

燃料デブリ取り出し準備 スケジュール

分野名	括り	作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後1ヶ月の予定		1月		2月				3月				4月			5月	備考
			25	1	8	15	22	1	8	15	下	上	中	下	前	後			
建屋内除染	共通	(実績) ○【研究開発】建屋内遠隔除染装置の開発(継続) (予定) ○【研究開発】建屋内遠隔除染装置の開発(継続)	検討・設計	【研究開発】建屋内遠隔除染装置の開発															
	1号機	(実績) ○【検討】R/B1階南側高線量機器対策検討(継続) (予定) ○【検討】R/B1階南側高線量機器対策検討(継続)	検討・設計	【検討】R/B1階南側高線量機器対策検討															(現状の線量で作業実施) ①PCV下部調査の穿孔作業【北西】: 2014年5月~(現状線量1~4mSv/h) (中所以下の除染・撤去・遮へいを実施(エリア単位での引渡しを調整中)) ②滞留水移送ポンプ設置【エリア調整中】: 2014年12月~ ③PCV内部調査(X-100B)【北西】: 2015年4月~
	2号機	(実績) ○【検討】R/B1階高所線量低減・中~低所ホットスポット対策検討(継続) (予定) ○【検討】R/B1階高所線量低減・中~低所ホットスポット対策検討(継続)	検討・設計 現場作業	【検討】R/B1階高所線量低減・中~低所ホットスポット対策検討															(低所除染まで(現状)で作業可能) ①RPV底部温度計修理:2014年9月 ②PCV下部調査【北東から開始】: 2014年7月~ ③滞留水移送ポンプ設置【エリア調整中】: 2014年11月~(準備作業) ④PCV内部調査【北西】: 2015年7月~
	3号機	(実績) ○R/B1階除染作業(継続) ○R/B1階作業エリア遮へい設計・検討(継続) (予定) ○R/B1階除染作業(継続) ○R/B1階作業エリア遮へい設計・検討(継続)	検討・設計 現場作業	【検討】R/B1階 作業エリア遮へい設計・検討															(中所以下の除染・撤去・遮へいを実施(エリア単位での引渡しを調整中)) ①PCV1stエントリ(X-53)【北西】:2014年10月(UT調査), 2015年度上半期(工事) ②滞留水水位計設置: 2015年2月~(三角コーナーに設置) ③PCV下部調査 ベント管周辺調査:調整中
燃料デブリ取り出し準備	共通	(実績) ○【研究開発】格納容器補修・止水技術の開発(継続) ○【研究開発】格納容器水張りまでの計画の策定(継続) (予定) ○【研究開発】格納容器補修・止水技術の開発(継続) ○【研究開発】格納容器水張りまでの計画の策定(継続)	検討・設計	【研究開発】格納容器補修・止水技術の開発															
	1号機	(実績)なし (予定)なし	現場作業	【研究開発】格納容器水張りまでの計画の策定															
	2号機	(実績)なし (予定)なし	現場作業																
	3号機	(実績)なし (予定)なし	現場作業																
燃料デブリ取出し		(実績) ○【研究開発】格納容器内部調査技術の開発(継続) ○【研究開発】圧力容器内部調査技術の開発(継続) ○【研究開発】燃料デブリ・炉内構造物の取出技術の開発(継続) (予定) ○【研究開発】格納容器内部調査技術の開発(継続) ○【研究開発】圧力容器内部調査技術の開発(継続) ○【研究開発】燃料デブリ・炉内構造物の取出技術の開発(継続)	検討・設計	【研究開発】PCV内部調査技術の開発															
			現場作業	【研究開発】RPV内部調査技術の開発															
			現場作業	【研究開発】燃料デブリ・炉内構造物の取出技術の開発															
			現場作業	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;">                     3号機R/B北東及び南東三角コーナへの水位計設置方法が「建屋床面穿孔による水位計吊り下ろし」から「階段を使用した水位計設置」に変更になったことから、線源特定調査(2/1~2/11)及び遮へい設置(2/12~2/28)を削除                 </div>															
			現場作業	<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;">                     1号機 PCV内部調査                 </div>															PCV内部調査実証予定 1号機 H27年4月~




