

福島第一原子力発電所に関する要確認事項への回答

2020年2月19日

東京電力ホールディングス株式会社



【燃料取り出しについて】

要確認事項 Q 1

* 各号機の今後の作業予定および想定されるリスクとその対応

次頁以降で回答

出典：福島原子力発電所の廃炉に関する安全確保県民会議(2020.2.5)

- ・資料-1 福島第一原子力発電所廃炉作業取組みに関するご報告(抜粋)
- ・資料-2 福島第一原子力発電所における不具合の詳細とトラブルの対応状況について(抜粋)

中長期ロードマップ改訂

周辺地域で住民の皆さまのご帰還と、復興の取り組みが徐々に進む中、
「復興と廃炉の両立」のもと安全確保を最優先に、より一層のリスク低減に努めてまいります。

<主な変更点>

①燃料デブリの取り出し

安全性、確実性、迅速性や使用済燃料取り出し作業との干渉回避を含めた「**廃炉作業全体の最適化**」の観点から初号機を2号機とします。**2021年から試験的に取り出しを開始、段階的に取り出し規模を拡大します。**

②プール内燃料の取り出し

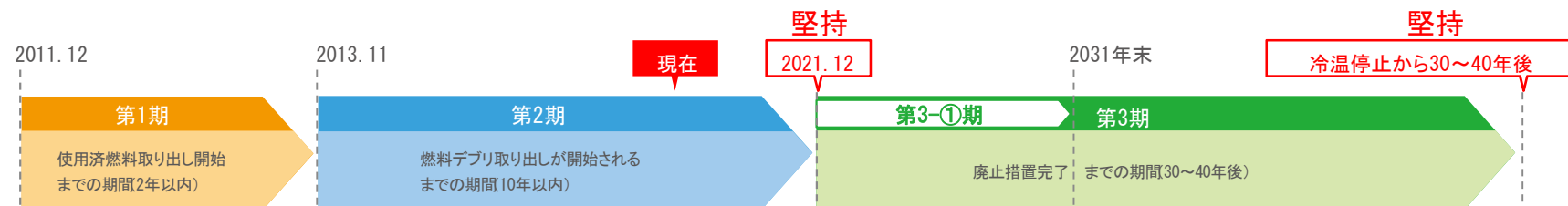
1・2号機で、安全確保を最優先に進めるべく、**ダスト飛散を抑制する工法に変更**しました。これにより、**開始時期を見直しています。**
また、**5・6号機**でも作業を進め、**2031年内までに全号機での燃料取り出し完了**を目指します。

③汚染水対策

3つの基本方針「取り除く」「近づけない」「漏らさない」に基づき、重層的に対策を進め、汚染水発生量は2018年度平均 約170m³/日となり、2015年度の約1/3に低減。

- 建屋屋根補修、建屋周りのフェーシングにより、汚染水発生量を**2020年内に150m³/日程度、2025年内に100m³/日以下に低減**します。
- 原子炉建屋はα核種の濃度を低減するための除去対策を進めつつ**2022～2024年度に滞留水の量を2020年末の半分程度に減少**します。

中長期ロードマップ改訂



2031年末までの期間を第3-①期とし、「より本格的な廃炉作業を着実に実施するため、複数の工程を計画的に進める期間」と位置づけ、工程を具体化しました。

<主な目標工程>

分野	内容		現行	改訂案	
汚染水対策	汚染水発生量	150m ³ /日程度に抑制	2020年内	2020年内	-
		100m ³ /日以下に抑制	-	2025年内	新設
	滞留水処理	建屋内滞留水処理完了※	2020年内	2020年内(※)	-
		原子炉建屋滞留水を2020年末の半分程度に低減	-	2022年度～2024年度	新設
使用済燃料プールからの燃料取り出し	1～6号機燃料取り出しの完了		-	2031年内	新設
	1号機大型カバーの設置完了		-	2023年度頃	新設
	1号機燃料取り出しの開始		2023年度目処	2027年度～2028年度	見直し
	2号機燃料取り出しの開始		2023年度目処	2024年度～2026年度	見直し
燃料デブリ取り出し	初号機の燃料デブリ取り出し開始 (2号機から着手。段階的に取り出し規模を拡大)		2021年内	2021年内	-
廃棄物対策	処理・処分の方策とその安全性に関する技術的な見通し		2021年度頃	2021年度頃	-
	がれき等の屋外一時保管解消		-	2028年度内	新設

※1～3号機原子炉建屋、プロセス主建屋、高温焼却建屋を除く。

1

使用済燃料プールからの燃料の取り出し作業 [TOPICS]

[作業工程]

がれき撤去 等

燃料取り出し
設備の設置

燃料
取り出し

燃料の
保管搬出

1号機



オペレーティングフロアの がれき撤去(P.7)

北側のがれき撤去、南側の崩落屋根下のがれき落下防止・緩和対策を実施しています。

また、燃料取り出しにあたっては、原子炉建屋を覆う大型カバーを先行設置し、カバー内でがれき撤去を行う工法を採用しました。



局所散水状況

2号機



オペレーティングフロアの 残置物移動・片付け(P.10)

2019年9月10日から3回目の残置物移動・片付けを開始しています。また、燃料取り出しにあたっては、ダスト飛散をさらに抑制するため、建屋を解体せずに建屋南側からアクセスする工法を採用しました。



オペレーティングフロア残置物移動状況

3号機



燃料取り出しを継続(P.12)

2019年4月15日から燃料取り出しを開始しました。2020年1月31日現在、63体の取り出しを完了しており、今後も安全を最優先に作業を進めてまいります。



使用済燃料プール内にある
燃料集合体引き抜き状況

4号機



燃料の取り出しが完了

2014年12月22日に使用済燃料プールからの燃料の取り出しが完了しました。



4号機原子炉建屋外観

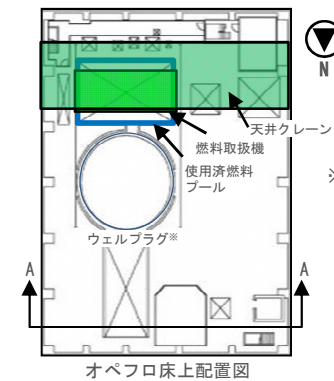
1

使用済燃料プールからの燃料の取り出し作業 [1号機]

進行中の作業

オペレーティングフロアのがれき撤去

オペレーティングフロア北側のがれき撤去作業は、コンクリート片などの撤去が概ね完了しました。また、崩落している屋根の鉄骨撤去の事前作業として、南側鉄骨への影響を与えないよう、北側と南側の屋根鉄骨を分断する作業も完了し、北側屋根鉄骨を撤去しています。



※ ウェルフラグ：格納容器の上部に位置するコンクリート製の蓋。

オペレーティングフロア南側のがれきの状況



天井クレーン・燃料取扱機のイメージ図
(3Dスキャン結果と写真を基に作成、配置図A方向)



崩落屋根の状況

進行中の作業

がれき落下防止・緩和対策の概要及び目的

南側がれき撤去に際し屋根鉄骨・がれき等が落下するリスクを可能な限り低減するため、崩落屋根下についてがれき落下防止・緩和対策を実施します。

①使用済燃料プール養生

屋根鉄骨・小がれき等が使用済燃料プールに落下した際に燃料等の健全性に影響を与えるリスク低減

②使用済燃料プールゲート※カバー

屋根鉄骨・小がれき等がプールゲート上に落下した際のプールゲートのずれ・損傷による水位低下リスクを低減

③天井クレーン支保 ④燃料取扱機支保

屋根鉄骨・小がれき等撤去により、天井クレーン/燃料取扱機の位置ずれや荷重バランスが変動し、天井クレーン落下に伴うダスト飛散のリスク及び燃料等の健全性に影響を与えるリスク低減



