

もんじゅの廃止措置の状況について

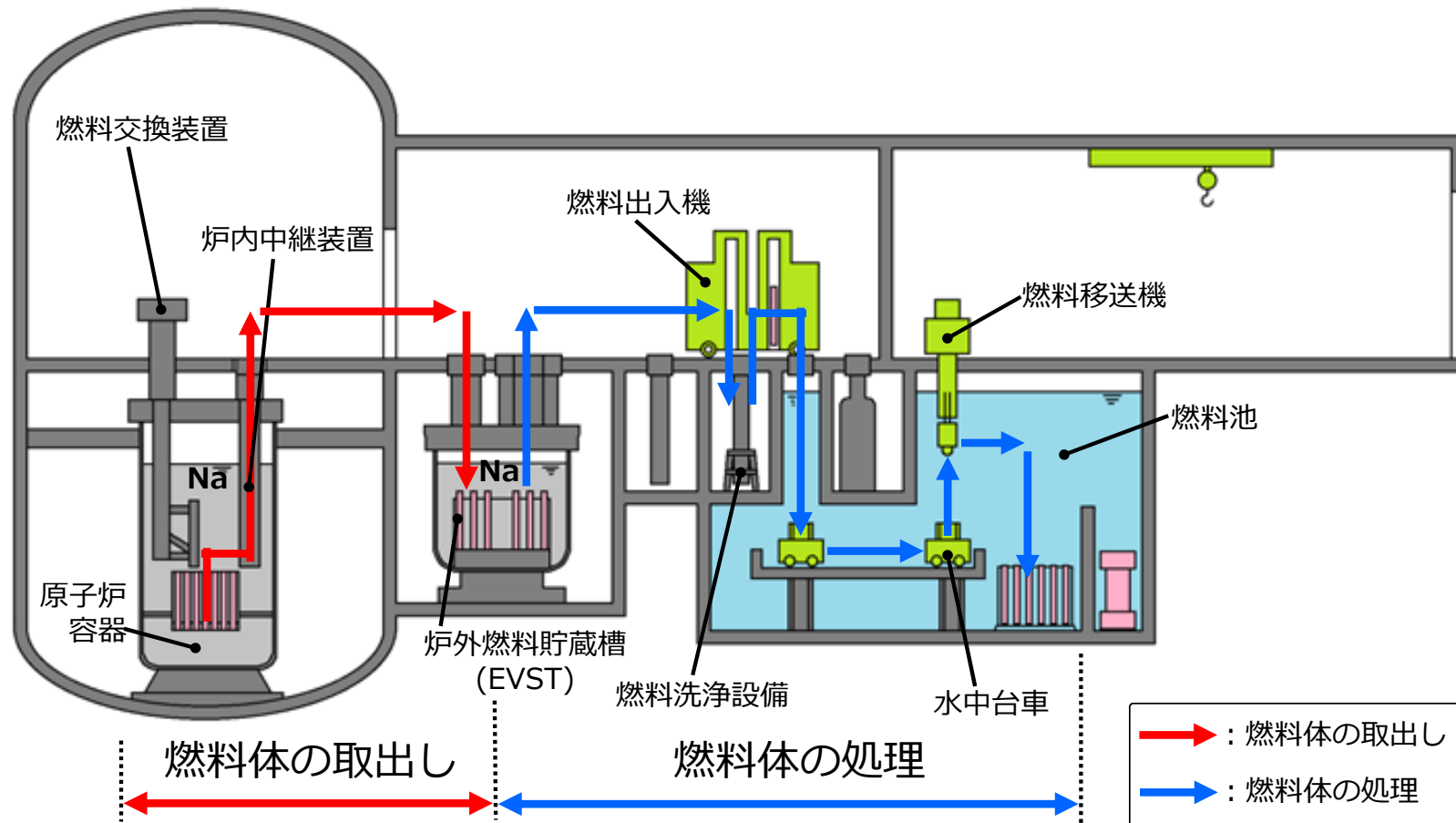
2024年5月14日

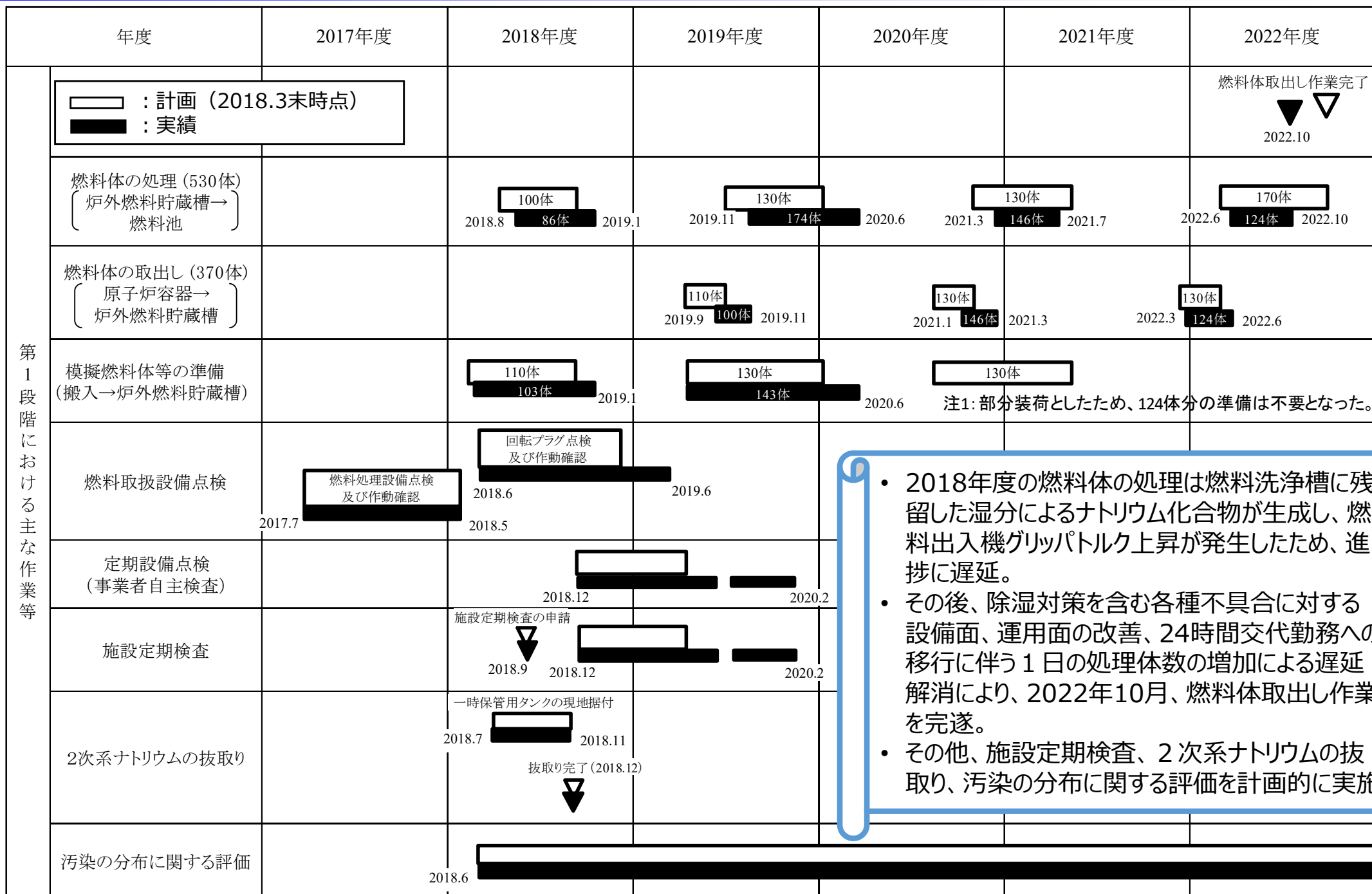
国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

