

「もんじゅ」の燃料体取出し作業の進捗状況について

2020年12月21日

日本原子力研究開発機構（JAEA）

1. 燃料体の取出しについて

- ◆ 燃料体取出しに係る設備の補修、不適合の除去を完了し、点検・準備の進捗は順調
- ◆ 炉上部に機器を据え付ける燃料交換準備作業を実施中（12月25日終了予定）
- ◆ 来年1月から3月まで146体の燃料体の取出しを実施する計画
- ◆ 前回と同様に、操作チーム・設備チームの体制を構築し、燃料体の取出し作業開始前に確認事項（ホールドポイント）を設定

2. 定期事業者検査等の進捗状況

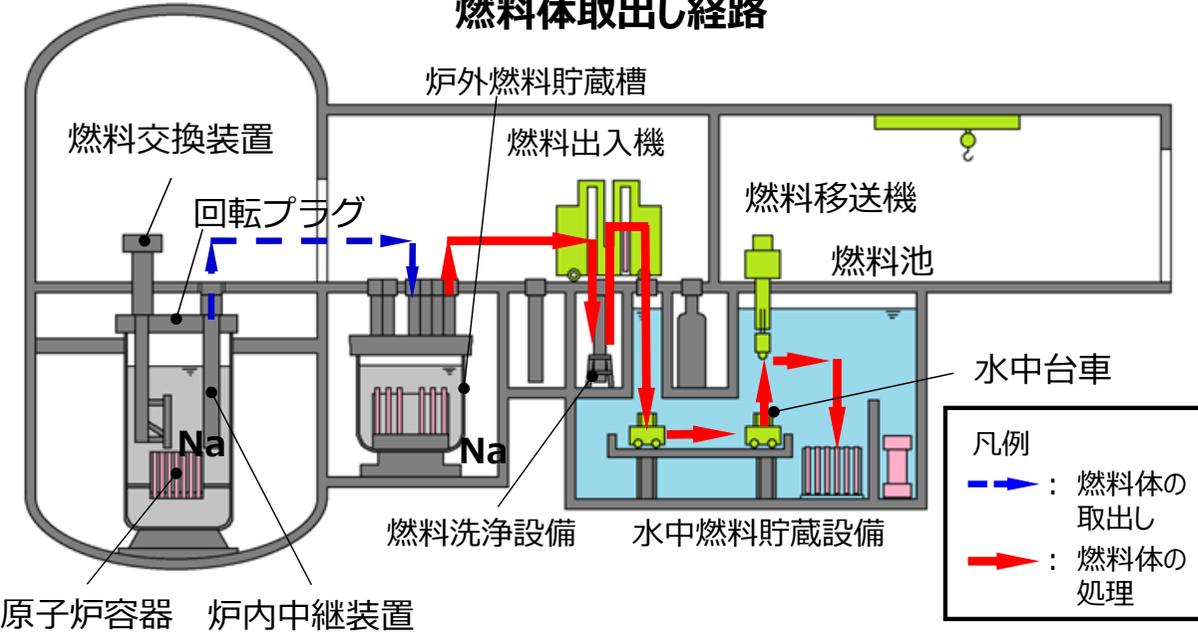
- ◆ 検査①「燃料体の取出し」までに必要な検査を計画通り進め、81%終了
- ◆ 来年1月までに燃料交換設備等に係る検査①を実施

3. 保修・是正

- ◆ 1次主冷却系循環ポンプ潤滑油系オイルリフトポンプAの不具合
 - ・11月20日にオイルリフトポンプA-A及びA-Bのカップリング交換をもって保修完了
燃料交換準備作業工程に影響無し
 - ・あわせて、廃止措置段階における点検作業の調達管理の改善を実施中
- ◆ 施設保安の改善の取組み
 - ・補機冷却水系ポンプ分解点検時における浸透探傷試験の改善
 - ・大規模損壊時の対応に係る改善

燃料体取出し作業の進捗状況 (1/4)

燃料体取出し経路



廃止措置開始以降の燃料体の装荷及び貯蔵状況

	廃止措置開始時	2020年の燃料体の処理終了時点(現在)	今回の燃料体の取出し終了時点	2021年の燃料体の処理終了時点
原子炉容器	370	270	124	124
炉外燃料貯蔵槽	160	0	146	0
燃料池	0	260	260	406

燃料池には上記表のほか、過去に取出した2体を貯蔵している

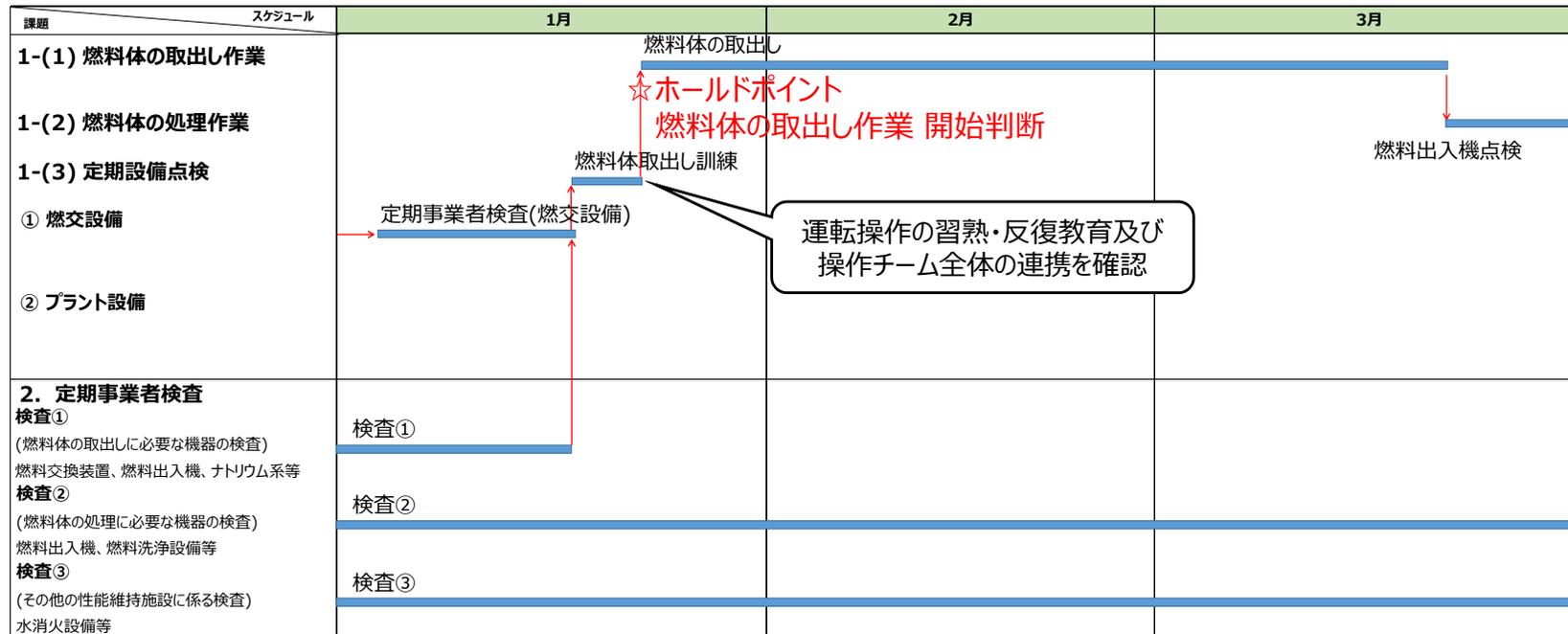
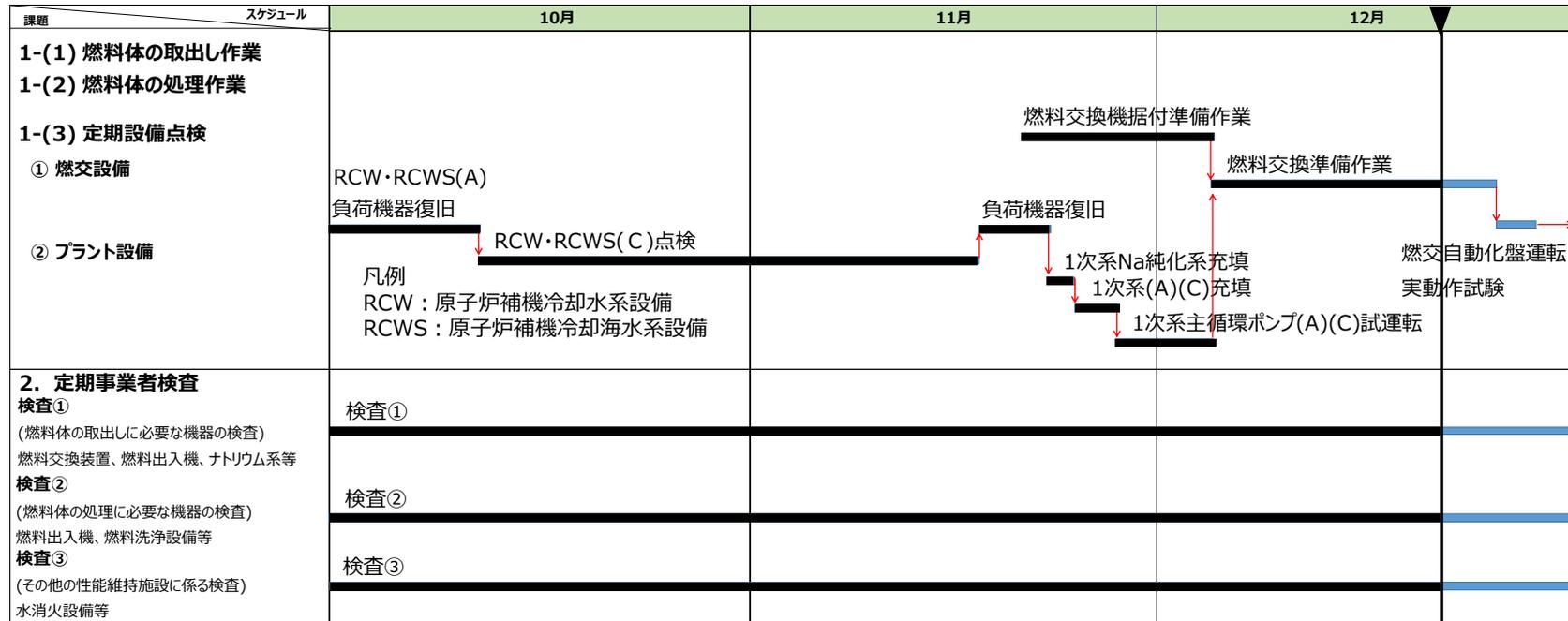
第1段階における燃料体取出し作業工程

