

研究開発「格納容器漏えい箇所特定技術・補修技術の開発」にて開発中のトーラス室壁面調査装置 実証試験の実施について

平成26年6月24日
東京電力株式会社



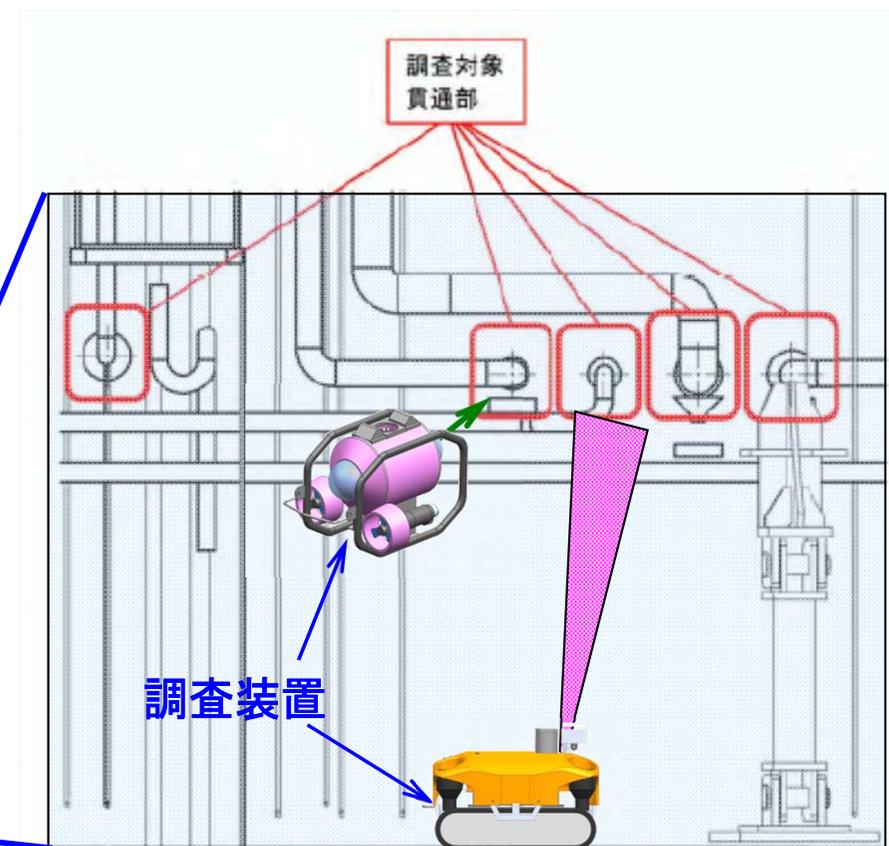
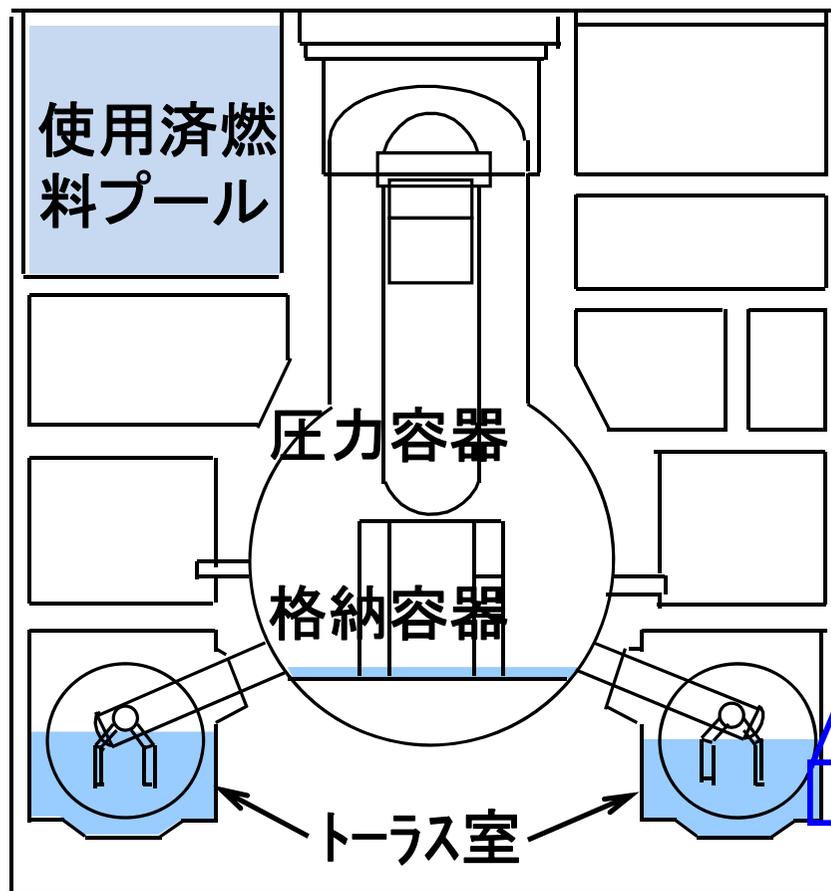
東京電力

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

研究開発(資源エネルギー庁 補助事業)「格納容器漏えい箇所特定技術・補修技術の開発」で開発中のトラス室壁面調査装置について、2号機のトラス室壁面(東壁面北側)を対象に実証試験を行う。



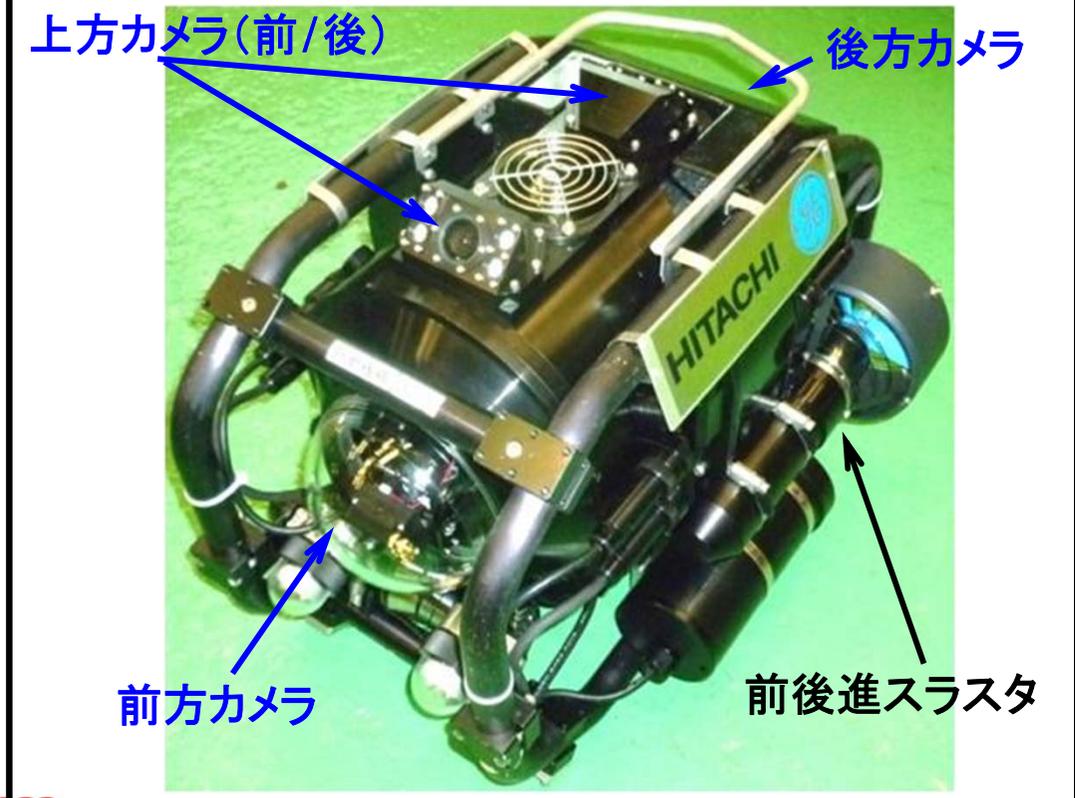
トラス室壁面(東壁面北側)

