

燃料取出し期間における リスクマネジメントについて

平成30年1月25日

日本原子力研究開発機構（JAEA）

基本的考え方

- 文部科学大臣指示（平成26年12月21日）に従い、安全かつ着実な廃止措置の実施への対応として、「もんじゅ」が有する安全上のリスクの減少の早期達成に向けて適切に実施
- 安全確保を大前提に、残留するリスクの早期低減のため、可能な限り速やかな燃料体取出しが必要
⇒ 「燃料体取出工程の遅延に至る事象発生未然防止」を図ることが最も肝要
- リスクが顕在化した場合でも、安全や工程進捗に与える影響を最小限とするための取組みも必要
- リスク評価及び対策の実施に際しては、原子力機構ならびにメーカーで総力をあげて、万全の対応を取る

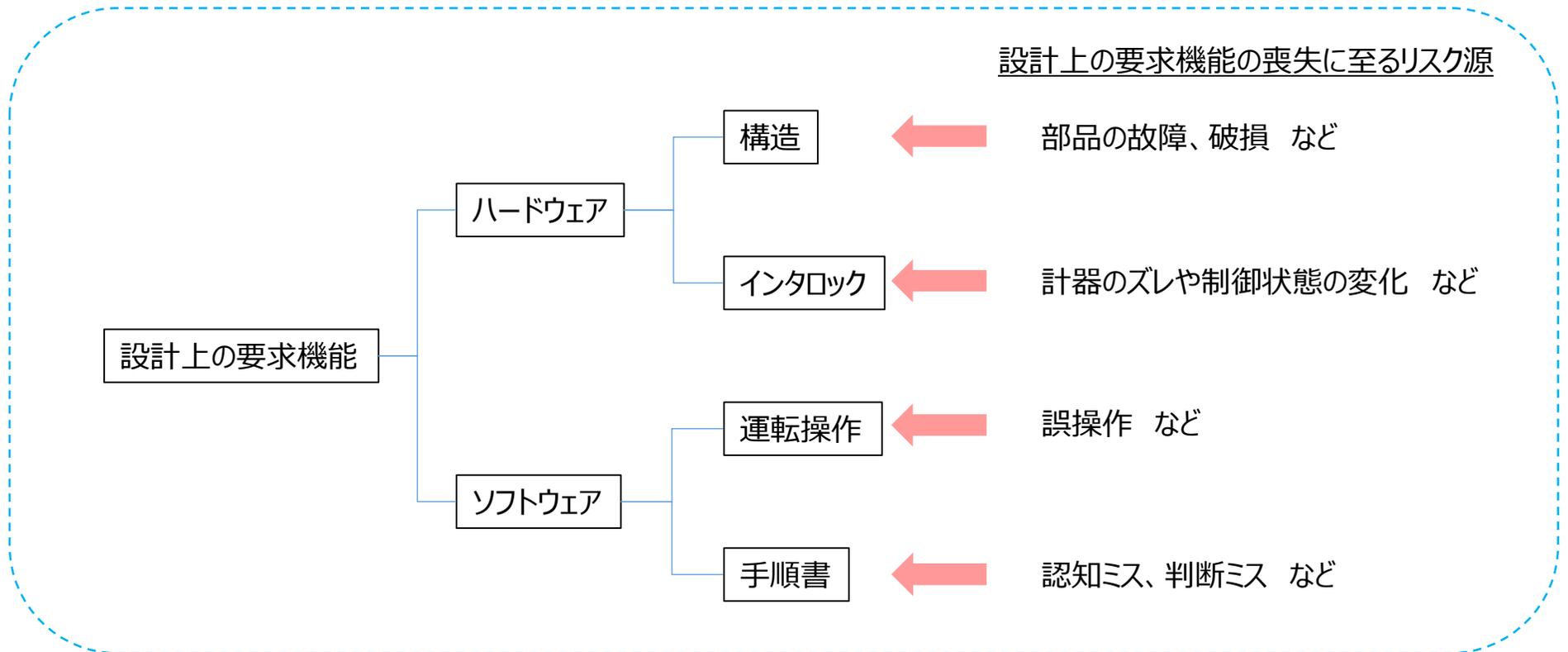
第1段階におけるリスクマネジメントの対象

- 燃料体の取出し
 - 燃料体の落下防止などの事象発生時、その事象進展を防止・抑制するために速やかな対応が求められる事象（第1段階で特有の事象）
- 2次系ナトリウムの抜取り
 - 放射能の調査及び評価
 - 設備点検 など
 - ナトリウムの取扱い及び漏えい対策は、従来より検討・対応済み
 - その他、放射能の調査及び評価や設備点検などにおいて、短時間での対応が求められる事象はない

リスクマネジメントの前提条件

- プラント全体のリスク低減の観点から、「燃料体の取出し作業」を対象
- 特に燃料処理・貯蔵作業の経験が少ないことを踏まえ、機器の故障や操作ミスなどによる「設計上の要求機能の喪失に至るリスク源」を抽出・評価

⇒ 抽出されたリスク源に対し、適切にリスクマネジメントしていく



リスク評価の考え方 (イメージ)

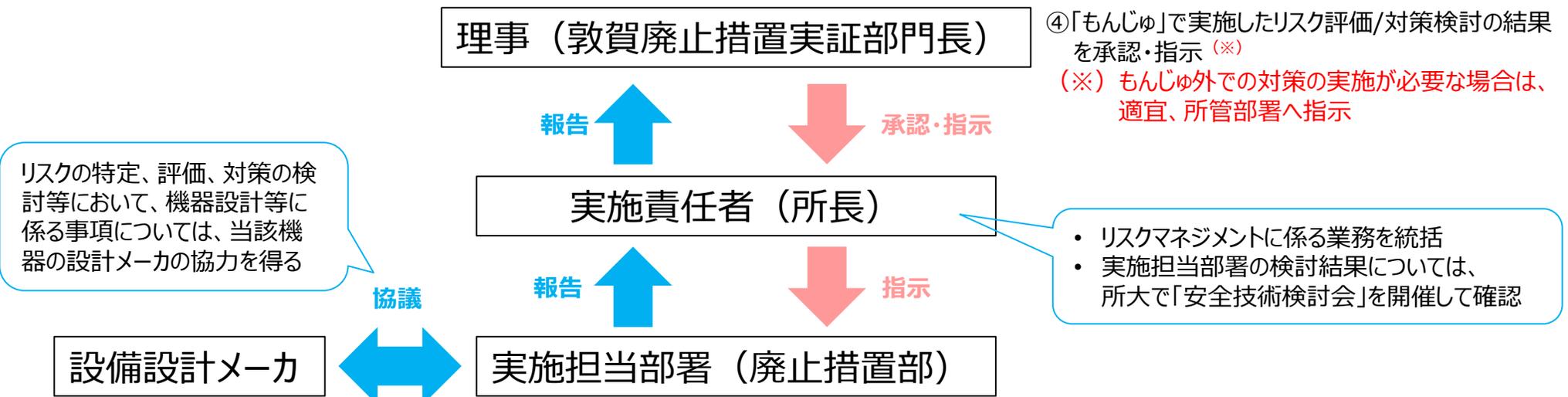
主なプロセス

- ① リスクの特定… 廃止措置段階における要求機能を担保する機器や操作条件を抽出^{※1} (リスク源の抽出)
要求機能の喪失に至るシナリオを定性的に分析 (リスク分析)
- ② リスクの評価… リスクが顕在化した場合の安全に与える影響、工程進捗に与える影響を評価
- ③ 対策の検討… 手順書の整備や訓練の実施、予備品の確保、消耗品の交換など、必要な対策を検討
- ④ 対策の確定… 上記②リスク評価、③対策検討結果を確認し、実施すべき対策を確定
- ⑤ 対策の実施… 承認・指示された対策を実施 (実施結果のフィードバックを含む)

※1 機器設計情報まで立ち戻ってリスク発生の可能性を検討。もんじゅにおけるこれまでの取扱い経験、「常陽」での経験、海外炉の情報等も考慮

リスクマネジメントの実施体制 (案)

() 内は組織改編後の組織を示す



①リスクの特定、②リ評価、③対策の検討、⑤実施 (実施結果のフィードバックを含む)

スケジュール

(1) 燃料処理・貯蔵作業 [平成30年度 (2018年度) 実施予定]

(炉外燃料貯蔵槽にある燃料体等を、ナトリウム洗浄等を経て、燃料池まで移す作業)

平成30年7月 (予定) の燃料処理・貯蔵作業の開始までにリスクに対する検討及び対応を実施する。

- ① リスクの抽出及びその対応方針の決定 : ~平成30年3月末
- ② リスクの抽出結果及びその対応の検討結果の確認 : 平成30年4月末
- ③ 検討結果に基づく対応の実施完了 : 平成30年6月上旬
(燃処理作業リハ開始までに)

(2) 原子炉からの燃料取り出し作業 [平成31年度 (2019年度) 実施予定]

原子炉からの燃料取り出し作業開始までにリスクに対する検討及び対応を実施する。

実施結果のフィードバック

今回は廃止処置第1段階の初回の燃料処理作業、原子炉からの燃料取り出し作業を対象としてリスクの抽出及びその対応について検討するが、実際の作業で確認された新たなリスクについては今回の整理に追加し必要な対応を検討し、次回以降の作業や点検内容に反映する。

その他の取り組み

(1) 「要求機能の喪失に至るリスク」が顕在化した時の対応

- リスク評価結果を参考にしながら、万が一のリスク発生時においても、安全や工程進捗に与える影響を最小限とするための取組みを実施

(例) リスクの顕在化に至る可能性のある前兆の検知方法の策定、
 リスクが顕在化した場合に安全な状態へ移行するための復旧計画（リカバリープラン）の策定
 リスクが顕在化した場合の組織的な対応計画（エマージェンシープラン）の策定 など

(2) ステークホルダーとの情報共有

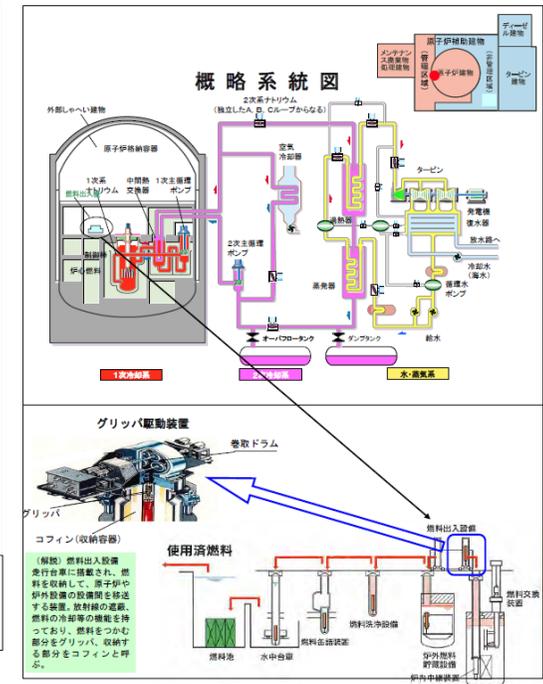
- 実施したリスク評価結果等を参考に、過去に作成したトラブル事例集を適宜更新し、公表

(3) リスクアセスメント（従来からの取組み継続）

- 現場作業等の実施に際し、必要な安全措置を講じて職場の安全を確保するため、設備点検や補修・改造等を実施する場合、適宜、リスクアセスメント※1を実施
- 平成30年度（2018年度）に実施予定の2次系全ドレン作業（一時保管用タンク設置工事を含む）や設備点検、放射能調査等については、当該作業を開始するまでにリスクアセスメントを実施

件名	7-1① 燃料出入機グリッパの故障	選定区分：e												
概要	(1) 発生場所：機器 原子炉建物・原子炉補助建物(管理区域)：燃料出入機グリッパ(つかみ機構) (2) 発生時のプラント状況 原子炉停止中(燃料交換中) (3) 概要 使用済燃料をつかんだグリッパ(つかみ機構)が上昇中、グリッパ駆動装置の制御系又は異物混入等によるトルクモータの故障により、グリッパの上昇が停止したため、応急に現場の手動ハンドルに切り替えて操作を実施。その後、グリッパ駆動装置の補修を実施。													
影響	(1) 周辺環境への影響 周辺環境への影響はない。 燃料は燃料出入機コフィン(収納容器)内筒内または原子炉容器内に収納されているため、放射線による周辺環境への影響はない。 安全性への影響はない。 多重化された専用の冷却装置にて燃料を冷却することができ、また、グリッパを手動で所定の位置に昇降できることから、これ以上の事象の進展はなく、安全性への影響はない。 (2) 作業員への影響 作業員への影響はない。 燃料は燃料出入機コフィン(収納容器)内筒内または原子炉容器内に収納されているため、燃料に破壊が生じることはなく、放射性物質に対する作業員への影響はない。 プラント停止期間が長くなる。 復旧作業で燃料交換工程が長期化することにより、プラント停止期間が長くなる。 (3) プラントへの影響 ①現場にて手動ハンドルに切り替え、ケーブルの緩みを無くしてグリッパを所定の位置まで昇降させる。 ②故障機器を修理するとともに、グリッパ駆動装置巻取りドラム部の分解点検を実施する。 ③動作に問題がないことを確認した後、燃料交換作業を再開する。													
復旧期間	1週間以内	1ヶ月以内												
公表区分	— (ただし、補修が長引き、燃料交換工程の遅延が明らかになった時点でB)													
対応区分	<table border="1"> <tr> <td>A</td> <td>予備の機器に切替え運転継続しながら復旧</td> <td>放射線検出度 (NE) のレベル</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>予備の系統に切替え運転継続しながら復旧</td> <td>1 2 3 4 5 6 7</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>保安規定の定める範囲内で運転継続復旧</td> <td>(原子力機構評価による)</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>原子炉を停止して復旧</td> <td></td> </tr> </table>		A	予備の機器に切替え運転継続しながら復旧	放射線検出度 (NE) のレベル	B	予備の系統に切替え運転継続しながら復旧	1 2 3 4 5 6 7	C	保安規定の定める範囲内で運転継続復旧	(原子力機構評価による)	D	原子炉を停止して復旧	
A	予備の機器に切替え運転継続しながら復旧	放射線検出度 (NE) のレベル												
B	予備の系統に切替え運転継続しながら復旧	1 2 3 4 5 6 7												
C	保安規定の定める範囲内で運転継続復旧	(原子力機構評価による)												
D	原子炉を停止して復旧													
事前防止策	もんじゅの燃料出入機はトルクモータにより常にケーブルに巻取りトルクを付加しており、ゆるみが生じにくい設計としている。													
備考	本件は、トルクモータ・トルク検出器等複数の機器が重複して故障している状態を前提としている。													

