

「もんじゅ」の燃料体取出し作業の進捗状況

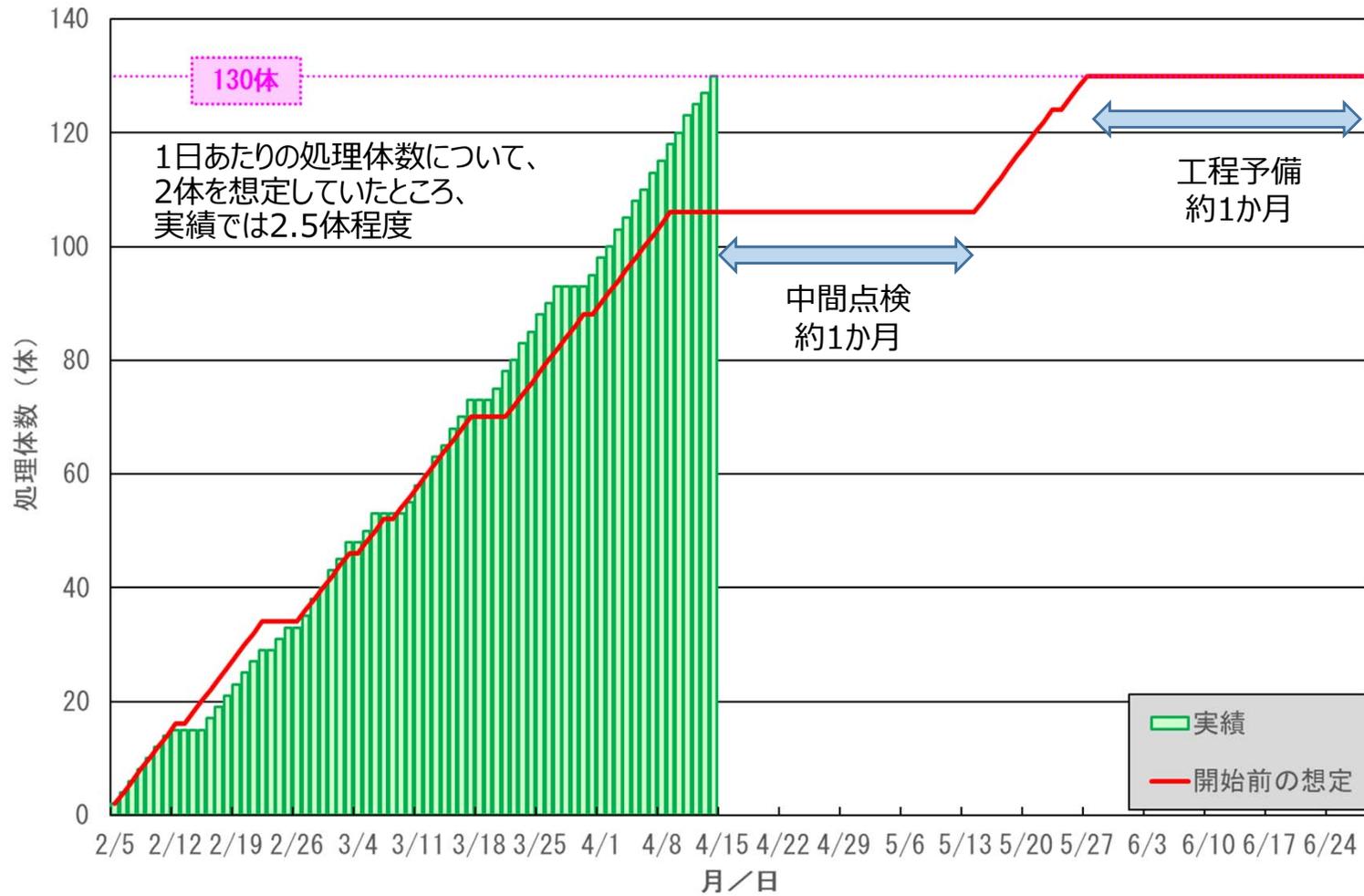
2020年4月20日

日本原子力研究開発機構 (JAEA)

- ◆燃料体の処理作業については、2月5日に開始して4月15日までに計画通りに進捗し、計画した130体の処理を完了（頁2参照）
- ◆燃料出入機本体 A 及び本体 B の爪開閉時のトルクは、対策の効果が現れ低く安定
 - 中間点検の期間中において、燃料出入機本体A及び本体Bの手入れ（分解点検）は、不要と判断（頁3参照）
 - 想定外の事象は発生せず（頁16～18参照）
- ◆4月16日に中間点検を開始、1か月程度の期間を予定
ドアバルブシール漏れ対応、燃取系計算機等の点検（頁4参照）
- ◆中間点検の期間中にホールドポイントを設け、今回の燃料体の処理作業における体数追加の可否について判断（頁5,6参照）
- ◆4月中に部分装荷に係る廃止措置計画変更認可申請(令和元年7月22日)の補正申請（部分装荷に伴う原子炉施設の安全性、燃料体の取出しへの影響評価を追加し補正）

引き続き、安全の確保を最優先に作業を進める

- ◆ 燃料体の処理作業について、2月5日に開始して4月15日までに130体の処理を完了、4月16日に中間点検を開始



- ◆ 前回の燃料体の処理作業における不具合については、以下の通り対策の効果が現れているものと思料、また、想定外の事象は発生していない

- ① 燃料出入機本体 A グリッパの爪開閉トルク上昇

2月12日のトルク上昇確認後、2月14～15日に同グリッパを洗浄、その後、ドリップパン洗浄に合わせて洗浄実施、25～42N・mで安定

- ② 燃料出入機本体 B グリッパの爪開閉トルク上昇

2月16日に本体Bの加温（ハロゲンランプ点灯）開始後、30～48N・mで安定

- ③ 燃料出入機本体 A ドアバルブのシール漏れ

2月16日、3月10日及び3月20日の地下台車への接続の後にシール漏れが発生したが、ドアバルブ開閉等によって復旧

地下台車のナトリウム化合物を除去するために3月30日に地下台車の上部の簡易的な清掃を実施した以降、発生なし



- ◆ 対策の効果が現れていると思料

現状において、今後の燃料体の処理作業に影響を与えるような事象が発生する可能性は低いと判断されるため、今回の中間点検の期間における燃料出入機本体 A 及び本体 B の手入れ（分解点検）は、不要と判断

