

研究開発「格納容器水張りに向けた調査・補修（止水）技術の開発」にて開発中の S/C（圧力抑制室）下部外面調査装置 実証試験の実施について

2014年8月28日
東京電力株式会社



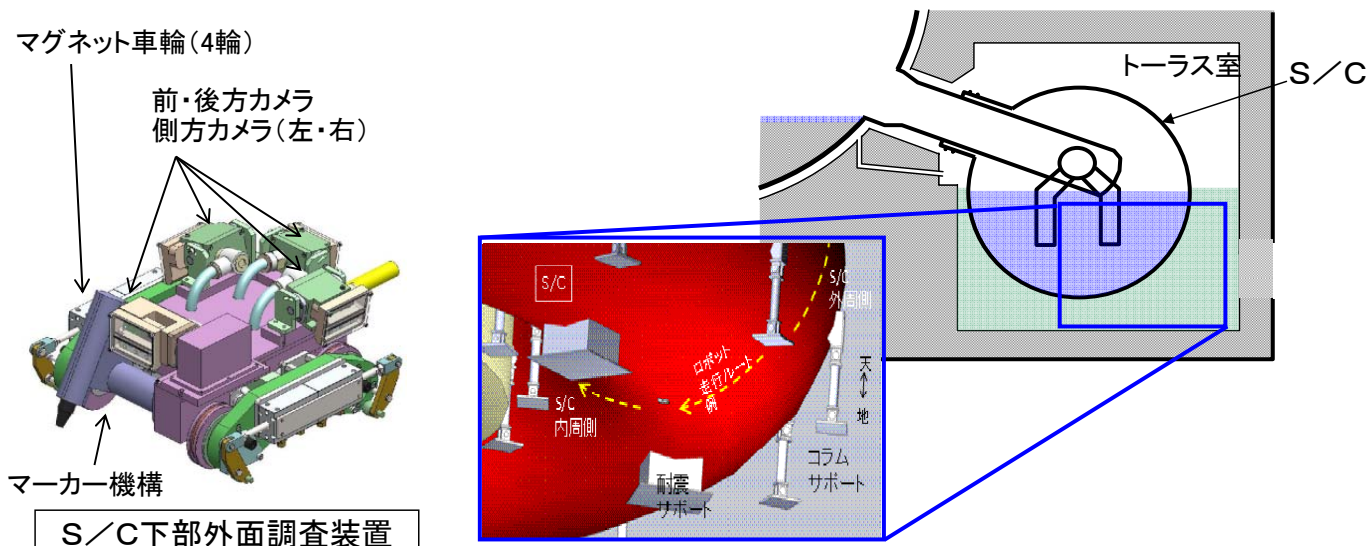
東京電力

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. 概要

国プロ「格納容器水張りに向けた調査・補修（止水）技術の開発」で開発中のS/C下部外面調査装置について、実機での適用性を確認するため、2号機において実機検証を実施する。



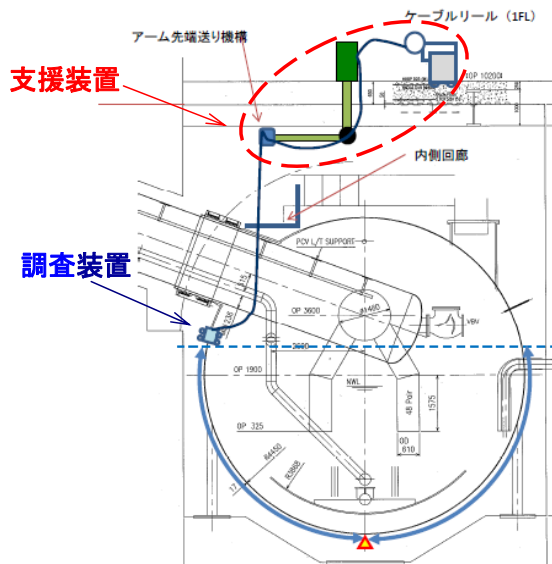
S/C下部外面調査イメージ図



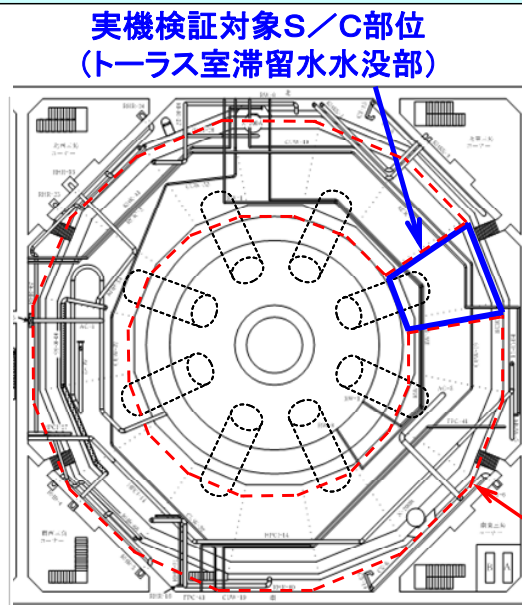
東京電力

2. 実証内容

S/C下部外面調査装置は、トラス室滞留水に没水しているS/C下部に、止水材による止水が不可能となる開口(φ50mm以上)の有無を確認するもの(仕様としてはφ30mmの開口を認識できること)。**支援装置**により**調査装置**をS/Cシェルに取り付けできること、および**調査装置**が没水部を走査し映像を取得し開口の有無を確認できることを検証する。



