

別紙

福島第一原子力発電所 1号機
PCV閉じ込め機能強化に向けた試験の実施について

2023年9月29日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

■ 背景

原子炉格納容器（以降、PCV）については、水の放射線分解により発生する水素や事故時の滞留水素による水素爆発を防止するため、窒素を封入することで不活性状態を維持している。

また、窒素封入には、PCV損傷箇所等からの酸素流入を防止し、PCV内の腐食を抑制する効果もある。

2022年、2023年に実施した1号機PCV内部調査において、原子炉圧力容器（以降、RPV）の土台であるペDESTラルに損傷を確認した。

仮にRPV等の傾斜・沈降が生じ、PCV内で放射性ダストの舞上がりが発生したとしても、周辺の公衆に対し著しい放射線被ばくりスクを与えることはないと評価しているが、PCV内の放射性ダストの舞上がりが想定される状況（燃料デブリ取り出し等の廃炉を進める上で必要な作業時（通常時）や地震等を起因とする異常事象時）に対し、以下の対策を検討中。

- ・通常時 : 舞い上がった放射性ダストの放出リスクを抑制するためのPCV給排気流量差管理（窒素封入量 \geq 排気量、又は窒素封入量 $<$ 排気量）
- ・異常事象時 : 地震等により放射性ダストが舞い上がった場合を想定し、異常事象時には窒素封入を停止することにより、放射性ダストの放出リスクを抑制

通常時の対策についてはその実現性を確認するため、また、異常事象時の対策については机上検討を元に先行実施するがその適正化を図っていくため、PCV給排気流量の変更(窒素封入量 \geq 排気量、窒素封入量 $<$ 排気量)、及び窒素封入を停止した場合におけるPCVの状態や監視計器等への影響を確認するための試験を実施する。

■ 試験目的と内容

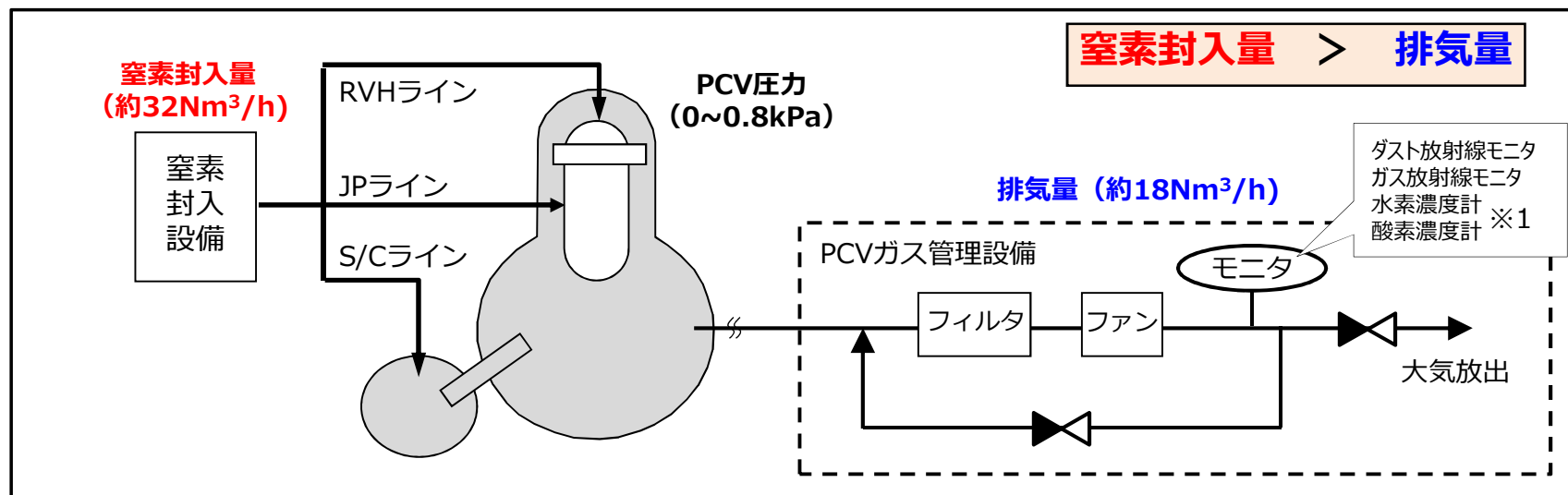
PCV閉じ込め機能強化について、今後のPCV運用管理や放射性ダスト放出抑制を検討するためのデータ採取を目的とした試験を実施する。

