

2号機RPV内部調査に向けた原子炉系計装配管の線量低減 作業の結果について

2023年10月30日

RPV:原子炉圧力容器



東京電力ホールディングス株式会社

1. 原子炉系計装配管の線量低減作業（作業概要）

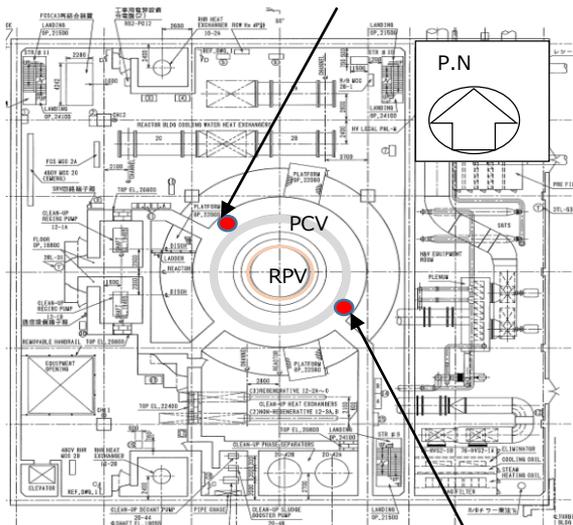
- 2号機原子炉系計装配管を用いたRPV内部調査の作業エリアの線量低減を目的に、原子炉建屋2階のX-28およびX-29ペネトレーションの原子炉系計装配管内の洗浄作業等を実施。
- 事故調査や作業安全の観点から、配管洗浄前に原子炉系計装ラックドレン弁下流から配管内包水のサンプリングを実施。
- なお、サンプリング対象配管は、事故当時にパラメータ指示値を監視していた計器のライン（事故後に水張したラインは除く）、RPV上蓋フランジリーク検出ラインおよびRPV内部調査候補のラインを選定。

実施日：X-28ペネトレーション側：8/30～9/12

X-29ペネトレーション側：8/30～9/26

X-28ペネトレーション

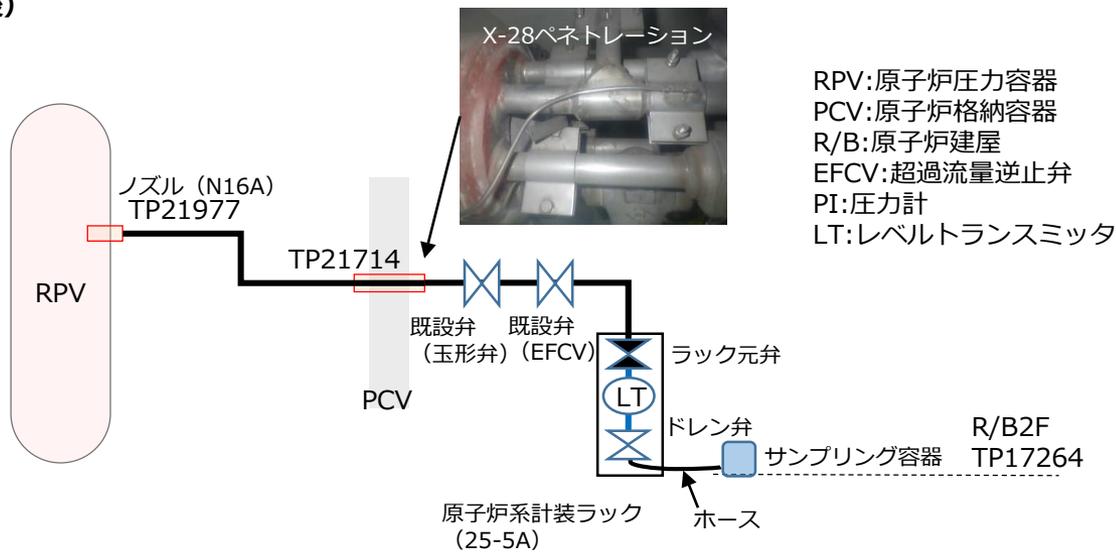
雰囲気線量：約5mSv/h（作業前）→約4mSv/h（作業後）



X-29ペネトレーション

雰囲気線量：約30～50mSv/h（作業前）→約4mSv/h（作業後）

2号機R/B2階 ペネトレーション雰囲気線量



配管サンプリング作業イメージ図 (X-28-C)

