

東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃止措置当に向けた
機器・装置開発等に係る福島ワークショップ

「格納容器漏えい箇所特定技術の開発」

2012年12月19日

日立GEニュークリア・エナジー(株)
(株)東芝
三菱重工業(株)

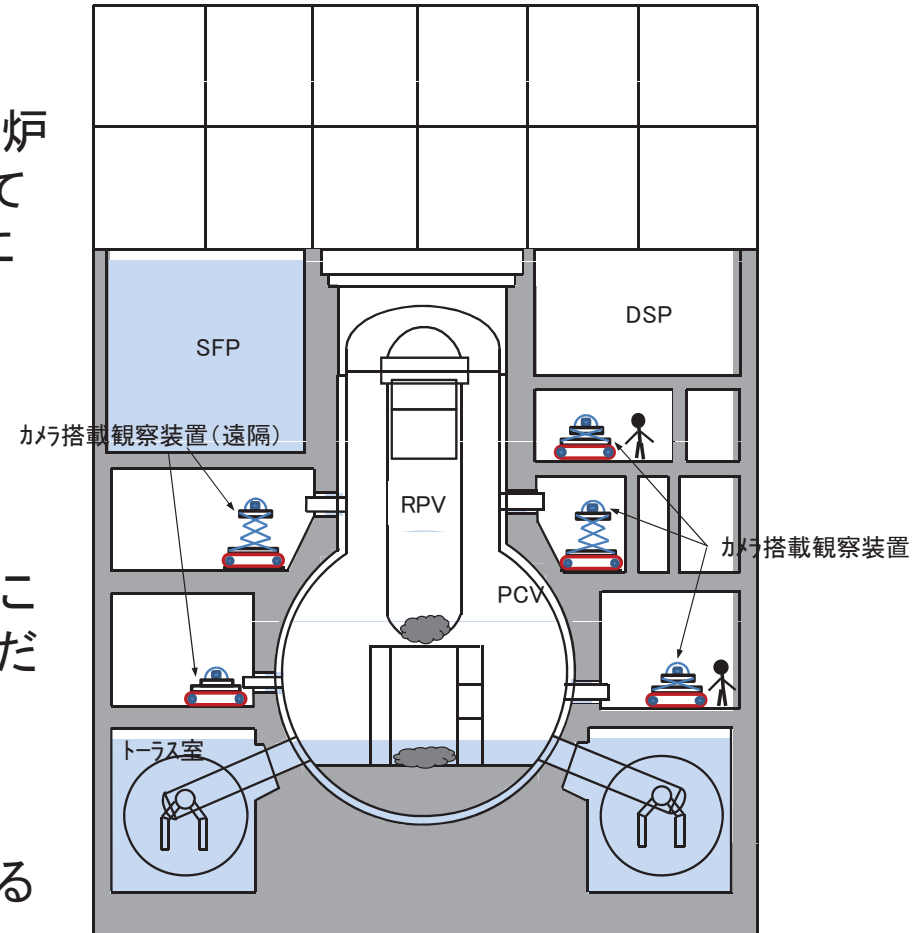
1. 研究開発の目的

1

原子炉圧力容器 (RPV) と原子炉格納容器 (PCV) のバウンダリ機能が喪失した状態で炉心燃料を取り出すためには、PCVを補修してバウンダリを再構築し、PCV内をRPVと共に水で満たした状態にする必要がある。

PCV近傍は高線量下で狭隘部もあり、またPCV下部(圧力抑制室等)が浸水しており、こうした環境で損傷箇所を特定する技術は未だ確立されていない。

そのため、高線量・狭隘・水中環境における点検調査工法と装置の開発が必要である。



原子炉格納容器漏洩箇所調査概念図

2. 研究開発の実施内容

②

1. 点検調査工法の検討・装置設計

- ・格納容器や原子炉建屋の漏えい箇所を特定するための工法を検討し、装置の設計を行う。

2. 点検調査装置の製作・改良

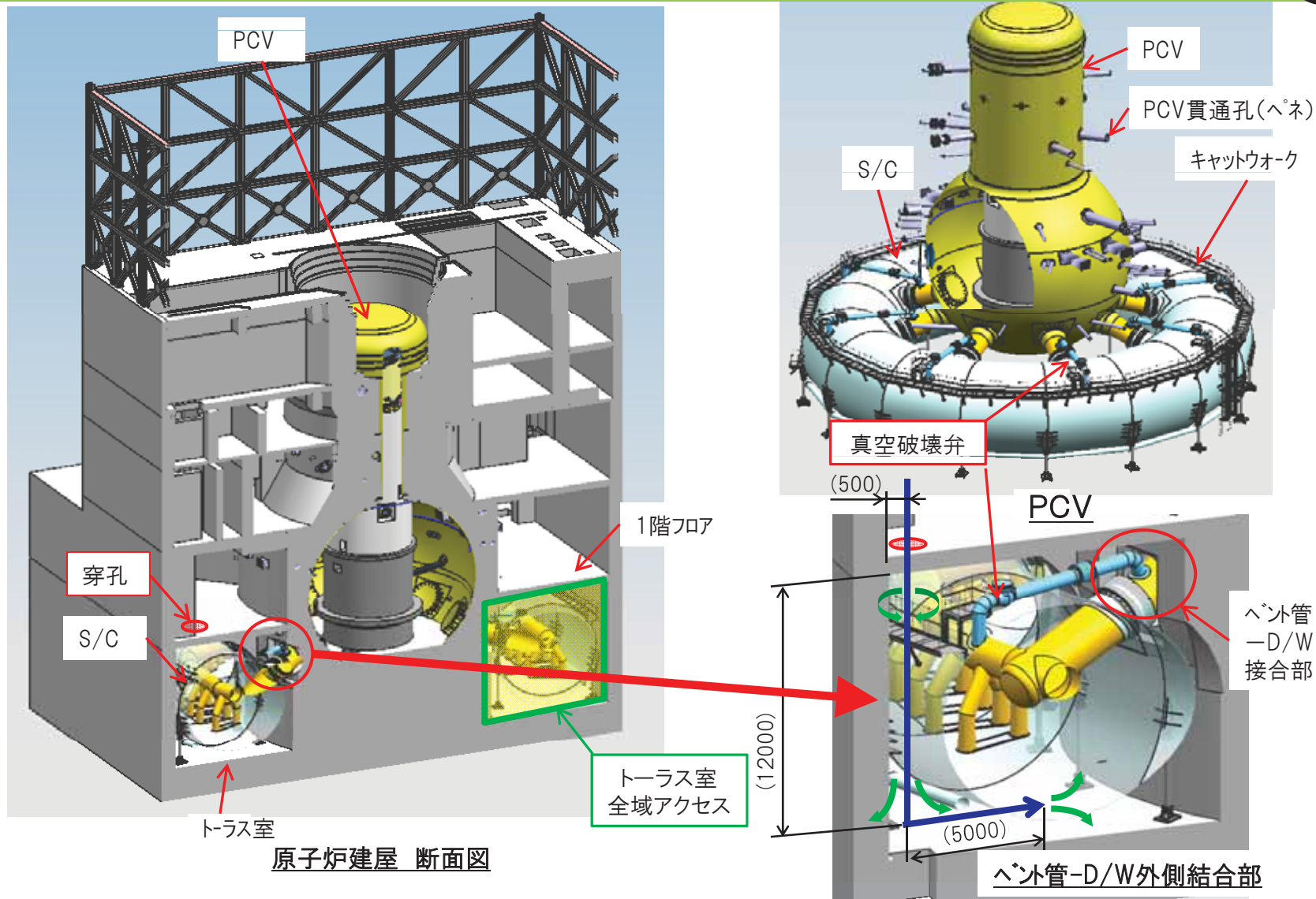
- ・格納容器や原子炉建屋の漏えい箇所を特定するための装置を製作するとともに実機適用性評価(現場実証)を行い、必要に応じて改良を進める。