- ◆ 引き続き、トルクを注意深く監視

- ◆ 4月16日に開始した中間点検については、1か月程度の期間を予定
- ◆ 中間点検の期間においては、中間点検の後の燃料体の処理作業にソフト・ハード両面において万全の状態に臨むため、以下を実施する予定
 - ① 燃料出入機本体 A ドアバルブシール漏れに関し、以下の対応
 - i) プラバッグを用いた簡易的なドアバルブの手入れの手順を検討
 - ii) 地下台車について、下部も含めた清掃
 - ② 燃取系計算機の点検完了後、今回の燃料体の処理作業において発生した自動化運転除外等のソフト調査を実施
 - ③ 4月及び5月が保全計画（点検計画）における点検期限となっている以下の設備・機器等の点検
 - 燃取系計算機
 - 原子炉補機冷却水設備（熱交換器）
 - 共通保修設備（共通保修設備シーケンサ盤）

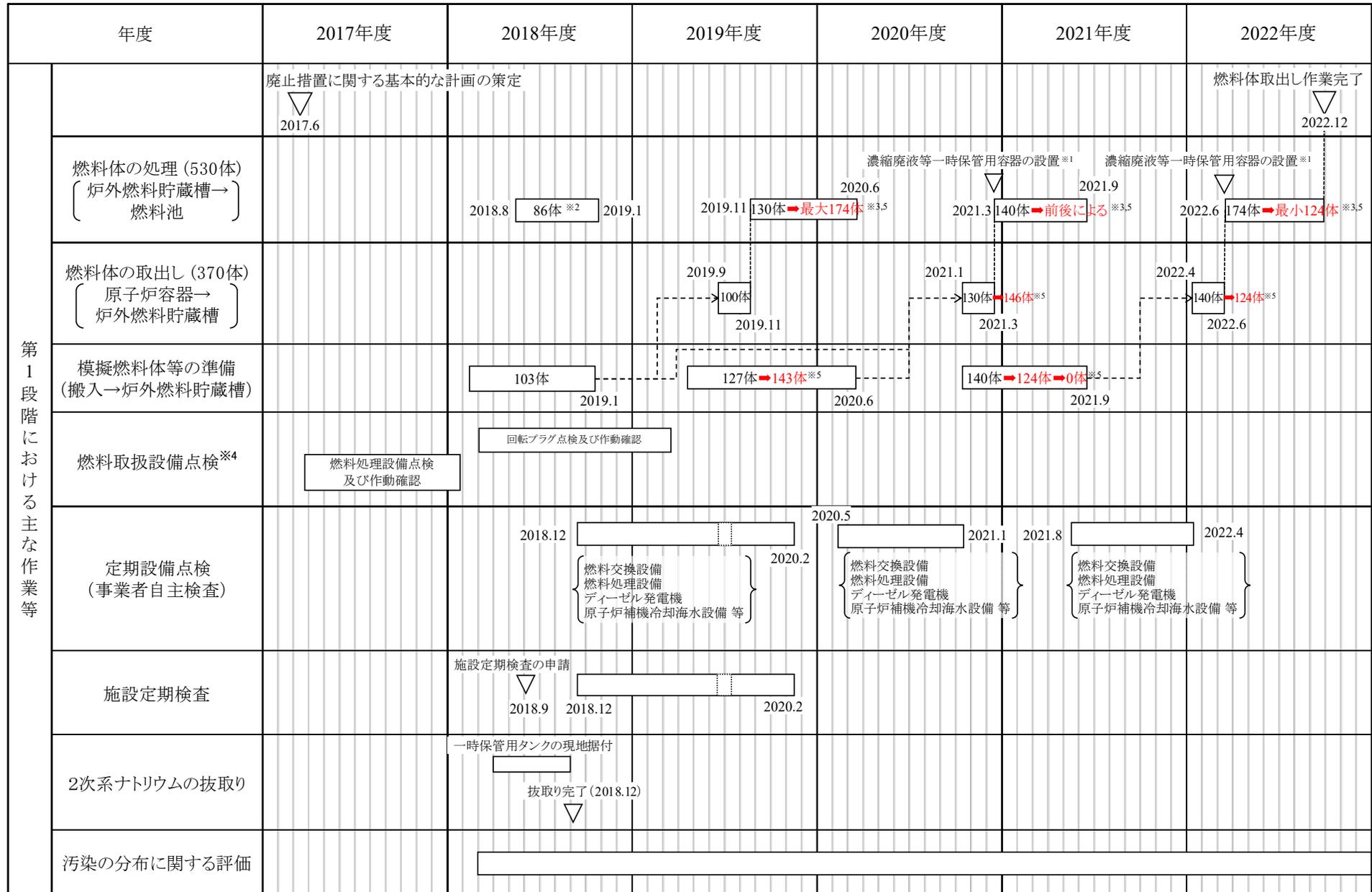
- ◆燃料体取出し作業全体の計画について、以下の観点を踏まえ、見直し
 - ①中間点検及びその後の燃料体の処理作業の進捗によっては、**工程予備を含めて6月中旬に炉外燃料貯蔵槽に保管している全ての燃料体の処理作業を完了**することが可能
 - ②今回の燃料体の処理作業において、
 - より多くの燃料体の処理を行うことにより、今後の燃料体取出し作業の全体工程に、**より十分な期間を確保**
 - 28体の模擬燃料体を炉外燃料貯蔵槽に追加装荷することにより、模擬燃料体の部分装荷を実施する際、次回の燃料体の取出し作業の進捗状況によっては、**次々回（最終回）の燃料体の取出し作業を部分装荷に限定でき、部分装荷へのプログラム変更が作業着手前に可能であり、より十分に作業の安全性を確保**

