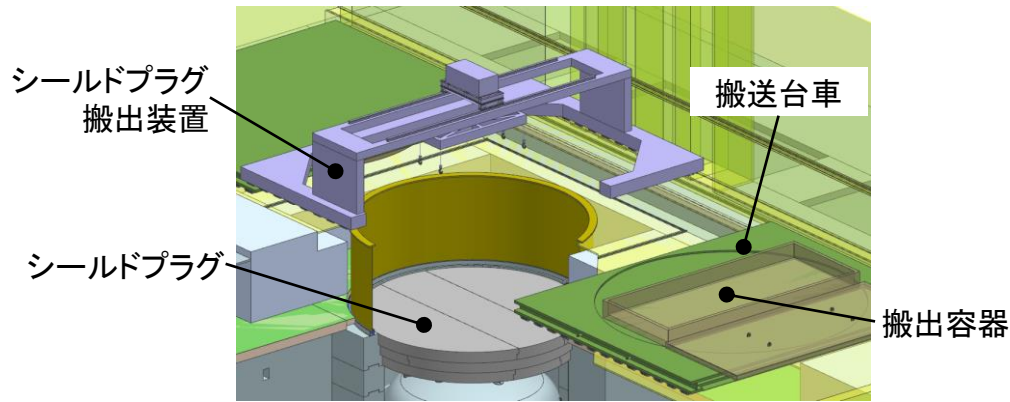
|                   | 作業容器①   | 作業容器①'   | 作業容器②   |
|-------------------|---|--|---|
| イメージ図             |  |  |  |
| 用途                | 構造物・燃料デブリの切断  | 構造物・燃料デブリの搬出   | 炉心部・炉底部の搬出  |
| 内蔵設備              | 揚重機、ケーブルベア、解体装置   | 揚重機(150ton)、吊り具  | 揚重機(400ton)、吊り具   |
| 寸法[mm]            | Φ 8900 × H9500  | Φ 8900 × H13270  | Φ 12600 × H11840<br>(Φ 6000 × H7770: 揚重機室を除く)                                       |
| 質量[ton]<br>(容器のみ) | 約680  | 約680   | 約410  |
| 遮蔽厚[mm]           | 250   | 250*   | 250*  |

## (a) 隔離技術の考え方

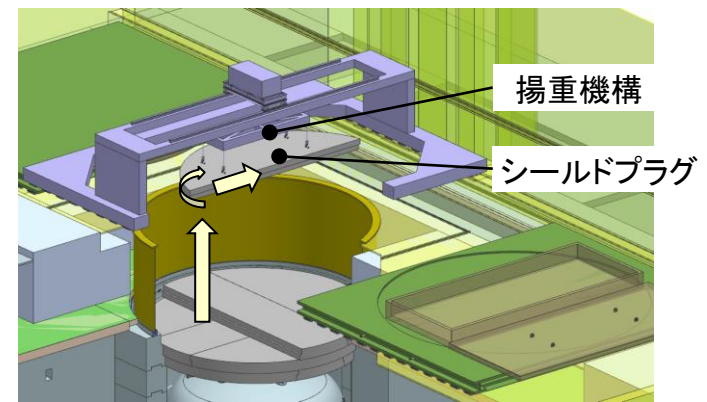
【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

### ◆シールドプラグ取り出し

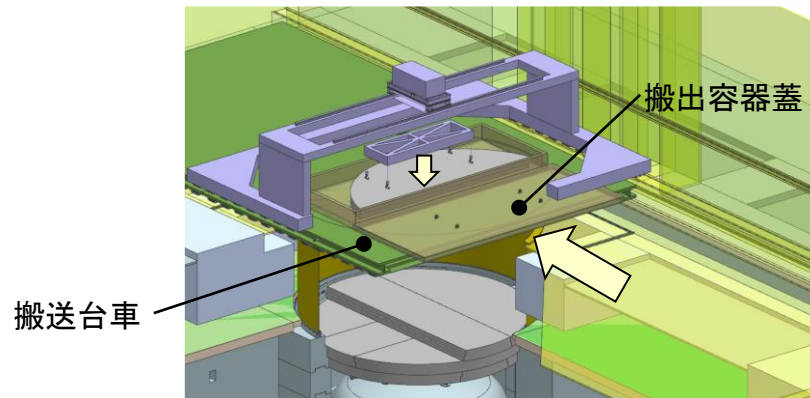
工法PJで検討したシールドプラグ取り出しステップ案を以下に示す。シールドプラグは設置位置・サイズの両面から作業容器を用いた搬出は非合理的と判断し、専用の搬出装置(シールドプラグ搬出装置)と容器等を用いる計画である。なお、**ダスト飛散防止対策(例:散水)をしながら作業し、負圧管理と合わせて汚染拡大防止を図る。**



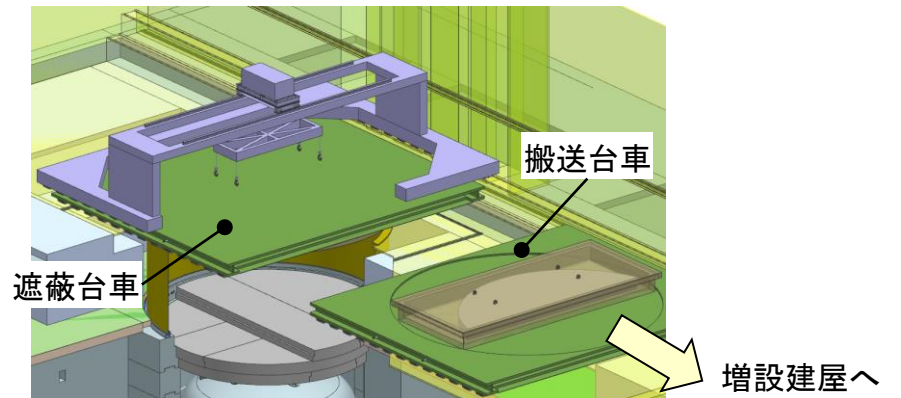
1. シールドプラグ搬出装置の搬入



2. シールドプラグ吊り上げ



3. 搬送台車をシールドプラグ下方に移動・容器へ収納



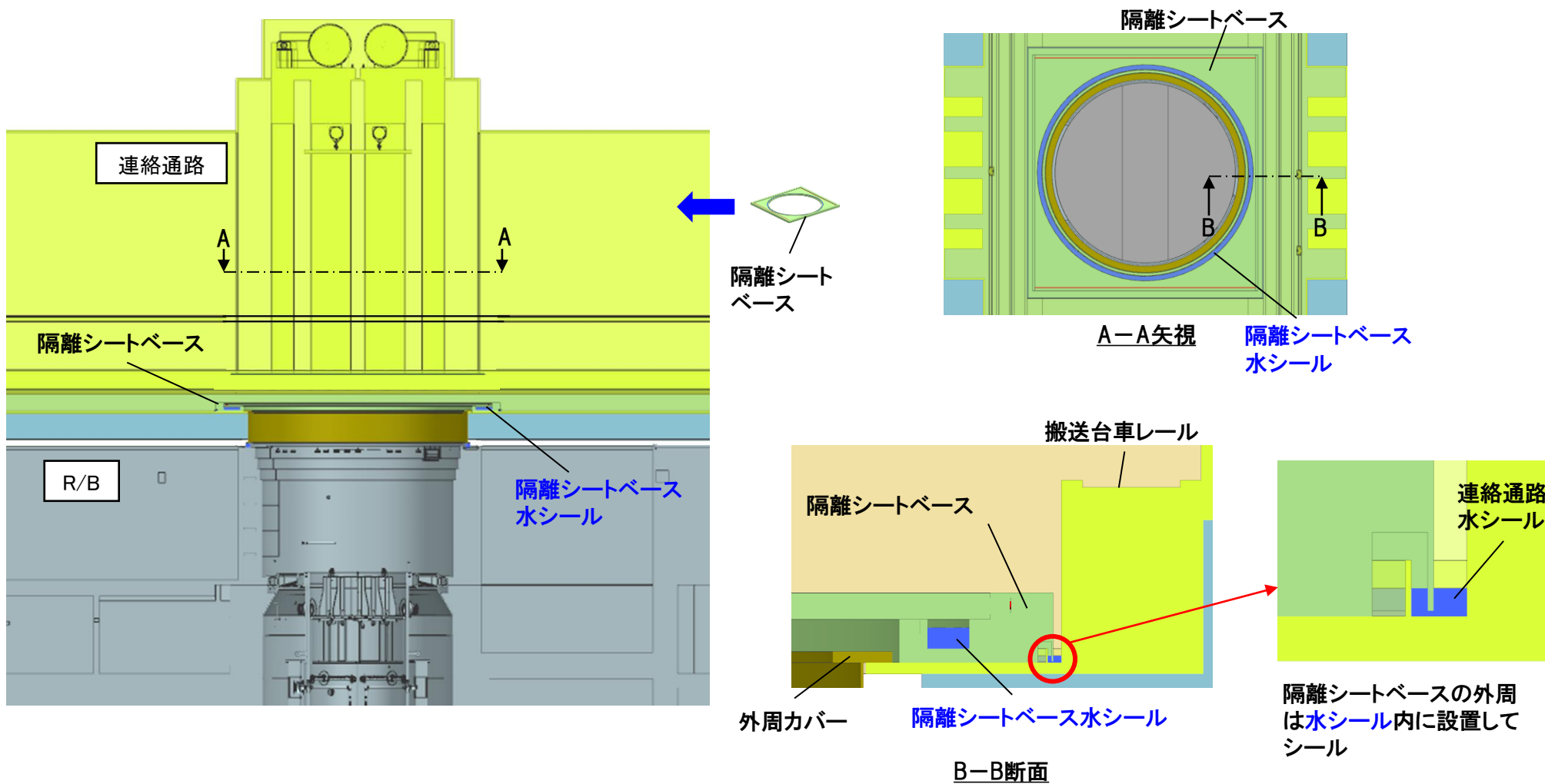
4. 搬出容器の蓋閉め・搬送台車搬出

## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

### ◆ 隔離シートベースの設置作業概略

シールドプラグ撤去後、隔離シートを取り付けるためのベースを搬入し、原子炉ウェル開口部に設置する。

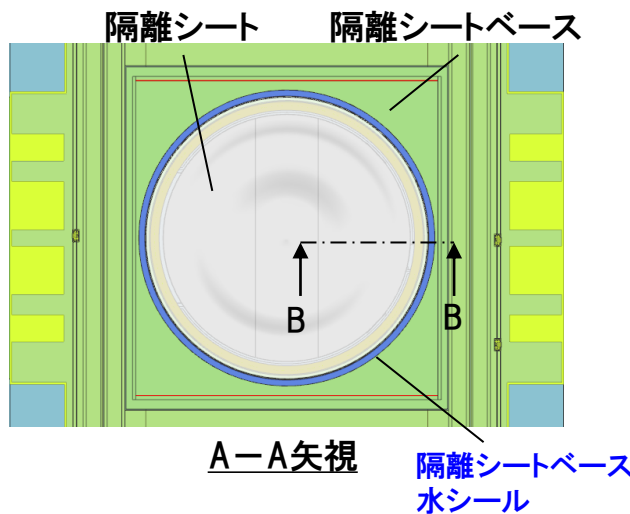
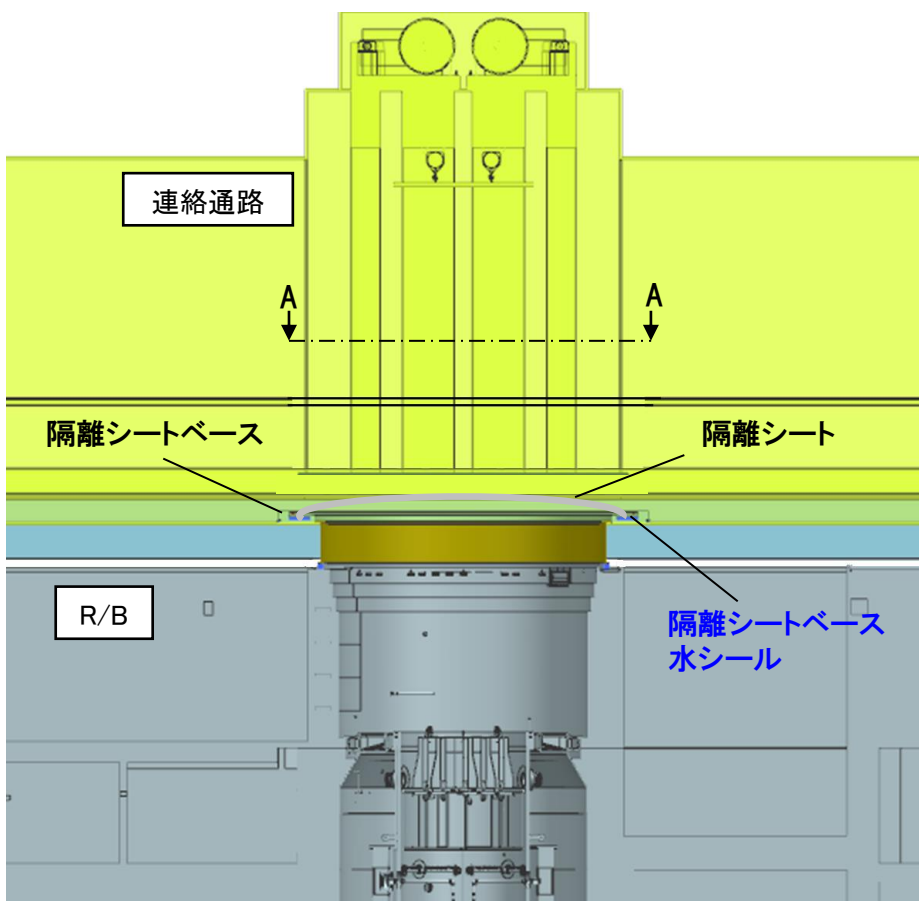


## (a) 隔離技術の考え方

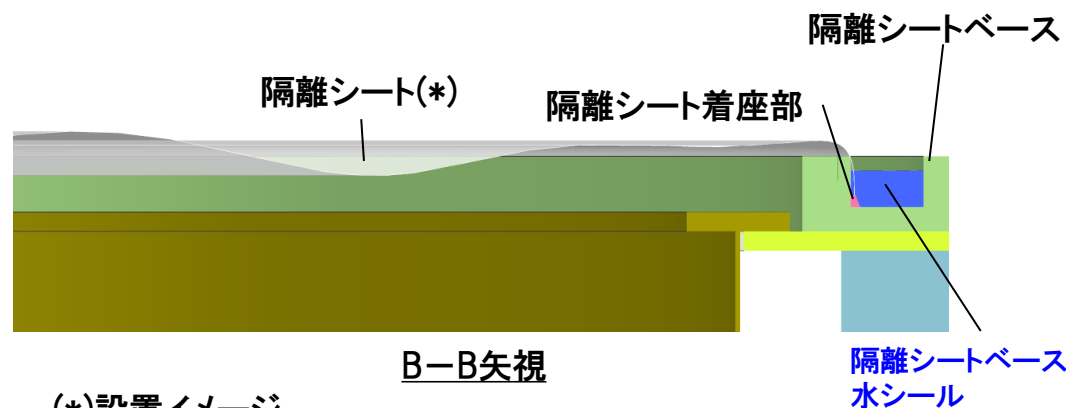
【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

### ◆ 隔離シート設置イメージ

隔離シートベースへの隔離シート設置イメージを以下に示す。隔離シートは隔離シートベースの水シール部に着座させる。



A-A矢視



B-B矢視

(\*)設置イメージ

実際は負圧で引かれるため炉内側に引っ張られる

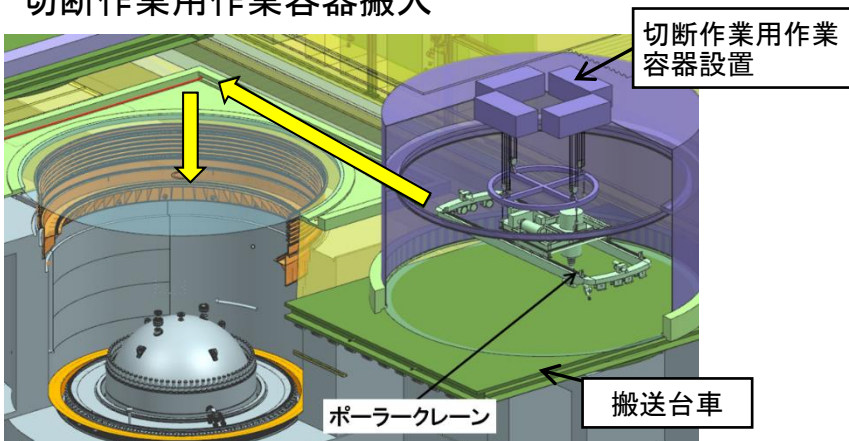
## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

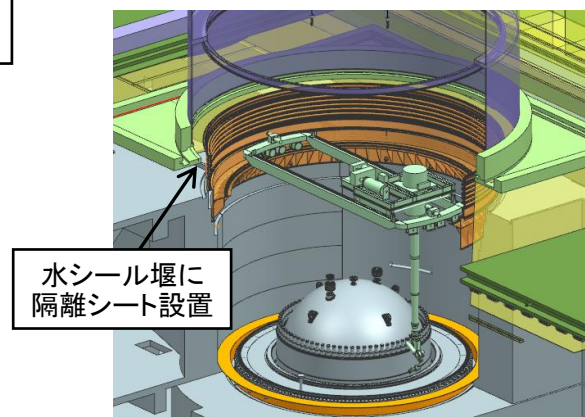
### ◆RPVヘッド取り出し作業概要

工法PJで検討中の作業容器で遮蔽、気密を確保しながらRPVヘッドを搬出するイメージを以下に示す。

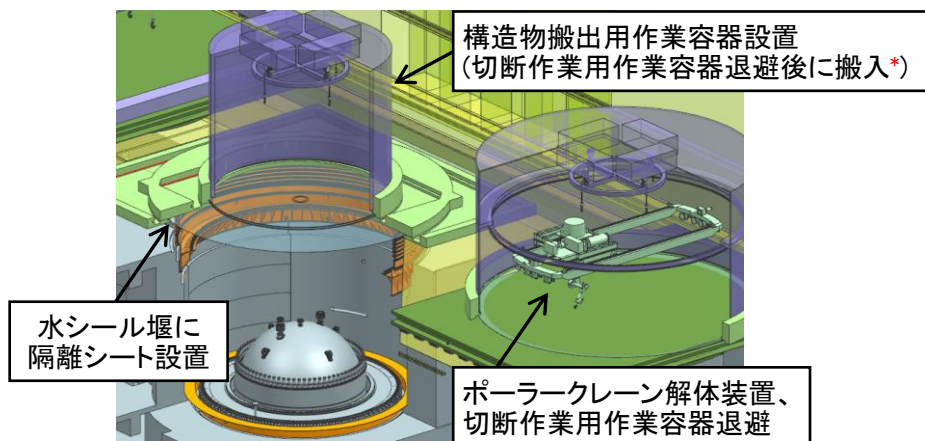
#### 1. 切断作業用作業容器搬入



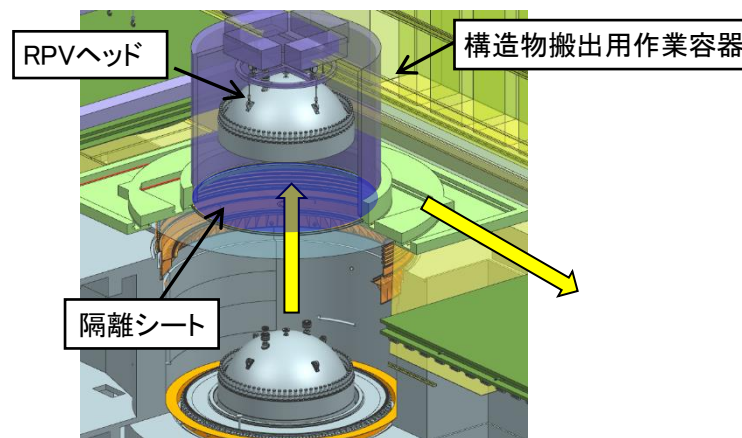
#### 2. RPVヘッドボルト切断



#### 3. 切断作業用作業容器退避、構造物搬出用作業容器搬入\*



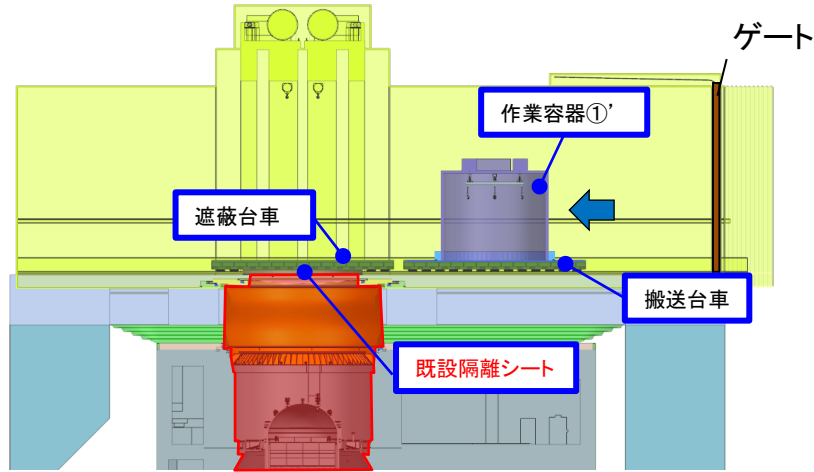
#### 4. RPVヘッド搬出



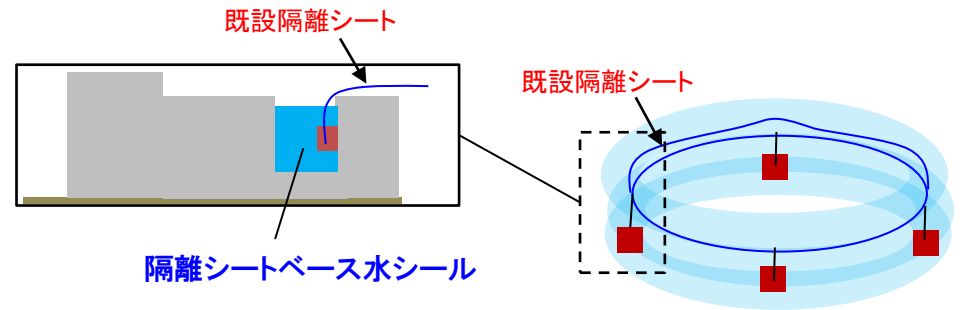
## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

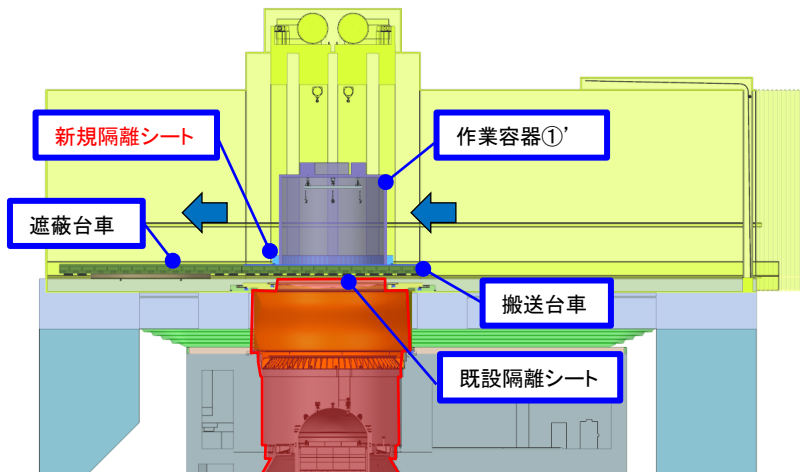
◆RPVヘッド取り出し作業ステップ(1/9) [前提: RPVヘッドボルト切断作業完了、切断作業用作業容器退避済]



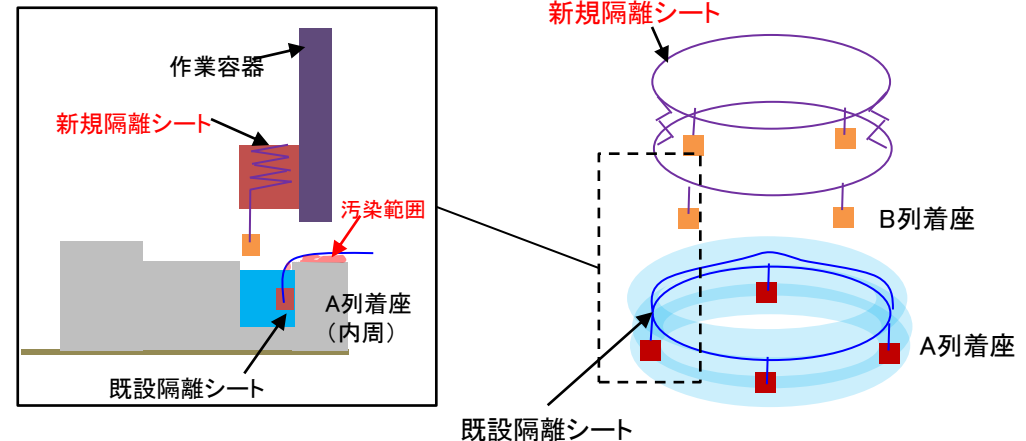
ステップ1. 構造物搬出用作業容器搬入



ステップ1の隔離シートイメージ\*



ステップ2. 作業容器搬送・遮蔽台車移動

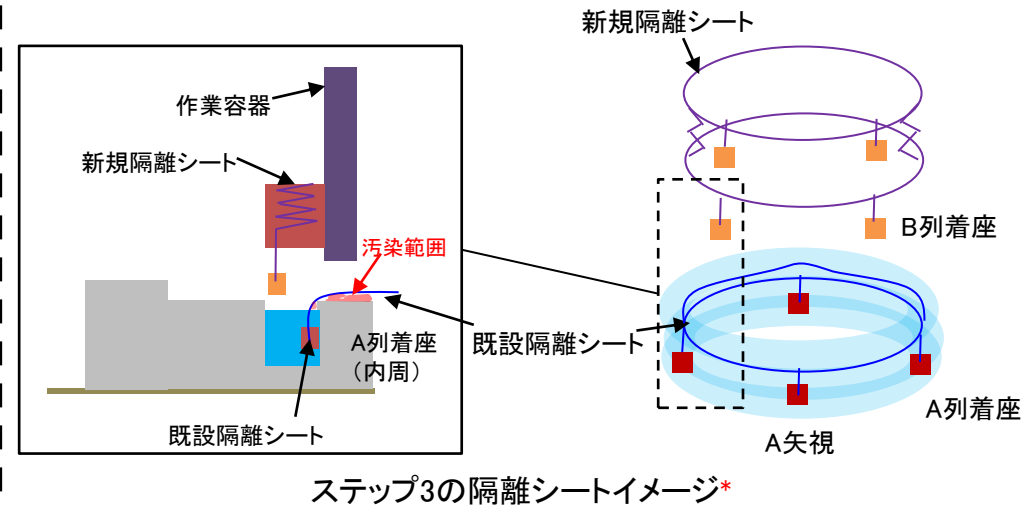
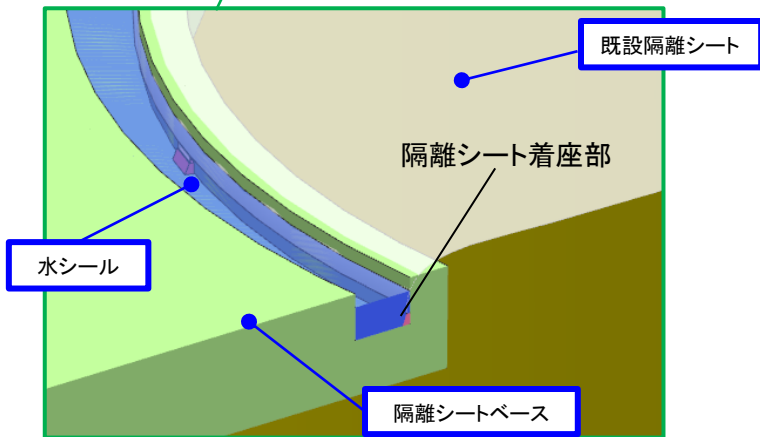
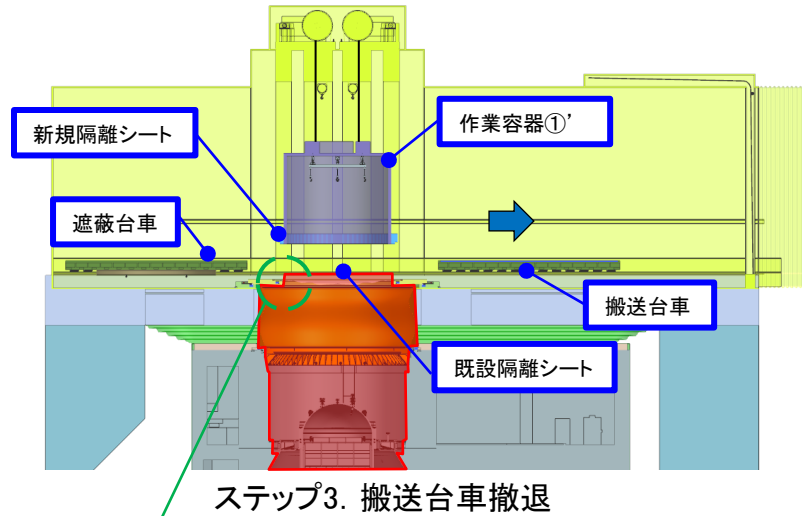


ステップ2の隔離シートイメージ\*

## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

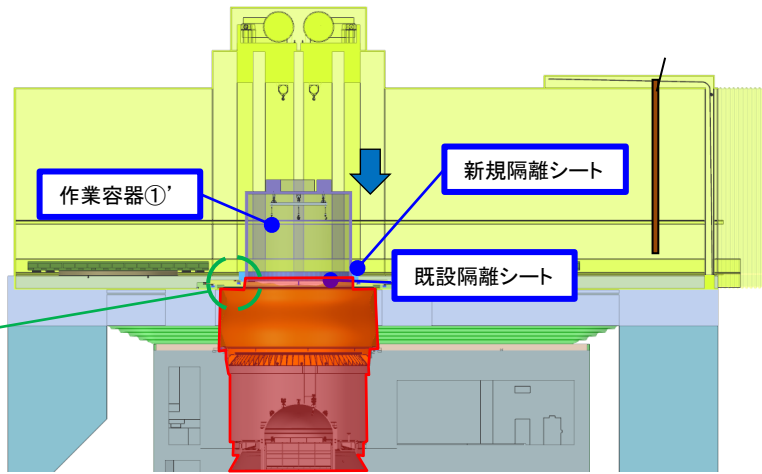
◆RPVヘッド取り出し作業ステップ(2/9)



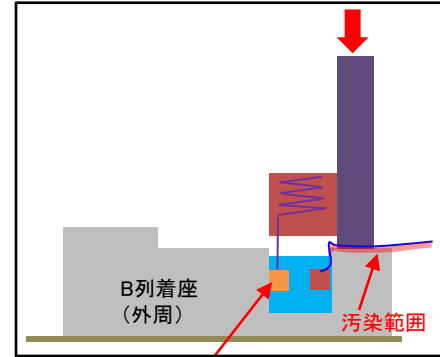
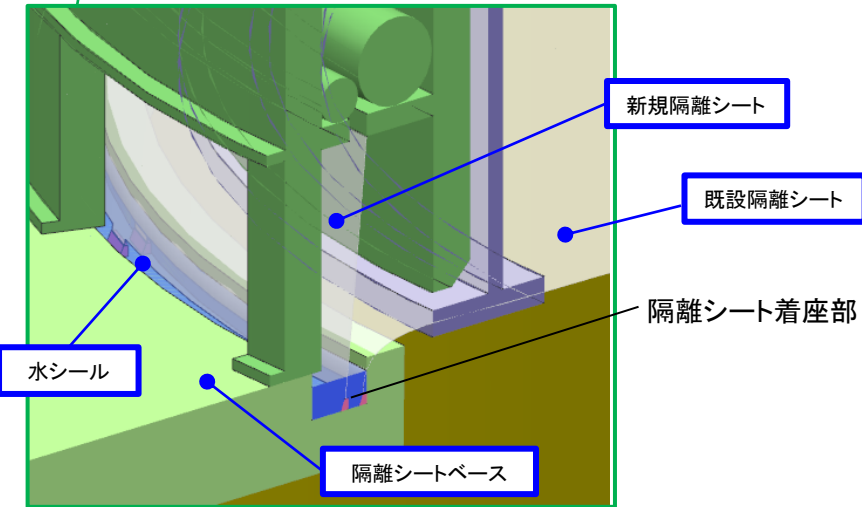
## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