実施工程

事項／年度	第1期			第2期
	2011	2012	2013	2014 (前)
1. 点検調査工法 検討・装置設計	■			
2. 点検調査装置 製作・改良			■	

トラス室壁面およびS/C調査ロボット 施工対象部

③



- ・水中移動、S/C上の走行等により干渉物を回避してトラス室壁面、S/Cのハッチ等にアクセスすること
- ・濁水中で微量な水の漏えいを検知し、漏えい箇所を特定すること

ドライウェル-ベント管接合部調査ロボット 施工対象部 ④

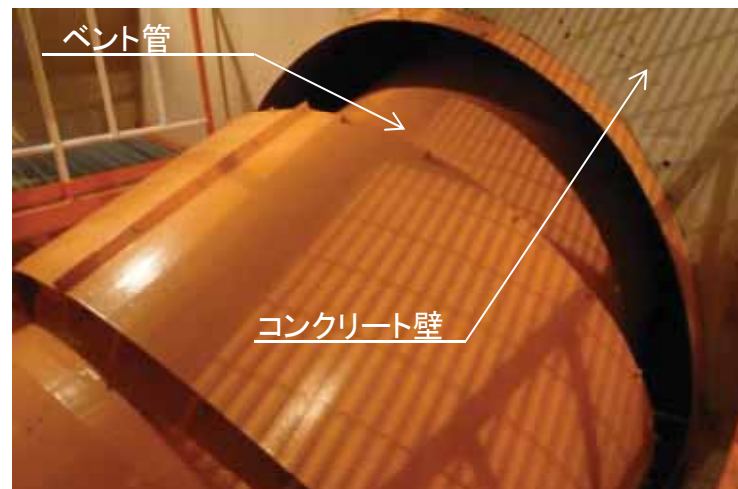


移動装置

高線量の気中環境においてφ2000程度の鋼管(ベント管)外面を走行し、コンクリート壁との隙間(最狭部110mm)から調査対象箇所へ接近可能な移動装置。

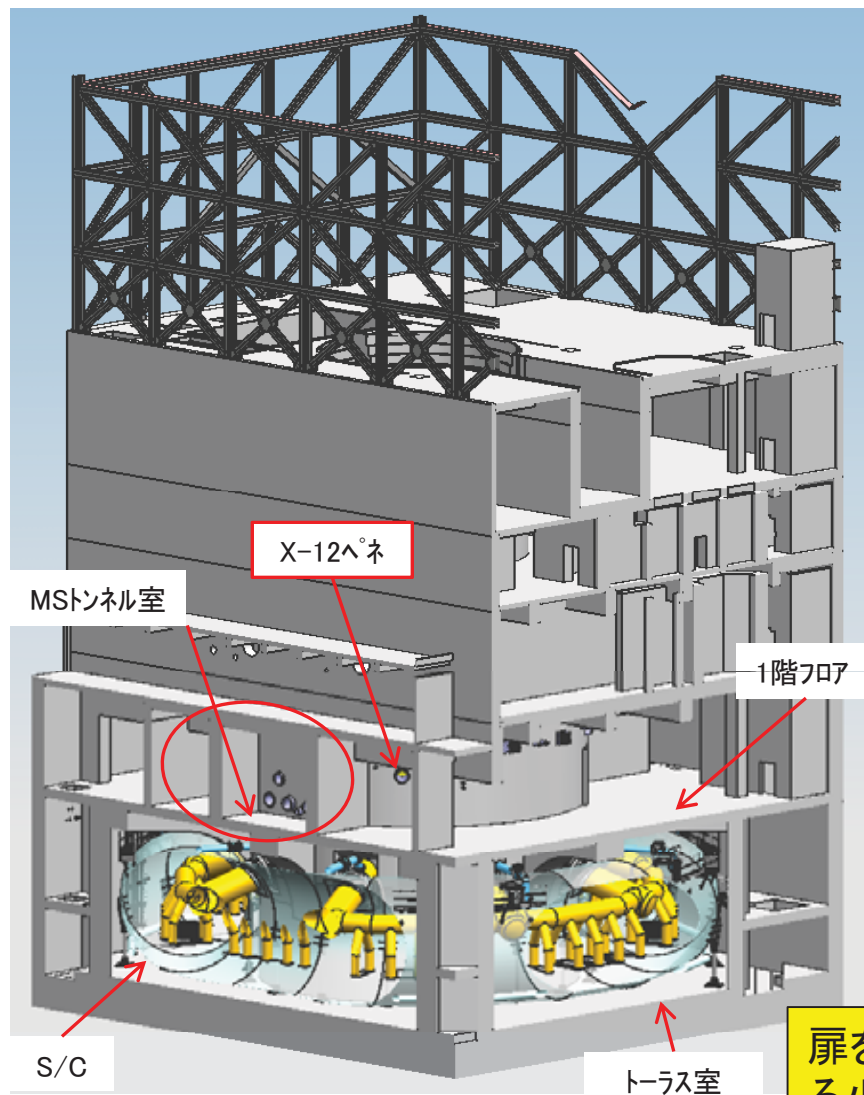
計測装置

上記移動装置に搭載可能で、微細な欠陥、損傷、漏えいを判定するため、可視光または、赤外線、紫外線等の高解像度 CCDを有する。加えて、高線量下でも電子機器が正常に作動することが検証されていること。