なお、試験に伴い大気をPCV内に取り込むことによるPCV内の酸素濃度上昇が想定されるものの、試験期間（約1ヶ月）において、水の放射線分解による水素発生量は燃料デブリの崩壊熱減少により少なくなっており水素濃度が爆発濃度範囲に至る可能性は無い。また、試験期間における酸素流入による腐食影響は軽微であると考えられることから、一時的にPCV内へ酸素が流入することを許容して試験を実施する。

具体的な試験内容は以下の通り。

- ・PCV給排気流量を変更し（窒素封入量 \div 排気量、窒素封入量 $<$ 排気量）、主にPCV圧力、酸素濃度、放射性ダスト濃度の変化を確認する。
また、過去のPCV給排気流量の変更時に、一部のPCV温度計に温度上昇があったことから、合わせて状況確認を行う。
- ・窒素封入を一時的に停止し、主にPCV圧力、PCV温度、酸素濃度、放射性ダスト濃度の変化を確認する。

〈1号機_通常時の状態（窒素封入量／排気量）〉

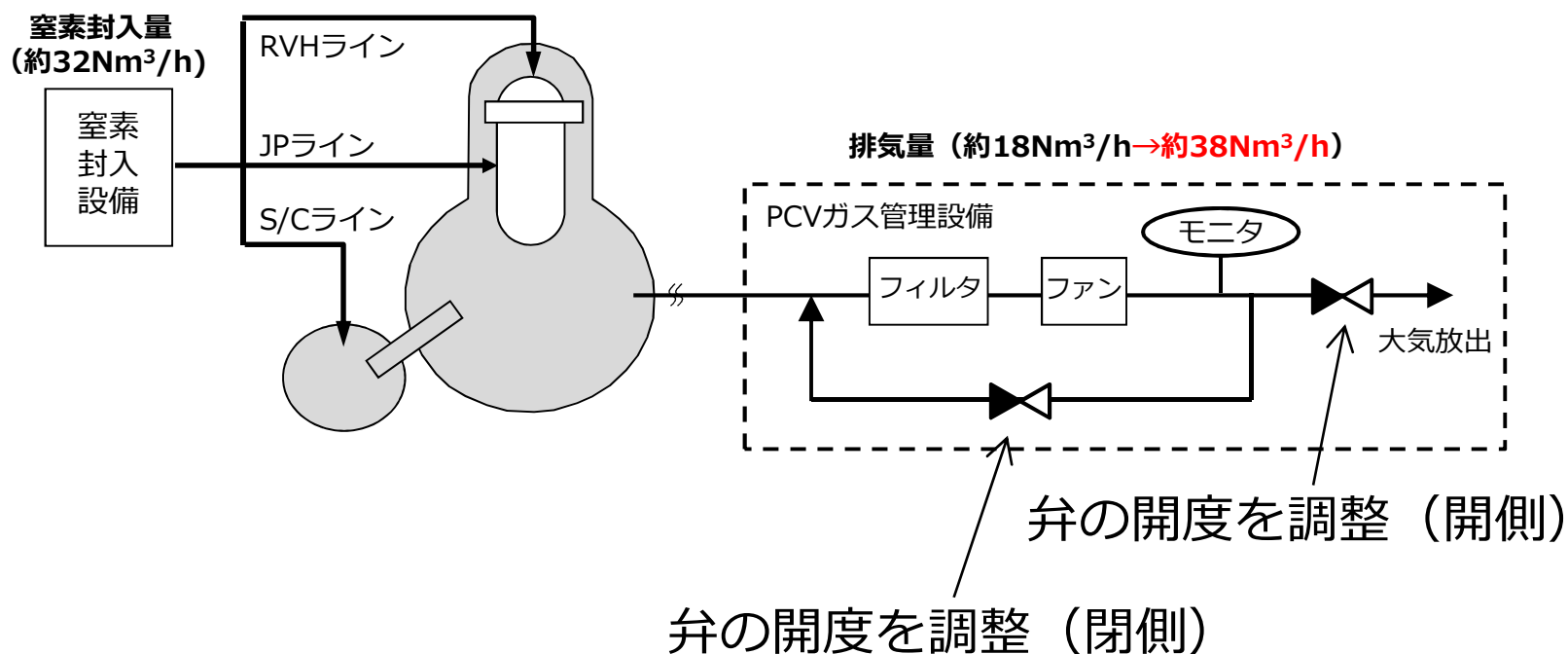


- ※1 PCVから排気したガスを用いて、水素／酸素濃度測定を実施
PCVガス管理設備のモニタ系が通気状態であれば、窒素封入量がゼロでも測定可
検出器の種類は以下の通り
- ・水素濃度計（熱伝導度式水素濃度検出器）
 - ・酸素濃度計（隔膜ガルバニ電池式酸素濃度検出器）

