

格納容器内部調査結果及び漏洩経路の特定に向けた調査計画

平成24年7月24日

東京電力株式会社 桑原浩久

【発表内容】

1. 格納容器(PCV)内部調査結果(2号機)
2. トーラス室調査結果(1、2、3号機)
3. 漏えい箇所特定に向けた今後の調査計画
4. まとめ



東京電力

【目的】

- 格納容器内部の状況把握、データ直接採取（雰囲気温度、水位）により、**冷温停止状態が安定的に維持されている**ことの継続監視を補完する。
- また、既存技術を利用したの状況把握、データ採取を行うことにより、**今後の調査研究立案の基礎データ取得**、今後の開発課題抽出に資する。

【実施事項】

格納容器貫通部（X-53ペネ、原子炉建屋1階）に穴を開け、検査装置を挿入することにより、以下の調査を実施する

	調査内容	検査装置
(1)	格納容器内の状態を 遠隔目視 にて確認する	工業用内視鏡
(2)	格納容器内の 雰囲気温度、滞留水温度 ※1を直接測定する	熱電対
(3)	格納容器内の 水面 を確認する	工業用内視鏡

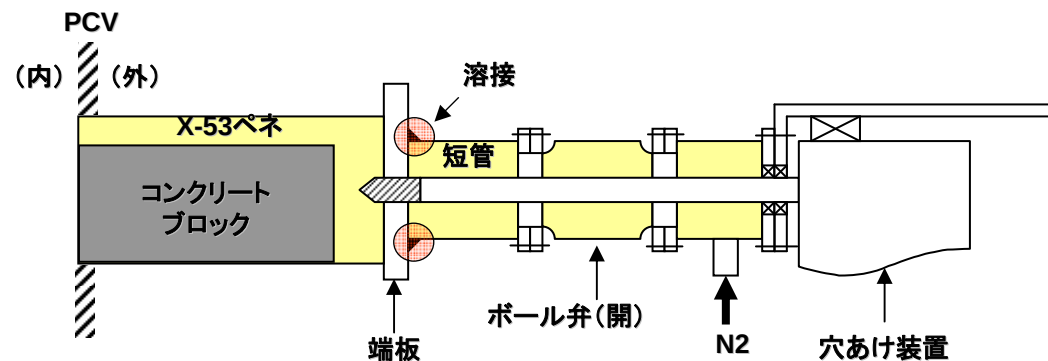
1. -2 2号機 PCV内部調査(工事概要)

2

I. 穴開け

(1月17日実施)

- ①X-53ペネに短管溶接
- ②短管に弁スプール、穴あけ装置取付後、ドリルを送り端板に穴開け($\phi 23$)



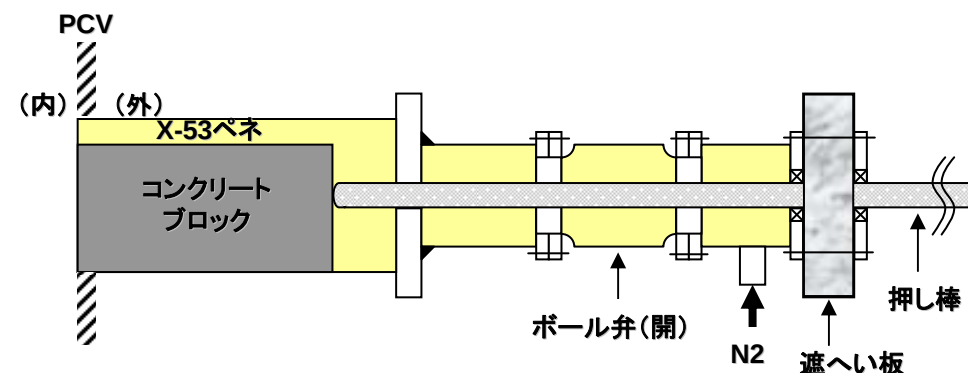
II. ブロック落とし

(1月17日実施)

遮へい板をフランジに取り付け、押し棒を挿入し、コンクリートブロックを落とす

【作業実績(穴開け+ブロック落とし)】

作業日 : 1月17日
最大被ばく線量: 3.03mSv
作業員数 : 54名



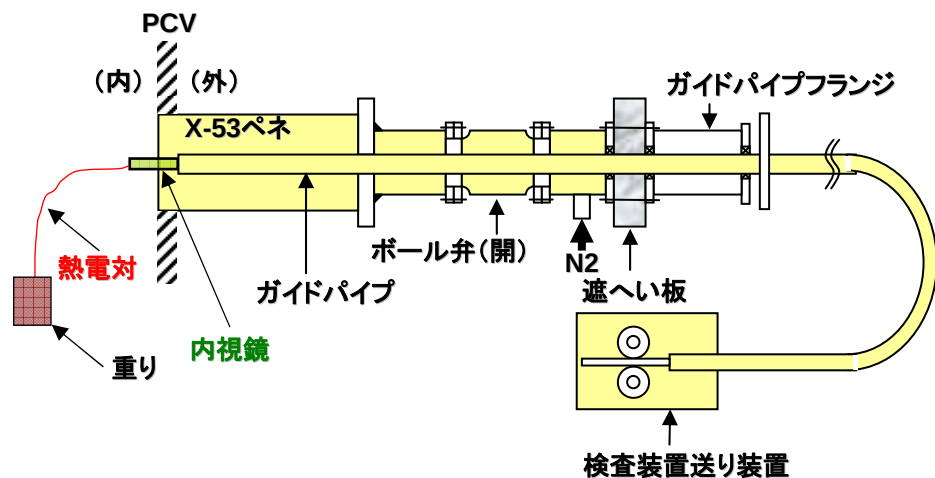
III. PCV内部確認

(1月19日実施)

- ①閉止板を外し、ガイドパイプフランジ($\phi 16$)を取り付ける
- ②工業用内視鏡を挿入し内部を確認

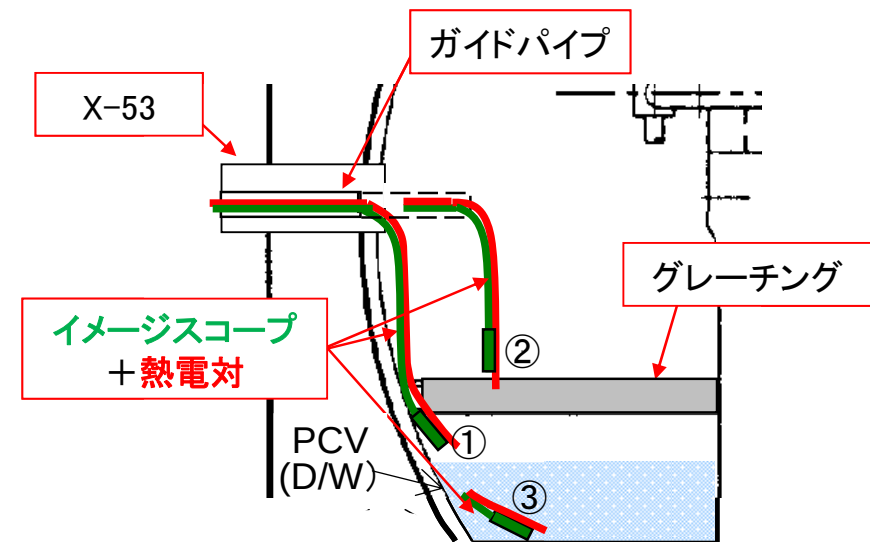
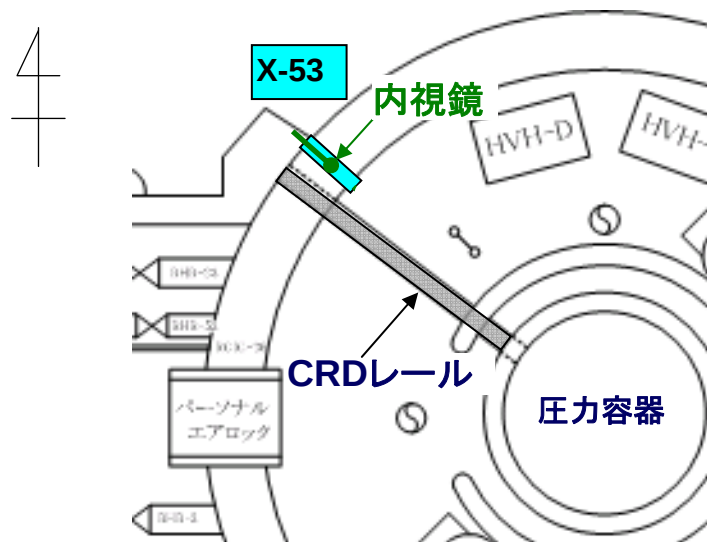
【作業実績】

作業日 : 1月19日
最大被ばく線量: 3.07mSv
作業員数 : 28名

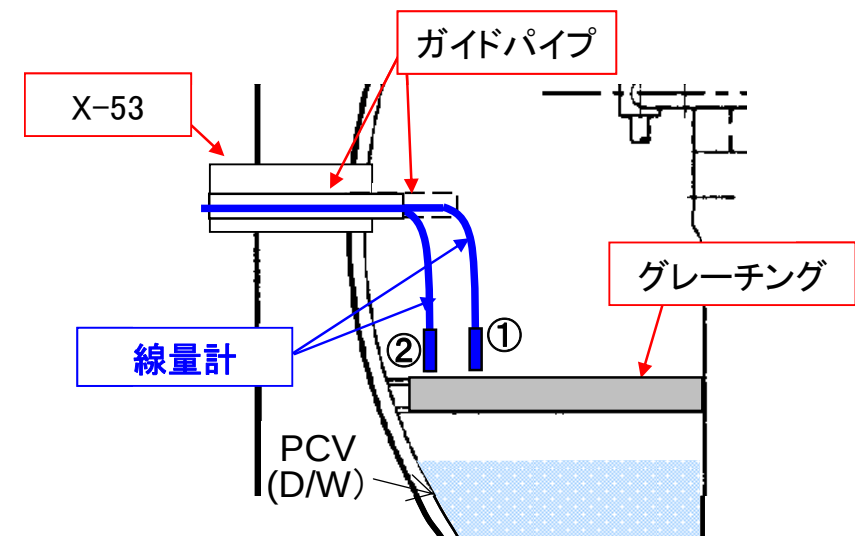
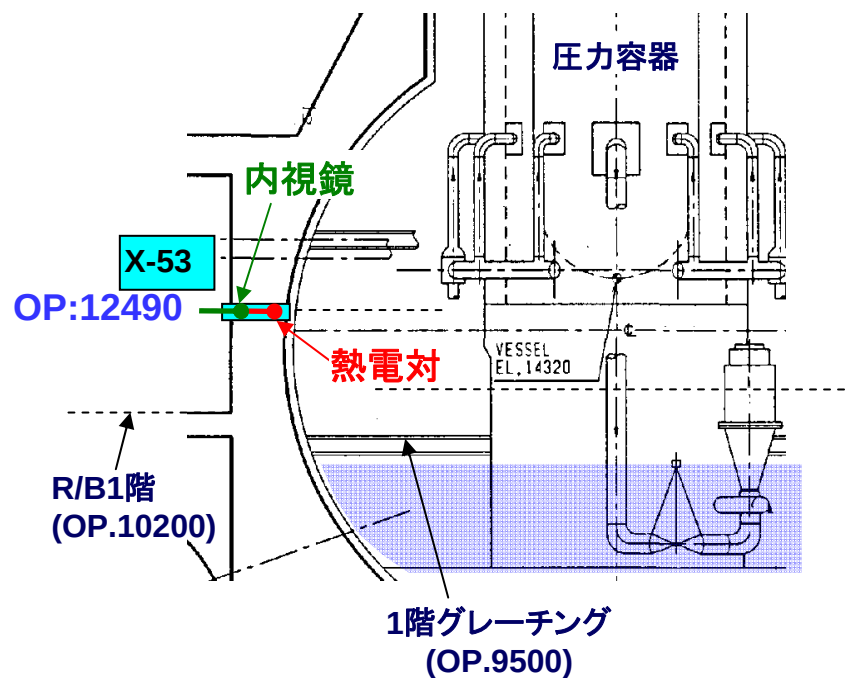


1. -3 2号機 PCV調査方法(水位、温度、線量)

3



水位・温度測定手順(①→②→③)

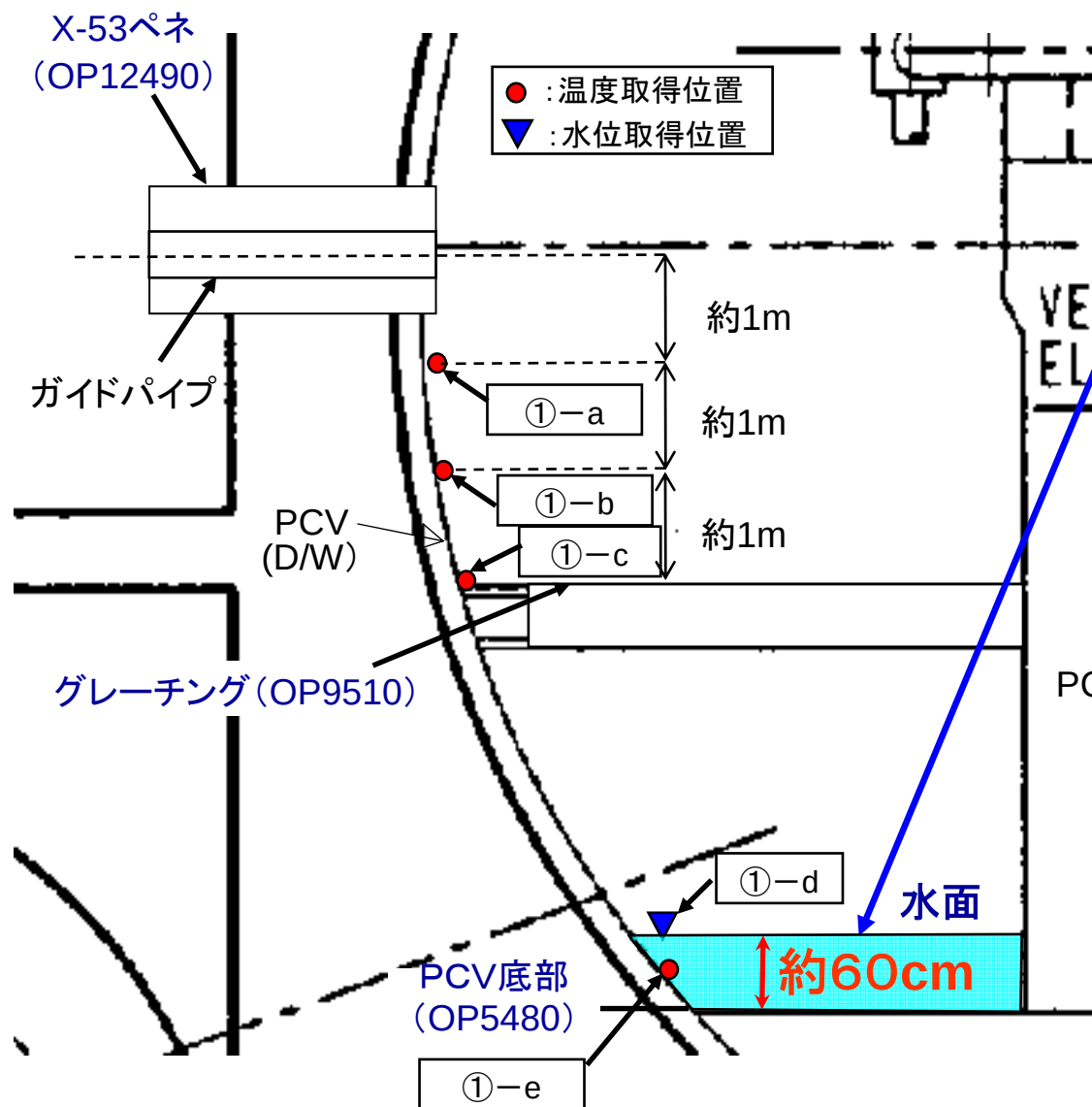


線量計測定手順(①→②)