- 廃止措置の全体工程（30年間）を4段階に区分し、段階的に進める。
- 燃料体の取出しを最優先に実施し、第1段階（～2022年度）中に取出しを完了。
- 第2段階（2023年度～2031年度）では、ナトリウム搬出などのナトリウム機器解体準備を実施。

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（認可後）～2022（R4） （H30）	2023（R5）～2031（R13）	2032（R14）～	2047（R29）
主な実施事項	燃料体の取出し			
		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			

- 第4キャンペーンとして、原子炉容器から炉外燃料貯蔵槽(以下、EVSTという)への取出しを2022年3月から開始し、10月13日、計画していた124体の移送を完了。
- この作業をもって、2018年8月より実施してきた廃止措置計画の第1段階における燃料体取出し作業は全て完了。
- 燃料体取出し作業で得られたデータ・知見及び評価については、JAEA研究開発報告書に取りまとめた。





第1段階における主な作業等

- 2018年度の燃料体の処理は燃料洗浄槽に残留した湿分によるナトリウム化合物が生成し、燃料出入機グリッパトルク上昇が発生したため、進捗に遅延。
- その後、除湿対策を含む各種不具合に対する設備面、運用面の改善、24時間交代勤務への移行に伴う1日の処理体数の増加による遅延解消により、2022年10月、燃料体取出し作業を完遂。
- その他、施設定期検査、2次系ナトリウムの抜取り、汚染の分布に関する評価を計画的に実施。

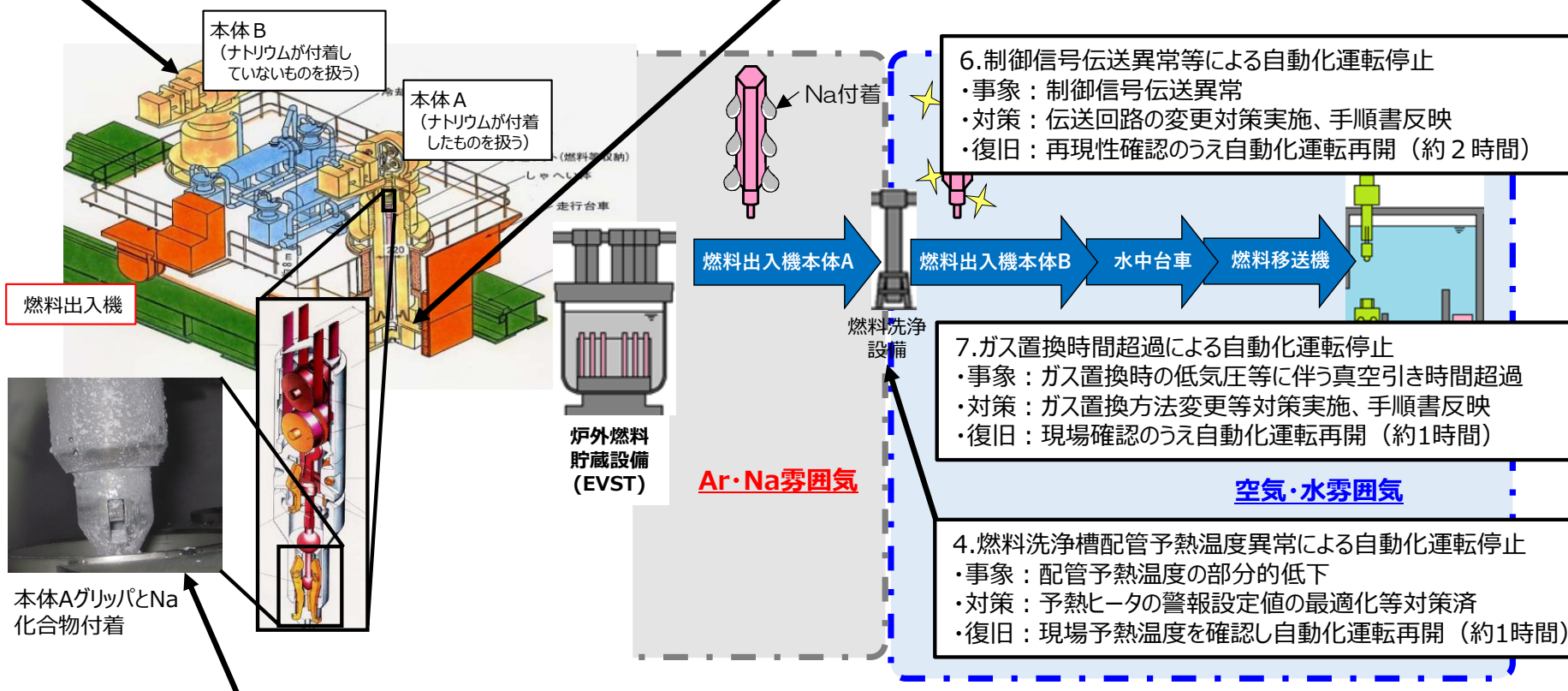
- ▶ 初期の燃料体取出しでは、燃料出入機グリップトルク上昇等が発生し、作業の進捗が遅延。その後、除湿対策等以下の不具合対策を講じることにより、長期の停止に至ることなく進捗、計画通り完遂。燃料取扱システムの性能確認と実証、燃料取扱作業の信頼性向上、作業期間短縮のための運転ノウハウ及び設計改良に資する知見を集積。

2. 燃料出入機本体Bグリップのつかみはなし異常（トルク上昇）

- ・事象：グリップ駆動部メカニカルシールの摺動抵抗増加
- ・対策：メカニカルシール交換済み、加温適用
- ・復旧：本体B駆動部を分解しシール交換（約1ヶ月要、予備品確保済み）

3. 燃料出入機本体Aドアバルブのナトリウム付着によるシール漏れ

- ・事象：ドアバルブ付着NaがNa化合物となりドアシールからArガス漏えい
- ・対策：本体A直接冷却系停止等対策済、手順書反映
- ・復旧：本体A分解しドアバルブ付着Na等の手入れ（約1ヶ月要）



1. 燃料出入機本体Aグリップのつかみはなし異常（Na等の固着）

- ・事象：付着Naが湿分等でNa化合物となりグリップ爪開閉動作が渋くなる
- ・対策：燃料洗浄槽の除湿対策実施済、グリップトルクの継続的監視及び洗浄時期の計画運用（約40体処理毎）
- ・復旧：本体Aグリップ洗浄（約3～5日要）

6. 制御信号伝送異常等による自動化運転停止

- ・事象：制御信号伝送異常
- ・対策：伝送回路の変更対策実施、手順書反映
- ・復旧：再現性確認のうえ自動化運転再開（約2時間）

7. ガス置換時間超過による自動化運転停止

- ・事象：ガス置換時の低気圧等に伴う真空引き時間超過
- ・対策：ガス置換方法変更等対策実施、手順書反映
- ・復旧：現場確認のうえ自動化運転再開（約1時間）

4. 燃料洗浄槽配管予熱温度異常による自動化運転停止

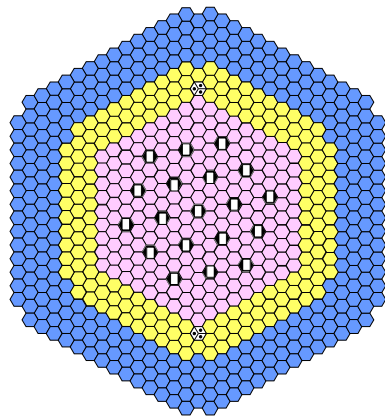
- ・事象：配管予熱温度の部分的低下
- ・対策：予熱ヒータの警報設定値の最適化等対策済
- ・復旧：現場予熱温度を確認し自動化運転再開（約1時間）

