

「もんじゅ」の燃料体取出し作業等について

2022年3月4日

日本原子力研究開発機構（JAEA）

1. 燃料体取出し作業の進捗状況	1
2. 第2段階の廃止措置計画の検討状況	5
3. ナトリウム及び使用済燃料の搬出に向けた 計画策定に係る検討状況	11
4. 前回会合における御意見に対する回答	12

参考資料

(前回) 第3キャンペーン燃料体の処理作業結果

- ◆2021年5月19日に開始し、7月25日に146体の処理作業を計画通り完了。 ⇒参考1-1参照
- ◆警報等は発報したものの、作業中に想定される事象として、予め検討・評価済みであり、その内容に従って適切に対応。 ⇒参考1-2参照
- ◆燃料出入機本体A及びBの爪開閉トルクは、対策を講じた結果、安定に推移。 ⇒参考1-3参照

(今回) 第4キャンペーン燃料体の取出し作業

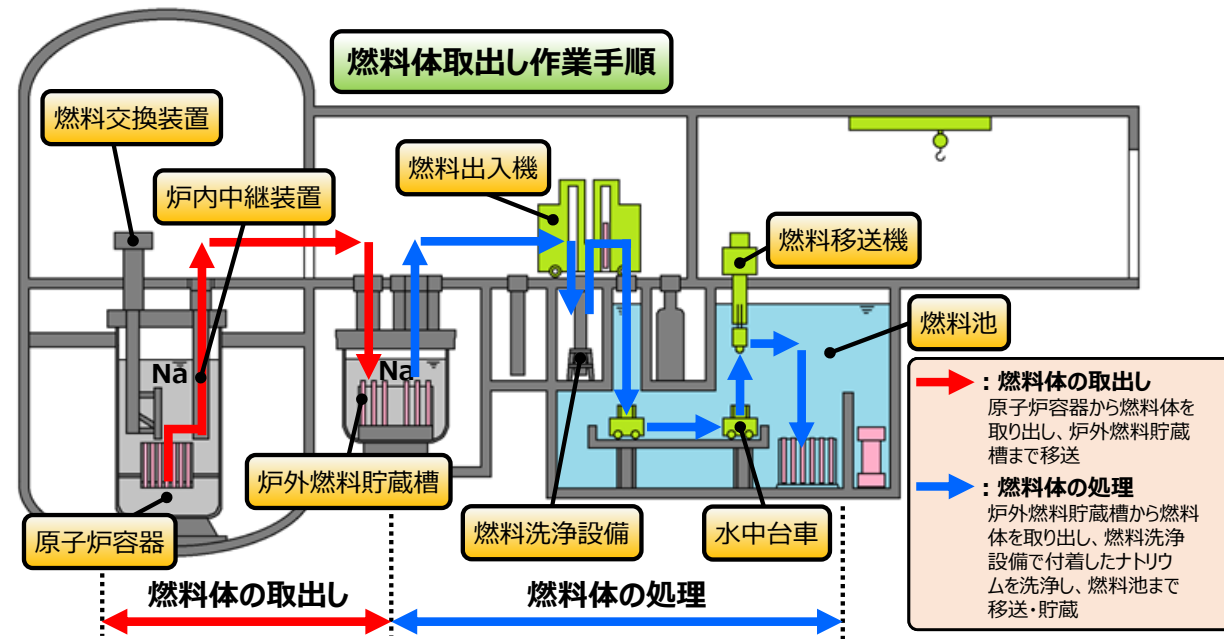
- ◆炉心に残る124体の燃料体を取り出し、炉外燃料貯蔵槽へ移送。 ⇒2頁参照
- ◆2022年4月より開始し、予備工程等^{*1}を含め、6月に終了予定。 ⇒3頁参照
- ◆取出した燃料体の後に模擬体を装荷しない（部分装荷^{*2}）ため、プログラムの追加、操作手順書の変更を行う。このため、検証作業を計画的に実施中。 ⇒参考1-4,-5参照
- ◆前回キャンペーンまでの実績に基づくリスクへの対処状況の確認、部分装荷に伴う新たなリスクの抽出・評価を実施。 ⇒4頁参照
- ◆部分装荷に向けた準備を含め、各準備作業が完了していることをホールドポイントにて確認後、燃料体の取出しを開始。

引き続き、安全第一で燃料体取出し作業を行い、廃止措置計画第1段階作業を完遂させる。

*1.燃料体の取出し作業後に第2段階でのしゃへい体等取出し作業の事前確認試験を実施予定

*2.模擬燃料体の部分装荷については、2020年5月に原子力規制委員会から廃止措置計画変更認可受領

1.1 燃料体取出しの進捗状況 (2/2)

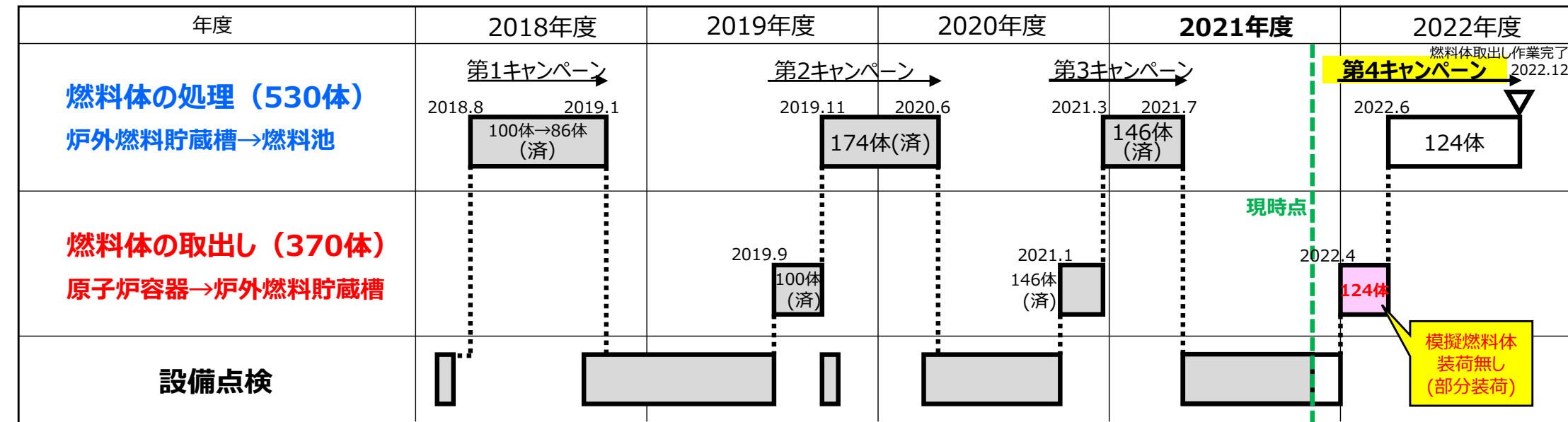


廃止措置開始以降の燃料体の装荷及び貯蔵状況

	廃止措置開始時	第3キャンペーン燃料体の処理終了時点 (現在)	第4キャンペーン燃料体の取出し終了時点 (予定)	第4キャンペーン燃料体の処理終了時点 (2022.12月 予定)
原子炉容器	370	124	0	0
炉外燃料貯蔵槽	160	0	124	0
燃料池	0	406	406	530

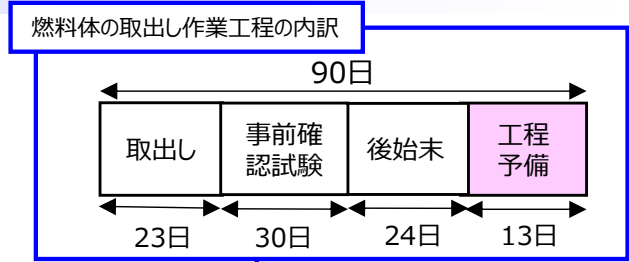
※燃料池には上記表のほか、過去に取出した2体を貯蔵している。

第1段階における燃料体取出し作業工程



注記：点線は、燃料体取出し作業の流れを示す
 なお、燃料体取出し作業に影響を与えない設備の点検については並行して実施

1.2 今回の燃料体の取出し作業工程



- 燃料体の取出し（部分装荷）に向け、リスク評価、プログラムの追加、教育訓練を実施。
- 工程予備を活用し、点検等の実施に伴う工程遅延吸収、第2段階で実施予定の原子炉容器内ナトリウムの高液位（SsL）によるしゃへい体等の取出しに向けた事前確認試験を行い、6月中に燃料体の取出しを完了予定。

項目	スケジュール	2021年度						2022年度			
		9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
部分装荷に向けた準備				工場作業	現地作業						
プログラムの追加											
操作手順書の変更		手順書変更作業									
リスク評価						リスク評価					
教育訓練							実機確認				
燃料体の取出し							模擬訓練	燃料体の取出し（124体）			
事前確認試験（SsL液位）									事前確認試験（SsL液位）		
燃料体の取出し機器の後始末作業（機器洗浄等）										後始末	
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		[Blue bar]									
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		[Blue bar]									
検査③ （その他の性能維持施設に係る検査） 水消火設備等		[Blue bar]									

廃止措置計画による燃料体の取出し期間

★ ホールドポイント

1.3 燃料体の取出し作業のリスク評価

◆ これまでの実績に基づくリスク評価

- 設備不具合のリスク：キャンペーンにおける経験や実績を通して各機器の特徴を概ね把握することにより、リスクの顕在化によって設備安全に影響を及ぼす以前に兆候を検知し、予め準備した方法により対処。
- その中でも、原理的に完全に発生防止が難しいナトリウム化合物の機器付着による計画外作業停止リスクに対し、対処方法（機器内湿分管理、燃料出入機グリッパ洗浄等）を確立。
- 新型コロナウイルス感染による作業停止リスク：前回キャンペーンで実施してきた当直者とその他の従業員との接触の回避、加えて最近の感染力の高いオミクロン株による感染対策として当直者への定期的な抗原検査の実施により、チーム内へのウイルス持込み・感染防止を徹底するとともに、代替チームを準備することにより当該リスクの顕在化を防止。

⇒参考1-7、-8参照

◆ 部分装荷に伴うリスク評価

- 機器・制御の改造を行わないことから、機器動作に係る新たなリスクは発生しない。
- 燃取系計算機へのプログラム追加による不具合のリスクに対しては、工場及び現地に於いて制御に影響しないことを確認。
- 操作手順の変更による操作ミス（除外失敗、計算機入力失敗）のリスクに対しては、教育・模擬訓練により、リスクの顕在化を防止。
- SBP^{*1}スキップが燃交自動化盤の制御機能（燃取系計算機と信号取り合い等）に影響するリスクに対しては、事前に実機で影響がないことを確認。
- 模擬体の取扱いがないことから、模擬体のつかみ・旋回・はなしに関する機器動作上のリスクはない。
- 部分装荷では、①未装荷部分の流量が増加することによる燃料交換装置への影響や、②炉心圧損が低下し、1次主冷却系の流量の増加によるポニーモータ循環運転への影響がある。既に、廃止措置計画において評価済みであるが、今回改めて確認した上で、燃料交換装置への影響はないこと、ポニーモータ循環運転も継続可能^{*2}であると評価。

