

「もんじゅ」の燃料体取出し作業の進捗状況について

2020年9月8日

日本原子力研究開発機構 (JAEA)

「もんじゅ」廃止措置の現状認識と今後

- 燃料体取出し作業は順調に進捗
- 性能維持施設の維持、管理等に、改善の余地
- 新しい目をもって敦賀廃止措置実証本部並びに「もんじゅ」サイトの指導、監督、改善に取り組む

1. 燃料体取出し作業の進捗状況

- ◆2月5日に開始し、6月1日に174体の処理を完了した。
- ◆2020年の燃料体の処理の振り返りを実施し、それを含めて廃止措置開始からを総括した。

2. 定期設備点検／定期事業者検査の実施状況

- ◆6月2日に原子炉補機冷却系等の準備作業を開始し、B系について、6月29日に停止して点検を開始し、8月1日に復旧した。
A系について、8月21日に点検を開始した。
- ◆来年1月からの燃料体の取出しに向け、順調に進捗している。
- ◆4月1日からの新検査制度の施行に伴い、独立した検査組織を設け、定期事業者検査を7月14日に開始し、来年5月29日に終了する予定である。
- ◆保守管理改善への取組
7月21日のオイルリフトポンプの損傷に鑑み、保守管理（調達管理）の改善に取り組んでいる。

3. 第2段階以降の廃止措置計画の検討状況

- ◆第2段階以降に向け、ナトリウム機器解体等に係る課題を重点的に検討している。

1. 燃料体取出し作業の進捗状況

(1) 燃料体の処理の実績 (1/3)

- ◆2月5日に燃料体の処理作業を開始し、計画していた130体の処理を4月15日に完了した。
- ◆4月16日に中間点検を開始し、計画していた燃料出入機本体 A ドアバルブシール漏れ対応、及び、燃取系計算機等の点検を5月14日に完了した。
- ◆5月11日、所長は、ホールドポイントにおいて、以下を確認の上、今回の燃料体の処理作業における体数を44体追加して174体とし、燃料体の処理作業を開始（再開）することが可能と判断した。
 - ①130体までの処理作業中に発生した警報・不具合等の対処を適切に行い、131体目以降の作業に影響を及ぼさないこと
 - ⇒発生した警報・不具合事象は、全て想定していた事象であり、対処を適切に実施し、復旧した。
 - また、131体目以降においても、想定する警報・不具合事象が作業に影響を及ぼさないことを評価、確認した。
 - ②130体目までの燃料処理作業実績を(外挿)評価し、131体目以降の作業の実施が可能であること
 - ⇒燃料出入機本体A及び本体Bのグリッパトルク値実績等から131 体目以降の作業実施が可能と評価、確認した。
 - ③131体目以降の処理作業の体制（実施責任者、操作チーム及び設備チーム）が整備されていること
 - ⇒131体目以降の処理体制及びメーカーの技術支援体制が整備されていることを確認した。
 - ④131体目以降の作業マネジメント（燃料出入機本体 A グリッパ洗浄、本体 A ドリップパン交換及び本体 B ドリップパン水抜き等の工程等）が成立していること
 - ⇒131体目以降、本体 A グリッパ洗浄とドリップパン交換を行わず、本体 B ドリップパンの水抜きを2 回行う場合、燃料体の処理に追加される時間が2 時間程度であり、仮に、本体 A グリッパ洗浄と本体 A ドリップパン交換を1回実施したとしても工程の内数であることから、作業マネジメントが成立していることを確認した。

1. 燃料体取出し作業の進捗状況

(1) 燃料体の処理の実績 (2/3)

◆5月11日の所長の判断を受け、5月12日、機構として、燃料体取出し作業全体の体数について以下の考え方に基づいて見直すことを決定した。

①日程等の観点

174体を処理することについては、5月11日に所長が承認したこと、燃料取扱設備の健全性については影響がないことがすでに確認されていること、工程上残り44体を実施するうえで、十分余裕があることから問題ない。

②目的の観点

i) 多くの燃料体の処理を行うことにより、今後の燃料体取出し作業の全体工程に、さらに十分な期間を確保できる。

ii) 28体の模擬燃料体を炉外燃料貯蔵槽に追加装荷することにより、次回の燃料体の取出しを146体に、次々回（最終回）の燃料体の取出しを部分装荷の124体に限定することができ、部分装荷へのプログラム変更を次々回の燃料体の取出し着手前に行うことができることから、より十分に作業の安全性を確保できる。

iii) 現在炉外燃料貯蔵槽に保管している全ての燃料体を処理することにより、次回の燃料体の取出し作業開始までの間、ナトリウムを保有する炉外燃料貯蔵槽に燃料体が存在するリスクを皆無にできる。

また、次回以降の燃料体の取出し作業及び燃料体の処理作業の体数については、上記② ii) 及び iii) と同様の理由から、次回の燃料体の取出し作業及び燃料体の処理作業を、それぞれ130体及び140体からともに「146体」に、次々回（最終回）を、それぞれ140体及び174体からともに「124体」に変更する。

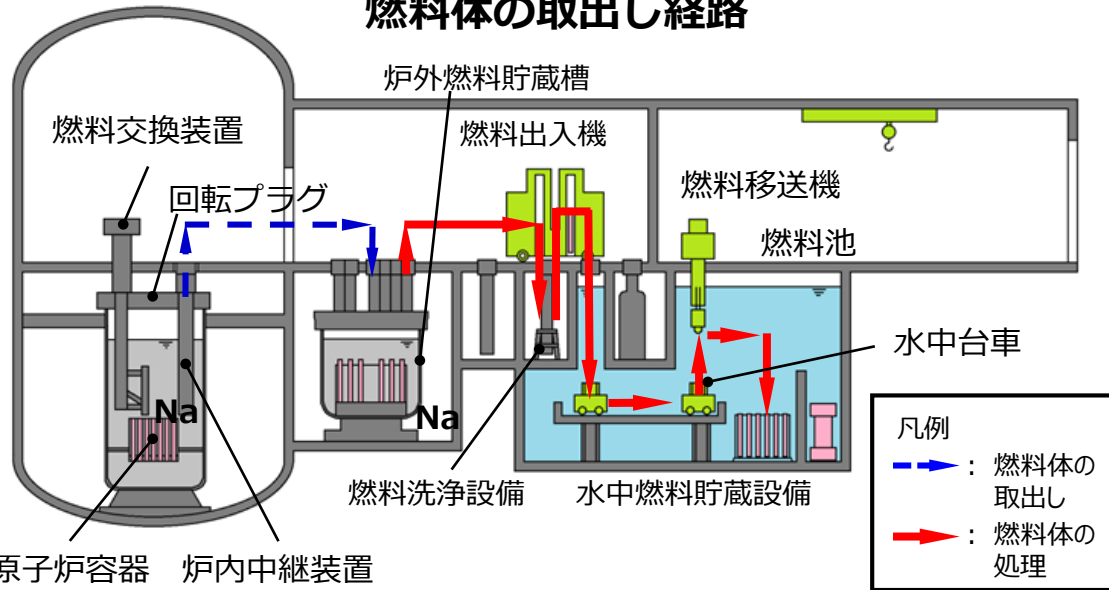
◆5月15日に中間点検後の燃料体の処理を開始し、6月1日、174体の処理を完了した。

◆6月9日、原子力規制委員会に対し、工程変更（体数の変更）に係る廃止措置計画変更届を提出した。

1. 燃料体取出し作業の進捗状況

(1) 燃料体の処理の実績 (3/3)

燃料体の取出し経路



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	2018年度の燃料体の処理終了時点	2019年度の燃料体の取出し終了時点	2020年の燃料体の処理終了時点
原子炉容器	370	370	270	270
炉外燃料貯蔵槽	160	74	174	0
燃料池	0	86	86	260

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工程(2020年6月9日変更届)

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 2019.11 30体→174体 (済)	2020.6 現時点	2021.3 140体→146体	2021.9 2022.6 174体→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)		2021.1 130体→146体	2022.4 174体→124体
定期設備点検					模擬燃料体装荷無し

1. 燃料体取出し作業の進捗状況

(2) 2020年の燃料体の処理の振り返り

2020年2月に開始した燃料体の処理においては、ナトリウム付着等による計画外の作業中断を発生させず、6月末までに130体としていた計画を上回り、6月1日に174体の処理を完了した。

◆設備関連

➤ 2018年度の燃料体の処理において発生した

- ①燃料出入機本体Aグリッパの爪開閉トルク上昇（参考1-1から1-2）
- ②燃料出入機本体Bグリッパの爪開閉トルク上昇（参考1-3から1-5）
- ③燃料出入機本体Aドアバルブのナトリウム付着によるシール漏れ（参考1-6から1-7）
- ④燃料取扱設備制御システムの最適化が十分でないことに起因する不具合（参考1-10）

等への対策を行った結果、2019年度の燃料体の処理においては、自動化運転除外等が27件と減少した(2.7件/体⇒0.16件/体)。

これらの対策を継続するとともに、その結果を反映して燃料出入機本体Aのグリッパの洗浄間隔やドリップパンの交換間隔を最適化していく。

- 発生した自動化運転除外等については、想定範囲内の事象であり、復旧手順書に従って復旧し、工程を変更するに至らなかった（参考1-8から1-11）。
- 次回作業時も、トルク値、機器動作時間等を監視して機器・設備状態を把握して作業を行う。

◆操作状況

- 操作チームの練度向上により、1体あたりの操作時間が減少した（不具合などが発生しなかった場合の平均操作時間：7時間43分⇒6時間48分）。
- 操作チームの各班に経験者を2名以上配置し、円滑なコミュニケーションを構築した。
- 100体の燃料体取出し、260体の燃料体の処理作業の経験・実績を積んだ操作員15名を操作責任者に任命した。
- 操作チームとプラント運転直との迅速な連携・調整に係る運用面における課題を確認した。

◆その他

- 想定外の事象が発生しなかったことから、燃料取扱設備の初期不具合がほぼ収束との感触を得た。

1. 燃料体取出し作業の進捗状況

(3) 廃止措置開始からの総括 (1/2)

○経緯

- ◆2016年12月に「廃止措置に移行」となり、2017年12月に地元自治体と廃止措置協定を締結して認可申請した廃止措置計画において、ナトリウム中に燃料体が存在する残留リスクの早期低減の観点から2022年度に燃料体取出し完了とした。
- ◆それまで、燃料体の取出しに関しては燃料初装荷等において317体の実績があったものの、燃料体の処理に関しては試験的に行った2体の実績のみで大量に連続処理した経験がなかった。
- ◆経験が少ない状況で開始した2018年度の燃料体の処理は、エラストマシールの交換を含む大規模な燃料取扱設備の分解点検、模擬訓練等の準備を行った上で、少数の経験者を中心とした日勤体制により、多くの不具合（のべ232件：2.7件/体）へ対応を含めて1体/日程度のペースと慎重に進めたことから、計画の100体の処理に対してが86体の処理に留まった。
なお、2019年の燃料体の取出しについては、計画よりも1か月前倒しで開始・完了した。