トラス室壁面調査装置実機検証イメージ図

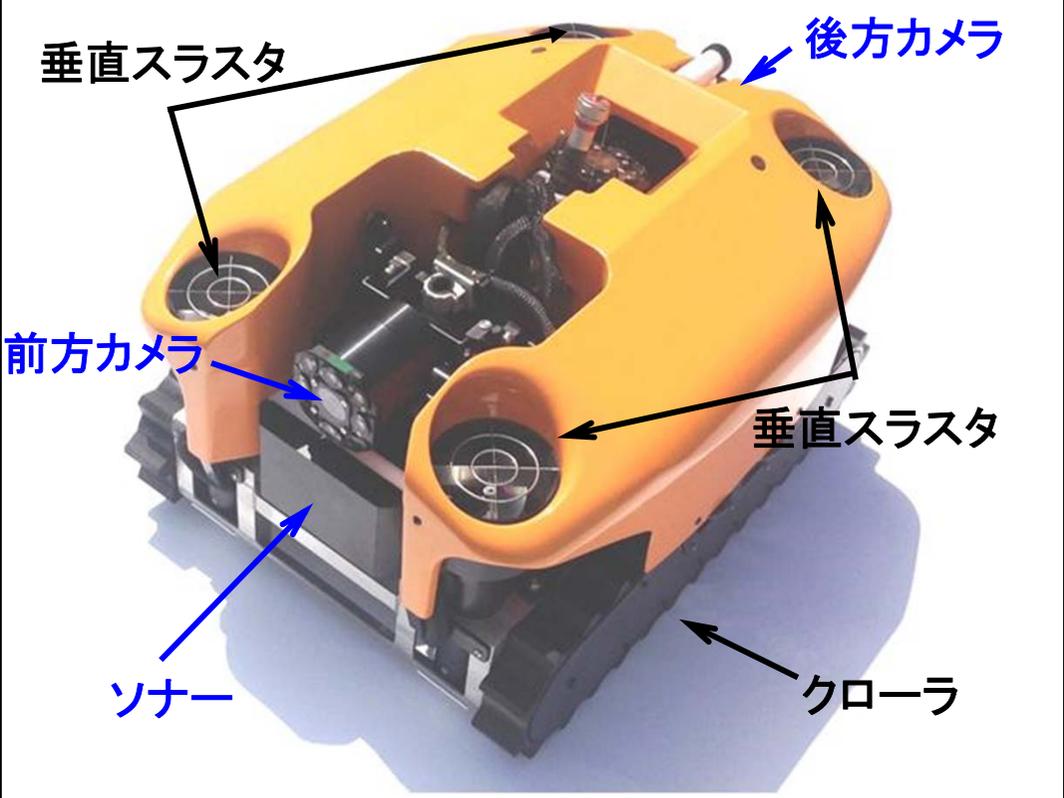
2. 実証内容

トーラス室壁面調査装置は水中遊泳ロボットと床面走行ロボットの2つの装置を開発。
①水中遊泳ロボット(げんごROV)はカメラ映像取得、②床面走行ロボット(トライダイバー)は超音波ソナーによるドップラ計測画像取得により壁面調査する機能を有している。
これらの機能を実機検証する。

①水中遊泳ロボット(げんごROV)
(カメラ映像取得)

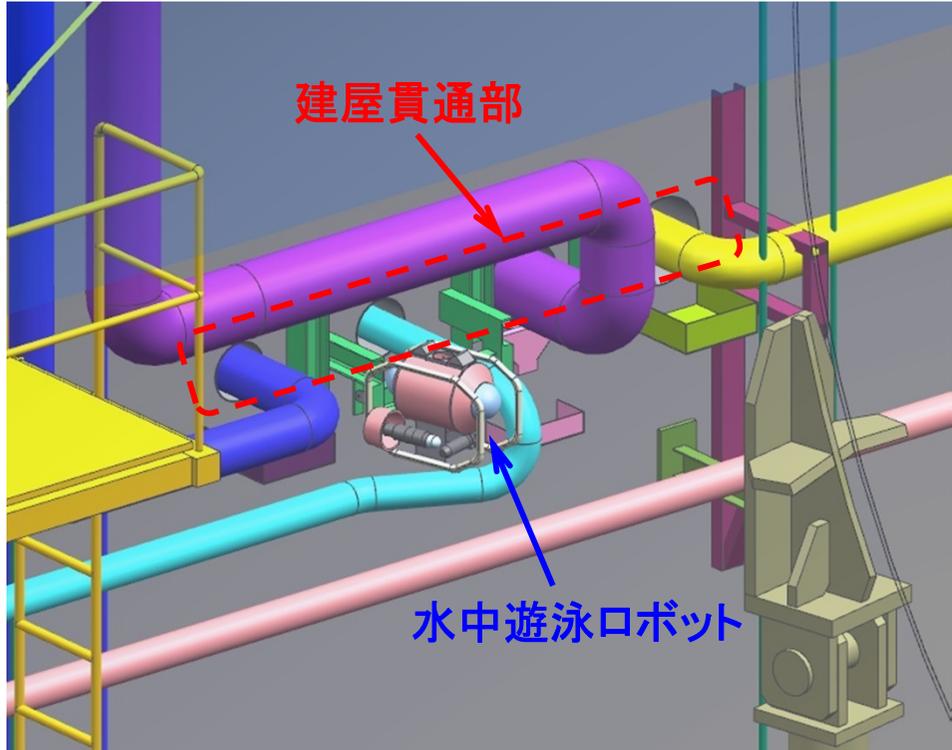


②床面走行ロボット(トライダイバー)
(超音波ソナーによるドップラ計測画像取得)



2. 実証内容(水中遊泳ロボット(カメラ))

トラス室東壁面北側建屋貫通部(5箇所)の状況および滞留水の流れの有無を、1階床面より投入した水中遊泳ロボットのカメラにより映像を取得し確認する。

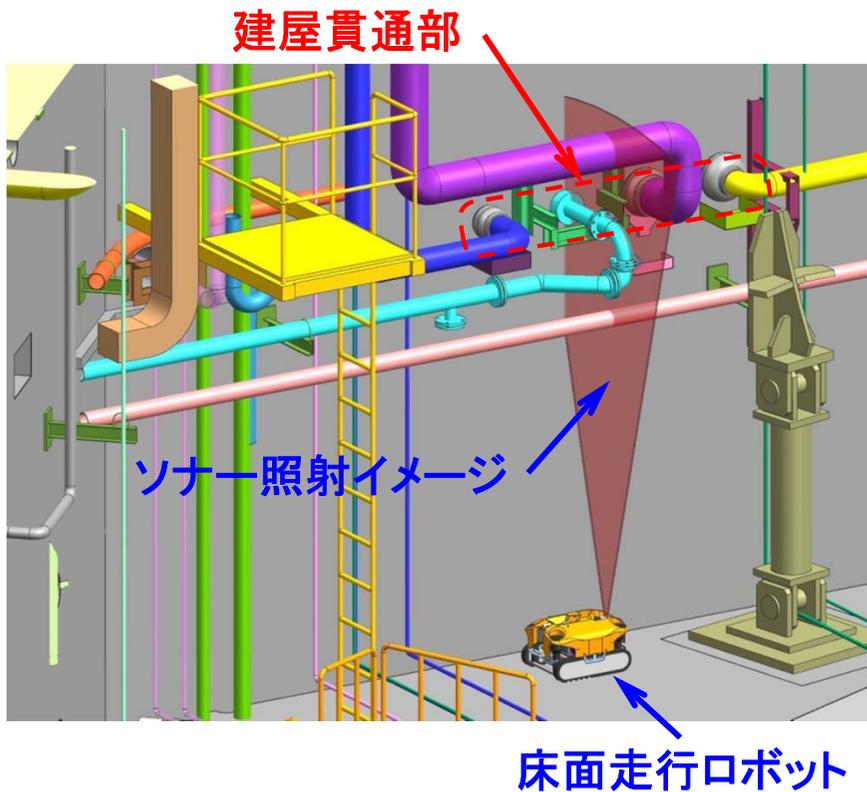


調査対象箇所	調査内容
トラス室東壁面北側 建屋貫通部	<ul style="list-style-type: none">貫通部の状況確認滞留水の流れ有無の確認

水中遊泳ロボット(カメラ)による
トラス室壁面調査イメージ図

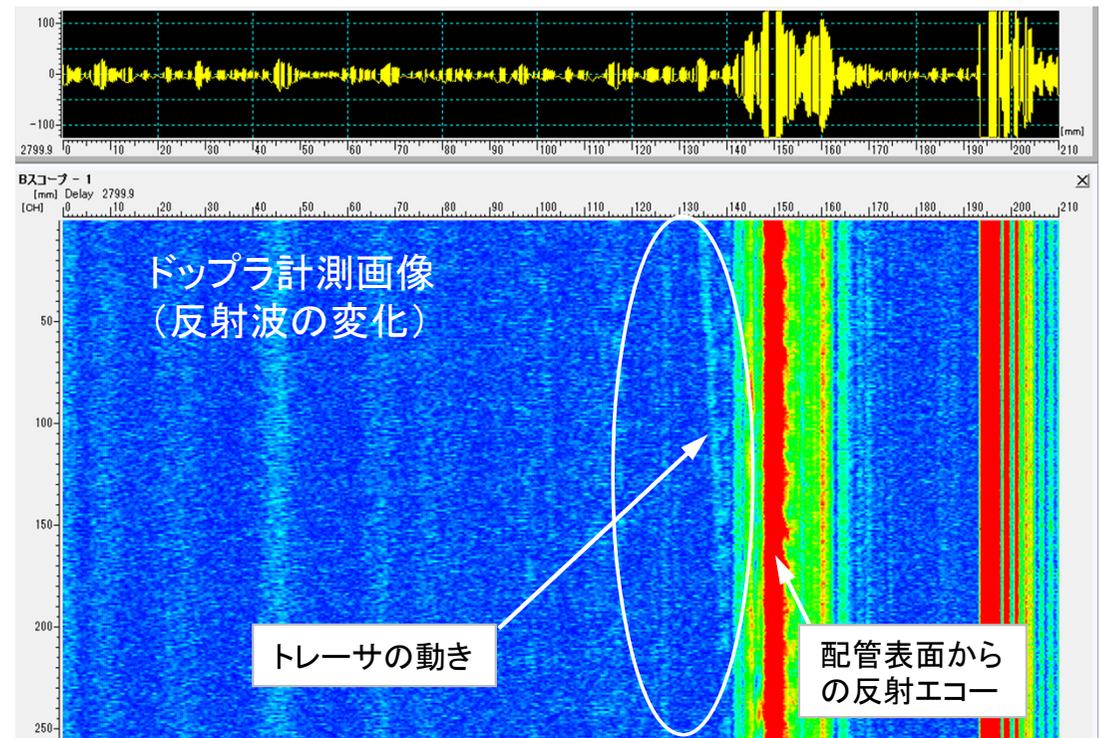
2. 実証内容(床面走行ロボット(超音波ソナー))