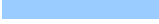



工程調整中  
安全点検の影響により、建屋滞留水移送設備側からのエリア引き渡し時期を再調整中。

燃料デブリ取り出し準備 スケジュール

分野名	括り	作業内容	これまで1ヶ月の動きと今後1ヶ月の予定												備考		
			1月	2月				3月				4月	5月				
			25	1	8	15	22	1	8	15	下	上	中	下	前	後	
RPV/PCV健全性維持		(実績) ○【研究開発】圧力容器/格納容器腐食に対する健全性の評価技術の開発(継続) ○腐食抑制対策 ・窒素ハブリングによる原子炉冷却水中の溶存酸素低減実施(継続) (予定) ○【研究開発】圧力容器/格納容器腐食に対する健全性の評価技術の開発(継続) ○腐食抑制対策 ・窒素ハブリングによる原子炉冷却水中の溶存酸素低減実施(継続)	検討・設計	【研究開発】PCV/RPVの耐震健全性を踏まえた冠水工法の成立性評価													
			検討・設計	【研究開発】PCV補修や水位上昇を踏まえた機器の耐震強度の簡易評価													
			検討・設計	【研究開発】腐食抑制策の開発													
			検討・設計	【研究開発】長期の腐食減肉量の予測の高度化													
			検討・設計	【研究開発】ヘダスタルの侵食影響評価													
			現場作業	腐食抑制対策(窒素ハブリングによる原子炉冷却水中の溶存酸素低減)													
炉心状況把握		(実績) [炉心状況把握解析] ○【研究開発】事故時プラント挙動の分析 事故時プラント挙動の分析(継続) ○【研究開発】シビアアクシデント解析コード高度化 シビアアクシデント解析コード高度化(継続) ○【研究開発】必要遮へい厚さの評価 ○【研究開発】ミュオン透過法による測定と評価の準備作業(継続) (予定) [炉心状況把握解析] ○【研究開発】事故時プラント挙動の分析 事故時プラント挙動の分析(継続) ○【研究開発】シビアアクシデント解析コード高度化 シビアアクシデント解析コード高度化(継続) ○【研究開発】ミュオン透過法による測定と評価の準備作業(継続)	検討・設計	[炉心状況把握解析] 【研究開発】事故時プラント挙動の分析													
			検討・設計	【研究開発】シビアアクシデント解析コード高度化													
			現場作業	1号機ミュオン測定装置設置・確認作業													
			現場作業	1号機ミュオン測定												デブリ検知技術の開発 実証試験予定 1号機：H27年2月～ 2号機：H27年度(調整中)	
燃料デブリ取り出し準備	取出後の燃料処理・処分安定保管	(実績) ○【研究開発】模擬デブリを用いた特性の把握 ・機械物性評価(U-Zr-O)(継続) ・福島特有事象の影響評価(海水塩・B4C等との反応生成物)(継続) ○【研究開発】実デブリ性状分析 ・プロジェクト全体計画検討、分析要素技術開発(継続) ○【研究開発】デブリ処置技術の開発 ・保管に係る基礎特性評価等(継続) (予定) ○【研究開発】模擬デブリを用いた特性の把握 ・機械物性評価(U-Zr-O)(継続) ・福島特有事象の影響評価(海水塩・B4C等との反応生成物)(継続) ○【研究開発】実デブリ性状分析 ・プロジェクト全体計画検討、分析要素技術開発(継続) ○【研究開発】デブリ処置技術の開発 ・保管に係る基礎特性評価等(継続)	検討・設計	【研究開発】模擬デブリを用いた特性の把握 ・機械物性評価(酸化物系、金属系)													
			検討・設計	【研究開発】実デブリ性状分析 ・燃料デブリ性状分析、プロジェクト全体計画立案・分析要素技術開発													
			現場作業	【研究開発】デブリ処置技術の開発 ・保管に係る基礎特性評価等													
燃料デブリ開発管理技術の開発		(実績) ○【研究開発】燃料デブリ臨界管理技術の開発 ・臨界評価(継続) ・炉内の再臨界検知技術の開発(継続) ・臨界防止技術の開発(継続) (予定) ○【研究開発】燃料デブリ臨界管理技術の開発 ・臨界評価(継続) ・炉内の再臨界検知技術の開発(継続) ・臨界防止技術の開発(継続)	検討・設計	【研究開発】燃料デブリ臨界管理技術の開発													
			現場作業														
燃料デブリ保管技術の開発		(実績) ○【研究開発】燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発 燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発計画立案(継続) (予定) ○【研究開発】燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発 燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発計画立案(継続)	検討・設計	【研究開発】燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発													
			現場作業														

変更  
安全点検の影響により、1号機ミュオン測定開始を1/30→2/12に変更

凡例

-  : 検討業務・設計業務・準備作業
-  : 状況変化により、再度検討・再設計等が発生する場合
-  : 現場作業予定
-  : 天候状況及び他工事調整により、工期が左右され完了日が暫定な場合
-  : 機器の運転継続のみで、現場作業(工事)がない場合
-  : 2014年9月以降も作業や検討が継続する場合は、端を矢印で記載
-  : 工程調整中のもの

# 原子炉建屋内3Dレーザスキャンの 遠隔化とデータ活用について

2015年2月26日  
東京電力株式会社



東京電力

---

# 1-1. 3Dレーザースキャン実施概要

## ■ 3Dレーザースキャン実施の背景

今後、燃料デブリ取出を進めるにあたり、調査・補修・新たな設備の設置等の作業を行うが、原子炉建屋内は構造物が多数ある。

作業員および機器の作業エリア・アクセスルート確保のために構造物の寸法情報が必須。

一方、原子炉建屋内は線量が高いことから、人の被ばく低減のため、寸法測定作業の効率化と遠隔化が必要。



3Dレーザ計測装置

### 3Dレーザースキャン装置概要

- 1測定あたり10分で約4千万点のカラー計測情報を取得
- 測定後は任意点間の距離計測が可能
- 重量約5kg
- 幅24.0cm×奥行き10.0cm×高さ24.0cm

