

2号機原子炉キャビティ差圧調整ライン バルブチェック リストの現場調査について

2023年10月17日

東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

1. 概要

- 第21回事故分析検討会（2021/7/8）にて当社より2号機原子炉キャビティ差圧ライン※1の調査結果を以下の通り、報告。
 - 当該ラインに設置されている弁は空気作動弁であることから、電源喪失時に自動で閉するものであるが、現場確認の結果、強制的に開保持状態となっていた。
 - 運用上の理由から手動で開操作されていたものと推定しているものの、原因は特定できていない。
- 当該弁の開閉状態については事故当時の汚染経路のより詳細な汚染経路推定に資する情報であるため、事故当時の弁状態の確認が可能な「起動前バルブチェックリスト」※2 等により継続して調査を実施することとした。
- 事前の現場調査等から当該リストの確認準備が整ったため、保管されている1・2号機中操コミュニケーションルームにおいて確認を行った。

※1 運転中に原子炉キャビティ（原子炉ウェル）とオペレーションフロアの差圧を調整するラインで、原子炉建屋換気空調系の排気ダクトに接続されている。

※2 原子炉起動前に各弁が適切な開閉状態となっているか確認するリスト。

2. バルブチェックリストの確認結果

- 2023年8月24日に1・2号中操コミュニケーションルームにてバルブチェックリストの確認をした結果、保安規定※1で定められている系統については開閉状態の確認がされていたが、2号機原子炉キャビティ差圧調整弁などを含む補助系（空調、所内ボイラ、所内空気など）では弁の開閉状態の確認がされていない状況（「空欄」）※2であった。

中分類		018 R/B補機冷却装置		小分類		01 <R/B補機冷却装置>			
連番-枝番	弁番号	弁名称	弁の開閉状態	確認日付	確認者	設置場所			
00083-009	V-35-LSLL-54-10H	RCW サージタンクLSLL-54-10 H側元弁	○	16/14		R/B4階 RCWサージタンク回り			
00083-010	V-35-LSLL-54-10L	RCW サージタンクLSLL-54-10 L側元弁	○			R/B4階 RCWサージタンク回り			
02514-001	MO-35-31-3.V	RCW SYSTEM DRYWELL ISOL VALV E V-31-3	○	10/29		パネル9-6(R/B 3階 RCWポンプE)			
02515-001	MO-35-31-9.V	RCW DRYWELL RETURN VALVE V-31-9	○			パネル9-6(トラス室 北側X-24)			

図1. バルブチェックリスト
(原子炉補機冷却系)

中分類		009 R/B通常換気装置		小分類		04 (R/B通常換気装置)			
連番-枝番	弁番号	弁名称	弁の開閉状態	確認日付	確認者	設置場所	備考		
07304-001	AO-78-BF2-1.V	R/B通常換気系入口隔離弁	○			パネル9-34(D/Wバージファン上)			
07306-001	AO-78-BF2-12.V	原子炉キャビティ差圧調整弁	○			R/B 4階 西壁 中央HVLP(N) (SCLCラックルームダンパー)	C5を1から2にする		
07307-001	AO-78-BF2-13.V	原子炉キャビティ差圧調整弁	○			R/B 4階 西壁 中央HVLP(N) (MGセットA P MG上)	C5を1から2にする		
07308-001	AO-78-BF2-2.V	R/B通常換気系出口隔離弁	○			パネル9-34(R/B HVEプレナムと山側壁の間上)			
07309-001	AO-78-BF2-3.V	R/B通常換気系入口隔離弁	○			パネル9-34(D/Wバージファン上)			

図2. バルブチェックリスト
(原子炉キャビティ差圧調整弁)

※1 保安規定第16条「原子炉起動前の確認事項」

当直長は、原子炉起動前に、次の施設及び設備を点検し、異常の有無を確認する。

- (1) 原子炉冷却系統施設
- (2) 制御材駆動設備
- (3) 電源、給排水及び排気施設

※2 社内マニュアル（バルブチェック運用の手引き）にて当該弁が含まれる換気空調設備はバルブチェックリストのチェック対象外と規定

(参考) 5号機バルブチェックリストおよび現場の弁状況

- 2号機と同じ型式、プラントメーカーである5号機にて現場弁の状態を確認したところ、2号機と同様にBF-5-12,13弁とも強制開状態であることを確認した。
- またバルブチェックリストについても当該弁が換気空調系に含まれていることから、2号機同様に弁の開閉状態の確認はされていない状況（「空欄」）であった。



