

# 福島第一原子力発電所 3号機圧力抑制室内滞留ガスのパージ作業 (パージ作業期間短縮対策の開始について)

< 参 考 資 料 >  
2024年6月13日  
東京電力ホールディングス株式会社  
福島第一廃炉推進カンパニー

- 福島第一原子力発電所3号機圧力抑制室(S/C)は、震災以降、窒素封入の実績が無いことから、事故時に発生したガスが滞留しています。これらの滞留ガスは、原子炉格納容器(PCV)保有水によりS/C内で密閉され、安定した状態であると推定していますが、水素燃焼に至るリスクを低減することで原子力安全の更なる向上を目的に、滞留ガスを放出した場合の敷地境界における実効線量を評価し周辺公衆に与える放射線被ばくのリスクは極めて小さいと判断したうえで、S/C内滞留ガスのパージ(掃気)作業を、2023年12月19日から行っています。
- パージ作業においては、ガスパージ設備により、ガスの流量・圧力を監視しながら、S/C内の滞留ガスをPCV(D/W※)内に送気し、PCV内に封入している窒素ガスで滞留ガスを希釈することで、放射性物質の濃度をさらに可能な限り低減するとともに、PCVガス管理設備により、水素・希ガス・ダスト濃度等のPCVパラメータを監視しており、予め定めているPCVパラメータ管理方針の範囲内の変動であることを確認しています。
- また、水素燃焼に至るリスクを可能な限り早期に低減することを目的に、以下の対策を計画しています。  
対策① PCV(D/W)水素濃度管理値の段階的な増加に伴うパージ量( $m^3/週$ )の増加  
対策② PCVガス管理設備排気量およびPCV窒素封入量の段階的な増加に伴うパージ量( $m^3/週$ )の増加  
対策③ (①,②の実施状況を踏まえ検討継続) ガスパージ設備の改造も含めたパージ流量( $m^3/h$ )の増加

※ ドライウェル：原子炉圧力容器を包み込むフラスコ型の部分 <以上、2023年9月28日,11月9,16日,12月18日,2024年4月26日までお知らせ済み>

- パージ作業期間短縮対策②について、これまで作業手順の検討等を行ってきており、これら準備が整うことから、6月17日から開始する予定です。
- PCVガス管理設備排気量(以下,排気量)の増加は、過去に運転実績のある排気量(約 $27m^3/h$ )を一旦の目途とするとともに、PCV内の酸素濃度が可能な限り上昇しないように、PCV窒素封入量(以下,封入量)を先に増加する手順としています。また、PCVパラメータを監視しながら、段階的に増加する手順としています。(スライド2参照)
- パージ作業については、排気量および封入量を増加することで、PCV内での滞留ガス(水素)の希釈が早まり、上昇した水素濃度は、現在よりも速やかに低減するため、パージ量を増加することが可能になると考えています。その際にも、これまでの作業同様、予め定めているPCVパラメータ管理方針の範囲内での水素濃度上昇を想定しています。パージ量の増加については、排気量および封入量の増加後、PCVパラメータを1週間程度監視したうえで実施(約 $16 \rightarrow$ 約 $19m^3/週$ )する予定です。
- これまでの作業において、モニタリングポストならびに敷地境界連続ダストモニタの指示値に有意な変動がないこと確認していますが、引き続き、PCVパラメータを適切に監視しながら、安全を最優先に作業を進めるとともに、パージ作業期間短縮対策②の更なる段階的な増加、ならびに対策①(スライド4参照)についても検討を進めてまいります。

# ページ作業期間短縮対策②の主な作業手順、リスクと対策

## ● PCVガス管理設備排気量およびPCV窒素封入量増加の主な作業手順

(単位:m<sup>3</sup>/h)

	(現状)	1回目の増加	2回目の増加
PCV窒素封入量	約19	①約22 (1週間程度監視後)	③約24
PCVガス管理設備排気量	約22	②約25	④約27

- ① 封入量を約19→約22m<sup>3</sup>/hに増加 (増加前にPCV酸素濃度測定)
- ② 排気量を約22→約25m<sup>3</sup>/hに増加 (増加数日後にPCV酸素濃度測定、酸素濃度測定結果を踏まえページ作業)
- ③ 封入量を約22→約24m<sup>3</sup>/hに増加 (増加前にPCV酸素濃度測定)
- ④ 排気量を約25→約27m<sup>3</sup>/hに増加 (増加数日後にPCV酸素濃度測定、酸素濃度測定結果を踏まえページ作業)