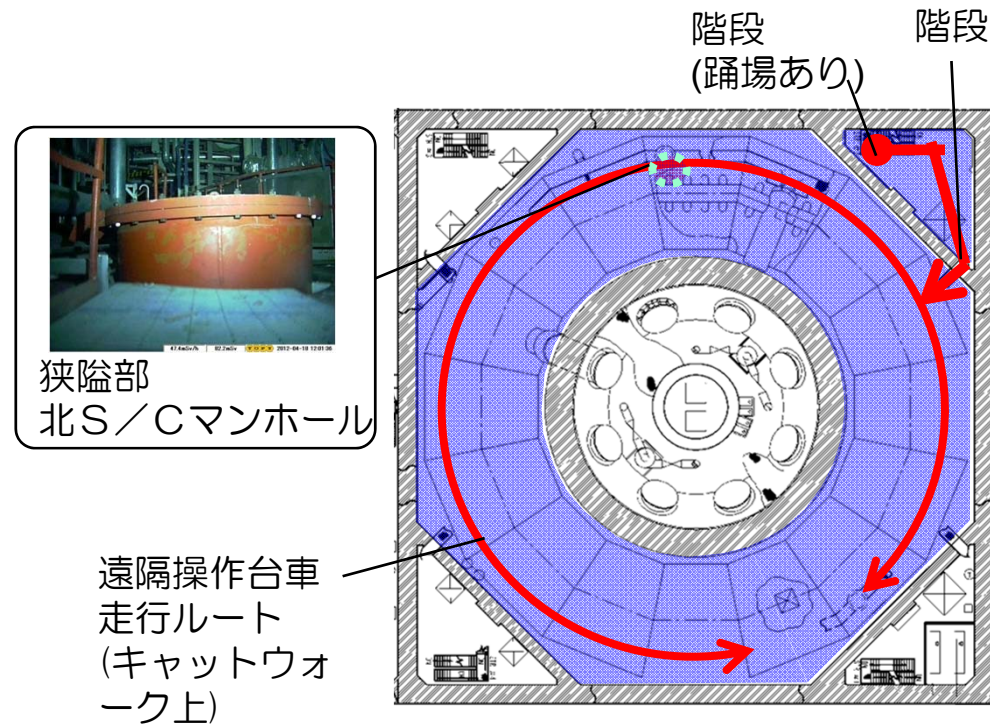
測定作業の効率化が可能

3Dレーザースキャン装置を遠隔操作台車に搭載して測定

## 1-2. 遠隔化概要 遠隔操作台車の選定

- 遠隔操作装置による走行が困難である（単独で周辺確認を行いながら、有線ケーブルを牽引しつつ、狭隘部・階段を通過し、目的地へ到達する必要がある）原子炉建屋内に適用可能な遠隔操作台車を選定

- 2号機トールラス室への適用台車の選定例



測定エリア例：2号機トールラス室

エリアの特徴：

- 建屋内に構造物があるため、無線通信困難  
→通信は有線ケーブル
- 高線量で人の立入困難  
→単独走行する必要有
- 階段あり  
→階段走行する必要有
- 狭隘部あり  
→装置幅は狭い必要有
- 暗所（照明なし）  
→照明要

2号機トールラス室への走行が可能な台車



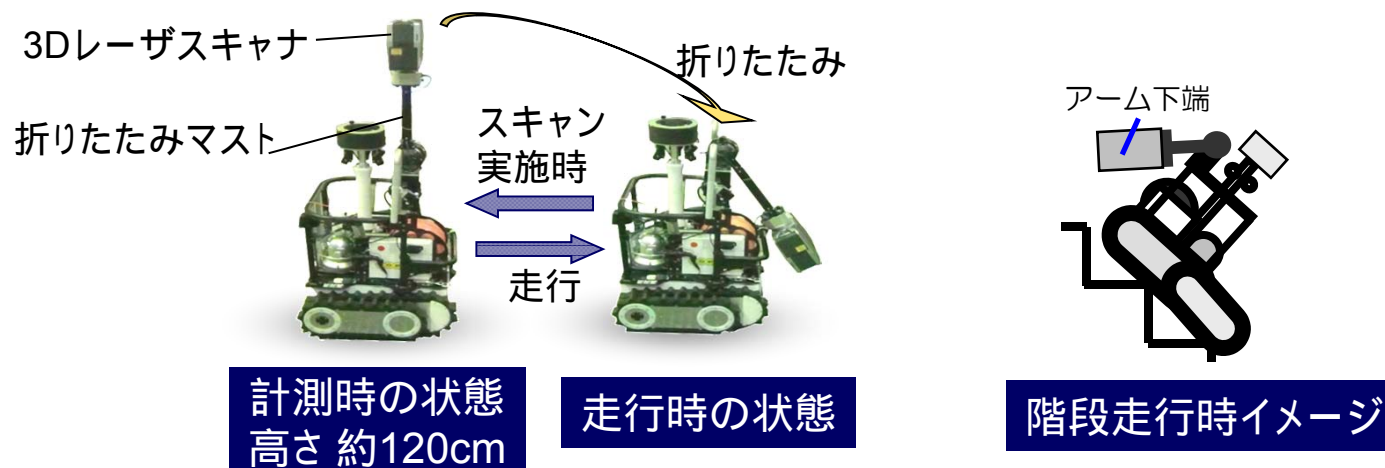
Survey Runner II



FRAIGO-MA

# 1-3. 遠隔化概要 遠隔操作台車への測定装置積載

- 遠隔操作台車に3Dレーザースキャナを搭載することで生じる走行上の課題解消と、3Dレーザースキャン実施条件成立の両立を検討
  - 装置積載による主な影響：
    - ・ 積載部による視野制限
    - ・ 重量バランス変化による走行性能低下（特に階段走行性能）
  - レーザースキャン実施条件
    - ・ 装置高さ要求  
例：トラス室 1m程度（キャットウォーク手すり映込み防止）
  - 遠隔操作の測定装置積載例（2，3号機トラス室用）  
装置積載重量を考慮し、Survey Runner IIを選定。折りたたみマストの採用により、測定高さと階段走行時の重量バランス確保の両立を達成



