

令和2年度開始「廃炉・汚染水対策事業費補助金」  
「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)」

## 2021年度最終成果報告

2022年08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・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）」の目的と目標
2. 2017～18年度・2019～20年度実施事業の実績
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
  - 1)大型搬出容器の気密機構の開発
  - 2)アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発
7. まとめ
8. 実施目的を達成するための具体的目標

# 1. 「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)」の目的と目標

## 【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の目的】

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(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式会社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、大規模な燃料デブリ取り出し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、東京電力ホールディングス株式会社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「2020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75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。

「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」においては、燃料デブリ取り出し作業時における公衆、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に関わる各要素技術について、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、更なる規模を拡大した燃料デブリ取り出し作業を実現することを目標に検討を実施する。

## 【実施期間】2020年12月～2022年3月(16ヶ月)

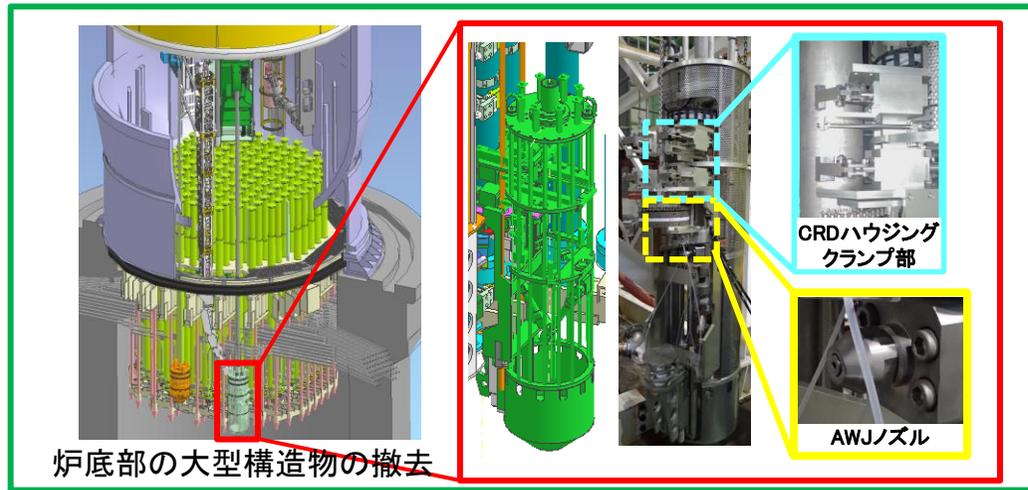
## 2. 2017～18年度・2019～20年度実施事業の実績

本事業に関わる過去の補助事業の実績を以下に整理した。

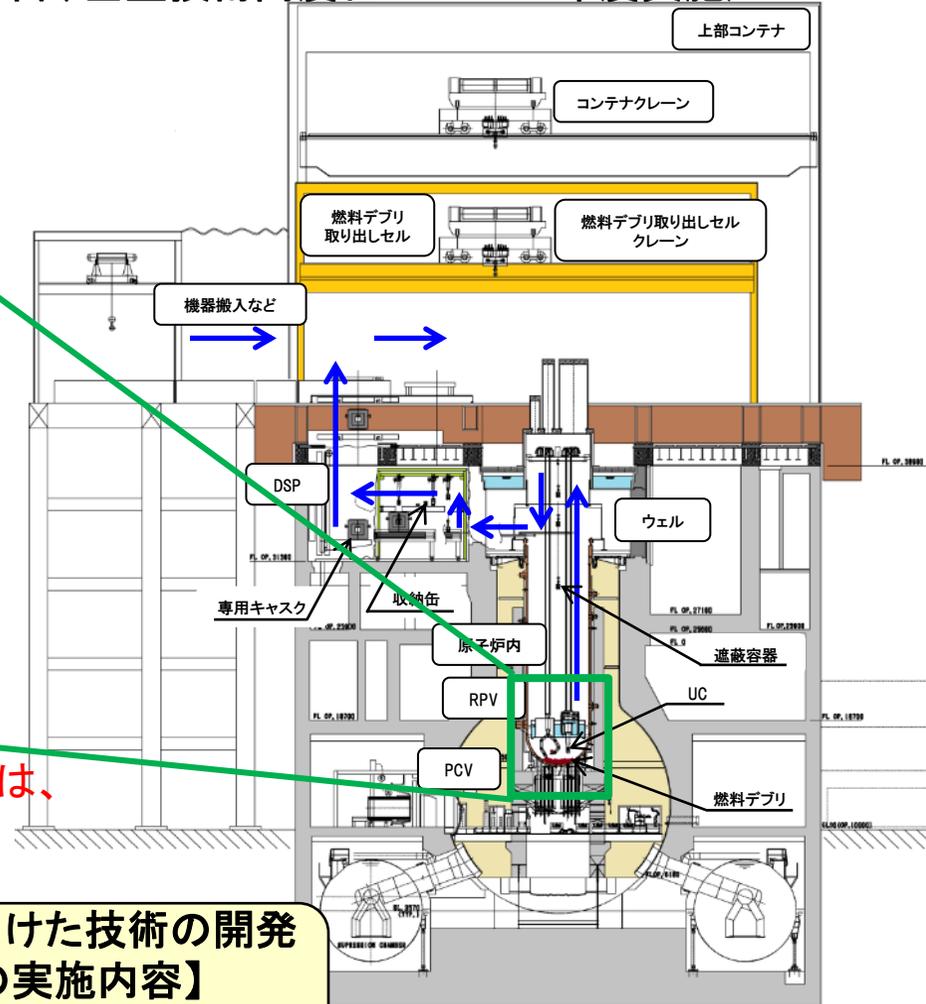
### (1) 上アクセス大型一体搬出工法

【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。



炉底部の大型構造物の撤去



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

### (1)上アクセス大型一体搬出工法

#### 【新規上アクセス工法(構造物一体撤去・搬出)の概念】

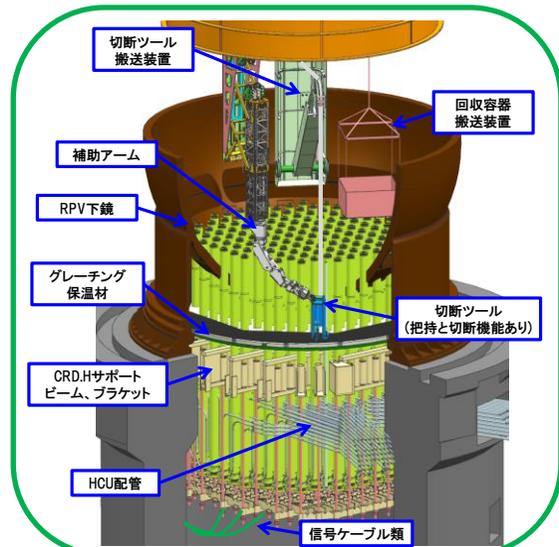
「取り出し規模の更なる拡大」にて検討した構造物一体撤去・搬出工法の概念を以下に示す。

- ✓ 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。

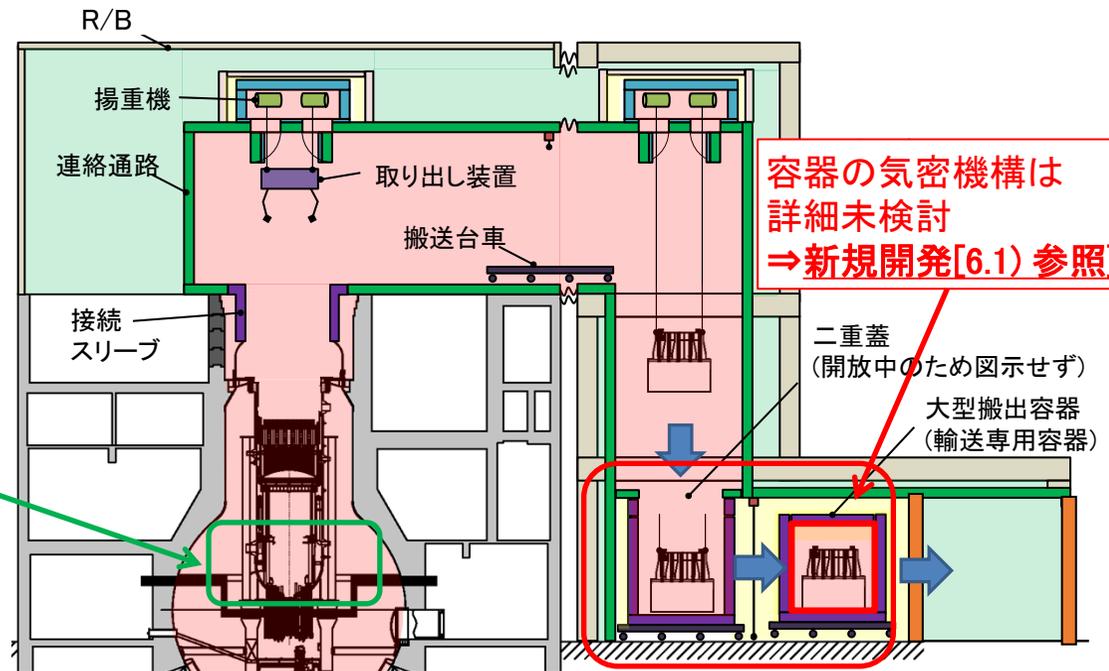
#### 【「取り出し規模の更なる拡大」での検討内容】

19-20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



検討中の一体搬出工法(搬出ルート)

## (1) 上アクセス大型一体搬出工法

【「取り出し規模の更なる拡大」で検討した構造物の一体搬出工法での主な課題】

「取り出し規模の更なる拡大」事業において検討を実施した主な課題について①～⑤に示す。  
 検討結果は「取り出し規模の更なる拡大」2020年度実施分最終報告(2021年8月)\*参照。

### 課題③: 揚重機

- ・大型構造物の取扱方法
- ・揚重機のメンテナンス

### 課題④: 臨界管理

- ・容器収納までの臨界管理方法

### 課題②: 連絡通路の遮蔽・気密

#### 連絡通路の遮蔽・気密

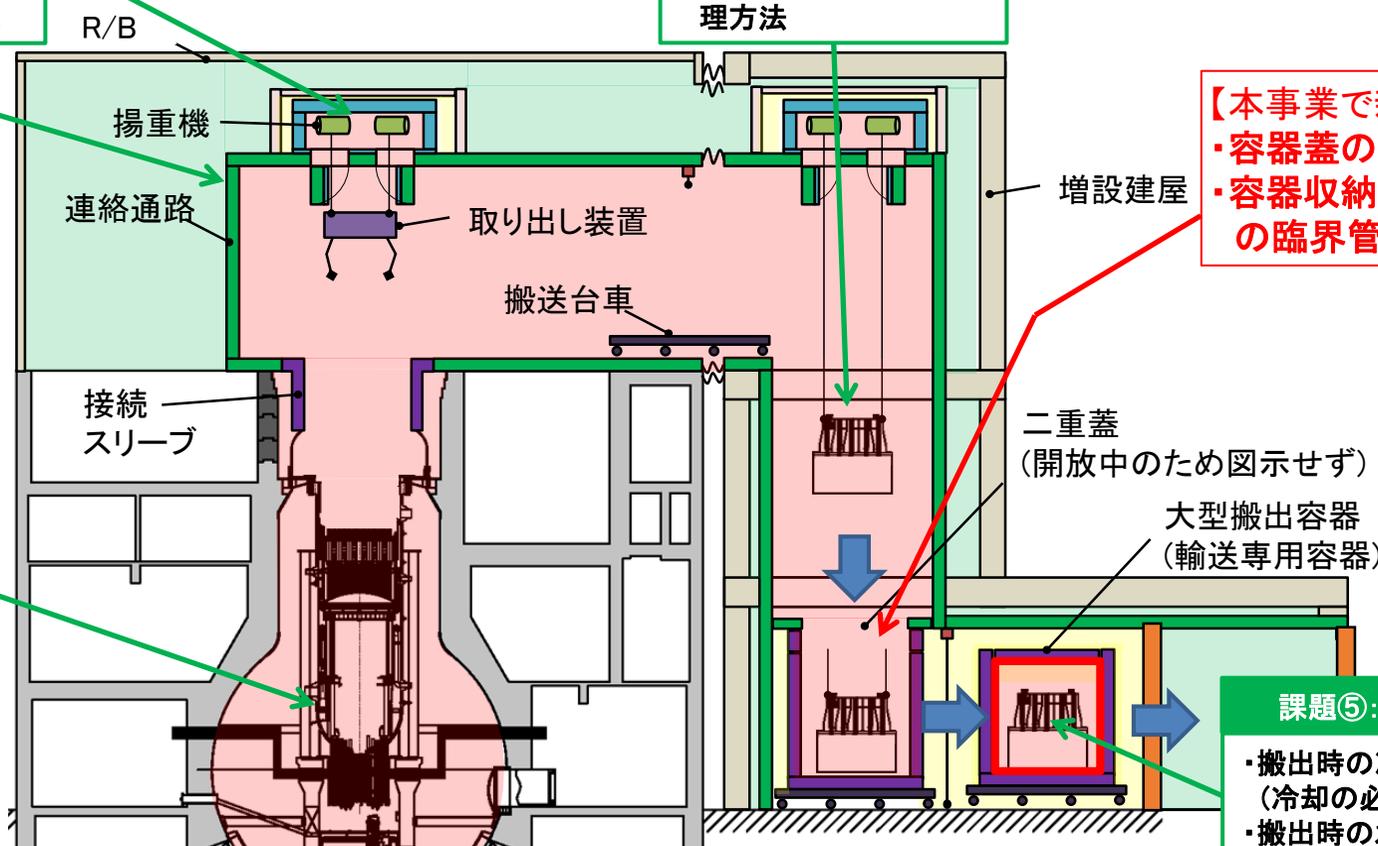
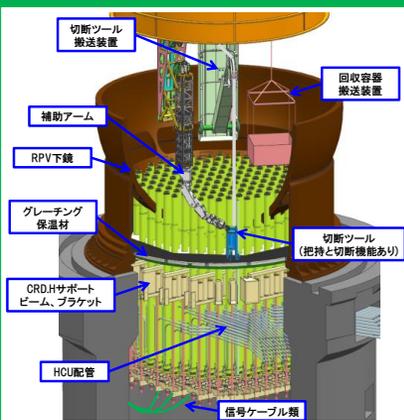
- ・建屋負荷(オペフロ上の荷重)も考慮し、連絡通路の質量低減も踏まえた遮蔽厚
- ・構造物搬出時の気密確保

### 【本事業で新規開発】

- ・容器蓋の気密機構
- ・容器収納後、移送中の臨界管理方法

### 課題①: 炉底部撤去方法

#### 炉底部撤去方法



### 課題⑤: 冷却・水素

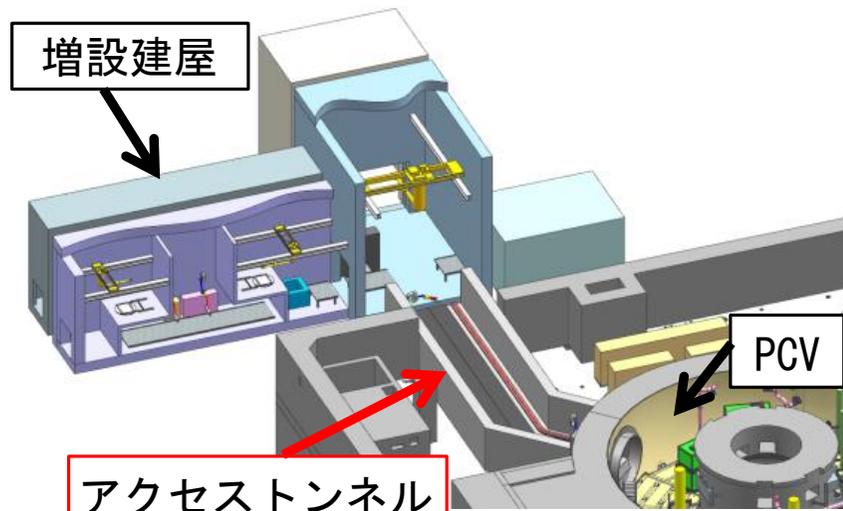
- ・搬出時の冷却方法(冷却の必要性)
- ・搬出時の水素対策

### (2) アクセストンネル

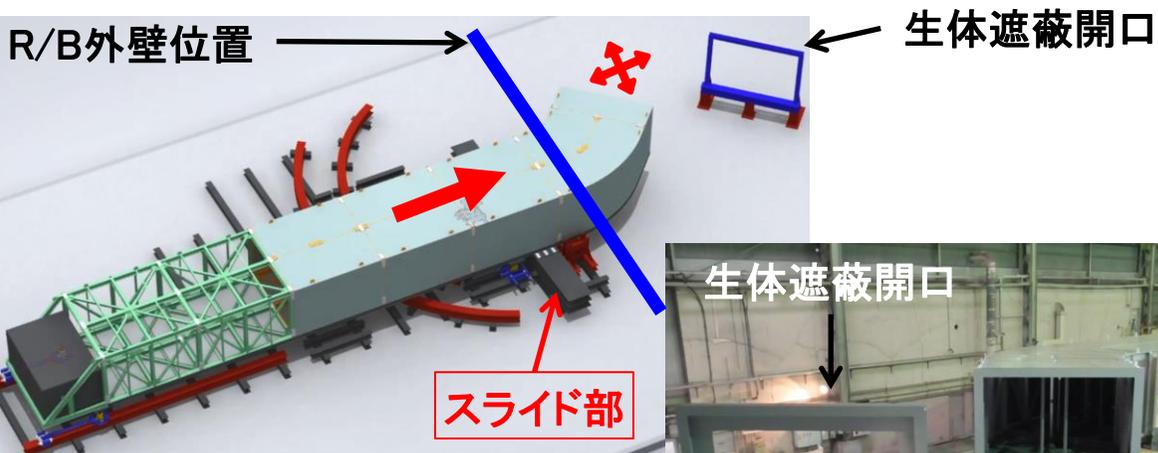
#### 【燃料デブリ・炉内構造物の取り出し工法・システムの高度化(以降、工法・システム高度化:2017-18年度実施)での主な検討成果】

- R/B外の増設建屋とPCVを遮蔽機能を持ったアクセストンネルで接続し、搬出入ルートを構築する。
- 1階床荷重制限を守るため、アクセストンネルの荷重はR/B外壁と生体遮蔽壁で受ける。
- 作業員の被ばく低減のため、R/B外で組立を行い、遠隔で挿入して設定する。

以上について検討し、**形状寸法を模擬**した送り出しに関する要素試験を実施して実現性を確認した。



アクセストンネルの概要



机上検討

スライド部については荷重を模擬した検討が必要(新規開発[6.2)①参照])

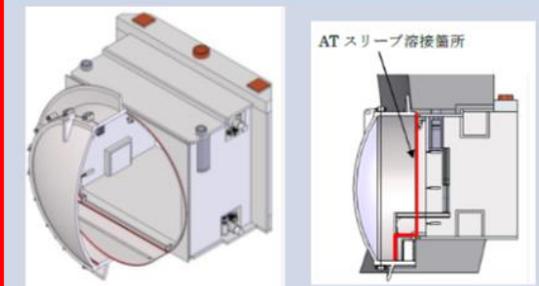
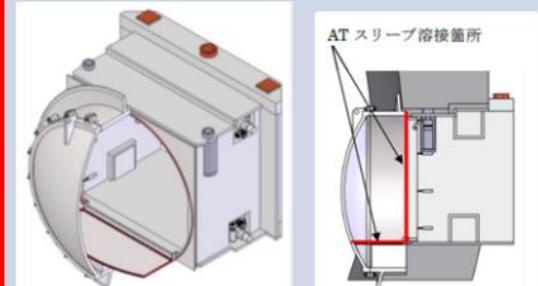


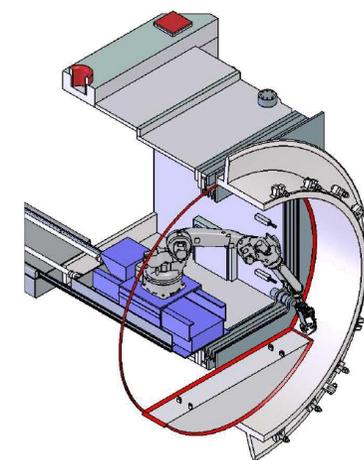
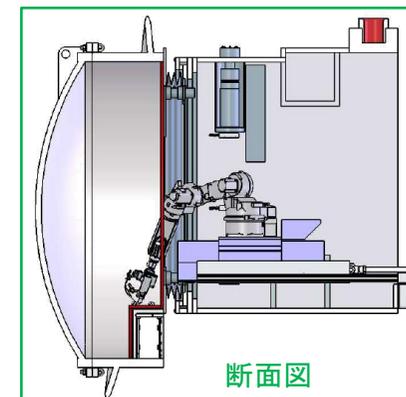
要素試験実施状況

## (2) アクセストンネル

### 【「取り出し規模の更なる拡大」(19-20年度実施)での実施内容: ① アクセストンネルスリーブ(ATスリーブ)の接続方法の検討】

- 複数の溶接接続構造案を検討し、比較評価を実施。下記ケース1を主案として検討した。
- ATスリーブの構造検討後、溶接接続に関する試験を実施した。

		ケース1	ケース2
			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 機器ハッチ内足場は部分撤去</li> <li>• ATスリーブは機器ハッチシェルの端面に溶接</li> <li>• ATスリーブの下側は、足場シールカバーを介して機器ハッチシェルの内面に溶接</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 機器ハッチ内足場は部分撤去</li> <li>• ATスリーブは機器ハッチシェルの端面に溶接</li> <li>• 足場の上にプレートを設置し、ATスリーブの下側と機器ハッチ内面および機器ハッチ扉と溶接</li> </ul>
ATスリーブ内への汚染閉じ込め		◎ 接続部は全て溶接	◎ 接続部は全て溶接
施工性	設置ステップ数	○ 足場撤去あり、耐圧試験1回	△ 足場撤去あり、耐圧試験2回
	開先合わせ(機器ハッチ内)	○ 足場シールカバーと足場撤去部の取合い検討が必要	◎ 足場プレートは置くだけを想定
	溶接作業性	○	○
総合評価		○	△



機器ハッチへのATスリーブ溶接イメージ

## 2. 2017～18年度・2019～20年度実施事業の実績

### (2) アクセストンネル

#### 【「取り出し規模の更なる拡大」(19-20年度実施)での実施内容:② ATスリーブ構造の検討】

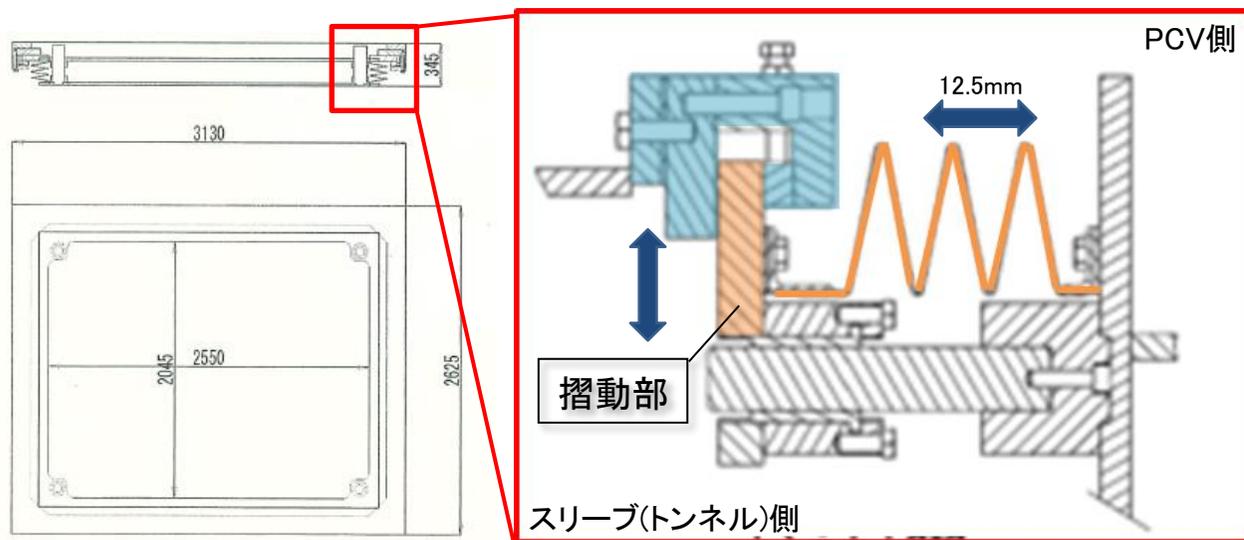
- PCVとアクセストンネルをATスリーブで接続する。ATスリーブはアクセストンネルの荷重を支持すると共に、PCV側に設けた変位吸収機構により地震時の変位を吸収する。
- 変位吸収機構も含めてATスリーブについて検討実施。  
⇒地震時の変位量を考慮すると水平方向に±12.5[mm]の変位量の確保\*が必要。  
適用部分での面間距離は350[mm]程度。  
ベローズ構造等の既存技術での対応は困難のため、新規構造の検討を実施。

鉛直方向変位\*

位置	OP**からのレベル[mm]	評価点 [mm]	鉛直変位 [mm]
ハッチ上端	12905	13490	0.12

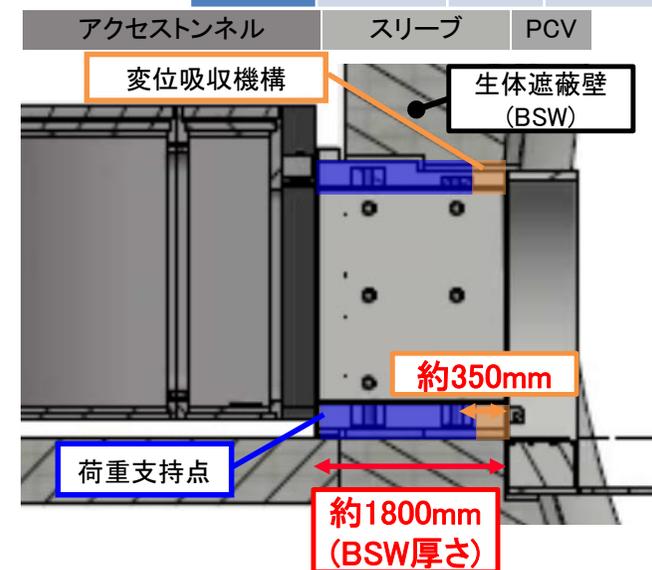
水平方向変位\*

位置	OP**からのレベル[mm]	評価点 [mm]	水平変位 [mm]
ハッチ上端	12905	13490	12.5
ハッチ中央	11260	11180	9
ハッチ下端	9675	9760	7



検討中の変位吸収機構の構造案

変位吸収構造詳細



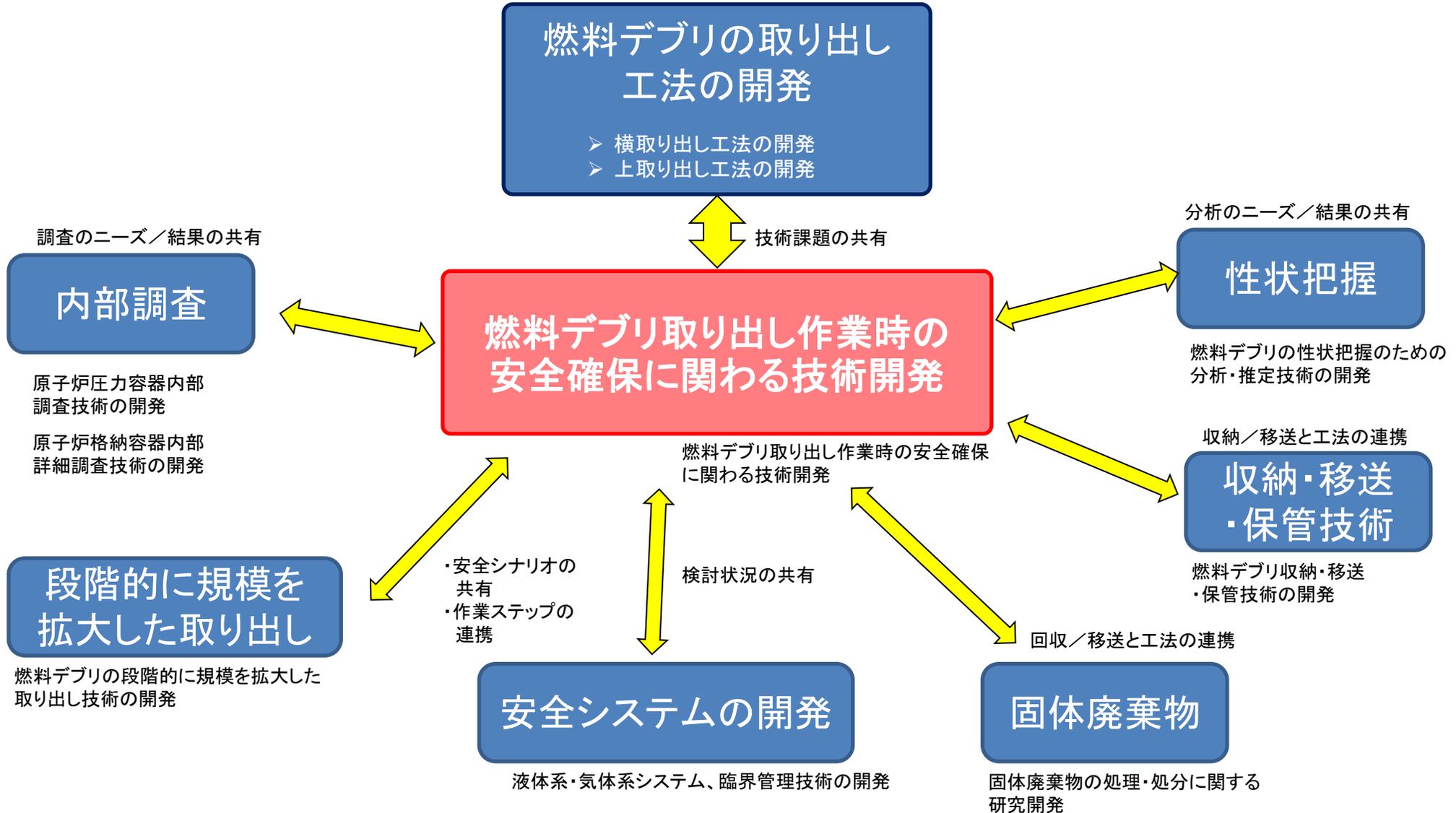
アクセストンネルとPCVとの接続部構造の一例

[補足] トンネルとスリーブは固定されており、地震時はR/Bと一体で動く。  
(地震時の変位は変位吸収機構で吸収)

「取り出し規模の更なる拡大」事業において、変位吸収機構について詳細検討まで実施。  
⇒変位吸収機構の具体化(試作)・要素試験による実現性の確認が必要。(新規開発[6.2]②参照)

### 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	実施方針	該当頁
1) 大型搬出容器の気密機構の開発	<p>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年度からの開発で検討を実施中である。大型構造物を搬出するためには、汚染拡大防止機能及び高線量の収納物に対する遮蔽機能を有する大型搬出容器について開発する必要がある。</p> <p>大型搬出容器の前提条件と必要開発項目を検討した上で、大型搬出容器蓋部の気密・機構の開発を実施する。また、構造物収納後から保管するまでの臨界管理方法の検討を行う。</p>	No. 14～66
2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発	<p>① アクセス用重量構造物の接続構築技術</p> <p>R/Bに設置するアクセス用の新設設備(アクセストンネル、セル等)は数百トン規模の重量構造物であるため、重量構造物の遠隔でのPCVとの接続構築技術の開発を実施する。</p>	No. 70～96
	<p>② 接続部の閉じ込め構造</p> <p>新設設備は接続部の閉じ込め機能を保持するとともに地震時の変位を吸収する機能を設ける必要があるため、PCV接続部の変位吸収構造の開発を実施する。</p>	No. 97～127

## 3. 本事業の概要

### 3.3 本プロジェクトを進めるうえでの留意事項

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】

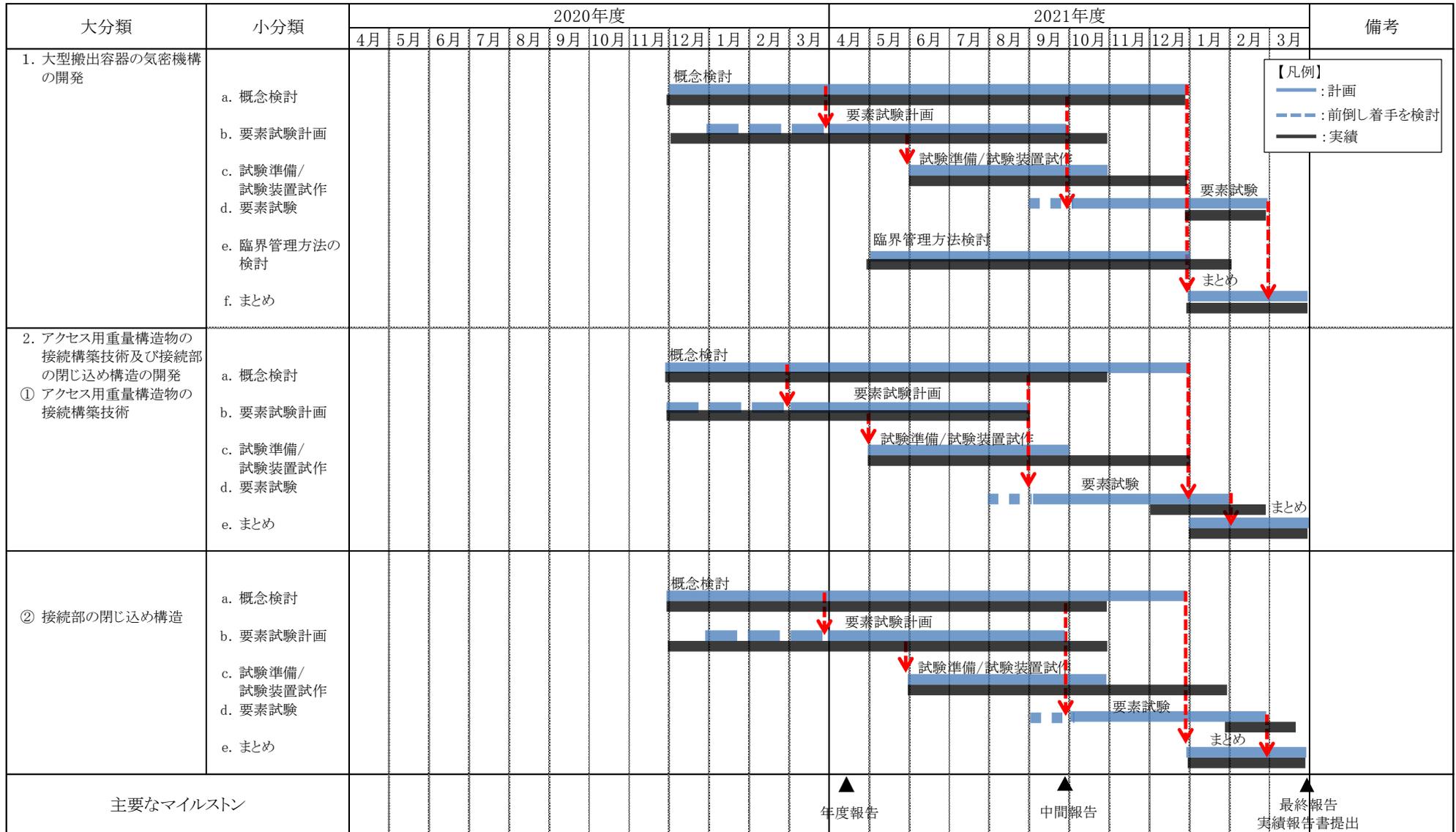
大規模な燃料デブリ取り出し作業時における公衆、作業員の安全を確保するために重要となる、構造物を搬出するための大型搬出容器の気密機構およびPCVに接続するアクセス用の新設設備の遠隔接続・接続部の閉じ込め技術について検討を実施する。

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

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) 実施スケジュール



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】**

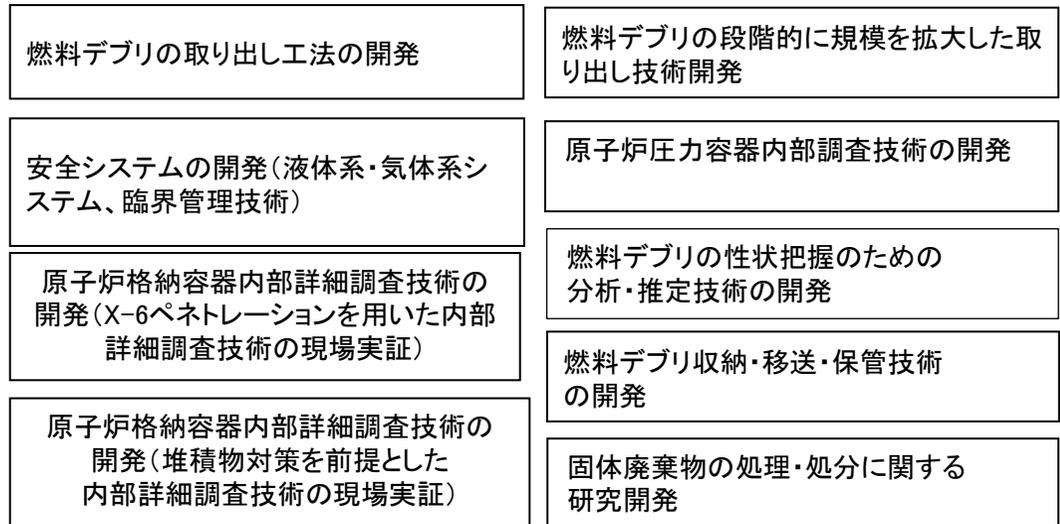
(1) 大型搬出容器の気密機構の開発

(2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

**【外注の内容】**

- ・大型搬出容器の気密機構に関する技術開発、重量構造物の移送(旋回)に関する技術開発、接続部の閉じ込めに関する技術開発 (東鋳商事株式会社)
- ・大型搬出容器の気密機構に関する試験実施 (三菱重工業株式会社(旧三菱パワー株式会社))
- ・大型搬出容器の気密機構開発に関する設計補助 (株式会社ジェイテック)
- ・アクセス用重量構造物開発に関する設計補助 (株式会社日立プラントコンストラクション)

### 連携する開発プロジェクトチーム

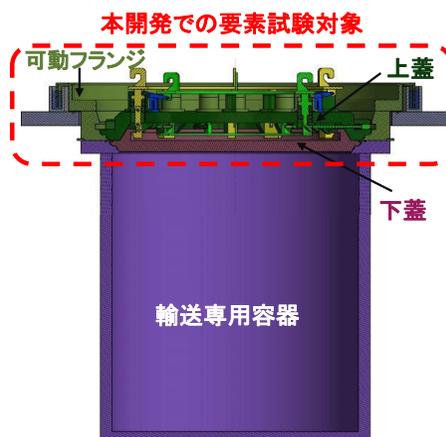


## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

### ご説明項目

備考

公募の開発項目	実施方針	備考
1) 大型搬出容器の気密機構の開発	<p>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年度からの開発で検討を実施中である。大型構造物を搬出するためには、汚染拡大防止機能及び高線量の収納物に対する遮蔽機能を有する大型搬出容器について開発する必要がある。</p> <p>大型搬出容器の前提条件と必要開発項目を検討した上で、大型搬出容器蓋部の気密・機構の開発を実施する。また、構造物収納後から保管するまでの臨界管理方法の検討を行う。</p>	
2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発	<p>① アクセス用重量構造物の接続構築技術 R/Bに設置するアクセス用の新設設備(アクセストンネル、セル等)は数百トン規模の重量構造物であるため、重量構造物の遠隔でのPCVとの接続構築技術の開発を実施する。</p> <p>② 接続部の閉じ込め構造 新設設備は接続部の閉じ込め機能を保持するとともに地震時の変位を吸収する機能を設ける必要があるため、PCV接続部の変位吸収構造の開発を実施する。</p>	



大型搬出容器(輸送専用容器)概念

### 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

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年度からの開発で検討を進めている。

その成立のためには、構造物の原子炉からの切り離しと大型構造物の搬出が必要になるが、後者に用いる大型搬出容器について、汚染拡大防止機能及び高線量の収納物に対する遮蔽機能を有するものとして開発する必要がある。

大型搬出容器の前提条件と必要開発項目を検討したうえで、大型搬出容器蓋部の気密・遮蔽構造の開発、漏洩率の評価(必要に応じて評価方法の調査)、大型搬出容器によるR/B(又は増設建屋)からの搬出システムの概念検討を行う。また、蓋部気密構造に関する要素試験を実施し、技術の成立性を確認する。併せて、燃料デブリが付着した大型構造物を一体で収納する大型搬出容器の臨界安全の確保についても検討を行う。これらの検討、開発を踏まえて大型搬出容器の現場適用性に関する評価と課題整理を行う。

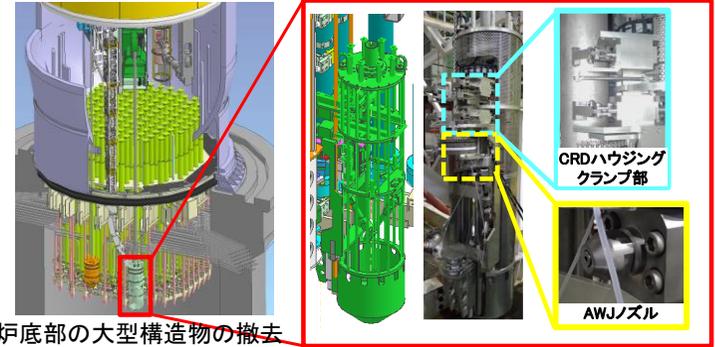
# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

基盤技術高度化(2017-18年度実施)

### 【PCV内細断工法の検討】

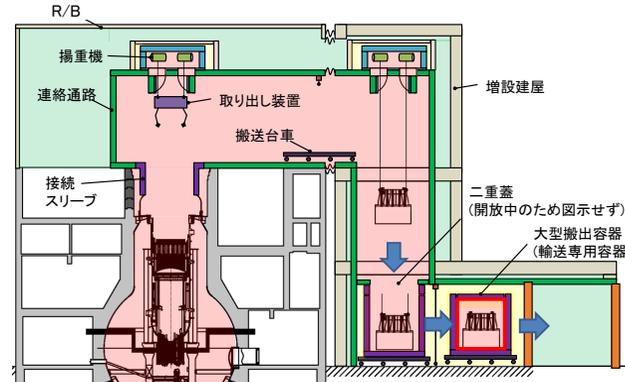
- 炉底部構造物模擬体を用いた要素試験の実施
- スループット試算、課題の抽出



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】

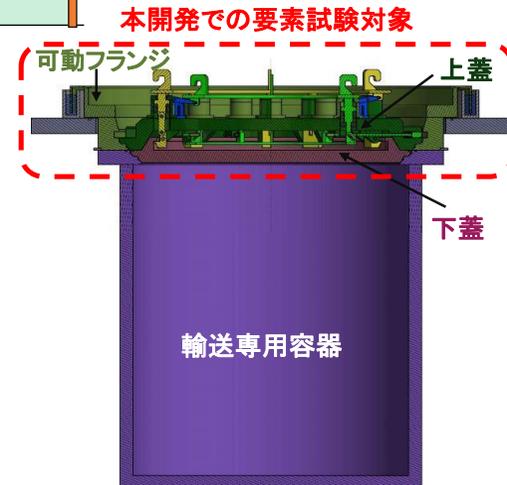
- 炉底部解体に関する要素試験の実施
- 大型搬出容器に関する概念検討
- 容器収納までの臨界管理方法の検討



今回実施

### 【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



燃料デブリの取り出し工法の開発(工法PJ)での検討項目

- 大型搬出容器本体の実現性確認(製作性等)
- 大型切断工法、搬送装置の実現性確認 等

大型搬出容器(輸送専用容器)概念

## 6. 本事業の実施内容

### 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

#### 【課題】

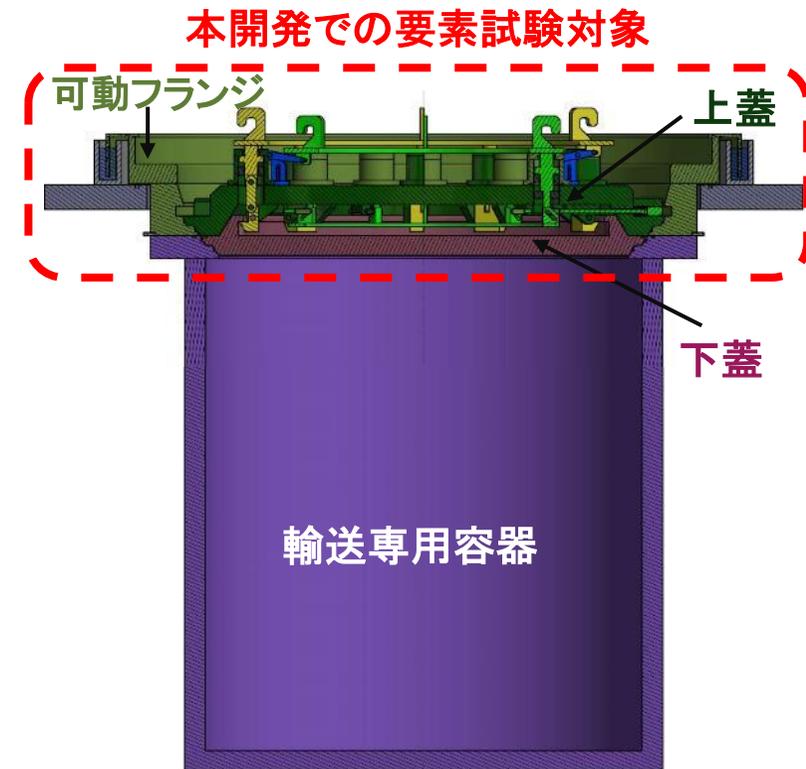
- 大型搬出容器蓋部分の遮蔽を考慮した気密構造の概念検討。
- 検討した蓋部分の気密構造の実現性確認。
- 燃料デブリ付着構造物を大型搬出容器に収納し、別建屋に移送して保管するまでの臨界管理方法。

#### 【実施内容】

- 大型構造物や高線量の汚染物を搬出するための、大型搬出容器に関する汚染拡大防止機能(気密構造)の検討を行う。
- 高線量の構造物が収納されることを考慮し、大型搬出容器の遮蔽構造の検討を行う。
- 蓋部分の漏洩率の評価(必要に応じて調査)を行うために概念検討を実施し、試験条件を検討したうえで試験計画を立案する。
- 要素試験を行い、検討した蓋部分の気密構造の実現性を確認する。  
(試験では、下蓋表面汚染防止のための上蓋－下蓋接続状態での気密性および下蓋－容器接続状態での蓋部分の気密性について確認する計画)
- 燃料デブリが付着した構造物を容器に収納し、別建屋に移送して保管するまでの臨界管理方法の検討を行う。

#### 【得られる成果】

- 大型搬出容器蓋部分の遮蔽を考慮した気密構造の提示。
- 構造物収納後、保管するまでの臨界管理方法の提示。

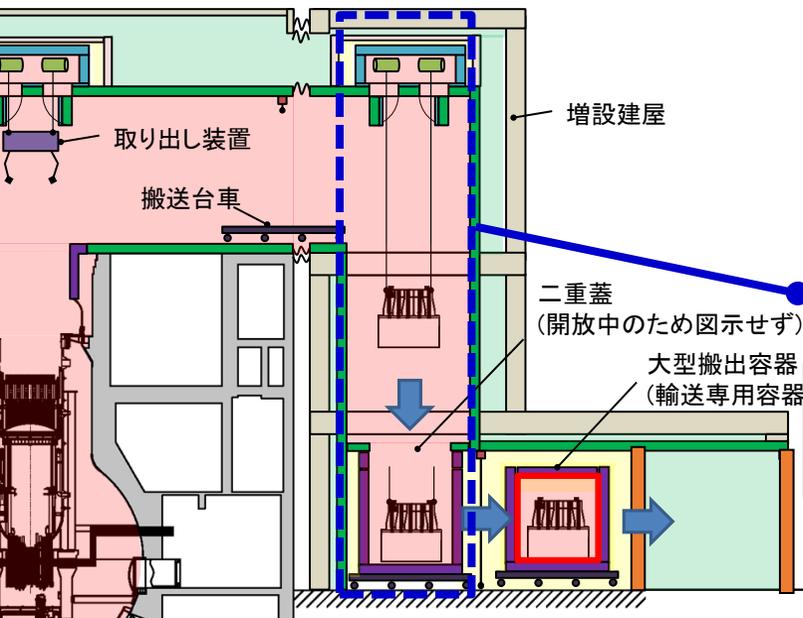


大型搬出容器(輸送専用容器)  
の概念

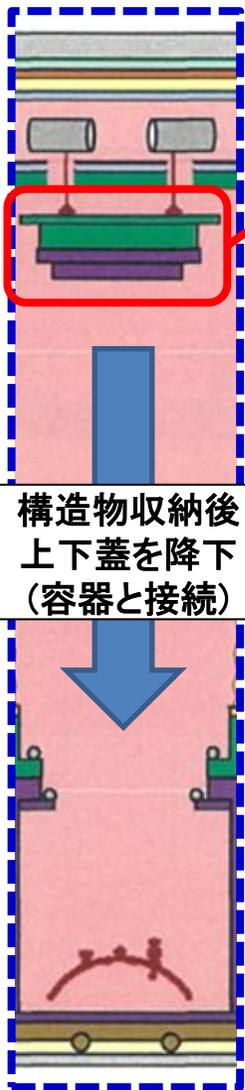
# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

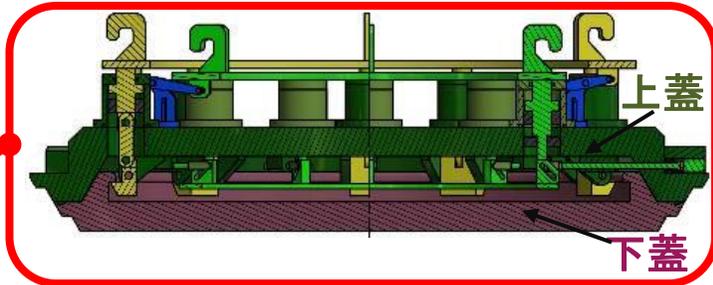
【輸送専用容器の適用方法】



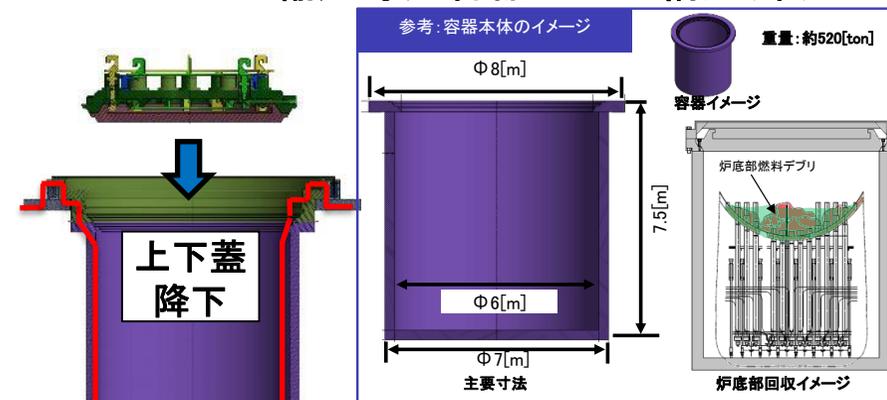
検討中の一体搬出工法



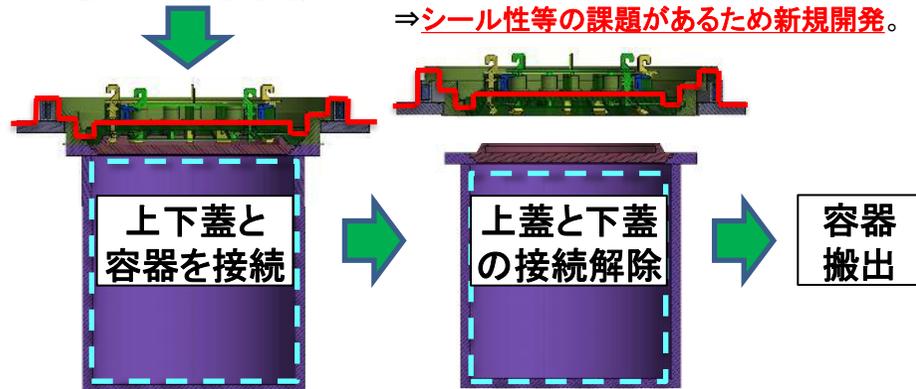
本開発での要素試験対象



輸送専用容器二重蓋構造(案)



