

「もんじゅ」の燃料体取出し作業の進捗状況

2019年12月16日
日本原子力研究開発機構（JAEA）

◆ 前回（10月17日）の本会合において、説明が必要とされた事項

燃料体の処理作業において発生する可能性のある不具合や対策の内容と完了目標時期、及び、炉心からの燃料体の取出し作業の結果を踏まえた燃料体の処理の準備工程の変更内容について確認をしたい

◆ 本日の資料（目次）

1. 燃料体取出し作業工程
2. 廃止措置計画の変更届出
3. 燃料体の処理の実施状況
4. 燃料体の処理作業で想定される事象

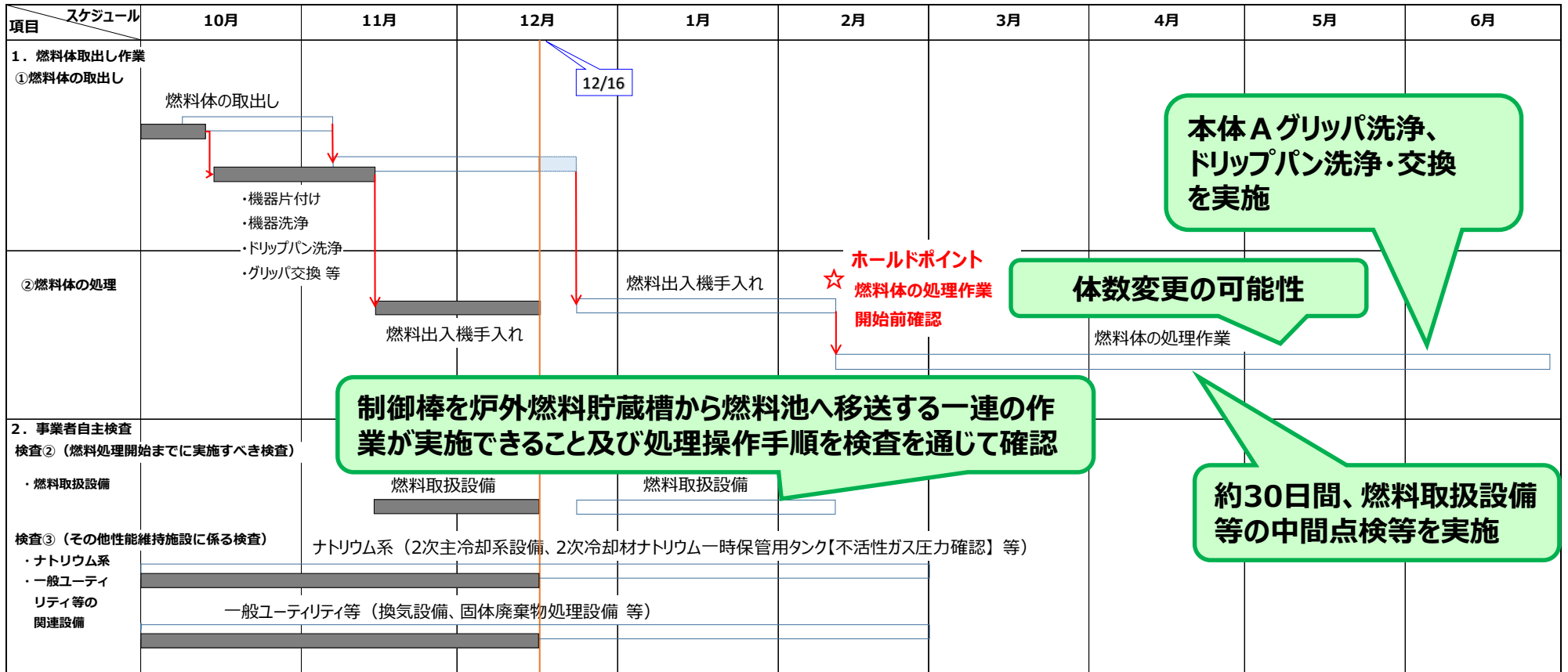
◆ 燃料体の取出しに用いた機器の片付け等について、10月15日から開始し、11月14日に完了

◆ 11月15日から燃料体の処理（燃料出入機の手入れ、分解点検等）を開始

◆ 11月13日、廃止措置計画及び保安規定の変更認可申請に関し、一部補正し、申請（性能維持施設の維持期間の変更について、部分装荷とは別に廃止措置計画等の変更認可を申請）

1. 燃料体取出し作業工程

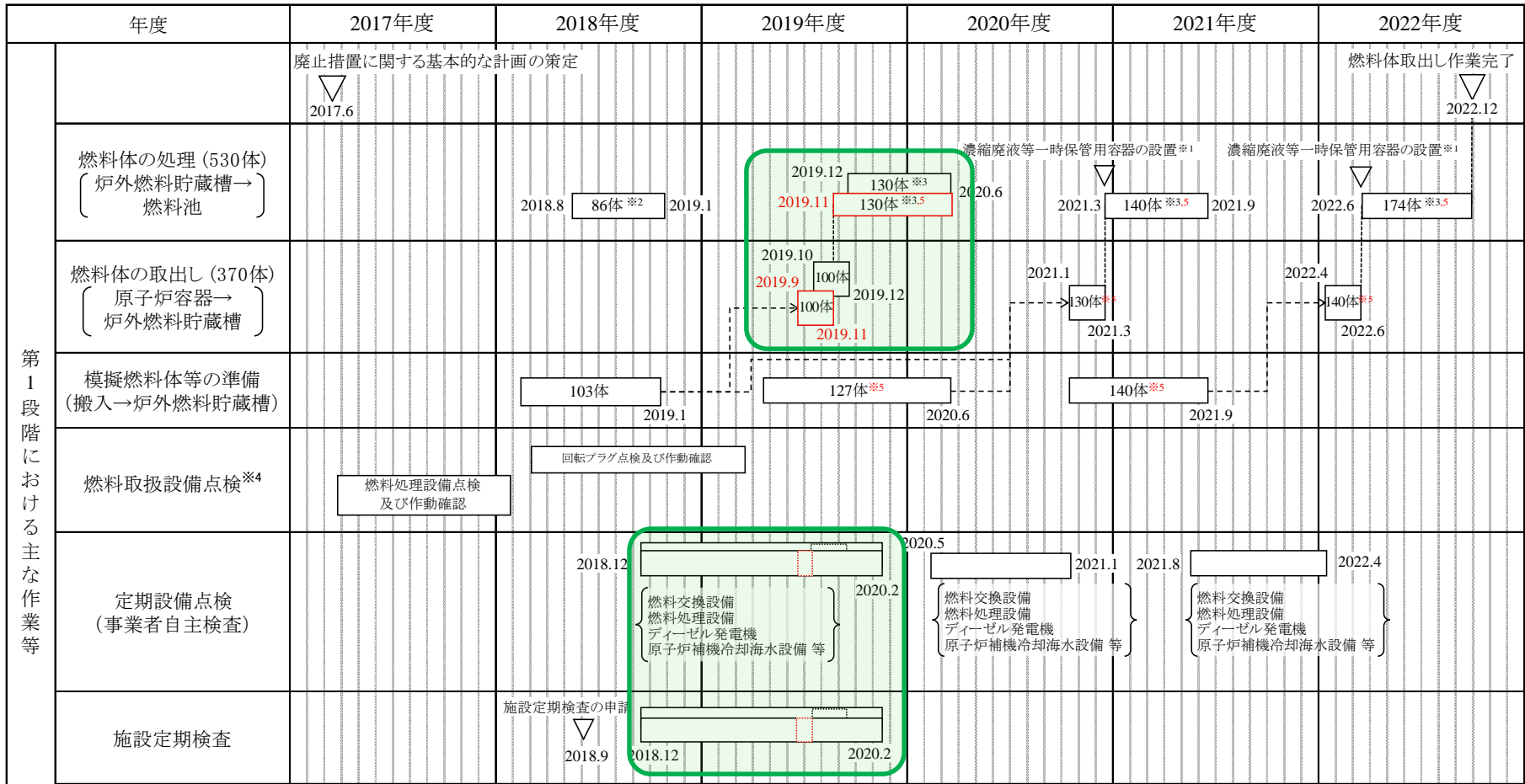
- ◆ 実際の燃料体の処理作業開始に向けた準備作業は、順調に進捗中
- ◆ 検査②（燃料体の処理作業開始までに完了させる検査）については、12月12日までに5件/18件の事業者自主検査を完了
- ◆ 検査③については、12月12日までに48件/90件の事業者自主検査を完了、施設定期検査の終了時期である2月末までに完了予定



2. 廃止措置計画の変更届出（第1段階の工程見直し）

第1段階の燃料体取出し作業工程について実績を反映し、次のとおり見直す

- ◆ 燃料体取出し作業の実績に応じ、燃料体の取出し期間と燃料体の処理の開始時期を変更
- ◆ 体数について「進捗状況によって体数に変更となる可能性がある」ことを追記



※1：2018年度及び2019年度の燃料体の取出し及び処理実績から、廃液の推定発生量を評価し、容器の設置数及び設置場所（設置の可否を含む。）を決定する。

※2：86体の燃料体については、炉外燃料貯蔵槽から取り出した後、缶詰缶装置により缶詰缶に収納し、燃料池に貯蔵する。

※3：必要に応じ、本期間中に燃料取扱設備の手入れ等を実施する。

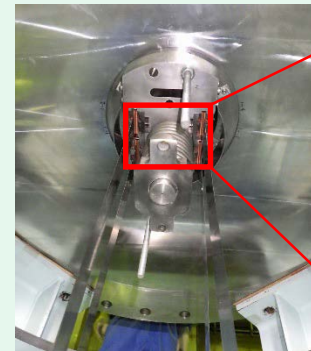
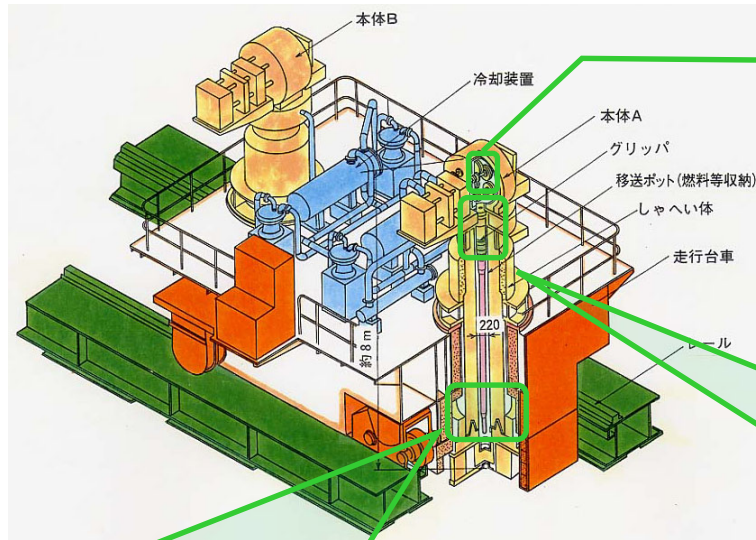
※4：2010年以降使用していないことを踏まえ、炉心等から燃料体を取り出す前に、施設の復旧を目的として実施する点検及び作動確認であり、定期設備点検とは異なる。