実機検証イメージ

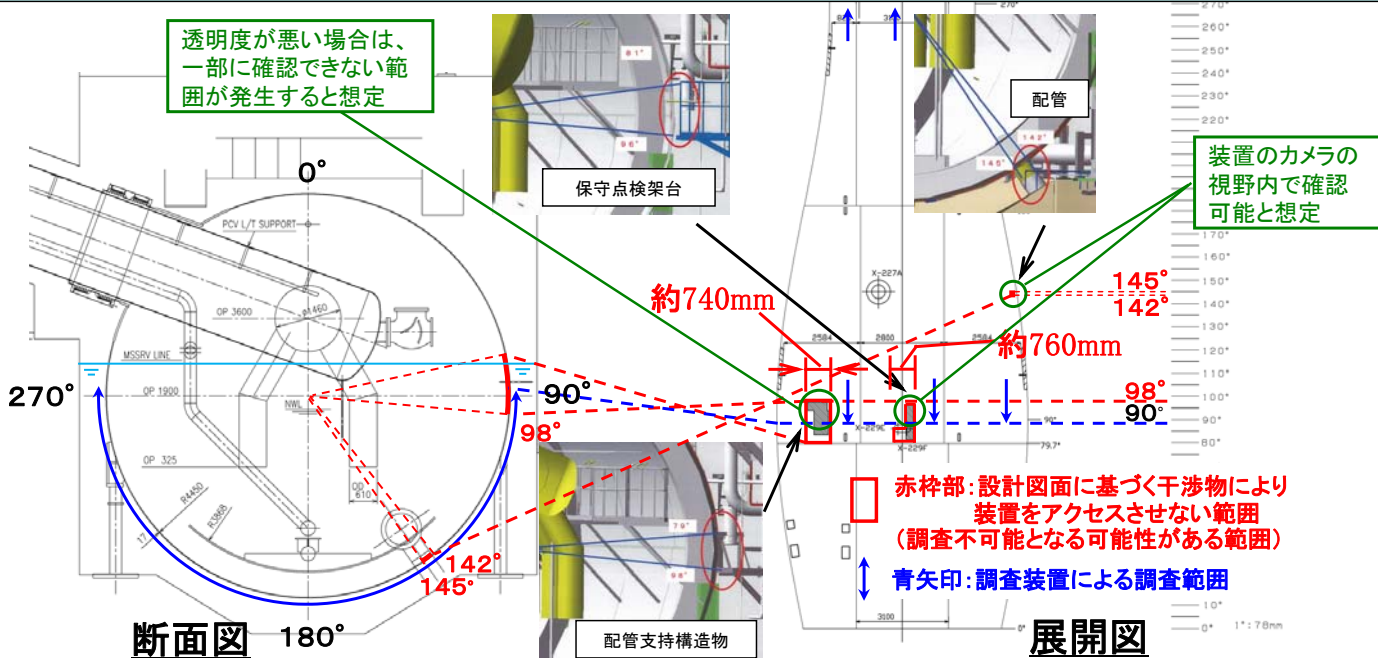


実機検証対象部位

赤点線部分:
調査工事として
H26年度
下期より調査
予定

3. 調査対象箇所

S/C没水部のうち90°～270°(止水のための最大止水材充填範囲)について、全面走査予定。しかしながら、事前に把握できていない干渉物や、既設の干渉物との装置の位置により滞留水の透明度が悪く視界が届かない場合は調査不可能な部分が発生する可能性がある。不可能だった部分については、類似構造部の調査結果や当該部周辺の変形状況から止水不可能な穴の有無を判断する。



4. 実証試験スケジュール

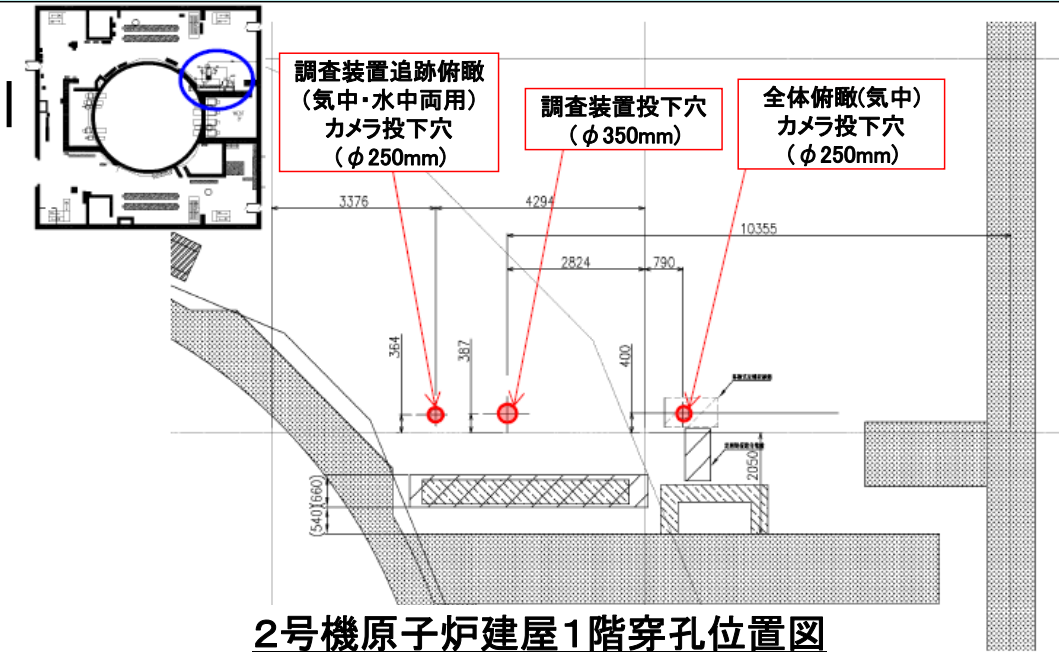
先行して実施中のトーラス室壁面調査装置実証試験に引き続き、S/C下部外面調査装置の実証試験を実施する予定。

