

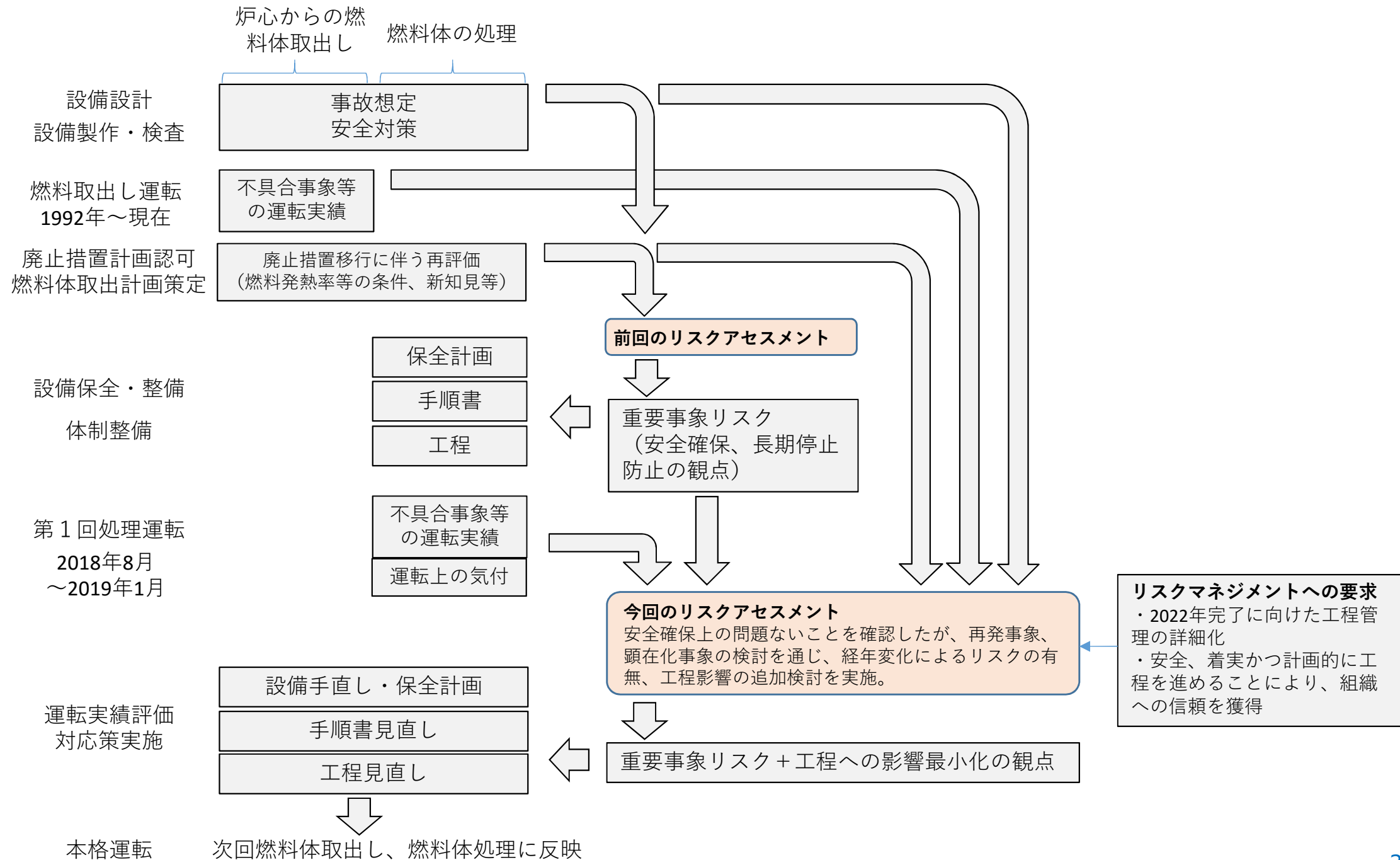
# 「もんじゅ」燃料体取出し作業の準備状況について

2019年 4月22日

日本原子力研究開発機構 (JAEA)

1. 燃料体取出し作業のリスクマネジメント全体像
2. 燃料体取出しに関するリスクマネジメントの基本方針と  
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
3. 第1キャンペーンの燃料体取出し作業実績
4. 燃料体取出しに関するリスクマネジメントの改善方針
5. 第1キャンペーンにおける不具合等への対応
6. 第2キャンペーンに向けた改善策
7. リスク顕在化時の対応等
8. まとめ
9. 燃料体取出し作業工程の検討状況
10. 参考資料

# 1. 燃料体取出し作業のリスクマネジメント全体像



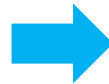
## 2. 燃料体取出しに関するリスクマネジメントの基本方針と 第1キャンペーンにおいて実施したリスクマネジメント

### 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  
⇒ 「燃料体取出し作業工程に影響を与える事象発生の未然防止」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

#### ・ 燃料体の取出し



- ① 燃料体の落下防止等の事象発生時、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 燃料体取出し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。
- ③ 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。
- ④ 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。

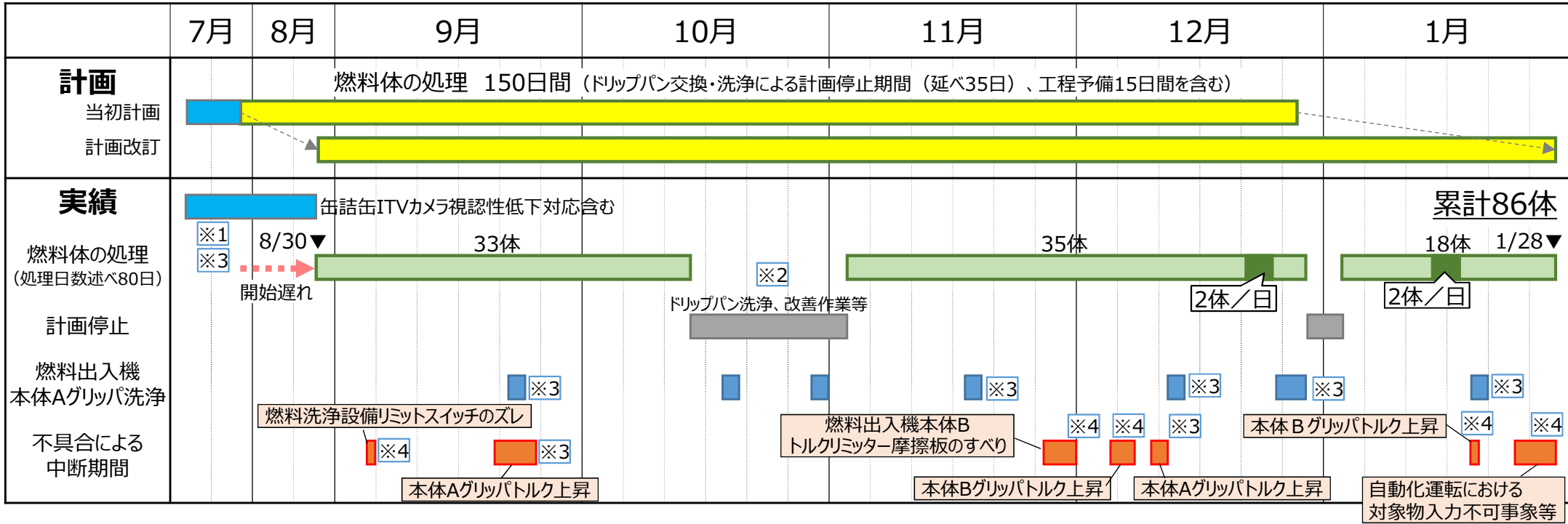
注：参考資料10.1.1参照

#### ・ 2次系ナトリウムの抜取り



化学的に活性なナトリウムが保有するリスクを低減するため、2次系ナトリウムを抜取り固化状態にて保管

2018年度の燃料体取出し(燃料体の処理)については、安全及び作業の長期停止に至る可能性がある事象は発生しなかったが、作業経験不足もあり、燃料出入機本体AグリッパへのNa化合物付着の他、設備の不具合が多数発生し、処理開始時期が一月遅れるとともに、処理期間中においてもこれら不具合等への対応に多くの計画外の期間を割くことになった。このため処理期間を一月間延長したが、第1キャンペーンで計画していた100体の燃料処理に対して86体の処理で作業を終了した。



(燃料体の処理作業工程に影響を及ぼした主な設備不具合等)

- 燃料取出し作業開始前に、運転性能試験時の本体Aグリッパに残留Na化合物が付着、模擬訓練時の缶詰缶ITVカメラの視認性低下等の不具合が発生 ⇒ ※1
- 燃料体の処理作業を計画的に停止し、不具合等に対する改善作業を実施 (燃料出入機・洗浄槽内部環境の測定、缶詰缶ITVカメラの照明調整等) ⇒ ※2
- 燃料出入機本体AグリッパへのNa化合物付着に伴う本体Aグリッパのトルク上昇の発生の都度、処理作業を停止して本体Aグリッパ洗浄作業を実施 ⇒ ※3
- トルクリミッタの摩擦板のすべり、燃料出入機本体Bグリッパのトルク上昇等の不具合発生による処理作業の中断 ⇒ ※4

**第1キャンペーンで経験した不具合を顧みると、重要事象以外の事象及び設備対応以外の対応が不足。**

### リスクマネジメントの改善

1. 燃料体取出し(燃料体取出し及び処理)において作業工程に影響を与えるリスクの特定を強化する。具体的には、過去に発生した不具合事象の再発(再発事象)の防止対策が確実に実施されているか、第1キャンペーンで新たに経験した不具合(顕在化事象)と同種の不具合が発生しないかの視点でリスクの特定を行う。
2. リスク顕在化防止策は、設備面の対応(原因の除去)のみならず、ソフト面の対応範囲を広げるとともにそれらの対策の効果の不確かさを考慮する。このため、リスク顕在化後のソフト面の対応策として要領類の整備だけでなく、リスク評価結果の作業工程への反映、対応策の不確かさへの備えも含めた体制の補強(直体制の確立、直体制を考慮したメーカ支援体制の見直し)も考える。
3. 今年度から開始となる原子炉からの燃料体取出しについては、設備の機能試験及び2009年-10年に実施した燃料交換作業で認知した不具合(合計約250件)や当時の技術報告書に記載された知見等をもとにリスクの特定を行う。
4. 燃料体処理作業については、第1キャンペーンで認知した不具合(86件)についてリスクの観点から整理するとともに、昨年度作業を実施した操作員や施設の保守・不具合対応等を行ったメーカ設計者等との意見交換(自由に意見や気づき事項を述べた場)を行った結果得られた改善意見(29件)についても整理を行い、顕在化まで至っていないリスクも含めて対応の検討を行う。
5. 炉内における燃料体等の落下等の発生頻度の低いが影響の大きな事故事象(参考資料10.1.1及び参考資料10.1.2参照)に対しては、従来通りのリスクマネジメント(リスクの特定と顕在化防止策の確認、リスク顕在化時の対応検討)を実施する。また、想定していなかった不具合事象の発生に対しては、そのような事象への対応のために組織した「設備チーム」の活動を継続し、メーカのバックアップ体制を再構築する。

## 5. 第1キャンペーンにおける不具合等への対応 (1/3) 不具合の分類

### 第1キャンペーンにおいて1日以上の影響を受けた事象

時期	工程進捗に影響した警報等	遅延 日数	対策内容	事象区分 ※1
総合機能 試験 ～ 模擬訓練	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料出入機本体Aグリッパのつかみはなし異常</li> <li>EVSTブローダウン流量異常</li> <li>燃料出入機本体Bのクラッチ破損</li> <li>燃料缶詰装置監視用ITV保護ガラスの結露</li> <li>燃料出入機本体B ドアバルブシール漏えい</li> </ul>	4日 1日 8日 21日 1日	動作確認、グリッパ洗浄 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
燃料体 処理・ 貯蔵作業	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料洗浄設備のリミットスイッチのズレ</li> <li>燃料出入機本体Aグリッパのつかみはなし異常</li> <li>燃料出入機本体Bトルクリミッタ摩擦板の滑り</li> <li>燃料出入機本体Bグリッパのつかみはなし異常</li> <li>自動化運転における対象物入力不可</li> </ul>	1日 18日※2 4日 4日 5日	リミットスイッチ調整 グリッパ洗浄、ガス置換回数増 トルクリミッタ摩擦板交換 (事前に <b>予備品</b> を用意していなかった) トルク監視強化 状態監視プログラムを修正	想定事象 再発事象 顕在化事象 顕在化事象 顕在化事象

- ※1：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）

※2：トルク高対応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

- ⇒
- 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、対策完了していない事象は「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(対策は前回報告済み)
  - 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

### ○第1キャンペーン等において経験した不具合知見から対策すべき不具合事象を特定

#### 燃料体処理(第1キャンペーン)において発生した不具合事象(86件)

- あらかじめ想定した不具合事象に対しては、ほとんど作業工程に影響することなく対応可能であった。また液体廃棄物処理系等の関連設備に予想されるリスクへの対応も実施し、作業進捗に影響を及ぼさなかった。
- 作業工程に1日以上の影響を発生させたハードウェア、ソフトウェアの不具合事象を整理すると、前ページのとおり、
  - ・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
  - ・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であり、これについて作業工程リスクとして特定し、必要な対応策を講じる。