※5：進捗状況によって体数に変更となる可能性がある。

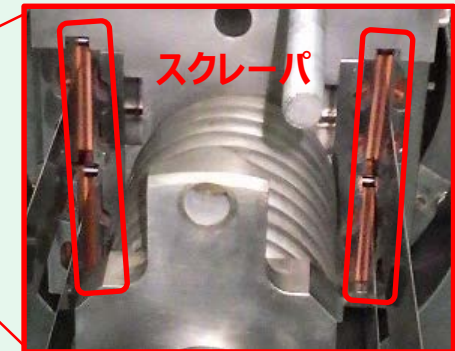
- 11月15日から、燃料体の処理作業に用いる設備の準備として以下を実施中
 - 今年度の燃料体の取出しで用いた設備の点検（燃料出入機手入れ）等
 - ①燃料出入機のドアバルブ、グリップ、スクレーパの他、構造上ナトリウムの影響を受ける機器を分解して状態確認、清掃、交換（12月完了予定）⇒次頁
 - ②昨年度の燃料体の処理の不具合「燃料出入機本体Aグリップのトルク上昇（ナトリウム化合物の影響）」への対策
 - 1) 燃料洗浄設備の除湿対策（来年1月完了予定）
 - 2) 自動化運転プログラムの修正（来年1月完了予定）
 - 燃料処理・貯蔵実施計画の策定（来年1月中旬完了予定）
 - ①施設の保全や燃料体取出し作業の進捗に影響を与え得るリスクの特定及び評価を実施
 - ②燃料体の処理順序及び貯蔵位置、並びに、安全措置、方法及び作業実施体制の明確化
 - ③ホールドポイント(燃料体の処理作業開始前の確認)の設定⇒次々頁
 - 燃料体の処理体制の構築（来年1月完了予定）
 - ①操作チーム：昨年度の燃料体の処理作業において試行した2直体制と同様の5班体制を構築
 - ②設備チーム：昨年度の燃料体の処理作業と同様の4班体制を構築
- ホールドポイントにて確認の上、実際の燃料体の処理作業を来年2月頃に開始予定

3. 燃料体の処理の実施状況 (2/3)

燃料出入機のドアバルブ、グリッパ、スクレーパの他、構造上ナトリウムの影響を受ける機器を分解して状態確認、清掃、交換を実施中 (12月完了予定)
引き続き組立後の動作確認試験を実施中(来年1月完了予定)



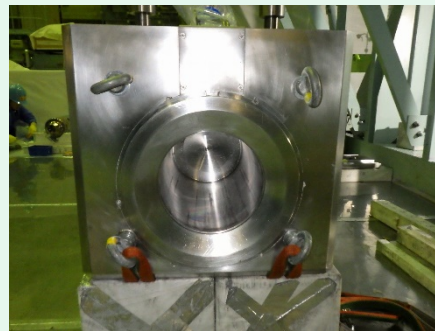
スクレーパ部



スクレーパ拡大



本体 A ドアバルブ
手入れ前

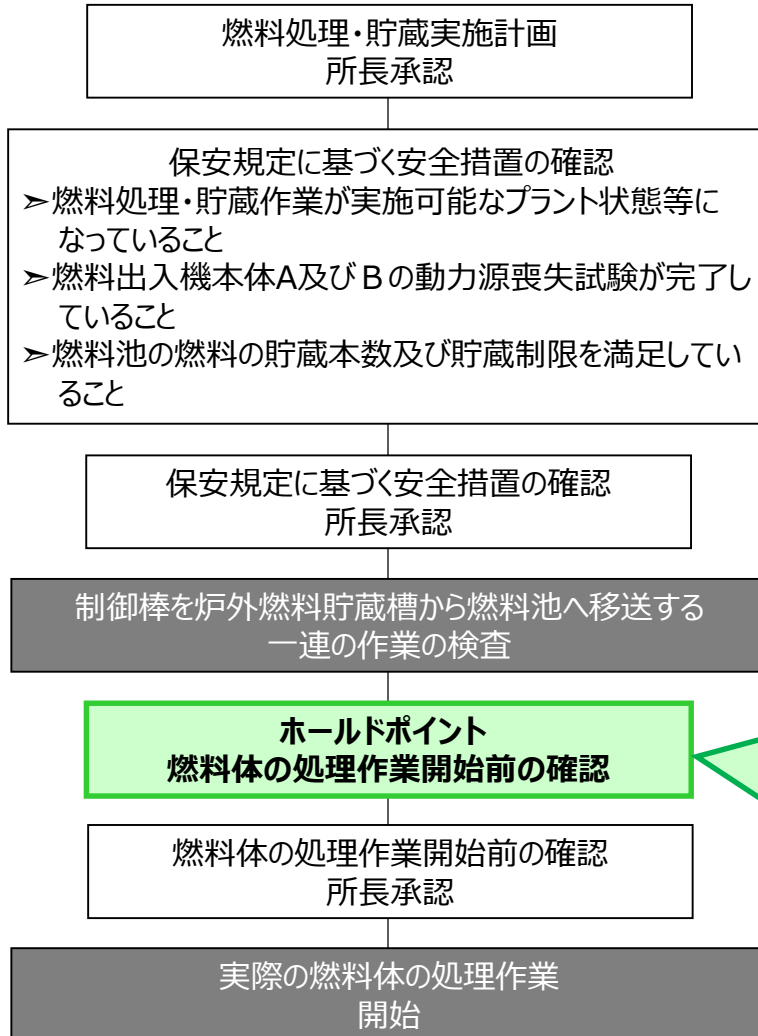


本体 A ドアバルブ
手入れ後



本体 A グリッパ

ホールドポイント(燃料体の処理作業開始前の確認)



以下の項目を完了したことを確認し、燃料体の処理作業を開始できることを所長が判断

- ◆ 2018年度の燃料体の処理作業で抽出された不具合対策が完了していること
→燃料出入機本体Aグリッパ(ナトリウム化合物の影響) 対策他5件の不具合対策を来年1月までに完了予定
- ◆ 燃料体の処理作業に必要な機能の事業者自主検査/施設定期検査(検査②)を完了していること
→検査②を来年1月までに完了予定
- ◆ 作業体制が確立されていること
→操作チームと設備チームの編成を来年1月までに完了予定

4. 燃料体の処理作業で想定される事象 (検討の概要)

- (1) 設計段階から事前に想定した不具合への対策。それでも、2018年度の燃料体の処理では、様々な不具合が発生し、目標体数に未達。このため、発生した不具合への対策を来年1月までに完了予定。
- (2) 2019年度の燃料体の処理作業でも以下の不具合を想定する必要。⇒SH8
 - A) 原理的に完全な発生防止が難しい不具合 (ナトリウム化合物の影響) ⇒SH9
 - B) もんじゅ特有の燃料出入機グリッパ駆動機構の使用実績が少ないことに起因する不具合
 - C) 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
- (3) 上記(2)の3種類の不具合について、発生頻度・工程影響の観点から、代表例として7種類を抽出。⇒SH10
- (4) 上記(3)の7種類の不具合に対し、復旧への対応を手順書等により明確化、中間点検(約1か月)や工程予備(約1か月)を確保。⇒SH11
- (5) 万一想定外の事象が発生した場合には、工程影響を最小限にすべく、まずは中間点検や工程予備にて対応し、実証本部が全面的にバックアップ。⇒SH11
- (6) これらにより、計画した工程の通りに燃料体の処理作業を完了するよう、全力を尽くす。

4. 燃料体の処理作業で想定される事象 (2019年度の燃料体の処理作業で想定される不具合の抽出)

- :不具合対応済み
- :不具合対策中
- :今回追加検討
- :不具合の抽出結果

(1)設計上想定した不具合事象
 ・設計上想定した不具合事象（警報原因と対処方法）
 → 燃料体処理に関連する警報処置手順書
不具合事象：約1570件（原因と対処方法整理済み）

＜不具合事象のリスク評価と机上検討＞

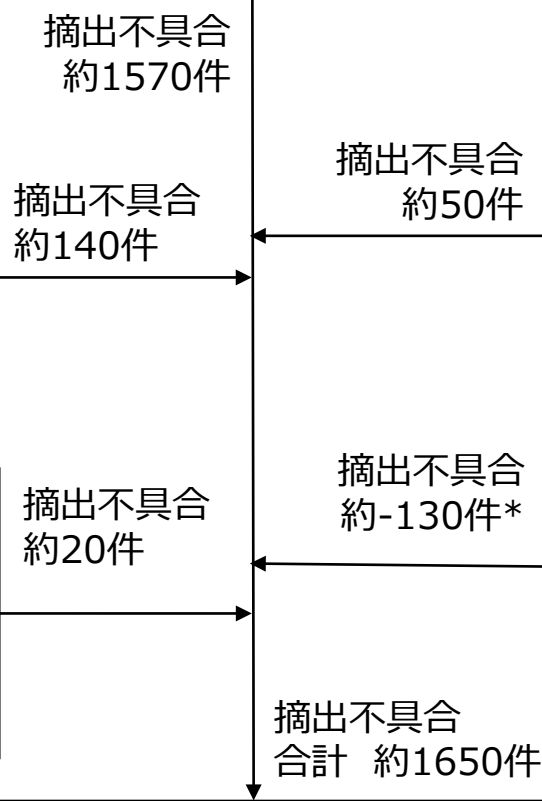
(2)2018年度燃料体処理前の重要事象リスク評価
 ○重要事象の対策重要度評価及びリカバリープラン策定
 ・安全上重要な事象（事故事象：燃料破損、Na-水反応等）
 ・長期的な停止に至る可能性のある事象
 ○過去の燃料処理時（含む模擬体処理時）の不具合事象等
不具合事象：約50件（原因と対処方法整理済み）

(3)燃料体処理の2018年度から2019年度への変更に伴う影響の確認（参考資料1）
 ・1日2体連続運転の実施
 ・燃料体の缶詰処理の削除*
 ・燃料出入機本体Aの直接冷却運転の停止
 ・連続処理体数の増加
 *：缶詰処理削除に伴う缶詰装置不具合削減

＜不具合実績の整理と対応＞

(4)2018年度燃料体処理時の不具合等の対応状況等（参考資料2、3）
 ・2018年度の燃料体処理時の不具合事象等の反映
不具合事象：約140件（不具合事象86件から水平展開含む）

(5)2019年度燃料体取出し時の不具合等のうち燃料体処理でも想定が必要な事象（参考資料4）
 ・燃料体処理で共通に使う燃料出入機、燃取系計算機の不具合
 ・2018年度の燃料処理時の対策済み事象の再発
不具合事象：約20件（主に燃料体の取出し時固有の不具合）