○現状

◆設備関連

2018年度の燃料体の処理において発生した不具合への対策を実施した結果、2020年の燃料体の処理においては、ナトリウム付着等による計画外の作業中断を発生させず、計画を上回る処理ができた。

◆体制関連

- 2018年度の燃料体の処理において連続処理の試行を含めて操作員等が経験を積み、2019年の燃料体の取出しからはこれらの経験者を配置した2直体制としたことにより、燃料体の取出しについては想定していた6体/日程度のペースで、燃料体の処理については想定していた2体/日を超えるペースで確実に作業を完了した。
- 発生した警報発報等への対応について、手順書に反映して操作員等で共有した。

○現状 (続き)

◆その他

- 2次系のナトリウムに関し、廃止措置計画に記載したとおり、一時保管用タンクを増設し、2018年12月、全量ドレンして固化し、安定な状態にした。
- もんじゅとしては初めてであった2018年12月～2020年2月の施設定期検査に関し、
 - ①燃料体取出しを合理的に進める検査区分とし、燃料体取出し工程に影響を与えることなく、受検して合格した。
この実績を、今後の定期事業者検査においても反映していく。
 - ②施設定期検査を通じ、検査要領書を整備した。
今回の定期事業者検査においては、この実績を基に、さらに検査項目を整理し、順調に開始した。
- 2020年5月、放射性廃棄物の低減、模擬燃料体取扱いに係るプロセスの簡略化等を図る模擬燃料体の部分装荷に係る廃止措置計画変更認可を受けた。
この認可により、燃料体取出しにおいて必要とする模擬燃料体については、2020年の燃料体の処理において全て炉外燃料貯蔵槽に保管された状況となった。
- 第1段階において発生する廃液蒸発濃縮装置濃縮廃液に関し、発生量が廃止措置計画に記載した推定発生量よりも大幅に少なかったことから、廃液濃縮液タンクの容量を超えることがないとの見通しを得た。
この見通し等を反映したプラスチック固化装置からセメント固化装置への更新に係る検討を行っており、詳細については次回以降に報告する予定である。

**効果を確認した不具合等への対策や体制の整備等を継続し、
残る270体の燃料体取出し作業を安全かつ確実に実施していく。**

○検査項目の進捗状況

- ◆ 法令改正に基づき、機構では品質保証課を独立検査組織として、7月14日より定期事業者検査を開始した（参考2）。
- ◆ 9月6日時点において、定期事業者検査131件のうち12件（9%）を終了した。
 - 検査①：燃料体の取出しに必要な検査⇒49件のうち5件（10%）終了
 - 検査②：燃料体の処理に必要な検査 ⇒17件のうち2件（12%）終了
 - 検査③：その他の性能維持施設の検査⇒65件のうち5件（8%）終了
- ◆ 次回来年1月の次回燃料体の取出し開始に向け、それまでに検査①を完了させる。

○検査項目の整理

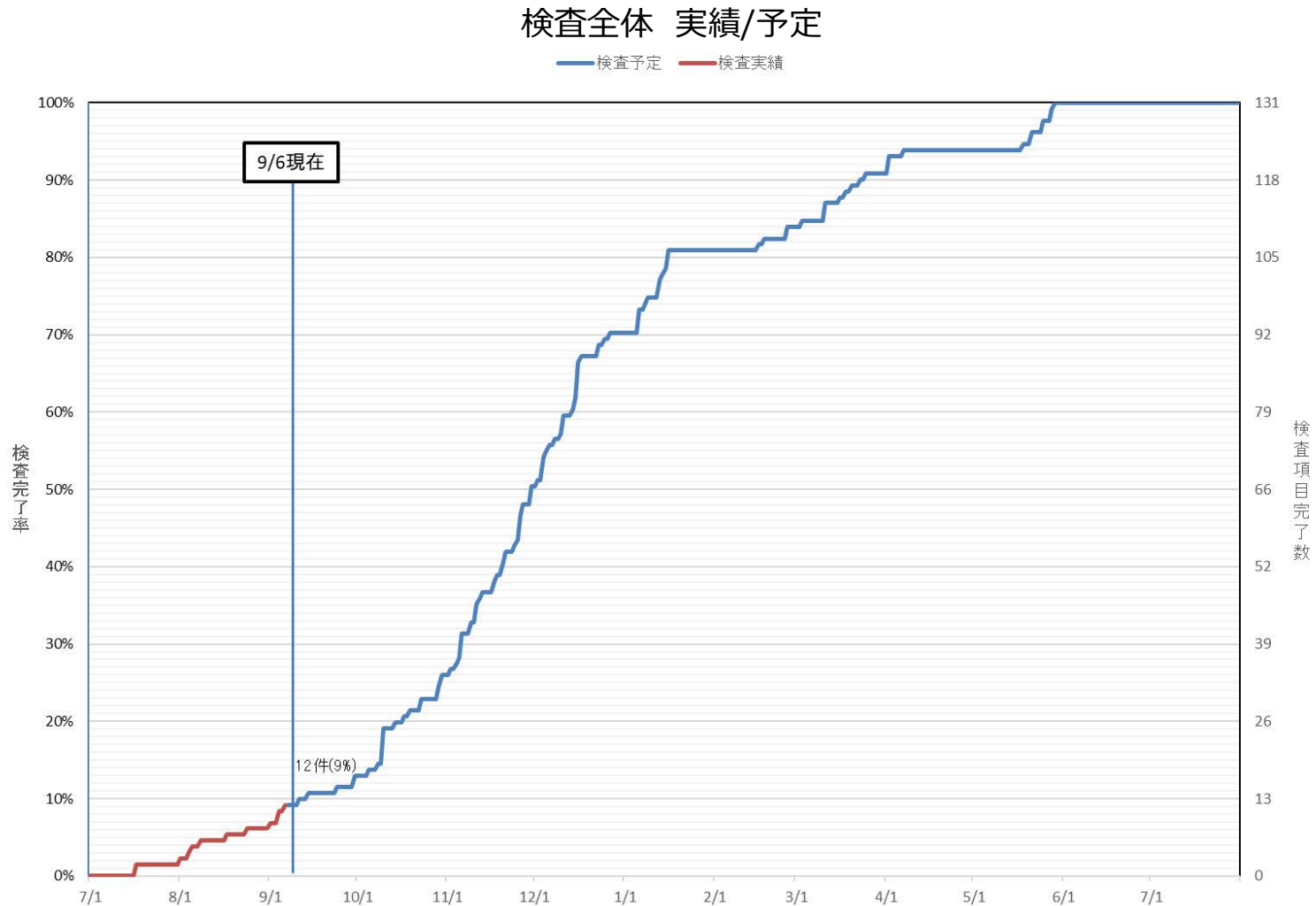
- ◆ 2019年12月～2020年2月の第1回事業者自主検査/施設定期検査において、289項目の維持機能に対して35分類、174項目の検査を設定した。
第1回定期事業者検査においては、これを33分類、131項目の検査に整理した。
これにより検査要領書数の削減の他、検査に向けた準備作業が大幅に軽減された。
整理の例：
 - ① 同一設備の検査項目を統合した。
 - ② 検査対象設備ごとに検査項目を分割していたところを統合した。
 - ③ 要領書の文書体系の見直し（親要領書を廃止して子要領書に統合）を行った。

2. 定期設備点検／定期事業者検査の実施状況 (2/6)

課題	スケジュール	6月	7月	8月	9月
1-(1) 燃料体の取出し作業 1-(2) 定期設備点検 ① 燃交設備 ②プラント設備			RCW・RCWS等設備点検準備他 RCW・RCWS(B)点検	負荷機器復旧 RCW・RCWS(A)点検	
2. 定期事業者検査 検査① (燃料体の取出しに必要な機器の検査) 燃料交換装置、燃料出入機、ナトリウム系等 検査② (燃料体の処理に必要な機器の検査) 燃料出入機、燃料洗浄設備等 検査③ (その他の性能維持施設に係る検査) 水消火設備等			▽7/14 第1回定期事業者検査開始日 検査①		検査②
				検査③	

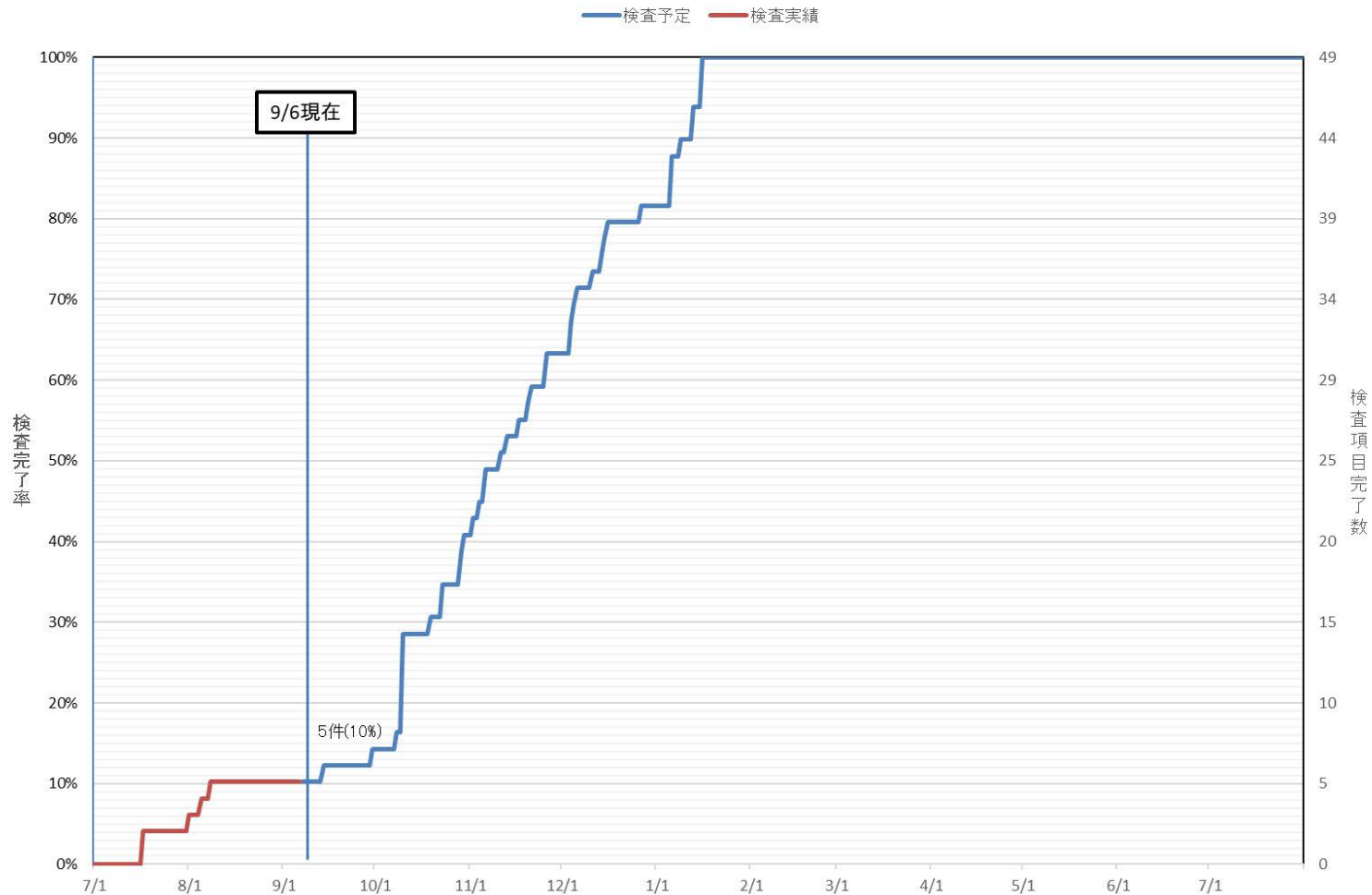
課題	スケジュール	10月	11月	12月	1月
1-(1) 燃料体の取出し作業 1-(2) 定期設備点検 ① 燃交設備 ②プラント設備			負荷機器復旧 RCW・RCWS(C)点検	燃料交換機据付準備作業 燃料交換準備作業 1次系Na純化系充填 1次系(A)(C)充填 1次系主循環ポンプ(A)(C)試運転	燃料体の取出し 定期事業者検査(燃交設備)
2. 定期事業者検査 検査① (燃料体の取出しに必要な機器の検査) 燃料交換装置、燃料出入機、ナトリウム系等 検査② (燃料体の処理に必要な機器の検査) 燃料出入機、燃料洗浄設備等 検査③ (その他の性能維持施設に係る検査) 水消火設備等		検査①	検査②	検査③	