- ◆ 燃料体取出し作業の計画については、中間点検の期間中に、以下を確認の上、今回の燃料体の処理作業の体数追加の可否について所長が判断
そのうえで、中間点検を確実に完了させた後、燃料体の処理作業を開始
 - ① 130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
 - ② 130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
 - ③ 131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
 - ④ 131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 水抜き等の工程等）が成立していること

- ◆ 上記の所長判断を受けて機構として燃料体取出し作業の工程（体数）の変更を決定した場合には、30日以内に廃止措置計画変更届

- ◆ 引き続き、安全の確保を最優先に慎重に作業を進めていく

第1段階（燃料体取出し期間）の工程の変更例



※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(設置の要否を含む。)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。

以下、参考

燃料体の処理作業開始前に炉外燃料貯蔵槽に保管していた174体の処理※を行うことに関する燃料取扱設備の健全性等については、以下の通り、設計上の実機の燃料体取扱い体数と点検間隔／周期の関係から評価して設備機器への影響はない

※：燃料体の処理作業開始前の検査において行った制御棒2体の処理作業を含めると176体

- (1) 燃料出入機本体A【基本点検周期：プラント1サイクル毎、使用時期：燃料体取出し、燃料体処理】
基本点検周期における燃料体取扱体数が約260体（燃料体の取出し約130体＋燃料体の処理約130体）であり、176体を上回っていることから、影響はないと考える。
- (2) 燃料出入機本体B及び本体B直接冷却系【基本点検周期：プラント2サイクル毎、使用時期：燃料体処理】
基本点検周期における燃料体取扱体数が約260体（燃料体の処理約130体×2）であり、176体を上回っていることから、影響はないと考える。
また、今年度の燃料体の処理作業からは、缶詰缶（空缶、缶詰燃料）の取扱いがなくなったことから、1体の処理あたりの運転量（グリッパ昇降回数等）が減り、若干影響が緩和される。
- (3) 燃料出入設備走行台車【基本点検周期：プラント2サイクル毎、使用時期：燃料体取出し、燃料体処理】
基本点検周期における燃料体取扱体数が約520体（燃料体の取出し約130体×2＋燃料体の処理約130体×2）であり、176体を上回っていることから、影響はないと考える。
また、今年度の燃料体の処理作業からは、缶詰缶（空缶、缶詰燃料）の取扱いがなくなったことから、1体の処理あたりの運転量（走行回数等）が減り、若干影響が緩和される。
- (4) 炉外燃料貯蔵槽回転ラック及び床ドアバルブ【基本点検周期：プラント2サイクル毎、使用時期：燃料体取出し、燃料体処理】
基本点検周期における燃料取扱体数が約520体（燃料体の取出し約130体×2＋燃料体の処理約130体×2）であり、176体を上回っていることから、影響はないと考える。

- (5) ドアバルブガス置換系【基本点検周期：プラント2サイクル毎、使用時期：燃料体取出し、燃料体処理】
基本点検周期における燃料体取扱体数が約520体（燃料体の取出し約130体×2 + 燃料体の処理約130体×2）であり、176体を上回っていることから、影響はないと考える。
また、今年度の燃料体の処理作業からは、缶詰缶（空缶、缶詰燃料）の取扱いがなくなったことから、1体取扱あたりの運転量（ガス置換回数）が減り、若干影響が緩和される。
- (6) 燃料洗浄設備（床ドアバルブを含む）【基本点検周期：プラント2サイクル毎、使用時期：燃料体処理】
基本点検周期における燃料体取扱体数が約260体（燃料体の処理約130体×2）であり、176体を上回っていることから、影響はないと考える。
- (7) 水中台車（床ドアバルブを含む）【基本点検周期：プラント2サイクル毎、使用時期：燃料体処理】
基本点検周期における燃料体取扱体数が約260体（燃料体の処理約130体×2）であり、176体を上回っていることから、影響はないと考える。
- (8) 燃料移送機【基本点検周期：プラント2サイクル毎、使用時期：燃料体処理】
基本点検周期における燃料体取扱体数が約260体（燃料体の処理約130体×2）であり、176体を上回っていることから、影響はないと考える。
- (9) 新燃料移送機【基本点検周期：プラント2サイクル毎、使用時期：燃料体処理】
基本点検周期における燃料体取扱体数が約260体（燃料体の処理約130体×2）であり、176体を上回っていることから、影響はないと考える。
また、今年度の燃料体の処理作業からは、缶詰缶（空缶）の取扱いがなくなったことから、1体取扱あたりの運転量（グリッパ昇降回数等）が減り、若干影響が緩和される。
- (10) 地下台車及び地下台車新燃料予熱装置【基本点検周期：プラント2サイクル毎、使用時期：燃料体処理】
基本点検周期における燃料体取扱体数が約260体（燃料体の処理約130体×2）であり、176体を上回っていることから、影響はないと考える。
また、第2キャンペーンでは、缶詰処理から裸処理となって缶詰缶（空）の取扱いがなくなったことから、1体取扱あたりの運転量（走行回数等）が減り、若干影響が緩和される。

- ◆【対策 A】として燃料洗浄槽の除湿強化等を実施
- ◆2月12日、15体目の処理作業中にトルクが上昇
2月14～15日、グリッパを洗浄
その後、25～42N・mで安定
(燃料出入機本体Aドリップパンの交換・洗浄に合わせ、53体目の処理を終了した後の3月8～9日、グリッパを洗浄)
2月12日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



- ◆トルクが25～42N・mで安定していることから、対策の効果が現れていると史料
現状において、今後の燃料体の処理作業において想定を超える事象が発生する可能性が低いと判断されるため、今回の中間点検の期間における燃料出入機本体 A の手入れ（分解点検）は、不要と判断
- ◆引き続き、トルクを注意深く監視

- ◆【対策 B】として摺動部の手入れ・交換を実施
- ◆2月5日に燃料体の処理作業開始当初、トルクが高めで推移し、2月8日、8体目の処理の際に約52N・mに到達
 昨年度の燃料体の処理作業以降に実施した試験において、使用温度が低くなるとトルクが上昇する傾向を把握していたことから、
 2月16日、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
 その後、30～48N・mで安定
 ⇒【対策 B】及び加温（ハロゲンランプ点灯）の効果が十分に現れていると思料
 当初、トルクが高めで推移した原因は、環境条件（低い室温）と推定