	7月		8月		9月	
研究開発 ・S/C下部外面調査装置 実証試験		7/21～7/30原子炉建屋外準備作業 [Bar]	7/31～8/8原子炉建屋内準備作業 [Bar]	8/18装置動作確認 8/19～9/4実証試験 [Bar]		
【参考】 研究開発 ・トーラス室壁面調査装置 実証試験		7/16～7/30実証試験(片付け作業含む) [Bar]				

【参考】床穿孔位置

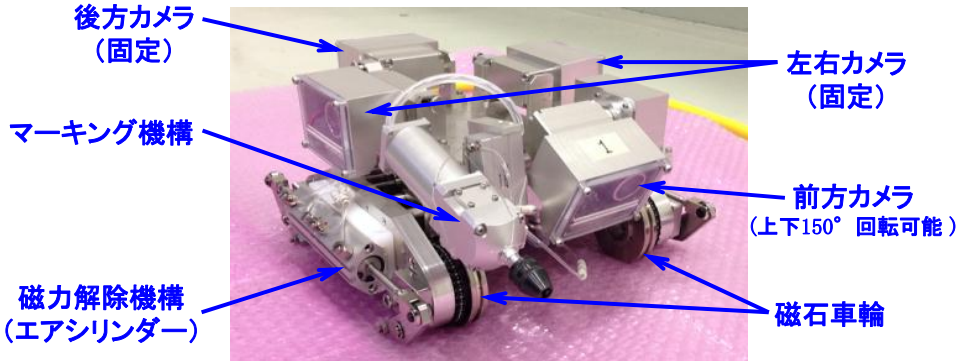
2号機原子炉建屋1階の既設設備(格納容器ガス管理システム)および他作業(格納容器温度計再設置作業)との干渉を回避するため、本実証試験の実施エリアとして北東エリアを選定。当該エリアに調査装置用($\phi 350\text{mm}$)1箇所、俯瞰カメラ*($\phi 250\text{mm}$)2箇所を穿孔。

* 俯瞰カメラ: 調査装置追跡俯瞰(気中・水中両用)カメラおよび全体俯瞰(気中)カメラ



2号機原子炉建屋1階穿孔位置図

【参考】調査装置仕様

	S/C下部外面調査装置
装置外観	
寸法	W280mm × L305mm × H140mm
質量	約10kg
吸着方式	磁石車輪吸着方式（四輪）
走行速度	10 ～ 50 mm/sec
ケーブル	長さ: 50m, 外径: φ15mm, 電源、制御、通信（LAN）、エアチューブ
調査機器*	チルトカメラ（照明付）: 1台（前方1台）、 固定カメラ（照明付）: 3台（後方および左右計3台）

*:【カメラによる調査方法の選定理由】S/C内に止水材の充填が可能か判断するためのφ50mm以上の穴の有無の確認には、S/C表面の全面検査が最も確実であることからカメラによる調査が最良と考えて選定。

【カメラ開発仕様】濁水中においてもφ30mmの穴を検知できること。



東京電力

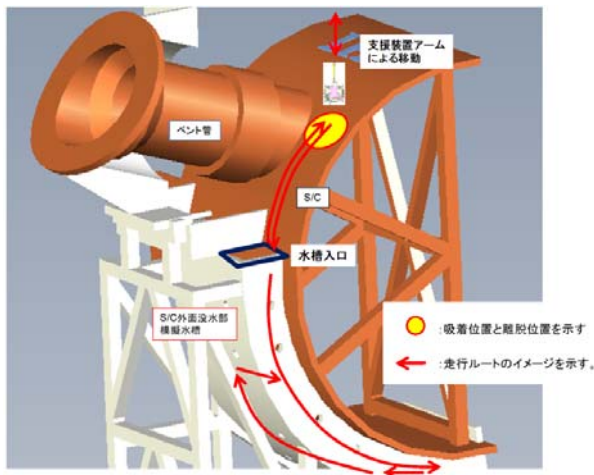
無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

7

【参考】工場モックアップ試験項目

工場モックアップ試験により、暗所・濁水中でのS/C下部外面調査に必要な調査装置の動作・機能を確認

工場モックアップ試験項目および結果



モックアップ試験体イメージ図

試験項目	試験結果
S/Cへの吸着・離脱性能	吸着、誤吸着から離脱できることを確認
走行性能	狭あい部進入、旋回、移動〔軸、周方向〕、溶接線乗越えおよびS/C底部を通過し、S/C外側面をケーブル自重を引き上げながら走行が可能であること、油分、錆、塗膜剥がれ部を走行可能であることを確認
位置把握機能	装置搭載のジャイロセンサにより、S/C外面上での位置（吸着角度）、自己姿勢を把握可能なことを確認
マーキング機能	S/C外面塗膜へマーキング（けがき）が可能なことを確認
撮像機能	照明付き前後方・左右カメラで死角なく周囲観察、視野確保、溶接線・マーキング線観察、損傷（直径30mmを超える穴）の有無観察が可能なことを確認
支援装置との組合せ	支援装置により調査装置をS/C外面への投入・当回収、およびケーブルハンドリングが可能なことを確認