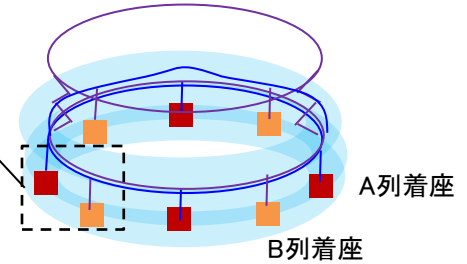
◆RPVヘッド取り出し作業ステップ(3/9)



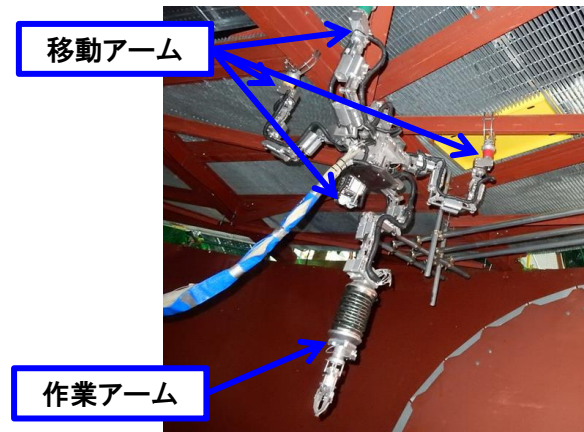
ステップ4. 作業容器吊り下げ・新規隔離シート設置



水シール壁面(外周)に引っ掛けの座を設置  
→ 外周から柔構造作業アーム等の遠隔装置  
をアクセスさせてB列着座(外周)に引っ掛  
けることを検討(一例)



ステップ4の隔離シートイメージ\*



柔構造作業アームイメージ

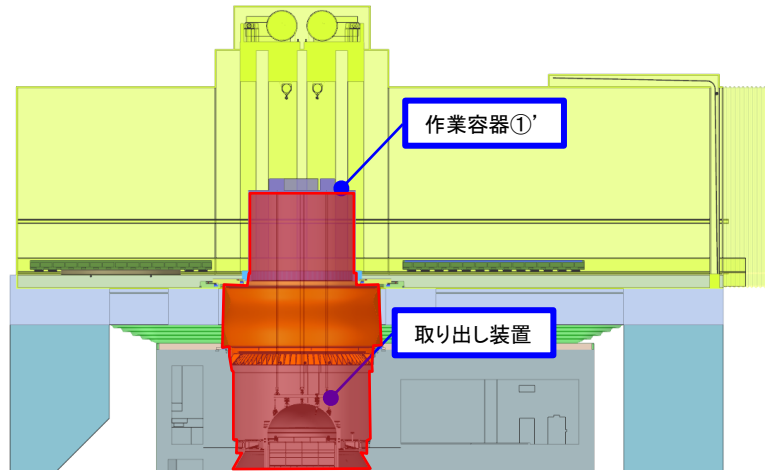


## (a) 隔離技術の考え方

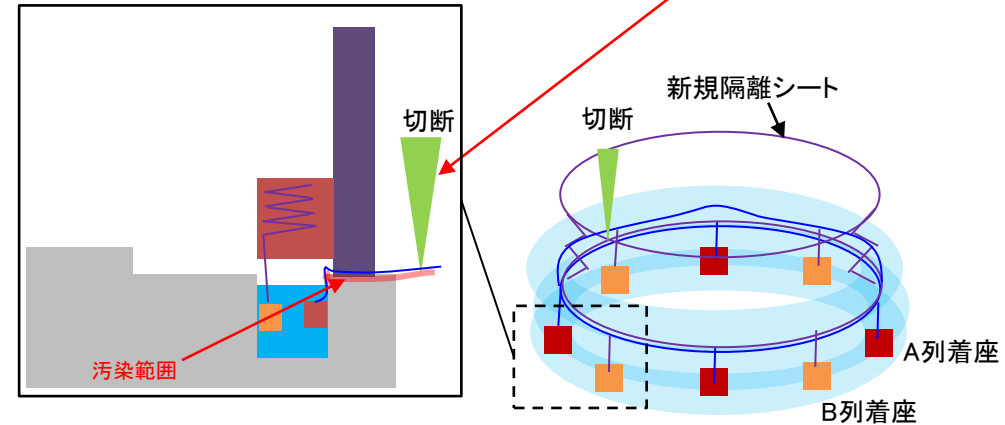
【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

◆RPVヘッド取り出し作業ステップ(4/9)

既設隔離シートの切断・回収手順を  
次頁に記載



ステップ5. 既設隔離シート切断、取り出し装置吊り下げ

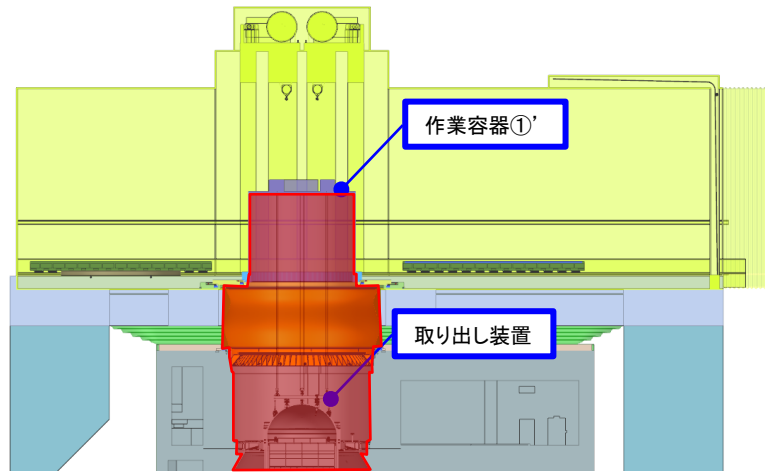


ステップ5の隔離シートイメージ\*

## (a) 隔離技術の考え方

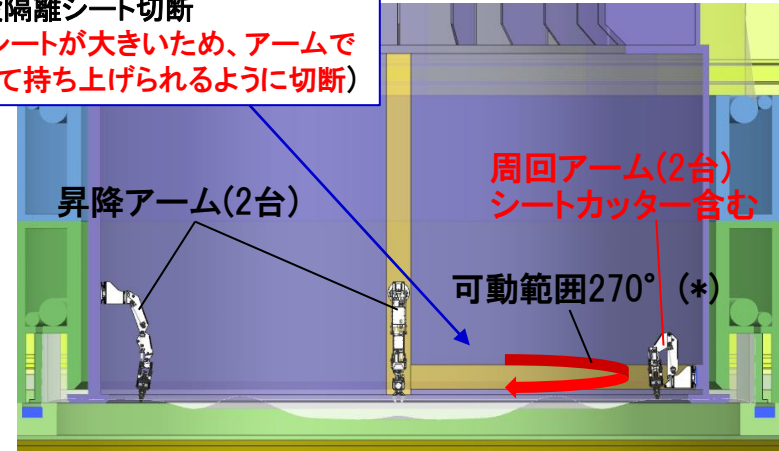
【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

### ◆RPVヘッド取り出し作業ステップ(5/9)



ステップ5. 既設隔離シート切断、取り出し装置吊り下げ

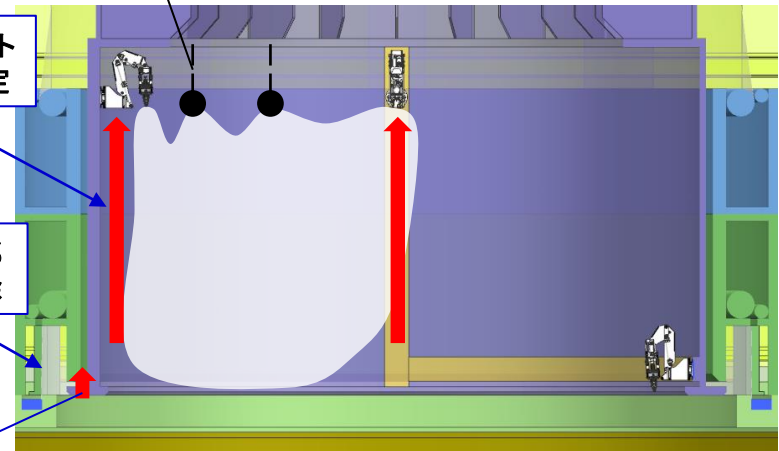
①既設隔離シート切断  
(隔離シートが大きいため、アームで把持して持ち上げられるように切断)



(\*)可動範囲の残り90° はシートを切り落とさないようにするため。

回収フック等を用いて回収したシートが作業容器下端からはみ出さないよう調整

②切断後シート  
引き上げ・固定



③着座部  
固定解除

④作業容器を若干持ち上げ、  
シート引き込み・回収

既設隔離シート切断・回収イメージ

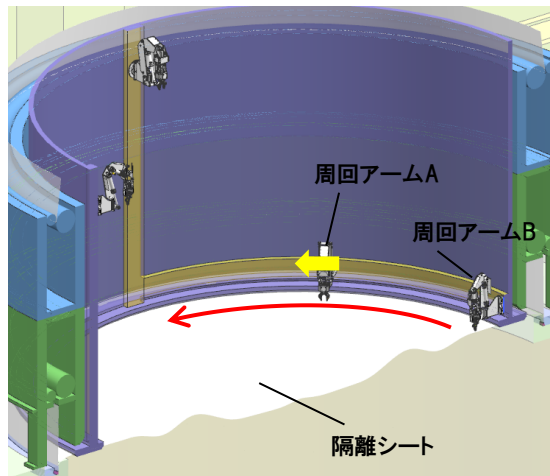
既設隔離シート切断・回収手順:概要  
(詳細手順は次紙参照)

- ① 1台の周回アームで既設隔離シートを把持しながら、もう1台の周回アームのシートカッターで既設隔離シートを円周上に切断。(隔離シートが大きいため、アームで把持して持ち上げられるように切断)
- ② 切断後の既設隔離シートを昇降アームで把持し、作業容器上部の回収フックに引き上げ、固定。
- ③ 隔離シート着座部の固定解除。
- ④ 作業容器を若干持ち上げ、周回アームおよび昇降アームで着座側シートを作業容器内に引き込み、上記②同様に回収フック等に固定。

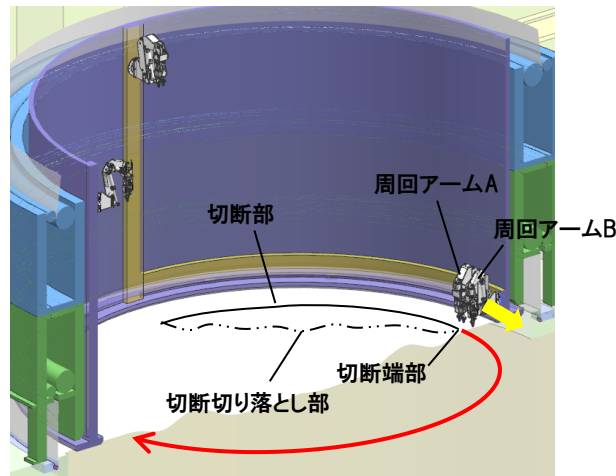
## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

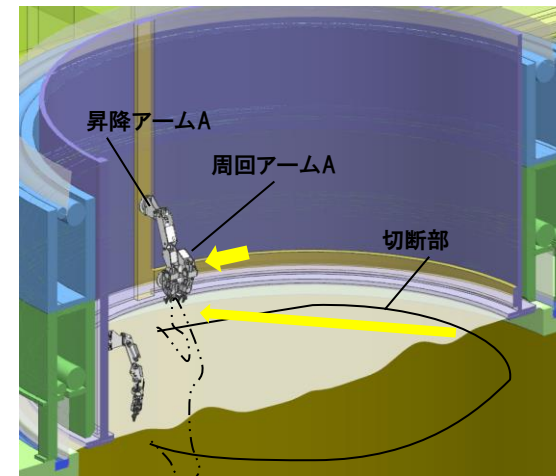
◆RPVヘッド取り出し作業ステップ(5/9) : [補足]既設隔離シート切断・回収手順



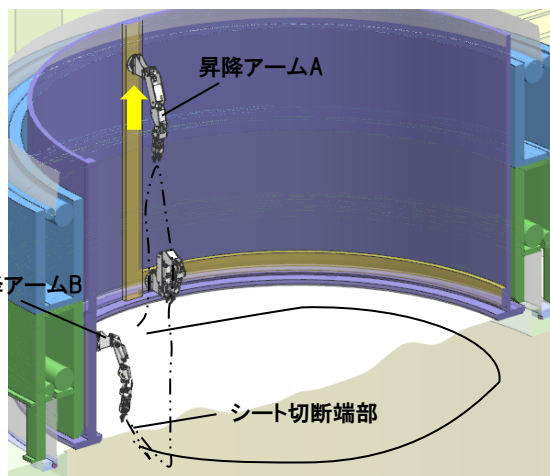
① 周回アームBで把持し、周回アームAで90° 範囲を切断



② 周回アームAで切断端部を把持し、周回アームBで180° 範囲を切断

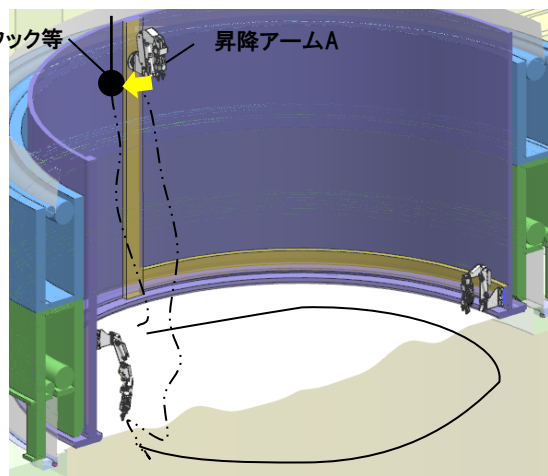


③ 周回アームAを昇降アーム付近に移動し、把持していたシートを昇降アームに持ち替え

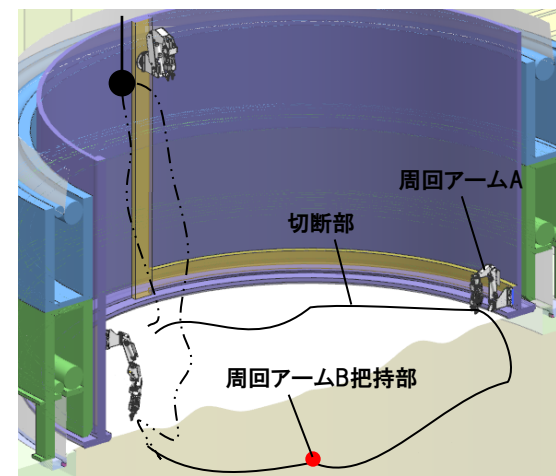


④ 昇降アームAを上昇

⑤ 昇降アームBでシートのもう一方の切断端部を把持



⑥ 昇降アームAで把持していたシートを回収フック等に引っ掛ける

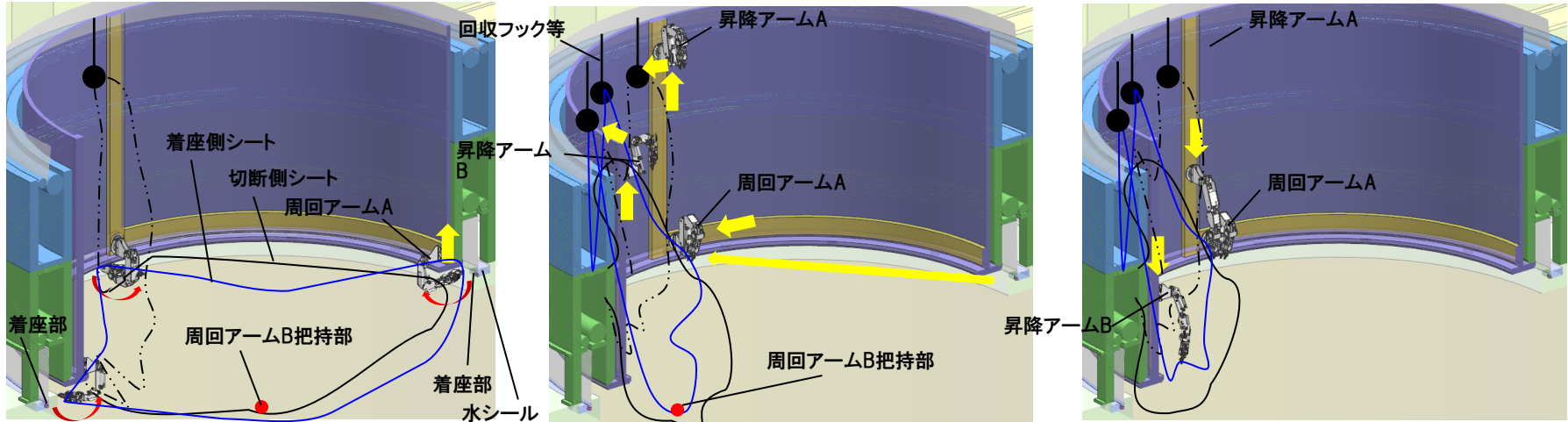


⑦ 周回アームA, Bで切断したシートの残存部を把持 (作業容器持ち上げ時の落下を防止)

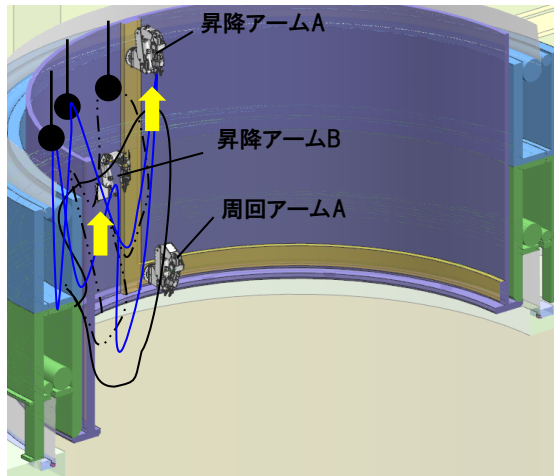
## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

◆RPVヘッド取り出し作業ステップ(5/9) : [補足]既設隔離シート切断・回収手順



- ⑧ 隔離シート着座部の解除
- ⑨ 作業容器を若干持ち上げ
- ⑩ 周回アーム、昇降アームで着座側シートを引っ張りシート着座部を水シールから作業容器内に引き出す
- ⑪ 周回アームA,Bを昇降アームA,Bに寄せる
- ⑫ 昇降アームを上昇させ把持部を回収フック等につっ掛ける
- ⑬ 周回アームAで把持した切断部を昇降アームAに持ち替える
- ⑭ 周回アームBで把持した切断部を昇降アームBに持ち替える



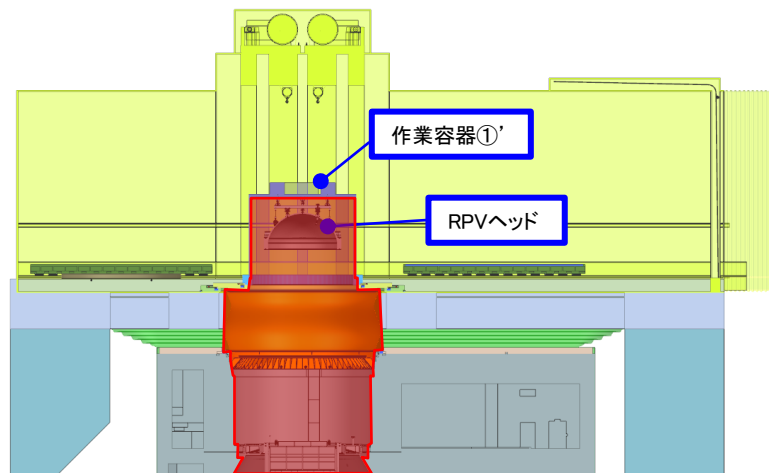
- ⑮ 昇降アームを上昇させシートを引き上げる

- ⑯ シートが作業容器内に収まっていない場合は、  
a.下側を周回アームで引き上げ  
b.昇降アームに受け渡す  
c.回収フック等につっ掛ける  
を繰り返して作業容器内に回収する

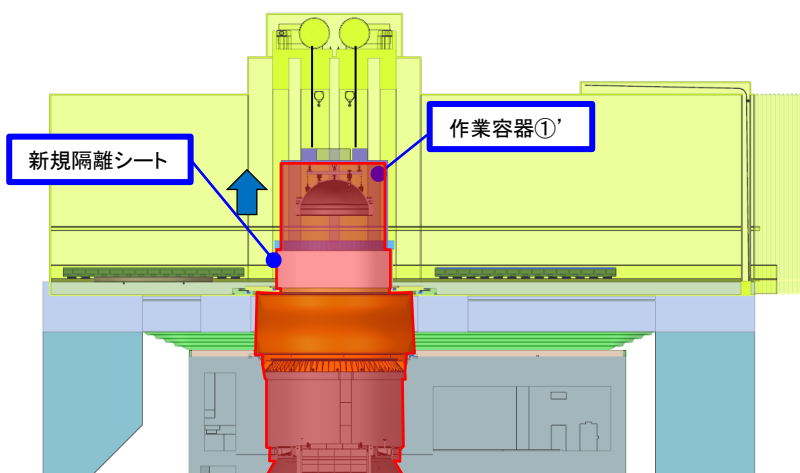
## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

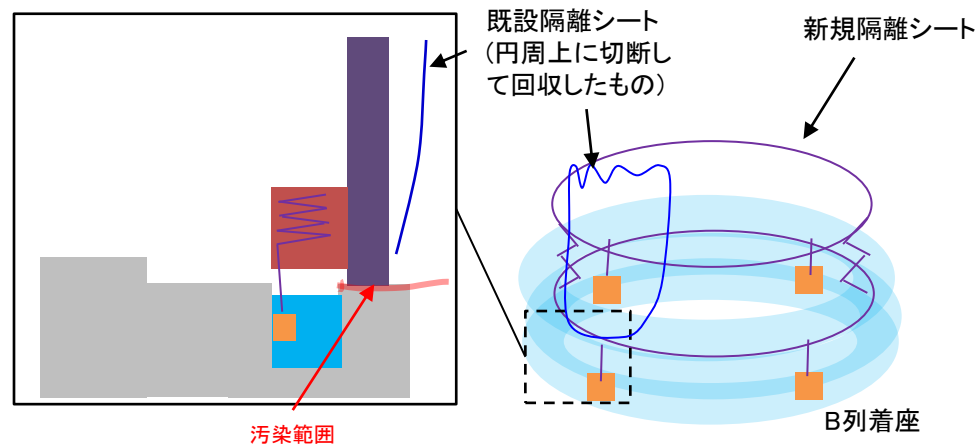
◆RPVヘッド取り出し作業ステップ(6/9)



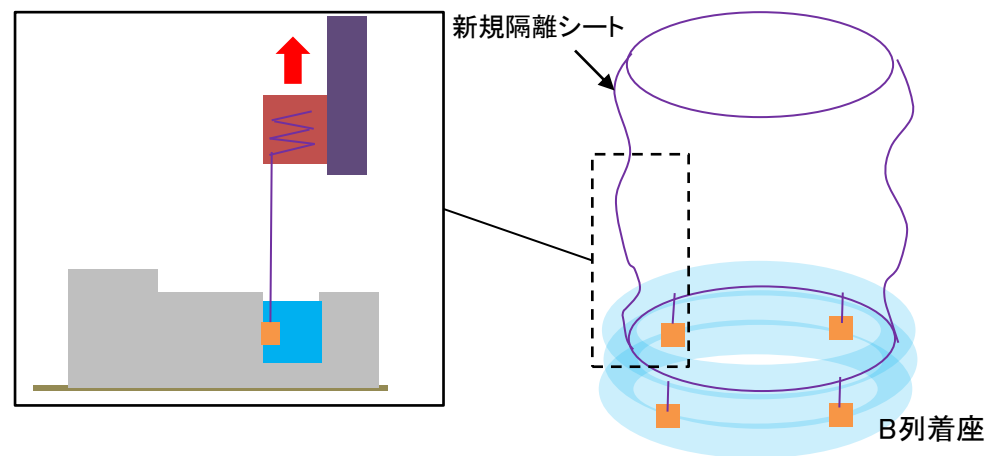
ステップ6. RPVヘッド取り出し



ステップ7. 作業容器吊り上げ



ステップ6の隔離シートイメージ\*

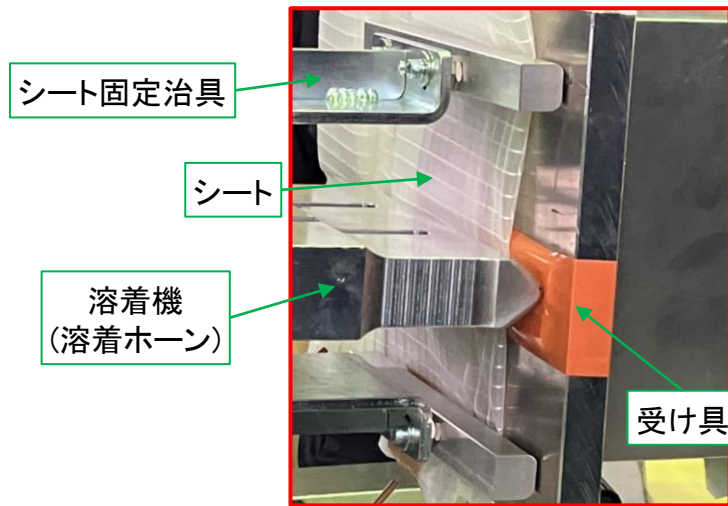
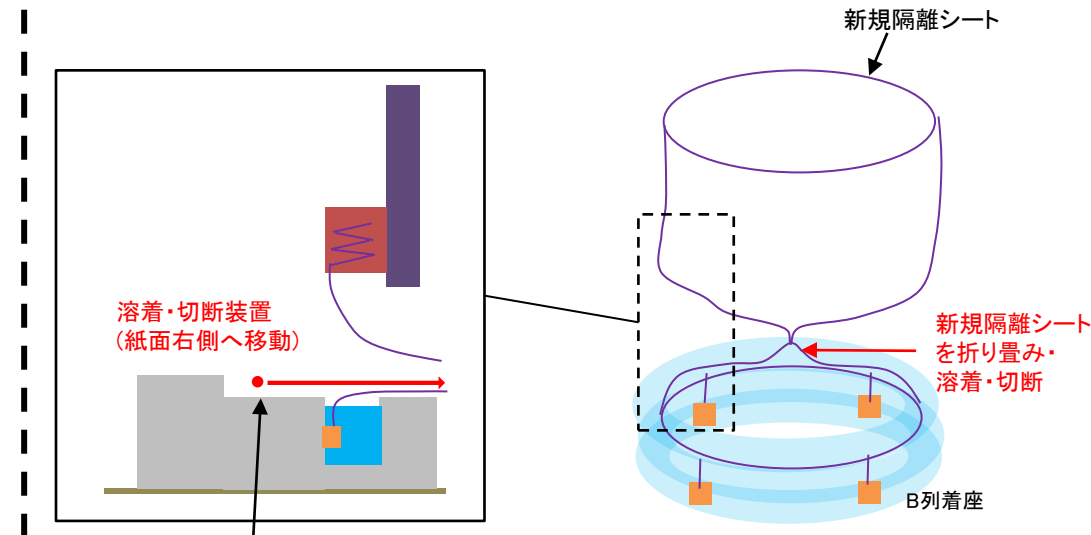
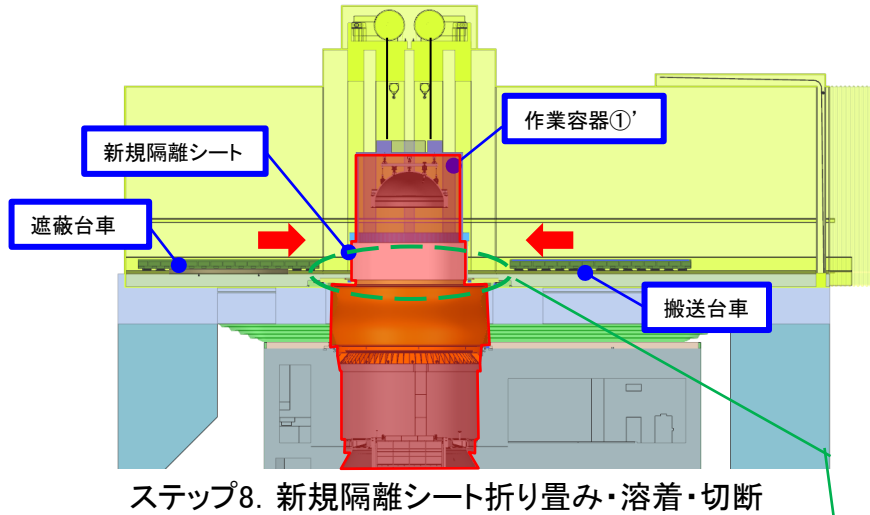


ステップ7の隔離シートイメージ\*

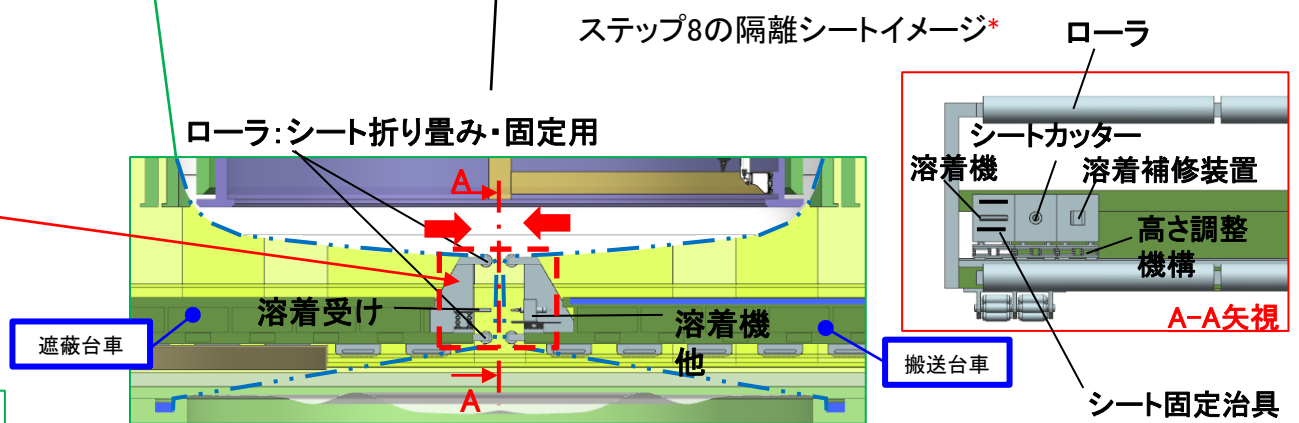
## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

◆RPVヘッド取り出し作業ステップ(7/9)



隔離シート溶着イメージ

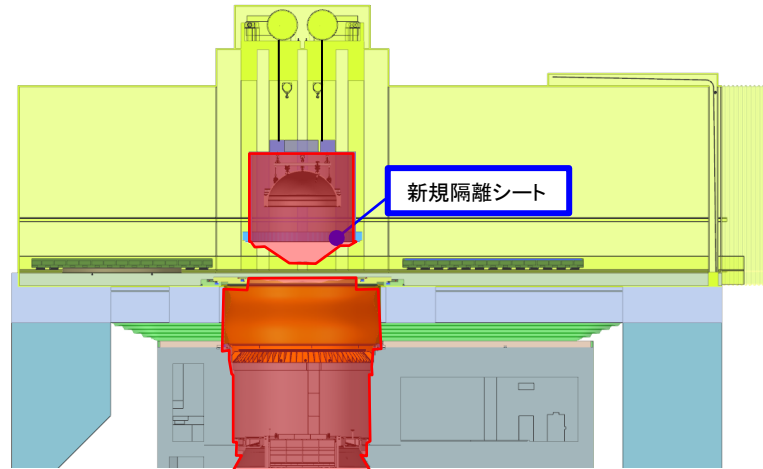


隔離シート折り畳み・溶着・切断イメージ  
(台車に溶着機等を搭載、台車上下のローラでシートを折り畳み・固定、溶着機を横行させて溶着)

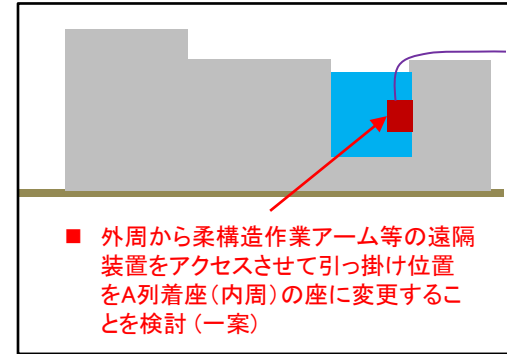
## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