5. 洗浄水の電気伝導度高による自動化運転停止（電導度>500μs/cm）

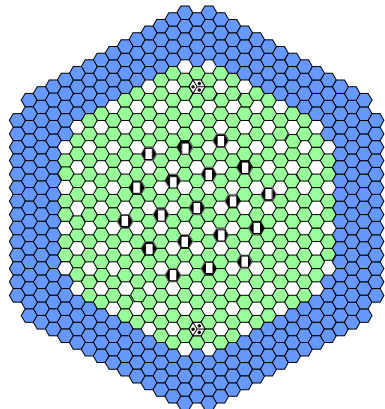
- ・事象：残留Naが多い場合にプログラム回数で電導度が規定値に達しない
- ・対策：追加洗浄運転を自動化対策済
- ・復旧：追加洗浄（1回当たり約30分）

- 燃料体取出し後の炉心に装荷していた模擬燃料体について、廃棄物発生量の低減及び装荷プロセスの簡素化の観点から、一部の炉心には模擬燃料体を装荷しない（部分装荷）運用を計画、実施。
- 部分装荷で燃料体が傾斜した際、燃料体頂部の移動量は増加するが、事前評価において許容範囲(20mm)内であることを確認。
- 実際の燃料体取出し（2022年3月～4月）において、燃料交換装置による燃料体取出しを確実に実施可能であることを確認、部分装荷による運用を実証。

炉心配置図

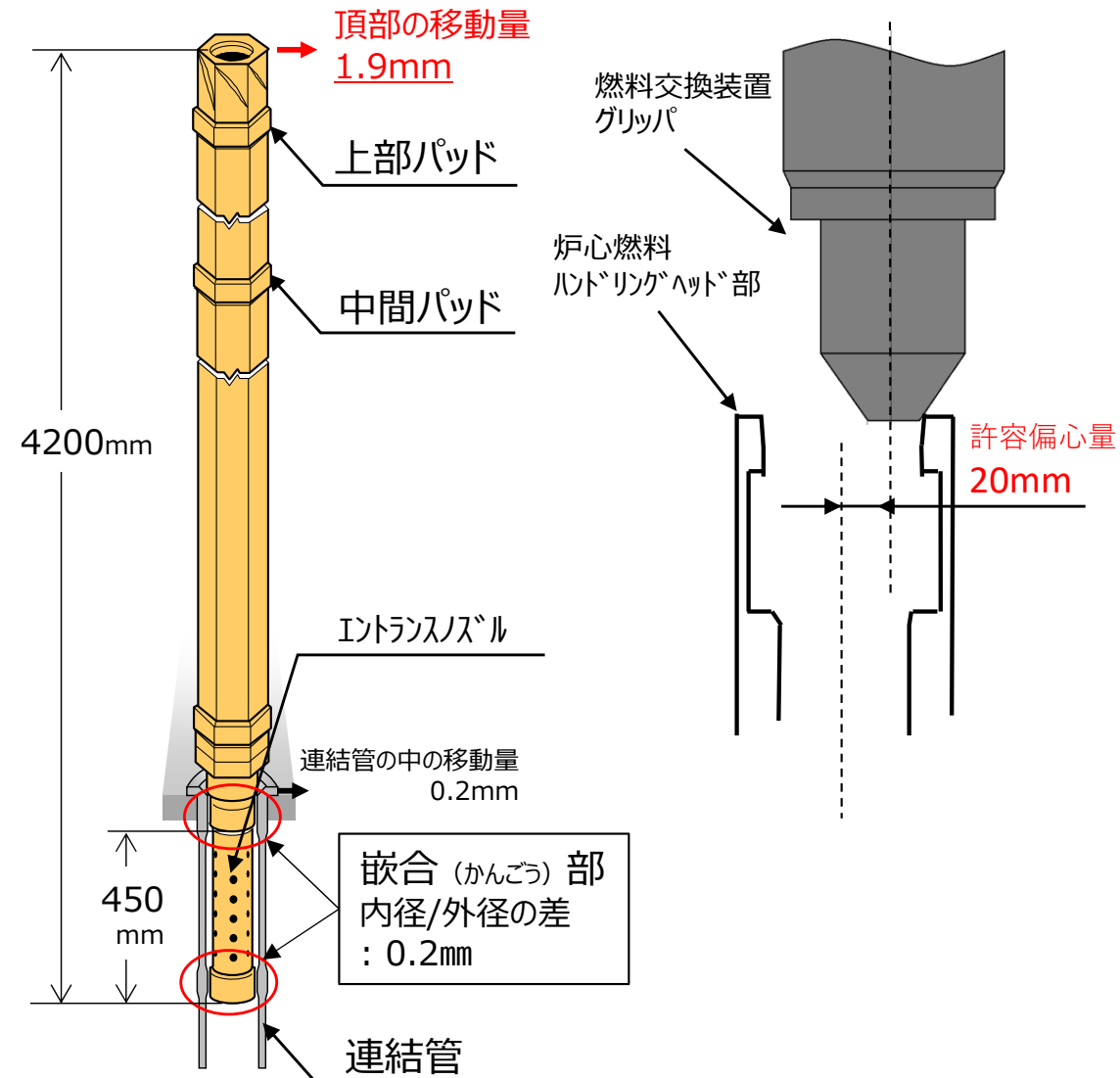


廃止措置開始時



模擬燃料体の部分装荷状態

- 燃料体（炉心燃料集合体）
- 燃料体（ブランケット燃料集合体）
- 中性子しゃへい体等
- 制御棒集合体
- 中性子源集合体
- 模擬燃料体
- 空き



燃料体取出し計画策定から得られた主な知見

- 当初設計で想定した、約130体毎／キャンペーンの燃料体取出しを継続して実施可能であることを実証
- 工程策定に関して以下のノウハウを蓄積
 - ◆ 操作の習熟度に応じた一日当たりの燃料体取出し体数
 - ◆ 燃料出入機Aグリッパに付着するナトリウム化合物除去のためのグリッパ洗浄頻度
 - ◆ 燃料体から滴下するナトリウム量を考慮した燃料出入機本体Aのドリップパン交換頻度
 - ◆ 燃料出入機の点検頻度、点検期間
 - ◆ 不確かさを考慮した工程予備期間の設定

燃料体取出し体制から得られた主な知見

- 操作チーム（5名4チーム）及び設備チームについては、適切な人員配置、事前の模擬訓練を含む教育の実施により、持続可能な体制を構築
- 新型コロナウイルス感染症等、社会のリスクに所員各自が適切に認識し、対応を備えることにより、燃料体取出しへの影響を回避
- 工程管理総括責任者の下、燃料体取出し作業、設備点検（定期検査）の各工程について進捗を管理する体制を構築。状況に応じて工程を見直しつつ、目標通り2022年中に燃料体取出しを完遂

- 以上の技術的な検討過程や結果、マネジメント上の対応に関する知見については、第2段階におけるしゃへい体等取出しに反映。
- 不具合対応で得られた知見について、「原理的に完全な発生防止が難しい事象」、「使用実績が少ないことに起因する事象」、「システムの最適化が十分でないことに起因する事象」の3分類に整理し、「燃料出入機ドアバルブ」「燃料出入グリッパ」の設計検討への反映項目を抽出。
- 運転・保守対応で得られた知見に基づき、「燃料洗浄設備」の設計検討への反映項目を抽出。
- 今後、得られた知見のFBR次期炉の燃料取扱設備設計への反映に向けた検討を進める。