東京電力

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

8

【参考】実証試験後の調査スケジュール案

9月末でのH25年度の研究開発終了後、実証試験以外の箇所の調査工事を実施予定。
 なお、実証試験結果や他作業とのエリア調整により、スケジュールは必要に応じて見直していく。

	2014年度							2015年度		
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
S/C下部外面調査	実証試験結果フィードバック									
		準備工事								
			仮設遮へい設置工事(南側)							
				干渉物撤去工事(南側)						
					床穿孔作業(北側)					
						S/C下部外面調査(北側)				
							床穿孔作業(南側)			
								S/C下部外面調査(南側)		

本スライド以降参考資料

国プロ「原子炉格納容器の水張りに向けた調査・補修（止水）技術の開発」（調査）等の成果活用について

平成26年2月27日

東京電力株式会社

1. PCV下部（地下階）調査

(1) PCV下部（地下階）の止水工法

P 3

(2) PCV下部（地下階）調査箇所

P 4

(3) 【対象①】の調査

P 5, 6

(4) 【対象②】の調査

P 7, 8

2. PCV上部（地上階）ペネ等調査

P 9

3. トーラス室・三角コーナー壁面調査

P 1 0

4. 調査計画・実績

(1) 調査計画・実績〔1号機〕（案）

P 1 1

(2) 調査計画・実績〔2号機〕（案）

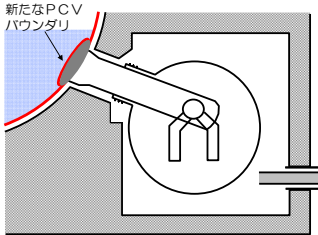
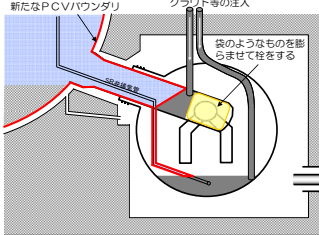
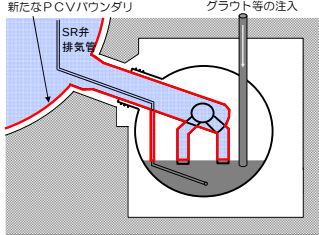
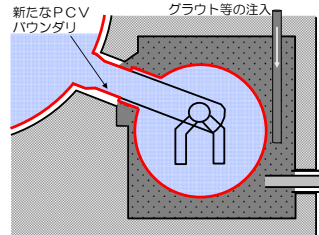
P 1 2

(3) 調査計画・実績〔3号機〕（案）

P 1 3

1. （1）PCV下部（地下階）の止水工法

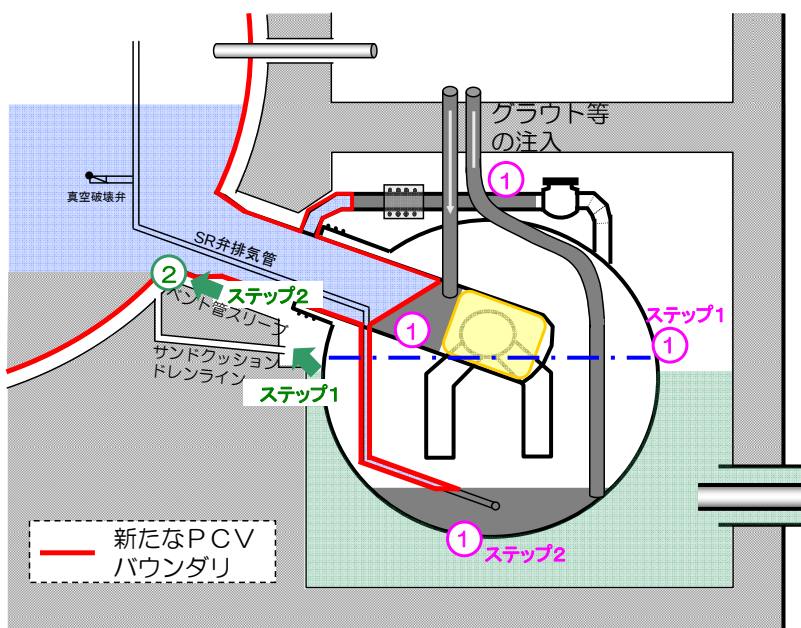
国P Jにおいて以下の止水工法について検討。

	ジェットデフでの止水	ベント管での止水	ダウンカマでの止水	トーラス室での止水
イメージ図				
机上検討	グラウトの注入管をジェットデフにアクセスさせることが困難→成立性が低い	R/B1階からグラウト等の注入管をアクセスさせることが可能であり、成立の可能性有り		成立の可能性有るが、バウンダリが最も大きくなる（系統側もバウンダリとなる） ベント管ベローズ、真空破壊ラインベローズ（1号機）まで止水材を充填する必要あり
要素試験	—	要素試験により、止水の可能性を確認 今年度1／2モデル試験他を実施予定	要素試験により、止水が難しいことを確認（下流側からの止水が困難）	漏えい箇所を流れの下流側から止水する必要があり、今年度に要素試験を実施して確認予定
評価	—	単独での工法の成立性も期待でき、止水工法のベースとして検討	単独での工法の成立性は低いが、ベント管での止水との組合せについて検討	ベント管での止水が成立しない場合のバックアップとして引き続き検討