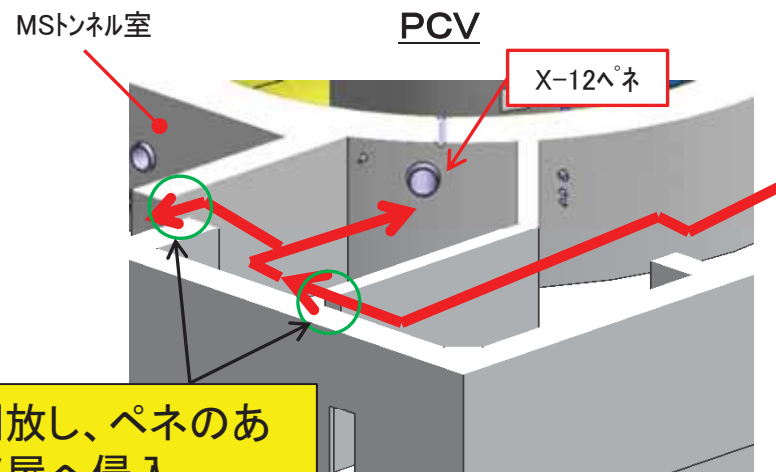
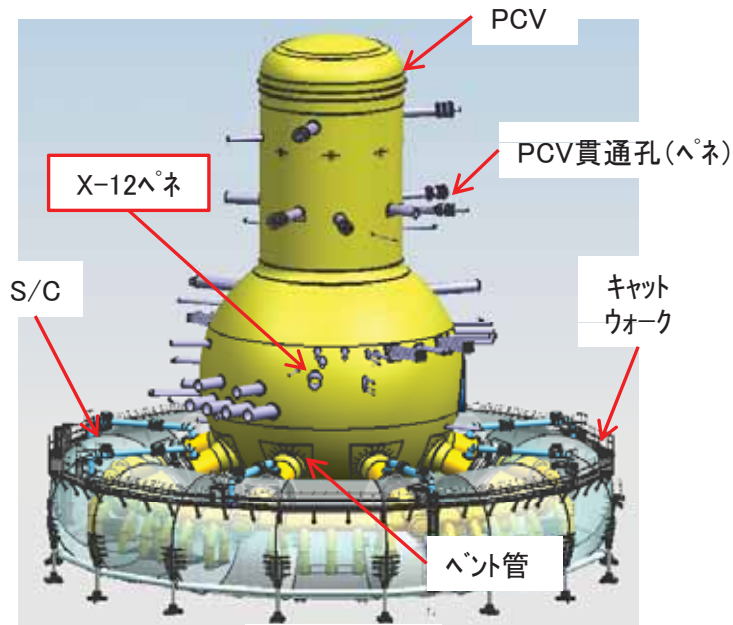


- ・ベント管とコンクリ壁とのすきまに進入し、その先の調査対象箇所へ到達可能なこと
- ・水または、ガスの漏えいを検知し、漏えい箇所を特定する計測技術

ドライウェル外側狭隘部調査ロボット 施工対象部 ⑤



原子炉建屋 断面図



扉を開放し、ペネのある小部屋へ侵入

X-12ペネ

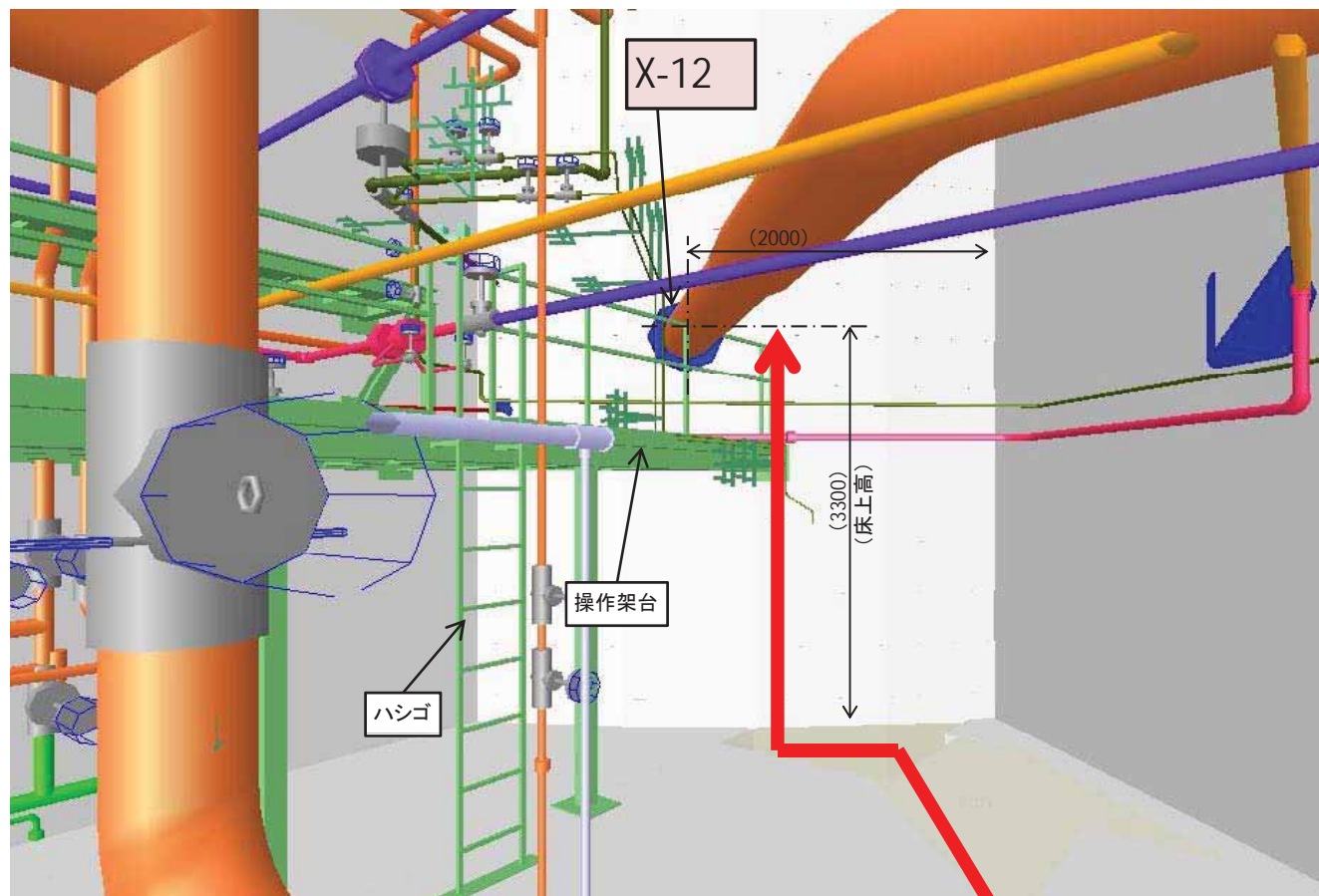
ドライウェル外側狭隘部調査ロボット 施工対象部 ⑥



施工対象部 上面

- ・対象部位へ周囲の干渉物を回避しつつアクセスすることが可能なこと
- ・気中状態で当該部の微量なガスの漏えいを検出し、漏えい箇所を特定すること

ドライウェル外側狭隘部調査ロボット 施工対象部 ⑦



施工対象部 正面

- ・高所にある対象部位へ周囲の干渉物を回避しつつアクセスすることが可能なこと
- ・対象部位へ周囲の干渉物を回避しつつアクセスすることが可能なこと
- ・気中状態で当該部の微少な漏えいを検知し、漏えい箇所を特定すること