(補足) 原子炉系計装ラック内の計装配管内包水をサンプリング容器にて採取

2. 原子炉系計装配管の線量低減作業（実施内容・手順）

- 計装配管の線量低減作業は、原子炉系計装ラックから、ペネトレーションを貫通する配管内にろ過水を送水し、配管内の洗浄等を実施。
- 計装配管には事故時のガスが滞留している可能性があることから、配管内の洗浄前にサンプリングを実施。ドレン弁下流からガスではなく水を確認。

①作業前線量測定

X-28ペネトレーション、X-29ペネトレーションの線量測定

②配管水頭圧確認※

RPV内部調査で使用する配管（予定）を水張りし、水頭圧による確認を行う(X-28-C)

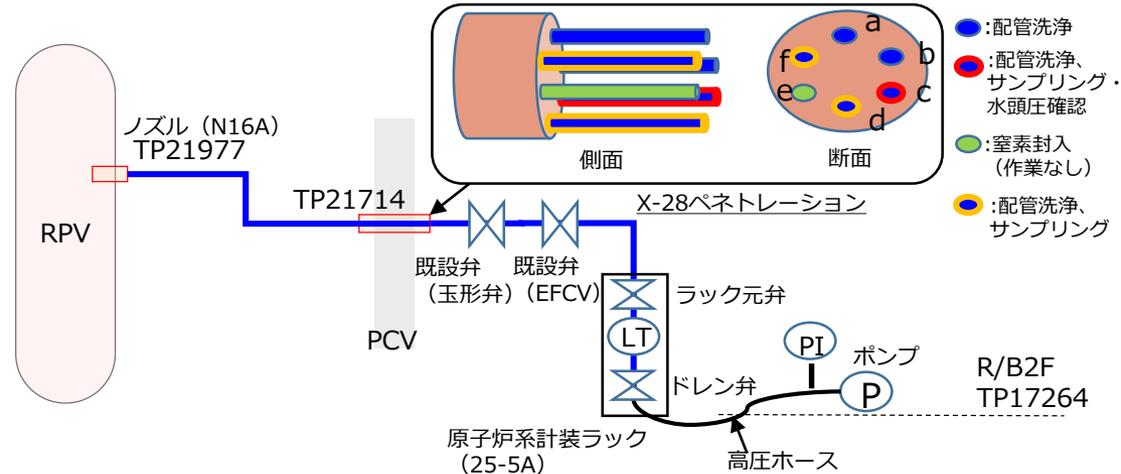
※事前に計装ラック配管内部の滞留ガス確認および流体サンプリングを行う（X-28-c、事故調査のため、サンプリング箇所追加X-28-d、f、X-29-a）

③配管洗浄

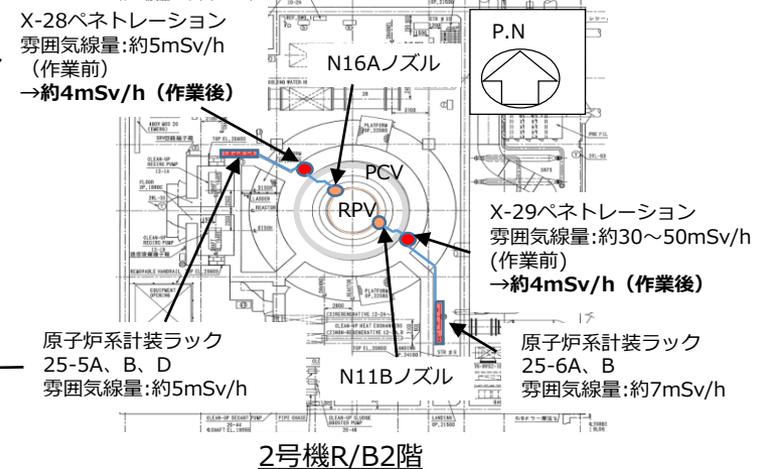
配管内付着物除去のため、計装ラックからRPVへろ過水を供給・押し出し線量低減を行う
 X-28:5ライン(a.b.c.d.f)
 X-29:3ライン(a.c.d)