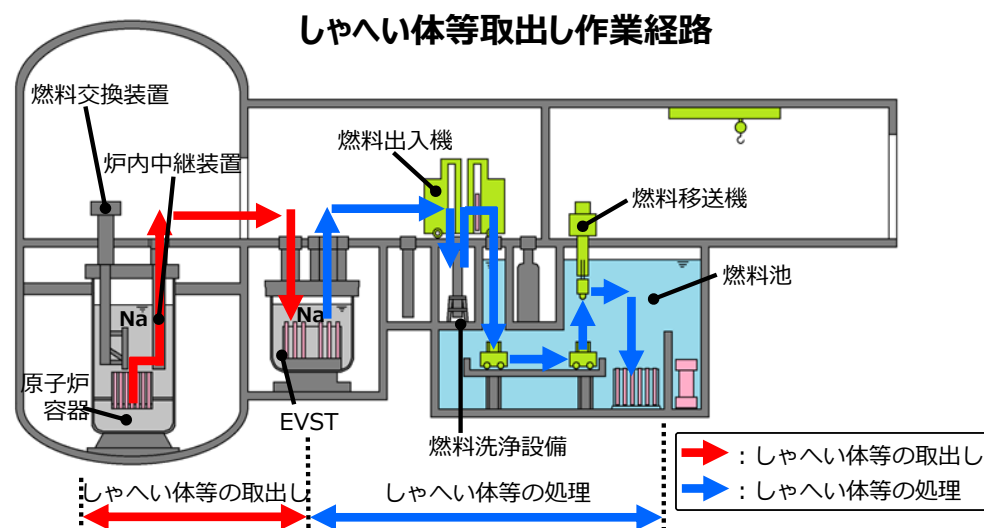
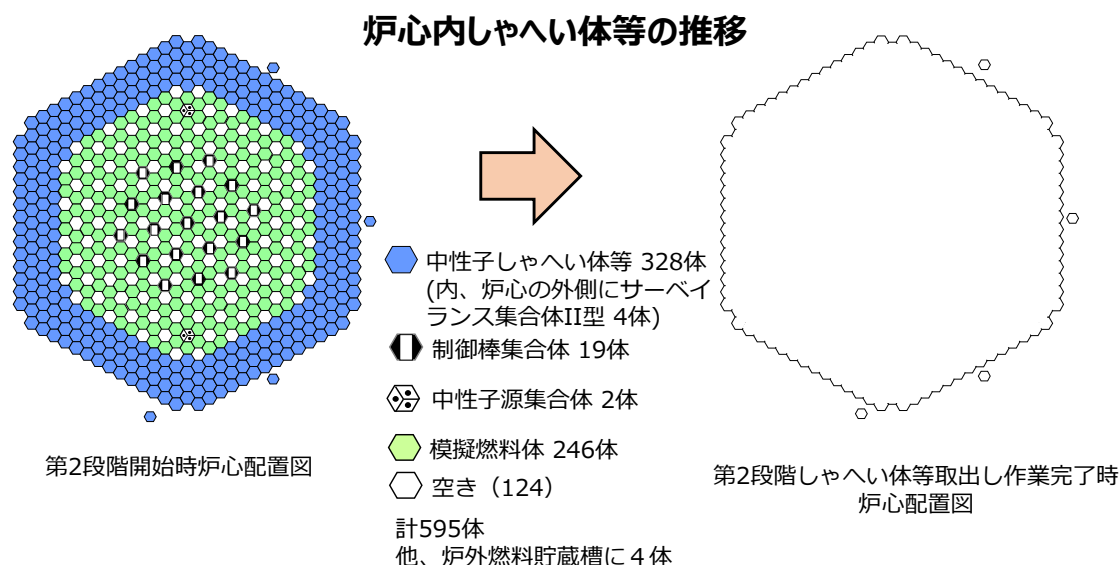
- 第2段階を前半・後半に分割し、前半（緑色の工程）について、2023年2月3日に廃止措置計画の変更認可を受け、2023年度から第2段階に移行。
- 現在、しゃへい体等の取出しや、水・蒸気系発電設備の解体等を進めている。
- ナトリウム搬出に係る具体的な作業内容等について、令和6年度に認可申請を行う予定。

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	20182022	20232031	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		
		現時点	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			

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									
		②ナトリウムの 搬出									
	③水・蒸気系等発電設備の解体撤去										
	④汚染の分布に関する評価										

作業内容は、今後の廃止措置計画変更認可申請で具体化予定

- 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2026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。



- 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、EVSTに移送する作業）を2023年7月4日に完了（取出し体数：202体）。
- 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2023年10月18日より開始。
- 10月25日、サーベイランス集合体II型（以下、II型という）のEVSTから燃料洗浄槽への移送作業において、II型を燃料洗浄設備へ吊り下ろした際にドアバルブが閉止できない事象が発生。

しゃへい体等取り出し状況

	原子炉	炉外燃料貯蔵槽	燃料池
第2段階開始時（スタート）	595体	4体	0体
令和5年10月25日時点	393体	192体	14体
しゃへい体等取出し完了時（ゴール）	0体	0体	599体

発生状況

- ① EVSTからサーベイランス集合体Ⅱ型（以下、Ⅱ型という）を燃料出入機本体Aに収納後、燃料洗浄設備に移動
- ② 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、途中で警報が発報し自動化運転が停止

判断

- ① Ⅱ型を吊り下ろした途中で荷重が0kNとなったことから、Ⅱ型と燃料洗浄槽のガイド部と干渉し、ガイド部で停止したと推定
- ② Ⅱ型吊り上げ時の荷重（約2.58kN）が基準内（0.84kN～4.17kN）であることを確認し、吊り上げ状態に問題はないと判断※1