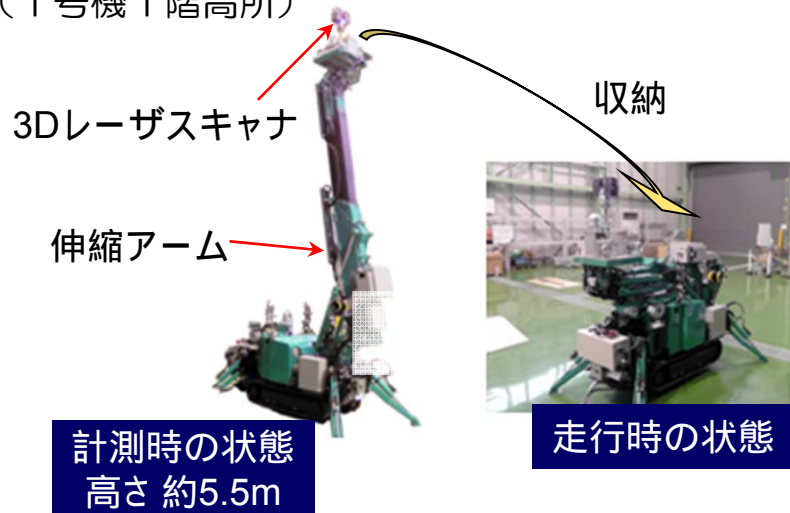
## 1-4. 遠隔化概要 被ばく低減効果

- 被ばく低減効果は全体で3000～6000人・mSv
  - 空間線量が高いエリアでは遠隔作業でなければ作業が成立しない。
    - ◆ 1号機1階南側  
雰囲気線量率100～1600mSv/h 被ばく低減効果200～400人・mSv
    - ◆ 1号機トールス室  
雰囲気線量率200～360mSv/h 被ばく低減効果1200～2400人・mSv
    - ◆ 2号機トールス室  
雰囲気線量率30～120mSv/h 被ばく低減効果300～600人・mSv
    - ◆ 3号機トールス室  
雰囲気線量率100～360mSv/h 被ばく低減効果1200～2400人・mSv
  - 空間線量が比較的低いエリアは遠隔化により作業員の被ばく低減となる。  
1フロアあたりの線量低減効果は10～120人・mSv
    - ◆ 1号機1階（南側を除く）  
雰囲気線量率平均5mSv/h 被ばく低減効果10～29人・mSv
    - ◆ 2号機1階  
雰囲気線量率平均15mSv/h 被ばく低減効果30～60人・mSv
    - ◆ 3号機1階  
雰囲気線量率平均30mSv/h 被ばく低減効果60～120人・mSv

# (遠隔化参考) 各エリアへの適用装置

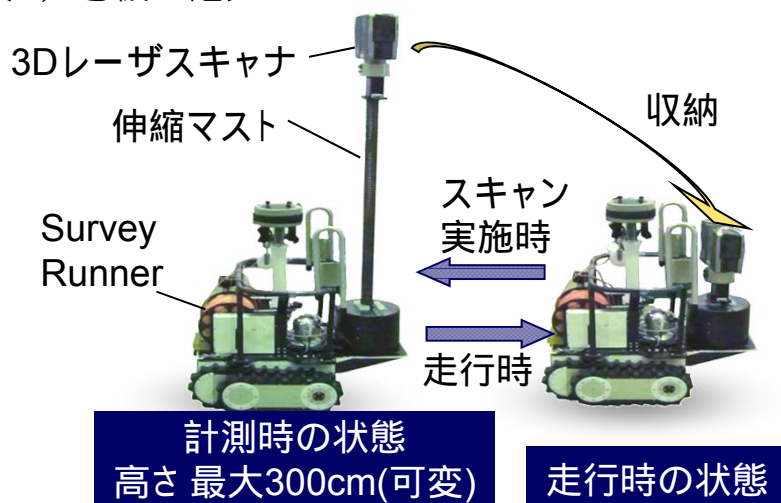
## ●かにクレーン

(1号機 1階高所)



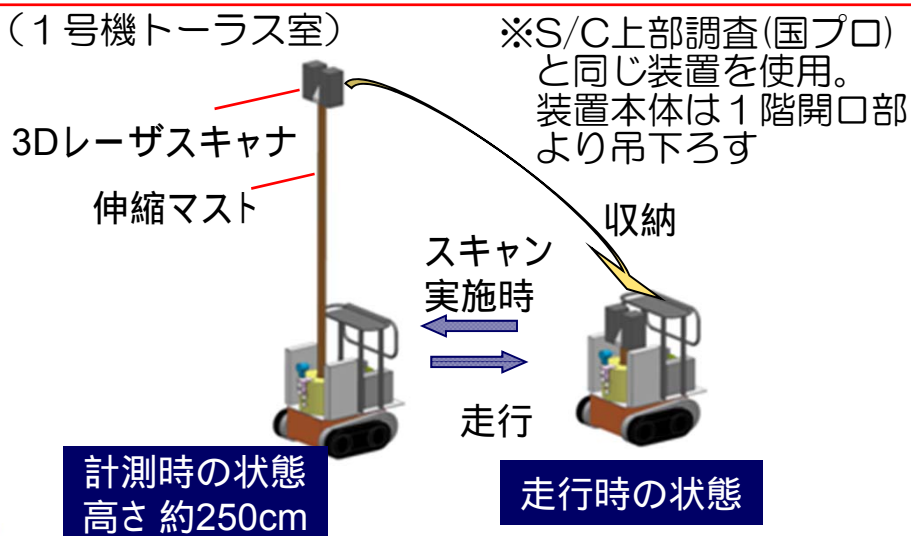
## ●Survey Runner II

(2,3号機 1階)

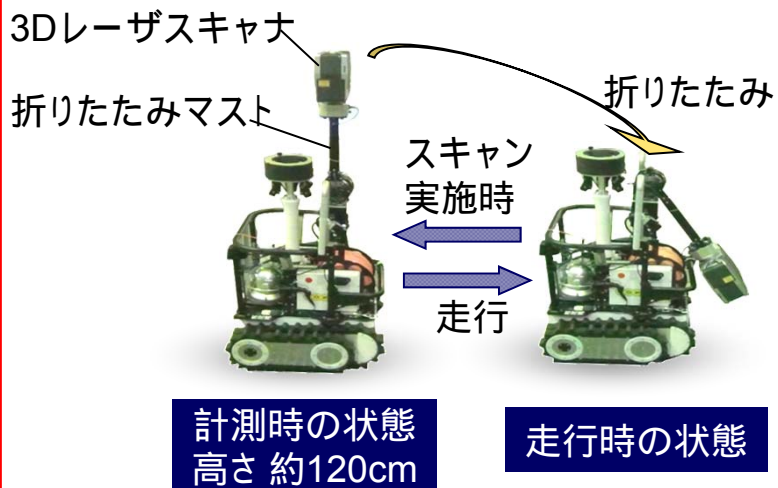


## ●テレランナー

(1号機 トーラス室)



(2,3号機 トーラス室)

