

「もんじゅ」廃止措置計画第2段階の検討について

資料2-0	技術資料	全体について	14
資料2-1	技術資料	①ナトリウム搬出準備(方法及び時期等)	
		a. 1次系等ナトリウムのドレンまでの計画策定	25
資料2-2	技術資料	①ナトリウム搬出準備	
		b.ナトリウム搬出に向けた設備の復旧・改造計画の策定 (1次系等ナトリウム)	56
資料2-3	技術資料	①ナトリウム搬出準備	
		b.ナトリウム搬出に向けた設備の復旧・改造計画の策定 (2次系ナトリウム・炉外燃料貯蔵槽2次補助系ナトリウム)	67
資料2-4	技術資料	水・蒸気系等発電設備の解体計画の策定	84
資料2-5	技術資料	第2段階の事故想定及びその評価について	87

技術資料 全体について

概要

- 第2段階で行う作業は①ナトリウム機器解体準備、②水・蒸気系等発電設備等の解体、③汚染の分布評価、④放射性固体廃棄物の処理・処分の4つ
- これらの作業を3つの方針で行う。
 - A ナトリウムを保有するリスクを適切に管理し、早期に低減
 - B 大型ナトリウム機器を解体する基盤を構築
 - C 工事等を安全・確実にいき、プラントの安全確保に影響させない

令和3年 3月 25日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

目次

1. はじめに	1
2. 各作業の考え方	2
2.1 ①ナトリウム機器解体準備	2
2.2 ②水・蒸気系等発電設備等の解体	4
2.3 ③汚染の分布評価	4
2.4 ④放射性固体廃棄物の処理・処分	5
3. 安全評価	5

図

第 1 図	廃止措置の全体工程	7
第 2 図	第 2 段階以降のつながりイメージ	7
第 3-1 図	第 3-1 図 説明範囲図 1/2	8
第 3-2 図	第 3-1 図 説明範囲図 2/2	8
参考資料	もんじゅ第 2 段階の廃止措置計画	9

1. はじめに

もんじゅの廃止措置は、第1図（廃止措置計画認可申請書「第11-1図 廃止措置の全体工程」抜粋）に定めるとおり、2047年度で完了すべく廃止措置期間全体を4段階（燃料体取出し期間、解体準備期間、廃止措置期間Ⅰ、廃止措置期間Ⅱ）に区分し、安全性を確保しつつ次の段階へ進むための準備をしながら着実に進める。

もんじゅの廃止措置計画認可申請書では、「第2段階以降に行う具体的事項については、第1段階に検討する1次系等ナトリウムの抜取り方法、第1段階に実施する核燃料物質による汚染の分布に関する評価等を踏まえ、ナトリウム機器の解体準備事項等について検討を進める必要があることから、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」とした。第2段階は、全ての燃料体が燃料池に貯蔵され、炉心等に中性子しゃへい体や模擬燃料集合体等（以下「しゃへい体等」という。）が貯蔵された状態から開始する。この様なプラント状態を考慮したうえで、ナトリウム機器の解体準備事項等として、以下の4つの作業を行う。

- ①ナトリウム機器解体準備
- ②水・蒸気系等発電設備等の解体
- ③汚染の分布評価
- ④放射性固体廃棄物の処理・処分

これらの検討では、安全性を確保しつつ次の段階へ進めていくため、以下の3つを方針とする。

- A ナトリウムを保有するリスクを適切に管理し、早期に低減
- B 大型ナトリウム機器を解体する基盤を構築
- C 工事等を安全・確実にいき、プラントの安全確保に影響させない

これらの方針に基づき、第2段階の4つの作業を実施するためのプロセスを第2図に示す。これら各作業の基本的考え方を次項以降で述べる。

なお、各作業の検討状況と結果を第 3-1 図、第 3-2 図に沿って説明する。

2.各作業の基本的考え方

もんじゅでは廃止措置第 1 段階に原子炉容器からの燃料体の取出し作業を終え、「化学的に活性なナトリウムを保有する炉心及び炉外燃料貯蔵槽に燃料体が存在した状態から開始するという残留リスク」を解消する。第 2 段階以降では、もんじゅは依然として化学的に活性なナトリウムを大量に保有している状態である。このことから第 2 段階に上記①～④の作業を行うものの、ナトリウム保有のリスク低減及び作業安全の観点からナトリウムの搬出、ナトリウム機器の解体の準備作業を第 2 段階の枢要作業として位置づけ優先的に取り組む。（参考資料を参照）

2.1 ①ナトリウム機器解体準備

もんじゅでは原子炉容器、炉外燃料貯蔵槽、1 次系及び 2 次系等にナトリウムを大量に保有している。ナトリウム漏えいの発生リスクを低減させた上で、解体作業を実施することから、系統・容器内のナトリウムを出来る限り早期に既設タンク等にドレンし、固化すること、解体作業に影響を与えないよう適切な場所に搬出することが必要となる。

また、ナトリウム搬出後にナトリウム機器を解体することとなるが、機器・配管内にはナトリウムが付着しており、これを考慮した解体準備が必要となる。さらに、もんじゅでは大型ナトリウム機器を解体した経験がほとんどない。

このため、ナトリウム機器解体準備にあたっては前項に示した方針の内、以下の 2 つに基づき実施する。

- A ナトリウムを保有するリスクを適切に管理し、早期に低減
- B 大型ナトリウム機器を解体する基盤を構築

A ナトリウムを保有するリスクを適切に管理し、早期に低減

もんじゅは大量にナトリウムを保有しており、漏えいリスクを適切に管理し、早期に低減することが重要となる。このため、ナトリウムを保有する場所を限定することで漏えいリスクの管理が容易になり、さらに固化することでリスク低減が図られる。保有しているナトリウムはドレン後、既設タンク等から ISO タンクへ移送し、サイト外へ搬出する。

検討の内容を技術資料「1次系等ナトリウムのドレンまでの計画策定」、「ナトリウム搬出に向けた設備の復旧・改造計画の策定（1次系等ナトリウム）」、「ナトリウム搬出に向けた設備の復旧・改造計画の策定（2次系ナトリウム・炉外燃料貯蔵槽 2次補助系ナトリウム）」に技術資料としてまとめた。

B 大型ナトリウム機器を解体する基盤を構築

大型ナトリウム機器の解体を安全に進めるため、試験解体・技術開発と課題解決の確認を段階的に行い、大型ナトリウム機器解体技術の基盤を構築する。

このため、海外高速炉の廃止措置経験の情報の収集や英仏とのワークショップ等による知見拡充に加え、大洗研でのナトリウム実験施設の解体に参画しナトリウム機器解体の基礎を習得中である。これらの知見・経験を集約し小さな設備から大きな設備に向けて課題解決の確認を行う。具体的には、第2段階において、2次メンテナンス冷却系の試験解体を通じて主冷却系統の解体手順や必要な注意事項の策定に資するデータを取得する計画を策定する。

今後、2次メンテナンス冷却系統の解体計画や技術課題解決のための計画を技術資料としてまとめる。

2.2 ②水・蒸気系等発電設備等の解体

水・蒸気系等発電設備は現在でも解体撤去が可能である一方、設備の中には2次主冷却系や第3段階まで性能を維持すべき設備（補助蒸気設備、制御用空気圧縮設備等）と取合う機器も存在する。このため、方針Cに基づき、プラントの安全確保に影響させないことが重要となる。

C 工事等を安全・確実にやり、プラントの安全確保に影響させない

解体にあたっては性能維持施設との取り合いを隔離し、プラントの安全を確保する。

方針に基づいて第2段階から水・蒸気系等発電設備の内、タービン、復水器、給水加熱器などの設備の解体を開始し、第3段階終了までにすべての設備の解体を完了する。

検討内容を「水・蒸気系等発電設備の解体計画の策定」に技術資料としてまとめた。

2.3 ③汚染の分布評価

汚染の分布評価は、第1段階から実施しており、第2段階においても引き続き実施する。この作業は工事の安全確保のため、方針Cに基づき実施する。

C 工事等を安全・確実にやり、プラントの安全確保に影響させない

汚染の分布評価は汚染のおそれがある機器解体開始までに完了させ、解体作業計画、廃棄物管理に反映することで機器解体・廃棄物管理を安全・確実に行う。

評価にあたっては、もんじゅの廃止措置対象施設に残存する放射化汚染及び二次的な汚染について、もんじゅの特徴（運転履歴、計算体系、エネルギー群数等）を考慮した評価方法・条件を用いて放射能及び汚染の分布を評価する。

今後、汚染の分布評価内容を技術資料としてまとめる。

2.4 ④放射性固体廃棄物の処理・処分

放射性固体廃棄物の処理・処分は設備の解体・撤去を進める上で重要な作業となる。適切な処理を行うためには、廃止措置の進捗に応じた廃棄物管理の中長期管理計画を策定する必要がある。具体的には、発生元（管理区域・非管理区域、作業方法など）を考慮した区分・管理方法を整理し、必要な施設の追設や現有設備の改造を実施する必要がある。これらの検討は方針 C に基づいて実施する。

C 工事等を安全・確実にやり、プラントの安全確保に影響させない

汚染の分布評価に基づき、廃棄物搬出までの廃棄物管理計画を策定する。第 1 段階では、管理区域で発生する解体撤去物（分解、せん断片など）を想定し貯蔵・モニタ・処理に必要な諸設備（管理フロー）の検討を行う。

また、解体計画を含む廃止措置全体を俯瞰し、最適なセメント固化装置の仕様、設置方法を定め、セメント固化装置の整備計画（設置時期）を提示する。

なお、クリアランスレベルの解体撤去物は、原子炉等規制法に定める手続き及び確認を経て搬出することを検討する。

今後、放射性固体廃棄物の処理・処分の検討内容を技術資料としてまとめる。

3.安全評価

廃止措置では段階的にプラント状態が変化し、その段階でのプラント状態に応じて発生し得る事故及びその影響の程度は異なる。従って、廃止措置の各段階でのプラント状態に即して、事故の種類、程度、影響を評価し、安全性を確認する。また、プラント状態や廃止措置に伴う工事・作業が前の廃止措置の段階と異なっても、発生し得る事故の発生条件やメカニズムが同

じ場合、その影響の程度が前段階の評価結果を上回らないことを確認する。

具体的には第2段階のプラント状態を踏まえ、発生し得る事故を想定し、第1段階の廃止措置計画で既に評価済みの事象に含まれる内容であるか項目毎に整理・確認し、評価の見直し要否を検討する。

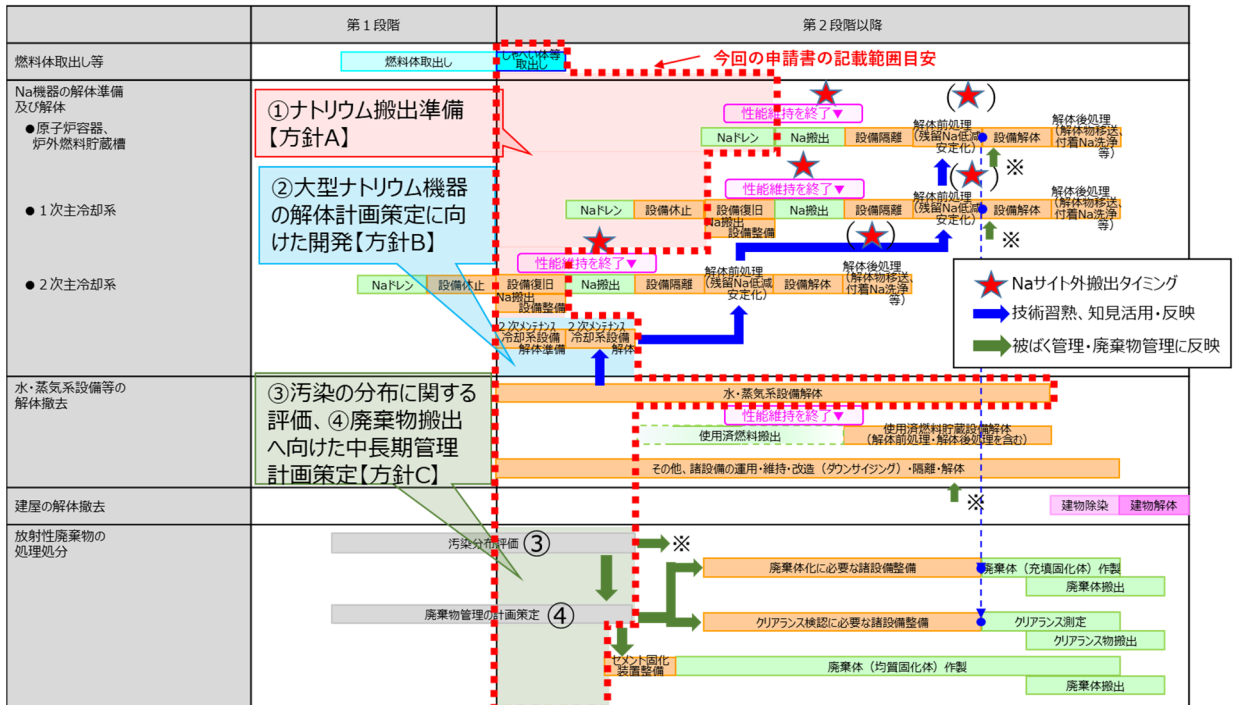
検討の内容を「第2段階の事故想定及びその評価について」に技術資料としてまとめた。

以上

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			

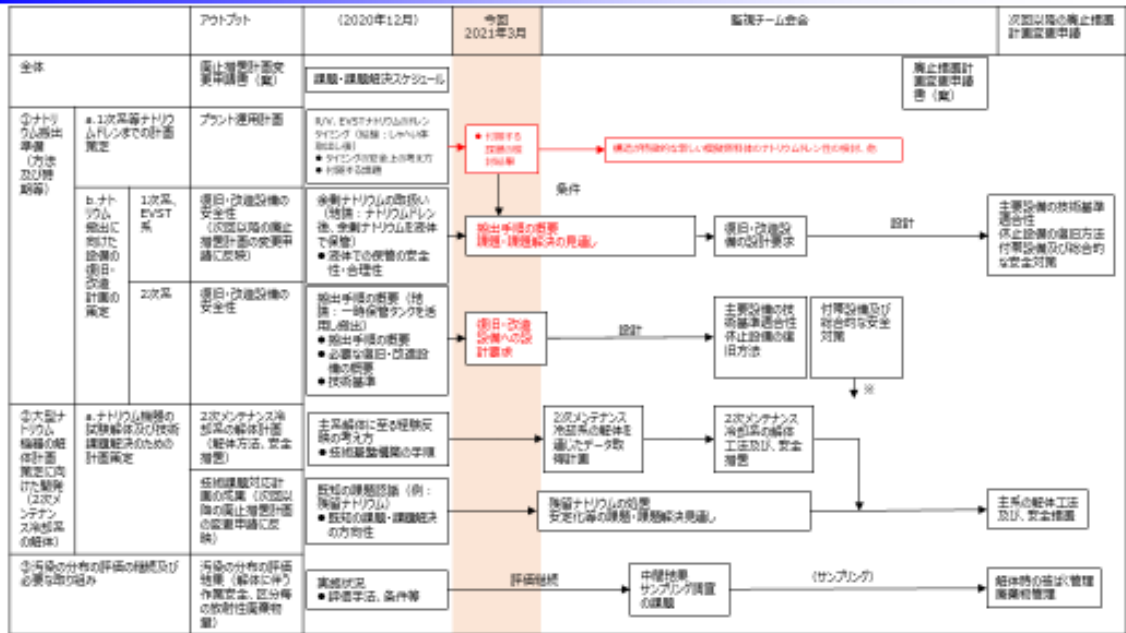
注) 使用済燃料及びナトリウムの処理・処分の方法に係る計画については、第2段階に着手するまでに反映して変更認可を受ける。

第1図 廃止措置の全体工程



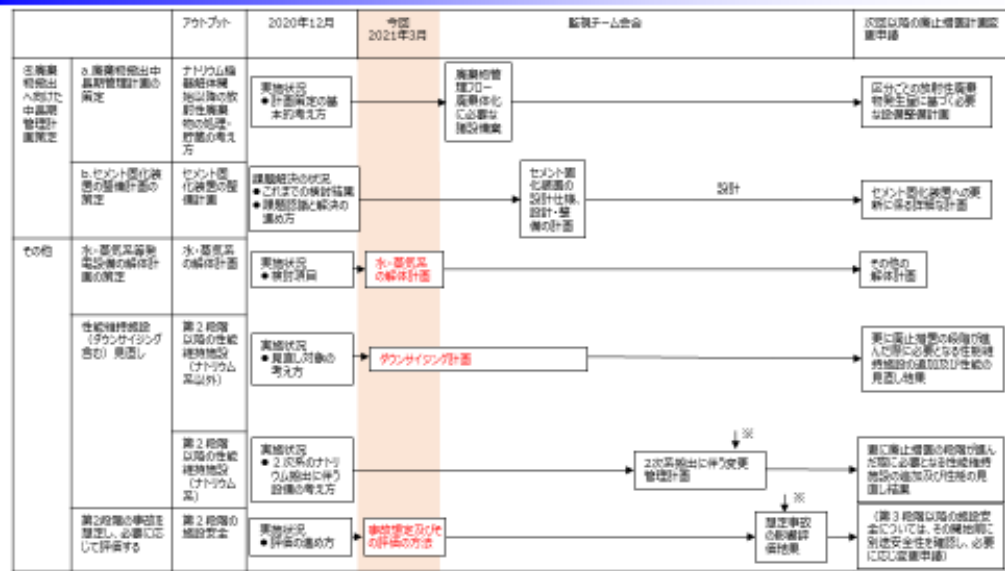
第2図 第2段階以降のつながりイメージ

今回の説明範囲 (1/2)



