

「もんじゅ」廃止措置第 2 段階の実施について

2023年 3月13日

日本原子力研究開発機構 (JAEA)

【方針1】 実施体制の見直し

廃止措置作業の進捗に伴う設備・機器の安全機能に対する要求の変化を踏まえ、第2段階前半の廃止措置と第2段階後半以降の廃止措置計画の検討が出来るよう、プロジェクトマネージャーの下、新たな組織体制として、「もんじゅ」の保安管理組織を構築する。

【方針2】 設備の更なる合理化による余剰リソースの創出

新たな施設管理として、設備・機器の安全機能を満たしつつ、性能を維持すべき設備・機器を合理的に最小化、運用することを基本原則として検討するとともに、余剰リソースを廃止措置工事等の検討に投入するなど、廃止措置を安全、確実かつ可能な限り速やかに推進する。

<方針の前提条件>

1. 第1段階の経験蓄積（燃料体取出し作業の習熟）

ナトリウムを保有する炉心等に燃料体が存在する状態であることを踏まえ、ナトリウムを安全に管理するとともに、安全を担保しながら燃料体取出し作業を最優先に実施することを基本方針として実施し、令和4年10月に燃料体取出し作業を完了。

⇒運転経験の蓄積により、操作員、保守員の力量が向上。

2. 第2段階のプラント状態の変化（プラントが保有するリスクは低下）

燃料体は原子炉容器から取り出され、燃料池に貯蔵。原子炉容器、炉外燃料貯蔵槽以外のナトリウムは固化。

燃料体に続いて実施するしゃへい体等の取出しのほか、ナトリウム設備の解体準備及び水・蒸気系等発電設備の解体等を行うこととしており、これらの廃止措置の進捗に伴い、プラント状態（放射性物質・ナトリウムの所在、状態を含む。）も変化。

⇒性能維持施設（保守管理業務）が減少、運転操作が減少することにより施設管理負担が軽減

3. 第2段階前半廃止措置の実施

燃料体取出し作業とほぼ同じ作業であるしゃへい体等取出し作業に加え、水蒸気系等発電設備の解体を同時に実施

4. 第2段階後半以降廃止措置の検討

バルクナトリウムの搬出に向けた準備、第3段階で行う廃止措置計画の具体化

1. 第2段階の概要	・ ・ ・ ・ ・	3
2. 新たな組織体制	・ ・ ・ ・ ・	8
3. 新たな施設管理	・ ・ ・ ・ ・	9

参考資料

1. 廃止措置工程と進捗状況
2. 燃料体取出し不具合多発からのリカバリーと教訓
3. 前回会合における御意見に対する回答

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	2031	2032	2047	
主な実施事項	燃料体取出し						
	現時点	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2段階（解体準備期間）において、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を実施。
- 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日付けで原子力規制委員会より廃止措置計画及び原子炉施設保安規定の変更認可を受領。

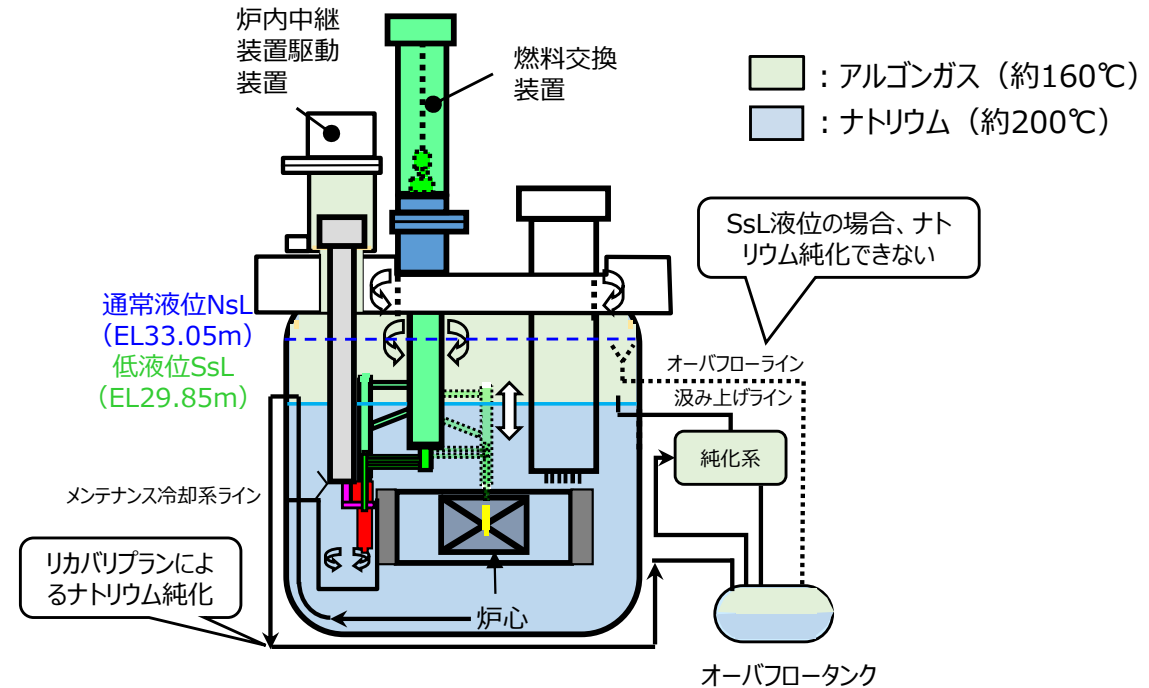
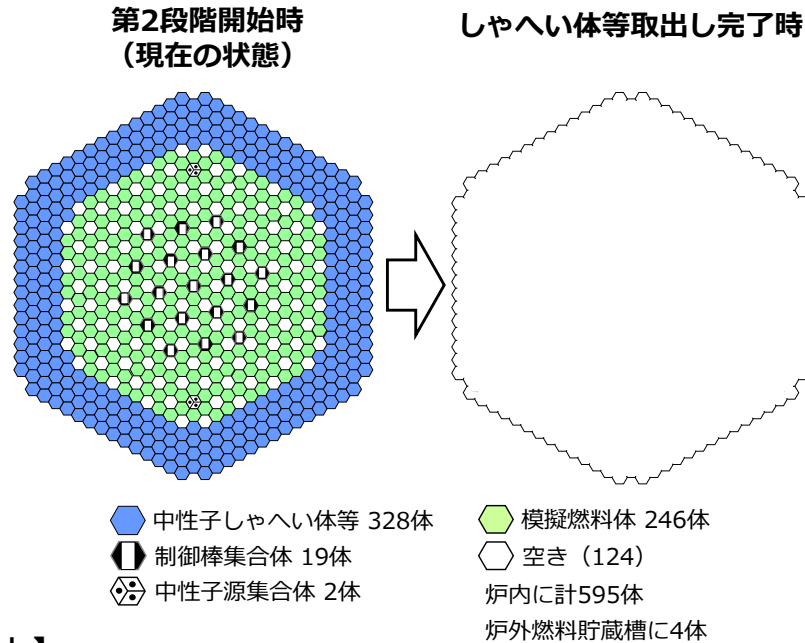
年度			第2段階 解体準備期間								
			2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
第2段階 における 主な作業等	ナトリウム 機器の解体 準備	①しゃへい体等 取出し作業	■								
		②ナトリウムの 搬出					▨				
	③水・蒸気系等発電設備の解体 撤去		■				▨				
	④汚染の分布に関する評価		■								

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ポイント

【作業】

- 第3段階における原子炉解体への影響に鑑み、燃料体取出し作業で実績を有する燃料交換設備等を使用し、原子炉内等に残るしゃへい体等（計599体）を燃料池へ移送。



【ポイント】

- ナトリウム漏えいリスク低減のため1次系配管内のナトリウムを抜き取り、原子炉容器内ナトリウム液位を低液位（通常液位-約3m）にした状態でしゃへい体等の取出しを実施。
- ナトリウム浸漬範囲が第1段階までと異なるため、燃料交換装置の本体胴長さや浮力に生じる影響（燃料交換装置の昇降、位置決め、しゃへい体等の荷重判定に影響）を確認する事前確認試験を実施（p22、事前確認試験1）。
 - 燃料交換装置の本体胴が数mm熱収縮し、浮力低下し重量が50～60kg増加（2022.5、事前評価における許容範囲内）。
 - 上記の影響を機器制御条件に反映済み（2023.2）。
- 純化運転しないためナトリウム純度が低下する可能性あり。
 - しゃへい体等取出し作業時のナトリウム純度が有意に低下する事態に備え、ナトリウム純化等を可能とするリカバリープランの適用プロセスを設定済み。

【作業】

- 既に休止設備としている水・蒸気系等発電設備を解体。

【ポイント】

- 建物内に供用中の補助蒸気設備等（性能維持施設）が存在するため、隔離、養生等により性能維持施設に解体作業の影響が及ばないように措置し、蒸気漏れ等の労働安全災害リスクの低減を図る。
 - 性能維持施設との隔離位置を識別済み（2023年2月）（p6）。
 - 性能維持施設が存在しないタービン建物3階以下の機器から工事開始予定。
- 3階以下の大型機器を先行して解体・撤去することで、空いたフィールドを今後の解体撤去工事に活用（例：原子炉補助建屋内の非放射性大型機器を現場で分解したのち当該フィールドにて細分化し撤去する等）。
- 先行する工事の安全対策を確認し、改善事項があれば今後の工事に反映。