※本事象の場合「原子炉停止状態を継続して復旧」となる。



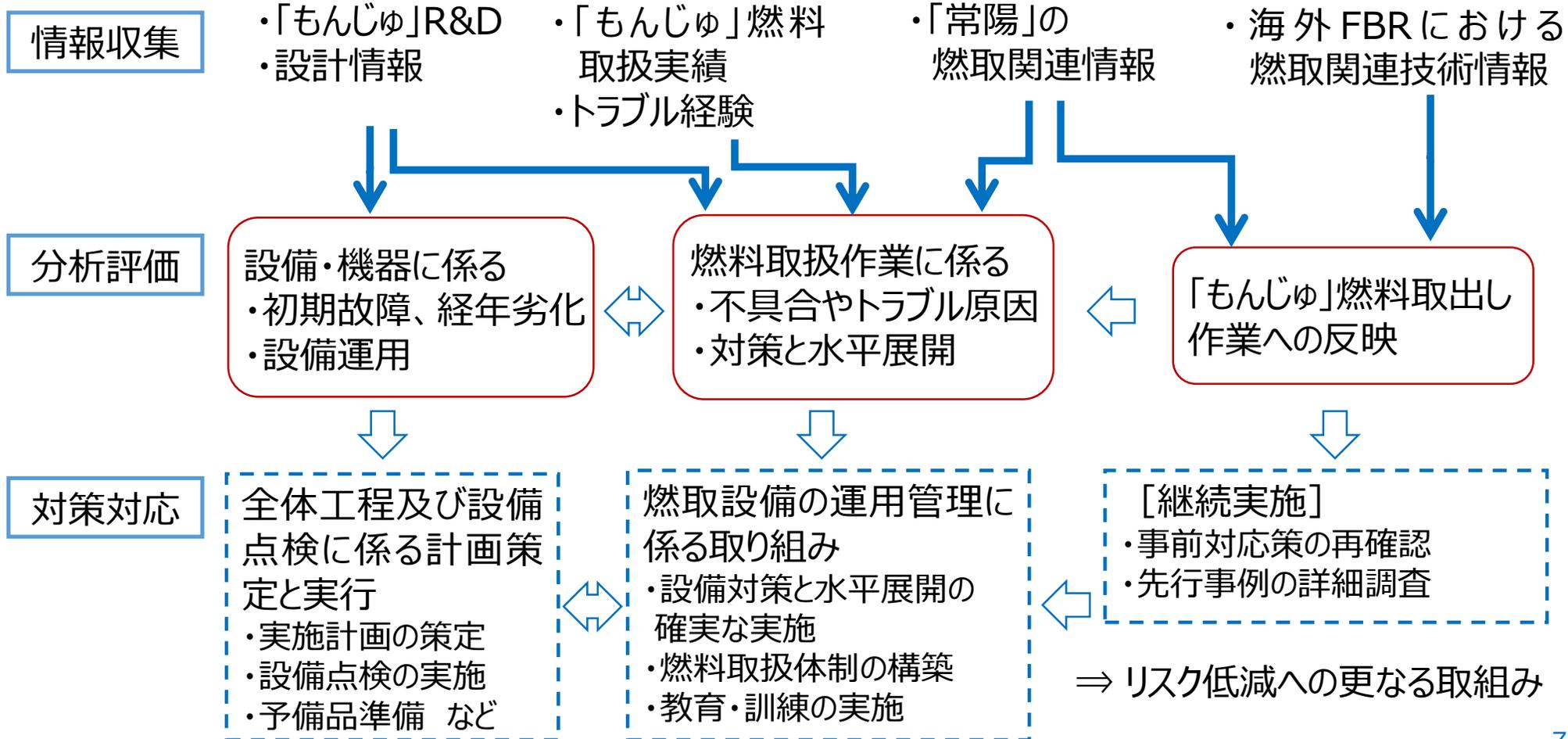
(例) 過去に作成したトラブル事例集

※1 リスクアセスメントの視点： 高所、落下、感電、酸欠、重量物取扱い、ナトリウム取扱、被ばく、火災などが発生する可能性のある作業

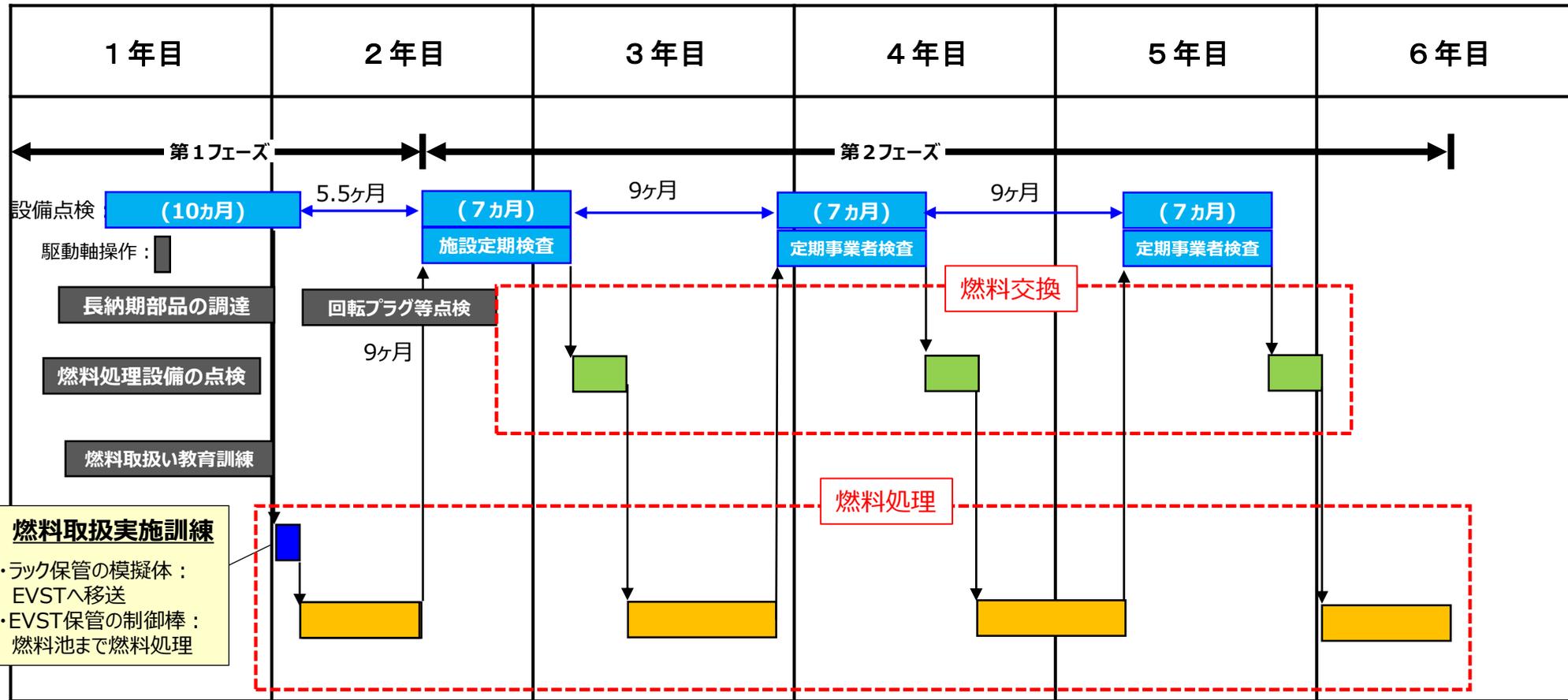
燃料取出し目標工程を安全かつ確実に進めるための取組み

目標工程を安全かつ確実に達成するための取組み

- 基本的な計画の策定から約5年半での燃料取出し目標工程を、安全かつ確実に達成するため、工程に影響を及ぼす要因を洗い出し、対策対応を行うことで、工程への影響を事前に回避する。
- 作業の遅延要因に対しては、事前想定に基づく準備と速やかな対処により、影響を最小限に留める。

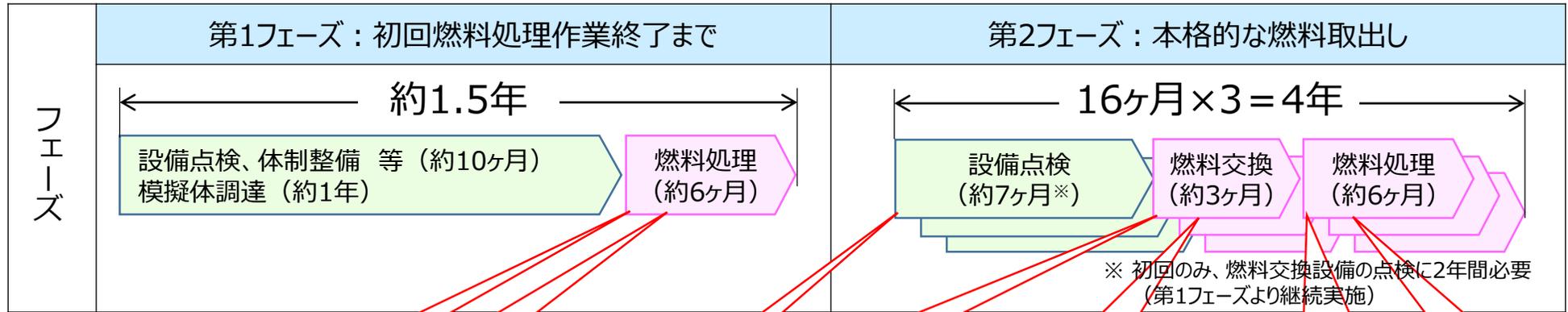


約5年半の燃料取出しの作業工程（案）



- ・約5年半の燃料取出し目標工程は、第1フェーズ（準備作業から初回の燃料処理まで）と第2フェーズ（本格的な燃料取出し）の約16ヶ月×3サイクルの作業工程としている。
- ・次シートに、第1フェーズと第2フェーズにおける工程に影響を及ぼす要因とその対策を示す。

燃料取出し工程を安全かつ確実に達成するための対策



影響
要因

燃取設備の運用管理
(運転操作ミス、
機器故障等トラブル)
⇒対策①

燃料処理に係る
実施計画の策定
(処理計画不備)
⇒対策②

設備点検の
業務管理
(工程遅延)
⇒対策③

燃取設備の運用管理
(運転操作ミス、
機器故障等トラブル)
⇒対策①

燃料交換に係る
実施計画の策定
(交換計画不備)
⇒対策②

燃取設備の運用管理
(運転操作ミス、
機器故障等トラブル)
⇒対策①

燃料処理に係る
実施計画の策定
(処理計画不備)
⇒対策②

全体工程の業務管理 (マネジメント不備) ⇒対策④

① トラブルの発生防止 【SH10】

- ・運転・保守経験に基づく過去のトラブル事例の分析と燃料取出し作業への反映 【SH11-15】
- ・事前点検による機器の健全性確保 【SH16-18】
- ・トラブル対応体制の構築及び操作員の習熟訓練の実施 【SH19-21】

② 燃料取扱作業の計画策定と遂行 【SH22-23】

- ・過去の燃料取扱い経験、トラブル対応等を踏まえた燃料取出し計画の策定

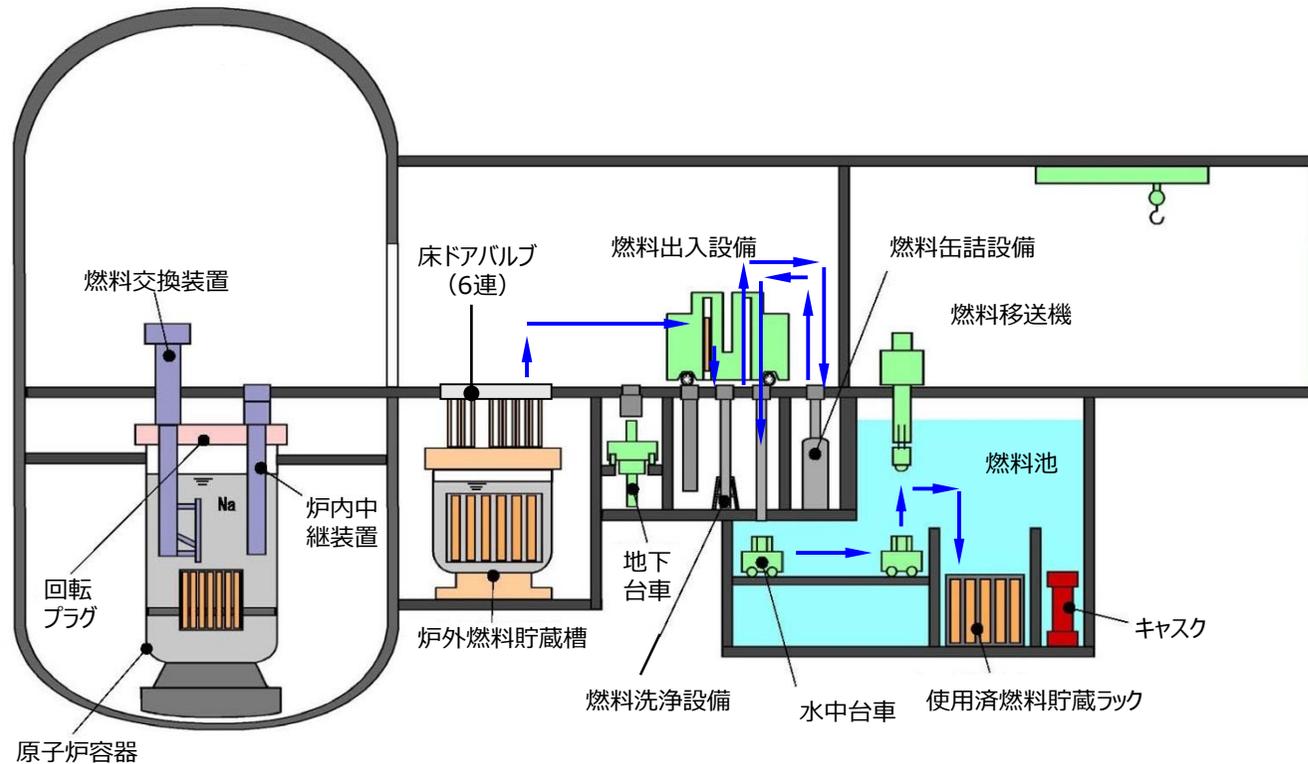
③ 設備点検の計画策定と遂行 【SH24-25】

- ・燃料取出し工程に影響を与えないプラント管理及び適切な設備点検計画の策定と実施

④ 燃料取出しの目標工程に対する業務管理 【SH26】

- ・QMSに基づく燃料取出し計画の策定と作業期間中のトップマネジメントによる工程管理

対策



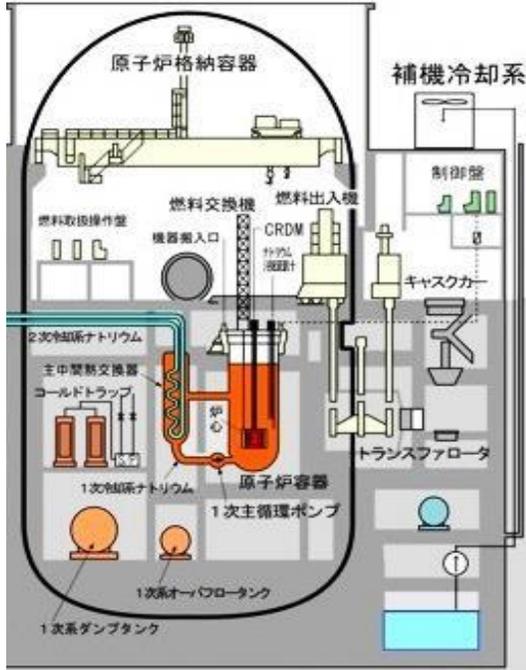
燃料取扱設備操作室内制御盤類

もんじゅの燃料取扱設備

作業中の機器故障等の発生、運転操作のミス等に起因したトラブルの発生を極力低減させるため、次の事項を事前対策として実施する。

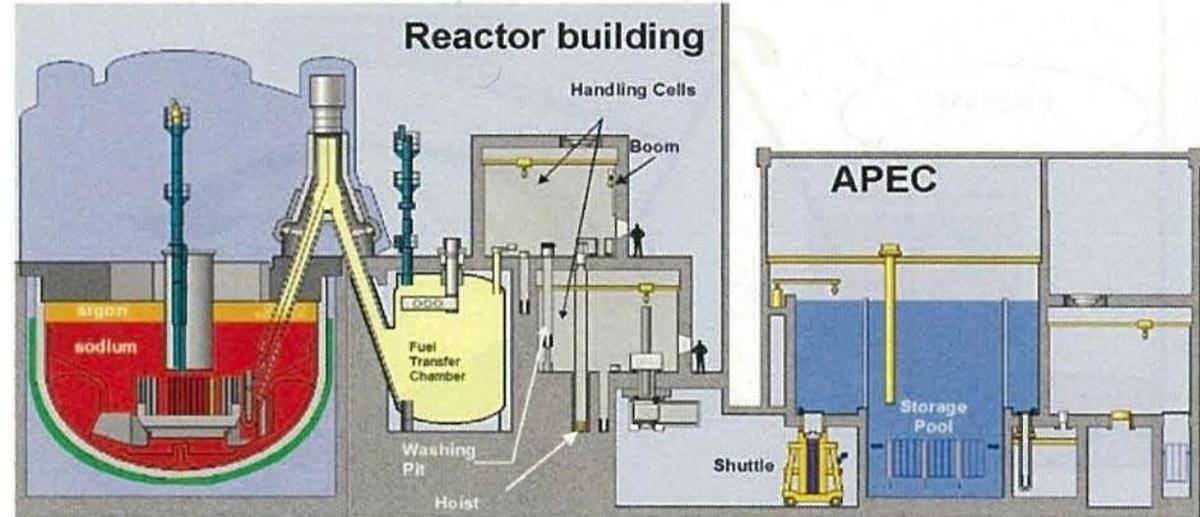
1. 運転・保守経験に基づく過去のトラブル事例の分析と燃料取出し作業への反映
2. 事前点検による機器の健全性確保（予備品の事前確保など）
3. トラブル対応体制の構築及び操作員の習熟訓練の実施