#### 原子炉からの燃料体取出し(過去の作業経験)において発生した不具合(約250件)

- 原子炉からの燃料体の取出しは過去に連続運転の十分な実績があり、作業工程に大きく影響した不具合の発生はなかった。
- ソフトウェア、ハードウェアの不具合の経験(参考資料10.2.3参照)を再確認し、作業進捗に影響を及ぼす不具合事象を抽出、リスクを評価し、必要な対応策を講じる。

### ○第1キャンペーンにおける経験から推定される顕在化していない作業工程リスクを特定

- 第1キャンペーンについて、管理者、責任者、操作チーム員及び設備チーム員、メーカーから管理面、技術面、運用面等を幅広く聞き取り(計2回に分けて)を行い、議論された結果として抽出された意見29件(参考資料10.2.2参照)を作業工程リスクとして特定、必要な対応策を講じる。



### リスクマネジメントの視点の追加

- リスクマネジメントの視点

- **再発事象**を発生させない(過去に発生した不具合事象が解決されているか再確認)

メーカ設計者、もんじゅ担当課、本部を入れた検討会にて、過去の不具合事例（燃料処理、燃料取出し）において発生した不具合についての対策を確認し、対策が十分か否かを再確認する

- **顕在化事象**の水平展開(同種事象が対策中機器以外にも起こりえるかの視点で確認)

- EVSTブローダウン流量異常：機器固有の特性であり水平展開不要

- 燃料出入機本体 B のクラッチ破損：クラッチ・ブレーキのキー構造への水平展開確認済み

- 燃料出入機本体 B トルクリミッタ摩擦板の滑り：摩擦板を有する機器について水平展開要

- 自動化運転における対象物入力不可：ソフトウェアバグであり水平展開不要

⇒ **必要な水平展開項目**

トルクリミッタ、クラッチ、ブレーキ等の摩擦板を有する機器については、これまで駆動機構の一部として動作確認してきたが、連続運転に伴い摩擦板の経年変化等の要因がありえるとの観点から、点検項目の追加や部品の積極的交換、予備品の確保等の対策を検討

- 上記の視点を追加したリスクマネジメントを、燃料体の取出し、燃料体の処理作業について実施中

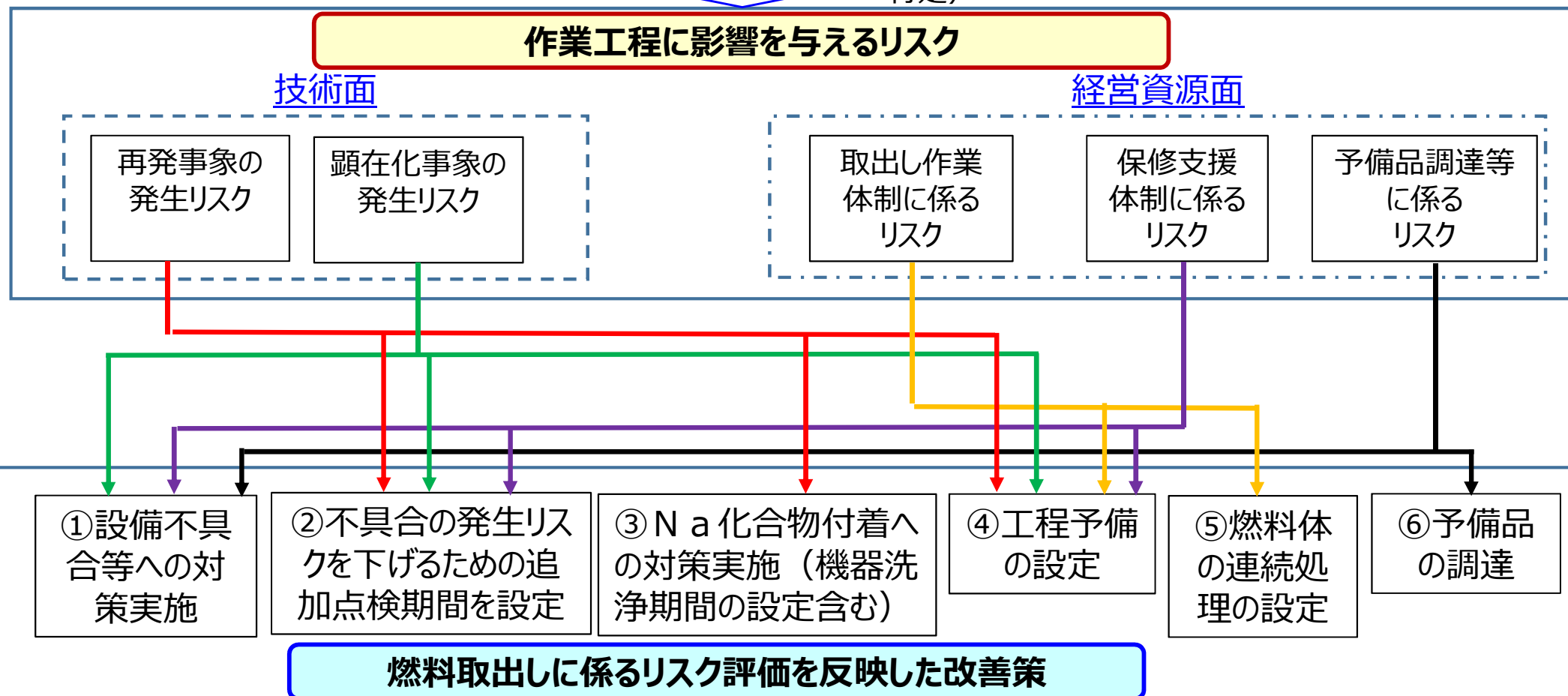
# 6. 第2キャンペーンに向けた改善策 (1/8)

## 改善策の全体像

今年度の燃料体取出し作業におけるリスク評価結果を反映し、作業工程や運用の改善を図る。これにより今年度の作業を安全かつ着実な作業の実施の実現を目指すとともに、あらかじめ作業工程に影響を与えるリスクへの影響緩和策を織り込む。

○経験した不具合事象等による影響リスク  
 (燃料体処理における不具合86件+原子炉からの燃料体取出しにおける不具合等の約250件からリスクを特定)

○経験から推定される顕在化していない不具合事象等による影響リスク(昨年度作業を実施した操作員やメーカ設計者等との意見交換(不具合は生じていないが、自由に意見や気づき事項を述べた)により抽出、整理された29件の意見を元にリスクを特定)



①～⑤は、燃料体取出し作業においてクリティカルとなる作業項目であり、これを燃料体取出し作業工程に反映

#### ①設備不具合等への対策実施

第1キャンペーン及び原子炉からの燃料体取出しにて経験した不具合事象、第1キャンペーンの経験から推定される事象について、取出し作業を開始する前に設備の不具合等への対策を実施し、設備の健全性を確実に担保



具体的な反映事項	対策
<p>[再発事象]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>燃料出入機本体AグリッパへのNa化合物生成防止対策（燃料出入機本体内や燃料洗浄槽のアルゴンガス置換回数を増加等）を実施</li> <li>自動化運転ソフトウェア等の見直し （テープ調整場所の見直し、ガス置換回数の追加）</li> </ul> <p>[顕在化事象]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>燃料出入機本体Bグリッパトルク上昇対策として、可動シールの交換とスクレーパ部の手入れや可動シール等のトルク上昇原因調査を調査し、対策を実施。</li> </ul> <p>⇒<b>取出し作業を開始する直前に対策を実施</b></p>	<p>(参考資料10.2.1参照)</p>

## 6. 第2キャンペーンに向けた改善策 (3/8)

### ②不具合の発生リスクを下げるための追加点検期間

#### ②不具合の発生リスクを下げるための追加点検期間を工程に反映

2018年度に発生した設備不具合のうち、特に、処理作業へ影響を及ぼしたものは、燃料出入機本体Aグリッパ及び本体Bグリッパの不具合であり、これらの不具合への対策については前項のとおり実施するが、万一对策が十分ではない場合の対策として工程に反映



対象設備	具体的な反映事項	対策
本体Aグリッパ	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料体の処理作業前の「炉心からの燃料体の取出し作業」において多量のNaが付着する本体Aグリッパテープ及びスクレーパ部のNa除去等を行う</li> </ul> <p>⇒<b>取出し作業を開始する直前に本体Aの点検を実施</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>点検期間を約40日※1確保</li> <li>本体Aの点検と合わせて、燃料処理設備の不具合対策の効果確認を点検期間中に実施</li> </ul> <p>⇒ <b>[対策1]</b></p>
本体Bグリッパ	<ul style="list-style-type: none"> <li>可動シール部（又はスクレーパ部）の摺動抵抗が増大したことを受け、燃料体の処理開始後（約80～90体処理後）に可動シール等の交換等を実施（ただし、3月から実施中の本体Bグリッパ分解点検による原因調査結果も踏まえ、詳細な点検内容を決定）</li> </ul> <p>⇒<b>取出し作業を中間的に休止して本体Bの点検を実施</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>点検期間を約30日※2確保</li> <li>本体Bの点検と合わせて、処理期間中に発生した事象に対する設備の手入れ等を必要に応じて実施</li> </ul> <p>⇒ <b>[対策2]</b></p>

※1 燃料出入機本体Aグリッパ、グリッパ駆動装置、ドアバルブの分解点検、機能試験等を実施するための作業日数として確保

※2 燃料出入機本体Bグリッパ、グリッパ駆動装置の分解点検、可動シールの交換、機能試験等を実施するための作業日数として設定

#### ③ Na化合物付着への対策実施（機器洗浄期間の設定含む）

燃料出入機本体AグリッパへのNa化合物付着に伴う本体Aグリッパのトルク上昇の発生の都度、処理作業を停止し、本体Aグリッパを洗浄して付着したNa化合物を除去する必要がある。

今後も処理期間中にグリッパ洗浄を定期的実施することを見込むが、洗浄期間を極力短縮することを計画に反映



具体的な反映事項	対策
・燃料出入機本体AグリッパへのNa化合物生成防止対策を実施し、グリッパの洗浄頻度を下げる ⇒ <b>取出し期間中の本体Aグリッパ洗浄回数を削減</b>	・グリッパ洗浄頻度としては、2018年度の実績（最大28体）、Na化合物生成防止対策による効果、ドリップパンの交換頻度（18体毎）を踏まえ、36体以上の燃料体処理毎の洗浄を目標として設定 ⇒ <b>[対策3]</b>
・グリッパ洗浄（及びドリップパン洗浄）の期間を短縮し、燃料体の処理日数を確保する ⇒ <b>グリッパとドリップパンとの同時洗浄 ドリップパンを追加準備</b>	・グリッパとドリップパンとの同時洗浄 ⇒ <b>[対策4]</b>

#### ④ 工程予備の設定



2018年度の実績を踏まえ、顕在化した不具合に対しては対策を講じるとともに、燃料体処理時のリスクアセスメントの追加実施、予備品の確保等により、設備の不具合発生による処理作業の中断期間を極力減らす対策を実施するが、計画どおりの燃料体取出し作業を実施するために、今後の処理作業においても、予期せぬ不具合対応や必要に応じた設備のメンテナンス等を行うための予備期間は必要と判断して工程に反映

また、定期設備点検については、安全を確保しつつ点検期間を短縮する対策について引き続き検討し、燃料体取出し作業期間を極力確保することに努める



具体的な反映事項	対策
<ul style="list-style-type: none"> <li>・予期せぬ不具合発生時の対応、必要に応じた設備のメンテナンス等を行うための期間を確保</li> </ul> <p>⇒<b>工程予備を設定</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料体の処理について、2018年度の不具合対応等による中断期間と同等の30日程度の予備期間を設定</li> <li>・予備期間を使って計画体数以上の燃料体の処理を行うことも目指す</li> <li>・燃料体の取出しについて、以前の実績から当初計画では工程上の遅れを想定していなかったが、余裕を持った作業を実施するために10日程度の工程予備を設定</li> </ul> <p style="text-align: right;">⇒ <b>[対策5]</b></p>

## 燃料体取出し体制の強化

- 作業体制の基本的考え方 (第1キャンペーン作業着手前)
  - 操作チーム (5班×5名)、設備チーム (4班×3名)、実施責任者 (4名) の要員を確保し、燃料処理・貯蔵作業の速度を1体/日 (実績値)、燃料取出し作業の速度を5体/日 (実績値) とする
  - 日勤体制で作業担当者の習熟、設備の初期不具合への対応を行った上で、2シフト/日運転に段階的に移行し、設計能力 (炉心からの取出し10体/日、燃料処理2体/日) での連続運転を目指す
- 第1キャンペーンの実績(燃料体処理)
  - 実施責任者、操作チーム、設備チームの要員を配置(但し、一部要員については、兼務)
  - 事前に作成した計画に基づき、教育、訓練を実施し、操作責任者、操作チーム員の技量を認定
  - 操作チームを3班体制に要員を組み替え、実作業を通じた操作員の習熟を加速
  - 3日連続の2シフト/日運転を2回実施し、連続運転の実施可否の評価  
(実績)各シフトでの標準的な作業時間割、労務管理上問題なく実施できることを確認
- 今後の進め方
  - 専任者を増強し、継続的に2シフト/日運転ができる体制を構築
  - 操作員のシフト体制に合わせメーカーのバックアップ体制を再構築
  - 2シフト/日運転時の設備不具合発生時の対応の体制、手順を明確化
  - 作業内容変更 (缶詰なし) に基づき標準的な時間割を再設定
  - 原子炉からの燃料体取出し作業についても同様に習熟を確認した上で、連続運転への段階的移行を目指す
  - 燃料体取出し(原子炉容器→炉外燃料貯蔵槽)の実施に向けて、担当設備メーカーによるバックアップ体制を追加構築