④作業後線量測定

X-28ペネトレーション、X-29ペネトレーションの線量測定



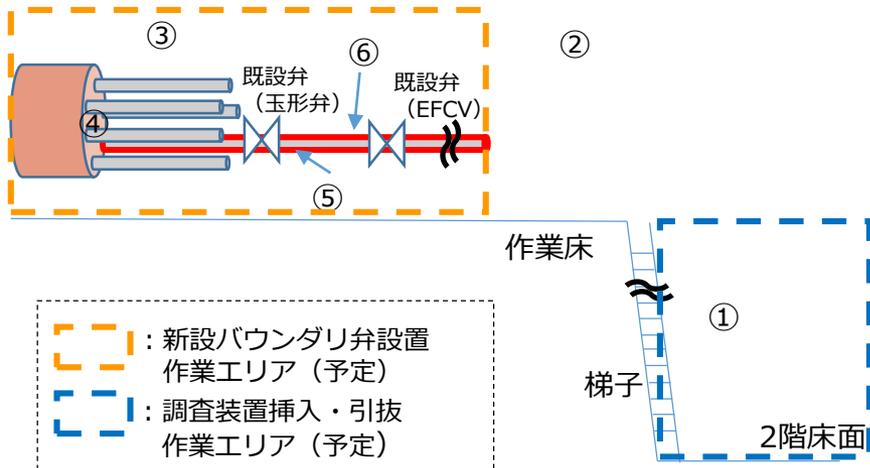
配管洗浄作業イメージ図 (X-28-C)



3. 原子炉系計装配管の線量低減結果

■ X-28ペネトレーション

RPV内部調査を行うための新設バウンダリ弁設置作業エリア③～⑥の線量が概ね低減したことを確認。
 今後、新設バウンダリ弁設置および調査装置挿入・引抜作業エリアの更なる線量低減を目的に遮へい等の設置を検討する。

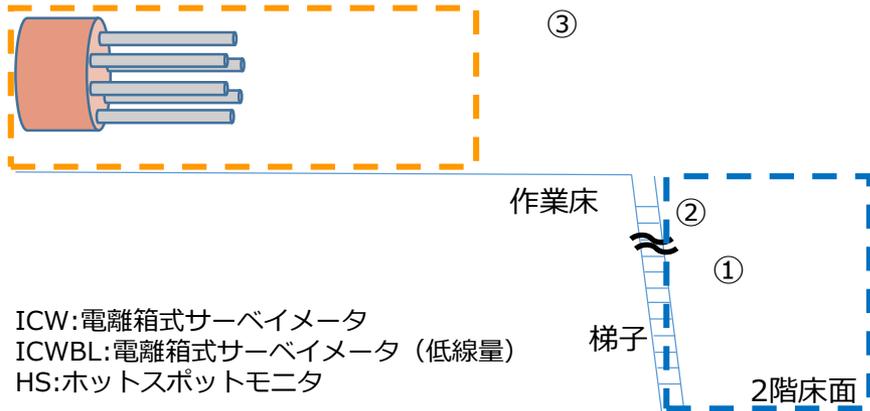


測定ポイント	作業前		作業後		備考
	線量当量率 (mSv/h)				
	2023年8月30日		2023年9月12日		
	γ線	γ+β線	γ線	γ+β線	
①	2.5	8.5	3.0	6.0	床上1.5m
②	4.0	8.5	4.0	6.5	作業床上1.5m
③	5.5	12	4.0	10	作業床上1.5m
④	3.0	>100	3.5	>100	表面
⑤	12	45	5.0	45	表面 (下部)
⑥	6.0	50	4.0	45	表面 (上部)

測定器：ICW、ICWBL

■ X-29ペネトレーション

ペネトレーション近傍エリア③の雰囲気線量が大幅に低減したことを確認。
 今後、ペネトレーション近傍での作業の成立性確認のため、追加線量調査を検討する。



測定ポイント	作業前		作業後		備考
	線量当量率 (mSv/h)				
	2023年8月30日		2023年9月26日		
	γ線	γ+β線	γ線	γ+β線	
①	7.5	18	4.5	10	床上1.5m
②	8.0	-*	5.4	-*	
③	30	-*	4.4	-*	作業床上1.5m