対応

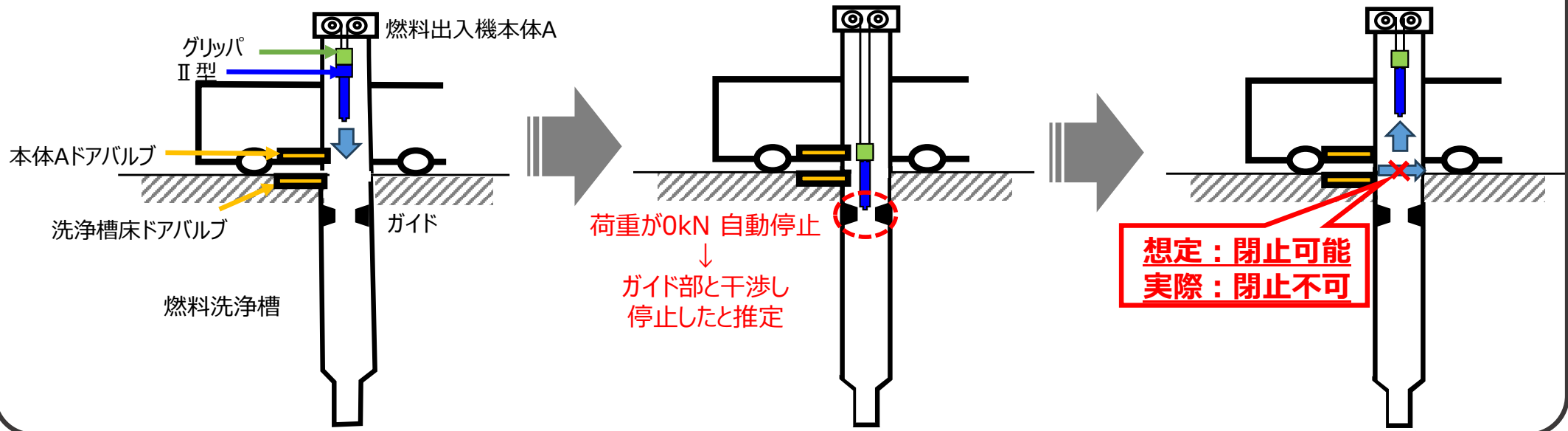
手順書に基づき、Ⅱ型を吊り上げ、燃料出入機本体A内に戻した。

⇒その後、燃料出入機をEVSTに戻すため、ドアバルブを閉止しようとしたところ、閉止できなかった

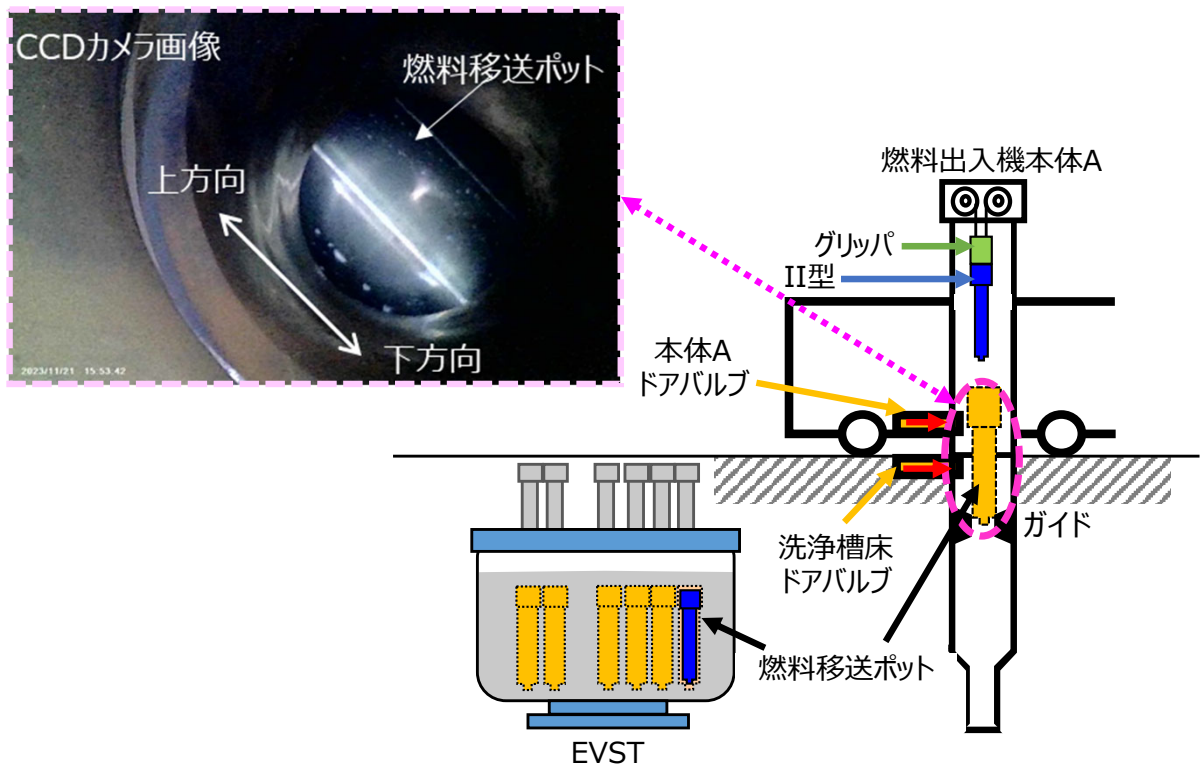
（ドアバルブ閉止を阻害するものはないと考えていたが、閉止できなかった）

※1：燃料出入機のグリップは、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、グリップ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、これはグリップ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。

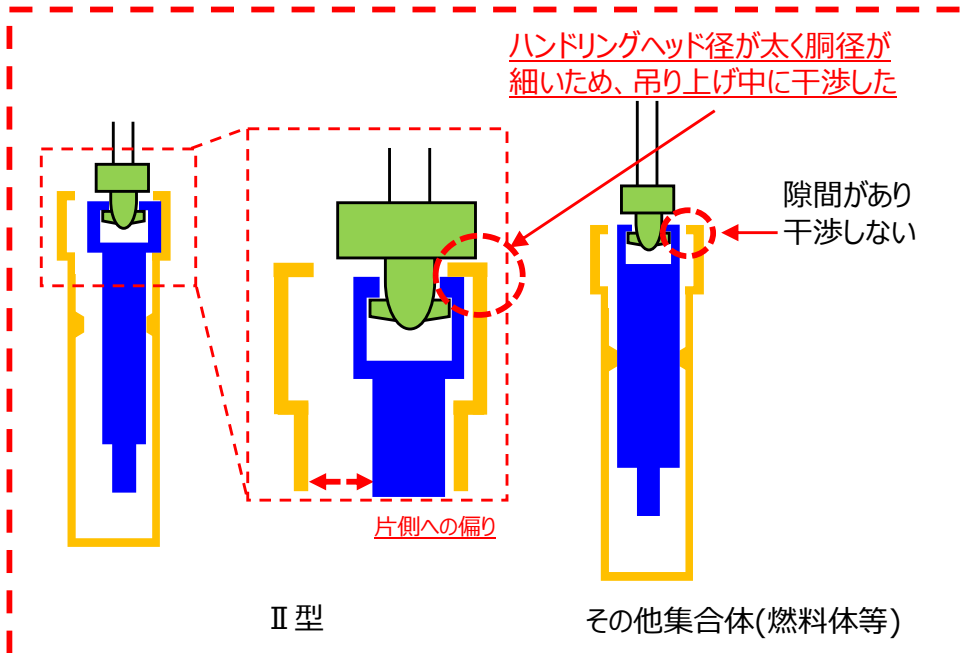
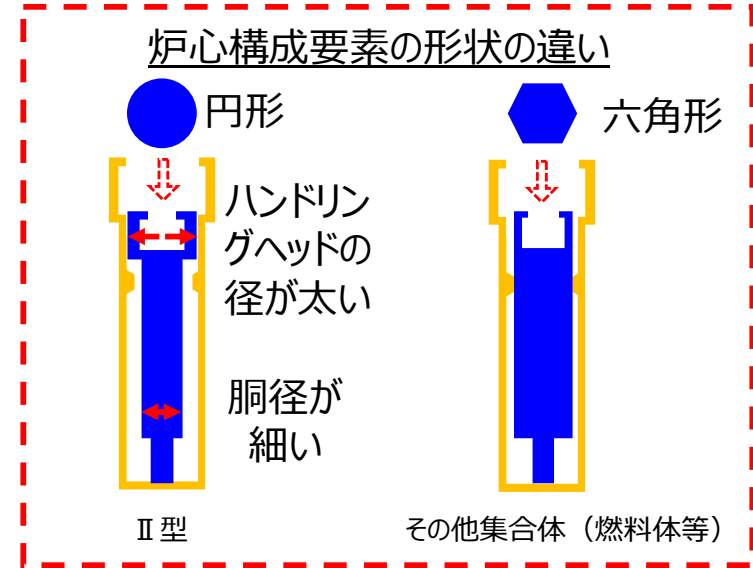
警報発報時の状況（当時推定された状況）



- CCDカメラで燃料洗浄槽の内部観察を行ったところ、燃料洗浄槽内に本来ないはずの燃料移送ポットがあることを確認。
- この燃料移送ポットが本体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）。
- 原因は、サーベイランス集合体Ⅱ型（以下、Ⅱ型という）をEVSTから取り出す際、Ⅱ型が燃料移送ポットの吊り部に干渉し、燃料移送ポットを共に吊りあげ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燃料洗浄槽内ガイド部で停止した状態であると推定）。