PCVガス管理設備試験前性能確認

試験実施に先立ち、PCVガス管理設備の排気量増加操作について、弁の開度調整により達成可能かを確認する。

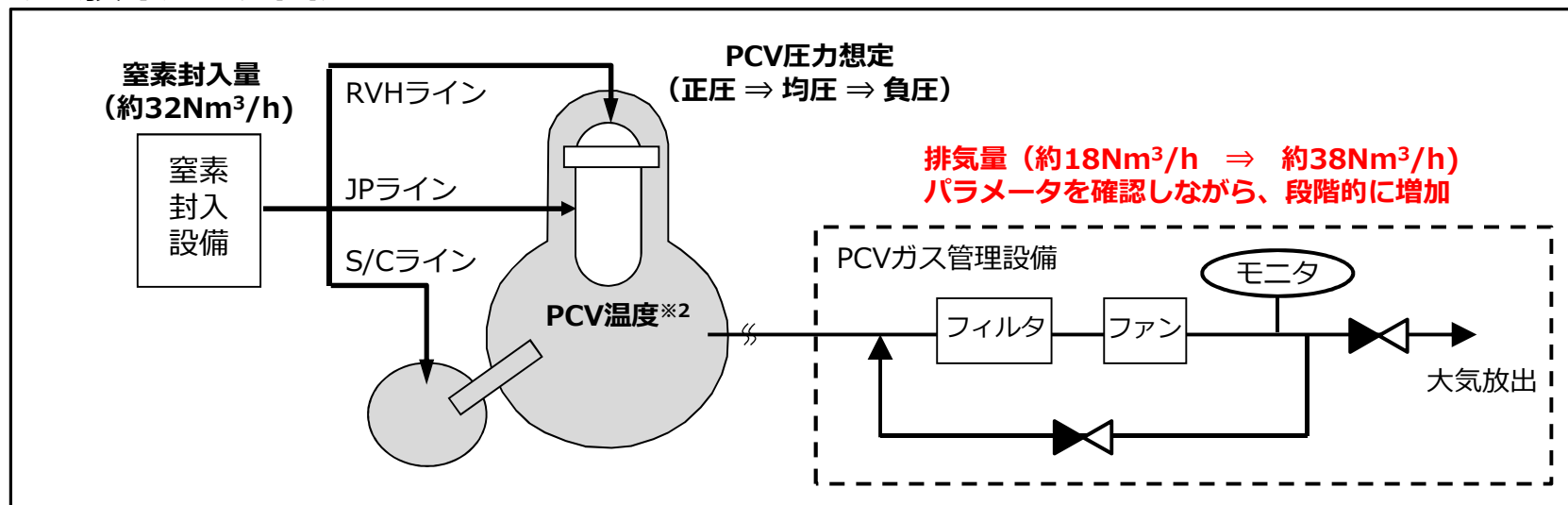
(目標排気流量：約 $38\text{Nm}^3/\text{h}$)



■ ステップ1：窒素封入量を維持した状態で、**排気量を増加**

- ・PCVは大気圧に対して均圧または負圧となる想定
 - ・「窒素封入量≒排気量」および「窒素封入量 < 排気量」とした場合における、PCV圧力、PCV温度、酸素濃度、放射性ダスト濃度を主に確認
- なお、排気量については、PCVガス管理設備の最大系統流量程度まで増加予定（約38Nm³/h）

