

高速増殖原型炉もんじゅの概要

令和3年11月26日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構





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

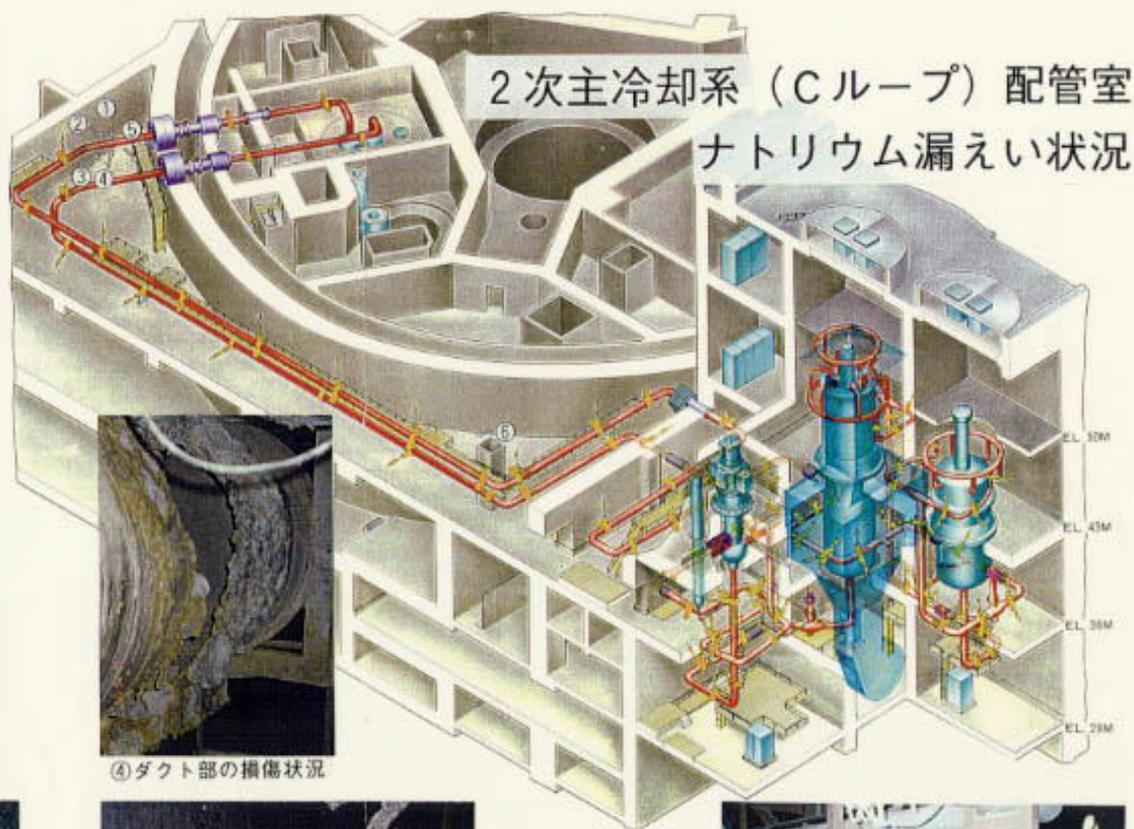


平成22年5月
性能試験を再開

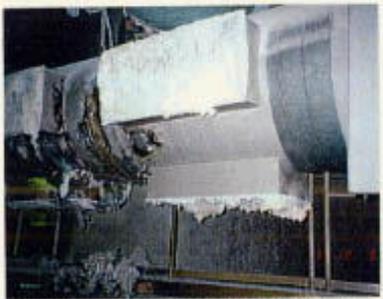
1983年5月27日	原子炉設置許可
1994年4月5日	初臨界達成
1995年8月29日	初併入（初送電）
1995年10月13日	電気出力40%到達
1995年12月8日	ナトリウム漏えい事故発生
2005年3月3日	改造工事の準備工事を開始
2007年8月30日	改造工事の工事確認試験を完了
2010年5月6日	性能試験を再開
2010年8月26日	燃料交換片付け作業中に炉内中継装置落下
2011年 3月11日	（東日本大震災）
2012年11月27日	保守管理不備を公表
2013年5月29日	原子力規制委員会による保安措置命令*1

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 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
2018年 8月30日	燃料体処理作業開始（炉外燃料貯蔵槽⇒燃料池）
2019年 9月17日	燃料体取出し作業開始（原子炉容器⇒炉外燃料貯蔵槽）