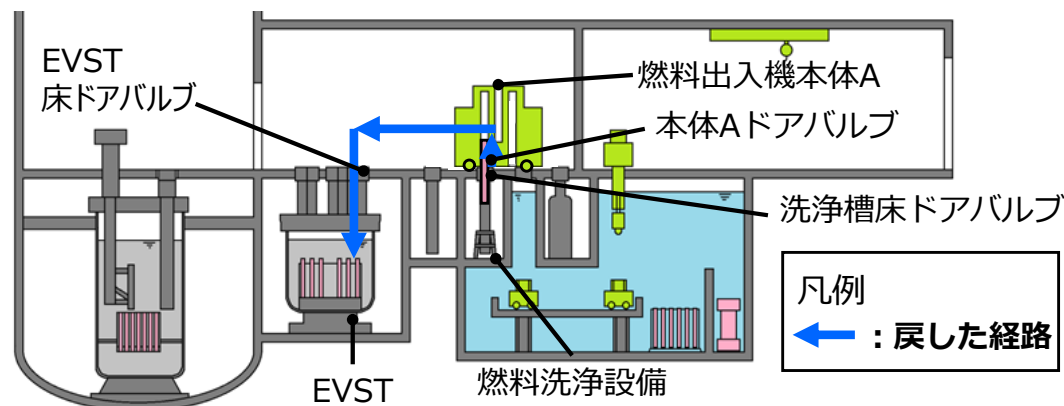
燃料移送ポットにより両ドアバルブが閉止不可となった時の概要図



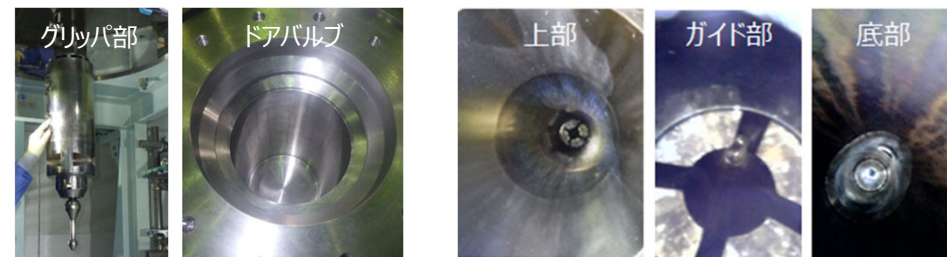
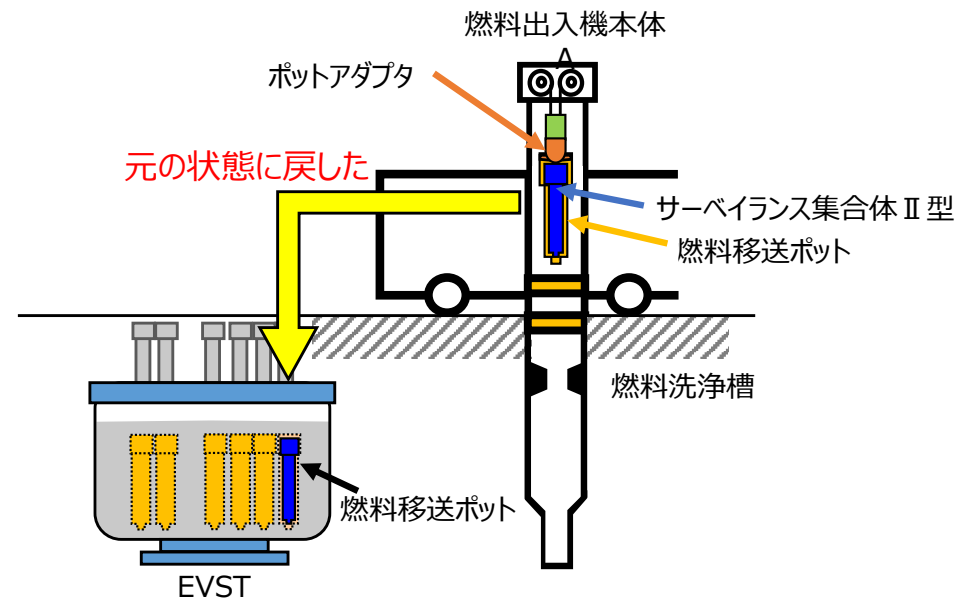
燃料移送ポットを吊り上げたメカニズム

作業再開に向けた設備状態の復旧、燃料取扱設備の点検を実施

- ① 燃料移送ポットを掴むポットアダプタに交換し、燃料出入機本体Aによりサーベイランス集合体Ⅱ型と燃料移送ポットを共に吊りあげてEVSTに戻した（2024年1月24日実施）。



- ② しゃへい体等の処理で動作した機器（燃料出入機本体A、燃料洗浄設備、EVST床ドアバルブ）の設備点検（2月19日～4月12日）の結果、いずれも外観に異常はなく、作動状態も正常であることを確認した。



【燃料出入機本体A】

【燃料洗浄槽】

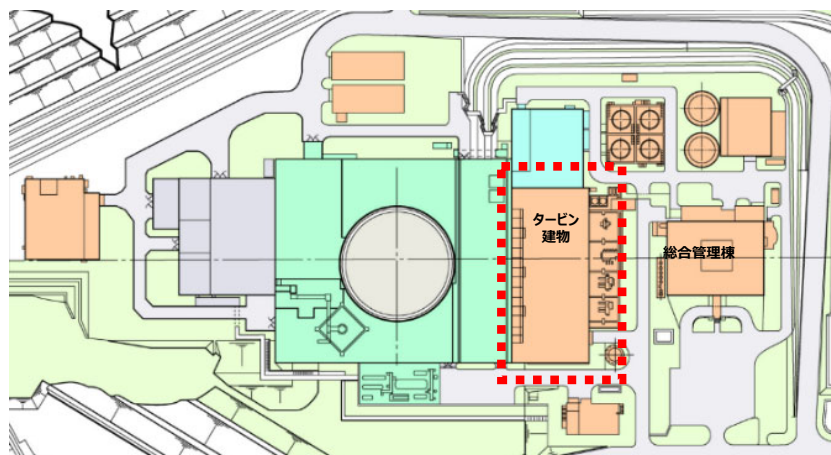
<今後の見通し>

- 2024年9月から定期事業者検査で機能・性能の確認を行い、**しゃへい体等取出し作業は2024年10月頃に再開予定。**
- これまで進めてきたプラント状態に応じた点検対象機器や点検内容への見直し等を進めることにより、**当初計画どおり2026年度に作業を完了できる見込み。**

<原因と対策>

- （原因）吊上げ時の荷重の判定基準が、確実に吊っていることを確認する判定基準のみであったため、移送対象物のみを吊っているか判定できず、共に吊上げたことを確認できなかった。
- （対策）移送対象物のみを吊っていることを確実に判定できるよう、移送対象物の重さに応じた判定基準を対象物毎に設定する。

- 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の確保を目的とし、2023年度から2026年度にかけてタービン建物3階（タービン建屋運転床）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