第 3-1 図 説明範囲図 1/2

今回の説明範囲 (2/2)



第 3-2 図 説明範囲図 2/2



もんじゅ第2段階の廃止措置計画



- ▶ 次の方針に基づき廃止措置第2段階を進める
 - 【方針A】 ナトリウムを保有するリスクを適切に管理し、早期に低減
 - 【方針B】 大型ナトリウム機器を解体する基盤を構築
 - 【方針C】 工事等を安全・確実に行い、プラントの安全確保に影響させない
- ▶ 我が国初となる「ナトリウム機器解体準備」は第2段階の枢要作業

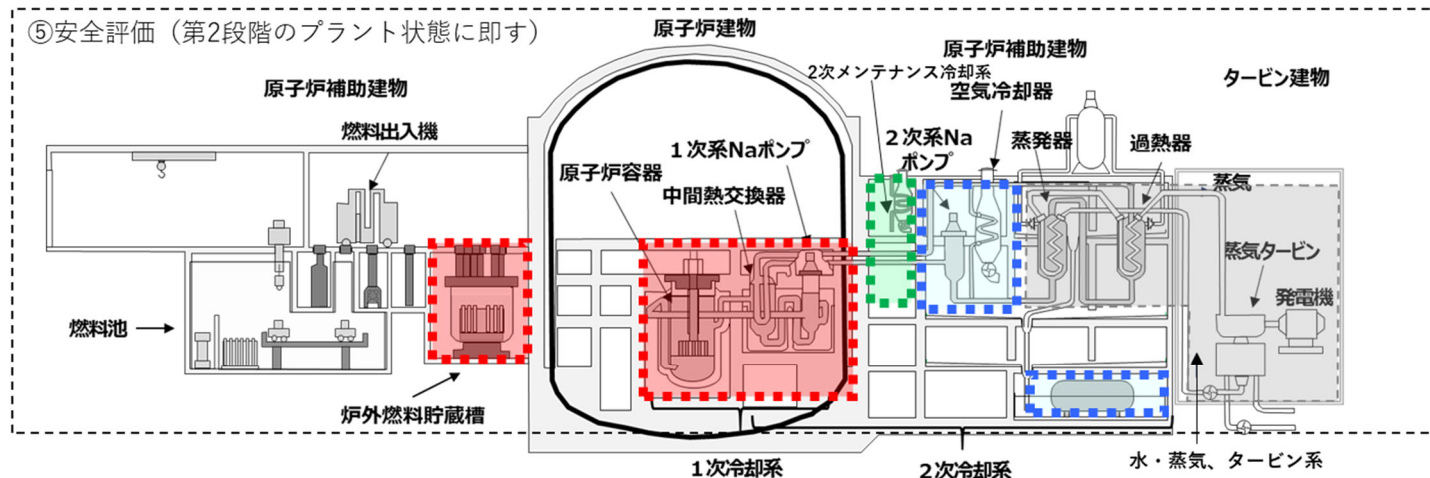
①ナトリウム機器解体準備

【方針A】

- ①-1 1次系等のドレンまでの計画
- ①-2 ナトリウム搬出（1次系等）
- ①-3 ナトリウム搬出（2次系）

【方針B】

- ①-4 ナトリウム機器解体技術開発
（2次メンテナンス冷却設備解体等）



- ③汚染の分布に関する評価（継続）【方針C】
- ④放射性固体廃棄物の処理・処分（継続）【方針C】

- ②水・蒸気系等発電設備等の解体撤去【方針C】
（タービン建物から着手）

技術資料

①ナトリウム搬出準備（方法及び時期等）

a. 1次系等ナトリウムのドレンまでの計画策定

概要

- 方針「ナトリウムを保有するリスクを適切に管理し、早期に低減」のもと、出来る限り速やかにしゃへい体等を取出した後に原子炉容器（R/V）内ナトリウムをドレンする。
- しゃへい体等の取出しの際、更なるナトリウムの漏えいリスクの低減を図るため、1次主冷却系ナトリウムをドレンすることでR/V内のナトリウム液位をSsL（System Sodium Level）とし、しゃへい体等の取出し作業を行うことを検討中。その際の技術的課題（①ナトリウム化合物の析出、②ミストとなったナトリウムの機器への付着・凍結、③温度差（熱膨張差）、④機器の浮力減少）に対し、設計図書を基に確認し、実施可能な見通しを得た。今後SsL運用の実施に向け、費用対効果を含めた設定変更の判断、運転手順の検討及びその検討を踏まえた懸念事項の洗い出しとその対応を検討し、最終的な実施の判断を行う。
- また、炉外燃料貯蔵槽（EVST）内ナトリウムの早期ドレンのため、R/Vから取り出したしゃへい体等をEVSTに一時貯蔵せず燃料洗浄槽に移送するEVSTバイパス運用を検討したが、ナトリウムがスクレーパに付着・蓄積・化合物形成した場合、テープのたわみやスクレーパ部の詰まりによる機器不具合・工程遅延のリスクが大きいことから、第2段階でのしゃへい体等の取出し作業は、通常の燃料体の取出し作業同様にEVSTを介して行う。
- その他、構造が特徴的な新しい模擬燃料体は模擬燃料ピン間の流路が狭隘であり、ナトリウムが重力落下で抜けず、多く残留する可能性があるため、残留ナトリウム量の把握と低減対策を並行検討し廃止措置計画変更認可申請までに課題解決の見通しを示す予定である。

令和3年 3月 25日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

目次

1.はじめに	1
2.ナトリウムの保有状況	1
3.1 次系等ナトリウムのドレン等の考え方	1
4. しゃへい体等の取出し工程を策定するために付随する課題	2
4.1 しゃへい体等を取り出す際の R/V のナトリウム液位について	3
4.2 EVST の早期ナトリウムドレン	13
5.新たな課題	14
6.まとめ	15

図

第 1-1 図	ナトリウムを保有するリスクの管理・低減（1 次系）	16
第 1-2 図	ナトリウムを保有するリスクの管理・低減（2 次系）	16
第 1-3 図	廃止措置の各段階におけるナトリウムの所在	17
第 4.1-1 図	原子炉容器液位と各設備の位置	18
第 4.1-2 図	廃止措置第 1 段階のカバーガス純度の推移	20
第 4.1-3 図	原子炉容器液位 SsL での原子炉容器内温度分布	20
第 4.1-4 図	原子炉容器液位 SsL で 1 次主冷却系循環ポンプが停止した際の原子炉容器内温度分布	21
第 4.1-5 図	吊り不吊り判定値の考え方	22
第 4.1-6 図	パンタグラフアームの収納不能事象対応	23
第 4.1-7 図	燃料体の収納不能事象対応	23
第 4.1-8 図	燃料交換装置本体の昇降不能事象対応	24
第 4.1-9 図	ホールドダウンアームの動作不能事象対応	24
第 4.1-10 図	燃料体取出しができない場合の対応	25
第 4.1-11 図	燃料体回収のためのアクセスルート確保	25
第 4.2-1 図	EVST バイパス運用時のしゃへい体等の移動経路	26
第 4.2-2 図	燃料出入機 A グリッパのナトリウム付着範囲	26
第 4.2-3 図	燃料出入機 A 点検時の写真（テープ部、スクレーパ部）	27
第 5-1 図	燃料体及び模擬燃料体の断面の比較	28

1.はじめに

第 2 段階以降の廃止措置を安全に進めるためには、ナトリウム漏えいの発生リスクを低減させた上で、解体作業を実施することが重要である。したがって、もんじゅとして定めた廃止措置の 3 方針の一つである「ナトリウムを保有するリスクを適切に管理し、早期に低減」のもと、廃止措置計画書で第 2 段階に実施するとした「ナトリウム機器の解体準備」として、系統・容器内のナトリウムを出来る限り早期に既設タンク等にドレンし、固化することで系統からのナトリウム漏えいリスクを低減させる。また、搬出設備の整備後、既設タンク等のナトリウムをサイト外へ搬出する（第 1-1 図、第 1-2 図、第 1-3 図参照）。

2 次系ナトリウムは、既に第 1 段階で既設タンク（ダンプタンク、オーバフロータンク）及び 2 次冷却材ナトリウム一時保管用タンクにドレン・固化済みであり、すでにリスクの低減が図られていることから、1 次系ナトリウムのドレンの方法等についてのみ示す。また、その中でナトリウムドレンの具体的な抜き取り方法については、技術資料①ナトリウム搬出準備 b.ナトリウム搬出に向けた設備の復旧・改造計画の策定（1 次系ナトリウム等）で示しており、ここでは、1 次系ナトリウムのドレンまでの考え方を明確にしたうえで、ドレンを開始するまでの工程等に係る計画について示す。

2.ナトリウムの保有状況

第 1 段階終了後、原子炉容器（以下「R/V」という。）、1 次主冷却系及び炉外燃料貯蔵槽（以下「EVST」という。）はナトリウムが充填された状態にある（第 1-1 図、第 1-2 図、第 1-3 図参照）。

3.1 次系等ナトリウムのドレン等の考え方

R/V、EVST 及び系統配管に保有する 1 次系等のナトリウムをドレンし、リスクを低減させることが最優先ではあるが、一方で、2047 年度までに廃止措置を完了させるためには、効率的に解体を進める必要があり、そのためには、燃料交

換設備の解体前にR/V内に装荷されている中性子しゃへい体や模擬燃料体等(以下「しゃへい体等」という。)の取出し(以下「しゃへい体等の取出し」という。)も第2段階に実施する必要がある。

1次系等のナトリウムのドレンとしゃへい体等の取出しは、既設の燃料交換設備の設計条件がR/V及びEVSTにナトリウムがあることを前提としており同時に実施できないため、どちらを先に実施するかについて検討したところ、以下の比較から、しゃへい体等を取出した後に1次系等のナトリウムをドレンする事を選択した。

① 1次系等のナトリウムをドレンした後にしゃへい体等を取り出す

- 炉心構成要素の支持構造等の狭隘部にナトリウムが残留し、その状態で取り出す、または解体するための技術開発が必要となるため、第2段階以降のナトリウム機器解体作業に影響を及ぼす可能性あり。
- さらに、器の形状をした炉内中継ラック等にナトリウムが残留する。この残留ナトリウムを直接予熱する設備は無く、第2段階中に炉内へアクセスし抜き取る場合、工程影響が大きい。
- また、既設の燃料交換装置はナトリウム環境での使用を想定した設計。ナトリウムベーパーを含むアルゴンガス雰囲気中でのしゃへい体等の取出しを行った場合、燃料交換装置全体の機器動作や位置決め精度等に不確かさがある。

② しゃへい体等を取出した後に1次系等のナトリウムをドレンする

- ナトリウムドレン開始が上記①より相対的に遅くなるものの、R/V内のナトリウム液位レベルは通常通りであり、設備を当初設計の通り使用することが可能であり、①で提示したような影響はない。

4. しゃへい体等の取出し工程を策定するために付随する課題

しゃへい体等を取出した後に1次系等のナトリウムをドレンする順序で第2段階の工程を策定するにあたり、更なるナトリウムの漏えいリスクの低減を図

りつつ、しゃへい体等の取出し等の廃止措置作業を合理的に進めるため、以下のとおり付随する課題について検討を実施した。

4.1 しゃへい体等を取り出す際の R/V のナトリウム液位について

新たな設備製作・設置や大規模な工事の実施による工程遅延を避けるため、しゃへい体等の取出し作業には、燃料体の取出し作業で用いた燃料交換設備を用いる。燃料体の取出し作業同様に R/V 内ナトリウム液位を通常レベル (以下「NsL」という。) としてしゃへい体等の取出し作業を行う場合、燃料交換設備を当初設計想定どおり使用できる。一方、1次系配管等はナトリウムで満たされており1次系配管等の設備点検を行うことが出来ず、しゃへい体等取出し作業と1次系配管等の設備点検を交互に行う必要がある。その結果、しゃへい体等取出し作業を完了し1次系等のナトリウムのドレンに着手する時期が遅くなる。

このため、当初設計の運用と異なるものの、効率的に廃止措置を進めるために、1次系配管の3系統すべてのナトリウムをドレンし、しゃへい体等取出し作業と設備点検の2つの作業を平行して実施し総合的にしゃへい体等の取出し作業を短期に完了する方策を検討した。この方策は1次系配管からのナトリウム漏えいの発生リスクも低減できる。

今回、設計図書を基に確認した結果、以下のとおり1次系配管の3系統すべてのナトリウムをドレンした SsL 状態でのしゃへい体等の取出し作業を実施しても安全に影響はないこと確認した。なお、第2段階では、炉心に燃料体がないため、反応度停止余裕を確認する必要はなく、燃料の冷却も不要なので R/V 内のナトリウムを循環し、ナトリウム温度を測定する要求も無い。

今後は、運転手順の検討とその検討を踏まえた懸念事項の洗い出しを行う。また、費用対効果を考慮しつつ炉心アドレスの設定変更判断行い、最終的な実施を判断する。

(1) 課題認識

R/V ナトリウム液位を NsL（通常運転時及び燃料交換時）から SsL（設備点検時）にすると 1 次補助系を用いた 1 次系ナトリウムの純化を行えない。また、R/V 内のカバーガス空間が広がり、これまでナトリウム中で駆動していた燃料交換装置（燃料交換装置本体パンタグラフ）の一部がカバーガス空間に露出する（第 4.1-1 図参照）。カバーガス温度はナトリウム温度よりも約 40℃低い。

このため、①ナトリウム化合物の析出、②ミストとなったナトリウムの機器への付着・凍結、③温度差（熱膨張差）による機器の動作範囲、④ナトリウム浸漬範囲の減少による機器の浮力減少が、機器動作へ影響する可能性がある。

(2) 課題解決の見通し

① ナトリウム化合物の析出

R/V 内に酸素等が混入するとナトリウム化合物が生成される。このため、運転中のもんじゅでは、冷却材中に酸素が持ち込まれ高温の炉内構造材の腐食原因とならないよう 1 次補助系を介してコールドトラップを用いてナトリウム化合物を除去するナトリウム純化設備を有している。また、燃料交換では新燃料とともに R/V 内に酸素が持ち込まれ、ナトリウム化合物が析出し、燃料交換装置等の動作に影響の恐れがあるため、その際にもナトリウム純化設備を用いる設計となっている。このため、新燃料に代わって模擬燃料体を R/V 内に装荷する燃料体の取出し作業でもナトリウム純化設備を用いている。

一方、第 1 段階の燃料体の処理作業や設備点検中は、R/V 内に酸素を持ち込む機会はないため R/V ナトリウム液位を SsL としてナトリウム純化設備を用いない。その間、1 次補助系を停止し、カバーガス中の窒素濃度分析（空気の混入量に相当）によりナトリウム中の不純物を管理している。

ここで、第 4.1-2 図に廃止措置第 1 段階の各作業時のカバーガス窒素濃度の管理実績を示す。

燃料体の処理作業期間では、純化系を停止していてもカバーガス純度は管理値（窒素濃度 40000ppm。ナトリウム純度の管理基準 10ppm に相当）の約 200 分の 1 で十分低く推移している。

燃料体の取出し期間では、燃料交換準備作業及び同後始末作業時に空気が混入し、R/V 内の窒素濃度が一時的に上昇したが、最大でも管理値の約 40 分の 1 であり、ガスパーズによって回復した。これらは、既知の事象であり、実績上、いずれの状態にあってもナトリウム純度を十分管理できると考えている。なお、2020 年の燃料体の取出し時は、ガス置換の操作手順書を改善したことで空気混入の低減を図ることができ、2019 年の作業時の実績よりもピークは更に低く空気混入を抑えることができた。現在も当該操作手順書を運用している。

また、模擬燃料体を燃料移送ポットとともに R/V 内へ持込んでも、同設備に設置されたプラグイン計のプラグ温度は上昇せず（ナトリウム化合物の蓄積・検知は無く）、実績上、有意なナトリウム純度の低下はみられなかった。