※プールゲート: 使用済燃料プールと原子炉ウェル(格納容器上部)の間に設けられた仕切り板。

今後の作業

燃料取り出し工法の概要

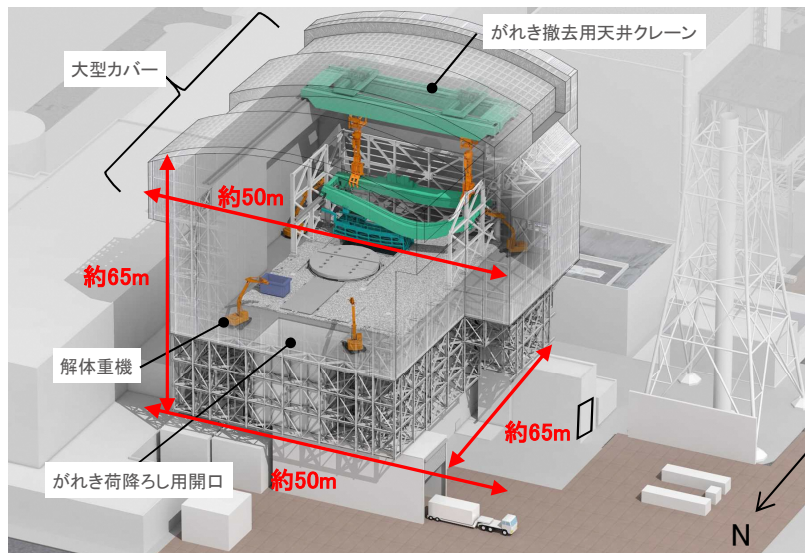
こちらから動画をご覧ください。

<https://www4.tepco.co.jp/library/movie/detail-jhtml?catid=61709&vide>



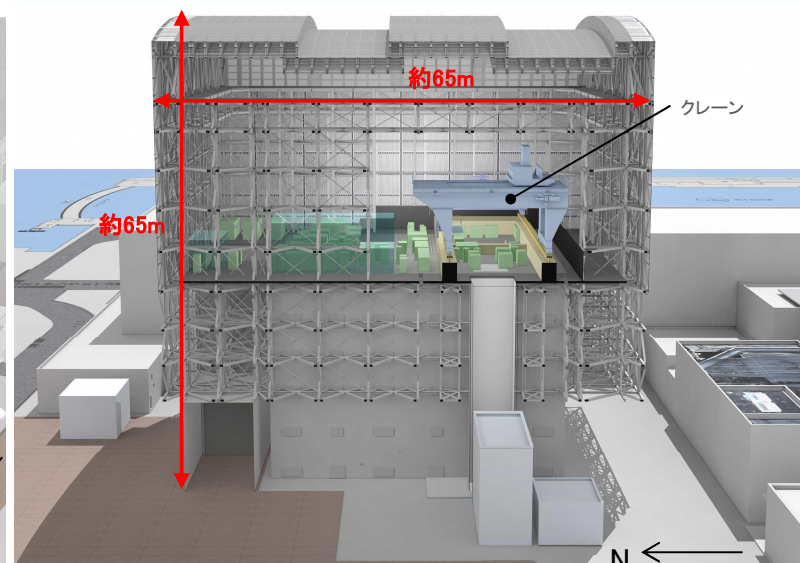
オペレーティングフロア全体を大型カバーで覆い、カバー内でがれき撤去用天井クレーンや解体重機を用いて遠隔操作でがれき撤去を行う計画です。

がれき撤去後、オペレーティングフロアの除染、遮へいを行い、燃料取扱設備（燃料取扱機、クレーン）を設置します。



がれき撤去時のイメージ図

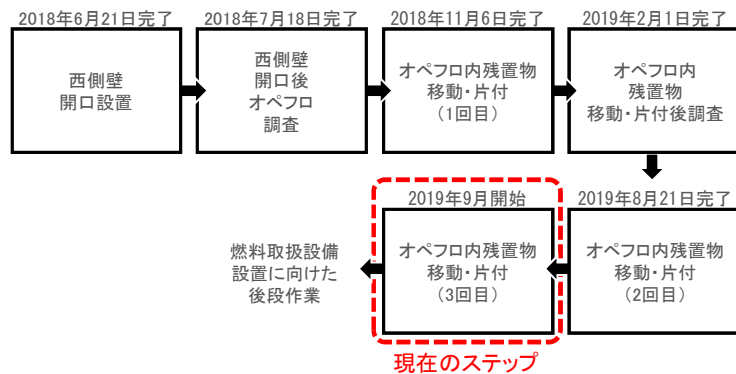
※約65m(南北)×約50m(東西)×約65m(高さ)



燃料取り出し時のイメージ図

進行中の作業

燃料取り出しに向けた計画の立案

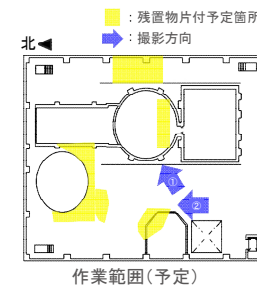


※ オペフロ:オペレーティングフロア

進行中の作業

オペレーティングフロア内の残置物移動・片付け (3回目)

使用済燃料プールからの燃料取り出しに向け、2019年9月10日より、3回目となるオペレーティングフロア上の残置物等の移動・片付けを実施しています。作業は、主に大物残置物の片付け、コンテナ詰めを実施しています。



主な実施内容・範囲

- ・新燃料検査台やスロープ等大物残置物の片付け、コンテナ詰め



①オペフロ東側の残置物



②オペフロ西側の残置物

今後の作業

燃料取り出し工法の概要

▶ 経緯

当初、2号機原子炉建屋にある既設の天井クレーン・燃料交換機を復旧することを検討していましたが、オペレーティングフロア内の線量が高いことから、復旧は難しく、2015年11月に建屋上部の解体が必要と判断しました。

2018年11月～2019年2月に実施したオペレーティングフロア内調査では、2011～2012年に実施した調査結果と比較し、線量の低減傾向を確認したことから、オペレーティングフロア内でも限定的な作業であれば実施できる見通しが得られました。

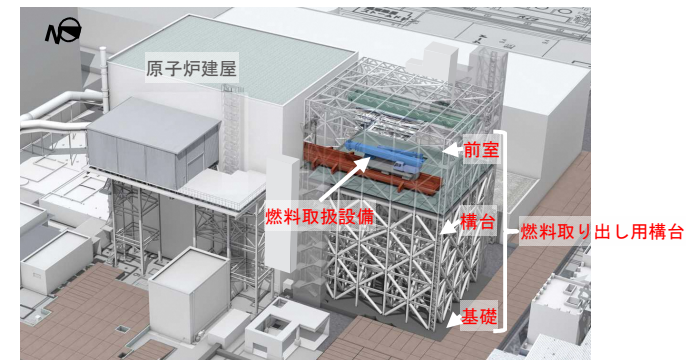
その後、建屋解体時のダスト飛散対策の信頼性向上の観点から、南側よりアクセスする工法を含め、プラン検討を進めてきましたが、原子炉建屋上部を解体しないプランの方が、主に建屋解体時のダスト飛散対策の信頼性や被ばくの低減、雨水の建屋流入抑制、工事ヤード調整の観点で優位性があると判断しました。

▶ 概要

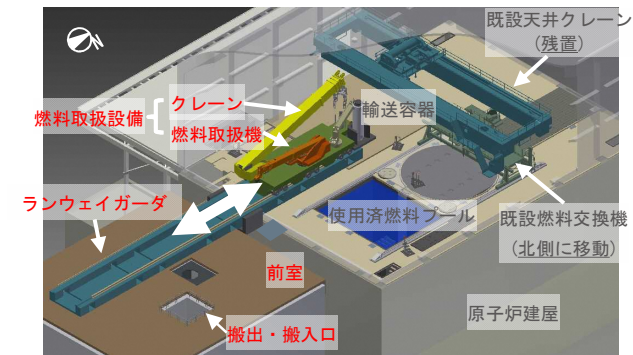
- ・原子炉建屋上部を全面解体せず、南側に構台・前室を設置した上で、南側外壁の小開口から燃料と輸送容器を取扱
- ・ブーム型クレーン式の燃料取扱設備を採用することで、南側外壁の開口部は小さくなり、原子炉建屋の構造部材のうち柱と梁の解体を回避
- ・燃料取扱設備は、燃料取り出し用構台での組立・保守作業が可能となることから、作業員被ばくを低減
- ・燃料と輸送容器は、燃料取扱設備にて遠隔操作により取扱
- ・燃料取扱設備は、ランウェイガーダ※上を走行することで原子炉建屋オペレーティングフロアと燃料取り出し用構台前室間を移動
- ・輸送容器の吊り降ろしは燃料取り出し用構台に新設する搬出・搬入口を利用