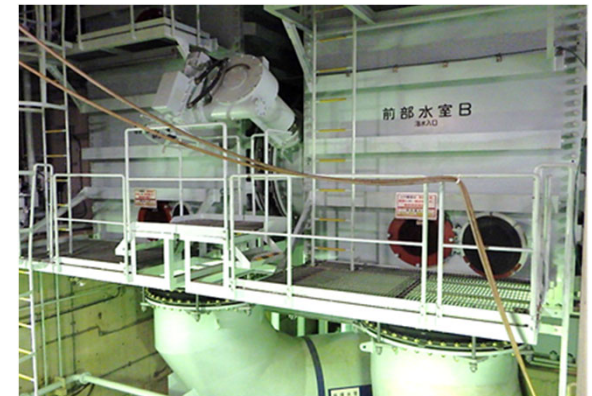
タービン建物内（1階から3階）の主な大型機器



タービン発電機（タービン建物3階）



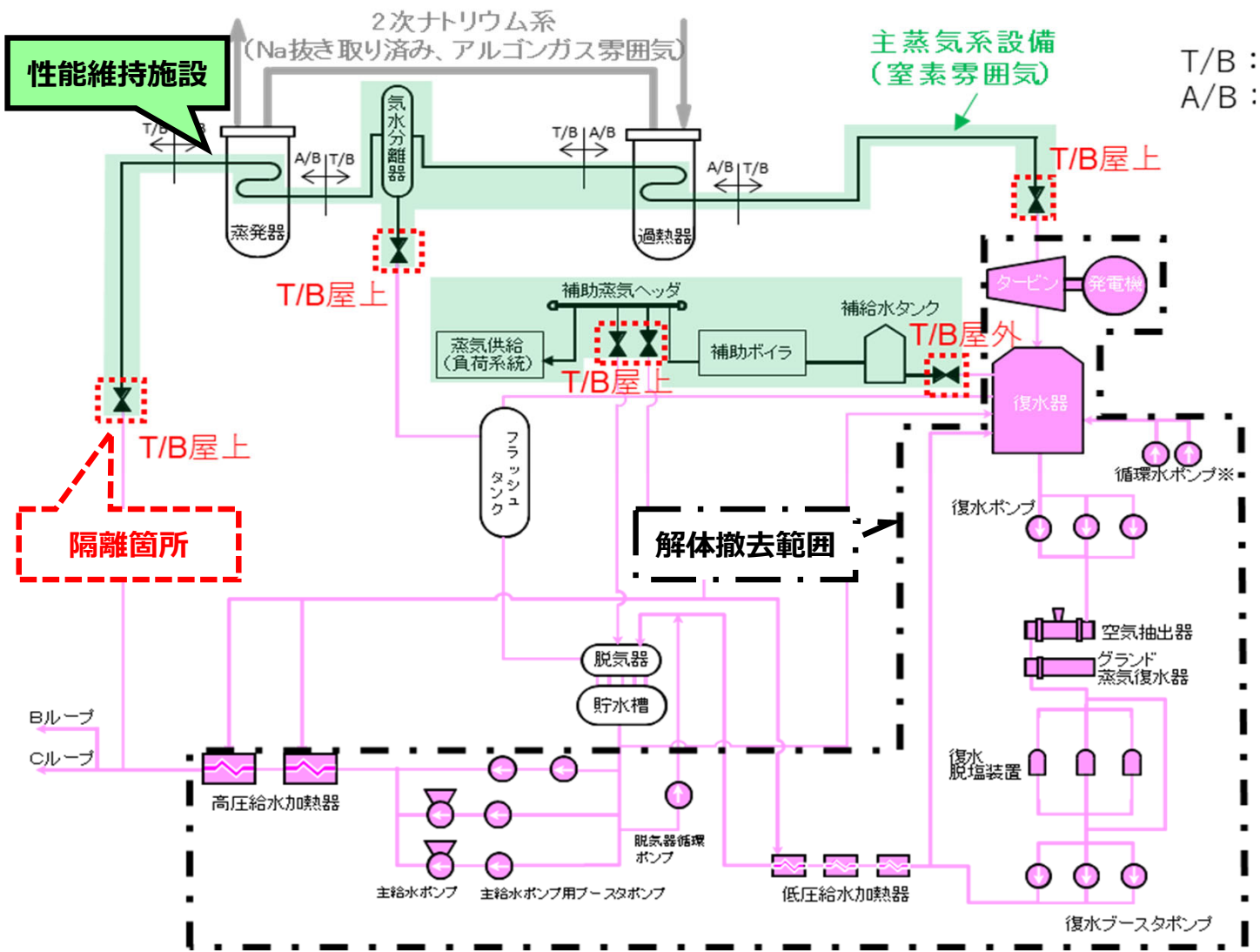
高圧給水加熱器



復水器

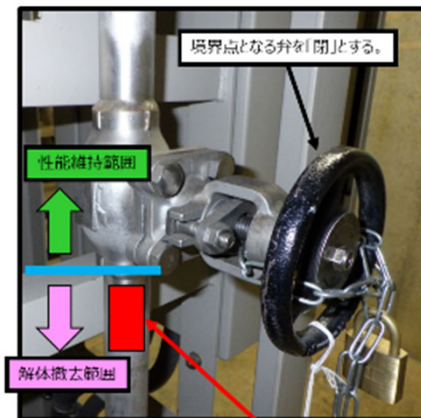
③水・蒸気系等発電設備の解体撤去作業のポイント

解体撤去範囲と配管系統の主な隔離箇所



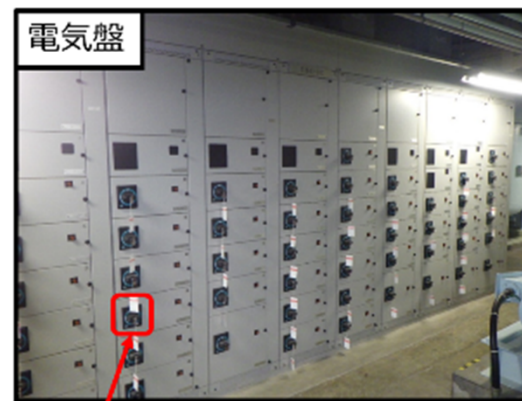
機械品及び電気品の隔離方法

(1) 機械品の隔離方法

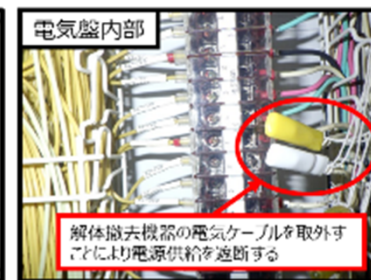


機器、配管等に、解体撤去機器であることをスプレー又はテープ等にて識別

(2) 電気品の隔離方法



解体撤去機器の電源を「切」にする



解体撤去機器の電気ケーブルを取外すことにより電源供給を遮断する

○解体に係る作業手順書の作成、不要物品の移動作業等を実施中。
潤滑油やヒドラジン等の薬剤は抜き取り済み。

④汚染分布に関する評価作業のポイント

【作業】

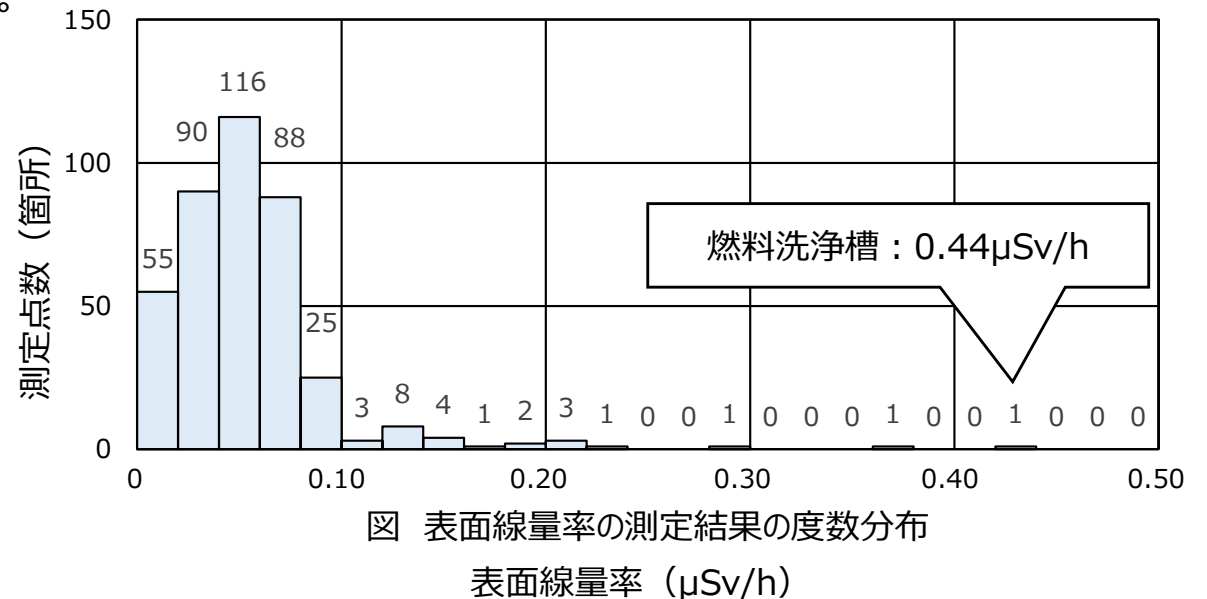
- 第3段階における原子炉及びその周辺設備の解体を安全に行い放射性廃棄物発生量を同定するため、構造物の中性子照射による放射化量や、放射性腐食生成物等の沈着による汚染の範囲・程度を定量的に評価。

【ポイント】

- もんじゅの運転履歴、設計情報及び構造等の元素組成分析の情報に基づく放射化量の計算結果の妥当性を評価。
 - 炉心装荷履歴のある中性子しゃへい体から採取した試料に対し、分析等による実測評価を予定。
- 「常陽」における知見を参考に、代表機器・配管の表面線量率の測定により汚染の範囲・程度を評価（測定対象設備及び測定点は下表）。
 - 原子炉容器室等の放射化による汚染が高い区域を除き、測定点の殆どの表面線量率は $0.1\mu\text{Sv/h}$ 以下であり機器内部の汚染範囲は狭く、程度は低いものと推定。
 - 最大値は燃料洗浄槽での $0.44\mu\text{Sv/h}$ であり、系統循環による汚染ではなく燃料体の処理作業時に同機器内に持ち込まれたものと推定。
- 解体工事前の汚染の除去の要否とその範囲を明確化。

表 測定対象設備及び測定点数

測定対象設備	測定点数
1次主冷却系設備	150 (50点×3ループ)
1次ナトリウム補助設備	
1次メンテナンス冷却系設備	
1次アルゴンガス系設備	39
燃料取扱及び貯蔵設備	27
気体廃棄物処理設備	36
液体廃棄物処理設備	39
固体廃棄物処理設備	18
共通保修設備	27
換気空調設備	63
合計	399