・既存技術でΦ6[m]の二重蓋はない  
⇒シール性等の課題があるため新規開発。



輸送専用容器の搬出手順(案)\*

容器が大型であり、汚染拡大防止のためのオーバーパックが困難  
⇒二重蓋を用いることで容器表面の汚染が防止でき、オーバーパック不要

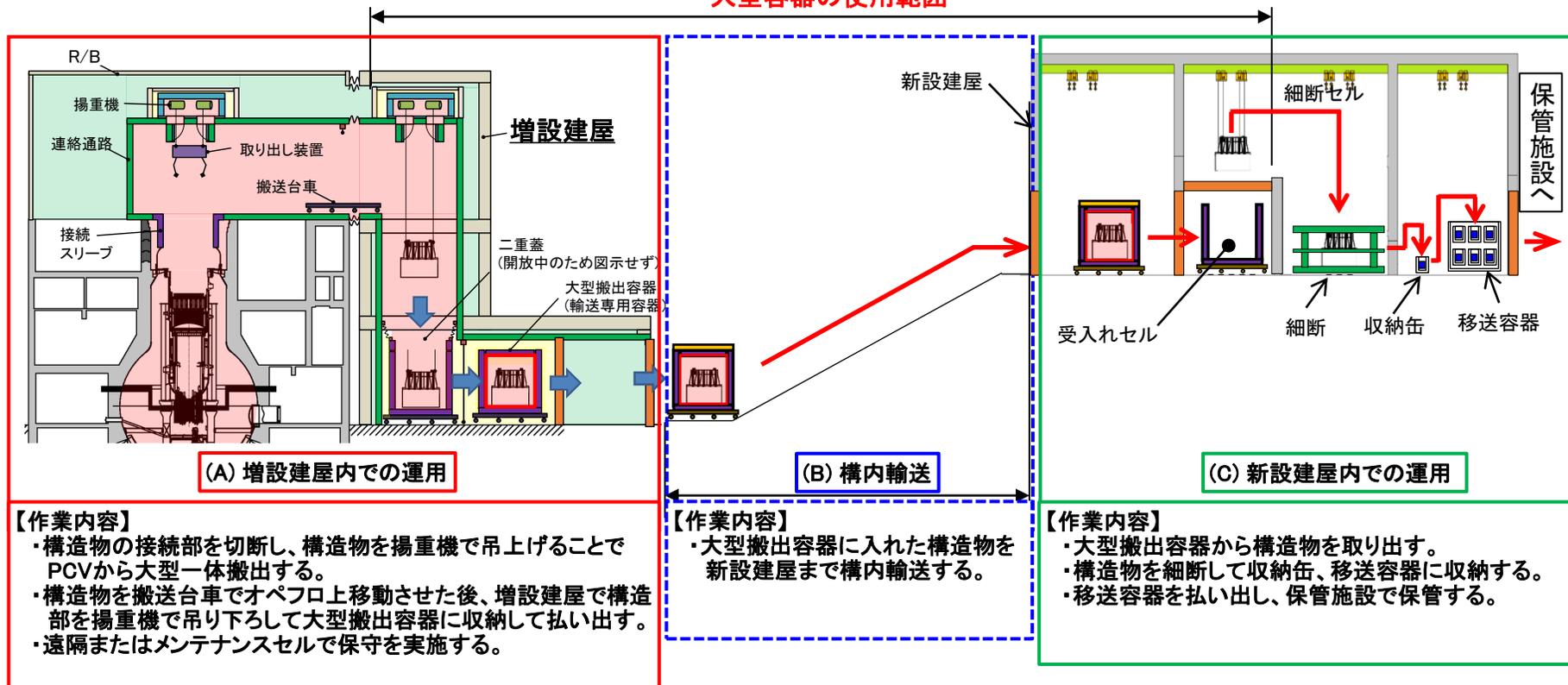
## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

### 【大型搬出容器概要】

大型搬出容器の検討に当たっては、2019-20年度実施の取り出し規模の更なる拡大PJでの大型一体搬出工法および大型搬出容器に関する概念検討結果を基に検討を実施する。

大型搬出容器は、①増設建屋内での運用、②構内輸送、③新設建屋での運用の3つの場面で使用され、各場面において運用および要求される機能が異なり、今回は増設建屋での運用を中心に検討を行う。

大型容器の使用範囲

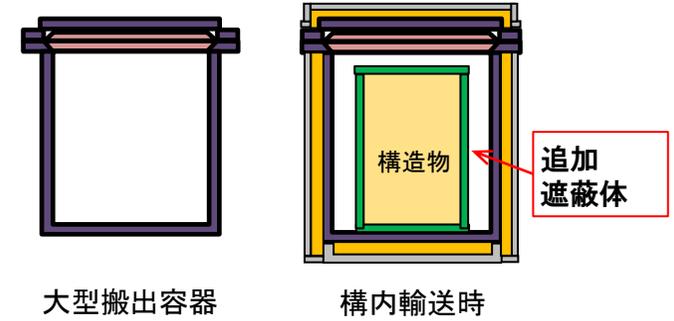


# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

### 【大型搬出容器に関する基本方針・仕様】

- ・収納する構造物に関係なく、共通仕様の容器を用いる。
- ・構造物(線量)に応じ、追加遮蔽体を設置する。  
 ⇒ 共通仕様の大型搬出容器の気密機構の要素試験を実施する。
- ・容器は輸送専用として、繰り返し使用する。  
 ⇒ 二重蓋を複数回開閉することや輸送時の振動等を考慮し、ゴム系のOリングを使用する。



項目	容器仕様	備考
用途	構内輸送容器	
搬送対象物	ドライヤ、セパレータ、上部格子板、炉心部、炉底部 他	
共通仕様容器概算寸法	Φ6000 × H7500[mm]	代表構造物を収納可能な容器形状
共通仕様容器概算重量	520[ton]	容器本体、二重蓋のみ(構造物含まず)
内容物最大線量率	1000Sv/h	
遮蔽厚(γ線)	280[mm]	線量の高い構造物については別途追加遮蔽体130[mm]
遮蔽厚(中性子線)	100[mm]	
セル内圧力	-400 [PaG]	PCV内(レッド区域)-400[Pa]と接続した状態で蓋閉め
容器表面設計温度	130[°C]	燃料デブリの発熱を考慮
使用回数	未定	複数回使用を検討
主材質	低合金鋼	
シール部材質	ゴム系Oリング	二重蓋を複数回開閉すること、輸送時の振動を考慮

# 6. 本事業の実施内容

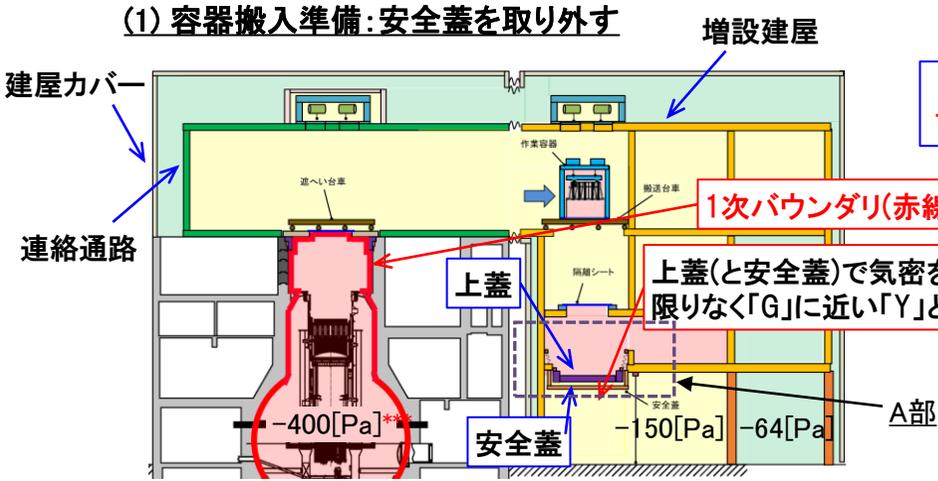
## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【大型一体搬出工法での構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップ(1/7)】

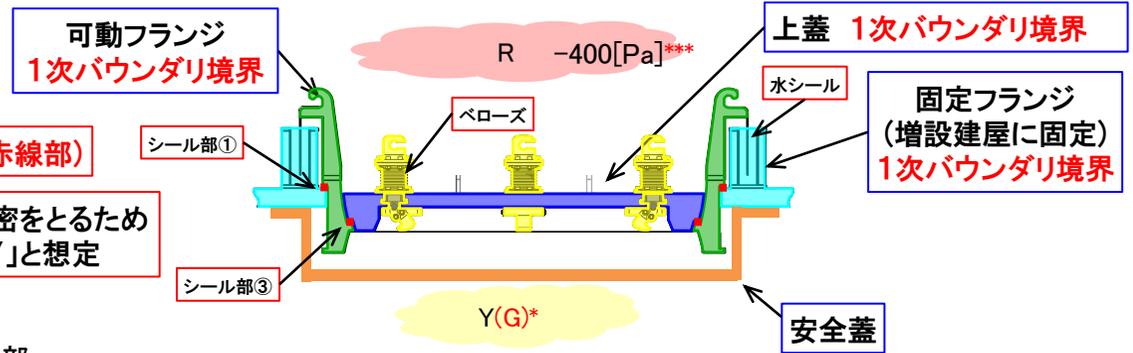
構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップおよび1次バウンダリを以下に示す。

【注記】  
 R:レッド(高汚染)区域  
 Y:イエロー(中汚染)区域  
 G:グリーン(低汚染)区域

(1) 容器搬入準備:安全蓋を取り外す

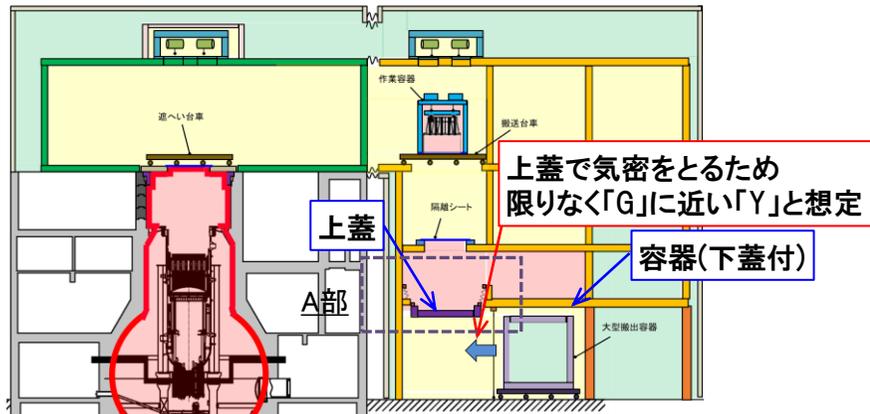


A部拡大

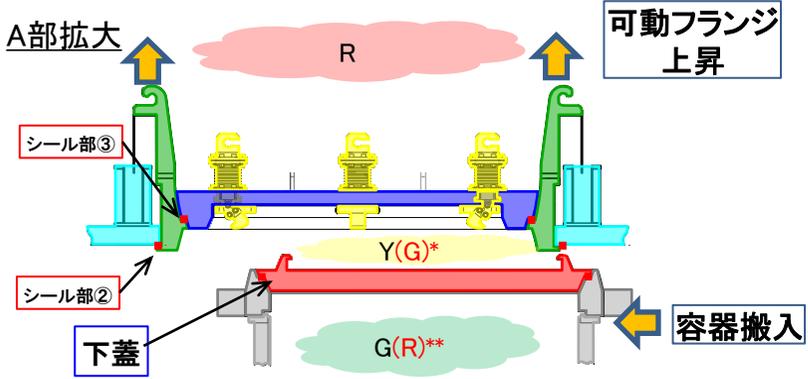


(1): 容器搬入準備:安全蓋を取り外す

(2) 容器搬入:大型搬出容器を搬入



A部拡大



(2)-1: 可動フランジを上昇  
 (2)-2: 大型搬出容器を搬入(容器は水平方向の移動のみ)

\*限りなく「G」に近い「Y」と想定 \*\*輸送専用容器の再使用時は、容器内は「G」とはならない可能性がある \*\*\*圧力は想定値

# 6. 本事業の実施内容

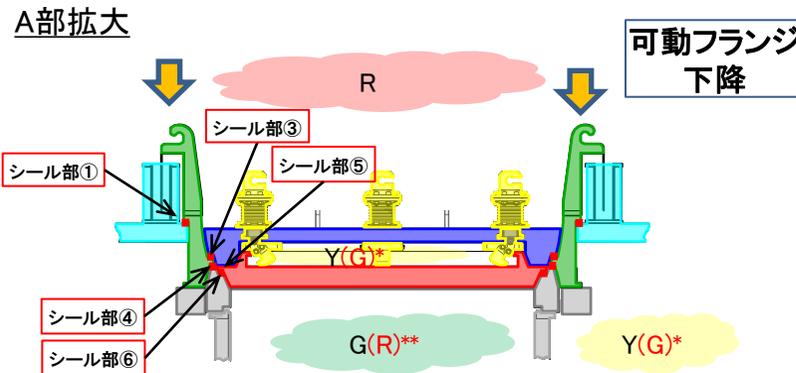
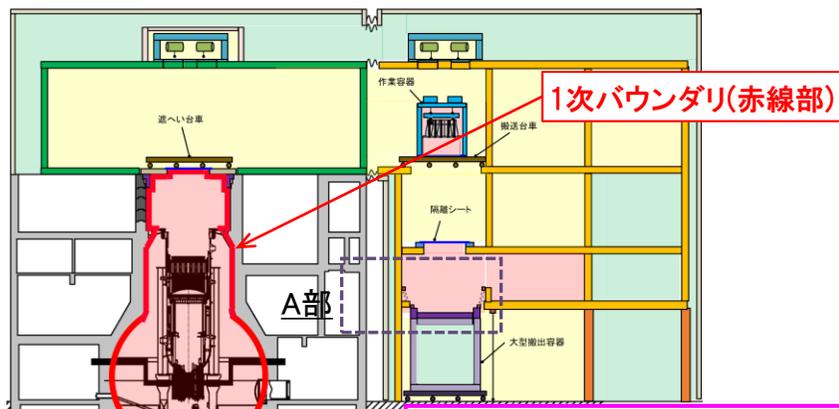
## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【大型一体搬出工法での構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップ(2/7)】

構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップおよび1次バウンダリを以下に示す。

【注記】  
 R:レッド(高汚染)区域  
 Y:イエロー(中汚染)区域  
 G:グリーン(低汚染)区域

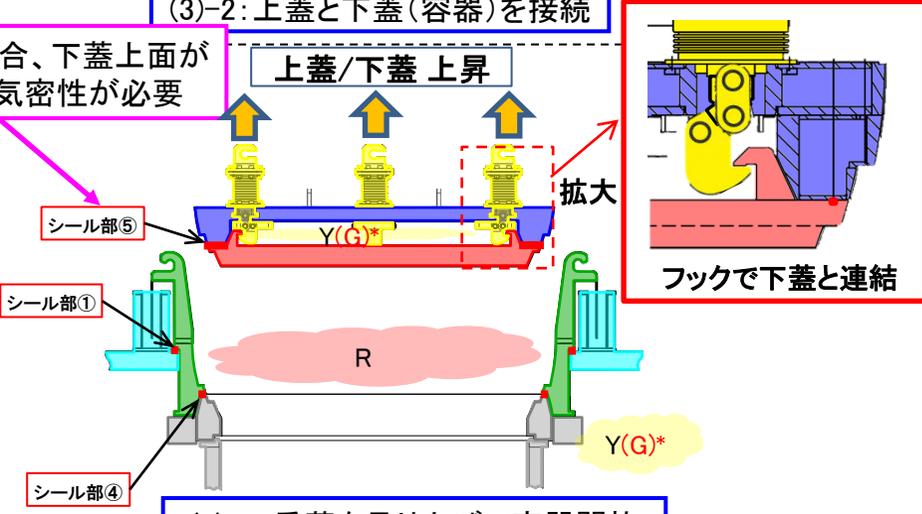
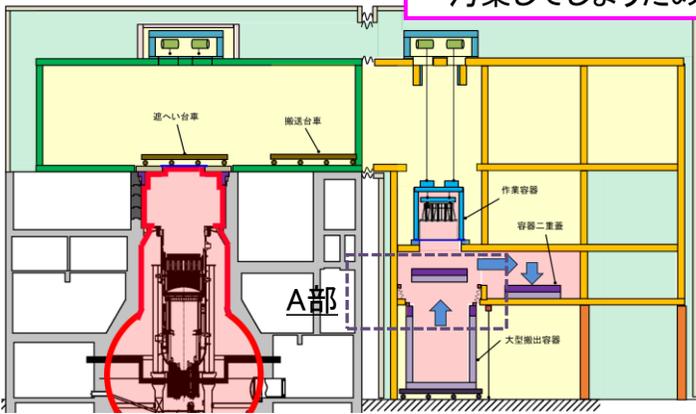
### (3) 容器接続:上蓋と下蓋(容器)を接続



(3)-1: 可動フランジを下降  
 (3)-2: 上蓋と下蓋(容器)を接続

### (4) 二重蓋吊り上げ、容器開放

上蓋・下蓋間の気密が不完全な場合、下蓋上面が汚染してしまうため、ある程度の気密性が必要



(4): 二重蓋を吊り上げて容器開放

\* 限りなく「G」に近い「Y」と想定 \*\* 輸送専用容器の再使用時は、容器内は「G」とはならない可能性がある

# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

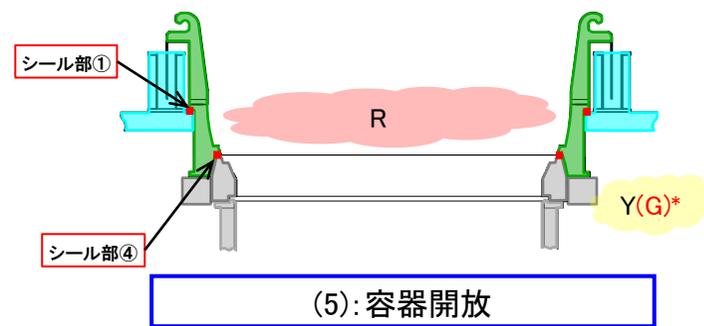
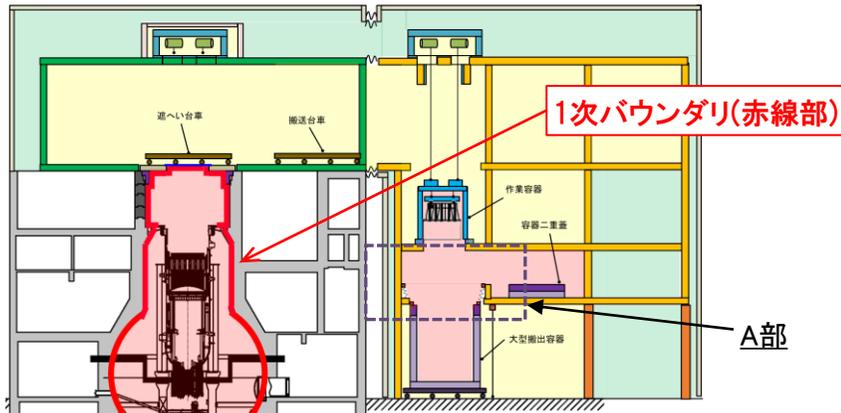
【大型一体搬出工法での構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップ(3/7)】

構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップおよび1次バウンダリを以下に示す。

【注記】  
R:レッド(高汚染)区域  
Y:イエロー(中汚染)区域  
G:グリーン(低汚染)区域

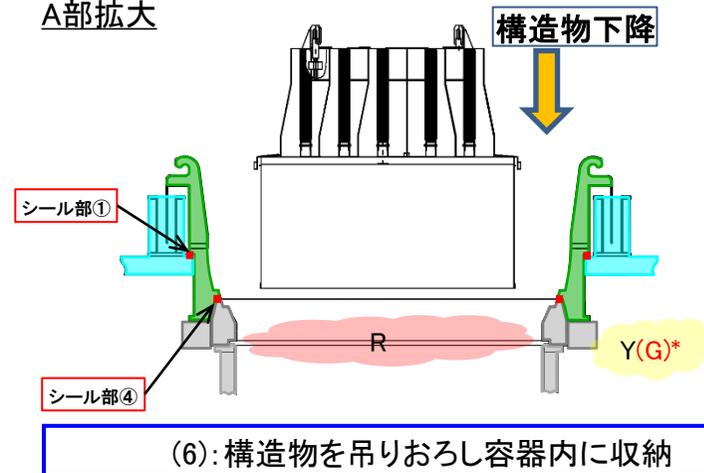
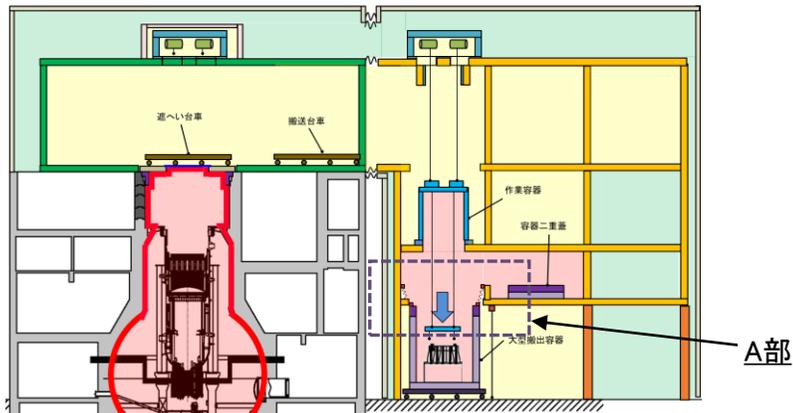
### (5) 容器開放完了

A部拡大



### (6) 構造物収納

A部拡大



\*限りなく「G」に近い「Y」と想定

# 6. 本事業の実施内容

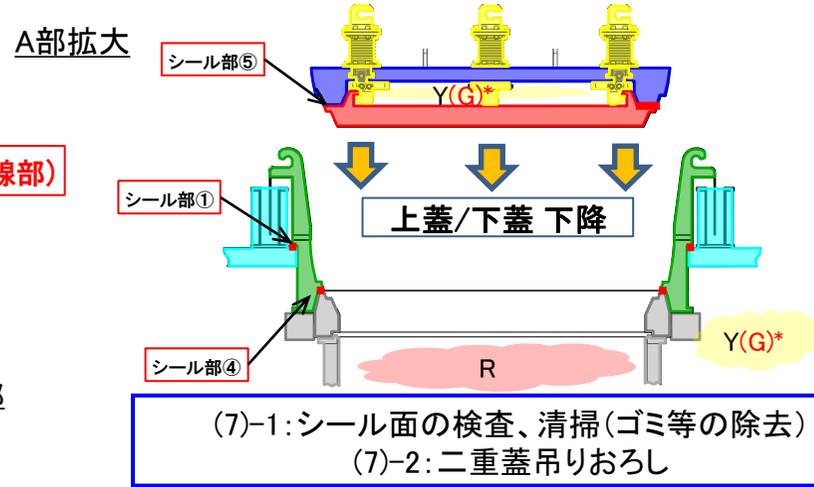
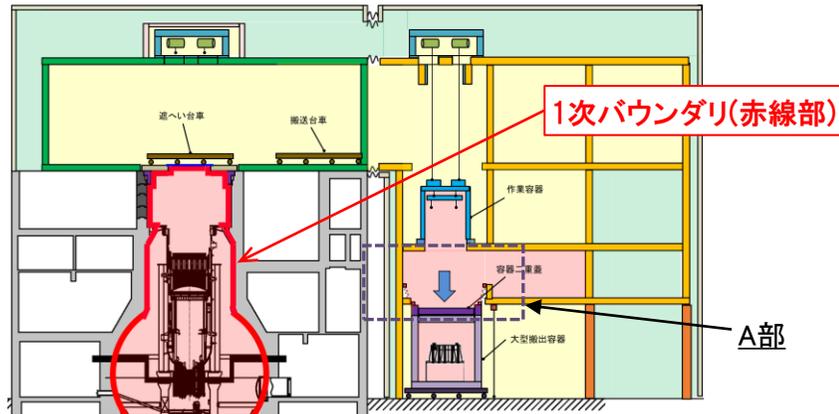
## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【大型一体搬出工法での構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップ(4/7)】

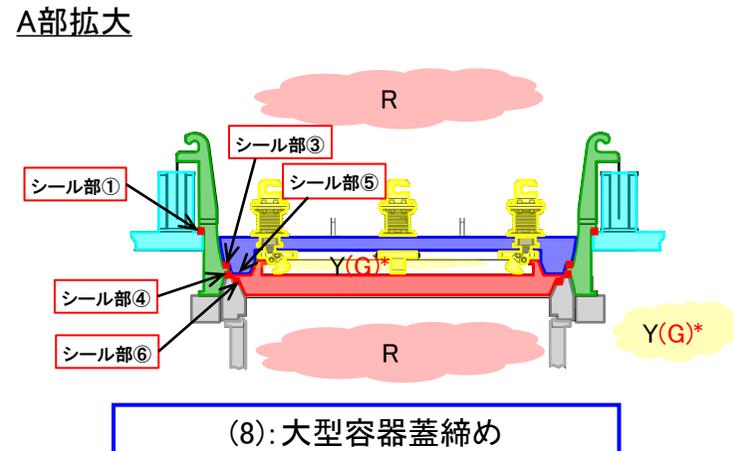
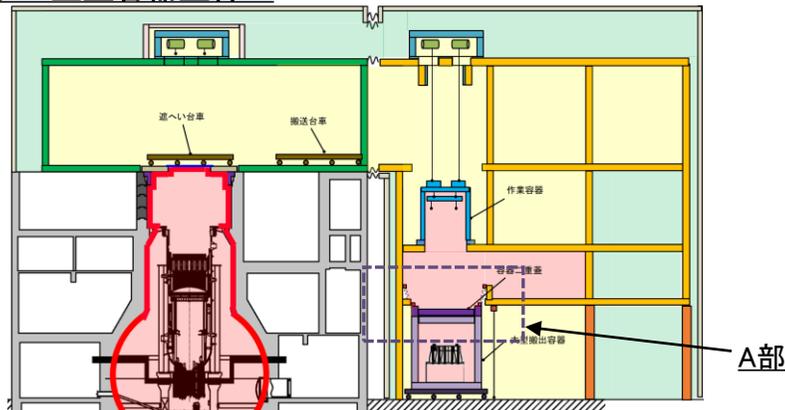
構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップおよび1次バウンダリを以下に示す。

【注記】  
R:レッド(高汚染)区域  
Y:イエロー(中汚染)区域  
G:グリーン(低汚染)区域

### (7) 二重蓋吊り下ろし



### (8) 二重蓋容器蓋締め



\*限りなく「G」に近い「Y」と想定

# 6. 本事業の実施内容

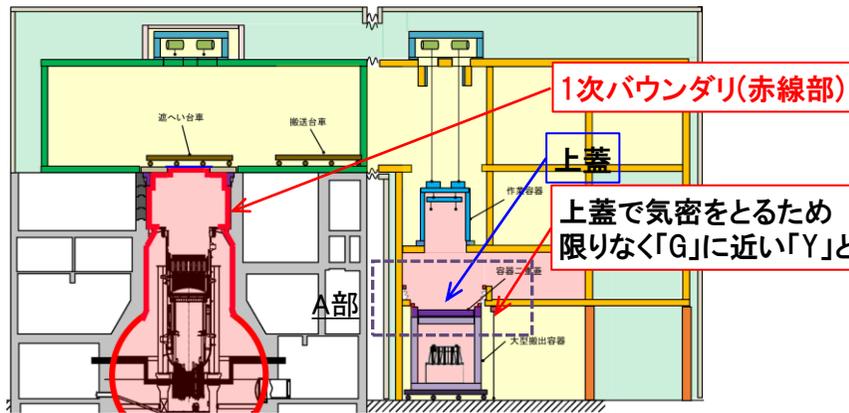
## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【大型一体搬出工法での構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップ(5/7)】

構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップおよび1次バウンダリを以下に示す。

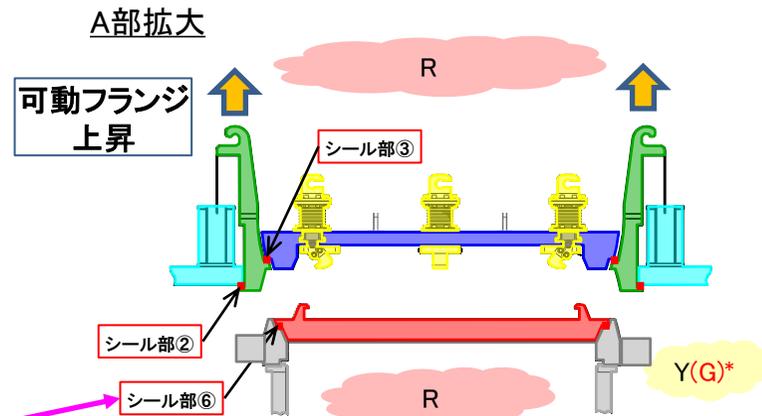
(9) 容器切り離し: 上蓋と下蓋の連結を解除

【注記】  
R: レッド(高汚染)区域  
Y: イエロー(中汚染)区域  
G: グリーン(低汚染)区域



1次バウンダリ(赤線部)

上蓋  
上蓋で気密をとるため  
限りなく「G」に近い「Y」と想定



容器は下蓋の自重でOリングを潰した状態で担保する。

(9)-1: 可動フランジ上昇  
(9)-2: 上蓋と下蓋の連結を解除

\*限りなく「G」に近い「Y」と想定

# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【大型一体搬出工法での構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップ(6/7)】

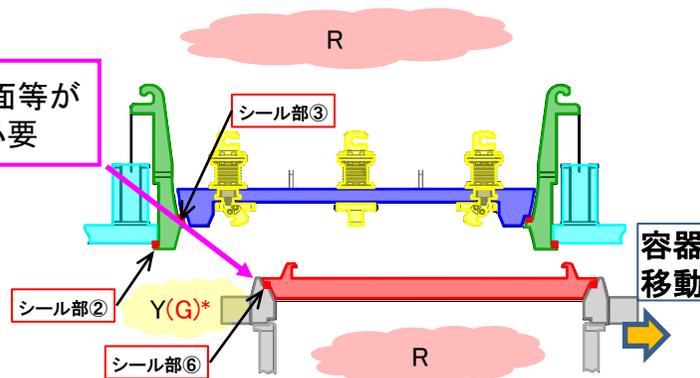
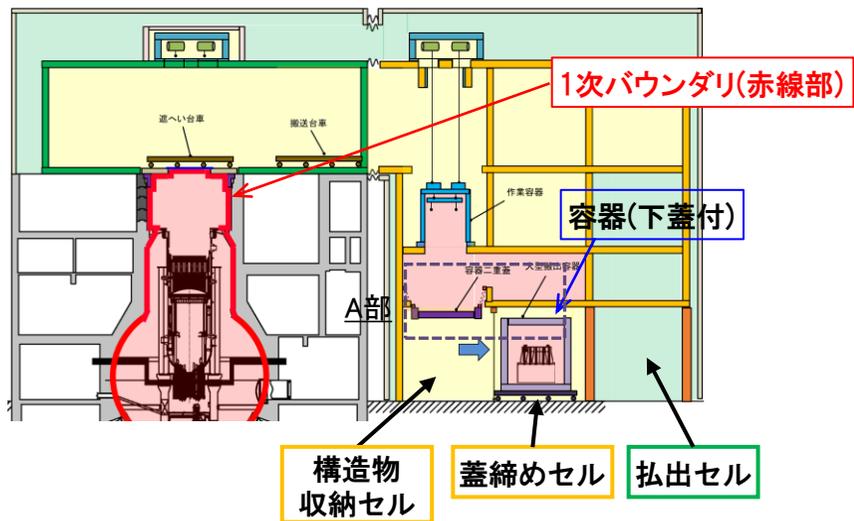
構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップおよび1次バウンダリを以下に示す。

(10) 容器搬出: 大型搬出容器を搬出

A部拡大

【注記】  
R:レッド(高汚染)区域  
Y:イエロー(中汚染)区域  
G:グリーン(低汚染)区域

下蓋・容器間の気密が不完全な場合、容器外面等が汚染してしまうため、ある程度の気密性が必要



(10)-1: 大型容器を次の蓋締めセルに移動



(10)-2: 大型容器を蓋締めセルに移動

\*限りなく「G」に近い「Y」と想定

# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

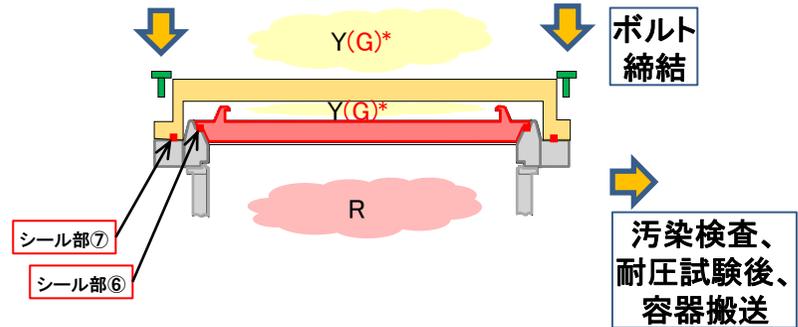
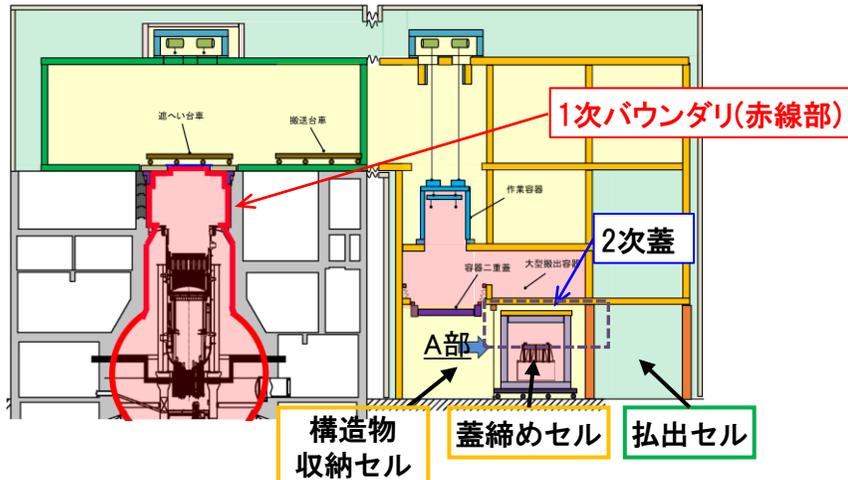
【注記】  
 R:レッド(高汚染)区域  
 Y:イエロー(中汚染)区域  
 G:グリーン(低汚染)区域

【大型一体搬出工法での構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップ(7/7)】

構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップおよび1次バウンダリを以下に示す。

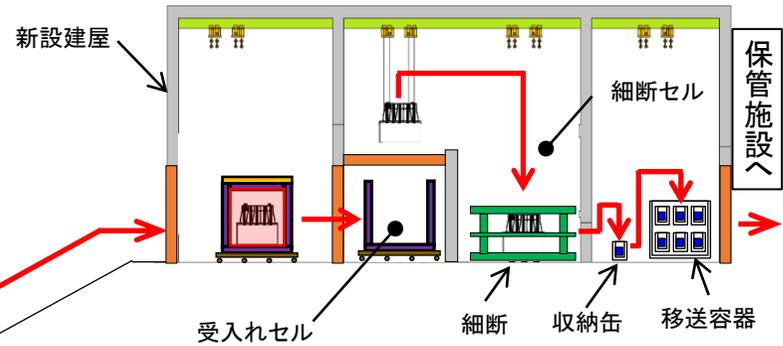
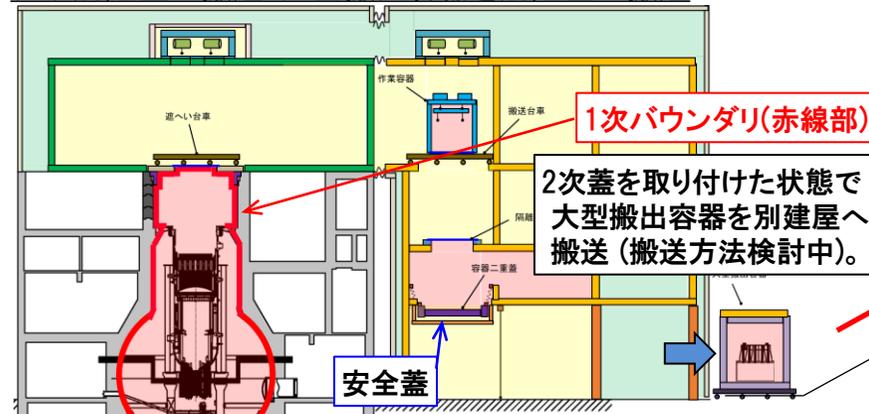
(11) 2次蓋取り付け: 構内輸送用に2次蓋を取り付け

A部拡大



(11)-1: 大型容器に構内輸送用蓋(2次蓋)を取り付け  
 (11)-2: 汚染検査、耐圧試験後払出セルへ移動

(12) 別建屋へ搬送: 大型搬出容器を別建屋へ搬送



(12): 大型搬出容器を別建屋へ搬送

# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

### 【輸送専用容器 蓋運用時の課題(1/2)】

二重蓋運用ステップを基に、主要ステップでの蓋運用時の課題について整理した。

【注記】  
 R:レッド(高汚染)区域  
 Y:イエロー(中汚染)区域  
 G:グリーン(低汚染)区域

	1. 容器搬入・接続	2. 容器開放	3. 容器閉	4. 容器切り離し
ステップ図				
内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>下蓋が接続された容器本体を搬入し、可動フランジ直下に位置合わせする。</li> <li>可動フランジを下降させ、容器本体と可動フランジを接続する。(上蓋と下蓋も接続)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>上蓋・下蓋を連結した状態で吊り上げ、容器を開放する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>構造物収納後、上蓋・下蓋を連結した状態で吊り下げる。</li> <li>上蓋・下蓋の連結を解除し、下蓋を容器本体に着座させ、上蓋を可動フランジに着座させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可動フランジを上昇させ、容器を切り離す。</li> </ul>
主な課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>A) 容器搬入方法</li> <li>B) 容器位置決め方法</li> <li>C) 蓋開閉機構(上蓋と下蓋の接続)</li> <li>D) 接続確認方法(可動フランジと容器本体、上蓋と下蓋)</li> <li>E) シール部の気密性(シール部①④⑤)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A) 吊り上げた際のシール部⑤の気密性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A) 蓋開閉機構(上蓋と下蓋の脱着)</li> <li>B) 接続確認方法(下蓋と容器本体、上蓋と可動フランジ)</li> <li>C) シール部の気密性(シール部③⑥)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A) 容器を切り離して良いかの判断基準</li> <li>B) シール部の気密性(シール部②)</li> </ul>

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

### 【輸送専用容器 蓋運用時の課題(2/2)】

: 今回試験実施範囲

ID.	課題	内容	検討	試験	備考
1	容器搬入方法	容器は車両に積載した状態で搬入する計画であり、その方法を検討する、	○	—	既存技術を適用
2	容器位置決め方法	容器を積載した車両での位置合わせは困難であるため、車両と容器の間に位置調整機構を設けることを検討する。	○	—	既存技術を適用
3	蓋開閉機構	上蓋と下蓋の接続・脱着方法を検討し、要素試験により実現性を確認する。	○	○	
4	接続確認方法	遠隔での接続確認方法を検討し、要素試験にて確認する。 [対象] 上蓋と下蓋、下蓋と容器本体、上蓋と可動フランジ	○	○	
5	シール部の気密性	シール方法について検討し、要素試験によりシール性能を確認する。 試験対象は、遠隔で着座する部分である上蓋および下蓋に関する次の3か所とする。 ・シール部③: 可動フランジ-上蓋間 ・シール部⑤: 上蓋-下蓋間 ・シール部⑥: 下蓋-容器間	○	○	
6	吊り上げた際のシール部⑤(上蓋-下蓋間)の気密性	上蓋と下蓋一体で吊り上げた際にシール部の気密性が維持できるようなシール方法を検討する。 ⇒二重蓋の運用上発生する間隙であるD部(詳細はNo.37参照)の気密が確保できていればシール部⑤の気密が保持できていることから、吊り上げ時も問題ないと考えられるため、試験は実施しない。	○	—	上記ID.5で代替
7	容器を切り離して良いかの判断基準	容器を切り離し、搬出して良いかの判断基準を検討し、要素試験で妥当性を確認する。	○	○	

⇒ID.3~5および7について、要素試験を実施する。

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

### 【試験計画】

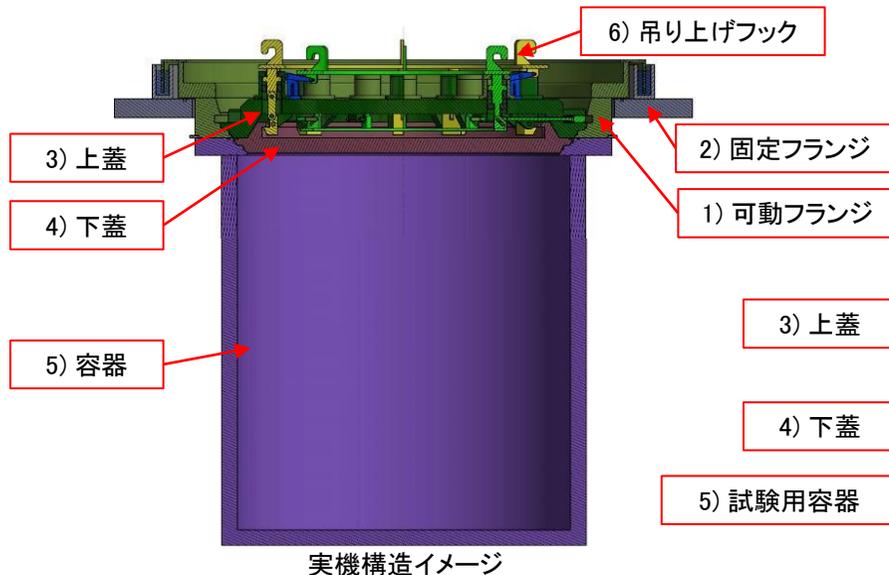
ID.	項目	内容	監視・測定 記録項目	判定基準
1	蓋開閉機構の妥当性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● フック操作による蓋開閉機構の動作確認</li> <li>● 下蓋を設置して、フックで上蓋を吊り上げた際の上蓋および下蓋の取り付け確認および隙間等の確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 異音、ガタなど</li> <li>➢ 上蓋と下蓋の取り付け</li> <li>➢ 隙間(リングの潰し量)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 正常に動作すること。</li> <li>➢ 寸法通りであること。</li> <li>➢ リングの仕様および設計の範囲内であること。</li> </ul>
2	接続確認方法の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 上蓋と下蓋、下蓋と容器本体および上蓋と可動フランジが接続できたことを遠隔で確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 隙間(リングの潰し量)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ リングの仕様および設計の範囲内であること。</li> </ul>
3	気密性能	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 各ステップにおける気密性の確認</li> <li>● 接続対象が芯ずれした場合の気密性の確認 (芯ずれがある場合でも気密性が担保できることを確認し、増設建屋での容器位置合せ精度の仕様検討に反映する。)</li> <li>● 対象は、シール部③:可動フランジ-上蓋間、シール部⑤:上蓋-下蓋間、シール部⑥:下蓋-容器間とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 隙間(リングの潰し量)</li> <li>➢ 圧力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ リングの仕様および設計の範囲内であること。</li> <li>➢ 漏洩率0.1[vol%/h]以下 (詳細は後述する。)</li> </ul>
4	再現性の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 複数回試験を行い、監視項目について再現があることを確認</li> </ul>	上記1~3項目と同じ	—
5	容器を切り離して良いかの判断基準	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 上蓋と下蓋を設置して吊天秤を降下していくことでフックの接続が解除できたことを遠隔で確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ フックの位置</li> <li>➢ ワイヤのたるみ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ フックが下蓋のラグから外れていること。</li> </ul>

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【要素試験での確認項目(実機模擬範囲)】

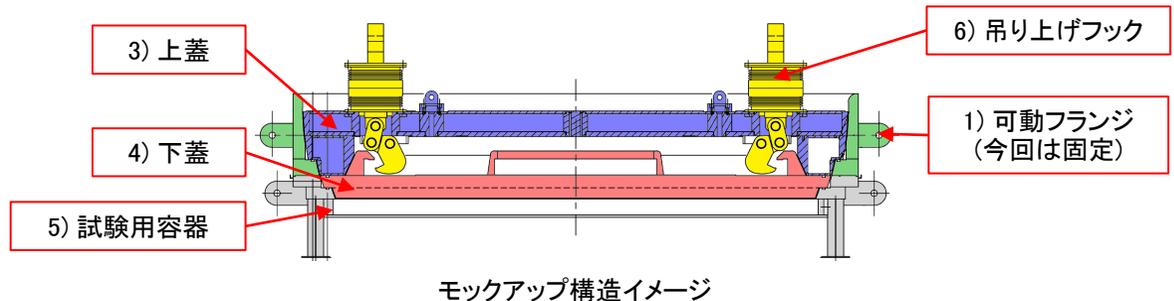
開発試作対象

ID.	機器	実機仕様(概略寸法)	モックアップ仕様(概略寸法)	試験での模擬方法
1)	可動フランジ	➢ 直径9300、高さ1600、重量150[ton]	➢ 直径8000、高さ1100、重量30[ton]	➢ 実機形状を模擬する。
2)	固定フランジ	➢ 直径11100、厚さ375、重量170[ton]	—	➢ 今回は模擬しない。
3)	上蓋	➢ 直径6800、高さ800、重量50[ton]	➢ 実機と同じ(一部簡略化)	➢ 実機形状を模擬する。
4)	下蓋	➢ 直径6800、厚さ280、重量80[ton]	➢ 実機と同じ	➢ 実機形状を模擬する。
5)	容器	➢ 内径6000、厚さ280、高さ7500、重量390[ton]	—	—
6)	吊り上げフック	➢ 直径500、高さ1500	➢ 直径500、高さ1500	➢ フック形状を模擬する。
7)	試験用容器	—	➢ 内径6000、厚さ32、高さ200	➢ 容器径のみ模擬する。



・二重蓋の気密機構に影響のない容器胴体の高さは模擬しない。(容器径のみ模擬、加圧可能な構造)

・実機の可動フランジはフランジ部が昇降するが、今回は気密性の確認が目的のため可動フランジは容器(固定フランジ)と固定し、二重蓋側を昇降させてシール部の確認を実施する。

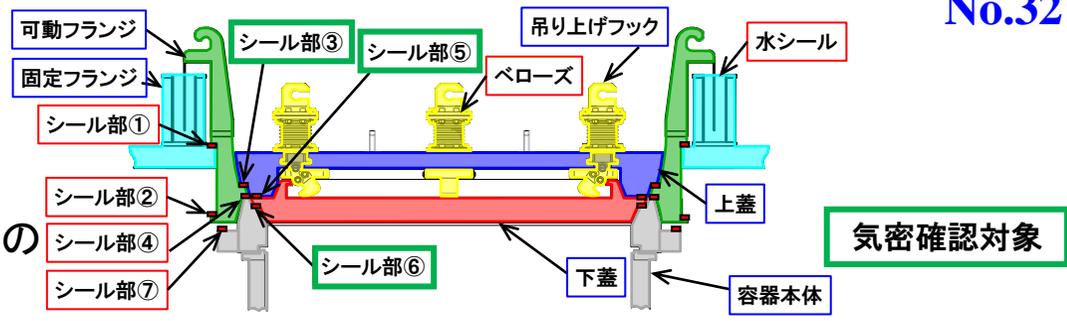


# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【要素試験での確認項目(気密確認対象)】

二重蓋の各部品(機器)の概要と、要素試験での気密確認対象を以下に示す。



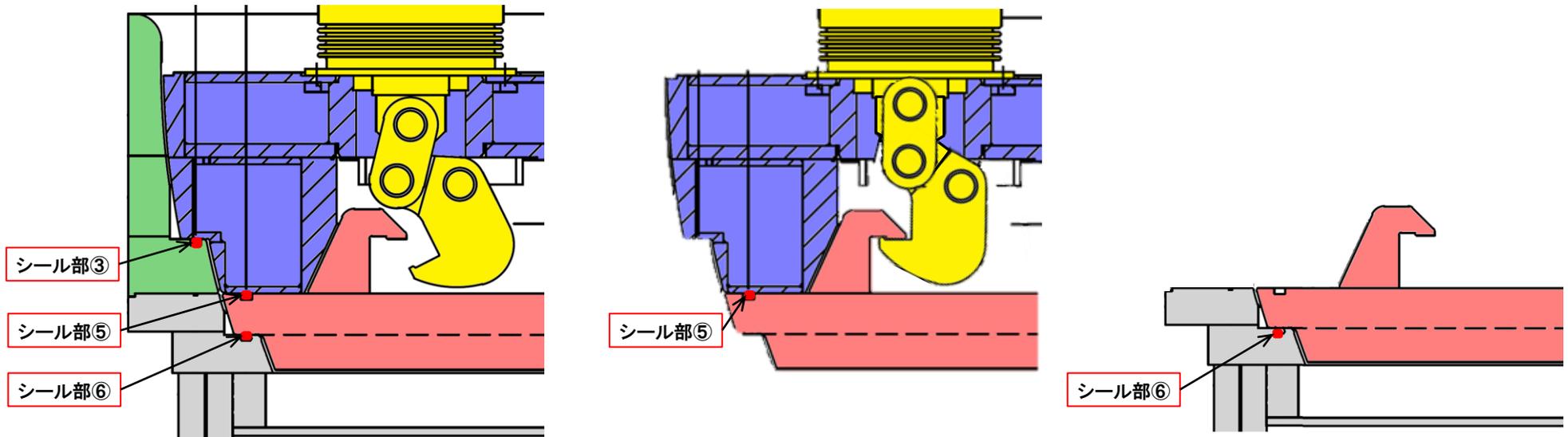
機器	概要	遮蔽	気密取合(シールNo)	選定理由
固定フランジ	バウンダリを構成する増設建屋に固定されたポート。	有 (増設建屋同等)	固定フランジ上部 ① 固定フランジ下部 ②	固定フランジは建設時に据え付けられ、昇降動作のみで動作も単純なため、優先度が低いと判断。
可動フランジ	<ul style="list-style-type: none"> <li>容器設置時に可動するフランジで、通常は上蓋と接続し、バウンダリを形成する。</li> <li>容器接続時は、容器と接続しバウンダリを形成する。</li> </ul>	有 (増設建屋同等)	固定フランジ上部 ① 固定フランジ下部 ②	
			上蓋 ③ 容器 ④	遠隔で着座する部分でありシール性を確認。 容器の調心が取れていれば、定位置での昇降動作のみとなり、優先度が低いと判断。
上蓋	<ul style="list-style-type: none"> <li>可動フランジと接続し、バウンダリを形成する。</li> <li>下蓋と接続し、2重蓋の役割を果たす。</li> </ul>	無	可動フランジ ③ 下蓋 ⑤	遠隔で着座する部分でありシール性を確認。 遠隔で接合する部分でありシール性を確認。
下蓋	<ul style="list-style-type: none"> <li>上蓋と接続し、2重蓋の役割を果たす。</li> <li>容器と接続し、汚染拡散防止および構造物からの線量を遮蔽する。</li> </ul>	有	上蓋 ⑤ 容器 ⑥	遠隔で着座する部分でありシール性を確認。
容器	<ul style="list-style-type: none"> <li>可動フランジと接続し、バウンダリを形成する。</li> <li>下蓋および2次蓋と接続し、構内輸送容器の役割を果たす。</li> </ul>	有	可動フランジ ④ 下蓋 ⑥ 2次蓋 ⑦	容器との芯が合っていれば、定位置での昇降動作のみとなり、優先度が低いと判断。 遠隔で接合する部分でありシール性を確認。 2次蓋に関する部分であり、容器側での確認対象範囲。
2次蓋	容器と接続し、輸送時の密封境界となる。	有	容器 ⑦	
安全蓋	固定フランジと接続し、通常時にバウンダリを構成する。	有 (増設建屋同等)	固定フランジ ⑧	グリーンエリア内での接続であり、優先度が低いと判断。