BF-5-12弁



BF-5-13弁

(参考) 1号機、4号機、5号機、6号機の現場の弁状況

- 1号機、4号機、5号機、6号機の現場の弁状況は以下の通り。
- 2号機、5号機のみ強制開状態であった。
- 1号機、4号機、6号機は自動開状態となっていた。
なお、1号機、4号機は事故時のIA喪失により現在は全閉状態となっている。

号機	弁の開閉状態
1号機	自動開 (IA喪失により閉)
2号機	強制開
3号機	— (確認できず)
4号機	自動開 (IA喪失により閉)
5号機	強制開
6号機	強制開または自動開

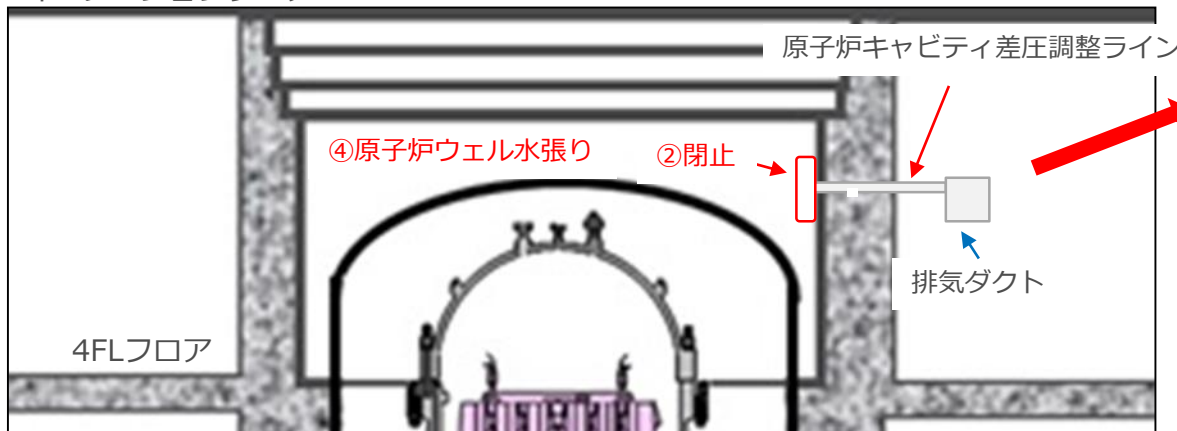
3. 安全上の影響について

- 原子炉建屋内の換気に関して事故時におけるプラントの挙動は以下の通り。
 - ① 事故などにより原子炉建屋の放射能レベルが高くなると、自動的に常用換気系が隔離される。
 - ② 非常用ガス処理系が作動し、放射性物質が直接大気へ放出されることを防止する。
- ①②より、事故が起こった際は当該弁の開閉状態に関わらず原子炉建屋は負圧に維持されるとともに、原子炉建屋外への放射性物質の放出を防止することが可能であるため、当該弁が強制開となっても安全上の問題はない。

4. 強制開運用の目的（推定）

- 当該弁を含む当該ラインについては通常運転中に操作することはないが、定期点検時の原子炉ウェルへの水張りにあたって以下の手順で作業を実施する。
 - ① シールドプラグの取り外し
 - ② 当該ラインの原子炉ウェル側に閉止プラグの取り付け
 - ③ 当該ラインに設置されている原子炉キャビティ差圧調整弁後弁の閉操作
 - ④ 原子炉ウェル水張り
- 閉止プラグの取り付けにあたっては、原子炉ウェル内へ作業員が入域する必要があることから、通常運転時においても当該弁を開状態とすることで原子炉ウェル内の汚染を低減し、作業員の被ばく低減を図っている。
- そのため、仮に当該弁の開状態保持に必要な作動空気を供給する I A 系※で微小リークが発生した場合でも開状態を保持し、定期点検時の作業員の被ばく低減を図れるよう強制開運用としていたと推察する。

