

廃止措置評価専門家会合のご意見を踏まえた 対応状況について

2019年 8月23日

日本原子力研究開発機構（JAEA）

- 0. 廃止措置評価専門家会合のご意見
- 1. 「もんじゅ」のリスクマネジメント全体像
- 2. 燃料体取出し作業に関するリスクマネジメント
- 3. リスクマネジメントを反映した2019年度燃料体取出し作業計画
 - (1) リカバリープラン作成
 - (2) 手順書見直し
 - (3) 設備対応
 - (4) 燃料体取出しに向けた体制、教育、訓練
 - (5) 工程見直し
- 4. 技術開発成果のとりまとめ

参考資料

- I 廃止措置評価専門家会合のご意見
- II 原子力機構における事故・トラブル防止に向けた対応について
- III 安全かつ着実な廃止措置の実施のための組織改革の取組「ONE HEART計画」
- IV 燃料体の取出しにかかるリスクマネジメント等
- V 第1キャンペーンの燃料体の処理で発生した不具合対策等の実施状況
- VI 燃料体の取出しに向けた訓練

0. 廃止措置評価専門家会合のご意見

「もんじゅ」廃止措置評価専門家会合概要（まとめ部分より抜粋）

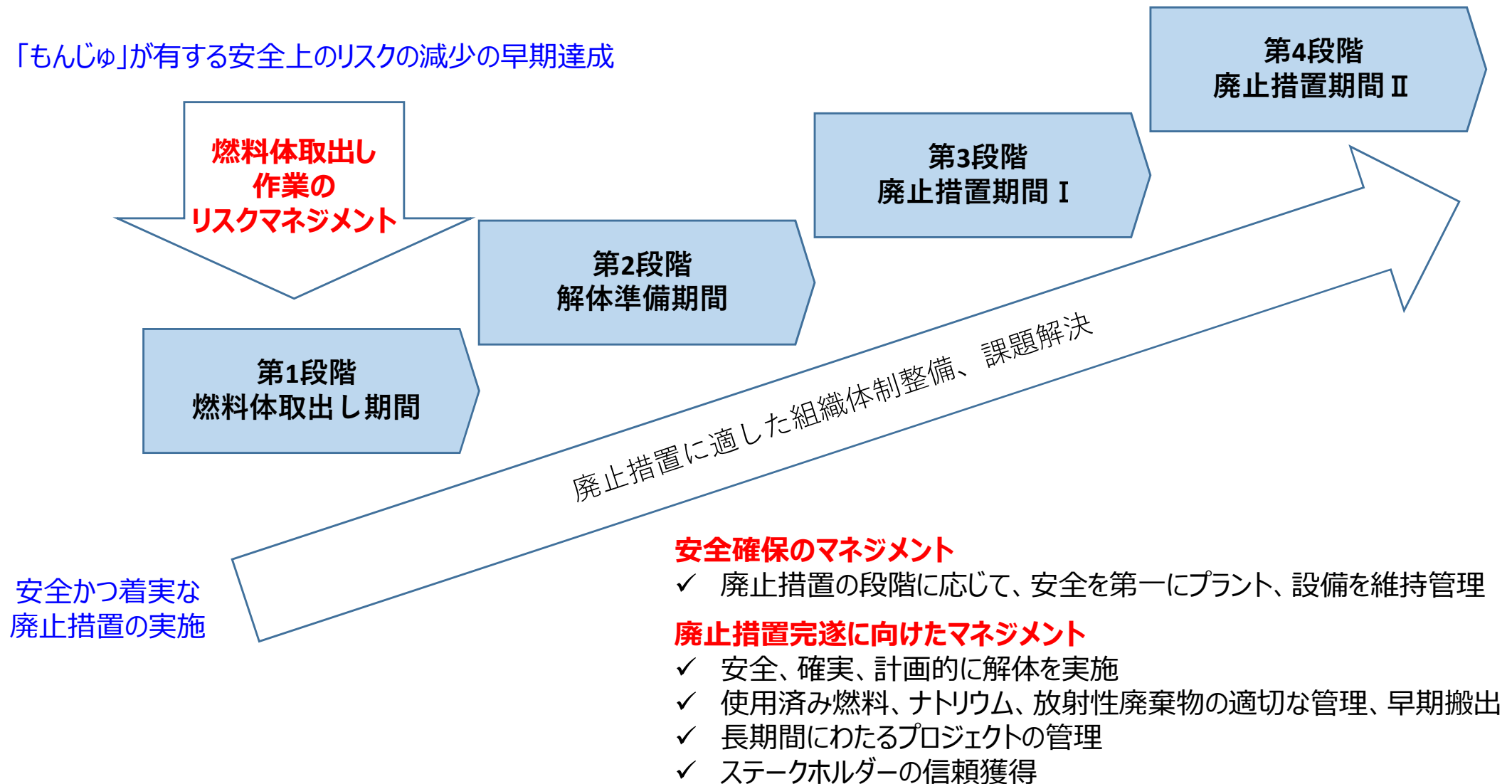
まとめ	今回のご説明
➤ 大きな事故無しで処理できたのは評価できると思う。リスクアセスメントの中で本当に考えなくてはならない技術的な問題はなんであるのか、もう一度考えてほしい。場当たり的にやるのではなく、次にどういうことを事前に考えていくのか、管理職は考えるべき。この点については次回以降示してもらいたい。	①2018年度燃料体取出し作業（第1キャンペーン）で発生した不具合の再発防止の取組を中心にご説明したが、他施設での発生事象の水平展開等、幅広い視点からのリスク対応について、もんじゅで進めているリスクマネジメントの全体像をご説明する。 （1. 「もんじゅ」のリスクマネジメント全体像）
➤ 廃止措置は、一つの開発と同じ。機構は原子力の技術の総本山であり、そこがナトリウムの設備を廃止措置していくにあたっては、単なる作業としてリスクマネジメントするのではなく、そこから得られる知見は何かということを科学技術的に考えながらきちんと進めてもらいたい。リスクマネジメントの手法について科学的に考え、努力が全てを解決するような形でなく、合理的にやっていただきたい。	②2019年度の燃料取出し作業に関するリスクマネジメントについて、頂いたご意見を踏まえて検討を進めた結果をご説明する。 （2. 燃料体取出し作業に関するリスクマネジメント） ③上記②のリスクマネジメントの結果を反映した2019年度燃料体取出し作業計画の概要をご説明する。 （3. 2019年度燃料体取出し作業計画）
➤ 燃料体取出しまでにまだ時間があるので、今日のコメントを踏まえてリスクマネジメントを考えていただきたい。	④技術開発成果の取りまとめについてご説明する。 （4. 技術開発成果の取りまとめ）

1. 「もんじゅ」のリスクマネジメント全体像（1/2）

「もんじゅ」の廃止措置のリスクマネジメント

- 燃料体取出しによる「もんじゅ」が有する安全上のリスク減少を早期に達成するためのマネジメント
- 約30年にわたる廃止措置全体工程を安全確保を第一に着実に完遂するためのマネジメント

「もんじゅ」が有する安全上のリスクの減少の早期達成

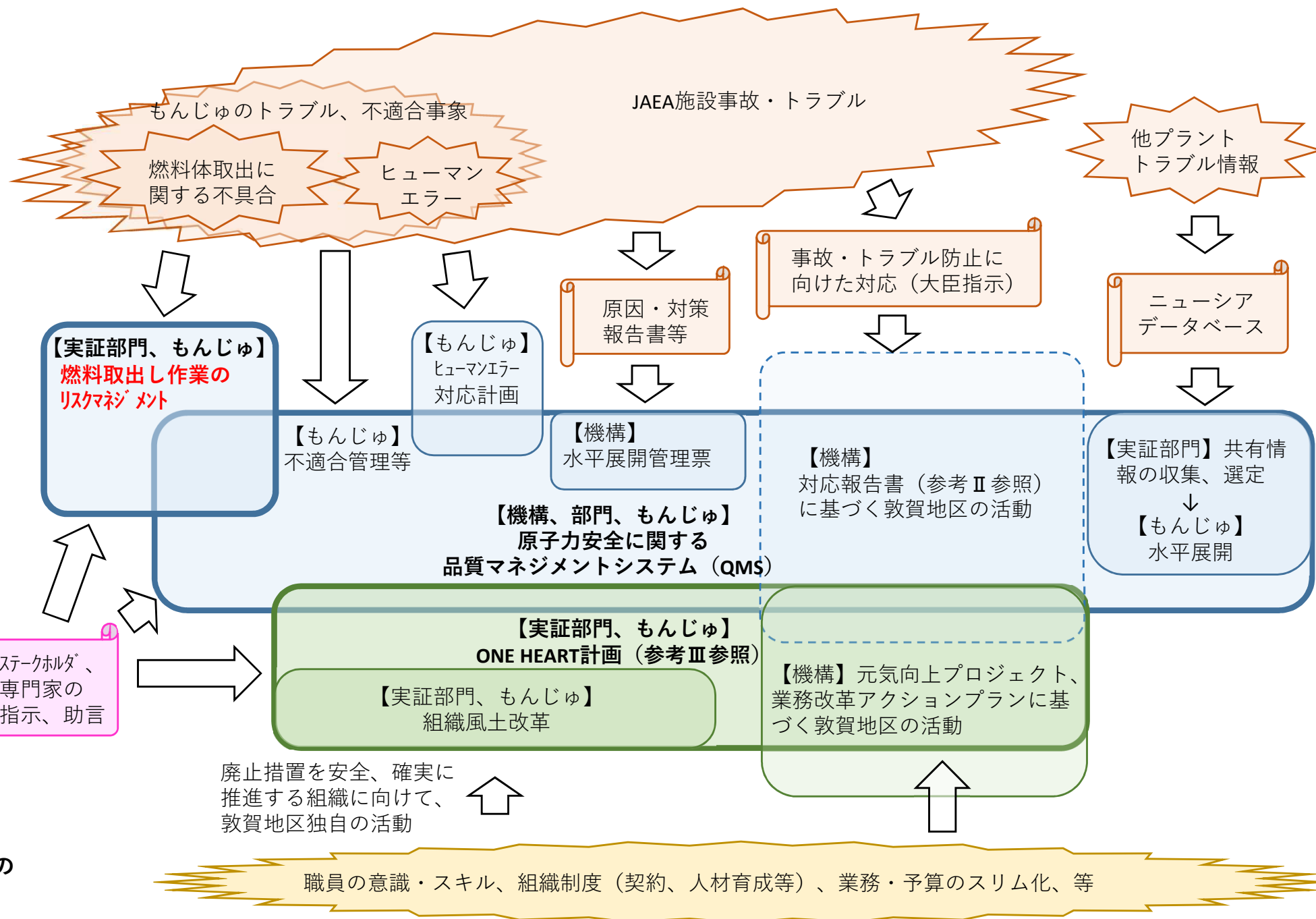


1. もんじゅのリスクマネジメント全体像 (2/2)

安全上の
顕在化した課題

安全確保と
廃止措置完遂
に向けた
マネジメント

組織運営上の
課題



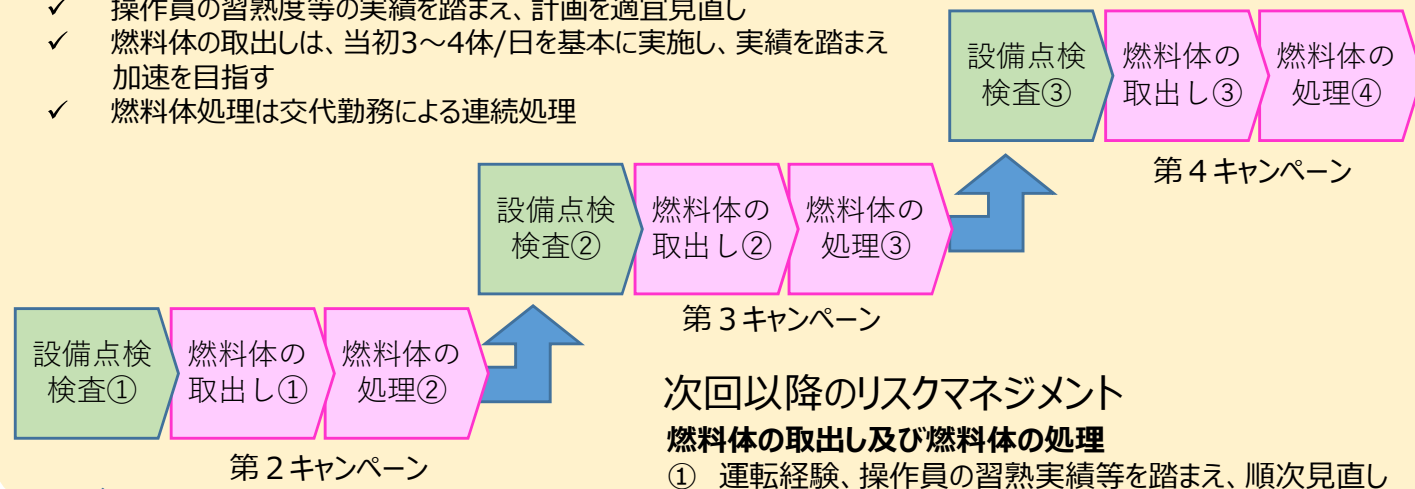
2. 燃料体取出し作業のリスクマネジメント (1/2)

基本方針

- これまでの作業実績が少ないことを踏まえ、まずは、日勤ベースに燃料取扱の経験蓄積と設備・作業の課題抽出、改善実施を行った上で、交代勤務による連続処理に移行。
- 燃料体取出し作業のキャンペーン毎に実績を踏まえたリスクマネジメントを実施し、継続的な改善を図る。

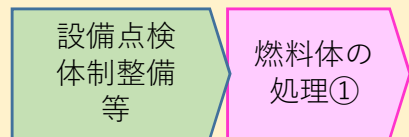
燃料体取出し作業 第2フェーズ

- ✓ 操作員の習熟度等の実績を踏まえ、計画を適宜見直し
- ✓ 燃料体の取出しは、当初3～4体/日を基本に実施し、実績を踏まえ加速を目指す
- ✓ 燃料体処理は交代勤務による連続処理



燃料体取出し作業第1フェーズ

- ✓ 実績が少ないことを踏まえ、1日1体の処理を基本に作業を実施
- ✓ 燃料取扱の経験蓄積と燃料体処理作業の課題抽出、改善実施



第1キャンペーン
'18/8～'19/1

今回のリスクマネジメント

燃料体の取出し及び燃料体の処理

- ① 燃料体の取出し作業に関する事象を対象に追加
- ② 燃料取扱経験蓄積、燃料体処理作業の課題抽出・対策の結果を反映
- ③ 実施工程通り計画的に作業を進めるため、「重要事象以外の事象」についての対策追加
- ④ 設備対応のみならず、ソフト面の対応策を強化（手順書、要領類に加え、工程、体制、訓練等）

設計、製作、検査、運転実績

- ✓ 設備設計
- ✓ 製作、検査
- ✓ 燃料体取出し経験
- ✓ 廃止措置計画
- ✓ 燃料体取出し計画
- ✓ 燃取設備整備

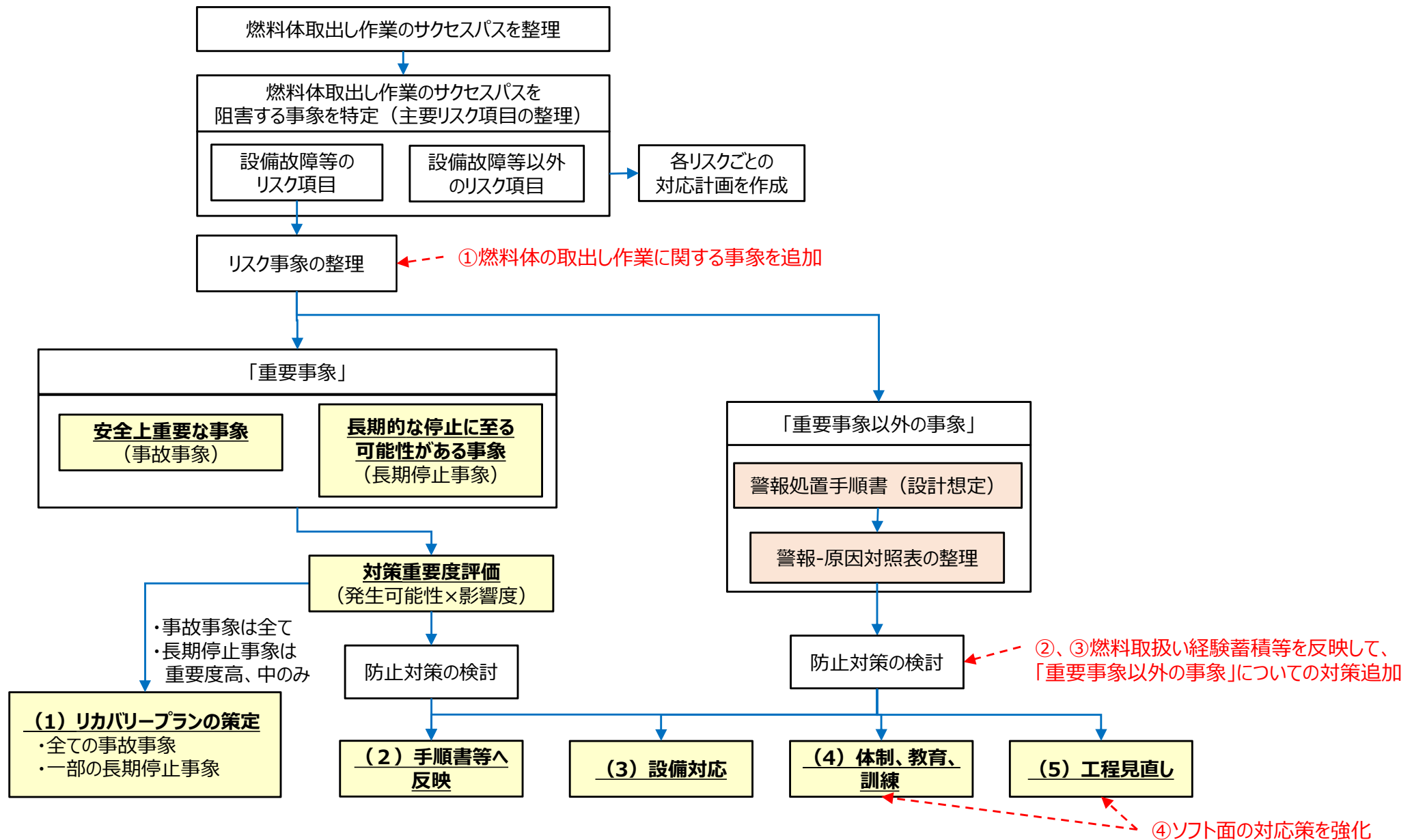
第1キャンペーンにおいて実施したリスクマネジメント

燃料体の処理

- ① 燃料体の処理作業のサクセスパスを阻害する事象を特定し、「重要事象」と「それ以外の事象」に分けて整理。
- ② 「重要事象」に関しては発生防止策の検討を行い、手順書等へ反映。及び発生時のリカバリープランを策定。
- ③ 「重要事象以外の事象」に対しては、リスク顕在化後の基本対応フローを整理、警報-原因対照表の整理、手順書の見直しを実施。

2. 燃料体取出し作業のリスクマネジメント (2/2)

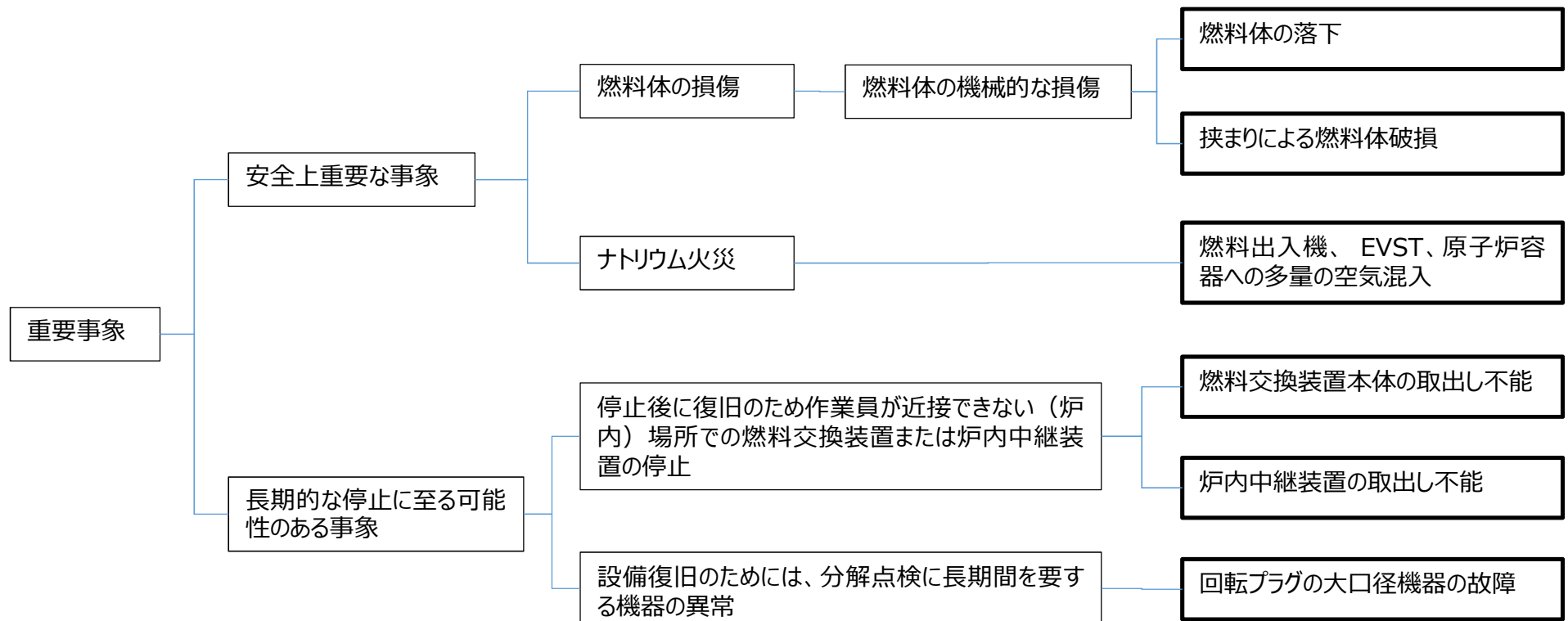
今回のリスクマネジメントのポイント



3. (1) リカバリープラン作成

リカバリープランの作成

炉心からの燃料体の取出しにかかる重要事象のうち、現在のプラント状況では安全上重要な問題とならない事象及び現在のリスク対応状況では長期停止に至らない事象を除き、以下の事象について、顕在化した時のリカバリープランを作成