※:被ばく低減のため、測定対象外

測定器：ICWBL、HS

ICW:電離箱式サーベイメータ
 ICWBL:電離箱式サーベイメータ (低線量)
 HS:ホットスポットモニタ

4. サンプル対象配管の選定

事故調査や作業安全の観点から配管内の流体（ガスまたは水）の有無を確認することを目的に配管洗浄前のサンプリング対象配管を選定。



■ 事故当時にパラメータ指示値を監視していた計器のライン

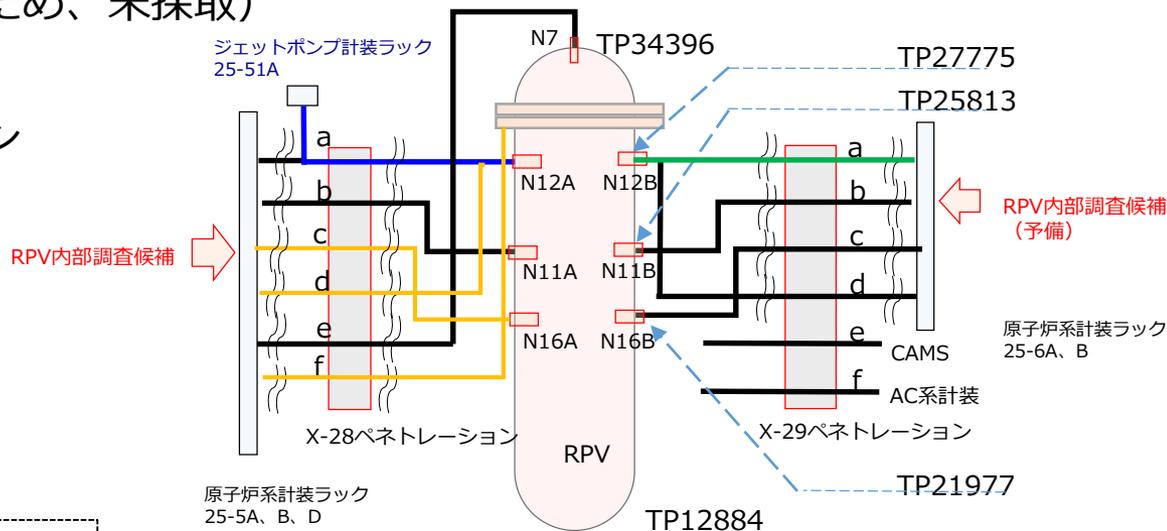
- ・ X-28ペネトレーション：d
（事故後に水張した実績があるaラインは、サンプリング対象から除く）
- ・ X-29ペネトレーション：a
（ガス・水が確認されなかったため、未採取）

■ RPV上蓋フランジリーク検出ライン

- ・ X-28ペネトレーション：f

■ RPV内部調査候補のライン

- ・ X-28ペネトレーション：c



ペネトレーション及びノズル位置の詳細図

- ・ 配管洗浄箇所
X-28:5ライン(a.b.c.d.f)
X-29:3ライン(a.c.d)
- ・ 窒素封入箇所（作業なし）
X-28:e
X-29:b

- 黄線：サンプリング箇所
- 緑線：サンプリング箇所（未採取）
- 青線：事故後に水張した箇所
- 黒線：作業なし

5. 原子炉系計装ラックの配管内包水サンプリング結果

- サンプリングしたX-28ペネトレーション側の3ヶ所とも、Cs-137の放射能濃度が高いことを確認。
- RPV上蓋フランジリーク検出（X-28ペネトレーション: f）ラインは、他の2ヶ所に比べ高いことを確認。

目的	分析項目	単位	X-28ペネトレーション cライン (2023年8月30日採取)	X-28ペネトレーション dライン (2023年8月30日採取)	X-28ペネトレーション fライン (2023年8月30日採取)
事故調査 のため	Cs-134	Bq/L	4.63E+05	4.80E+05	8.67E+07
	Cs-137	Bq/L	2.19E+07	2.41E+07	4.55E+09
	Sr-90	Bq/L	4.97E+03	5.07E+03	8.49E+05
	H-3	Bq/L	2.22E+05	2.52E+05	5.13E+06
	全β	Bq/L	2.26E+07	2.45E+07	4.81E+09
	全α	Bq/L	<6.94E+00	<6.94E+00	<1.39E+03
	Co-60※1	Bq/L	<6.88E+03	<4.72E+03	<6.18E+05
	Ru-106※2	Bq/L	<2.37E+05	<2.42E+05	<3.33E+07
	Sb-125※2	Bq/L	<1.52E+05	<1.57E+05	<2.12E+07
	Eu-154※2	Bq/L	<1.77E+04	<1.46E+04	<2.22E+06
	Am-241※2	Bq/L	<2.00E+04	<2.14E+04	<2.86E+06