<試験イメージ図>

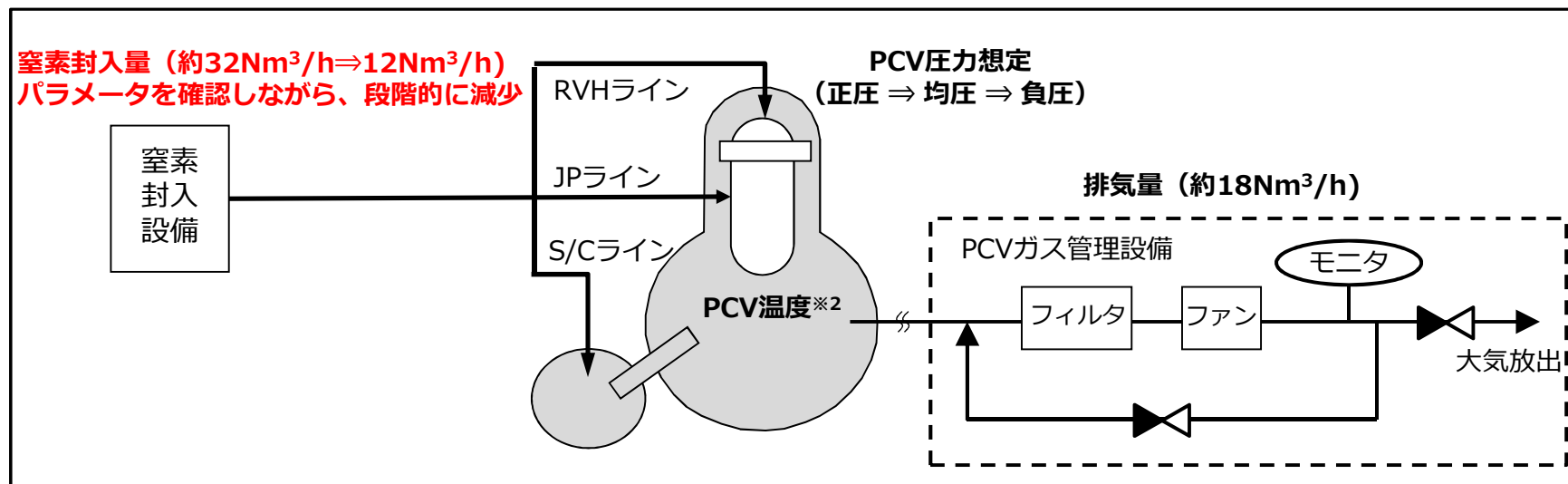


※2 過去の窒素封入量や排気量変更時、PCV内温度の上昇を確認している。
 上記は運転上の制限（実施計画Ⅲ第1編第18条：PCV内温度の著しい温度上昇傾向）に抵触する想定であることから、第32条（計画的に運転上の制限外へ移行）を適用してステップ1～3を実施し、影響確認を行う。
 （参考2-1～2-3参照）

■ ステップ2：排気量を維持した状態で、窒素封入量を減少

- PCVは大気圧に対して均圧または負圧となる想定
 - 「窒素封入量≒排気量」および「窒素封入量<排気量」とした場合における、PCV圧力、PCV温度、酸素濃度、放射性ダスト濃度を主に確認
- なお、ステップ1の給排気流量差は最大 $6\text{Nm}^3/\text{h}$ （給気 32- 排気 $38\text{Nm}^3/\text{h}$ ）の予定であることから、ステップ2も同程度の流量差を予定（給気 12- 排気 $18\text{Nm}^3/\text{h}$ ）