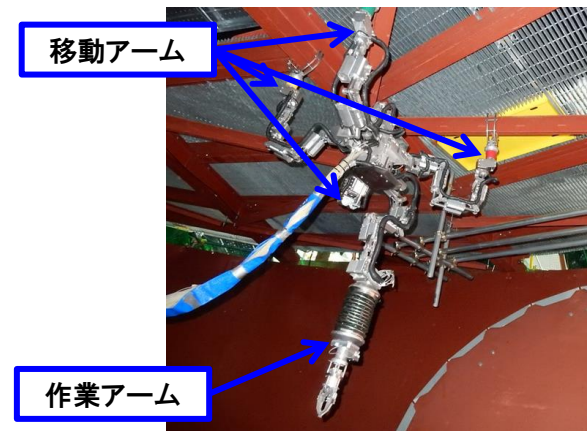
◆RPVヘッド取り出し作業ステップ(8/9)



ステップ8. 新規隔離シート折り畳み・溶着・切断  
(切断後の状態)



ステップ8(切断後)の隔離シートイメージ\*

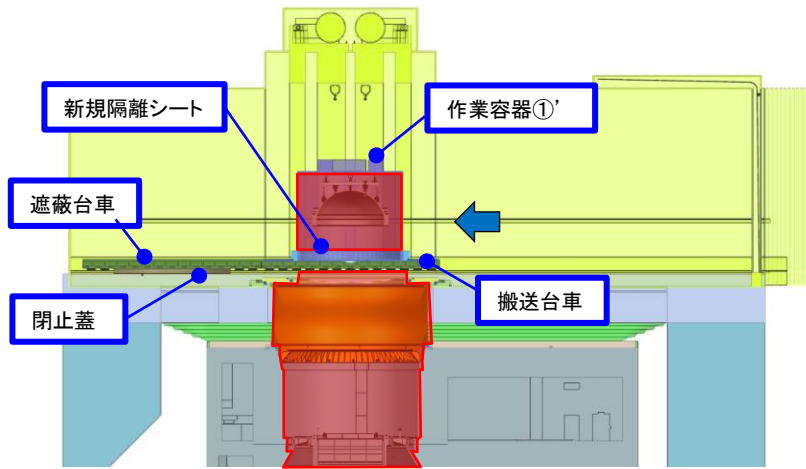


柔構造作業アームイメージ

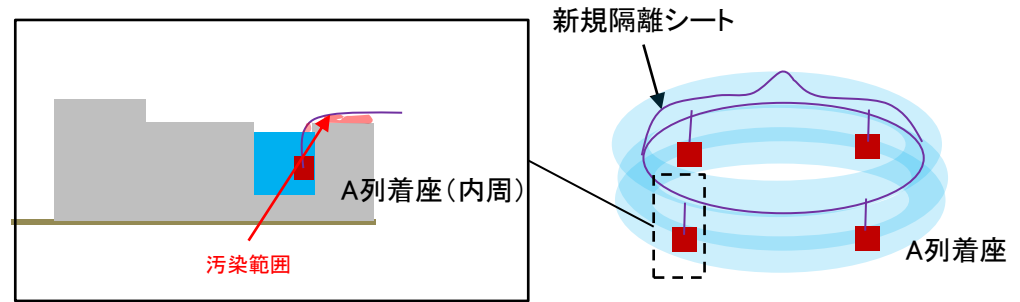
## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

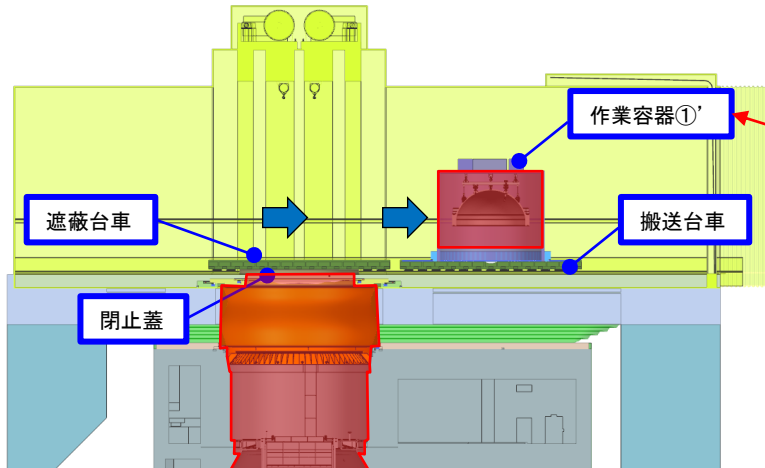
◆RPVヘッド取り出し作業ステップ(9/9)



ステップ9. 搬送台車移動、作業容器吊り下げ



ステップ9および10の隔離シートイメージ\*



ステップ10. 作業容器搬送・遮蔽台車移動

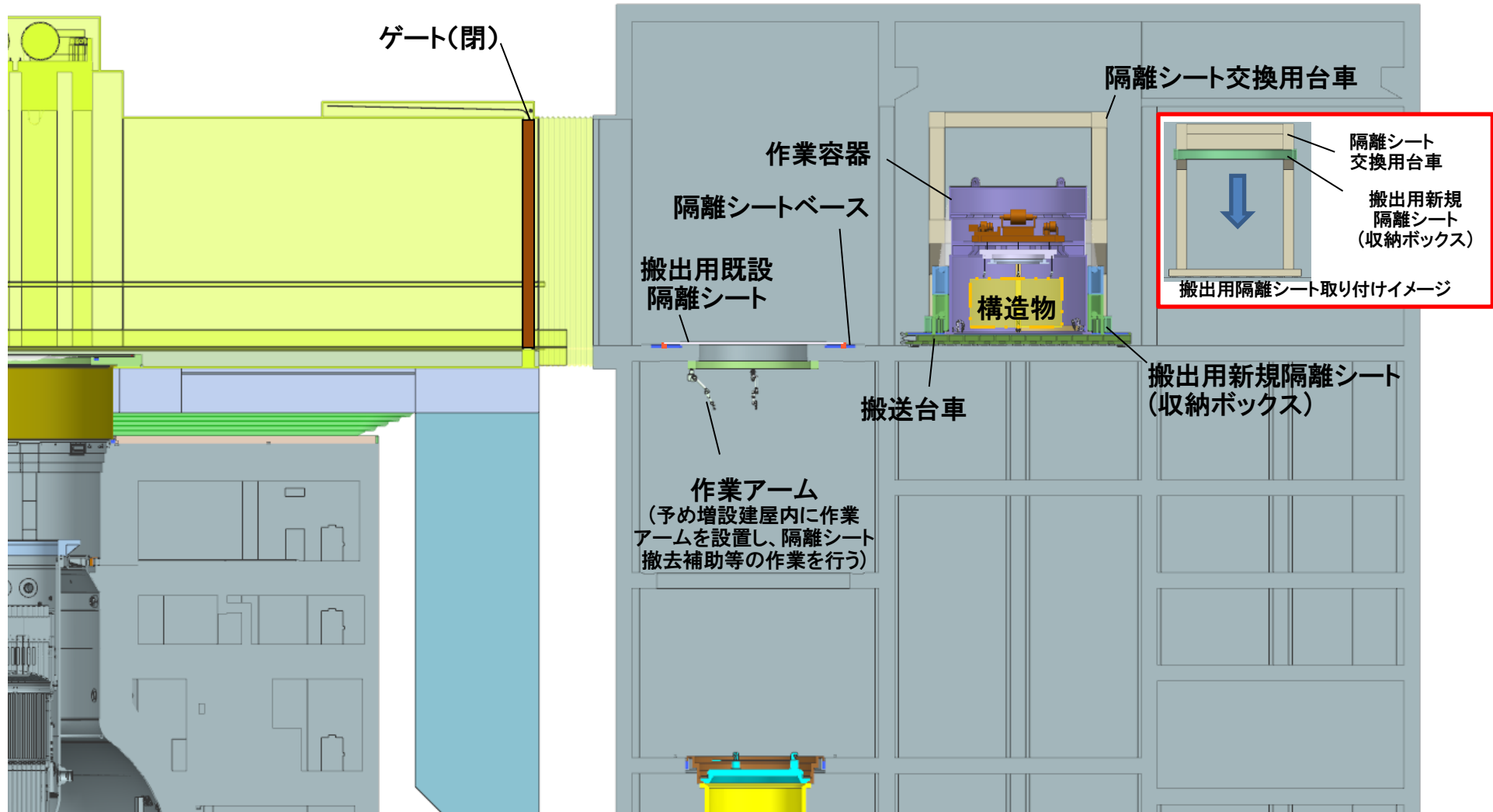
作業容器を増設建屋へ搬入し、構造物を取り出し後、増設建屋内で新しい隔離シートに交換



## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

◆増設建屋内での隔離シート取り扱い手順概要(1/8): 作業容器に搬出用新規隔離シートを取り付け



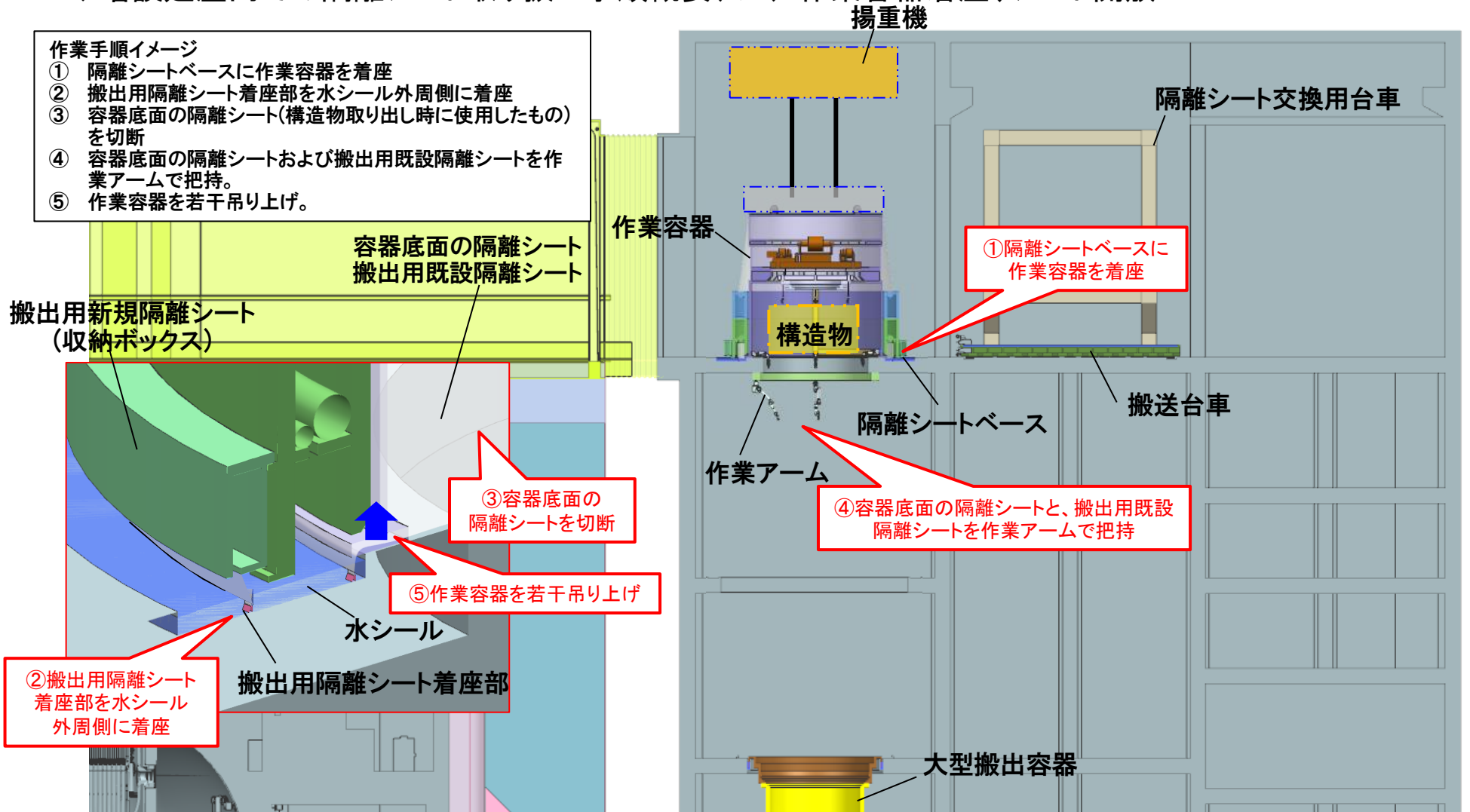
## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

◆増設建屋内での隔離シート取り扱い手順概要(2/8): 作業容器着座、シート開放

### 作業手順イメージ

- ① 隔離シートベースに作業容器を着座
- ② 搬出用隔離シート着座部を水シール外周側に着座
- ③ 容器底面の隔離シート(構造物取り出し時に使用したもの)を切断
- ④ 容器底面の隔離シートおよび搬出用既設隔離シートを作業アームで把持。
- ⑤ 作業容器を若干吊り上げ。



## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

◆増設建屋内での隔離シート取り扱い手順概要(3/8): 既設隔離シート撤去(大型搬出容器に収納)

### 作業手順イメージ

- ① 搬出用既設隔離シートの着座部(内周側)を解除。
- ② 作業アームで把持した容器底面の隔離シートおよび搬出用既設隔離シートを、作業アームのハンド部を吊り下げて大型搬出容器に収納。
- ③ 作業容器着座。(若干吊り上げていたのを戻す)

容器底面の隔離シート  
搬出用既設隔離シート

作業容器

揚重機

隔離シート交換用台車

構造物

搬送台車

隔離シートベース

作業アーム

①搬出用既設隔離シートの  
着座部(内周側)を解除

③作業容器着座

②作業アームで把持した容器底面の隔離シート  
および搬出用既設隔離シートを、作業アームの  
ハンド部を吊り下げて大型搬出容器に収納

搬出用既設隔離シート着座部  
(内周側)

撤去した容器底面の隔離シート  
および搬出用既設隔離シート

大型搬出容器

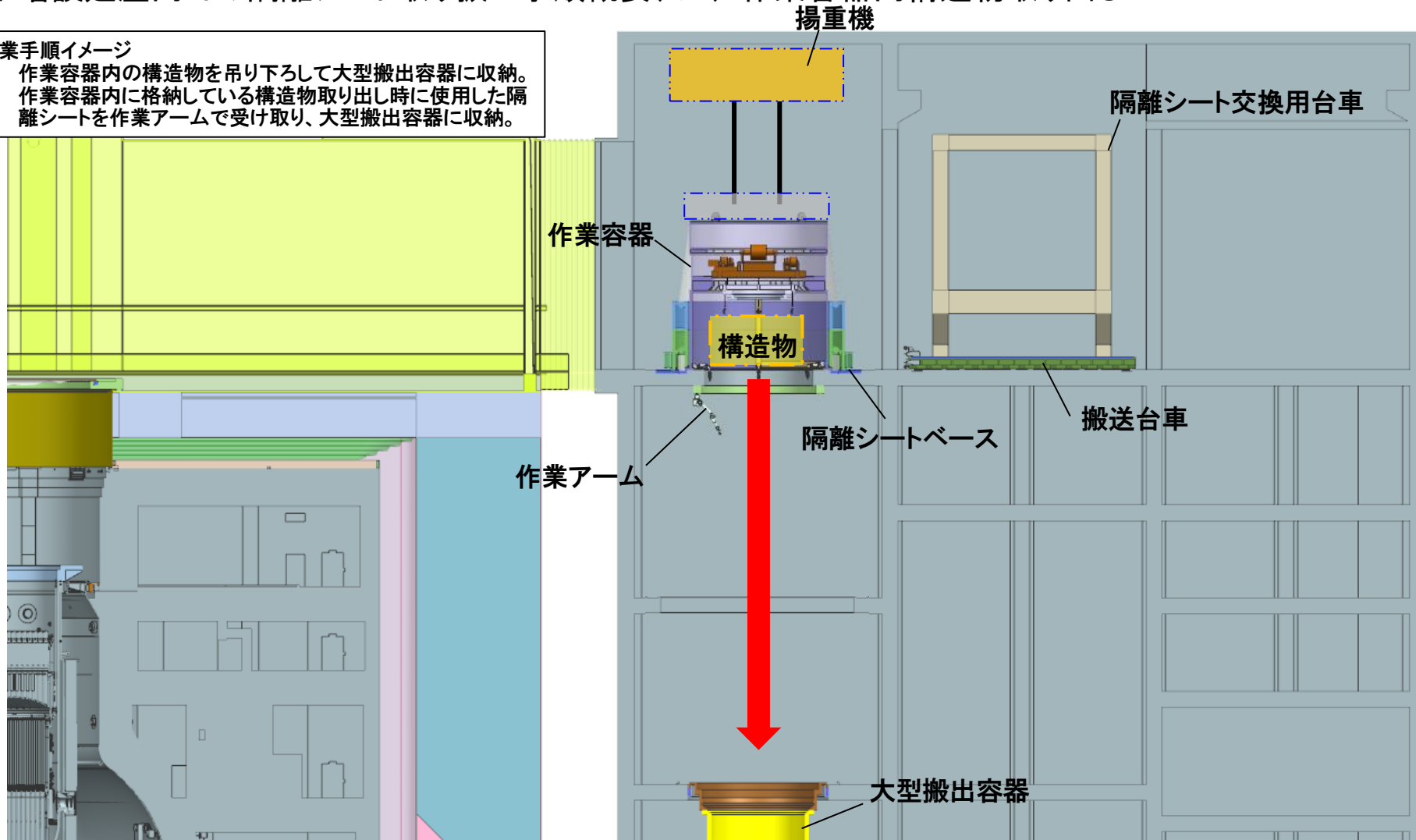
## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

◆増設建屋内での隔離シート取り扱い手順概要(4/8): 作業容器内構造物取り出し

### 作業手順イメージ

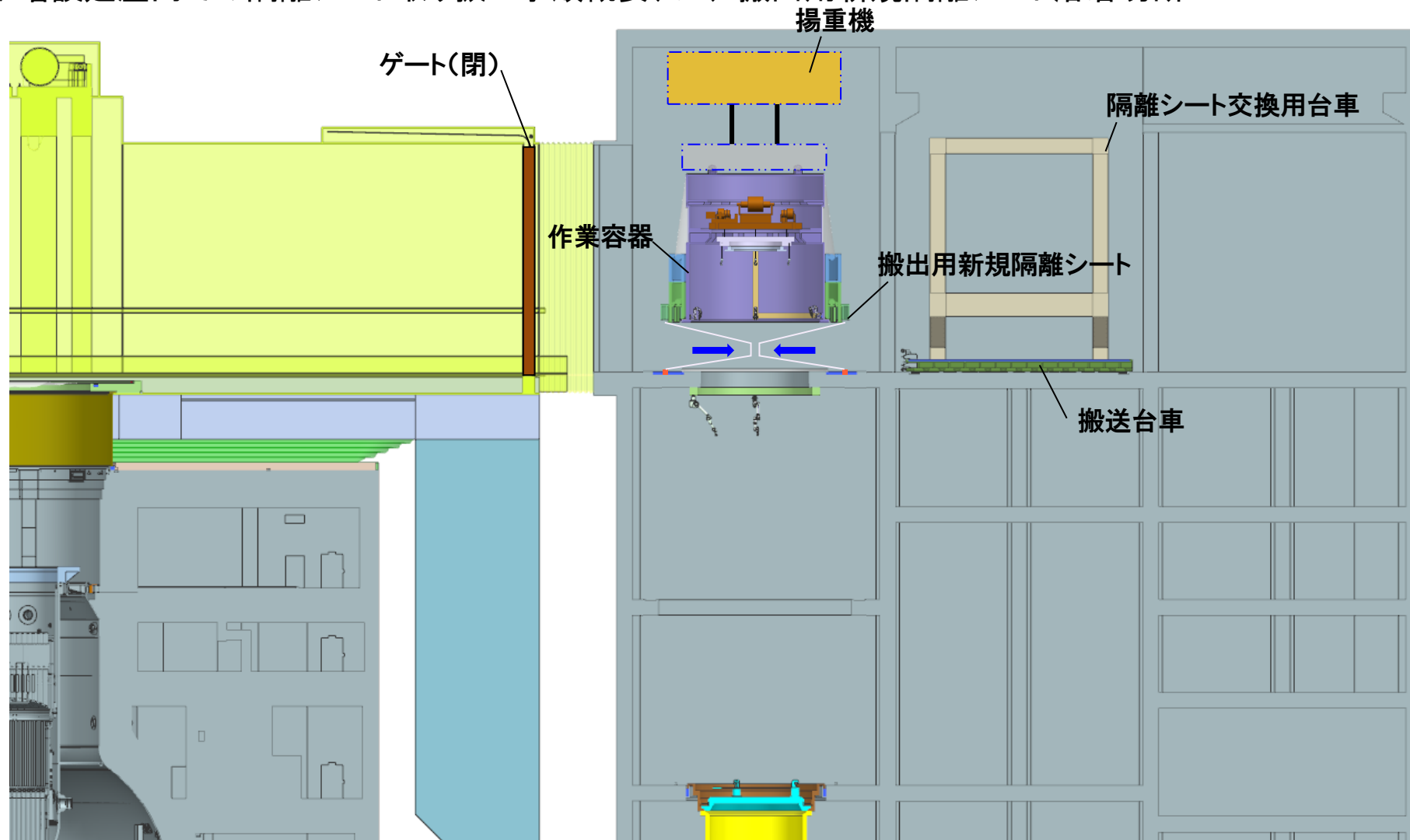
- ① 作業容器内の構造物を吊り下ろして大型搬出容器に収納。
- ② 作業容器内に格納している構造物取り出し時に使用した隔離シートを作業アームで受け取り、大型搬出容器に収納。



### (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

◆増設建屋内での隔離シート取り扱い手順概要(5/8): 搬出用新規隔離シート溶着切断



## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

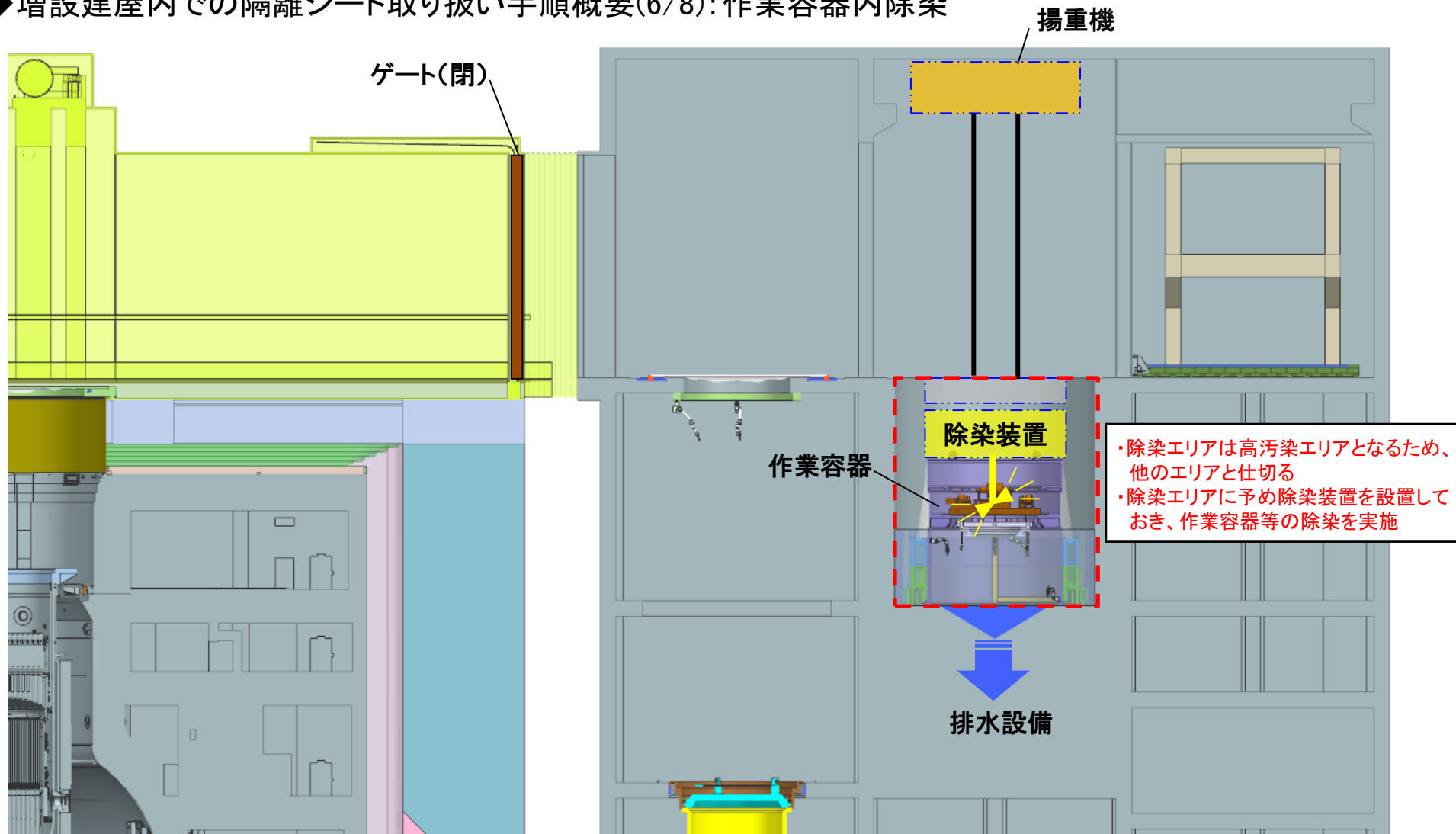
No.45

作業容器使用後毎回実施

### (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

◆増設建屋内での隔離シート取り扱い手順概要(6/8): 作業容器内除染



## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

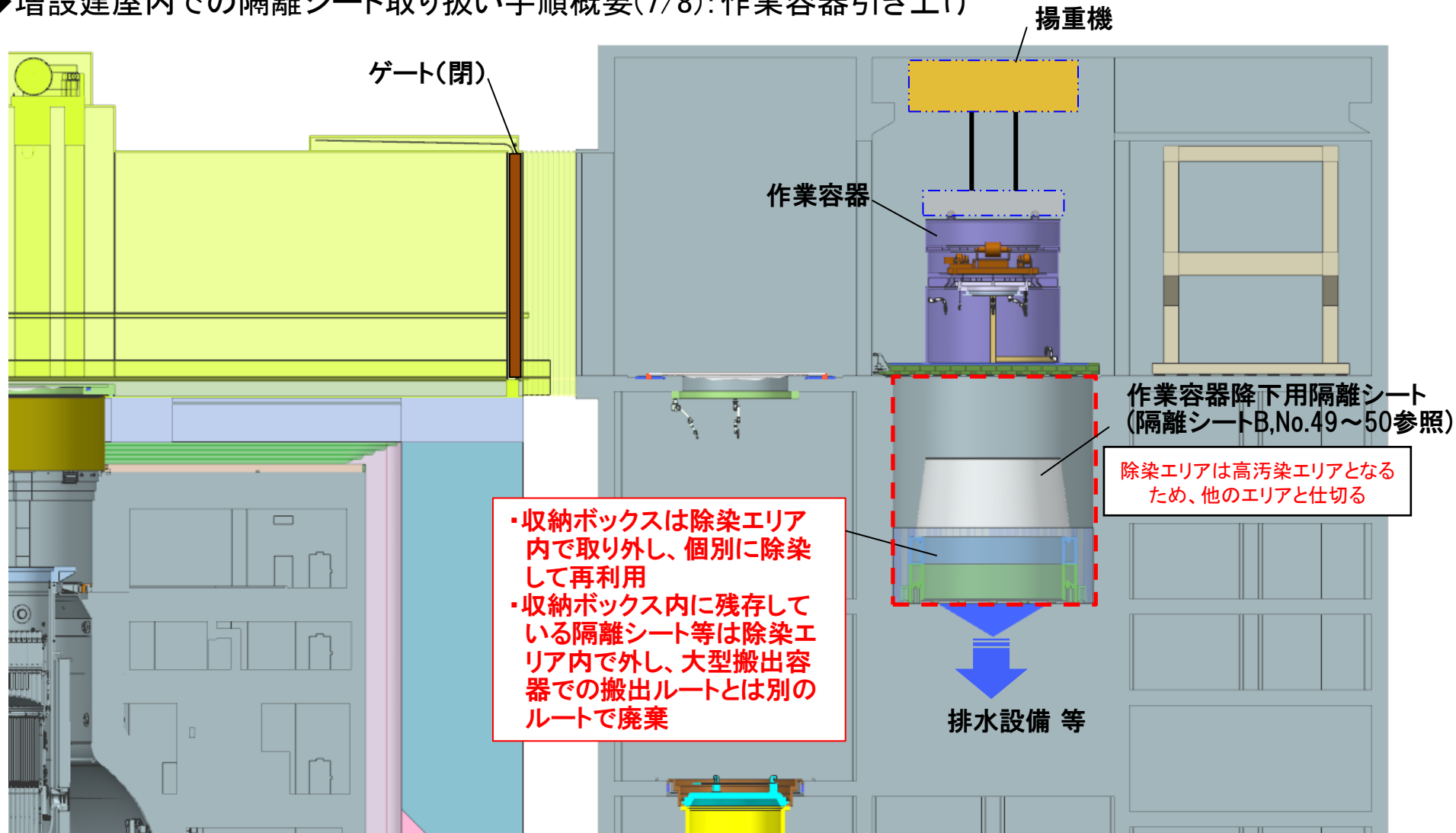
No.46

作業容器使用後毎回実施

### (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

◆増設建屋内での隔離シート取り扱い手順概要(7/8): 作業容器引き上げ



## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

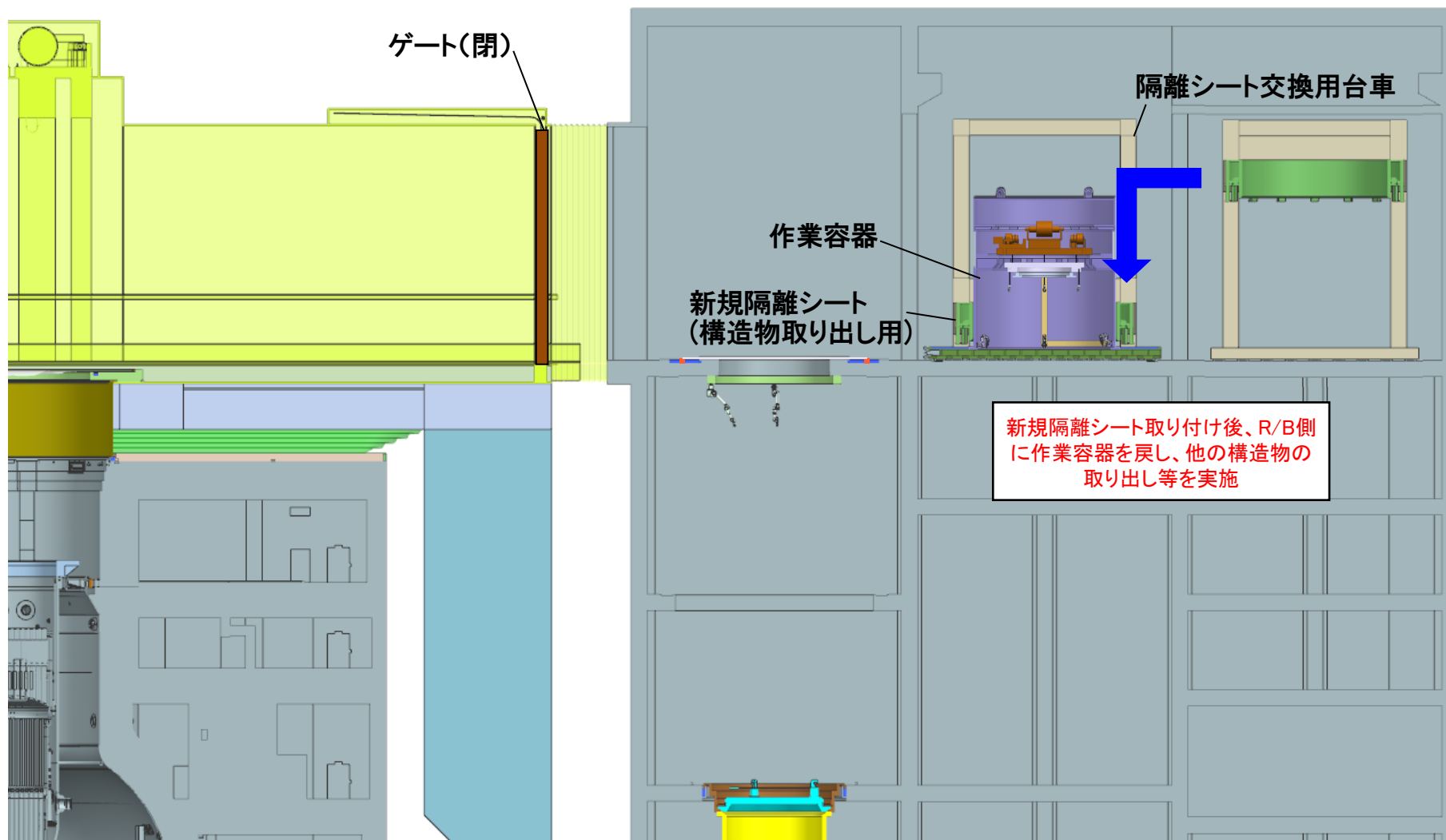
No.47

作業容器使用後毎回実施

### (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

◆増設建屋内での隔離シート取り扱い手順概要(8/8): 作業容器に新規隔離シート取り付け





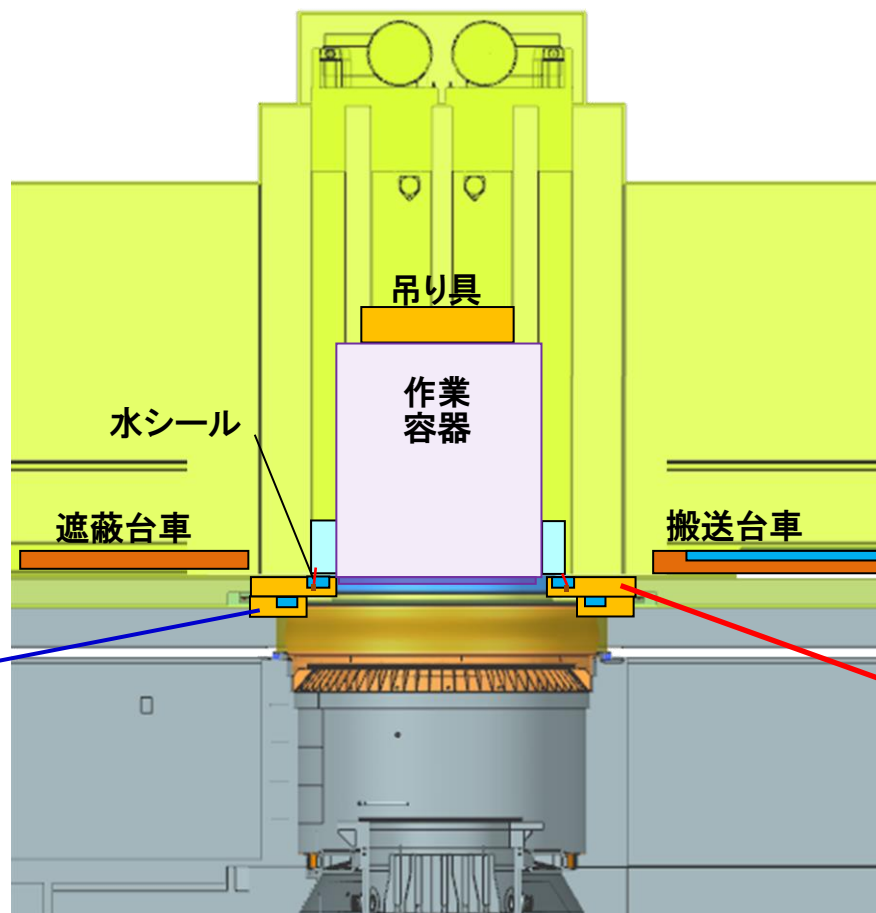
### (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

