

**福島第一原子力発電所復旧工事に係る「研究開発拠点」構想  
(モックアップ/メンテナンス設備設立計画)**

**2012年2月27日**

**株式会社 東芝  
日立GEニュークリア・エナジー株式会社**

---

# 目次

1. はじめに
2. 研究開発拠点設立の基本的考え方
3. 中長期ロードマップ上でのニーズ整理
4. 各ニーズへの対応方針
5. 開発工程案
6. モックアップ設備適用例
7. メンテナンス設備適用例
8. 課題・留意すべき事項
9. まとめ

# 1. はじめに

---

## ◆原子力委員会「東京電力(株)福島第一原子力発電所における中長期措置検討専門部会」の報告書での提言

✓中長期的には遠隔装置の活用を含めて多くの前例のない取り組みが含まれることから、現場を模擬したモックアップ施設において取り組みの妥当性を検証することが効果的である。そこで、現場付近にそうした施設を整備することが望ましい。

## ◆福島第一原子力発電所 1～4号機の廃止措置等に向けた中長期の取り組みにおける重要なポイント

✓効率的な機器開発と現場状況に即した臨機応変な対応

✓作業員安全の観点からの被ばく線量低減

## ◆要求に対応できる研究開発拠点の設置・運用の検討を実施

## 2. 研究開発拠点設立の基本的考え方

### ◆ 実機工程（中長期ロードマップ）の確実な遂行を支援

- ・ 廃炉に関わる機器/装置の開発及び運用の信頼性向上
- ・ 研究開発計画の確実な推進に係る作業の的確かつ効率的実行支援

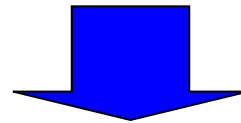
### ◆ 外部との協力体制

- ・ 国内外企業・研究機関からの容易な協力取得体制

国主導での  
拠点設立が  
望まれる

### ◆ 福島地域の活性化

- ・ 研究開発拠点設立の波及効果として、福島地域の活性化、雇用／経済に良好な効果をもたらすことが望まれる



- 機器・装置の開発・運用の観点からモックアップ設備やメンテナンス設備を研究開発拠点の一環として設立
- このための実機プラント状況や廃炉工程の進捗を踏まえて、当該設備の必要性、対応策、検討スケジュール等を提案

### 3. 中長期ロードマップ上でのニーズ整理(1/2)

研究項目	モックアップ設備に対する状況とニーズ
(1) 建屋内の遠隔除染技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高放射線場、瓦礫散乱等によりアクセス性が劣化</li> <li>・ 汚染状況を推定・評価すると共に、適用可能な除染技術の整理と模擬汚染による除染試験を実施</li> <li>・ 遠隔装置開発と組み合わせて除染システムを開発</li> <li>・ モックアップ試験を経て実機における実証試験を行い除染性能評価 (必要に応じて実機適用に必要な改良実施)</li> </ul>
(2) 格納容器からの漏えい箇所の特定技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料デブリは高線量、狭隘、水中環境に存在すると想定。</li> <li>・ 遠隔操作により当該部アクセスする技術や漏えいを検知するための技術を開発</li> <li>・ 狭隘部位へのアクセスや調査必要との視点から予め非管理区域での装置の実証や作業員の訓練を実施。</li> </ul>
(3) 格納容器補修技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 漏えい箇所は高線量下、かつ水中や狭隘部にも存在すると想定。遠隔操作で当該分にアクセスして補修を実施する技術・工法の開発が必要。</li> <li>・ 漏えいが想定される部位に対する既存止水技術(グラウト,シール材)の有効性や長期健全性についての評価と装置開発。</li> <li>・ 操作可能な遠隔移動装置を高放射線線量下、狭隘部で操作</li> <li>・ モックアップ設備での実証や作業員の訓練実施。</li> </ul>
(4) 格納容器止水方法開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料デブリ周りの冷却水量が変化する際に再臨界となるリスクあり</li> <li>・ 周囲の高放射線量と測定対象の放射線との識別が必要</li> <li>・ 未臨界維持/臨界監視技術を確立</li> </ul>