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【要素試験での確認項目(気密確認対象詳細)】

気密確認対象となるシール部と気密確保方法の考え方を下表に示す。

ID.	シール部	気密取り合い	気密確保方法	気密確保必要運用ステップ	備考
1	シール部③	● 上蓋－可動フランジ間	<ul style="list-style-type: none"> <li>上蓋の自重でOリングを潰して所定のつぶし量を確保する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(3)容器接続以前</li> <li>(9)容器切り離し以降</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>上蓋－下蓋間のシール部⑤と同時にOリングを潰す際は、両方のOリングが所定のつぶし量になる様検討済み。</li> </ul>
2	シール部⑤	● 上蓋－下蓋間	<ul style="list-style-type: none"> <li>上蓋の自重でOリングを潰して所定のつぶし量を確保する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(4)二重蓋吊上げ、容器開放</li> <li>(7)二重蓋吊り下ろし</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>上蓋－可動フランジ間のシール部③と同時にOリングを潰す際は、両方のOリングが所定のつぶし量になる様検討済み。</li> </ul>
3	シール部⑥	● 下蓋－容器間	<ul style="list-style-type: none"> <li>下蓋の自重でOリングを潰して所定のつぶし量を確保する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(2)容器搬入</li> <li>(10)容器搬出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>構内輸送用蓋(二次蓋)を取り付けるまではシール部⑥のみで容器の気密を確保。</li> </ul>



## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

### 【二重蓋気密機構の要求仕様】

大型搬出容器の運用ステップから要求される気密性能について以下に示す。

	増設建屋内	試験対象	構内輸送
イメージ図	<p>下蓋の自重のみで気密確保</p> <p>シール部⑥</p> <p>R</p>		<p>蓋をボルト止めて気密確保</p> <p>構内輸送用蓋(二次蓋)</p> <p>ボルト</p> <p>シール部⑦</p> <p>R</p> <p>Y(G)</p>
要求される気密性能	<ul style="list-style-type: none"> <li>増設建屋内での大型搬出容器への収納作業において、レッドとイエローのセルで閉じ込めができるのであれば問題なし。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>大型容器に下蓋と構内輸送用蓋(二次蓋)を取り付けた状態で構内輸送が可能なこと。</li> <li>→構内輸送基準を満たす気密機能が必要。</li> </ul>
気密性能の検討方針	<p>下蓋上面や容器表面の汚染を低減できた方が除染作業等の負荷が低減できると考えて、漏洩率の判定区基準を設定する。</p>		<p>使用済み燃料キャスク等の仕様を参考に被ばく評価を実施して、構内輸送基準を満たす漏洩率の判定基準を設定する。</p>
要素試験方針	<p>メインセル(レッド区域)と接続した状態で大型容器、二重蓋を取り扱う必要があり、遠隔操作、監視が可能か要素試験で確認する。</p>		<p>構内輸送用蓋をボルト固定する際にレッド区域との接続は無く、左記の作業に比べて難易度が低いと想定し、机上検討のみ実施する。</p>
リスク対応	<p>構内輸送用蓋を取り付けるまでの過渡的な状態のため、地震等の影響は考慮せず、一次バウンダリ内での閉じ込めを担保する。</p>		<p>別建屋までの構内輸送を伴うため、地震、転倒等による対策については、今後検討が必要。</p>

## 6. 本事業の実施内容

### 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

#### 【漏洩率判定基準の考え方】

増設建屋内での大型搬出容器の気密性能に関する漏洩率については、バウンダリ内でのセルに許容される漏洩率と同程度と考え、セルの設計基準を基に判定基準を設定することとした。

下表に示す通り、セルの基準としては0.1vol%/hが保守的な条件であるため、現時点では0.1[vol%/h]を用いて判定基準を設定する。

ID.	漏洩量の規定	出典
1	0.25[vol%/h]	JIS Z4808 放射性グローブボックス
2	0.1[vol%/h]	JAEA 大洗研究所(使用施設)の核燃料物質仕様変更許可申請等について
3	0.3[vol%/h]	平成26年度補正予算 廃炉・汚染水対策事業費補助金 基盤技術平成28年度最終報告書
4	0.1[vol%/h]	原子力施設の空気管理(ホットセル)

#### 【他PJとの情報共有状況】

- 2号機PCV内部詳細調査用の隔離部屋については、ISO 10648-2 Class1の値を準用して許容漏洩率を0.05[vol%/h]に設定している。
- ISO 10648-2はクリーンルームの規準であり、クリーンルームおよび隔離部屋は内部が陽圧で漏洩をすると外部に汚染が拡散するリスクがあるため、厳しい条件を選定していると想定される。
- 大型搬出容器は内部が負圧のため、漏洩はインリークとなり外部への汚染の拡散のリスクは低いと考えられる。
- 今回対象とするのは増設建屋内の運用であり、容器の外部にもバウンダリがあることから、上記の基準で十分に保守的と考えられる。

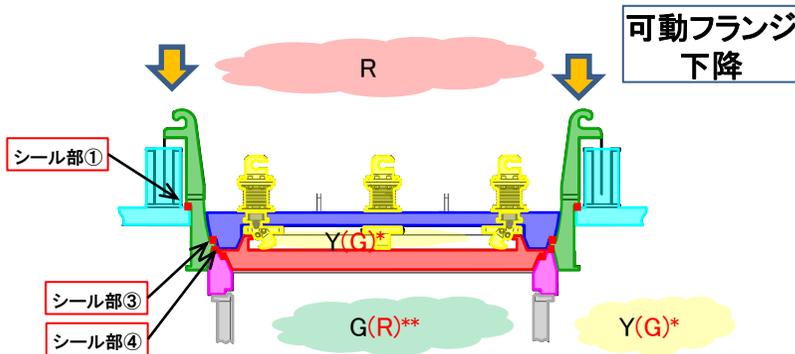
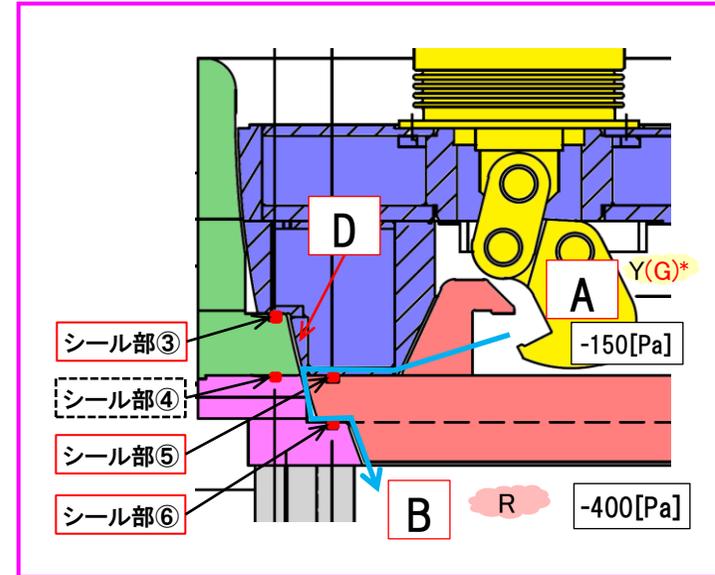
# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

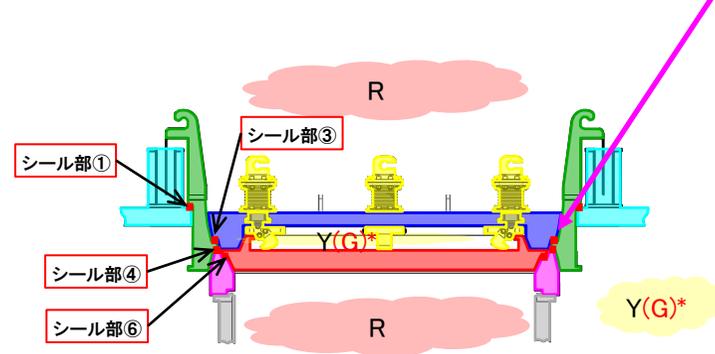
### 【漏洩率判定基準の考え方】

- ・大型搬出容器の実機運用ステップを考慮した際に、D部が形成されるのは以下の状態である。
- ・(1)構造物収納前のD部は汚染が無い場合、他エリアに漏洩しても影響はない。
- ・(2)構造物収納後のD部はレッドエリアで汚染はあるが、体積が小さいため他エリアに漏洩してもその影響は非常に小さい。
- ・(2)では、上蓋と下蓋間(A部)は接続後はイエローエリアで-150[Pa]となり、構造物が収納され汚染された容器内(B部)の-400[Pa]より圧力が高い。
- B部からA部への汚染が拡大し下蓋上面が汚染することは無いが、A部からB部への漏洩が大きいと圧力が同じになり、汚染のリスクが生じるため、A部を基準とした漏洩の管理が重要。

→基準体積は上蓋と下蓋間のA部とする。  
 (A部容積:11180[L] ⇒ 0.1[%vol/h]:12[L/h]とする。)



(1)可動フランジを下降し上蓋と下蓋(容器)を接続



(2)構造物収納後、大型容器蓋締め

A部容積	11800L
B部容積	6300L
C部容積	31000L
D部容積	101L

# 6. 本事業の実施内容

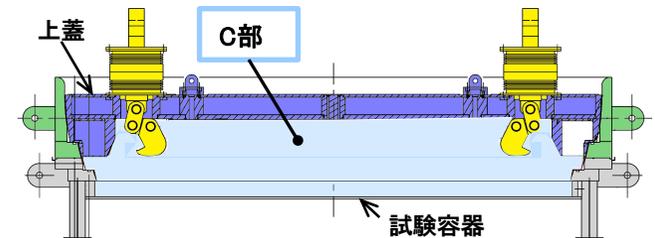
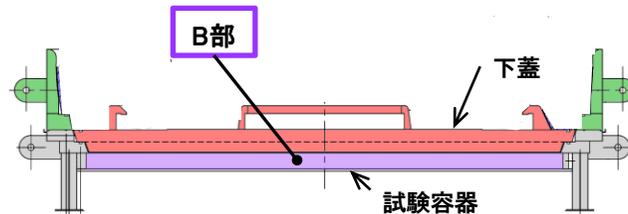
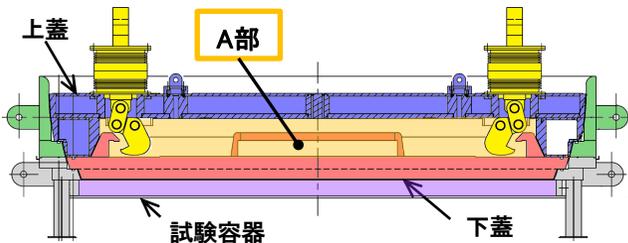
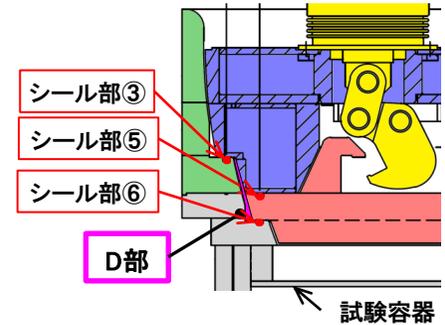
## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

### 【許容漏洩量設定のための基準体積の考え方】

前頁でA部の体積を基準として、許容漏洩率を設定した。下表に各部の体積およびその体積を基準としたときの漏洩量を示す。保守的に漏洩量を設定しようとした場合、下表に示す箇所のうち、体積の小さいD部が基準となる。そのときの漏洩量判定基準は $101 \times 0.01 = \text{約}0.1[\text{L/h}]$ である。

ただし、D部については二重蓋の運用上発生する間隙であり、確保すべきバウンダリではない。その次に保守的であるA部は確保すべきバウンダリであることから、A部を基準体積と考え、漏洩量を算出した。

	MU試験		実機		備考
	容積[L]	漏洩量[L/h]	容積[L]	漏洩量[L/h]	
A部	11800	12	11800	12	
B部	6300	6	198000	198	実機ではA部よりも容積大
C部	31000	31	209800	210	
D部	101	0.1	101	0.1	D部は確保すべきバウンダリではない (他エリアへの漏洩による影響は非常に小さい)



# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

### 【許容漏洩量の算出方法】

以下の式(※1)で許容漏洩量を算出する。

$$Q = \frac{VT_{20}}{\Delta t} \left( \frac{P_2}{T_2} - \frac{P_1}{T_1} \right) + \frac{VT_{20}}{\Delta t} \left( \frac{P_{atm2}}{T_2} - \frac{P_{atm1}}{T_1} \right) [Pa \cdot L/s]$$

$$q = \frac{Q}{101325} [L/s]$$

ここで、Q : 20°C換算の漏れ量(Pa・L/s)

$P_1$  : 測定開始時の試験体のゲージ圧(Pa)

$P_2$  : 測定終了時の試験体のゲージ圧(Pa)

$P_{atm1}$  : 測定開始時の大気圧力(外気圧力)(Pa)

$P_{atm2}$  : 測定開始後の大気圧力(外気圧力)(Pa)

$\Delta t$  : 測定開始から測定終了までの時間(s)

V : 試験体の内容積(L)

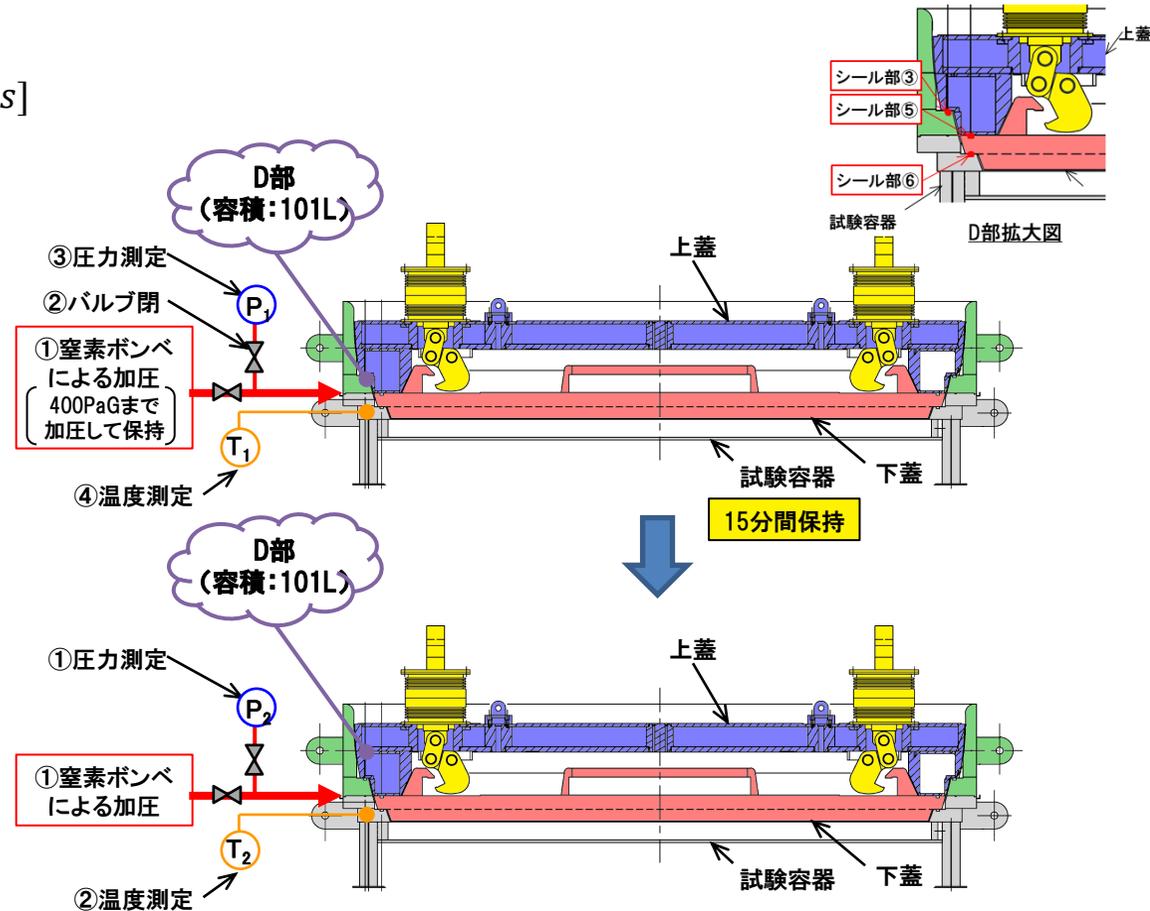
$T_{20}$  : 基準温度 293 (K)

$T_1$  : 測定開始時の試験体内の気体の絶対温度(K)

$T_2$  : 測定終了時の試験体内の気体の絶対温度(K)

q : 20°C、1気圧換算漏れ量(L/s)

(※1): JIS Z 2332 圧力変化による漏れ試験方法で規定する圧力変化法加圧法による。

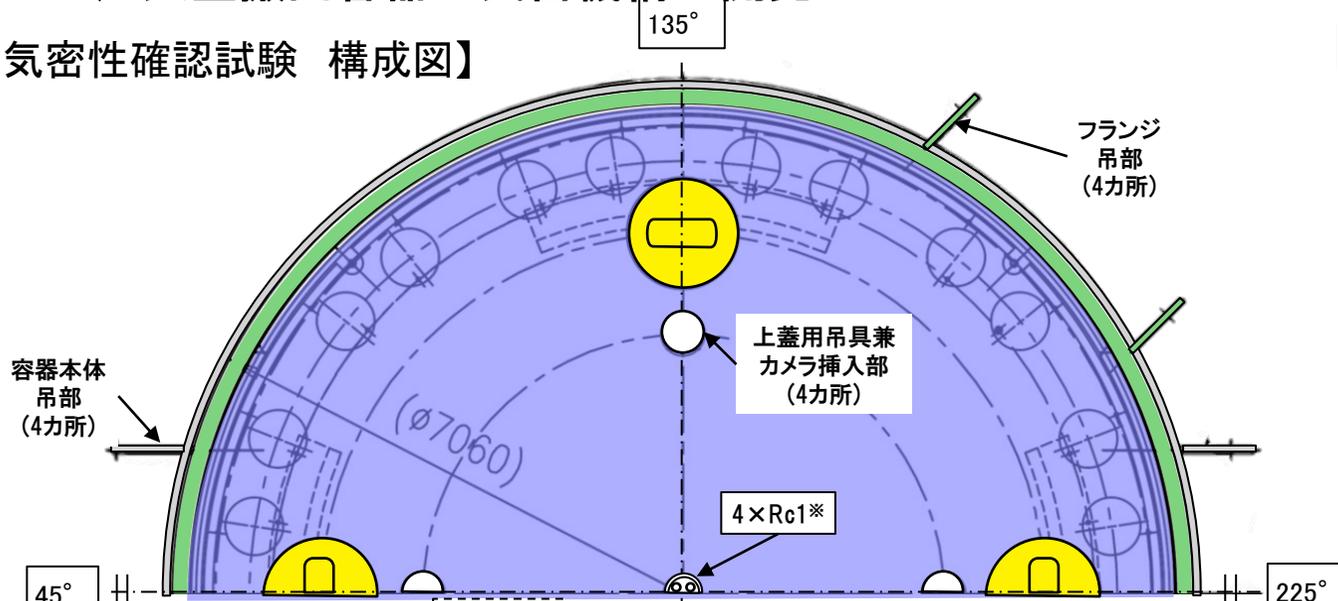


試験手順イメージ

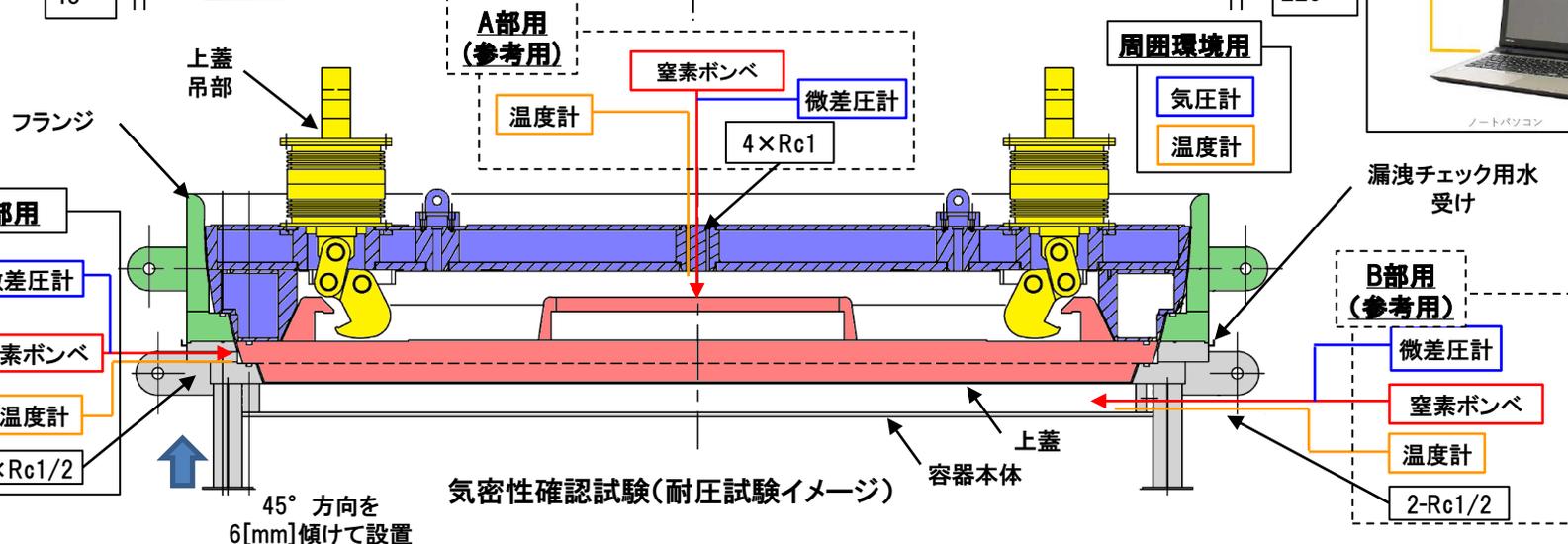
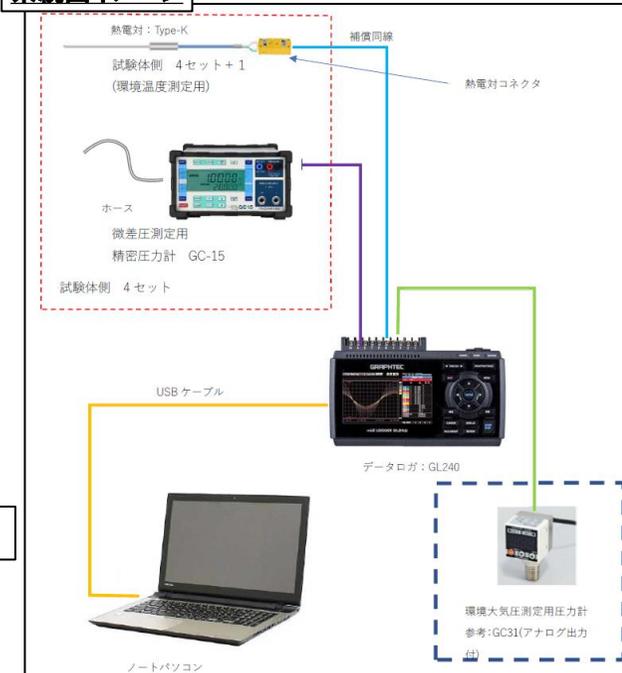
# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【気密性確認試験 構成図】



系統図イメージ



## 6. 本事業の実施内容

### 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

#### 【要素試験手順】

二重蓋要素試験において、実施する試験ケースを以下に示す。

本試験は試験1～3の3つの試験ケースから構成される。

- ・試験1では二重蓋および可動フランジで構成される各部の気密性能を確認するため、各シール部に対し、水によるリークチェックを実施する。
- ・試験2では、カメラで監視しながら上下蓋間の嵌合状態を確認するものである。さらに、D部を加圧してシール部の気密性も確認する。(D部に対して試験を実施することで、今回試験対象としているシール部全てが確認できる。)
- ・試験3ではオフセット試験として、上下蓋と可動フランジ間の位置をオフセットさせた状態、即ち上下蓋と可動フランジが嵌合する上で厳しいと想定される状態に予め設定しておき、試験2と同様の試験を実施するものである。

#### 二重蓋要素試験

試験 No.	試験名称	試験内容	備考
1	各部気密性能確認試験	水によるリークチェックを実施し、シール部③、⑤、⑥の気密性を単体で確認する。	
2	総合機能試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>・上蓋、下蓋の嵌合、吊り上げ、着座ができることを確認する。(寸法検査によるOリングの潰し量確認を含む。)</li> <li>・シール部の気密性を確認する。(圧力、温度の測定結果から漏洩量を算出し、気密性の確認を実施。)</li> </ul>	カメラでの監視作業
3	オフセット試験	上下蓋と可動フランジ中心を50[mm]周方向にオフセットし、試験2と同一の試験を実施する。	

## 6. 本事業の実施内容

### 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【試験1:各部気密性能確認試験(各1回実施)】

各シール部の気密性を単体で実施し、漏洩がないことを確認した後、総合機能試験を実施する。

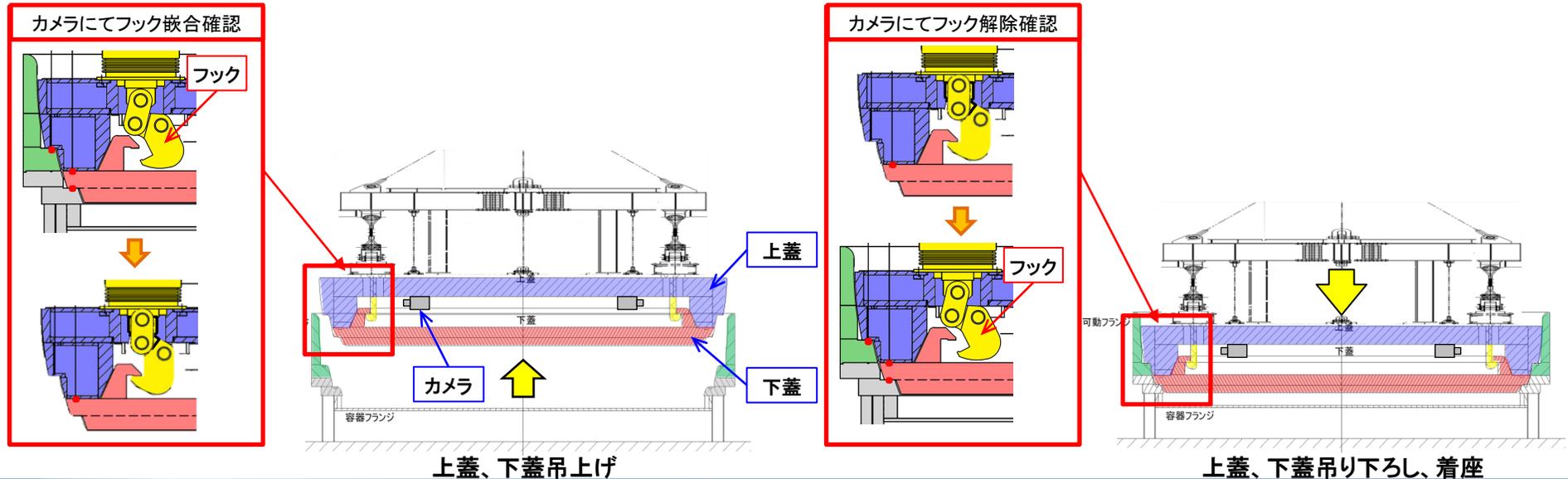
1.下蓋+容器フランジシール性確認作業項目		略図
1	容器フランジセット、水平度確認:外径間で5[mm]傾斜	
2	Oリング⑥セット	
3	下蓋セット	
4	水による漏洩確認、400[PaG]で15分	
2.上蓋+下蓋シール性確認作業項目		略図
1	Oリング④、⑤、⑥セット	
2	上蓋セット	
3	天秤取外し	
4	水による漏洩確認、400[PaG]で15分	
3. 上蓋+可動フランジ、可動フランジ+容器シール性確認作業項目		略図
1	上蓋と下蓋と取外し	
2	可動フランジセット、水平度測定:可動フランジシート面	
3	上蓋セット	
4	水による漏洩確認、400[PaG]で15分	
5	上蓋取外し	
6	各部材および部位の清掃	

# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【試験2：総合機能試験（各3回実施）】

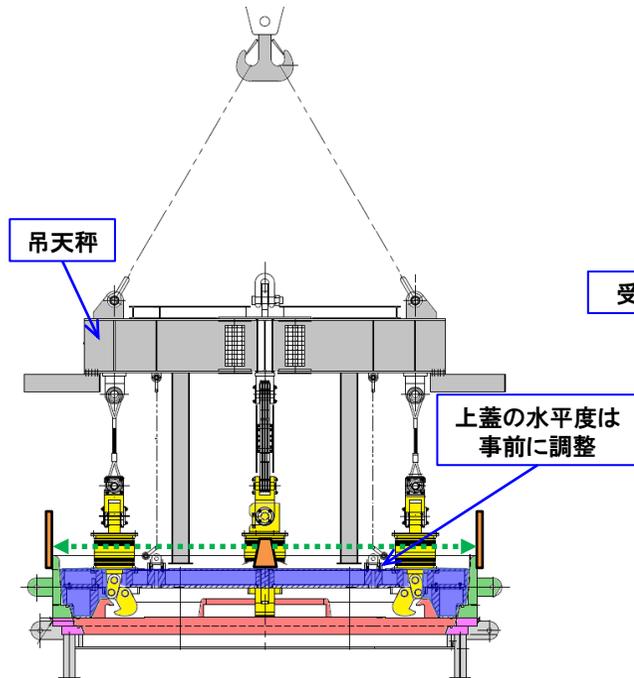
試験 No.	対象	試験内容	判定基準	備考
2-1	位置決め、嵌合試験（芯ずれなし）	<ol style="list-style-type: none"> <li>①上下蓋設定時に、上蓋の水平方向および高さ方向のズレ量を確認する。</li> <li>②上蓋、下蓋を上下蓋用吊金具にて同時に吊り上げる。</li> <li>③上下蓋用吊金具をゆっくりと上昇（上昇量約100[mm]）</li> <li>④カメラにてフックの嵌合状況を確認（下ラグにフックが接地した状態）</li> <li>⑤上蓋、下蓋を更に上昇させる（上昇量約1200[mm]）</li> <li>⑥再び吊りおろして可動フランジと容器蓋のR部分により、異音や破損なく、スムーズに着座が可能なことを確認する。</li> <li>⑦着座後直後（上蓋下蓋吊金具は100 [mm]上位置）でゆっくりと下降させて、フックが外れることを確認する。</li> <li>⑧フックが外れたのち、上下蓋の据付データを再取得し、据付精度のばらつきを確認する。</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・吊りおろし、吊り上げ作業時において異音や破損等がなくスムーズに嵌合できること</li> <li>・異音や破損等なくスムーズに上蓋が下蓋を着脱できること</li> </ul>	



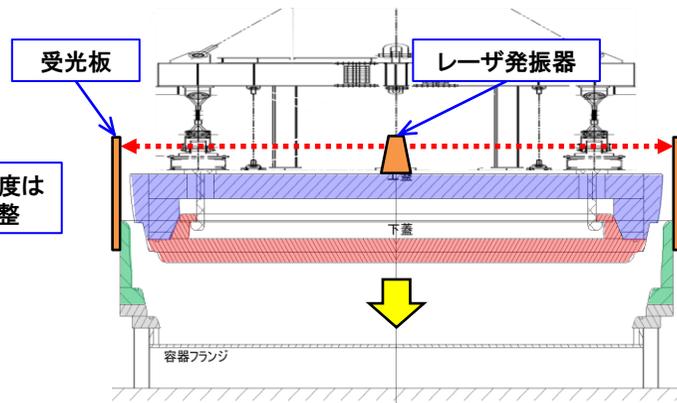
## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

### 【試験2：総合機能試験（芯ズレの確認方法）】

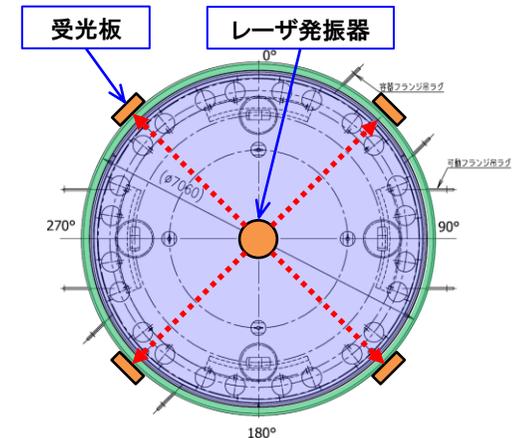
- 要素試験では、遠隔での組立て時の芯ズレによる気密性への影響を確認するため、作業中の芯ズレ量を測定する。
- レーザ発振器(墨出し器)を使用して、可動フランジに取り付けた受光板の基準線と上蓋からのレーザー光とのズレ量を測定し、各中心位置のズレを算出する。
- 要素試験結果から、芯ズレをした場合の気密性を確認して、実機での二重蓋の設置方法および測定方法の検討に反映する。



要素試験装置概要



芯ズレ測定方法イメージ(正面図(断面))



芯ズレ測定方法イメージ(平面図)

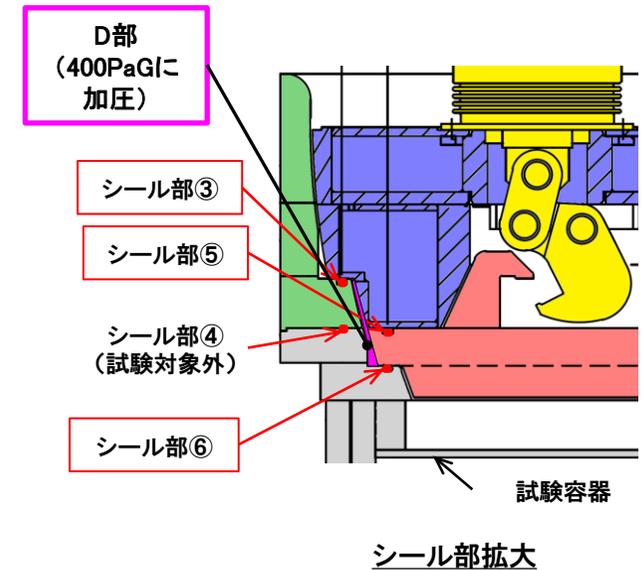
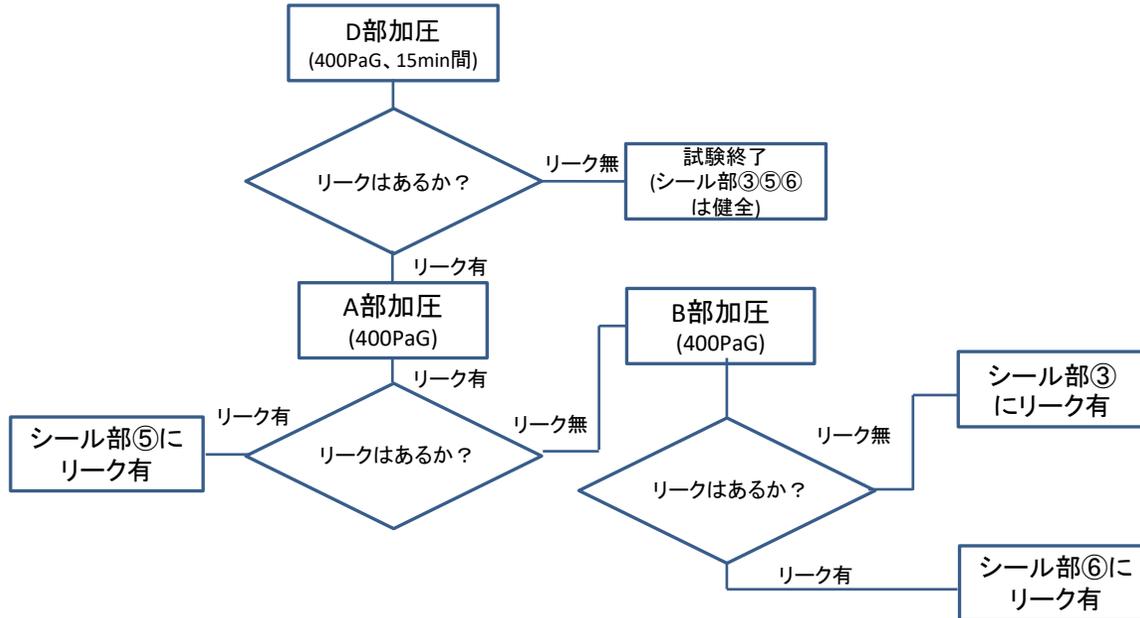
# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【試験2：総合機能試験（各2回実施）】

試験 No.	対象	試験内容	リーク量判定基準[L/h]	備考
2-2	気密性能確認試験 D部(上蓋-下蓋-可動フランジ間) A部(上蓋-下蓋間) B部(下蓋-容器間)	シール部③ シール部⑤ シール部⑥ 上下蓋を着座させた状態でD部より加圧し、D部の圧力を確認する。 (D部でシール部③～⑤が健全かを確認し、リークがある場合はどのシール部から漏洩があるか確認する。)	12	

試験No.2-2の試験フロー



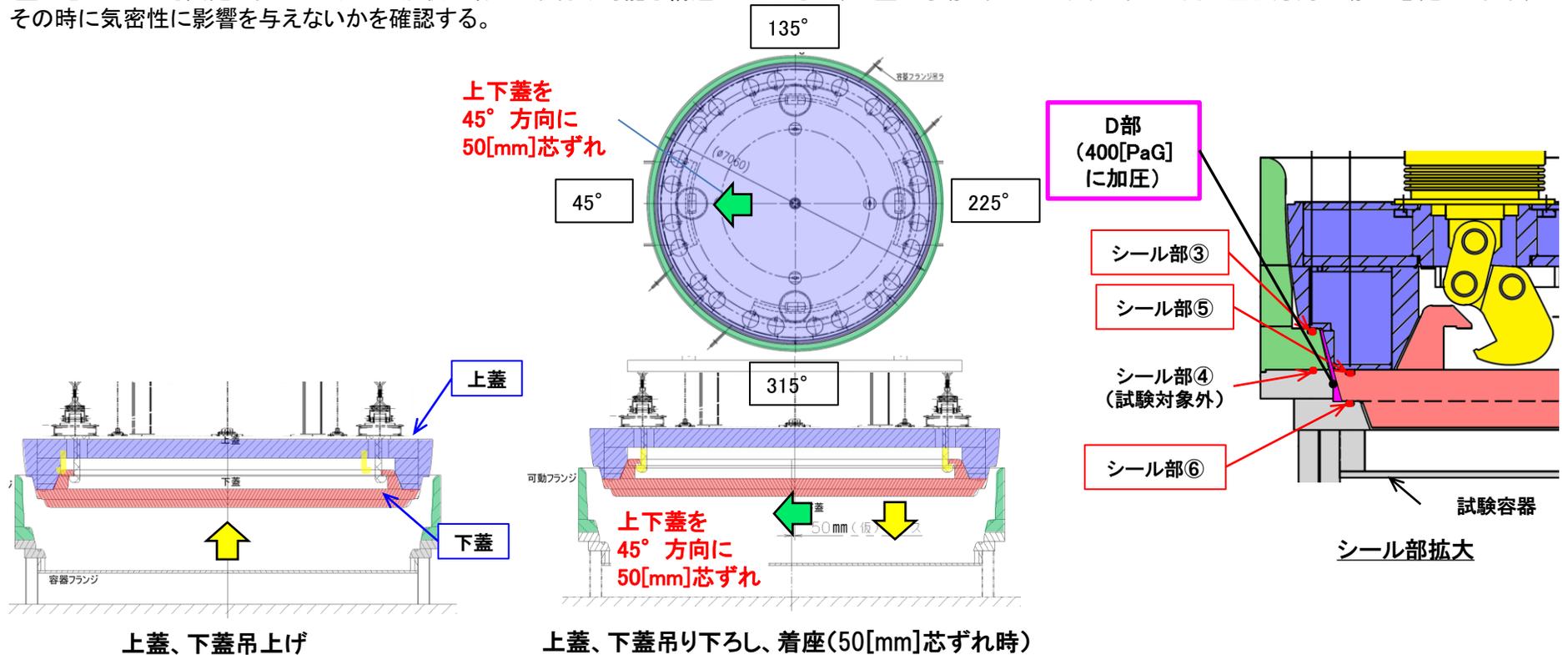
# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

### 【試験3：オフセット試験（各3回実施）】

試験 No.	対象	試験内容	リーク量 判定基準[L/h]	備考
3-1		上下蓋と可動フランジ中心を50[mm]周方向にオフセットし、試験2と同一の試験を実施する。		

- ・芯ズレ量は、上蓋を可動フランジ内に設置可能な上蓋中心-可動フランジ中心のズレ量から設定した。
- ・上蓋が芯ズレしても固定フランジのテーパ形状に沿って取付け可能な構造としているが、上蓋と可動フランジのクリアランス内で左右方向に動く想定しており、その時に気密性に影響を与えないかを確認する。



# 6. 本事業の実施内容

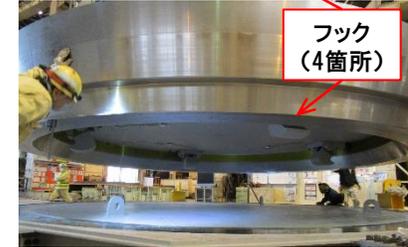
## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

### 【試験装置構成】

以下に大型搬出容器 要素試験の試験装置構成について示す。

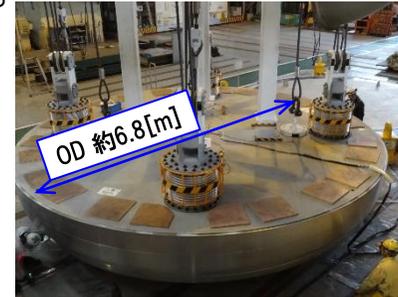


フック拡大図



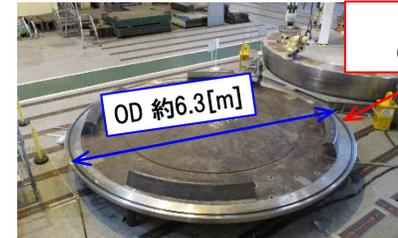
フック (4箇所)

上蓋(フック側)



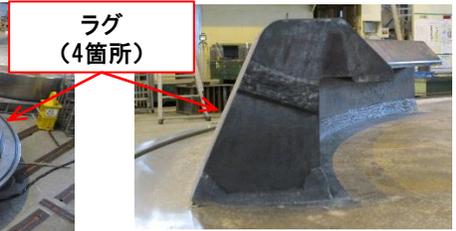
OD 約6.8[m]

上蓋(上面)



OD 約6.3[m]

下蓋



ラグ (4箇所)

下蓋(フック嵌合部)



OD 約7[m]

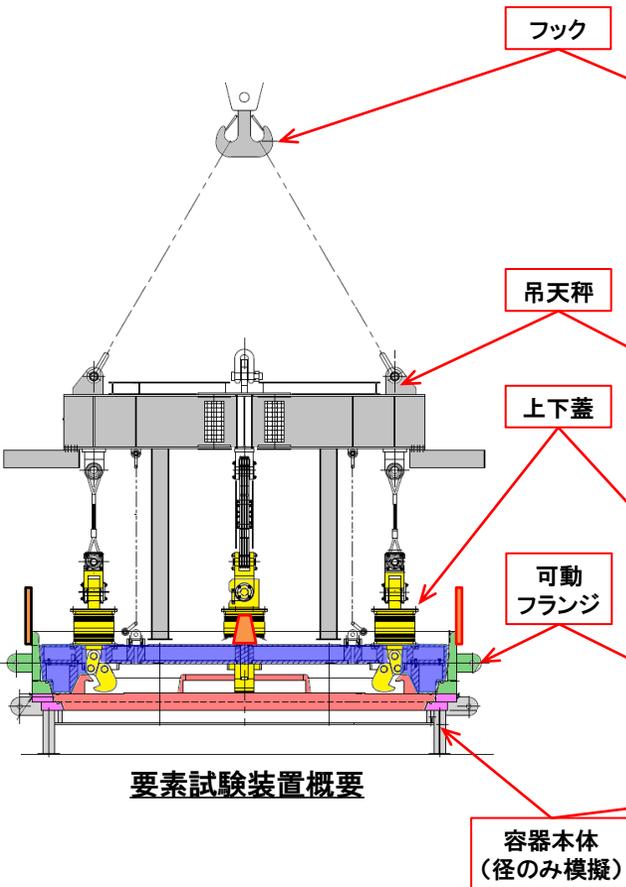
可動フランジ+容器



フック

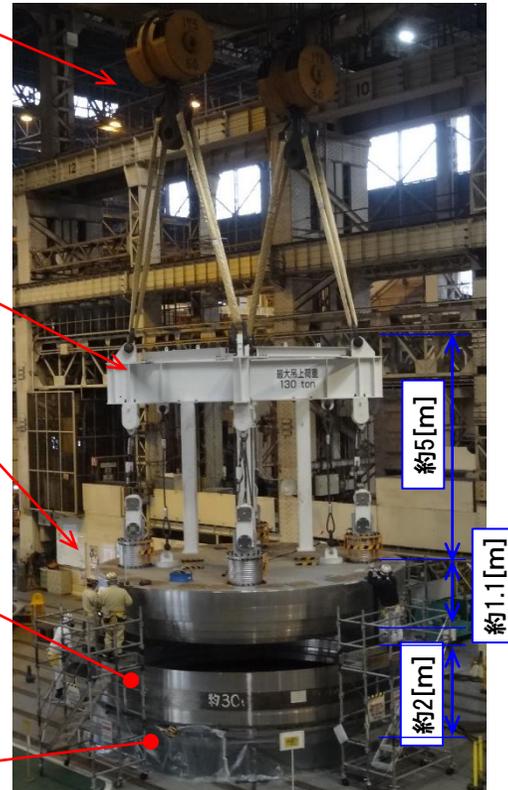
ラグ

フック嵌合部拡大図



要素試験装置概要

容器本体 (径のみ模擬)



要素試験装置全景

約5[m]

約1.1[m]

約2[m]

## 6. 本事業の実施内容

### 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【試験結果：試験1 各部気密性能確認試験（各1回実施）】

以下に試験方法および結果を示す。

No.1 下蓋+容器フランジシール性確認作業項目		略図
1	容器フランジセット、水平度確認：外径間で6[mm]傾斜	
2	Oリング⑥セット	
3	下蓋セット	
4	水による漏洩確認、400[PaG]で15分	
No.2 上蓋+下蓋シール性確認作業項目		略図
1	Oリング④、⑤、⑥セット	
2	上蓋セット	
3	天秤取外し	
4	水による漏洩確認、400[PaG]で15分	
No.3 上蓋+可動フランジ、可動フランジ+容器シール性確認作業項目		略図
1	上蓋と下蓋と取外し	
2	可動フランジセット、水平度測定：可動フランジシート面	
3	上蓋セット	
4	水による漏洩確認、400[PaG]で15分	
5	上蓋取外し	
6	各部材および部位の清掃	

いずれの結果も気泡が発生しなかったため、総合機能試験を実施した。

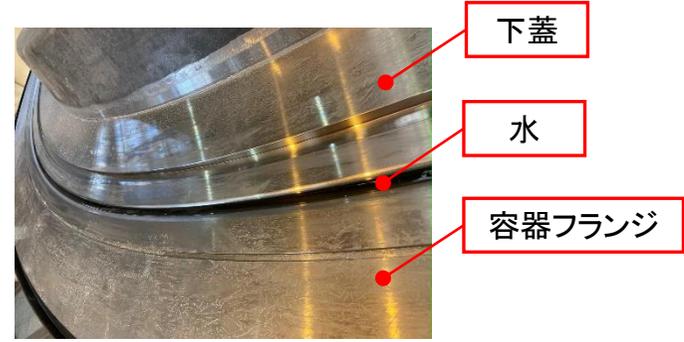
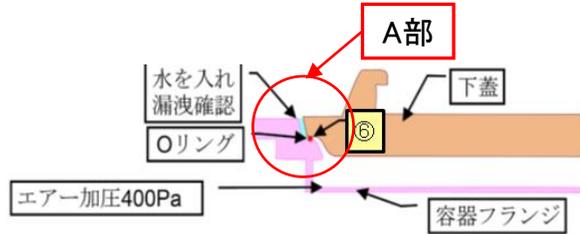
# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【試験結果：試験1 各部気密性能 確認試験（各1回実施）】

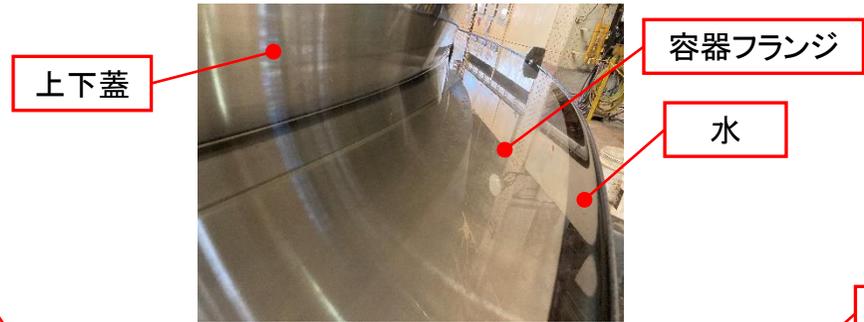
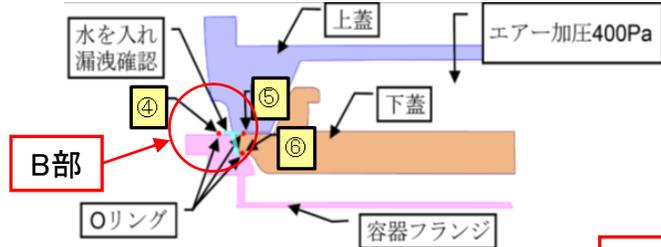
以下に試験時の写真を示す。