今後、詳細設計を進め、年度内を目標に燃料取り出し工程の精査を進めます。

赤字：新設設備



燃料取り出し用構台概念図（鳥瞰図）



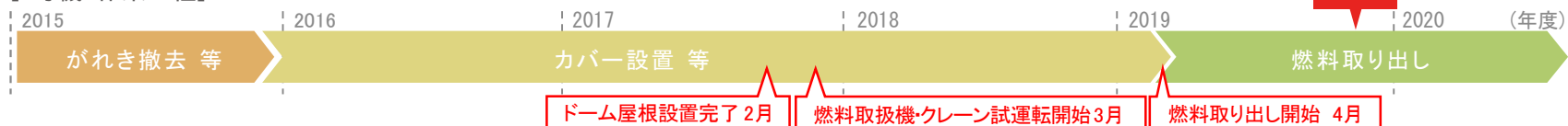
燃料取扱設備概念図（鳥瞰図）

※ランウェイガーダ：燃料取扱設備が走行するためのレールを支持する構造物。

1

使用済燃料プールからの燃料の取り出し作業 [3号機]

[3号機 作業工程]



進行中の作業

使用済燃料プールからの燃料取り出しを継続

2019年4月15日から燃料取り出しを開始しました。作業は、以下の手順で実施し、2020年度末までの取り出し完了を目指します。なお、2020年1月31日時点で、63体の取り出しを完了しており、今後も安全を最優先に作業を進めていきます。

▶ 燃料取り出し作業手順

- ① 燃料取扱機にて、使用済燃料プール内に保管されている燃料を1体ずつ水中で構内用輸送容器に移動します。構内用輸送容器に7体(収納体数)の燃料を装填後、一次蓋を設置し、容器表面を洗浄・水切りします。
- ② クレーンにて、構内用輸送容器を作業床の高さより上まで吊り上げた後、搬出用の開口部から地上へ吊り下ろし、二次蓋を設置します。
- ③ 構内輸送専用車両に積載し、共用プール建屋へ移送します。

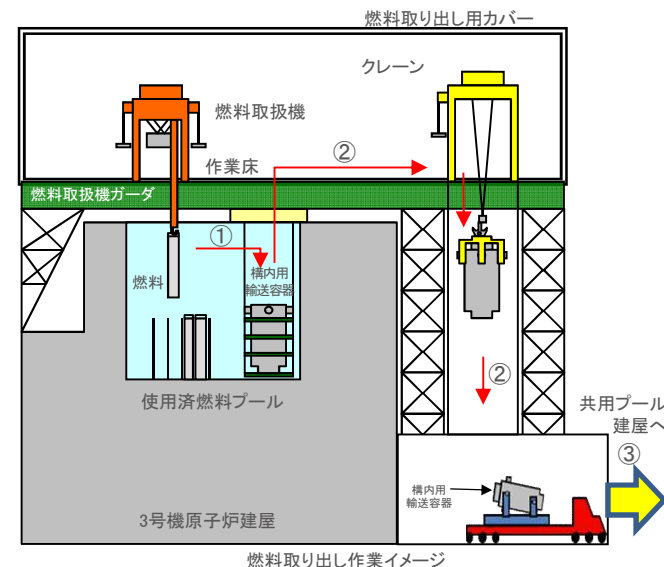
※燃料取扱機、クレーンの操作は遠隔にて実施します。



オペレーティングフロアの様子



燃料取り出しの様子



燃料取り出し作業イメージ

くわしくは、こちらから。

<http://www.tepco.co.jp/decommission/progress/removal/unit3/index-j.html>



取り出し完了燃料
63/566(体)
(2020年1月31日時点)

進行中の作業

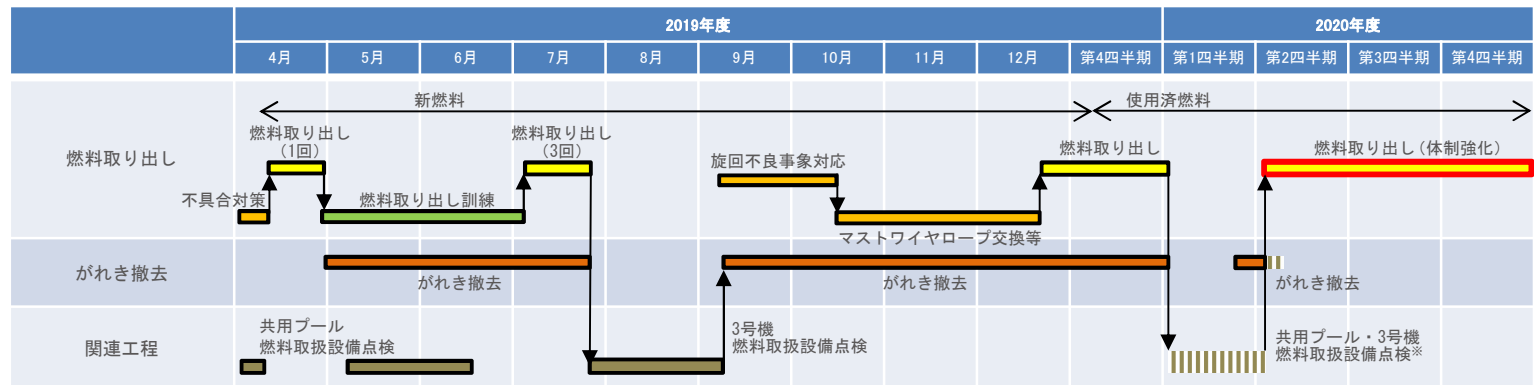
燃料取り出し工程

▶ 概要

燃料取扱設備の点検後、燃料取り出し再開に向け、準備作業を実施していた際に確認されたマニピュレータ※（左腕）の動作不良等の不具合対応の最終確認を終え、2019年12月23日より5回目となる燃料取り出し作業を再開しました。

▶ 今後の対応

引き続き、周辺環境のダスト濃度を監視しながら安全を最優先に作業を進め、2020年度末の燃料取り出し完了を目指します。



※工程調整中

※ マニピュレータ：がれきの撤去や燃料取り出しのサポートを行うロボットアームで燃料取扱機のテンシルトラスに設置されている。

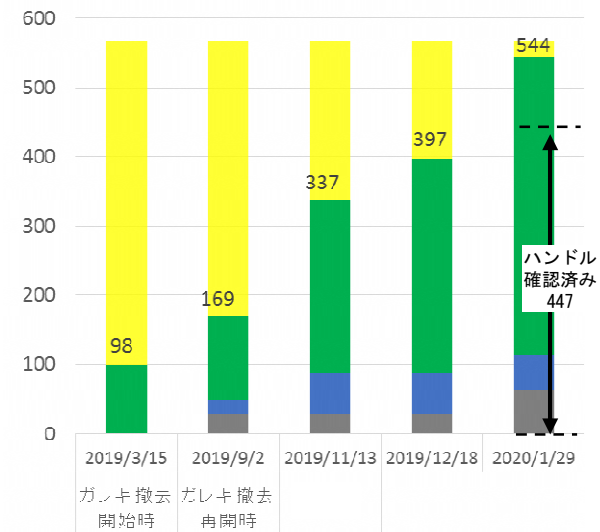
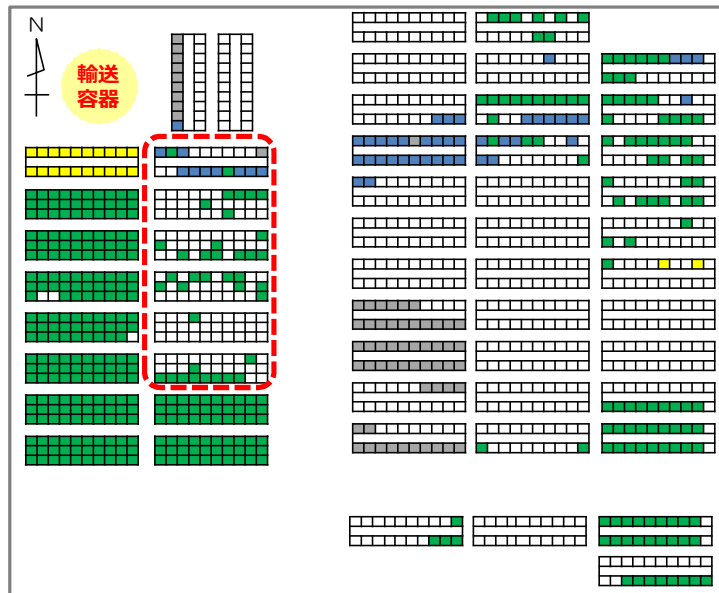
進行中の作業