しゃへい体等の取出し作業では、R/V 内に新たな炉心構成要素を持ち込まない。すなわち、外部から R/V 内に酸素を持ち込む機会は殆どない。したがって、しゃへい体等の取出し時も第 1 段階の燃料体の取出し作業と同様の運用を行うことで、ナトリウム純度を管理できナトリウム化合物の析出を防止できる見通しがある。

② ミストとなったナトリウムの機器への付着・凍結

第 4.1-3 図に R/V 液位 SsL での R/V 内のカバーガス及びナトリウムの温度分布を示す。

カバーガス空間は液面近傍、熱しゃへい板近傍で軸方向に分布はあるものの、凡その範囲は約 160℃の環境にある。この環境はナトリウムの凝固点

(98℃) よりも高い。また、ナトリウムの温度は 200℃と低くミストの発生量は定格運転時（原子炉出口温度約 530℃）よりも少ない。

一方、設計上、燃料交換装置等の昇降駆動トルク、グリッパ開閉駆動トルクは、付着したナトリウムミストの凝固を切り離す裕度がある。

したがって、少ないナトリウムミストが燃料交換装置に付着し仮に凍結したとしても、機器の動作へ影響する恐れはない。

③ 温度差（熱膨張差）による機器の動作範囲

温度差による機器の動作範囲への影響は 2 つある。一つは、R/V ナトリウム中に温度分布が生じ機器の動作へ影響するもの、もう一つはナトリウム中とカバーガス中の温度差により機器の動作へ影響するものである。

1) ナトリウム中の温度分布による機器の動作へ影響

第 4.1-4 図に R/V 液位 SsL で 1 次主冷却系循環ポンプ停止及びガードベッセルヒータが切断した状態から、その後同ヒータ投入を行った時の温度変化を示す。

1 次主冷却系循環ポンプ停止とガードベッセル予熱ヒータの切断後、当初同程度であった上部支持板等の上部と炉内構造物支持構造等の下部の温度は降下しながら、循環がないため温度差（分布）を生じた。しかし、その温度差は 200℃程度のナトリウム温度に対し 4～5℃程度であり極端な軸方向の温度分布は生じていない。また、1 次主冷却循環ポンプを停止したままガードベッセル予熱ヒータを投入すると、その温度差は解消された。

したがって、1 次系配管の 3 系統すべてのナトリウムをドレンした SsL 状態（1 次主冷却循環ポンプを停止した状態に同じ）であっても、ガードベッセル予熱ヒータを運用することで、R/V 内ナトリウムの温度をほぼ均一にすることができる。しゃへい体等の取出し作業時のナトリウム中での動作は、燃料交換装置のグリッパ開閉及びハンドリングヘッドへのグリッ

パ着座位置の感知ロッド伸縮であり、いずれも温度分布による機器の動作に影響はない。

2) ナトリウム中とカバーガス中の温度差による機器の動作へ影響

しゃへい体等の取出し時、R/V で使用する設備は燃料交換装置、昇降駆動装置、ホールドダウンアーム、炉内中継装置、回転プラグである。これらの設備と R/V 液位の関係を図 4.1-1 に示す。燃料交換装置炉内中継装置、ホールドダウンアームは、R/V 内にあり SsL の場合、燃料体の取出し時よりも約 200℃のナトリウム浸漬範囲は少なくなり、約 160℃のカバーガス空間への露出範囲は多くなる。したがって、SsL にすることで 200℃が 160℃に変わるこれらの装置の本体は内部構造とともに、燃料体の取出し時よりも僅かに短くなる。その長さは約 3mm である。

燃料交換装置：

垂直方向に動作するグリッパ爪開閉ロッド（アクチュエータ）、感知ロッドは、動作位置（力点）から梃子の原理で動作し、燃料交換装置上部にあるセンサー部分へ動作ストロークを伝達する（作用点）機構となっている。これらの機構のうち短くなる範囲は支点と作用点の間の動作ストローク伝達ロッド部分であり本体胴も同程度短くなる。

支点からセンサー位置までの距離は短くなるが、力点や支点はナトリウム中にある。このため、ナトリウム中にあるアクチュエータの動作や感知ロッドの伸縮、更に、そのストローク検知には影響しない。

燃料交換装置のグリッパ本体は、下部及び上部の 2 本の水平アームによって支持されている。設計上、2 本のアームは、約 200℃のナトリウム中にあることを想定している。SsL 運用では、動作全体の 4 割を占める旋回動作中、2 本のアームとも約 160℃のカバーガス中にあり燃料交換装置本体旋回中心軸からグリッパ本体中心軸までの距離（両アームの長さ）は

設計よりも水平方向に約 1mm 短くなる。また、残りの動作時間を占める 6 割は、2 本のアームは約 200℃のナトリウム中にあり設計上の長さとなる。自動化運転では、旋回直後に燃料交換装置を下降させるため、燃料交換装置がハンドリングヘッドにアクセスした際、その分、位置のずれが生じると考えられる。しかしながら、過去の炉心アドレス試験時の最大偏心量は 7.4mm であり、これに当該 1mm を加えても、グリッパ位置決めの特容偏心量 20mm に対し十分な裕度を持って包含される。なお、念のため、当該偏差を考慮した回転プラグ、ホールドダウンアーム旋回

角度の修正やグリッパ本体アームができるだけナトリウム中で移動する方法（プログラム変更）も並行検討し費用対効果を含め採否を判断する予定である。

しゃへい体等取出し作業前、パンタグラフは折りたたまれた状態である。作業開始のためパンタグラフを折りたたまれた状態から開いた状態にする時、SsL 時は燃料交換装置本体胴及びパンタグラフ開閉ロッドが NsL 時に比べカバーガス中に曝されるため、その部分が 1mm 程度短くなる。これに対し、パンタグラフ開閉はシンクロ計にて設定している。「開」設定値は NsL 時に必要なストロークのままとなっているため SsL 時のストローク上のパンタグラフ「開」到達時、実際のパンタグラフは上記の短縮分開ききっていない。このためパンタグラフ「開」の状態を適切な位置になるよう設定変更する予定。また、1994 年 4 月に R/V 液位 SsL にてパンタグラフ開閉試験を実施した際、「開」設定値を変更しなかったものの問題なく動作できている。なお、念のため、廃止措置第 1 段階の燃料体の取出し終了後、設定値を変更し SsL でのパンタグラフの開閉位置を確認する計画である。

昇降駆動装置；

昇降駆動装置は回転プラグ上に固定され、ワイヤーによって燃料交換装

置を昇降させ、燃料交換装置の動作ストロークを検知する。

昇降駆動装置そのものは気中にあり大きさは変化しないものの、燃料交換装置の胴体部分のナトリウム浸漬範囲が設計よりも約 3mm 短くなるため、グリッパ等を含む燃料交換装置全体の位置がその分高くなる。ここで昇降駆動装置のグリッパ炉心頂部停止位置の設定は、燃料交換装置を据え付ける都度、グリッパが炉心頂部に着床した状態で基準値 0mm として設定している。仮に 3mm 短くなったとしても、その場合を基準値 0mm と設定するため、確実にハンドリングヘッド内側の凹部にグリッパ本体爪は到達でき、また、しゃへい体等のつかみ・はなしが可能である。

ホールドダウンアーム：

ホールドダウンアームは回転プラグ上に固定され、回転プラグ上の駆動装置によって昇降・旋回させる。

ホールドダウンアームの胴体部分についてもナトリウム浸漬範囲が変わり設計よりも約 3mm 短くなるため、ホールドダウンアームを下降させた状態でしゃへい体等の押さえの部分は、ハンドリングヘッド頂部から同程度高い位置となる。よって周囲のしゃへい体等の浮き上がり防止はできるものの、約 3mm 飛び出したしゃへい体等をつかむために燃料交換装置グリッパを下降させた際、しゃへい体等のつかみ動作に影響する可能性がある。これに対し、燃料交換装置は炉心頂部より 15mm 上方で一旦停止し、その後は着床時の負荷荷重を指標としてつかみ位置まで下降するため、約 3mm 飛び出したしゃへい体等は押し込まれ、従来の位置にもどり、しゃへい体をつかむことができる。

また、ホールドダウンアームは旋回前に 50mm 上昇するため、浮き上がったしゃへい体等と干渉することはない。取り出したしゃへい体等を IVTM に移動する際も、しゃへい体等はホールドダウンアームよりも高い位置（しゃへい体等頂部より 130mm 上方）で旋回することから干渉しな

い。

炉内中継装置：

炉内中継装置は回転プラグ上に固定され、回転プラグ上の駆動装置によってナトリウム中にある回転ラックを旋回させる。

炉内中継装置の胴体部分と内部構造である駆動軸は設計より約 3mm 短くなる。駆動軸は下部ユニバーサルジョイント部で熱膨張差の影響を吸収でき、炉内貯蔵ラック上部に回転ラックが位置するように設計されているため、熱収縮による回転ラック位置への影響は無い。

また、SsL 運用でも回転ラックはナトリウム中にあり設計想定と同じであるため、熱収縮による回転ラックの旋回動作に影響は無い。

回転プラグ：

カバーガスと接触するのみであり、機器動作は SsL 運用の影響を受けない。

④ ナトリウム浸漬範囲の減少による機器の浮力減少

SsL では R/V 内機器の設計上のナトリウム浸漬範囲が短くなりカバーガスに露出する範囲が長くなる。この影響は機器のナトリウム中の浮力の減少につながる。浮力の変化の影響を受ける機器は、昇降駆動装置での燃料交換装置吊り荷重、ホールドダウンアーム持ち上げ荷重及び回転プラグジャッキアップ荷重である。

燃料交換装置吊り荷重：

燃料交換装置は昇降駆動装置により吊られ、吊り荷重によって炉心構成要素の吊り・不吊りを判定している。しゃへい体等はナトリウム中にあ

り浮力の影響は変わらない。一方、燃料交換装置はナトリウム浸漬範囲が変わるため、浮力は減少する。吊り不吊りはカウンターウェイトを考慮し燃料交換装置の重量約 3150kg の半分約 1575kg にしゃへい体等の自重を加え、軸封装置からの摩擦や浮力を考慮し 1450kg を設定値としてそれ以上であればしゃへい体等を吊っているものと判定としている（第 4.1-5 図参照）。

SsL 運用では燃料交換装置の浮力が減少し、重量は見た目 60kg（計算値）増加する。よって吊り・不吊り判定値は 1450kg に浮力の減少分 60kg 加える設定変更を行うことでしゃへい体等の吊り判定は可能である。なお、1994 年 4 月に R/V 液位 SsL にて燃料交換装置本体昇降駆動試験を実施し、浮力減の状態であっても正常に吊り判定できた。念のため、SsL の状態での浮力減による重量増加を実測定し、その重量を考慮した吊り・不吊り判定値とする予定である。

ホールドダウン持ち上げ荷重：

ホールドダウンアームの浮力減少は、ホールドダウンアームの持ち上げ荷重を NsL 時よりも増加させる。

ここで、NsL 時のホールドダウンアーム持ち上げ荷重は約 12.5Nm に対し、持ち上げ用電動機の定格トルクは 20.7Nm であり、十分な裕度を持ってホールドダウンアームを持ち上げ可能である。

ホールドダウンアームの持ち上げ荷重増加量は 3.5%程度であるため、SsL であってもホールドダウンアームを持ち上げ可能である。

回転プラグジャッキアップ荷重：

炉心上部機構とホールドダウンアームは、回転プラグに固定されている。これらの機器のナトリウム浸漬範囲が少なくなると浮力が減少し、これらの機器が設置されている回転プラグのジャッキアップ荷重を NsL 時より

も増加させる。

回転プラグは 750t の荷重を持ち上げできる設計である。これに対し、NsL 時では約 506t の荷重がかかっている。SsL の場合は回転プラグの持ち上げ荷重は 0.7%増加し、約 510t となるが、十分な裕度を持っていることから回転プラグをジャッキアップ可能である。

(3) 運転手順の検討

設計図書を基に確認した結果、原子炉容器 SsL 運用の実現見通しはあるものの、今後、運転手順の検討とその検討を踏まえた懸念事項の洗い出し及びその対応を検討する。

(4) シャへい体等の取り出しができない事態への対応

設計図書を基に確認した結果、SsL でのシャへい体等取出し作業に付随する課題の解決見通しが得られたが、仮に、シャへい体等の取り出しができない事態の発生も想定し、その対応を整理した。

ナトリウム中の遠隔動作機器である燃料交換装置に関しては、設計当初より故障を想定した対応方策がある。復旧に時間がかかる燃料交換装置の動作不能事象として、①パンタグラフアームの収納不能事象、②燃料体の切り離し不能事象、③燃料交換装置本体の昇降不能事象、④ホールダウンアームの動作不能事象を想定し、燃料交換装置はこれら故障時への対応が可能な設計となっている。①～④の対応フローを第 4.1-6 図～第 4.1-9 図に示す。これら 4 事象への対応は、第 1 段階での燃料体の取出し作業と第 2 段階でのシャへい体等の取出し作業で共通しており、また、SsL 運用においても継続運用する。

また、現時点で第 2 段階でのシャへい体等の取出し作業固有の故障は想定できないものの、設計で想定した故障範囲を超えてシャへい体等の取出しが不能となる事態が発生した場合は、廃止措置計画を変更したうえで、炉内の

状況を確認し、必要となる回収装置を設計・製作してから燃料体を回収する。
または、しゃへい体等の取り出しを中止し、R/V の解体時に合わせて取り出すこととする。

4.2 EVST の早期ナトリウムドレン

現時点で EVST は 1 次系から独立した系統となっている。また、しゃへい体等の発熱量は最大でも 1W/集合体未満であり、燃料体のような冷却の必要性は無い。このため、仮に EVST を介さず R/V から取出したしゃへい体等を直接燃料洗浄設備に移送できれば、先行して EVST のナトリウムをドレンできる可能性がある（第 4.2-1 図参照）。

このため、当初設計の運用と異なるものの取扱対象が燃料体ではないことに鑑みて、同作業に付随する課題解決の見通しを検討した。その結果、以下のとおり 同作業に伴う課題が顕在化した場合の機器不具合・工程遅延のリスクが大きいことから、第 2 段階でのしゃへい体等の取出し作業は、通常の燃料体の取出し作業同様に EVST を介して行う。

(1) 課題認識

EVST の燃料ラックに燃料出入機本体 A グリッパがアクセスした場合、燃料ポットアダプタをつかむ上爪位置以下がナトリウムに浸漬する。一方、SsL 運用下での炉内中継装置の回転ラックに燃料出入機本体 A グリッパがアクセスした場合、グリッパ本体のほかグリッパ駆動テープもナトリウムに浸漬する（第 4.2-2 図参照）。

燃料体の取出し作業時に、燃料洗浄槽の湿分低減を施したものの、仮に燃料出入機本体 A グリッパ駆動テープ上のナトリウムが化合物を形成した場合、あるいはテープに付着したナトリウムが駆動装置下部のスクレーパに付着・蓄積・化合物形成した場合、テープのたわみやスクレーパ部の詰まりが発生し、①燃料出入機本体 A グリッパの昇降・開閉動作に影響を及ぼす可能性がある。

(2) 課題解決の見通し

① 燃料出入機本体 A グリッパの昇降・開閉動作への影響

燃料取扱機器洗浄槽では、燃料出入機本体 A グリッパを洗浄槽内に降下させて湿潤窒素ガス及び減圧温水洗浄を行う。また、洗浄槽内の湿分を本体 A 内に持ち込ませないよう、洗浄槽床ドアバルブ部では窒素ガスを槽内に向かってブローしている。このため、燃料取扱機器洗浄槽で、グリッパ本体上側のテープに付着したナトリウムを洗浄することは物理的にできない。

燃料体の取出し作業ではテープもナトリウムに浸漬するが、作業後の燃料出入機本体 A グリッパの洗浄はグリッパ本体構造内のナトリウムの洗浄に主眼があり、テープ付着やスクレーパ付着・蓄積したナトリウムは分解点検時に手作業で清掃することを前提としている。

燃料体の取出し作業後の燃料出入機本体 A の分解点検時(グリッパ洗浄後)のテープ、スクレーパの状態を第 4.2-3 図に示す。しゃへい体等の取出し作業中にこの様なナトリウムが化合物を形成しても、その除去には分解点検を行うことが不可避であり課題解決の見通しはない。

燃料出入機本体 A の分解点検には約 1.5 か月を要し、課題が顕在化した場合の機器不具合・工程遅延のリスクが大きい。

5.新たな課題

しゃへい体等の取出し作業では模擬燃料体も取出す。模擬燃料体は、今般の燃料体取出し作業の計画段階より追加製造したものであり、炉心燃料用とブランケット燃料用がある。第 5-1 図に燃料体と模擬燃料体の断面の比較を示す。燃料体はワイヤスペーサをらせん状に巻きつけることでピン間の距離を保つとともに 2 つのワイヤ間の広い間隙をナトリウムが流れる構造になっている。他方、追加製造した模擬燃料体はワイヤスペーサがなくピンを束ね、ナトリウムが流れる狭い流路がピン上端から下端まで一直線状になっている。