<考え方>

- i. 排気量は、過去に運転実績のある約27m<sup>3</sup>/hを一旦の目途とする(今回の実績を踏まえ、今後、更なる段階的な増加を検討)
- ii. PCV外からPCV内へ酸素が流入してくることを抑制するため、封入量を先に(排気量を後に)増加する
- iii. 封入量と排気量の増加量は同一とする
- iv. 封入量と排気量の2回目の増加から1週間程度監視後、ページ量を増加する(約16→約19m<sup>3</sup>/週を予定)

## ● PCVガス管理設備排気量およびPCV窒素封入量増加のリスクと対策

	リスク	対策
PCVパラメータの有意な変動	水素・希ガス・ダスト濃度等が、予め定めている管理方針の範囲を超える	排気量・封入量を現状に戻す
PCV酸素濃度の有意な変動	PCVガス管理設備ファン上流部の酸素濃度が、継続的な上昇傾向を示す	PCV窒素封入量を増加させる
R/B※1(MSIV※2室)内のダスト濃度上昇	PCVと接続されている主蒸気配管の開口部からPCV雰囲気(ダスト)が漏れいし、MSIV室内のダスト濃度が上昇する	MSIV室があるR/B1階は全域を立入規制する※3 左記に加え、MSIV室があるR/B1階北東工エリアの連続ダストモニタ監視を強化する※4
R/B(MSIV室)内の酸素濃度低下(酸欠)	PCVと接続されている主蒸気配管の開口部からPCV雰囲気(窒素)が漏れいし、MSIV室内の酸素濃度が低下する	

※1 原子炉建屋 ※2 主蒸気隔離弁 ※3 実施済み ※4 封入量・排気量増加の翌日まで強化

# 【参考】S/C内滞留ガスパーズ作業における課題と対策 (1/4)



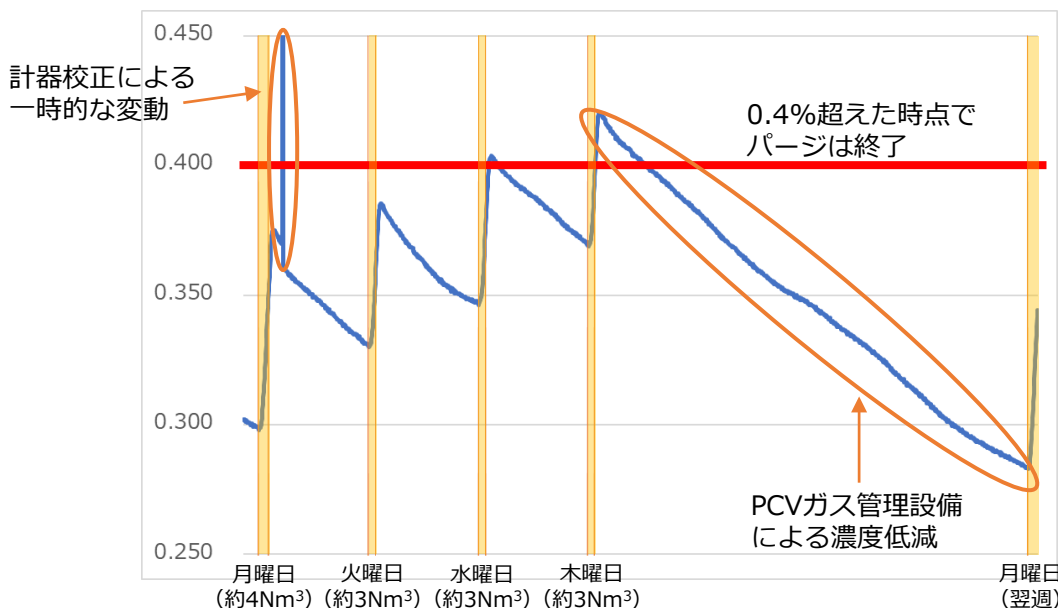
- パーズ作業は、運転上の制限 (2.5%以下) より低い社内運用 (警報設定1.5%) を考慮し、**D/W水素濃度<sup>※1</sup>が1.0% (PCVガス管理設備水素モニタ濃度0.4%) 以下になるよう管理**している。この場合、1週間あたりのパーズ可能量は約13Nm<sup>3</sup>であるため (参考10) , **約1600Nm<sup>3</sup>のS/C内滞留ガスのパーズ完了までは31ヶ月を要すると評価**。