がれき撤去の状況

2019年9月2日からがれき撤去作業を再開し、がれき撤去完了及び撤去中の体数が544体となりました。

なお、がれき撤去作業の進捗により、2020年1月30日時点、447/566体の燃料のハンドルが確認できました。

そのうち、ハンドルの変形した燃料が13体確認されています。



確認された不具合

3号機燃料取扱機における不具合内容

3号機使用済燃料プールからの取り出し準備・作業において確認された不具合のうち、前回の県民会議（2019年11月26日）以降新たに発生したもの及び対策が更新されたものは下表のとおりです。
（不具合の詳細につきましては、資料2をご参照ください。）

※下線部は、前回県民会議から更新

No	発生日	件名	概要	対策
1	10月15日	燃料取扱機マニピュレータ※（左腕）動作不良	燃料取り出し準備作業時にフランジプロテクタ※を把持した状態で、関節の操作のために固定解除の操作を行った。その際に、マニピュレータの手首が下がり、把持していたフランジプロテクタが下がる不具合を確認しました。	当該関節部以外の部位は健全であること並びに当該関節の固定解除をしない運用とすることで安全に作業（がれき撤去作業及び輸送容器の密封確認作業、燃料取扱時の監視）が実施できることを動作試験にて確認したことから、継続使用しています。 <u>なお、マニピュレータにて行っていたフランジプロテクタ設置作業については、燃料取扱機補助ホイス</u> を使用して設置する運用としています。
2	10月18日	燃料取扱機マストワイヤロープの潰れ	燃料取扱機マストを操作していたところ、マストホイス※2のマスト昇降用ワイヤロープ※に乱巻きが発生し、一部が潰れていることを確認しました。	<u>ワイヤロープの交換を行いました。</u> <u>また、無負荷時において、過剰な巻下げによりワイヤーの緩みが発生しないようインターロック（動作停止）を設定しました。</u>
3	12月14日	輸送容器収納缶と模擬燃料チャンネルファスナ※の干渉	燃料取り出し再開に向けた最終確認を実施中、輸送容器の収納缶と模擬燃料のチャンネルファスナが干渉し、輸送容器に模擬燃料が装填できないことを確認しました。	模擬燃料のチャンネルファスナに変形が見られたため交換を行いました。 また、マストの偏りを考慮し、チャンネルファスナと収納缶の干渉が起こらないよう輸送容器への燃料装填角度を見直しました。
4	1月21日	マニピュレータ左腕手首の回転が速い事象	使用済燃料プール内のがれき撤去作業において、マニピュレータの左腕手首の回転の微調整操作を行った際、通常より手首が速く回転することを確認しました。	代替処置に基づき燃料取り出し作業は実施できるため、今後の作業への影響はありません。

※ マニピュレータ：がれきの撤去や燃料取り出しのサポートを行うロボットアームで燃料取扱機のテンシルトラスに設置されている。

※ フランジプロテクタ：燃料取り出し時に輸送容器のフランジ面を保護する用具。

※ マストホイス：マストを昇降する装置。マストホイスでマストワイヤロープの巻き上げ・下げを行う。マストワイヤロープは2本あり、万が一、片方のロープが破断したとしても、もう片方のロープで燃料等の保持は可能。片方のロープが破断したときには、マストホイスイコライザー（平衡器）が傾き、破断を検知することができる。

※ ワイヤロープ：マストホイスの昇降用ロープ。

※ チャンネルファスナ：燃料集合体とチャンネルボックスを固定させる部材。

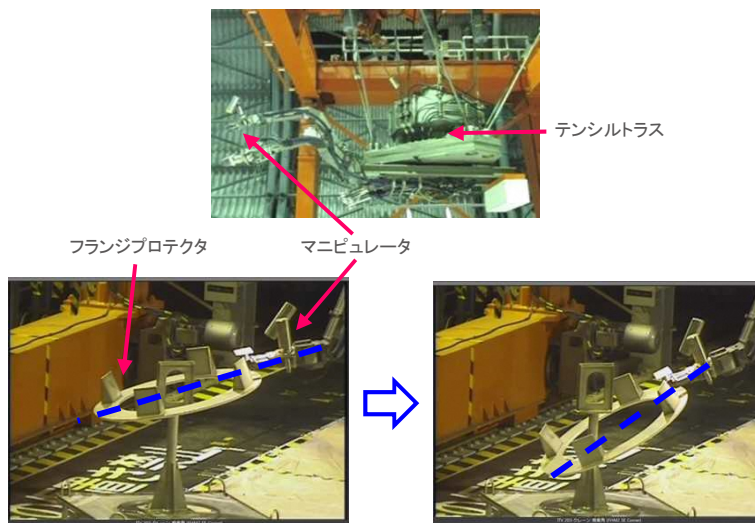
3号機燃料取扱作業における不具合

確認された不具合と対応

燃料取扱機マニピュレータ（左腕）動作不良について

▶ 概要

2019年10月15日、燃料取り出し準備作業時にフランジプロテクタ※を把持した状態で、関節の操作のために固定解除の操作を行いました。その際に、マニピュレータ※の手首が下がり、把持していたフランジプロテクタが下がる不具合を確認しました。



- ※ フランジプロテクタ：燃料取り出し時に輸送容器のフランジ面を保護する治具。
- ※ マニピュレータ：がれきの撤去や燃料取り出しのサポートを行うロボットアームで燃料取扱機のテンシルトラスに設置されている。
- ※ 関節制御用駆動装置：入力されたエネルギーを物理的運動に変換する装置、マニピュレータは作動流体の圧力で関節内部にあるシリンダーを駆動させることにより動作をさせている。

▶ 原因

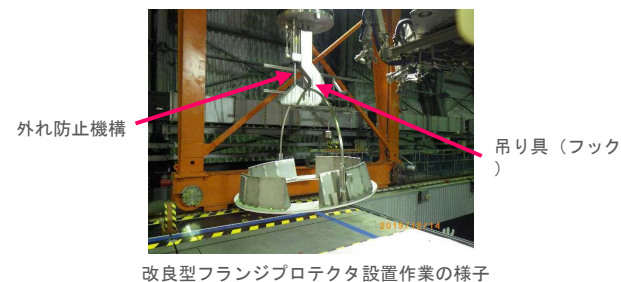
関節制御用駆動装置※内部のシート部から僅かに圧力（作動流体）が低圧側に漏れたことによる持ち上げ力の低下と推定しました。

▶ 対策

当該関節部以外の部位は健全であること並びに当該関節の固定解除をしない運用とすることで安全に作業（がれき撤去作業及び輸送容器の密封確認作業、燃料取扱時の監視）が実施できることを動作試験にて確認したことから、継続使用しています。

なお、マニピュレータにて行っていたフランジプロテクタ設置作業については燃料取扱機補助ホイスを使用して設置する運用としています。燃料取扱機補助ホイスの吊り具（フック）は、外れ防止機構を備えているため、設置作業時における落下リスクが低減され、安全に作業ができることを確認しています。