3. (2) 手順書見直し

手順書の見直し

燃料取出し作業に関するリスク事象を再整理した上で、顕在化防止のための対応策を検討し、手順書の見直しに反映。合わせて、2018年度の顕在化事象や過去トラブルの知見に基づき手順書を見直しに反映。

①安全上重要な事象の評価から摘出した操作手順書への注意事項を追加

- 燃料出入機、燃料移送機のグリッパ昇降の単独運転時の操作は計測器類の指示を注意して確認すること

②2018年度の顕在化事象の発生に伴い、警報処置手順書へ発生要因や確認手順を追加

- 燃料出入機本体 B のクラッチ損傷に伴う昇降トルク高
- 燃料出入機本体 B のトルクリミッタすべりにともなうストローク変動
- 燃料出入機本体 B の可動シール部等のトルク上昇に伴う昇降トルク高 など
- 上記の事象の本体 A への水平展開（クラッチ損傷、トルクリミッタすべりなど）
- 燃料出入機本体 A のナトリウム及びナトリウム化合物固着による爪開閉トルク高 など

③炉心からの燃料体の取出し作業の過去トラブルの知見に基づく操作手順書の修正

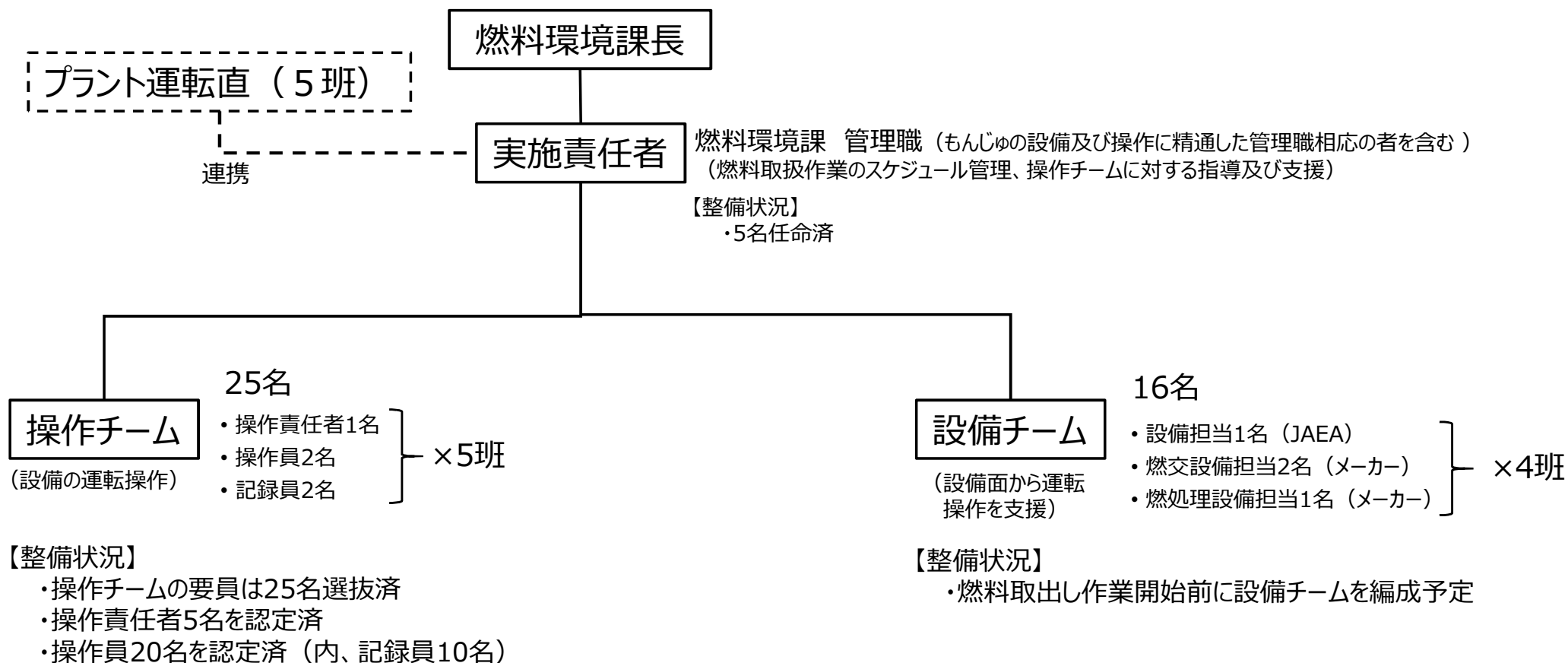
- 燃料交換装置のグリッパ吊り不吊り荷重判定値の修正
- 燃料交換装置のホールドダウンアーム旋回操作で警報が発報することがあることを注意書きに追記 など

3. (3) 設備対応

項目	不具合内容	不具合の原因	原因調査の裏付け	対策
燃料出入機 本体Aのグ リッパトル クの異常	テープ調整 (上爪の開閉 動作)の際に、 本体Aグリッパ 上爪のつかみ はなし異常に より、運転停 止	- 本体A内でグリッパの 付着Naが本体A内微量 酸素と反応し、Na化合 物が爪の隙間に堆積し ブリッジ形成 - 長期間、低温で保持さ れるとブリッジの強化、 蓄積によりトルク増加	- 炉外燃料貯蔵槽 (EVST) での設備停 止前の上爪の開閉動作によるブリッ ジ切断によりつかみはなしトルクが 20Nm前後と低位安定することを実 作業で確認済 - 要因分析を補完する実験データ取得 済 (微量酸素下での酸素濃度とNa化 合物生成速度の関係、微量酸素下で 長期間保持されたグリッパ表面のNa 化合物は水酸化ナトリウムであるこ とを同定)	- 本体Aのガス置換回数増により酸 素濃度低減 (約16ppm→約6ppm) 【済】 - 上爪の開閉動作によるブリッジ切 断操作手順変更 (テープ調整を燃 料洗浄槽、地下台車からEVSTに変 更し、高温での爪開閉により、ブ リッジを切断)
	本体Aグリッパ 下爪のつかみ はなし異常に より、運転停 止	- 露点の高い燃料洗浄槽 でグリッパに付着した Naが水酸化物化 - EVST浸漬時に水酸化物 にNa付着 - 上記の繰返しにより生 成したNa化合物が爪の 隙間に堆積又は脱落し 噛みこみ、トルク増加	- 要因分析を補完する実験データ取得 済 (湿度、浸漬回数、表面粗さと化 合物付着量の関係、化合物の同定) → 高湿度暴露環境ではNa浸漬回数に比 例しNa付着量が増大するのに対し、 低湿度暴露環境 (露点が-50℃程 度) であれば、化合物の蓄積は発生 しない	- 燃料洗浄槽内の残留湿分低下のた め、燃料体受入れ前のガス置換回 数増加 (露点温度が約-9℃から 約-48℃まで低下) 【済】 - さらなる燃料洗浄槽の除湿対策を 検討中 (ヒータの追加設置、乾燥 ガスのブローダウン) - 燃料体の処理開始前に点検、手直 しを実施し、付着Naを除去
燃料出入機 本体Bのグ リッパトル クの異常	本体Bグリッパ つかみはなし 異常により、 運転停止	メカニカルシールの長 期間使用に伴い摩耗粉 等の付着した状態で、 低温で動作すること により、摺動抵抗が増加 し、トルク増加	- メカニカルシールに偏摩耗等はなく、 外観、寸法とも異常ないが、可動 シール部の一部で摩擦係数の増加 - メカニカルシールの摩擦係数は常温 で高く、温度上昇に伴い低下、長時 間作動で摩擦係数増加しているもの は表面拭き取りで摩擦係数低下 - 本体Aは180℃、本体Bは常温で運転 - スクレーパ部等、他のシール部に問 題なし	- メカニカルシール、他のシール部 品の交換【済】 - トルク上昇が生じた昇降回数 (通 算1000回以上) に対し、2019年度 作業での昇降回数 (約300回) で あり、新品交換によりトルク上昇 に至る可能性は低い、燃料体の 処理の期間中、トルクを監視し、 状況に応じて中間手入れでメカニ カルシール交換

3. (4) 燃料体取出しに向けた体制、教育、訓練 (1/2)

- 燃料体の処理と同様に、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
- 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



3. (4) 燃料体取出しに向けた体制、教育、訓練 (2/2)

- 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

詳細は参考資料VI参照

3. (5) 工程見直し (1/3)

燃料体取出し作業工程の考え方

● 燃料体の取出し (100体取り出す場合の日数根拠)



④工程予備の設定

● 燃料体の処理 (130体処理する場合の日数根拠)



2019年度のみ、燃料体の処理に係る不具合対策、検査の日数を追加し、約50日

②手入れ期間を確保

③燃料体の連続処理による作業日数

②手入れ期間を確保

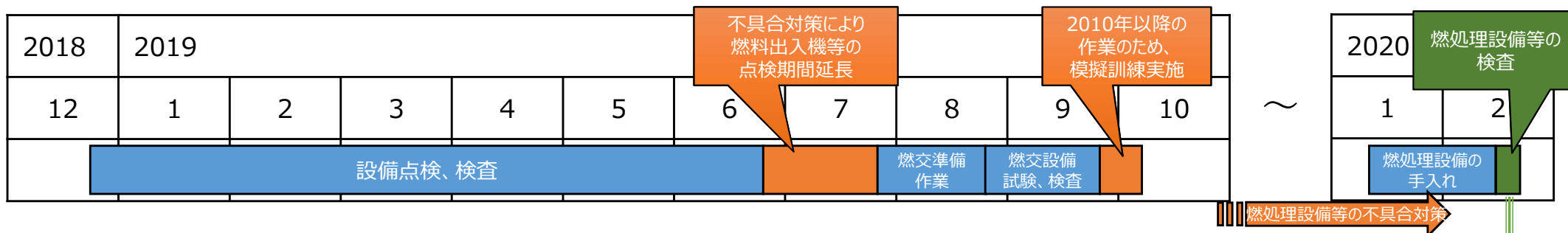
④工程予備の設定

3. (5) 工程見直し (2/3)

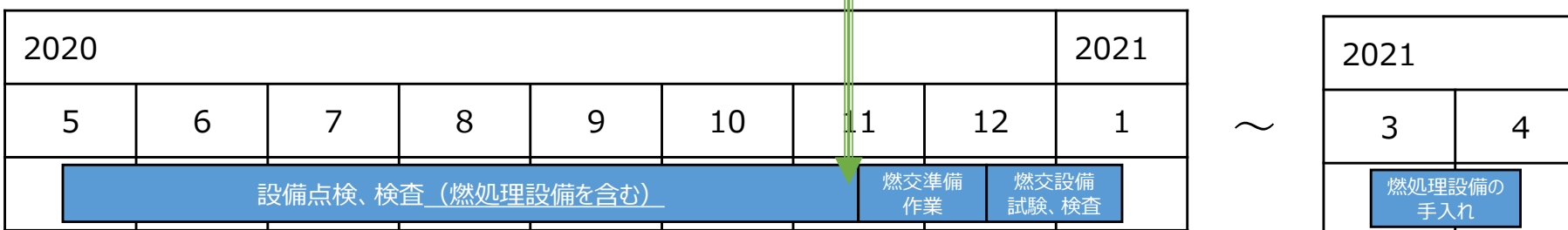
定期設備点検（事業者自主検査）工程の考え方

- 2019年度は、2018年度に発生した不具合への対策等を「燃料体の取出し」後も継続し、燃料処理設備等の事業者自主検査（施設定期検査）を「燃料体の処理」前に実施
- 2020年度以降は、燃料処理設備を含め、全ての性能維持施設の事業者自主検査を「燃料体の取出し」までに実施する計画
- 一方で、燃料体取出し作業期間の更なる確保に向け、今回初めて実施している事業者自主検査の経験を活かして検査の円滑な進捗を図るとともに、設備点検についても安全を確保しつつさらなる合理化を図り、点検期間を短縮していくことを継続して検討

◆ 2019年度（今回）の定期設備点検（事業者自主検査）の期間



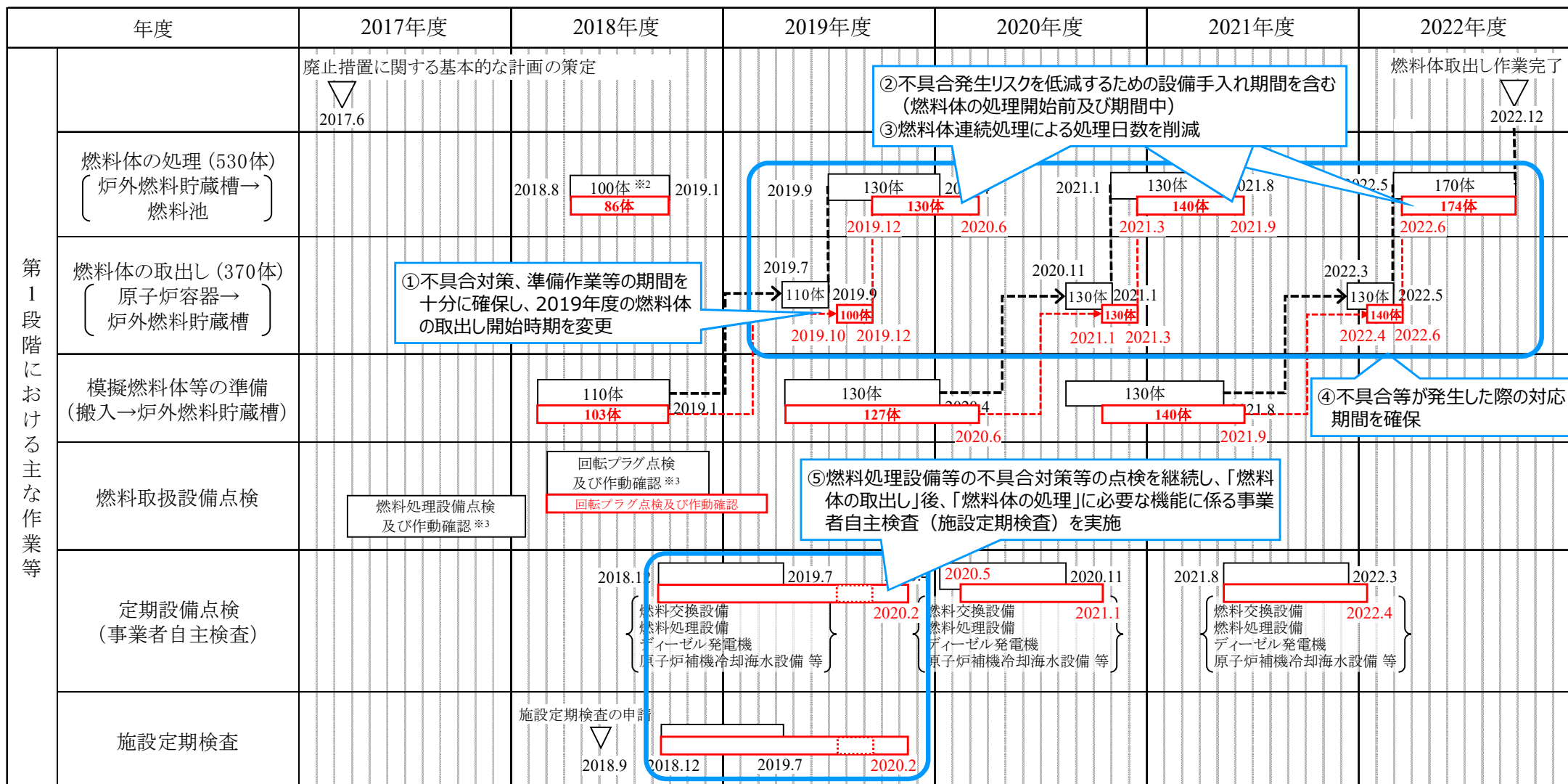
◆ 次回の定期設備点検（事業者自主検査）の期間



次回の定期設備点検（事業者自主検査）については、「燃料出入機（本体A、B）の不具合対策等に伴う点検期間延長」、「模擬訓練期間」は不要と考えており、それらの期間を除くと、今回の点検期間とほぼ同等である。（次々回も同じ）

3. (5) 工程見直し (3/3)

第1段階の工程見直し内容（令和元年5月31日、廃止措置計画の変更届出）



4. 技術成果のとりまとめ

燃料体取出し作業に関する技術検討、技術成果のとりまとめ

燃料取出し検討会

- もんじゅ、敦賀廃止措置実証本部、燃料取扱い設備設計メーカーの関係者・専門家で燃料取出し作業に関する技術的な検討を行うとともに、燃料体取出し作業の進捗管理を実施
- 燃料取出しに関する技術情報の収集・整理、資料化の具体化を検討予定

計画WG

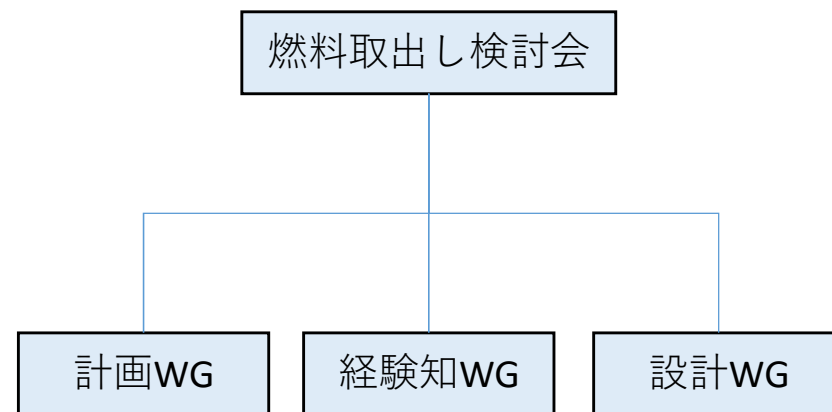
- 燃料体取出し計画案の策定、燃料取出し検討会の運営管理

経験知WG

- 燃料体取出し作業の実施を通じた経験知の共有・展開
- 設計WGからの依頼に基づく、設備データ収集、整理

設計WG

- 第1キャンペーンで発生した燃料取扱い設備の不具合の内、グリッパへのナトリウム付着による不具合等、広範囲にわたる体系的な技術検討が必要な課題への組織的な対応、横断的な評価
- 経験知WGで抽出された設計課題に関する検討・解決策立案、実験検証・調査監視の方針策定



技術継承、今後の開発への反映

- 新たに燃料体取出し作業等に従事させる職員の育成や技術継承を着実に実施。
- 今後の高速炉開発に反映できる技術情報は、開発側組織と連携し、資料化を進める計画。

廃止措置評価専門家会合のご意見

廃止措置評価専門家会合概要より引用

分類		委員からの提言、コメント等	本資料の関連箇所
全般	全体像の体系的な説明	様々な対策を通じて全体を良くしていこうとするもんじゅ側の意志を感じる一方、もんじゅが「現場でできること」を書いたという限界を感じる。	1. もんじゅのリスクマネジメント全体像
	2018年度作業の評価	2018年度の燃料体処理作業において、大きな事故や重大な問題が無く進められたことについては評価したい。	
	経済合理性	経済合理性がどうなっているかが、気になる。他の産業では、対策に対する効果に対してギリギリのところを進めている。ここでは、計画通り進めるために、コストに対して負担をかけているはずで、対費用効果について納得のできる説明が必要。	
燃料体取出し作業のリスクマネジメント	リスクマネジメントの目的の確認	炉心に燃料が残っていることが、もんじゅの場合に最大のリスクであり、それを可能な限り速やかに取り出すという目的を毎回確認することが重要である。	2. 燃料体取出し作業のリスクマネジメント
	リスクマネジメントの反映	今後に向けて、経験を踏まえることが重要だが、リスクマネジメントの本質は、意思決定をするときにいろいろな要因を考えながら統合的に意思決定をするところ。いろいろな要因を踏まえてどの方法を選ぶかということ。いろいろなやり方がある中で、どれが一番現実的であるかを、どう判断するのかについての検討が不十分。 リスク上重要でないものを外して、資源を必要なところに充当することがリスクマネジメントの重要なアウトプット。リソースを再配分して、PDCAを回しながら安全性確保と、効率性や経済性向上に結び付けるとするのがエッセンス。加えてモニタリングも重要なポイントである。	
	リスクマネジメント結果の実践	いろいろな面でリスク管理を検討しているのは良いが、実践的にいかに適用され、いかに反映されるかが重要。	
	継続的な改善	経験に基づいたリスクマネジメントは大事だが、それを踏まえてさらに経験していないリスクマネジメントが追加されてしかるべき。その際、リスクマネジメントのやり方をこう変えるから、今までとこのような違うことが出来るという基本ポイントを示す必要がある。 「安全確保上、問題は無いことを確認した。」と述べているが、事故が無いということと、リスクが無いということは別なもので、ここは経営も含めて考え直すべき。	