*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



①温度計取付部近傍の状況



②温度計取付部及びダクト部の状況



④ダクト部の損傷状況



③漏えい箇所直下堆植物



⑤架台（グレーチング）部の堆植物



⑥配管室入口付近の状況

中間熱交換器2次冷却系出口配管

温度計

格納容器貫通部

上部に薄い層の堆積物

サポート用器具に塊状の堆積物が付着

(1) 温度計上部に半球状の堆積物
直下の外装板は欠落

(2) ダクトの壁側約半周が約25cm巾で欠落
開口周辺にナトリウム化合物が付着

(3) 鉄製足場に穴があき
辺りにナトリウム化合物が付着

(4) 床板鉄板の上に約3mの半円形
高さ約30cmのナトリウム化合物が堆積

(5) コンクリート壁が黒っぽく変色

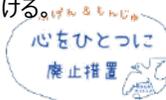
鉄製足場

「もんじゅ」廃止措置の全体工程

- ナトリウム冷却高速炉であることから、ナトリウムリスクへの対応を図りつつ、段階毎に確実に進める。
- 30年で廃止措置を完了させるため、ナトリウムに関係する諸作業の実施方法、手順、組合せを最適化する。
- 第1段階では、炉心等から燃料体を取り出す作業（燃料体取出し作業）を最優先とする計画。
- 第2段階では、バルクナトリウムの所外搬出を実施し、ナトリウム保有リスクを低減する。
- 上記に加え、速やかに第3段階（ナトリウム機器の解体撤去）に着手できるよう、準備を進める計画。

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 (平成30) ~ 2022 (令和4)	2023 (令和5)	~	2047年 (令和29)	
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				

注) 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段階において検討することとし、第2段階に着手するまでに廃止措置計画に反映して変更認可を受ける。



「もんじゅ」廃止措置の全体工程

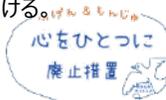
- ナトリウム冷却高速炉であることから、ナトリウムリスクへの対応を図りつつ、段階毎に確実に進める。
- 30年で廃止措置を完了させるため、ナトリウムに関係する諸作業の実施方法、手順、組合せを最適化する。
- 第1段階では、炉心等から燃料体を取り出す作業（燃料体取出し作業）を最優先とする計画。
- 第2段階では、バルクナトリウムの所外搬出を実施し、ナトリウム保有リスクを低減する。
- 上記に加え、速やかに第3段階（ナトリウム機器の解体撤去）に着手できるよう、準備を進める計画。

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1段階実施事項の完了確認	
年度	2018 (平成30) ~ 2022 (令和4)	2023 (令和5)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 全ての燃料体が燃料池で貯蔵され、炉心に再装荷されないよう処置されていること、およびしゃへい体等取出し作業の着手条件を満たしていること ➤ 第2段階に着手する解体準備の諸作業を実施するための組織体制が整備されていること ➤ 必要な処置を行った上で、速やかに1次系のナトリウムドレンが実施されていること ➤ 第1段階で行った汚染分布評価が第2段階の計画に反映されていること 	
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		
				建物等解体撤去
		放射性固体廃棄物の処理・処分		