年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
燃料体の処理 (530体) 炉外燃料貯蔵槽→燃料池	2018.8 100体→86体(済)	2019.1 174体(済)	2020.6 146体	2021.3 124体	2022.6 124体
燃料体の取出し (370体) 原子炉容器→炉外燃料貯蔵槽		2019.9 100体(済)	2021.1 146体	2022.4 124体	2022.12 124体
定期設備点検					模擬燃料体装荷無し

注記：点線の矢印は、燃料体取出し作業の流れを示す

なお、燃料体取出し作業に影響を与えない設備の点検については並行して実施する

燃料体取出し作業の進捗状況 (2/4)



作業体制

- 前回と同様に、作業で発生した不具合等に対し、対応方針の策定、発生事象に対する調査、運転の復旧等の対応を迅速に進めるため、運転と保守とを一体化した体制を構築
- 前回と同様に、実施責任者の下、燃料取扱設備の操作を担当する「操作チーム」(5名/班)と運転操作を設備面から支援する「設備チーム」(4名/班)とで構成
- 2交替で6~7体/日程度とし、工程予備を確保(現計画)
(前は、操作の習熟に重点を置き、初期トラブルの発生等も考慮したことから、前半は日勤ベースで作業を実施)

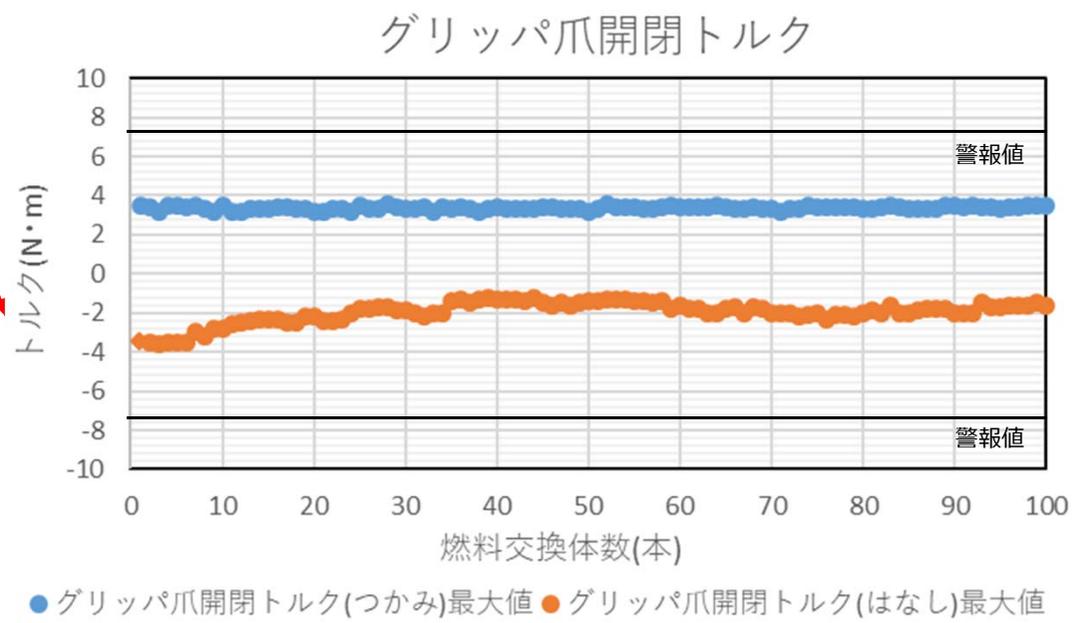
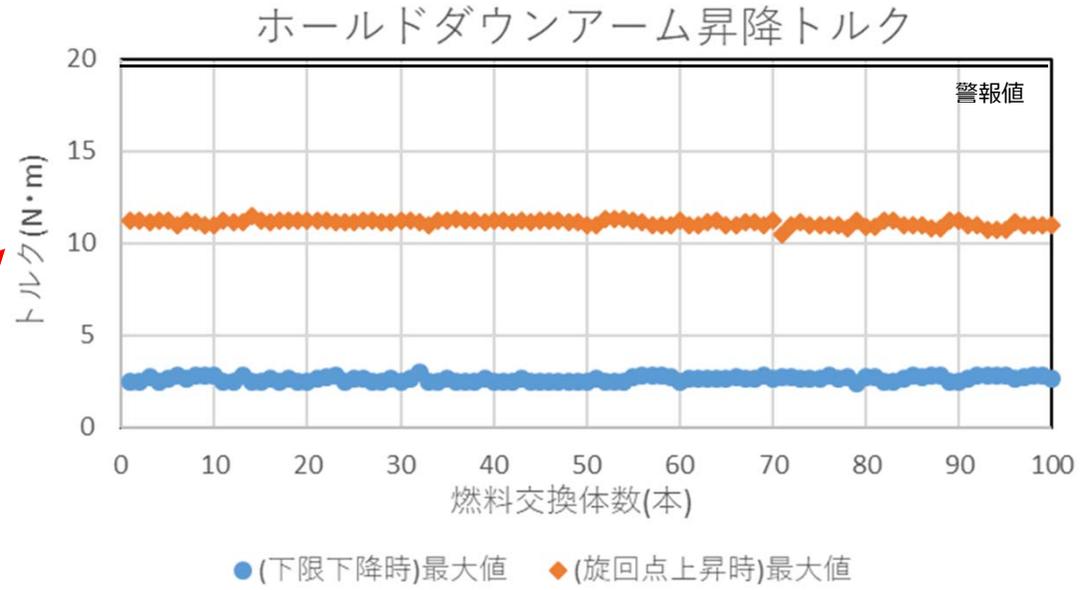
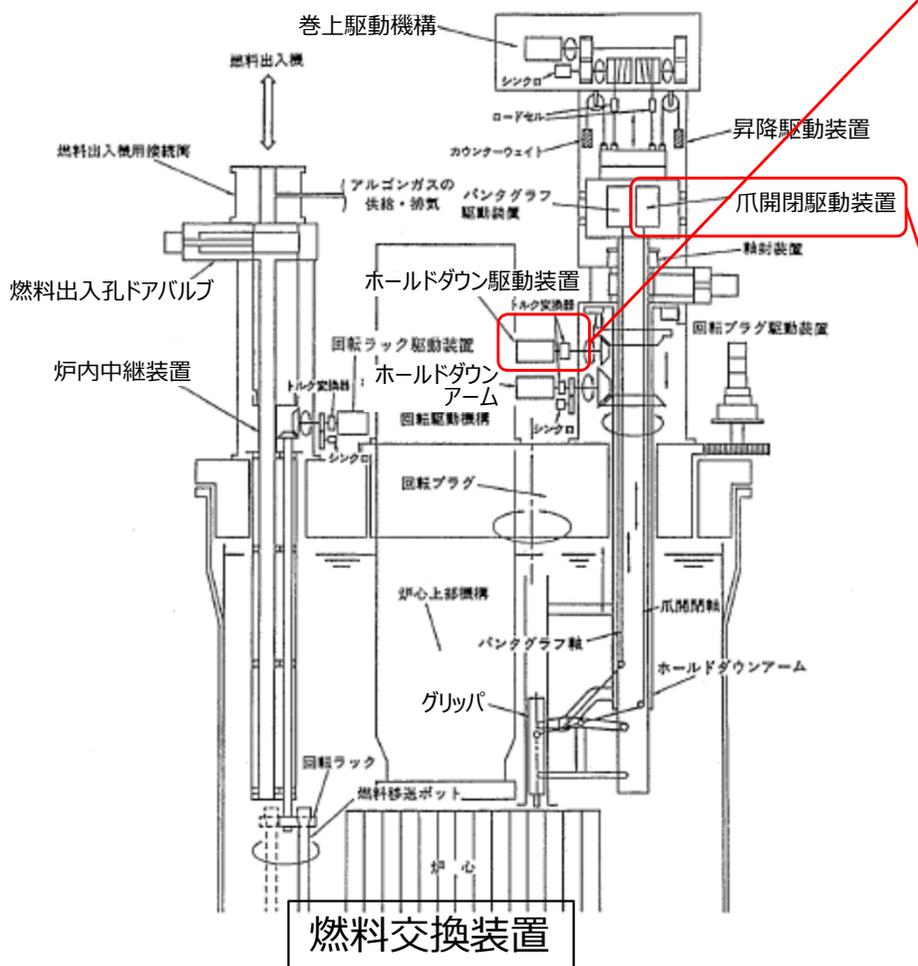
ホールドポイント