2. 定期設備点検／定期事業者検査の実施状況（3/6）

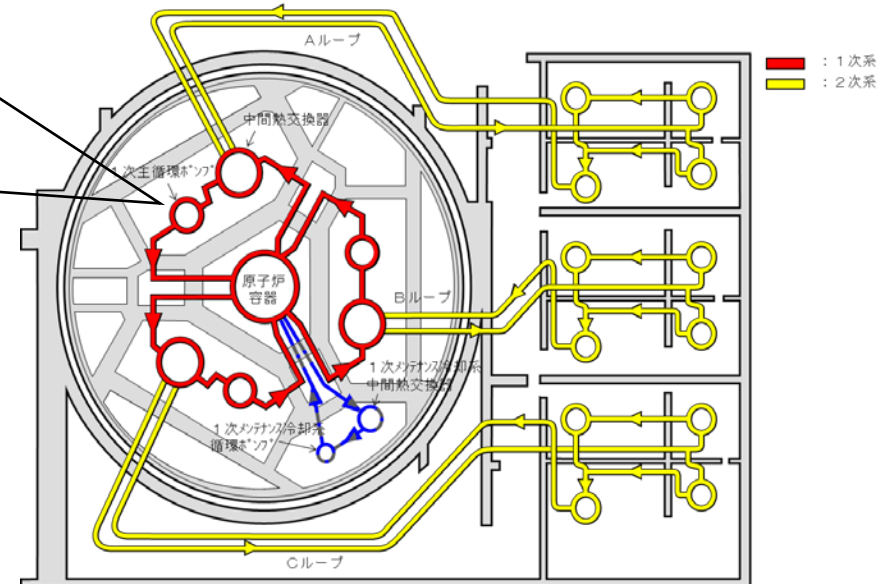
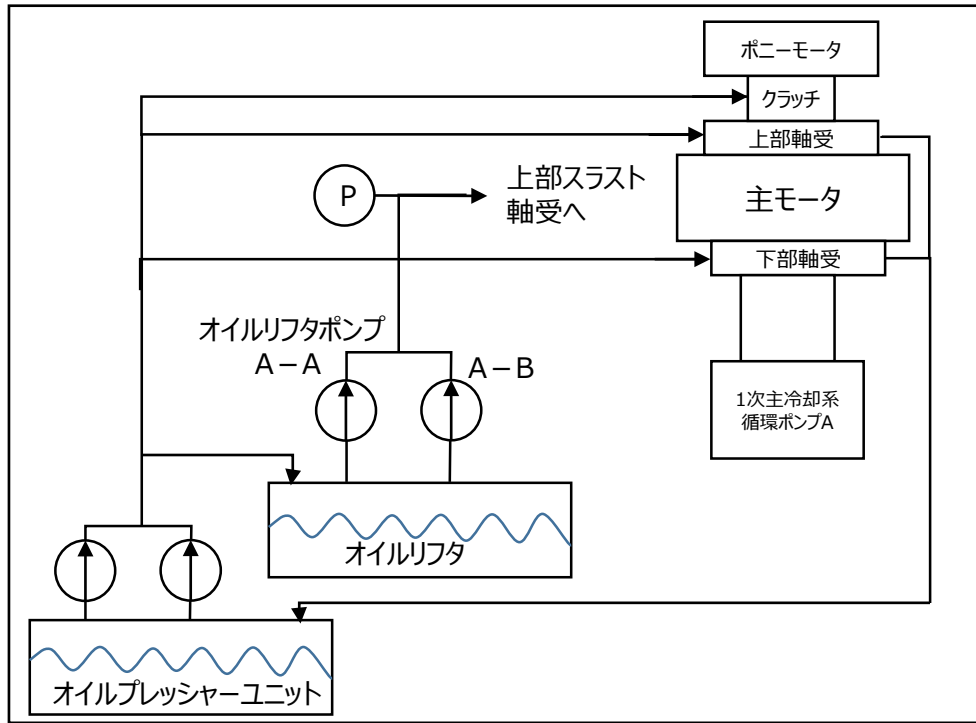


- ◆ 定期事業者検査は、2020年7月14日～2021年5月29日の期間で実施している。
- ◆ 9月6日時点で全131件中12件（9%）を終了、順調に進捗している。

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月までに完了する予定である。
- ◆ 9月6日時点で49件中5件（10%）を終了、順調に進捗している。



「もんじゅ」プラントの概要

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

- ◆ 7月21日23：50、1次主冷却系循環ポンプAをポニーモータAによる運転中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とから、7月22日1：18に1次主冷却系ポニーモータ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、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の高圧油を供給する油ポンプ。
- ◆ その際、オイルリフトポンプ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）

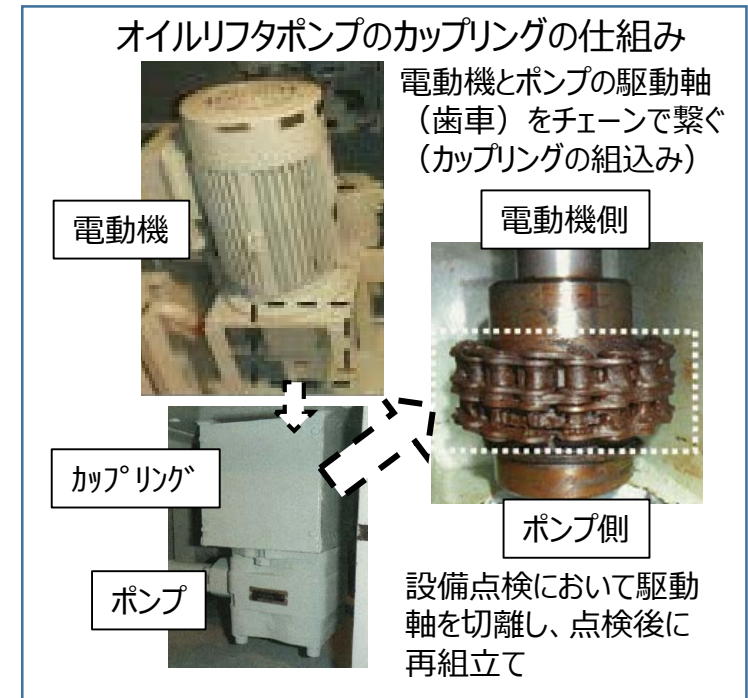
- ◆ 直近2019年7月の電動機点検において、カップリングの既設品再組込みの際に sprocket（歯車）とチェーンの元位置合わせを実施しなかったため、フレッチング摩耗が発生し、sprocket及びチェーンが損傷した。

○背景要因

- ◆ 2009年度の保全計画制定時に点検周期をポンプ52M、電動機76Mとしたことにより、電動機単独で点検することになった。
- ◆ それまではポンプの点検において行っていたカップリングの組込みに関し、電動機の点検においても行うことになったが、発注仕様書に当該組込みを記載しなかったことから、点検要領書にカップリングの取付けに係る記載があるものの、機械作業員の確保や元位置合わせの記録採取を含む具体的な作業手順の記載がなかった。

○改善への取り組み

- ◆ 調達管理における指示事項の不足と捉え、当該点検に関し、今後、発注仕様書及び点検要領書の記載内容を改める。また、それらの歯止めとして調達管理及び点検保守に係るQMS文書に、調達する際には取合いに不明確な点がないか確認するなどのチェックポイントを設けるとともに記録を残す等の見直しを行う。さらに、関係者への周知・教育により、更なる業務水準の向上に取り組む。
- ◆ 水平展開として、同様に分解点検の点検周期が異なる機器について、設備の健全性確認（記録確認を行い、記録のないものについては現場を確認）を行うとともに、不明確な記載を確認した発注仕様書及び点検要領書については修正を行う。
- ◆ 今回の事象については、調達管理上の課題と考えており、継続して調達管理の改善と強化に取り組んでいく。



3. 第2段階以降の廃止措置計画の検討状況 (1)廃止措置の全体工程

- 第2段階以降に向け、ナトリウム機器解体準備及び解体撤去に係る課題を重点的に検討している。

第11-1図 廃止措置の全体工程

区分	第1段階 燃料体取出し期間	第2段階 解体準備期間	第3段階 廃止措置期間 I	第4段階 廃止措置期間 II
年度	2018 ~ 2022	2023	~	2047
主な実施事項	燃料体の取出し			
		ナトリウム機器の解体準備	ナトリウム機器の解体撤去	
	汚染の分布に関する評価			
			水・蒸気系等発電設備の解体撤去	
				建物等解体撤去
				放射性固体廃棄物の処理・処分