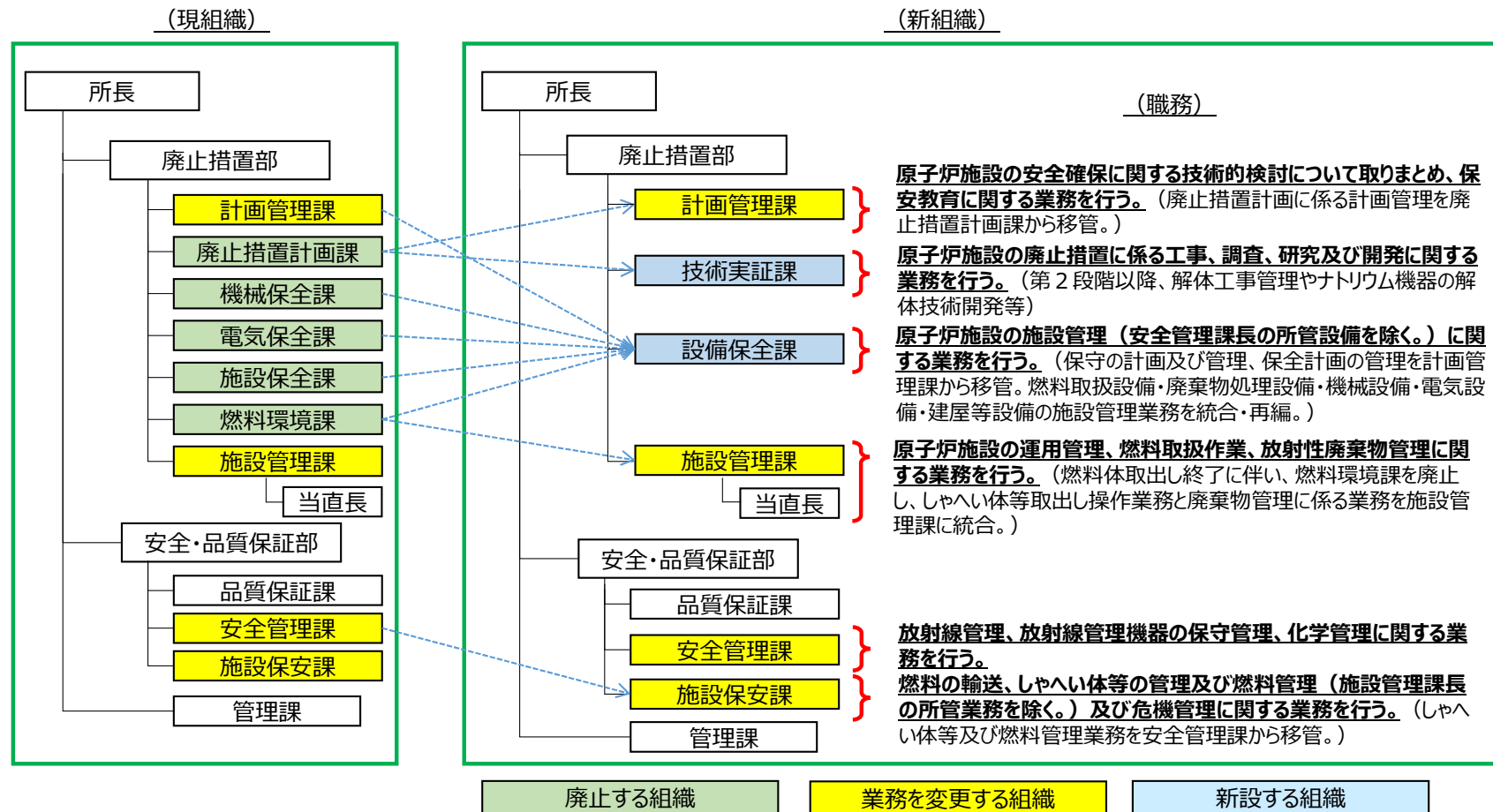


2. 新たな組織体制 新しいフェーズに向けた体制の構築

廃止措置の段階に応じた適切な管理により施設の安全確保と計画的な解体・撤去を両立

【新しいフェーズに向けた体制の構築】

- 燃料体取出し作業は運転段階の体制を継続して実施したが、第2段階以降は性能維持施設の保守管理、施設管理、解体・撤去に係る技術実証の役割と責任を明確化した体制で実施。
 - 原子炉施設保安規定の変更認可を取得済（2023年2月）（p3）。
 - 原子炉施設保安規定の下位文書を改定し（2023年2月）、教育訓練済、力量認定実施中（p22）。

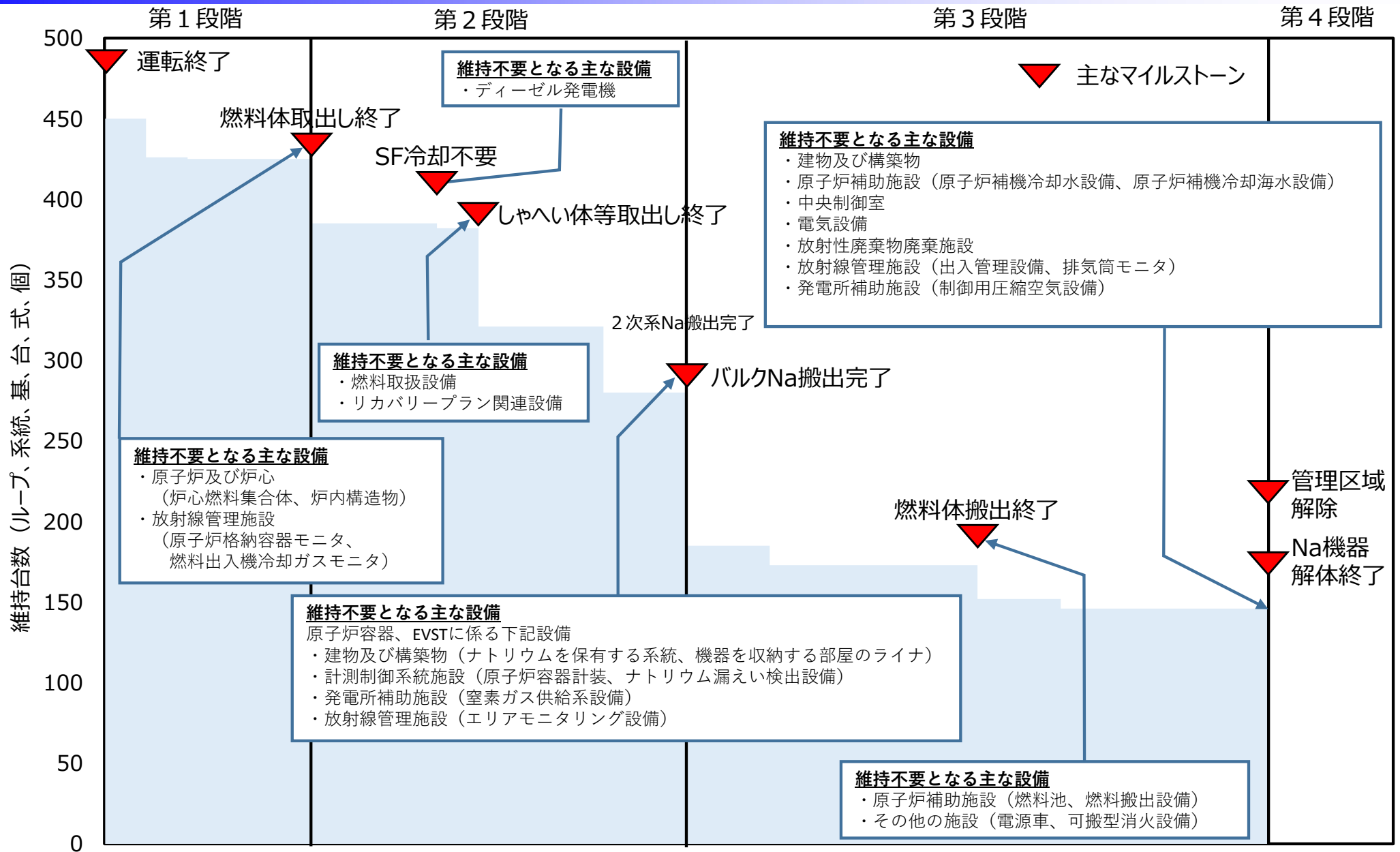


【プラント状態に応じた適切な施設管理】

- 廃止措置の進捗に伴いプラント状態（放射性物質やナトリウムの所在や状態）が変化。
- 設備・機器の安全機能を満足しつつ、廃止措置を安全、確実かつ可能な限り速やかに推進できるよう、「廃止措置段階の性能維持施設の考え方」を踏まえ、性能維持施設の範囲とその運用を検討（p10～11）。
 - 要求される安全機能を念頭に、性能を維持すべき施設の合理的な最小化及び運用を基本原則として検討。
 - 第2段階では、燃料体が燃料池に貯蔵されている状態での「原子力災害の防止」、ナトリウムがタンクに固化貯蔵されている状態の「廃止措置の安全確保」に重点を置き、必要な性能維持施設を同定、廃止措置計画を変更済（p3）。
 - 安全機能の要求変化（マイルストーン）に応じた性能維持施設の見直しを検討。
- さらに、限られたリソースを用いて第2段階の諸作業を確実に進めるため、選定した性能維持施設の機能・性能を損なうことなく設備の運用方法を改善（p12～17）。
- 加えて、燃料体の燃焼度が低いという事実に基づき、燃料池の冷却機能の停止や、稼働設備・機器の実情に応じたRCW/RCWS設備の最適化等、施設管理を合理化（p18～20）。

- 廃止措置の進捗に伴い、プラントの安全機能に対する要求が変化することを考慮し、「原子力災害の防止」及び「廃止措置の安全確保」のため、マイルストーンに応じ性能維持施設の適応範囲を再検討。
 ➡ 第2段階後半以降の廃止措置を踏まえ、設備の再使用や新規設置等を含め、更なる見直しを検討。

		運転段階	廃止措置段階			
			第1段階	第2段階	第3段階	第4段階
		運転終了▼	燃料体取出し終了▼	▽燃料池強制冷却不要	▽燃料体搬出終了	▽管理区域解除
		発電炉に共通的なマイルストーン：				
原子力災害の防止	①原子力災害防止 【設置許可の枢要施設】	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉停止 原子炉未臨界維持 燃料池未臨界維持 新燃料未臨界維持 	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉停止 原子炉未臨界維持 燃料池未臨界維持 新燃料未臨界維持 	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉停止 原子炉未臨界維持 燃料池未臨界維持 新燃料未臨界維持 		
	「冷やす」	<ul style="list-style-type: none"> 炉心冷却（運転時） 崩壊熱除去（Na漏えいの影響緩和） 燃料池冷却 	<ul style="list-style-type: none"> 炉心冷却 Na循環機能（Na漏えいの影響緩和） 燃料池冷却 	<ul style="list-style-type: none"> 炉心冷却 燃料池冷却 		
	「閉じ込める」	<ul style="list-style-type: none"> 事故時放出抑制 炉心、EVST内燃料 燃料池内使用済燃料 放射線監視、放射線管理 燃料取扱い 	<ul style="list-style-type: none"> 事故時放出抑制 炉心、EVST内燃料 燃料池内使用済燃料 燃料取扱い 	<ul style="list-style-type: none"> 事故時放出抑制 炉心、EVST内燃料 燃料池内使用済燃料 	<ul style="list-style-type: none"> 事故時放出抑制 炉心、EVST内燃料 燃料池内使用済燃料 	
	②大規模損壊等の対応 【大規模損壊等への対応時に使用する施設】		<ul style="list-style-type: none"> 電源喪失、大規模火災等への対策 			
性能維持施設	③もんじゅ特有の安全措置 【しゃへい体等取扱、Na設備】	もんじゅ特有のマイルストーン：		しゃへい体等取出し終了▼	▽バルクNa搬出終了	▽Na機器解体終了
			<ul style="list-style-type: none"> しゃへい体等取扱い リカバリープラン ナトリウムの取扱い 		<ul style="list-style-type: none"> 残留ナトリウム処理（新規） 廃棄体化（新規） 	
	④廃止措置の安全確保 【その他の諸設備】		<ul style="list-style-type: none"> 放射線監視、放射線管理 			
						<ul style="list-style-type: none"> 建屋解体



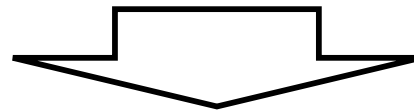
- マイルストーンに応じて性能維持施設を見直し、性能を維持すべき設備を合理的に最小化。
- 第3段階終了まで維持すべき設備でも、設備運用の合理化を図り、余剰リソースを廃止措置工事等の検討に投入。

プラントの運用方針

- 原子炉容器からの取出し対象が「燃料体」から「しゃへい体等」に変わったことにより、安全上のリスクが低減。
- ナトリウム漏えいリスクを低減するため、液体ナトリウムを保有する範囲を可能な限り縮小。

設備運用計画の策定

- ① しゃへい体等取出し時の原子炉容器内ナトリウム液位の設定 (p13)
- ② その他の運用の合理化
 - ・ 作業等による立入りを除く換気装置の停止運用 (p14)
 - ・ 冬期における空調用冷凍機の運用 (p15)
 - ・ 1次アルゴンガス系の循環停止 (p16)
- ③ 保全の合理化
 - ・ 点検間隔/頻度等の見直し (p17)



**運転・保守の作業工数減
合理化による余剰リソースを廃止措置に投入**

プラントの運用方針

- 原子炉容器からの取出し対象が「燃料体」から「しゃへい体等」に変わることに伴い、安全上のリスクが低減。
- ナトリウム漏えいリスクを低減するため、液体ナトリウムを保有する範囲を可能な限り縮小。
- このため、1次冷却系のナトリウムはドレン・固化^{※1}し、原子炉容器のナトリウム液位を「低液位」状態としてしゃへい体等取出し作業を実施。