※1：モニタ水素濃度が当該管理値に達した時点で、パーズ作業を中止。

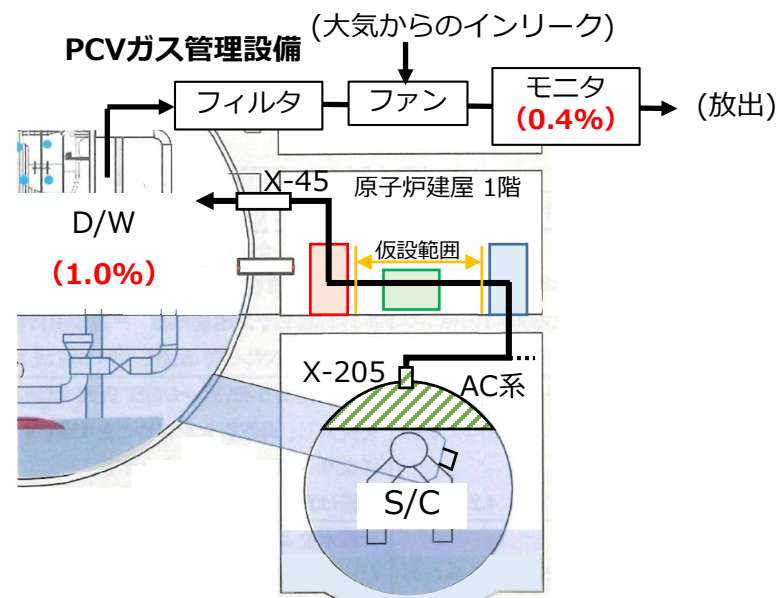
- パーズが完了するまでの期間を短縮するため、D/W水素濃度の管理値および警報設定値の見直しを検討。なお、管理値等の見直しについては、運転上の制限2.5%以内の範囲で行うため、パーズ作業により運転上の制限を越えることは無い。

## <D/W水素濃度に関する補足>

- PCVガス管理設備の水素モニタは、ファン吸い込みの負圧影響を受けない、ファン下流に設置しているが、ファンは軸封部からインリークがあり、水素濃度の監視に用いるモニタ値は、実際のD/W水素濃度より低くなるため、D/W水素濃度はモニタ値の2.5倍で管理。
- PCVガス管理設備へのインリーク量評価のため、ファン下流での酸素濃度測定を定期的を実施し、評価の妥当性を確認。



1週間のパーズ作業によるPCV水素モニタの指示変動



D/WとPCVガス管理設備モニタの水素濃度の関係

## 【参考】S/C内滞留ガスパーシ作業における課題と対策（2/4）



- パーシが完了するまでの期間を短縮するため、段階的にパーシ量増加する方策を実施。

### 対策①：D/W水素濃度管理値の増加

- 現状の崩壊熱における水の放射線分解による水素発生量を考慮しても、運転上の制限2.5%を満足できる範囲として、警報設定を1.5%から2.0%に見直し（参考11）。
- パーシ作業におけるD/W水素濃度管理値は、警報発報しない範囲である1.75%に見直し（参考11）。
- 見直しによるパーシ期間の短縮効果は、これまでのパーシ実績等を踏まえて下表の通り。なお、期間の試算は、現状のPCV水頭および水素濃度（S/C内滞留ガス）による最大パーシ流量（約2Nm<sup>3</sup>/h）を前提とする（次頁の期間試算も同様）。

D/W水素濃度管理値 (括弧内はモニタ濃度)	1週間あたりの パーシ可能量 (推定)	パーシ期間 (試算)	備考
1.0% (0.4%)	約13Nm <sup>3</sup> /週 <sup>※2</sup>	約31ヶ月	現状の管理方法
1.5% (0.6%)	約20Nm <sup>3</sup> /週	約20ヶ月	現在検討しているパーシ中の管理値
1.75% (0.7%)	約21Nm <sup>3</sup> /週	約19ヶ月	
2.0% (0.8%)	約24Nm <sup>3</sup> /週	約17ヶ月	現在見直しを検討している警報設定
2.5% (1.0%)	約30Nm <sup>3</sup> /週	約13ヶ月	「運転上の制限」と同等
4.0% (1.6%)	約45Nm <sup>3</sup> /週	約9ヶ月	水素可燃限界（保安規定の変更必要）