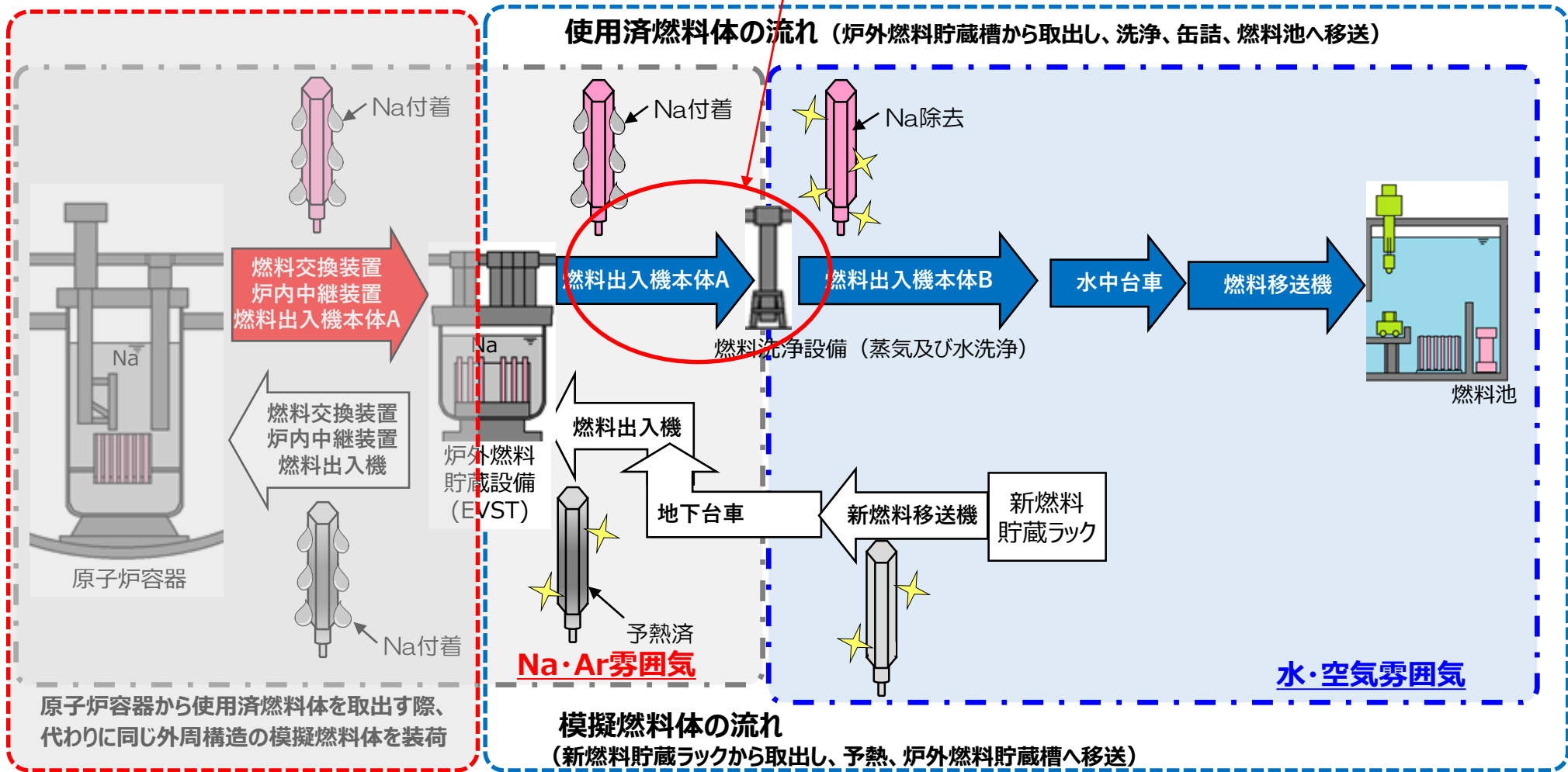


抽出した約1650件の不具合に対策を行ってきたが、2019年度の燃料体の処理作業でも、以下の3つの視点から7種類の不具合が想定される ⇒次々頁

- A)原理的に完全な発生防止が難しい不具合（ナトリウム化合物の影響）
- B)もんじゅ特有の燃料出入機グリッパ駆動機構の使用実績が少ないことに起因する不具合
- C)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

4. 燃料体の処理作業で想定される事象 (原理的に完全な発生防止が難しい不具合)

Na雰囲気→水雰囲気等に伴い、燃料出入機本体Aの機器に付着したNaが化合物化



燃料体の取出し作業 (今年度開始)
2019年10月11日までに100体を取り出し

燃料体の処理作業 (昨年度から実施中)
2019年1月28日までに86体を処理、2020年2月頃から130体*を処理の予定
*: 進捗状況により体数に変更となる可能性がある。

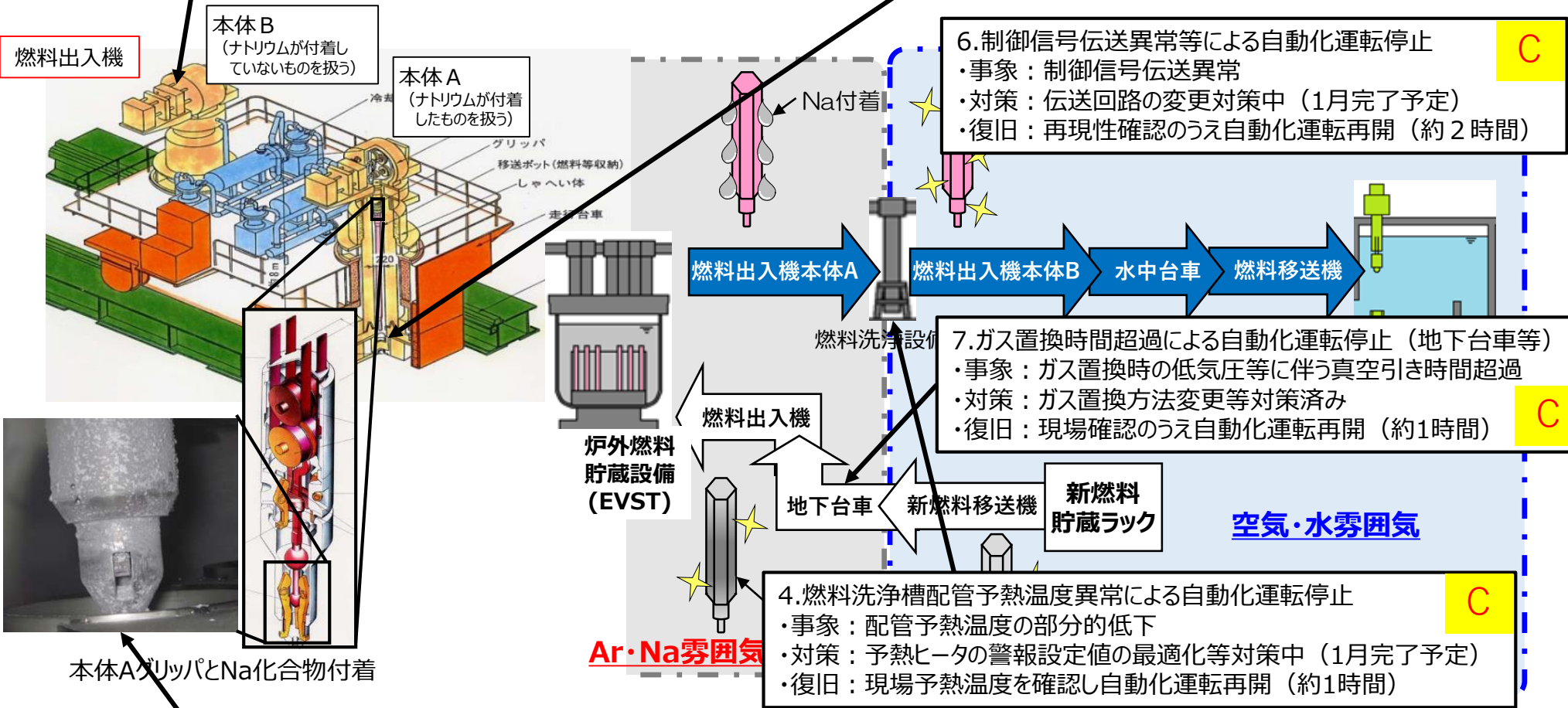
4. 燃料体の処理作業で想定される事象 (2019年度の燃料体の処理作業で想定される不具合の代表例7種類)

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ガス漏えい
- ・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

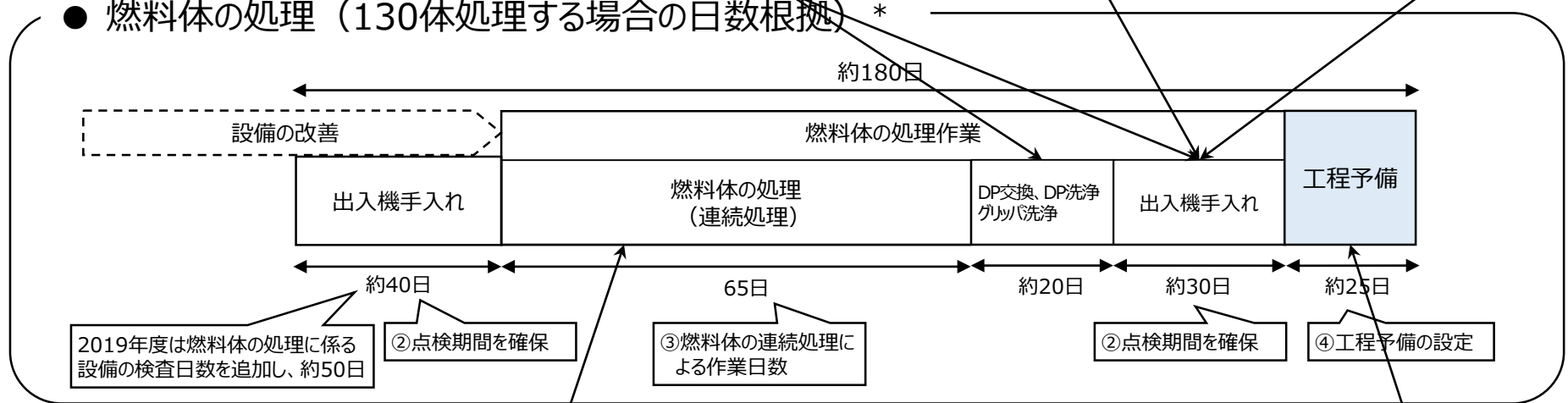
- ・事象：残留Naが多い場合にプログラム回数で電導度が規定値に達しない
- ・対策：追加洗浄運転を自動化対策中 (1月完了予定)
- ・復旧：追加洗浄 (1回当たり約30分)

4. 燃料体の処理作業で想定される事象 (燃料体の処理工程における対応)

- 再発防止策を来年1月までに完了予定。
- 復旧に時間を要しない不具合 (4.~7.) には、処理作業中に対応。
- 復旧に時間を要する不具合 (1.~3.) には、燃料体の処理工程に確保した中間点検の期間 (約 1 か月) にて対応。
- 万一想定外の事象が発生した場合には、工程影響を最小限にすべく、まずは中間点検の期間や工程予備 (約 1 か月) にて対応し、敦賀廃止措置実証本部が全面的にバックアップ。

- 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)
- 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)
- 3.燃料出入機本体DアバルブのNa付着によるシール漏れ

● 燃料体の処理 (130体処理する場合の日数根拠) *



* 第22回(2019.6.10)監視チーム会合資料1抜粋、日数は実績に合わせて見直し中

- 4.燃料洗浄槽配管予熱温度異常による自動化運転停止
- 5.洗浄水の電気伝導度高による自動化運転停止
- 6.制御信号伝送異常等による自動化運転停止
- 7.ガス置換時間超過による自動化運転停止 (地下台車等)
- 想定外の不具合へは工程予備にて対応

以下、参考

燃料体の処理作業の2018年度から2019年度への内容変更と、それらの影響の考察

(1) 1日2体連続運転の実施

2018年度に1日2体処理を6回試行したところ、この運転に伴う不具合の発生はなく、順調に運転を実施（むしろ、次の処理までの時間間隔が短くなり、燃料洗浄槽の湿分上昇が抑制されたと推定）。

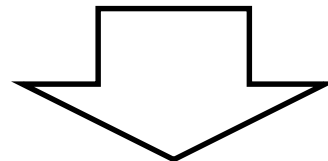
(2) 燃料体の缶詰処理の削除、燃料出入機本体Aの直接冷却運転の停止、処理体数の増加（86体→130体※1）

※1：進捗状況によって体数が変更となる可能性がある。

① 1994年～1995年の初装荷模擬燃料体198体の処理作業を、缶詰処理なし及び燃料出入機本体Aの直接冷却運転の停止によって実施したところ、これらの影響による不具合の発生はなかった。

なお、ドアバルブへの滴下ナトリウムが直接冷却運転の停止によって約1/30に減少の実績あり。

② また、上記の模擬燃料体の処理作業のうち、194体までは、間に点検を行わず処理を実施したが、これにより発生した不具合はなかった。



燃料体の処理作業の2018年度から2019年度への内容変更の影響による不具合は、想定されない。

◆ 2018年度燃料体の処理作業で発生した不具合の2019年度の想定必要性の分類

✓ 想定要

- 原理的に完全な発生防止が難しい不具合 (ナトリウム化合物の影響)
⇒ Naの付着や、Na化合物の生成など、Ar・Na雰囲気と空気・水雰囲気の間で燃料体を移送するため、対策により低減は可能であるが完全な発生防止は困難な不具合
- 2)もんじゅ特有の燃料出入機グリッパ駆動機構の使用実績が少ないことに起因する不具合
⇒もんじゅ特有の燃料出入機のグリッパ機構についての使用実績が少なく、メカニカルシール等の特有の要素の挙動を十分に認識できていない事象
- 3)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
⇒操作経験が限定されているためソフトのバグ等の対応が十分ではない、もしくは伝送ノイズ対策が十分でない等により発生する可能性を否定できない事象