第2段階の完了条件

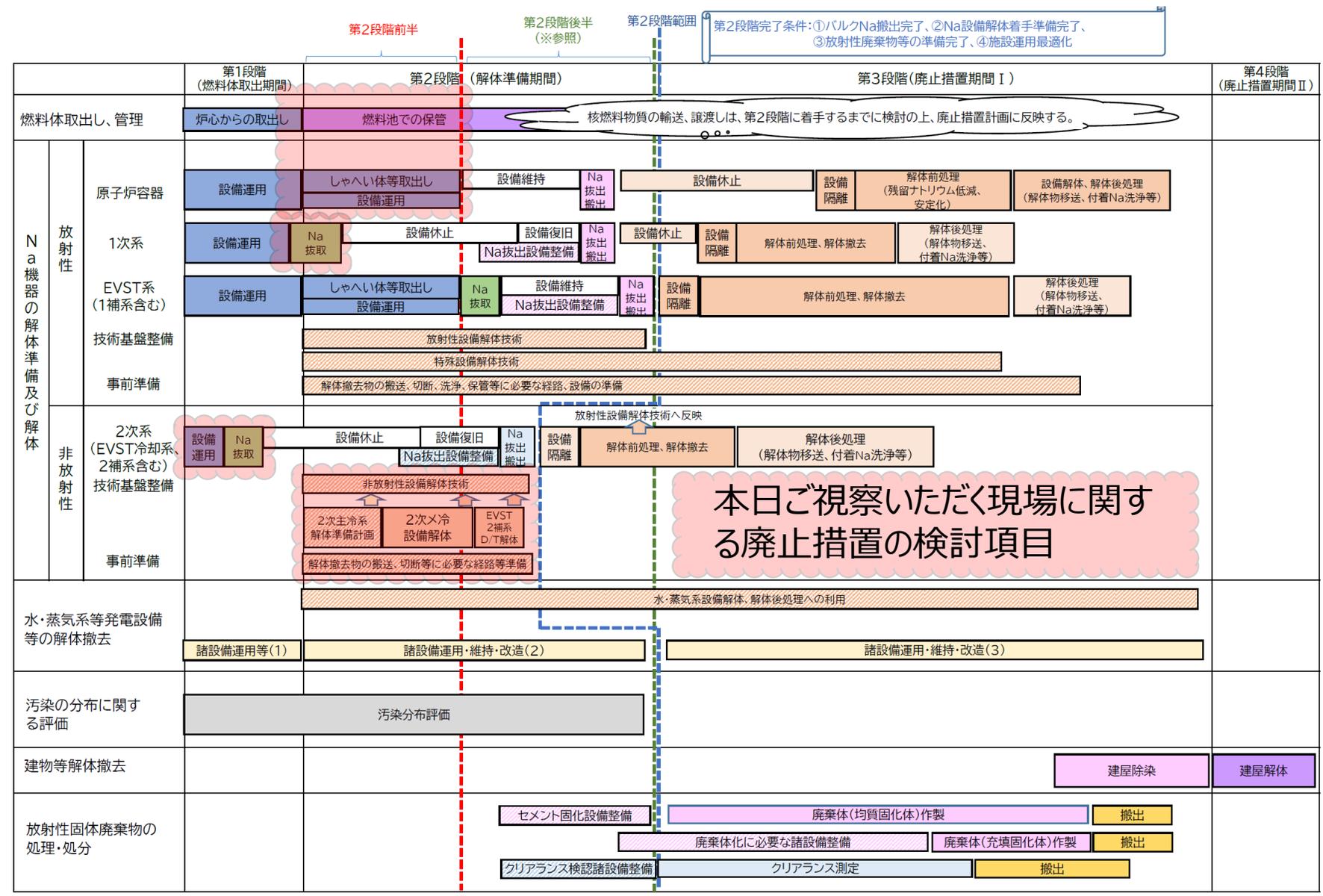
- バルクナトリウムの搬出
- ナトリウム設備の解体着手準備完了
- 解体着手前に実施すべき放射性廃棄物等に関する準備完了
- 解体に向けた施設運用の最適化

注) 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段階において検討することとし、第2段階に着手するまでに廃止措置計画に反映して変更認可を受ける。