No.1 下蓋+容器フランジシール性確認作業



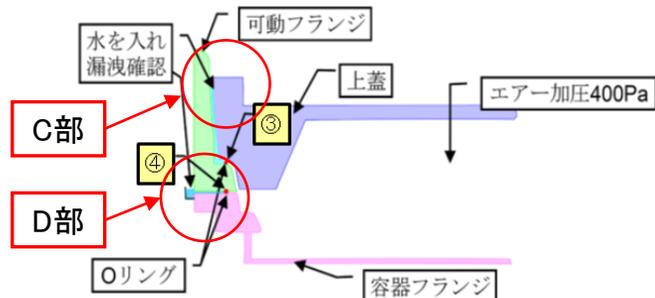
A部拡大

No.2 上蓋+下蓋シール性確認作業



B部拡大

No.3 上蓋+可動フランジ、可動フランジ+容器シール性確認作業



C部拡大

D部拡大

# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【試験結果：試験2 総合機能試験】

試験のステップを以下に示す。



上蓋



②上下蓋嵌合準備



③上下蓋嵌合完了



④上下蓋移動



下蓋

①上蓋吊り上げ



⑤上下蓋移動完了



⑥上下蓋吊り下ろし



⑦上下蓋吊り下ろし完了



⑧寸法測定作業



⑨気密試験



# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【試験結果：試験2 総合機能試験

試験No.2-1 位置決め、嵌合試験（各3回実施）】

1～3回目ともに、異音や破損等は無く、上下蓋がスムーズに嵌合、着脱できることを確認した。  
次頁に寸法測定の結果を示す。

回数	芯ずれ量 [mm]※1	目標値[mm]
1	1.9	5.0±5
2	1.3	
3	4.6	

※1: 可動フランジ中心と上下蓋中心の芯ずれ量



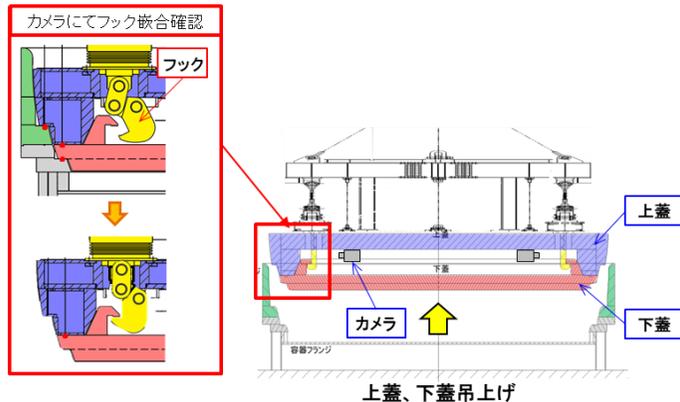
可動フランジ、容器内面  
(試験後)



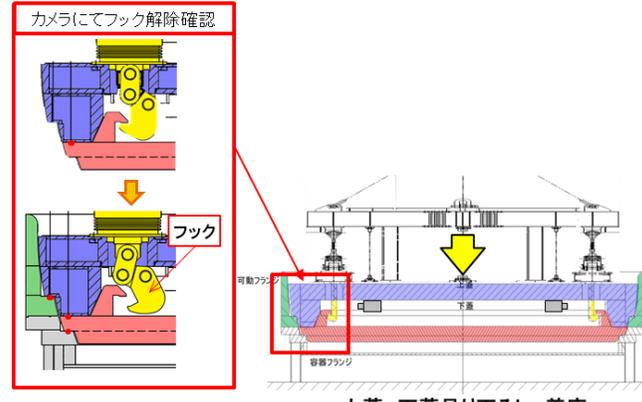
上下蓋側面  
(試験後)



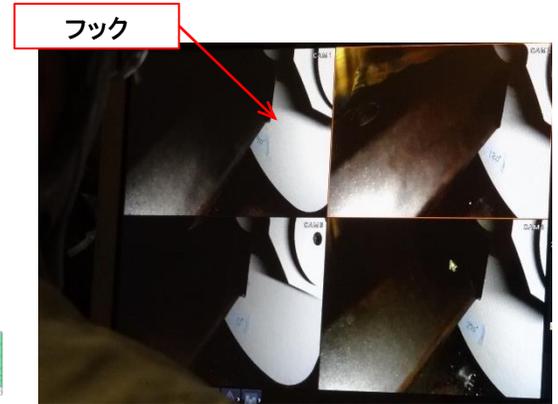
カメラによる監視映像  
(下蓋未嵌合状態)



上蓋、下蓋吊上げ



上蓋、下蓋吊り下ろし、着座



カメラによる監視映像  
(フック嵌合状態)

# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

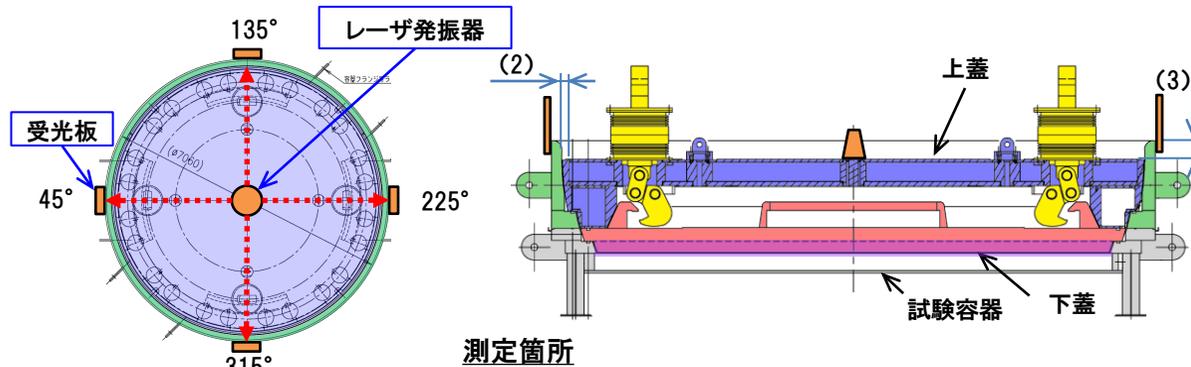
【試験結果：試験2 総合機能試験

試験No.2-1 位置決め、嵌合試験（各3回実施）】

以下に寸法測定の結果を示す。

※1:時計方向が+、半時計方向が-

項目	1回目				2回目				3回目							
	45°	135°	225°	315°	45°	135°	225°	315°	45°	135°	225°	315°				
上下蓋 着座前	(1)芯ずれ量[mm] (目標値 $5\pm 5$ [mm]以内) ※1				1.5	-1.0	-1.0	-1.5	1.5	0.5	1.0	0.5	-4.0	-3.0	4.0	1.0
					芯ずれ量:1.9				芯ずれ量:1.3				芯ずれ量:4.6			
上下蓋 着座後	(2)水平方向位置ずれ量[mm] (可動フランジ内面-上蓋側面)				12.0	9.5	10.2	13.0	12.0	10.0	10.0	12.5	8.5	15.0	14.0	7.5
					Nom.10 (可動フランジと上蓋の芯が合っているときの寸法)											
	(3)上下方向寸法[mm] (可動フランジ上面-上蓋上面)				224.0	224.0	224.5	224.0	224.0	224.5	224.5	224.0	224.0	225.0	224.0	224.5
					nom.225 (Oリングが規定量潰れて、シール面同士がタッチしているときの寸法)											



- ・上下方向寸法(可動フランジ上面と上蓋上面)の寸法測定結果から、Oリングの規定潰し量を確保できていると考えられる。
- ・また、次頁に示す気密試験結果からもOリングの規定潰し量が確保され、気密が取れていると考えられる。

# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【試験結果：試験2 総合機能試験

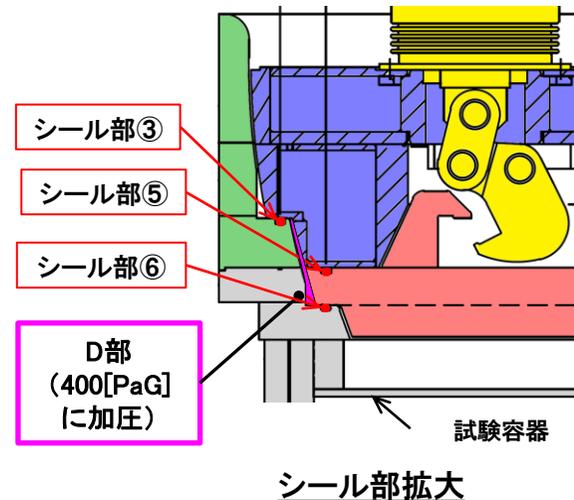
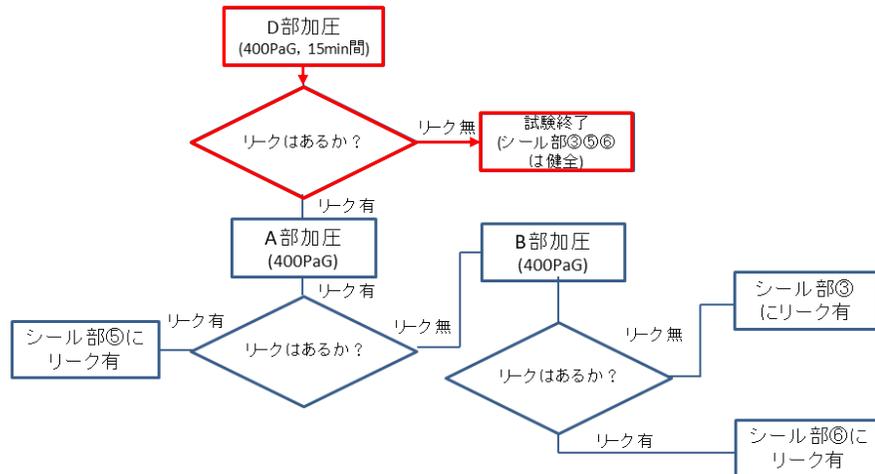
試験No.2-2 気密性能確認試験（各3回実施）】

以下に試験結果を示す。

1～3回目ともに、D部の漏洩量が判定基準値以下であることを確認した。次頁に試験結果の詳細を示す。

回数	漏洩量 判定基準[L/h]	D部漏洩量 [L/h]	備考
1	12	+0.04	漏洩量の+は流入を表し、-は漏洩を示す。 (・D部(400[PaG])に対して、D部と隣接するA部、B部、大気はD部よりも圧力が低いため、流入することはない。 ・漏洩がほぼ0なので、外部のわずかな影響(大気圧の変動、温度変化)で流入側の結果となるが、漏洩量判定基準値に対して $0.19/12*100=約2\%$ であり、仮に流入していたとしても十分小さい値である。)
2		+0.19	
3		+0.16	

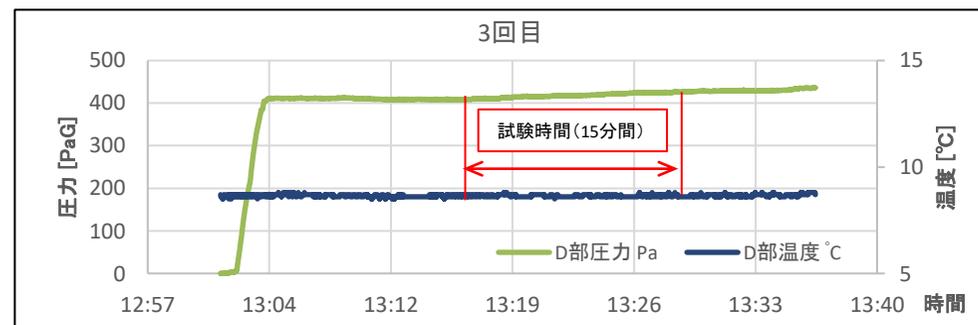
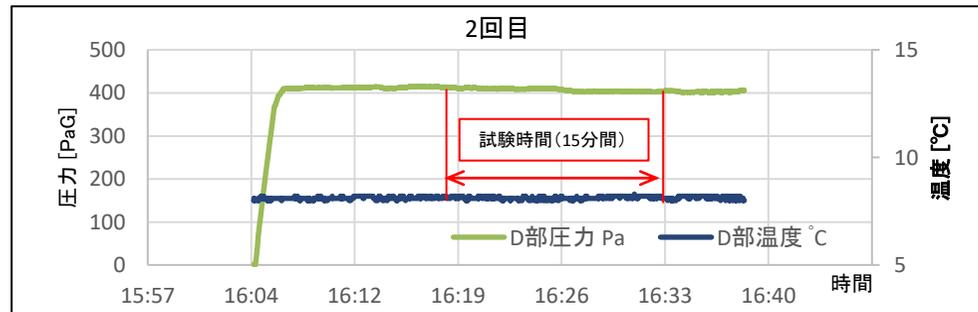
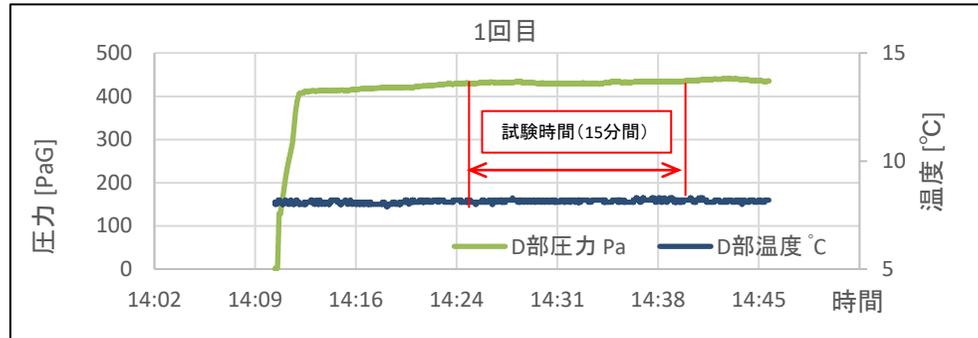
試験No.2-2の試験フロー



# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【試験結果：試験2 総合機能試験  
試験No.2-2 気密性能確認試験（各3回実施）】



項目		1回目	2回目	3回目
D部圧力	P1[Pa]	431.59	412.66	409.16
	P2[Pa]	436.62	404.84	428.62
試験体内温度	T1[°C]	8.1	8.2	8.7
	T2[°C]	8.1	8.1	8.6
大気圧	Patm1[Pa]	101674	101715	101952
	Patm2[Pa]	101678	101733	101935
試験時間	Δt[min]	15.00	15.00	15.00
漏洩量	q[L/h]	0.04	0.19	0.16

$$Q = \frac{VT_{20}}{\Delta t} \left( \frac{P_2}{T_2} - \frac{P_1}{T_1} \right) + \frac{VT_{20}}{\Delta t} \left( \frac{P_{atm2}}{T_2} - \frac{P_{atm1}}{T_1} \right) [Pa \cdot L/s]$$

$$q = \frac{Q}{101325} [L/s]$$

- ここで、Q：20°C換算の漏れ量(Pa・L/s)
- P<sub>1</sub>：測定開始時の試験体のゲージ圧(Pa)
- P<sub>2</sub>：測定終了時の試験体のゲージ圧(Pa)
- Patm1：測定開始時の大気圧力(外気圧力)(Pa)
- Patm2：測定開始後の大気圧力(外気圧力)(Pa)
- Δt：測定開始から測定終了までの時間(s)
- V：試験体の内容積(L)
- T<sub>20</sub>：基準温度 293 (K)
- T<sub>1</sub>：測定開始時の試験体内の気体の絶対温度(K)
- T<sub>2</sub>：測定終了時の試験体内の気体の絶対温度(K)
- q：20°C、1気圧換算漏れ量(L/s)

# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【試験結果：試験3 オフセット試験（各3回実施）】

以下に試験結果を示す。次頁に試験結果の詳細を示す。

芯ずれさせた試験においても、異音および破損等は確認されず、上下蓋の側面が可動フランジ内面に倣って入り、着座できていることを確認した。

表面に塗布した防錆剤が擦れた跡が確認された（気密試験の結果から、気密性能に影響を与えるものではない）



上下蓋側面（試験後）

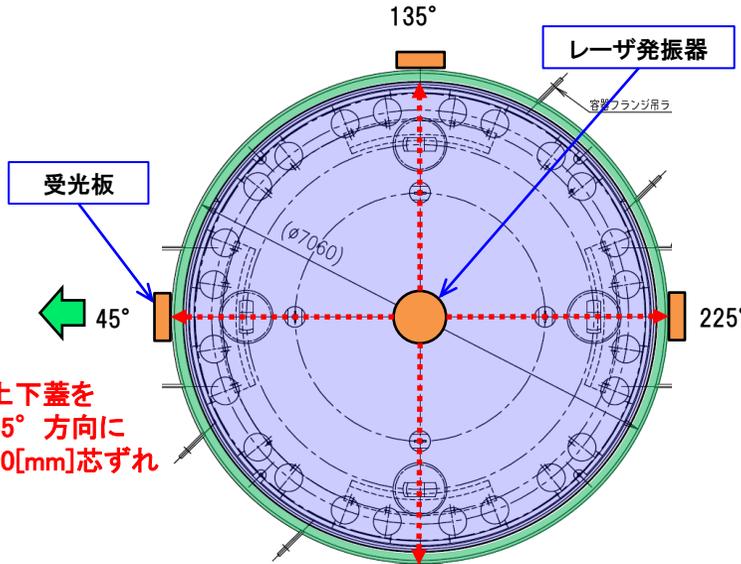


可動フランジ内面（試験後）

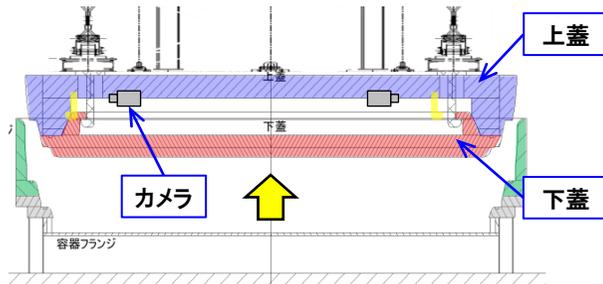
[芯ずれ量結果]

回数	芯ずれ量[mm] ※1	目標値 [mm]
1	50.5	50±5
2	53.0	
3	50.0	

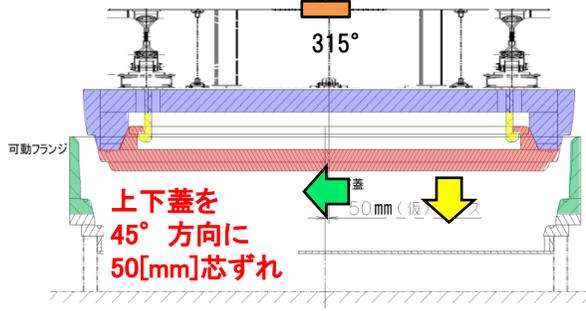
※1: 可動フランジ中心と上下蓋中心の芯ずれ量



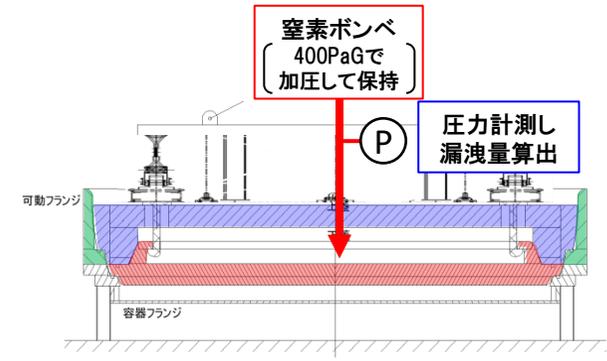
上下蓋を  
45° 方向に  
50[mm]芯ずれ



上蓋、下蓋吊上げ



上蓋、下蓋吊り下ろし、着座(50[mm]芯ずれ時)



気密性能確認試験(50[mm]芯ずれ時)

# 6. 本事業の実施内容

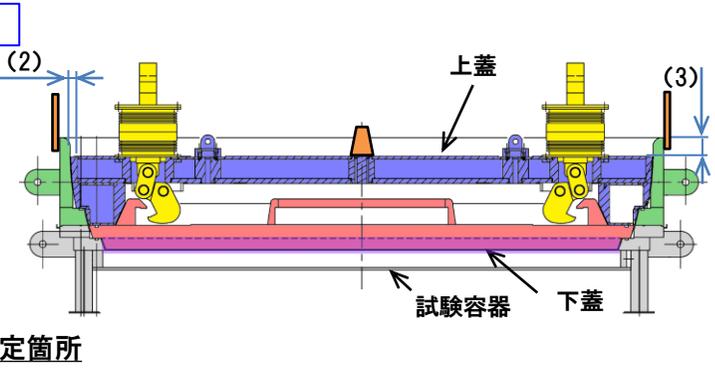
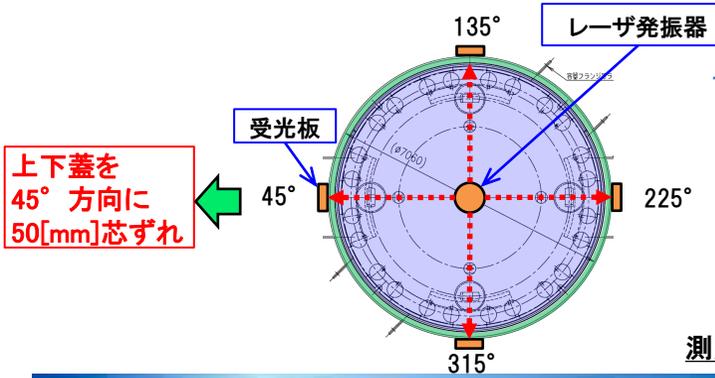
## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【試験結果：試験3 オフセット試験（各3回実施）】

以下に寸法測定の結果を示す。

※1: 時計方向が+, 半時計方向が-

項目	1回目				2回目				3回目			
	45°	135°	225°	315°	45°	135°	225°	315°	45°	135°	225°	315°
上下蓋着座前 (1)芯ずれ量[mm] (目標値5±5[mm]以内) ※1	5	-45	4	54	11	-40	14	64	3.5	-45.5	3.5	52.5
	芯ずれ量: 50.5				芯ずれ量: 53.0				芯ずれ量: 50.0			
上下蓋着座後 (2)水平方向位置ずれ量[mm] (可動フランジ内面-上蓋側面)	0.7	11.0	24.0	11.2	0.6	11.5	22.0	10.5	0.6	11.3	22.2	10.9
	nom.10 (可動フランジと上蓋の芯が合っているときの寸法)											
(3)上下方向寸法[mm] (可動フランジ上面-上蓋上面)	224.5	224.5	224.0	224.0	224.5	224.5	224.0	224.0	224.0	224.5	224.0	224.5
	nom.225 (リングが規定量潰れて、シール面同士がタッチしているときの寸法)											



- ・試験2と同様に、上下方向寸法から、リングの潰し量は確保されていると考える。
- ・また、次頁に示す気密試験結果からもリングの規定潰し量が確保され、気密が取れていると考える。

# 6. 本事業の実施内容

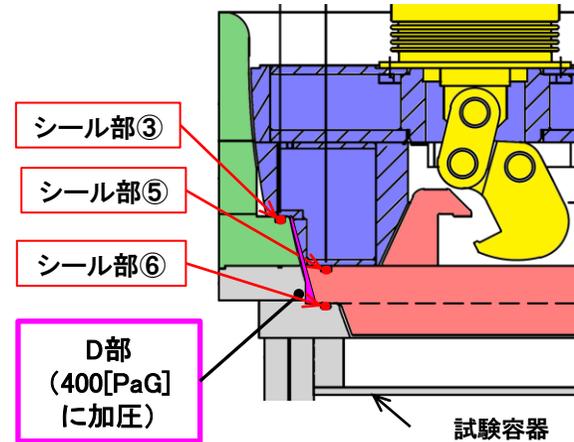
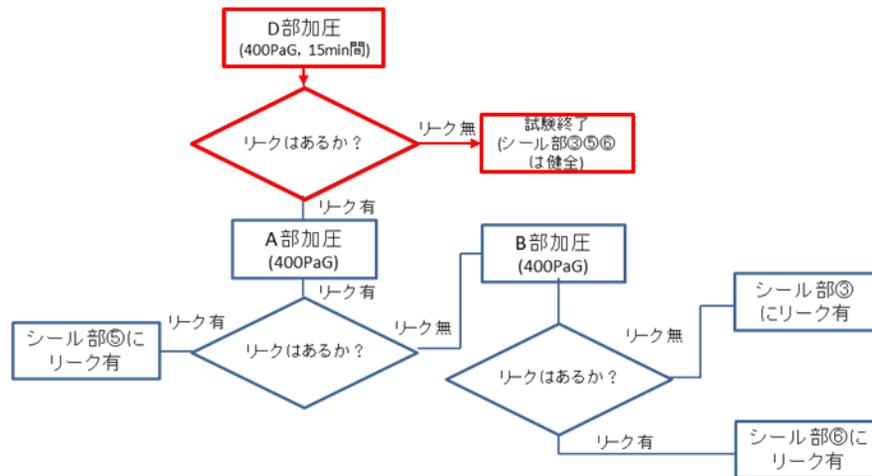
## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【試験結果：試験3 オフセット試験（各3回実施）】

以下に試験結果を示す。

1～3回目ともに漏洩量が判定基準値以下であることを確認した。次頁に試験結果の詳細を示す。

回数	漏洩量 判定基準[L/h]	D部漏洩量 [L/h]	備考
1回目	12	+0.15	漏洩量の+は流入を表し、-は漏洩を示す。 (漏洩がほぼ0なので、外部のわずかな影響(大気圧の変動、 温度変化)で流入側の結果となるが、漏洩量判定基準値に対 して $0.15/12*100=約2\%$ であり、流入していたとしても十分小 さい値である。)
2回目		+0.01	
3回目		0.00	

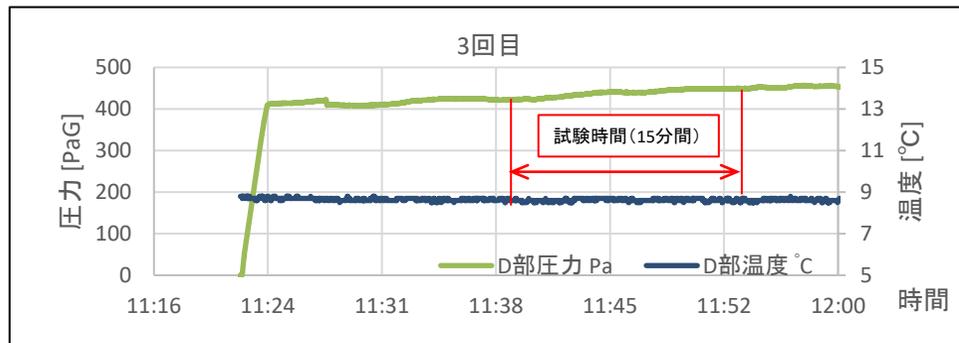
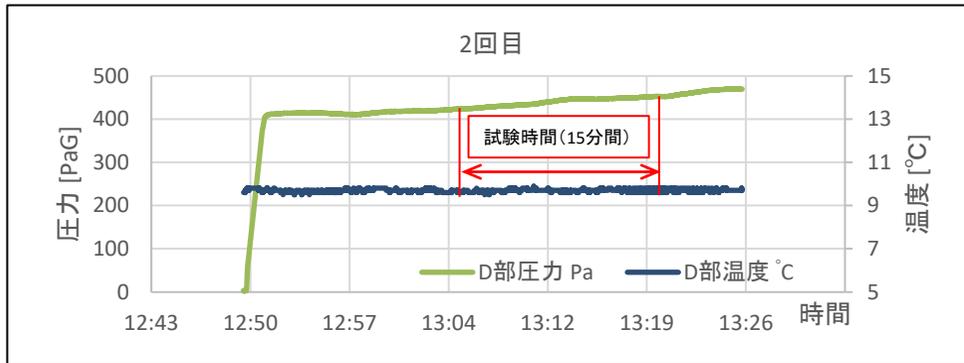
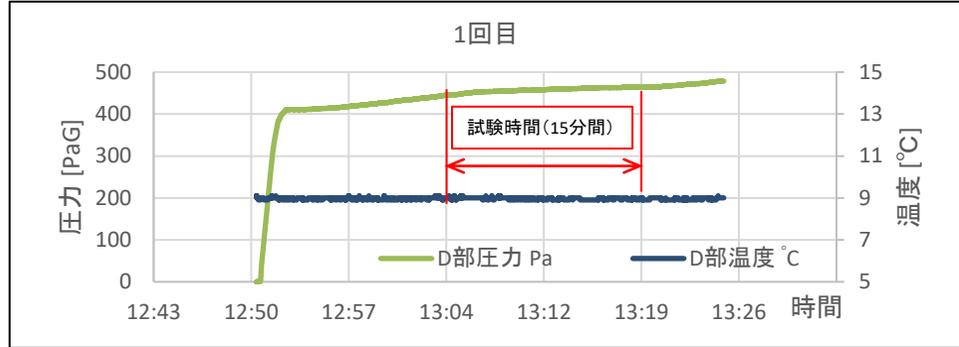


シール部拡大

# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【試験結果：試験3 オフセット試験（各3回実施）】



項目		1回目	2回目	3回目
D部圧力	P1[Pa]	446.16	423.91	422.75
	P2[Pa]	464.75	453.41	452.00
試験体気体温度	T1[°C]	9.1	9.7	8.6
	T2[°C]	9.0	9.7	8.6
大気圧	Patm1[Pa]	101898	101759	102051
	Patm2[Pa]	101880	101731	102022
試験時間	Δt[min]	15	15	15
漏洩量	q[L/h]	0.15	0.01	0.00

$$Q = \frac{VT_{20}}{\Delta t} \left( \frac{P_2}{T_2} - \frac{P_1}{T_1} \right) + \frac{VT_{20}}{\Delta t} \left( \frac{P_{atm2}}{T_2} - \frac{P_{atm1}}{T_1} \right) [Pa \cdot L/s]$$

$$q = \frac{Q}{101325} [L/s]$$

- ここで、Q : 20°C換算の漏れ量(Pa・L/s)
- P<sub>1</sub> : 測定開始時の試験体のゲージ圧(Pa)
- P<sub>2</sub> : 測定終了時の試験体のゲージ圧(Pa)
- Patm1: 測定開始時の大気圧力(外気圧力)(Pa)
- Patm2: 測定開始後の大気圧力(外気圧力)(Pa)
- Δt : 測定開始から測定終了までの時間(s)
- V : 試験体の内容積(L)
- T<sub>20</sub> : 基準温度 293 (K)
- T<sub>1</sub> : 測定開始時の試験体内の気体の絶対温度(K)
- T<sub>2</sub> : 測定終了時の試験体内の気体の絶対温度(K)
- q : 20°C、1気圧換算漏れ量(L/s)

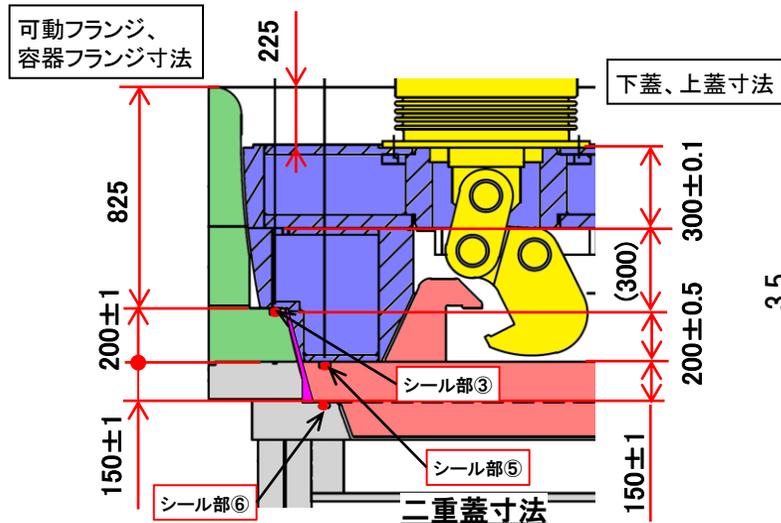
# 6. 本事業の実施内容

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

### 【Oリングの潰れ量について】

二重蓋の製作図および試験時の測定寸法結果から、Oリングの潰れ量を評価した。

シール部	(1)Oリング潰れ量が最小となる各部位の製作公差	(1)のときのOリング潰れ量	Oリング必要潰れ量	(1)のときの上蓋上面から可動フランジ上面までの寸法	上蓋上面から可動フランジ上面までのノミナル寸法	試験で得られた測定結果
シール部③	容器、可動フランジ- 下蓋+ 上蓋+	4.5mm (※1)	8mm~ 2.4mm	220	225	224.0~225.0
シール部⑤	容器、可動フランジ+ 下蓋- 上蓋-	4.5mm (※2)		230		
シール部⑥	— (上蓋のフックを外した段階で、下蓋と容器フランジ面が当たる)	—		—		



Oリングの潰れ量が最小となる場合の各部位の機械的公差(製作後の寸法確認で全て公差内に入っていることを確認済)においても、Oリングの必要潰れ量は満足できる。

また、試験で得られた測定結果からも、Oリングは必要な潰れ量を満足できていることを確認した。

※1

$$\text{隙間} : ((150+1)+(200+0.5)) - ((150-1)+(200-1)) = 3.5[\text{mm}]$$

$$\text{Oリング潰れ量} : 8 - 3.5 = 4.5[\text{mm}]$$

上蓋上面から可動フランジ上面までの寸法:

$$(150-1+200-1+825) - (150+1+500+1+300+1) = 220[\text{mm}]$$

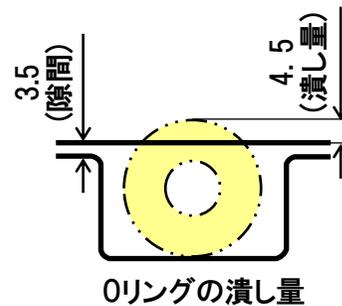
※2

$$\text{隙間} : ((150+1)+(200+1)) - ((150-1)+(200-0.5)) = 3.5[\text{mm}]$$

$$\text{Oリング潰れ量} : 8 - 3.5 = 4.5[\text{mm}]$$

上蓋上面から可動フランジ上面までの寸法:

$$(150+1+200+1+825) - (150-1+500-1+300-1) = 230[\text{mm}]$$



## 6. 本事業の実施内容

### 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

#### 【試験結果の整理】

試験計画時の確認項目についての結果を示す。

ID.	項目	内容	監視・測定記録項目	判定基準	試験結果
1	蓋開閉機構の妥当性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● フック操作による蓋開閉機構の動作確認</li> <li>● 下蓋を設置して、フックで上蓋を吊り上げた際の上蓋および下蓋の取り合い確認および隙間等の確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 異音、ガタなど</li> <li>➢ 上蓋と下蓋の取り合い</li> <li>➢ 隙間(リングの潰し量)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 正常に動作すること。</li> <li>➢ 寸法通りであること。</li> <li>➢ Oリングの仕様および設計の範囲内であること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 異音、破損等なく正常に動作できることを確認した。</li> <li>➢ 上蓋、下蓋間の寸法が設計通りであることを確認した。</li> <li>➢ Oリングの潰し量が規定値内であることを確認した。</li> </ul>
2	接続確認方法の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 上蓋と下蓋、下蓋と容器本体および上蓋と可動フランジが接続できたことを確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 寸法確認 (寸法測定結果からOリングの潰し量を推定)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 測定した寸法が設計の範囲内であること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Oリングの潰し量が規定値内であることを確認した。</li> </ul>
3	気密性能	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 各ステップにおける気密性の確認</li> <li>● 接続対象が芯ずれした場合の気密性の確認 (芯ずれがある場合でも気密性が担保できることを確認し、増設建屋での容器位置合せ精度の仕様検討に反映する。)</li> <li>● 対象は、シール部③:可動フランジ-上蓋間、シール部⑤:上蓋-下蓋間、シール部⑥:下蓋-容器間とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 隙間(Oリングの潰し量)</li> <li>➢ 圧力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Oリングの仕様および設計の範囲内であること。</li> <li>➢ 漏洩率0.1[vol%/h]以下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Oリングの潰し量が規定値内であることを確認した。</li> <li>➢ 芯ずれありなしともに漏洩率が基準値以下であることを確認した。</li> </ul>
4	再現性の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 複数回試験を行い、監視項目について再現性があることを確認</li> </ul>	上記1～3項目と同じ	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 気密試験を3回実施し、再現性があることを確認した。</li> </ul>
5	容器を切り離して良いかの判断基準	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 上蓋と下蓋を設置して吊天秤を降下していくことでフックの接続が解除できたことを遠隔で確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ フックの位置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ フックが下蓋のラグから外れていること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ フックが解除および結合できることを確認した。</li> </ul>

# 6. 本事業の実施内容

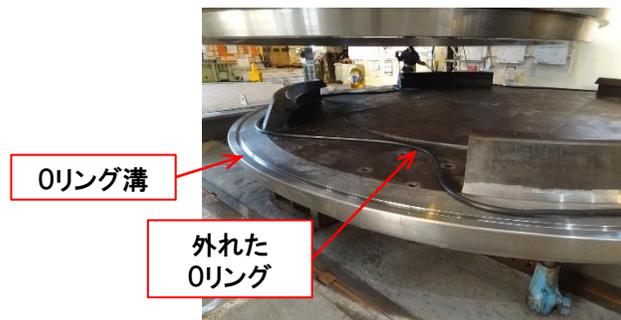
## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

### 【課題】

試験で発生した今後の課題について以下に示す。

#### ●Oリング外れ事象について

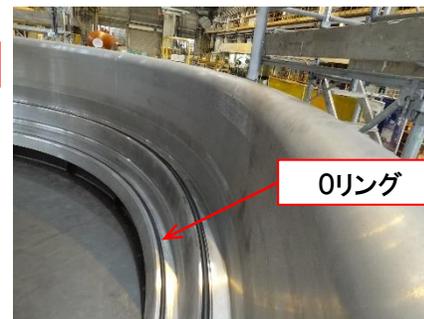
試験後、上下蓋を取り外した際に角溝部に入っているOリングが外れる事象が発生した。原因はOリングが金属面に粘着したことおよび結露による影響と推定される。実機では、Oリングの角溝形状をアリ溝形状に変更することでOリング外れを対策する。アリ溝では遠隔作業によるOリング装着時の損傷や面圧による圧縮割れ等が発生するリスクがあるため、アリ溝の実機適用性に向けて今後検討を進める。



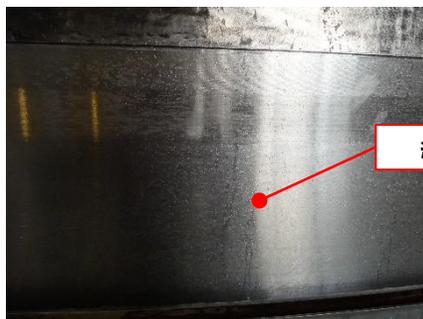
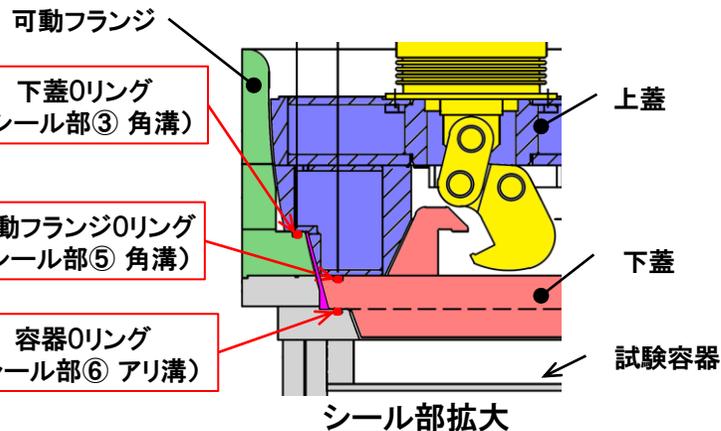
下蓋Oリング  
(シール部⑤ 角溝)



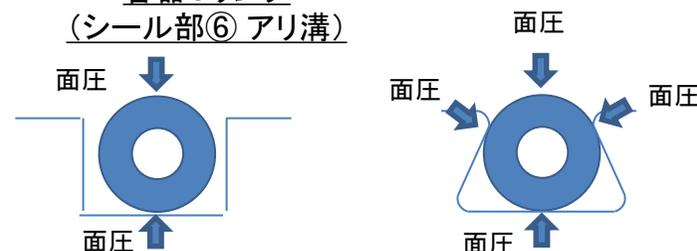
可動フランジOリング  
(シール部③ 角溝)



容器Oリング  
(シール部⑥ アリ溝)



可動フランジ、容器側面



・角溝と比較して充填率が大きくなるため、圧縮割れを起こしやすい。  
・4方向からの面圧によりOリングが複雑に変形すると想定される。  
(角溝では2方向からの面圧)  
これらの影響を評価し、Oリング圧縮割れ等のリスクがないことを確認する。

アリ溝の実機適用性について

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

## 【今後の課題について】

大型搬送容器全般に係る、今後の課題について示す。

ID.	項目	課題の内容	今後の動き
1	容器搬入方法	位置決め、転倒防止等を考慮した搬入方法	取り出し工法PJで引き続き検討
2	容器位置決め方法	今回試験結果を考慮した可動フランジ、容器位置決め方法	取り出し工法PJで引き続き検討
3	容器輸送前の検査方法	増設建屋から新設建屋へ輸送する前の検査方法	取り出し工法PJで引き続き検討
4	可動フランジの昇降方法	可動フランジ昇降の方法	取り出し工法PJで引き続き検討
5	輸送用蓋構造	輸送用蓋の構造(事故時、輸送前の検査方法等含む)	取り出し工法PJで引き続き検討
6	可動フランジと増設建屋との取り合い部の構造	可動フランジ、水シール部の取り合い	取り出し工法PJで引き続き検討
7	容器内部の除染方法	繰り返し使用のための除染方法および構造	取り出し工法PJで引き続き検討
8	Oリング溝形状によるシール性への影響	アリ溝にしたときにOリングに働く応力等を検討	取り出し工法PJで引き続き検討
9	各シール部メンテナンス方法	遠隔による交換方法	取り出し工法PJで引き続き検討
10	収納する構造物およびデブリの仕様	線量、放射エネルギー、汚染密度、形状、性状	一部取り出し工法PJで検討
11	安全に係る検討(水素、地震等)	容器運用中に発生しうる事象の抽出、それに対する対策	他PJとも連携し検討
12	容器本体の製作性	大型構造物の製作性について確認する	取り出し工法PJで確認
13	増設建屋の仕様、場所	大型搬出容器との取合い部、メンテナンスエリア、空調等の仕様および増設建屋の建設場所	他PJとも連携し検討
14	新設建屋の仕様、場所	大型搬出容器との取合い部、メンテナンスエリア、空調等の仕様および新設建屋の建設場所	他PJとも連携し検討
15	増設建屋、新設建屋間の輸送ルート舗装	輸送方法、増設建屋、新設建屋の場所決定後に舗装検討	他PJとも連携し検討

## 6. 本事業の実施内容

### 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

#### 【臨界管理方法の検討】

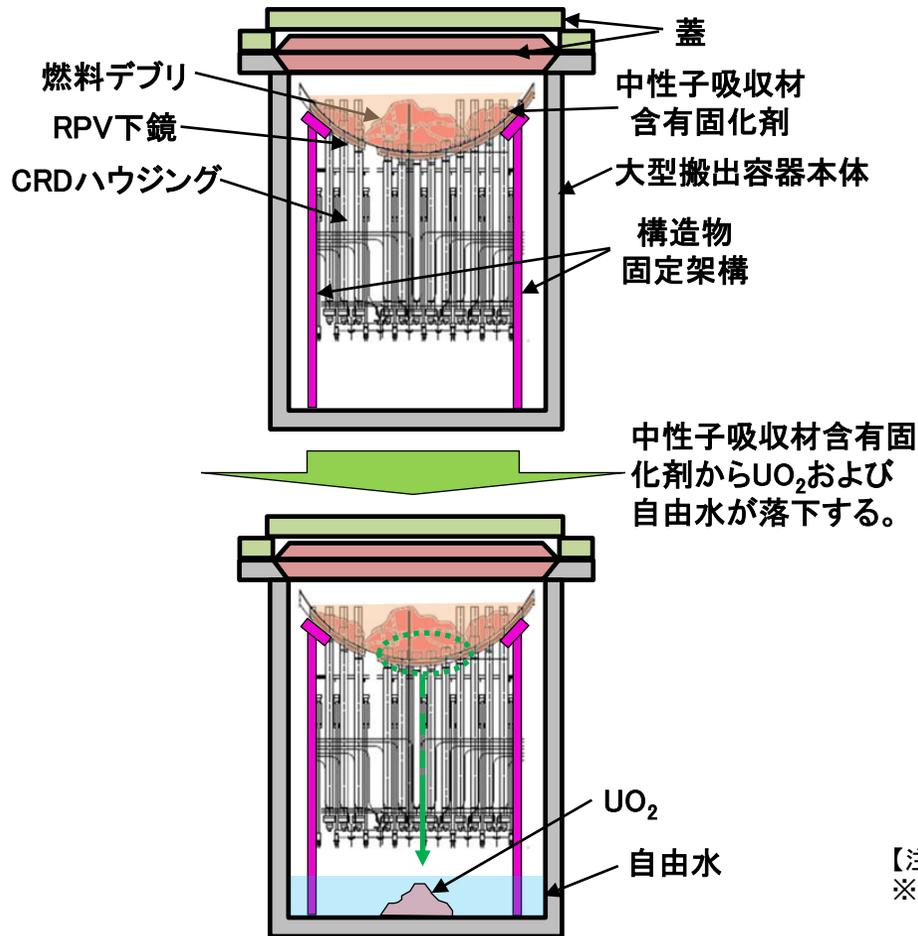
燃料デブリが付着した構造物を中性子吸収材を含有する固化剤で固めることを検討中であり、その場合は容器格納時点で未臨界である。臨界の懸念はほぼないと考えられるが、固化物から燃料デブリが臨界質量以上離脱し、自由水と混合した場合を想定した対策案を念のため検討する。

ID.	懸念事項	対策案	備考
1	構造物を大型搬出容器に収納する際の落下による燃料デブリの離脱	・揚重機多重化等による落下防止。	
2	容器収納後に燃料デブリの離脱と自由水の発生による再臨界	<ul style="list-style-type: none"> <li>・容器収納後に(追加で)充填材を投入し固化する。</li> <li>・中性子吸収材を投入する。               <ul style="list-style-type: none"> <li>→①ホウ酸水注入                   <ul style="list-style-type: none"> <li>・予めホウ酸水を容器に溜めておく。又は、構造物収納後にホウ酸水を注入する。</li> </ul> </li> <li>②非溶解性中性子吸収材投入                   <ul style="list-style-type: none"> <li>・B・Gd入りガラス材を予め容器に入れておく。</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	
3	輸送中の振動・衝撃や容器転倒による臨界への影響(構造物の形状変化等)	・中性子吸収材の投入等(上記と同様に対処)	
4	輸送中の臨界検知方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・未臨界の大型構造物を非溶解性吸収材入り固化剤で固化し、燃料デブリ落下対策も実施するため臨界想定は不要。</li> <li>・中性子モニタにて輸送容器近傍の線量管理を実施することで兼用。</li> </ul>	

- ・大型搬出容器内への非溶解性中性子吸収材(B・Gd入りガラス材)事前投入による臨界防止策について検討し、必要量を評価した。

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

【臨界評価の想定】



大型搬出容器内の収納イメージ

- 左図のとおり、中性子吸収材含有固化剤により固化した燃料デブリ、RPV下鏡およびCRDハウジングなどは大型搬出容器内では構造物固定架構により支持されることを想定する。
- 何らかの理由により、中性子吸収材含有固化剤から $UO_2$ （濃縮度4.9[wt%]）および自由水が大型搬出容器下部に落下することを想定する。また、中性子吸収材含有固化剤の落下は想定しない。
- 落下する $UO_2$ は約100[kg]※1、自由水は大型搬出容器下部から約45[cm]の水深※2となることを想定する。
- $UO_2$ 約100[kg]は自由水中で最適減速となることを想定する。

上記の条件をベースとして大型搬出容器下部に事前投入する非溶解性中性子吸収材の必要量を評価した。

【注記】

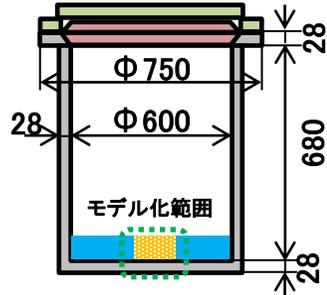
※1:「平成26年度補正予算廃炉・汚染水対策事業費補助金(事故進展解析及び実機データ等による炉内状況把握の高度化)」における、RPV下部CRDハウジングに付着した燃料デブリ最大値約6[ton]の約1%が落下して粉末状になったと想定。

※2: 炉底部(RPV下鏡)全体に水が溜まっており、その全量が容器底部に流入した場合を想定。

## 6. 本事業の実施内容

### 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

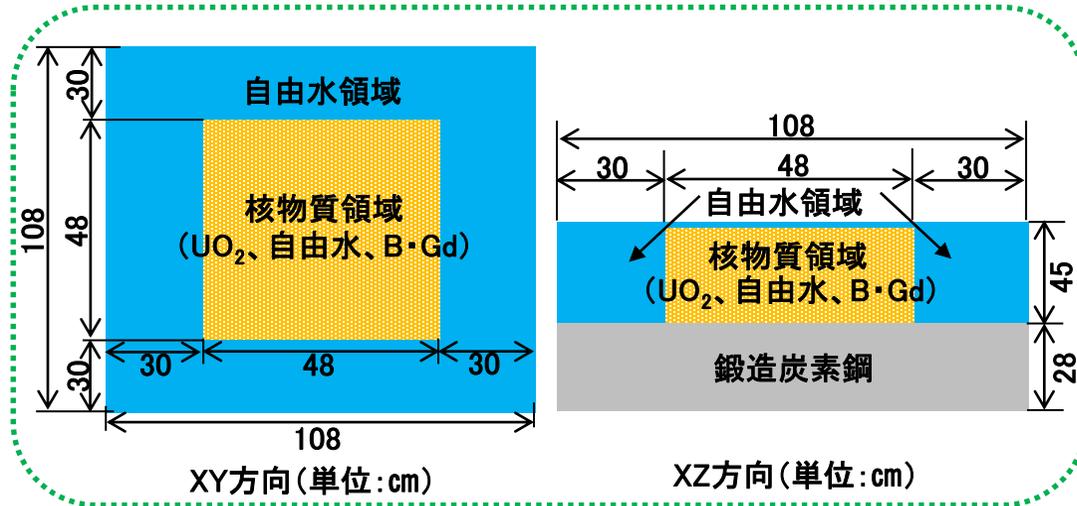
#### 【臨界評価結果】



- ・使用計算機プログラム  
SCALE6コードシステム
- ・判断基準  
 $k_{eff}(\text{計算値}) + 3\sigma \leq 0.95$
- ・評価対象非溶解性中性子吸収材  
B・Gd入りガラス材

大型搬出容器概略図(XZ方向)(単位:cm)

