

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③の予定)

< 参 考 資 料 >
2025年1月14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、2023年12月19日から、S/C内滞留ガスのパージ(掃気)作業を行っています。
- 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。
※ 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
- 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①PCV(D/W)水素濃度管理値の段階的な増加に伴うパージ量(Nm³/週)の増加(実施中)
対策②PCV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(Nm³/週)の増加(実施済)
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(Nm³/h)の増加
<以上、2023年9月28日,11月9,16日,12月18日,2024年4月26日,6月13日,7月22,23日,8月5日,10月10日にお知らせ済み>
- パージ作業は、**D/W水位とS/C水位の水位(水頭)差を利用**し、S/C内の滞留ガスをパージしています。(スライド3参照)
- そのため、**パージ作業が進むに従い**、S/C内の滞留ガス体積が減少し、減少した分S/C水位が上昇するため、D/W水位が変わらない場合においても、D/W水位とS/C水位の水位差が減少し、**パージ流量は自然に低下するものと推定**しており、**対策として、パージ作業期間短縮対策③を予定**しています。(スライド4参照)

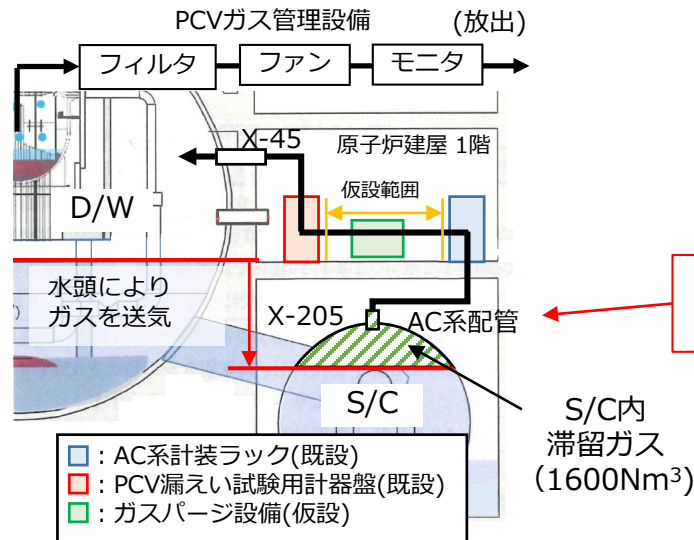
- これまでページ流量の傾向を確認しながらページ作業を進めており、至近(2024年10月頃以降)においてページ流量が低下傾向であることや対策③の準備が整ったことから、**明日(1月15日)から、ダイヤフラム式ポンプを用いたページ設備の設置作業を行う予定**です。(スライド5,6,7参照)
- ダイヤフラム式ポンプを用いたページ設備の設置にあたっては、既存ページ設備(系統)への接続作業等が必要になることから、設置作業期間中はページ作業を中断するとともに、隔離弁を閉にしたうえで作業※1を行います。また、**PCVパラメータが予め定めている管理方針の範囲内の変動であることを確認したうえで、1月下旬を目途にページ作業を再開**する予定です。(スライド6,7,8,9参照)
- これまでの一連の作業においても、PCVパラメータは、予め定めている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、**現時点においてページ作業の完了を2025年度上期中を目途**※2としていますが、引き続き、PCVパラメータならびにR/B内の水素濃度を適切に監視しながら、安全を最優先に作業を進めてまいります。

※1 ダイヤフラム式ポンプを用いたページ設備の試運転時を除く

※2 S/CT頂部に残留するガスを除く(スライド3参照)

【参考】3号機S/C内滞留ガスパーシ作業の実施状況(その1)

- 3号機については、RHR配管内に滞留した水素ガスを確認（2021年12月）。このため、水素ガス滞留の可能性のある箇所の調査を進め、2023年11月にS/C内ガスのサンプリングを実施し、水素ガスの滞留を確認。PCV水位低下する前にS/C内の滞留ガス(水素)についてパーシ作業を実施する計画。
(補足) 1号機は現在S/C内に窒素封入を実施しており、2号機は過去のS/C内への窒素封入により、PCVガス管理設備水素濃度0%を確認している。
- S/C内に滞留するガスの推定総量は約1600Nm³であり、D/WとS/Cの水位差を利用してガスをD/W内に送気し、ガスはD/W内で拡散してからPCVガス管理設備を介して屋外へ放出する。S/CとD/Wとの接続は、既設の不活性ガス系(AC系)計装ラック(S/C頂部に接続)、PCV漏えい試験計器盤(D/Wに接続)、ガスパーシ設備(仮設)を用いている。
- 2023年12月よりガスパーシを開始しており、ガスパーシの期間短縮のため、これまでにD/W水素濃度管理値の変更やPCV窒素封入量・PCVガス管理設備排気流量の増加を実施している。今後、パーシ作業の最終段階において、パーシ作業で用いているAC系配管(S/C頂部に接続)が、S/C内に約30cm突出していることにより、S/C頂部にガス(約90Nm³と試算)が残留するため、残留するガスのパーシ方法を検討中。