*1：SBP(サブブレイクポイント)：燃料交換装置の動作の一単位。各SBPをつなげて機器動作の全体を制御する

*2：流量は約14%と想定され、同程度の流量での運転実績あり

2.1 第2段階の廃止措置計画の検討状況（1/2）

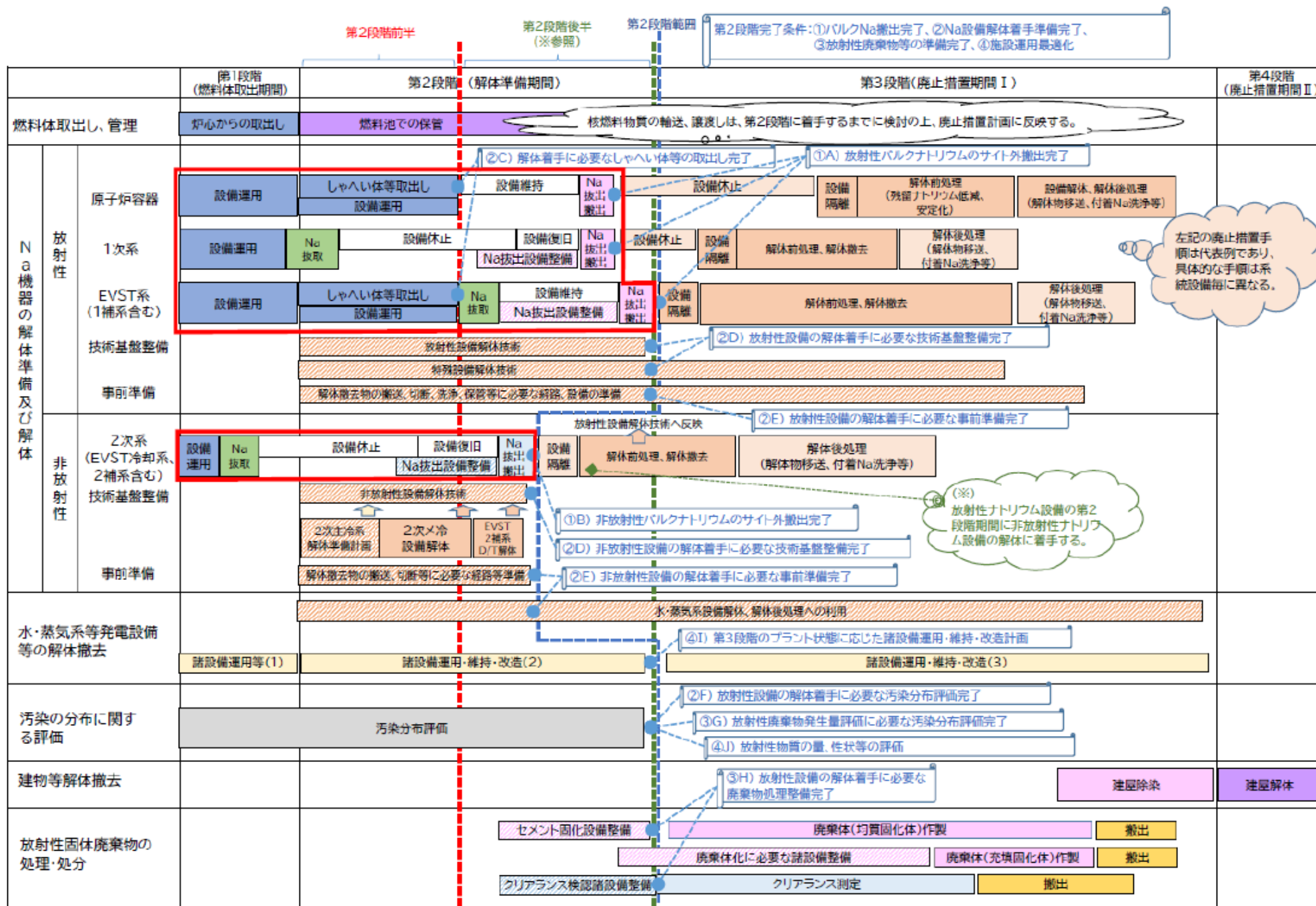
- ◆第2段階の枢要作業は、我が国初となる大型ナトリウム機器解体の準備作業となる。このため、ナトリウムの保有リスクを適切に管理し、早期に低減することを念頭に「廃止措置計画の全体像と第2段階に係るロードマップ」を作成。
⇒7頁参照
⇒参考2-2参照
 - ◆第2段階の主な作業は、1次系他の放射化ナトリウムの冷却系統からの既設タンクへの抜き取り、サイト外への搬出、原子炉に残るしゃへい体等の取出し、非放射化ナトリウム設備解体による技術基盤整備とし、第2段階完了条件を以下の通りとした。
 - ①バルクナトリウム*のサイト外搬出完了
 - ②ナトリウム設備解体着手準備完了
 - ③放射性廃棄物等の準備完了
 - ④施設運用最適化
- *：通常のナトリウムドレン操作により系統設備からの抜出しが可能なナトリウム
(専用の治具により取り出す必要のあるタンク底部の残留ナトリウム等を含まない)
- ◆しゃへい体は発熱が無いことから、ナトリウムの保有リスクを低減させるため、3ループの1次冷却系統のナトリウムを抜き取り（既設タンクにナトリウムドレン）、原子炉容器内ナトリウム液位を「低」状態（SsL）とし、その状態でしゃへい体等取出し（約600体）を計画。
⇒8頁参照

SsL液位で燃料交換装置を動作させた経験は性能試験等に限られる。このため、燃料交換装置の動作環境の違い（ナトリウム浸漬範囲）による影響（熱膨張・収縮、浮力）を確認する事前確認試験、さらには析出物の影響により取出し作業を継続することができない場合には、ナトリウム純化系起動、或いは原子炉容器内ナトリウム通常液位（NsL）に復帰させるためのリカバリプランを計画
中。

2.1 第2段階の廃止措置計画の検討状況（2/2）

- ◆通常のナトリウムドレン操作により、系統設備から既設タンクに抜き取ったバルクナトリウムは、輸送用タンクに抜き出し、サイト外に搬出。
既設タンクから輸送用タンクへの抜き出しには、電磁ポンプによる移送、ナトリウムカバーガス圧による圧送、及び重力落下による移送等の移送方法、移送に必要な休止させた系統設備の復旧、及び追加設備、移送回数等に係る資源等、比較検討を実施し、安全かつ合理的な抜き出し方法を検討中。
⇒9頁参照
- ◆バルクナトリウムは、現時点で約1,588 トンと試算。ナトリウム設備の解体技術基盤整備に利用する約6 トンを除く約1,582 トンをサイト外搬出対象と想定。
⇒10頁参照
バルクナトリウム以外のナトリウムについても、海外先行炉の知見のもんじゅへの適用性の確認を行い、第2段階期間中に回収、搬出が可能なナトリウムは、バルクナトリウムと共に搬出する計画を検討中。
⇒参考2-4参照
- ◆プロジェクト管理の強化、廃止措置計画全体像・ロードマップ検討の加速、メーカーによる検討支援強化を目的として、廃止措置計画の検討体制を強化。また、将来の解体作業を確実に実施できるよう、各設備担当者の各会合への参加により、効果的なスキル向上を図る。
- ◆もんじゅ廃止措置を通じて得られた実経験及び知見は、報告書として取りまとめるべく作業中。これらの成果を今後の高速炉開発に係る技術力の維持・向上に繋げていく。

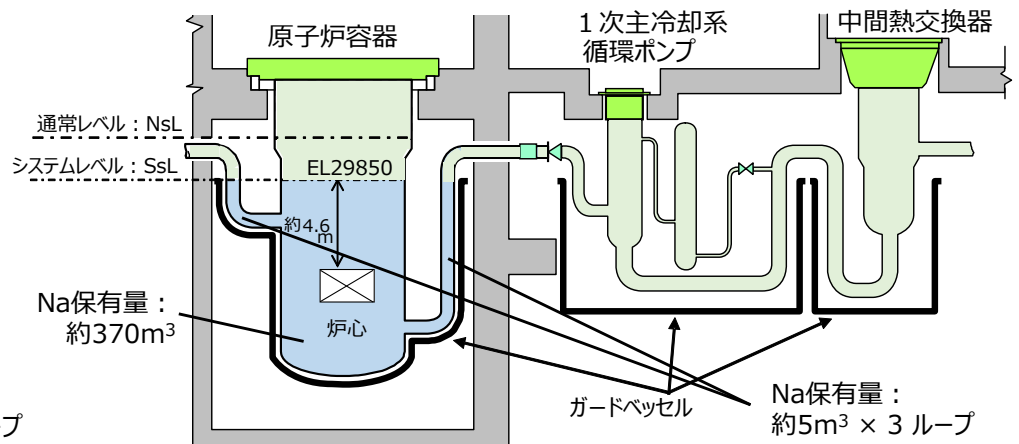
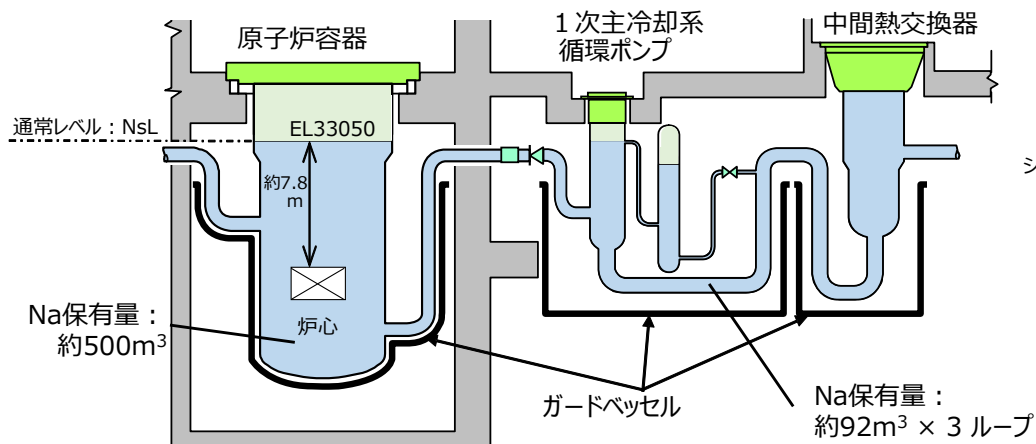
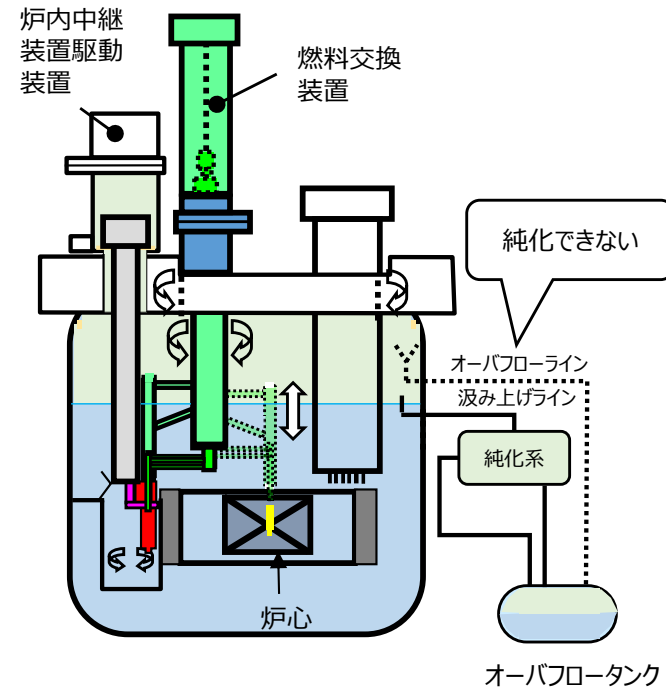
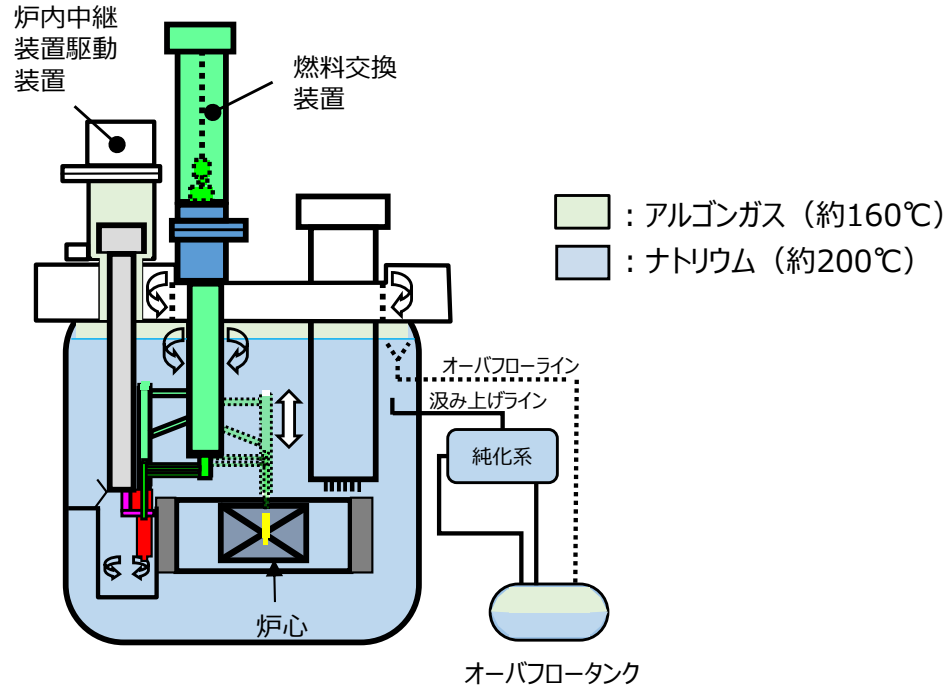
2.2 廃止措置計画の全体像と第2段階に係るロードマップ