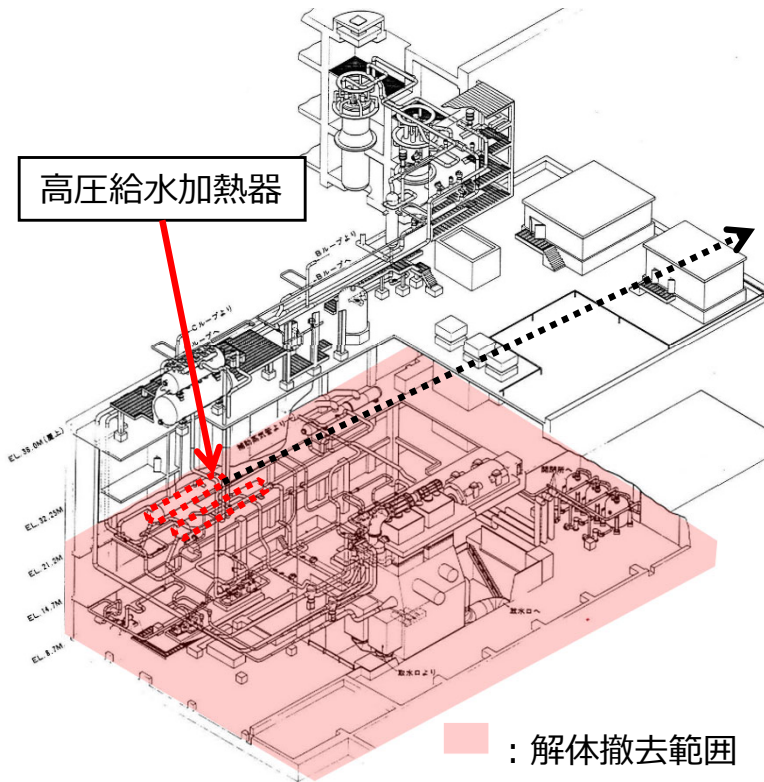


復水器



高圧給水加熱器

高圧給水加熱器の解体撤去



作業開始前



現状



＜高圧給水加熱器の解体撤去作業の様子＞

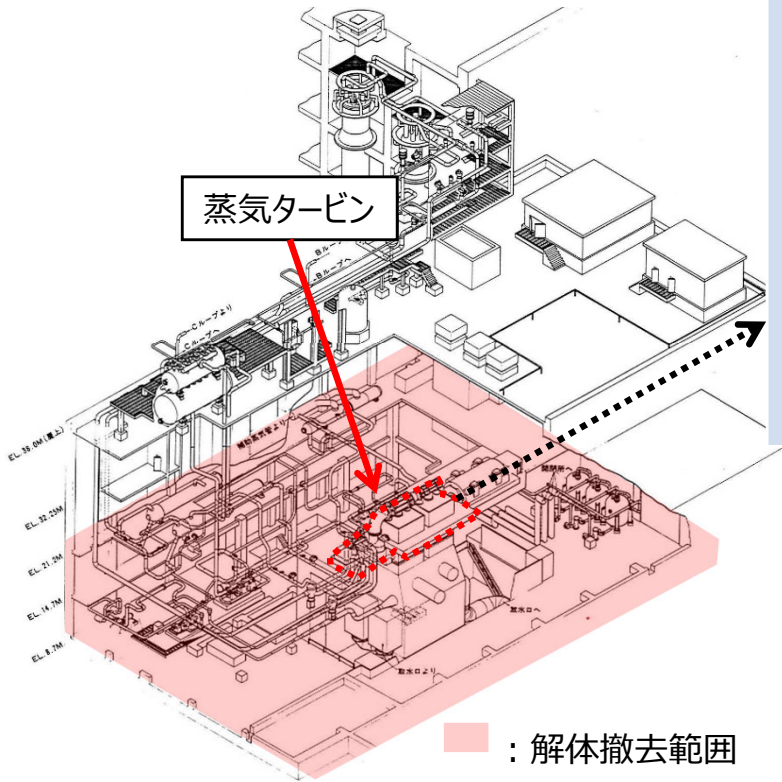


給水加熱器切断時の仮設揚重設備の設置



給水加熱器伝熱管の細断作業

蒸気タービンの解体撤去



タービン建物鳥観図

作業開始前



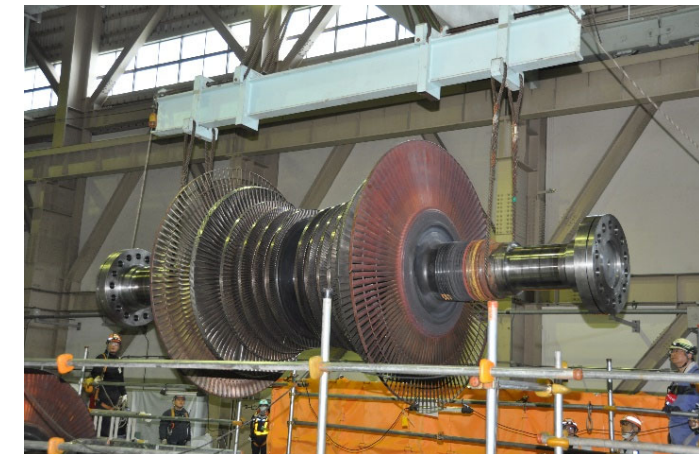
現状



＜蒸気タービンの解体撤去作業の様子＞



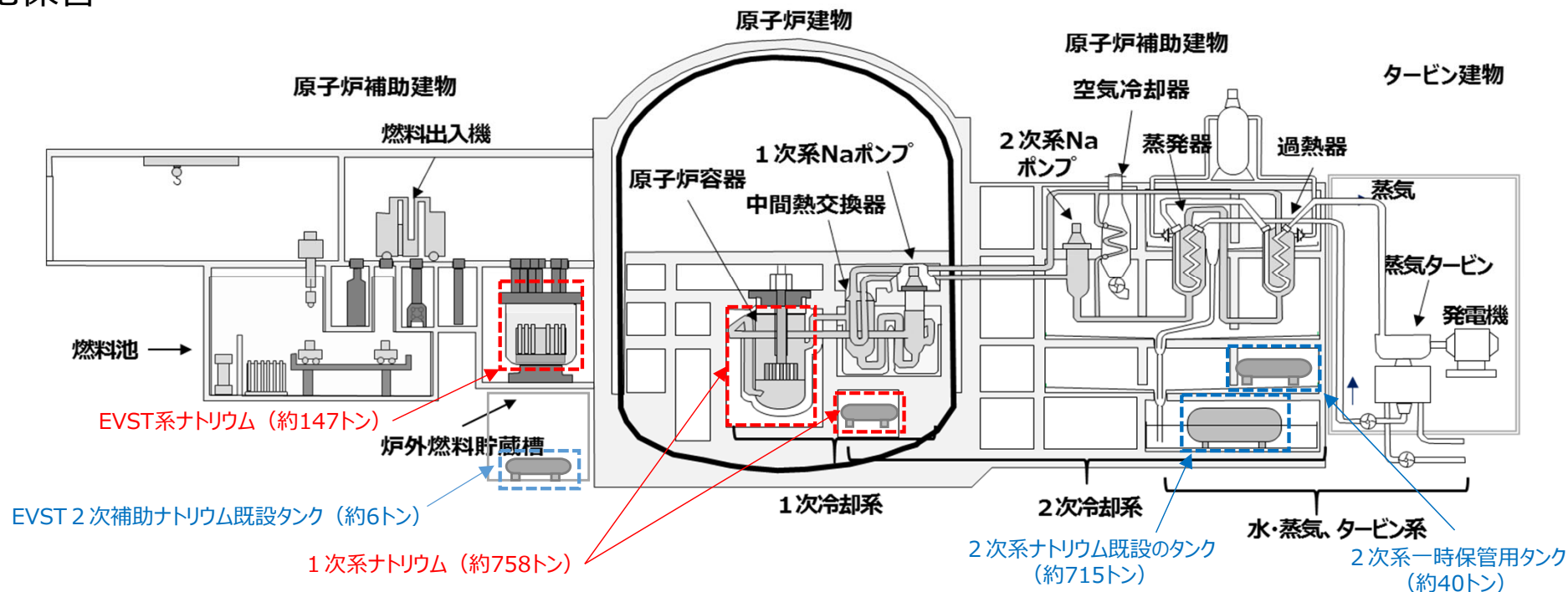
低圧タービン外部車室のガス溶断作業



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

＜第1段階終了時点のナトリウム所在位置と搬出対象＞

現在、原子炉容器及びEVST内のナトリウム以外、1次系及び2次系ナトリウムは全ドレンし、既設ナトリウムタンク等で固化保管



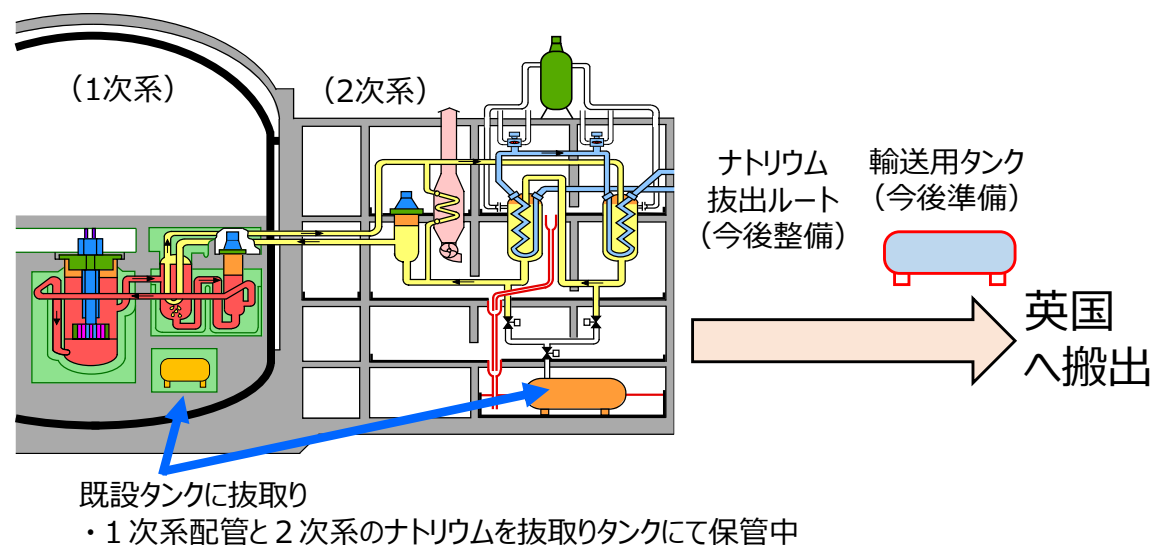
「もんじゅ」におけるナトリウム (現時点における試算値)		第1段階終了時の保有量(トン)			第2段階の搬出対象ナトリウム
		バルクナトリウム※2	バルクナトリウム以外のナトリウム	合計	
非放射性ナトリウム	2次系	728	27	755	・バルクナトリウム ・第2段階回収可能ナトリウム※3(主にタンク底部を目標) 設備解体技術基盤整備に利用するため搬出対象外
	EVST2補系	6	0	6	
放射性ナトリウム	原子炉容器、1次系	727	31	758	・バルクナトリウム ・第2段階回収可能ナトリウム※3(主にタンク底部、燃料移送ポット内を目標)
	EVST1補系	127	19	147	
ナトリウム総計		1,588	77	1,665※1	—

※1 四捨五入しているため、内訳の合計と一致しない ※2 既設設備を用いて通常操作で輸送用タンクへ抜き出すナトリウム ※3 バルクナトリウム以外のナトリウムの内、第2段階で回収可能なナトリウム

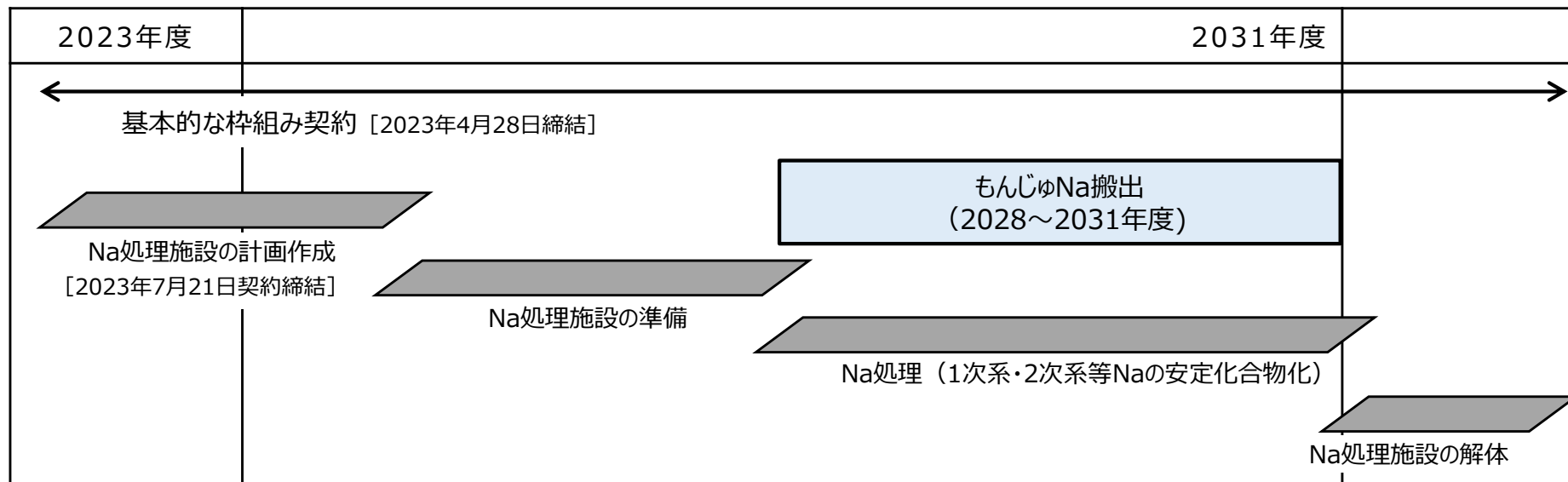
	第2段階（前半）				第2段階（後半）				
