

# 高速増殖原型炉もんじゅの 燃料処理作業等に関する説明

平成30年7月8日

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

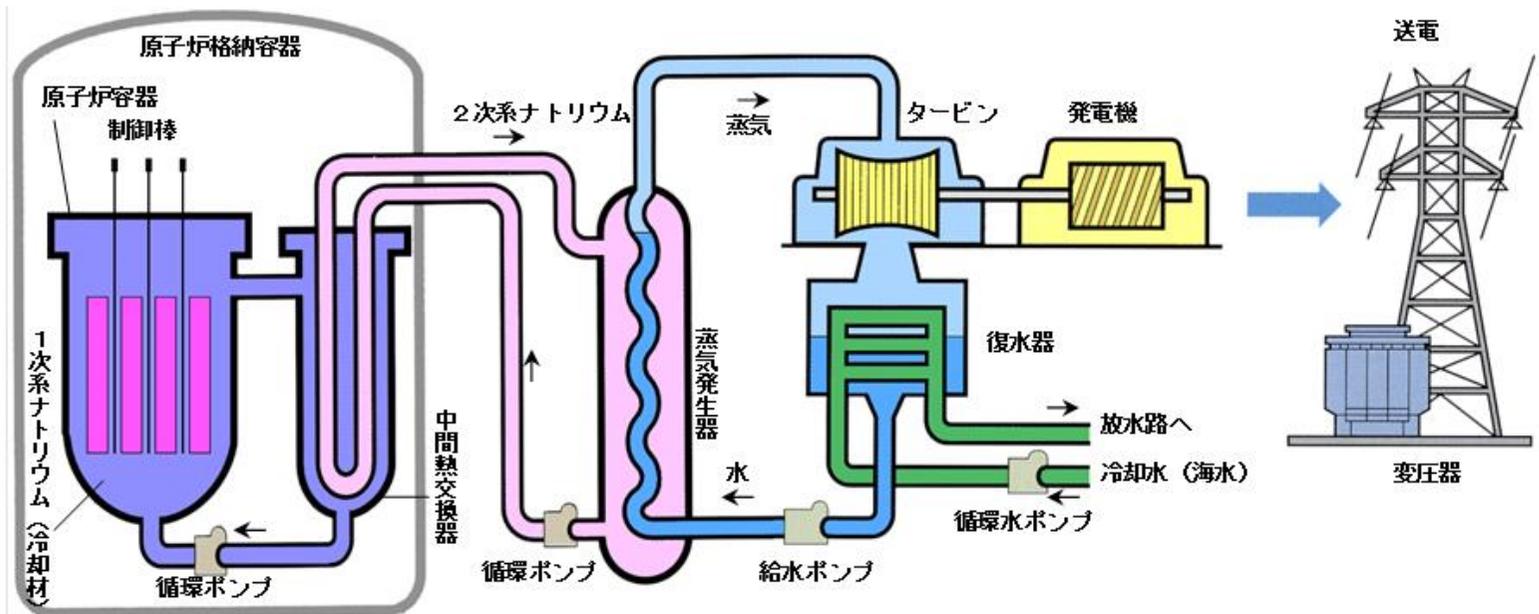
# 位置



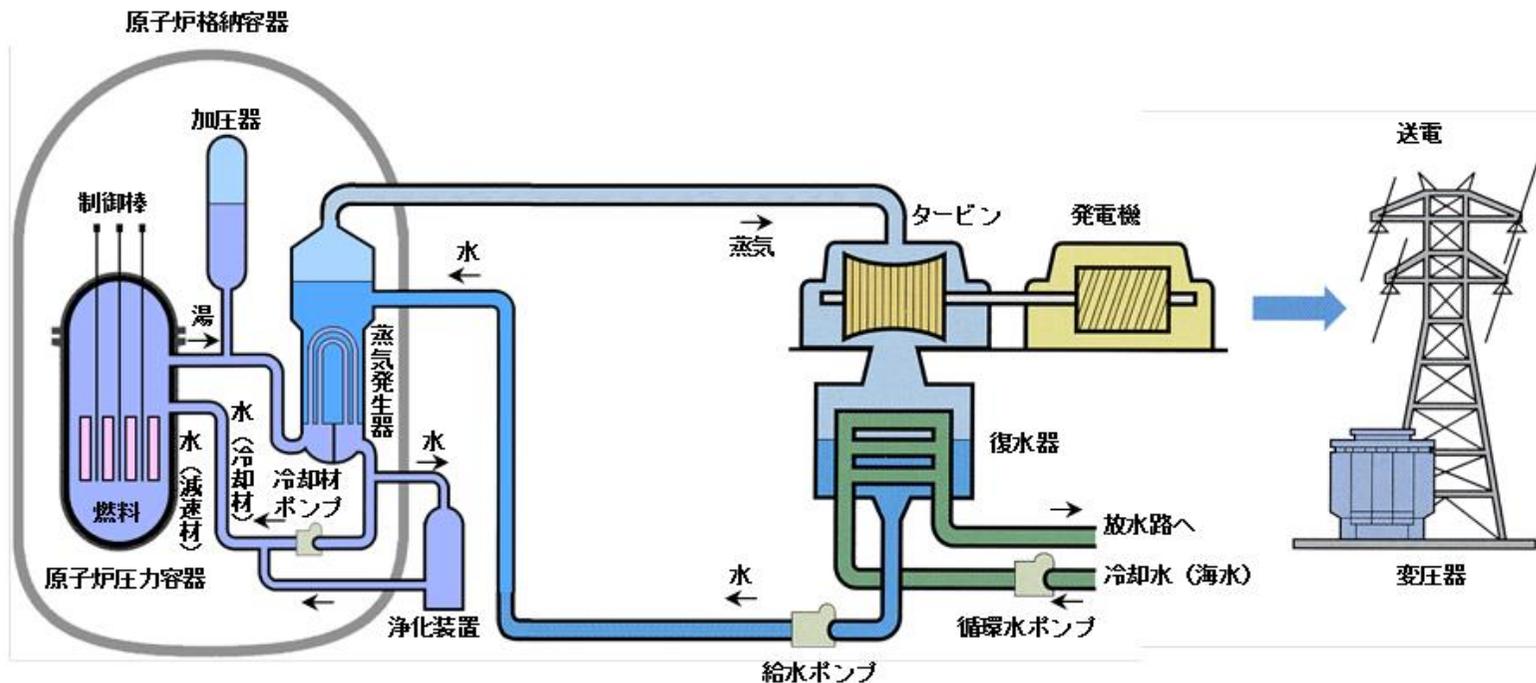
# 「もんじゅ」の概要

# もんじゅの設計 プラント全体構造

高速増殖炉



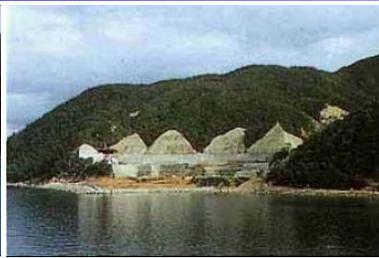
軽水炉 (PWR)



# 「もんじゅ」の経緯



昭和58年2月



昭和60年10月



昭和61年10月



平成3年 4月



平成6年4月初臨界



平成22年5月  
性能試験を再開

1983年5月27日	原子炉設置許可
1994年4月5日	初臨界達成
1995年8月29日	初併入（初送電）
1995年10月13日	電気出力40%到達
1995年12月8日	ナトリウム漏えい事故発生
2005年3月3日	改造工事の準備工事を開始
2007年8月30日	改造工事の工事確認試験を完了
2010年5月3日	性能試験を再開
2012年11月27日	保守管理不備を公表
2013年5月29日	原子力規制委員会による保安措置命令 <sup>*1</sup>

2015年11月13日	原子力規制委員会から文部科学大臣への勧告（機構に代わって出力運転を安全に行う者の特定、又は、安全上のリスクを明確に減少させるよう施設の在り方を抜本的に見直すことを勧告）
2016年12月21日	原子力関係閣僚会議 「高速炉開発の方針」、「『もんじゅ』の取扱いに関する政府方針」を決定
2017年6月13日	「もんじゅ」廃止措置推進チーム、 「もんじゅ」廃止措置現地対策チーム ➤ 政府が「『もんじゅ』の廃止措置に関する基本方針」を決定 ➤ 機構が「『もんじゅ』の廃止措置に関する基本的な計画」を文部科学大臣に提出
2017年12月6日	原子力規制委員会に「もんじゅ」廃止措置計画提出
2018年2月9日	原子炉施設保安規定の変更認可を申請
2018年3月28日	原子力規制委員会「もんじゅ」廃止措置計画、原子炉施設保安規定認可

\*1) 2017年1月18日に原子力規制委員会が効力を失ったものと判断

- 機構は、政府の「『もんじゅ』の廃止措置に関する基本方針」（平成29年6月13日）に基づき、基本的な計画を策定。
- 立地地域並びに国民の理解を得つつ、安全を最優先に廃止措置を進める。

## 【計画の概要】

- 外部からの人的支援や協力を得て、新たな実証部門を創設し、「もんじゅ」が立地する敦賀地区において迅速かつ柔軟に意思決定を行い、円滑に廃止措置を進めるため、当該部門の長に人員、予算等の権限を集中。
- 政府一体となった指導・監督の下、廃止措置を安全、着実かつ計画的に実施し、国の確認、第三者の評価を受ける。
- 廃止措置作業は、安全確保を最優先に、概ね30年で完了することを目指す。当面は燃料体取出しに集中し、基本的な計画の策定から約5年半での燃料体取出し作業の終了を目指す。
- 使用済燃料、ナトリウム、放射性廃棄物については、推進チームの下、政府の基本方針に基づき、政府の県外への搬出についての検討に資するため、技術的な検討を着実に実施。
- 廃止措置のための技術開発等、廃炉実証を通じて得られる様々な知見を整理・蓄積。
- 地元経済に大きな影響を与えないよう、人員を当面維持すると共に、「エネルギー研究開発拠点化計画」に積極的に参画することで、地域振興の取組みに貢献するとともに、立地地域並びに国民の理解を得る取組みを行う。