- 落下した $UO_2$ 約100[kg]は自由水中で最適減速となる範囲に密集(核物質領域)することを仮定し、本評価ではこの核物質領域中のB・Gd入りガラス材の高さをパラメータとして必要量をサーベイした。
- $UO_2$ 約100[kg]の最適減速条件を仮定すると、核物質領域の大きさは大型搬出容器内径の約1/10となるため、周囲に30[cm]の自由水を考慮し、XY方向の構造材は保守的に省略した。同様に、XZ方向の構造材のうち大型搬出容器蓋についても保守的に省略した。
- B・Gd入りガラス材は保守的に核物質領域内のみが存在することとし、自由水中には含まれないことを仮定した。ただし、必要重量は大型搬出容器内での拡がりの不確かさを考慮して、大型搬出容器底面積をベースとして換算した。



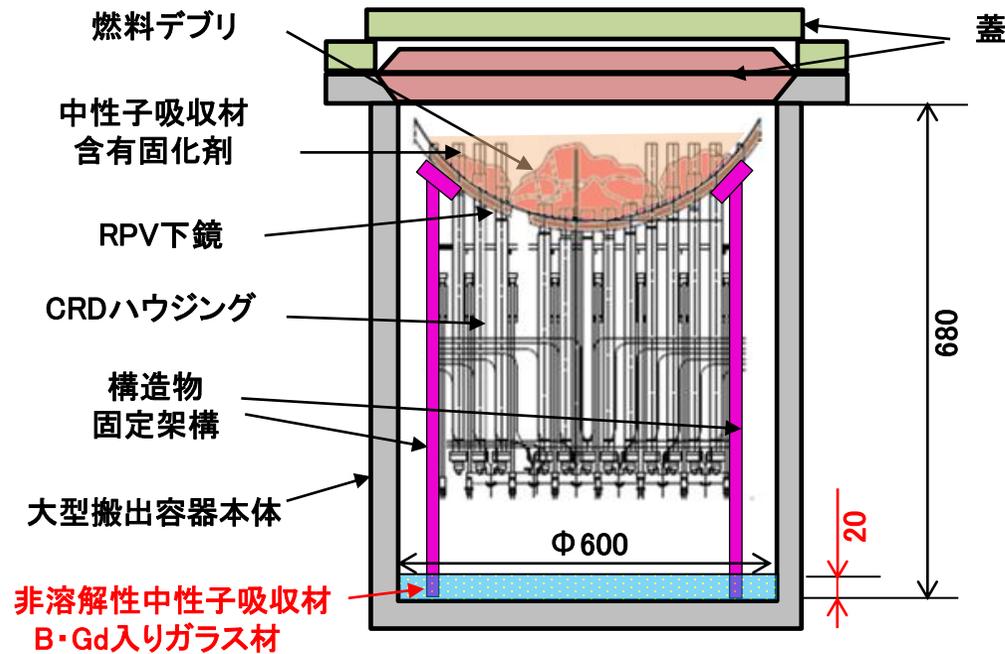
#### 計算モデル

臨界評価の結果、核物質領域内のB・Gd入りガラス材の高さが大型搬出容器底面から20[cm]で  $k_{eff}(\text{計算値}) + 3\sigma$  は0.95を下回り、このときのB・Gd入りガラス材の必要量は約14[ton]となる。

## 1) 大型搬出容器の気密機構の開発

### 【臨界評価結果】

臨界評価結果を考慮した炉底部搬送時のイメージを以下に示す。



- 非溶解性中性子吸収材は、大型搬出容器底部に予め敷いておく。
- 非溶解性中性子吸収材の高さ: 20[cm]  
・大型搬出容器の高さ: 680[cm]
- 非溶解性中性子吸収材の重量: 約14[ton]  
・充填固化した炉底部重量: 249[ton]  
・大型搬出容器(蓋含む)の重量: 520[ton]

評価結果を考慮した炉底部搬送時の大型搬出容器概略図(XZ方向)(単位:cm)

保守的な条件での臨界評価結果を考慮しても、投入する非溶解性中性子吸収材の高さや重量は大型搬出容器(炉底部搬送時)全体の3%程度である。

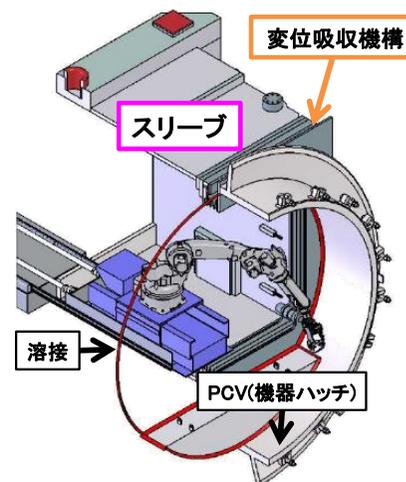
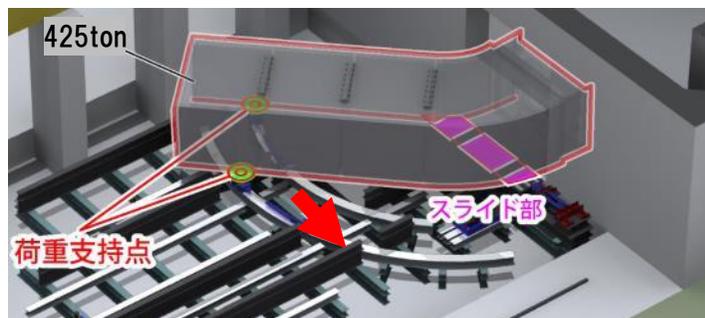
### 1) 大型搬出容器の気密機構の開発：まとめ

- 大型構造物を搬出するために必要となる、汚染拡大防止機能及び高線量の収納物に対する遮蔽機能を有する大型搬出容器蓋部の気密機構について検討した。構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップを整理し、二重蓋運用時の課題を抽出した。
- 二重蓋運用時の課題から要素試験で確認が必要な項目を抽出し、二重蓋開閉機構の妥当性や気密性能について要素試験を実施した。要素試験により、二重蓋の機構が正常に動作可能であり、設定した漏洩率0.1[vol%/h]以下を満たすことを確認し、実現性を確認した。
- 上記試験結果も踏まえ、容器位置決め・検査方法、Oリング溝形状によるシール性への影響、シール部のメンテナンス方法等、今後の課題を整理した。取り出し工法PJ等で引き続き検討を行う。
- 燃料デブリが付着した大型構造物を一体で収納する大型搬出容器の臨界安全の確保について、再臨界防止方法や臨界検知方法について検討を実施した。大型搬出容器内への非溶解性中性子吸収材の事前投入による臨界防止策について検討を進め、保守的な条件での非溶解性中性子吸収材の必要量を評価した。

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

ご説明項目

公募の開発項目	実施方針(案)	備考
1) 大型搬出容器の気密機構の開発	<p>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年度からの開発で検討を実施中である。大型構造物を搬出するためには、汚染拡大防止機能及び高線量の収納物に対する遮蔽機能を有する大型搬出容器について開発する必要がある。</p> <p>大型搬出容器の前提条件と必要開発項目を検討した上で、大型搬出容器蓋部の気密・機構の開発を実施する。また、構造物収納後から保管するまでの臨界管理方法の検討を行う。</p>	
2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発	<p>① アクセス用重量構造物の接続構築技術 R/Bに設置するアクセス用の新設設備(アクセストンネル、セル等)は数百トン規模の重量構造物であるため、重量構造物の遠隔でのPCVとの接続構築技術の開発を実施する。</p> <p>② 接続部の閉じ込め構造 新設設備は接続部の閉じ込め機能を保持するとともに地震時の変位を吸収する機能を設ける必要があるため、PCV接続部の変位吸収構造の開発を実施する。</p>	



## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

R/Bに設置するアクセス用の新設設備(アクセストンネル、セル等)について、PCV等の既設構造物との接続部の閉じ込め機能確保のための技術開発として、接続部の構造、工法、検査、保守等の開発課題を検討、整理し、以下を含む必要な要素試験を実施し技術の成立性を確認する。

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

アクセス用の新設設備をPCV接続部(機器ハッチ等)に取付けるには、数百トン規模の重量構造物をR/B内に移送し精度よくPCV接続部に位置調整する作業を、作業時の被ばく低減を行い、作業安全を確保して行う必要がある。そのために、R/Bの床等の荷重制限を超えないようにすること、R/B内の既存構造物、機器を回避しながら、重量構造物を進行、旋回、位置調整すること、及びR/B内では放射線量が高いため可能な限り作業員は現場に入らず遠隔操作で行うことを考慮した取付けを可能とする接続構築技術(位置調整取り付け)の開発が必要である。橋梁、プラント等の技術調査を含めて検討し、適用可能な重量構造物の接続構築技術を開発する。また、実重量を模擬したモックアップによる要素試験を実施して現場適用性を確認する。

#### ② 接続部の閉じ込め構造

PCVに接続するアクセス用の新設設備は、接続部の閉じ込め機能を保持するとともに地震時の変位を吸収する機能を設ける必要がある。R/Bに設置する重量構造物のPCV接続部の変位吸収構造について、既存技術の組合せ、改良等も考慮した開発を行い、要素試験を実施して実現性を評価する。

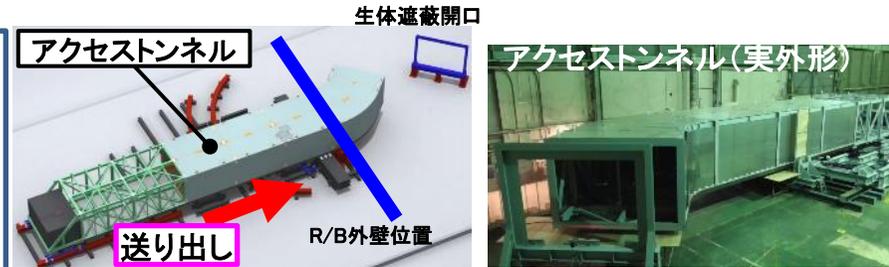
## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### 工法・システム高度化(2017-18年度実施)

##### 【工法実現性の確認(形状寸法模擬要素試験実施)】

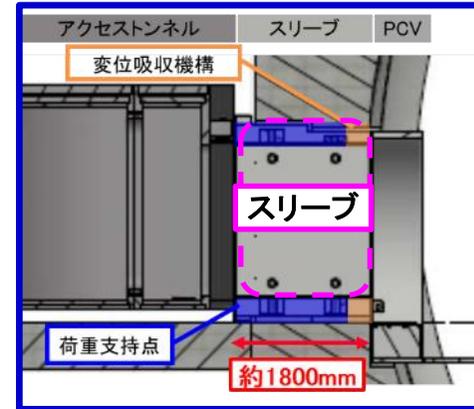
- トンネルパーツの送り出し
- 狹隘開口における曲面トンネルの送り出し
- 遠隔作業監視、位置決め精度



#### 取り出し規模の更なる拡大(2019-2020年度実施)

##### 【接続方法の検証】

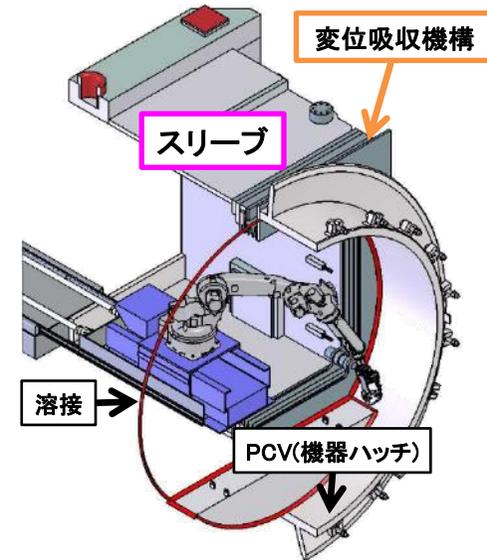
- 上記で抽出した課題の検討
- BSWとの接続方法(スリーブ溶接試験)
- スリーブ(変位吸収機構)構造検討



#### 今回実施

##### 【試験による実現性確認】

- 重量物送り出し(スライド部の確認)
- 変位吸収機構(漏洩量確認)



スリーブ本体は、  
工法PJにて検討中

#### 工法PJでの検討項目

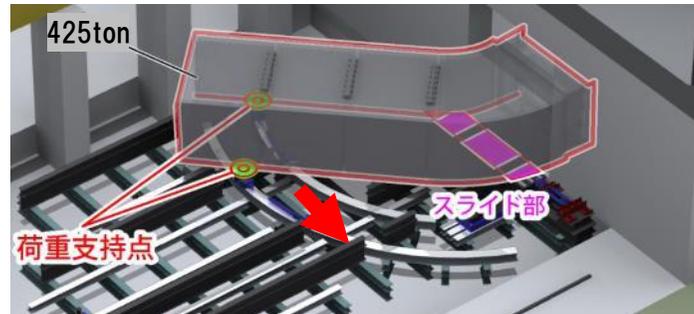
- スリーブ遠隔設置・溶接方法の検討 等

## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

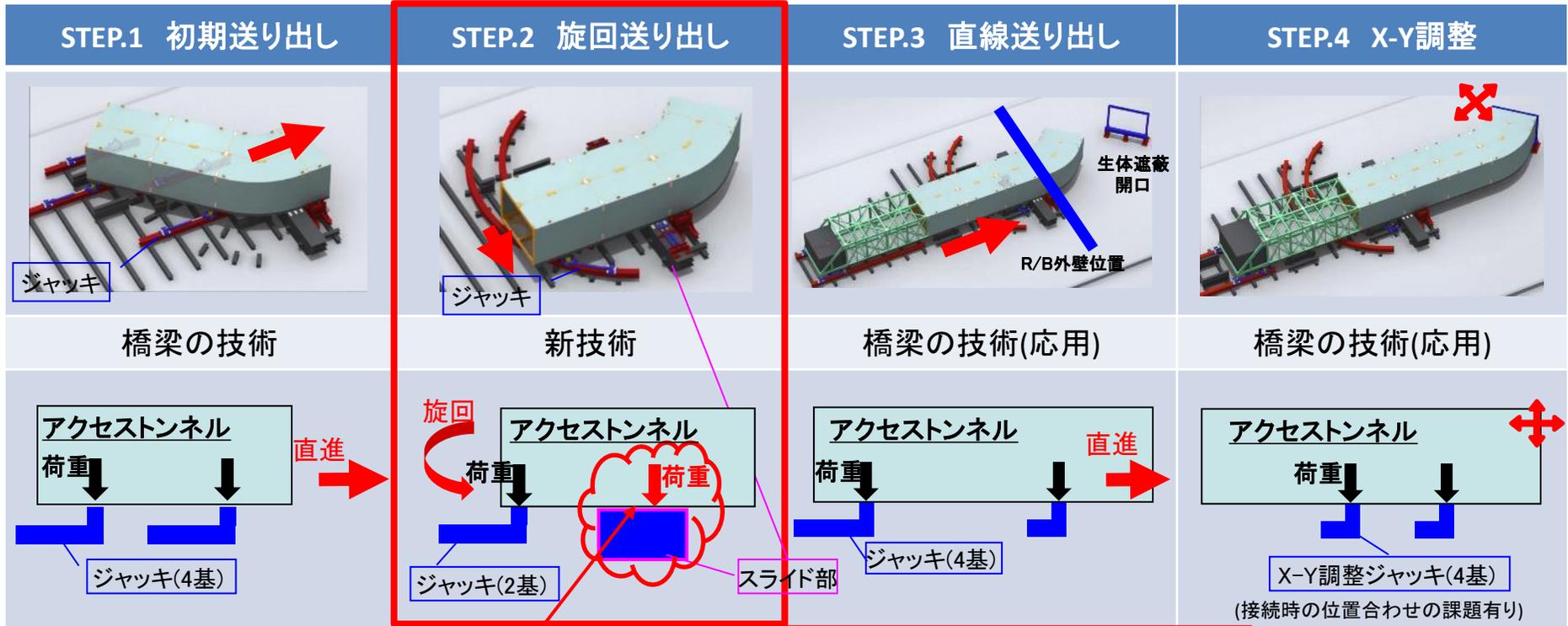
公募の開発項目	実施方針(案)	備考
1) 大型搬出容器の気密機構の開発	<p>燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに関しては、上アクセス工法のスループット向上のため大型一体搬出工法について2019年度からの開発で検討を実施中である。大型構造物を搬出するためには、汚染拡大防止機能及び高線量の収納物に対する遮蔽機能を有する大型搬出容器について開発する必要がある。</p> <p>大型搬出容器の前提条件と必要開発項目を検討した上で、大型搬出容器蓋部の気密・機構の開発を実施する。また、構造物収納後から保管するまでの臨界管理方法の検討を行う。</p>	
2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発	<p>① アクセス用重量構造物の接続構築技術 R/Bに設置するアクセス用の新設設備(アクセストンネル、セル等)は数百トン規模の重量構造物であるため、重量構造物の遠隔でのPCVとの接続構築技術の開発を実施する。</p> <p>② 接続部の閉じ込め構造 新設設備は接続部の閉じ込め機能を保持するとともに地震時の変位を吸収する機能を設ける必要があるため、PCV接続部の変位吸収構造の開発を実施する。</p>	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> <p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">ご説明項目</p> </div>



## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術



摺動面

荷重を考慮したスライド部の評価は未実施

18年度までの成果 (工法・システム高度化)	形状模擬体にて、ジャッキを使用した <b>狭隘部の送り出しと精度</b> を確認(STEP1、2、3共通) ・ <b>実機と同容量のジャッキを使用</b> したため、実機質量においても問題ない ・形状模擬体では軽量であったため、スライド部の評価は出来ていない
本事業	質量模擬体にて、スライド部の機能を確認(STEP2)

(STEP2では、設置スペースの関係で他STEP同様にジャッキを4基設置することは不可。)

## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

手順	主な課題	内容	検討	試験/確認	備考
送り出し設備 設置	・据付精度	・送り出し設備の据付精度など確認を行う必要がある。	○	○	本PJで実施
	・設備の小型化	・送り出し工程(準備含む)短縮のため、送り出し設備の小型化が求められている。	—	—	工法PJで実施 (遮蔽体追設)
アクセストンネル 組立	・組立方法	・配管などの内装を含めたアクセストンネルの現地組み立て方法の検討が必要。	—	—	実機エンジニアリングで 実施
送り出し	・狭隘部通過 ・送り出し精度	・R/Bの壁通過(狭隘部)可否やアクセストンネルの設置精度の確認が必要。	—	—	2018年度の形状模擬 モックアップで確認済み
	・スライド部の設計	・旋回送り出しではスライド部を用いてスライドさせながらアクセストンネルを旋回する必要があり、スライド部の設計および性能の確認が必要。	○	○	本PJで実施
接続	・接続構造	・アクセストンネルとPCV接続スリーブの接続構造について検討を実施する必要がある。	—	—	実機エンジニアリングで 実施

## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

##### 【課題】

旋回時、スライド部の破損を防ぐためスライド部にかかる面圧を許容面圧以下にする必要がある。そのため、スライド部はアクセストンネル下面に追従し(面接触)、局所的に力がかかること(線接触)を防止する必要がある。追従性に影響を与える因子は多数あり(アクセストンネルの重心位置の移動/下面の製作精度/下面の仕上げ加工/据え付け精度など)、事前に検証を行い確認する必要がある。

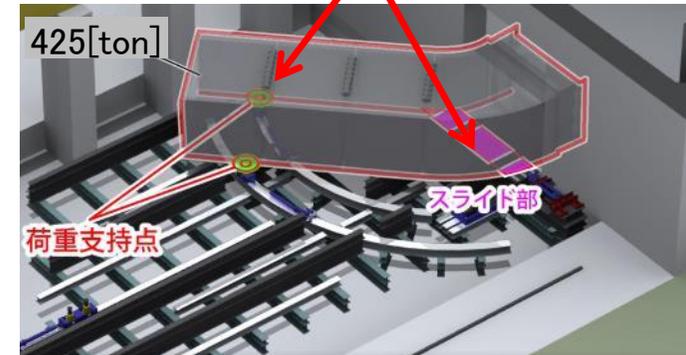
##### 【実施内容】

- アクセストンネルの旋回部(スライド部)に関して、荷重の影響を考慮して構造検討を行う。
- 検討したスライド部の実現性を確認するために、スライド部の荷重を模擬(旋回時のアクセストンネルユニット実機質量を模擬)した試験等の要素試験計画を立案する。
- 要素試験を行い、検討したスライド部の実現性を確認する。  
(実現性確認のため、摺動面のトンネル本体への追従性確認等を実施)

##### 【得られる成果】

- 荷重の影響を考慮したアクセストンネルスライド部構造の提示。

アクセストンネル旋回時の荷重は荷重支持点とスライド部で受ける



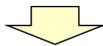
アクセストンネルスライド部イメージ

## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

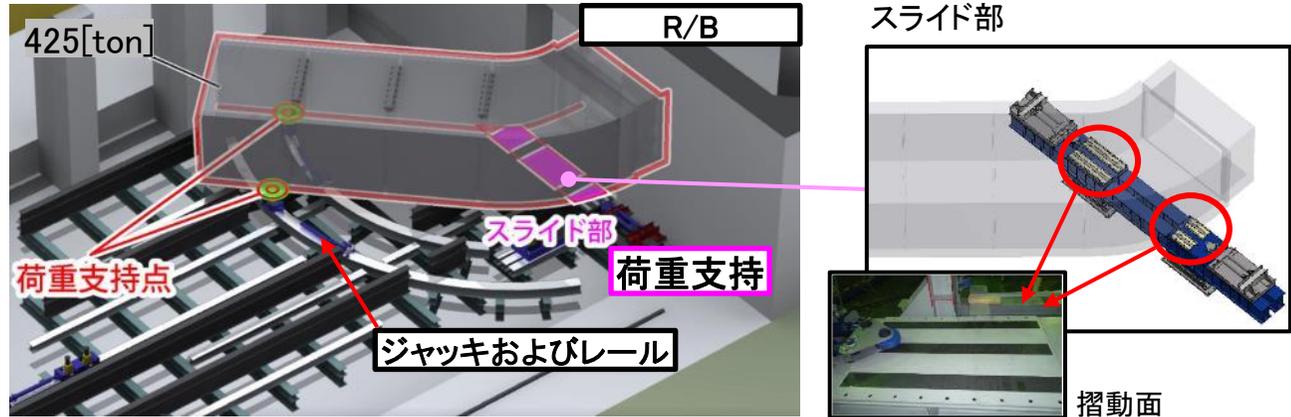
#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

18年度までの結果  
(形状模擬)



- 送り出し実現性の確認
- 狭隘開口における曲面形状トンネルの送り出し実現性確認
- 遠隔作業監視(遠隔据付)
- 位置決め精度(±50[mm])の確認

#### 【アクセストンネルのスライド部】



- ・ 損傷したR/Bへの負荷を最小限に留めるため、既存の柱は撤去せずにアクセストンネルを設置する計画である。そのためには、アクセストンネルをR/B近傍で旋回させる必要がある。
- ・ アクセストンネルの後方はレール上をジャッキで旋回可能であるが、前方は旋回用のレールを敷くスペースがないため、スライド部にて荷重を支持しつつ旋回(摺動)させる。

⇒18年度までは形状模擬にてアクセストンネル送り出しに関する実現性を確認した。

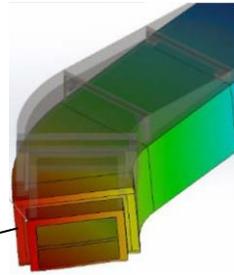
アクセストンネルの旋回も試験を実施したが、形状模擬体であり、質量を模擬していないため今回は質量模擬にて確認する。

## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

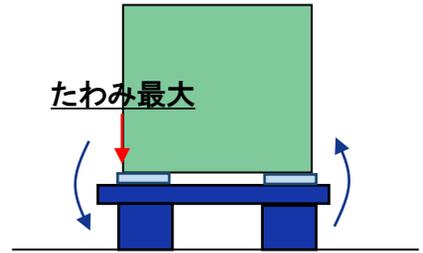
#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

【スライド部の役割】 摺動面へ過剰な応力(線接触)が掛からない様に摺動面をアクセストンネル下面へ追従(面接触)させる。

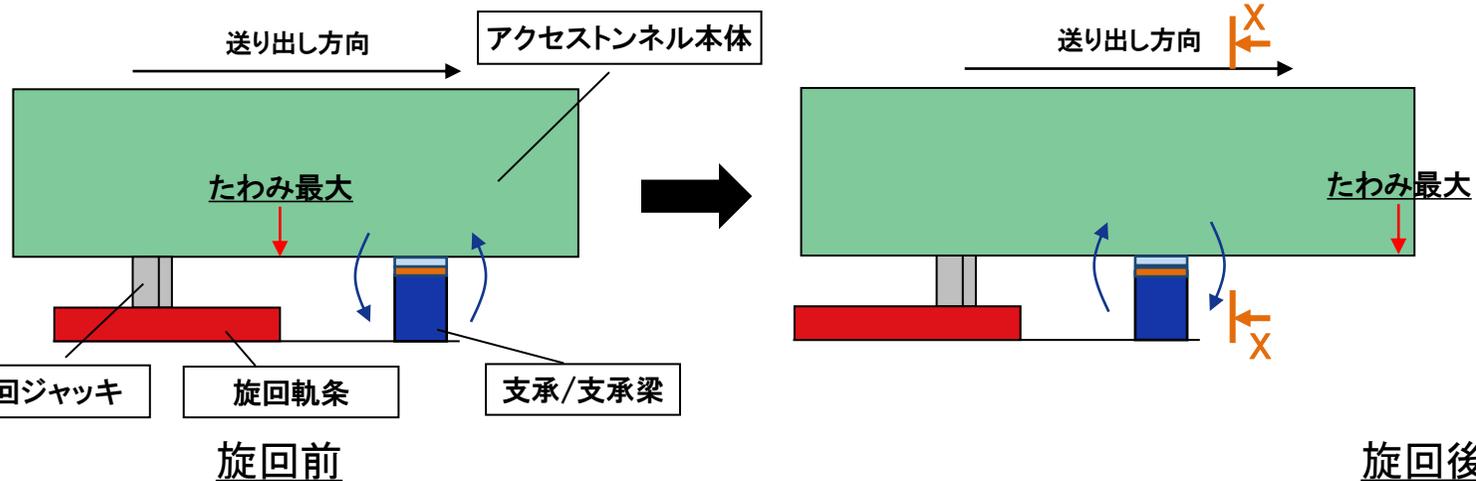


回転後のイメージ

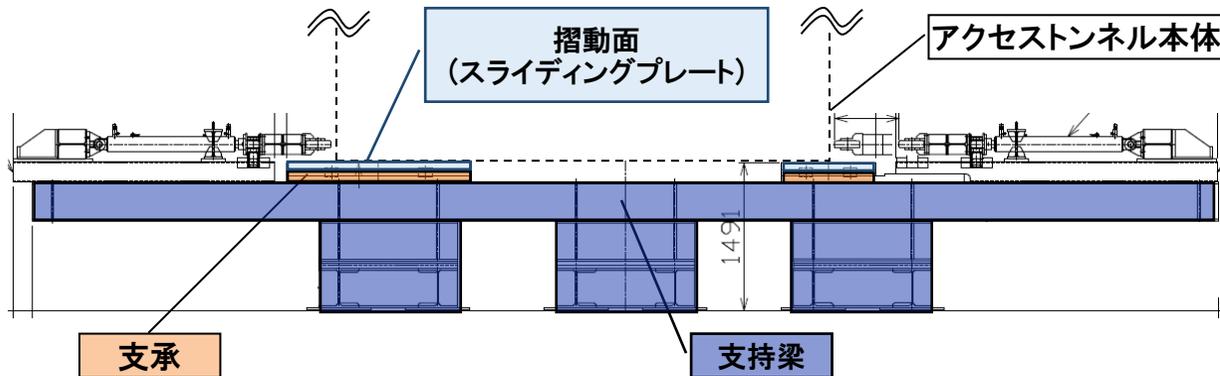
アクセストンネル曲がっているため、偏荷重がスライド部にかかる



矢視X



【検討したスライド部】 (スライド部の荷重解析を行い、支承部の材質の検討を実施。)



橋梁の支承の技術を応用して、摺動面をアクセストンネル下面に追従(面接触)させる。

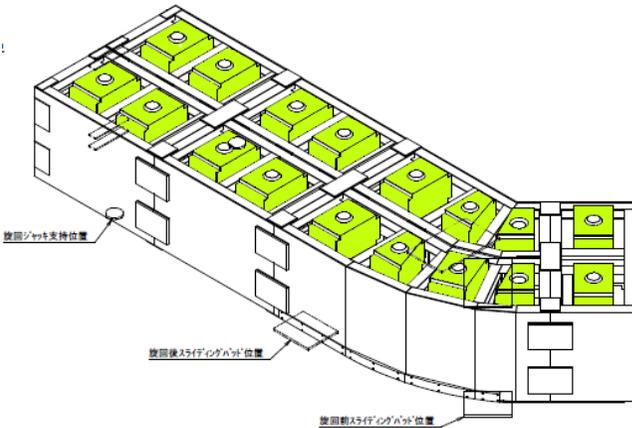
(偏心荷重+重心位置移動)

# 6. 本事業の実施内容

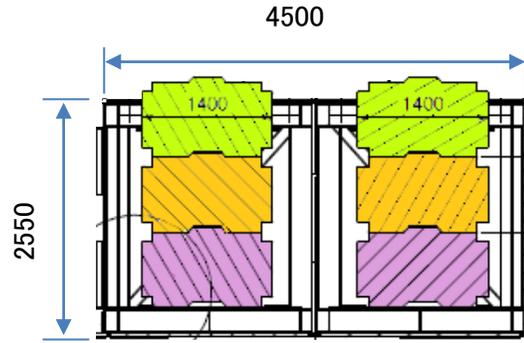
## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

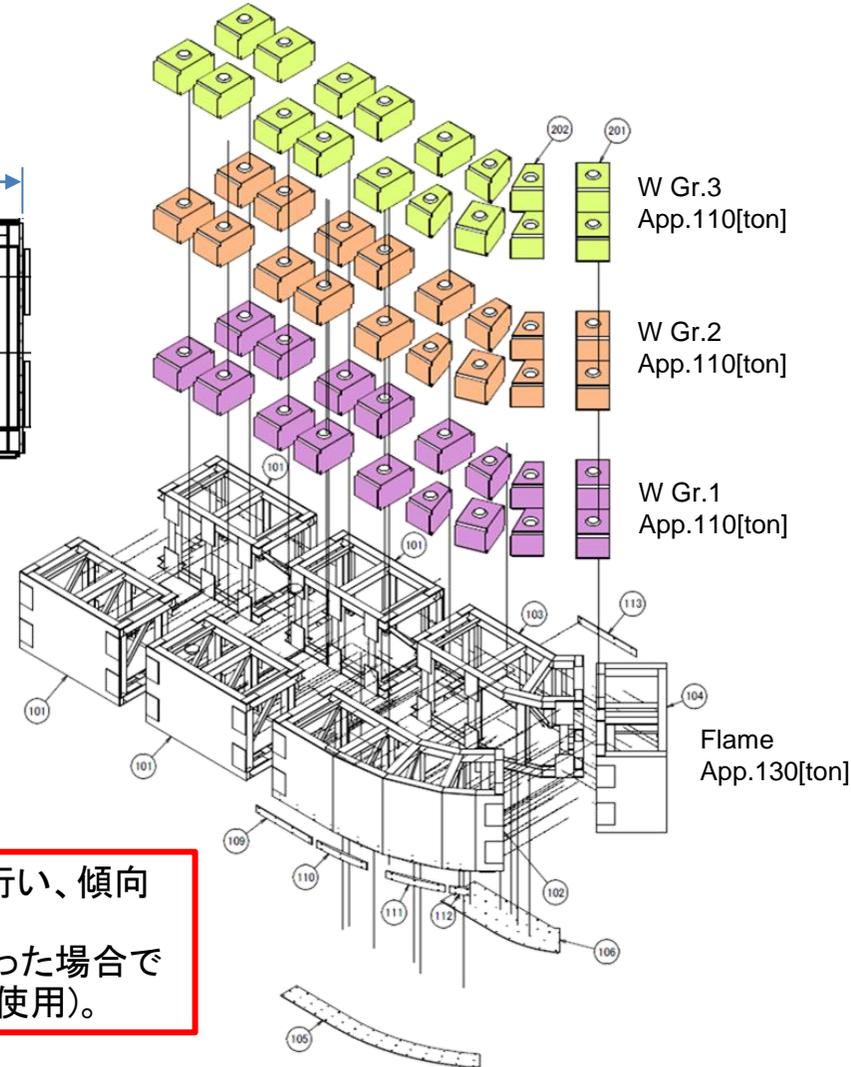
【実機模擬体形状】



実機模擬体鳥瞰図



実機模擬体断面図



試験ケース(ton)				
対象	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
W Gr.3	—	—	—	93
W Gr.2	—	—	102	102
W Gr.1	—	103	103	103
フレーム	132	132	132	132
合計	132	235	337	430

複数のケースで試験を行い、傾向を確認。  
 →実機重量が変更になった場合でも対応可能(解析結果も使用)。

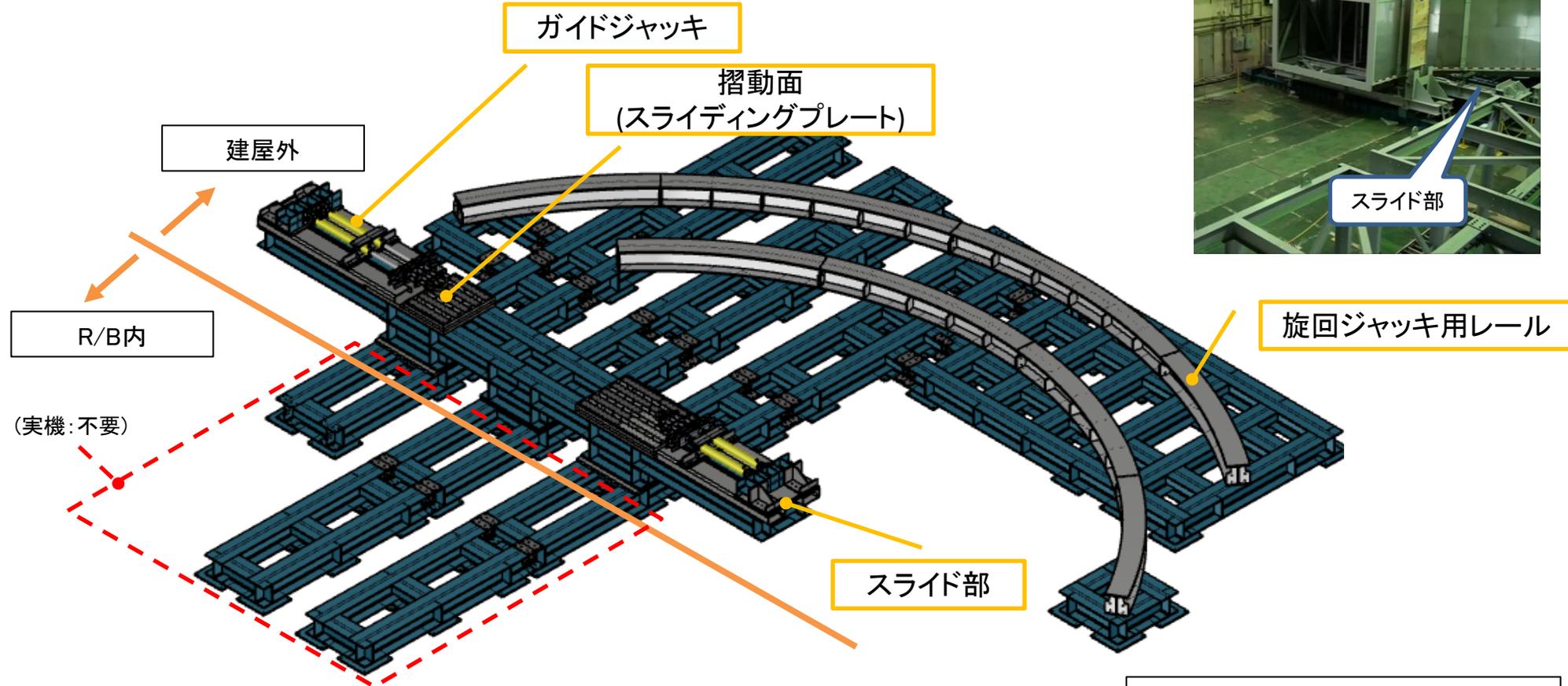
# 6. 本事業の実施内容

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

【スライド部および送り出し装置】

模擬開口芯を基準とし、スライド部等を設置する。



(試験時は模擬R/B開口を設置。開口幅は1号機を想定し5060[mm]とする。)

非遠隔: 準備作業(送り出し設備の設置など)  
遠隔: アクセストンネルの送り出し作業

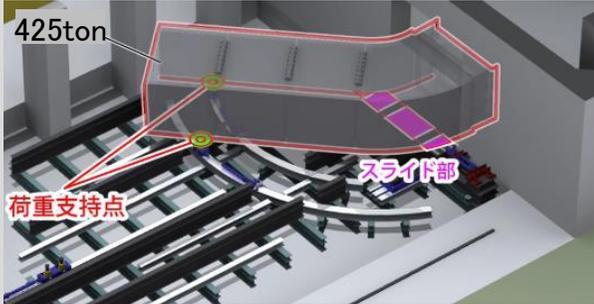
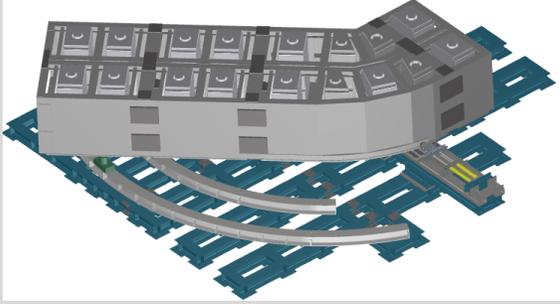
## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

##### 【機器構成(実機との比較)】

開発試作対象

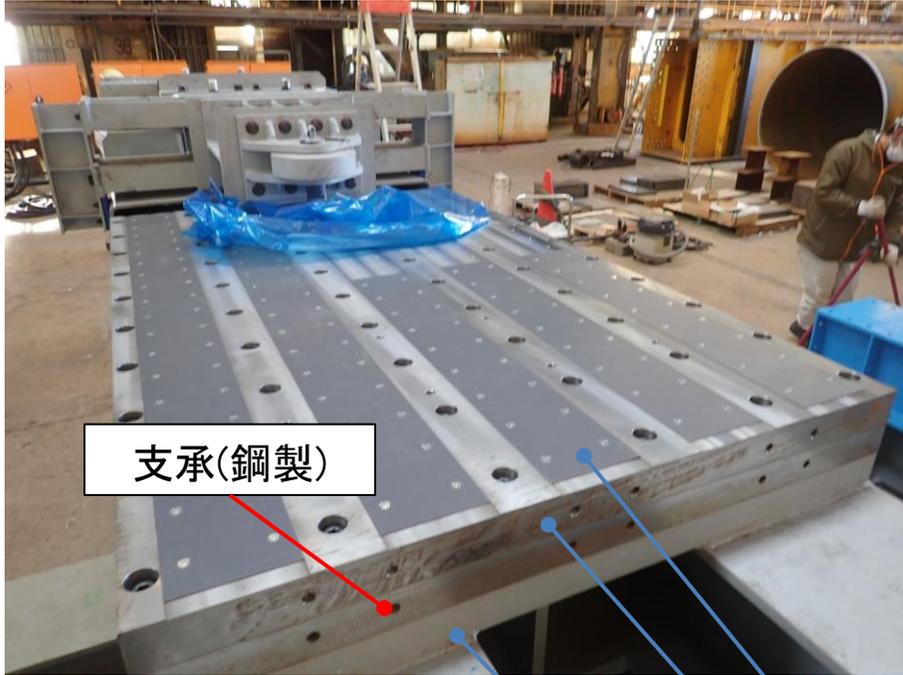
ID.	機器	実機仕様*	モックアップ仕様*
①	アクセストンネル本体	<ul style="list-style-type: none"> <li>断面寸法:幅4.5×高3.1[m]</li> <li>遮蔽厚さ:300[mm](底面110[mm])</li> <li>旋回ユニット:(アクセストンネル1~5ユニット)</li> <li>重量:425[ton]</li> <li>摺動面:ステンレス磨き加工</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>断面寸法:幅4.5×高2.4[m]</li> <li>遮蔽厚さ:未考慮(フレーム構造)</li> <li>旋回ユニット:(アクセストンネル1~5ユニット)</li> <li>重量:実機質量をウェイトにより模擬(約130[ton]、230[ton]、330[ton]、430[ton])</li> <li>摺動面:ステンレス磨き加工</li> </ul>
②	スライド部	<p>摺動部</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>摺動面:スライディングプレート</li> <li>許容面圧:49[MPa](500[kgf/cm<sup>2</sup>])</li> <li>許容速度:100[m/min]</li> <li>摩擦係数:0.04~0.2</li> </ul> <p>ガイドジャッキ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ジャッキ:能力(押し)約50[ton]×2基</li> <li>ジャッキ:ストローク1000[mm]</li> </ul>	<p>実機仕様と同じ (支承材は鋼製およびゴム製を準備)</p>
③	送り出し機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>旋回ジャッキ:能力(引き)約40[ton]×2基</li> <li>旋回ジャッキ:ストローク1200[mm]</li> <li>鉛直ジャッキ:能力 約200[ton]×2基</li> <li>鉛直ジャッキ:ストローク 約230[mm]</li> </ul>	<p>実機仕様と同じ</p>
イメージ		 <p>425ton</p> <p>荷重支持点</p> <p>スライド部</p>	

## 6. 本事業の実施内容

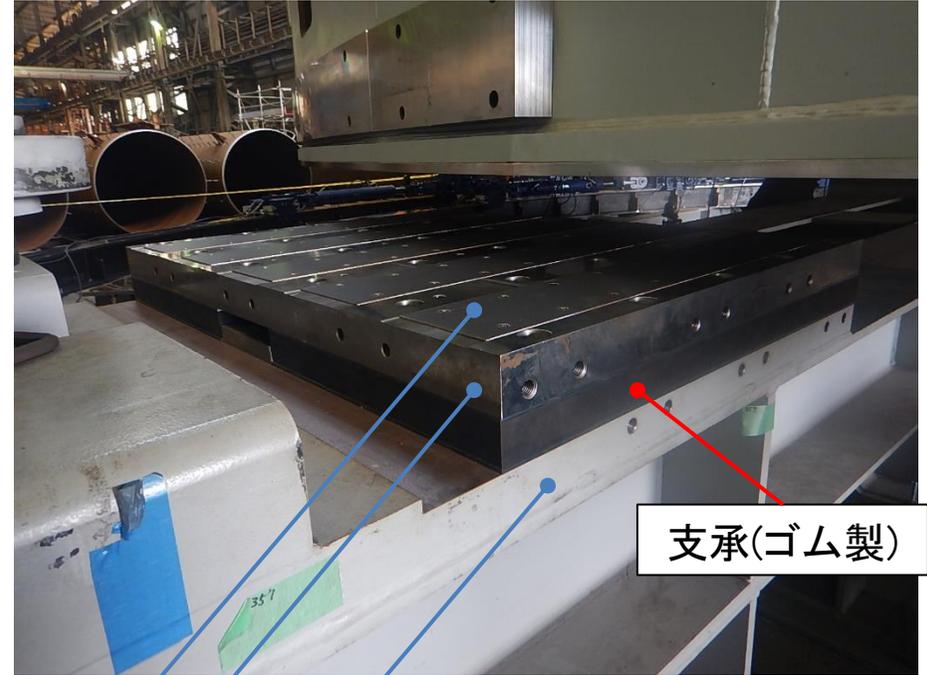
### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

【スライド部の比較】



支承(鋼製)



支承(ゴム製)

鋼製支承

SP※

SP取付座

ゴム支承

支承取付座

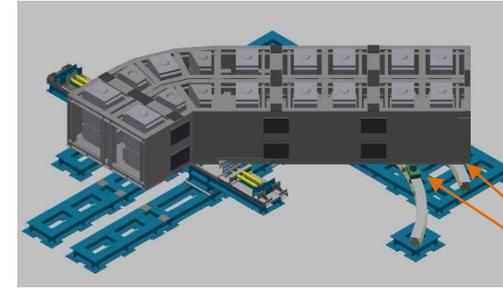
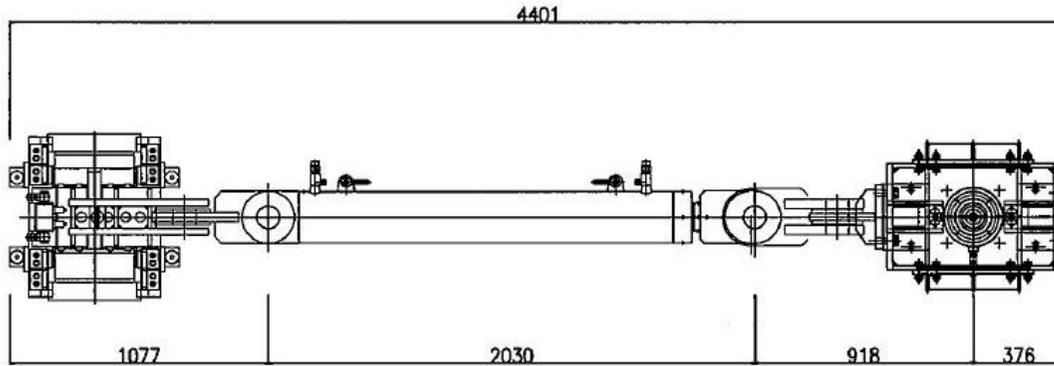
※SP:スライディングプレート

## 6. 本事業の実施内容

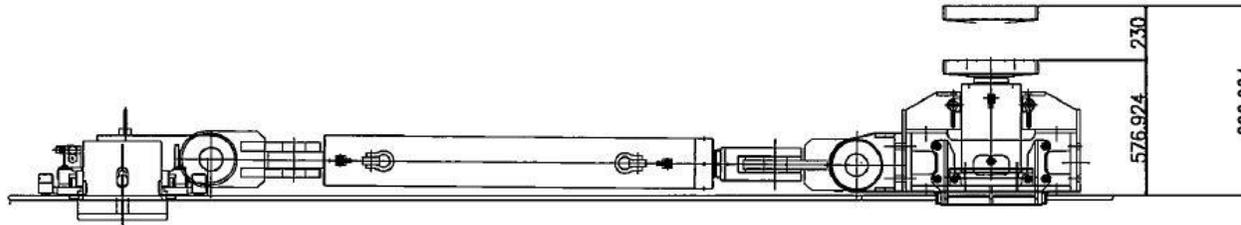
### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

【旋回ジャッキ仕様】



旋回ジャッキ:2基



装置仕様

鉛直荷重	2000kN
滑り面支圧	114kgf/cm <sup>2</sup>
質量	310kg (鉛直ジャッキを除く)

鉛直ジャッキ仕様

型式	ACRL-20023SB
能力	2000kN
ストローク	230mm
作動圧力	70.54MPa
質量	260kg

容量・ストローク共に実機・  
形状模擬モックアップと同じ

仕様	
能力引	400 kN
ストローク	1200 mm
ピストン径	160 mm
ラム径	120 mm
受圧面積	88.0 cm <sup>2</sup>
作動圧力	45.47 MPa
必要油量	10.6 L

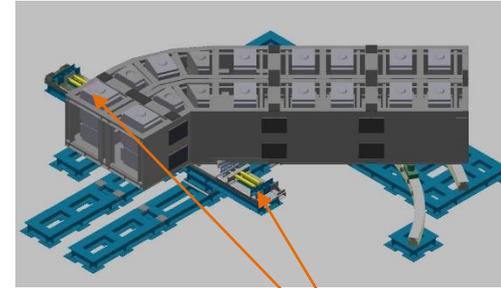
仕様	
能力押	800 kN
ストローク	1200 mm
ピストン径	160 mm
受圧面積	201.1 cm <sup>2</sup>
作動圧力	39.79 MPa
必要油量	24.1 L
質量	約 460 kg

## 6. 本事業の実施内容

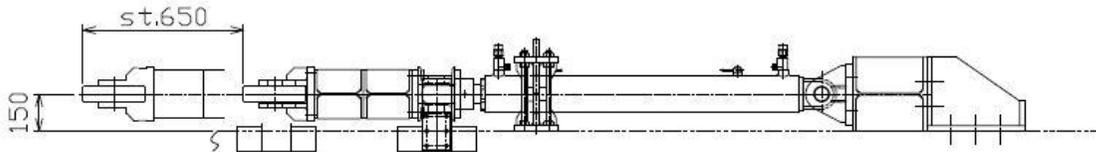
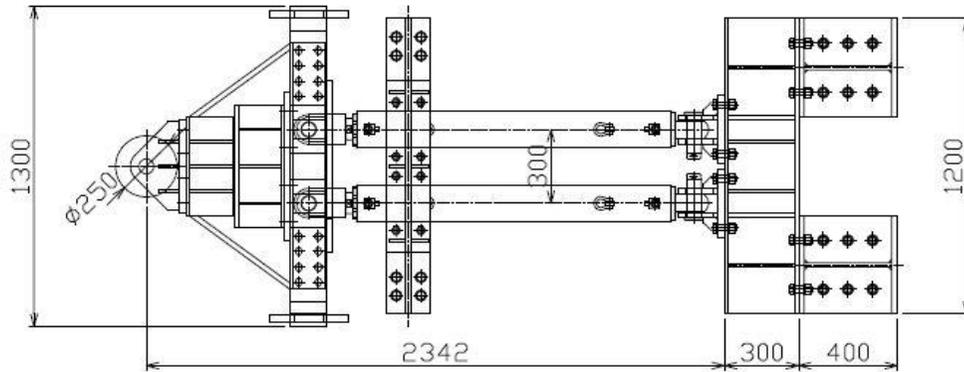
### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

【ガイドジャッキ仕様】



ガイドジャッキ:2セット(4基)



容量・ストローク共に実機・  
形状模擬モックアップと同じ

仕様			仕様		
能力	引 200	kN	能力	押 500	kN
ストローク	1000	mm	ストローク	1000	mm
ピストン径	115	mm	ピストン径	115	mm
ラム径	90	mm	受圧面積	103.9	cm <sup>2</sup>
受圧面積	40.3	cm <sup>2</sup>	作動圧力	48.14	MPa
作動圧力	49.69	MPa	必要油量	10.4	L
必要油量	4.1	L	質量	約 175	kg

## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

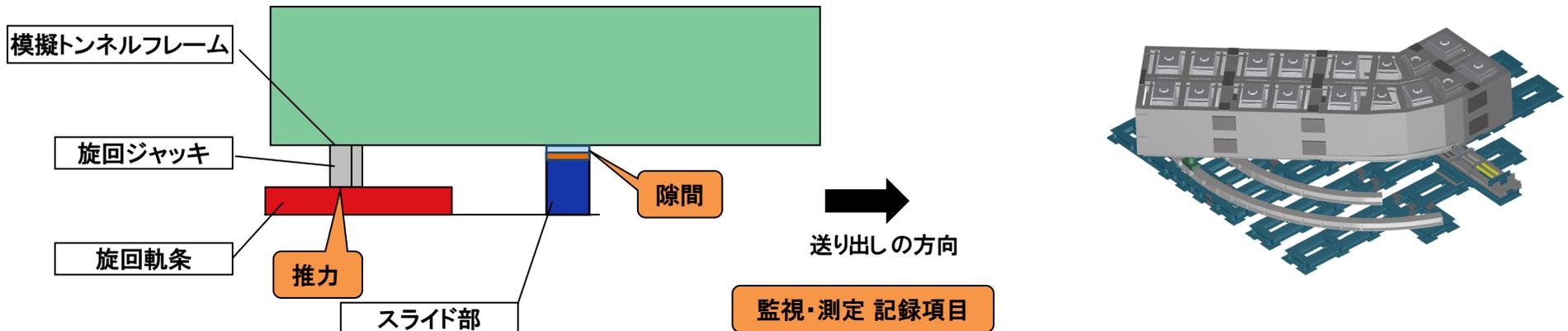
#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