格納容器漏えい特定技術の開発 装置の要求仕様 ⑧

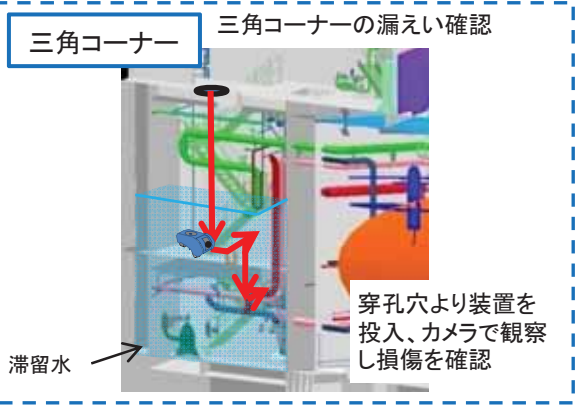
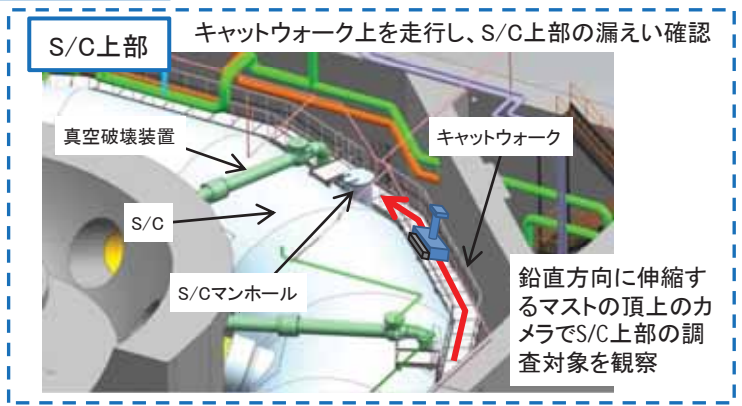
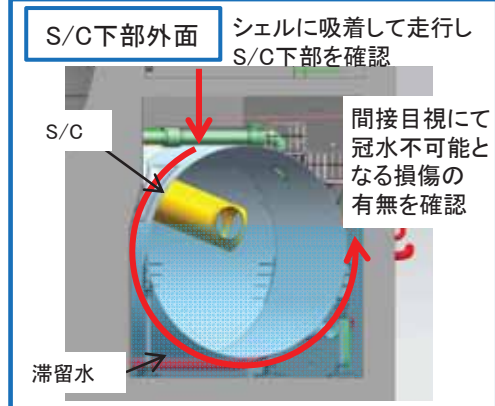
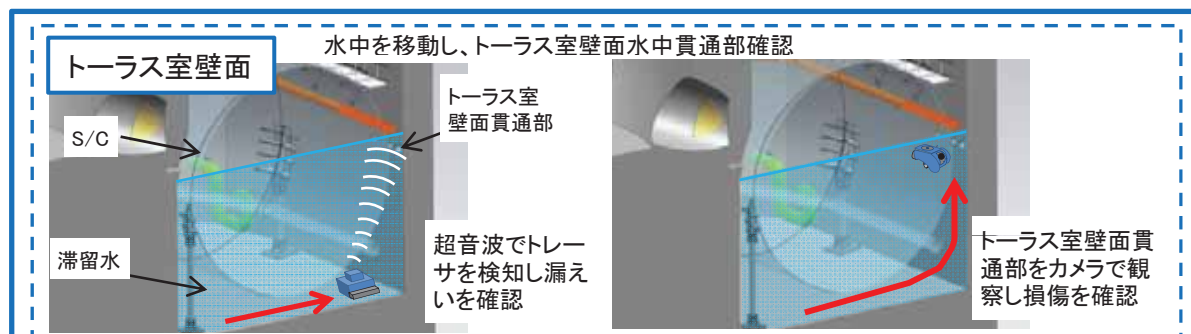
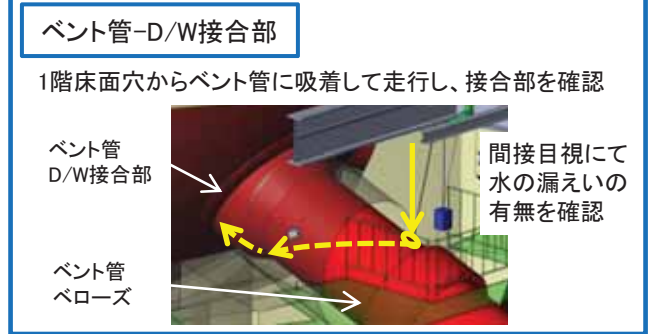
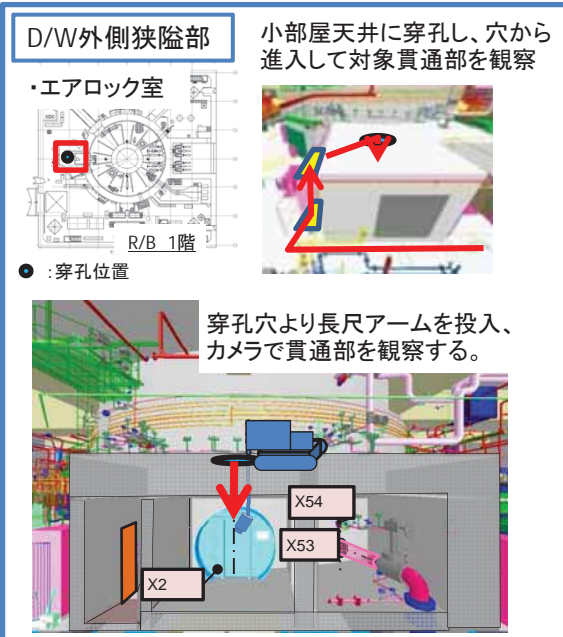
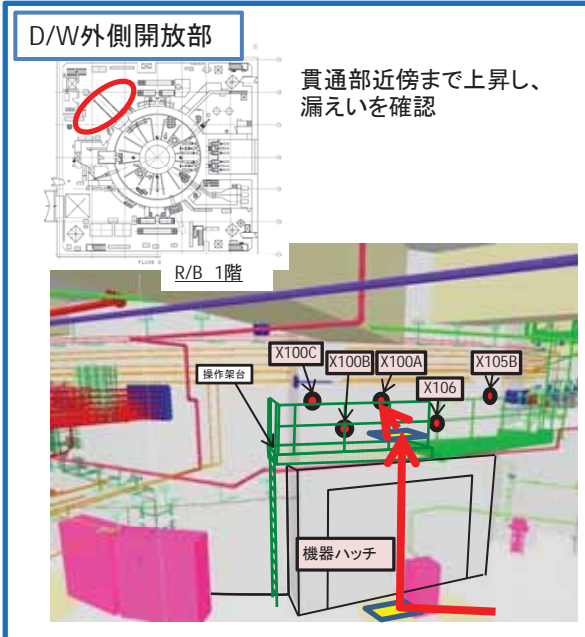
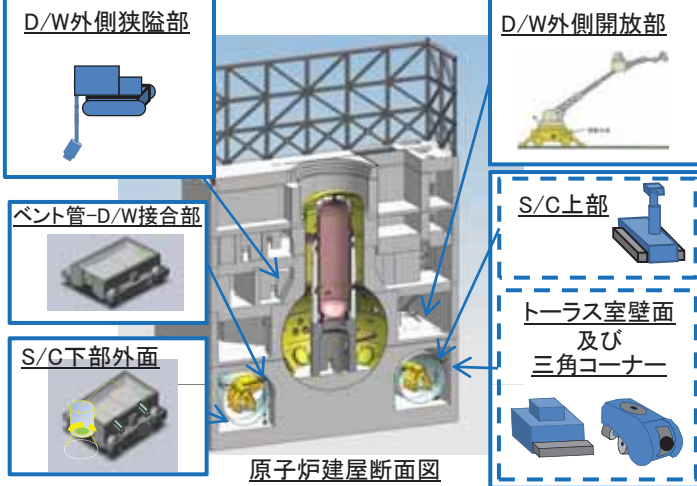
対象装置	使用環境	使用温度	耐放性
トラス室壁面 および S/C上面調査ロボット	気中/水中	60℃以下	雰囲気: 10(Sv/h)以上 累積: 200Gy以上*
S/C下部外面 調査ロボット	水中	60℃以下	雰囲気: 20(Sv/h)以上 累積: 200Gy以上*
ベント管-D/W 接合部調査ロボット	気中/水中	60℃以下	雰囲気: 20(Sv/h)以上 累積: 200Gy以上*
D/W外側開放部 調査ロボット	気中	60℃以下	雰囲気: 3(Sv/h)以上
D/W外側狭隘部 調査ロボット	気中	60℃以下	雰囲気: 4(Sv/h)以上 累積: 200Gy以上*