検討方針

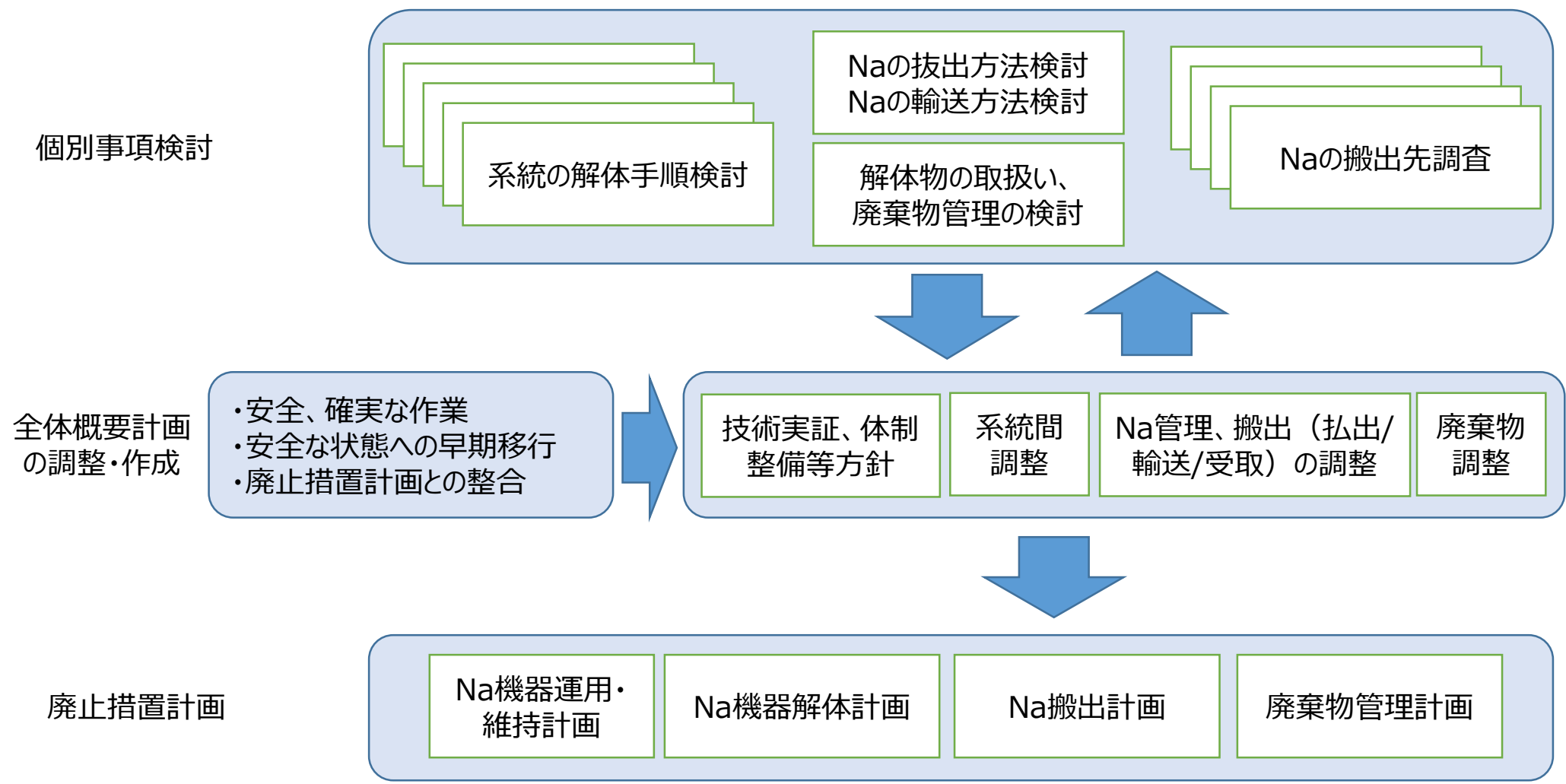
- 安全かつ確実な作業
- より安全な状態への早期移行
- 廃止措置計画全体との整合

検討手順

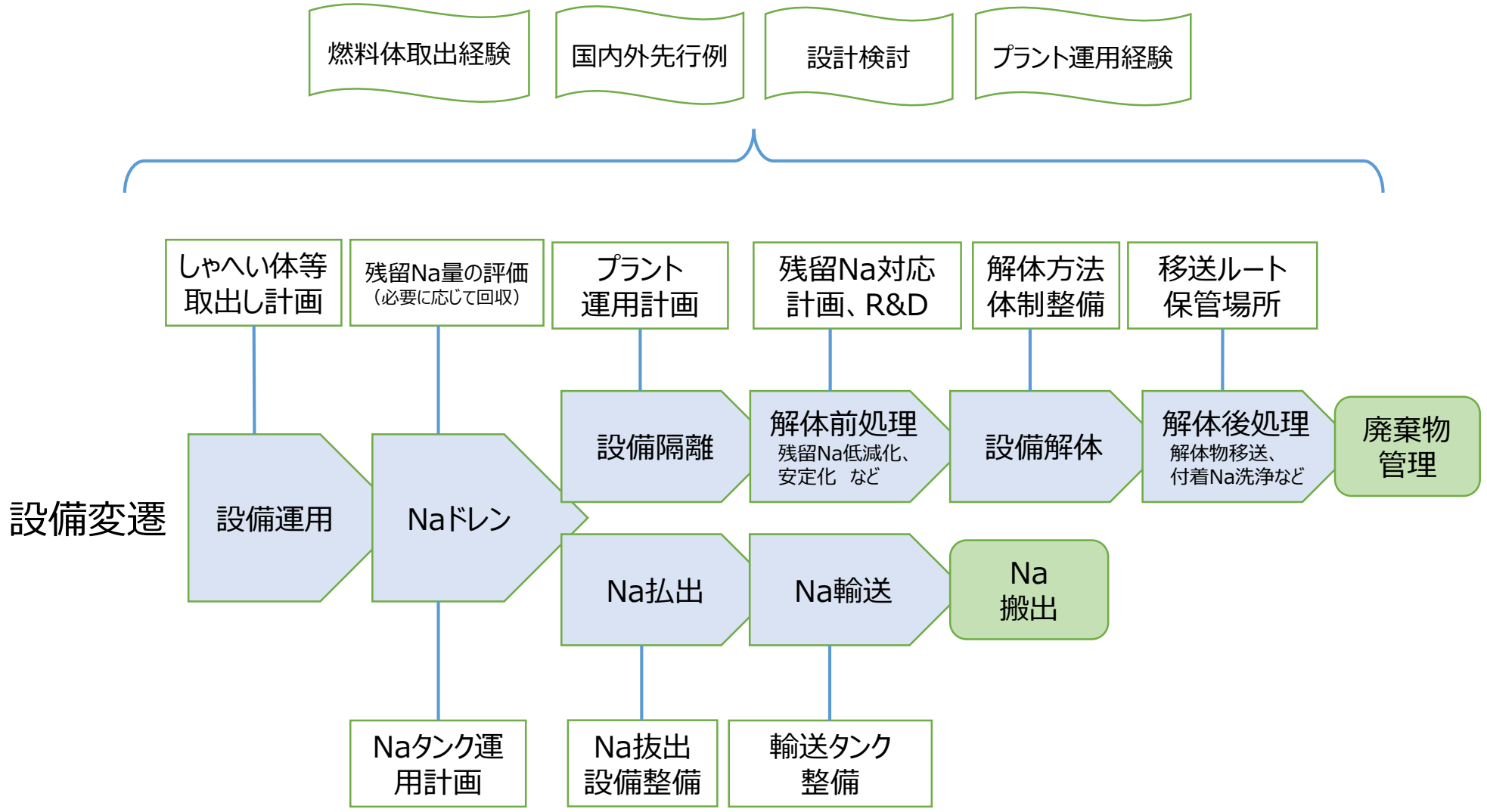
- ナトリウム機器の解体に関する全体概要計画の作成
- 全体概要計画に基づき、次回認可対象範囲の詳細化

3. 第2段階以降の廃止措置計画の検討状況

(3) ナトリウム機器の解体に関わる全体概要計画の検討の流れ



3. 第2段階以降の廃止措置計画の検討状況 (4) ナトリウム機器の解体計画の検討状況（1次系の例）



以下、参考

○事象の概要

◆ 燃料体処理を繰り返す毎に特定のストロークで燃料出入機本体Aグリッパの爪開閉トルクが徐々に上昇した。

○原因の推定と確認

◆ グリッパに付着したナトリウムが湿度の高い燃料洗浄設備において水酸化物に変化し、その後、炉外燃料貯蔵槽に浸漬した際に吸湿した水酸化物表面にナトリウムがさらに付着し、グリッパの爪の狭い隙間に噛み込んだと推定した。

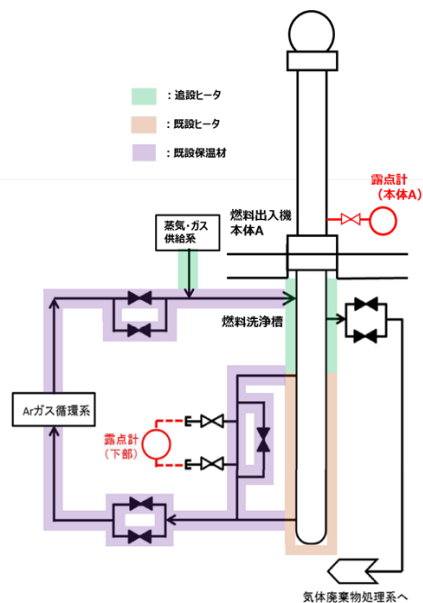
◆ 燃料洗浄設備及び付属する配管の湿度を測定した結果、除湿プロセスにおいて十分に温度が上がっていない (100℃以下) 配管を確認した。