※1：1次系ナトリウムは再充填する可能性があるため、関連する設備は性能維持施設として維持。

液体ナトリウム保有範囲の縮小により期待できる効果

- ① ナトリウム漏えいが発生する可能性のある範囲の縮小【プラント安全】
 - 1次系の液体ナトリウムを保有する系統数を約80%削減。
 - ・ 必要な系統：原子炉容器
 - ・ 削減できる系統：1次主冷却系、オーバフロー系、純化系、充填ドレン系
 - 1次系の液体ナトリウム保有量を約56%削減。
 - ・ 保有量：約839m³ ⇒ 約370m³ (200℃換算)
- ② 点検範囲・物量の縮小【コスト】
 - ・ 年間の点検コストを約17%削減。
- ③ 運転員の負担軽減【リソース】
 - 原子炉容器通常液位の場合、ナトリウム漏えい発生時の原子炉容器の液位確保及び1次系漏えいループのドレン操作等が必要となるが、低液位とすることにより当該操作は不要となり、運転員の業務は主に中央制御室からの監視となる。よって必要運転員数を削減（5名⇒4名）。

従来の運用

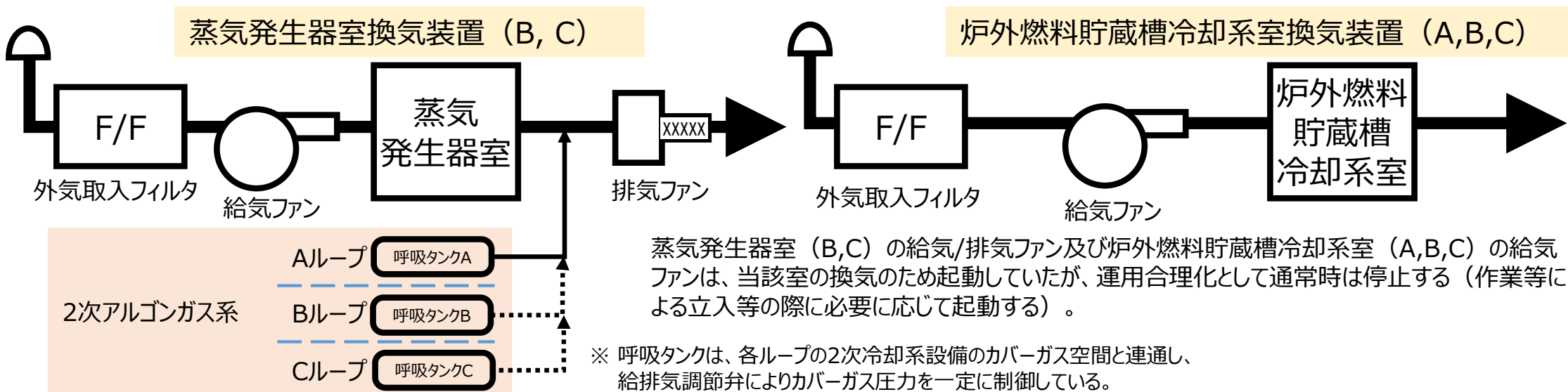
2次冷却設備及び炉外燃料貯蔵槽冷却区画の換気のため、換気装置の連続運転を実施。

運用合理化

- 廃止措置の進捗に伴い、対象区画に設置されている機器からの発熱が減少したことに伴い、入域頻度が少ない区画の換気装置を通常時は停止状態とし、入域時のみ起動。
(蒸気発生器室換気装置B,C、炉外燃料貯蔵槽冷却系室換気装置A,B,C)
- 2次冷却設備の酸化防止機能を維持するため、従来はループ毎に2次アルゴンガス系の圧力制御を実施し、その排気ガスを各ループの蒸気発生器室換気装置から大気放出。今回2次系B,Cループの換気装置を停止後も当該ループの酸化防止機能を維持するため、排気ガスを換気装置Aへ接続。

運用合理化による効果

- 換気装置の運転時間短縮により、機器の故障リスクを低減。
- トラブル対応による運転員、保守員の負荷軽減。
- 外気取入フィルタの清掃頻度減少等。



従来の運用

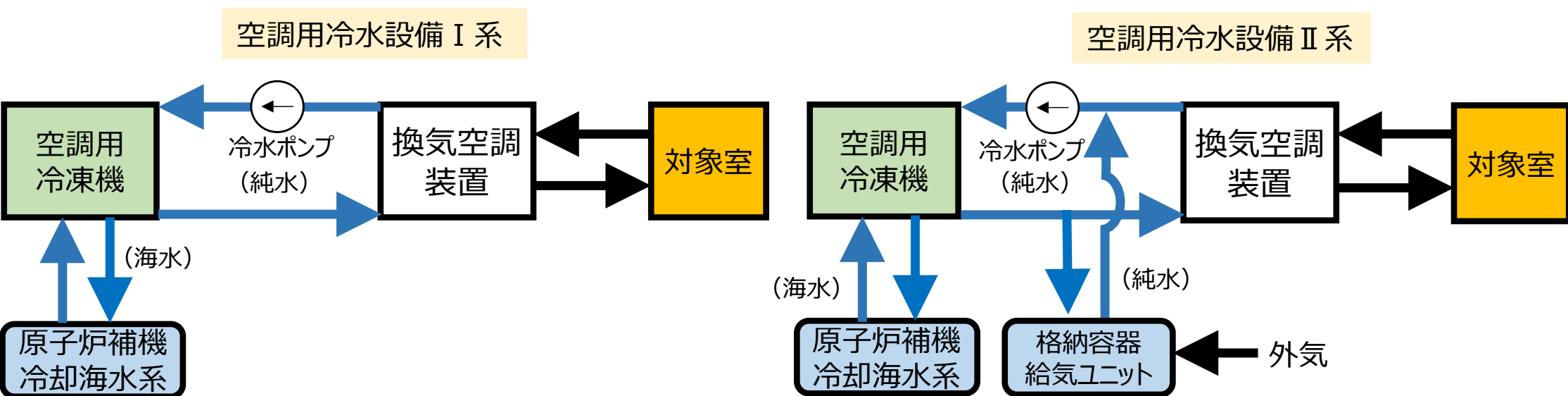
原子炉補助建物、ディーゼル建物等の空調のため、冷凍機により冷却した冷水を換気空調装置に通水し室温を維持。

運用合理化

- 空調用冷水設備Ⅰ系
外気温度、海水温度が低下する冬期において、換気空調装置の冷却源である空調用冷凍機を停止し、海水により冷却された冷水(純水)の循環で除熱する換気空調装置により対象室を換気。
- 空調用冷水設備Ⅱ系
空調用冷水設備Ⅰ系の運用に加え、格納容器給気ユニットを利用した外気との熱交換により除熱。

運用合理化による効果

- 冷凍機の運転時間を短くすることにより、機器の故障リスクを低減。
- トラブル対応による運転員、保守員の負荷軽減。



従来の運用

原子炉容器カバーガス圧力制御、カバーガス純度測定、燃料破損の検出を目的に、1次アルゴンガス系による循環運転の実施。

運用合理化（しゃへい体等取出し作業時を除く期間の運用※）

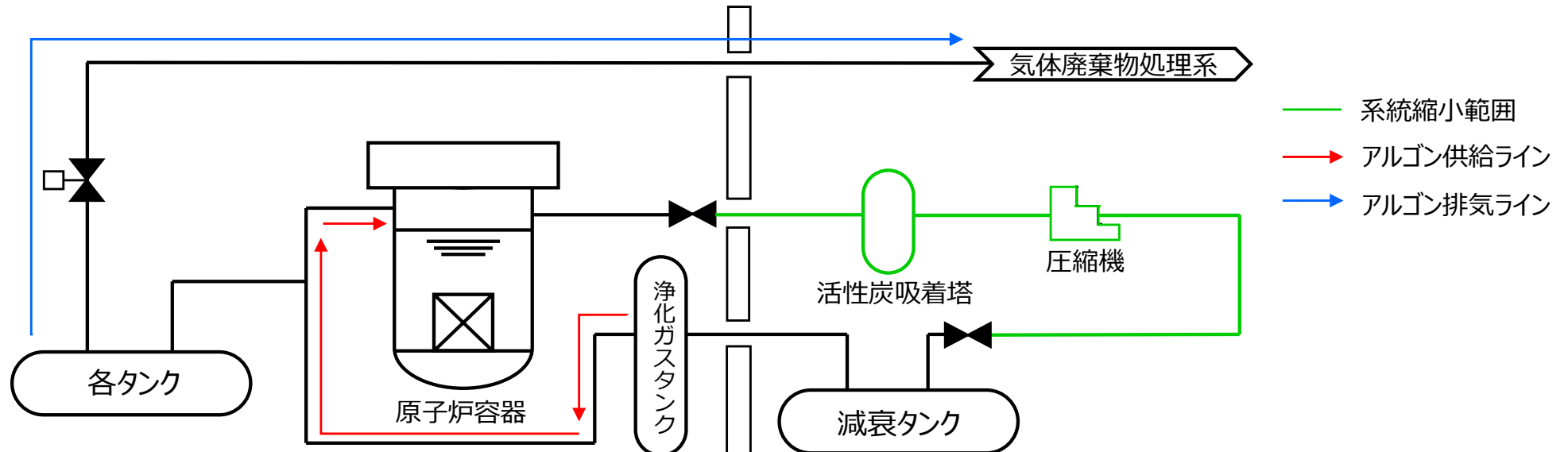
燃料体取出し完了に伴い、燃料破損の検出が不要となったこと及び原子炉容器液位の「低液位」運用により原子炉容器カバーガス圧力の変動を伴う操作・作業が無くなったことから、1次アルゴンガス系の循環停止後も、以下の運用により原子炉容器カバーガス圧力の正圧維持及びカバーガス純度測定は可能。

- 第2段階における原子炉容器カバーガス圧力の変動範囲は、気圧による変動程度であることから、手動による圧力制御にて正圧維持(酸化防止機能の維持)が可能。
- カバーガス純度測定は、系統圧力と気廃系の圧力差を利用したサンプリングにより可能。

※しゃへい体等取出し作業がナトリウム純度に影響を与えないことを評価できた場合、通年の運用とする。

運用合理化による効果

- 1次アルゴンガス系の循環停止運用に伴い、管理する系統範囲を縮小。
- 動的機器の停止に伴い、機器の故障リスク及びアルゴンガス漏えいリスクを低減。



廃止措置段階への移行を踏まえて、保安規定に基づき保全のPDCAを回して保全を合理化

・原子炉の運転が無くなったことから供用段階と比べて相対的にリスクは低下

保全の合理化

リスクの低減及び保全のPDCAによる保全の合理化

- ◆ 保全計画に従い、定期的に点検
- ◆ 保全実績、経年劣化に係る故障情報を整理して分析
(保全結果の確認・評価/保全の有効性評価)