*: 部品の取替え性を考慮のこと。

格納容器漏えい特定技術の開発 求められる技術 ⑨

対象装置	特に求められる技術
<p>トラス室壁面 および S/C上面調査ロボット</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・水中移動、S/C上の走行等により干渉物を回避してトラス室壁面、S/Cのハッチ等にアクセスする技術 ・濁水中で微少な水の漏えいを検知し、漏えい箇所を特定する計測技術
<p>S/C下部外面 調査ロボット</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・水中移動等により干渉物を回避してS/Cの下面にアクセスする技術 ・濁水中で微少な水の漏えいを検知し、漏えい箇所を特定する計測技術
<p>ベント管-D/W 接合部調査ロボット</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ベント管とコンクリ壁とのすきまに進入し、その先の調査対象箇所へ到達可能な技術 ・水または、ガスの漏えいを検知し、漏えい箇所を特定する計測技術
<p>D/W外側開放部 調査ロボット</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・対象部位へ周囲の干渉物を回避しつつアクセスすることが可能な技術 ・気中状態で微量なガスの漏えいを検出し、貫通部の漏えい箇所を特定する計測技術
<p>D/W外側狭隘部 調査ロボット</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・対象部位へ周囲の干渉物を回避しつつアクセスすることが可能なこと ・気中状態で微量なガスの漏えいを検出し、貫通部の漏えい箇所を特定する計測技術

各施工対象部位と 使用装置 (10)



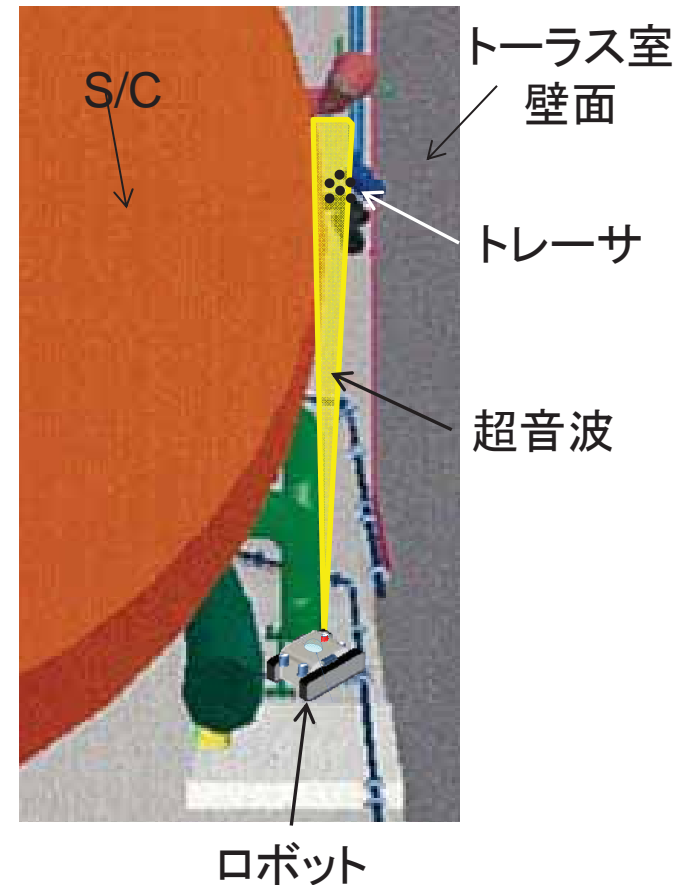
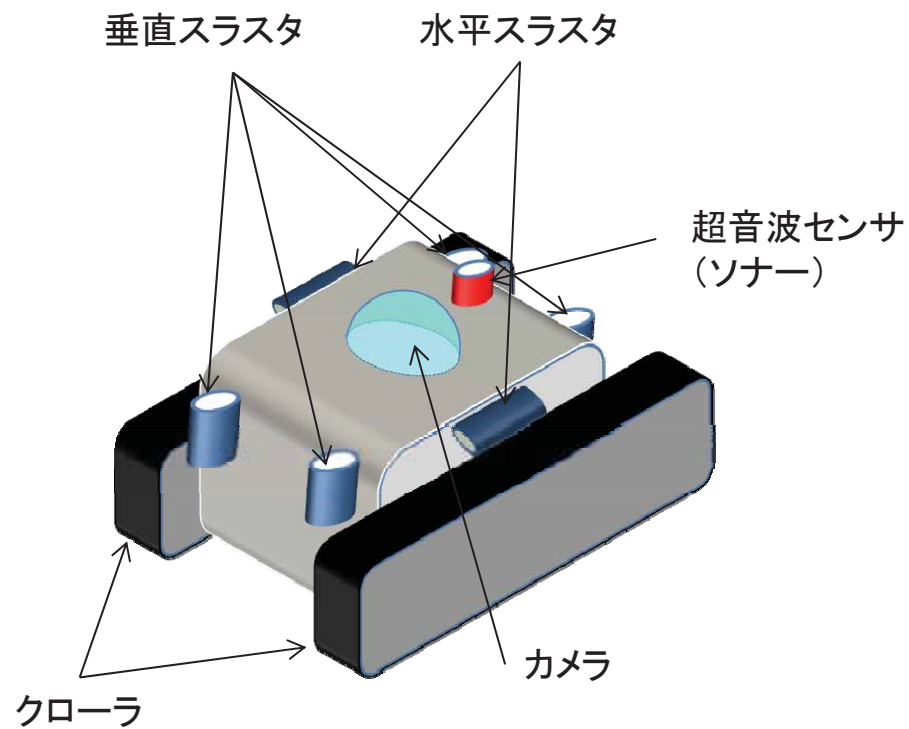
PCV漏えい箇所調査ロボット(案)