オペレーションフロア ①シールドプラグ取り外し



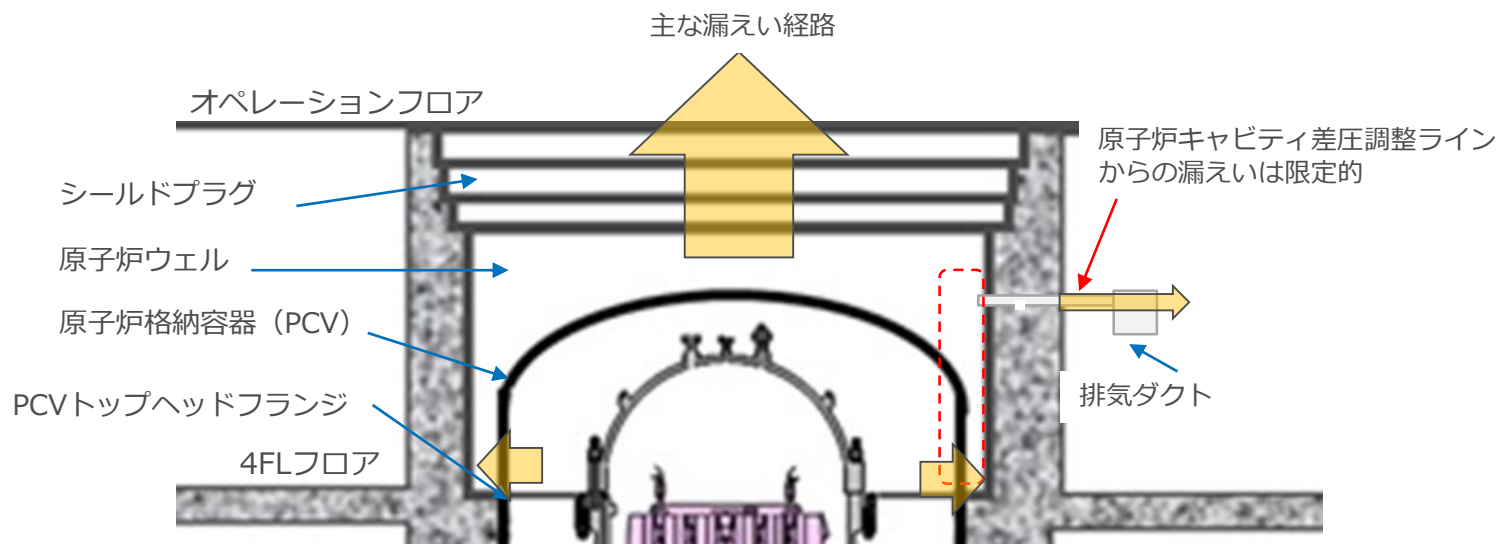
※ I A 系：計装用圧縮空気系

5. まとめ

- 現場にてバルブチェックリストを確認した結果、保安規定第16条で定められている対象系統（原子炉冷却系統施設等）の弁については開閉状態のチェックされていたが、2号機原子炉キャビティ差圧調整弁などを含む補助系はチェックリストの対象外であり、開閉状態の確認はされていない状況（「空欄」）であった。
- 原子炉建屋内の換気に関しては、事故時は自動的に常用換気系が隔離されるとともに、非常用ガス処理系が作動することで、当該弁の開閉状態に関わらず原子炉建屋は負圧に維持されるとともに、原子炉建屋外への放射性物質の放出を防止することが可能であることから、当該弁が強制開となっても安全上の問題はない。
- A L A R A 対策として取り付けられている当該設備は、通常運転中は原子炉ウェルから放射性ダストがシールドプラグの隙間を経てオペフロに流れ出さないように圧力バランスを維持しており、仮に当該弁の開状態保持に必要な作動空気を供給する I A 系で微小リークが発生した場合でも開状態を保持し、オペフロ上での作業員の被ばく低減を図れるよう強制開運用としていたと推察する。
- また、定期点検時は原子炉ウェル内へ作業員が入域する必要があり、シールドプラグを外した時点で、オペフロとウェルの差圧がなくなることで当該弁が自動で閉となることがないよう、作業員の被ばく低減の観点からも強制開運用としていたと推察する。