2.3 しゃへい体等取出し時の原子炉容器内ナトリウム液位 (SsL)

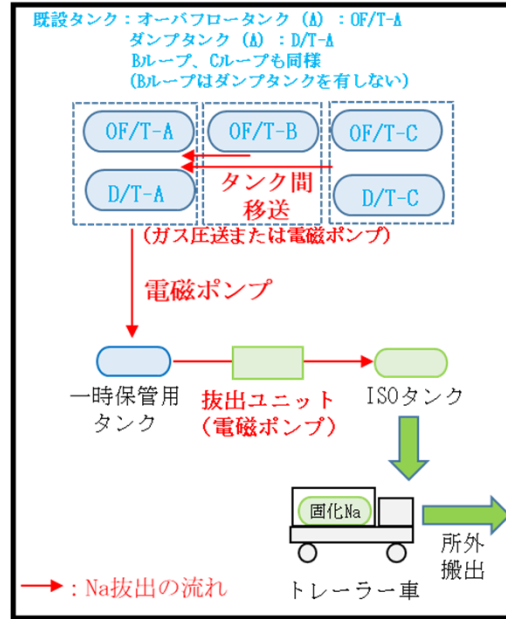
NsL (原子炉容器通常液位、EL33.05m)

SsL (システムレベル、EL29.85m)

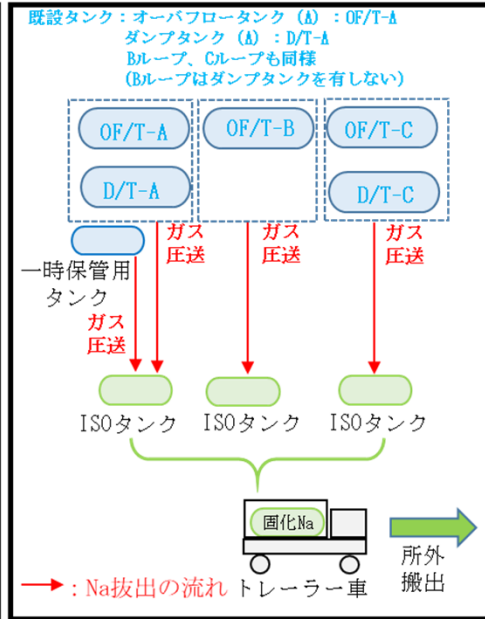


2.4 2次系ナトリウムの抽出・搬出の検討状況

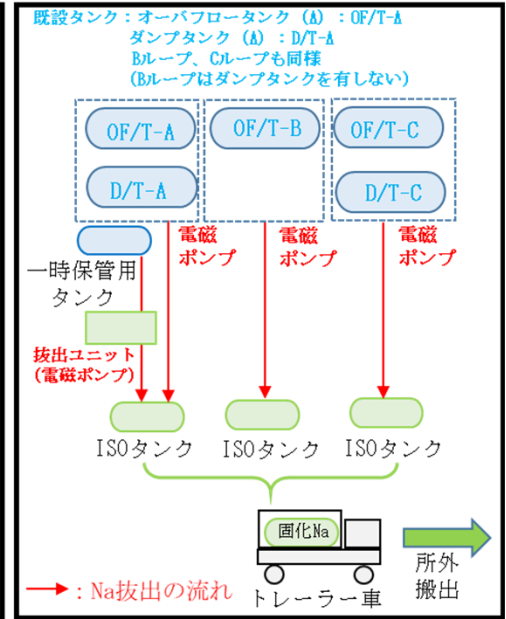
2次系ナトリウムの抽出方法案



案1

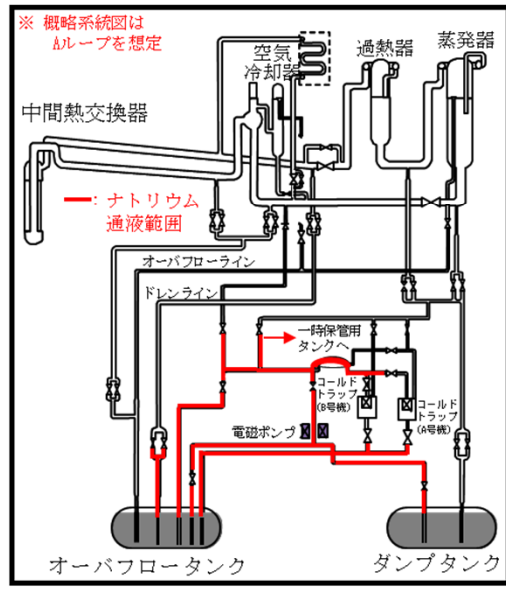


案2

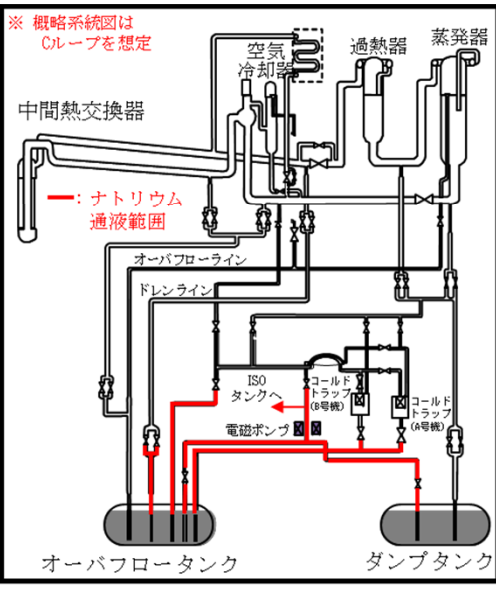


案3

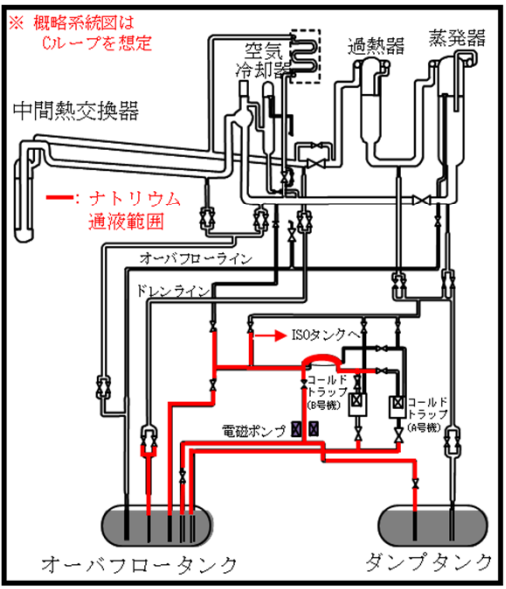
抽出し案毎の2次系ナトリウムの通液範囲



案1

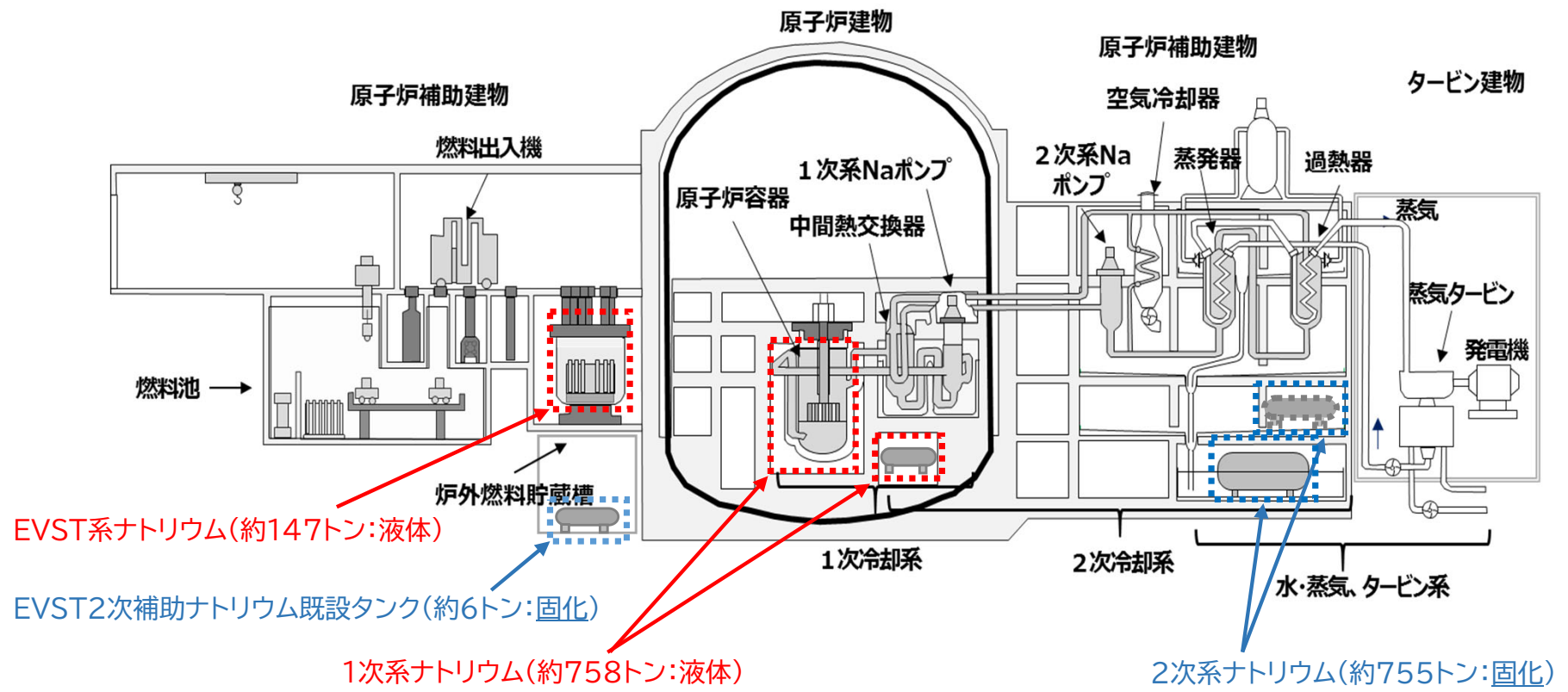


案2



案3

2.5 ナトリウム所在場所と第2段階の搬出対象ナトリウム



ナトリウム総量1,588t - EVST2補系6t = 1,582t【主たる搬出対象】

		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	その他ナトリウム	合計	
非放射性 ナトリウム	2次系	728※1	27	755	全バルクナトリウム及び回収可能なその他ナトリウム
	EVST2補系	6※1	0	6	設備解体技術基盤整備に利用するため搬出対象外
放射性 ナトリウム	原子炉容器、1次系	727※1	31	758	全バルクナトリウム及び回収可能なその他ナトリウム
	EVST1補系	127※1	19	147	
ナトリウム総計		1,588※1	77	1,665※2	—