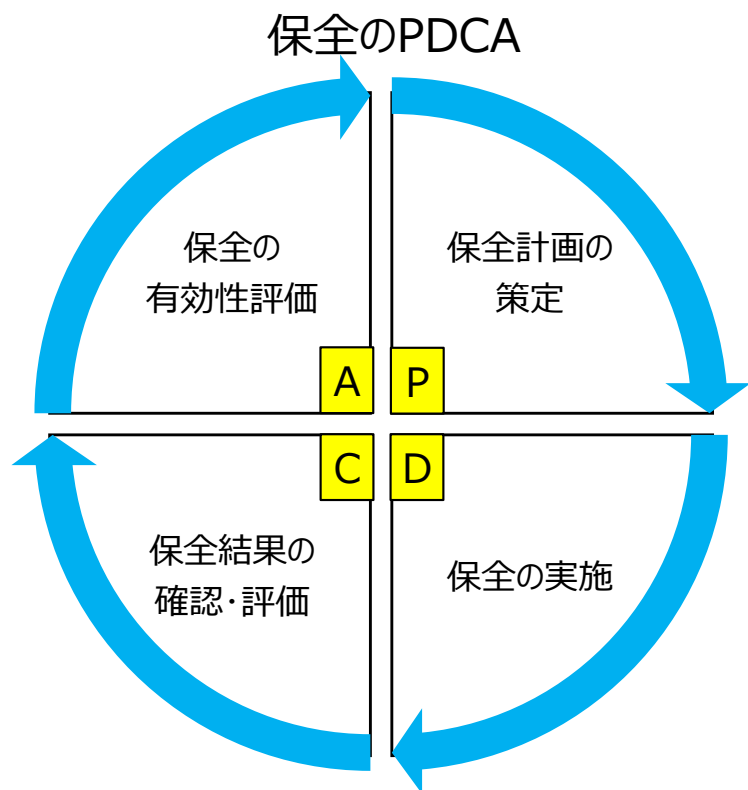
保全の合理化の結果

全点検項目（79,449項目）のうち、
約38%の点検間隔/頻度等を見直し

効果

保全の合理化に取り組む前と比較して

- ◆ **年間保守費用を約33%低減**



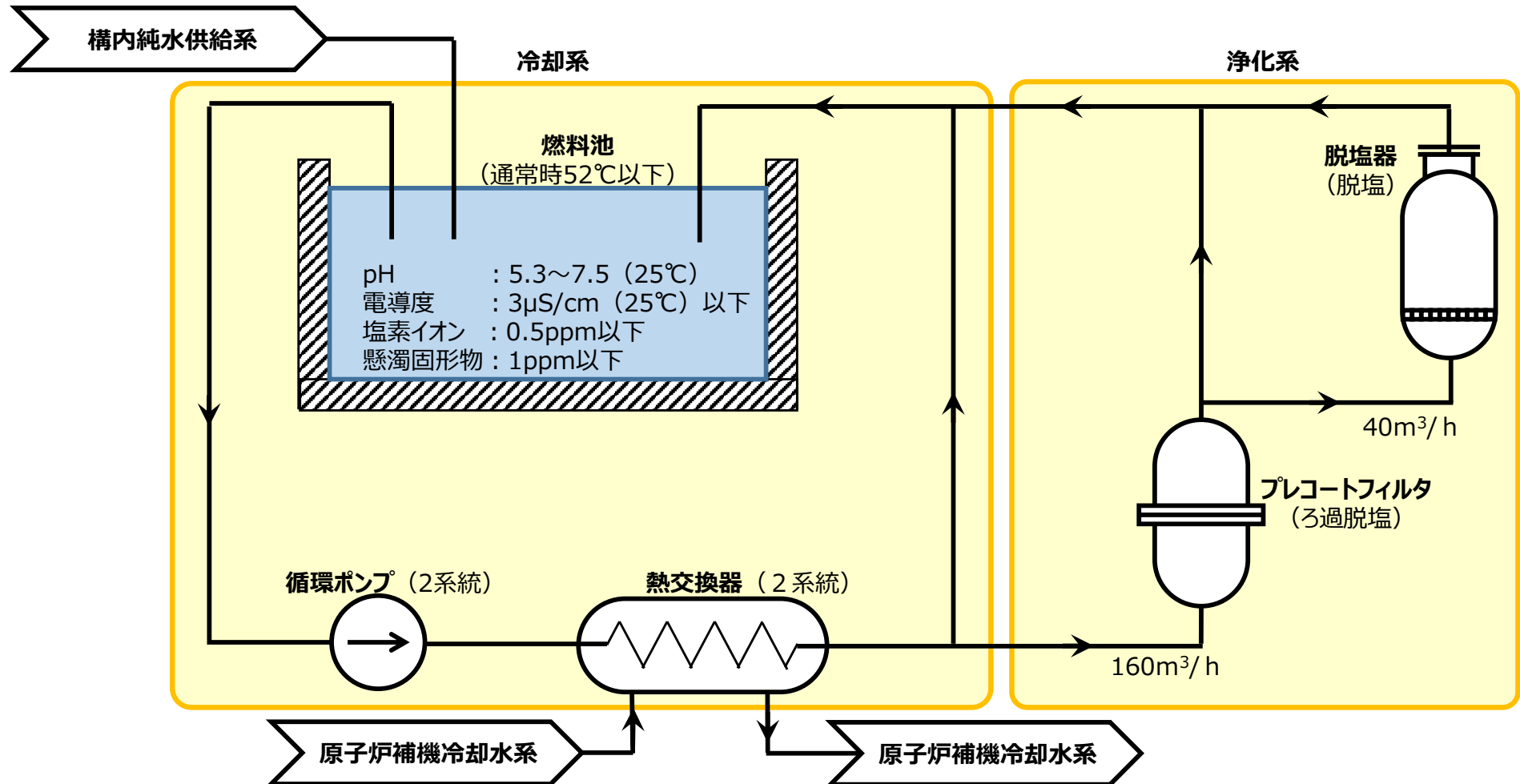
全ての使用済み燃料を原子炉等から取出し、燃料池に保管したことからリスクは一段と低下

➡ 今後、更なる保全の合理化に、積極的に取り組んでいく。

- 燃料池の冷却が停止した場合の燃料池の水温・水位の変化に関する評価を実施。
 - ・施設運用上の基準（65℃以下）の維持を達成できる可能性が高いことが判明。
 - ・しゃへいに必要な水位は、給水しない場合でも74日間維持可能。
- 気温が高い夏季に燃料池の冷却を停止し、燃料池の水温・水位の変化を測定する予定(2023年6～9月予定)。

【期待される効果】

- 冷却機能（燃料池水冷却浄化装置）、電源供給機能（ディーゼル発電機）が不要となる。



— RCW/RCWS設備の最適化 —

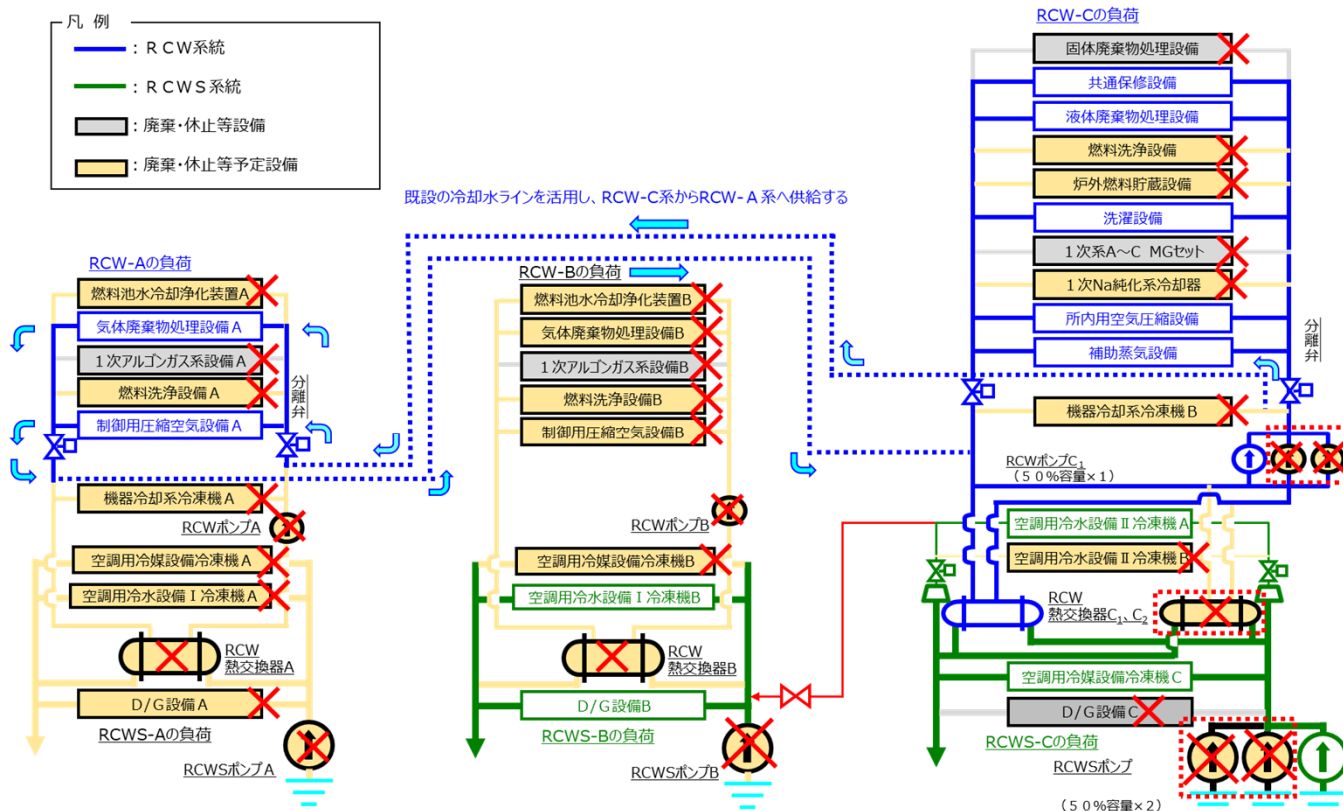
独立性及び多重性の維持が不要となった状態を想定し、RCWS系統のタイライン追設を検討中。

- 現状（廃止措置第1段階）のプラント状態において採取したRCW/RCWSの実際の熱負荷データを根拠に、必要となるRCW/RCWS冷却水流量を机上評価済。
- 次年度以降、上記にて評価した冷却水流量にて実機運転を行い、机上評価の妥当性確認を実施予定。
- 追設するタイライン配管の配置検討及び耐震評価を実施中。