この様なピンバンドル構造でのナトリウム滴下挙動は、毛細管現象のように表面張力の影響が強い場合、重力だけでナトリウムが抜けきらない可能性がある。

したがって、単体要素試験と集合体試験を組み合わせ、追加製造した模擬燃料体内の残留ナトリウム量を定量的に把握するとともに、並行して残留ナトリウムが多い場合を想定した残留ナトリウム低減対策（燃料出入機本体 A 直接冷却系によるブローダウン、燃料出入機しゃへい体持ち上げ時の保持時間の変更、洗浄時間延長等）を検討し、廃止措置計画変更認可申請までに当該課題の解決見通しを示す（2022年3月頃の監視チーム会合で説明予定）。

6. まとめ

1次系等ナトリウムのドレンまでの計画は上記を踏まえ●●の通りとする。
検討中（2022年3月頃の監視チーム会合で説明予定）

以上

系統	プラント状態				
	廃止措置前 (原子炉運転)	第1段階 燃料体取出し	第2段階以降 しゃへい体等 取出し作業	第2段階以降 (1次Na搬出前)	第2段階以降 (1次Na搬出時)
①原子炉容器	○ (NsL: 約 500m ³)	○ (NsL: 約 500m ³)	△ (SsL: 約 370m ³)	△ (約240m ³)	×
②1次主ループ	○ (約280m ³)	○ (約280m ³)	×	×	×
③1次メ冷	×	×	×	×	×
④1次系タンク 等 (OF/T,D/T)	×*1	×*1	○ (約470m ³)	○ (約600m ³)	×
搬出設備	-	-	-	×	○
⑤EVST貯槽	○ (約150m ³)	○ (約150m ³)	○ (約150m ³)	△ (約100m ³)	×
⑥EVST1次タンク (Dr/T,OF/T)	×*2	×*2	×*2	○ (約60m ³)	×

凡例
 ○：充填
 △：一部未充填
 ×：未充填（残留Naあり）

*1 1次系純化運転中 約60m³
 *2 EVST純化系運転中 約10m³

EVST系(2次)

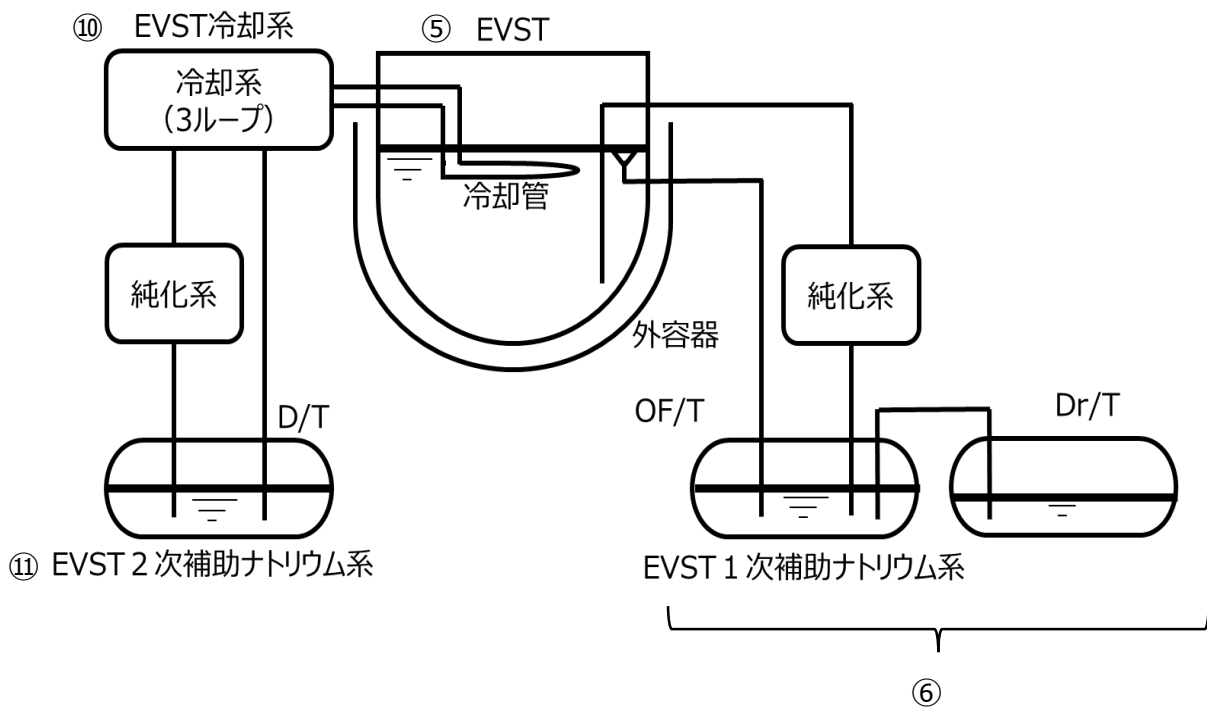
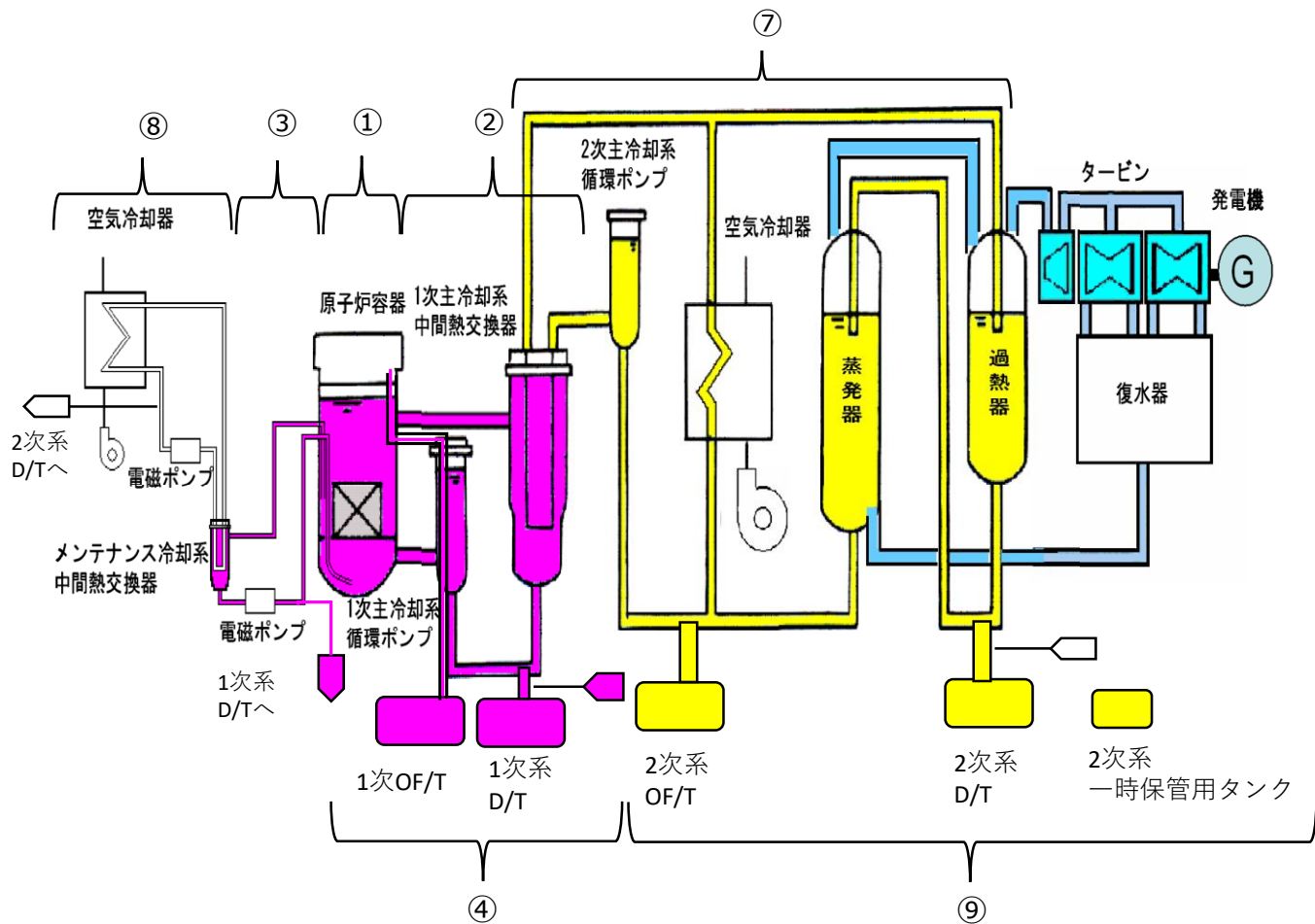
第1-1図 ナトリウムを保有するリスクの管理・低減（1次系）

系統	プラント状態				
	廃止措置前 (原子炉運転)	第1段階 一時保管タンク 設置後	第2段階以降 しゃへい体等 取出し	第2段階以降 (2次Na搬出前)	第2段階以降 (2次Na搬出後)
⑦2次主ループ	○	×	×	×	×
⑧2次メ冷	×	×	×	×	×
⑨2次系タンク (OF/T,D/T) (一時保管タンク)	×*3	○ (約800m ³)	○ (約800m ³)	○ (約800m ³)	×
	-	○ (約40m ³)	○ (約40m ³)	○ (約40m ³)	×
搬出設備	-	-	-	×	○
⑩EVST冷却系 (EVST2次系)	○	○	×	×	×
⑪EVST2次タンク (D/T)	×	×	○	○	×

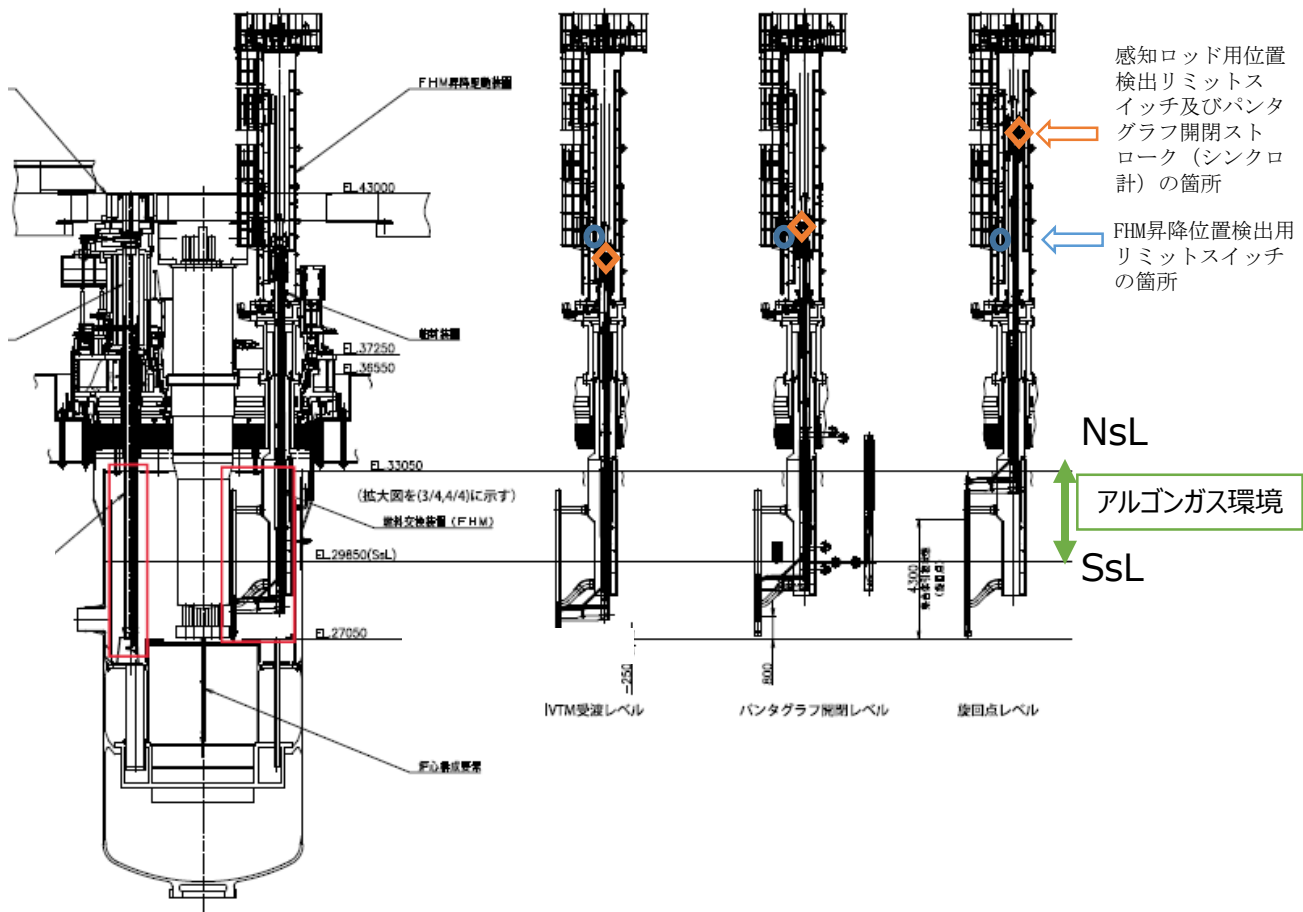
凡例
 ○：充填
 △：一部未充填
 ×：未充填（残留Naあり）

*3 2次系純化運転中 約150m³

第1-2図 ナトリウムを保有するリスクの管理・低減（2次系）



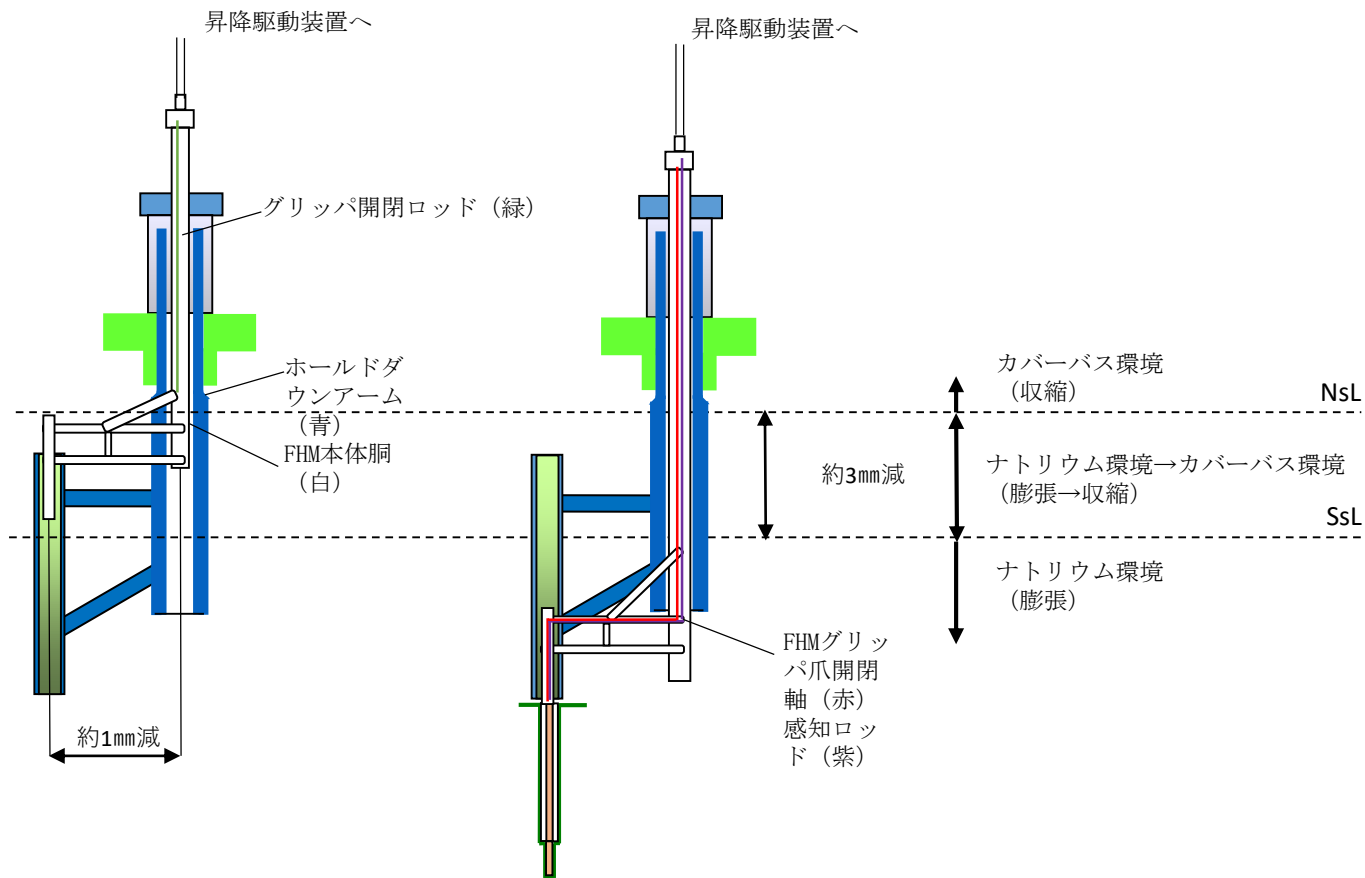
第1-3図 廃止措置の各段階におけるナトリウムの所在
(丸数字は第1-1表、第1-2表の丸数字に対応)



