

# 「もんじゅ」廃止措置第2段階の進捗状況

2024年 1月29日

日本原子力研究開発機構（JAEA）

区分	第1段階 燃料体取出し期間	第2段階 解体準備期間	第3段階 廃止措置期間 I	第4段階 廃止措置期間 II
年度	2018 ~ 2022	2031	2032 ~	2047
主な実施事項	燃料体取出し			
		ナトリウム機器の解体準備		
			ナトリウム機器の解体撤去	
		汚染の分布に関する評価		
			水・蒸気系等発電設備の解体撤去	
				建物等解体撤去
放射性固体廃棄物の処理・処分				

## 廃止措置計画（第2段階）の主要内容※

※：令和4年6月28日付け（令和5年1月18日付け一部補正）廃止措置計画変更認可申請、令和5年2月3日付け認可

- ・ナトリウムの搬出を2028年度から2031年度に行うこととし、2031年度を第2段階（解体準備期間）の完了時期に設定。
  - ・ナトリウム機器の解体準備として「しゃへい体等取出し作業」を開始。
  - ・水・蒸気系等発電設備の解体撤去作業について、2023年度から2026年度の間解体する設備を具体化。
- なお、ナトリウム搬出の具体的な作業内容や水・蒸気系等発電設備の2027年度からの解体設備は、引き続き検討し、着手までに改めて認可申請を行う予定。

年度			第2段階 解体準備期間								
			2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
第2段階 における 主な作業等	ナトリウム 機器の解体 準備	①しゃへい体等 取出し作業	[Green Bar]				許認可準備				
		②ナトリウムの 搬出	[Dashed Bar]					[Blue Hatched Bar]			
	③水・蒸気系等発電設備の解体 撤去	[Green Bar]					[Blue Hatched Bar]				
	④汚染の分布に関する評価	[Green Bar]									

作業内容の検討を引き続き行い、次回以降の廃止措置計画変更認可申請で具体化予定。

## ①しゃへい体等取出し作業の進捗状況（P.3～P.6）

進捗：「取出し」⇒計画どおり（202体済／595体）、「処理」⇒中断（14体済／599体中）

トピック：処理中断原因となったドアバルブ閉止不可からの復旧・再発防止

## ②ナトリウムの搬出（P.7）

進捗：計画どおり

トピック：廃止措置計画の変更申請に向け準備（資料2にてご報告）

## ③水・蒸気系等発電設備の解体撤去（P.8～P.12）

進捗：計画どおり

トピック：給水加熱器、タービン解体本格化

## ④汚染の分布に関する評価（P.13～P.15）

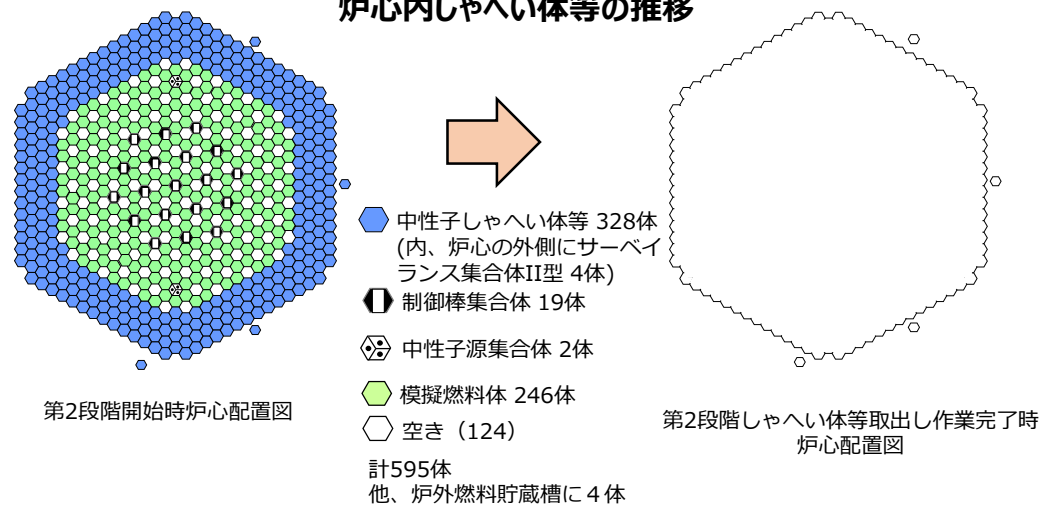
進捗：計画どおり

トピック：放射化汚染、二次的汚染の計算結果の検証段階

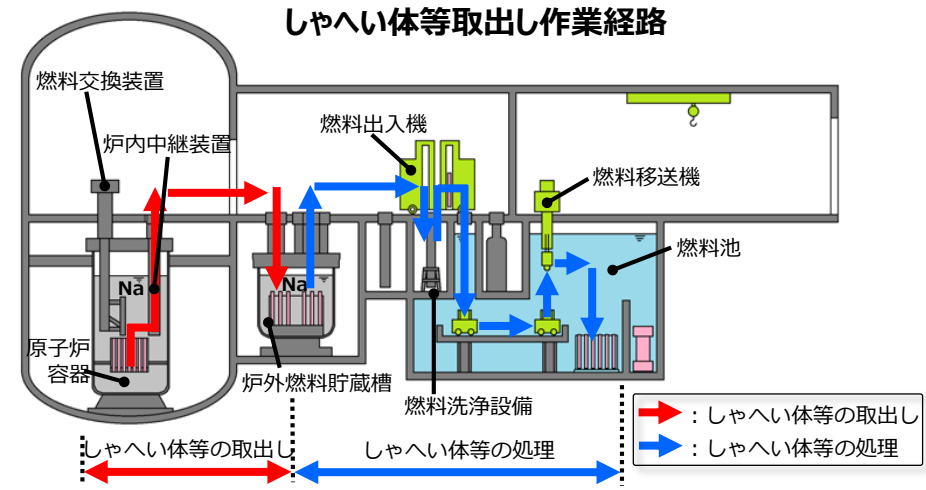
## ①しゃへい体等取出し作業（ナトリウム機器の解体準備）

- 第3段階で実施する原子炉容器解体作業準備のため、燃料体取出し作業で実績を有する設備と手順等を使用し、原子炉内等に残るしゃへい体等（計599体）を令和8年度末までに、燃料池へ移送予定。
- 使用済みの燃料体は全て燃料池に貯蔵しており、取扱い対象が燃料体ではないことから、本作業は「放射性固体廃棄物」の移送作業として管理。

炉心内しゃへい体等の推移



しゃへい体等取出し作業経路



## <進捗>

- 令和5年度予定していたしゃへい体等の取出し作業（しゃへい体等を原子炉容器内から取出し、炉外燃料貯蔵槽(以下、EVSTという)に移送する作業）を7月4日に完了（取出し体数：202体）。
- 令和5年度のしゃへい体等の処理作業（しゃへい体等をEVSTから燃料池に移送する作業）を10月18日より開始したが、10月25日、サーベイランス集合体II型(以下、II型という)を燃料洗浄設備へ吊り下ろした際に警報が発報し、その処置手順において燃料出入機本体Aドアバルブ（以下、本体Aドアバルブ）及び洗浄槽床ドアバルブを閉止できない状態となった。
- 原因調査の結果、燃料洗浄設備内に燃料移送ポットを移送したことが判明し、復旧作業や再発防止対策に時間を要することから令和5年度のしゃへい体等の処理作業を終了（処理体数：14体）。
- 令和6年1月9日より燃料移送ポット及びII型をEVSTへ移送する作業を実施。今後、設備等の詳細調査、設備点検の進捗状況を踏まえつつ、以降のしゃへい体等の処理計画を見直す。

