

「もんじゅ」の燃料体取出し作業の進捗状況

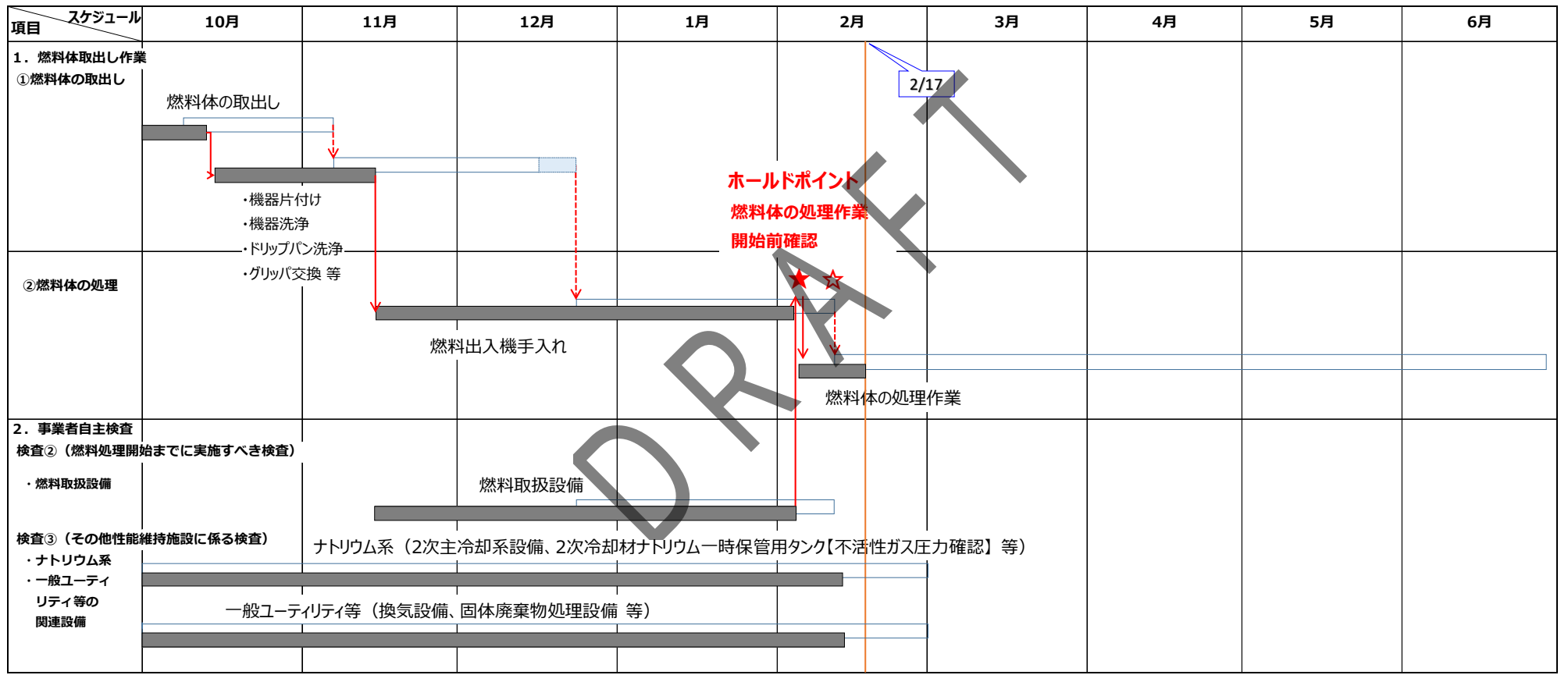
案

2020年X月X日

日本原子力研究開発機構 (JAEA)

- ◆11月15日、燃料体の処理（燃料出入機の手入れ、分解点検等）を開始
- ◆1月24日、制御棒を用いた検査開始前の保安規定に基づく安全措置事項に係る所長承認
- ◆2月4日、施設定期検査（検査② 燃料体の処理作業開始前までに完了させる検査）を完了
- ◆2月4日、ホールドポイント（燃料体の処理作業開始前確認）に係る所長承認
- ◆2月5日、燃料体の処理作業を開始（6月までの予定）
- ◆2月〇日、施設定期検査（検査③ その他性能維持施設に係る検査）を完了
 - ➡すべての施設定期検査を完了

1. 燃料体取出し作業工程



2. 燃料体の処理の実施状況 (1/2)