トラス室東壁面北側建屋貫通部について、水中遊泳ロボットのカメラ映像により確認した滞留水の流れの有無から、それぞれ貫通部1箇所を選定し、トラス室床面に下ろした床面走行ロボットの超音波ソナーによりドップラ計測画像を取得し滞留水の流れの有無を確認できることを実証する。



床面走行ロボット(超音波ソナー)による
トラス室壁面調査イメージ図

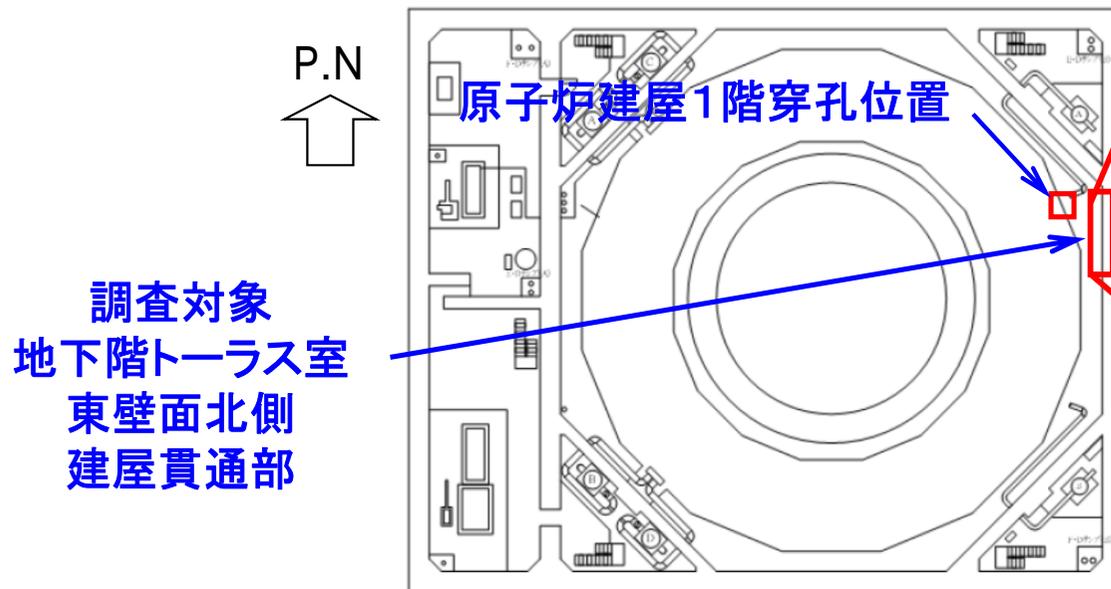
調査対象箇所	調査内容
トラス室東壁面北側 建屋貫通部	滞留水の流れ有無の確認



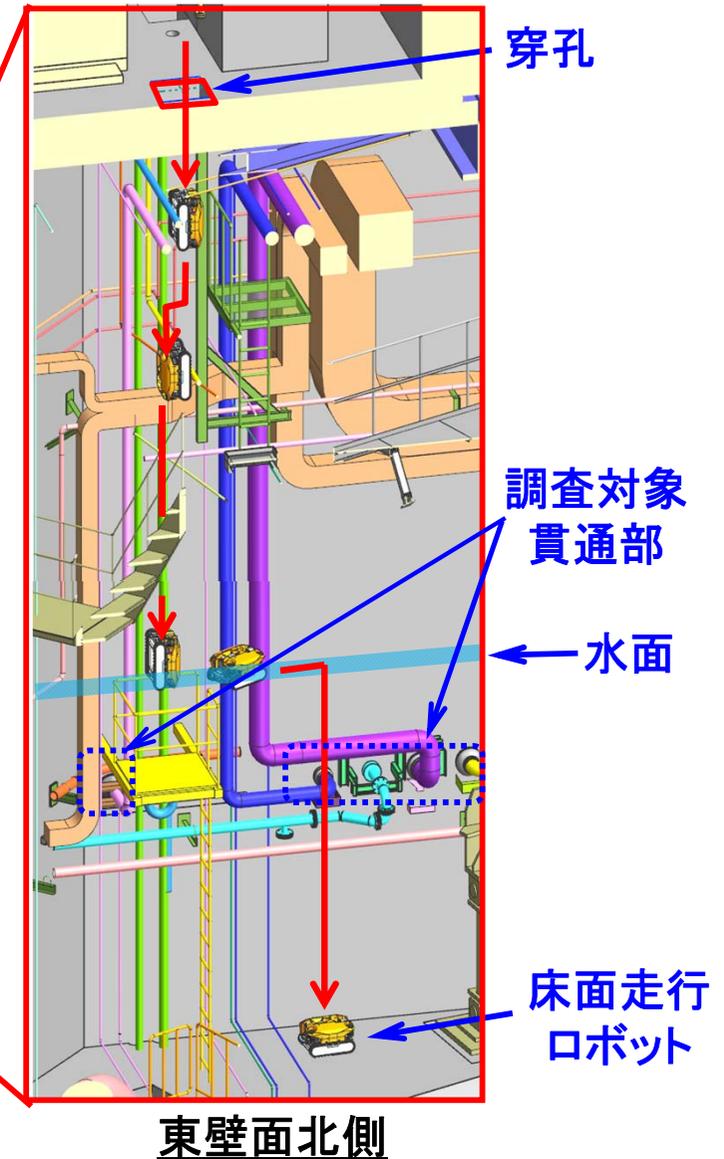
ドップラ計測画像イメージ(ドップラ計測についてはスライド8参照)

3. 調査装置アクセス方法

2号機原子炉建屋地下階トーラス室東壁面北側建屋貫通部を調査するため、1階北東エリアの床面に穿孔した615mm×615mm角穴から調査装置を吊り下ろす。水中遊泳ロボットは水中を遊泳し、調査対象箇所であるトーラス室東壁面北側建屋貫通部まで移動し調査する。床面走行ロボットは地下階床面まで下ろし、調査対象に超音波が届く位置へ移動し調査する。