#### ⑤燃料体の連続処理の設定

2018年度の燃料体の処理においては、3班の作業体制で、1日当たり1体処理を基本に86体の処理を実施  
また、多くの不具合等への対応も経験したことで、操作員の習熟度は向上

2018年12月及び2019年1月には交替勤務による連続処理を試行し、勤務運営上、設備上とも連続処理に伴う課題は無く、連続処理は可能と評価

一方、原子炉からの燃料体取出しについては、2010年以降から作業がなく、作業経験者が少ないことから、不具合発生時の対応等、各班ごとに燃料体取出し前に対応訓練を追加して実施することを設定



具体的な反映事項	対策
<p><b>燃料体処理</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・専任者を増強し、1日当たりの処理体数を増やすための操作体制を確立し、燃料体の連続処理を実施</li> </ul> <p>⇒ <b>5班交代勤務（2シフト／日運転）による燃料体連続処理を実施</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・連続処理に対応したメーカーのバックアップ体制の再構築</li> <li>・2シフト／日運転の設備不具合発生時の対応体制、手順の明確化</li> </ul> <p><b>燃料体取出し（燃料交換）</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・習熟度を確認した上で、連続運転へ段階的以降を目指す</li> <li>・メーカーのバックアップ体制の追加構築</li> <li>・不具合発生時の対応訓練等、各班ごとに燃料体取出し前に対応訓練を実施</li> </ul> <p>⇒ <b>不具合発生時の対応訓練期間として追加実施</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料体の処理作業は、交替勤務による燃料体連続処理</li> <li>・燃料体の取出し作業についても、交替勤務による連続運転への段階的移行</li> </ul> <p style="text-align: right;">⇒ <b>【対策6】</b></p>



### ⑥ 予備品の確保

#### ⑥ 予備品の確保

- 第1キャンペーンの実績
  - 予備品は従来、①燃料体取出しを実施するための重要機器、②これまでに故障及び交換実績があるもの、③長納期品（含む廃型品）について優先度を考慮して確保。
- 第2キャンペーンへ向けた対応
  - 上記に加えて、第1キャンペーンの実績及び炉上部機器の点検等の実績から、これまで故障及び交換実績がなく復旧に時間を要した機器(ex. 「摩擦板」を有する機器：トルクリミッタ、ブレーキ、クラッチ等)や、補機系の長納期品についても、予備品を確保する方針とし、順次手配。その際、必要に応じて保全計画についても適切に反映。
  - 電装品等の同型品が多数ある機器については、複数機器の共通予備品として優先的に確保。
  - 第1キャンペーンで故障原因となった部品及び同種部品は、点検時に基本的に交換。

### 1. リスク顕在化時の対応

#### ① 初動対応

- リスク顕在化には、現場では課長を中心に発生したリスク拡大を防ぐ初動対応を実施。保安上のリスク顕在化には、もんじゅの保安体制に基づき対応
- 外部への説明については、透明性を確保し、分かりやすく説明を実施するため実証本部を中心とした情報共有及び外部対応体制を整備
- 設備不具合への対応は、もんじゅに実証本部、メーカーの専門家を含む検討体制にて実施

#### ② 燃料体取出し計画の見直し

- 実証部門大の検討体制(外部ステークホルダとの関係、設備対応)で基本方針を決め、もんじゅで具体的作業計画を作成し、経営に諮った上で実証本部が決定

### 2. リスクの顕在化低減へ向けた長期的取り組み

#### ① もんじゅの現場力向上に向けた取り組み

- 燃料体取出しのプロジェクト管理とは別に、30年にわたる廃止措置を安全かつ着実に進めるため、もんじゅの組織力の向上、個々の力量のレベルアップを図る取り組みを継続実施中(MVSTコミュニケーション、等)

## 8. まとめ

- 「もんじゅ」の廃止措置は、法令等を遵守し、**安全確保を最優先**に進めていくことが基本である。その上で、第1段階においては、燃料体の取出しに集中し廃止措置作業を進めているが、この段階におけるリスクマネジメントとしては、「**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**」であり、このため、リスクが顕在化した場合でも、安全や作業工程に与える影響を最小限とするための取組み等が必要と考える。
- 上記方針を踏まえ、昨年度実施した炉外燃料貯蔵槽からの燃料体取出し作業においては、事故につながる事象や燃料取出し作業の長期停止に至る事象、いわゆる重要事象とそれ以外事象に分けリスクマネジメントを実施してきた。
- その結果、昨年度の燃料体取出し作業においては、事故及び作業の長期停止に至る可能性がある事象を発生させることなく、また、発生した不具合事象のうち予め想定していた事象に対し、事前に準備していた手順に従った円滑な対処が可能であった。
- しかしながら、運転実績が少ない燃料処理設備において発生した不具合事象のうち想定していなかった不具合事象の中には対応に数日間を要したものもあり、当初目標としていた100体の処理に対して86体の処理となった。
- 昨年度の経験を踏まえると、リスクが顕在化した場合でも、安全だけでなく作業工程に与える影響を最小限とするための取組みをより確実なものとするのが重要との認識である。
- 今年度の**燃料取出しでは、重要事象への対応のみならず、重要事象以外の不具合への対応を考慮して工程管理を行うこととし、必要なリスク評価とリスク低減策の検討を進めている。**
- また、これらの対策等を反映した工程の検討を行っている。

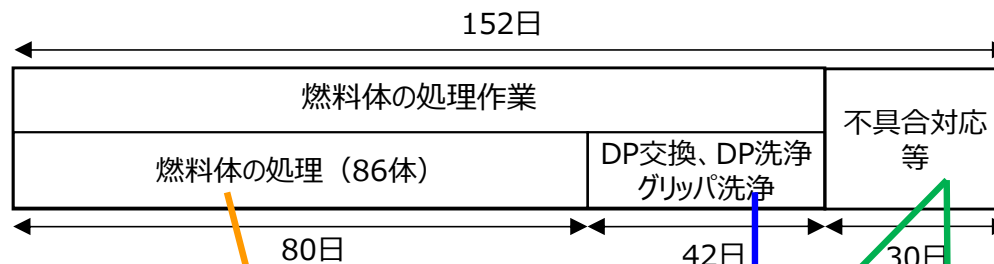
# 9. 燃料体取出し作業工程の検討状況 (1/2)

## 燃料体の処理工程

「対策1～対策6」を反映し、今後の燃料体の処理作業日数を設定

### 【実績】

2018年度の燃料体の処理作業日数 (86体)



対策6

➢ 燃料体の処理作業については、交替勤務による燃料体連続処理を実施することで作業日数減少(半減)

対策3

➢ 燃料出入機本体AグリッパへのNa化合物付着対策を実施し、グリッパ洗浄回数を削減

対策4

➢ ナトリウム堆積量評価を踏まえたドリップパンの追加準備と、グリッパとドリップパンとの同時洗浄により、洗浄期間を短縮

対策2

➢ 燃料体の処理期間中に、本体B可動シール部のトルク上昇防止対策としての設備の手入れ等を実施する点検期間を30日確保

### 【見直し工程案】

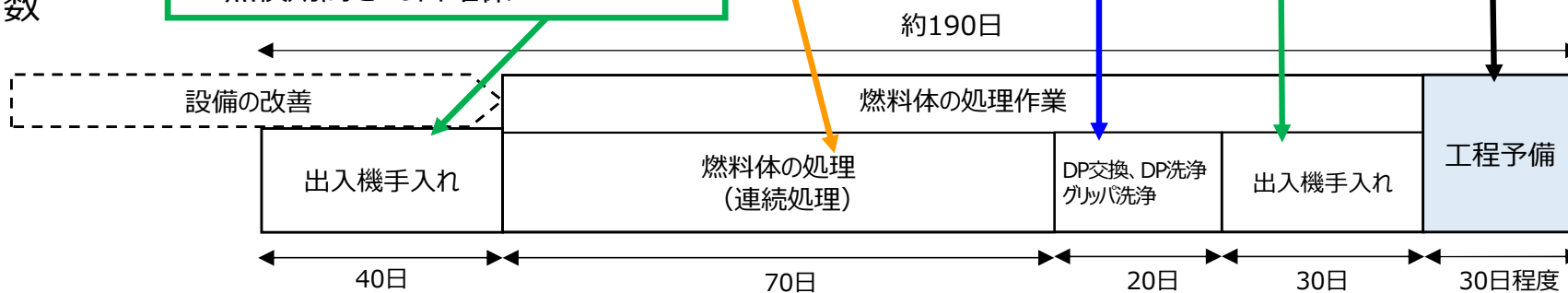
2019年度開始の燃料体の処理作業日数 (140体)

対策1

➢ 定期設備点検に加え、燃料体の処理開始前に、本体Aのナトリウム除去等燃料処理設備の手入れ等を実施する点検期間を40日確保

対策5

➢ 予期せぬ不具合発生時の対応等を行うための工程予備を30日程度設定

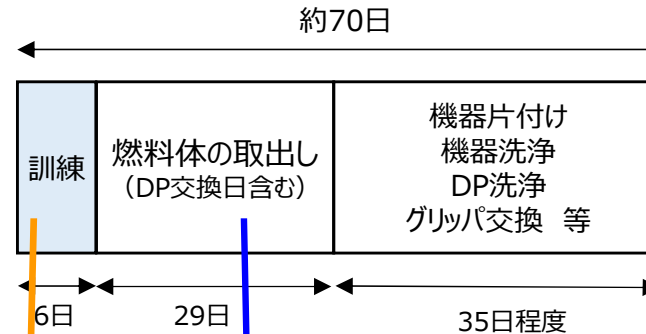


## 9. 燃料体取出し作業工程の検討状況 (2/2)

炉心からの燃料体の取出し工程 「対策5、対策6」を反映し、今後の燃料体の取出し作業日数を設定

### 【当初計画】

2019年度の燃料体の取出し作業日数  
(110体)



対策6

➤ 不具合発生時の対応訓練を、各班ごとに実施することとし、訓練期間を10日 (5班×2日) に延長

対策6

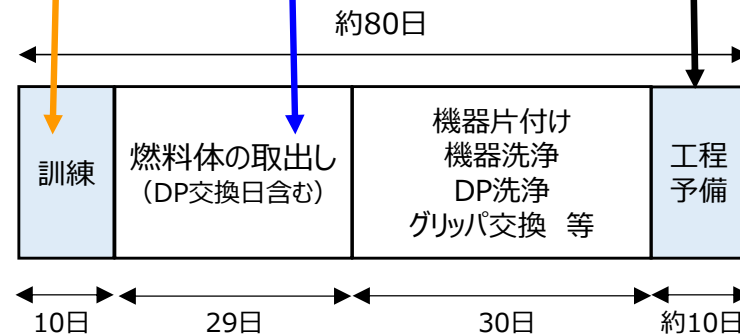
➤ 当初は5体/日を基本に取出しを実施  
その後、操作員の熟練度等に応じ最大  
10体/日程度の取出しを目指す

対策5

➤ 予期せぬ不具合発生時の  
対応等を行うための工程予  
備を10日程度設定

### 【見直し工程案】

2019年度の燃料体の取出し作業日数  
(110体)



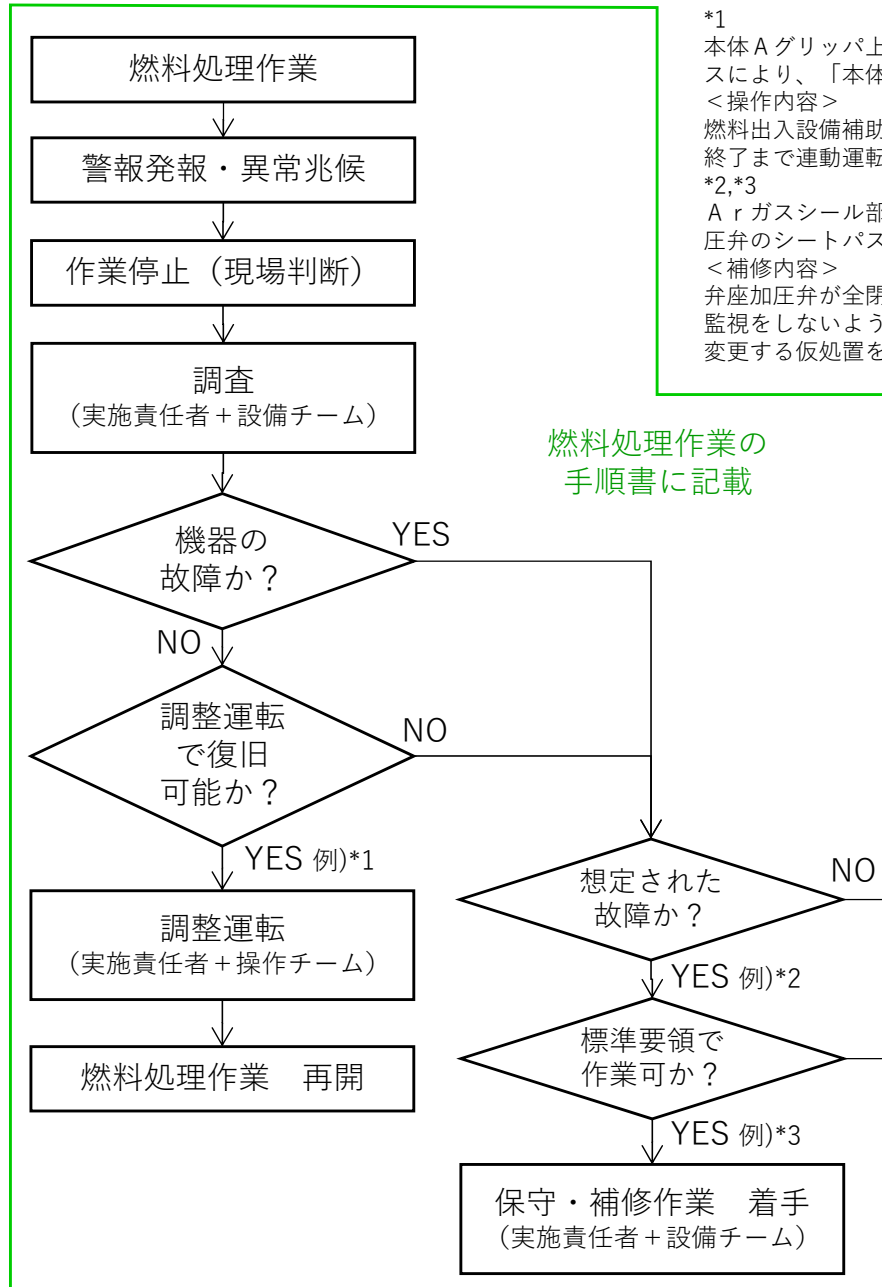
## 10. 参考資料

- 10.1 燃料体取出し作業(燃料体の処理)におけるリスクマネジメント
- 10.2 燃料体取出しに関するリスクマネジメント補足（技術面）
- 10.3 廃止措置の実施状況