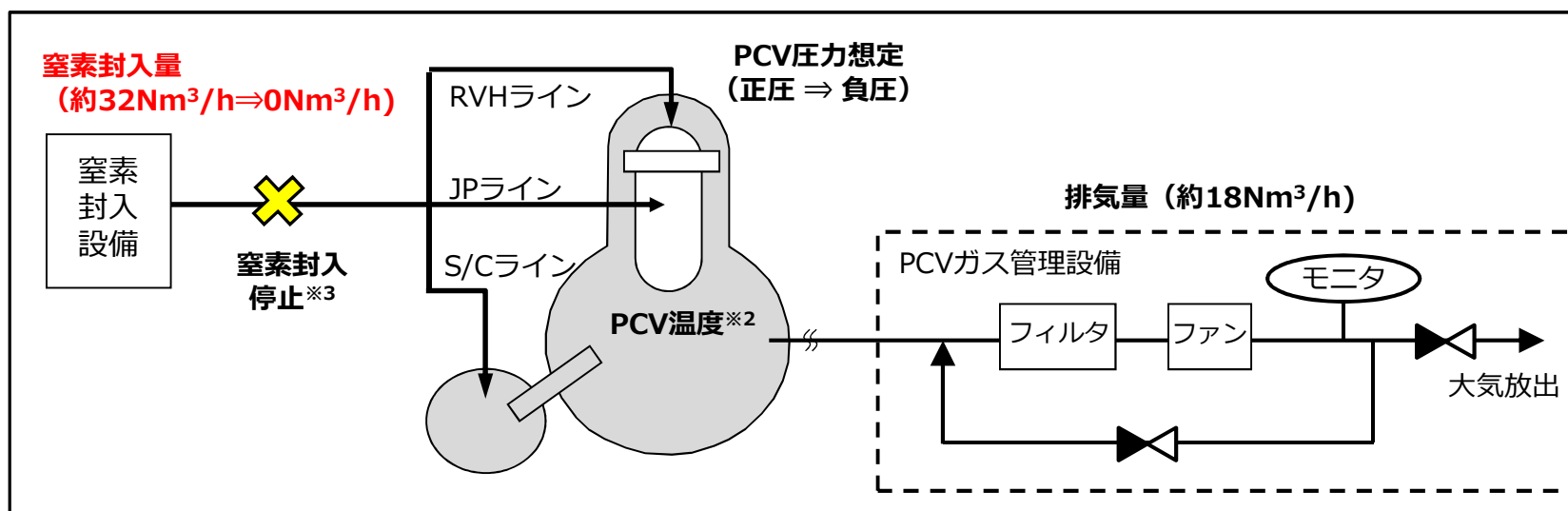
<試験イメージ図>



■ ステップ^o3 : 排気量を維持した状態で、窒素封入を停止

- ・PCVは大気圧に対して負圧となる想定
- ・窒素封入停止時のPCV圧力、PCV温度、酸素濃度、放射性ダスト濃度を主に確認

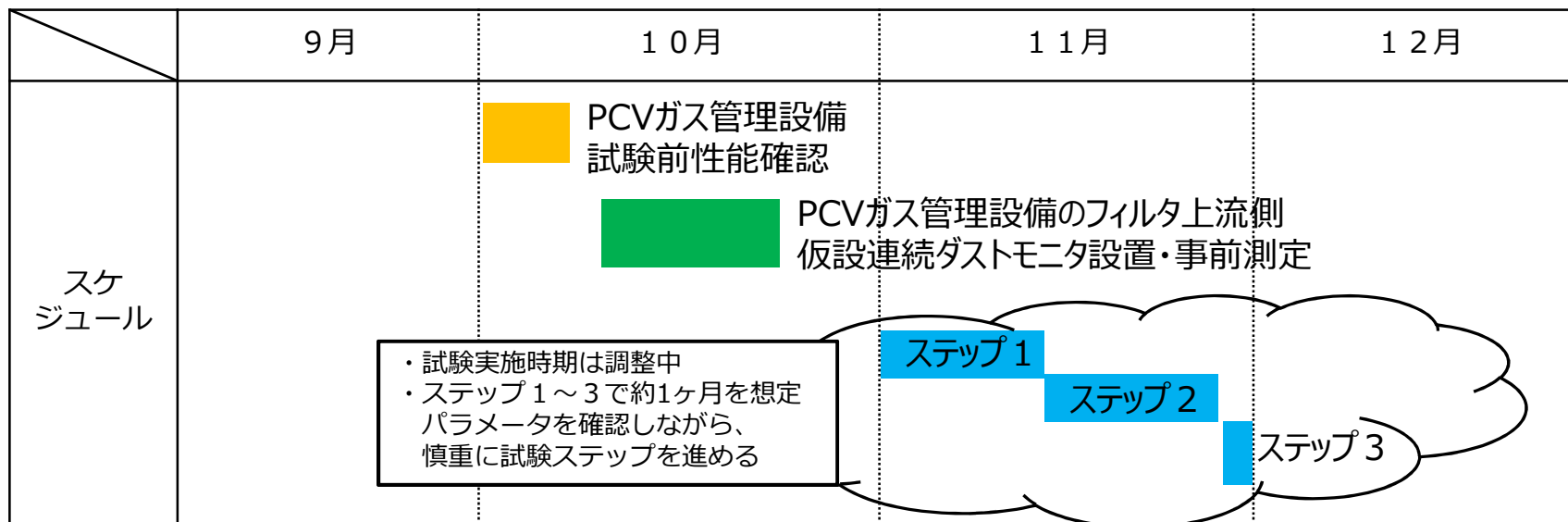
<試験イメージ図>



※3 窒素封入停止については、運転上の制限（実施計画Ⅲ第1編第25条：必要な窒素封入量が確保されていること）に抵触することから、第32条（計画的に運転上の制限外へ移行）を適用してステップ3を実施し、影響確認を行う。
 なお、窒素封入を停止した場合でも、同第25条における運転上の制限（PCV内水素濃度：2.5%以下）は満足できる見込み。
 (参考3参照)

スケジュール（予定）

■ 1号機試験スケジュール



■ 今後の計画

- ・1号機は今後予定しているPCV水位計設置（水位低下）後にも同様の試験を実施する予定。
→水位低下によりこれまで液相にあった漏えい口が気相に露出する可能性があり、その状態でのPCV閉じ込め機能について確認するため
- ・2,3号機についても同様の試験の実施を計画する。

参考1-1：監視パラメータと試験中止判断基準

- 試験時に監視強化するパラメータと試験中止判断基準を以下に示す。

監視強化 パラメータ	監視頻度	試験中止判断基準	備考
PCV温度	毎時	・90℃を超えて温度上昇が継続していないこと	・実施計画第18条：PCV温度 全体的に著しい温度上昇傾向がないこと ※6時間当たりの上昇率から計算された100℃到達 までの時間が24時間を超えていないこと
PCVガス管理設備 水素濃度	毎時	・0.5%以下であること	・実施計画第25条：PCV内水素濃度 2.5%以下 ・水素濃度「高」警報設定値：1.5%を参考に設定
PCVガス管理設備 酸素濃度	毎時	・3.0%以下であること	・酸素の可燃性限界：5.0%
PCV圧力	毎時	・-3.0kPa以上であること	・PCVガス管理設備のUシール圧力管理値：5.0kPa を参考に設定
PCVガス管理設備 ダスト濃度(上流)_仮設	毎時	・通常値の10倍を超えていないこと	
PCVガス管理設備 ダスト濃度(下流)	毎時	・通常値の10倍を超えていないこと	・通常値：約15cps
大気圧	毎時	—	—