以上より、PCV下部（地下階）はベント管での止水をベースとした工法を優先的に検討していくこととし、並行して止水に向けた調査を実施中。

1. (2) PCV下部（地下階） 調査箇所

ベント管での止水をベースとした工法の成立性を確認するため、対象①と②の調査を計画。



ベント管止水工法イメージ図

【対象①】

止水材を充填するS/C下面、ベント管および真空破壊ライン（1号機のみ）について、グラウト等の注入に影響のある損傷等の有無を確認する

《充填可否の確認》

※S/C下面については2ステップの調査計画

ステップ1：S/C内水位測定
(S/C下部の開口面積を推定)

ステップ2：止水材を充填する箇所の調査

【対象②】

D/W側のバウンダリ健全性確認を行い、D/W側の追加補修等の対策の必要性を判断する
《漏えい有無の確認》

ステップ1：ベント管下部周辺調査
(D/W側の損傷の可能性確認)

ステップ2：D/W損傷箇所調査

2ステップの調査計画をしている対象箇所については、ステップ1の調査の結果をもってステップ2の調査要否の判断を行う

1. (3) 【対象①】の調査（1／2）

【対象①】止水材を充填するS/C下面等

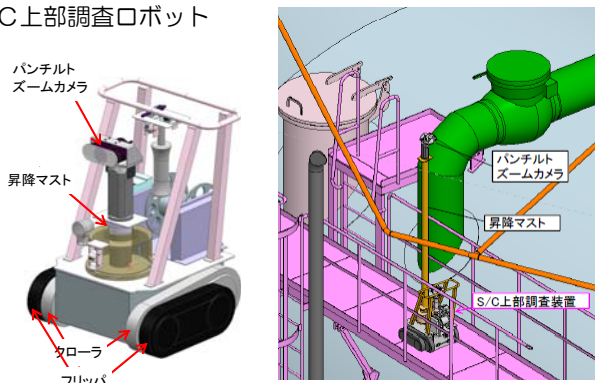
・真空破壊ライン（1号機）

真空破壊ライン（1号機）について、グラウト等の注入に影響のある損傷等の有無を確認する（図中A）

＜確認方法＞

- 1号機：S/C上部調査ロボット（国P J）
- 2，3号機：真空破壊ラインなし

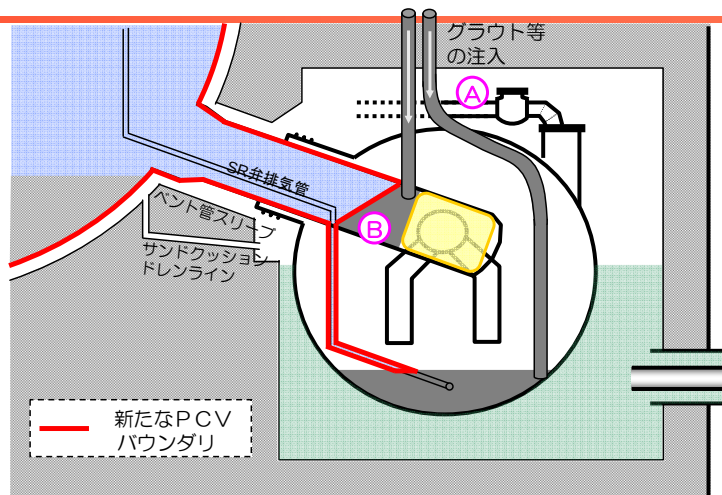
S/C上部調査ロボット



・ベント管（S/C内部）

ベント管（S/C内部）について、グラウト等の注入に影響のある損傷等の有無を確認する（図中B）

＜確認方法＞グラウト注入前にカメラにより目視確認



止水材の充填に影響のある損傷等の有無

有

無

PCV下部
止水へ

代替工法を
含め検討

1. (3) 【対象①】の調査 (2/2)

【対象①】止水材を充填するS/C下面等

・S/Cシェル (下部)

【ステップ1】S/C内の水位から、S/C下部の開口面積を推定し、止水材の充填可否を判断する
(S/C水位=トールラス室滞留水水位の場合※、止水材の充填に支障のある開口が存在する可能性あり)

<確認方法>

2号機：S/C内水位測定 (遠隔技術TF) (実施済み)

1, 3号機：S/C内水位測定または漏水部調査で判断

※PCV内圧を考慮しない場合

S/C水位=トールラス室水位※

Yes

No

【ステップ2】S/Cシェル (下部) について、グラウト等の注入に影響のある損傷等の有無を確認する (図中C)