(参考) 原子炉建屋内への影響について

- 2号機シールドプラグの汚染状況調査からPCVから原子炉建屋への放射性物質の主な漏えい経路としてはPCVトップヘッドフランジからと推定しているが、2021年に実施した原子炉キャビティ差圧調整ライン近傍における線量測定の結果、差圧調整ラインのウェル側（74.6mSv/h）に対して、原子炉建屋側は約10mSv/hであった。
- そのため、事故時に当該ラインへ放射性物質が流れ込んだものの、当該弁が強制開であったことによる原子炉建屋側への汚染拡大の影響は限定的と考えられる。



(参考)バルブチェックリスト記載状況

■ 原子炉キャビティ差圧調整弁 (AO-76-BF2-12,13_V)

大分類 03 補機関係		小分類 04 (R/B通常換気装置)		福島第一原子力発電所				
中分類 009 R/B通常換気装置				2010年9月9日 作成				
連番-枝番	弁番号	弁名称	弁の開閉		確認日付	確認者	設置場所	備考
			状態	確認				
07304 - 001	AO-76-BF2-1_V	R/B通常換気系入口隔離弁	○				パネル9-34(D/Wバージファン上)	
07306 - 001	AO-76-BF2-12_V	原子炉キャビティ差圧調整弁	○				R/B 4階 西壁 中央HVLP(N)(SLCタンクルームダンパー)	CSを1から2にする
07307 - 001	AO-76-BF2-13_V	原子炉キャビティ差圧調整弁	○				R/B 4階 西壁 中央HVLP(N)(MGセットA P MG上)	CSを1から2にする
07308 - 001	AO-76-BF2-2_V	R/B通常換気系出口隔離弁	○				パネル9-34(R/B HVEプレナムと山側壁の間上)	
07309 - 001	AO-76-BF2-3_V	R/B通常換気系入口隔離弁	○				パネル9-34(D/Wバージファン上)	
07310 - 001	AO-76-BF2-4_V	R/B通常換気系出口隔離弁	○				パネル9-34(R/B HVEプレナムと山側壁の間上)	
07311 - 001	AO-76-BF2-5A_V	通常換気系排気バイパス弁	×				パネル9-34(D/Wバージファン上)	
07312 - 001	AO-76-BF2-5B_V	通常換気系排気バイパス弁	×				パネル9-34(D/Wバージファン上)	
07313 - 001	V-75-12-300_V	HVH2-7加熱蒸気入口元弁	○×				H/B室 HVH2-7回り	
07314 - 001	V-75-12-301_V	HVH2-7加熱蒸気ラインTCV前弁	○				H/B室 HVH2-7回り	
07315 - 001	V-75-12-302_V	HVH2-7加熱蒸気ラインTCV後弁	○				H/B室 HVH2-7回り	
07316 - 001	V-75-12-303_V	HVH2-7加熱蒸気ラインTCVバイパス弁	×				H/B室 HVH2-7回り	
07317 - 001	V-75-12-304_V	HVH2-7加熱蒸気コイル入口弁	○				H/B室 HVH2-7回り	
07318 - 001	V-75-12-305_V	HVH2-7加熱蒸気ラインベント弁	×				H/B室 HVH2-7回り	閉止栓
07319 - 001	V-75-12-306_V	HVH2-7加熱蒸気ラインベント弁	×				H/B室 HVH2-7回り	閉止栓 ハンドルなし