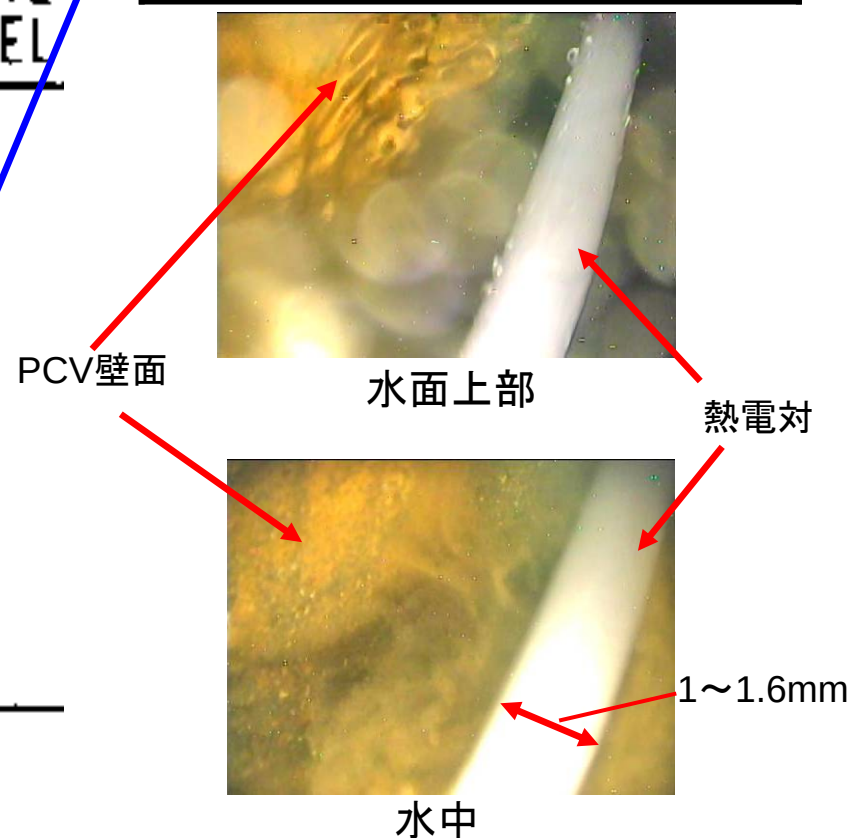
1. -4 2号機 PCV調査結果(水位、水温、雰囲気温度:内壁近傍)

4

測定日: 3月26, 27日

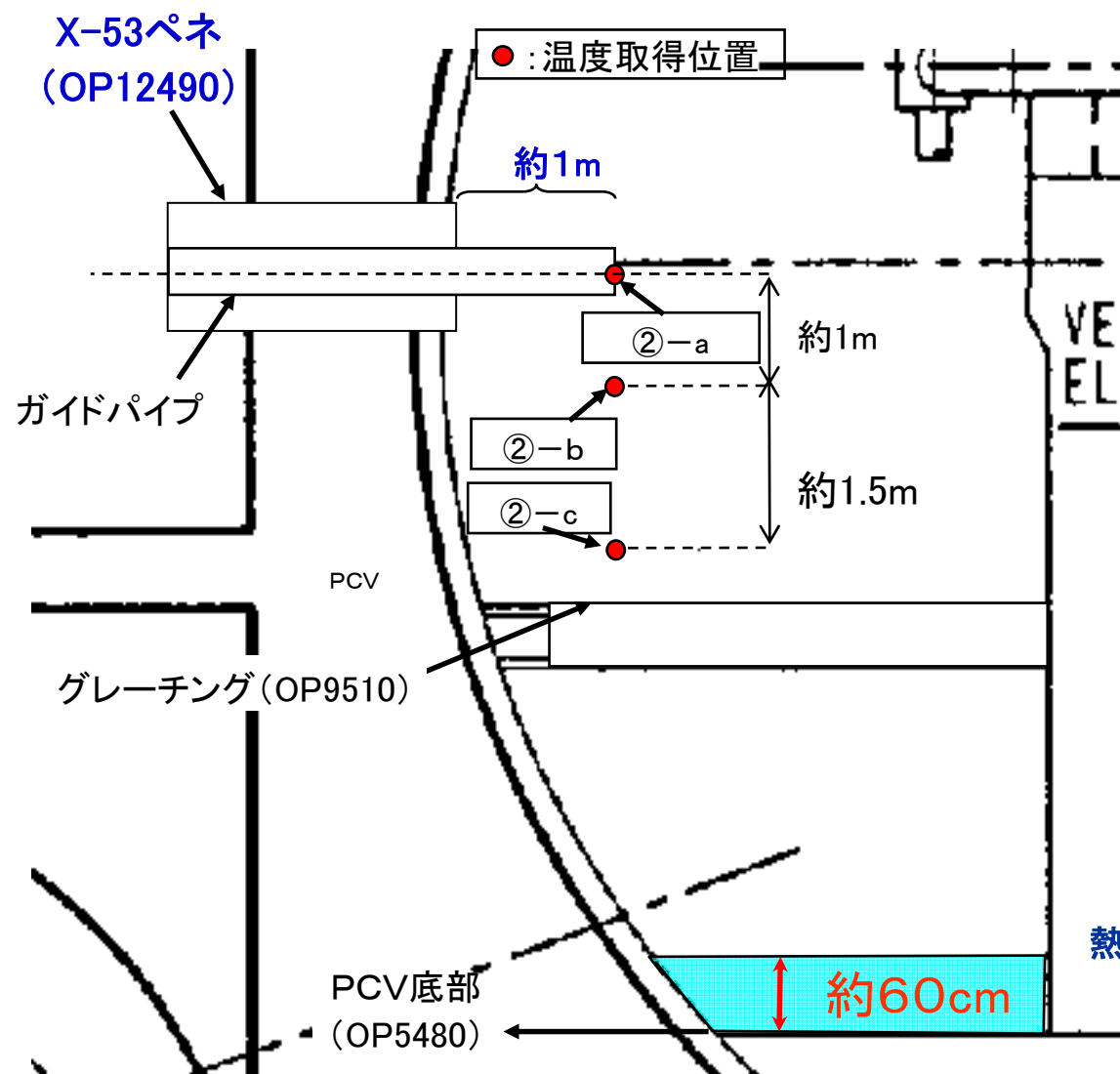


①-a	42. 8℃
①-b	43. 0℃
①-c	43. 5℃
①-d	PCV底部より約60cm
①-e	48. 5~50. 0℃

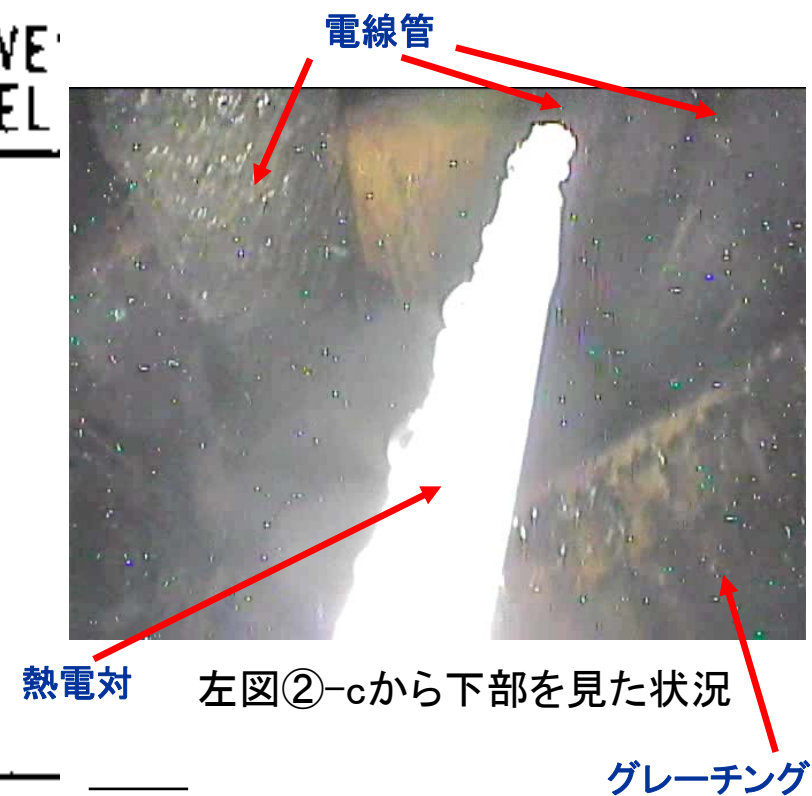


1. -5 2号機 PCV調査結果(雰囲気温度: X-53ペネより約1m)

5

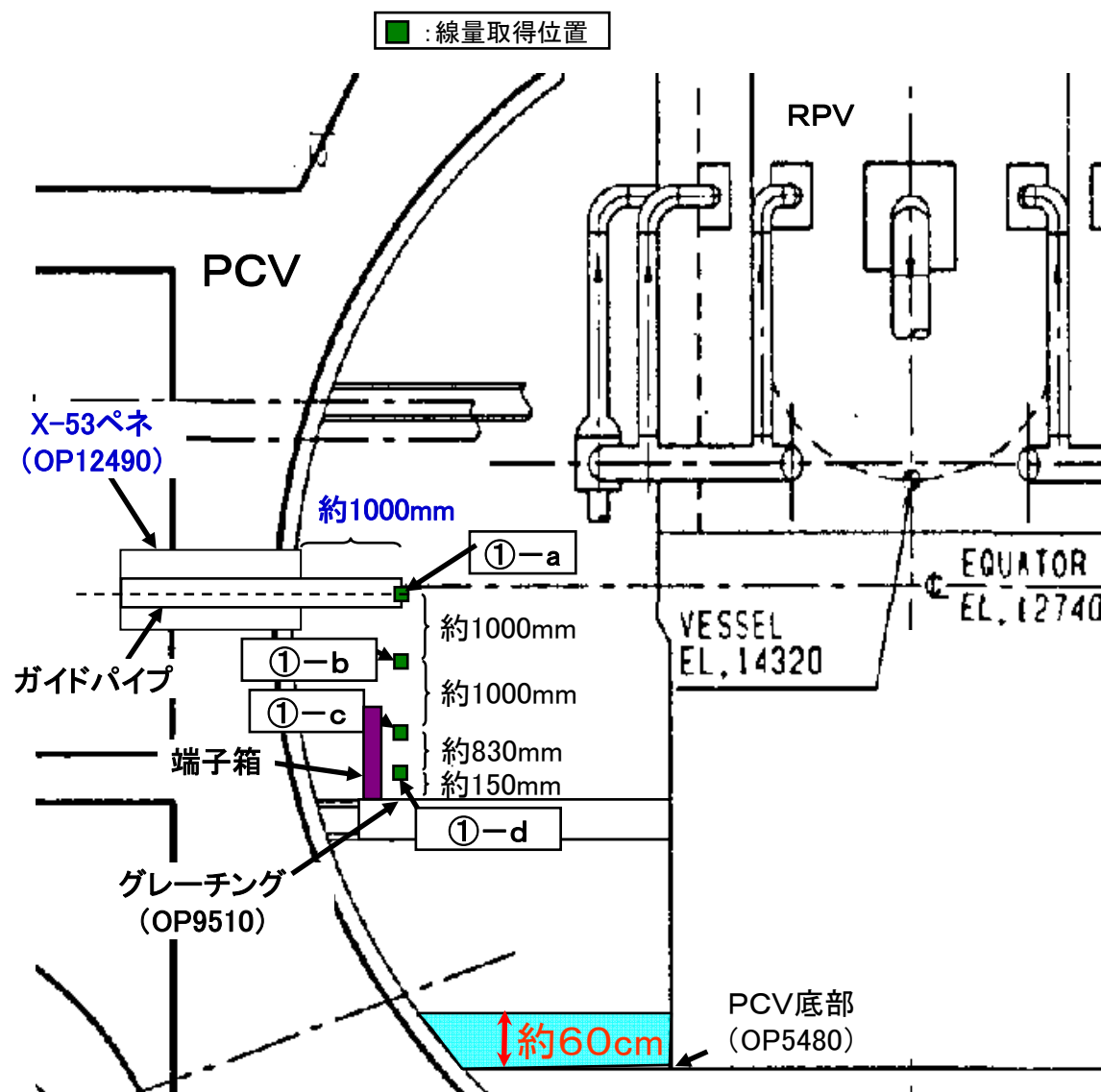


②-a	44.9℃
②-b	44.6℃
②-c	44.5℃



1. -6 2号機 PCV調査結果(雰囲気線量 : 内壁から約1000mm)

6



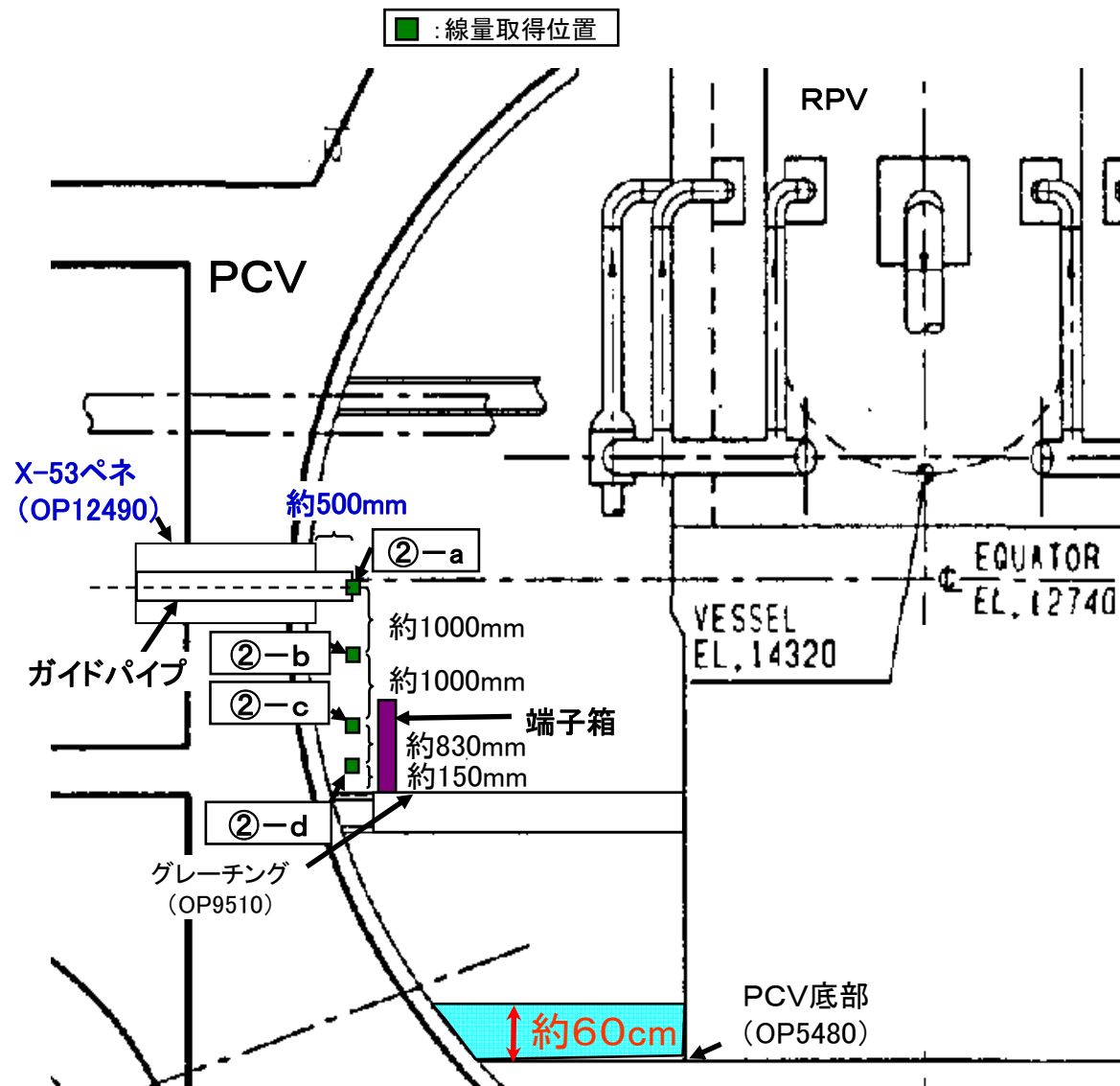
線量測定結果

①-a	39.0	Sv/h
①-b	54.1	Sv/h
①-c	57.4	Sv/h
①-d	72.9	Sv/h

注) 測定位置はケーブル送り長さから
想定

1. -7 2号機 PCV調査結果(雰囲気線量 : 内壁から約500mm)