### 3. 中長期ロードマップ上でのニーズ整理(2/2)

研究項目	モックアップに対するニーズ
(5) 格納容器内部調査技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 格納容器内は高線量、狭隘、高温多湿、一部は水中環境。</li> <li>・ デブリはペDESTALの内部にある可能性が高いためアクセス性が悪い</li> <li>・ 適用可能な技術を調査し、点検調査装置を開発することとなるが、デブリ性状は不明であり、どのような機器を開発し取り出すか実機を模擬しながら検討(放射性物質の飛散防止対策のもモックアップ含む)必要</li> <li>・ 作業員の訓練を実施</li> </ul>
(6) 原子炉格納容器及び原子炉圧力容器の水張り	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水張りが確実に実施/維持されていることを確認</li> </ul>
(7) 炉内調査・燃料デブリ取り出し技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子炉圧力容器(RPV)は高線量, 狭隘部, 高温、水中環境, または汚濁可能性有</li> <li>・ 原子炉圧力容器内部調査並びに炉内デブリ掻き出し(サンプリング)技術のモックアップが重要(装置の信頼性向上と作業員の被ばく低減)</li> </ul>
(8) 炉内燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料デブリの形状や熔融状態に応じた収納方法を検討し、取扱い機器、収納機器、収納容器の製作、モックアップ試験が必要</li> <li>・ 効率的な移送・保管方法を検討し、必要な設備の設計・製作した上で、これをモックアップ設備で実験を実施して評価、改良を進める</li> </ul>
(9) 遠隔移動体装置開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 高線量下での作業であり遠隔操作装置重要</li> <li>・ 計測・除染・サンプリング・遮蔽設置・止水・移動・位置決・マンマシンインターフェース, 通信等の技術をモックアップ設備を活用</li> </ul>

## 4. 各ニーズへの対応方針

---

### ◆遠隔操作機器・装置の技術実証

- ・実証試験

(1) 工場試験→(2) モックアップ設備※→(3) 1 F サイト内(5号機等)→実機代表プラント  
当該モックアップ設備は※のタイミングでの検証に適用

- ・特に、格納容器補修、格納容器内部調査、炉内燃料デブリ取出
  - － 現場状況に応じて臨機応変に対応可能なモックアップ設備が必要

### ◆現場工事におけるトレーニング

- ・現場での作業員や遠隔操作機器・装置を操作・運用する運転員の訓練
  - － 現場適用前の機器の調整作業
  - － 機器操作技術習得による被ばく低減

### ◆実機装置のメンテナンス

- ・実機実証のフィードバックのため除染して改造構造
- ・定期的メンテナンス(実機工事用機器の1～3号機で共用)
  - 装置の除染を実施した上で改造や分解点検及び消耗品交換  
(サイト内の施設の空きエリア使用はオプション)