原子炉建屋地下階平面図



床面走行ロボット吊り下ろしイメージ

4. 実証試験スケジュール

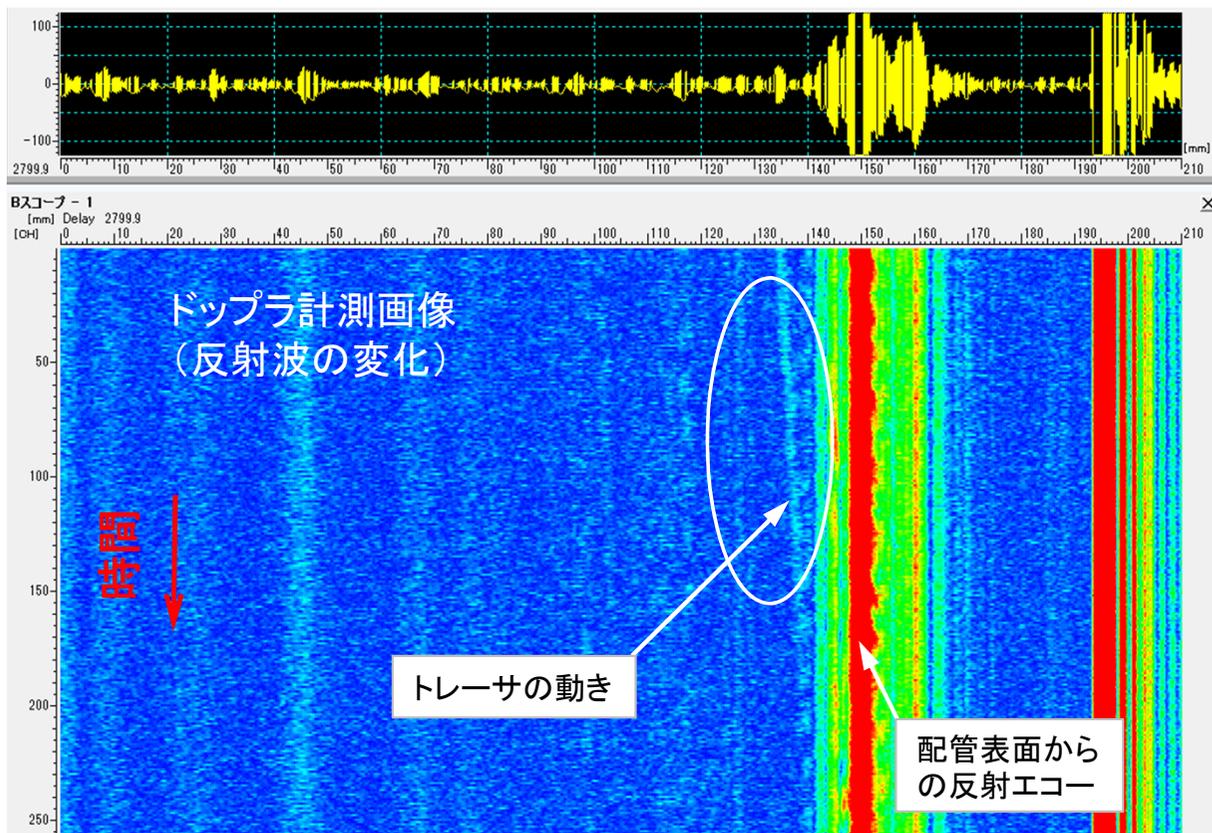
2号機原子炉建屋1階床穿孔後、トーラス室壁面調査の実証試験を実施予定。

	6月				7月			
2号機原子炉建屋 1階床穿孔作業			6/16~6/24準備作業			6/25~7/14床穿孔作業		
トーラス室壁面調査 (カメラおよびソナー)						7/15準備作業	7/16~7/24トーラス室壁面調査	

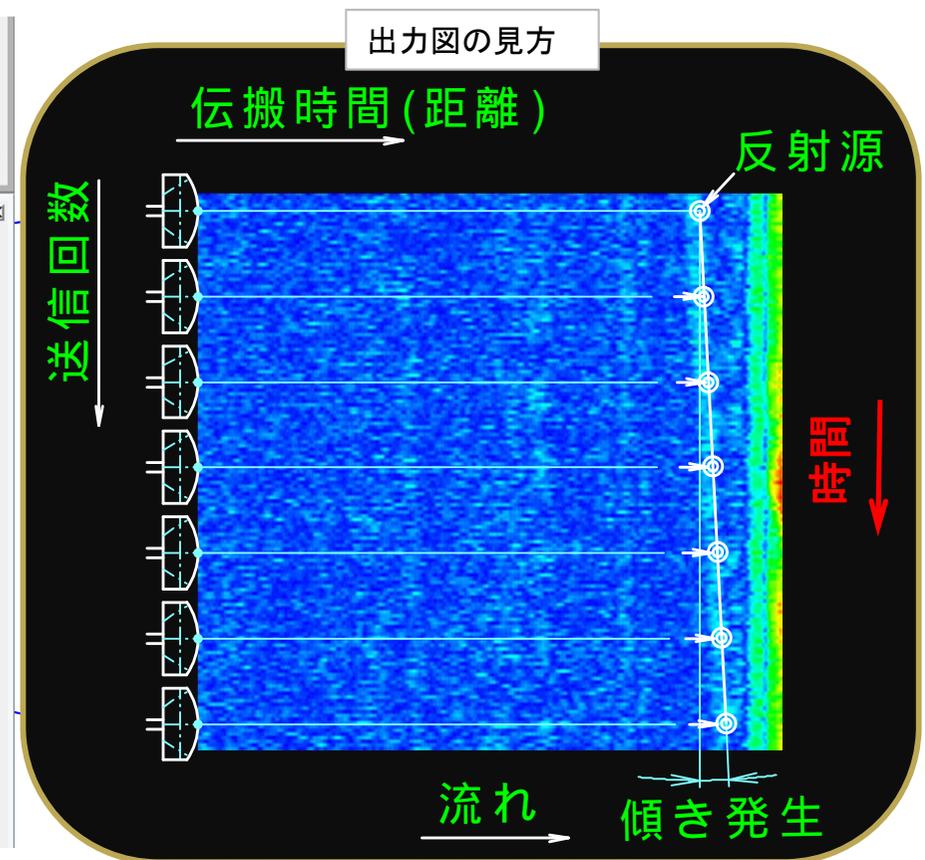
【参考】ドップラ計測

超音波を1秒間に数百回くりかえし送信し、トレーサ(水中の微粒子など)からの反射波の微小な変化を捉え、流れの有無を確認する。

流れがある場合には、流れが速いほど反射源の表示上の傾きが大きくなる。

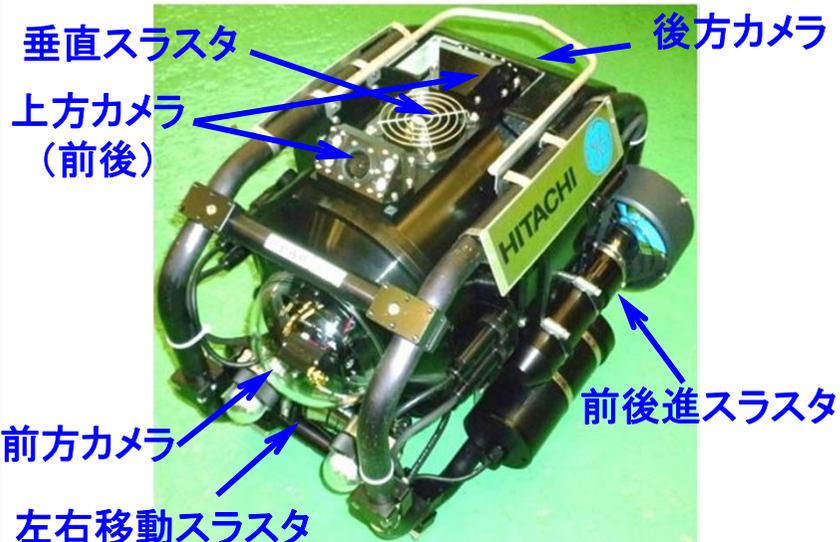
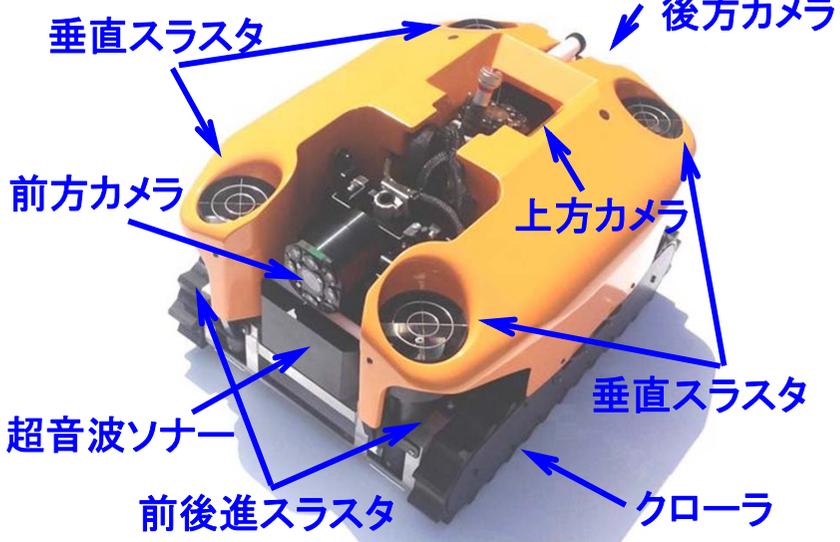


ドップラ計測画像例



拡大図

【参考】調査装置仕様

	水中遊泳ロボット(カメラ)	床面走行ロボット(超音波ソナー)
装置外観	 <p>垂直スラスタ 上方カメラ(前後) 前方カメラ 左右移動スラスタ 前後進スラスタ 後方カメラ</p>	 <p>垂直スラスタ 前方カメラ 超音波ソナー 前後進スラスタ クローラ 上方カメラ 垂直スラスタ 後方カメラ</p>
寸法	W420mm × L480mm × H375mm	W480mm × L628mm × H378mm
質量	気中:約22kg, 水中:中性浮力	気中:約40kg, 水中:約1.5kg
推進装置(スラスタ)	前後進:2基 垂直:1基 左右移動:1基	前後進:2基 垂直:4基
走行速度(クローラ)	—	最大60mm/s
ケーブル	長さ:100m、外径:φ7.7, 電源線2芯, 光ファイバ1芯	長さ:80m, 外径:φ14.5, 電源線2芯, 通信線4芯
調査機器	デジタルズーム付パンチルトカメラ:2台(前後各1台) デジタルズームカメラ:2台(前後上方各1台)	超音波ソナー(視野角30°) 前後上方カメラ(計3台、前方カメラはチルト付)