1. 運転・保守経験に基づく過去のトラブル事例の分析と燃料取出し作業への反映 (1/5)



[出典]JAEAホームページより

【常陽】



[出典]Technical Meeting on Fuel Handling Systems of Sodium Cooled Fast Reactors, IAEA's Nuclear Energy Department's, Technical Working Group on Fast Reactors (TWG-FR), 24 -27 November 2008,IGCAR,Kaipakkam,Tamil Nadu,India

【SPX】

○もんじゅの総合機能試験時の燃料交換等（平成4年8月～平成7年11月）及び炉心確認試験に向けた燃料交換等（平成21及び平成22年）での作業時、常陽の燃料交換での作業時並びに海外FBR（スーパーフェニックス）の燃料取出し時におけるトラブル経験を調査した。 [海外FBR等、他プラントに係る詳細調査は継続実施]

○トラブルは主に以下の4種類に大別でき、それぞれについて今回の燃料取出し時に考慮すべき事項を抽出した。

①ナトリウム取扱い関連、②つかみはなし機構関連、③機器の初期不良・経年劣化、④制御渋滞などの運転調整

1. 運転・保守経験に基づく過去のトラブル事例の分析と燃料取出し作業への反映 (2/5)

① ナトリウム関連のトラブル

- 燃料取扱い機器に対するナトリウムの蒸着や付着、堆積、固化に起因するトラブルであり、FBRの燃料取扱設備機器においては、設計段階から想定すべき事象。

[もんじゅ] a.燃料出入機Aグリッパ昇降異常 b.燃料出入機本体Aドアバルブ全閉不良

[主な原因] a.b.想定外のナトリウムの付着、固化の発生

[対策] a.b.予備ヒータの追設によるナトリウム流動性の改善、固化防止 (対策済)

[常陽] a.燃料交換機グリッパ軸封部へのナトリウム付着 b.ドリップパンのナトリウム過剰堆積

[主な原因] a.燃料交換機グリッパ部の想定外のナトリウムの付着

b.設計想定値を超過した流下ナトリウムがドリップパンに堆積

[対策] a.グリッパ部のナトリウムドレン性の改善 (もんじゅの設計で水平展開・対策済)

b.ドリップパンの大容量化 (もんじゅの設計で水平展開・対策済)

[SPX] a.燃料体のナトリウム付着量想定値超

[主な原因] a.燃料体へ想定外のナトリウム付着

[対策] a.燃料洗浄設備の改造と燃料体の洗浄方法の見直し済

[事例に対するもんじゅでの評価]

- もんじゅで経験したトラブルは、設備改造等を実施し、対策済み。
- 模擬体及び燃料体の取扱実績において、想定値以上のナトリウム付着は確認されていない。
- ただし、燃料処理の実績が少ないことから、ナトリウム洗浄時の運転パラメータ等の監視を強化し作業を実施する。

[今回の燃料取出し時に考慮すべき事項]

- 点検によるナトリウムの付着、固化状態の確認
- 点検等による付着ナトリウムの除去
- 事前の燃料交換設備等点検でのヒーター等の動作の確認 (ナトリウム流下可能温度の確認など)

1. 運転・保守経験に基づく過去のトラブル事例の分析と燃料取出し作業への反映 (3/5)

② 燃料体等、つかみはなし機能に関するトラブル

- ・燃料体や燃料交換機器の吊り上げ時のグリッパのつかみはなし機能の不具合など、機器設計や点検、保守作業の不具合によるトラブル。燃料体の取扱上、あってはならない事象。

[もんじゅ] ・炉内中継装置 (IVTM) 本体の落下

[主な原因] ・IVTMを取扱う原子炉機器輸送ケーシング (AHM) のグリッパつかみはなし部分のねじの緩み

- [対策]**
- ・ねじ構造を排除した一体構造のグリッパに交換 (対策済)
 - ・吊り不吊り判定支援機能の追加 (対策済)
 - ・改造AHMと同様にグリッパ機構を有する14設備 (燃料交換装置、燃料出入機等) 及び その他安全上重要な機器を吊る設備 (クレーン類) に係る落下防止対策 (対策・確認済)

[SPX] ・燃料洗浄作業中ブランケット燃料集合体の落下

[主な原因] ・グリッパつかみはなし部分の製作不良及び荷重計の未装備による荷重未確認

- [対策]** ・グリッパつかみはなし部分の再製作及び荷重計の装備による荷重確認追加済

[事例に対するもんじゅでの評価]

- ・もんじゅの燃料を取扱うグリッパは全て荷重計が取付けられており、荷重値、荷重パターン等を監視し作業を実施する。
- ・もんじゅの燃料を取扱うグリッパは、機械的に「閉」状態が固定される構造であり、同様のトラブルは発生しない。

[今回の燃料取出し時に考慮すべき事項]

- ・設備点検・運用時、荷重値による確実なつかみはなし状態の確認
- ・点検によるナトリウムの付着、固化状態の確認
- ・燃料取扱設備等の事前点検での正常動作の確認

1. 運転・保守経験に基づく過去のトラブル事例の分析と燃料取出し作業への反映 (4/5)

③ 機器の初期不良、あるいは経年劣化によるトラブル

- ・ 設備設計及び初期設置時の性能試験時に明らかになった不具合であり、対応対策及び水平展開が完了している事象。あるいは、その後の長期にいたる停止期間中、設備機器の経年劣化による不具合の可能性。
- ・ 燃料取扱・貯蔵設備機器に係るこれまでの点検結果から、部品の経年劣化によるトラブルは報告されていない。今後、運転実績の積み重ねにより点検周期の見直し、点検合理化の可能性を図っていく。

[もんじゅ] ・燃料交換装置パンタグラフアーム収納不良

[主な原因] ・パンタグラフアームに変形（曲り）が生じ、収納部で本体胴と干渉した

[対策] ・パンタグラフアームの曲り部を修正及び再発時を考慮し駆動モータの容量を2倍に変更済

[事例に対するもんじゅでの評価]

- ・過去に発生した初期不良については対策済

[今回の燃料取出し時に考慮すべき事項]

- ・点検による長期使用品の交換
- ・予備品の確保
- ・トラブル対応体制の構築

1. 運転・保守経験に基づく過去のトラブル事例の分析と燃料取出し作業への反映 (5/5)

④ 自動制御運転の制御渋滞などの運転調整

- ・「もんじゅ」における燃料交換及び燃料処理は、原則として、「自動運転」モードによる自動制御で作業を行う。
- ・運転中、警報が発報するなど、何らかの制御条件が不成立となった場合、燃料交換及び燃料処理のシーケンス動作において、制御渋滞*により、「自動運転」は一時的に除外され、機器動作の中断が発生する可能性がある。

* 制御渋滞：何らかの要因によって次に動作する機器の起動条件が整わずシーケンス動作が停止すること
(例えば、弁動作の動作タイミングによって、一時的に流量が変動し、一定時間内に条件を満足しない場合など)

- ・燃料取扱い設備機器や装置の故障による不具合ではないものの、作業中断による復旧作業は、発生ケースの頻度によっては、作業工程に影響を及ぼす可能性がある事象。

[もんじゅ] ・燃料交換時における制御渋滞

[主な原因] ・シーケンス上の条件不成立（「吊り、不吊異常判定」など）

[対策] ・機器故障ではないことを確認の上、補助盤からの手動運転でシーケンス上の条件を成立させ復旧（対策済み）

[SPX] ・燃料取出し時における制御渋滞（流量異常、検出器の誤警報、排水制御の問題等）

[主な原因] ・機器故障、誤警報等

[対策] ・設備改造、運転調整等

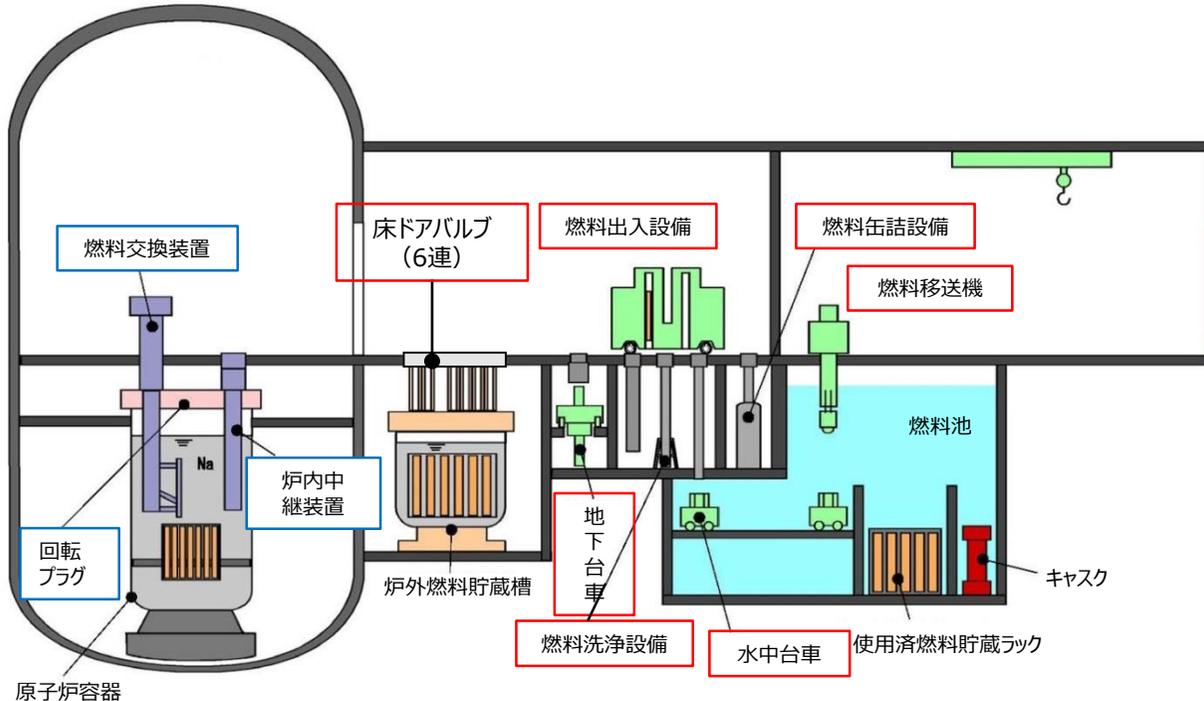
[事例に対するもんじゅでの評価]

- ・過去に発生した制御渋滞は対策済

[今回の燃料取出し時に考慮すべき事項]

- ・今回燃料処理、燃料交換開始前に事前点検、設備等の動作確認を行い運転調整を行う。
- ・作業中の機器故障への対応を迅速に行うため、トラブル対応体制を構築しておき、工程への影響を最小限に留める。
- ・制御渋滞時の復旧対応については、QMSに基づいてリトライ作業を実施する。

2. 事前点検による機器の健全性確保 (1/3)



- 今年度点検を実施する主な燃料処理・貯蔵設備*
- 点検を実施する主な燃料交換設備*

* : 総称して燃料取扱設備という。

(1) 事前点検による機器故障の低減

燃料取扱設備の主な機器は前回燃料交換から約7年間停止状態であるものが多い。

このため、第1フェーズの燃料処理、第2フェーズの燃料交換開始前に事前点検（保全計画に基づく点検）を行い、機器の健全性を確保することにより作業中の機器故障の防止を図る。事前点検の方針は次のとおり。

- ・ 点検周期が「16M」など、短周期の機器： 点検計画に記載の点検周期に基づき、点検を実施
- ・ 点検周期が長周期（124M、燃料交換〇回等）の機器： 事前の作動確認により機器の状態を確認後、必要に応じて分解点検又は交換を実施

2. 事前点検による機器の健全性確保 (2/3)

(2) 予備品の確保による工程遅延期間の低減等

燃料取扱設備は回転機器など、動的な機器が多い。このため、主要な燃料取扱機器を構成する機器のうち、受注生産などで比較的調達に期間を要する動的機器については、予備品を確保し、万一の保守対応に備える。

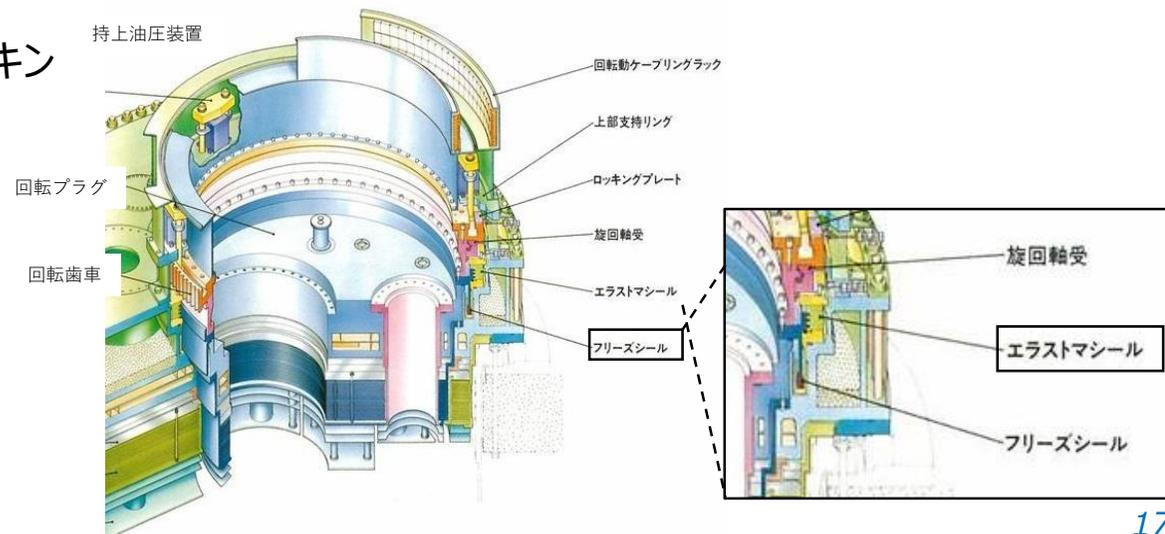
主な予備品

- ・燃料出入機本体A グリッパ昇降モータ
- ・燃料出入機本体A 床ドアバルブ開閉モータ
- ・炉外燃料貯蔵槽 床ドアバルブ開閉モータ
- ・燃料洗浄槽等 床ドアバルブ開閉モータ
- ・燃料移送機等 走行・横行モータ など