参考1-2：その他監視パラメータと試験時の対応

- 窒素封入量と排気量に対する試験時の対応を以下に示す。

監視強化パラメータ	監視頻度	対応基準と対応	備考
窒素封入量	毎時	・目標封入量から「±1Nm ³ /h」を超過した場合 → 目標封入量に調整	実施計画第25条：運転中の窒素封入設備 窒素ガス分離装置 1 台が運転中であること ※必要な窒素封入量が確保されていること
PCVガス管理設備 排気量	毎時	・目標排気量から「±2Nm ³ /h」を超過した場合 → 目標排気量に調整	—

参考2-1：運転上の制限の判断(第18条)

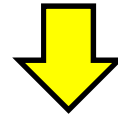
(原子炉注水系：第18条)

原子炉の状態を維持するにあたって、原子炉注水系は表18-1に定める事項を運転上の制限とする。

表18-1

項目	運転上の制限
原子炉圧力容器底部温度	80℃以下 ^{*2}
格納容器内温度	全体的に著しい温度上昇傾向 ^{*2} がないこと
運転中の原子炉注水系	原子炉の冷却に必要な注水量が確保されていること
待機中の原子炉注水系	1系列が動作可能であること ^{*3}
任意の24時間あたりの注水量増加幅	3.0m ³ /h以下 ^{*4}

〈定義〉
6時間当たりの上昇率から計算された100℃到達までの時間が24時間を超えていること(3次マニュアルに記載)



〈試験時の扱いについて〉

- ◆ 参考2-2～2-3の通り、1号機では、過去のPCV給排気の流量変更時において、PCV内の一部温度計に大幅な温度上昇が確認されている。
今回の試験では、過去よりもPCV給排気の差流量を大きく変更する事となる為、PCV内の一部温度計について運転上の制限を越える温度上昇が想定される。この為、当該試験時には計画的に運転上の制限を逸脱させるものとし、安全措置を整備した上で**PCV温度に対して第32条第1項(青旗)を適用する。**
- ◆ 局所的な温度変化でありRPV及びPCV全体の冷却に問題はないと考えるが、これらPCVの局所的な温度上昇時の影響については、放射性ダスト濃度で監視していく。

安全措置	<ul style="list-style-type: none"> • PCVガス管理設備フィルタ上流側の仮設ダストモニタによる放射性ダスト濃度監視(1時間/1回) • 異常な放射性ダスト上昇時の対応を整理(均圧状態へ移行処置等)
------	--