7



線量測定結果

②-a	31.1	Sv/h
②-b	48.0	Sv/h
②-c	41.4	Sv/h
②-d	37.3	Sv/h

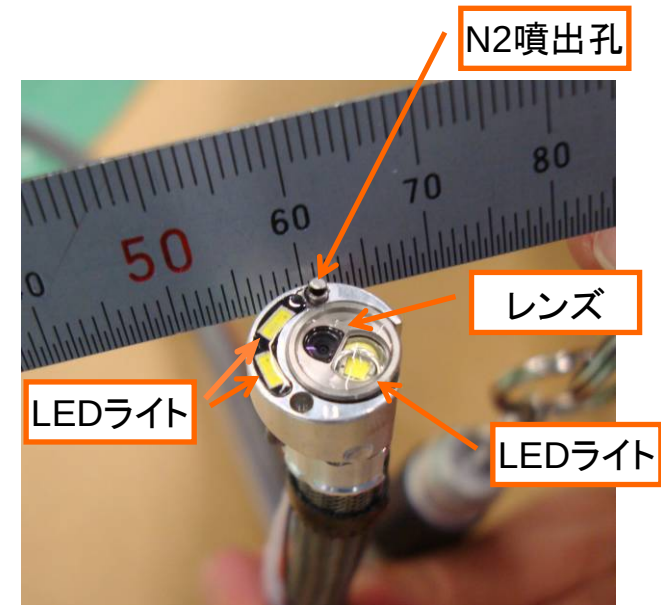
注) 測定位置はケーブル送り長さから想定

1. -8 (参考)ビデオイメージスコープ

8



表示部および操作部



カメラ先端部

＜主な仕様＞

挿入部の外径	Φ8.5mm(先端部外形: Φ12.7mm)
挿入部の有効長	20m
挿入部の使用温度範囲	～100℃(空気中)、～30℃(水中)
耐放射性	1000Gy

1. -9 (参考)線量計

9



<主な仕様>

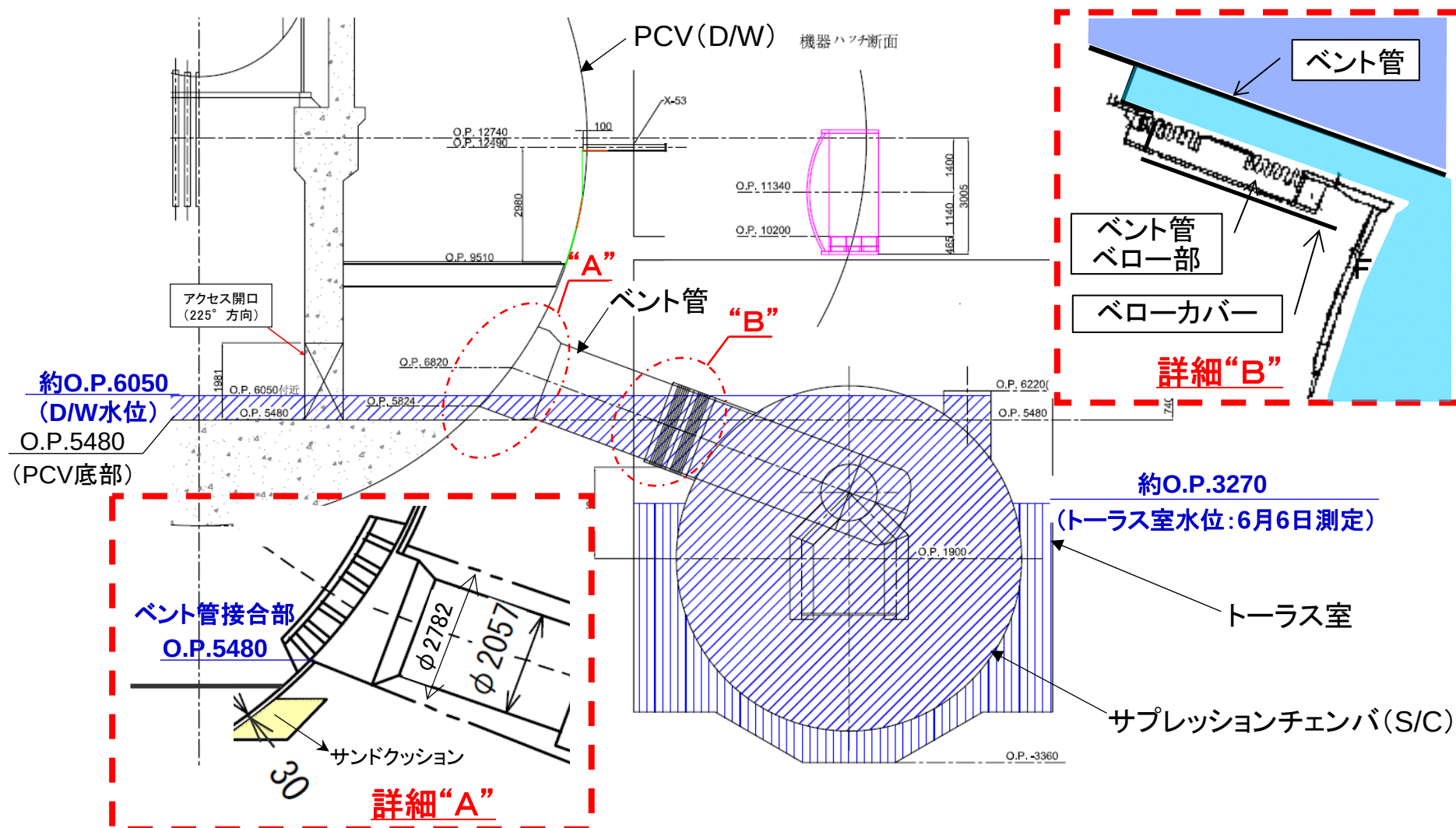
電離箱

挿入部の外径	$\Phi 7\text{mm}$ (最大径部 $\Phi 13.8\text{mm}$)
挿入部の有効長	約20m
測定範囲	0~1000Sv/h

1. -10 2号機 PCV内部調査結果に対する考察

10

- D/W水位以下の箇所(PCV～ベント管～S/C)に漏えいパスが存在する可能性があるものの、ベント管接合部(O.P.5480)よりも上に水位があることから、燃料の冷却に影響を与えるような漏えい孔ではないと想定。



2. -1 1号機 トーラス室調査

11

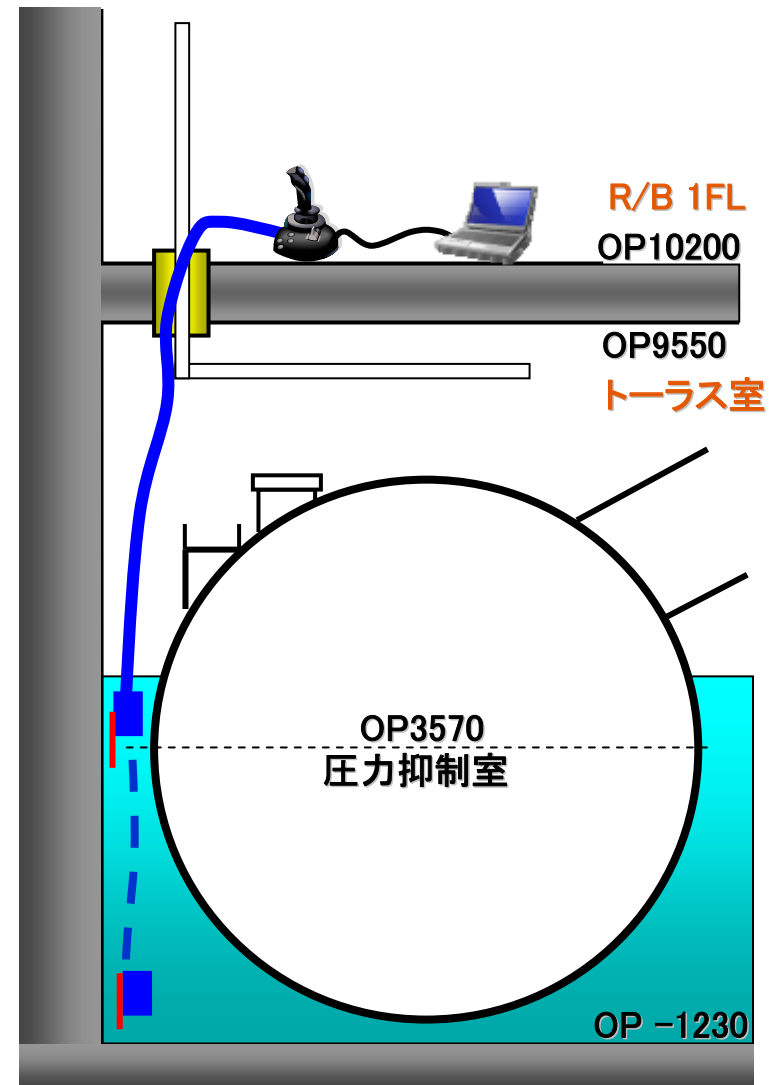
【調査方法】

原子炉建屋(R/B)1階床配管
貫通口よりCCDカメラ、温度
計、線量計を挿入

※配管と床貫通スリーブの隙間 約50mm

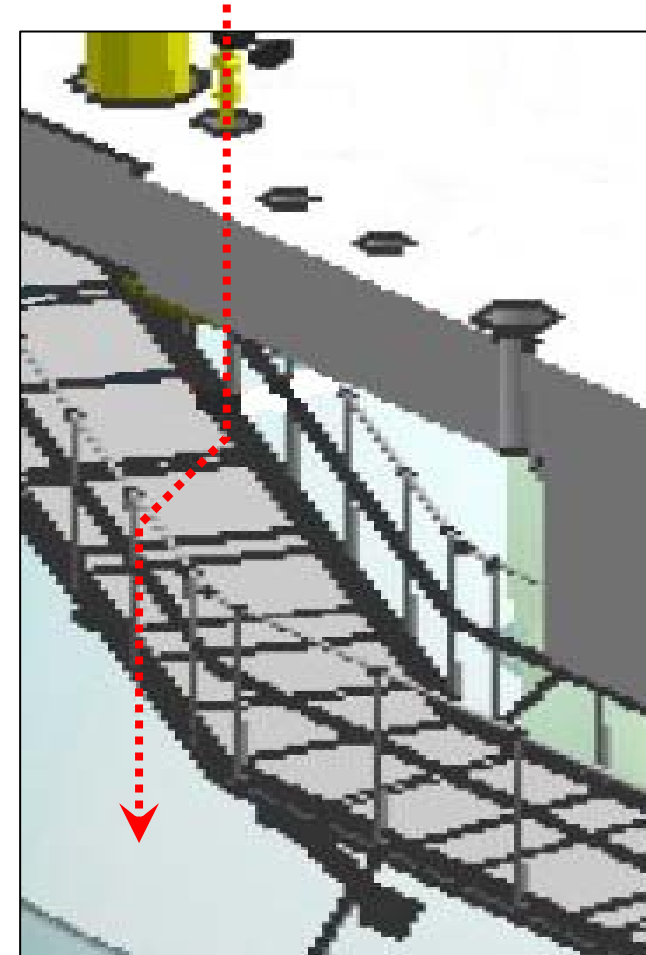
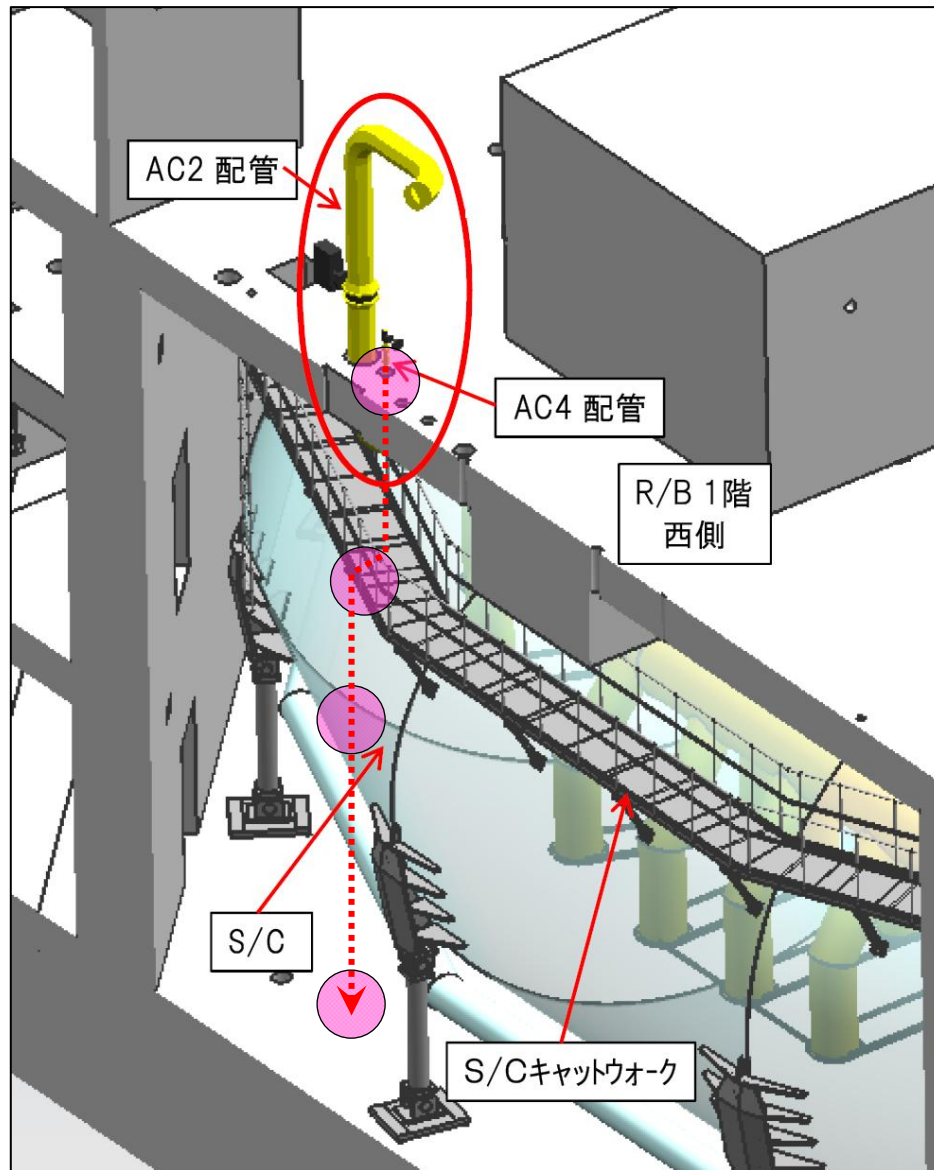


調査日:2012年6月26日



2. -2 1号機 トーラス室調査 (CCDカメラの挿入ルート)