第4.1-1図 原子炉容器液位と各設備の位置 (1/2)

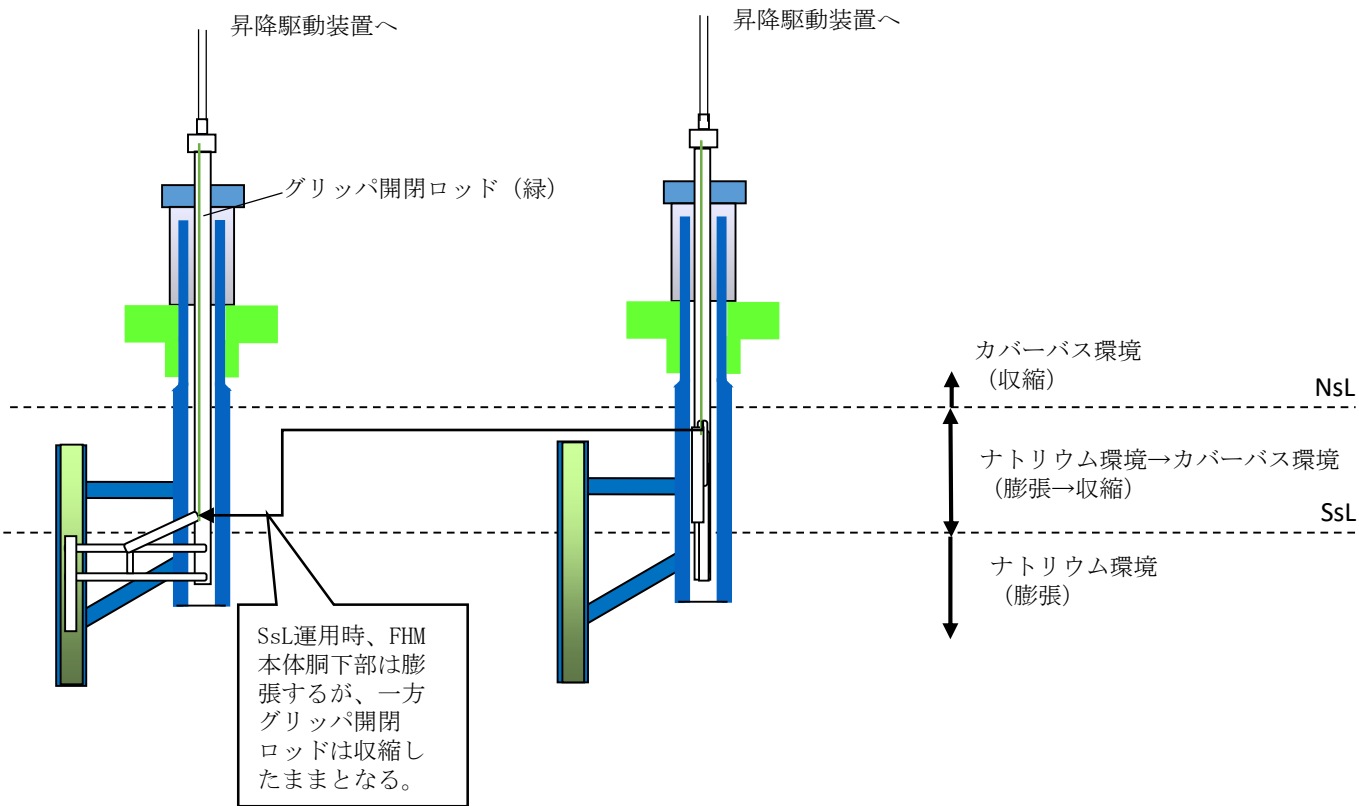
【旋回時】

【FHM下降時】

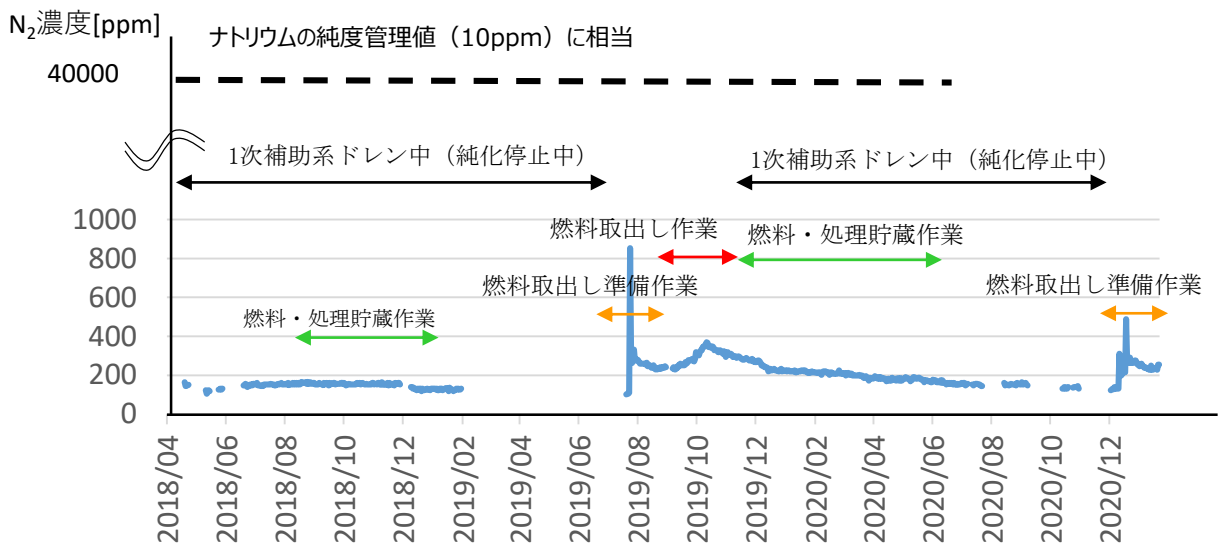


【パンタグラフ開時】

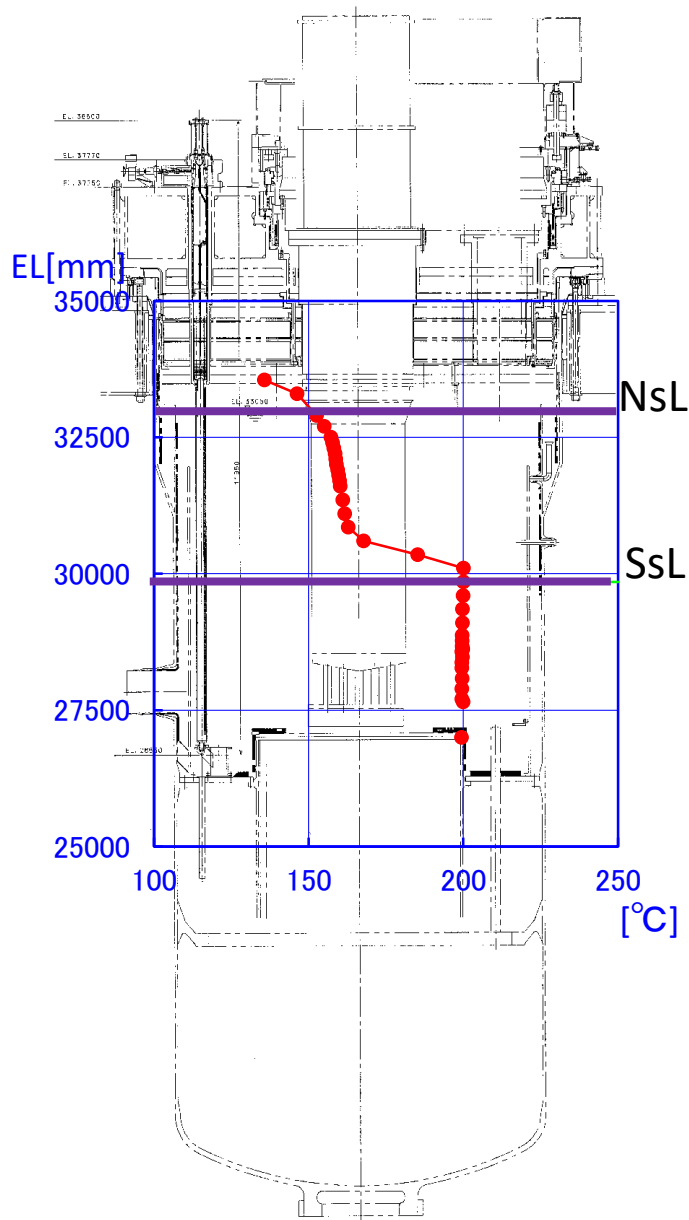
【パンタグラフ収納時】



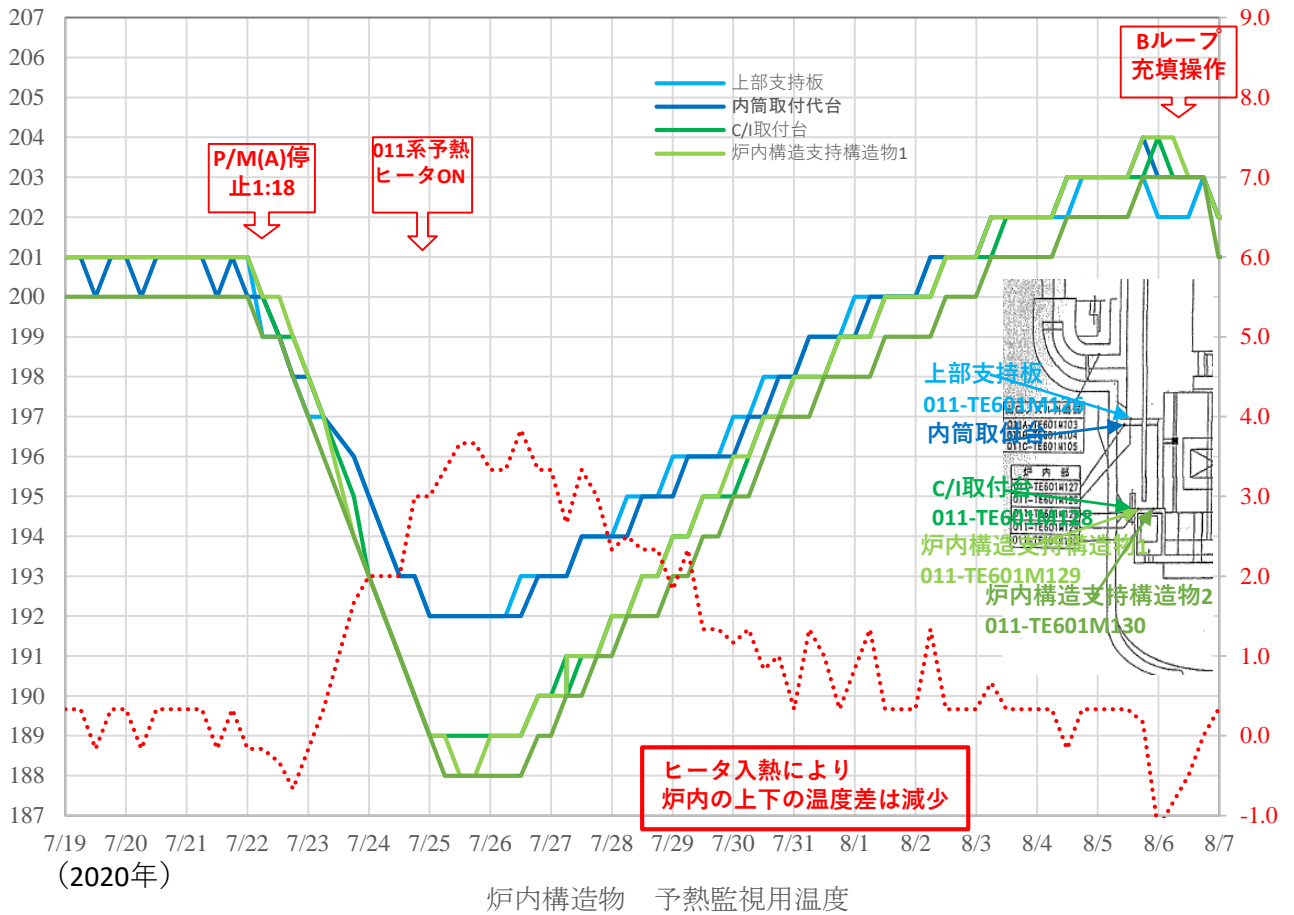
第4.1-1図 原子炉容器液位と各設備の位置 (2/2)