## (1)本体Aドアバルブ及び洗浄槽床ドアバルブ閉止不可の発生状況

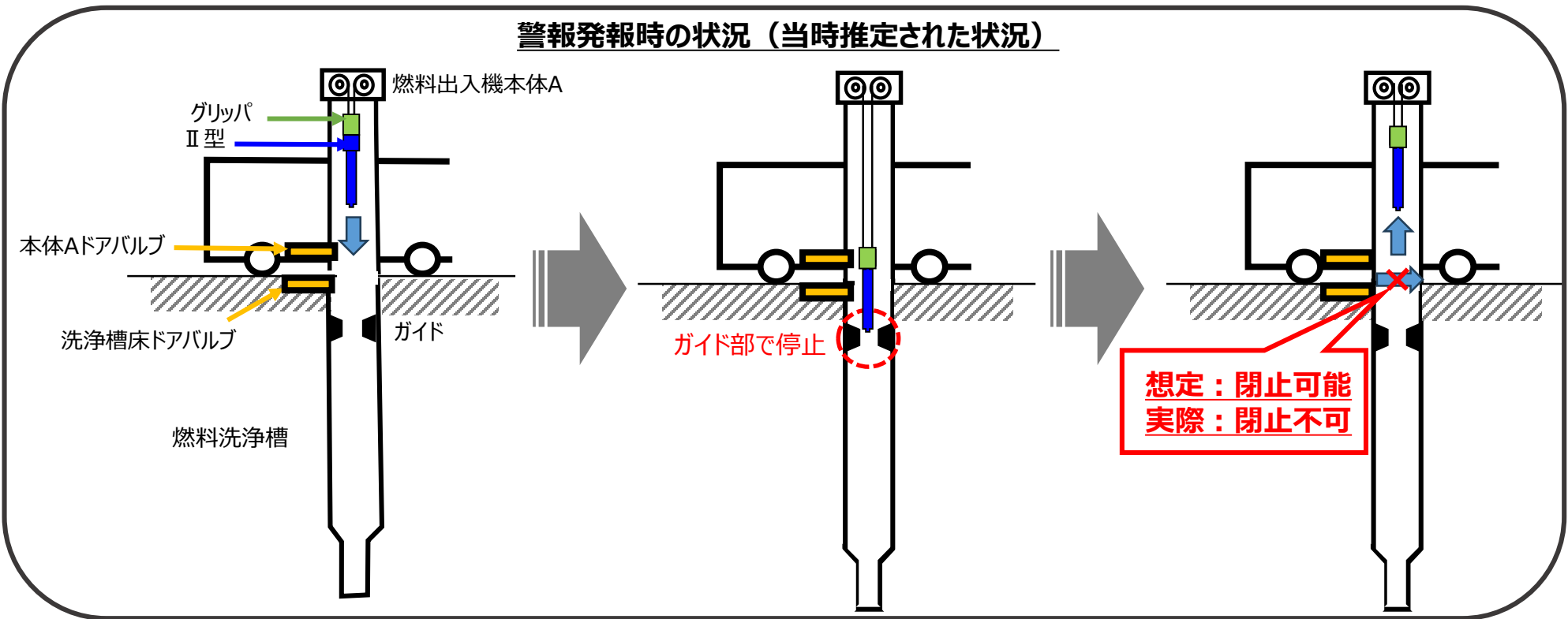
◆令和5年10月25日にII型を燃料洗浄設備へ吊り下ろした状況と警報発報後に燃料出入機本体A内に吊り上げた時の判断  
状況：EVSTからII型を燃料出入機本体Aに収納後、燃料洗浄設備に移動し、燃料出入機本体A内から燃料洗浄設備内にII型を吊り下ろしたところ、警報が発報し自動化運転が停止した。

判断：II型を吊り下ろした途中で荷重が0kNとなっており、過去の知見からII型と燃料洗浄槽のガイド部が干渉し、燃料洗浄槽のガイド部で停止したと推定した。手順書に基づき、II型吊り上げ時の荷重（約2.58kN）が吊り上げ荷重の基準(0.84kN～4.17kN)内であることから吊り上げ状態に問題はないと判断※した。

対応：手順書に基づき、燃料出入機本体A内に吊り上げた。

※：燃料出入機のグリッパは、自動、手動の運転モードにかかわらず、操作員が位置と荷重を確認して、確実に吊り上げていることを判定する手順書となっている。吊り上げ荷重の基準は、グリッパで吊り上げている対象物の種類にかかわらず、「0.84kN～4.17kN」の範囲内であることとしており、これはグリッパで吊り上げる対象物全ての荷重を考慮して、吊り・不吊りが判定できる値として設定している。

### 警報発報時の状況（当時推定された状況）



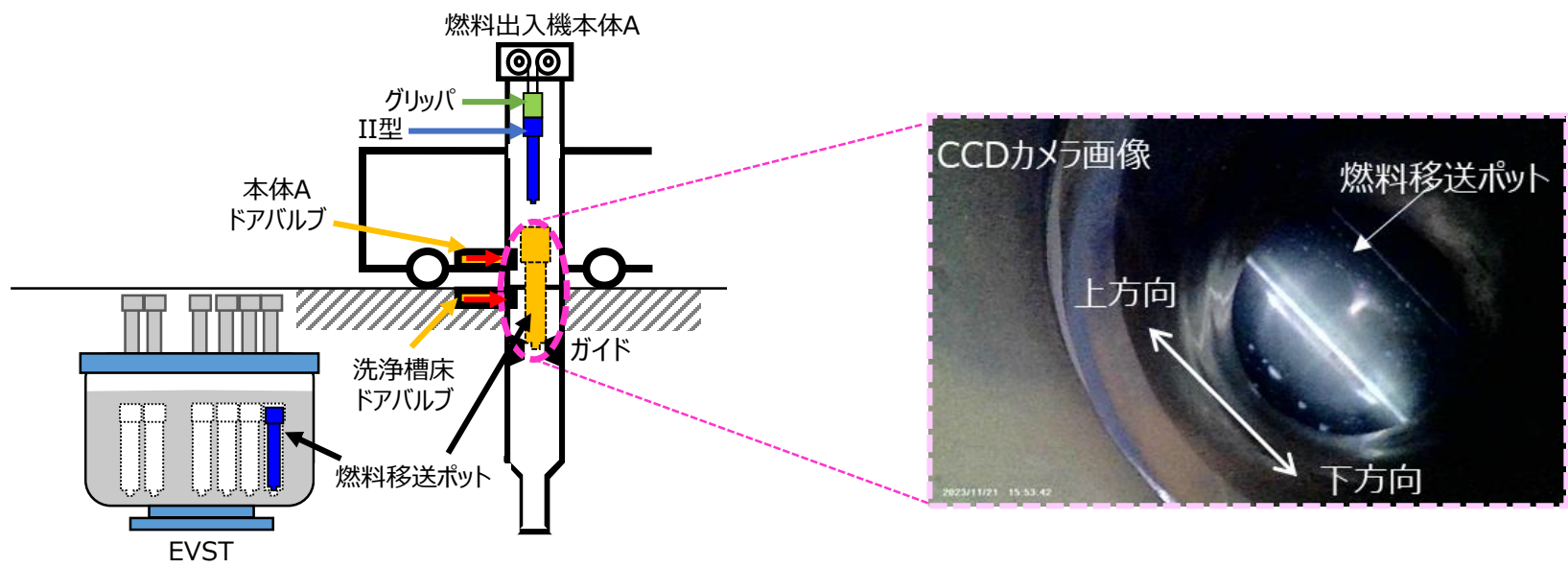
<本体Aドアバルブ及び洗浄槽床ドアバルブ閉止不可に対する要因分析>

◆II型の吊り上げ荷重変動等を基に要因分析した結果、「ドアバルブ等に多量のナトリウムが付着・固化した」または「燃料移送ポットを燃料洗浄槽に持ち込んだ」ことが要因と推定。

<燃料洗浄設備の内部観察結果>

- ◆CCDカメラで燃料洗浄槽の内部観察を行ったところ、燃料洗浄槽内に燃料移送ポットがあることを確認。この燃料移送ポットにより本体Aドアバルブ及び洗浄槽床ドアバルブの閉止を阻害していることを確認（下図「概要図」参照）。
- ◆この燃料移送ポットは、II型をEVSTから燃料洗浄槽に移送する際に、II型が燃料移送ポットの吊り部に干渉し、燃料移送ポットも合わせて移動させたものと推定（燃料移送ポットの胴径よりも細いガイド部で停止した状態であると推定）（参考4）。

燃料移送ポットにより両ドアバルブが閉止不可となったことの概要図





### 復旧作業

- ◆作業再開に向けた設備状態の復旧を行う（参考5）。
  - ①燃料洗浄槽と共に吊りあげて持ち込んだ燃料移送ポットをEVSTに戻す（令和6年1月24日完了）。
  - ②今後、本事象の影響を受けたと考えられる対象機器を点検し機能・性能を確認する。