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

目次

- 1 . P C V 下部 (地下階) 調査
 - (1) P C V 下部 (地下階) の止水工法 P 3
 - (2) P C V 下部 (地下階) 調査箇所 P 4
 - (3) 【対象】の調査 P 5 , 6
 - (4) 【対象】の調査 P 7 , 8
- 2 . P C V 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

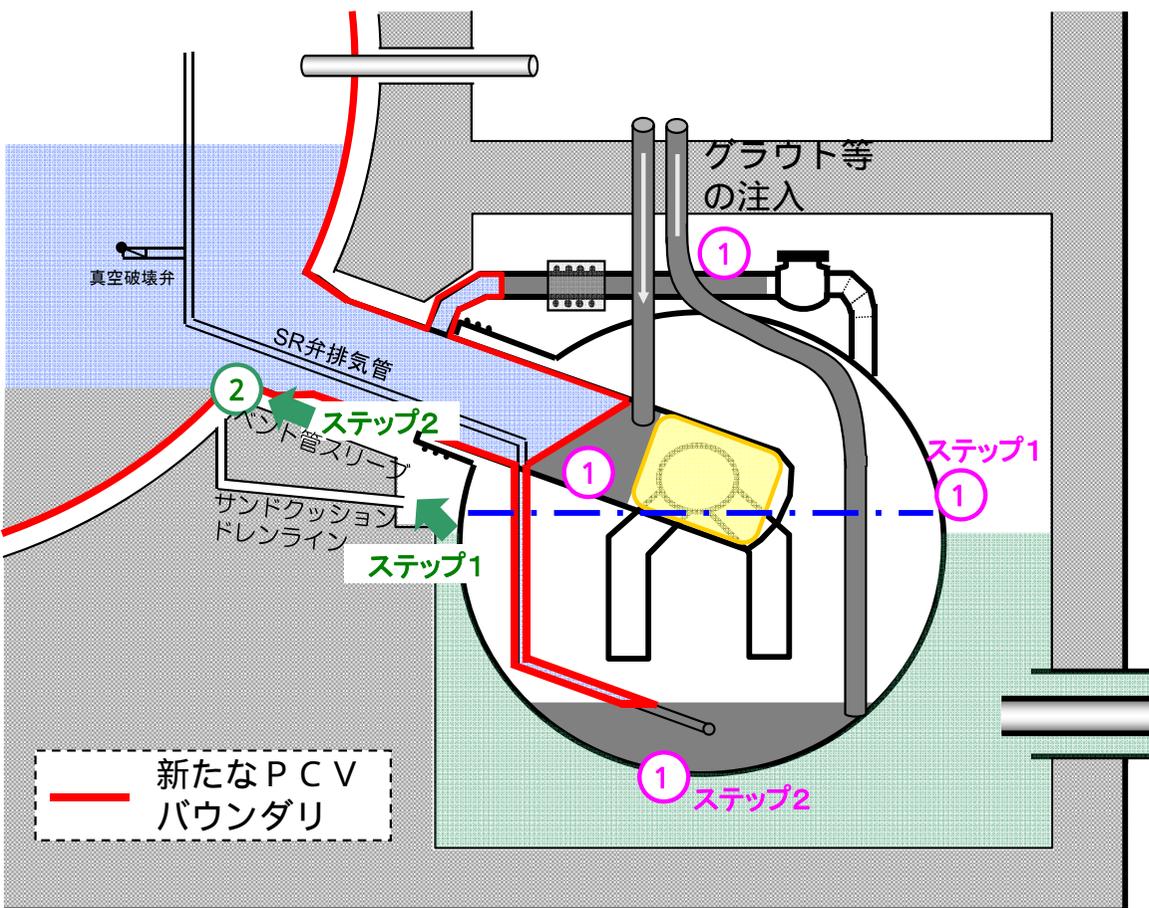
国PJにおいて以下の止水工法について検討。

	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	<p>新たなPCVバウンダリ</p>	<p>新たなPCVバウンダリ グラウト等の注入 袋のようなものを膨らませて栓をする SR弁排気管</p>	<p>新たなPCVバウンダリ グラウト等の注入 SR弁排気管</p>	<p>新たなPCVバウンダリ グラウト等の注入</p>
机上検討	<p>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</p>	<p>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</p>		<p>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</p>
要素試験	—	<p>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</p>	<p>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)</p>	<p>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</p>
評価	—	<p>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</p>	<p>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</p>	<p>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</p>

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 と の調査を
計画。



ベント管止水工法イメージ図

【対象】

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】

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】の調査(1/2)

【対象】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>

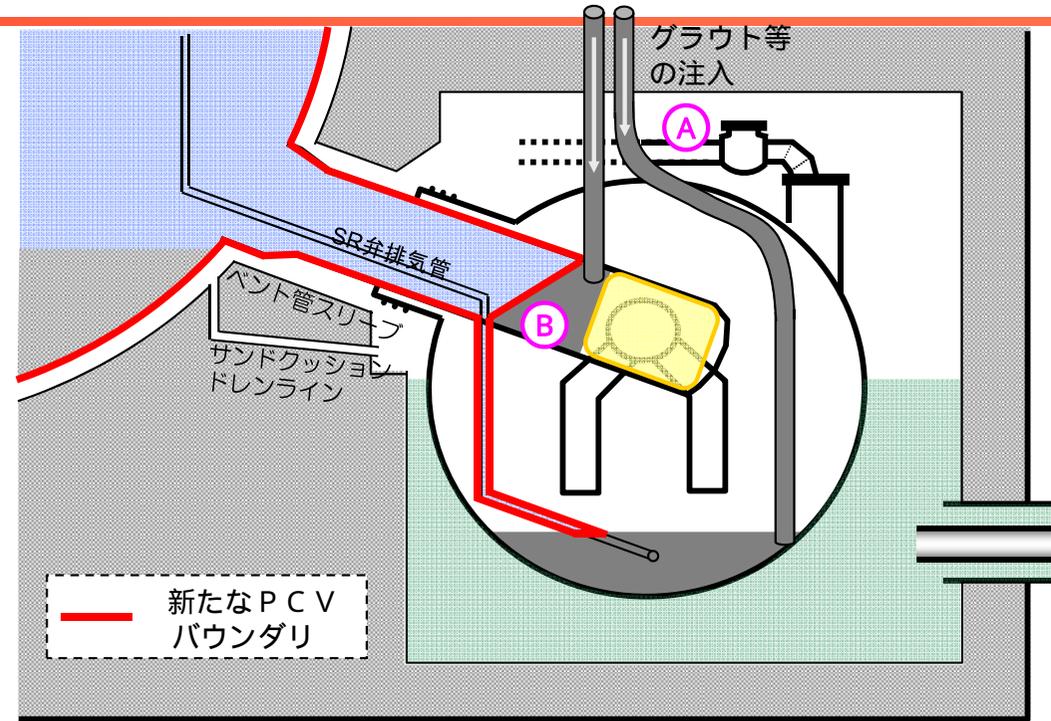
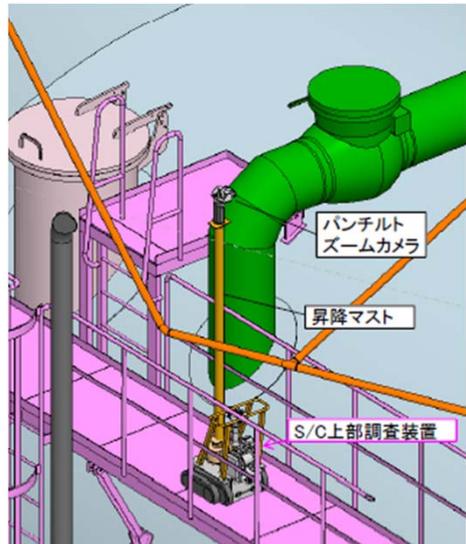
- 1号機: S/C上部調査ロボット(国PJ)
- 2, 3号機: 真空破壊ラインなし

S/C上部調査ロボット

パンチルト
ズームカメラ

昇降マスト

クローラ
フリック



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

- ・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

1. (3) 【対象】の調査(2/2)

【対象】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

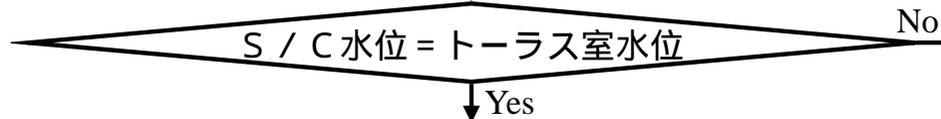
(S/C水位=トラス室滞留水水位の場合、止水材の充填に支障のある開口が存在する可能性あり)