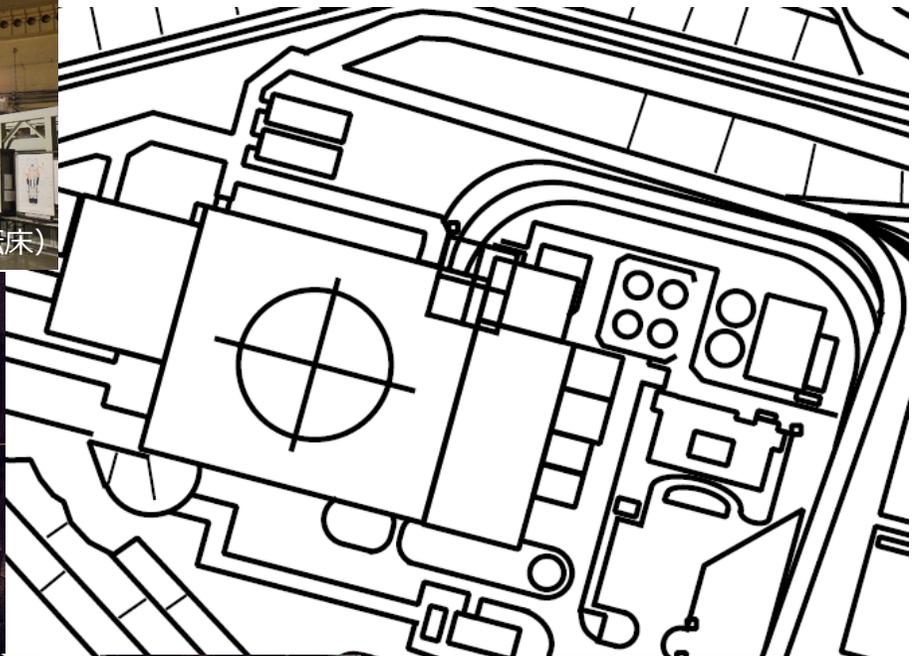
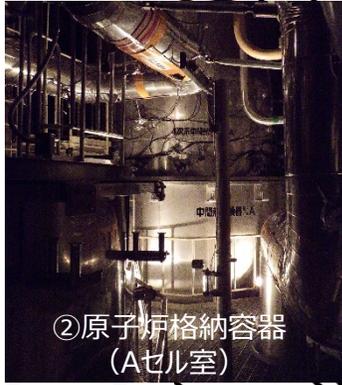
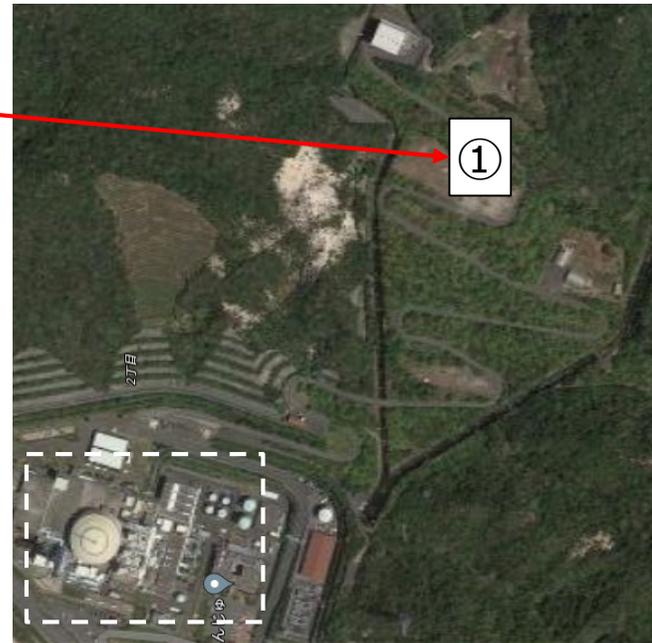




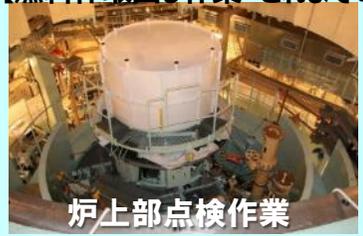
「もんじゅ」廃止措置の全体工程 (ロードマップ)



①	試験研究炉候補地
②	原子炉格納容器（運転床、Aセル室）
③	原子炉補助建物（燃料取扱操作室、蒸発器室、2次系CT室、2次系配管室、2次メ冷室）
④	タービン建物（運転床）



【燃料体取出し作業 これまでの実績】



炉上部点検作業



燃料出入機



燃料取出し作業の様子

- ◎平成30年8月～平成31年1月 燃料処理 86体完了
- ◎令和元年9月～11月 燃料取出 100体完了
- ◎令和元年11月～令和2年6月 燃料処理 174体完了
- ◎令和3年1月～令和3年3月 燃料取出 146体完了
- ◎令和3年3月～令和3年7月 燃料処理 146体完了

○令和4年4月～6月 燃料取出 124体 作業開始予定

本体Aグリッパの爪開閉トルク上昇への対応



洗浄前



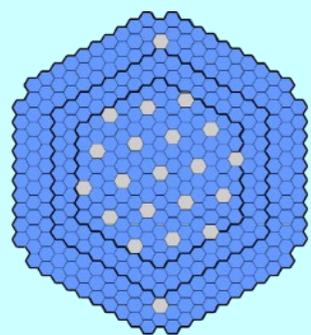
洗浄後

- ◆事象の概要
燃料体処理を繰り返す毎に燃料出入機本体Aグリッパの爪開閉トルクが徐々に上昇
- ◆原因の推定
グリッパに付着したNaが温度の高い燃料洗浄設備において水酸化物に変化、その後EVSTに浸漬した際、水酸化物表面にNaがさらに付着、グリッパの爪に噛み込み。
- ◆対策
燃料洗浄槽の配管に予熱ヒータ・保温材を追加し、湿度を低下