**上記により正常な状態に復旧**

### 原因と対策

- ◆操作員の操作、警報発報時の対応は手順書通りに行われており、問題はなかった（立ち止まり、過去の知見と比較し事象を同定）。
- ◆また、これまでの調査結果からは設備の異常は確認されていないことを踏まえ、原因を特定し対策を立案した。なお、今後の点検で不具合等を確認した場合は、必要に応じて対策を追加する。

**【原因】**

- ・共に吊り上げた原因は、II型のハンドリングヘッド径が太く胴径が細いため、吊り上げ中にグリッパと干渉したものと推定。
- ・専用アダプタを用いる吊り上げであり、吊り上げ荷重の基準は、対象物全てに対し、確実に吊っているかどうかの判定を行えるよう設定されていたため、共に吊り上げたことを確認できなかったものと推定。

**【対策】**

- ・計画段階で取り扱い対象物の特徴を確認する。
- ・吊り上げ時の判定手順に、種類ごとの荷重計画値を記載し、対象物のみを吊っていることを確認できるようにする。
- ・万が一、対象物とともに燃料移送ポットを吊り上げた場合のリカバリ策を手順書に記載する。
- ・改正した手順書及びQMS文書の周知教育を行うとともに、本不適合内容の事例教育を継続的に行う。

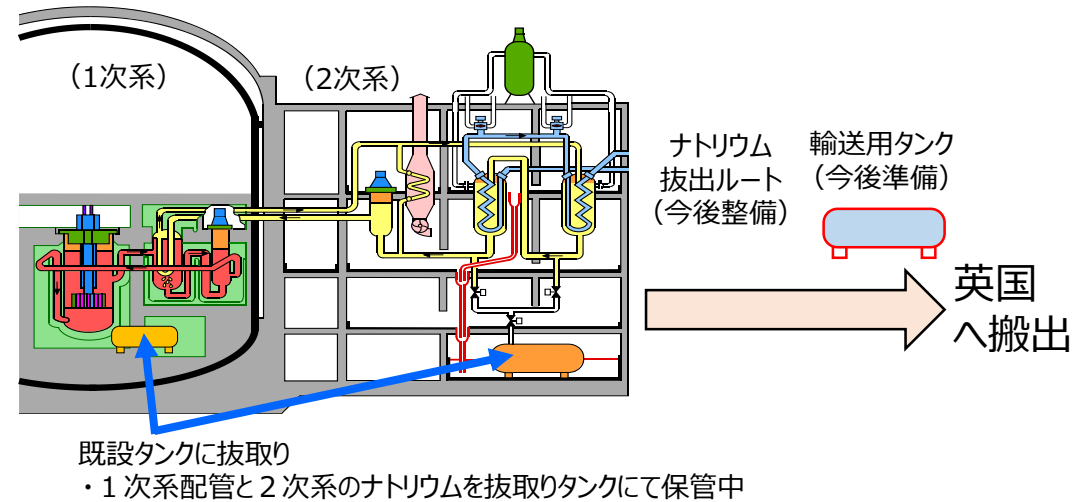


**上記により再発を防止**



## ②ナトリウムの搬出(ナトリウム機器の解体準備)

- 保有するリスクを低減しつつ、廃止措置を進めるため、しゃへい体等取出し作業後の令和10年度から令和13年度にナトリウムを英国に搬出する。
- 施設内の既設タンクから今後整備する輸送用タンクにナトリウムを移し替えるルートや設備、作業手順等については、着手までに廃止措置計画の変更認可申請を行う。



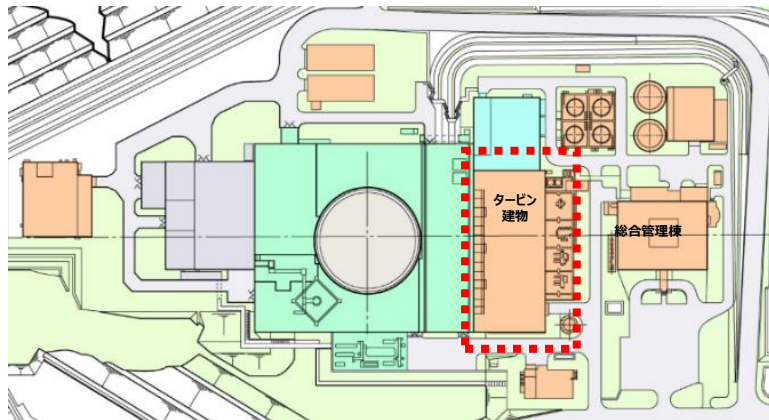
### <進捗>

- 施設内の既設タンクから今後整備する輸送用タンクにナトリウムを移し替えるルートや新設する設備を検討中（資料2にて詳細をご報告）。
- 英国でのナトリウム処理に係る施設準備やナトリウムの処理等の基本的な枠組みに関する契約（枠組み契約）を令和5年4月28日に英国キャベンディッシュ社と締結。



## ③水・蒸気系等発電設備の解体撤去

- ▶ 大型の非放射性ナトリウム機器の解体撤去後の解体場所と移送ルート確保を目的とし、令和5年度から令和8年度にかけてタービン建物3階以下に設置されているタービン発電機、復水器、給水加熱器等を解体撤去する。
- ▶ 空いたスペースを今後の廃止措置作業に活用。



もんじゅ建物配置



タービン発電機



復水器



高圧給水加熱器

## <進捗>

➤ 性能維持施設への影響防止、労働安全の確保の観点から、解体開始前までに実施した主な作業内容は次のとおり。

- 性能維持施設と性能維持が終了した施設（解体対象設備含む）を隔離。
- 解体対象設備を図面上で識別、特定。加えて現場の解体対象設備を識別（右図）。
- 機構担当者と受注者の総括責任者・エリア責任者にて要領書の読み合わせを行い、もんじゅ安全統一ルールの遵守を徹底し、一般労働災害を防止する※よう関係者間の意識合わせを実施。

※：一般労働災害に対する対策例

- ✓ 重量物取扱作業：吊り具の確認、有資格者の配置
- ✓ 火気取扱作業：防火養生、監視人の配置
- ✓ 高所作業：転落防止措置 等

<解体対象設備の識別>

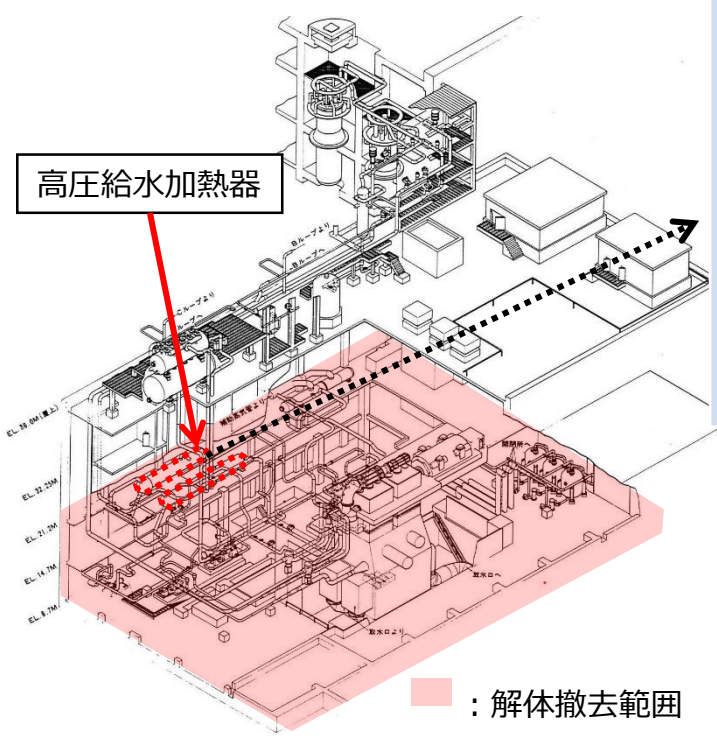


今回解体対象設備となる配管等に赤色のマーキングを施した。

- 上記の作業を実施し、一般労働災害に対する対策の検討を踏まえ、令和5年7月3日から解体撤去に着手。
- 令和5年度は、タービン建物2階以下からの解体撤去物の搬出动線の確保を目的として、タービン建物オペレーションフロア（3階）中心部に設置されている高圧給水加熱器や蒸気タービン等の解体撤去を主に実施し、計画どおり進捗(P.10～P.11参照)。
- 令和6年度は、タービン建物2階以下に設置されている低圧給水加熱器や復水器の解体撤去を行う予定。
- なお、令和6年度以降の機器解体時の火災予防の工夫として、溶断を想定する機器のうち、内面にライニングが施工されている機器のライニング剥離作業を実施している（P.12参照）。