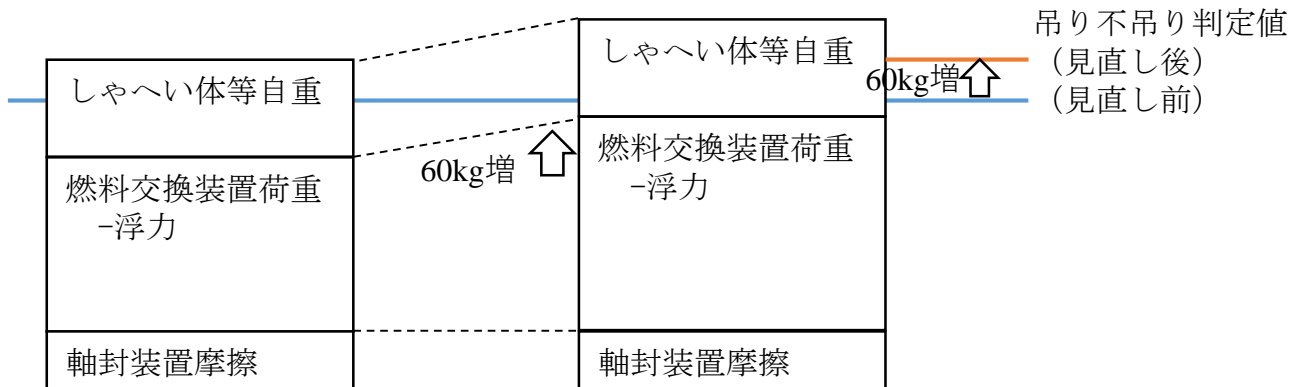
第4.1-2図 廃止措置第1段階のカバーガス純度の推移



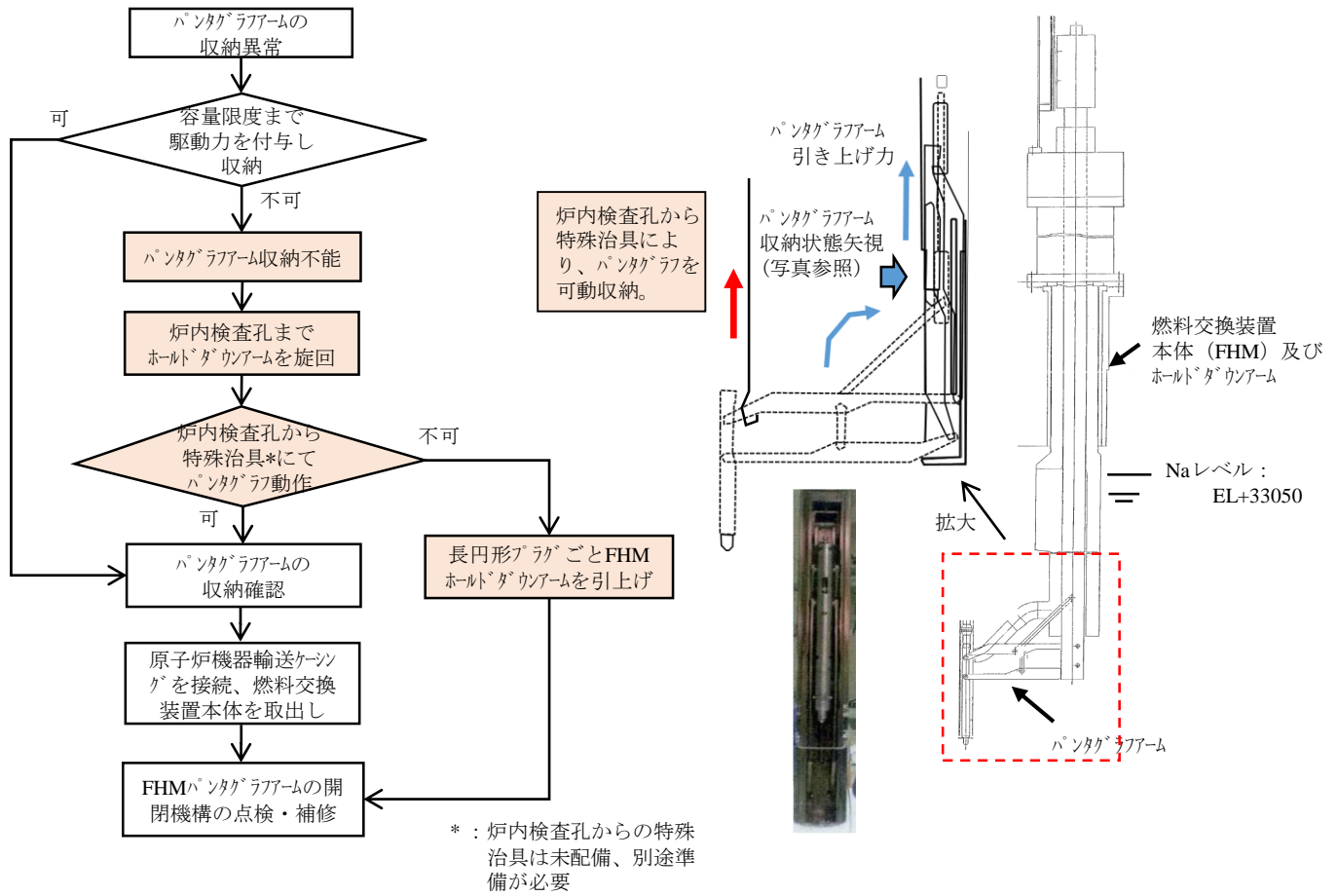
第4.1-3図 原子炉容器液位SsLでの原子炉容器内温度分布



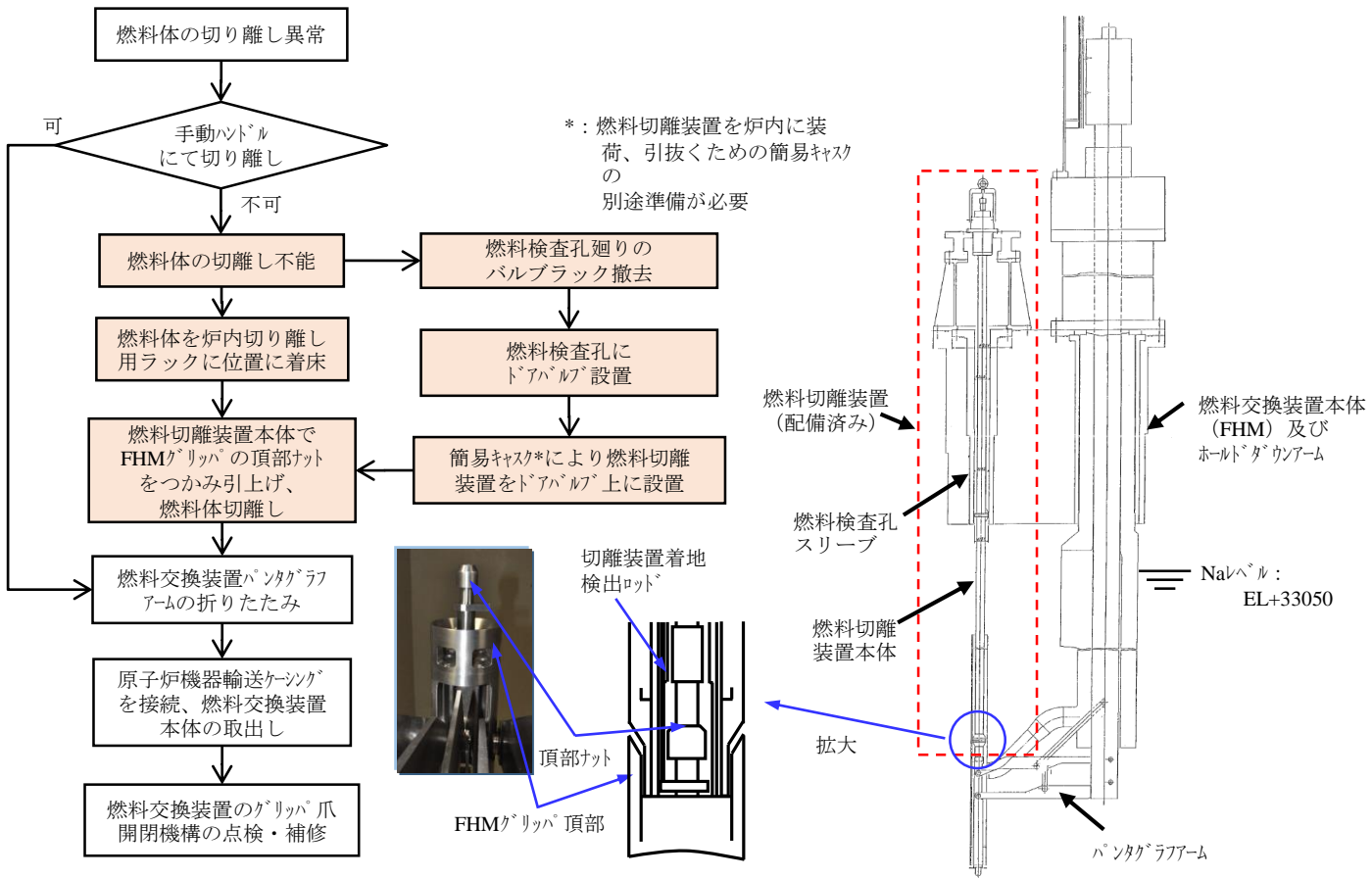
第4.1-4図 原子炉容器液位SsLで1次主冷却系循環ポンプが停止した際の原子炉容器内温度分布