# 現在のプラント状態

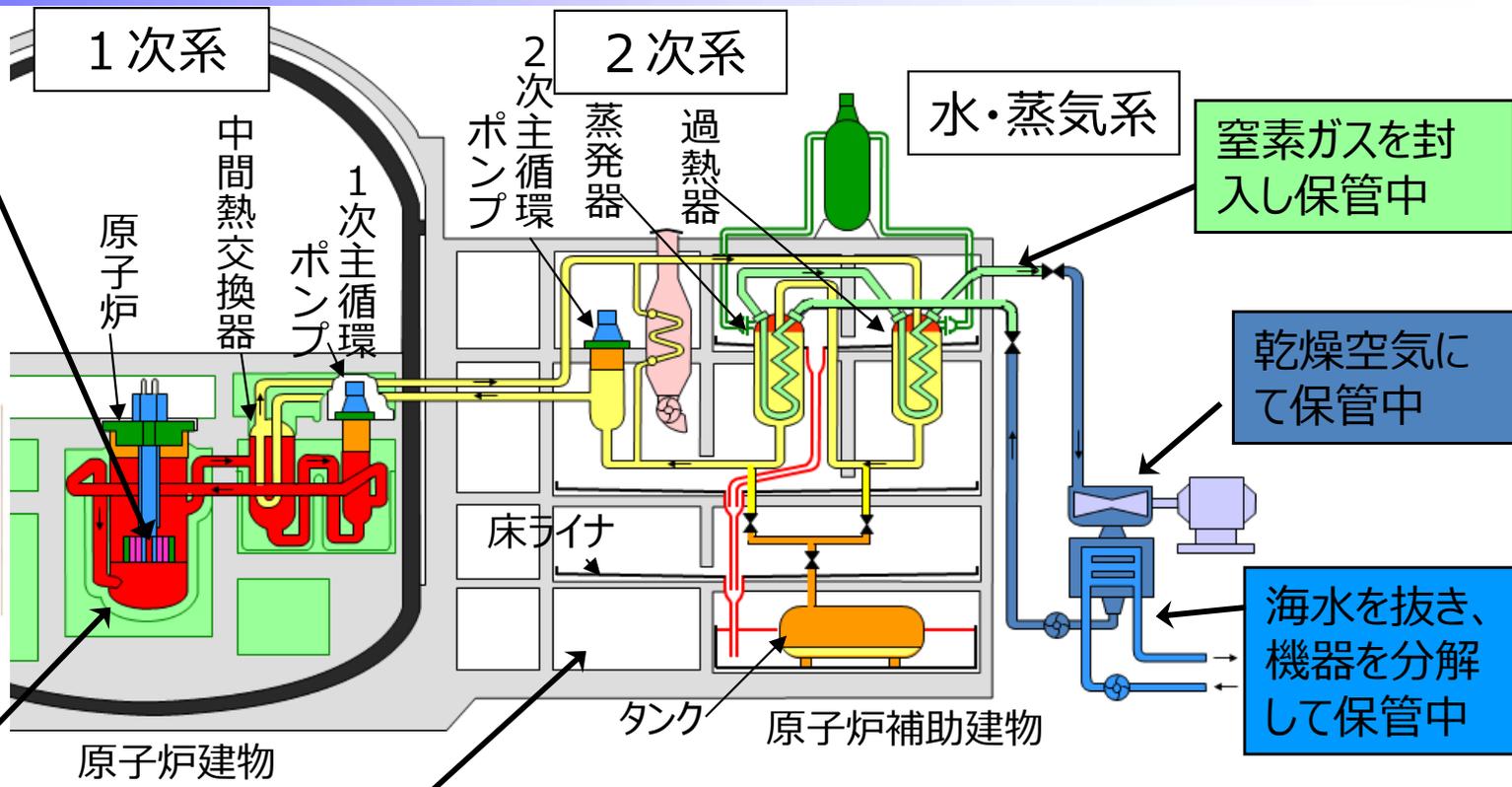
制御棒を挿入し炉は停止中

- ・運転停止に関する恒久的な措置
- ・原子炉モードスイッチを「運転」「起動」に切替できない措置
- ・制御棒駆動装置への電源供給ケーブルの切断及び除去等



1次系・2次系の系統温度を約200℃に維持(Bループのみ)

窒素雰囲気を維持(窒素雰囲気なので、1次Naが漏えいしてもナトリウムは**燃焼しない。**)



窒素ガスを封入し保管中

乾燥空気にて保管中

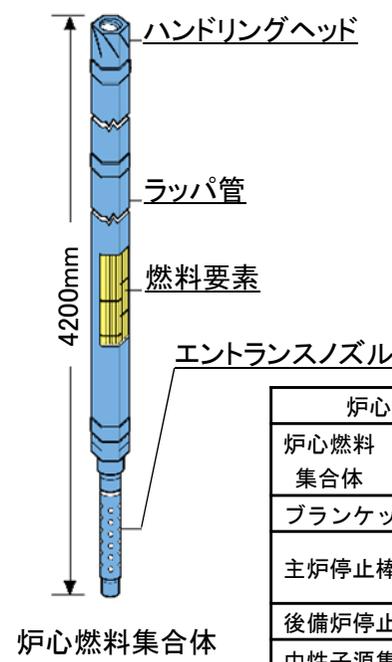
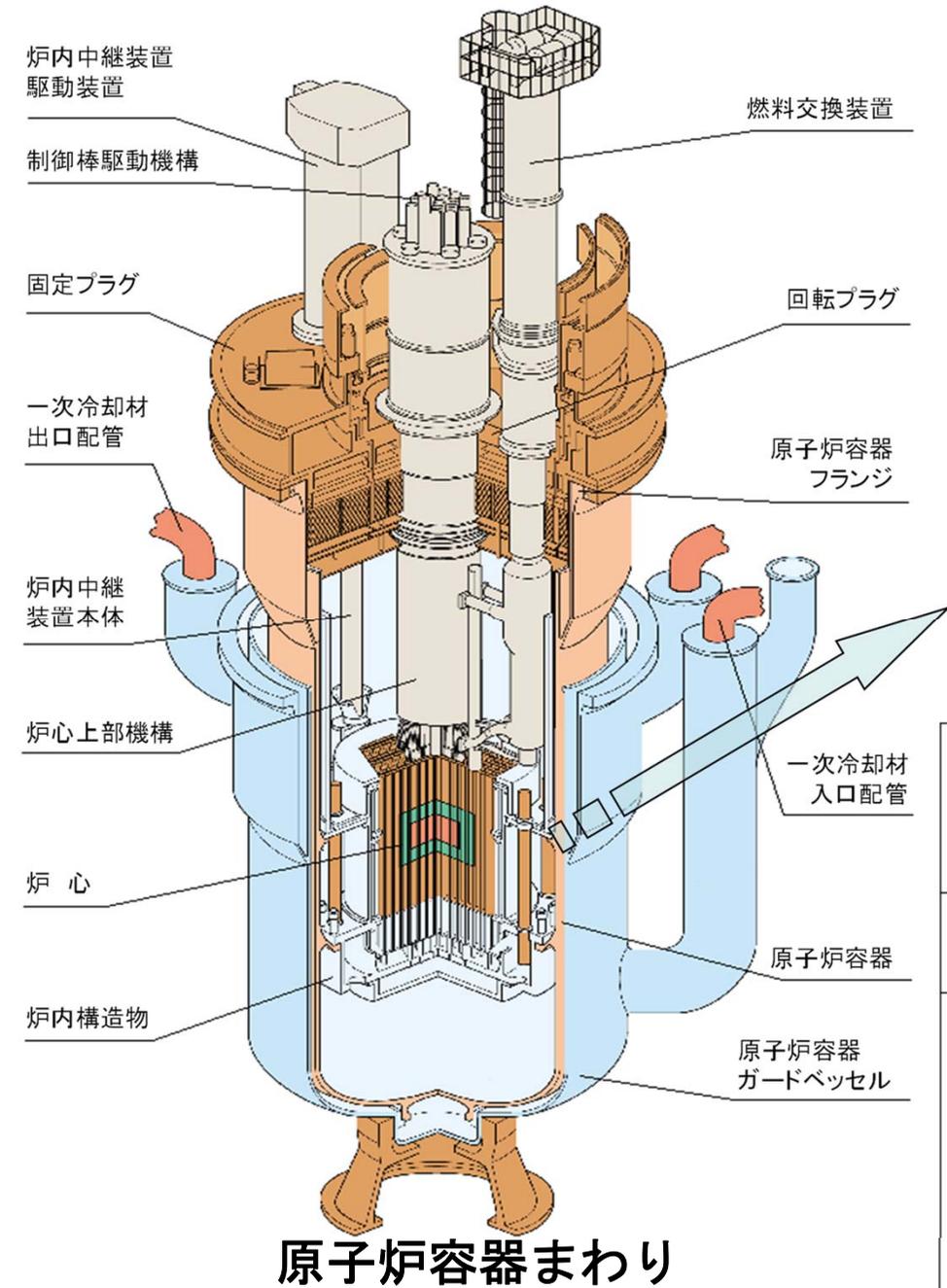
海水を抜き、機器を分解して保管中