○対策 (燃料洗浄設備の除湿強化) の実施と効果の確認

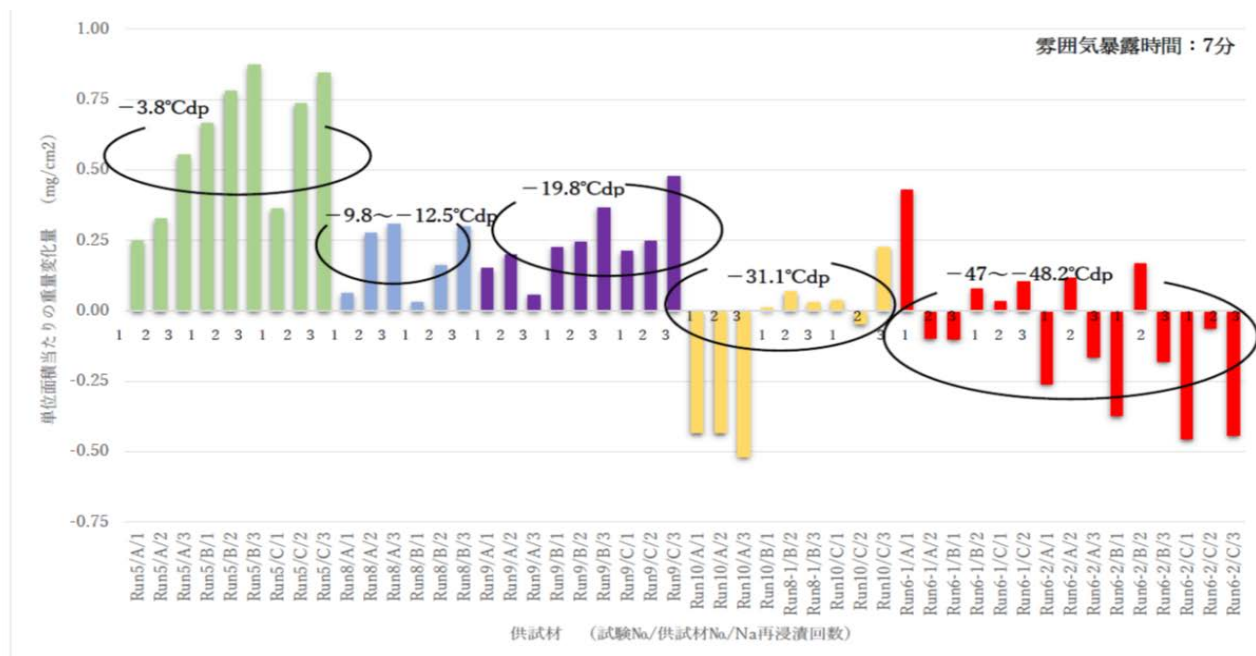
◆ 除湿プロセスにおいて100℃以下であった配管に予熱ヒータ・保温材を追加した。

◆ 対策により、燃料洗浄設備の湿度が低下 (露点0℃→-20℃~-30℃以下) したことを確認した。

また、この対策の有効性に関し、ナトリウム化合物の蓄積について、グリッパと同一材料の試験片をナトリウム浸漬/湿分雰囲気暴露を繰り返す試験を行い、露点-30℃以下では蓄積がなくなり、露点-20℃では露点0℃の半分程度になることを確認した。



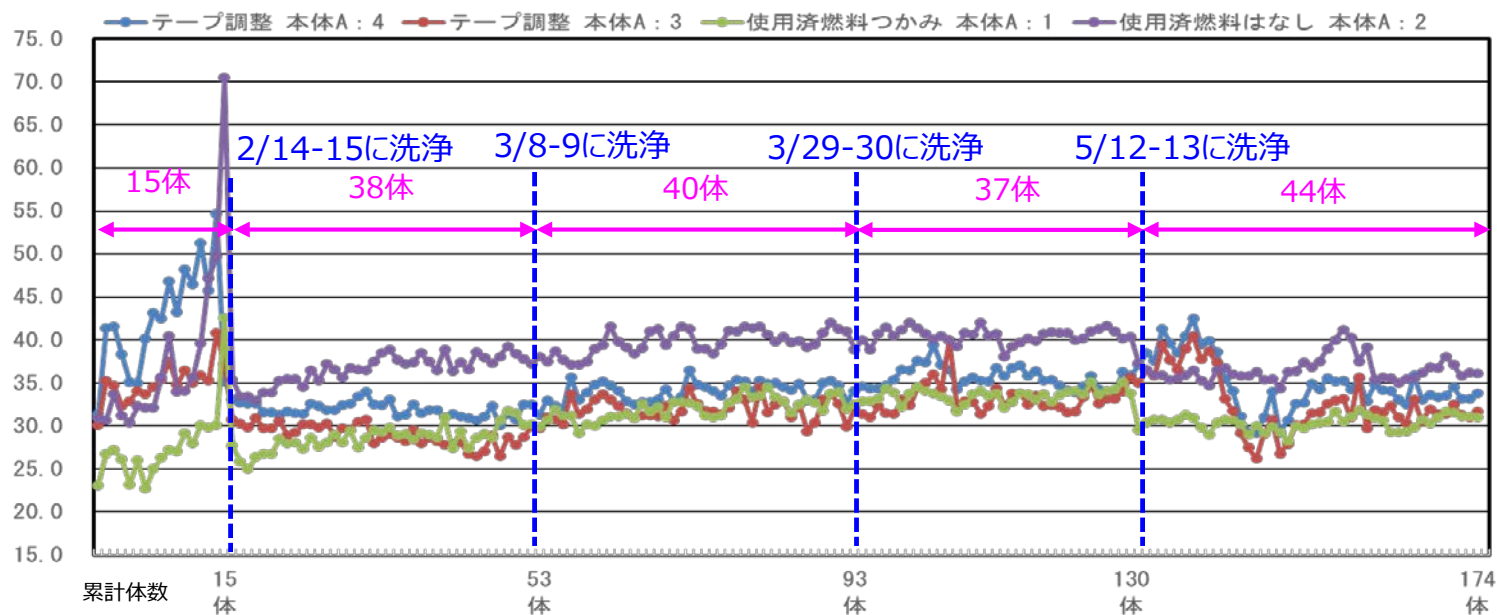
燃料洗浄槽の改造範囲



試験片を用いてナトリウム浸漬・湿分雰囲気に保管を繰り返す試験の結果

○2020年の燃料体の処理作業の実施結果

- ◆対策（燃料洗浄設備の除湿強化）を実施した上で、燃料体の処理を2月5日に開始した。
 - ◆2月12日の15体目の処理中にトルクが上昇したことから、2月14～15日にグリッパを洗浄した。
このトルク上昇については、処理作業開始前にドリップパン洗浄のために燃料出入機本体Aを燃料取扱機器洗浄槽に接続したことにより、グリッパ表面に付着していたナトリウムが化合物になったと推定した。
 - ◆その後、16体目～174体目の158体の処理を行った間、爪開閉トルクは25～42N・mの範囲で安定しており、グリッパの洗浄が必要となるトルク上昇はなかった。
- ⇒ 燃料洗浄槽の除湿対策の効果があったものと評価、次回以降対策を継続する。



燃料出入機本体Aの爪開閉トルクの推移 (単位: N・m)

○事象の概要

- ◆ 摺動抵抗トルク（可動シール部またはスクレーパ部）が増大し、燃料出入機本体 B グリッパの爪開閉トルクが上昇した。

○原因の推定と調査

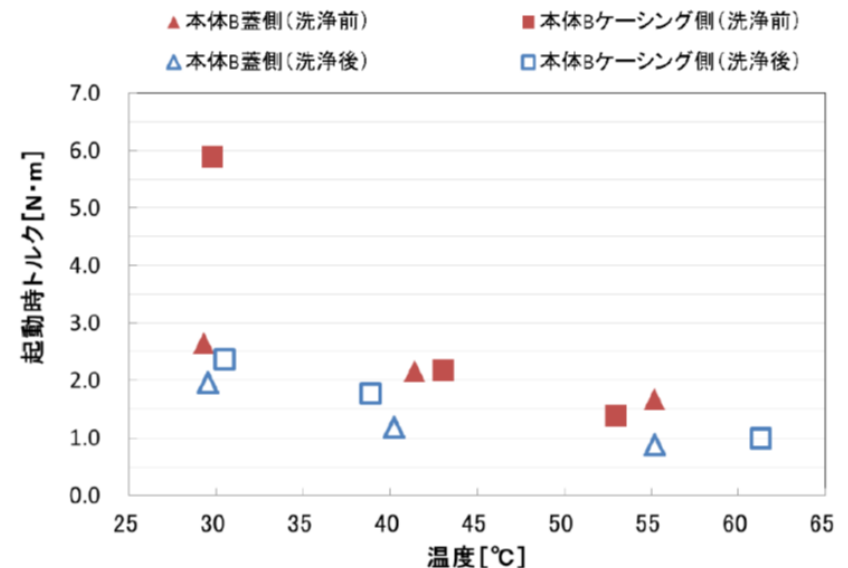
- ◆ 爪開閉トルクと昇降トルクの関係から摺動抵抗トルクの増大が原因であると推定したことから、2019年3月の分解点検の際、グリッパ爪はなし動作時の摺動部について全体及び各部のトルクを確認したところ、
 - 全体のトルク： 2019年1月末の50N・m程度から調査した時点では34N・mに低下していた。
 - 各部のトルク： メカニカルシールのトルクが23.5N・mに上昇し、評価値全体の約3分の2を占めていた。
- ◆ メカニカルシールのトルクが上昇した要因として、使用による経時変化の他、環境温度の変化も原因である可能性を疑った。
 - 2018年8月～2019年1月に徐々に増加したトルクが2019年3月には減少していた。
 - 同事象の発生を懸念していた本体 A（約200℃）においては発生しない。
 - 一般的な用途とは異なり、低速回転（約5rpm）で断続的に使用している。
- ◆ 治具を用いた簡易トルク測定により、使用済メカニカルシールについて、温度が低くなるとトルクが上昇してばらつきも大きくなること、表面の洗浄により摩耗粉等を除去するとトルクが低下すること（右下図）を確認した。

⇒メカニカルシールが機器納入以来未交換であったことから、以下の対策を立案した。

- 1) 摺動部品の新品交換
- 2) 新品シールの耐久試験によるトルク変動特性の確認

分解点検に基づく各部の摺動トルク評価値

トルク要因	評価値	設計値	備考
HiPシール	3.2N・m	7.2N・m	設計値は摩擦係数0.1相当
スクレーパ	4.1N・m	0.8N・m	設計値は摩擦係数0.2相当
軸受	0.0N・m	0.0N・m	
メカニカルシール	23.5N・m	10.9N・m	設計値は摩擦係数0.3相当
トルクモータ抵抗	0.9N・m	0N・m	テープゆるみ防止用の巻上げ
テープ巻上げ力	2.3N・m	2.3N・m	グリッパ内の爪開閉機構のトルク
合計	34.0N・m	21.2N・m	



単体での使用済みメカニカルシールの洗浄前後のトルク変化

○対策の実施と効果の確認

1) 摺動部品の新品交換 (左下表)

- 摺動部品を新品に交換したことにより、以下のとおり復旧した。
- ◆ 爪開閉トルクについては、34N・mから22N・mに低下し、2018年の処理開始前よりも小さくなった。
- ◆ 摺動抵抗に比例する昇降トルク差についても、109N・mから59N・mに低下し、2018年の処理開始前よりも小さくなった。

2) 新品の耐久試験によるトルク変動特性の確認 (右上図)

約20℃の雰囲気中で1000回のグリッパ昇降(500体の取扱いに相当)を模擬した連続動作を実施した結果、約2.2N・mと判定値6.8N・mに対して十分に低く安定していることを確認した。