11

No.	調査対象箇所	駆動方式	漏えい検知方法
①	トーラス壁面(水中)	クローラ 水中スラスタ	超音波センサー
②	トーラス壁面(水中) 三角コーナー壁面(水中)	水中スラスタ	カメラ
③	S/C上部 トーラス壁面(気中)	クローラ	カメラ
④	S/C下部 サンドクッションドレンライン	マグネット式4車輪	カメラ
⑤	ベント管接合部	マグネット式4車輪	カメラ
⑥	D/W外側開放部	4車輪	カメラorレーザー(微粒子散布法)or赤外線カメラorタフト法or音響
⑦	D/W外側狭隘部	クローラ	カメラ

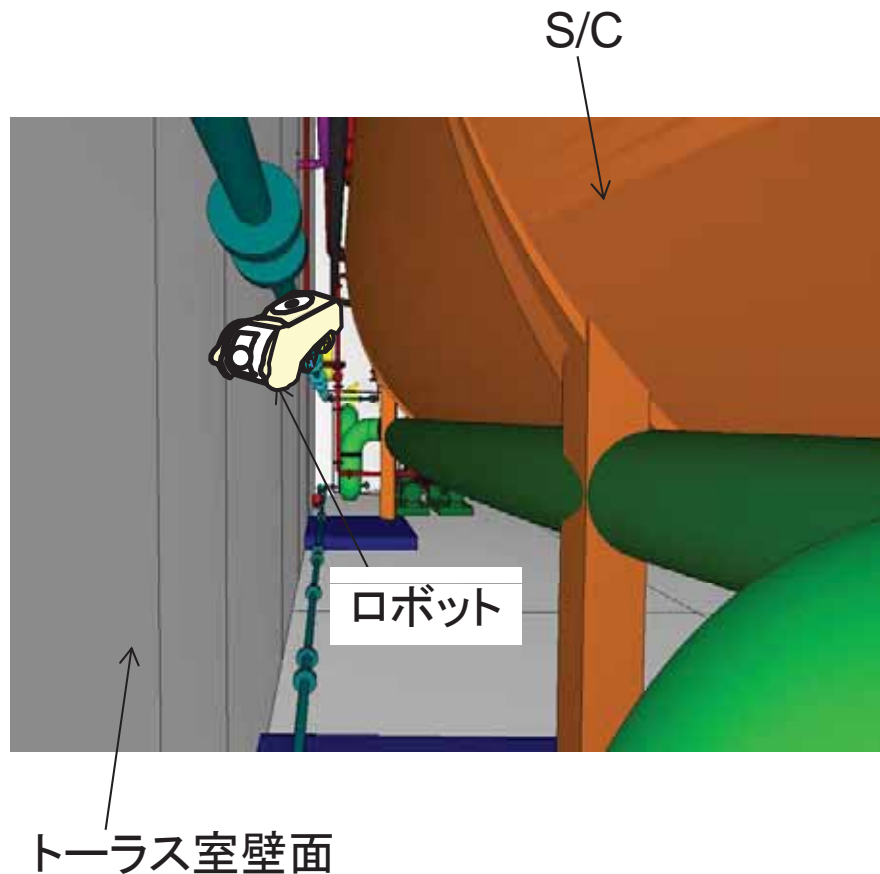
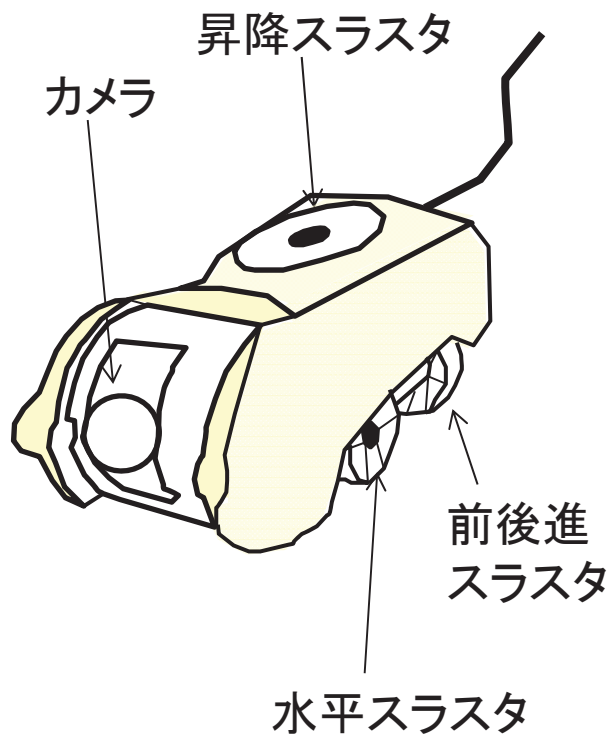
調査対象箇所 【トラス壁面水中】【三角コーナー】

○漏えい検知方法:超音波センサ(ソナー等)により、水中を浮遊する微粒子等をトレーサとして流れを可視化



調査対象箇所 【トーラス壁面水中】【三角コーナー】

○漏えい検知方法:カメラ



PCV漏えい箇所調査ロボット(案)③

14

調査対象箇所 【S/C上部】 【トーラス壁気中】

○漏えい検知方法:カメラ

ズームカメラ(雲台付)