◆RPVフランジ面上に作業容器を設置する場合の隔離シート:隔離シートベースの設置

作業容器をRPVのフランジ面上に設置する際の隔離シートベースのイメージを以下に示す。

「原子炉ウェル内構造物取り出し用隔離シートベース」の上に、「炉内構造物取り出し用隔離シートベース」を設置する。



原子炉ウェル内構造物取り出し用  
隔離シートベース  
(作業容器をオペフロ上に設置し、  
原子炉ウェル内構造物を取り出す  
際に使用する隔離シートベース)

炉内構造物取り出し用  
隔離シートベース  
(作業容器をRPVフランジ面上  
に設置するため、新規設置)

炉内構造物取り出し用の隔離シートベースイメージ

# 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

◆RPVフランジ面上に作業容器を設置する場合の隔離シート:作業ステップ(1/2)

作業ステップの概要を以下に示す。なお、汚染範囲を赤色で記載した。

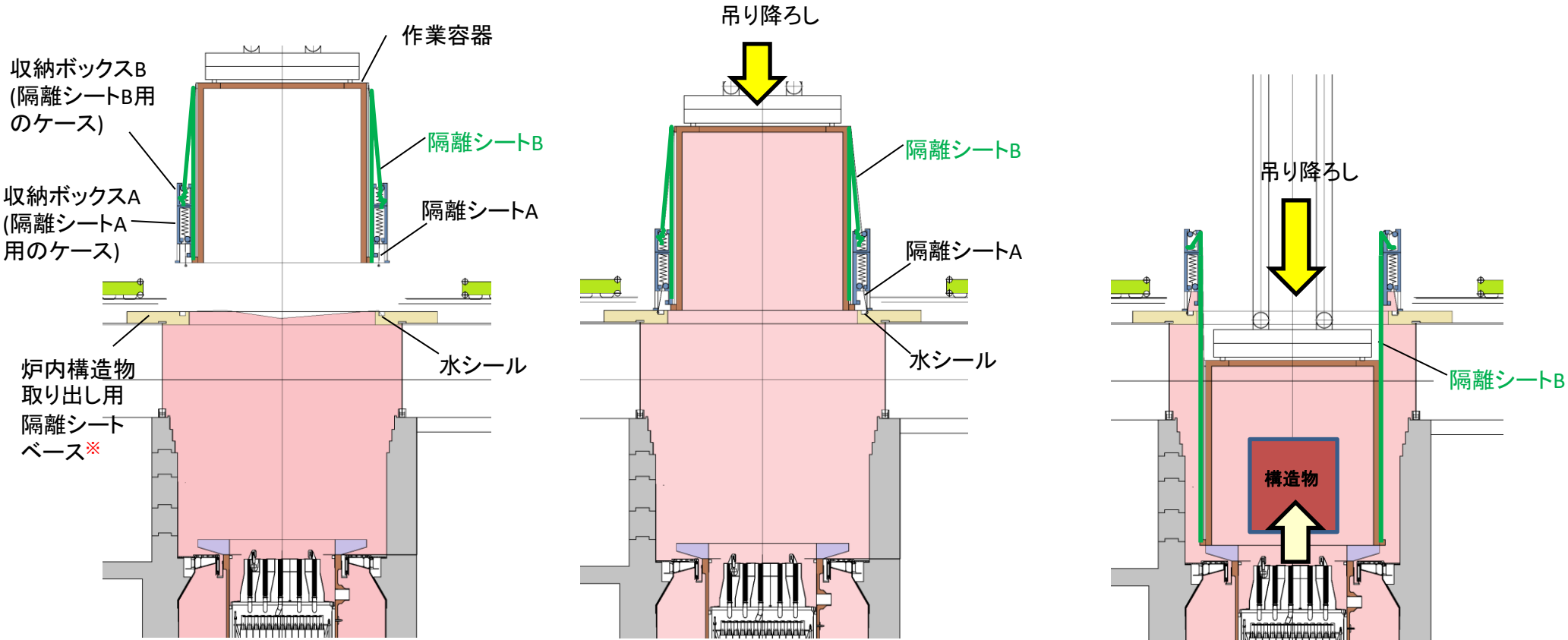
隔離シートA:  
作業容器離脱用隔離シート  
(前頁までのオペフロ上設置の場合と同様の手順で折り畳み、溶着、切断)

隔離シートB:  
作業容器降下用隔離シート  
(作業容器側面からの汚染拡大防止)

### 1. 作業容器搬入

### 2. 作業容器の初期位置設定 隔離シートAを水シール堰に設定

### 3. 作業容器をRPVフランジレベルに設置 作業容器内に構造物吊り込み



# 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

## (a) 隔離技術の考え方

【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

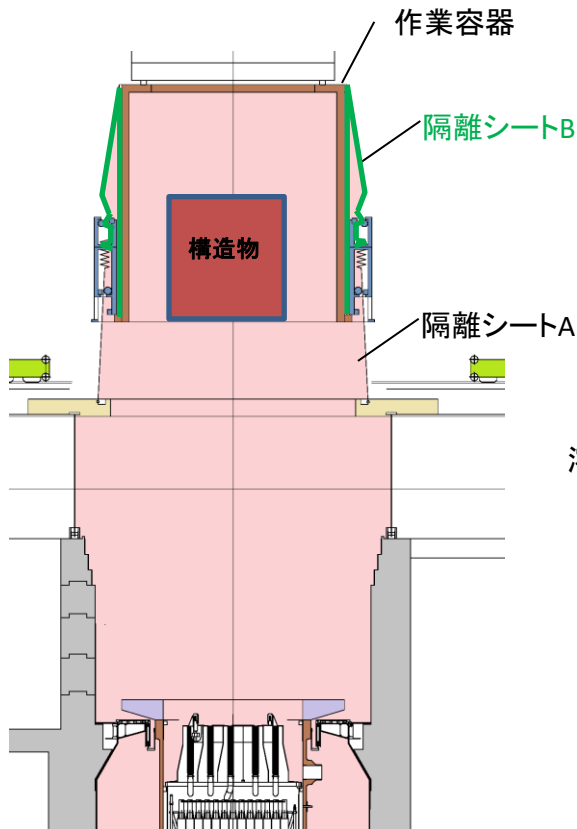
◆RPVフランジ面上に作業容器を設置する場合の隔離シート:作業ステップ(2/2)

作業ステップの概要を以下に示す。なお、汚染範囲を赤色で記載した。

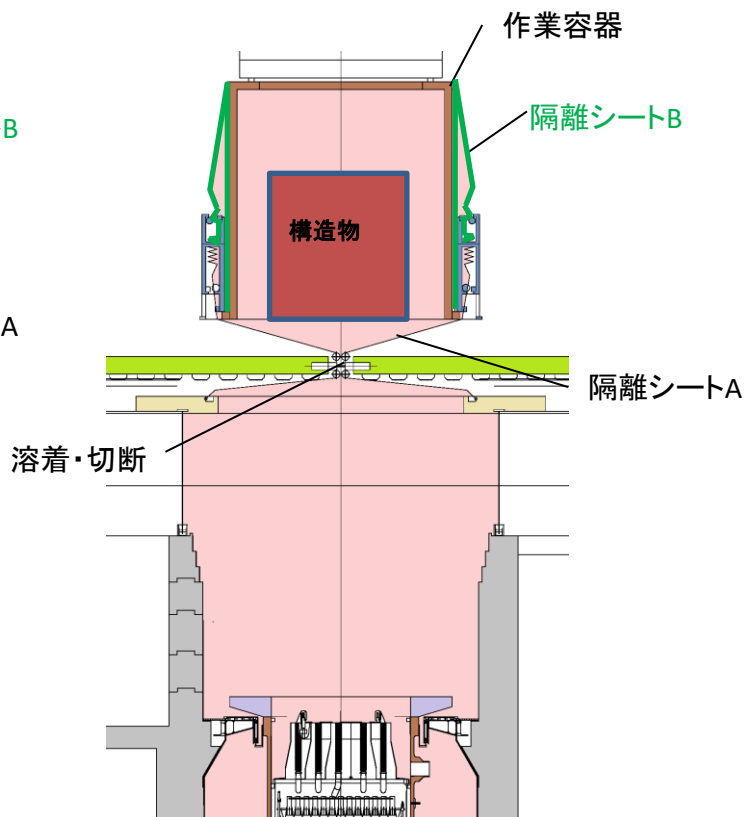
隔離シートA:  
作業容器離脱用隔離シート  
(前頁までのオペフロ上設置の場合と同様の手順で折り畳み、溶着、切断)

隔離シートB:  
作業容器降下用隔離シート  
(作業容器側面からの汚染拡大防止)

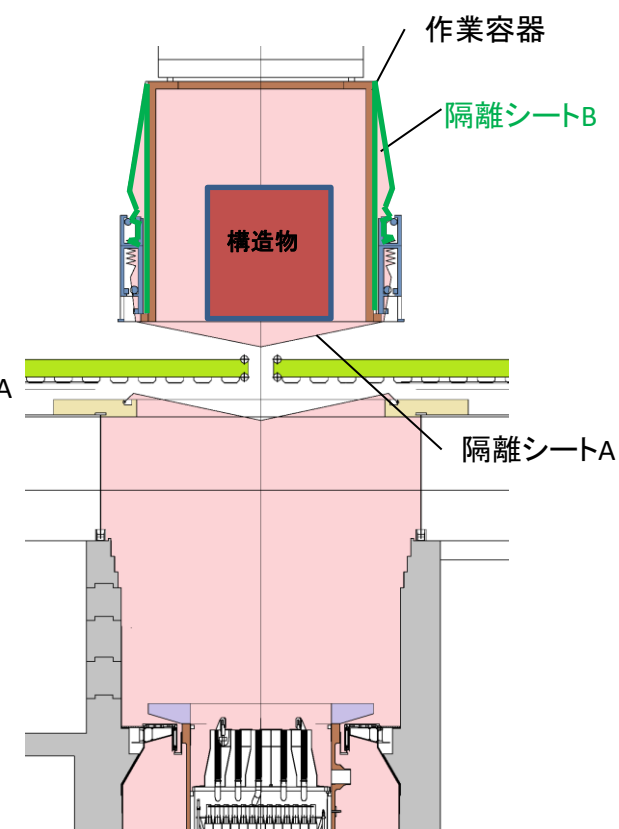
4. 作業容器を吊り上げ



5. 隔離シートAの溶着・切断



6. 作業容器の搬出



# 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

## (a) 隔離技術の考え方

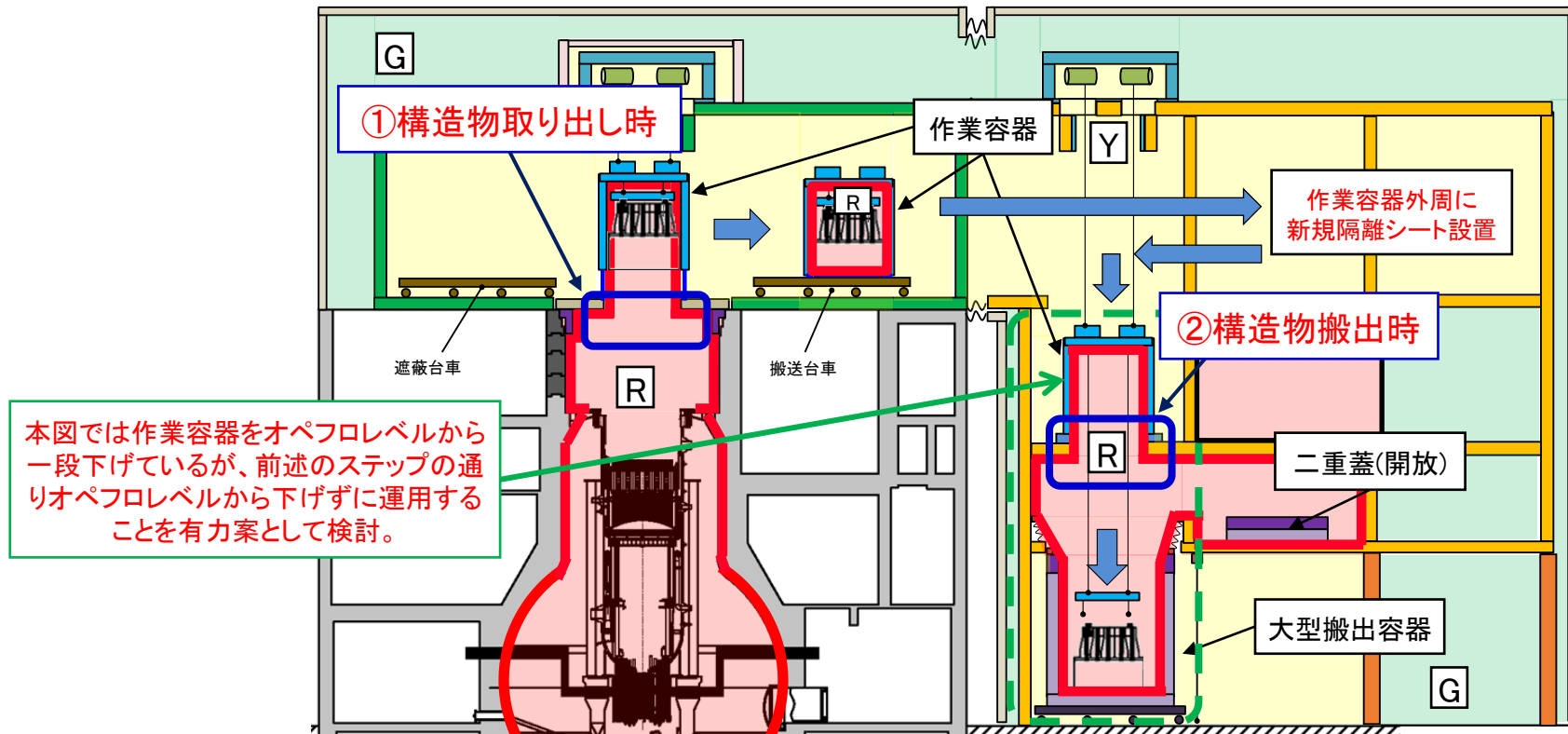
【大型構造物取り出し及び搬送時における汚染物の閉じ込め手順の検討】

### ◆構造物取り出し後の隔離シート(使用済隔離シート)の取り扱いに関する検討

【注記】  
色で以下の汚染レベルを表記\*  
R(赤色):レッド(高汚染)区域  
Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
\*主要区域には色のほか、R・Y・Gと表記し、  
レッド区域は赤枠で囲って示す。

隔離シートは主に下図①構造物取り出し時および②構造物搬出時に用いる計画である。使用済の隔離シートの取り扱いについて以下に示す。

- ①構造物取り出し時:切断した隔離シートは取り出し装置等を用いて構造物と共に作業容器へ収納、増設建屋へ移動  
→増設建屋側で作業容器外周に搬出用新規隔離シートを取り付け、下記②のステップへ。
- ②構造物搬出時:上記①の切断した隔離シートおよび①で新規に取り付けた搬出用の隔離シート、構造物を全て大型搬出容器へ搬入  
→二重蓋機構により大型搬出容器を蓋閉めし、増設建屋から搬出。  
別建屋に移送後、保管等のために大型搬出容器から構造物を取り出す際に隔離シートも取り出し、廃棄物として処理。



## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

### (b) 試験計画

#### 【隔離シートの要求仕様】

隔離シートは負圧かつ高線量な環境で使用するため、要求仕様を以下の通り整理した。

| ID. | 項目               | 仕様  | 備考  |
|-----|------------------|---|---|
| 1   | 引張強度             | 以下の実機条件を考慮し、高強度であること。<br>・負圧: -400[Pa]、シート寸法: 約φ13[m]   |   |
| 2   | 引き裂き強度<br>突き刺し強度 | 高強度であること。<br>(引張強度、耐放射線性を考慮して選定した材料<br>の中で引き裂き・突き刺しに強いこと。)  |   |
| 3   | 耐放射線性            | 以下を考慮し、100[kGy]以上であること。<br>① 構造物取り出し時<br>・最大線量(想定): 1000[Gy/h]<br>・期間(想定): 長くても3日程度<br>⇒約72[kGy]<br>② 閉止時<br>・原子炉ウエル内雰囲気(想定): 4[Gy/h]<br>・期間(想定): 1年<br>⇒約36[kGy] | ① 構造物を作業容器に収納し、作業容器を搬送台車に載せた後は搬送台車で作業容器下面をシールする。そのため取り出し時に隔離シートでシールする期間は3日程度と想定。<br>② 閉止時は閉止蓋を設置する。 |
| 4   | 接合性(気密性)         | 遠隔で接合可能であり、負圧を維持可能なこと。  | 簡単に溶着・切断が可能な材質であること。  |
| 5   | 切断性              | 遠隔で切断可能なこと。   |   |

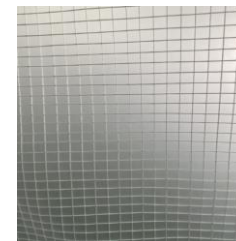
## (b) 試験計画

## 【隔離シート材の比較評価】

- ・要求仕様を基に、**接合性・切断性を考慮して熱可塑性樹脂を候補**とした。  
(熱可塑性樹脂であれば溶着等で容易に接合が可能)
- ・熱可塑性樹脂の中でも**引張強度や耐放射線性に優れた材料であるポリウレタン系樹脂を検討**。  
製作メーカーの異なる材料について引張強度や引き裂き強度等を比較した。

| ID. | 項目             | 候補A                           | 候補B                                   | 候補C                                    | 候補D                                       | 備考           |
|-----|----------------|-------------------------------|---------------------------------------|--|---|--------------|
| 1   | 引張強度 [MPa]     | 71.5                          | 63.5                                  | 83.3                                   | 67.8                                      |              |
|     | 引張破断伸度 [%]     | 677                           | 663                                   | 468                                    | 504                                       | 参考として測定      |
| 2   | 引き裂き強度 [kN/mm] | 13                            | 137                                   | 69                                     | 87  | トラウザー引裂法にて測定 |
|     | 突き刺し強度 [N]     | 11.9                          | 19.5                                  | 24.6                                   | 30.6                                      |              |
|     | 備考             | ・エーテル系<br>・厚さ:0.2[mm]<br>・市販品 | ・ <b>エステル系</b><br>・厚さ:0.2[mm]<br>・市販品 | ・エーテル系<br>・ <b>厚さ:0.25[mm]</b><br>・市販品 | ・エーテル系<br>・厚さ:0.2[mm]<br>・ <b>メーカー試作品</b> |              |

- ・どの材料も引張強度や引張破断伸度が高い。
  - ・引き裂き強度は候補Bが最大、突き刺し強度は候補Dが最大。
- 今後、実機装置・設備が具体化され、更なる強度向上が必要となった場合に備え、  
**候補B材料に繊維を入れて強度および耐放射線性を確認した。**



繊維入りシート

なお、各候補材の取り扱い性に大差はないため、試験は候補B(繊維なし、繊維あり)および候補Dを用いて実施。

## (b) 試験計画

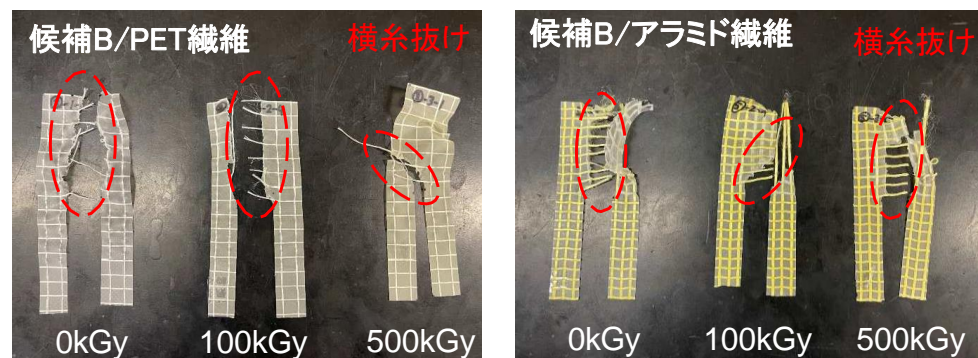
### 【隔離シート材の比較評価】

・繊維入り材料でのガンマ線照射による引張強度、引き裂き強度の変化

\*PET: ポリエチレンテレフタレート

| ID. | 項目                           |             | 候補B(繊維なし) | 候補B/PET繊維* | 候補B/アラミド繊維 |
|-----|------------------------------|-------------|-----------|------------|------------|
| 1   | メッシュ構成                       | 使用糸繊度[dtex] | —         | 1110       | 3160       |
|     |                              | 密度[本/inch]  | —         | 2.54       | 3.5        |
| 2   | ガンマ線照射後<br>引張強度<br>[MPa]     | 0[kGy]      | 41.5      | 35.4       | 310.4      |
|     |                              | 100[kGy]    | 27.2      | 37.7       | 311.8      |
|     |                              | 500[kGy]    | 20.0      | 28.9       | 321.7      |
| 3   | ガンマ線照射後<br>引き裂き強度<br>[kN/mm] | 0[kGy]      | 109.7     | >295.4     | >667.6     |
|     |                              | 100[kGy]    | 161.4     | >247.3     | >540.0     |
|     |                              | 500[kGy]    | 129.7     | >232.4     | >357.3     |

- ・繊維を入れることにより、100[kGy]照射時の引張強度の低下を抑制(強度向上)し、引き裂き強度も向上。
- ・引き裂き強度測定において、PET繊維やアラミド繊維入りの結果は横糸抜けによるものであり、繊維-樹脂界面の接着を測定しているものと考えられる。



繊維入りシートの引き裂き強度測定後の様子

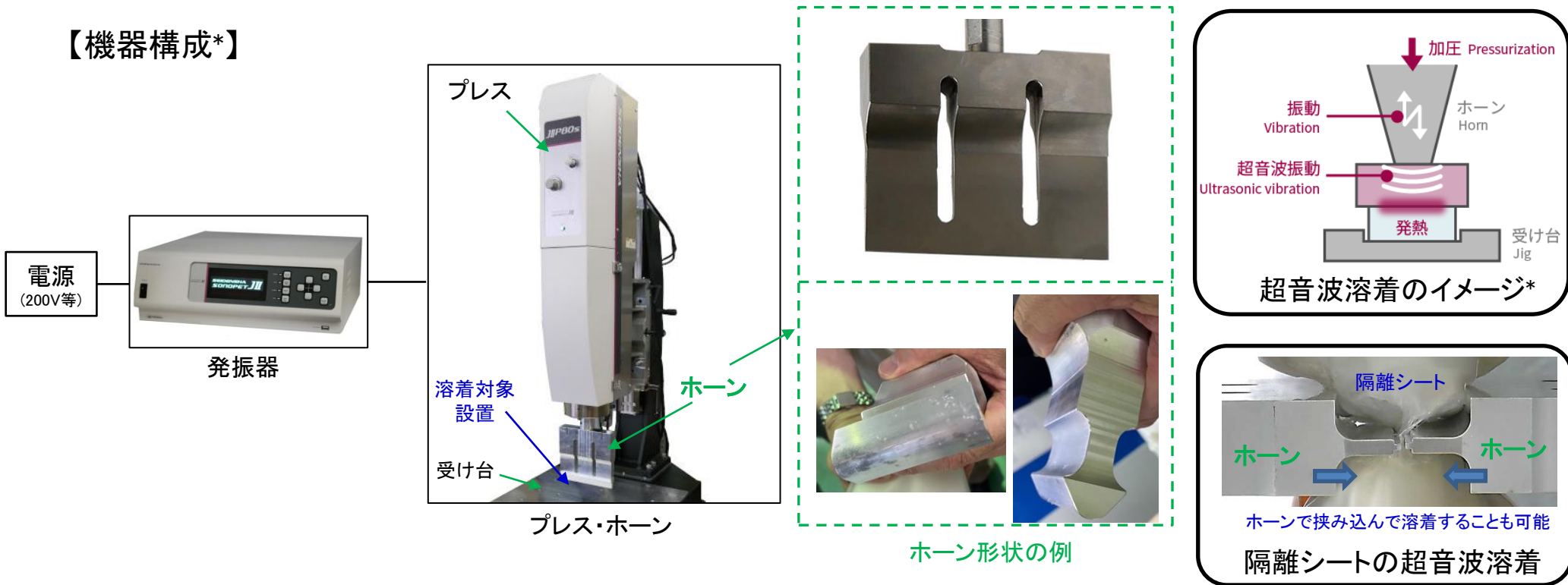
## (b) 試験計画

### 【溶着方法の検討】

ポリウレタンは熱可塑性樹脂のため、溶着が可能。溶着方法として複数枚数のシートを一度に溶着可能な超音波溶着を検討した。

高周波溶着も候補であるが、高圧(4000V等)が必要であり、安全面や装置小型化が課題となる。

### 【機器構成\*】



- ・熱可塑性樹脂へ発振器からの超音波振動と同時に圧力を加える事により、瞬時に樹脂を熔融し溶着。
- ・ホーンは用途や溶着対象に合わせて製作可能。
- ・上記はホーンと受け台の間に溶着対象を設置し、溶着するイメージ。ホーン同士で挟み込んで溶着することも可能。



### (b) 試験計画

#### 【切断方法の検討】

切断方法としては溶着と同じく超音波を用い、以下の利点がある超音波カッターを検討した。

- ・カット断面が綺麗。
- ・通常のカッターと比べてスピードが速く切り粉の発生が少ない。
- ・超音波ユニットがコンパクトなため、多関節ロボなどの自動機への搭載が容易。

#### 【機器構成\*】

基本的な構成は前頁の超音波溶着機と同じであるが、ホーンが異なる。



ホーン拡大図

## (b) 試験計画

### 【基礎試験】

ドラム缶スケール(約1/25スケール)で基礎試験を行い、隔離シート絞り込み(折り畳み)方法を検討する。

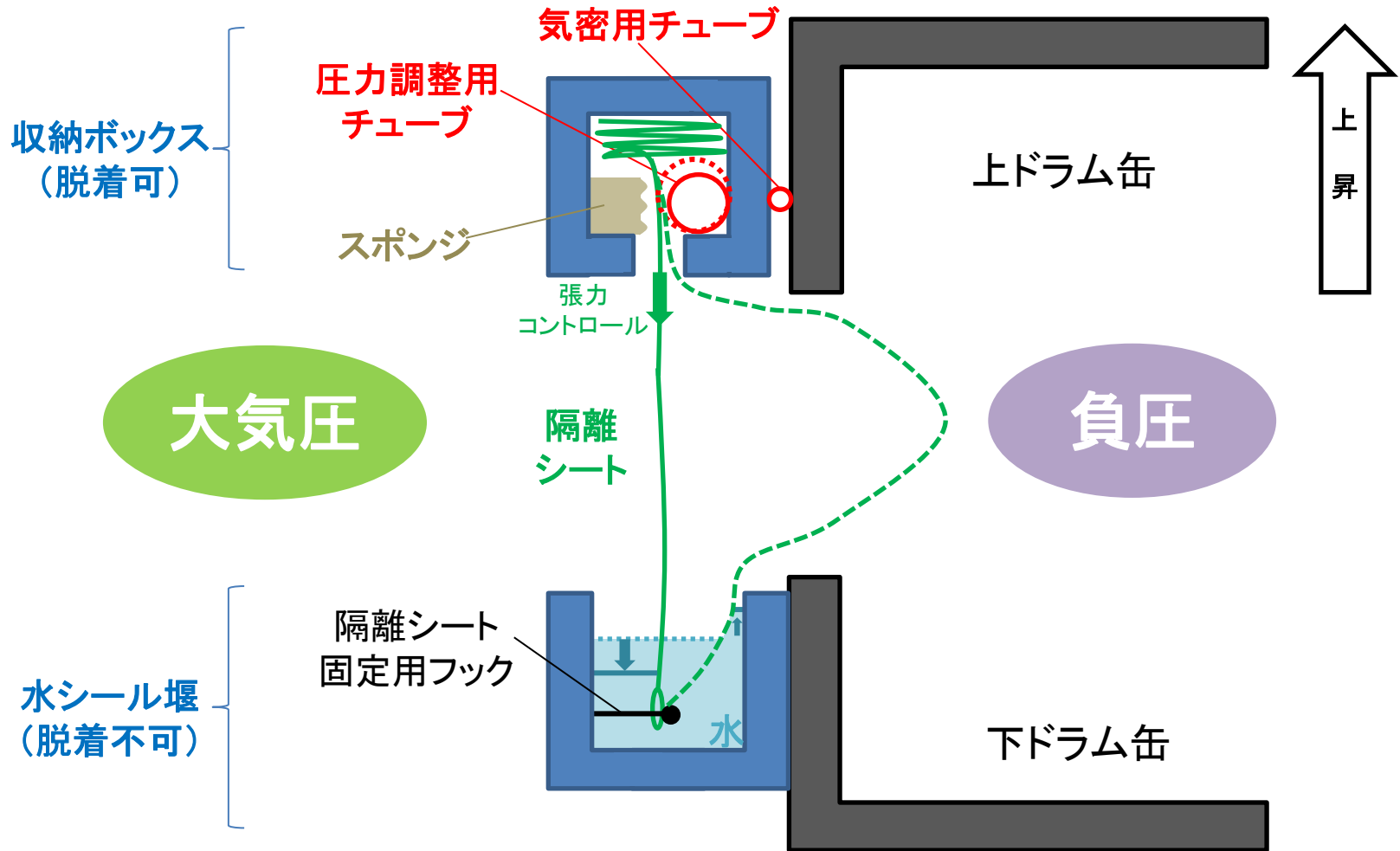
### 【検討(検証)項目】

| ID. | 項目    | A案:単純に中心部に絞りこむ  | B案:シートが重ならないように折り畳む  |
|-----|-------|---|--|
| 1   | シート形状 | 円筒型シート  |  |
| 2   | 絞り方   | さすまた等でシートを中心部に集め(押し込み)、絞り込む   | シートをできるだけ折り畳みながら、重なりを少なくして絞り込む   |
| 3   | イメージ  |   |  |
| 4   | メリット  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・絞り込みが容易</li> <li>・中心部の狭い領域に押し込むため、溶着回数を少なくできる可能性あり</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・シート厚のむらが少なくなり、溶着の品質向上が図れる</li> </ul>                               |
| 5   | デメリット | <ul style="list-style-type: none"> <li>・絞り込み後のシート厚にムラがあり、しわや隙間も多いと想定されるため、溶着が難しい</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・折り畳みが難しい(工夫が必要)</li> <li>・溶着範囲が広いため(シートの直径程度)、溶着回数が多くなる</li> </ul> |