### 高圧給水加熱器の解体撤去



タービン建物鳥観図

■ : 解体撤去範囲

作業開始前



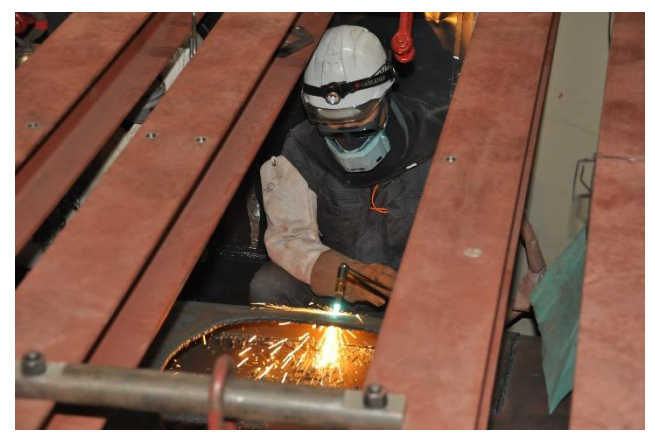
現状



### <高圧給水加熱器の解体撤去作業の様子>



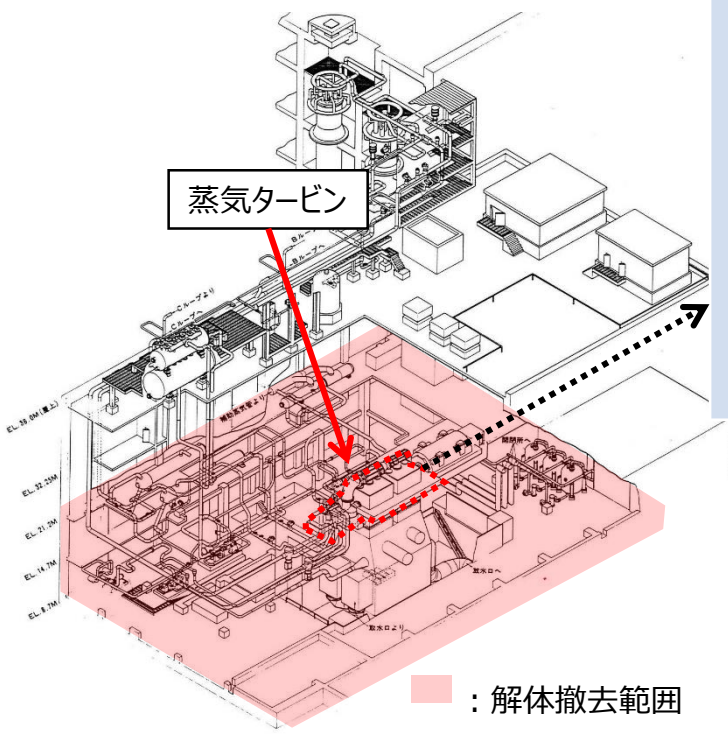
給水加熱器切断時の仮設揚重設備の設置



給水加熱器胴部のガス溶断作業



### 蒸気タービンの解体撤去



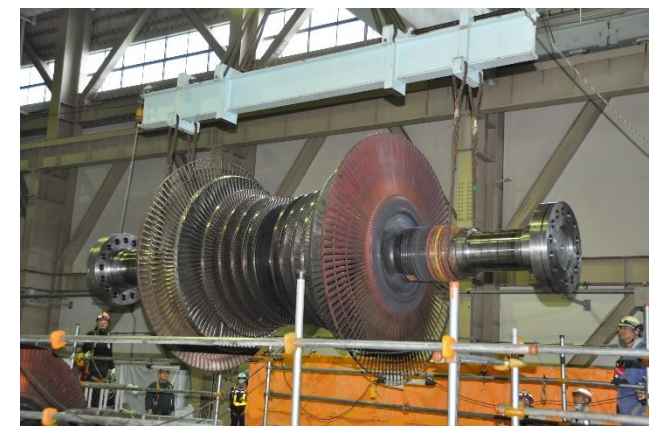
タービン建物鳥観図



### <蒸気タービンの解体撤去作業の様子>

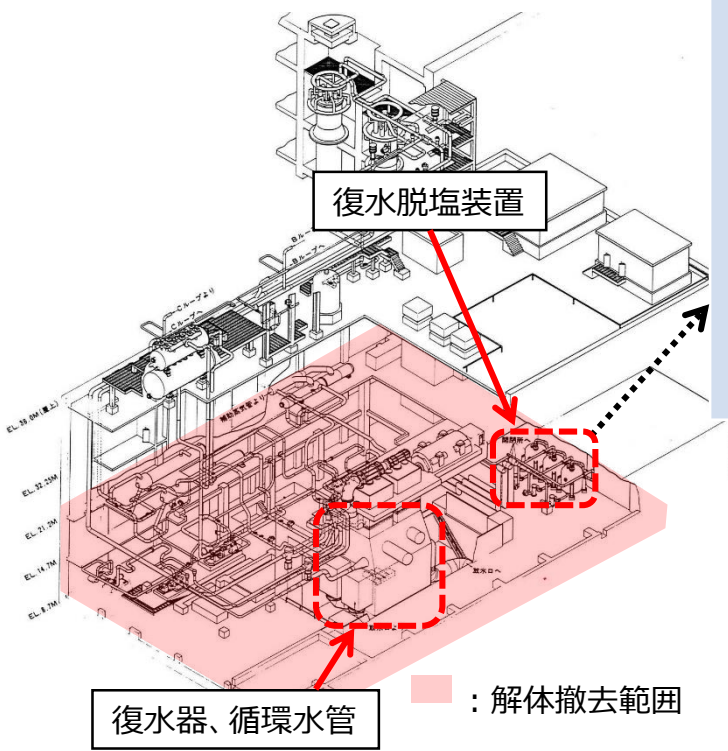


低圧タービン外部車室のガス溶断作業



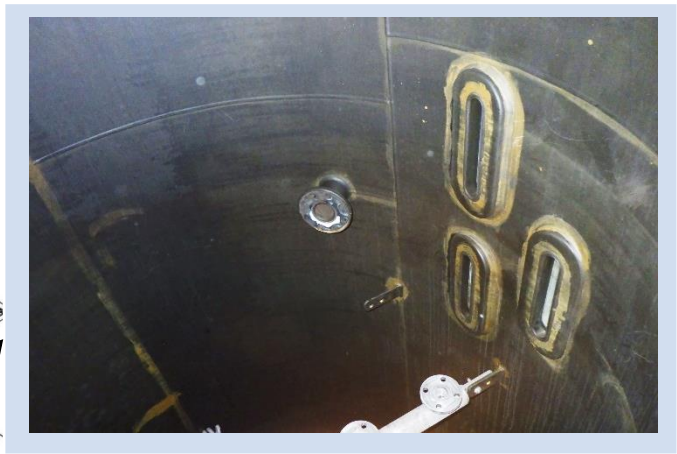
専用吊り治具を用いた低圧タービンロータの取外し作業

ライニング剥離作業



タービン建物鳥観図

作業開始前 (アニオン再生塔内面)



現状 (アニオン再生塔内面)



＜ライニング剥離作業の様子＞



ライニング剥離作業 (IH式被膜除去装置)