2次Na漏えい時の対応

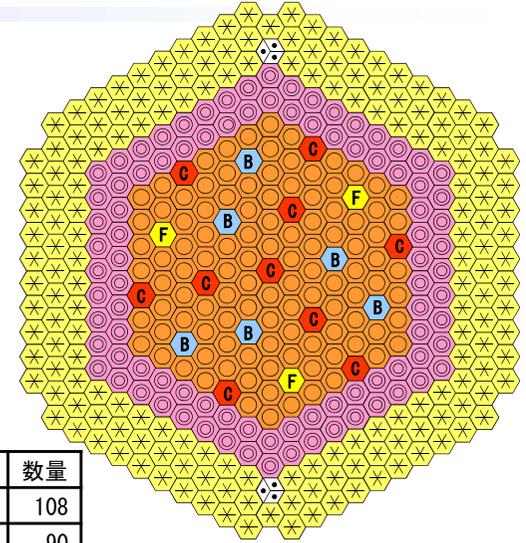
- ・漏えいしたナトリウムは**タンク室底部に導かれる。**
- ・系統内のナトリウムはタンクへ**緊急ドレンされる。**
- ・1次系、2次系とも**床ライナを設置**しているので、コンクリートとは反応しない。
- ・2次系は空気雰囲気であるが、漏えい時には、燃焼抑制のために窒素ガスを注入する。

- ・炉心の崩壊熱：約30kW (原子炉容器からの放散熱約50kWよりも小さい)
- ・1集合体あたりの最大崩壊熱：約0.2 kW (白熱電球2個分)
- ・40%出力運転以降20年以上経っていることから、炉心の崩壊熱及び放射能は、当該運転直後に比べてきわめて低いレベルにある。
- ・運転期間も短いことから1次冷却材に蓄積された放射性物質の量も少ない。

# 炉心構成と燃料貯蔵体数



炉心構成要素		記号	数量
炉心燃料集合体	内側炉心	⊙	108
	外側炉心	⊗	90
ブランケット燃料集合体		⊗	172
主炉停止棒	微調整棒	⬢	3
	粗調整制棒	⬢	10
後備炉停止棒		⬢	6
中性子源集合体		⊗	2



(廃止措置計画認可申請時点)

装荷又は貯蔵場所	種類及び数量					
	新燃料		使用済燃料			
	炉心燃料集合体	ブランケット燃料集合体	炉心燃料集合体	ブランケット燃料集合体	試験用集合体	
原子炉建物内	炉心	33 体	0 体	165 体	172 体	0 体
原子炉補助建物内	新燃料貯蔵ラック	4 体	2 体	—	—	—
	炉外燃料貯蔵槽	0 体	34 体	116 体	2 体	8 体
	燃料池	—	—	1 体	1 体	0 体

原子炉370体

+

炉外燃料貯蔵槽 (EVST) 160体

II

合計530体の燃料体を燃料池に取り出す。

# 「もんじゅ」廃止措置計画の概要

# 「もんじゅ」廃止措置の全体工程

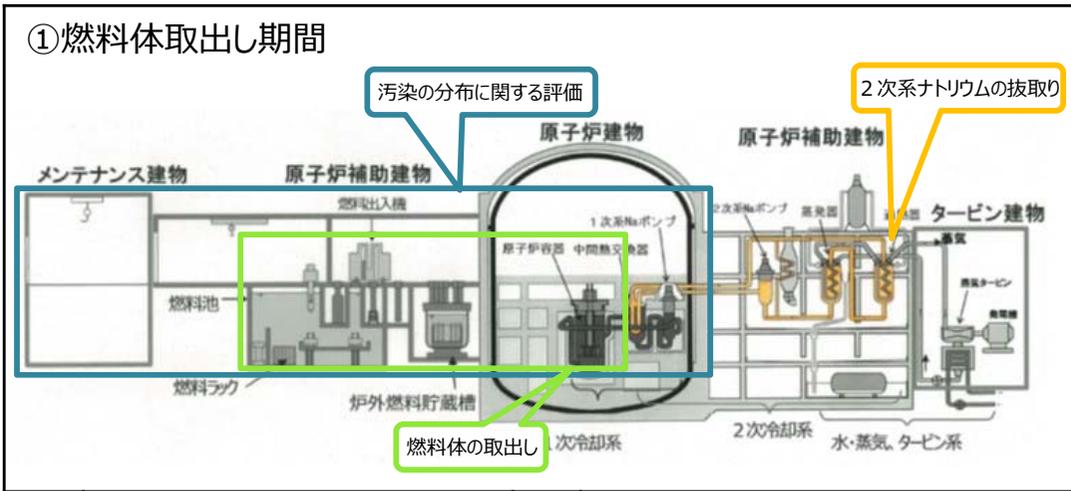
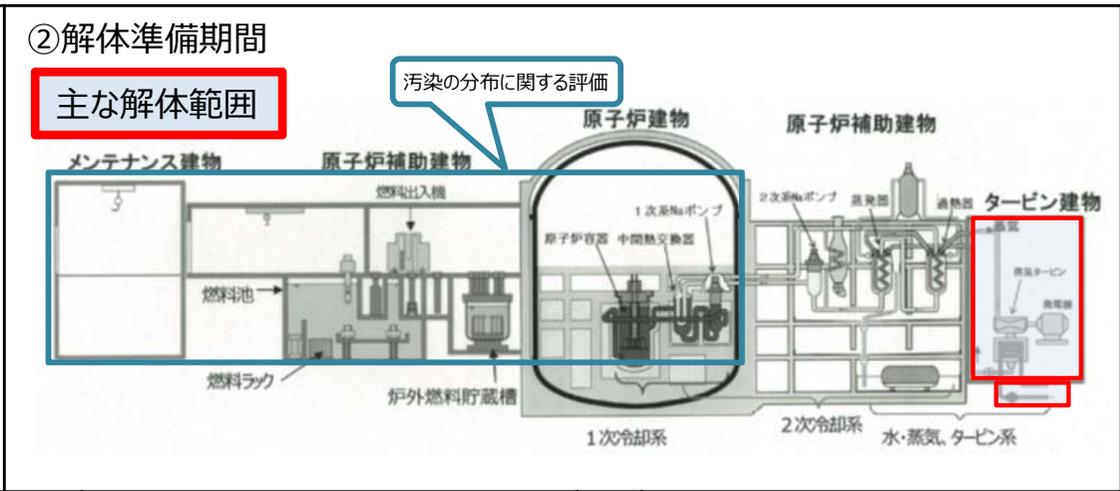
- 廃止措置の全体工程（30年間）を4段階に区分し、段階的に進めていきます。
- 第1段階では、燃料体の取出しを最優先に実施し、2022年度に完了する計画です。
- 使用済燃料の譲渡し及びナトリウムの処理・処分に係る計画※については、第1段階において技術的検討を行い、第2段階に着手するまでに廃止措置計画に反映します。

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	2023 ~	~	2047
主な実施事項	燃料体取出し作業			
		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