※2：パーシ実績を踏まえ見直し（12→13Nm<sup>3</sup>）。

## 【参考】S/C内滞留ガスパーシ作業における課題と対策 (3/4)



## 対策②：PCVガス管理設備排気量の増加

- パーシ完了までの期間短縮のため、**PCVガス管理設備排気量（PCV窒素封入量）の増加も併せて検討**しており、それに伴うパーシ期間の短縮効果（推定）は、これまでのパーシ実績等を踏まえて下表の通り。

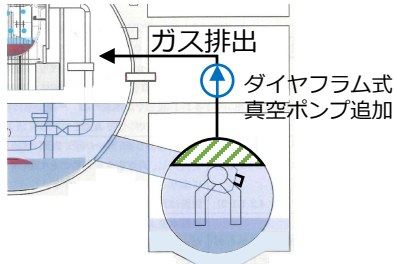
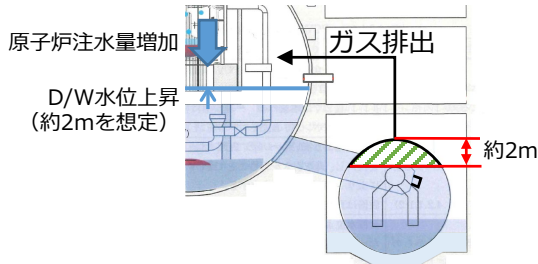
D/W水素濃度管理値 (括弧内はモニタ濃度)	PCVガス管理設備 排気流量	1週間あたりの パーシ可能量（推定）	パーシ期間 (試算)	備考
1.0% (0.4%)	約22Nm <sup>3</sup> /h	約13Nm <sup>3</sup> /週	約31ヶ月	現状の管理方法
1.5% (0.6%)	約22Nm <sup>3</sup> /h	約20Nm <sup>3</sup> /週	約20ヶ月	現状のPCV排気流量
	約27Nm <sup>3</sup> /h	約25Nm <sup>3</sup> /週	約16ヶ月	実績のあるPCV排気流量
	約32Nm <sup>3</sup> /h	約30Nm <sup>3</sup> /週	約13ヶ月	PCV排気流量が設備上対応可能 か確認中
	約37Nm <sup>3</sup> /h	約34Nm <sup>3</sup> /週	約12ヶ月	
1.75% (0.7%)	約22Nm <sup>3</sup> /h	約21Nm <sup>3</sup> /週	約19ヶ月	現状のPCV排気流量
	約27Nm <sup>3</sup> /h	約27Nm <sup>3</sup> /週	約15ヶ月	実績のあるPCV排気流量
	約32Nm <sup>3</sup> /h	約32Nm <sup>3</sup> /週	約13ヶ月	PCV排気流量が設備上対応可能 か確認中
	約37Nm <sup>3</sup> /h	約38Nm <sup>3</sup> /週	約11ヶ月	

- PCVガス管理設備排気流量は、増加実績がある27Nm<sup>3</sup>/hまでは段階的に増加させる方針。
- また、27Nm<sup>3</sup>/h以上の増加が必要になる場合に備え、設備上の対応や監視方法については検討中。