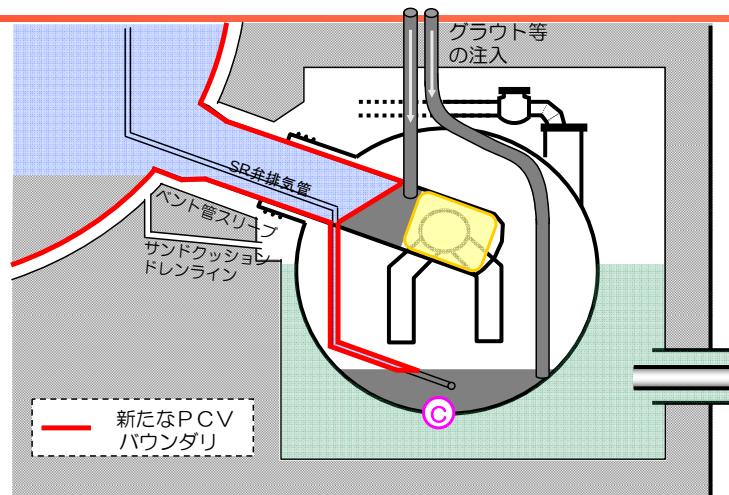
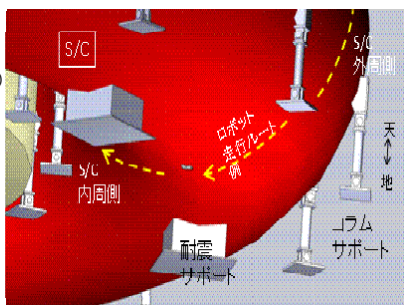
<確認方法>

S/C下部調査ロボット (国PJ)

S/C下部調査ロボット

マグネット車輪(4輪)
前・後方カメラ
側方カメラ(左・右)

マーカー機構
車輪リフト機構



止水材の充填に影響のある損傷等の有無

有

無

PCV下部
止水へ

代替工法を
含め検討

東京電力

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

15

1. (4) 【対象②】の調査 (1/2)

【対象②】D/W側のバウンダリ健全性確認

(溶融燃料デブリのPCVシェルアタックを想定)

【ステップ1】バント管下部周辺調査 (バント管スリーブおよびサンドクッションドレン管からの水の滴下等の有無を確認 (図中D))

<確認方法>

1号機：水上ROV (遠隔技術TF) (実施済み)

2号機：4足歩行ロボット (実施済み)

3号機：4足歩行ロボットでの調査を検討中

サンドクッションドレンライン調査装置 (国PJ) ※

※サンドクッションドレンラインが水没していた場合

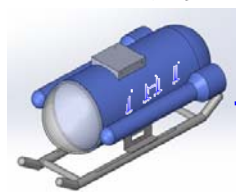
水上ROV



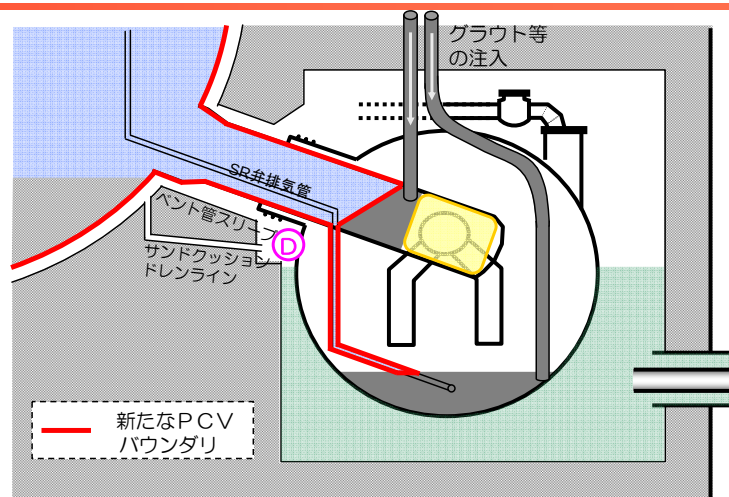
4足歩行
ロボット



サンドクッション
ドレンライン調査装置



サンドクッション
ドレンライン調査装置



漏水の有無

無

有

(もしくは判断困難)

PCV下部
止水へ

ステップ2へ
(次頁)

東京電力

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

16

1. (4) 【対象②】の調査 (2/2)

【対象②】D/W側のバウンダリ健全性確認
(溶融燃料デブリのPCVシェルアタックを想定)

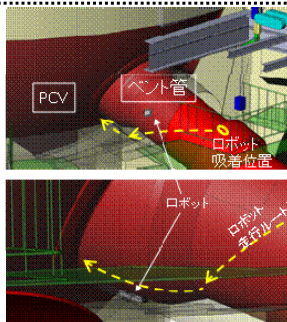
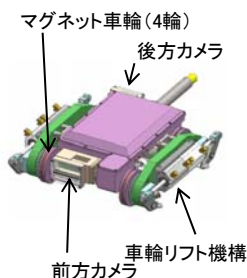
【ステップ2】D/W損傷箇所調査 (図中E)