※政府が策定した基本方針に基づき、使用済み燃料の取出し完了までに政府が結論を得る。

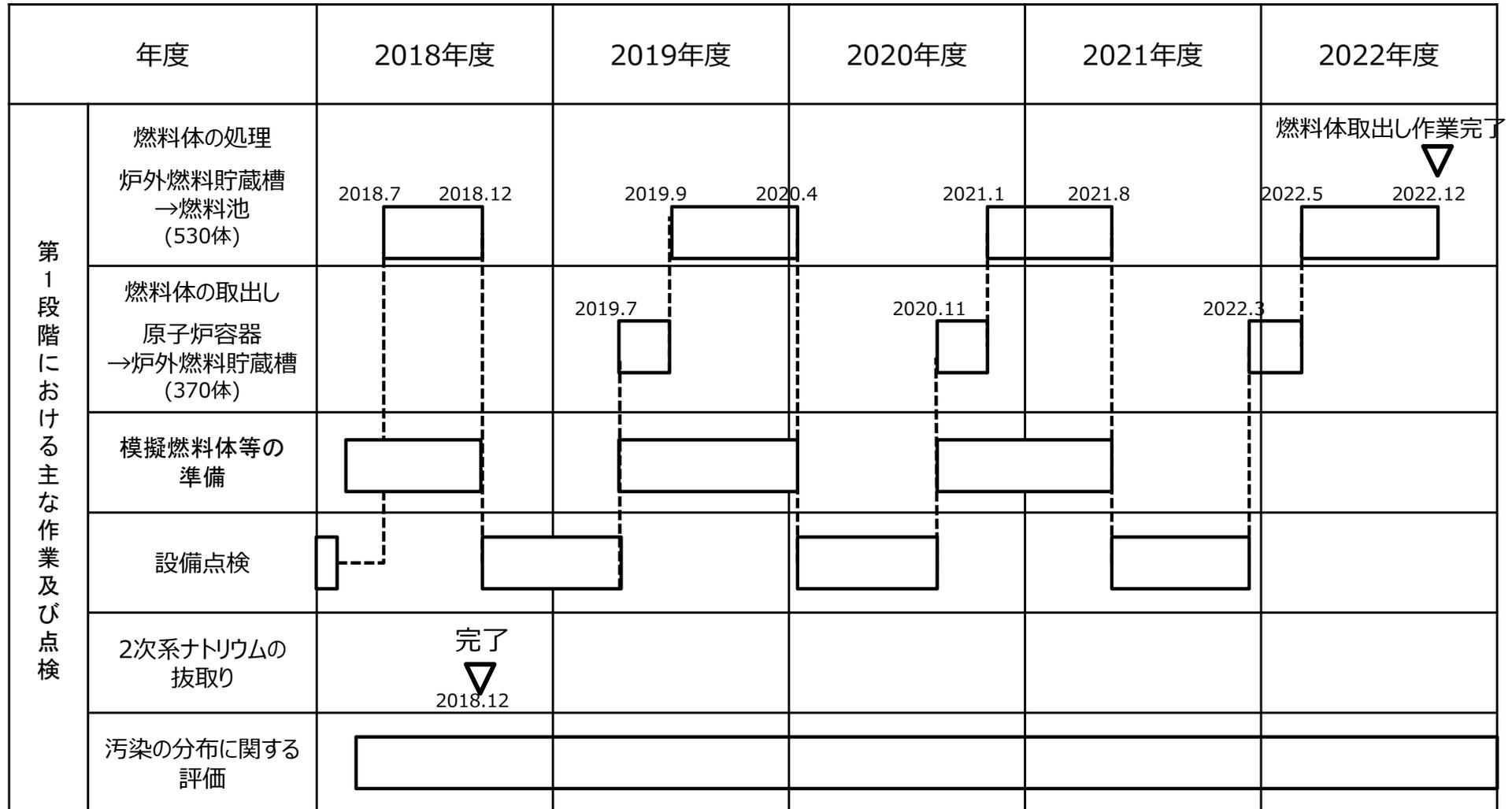
# 「もんじゅ」廃止措置計画の概要

○もんじゅの廃止措置は大きく4段階に分け、約30年かけて実施します。

①燃料体取出し期間	②解体準備期間
 <p>①燃料体取出し期間</p>	 <p>②解体準備期間</p>
<p>工事内容</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料体の取出し（→燃料池）</li> <li>・2次系ナトリウムの抜取り（一時保管用タンクの設置を含む）</li> <li>・汚染の分布に関する評価</li> </ul> <p>安全対策</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ナトリウムの飛散防止</li> <li>・燃料取出し作業者の教育・訓練</li> <li>・防保護具着用による被ばく低減策等</li> </ul>	<p>工事内容</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ナトリウム機器の解体準備</li> <li>・水・蒸気系等発電設備の解体撤去</li> <li>・汚染の分布に関する評価（継続）</li> </ul> <p>安全対策</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ナトリウムの飛散防止</li> <li>・汚染防止囲い等の活用による粉じんの飛散防止</li> <li>・防保護具着用による被ばく低減策等</li> </ul>
③廃止措置期間Ⅰ	④廃止措置期間Ⅱ
 <p>③廃止措置期間Ⅰ</p>	 <p>④廃止措置期間Ⅱ</p>
<p>工事内容</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ナトリウム機器の解体</li> <li>・水・蒸気系等発電設備の解体撤去（継続）</li> </ul> <p>安全対策</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ナトリウムの飛散防止</li> <li>・遮蔽の設置、遠隔操作、防保護具着用等による被ばく低減策等</li> </ul>	<p>工事内容</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・管理区域の解除</li> <li>・建物等解体撤去</li> </ul> <p>安全対策</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・汚染防止囲い等の活用による粉じんの飛散防止等</li> </ul>

# 廃止措置第1段階の工程（燃料体の取出し完了までの工程）

- 原子炉容器等からの燃料体の取出しと設備点検を交互に行い、2022年度までに取出しを完了する予定です。
- 解体撤去工法の策定、放射性廃棄物発生量の算定等を行うため、汚染の分布に関する評価を行います。

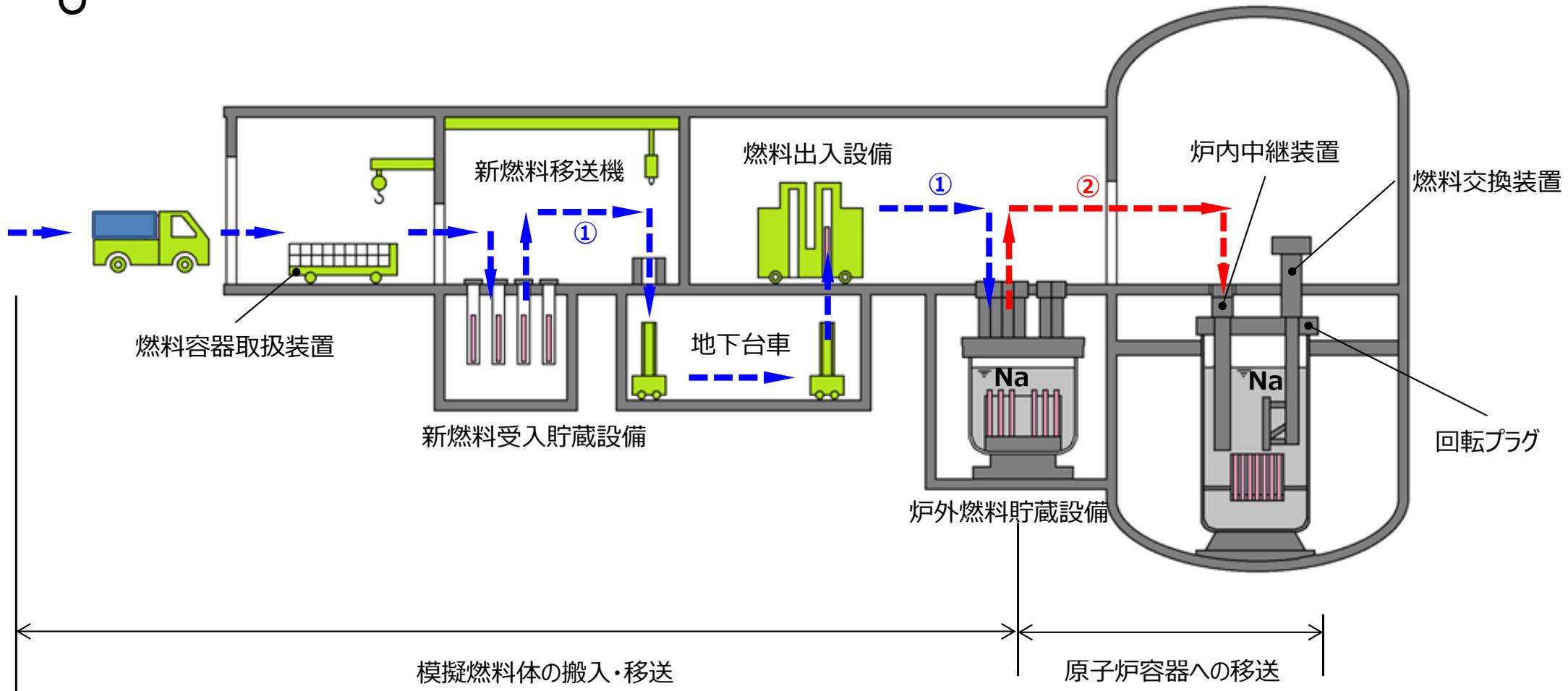


# 「もんじゅ」燃料体取出し作業の概要

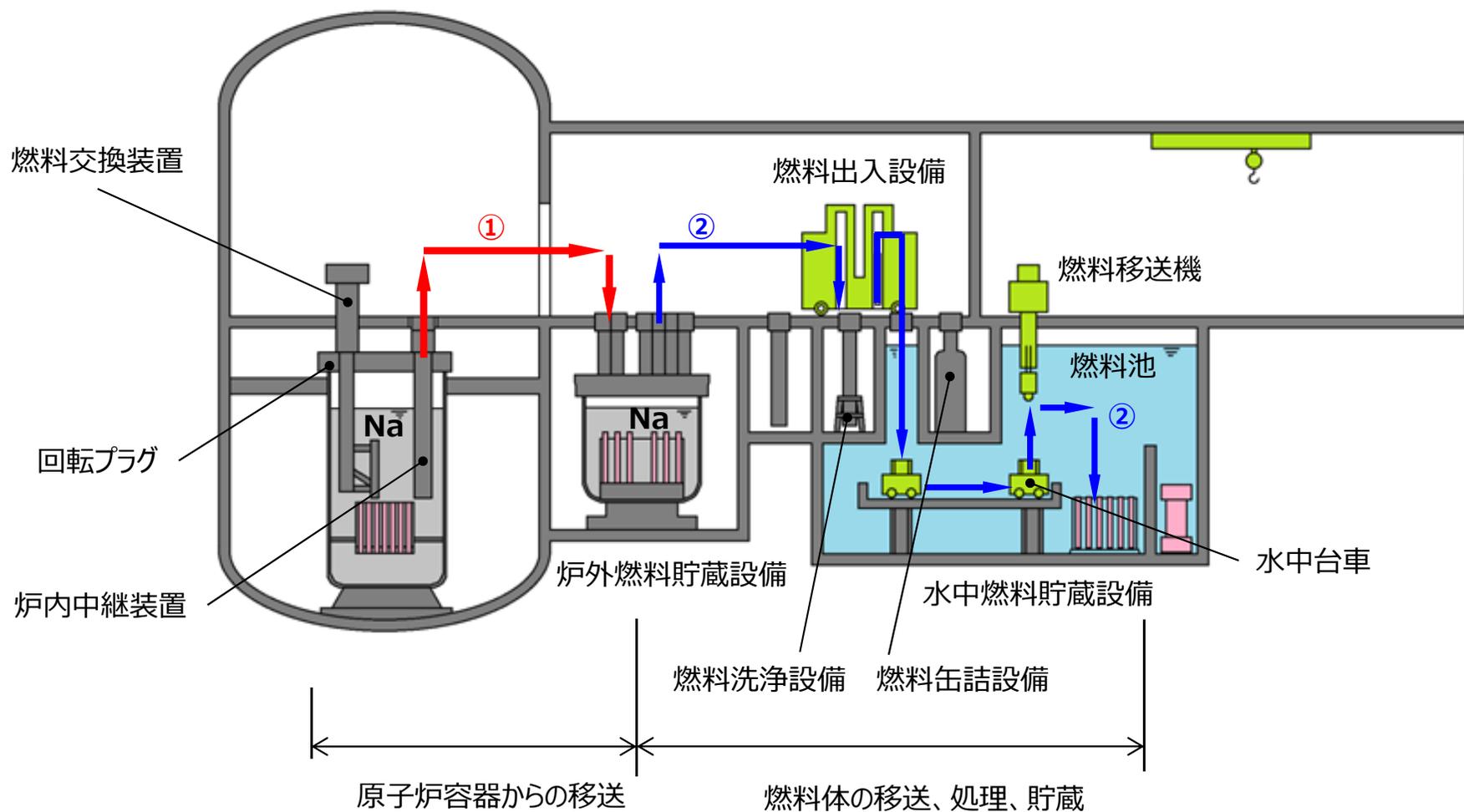
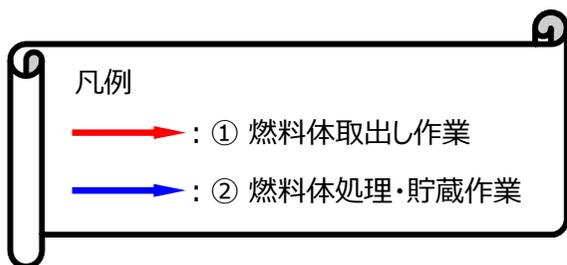
# 「もんじゅ」燃料体取出しの作業手順