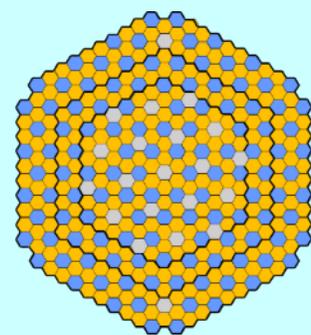
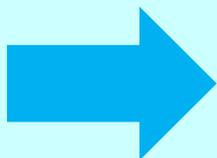
【燃料体取出し作業 これまでの実績】

【これまでに得られた実績(一部)】

- ・ 設備の運転状態は、想定内であること。
- ・ 操作員の基本動作は問題がなく、チームコミュニケーションが充分であったこと。
- ・ コロナ感染症対策による勤務体制にて、作業を滞りなく実施できたこと。



燃料体取出し前の炉心状態 (青色は燃料体)



現在の炉心状態 (橙色は模擬体)

【燃料体取出し作業 これからの予定】

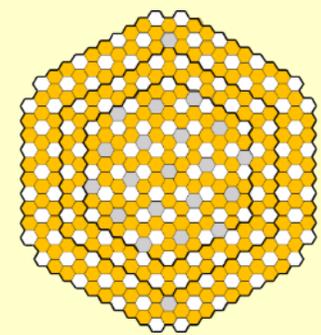
【得られた実績の反映】

- ・ 実績を振り返り、次年度に向けた準備事項に整理。
- ・ 設計・運用で対処が必要な事項は、次回取出しまでに対処するとともに、リスク評価に反映。



【これからの部分装荷対応】

- ・ プログラム追加に向け、メーカー工場にて検証作業を実施中 (操作手順変更に向けた検討も実施中)
- ・ 今後、実機動作確認を実施した後燃料体取出し作業を再開する。



燃料体取出し完了時

項目	スケジュール	2021年度									2022年度	
		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	
燃料体の処理		■										
燃料体の取出し	(7/25) 146体の処理を完了											■ 燃料体の取出し
部分装荷に向けた準備												
プログラムの追加					■	■						
操作手順書の変更				■	■	■						
リスク評価							■					
教育訓練										■		
定期事業者検査 (9/14開始)												
検査① (燃料体の取出しに必要となる機能の検査) 燃料交換装置、燃料出入機、ナトリウム系等				■	■	■	■	■	■	■		
検査② (燃料体の処理に必要となる機能の検査) 燃料出入機、燃料洗浄設備等				■	■	■	■	■	■	■		
検査③ (その他の性能維持施設に係る検査) 水消火設備等				■	■	■	■	■	■	■		