## 【参考】S/C内滞留ガスパーシ作業における課題と対策（4/4）

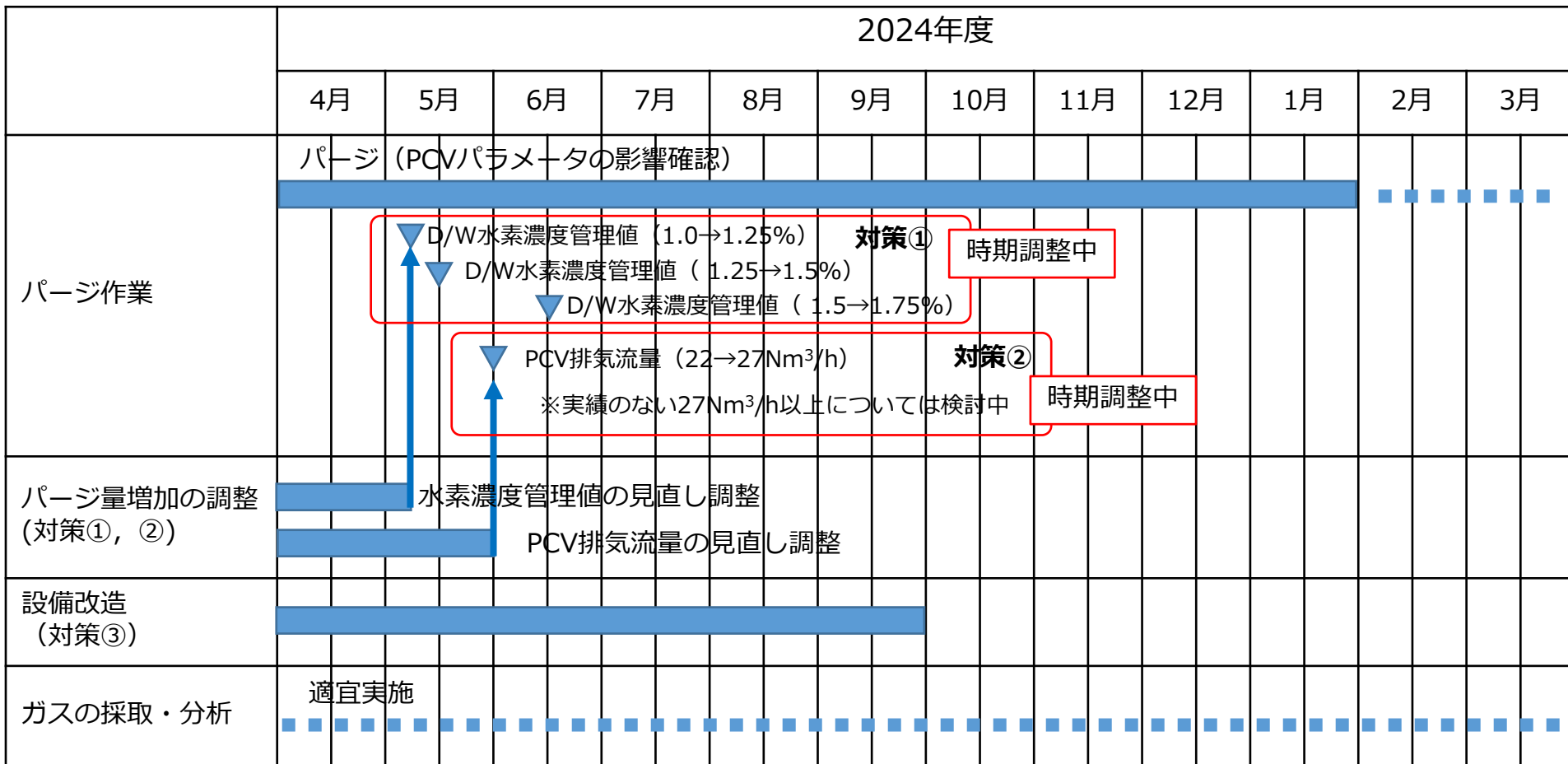
## 対策③：設備改造によるパーシ流量の増加（検討中）

- PCV水頭の減少等により最大パーシ流量が低下した場合に備えて、パーシ流量の増加策を検討。

	①ダイヤフラム式の流量増加設備設置	②PCV（D/W）水位上昇による水頭の増加
パーシ流量増加策のイメージ		
方策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスパーシ設備にダイヤフラム式真空ポンプ（水素ガス対応）を設置し、ガスパーシを実施。</li> <li>・PCV水頭によらず最大約3Nm<sup>3</sup>/h程度での送気を想定。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガスパーシに伴うS/C水位上昇により減少するPCV水頭を維持するため、原子炉注水量を増加しD/W水位を上昇。</li> <li>・水位上昇幅は、現状のS/C水面とS/C頂部までの高さに相当する2m程度を想定。</li> </ul>
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可燃ガス（水素）対応のポンプ選定が必要であり、選定・調達に時間を要する見込み。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・増加分の原子炉注水（水源）の確保が必要。</li> </ul>

## 【参考】今後の予定

- 対策①は、5月上旬以降、D/W水素濃度管理値を1.0%から1.75%に段階的に上昇させる予定。
- 対策②は、6月上旬以降、実績がある27Nm<sup>3</sup>/hまで段階的に増加予定。それ以上の増加は検討中。
- 対策③は、対策①②の実施状況を踏まえ検討継続。