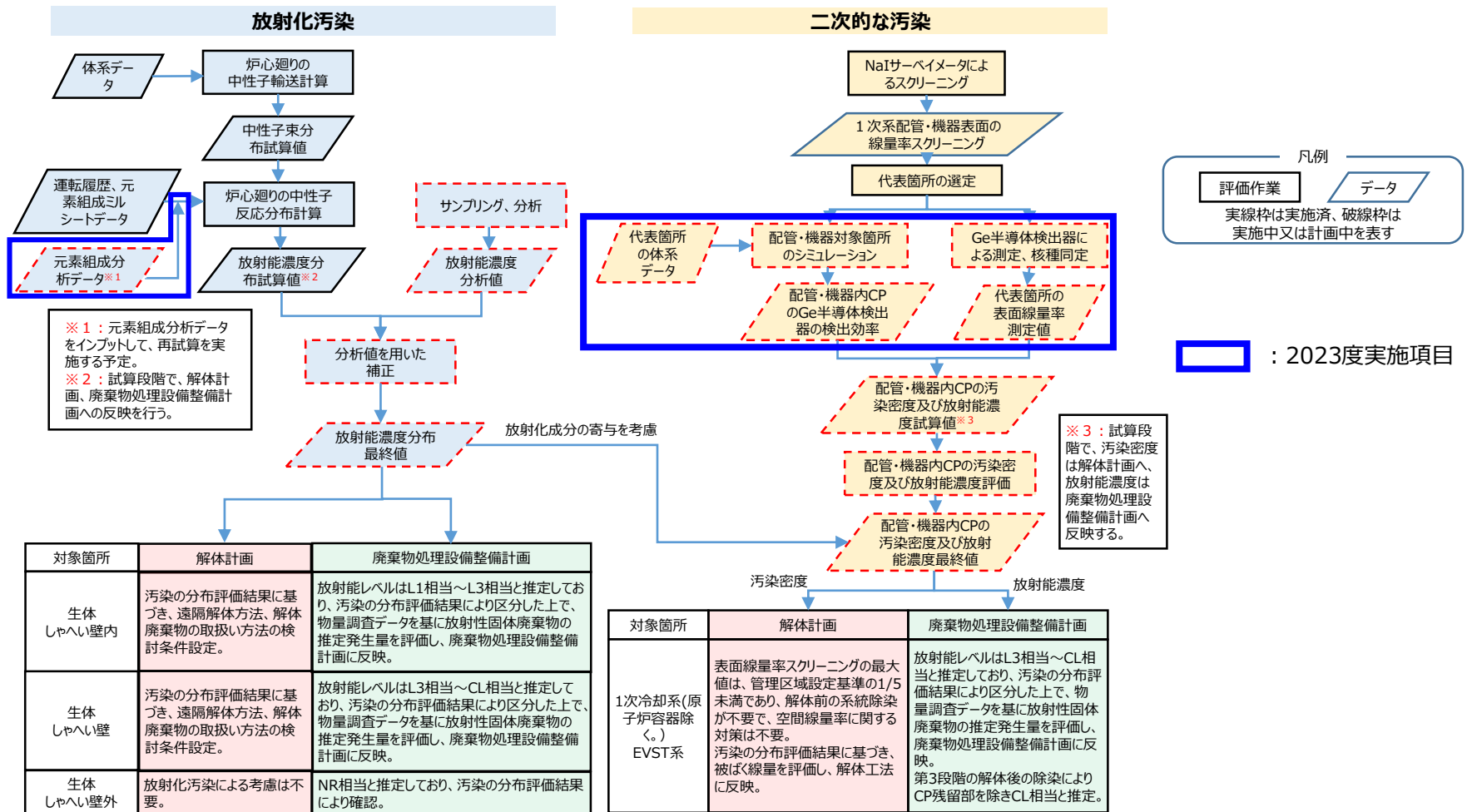
ライニング剥離作業 (スクレイパー)



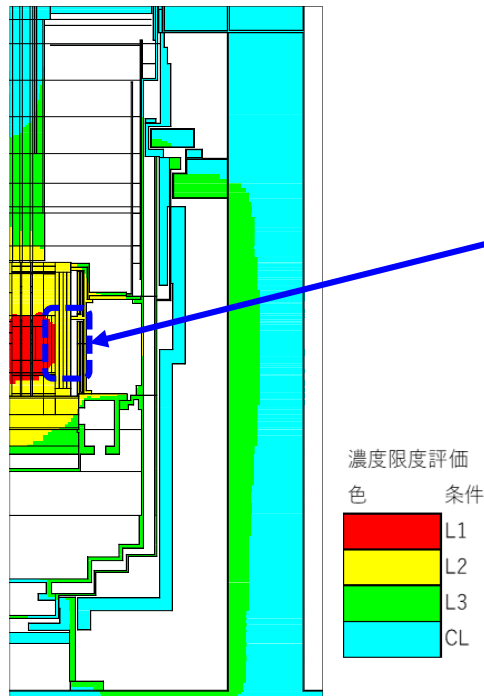
## ④ 汚染の分布に関する評価

<目的>

- 放射線業務従事者及び周辺公衆の被ばくを低減した適切な解体撤去工法及び手順の策定。
  - 解体撤去工事に伴って発生する放射性廃棄物の発生量を評価。
- 上記目的に向けて、施設に残存する放射性物質の種類、放射能及び分布を把握する。



- ◆原子炉周りの放射化汚染について設計組成等を基に試算した結果、L1レベル相当の領域は炉心周辺に限定。  
ただし、試算結果は、構造材の元素組成として設計組成、ふげん構造材の分析値等を引用している。
- ◆次のとおり、評価の高度化を図り、最終値とする。
  - より実態に即した組成を用いて計算するため、コールド材の微量元素組成分析結果の反映及びミルシート等の追加調査を令和5年度から実施中
  - 放射化汚染の計算結果の妥当性を確認するため、中性子しゃへい体からの試料採取を令和9年度に予定しており、試料採取に向けた装置設計検討中。



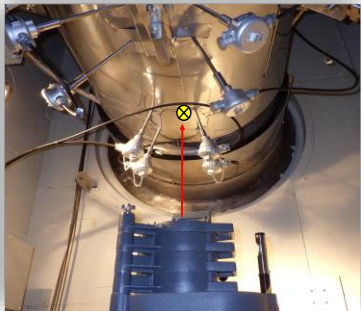
放射化汚染の計算結果の妥当性を確認するため、実試料の分析を行う。  
試算結果でL1又はL2レベル相当の中性子しゃへい体のラッパ管部から令和9年度に試料を採取予定。

2018/4/1(廃止措置移行日)  
原子炉周り放射能濃度区分(法令濃度基準)