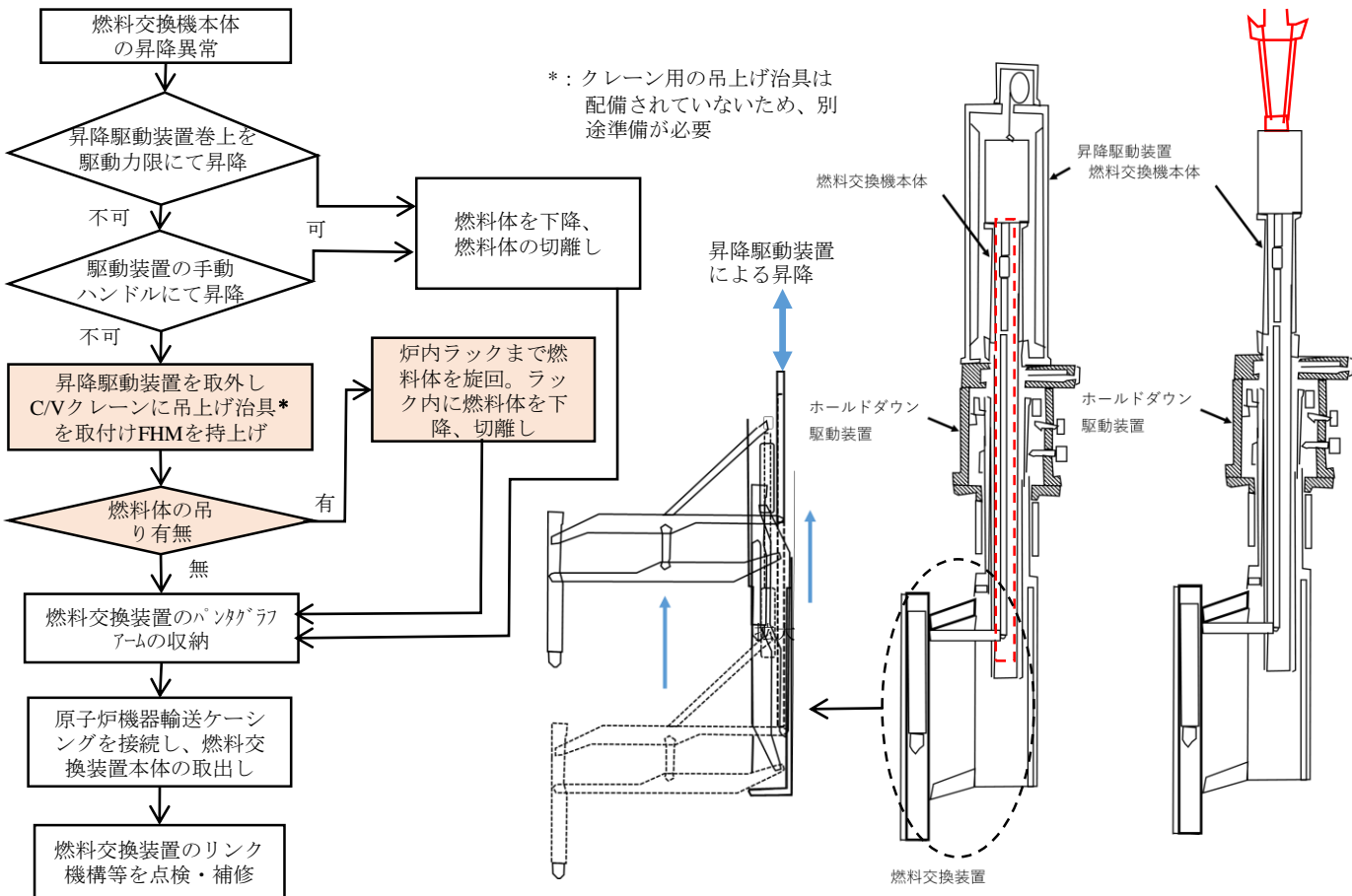
第4.1-5図 吊り不吊り判定値の考え方



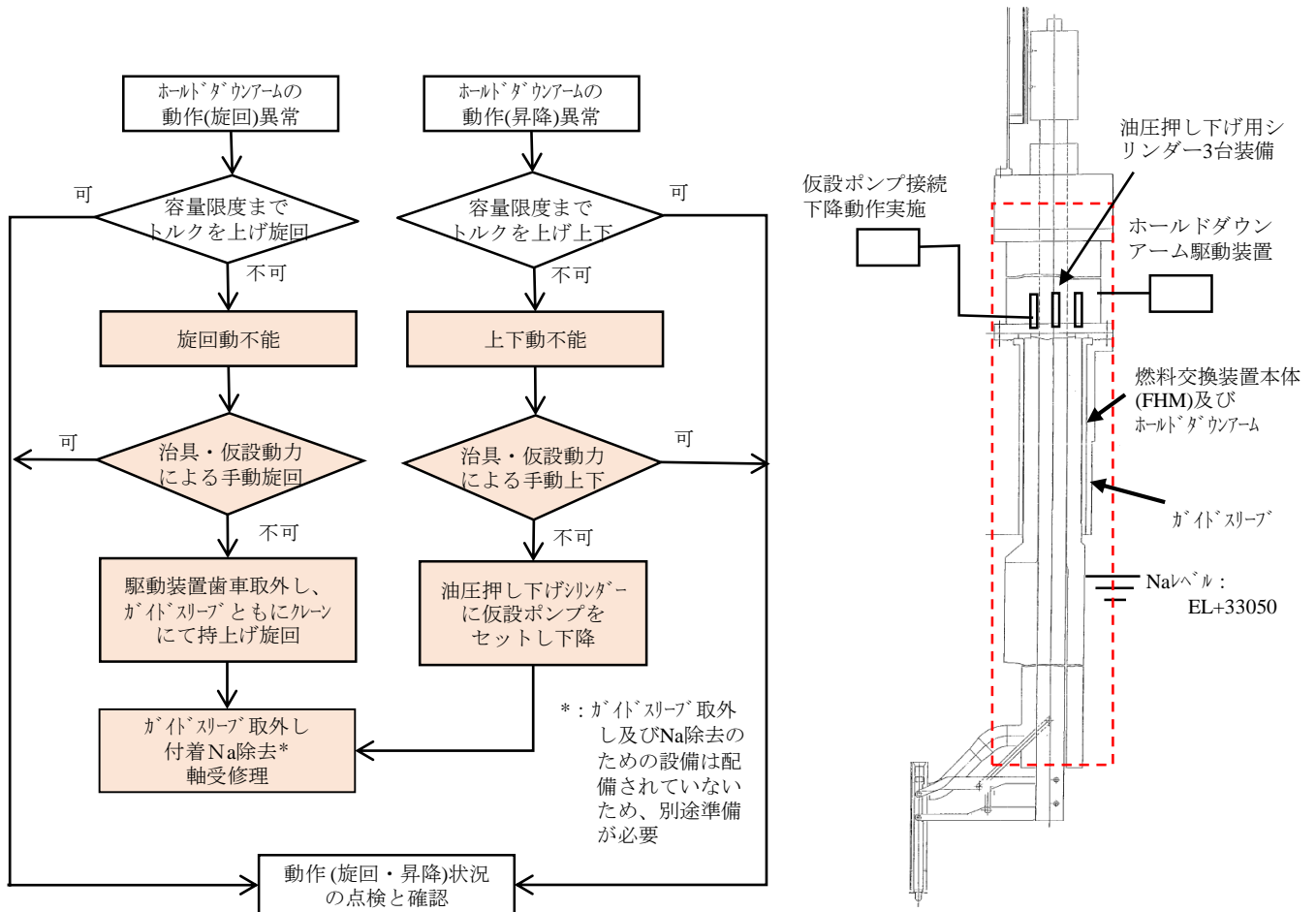
第4.1-6図 パンタグラフアームの収納不能事象対応



第4.1-7図 燃料体の収納不能事象対応

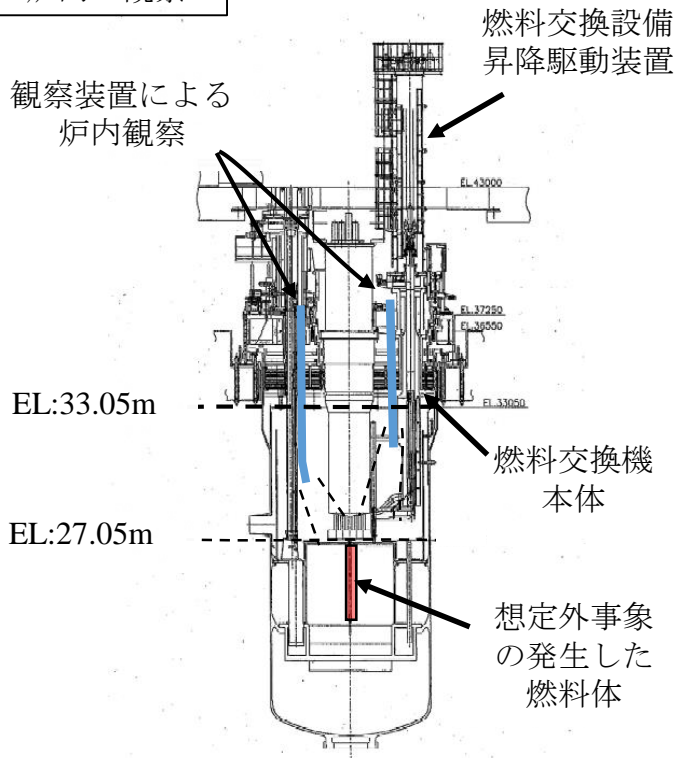


第4.1-8図 燃料交換装置本体の昇降不能事象対応

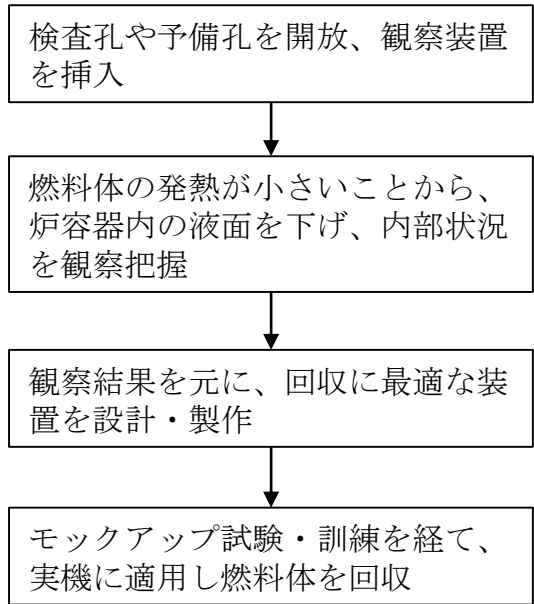


第4.1-9図 ホールドダウンアームの動作不能事象対応

炉内の観察

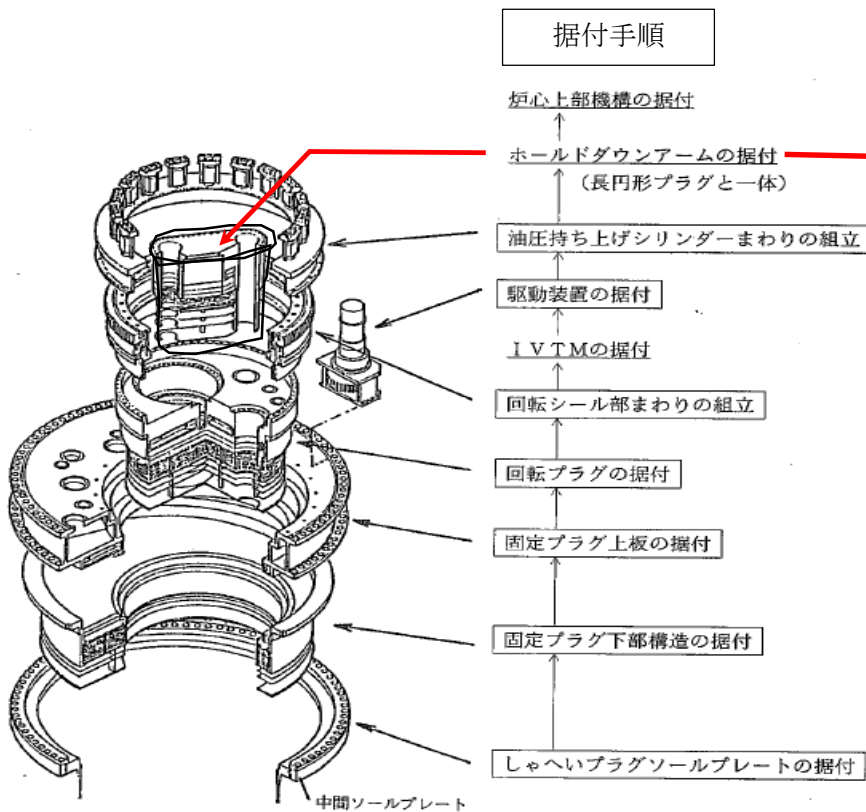


回収までの流れ



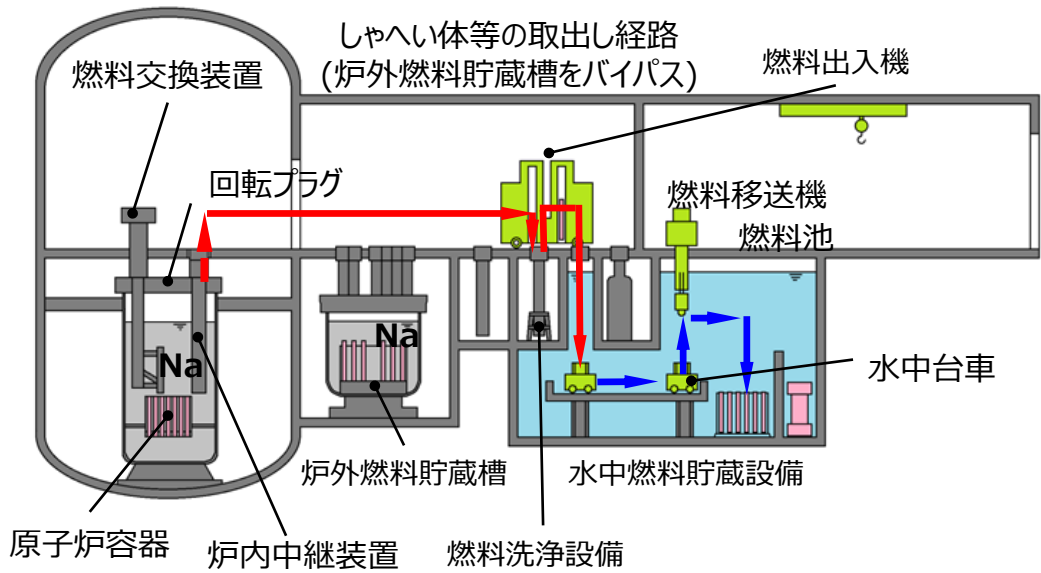
第4.1-10図 燃料体取出しができない場合の対応

据付手順

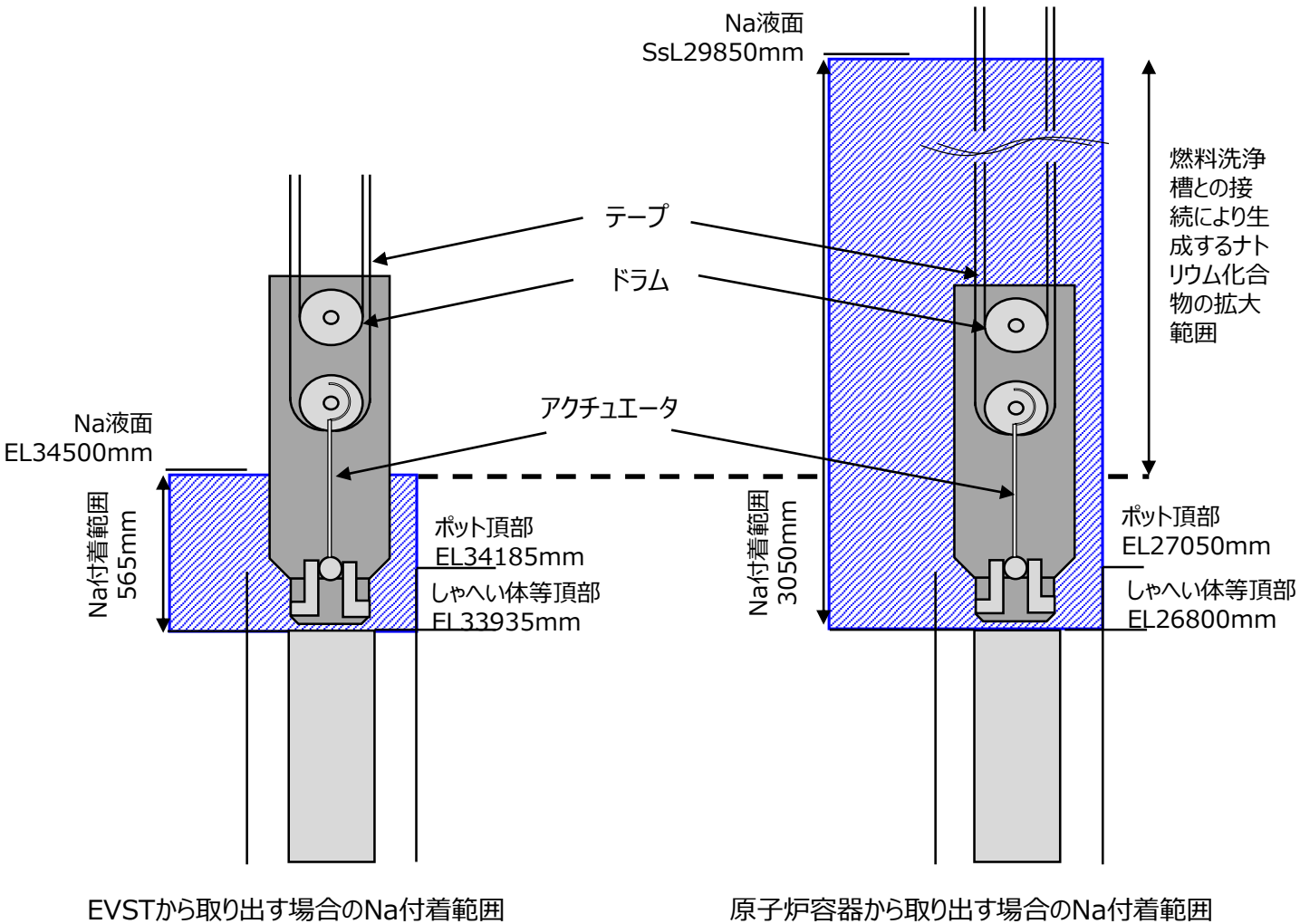


第4.1-11図 燃料体回収のためのアクセスルート確保

注：建設当時、上図の手順で遮へいプラグの据付を実施。据付時と逆に、長円形プラグとホールドダウンアームを、一体で引抜くことで、炉内へのアクセス経路確保が可能。



第4.2-1図 EVSTバイパス運用時のしゃへい体等の移動経路

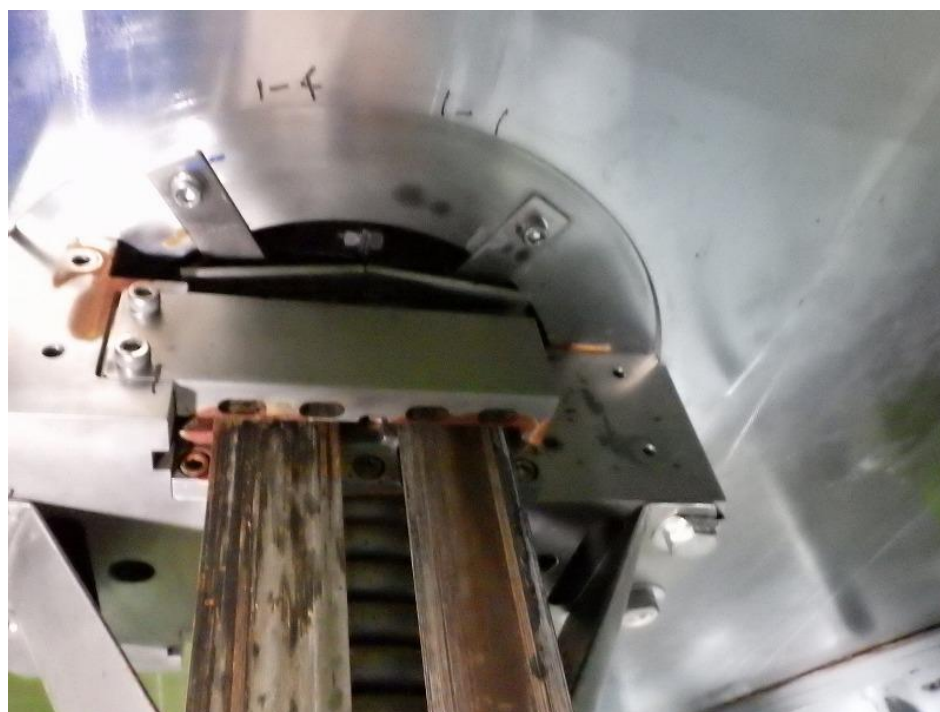


第4.2-2図 燃料出入機Aグリッパのナトリウム附着範囲

テープ部

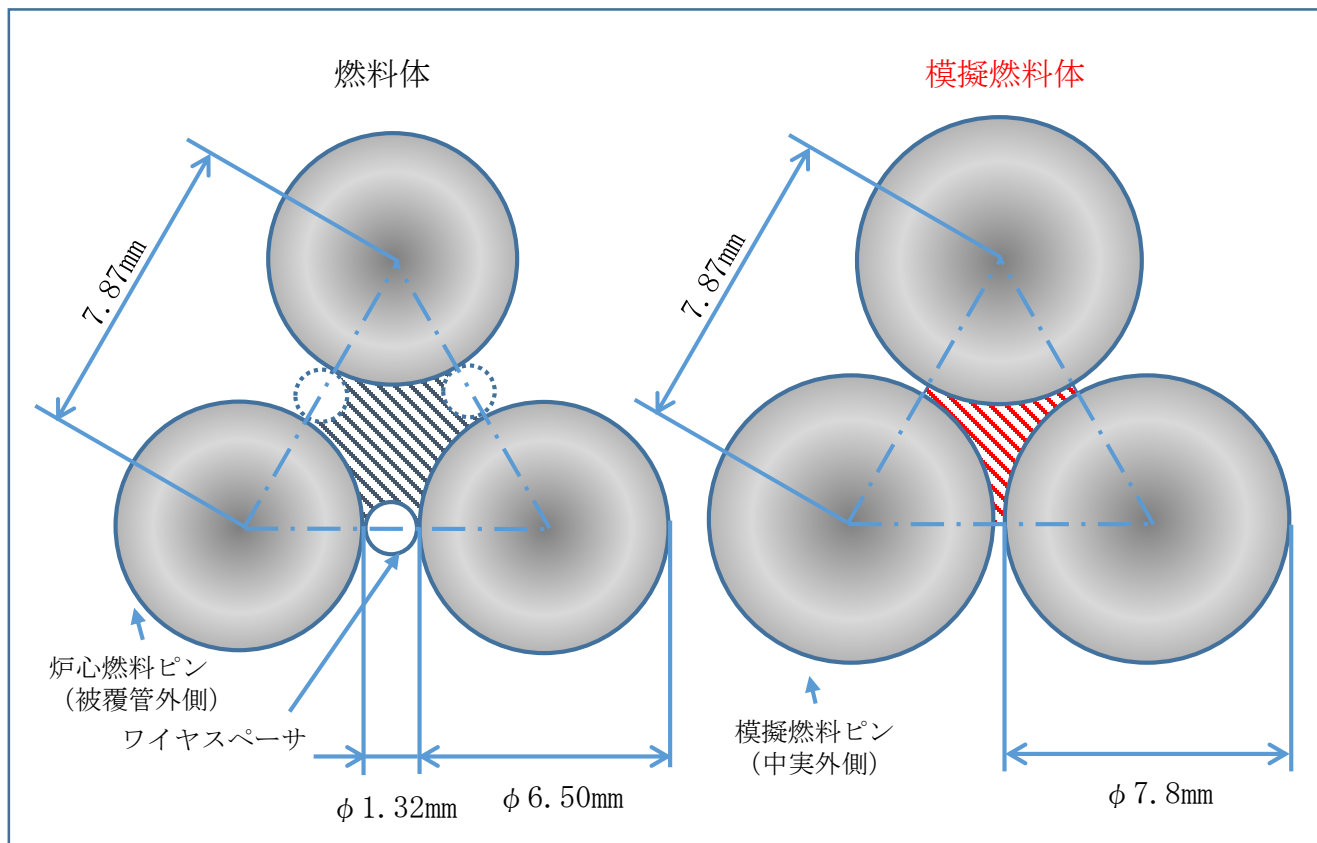
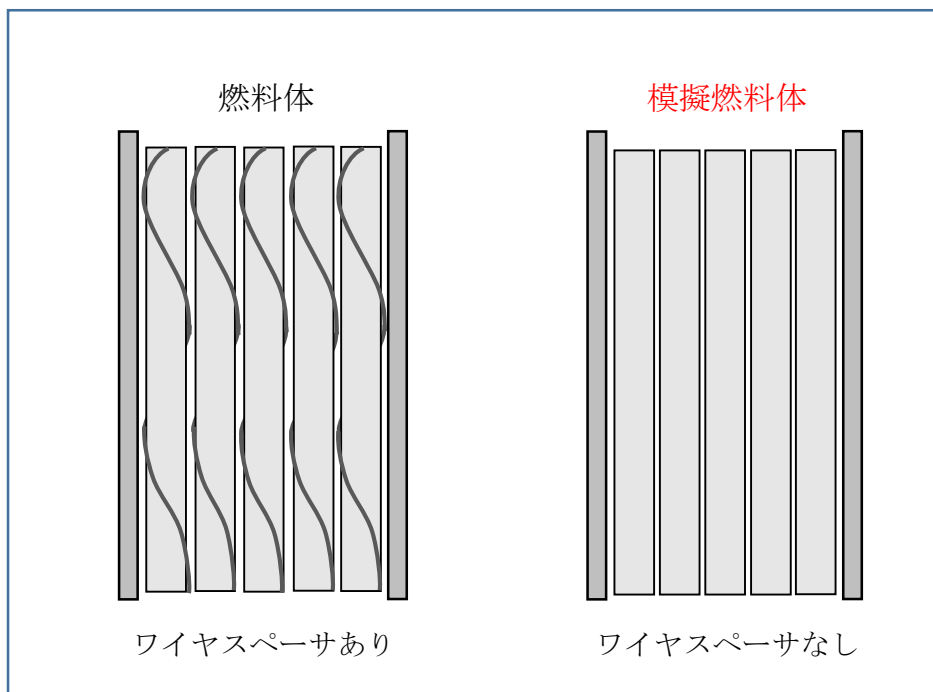


スクレーパ部



第4.2-3図 燃料出入機A点検時の写真（テープ部、スクレーパ部）

＜ワイヤスペーサの有無によるNa流路部分のイメージ＞



第5-1図 燃料体及び模擬燃料体の断面の比較

技術資料

①ナトリウム搬出準備

b.ナトリウム搬出に向けた設備の復旧・改造計画の策定 (1次系等ナトリウム)