##### 【試験計画】

開発の目標: 旋回ジャッキによる送り出し可能 → 設計通りの面圧 → 支承部が機能している

ID.	項目	内容	監視・測定記録項目	判定基準
1	実機質量模擬体の送り出し	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 実機質量模擬体の送り出し試験を行う。</li> <li>● 送り出し速度: 約1[°/min](160[mm/min])</li> <li>● 旋回は0~45°を5°毎に行い、各項目の計測を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 旋回ジャッキ推力</li> </ul>	送り出しが可能であること。 (旋回ジャッキ推力 ≤ 40[ton]/個)
2	摺動面の摩擦抵抗	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 旋回ジャッキの推力から摺動面(スライディングプレート)の摩擦係数を確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 摩擦係数の算出(仕様との比較)</li> </ul>	摺動面の仕様範囲内であること。 (摩擦係数: 0.04~0.2)
3	摺動面の追従性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 各計測ポイントを設定し、送り出し前後の模擬アクセストンネルフレームの底板と摺動面の隙間およびスライド部の傾き状態を確認する。 (隙間や傾きは確認できる範囲で実施)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ トンネルフレームと摺動面の隙間</li> <li>➢ スライド部傾き</li> </ul>	—
4	再現性の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 複数回試験を行い、監視項目について再現があることを確認する。</li> </ul>	上記1~3項目と同じ	—

(備考) 本計画は設計進捗により変更となる可能性あり。



## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

##### 【試験回数】

試験は鋼製およびゴム製の支承を用いて実施する。事前評価の結果、実機では鋼製支承の方が有力※1であるが、製作精度や設置精度などの吸収についてはゴム製支承の方が有利であるため、ゴム製支承においても鋼製支承のバックアップとして試験を実施する。

本モックアップ試験では鋼製支承の各荷重ケースにおいて各3回、ゴム製支承において各2回実施する。なお、試験工程の都合上、ゴム製支承の荷重ケース3は実施しない。

試験条件一覧							
試験No.	1	2	3	4	5	6	7
支承材質	鋼製				ゴム製※3		
荷重ケース※2 (送り出し荷重)	ケース1 (130ton)	ケース2 (230ton)	ケース3 (330ton)	ケース4 (430ton)	ケース1 (130ton)	ケース2 (230ton)	ケース4 (430ton)
	132[ton]	235 [ton]	337 [ton]	430 [ton]	132 [ton]	235 [ton]	430 [ton]
送出し回数	各3回				各2回		

※1: 解析の結果、ゴム支承においてはスライディングプレートにかかる応力が最大で44[MPa]となっており、許容面圧49[MPa]の範囲内ではあるが、非常に大きい値となっている。そのため、実機では鋼製支承(最大17.8[MPa])を第一候補として検討中である。

※2: 各ケースの荷重は実測値を反映した。

※3: ゴム製支承の荷重ケース3(330ton)については試験は実施しないものの、他ケースの結果より考察を実施する。

## 6. 本事業の実施内容

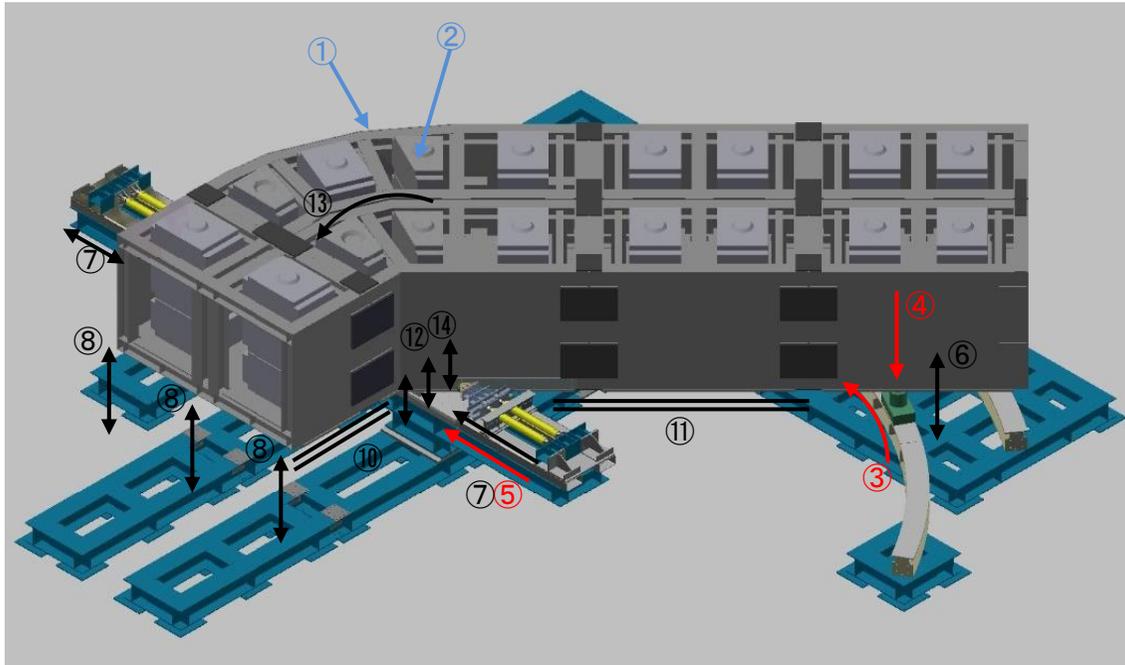
### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

##### 【測定/確認項目】

試験は下図の状態から45° 旋回させる。約5° ピッチで停止させ、右表に記載の項目について確認を行う。動作時のジャッキ各種データは、データロガーにて記録する。

質量:①~②、力:③~⑤、変位:⑥~⑭



以下については解析および設計値と比較を行う。  
旋回ジャッキ推力・鉛直荷重/先端部変位/支承部の荷重

測定:質量	
①	実機模擬体質量(製作時)
②	ウェイト質量(製作時)
測定:力(荷重/推力)	
③	旋回ジャッキ推力
④	旋回ジャッキ鉛直荷重
⑤	ガイドジャッキ推力
測定:変位	
⑥	旋回ジャッキ鉛直部ストローク
⑦	ガイドジャッキストローク
⑧	模擬体先端部変位
⑨	模擬壁との隙間
⑩	試験体の平行度1
⑪	試験体の平行度2
⑫	スライディングプレートの隙間(可能であれば)
⑬	実機模擬体の軌跡
⑭	スライド部の高さ(傾き)
確認:外観	
⑮	スライディングプレートの表面
確認:計算	
⑯	支承部の荷重(=全体重量-旋回ジャッキ鉛直荷重)
⑰	摩擦係数=旋回ジャッキの推力/支承部の荷重

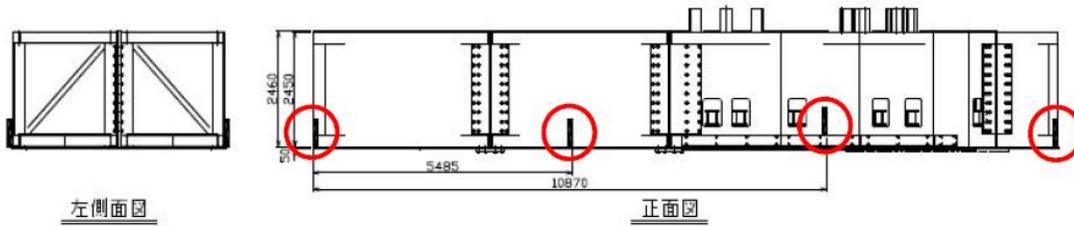
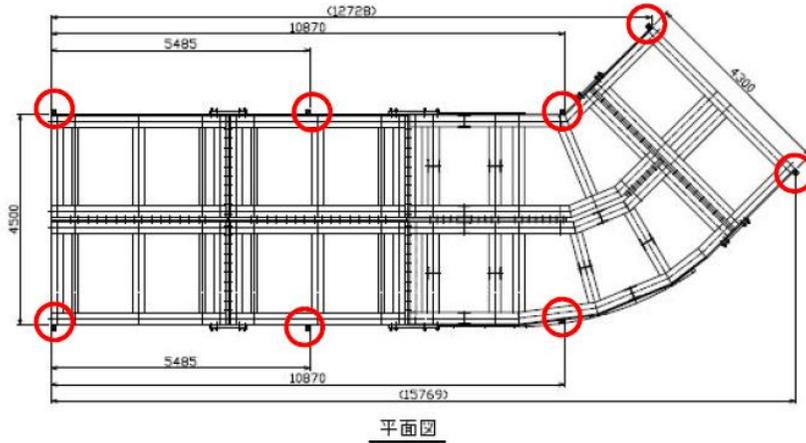
## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

##### 【計測方法(計測機器)】

計測は直接鋼尺等で計測を行う。アクセストンネル模擬体の変位については、模擬体に取り付けたメジャーテープをトランシットで計測を行う。



- ・図中の赤丸部はメジャーテープ取り付け位置を示す。
- ・計測の基準はベンチマークとする。ベンチマークの位置については次頁参照。
- ・ジャッキのデータ(圧力、ストローク)も別途取得する。

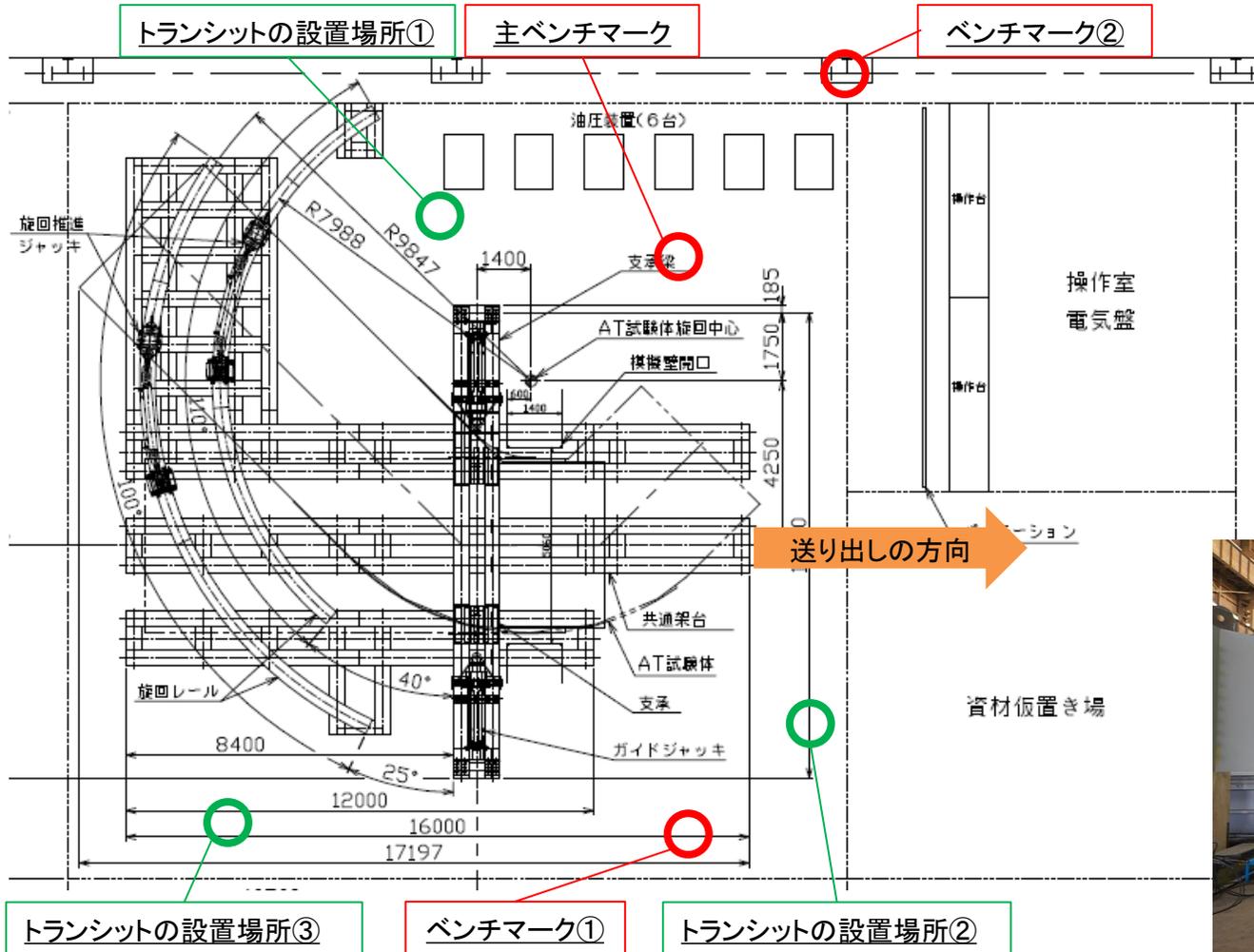
レーザーレベル墨出し機	トランシット
メジャーテープ	鋼尺、ゲージ類

# 6. 本事業の実施内容

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

【計測方法(ベンチマーク計画図)】

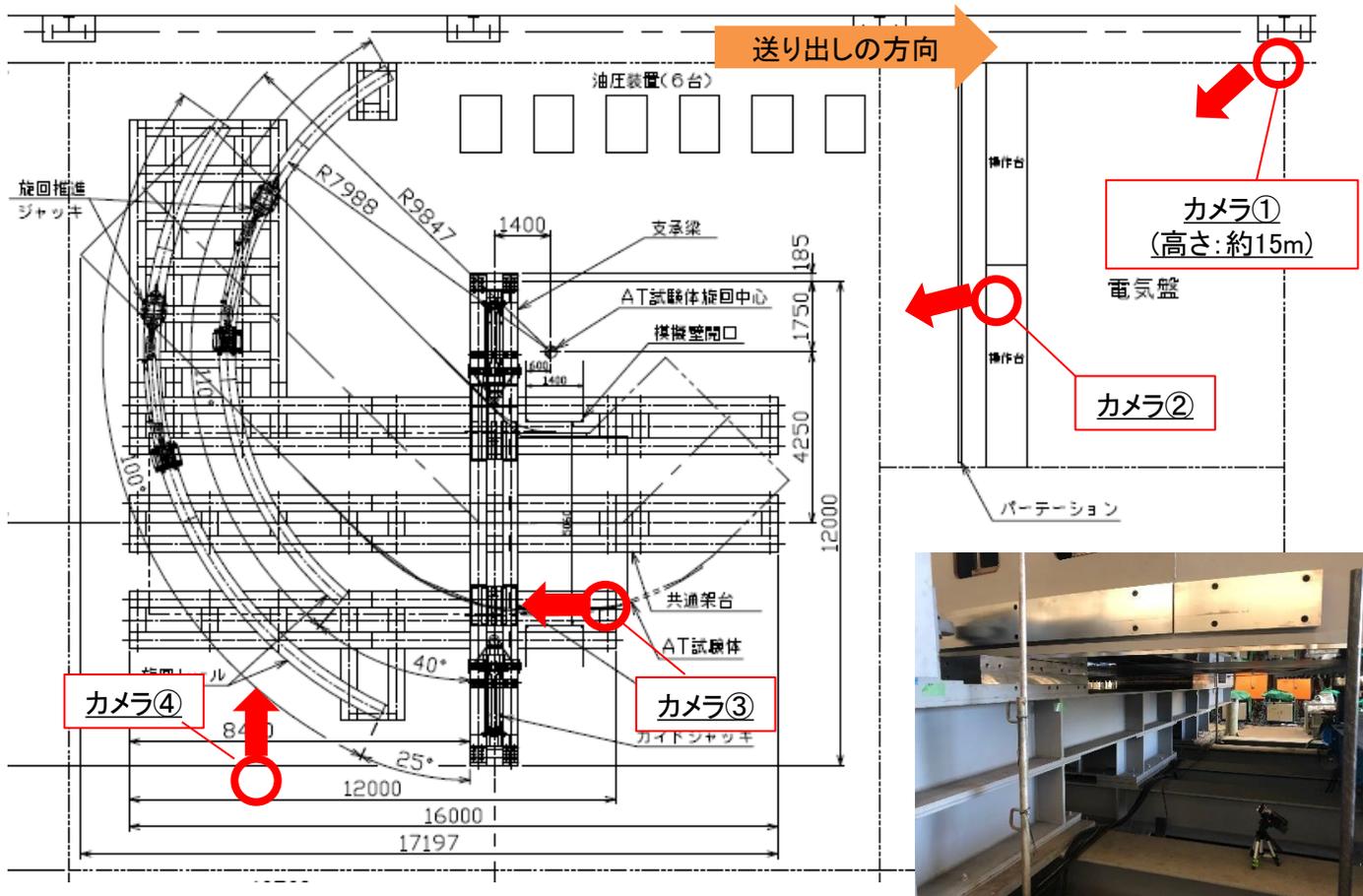


## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

【計測方法(記録用カメラ)】



## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

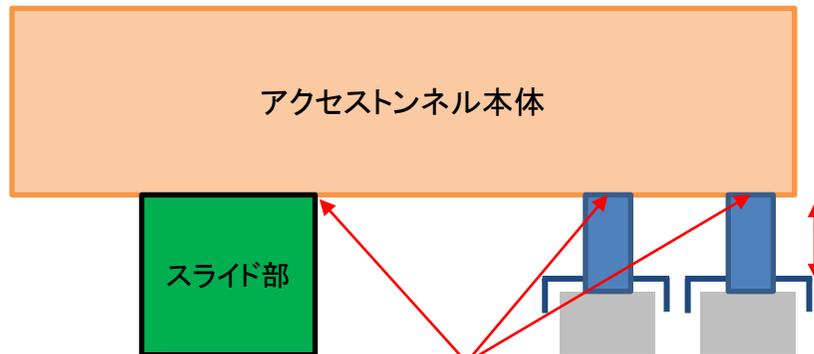
#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

##### 【スライド部およびレール据え付け記録】

スライド部(赤枠)およびレール部(青枠)の据え付け記録(高さ方向)を示す。目標±5mmとして据え付けを実施した。また、平面方向はJIS B 0405 V(極粗級)を適用し、据え付けを実施。高さ方向/平面方向共に精度内に据え付け完了。

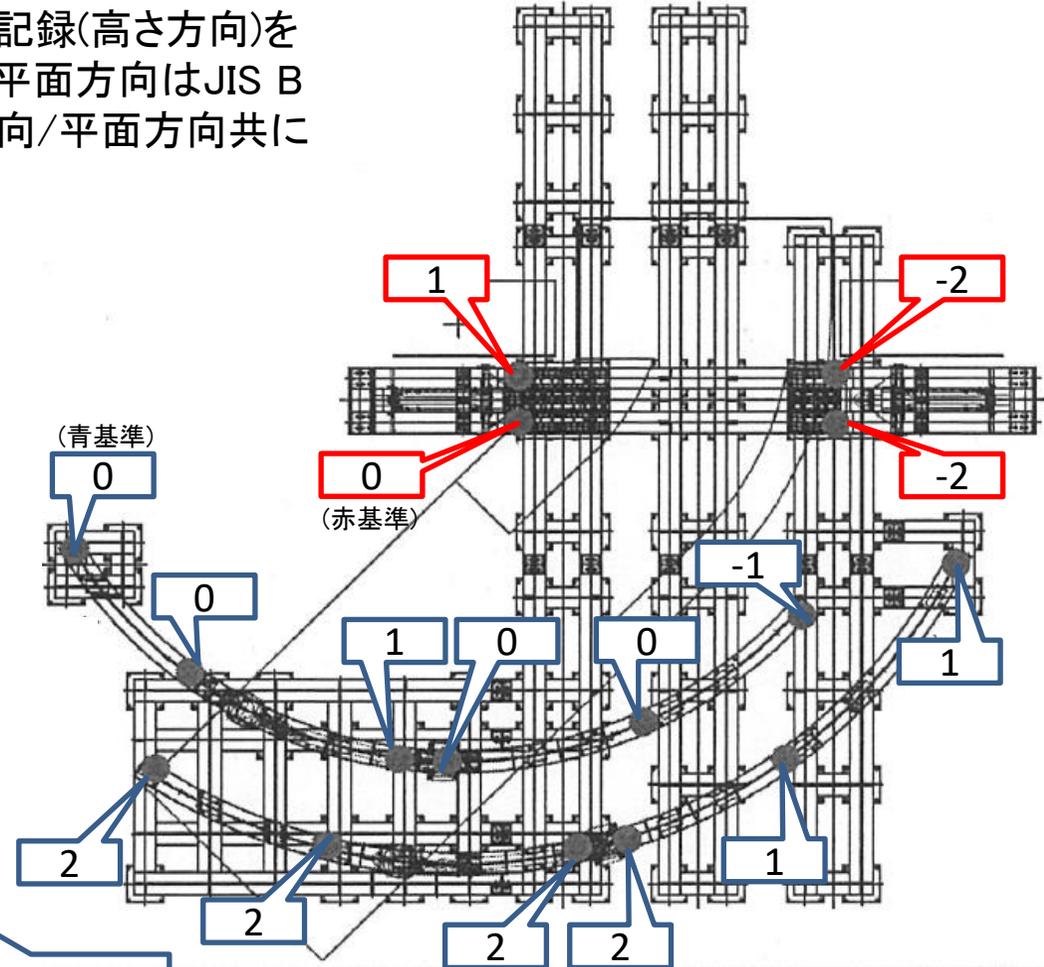
##### 【アクセルトンネル本体設置時の確認】

アクセルトンネル本体を送り出し装置に設置した際、スライド部の高さおよび旋回ジャッキとアクセルトンネルの取り合い部の高さ(アクセルトンネルの平行)を確認。この高さを可能な限り合わせることが重要であることが分かった。試験では±2[mm]の範囲で調整を実施し送り出しを行った。



高さを合わせる

鉛直方向用の調整ジャッキあり



## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

##### 【要素試験実施結果】

- 試験結果を示す。
- 鋼製支承においてはスライディングプレートの摩耗が想定よりも早く、当初の計画回数を満足していないが、データの再現性はあるため、2回でも問題ないと判断。
- 支承材は鋼製の方が良いと評価した。摩擦抵抗は同程度であるが、ゴム製は潰れが発生するため、高さ方向の位置調整が鋼製に比べて難しい。
- No.4、5の試験以降、繰り返し試験を実施したことにより、旋回レール上面が曲がり(塑性変形)、後述する旋回ジャッキの傾きが発生しやすい状況となった。旋回レール上面の曲がり試験を早い段階で中断した要因となっている。

SP No.: スライディングプレートNo.

No.	試験荷重/回数		支承材	試験結果	SP No.	備考
0-1	130[ton]	試運転	鋼製	—	1	45° まで実施
スライディングプレート交換						
0-2	430[ton]	試運転	鋼製	—	2	20° まで実施
1	230[ton]	1回目		○	2	
2	230[ton]	2回目		○	2	
3	330[ton]	1回目		○	2	
スライディングプレート交換						
4	430[ton]	1回目	鋼製	△	3	40° 付近で中断
5	430[ton]	2回目		△	3	35° 付近で中断
6	330[ton]	2回目		△	3	35° 付近で中断
7	130[ton]	1回目		○	3	
8	130[ton]	2回目		○	3	
支承スライディングプレート交換						
9	130[ton]	1回目	ゴム製	○	4	
10	130[ton]	2回目		○	4	
11	230[ton]	1回目		○	4	
12	230[ton]	2回目		△	4	43° 付近で中断
13	430[ton]	1回目		△	4	18° 付近で中断
14	430[ton]	2回目		△	4	18° 付近で中断

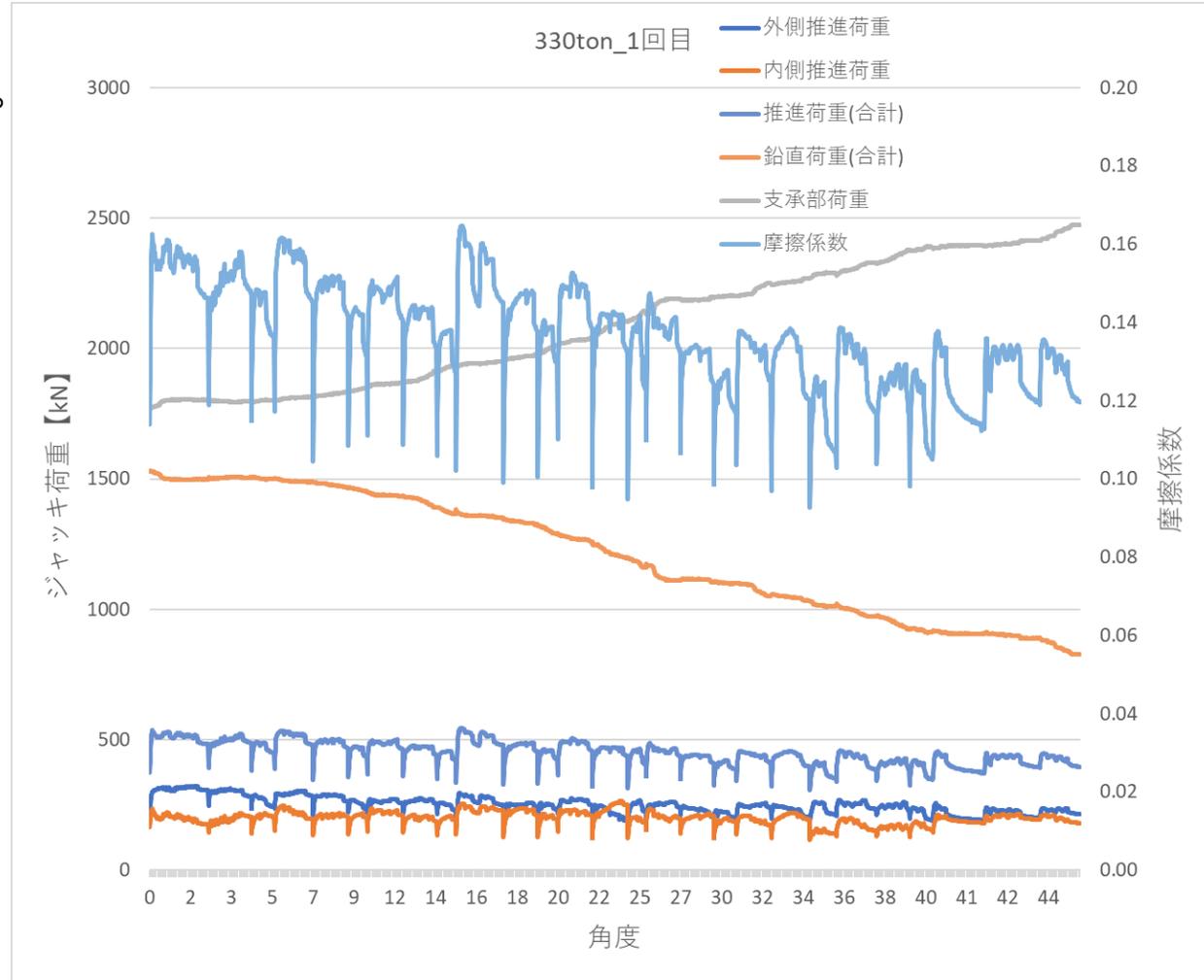
## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

##### 【要素試験実施結果(鋼製支承)】

- 330[ton]の送り出し装置の結果を示す。
- 約50[ton]/2基の推力で330[ton]を送り出している。摩擦係数は0.09~0.16を推移。
- ・ジャッキ容量(推力)は80[ton]/2基。
- ・推進荷重=推力



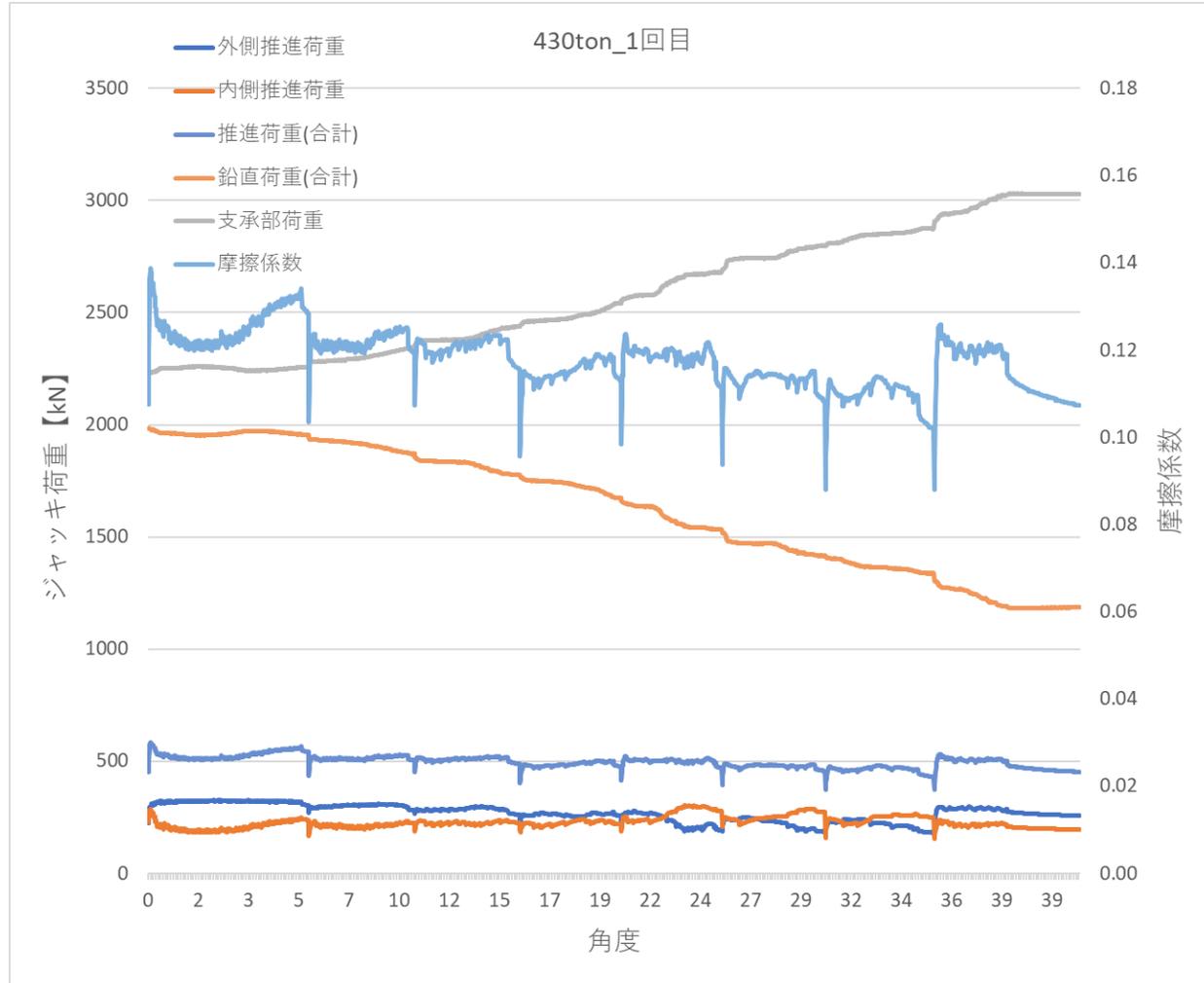
## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

##### 【要素試験実施結果(鋼製支承)】

- 430[ton]の送り出し時のデータを示す。
- 摩擦係数は0.09～0.14を推移している。
- ジャッキの推力は約50[ton]/2基である。
- ・ジャッキ容量(推力)は80[ton]/2基。
- ・推進荷重＝推力
- ジャッキ構造に問題があり、45°まで送り出すことが出来ていない(40°まで旋回)。
- 摩擦抵抗は設計値内であり、推進ジャッキの負荷としては余裕がある。現状のジャッキ構造では45°まで送り出すことが出来ていないが、実機ではジャッキ構造を一部見直すことで送り出し可能と評価。



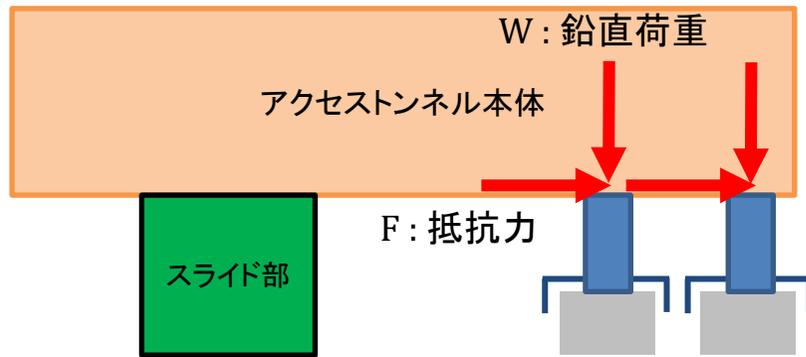
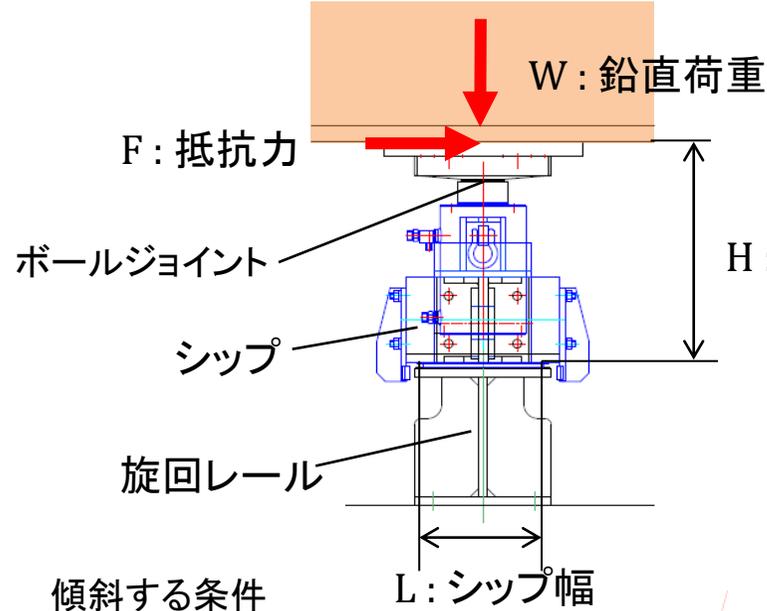
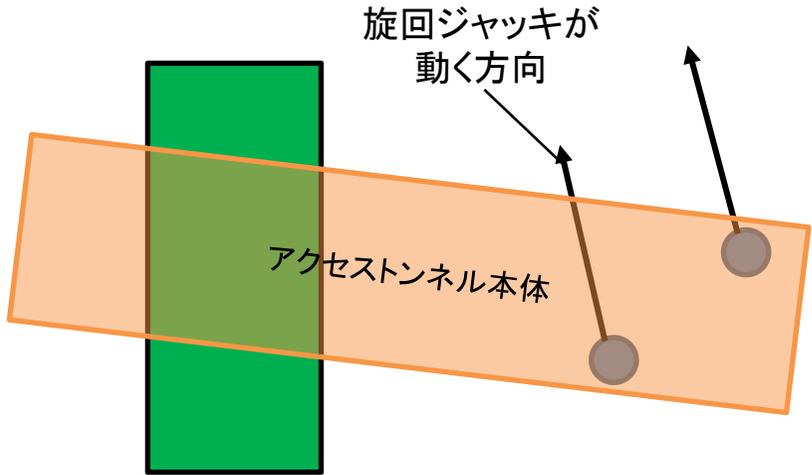
# 6. 本事業の実施内容

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

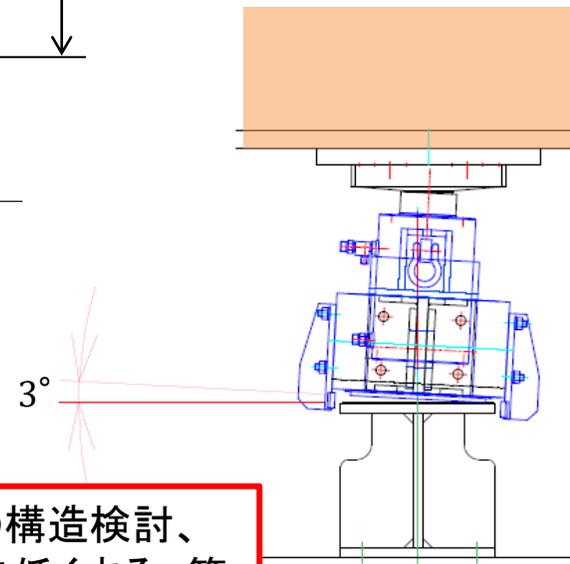
### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

【旋回ジャッキシップの傾き事象の評価】

旋回ジャッキのシップが傾くため、試験を中断。ボールジョイント部が曲がってしまい、推進力を伝えることができない。



傾斜する条件  
 $F \cdot H > W \cdot L / 2$   
 転倒 踏張力  
 モーメント



対策(案): ボールジョイント部の構造検討、レール幅を増やす、シップ高さを低くする。等。

## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

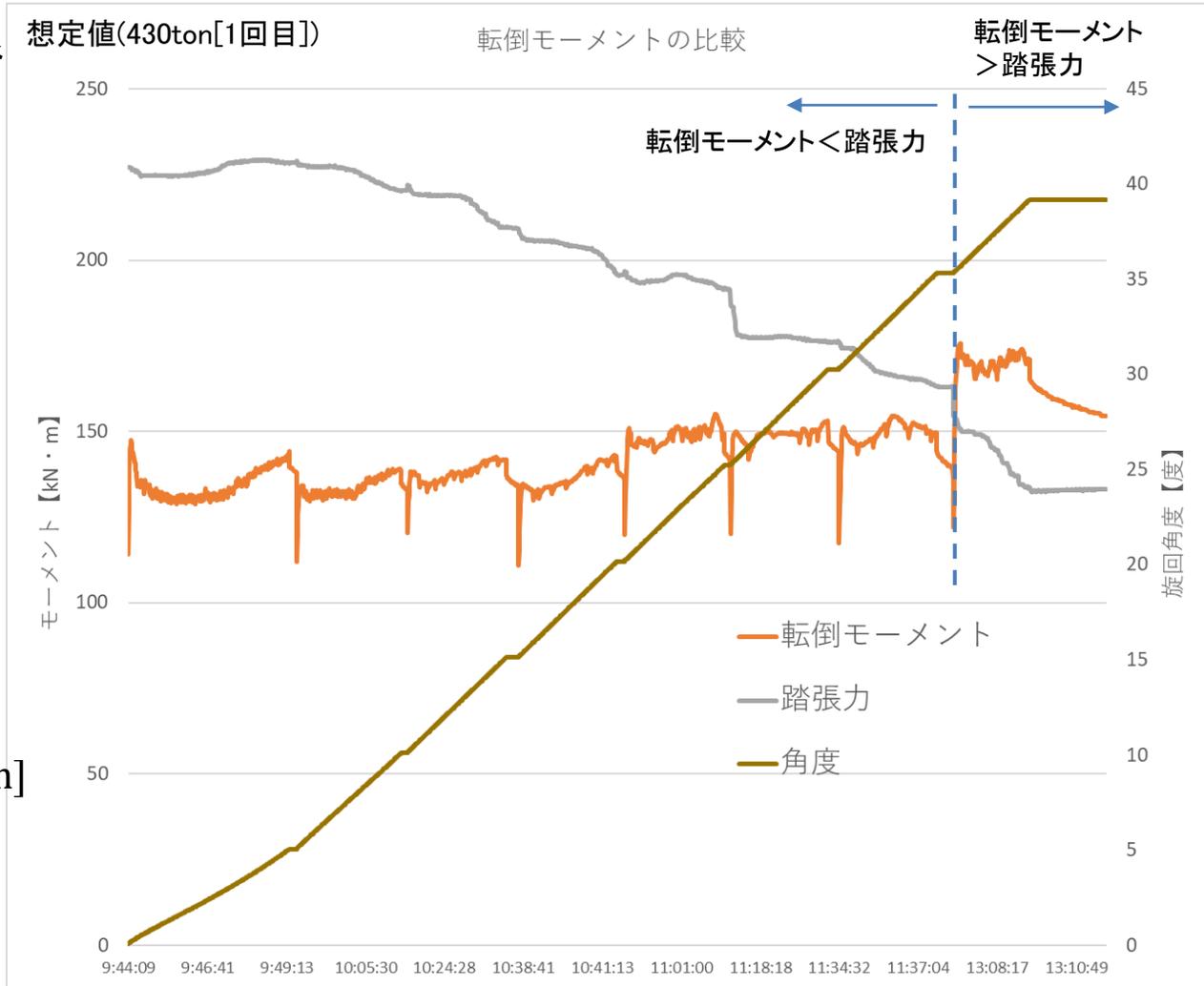
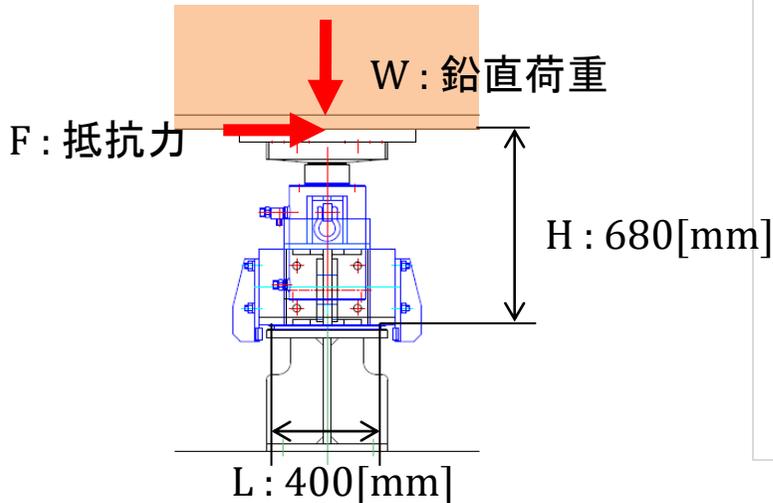
##### 【旋回ジャッキシップの傾き事象の評価】

35° 付近で転倒モーメントがジャッキの踏張力より大きくなっていることが分かる。最終的に試験を中断したのはジャッキの傾きが大きくなった40° 付近であるが、実際は30~35° 付近でジャッキが傾き始めていた。

傾斜する条件

$$F \cdot H > W \cdot L / 2$$

転倒モーメント  
踏張力



## 6. 本事業の実施内容

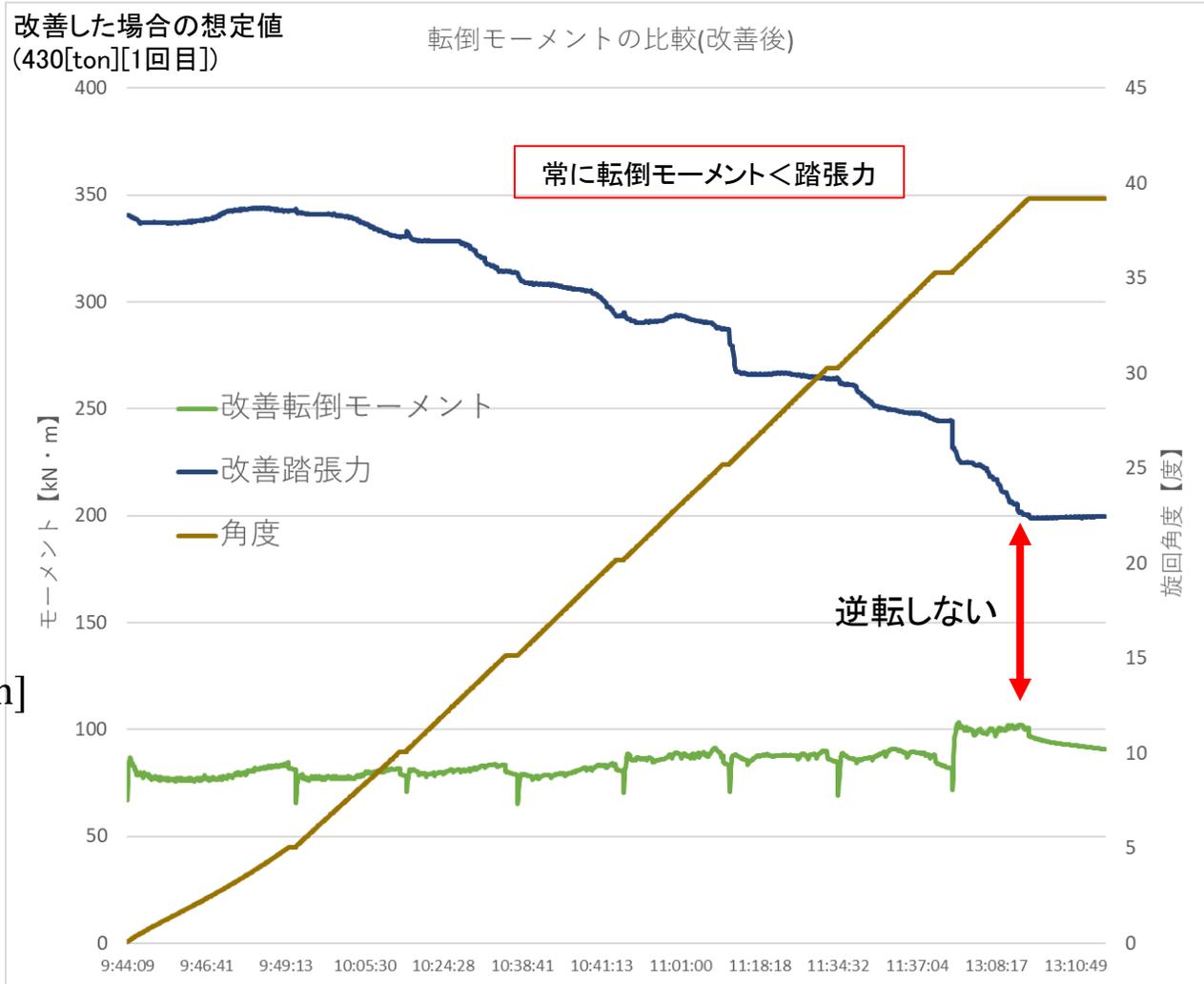
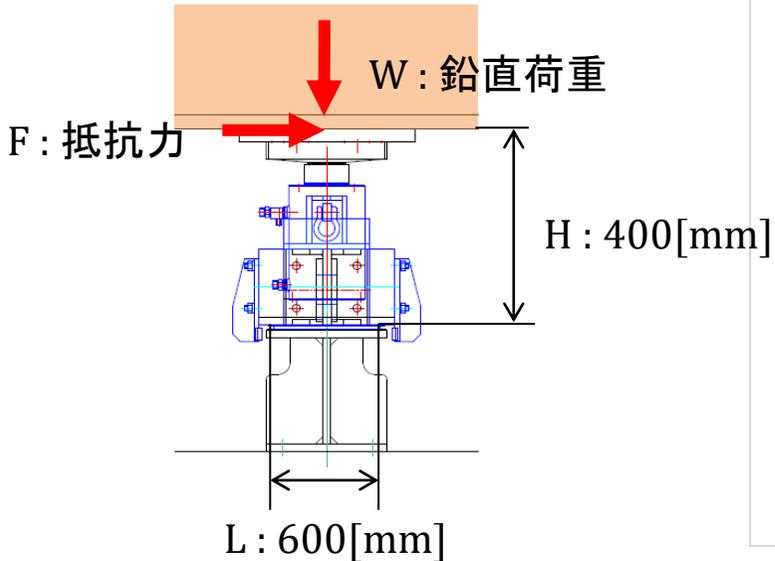
### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

【巡回ジャッキシップの傾き事象の評価】  
 転倒モーメントを小さくするために、巡回レール上面とアクセルトンネル下面の高さを低くし(680→400)、さらに、ジャッキの踏ん張り力を増やすために巡回レール幅を広げた(400→600)場合の想定値を右の図に示す。幅と高さを見直せば対応できると評価。

傾斜する条件

$$F \cdot H > W \cdot L / 2$$



# 6. 本事業の実施内容

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

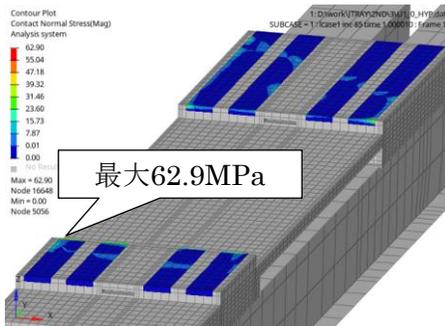
### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術

#### 【要素試験の実施状況】

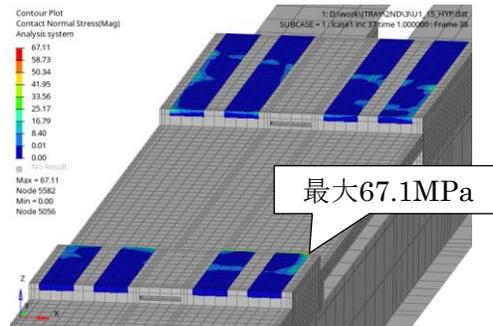
- 使用済みのスライディングプレートと解析における支承部の面圧を比較。
- 面圧が高い場所のスライディングプレートは摩耗しており、コーティングが減っている(摩耗している)のが分かる。
- 解析と送り出し試験結果が同じであることを示しており、実機においても解析評価が可能であると想定できる。



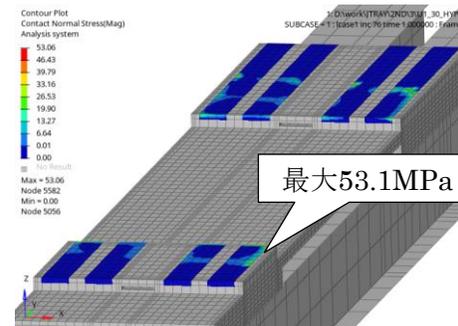
旋回0°



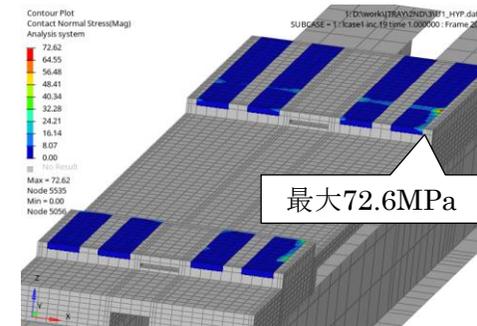
旋回15°



旋回30°



旋回45°



## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

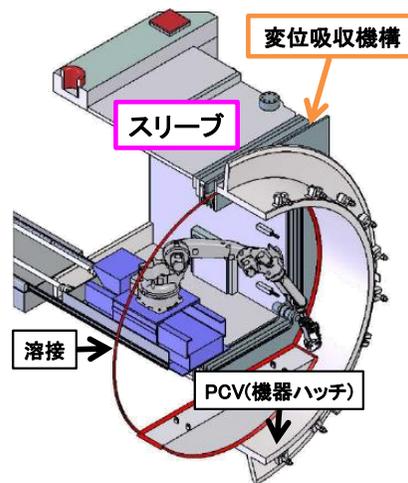
#### ① アクセス用重量構造物の接続構築技術:まとめ

- 重量構造物であるアクセストンネルについて、遠隔でのPCVとの接続方法検討として旋回送り出し時のスライド部(鋼製支承およびゴム支承)を検討した。それぞれに対して実重量を模擬したモックアップを用いた要素試験を行い、重量を変えて送り出しの可否やスライド面(摺動面)の摩擦抵抗・追従性を確認した。
- 鋼製支承において330[ton]の旋回送り出しが可能であり、430[ton]においても摩擦抵抗が設計値内であることを確認した。430[ton]はジャッキ構造の問題で最後まで(0° から45° まで)旋回させることができなかったが、ジャッキ構造を見直すことにより旋回送り出しが可能で見通しである。
- No.75に示すスライド部の構造(支承材は鋼製)にて送り出しが可能で見通しを得た。
- 要素試験結果を踏まえ、アクセストンネル送り出し(旋回)方法に関する課題を整理した。

## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発 ② 接続部の閉じ込め構造

公募の開発項目	実施方針(案)	備考
1) 大型搬出容器の気密機構の開発	<p>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リーブ向上のため大型一体搬出工法について2019年度からの開発で検討を実施中である。大型構造物を搬出するためには、汚染拡大防止機能及び高線量の収納物に対する遮蔽機能を有する大型搬出容器について開発する必要がある。</p> <p>大型搬出容器の前提条件と必要開発項目を検討した上で、大型搬出容器蓋部の気密・機構の開発を実施する。また、構造物収納後から保管するまでの臨界管理方法の検討を行う。</p>	
2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発	<p>① アクセス用重量構造物の接続構築技術 R/Bに設置するアクセス用の新設設備(アクセストンネル、セル等)は数百トン規模の重量構造物であるため、重量構造物の遠隔でのPCVとの接続構築技術の開発を実施する。</p> <p>② 接続部の閉じ込め構造 新設設備は接続部の閉じ込め機能を保持するとともに地震時の変位を吸収する機能を設ける必要があるため、PCV接続部の変位吸収構造の開発を実施する。</p>	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> <h2 style="margin: 0;">ご説明項目</h2> </div>



### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発 ② 接続部の閉じ込め構造

#### 【課題】

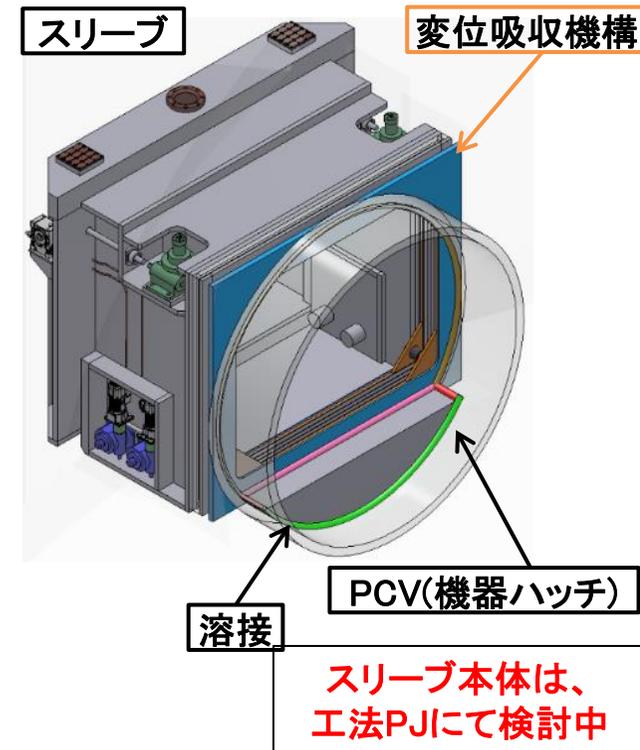
地震時のアクセストンネル(スリーブ含む)とPCVとの変位を吸収するため、スリーブに変位吸収機構を設ける計画であるが、各種制限より既存の技術(伸縮ベローズなど)を適用できないことが課題である。そのため、大型/閉じ込め/構造成立性/製作性/長期健全性を考慮した変位吸収の開発が必要である。

#### 【実施内容】

- アクセストンネルのPCVとの接続部に関して、閉じ込め機能(気密構造)を考慮した地震時等の変位を吸収するための変位吸収機構の具体化を行う。
- 検討した変位吸収機構の実現性を確認するために必要な要素試験計画を立案する。
- 要素試験を行い、検討した**変位吸収機構の実現性を確認**する。  
(実現性確認のため、動作確認や気密性確認を実施)

#### 【得られる成果】

- 閉じ込め機能を保持した状態で地震時等の変位を吸収可能なアクセストンネル接続部構造(変位吸収機構)の提示。



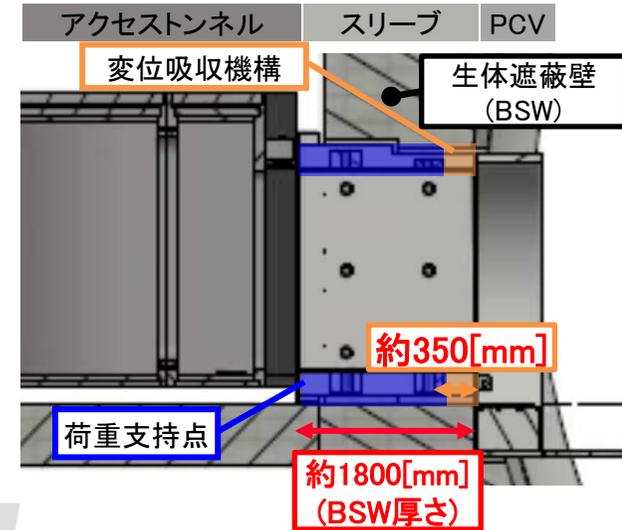
接続部構造の一例

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

### ② 接続部の閉じ込め構造

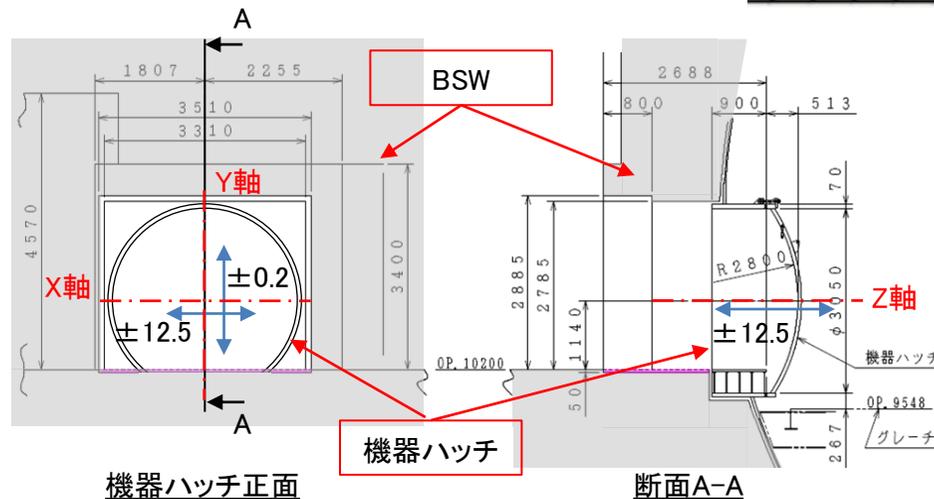
#### 【変位吸収機構の概要】

- ・スリーブとトンネルは固定され、地震時はR/Bと一体で動くため、スリーブのPCV側に変位吸収機構を設ける。  
(**変位量は最大±12.5[mm]**と想定\*)
- ・スリーブはトンネルの荷重を支持する必要があるため、生体遮蔽壁の厚さである**約1800[mm]**で**荷重支持と変位吸収が必要**である。  
⇒荷重支持を考慮すると変位吸収機構に使用可能な範囲は約350[mm]。ベローズのみで±12.5[mm]の変位を吸収するには1000[mm]以上必要のため、新規開発が必要。



R/B(BSW)とPCV(機器ハッチ)間の変位

変位量の推定 [mm]*	
水平(X軸、Z軸)	±12.5
鉛直(Y軸)	±0.2



変位吸収機構設置部の  
面間距離[mm]  
約350

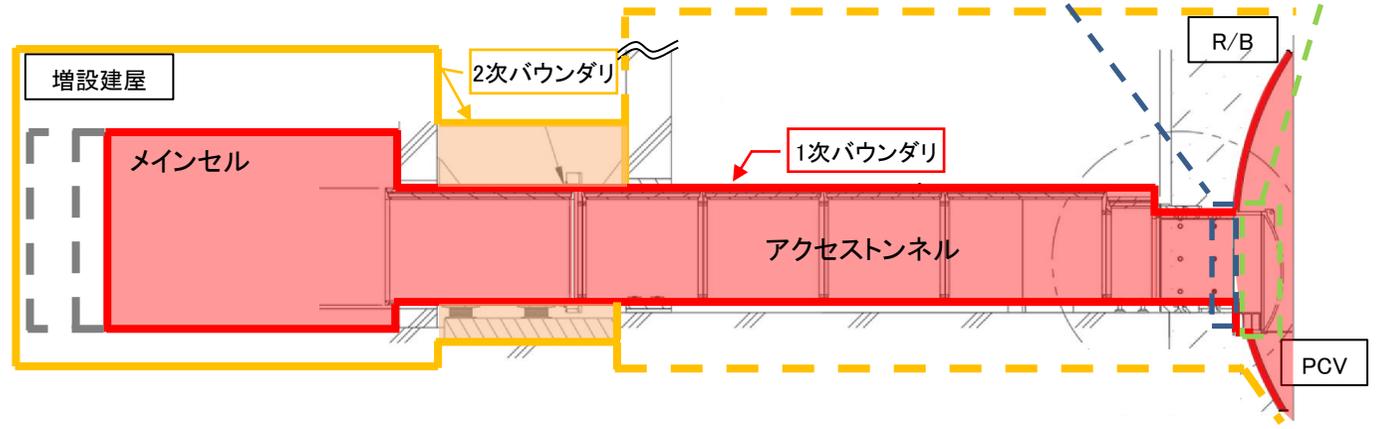
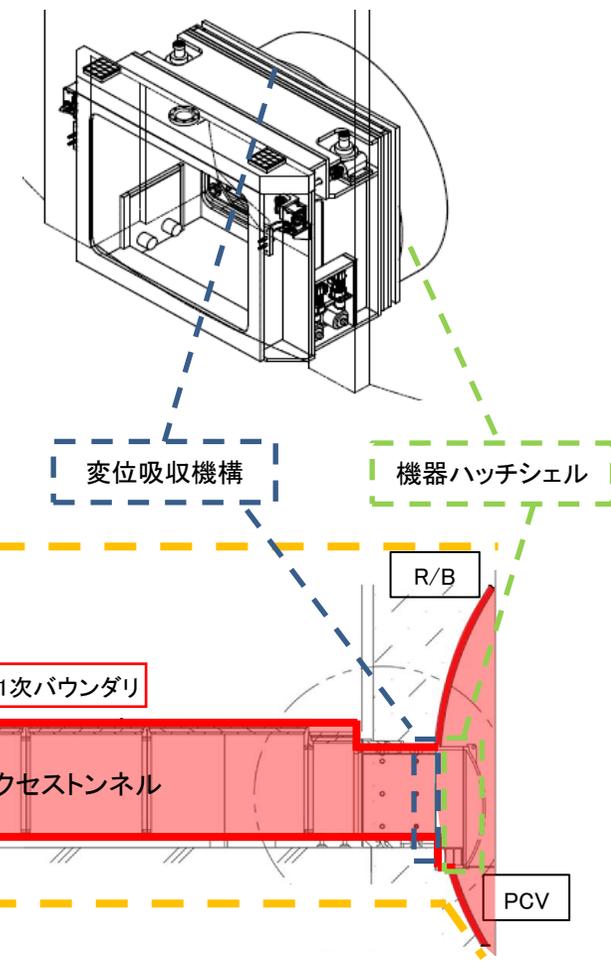
変位吸収機構の設置場所は寸法制約が厳しく、また、高線量および狭隘である。19-20年度補助事業の検討結果を踏まえ、変位吸収機構について、設置後のメンテナンス方法(要否/監視方法/点検方法等)を含めて検討を実施する。

# 6. 本事業の実施内容

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発 ② 接続部の閉じ込め構造

### 【変位吸収機構の要求仕様】

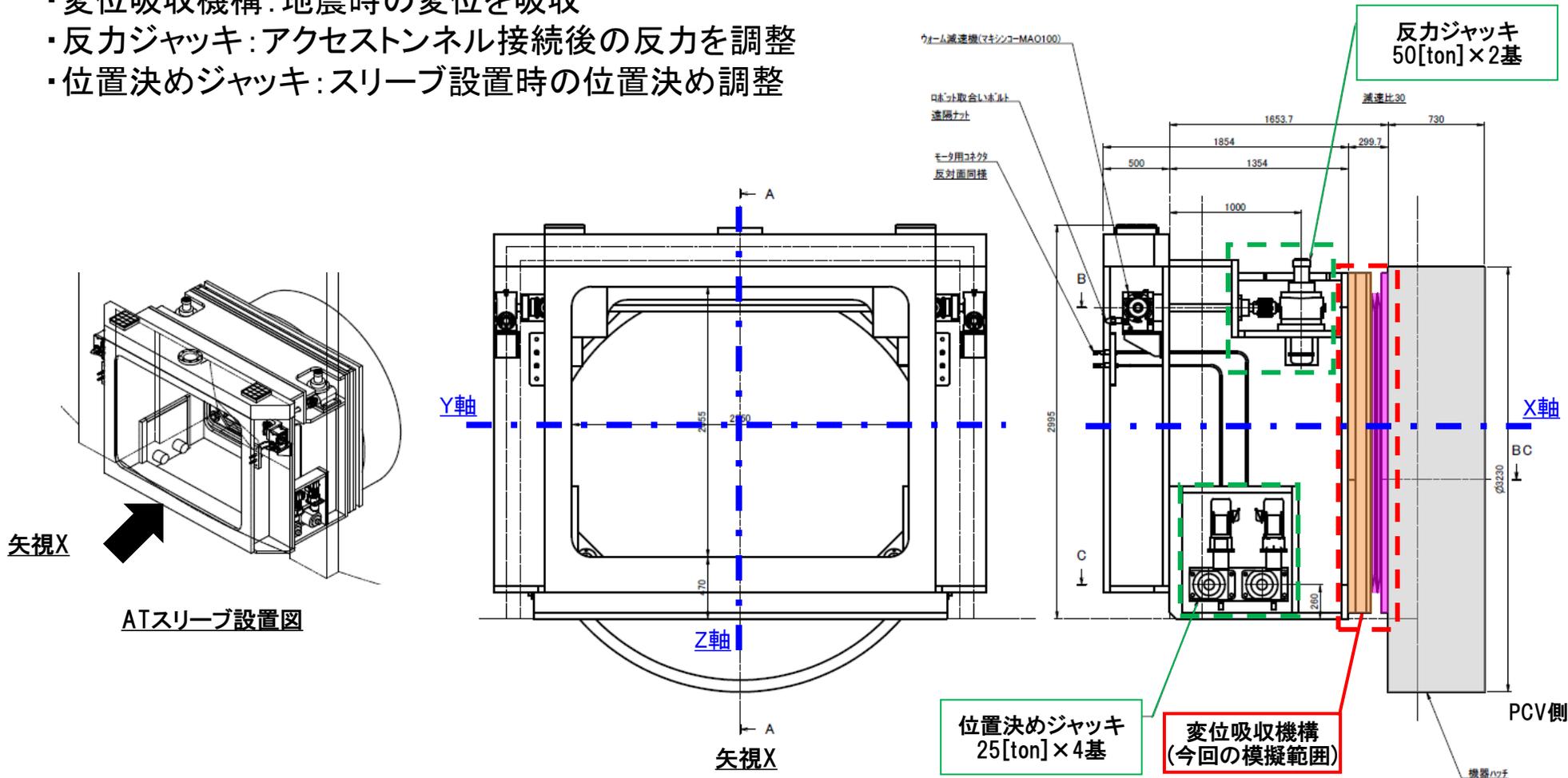
	項目	仕様
基本 要求	要求機能	放射性物質を閉じ込められること。
	変位の吸収	水平±12.5[mm]、鉛直±0.2[mm]
	設計差圧	設計差圧(400[Pa])に対して接続部が健全であること。
	作業員の被ばく低減	完全遠隔作業にて、保守作業が可能であること
	設計寿命	50年
環境 条件	線量率	(R/B 1階)5~10[mSv/h]、(PCVシェル外壁付近)10~100[Sv/h]
	温度	-7~40℃
	湿度	≤100%



## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発 ② 接続部の閉じ込め構造

### 【ATスリーブの構造】

- ・変位吸収機構: 地震時の変位を吸収
- ・反力ジャッキ: アクセストンネル接続後の反力を調整
- ・位置決めジャッキ: スリーブ設置時の位置決め調整

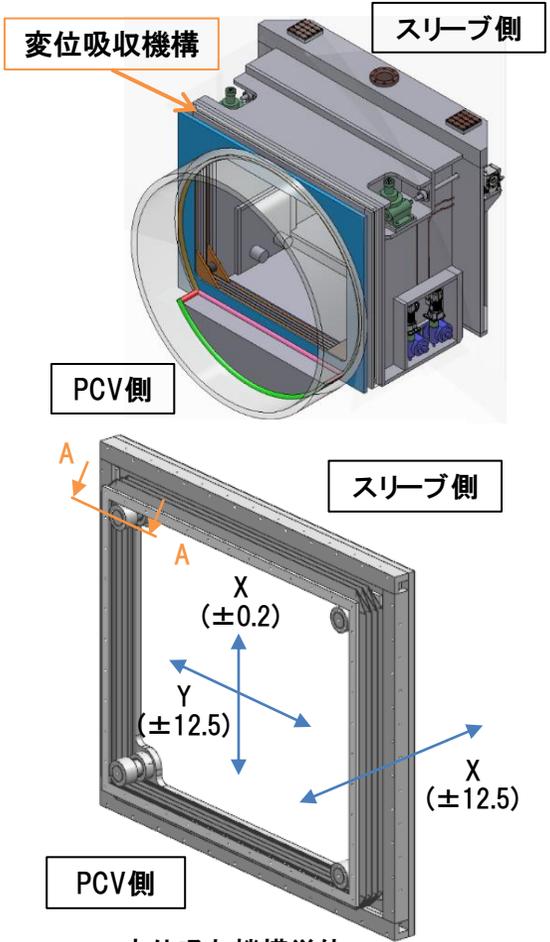


# 6. 本事業の実施内容

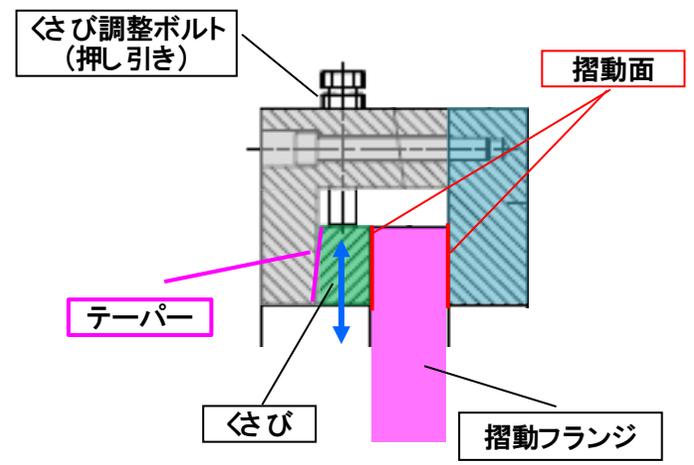
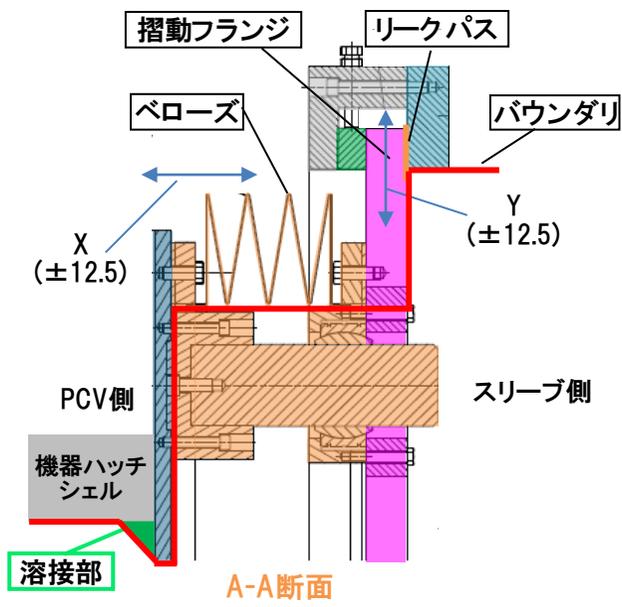
## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

### ② 接続部の閉じ込め構造

【変位吸収機構のバウンダリ(くさび式)】



変位吸収機構単体  
(機器ハッチとの溶接板(青色)を削除)



変位軸	対応
X	ベローズ
Y	摺動フランジ
Z	摺動フランジ

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発 ② 接続部の閉じ込め構造

### 【構造の見直し】

摺動フランジの押し付け方法は、くさびによる押し付け(下図左側)を検討していたが、スケールモデルによる動作確認より、面圧の調整が難しいことが判明。そのため、ばね式の構造を検討した。

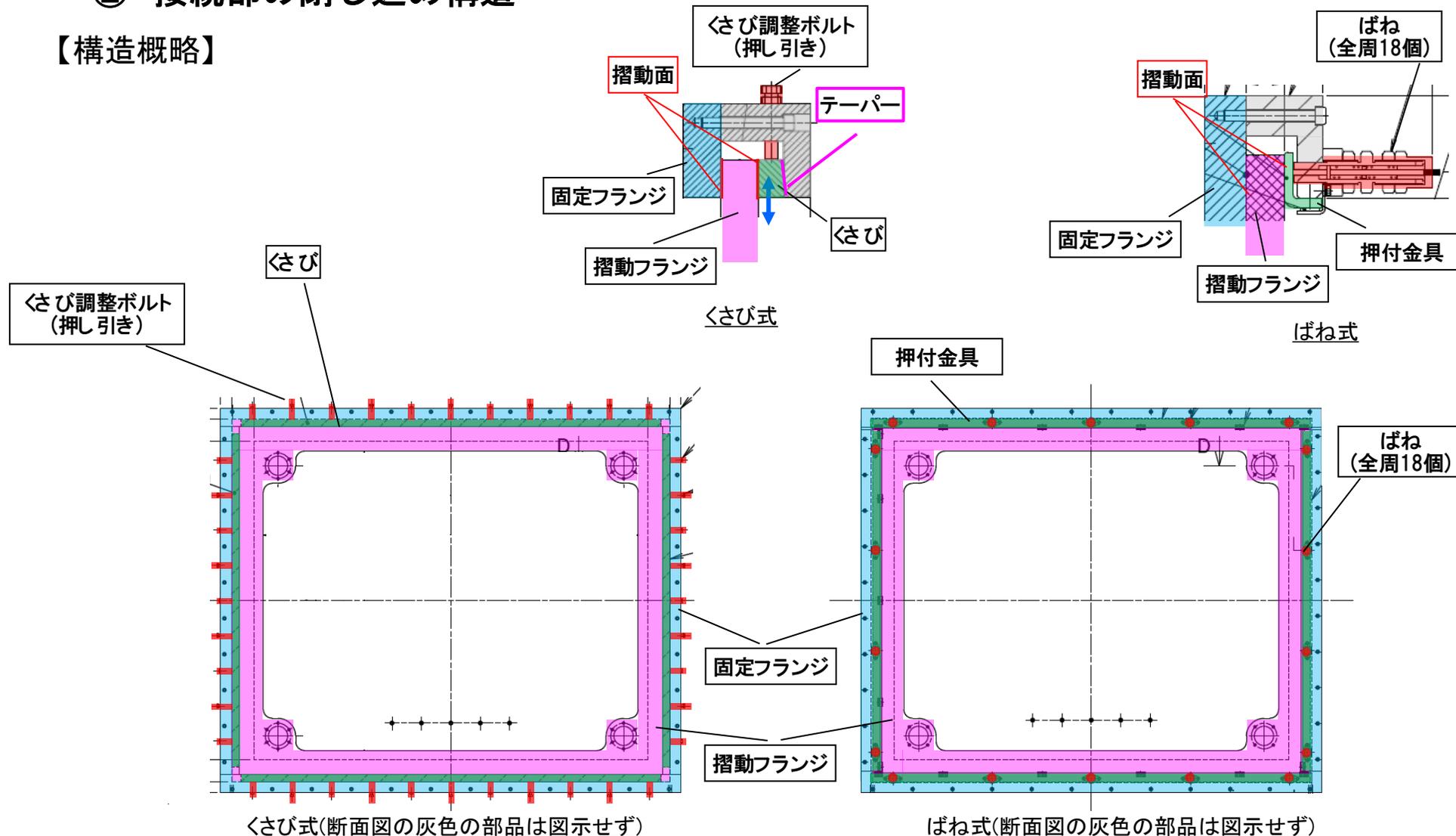
方式	くさび式	ばね式
イメージ	<p>押し機構詳細</p> <p>・図左側がPCV、右側がスリーブ</p>	<p>押し機構詳細</p> <p>・図左側がPCV、右側がスリーブ</p>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ばね式に比べ部品数が少ない。</li> <li>・メンテナンスが不要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・組み立て時の面圧の調整がくさび式より容易。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・くさび調整ボルトによる面圧調整がシビア。</li> <li>・構造がリジッドであり、フレキシブル性がない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・くさび式に比べ部品数が多く、故障のリスクが高い。</li> <li>・ばねの劣化等による交換が必要と想定。</li> </ul>

今回の試験では両方式メリット・デメリットあることから両方式の試験を行い、漏洩量の確認を行う。

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

### ② 接続部の閉じ込め構造

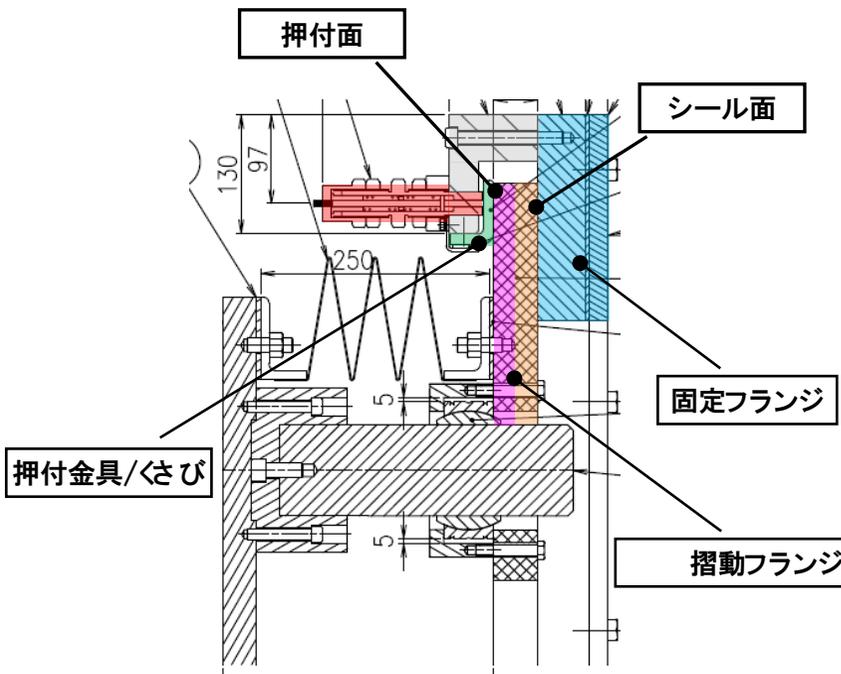
【構造概略】



## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発 ② 接続部の閉じ込め構造

### 【摺動部の材質および表面処理】

現状においては摺動フランジおよび固定フランジ共にステンレスを使用する計画である。メタルタッチであることから、摺動性の向上のため(改善案)、摺動面にタングステンカーバイドの溶射を行う計画である。溶射後はRa1.6相当の研磨を行う。摺動フランジは大型であることから、溶射については製作性の確認も含まれる。



・図左側がPCV、右側がスリーブ

		項目	仕様
摺動面材質	シール面	固定フランジ(青)	SUS304(Ra1.6)
		摺動フランジ(橙)	(主案) SUS304(Ra1.6) (改善案)タングステンカーバイド溶射 (Ra1.6相当研磨)
	押付面	摺動フランジ(紫)	(主案) SUS304(Ra1.6) (改善案)タングステンカーバイド溶射 (Ra1.6相当研磨)
		押付金具またはくさび(緑)	SUS304(Ra1.6)

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発 ② 接続部の閉じ込め構造

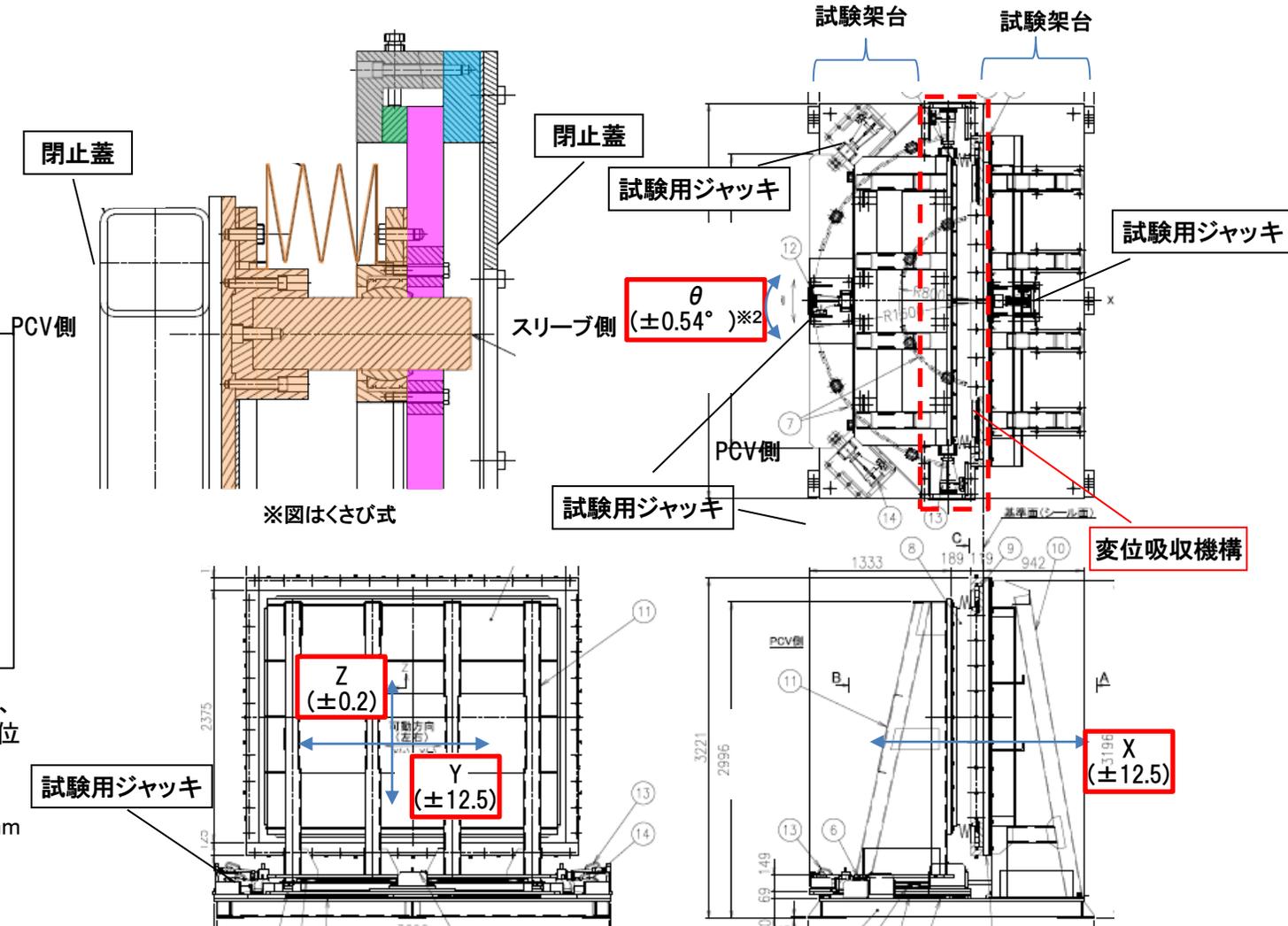
### 【試験装置】

X、Y方向については、試験用のジャッキ※1にて変位を行う。

Z方向については、想定変位量が±0.2[mm]のため、無視できると考える。  
(摺動フランジは全方向同じ断面のため、摺動することは可能。)

※1: ジャッキは試験用に使用するものであり、スリーブに設置を計画している反力ジャッキ/位置決めジャッキとは異なる。

※2:  $\theta$  方向に動いた場合にベローズが12.5mm伸縮するときの角度を設定。



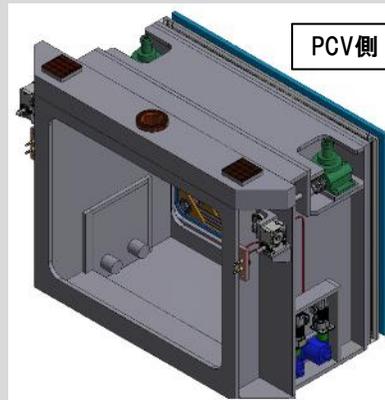
## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発 ② 接続部の閉じ込め構造

【機器構成(実機との比較)】

開発試作対象

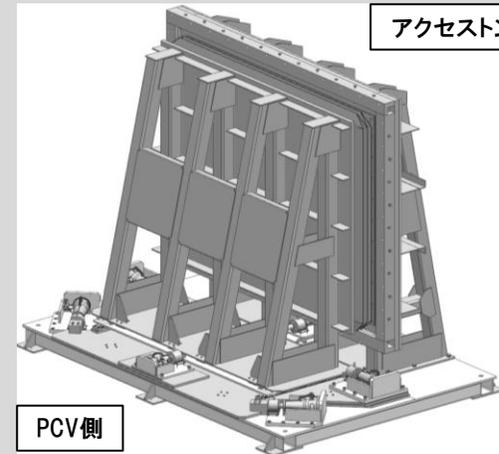
ID.	機器	実機仕様*	モックアップ仕様
①	ATスリーブ	<ul style="list-style-type: none"> <li>形状: W3730 × D2200 × H2995</li> <li>重量: 約25[ton]</li> <li>反力ジャッキ: 50[ton] × 2基(台形ねじ/ロボットによる操作)</li> <li>位置決めジャッキ: 25[ton] × 4基(電動シリンダ)</li> </ul>	—
②	変位吸収機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>機構: ベローズ(軸方向)+摺動フランジ</li> <li>変位量: 水平12.5[mm]、鉛直0.2[mm]、角度0.54°(注記)</li> <li>変位の方向: X、Y、Z、θ</li> <li>摺動フランジ材質: (本事業での成果を反映)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機構: ベローズ(軸方向)+摺動フランジ</li> <li>変位量: 水平12.5[mm]、鉛直0.2[mm]、角度0.54°(注記)</li> <li>変位の方向: X、Y、Z、θ</li> <li>摺動フランジ材質: SUS304</li> </ul>

イメージ



アクセストネル側

(スリーブ含む)



(変位吸収機構+試験架台)

\*実機仕様は計画段階のものであり、変更になる可能性あり。

## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発 ② 接続部の閉じ込め構造

#### 【試験計画】

ID.	項目	内容	監視・測定 記録項目	判定基準
1	漏洩量	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 変位吸収機構の動作の前後で圧力変動が規定値の範囲内であること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 圧力</li> <li>➢ 温度</li> <li>➢ 面圧</li> </ul>	<p>所定の範囲内であること。 漏洩量0.12[m<sup>3</sup>/h]以下※</p>
2	変位量	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 変位量を満足できるか確認する。確認はジャッキ等を用いて変位させる。</li> <li>● 変位の方向はX、Z、<math>\theta</math>。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 変位量を変えるための試験用ジャッキのストローク</li> </ul>	<p>所定の変位量を達成すること。 水平±12.5[mm]以上</p>
3	変位追従性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 変位の方向を変えながら複数回動作させ、変位追従性があることを確認する。動作後、漏洩量の確認を行う。 (加振装置ではなく簡易的な装置(ジャッキ等)を用いて行う。変位量は±12.5[mm]とする。)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 外観(有害な傷等の発生)</li> <li>➢ 作動中の音</li> </ul>	<p>所定の範囲内であること。 漏洩量0.12[m<sup>3</sup>/h]以下※</p>

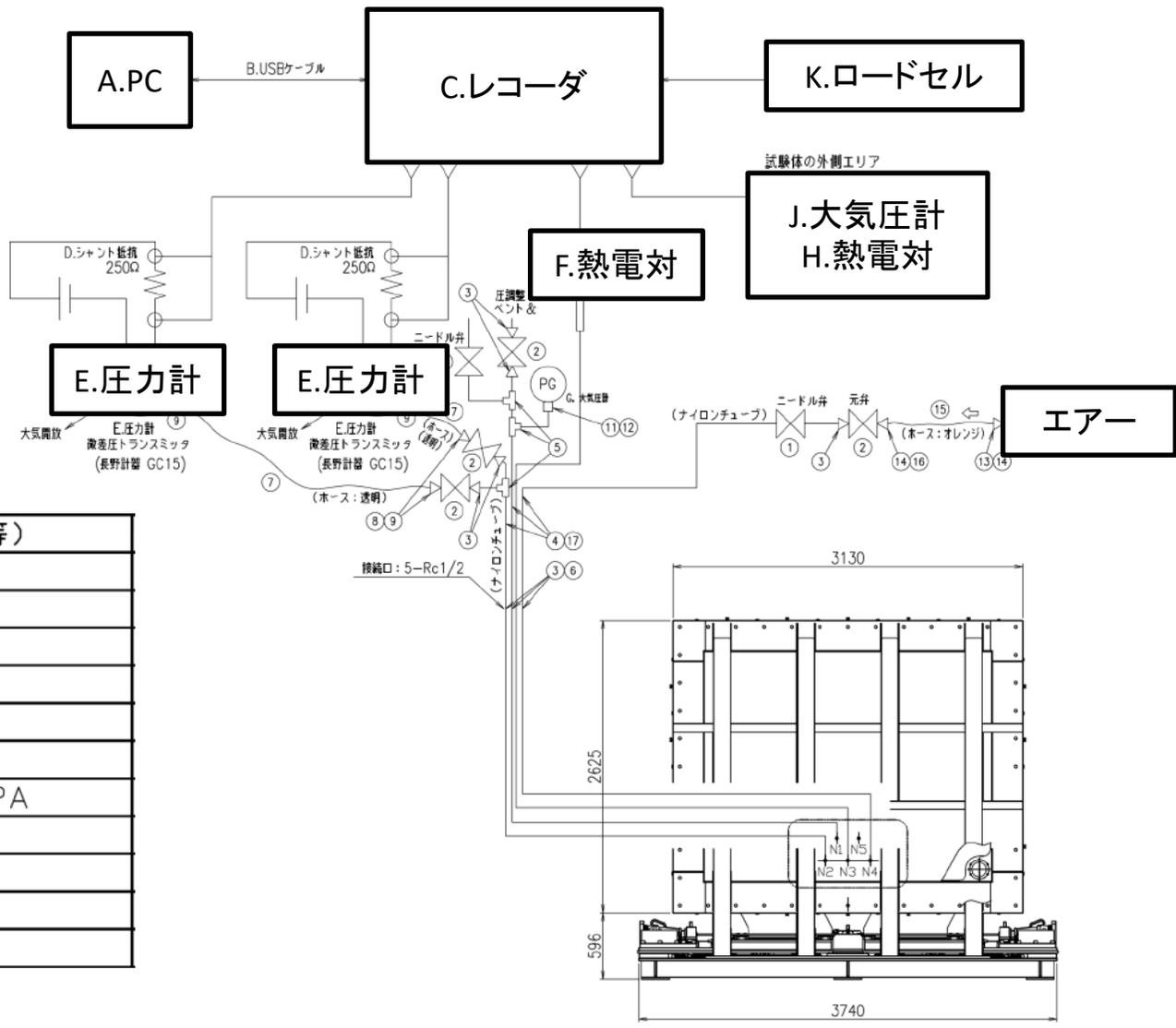
(備考) ※セルの設計基準により、アクセストンネル体積120[m<sup>3</sup>]の0.1[vol.%]として算出。

# 6. 本事業の実施内容

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

### ② 接続部の閉じ込め構造

【試験用計測機器構成】



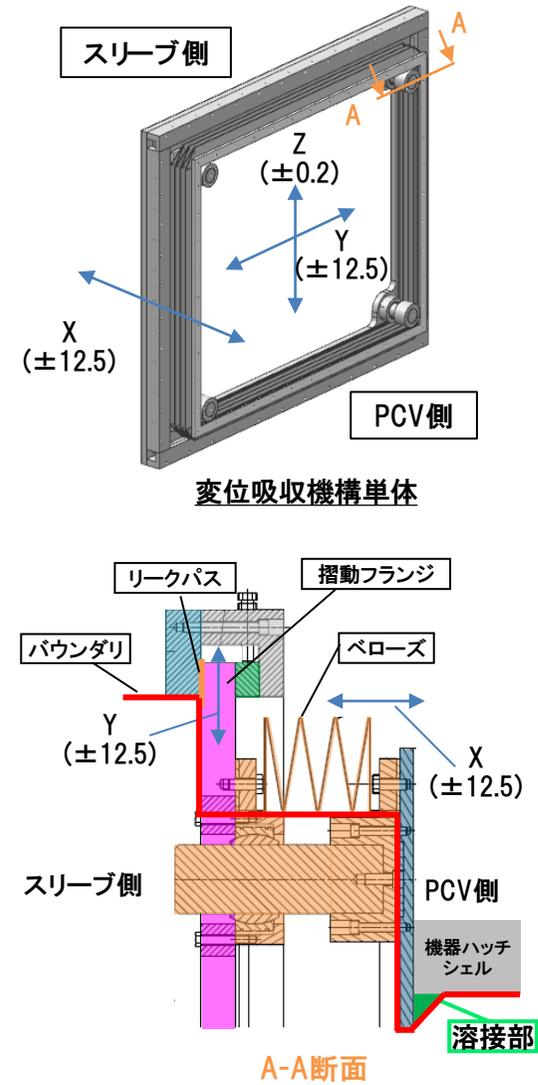
NO.	部品名	型番 (サイズ等)
A	パソコン	ノート型
B	USBケーブル	
C	レコーダ	日置電機LR8430
D	抵抗250Ω	
E	微差圧力計	長野計器 (GC15)
F	熱電対 (継手付き)	Kタイプ
G	大気圧計	BAN-331A-1KPA
H	熱電対	Kタイプ
I	ケーブル類	
J	精密大気圧計	PTB330
K	ロードセル	500kN用

# 6. 本事業の実施内容

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発 ② 接続部の閉じ込め構造

【漏洩試験パラメータ】

No.	方式	溶射	変位量[mm]		試験圧力
			X方向	Y方向	
1	ばね式	無し	0	0	500[Pa]
2			±12.5	0	
3			0	±12.5	
4			±12.5	±12.5	
5		有り	0	0	
6			±12.5	0	
7			0	±12.5	
8			±12.5	±12.5	
9	くさび式	無し	0	0	
10			±12.5	0	
11			0	±12.5	
12			±12.5	±12.5	
13		有り	0	0	
14			±12.5	0	
15			0	±12.5	
16			±12.5	±12.5	



## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ② 接続部の閉じ込め構造

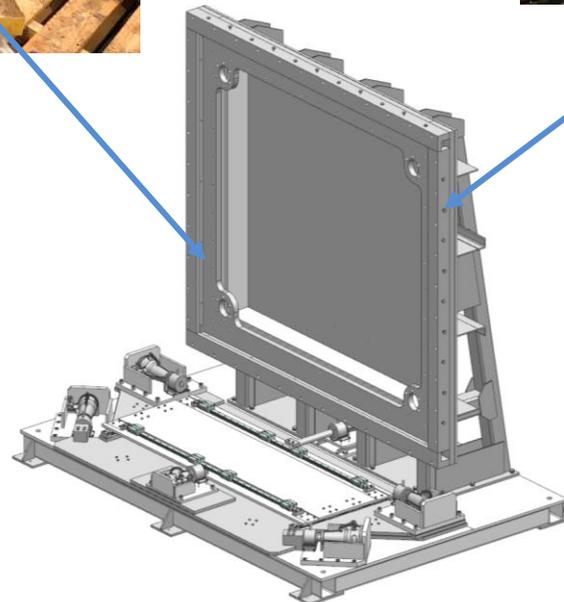
【試験装置】



固定フランジ側



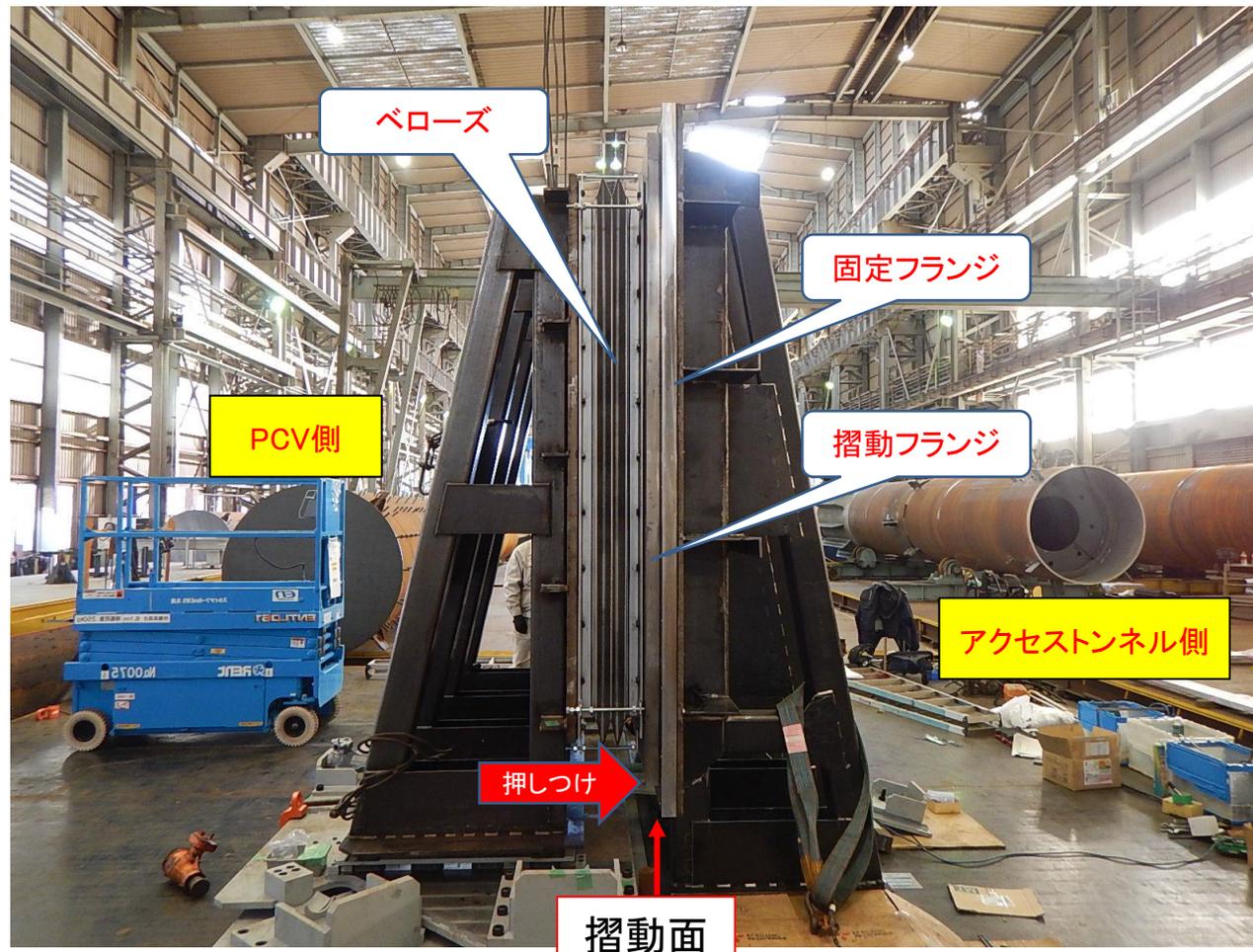
摺動フランジ側  
(3D図には含まれていない)



### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ② 接続部の閉じ込め構造

【試験装置】



押しつけ機構(楔およびバネ)は設置していない状態

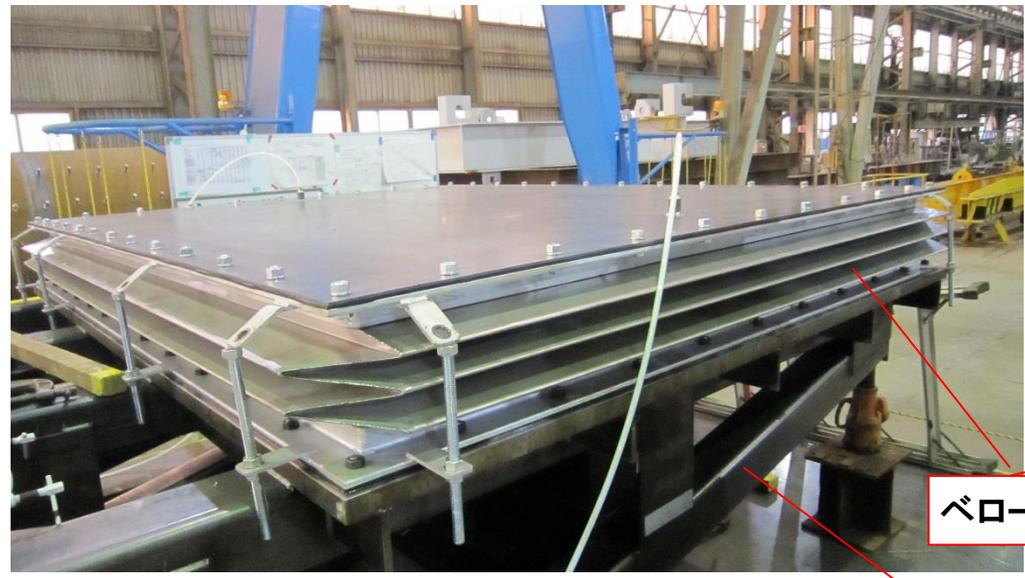
# 6. 本事業の実施内容

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

### ② 接続部の閉じ込め構造

【試験準備(事前試験)】

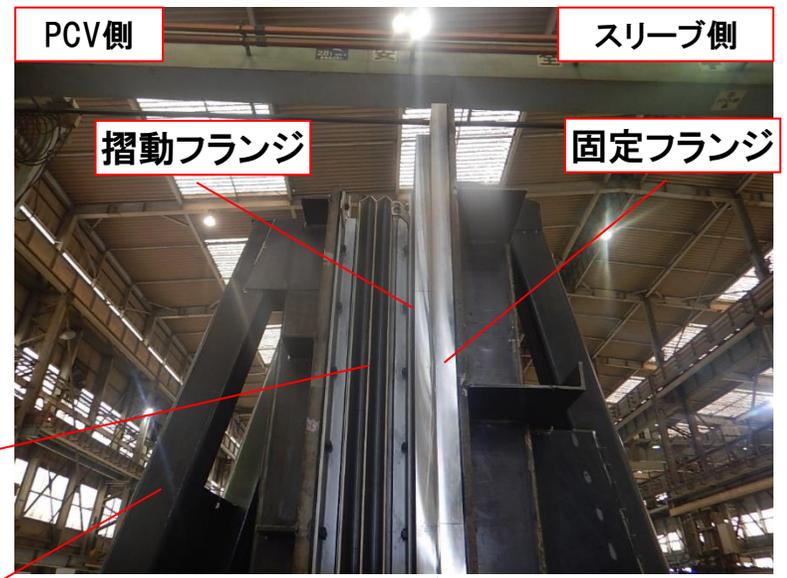
横倒しした試験架台にベローズおよび閉止蓋(事前試験用)を設置し、気密試験を実施。漏れがないことを確認した。固定フランジ側も同様に試験を行い、摺動部以外から漏れがないことを確認した。