- ・ 分析項目については、1号RCW熱交換器（C）サンプリングでの実績と今回サンプリングした量・線量を踏まえて決定。
- ・ ※1・2について、Cs濃度が高いため、他の核種の検出限界が高くなり、検出限界以下になったと考えられる。

※1 炉内構造物・PCV内構造物由来のもの
 ※2 核燃料物質・FP等燃料デブリ由来のもの

6. 分析結果の考察 (1)

■ 放射能濃度 (Cs-137) が高い理由

- 事故時 (燃料破損後) の放射性物質が各計装配管内に流入し、汚染したと推定。
- RPV上蓋フランジリーク検出ラインについては、事故時にRPV上蓋フランジにある金属Oリング (内側) を介して、RPV内部の放射性物質が流入したものと推定。
- 濃度差がある理由として、以下の違いや影響が考えられる。
 - RPV上蓋フランジリーク検出ラインは通常時 (事故前) 水はない状況。一方、原子炉水位計配管には、水位計測のため水張りされた状態にあったことから、配管内の水の有無の違いによるもの。
 - また、事故時の原子炉水位計配管内の水は、蒸発した可能性があるものと、残水として残っている可能性があるものがあり、後者のものに事故時の放射性物質が混入したものと推定。
 - 各ノズルと炉内構造物の位置関係の違いによるもの。

■ X-29ペネトレーション (aライン) からサンプリングできなかった理由

配管洗浄の際、配管が詰まっている兆候が確認されたため、配管内包水を採取できなかったと推定。

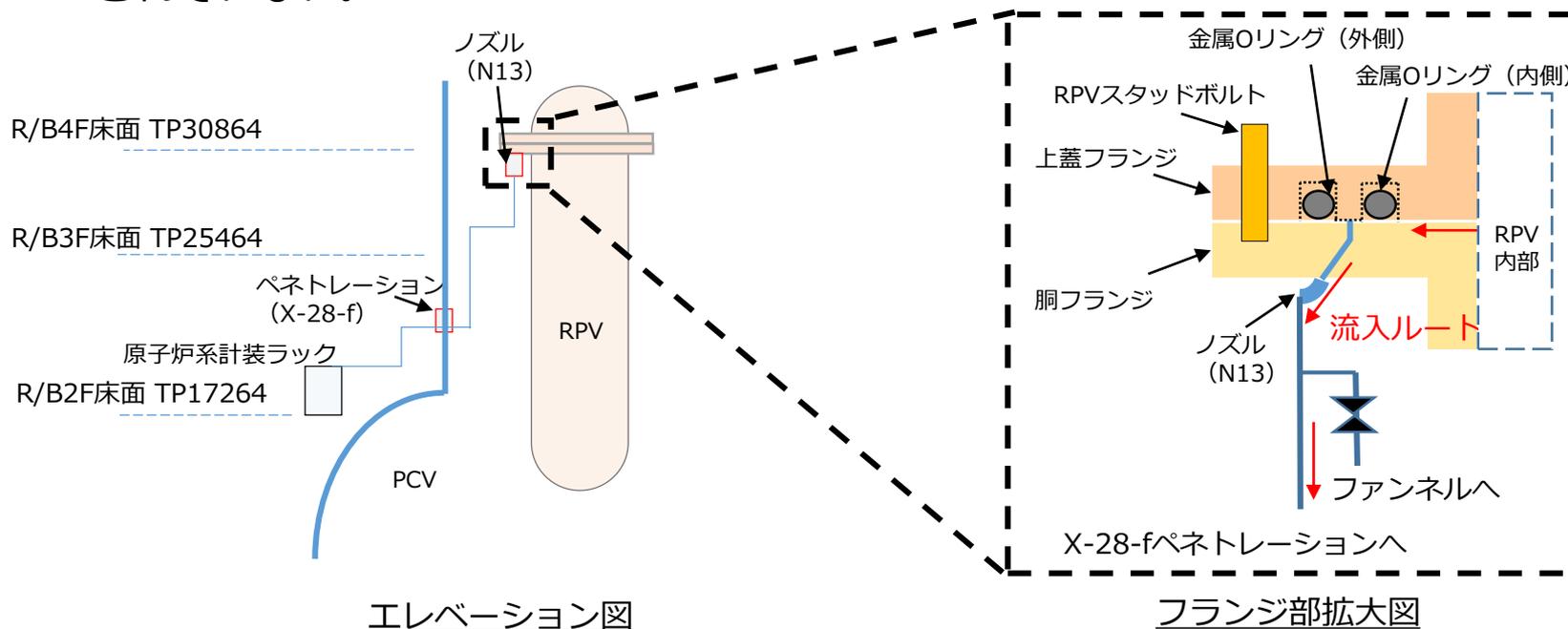
6. 分析結果の考察 (2)