✓ 頻度小

- 4)長期使用に伴う損耗等で定期交換により発生頻度が低減できる不具合
⇒長期使用に伴い、交換や故障を想定していなかった部位が損傷したが、定期的な交換を行うことで、燃料体の処理期間中の不具合の発生頻度を十分低減できる不具合
- 5)ソフトバグや機器故障で対策により発生頻度が低減できる不具合
⇒ソフトバグや機器故障 (ランダム故障) で、その不具合の要因を修正または、機器を交換することで復旧し、発生頻度が十分低減できる不具合

✓ 影響なし: 自動化運転に影響しない不具合

- ⇒通常とは異なった状態が確認されているが、警報等が発報せず、燃料体の処理の自動化運転には影響しない不具合

✓ 不使用: 缶詰缶不使用のため、発生しない不具合

- ⇒缶詰装置の不具合については缶詰缶不使用のため発生しない

要因分類	主な不具合等	対応状況	不具合分類	再発時の対応方法と概略期間
機械異常	<ul style="list-style-type: none"> 燃料出入機本体Aグリッパのつかみはなし異常(Na等付着) 燃料出入機本体Aグリッパのクラッチ動作遅延 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) 燃料出入機本体Bトルクリミッタ摩擦板の滑り 真空ポンプシール異常 燃料出入機本体ADアバルブのナトリウム付着によるシール漏れ グリッパ交換装置現場盤動作不可 	設備対応中 (対策A) 設備対応済 (対策C③) 設備対応済 (対策B) 設備対応済 設備対応済 設備対応中 (対策C④) 設備対応済	想定要1) 頻度小4) 想定要2) 頻度小4) 頻度小4) 想定要1) 影響なし	約3~5日/グリッパ洗浄 - (1日) 約1ヶ月/*1 - (1日) - (1日) 約1ヶ月/*2 - (自動化運転に影響無)
系統異常	<ul style="list-style-type: none"> EVSTブローダウン流量異常 プレコートフィルタ通水不可 	運用対策済 運用対策済	頻度小5) 影響なし	- - (自動化運転に影響無)
信号異常	<ul style="list-style-type: none"> 燃料洗浄設備のリミットスイッチのズレ ガス置換時間超過による自動化運転停止 (地下台車等) 燃料洗浄槽配管予熱温度異常による自動化運転停止 自動化運転における対象物入力不可 自動化運転リセット後のCRT表示不具合 制御信号伝送異常等による自動化運転停止 燃料移送機の連動運転渋滞 警報発生時に自動化除外せず クラッチ動作遅延ソフトの誤修正 	設備対応済 運用対応済 (対策C⑦) 設備対応中 (対策C⑧) 設備対応済 (対策C①) 設備対応済 (対策C②) 設備対応中 (対策C⑥) 設備対応済 設備対応済 設備対応済	頻度小4) 想定要3)*3 想定要3) 頻度小5) 頻度小5) 想定要3) 頻度小5) 頻度小5) 頻度小5)	- (1日) 約1時間/現場確認 約1時間/現場確認 - - 約2時間/再現性確認 - - -
環境異常	<ul style="list-style-type: none"> 燃料缶詰装置監視用ITV保護ガラスの結露 	今後不使用	不使用	- (缶詰不使用)
その他	<ul style="list-style-type: none"> 監視用ITVモニタ画像での確認困難による缶詰缶回転操作 貯蔵ラックターゲットプレート上の影 洗浄水の電気伝導度高による自動化運転停止 	今後不使用 設備対応中 設備対応中 (対策C⑤)	不使用 影響なし 想定要3)	- (缶詰不使用) - (自動化運転に影響無) 約30分/繰り返し洗浄

不具合分類
 想定要1) : 原理的に完全な発生防止が難しい不具合 (ナトリウム化合物の影響)、 想定要2) : 燃料出入機グリッパ駆動機構の使用実績不足に起因する不具合
 想定要3) : 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、
 頻度小4) : 長期使用に伴う損耗等の定期交換で頻度が低減できる不具合、 頻度小5) : ソフトバグや機器異常で対策により頻度が低減できる不具合
 影響なし : 自動化運転に影響しない不具合、 不使用 : 缶詰缶不使用のため、発生しない不具合

*1 : 防止可能と考えられるが未確認のため、万が一メカニカルシールのトルク上昇が発生した場合には、本体Bの中間的な手入れを実施して交換を行う

*2 : 86体の作動実績がある。途中でシール漏れ等が発生した場合には、本体Aの中間的な手入れを行う

*3 : 対策によって発生頻度が大幅に低下したが、燃料体の取出し時の台風時に1件発生した

○前ページから、想定要と評価された必要な事象として以下のとおり6事象*3を抽出した。

主な対策を要する警報等	不具合分類	再発時の復旧方法と概略期間
a.燃料出入機本体Aグリッパのつかみはなし異常(Na等付着) (対策A)	想定要1)	約3～5日/グリッパ洗浄
b.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) (対策B)	想定要2)	約1ヶ月/*1
c.燃料出入機本体AドアバルブのNa付着によるシール漏れ (対策C④)	想定要1)	約1ヶ月/*2
d.燃料洗浄槽配管予熱温度異常による自動化運転停止 (対策C⑧)	想定要3)	約1時間/現場確認
e.制御信号伝送異常等による自動化運転停止 (対策C⑥)	想定要3)	約2時間/再現性確認
f.洗浄水の電気伝導度高による自動化運転停止 (対策C⑤)	想定要3)	約30分/繰り返し洗浄

不具合分類

想定要1)：原理的に完全な発生防止が難しい不具合 (ナトリウム化合物の影響)

想定要2)：もんじゅ固有の燃料出入機グリッパ駆動機構の使用実績が少ないことに起因する不具合

想定要3)：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

頻度小4)：長期使用に伴う損耗等の定期交換で頻度が低減できる不具合

頻度小5)：ソフトバグや機器異常で対策により頻度が低減できる不具合

影響なし：自動化運転に影響しない不具合

不使用：缶詰缶不使用のため、発生しない不具合

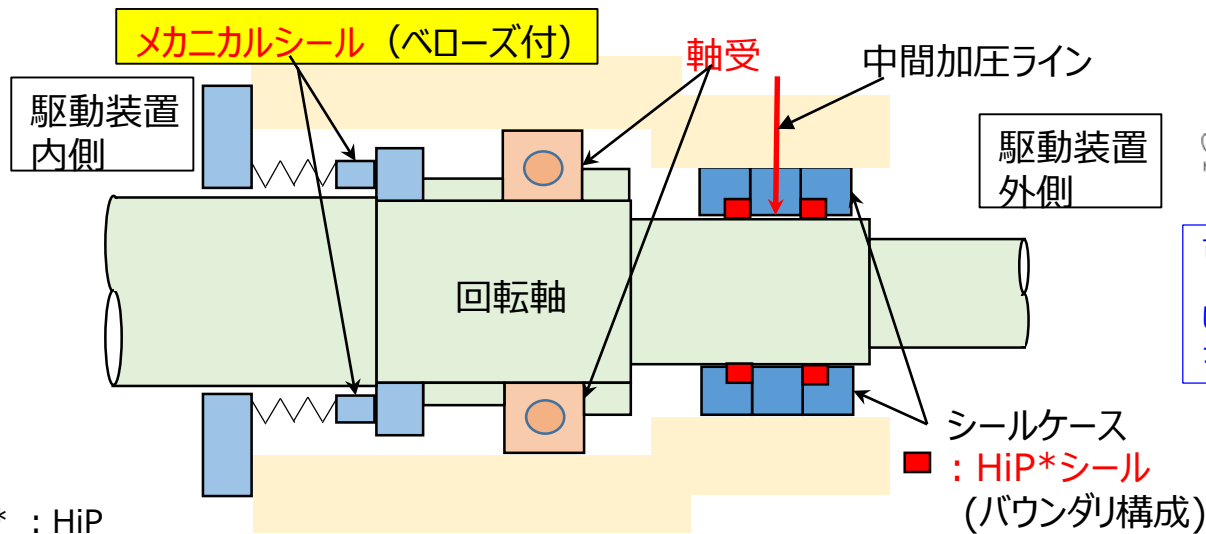
*1：防止可能と考えられるが未確認のため、万が一メカニカルシールのトルク上昇が発生した場合には、本体Bの中間的な手入れを実施して交換を行う

*2：86体の作動実績がある。途中でシール漏えい等が発生した場合には、本体Aの中間的な手入れを行う

*3：「ガス置換時間超過による自動化運転停止 (地下台車等)」は対策によって発生頻度が大幅に低下したが、燃料体の取出し時の台風時に1件発生したため、参考資料4に示す。

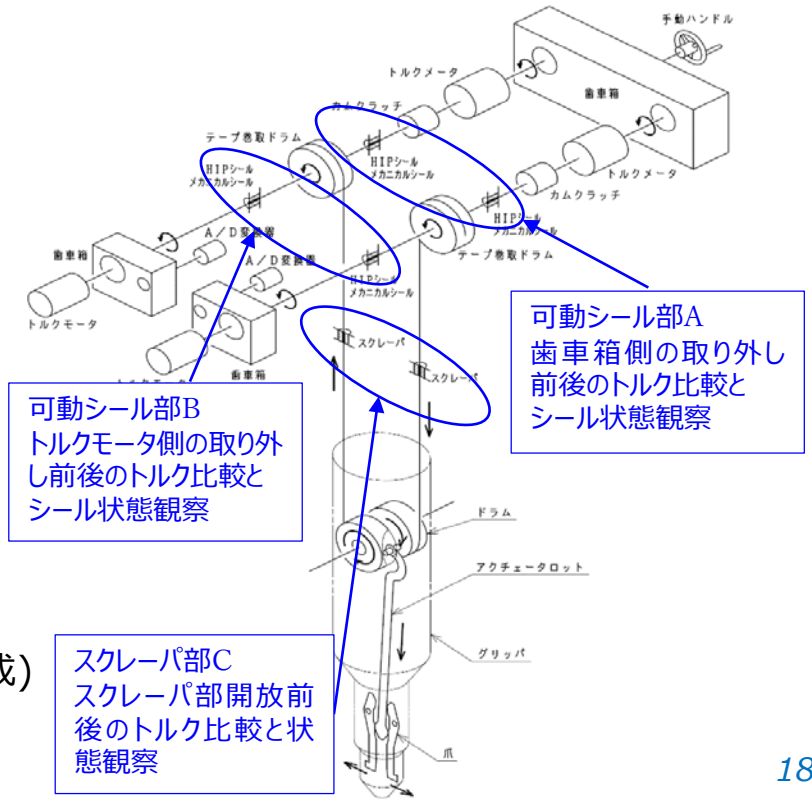
トルク上昇の要因 (推定)	対策実施状況	発生時の対応
<p><上爪></p> <ul style="list-style-type: none"> Na付着状態での長期保持時に機器表面で微量の酸素が化合物のブリッジを生成 保持時間の長期化（1週間以上）に伴い化合物表面のブリッジが強固になる <p><下爪></p> <ul style="list-style-type: none"> EVSTで付着したNaが、露点の高い燃料洗浄槽で水酸化物に変化 次にグリッパをEVSTに浸漬した際に吸湿した水酸化物表面に、さらにNaが付着 グリッパの爪側面に付着したNa化合物がアクチュエータの昇降に伴い爪の隙間の小さい部分に堆積、または脱落して噛みこみ、トルク上昇（回数を繰り返す毎に上昇） 	<p><上爪></p> <ul style="list-style-type: none"> 上爪の開閉動作（テープ調整）の実施場所を、グリッパの温度が低下する燃料洗浄槽及び地下台車から、高温Na環境のEVSTに変更するように自動化運転プログラムを修正 <p>⇒ 燃料体の処理作業までに対応</p> <p><下爪></p> <ol style="list-style-type: none"> 燃料洗浄槽の除湿対策 ヒータ等の設置による残留湿分の低減を実施。 ⇒ 燃料洗浄槽及び配管の温度分布測定に基づきヒータの追加設置部位決定、燃料体の処理作業までに対応 自動化運転プログラムの修正 燃料洗浄槽への燃料受入前にガス置換を3回実施するように自動化運転プログラムを変更 ⇒ 燃料体の処理作業までに実施 燃料体の取出し後の本体A手入れ 燃料体取出し時に本体Aのグリッパテープ及びスクレーパに処理時より多くのナトリウムが付着する ⇒ 燃料体の取り出し後に本体Aの手入れを実施 	<p><上爪> <下爪></p> <ul style="list-style-type: none"> トルク上昇が発生し、規定値を超える場合には、グリッパを燃取機器洗浄槽にて洗浄し、Na化合物を除去する <p>⇒ 2018年度の実績から治具の準備を含め約3～5日必要</p>