⇒上記1) 及び2) の結果から、メカニカルシールを新品に交換したことにより、トルク上昇を防止できると判断し、燃料体の処理を開始した。

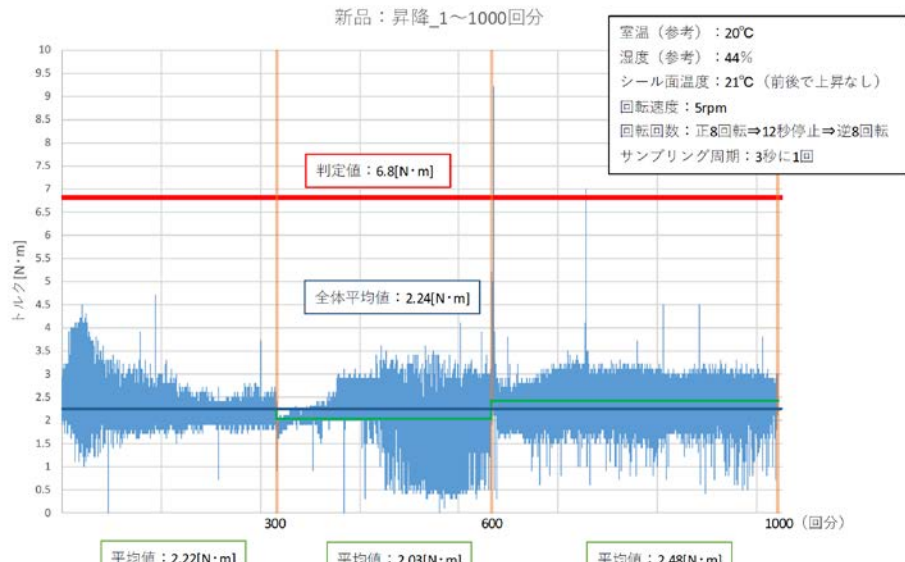
3) 新品シールの温度特性の確認 (右下図)

再度トルク上昇が発生したことから、15℃以下を含めた温度特性を測定した結果、新品シールについても25℃以下におけるトルクの上昇傾向とばらつき増加傾向を再確認した。

摺動部品交換後の本体Bグリッパのトルク値と点検前との比較

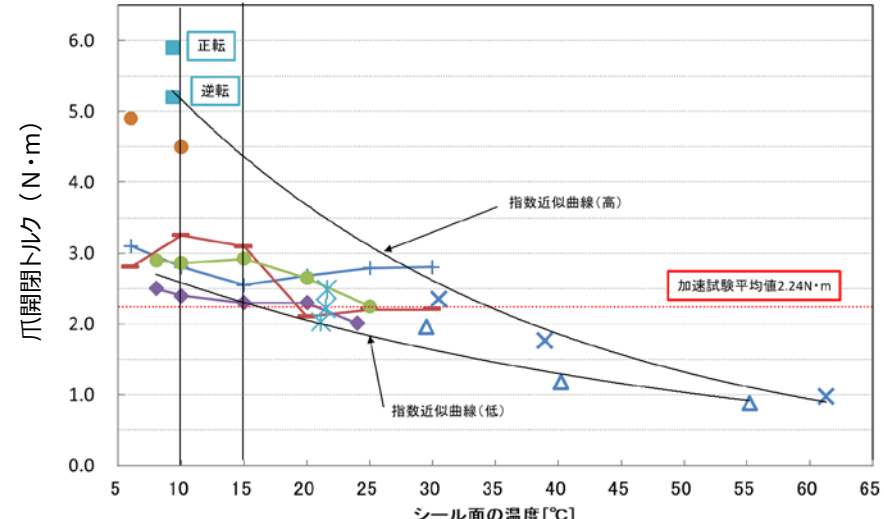
対象トルク	トルク値 (Nm)		
	点検後	点検前	初期値*
①高速上昇トルク最大	169	200	189
②高速下降トルク最小	110	91	108
昇降トルク差(①-②)	59	109	81
爪開閉トルクはなし動作時最大	22	34	33

* : 燃料体処理開始前の2018年7月から8月上旬の値



耐久試験でのメカニカルシールのトルク長期安定性

- ▲ 本体B蓋側(洗浄後)
- 温度上昇試験(2/18)
- ◆ 温度上昇試験(2/27)
- ✕ 本体Bケーシング側(洗浄後)
- ◆ 温度上昇試験(2/19)
- ◆ 温度上昇試験(2/21)
- ◆ 温度上昇試験(2/26)
- ✕ 新品加速試験
- 温度上昇試験(2/21)
- 低温試験(2/17)



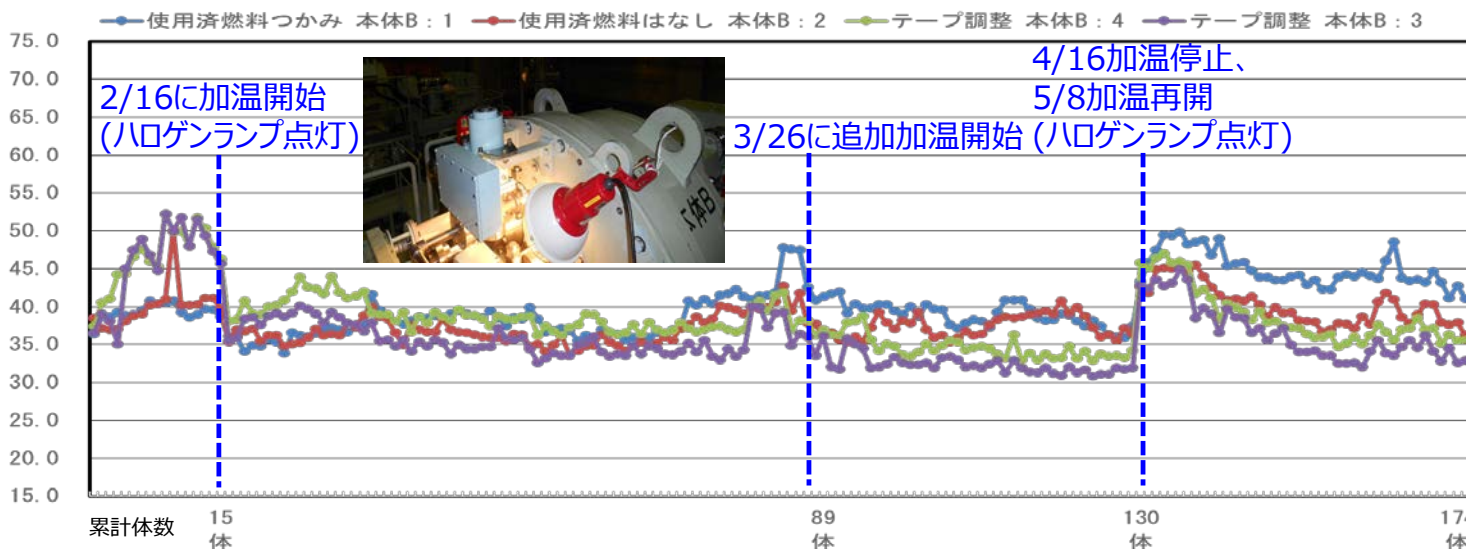
単体試験でのメカニカルシールのトルクの温度依存性

○2020年の燃料体の処理作業の実施結果

- ◆ 対策を実施した上で、燃料体の処理を2月5日に開始した。
- ◆ 燃料体の処理作業開始当初、トルクが36～52N・mと高めで推移したため、2月16日より本体Bのグリッパ駆動装置付近を外側から加温（ハロゲンランプ点灯、約20℃以上）する対応を開始したところ、16体目～174体目の158体の処理を行った間、爪開閉トルクは、30～50N・mで安定した。

◆ なお、5月8日の一時的なトルク上昇については、中間点検の間に加温を停止したことによる低温における表面状態（摩耗粉）の影響と考えている。

⇒開始前後の対策の効果が十分に現れていると考えており、次回以降、対策を継続する。



燃料出入機本体Bの爪開閉トルクの推移 (単位 : N・m)

○事象の概要

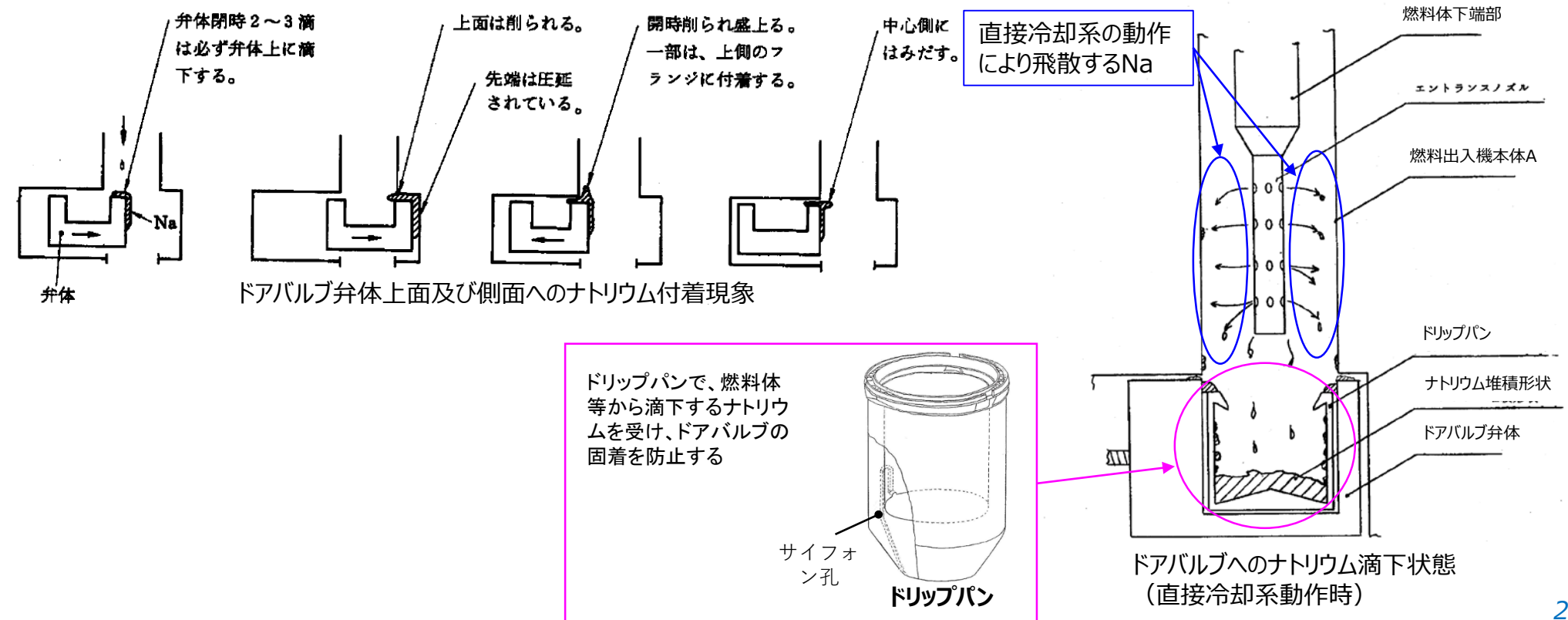
- ◆燃料出入機本体Aドアバルブのナトリウム付着によるシール漏れが発生した。

○原因の推定と調査

- ◆直接冷却系の動作により、燃料体下部のエントランスノズルから側方にナトリウムが飛散、飛散したナトリウムがドアバルブの弁体上面及び側面に付着、不純物と反応してナトリウム化合物となり弁体の全開動作を妨げるとともに潮解して弁体下部のシール面に付着してシール漏れを引き起こすと推定した。