※1:現在の試算値、 ※2:四捨五入しているため、内訳の合計と一致しない

(1) ナトリウムに関する検討状況

- 1次系、2次系及び炉外燃料貯蔵槽系で搬出可能なすべてのナトリウムについて、英国事業者*に有価物として引き渡すことを合意し、昨年（2021年）12月21日に原子力機構と英国事業者の間で覚書（MOU）を締結。
- 搬出開始時期は令和10年度（2028年度）に決定。搬出完了時期については、廃止措置計画の検討を踏まえ、本年（2022年）3月までに決定。
- ナトリウムの抜き取りに際しては、機器の構造上、系統内に一定程度のナトリウムが残留することを想定。タンク底部などに残留するナトリウムについては、専用治具により可能な限り抜き取り、搬出する方針。その上で、機器内部に残留したナトリウムについては、施設解体時に安定化処理を実施し、適切に処分する予定。 ⇒参考2-3,-4参照

*：CAVENDISH NUCLEAR LIMITED（キャベンディッシュ社）、JACOBS CLEAN ENERGY LIMITED（ジェイコブス社）

(2) 使用済燃料に関する検討状況

- 基本的に技術的成立性が確認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に検討中。
- 仏国での再処理については、本年（2022年）3月までに、仏国事業者が作成した実施計画案を踏まえ、今後の検討のための搬出開始見込時期及び搬出完了見込時期を決定する予定。

注記：廃止措置計画では、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こととしている。

4. 前回会合における御意見に対する回答（1/4）

◆ 前回（2021年4月22日）の廃止措置評価専門家会合における御意見を踏まえた回答は以下のとおり

【燃料体取出し作業に係るご意見】

前回会合でのご意見	回答
<p>○ 想定事象 A～C 分類について、この分類で想定事象は全て包含されるのか、その事象が本当に想定されたものなのかが分からない。人為的な要因による事象も個別に分類できるはずではないか。</p> <p>○ 発生した事象の原因を整理し、どのような対策を講じたのかを繰り返しながら蓄積していくことがノウハウ形成に繋がる。今後のリスクマネジメントとして、より整理されたものを求めたい。</p>	<p>○ 第 1 キャンペーン開始前のリスク評価においては、設計想定外あるいは仮想的な事象が起因となって発生するような燃料体取出しの安全に影響を与える事象（燃料体の損傷、落下など）、長期間作業が停止する事象（アクセス困難な機器の破損など）の検討を実施し、その中で想定異常状態に応じた設計段階での対応等の確認を行った。その結果を踏まえ、当該キャンペーン開始前にリカバリプラン作成等の追加措置を行った。</p> <p>その結果、第 3 キャンペーンまでの作業全体を通じて、安全に影響を与えるような事象は発生せず、長期作業停止する事象として、第 1 キャンペーンで発生した燃料出入機本体 B 昇降駆動装置クラッチの破損以外は発生していない。当該事象については既に原因究明・是正を完了しており、以降は再発生していない。</p> <p>また、燃料取扱設備の警報の設定については、上記事象に至る充分前に、発生することが想定できる様々な機器状態の兆候（トルク抵抗増加、圧力変動等）を検知するものであることを踏まえ、適時の確認・対処を行ってきたところ。</p> <p>特に燃料体の処理は、過去 2 体のみでの試験経験しかなく、初めての連続的な設備運転となった第 1 キャンペーンでは様々な警報が発報したが、ヒューマンエラーを除き全てが想定どおりの兆候を的確に捉えることができていた。それらを分類・分析したものを想定事象 A～C として取りまとめるとともに、あわせて発報後の対応に時間を要した反省を踏まえ、是正・改善を図った。</p> <p>その結果、第 2 キャンペーン以降は発生頻度を低減させるとともに、予め手順等を定めることにより、警報発報の際にも速やかな復旧を行うことができた。</p> <p>これらの経験は、ナトリウム中で動作する機器の重要な情報と認識し、各キャンペーン作業の開始前のリスク評価により、継続的に情報の蓄積・振り返り・改善を行ってきている。</p> <p>○ 現在、燃料体の処理・取出し作業の各々について、実経験及び知見を報告書に取りまとめるべく作業中。これらの成果を繰り返し蓄積していくことにより、今後の高速炉開発に係るノウハウの形成、維持・向上に繋げるとともに、今後のリスクマネジメントに資することとしたい。</p>

4. 前回会合における御意見に対する回答 (2/4)

【燃料体取出し作業に係るご意見】

前回会合でのご意見	回答
<p>○2021年5月からの燃料体の処理作業に際しては、これまで上手く出来た要因についても品質保証の視点に立った要因分析を行うことで、上手く出来なくなる要因を整理・分析するべきではないか。</p>	<p>○第4キャンペーンの準備として、第3キャンペーンの振り返りを行った。その中では、操作や監視、設備の状態、チームコミュニケーション等の分類により、グッドプラクティスや反省・気づきを洗い出し、更に確実な取出し作業とするような、前向きのカイゼン提案も出されており、それらの対応も行っている。</p> <p>一例として、本体Bグリッパのトルク上昇対策については、メカニカルシール部の温度・付着水分とトルク上昇の相関をサイト外で実験的に確認し、効果を明確にした上で対策を行うなど、更に効果が十分と認められるものは継続して実施している。</p> <p>第4キャンペーンに際しては、これまでの経験をベースとして、安全かつ確実に実施できるよう準備を行い、取り組んでいくこととしている。そのような準備を進めていく中で、示唆いただいた「上手くできた要因の分析」ということに関しても、更なる検討要素の一つとしていきたいと考えている。</p>
<p>○燃料体の半分以上が、中の見えない炉心から見える位置に移送されたこの時期こそ、改めて注意して取り組んでほしい。</p>	<p>○燃料体を直接見ることができない炉心から、直接見ることが可能な燃料池への取出しを半数以上完了した。第3キャンペーンでの実績に甘んじることなく、これまでの知見や経験を確実に反映するための準備を行い、改めて緊張感をもって第4キャンペーンの燃料体取出しに取り組んでいくこととしている。</p> <p>さらに第2段階においては、燃料体ではないものの、しゃへい体取出し作業を長期間に渡り実施する予定としていることから、これまでの知見や経験を踏まえつつ、しっかりと取り組んでいく。</p>
<p>○伝送系のシステム構築、改変（制御システムの最適化）については、他の事象とも絡むことから慎重に検討した上で、措置を講じること。例えば1つのタイマー信号を変更したことで、全体のシステムに干渉するなどの大きな影響を及ぼすことがある。</p>	<p>○燃料取扱設備は複数の設備が連携して動いており、タイミングがずれた場合、他方の機器のスイッチが入るのが遅延するなど、個別の変更が全体に影響を及ぼす可能性があるものと認識している。そのため、機器の変更を行う場合は、機器全体に影響を及ぼさないことについても、事前に確認した上で対応しているところ。</p> <p>引き続き、機器全体を考慮しながら対応することが重要との認識の下、慎重に取り組んでいく。</p>

4. 前回会合における御意見に対する回答 (3/4)