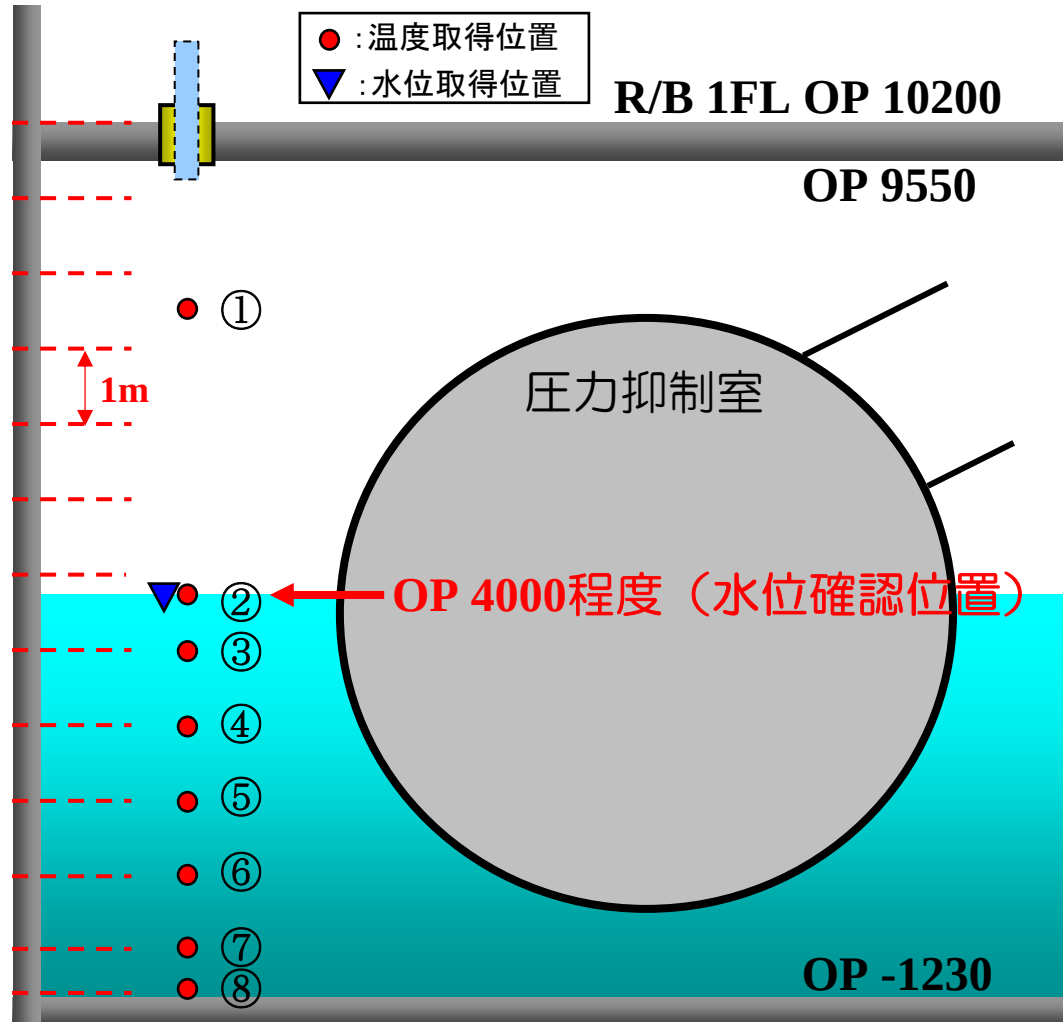
12



キャットウォークの手すりと干渉するため、
外側へオフセットしてアクセスする必要がある。

2. -3 1号機 トーラス室調査(水位・水温)

13



①	OP.7700	28. 8℃
②	OP.4000	37. 2℃
③	OP.3200	34. 0℃
④	OP.2200	34. 0℃
⑤	OP.1200	34. 8℃
⑥	OP. 200	34. 1℃
⑦	OP. -800	32. 4℃
⑧	OP.-1230	32. 0℃

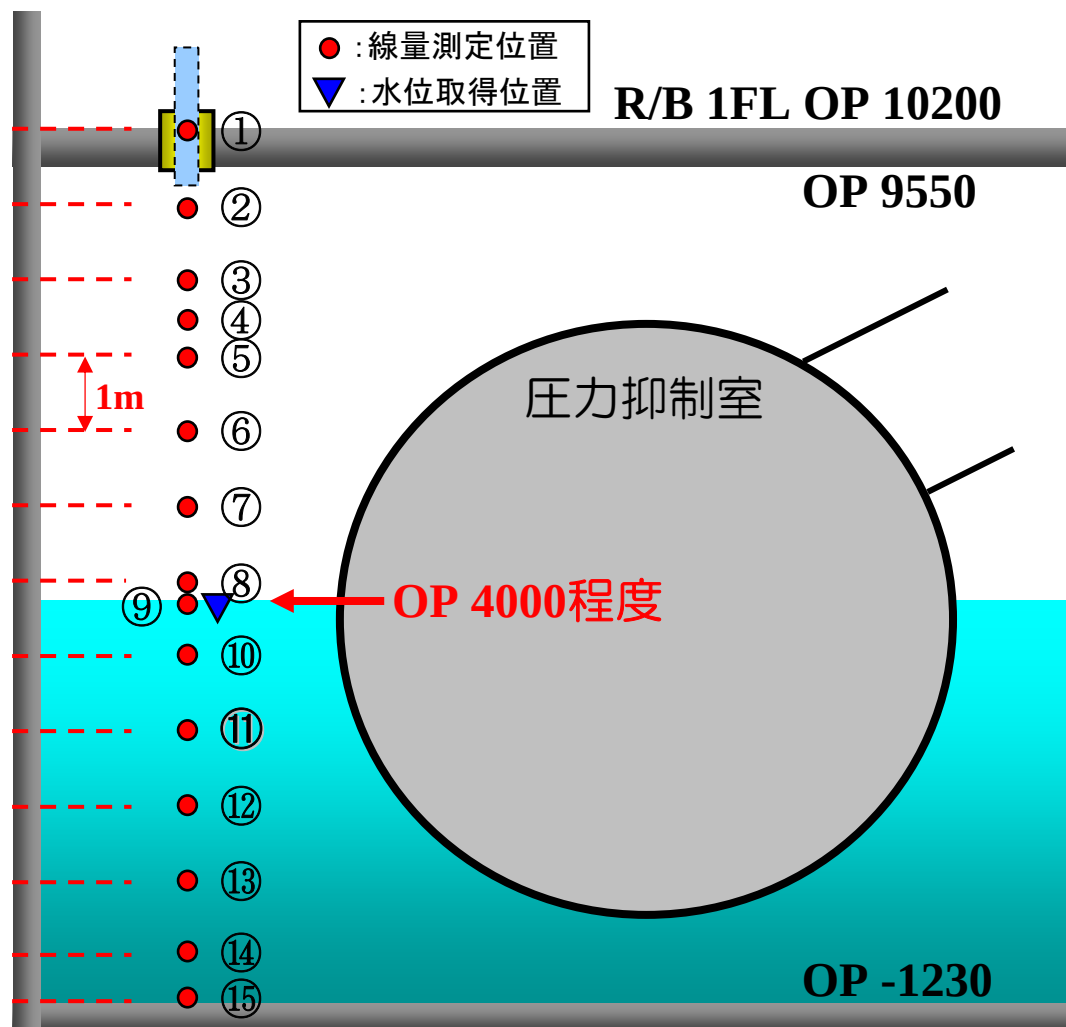
※R/B雰囲気温度:約22℃

※中地下三角コナ水位:OP.4617

※OPは検査装置の送り量より計算しているため、誤差を含んでいる

2. -4 1号機 トーラス室調査(線量)

14



◎線量計は調査中に故障した模様

①	OP.10200	19.5mSv/h
②	OP.9200	625mSv/h
③	OP.8200	1290mSv/h
④	OP.7700	1440mSv/h
⑤	OP.7200	1410mSv/h
⑥	OP.6200	2030mSv/h
⑦	OP.5200	4520mSv/h
⑧	OP.4200	10300mSv/h
⑨	OP.4000	8190mSv/h
⑩	OP.3200	3550mSv/h
⑪	OP.2200	2770mSv/h
⑫	OP.1200	
⑬	OP. 200	10 ⁸ ~10 ⁹ オーダを 記録
⑭	OP. -800	
⑮	OP.-1230	

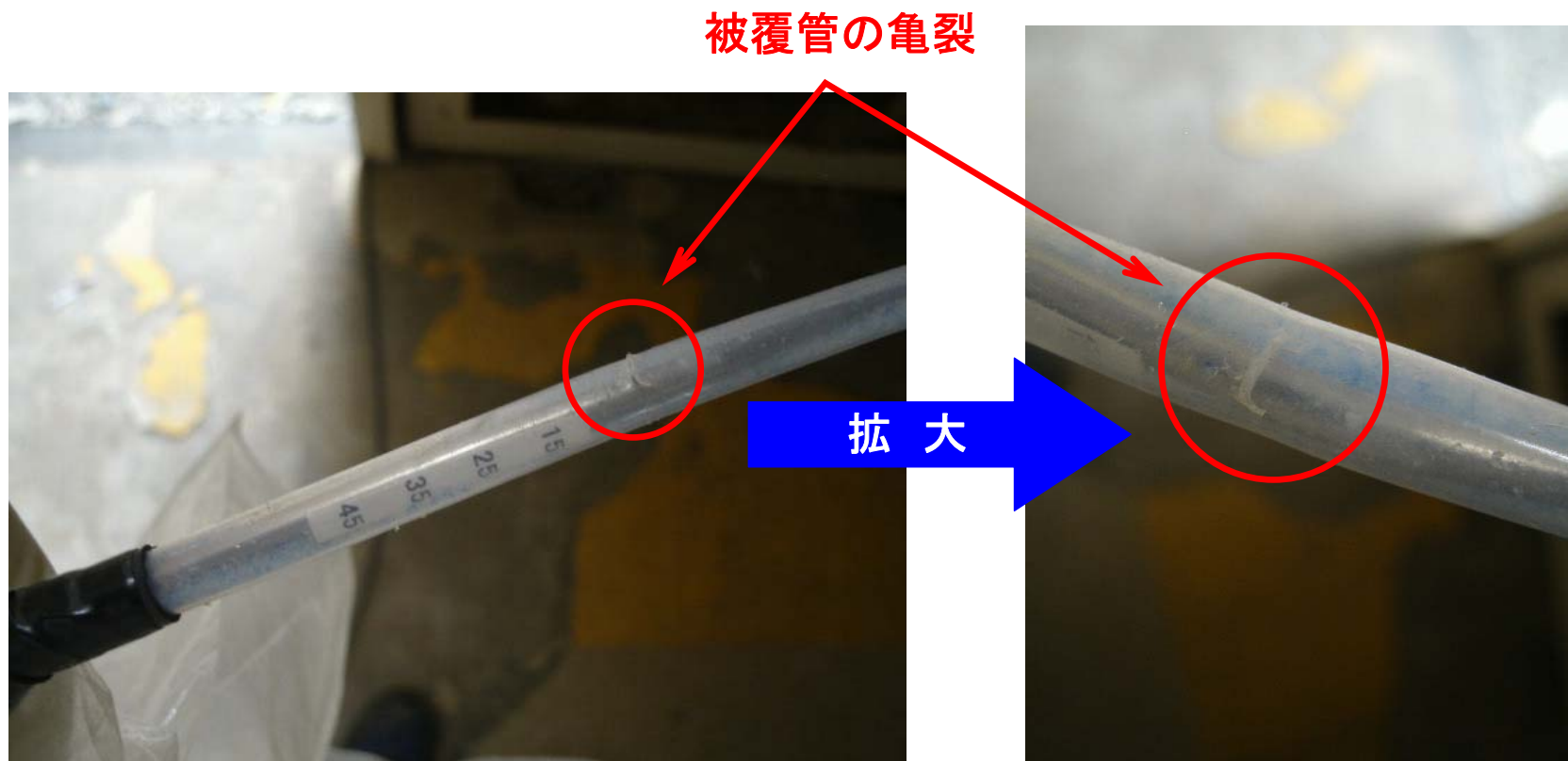
故障

※OPは検査装置の送り量より計算しているため、誤差を含んでいる

2. -5 (参考)線量計故障の推定原因

15

- 線量計被覆管(プラスチック製)に1箇所の**貫通した亀裂**を確認。
→トーラス室へ挿入中に構造物と干渉し、線量計の被覆管(プラスチック製)に無理な力がかかり亀裂が発生し、滞留水中に挿入した際に、そこから被覆管内に水が浸入したため故障したと推定。



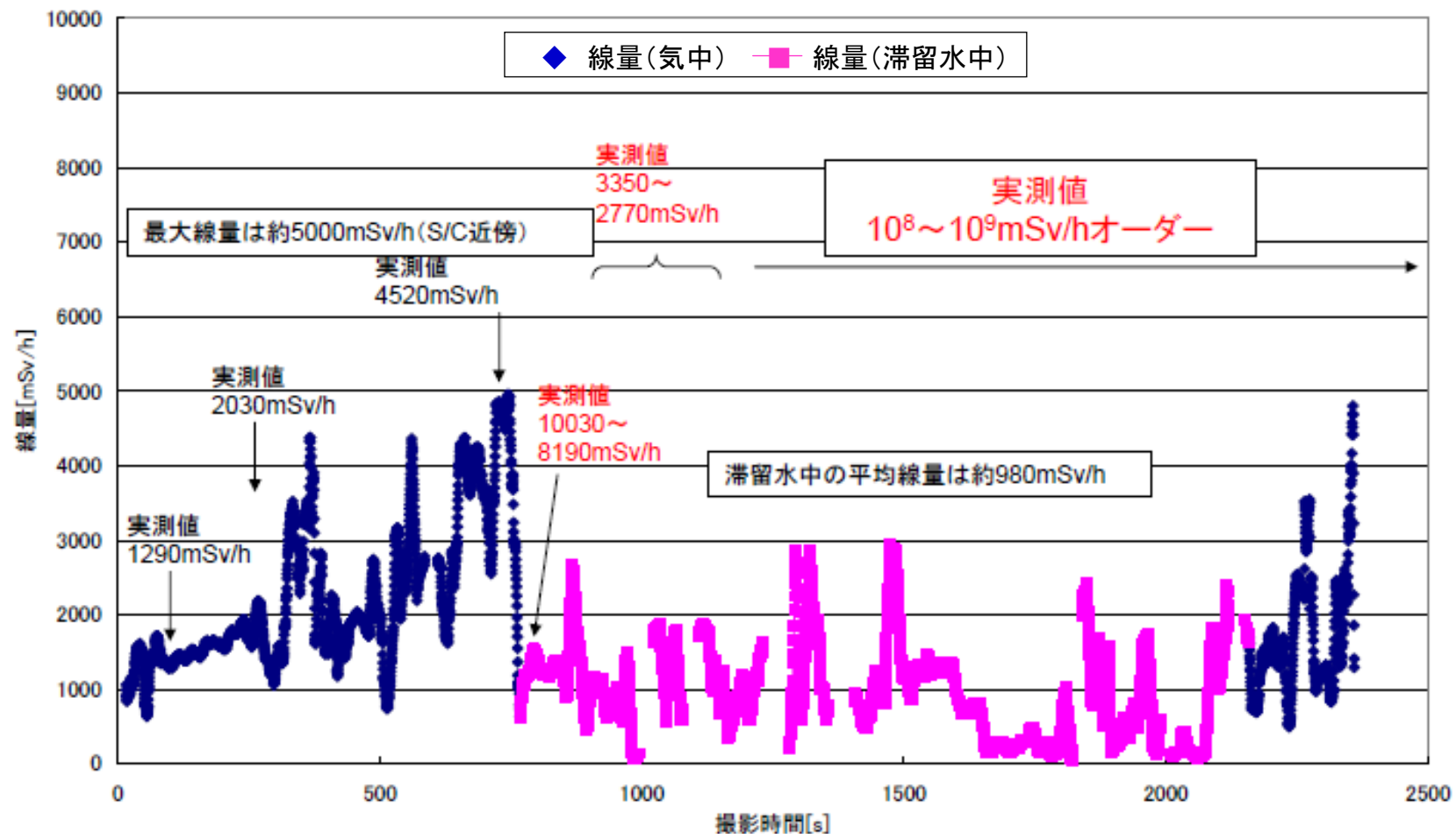
被覆管亀裂部写真

被覆管亀裂部**拡大**写真

2. -6 (参考)画像分析からの線量推定(その1)