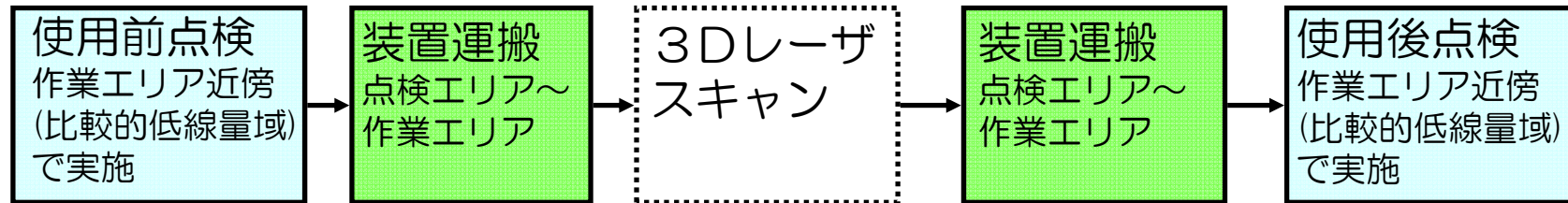




# (遠隔化参考) 補助作業の作業性向上と被ばく低減

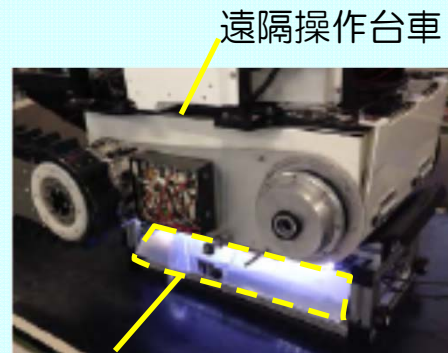
- 高線量エリア近傍で作業員が補助作業を実施するため、点検等の作業性向上も被ばく低減のために重要

## ● 遠隔操作台車補助作業の流れ



## ● 使用前後の点検作業性向上 (例)

使用前後の点検は、防護装備（全面マスク・ゴム手袋）着用状態で行う。メンテナンス台を製作し、見下ろして台車底部を確認可能とした。



## ● 装置運搬の作業性向上 (例)

装置運搬は複数名で行う。運搬治具を作成し、転倒防止と運搬性を向上した。



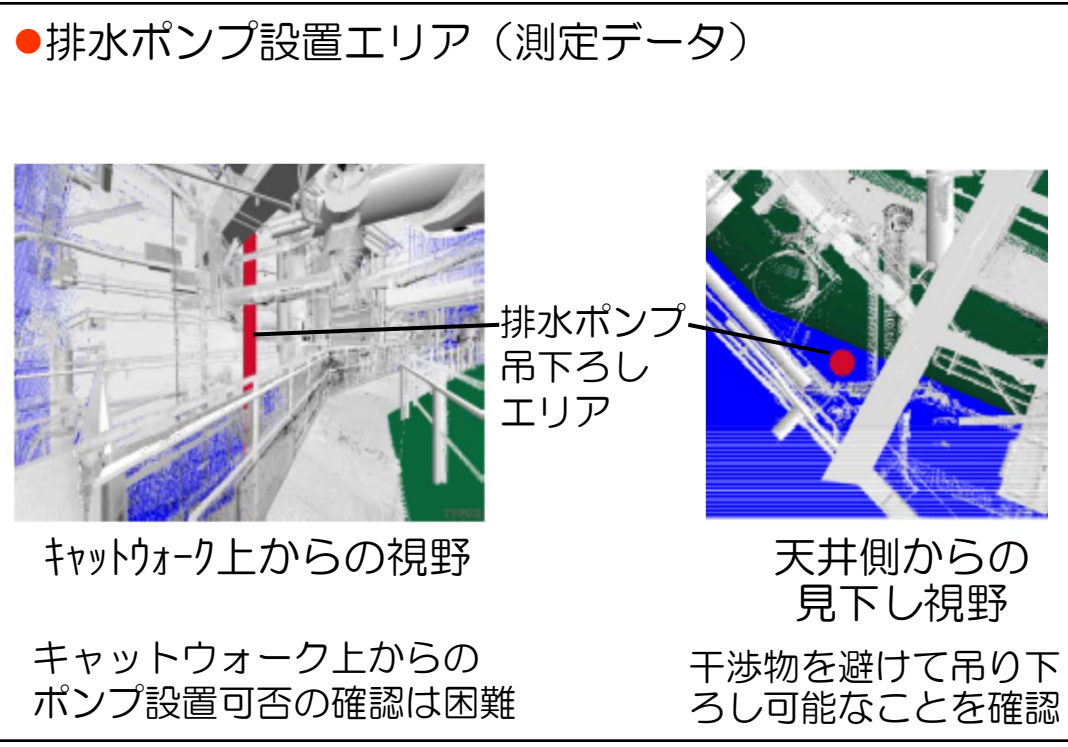
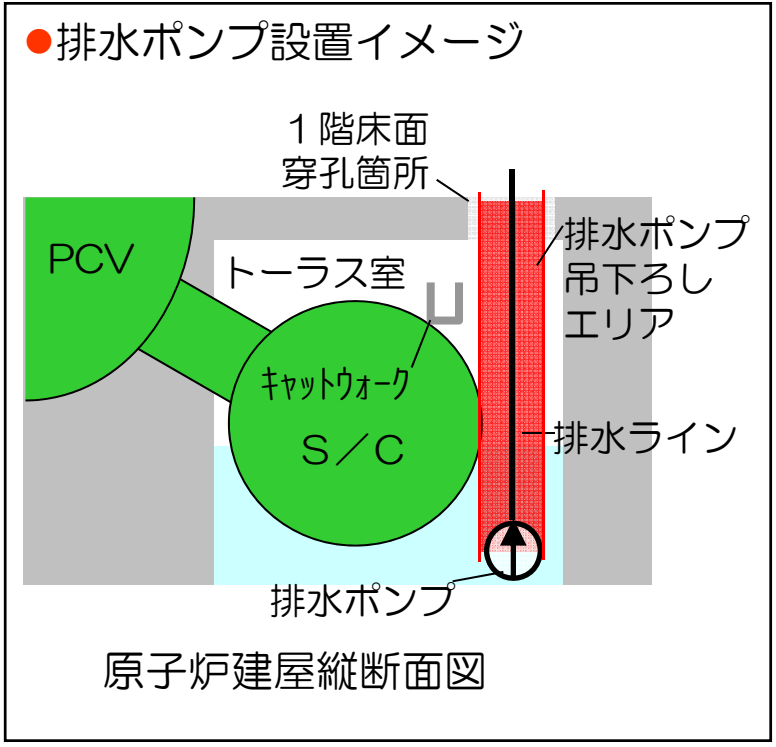
ケーブルガイド  
(運搬用サポートに利用) 運搬用治具取付状態