- ◆トルクが30～48N・mで安定していることから、対策の効果が現れていると思料
 現状において、今後の燃料体の処理作業に影響を与えるような事象が発生する可能性が低いと判断されるため、今回の中間点検の期間における燃料出入機本体 B の手入れ（分解点検）は、不要と判断
- ◆引き続き、トルクを注意深く監視

- ◆ 前回の燃料体の処理作業における燃料出入機本体 A ドアバルブのシール漏れへの対策として、以下を実施
 - ① 燃料洗浄槽の除湿対策によりナトリウムの潮解を防止 (【対策 A】と【対策 C】共通)
 - ② 過去に直接冷却系の停止によって、ナトリウムの滴下量が減少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【対策 C】

◆ 直接冷却系の運転停止により、本体 A ドリップパンへのナトリウムの滴下量については、3割以下に減少
ドリップパン周囲のドアバルブシール部への滴下についても、減少したものと推定

ドリップパン 交換日	2019/1/11 (参考)	2020/2/26	2020/3/7	2020/3/28
1 体あたりの 滴下量	約150cm ³	約30cm ³ (約522cm ³ /18体)	約36cm ³ (約722cm ³ /20体)	約43cm ³ (約1706cm ³ /40体)



ドリップパンの交換間隔/頻度について、
上記の結果を踏まえ、40体の処理毎に見直し
今後も実績データを蓄積し、適宜見直し



2019年1月11日に
交換したドリップパン

3月7日に
交換したドリップパン

(定格容量 : 3,600cm³)

◆ 今回の燃料体の処理作業において、「シール漏れ」警報が3回発報

① 2月16日、模擬燃料体の地下台車から炉外燃料貯蔵槽への移動の際に発報、即時解除
 ドアバルブ開閉の繰り返しにより、漏えい量が 0 ℓ /h に復帰

② 3月10日、炉外燃料貯蔵槽において模擬燃料体の「はなし」後、ドアバルブの切り離し操作を行っていた際に発報

ドアバルブ開閉の繰り返しにより、解除したが、漏えい量が 0 ℓ /h に至らず

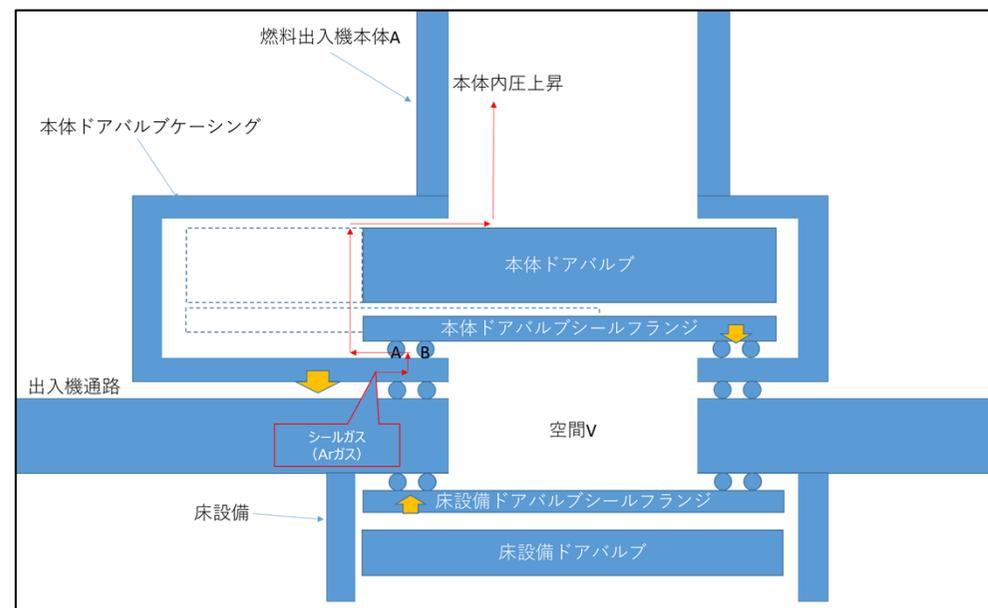
さらに、燃料検査槽に接続してガス置換後にドアバルブ開閉の繰り返し等により、漏えい量が 0 ℓ /h に復帰

【①,②については、本体 A グリッパの洗浄直後に発生】

③ 3月20日、炉外燃料貯蔵槽へ模擬燃料体移送後、待機していた際に発報

燃料検査槽及び炉外燃料貯蔵槽に接続してドアバルブ開閉の繰り返し等により、漏えい量が 0 ℓ /h に復帰

【③については、模擬燃料体の新燃料貯蔵ラックへの搬入のために3月18～19日の2日間、燃料体の処理作業を停止した直後に発生】



- ◆ 3回とも、ドアバルブ開閉及びガス置換等の対応により、数時間で漏えい量が0 l/hに復帰したことから、燃料体の処理作業を継続
- ◆ 地下台車の上部にナトリウム化合物と思われる粉体（後日、炭酸ナトリウムと判明）を確認し、これが原因と推定したことから、3月29～30日に本体 A グリッパの洗浄を行った際、地下台車の上部の簡易的な清掃を実施
以降、「シール漏れ」警報の発報なし
⇒このことから、本体 A グリッパの洗浄等によってドアバルブの付近に水分が残留した状態において、本体 A を地下台車に接続した際に、内圧の差により地下台車に残留していた炭酸ナトリウムの粉体が本体 A に舞い上がり、本体 A ドアバルブ部の付近で潮解し、ドアバルブの密閉性を低下させたと推定