# 5. 開発工程案

2012    2013    2014    2015    2016    2017    2018    2019    2020

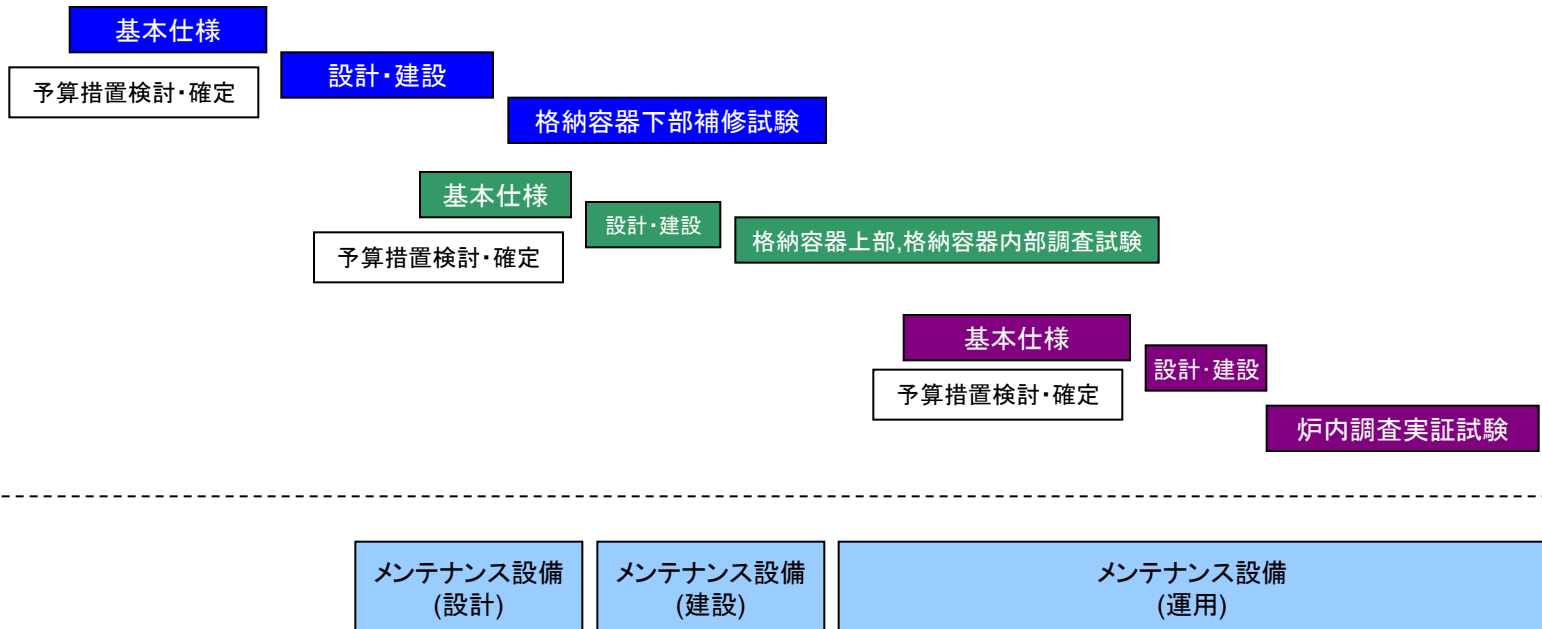
【中長期ロードマップマスタープラン】

▽HP:格納容器下部補修方法確定

▽HP:格納容器上部補修方法確定  
▽HP:格納容器内調査方法確定

HP:炉内調査方法確定 ▽

【研究開発拠点設立スケジュール案】