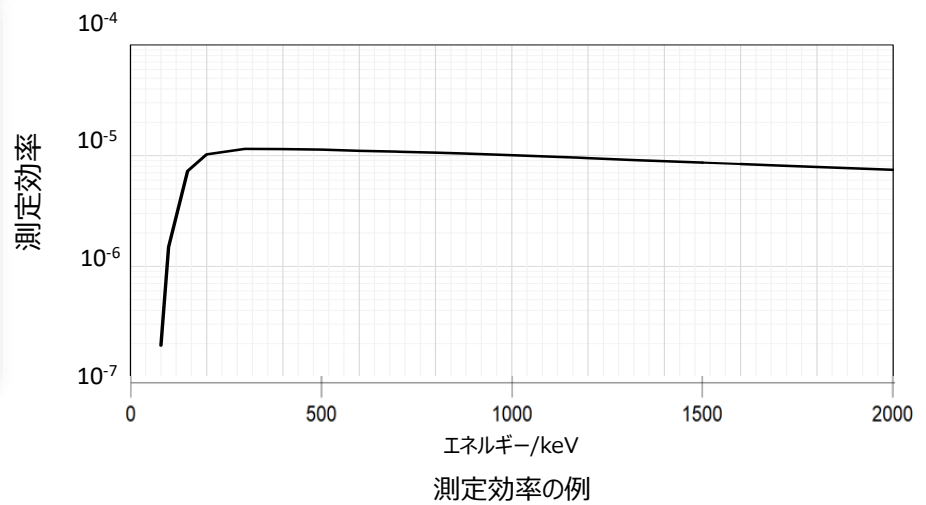
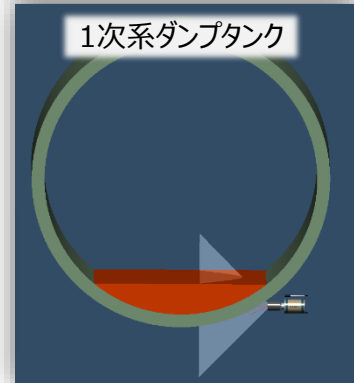
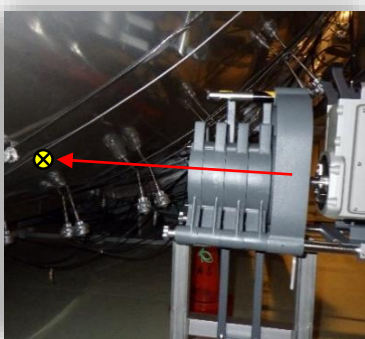
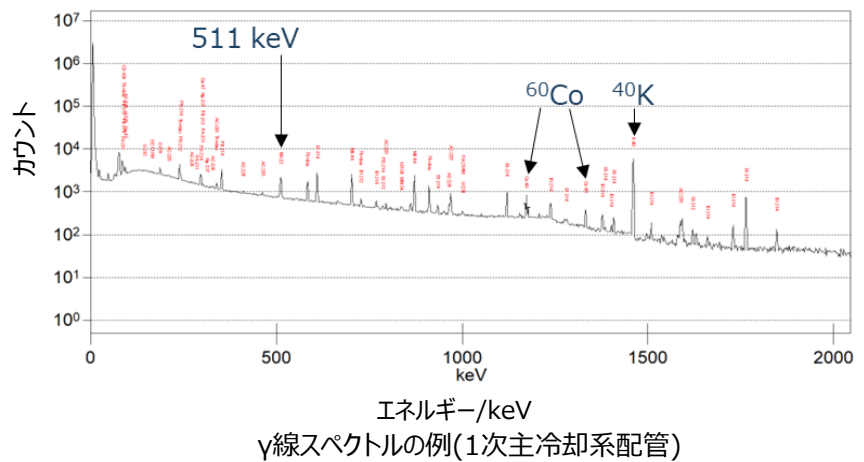
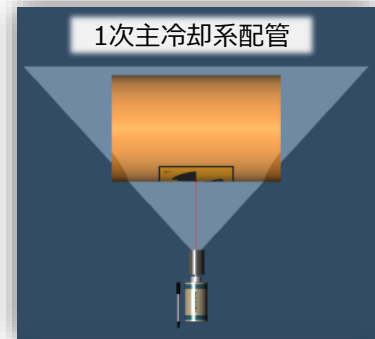


- ◆ NaI(Tl)シンチレーション検出器による表面線量率測定の結果から、作業者の被ばく低減を目的とした解体前の汚染の除去は不要と判断。
- ◆ 表面線量率が有意に上昇した箇所や系統の代表的な箇所についてGe半導体検出器によるγ線スペクトル測定を実施し、その結果を基に核種の特定及び放射能濃度の評価を実施中。
- ◆ 現場の測定では個別に標準線源を用意できないことから、測定体系をモデル化して測定効率を評価中。

測定時



モデル化



モデル化による測定効率の評価

## 参考資料

参考1：両ドアバルブの閉止不可発生までと調査・復旧対応の時系列(1/2), (2/2)

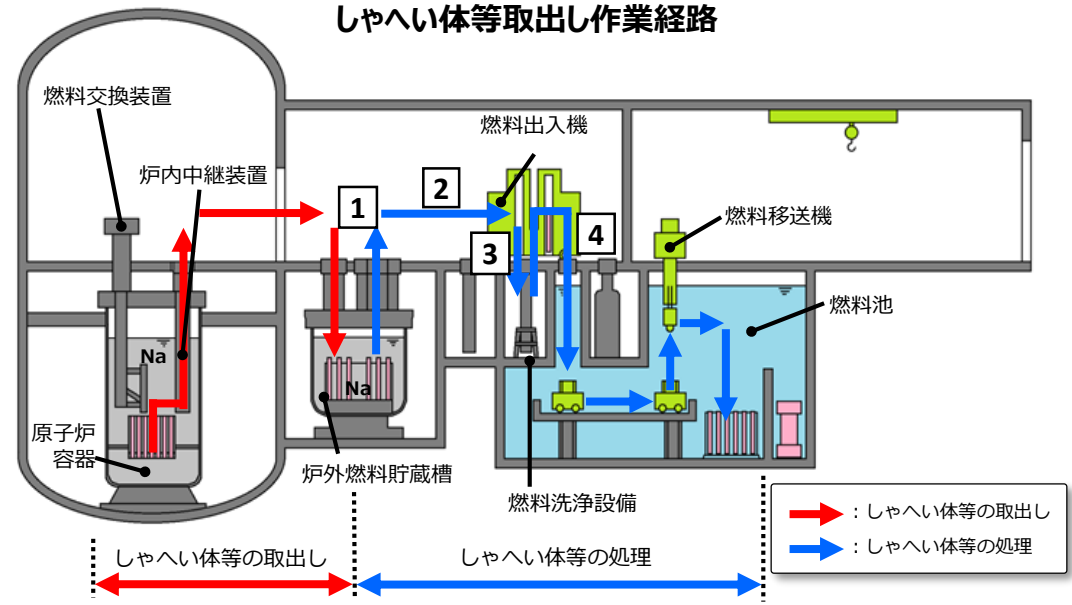
参考2：滴下ナトリウムによる本体Aドアバルブ全閉阻害（10月23日）

参考3：手動操作モード固有の警報（10月25日）

参考4：燃料移送ポットを吊り上げたメカニズム

参考5：復旧作業(その1), (その2)

しゃへい体等取出し作業経路



しゃへい体等の処理の流れ

- ① EVSTから対象物を燃料出入機本体Aに収納
- ② 燃料出入機本体Aを燃料洗浄設備に移動
- ③ 燃料出入機本体A内から燃料洗浄設備内に対象物を装荷しNa洗浄
- ④ 洗浄した対象物を洗浄設備から燃料出入機に収納し、燃料池へ移送

両ドアバルブの閉止不可発生までの主な時系列

<p>令和5年 10月23日</p>	<p>4体あるII型のうち、2体目の処理完了後、3体目のII型の処理を開始。 EVSTからII型を引抜き、本体Aドアバルブ閉止中、「本体Aドアバルブ開閉モータ(高速)故障」警報が発報し、自動化運転が停止した(上図①作業時に発生)。 本体Aドアバルブは手動にて全閉できたが、EVST床ドアバルブは全閉できなかった。 本体Aドアバルブ及びEVST床ドアバルブが閉止できない原因は滴下ナトリウムの影響と推定(P.19参照)。</p>
<p>10月24日</p>	<p>本体Aドアバルブ及びEVST床ドアバルブに付着している表面等のナトリウムを除去し「全閉」後、シーリングが確認できたことから復旧と判断した。</p>
<p>10月25日</p>	<p>手でEVSTからII型を吊り上げたところ、「本体Aグリッパつかみ・はなし異常」警報(重いものの吊り上げ)が発報し、引抜きが停止した(上図①作業時に発生)。 本警報は、手動での軽量物(ドリップパン約0.4kN)の取り扱いを想定した固有のものであり、II型約1.1kNの吊り上げが発報原因と推定(P.20参照)。</p> <p>EVSTから燃料出入機本体AにII型を収納後、燃料洗浄設備に移動し、燃料出入機本体A内から燃料洗浄設備内にII型を装荷していたところ、「本体Aグリッパ昇降異常」警報が発報し、自動化運転が停止した(上図③作業時に発生)。 燃料体取出し時の知見から、II型が燃料洗浄槽のガイド部で停止したことが原因と推定(P.5参照)。</p>