**【Step 3】** 起回事象  
**【Step 4】** 阻害事象の顕在化シナリオ

起回事象及び阻害事象顕在化シナリオ	結果
燃料昇降又は移送（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	燃料落下
燃料昇降又は移送（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	
燃料昇降又は移送（走行台車走行）中にグリッパ爪が吻合しているハンドリングヘッド部（3か所）が同時にすべて破損する	
意図せず、グリッパが燃料を吊り上げてしまい、ナトリウムによりグリッパと燃料が固着し、その後のナトリウム溶融または振動により落下する	
燃料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を破損する	燃料破損（ギロチン破断）
燃料昇降中に誤操作により走行台車を走行させてしまい燃料を破損する	
直接冷却系系統流路閉塞、流路からの漏えい及び直接冷却系ブロワの異常により本体入口流量低が発生	直接冷却系異常警報発報
グリッパ昇降範囲内でグリッパ又は取扱対象物がスティック	グリッパ昇降異常警報発報
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	
燃料取出設備補助盤から操作する機器のモータ短絡等の異常及びモータ過負荷異常判定	故障警報発報

主要リスク「燃料取扱設備の故障、想定外の異常兆候」に係るリスクマネジメントを例示

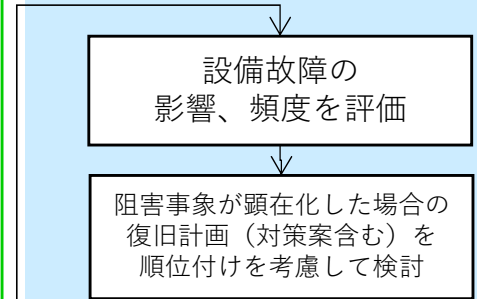


燃料処理作業の  
手順書に記載

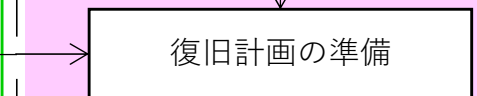
\*1  
本体Aグリッパ上昇中、グリッパ駆動テープにかかる荷重のアンバランスにより、「本体Aグリッパ昇降トルク高(1/4体分)」が発生  
<操作内容>  
燃料出入設備補助盤の操作により、「テープ調整」実施後、SBP2014の終了まで連動運転を行い、自動運転への復帰操作を行う。

\*2,\*3  
Arガスシール部加圧系シール漏れ発生し、EVST床ドアバルブ弁座加圧弁のシートパスが原因と判断  
<補修内容>  
弁座加圧弁が全閉となっている間（EVST床ドアバルブ全開時）は流量監視をしないよう、タイマー（FW283T01）の設定値を2秒から10分に変更する仮処置を実施し、弁座加圧弁の分解点検を実施する。

**【Step 5】** リスク分析



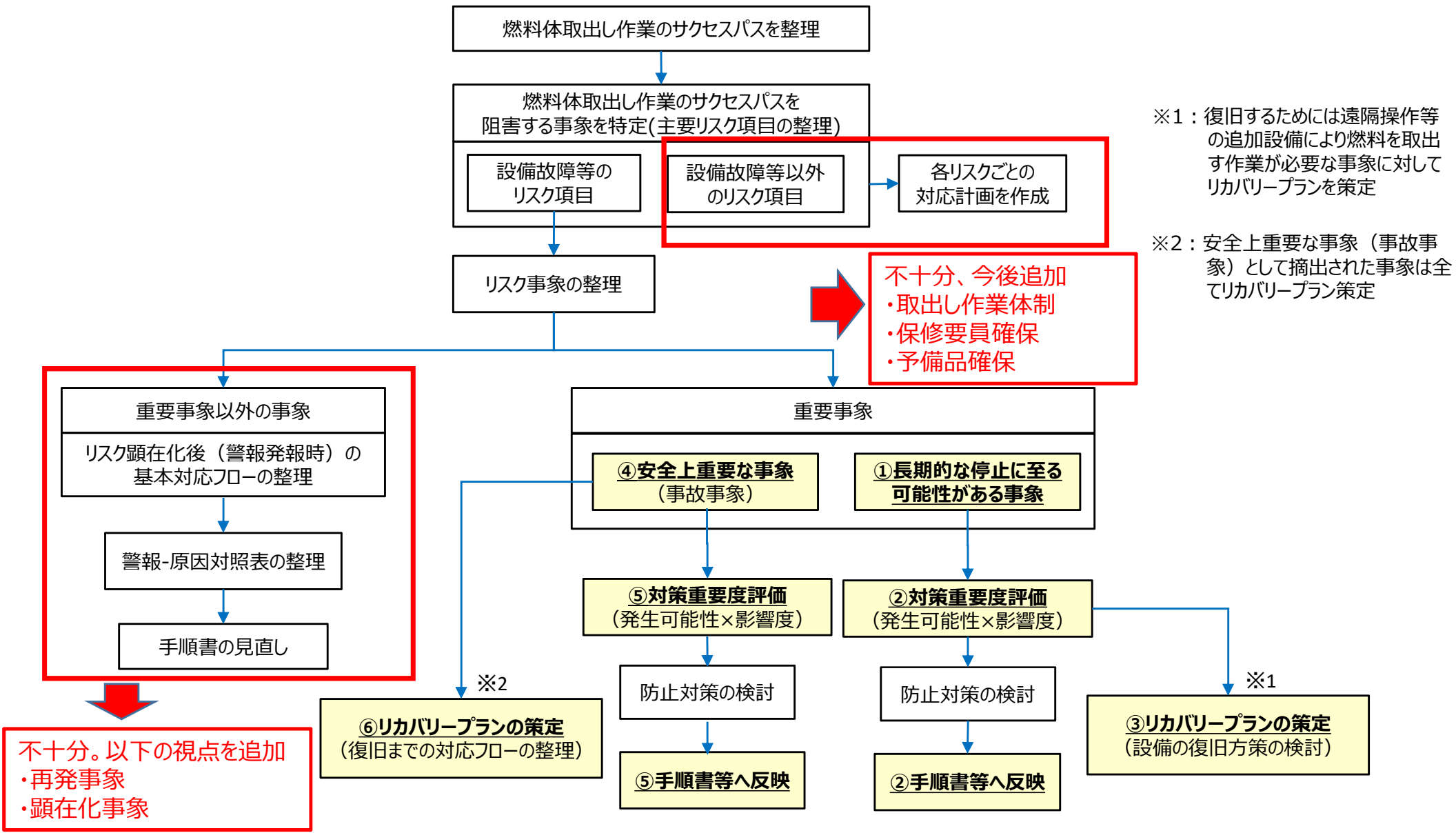
**【Step 6】** リスク対策



- 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
  - 燃料移送機グリッパ昇降モータ
  - 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

2018.07.13第6回資料に追記

○ 以下のフローは「高速増殖原型炉もんじゅ廃止措置に係るリスクマネジメントについて」に基づき、廃止措置実証本部と「もんじゅ」現場関係者による検討体制を整え、検討・作成したものである。



※1：復旧するためには遠隔操作等の追加設備により燃料を取出す作業が必要な事象に対してリカバリープランを策定

※2：安全上重要な事象（事故事象）として摘出された事象は全てリカバリープラン策定



# 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。

## 【設計における要求機能】

### 1) 燃料取扱設備の設計の考え方

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 (一覽)

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"> <li>• 着地時の速度制限</li> <li>• 衝突等防止</li> <li>• 落下防止</li> </ul>	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"> <li>• 着地時の速度制限</li> <li>• 衝突等防止</li> <li>• 落下防止</li> </ul>	衝突等防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 着地時の速度制限</li> <li>• 衝突等防止</li> <li>• 落下防止</li> </ul>	衝突等防止	

## 2) 燃料出入機の要求機能への対応

2018.01.25第3回資料再掲

### 【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（冷却ブロウ等）を維持  
⇒冷却ブロウ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

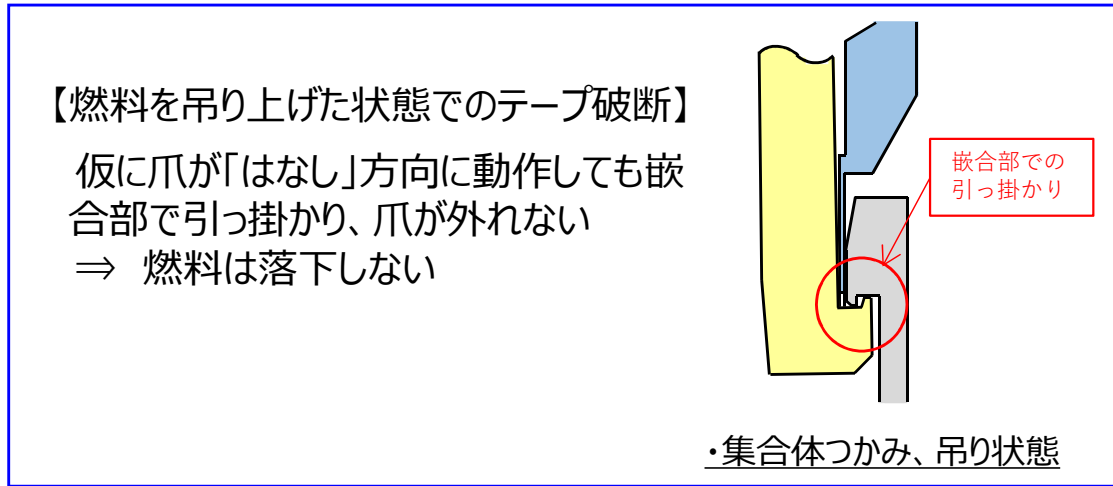
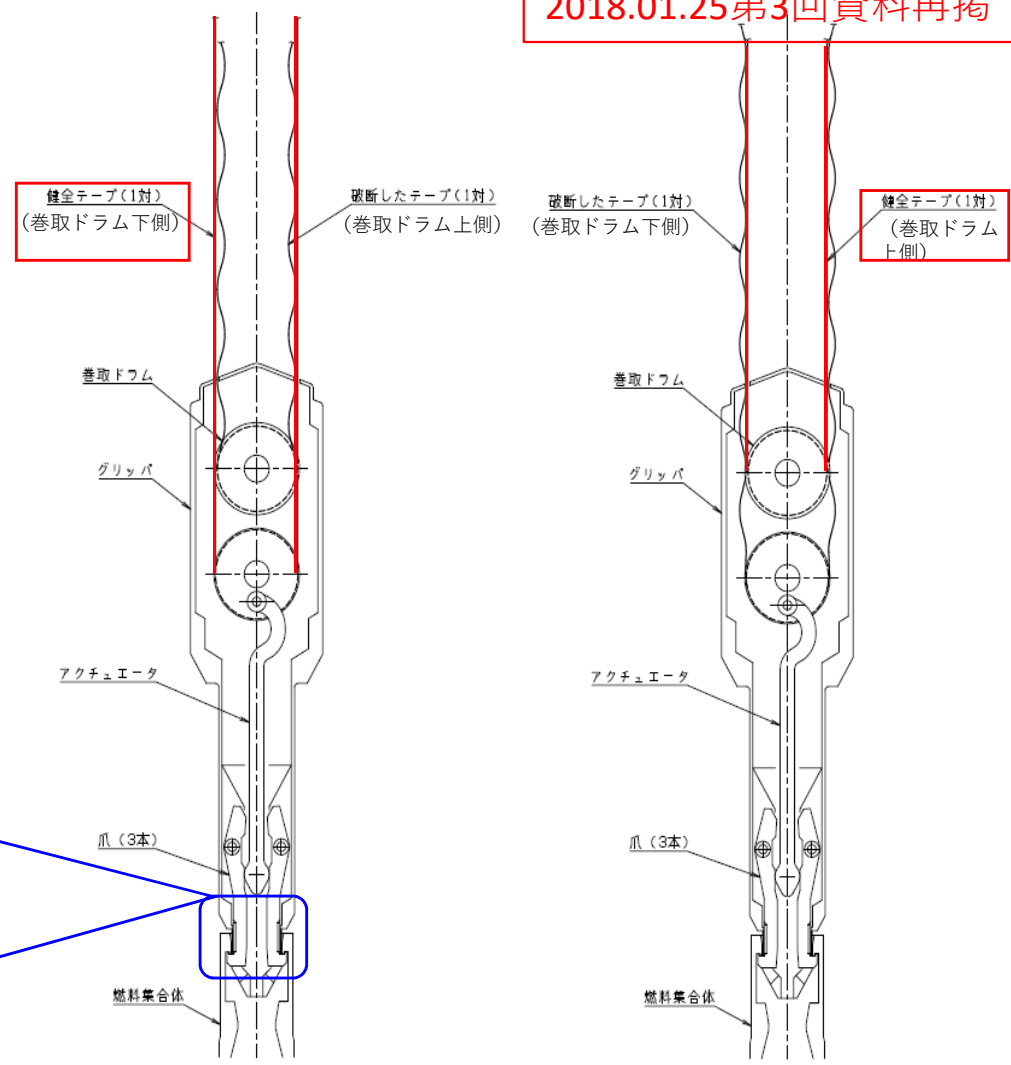
# 10.1.2 燃料体取出し作業(燃料体の処理)におけるリスクマネジメント 燃料出入機における燃料体落下に係るリスク評価の実施例