事前試験

ベローズ

試験架台



摺動フランジ

固定フランジ

PCV側

スリーブ側

写真(左)の範囲

固定フランジ側

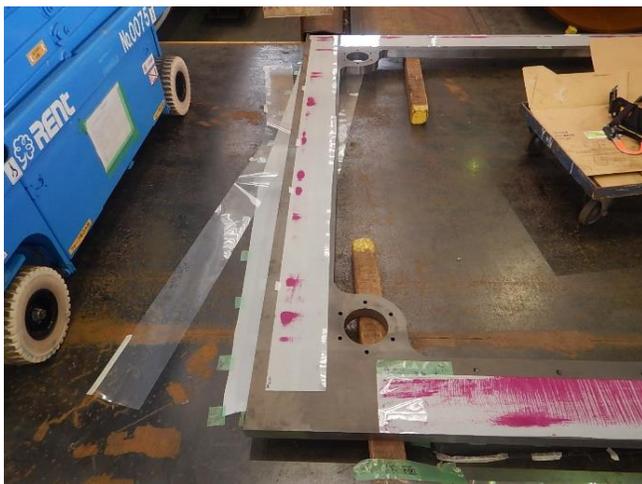
摺動面

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ② 接続部の閉じ込め構造

##### 【試験準備】

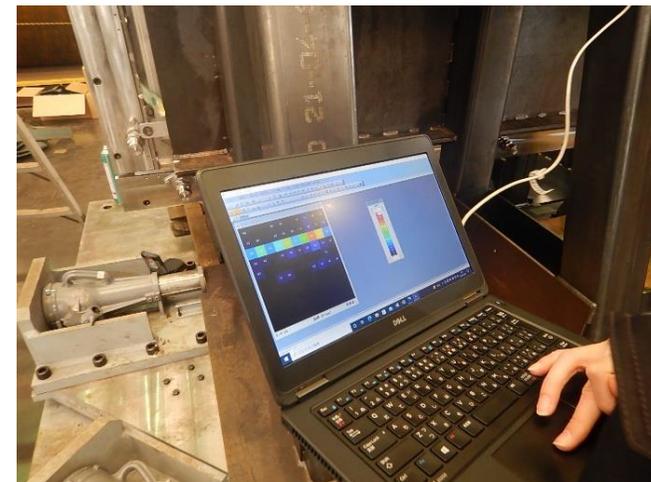
- ① 感圧紙を用いて摺動フランジと固定フランジの当たり面を確認。
- ② 試験装置に組付け、圧力センサにて面圧を計測。
- ③ 押付機構にて面圧を調整。



感圧紙  
(写真は準備段階の物)



圧力センサ



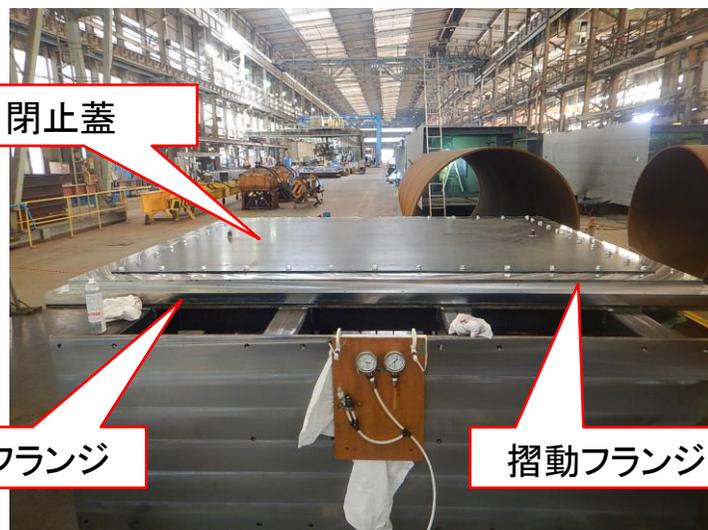
圧力測定

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

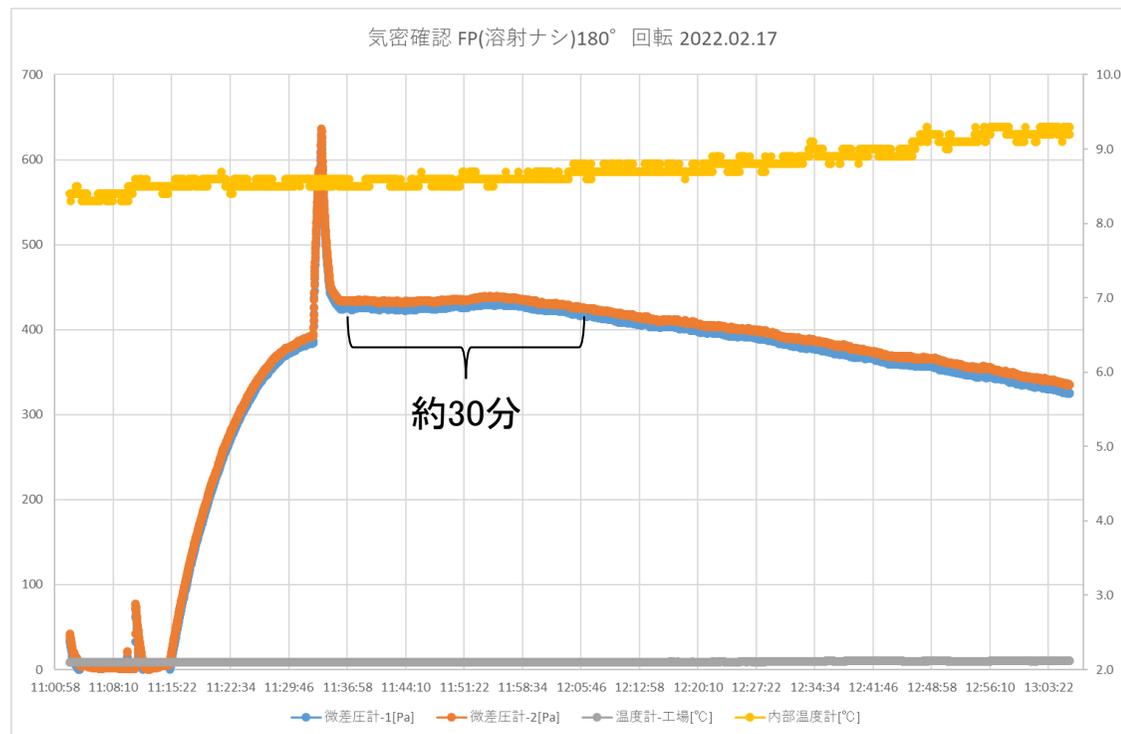
### ② 接続部の閉じ込め構造

#### 【予備試験】

試験架台および固定フランジを横倒した状態の上に摺動フランジを設置して昇圧試験を実施した。  
約400[Pa]の圧力を30分維持することを確認した。



(固定フランジへの押しつけは摺動フランジの自重のみ。)



## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

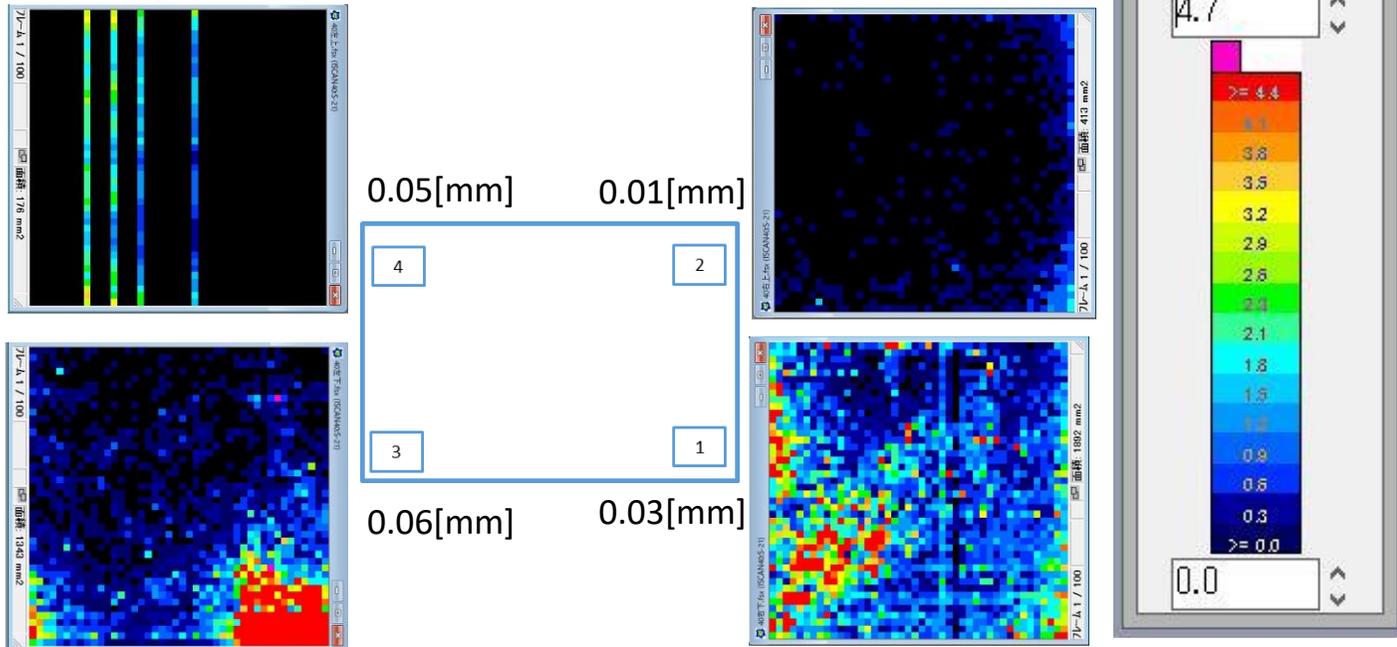
#### ② 接続部の閉じ込め構造

##### 【変位追従性の確認(くさび式)(1/2)】

装置を組み上げた後、摺動確認を実施。摺動抵抗は6.8[kN]以下であった。押付無しの状態における摺動抵抗は約2[kN]であるため、押付による摺動抵抗は約5[kN]程度である。この状態において漏洩試験を実施した。試験結果は0.063[m<sup>3</sup>/h]以下となった。面圧と摺動フランジと固定フランジの隙間は以下であった。

複数回動作させた後に装置を分解し再度組み立てを実施した。この際、摺動面に有意な傷は確認されていない。

#### 面圧およびすきま計測結果



## 6. 本事業の実施内容

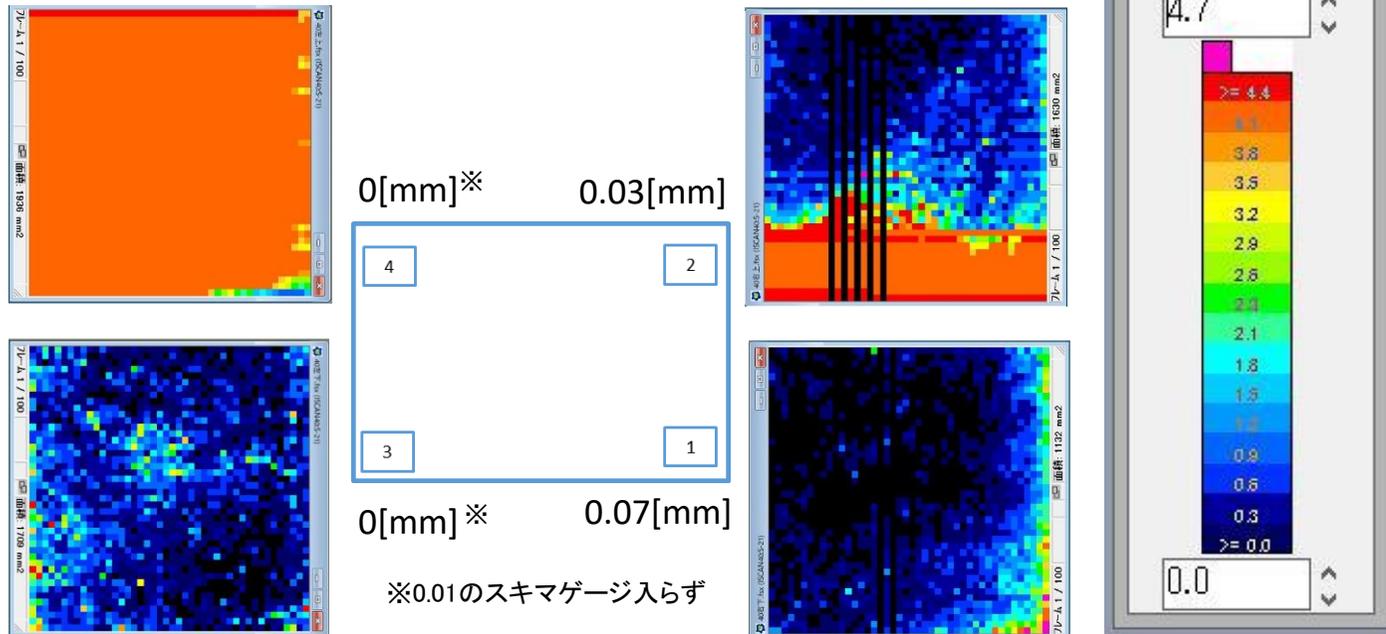
### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ② 接続部の閉じ込め構造

##### 【変位追従性の確認(くさび式) (2/2)】

再度装置を組み上げ、摺動確認および漏洩試験を実施。漏洩試験結果を次ページに示す。摺動抵抗は約30～90[kN]であった。気密試験を実施後、分解して摺動面を確認したところ、摺動面に一部傷が発生した。面圧測定結果が示す通り、一部に面圧が高いところが発生しており、傷の原因および摺動抵抗増加の原因となったと考えられる。組立時には面圧を測定し、異常な面圧がないことを確認することが重要であることが分かった。

#### 面圧およびすきま計測結果



# 6. 本事業の実施内容

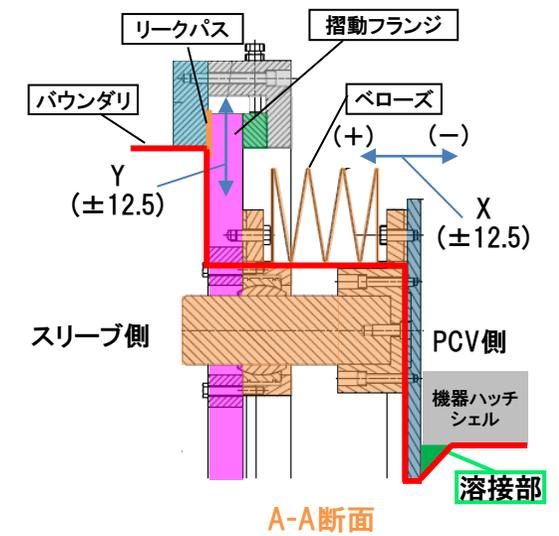
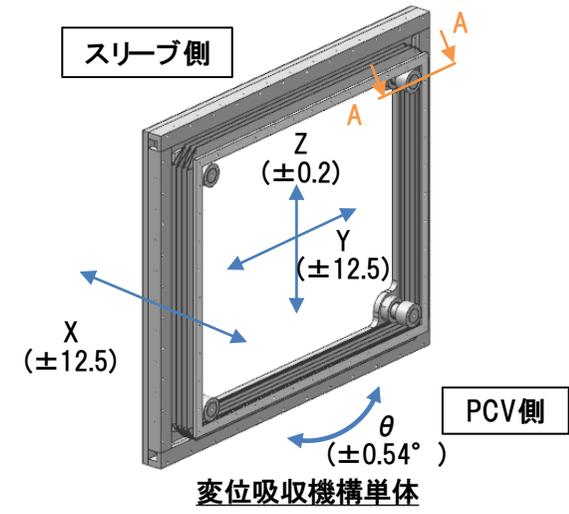
## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

### ② 接続部の閉じ込め構造

【漏洩試験結果(くさび式)】

漏洩試験を実施した結果、全ての条件において目標漏洩量0.12[m<sup>3</sup>/h]を満足する結果となった。摺動抵抗は約90[kN](約9[ton])以下であった。機器ハッチとの溶接部の許容せん断応力は約27[ton]のため、地震時には溶接部を壊すことなく摺動することが可能である。また、複数回動作させた後の漏洩試験も実施しており、目標漏洩量以内であることを確認した。

No.	変位量[mm]			試験 圧力[Pa]	漏洩量 [m <sup>3</sup> /h]
	X方向	Y方向	θ		
1	0	0	—	500	0.047
2	+12.5	0	—	500	0.042
3	-12.5	0	—	500	0.063
4	0	+12.5	—	500	0.048
5	0	-12.5	—	500	0.052
6	+12.5	+12.5	—	500	0.053
7	+12.5	-12.5	—	500	0.047
8	-12.5	+12.5	—	500	0.060
9	-12.5	-12.5	—	500	0.060
10	—	—	+0.54	500	0.056
11	—	—	-0.54	500	0.050



## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

### ② 接続部の閉じ込め構造

#### 【漏洩試験結果(くさび式)】

組み上げた状態で漏洩試験を実施。漏洩量は約0.047[m<sup>3</sup>/h]となり目標漏洩量0.12[m<sup>3</sup>/h]を満足した。

#### 【試験条件】くさび式/溶射なし/基準位置

項目	開始時	終了時
試験装置内温度[°C]	11.7	11.7
試験装置内圧力[Pa]	500.1	136.4
大気圧[hPa]	1015.4	1015.52
時間	14:03:32	14:18:32
計測時間	15分	
摺動抵抗	10[ton]以下	

$$Q = \frac{VT_{20}}{\Delta t} \left( \frac{P_2}{T_2} - \frac{P_1}{T_1} \right) + \frac{VT_{20}}{\Delta t} \left( \frac{P_{atm2}}{T_2} - \frac{P_{atm1}}{T_1} \right) [Pa \cdot L/s]$$

$$q = \frac{Q}{101325} [L/s]$$

ここで、Q : 20°C換算の漏れ量(Pa・L/s)

P<sub>1</sub> : 測定開始時の試験体のゲージ圧(Pa)

P<sub>2</sub> : 測定終了時の試験体のゲージ圧(Pa)

Patm1 : 測定開始時の大気圧力(外気圧力)(Pa)

Patm2 : 測定開始後の大気圧力(外気圧力)(Pa)

Δt : 測定開始から測定終了までの時間(s)

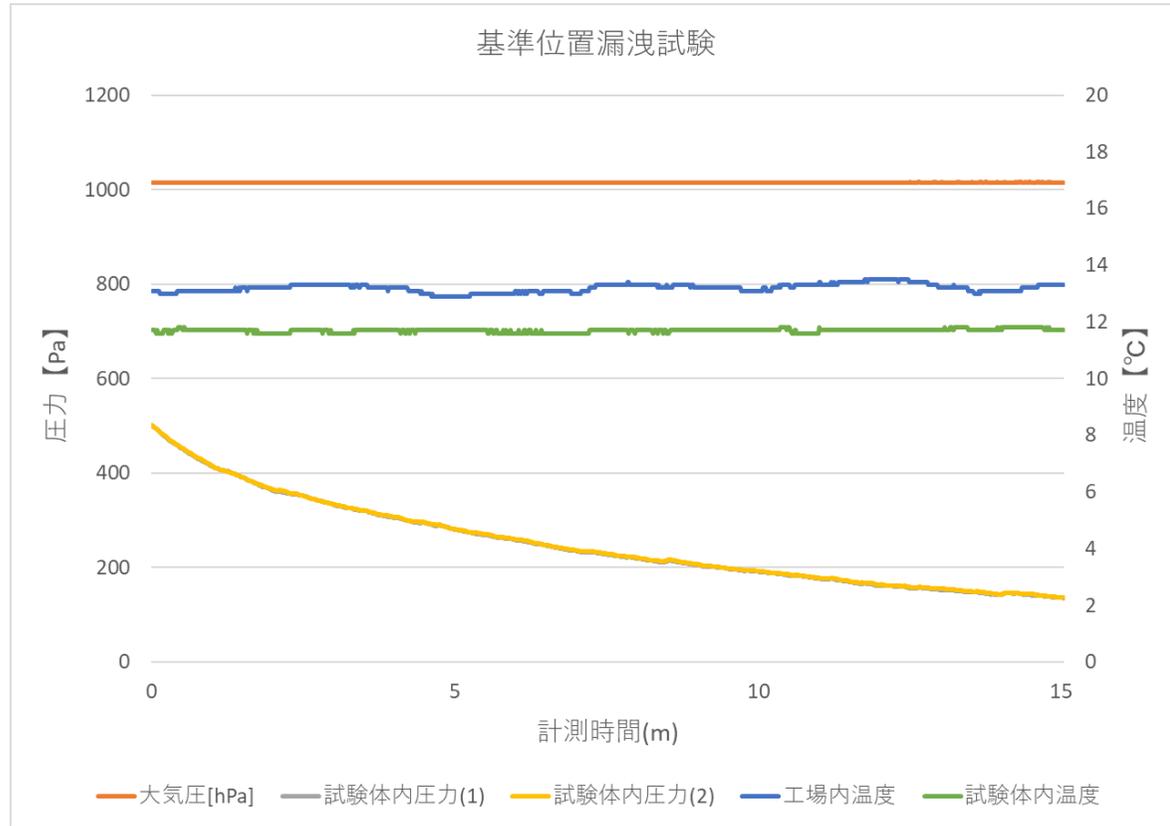
V : 試験体の内容積(L)

T<sub>20</sub> : 基準温度 293 (K)

T<sub>1</sub> : 測定開始時の試験体内の気体の絶対温度(K)

T<sub>2</sub> : 測定終了時の試験体内の気体の絶対温度(K)

q : 20°C、1気圧換算漏れ量(L/s)



# 6. 本事業の実施内容

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

### ② 接続部の閉じ込め構造

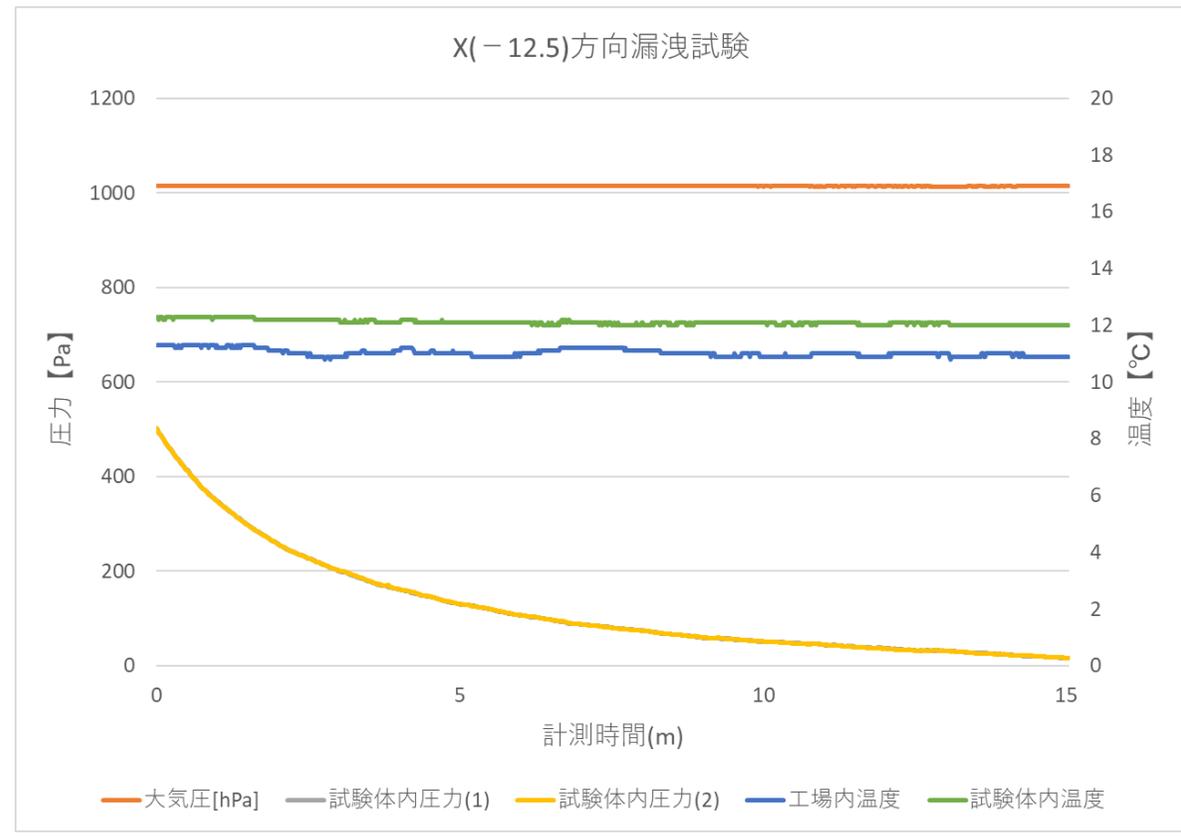
【漏洩試験結果(くさび式)】

組み上げた状態で漏洩試験を実施。漏洩量は約0.063[m<sup>3</sup>/h]となり目標漏洩量0.12[m<sup>3</sup>/h]を満足した。

【試験条件】くさび式/溶射なし/X-12.5[mm]

項目	開始時	終了時
試験装置内温度[°C]	12.3	12.0
試験装置内圧力[Pa]	502.1	15.5
大気圧[hPa]	1015.16	1015.1
時間	17:14:06	17:29:06
計測時間	15分	
摺動抵抗	10[ton]以下	

※ベローズが伸びる方向のため、摺動フランジと固定フランジの隙間が広がる厳しい条件



# 6. 本事業の実施内容

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

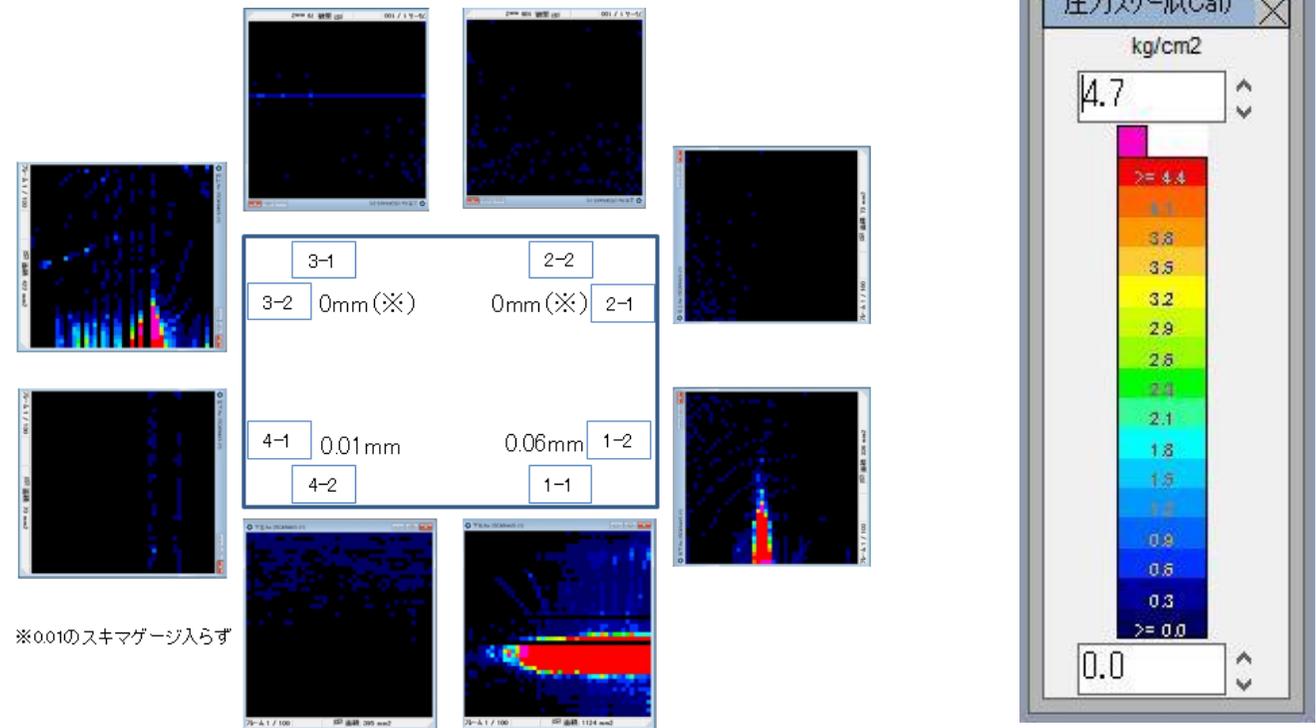
### ② 接続部の閉じ込め構造

【変位追従性の確認(ばね式)】

装置を組み上げた後、くさび式同様に摺動確認を実施。摺動前および摺動後の漏洩量は共に0.045[m<sup>3</sup>/h]以下となった。摺動抵抗は9.6[kN]以下であった。押付無しの状態における摺動抵抗は約2[kN]であるため、押付による摺動抵抗は約7.6[kN]程度である。面圧と摺動フランジと固定フランジの隙間は以下であった。

複数回動作させた後に装置を分解し再度組み立てを実施した。この際、摺動面に有意な傷は確認されていない。

面圧およびすきま計測結果



# 6. 本事業の実施内容

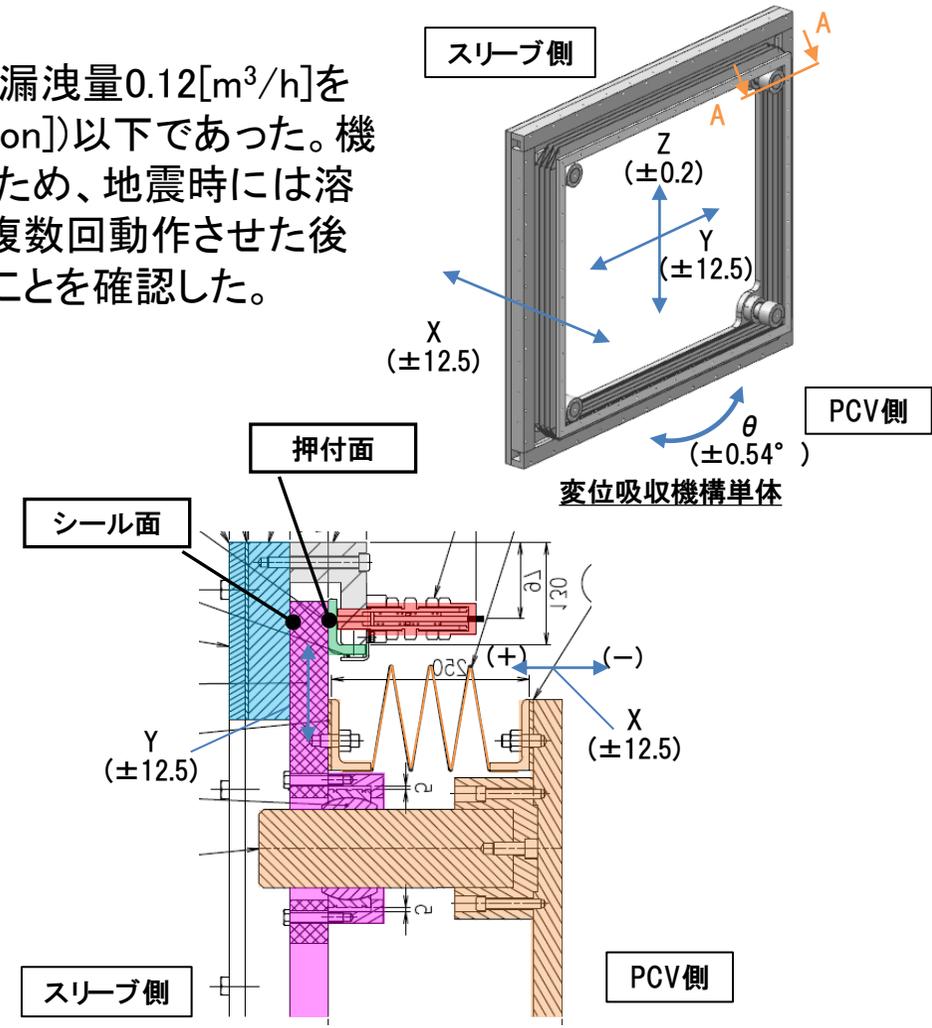
## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

### ② 接続部の閉じ込め構造

#### 【漏洩試験結果(ばね式)】

漏洩試験を実施した結果、全ての条件において目標漏洩量 $0.12[m^3/h]$ を満足する結果となった。摺動抵抗は約 $16.7[kN]$ (約 $1.7[ton]$ )以下であった。機器ハッチとの溶接部の許容せん断応力は約 $27[ton]$ のため、地震時には溶接部を壊すことなく摺動することが可能である。また、複数回動作させた後の漏洩試験も実施しており、目標漏洩量以内であることを確認した。

No.	変位量[mm]			試験 圧力[Pa]	漏洩量 [m <sup>3</sup> /h]
	X方向	Y方向	θ		
1	0	0	—	500	0.043
2	+12.5	0	—	500	0.021
3	-12.5	0	—	500	0.061
4	0	+12.5	—	500	0.031
5	0	-12.5	—	500	0.03
6	+12.5	+12.5	—	500	0.027
7	+12.5	-12.5	—	500	0.023
8	-12.5	+12.5	—	500	0.063
9	-12.5	-12.5	—	500	0.064
10	—	—	+0.54	500	0.056
11	—	—	-0.54	500	0.053



## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発 ② 接続部の閉じ込め構造

### 【漏洩試験結果(ばね式)】

組み上げた状態で漏洩試験を実施。漏洩量は約0.043[m<sup>3</sup>/h]となり目標漏洩量0.12[m<sup>3</sup>/h]を満足した。

【試験条件】ばね式/溶射なし/基準位置

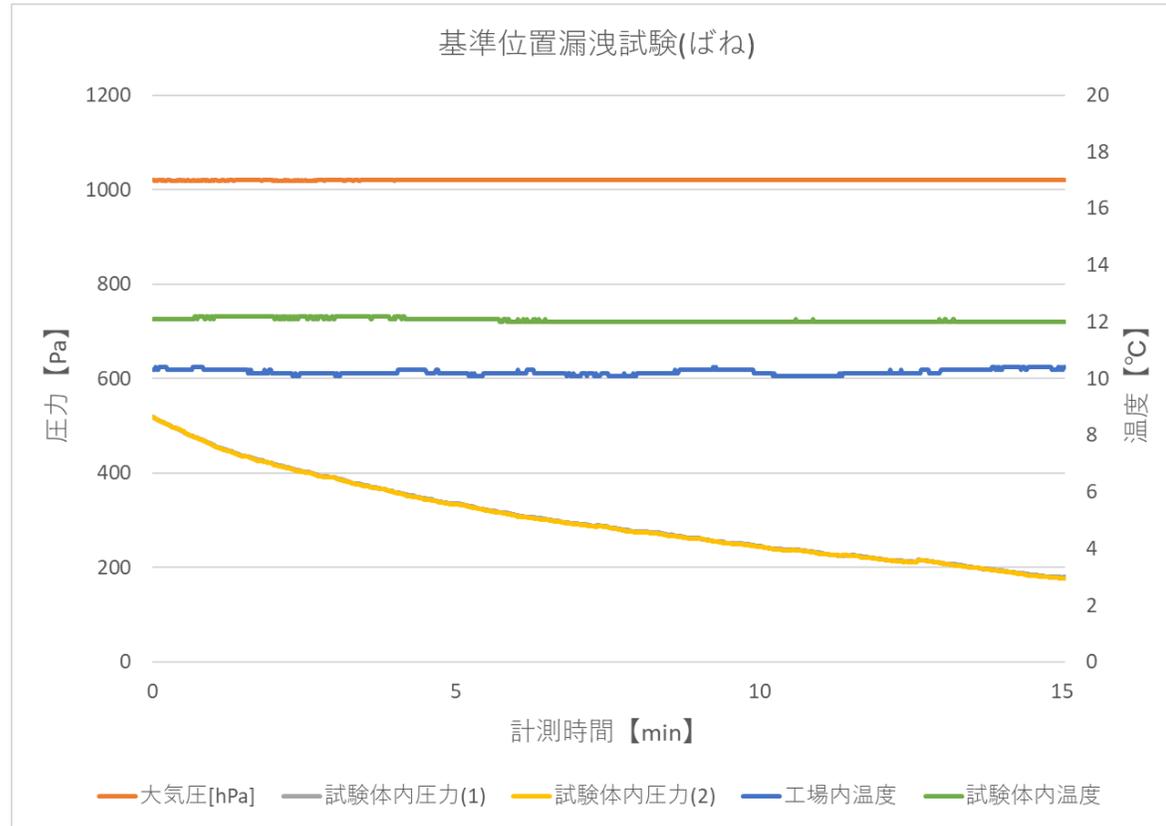
項目	開始時	終了時
試験装置内温度[°C]	12.1	12.0
試験装置内圧力[Pa]	519.6	177.5
大気圧[hPa]	1020.62	1020.8
時間	19:35:04	19:50:04
計測時間	15分	
摺動抵抗	2[ton]以下	

$$Q = \frac{VT_{20}}{\Delta t} \left( \frac{P_2}{T_2} - \frac{P_1}{T_1} \right) + \frac{VT_{20}}{\Delta t} \left( \frac{P_{atm2}}{T_2} - \frac{P_{atm1}}{T_1} \right) [Pa \cdot L/s]$$

$$q = \frac{Q}{101325} [L/s]$$

ここで、Q : 20°C換算の漏れ量(Pa・L/s)

- P<sub>1</sub> : 測定開始時の試験体のゲージ圧(Pa)
- P<sub>2</sub> : 測定終了時の試験体のゲージ圧(Pa)
- Patm1 : 測定開始時の大気圧力(外気圧力)(Pa)
- Patm2 : 測定開始後の大気圧力(外気圧力)(Pa)
- Δt : 測定開始から測定終了までの時間(s)
- V : 試験体の内容積(L)
- T<sub>20</sub> : 基準温度 293 (K)
- T<sub>1</sub> : 測定開始時の試験体内の気体の絶対温度(K)
- T<sub>2</sub> : 測定終了時の試験体内の気体の絶対温度(K)
- q : 20°C、1 気圧換算漏れ量(L/s)



# 6. 本事業の実施内容

## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

### ② 接続部の閉じ込め構造

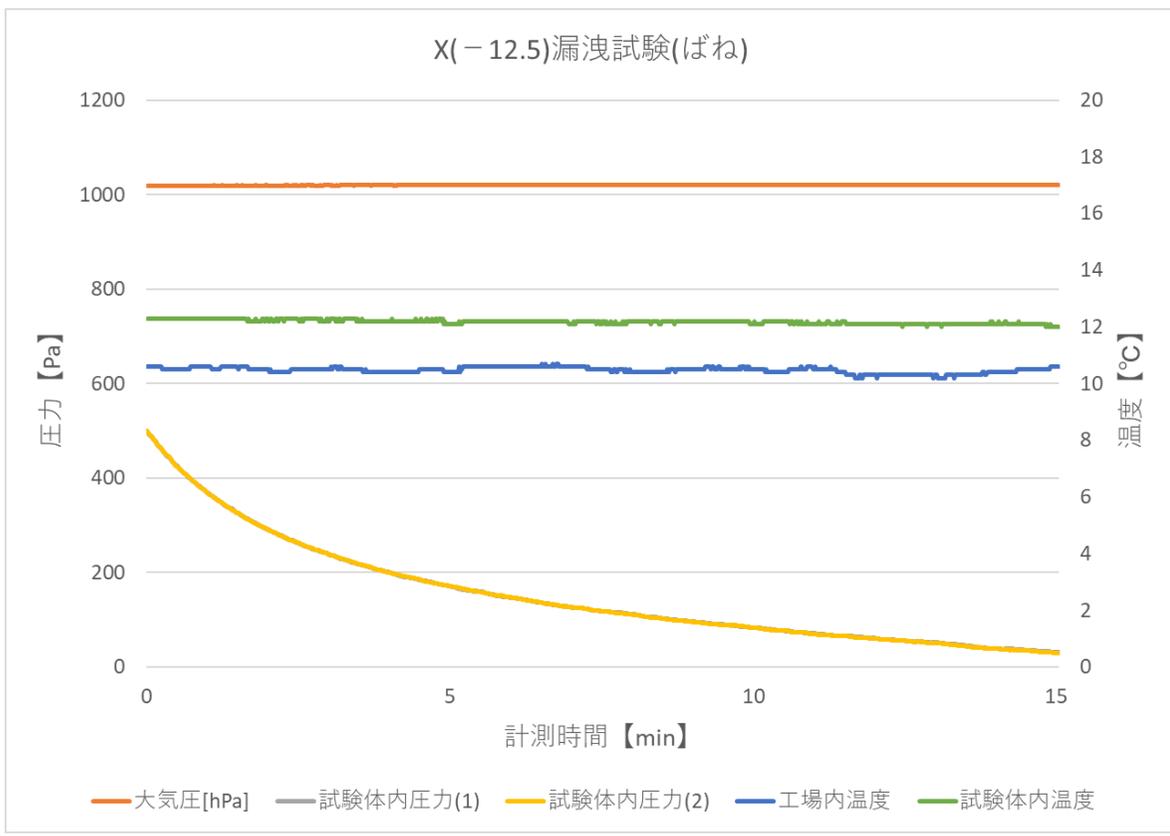
【漏洩試験結果(ばね式)】

組み上げた状態で漏洩試験を実施。漏洩量は約0.061[m<sup>3</sup>/h]となり目標漏洩量0.12[m<sup>3</sup>/h]を満足した。

【試験条件】ばね式/溶射なし/X-12.5[mm]

項目	開始時	終了時
試験装置内温度[°C]	12.3	12.0
試験装置内圧力[Pa]	500.3	29.4
大気圧[hPa]	1020.32	1020.5
時間	19:14:46	19:29:46
計測時間	15分	
摺動抵抗	2[ton]以下	

※ベローズが伸びる方向のため、摺動フランジと固定フランジの隙間が広がる厳しい条件



# 6. 本事業の実施内容

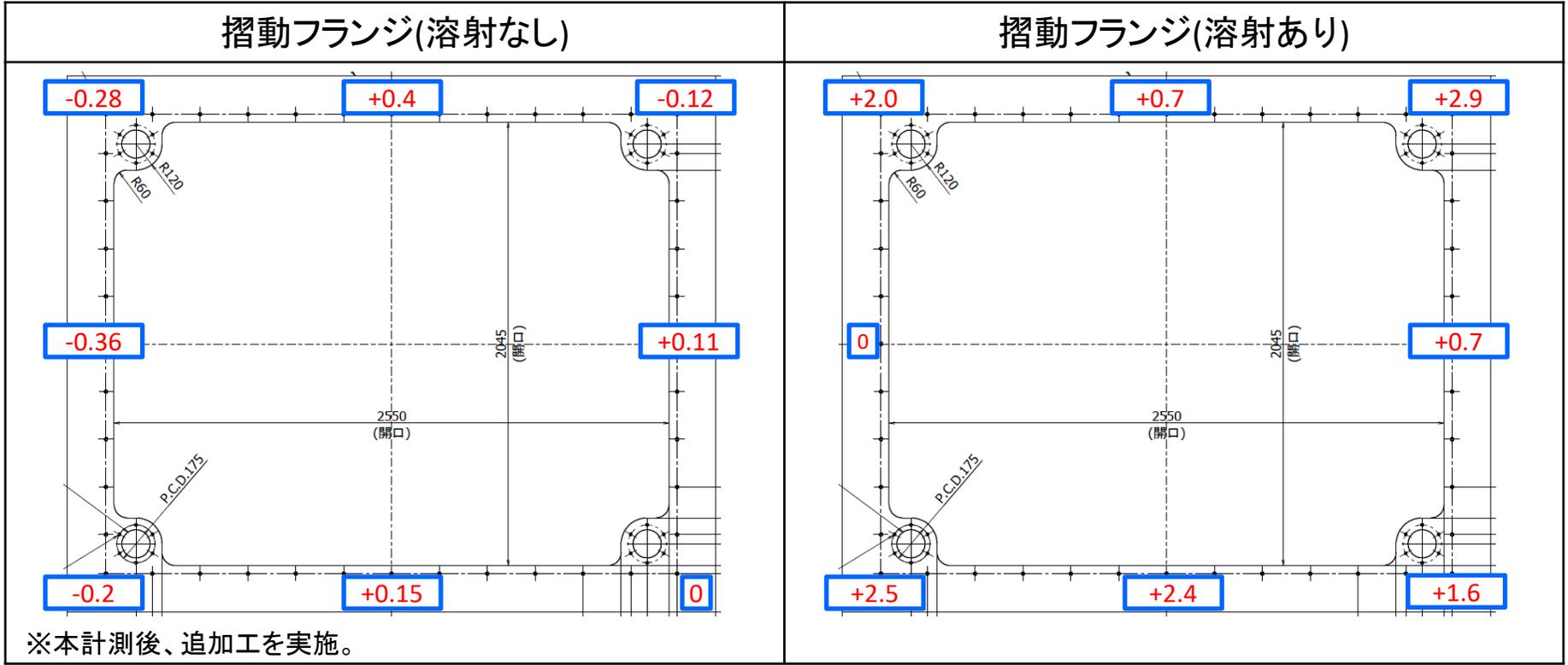
## 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

### ② 接続部の閉じ込め構造

【表面処理について】

摺動性の向上を目的とし、摺動フランジにタングステンカーバイドの溶射を試みた。製作においては、熱の影響などに気を使い製作を行った。しかし、溶射による摺動フランジの変形量が大きく漏洩試験を実施することが出来なかった。

【寸法測定結果】



## 6. 本事業の実施内容

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ② 接続部の閉じ込め構造

##### 【保守方針】

変位吸収機構を構成する部品は全てSUS材を選定する計画である。また、常時駆動している部分もない。そのため、高温・多湿などの特殊環境にない場合は、基本的にはメンテナンス不要と考える。定常のメンテナンスは不要と考えるが、非定常時も含めたメンテナンスの考え方を主要パーツごとにまとめる。なお、非定常/想定外については本装置以外の装置も甚大な損傷を受けていると想定する。

また、漏洩検知はPCV含めた系全体で確認を行う必要がある。漏洩が疑われる場合は、機器ハッチの開口部を閉止し、アクセルトンネル単体(変位吸収機構含む)において漏洩確認を実施する。

構成部品	保守方針(定常)	保守方針(非定常/想定外)
固定フランジ	腐食等があっても進行は遅いと考えられることから、定常のメンテナンスは不要と考える。	先にPCV機器ハッチとの接続部(溶接部)が損傷すると考えられる。溶接部が損傷した場合は補修溶接を実施する。
摺動フランジ		
ベローズ周り	内圧等もないためメンテナンスは不要と考える。各接続部は金属オーリング、金属ガスケット、溶接等で対応可能と考える。	ベローズの破損(穴あきや破れ)については接着剤を使用して補修を実施することを検討。 ※メーカー推奨は交換。
押付機構(ばね)	調整、保持はボルト・ナットで行うが、緩みを防止するためにダブルナット等を用いる計画である。ばねのへたりなどで調整・交換が必要となった場合、遠隔調整および遠隔交換を行う計画である。	遠隔交換を実施する。
押付機構(くさび)	調整、保持はボルト・ナットで行うが、緩みを防止するためにダブルナット等を用いる計画である。	遠隔交換を実施する。

### 2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

#### ② 接続部の閉じ込め構造：まとめ

- アクセストンネルとPCV接続部に設ける変位吸収機構の具体化を行い、左右(X軸)方向および上下(Y軸)方向の変位を吸収する摺動フランジについて、くさび式とばね式を検討した。要素試験を行い、漏洩量や変位量、変位追従性について確認した。
- No.103に示すばね式の構造を用いることで摺動性および漏洩量を満足することを確認した。
- 要素試験結果を踏まえ、接続部の閉じ込め構造に関する課題を整理した。

### (1)大型搬出容器の気密機構の開発

- 大型構造物を搬出するために必要となる、汚染拡大防止機能及び高線量の収納物に対する遮蔽機能を有する大型搬出容器蓋部の気密機構について検討した。構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップを整理し、二重蓋運用時の課題を抽出した。
- 二重蓋運用時の課題から要素試験で確認が必要な項目を抽出し、二重蓋開閉機構の妥当性や気密性能について要素試験を実施した。要素試験により、二重蓋の機構が正常に動作可能であり、設定した漏洩率0.1[vol%/h]以下を満たすことを確認することで実現性を確認した。
- 上記試験結果も踏まえ、容器位置決め・検査方法、リング溝形状によるシール性への影響、シール部のメンテナンス方法等、今後の課題を整理した。  
取り出し工法PJ等で引き続き検討を行う。
- 燃料デブリが付着した大型構造物を一体で収納する大型搬出容器の臨界安全の確保について、再臨界防止方法や臨界検知方法について検討を実施した。大型搬出容器内への非溶解性中性子吸収材の事前投入による臨界防止策について検討を進め、保守的な条件での非溶解性中性子吸収材の必要量を評価した。

## (2)アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発

## ①アクセス用重量構造物の接続構築技術の開発

- 重量構造物であるアクセストンネルについて、遠隔でのPCVとの接続方法検討として旋回送り出し時のスライド部(鋼製支承およびゴム支承)を検討した。それぞれに対して実重量を模擬したモックアップを用いた要素試験を行い、重量を変えて送り出しの可否やスライド面(摺動面)の摩擦抵抗・追従性を確認した。
- 鋼製支承において330[ton]の旋回送り出しが可能であり、430[ton]においても摩擦抵抗が設計値内であることを確認した。430[ton]はジャッキ構造の問題で最後まで(0° から45° まで)旋回させることができなかったが、ジャッキ構造を見直すことにより旋回送り出しが可能に見える見通しである。
- No.75に示すスライド部の構造(支承材は鋼製)にて送り出しが可能に見える見通しを得た。
- 要素試験結果を踏まえ、アクセストンネル送り出し(旋回)方法に関する課題を整理した。

## ②接続部の閉じ込め構造の開発

- アクセストンネルとPCV接続部に設ける変位吸収機構の具体化を行い、左右(X軸)方向および上下(Y軸)方向の変位を吸収する摺動フランジについて、くさび式とばね式を検討した。要素試験を行い、漏洩量や変位量、変位追従性について確認した。
- No.103に示すばね式の構造を用いることで摺動性および漏洩量を満足することを確認した。
- 要素試験結果を踏まえ、接続部の閉じ込め構造に関する課題を整理した。

## 8. 実施目的を達成するための具体的目標

(1) 大型搬出容器の気密機構の開発	<p>上アクセス工法における大型搬出容器について、汚染拡大防止機能及び高線量の収納物に対する遮蔽機能を有するものとして検討され、大型搬出容器の前提条件と必要開発項目を検討した上で、大型搬出容器蓋部気密構造に関して要素試験による技術の実現性が確認できていること。また、構造物収納後から保管するまでの臨界管理方法が提示されていること。</p> <p>(終了時目標TRL※:レベル3)</p>
(2) アクセス用重量構造物の接続構築技術及び接続部の閉じ込め構造の開発	<p>① アクセス用重量構造物の接続構築技術</p> <p>R/Bに設置するアクセス用の新設設備(アクセストンネル)について、作業員の被ばく線量低減のため、遠隔操作で行うことを考慮した遠隔での重量構造物の接続構築技術に関して要素試験により実現性が示されていること。</p> <p>(終了時目標TRL:レベル3)</p>
	<p>② 接続部の閉じ込め構造</p> <p>アクセストンネルとPCV等の既設構造物との接続部について、閉じ込め機能を確保しつつ地震時の変位を吸収するために必要な変位吸収構造について、要素試験により実現性が示されていること。</p> <p>(終了時目標TRL:レベル4)</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。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