【廃止措置第2段階計画に係るご意見】

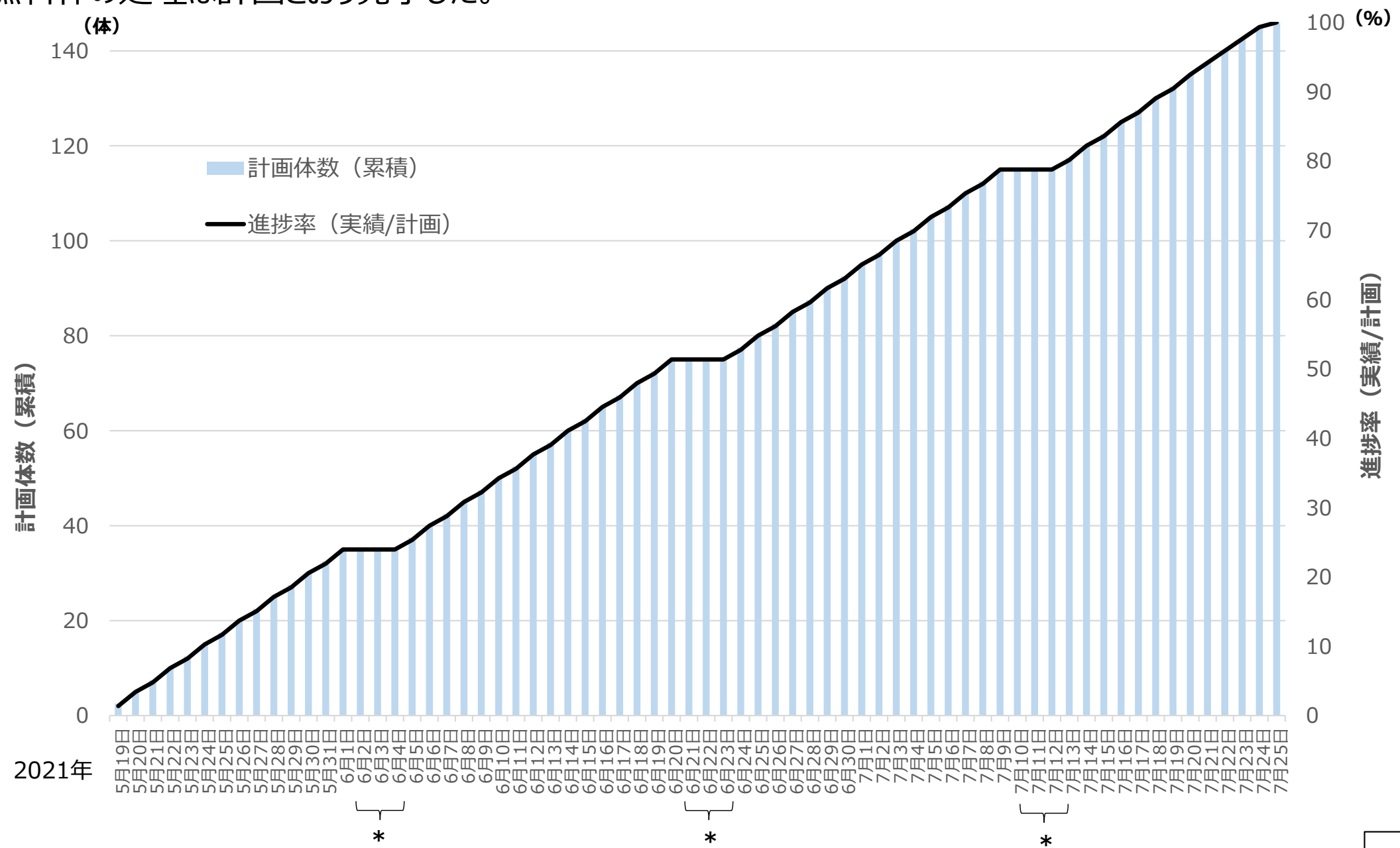
前回会合でのご意見	回答
<p>○廃止措置第2段階の「方針A～C」については、「手続きA～C」とし、具体的手順にブレイクダウンしてもらいたい。</p>	<p>○現在、第2段階の計画については、特に第2段階前半部を中心に検討を進めている。ナトリウム冷却高速炉としてのナトリウムリスクへの対応を図りつつ、関連設備解体のステップを確実に進めるための具体化検討を進めており、検討が進んだ段階で、方針A～Cについても、具体的な手順という形で、ご説明させていただきたい。</p>
<p>○もんじゅのナトリウム移送（建屋内、建屋外搬出）に関するリスク検討については、今後も規制当局において確認が行われるものと思われるが、国内処理と国外処理の場合分けも含めそれぞれの状況下において準備（構え）の仕方が変わってくるものと考えられる。各ステージ、各段階に応じたリスク検討を十分に重ねること。</p>	<p>○まずはナトリウム搬出計画について、国と連携して取りまとめていくこととしている。この検討段階においても、多くの可能性の選択肢に対して、リスク検討も含め、検討を行っているところ。 今後、更なる検討を行うとともに、取りまとめた計画に従ってナトリウムの搬出を確実に実施できるよう、ご指摘の点も踏まえながら、リスク管理を行っていくこととしたい。</p>
<p>○もんじゅナトリウムの処理については、私見として国内を提案するが、海外で処理するパターンもあると考えられる。 ○また、ナトリウム輸送、搬出については、ナトリウムが危険物であること、放射性物質も含まれることから、国内法令、規制体系が横断的に関わってくる。原子力機構が中心になって関係省庁とも連携しつつ対応を図る必要がある。</p>	<p>○国内外の複数のナトリウムの利活用ニーズ等の調査を実施し、総合的な判断の結果、1次系、2次系、EVST（炉外燃料貯蔵槽）系で搬出可能なすべてのナトリウムについては、英国事業者の有価物として引き渡すこととし、昨年（2021年）12月21日に原子力機構と英国事業者の間で覚書（MOU）を締結したところ。 ○輸送等に関する経験・知見を有する有識者のご意見を伺いつつ、関係機関とも連携しながら国内の法令や規制体系を横断的に確認、検討中であり、今後も進捗を報告させていただきたい。</p>
<p>○ナトリウムの取扱いはやり方次第でその危険性を低減できる。小規模でも、実験室単位で模擬し、実験出来ることはあることから、可能な範囲でそのような過程も経た上で、その知見を取り入れるとともに今後の作業や設備設計に反映してもらいたい。もんじゅにおける過去のナトリウム漏えい事故の際の対策や経験を活用していくことが重要。</p>	<p>○新たな設備、例えばISOタンクに移すための配管を含めた移送設備においてナトリウム漏えい対策、ナトリウム漏えい検知、漏えい抑制等の対策に、2次系一時保管タンクやナトリウム漏えい対策工事などこれまでの知見を反映していく。 ナトリウムの取扱いに際しては、敦賀廃止措置部門の職員が大洗における試験用ナトリウム施設の解体への計画検討や現場作業に参画し、経験を重ねている。 また、ドレン後の系統内残留ナトリウムの処理方法については、実験室レベルでの基礎試験等も実施しながら、これらの経験を実作業に活かしていくこととしており、今後の作業等に際しては、引き続き、このような機会を活用しながら、様々な知見を取り入れていくこととしたい。</p>

4. 前回会合における御意見に対する回答 (4/4)

【マネジメント等に係るご意見】

前回会合でのご意見	回答
<p>○技術的な要件のみならず、日々の社会的要因（例えばコロナ対策や柏崎トラブル事例）を含むタイムリーなリスク検討の積み重ねが、もんじゅ組織のマネジメント向上につながる。</p> <p>○順調に進んでいる中で、何を優先的、重点的に検討すべきか、検討したのかについてまとめること。</p>	<p>○運転員の隔離等をはじめとする新型コロナウイルス感染症対策により、原子炉の保安及び燃料体取出し作業に影響を及ぼさない、また影響を最低限に止めるよう対策を検討し、取り組んでいるところ。最近のオミクロン特異株の強い感染力を考慮し、当直長を担う役の事前指名（人事発令）などについても追加実施した。</p> <p>また、機構内や電力事業者等で発生したトラブル情報についても、社内展開を図る仕組みの下、安全管理に反映してきており、引続きタイムリーなリスク検討を積み重ねることにより、もんじゅ組織の更なるマネジメント向上に繋げることとしたい。</p> <p>○廃止措置第2段階以降の計画については、第1段階の燃料体取出し作業とは大きく異なり、ナトリウム搬出及びナトリウム施設準備など経験の無い様々な作業を計画しており、計画の優先度、重要性を踏まえ、限られた資源を最大限考慮しつつ、効率的、効果的な作業となるよう、心がけながら検討を行っているところ。これらの状況については、検討体制を含め、御報告させていただきたい。</p>
<p>○電力におけるトラブル事例や経験についても考察に取り入れていくべきだと考えられる。電力とのコミュニケーションを図るとともに、その反省、教訓をもんじゅの実施体制にも取り入れていくことが求められる。規制当局以外とのコミュニケーションについても示していただきたい。</p>	<p>○電力及び先行炉におけるトラブル事例や経験について収集するとともに、もんじゅ内において情報共有するなど、施設管理の向上に努めているところであり、引き続き取り組んでいくこととしている。</p> <p>また、廃止措置を進めている「ふげん」に加え、電力事業者や海外高速炉といった先行炉とも技術的情報の交換を適時実施しており、その中で得られた知見については、もんじゅの廃止措置に際しても適切に取り入れるなど、その検討、考察を行っているところ。</p> <p>敦賀地区においては、ふげんともんじゅ間の協業体制の下、ワンハートで廃止措置を進めているところ。一例として、ふげんの汚染分布評価を中核的に担っていた者をもんじゅに配置し、メンバーを指導しながら、もんじゅにおける評価を進めている。また、もんじゅの電気保全担当をふげんに配置し、ふげんの電気設備のダウンサイジングを担当させることにより、もんじゅの廃止措置作業に向けた経験を積ませるなどの取組を行っているところ。今後も引き続き、組織内はもとより、電力事業者や先行炉とのコミュニケーションを継続することによって、より合理的かつ安全な廃止措置作業となるよう、取り組んでいくこととしたい。</p>