RCW：原子炉補機冷却系
RCWS：原子炉補機冷却海水系

【最適化により期待される効果】

- 施設の維持管理費の削減。
- 保守管理及び定期事業者検査対応にかかる業務負荷の低減。



共通部分のメンテナンス時の運用方法は今後検討が必要な課題

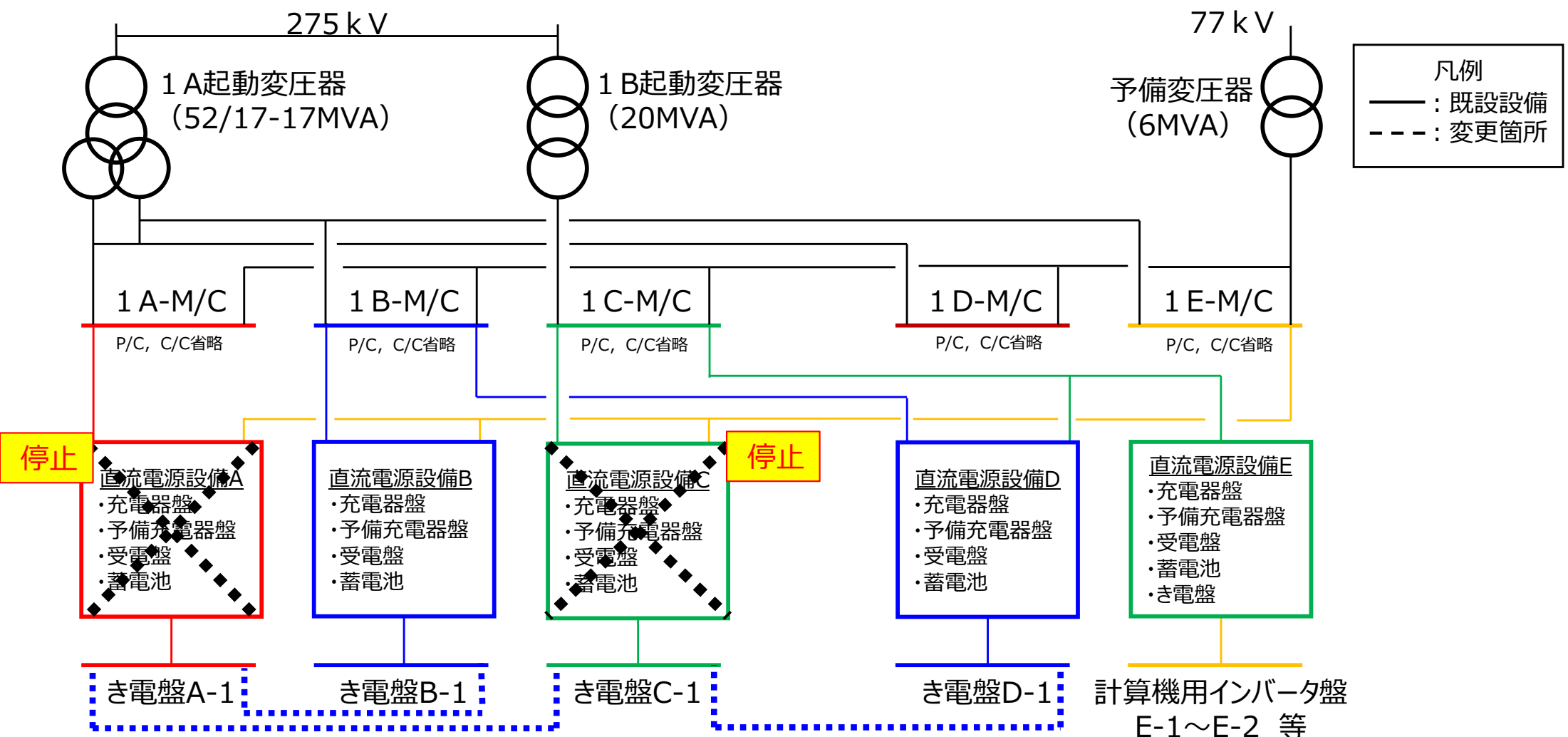
□ : 予備機の運用について検討中

「燃料池の冷却が不要」&「リカバリープランが不要」なプラント状態を想定し、負荷の電源容量を算出。

- 負荷の電源容量に合わせて電源構成を最適化。
- 上流停止した場合でも下流の負荷へ給電できるようタイラインを追加。

【最適化により期待される効果】

- 系統数の削減（5 → 3 系統）により、設備維持に要していた費用、点検期間を削減。



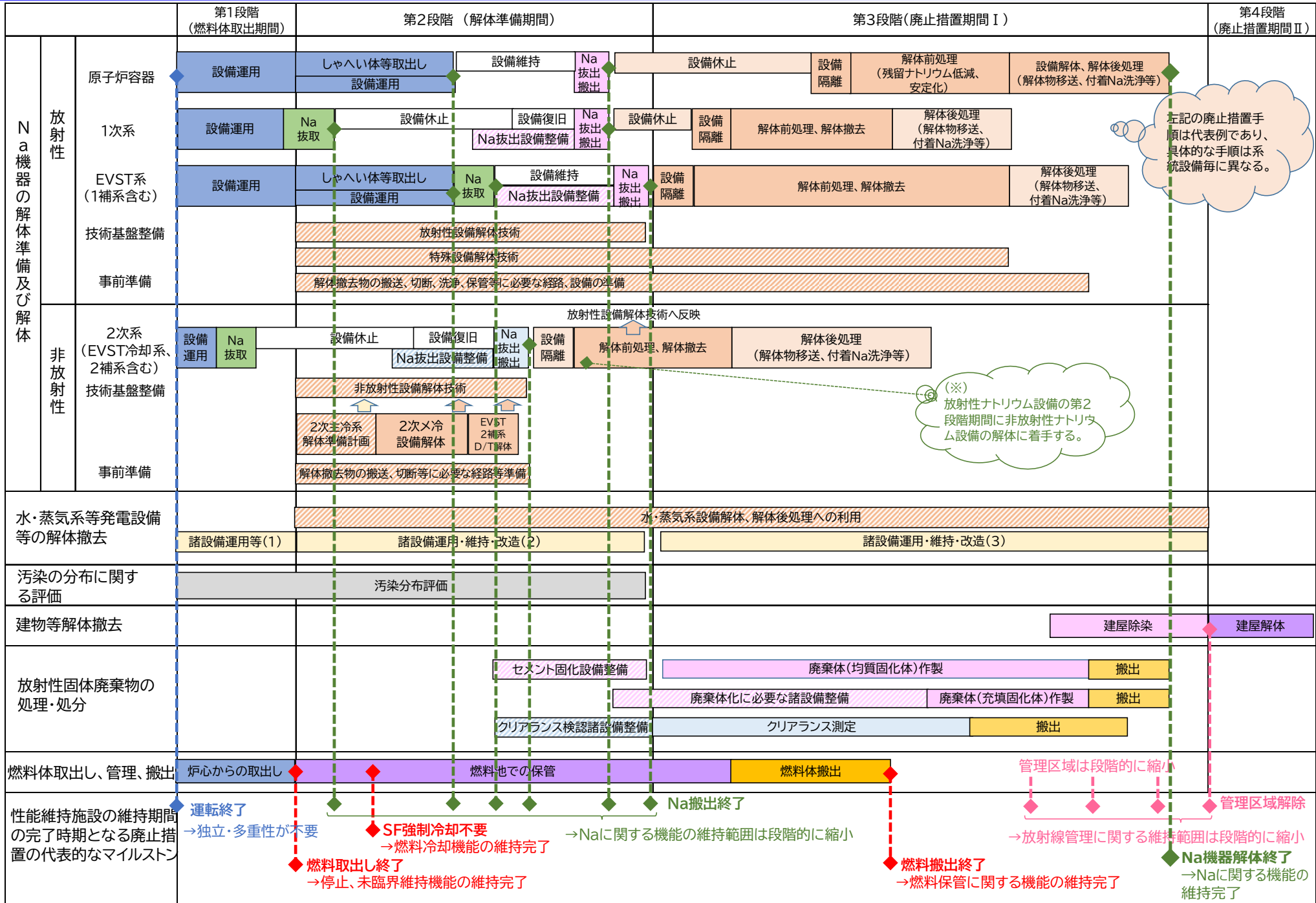
タイラインを追加

- 「もんじゅ」廃止措置は、本年4月から、ナトリウム設備の解体準備及び水・蒸気系等発電設備の解体等を行う第2段階へと移行。
- 第2段階では、廃止措置の安全を確保しつつリソースを合理的に運用するために、「新たな組織体制」、「新たな施設管理」を構築。
- 「新たな組織体制」： 燃料取扱、機械、電気等の設備の各保全課を統合・再編し、「設備保全課」を新設するとともに、解体工事管理やナトリウム機器の解体技術実証等を行う「技術実証課」を新設。
- 「新たな施設管理」： 廃止措置の進捗に伴うプラント状態（放射性物質・ナトリウムの所在や状態）の変化に応じ、設備・機器の安全機能を満足しつつ、性能を維持すべき設備を合理的に最小化・運用することを基本原則として検討。
- 設備運用の合理化を図るとともに、生じた余剰リソースを廃止措置工事等の検討に投入することにより、廃止措置を安全、確実かつ可能な限り速やかに推進。

引き続き、安全第一で「もんじゅ」廃止措置を推進

参 考 资 料

	9月以前	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4~6月	7~9月		
各作業	第1段階						現時点	第2段階			
1. 第2段階廃止措置計画及び原子炉施設保安規定の変更認可											
廃止措置計画変更申請	[進捗]					補正申請 (1/18)	認可 (2/3)				
保安規定変更申請	[進捗]						認可 (2/3)				
2. 保安組織の変更											
業務移管に係る調整・検討	[進捗]										
QMS文書見直し	[進捗]										
教育						[進捗]					
力量認定							[進捗]				
3. 第2段階の解体作業着手に向けた準備											
しゃへい体等取出し作業 (2023年6月開始予定)	事前確認試験1					原子炉運転停止に関する恒久的な措置 (新燃料移送機側案内管を閉鎖) 完了 (2/20)	燃料交換装置の設定値の変更 完了 (2/24)	しゃへい体等取出し準備	事前確認試験2	しゃへい体等の取出し	しゃへい体等の処理 (燃料出入機点検)
水・蒸気系等発電設備の解体撤去 (2023年7月開始予定)	解体撤去に向けた準備作業 (樹脂・油等の抜き取り、不要物品の移動作業等)								要領書制定等		解体工事
	QMS文書の作成・整備 (ふげんを参考に、解体管理に必要な文書を整備)						完了 (2/9)				
汚染の分布に関する評価	放射化汚染の計算の妥当性を確認するためのサンプリング測定における試料採取の概念検討、要素試験							放射化汚染の計算に元素組成分析結果を反映			
	二次的な汚染による放射能濃度の評価計算における試算										



初動に裁量を付与した操作・設備の協働チーム編成

- ◆ 管理権限を持つ実施責任者の指揮のもと、操作と設備保守から成るチームを編成
- ◆ 警報発報時は管理者へ報告するとともに、チーム裁量で初動対応
 - 操作室と現場の両方で、取扱対象物と設備の状態を速やかに確認
 - 燃料体を保持した状態の場合は設備上安全な場所へ移送
 - 実設備・機器の調査、原因・対策案を検討（作業間の設備点検時に対策を実施）

教訓 → 速やかに安全を確保し原因・対策案を立案する体制として有効

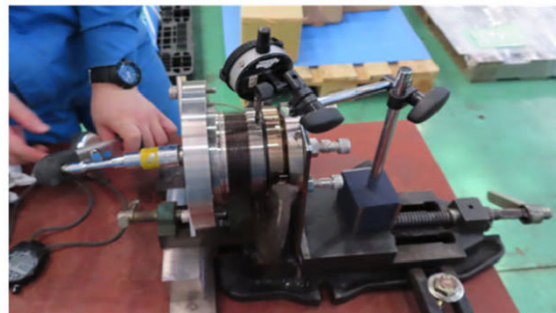
現場とメーカーの連携

- ◆ メーカーとのパイプラインを維持し、操作だけでなく設計・製作・据付けにまで原因をさかのぼり
- ◆ 想定外の事象の場合は、その発生メカニズムについて推定・実験・考察

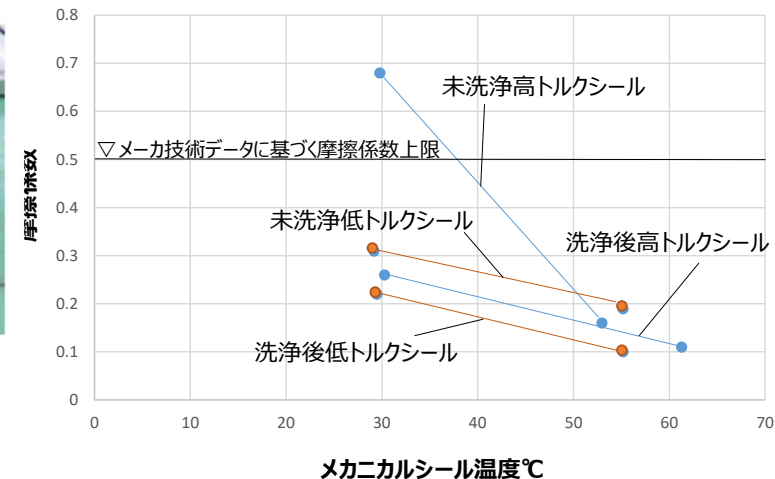
教訓 → 確実かつ現実的な対策の実施、説明性の確保に有効

One Heartの具体化

- ◆ 組織の縦割りを排除した会議体の運用
- ◆ 組織全体の目標共有・課題抽出を受け各課で課題解決



想定外事象の原因究明
(シール部摺動抵抗増)