# 2-1. レーザースキャン活用例（1）

- 滞留水排水設備設置のうち、トーラス室への排水ポンプ設置  
作業概要：床面を穿孔し、排水ポンプを吊下ろす。  
→ トーラス室の干渉物を回避できる場所の選定が必要

レーザースキャン測定データで干渉物の位置を確認し  
排水ポンプの吊り下ろしが可能な場所を選定した



## 2-2. レーザースキャン活用例 (2)

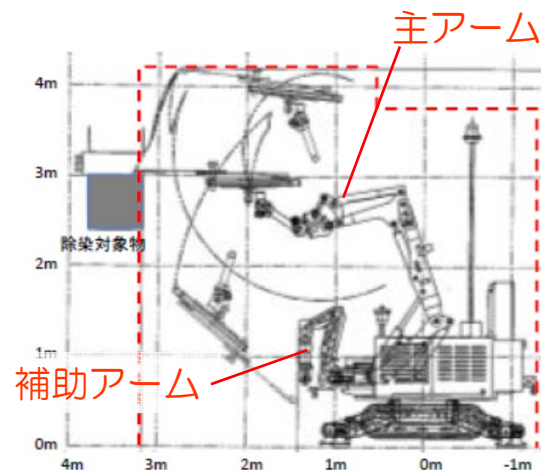
### ■ 中所除染

作業概要： 中所除染装置による線量低減作業（床～5mまで）

→ 中所除染装置の主アームは、展開時に周辺機器との干渉を考慮する必要がある

測定データと中所除染装置の主アーム展開寸法を重ね合わせ、周辺機器と干渉せずアプローチ可能な範囲を過不足なく確認した

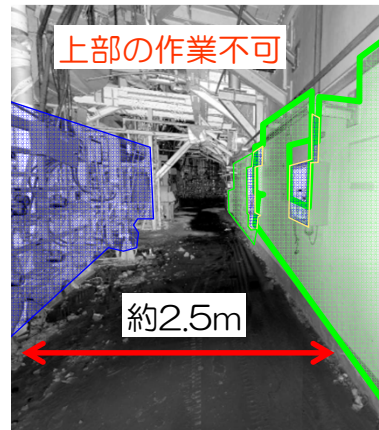
#### ● 主アーム展開時の動き(例)



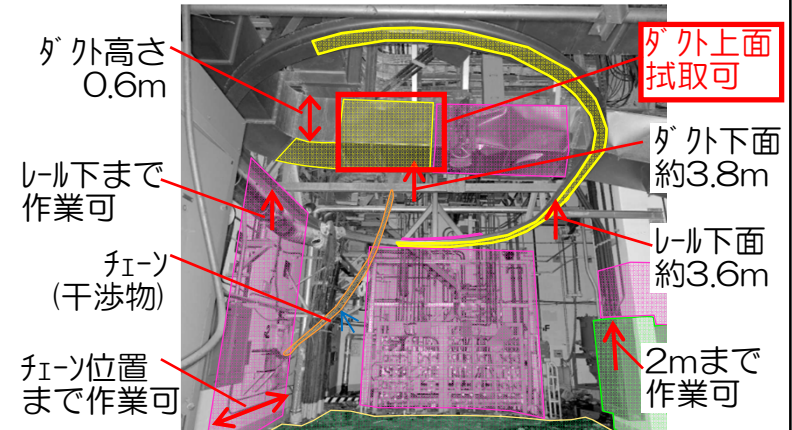
3m高さへのアプローチの過程で4mより高い位置にアーム先端がくる

#### ● 中所除染装置アプローチ範囲 (測定データに着色)

- 緑色網: 補助アームで接触作業可(吸引等)
- 黄色網: 主アームで接触作業可(吸引・切断等)
- 青色網: 補助アームで非接触作業可(散水等)
- 紫色網: 主アームで非接触作業可(散水等)