## 6. モックアップ設備適用例(S/C及びトーラス室計画)

---

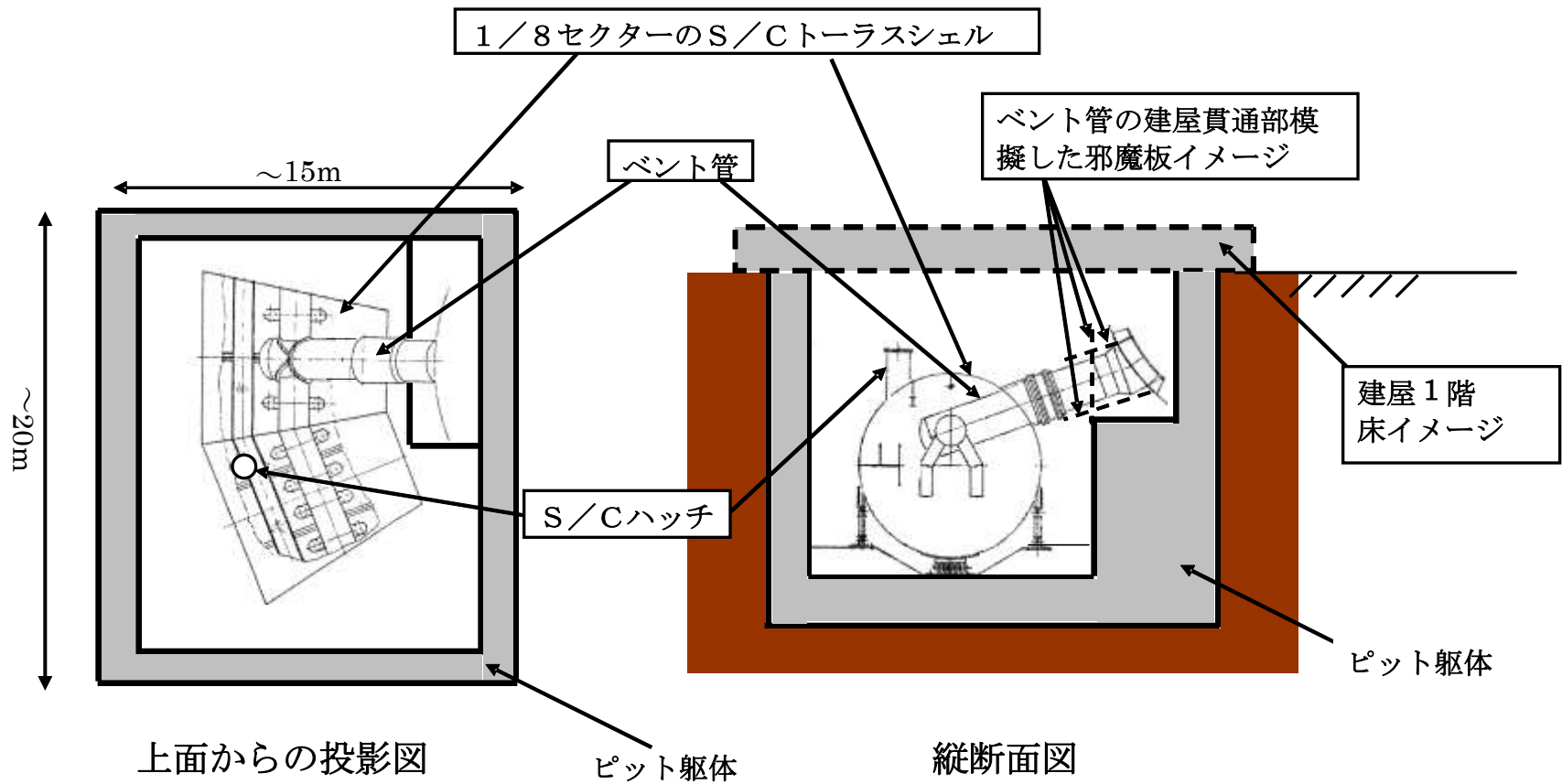
### ◆基本方針:

- ✓モックアップ/訓練等に必要な範囲を中心に設備最適化  
例: 格納容器等内部構造物の必要な対象部位毎の設備
- ✓1～3号機の構造模擬及び現場調査に基づく実機形状模擬の反映  
(部分的取り替え可能なフレキシブルな設計)
- ✓複数の工程、複数の装置に対するモックアップ及び訓練への対応考慮