- ホールドポイント(燃料体の取出し作業開始判断) : 所長承認
 - ◆訓練をはじめとした燃料交換準備作業を完了していること
 - ◆燃料体の取出しに必要な機能の定期事業者検査(検査①)を問題なく完了していること
 - ◆作業体制が整備されていること

燃料体取出し作業の進捗状況 (4/4)

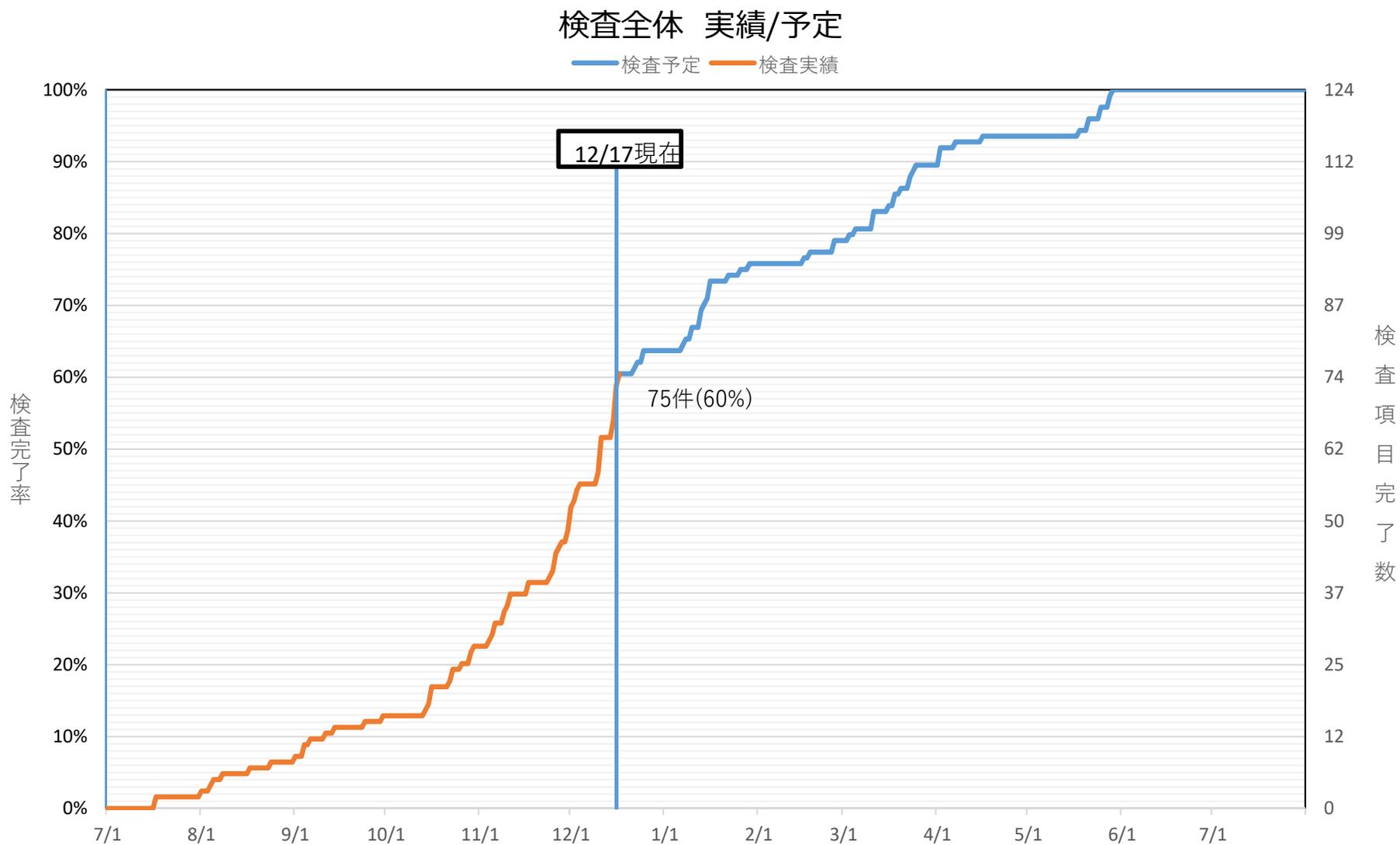
燃料体の取出し時の監視

- 今回の燃料体の取出しは146体実施する計画
- 前回の燃料体の取出しで採取した正常時の燃料交換装置トルク等のデータと比較を行いながら、継続的に異常の兆候の有無を監視



前回の燃料体の取出し時のデータ (一例)