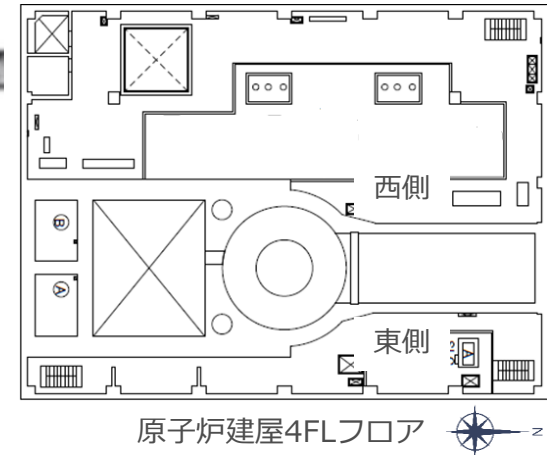
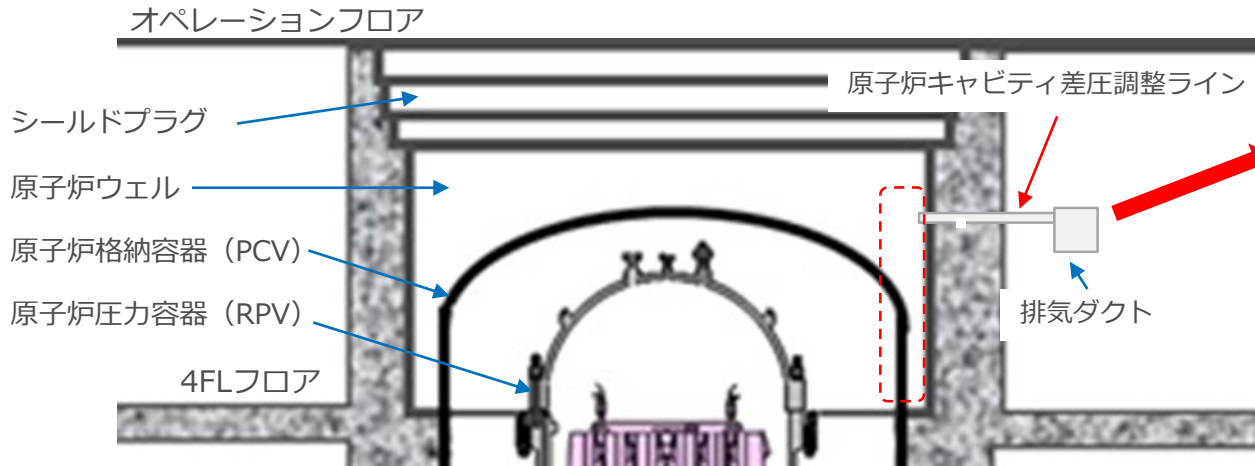
(参考)バルブチェックリスト記載状況

■ 原子炉キャビティ差圧調整弁後弁 (V-76-BF2-18,19_V)

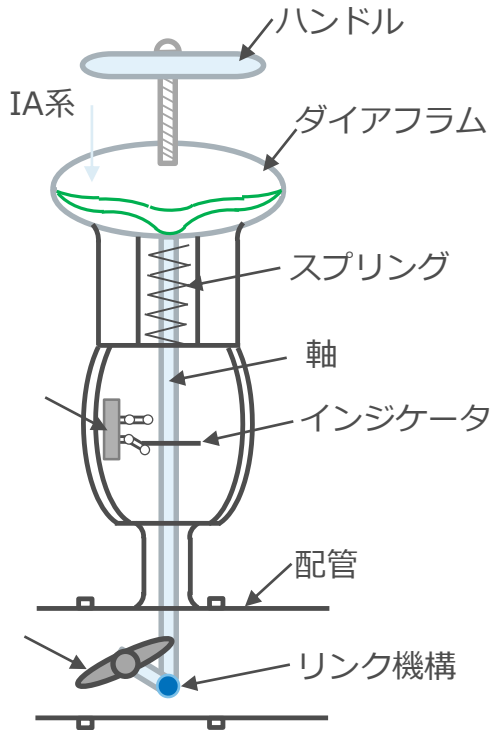
2 号 機		補助系統弁チェックリスト(本表)					福島第一原子力発電所	
大分類 03 補機関係		小分類 04 (R/B通常換気装置)					2010年9月9日 作成	
中分類 009 R/B通常換気装置								
連番-枝番	弁 番 号	弁 名 称	弁の開閉		確認 日付	確認 者	設 置 場 所	備 考
			状態	確認				
07365 - 001	V-75-12-19D_V	R/B加熱蒸気コイル「D」入口弁	○				HVAC室 R/B HVSプレナム上	
07366 - 001	V-75-12-19E_V	R/B加熱蒸気コイル「E」入口弁	○				HVAC室 R/B HVSプレナム上	
07367 - 001	V-75-12-20_V	R/B加熱蒸気ラインTCV後弁	○				HVAC室 R/B HVSプレナム上	
07368 - 001	V-75-12-20A_V	R/B加熱蒸気コイルバキュームブレーカー前弁	○				HVAC室 R/B HVSプレナム上	
07369 - 001	V-75-12-20B_V	R/B加熱蒸気コイルバキュームブレーカー前弁	×				HVAC室 R/B HVSプレナム上	
07370 - 001	V-75-12-21_V	R/B加熱蒸気バイパスラインTCV前弁	○×				R/B HVS プレナム上部	暖房時間
07371 - 001	V-75-12-22_V	R/B加熱蒸気バイパスラインTCV後弁	○×				HVAC室 R/B HVSプレナム上	暖房時間
07372 - 001	V-75-12-23_V	R/B加熱蒸気バイパス弁	×				HVAC室 R/B HVSプレナム上	
07373 - 001	V-76-BF2-21_V	排気ダクトバタフライ弁(スタックへ)	○ LO				屋外 1号R/W屋上 セメントサイロ横	
07374 - 001	V-76-BF2-19_V	原子炉キャビティ差圧調整弁後弁	○				R/B 4階 MG SET(A)PMG上2.5m	はしごあり
07375 - 001	V-76-BF2-18_V	原子炉キャビティ差圧調整弁後弁	○				R/B 4階 SLCタンク横床上 2.5m	はしごあり
07376 - 001	V-76-D-1_V	D/Wバージスプレーワッシャー前弁	×				T/B 2階 D/Wバージファン脇	
07377 - 001	V-76-D-2_V	D/Wバージスプレーワッシャー前弁	×				T/B 2階 D/Wバージファン脇	
07378 - 001	V-76-D-3_V	D/Wバージスプレーワッシャー前弁	×				T/B 2階 D/Wバージファン脇	
07379 - 001	V-76-D-4_V	D/Wバージスプレーワッシャー前圧力指示計(PI-112)元弁	×				T/B 2階 D/Wバージファン脇	PCV減圧時間