- 制御棒を炉外燃料貯蔵槽から燃料池へ移送する
一連の作業の検査開始前の保安規定に基づく安全措置事項の確認

保安規定に基づく以下の安全措置項目を確認し、問題がないことを確認

- ◆ 燃料体の処理作業が実施可能なプラント状態になっていること
- ◆ 燃料出入機本体A及び本体Bの動力源喪失試験が完了していること
- ◆ 燃料池の燃料の貯蔵本数及び貯蔵場所の制限を満足していること
- ◆ 燃料池において燃料が臨界に達しない措置が講じられていること
- ◆ 燃料体の処理作業の操作を行う者が確保できていること

1月24日(金)、保安規定に基づく安全措置の確認を所長が承認

1月27日(月)、制御棒を炉外燃料貯蔵槽から燃料池へ移送する一連の作業の検査を開始

▶ホールドポイント (燃料体の処理作業開始前の確認)

燃料体の処理作業開始前の確認内容

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

◆ 燃料体の処理作業までに実施するとして不具合対策が完了していること

⇒ナトリウム化合物の固着による燃料出入機本体Aグリッパ爪開閉トルク上昇等、不具合対策を完了

◆ 燃料処理作業のリスク検討結果に対する対応が完了していること

⇒缶詰処理の工程削除に係る自動化運転プログラムの変更による影響がないこと等、リスク検討結果に対する対応を完了

◆ 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

⇒2月4日に検査②を完了

◆ 作業体制が確立されていること

⇒実施責任者、操作チーム及び設備チームの班編成を完了



2月4日(火)、燃料体の処理作業開始前の確認を所長が承認

- 2月5日、燃料体の処理作業を開始
- 2月14日始業時まで〇〇体を処理
- 2月〇日、ドリップパンを交換

3. 燃料体の処理時の不具合対策等の実施状況

- 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、予定のとおり、すべて完了

解決すべき課題と不具合対策		実施状況	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）		完了	摺動部品交換(6月)、現地試験（12月） 洗浄槽露点温度は、-30℃と前年度より改善 ⇒3-1参照 修正版の自動化運転プログラムで現地試験完了（1月） なお、爪開閉トルク警報設定値を設計裕度を考慮して49 Nm→69 Nmに変更
【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への対策 ・シール耐久性試験		完了	摺動部品交換(6月) 新品シール耐久性調査(1月)、1000回（500体相当）の取扱い後もトルク上昇がないことを確認 ⇒3-2参照
【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	データ欠損要因を工場試験で特定し、ソフトバグ修正済み（4月）
	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	ソフトバグ修正し、総合機能試験で実機確認（8月）
	③ 燃料出入機本体Aグリッパのクラッチ動作遅延	完了	クラッチ動作タイミングの修正し、総合機能試験で実機確認（8月）
	④ 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（Na滴下防止対策）	完了	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し、現地試験で動作確認（12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）	完了	運転員の選択で電気伝導度が規定値以下になるまで繰り返し実施できるよう自動化運転ソフト修正し、現地試験で動作確認（12月）
	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）	完了	伝送異常の起因となる伝送装置をバイパスする設備更新をおこない、現地試験で動作確認（12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	真空引き設定圧力を上げて、ガス置換回数を増加（3回→5回）するソフト変更を行い、実動作試験で実機確認（7月）
	⑧ 燃料洗浄槽配管予熱温度異常による自動化運転停止	完了	【対策A】燃料洗浄槽の除湿対策と合わせて現地試験で警報等の発生のないことを確認（12月）

3-1. 【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

燃料洗浄槽に予熱ヒータを追加した改造を実施、結果は以下のとおり。

- 燃料洗浄槽内部の露点温度は、除湿運転して一晩保持後も -30°C 以下で安定し、改善していることを確認。
（対策前の前年度の燃料洗浄槽の露点温度は、 $+7^{\circ}\text{C}\sim-20^{\circ}\text{C}$ 程度であり、除湿運転して一晩保持後には、 $+16^{\circ}\text{C}$ 程度まで上昇）
- 燃料洗浄槽ガス置換後に本体Aを接続すると、本体Aの露点温度が一時的に上昇するが、接続時間7分間では -24°C 程度であり、グリッパ昇降に伴う影響（ 4°C 程度の上昇）を考慮しても -20°C 以下に維持。