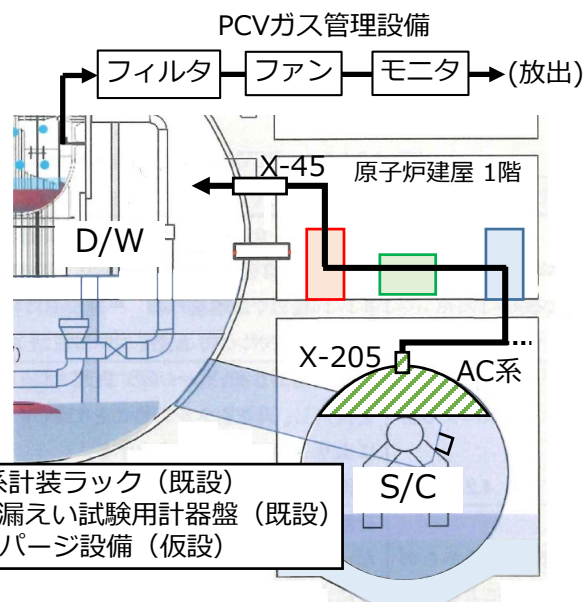


## 【参考】パージ作業におけるパラメータの管理

- パージ作業により、D/Wへ水素を含む滞留ガスを送気するが、PCVガス管理設備を経由することで、**PCVパラメータ（水素・希ガス・ダスト濃度）を監視しながら放出可能。**
- 同様にS/C内滞留ガスのパージにより、S/C気相部へPCV保有水が移行し、PCV水位が低下する可能性があるため、必要に応じて**パージ作業前に原子炉注水量を調整。**
- ガスパージ設備にて水素濃度の確認やパージ流量の調整が可能であるため、**PCVパラメータ（水素・希ガス・ダスト濃度、水位）に影響を与えないよう慎重に作業を実施。**
- パージ作業は、PCV保有水の水頭によりS/C内滞留ガスをD/Wへパージし、**ガスパージ設備の水素濃度が可燃限界（4%）未満になるまで実施。**系統内に水素が残留する場合は、必要に応じて系統内に窒素を封入する予定。

## パージ作業におけるPCVパラメータの管理方針

管理パラメータ	管理方針	管理方針から逸脱する場合
PCV水素濃度	運転上の制限2.5%以下を満足するよう管理。	ガスパージ作業を中止し、濃度が低減することを確認。
PCV希ガス濃度	現状の希ガス濃度から有意な変動が無いよう管理。	ガスパージ作業を中止し、濃度が低減することを確認。
PCVダスト濃度	現状のダスト濃度から有意な変動が無いよう管理。	ガスパージ作業を中止し、濃度が低減することを確認。
PCV水位	PCV水位・温度計の最下位（L1）が気中露出しないよう管理。	ガスパージ作業を中止し、必要に応じて原子炉注水量を増加。
ガス管理設備フィルタ線量計	現状の線量率から有意な変動が無いよう管理。	ガスパージ作業を中止し、線量率が低減することを確認。