※下線部は、前回県民会議資料からの更新箇所



3号機燃料取扱作業における不具合

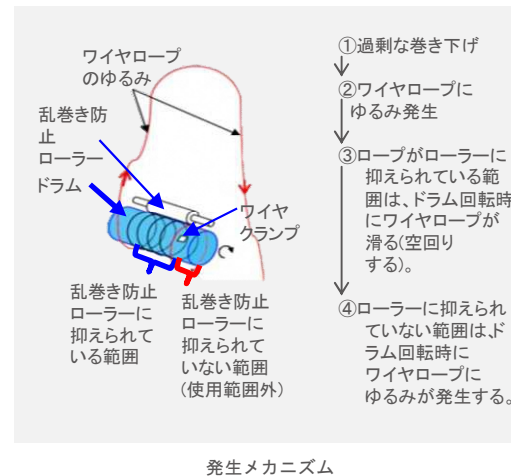
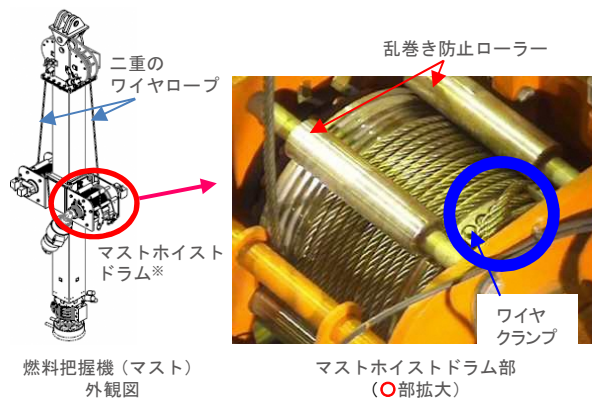
確認された不具合と対応

燃料取扱機マストワイヤロープの潰れについて

▶ 概要

2019年10月18日、燃料取扱機マストを操作していたところ、マストホイスト※のマスト昇降用ワイヤロープに乱巻きが発生し、一部が潰れていることを確認しました。

また、点検に伴うマストのツール取外・取付作業において、接続確認のためにマストが着座した後も引き続き巻き下げ操作を実施していたことを荷重計等の記録にて確認しました。



▶ 原因

マストの過剰な巻き下げによりワイヤロープが緩み、乱巻きが発生しました。ワイヤロープに乱巻きが発生した状態で巻き上げ操作を行ったことにより、ワイヤロープが乱巻き防止ローラーの支柱に挟まったことが原因です。

▶ 対策

ワイヤロープの交換を行いました。
また、無負荷時において、過剰な巻き下げによりワイヤの緩みが発生しないようインターロック（動作停止）を設定しました。

※下線部は、前回県民会議資料からの更新箇所

※ マストホイスト: マストを昇降する装置。マストホイストでマストワイヤロープの巻き上げ・下げを行う。マストワイヤロープは2本あり、万が一、片方のロープが破断したとしても、もう片方のロープで燃料等の保持は可能。片方のロープが破断したときには、マストホイストイコライザー（平衡器）が傾き、破断を検知することができる。

※ マストホイストドラム: 燃料把握機を上下させるロープを巻き付ける部材。

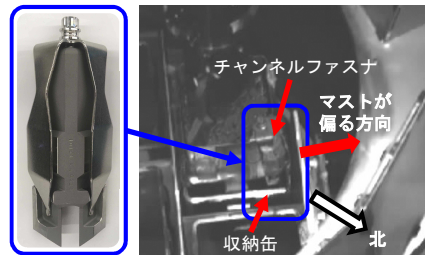
3号機燃料取扱作業における不具合

確認された不具合と対応

輸送容器の収納缶と模擬燃料のチャンネルファスナの干渉

概要

2019年12月14日、燃料取り出し再開に向けた最終確認を実施中、輸送容器の収納缶と模擬燃料のチャンネルファスナが干渉し、輸送容器に模擬燃料が装填できないことを確認しました。



チャンネルファスナ
・チャンネルボックスの燃料体への固定
・炉心装荷時の燃料体の相互間隔保持

原因

伸縮構造となっている燃料取扱機マストを伸ばしていく際に、以前より北西側へ若干偏る傾向が見られており、そのため干渉に至ったと推定しています。この偏りは、程度の差があるものの初期から確認されていたものであり、水圧モータやマストワイヤロープの交換により装置内の間隙の範囲内で移動したものと判断しています。

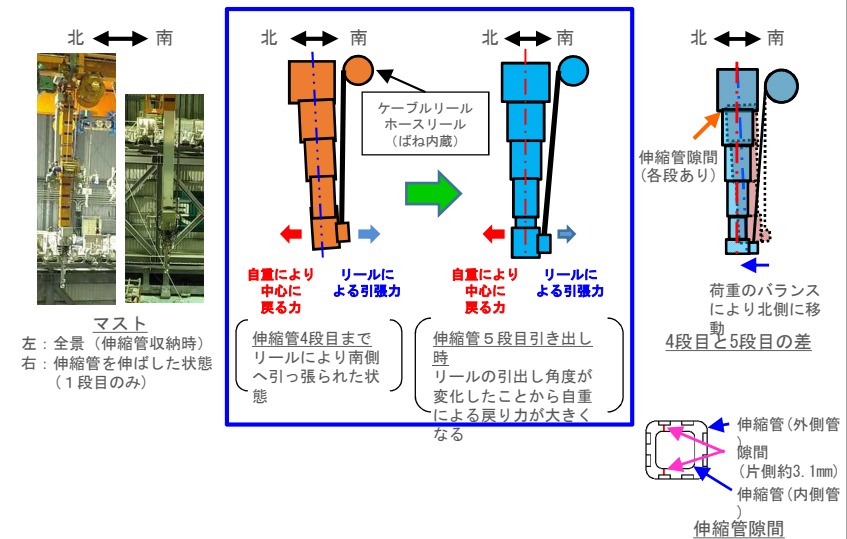
対策

模擬燃料のチャンネルファスナに変形が見られたため交換を行いました。また、マストの偏りを考慮し、チャンネルファスナと収納缶の干渉が起こらないよう輸送容器への燃料装填角度を見直しました。あわせて、再度燃料装填操作の訓練を行ったうえで、燃料取り出し作業を再開しています。

※ チャンネルファスナ：燃料集合体とチャンネルボックスを固定させる部材。

マストの偏りについて

- ・マスト伸縮管は、ケーブルリール及びホースリールにより、常に南側に引っ張られた状態です。また、伸縮管には各段に隙間（片側約3.1mm）が5箇所あり、伸縮に伴って隙間の範囲（15mm程度）で南北に移動する構造となっています。
- ・伸縮管が下方に延伸しリールの引出し角度が変化することで、「電源ケーブル・水圧ホースによる南側への引張り力（）」が徐々に低下していき、5段目引き出し付近で「マストが自重による中心に戻る力（）」が勝ることで、北側に戻ったと推測しています。



3号機燃料取扱作業における不具合

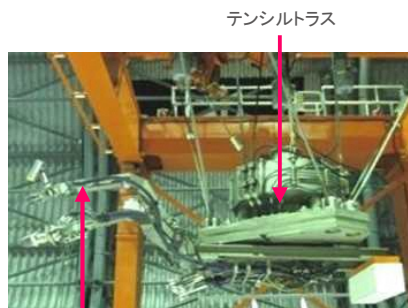
確認された不具合と対応

マニピュレータ左腕手首の回転不具合

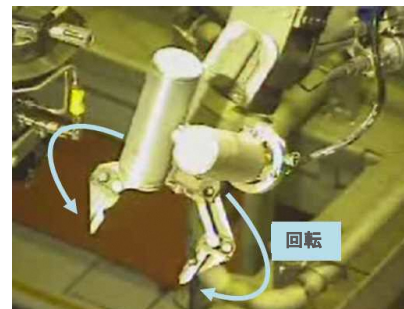
▶ 概要

2020年1月21日、使用済燃料プール内のがれき撤去作業において、マニピュレータの左腕手首の回転の微調整操作を行った際、通常より手首が早く回転することを確認しました。