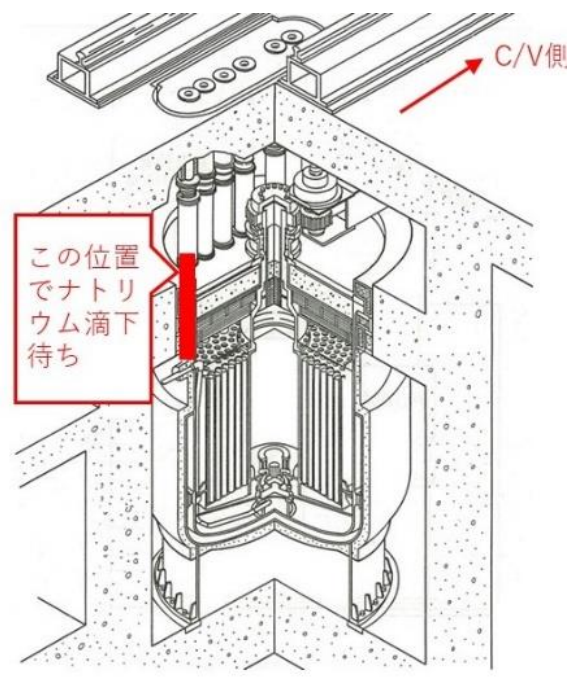
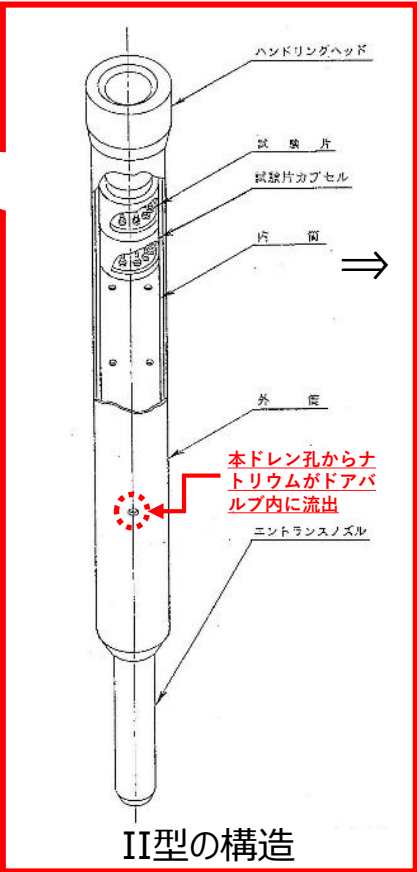
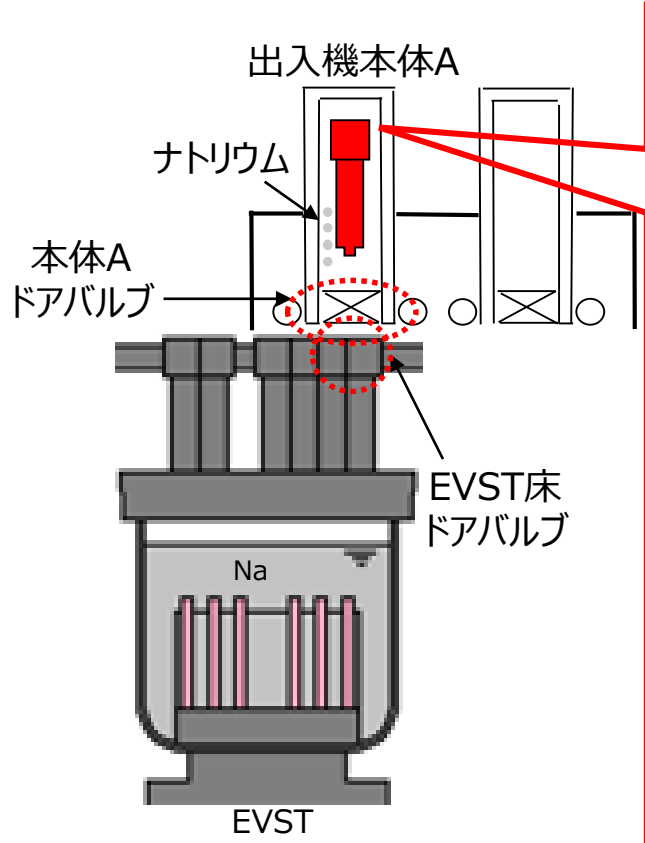
両ドアバルブの閉止不可発生までの主な時系列（続き）	
令和5年 10月25日	II型を燃料出入機本体A内に戻し燃料出入機本体Aドアバルブを閉止したところ、「本体Aドアバルブ開閉モータ（高速）故障」警報が発報し、本体Aドアバルブが閉止できない状態となった。
	洗浄槽床ドアバルブを閉止したところ、「燃料出入設備連動運転渋滞」警報が発報し、洗浄槽床ドアバルブも閉止できない状態となった。
10月26日	本体Aドアバルブ及び洗浄槽床ドアバルブの「開」、「閉」操作を実施したところ、「開」は可能だが、「閉」は中間開度で停止し閉止不可のため、その後、「全開」とした。
	このため、しゃへい体等の処理作業の継続は不可と判断し、長期停止するための系統構成等を実施した。
調査対応	
～11月20日	II型の吊り上げ荷重変動等を基に要因分析した結果に基づき、調査を実施した。
11月21日	調査結果を踏まえ、燃料洗浄槽の液位計フランジ部より目視で内部観察を行った。その結果、 <u>燃料洗浄槽内に取扱対象でない直管状の異物（燃料移送ポット）があることを確認した(P.5参照)</u> 。
復旧対応	
令和6年 1月9日～ 24日	<u>しゃへい体等取出し作業の再開に向けた復旧作業として、燃料移送ポット及びII型をEVSTへ移送した(P.22～P.23参照)</u> 。

### ◆滴下ナトリウムによる本体Aドアバルブ全閉阻害

状況：令和5年10月23日にEVSTからII型を引抜き、燃料出入機本体Aドアバルブ閉止中に警報が発報し、自動化運転が停止した。

判断：II型のみ内部ナトリウムを排出するドレン孔が側面についており、そのドレン孔から飛散したナトリウムがドアバルブの閉止を阻害したものと推定。

対応：ドアバルブ付近のナトリウムを除去し、ドアバルブが正常に開閉することを確認して復旧した(令和5年10月25日)。ナトリウム飛散を防止する対策として、EVST内でドレン孔が露出するまでII型を吊り上げ、内部ナトリウムを滴下させる運転手順に変更。



II型の内部ナトリウムを滴下させる位置

II型の構造及びナトリウム滴下のイメージ

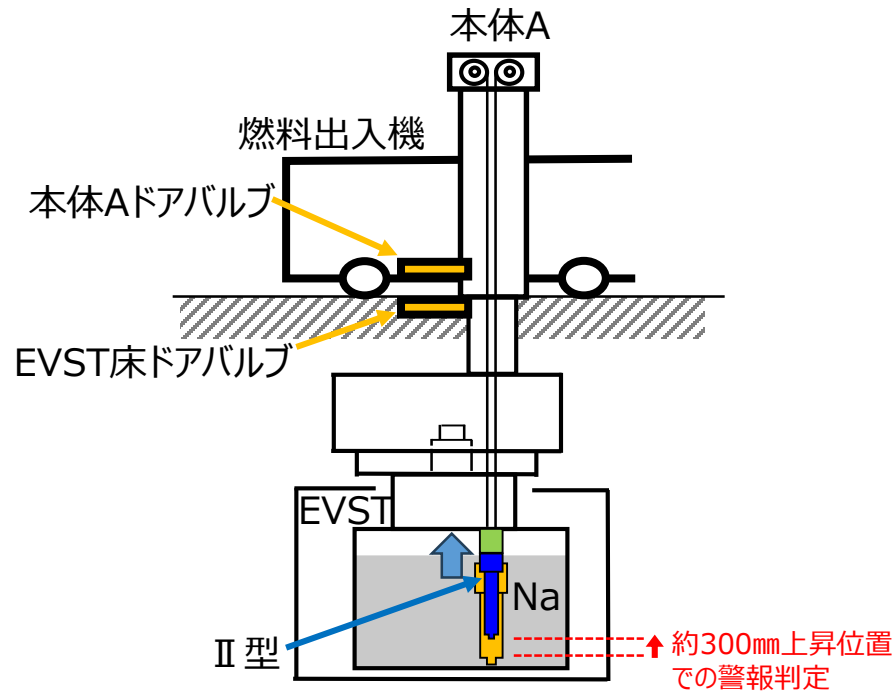
◆手動操作モード固有の警報の状況と判断

状況：手動での軽量物(ドリップパン約0.4kN)の取り扱いを想定した警報であったが、今回手動でⅡ型約1.1kNを吊り上げたことにより警報（ドリップパンよりも重いと判定）が発報した。