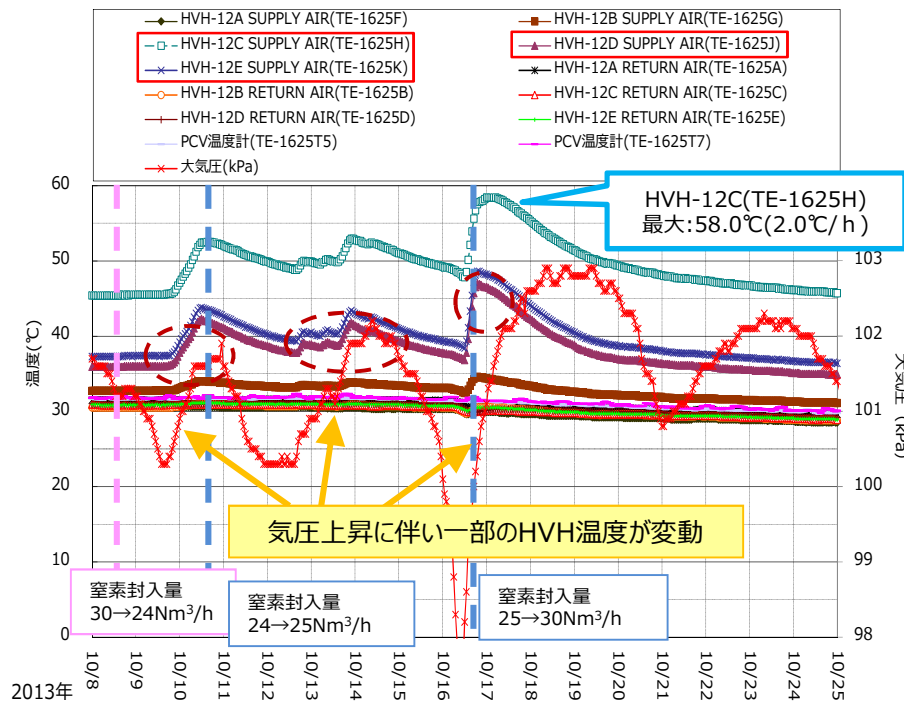
参考2-2：1号機PCV温度上昇事例

〈PCV給排気差流量変更時〉

- 過去にPCV給排気差流量を変更させた際、一部のPCV温度計にて上昇が確認されている。

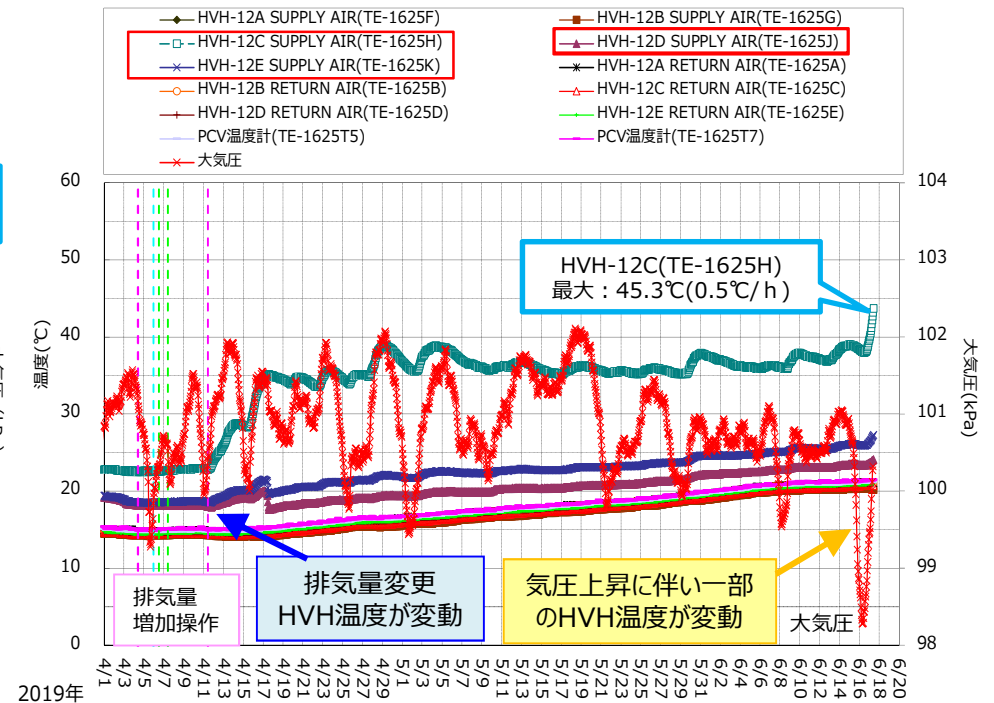
〈2013年_窒素封入量減少時〉

- ◆ 窒素封入量変更操作後の温度挙動は安定
- ◆ 台風等の気圧影響による温度上昇がみられる



〈2019年_排気量増加による減圧時〉

- ◆ 排気変更操作後にも温度上昇が見られる
- ◆ 台風等の気圧影響による温度上昇がみられる



参考2-3：1号機PCV温度上昇要因の推定

- PCV温度上昇要因については、CRD配管周辺の温度計に上昇が見られていることから、**CRD配管近傍に熱源が存在していると推定**
- 封入室素と排気の差が減少すると、PCV気相部からのリークが減少し**CRD配管付近を通過する気体量も減少し、当該温度計付近の温度が上昇すると推定**