ガスパーシ作業に用いる設備配置概要



(参考) 5号機AC系配管のS/C突き出し状況

【参考】S/C内滞留ガスパーシ作業における課題と対策③

対策③：設備改造によるパーシ流量の増加（検討中）

- パーシ進捗によりS/C水位がS/C頂部に達した場合、パーシ流量が現在の約 $2\text{Nm}^3/\text{h}$ から約 $1.6\text{Nm}^3/\text{h}$ ※へ低下が見込まれる。なお、本試算はPCV水位やガス送気経路の圧損等が今後も変わらないことを前提としている。
- PCV水頭（PCV水位とS/C水位の水位差）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。

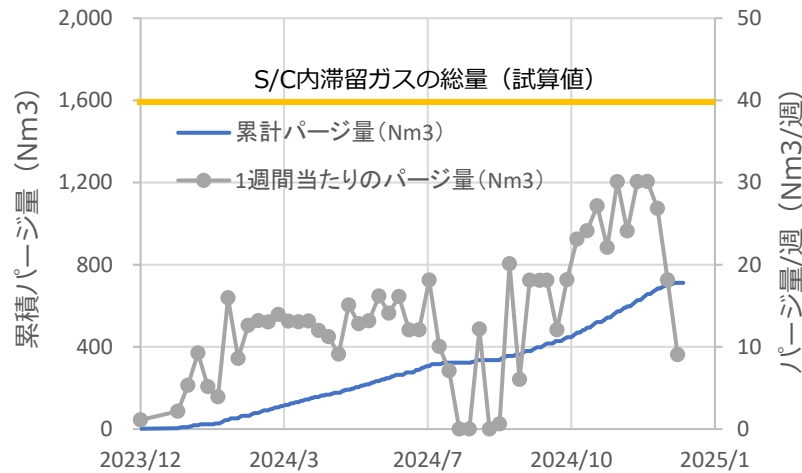
※ PCV水位が現状と変わらず、S/C水位が頂部に達した場合の水頭によるパーシ流量を試算

	A：ダイヤフラム式の流量増加設備設置	B：PCV（D/W）水位上昇による水頭の増加	C：PCV水頭低下（パーシ流量約 $1.6\text{Nm}^3/\text{h}$ ）の状態継続
パーシ流量増加策のイメージ			
方策	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスパーシ設備にダイヤフラム式ポンプ（水素ガス対応）を設置し、ガスパーシを実施。 ・PCV水頭によらず最大約$3\text{Nm}^3/\text{h}$程度での送気を想定。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・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。 	<p>パーシ流量の増加はできないが、一日あたりの排出作業時間の延長による対応を想定。</p>
課題	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・増加分の原子炉注水（水源）の確保が必要。 	<p>パーシ流量の減少がPCV水位とS/C水位の影響を受けるため、PCV水頭の低下幅は変更の可能性あり。パーシ期間短縮策により、排出作業時間は短縮の影響も含め、効果の確認が必要。</p>

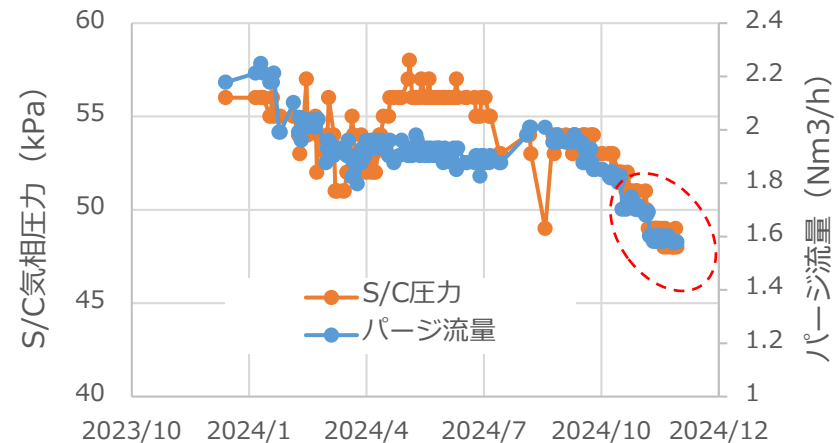
【参考】3号機S/C内滞留ガスパーズ作業の実施状況(その2)