- 1号機：ステップ1 調査にて漏水を確認したため、以下の調査を計画
- 2号機：ステップ1 調査により不要
- 3号機：ステップ1 調査を踏まえ実施判断

<確認方法>

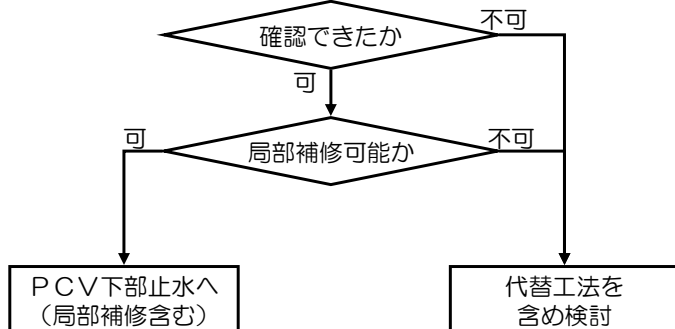
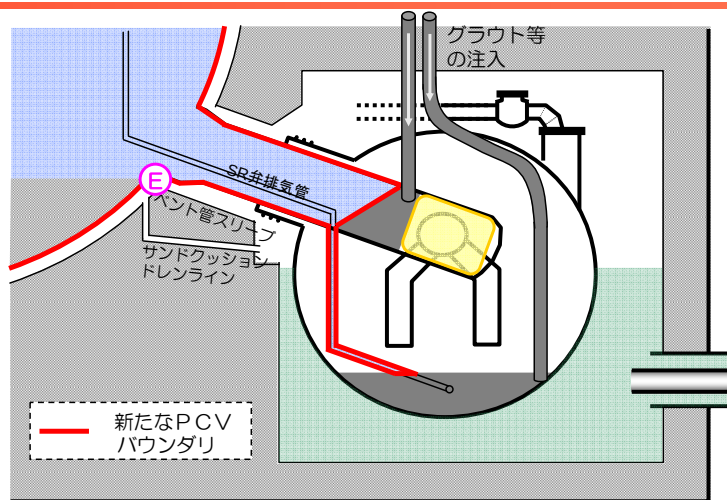
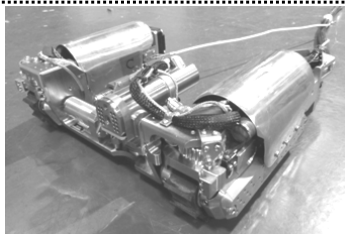
D/W外側からの調査：ペント管接合部調査ロボット (国P J)

ペント管接合部調査ロボット



D/W内側からの調査：PCV内部調査装置 (国P J) の改良を検討

PCV内部調査装置の改良
(PCV内部調査PJ)



2. PCV上部 (地上階) ペネ等調査

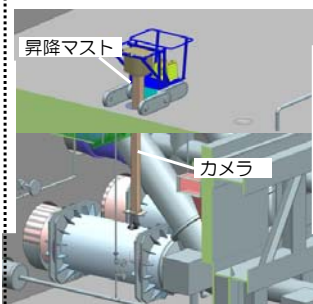
PCV上部ペネ等の調査 【対象③】

【調査1】損傷の可能性も高くPCV水張り後に漏水の可能性が否定できないハッチ・貫通部ベロー等について状況を確認する。

【調査2】損傷の可能性が低くPCV水張り後も漏水の可能性が低い貫通部ペネ (直管) について、健全であることを確認する (代表箇所)。

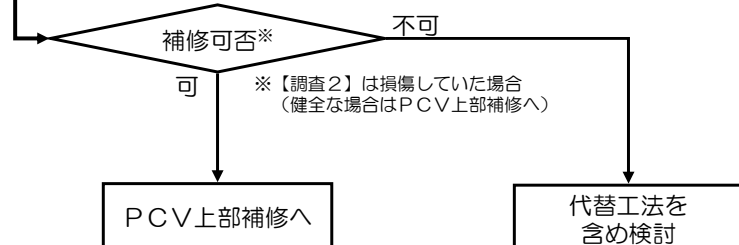
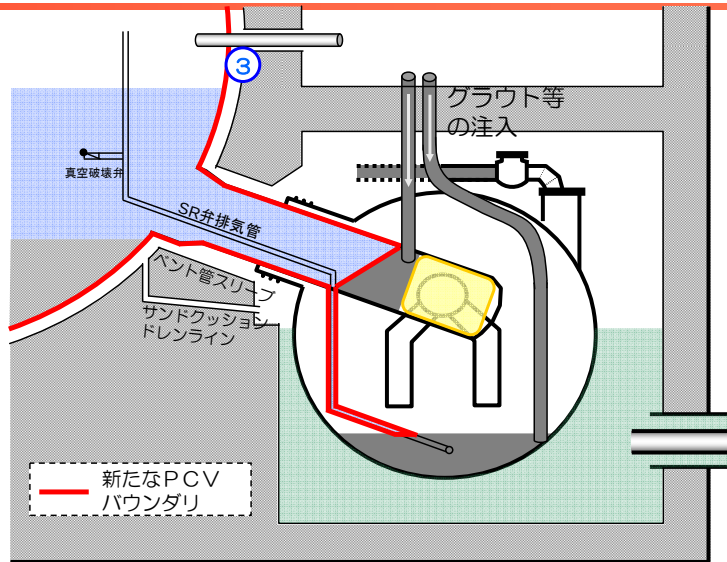
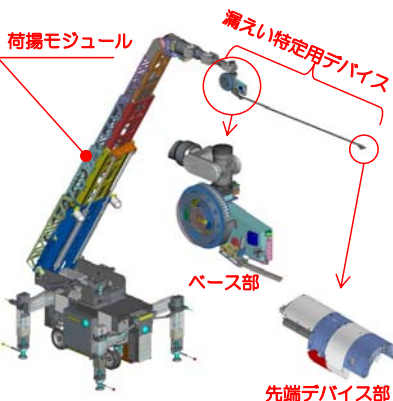
<確認方法>

1～3号機：
D/W狭隘部調査ロボット
(国P J)



<確認方法>

1～3号機：
D/W開放部調査ロボット
(国P J (台車はNEDO))



3. トーラス室・三角コーナー壁面調査

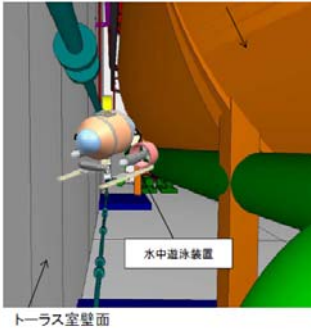
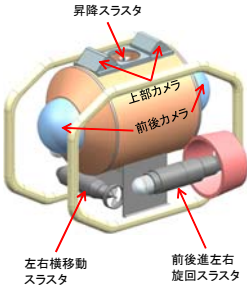
隣接建屋に接するR/B壁面【対象④】