伸縮マスト

約500mm

900mm

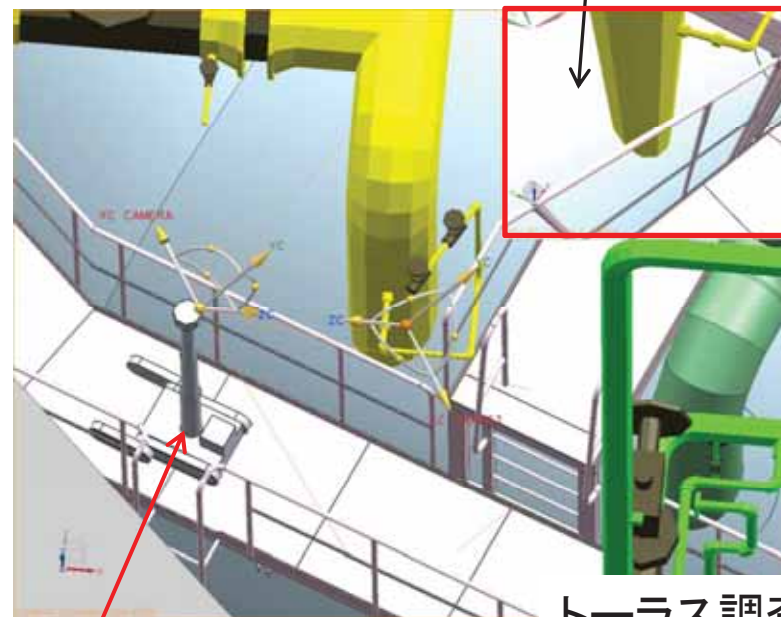
~

3000mm

クローラ

フリッパー

撮影画像例

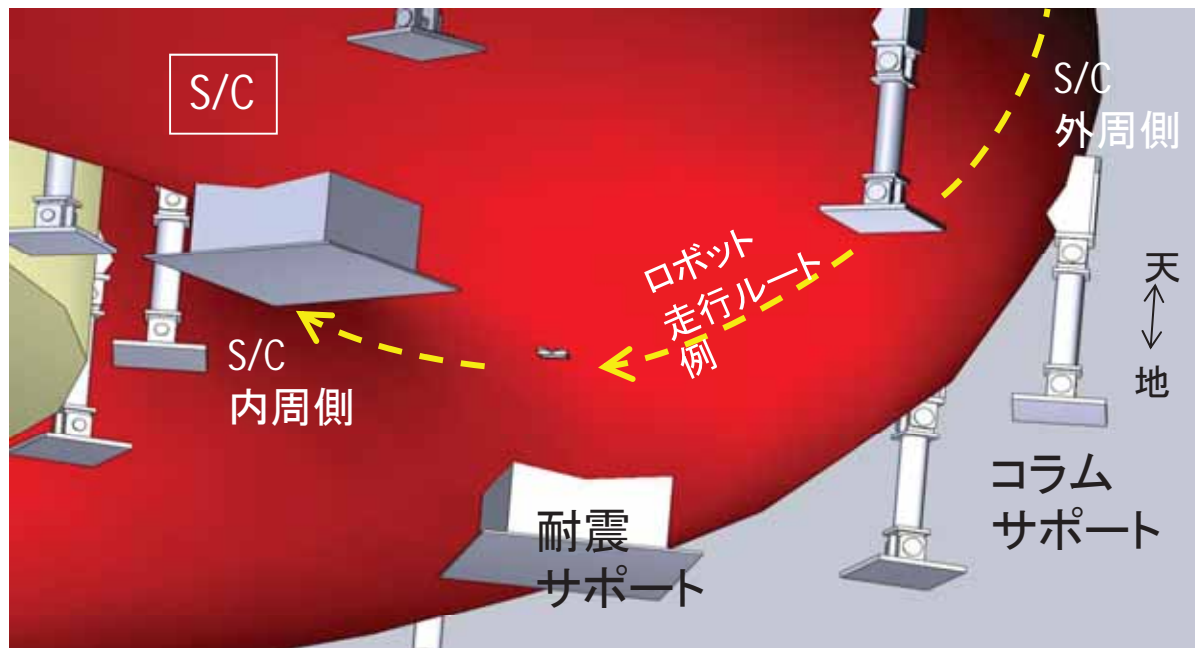
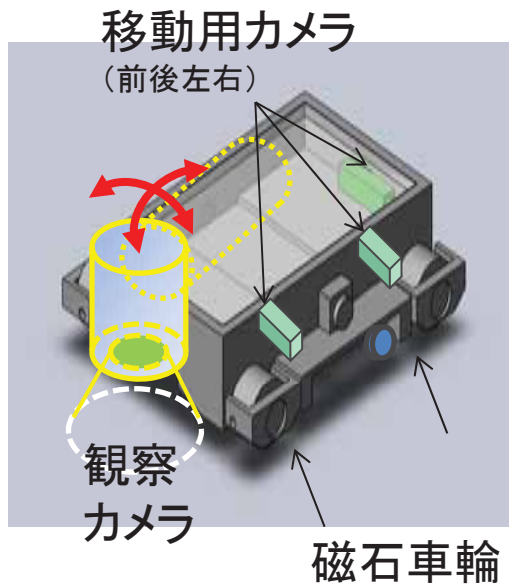


調査ロボット

トーラス調査

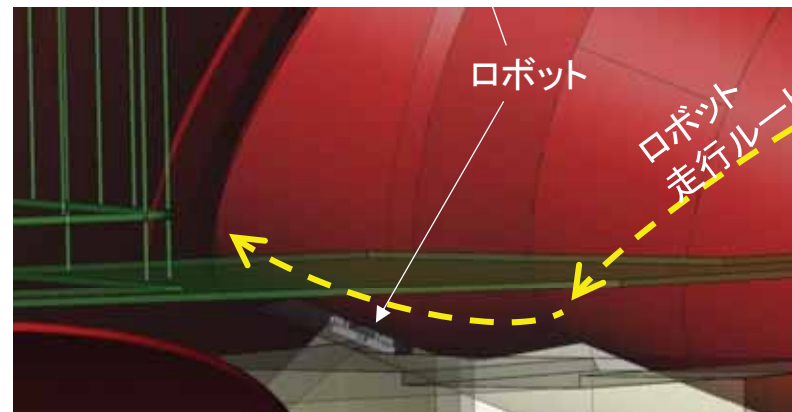
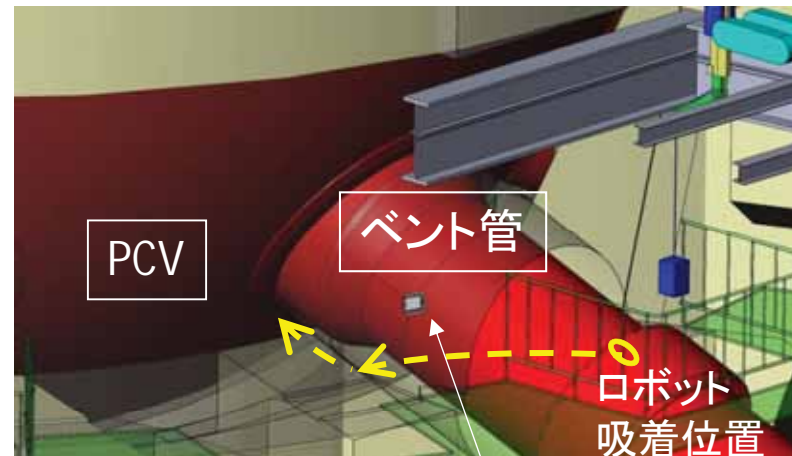
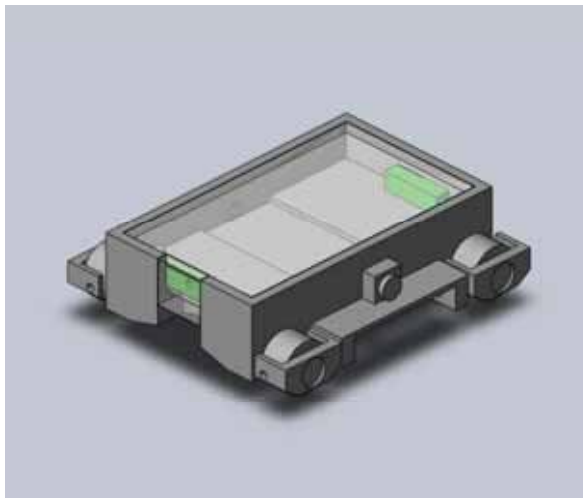
調査対象箇所 【S/C下部】【サンドクッションドレンライン】