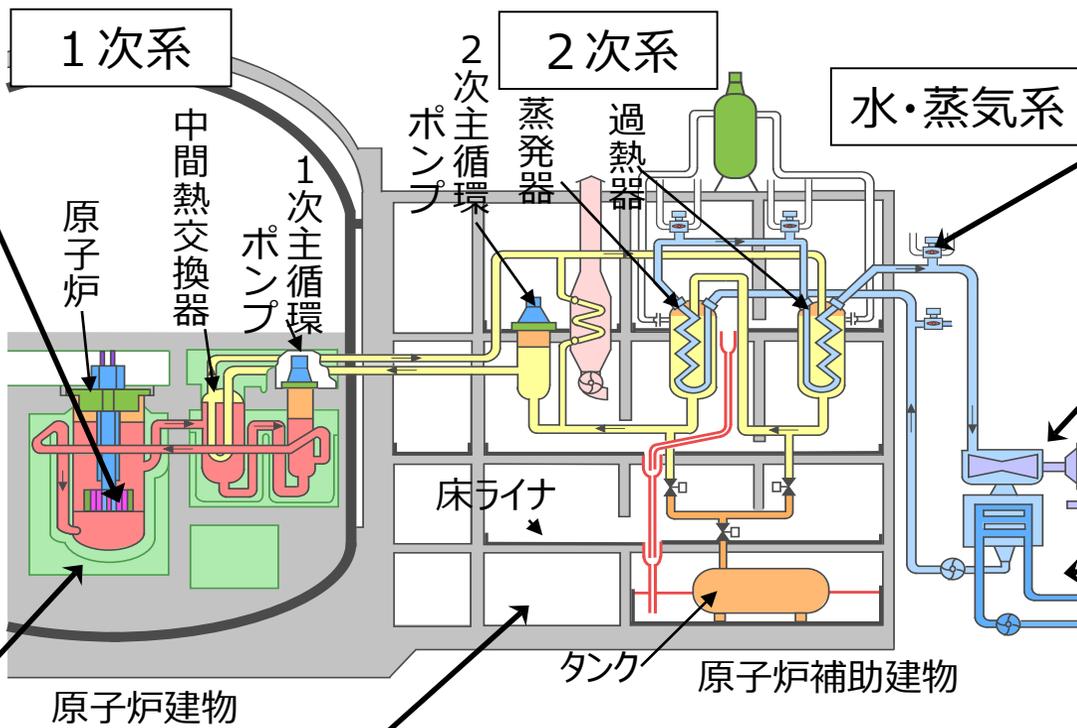
制御棒を挿入し炉は停止中

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次系の系統温度を約200℃に維持

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

2018年12月5日に、2次系全てのナトリウムの抜き取りを完了し、現在タンク内で固体の状態にて保管中

- ・ 炉心の崩壊熱：約20kW（炉心に370体燃料があった時点。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。

【非放射性ナトリウムの抜き取り、固化保管の実績】

ナトリウム漏えいリスクを低減するため、非放射性ナトリウムである2次主冷却系まわりのナトリウム（約755トン）を既設タンク及び一時保管用タンクに抜き取り（2018年12月完了）。（現在は固化状態で保管中）