廃止措置評価専門家のご意見（2/2）

分類		委員からの提言、コメント等	本資料の関連箇所
不具合発生時等の対応及び体制・教育・訓練	リスク顕在化時の対応（現場の意識、理解の徹底）	リスク顕在化時の初動対応として、保安体制に基づく対応で済まされているのが気になる。保安体制を設けていたが法令報告となった場合もあり、保安体制があるから良いというものではない。訓練についても、どういう事象まで訓練の対象としているかが不明。それらを踏まえてどこまで前広に考えているかがリスクマネジメントの改善の報告と思う。 不具合があっても計画通り進めたいと受け取れるようにも読め、現場に誤解を与える。不具合が起きた場合に工程有りきではないことを幹部が現場の作業員に対して理解してもらうことが重要。 リスクは完全に防止できるものではないので、不具合が起きた場合にその影響を最小限にとどめる意識を現場作業員に理解してもらうことが重要。	3.(1) リカバリープラン作成 3.(2) 手順書見直し及び 3.(4) 燃料体取出しに向けた体制、教育、訓練
	シフト体制	5班体制については、機構として試行結果をどうチェックをして、誰が何をもって大丈夫として、どんな課題が残っているかということについて、整理してほしい。今後4年続く作業の体制が、概ね良いでしょうではないけない。 2直に移行するために、どんなリスクの洗い出しがあって、それに対して6日間の2直で何が確認・検証できたという報告がないと、問題の全体枠がわからないので、何日か試したことをもってこれからも上手くいくと言われても、そのまま受け取ることは難しい。	
	組織内コミュニケーション	コミュニケーションにより色々なことが分かるというのは、そこに詳しい人がいるというのが前提。各々が各々の視点で専門を広げて深めていくということがセットで必要。また、コミュニケーションをやっているという形ではなく、機能しているかどうか、機能するためには何が必要か、検証してほしい。 安全の一番の責任者は現場の課長クラス。課長が現場に行って作業員と話をするのが有効。そういう階層をまたぐようなコミュニケーションの仕組みも考えてほしい。	
	訓練内容の対外説明	訓練の説明も重要。訓練内容を公開することで理解が得られ安心感が得られる。	
設備の不具合対策	燃料出入設備の不具合対策	今回の把持装置の不具合についてはその装置が格納されているところの雰囲気(酸素濃度、水分濃度)がその要因と考えられるが、その対策については十分検討し、今後円滑に駆動するように検討すべき	3.(3) 設備対応
	設備不具合のリスクの想定	再発事象と顕在化事象について対応を記載しているが、これは起きたことに対する対応のみであり、どこにリスクという可能性の部分が入っているかわからない。	
工程	工程（想定するリスク）	作業工程に与えるリスクが限定的となっている。オンタイムで進めるならば、どこまで目配すべきかが重要である。ただし、きちんと工程を管理して安全に進めることで良いと考える。	3.(5) 工程見直し
	工程（実効性）	不具合があることを前提に、実効的な工程を組むことは良い。	
	リスクコミュニケーション	リスクコミュニケーションでは何を伝えるのか、重要事象以外の事象に対して安全上はどういう意味があって、トラブルの質はどういうものかをしっかり説明する等、リスクコミュニケーションをしっかりと行う必要がある。 工程の話が外に出ていくと、今後の予定はいつ終わるのか、といった形に単純化されていくので、しっかり内容を説明していくことが重要。	
技術成果のとりまとめ	アーカイブ	これまでのもんじゅに関する知見並びに今実施している燃料取り出しに関する経験や知見を、機構自らアーカイブ化すべき。アーカイブは大事であり、リスクマネジメントのベースとなるもの。 経験した不具合への対応については説明があったが、予想したトラブルについてはどうだったのか。リスクマネジメントにより予想したトラブルが起きなかった理由を記録に残した方が良い。 廃止措置、技術の伝承を具体的にどうやっていくかが重要。廃止措置に係るアーカイブはその一番の基本となる。	4.技術成果のとりまとめ

文部科学省 日本原子力研究開発機構特命チーム会合
(第14回) 報告資料

資料2-1 原子力機構における事故・トラブル防止に向けた対応について

プルトニウム燃料第二開発室の管理区域内における汚染等に対する文部科学大臣指示(平成31年4月付)を受け、過去の事故等の教訓を活かせていないことに対する根本的な要因の洗い出し及び対策について検討を行った。

文部科学大臣指示の概要

- 理事長を中心とした経営層が責任を持ち、過去の事故等の教訓を活かせていないことに対する根本的な要因の洗い出し及び対策について検討し、7月末までに報告すること。
- 上記対応に際しては、現場職員とのコミュニケーションを密にし、ボトムアップでの改善策の検討を進めること。
- 品質保証・リスク管理の実務に係る専門家及び監事による経営直結の委員会を設置するなど、第三者の視点も活用し検証を進めること。

検討内容

以下の項目について定着状況等を調査し、問題点を検討した。

- 過去の機構改革・安全改善の取組み及び定着状況
- 組織横断的な品質保証体制、現場作業のリスク管理及び教育訓練の状況
- 機構から請負企業に対するガバナンスの状況
- 現場の自主的なリスク低減、安全性向上及びモチベーション向上に係る取組み状況

大臣指示を受けた検討項目
4項目の状況調査



ヒアリング



ボトムアップによる取組み



分析・対策の検討



代表職場による対策案の
先行実施

- 過去改革等の報告書に基づく調査を実施した。
- 機構の安全活動が体系的に展開されているかを確認した。
- 主要拠点の拠点長等と意見交換を実施した。
- 請負企業幹部から意見交換を実施した。
- 過去改革等に基づく調査にあたり、各拠点の職員から意見を聴取した。
- 主要拠点の現場職員（管理職及び一般職）、請負作業員を対象に意見交換会を開催し、意見・提案等を収集した。
- 安全上の問題を体系的に整理し顕在化している問題点を抽出した。
- なぜなぜ分析の手法により問題点の背後にある要因を分析しその原因を抽出した。
- 抽出した原因に対する対策を検討、策定した。
- 対策について実行可能性等を確認するため、先行して実施する職場（代表職場）を選択し実施状況を確認（モニタリング）した。



第三者の視点による検証、提言

原子力機構における事故・トラブル防止に向けた対応について (過去の機構改革・安全改善の取組み及び定着状況に関する問題点と対策)

【3】

【調査内容】

過去の業務改革、外部コンサルタントの報告書等(6件)を調査対象として、過去の取組み及び定着状況を調査した。

調査対象

- (1) 「動燃の体質及び組織・体制の改革に関する調査報告書」(平成9年7月):アーサーアンダーセン
- (2) 「動燃改革の基本的方向」(平成9年8月):動燃改革検討委員会
- (3) 「新法人作業部会報告—新法人の基本構想—」(平成9年12月):科学技術庁新法人作業部会
- (4) 「プルトニウム燃料技術開発センターピアレビュー報告書」(平成26年7月):原子力安全推進協会
- (5) 「機構改革報告書・もんじゅ改革報告書」(平成26年9月):原子力機構
- (6) 「燃料研究棟における汚染について」(平成30年2月):原子力機構

現状の事実関係や別途実施した各拠点の職員との意見交換で出された意見等を踏まえ分析した結果、安全確保及び安全文化醸成強化のための対策等の取組みについて、直接原因への対応はなされてきたが、安全に係る体制・制度等に係る課題への対策・取組みが定着しているとは言えない状況であることを確認した。

【問題点】

- ① 安全・核セキュリティ統括部(以下「安核部」と各拠点の保安管理部門における監視・評価が十分に行われていない。
- ② 安全対策等の有効性及び実行性の評価が不十分であり、改善が徹底されていない。
- ③ 請負企業への依存度が増しているにもかかわらず、請負企業へのガバナンスに問題が生じている。

抽出した問題点に対して、対策の方向性を検討した。

【対策の方向性】

- ①に対して
 - a) 安核部と拠点の保安管理部門との関係強化を含む組織横断的な品質保証体制を再構築する。⇒ p4関連
 - b) 不適合管理(水平展開含む)を始めとする品質保証活動の見直しを行う。⇒ p4関連
- ②に対して
 - a) 拠点の各部・センターにおける安全確保対策や取組みの有効性、実行性の評価を徹底する。⇒ p4関連
 - b) 現場での作業に関する自主的なリスク低減や安全確保のためのモチベーションの向上を図る。⇒ p6関連
 - c) 現場作業者の力量を向上させる取組みを強化する。⇒ p4,5関連
- ③に対して
 - a) 現場作業の監視体制を強化する。⇒ p5関連
 - b) 請負企業へのガバナンスの改善を行う。⇒ p5関連

大臣指示の視点	問題の構造(全体で16項目) 及び要因(全体で18項目)	主な対策(全体で13項目)
(1)組織横断的な品質保証体制、現場作業のリスク管理及び教育訓練の状況	○水平展開等について、各現場との情報共有が不十分であり、各現場の自律的な改善につながっていない。 ○安全対策等が現場に浸透し、機能しているかの監視・評価が不十分である。	○重要な指示内容を分野別会議体等や現地にて直接伝えるとともに対応状況の評価・改善を確実に実施する。＜拡充＞ ○現場の管理者等による安全巡視において、現場密着型の手法による作業監視を導入する。また、他部署、更には第三者も含めた体制による現場密着型の手法を活用した相互確認も導入する。＜新規＞

(凡例: 拡充、新規、本格実施とは、機構が実施している取組み状況を示す。)

現場密着型の作業監視・評価の実施方法の概要

観察者(管理者または、管理者に指名された者(管理職位))が作業や現場の状況を一定時間じっくりと観察することにより、あるべき姿(適切な作業の実施)との差を確認し、改善の手助けとなるような気づきを指導し現場の改善につなげる。

作業の観察

- ・「あるべき姿」とのギャップはあるか
- ・基本動作は徹底されているか
- ・要領書に従って作業が実施されているか
- ・不安全行為はないか

改善活動

- ・不適合管理
- ・教育・訓練、手順書の見直し
- ・期待事項の見直し

コーチング

- ・作業担当者又は現場責任者とパフォーマンス向上のための対話を行う

グループ討議

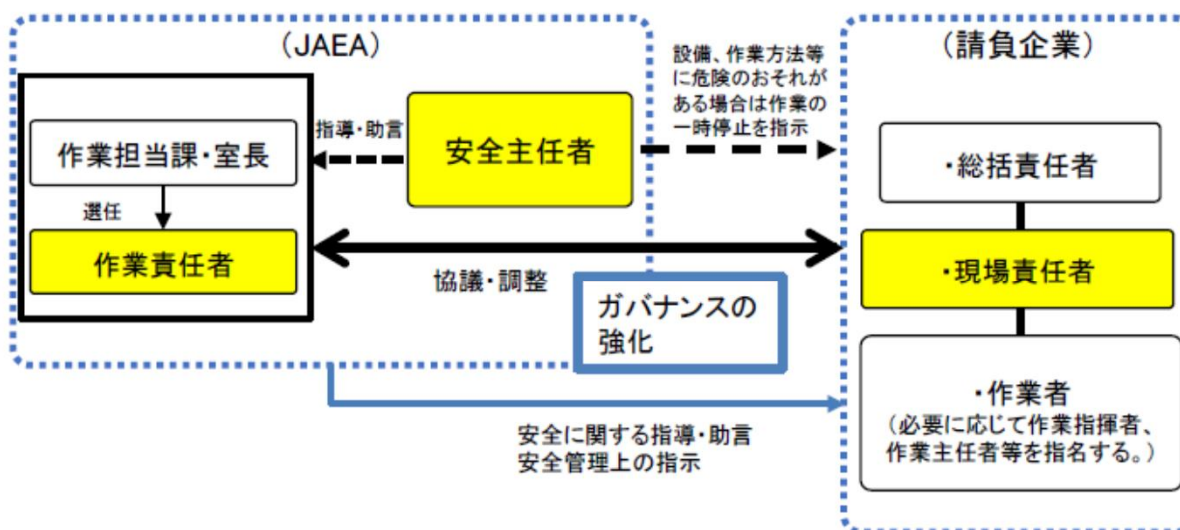
- ・観察の結果を基にチーム内で改善に向けたグループ討議を実施



作業の観察の様子

大臣指示の視点	問題の構造(全体で16項目) 及び要因(全体で18項目)	主な対策(全体で13項目)
(2) 機構から請負企業に対するガバナンスの状況	○現場作業の多くを請負企業に任せきりにしており、機構職員の現場把握が不十分になっている。 ○請負企業においても、人材不足や競争入札による短期間契約などのため、計画的な人材の育成・確保や技術向上が困難になっている。 ○請負企業の技術的能力や品質保証に関する確認が、契約上可能であるが、必ずしも実施されていない。 ○機構の課長を含む職員や請負企業の作業員に対し、教育・訓練が実践的なものとなっていない。	○作業の安全管理に係る権限を有する安全主任者に関する制度の導入、作業者の役割、責任、資格要件を定めた作業責任者及び現場責任者を認定する制度を構築する。＜本格実施＞ ○管理区域内の年間請負作業のうち、プルトニウム等を扱う、高度な専門性・習熟性が必要な安全上重要な作業については、契約監視委員会の監視の下、長期(3年以上)の特命随契に移行する。＜新規＞ ○技術的能力や品質保証体制等に係る要求を明確にし、確実に業務を遂行できるよう契約仕様書を具体的、定量的なものにする。また、受注者に対しての監査を徹底する。＜拡充＞ ○実務教育・訓練について、内容の妥当性の確認や実施結果の有効性の評価、改善を行い、実効性の向上を図る。＜拡充＞

安全主任者に関する制度/作業責任者認定制度



安全主任者(JAEA):

- * 部長や課長の承認前に作業計画、要領、リスクアセスメントの審査を行う。
- * 作業場を適宜巡視し、危険のおそれがある場合は、作業の一時停止を指示し、必要な処置について指導・助言を行う。

作業責任者(JAEA):

- * 作業担当課・室長の選任を受け、作業計画を確認するとともに、現場に赴き、作業の実施状況を確認して工程上、安全上の問題をチェックし、必要に応じて協議・調整その他の措置を講ずる。

現場責任者(請負企業):

- * 作業現場に常駐し、作業の計画、準備、実施の進行に合わせて、作業管理を行う。

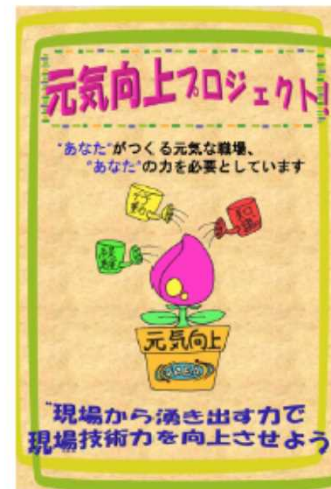
原子力機構における事故・トラブル防止に向けた対応について (問題の構造及び要因とその主な対策③)

【6】

大臣指示の視点	問題の構造(全体で16項目) 及び要因(全体で18項目)	主な対策(全体で13項目)
(3)現場の自主的なリスク低減、安全性向上及びモチベーション向上に係る取組み状況	○事故トラブルの未然防止を目的とした水平展開の監視・評価が十分されていないため、現場のやらされ感が強く、形だけの対応で済ませている。	○事故・トラブルを未然防止するため、気づきやヒヤリハットなど安全に関する情報を、広く吸い上げ、共有・改善活動を展開する。＜本格実施＞ ○現場力の高い組織を目指して、「元気向上プロジェクト」(小集団活動)により、自ら職場の諸課題を見つけ出し、解決を図る風土を醸成する(平成29年度30チーム、30年度85チーム、令和元年度131チーム)。＜拡充＞



情報共有・改善活動(CAP活動)における会議の様子



ポスター



「元気向上プロジェクト」チーム活動の様子



ファシリテーション研修の様子

【検討委員会による検証結果】

【主な検証結果】

- 機構で検討した問題の把握、対策の立案及びその後の確認について、検証を受けた。
- ・問題の構造として経営の問題から請負企業までの全般にわたって体系的な分析ができている。
- ・大臣指示にて特に検討を求められた視点で問題点の洗い出し及び分析並びに6項目の対策の方針及び13項目の個別対策が検討され、それらは個別の対策として有効である。

【主な提言】

- 安全の対策の実施にあたって、さらにその活動の有効性や実行性を向上するために提言を受けた。
- ・職場毎に対策の評価を行い、優先順位を付ける。
- ・第三者を含めた経営による評価体制等の仕組みを取り入れる。
- ・安全体制確立には、人材、予算の確保が必須である。
- ・安全活動の適切な実施という視点での人材育成及び人事交流が重要である。

【今後の対応】

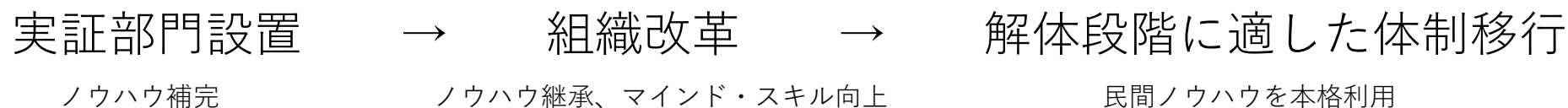
経営レベルで対策が実効的な対応となるよう実施状況を確認するとともに、今後の検討課題についても継続的に改善を進め、機構の保安活動について不断の改善と一層の向上を図っていく。

- ①検討委員会の提言を踏まえ、8月上旬を目途に安核部及び各拠点へ対策の水平展開を行うとともに、安全活動の改善とその定着に向けて、対策の有効性を確認する。
- ②対策への取組みと実施状況については、安核部及び拠点の管理責任者(担当理事)から経営層に定期的に報告するとともに、11月予定の理事長マネジメントレビュー(今年度第1回)のインプット情報とし、必要な改善指示等を含め評価する。
- ③外部の視点で対策の有効性を評価するため、今年度第3四半期から第三者による経営レベルのモニタリング(当面四半期に1回程度)を実施する。

安全かつ着実な廃止措置の実施のための組織改革の取組 「ONE HEART計画」の概要

- 研究開発推進組織 JAEA にあって、当部門は、研究開発要素が少ない一方、長期間にわたるプロジェクトを安全、計画的、合理的に推進するミッションを有し、当部門独自の組織、実施体制（新会社設立も視野）の構築が必要

- 廃止措置の進展とも整合しつつ、段階的に移行



- 当面の組織改革の課題

ノウハウ：廃止措置プロジェクトを計画、遂行するノウハウ

マインド：コスト意識、スピード感

スキル：現場管理、設備管理のスキル

組織改革加速の方策

- 部門大の組織風土改善キャンペーンを新たに開始する。
- 既に取り組んでいる様々な諸活動を組織改革との関連で体系化し、One Heart 計画－新たな頂きへ、One Heart－として、「業務遂行能力向上」と「業務運営上の目標、条件達成」に分類し、組織改革に向けて、連携しながら実施していく。

新たに開始

【部門】組織風土改善キャンペーン

実施中

【機構】元気向上プロジェクト

【部門】MVST-コミュニケーション

【ふげん】異常感じたら立止まる活動

【もんじゅ】HE新対応計画

分類、
体系化

One Heart 計画

組織改革に向け、各活動を連携して推進

業務遂行能力向上
のための取組

組織マネジメント

組織風土、個人意識

個人スキル

業務運営上の
目標、条件達成
のための取り組み

業務合理化

安全確保

予算削減

(A)業務遂行能力向上のための取組 (1/2)

大項目	中項目	取組	
		機構大、部門大	サイト（本：実証本部、ふ：ふげん、も：もんじゅ）
組織 マネジメ ント	本部レベル	【機構】電力支援協定 【部門】実証本部の機能発揮	【本】電力支援者からの本部組織マネジメントの継承
	現場レベル	【部門】MVSTコミュニケーション	【ふ、も】MM、部長会、所会等のコミュニケーション
			【ふ、も】所長説明会・意見交換会、所幹部意見交換会
			【ふ、も】部・課内双方向コミュニケーション
			【本、ふ、も】ランチミーティング
		—	【も】廃止措置業務のマネジメントに関する調査（WATS）
組織風土 個人意識	一体感、 風通し	【機構】電力支援協定	【も】電力支援者からの現場組織マネジメントの継承
		【機構】元気向上プロジェクト 【部門】組織風土改善キャンペーン	【ふ、も】安全あいさつ運動、ラジオ体操
			【本、ふ、も】「調える」活動
	自律的行動	【部門】組織風土改善キャンペーン （風通しの良い安全快適職場）	【本、ふ、も】「報連相」の意識向上 【本、ふ、も】休暇取得促進等の取り組み
		【部門】組織風土改善キャンペーン （学習する組織）	【本、ふ、も】管理職者へのマネジメント研修 【本、ふ、も】「管理職の心得」の周知と実践
		【機構】元気向上プロジェクト 【部門】組織風土改善キャンペーン	【本、ふ、も】電気事業者との意見交換
		【機構】カイゼン提案	【も】コミュニケーショングループによる改善 【ふ】自発的・自主的な業務改善

(A)業務遂行能力向上のための取組 (2/2)

大項目	中項目	取組	
		機構大、部門大	サイト（本：実証本部、ふ：ふげん、も：もんじゅ）
個人スキル	育成	【部門】人材育成システム整備	【本】人材育成システム作成、個人育成計画
		—	【ふ】現場経験の浅い所員とベテラン層のペアでの現場巡視、文書レビュー・記録確認等での問いかける習慣の醸成
			【も、ふ】講演・発表会への参加、保安検査等への同席等による技術的な知識・経験の向上 【も】保守管理要領に基づく教育・育成
	教育	—	【も】原電研修、e-ラーニング活用
		—	【ふ】品質管理向上教育プログラム（品質保証担当者向け）
		—	【ふ】小集団活動などによる事例を用いた意見交換

(B)業務運営上の目標、条件達成のための取組 (1/2)