## (1) 構造上の燃料落下防止機能 (1/2) 3) 設計上の燃料落下防止の考え方 (1/5)

### ① テープの破断に対する落下防止

2018.01.25第3回資料再掲

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"> <li>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</li> <li>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</li> </ul>	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"> <li>外観点検</li> <li>非破壊検 (PT)</li> </ul>

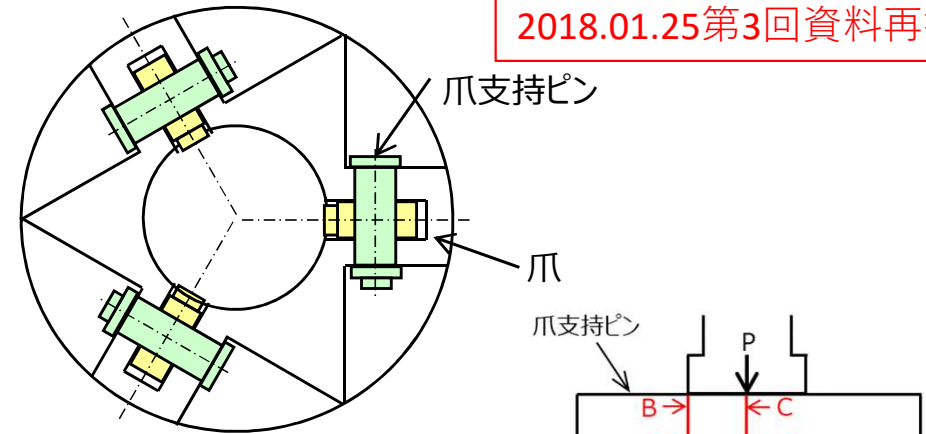


2018.01.25第3回資料再掲

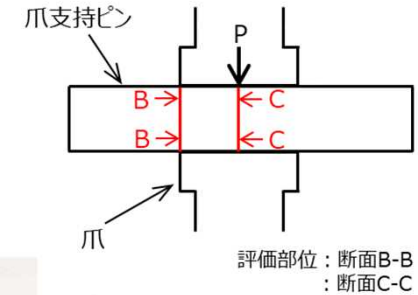
## 3) 設計上の燃料落下防止の考え方 (2/5)

- (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"> <li>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</li> <li>● 評価部位：断面A-A (右下図参照)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>・外観点検</li> <li>・寸法検査</li> <li>・非破壊検査</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>● 評価部位：断面B-B 断面C-C (右上図参照)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>・外観点検</li> <li>・非破壊検査</li> </ul>

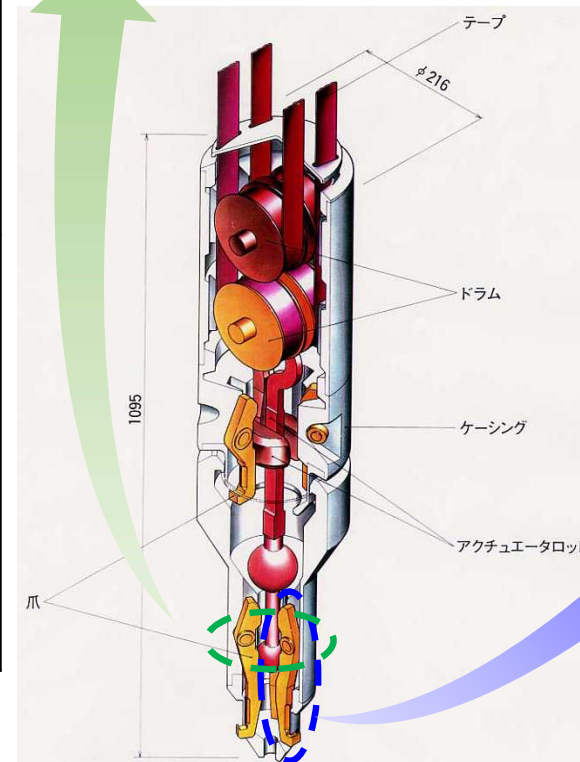


【グリッパ断面図 (爪部)】

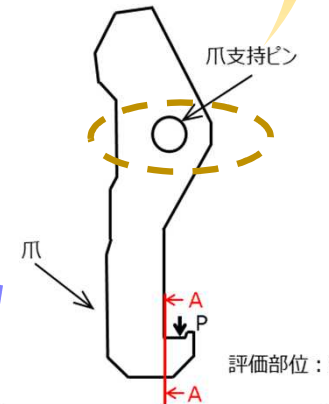


評価部位：断面B-B  
断面C-C

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

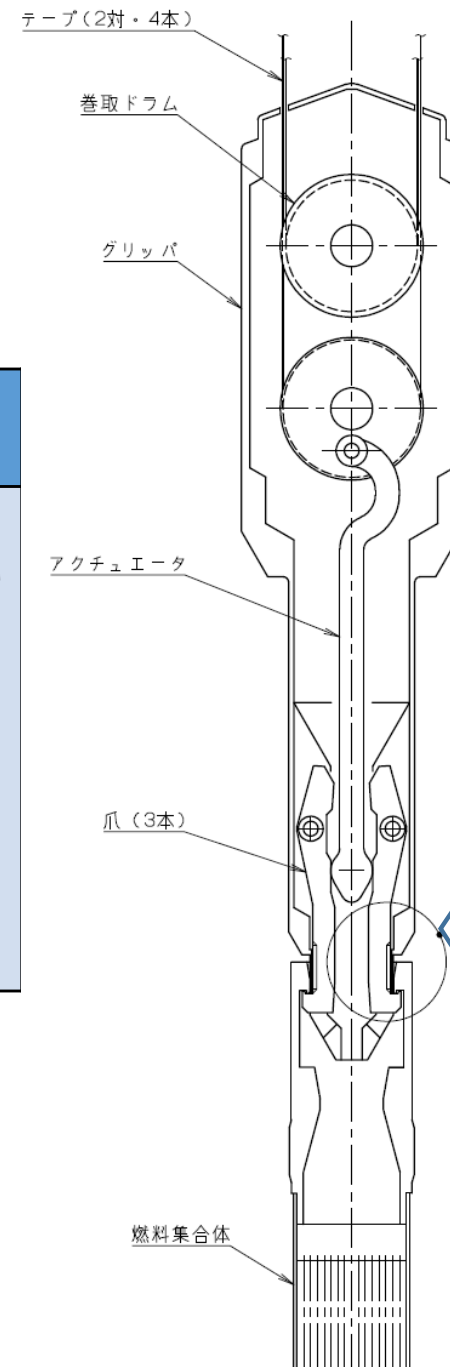
爪の強度評価

## 3) 設計上の燃料落下防止の考え方 (3/5)

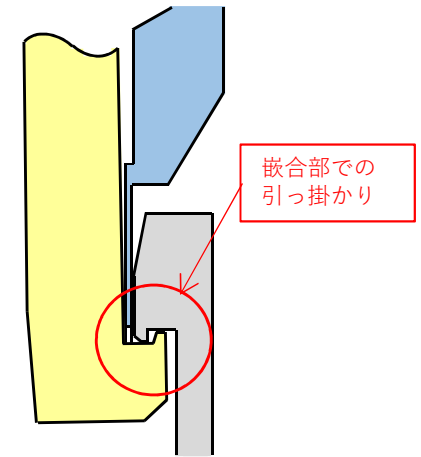
### (2) 誤操作防止機能

- ・ 誤操作に対する落下防止

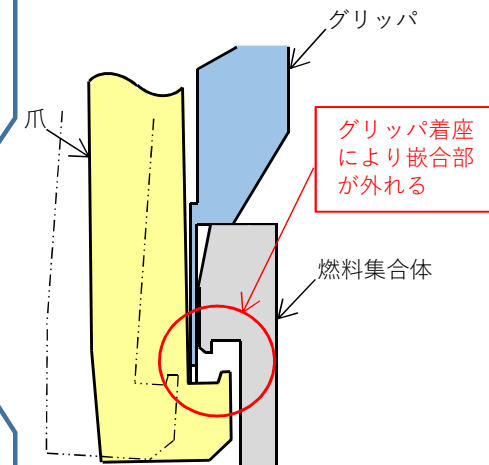
設計上の想定事象	設計上の燃料落下防止対応	点検時の燃料落下機能確認
誤操作による燃料落下	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料集合体をつかみ、吊り上げた状態では、グリッパ爪と燃料集合体の嵌合部のそれぞれの先端に設けた引っ掛かり部により、機械的に爪を閉じる（はなす）ことができない設計</li> </ul>	分解点検時に、爪（引っ掛かり部）について健全性が確保されていることを確認 <ul style="list-style-type: none"> <li>・外観点検</li> <li>・寸法検査</li> <li>・非破壊検査</li> </ul>



2018.01.25第3回資料再掲



・集合体つかみ、吊り状態



(はなし ↔ つかみ)

・グリッパ着座状態

2018.01.25第3回資料再掲

## 3) 設計上の燃料落下防止の考え方 (4/5)

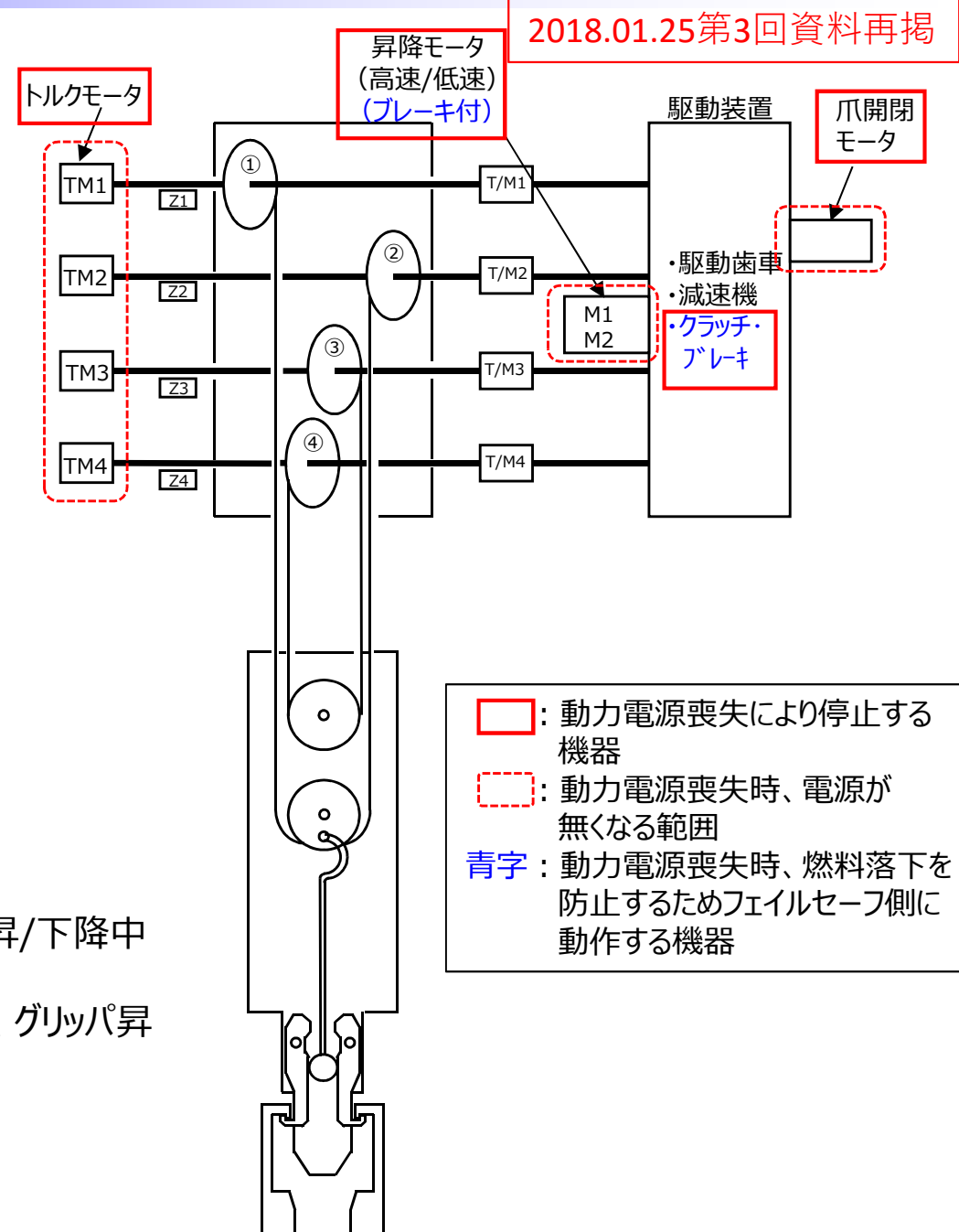
### (3) 動力源喪失時の保持機能

- ・ 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	・ 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】 3) 設計上の燃料落下防止の考え方 (5/5)