教訓 → 組織フットワーク向上に有効

警報発報時の判断の明確化と不具合・不適合管理

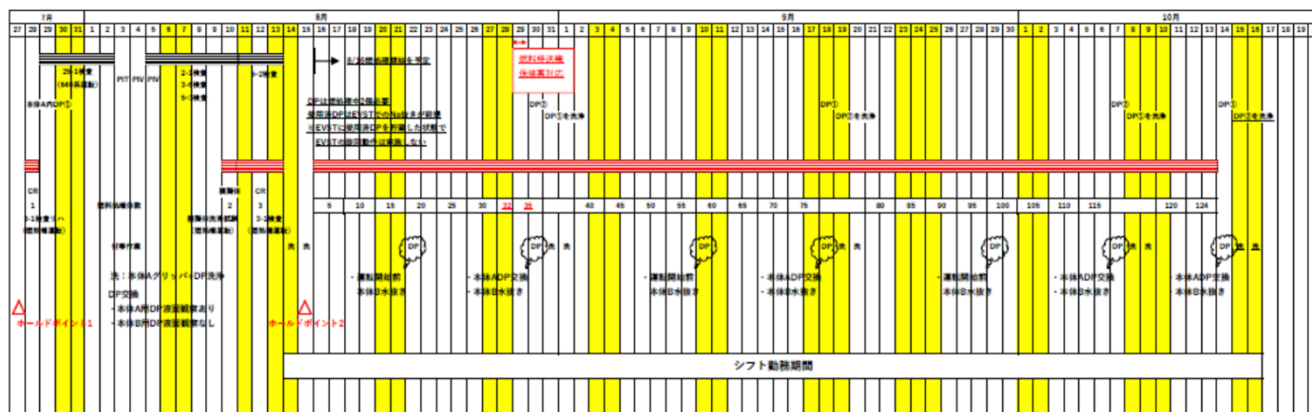
- ◆ 取扱対象物と設備の状態から、**不安全・工程遅延につながる事象**と**そうではない事象を明確化**
- ◆ 後者について**予め対処を定め、チームの裁量で速やかに復旧**
 - 原理的に完全な発生防止が難しい事象（例：ナトリウム化合物の形成）
 - 使用実績が少ないことに起因する事象（例：シール部の摺動抵抗増）
 - システムの最適化が十分でないことに起因する事象（例：信号授受失敗、時間制御）
- ◆ **全ての事象をリスト管理し、毎日のCAP等で判断・対処実績を組織で確認**

教訓 → 操作員が迷うことなく安心して**操作に集中**することに有効
 事象の**大小に関係なく全ての不具合・不適合を管理**する仕組みとして有効

きめ細やかな工程管理

- ◆ 作業実績に基づき付帯作業を含めた**キャンペーン作業内の全体工程最適化**
- ◆ **日割り**工程から**バトン**工程、**時間割**工程をチームで毎日共有

教訓 → **安全・確実・迅速**を達成する**工程管理**として有効



第2キャンペーン燃料体の処理時の日割り工程

縦横のコミュニケーション

- ◆ チーム間の注意喚起 + 良好事例の共有
- ◆ 管理者自らが現場に赴き、良い点を褒め・様々な問いかけ
- ◆ One on One Meetingを通じた意思疎通

教訓 → 組織的な取り組みである意識の向上に有効

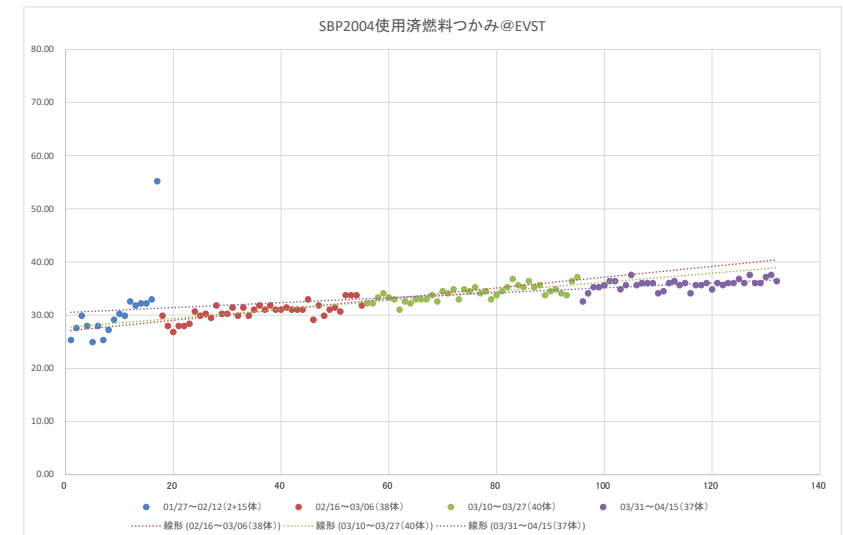


作業担当課長とチームの全体ミーティング

キーパラメータの見える化

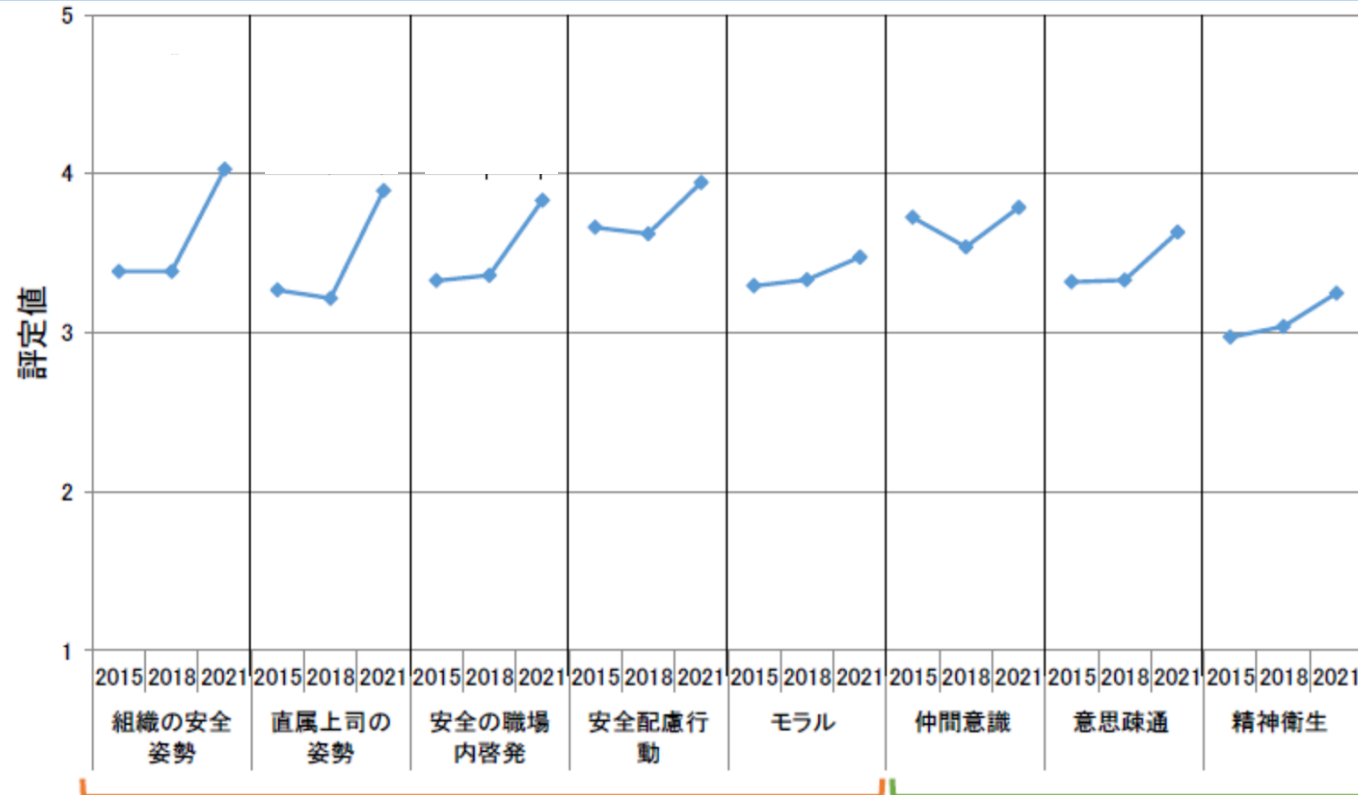
- ◆ 機器動作や制御に係るキーパラメータの毎体のトレンドから正常状態の把握と異常の兆候を監視
- ◆ 上記データを活用し、
 - キャンペーン作業後に振り返り、次の作業のためのリスク評価や改善に反映
 - 第2キャンペーンの燃料体の処理作業で計画130体を超える作業継続の安全性を確認

教訓 → 設備・機器の機能・性能の理解に有効



第2キャンペーン燃料体の処理時の燃料体つかみトルク値の毎体推移

- ◆ JANSIによる安全文化調査の結果、2015年度（保守管理不備の頃）、2018年度（第1キャンペーン燃料体の処理の頃）と比較し、**2021年度は何れの指標も上昇**
- ◆ 現在も**非常に良い雰囲気**を維持している



安全に関する要因	
組織の安全姿勢	幹部の安全姿勢を評定
直属上司の姿勢	直属上司のリーダーシップを評定
安全の職場内啓発	安全活動の活性化を評定
安全配慮行動	同僚の安全確認行動評定
モラル	規則遵守などの自律性を評定