また、燃料取扱機器を構成する部品のうち比較的調達に時間を要する交換部品についても、事前に部品を確保することを計画する。

- ・燃料交換装置を構成する軸封装置のパッキン
- ・燃料移送機グリッパ爪開閉用電磁石 など

回転プラグを構成する部品のうち調達に1年程度の時間を要するエラストマシールについては、回転プラグ故障による工程遅延を低減するため、事前に回転プラグの分解点検時に交換を行う。

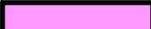


2. 事前点検による機器の健全性確保 (3/3)

(3) 点検時期の考え方 (約130体ごとの点検)

原子炉運転時の燃料取扱いに係る設計仕様を参考に、廃止措置段階における燃料取扱い体数及び燃料取扱設備の点検時期を設定した。

【原子炉運転時における燃料取扱いの基本的なパターン】

	原子炉運転時	
原子炉運転	 (Nサイクル)	 (N+1サイクル)
燃料交換		
燃料処理・貯蔵		
点検 (定期検査)		
燃料交換装置等点検		
燃料出入機点検		

➤ 燃料交換/燃料処理貯蔵における燃料取扱い体数

- ・設計仕様：燃料交換及び燃料処理・貯蔵の各1回の燃料取扱い体数は、各期間中で最大130体程度（次の運転サイクルに必要な燃料を交換）を想定

➤ 燃料取扱設備の点検時期

- ・燃料交換装置等：燃料交換後
- ・燃料出入機：燃料処理・貯蔵と燃料交換後

【廃止措置段階における燃料取扱いの基本的なパターン】

	廃止措置段階
燃料交換	
燃料処理・貯蔵	
設備点検 (定期事業者検査)	
燃料交換装置等点検	
燃料出入機点検	



【廃止措置段階における点検時期の基本的な考え方】

➤ 燃取設備の点検周期に対して、影響が大きい因子

- ・点検時期に影響を与える因子としては、機器の経年劣化モード（部品の経年劣化）ではなく、ナトリウム付着状況に依存していることが過去の実績から判明している。

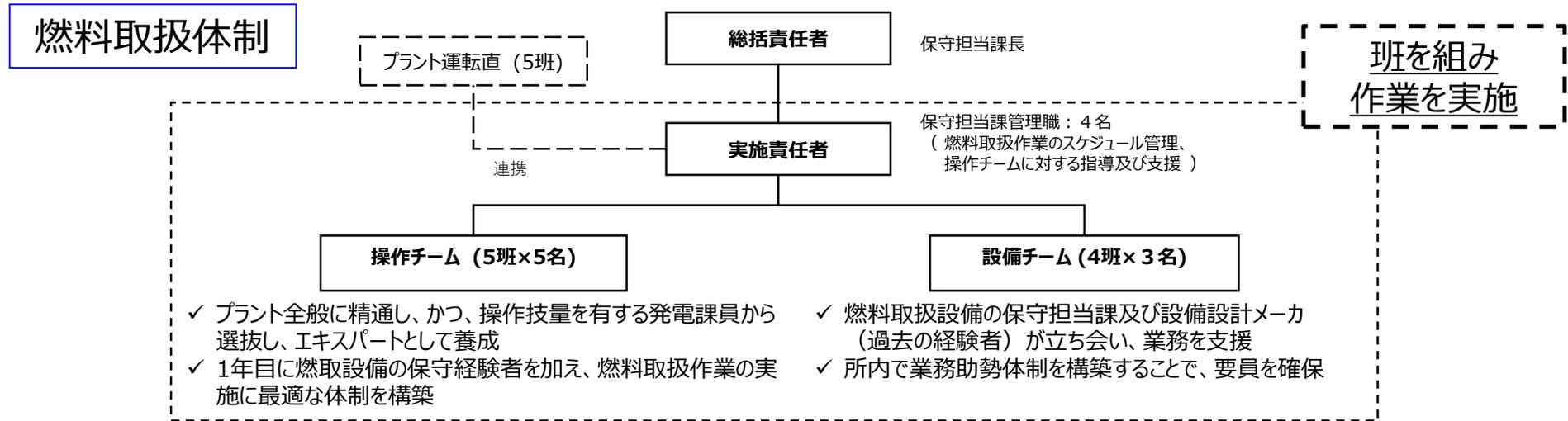
➤ 燃料取扱設備の点検時期

- ・設計段階で実施したモックアップ試験において、設計要求に対する機能は確認していることから、まずは原子炉運転時（設計仕様）と同程度の燃料取扱い後に点検する。
- ・運転実績は必ずしも十分でないため、今後の燃料交換・燃処理作業を通じた運転経験を積上げることで、中間点検の要否や点検周期の延長などを検討していく。

3. トラブル対応体制の構築及び操作員の習熟訓練の実施（1/3）

（1）トラブル対応体制の構築

燃料処理及び燃料交換作業時に発生したトラブルに対し、対応方針の策定、発生事象に対する調査、運転の復旧等を迅速に対応するため、運転と保守を一体化した燃料取扱体制を構築し、実施責任者の指示のもと安全かつ確実に作業を実施することにより工程遅延を最小限に留める。



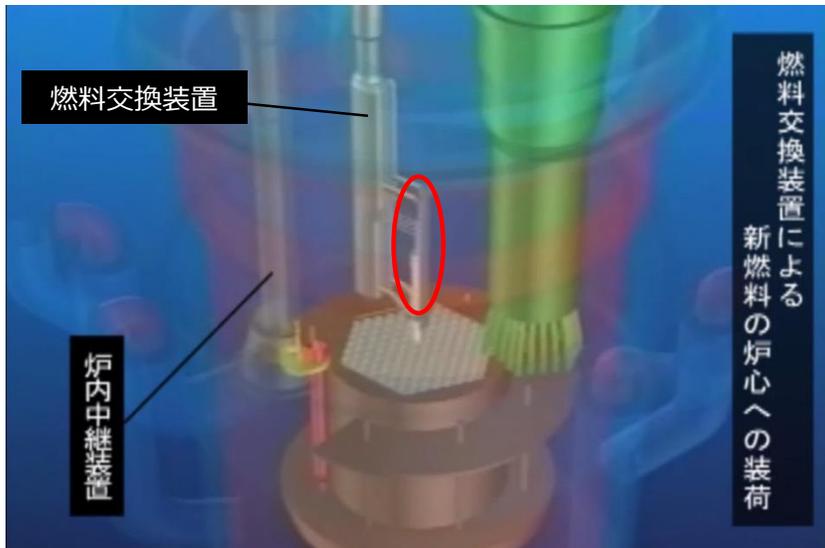
[トラブル発生時の役割分担]

- ・操作チーム : 操作手順書に基づき機器等の復旧操作を実施。
- ・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調査のために必要な情報を収集し、迅速に対応方針を策定。必要に応じメーカーに助勢作業を依頼。
- ・実施責任者 : 操作チームに操作上の注意事項を指示。プラント運転直と連携し事象の収束のために必要な措置を講じる。保守担当課長と連絡をとり、対応方針の決定、保守担当課内の人員確保、スケジュール管理等を実施。

3. トラブル対応体制の構築及び操作員の習熟訓練の実施 (2/3)

(2) トラブル対応体制の構築 (トラブル対応例)

模擬体の炉心装荷時、荷重異常により自動化運転が停止



【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、若しくは、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方法（手動運転による炉内ラックを經由した再装荷手順等）を策定。実施責任者は、復旧手順を確認。
- ③実施責任者：復旧手順を確認後、②の方法を操作チームに指導し、操作手順書に基づき再装荷作業を指示。
- ④操作チーム：再装荷完了後。自動化運転を復旧。

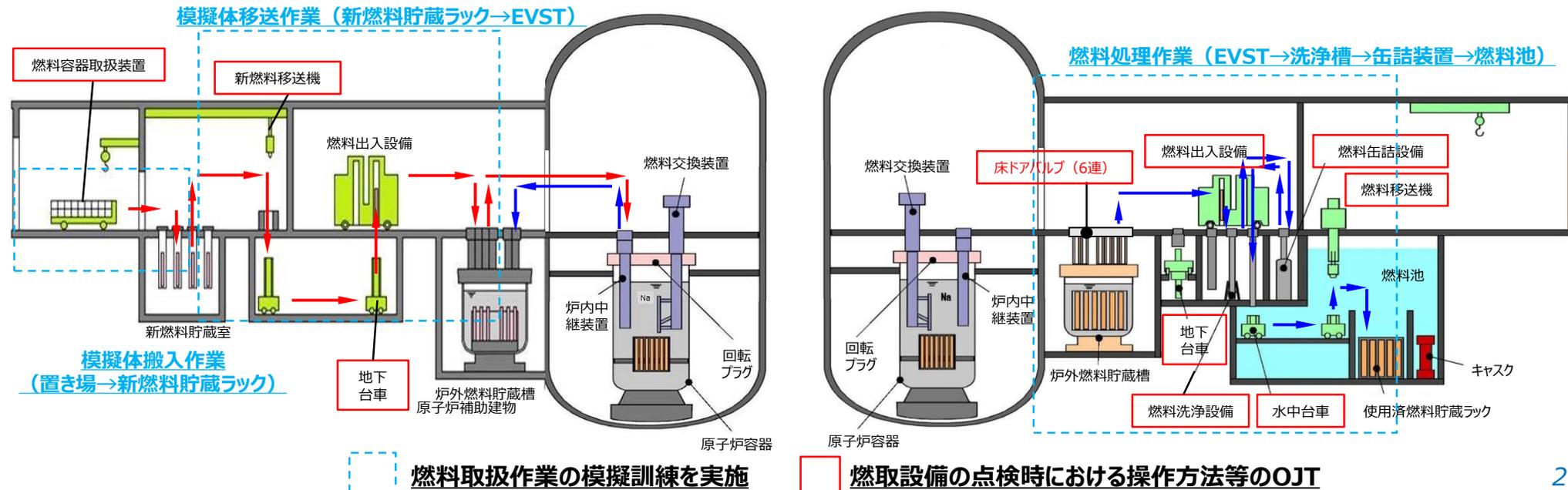
3. トラブル対応体制の構築及び操作員の習熟訓練の実施 (3/3)

(3) 操作員の習熟訓練の実施

操作要員の確保状況：プラント全般に精通し、かつ、操作技量を有する発電課員から10名選抜済及び燃取設備の保守経験者から5名選抜済。以降、エキスパートとして養成中。
燃料取扱作業の模擬訓練開始までに操作補助（育成対象）として10名追加。

習熟訓練：以下の事前訓練と実作業による経験によって操作の習熟を図る。

- ・8月から机上教育を開始しており、9月に操作員に指名。机上教育は平成30年度以降も継続。
- ・燃取設備の点検時における操作方法等のOJTを平成29年9月から実施。
- ・燃料処理作業開始までに燃料取扱作業の模擬訓練を実施。燃料交換作業に向けた育成・訓練は、平成31年から開始。



1. 過去の燃料取扱い経験、トラブル対応等を踏まえた燃料取出し計画の策定（1/2）

（1）計画策定の考え方

◆ 前提条件

- 第1フェーズの約6ヶ月で1回目の燃料処理を実施
- 以後は、約16ヶ月サイクル（7ヶ月点検＋9ヶ月（燃料交換、燃料処理））を3サイクル繰り返し
- 燃料交換又は燃料処理約130体ごとに簡易点検（約1ヶ月）を実施（設計ベース）
- ドリップパン（燃料処理）の交換頻度12体（設計ベース）
- ドリップパン（燃料交換）の交換頻度50体（実績ベース）
- 模擬体の調達工程（第1フェーズの燃料処理で約100体をEVSTに移送）
- 原則として缶詰缶処理は実施しないが、燃料処理する530体の燃料池での配置を考慮して必要に応じて缶詰缶処理を追加

◆ 留意事項

- 前回の燃料取扱作業は、燃料交換が平成21～22年、燃料処理が平成20～21年
- 燃料処理の実績が僅少（2体）

1. 過去の燃料取扱い経験、トラブル対応等を踏まえた燃料取出し計画の策定 (2/2)

(2) 想定される遅延要因と対応策

- ◆ 1体あたりの取扱い時間の延長による燃料取出し作業の遅延
 - 実績に余裕を加味した計画による全体工程の策定
 - ✓ 燃料処理：1体/日 (設計 2体/日)
 - ✓ 燃料交換：5体/日 (設計 10体/日)
 - ✓ 24時間体制 (最長)
 - 燃料交換・処理作業の遅延
 - ✓ 制御棒集合体等を使用した模擬訓練による運転習熟
 - ✓ 初回の処理体数を上限130体より少なめに設定
- ◆ トラブル発生による作業中断
 - 余裕を持った計画による全体工程への影響低減
 - 第1フェーズの燃料処理は、全数 (約100体) を対象として、燃料缶詰設備の点検終了後、すみやかに缶詰処理を実施
 - 第2フェーズ以降、燃料缶詰設備を使用しないことによって機器故障のリスクを低減

(3) 運用における改善計画

- ◆ 実績に基づく処理工程 (燃料交換・処理) の見直し
- ◆ 実績に基づく処理体数制限の見直し
 - 簡易点検の頻度
 - ドリップパンの交換頻度

1. 燃料取出し工程に影響を与えないプラント管理及び適切な設備点検計画の策定と実施 (1/2)

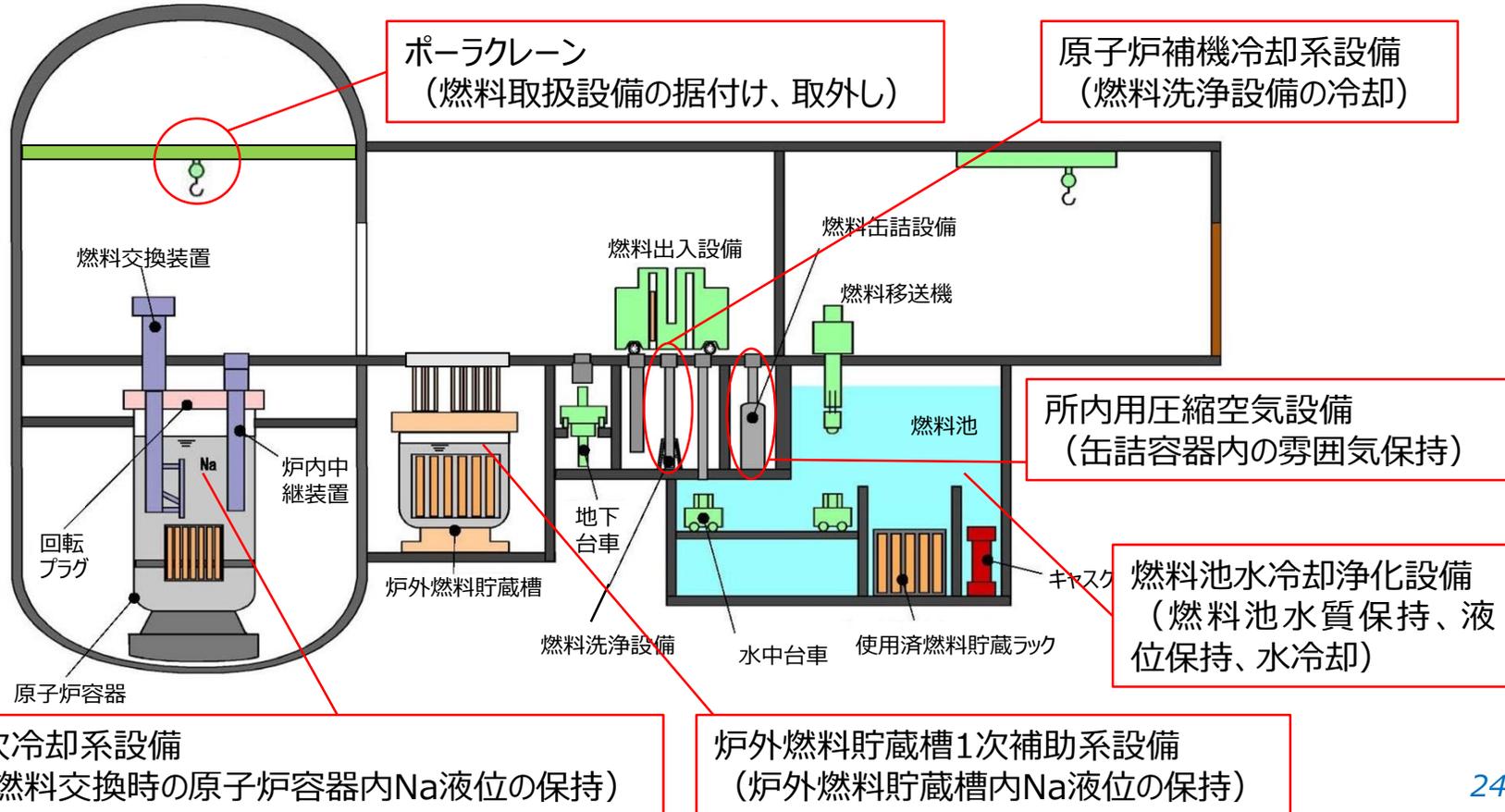
(1) 主要な系統設備の機能保持と故障時の対応

- 燃料取扱設備の運転等に必要となるプラント側の各系統設備については、設備の健全性を確保し、機能を保持するため、燃料取出し作業が確実に実施できるよう、保全計画に基づく「設備点検」を実施。
- 万が一の故障による燃料取出し工程への影響を最小限に留めるため、必要な予備品を選定中。