- (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

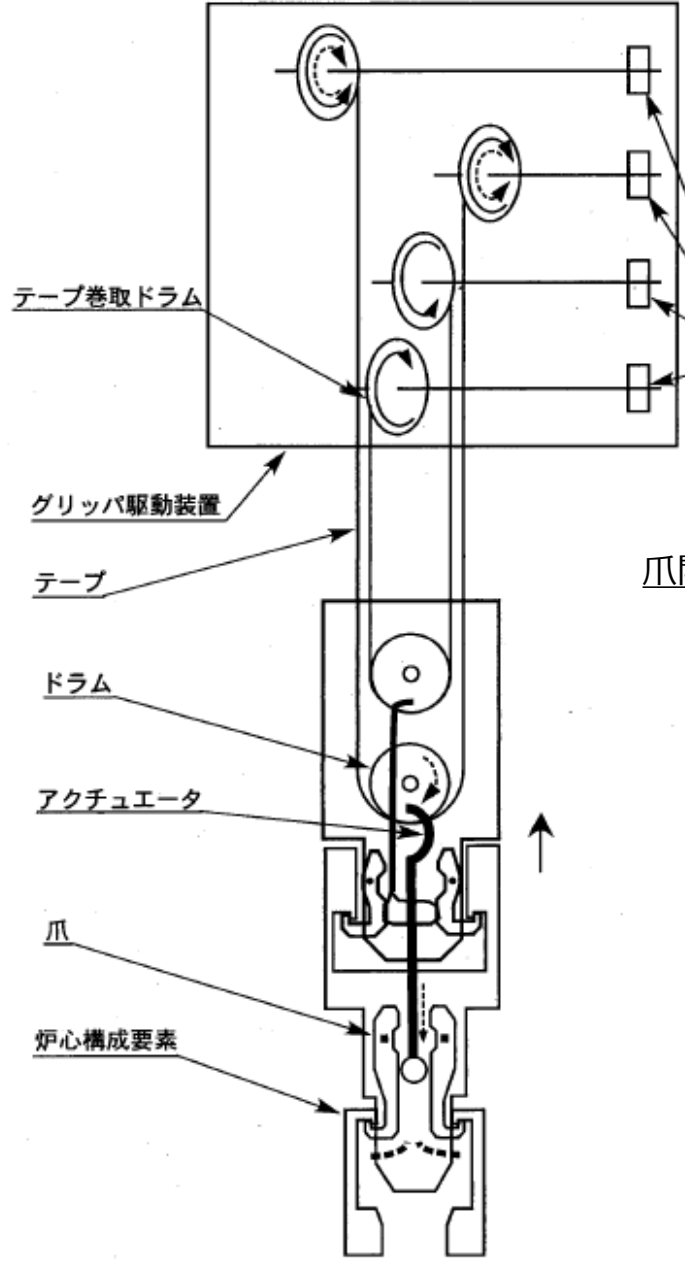
#### 【廃止措置期間中における燃料落下防止機能維持の確認】

- ・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



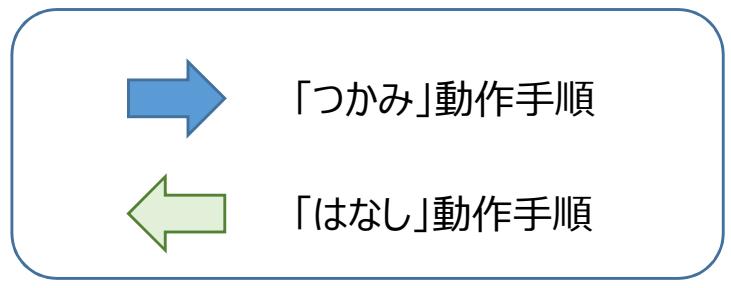
●燃料出入機本体グリップの駆動原理の概要

## 4) 運転上の燃料落下防止の考え方 (1/8)

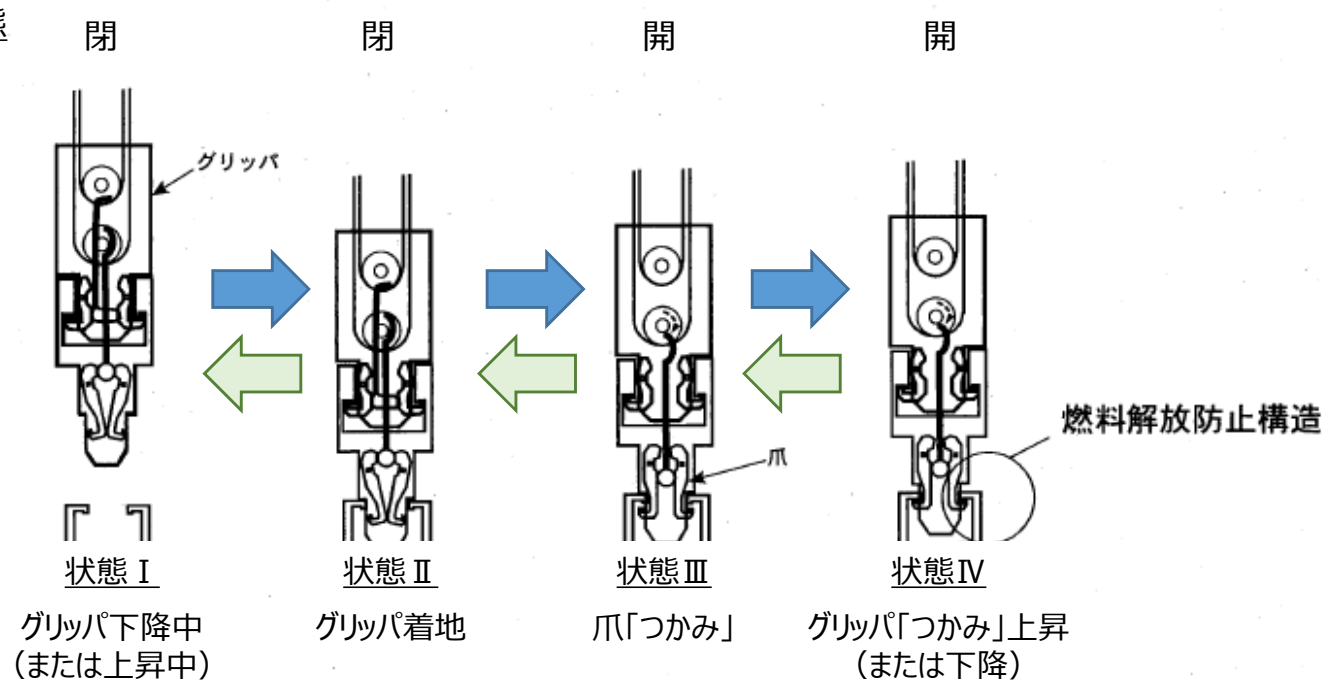


	動作
○	グリップ上昇
⊙	炉心構成要素つかみ

グリップ昇降位置及び爪動作状態確認用検出器



爪開閉状態



燃料把持動作状態説明図

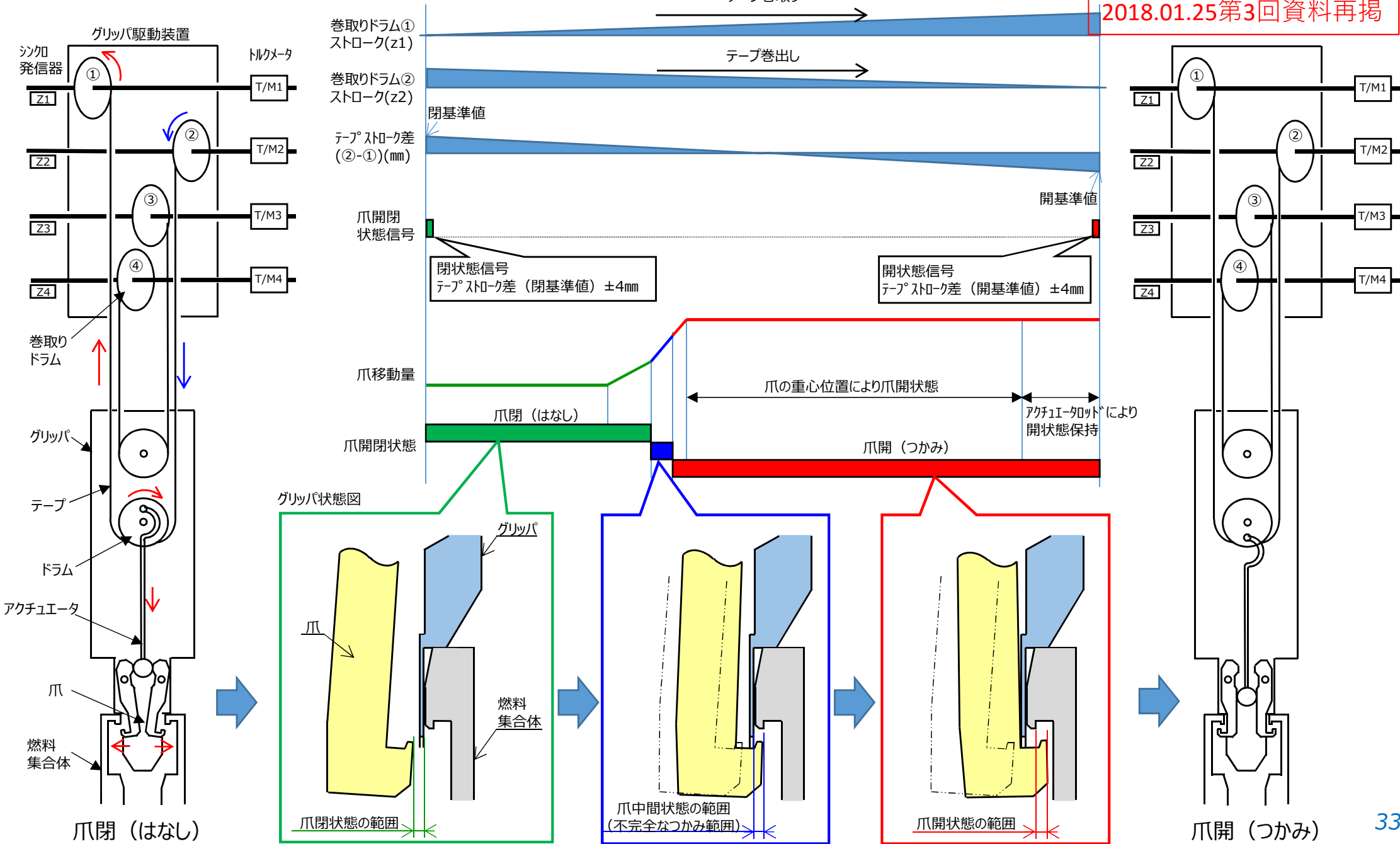
# 10.1.2 燃料体取出し作業(燃料体の処理)におけるリスクマネジメント

## 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

### 4) 運転上の燃料落下防止の考え方 (2/8)

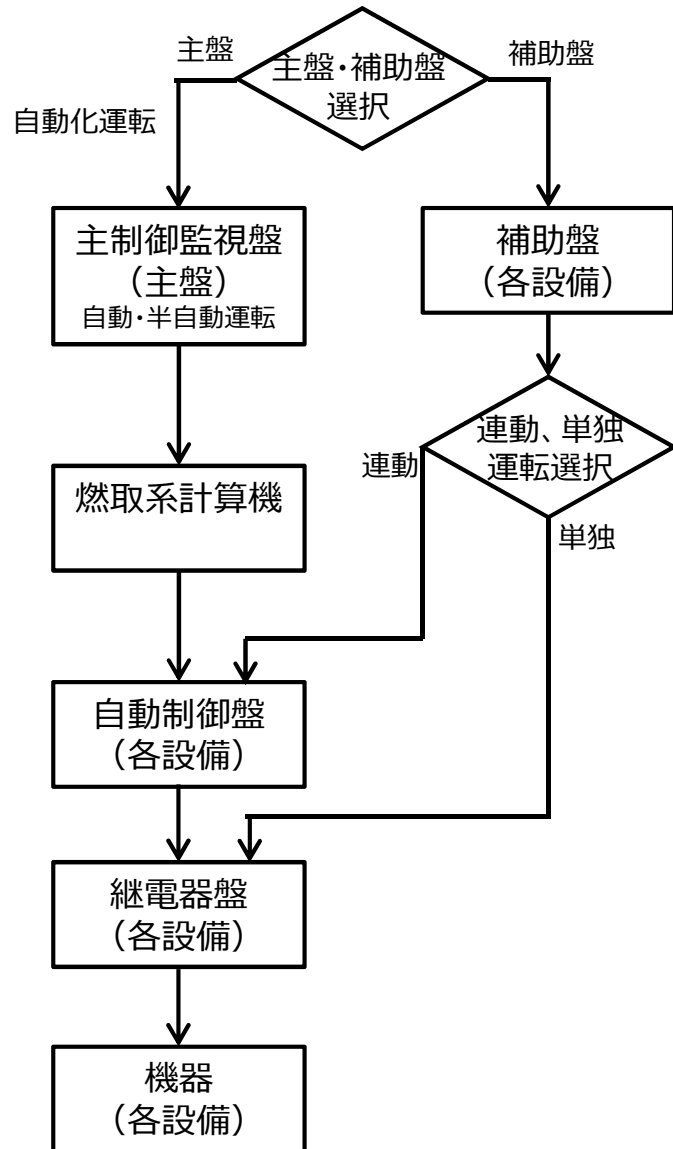
2018.01.25第3回資料再掲

#### ● 燃料出入機本体グリップの爪開閉動作の概要



## 4) 運転上の燃料落下防止の考え方 (3/8)

### ● 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。

2018.01.25第3回資料再掲

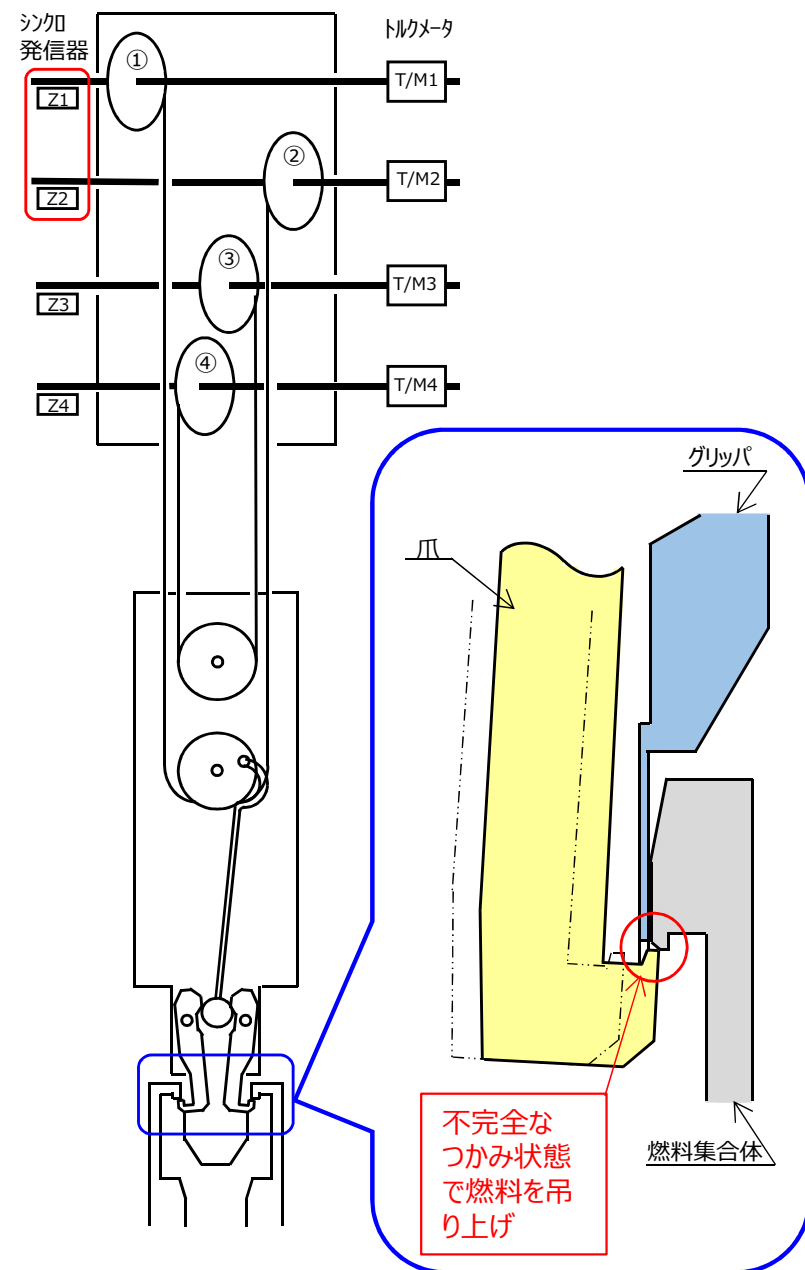
## 4) 運転上の燃料落下防止の考え方 (4/8)

### ● 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	グリップ爪が開閉途中位置(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"> <li>グリップ爪が途中位置(不完全なつかみ状態)なのに、シンクロ発信器が開位置に相当するストローク信号を発信。(※1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運転中の状態監視</li> <li>点検によりシンクロ発信器の健全性を確保</li> </ul>
		単独運転	<ul style="list-style-type: none"> <li>タイマー設定がズレて正常なつかみ状態とならない。(※2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運転中の状態監視</li> <li>点検によりタイマー設定の確認</li> <li>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)</li> </ul>

(※1) : 自動化・連動運転での爪開閉動作は、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。

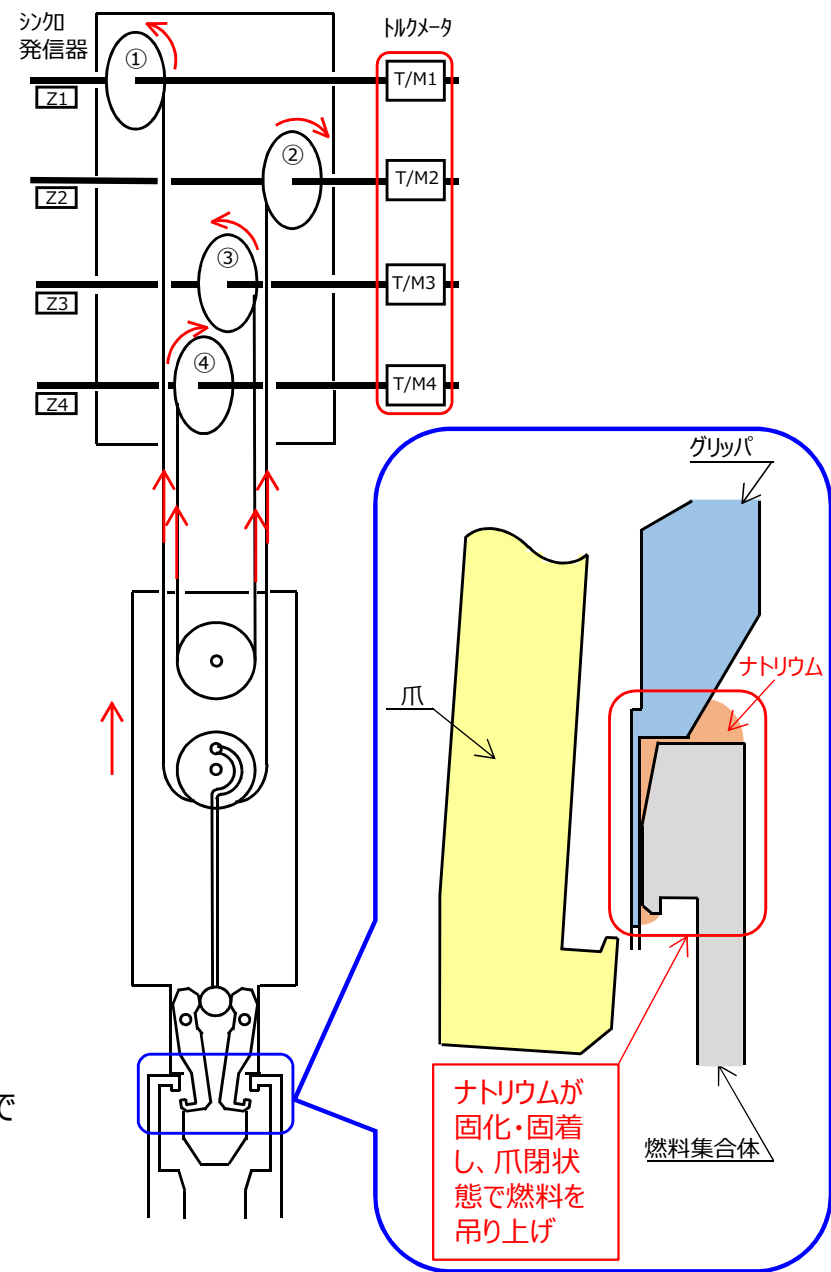


2018.01.25第3回資料再掲