- ◆ 地下台車の上部の簡易的な清掃を実施した以降、シール漏れが発生していないことから、対策の効果が現れていると思料
現状において、今後の燃料体の処理作業において想定を超える事象が発生する可能性が低いと考えられるため、中間点検の期間における燃料出入機本体 A の手入れ（分解点検）は、不要と判断
- ◆ なお、対策として、中間点検の期間に以下を実施
 - i) バッグを用いた簡易的なドアバルブの手入れの手順を検討
 - ii) 地下台車について、下部等も含めた清掃

- 警報の発報：19件 及び 起動条件不具合による自動化除外(警報なし)：4件
- 発生した警報等は、前々回の会合（昨年12月16日）にて報告した「燃料体の処理作業で想定される事象」7種類に該当するもののみ、「本体Aシール漏れ」以外に新たな対応を必要とするものはなし

No.	発生日	警報等	想定事象の番号
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7 (対策C⑦)
2	2/7	「燃取計算機伝送異常」警報発報	想定事象6 (対策C⑥)
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C⑥)
4	2/11	「燃取計算機伝送異常」警報発報	想定事象6 (対策C⑥)
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C④)
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C⑥)
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C⑥)
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C⑥)
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7 (対策C⑦)
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C⑦)
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C⑥)
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C⑥)
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C⑥)
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C⑥)

No.	発生日	警報等	想定事象の番号
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 7 (対策 C ⑦)
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 7 (対策 C ⑦)

- 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		2019年度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 ・現在まで警報の発報なし
【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り ・発生時の対応方法により正常化 ・機器故障等の発生はなし
	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 ・発生時の対応方法により正常化
	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

:12/16監視チーム会合で再発可能性ありと想定した事象

- (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。
 - 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
- (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。
- (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。
- (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。
- (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。

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）

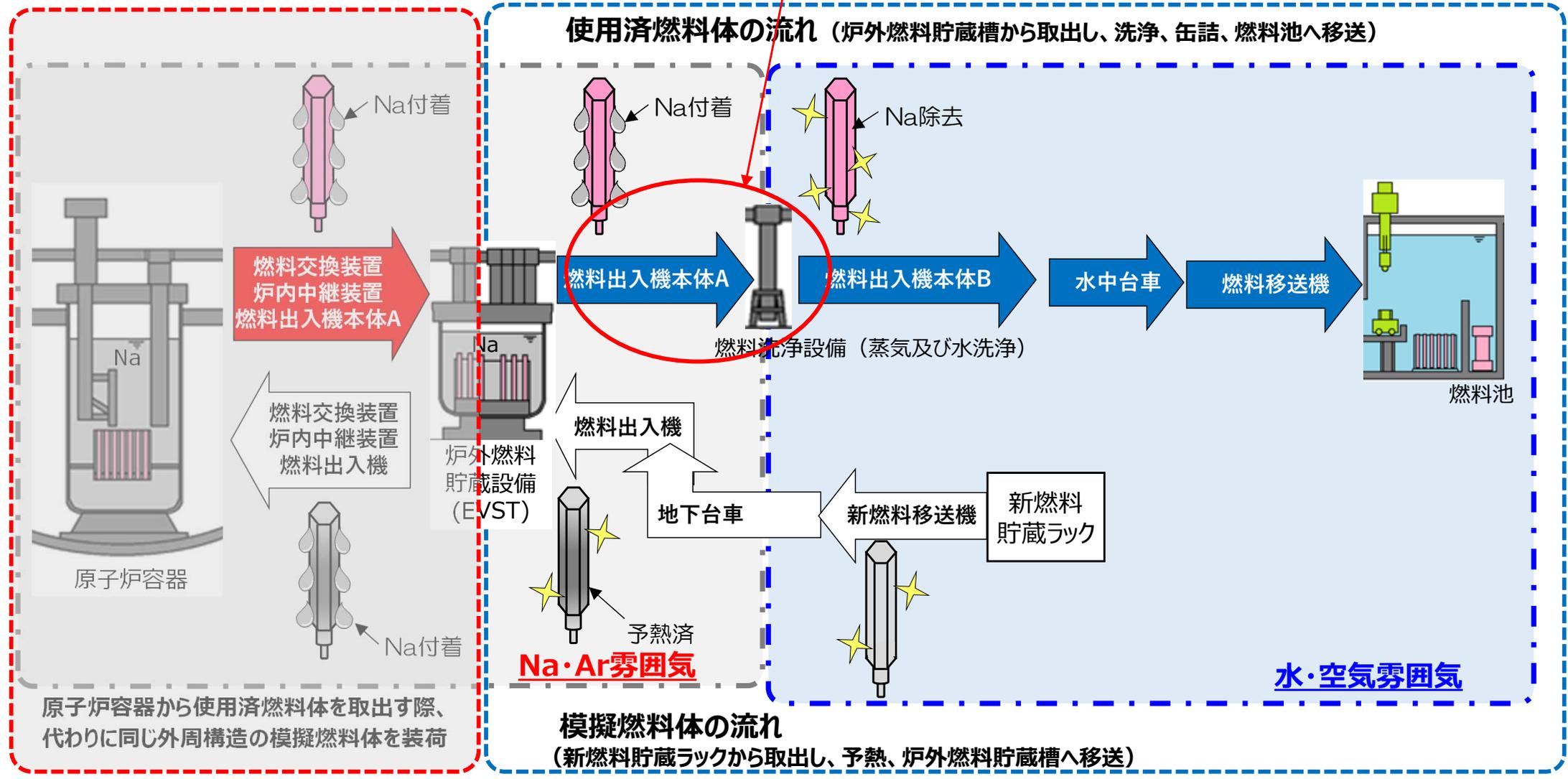
(5)2019年度燃料体取出し時の不具合等のうち燃料体処理でも想定が必要な事象（参考資料4）
 ・燃料体処理で共通に使う燃料出入機、燃取系計算機の不具合
 ・2018年度の燃料処理時の対策済み事象の再発
不具合事象：約20件（主に燃料体の取出し時固有の不具合）



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

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。

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)