16

- 画像中に現れる放射線ノイズの個数をカウントすることにより放射線量を推定。
- 気中から滞留水中に入ると線量は急激に低下(平均で約980mSv/h)。
- 実測の際に確認された $10^8 \sim 10^9$ mSv/hオーダーの高い値は確認できなかった。

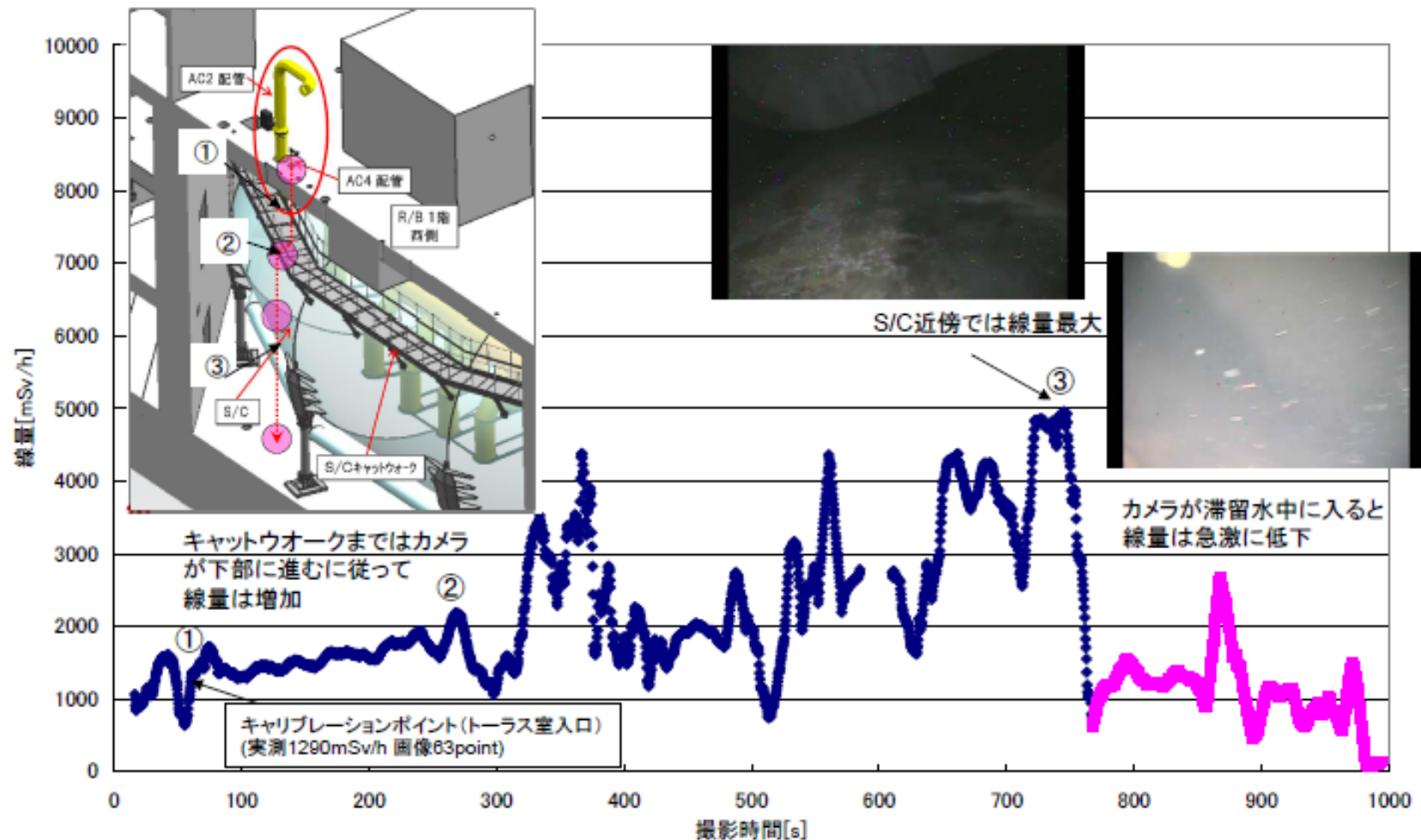


放射線量推定結果(トーラス室挿入から引く抜きまで)

2. -7 (参考)画像分析からの線量推定(その2)

17

■トラス室の最大線量は、水面近傍で約5000mSv/h

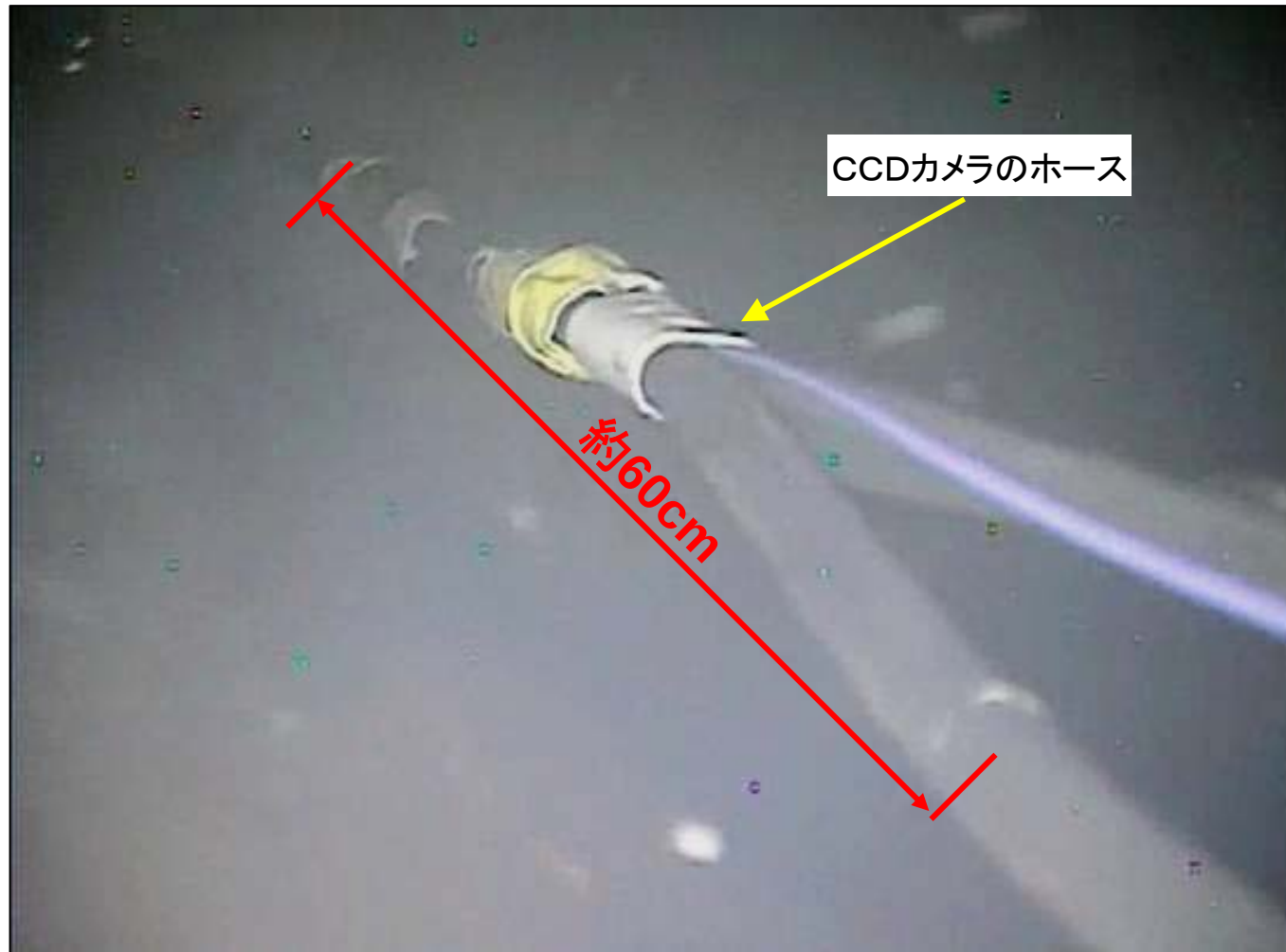


放射線量推定結果(気中から滞留水進入までの拡大図)

2. -8 1号機 トーラス室調査(透明度)

18

■ トーラス室の透明度は約60cm



2. -9 1号機 トーラス室調査(堆積物)

19

■ トーラス室底部に堆積物を確認できたが、堆積物が何であるかは不明



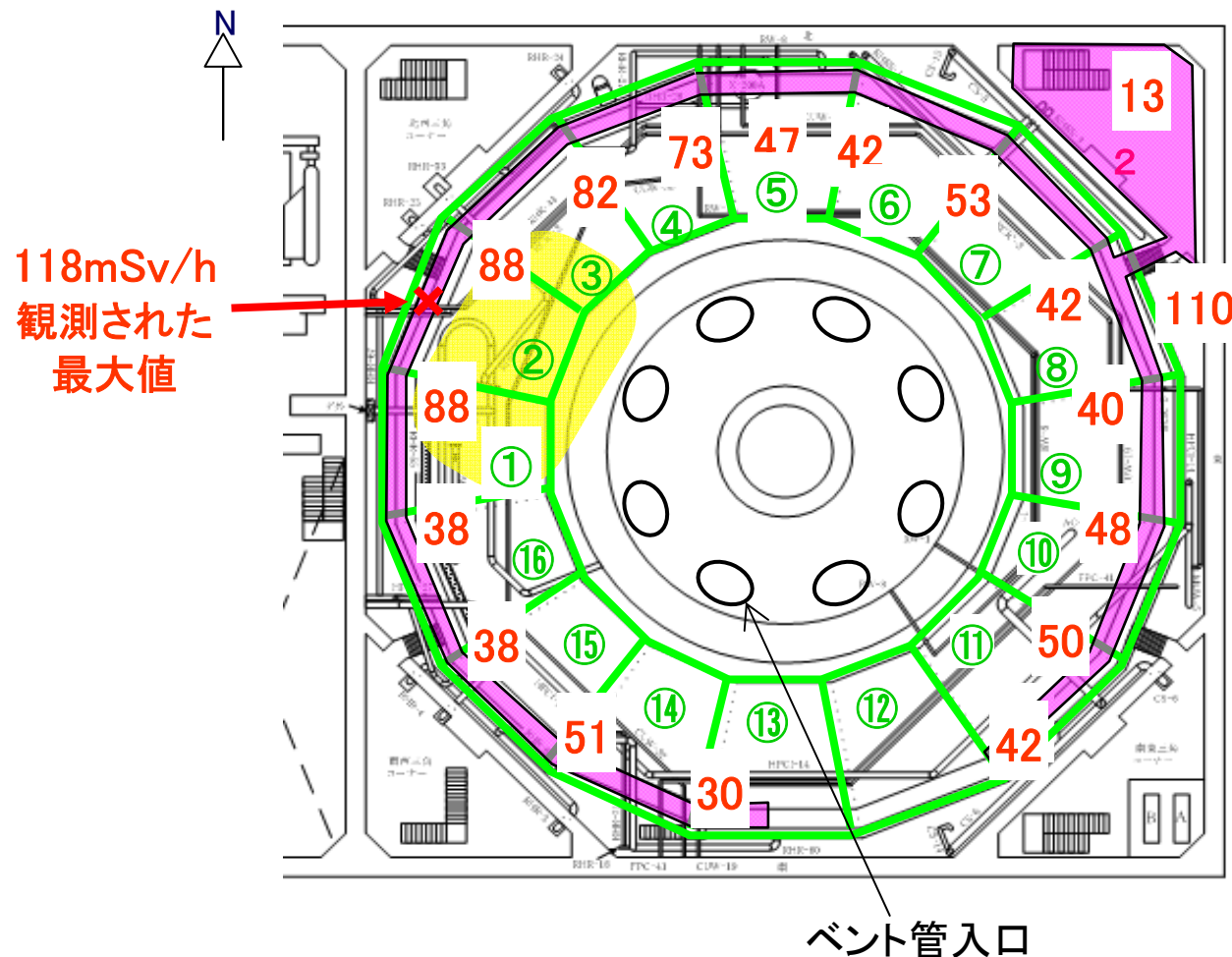
2. -10 2号機 トーラス室調査

20

■ロボットを使ってトーラス室内の線量、音響を測定

(1)線 量…第2ベイエリア(西北西側)で最大線量118mSv/hを計測

(2)音 響…データ分析で第2ベイエリアで水の滴下音を確認



調査日: 4月18日

滴下音が大きいエリア

ロボット調査範囲

丸数字

…S/CベイNo

赤数値

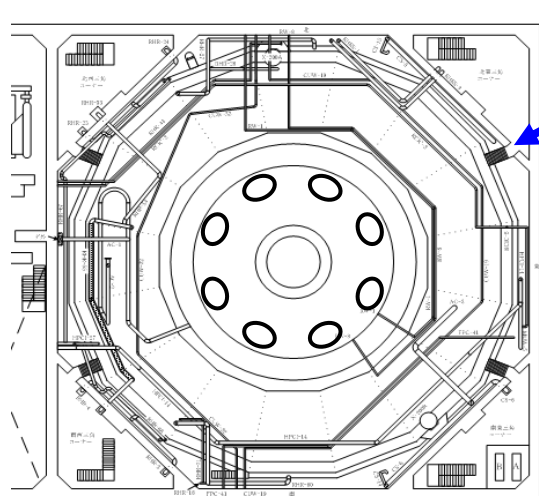
…線量率(mSv/h)



調査ロボット

2. -11 2号機 トーラス室調査(赤外線カメラによるS/C水位測定)

21



撮影方向



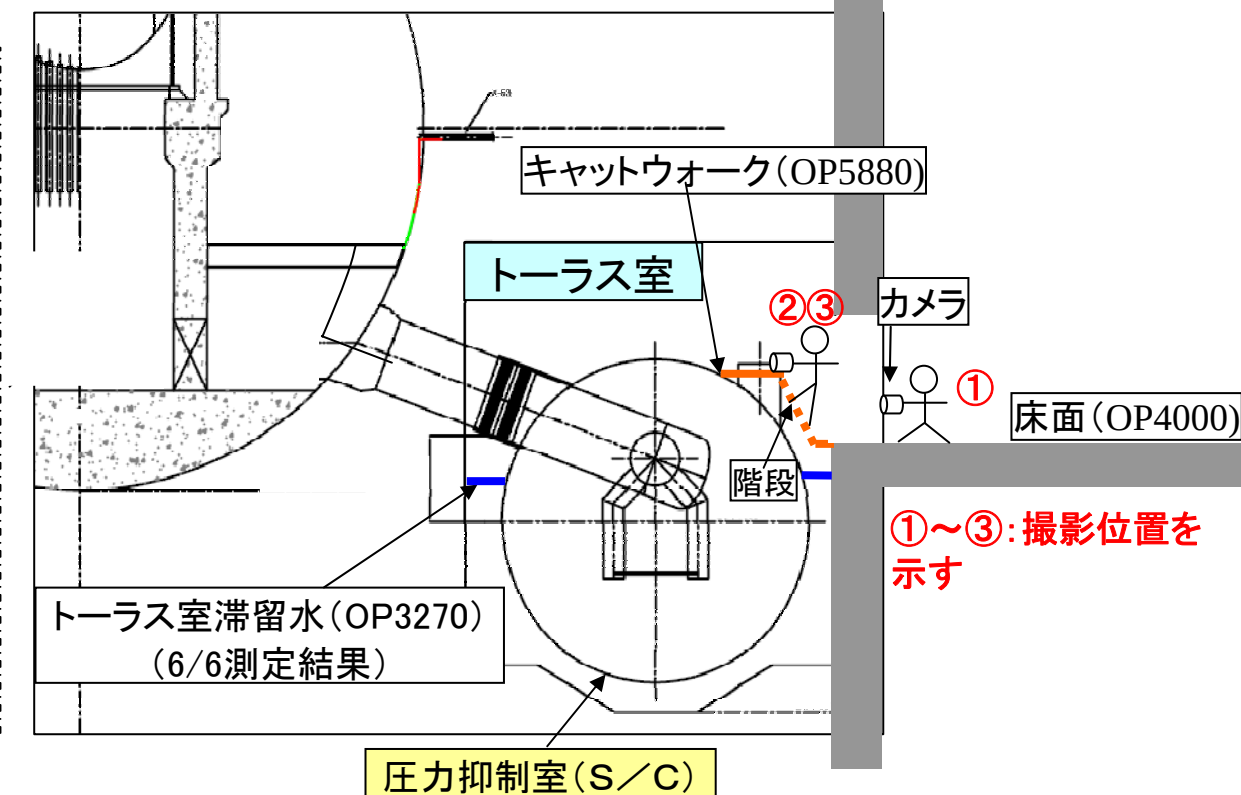
測定日: 2012年6月12日

測定場所: 北東三角コーナー(トーラス室入口扉前)