■ RPV上蓋フランジリーク検出ラインへの流入経路

事故時に、RPV上蓋フランジにある金属Oリング（内側）に漏えい経路があり、そこを經由して、RPV内部の放射性物質が流入したものと推定。

【金属Oリング（内側）を介して、流入した理由】

- 配管洗浄を実施したところ、配管ボリューム（約20L）以上の洗浄水が流れたことから、金属Oリング（内側）に漏えい経路があり、RPV内部へ洗浄水が流れたと推定。
（金属Oリング（外側）へ流れた可能性もある）
- なお、配管洗浄前の満水（水頭圧）確認の結果、計装配管などからの漏洩の兆候は確認されていない。



7. まとめ

■ サンプルング

・ X-28ペネトレーション

配管洗浄前のc、d、fラインのサンプルングを実施した結果、ガスではなく放射能濃度（Cs-137）が高い水を確認。

なお、今回得られたサンプルング結果および配管内流入経路については、1Fにおける事故調査に活用していく。

■ 水頭圧確認

RPV内部調査候補であるX-28-cラインの水頭圧確認（および配管洗浄）を実施した結果、調査に影響するような詰まりは確認されなかった。

■ 線量低減

・ X-28ペネトレーション

配管洗浄により、作業エリアの線量が低減したことを確認できた。今後、RPV内部調査の実現に向け、遮へい等による更なる線量低減を検討する。

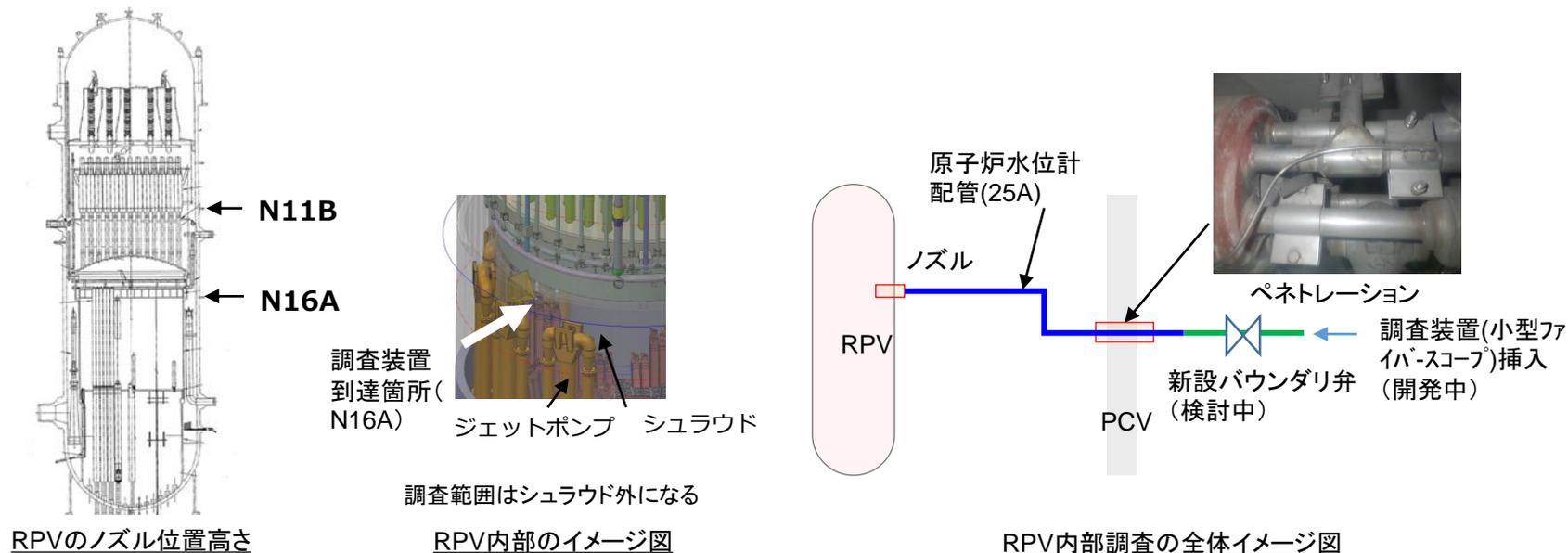
・ X-29ペネトレーション

配管洗浄により、作業エリアの線量が低減したことを確認できた。今後、RPV内部調査の実現に向け、ペネトレーション近傍での作業の成立性確認のため、追加線量調査を検討する。