その後、動作確認を行った結果、当該マニピュレータの左腕手首以外は通常通り動作することは確認しました。



マニピュレータ



マニピュレータ左腕手首

▶ 原因

現時点で信号表示に異常は認められなかったことから、電磁弁もしくは水圧モーターに原因があると推定しており、今後原因調査を行います。

▶ 対策

以下に示す代替処置に基づき燃料取り出し作業は実施できるため、今後の作業への影響はありません。

<燃料取り出し作業>

構内用輸送容器の一次蓋を締め付ける際、ボルトの締め付け状態を確認することにより密封確認を行っています。あわせて行う密封確認装置の弁操作にマニピュレータの左腕を使用しています。代替措置として、構内用輸送容器を地上階に吊り下ろした後、有人作業にて当該密封確認を実施します。

<がれき撤去作業>

マニピュレータの右腕を使用し、がれき撤去作業を行います。

※マニピュレータ：がれきの撤去や燃料取り出しのサポートを行うロボットアームで燃料取扱機のテンシルトラスに設置されている。

【燃料デブリについて】

要確認事項 Q 2

- * 1号機 原子炉内を減圧させた際の温度上昇のメカニズムとそのリスク
およびリスク対応

次頁以降で回答

出典：第65回廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議(2019.4.25)
・資料3-3 1号機X-2ペネトレーションからの原子炉格納容器内部調査

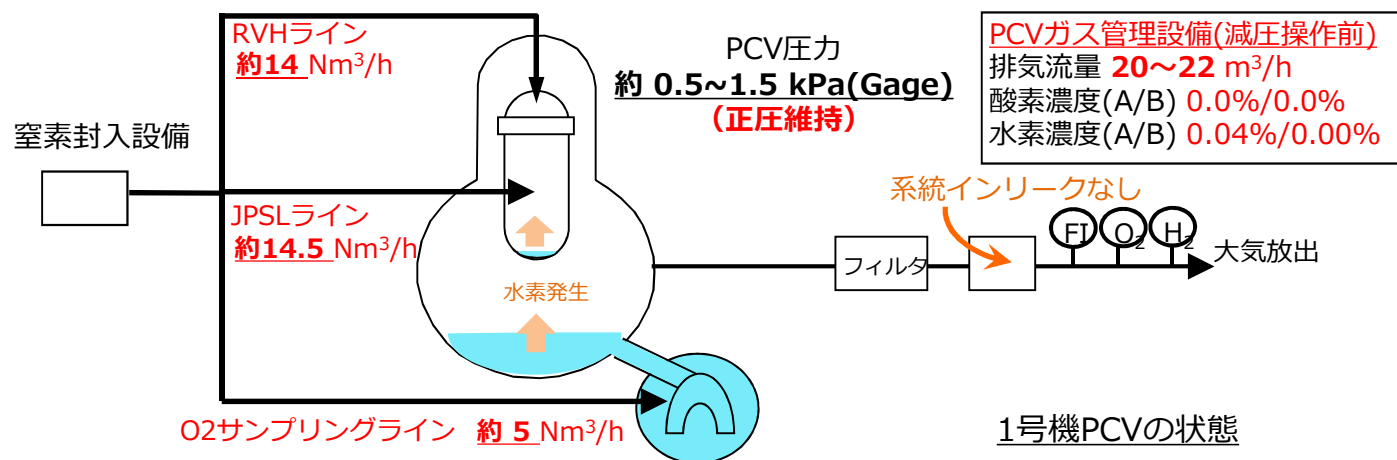
(参考) PCV減圧の実施状況 (1 / 2)

■ 目的

アクセスルート構築に際して実施する孔あけ加工機（アブレシブウォータージェット：AWJ）による作業中のダスト放出リスクをさらに低減することを目的とし、念のため1号機のPCV圧力を大気圧と同等程度を目標に減圧する操作を実施した。

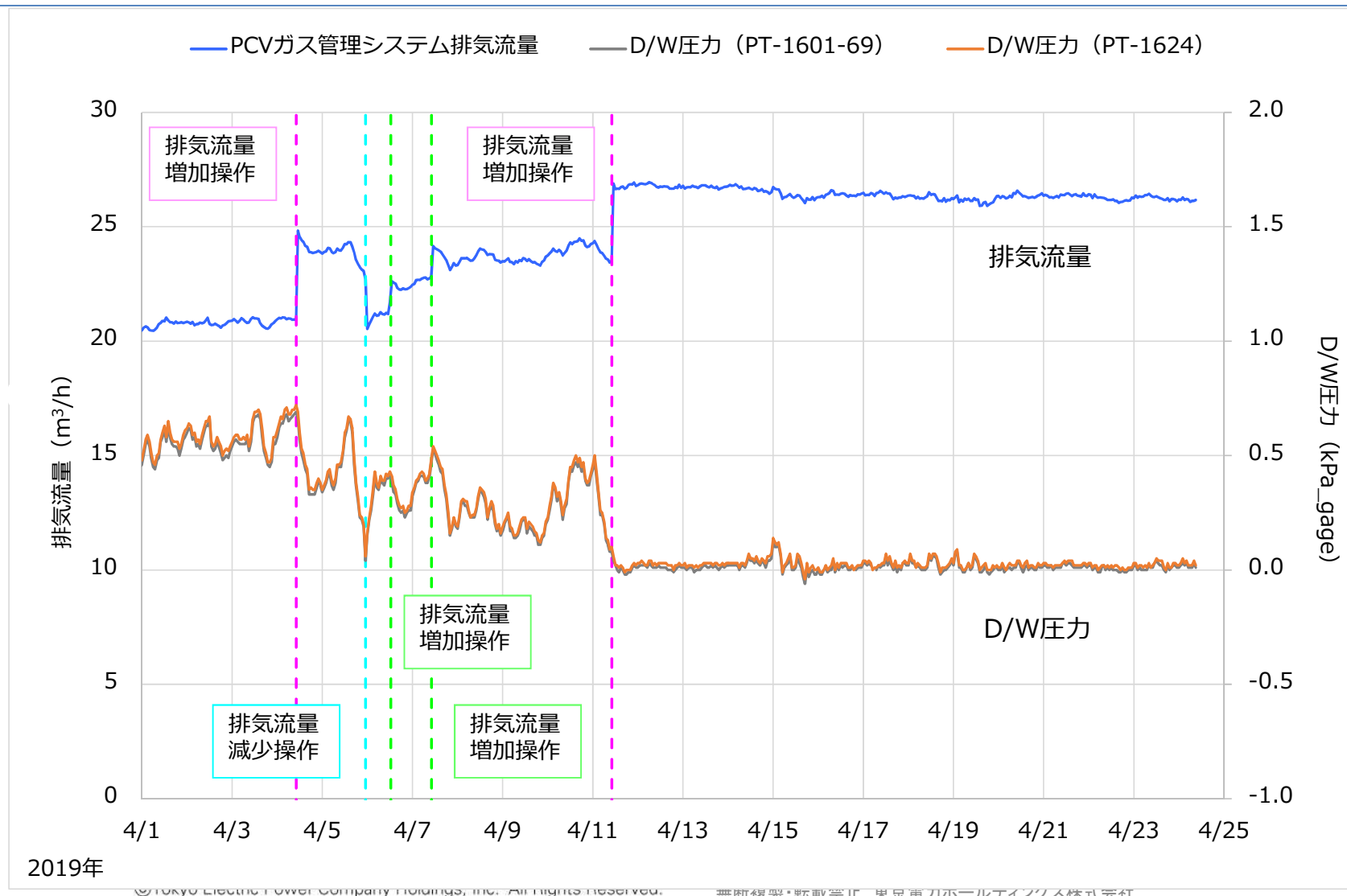
■ 操作実績

- ・ 操作日時：2019年4月4日(木), 11日(木)
- ・ 対象号機：1号機
- ・ PCVガス管理設備排気流量：4月 4日 約20m³/h → 約24m³/h
4月11日 約23m³/h → 約26m³/h
- ・ PCV圧力 操作前：約0.7kPa → 4月15日現在：約0.0kPa