3号機R/B西側通路  
上部のサポートと干渉するため主アームでの作業不可

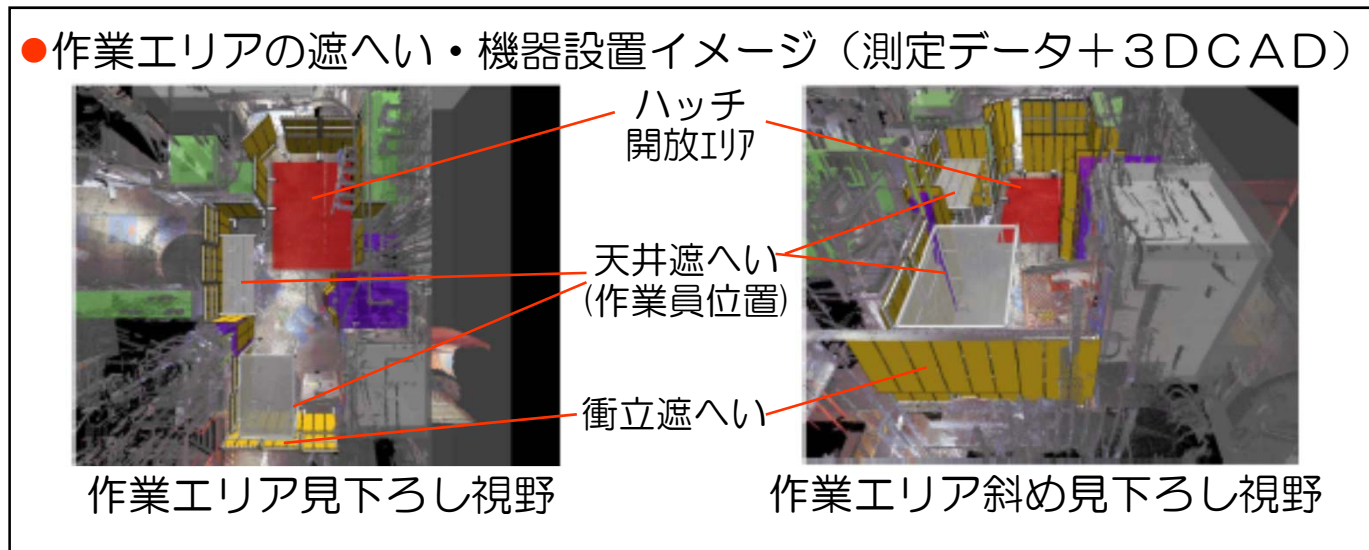
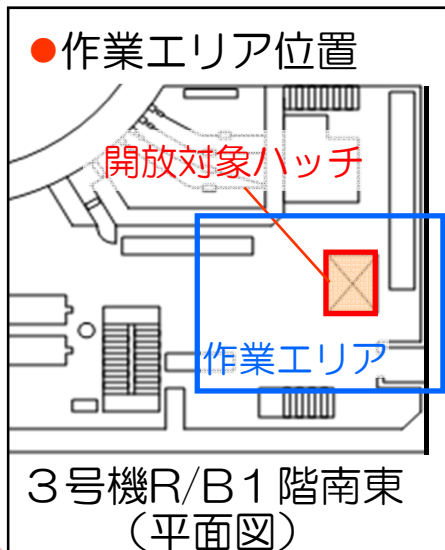


3号機R/B北西エリア  
上部ダクトは一見アプローチが困難だが、レールを回避可能なことを確認

## 2-3. レーザースキャン活用イメージ

- 建屋間調査(原子炉建屋地下)のための遮へい設置  
作業概要：雰囲気線量が高いため、建屋間調査のための遮へいを設置する。  
建屋間調査は1階床ハッチ開放後、調査装置を吊りおろして実施。  
→周辺の設備、ハッチ移動用のレール、調査装置との干渉を回避して、必要な厚さの遮へいを設置する必要がある。

測定データ上に、調査用機器と遮へいの形状データを重ね、周辺設備と干渉しない遮へい構造と設置場所を決定する。必要に応じて、既設機器の撤去も検討する（測定データ上で撤去可能）。  
設置・撤去状況の再現データに空間線量情報を記載し、作業用のマップとしての共有も可能。



# 原子炉内燃料デブリ検知技術の開発 設置作業の完了報告

2015年2月26日

東京電力株式会社



東京電力

IRID

---

本資料の内容においては、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（IRID）の成果を活用しております。