## 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	グリッパ (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)	<p>自動化・連動運転</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>燃料がグリッパに引っ付いて上昇しているのに、トルクメータがグリッパ単体の荷重に相当する正常荷重信号を発信。( * 1 )</li> </ul>	<p>下記条件が共に成立</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>4軸のトルクメータの同時故障</li> <li>グリッパに燃料が引っ付いて吊り上げられているにもかかわらず、グリッパ単体時の荷重信号 (誤信号) を発信</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運転中の状態監視</li> <li>点検によりトルクメータの健全性を確保</li> </ul>
		<p>単独運転</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>燃料がグリッパ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 )</li> </ul>	<p>下記条件が共に成立</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>単独操作のため、自動制御盤による吊り・不吊り判定しない</li> <li>操作員がトルクメータによる荷重を確認し吊り・不吊りを確認する際に不吊り状態と誤判断</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運転中の状態監視</li> <li>単独操作時は、グリッパの吊り・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)</li> </ul>



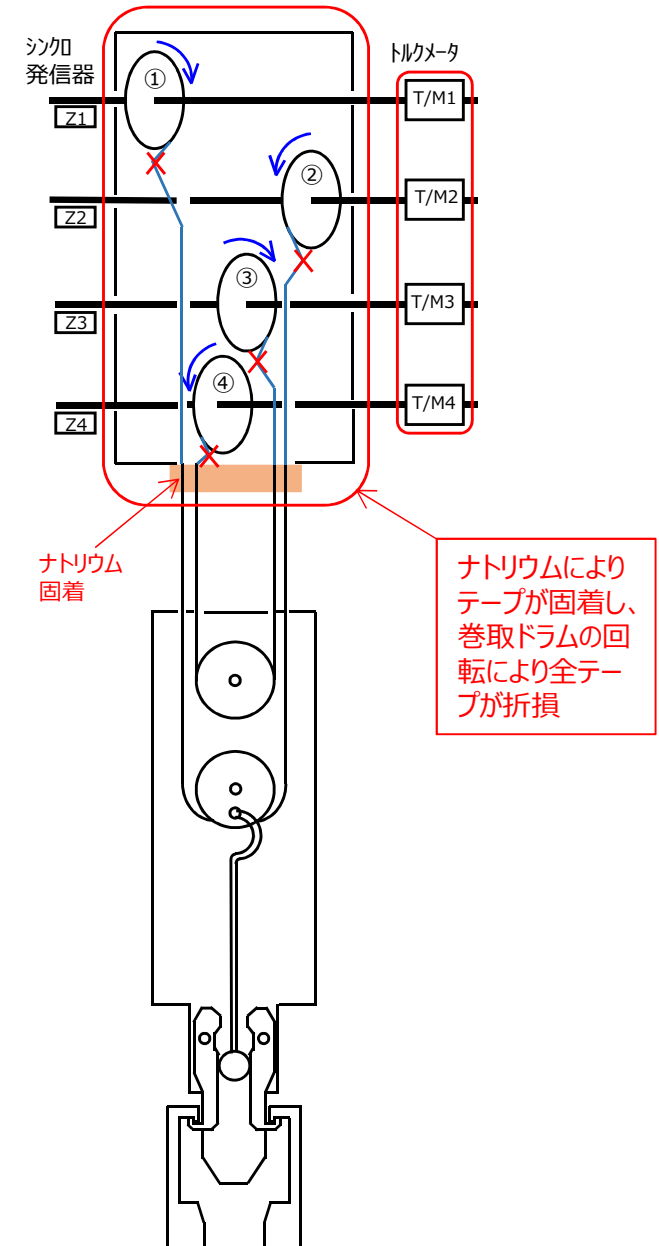
( \* 1 ) : 自動化・連動連連でのグリッパ上昇時、4軸のトルクメータからの荷重信号を自動制御盤で監視 (吊り・不吊り判定) しており、荷重異常時はグリッパ上昇が停止するインタロック。  
 ( \* 2 ) : 単独運転でのグリッパ上昇は、自動制御盤による吊り・不吊り判定を行わない。

2018.01.25第3回資料再掲

## 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	自動化 ・ 連動 運転	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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)</li> <li>・グリッパ下降時、テープが大きいたるんでいるのに、トルクメータが荷重無しを検出不可 (正常値を検出)</li> <li>・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</li> </ul>	下記条件が共に成立 <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・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</li> <li>・各巻取ドラムのスラックテープ検出器全てが故障</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運転中の状態監視</li> <li>・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</li> </ul>
		単 独 運 転	<ul style="list-style-type: none"> <li>・上記の要因と同じ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・上記の条件と同じ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運転中の状態監視</li> <li>・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</li> </ul>