## (b) 試験計画

【基礎試験:設備構成】

- ドラム缶上部に隔離シートを収納する収納ボックス、下部に隔離シートを固定する水シール堰を設置。



## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

No.59

### (b) 試験計画

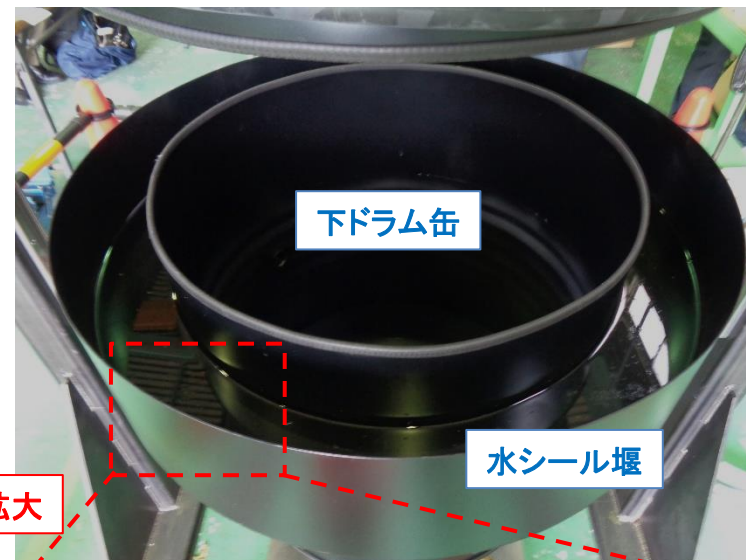
【基礎試験:設備構成】



拡大図



上部ドラム缶・収納ボックス写真



一部拡大



下部ドラム缶・水シール堰写真  
(上の全体像は隔離シート取り付け前)

### (b) 試験計画

【基礎試験:設備構成(収納ボックス準備)】

#### ① 隔離シート折り畳み



#### ② 収納ボックスへの隔離シート取り付け



#### ③ 張力調整用チューブの昇圧



#### ④ 上ドラム缶への収納ボックス取り付け



### (b) 試験計画

#### 【基礎試験:設備動作確認】

- 上部ドラム缶上昇に合わせて、収納ボックスから想定通り隔離シートが引き出されることを確認した。
- 最大450[Pa]の差圧条件で、気密が確保できることを確認した。(水シール堰・気密用チューブの効果確認)



ハトメの位置に  
”しわ”が発生

#### 試験状況

(差圧450[Pa]、上下クリアランス400[mm])



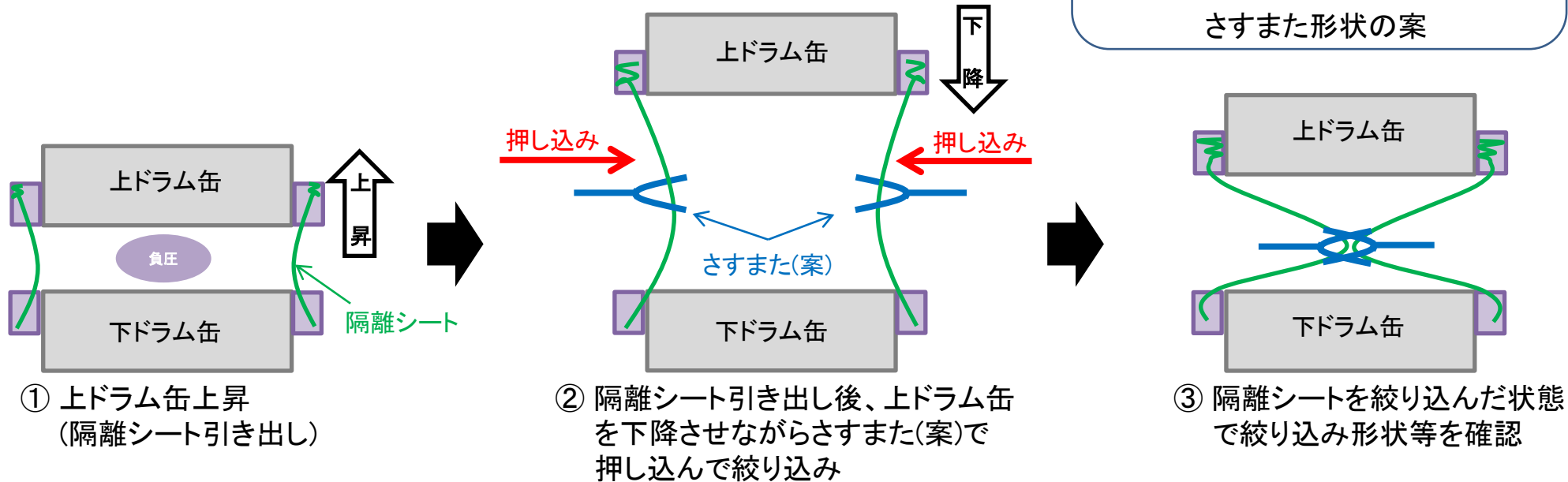
上下ドラム缶クリアランス:400[mm], 差圧450[Pa], 10分放置後

## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

### (b) 試験計画

#### 【基礎試験:概要】

- ドラム缶スケールにて、隔離シートの絞り込み(折り畳み)試験を実施。  
(ドラム缶スケール:  $\Phi$  約600mm, 約1/25サイズ)
- さすまた形状等を変更し、絞り込み(折り畳み)形状を確認する。



## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

No.63

### (b) 試験計画

【基礎試験:(A案)単純に中心部に絞りこむ方法】

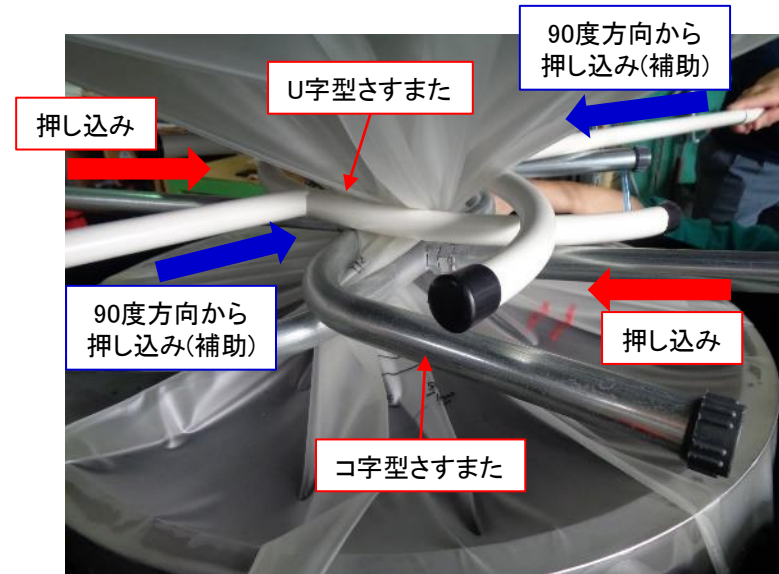
- 右図のさすまたを用いて負圧環境下(-450[Pa])で試験を実施。



準備したさすまた形状

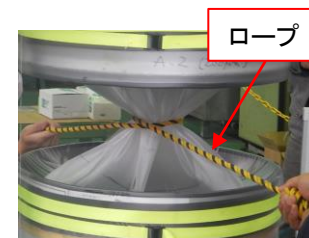


Y字型さすまた2本での絞り込み  
⇒さすまた2本の場合、さすまた間に隔離シートが挟まれてしまう恐れ



コ字型さすまた2本で絞り込み、U字型さすまた2本で補助  
⇒90度方向から補助を加えることでシートの挟み込みを防止

- さすまた2本で中心部に絞り込むことができた。
- さすまた2本では、さすまた間に隔離シートが挟み込まれる恐れがある。90度方向から補助を加えることでシートの挟み込みを防止可能。
- 絞り込まれた中心部の形状には再現性がなく、シート間の隙間や重なり具合のコントロールは難しい。
- ロープを巻き付けて絞り込むことも検討したが、上記と同じような状況となった。



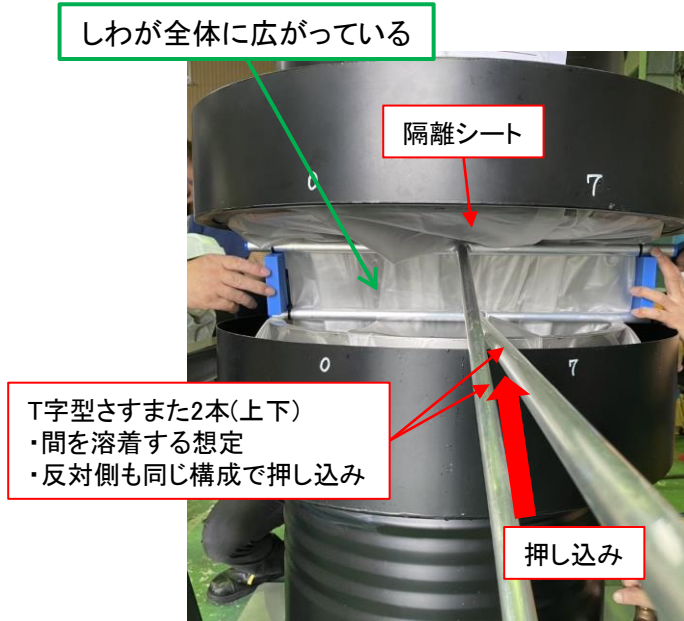
ロープでの絞り込み



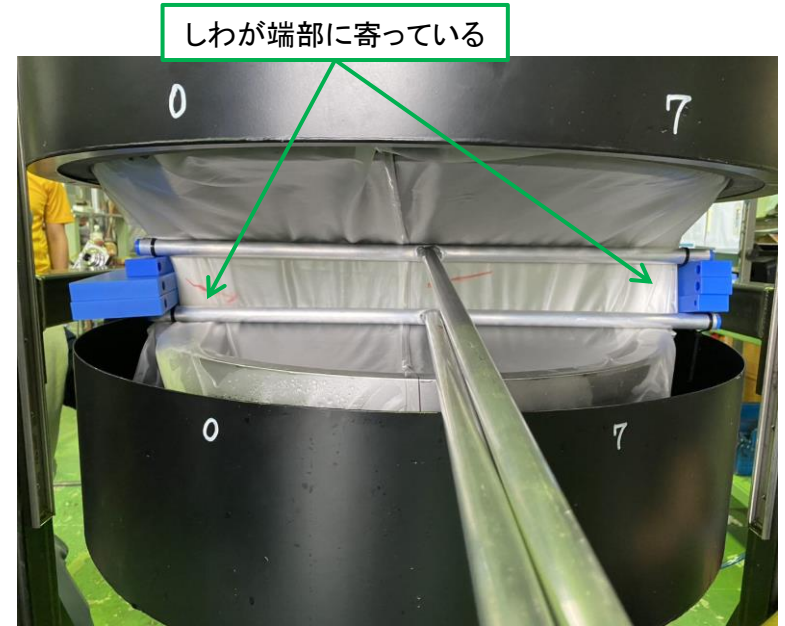
## (b) 試験計画

【基礎試験:(B案)シートが重ならないように折り畳む方法①】

- T字型さすまたを用いて負圧環境下(-450[Pa])で試験を実施。



ドラム缶を降ろしながら折り畳み  
⇒しわが全体に広がった



ドラム缶を固定し、手動で隔離シートを引き出して折り畳み  
⇒しわが端部に寄り、端部以外はシートが折り畳まれた

- 隔離シートを引き出し、ドラム缶を降下させながら折り畳んだ場合、隔離シートを適切に折り畳むことができず、しわが全体に広がった。(隔離シートの重なりが生じた)
- ドラム缶を固定し、隔離シートをT字さすまた等で引き出しながら折り畳んだところ、しわが端部に集中し、端部以外は隔離シートを2枚程度に折り畳むことができた。
- 但し、端部は複数枚の重なりが生じているため、端部を押し込んで隔離シートを折り畳むことを検討した。

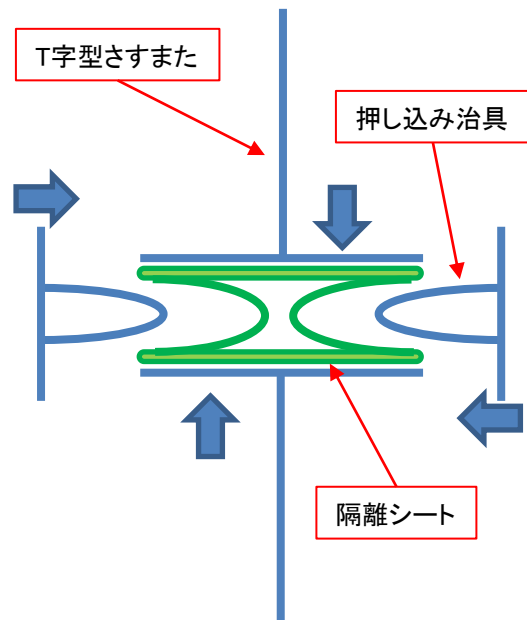
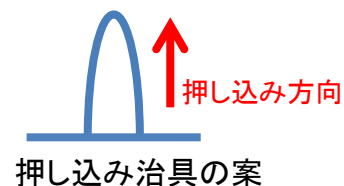
## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

No.65

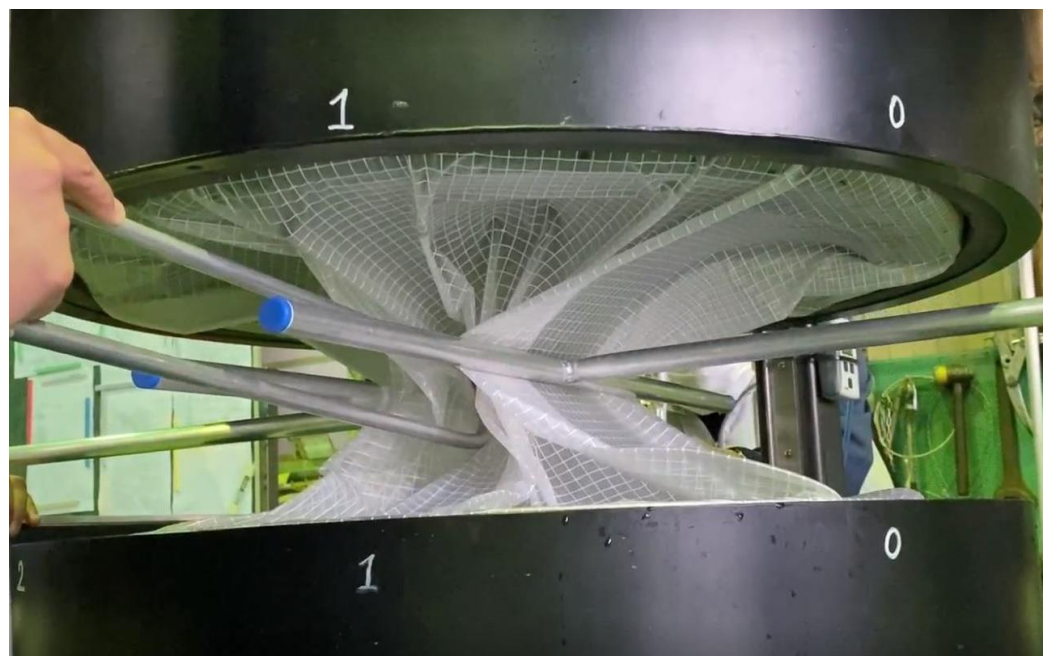
### (b) 試験計画

【基礎試験:(B案)シートが重ならないように折り畳む方法②】

- T字型さすまたおよび押し込み治具を用いて負圧環境下(-450[Pa])で試験を実施。



押し込みイメージ



押し込み治具を併用して折り畳み

- 押し込み治具を用いて90度方向から隔離シートを押し込むことで、イメージ図のように隔離シートを折り畳むことができた。
- 隔離シート間の隙間や重なり具合はある程度コントロール可能な見通しではあるが、再現性は課題。
- 隔離シートが複数枚重なっている部分の重なり枚数は最大12枚であったため、溶着条件は重なり枚数が最小の部分(2枚部分)と最大の12枚部分が溶着可能な条件に設定すれば良いと考えられる。  
(最大の重なり枚数に関しては、前述①での端部よりは少ない)

## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

### (b) 試験計画

【基礎試験:これまでの結果および今後の検討課題】

- これまでの試験結果について、以下の通り整理した。

| ID. | 項目                   | A案:単純に中心部に<br>絞りこむ方法  | B案:シートが重ならないように<br>折り畳む方法  |
|-----|----------------------|---|--|
| 1   | 絞り込み<br>(折り畳み)<br>可否 | 2本のさすまたで絞り込み、90度方向から追加で2本のさすまたで補助することで絞り込み可能。   | ①:ドラム缶を固定し、隔離シートをT字さすまたで引き出しながら折り畳むことにより、しわが端部に寄り、端部以外は隔離シートを2枚程度に折り畳むことが可能。<br>②:押し込み治具を用いて90度方向から隔離シートを押し込むことで、上記①の端部より重なり枚数を減らすことが可能。 |
| 2   | 絞り込み(折り畳み)後の形状等      | 中心部に纏まっている状態。<br>(主に楕円のような形状)   | ①:端部以外は2枚程度で重なっているが、端部は複数枚(12枚以上)重なっている状態。<br>②:端部含め最大12枚で重なっている状態。  |
| 3   | 評価と課題                | <ul style="list-style-type: none"> <li>・隔離シートが中心部に纏まっているため、溶着回数が一度で済む可能性がある。</li> <li>・中心部の形状には再現性がなく、シート間の隙間や重なり具合のコントロールは難しい。(溶着条件の検討が必要)</li> <li>・絞り込み状況の目視確認も難しいため、溶着後の確認も困難と想定される。</li> </ul> | ①:端部に対する溶着条件の検討が必要。折り畳み形状の再現性はない(特に端部)。<br>②:隔離シート間の隙間や重なり具合はある程度コントロール可能な見通し。(再現性は課題)<br>①②共通:<br>・遠隔では、想定枚数で重なっていることの確認が困難と考えられる。      |

A案では溶着回数を減らせる可能性があり、B案では隔離シートの重なり等をコントロールすることで溶着の難易度を下げられる可能性がある。

## (b) 試験計画

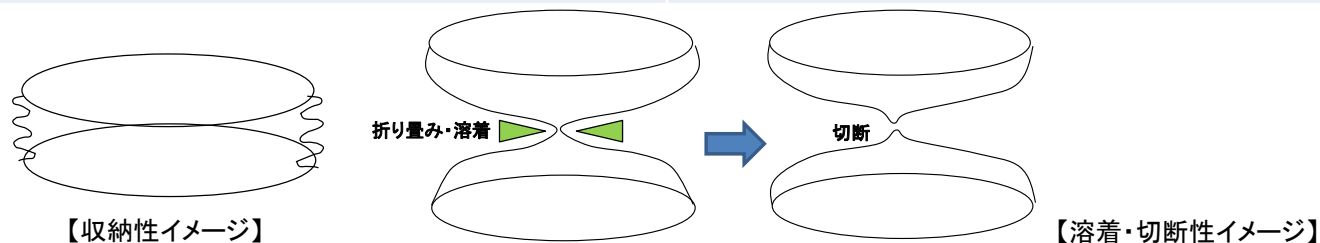
### 【要素試験】

基礎試験で確認した**隔離シート絞り込み(折り畳み)方法**について、**ドラム缶スケールでの確認および1/4スケールでの溶着・切断性確認を実施する。**

### 【試験計画】

要素試験での確認項目について以下に整理した。なお、遠隔取り扱い装置の装置化は2023年度以降に実施予定のため、気密性確認は参考測定として本事業にて基本的な実現性を確認する。

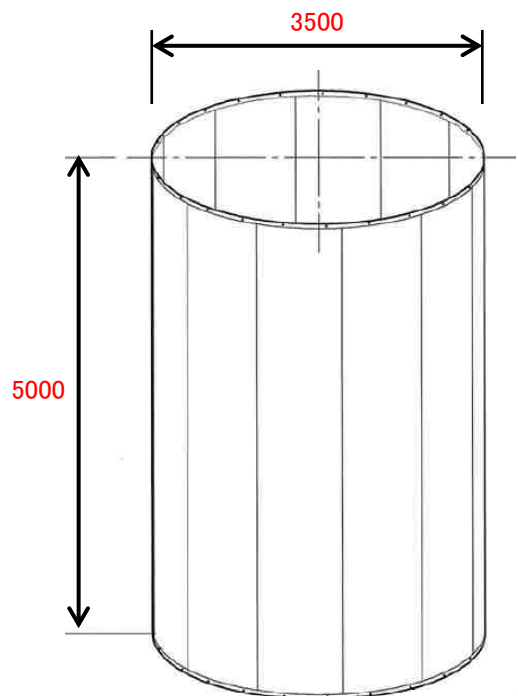
| ID. | 項目           | 内容   | 判定基準  |
|-----|--------------|--|---|
| 1   | 製作性          | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 実機寸法を考えると一体ものでの製作は困難なため、シート同士を接合して大型化する必要がある。</li> <li>● 隔離シートを試作し、製作性を確認する。</li> </ul>           | ・製作可能であること。   |
| 2   | 収納性          | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 隔離シートは作業容器外側に収納しておき、使用時に引き出す必要がある。</li> <li>● シート同士の接合面の折り畳み性およびシートが想定寸法内に折り畳めるかを確認する。</li> </ul> | ・シートが想定寸法内に折り畳めること。   |
| 3   | 溶着性<br>(気密性) | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 隔離シートを絞り込み(折り畳み)、超音波溶着機にて溶着する。</li> <li>● 溶着後、シート上部の開口部から水を入れ、溶着部からの水漏れを確認する。(参考測定)</li> </ul>    | ・溶着可能であること。(溶着部を目視確認)<br>(水漏れ状況を確認し、遠隔装置での折り畳み方法、遠隔装置へ搭載するホーン形状、遠隔装置での溶着方法等の検討に反映する。) |
| 4   | 切断性          | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 溶着した隔離シートを超音波カッターで切断する。</li> <li>● 切断面の状況を確認する。(参考用に切断時間測定)</li> </ul>                            | ・切断可能であること。   |



### (c) 試験結果

#### 【製作性:試験内容】

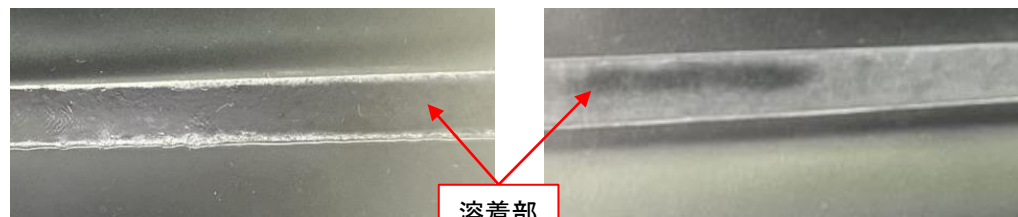
- 実機大シートにおいては、寸法上、「一体もの」での製作が困難である。
- 1/4スケールにおいても同様であるため、**シート同士を接合して大型化する製作方法**にてシートの製作性を確認した。(実機製作時も同じ製作方法を想定)
- 1/4スケールシート寸法:  $\phi 3500 \times 5000$ [mm] (円筒形)、厚さ0.2[mm]



1/4スケールシート寸法

#### シート製作方法

- ① 高さ方向に12分割した寸法でシートを製作
- ② シート同士を接合 (円筒形状製作)
  - ・溶着方法: 高周波による重ね溶着
  - ・溶着幅 : 10[mm]
- ③ 溶着部分を目視検査  
(良品・溶着不良のサンプルと比較して確認)



良品の例

溶着不良の例  
(未溶着)

### (c) 試験結果

#### 【製作性:試験結果】

- $\phi 3500 \times 5000$ [mm]、厚さ0.2[mm]の隔離シートについて、通常の円筒形シートに加え、収納ボックスへの収納性を考慮して蛇腹状にしたものと、強度向上のためにPET繊維を入れたものを製作した。

(PET:ポリエチレンテレフタレート)



円筒形シート



蛇腹状シート



PET繊維入りシート

PET繊維

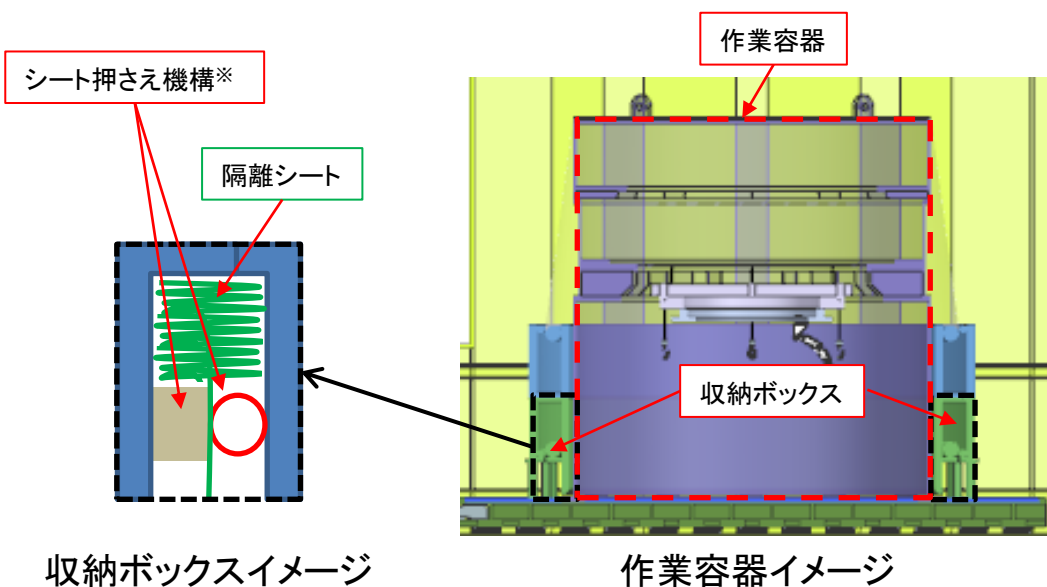
PET繊維  
(□1[mm]のメッシュ)

- 上記3種類ともに、溶着不良等なく製作可能であることを確認した。

### (c) 試験結果

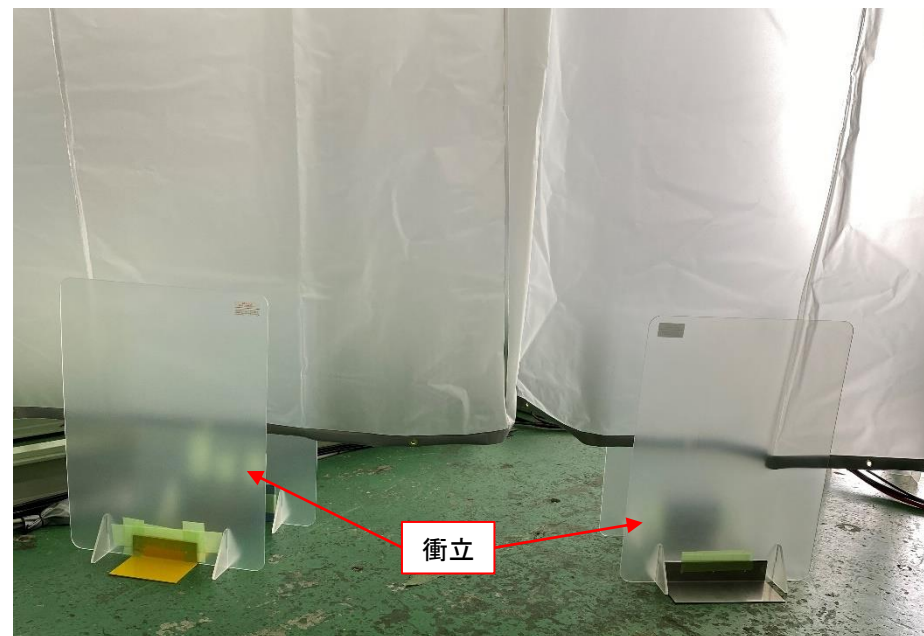
#### 【収納性:試験内容】

- 隔離シートは作業容器外側(収納ボックス)に収納しておき、使用時に引き出す必要がある。
- 隔離シートを収納ボックス内に収納する際の収納性について、1/4スケールの隔離シートを吊り上げ、床に衝立(幅250×高さ850[mm])を設置した後、シートを吊り下ろして折り畳み性を確認した。
- 通常の円筒形シート、蛇腹状の円筒形シートおよびPET繊維を入れた円筒形シートにて検証した。



収納ボックスイメージ

作業容器イメージ



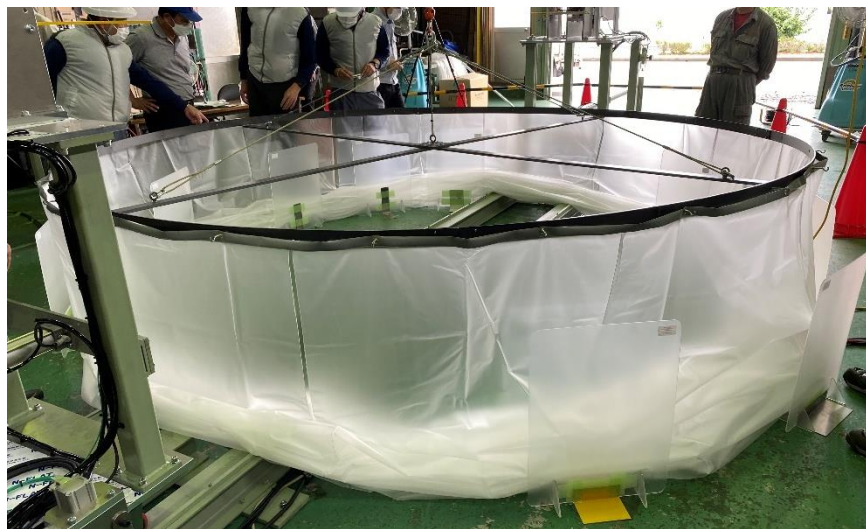
シート吊り上げ状態

※ドラム缶スケール試験時は圧力調整用チューブとスポンジを用いたが、実機では検討が必要

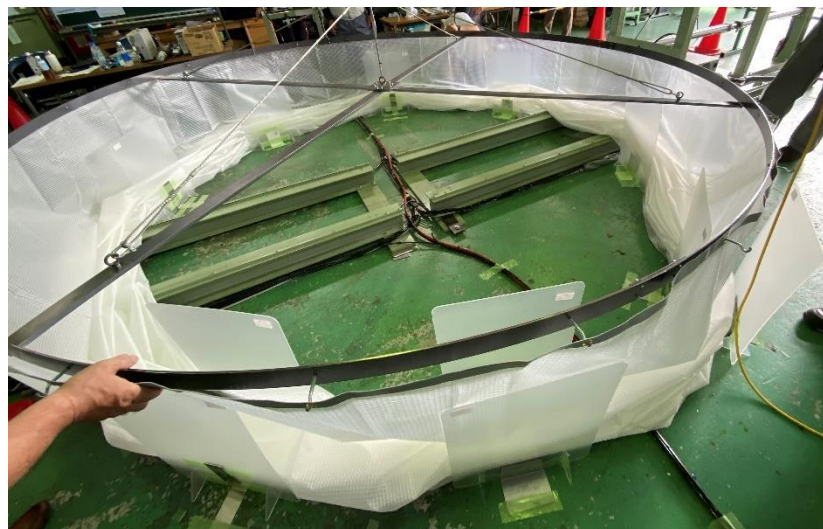
### (c) 試験結果

#### 【収納性:試験結果】

- 通常の円筒形シート、蛇腹状の円筒形シートおよびPET繊維を入れた円筒形シートともに吊り降ろし操作だけでスムーズに折り畳める(設置した衝立内に収まる)ことを確認した。
- 折り畳み性に大差はなく、製作時のシート接合(溶着)部も特に折り畳み性に影響はなかった。