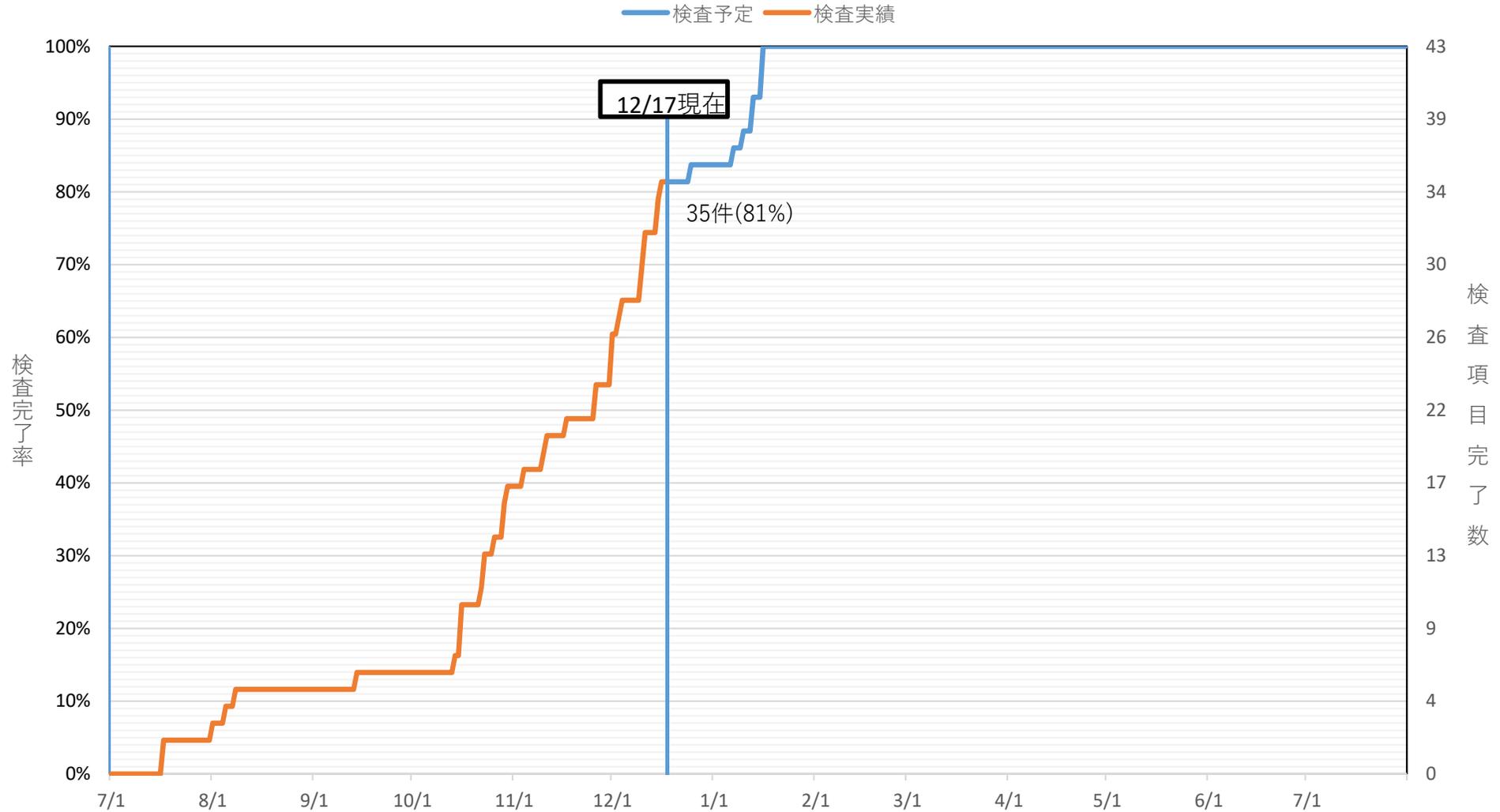
定期事業者検査の実施状況 (1/2)



- ◆ 定期事業者検査は、2020年7月14日～2021年5月29日の期間で実施
- ◆ 12月17日時点で全124件中75件（60%）を終了、順調に進捗している

定期事業者検査の実施状況 (2/2)

検査区分①：「燃料体の取出し」までに必要な検査 実績/予定



- ◆ 検査①を最優先に対応し、2021年1月までに実施
- ◆ 12月17日時点で43件中35件（81%）を終了、順調に進捗している

➤ 廃止措置段階の点検作業において、昨年、今年に**2件の設備の損傷を伴う不適合事案が発生**

- ・1次ナトリウム純化系コールドトラップ循環ブローア (CTB) の不具合：片側のスラスト力を受けるアンギュラ軸受 (表裏がある) を**電動機に逆に取り付けた**ため、軸受け等が損傷
- ・1次系オイルリフタポンプ (OLP) の不具合：カップリングの組込みを行った際にスプロケット (歯車) とチェーンの**元位置合わせを実施しなかった**ため、スプロケット及びチェーンが損傷

➤ これらの不適合事案の背後要因は、これまで設計建設メーカーに委託していた点検作業を機械品と電気品に分割し、電気品点検を新規受注者に発注した際、**設備特有の留意すべき事項 (設備特有要件)** に対する**情報共有や作業指示が十分でなかった**こと

⇒ **調達管理のあるべき姿を検討**

➤ これまでの対応状況

- ・2件の事案を不適合管理し、不適合除去、是正処置、水平展開の対策を完了
- ・もんじゅの現場力向上は、敦賀部門全体で取り組むべき問題と捉え、**組織風土の改善や職員のモチベーションを高めるための活動を、部門大で実施中**
- ・さらに、**現場力向上に向けた取り組みの効果を定期的にレビュー**

⇒ **現場力向上に向けた取り組み**

調達管理のあるべき姿を検討

廃止措置段階の点検業務の発注先を変更した場合の調達管理に関して、**あるべき姿を検討し**、これまで行っている**再発防止対策の更なる改善（背後要因の排除）**について検討した

廃止措置への移行

あるべき姿

設備要求に応じた
点検業務

点検業務に関する調達
管理の変更

- ・保全内容変更
- ・発注分割、統合
- ・発注先変更

課題認識

- ・設備特有要件の抽出が十分でなく、発注者、受注者が遵守すべき事項が明確化されていなかった
- ・協業体制の現場力が十分でなかった

設備特有要件抽出
新規受注者に発注
する場合には、設備
特有の留意事項を
抽出

再発防止対策の更なる改善

発注者・受注者の協業

設備特有要件を満足するように、発注者、受注者が遵守すべき事項を抽出することをルール化
協業体制の下、上記ルールを共有し点検作業を実施

【再発防止対策の更なる改善（背後要因の排除）のポイント】

- 設備特有要件を満足するために発注者、受注者が遵守すべき事項が適切に実施されるように調達の**各プロセスにおいて必要な対応をルール化**するとともに、これを効果的に運用できるように、**発注者、受注者の現場力向上を含む協業体制**が必要



【調達の各プロセスで必要な対応を確実にかつ効果的に行うための取組】

- 新規受注者とともに、遵守事項を確実に実施していくため、以下の点について各プロセスで適切に進められていることを管理
 - 2件の不適合管理の是正処置の対策により、**必要な対応のルール化**を実施済み
 - 協力会社との各層における対話、点検管理に係る現場経験者によるコーチング、現場確認・立会等の促し等の新規受注者による確実な点検管理に必要な取組を今後強化し、**現場力の更なる向上**を図る
 - 廃止措置の進展によって今後増えると予想される廃止措置段階の点検業務の**受注先変更を確実に**進めるため、実施事項をリスト化し管理

現場力向上に向けた取り組み

廃止措置への移行を踏まえた現場力向上 (C/Tブローの不適合を踏まえて、強化 2019.10)

- ① 保全要員が目指すべき技術力、② 保全業務での心構え、③ 現場確認・立会等の促し (三現主義)、
- ④ 協力会社との対話活動、⑤ 管理職の心得、⑥ 電気事業者へのベンチマーク推進、
- ⑦ 現場経験者によるコーチング・トラブルカレンダー、⑧ 課間の連携強化



活動を定期的にレビュー

機構・メーカーが協業し三現主義を実践 (現場力向上③)

2020年度上期 (2020.4)

部門内へアンケートを実施したところ、「良くできた」や「ほぼ計画どおり」との意見が大半であった。取り組みを始めたところであり、継続的に取り組んでいく

2020年度下期 (2020.11)

部門内へアンケートを実施したところ、上期と同様であった。活動を定着させるには中長期的な活動が必要であり、継続的に取り組んでいく



廃止措置段階における点検作業の調達管理の改善 (5/5)