TEPCO

- S/C滞留ガスの推定総量(約1600Nm³)のうち2024年12月末時点で約712Nm³のパーズが完了し、現行パーズ量(約30Nm³/週)を継続すると、2025年度上期中に(頂部残留ガスを除き)パーズ完了の見込み。
- 至近の課題として、単位時間あたりのパーズ流量低下を確認しており、原因はS/C気相圧(≒D/W水位とS/C水位の差)の減少と推定。対策としてダイヤフラム式ポンプ(金属接触による火花が生じない仕様)を用いたパーズ設備による流量増加を計画しており、D/W水素濃度管理値の見直しと併せてパーズ期間の短縮を図っていく。
- PCV(S/C)水位低下は、S/C滞留ガスのパーズ完了後に実施する予定であるため、2025年度下期以降になると考えているが、S/C頂部に残留するガスの対応方法も検討中であり、今後もPCV水位低下時期の検討を継続していく。



累積パーズ量と1週間当たりのパーズ量の推移



S/C気相圧力とパーズ流量

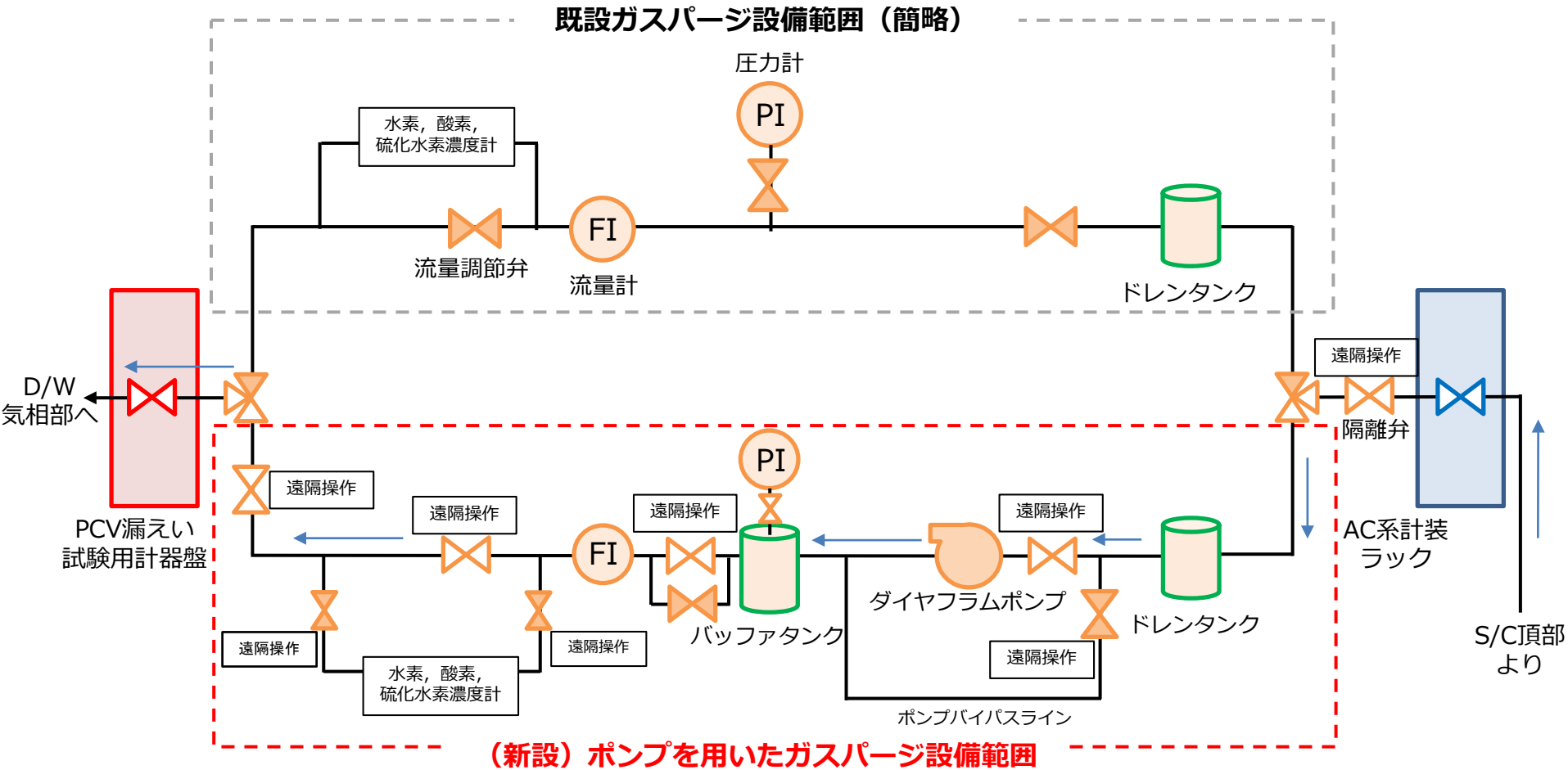
D/W水素濃度管理値 (括弧内はPCVガス管理設備水素モニタ濃度)	1週間あたりのパーズ可能量 (S/C水素濃度70%における推定値)	残りのパーズ期間※	備考
1.0% (0.4%)	約20Nm ³ /週	約12ヶ月	現状の管理方法 (窒素封入量約22Nm ³ /h ガス管排気流量約25Nm ³ /h)
1.5% (0.6%)	約30Nm ³ /週	約8ヶ月	
1.75% (0.7%)	約35Nm ³ /週	約7ヶ月	現在計画しているパーズ中の管理値