模擬体使用洗浄試験 露点温度推移（単位： $^{\circ}\text{C}$ ）

日付	測定場所	深夜1時 ^{*1}	受入準備直前 ^{*2}	燃料受入経過時間（分）		
				0	5	7
12月26日	本体A	-	-64	-35	-39	-39
	槽下部	-	-36	-28	-29	-
12月27日	本体A	-24	-62	-61	-40	-33
	槽下部	-31	-33	-38	-44	-
12月28日	本体A	-21	-63	-60	-28	-24
	槽下部	-31	-33	-41	-48	-

*1：洗浄槽については除湿運転後保持、本体Aについてはドアバルブ閉止後保持

*2：本体Aについては、受入準備直前にガス置換を実施し、その前の処理による湿分の影響を排除

新品のメカニカルシールについて1000回の昇降(500体の取扱いに相当)動作を行ってトルクを測定した結果、以下のとおり十分低く安定しており、メカニカルシール交換によってトルク上昇の発生可能性が低く抑えられることを確認。

- ① 連続昇降時運転速度5rpmの昇降で平均トルクが2.2N・m程度 (<判定値6.8N・m) で安定
- ② 爪開閉時運転速度0.4rpmでも2.6N・m程度と安定



昇降動作時の運転速度5rpmで連続トルク測定

1000回後に爪開閉時の運転速度 (0.4rpm) の低速でトルク測定

4. 燃料体の処理作業の計画

	2019年度		2020年度		
	2月	3月	4月	5月	6月
燃料体の処理作業 (ドリップパン交換、ドリップパン・グリッパ洗浄含む)	燃料体の処理作業開始(2/5)				
燃料取扱設備等の中間点検等					

- ① 2月5日から6月までの間に130体処理予定
 なお、作業の進捗状況により工程に余裕ができた場合、設備、体制の安全性等を確認した上で130体を超えて処理することを決定（6月とした終了期間については変更しない）
- ② 処理作業の前半においては、2体／日程度の処理を実施し、操作の習熟度、燃料出入機等の設備健全性を確認したうえで、連続処理への移行を検討
- ③ 18体程度処理毎にドリップパンを交換、36体程度処理毎にグリッパ・ドリップパン一体洗浄を想定
 ドリップパンへのNa滴下量、グリッパ開閉トルク値等に基づき間隔の変更を検討
- ④ 燃料取扱設備等の中間点検等の実施予定（4月中旬から5月中旬に約1か月間、処理作業を停止）
- ⑤ 万一想定外の事象が発生した場合には、中間点検の期間（約1か月）や工程予備（約1か月）で対応
 敦賀廃止措置実証本部が全面的にバックアップすることで、安全確保、工程影響回避に努める
- ⑥ これらにより、計画を勘案して慎重に工程通りの燃料体の処理作業完了を目指し、全力を尽くす

以下、参考

DRAFT

- (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。⇒SH11
 - 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）⇒SH12
 - 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。⇒SH13
- (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。⇒SH14
- (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。⇒SH14
- (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。