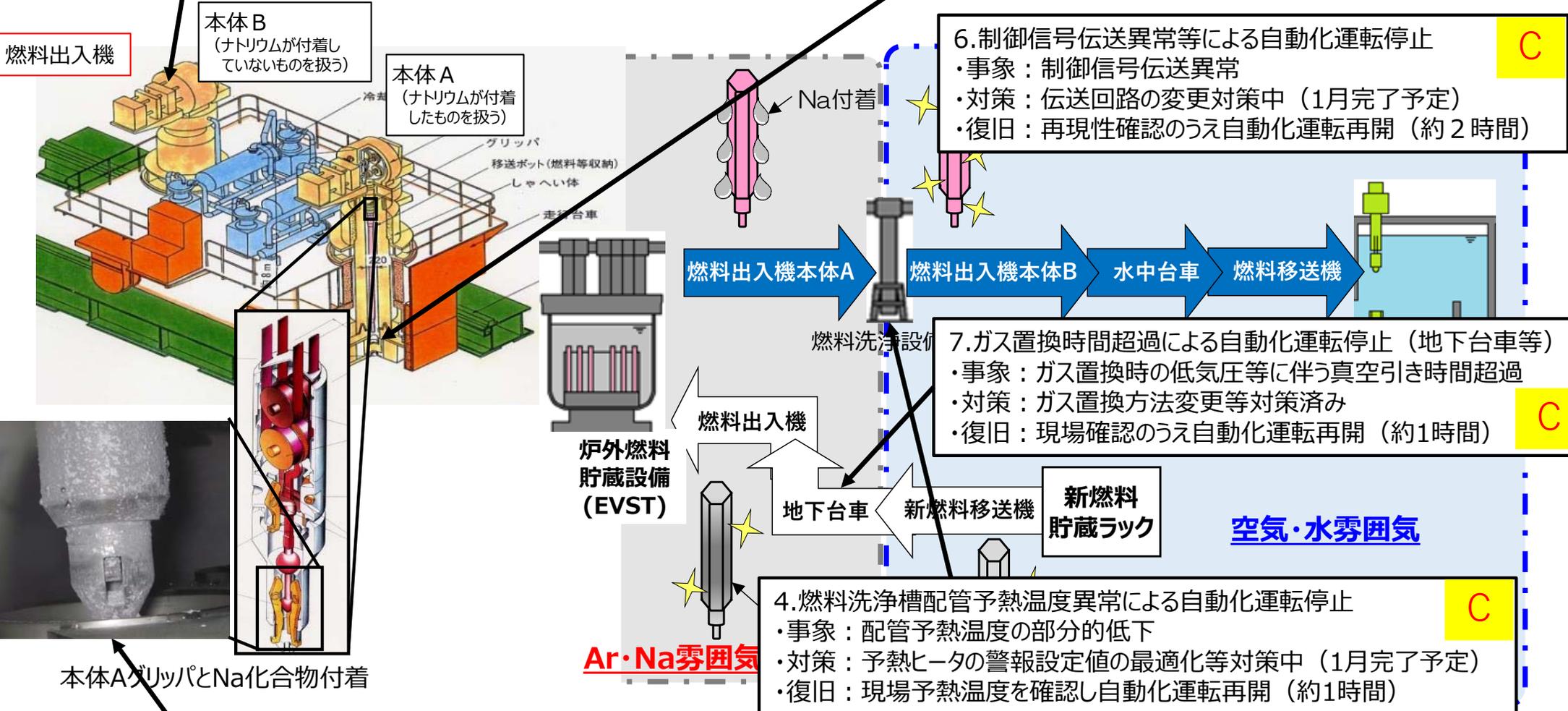
- ・事象：グリッパ駆動部メカニカルシールの摺動抵抗増加
- ・対策：メカニカルシール交換済み
- ・復旧：本体B駆動部を分解しシール交換 (約1ヶ月要、予備品確保済み)

B

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

- ・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)

A



6. 制御信号伝送異常等による自動化運転停止

- ・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)

C

7. ガス置換時間超過による自動化運転停止 (地下台車等)

- ・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)

C

4. 燃料洗浄槽配管予熱温度異常による自動化運転停止

- ・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)

C

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)

- ・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)

A

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)

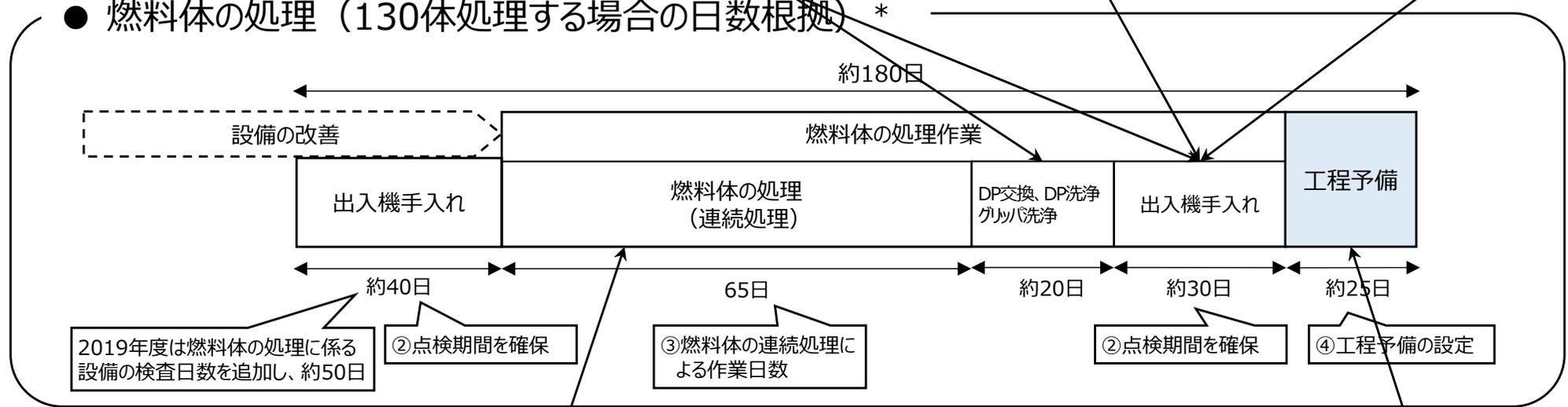
- ・事象：残留Naが多い場合にプログラム回数で電導度が規定値に達しない
- ・対策：追加洗浄運転を自動化対策中 (1月完了予定)
- ・復旧：追加洗浄 (1回当たり約30分)