1週間当たりのパーズ量と残りのパーズ期間について


※ 約712Nm³ (2024年12月末時点) のパーズが完了していることを反映

【参考】ガスパーシ設備の概要

- ポンプを用いたガスパーシ設備は、既設ガスパーシ設備と並列に設置し、切替が可能。
- ポンプおよび弁の遠隔操作が可能であり、ガスパーシ設備の操作に伴う被ばく低減が可能。



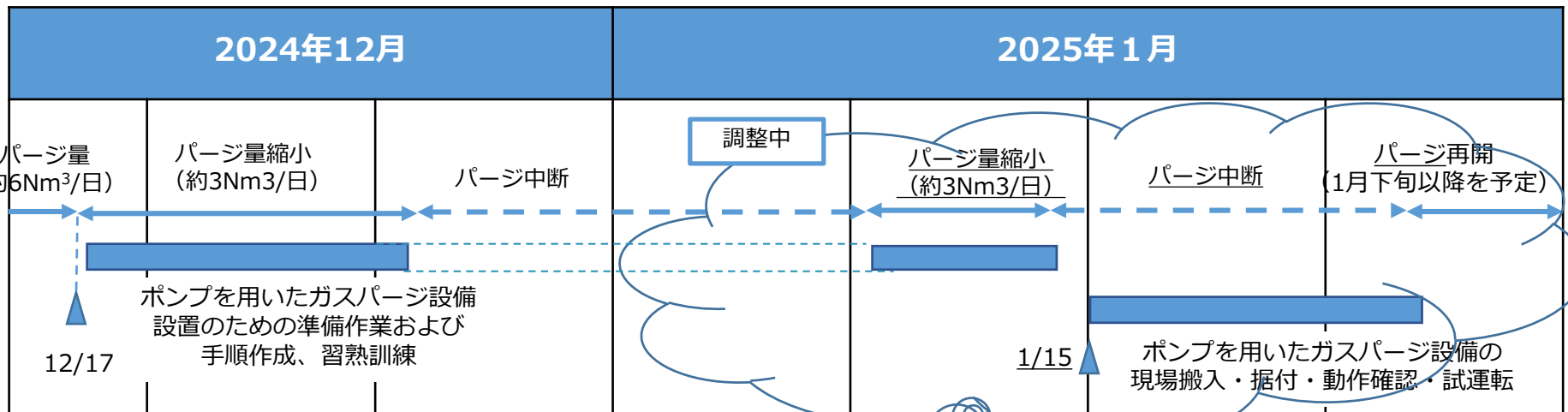
**ガスパーシ設備の概略図
(パーシ作業中の弁状態)**

 : 弁（白抜きは「開」状態を示す）

【参考】今後の予定

- 2025年1月よりポンプを用いたガスパーズ設備を3号機R/B内へ設置することを計画。設備設置に伴い既設パーズ設備を解線し、ポンプを用いたガスパーズ設備を既設設備と並行して設置するため、パーズ作業は中断する計画。
- 設備設置後(1月下旬を予定)、動作確認(既設設備に接続する前に動作・漏えいの確認)により問題がないことを確認した上で、試運転を開始する計画。なお、試運転開始後もPCVパラメータに有意な変動がないことを確認しながら、段階的にパーズ量を増加させていく。
- 12月中旬から(12/17以降)、ポンプを用いたガスパーズ設備設置のための準備作業を行うため、日々のパーズ量を縮小(約6Nm³/日から約3Nm³/日)する計画。
- 運用再開後、パーズ作業中のガス管理設備水素濃度管理値については、現行管理値0.6% (1.5%※) から0.7% (1.75%※) へ引き上げる予定。更なるPCVガス管理設備水素濃度管理値の引き上げについては、今後も検討していく。

※ () 内はD/W水素濃度管理値

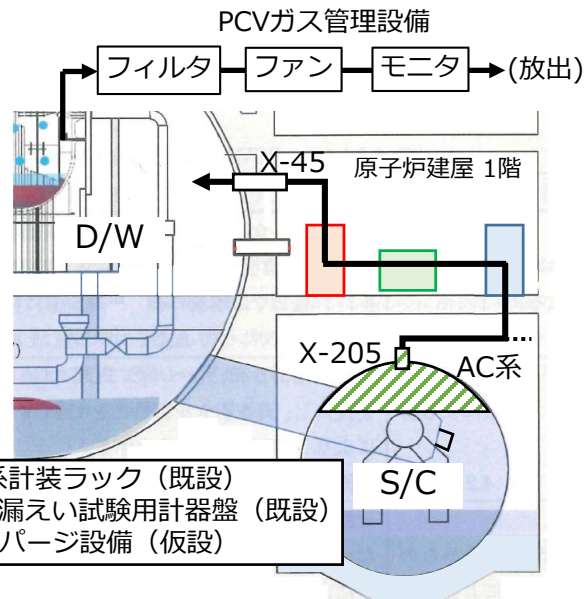