(参考) 2号機原子炉キャビティ差圧調整ライン 設置箇所

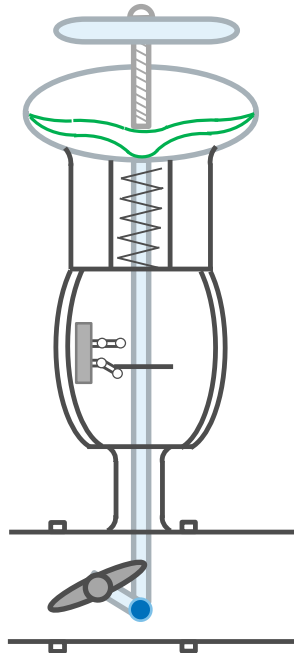
特定原子力施設監視・評価検討会（第91回）資料3-4-1より抜粋



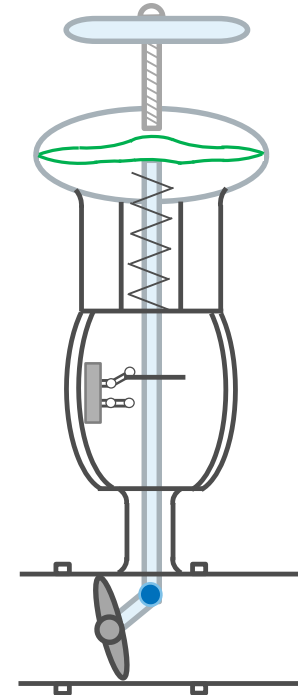
通常状態
弁「開」



手動操作
弁「開」



IA系喪失時
弁「閉」



現在の弁状況

(参考) 2号機 原子炉冷却系統施設のチェック状況

- 保安規定第16条「原子炉起動前の確認事項」の対象である原子炉冷却系統施設として原子炉補機冷却系のバルブチェックリストを確認した。
- 確認の結果、バルブチェックリストにて適切に確認されている状況。