凡例

- ▶ : ① 燃料体処理・貯蔵作業 (模擬燃料体)
- ▶ : ② 燃料体取出し作業 (模擬燃料体)



# 「もんじゅ」燃料体取出しの作業手順



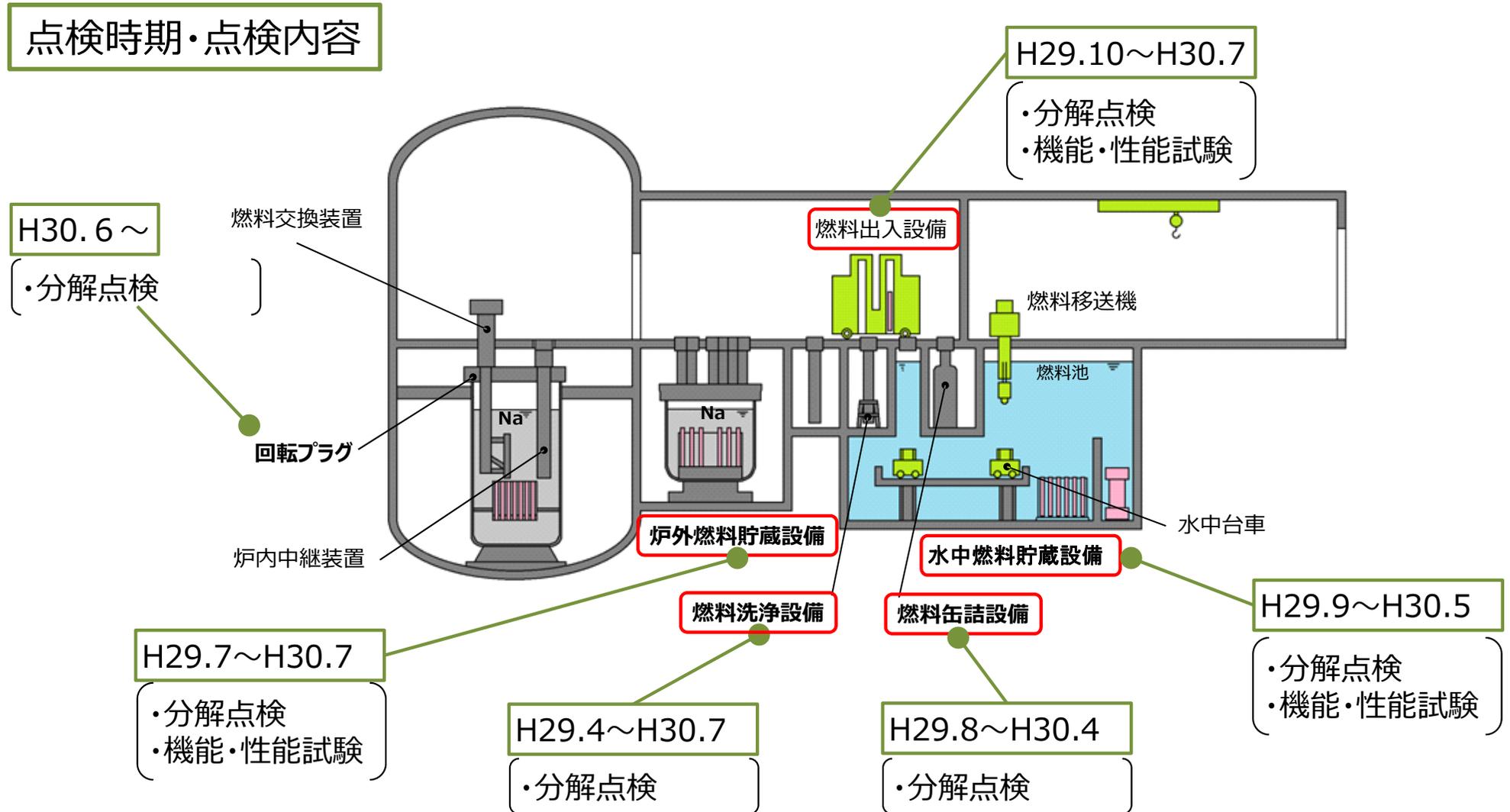


# 「もんじゅ」の燃料交換について

原子炉への新燃料の移送・装荷・使用済燃料の  
取出を説明したものです。

# 燃料取扱設備点検等の実施状況について

○燃料体の移送や処理に使用する設備について、分解点検や機能性能試験を実施



○上記の点検後、一連の運転動作を確認するため、7月に「総合機能試験」を実施予定

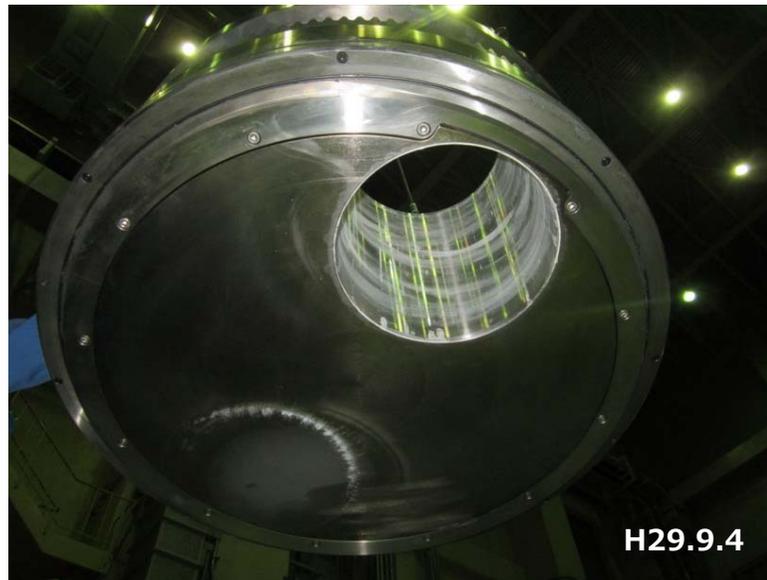
## 炉外燃料貯蔵設備の床ドアバルブ（6連式）点検の状況



・床ドアバルブ（6連式）へのシールプラグ挿入作業状況  
(プラグ取扱機据付作業)