【参考】パージ作業におけるパラメータの管理

- 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】ポンプを用いたガスパーズ設備の火災防止対策他について

- 火災防止の対策内容を以下に示す。

項目	対策内容
火花の防止	・金属摺動が発生しないダイヤフラム式ポンプを選定。（水素移送に十分な実績を持つものを選定。納入実績は世界で約500台（うち約半数が水素に関する案件）、日本で約20台。（2023年度実績）
温度管理	・熱電対によりモータ温度およびポンプ吐出部の温度を計測し、過熱を検知した場合は、ポンプを自動停止する。（停止温度：80℃～100℃を想定）
防爆仕様	・ガスに接する配管や計器などは、防爆仕様のものを使用。（既設ガスパーズ設備も同様）
帯電防止	・ガスと管壁の摩擦による静電気を防止するため、アースを設置。（既設ガスパーズ設備も同様）

- ポンプ導入による既設設備への対策内容（圧力管理）を以下に示す。

項目	対策内容
圧力管理 (ポンプ上流)	・ポンプ上流に圧力検知器を取付け、異常圧力を検知した場合は、ポンプを自動停止する。 ・停止圧力は0kPa以上に設定することを計画しており、ポンプ設置に伴い、新設ガスパーズ設備の上流側にあるAC配管およびS/Cが負圧となることによる損傷、インリークの可能性は低いと考える。
圧力管理 (ポンプ下流)	・ポンプ下流に圧力検知器を取付け、異常圧力を検知した場合は、ポンプを自動停止する。 ・停止圧力は既設のガスパーズ設備の導入時に実施した漏えい確認圧力（0.25MPa）以下に設定することを計画しており、ポンプ導入に伴い、新設のガスパーズ設備の下流側にあるPCV漏えい試験用計器盤等から漏えいの可能性は低いと考える。