トルク上昇の要因 (推定)	対策状況	発生時の対応
<ul style="list-style-type: none"> 摺動抵抗トルク (可動シール部またはスクレーパ部) が增大して、爪開閉トルクが上昇 	<ul style="list-style-type: none"> 可動シール部とスクレーパ部について、手入れと摺動抵抗部品の交換を行い、分解点検後に復旧する ⇒ 摺動部品交換後の作動試験によりトルク値が正常に復旧したことを確認 可動シール等のトルク上昇原因調査 (分解調査) 可動シール部のメカニカルシールのトルク上昇が支配的 温度が低くなるとトルク上昇する傾向。新品交換でトルク低下し、予想作動回数ではトルク上昇しない見通し 	<p>2019年度の燃料体の処理では、トルクを監視しつつ、処理期間途中 (約80~90体の処理後) に、トルクが上昇する場合には、中間的な手入れでメカニカルシールを交換して対策の確認を行う ⇒ 駆動装置の分解点検のため作動試験を含め約1ヶ月必要</p>

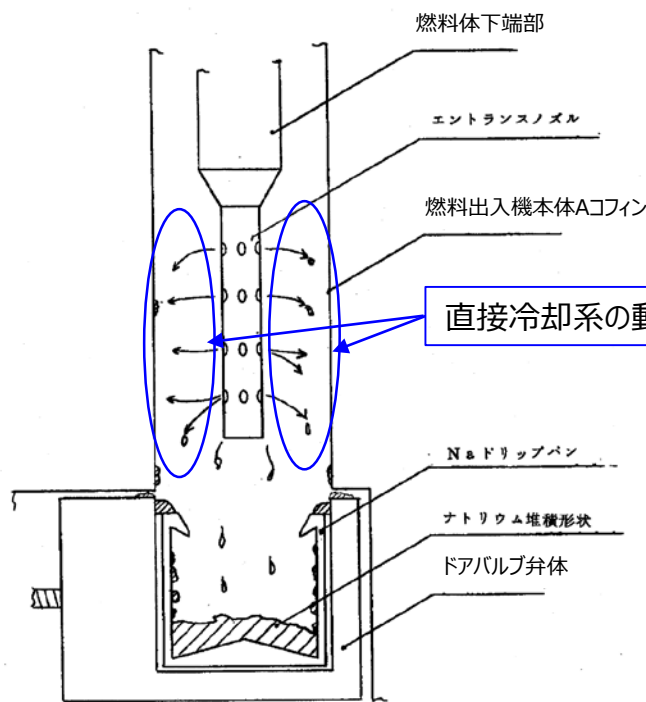


注* : HiP = High Performance

可動シール部概略構造 赤字: 摺動抵抗部品



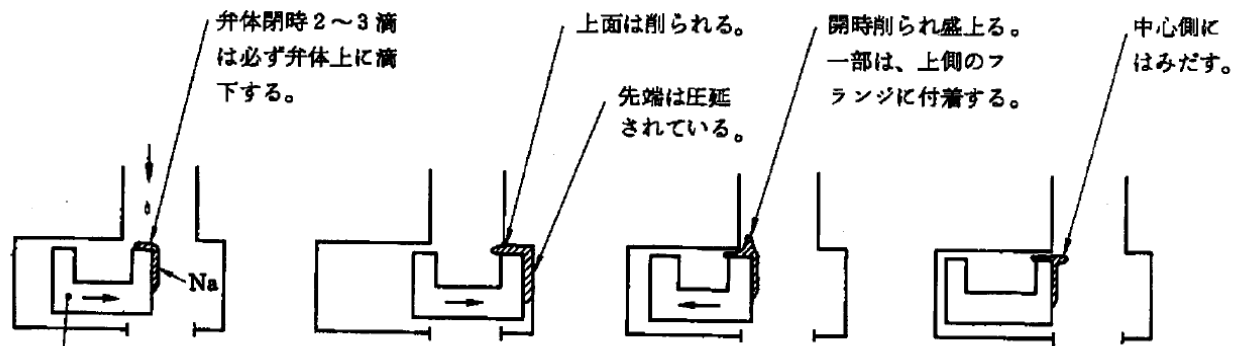
発生事象	対策状況	発生時の対応
燃料出入機本体Aドアバルブのナトリウム付着によるシール漏れ (Na滴下防止対策)	<ul style="list-style-type: none"> 燃料洗浄槽の除湿対策によりNaの潮解を防止する 過去に直接冷却系の動作によりドアバルブにNaが滴下することを確認しており、現在の燃料崩壊熱から直接冷却を停止しても燃料損傷のリスクはないことから、燃料出入機本体A直接冷却系の運転を停止するソフト変更を実施中。 ソフト詳細設計、変更図書整備完了、ソフト製作中。 ⇒ 燃料体の処理事業までに対策実施	ドアバルブシール漏えいの発生、またはドリップパンのつかみ不良等が発生した場合には、必要に応じてドアバルブの分解点検を実施。 ⇒ 本体AのNaバウンダリを開放するため、本体AのNa付着部分の分解点検が必要となり、約1ヶ月必要



直接冷却系の動作により飛散するNa

- 直接冷却系の動作により、エントランスノズルから側方にNaが飛散
- 飛散したNa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Na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

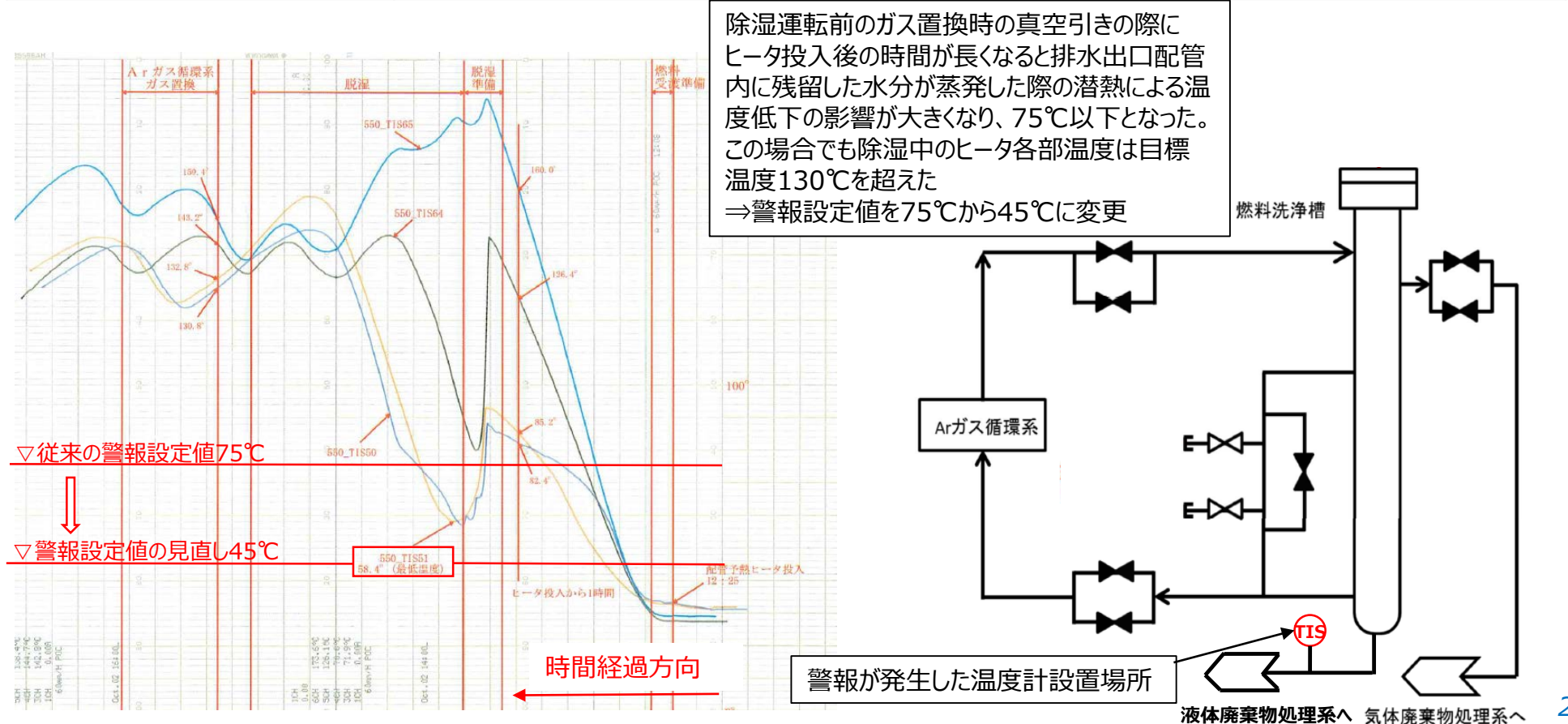
⇒ 直接冷却系を停止して側方へのNaが飛散を無くし弁体へのNa付着を低減する
 同時に、a項 (対策A)で燃料洗浄槽の除湿対策を実施することでNa化合物の生成を防止する



ドアバルブへのナトリウム滴下状態 (直接冷却系動作時)

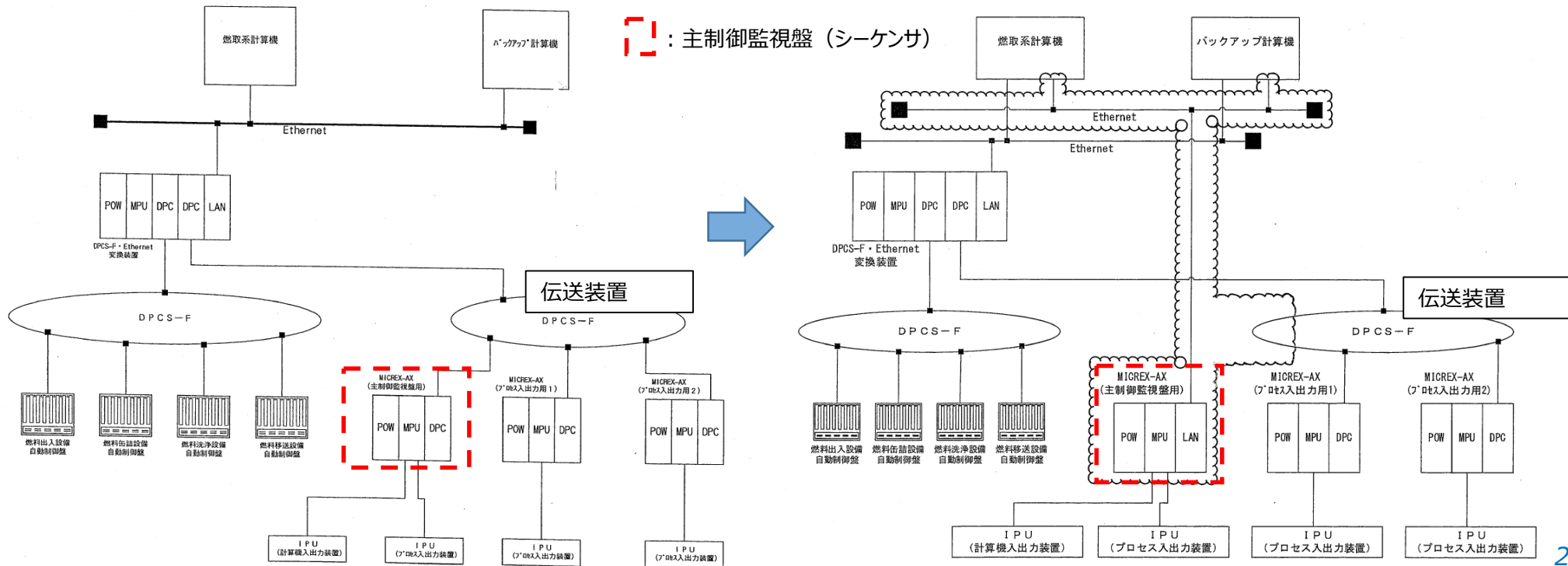
ドアバルブ弁体上面及び側面へのナトリウム付着現象

発生事象	対策状況	発生時の対応
燃料洗浄槽配管予熱温度異常による自動化運転停止	<ul style="list-style-type: none"> 予熱温度設定値と運転時の温度変動（一時的な温度低下等）の不整合 予熱ヒータの警報設定値の最適化等を具体化し、詳細設計、変更図書整備完了。ソフト製作中。 ⇒ 燃料体の処理作業までに対策実施	機器の異常がないことを現場にて確認、一時的な温度異常であること確認した上で、既知の事象として再開。 ⇒ 現場確認の時間として自動化運転再開まで1時間程度必要