通常の円筒形シート



PET繊維入りシート

- 大差がなかったため、今後の試験には通常の円筒形シート(PET繊維入り含む)を用いることとした。



## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

### (c) 試験結果

#### ● 溶着・切断試験

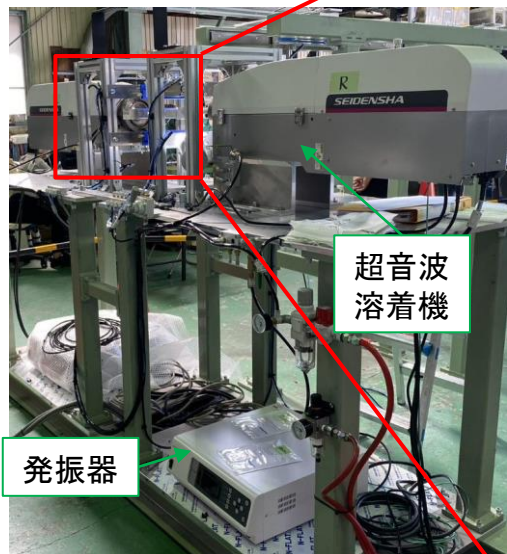
- ・溶着試験は、最初に条件出し試験を実施した。
- ・条件出し試験の試験体は1/4スケールのシートを用い、以下を実施した。

| ID. | 確認項目 | 内容   | 判定基準   |
|-----|------|--|--|
| 1   | 溶着性  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 1/4スケール(Φ3500×H5000[mm]、厚さ0.2[mm])のポリウレタン製(熱可塑性樹脂)単純円筒形シートを用い、常圧環境下にてシートの重なり枚数(重なり形状)を手動で模擬し、超音波溶着機にて溶着する(人手作業)。<br/>           &lt;模擬形状&gt;<br/>           シートをできるだけ折り畳みながら、重なりを少なくして絞り込んだ(折り畳んだ)形状</li> <li>● 溶着は溶着機を固定し、円筒形シートを移動させて実施する。</li> </ul> [補足] <ul style="list-style-type: none"> <li>・溶着するホーンは幅200[mm]程度、溶着幅は3500[mm](1/4シートの場合)であり、位置によって重なり枚数が異なる(2枚、4枚、6枚重ね等)。</li> <li>・重なり枚数混在面の溶着条件、ホーン繋ぎ面の溶着条件を確立する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・目視にて溶着部を確認し、問題ないこと。(溶着OKと溶着NGのサンプルと比較して確認する。)</li> <li>・溶着面の水漏れがないこと。(ID.2で実施する水漏れ確認にて確認)</li> </ul> |
| 2   | 切断性  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 溶着した隔離シートの溶着面を超音波カッターで切断する。</li> <li>● 切断面の状況を確認する。</li> <li>● シート上部の開口部から水(実機負圧想定<math>400[\text{Pa}]</math>の水頭圧以上、余裕をみて<math>500[\text{Pa}] \times 1.5</math>の水頭圧)を入れ、溶着・切断面の水漏れを確認する。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・溶着面内で切断可能であること。</li> <li>・溶着面の水漏れがないこと。</li> </ul>   |

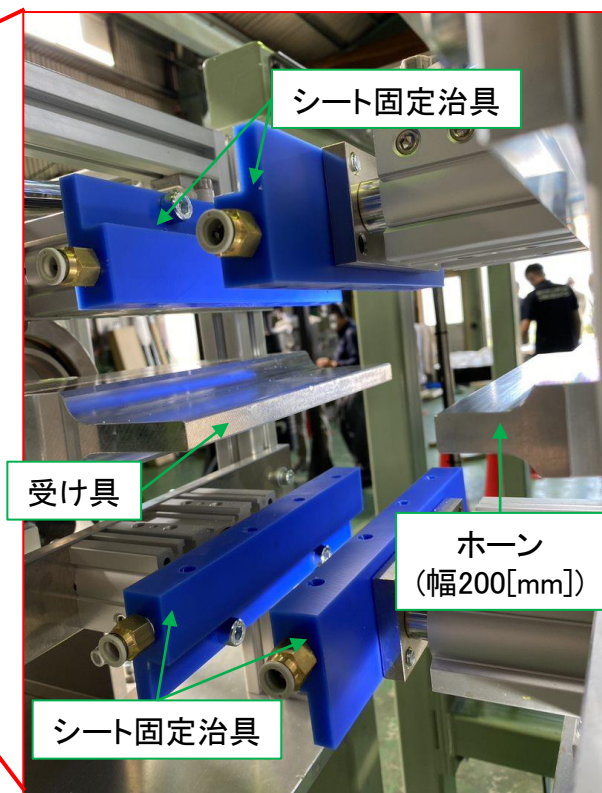
### (c) 試験結果

#### 【設備構成】

- 吊り上げたシートをホーンと受け具に挟んで溶着。
- 溶着時にシートがずれないようにシート固定治具でクランプ。



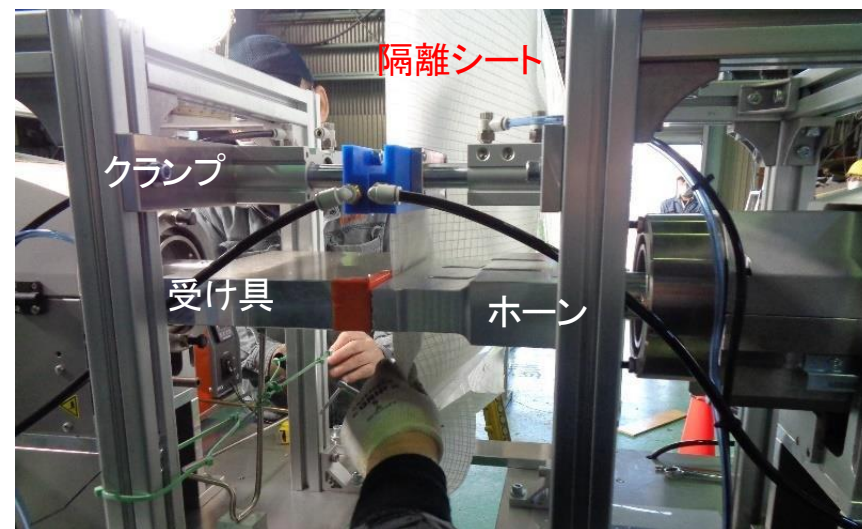
溶着試験装置



ホーン拡大



溶着試験全体像



溶着の様子  
(溶着条件確認)

# 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

## (c) 試験結果

- 溶着条件出し試験手順



① 隔離シート折り畳み(手動)



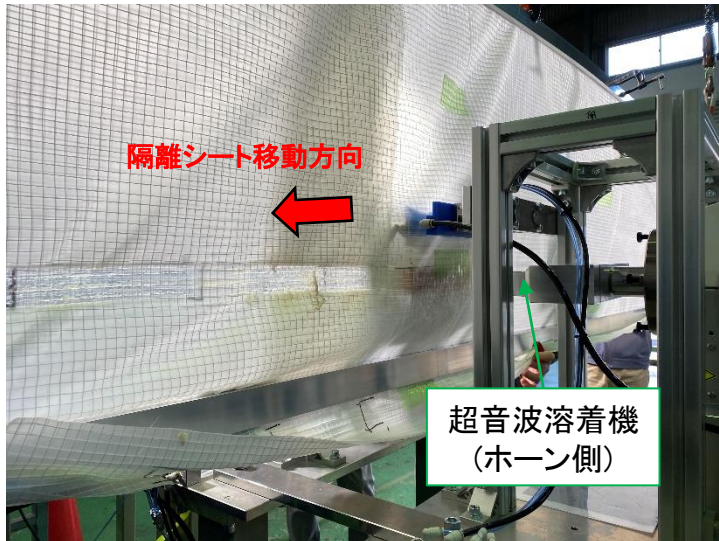
超音波溶着機 (ホーン側)



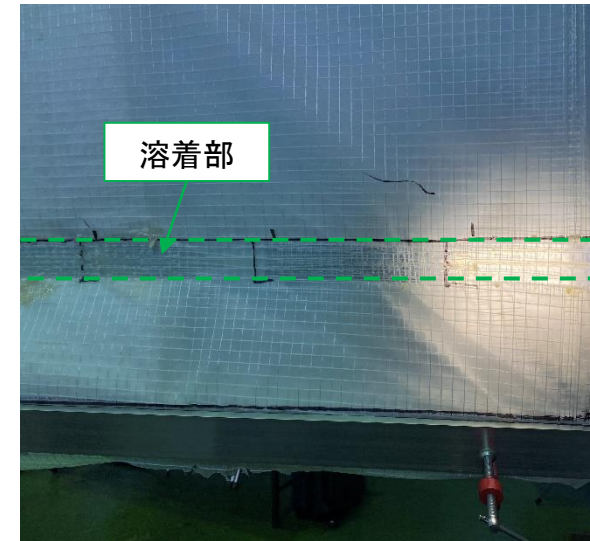
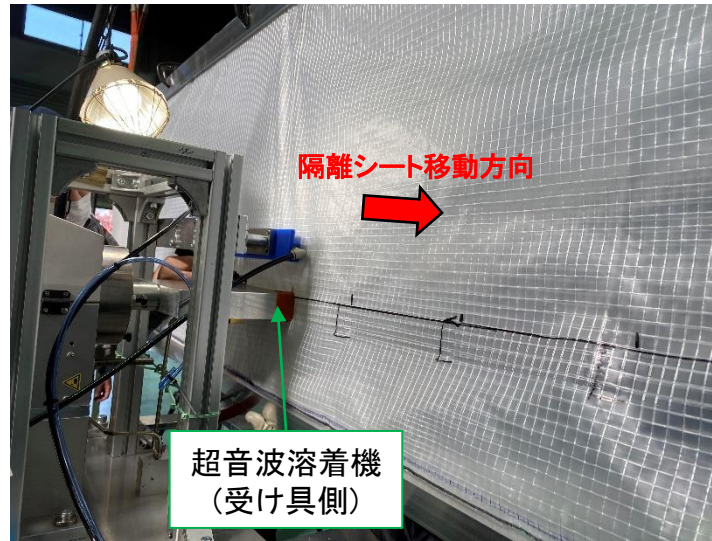
② 隔離シート吊り上げ



③ 隔離シート溶着準備 (紙面手前側にシート移動、クランプ)



④ 隔離シート溶着 (クランプ→溶着→シート移動の繰り返し)



⑤ 隔離シート溶着完了

### (c) 試験結果

- 溶着手順

ホーン前進、シート位置合わせ



シートクランプ(固定)



溶着(超音波発振)



冷却(自然冷却)



ホーン後退



シートクランプ解除



次の溶着箇所へシート移動

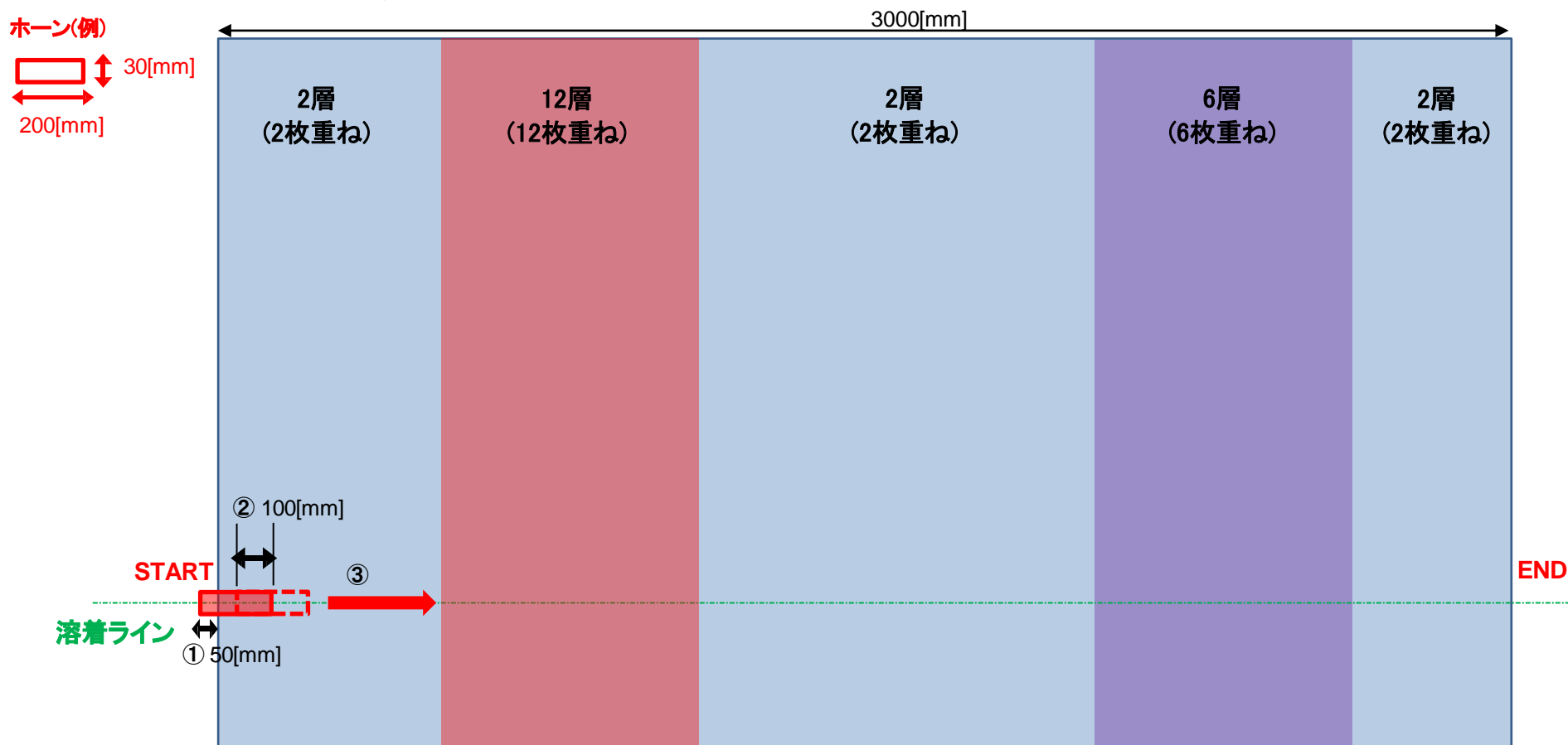


シート溶着の様子

## (c) 試験結果

### ● 試験体およびホーンの動き

- ・ドラム缶スケール試験にて、シートを折り畳んだ場合の重なり枚数は最大12枚程度であったことから、最大12枚の重なりを模擬した試験体を準備。



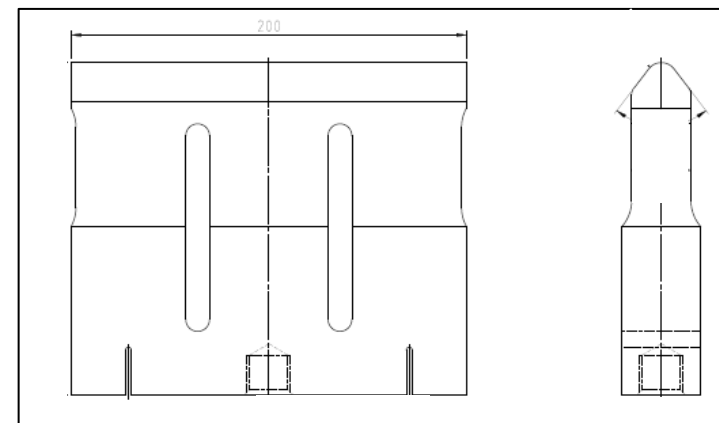
- ① 開始時はシートからホーンが50[mm]出た状態でスタート
- ② 溶着後、ホーンを右側に100[mm]移動して溶着(オーバーラップ幅:100[mm])
- ③ 上記②を繰り返し、シート端部まで溶着

## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

No.77

### (c) 試験結果

- 溶着条件
  - ・ホーン押し圧:0.5[MPa]
  - ・溶着時間:5[s]
  - ・溶着部1箇所当たりの溶着回数:1[回]
  - ・溶着後の冷却時間:120[s] (自然冷却)



ホーン形状(山型形状)

### ● 溶着後の切断箇所

#### 【実機での計画】



現状の計画では、  
上から順に上中下の3本を溶着し、  
真ん中の溶着線中心を切断する。

#### 【今回の試験】

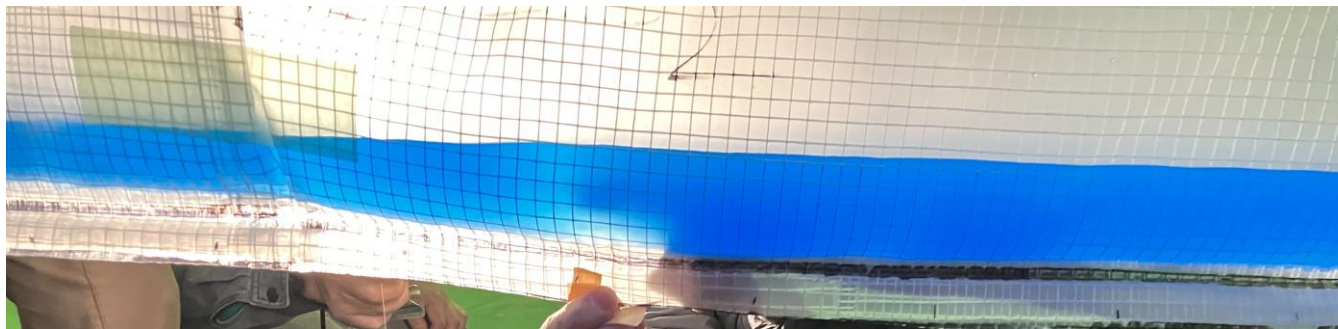


今回の試験では、  
2本を溶着ピッチ40[mm]で溶着し、  
下側の溶着線中心を切断する。

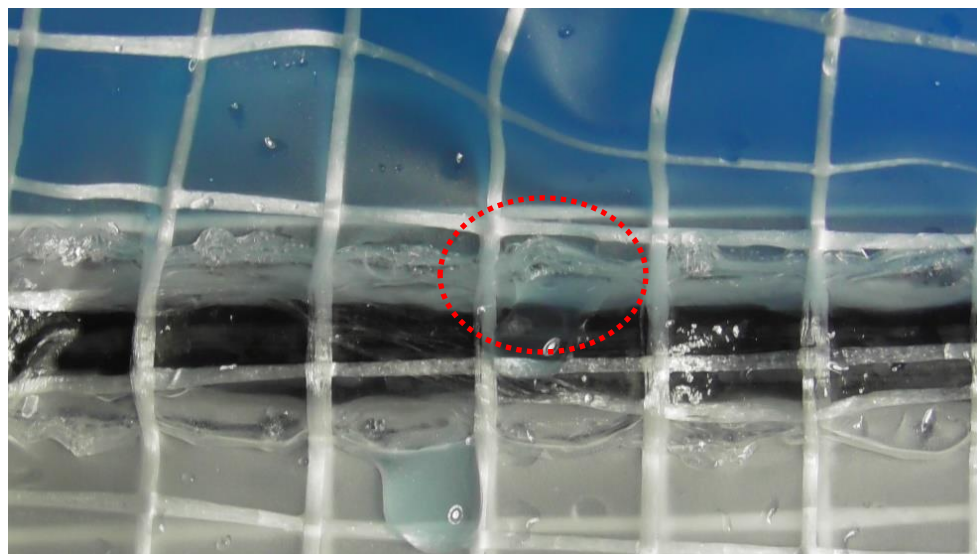
### (c) 試験結果

- 条件出し試験結果

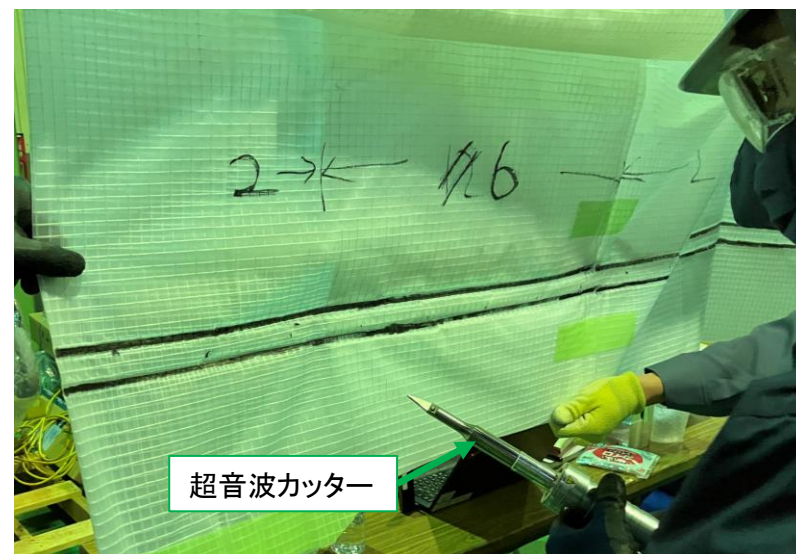
- ・超音波カッターで下側の溶着線を切断し、気密(水漏れ確認)試験を実施。
  - ・2層部分の一部で水漏れが発生(受け具側)した。
- 過溶着が原因と推定。



水漏れ確認試験状況



水漏れ部分



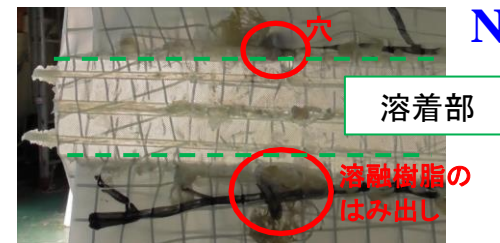
参考:切断前のシート

## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

### (c) 試験結果

● 対策

- ・1回当たりの溶着時間が長いと過溶着となるリスクが高まる。  
 →溶着時間を減らし、溶着回数を増やす(冷却した後に再度同じ個所を溶着する)ことを検討。  
 上記に合わせてオーバーラップ幅も見直し、溶着条件を以下の通り見直した。



過溶着の例

|                   | 見直し前                                     | 見直し後   |
|-------------------|--|--|
| ホーン押し圧[MPa]       | 0.5                                      | 0.5  |
| 溶着時間[s]           | 5  | 3  |
| 溶着部1箇所当たりの溶着回数[回] | 1  | 2  |
| 溶着1回後の冷却時間[s]     | 120                                      | 120  |
| 溶着のオーバーラップ幅[mm]   | 100                                      | 10   |
| イメージ図             | <p>溶着<br/>↓<br/>100[mm]ずつずらしながら交互に溶着</p> | <p>同じ位置で2回溶着<br/>↓<br/>端部10[mm]をオーバーラップし<br/>同じ位置で2回溶着</p> |

→見直し後の条件でドラム缶試験を実施した。



## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

### (c) 試験結果

#### ● ドラム缶スケールでの溶着・切断試験

・条件出し試験結果を基に、以下の溶着・切断試験を実施した。

| ID. | 確認項目 | 内容   | 判定基準   |
|-----|------|--|--|
| 1   | 溶着性  | <p>以下の方法にて固定した後、その固定状態を維持したままシートをドラム缶から取り外し、超音波溶着機にて溶着する。</p> <p>＜溶着前固定方法＞</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①円筒形シートをさすまでシートを中心部に集め(押し込み)、絞り込む方法</li> <li>②シートをできるだけ折り畳みながら、重なりを少なくして折り畳む方法</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 溶着は溶着機を固定し、円筒形シートを移動させて実施する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・目視にて溶着部を確認し、問題ないこと。<br/>(溶着OKと溶着NGのサンプルと比較して確認する。)</li> <li>・溶着面の水漏れがないこと。<br/>(ID.2で実施する水漏れ確認にて確認)</li> </ul> |
| 2   | 切断性  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 溶着した隔離シートの溶着面を超音波カッターで切断する。</li> <li>● 切断面の状況を確認する。</li> <li>● シート上部の開口部から水(実機負圧想定<math>400[\text{Pa}]</math>の水頭圧以上、余裕をみて<math>500[\text{Pa}] \times 1.5</math>の水頭圧)を入れ、溶着・切断面の水漏れを確認する。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・溶着面内で切断可能であること。</li> <li>・溶着面の水漏れがないこと。</li> </ul>   |

## (c) 試験結果

- ドラム缶絞込み、溶着、切断試験



①シート折り畳み



②収納ボックスへシート設置



③上部ドラム缶へ収納ボックス設置



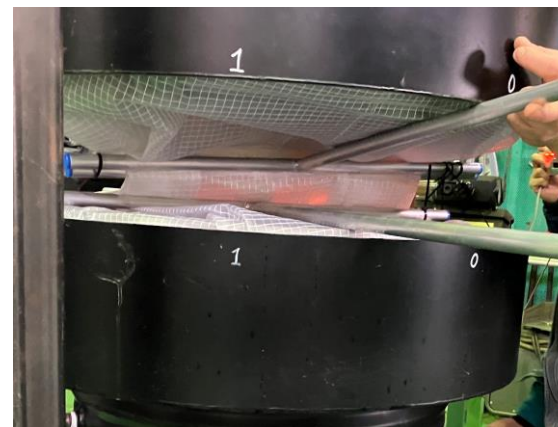
④上ドラム缶気密チューブ設置\*



⑤下ドラム缶の水シールシート設置



⑥減圧(-450[Pa])



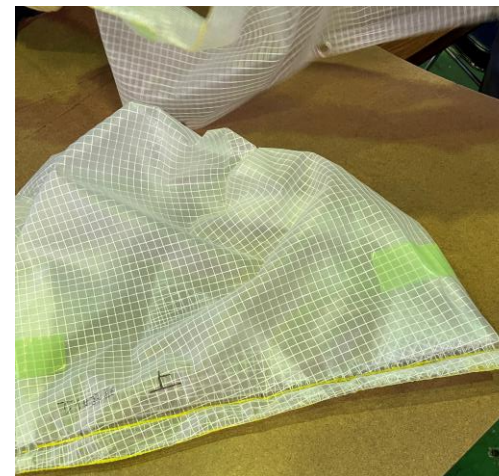
⑦シート折り畳み(または絞り込み)  
(写真は折り畳みの例)

\*シート内側(収納ボックスと上ドラム缶の隙間)にチューブを取り付け、エアーを注入して密閉

### (c) 試験結果

- ドラム缶絞込み、溶着、切断試験

[シートが重ならないように折り畳む方法]



[単純に中心部に絞り込む方法]



⑧シート取り外し、溶着準備

⑨超音波溶着

⑩超音波カッターにて切断

## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

### (c) 試験結果

- ドラム缶絞込み、溶着、切断試験

[シートが重ならないように折り畳む方法]

- ・確認のため、見直し前の溶着条件および見直し後の溶着条件で溶着を実施。



見直し前の溶着条件での溶着

- ・見直し前の溶着条件では、条件出し試験同様に2層部分の溶着線の上(外側)から水漏れが発生。
- ・**見直し後の溶着条件では上記水漏れは発生しなかった。**
- ・溶着1回当たりの溶着時間を減らし、溶着後に冷却して2回目の溶着を実施したことにより、シートに与えるダメージが減ったと推測。  
また、厚みが異なる部分(12層-2層等)は先に厚みのある方が溶着されて厚みが減り、薄い方との段差が減ることで薄い方も溶着できたと考えられる。

## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

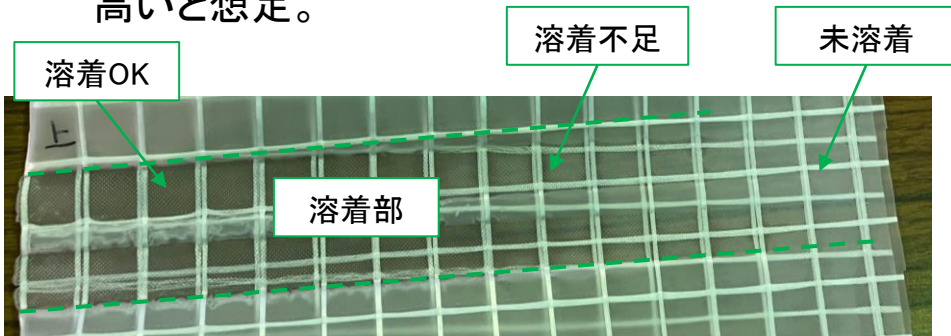
### (c) 試験結果

#### ● ドラム缶絞込み、溶着、切断試験

[単純に中心部に絞り込む方法]

- ・右記の溶着条件で溶着を実施。
- ・溶着後、目視で確認したところ溶着不足であったため2回目の溶着を実施。
- ・2回目溶着後に再度目視確認し、溶着完了と判断した。  
(2回目溶着中に発煙したこともあり、これ以上の溶着は不要と判断)

- ・切断後の水漏れ確認試験では、水漏れは発生しなかった。
- ・但し、ドラム缶は1/25スケールであり、実機大で絞り込んだ厚みを溶着することは難易度が高いと想定。



溶着不足の例

(左側は透明度が高いが、溶着不足部分の透明度は下がり、未溶着部分は半透明)

#### 溶着条件

|                   | 絞り込み用溶着条件              |
|-------------------|------------------------|
| ホーン押し圧[MPa]       | 0.5                    |
| 溶着時間[s]           | 5                      |
| 溶着部1箇所当たりの溶着回数[回] | 1                      |
| 溶着1回後の冷却時間[s]     | 120                    |
| 溶着のオーバーラップ幅[mm]   | —<br>(ホーン幅以下に絞り込むため不要) |

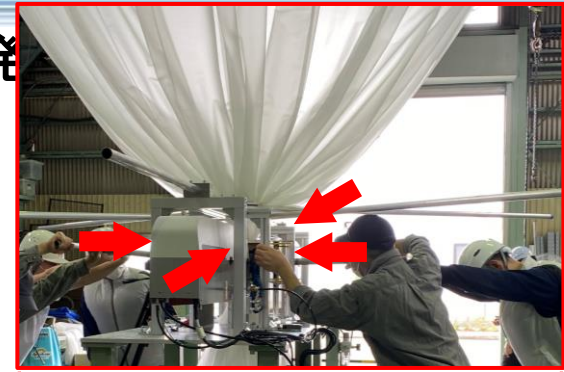


水漏れ確認試験

# 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

## (c) 試験結果

- 1/4スケール溶着、切断試験:絞り込みによる方法
  - ・ドラム缶スケール試験の結果から1/4スケールの絞り込みは溶着が困難と想定されたが、確認のため絞り込みでの溶着を実施



絞り込み状況

絞り込み

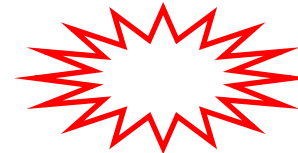
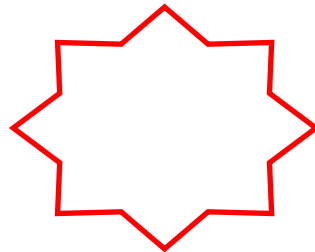
真横からの写真



3,500[mm]



絞り込み断面



150[mm]



真上からの図

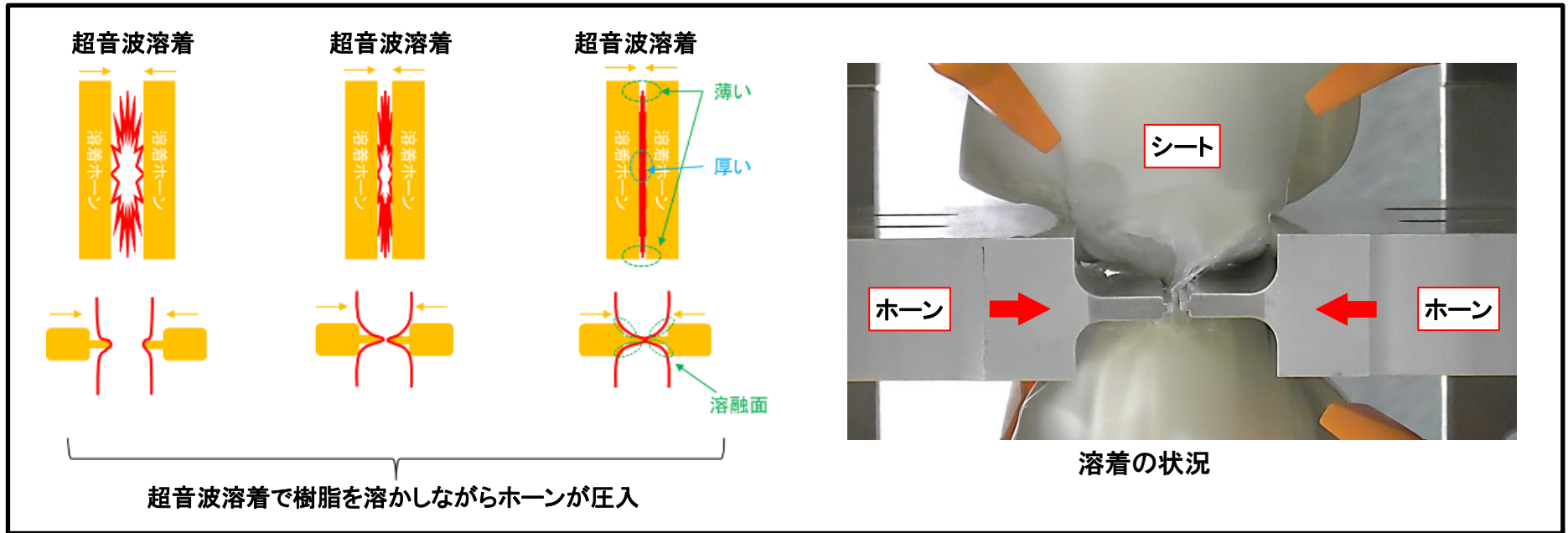
- ・左右から装置で挟み込み、180° 方向から人手で補助して絞り込み。
- ・絞り込んだ楕円の長手方向はホーン幅(200[mm])以下に絞り込みができた(150[mm])。