C

- ▶ 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Aドアバルブの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

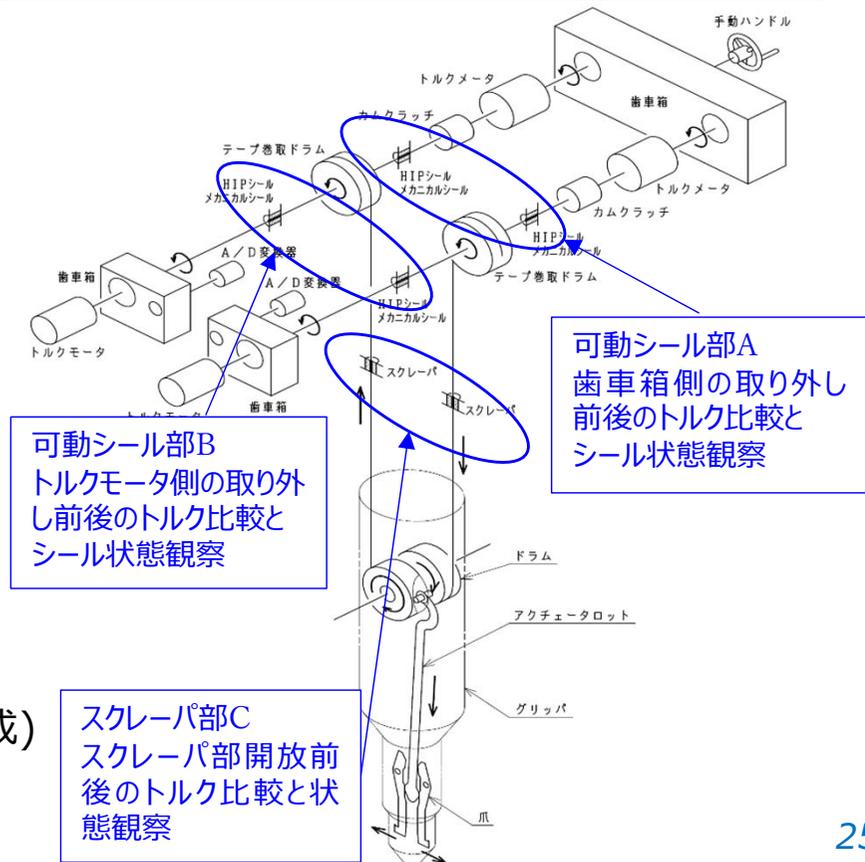
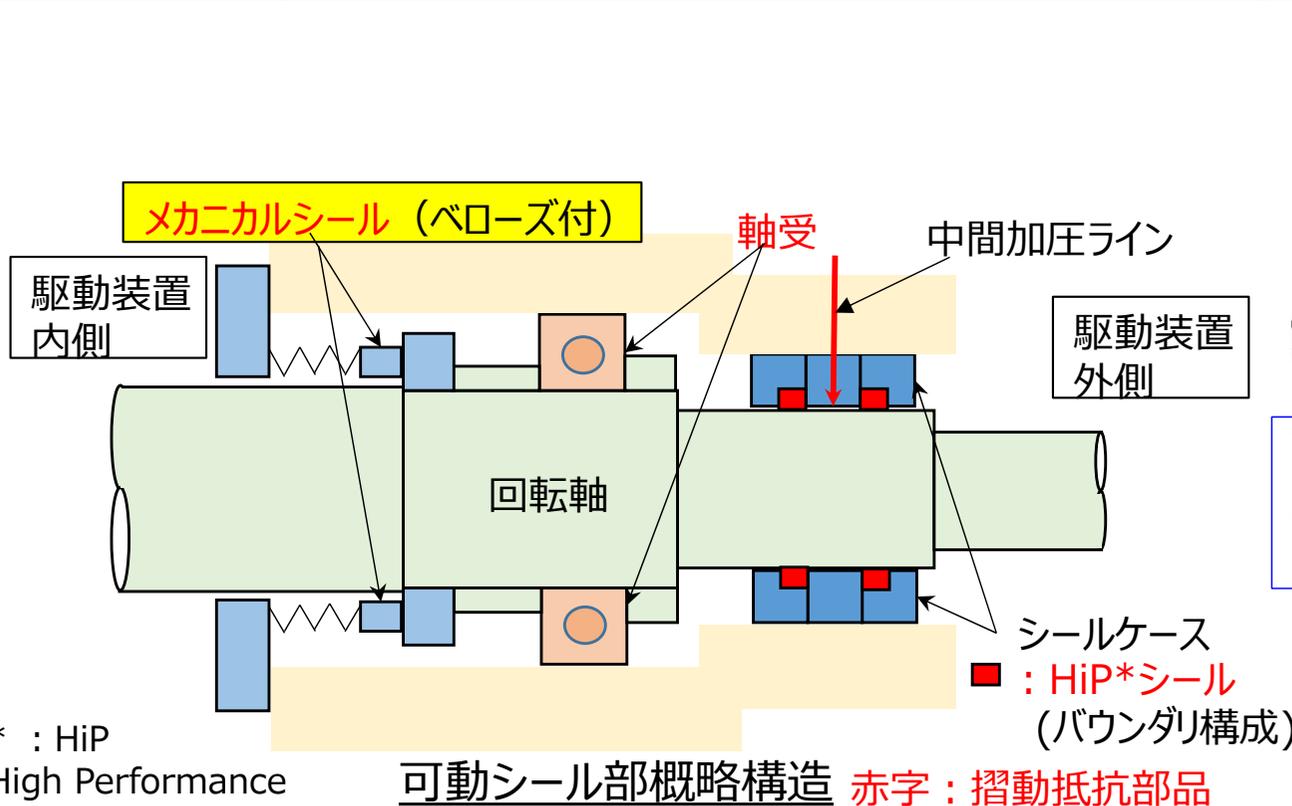
- 4.燃料洗浄槽配管予熱温度異常による自動化運転停止
- 5.洗浄水の電気伝導度高による自動化運転停止
- 6.制御信号伝送異常等による自動化運転停止
- 7.ガス置換時間超過による自動化運転停止(地下台車等)