- 漏えい発生防止・漏えい拡大防止の対策内容を以下に示す。

項目	対策内容
漏えい防止	・腐食、水素脆化しない材料、および耐放性のある材料を用いる。ポンプおよび鋼管部はSUS材、ポンプのダイヤフラム部はEPDMを用いる。また設備の運用開始前に漏えい確認を行う。
漏えい拡大防止 (漏えい検知)	・ダイヤフラム式ポンプを用いたガスパーズ設備にガス検知器を設置し、漏えいを検知した場合に警報を発し、ポンプを自動停止する。（既設のガスパーズ設備、AC系計装ラックおよびPCVリークテスト盤にも漏えい検知器は設置している。） ・自動停止濃度の設定値は、現行警報値（100ppm）を想定。

【参考】S/Cガスパーズ期間の短縮に向けた対策の実施状況

TEPCO

- S/Cガスパーズ期間短縮を目的として、以下の対策②①を実施。(対策②は完了し、対策①を実施中。)

- ②PCVへの窒素封入量および排気量 (PCVガス管理設備排気量) の増加
- ①D/W水素濃度の管理値 (および警報設定値) の変更

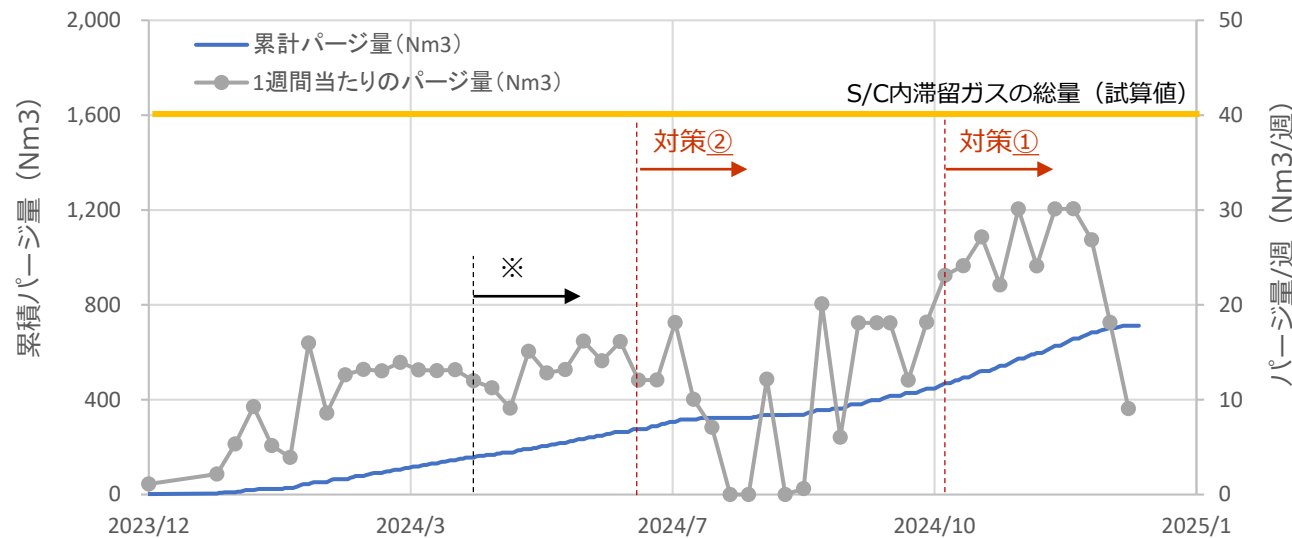
- 対策②の実施状況

2024年6月に窒素封入装置およびPCVガス管理設備の系統弁操作により、PCVへの窒素封入量および排気量が以下の通り増加したことを確認。

	変更前	変更後
窒素封入量	19Nm ³ /h	22Nm ³ /h
PCVガス管理設備排気量	22Nm ³ /h	25Nm ³ /h

- 対策①の実施状況

PCVガス管理設備の水素モニタの警報値を0.6%から0.8%に変更した上で、2024年10月から水素濃度管理値を0.4%から0.7%まで変更中 (現在の管理値は0.6%)。パーズ量の増加によるPCVパラメータ (放射性ダスト・希ガス(Kr-85,Xe-135)等)に有意な変動がないこと(検出下限値以下)を確認している。



パーズ量の増加
 対策①前:約10~20Nm³/週
 対策①後:約20~30Nm³/週

※PCV内の酸素濃度低減のためPCVへの窒素封入量とガス排気を調整