・床ドアバルブ（6連式）取外し作業状況

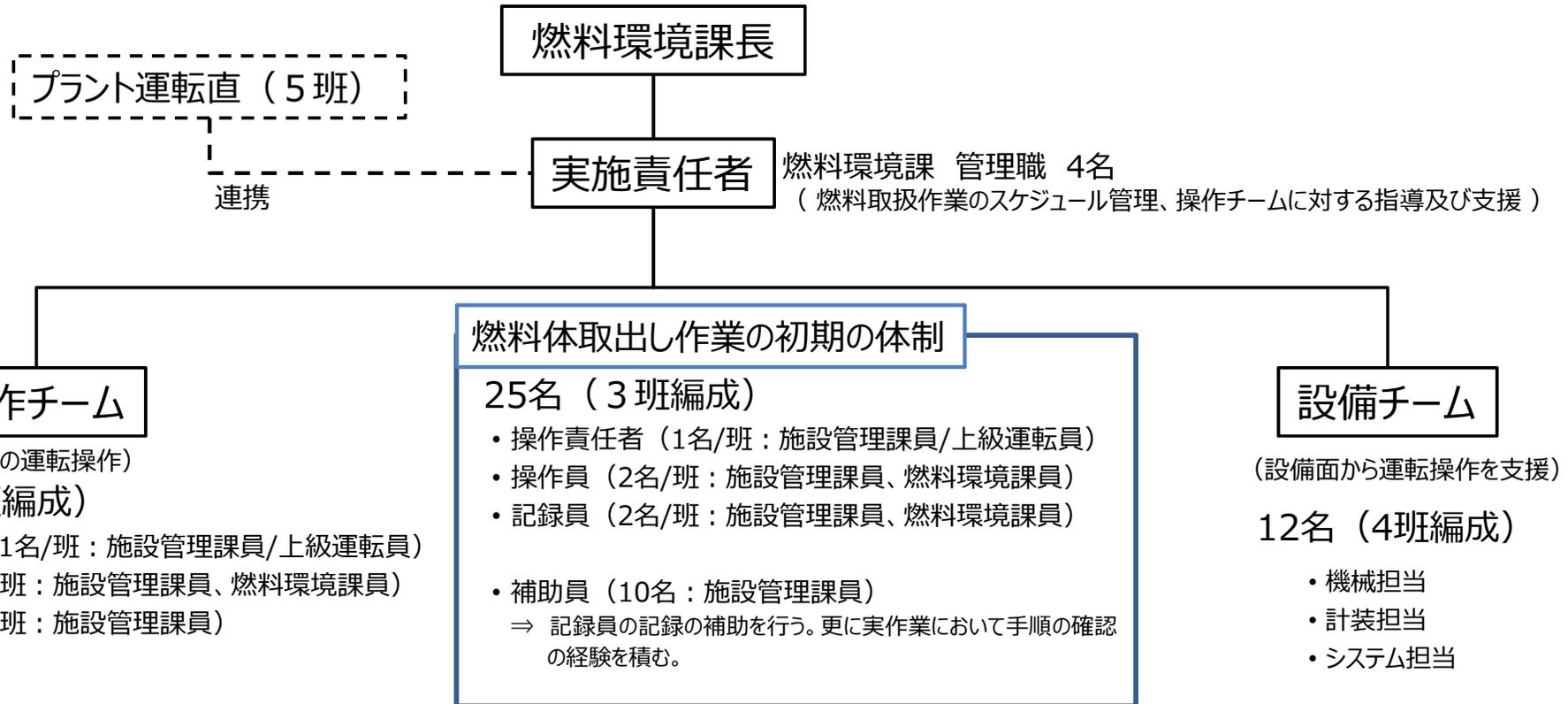


・床ドアバルブ（6連式）分解作業状況（弁体取外し）



・床ドアバルブ（6連式）点検後復旧作業状況

# 「もんじゅ」燃料体取出し作業の体制



- 安全確保を最優先に、可能な限り速やかに燃料体取出し作業を進め、2022年度までに完了
- 燃料体取出し作業は、5班 (25名) の操作チームで行う方針  
初期は、以下の考えに基づき、力量認定した操作チーム員25名により3つの班を構成し、作業を開始
- ✓ 燃料体取出し作業の初期は、実績が少ないことを踏まえ、慎重に確認を重ねながら実施  
もんじゅ等において支援体制が充実する日勤時間帯の作業を基本に、原則として1日あたり1体程度の処理
- ✓ この場合、1日1直での作業となるため、各操作員の作業頻度を高めることでより多くの実作業経験を積ませ、習熟度の更なる向上を図ることを目的に、3班体制で作業を実施
- ✓ 5班体制への移行は、安全作業の確保を前提に、可能な限り早期に移行  
第1フェーズの間に十分な習熟度の向上を進め、第2フェーズの燃料体の取出し開始 (2019年7月) までには、5班のチームを編成

# 「もんじゅ」燃料体取出しに向けた教育訓練

## 4. 燃料取扱設備の操作訓練等

操作員に対して、必要な机上教育に加え、燃料体の処理に向けた訓練を2018年6月から実施中

### 訓練内容

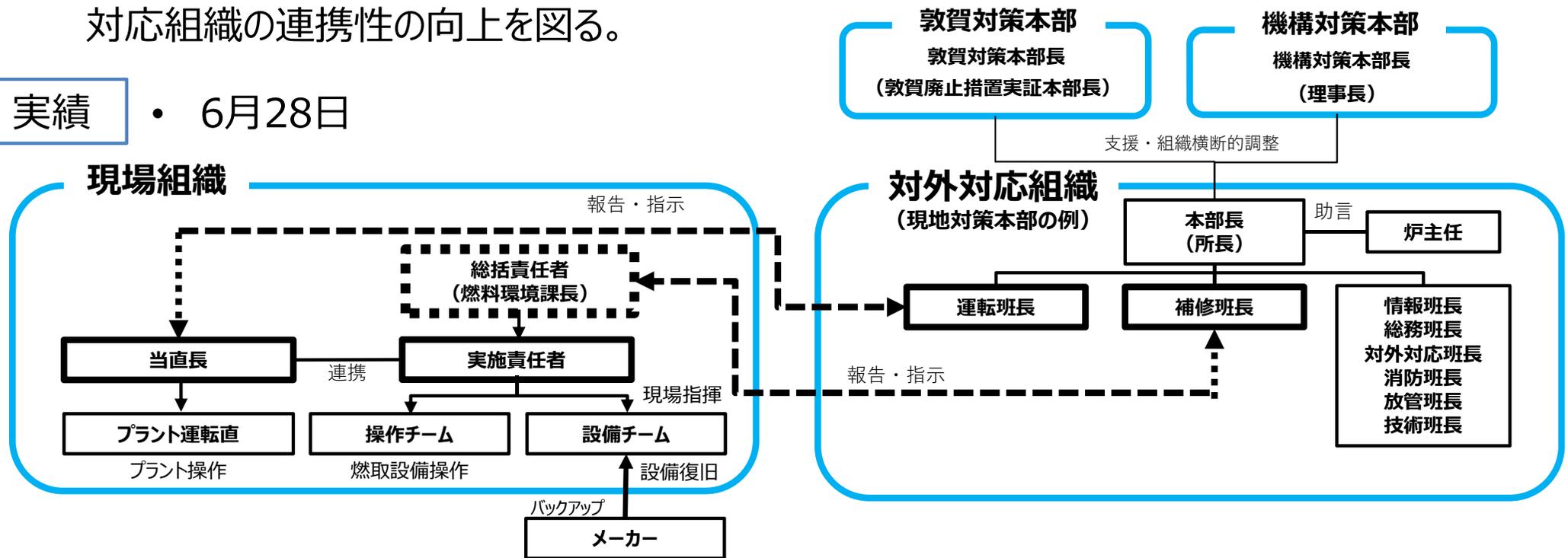
訓練名	訓練内容	実績、予定
手順確認 	模擬訓練実施前に、操作盤を用いて手順を確認（空操作）する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 模擬体搬入：6/11～6/13</li> <li>• 模擬体移送：7/2～7/4</li> <li>• 燃料処理貯蔵：7/2～7/4</li> </ul>
模擬訓練 	使用済制御棒、模擬燃料体を操作盤（主制御監視盤/補助盤）を用いて実際に移送する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 模擬体搬入：6/19～6/21</li> <li>• 模擬体移送：7月予定</li> <li>• 燃料処理貯蔵：7月予定</li> </ul>
図上訓練 	警報（トラブル）が発報した場合を想定し、原因の特定、トラブル収束に向けた対応を机上で行う。 また、現状のプラント状態において想定される事故内容、影響等を確認する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 警報（トラブル）時の対応訓練：6/26～6/28</li> <li>• 事故内容の確認訓練：7/5～7/6</li> </ul>
トラブル対応 総合訓練	敦賀廃止措置実証本部を含め、現場組織と対外対応組織と連携した訓練を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6/28</li> </ul>

注 模擬体搬入：「模擬燃料体」を、新燃料受入貯蔵設備に移送  
 模擬体移送：「模擬燃料体」を、新燃料受入貯蔵設備から炉外燃料貯蔵槽に移送  
 燃料処理貯蔵：「使用済制御棒」を、炉外燃料貯蔵槽から取り出し、洗淨・缶詰して燃料池に移送