		2019										2020												
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1次ナトリウム 純化系 ブロアA (CTB)	点検	◆4.24負荷試験																						
	設備不具合の顕在化	▶ 潜在		◆7.16より運転																				
	不適合の除去	▶		◆7.17ブロワトリップ																				
	是正処置	原因調査・現地作業										ブロワ工場修理										◆設備の復旧		
	水平展開	計画書承認◆					◆報告書承認																	
1次系 オイル リフト ポンプ (OLP)	点検	◆4.25(A-B)、26(A-A)電動機単体試験		◆7.4(A-A、A-B)負荷試験																				
	設備不具合の顕在化	▶		◆7.16よりA号機、B号機の1回/月の交互運転										▶ 潜在										◆7.22ポニーモータ停止
	不適合の除去											原因調査・部品手配										◆設備の復旧		
	是正処置											計画書承認◆										◆報告書承認		
	水平展開											▶												
現場力 向上	改善計画承認	◆																						
	定期レビュー											◆										◆		
調達管理のあるべき姿の検討												▶												

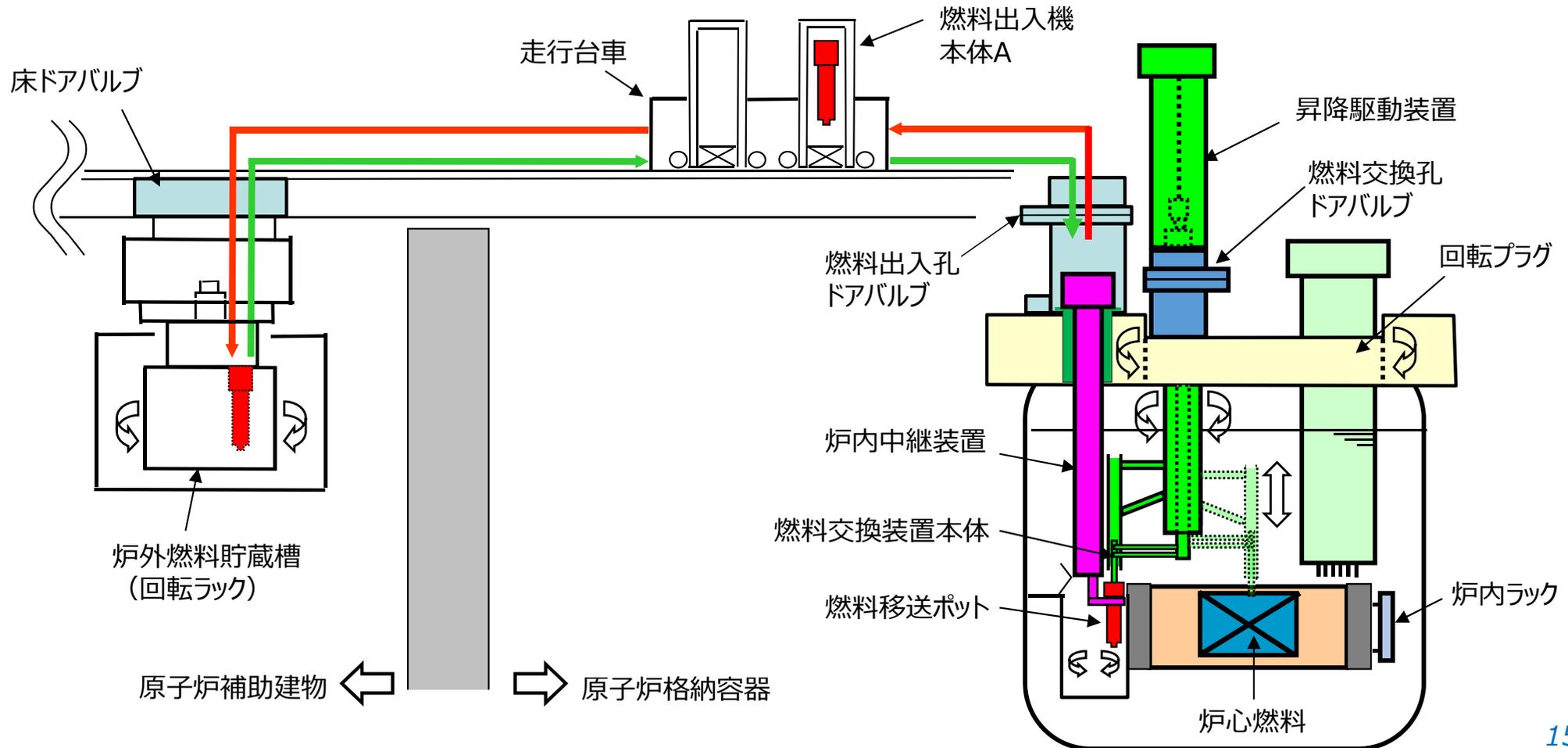
- ◆今年度より原子力規制検査が開始され、検査官の気付きによる改善はもちろんのこと、事業者自らの気付きが契機となり、改善活動を積極的かつ適切に運用することにより、現場力向上のきっかけとなる事象が出てきている
- ◆現場力向上に向けた取組みの一つとして、品質保証上の立合い以外でも現場確認を実施。その際、補機冷却水系ポンプ分解点検時の浸透探傷試験において、浸透液ふき取り後、速やかに現像処理していなかった事象を確認
ただちに、浸透探傷試験を実施した協力会社に再試験を指示、CAPで所内注意喚起し、小さな事を見逃さないこと・速やかな対応を行うことの重要性を改めて共有
- ◆大規模損壊時の対応に係る現場ウォークダウンを行った検査官から、手動操作を行う際の防火ダンパへのアクセス性（高所まで梯子が使えるか）と訓練の実効性、定期的な点検について問題意識の有無を問われた
 - 改善を要する点を確認したことから、以下の取組みを実施
 - ・ 高所に設置された防火ダンパへのアクセス性改善（取扱いが容易な専用梯子等の機材を各操作場所近傍に設置、操作対象の防火ダンパの弁番号が容易にわかるように表示）
 - ・ 訓練の内容見直し・実施（操作対象の防火ダンパや方法を確認する訓練⇒防火ダンパの実動作を伴う実践的な訓練⇒抽出した課題は継続的に改善を図っていく）
 - ・ 防火ダンパの点検の考え方の明確化（非常時の措置に用いる機器として、重要性を改めて認識し保安規定上の「定期的な点検」に該当する点検を定義・計画⇒水平展開を図っていく）