燃料体の処理は計画どおり完了した。



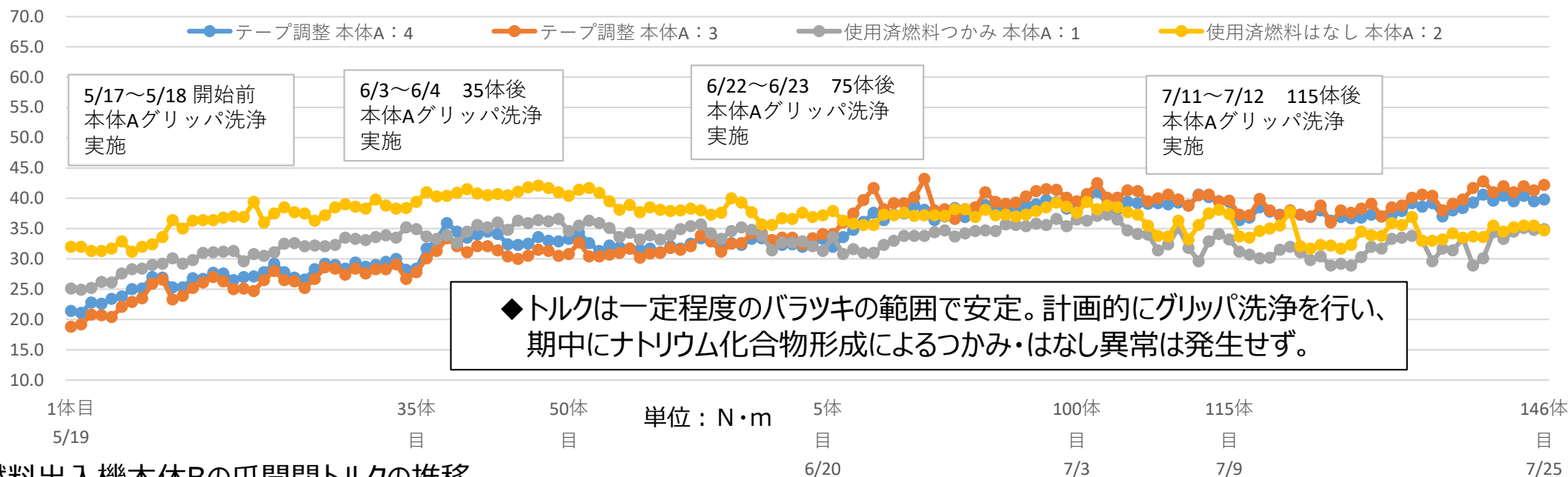
*燃料出入機本体Aグリッパ洗浄+ドリップパン交換等

◆処理作業において発生した以下の警報等は、予め想定・準備したものであった。

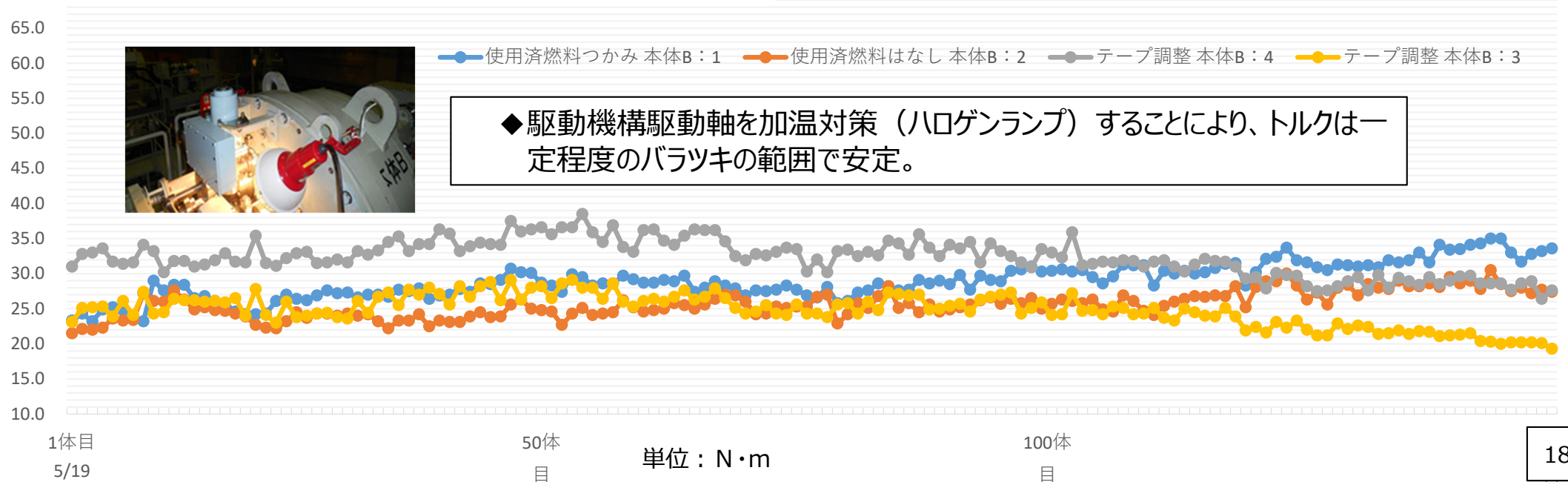
No.	発生日 2021年	警報等	区分	事象*	復旧
1	5/22	「本体B直接冷却系異常」警報（燃料出入機本体B プロワA号機停止）	機器異常	整理中	プロワB号機運転による復旧
2	5/22	「脱湿準備」終了後、配管内温度一時上昇による「配管予熱ヒータ制御盤故障」警報	系統異常	事象C	済み
3	5/22	「脱湿」運転時、液位の振れによる液位高信号発信に伴う「真空ポンプ用油水分離装置故障」警報	系統異常	事象C	済み
4	5/24	「使用済燃料受入準備」終了時、弁開側リミットスイッチの一時的動作不調による「真空ポンプ用油水分離装置故障」警報	信号異常	事象C	済み
5	5/26	「使用済燃料はなし」運転 グリッパ高速上昇時、トルク値上昇（瞬時復帰）により「本体Aグリッパつかみ・はなし異常」警報	機械異常	事象B	済み
6	6/2	ドリップパン交換 新ドリップパンつかみ操作中 燃料出入機の地下台車側接合部のナトリウム化合物付着による「本体Aシール漏れ」警報（付着物除去後、復旧）	機械異常	事象A	済み
7	6/20	ドアバルブガス置換系真空ポンプから油漏れ（20ml程度）	機械異常	事象B	第2真空ポンプへの切替
8	6/30	「脱塩水循環洗浄」終了後、燃取系計算機の一時的な信号エラーにより、次工程への進行不良	信号異常	事象C	済み
9	7/1	「脱湿」運転時、弁開側リミットスイッチの一時的な動作不良による「真空ポンプ用油水分離装置故障」警報（No. 4と同様の事象であるが、対象のリミットスイッチは異なるもの）	信号異常	事象C	済み

*：対策を施しても3つの視点から7種類の不具合が発生することを想定・準備
 事象A) 原理的に完全な発生防止が難しい不具合（ナトリウム化合物の影響）
 事象B) もんじゅ特有の燃料出入機グリッパ駆動機構の使用実績が少ないことに起因する不具合
 事象C) 燃料取扱設備制御システムの最適化が十分でないことに起因する不具合

燃料出入機本体Aの爪開閉トルクの推移

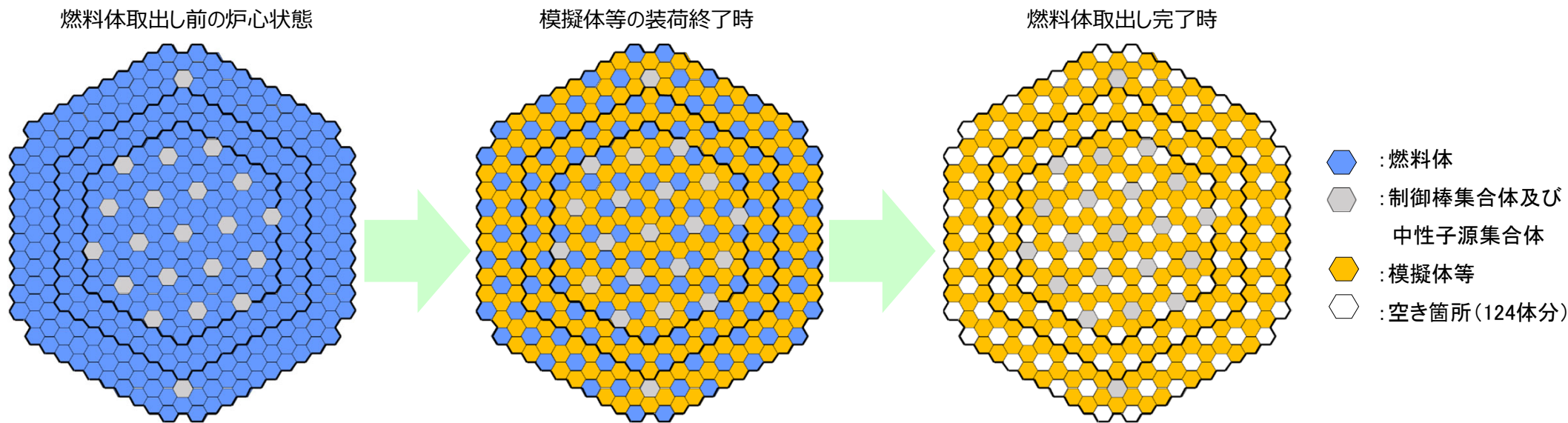


燃料出入機本体Bの爪開閉トルクの推移



炉心から燃料体を取り出した後に装荷する模擬体については全数装荷せず、部分的な装荷とし、廃棄物発生量の低減、模擬体の装荷プロセスの簡素化によって不具合等が発生する可能性を低減することにより、より安全かつ確実に燃料体取出し作業を進める

模擬体の装荷位置（中性子しゃへい体の記載は省略）

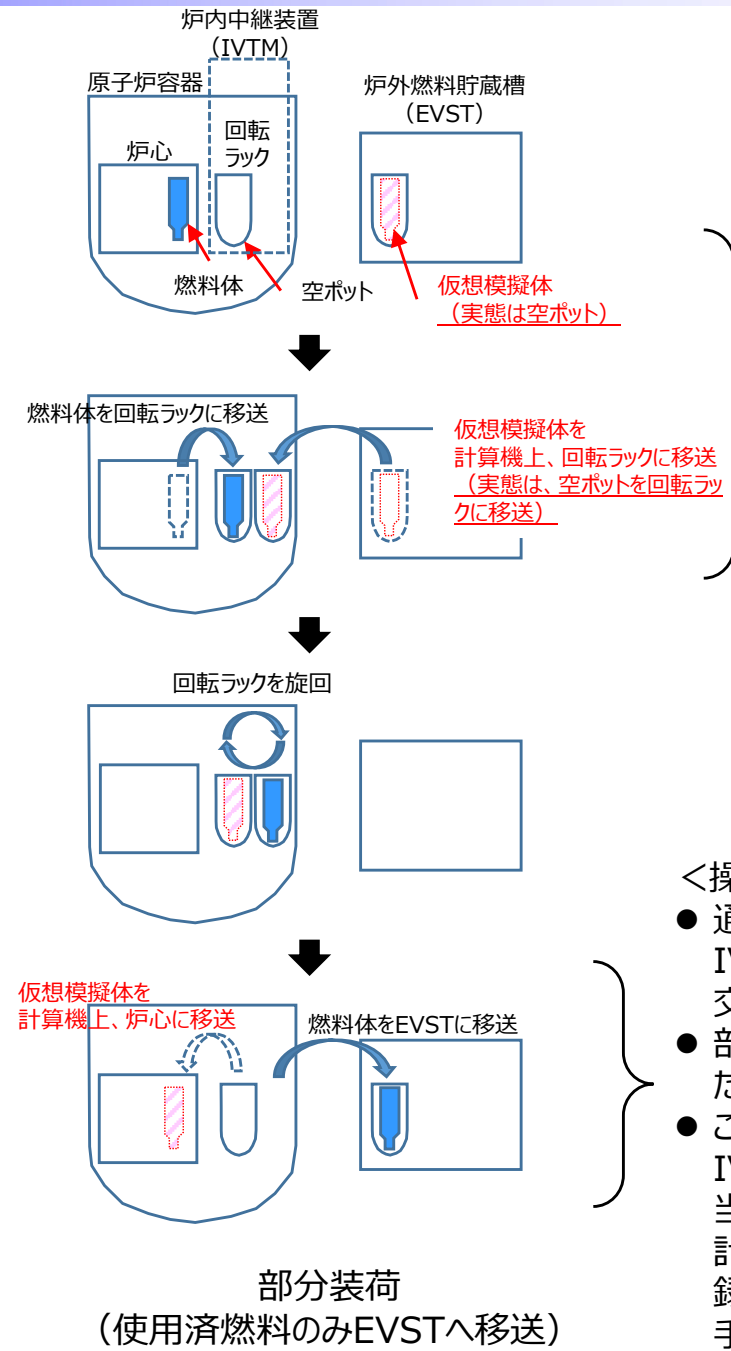
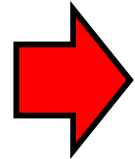
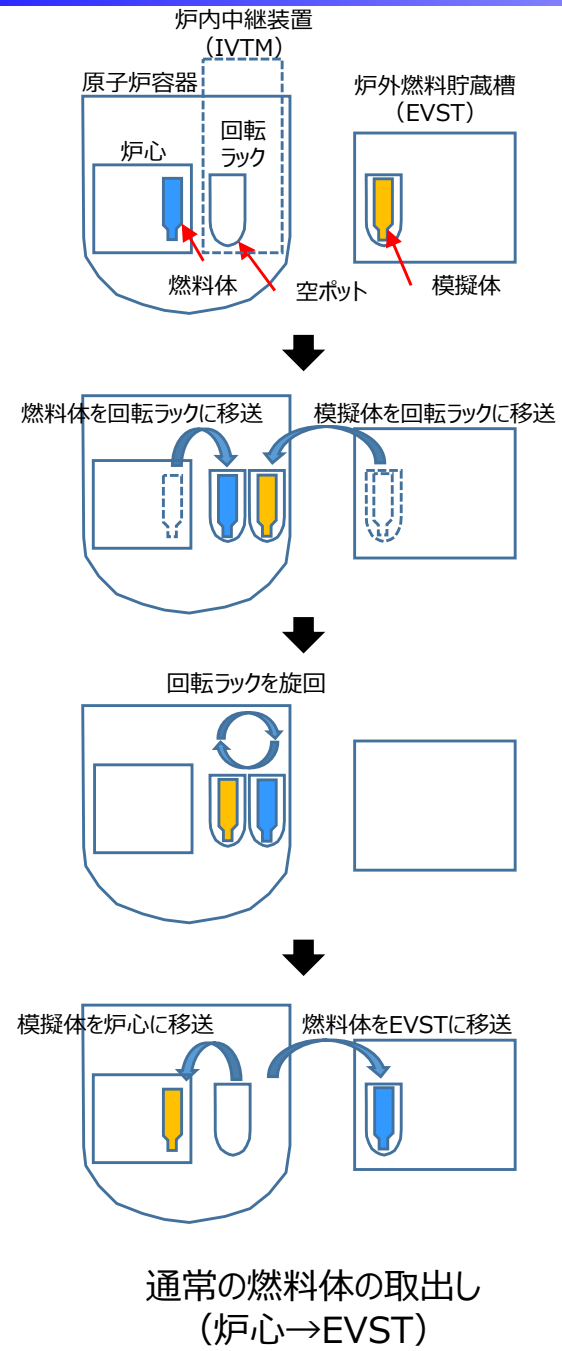