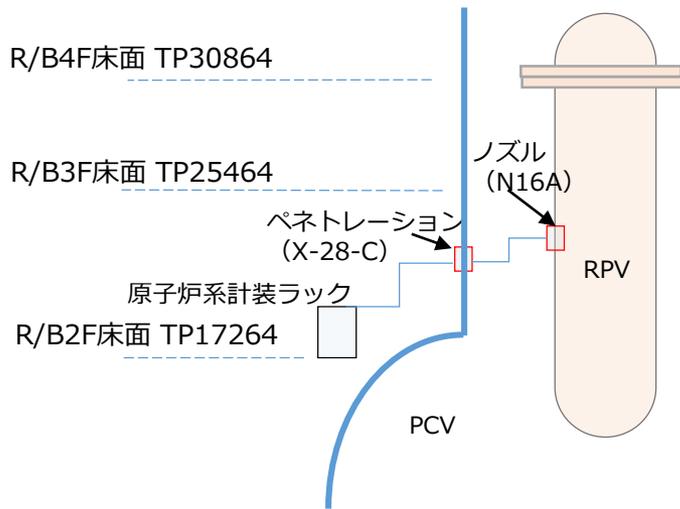
(参考①) 2号機 既設計装配管を用いたRPV内部調査

- 2号機 RPV内部調査として、**まずは早期に内部を確認する目的**で、**既設計装配管**を用いた調査を検討中。
- 調査方法として、計装配管を通過可能な耐放性の小型ファイバースコープによる調査を行う。
- 調査に使用する計装配管として、以下の条件を考慮して、作業の成立性が期待できる原子炉水位計配管を選定。
 - ・ RPVに接続する配管の内、損傷の可能性が低いと考えられる炉心領域より上部のノズルに繋がるもの。
 - ・ 調査装置である小型ファイバースコープが配管内の障害(オリフィス・エルボ等)を通過できるもの。
 - ・ 作業エリアとして、雰囲気線量が比較的低い箇所。
- 上記の条件を踏まえ、RPVのノズルN16A、N11Bに繋がる原子炉水位計配管を候補※に、調査装置や調査方法を開発・検討中。