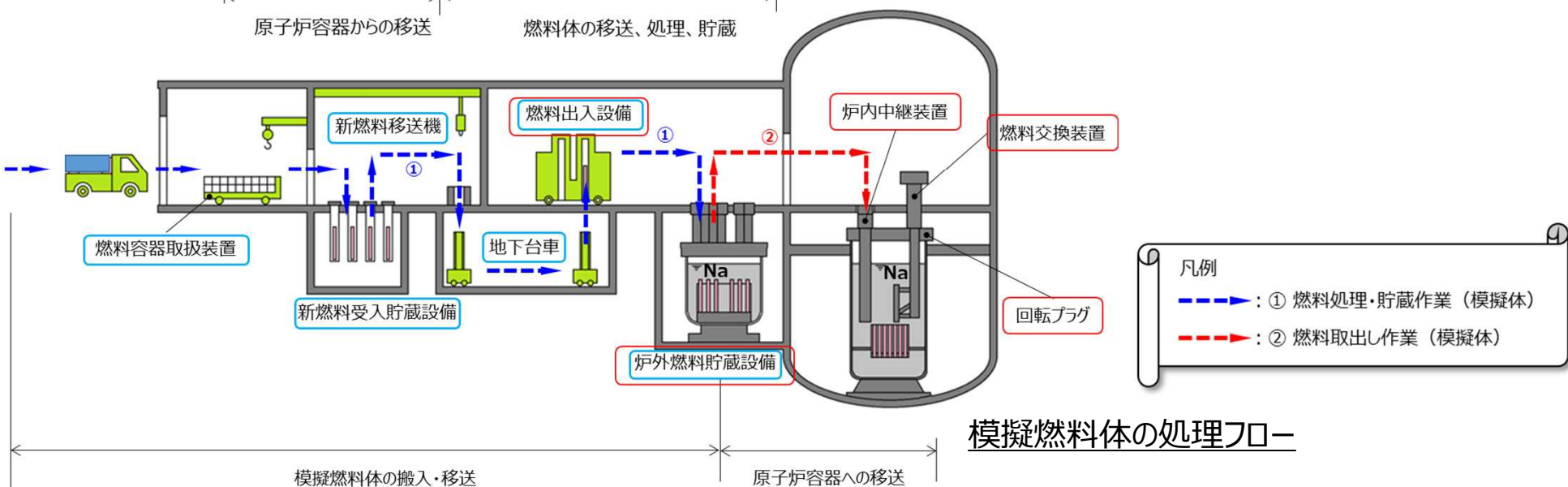
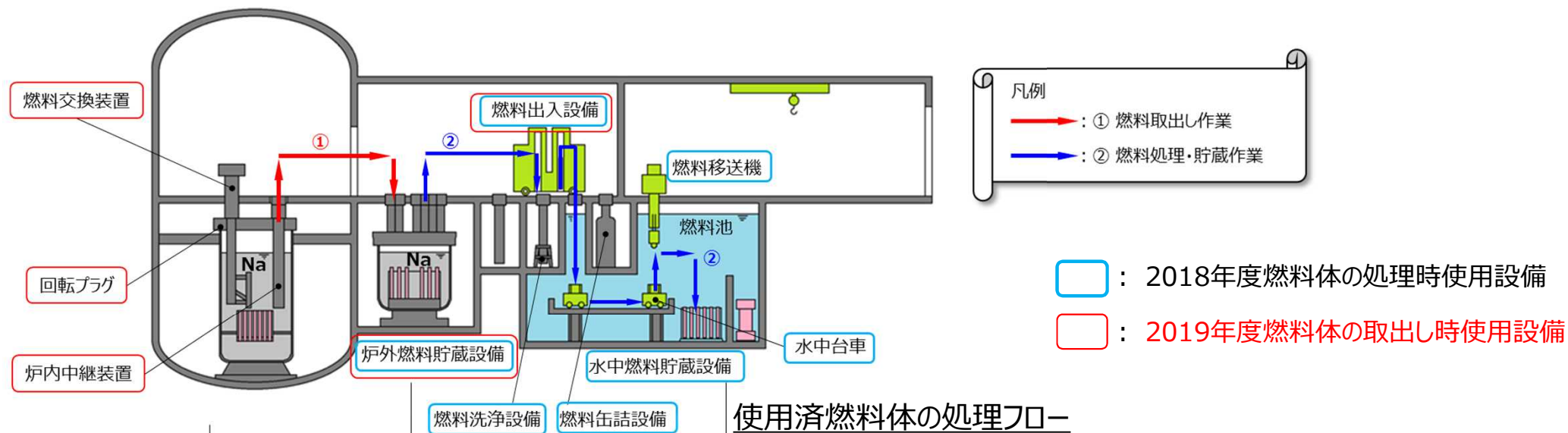
大項目	中項目	取組	
		機構大、部門大	サイト（本：実証本部、ふ：ふげん、も：もんじゅ）
業務の合理化	QMS活動	【部門】QMS体系再構築	【本、ふ、も】文書体系再整理（3次文書の再整理、RCA対策等の再評価(も)、工程管理見直し(も)）
		【機構】元気向上プロジェクト	【も】アイソレ合理化、ミーティングダイエット
		—	【も】廃棄対象施設に対する保修票・不適合処理の合理化
	業務	—	【ふ、も】設備維持管理の合理化・改善 【も、本】統括管理マニュアルに基づく進捗管理、燃料取り出し検討会、WG（再構築中）
			【ふ】廃止措置や課題対応のスケジュール管理改善、合理化
予算削減	合理化	—	【ふ、も】複数年契約による作業合理化
	意識	—	【も】コスト意識向上 【も】タブレット活用範囲の拡大

大項目	中項目	取組	
		機構大、部門大	サイト（本：実証本部、ふ：ふげん、も：もんじゅ）
安全確保	HE	【部門】HE防止研修	【ふ、も】HE防止小集団事例研修
		－	【も】HE再発防止新対応計画 【も】HE巡視 【も】HE防止に係るカイゼン提案募集
			【ふ】トラブルを踏まえた「人・設備・ルール」改善
	安全意識	－	【も】管理職巡視・アイソレーションに係るオブザベーション 【も】安全主任者制度・安全スタッフ会議に基づく安全管理体制強化 【も】防災協からの提案事項への対応 【も】ハザードマップによる施設・設備の危険源の可視化 【も】ヒヤリハット・安全標語・安全ポスターの募集 【ふ】現場安全確保のためのホールドポイント設定による管理職の現場関与、課間の相互巡視等
			【ふ】安全標語の募集と日めくりカレンダー化
			【ふ】異常を感じたら立ち止まる活動

燃料体の取出しにかかるリスクマネジメント等

出典：第8回（H31.4.22）もんじゅ廃止措置評価専門家会合資料の抜粋を含む

- 炉心からの燃料体の取出し作業で初めて使用する設備：燃料交換設備（燃料交換装置、回転プラグ、炉内中継装置）
- 燃料体の処理作業に引き続き使用する設備：燃料出入設備、炉外燃料貯蔵設備



● 第1キャンペーンにおいて作業工程に1日以上影響した事象

工程進捗に影響した警報等	遅延 日数	対策内容	事象区分 ※2	今後の 対応方針
- 燃料出入機本体Aグリッパのつかみはなし異常 - EVSTブローダウン流量異常 - 燃料出入機本体Bのクラッチ破損 - 燃料缶詰装置監視用ITV保護ガラスの結露 - 燃料出入機本体B ドアバルブシール漏えい	22日※1 1日 8日 21日 1日	グリッパ洗浄、洗浄槽ガス置換回数増 流調弁調整手順見直し クラッチ交換、キー固定他 カメラ手入、雰囲気ガス変更 異物の除去、Oリング交換	再発事象 顕在化事象 顕在化事象 再発事象 想定事象	設備改善 対策完了 対策完了 対応不要※3 対策完了
- 燃料洗浄設備のリミットスイッチのズレ - 燃料出入機本体Bトルクリミッタ摩擦板の滑り - 燃料出入機本体Bグリッパのつかみはなし異常 - 自動化運転における対象物入力不可	1日 4日 4日 5日	リミットスイッチ調整 トルクリミッタ摩擦板交換 トルク監視強化 状態監視プログラムを修正	想定事象 顕在化事象 顕在化事象 顕在化事象	予備品確保 予備品確保 設備改善 設備改善

※1：トルク高発生時のグリッパ洗浄期間を含む、これ以外に計画的なグリッパ洗浄期間が13日あり

※2：想定事象 - 手順書で設計上想定されていた原因により発生した事象（標準要領あり）

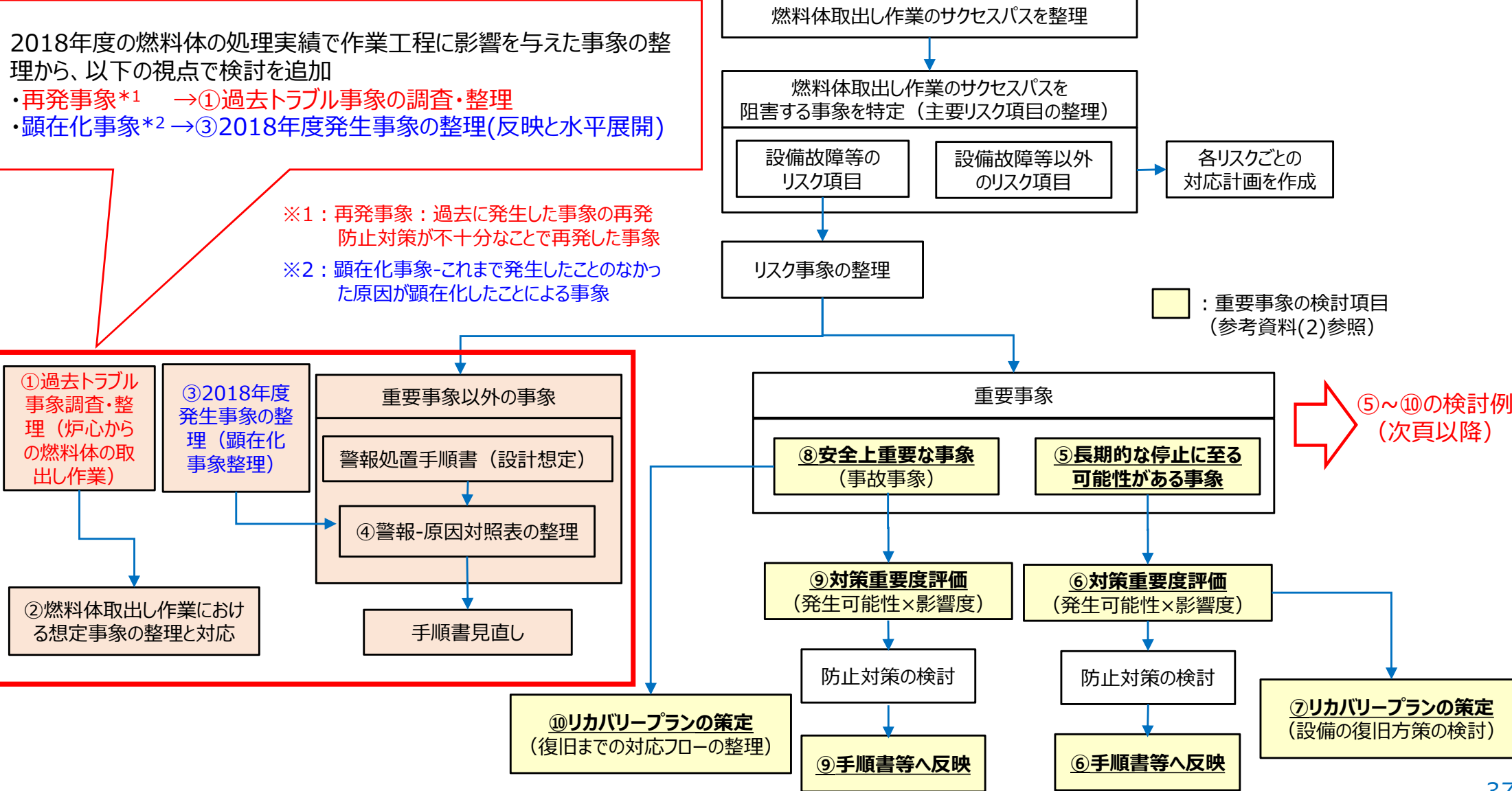
再発事象 - 過去に発生した事象の再発防止対策が不十分なことで再発した事象（標準要領なし）

顕在化事象 - これまで発生したことのなかった原因が顕在化したことによる事象（標準要領なし）

※3：今後、缶詰処理を行わないために発生しない

- ⇒
- 作業工程に影響を与えた事象は標準要領のない、「再発事象」または「顕在化事象」
 - このうち、今後設備改善等の対策が必要な事象は「燃料出入機本体Aグリッパのつかみはなし異常」「燃料出入機本体Bグリッパのつかみはなし異常」であり重点的な対策が必要（7項参照）
 - 再発事象と顕在化事象の水平展開を含めたリスク評価への反映が重要

- 2018年度の燃料体の処理実績を踏まえ、炉心からの燃料体の取出しに関し、リスクの整理、防止対策、復旧方策の検討を行い、手順書等へ反映



①過去トラブル事象の調査

- 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)	・燃料吊り・不吊り判定異常による自動化除外 ・ポンプグラフ開閉異常 ・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)	・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)	・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)	・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)	・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)	・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)	・燃料出入設備オーバーラン など	
その他 (55件)	・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もの	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）	ドアバルブガス置換系	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	×：手順見直しで発生しない
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、噛みこんだもの	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）。トルクリミット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、トルクリミットを予備品確保予定。	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のある事象

*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しトルク高が発生			○	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しテープスラックが発生（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	(○)			計、ト
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降下トルクの低下		○		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しトルク高が発生			○	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しテープスラックが発生（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ストローク計、トルク計の調整確認を実施してから原因究明要
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	(○)			計、ト
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 駆動クラッチ・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 駆動クラッチ・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 駆動クラッチ・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

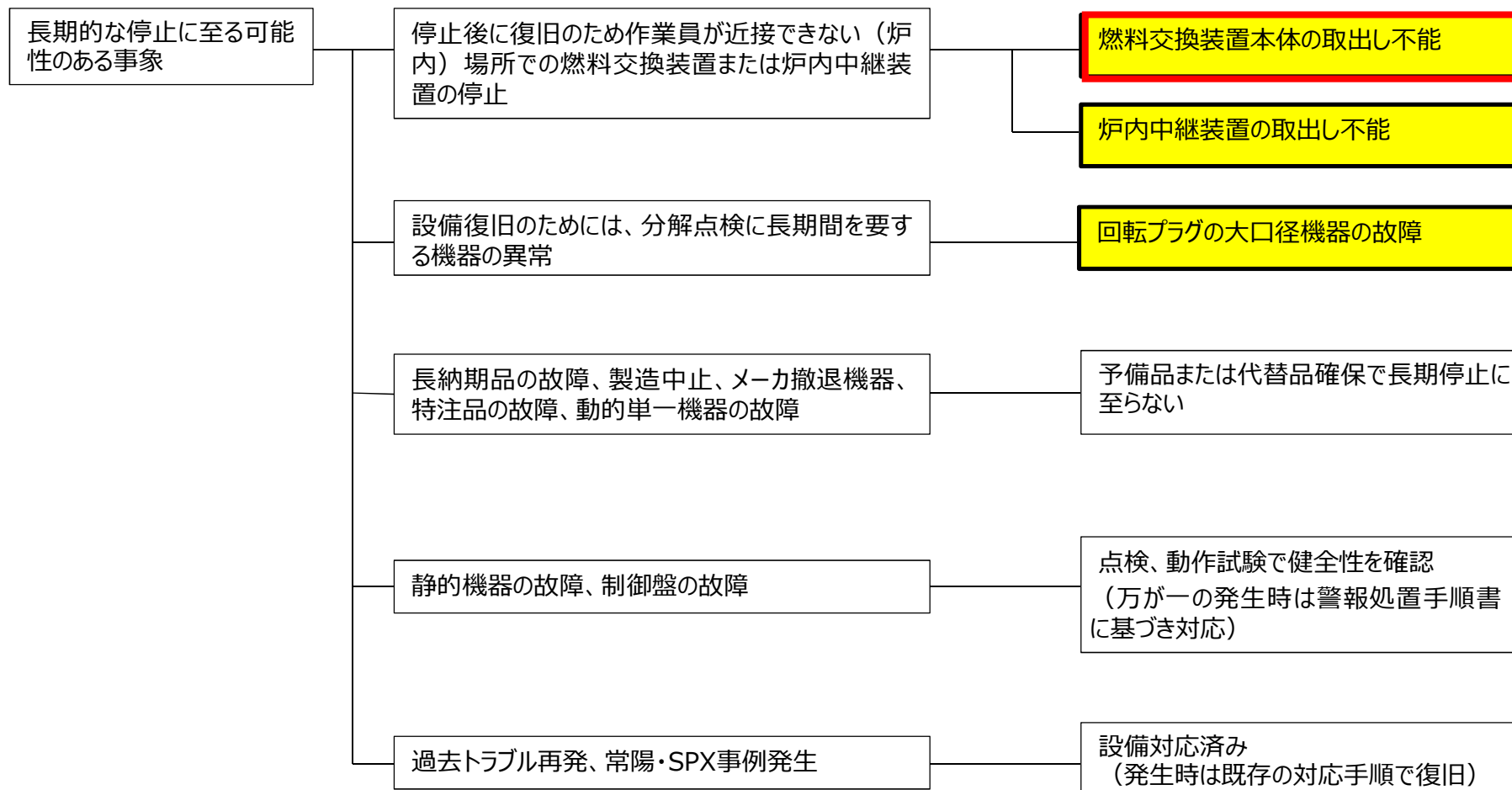
本体Bの顕在化事象を原因に追加

本体Bの顕在化事象を本体Aに水平展開

炉心からの燃料体の取出しにかかるリスク評価

⑤長期的な停止に至る可能性のある事象の選定

- 長期的な停止に至る可能性のある事象として、以下の3つの事象をリスク評価対象、リカバリープランの検討対象として選定
 - ・燃料交換機本体の取出し不能
 - ・炉内中継装置の取出し不能
 - ・回転プラグの大口径機器の故障



 : リスク評価対象、リカバリープランの検討対象

⑥ 長期停止に至る可能性のある事象の対策重要度評価（操作手順書等への反映）

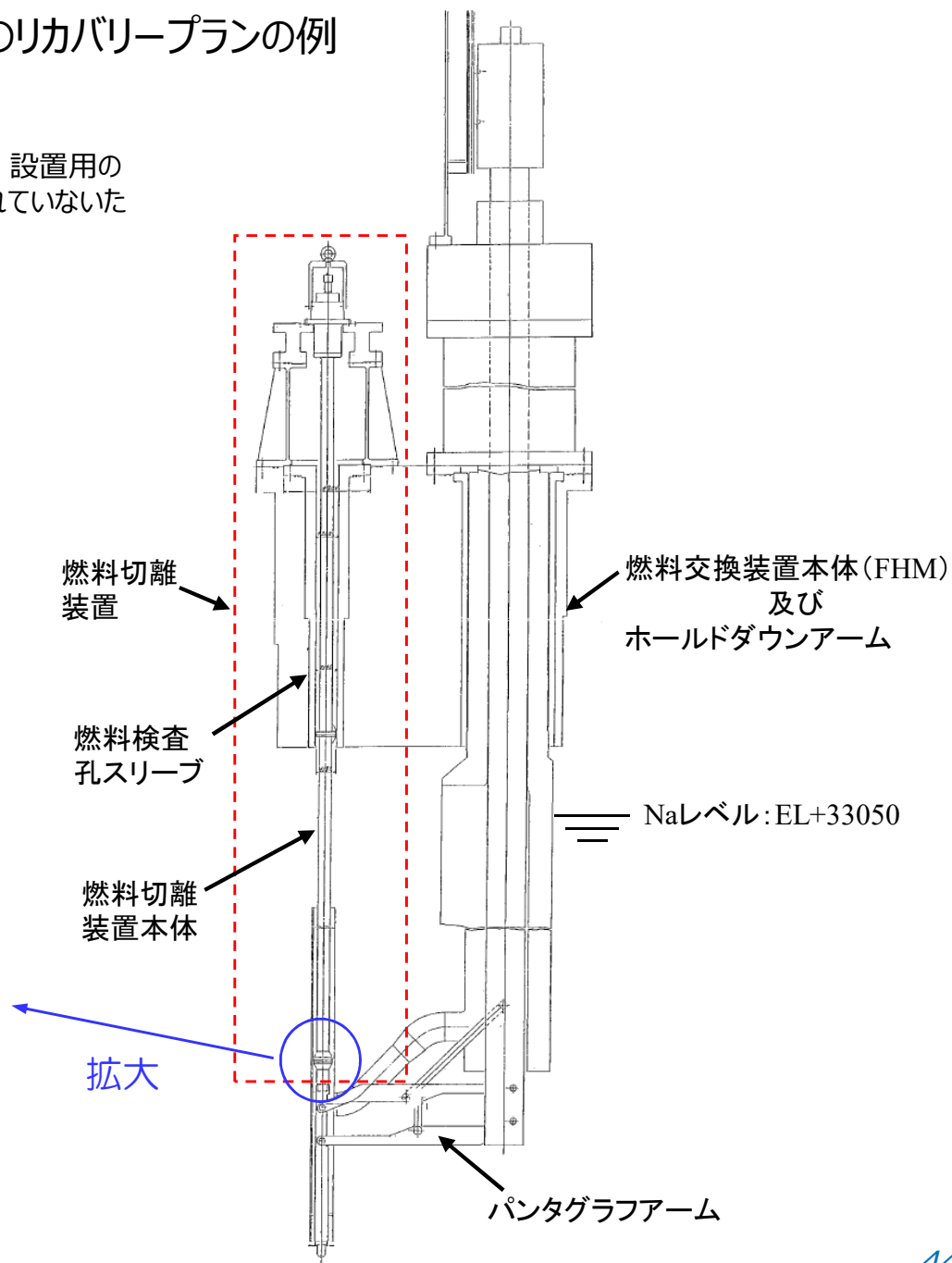
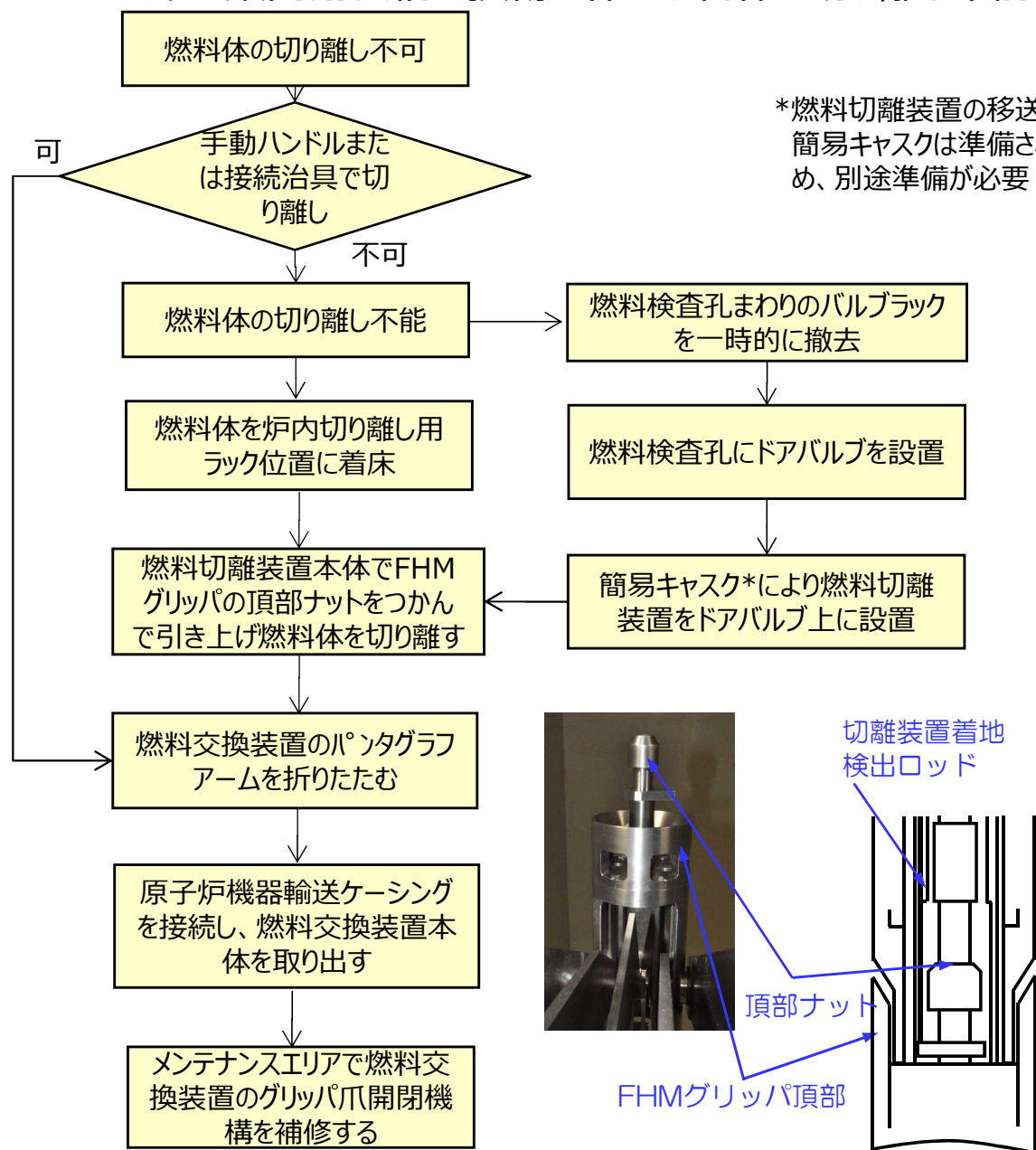
- 各設備の長期停止に至る可能性のある事象について、リカバリープランの立案、または標準復旧要領準備の必要な起因事象（案）を整理