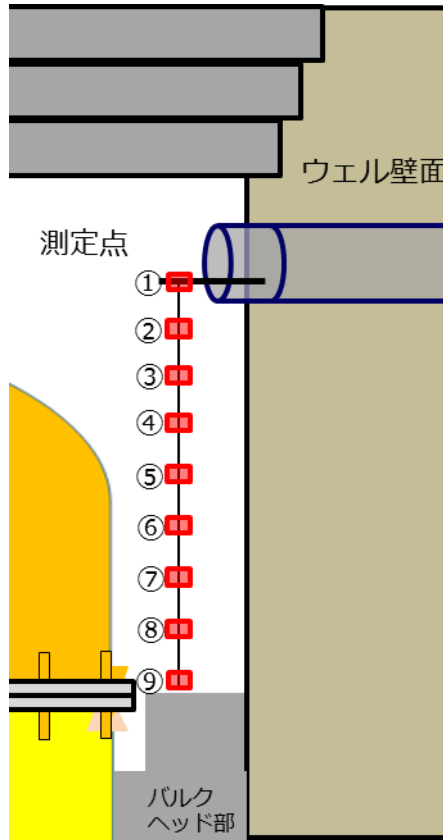
弁番号	弁名称	弁の開閉	
		状態	確認
MO-35-31-3_V	RCW SYSTEM DRYWELL ISOL VALVE V-31-3	○	○
MO-35-31-9_V	RCW DRYWELL RETURN VALVE V-31-9	○	○

中分類 018 R/B補機冷却装置		小分類 01 <R/B補機冷却装置>		弁の開閉		確認日付	確認者	設置場
連番-枝番	弁番号	弁名称	状態	確認				
00083 - 009	V-35-LSLL-54-10H	RCW サージタンクLSLL-54-10 H側元弁	○	○	10/14		R/B4階 RCWサージタンク回り	
00083 - 010	V-35-LSLL-54-10L	RCW サージタンクLSLL-54-10 L側元弁	○	○	↓		R/B4階 RCWサージタンク回り	
02514 - 001	MO-35-31-3_V	RCW SYSTEM DRYWELL ISOL VALV E V-31-3	○	○	10/29		パネル9-6(R/B 3階 RCWポンプ回	
02515 - 001	MO-35-31-9_V	RCW DRYWELL RETURN VALVE V-31-9	○	○	↓		パネル9-6(トーラス室 北側X-24)	

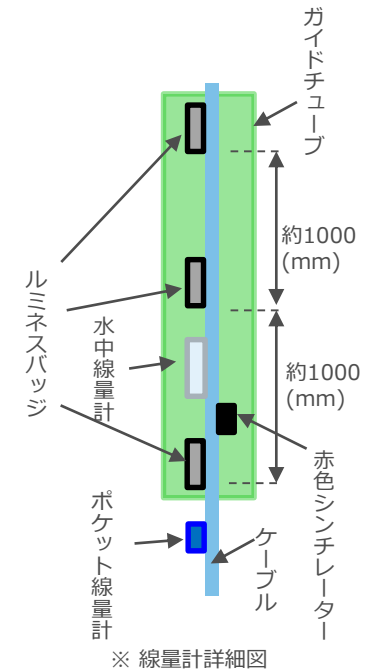
(参考) 原子炉ウェル調査結果 (線量測定結果)



- 水中線量計で測定したウェル内の線量については、最大で530mSv/hであった。
- ポケット線量計およびルミネスバッジは、累積線量をウェル内滞在時間で換算した値であるため、参考値ではあるが、概ね水中線量計と同等の値であることを確認した。なお、赤色シンチレーターの測定値については、現在評価を行っている。
- ウェル内の線量はウェル上部（測定点①）からウェル床面（測定点⑨）に向かって徐々に高くなる傾向であった。