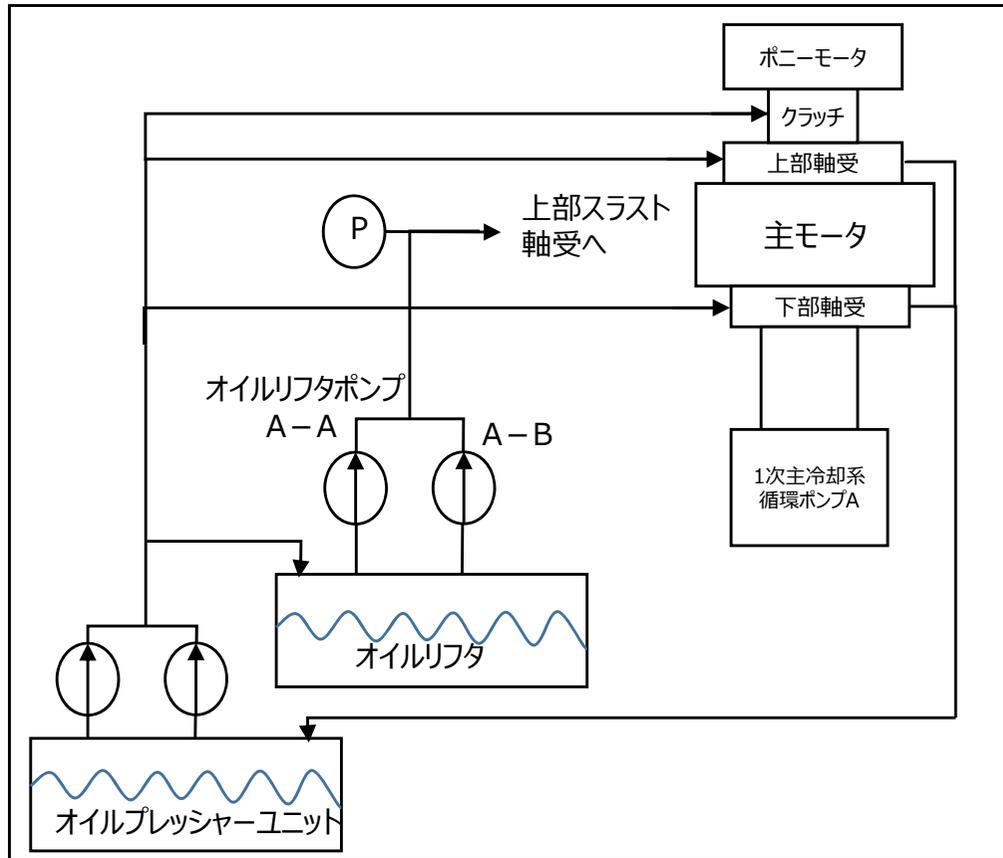
以下、参考

【訓練概要】

- 中性子しゃへい体を用いて一連の燃料体の取出しの自動化運転を実施
(炉心から中性子しゃへい体を取り出し、炉外燃料貯蔵槽に貯蔵
併せて、炉外燃料貯蔵槽にある中性子しゃへい体を炉心に装荷)
- トラブル対応訓練として「新燃料挿入異常」事象の対応訓練を実施

— 炉心から炉外燃料貯蔵槽回転ラックへの取扱い
— 炉外燃料貯蔵槽回転ラックから炉心への取扱い





1次主循環ポンプAモータ上部軸受部内スラスト軸受への供給系統概要

○事象の概要

- ◆ 2020年7月21日、1次主冷却系循環ポンプAをポニーモータAで運転していたところ、23：50に潤滑油系オイルリフト用ストレナ出口圧力がゼロを指示していることを確認した。このため、7月22日1：18に同ポニーモータAを停止し、1次主冷却系潤滑油系オイルリフトポンプA-A※（以下「オイルリフトポンプA-A」）を停止した。
※1次主冷却系潤滑油系オイルリフトポンプとは、1次主循環ポンプのポニーモータによる運転時に主モータ上部軸受部内スラスト軸受に潤滑油膜を形成させるため、高圧油を供給する油ポンプ。

- ◆ その際、オイルリフトポンプA-A本体に電動機からの駆動力を伝達するカップリング部より異音を確認した。このため、オイルリフトポンプA-Aのカップリング部の開放点検を実施したところ、カップリング部のスプロケット(歯車)及びチェーンが損傷していることを確認した。

○発生原因 (推定)

- ◆ 直近2020年7月の電動機点検において、カップリングの既設品再組み込みを行った際にスプロケット (歯車) とチェーンの元位置合わせを実施しなかった。このため、フレッチング摩耗が発生し、スプロケット及びチェーンが損傷した。

○復旧等の状況

- ◆ オイルリフトポンプA-Aの同型機 5 基を確認した結果、A-Bはスプロケットの摩耗とチェーンの変形を確認。他の 4 基は健全であった。
- ◆ オイルリフトポンプA-A及びA-B電動機の健全性確認のため、単体試運転を行ったところ、反負荷側 (ポンプが接続されていない方) 軸受部より異音を確認。
- ◆ 分解点検を実施したところ、A-B電動機ベアリングの内面に微かな摩耗を確認。A-A電動機ベアリングは異常なし。
- ◆ オイルリフトポンプA-A、A-B電動機ベアリングの交換を実施し試運転の結果、異音は発生せず安定して運転できていることを確認。
- ◆ 11月20日にオイルリフトポンプA-A及びA-Bのカップリング交換をもって保修完了。

○要因分析、是正処置対策および実施状況

発生要因	対策	実施状況
<ul style="list-style-type: none"> ●発注仕様書に <ul style="list-style-type: none"> ・カップリング組立時の注意点や確認事項 ・カップリング等の機械部品組立を行うための力量要件等を記載していなかった。 ●カップリング等の機械部品の交換や再利用に関し、基準や注意点について点検要領書に記載していなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆以下について、該当するQMS文書を改正しルールとして定める。 <ul style="list-style-type: none"> ・機械部品の分解点検後の再組立を実施する際は機械品の受注者が再組立を実施する。 ・電動機側受注者が単独で作業を実施する場合、機械品の組立に関する知識や技能を有する作業員を配置する。 ・カップリング等の機械部品の交換や再利用について、その確認事項を明確にするか、部品を新品に交換する。 ・カップリング等の機械部品の分解・再組立について、手順、ホールドポイントを点検要領に明確にし、記録(写真)を残す。 ◆当該機器の発注仕様書、点検要領書に基準や注意点を記載する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・QMS文書「<u>もんじゅ調達管理要領</u>」、「<u>施工管理運用要領</u>」の<u>改正を行い</u>、関係者への周知・<u>教育を実施した</u>。 ・当該機器の<u>発注仕様書案</u>、<u>点検要領書案</u>に<u>基準や注意点を記載済</u>。

○カップリング不具合の水平展開(中間報告)