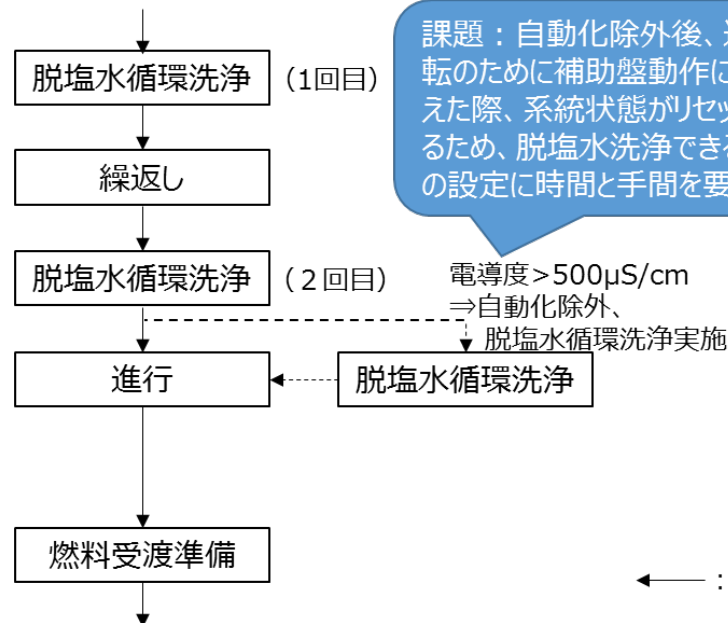


発生事象	対策状況	発生時の対応
制御信号伝送異常等による自動化運転停止	<ul style="list-style-type: none"> • 伝送異常等が複数発生しており、要因分析から伝送装置に起因すると評価していることから、燃料処理設備の主制御監視盤の伝送システムを更新する方針とし、設備更新に伴うソフト・ハード詳細設計、変更図書整備完了。ソフト製作中。(他の盤の更新については、主盤の更新による効果を確認した上で検討) ⇒ 燃料体の処理作業までに対策実施 	作動試験を複数回実施し、再現性がないことを確認して、一時的な伝送異常と確認した上で再開 ⇒ 作動試験等の確認のため自動化運転再開まで2時間程度必要

• 伝送装置の老朽化に伴う伝送エラーが要因分析から推定されている
 ⇒ 燃料処理設備の主制御監視盤の伝送装置等をバイパスし、直接 LAN 接続することで伝送エラーを低減する

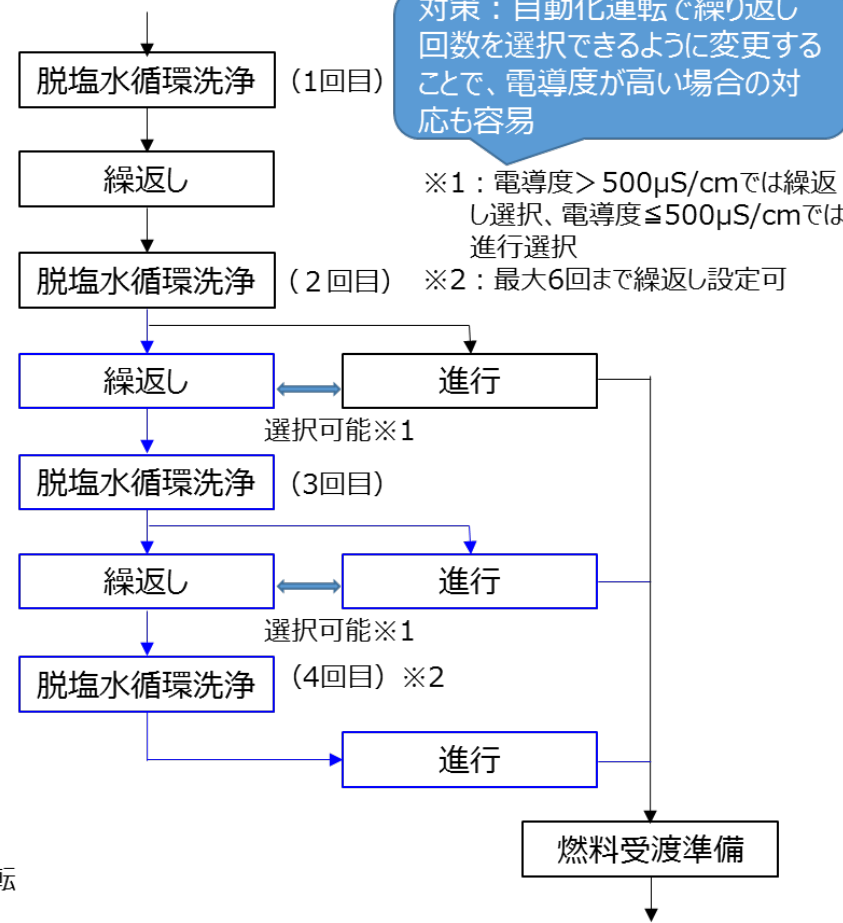


発生事象	対策状況	発生時の対応
洗浄水の電気伝導度高による自動化運転停止 (燃料洗浄追加手動操作の自動化)	<ul style="list-style-type: none"> 手動で実施していた追加洗浄運転を自動化するロジックを具体化し、ソフト詳細設計、変更図書整備、ソフト製作完了、インストール予定。 ⇒ 燃料体の処理作業までに対策実施	電気伝導度が高い場合は下記のロジックで繰り返し洗浄を実施 (洗浄1回あたり約30分)



洗浄設備運転の現状

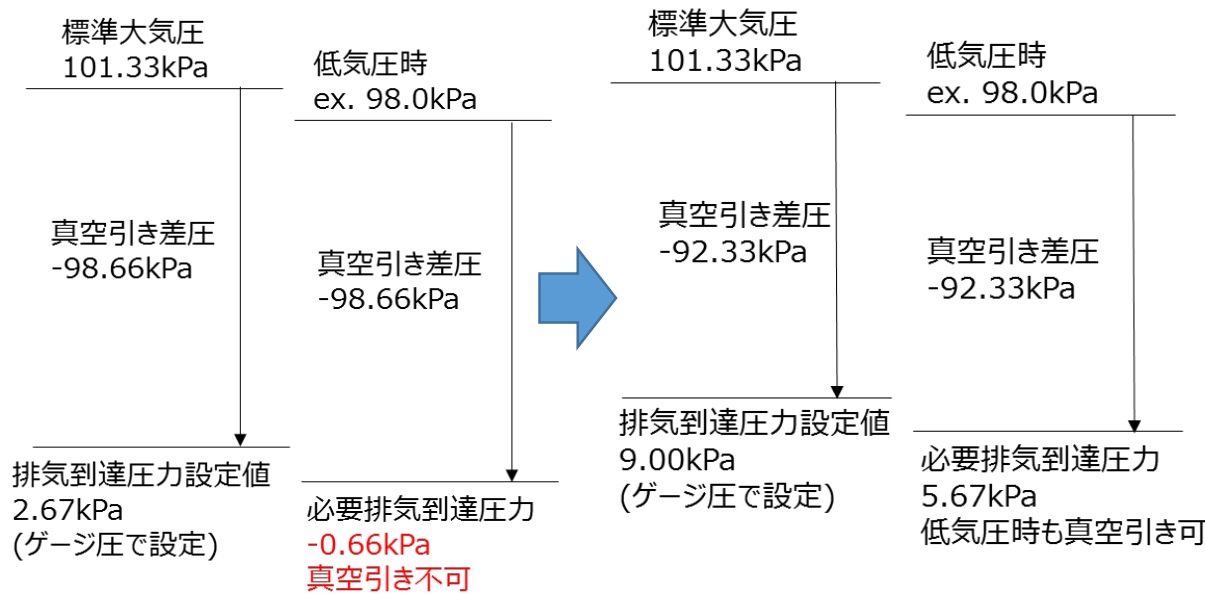
課題：自動化除外後、連動運転のために補助盤動作に切替えた際、システム状態がリセットされるため、脱塩水洗浄できる条件の設定に時間と手間を要する



洗浄設備運転の改良変更案

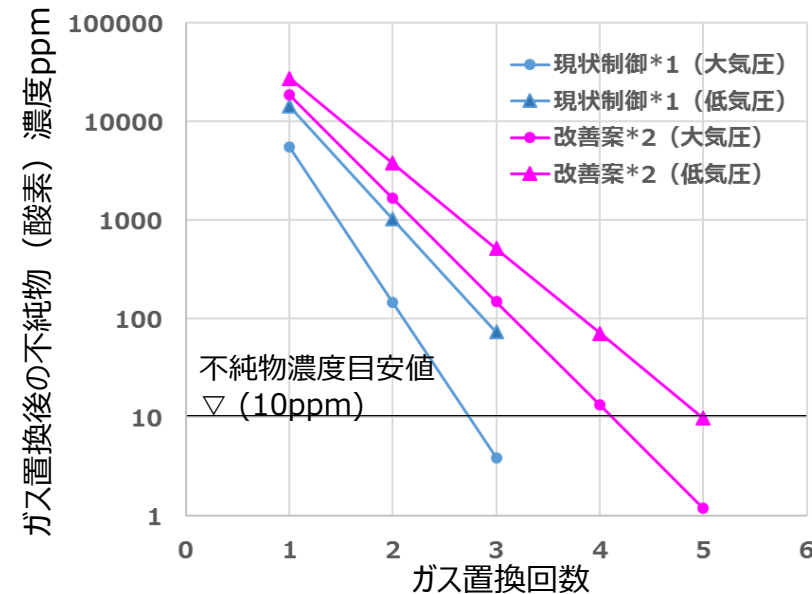
← : 自動化運転
 ← : 連動運転

発生事象	対策状況	発生時の対応
ガス置換時間超過による自動化運転停止（地下台車等）（対策C⑦）	<ul style="list-style-type: none"> ガス置換時の低気圧や差圧計のばらつき等に伴う真空引き時間超過→連動運転渋滞警報 対策内容：ガス置換時の真空引きの設定圧力を上げて、警報発生を抑制し、排気回数を3回→5回に増加することで目安の不純物濃度以下とする 燃料体取出し前にプログラム修正対応実施し、発生頻度は大幅低下（6件/86体⇒1件/100体）したが、燃料体取出し時の台風による気圧低下時に変動ばらつきに伴い1件発生 	<p>計算機のログを確認し、当該要因であること、現場確認により弁などの動作に異常がないことを確認して、気圧低下に伴う連動運転渋滞と確認した上で再開 ⇒ 現場確認の時間として自動化運転再開まで1時間程度必要</p>



従来ガス置換条件
(ガス置換3回実施)