判断：集合体しかつかまないアダプタを用いていること、荷重が重量物であること、荷重が基準以内であることから正常※と判断。

対応：手順書に基づき吊り上げを再開。

※：燃料出入機のグリッパは、自動、手動の運転モードにかかわらず、操作員が位置と荷重を確認して、確実に吊り上げていることを判定する手順書となっている。吊り上げ荷重の基準は、グリッパで吊り上げている対象物の種類にかかわらず、「0.84kN～4.17kN」の範囲内であることとしており、これはグリッパで吊り上げる対象物全ての荷重を考慮して、吊り・不吊りが判定できる値として設定している。

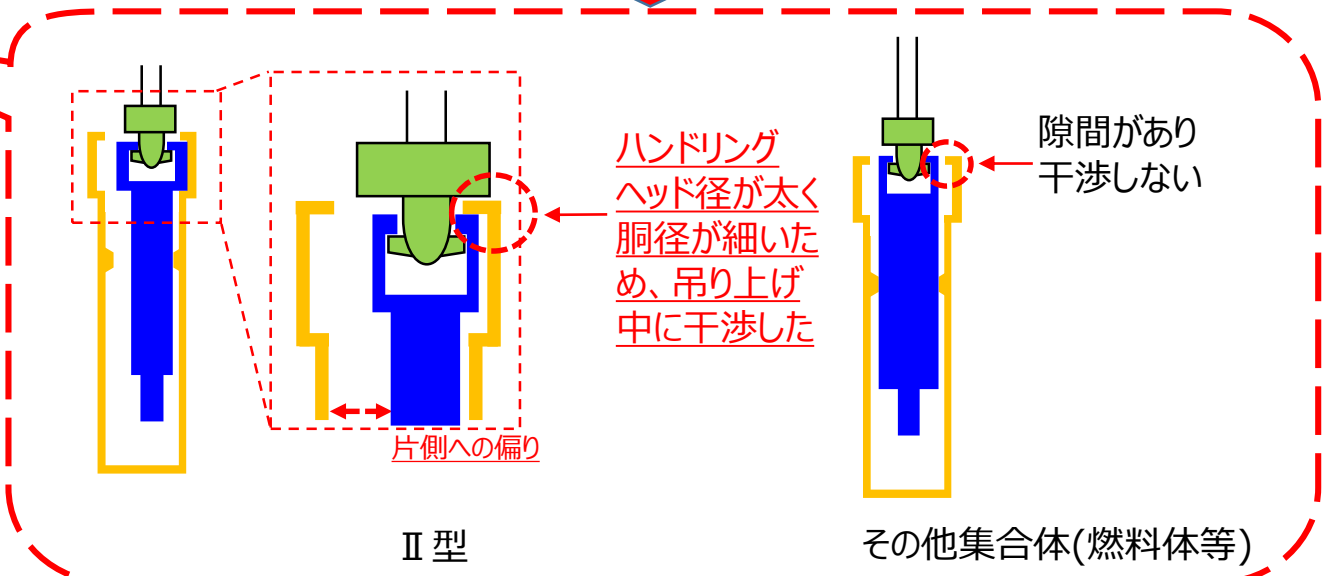
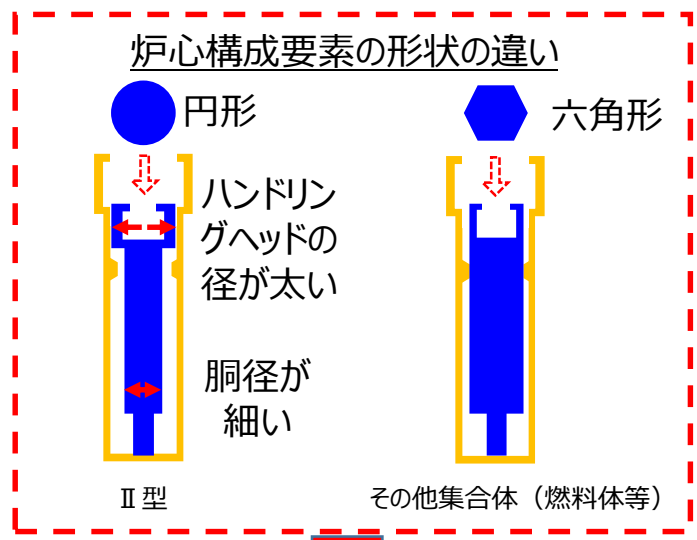
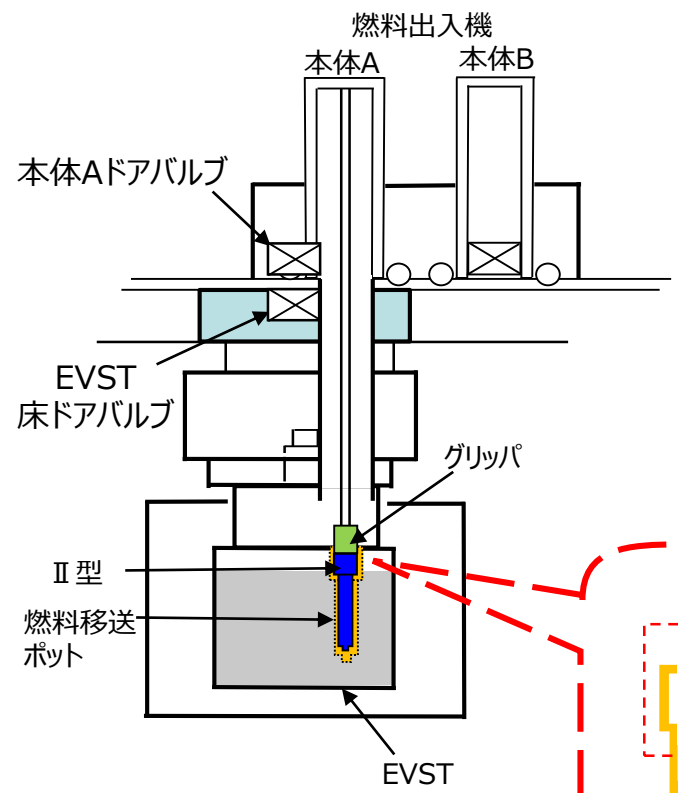


「本体Aグリッパつかみ・はなし異常」警報発報時の状況



参考 4 燃料移送ポットを吊り上げたメカニズム

- ◆II型はハンドリングヘッド径が太く胴径が細い形状。
- ◆この形状により燃料出入機本体AへのII型吊り上げ時の片側への偏りにより、燃料移送ポットのハンドリングヘッドに干渉し共に吊り上げたものと推定。





復旧方法：燃料移送ポット内のナトリウムを固化させた状態でプラバックを設置し、燃料出入機本体Aのグリッパを燃料移送ポットを吊り上げるアダプタ（ポットアダプタ）に交換する（1/4から準備を行い、1/9からB2エリアの設定等の現場作業を開始する）。

1/12 (金)	1/15 (月)		1/15 (月) ~1/18 (木)
<p>・プラバック設置</p>	<p>・グリッパ駆動装置取外し                      ・閉止板の設置（内部観察用の観察窓付）                      ・燃料出入機本体A内（コフィン内）の観察（可視可能範囲内の健全性確認）</p>	<p>・アダプタ交換                      （燃料アダプタ→ポットアダプタ）                      ※：必要に応じてグリッパの手入れ・清掃を行う。</p>	<p>・グリッパ駆動装置復旧                      （プラバックは再利用）                      ・復旧後、燃料出入機本体Aの昇温</p>
<p>クレーン                      グリッパ駆動装置                      プラバック                      グリッパ (燃料アダプタ)                      燃料洗浄槽</p>	<p>結束                      閉止板</p>		<p>燃料アダプタ                      ポットアダプタ                      床面 (仮設架台設置)</p> <p>(1/19 (金) は予備日)</p>

移送方法：ポットアダプタで燃料移送ポットを掴み、内部に収納しているⅡ型と共に燃料出入機本体AにてEVSTへ移送する（燃料出入機本体Aの昇温後、1/24に燃料移送ポットをEVSTへ移送する）。

1/22 (月) ~1/23 (火)

1/24 (水) (予備日：1/25~1/26)

- ・燃料移送ポットの吊り上げ確認
- ・ドアバルブの動作確認 (開/閉)
- ・プラバックの設置 (燃料洗浄槽の内部観察時と同じ)

- ・燃料洗浄槽内部、燃料移送ポット下部観察 (CCDカメラ挿入)
- ・EVSTへの移送