## (c) 試験結果

- 1/4スケール溶着、切断試験: 絞り込みによる方法

- ・溶着性の確認

→ドラム缶スケールより絞り込み後のシートが厚いため、左右からホーンで押し付けて溶着した。



- ・厚みのある中心部の溶着不足や、薄い端部の溶着不良等が発生。
- 最適な条件探しが課題であり、実機での絞り込みも難しいと考えられるため、折り畳みによる溶着をベースに検討を進めた。



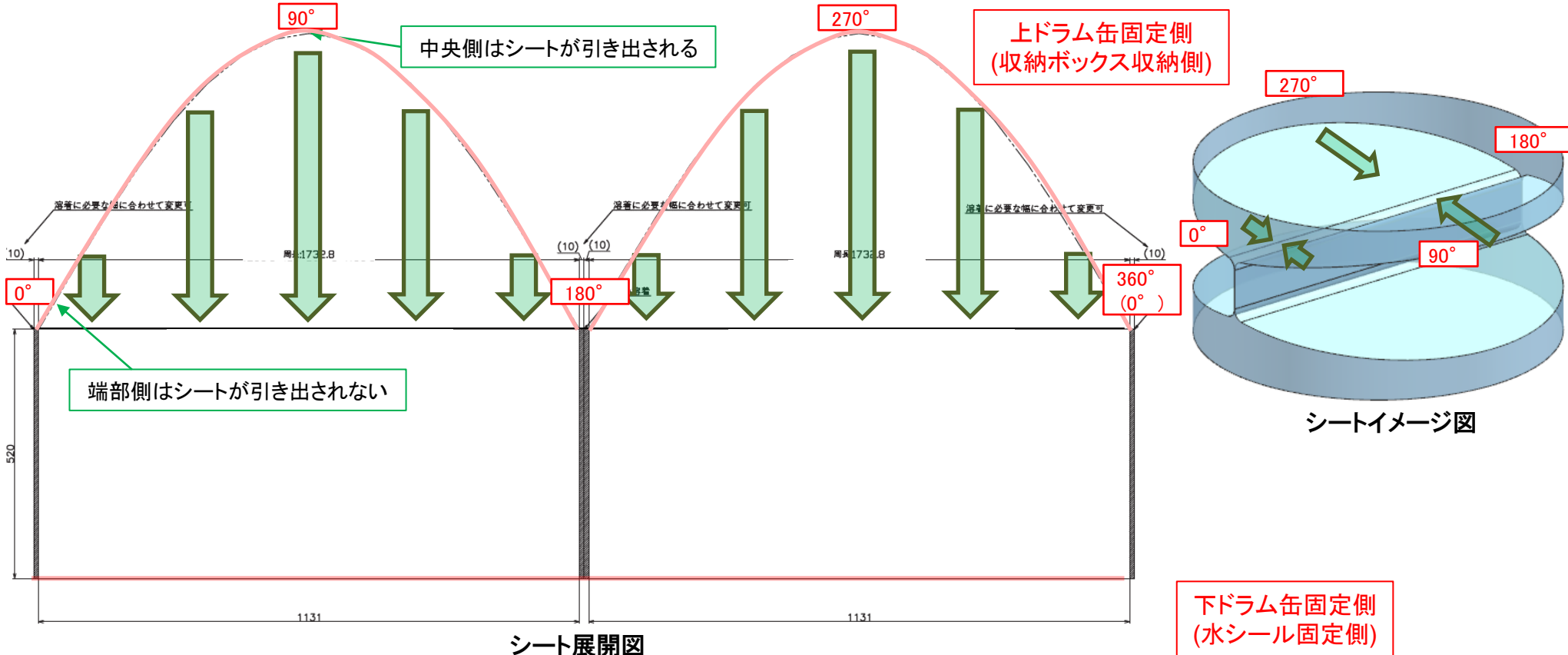
水漏れ確認状況

## (c) 試験結果

- 1/4スケール溶着、切断試験:折り畳みによる方法

- ・ドラム缶スケールにてシートが重ならないように折り畳み、溶着して水漏れがないことを確認済である。
- ・上記は4方向(十字状)の押し付けで折り畳んでいたが、2方向(直線状)の押し付けのみでシートを折り畳めるように、シート形状を工夫した。

→方位によって引き出し長さを調整(中央側のシートが引き出され、端部側が引き出されない形状)とし、検討したシートについて、ドラム缶スケールにて折り畳み性を検証した。





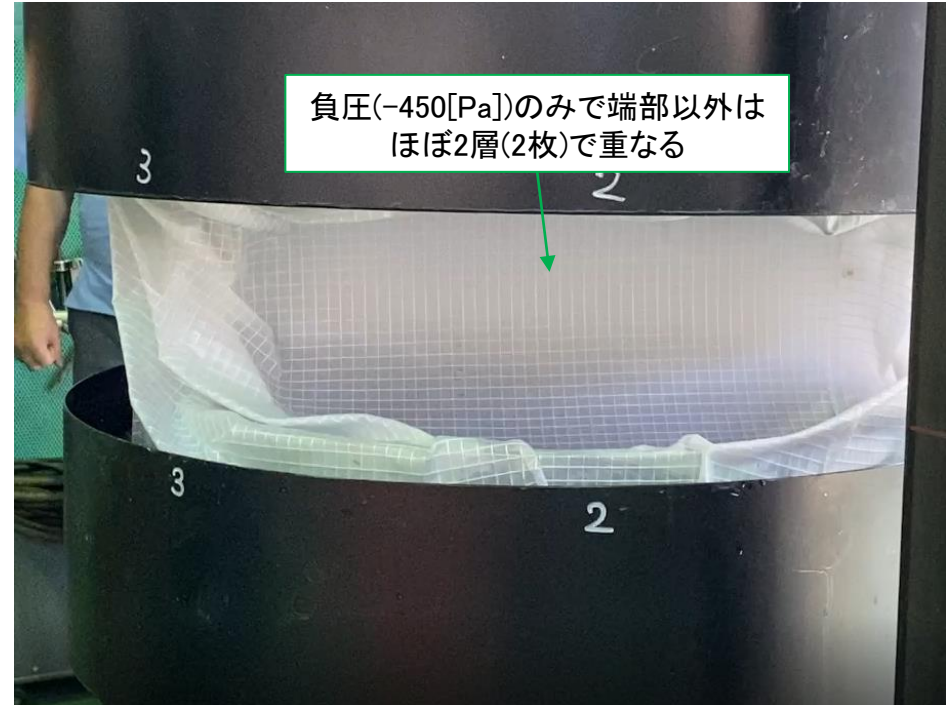
## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

### (c) 試験結果

- 1/4スケール溶着、切断試験:折り畳みによる方法  
【ドラム缶スケールでの折り畳み性検証:負圧状態での比較】



通常のシート形状



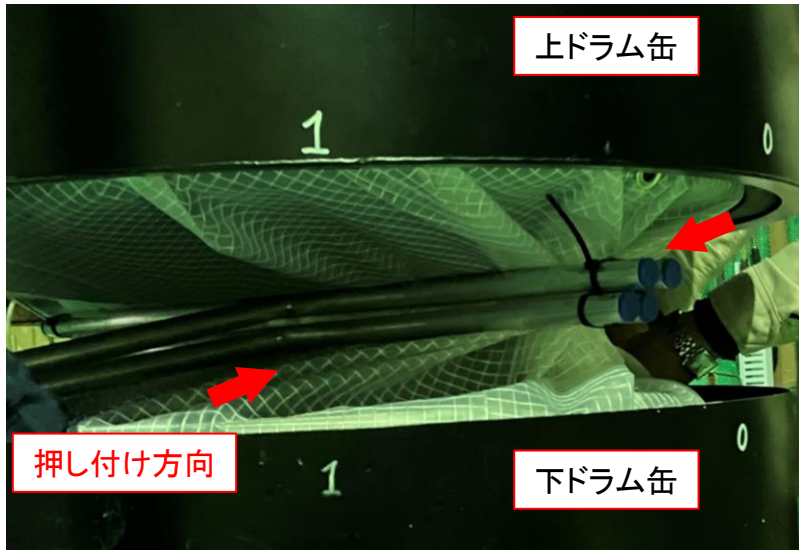
工夫したシート形状

- ・通常のシートは負圧(-450[Pa])にすると中央部がくびれる。
- ・工夫したシート形状では負圧のみで端部以外がほぼ2層(2枚)で重なる。

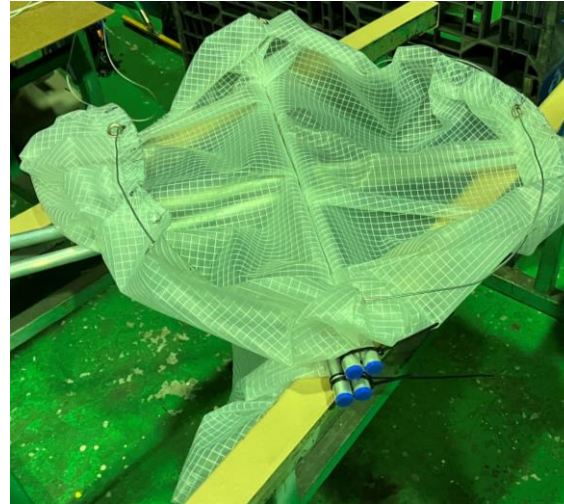
## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

### (c) 試験結果

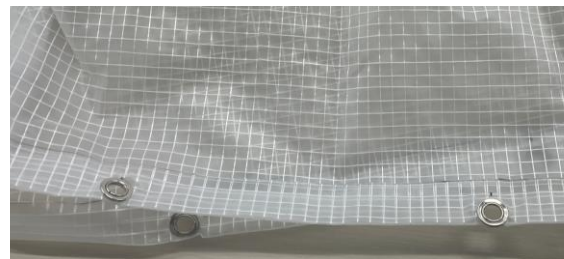
- 1/4スケール溶着、切断試験:折り畳みによる方法  
【ドラム缶スケールでの折り畳み性検証】



折り畳み性確認状況



上ドラム缶固定側(折り畳み後)



下ドラム缶固定側



溶着後の状態(切断前)

- ・ 2方向(直線状)の押し付けでシートを折り畳めることを確認。  
→通常のシートに比べ、折り畳みの手間が少なくなる。
- ・ 折り畳み後のシートの状態は4方向(十字状)の押し付けで畳んだものと大差が無かった。  
→1/4スケールでは本シート形状を用いて、負圧環境下での試験を実施。

## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

### (c) 試験結果

#### ● 1/4スケール溶着、切断試験:折り畳みによる方法

##### ・試験内容

ドラム缶試験で検証した、方位によって引き出し長さを調整したシートを用い、以下の溶着・切断試験を実施。

| ID. | 確認項目 | 内容  | 判定基準  |
|-----|------|---|---|
| 1   | 溶着性  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 1/4スケール(Φ3500×H5000[mm]、厚さ0.2[mm])のポリウレタン製(熱可塑性樹脂)円筒形シートを用い、1/4スケールにて実機と同じく<b>円筒シートを固定し、溶着機を移動</b>させて溶着性を確認する。</li> <li>● 試験は負圧環境下にて実施する。</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・目視にて溶着部を確認し、問題ないこと。</li> <li>・溶着面の水漏れがないこと。<br/>(ID.2で実施する水漏れ確認にて確認)</li> </ul> |
| 2   | 切断性  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 溶着した隔離シートの溶着面を超音波カッターで切断する。</li> <li>● 切断面の状況を確認する。(参考用に切断時間測定)</li> <li>● シート上部の開口部から水(実機負圧想定400[Pa]の水頭圧以上、余裕をみて500[Pa]×1.5の水頭圧)を入れ、溶着・切断面の水漏れを確認する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・溶着面内で切断可能であること。</li> <li>・溶着面の水漏れがないこと。</li> </ul>                              |

## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

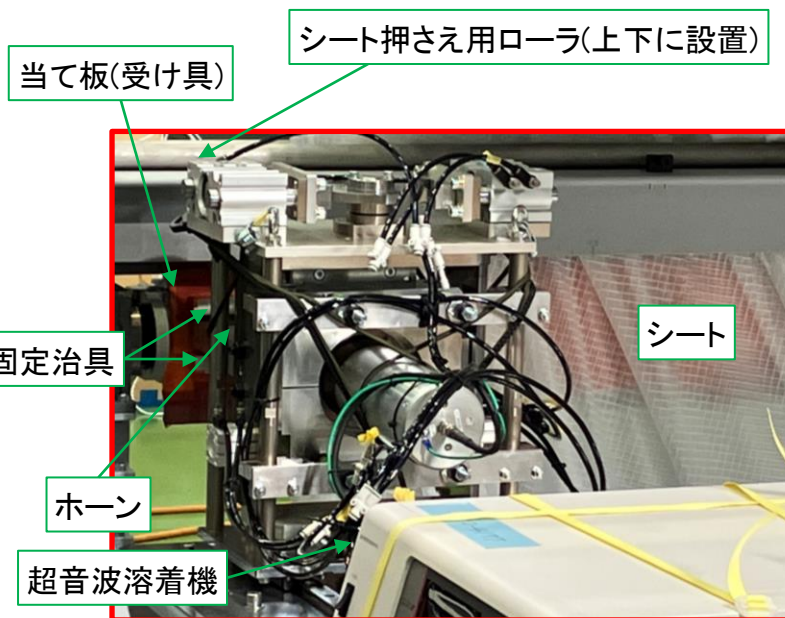
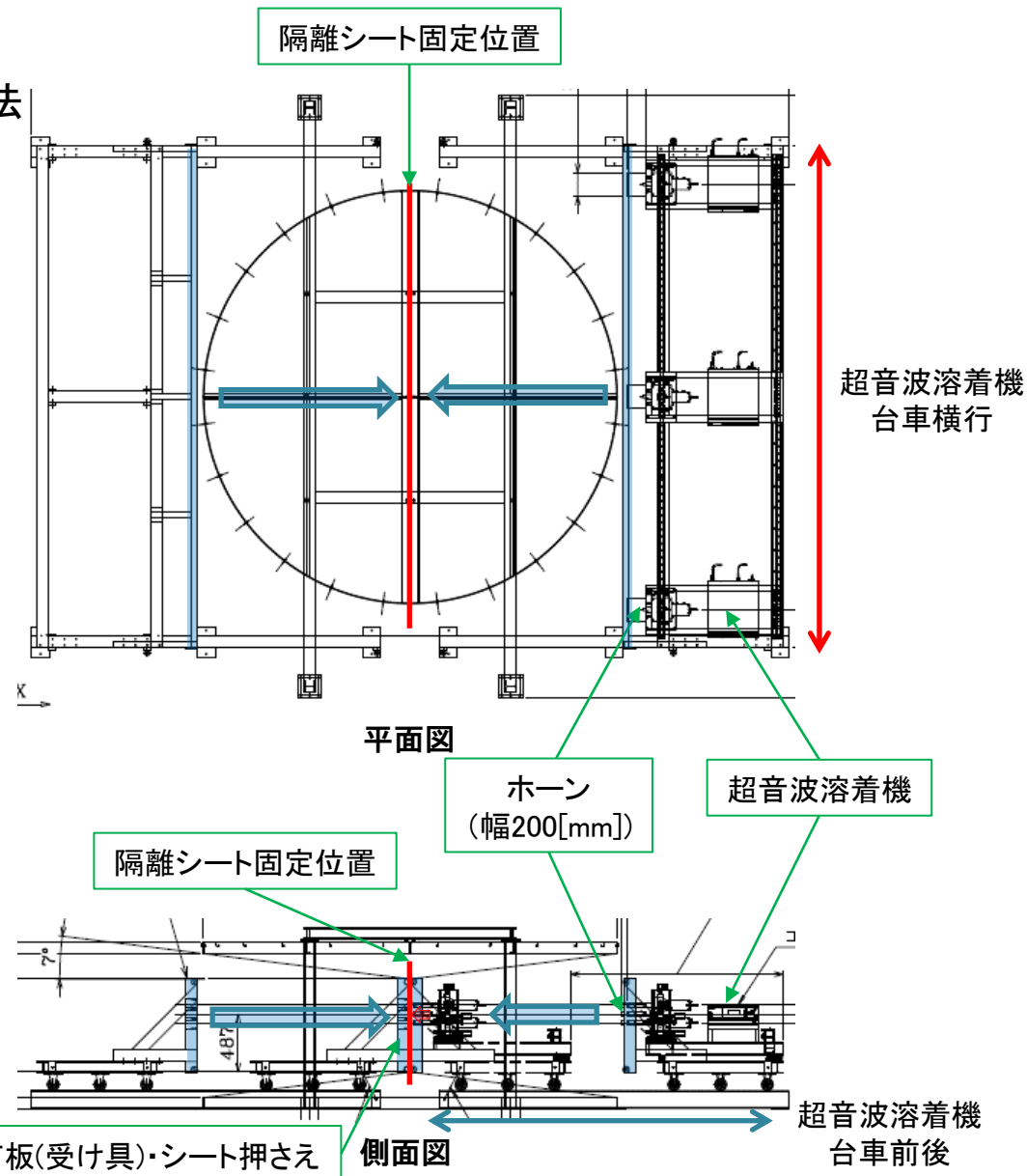
No.91

### (c) 試験結果

- 1/4スケール溶着、切断試験:折り畳みによる方法

#### 【試験装置】

- ・超音波溶着機を台車に載せ、端部からシートを順次溶着する。
- ・溶着完了後、台車に超音波カッターを設置し、シートを切断する。  
(右図「ホーン」を超音波カッターに置き換えるイメージ)



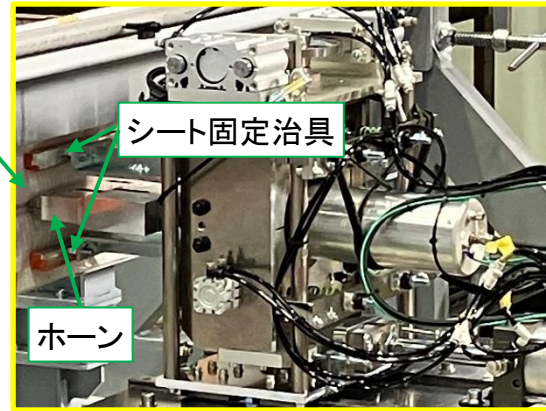
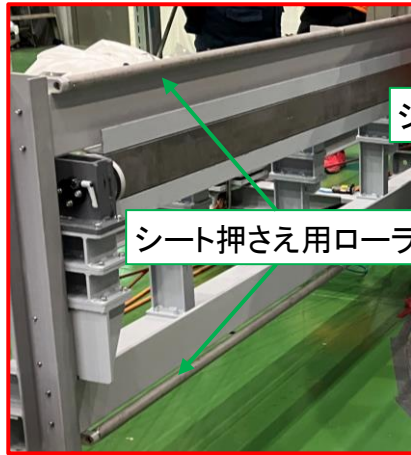
溶着の様子

# 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

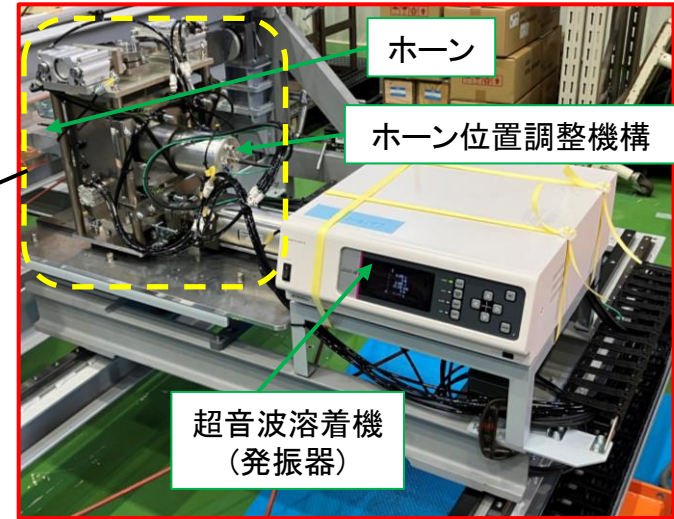
## (c) 試験結果

- 1/4スケール溶着、切断試験:折り畳みによる方法

### 【試験装置写真】

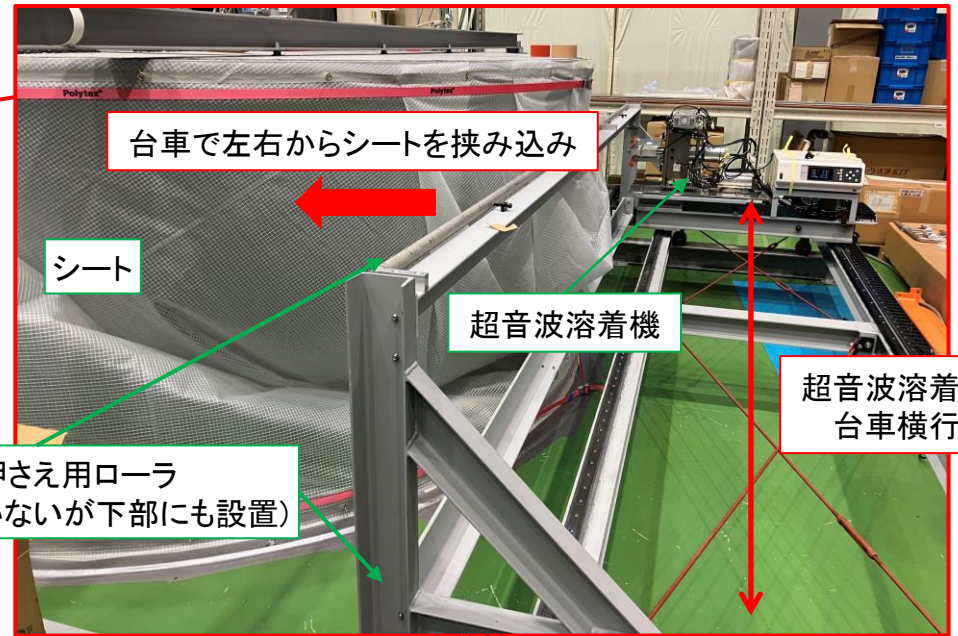
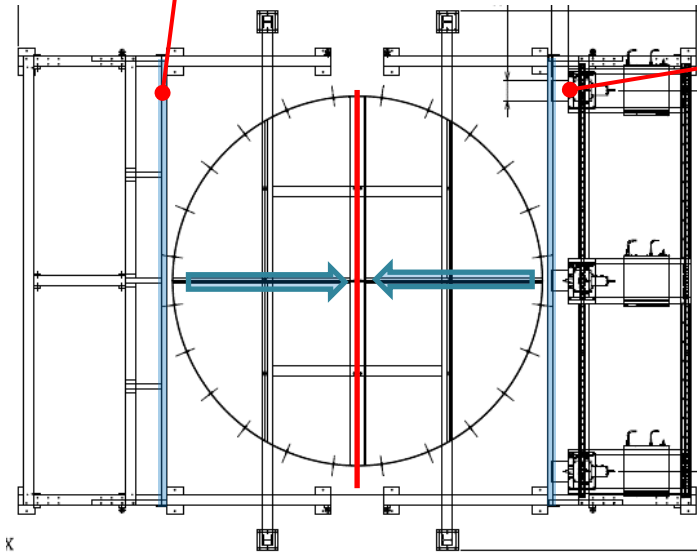


ホーン部拡大



超音波溶着機側拡大

当て板(受け具)側



溶着機側

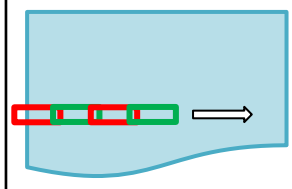
# 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

## (c) 試験結果

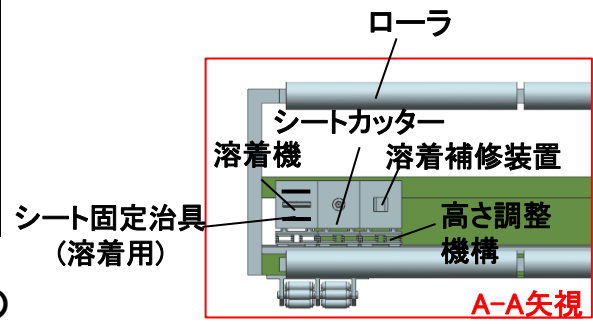
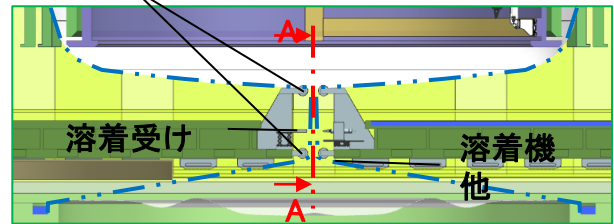
- 1/4スケール溶着、切断試験:折り畳みによる方法

### 【試験条件】

・条件出し試験およびドラム缶スケール試験結果により見直した溶着条件ベースで1/4スケール試験を実施

|                   |   |
|-------------------|---|
| ホーン押し圧[MPa]       | 0.5   |
| 溶着時間[s]           | 3   |
| 溶着部1箇所当たりの溶着回数[回] | 2   |
| 溶着1回後の冷却時間[s]     | 120   |
| 溶着のオーバーラップ幅[mm]   | 10  |
| イメージ図             |  |

ローラ:シート折り畳み・固定用



・実機では右図のように台車上下のローラでシートを固定し、台車内の溶着機等が横行動作する。

・本試験においては台車(ローラ)と溶着機部分を模擬した。

### 実機装置イメージ

- ・台車先端のローラでシート全体を固定
- ・溶着機、シートカッター、溶着補修装置が横行動作し、シートを溶着・切断・補修する

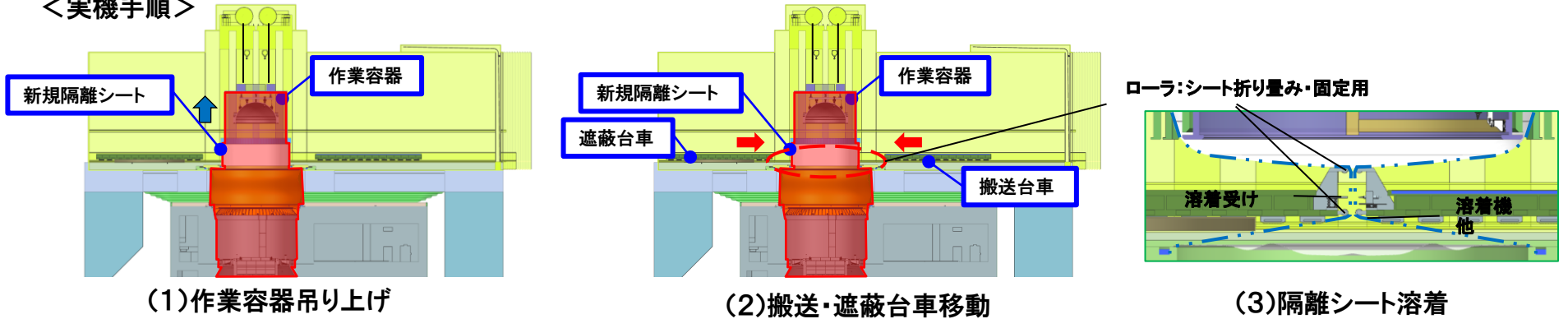
→実機手順と合わせて試験結果を次頁以降に示す。

## (c) 試験結果

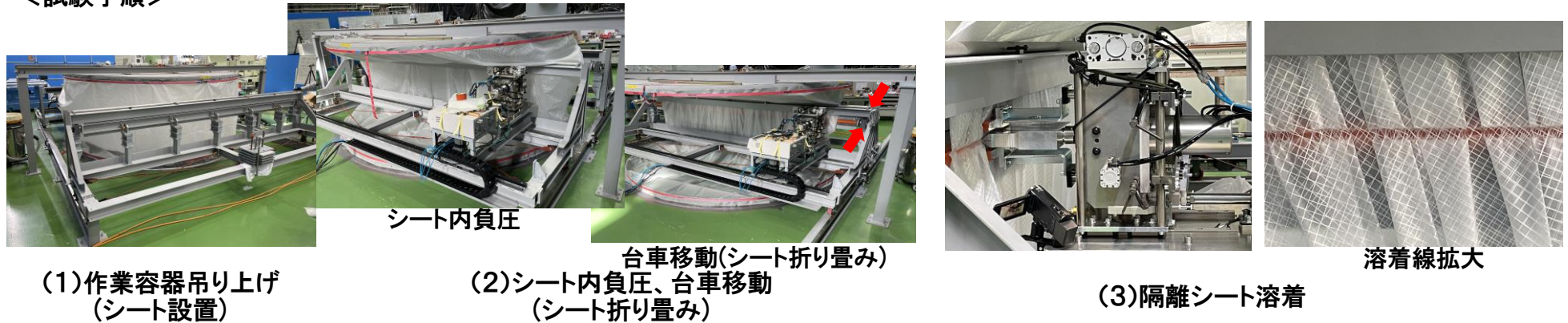
- 1/4スケール溶着、切断試験:折り畳みによる方法

### 【試験手順および結果】

#### <実機手順>



#### <試験手順>



#### <実機との相違点>

- ・作業容器の下面を模擬した円盤に隔離シートを吊り下げ
- ・隔離シート収納部分は模擬せず

- ・隔離シートの負圧は模擬
- ・台車は手動動作
- ・台車のシート引き出しは模擬せず、シート固定のみ

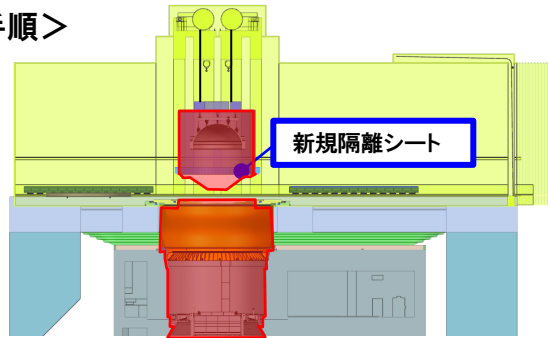
- ・超音波溶着機を準備  
(実機も同様の溶着機(横行動作含む)を想定)

## (c) 試験結果

- 1/4スケール溶着、切断試験:折り畳みによる方法

### 【試験手順および結果】

#### <実機手順>



(4)隔離シート切断

#### <試験手順>

#### 超音波カッター



(4)隔離シート切断



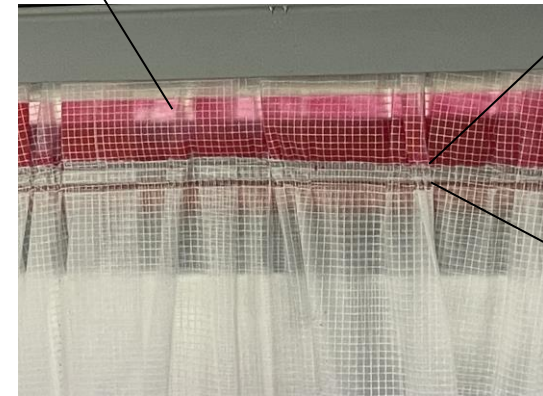
切断面拡大

#### <実機との相違点>

- ・超音波カッターは超音波溶着機と交換し実施  
(実機では、溶着機、カッター、補修装置を並列配置予定)

#### <試験結果>

#### 注水(着色)



1段目溶着線

2段目溶着線

#### 水漏れ確認試験



水漏れ箇所  
(微小の穴から水漏れが発生)



## 6. 本事業の実施内容:1)汚染拡大防止隔離技術の開発

### (c) 試験結果

#### ● 試験結果まとめ、課題および対応方針

| ID. | 項目           | 試験結果   | 課題  | 対応方針  |
|-----|--------------|--|---|---|
| 1   | 製作性          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・シート同士を接合して大型化する製作方法にてφ3500×5000[mm]の円筒形シートが製作可能であることを確認。</li> <li>・上記製作方法にて、それ以上の寸法のシートも製作可能な見込みである。</li> <li>・φ3500×5000[mm]のPET繊維入りシートおよび200×20[mm]でのアラミド繊維入りシートが製作可能であることを確認。</li> </ul>  | —   | —   |
| 2   | 収納性          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・通常の円筒形シート、蛇腹状の円筒形シートおよびPET繊維を入れた円筒形シートともにスムーズに折り畳めることを確認。</li> <li>・折り畳み性に大差はなく、製作時のシート接合(溶着)部も特に折り畳み性に影響しないことを確認。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・実機での収納ボックス具体化後、当該寸法内にシートを収納可能か検証が必要。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・収納ボックスにシートが入らない場合は収納ボックスの寸法や構造等を再検討する。</li> </ul>   |
| 3   | 溶着性<br>(気密性) | <p>【絞り込み(折り畳み)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ドラム缶スケール試験にて、下記の絞り込み(折り畳み)が可能であることを確認。</li> <li>①単純に中心部に絞り込む</li> <li>②シートが重ならないように折り畳む</li> </ul> <p>【溶着性確認】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①単純に中心部に絞り込む方法</li> <li>・ドラム缶スケールでは溶着できたが、1/4スケールでは厚みのある中心部の溶着不足や、薄い端部の溶着不良等が発生した。</li> </ul> | <p>【①単純に中心部に絞り込む方法での課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・1/4スケールでは中心部が厚くなりすぎて、薄い端部との差が大きくなり適切な溶着条件の設定が困難。</li> </ul> | <p>【①単純に中心部に絞り込む方法での課題に対する対応方針】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実機での絞り込みも困難であるため、②のシートが重ならないように折り畳む方法にて検討を進める。</li> </ul> |