○対策

- 1) 直接冷却系を停止することにより、側方へのナトリウム飛散による弁体へのナトリウム付着を低減する。
- 2) 燃料洗浄槽の除湿対策を実施することにより、ナトリウム化合物の生成を防止する。



○2020年の燃料体の処理の実施結果

<ドアバルブシール漏れ警報の再発報>

◆本体Aのドアバルブの中間加圧シールからArガスが本体A内部に漏れたことにより、「シール漏れ」警報が3回発報した。

◆過去点検で地下台車の案内筒に本体Aグリッパから滴下したナトリウム化合物が付着していることを確認しており、今回も粉体状のナトリウム化合物が付着していることを確認した（右下写真）。また、地下台車と本体Aの接続時に地下台車側の圧力が高く、本体A側にArガスの吹き上がりがあることを確認した。

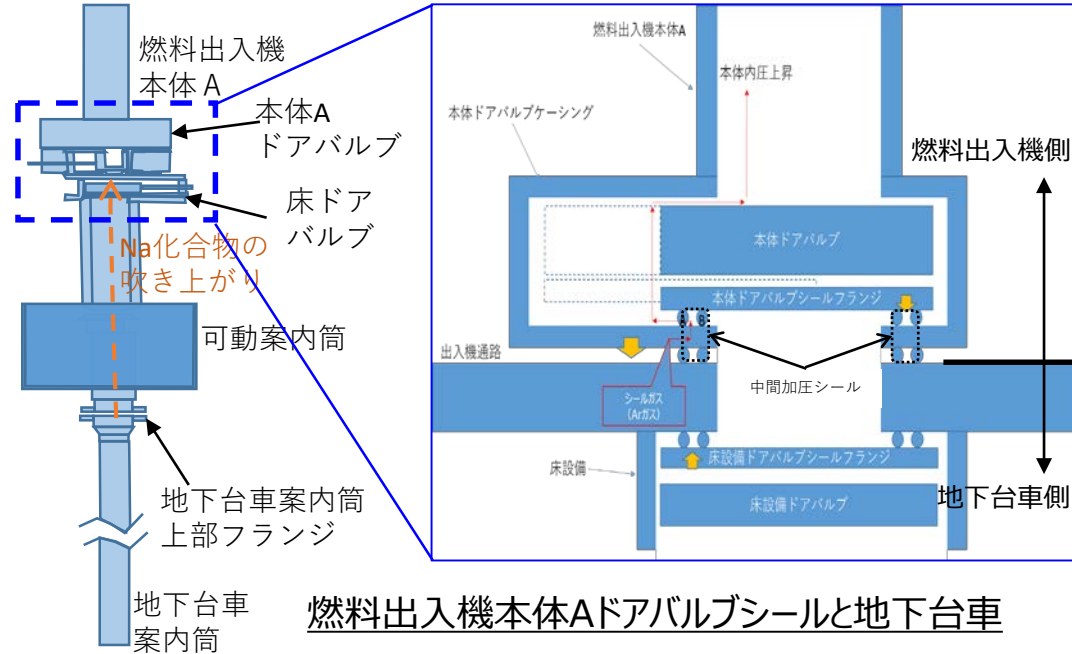
◆これらから、地下台車に存在する粉体状のナトリウム化合物が圧力差で本体Aに吹き上がる際に、グリッパ洗浄等で残留した水分により潮解し、シールに付着したと推定し、地下台車の案内筒上部及び内部を清掃した。さらにグリッパ洗浄直後は模擬燃料体搬入を行わず、地下台車接続をしないこととした。

⇒これらの対策以降、シール漏れ警報は発報しなかった。今後については模擬燃料体を搬入しないため、地下台車を使用しないことから、追加対策は、不要である。

<ドリップパンへのナトリウム滴下量>

◆直接冷却系の運転停止により、炉心燃料から本体Aドリップパンへのナトリウム滴下量が3分の1以下に減少すること（前回：149cc /体→今回：29～36cc/体）、ブランケット燃料からの滴下量がさらに減少すること（14cc/体）を確認した。

⇒残る燃料体（炉心燃料：138体、ブランケット燃料：132体）の処理について、これらの実績を踏まえ、ドリップパンの最適な交換間隔を検討する。



燃料出入機本体Aドアバルブシールと地下台車



地下台車案内筒上部フランジのNa化合物付着状況

- 警報の発報：21件 及び 起動条件不具合による自動化除外(警報なし)：6件
- 発生した不具合等は、2019年12月16日監視チーム会合にて報告した「燃料体の処理作業で想定される事象」7種類 (SH28) に該当、復旧済
- 不具合等の発生頻度は前回2.7件/体 (232件/86体) から今回0.16件/体 (27件/174体) に大幅に減少

No.	発生日	警報等	想定事象の番号 (SH27)	不具合対策後の状況 (SH28)
1	2/6	「Arガス循環系ガス置換」開始時における起動条件不具合による自動化運転除外	想定事象 6	対策C ⑥
2	2/7	「燃取計算機伝送異常」警報発報	想定事象 6	対策C ⑥
3		「脱塩水循環洗浄」時における「燃料洗浄槽液位 高/低」ANN発報による自動化運転除外	想定事象 6	対策C ⑥
4	2/11	「燃取計算機伝送異常」警報発報	想定事象 6	対策C ⑥
5	2/12	「使用済燃料はなし」時「本体Aグリッパつかみ・はなし異常」警報発報による自動化運転除外	想定事象 2	対策A
6	2/16	「本体Aシール漏れ」警報発報による自動化運転除外	想定事象 3	対策C ④
7	2/19	「燃料出入設備自動制御盤故障」警報発報による自動化運転除外	想定事象 6	対策C ⑥
8	2/21	「洗浄済燃料つかみ」開始時における起動条件不具合による自動化運転除外	想定事象 6	対策C ⑥
9	2/23	「新燃料移送機連動運転渋滞」警報発報による新燃料移送機連動運転停止	想定事象 6	対策C ⑥
10	2/25	「脱塩水循環洗浄」開始時における起動条件不具合による自動化運転除外	想定事象 6	対策C ⑥
11		「脱湿準備」運転時における「燃料洗浄槽圧力 高/低」警報発報による自動化運転除外	想定事象 7	対策C ⑦
12	2/26	「新燃料移送機走行トルク高」警報発報	想定事象 6	対策C ⑥
13	2/27	「新燃料移送機連動運転渋滞」警報発報による新燃料移送機連動運転停止	想定事象 6	対策C ⑥
14		「新燃料ラックへ移動」運転時「新燃料移送機走行トルク高」警報発報に伴う自動化運転除外	想定事象 6	対策C ⑥

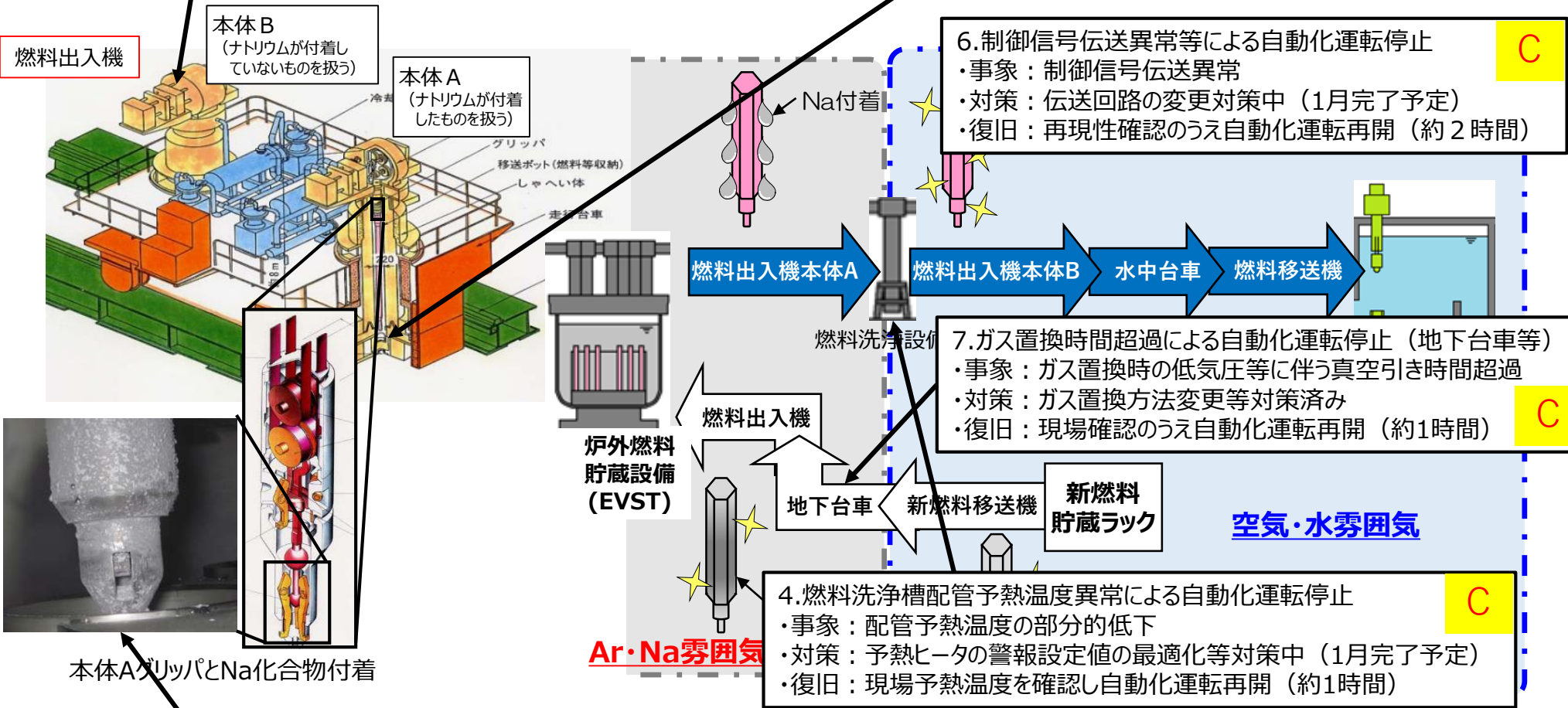
No.	発生日	警報等	想定事象の番号 (SH27)	不具合対策後の状況 (SH28)
15	3/4	「新燃料移送機連動運転渋滞」警報発報による新燃料移送機連動運転停止	想定事象 6	対策C ⑥
16	3/10	「DV接続ガス置換」時における「出入設備連動運転渋滞」警報発報による自動化運転除外	想定事象 7	対策C ⑦
17		「ガス置換DV切離」時における「出入設備連動運転渋滞」警報発報による自動化運転除外	想定事象 7	対策C ⑦
18		「本体Aシール漏れ」警報発報による自動化運転除外	想定事象 3	対策C ④
19	3/17	「燃料番号録画」時における「新燃料移送機連動運転渋滞」警報発報による自動化運転除外	想定事象 6	対策C ⑥
20	3/20	「本体Aシール漏れ」警報発報	想定事象 3	対策C ④
21	4/7	「脱塩水循環洗浄」(2回目)終了後の自動化運転工程進行不調	想定事象 6	対策C ⑥
22	4/13	「接続ガス置換」時 「地下台車／新燃予熱系連動運転渋滞」	想定事象 7	対策C ⑦
23	4/14	「脱塩水循環洗浄」(2回目) 終了後の自動運転工程進行不調	想定事象 6	対策C ⑥
24	4/16	模擬体搬入時の「新燃料移送機走行トルク高」警報発生	想定事象 6	対策C ⑥
25	5/15	「使用済燃料つかみ」開始時の自動化運転「除外」	想定事象 6	対策C ⑥
26	5/21	「脱塩水循環洗浄」(2回目) 終了後の自動運転工程進行不調	想定事象 6	対策C ⑥
27	5/24	「脱塩水循環洗浄」時における「燃料洗浄槽圧力 高／低」ANN発報による自動化運転除外	想定事象 6	対策C ⑥