長期停止 に至る リスク事象	対象設 備	起因事象及び阻害事象顕在化シナリオ	対策重要度評価	対策方法	
				操作手順書等への反映項目	点検等への反映項目
燃料交換 装置本体 の取出し 不能	燃料交 換設備	燃料交換装置本体電源供給用コネクタの故障 （爪開閉駆動モータ、パンタグラフアーム駆動モータ電源喪失）	自動連動運転：C 単独運転：C	－	ケーブルコネクタは、接続前に定期的な点検 （導通・絶縁抵抗測定）を実施する
		燃料交換孔ドアバルブの故障（スティック）	自動連動運転：B 単独運転：B	リカバリープランの立案	ドアバルブは、定期的な点検（機能・性能 試験）を実施する
		ホールドダウンアームの旋回または昇降不能	自動連動運転：B 単独運転：B	リカバリープランの立案	ホールドダウン駆動機構及び旋回基準位置 リミットスイッチは、定期的な点検（絶縁抵 抗測定、機能・性能試験）を実施する
		パンタグラフアームの異常等による折りたたみ不能	自動連動運転：B 単独運転：B	リカバリープランの立案	パンタグラフアーム折りたたみ機構は、定期的 な点検（機能・性能試験）を実施する
		グリップ爪開閉機構の損傷に伴う燃料体の切り離し不能	自動連動運転：B 単独運転：B	リカバリープランの立案*	弁類の動的機器は、定期的な点検（機 能・性能試験）を実施する
		炉内機構のスティック等による燃料交換機本体の昇降不能	自動連動運転：B 単独運転：B	リカバリープランの立案	昇降機構は、定期的な点検（分解点検、 機能・性能試験）を実施する
炉内中継 装置の取り 出し不能	炉内中 継装置	回転ラック駆動装置のトルク検出器の故障	自動連動運転：C 単独運転：C	－	トルク検出器は、定期的な点検（機能・性 能試験）を実施する
		燃料出入孔ドアバルブの故障（スティック）	自動連動運転：B 単独運転：B	リカバリープランの立案	ドアバルブは、定期的な点検（機能・性能 試験）を実施する
		回転駆動部の摺動部の異常による回転ラックの旋回不能	自動連動運転：B 単独運転：B	リカバリープランの立案	回転駆動部は、定期的な点検（機能・性 能試験）を実施する
回転プラグ の大口径 機器の故 障	回転プラ グ	駆動装置モータの故障	自動連動運転：C 単独運転：C	－	定期的な点検（絶縁抵抗測定・性能試 験）を実施する
		駆動装置ギアのかみこみによる動作不能	自動連動運転：B 単独運転：B	標準復旧要領準備	定期的な点検（各部計測・性能試験）を 実施する
		旋回歯車の損傷による動作不能	自動連動運転：B 単独運転：B	標準復旧要領準備	定期的な点検（各部計測・性能試験）を 実施する
		旋回軸受けの損傷による動作不能	自動連動運転：B 単独運転：B	標準復旧要領準備	定期的な点検（各部計測・性能試験）を 実施する

*：リカバリープラン例を次頁に示す

⑦長期停止に至る可能性がある事象のリカバリープラン（復旧方策）の検討

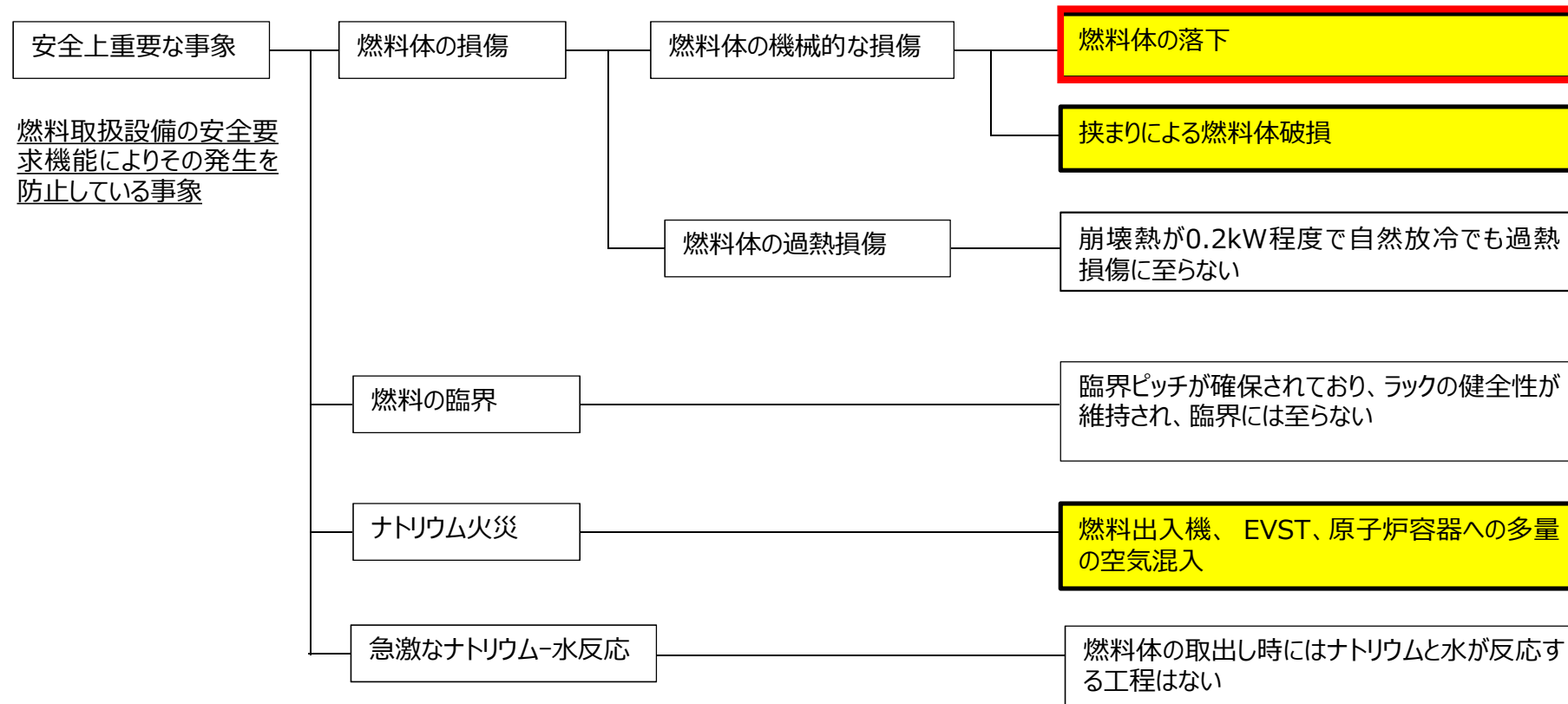
● グリッパ爪開閉機構の損傷に伴う燃料体の切り離し不能のリカバリープランの例



⑧ 安全上重要な事象（事故）の選定

- 安全上重要な事象として、以下の3つの事象をリスク評価対象、リカバリープランの作成対象として選定

- ① 燃料体の落下
- ② 挟まりによる燃料体破損
- ③ 燃料出入機、EVST、原子炉容器への多量の空気混入



 : リスク評価対象、リカバリープランの作成対象

⑨ 安全上重要な事象の対策重要度評価及び操作手順書等への反映

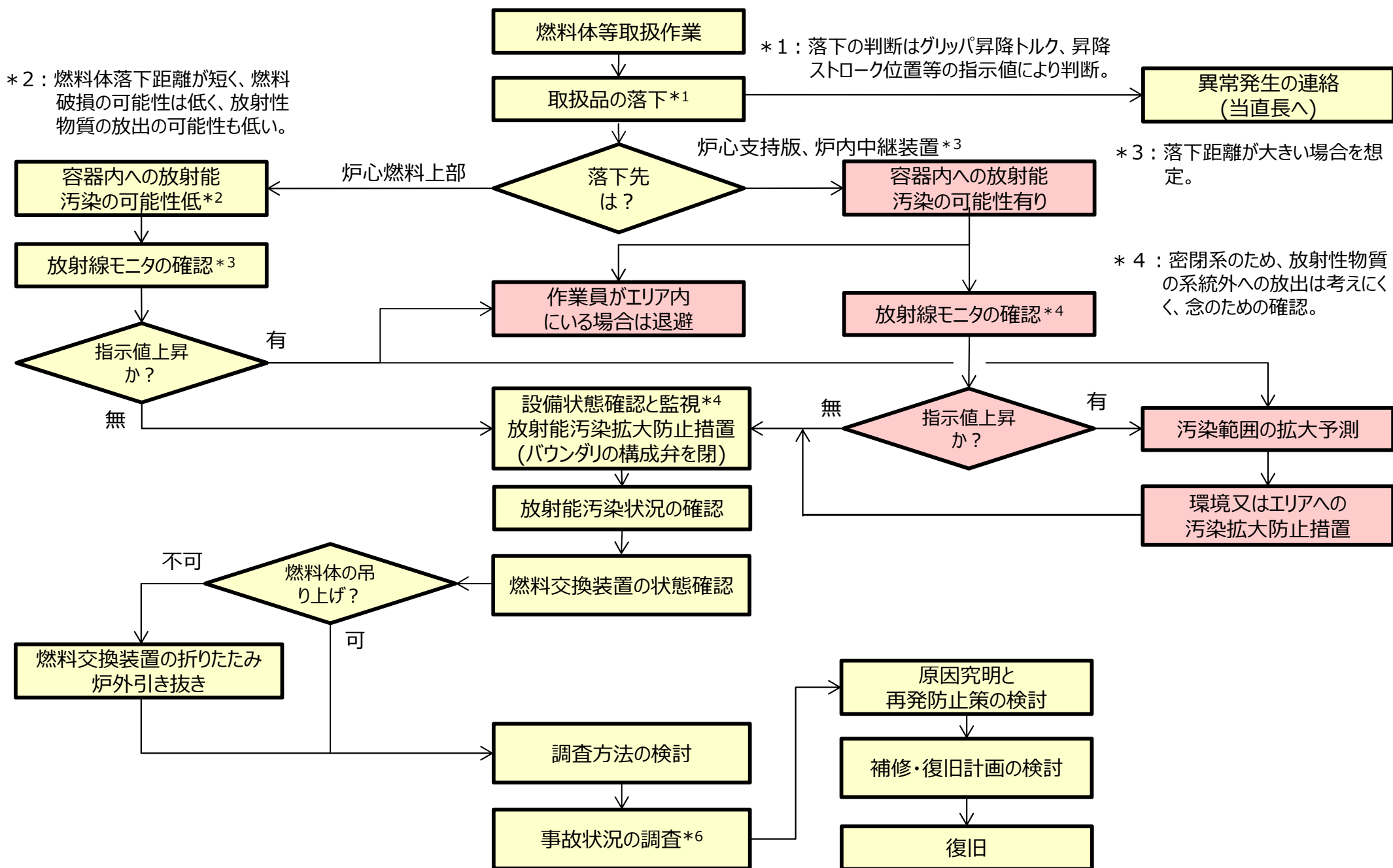
- 安全上重要な事象について、対策重要度B以上で操作手順書への反映項目を抽出した起因事象を整理

リスク事象	対象設備	起因事象及び阻害事象顕在化シナリオ	対策重要度評価	対策方法	
				操作手順書等への反映項目	点検等への反映項目
燃料体の落下	燃料出入機本体 A	燃料体昇降又は移送（走行台車走行）中にグリッパ爪がハンドリングヘッドと確実に吻合していない状態で、振動等により爪が外れる	自動連動運転：C 単独運転：B	操作手順書に単独運転時の操作は計測器類の指示を注意して確認するよう注意事項を記載。操作員への教育を徹底。	計器類（シンクロ発信器及びトルクメータ）は、定期的な点検を実施する
		燃料体昇降又は移送（走行台車走行）中にグリッパ爪がハンドリングヘッドと確実に吻合していない状態で、誤操作により爪を閉じてしまう	自動連動運転：C 単独運転：C	－	計器類（シンクロ発信器及びトルクメータ）は、定期的な点検を実施する
		グリッパ昇降テープ（2対・4本）が同時に全て破断する	自動連動運転：C 単独運転：C	－	グリッパ昇降テープは、点検（外観点検、機能・性能試験）にて健全性を確認する
		燃料体昇降中に、誤操作により燃料出入機ドアバルブ又は床ドアバルブを閉じてしまい、昇降テープを破断する	自動連動運転：C 単独運転：C	－	計器類（シンクロ発信器及びトルクメータ）は、定期的な点検を実施する
	燃料交換機	燃料体昇降又は移送（走行台車走行）中にグリッパ爪がハンドリングヘッドと確実に吻合していない状態で、振動等により爪が外れる	自動連動運転：C 単独運転：C	－	爪開閉感知ロッドリミットスイッチは、点検（機能・性能試験）にて機能を確認
		燃料体昇降又は移送（走行台車走行）中にグリッパ爪がハンドリングヘッドと確実に吻合していない状態で、誤操作により爪を閉じてしまう	自動連動運転：C 単独運転：C	－	爪開閉感知ロッドリミットスイッチは、点検（機能・性能試験）にて機能を確認
		グリッパ昇降ワイヤロープ（2本）が同時に全て破断する	自動連動運転：C 単独運転：C	－	グリッパ昇降ワイヤロープは、点検（外観点検、機能・性能試験）にて健全性を確認する
		爪開閉ロッド上部の構成部品の損傷により爪が閉じてしまう	自動連動運転：C 単独運転：C	－	計器類（グリッパ上上限リミットスイッチ等）は、定期的な点検を実施する
挟まりによる燃料体破損	燃料出入機本体 A	燃料体昇降中に誤操作により燃料出入機ドアバルブ又は床ドアバルブを閉じてしまい燃料体を破損する	自動連動運転：C 単独運転：C	－	計器類（グリッパ上上限リミットスイッチ等）は、定期的な点検を実施する
		燃料体昇降中に誤操作により走行台車を走行させる、EVST回転ラックを回転させるまたは炉内中継装置回転ラックを回転させてしまい燃料体を破損する	自動連動運転：C 単独運転：C	－	計器類（グリッパ上上限リミットスイッチ等）は、定期的な点検を実施する
	燃料交換機	燃料体昇降中に、誤操作により回転プラグ、炉内中継装置回転ラックまたはホールドダウンアームを回転させてしまい燃料体を破損する	自動連動運転：C 単独運転：C	－	計器類（旋回点リミットスイッチ等）は、定期的な点検を実施する
		燃料体昇降中に、誤操作によりパンタグラフアームを収納してしまい、燃料体を破損する	自動連動運転：C 単独運転：C	－	計器類（パンタグラフ開閉点リミットスイッチ等）は、定期的な点検を実施する
		燃料交換装置の炉内危機と干渉し、燃料体を破損する	自動連動運転：C 単独運転：C	－	計器類（旋回基準位置リミットスイッチ等）は、定期的な点検を実施する
Na 火災	燃料出入機（燃料入孔 D/V）	燃料出入孔ドアバルブを燃料出入機が接続していない状態で開けてしまい、原子炉容器カバースに空気が混入する	受容リスク	－ （多重インタロックで発生頻度極小）	－
	炉外燃料貯蔵槽（床 D/V）	炉外燃料貯蔵槽床ドアバルブを燃料出入機が接続していない状態で開けてしまい、炉外燃料貯蔵槽カバースに空気が混入する	受容リスク	－ （多重インタロックで発生頻度極小）	－

炉心からの燃料体の取出しにかかるリスク評価

⑩安全上重要な事象のリカバリープラン（事故後の収束対応フロー）の策定

- 燃料交換装置からの万一の燃料体等の落下事象の発生時にも対応できるように事故後の収束対応フローとしてリカバリープランをまとめる



第 1 キャンペーンの燃料体の処理で発生した 不具合対策等の実施状況

出典：第8回（H31.4.22）もんじゅ廃止措置評価専門家会合資料の抜粋を含む

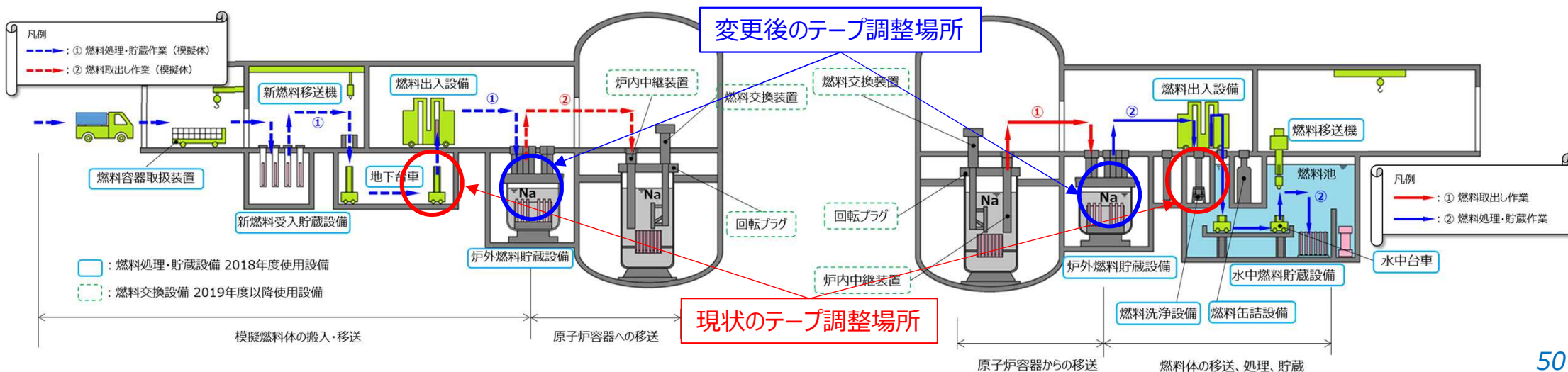
- 2018年度の燃料体の処理で発生した不具合への対策等については、予定どおり進捗

解決すべき課題と不具合対策		炉心からの燃料体の取出しまでに実施	完了時期	備考
【対策A】燃料出入機本体Aグリッパ（ナトリウム化合物） ・燃料洗浄槽の除湿対策 ・燃料体の処理におけるテープ調整場所の変更		－	1月	摺動部品交換済(6月)
【対策B】燃料出入機本体Bグリッパ ・トルク上昇部位の調査と対策		－	1月	摺動部品交換済(6月)
【対策C】 その他不 具合等 (自動化 運転プロ グラムの 修正等)	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）	○	8月下旬	総合機能試験で実機確認
	③ 燃料出入機本体Aグリッパのクラッチ動作遅延	○	8月下旬	総合機能試験で実機確認
	④ 燃料出入機本体Aドアバルブのナトリウム付着（Na滴下防止対策）	－	1月	
	⑤ 燃料洗浄設備の脱塩水洗浄時の電気伝導度低下未了（燃料洗浄追加手動操作の自動化）	－	1月	
	⑥ 燃料処理設備の制御盤間の伝送異常等の起動条件不成立（伝送ノイズ対策）	－	1月	
	⑦ ガス置換排気時間超過による連動運転渋滞	○	完了	実動作試験で実機確認済（7月中旬）
	⑧ 燃料洗浄設備配管予熱温度異常	－	1月	

【対策A-1】燃料出入機本体Aグリップ上爪の対策(1/3)

1) 本体Aグリップパの上爪のトルク上昇要因と対策

トルク上昇の要因 (推定)	実施済対策と効果	要因分析を補完する 実験データ取得	今後の追加対策
• 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	• 燃料出入機本体A内の環境改善のため、グリッパ洗浄後のガス置換の回数を増加 1→2セット（昨年11/1より実施） ☆効果：酸素濃度は約16ppm ⇒約6ppmに低減 • 毎日の燃料処理終了後に炉外燃料貯蔵槽（EVST）で上爪の開閉動作（テープ調整）を手動操作で追加で実施（昨年12/15より実施） ☆効果：上爪のブリッジ切断によるトルク低減（20Nm前後と低位安定で維持）	• 低酸素雰囲気でも長期間金属ナトリウムを保持することによる化合物生成量の変化データ ⇒ 0.1mg/mm²の重量増加に相当するNa化合物の生成には、酸素濃度600ppmでは1週間、0.5ppmでは3ヶ月間以上	• 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 ⇒ 燃料体の処理までに対応