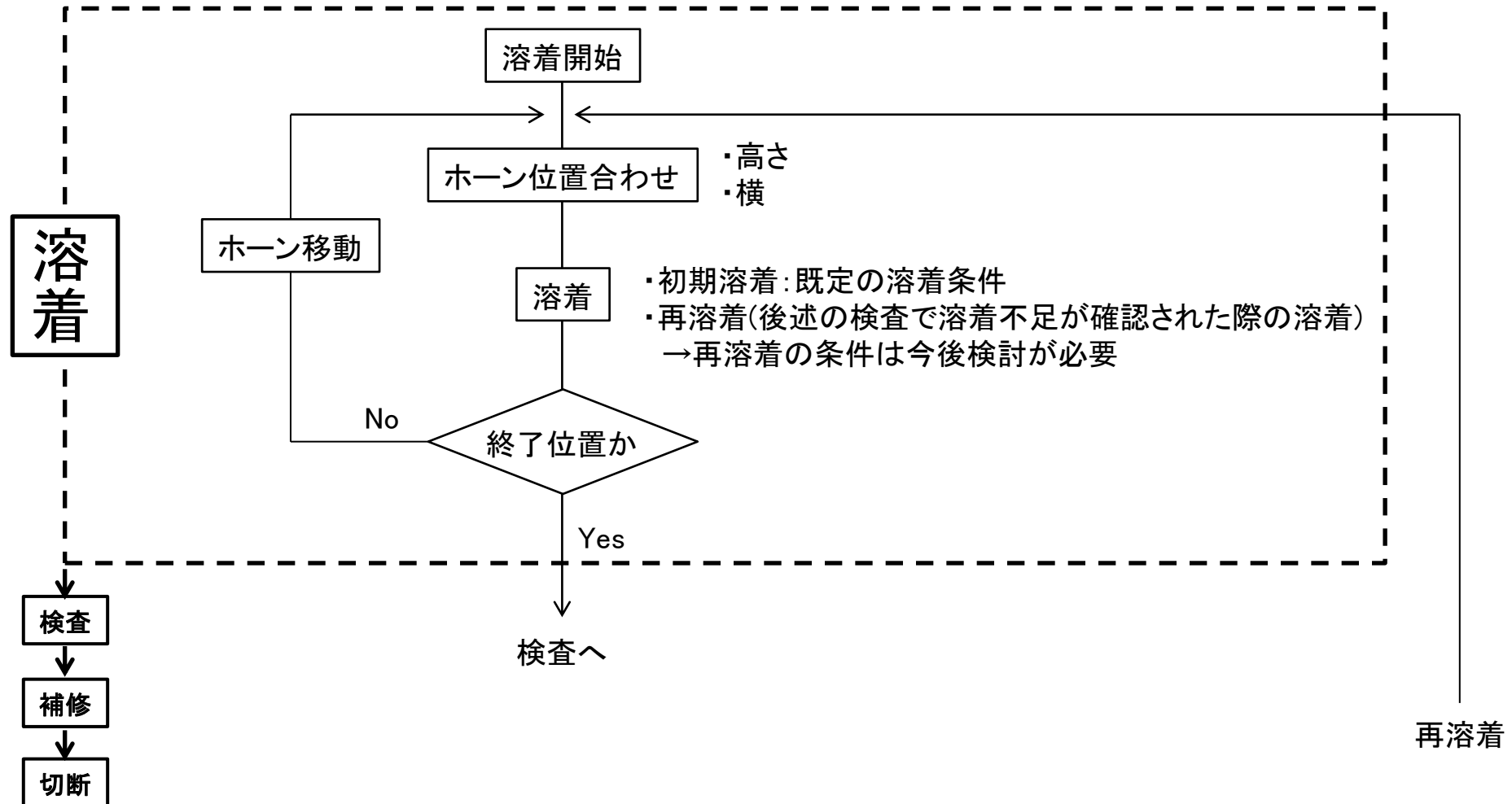
## (c) 試験結果

### ● 試験結果まとめ、課題および対応方針

| ID. | 項目           | 試験結果  | 課題   | 対応方針  |
|-----|--------------|---|--|---|
| 3   | 溶着性<br>(気密性) | <p>【溶着性確認:<br/>上記②シートが重ならないように折り畳む】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・シートの重なり枚数にバラつきがあるため、重なり枚数が最小の2枚部分および最大を想定した12枚部分に対応した溶着条件を設定し、ドラム缶スケールで溶着可能であることを確認。</li> <li>・実機を考慮し、4方向(十字状)ではなく2方向(直線状)の押し付けでシートを折り畳めるように工夫(方位によって引き出し長さを調整)したシートを検討。ドラム缶スケールにて想定通り(上記②と同様の形状で)折り畳めることを確認。</li> <li>・1/4スケールにて溶着試験を実施。シートを台車のローラで固定し、溶着可能であることを確認。但し、溶着線は繋がっているもの上下方向への若干の歪みが生じている箇所等があった。また、水漏れ確認試験を実施したところ、水滴が滴る程度の水漏れが生じた。</li> </ul> | <p>【②シートが重ならないように折り畳む方法での課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・溶着失敗時を考慮し、検査方法や補修方法を検討する必要がある。</li> <li>・方位によって引き出し長さを調整したシートは直線状の押し付けで折り畳めると想定するが、実機において現状の方法(均一にシートを下ろすやり方)で、できなくなる可能性がある。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・溶着、検査、補修、切断のフローを作成した。(次頁参照)</li> <li>・収納ボックスの具体化時にシートの引き出し方法の見直しと引き出し以外の手法を検討する。</li> </ul> |
| 4   | 切断性          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・超音波カッターにて、繊維入りシート溶着部の切断性を確認。</li> <li>・但し、超音波カッター先端の位置合わせを手動で実施。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・シート固定を含む切断位置の調整に課題がある。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・シート固定を含む切断位置の調整方法を検討する。</li> </ul>  |

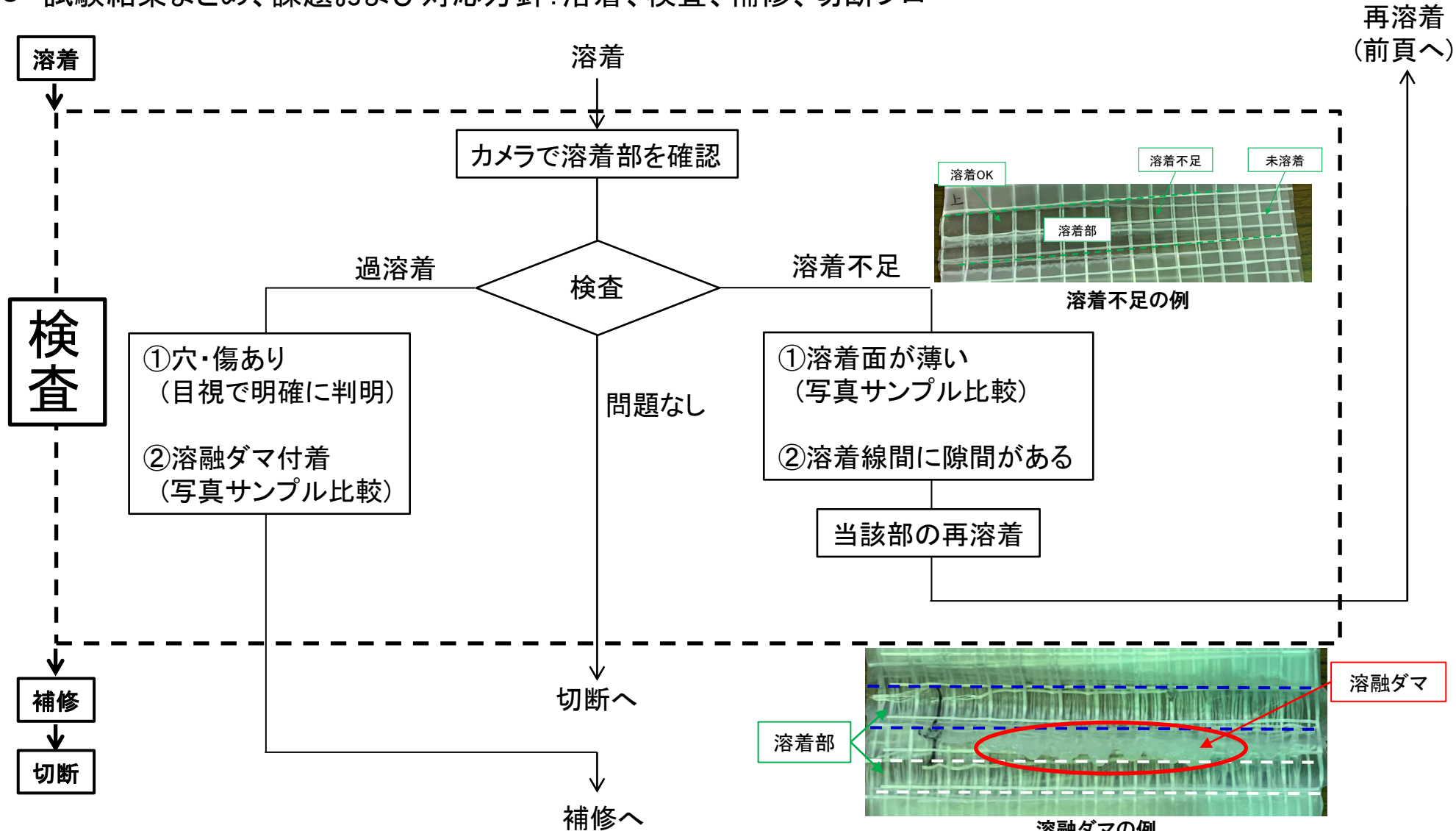
## (c) 試験結果

- 試験結果まとめ、課題および対応方針:溶着、検査、補修、切断フロー



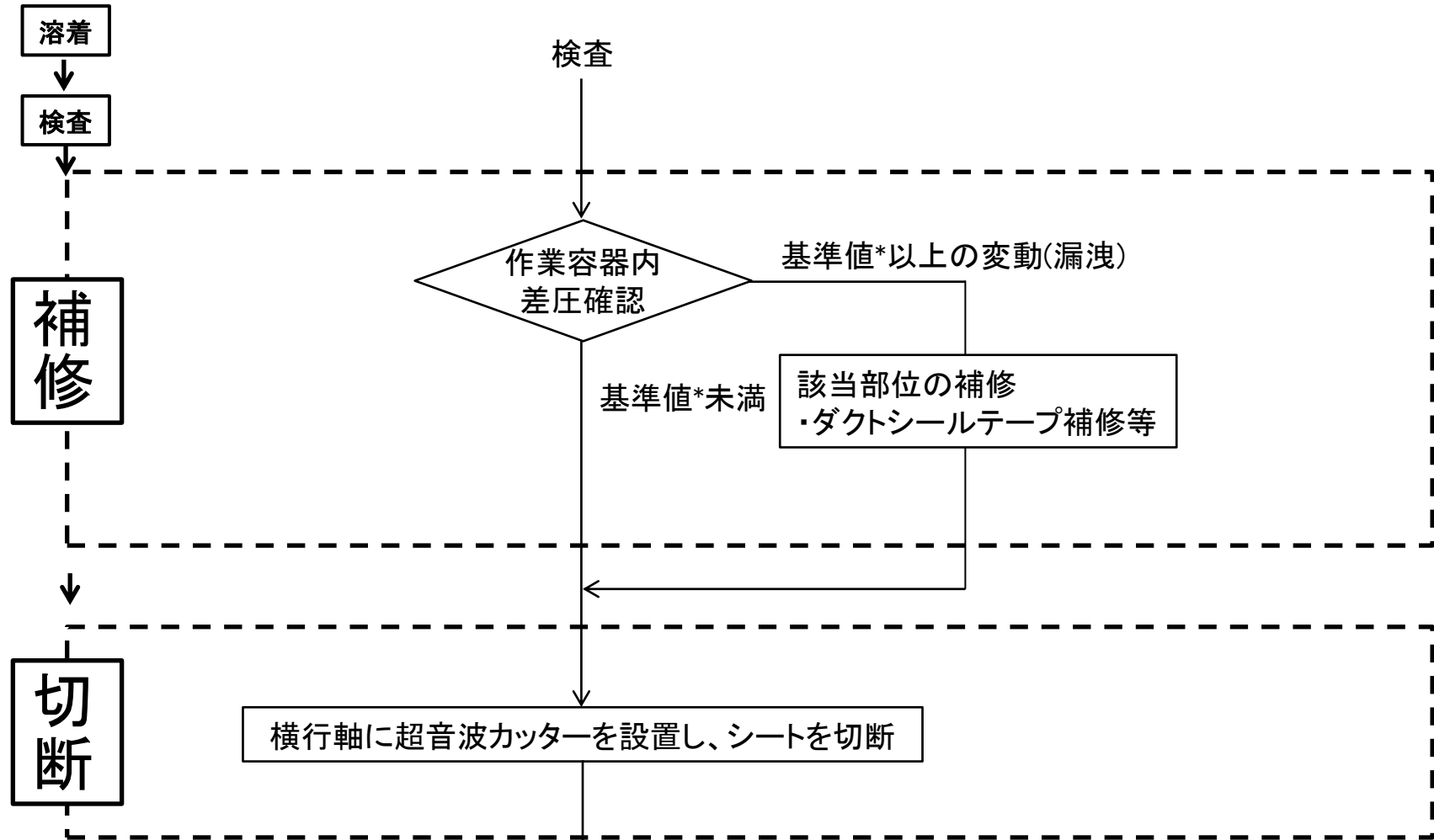
## (c) 試験結果

- 試験結果まとめ、課題および対応方針:溶着、検査、補修、切断フロー



## (c) 試験結果

- 試験結果まとめ、課題および対応方針:溶着、検査、補修、切断フロー



\*: 基準値、判定基準は今後検討が必要。隔離シート溶着前は作業容器内及びPCV内のダスト濃度がR/B内の作業エリアと同じレベル(全面マスクで対応できるレベル)に低下している可能性があり、ダスト濃度計測の上、多少の漏洩を許容する判定基準の設定も視野に入れる。

## (c) 試験結果

### ● ドラム缶スケール、1/4スケール試験の比較およびフルスケールでの課題(1/2)

| ID. | 項目           | ドラム缶スケール(1/25スケール)試験   | 1/4スケール試験   | フルスケールでの課題   |
|-----|--------------|--|---|--|
| 1   | 製作性          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・製作可能であることを確認。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・シート同士を接合して大型化する製作方法にてφ3500×5000[mm]の円筒形シートが製作可能であることを確認。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・シート同士を接合して大型化可能なことを確認済みのため、製作性は問題ないと考えられる。</li> <li>・現状の想定ではPET繊維入りシートで問題ないと考えられるが、実機装置等具体化後、再度シートへの要求強度等を確認。PET繊維入りで強度不足等が生じた場合はアラミド繊維入りシートを製作する等の対応が必要。</li> </ul>   |
| 2   | 収納性          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・収納ボックスに収納可能であることを確認。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・吊り降ろし操作だけで折り畳み可能であり、製作時のシート接合(溶着)部も特に折り畳み性に影響しないことを確認。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・規模が大きくなってもシート自体の収納性は問題ないと考えられる。</li> <li>・但し、実機での収納ボックス具体化後、当該寸法内にシートを収納可能か、引き出し性も含めて検証が必要。</li> </ul>   |
| 3   | 溶着性<br>(気密性) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・下記の絞り込み(折り畳み)が可能であることを確認。                             <ol style="list-style-type: none"> <li>①単純に中心部に絞り込む</li> <li>②シートが重ならないように折り畳む</li> </ol> </li> <li>・両者ともに溶着が可能であり、水漏れがないことを確認。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・1/4スケールにて溶着試験を実施。シートを台車のローラで固定し、溶着可能であることを確認。但し、溶着線は繋がっているもの上下方向への若干の歪みが生じている箇所等があった。</li> <li>・水漏れ確認試験を実施したところ、水滴が滴る程度の水漏れが生じた。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・1/4スケール、フルスケール共にシートの2層(2枚厚)ー12層(12枚厚)の折り重なり状態は同じと想定。<br/>(重なり部分の長さが4倍に増えるが、溶着回数が増えるのみ。溶着条件は2層も2ー12層も同条件としており、実機への拡張性はある方法。)</li> <li>・実機スケールの搬送台車を模擬し、台車に溶着機等を設置して実機同様の装置構成での溶着性、気密性を確認する必要がある。</li> <li>・1/4スケール試験では収納ボックスを製作していないため、収納ボックスの具体化時にシートの引き出し方法の見直しと引き出し以外の手法の検討が必要。</li> </ul> |

### (c) 試験結果

● ドラム缶スケール、1/4スケール試験の比較およびフルスケールでの課題(2/2)

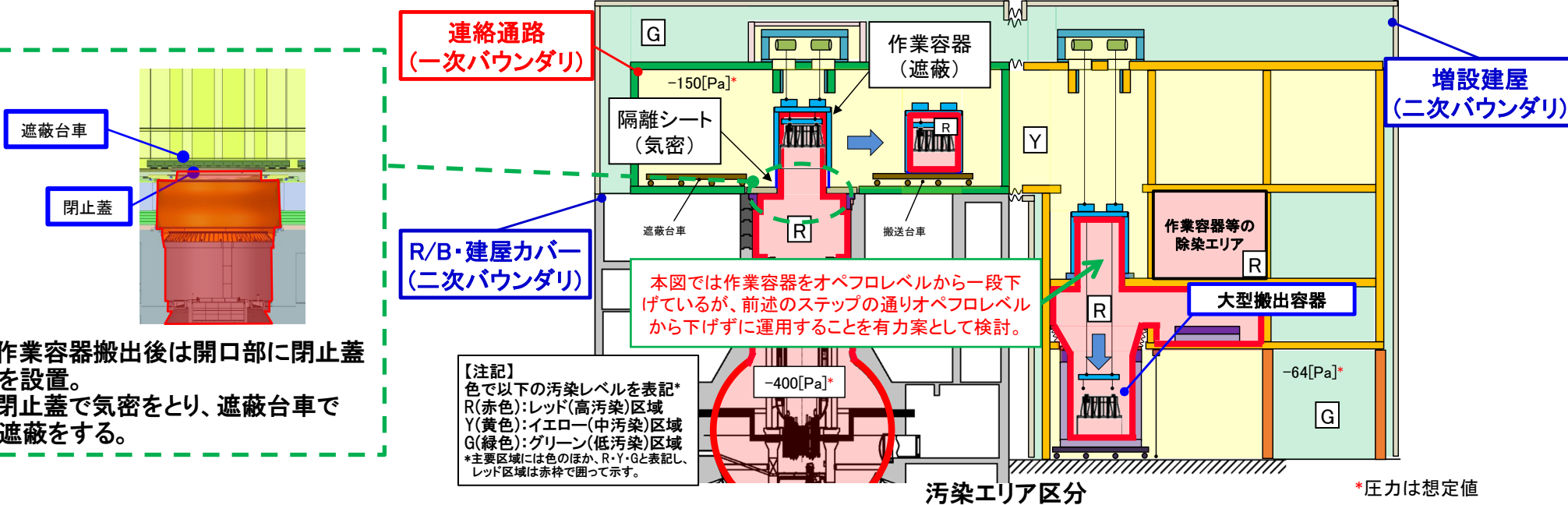
| ID. | 項目  | ドラム缶スケール(1/25スケール)試験  | 1/4スケール試験   | フルスケールでの課題  |
|-----|-----|---|---|---|
| 4   | 切断性 | <ul style="list-style-type: none"> <li>超音波カッターにて、スムーズに切断できることを確認。</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>超音波カッターにて、繊維入りシート溶着部の切断性を確認。</li> <li>但し、超音波カッター先端の位置合わせを手動で実施。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>実機スケールの搬送台車を模擬し、台車に切断装置(超音波カッター)を設置して、実機同様の装置構成での検証が必要(シート固定を含む切断位置の調整に課題)。</li> </ul> |
|     | 備考  | <ul style="list-style-type: none"> <li>製作性、収納性は試験項目には挙げていないが、溶着性等の確認のためにシートを製作して収納ボックスに収納した。</li> </ul> |   |   |

## (c) 試験結果

### ● 試験結果を踏まえた汚染エリア区分と運用

汚染エリア区分についてはNo.17の通りとする。そのため、試験結果を踏まえ以下の運用とする。

- ・1号機PCV内部詳細調査におけるAWJ切断時のPCV内ダスト濃度測定により、切断時はダスト濃度が $10^{-2}$ [Bq/cm<sup>3</sup>]まで上昇するが、数時間後には $10^{-3}$ [Bq/cm<sup>3</sup>]以下に帰ることが判明している。(次頁参照)
- ・隔離シートの溶着および切断作業は、切断した構造物等を作業容器に回収した後に行う。作業容器の離脱前にPCV内ダスト濃度を測定し、 $10^{-3}$ [Bq/cm<sup>3</sup>]以下になっていることを確認してから隔離シートの溶着および切断作業を実施する。
- ・上記ダスト濃度レベルはR/B内の作業エリアと同じレベル(全面マスクで対応できるレベル)であり、仮にオペフロ側(連絡通路内)にPCVガスが漏洩しても、人為作業に支障となるような汚染にはならないと想定。
- ・オペフロの汚染緩和の観点では、PCVガスの漏洩より作業容器内部に収納した切断片の欠片や粉末をオペフロ上へ飛散させないことが重要。それを防ぐため、隔離シートは上から順に3本溶着して真ん中の溶着線中心を切断する。



- ・作業容器搬出後は開口部に閉止蓋を設置。
- ・閉止蓋で気密をとり、遮蔽台車で遮蔽をする。



## (c) 試験結果

- 試験結果を踏まえた汚染エリア区分:PCV内ダスト濃度参考資料

### 4.1 アクセスルート構築の現場実証

14

#### 4.1.1 現場実証-切断:AWJ切断時の対応(例:グレーチング切断時)-

| 監視項目      | 運用値   | 現場作業時の運用   |
|-----------|---|--|
| PCV内ダスト濃度 | 1.7 × 10 <sup>-2</sup> Bq/cm <sup>3</sup> 以下<br>ガス管理システム上流側のダスト濃度 | ダスト上昇レベルに応じて次の切断開始時刻を設定(図-1)                           |
| PCV内圧力    | 0.8kPa以下  | PCV内初期内圧に応じて連続切断時間を設定(図-2)<br>万が一、0.75kPaに到達した場合、切断を中断 |
| PCV内温度    | 100℃以下  | PCV内温度計測時刻の±10分以内での切断禁止                                |

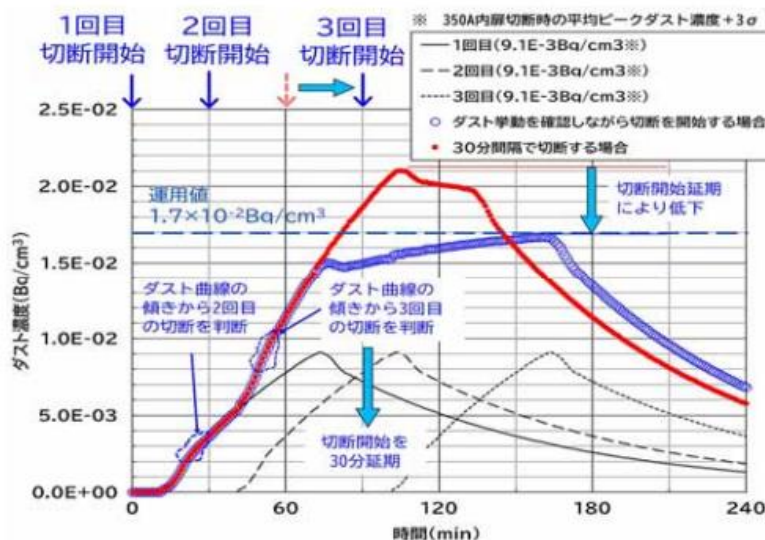


図-1 ダスト上昇レベルに応じた次の切断開始時刻の設定方法

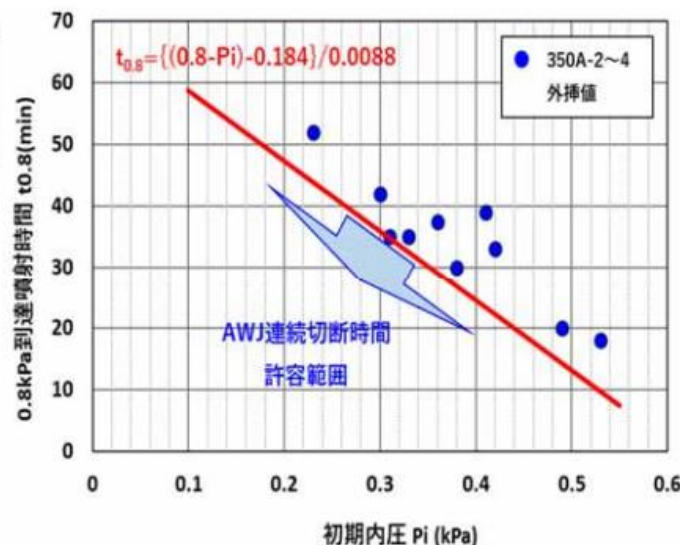


図-2 初期内圧と0.8kPa到達時間との関係

## (d) 想定リスクおよび今後の課題

## 隔離シート取り扱い時のリスクの抽出及びその対応策について

| No. | ステップ                 | リスク項目  | 対応策(案)   |
|-----|----------------------|--|--|
| 1   | 隔離シートベース設置時          | 地震等で隔離シートベースが動く(ずれる)                                   | 隔離シートベース設置後、アンカーボルト等で固定する。   |
| 2   | 新規隔離シート設置時           | 収納ボックスから隔離シートを引き出す際に引っ掛かり等でシートが引き出せない                  | 収納ボックスの設計に反映する。  |
| 3   | 新規隔離シート設置時           | 隔離シートの把持・引き出し時の破れ                                      | 収納ボックス、隔離シート取り付け装置の設計に反映する。  |
| 4   | 新規隔離シート設置時           | 水シール堰(フック等)への取り付け不良                                    | シート側にハトメ、水シール堰にフックを取り付けておき、カメラで確認しながら柔構造作業アームで取り付け、取り外しを実施する案を検討。                                    |
| 5   | 新規隔離シート設置時           | 既設隔離シートが押さえられず、炉内へ落下                                   | 作業容器内に搭載したアームで既設隔離シートを把持して切断する案を検討。  |
| 6   | 新規隔離シート折り畳み、溶着、切断時   | 折り畳み時の隔離シート破れ  | 折り畳み装置にてシートが破れないような工夫をする方針であり、今後装置含め具体化。   |
| 7   | 新規隔離シート折り畳み、溶着、切断時   | 溶着不良<br>(そもそも溶着がうまくいかない、構造物や水滴が落下して溶着箇所が剥がれる等)         | シート厚さが異なる(2枚重ね、12枚重ね)部分も溶着可能な溶着条件を検討し、溶着不良部についてはダクトシールテープで補修することを検討。溶着、検査、補修、切断のフローを検討した。今後、装置含め具体化。 |
| 8   | 新規隔離シート折り畳み、溶着、切断時   | ・新規隔離シート溶着(切断)時、斜め方向等の想定外の方向に溶着(切断)<br>・溶着・切断装置の位置決め精度 | 台車に搭載したローラでシート全体を固定し、装置の横行軸に溶着機や超音波カッターを設置して溶着(切断)部をカメラで確認しながら溶着(切断)する等、今後、装置含め具体化。                  |
| 9   | 新規隔離シート溶着後の作業容器吊り上げ時 | 作業容器吊り上げ時の構造物落下(シート破れ)                                 | 隔離シート強度が高いもの(破けにくいもの)を選定し、台車上の水シールに着座させて汚染拡大防止を図ることを検討。  |
| 10  | 新規隔離シート溶着後の作業容器吊り上げ時 | 台車に作業容器を載せた際に隔離シートが台車に挟まれる(シート破れ)                      | 隔離シート強度が高いもの(破けにくいもの)を選定し、台車上の水シールに着座させて汚染拡大防止を図ることを検討。  |
| 11  | 作業容器離脱後              | 原子炉ウェル側の隔離シート破れ(落下物、装置干渉等)                             | 隔離シート強度が高いもの(破けにくいもの)を選定し、閉止蓋を着座させて汚染拡大防止を図ることを検討。   |

### (d) 想定リスクおよび今後の課題

#### 【2023年度以降の課題】

本事業で隔離シートの溶着・切断に関する要素試験を実施し、課題や対応策を検討する。その結果を踏まえ、2023年度以降に検討が必要な内容(課題)について以下に示す。

- 隔離シートを遠隔で折り畳む装置の設計、試作
- 隔離シートを遠隔で溶着、切断する装置の設計、試作
- 溶着中、溶着後の検査方法の検討
- 漏洩判定の基準値等、判定基準の検討
- 隔離シートベース据付時のシール等、隔離シートベースの設計、試作
- 既設隔離シートを作業容器内側で把持・切断し、作業容器内に収納する装置の検討
- 収納ボックスの構造検討、試作
- 水シール堰着座部への隔離シート取り付け・取り外し方法の検討、水シール堰の試作
- 上記隔離シート取り付け・取り外し装置の設計、試作
- 使用済み隔離シートを大型搬出容器に収納する装置の検討
- 実機大隔離シートの試作
- 収納ボックスおよび水シール堰の実現性確認(要素試験の実施等)
- 実機大作業容器と実機大収納ボックスおよび水シール堰との組み合わせ試験による実現性確認
- オペレータの遠隔操作トレーニング等も含め、操作性や作業手順に関する検討

### (e) まとめ

- バウンダリおよび汚染エリア区分について整理し、連絡通路に要求する汚染エリア区分を明確化した。
- 大型構造物取り出し時や搬送時における汚染物の閉じ込め(隔離機構)に関する技術を検討した。隔離機構として、開閉方式、接合方式、トラップ方式および飛散防止方式を検討・比較し、接合方式(隔離シート)を選定した。
- 隔離シートに関する工法ステップについて検討し、整理した。ステップを基にして要求仕様を整理し、接合性・切断性を考慮して熱可塑性樹脂(ポリウレタン樹脂)を候補として選定した。隔離シートの接合・切断方法としては超音波溶着・超音波カッターを用いることとした。
- ドラム缶(1/25)スケールでの基礎試験を実施し、中心部に絞り込む方法とシートが重ならないように折り畳む方法の2案を検討。溶着条件出し試験を実施後、ドラム缶スケールにて両案について溶着・切断試験を実施し、溶着が可能(水漏れ確認試験を実施し水漏れなし)であることを確認した。但し、絞り込む方法は中心部が厚くなり、実機では溶着が困難と考え、折り畳む方法にて検討を進めた。
- 折り畳む方法ベースで溶着・切断に関する要素試験(1/4スケール試験)を実施し、課題・対応策を検討。溶着、検査、補修、切断のフローを作成し、今後の課題を整理した。

|                        |  |
|------------------------|--|
| <p>1)汚染拡大防止隔離技術の開発</p> | <p><b>【目標】</b><br/>                 作業により発生する汚染物質、その拡大する経路などを整理し、連絡通路に要求する汚染エリア区分が明確になっていること。汚染拡大防止のための隔離機構(装置、運用方法など)について、閉じ込め性、遠隔作業の確実性・容易性、頑強性・耐久性、点検・保守性などの観点で評価、選定され、要素試験により現場適用性が評価されていること。<br/>                 (終了時目標TRL:レベル3)</p> <p><b>【達成度評価】</b><br/>                 汚染エリア区分の明確化、隔離機構の評価・選定および要素試験により溶着・切断に関する現場適用性を確認した。試験結果からフルスケール等の今後の課題を整理した。以上により当初の目標は達成していると判断する。(TRL:レベル3)</p> |
|------------------------|--|

| TRLレベル | 説明  | フェーズ    |
|--------|---|---------|
| TRL7   | 実用化が完了している段階。   | 実運用     |
| TRL6   | 現場での実証を行う段階。  | フィールド実証 |
| TRL5   | 実機ベースのプロト機を製作し、工場等で模擬環境下での実証を行う段階。  | 模擬実証    |
| TRL4   | 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   |
| TRL3   | 従来経験を活用、組み合わせによる開発、エンジニアリングを進めている段階。または、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    |
| TRL2   | 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    |
| TRL1   | 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    |