- :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）

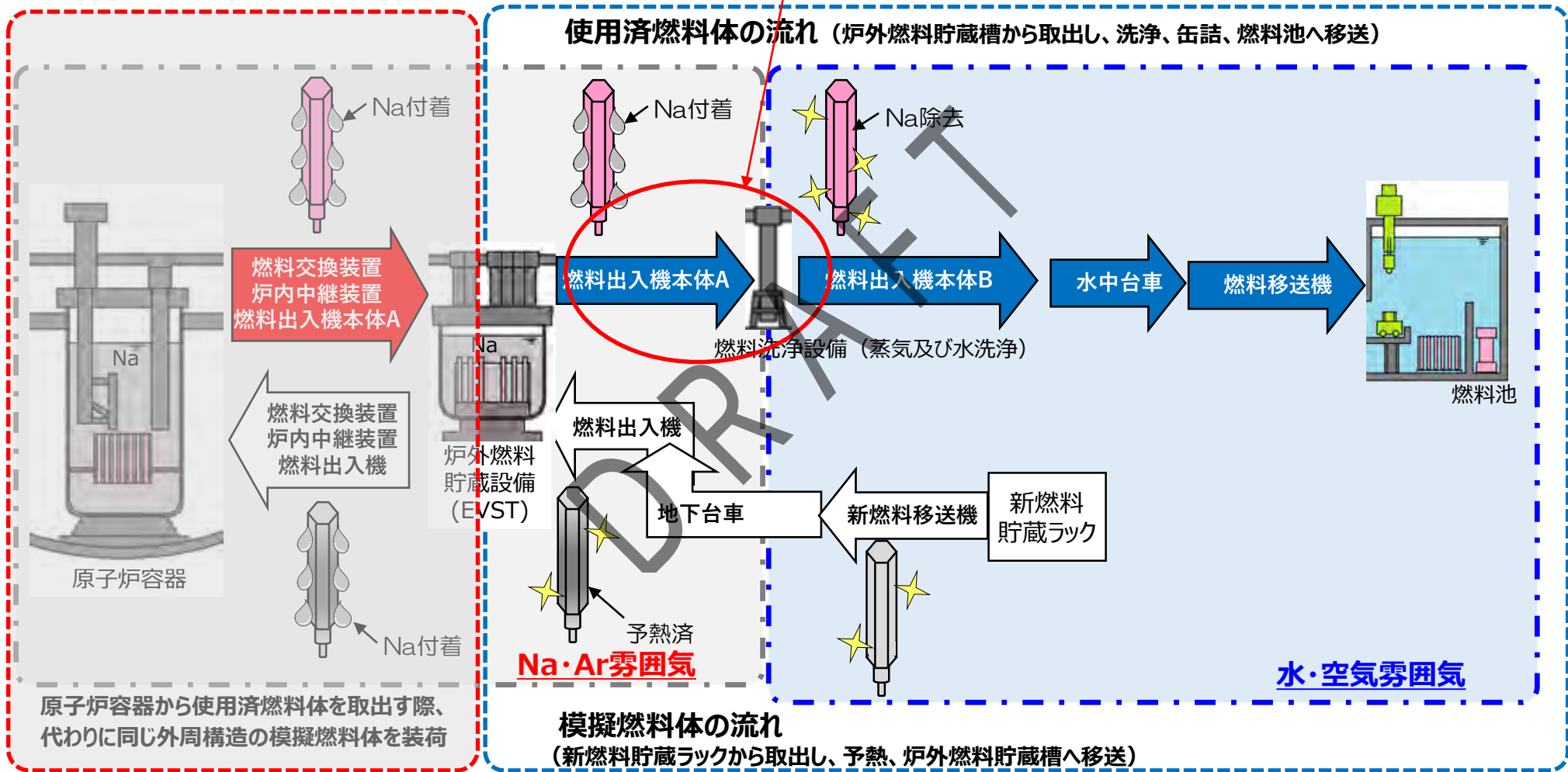
(5)2019年度燃料体取出し時の不具合等のうち燃料体処理でも想定が必要な事象（参考資料4）
 ・燃料体処理で共通に使う燃料出入機、燃取系計算機の不具合
 ・2018年度の燃料処理時の対策済み事象の再発
不具合事象：約20件（主に燃料体の取出し時固有の不具合）