# 1. 設置スケジュール

●2/9～2/13、福島第一原子力発電所、1号機原子炉建屋北西及び北側において、ミュオン測定装置設置工事を実施

◎2/9:1台目(原子炉建屋北側)の設置

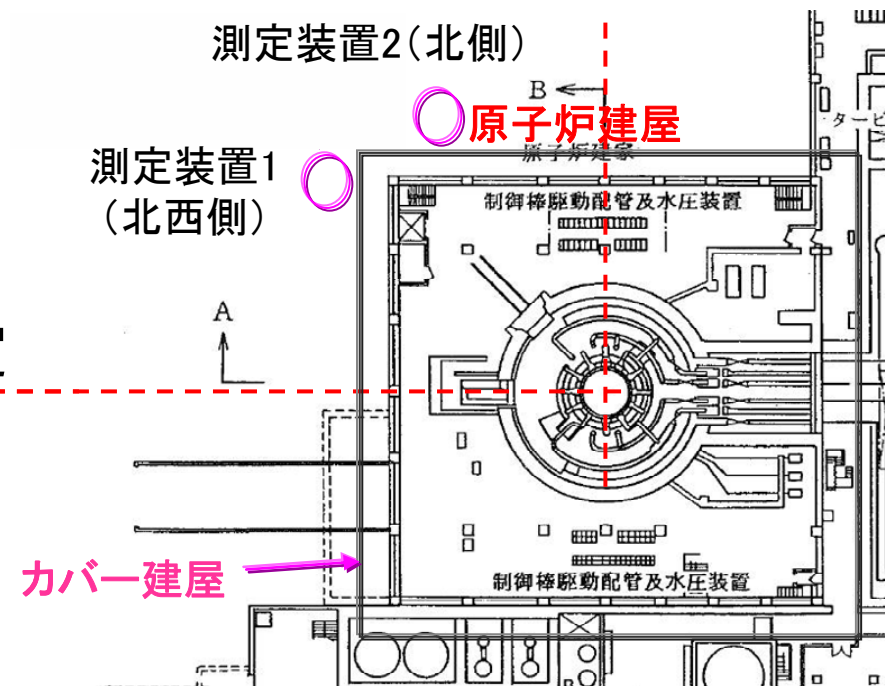
◎2/10:2台目(原子炉建屋北西側)の設置

◎2/12:測定装置2台への受電完了

◎2/12:測定開始

◎2/13:測定データに問題なしを確認

●今後、測定されたデータを高エネ研に送付し、順次データの評価を実施する予定



## 2. 設置作業風景(1台目:2/9)



写真1 クレーンによる荷下ろし作業



写真2 測定装置2(北側)の設置作業

## 2. 設置作業風景(2台目:2/10)



写真3 測定装置1(北西側)の設置作業

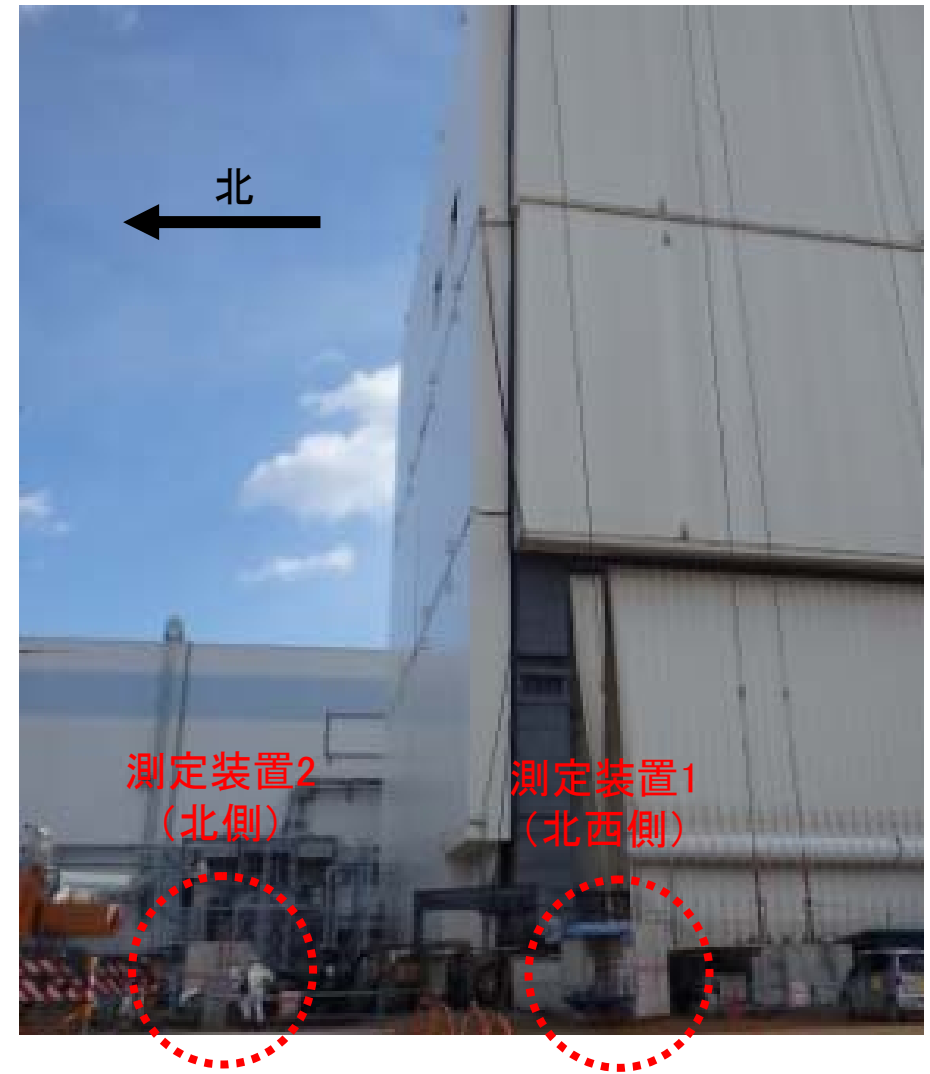


写真4 測定装置設置後の状態



## 2. 設置作業風景(受電:2/12)



写真5 測定装置1(北西側)でのケーブル接続作業

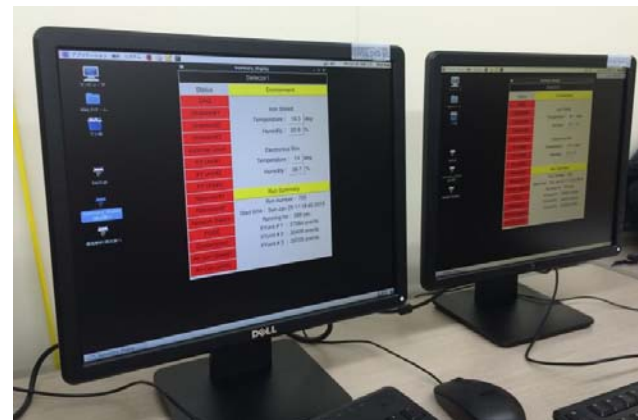


写真6 設置完了後の測定装置2(北側)

## 2. 設置作業風景(測定状態確認作業:2/13)



写真7 データ確認作業の様子



(参考 ケーブル接続前の状態(警報全点灯))

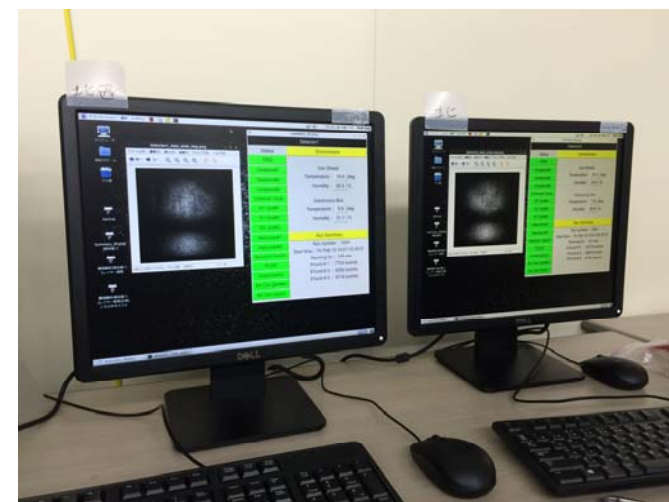
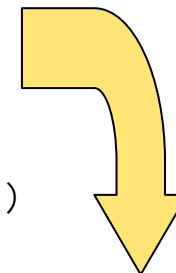


写真8 測定システムの稼働状態(警報無し)