パージ作業中のS/C内滞留ガスの流れ

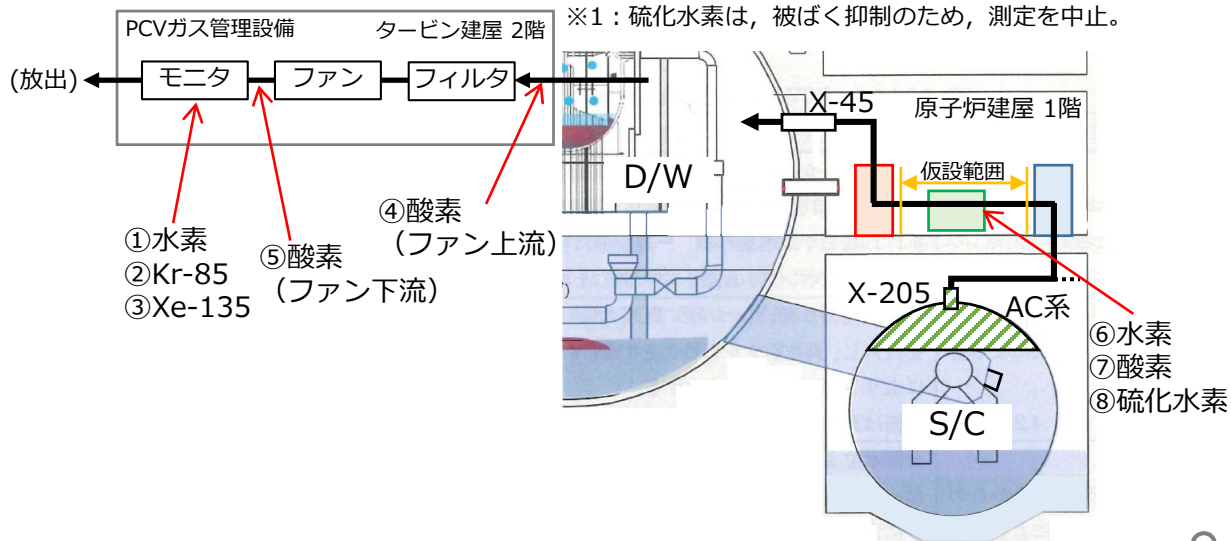


# 【参考】パーシ作業におけるガス濃度測定状況

	測定項目	測定機器	濃度確認の方法	監視（測定）頻度	
				通常時（パーシ作業外）	パーシ作業中
PCVガス管理設備	①水素	本設モニタ	中央操作室にて遠隔かつ常時の確認可能	6時間毎	15分毎
	②Kr-85				
	③Xe-135				
	④酸素（ファン上流）	ポータブル測定器	タービン建屋内にて作業員が測定（遠隔確認は不可）	2週間に1回，上流または下流のどちらか一方にて測定。なお，今後，遠隔かつ常時の確認ができるよう改良予定。	
	⑤酸素（ファン下流）				
ガスパーシ設備	⑥水素	ポータブル測定器	原子炉建屋内にて作業員が測定（遠隔確認は不可）	-	パーシ開始前に測定※1
	⑦酸素				
	⑧硫化水素				

## <補足（PCVガス管理設備の酸素濃度測定）>

- PCVガス管理設備の酸素濃度測定は，ファンのインリーク量を評価するため，ファン下流にて2週間に1回を目安に実施。
- PCV閉じ込め機能試験に向けた事前確認のため，ファン上流での酸素濃度測定を2023年12月に実施し，約2%の酸素を確認。
- 以後，上流を主に酸素濃度の測定を実施中。なお，2週間に1回の測定は，上流または下流のどちらか一方で実施。



## 【参考】Kr-85による敷地境界における被ばく評価結果



- ガスパージ設備にてガス採取・分析した結果、Kr-85を約 $1.46 \times 10^4$ Bq/cm<sup>3</sup>検出<sup>※1</sup>したことから、Kr-85放出による敷地境界における被ばく影響の評価を実施。
- 今回確認したKr-85濃度およびS/C内滞留ガスの体積（約1600Nm<sup>3</sup>）<sup>※2</sup>を考慮し敷地境界における実効線量を評価した結果、低い値（約 $3.8 \times 10^{-4}$ mSv）に留まることを確認。
- 当該値は、「1～4号機原子炉建屋からの追加的放出量の評価結果<sup>※3</sup>」にて示す評価値（ $4 \times 10^{-5}$ mSv/年）よりは大きいが、「年間1mSvを満足する気体放出による評価値（ $3 \times 10^{-2}$ mSv/年）」よりは十分小さいため、周辺公衆に与える放射線被ばくのリスクは小さいと考えている。

### <補足>

「1～4号機原子炉建屋からの追加的放出量の評価結果」は毎月公表しているが、今後、パージ作業の進捗に合わせて評価値が若干増加する可能性があるが、作業実績を踏まえ当該評価に適宜反映していく。

※1：今回、採取・分析したガスはAC系配管を含むS/C頂部のガスの一部であるため、パージ作業の進捗に応じてKr-85濃度の傾向を確認するため適宜、分析を実施。

※2：S/C気相部圧力をガスパージ設備にて計測し、PCV水頭を算出。PCV（D/W）水位と水頭からS/C内部の水位を推定し、S/C内滞留ガス体積を算出。当該体積は、PCV（D/W）水位の測定計器の誤差等による不確かさを有するが、「年間1mSvを満足する気体放出による評価値（ $3 \times 10^{-2}$ mSv/年）」と比べ十分に小さいことから、被ばく評価への影響は小さいと考える。

※3：2023年11月28日公表