※今後の線量低減等の結果によっては、変更の可能性あり



(参考②) 配管洗浄ラインのペネトレーション及びノズル位置

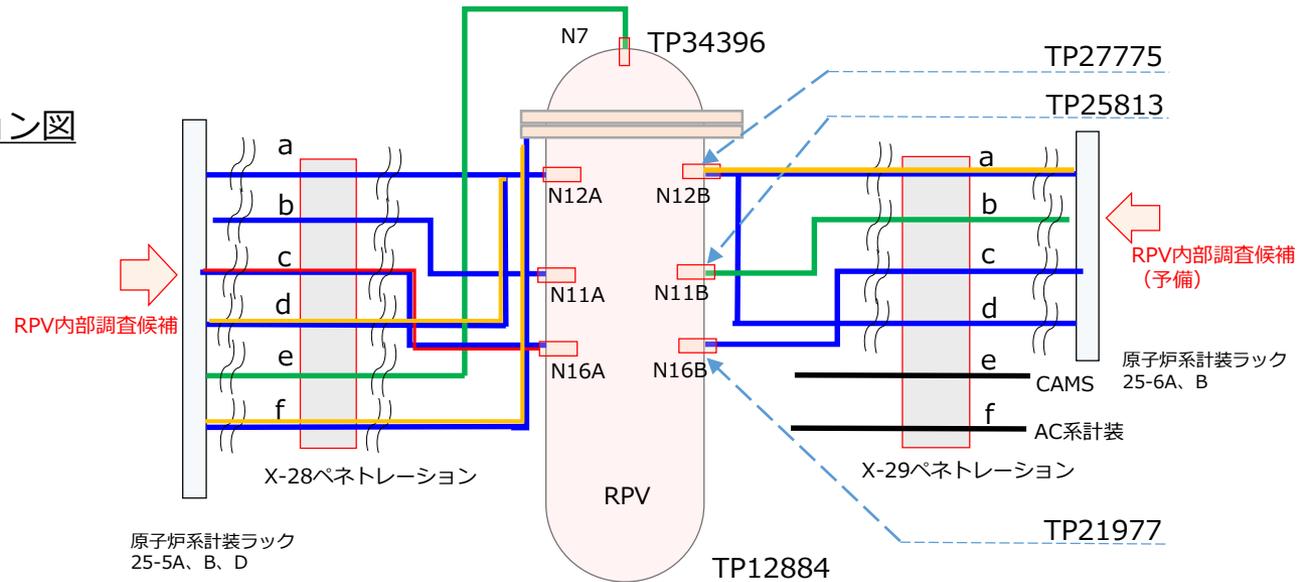


エレベーション図



X-28ペネトレーション

- 青線：配管洗浄箇所
- 緑線：窒素封入箇所（作業なし）
- 赤線：サンプリング・配管水頭圧確認箇所
- 黄線：サンプリング箇所
- 黒線：作業なし



ペネトレーション及びノズル位置の詳細図

CAMS: 格納容器雰囲気モニタ
AC: 不活性ガス系

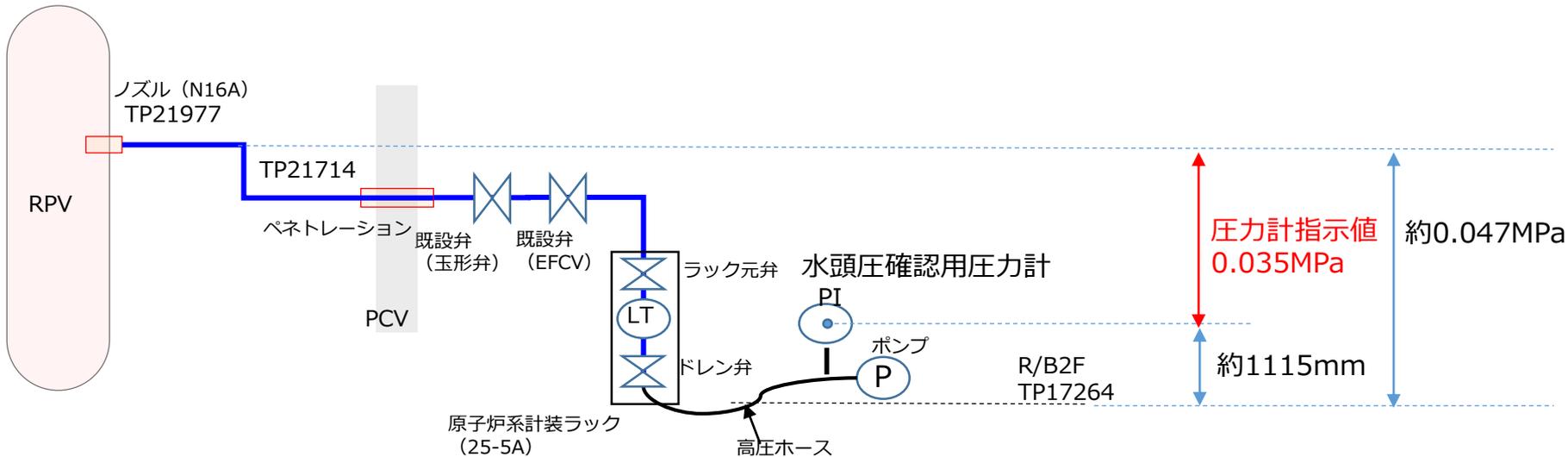
原子炉系計装ラック
25-5A、B、D

(参考③)原子炉系計装配管の水頭圧確認結果

■ X-28-cペネトレーション

- ・ N16AノズルからR/B2階床面までの水頭圧は約0.047MPaと想定。
- ・ 水頭圧確認の結果、ノズルまでの水頭圧相当の圧力が確認されたことから、RPV内部調査に影響するような詰まりはないと想定。

配管名	流体	実施日	水頭圧確認開始時圧力	水頭圧確認終了時圧力	水頭圧確認時間
X-28-c	水	2023年9月4日	0.035MPa	0.035MPa	10分



水頭圧確認作業イメージ図 (X-28-C)