予備品の確保の事例

ポーラクレーンは長期間使用停止すると燃料取扱設備の据付け、取外しに影響するため、生産中止品を予備品として確保している。

- サイリスタユニット
- ソフトスタータモジュール
- 比較器モジュール



1. 燃料取出し工程に影響を与えないプラント管理及び適切な設備点検計画の策定と実施 (2/2)

(2) 燃料取出し期間中のプラント状態の検討

燃料取出し期間中に維持するプラント状態を明確にし、保安規定及びQMS文書を改訂し、維持不要な設備機器を停止することでナトリウム漏えいや動作機器の故障リスクの低減を図る。

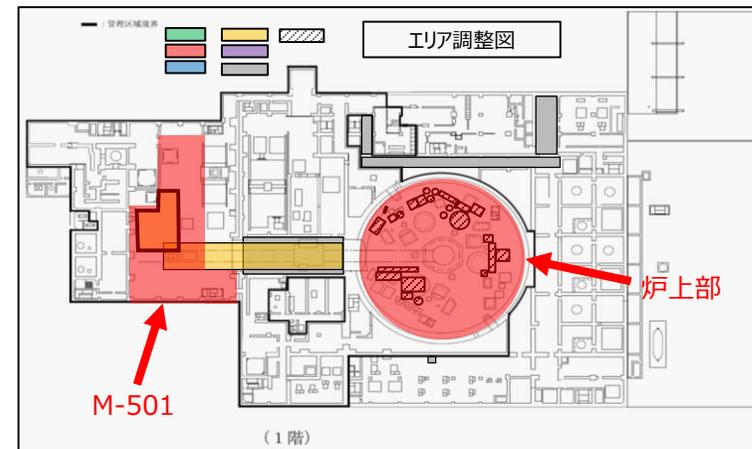
- ・ 1次主冷却系2ループドレンによる点検
- ・ 2次主冷却系全ループのナトリウムドレン

(3) 燃料取扱設備点検との取合い調整

プラント設備側の設備点検と燃料取扱設備側の設備点検を並行して実施することから、現行QMSに基づき、作業エリアの確保、燃料取扱設備側の設備点検時におけるプラント状態の確保（原子炉容Na液位確保時期の調整、電源系の確保等）等を事前調整し、設備点検期間の延長リスクの低減を図る。

作業エリア調整の事例

炉上部及びM-501室は、設備点検時に燃料取扱設備と1次系設備等との作業エリアの重複（干渉）が想定される。そのため、事前に作業エリアの調整を行う。



1. QMSに基づく燃料取出し計画の策定と作業期間中のトップマネジメントによる工程管理

(1) 燃料取出し計画の制定時における管理

- ・燃料取出し計画の制定は、業務計画「燃料取出し計画実施計画」を制定し、業務計画に基づき実施。
- ・制定にあたっては、設備点検の工程、プラントの運用方針、課題の抽出・対応方針の検討を行い、燃料取出し工程の成立性、検討結果の妥当性を確認。
- ・これらの検討結果は、所内確認会での審議を経たのち所長の承認を得て計画を制定。

(2) 燃料取出し作業期間中の管理

- ・燃料取出しは、燃料処理作業1体/日、燃料交換作業5体/日及び設備点検7か月の積み上げによって策定している。今後更なる見直し、改善を図りつつ約5年半の燃料取出し目標工程を充足させる。
- ・燃料取出し目標工程は、業務計画（今後制定）に基づき所大で進捗管理を実施し、工程に影響を及ぼす事象が発生した場合においても、迅速に対応できる体制で作業を実施する。
- ・燃料取出し計画の進捗については、理事長のマネジメントレビューへインプットし、計画の進捗状況を確認・評価するとともに、理事長がもんじゅに必要な指示をする。
- ・今後の第1フェーズの燃料処理実績、第2フェーズの燃料交換実績等を評価し、1日当たりの処理体数を見直す等、安全かつ確実に燃料取出しが完遂できるようにする。

約 5 年半とした燃料取出し目標工程を安全かつ確実に進めるため、工程に影響を及ぼす要因に対して事前に対策し対応する。

- ・前回の燃料取扱作業は、燃料交換が平成21～22年、燃料処理が平成20～21年であることから、事前点検により健全性を確保する。また、万一の故障対応等に備えるため予備品を確保しておく。
- ・燃料取扱作業中にトラブルが発生した場合の体制を事前に明確にしておくとともに、選抜した操作員に対して事前訓練と実作業の経験によって運転習熟させる。
- ・過去の燃料取扱い経験、トラブル対応等を踏まえた燃料取出し計画を策定する。
- ・設備点検では、燃料取出し期間を遅延させないため、燃料取出しに必要な設備の健全性を確保しておくとともに、燃料取扱設備側とのプラント状態、作業エリア等の取り合い調整を実施する。
- ・約 5 年半とした燃料取出し目標工程を安全かつ確実に進めるため、所大での適切な業務管理のもと工程管理を行う。また、燃料取出しの進捗についてマネジメントレビューで評価する。

今後、燃料取出しの実績に基づき 1 日の処理体数を見直す等、安全かつ確実に燃料取出しが完遂できるようにする。

燃料出入機における燃料体落下に係るリスク評価の実施例

- 作業の対象、内容、作業の場所毎に、起こりえないと考えられる事項についても、発生した場合を想定する。
- ここでは、燃料取扱設備のうち、燃料出入機について、取り扱い燃料を落下させた場合の対応について検討した結果を示す。

1. 燃料取扱設備の設計の考え方

【設計における要求機能】

もんじゅの燃料処理・貯蔵設備は、“冷却材としてナトリウムを使用すること”、“燃焼度の高い燃料等を取扱うこと”という2つの大きな特徴があり、燃料を取扱う機器として、主に次のような要求事項がある。

1. ナトリウムと水、ナトリウムと空気との意図しない反応を起こさせないこと。
2. 使用済燃料からの高い崩壊熱を除去できること。
3. 使用済燃料等に付着しているナトリウムを除去できること。
4. 取扱中の燃料の機械的損傷が防止できること。

燃料処理・貯蔵設備への主な機能要求（一覧）

機能要求	炉外燃料貯蔵槽	燃料出入機	燃料洗浄設備	燃料缶詰設備	水中台車	燃料移送機	貯蔵ラック	燃料容器取扱装置	新燃料移送機	地下台車
1. ナトリウムと水、ナトリウムと空気との意図しない反応を起こさせないこと	気密性の維持	気密性の維持	気密性の維持	/	/	/	/	/	/	/
2. 使用済燃料からの高い崩壊熱を除去できること	冷却系の維持	冷却系の維持	冷却系の維持	冷却系の維持	水中移送	水中移送	冷却系の維持	/	/	/
3. 使用済燃料等に付着しているナトリウムを除去できること	/	/	ナトリウム洗浄	/	/	/	/	/	/	/
4. 取扱中の燃料の機械的損傷が防止できること	/	<ul style="list-style-type: none"> • 着地時の速度制限 • 衝突等防止 • 落下防止 	燃料落下時の緩衝	燃料落下時の緩衝	衝突等防止	<ul style="list-style-type: none"> • 着地時の速度制限 • 衝突等防止 • 落下防止 	衝突等防止	<ul style="list-style-type: none"> • 着地時の速度制限 • 衝突等防止 • 落下防止 	衝突等防止	

【要求機能に対する対応（燃料出入機）】

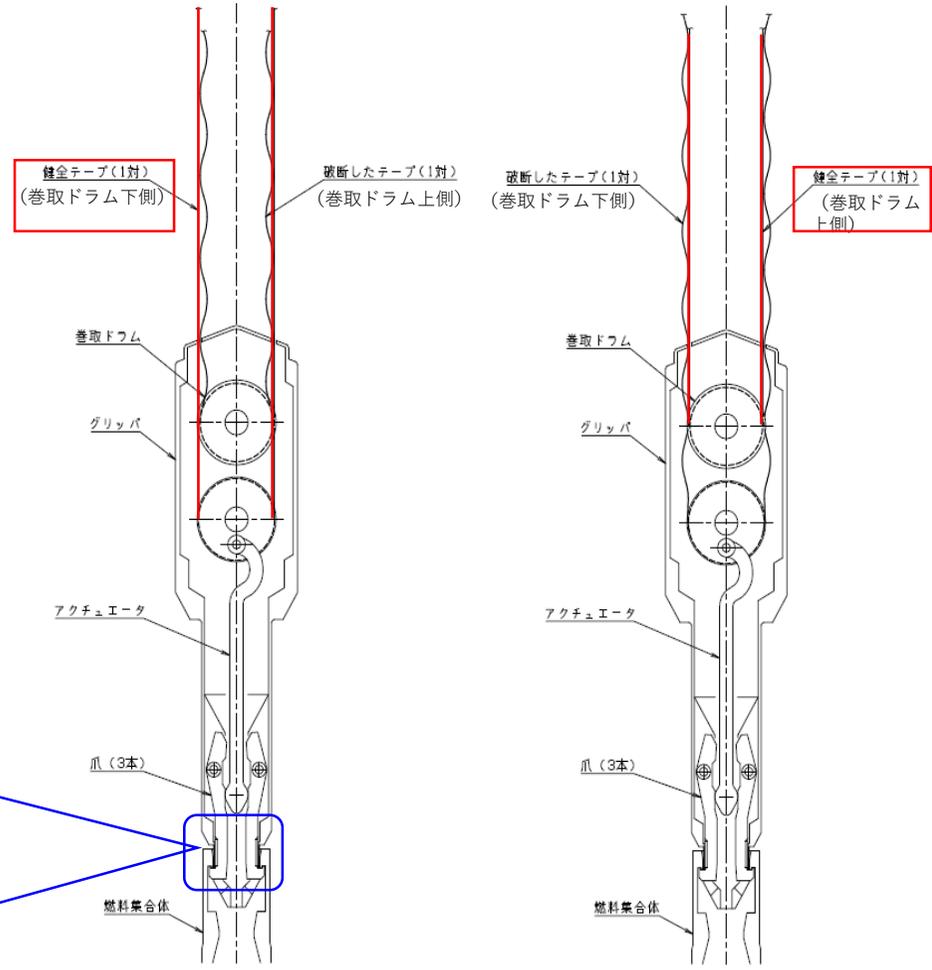
1. ナトリウムと空気との意図しない反応の防止
 - カバーガスバウンダリを形成するシール部は2重シール構造とし、可動シール部はアルゴンガスでシール間を加圧
⇒設備機器が気密性を維持していることを事前点検で確認、運転中監視
 2. 使用済燃料からの高い崩壊熱を除去
 - 燃料移送中の燃料冷却機能（冷却ブロワ等）を維持
⇒冷却ブロワが規定流量を確保していることを事前点検で確認、運転中監視
⇒冷却流路を形成する弁等が作動することを事前点検で確認、運転中監視
 3. 使用済燃料等に付着しているナトリウムの除去
 - 燃料出入機は該当しない。
 4. 取扱中の燃料の機械的損傷の防止
 - 燃料着地時の移送速度が6m/minを超えない。
（通常運転時は、着地約300mm手前で0.6m/minの低速下降に切り替わる）
 - 燃料を水平及び昇降移動させる場合、移動ストロークを検出しインタロックによって衝突等を防止。
⇒移動速度及び移動ストロークの検出器が健全であることを事前点検で確認、運転中監視。
- 燃料の落下防止機能の確保
（設計上の機能）
⇒グリッパ本体、昇降駆動装置が健全であることを事前点検で確認
⇒グリッパ駆動装置の電源が喪失した状態でも燃料が落下しないことを事前点検で確認
（運転上の機能）
⇒インタロックにより誤操作を防止
⇒燃料取扱設備操作室より問題なく遠隔運転できることを事前点検で確認、運転中監視

3. 設計上の燃料落下防止の考え方 (1/5)

(1) 構造上の燃料落下防止機能 (1/2)

① テープの破断に対する落下防止

設計上の想定事象	設計上の燃料落下防止対応	点検時の燃料落下機能確認
2対 (4本) のテープのうち、1対のテープが破断	<ul style="list-style-type: none"> 1対 (2本) のテープにて荷重を受け、爪のつかみ (開) 状態は変わらない設計 テープは、残りの1対のテープで燃料を保持できる十分な強度を有する設計 	分解点検時に、テープについて健全性が確保されていることを確認 <ul style="list-style-type: none"> 外観点検 非破壊検 (PT)

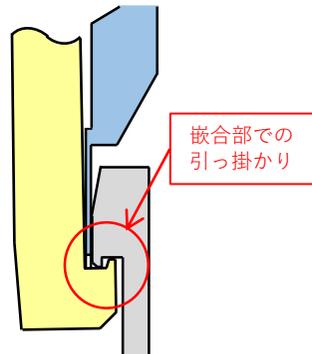


巻取りドラム上側
テープ破断状態

巻取りドラム下側
テープ破断状態

【燃料を吊り上げた状態でのテープ破断】

仮に爪が「はなし」方向に動作しても嵌合部で引っ掛かり、爪が外れない
⇒ 燃料は落下しない



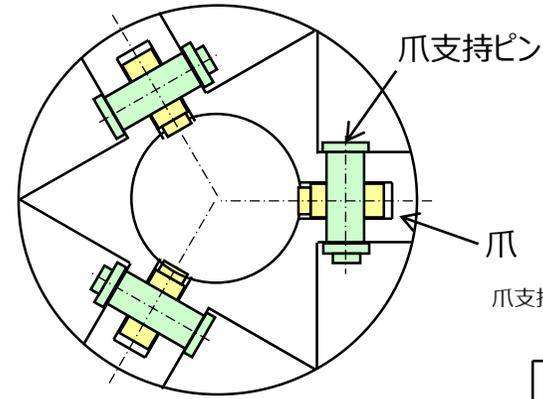
・集合体つかみ、吊り状態

3. 設計上の燃料落下防止の考え方 (2/5)