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。

(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

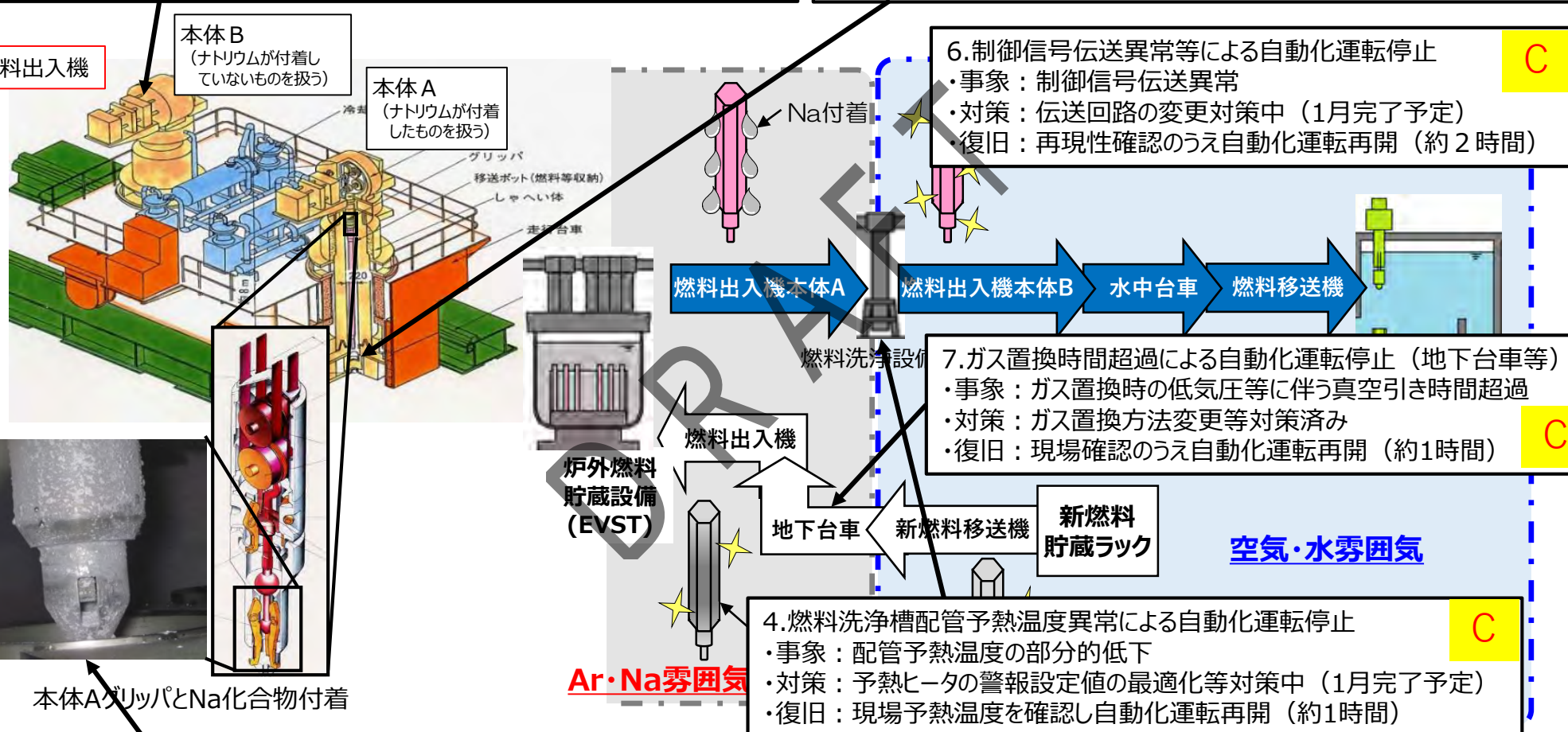
3. 燃料出入機本体 A ドアバルブのナトリウム付着によるシール漏れ

- ・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

燃料出入機

 本体 B
(ナトリウムが付着していないものを扱う)

 本体 A
(ナトリウムが付着したものを扱う)


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 μs/cm)

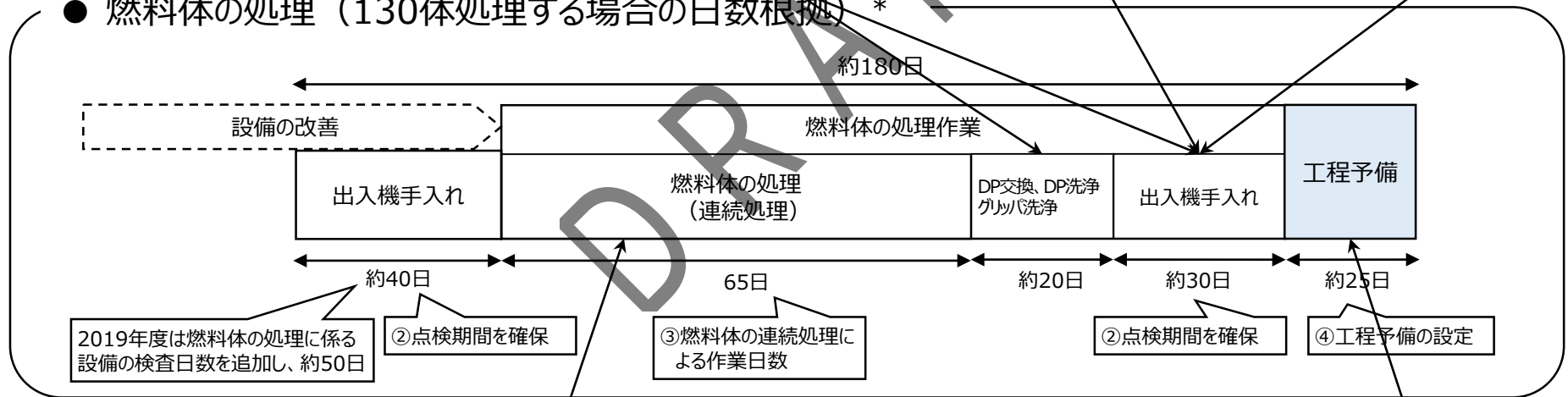
- ・事象：残留 Na が多い場合にプログラム回数で電導度が規定値に達しない
- ・対策：追加洗浄運転を自動化対策中 (1月完了予定)
- ・復旧：追加洗浄 (1回当たり約30分)

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