一時保管用タンク納入



一時保管用タンク据付

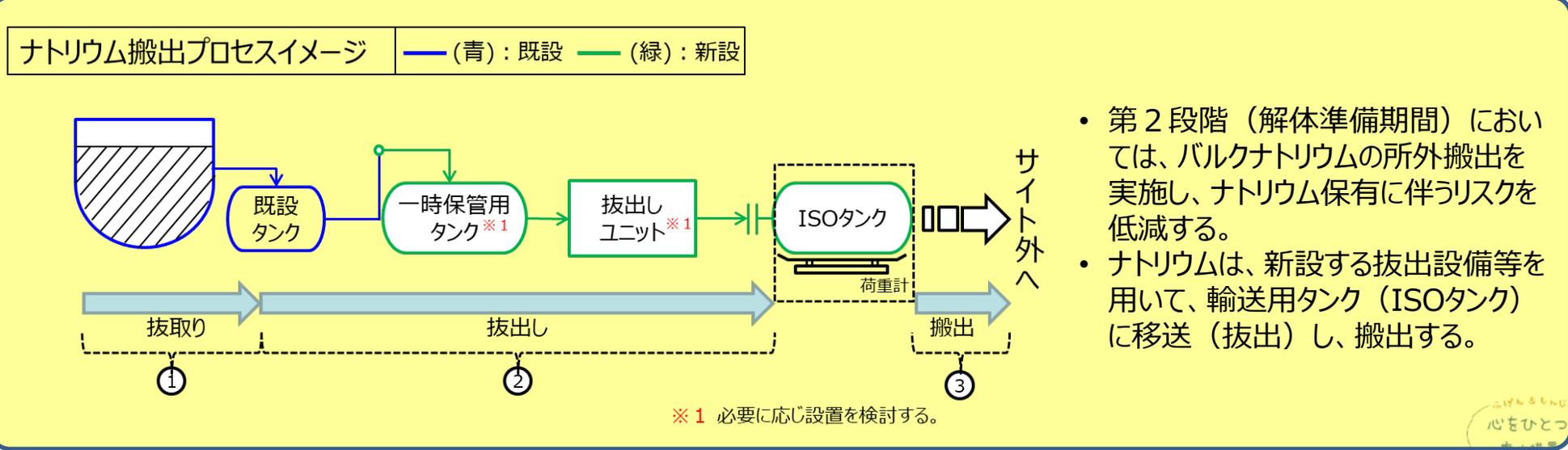


抜き取り用配管・弁設置



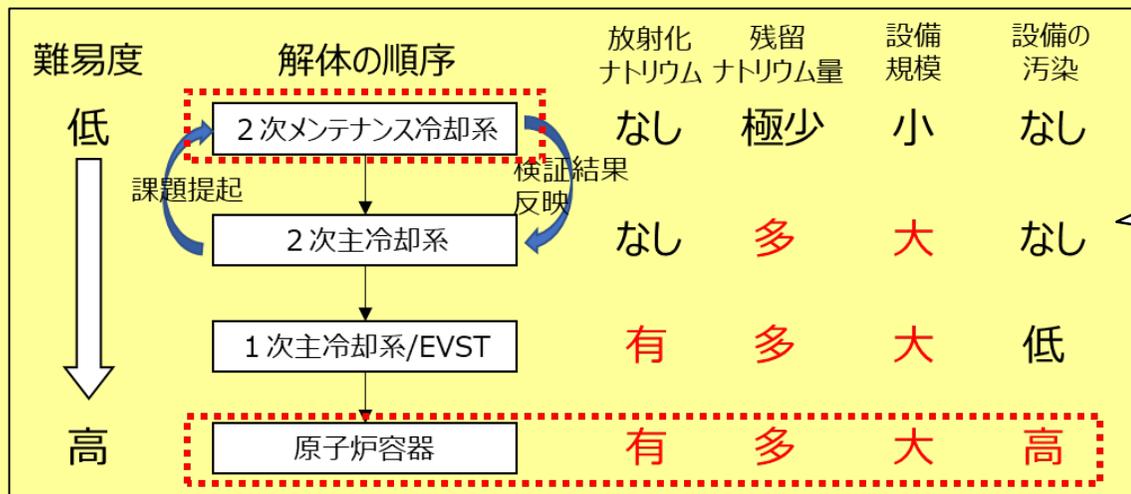
ナトリウム抜き取り作業

【これからの非放射性/放射性ナトリウムの抜き出し・搬出予定】



【これから予定する解体技術基盤整備計画】

- 国内初のナトリウム冷却高速炉の解体には、残留ナトリウムの安定化、機器・配管の切断等の解体に必要な技術等の選定、解体工事のガイドライン作成、その妥当性確認・実証が必要。
- 確認・実証は、小規模の非放射性ナトリウム設備から技術実証、確認をしながら、第2段階～第3段階を通じて段階的に進める。
- 第2段階期間中に非放射性ナトリウム設備解体着手に必要な基盤整備と、放射性ナトリウム設備の基盤整備計画を策定する。