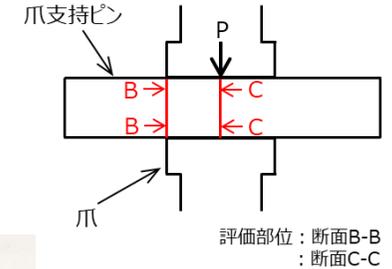
(1) 構造上の燃料落下防止機能 (2/2)

② 爪・爪支持ピンの破断に対する落下防止

設計上の想定事象	設計上の燃料落下防止対応	点検時の燃料落下機能確認
3本の爪のうち、1本の爪が破損	<ul style="list-style-type: none"> 爪は、残りの2本の爪で燃料を保持できる十分な強度を有する設計 ●評価部位：断面A-A (右下図参照) 	分解点検時に、爪について健全性が確保されていることを確認 <ul style="list-style-type: none"> ・外観点検 ・寸法検査 ・非破壊検査
	<ul style="list-style-type: none"> 爪支持ピンは、残りの2本の爪の爪支持ピンで燃料を保持できる十分な強度を有する設計 ●評価部位：断面B-B 断面C-C (右上図参照) 	分解点検時に、爪支持ピンについて健全性が確保されていることを確認 <ul style="list-style-type: none"> ・外観点検 ・非破壊検査

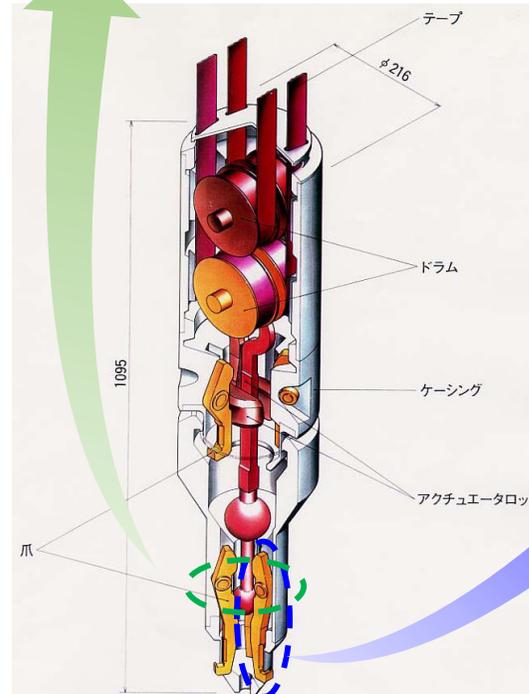


【グリッパ断面図 (爪部)】

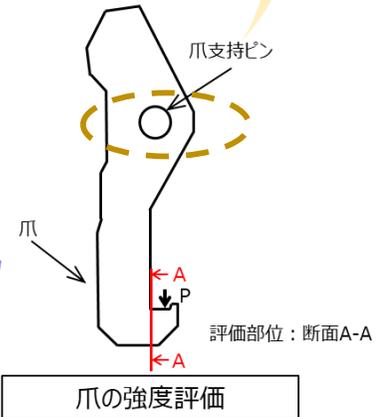


評価部位：断面B-B
：断面C-C

爪支持ピンの強度評価



【燃料出入機本体Aグリッパ】



評価部位：断面A-A

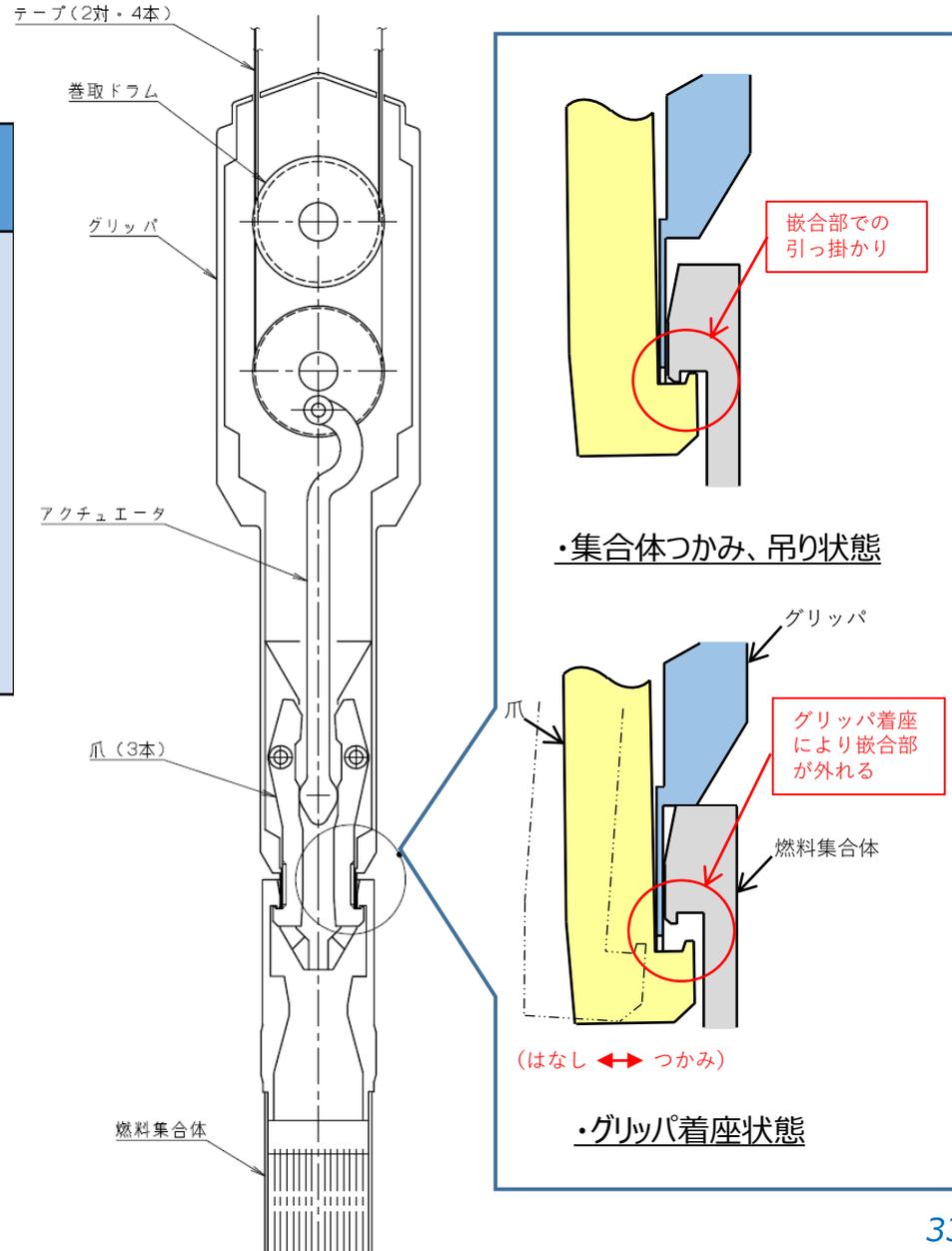
爪の強度評価

3. 設計上の燃料落下防止の考え方 (3/5)

(2) 誤操作防止機能

- ・ 誤操作に対する落下防止

設計上の想定事象	設計上の燃料落下防止対応	点検時の燃料落下機能確認
誤操作による燃料落下	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料集合体をつかみ、吊り上げた状態では、グリップ爪と燃料集合体の嵌合部のそれぞれの先端に設けた引っ掛かり部により、機械的に爪を閉じる（はなす）ことができない設計 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 分解点検時に、爪（引っ掛かり部）について健全性が確保されていることを確認 ・ 外観点検 ・ 寸法検査 ・ 非破壊検査

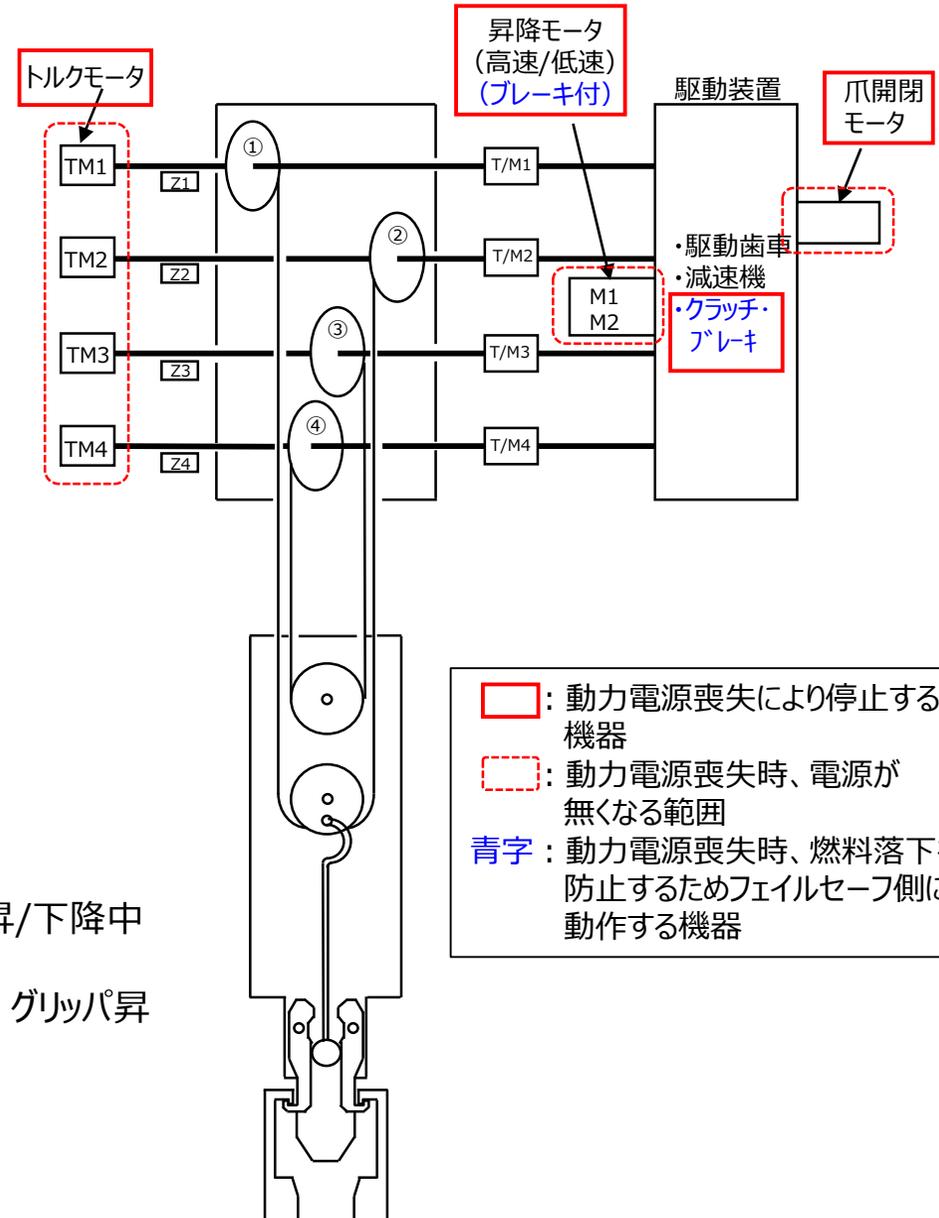


3. 設計上の燃料落下防止の考え方 (4/5)

(3) 動力源喪失時の保持機能

- ・ 動力源喪失に対する落下防止

設計上の想定事象	設計上の燃料落下防止対応	点検時の燃料落下機能確認
グリッパ駆動装置の動力電源の喪失	<ul style="list-style-type: none"> ・ 巻上駆動用モータ付ブレーキ及びクラッチ・ブレーキ（電磁式）は、フェイルセーフ側に動作し、4本の駆動軸は状態を保持し、グリッパの昇降停止位置及び爪開閉状態を維持する設計 	分解点検後の性能・機能試験により機能確認 ・ 動力源喪失試験



【動力源喪失試験】

- ・ 取扱対象物（模擬体入りの燃料移送ポット）をつかみ、グリッパ上昇/下降中にグリッパ昇降モータ等の動力電源を同時に「断」
- ・ 動力源喪失時、昇降モータ付ブレーキ、クラッチ・ブレーキが動作して、グリッパ昇降の停止、取扱対象物の把持を確認

● 落下防止機能の確認及び今後の対応

【燃料落下に対する設計上の確認】

- (1) 構造上の燃料落下防止機能の確保 (テープ、爪、爪支持ピンの強度)
- (2) 誤操作防止機能の確保 (爪引っ掛かり部の形状)
- (3) 動力源喪失時の保持機能確保 (動力源喪失時のグリッパの昇降停止位置及び爪開閉状態の維持)

【事前点検による燃料落下防止機能の確認】

点検時に以下を確認することにより、燃料落下機能が維持されていることを確認。

(1) 構造上の燃料落下防止機能の確認

- ・燃料のつかみ・はなし時に摺動する部品や、燃料吊り上げ時に荷重を受ける部品について点検を行い、有害な劣化等がなく、必要な形状が確保され、健全な状態が維持されていることを確認

(2) 誤操作防止機能の確認

- ・グリッパ爪先端の引っ掛かり部の健全性 (形状維持) を確認

(3) 動力源喪失時の保持機能の確認

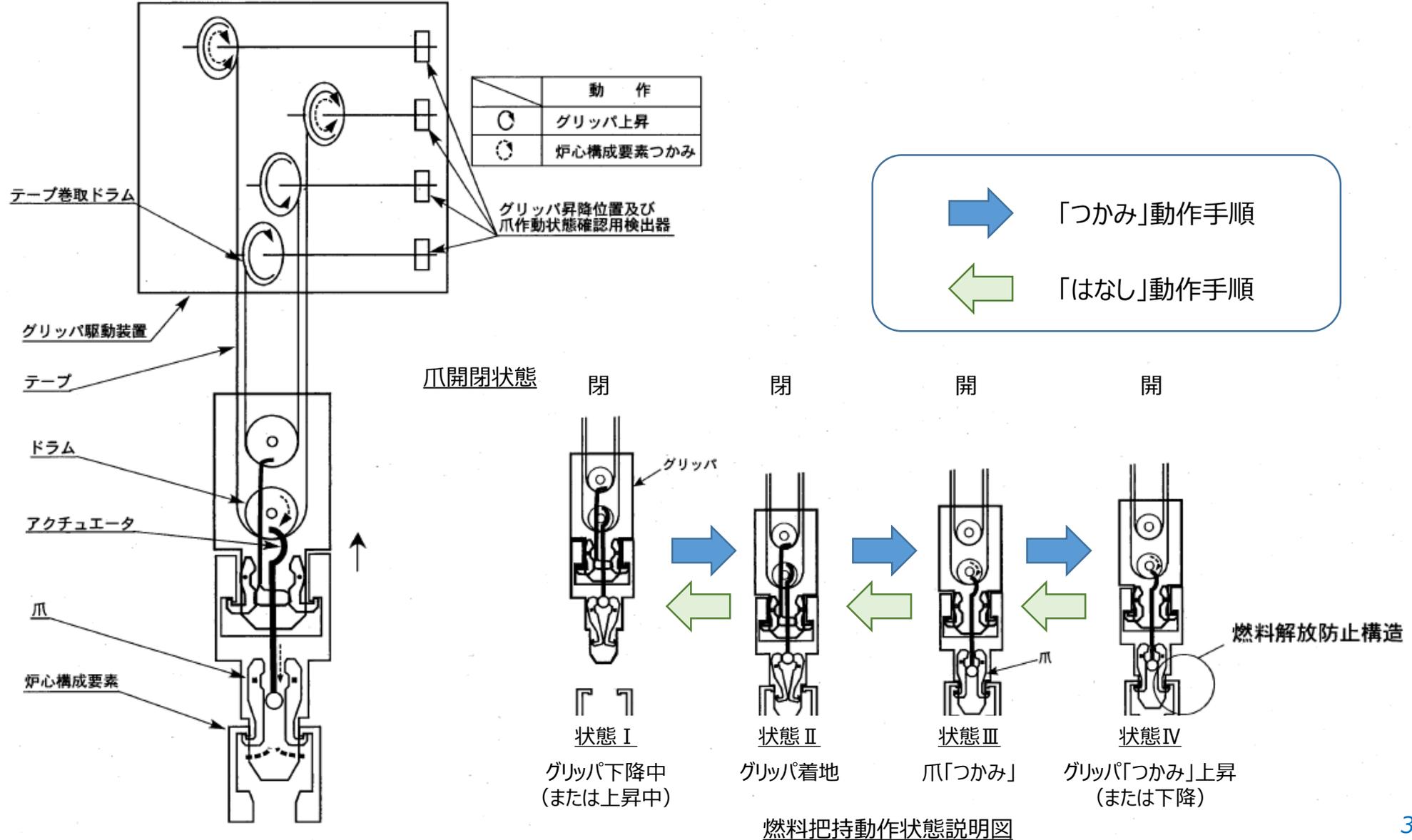
- ・分解点検後、グリッパ昇降、爪開閉に係る個々の動作確認を実施したのち、取扱対象物 (模擬体入りの燃料移送ポット) をつかみ、上昇/下降中にグリッパ昇降モータ等の動力電源を同時に「断」とした場合でも、昇降が停止し、取扱対象物を把持していることを確認