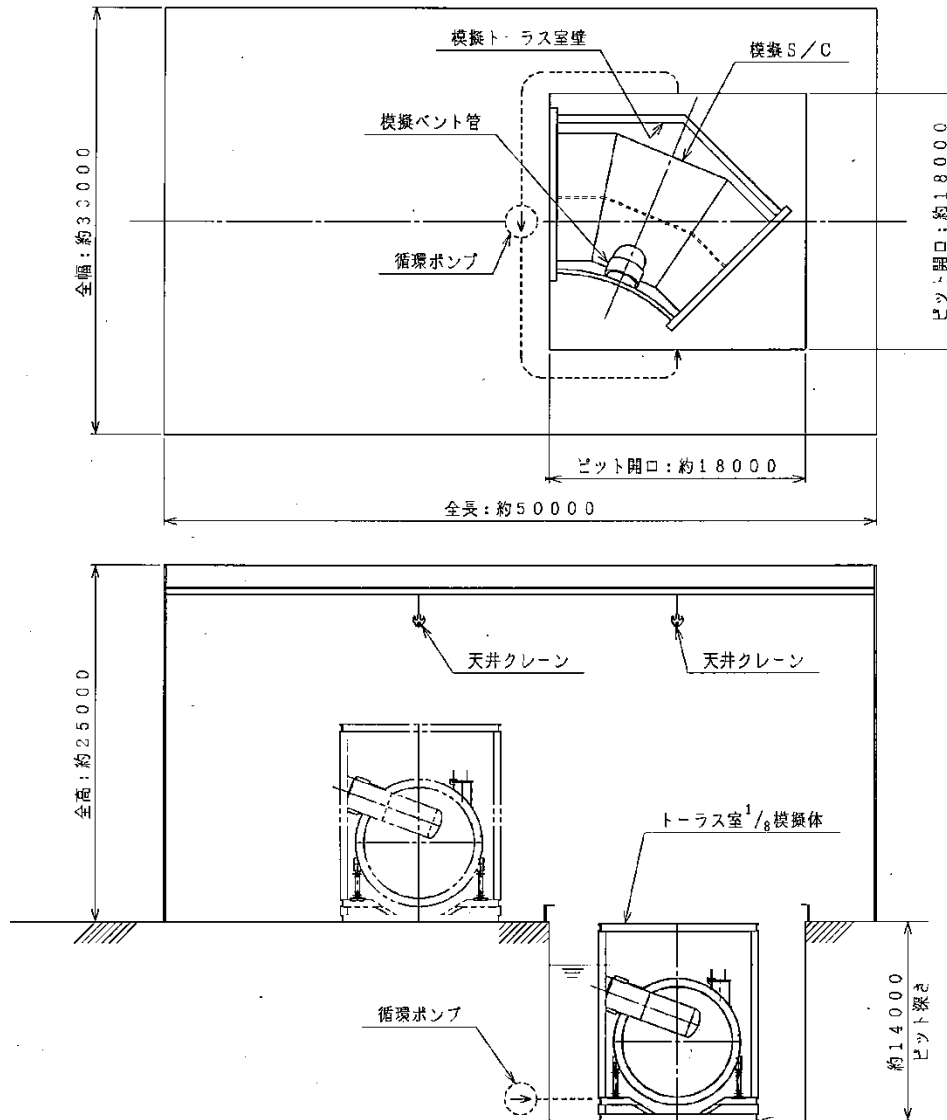
### ◆狙い:

- ✓同時に多数のモックアップを並行して実施可能とし検証期間短縮
- ✓試験部位を取外し可能として対象部位のプラント毎の差に対応
- ✓現場調査の精度向上に伴い、モックアップ部位にその現場情報を速やかに反映して模擬性を高めることが可能

# トーラス室模擬モックアップ設備イメージ(1) 実機模擬範囲



# トラス室模擬モックアップ設備イメージ(2) 建屋イメージ



# その他のモックアップ設備のイメージ

モックアップ対象	目的	概要
D/Wシェル及び貫通部 モックアップ	D/W点検・補修工法のモックアップ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対象部位毎に実スケールモジュール化。遮へい壁やその他干渉物は、実構造模擬ではなく邪魔板等を設置</li> <li>・モックアップ・トレーニングを効率的に実施するためクレーン設備を有し多数のモックアップが同時並行できるよう配慮</li> </ul>
PCV内部調査モックアップ	原子炉圧力容器ペDESTAL内部に 落下したデブリの調査モックアップ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対象部位毎に実スケールモジュール化。原子炉圧力容器下部からペDESTALまでの空間を模擬。ペDESTAL内に水が溜まっていることを考慮し、排水設備を備えたタンク等設置。格納容器模擬体はアクセス部位を模擬。必要に応じて格納容器とペDESTAL間の構造物を考慮</li> </ul>
炉内調査・デブリ取出し モックアップ	オペフロからの燃料取出し装置モックアップ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対象部位毎に実スケールモジュール化。原子炉圧力容器上部からペDESTALまでの空間を模擬。上記同様、排水設備を備えたタンク等設置。炉底部構造及びシュラウド等の炉内構造物は、モジュールとして、事前現場調査等の結果を反映した構造物を上部から設置、組み立てられる構造</li> </ul>