2. 燃料出入機本体 B グリッパのつかみはなし異常 (トルク上昇) B

- ・事象：グリッパ駆動部メカニカルシールの摺動抵抗増加
- ・対策：メカニカルシール交換済み
- ・復旧：本体B駆動部を分解しシール交換 (約1ヶ月要、予備品確保済み)

3. 燃料出入機本体 A ドアバルブのナトリウム付着によるシール漏れ A

- ・事象：ドアバルブ付着NaがNa化合物となりドアシールからArガス漏れ
- ・対策：本体A直接冷却系停止等対策中 (1月完了予定)
- ・復旧：本体A分解しドアバルブ付着Na等の手入れ (約1ヶ月要)



6. 制御信号伝送異常等による自動化運転停止 C

- ・事象：制御信号伝送異常
- ・対策：伝送回路の変更対策中 (1月完了予定)
- ・復旧：再現性確認のうえ自動化運転再開 (約2時間)

7. ガス置換時間超過による自動化運転停止 (地下台車等) C

- ・事象：ガス置換時の低気圧等に伴う真空引き時間超過
- ・対策：ガス置換方法変更等対策済み
- ・復旧：現場確認のうえ自動化運転再開 (約1時間)

4. 燃料洗浄槽配管予熱温度異常による自動化運転停止 C

- ・事象：配管予熱温度の部分的低下
- ・対策：予熱ヒータの警報設定値の最適化等対策中 (1月完了予定)
- ・復旧：現場予熱温度を確認し自動化運転再開 (約1時間)

1. 燃料出入機本体 A グリッパのつかみはなし異常 (Na等の固着) A

- ・事象：付着Naが湿分等でNa化合物となりグリッパ爪開閉動作が渋くなる
- ・対策：燃料洗浄槽の除湿対策中 (1月完了予定)
- ・復旧：本体Aグリッパ洗浄 (約3~5日要)

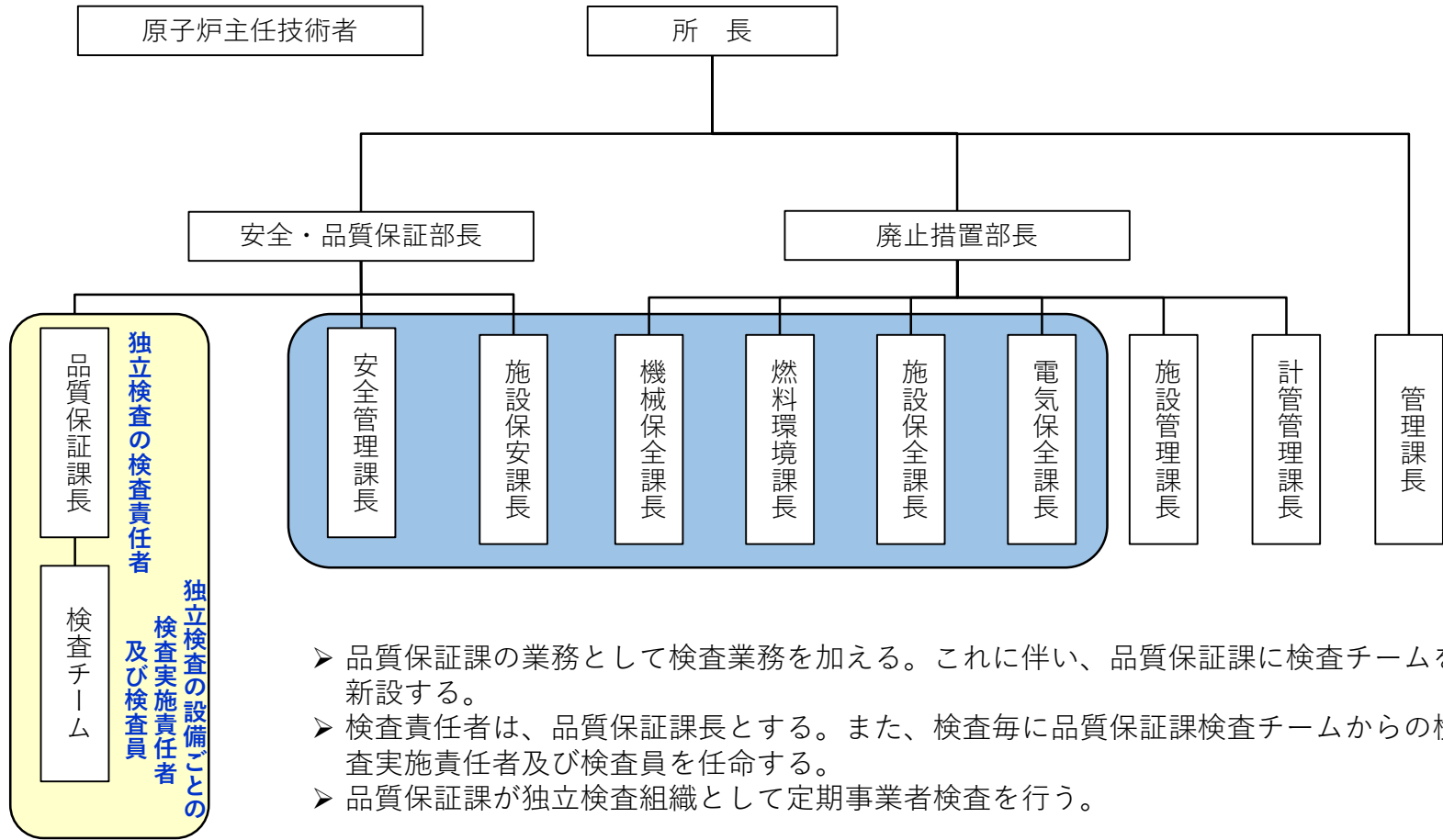
5. 洗浄水の電気伝導度高による自動化運転停止 (電導度 > 500 μ s/cm) C

- ・事象：残留Naが多い場合にプログラム回数で電導度が規定値に達しない
- ・対策：追加洗浄運転を自動化対策中 (1月完了予定)
- ・復旧：追加洗浄 (1回当たり約30分)

- 2018年度の燃料体の処理で発生した不具合への対策後の状況を下記に示す
- 発生時の対応方法を予め準備した事象の再発はあったが、対応方法に従い、確認後、作業を継続

解決すべき課題と不具合対策		2020年燃料体の処理での状況
【対策A】燃料出入機本体Aグリッパ（ナトリウム化合物）対策 1)燃料洗浄槽の除湿対策 2)自動化運転プログラムの修正（テープ調整場所及びガス置換回数の変更）		・トルク上昇警報により、グリッパ洗浄を1回実施、その後はトルク値監視によるグリッパ洗浄時期の計画運用により、警報の発報なし
【対策B】燃料出入機本体Bグリッパ対策 ・可動シール等トルク増大対策		・予熱によりトルク上昇のないことを確認 ・警報の発報なし
【対策C】その他不具合等の対策 1)自動化運転プログラムの修正 2)燃料処理設備の制御盤間の伝送ノイズ対策 3)自動化運転の円滑な運用に資するための対策	① 自動化運転における対象物入力不可（燃取系計算機の不具合）	・発生なし
	② 自動化運転リセット後のCRT表示不具合（過去状態の残存）	・発生なし
	③ 燃料出入機本体Aグリッパのクラッチ動作遅延	・発生なし
	④ 燃料出入機本体Aドアバルブのナトリウム付着によるシール漏れ（ナトリウム滴下防止対策）	・一時的なナトリウム化合物の付着による漏れの発生（3回）あり ・地下台車清掃により以降発生なし ・ドアバルブ開閉操作及びガス置換等の対応でシール性回復を確認後作業を継続
	⑤ 洗浄水の電気伝導度高による自動化運転停止（燃料洗浄追加手動操作の自動化）	・発生なし
	⑥ 制御信号伝送異常等による自動化運転停止（伝送ノイズ対策）	・伝送ノイズ対策が十分でないと思われる伝送異常の発生有るが、発生頻度は約1/10に低下（1.1件/体⇒0.1件/体）
	⑦ ガス置換時間超過による自動化運転停止（地下台車等）	・気圧の変動等により発生有るも発生頻度は低下（6件/86体⇒4件/174体）
	⑧ 燃料洗浄槽配管予熱温度異常による自動化運転停止	・発生なし

検査体制



- 品質保証課の業務として検査業務を加える。これに伴い、品質保証課に検査チームを新設する。
- 検査責任者は、品質保証課長とする。また、検査毎に品質保証課検査チームからの検査実施責任者及び検査員を任命する。
- 品質保証課が独立検査組織として定期事業者検査を行う。

: 独立性を要求する箇所
 : 保全担当課