燃料体のみ

燃料体と模擬体等が格子状になるよう、燃料体を取り出した位置に模擬体等を装荷

模擬体等（246体）の装荷終了以降は、燃料体の取出しのみを実施し、模擬体等を装荷しない

年度	2019年	2020年	2021年	2022年
炉心からの燃料体の取出し	2019.9 100 2019.11	2021.1 146	2021.3 2022.4	124 2022.6



注記：

<プログラム追加>

- 機器の実動作は、通常の燃料体の取出し作業と変わらない。
- 従前のプログラムで仮想模擬体の識別は可能。
- EVSTへ仮想模擬体を設定し、計算機上で仮想模擬体を燃料移送ポットに入れてIVTM内の回転ラックに移送（実態は空のポットを移送）。

<操作手順変更>

- 通常の燃料体の取出し作業では、IVTMポットに模擬体が存在し燃料交換機が模擬体を炉心へ移送する。
- 部分装荷ではIVTMポットが空であるため燃料交換機が実動作を行えない。
- このため、計算機上で仮想模擬体をIVTMから炉心内に移送させるよう、当該自動運転の操作を一旦中断し、計算機にて仮想模擬体を炉心に登録したのち操作に復帰するよう操作手順を変更する。

部分装荷に必要なプログラム追加、実機確認試験、手順書改正、教育訓練（模擬訓練）を以下のとおり実施する。

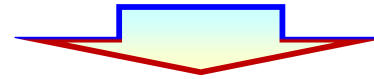
	実施項目	確認内容	確認結果
仮想模擬体設定プログラム追加の動作確認（工場）	<ul style="list-style-type: none"> 仮想模擬体番号登録 自動化運転（模擬） 	<ul style="list-style-type: none"> 製作したソフトで仮想模擬体番号を登録できること 計算機の既存機能に影響しないこと 登録した仮想模擬体番号により自動化運転が正常に終了すること 	良 （2021年11月19日）
仮想模擬体設定プログラム追加の動作確認（現地）	<ul style="list-style-type: none"> 仮想模擬体番号登録 	<ul style="list-style-type: none"> 現地計算機にソフトをインストールし仮想模擬体番号を登録できること 計算機の既存機能に影響しないこと 	良 （2021年12月10日）
操作手順書の見直し	<ul style="list-style-type: none"> 部分装荷による自動化運転フローとなるように操作手順書を改正 	下記手順が反映されていること <ul style="list-style-type: none"> 自動化除外ポイント 手順スキップ箇所 スキップ箇所の手動操作 自動化復帰箇所 	良 （2022年2月）
実機確認	<ul style="list-style-type: none"> 自動化運転（実機） 	<ul style="list-style-type: none"> 計算機制御と実機動作を組合せた状態で、自動化運転が開始から終了まで正常に行われること 改正した操作手順書が計算機制御と実機動作と矛盾しないこと 	（2022年3月予定）
模擬訓練	<ul style="list-style-type: none"> 自動化運転（実機） 	<ul style="list-style-type: none"> 改正した操作手順書により一連の自動化操作を実施できること 操作体制4班すべてが上記を経験し習熟が図られること 	（2022年3月予定）

【予防対策】

- (1) 施設保安維持のために最低限必要な要員（当直員、核物質防護、放射線管理）を確保
 - ①勤務場所、通勤手段、喫食場所等について、一般従業員と分離
 - ②生活環境（寮等）における入浴、喫食等の分離
 - ③保安要員から感染者が発生した場合の代替要員の指定・確保
- (2) 健康・行動歴等の確認・記録
- (3) 離隔距離の確保等
- (4) 県外からの作業員に対して来県前にPCR検査(機構)
- (5) 中央制御室当直員、操作チームの当面の間、定期的な抗原検査
- (6) 「燃料体の取出し」までに必要な定期事業者検査要員の分離勤務

【事前準備】

- (1) 消毒作業の準備、立入制限エリア設定
- (2) 感染者発生時に速やかにPCR検査(機構)を実施できるよう準備
- (3) 健康・行動歴等の確認・記録（再掲）



【PCR検査(行政)受検者（濃厚接触者等）発生】

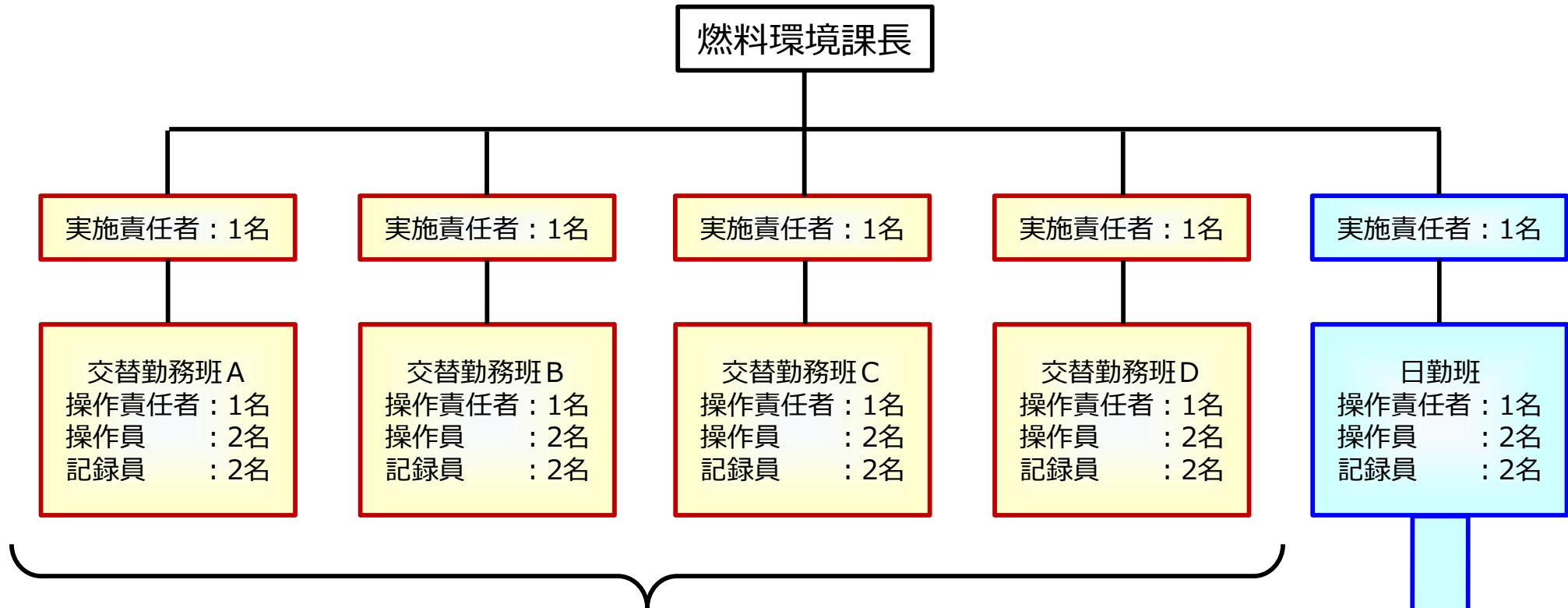
- (1) PCR検査(行政)受検者（濃厚接触者）は、保健所・医療機関等の行政からの依頼・指示に従い、自宅待機等
PCR検査(行政)受検者（濃厚接触者）は、結果が陰性であっても、保健所の指示に基づき自宅待機
- (2) 行動歴等に基づいて機構として特定した「濃厚接触推定者」も、自宅待機
PCR検査(行政)受検者が当直員、操作チーム員の場合、その班の当直員、操作チーム員全員が「濃厚接触推定者」になり得る
- (3) 感染者発生（陽性判定）の場合に備え、プレス対応の準備、立入制限エリアの区画設定や消毒作業の準備、自治体等への連絡



【感染者発生】

- (1) 感染者は、保健所・医療機関等の行政からの依頼・指示に従い、自宅待機等
- (2) 濃厚接触者は、保健所・医療機関等の行政からの依頼・指示に従い、PCR検査(行政)を受検
- (3) 行動歴等に基づいて機構として特定した「濃厚接触推定者」も、自宅待機、PCR検査（行政又は自主）を受検
当直員、操作チーム員が感染者の場合、その班の当直員、操作チーム員全員が濃厚接触者又は「濃厚接触推定者」になり得る
- (4) 感染者発生に係るプレス対応、立入制限エリアの区画設定や消毒作業、自治体等への連絡

- 操作チームは、4 班の交替勤務班と 1 班の日勤班（代直に備えた予備）の 5 班編成
- 中央制御室当直員に欠員が生じた場合は、操作チーム員が欠員を補うこともありうる
- 交替勤務班の班員に病気・休暇等によって欠員が生じた場合には、日勤班の班員が代直
感染者の発生等によって交代勤務班（全員）が自宅待機になった場合には、日勤班が代直
- 複数の班が自宅待機になった場合には、状況に応じて対応

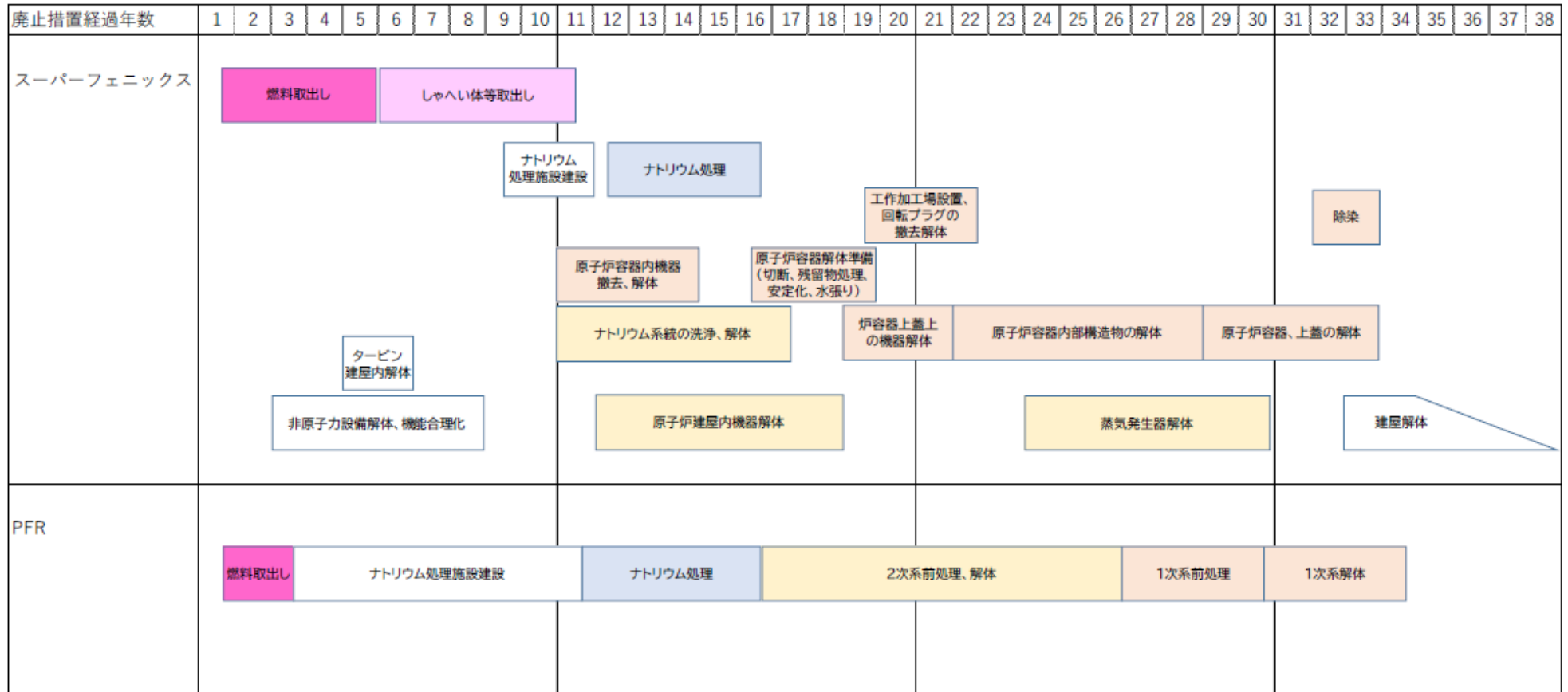


- 交替勤務班に欠員が生じた場合には、日勤班の班員が代直
- 交替勤務班（全員）が自宅待機となった場合には、日勤班が代直

高速増殖原型炉もんじゅ原子炉施設廃止措置計画変更認可申請書（2021年3月31日）

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	

現在の廃止措置計画において第2段階の計画については、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こととなっている