## 7. メンテナンス設備適用例

---

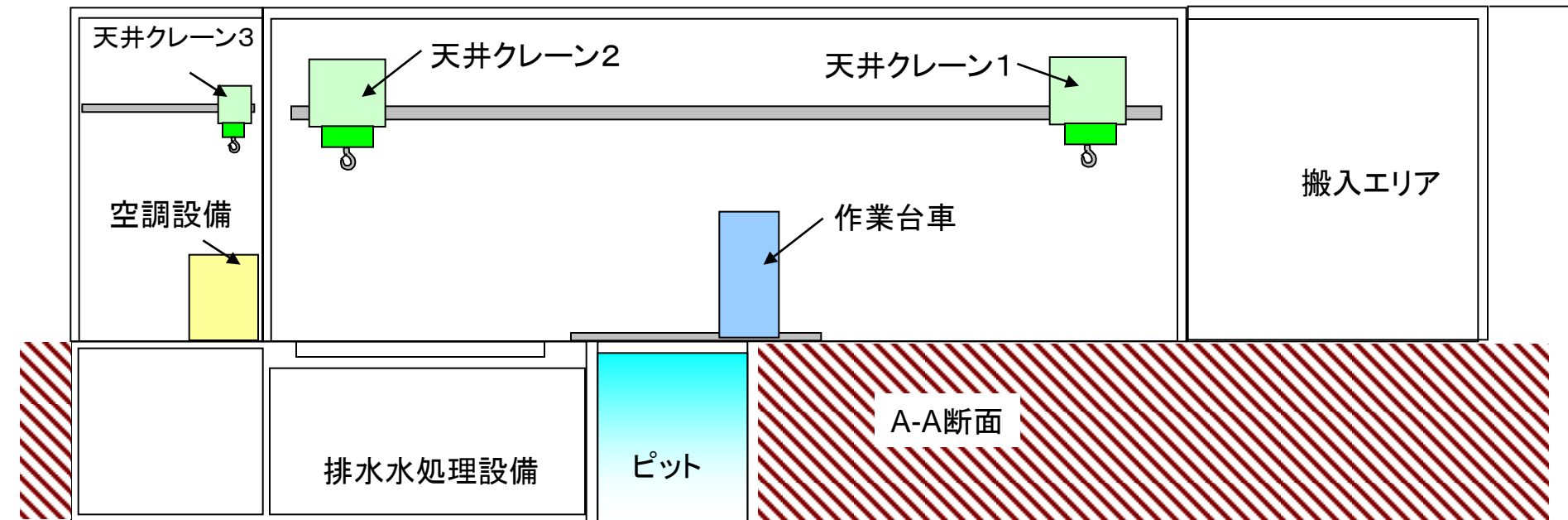
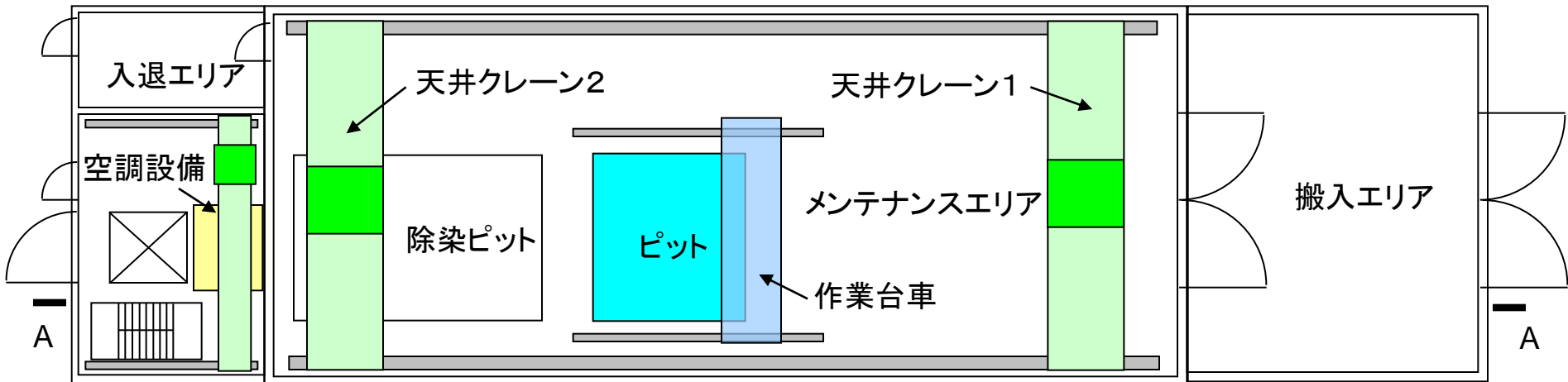
### ◆基本方針:

- ✓汚染した機材の受け入れを考慮し、管理区域を設定  
例: 除染時の排水処理設備、空調設備、二重扉を備える。
- ✓複数の工程、複数の装置に対するメンテナンスへの対応考慮  
例: 2台の天井クレーンを備える。
- ✓気中環境でのメンテナンス後、水中機能試験を可能とする。  
例: 水中機能試験用にピット、作業台車を備える。

### ◆狙い:

- ✓使用済機材に付着した放射性物質の除去が可能で、実機適用後に、装置の手入れ、改良、改造が可能。
- ✓並行して装置のメンテナンスが可能。
- ✓水中使用機材に対する保守後の水密性等基本的な機能の検証可能

# メンテナンス設備イメージ(案)



## 8. 課題・留意すべき事項

項目	課題・留意すべき事項
①地元福島への雇用促進、経済発展への貢献	<p>当該設備は、復旧事業の効率化のみならず地元福島県の「継続的な」雇用促進やこれによる経済発展をも図ることが望まれる。また、この設備で地元の皆様に働いて頂ける仕組み(作り)が望まれる。</p> <p>なお、雇用促進の観点からは、福島地区企業とのマッチングフェア等を通じて、当該設備並びに今後のプラントのメンテナンスに関連する設備または部品等の一部を積極的に本研究開発拠点の設備に活用するよう政府を中心とした仕組み作りが望まれる。</p>
②設置場所	<p>福島第一原子力発電所から離れた場所ではモックアップ後直ぐに現地投入できない、とのデメリットが想定されるため、効率的な運用の観点から設置場所は慎重に選定すべきであると考えられる。また、大型モックアップモジュールの輸送の観点から、近くに港湾設備があることが望まれる。</p>
③官民分担	<p>当該設備の計画、建設、実証試験実施(運用)に係る官民の適切な役割分担を明確にする必要がある。</p>
④国際社会との協力関係構築	<p>研究開発を確実に実施してゆくためには世界の叡知を結集していく必要がある。また、当該設備の情報が広く、迅速に世界へ発信され、国際的な研究開発拠点としての役割を担うことができるようにすることが重要である。</p>

## 9. まとめ

---

- ◆政府・東京電力中長期ロードマップに基づき研究開発拠点(モックアップ設備)に対するニーズを整理
- ◆ニーズに基づき現場状況や復旧工程に即してフレキシブルに対応可能なモックアップ設備(S/C及びトール室)やメンテナンス設備を提案
- ◆今後、開発工程、規模、設置場所、運営母体などを決めるための次ステップへ早期移行