R/Bと隣接するT/BおよびRw/Bへの漏水状況（損傷状況等）を把握するため、隣接建屋に接するR/B壁面の調査を行う

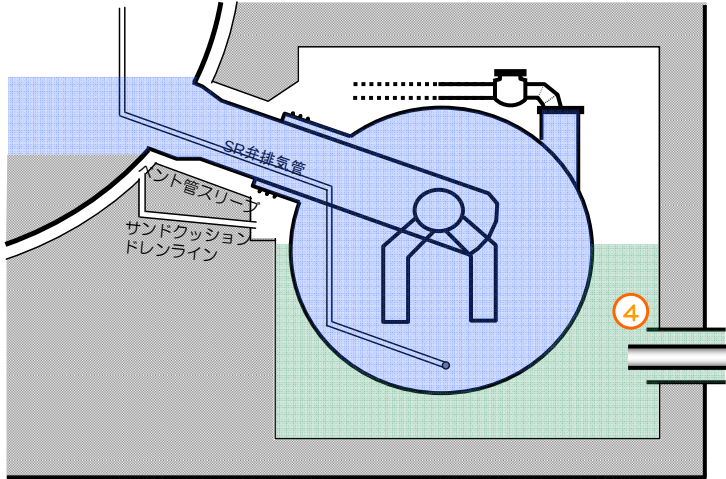
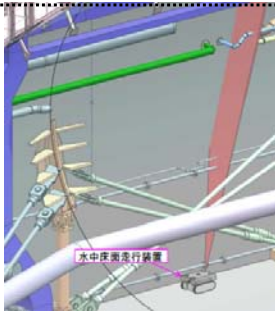
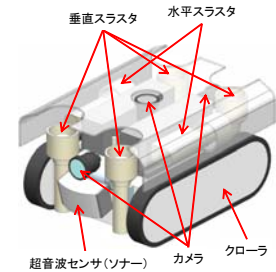
＜確認方法＞

1～3号機：トーラス室水中壁面調査ロボット（国P.J）

水中遊泳ロボット



床面走行ロボット



漏水状況（損傷状況等）を把握

壁面止水する場合の止水方法検討に反映（グラウト埋設、個別補修等）

4. （1）調査計画・実績〔1号機〕（案）

■■■■・・・実績
●——●・・・計画
〔表中の ■ は調査対象外〕

分類	調査	対象	～2013年度	2014年度	2015年度	2016年度～
線量低減 PCV止水	干渉物調査(1F・地下階)	—	■■■■	●——●	PCV止水作業へ反映	
PCV 下部止水	1. PCV下部(地下階)調査			PCV等調査作業へ反映		
	S/C上部調査			●●●●		
	S/C内水位測定	対象①		●●●●		
	S/C下部調査			●●●●		
	ベント管下部周辺調査		■■■■ (漏水有り)	●●●●		
	ベント管接合部調査	対象②		●●●●		
燃料デブリ 取出・冷却	PCV内部調査				●●●●	
PCV 上部補修	2. PCV上部(地上階)調査	対象③				●——●
建屋壁面	3. トーラス室・三角コーナー壁面調査	対象④		●——●	壁面止水対策検討に反映	

4. (2) 調査計画・実績〔2号機〕(案)

実績 計画 表中の■は調査対象外						
分類	調査	対象	～2013年度	2014年度	2015年度	2016年度～
線量低減 PCV止水	干渉物調査(1F・地下階)	—		PCV止水作業へ反映		
PCV 下部止水	1. PCV下部(地下階)調査			PCV等調査作業へ反映		PCV下部止水工法の確定へ
	S/C上部調査					
	S/C内水位測定	対象①	(開口大の可能性有り)			
	S/C下部調査					
	ベント管下部周辺調査	対象②	(漏水無し)			
	ベント管接合部調査					
燃料デブリ 取出・冷却	— PCV内部調査	—				
PCV 上部補修	2. PCV上部(地上階)調査	対象③				
建屋壁面	3. トーラス室・三角コーナー 壁面調査	対象④			壁面止水対策検討に反映	



東京電力

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

21

4. (3) 調査計画・実績〔3号機〕(案)

実績 計画 表中の■は調査対象外						
分類	調査	対象	～2013年度	2014年度	2015年度	2016年度～
線量低減 PCV止水	干渉物調査(1F・地下階)	—		PCV止水作業へ反映		
PCV 下部止水	1. PCV下部(地下階)調査			PCV等調査作業へ反映		PCV下部止水工法の確定へ
	S/C上部調査					
	S/C内水位測定	対象①		開口面積大の可能性 がある場合		
	S/C下部調査					
	ベント管下部周辺調査	対象②	MSIV室のペロー等から漏水している場合は、S/C水位も高くS/C開口面積大の可能性はないため、水位測定しない場合有り			
	ベント管接合部調査					
燃料デブリ 取出・冷却	PCV内部調査			ベント管スリーブもしくはサン ドクッションドレンラインから 漏水が確認された場合		
PCV 上部補修	2. PCV上部(地上階)調査	対象③				
建屋壁面	3. トーラス室・三角コーナー 壁面調査	対象④			壁面止水対策検討に反映	



東京電力

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

22