2018.01.25第3回資料再掲

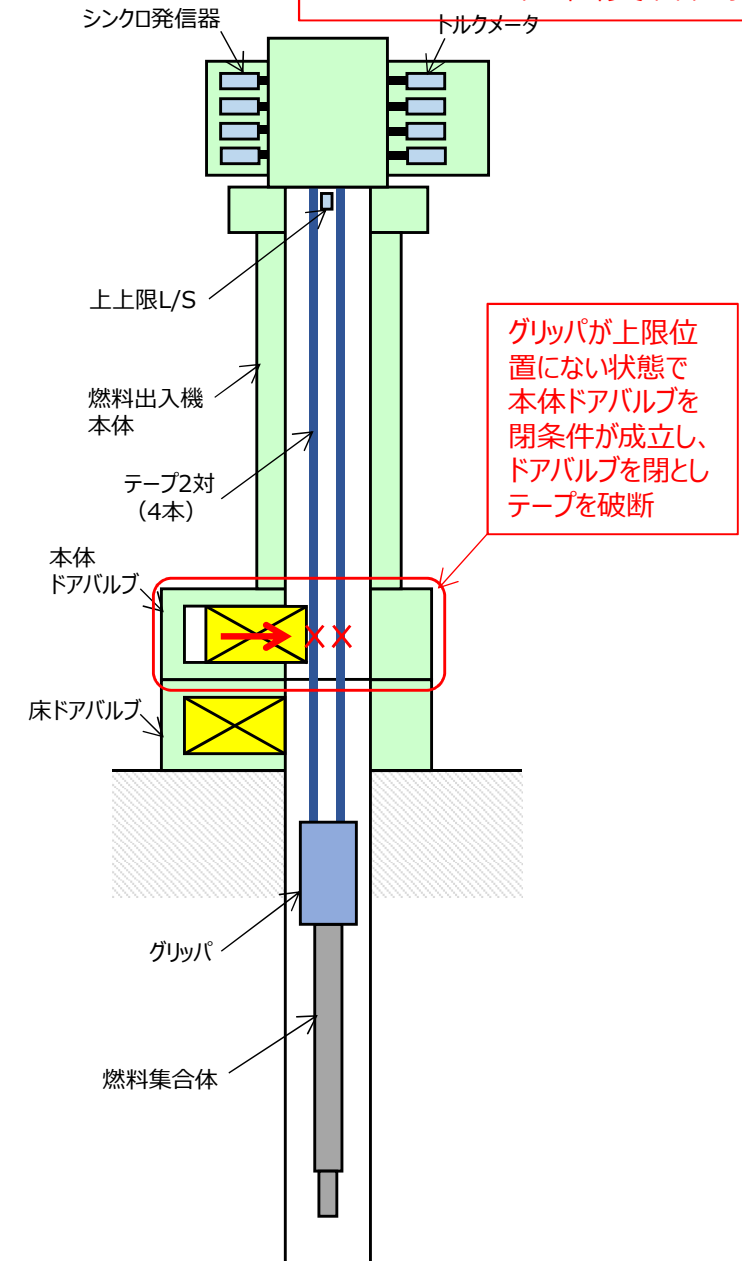
## 4) 運転上の燃料落下防止の考え方 (7/8)

### ●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	・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 ・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	・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	・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)	・上上限位置L/Sが故障して上上限信号(誤信号)を発信	・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・連動連動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。



グリッパが上限位置にない状態で本体ドアバルブを閉条件が成立し、ドアバルブを閉としテープを破断

### ●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】 4) 運転上の燃料落下防止の考え方 (8/8)

##### ●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。



# 10.1.2 燃料体取出し作業(燃料体の処理)におけるリスクマネジメント

⑥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（燃料洗浄設備での燃料体等の落下の例）

2018.07.13第6回資料再掲

○ 万が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

- ※1 <操作責任者>
  - ・「本体A/B グリップつかみ・はなし異常」警報を確認し、実施責任者経由で、燃料環境課長、当直長に報告、作業中断。
  - ・各設備、機器の状態を確認
- ※2 <実施責任者>
  - ・設備チームを指揮し、異常原因を調査、調査結果から取扱品の落下と判断
  - ・燃料環境課長を経由して現地対策本部の立ち上げを要請

※1 燃料体等取扱作業  
 注1)：落下の判断はグリップ昇降トルク、昇降ストローク位置等の指示値により判断。

※2 取扱品の落下注1)

※1 異常発生時の連絡 (当直長へ)

※2 洗浄槽内への放射能汚染の可能性低注2)

注2)：燃料体以外が保有する放射性物質は、構造材の放射化が主。放射性物質の飛散は少ない。

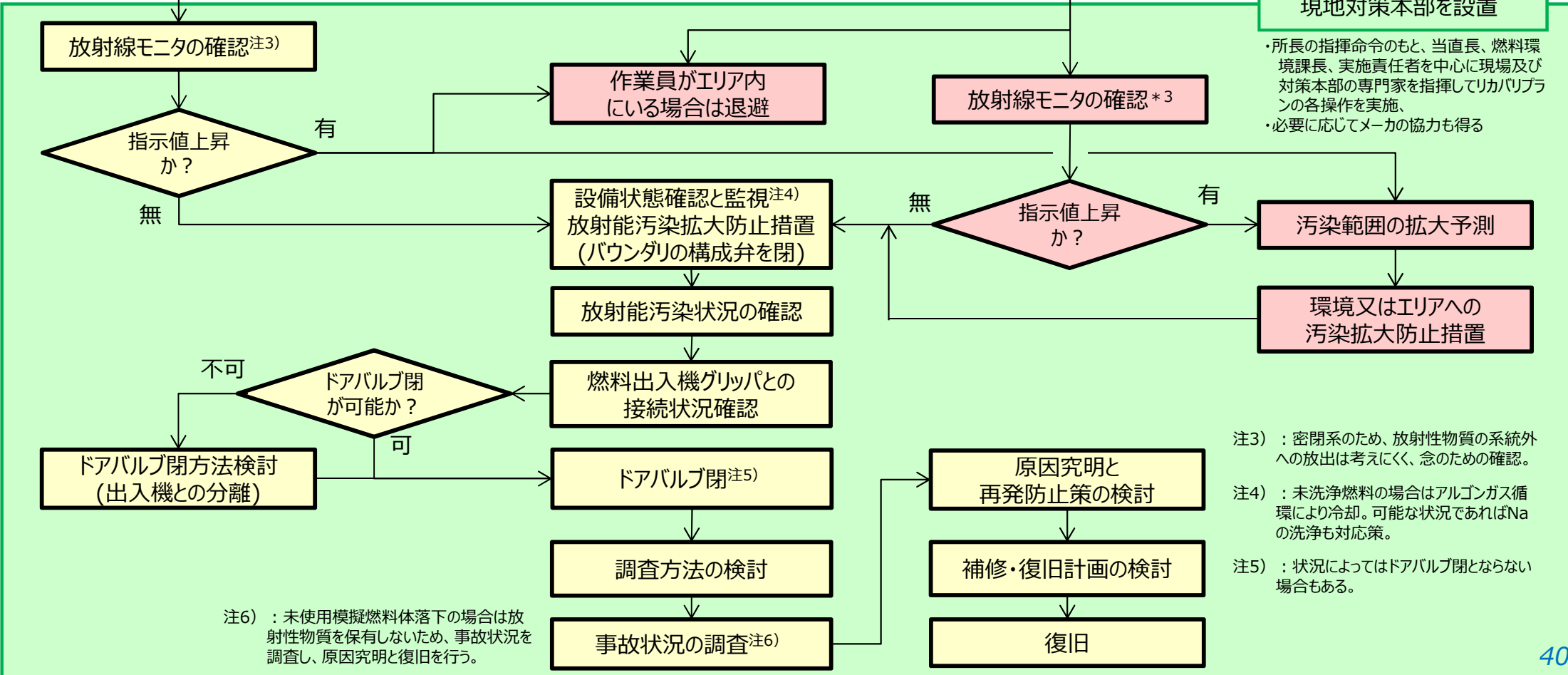
※2 取扱対象品は？

※2 洗浄槽内への放射能汚染の可能性有り

↓ 連絡責任者経由で所長に連絡

所長は事象の状況を把握し、現地対策本部を設置

- ・所長の指揮命令のもと、当直長、燃料環境課長、実施責任者を中心に現場及び対策本部の専門家を指揮してリカバリープランの各操作を実施、
- ・必要に応じてメーカーの協力も得る



注6)：未使用模擬燃料体落下の場合は放射性物質を保有しないため、事故状況を調査し、原因究明と復旧を行う。

注3)：密閉系のため、放射性物質の系統外への放出は考えにくく、念のための確認。  
 注4)：未洗浄燃料の場合はアルゴンガス循環により冷却。可能な状況であればNaの洗浄も対応策。  
 注5)：状況によってはドアバルブ閉とならない場合もある。

## 第1キャンペーン(燃料体処理)の間に経験した不具合事象

2019.03.28第7回資料再掲

今回の燃料処理貯蔵で発生した警報等86件の分類  
代表的12件を示す

要因分類	主な警報等	対策分類*1
機械異常 (27件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料出入機本体Aグリッパのつかみはなし異常 (グリッパ上爪、下爪のナトリウム固着)</li> <li>燃料出入機本体 B グリッパのつかみはなし異常</li> <li>燃料出入機本体 B トルクリミッター摩擦板の滑り</li> </ul>	設備対応  設備対応 設備対応
系統異常 (7件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>EVSTブローダウン流量異常など</li> </ul>	運用対応
信号異常 (37件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動化運転における対象物入力不可</li> <li>伝送異常等の起動条件不成立</li> <li>低気圧の影響 (排気時間超過) による連動運転渋滞</li> <li>真空ポンプによる排気時間超過による連動運転渋滞</li> <li>燃料洗浄槽配管予熱温度低</li> <li>燃料洗浄設備のリミットスイッチのズレ</li> </ul>	設備対応 設備対応 運用対応 運用対応 設備対応 設備対応
環境異常 (2件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料缶詰装置監視用ITV保護ガラスの結露</li> </ul>	対応不要*2
その他 (13件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>監視用ITVモニタ画像での確認困難による缶詰缶回転操作</li> </ul>	対応不要*2

\*1：設備対応：設備対応（設備改善、補修・調整や予備品確保）の検討が必要な項目  
 運用対応：運用対応（運用改善、手順書反映）の検討が必要な項目

\*2：対応不要：今後は缶詰処理を無くす予定であり、本不具合は今後発生しない。なお、燃料池における燃料体確認については、万一ITVカメラに不具合が生じたとしても目視により対処が可能である。

2019.03.28第7回資料に追記

## 経験から推定される作業工程リスクの特定

- ▶ 燃料体処理（第1キャンペーン）について、管理者、責任者、操作チーム員及び設備チーム員、メーカーから管理面、技術面、運用面など幅広く聞き取り（計2回に分けて）を行い、作業工程に影響を与えると推定される事象29件について対策の検討を実施。

分類	主な意見
設備対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>○燃料出入機本体AドアバルブへのNa滴下対応           <ul style="list-style-type: none"> <li>・グリッパへのNa化合物付着及び燃料出入機内へのNa滴下を抑制するために、Arガスの循環による燃料出入機本体A内の冷却を停止し、ガス循環に伴うNaの滴下と温度低下の防止を図る</li> <li>・本体Aのドアバルブに掴んだ燃料やグリッパからNaが滴下し、不具合が生じることから、Na付着状況の確認や簡易的にNaを除去できる治具を準備できないか 等</li> </ul> </li> </ul>
運用対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>○燃料受入前の手動ガス置換の自動化           <ul style="list-style-type: none"> <li>・グリッパ使用環境改善のために燃料洗浄槽への燃料受入前に手動で追加しているガス置換処理を、作業効率化及び操作員の負担軽減のため、自動化運転プログラムに反映</li> </ul> </li> <li>○燃料洗浄追加手動操作の自動化           <ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料体の洗浄において、洗浄水の電気伝導度が規定値以下に低下しない場合に、手動操作で追加洗浄を実施するが、作業効率化及び操作員の負担軽減のため、これを自動化運転プログラムへ反映する 等</li> </ul> </li> </ul>

### ※その他の意見

- ・グリッパトルク上昇により計画外のグリッパ洗浄を行う必要が生じても、工程変更にならないように工程余裕を見込むべき
- ・使用頻度が高い機器（燃料洗浄設備の接点付圧力計など）の機能が使用中に低下したことから、燃処理期間の途中で中間点検として点検や校正を行うことも考慮すべき
- ・1日2体処理であっても、交替勤務であれば操作員の負荷は大きくない。日勤で長時間残業のほうが操作員の負荷が大きい、等

## 10.2.3 燃料取出しに関するリスクマネジメント補足 技術面(3/3)

原子炉からの燃料体取出し 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）から抽出結果

設備名	主な警報等	実施状況
燃料交換機本体設備 (FHM) (98件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料吊り・不吊り判定異常による自動化除外</li> <li>・パンタグラフ開閉異常</li> <li>・旋回異常による自動化除外</li> <li>・条件不成立での自動化除外</li> </ul>	左記の不具合事象について対策により原因が確実に除去されていることを確認中
燃料交換孔ドアバルブ (12件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガス供給系減圧弁の動作不良など</li> </ul>	
回転プラグ (10件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・回転プラグ低圧上昇時タイムオーバーなど</li> </ul>	
原子炉機器輸送ケーシング (AHM) (10件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グリッパ下降時の「荷重超過」による下降停止など</li> </ul>	
プラグ取扱機 (PHM) (4件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ECモータータコゼネレーター絶縁低下など</li> </ul>	
炉内中継装置(IVTM) (燃料出入孔スリーブ含む) (5件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・IVTMドアバルブ開閉状態表示不点灯</li> <li>・点検時のロッキング機構のロッキング状態について</li> <li>・IVTM出入孔スリーブ温度高警報発報</li> </ul>	
燃料処理設備 (58件) (燃処理系計算機含む)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料交換作業に特化したものを抽出・検証中 * 1</li> </ul>	* 1 : 先行作業の燃料処理にて対策済みを含む為
その他 (55件)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・付属設備（ガス系、電気設備等）他の不具合など</li> </ul>	左記の不具合事象について対策により原因が確実に除去されていることを確認中