	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031年度
バルクナトリウムの抽出・搬出主要工程									
しゃへい体等の取出し	しゃへい体等取出し								
バルクナトリウム搬出	認可事項 ・Na抽出・搬出方法、Na搬出工程 ・非放射性Na抽出設備、安全管理 許認可				許認可	認可事項 ・放射性Na抽出設備、安全管理			
					抽出設備の整備準備／改造工事				
					抽出・搬出				
バルクナトリウム抽出後の 残留ナトリウムの第2段階中の回収	認可事項 ・残留Na回収計画(放射性、非放射性含む) 許認可				許認可	認可事項 ・残留Na回収設備、安全管理(タンク)			
	回収に向けた検討（燃料移送ポット、大型タンク）				残留ナトリウムの回収対応				
	（搬出するNaは英国にて再利用するため、切子等の不純物の混入を避け、汲み上げ又はオーバーフローによる回収を基本とする）								

しゃへい体等取出し作業後の2028年度から2031年度にナトリウムを英国に搬出する。

- 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2023年4月28日に英国キャベンディッシュ社と締結。
- 枠組み契約のもと、英国内でのナトリウム処理に必要な施設・設備の設計や許認可のための個別契約（サービスオーダー 1）を2023年7月21日に英国キャベンディッシュ社と締結。



ナトリウム処理に係る工程イメージ



- もんじゅ使用済燃料については、国内又は我が国が原子力の平和利用に関する協力のための協定を締結している国において再処理を行うため、国内外の許可を有する事業者に移譲する計画。
- その具体的な計画及び方法については引き続き検討し、移譲先が確定した後、廃止措置計画に反映して変更認可を受ける予定。
- なお、今後の検討のための搬出開始見込時期を2034年度、搬出完了見込時期を2037年度としており、現在は、技術的成立性が確立されている仏国での再処理を基本としつつ、その他の選択肢についても排除せず検討中。
- 仏国での再処理に向けた検討に際しては、仏国における特殊燃料の再処理を行うための施設の建設計画の進捗状況も踏まえつつ、以下の対応を実施中。
 - 「もんじゅ」燃料ペレットの性質に関する確認試験（済）
 - 燃料集合体の切断に関する確認試験の検討（今後計画）