## ○目的

作業中にトラブルが発生した場合を想定。トラブル発生時の対応体制の確認及び現場組織と対外対応組織の連携性の向上を図る。

**実績** ・ 6月28日



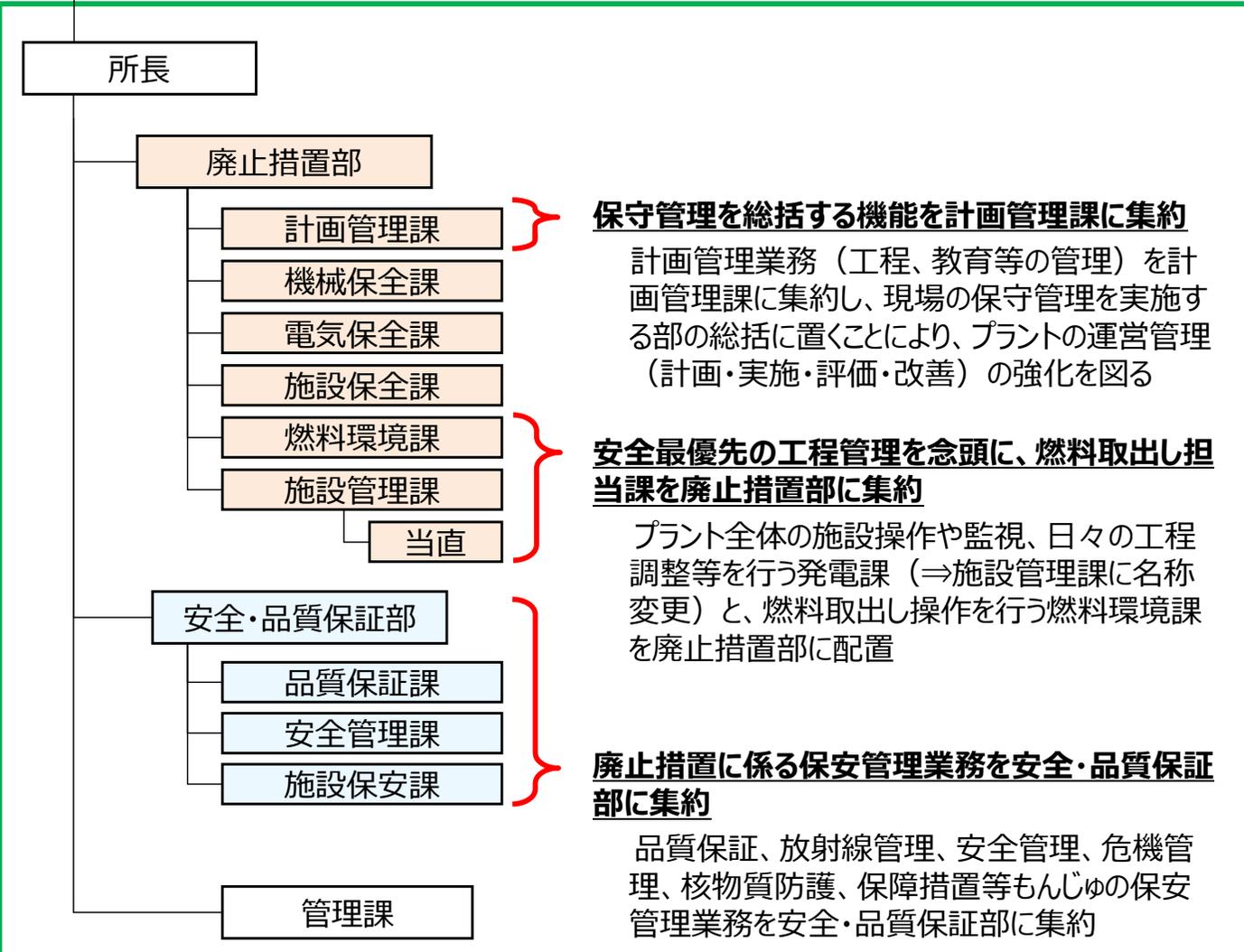
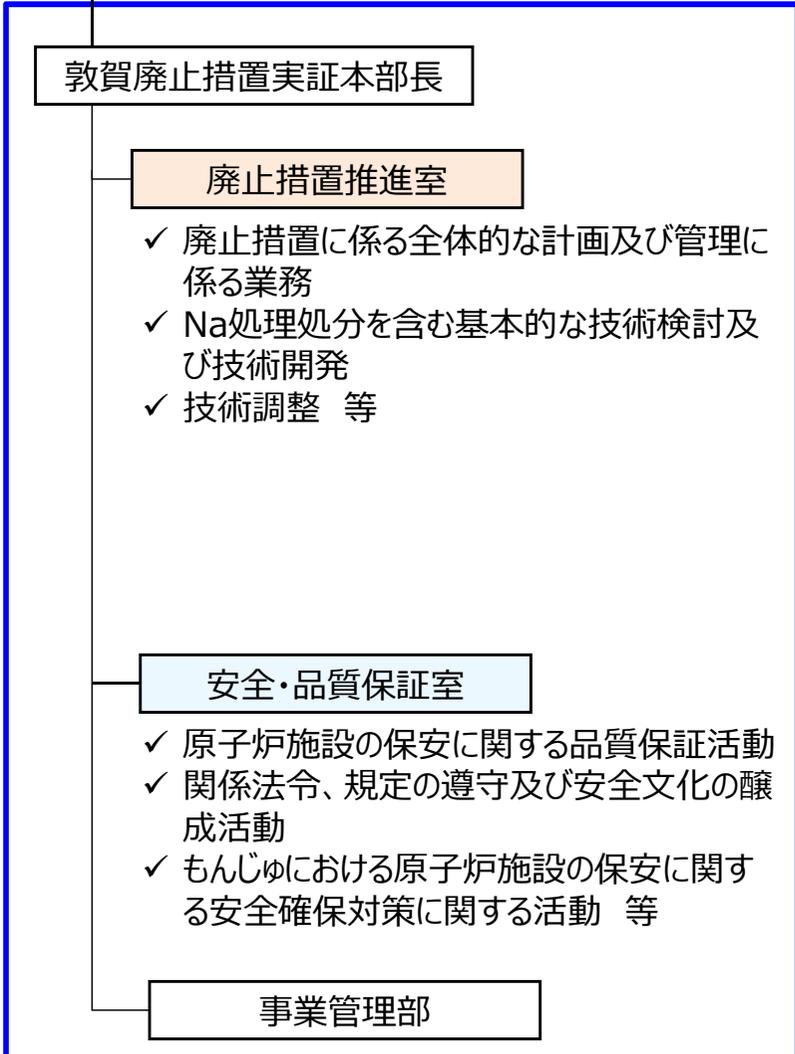
訓練の様子

# 参 考

**組織設計の考え方**

- 敦賀廃止措置実証本部の「廃止措置推進室」、「安全・品質保証室」に対応して、現場のもんじゅに「廃止措置部」及び「安全・品質保証部」を設置
- 実証本部ともんじゅ現場との間に業務ラインを構築し、一体的に運営

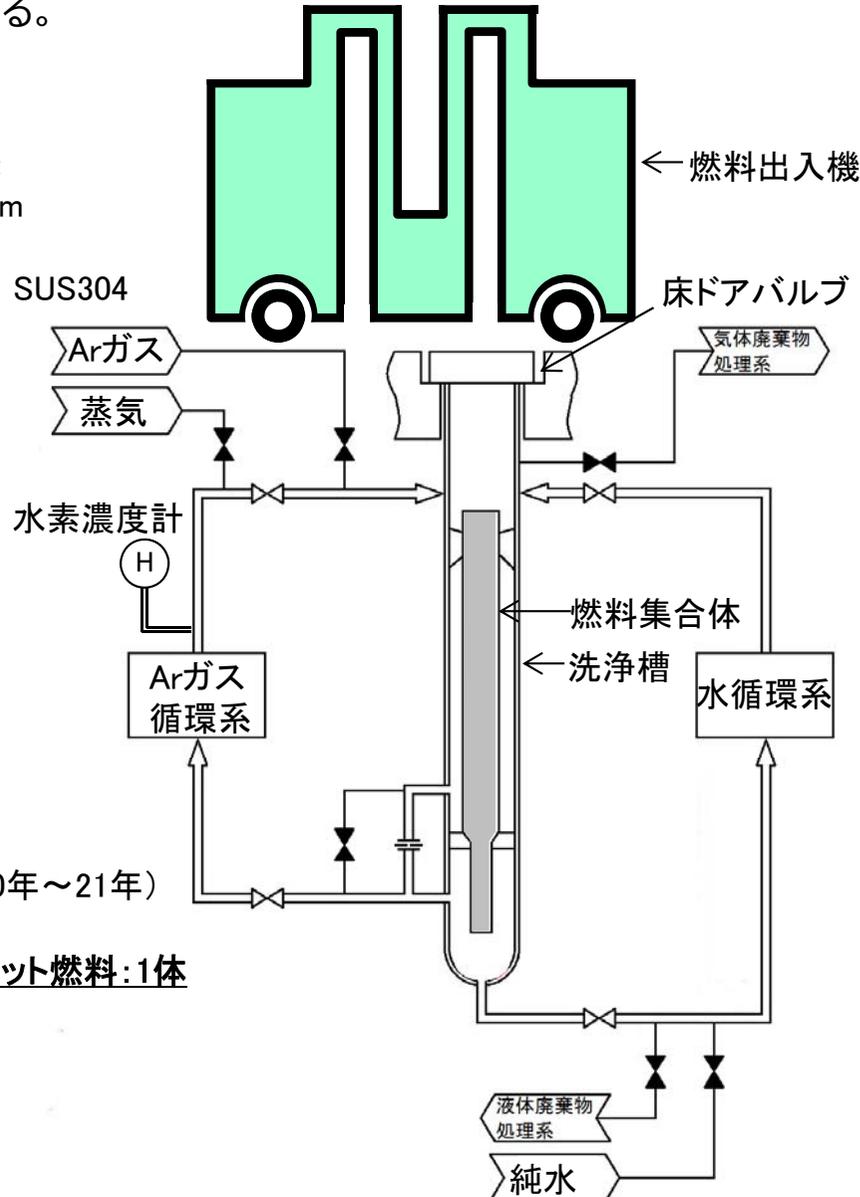
敦賀廃止措置実証部門長  
(敦賀廃止措置実証部門担当理事)



# 燃料体のナトリウム洗浄について

- ナトリウム洗浄は、アルゴンガス中（規定値の蒸気との混合ガス）で実施する。よって、支燃性ガスがなく、水素燃焼には至らない。
- 加えて、洗浄時の水素濃度は、実績ベースで約2%（参考 空気中の水素濃度の燃焼下限 4%）
- さらに、水素濃度が一定値以上に上昇した場合は、洗浄を停止し、速やかに 洗浄槽内をアルゴンガスパーズして、水素濃度を低下させる処置を実施する。

洗浄槽仕様  
直径267mm  
長さ約7m  
主要材料 SUS304



## 燃料体の洗浄 主要工程

1. 燃料体の受け入れ

2. 湿潤ガス洗浄 (Ar + 蒸気)

【ナトリウムと水を緩やかに反応させる洗浄】



燃料洗浄槽内（ループ内）はアルゴンガス雰囲気となっており、その中にアルゴンガスと規定値の蒸気との混合ガスを吹き付けることにより酸化反応を緩やかにしナトリウムを洗浄していきます。