<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

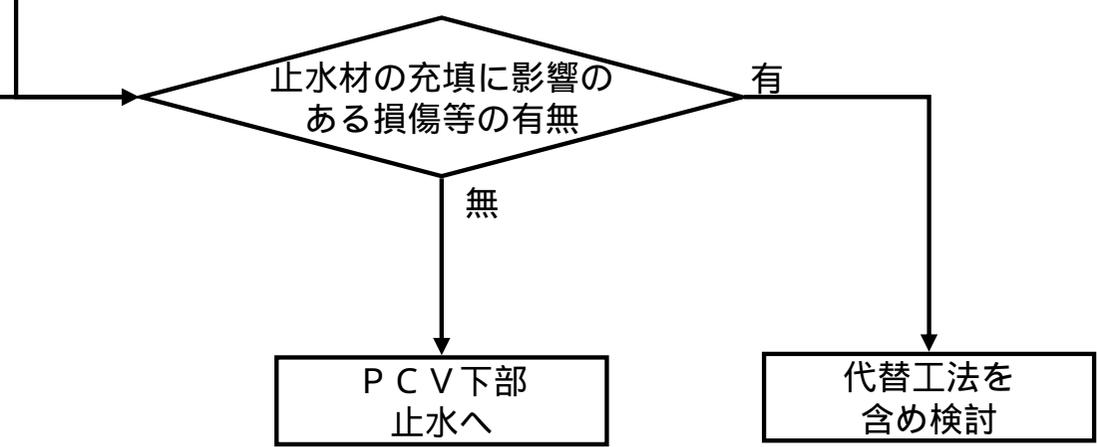
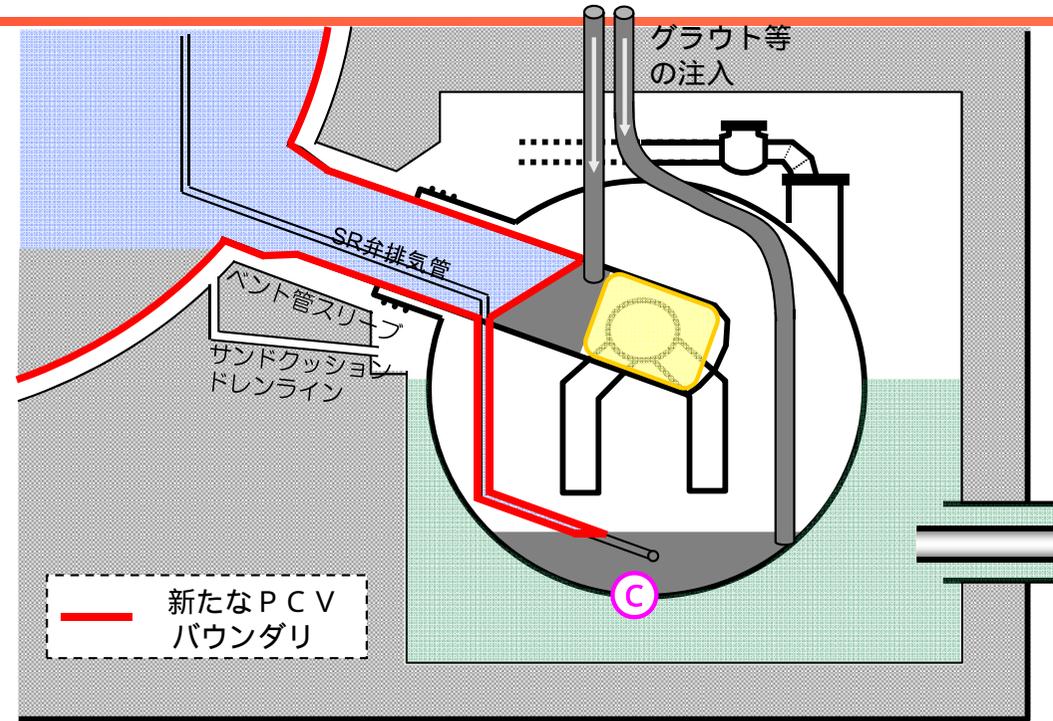
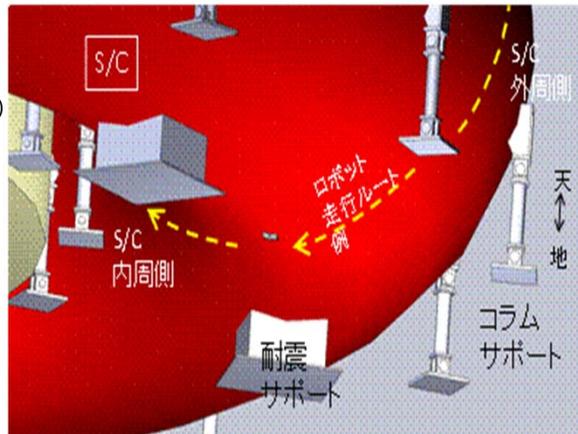
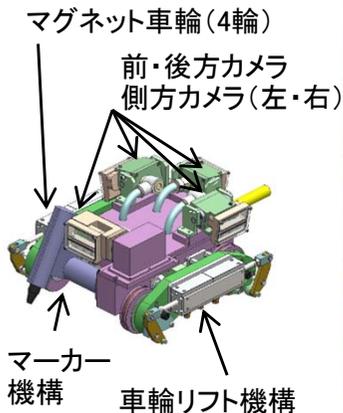


【ステップ2】S/Cシェル(下部)について、グラウト等の注入に影響のある損傷等の有無を確認する(図中C)

<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



1. (4) 【対象】の調査(1/2)

【対象】 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】 ベント管下部周辺調査(ベ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

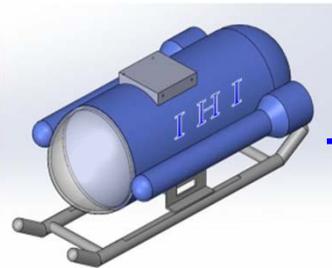
水上ROV



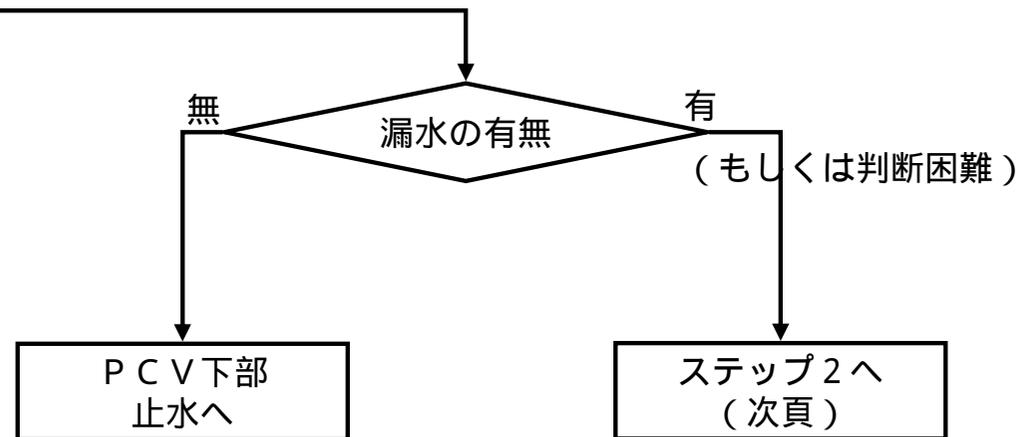
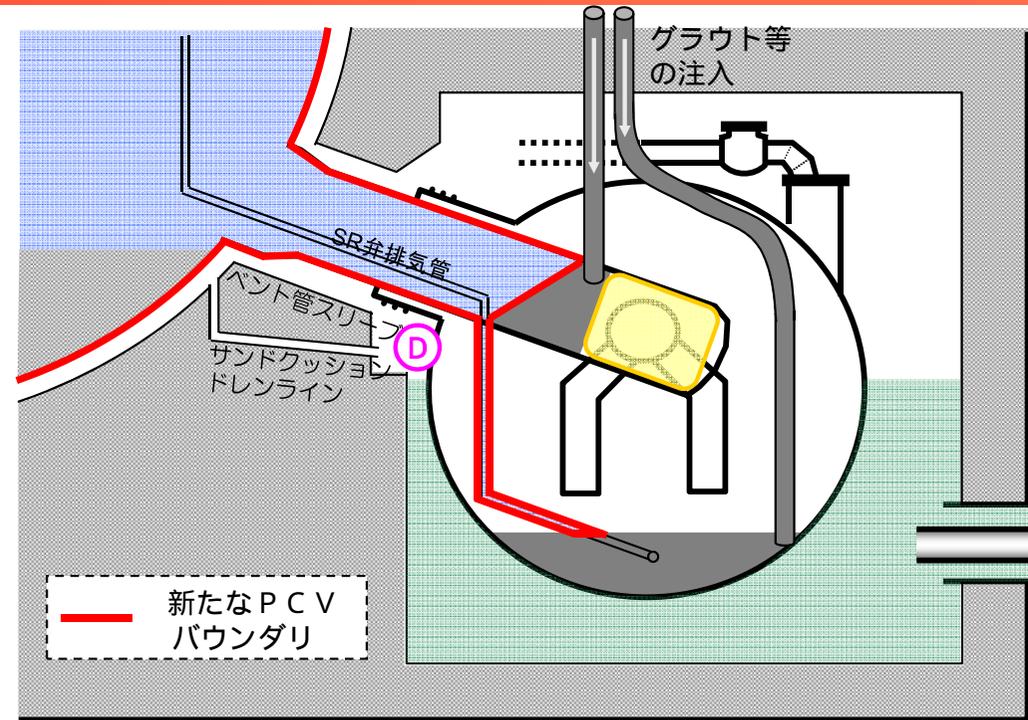
4足歩行ロボット