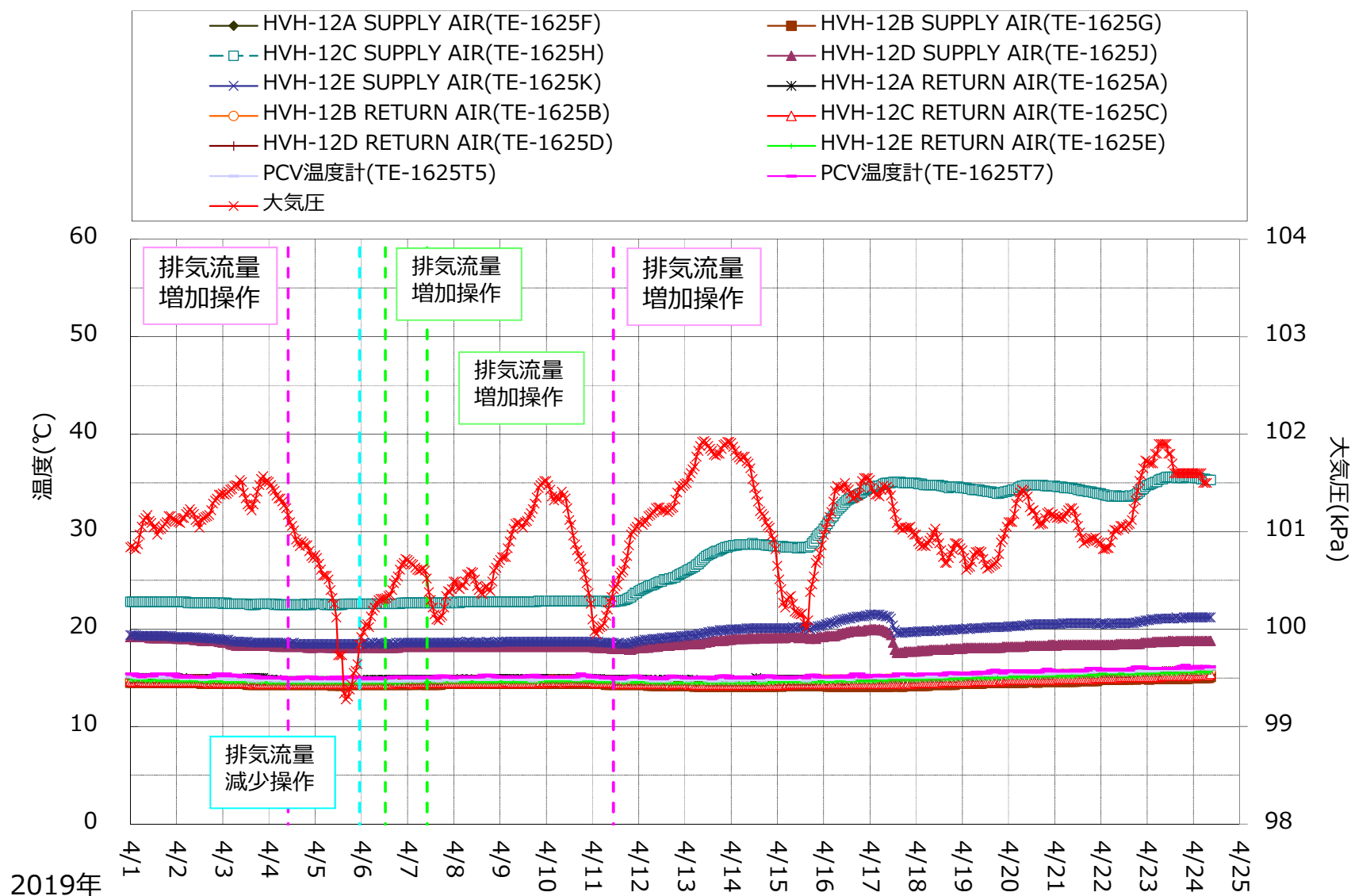
(参考) ガス管理設備の排気流量増加に伴うPCV減圧について

- PCVガス管理設備の排気流量増加することにより、PCV圧力について、大気圧と同等まで減圧できることが分かった



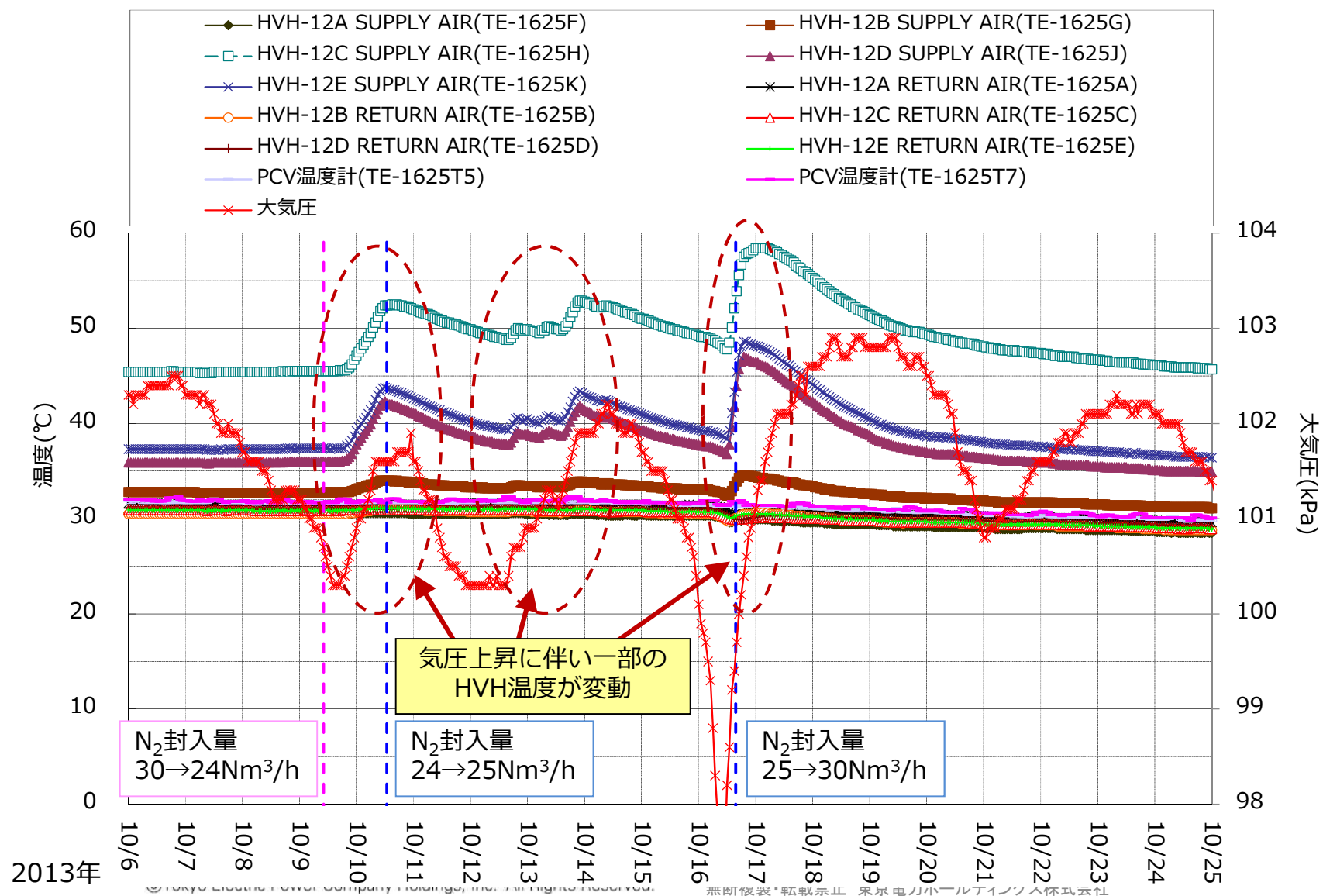
(参考) 一部のPCV内温度の上昇事象

■ 4月11日の排気流量増加操作後、複数のPCV内温度計で指示の上昇を確認

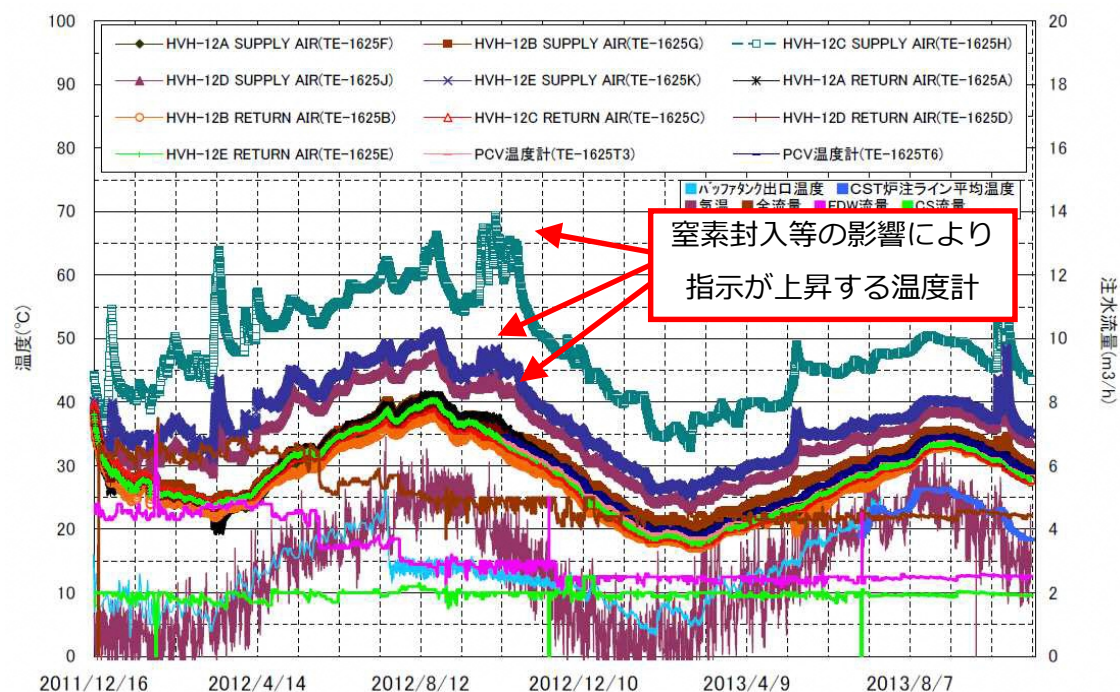


(参考) 過去の一部のPCV内温度の上昇事象 (1 / 2)

■ (2013年10月)N2封入量を減少させた後、大気圧の変動に伴いHVH温度が上昇



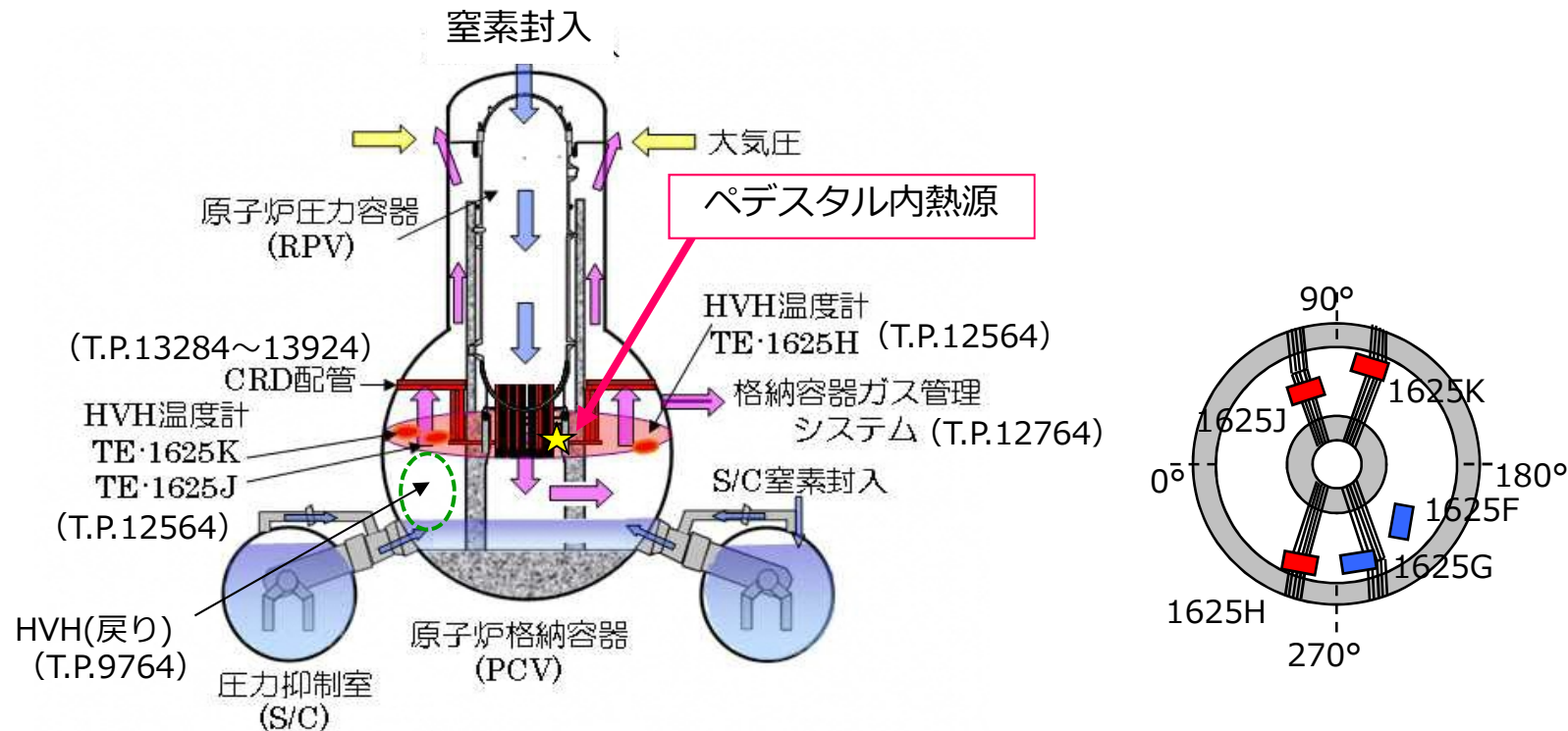
(参考) 過去の一部のPCV内温度の上昇事象 (2 / 2)



- 1号機では注水によらず、窒素封入等の影響によって、一部のPCV温度計の指示の上昇が観測されている。これはペデスタル内の熱源に起因していると推定。

1号機温度上昇実績	2011年12月	2012年3月	2012年9月	2013年10月
PCV温度 温度上昇率[°C/h]	0.6 (最大約55°C)	0.6 (最大約65°C)	1.1 (最大約70°C)	2.0 (最大58°C)
崩壊熱[kW]	430	360	250	160
注水流量[m³/h]	6.5 (FDW 4.5,CS2.0)	6.5 (FDW 4.5,CS2.0)	5.5 (FDW 3.5,CS2.0)	4.5 (FDW 2.5,CS2.0)

(参考) 温度計の設置位置関係と推定メカニズム



- ペデスタル内のCRD配管近傍に熱源が存在し、熱伝達、熱伝導によりCRD配管周辺が加熱と推定。
- 大気圧の上昇時にPCVからのアウトリークが減少することから、ペデスタル外のCRD配管周辺の流れが滞りHVH温度計指示値が上昇すると推定。
- ペデスタル外のCRD配管周辺の流れが増加・安定すると、温度が高い領域が小さくなり、HVH温度計の指示値が安定すると推定。