【廃止措置期間中における燃料落下防止機能維持の確認】

- ・廃止措置第1段階の最初に実施する燃料処理作業に際して、事前点検による落下防止機能の維持の確認
- ・その後の燃料取扱作業期間中においても落下防止機能維持の確認するために、計画的な点検を実施

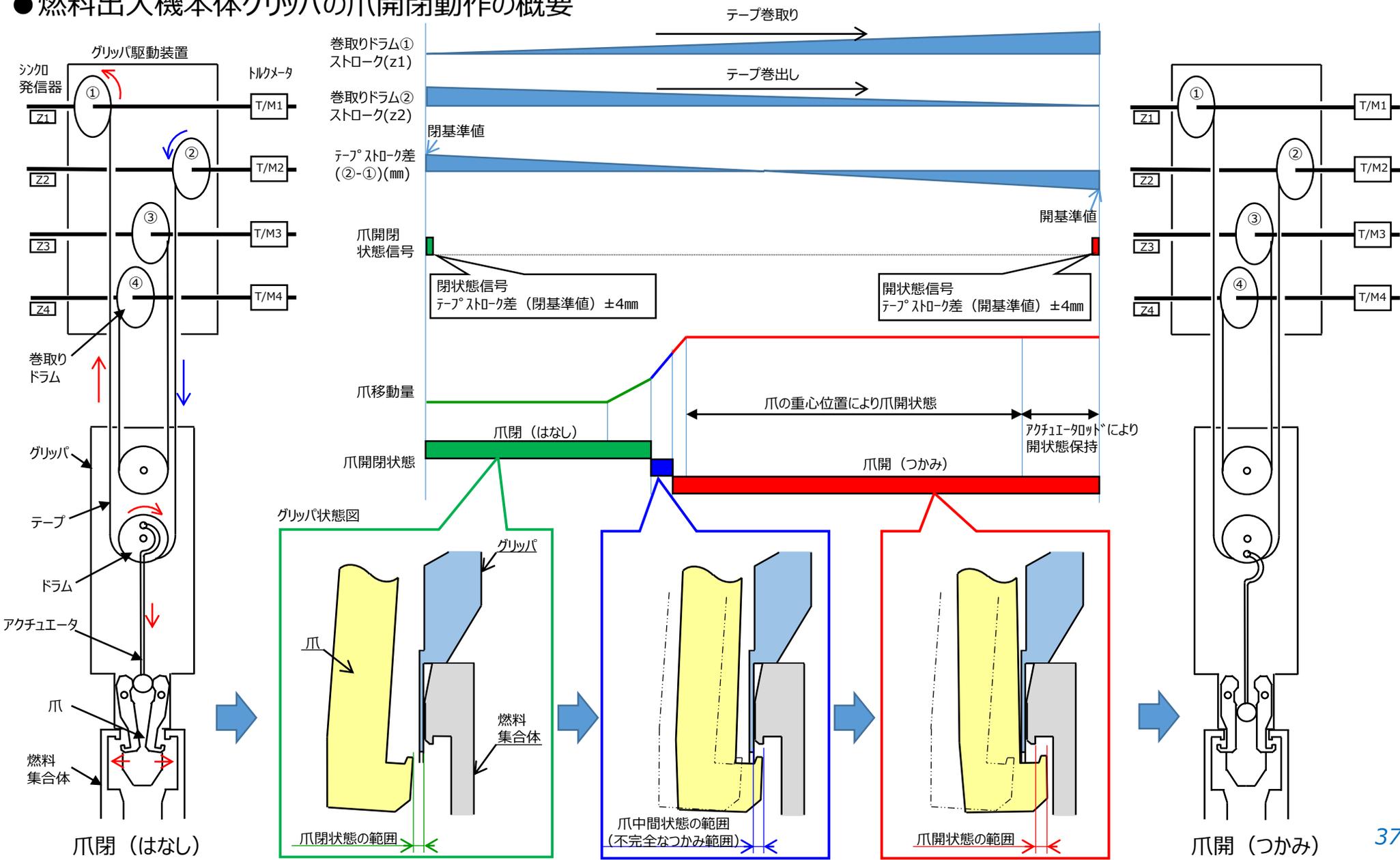
4. 運転上の燃料落下防止の考え方 (1/8)

●燃料出入機本体グリッパの駆動原理の概要

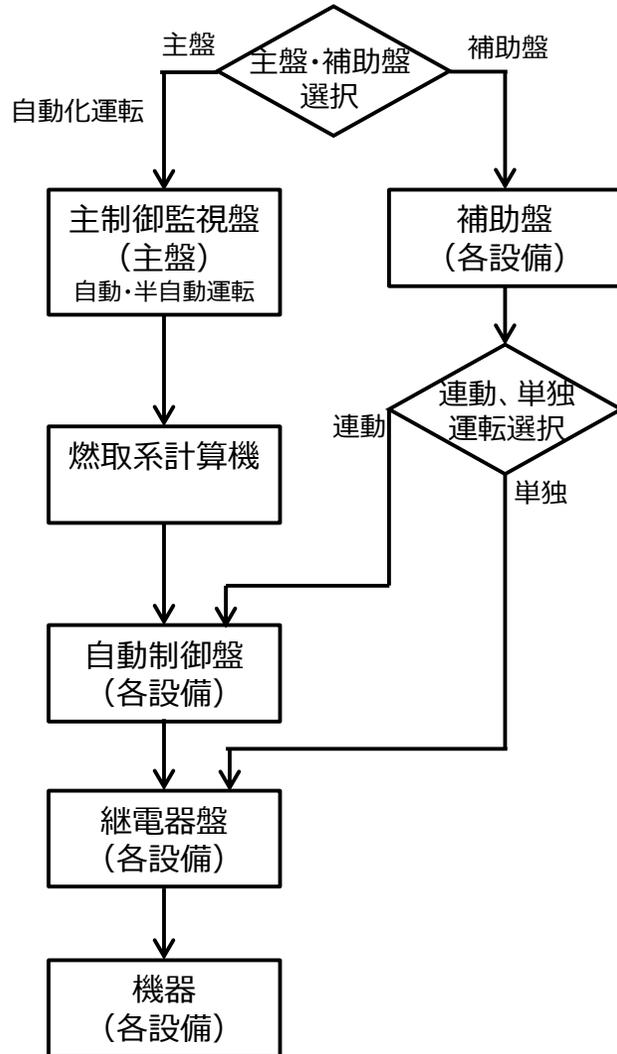


4. 運転上の燃料落下防止の考え方 (2/8)

● 燃料出入機本体グリッパの爪開閉動作の概要



● 燃料取扱設備の運転操作の特徴



● 自動化運転

- 燃料交換、燃料処理等の運転を主制御監視盤からの操作信号を燃取系計算機を介して自動制御盤に伝え、必要なシーケンス処理、演算処理を行い、自動化運転を実施。

● 補助盤操作

(1) 連動運転

- 燃取系主制御監視盤からの操作が計画されていない運転操作の実施
- 警報発生等により自動化運転が停止した場合における警報原因除外後の自動化運転への復帰操作
- メンテナンス時等における燃取系計算機の介在なしに行う操作
- 自動制御盤（シーケンサ）を介して最小単位の一連の動作を行う操作であり、取扱対象物、取扱場所等の各種条件に応じたインタロック（ソフトインタロック）を設定。

(2) 単独運転

- 警報発生等により自動化運転が停止した場合における警報原因除外後の自動化運転への復帰操作で、連動運転で対応できない場合に行う復帰操作
- メンテナンス時等における燃取系計算機、自動制御盤の介在なしに行う操作
- 自動制御盤（シーケンサ）を介さない機器単独での操作であり、状況に応じて操作者が判断。

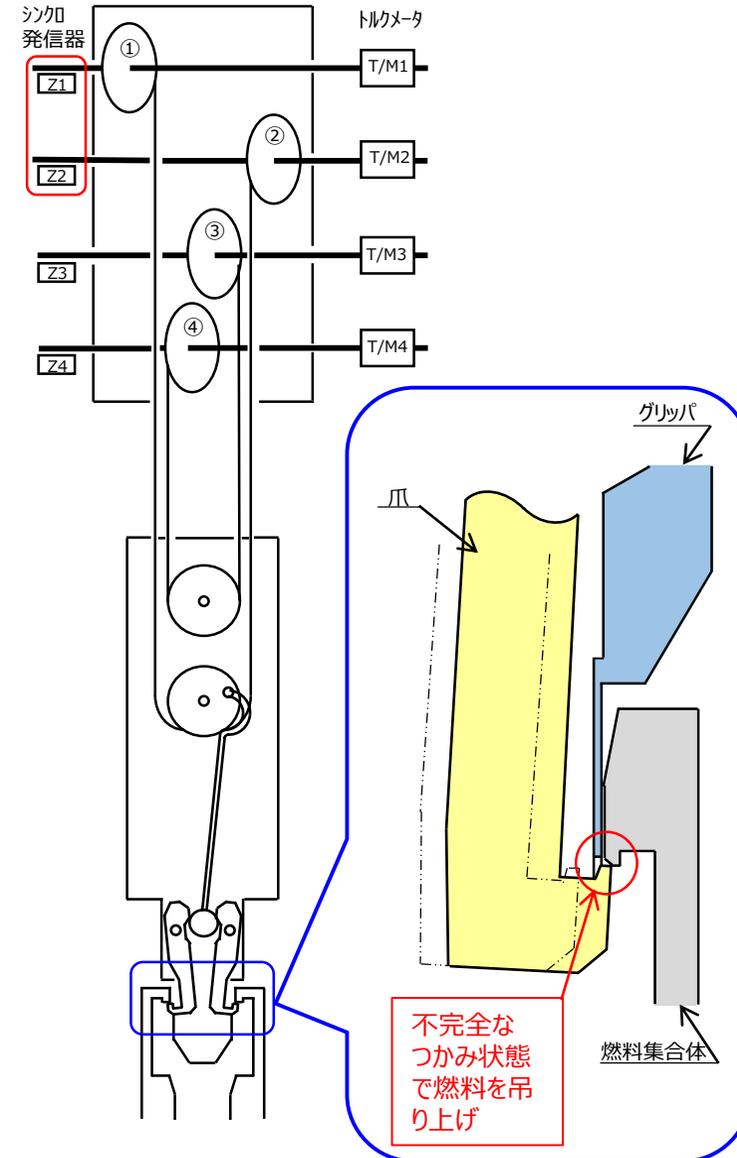
4. 運転上の燃料落下防止の考え方 (4/8)

● 燃料落下に至る想定事象と対応について (1/4)

No.	燃料落下想定事象	考えられる要因	事象発生条件	事象発生防止対策
1	グリッパ爪が開閉途中位置（不完全なつかみ状態）で燃料を吊り上げ、移送中の振動等により爪が外れて燃料が落下	自動化・連動運転	<ul style="list-style-type: none"> 下記条件が共に成立 <ul style="list-style-type: none"> ・2軸のシンクロ発信器の同時故障 ・爪が開閉途中位置にも関わらず、正常な開閉位置信号（誤信号）を発信 	<ul style="list-style-type: none"> ・運転中の状態監視 ・点検によりシンクロ発信器の健全性を確保
		単独運転	<ul style="list-style-type: none"> 下記条件が共に成立 <ul style="list-style-type: none"> ・爪動作時間設定タイマー設定値のズレ ・操作員がシンクロ発信器からのテープストロークの差により爪開閉状態を確認するが、その際に爪開位置を誤判断 	<ul style="list-style-type: none"> ・運転中の状態監視 ・点検によりタイマー設定の確認 ・単独運転時は、爪開閉に応じたテープストローク差であることを確認（手順等への反映）

(* 1) : 自動化・連動運連での爪開閉動作は、2軸のシンクロ発信器のテープストローク信号を自動制御盤で監視・演算・制御し、テープストローク差から爪開閉状態を検出

(* 2) : 単独運転での爪開閉動作は、テープストローク差での爪開閉状態の監視制御ではなく、動作時間（タイマー）設定による。



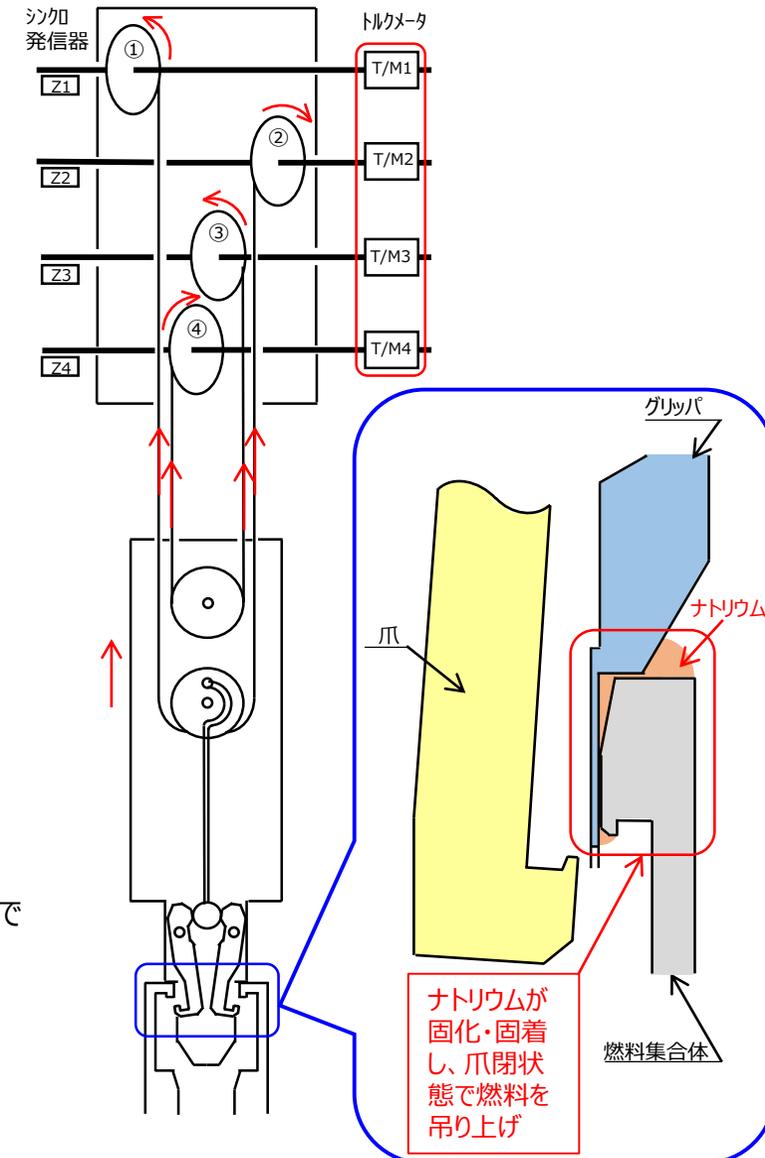
4. 運転上の燃料落下防止の考え方 (5/8)