改善ガス置換条件
(ガス置換5回実施)



ガス置換回数と不純物濃度の関係

*1：ガス置換3回、排気到達圧力設定値2.67kPa
 *2：ガス置換5回、排気到達圧力設定値9.00kPa

① 過去トラブル事象の調査

7/22監視チーム会合資料

- 第1キャンペーンを除き、炉心からの燃料体の取出し 1992年～2012年の燃料交換作業（点検・試験含む）で認知した不具合及び改善事項（対策済み含む）下記の事象（約250件）を抽出
⇒対策不十分なものがないことを確認、また、設備保修等のハード対策を既に実施済み（なお、一部手順書への改善点が確認されたため、反映中）

設備名	主な警報等	備考
燃料交換機本体設備 (FHM) (98件)	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料吊り・不吊り判定異常による自動化除外 ・パンタグラフ開閉異常 ・新燃料挿入異常(セルフオリエンテーション異常) ・燃料交換装置下降時の燃料交換装置本体駆動装置内部圧力低 ・燃料交換装置本体継ぎ目の軸封通過時の軸封アルゴンガス流量高 ・一時的な電源異常に伴う自動化除外 ・伝送信号異常等による自動化除外 など 	
燃料交換孔ドアバルブ (12件)	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス供給系減圧弁の動作不良 ・弁座シール電磁弁の誤閉 など 	
回転プラグ (10件)	<ul style="list-style-type: none"> ・回転プラグジャッキアップ時間のタイムオーバー ・アルゴンガス圧力制御間違いによるシリコンオイルのオーバーフロー ・回転プラグジャッキアップ時の油圧圧力高（逆止弁開放固着）など 	
原子炉機器輸送ケーシング (AHM) (10件)	<ul style="list-style-type: none"> ・グリッパ下降時の「荷重超過」による下降停止 など 	
プラグ取扱機 (PHM) (4件)	<ul style="list-style-type: none"> ・ECモータータコゼネレーター絶縁低下 など 	
炉内中継装置(IVTM) (5件) (燃料出入孔スリーブ含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・IVTMドアバルブ開閉状態表示不点灯 など 	
燃料処理設備 (58件) (燃処理系計算機含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料出入設備オーバーラン など 	
その他 (55件)	<ul style="list-style-type: none"> ・付属設備（ガス系、電気設備等）他の不具合 など 	

② 想定事象の整理と対応

- 過去トラブル事象の調査について、発生可能性や対応の難易度に応じて教育訓練を実施予定
 - ・模擬訓練：今後も発生の可能性が残り、かつ対処方法が複雑で実機での訓練が必要と判断した事象
 - ・図上訓練：今後も発生の可能性が残るが、操作が複雑ではなく机上での想定訓練で対応可能と判断した事象
 - ・教育対応：今後発生する可能性はほとんどない事象

設備名	主な警報内容	件数	対応			備考
			手順書 反映	図上 訓練	模擬 訓練	
燃料交換機 本体設備	・ 新燃料挿入異常(セルフオリエンテーション異常)	9	○		○	
	・燃料交換装置下降時の燃料交換装置本体駆動装置内部圧力低	1	○	○		
	・燃料交換装置本体継ぎ目の軸封通過時の軸封アルゴンガス流量高	1	○	○		
	・一時的な電源異常に伴う自動化除外	1	○	○		
	・伝送信号異常等による自動化除外（条件不成立での自動化除外、フリッカ未点灯による自動化除外）	14	○	○		
燃料交換孔 ドアバルブ	・弁座シール電磁弁の誤閉	1	○			教育対応※1
回転プラグ	・回転プラグジャッキアップ時間のタイムオーバー	1	○			教育対応※1
	・アルゴンガス圧力制御間違いによるシリコンオイルのオーバーフロー	1	○			教育対応※1
	・回転プラグジャッキアップ時の油圧圧力高（逆止弁開放固着）	1	○			教育対応※1

※1： 机上教育における事例周知、注意喚起

③2018年度発生事象の整理

- 第1キャンペーンで発生した全不具合について整理し、原因の追加が必要な事象を抽出

2018年度発生事象の整理結果の例

概要	設備名	原因	主な対策	要因分類	対策分類	顕在化事象 原因追加
1.EVSTにて、燃料出入機（本体A）のグリッパが動作不良（2018年7月4日）	燃料出入機本体A	ナトリウム化合物がグリッパ上爪に付着した	グリッパ等を洗浄後、動作復旧。グリッパ洗浄後のガス置換回数増加と作業終了後のEVSTのNa中でのテープ調整動作確認を追加。今後、テープ調整場所のEVSTへの変更を自動化運転プログラムに反映予定。	機械異常	設備対応（ソフト改造）	○：ナトリウム固着に加えて化合物固着も要因に追加
2.EVSTのブローダウンガス流量が所定の値を下回った（2018年7月13日）	ドアバルガス置換系	6連床ドアバルブ（A～F列）のブローダウンガス流量調整弁の開度を同じ弁開度としていたため	使用するドアバルブごとにブローダウンガス流量調整弁の開度弁を設定する手順に見直し済み。	系統異常	対策完了	×：手順見直して発生しない
6.燃料出入機（本体B）により、地下台車から空の缶詰缶を吊り上げていたところ、停止（自動化運転除外）（2018年7月16日）	燃料出入機本体B	駆動機構のクラッチ内部で、部品が突き出し、クラッチ板と接触したため、クラッチ板の部品が脱落し、噛みこんだ	クラッチの交換、部品の固定処理、組立手順の見直し。関連設備の点検実績調査を行い、同様な不具合が生じないことを確認。	機械故障	対策完了	○：クラッチ損傷を要因として追加
67.燃料出入機本体Bの高速上昇時のストローク変動（2018年11月25日）	燃料出入機本体B	No.65の再現性未確認のち警報は発報しなかったが高速上昇時のストロークに変動あり（11/25）。トルクリミッタ設定を確認したところ7.5Nm（規定13Nm）であったため調整。しかし、その状態での再現試験で同事象発生（11/27）。	摩擦板を交換し初期に近い状態にするとともに、速度を監視することでその摩擦力低下の傾向を把握しながら運用。今後、トルクリミッタを予備品確保予定。	機械異常	設備対応（予備品）	○：要因として追加（No.65と同じ）
74.燃料出入機本体Bグリッパつかみ・はなし異常の警報発報（2018年12月4日）	燃料出入機本体B	可動シール部等の摺動抵抗増加によるグリッパ爪開閉トルクの増加	中間加圧により可動シール部の破損時に内部ガスの漏えいはなく、中間加圧は監視可能。現行のトルクレベルでは、駆動装置及びグリッパを損傷する恐れはない。 ①摺動抵抗増加傾向に応じて燃料処理前に動作確認を行うこと、②監視（爪開閉トルク、爪開閉と昇降トルクの相関）を継続し、警報発報時は連動・単独操作でグリッパ状態を確認した上で進めること、③それでもトルク値が高い状態が継続する場合は中断し、必要に応じて分解を含む詳細点検を行うこととして作業を継続。 分解点検により原因調査と対策を検討中	機械異常	設備対応（対策検討）	○：要因として追加

④警報 - 原因対照表の整理

● 警報発報時の手順書に反映、操作員の教育、異常時対応に活用 (例 燃料出入設備補助盤)

表3.4-2 警報-原因対照表 (燃料出入設備補助盤2(C-F005-2))

*1: 調整運転等で復旧可能性がある事象または継続運転の可能性がある事象

*2: 標準復旧要領等により対応できる可能性のある事象

*3: 安全上重要な事象または長期の燃料処理停止に至る可能性のある事象

設備名称	燃料出入設備				
盤名称	燃料出入設備補助盤2(C-F005-2)				
警報名称	原因 (警報発生原因)	調整運転等*1	標準復旧要領*2	重要事象*3	備考
本体B グリッパ昇降異常	本体B グリッパ昇降範囲内で本体B グリッパ又は取扱対象物がスティックレトルク高が発生			○	重要事象 (グリッパ長期停止) に至る可能性があり原因究明要
本体B グリッパ昇降異常	本体B グリッパ昇降駆動系の動作不良でトルク高が発生 (1/2体分)		○		機器故障 (駆動系)
本体B グリッパ昇降異常	本体Bグリッパ昇降駆動系のスティックでトルク高が発生 (1/2体分)			○	重要事象 (グリッパ長期停止) に至る可能性があり原因究明要
本体B グリッパ昇降異常	本体Bグリッパ昇降範囲内でスティックレテブスラックが発生 (連動)			○	重要事象 (グリッパ長期停止) に至る可能性があり原因究明要
本体B グリッパ昇降異常	本体B グリッパ昇降駆動系の異常			○	機器故障 (駆動系)
本体B グリッパ昇降異常	本体B グリッパ下限停止領域であるにもかかわらず、対象物が無く昇降トルク低とならない	(○)			重要事象 (燃料落下) に至る可能性があり原因究明要
本体B グリッパ昇降異常	本体B グリッパ下限低速領域以外でスティックし昇降トルク低が発生			○	重要事象 (グリッパ長期停止) に至る可能性があり原因究明要
本体B グリッパ昇降異常	本体B グリッパ位置検出器等が故障し上限が発生		○		機器故障 (検出器)
本体B グリッパ昇降異常	本体B グリッパテープストロークにアンバランスが発生	○			調査及び調整運転で解消しなければ点検実施
本体B グリッパ昇降異常	本体B 爪開閉駆動系のクラッチ損傷に伴いトルク高が発生		○		機器故障 (駆動系)
本体B グリッパ昇降異常	本体B グリッパ駆動系のトルクリミッタすべりに伴いストローク変動が発生		○		機器故障 (駆動系)
本体B グリッパ昇降異常	可動シール部等の摺動抵抗増加によるグリッパ下降トルクの低下		○		機器故障 (可動シール部等)
本体A グリッパ昇降異常	本体A グリッパ昇降範囲内でスティックレトルク高が発生			○	重要事象 (グリッパ長期停止) に至る可能性があり原因究明要
本体A グリッパ昇降異常	本体A グリッパ昇降駆動系の動作不良でトルク高が発生 (1/2体分)		○		機器故障 (駆動系)
本体A グリッパ昇降異常	本体A グリッパ昇降駆動系のスティックでトルク高が発生 (1/2体分)			○	重要事象 (グリッパ長期停止) に至る可能性があり原因究明要
本体A グリッパ昇降異常	本体A グリッパ昇降範囲内でスティックレテブスラックが発生 (連動)			○	重要事象 (グリッパ長期停止) に至る可能性があり原因究明要
本体A グリッパ昇降異常	本体A グリッパ下限停止領域であるにもかかわらず、対象物が無く昇降トルク低とならない。	(○)		○	重要事象 (燃料落下) に至る可能性があり原因究明要
本体A グリッパ昇降異常	本体A グリッパ下限低速領域以外でスティックし昇降トルク低が発生			○	重要事象 (グリッパ長期停止) に至る可能性があり原因究明要
本体A グリッパ昇降異常	本体A グリッパ下限低速領域で、下限停止領域でないにもかかわらずスティックし、昇降トルク低が発生	(○)			重要事象 (燃料落下) に至る可能性があり原因究明要
本体A グリッパ昇降異常	本体Aグリッパ位置検出器等が故障し上限が発生		○		機器故障 (検出器)
本体A グリッパ昇降異常	本体AグリッパテープへのNa異常付着等でテープストロークにアンバランスが発生	○			調査及び調整運転で解消しなければ点検実施
本体A グリッパ昇降異常	本体A グリッパ上位置検出器等が故障し上限が発生		○		機器故障 (検出器)
本体A グリッパ昇降異常	本体A グリッパテープへのNa異常付着等でテープストローク異常が発生	○			調査及び調整運転で解消しなければ点検実施
本体A グリッパ昇降異常	本体A爪開閉駆動系のクラッチ損傷に伴いトルク高が発生		○		機器故障 (駆動系)
本体A グリッパ昇降異常	本体Aグリッパ駆動系のトルクリミッタすべりに伴いストローク変動が発生		○		機器故障 (駆動系)
本体A グリッパ駆動装置温度 高/低	本体A グリッパ駆動装置温度計等異常で温度高が発生		○		機器故障 (温度計)
本体A グリッパ駆動装置温度 高/低	ヒータ故障等で、本体グリッパ駆動装置温度低が発生		○		機器故障 (ヒータ)
本体A グリッパ 駆動クランプ・ブレーキ電源故障	本体A グリッパ駆動クラッチ、短絡等によりMCCBトリップ		○		機器故障 (クラッチ)
本体A グリッパ 駆動クランプ・ブレーキ電源故障	本体A グリッパ駆動クラッチ 2 過負荷異常によりMCCBトリップ	○			調査及び調整運転で解消しなければ点検実施
本体A グリッパ 駆動クランプ・ブレーキ電源故障	本体A グリッパ駆動クラッチ 4 過負荷異常によりMCCBトリップ	○			調査及び調整運転で解消しなければ点検実施