以下の通り水平展開を実施（水平展開フローは次ページ参照）

◆Phase- I : 水平展開対象の抽出

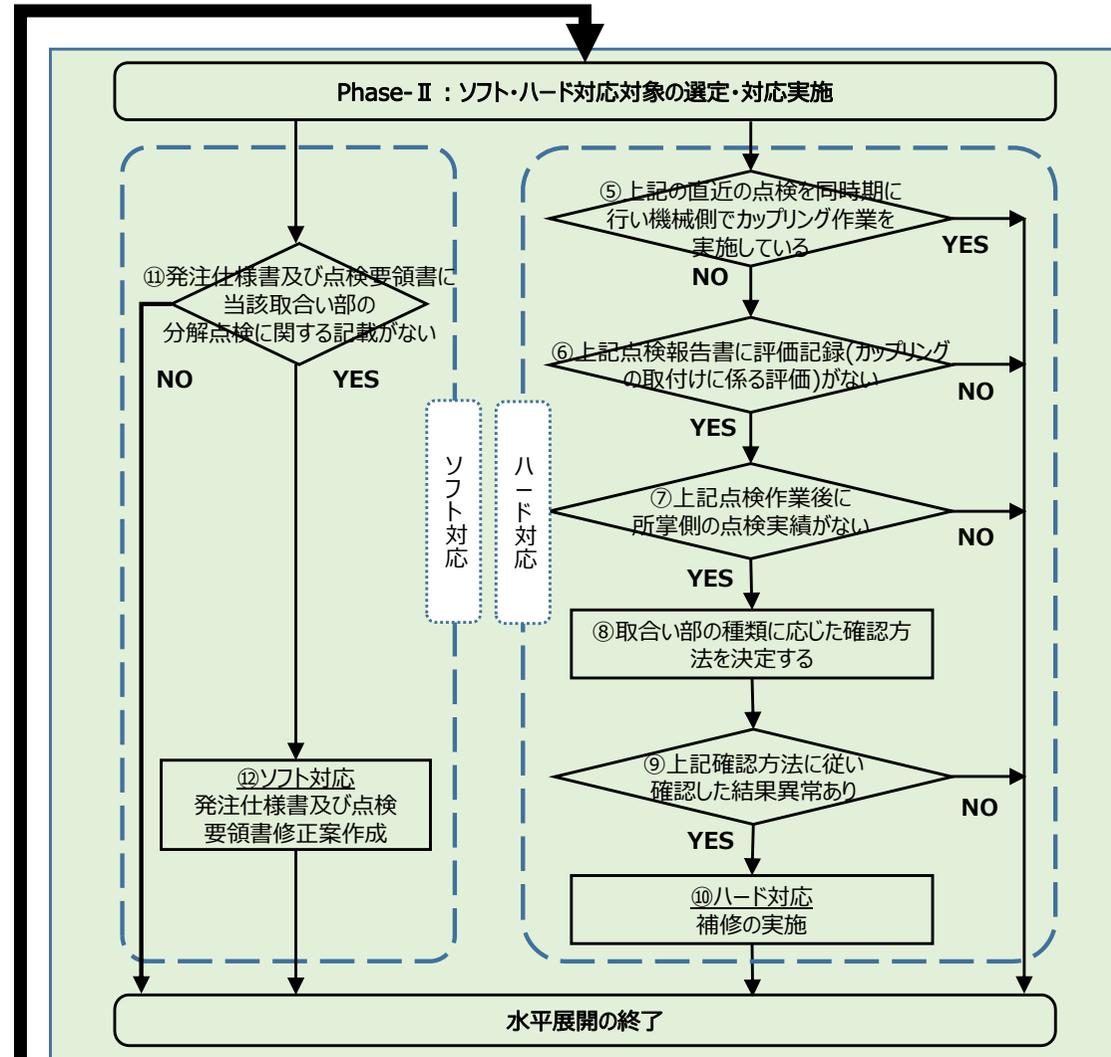
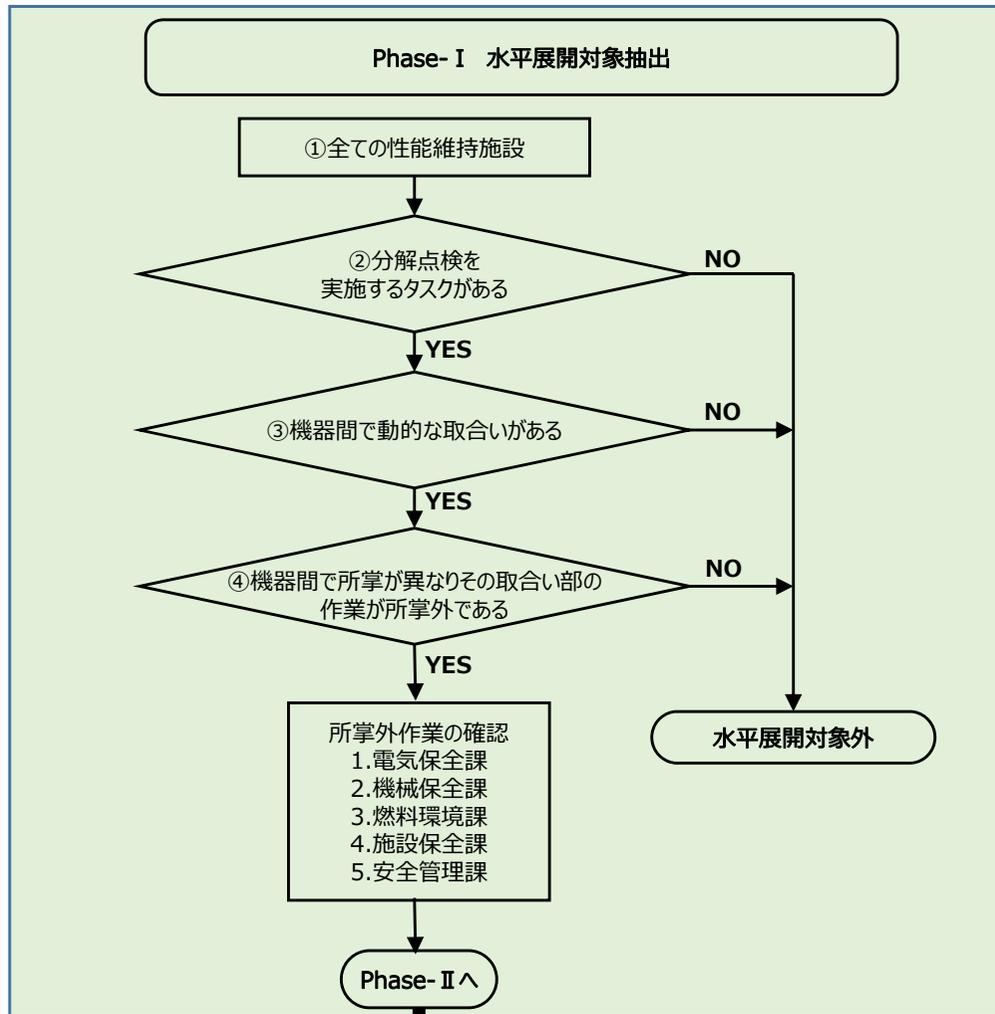
全ての性能維持施設を対象に、分解点検にて機器間の動的な取合いがあり、その作業の所掌が異なる所掌外の作業の機器を抽出。【抽出済み】

◆Phase- II : ソフト、ハード対応対象の選定と対応実施（Phase- I で抽出した機器について以下の対応を実施）

（ハード対応）点検時期が異なり、評価記録がない機器のうち本来の所掌側の点検が行われていないものは、健全性確認を行い、異常のあった機器については、要因分析を実施した上で補修する。【全て健全性を確認済み】

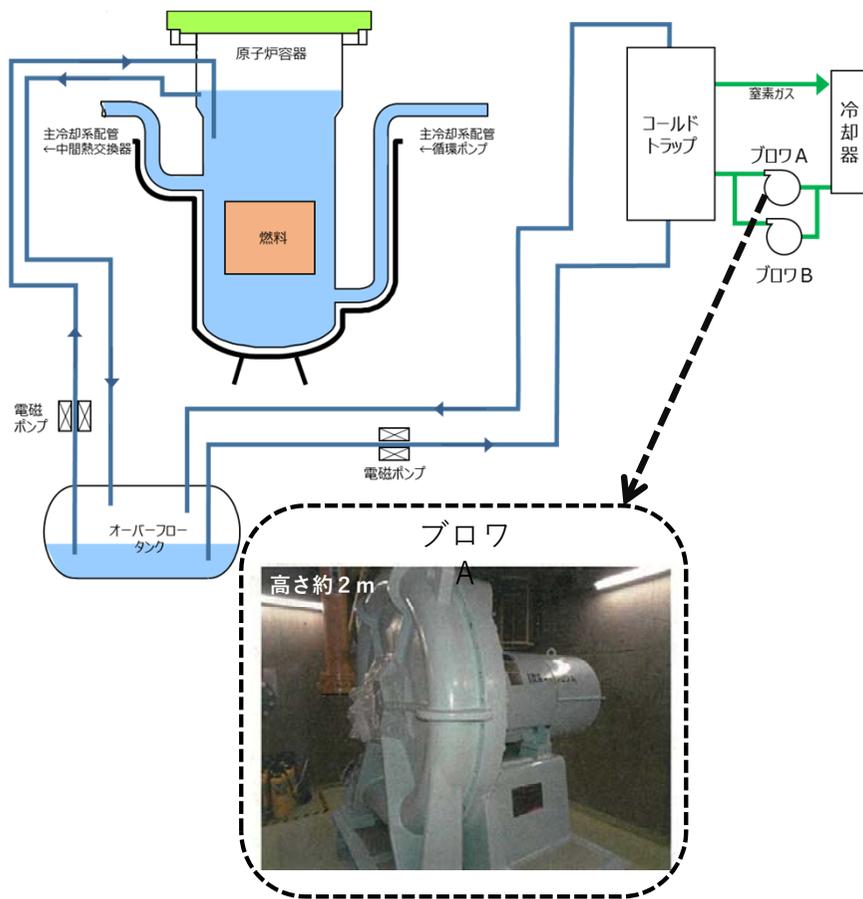
（ソフト対応）発注仕様書及び点検要領書に当該取合い部の分解点検に関する記載がないか。記載がない場合は、再発の可能性があると考え、記載を修正する。【修正案の作成完了】

【水平展開フロー】



➤ 事象発生状況

- 1次ナトリウム純化運転を開始するために循環ブロワA号機を起動したところ、(2019年)7月17日、警報とともに停止したため、B号機を起動しナトリウム純化運転を継続(現在も継続運転中)



➤ 点検結果

- 分解した結果、軸(シャフト)の変形、ランナ(フィン)、軸受等の損傷を確認
- 併せて、電動機の軸受が逆に取り付けられていることを確認(当該軸受は片側のスラスト力を受けるアンギユラ軸受であり、表裏がある)