● 燃料落下に至る想定事象と対応について (2/4)

No.	燃料落下想定事象	考えられる要因	事象発生条件	事象発生防止対策
2	グリップ (爪閉状態) と燃料がナトリウムにより固着した状態で燃料を吊り上げ、移送途中の昇温によりナトリウムが溶融して燃料が落下 (燃料洗浄槽)	自動化・連動運転	<ul style="list-style-type: none"> 燃料がグリップに引っ付いて上昇しているのに、トルクメータがグリップ単体の荷重に相当する正常荷重信号を発信。(* 1) 	<ul style="list-style-type: none"> 運転中の状態監視 点検によりトルクメータの健全性を確保
		単独運転	<ul style="list-style-type: none"> 燃料がグリップに引っ付いて上昇しているのに、操作員が燃料を吊っていないと誤判断。(* 2) 	<ul style="list-style-type: none"> 運転中の状態監視 単独操作時は、グリップの吊り・不吊り状態に応じた荷重値であることを確認 (手順等への反映)

(* 1) : 自動化・連動運転でのグリップ上昇時、4軸のトルクメータからの荷重信号を自動制御盤で監視 (吊り・不吊り判定) しており、荷重異常時はグリップ上昇が停止するインタロック。

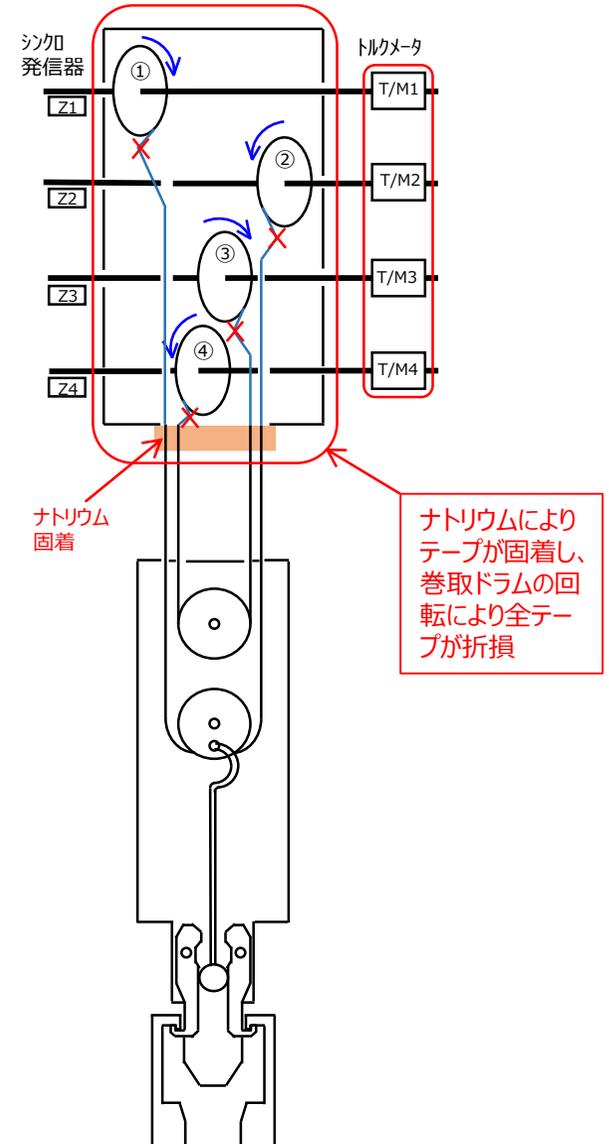
(* 2) : 単独運転でのグリップ上昇は、自動制御盤による吊り・不吊り判定を行わない。



4. 運転上の燃料落下防止の考え方 (6/8)

● 燃料落下に至る想定事象と対応について (3/4)

No.	燃料落下想定事象	考えられる要因	事象発生条件	事象発生防止対策
3	巻取ドラム（又はスクレーパ）とテープがナトリウムにより固着し、巻取ドラムの回転によりテープが折られるなどして全テープが破断して燃料が落下	自動化・連動運転 ・グリッパ駆動装置予熱温度低下を検出不可（予熱正常温度を検出） ・グリッパ下降時、テープが大きくなるのに、トルクメータが荷重無しを検出不可（正常値を検出） ・上記状態において、テープのテープスラック検出L/Sがテープのたるみを検出不可	下記条件が共に成立 ・グリッパ駆動装置予熱温度計の故障、かつ、正常温度（誤信号）を発信 ・4軸のトルクメータの同時故障、かつ、正常値（誤信号）の発信 ・各巻取ドラムのスラックテープ検出器全てが故障	・運転中の状態監視 ・点検により、温度計、トルクメータ、スラック検出L/Sの健全性を確保
		単独運転 ・上記の要因と同じ	・上記の条件と同じ	・運転中の状態監視 ・点検により、温度計、トルクメータ、スラック検出L/Sの健全性を確保

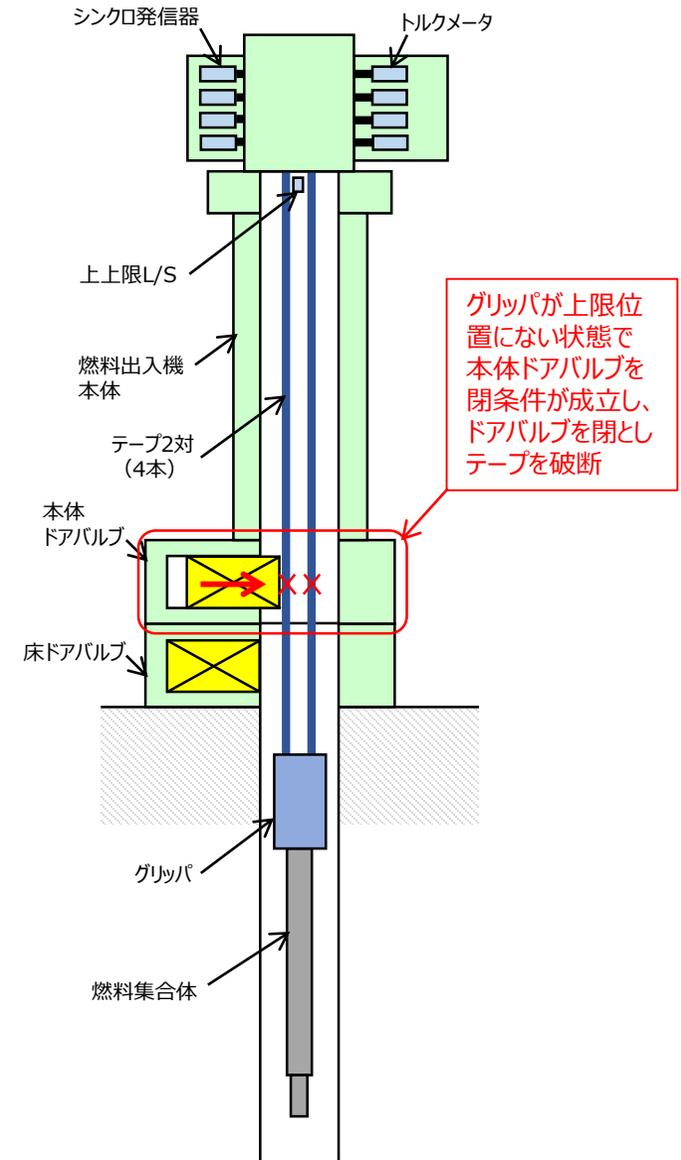


● 燃料落下に至る想定事象と対応について (4/4)

No.	燃料落下想定事象		考えられる要因	事象発生条件	事象発生防止対策
4	グリッパ昇降中（燃料つかみ状態）にドアバルブを誤って閉じてしまい、全テープが破断して燃料が落下	自動化・連動運転	<ul style="list-style-type: none"> グリッパが上限ではないのに、シンクロ発信器が上限位置（ドアバルブ開閉条件信号）を発信。（*1） 	下記条件が共に成立 <ul style="list-style-type: none"> 4軸のシンクロ発信器が同時故障 グリッパが上限位置にないにもかかわらず、上限位置のストローク信号（誤信号）を発信 	<ul style="list-style-type: none"> 運転中の状態監視 点検によりシンクロ発信器の健全性を確保
		単独運転	<ul style="list-style-type: none"> グリッパが上上限位置にないのに、上上限位置L/Sが動作。（*2） 	<ul style="list-style-type: none"> 上上限位置L/Sが故障して上上限信号（誤信号）を発信 	<ul style="list-style-type: none"> 運転中の状態監視 点検により上上限位置L/Sの健全性を確保

(*1) : 自動化・連動運転でのドアバルブ開閉は、自動制御盤がシンクロ発信器からのストローク信号でグリッパ位置を判断し、グリッパが上限位置でないと開閉できないインタロック。

(*2) : 単独運転でのドアバルブの開閉は、グリッパが上上限の位置が条件。



●燃料出入機におけるリスク対応

【想定される燃料落下とその対応】

●自動化運転、補助盤からの連動運転（通常運転、または運転停止時の復旧対応時）

- ・自動制御盤により、グリッパ駆動装置の4軸にそれぞれ設置されたトルクメータ、シンクロ発信器による各軸のトルクや各テープストロークを監視し、また、グリッパ爪開閉時、グリッパ昇降時の各種インタロックにより異常検知（警報発報）及び運転停止により、燃料落下を防止。

➢ インタロックを確実に動作させるために、事前の点検や燃料取出し期間中の計画的な点検によりトルクメータやシンクロ検出器等の健全性を確保。

➢ 検出器類の故障発生時、迅速な復旧のための予備品確保の検討

●補助盤からの単独運転（運転停止時の復旧対応時）

- ・自動制御盤を介さない運転であり、機器保護の観点でのインタロックを有し、機器単体操作が可能。従って、単独運転において燃料落下の防止には、操作員の確認、判断が影響。

➢ 操作員の確認、判断が介在する単独運転は、確認項目、判断基準を明確にし、手順等へ反映することを検討。

【リスクに対する対応について】

- ・燃料取扱作業において、通常の運転操作の範囲では燃料出入機グリッパから燃料落下に至るリスクは低い。しかし、運転停止時の復旧対応まで含めると、操作員による確認や判断が伴い、誤判断があった場合には燃料落下に至るリスクが高くなる。

➢ 通常の運転操作時におけるリスクのみならず、運転停止時の復旧に伴うリスクについても想定し、迅速かつ安全に対応できるよう、必要な対応（体制、教育・訓練等）について事前に検討。

➢ 廃止措置段階で使用する各燃料取扱設備について、発生する可能性のある事故、トラブル等のリスクを事前に抽出し、必要な対応について検討。

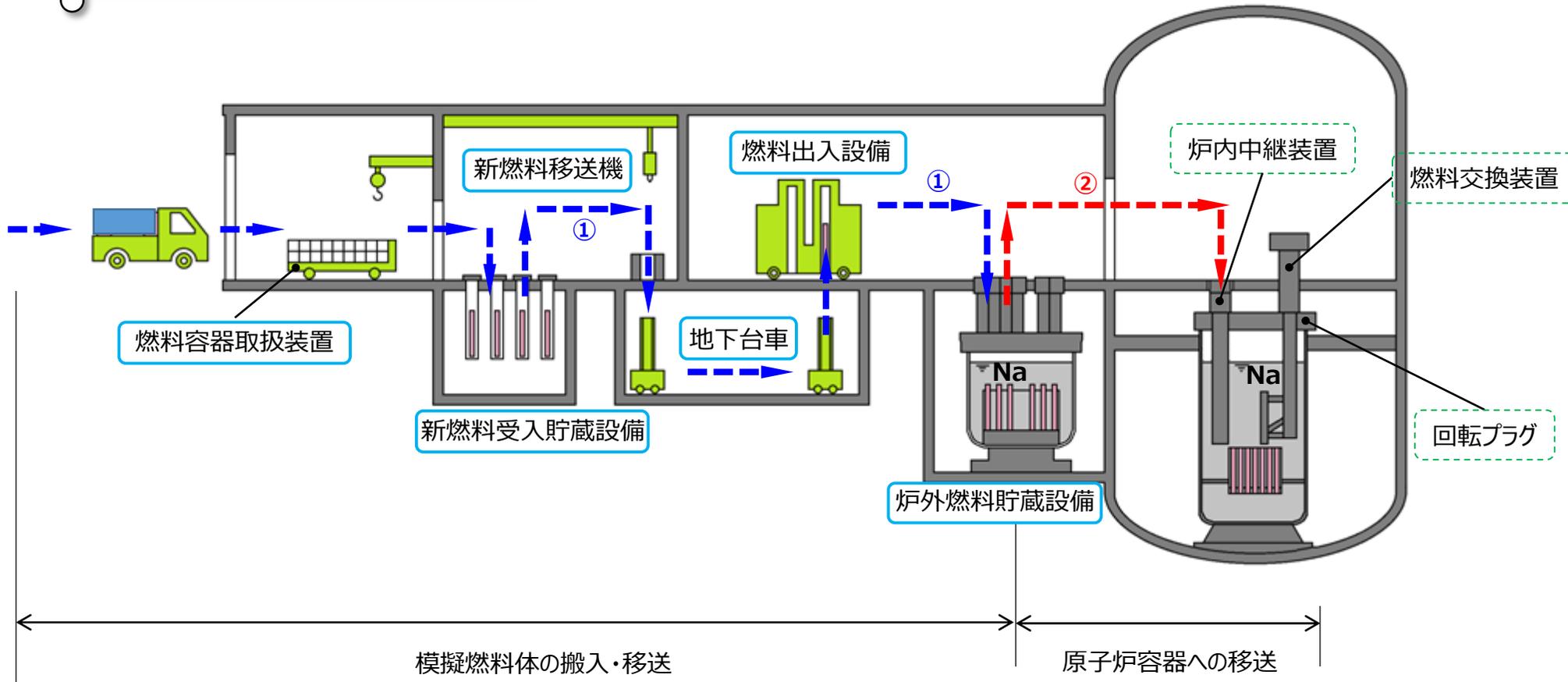
参考資料

凡例

- ➡ : ① 燃料処理・貯蔵作業 (模擬体)
- ➡ : ② 燃料取出し作業 (模擬体)

□ : 燃料処理・貯蔵設備 点検対象

□ : 燃料交換設備 点検対象 (今後実施予定)



凡例

- ➡ (Red): ① 燃料取出し作業
- ➡ (Blue): ② 燃料処理・貯蔵作業

- (Blue): 燃料処理・貯蔵設備 点検対象
- (Dashed Green): 燃料交換設備 点検対象 (今後実施予定)