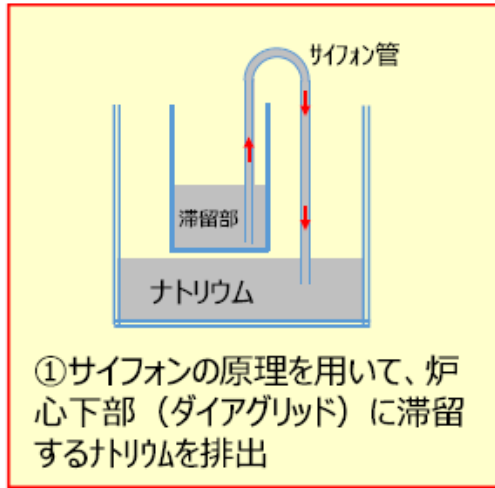


(注)

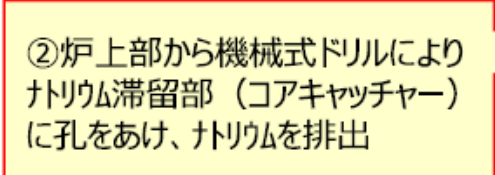
各機関の公開用情報をもとに原子力機構が作成した。

公開用情報として、要約、単純化されており、個々の具体的作業と一致しない場合があるものと推定される。

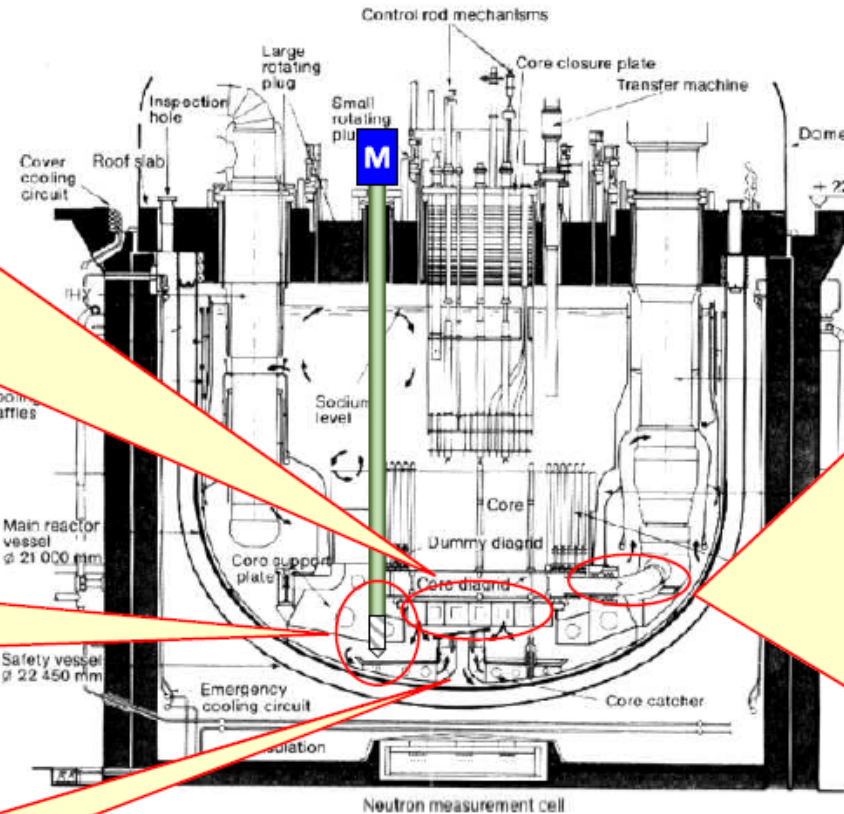
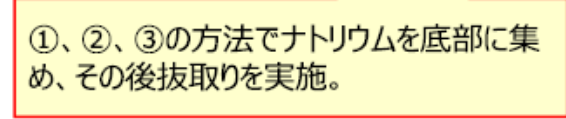
仏国スーパーフェニックスの例



出展：IAEA-TECDOC-1405 “Operational and decommissioning experience with fast reactors”

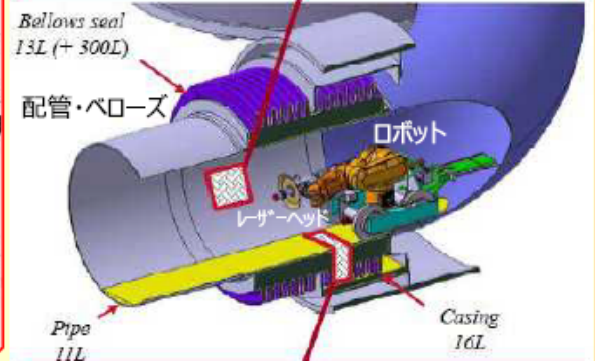


出展：IAEA-TECDOC-1405 “Operational and decommissioning experience with fast reactors”



スーパーフェニックスの1次系断面図

出展：“Recent Sodium Technology Development for the Decommissioning of the Rapsodie and Superphenix Reactors and the Management of Sodium Wastes”, p.100-110, Nuclear Technology Vol.150 Apr. 2005



③遠隔操作ロボットでナトリウム滞留部（配管ベローズ）にレーザーで穴をあけ、ナトリウムを排出

出展：Control and maintenance of the Superphenix knowledge and its specific sodium skills through an innovative partnership between EDF and AREVA, PREDEC 2016, February 16-18, Lyon, France

スーパーフェニックスでは滞留するナトリウムをサイフォンや穿孔によってナトリウムを抜出している。この知見を基に、もんじゅに合わせて適切な方法を検討する。

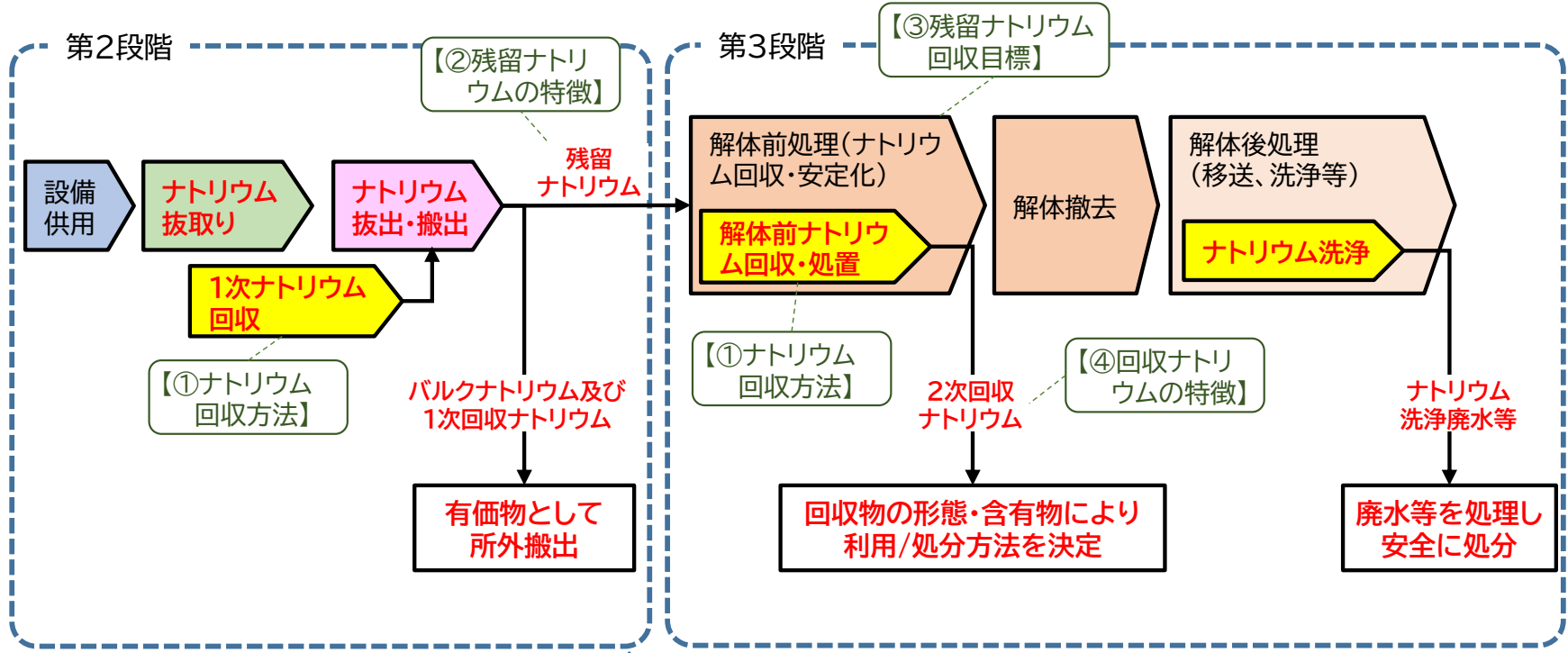
ナトリウムの取扱いの流れ

ナトリウムの取扱いに関する留意点

- 【①ナトリウム回収方法】
系統設備の環境・構造、残留ナトリウムの量・形態・含有物により、適する回収方法異なる
- 【②残留ナトリウムの特徴】
系統設備により、残留ナトリウムの所在場所、量、形態異なる
- 【③残留ナトリウム回収目標】
安定化処理の方法により処可能な残留ナトリウムの量、厚さ、形態等の条件が異なる
- 【④回収ナトリウムの特徴】
残留ナトリウムの形態・含有物及び工法により、回収されるナトリウムの形態・含有物は異なる

ナトリウム系統設備の解体完了までの作業

ナトリウムの取扱い



第2段階の実施方針

- ナトリウムリスクの大幅低減を速やかに実現するため、バルクナトリウムの早期搬出を優先実施(第2段階完了条件①)
- バルクナトリウムと同時に有価物として搬出可能なものを早期回収
- 残留ナトリウムの解体前処理に向けて、ナトリウム設備解体着手準備(第2段階完了条件②)



第3段階の実実施計画(次ページ参照)

- 設備の解体に関する以下の計画を策定した上で実施
- ・ 解体前処理(残留ナトリウムの解体前回収、安定化)
 - ・ 設備解体
 - ・ 解体後処理(解体物移送、洗浄等)
 - ・ 後工程計画(洗浄廃液処理、廃棄体化)
 - ・ 上記に必要な事前準備(技術基盤整備、設備設計・整備、作業計画、体制整備等)

廃止措置計画の第2段階実施方針