○漏えい検知方法:カメラ、水中流速計



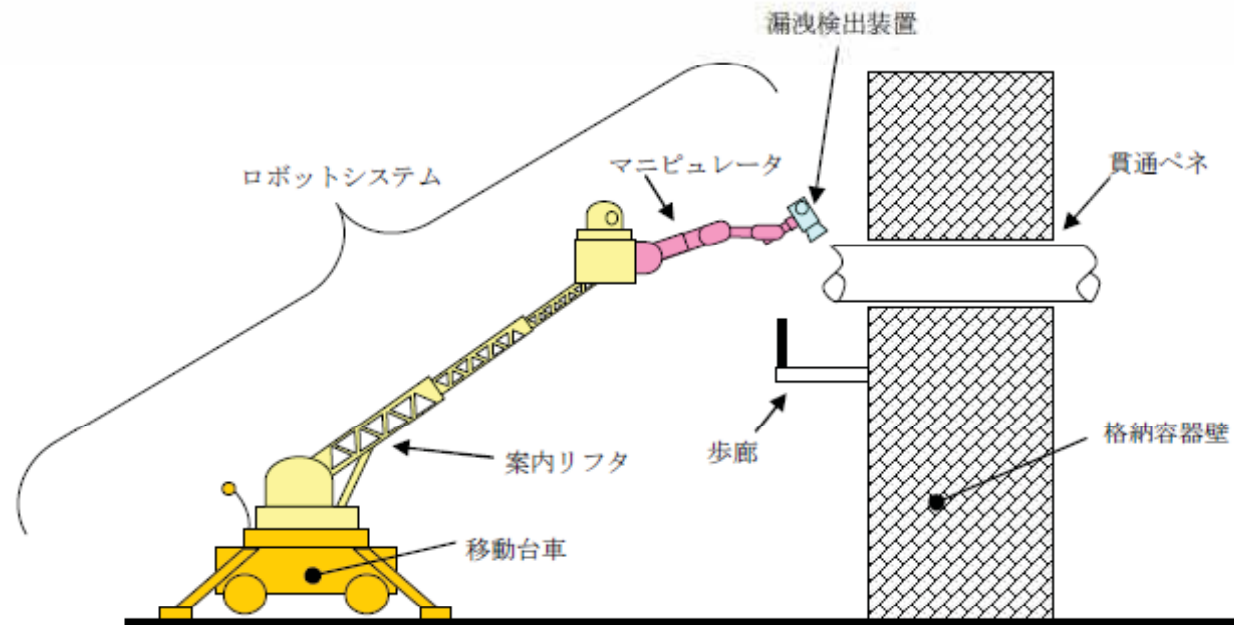
調査対象箇所 【ベント管接合部】

○漏えい検知方法:カメラ



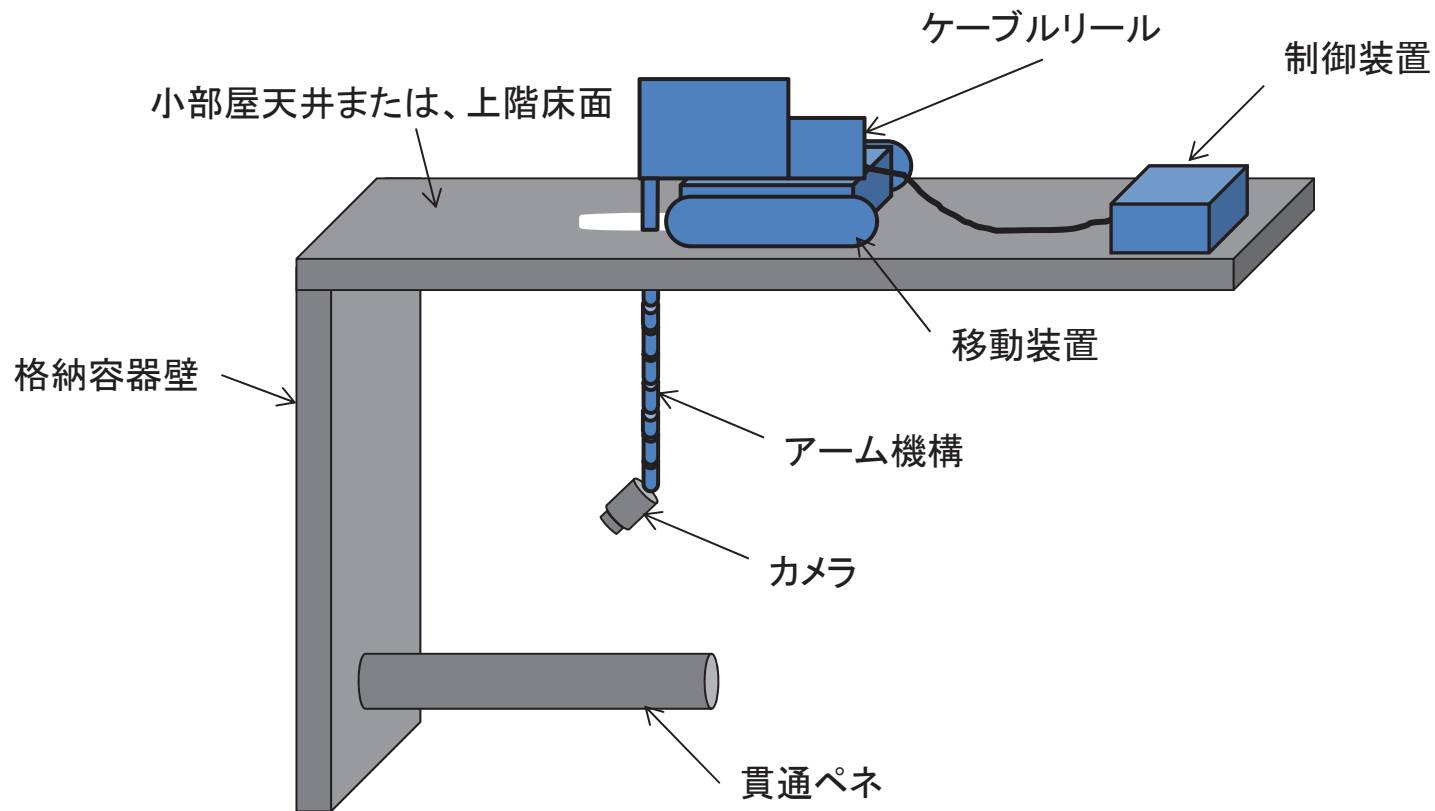
調査対象箇所 【D/W外側開放部】

○漏えい検知方法:カメラor トレーサー(微粒子散布)法(微粒子の流れをレーザー又は光源で可視化)or 赤外線カメラ(サーモグラフィ) or タフト法(繊維を近づけ、その動きを確認) or 音響(ガス噴出音をマイクで検出)



調査対象箇所 【D/W外側狭隘部】

○漏えい検知方法:カメラ



経済産業省ウェブサイト 政府・東京電力中長期対策会議研究開発推進本部(第11回会合)資料より

○課題

高線量・狭隘・水中環境において、格納容器の漏えい箇所調査のための漏えい調査工法と点検調査装置を開発する必要がある。

○点検調査装置の製作・改良

- ・格納容器や原子炉建屋の漏えい箇所を特定するための装置の製作を実施する。
(各部位：D/W外側狭隘部、D/W外側開放部、S/C下部外面、ベント管-D/W接合部、トラス室壁面、S/C上部)
- ・製作した装置の機能確認及びモックアップ試験を実施し、装置性能の確認を行う。
- ・実機適用性評価(現場実証)を行い、必要に応じて装置の改良を行う。
(S/C下部外面、ベント管-D/W接合部、トラス室壁面、S/C上部)
- ・実機適用性評価を実施するに際して、必要な環境改善及び、準備工事を実施する。
(簡易な線量低減、穴あけ施工等)