本体Bの顕在化事象を原因に追加

本体Bの顕在化事象を本体Aに水平展開

➤ 2018年度の燃料体処理で経験した不具合等のまとめ

5/27監視チーム会合資料 (一部修正)

・発生した警報等86件のうち、設備対応32件、運用対応6件、対策完了31件*、今後不使用等17件*

* : 下表では代表的な不具合のみ記載

要因分類	主な対策を要する不具合等	対策分類*1
機械異常	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料出入機本体Aグリッパのつかみはなし異常(Na等付着) :8件 ・燃料出入機本体Aグリッパのクラッチ動作遅延 :1件 ・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) :3件 ・燃料出入機本体Bトルクリミッタ摩擦板の滑り :2件 ・真空ポンプシール異常 :2件 ・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:2件 ・グリッパ交換装置現場盤動作不可 :1件 	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">} 設備対応19件</div> <div style="background-color: #D9E1F2; padding: 5px;"> 設備対応 設備対応 設備対応 設備対応 設備対応 設備対応 </div> </div>
系統異常	<ul style="list-style-type: none"> ・EVSTブローダウン流量異常 :1件 ・プレコートフィルタ通水不可 :1件 	<div style="background-color: #D9E1F2; padding: 5px;"> 対策完了 (運用対応) 対策完了 (運用対応) </div>
信号異常	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料洗浄設備のリミットスイッチのズレ :1件 ・ガス置換時間超過による自動化運転停止 (地下台車等) :6件 ・燃料洗浄槽配管予熱温度異常による自動化運転停止 :2件 ・自動化運転における対象物入力不可 :1件 ・自動化運転リセット後のCRT表示不具合 :1件 ・制御信号伝送異常等による自動化運転停止 :3件 ・燃料移送機の連動運転渋滞 :1件 ・警報発生時に自動化除外せず :1件 ・クラッチ動作遅延ソフトの誤修正 :1件 	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">} 設備対応11件 運用対応6件</div> <div style="background-color: #D9E1F2; padding: 5px;"> 設備対応 運用対応 設備対応 設備対応 設備対応 設備対応 設備対応 設備対応 </div> </div>
環境異常	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料缶詰装置監視用ITV保護ガラスの結露 : 2 件 	<div style="background-color: #D9E1F2; padding: 5px;">今後不使用</div>
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・監視用ITVモニタ画像での確認困難による缶詰缶回転操作 :1件 ・貯蔵ラックターゲットプレート上の影 :1件 ・洗浄水の電気伝導度高による自動化運転停止 :1件 	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">} 設備対応2件</div> <div style="background-color: #D9E1F2; padding: 5px;"> 今後不使用 設備対応 設備対応 </div> </div>

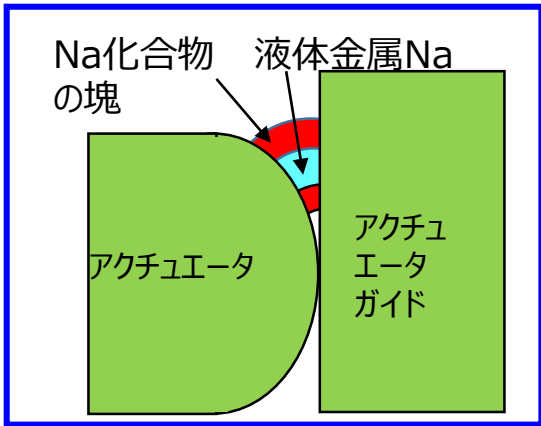
*1 : 設備対応 : 設備対応 (設備改善、補修・調整や予備品確保) の検討が必要な項目

運用対応 : 運用対応 (運用改善、手順書反映) の検討が必要な項目

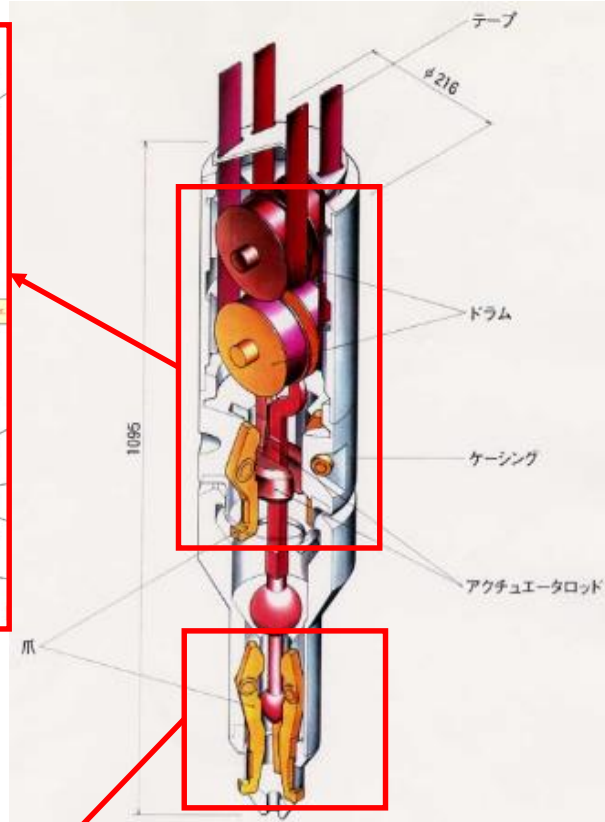
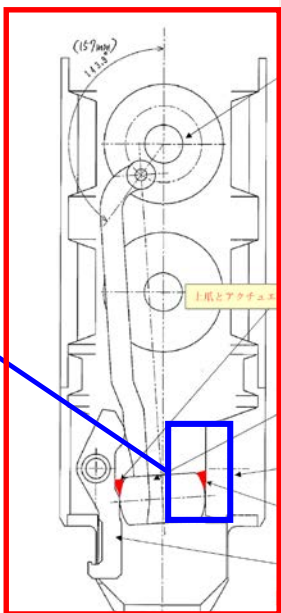
- 2018年度の燃料体の処理で発生した不具合への対策等については、予定どおり進捗

解決すべき課題と不具合対策		完了時期	進捗状況
【対策A】燃料出入機本体Aグリッパ (Na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)		1月	摺動部品交換済(6月) 1) 工事完了し、性能試験実施中。2) ソフト修正の工場検証完了し、現地試験実施中 (12月末)
【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		1月	摺動部品交換済(6月) シール耐久性調査を準備中(1月末)
【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)	完了	
	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)	完了	総合機能試験で実機確認済 (8月中旬)
	③ 燃料出入機本体Aグリッパのクラッチ動作遅延	完了	総合機能試験で実機確認済 (8月中旬)
	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 (Na滴下防止対策)	1月	
	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)	1月	ソフト修正の工場検証完了し、現地試験で確認中 (12月末)
	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)	1月	
	⑦ ガス置換時間超過による自動化運転停止 (地下台車等)	完了	実動作試験で実機確認済 (7月中旬)
	⑧ 燃料洗浄槽配管予熱温度異常による自動化運転停止	1月	【対策A】燃料洗浄槽の除湿対策と合わせて現地試験で確認中 (12月末)

○ 燃料洗浄槽でのNa→水霧囲気置換に伴いNaの付着したグリッパに湿分等が付着することでNa化合物が生成し、爪開閉トルク上昇



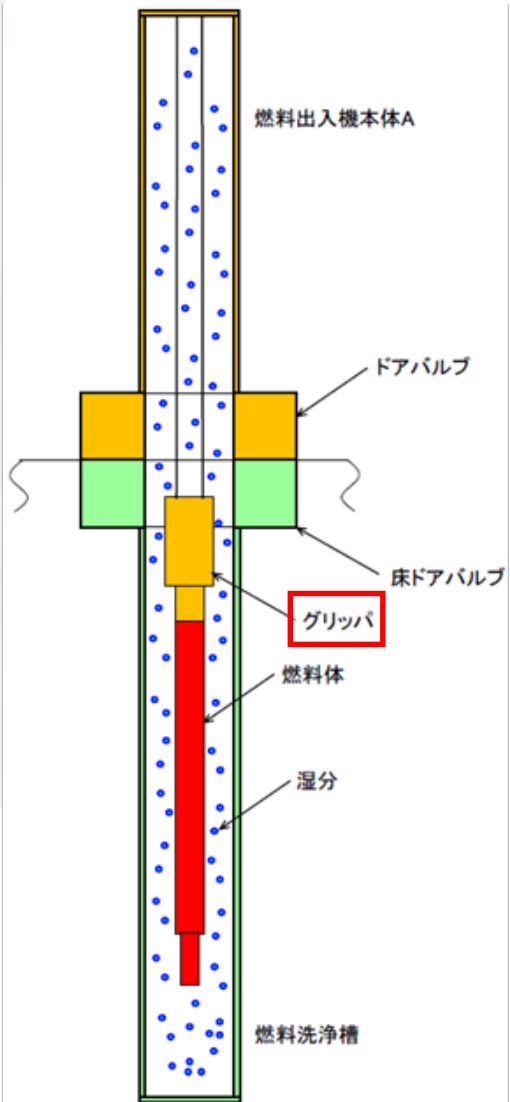
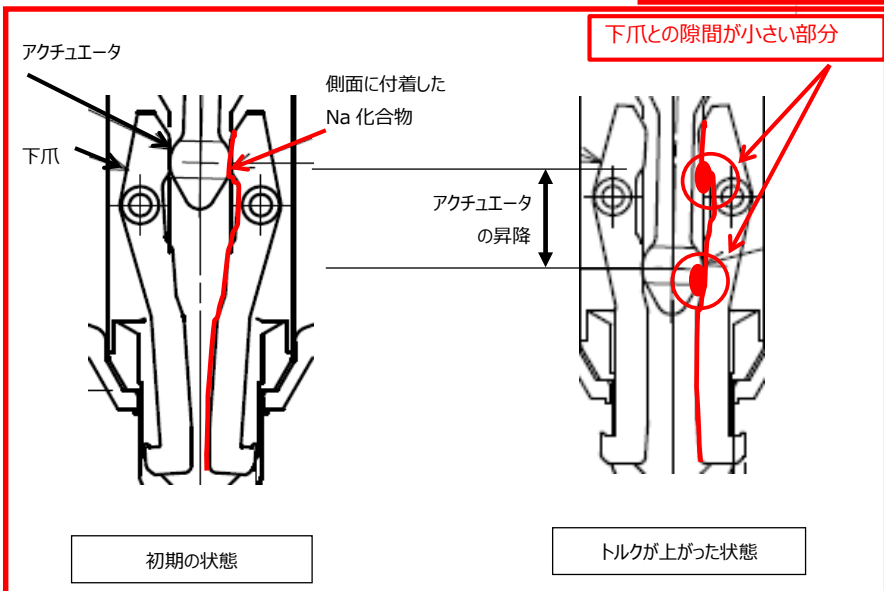
■ : 想定されるNa化合物付着部位



本体Aグリッパ構造



Na化合物の付着状況



燃料洗浄槽での本体Aグリッパへの湿分付着