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



1. (4) 【対象】の調査(2/2)

【対象】 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)

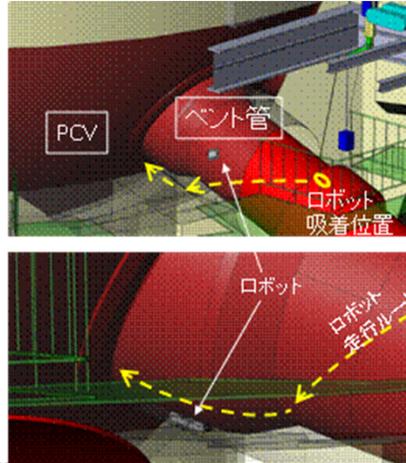
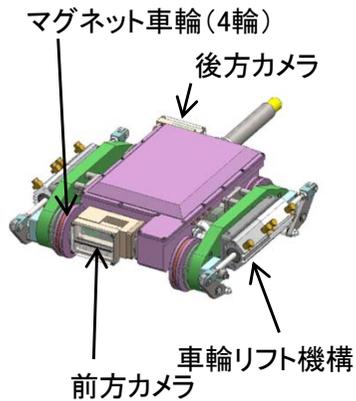
【ステップ2】 D/W損傷箇所調査(図中E)

- 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>

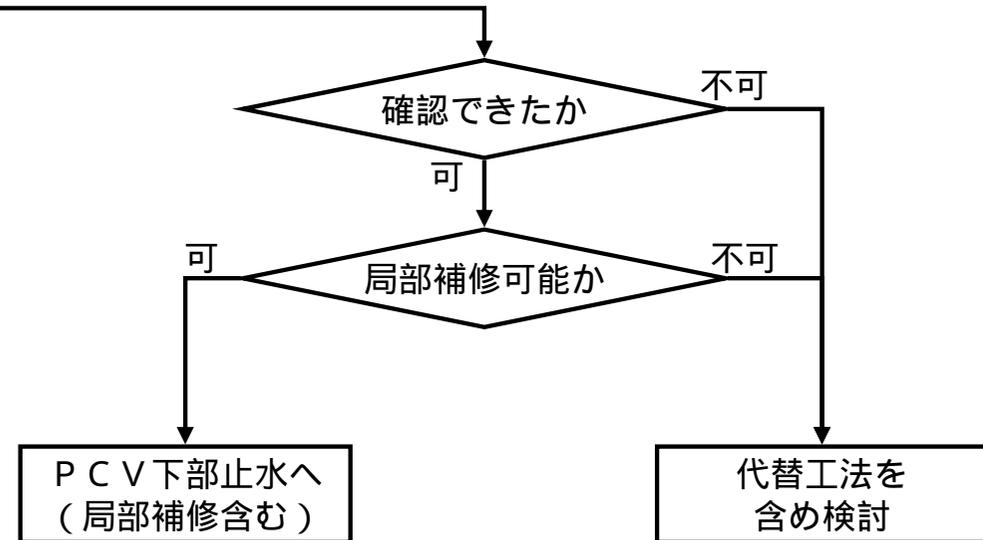
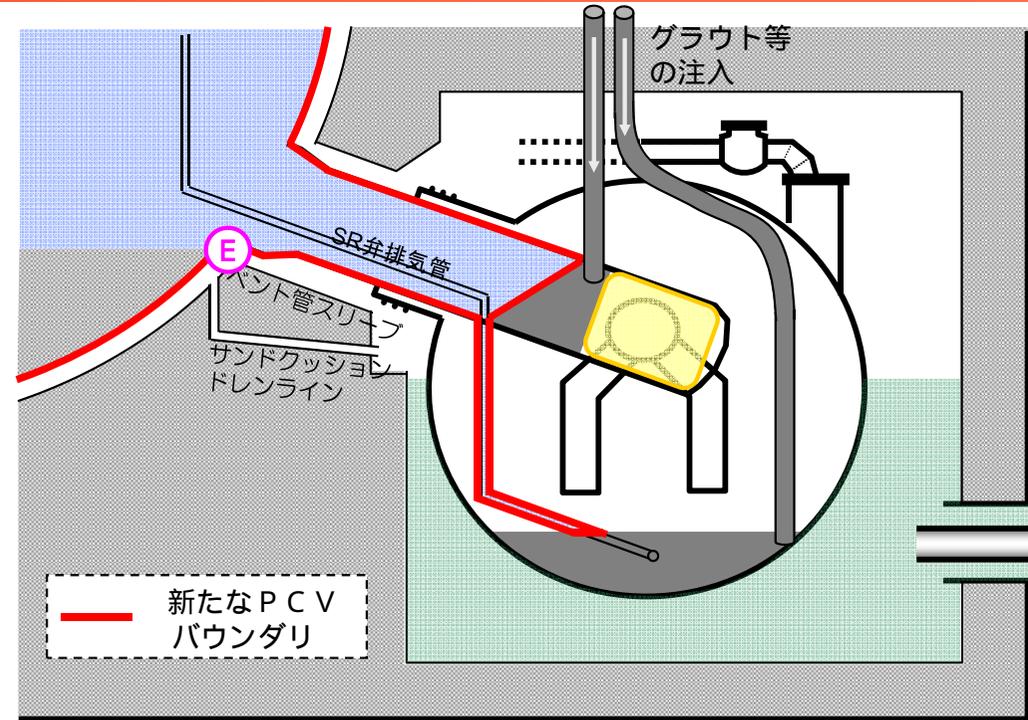
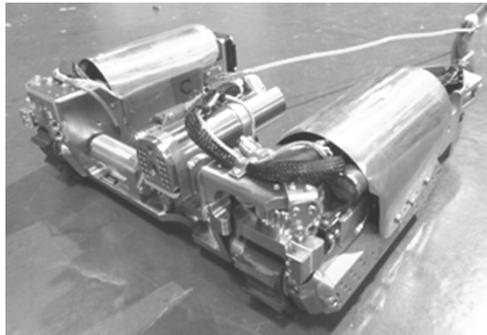
D/W外側からの調査: ベント管接合部調査ロボット(国PJ)

ベ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PJ)の改良を検討

PCV内部調査装置の改良
(PCV内部調査PJ)