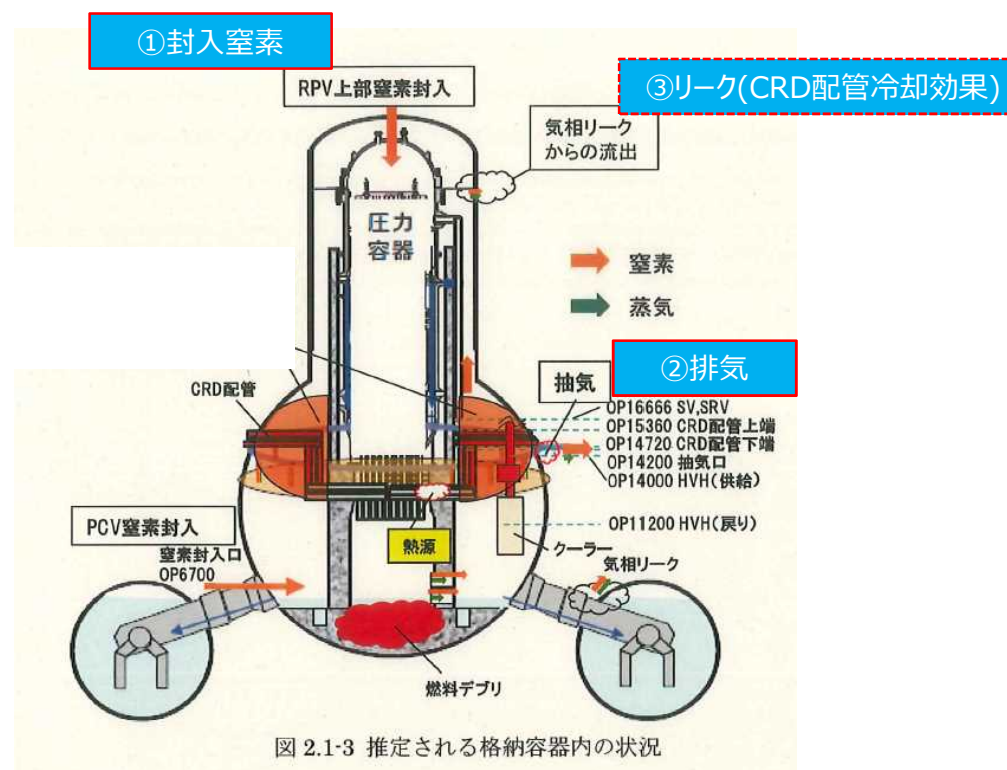
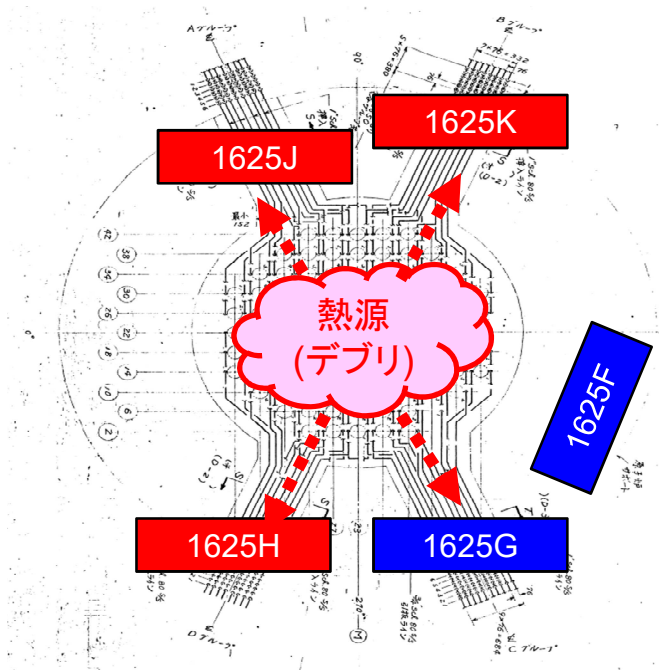


図 2.1-3 推定される格納容器内の状況

参考3：運転上の制限の判断(第25条)

(格納容器内の不活性雰囲気維持機能：第25条)

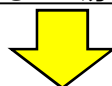
格納容器内の不活性雰囲気維持するにあたっては、表25-1で定める事項を運転上の制限とする。また、格納容器内の水素濃度の監視として、格納容器内水素濃度は表25-1で定める事項を運転上の制限とする。

表25-1

項目	運転上の制限
運転中の窒素封入設備	窒素ガス分離装置1台が運転中であること
待機中の窒素封入設備	窒素ガス分離装置1台が専用ディーゼル発電機により動作可能であること
格納容器内水素濃度	2.5%以下

窒素封入設備が表25-1で定める運転上の制限を満足していることを確認するための実施事項のうち、以下の項目がある。

「当直長は、窒素ガス分離装置を運転するとともに、必要な窒素封入量が確保されていることを毎日1回確認する。なお、必要な窒素封入量が確保できない場合は速やかに所定の封入量に戻すこと。」



〈試験時の扱いについて(窒素封入停止時のみ)〉

- ◆ 今回の試験では、一時的に窒素封入を停止させるため、必要な窒素封入量が確保されなくなる。このことから、試験のうち一時的に窒素封入を停止させる期間においては、計画的に運転上の制限を逸脱させるものとし、安全措置を整備した上で**必要な窒素封入量に対して第32条第1項(青旗)を適用する。**

安全措置	<ul style="list-style-type: none">水素濃度監視(1時間/1回)酸素濃度監視(1時間/1回)異常な水素・酸素濃度上昇に備えた速やかな窒素封入再開の準備
------	---