被ばく線量(実績): 最大2.39mSv(人数4人)



赤外線カメラ外観



三角コーナー

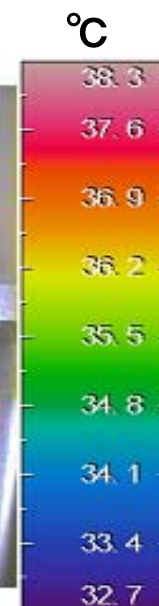
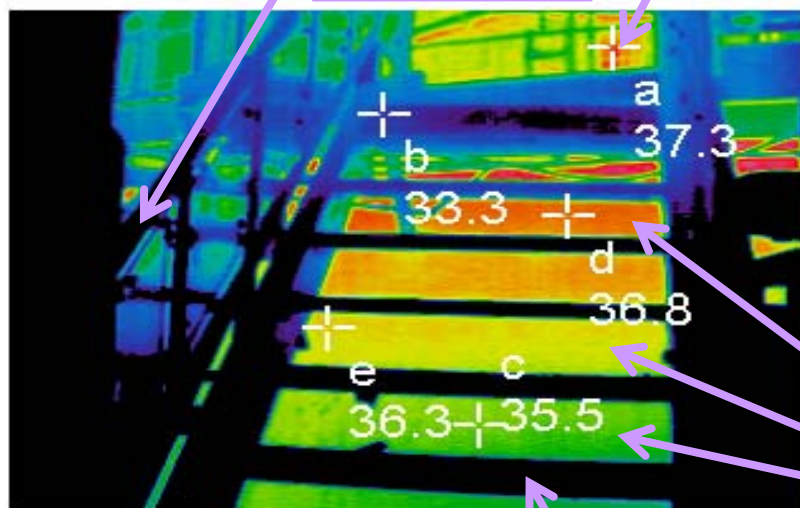
2. -12 2号機 トーラス室調査(赤外線カメラによるS/C水位測定)

22

《撮影位置①》

階段手すり

S/C(上部)

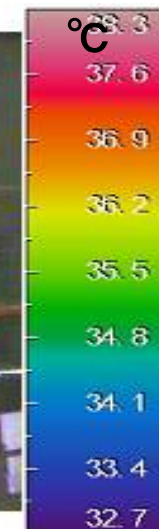
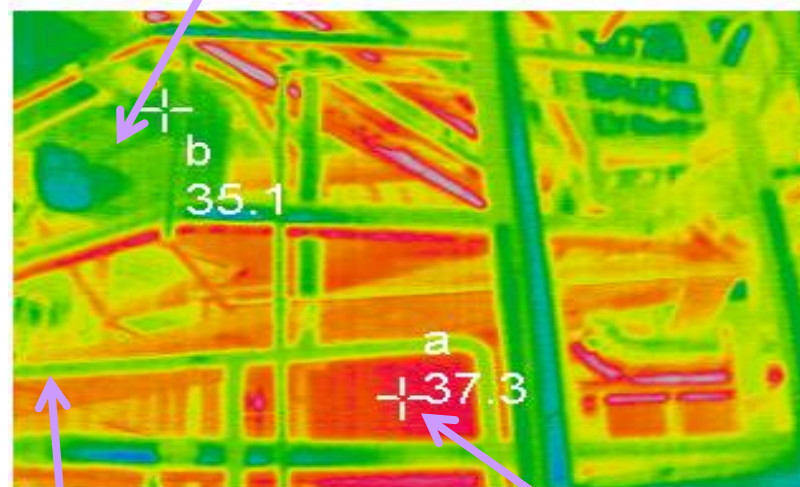


《撮影位置②》

空調ダクト

階段ステップ

S/C

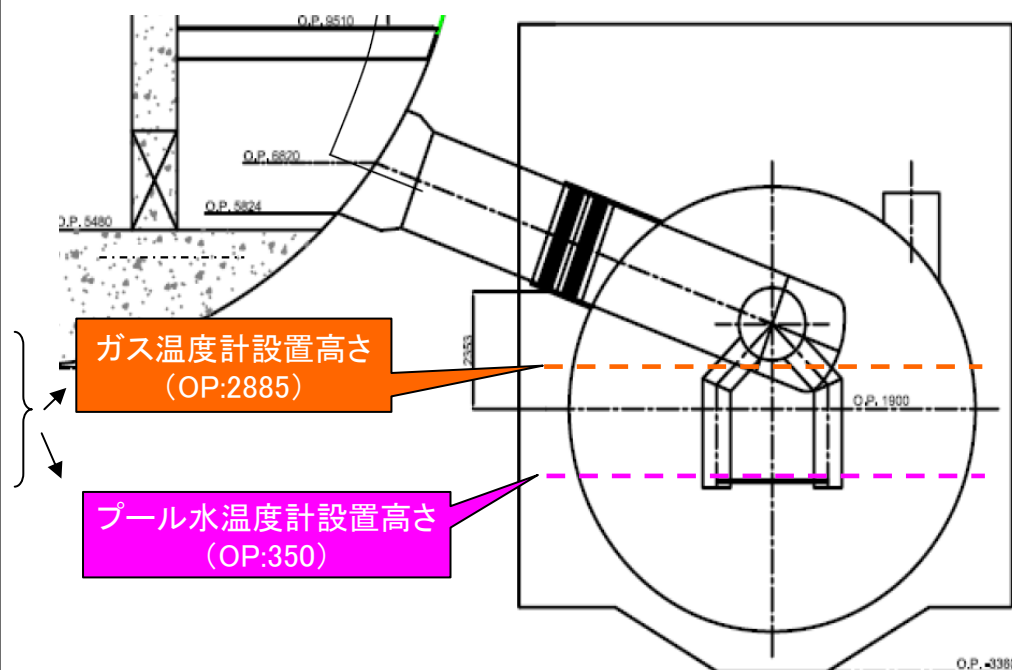
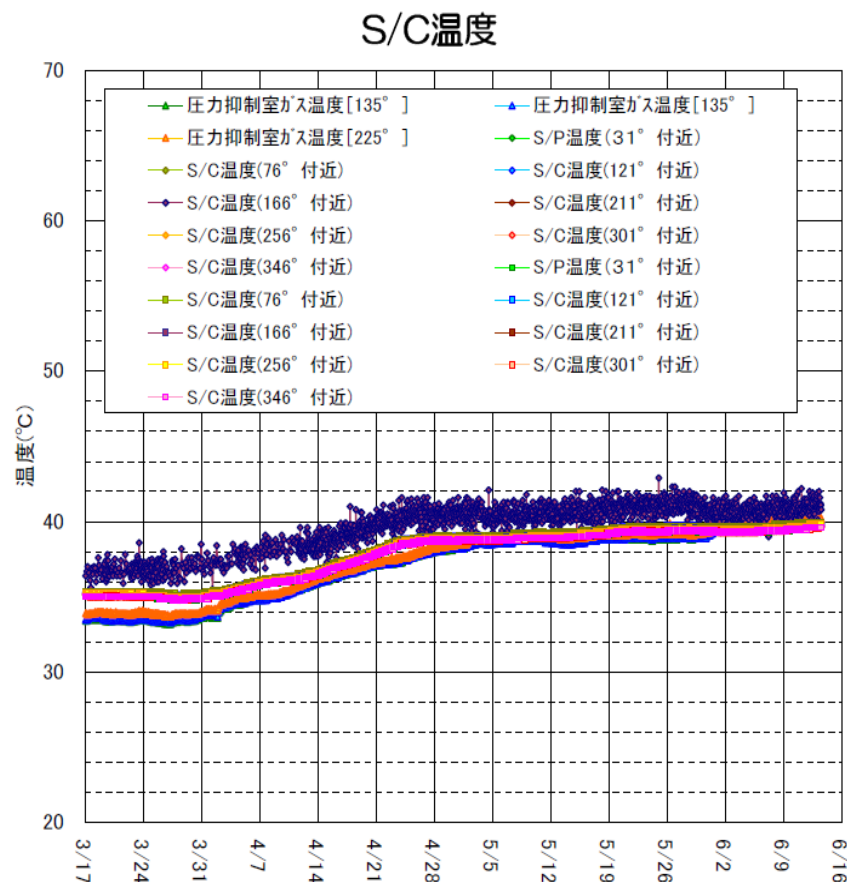


キャットウォーク手すり

S/C(上部)

2. -13 (参考) S/C温度トレンド

23



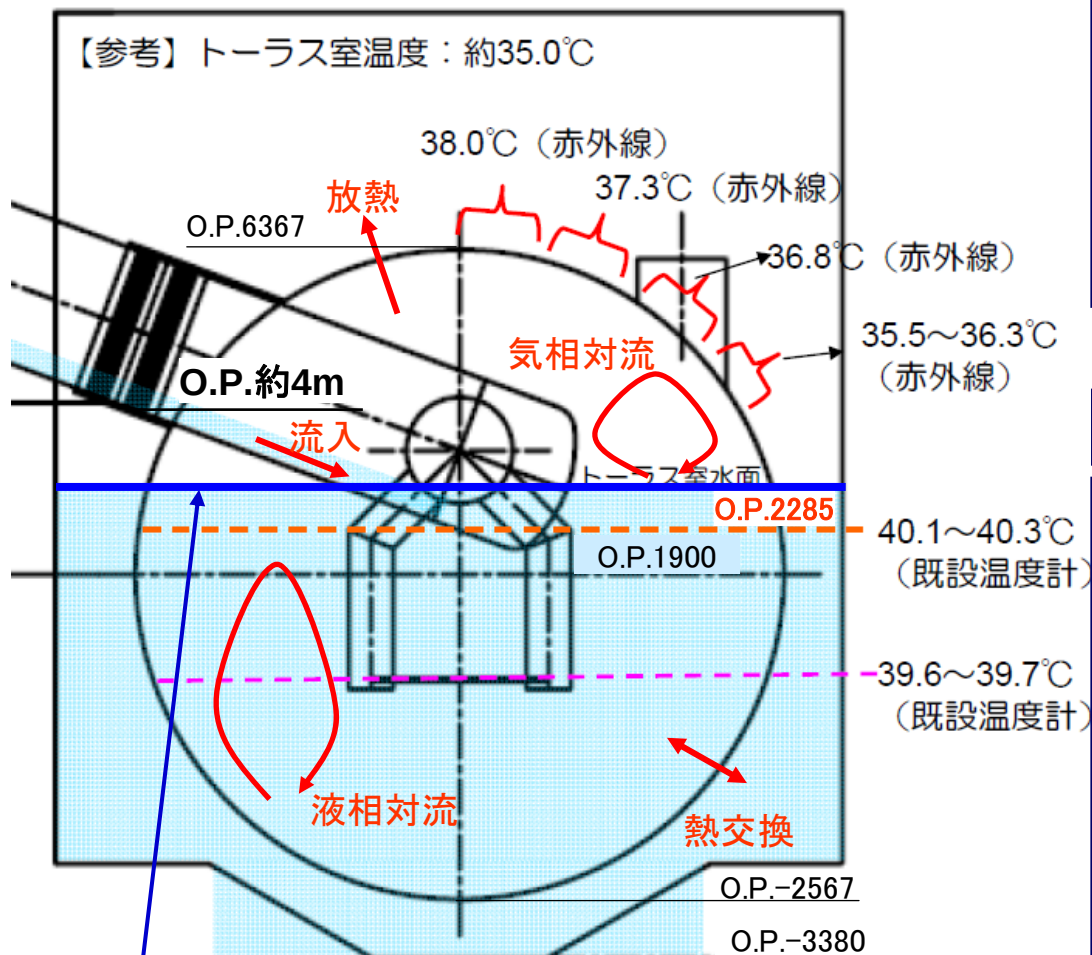
※ただし、これらの温度計は事故後に校正されていない。

- ガス温度計とプール水温度計の指示値は**ほぼ同とトレンド**
- 赤外線カメラによる測定時(6月12日)、ガス温度計指示値は40.1°C~40.3°C、プール水温度計指示値は39.6°C~39.7°Cと**ほぼ同じ値**
- ガス温度計は水没**している可能性が高い(ここまではS/C水位がある?)

2. -14 2号機 S/Cプール水位に関する考察

24

2号機炉注入: 約8.5m³/h(7/24時点)



トーラス室滞留水(O.P.3270)
(6/6測定結果)

調査結果

- 赤外線温度測定では、S/C頂部温度の方が高く、下部に行くにつれて温度が低下
- ガス温度計は水没している可能性が高い**

考察(推定)

- S/C水位はガス温度計設置高さ(O.P.2885)より上にあるが、**トーラス室水面近傍もしくはそれよりも若干高い程度か(S/C上部に気相部が存在)**

《根拠》

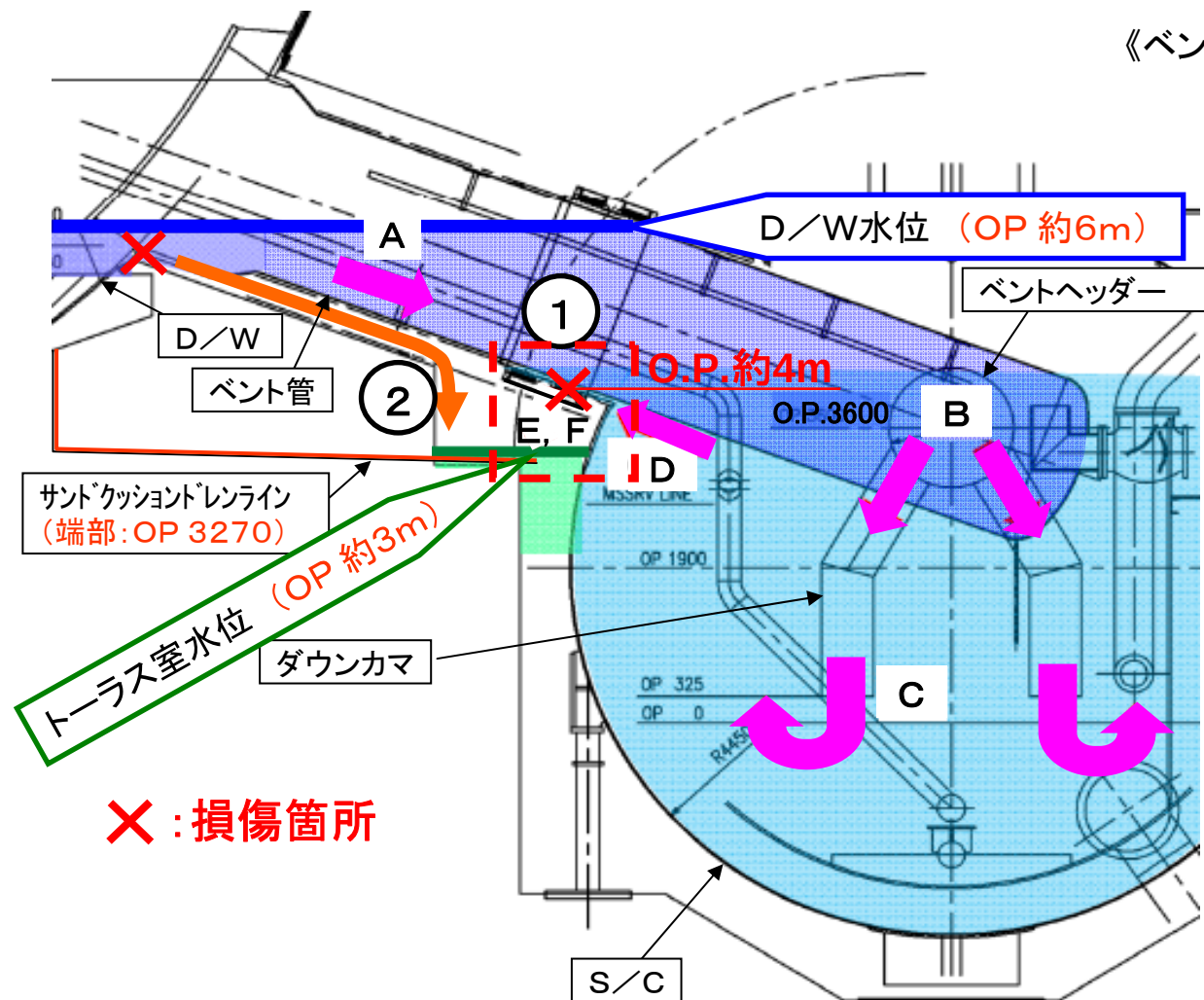
- S/C水位がトーラス室水位よりもかなり高いとすると、上部温度が高く下部温度が低いことが説明できない。
- S/C頂部の温度がやや下の温度よりも高いのは気相部の対流による。