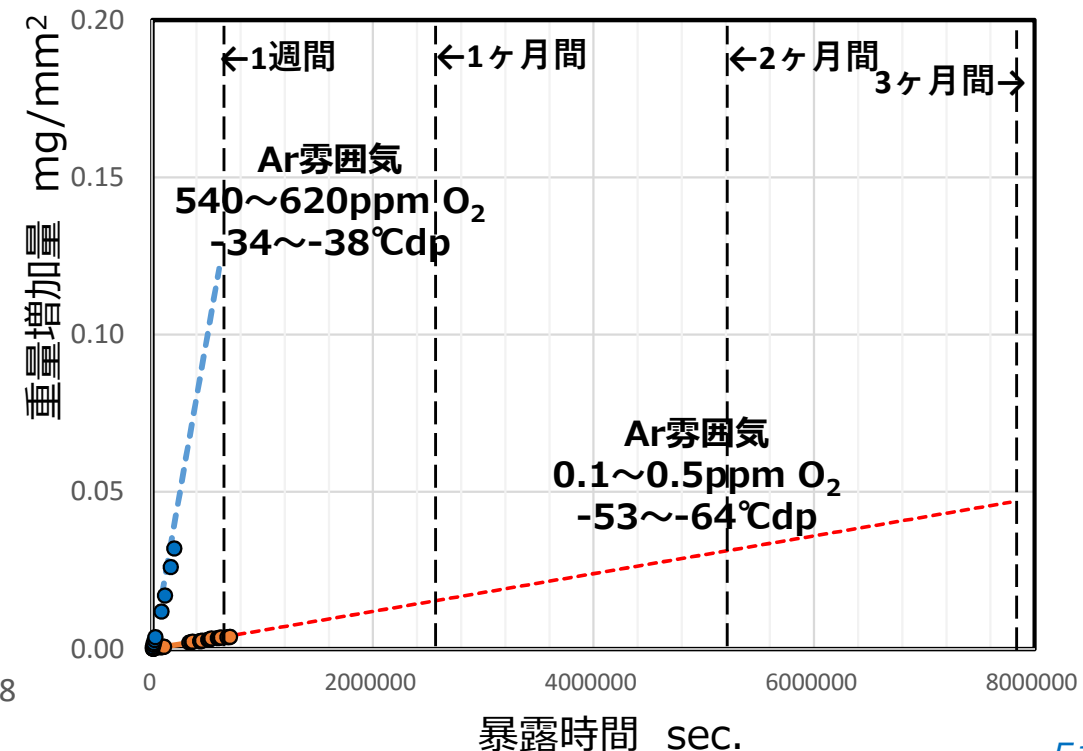
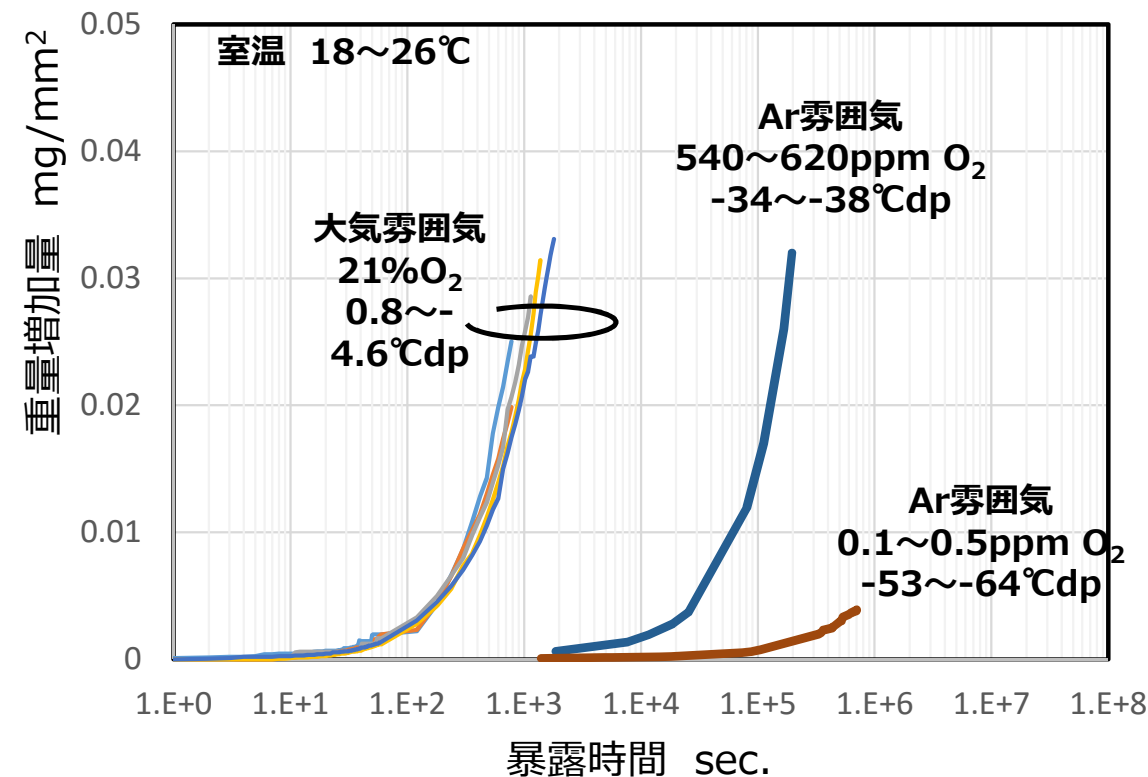
【対策A】燃料出入機本体Aグリッパの対策（2/6）

【対策A-1】燃料出入機本体Aグリッパ上爪の対策(2/3)

＜要因分析結果を補完する実験データ取得＞

✓低酸素雰囲気中で長期間金属ナトリウムを保持することによる化合物の生成

- ◆ 実験目的: 低酸素雰囲気中に長期間ナトリウムが晒されることにより形成される化合物量（厚み）を調査
- ◆ 実験手法: ナトリウムに浸漬した金属試験片を試験雰囲気中に暴露した後、電子天秤にて秤量し、重量変化量を計測
- ◆ 実験結果: 同一の重量増加までの時間は、大気雰囲気と比べ、酸素濃度600ppmで2桁、0.5ppmで3桁長くなり、0.1mg/mm²程度の重量増加まで酸素濃度600ppmでは1週間、0.5ppmでは3ヶ月間以上



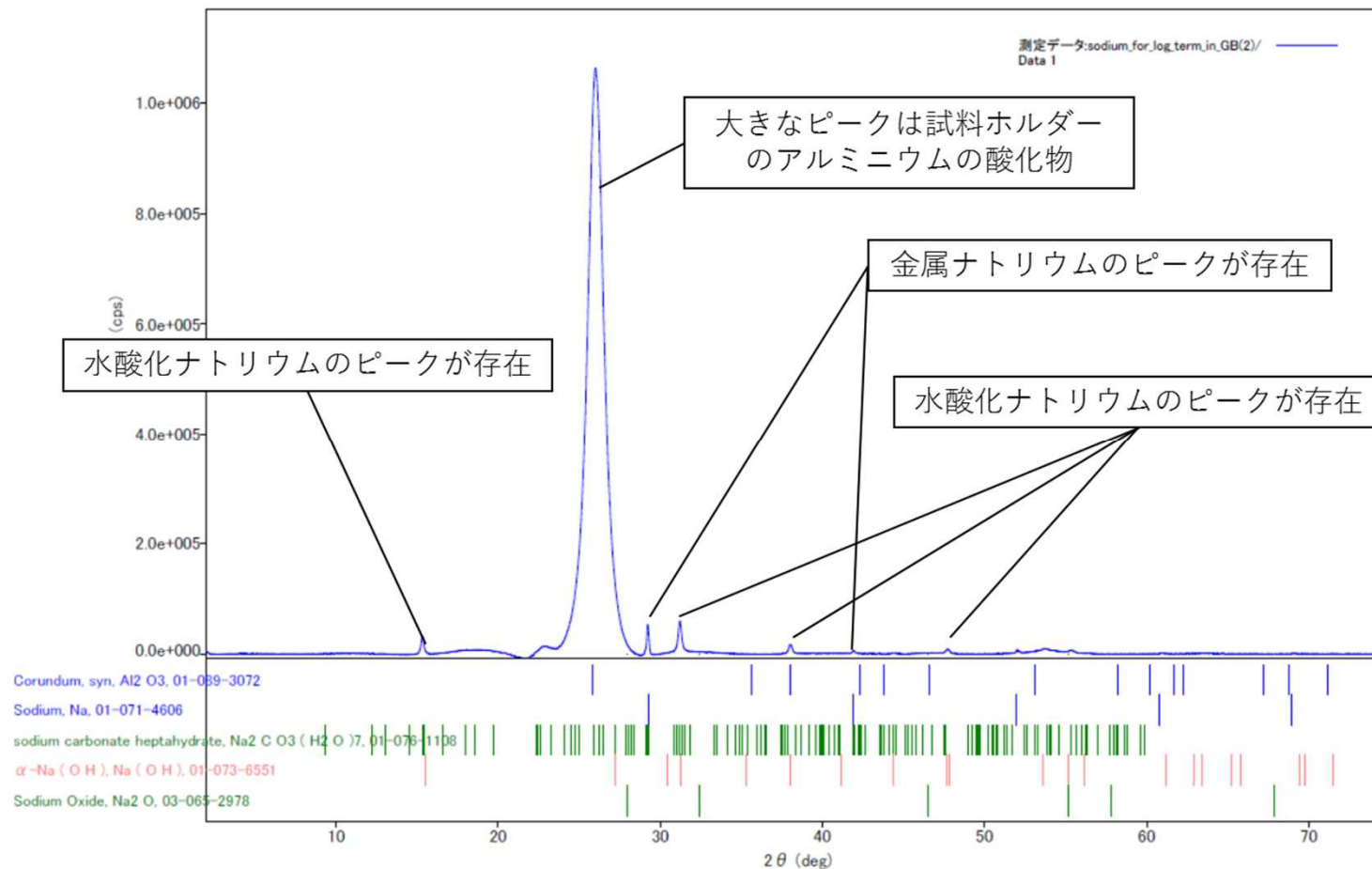
【対策A】燃料出入機本体Aグリッパの対策 (3/6)

【対策A-1】燃料出入機本体Aグリッパ上爪の対策(3/3)

＜要因分析結果を補完する実験データ取得＞

✓低酸素雰囲気で長期間金属ナトリウムを保持することによる化合物の生成

- ◆ 表面に生成したナトリウム化合物のX線回析法分析による結晶格子の同定
検出されたピークは、水酸化ナトリウムであり、酸化ナトリウムが雰囲気中の微量水分と反応して水酸化ナトリウムとなっていることが示された



【対策A-2】燃料出入機本体Aグリップ下爪の対策(1/3)

2) 本体Aグリップの下爪のトルク上昇要因と対策

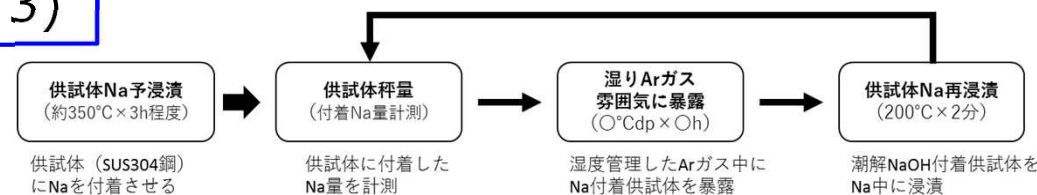
トルク上昇の要因 (推定)	実施済対策と効果	要因分析を補完する 実験データ取得	今後の追加対策
- EVSTで付着したNaが、露点の高い燃料洗浄槽で水酸化物に変化 - 次にグリップをEVSTに浸漬した際に吸湿した水酸化物表面に、さらにNaが付着 - グリップの爪側面に付着したNa化合物がアクチュエータの昇降に伴い爪の隙間の小さい部分に堆積、または脱落して噛みこみ、トルク上昇（回数を繰り返す毎に上昇）	燃料洗浄槽内の残留湿分低下（露点低下）に向けた環境改善のために、燃料体受入前のガス置換（真空引き+Arガス充填）の回数を増加 1回（初期） →2回（昨年11/3より実施） 3回（昨年11/21より実施） ☆効果 燃料洗浄槽内の露点温度： ガス置換1回で約-9℃ ⇒ 3回で約-48℃まで低下 本体Aグリップトルク： 昨年12月初めの燃料洗浄槽での長時間保持に伴うトルク上昇時以外は比較的安定したトルク値を維持。 ⇒ 更なる燃料洗浄槽の湿分低減対策を実施	- グリップ洗浄に伴う金属表面状態変化と金属ナトリウム付着量への影響データ ⇒ 表面粗さの変化がナトリウム付着量に影響ないことを確認済 •<u>雰囲気湿度とNa化合物付着量の関係データ</u> ⇒ <u>露点を-50℃程度まで低下すればNa化合物の付着を防止可能</u>であることを確認	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、さらに乾燥ガスのブローダウンによるグリップ廻りの湿分低減についても検討中 ⇒ <u>燃料体の処理までに対策</u> <u>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を具体化</u> 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)炉心からの燃料体の取出し後の本体A点検 燃料体取出し時に本体Aのグリップテープ及びスクレーパに多量のナトリウム付着が予想される ⇒ 燃料体の処理までに点検を実施

【対策A】燃料出入機本体Aグリッパの対策 (5/6)

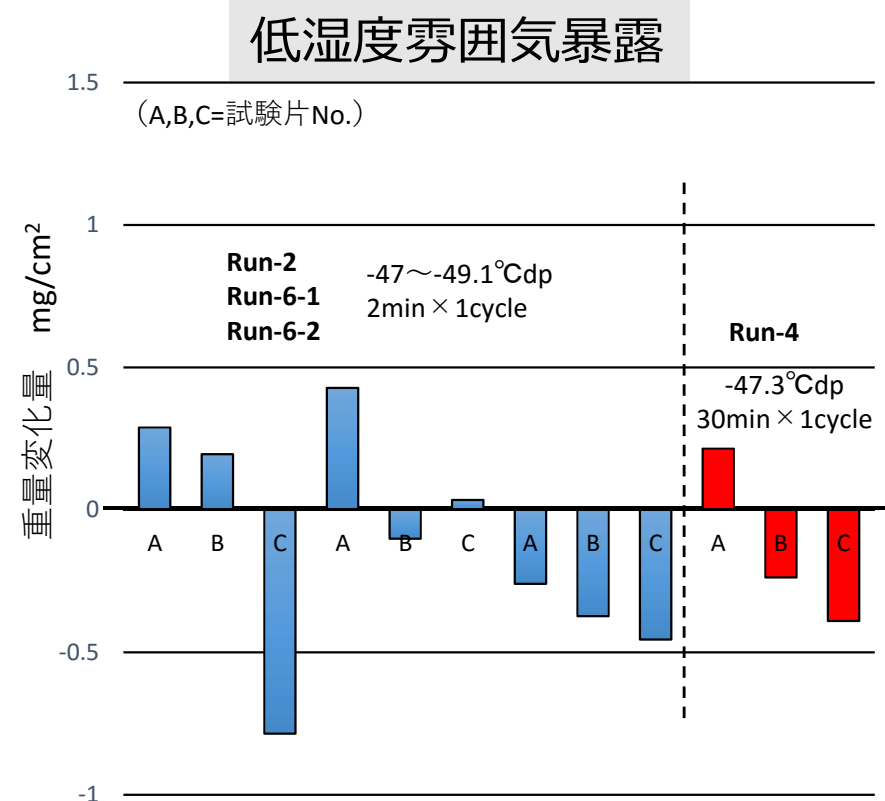
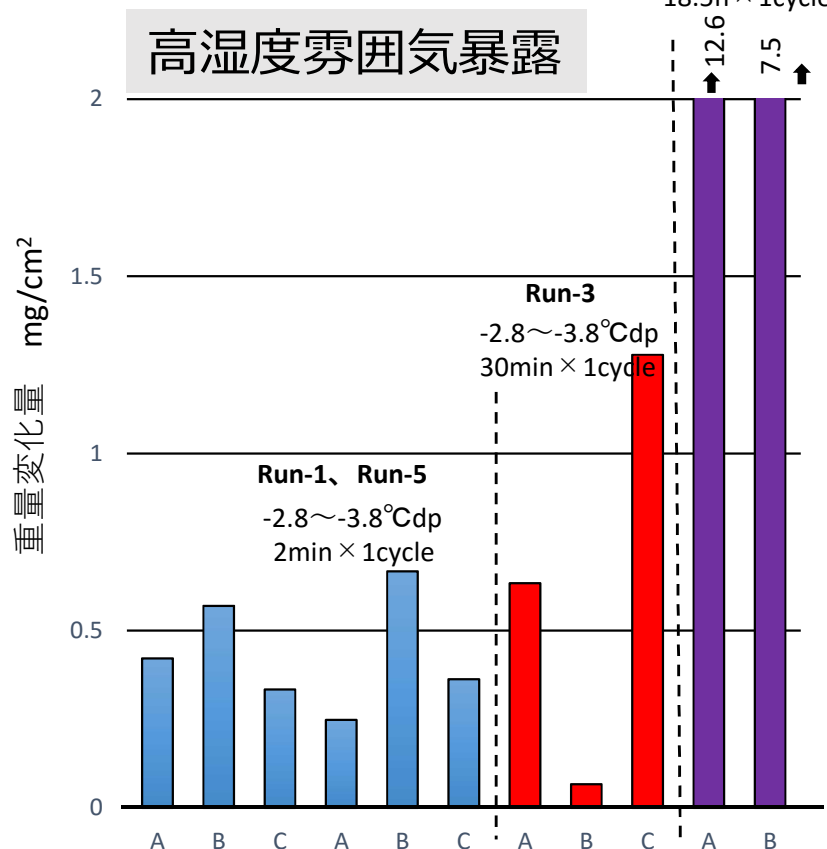
【対策A-2】燃料出入機本体Aグリッパ下爪の対策(2/3)

＜要因分析を補完する実験データ取得＞

✓ 雰囲気湿度とNa化合物付着量の関係データ



実験手順



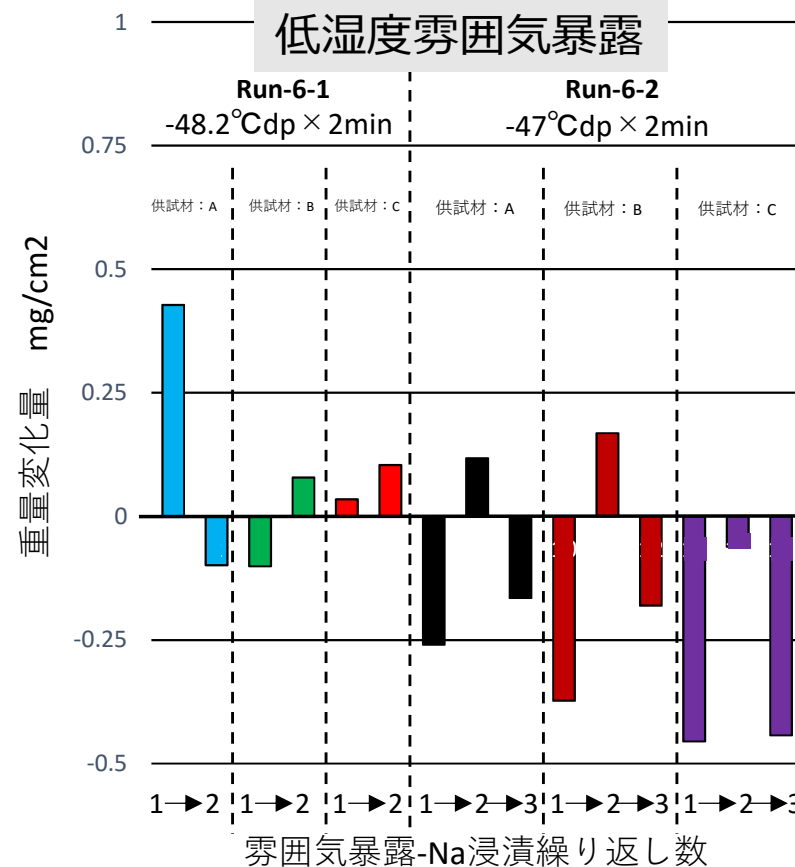
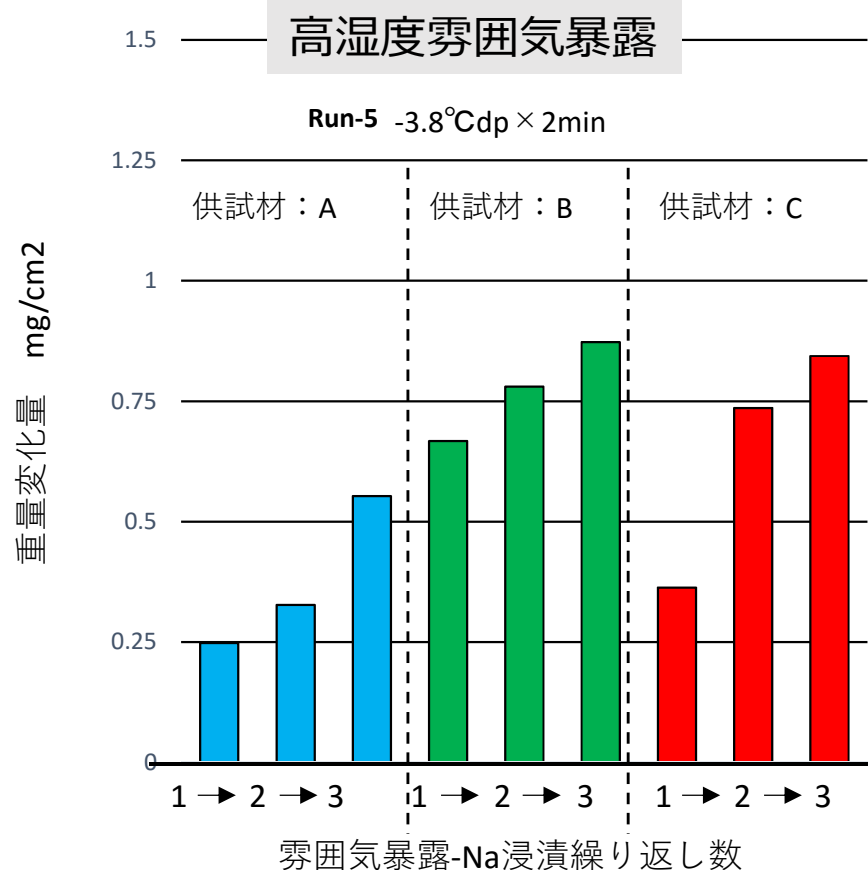
- ・再付着ナトリウム量：高湿度雰囲気暴露＞低湿度環境暴露
 - ・暴露時間：高湿度雰囲気→暴露時間に比例し再付着ナトリウム量が増大する傾向
低湿度雰囲気→暴露時間の影響はみられない
- ※低湿度環境に暴露した供試材表層のナトリウム化合物は、ナトリウム再浸漬の際に剥離する挙動を観察