（水素ガスの上昇がなくなるまで継続）

3. 脱塩水循環洗浄（×2回）

【仕上げ洗浄】

4. 燃料体の受け渡し

5. 脱湿、Arガス置換

### 【燃料洗浄の実績】

①初臨界（平成6年）時の

模擬体の処理：

**模擬体：198体**

・炉外燃料貯蔵槽

↓（燃料洗浄）

燃料池

②燃料健全性確認（平成20年～21年）

時の燃料処理貯蔵：

**炉心燃料：1体、ブランケット燃料：1体**

・炉外燃料貯蔵槽

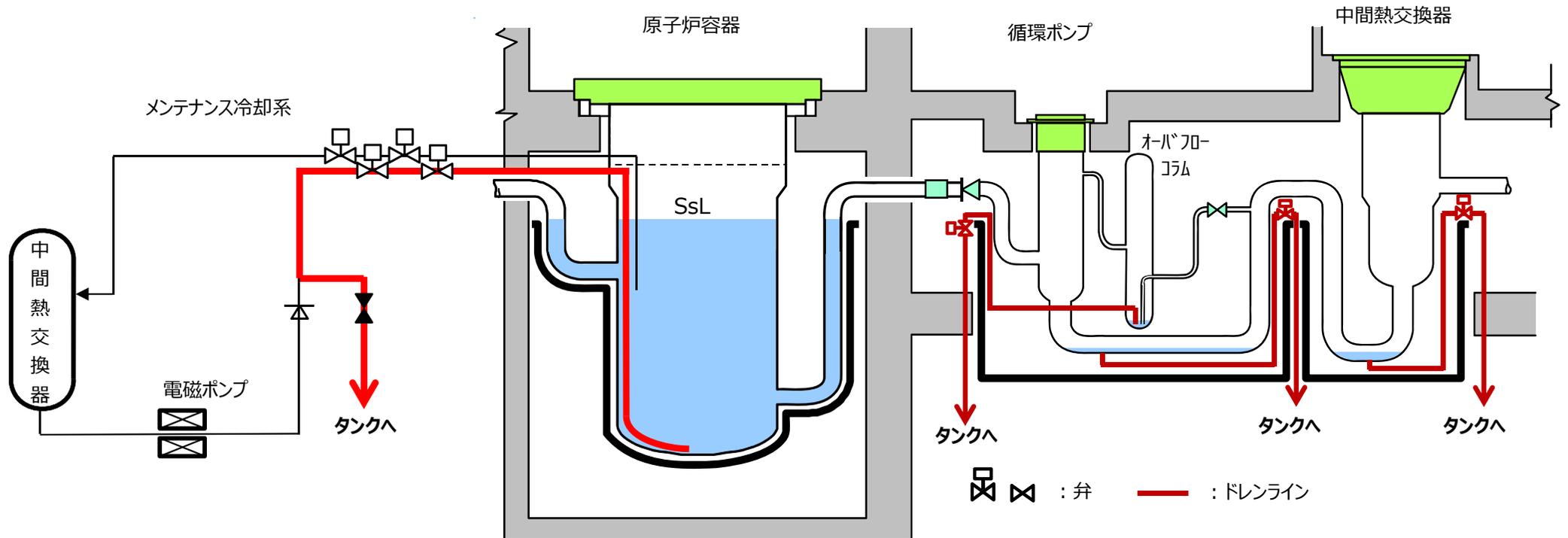
↓（燃料洗浄）

↓（缶詰処理）

燃料池

# ナトリウムの抜き取り

# 1次系ナトリウムの抜き取り（イメージ）



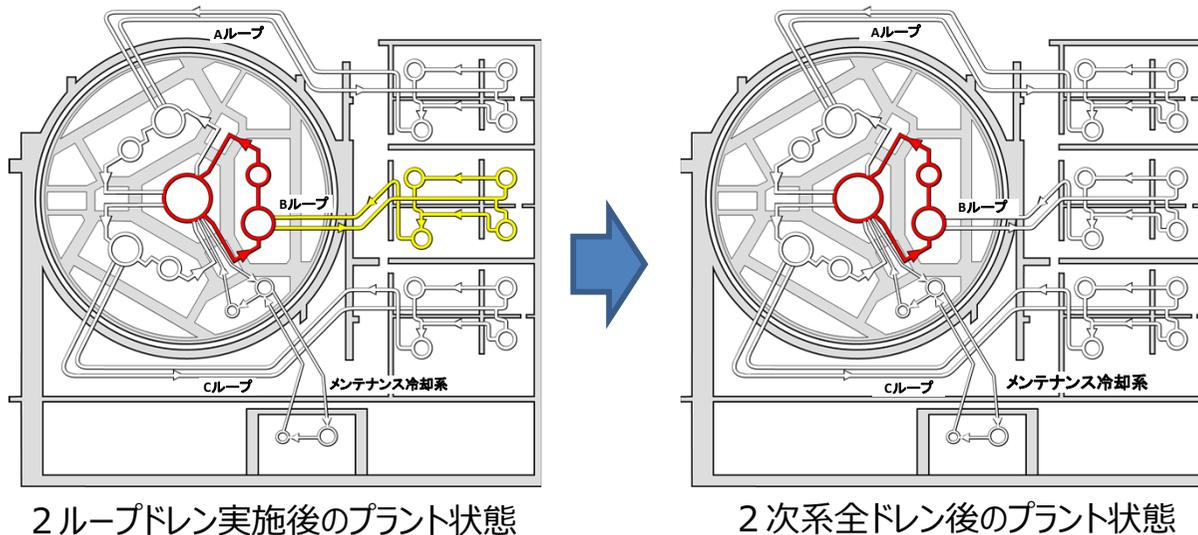
- 既存の設備（メンテナンス冷却系）を活用することなどで、ほぼ底部まで抜くことが技術的に可能  
 さらに海外炉の技術も参考に底部の残留ナトリウム（約 1 m<sup>3</sup>）を抜くことも技術的に可能。  
 詳細は今後検討していきます。

## 基本方針

- 安全確保を前提に、崩壊熱が放散熱よりも低く、除熱機能が不要であることを踏まえ、ナトリウム漏えい・燃焼リスク低減のため、段階的に2次系ナトリウムの抜き取りを実施。
- 通常のメンテナンス時に使っているナトリウム抜き取り方法で抜き取りを実施。
- 全てのナトリウムを抜き取るには、一時保管用タンクの設置が必要。また、配管勾配の関係で弁等に残留するナトリウムは、解体前に必要に応じてナトリウム安定化処理を実施。

2次系ナトリウムの保有量と保管容量

保有量	保管容量	差分	備考
約840m <sup>3</sup>	約800m <sup>3</sup>	約40m <sup>3</sup>	差分を一時保管用タンク（約25m <sup>3</sup> ×2）で賄う。



## 実績

- 7月3日：一時保管タンク搬入

## 今後の予定

- 8月末～9月上旬：タンク据付
- 12月：ナトリウムの抜き取り、固化

# 世界の高速炉の廃止措置状況

- 海外では実験炉を含めると10基以上の廃止措置経験あり、高速炉特有の廃止措置技術が蓄積されている。(燃料取出しに5年以上、廃止完了までは30年程度)

国	施設名	タイプ	冷却材	出力	運転期間	廃止措置の状況 (2017年1月時点の調査結果)
フランス	Rapsodie	実験炉	Na	4万kWt	1967-1983	1983-1994年：燃料取出し、Na処理及び1・2次系機器を解体。2030年までに廃止措置完了予定。
	Phenix	原型炉	Na	25万kWe	1974-2010	2016年許可取得。2022年燃料取出し完、2031年1次系Na処理完了予定。2045年廃止措置完了予定。
	Superphenix	実証炉	Na	124万kWe	1986-1998	1998年法的停止命令。2003年燃料取出し完。2015年Na処理完。2028年廃止措置完了予定。
イギリス	DFR	実験炉	NaK	1.5万kWe	1962-1977	2012年一部を除きNaK抜き取り完。2018年燃料取出し完了予定。2025年廃止措置完了予定。
	PFR	原型炉	Na	25万kWe	1975-1994	1996年燃料取出し完。2008年Na処理完。2015年燃料サイト外搬出開始。2026年廃止措置完了予定。
アメリカ	EBR- I	実験炉	NaK	0.2万kWe	1951-1963	1975年廃止措置完了。
	EBR- II	実験炉	Na	2万kWe	1965-1994	1996年燃料取出し。2001年Na抜き取り完。2002年から安全貯蔵。2015年グラウト注入による封鎖完。
	Fermi	実験炉	Na	6.5万kWe	1963-1972	1973燃料サイト外搬出完。1984年1次系Naサイト外搬出完。安全貯蔵。
	FFTF	実験炉	Na	40万kWt	1980-1992	2007年Na抜き取り完。2009年燃料取出し等を含む放射能低減措置完。最終的措置まで監視保管。
ドイツ	KNK- II	実験炉	Na	2万kWe	1977-1991	1993年から廃止措置に着手。2001年原子炉容器廻りの解体開始。2021年廃止措置完了予定。
カザフスタン	BN-350	原型炉	NaK	15万kWe+ 淡水化	1973-1999	2001年燃料取出し完。2012年燃料サイト外搬出完。50年安全貯蔵後解体、2075年頃廃止措置完了予定。

施設名	運転期間	廃止措置の状況
仏 Superphenix	1986- 1998	<p>フランス電力公社 (EDF) プレス資料</p> <p><u>1998 最終停止令</u> 燃料取出し完 (5年間で実施、1999-2003)</p> <p><u>2006 解体許可取得・現在は原子炉容器解体中</u></p> <p><u>2028 廃止措置完了予定 (燃料取出し開始から29年間)</u></p>
仏 Phenix	1974- 2010	<p>解体計画 (2011) における計画</p> <p><u>2015 最終停止令および解体許可取得 (→2016取得済)</u> 燃料取出し (9年間で実施予定、2014 (開始) ~2022)</p> <p><u>2045 廃止措置完了予定 (燃料取出し開始から31年間)</u></p>

## 他の廃止措置中の高速炉

フランス	Rapsodie (2030年廃止措置完了予定)	アメリカ	EBR-I (1975年廃止措置完了)
イギリス	PFR (2026年廃止措置完了予定) DFR (2025年廃止措置完了予定)		EBR-II (2015年グラウトによる封鎖完) Fermi (1984年1次系Na搬出完) FFTF (2009年から監視保管)
ドイツ	KNK-II (2021年廃止措置完了予定)	カザフスタン	BN-350 (2075年頃廃止措置完了予定)