➤ 推定原因

- 軸受を逆方向に取り付けた状態で運転したため、軸受が損傷、軸(シャフト)が偏心し、ランナ等が接触し、停止に至ったものと推測

➤ 事業者自主検査、施設定期検査の扱い

- 設計上、ブロワ1台で機能要求を満たすことから、ブロワB号機運転により事業者自主検査を8月23日に、施設定期検査を9月2日に実施
- A号機については、事業者自主検査の対象から除外

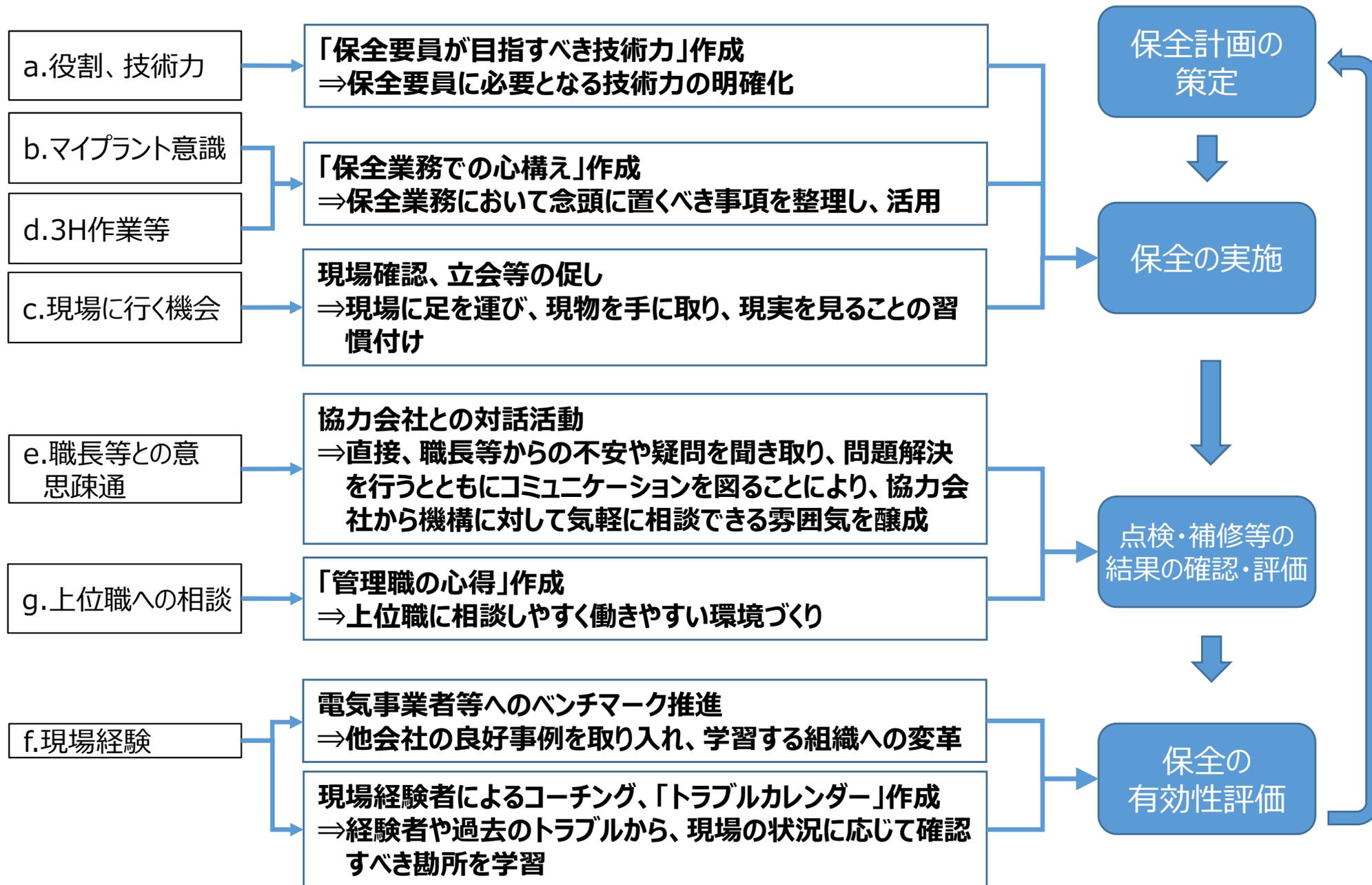
1次ナトリウム純化系コールドトラップ循環ブロワとは

- 1次系のナトリウムをコールドトラップで冷却することで、ナトリウム中の不純物の溶解度の温度低下を利用して不純物を除去するもの
- 循環ブロワはコールドトラップに冷却用の窒素ガスを送風する設備

(1)循環ブロワが故障に至った要因から、背後要因を考察

事象	要因	背後要因
電動機のベアリングを逆向きに取り付け	担当者は特殊なベアリングであることを認識せず	<ul style="list-style-type: none"> a. 保全要員の目指すべき役割、技術力に対する認識が低い b. もんじゅでの勤務が短い保全要員が多く、マイプラント意識の浸透が不十分
	ホールドポイント(立会項目)となっていなかったため、ベアリングの取付け確認せず	<ul style="list-style-type: none"> c. 現場に確認に行く機会が減少 d. 3H作業等の、トラブルが起こりやすい状況を認識した対応が不十分
通常とは異なる電動機駆動音の上昇が異常の兆候として報告されず	判断基準内、かつ、違和感程度であったため、異常の兆候であると勇断できず	<ul style="list-style-type: none"> c. 現場に確認に行く機会が減少 e. 現場を熟知している協力会社の作業グループの職長等との意思疎通が不十分 (気になる程度の機器情報が担当者に伝わりにくい) f. 保全経験の少ない保全要員が多い →現場に行っても、定められた確認項目以外の確認ポイントが理解が不十分 →異常の兆候の判断に不安感
	駆動音の上昇に気づいた際に上位職と相談せず	<ul style="list-style-type: none"> g. 職場に繁忙感があり、現場で気づき事項や疑問点が発生しても、上位職への相談を切り出しにくい雰囲気

(2)抽出した背後要因に基づき、現場力の更なる改善のため、以下の対策に取り組む



新規受注者とともに遵守事項を確実に実施するための取組

発注計画	発注	作業前準備		点検、再組立	試運転・検査
・点検実績、保全計画、設備特有要件等を踏まえ、発注先変更の可否判断、遵守事項を抽出	・遵守事項の発注仕様への反映 ・新規受注者が遵守事項を満足できることを確認	・受注者点検要領書に遵守事項が反映されていることを確認 (設計建設メーカーによる検討支援も踏まえ)	受注側実施体制 (設計建設メーカーの支援含む)の確認	・現場管理を通じた実施状況確認、必要な指示 ・立会、書類確認	・試運転、検査を通じた設備の状況、設備異常の前兆の感知・必要な対応実施

必要な対応のルール化

調達管理に係る不適合に対するQMSによる是正処置

CTB対策：C/Tブローアの不適合の是正処置の対策
OLP対策：オイルリフトポンプの不適合の是正処置の対策

【OLP対策】
駆動部再組立に関して発注仕様書に記載すべき事項のルール化

【CTB対策】
新規受注者の点検要領書のレビュー時に確認すべき事項のルール化

【OLP対策】
駆動部再組立に関して点検要領書に記載すべき事項のルール化

【CTB対策】
新規受注者による分解後の再組立に対する立会、記録確認のルール化

【CTB対策】
電動機試運転時の留意事項のルール化と教育

現場力向上

組織的改善の取組

現場力向上（部門全体の取組として実施） ① 保全要員が目指すべき技術力、② 保全業務での心構え、③ 現場確認・立会等の促し（三現主義）、④ 協力会社との対話活動、⑤ 管理職の心得、⑥ 電気事業者へのベンチマーク推進、⑦ 現場経験者によるコーチング・トラブルカレンダー、⑧ 課間の連携強化

職場風土改革、業務スキル向上 コミュニケーション、あいさつ、QMS再構築、人材育成・研修等

新規受注者との協業

新規受注者との協業管理

次回点検において実施する受注先変更計画、その際の実施事項をリスト化し、実施事項が満足されるように事前準備段階から点検作業実施まで組織的に管理