2 . P C V 上部 (地上階) ペネ等調査

P C V 上部ペネ等の調査【対象】

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

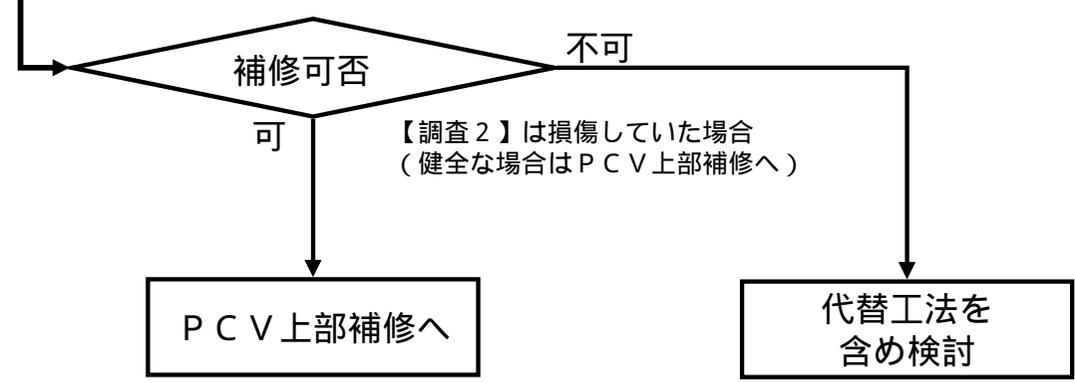
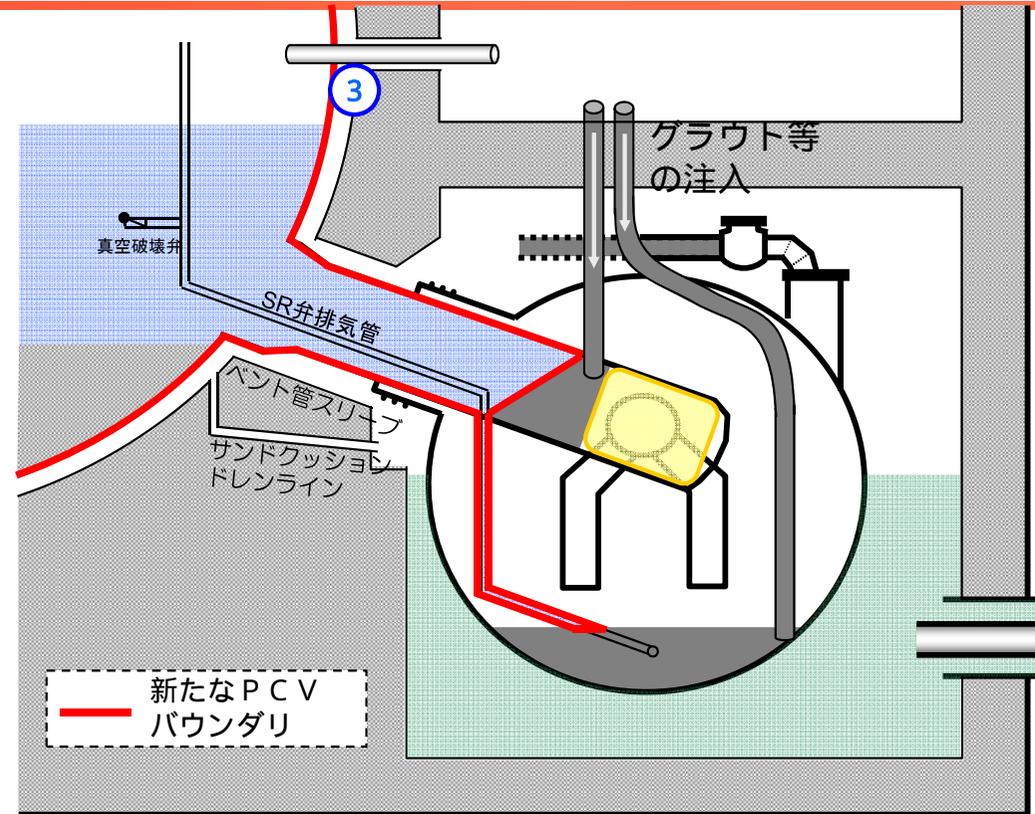
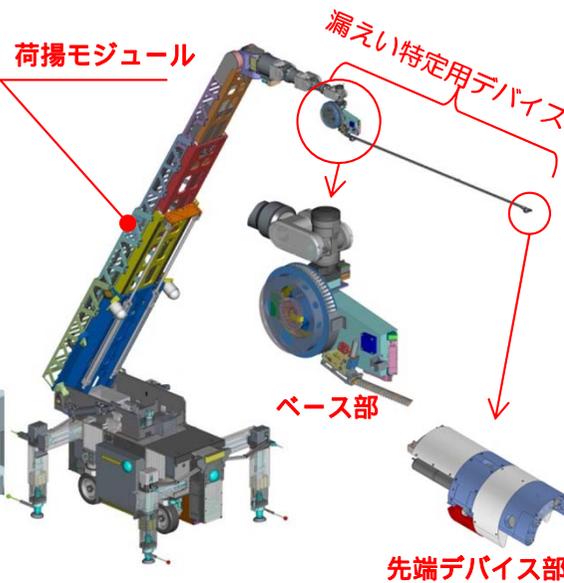
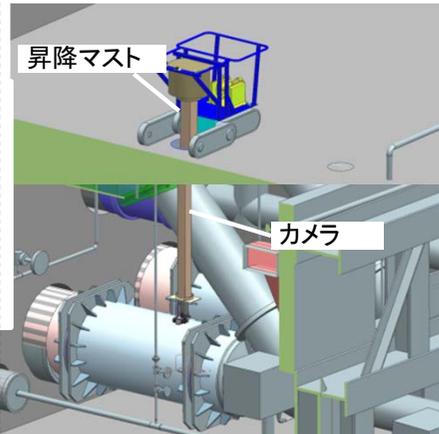
【調査2】 損傷の可能性が低く P C V 水張り後も漏水の可能性が低い貫通部ペネ（直管）について、健全であることを確認する（代表箇所）。

< 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 N E D O））



3. トーラス室・三角コーナー壁面調査

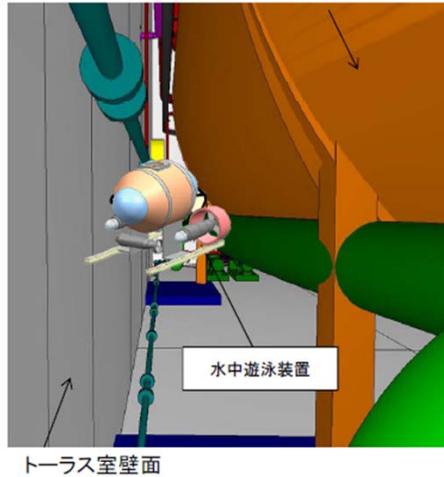
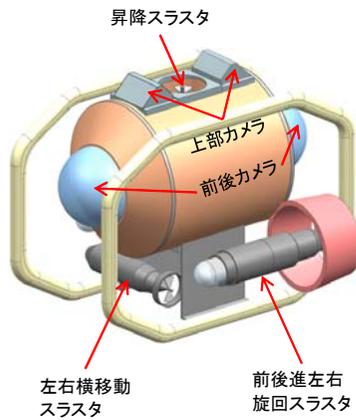
隣接建屋に接するR / B壁面【対象】

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

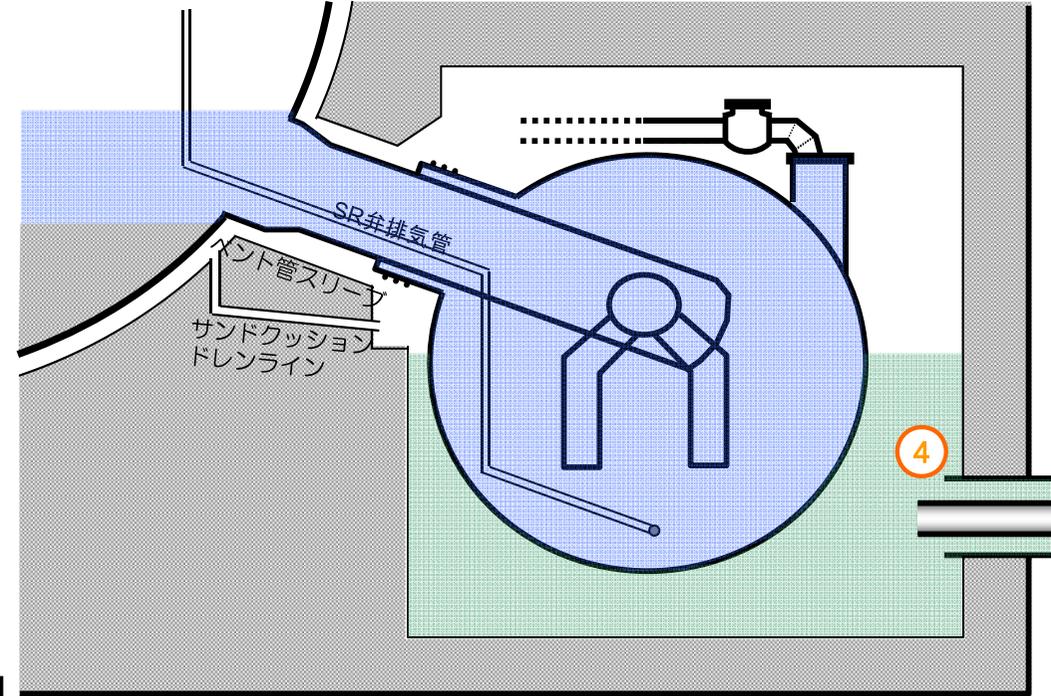
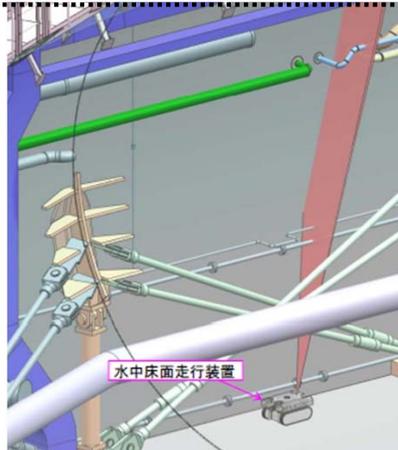
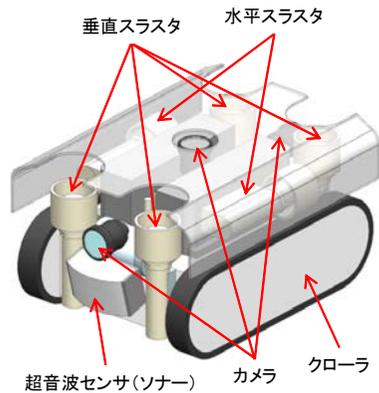
< 確認方法 >

1～3号機：トーラス室水中壁面調査ロボット（国PJ）

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)

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 下部止水	1. PCV下部(地下階)調査	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	対象②				
		ベント管接合部調査					
		PCV内部調査					
燃料デブリ 取出・冷却							
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					

S/C上部構造物より漏水が無い場合

開口面積大の可能性
がある場合

(漏水有り)

PCV下部止水工法の確定へ

PCV止水作業へ反映

PCV等調査作業へ反映

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		

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	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			●●	●●	
	ベント管接合部調査	対象②			●●	
	PCV内部調査					●●
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			●●	→

MSIV室のベ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

開口面積大の可能性
がある場合

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下部止水工法の確定へ