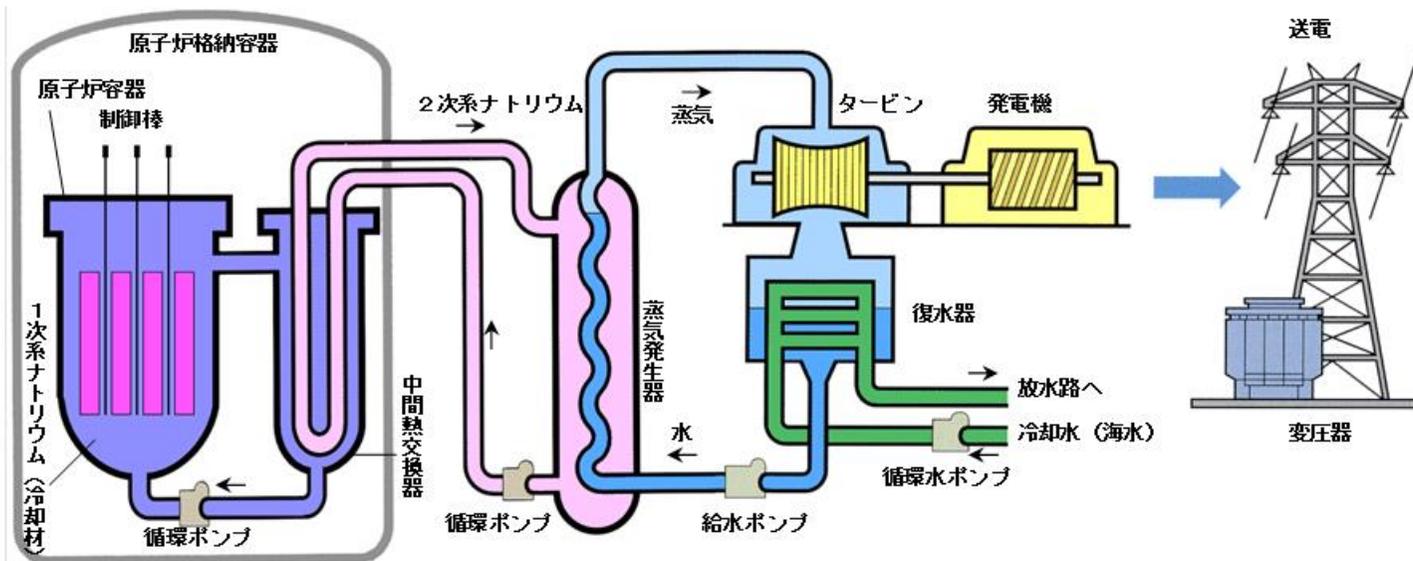


実証、確認については、2次メンテナンス冷却系等の小規模系統から、2次主冷却系設備、1次主冷却系設備の順に行い、難易度の高い原子炉容器の解体に技術を適用していく。

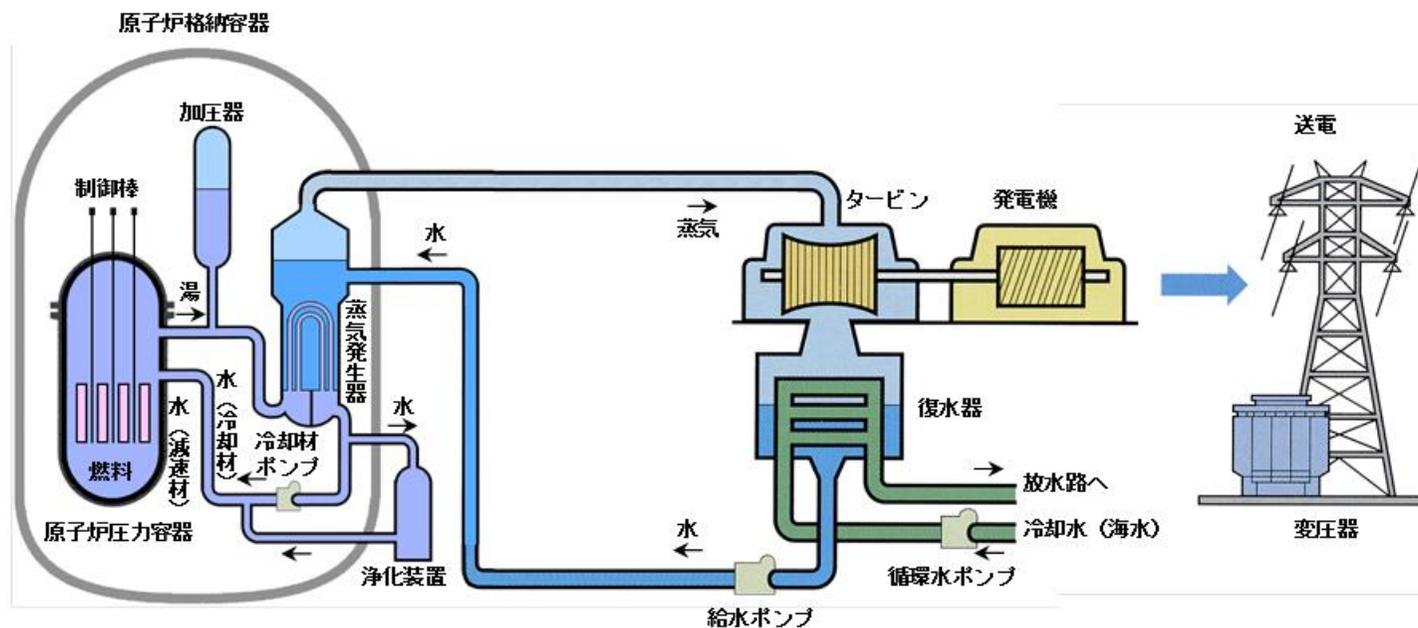
段階的な確認・実証のイメージ

参考資料 ～全体概要～

高速増殖炉



軽水炉 (PWR)



- 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</u>・・現在は原子炉容器解体中</p> <p><u>2028 廃止措置完了予定</u> (燃料取出し開始から29年間)</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</u> (→2016取得済) 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</u> (燃料取出し開始から31年間)</p>

他の廃止措置中の高速炉

フランス	Rhapsodie (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)