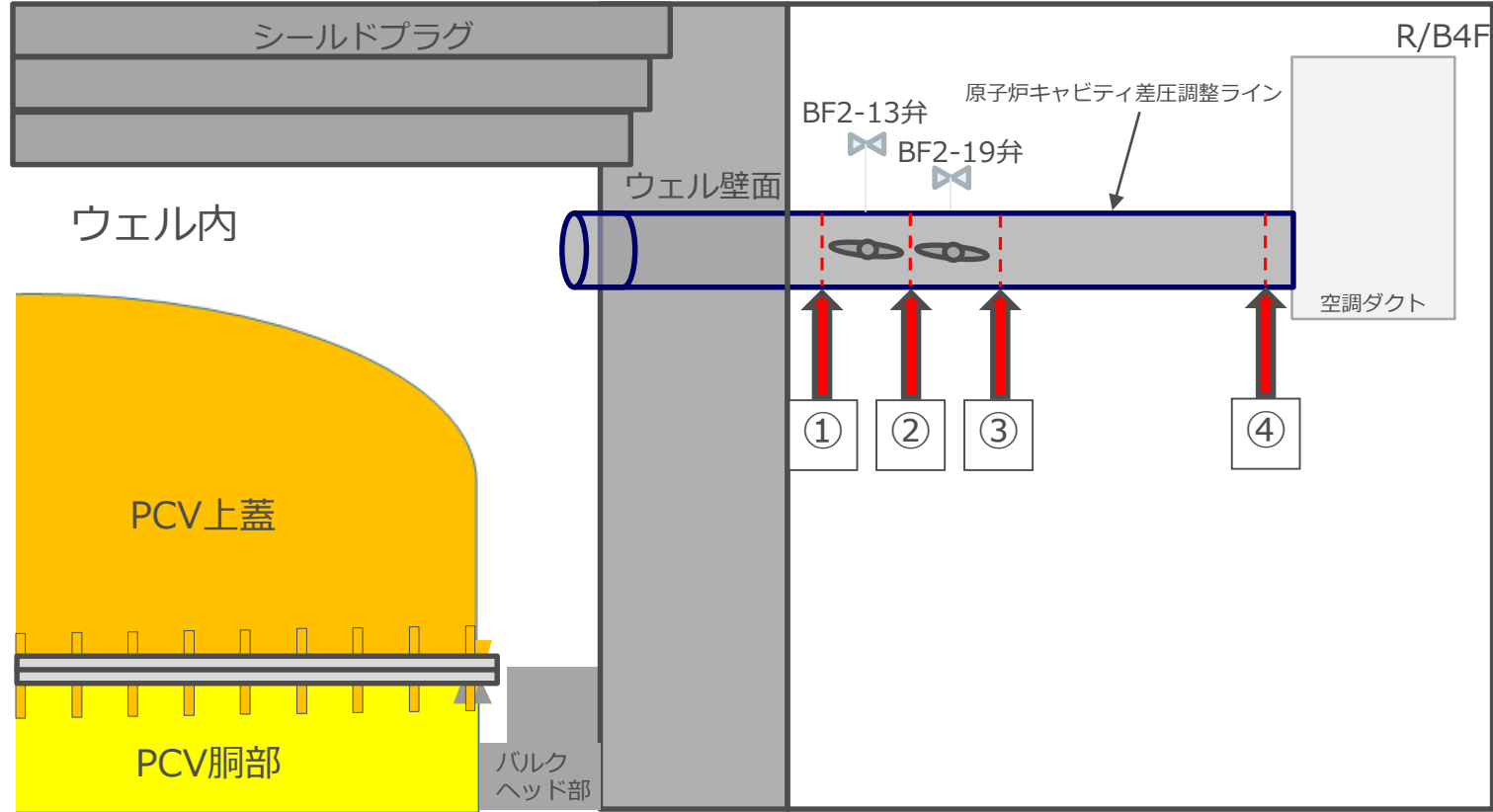
測定ポイント	距離 (mm)	水中線量計	赤色シンチレーター	ポケット線量計	ルミネスバッジ
		線量当量率 (mSv/h)			
		5月20、24日測定	6月23日測定		
①	0	74.6	-		
②	500	150	-		
③	1000	330	-		
④	1500	300	280	約315	上：約220
⑤	2000	310	-		中：約270
⑥	2500	380	-		下：約360
⑦	3000	440	-		
⑧	3500	530 (最大)	370		
⑨	4000	350	-		



(参考) 東側原子炉キャビティ差圧調整ライン調査 (線量調査)



- 線量測定結果は以下の通り。
 - 測定ポイント②の配管下部に、最大線量：51mSv/hを確認した。



測定ポイント		①	②	③	④
		PCV壁面～BF2-13弁間	BF2-13～BF2-19弁間	BF2-19弁～ダクト間	ダクト近傍
配管	上部(mSv/h)	13	41	25	18
	下部(mSv/h)	13	51	37	20

（参考）東側原子炉キャビティ差圧調整ライン調査（外観調査）

- 東側に敷設された原子炉キャビティ差圧調整ラインについて、現場調査を実施した。
 - 作業エリア（グレーチング）上の空間線量は約10mSv/hであった。※西側：約12mSv/h
 - BF2-13弁は、西側と同様に開状態であった。
 - ダクト側面、下部および点検口に、西側のような劣化は確認されなかった。