職場モラルに関する要因	
仲間意識	チームワークや職場帰属意識を評定
意思疎通	直属上司の情報伝達・調整力を評定
精神衛生	精神の安定度を評定

【「もんじゅ」廃止措置第1段階の燃料体取出し完了について】

前回会合でのご意見	回答
<p>○ 燃料体取出し作業について、開始当初は不具合等も発生したが、その後は順調に進捗、予定通り完了したことに対しては高く評価したい。</p> <p>○ 燃料体取出し作業中に発生した代表的な不具合に対して、事前のリスク検討やその対応の有効性、検討していなかった場合の原因を整理していただきたい。</p>	<p>○ 燃料体取出し作業については、平成30年8月より開始し、令和4年10月をもって全ての燃料体取出し（原子炉容器→炉外燃料貯蔵槽→燃料池）を完了。</p> <p>初期段階では、燃料出入機の不具合が発生し、作業の進捗が遅延したが、その後の不具合対策を講じることにより、長期の作業停止に至ることなく進捗することができたものと理解。その過程で得られた設備の性能確認と実証、作業の信頼性向上、作業期間短縮のための運転ノウハウ、設計改良に資する知見や経験を得てきたところ。</p> <p>これらの第1段階における技術的知見や経験については、燃料体取出し作業時の不具合と対策の実績も踏まえ、原子力機構の技術レポートとして取りまとめ、発信していくこととしたい。</p> <p>これまでに取りまとめた技術レポートは以下のとおり。現在、2021年度、2022年度における燃料体取出し作業に関する報告書、第1段階を総括する技術レポートを作成中。</p> <p>①もんじゅ燃料体取出し作業報告書 – 2018年度及び2019年度の「燃料体の処理」作業 – JAEA-Technology 2022-001</p> <p>②もんじゅ燃料体取出し作業報告書 – 2019年度の「燃料体の取出し」作業 – JAEA-Technology 2022-002</p> <p>③もんじゅ燃料体取出し作業報告書 – 2020年度の「燃料体の取出し」作業 – JAEA-Technology 2022-019</p> <p>また、原子力学会2023年春の年会において、燃料体取出しの計画、リスク管理、実績及び評価についてシリーズ発表を行うとともに、「もんじゅ」燃料体取出しで得られた知見のFBR次期炉への反映項目の整理状況等について発表する予定。</p> <p>○ 燃料体取出し作業中に発生した不具合は、事前のリスク評価において検討していたものの、その発生要因に関する検討範囲や深さが十分ではなく、その発生を未然に防止することができていなかった。特に燃料体の処理に係る機器・設備については、工場試験や据付時の気中動作確認の経験を踏まえ、過去2体のみの実機環境での動作経験を事前のリスク評価の際に反映したものの、結果的に不具合事象が発生した。</p> <p>代表的な不具合として、ナトリウム関係については、装置の警報項目としては想定していたものの、機器内の極僅かな残留湿分がナトリウム化合物を生成し機器動作に影響を及ぼすことや、ナトリウム化合物の付着によるドアバルブのシール性への影響などの要因に関する事前検討が不十分であった。また、燃料出入機駆動部メカニカルシールの不具合については、機械設計上の摺動抵抗は考慮していたものの、環境の温度や湿分条件により摺動抵抗が増加することは含めていなかったことが原因であった。</p> <p>これらの内容については、整理した上で、第1段階を総括する技術レポートの中でとりまとめる予定。</p>

【「もんじゅ」廃止措置第1段階の燃料体取出し完了について】

前回会合でのご意見	回答
<ul style="list-style-type: none"> ○ 模擬燃料体の部分装荷の実施に際しては、許容偏心量に対して燃料体頂部の移動量は十分な余裕をもって小さいことを事前評価で確認するとともに、そのことを実運用において実証したことについても知見として適切に整理していただきたい。 ○ 第1段階は約5.5年の長期間であり、その間に人事異動等による作業担当者の変更もあったと思われるが、作業時やトラブル発生時はもとより、リスク評価に関するマネジメントや知見の継承が重要となる。OJTによる育成、報告書作成に携わることによる技術継承もあるが、報告書に記載することが困難なノウハウも多々あるものと推察する。廃止措置は長期間に渡る作業となるため、報告書に記載することが困難な部分も含めた作業担当者間の技術継承も継続して取り組んでいただきたい。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 模擬燃料体の部分装荷に際しては、地震発生時においても3面支持と拘束枠により燃料体の変形は殆どなく、頂部の移動量は許容偏心量に対して小さいことを事前評価で確認するとともに、そのことを実運用において実証した。このことに関しても、得られた知見として適切に整理することとしたい。 ○ 第1段階の期間において、人事異動等による管理者や実務者等の交替はあったが、廃止措置に際しては、QMS〔品質保証マネジメントシステム〕に基づく教育訓練を体系的に実施してきたところであり、作業時や不具合事象発生時はもとより、リスク評価に際してのマネジメントや知見の継承についても取り組んでいるところ。若手や新人職員に対しては、操作チームにおける補助要員としてOJTによる育成を行うなど、報告書のみでは得ることが困難な技術やノウハウ等を伝承する取組も行っているところ。 また、廃止措置の過程で得られた知見に関しては、原子力機構の技術レポートとして取りまとめることとしており、その際、熟練者やOB等の指導の下、中堅・若手を中心に担わせることにより、技術伝承に繋げていくこととしたい。

【「もんじゅ」廃止措置第2段階に向けた準備状況について】

前回会合でのご意見	回答
<p>○ 第2段階以降の廃止措置の基本方針を「バルクナトリウムの所外搬出を可能な限り早期に完了させることにより、ナトリウム保有に伴うリスクを低減する」としており、「ナトリウムリスク」のみに着目したように見える。ナトリウムリスクは、リスクの一つとして重要であるが、基本方針としてもう少し高い目線が必要ではないか。</p> <p>○ 第2段階への移行に際しては、第2段階の活動におけるリスクを評価し、事前による対応の必要性や優先順位を検討していただきたい。その際、1.何をリスクとして検討するか、2.リスク分析において何処まで条件を展開するか、3.どのような順番で検討を行うか、の要点を念頭に検討していただきたい。</p>	<p>○ 廃止措置計画では、第2段階の廃止措置の基本方針として、以下の内容（抜粋）を記載しているところ。</p> <p>第2段階（解体準備期間）においては、バルクナトリウムの所外搬出を完了し、ナトリウム保有に伴うリスクを低減するとともに、その後速やかに、第3段階（廃止措置期間Ⅰ）におけるナトリウム設備の解体に着手できるよう、第2段階の完了条件として以下を設定し、これらに関する作業を優先的に行う計画とする。</p> <p>第2段階の完了条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 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 <p>上記の基本方針の下、バルクナトリウムの搬出完了までに、しゃへい体等取出し作業、バルクナトリウム抜取り作業、ナトリウム抽出・搬出設備の整備といった多くのナトリウム取扱い作業や設備整備を行う必要がある。その際、バルクナトリウムの搬出を安全、確実かつ可能な限り速やかに完了することを目指し、これらの具体的な事項をナトリウム搬出計画として策定した上で、バルクナトリウム搬出工程に整合する範囲で、バルクナトリウム以外にも回収及び搬出を図り、第3段階での施設内のナトリウムに起因するリスクを可能な限り低減することとしている。</p> <p>なお、設備整備を含む具体的な事項については、バルクナトリウムの搬出作業着手までに廃止措置計画に反映し、変更認可を受けることとしている。「もんじゅ」の現状のプラント状態を考慮したナトリウムや放射線被ばくのリスクはもとより、作業の進展に伴うプラント状態の変化に応じて、リスク低減の対応を効果的に行っていくこととしている。</p> <p>○ ナトリウムの所外搬出までに想定されるリスクとして、機器等の故障、地震、火災等の発生、施設管理、工程管理上の問題、これらに伴う進捗の遅延、人員等の配置や作業上の問題などを想定しているところ。</p> <p>第2段階前半においては、燃料体取出しの実績を有する燃料取扱設備を用いたしゃへい体等取出し及び水・蒸気系等設備の解体撤去等の現場作業、バルクナトリウムの施設外への搬出に関する机上での設計検討等を主たる作業として計画しているところ。これらはナトリウムの搬出に向けてクリティカルパスになる作業となることから、プラント状態や、上記リスク要因の評価も踏まえたリスク管理を行うこととしている。</p>

【「もんじゅ」廃止措置第2段階に向けた準備状況について】

前回会合でのご意見	回答
<p>○ 汚染の分布に関する評価については、第2段階でも継続して実施されるが、この結果によって汚染のレベルや物量が決まってくることとなる。第1段階における中間評価では、解体工事前の汚染除去の必要性は無いとされているが、その根拠となるデータも示すことが重要である。今後の会合では可能な範囲での状況説明をお願いしたい。</p>	<p>○ 第1段階では、第2段階に実施する評価の準備として、放射化生成核種の種類、放射能及び分布を計算によって評価するために必要となる原子炉の運転履歴や設計情報を整理するとともに、構造材の元素組成分析を実施し、設計情報を補足する情報の調査を行っているところ。</p> <p>第1段階中に立入りを制限している原子炉容器室等の放射化汚染が高い区域以外の機器・配管等について、外部から399箇所のγ線の測定を実施した結果、表面線量率は最大値で0.44μSv/hであり、放射線管理区域の設定基準である1.3mSv/3か月と比較して十分に低い値である。この結果から機器・配管等の内面に残存している汚染による放射線量が十分に低いことを確認しているところ。</p> <p>第2段階以降においても引き続き、より精度の高い評価となるよう妥当性の検証を含め、汚染の分布に関する評価を継続することとしている。特に、炉心装荷履歴のある中性子しゃへい体から採取した試料に対し、分析等による実測評価を予定。これらの評価結果を取りまとめ次第、状況を説明することとしたい。</p>

【「もんじゅ」廃止措置第2段階に向けた準備状況について】

前回会合でのご意見	回答
<p>○ 以前、もんじゅの保全プログラムの策定、運用において、学会で検討されていた軽水炉の知見の反映が限定的なものであったという反省点がある。第2段階では水・蒸気系等発電設備の解体に着手することとなるが、その際は実用発電用原子炉施設等の廃止措置時の学会標準の考え方を意識しつつ、もんじゅにおいても必要な検討や対応、学協会や電気事業者との情報交換等についても積極的に行っていただきたい。</p>	<p>○ 第2段階以降は、設備の解体を開始するが、その際は、軽水炉での先行例を含め、様々な知見を取り入れつつ、適切に作業を進めていくことが重要。「もんじゅ」に先行する「ふげん」では、電気事業者との定期的な情報交換を行うなど、協力関係を構築しており、軽水炉における標準的な考え方も取り入れつつ、廃止措置作業を進めているところ。「もんじゅ」・「ふげん」間では、職員や作業要員の人事交流を行うことにより、「ふげん」において蓄積している知見を「もんじゅ」の廃止措置にも活用することとしている。引き続き、「もんじゅ」の廃止措置に際しては、学協会や電気事業者との情報交換、軽水炉の廃止措置に関する標準的な考え方、これまでの知見や経験等も踏まえながら、安全かつ着実に廃止措置を推進してまいりたい。</p>
<p>○ 放射性固体廃棄物の処理・処分については、今後の廃止措置を進める上で大変重要であり、解体準備期間から検討を進める必要があるものとする。特にその方法の検討は、機器解体の手順や必要設備等にも関わってくるため、しっかりと検討を進めていただきたい。</p>	<p>○ 核燃料物質により汚染された設備、建物等の解体撤去等で発生する放射性固体廃棄物の処理施設については、汚染されている設備等の解体撤去が完了し、放射性固体廃棄物として処理するまでの期間、処理機能を維持管理し、放射性固体廃棄物の貯蔵施設については、処理した放射性固体廃棄物を、許可を有する廃棄事業者の廃棄施設に廃棄するまでの期間、貯蔵機能を維持管理することを基本としているところ。 放射性固体廃棄物の処理・処分に際しては、解体方法と合わせて検討を行うこととしており、これらの検討状況について、今後の会合にて説明させていただきたい。</p>
<p>○ ナトリウムの搬出期間として、2028年度から4年間で予定されている。この間には、常設タンクから移送用タンクへの移し替え、英国への陸上・海上輸送のルート選定や港の整備等、実施すべき事項が数多くあり、この4年間は決して長い期間ではないことから、きちんと計画を立てながら段階的、計画的に取り組んでいただきたい。</p>	<p>○ バルクナトリウムの搬出に関しては、既設タンクに抜取り・保管中のものを新設する抜出設備等を用いて、輸送用タンクに移送（抜出）し、搬出する方針としており、これらの具体的な設備や手段等の検討を進めているところ。また、英国へのバルクナトリウムの陸上・海上輸送に係る調整、これらに付随する許認可等の手続きを含め、計画的、段階的に進めることとしている。これらの検討状況については、今後の会合にて説明させていただきたい。</p>