【対策A】燃料出入機本体Aグリッパの対策（6/6）

【対策A-2】燃料出入機本体Aグリッパ下爪の対策(3/3)

＜要因分析を補完する実験データ取得＞

✓ 雰囲気湿度とNa化合物付着量の関係データ（ナトリウム浸漬＋湿度環境暴露の繰り返しの影響）



ナトリウム再付着量

- ・ 高湿度暴露環境：ナトリウム浸漬繰り返し数に比例し増大
- ・ 低湿度暴露環境：ナトリウム浸漬繰り返し数の影響は見られない

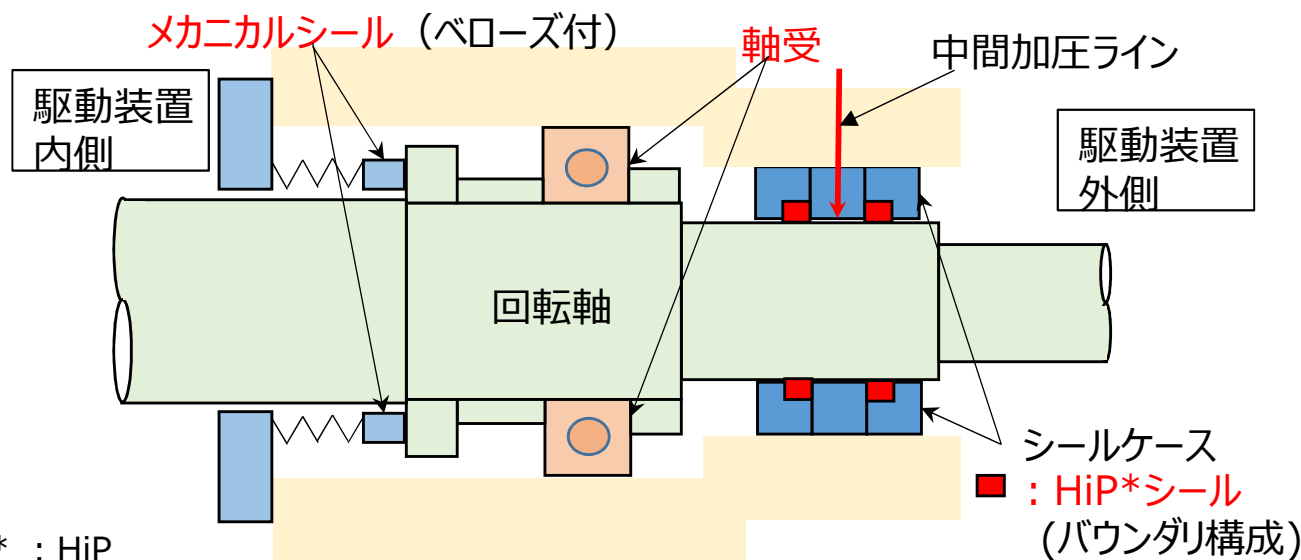
⇒ 低湿度雰囲気（露点 -50°C 程度）であればナトリウム化合物の蓄積が発生しないことから
除湿対策で燃料洗浄槽の露点を -50°C 程度に低下することが目標

不具合対策等の実施状況

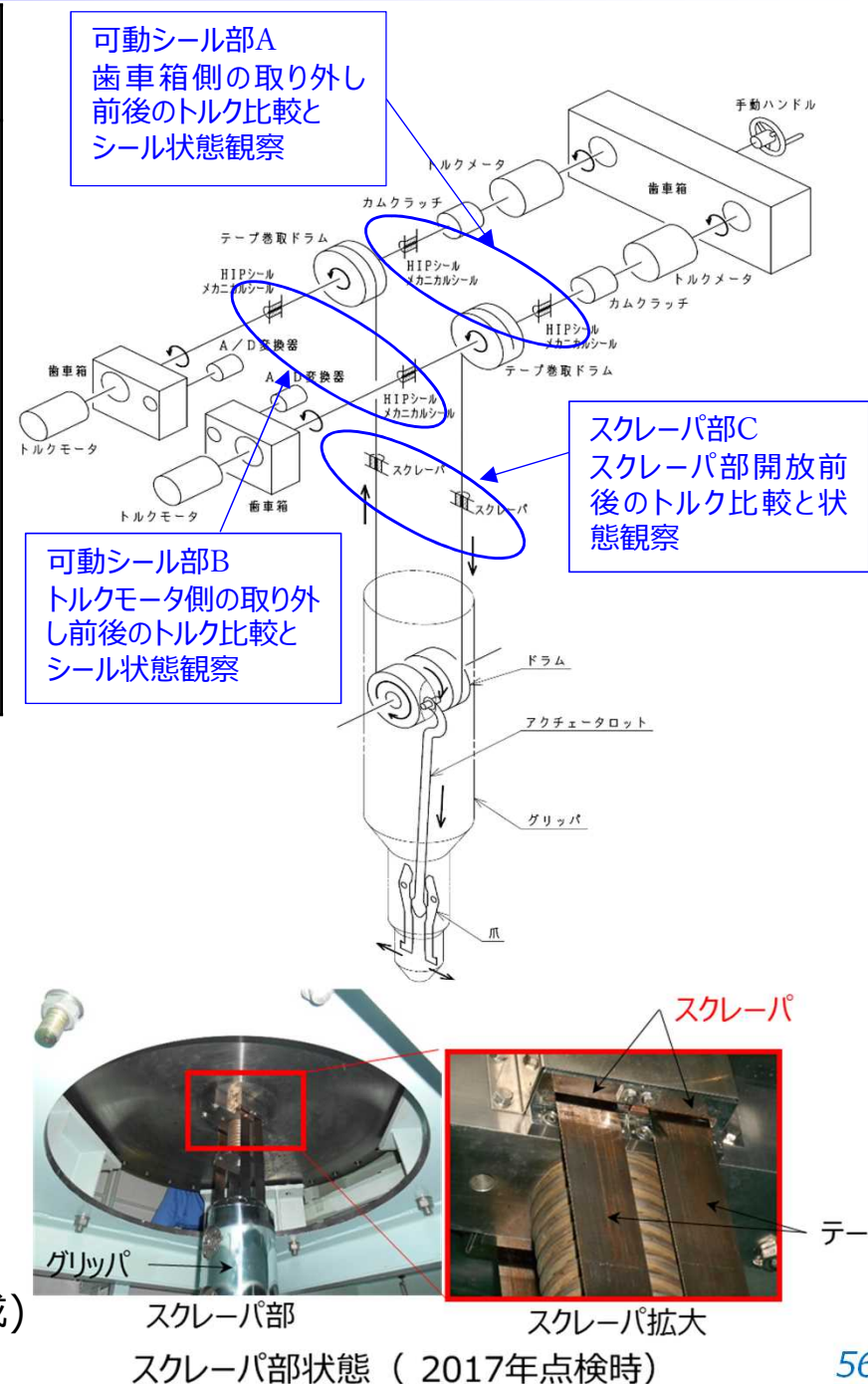
【対策B】燃料出入機本体Bグリップの対策（1/3）

参考

トルク上昇の要因 (推定)	今後の対策
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	- 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 ⇒SH43 - 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 ⇒SH42 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、状況に応じて中間的な手入れで可動シール部を交換して対策の確認を行う



可動シール部概略構造 赤字：摺動抵抗部品



【対策B】燃料出入機本体Bグリッパの対策（2/3）

● メカニカルシール単体の分析

- ① 外観、寸法検査
取り外したメカニカルシールの外観、寸法を確認
- ② トルクの簡易測定
メカニカルシール単体を治具に設置し、常温でトルクレンチを用いて簡易トルク測定を実施、トルク値は摩擦係数に換算して評価

● 分析結果

- ① 外観、寸法検査
偏摩耗等はなく外観、寸法とも異常なし

- ② トルク簡易測定

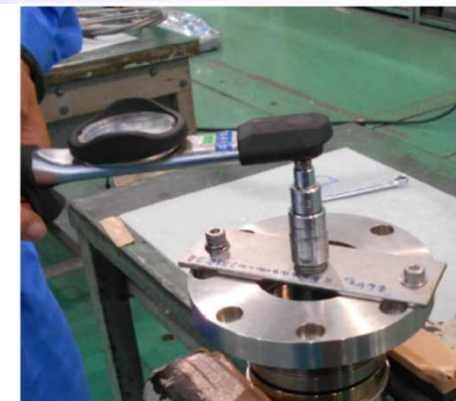
◆ 本体B取り外しシール（各1軸分）

- ・可動シール部B側：摩擦係数0.25とメーカーデータより低く問題なし
- ・可動シール部A側：摩擦係数0.91と正常範囲の約2倍
- ・同上（表面洗浄後）：摩擦係数0.26と正常範囲に戻った
- ・未使用品：摩擦係数0.22～0.43と正常範囲内

⇒ シール表面洗浄または新品交換によりトルクは正常に戻った ⇒SH43
メカニカルシールはこれまで交換しておらず、本体Bで通算1000回以上の昇降動作後にトルク上昇、2019年度の昇降回数が約300回の見通しであることから、新品交換によりトルク上昇に至る可能性は低い

◆ 本体A取り外しシール（各1軸分）

- ・可動シール部B側：摩擦係数0.46と正常範囲内
- ・可動シール部A側：摩擦係数0.91と正常範囲の約2倍となっている
- ・運転中は全くトルク上昇が見られなかったが、常温単体では本体Bのメカニカルシールと同様にトルク上昇
- ・本体Aは、運転中、ナトリウム固着防止のために180℃に予熱されていたことによって、トルクが上昇しなかった可能性を確認
要因を調査中



治具を用いたトルクレンチによる簡易トルク測定状況

＜簡易トルク測定結果＞

部位	対象シール	摩擦係数*
本体B	可動シール部B側	0.25
	可動シール部A側	0.91
	同上(表面洗浄後)	0.26
	未使用品	0.22～0.43
本体A	可動シール部B側	0.46
	可動シール部A側	0.91

*：メーカー技術データに基づく摩擦係数0.3～0.5

＜本体A,Bの昇降作動回数＞

部位	通算昇降回数	2018年昇降回数	2019年度昇降回数見通し
本体B	1000回以上	約500回	約300回
本体A	2800回以上	約400回	約1000回

【対策B】燃料出入機本体Bグリッパの対策（3/3）

● 点検（メカニカルシール交換）後の本体B、本体Aの作動試験データ

- ・本体B：爪開閉トルクは、34Nmから約12Nm低下して22Nmとなり、2018年の処理開始前よりも小さい
昇降トルク差も、109Nmから約50Nm低下して59Nmとなり、2018年の処理開始前よりも小さくなり、
正常に復旧
- ・本体A：爪開閉トルクは、20Nm程度と点検前及び2018年の処理開始前よりも小さい
昇降トルク差も、2018年の処理開始前と同等で正常

（参考）

部位	対象トルク	トルク値（Nm）		
		点検後	点検前	2018年の処理開始前*
本体B	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
本体A (参考)	①高速上昇トルク最大	264	262	264
	②高速下降トルク最小	211	224	215
	昇降トルク差(①－②)	53	38	49
	爪開閉トルクはなし動作時最大	20	28	25

*：2018年7月から8月上旬の値

1)自動化運転プログラム等の見直し

解決すべき課題	現在検討中の対策	対策時期
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） 【設備改善】	調査結果から、「CRT装置の再起動により、バックアップ計算機への書き込み条件を満足しない状態になること」がデータ一部欠損の原因と特定 → CRT装置のプログラム改良完了	炉心からの燃料体の取出し （R/V→EVST） までに対策実施
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） 【設備改善】	- C R T 表示不具合を容易に修正できるツールをプログラムに追加する方針 - 修正ソフト製作・工場試験完了、現地工事済み	
③ 燃料出入機本体Aグリッパのクラッチ動作遅延 【設備改善】	- テープ調整後のつかみ操作でクラッチ切替遅延により昇降状態のまま爪開閉モータ作動によりトルクピーク発生 - つかみ操作前にタイマ（2秒）を追加し、クラッチ切替のばらつきがあってもトルク上昇を起こさないプログラムの製作・工場試験完了、現地工事済み	
④ 燃料出入機本体Aドアバルブのナトリウム付着（Na滴下防止対策） 【設備改善】	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方針を決定。ソフト詳細設計を完了、変更図書整備中 なお、今後の追加対策としてドアバルブの内部ナトリウム観察治具、付着ナトリウム除去治具の概念を検討中	燃料体の処理 （EVST→燃料池） までに対策実施
⑤ 燃料洗浄設備の脱塩水洗浄時の電気伝導度低下未了（燃料洗浄追加手動操作の自動化） 【運用改善】	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、ソフト詳細設計完了、変更図書整備中	

2)伝送ノイズ対策

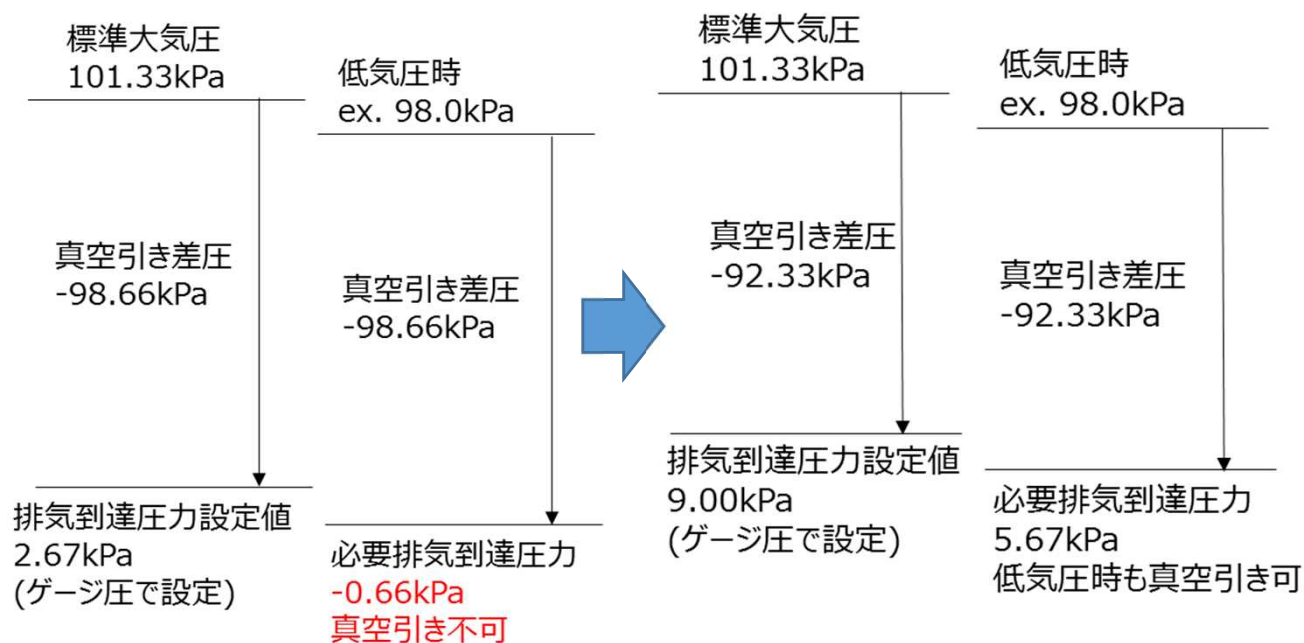
解決すべき課題	現在検討中の対策	対策時期
⑥ 燃料処理設備の制御盤間の伝送異常等の起動条件不成立 【設備改善】	・伝送異常等が複数発生しており、要因分析から伝送装置に起因すると評価していることから、燃料処理設備の主盤の伝送装置を更新する方針とし、設備更新に伴うソフト・ハード詳細設計完了、変更図書整備中（他の盤の更新については、主盤の更新による効果を確認した上で検討）	燃料体の処理（EVST→燃料池）までに対策実施

3)その他、自動化運転の円滑な運用に資するための対策

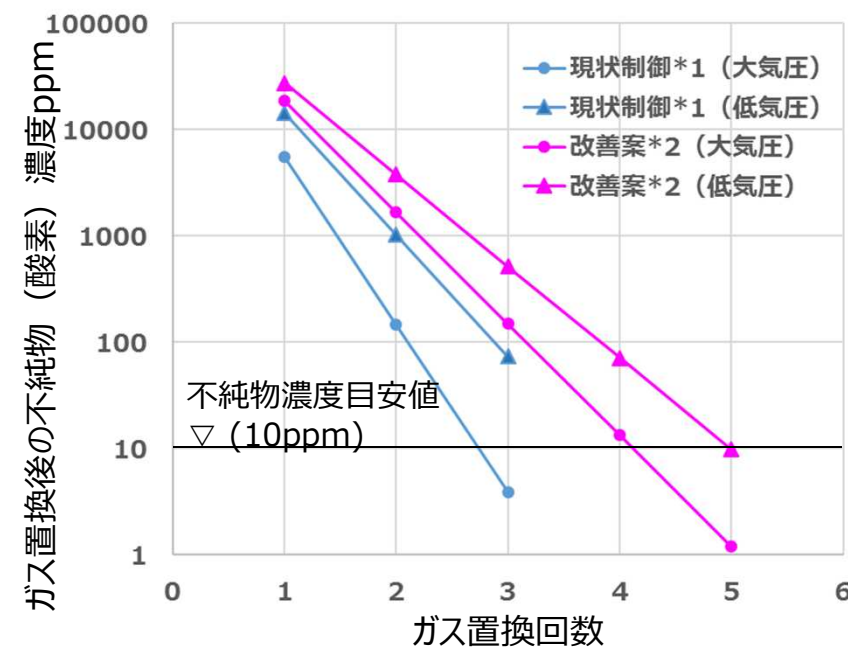
解決すべき課題	現在検討中の対策	対策時期
⑦ ガス置換排気時間超過による連動運転渋滞 【運用改善】	・ガス置換時の低気圧や差圧計のばらつき等に伴う真空引き時間超過→連動運転渋滞警報 ・ガス置換時の真空引きの設定圧力を上げて、警報発生を抑制し、排気回数を3回→5回に増加することで目安の不純物濃度以下とする ・上記を実現するソフト製作・工場試験完了、現地工事、試験完了	炉心からの燃料体の取出し（R/V→EVST）までに対策実施
⑧ 燃料洗浄設備配管予熱温度異常 【設備改善】	・予熱温度設定値と運転時の温度変動（一時的な温度低下）の不整合 ・予熱ヒータの警報設定値の最適化等を具体化し、詳細設計完了、変更図書整備中	燃料体の処理（EVST→燃料池）までに対策実施

○ガス置換排気時間超過による連動運転渋滞対策

- 目的：ガス置換時の真空引き時間超過に伴う連動運転渋滞警報の防止(地下台車可動案内筒のガス置換時間が最大)
- 原因：排気到達圧力値をゲージ圧で設定しているため、低気圧や差圧計のばらつき等により所要の圧力に到達しない
- 対策：以下のプログラム改善
 - ・警報発生を抑制するため、ガス置換時の真空引き時の排気到達圧力値の高い設定に変更
 - ・不純物濃度を目安値（10ppm）以下とするため、ガス置換回数を3回→5回に増加
- 実機確認：実機作動試験において、プログラム変更後の作動性の確認と、ガス置換回数の変更前後の合計動作時間の変化等を確認する



ガス置換回数と不純物濃度の関係
(地下台車可動案内筒)