想定外の不具合へは工程予備にて対応

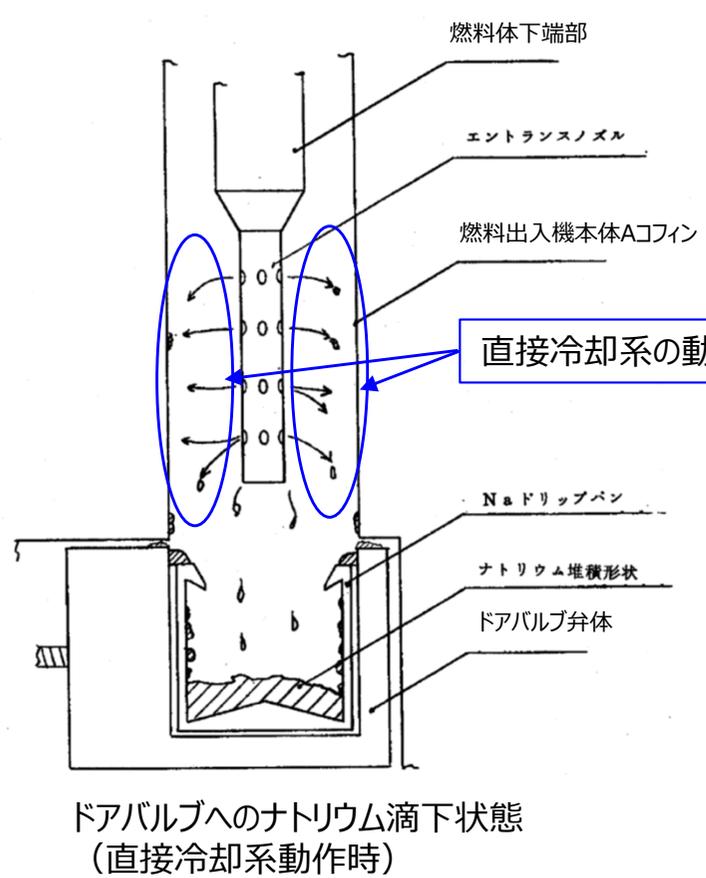
トルク上昇の要因 (推定)	対策実施状況	発生時の対応
<p><上爪></p> <ul style="list-style-type: none"> • Na付着状態での長期保持時に機器表面で微量の酸素が化合物のブリッジを生成 • 保持時間の長期化（1週間以上）に伴い化合物表面のブリッジが強固になる <p><下爪></p> <ul style="list-style-type: none"> • EVSTで付着したNaが、露点の高い燃料洗浄槽で水酸化物に変化 • 次にグリッパをEVSTに浸漬した際に吸湿した水酸化物表面に、さらにNaが付着 • グリッパの爪側面に付着したNa化合物がアクチュエー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>⇒ 燃料体の処理までに対応</p> <p><下爪></p> <ol style="list-style-type: none"> 1)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、燃料体の処理までに対応 2)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 ⇒ 燃料体の処理までに実施 3) 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>

参考3-2: 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)

トルク上昇の要因 (推定)	対策状況	発生時の対応
<p>・摺動抵抗トルク (可動シール部 またはスクレーパ部) が増大して、爪開閉トルクが上昇</p>	<p>➢ 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</p> <p>➢ 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>	<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>

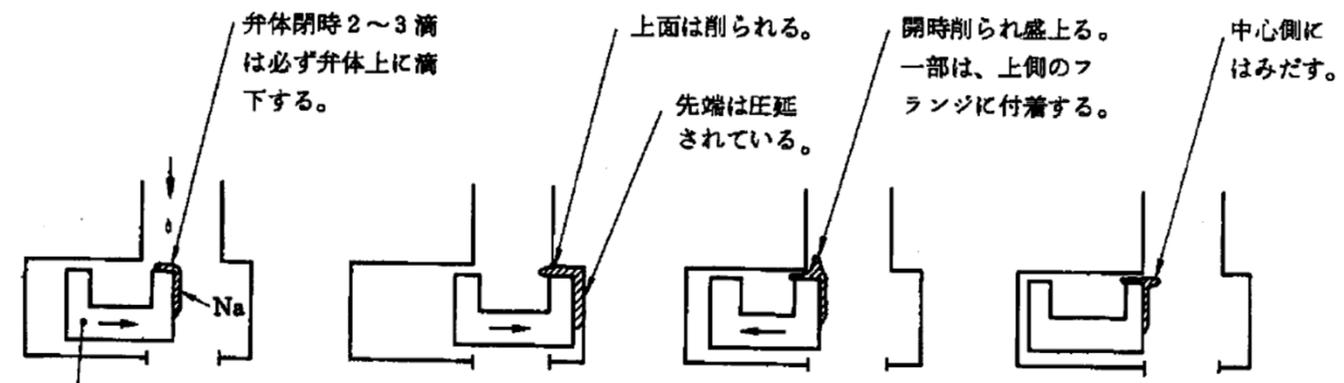


発生事象	対策状況	発生時の対応
燃料出入機本体Aドアバルブのナトリウム付着によるシール漏れ (Na滴下防止対策)	<ul style="list-style-type: none"> 燃料洗浄槽の除湿対策によりNaの潮解を防止する 過去に直接冷却系の動作によりドアバルブにNaが滴下することを確認しており、現在の燃料崩壊熱から直接冷却を停止しても燃料損傷のリスクはないことから、燃料出入機本体A直接冷却系の運転を停止するソフト変更を実施中。 ソフト詳細設計、変更図書整備完了、ソフト製作中。 ⇒ 燃料体の処理作業までに対策実施	ドアバルブシール漏えいの発生、またはドリップパンのつかみ不良等が発生し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