2. -15 2号機 漏えい箇所(気中部)(想定)

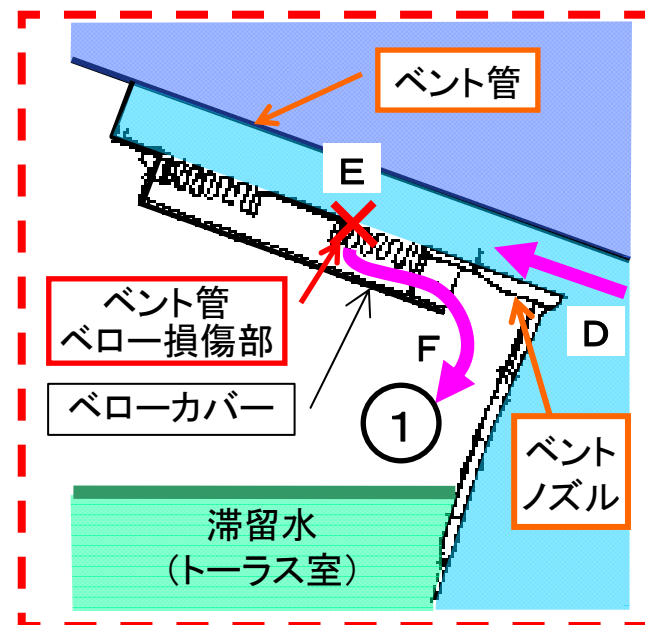
25

漏えい箇所①: ベント管ベローカバー下端部の隙間(→)

漏えい箇所②: ベント管と貫通部(躯体)の隙間(→)から滴下している可能性



A	D/W→ベント管
B	ベントヘッダー→ダウンカマ
C	ダウンカマ→S/Cシェル内
D	ベントノズル→ベント管の隙間
E	ベント管ベロー損傷部より水流出
F	ベローカバー下端部から水が滴下

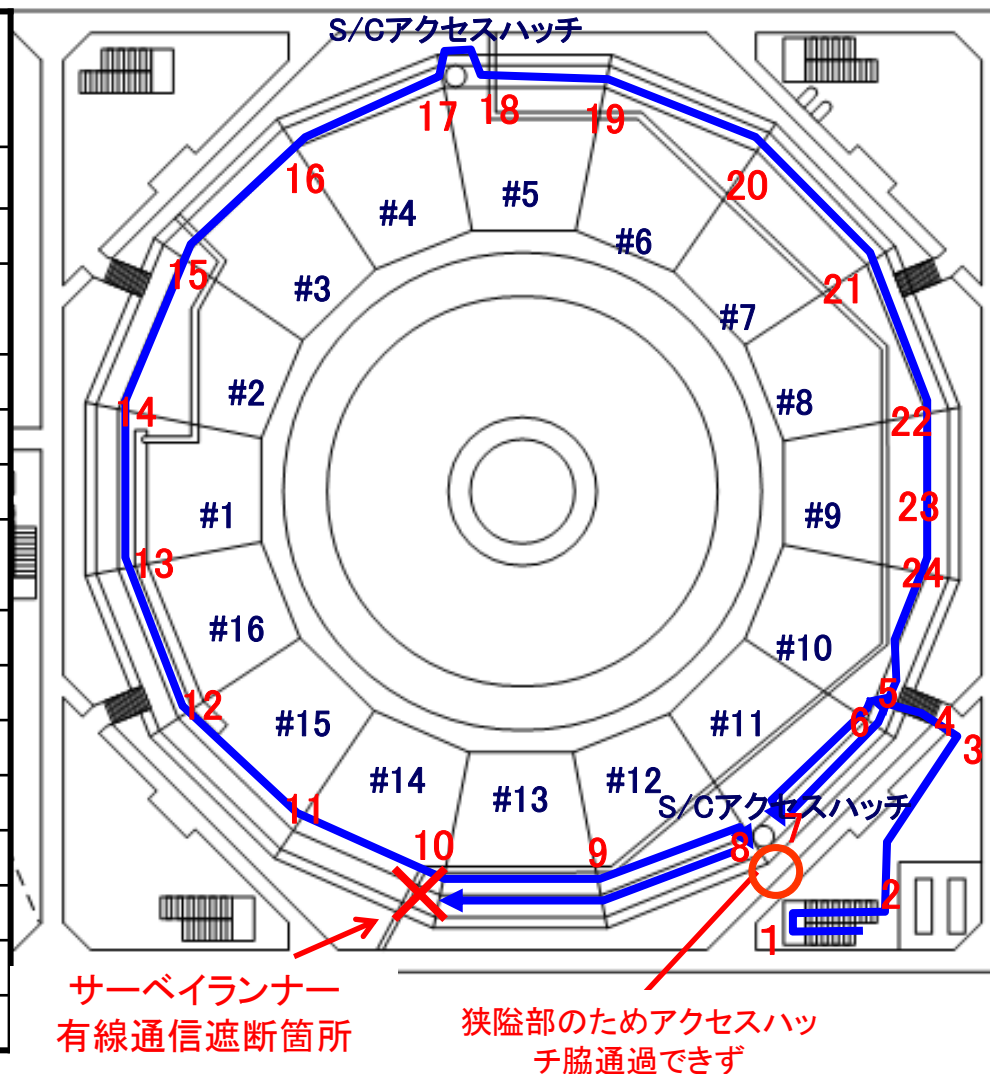


2. -16 3号機 トーラス室調査

26

- 測定日: 7月11日
- 実施内容: 目視確認(画像・動画取得)、線量率測定、音響の採取
- 使用機器: 遠隔操作ロボット サーベイランナー 1台

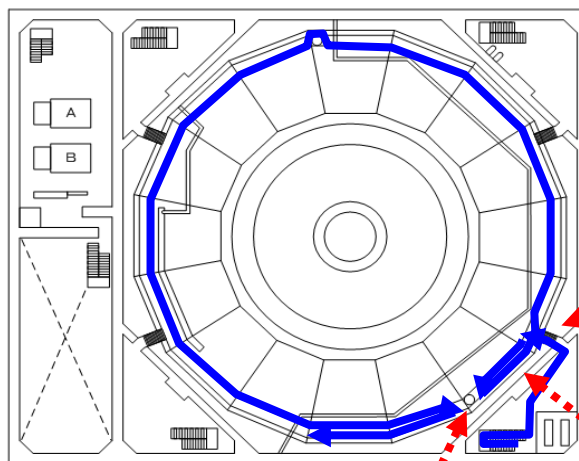
測定点	線量率 [mSv/h]	備考	測定点	線量率 [mSv/h]	備考
1	4		16	186	
2	18		17	234	
3	46		18	360	アクセスハッチ脇
4	100		19	169	
5	190		20	158	
6	173		21	164	
7	154	アクセスハッチ脇	22	186	
8	125		23	240	
9	176		24	193	
10	230				
11	192				
12	158				
13	176				
14	180				
15	179				



2. -17 3号機 トーラス室調査(画像:その1)

27

R/B 中地下1階

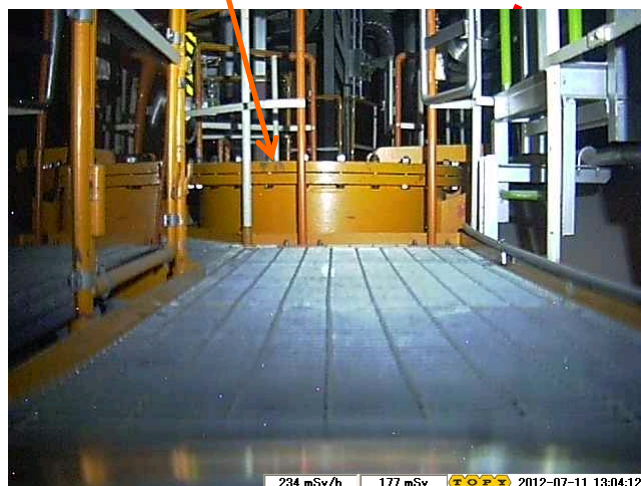


水面は撮影
できず



トーラス室入口

フランジ部からの
漏えい痕なし



南東S/Cアクセスハッチ



周回したが
落下物なし

グレーチング状況

2. -18 3号機 トーラス室調査(画像:その2)

28

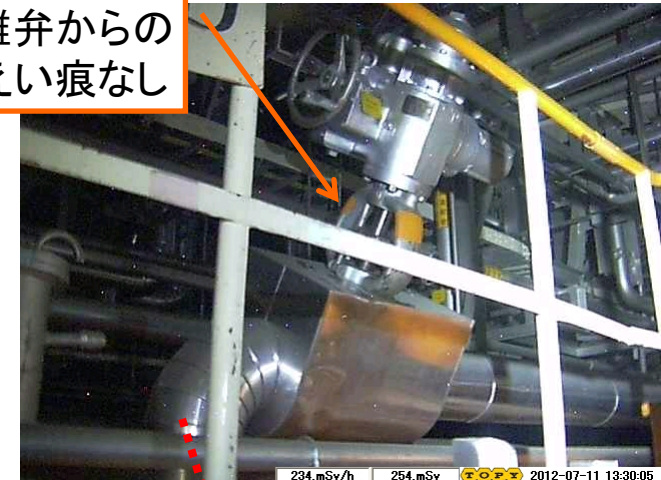
R/B 中地下1階

フランジ部からの
漏えい痕なし



北側S/Cアクセスハッチ

隔離弁からの
漏えい痕なし

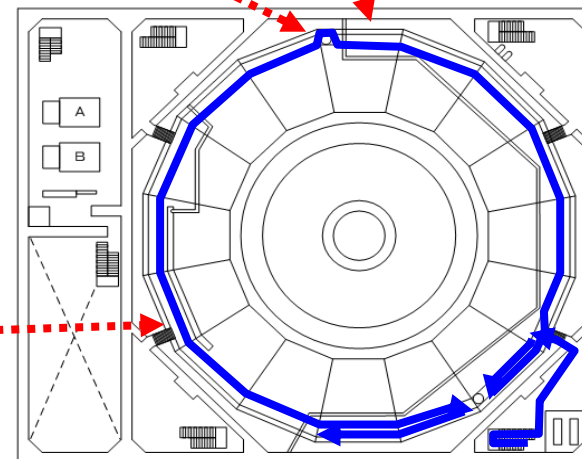


PCV側状況

水素爆発の爆風
で扉がトーラス室
内側に変形



南西階段前



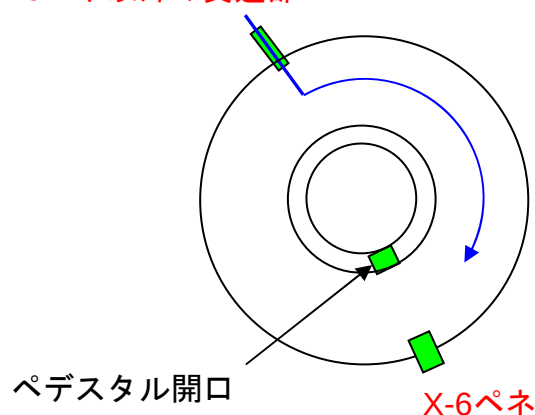
※サーベイランナーの有線通信が遮断したため途中で調査を中止したものの、目視確認及び線量率測定についてはほぼ計画通り実施した(音響装置は未回収)。

3. -1 今後の調査計画(PCV内部調査)

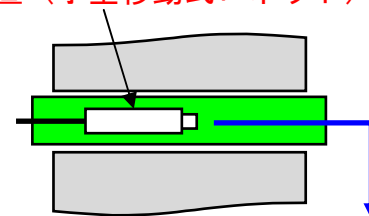
29

- **CRDハッチ(X-6ペネ)から**ペデスタル開口まで直線的にアクセスし、**開口部近傍の状況調査**(装置開発:2012～、事前調査:2013～、本格調査:2016～)。
- **X-6ペネ以外からアクセスし、ペデスタル外の状況調査**(1号機X-100Bから小型の移動式ロボットにてPCV内の調査を行う工法について検討中)。

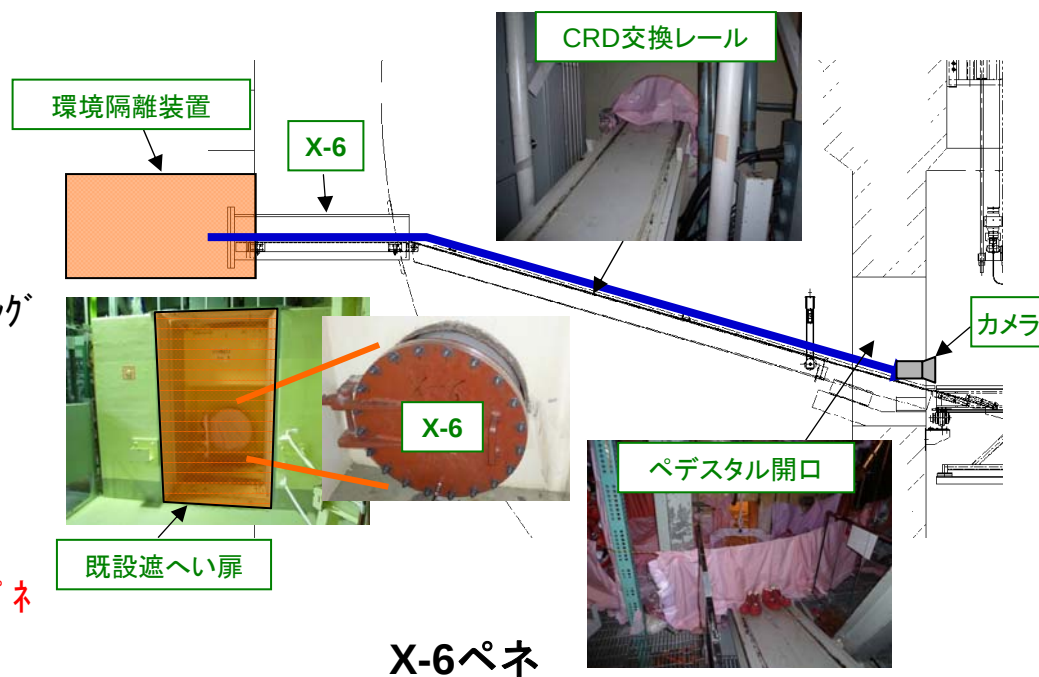
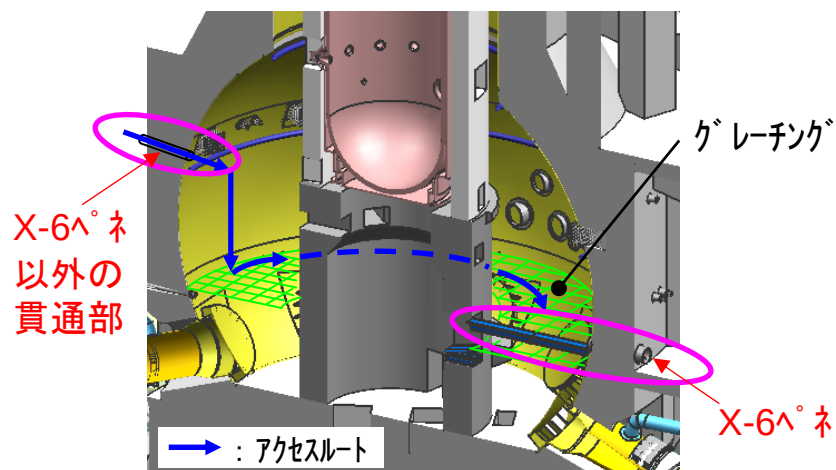
X-6ペネ以外の貫通部