*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

燃料体の取出しに向けた訓練

出典：第23回（R01.7.22）もんじゅ廃止措置安全監視チーム会合資料1の抜粋

② 燃取設備の点検時におけるOJT

【燃取設備の点検：燃交機器据付準備】

- 原子炉機器輸送ケーシング（AHM）作動確認（作業場所：M/B）
- プラグ取扱機（PHM）作動確認（作業場所：C/Vオペフロ）

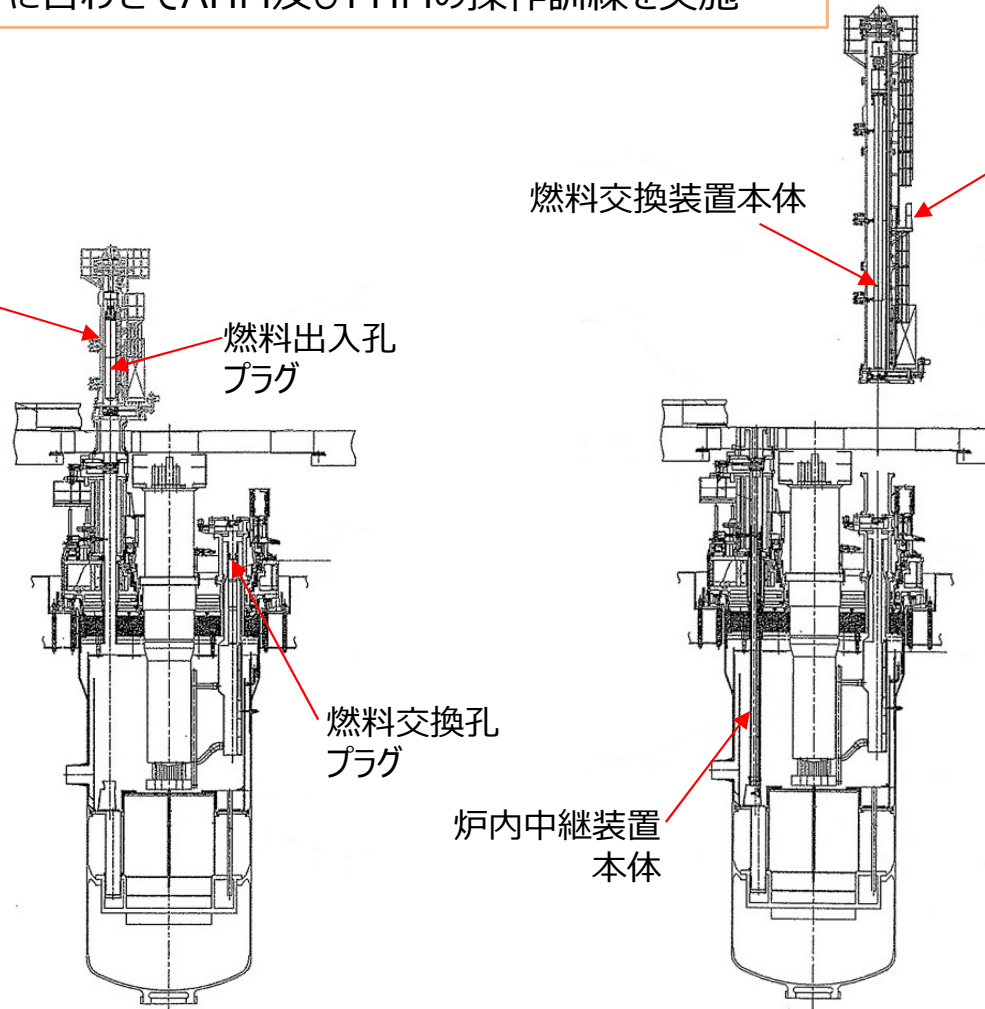
【OJTの概要】

- 設備点検（燃交機器据付準備）に合わせてAHM及びPHMの操作訓練を実施

【プラグ取扱機】（PHM）

- 取扱対象物
 - 燃料出入孔プラグ
 - 燃料交換孔プラグ
- 設備目的

AHMでFHM又はIVTMを据え付ける前にしゃへいプラグ貫通孔のプラグを収納しプラグ置場へ移送



【原子炉機器輸送ケーシング】（AHM）

- 取扱対象物
 - 燃料交換装置本体（FHM）
 - 炉内中継装置本体（IVTM）
- 設備目的

FHM又はIVTMを収納し、M/BとC/V間を移送

④準備作業中における設備操作OJT

【燃取設備の点検：燃料交換準備作業】

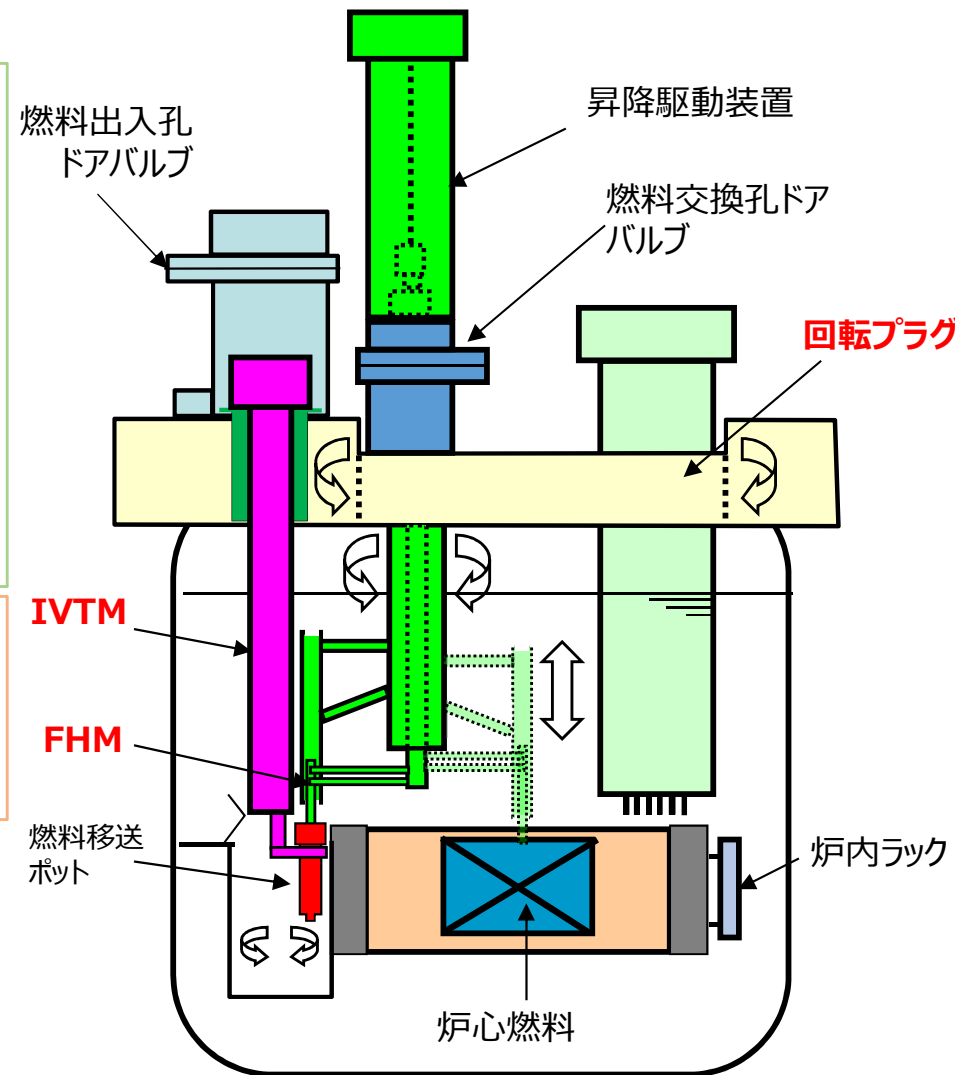
- ①燃料出入孔プラグ取外し
 - ・PHM移送（C/V内⇒炉上部）
 - ・燃料出入孔プラグ取外し（⇒プラグ置場へ保管）
 - ・終了後、PHM移送（炉上部⇒C/V内）
- ②炉内中継装置（IVTM）据付作業（AHMでのM/B⇒C/V移送を含む）
- ③燃料交換孔プラグ取外し
 - ・PHM移送（C/V内⇒炉上部）
 - ・燃料交換孔プラグ取外し（⇒プラグ置場へ保管）
 - ・終了後、PHM移送（炉上部⇒C/V内）
- ④燃料交換装置（FHM）据付作業（AHMでのM/B⇒C/V移送を含む）

【OJTの概要】

- ・ 燃交準備作業に合わせてAHM及びPHMの操作を実施
- ・ IVTM及びFHM据え付け後、回転プラグ、FHM及びIVTMの機器単独運転時に操作訓練を実施



平成30年 燃料体の処理前の操作OJT風景



- 【回転プラグ】 機器単独での旋回操作
- 【FHM】 機器単独での旋回及び昇降操作
- 【IVTM】 機器単独での旋回操作

⑤試験における設備操作OJT

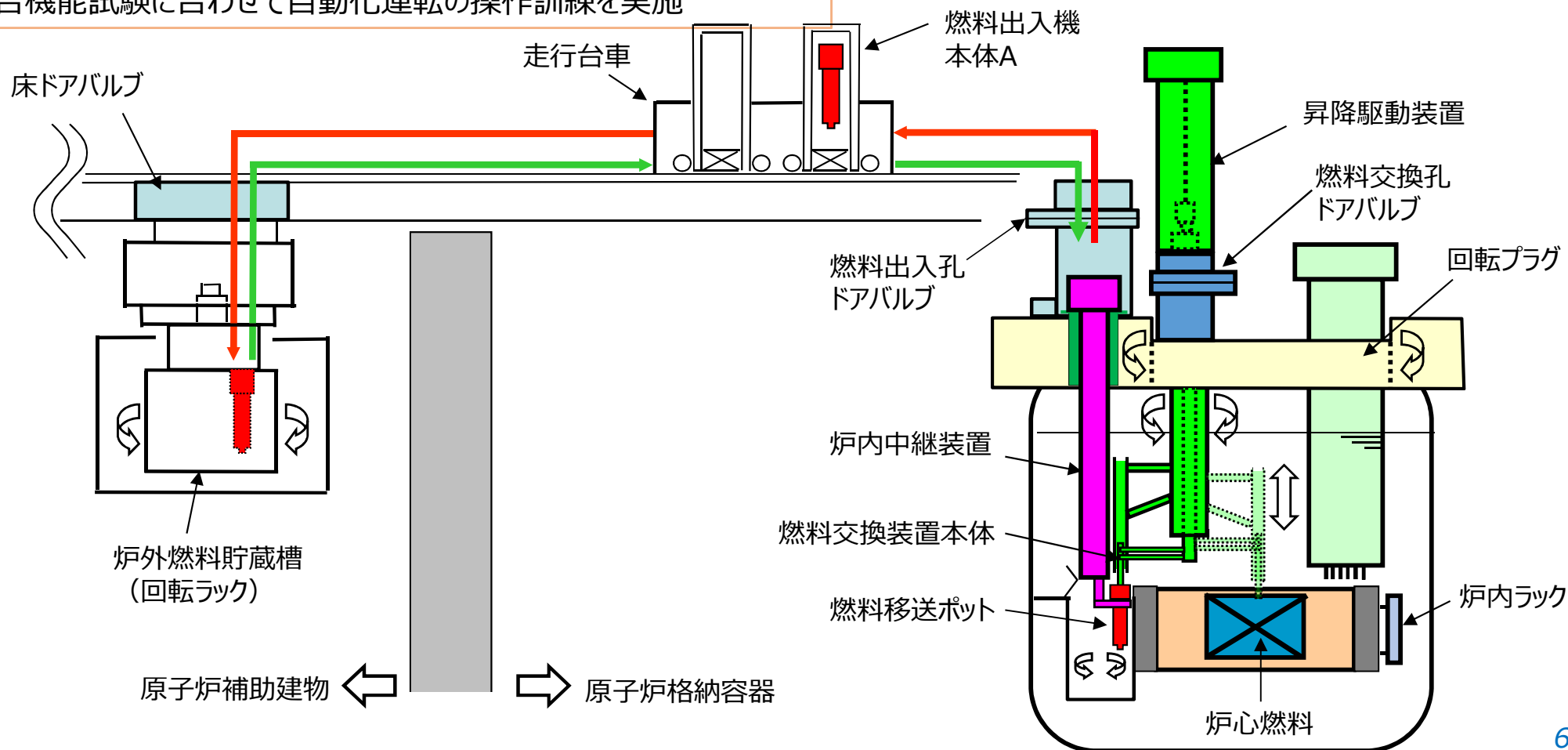
【総合機能試験】

- 中性子遮へい体を用いて一連の燃料体の取出しの自動化運転を行い、正常に動作することを確認
(炉心から中性子遮へい体を取り出し、炉外燃料貯蔵槽に貯蔵合わせて、炉外燃料貯蔵槽にある中性子遮へい体を炉心に装荷)

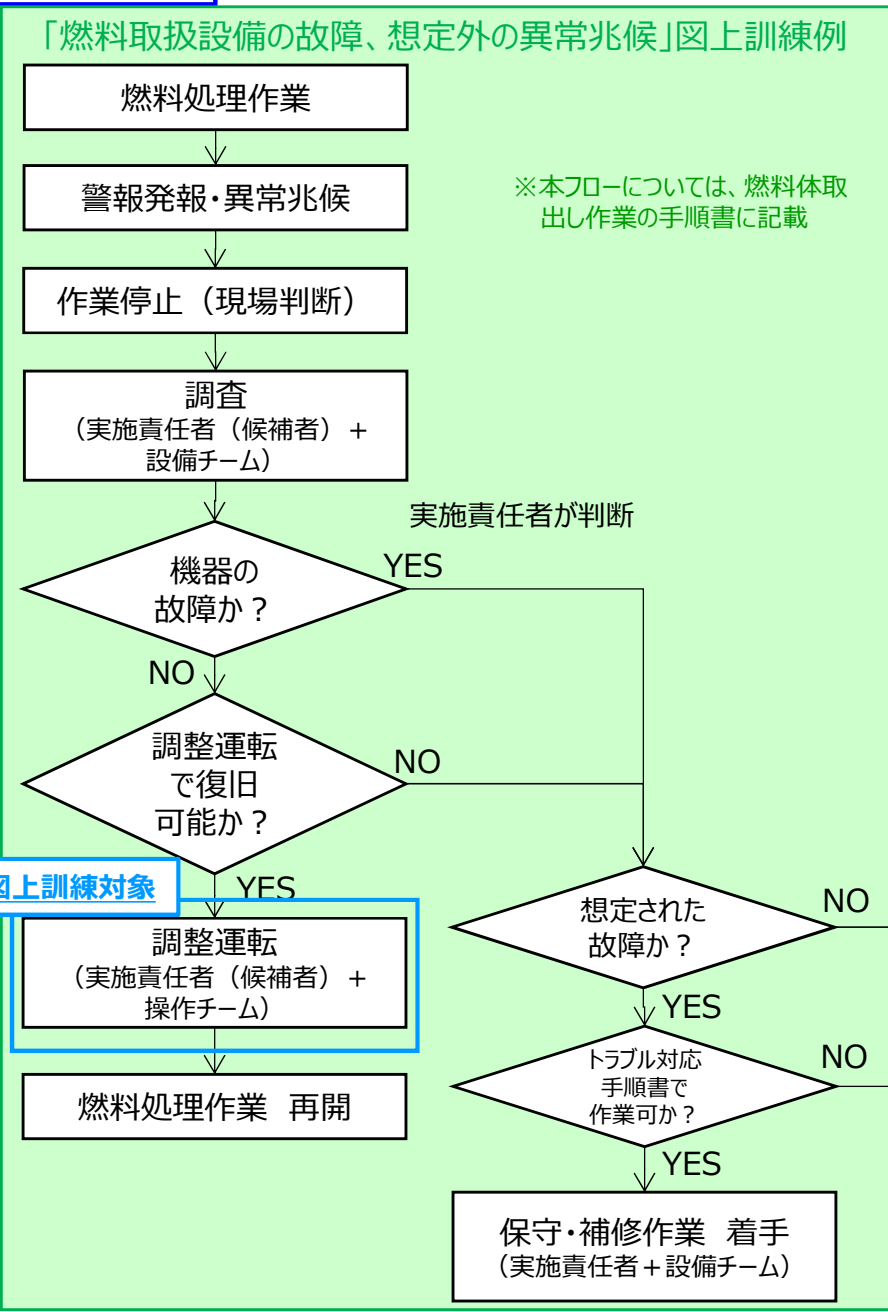
【OJTの概要】

- 総合機能試験に合わせて自動化運転の操作訓練を実施

- 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



⑥図上訓練 模擬訓練と並行し、過去のトラブル事象、対応操作等について机上教育を実施



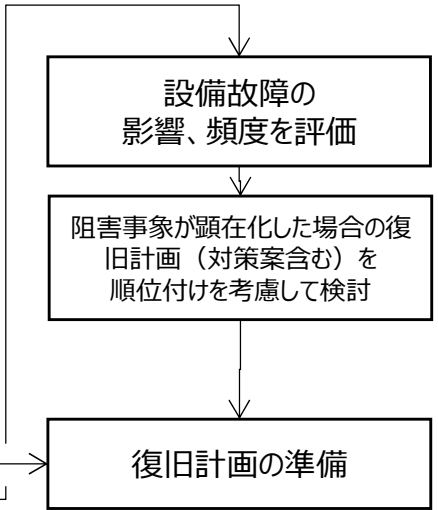
【図上訓練】

過去の炉心からの燃料体の取出し（点検・試験含む）、燃料交換設備の事前点検で認知した不具合及び改善事項（対策済み含む）のレビューの結果、今後も発生の可能性が残る事象（ただし、複雑な操作は不要）として、次の事象を選出し、対応手順について教育を実施

- ・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



平成30年燃料体の処理前の図上訓練風景



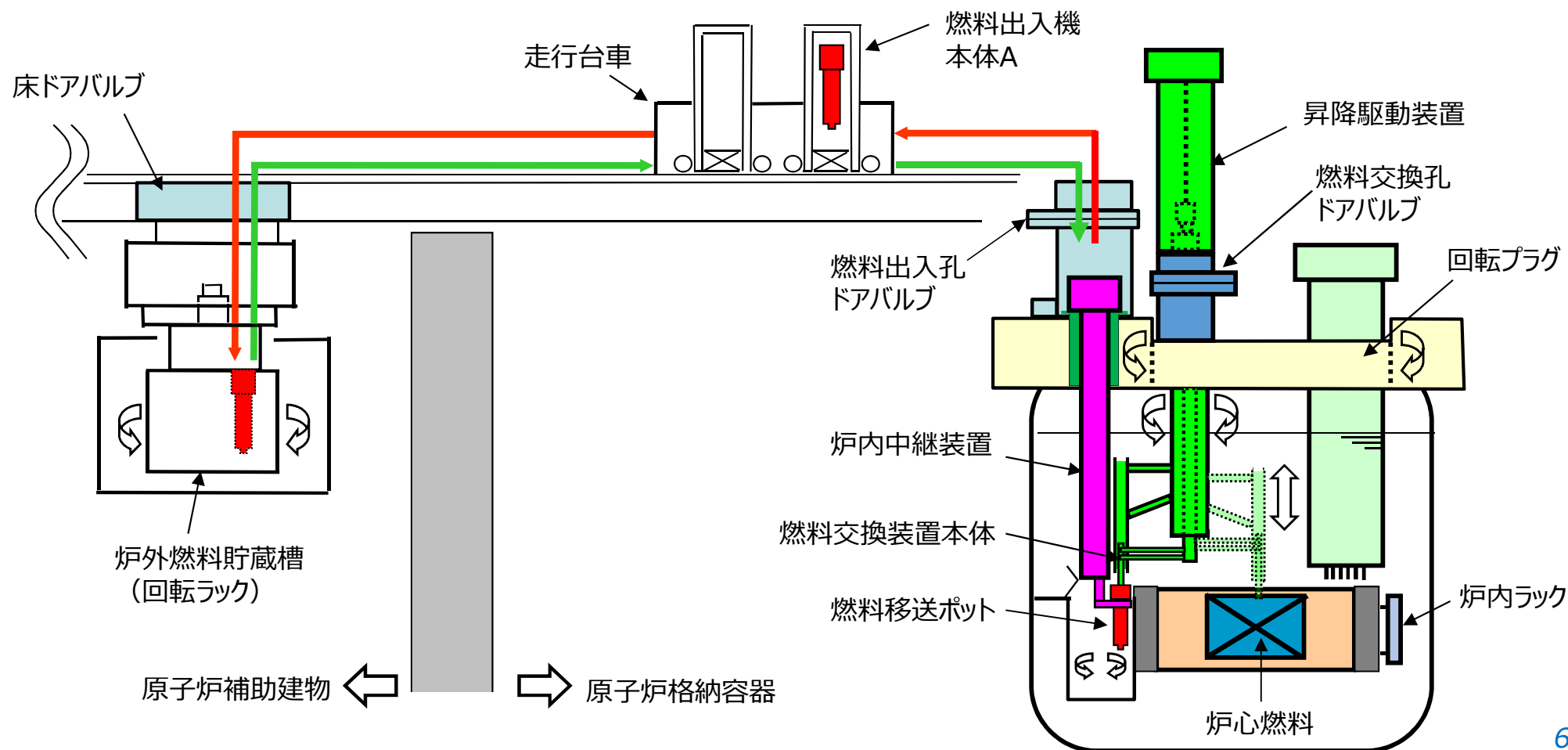
- 対応方針（作業概要）の検討
 - 復旧計画のリスクアセスメント（Na水反応及びNa火災）
- 予備品の準備
 - 燃料移送機グリップ昇降モータ
 - 燃料取扱機器洗浄槽床ドアバルブ弁体用車輪ブッシュなど
- 想定外の故障への対応検討
 - 想定外故障への対応体制の整備 など

⑦-1 模擬訓練

【訓練概要】

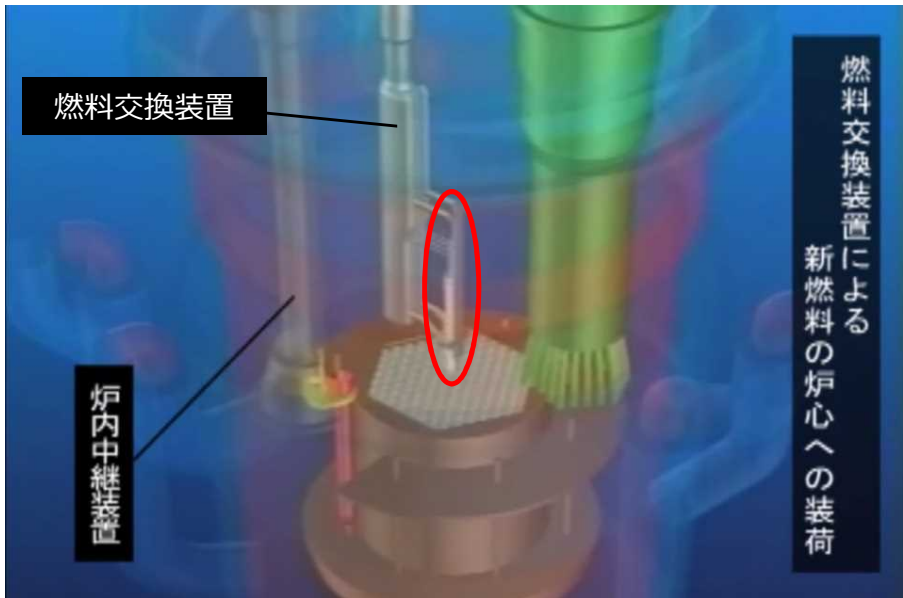
- 中性子遮へい体を用いて一連の炉心からの燃料体の取出しの自動化運転を実施（炉心から中性子遮へい体を取り出し、炉外燃料貯蔵槽に貯蔵合わせて、炉外燃料貯蔵槽にある中性子遮へい体を炉心に装荷）
- トラブル対応訓練として「新燃料挿入異常」事象の対応訓練を実施（次ページ参照）

- 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



⑦-2模擬訓練（トラブル対応訓練）

「新燃料挿入異常」：模擬体の炉心装荷時、荷重異常により自動化運転が停止する事象を模擬する



【事象】

燃料交換装置で模擬体を炉心へ装荷中に自動化運転が停止

【推定原因】

- (1) FHM本体グリップ昇降モータの過負荷
- (2) FHM本体グリップ昇降荷重変換器故障
- (3) 「新燃料挿入異常」* 発生

*：模擬体の装荷時、燃料集合体相互のセルフオリエンテーションが十分に機能せず、装荷周辺の集合体との干渉や引っかかり等が生じる事象

- ①設備チーム：警報内容、機器の運転パラメータ、現場状況等により、原因(1),(2)の機器故障による停止か、原因(3)の燃料体等取扱時の一時的な干渉や引っ掛かりによる異常検出による停止かを判断
- ②設備チーム：機器故障による停止でない場合、新燃料挿入異常の復旧手順（手動運転による炉内ラックを経由した再装荷手順等）を策定（実施責任者が手順確認）
- ③実施責任者：②の復旧手順を確認後、操作手順書に基づく再装荷作業を操作チームに指示
- ④操作チーム：再装荷完了後、自動化運転を復旧