事前調査装置 (小型移動式ロボット)



X-6ペネ以外



3. -2 今後の調査計画(トーラス室調査)

30

トーラス室調査実績

○・・・調査済 —・・・未調査 △・・・計器故障・誤差等

		1号機	2号機	3号機	備考
雰囲気線量		△	○	○	
滞留水	水位	△	○	○	
	線量	△	—	—	
	透明度	○	—	—	
	堆積物	○	—	—	
	サンプリング・分析	—	○	—	
ベント管下部の	漏えい状況	—	—	—	
S/C気中部の	内周	—	—	—	
漏えい状況	外周	—	○	○	外側キャットウォークより上部
	内部の水位	—	△	—	

今後の調査計画(案)

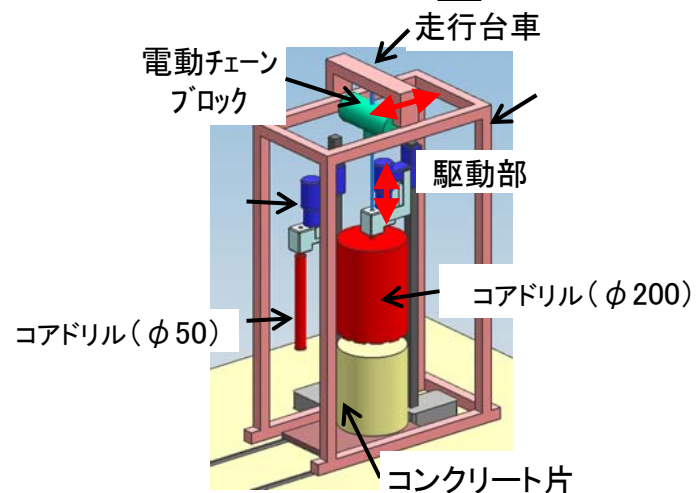
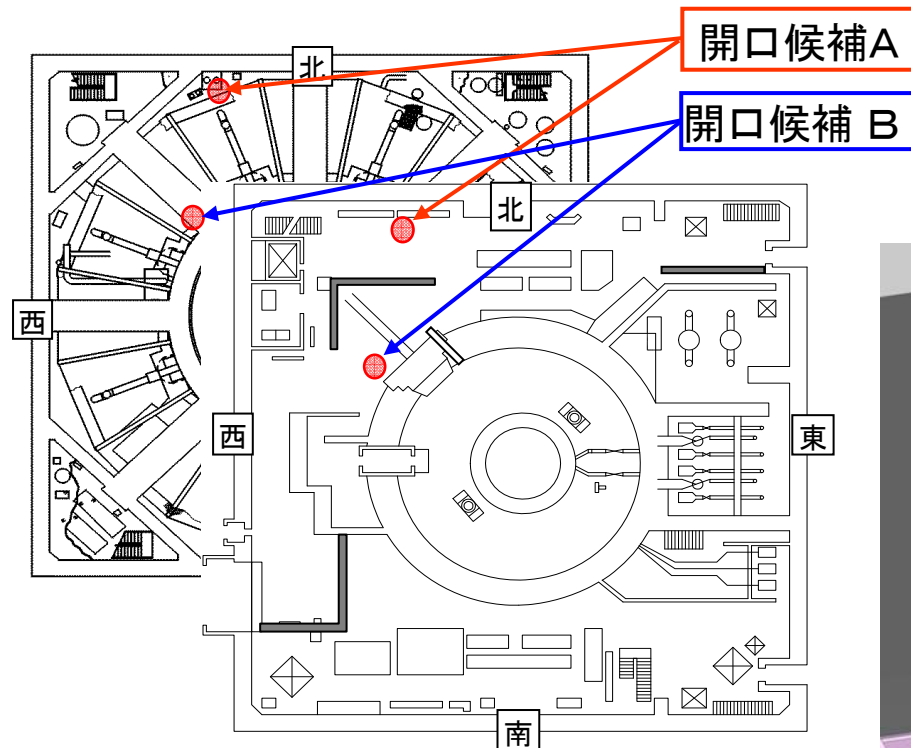
S/C内側開口(φ200, φ600)
から調査(1号機)

RHR-Hx室開口(φ200)
から調査(2号機)

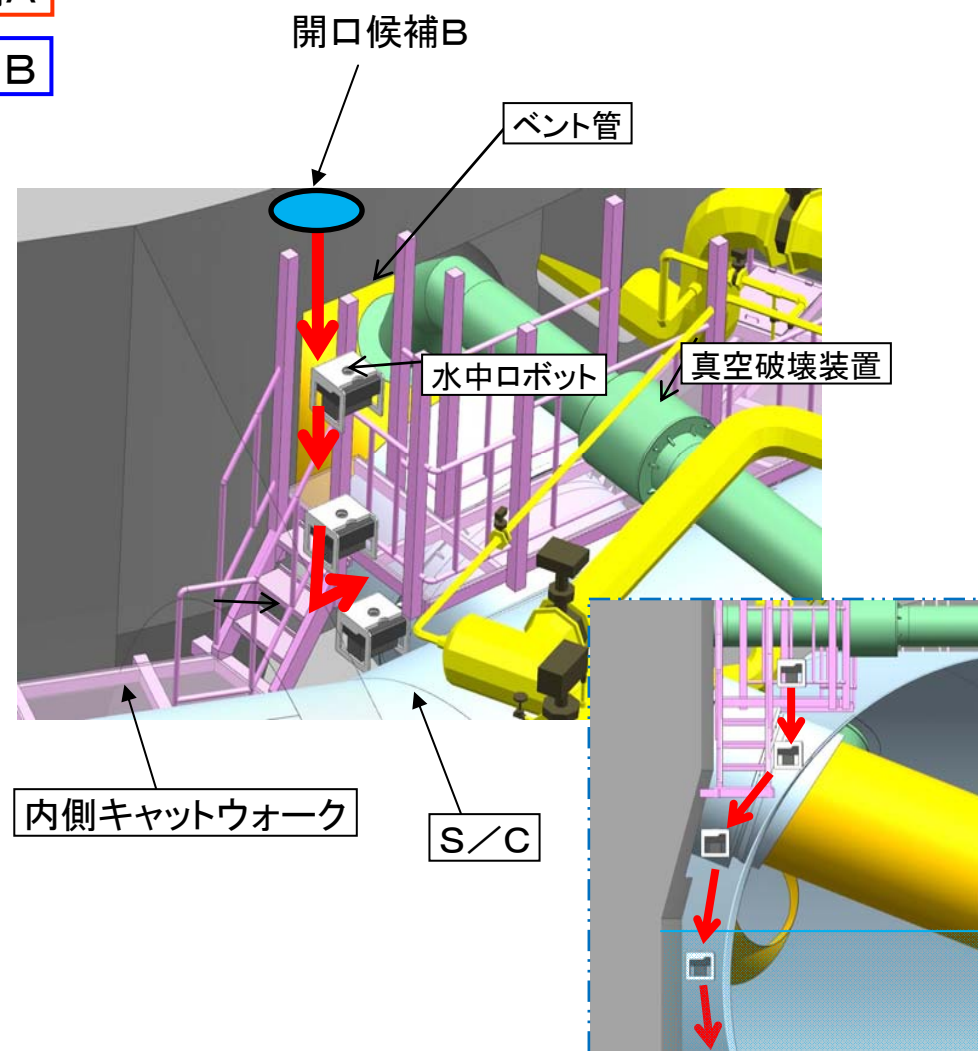
ロボットによる調査
(2、3号機)

3. -3 1階床開口からのトラス室調査

31



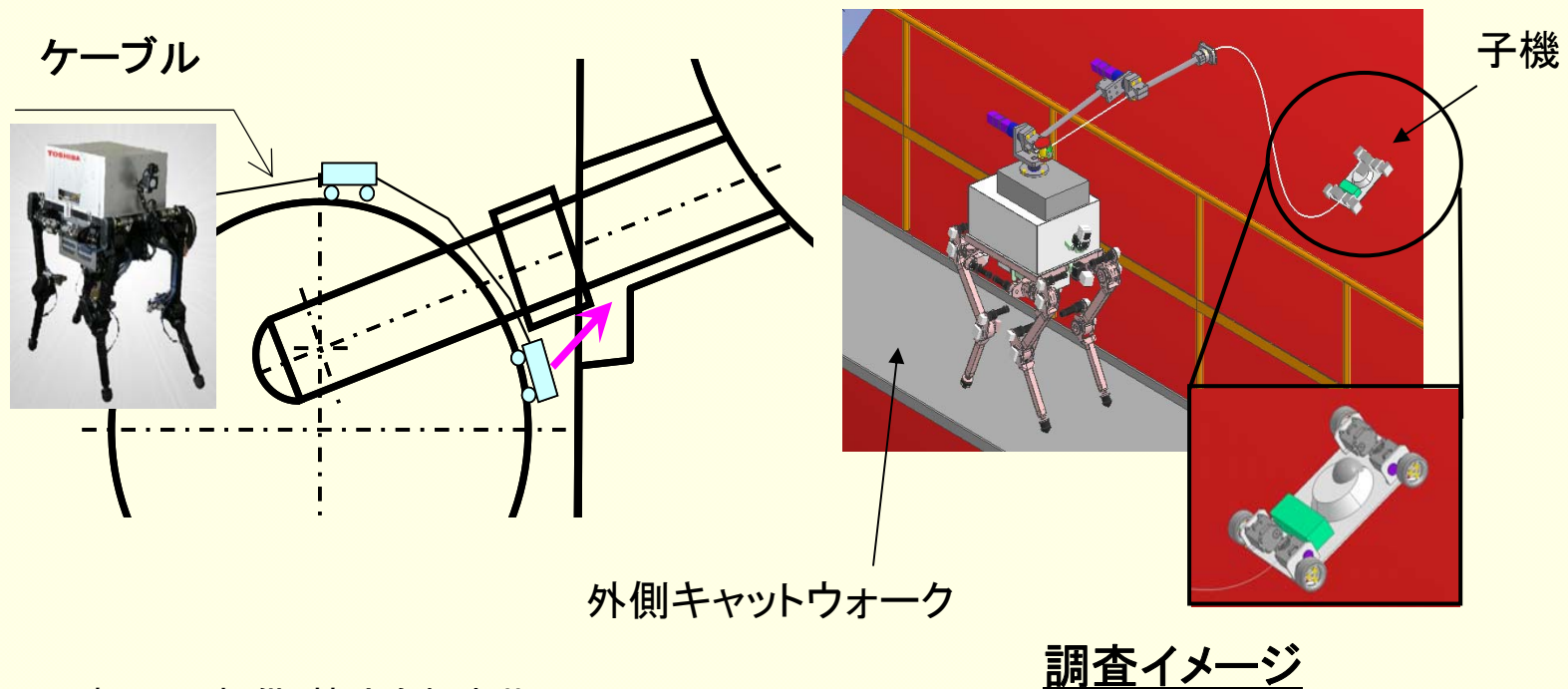
穿孔装置概念図(コンクリート片落下防止)



内側キャットウォーク間隙

【候補1】

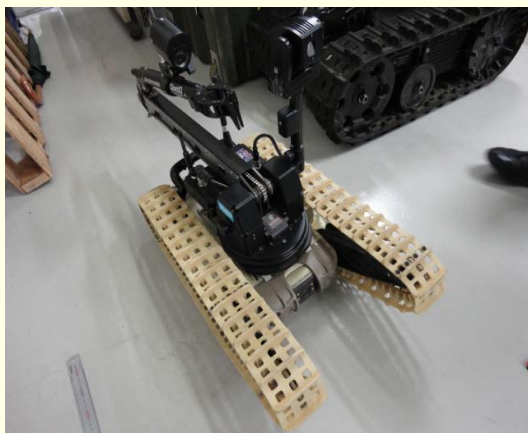
- 1階から三角コーナ経由で歩行ロボット(無線)を投入し、外側キャットウォーク上を周回させながら、自走式子機をS/C(サプレッションチェンバ)外壁に走らせてベント管下部を調査。



写真、図の提供: 株式会社東芝

【候補2】

- 1階床を□600mm程度開口し、小型の**自走ロボット**を**内側キャットウォーク**上に降下。ロボットの**アーム先端にカメラ**を取り付け、ベント管近傍でアームを降下させて調査。周回しながらS/C内側も調査。



W410mm × L880mm × H530mm

【候補3】

- 1階床をφ200mm程度開口し、自走式**薄型マグネット**をS/C上に降下。S/Cと**内側キャットウォーク隙間**(最小50mm)を通過させて、S/C内側とベント管下部を調査。



W125mm × L412mm × H42mm

3. -6 調査工程案(2号機の例)

34

項目	2012年度								2014年度
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1～3月	
①S/C水位測定	サーモカメラ測定 ■	設計・試作(マグネット自走)	■	■	■	■	■	■	
②トーラス室水位測定	測定 ■	装置設計・製作							
③トーラス室滞留水性状調査	採取 ■	■	■	■	■	■	■	■	
④ベント管ベロ一部漏えい状況調査	調査方法検討 ■	■	■	■	■	■	■	■	

4. まとめ

35

■PCV内部調査

調査項目		1号機	2号機 (1/19,3/26・27実施)	3号機
①水位	D/W	未調査	約60cm	未調査
	S/C	未調査	未調査	未調査
②温度	気中	未調査	約45℃	未調査
	水中	未調査	約50℃	未調査
③放射線量	気中	未調査	最大72900mSv/h	未調査
	水中	未調査	未調査	未調査
④滞留水サンプリング・分析		未調査	未調査	未調査
調査予定日		9月下旬頃	—	未定

■トーラス室調査

□ : 計器故障の可能性あり

※1: 4/20測定 ※2: 6/6測定

調査項目		1号機 (6/26実施)	2号機 (4/18実施)	3号機 (7/11実施)
①水位		O.P.約4000	O.P.3270※2	O.P.3370※2
②温度	気中	約30℃	未調査	未調査
	水中	約32～37℃	未調査	未調査
③放射線量	気中	最大10300mSv/h	最大118mSv/h	最大380mSv/h
	水中	最大8190mSv/h	未調査	未調査
④滞留水水質	Cs ¹³⁴	未調査	2.7×10^4 Bq/cc※2	5.7×10^4 Bq/cc※1
	Cs ¹³⁷	未調査	4.0×10^4 Bq/cc※2	7.8×10^4 Bq/cc※1
	塩分	未調査	70ppm※2	140ppm※1