概要

- 方針「ナトリウムを保有するリスクを適切に管理し、早期に低減」のもと、搬出設備を整備し既設タンク等に固化・貯蔵されている1次系等ナトリウムをサイト外へ搬出する。
- このうち、今回の廃止措置変更申請における目標は、搬出概念案を抽出し課題の整理及び課題解決の見通しを得て、工程リスクやコスト等を総合的に評価して搬出概念案を絞り込み、設備設計の考え方を確定する。その後、1次系等ナトリウム搬出に向けた設備の復旧・改造計画を策定し第2段階以降に申請し認可を受ける。
- 搬出概念案は以下の3つの観点から複数の概念案を抽出した。
 - A) 放射性物質の漏えい防止
 - B) 放射性廃棄物発生量の低減
 - C) ナトリウム漏えいリスクの低減
- 抽出した概念案は以下のとおり。その課題の整理及び課題解決の見通しを得る。
 - 案1：並行して搬出することで搬出期間が短くすることができるため1次系ナトリウム（原子炉容器と1次系既設タンクのナトリウム）、炉外燃料貯蔵槽ナトリウム（炉外燃料貯蔵槽ナトリウムと炉外燃料貯蔵槽ナトリウム既設タンクのナトリウム）にそれぞれ搬出設備を設置する案
 - 案2：1次系ナトリウム、炉外燃料貯蔵槽ナトリウムをまとめて搬出し設備を合理化する案

令和3年 3月 25日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

目次

1. はじめに	1
2. 1次系等ナトリウムの管理方法および1次系等ナトリウム搬出 時点の状態について	1
3. 1次系等ナトリウムの搬出概念案の抽出	3
3.1 搬出概念案 1（1次系ナトリウム、炉外燃料貯蔵槽ナトリウ ムをそれぞれの場所で搬出する案）	4
3.2 搬出概念案 2（1次系ナトリウムと炉外燃料貯蔵槽ナトリウ ムをまとめて搬出する案）	6
4. 今後の予定	6

図

図 3.1.1	搬出概念案 1 イメージ	7
図 3.2.1	搬出概念案 2 イメージ	8
表 1	系統に保有している 1 次系等ナトリウムの保有量と 既設タンク容量の関係	1

1. はじめに

第2段階以降の廃止措置を安全に進めるための3方針の一つである「ナトリウムを保有するリスクを適切に管理し、早期に低減」のもと、系統・容器内のナトリウムを出来る限り既設タンク等にドレン・固化して系統からのナトリウム漏えいリスクを低減・管理し、搬出設備の整備後、既設タンク等のナトリウムをサイト外へ搬出する。

今回の廃止措置変更申請における目標は、搬出概念案を抽出し課題の整理及び課題解決の見通しを得て、工程リスクやコスト等を総合的に評価して搬出概念案を絞り込み、設備設計の考え方を確定する。その後、1次系ナトリウム、炉外燃料貯蔵槽ナトリウム（以下、「1次系等ナトリウム」という。）の搬出に向けた設備の復旧・改造計画を策定し第2段階以降に申請し認可を受ける。

2. 1次系等ナトリウムの管理方法および1次系等ナトリウム搬出時点の状態について

もんじゅの1次系等ナトリウムの保有量は既設のタンク容量を上回っており、余剰分が発生する。現在のナトリウムの保有状況は以下の表の通り。

表1 系統に保有している1次系等ナトリウムの保有量と既設タンク容量の関係

設備区分	保有量 ^{注1)}	既設タンク容量 ^{注2)}	余剰分
1次系設備	約 840m ³	約 600m ³	約 240m ³
EVST 設備	約 160m ³	約 60m ³	約 100m ³

注1) 200℃容積

注2) 原子炉容器及び炉外燃料貯蔵槽の容量は含まない

既設タンクに貯蔵できない余剰分ナトリウムを原子炉容器、炉外燃料貯蔵槽にそのまま保管し、ナトリウム漏えいが発生しうる箇所を局所化する。具体的には以下の通りである。

1次主冷却系及び原子炉容器は現在液体状態のナトリウムを保有しているため、早期にナトリウムドレンする方策を検討する。原子炉容器、1次主冷却系はライナ施工された窒素雰囲気室内に設置されており、ドレンまでの間については液体でナトリウムを適切に管理する。

原子炉容器、炉外燃料貯蔵槽の残量のナトリウムは各々約 240 m³、約 100 m³であり、このナトリウムの一時保管用タンクに保管することを考える。一時保管用タンクを2次系ナトリウム一時保管用タンク（約 20 m³）と同様のタンクとした場合、17基のタンクを原子炉建物もしくは原子炉補助建物管理区域に追加設置することとなる。この場合、以下の課題が追加で発生する。

- スペースの確保が物理的に困難であること
- 一時保管用タンクを適時搬出するとしても炉上部を通過し燃料出入機通路を経由するため様々な作業リスクを伴うこと
- 1次系ナトリウムに接触する一時保管タンクそのものが放射性廃棄物となること
- 既に既許認可で安全にナトリウムを取扱う設計である原子炉容器や炉外燃料貯蔵槽で安全にナトリウムを局所的に保管できるにも係わらずリスクを分散化すること

このため、1次系設備、炉外燃料貯蔵槽設備のナトリウムはまず既設タンクへドレンし固化する。固化しているナトリウムは搬出する時期に熔融し、ISOタンクへ移送後、サイト外へ搬出する。余剰分ナトリウムは搬出まで液体状態として原子炉容器、炉外燃料貯蔵槽にて適切に管理する。

その結果、1次系等ナトリウム搬出時点の状態は以下のとおりとなる。

- ①原子炉容器 1 次系ナトリウムレベル：SsL（1 次系配管の 3 系統すべてのナトリウムをドレンした SsL 状態 System Sodium Level）でナトリウム熔融状態
- ② 1 次系ナトリウム既設タンク：ナトリウム固化状態
- ③炉外燃料貯蔵槽ナトリウム：ナトリウム熔融状態
- ④炉外燃料貯蔵槽ナトリウム既設タンク：ナトリウム熔融状態（検討中）

①及び②が 1 次系ナトリウムであり、③及び④が炉外燃料貯蔵槽ナトリウムである。

この他に、2 次系ナトリウム搬出の検討結果により、炉外燃料貯蔵槽 2 次補助ナトリウムを炉外燃料貯蔵槽ナトリウムに混合することもある。

1 次系等ナトリウムの量は、ナトリウムの原子炉容器に約 370 m³、1 次系ナトリウム既設タンクに約 470 m³、炉外燃料貯蔵槽に約 150 m³、炉外燃料貯蔵槽ナトリウム既設タンクに約 10 m³を上記の状態で作成している。

3. 1 次系等ナトリウムの搬出概念案の抽出

1 次系等ナトリウムは放射化したナトリウムを含んでおり、安全かつ合理的に搬出するためには、設備改造範囲を小さくするとともに搬出期間を短くさせることが重要である。その搬出概念案検討にあたっては以下の観点をもとに検討する。

- A) 放射性物質の漏えい防止
- B) 放射性廃棄物発生量の低減
- C) ナトリウム漏えいリスクの低減

これらの観点から、1 次系ナトリウム、炉外燃料貯蔵槽ナトリウムの搬出設備概念案を検討するにあたり、まずは並行して搬出することで搬出時期が短くできることに主眼を置き、1 次系ナトリウム（原子炉容器と 1 次系既設タンクのナトリウム）、炉外燃料貯蔵槽ナトリウム（炉外燃料貯蔵槽ナトリウムと炉外燃料貯蔵槽ナトリウム既設タンクのナトリウム）を搬出する案として案 1 を抽出した。なお、案 1 は 1 次系ナトリウム、炉外燃料貯蔵槽ナトリウム用に別々の搬出

設備を設けるため、設備改造範囲が大きくなり、漏えいリスクも大きくなる。よって、上記 A)～C)の観点に基づき、更なる改善案として1次系ナトリウム、炉外燃料貯蔵槽ナトリウムをまとめて搬出する案として案 2 を抽出した。以下のどの案においても、新規設備として搬出に使用する ISO タンクまでに必要な配管、ISO タンクとの接続フランジ等を設置する。

3.1 搬出概念案 1 (1次系ナトリウム、炉外燃料貯蔵槽ナトリウムをそれぞれの場所で搬出する案)

1次系ナトリウムの搬出準備は、搬出作業エリアは ISO タンクやナトリウムを移送するための設備を設置するため広いスペースを必要とすることから、それが確保可能な格納容器オペレーションフロアに設置し、1次系ナトリウム既設タンク用の電磁ポンプから搬出作業エリアまで新規に配管を設置することで搬送用の ISO タンクにナトリウムを移送する。ISO タンクは、メンテナンス建物大型機器搬入扉から搬出作業エリアに搬入し、同様にメンテナンス建物大型機器搬入扉から搬出する。格納容器オペレーションフロアを占有することになるため搬出期間中に他の解体作業や点検ができなくなる課題がある。

上記の設備整備が終わった後、下記の概念で可能な限りナトリウムを抜く。

まず、1次系ナトリウム既設タンクのナトリウムを電磁ポンプにより搬出作業エリアの ISO タンクへナトリウムを移送し、搬出する。なお、ISO タンクの充填量は約 18ton であり、1次系ナトリウム既設タンクのナトリウムを全て移送させるためには、これらの作業を約 24 回繰り返すこととなる。

次に、原子炉容器のナトリウムについて既設配管を使用して1次系ナトリウム既設タンクにドレンし、そのナトリウムを上記の要領で ISO タンクへ移送し、搬出する。ISO タンクの充填量は約 18ton であり、原子炉容器のナトリウムを全て移送させるためには、これらの作業を約 19 回繰り返すこととなる。

一方、炉外燃料貯蔵槽ナトリウムの搬出準備は、搬出作業エリアは ISO タンクやナトリウムを移送するための設備を設置するため広いスペースを必要とすることと、炉外燃料貯蔵槽に近く搬出ルートの距離が短くすることができる場所として、それが確保可能な原子炉補助建物管理区域 2 階に設置し、炉外燃料貯蔵槽ナトリウム既設タンク用の電磁ポンプから搬出作業エリアまで既設のナトリウム供給配管を復旧するとともに、新規配管を接続することで搬送用の ISO タンクにナトリウムを移送する。ISO タンクの搬出入口は搬出作業エリアと屋外までの最短距離である部屋番号から、既設の機器搬入ハッチを介して、既設のクレーンや原子炉補助建物管理区域機器搬入扉を利用する案を考えた。一方で、既設の機器搬入ハッチが狭いため作業安全のリスクがある、既設のクレーンでは容量が足りなくなる課題がある。課題解決の方法として一つは機器ハッチを拡張（ISO タンクの移送コンテナを含めた寸法：長さ：6058mm、幅：2438mm、高さ：2591mm ハッチの寸法：約 5000mm×約 5000mm）しクレーンを更新すること、もう一つは、原子炉補助建物管理区域 2 階に新規扉を設置することを検討している。

上記の設備整備が終わった後、下記の概念で可能な限りナトリウムを抜く。

まず、炉外燃料貯蔵槽ナトリウム既設タンクのナトリウムを電磁ポンプにより搬出作業エリアの ISO タンクへナトリウムを移送し、搬出する。

次に、炉外燃料貯蔵槽ナトリウムについて既設配管を使用して炉外燃料貯蔵槽ナトリウム既設タンクにドレンし、そのナトリウムを上記の要領で ISO タンクへ移送し、搬出する。ISO タンクの充填量は約 18ton であり、炉外燃料貯蔵槽ナトリウムを全て移送させるためには、これらの作業を約 9 回繰り返すこととなる。

案 1 のイメージを図 3.1.1 に示す。

本案の主な特徴として以下の点が挙げられる。

(検討中) 搬出箇所が 2 か所。

3.2 搬出概念案 2（1次系ナトリウムと炉外燃料貯蔵槽ナトリウムをまとめて搬出する案）

1次系ナトリウムと炉外燃料貯蔵槽ナトリウムとを案 1 のどちらかの搬出作業エリアから搬出する。また、それぞれの搬出作業エリアまで既設のナトリウム供給配管を復旧するとともに、新規配管を接続する。なお、原子炉補助建物管理区域 2 階に搬出作業エリアを設置する場合は、ISO タンクの搬出入口は搬出作業エリアと屋外までの最短距離である原子炉補助建物管理区域 2 階に新規扉を設置する案と、原子炉補助建物管理区域内の既設のクレーンや原子炉補助建物管理区域機器搬入扉を利用する案が挙げられる。

案 2 のイメージを図 3.2.1 に示す。

主な特徴として以下の点が挙げられる。

（検討中）搬出箇所が 1 か所。

4. 今後の予定

搬出概念案を抽出し課題の整理及び課題解決の見通しを得て、工程リスクやコスト等を総合的に評価して搬出概念案を絞り込み、設備設計の考え方を確定する。その後、1次系等ナトリウム搬出に向けた設備の復旧・改造計画を策定し第 2 段階以降に申請し認可を受ける。

以上

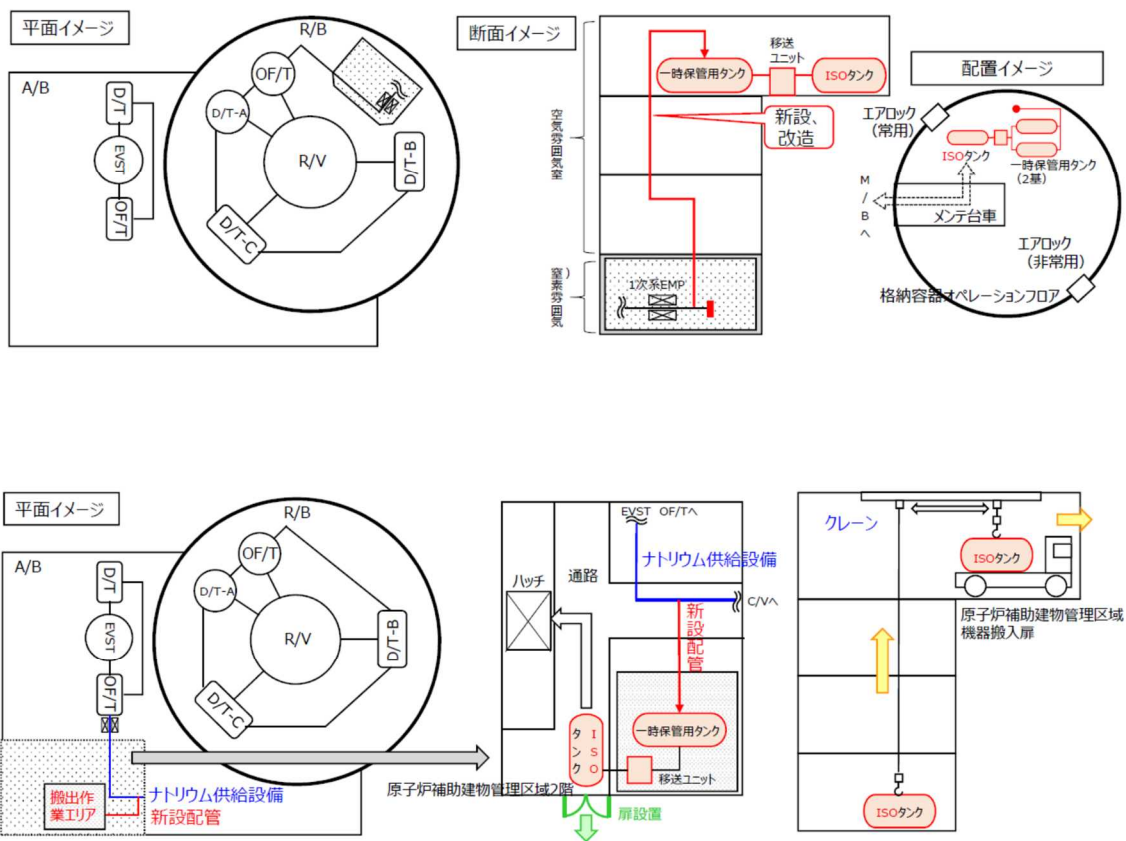


図 3.1.1 搬出概念案 1 イメージ

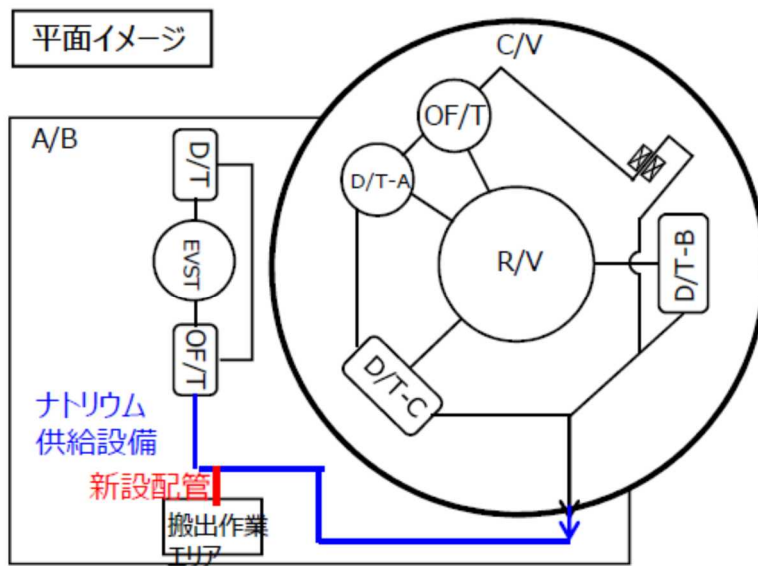
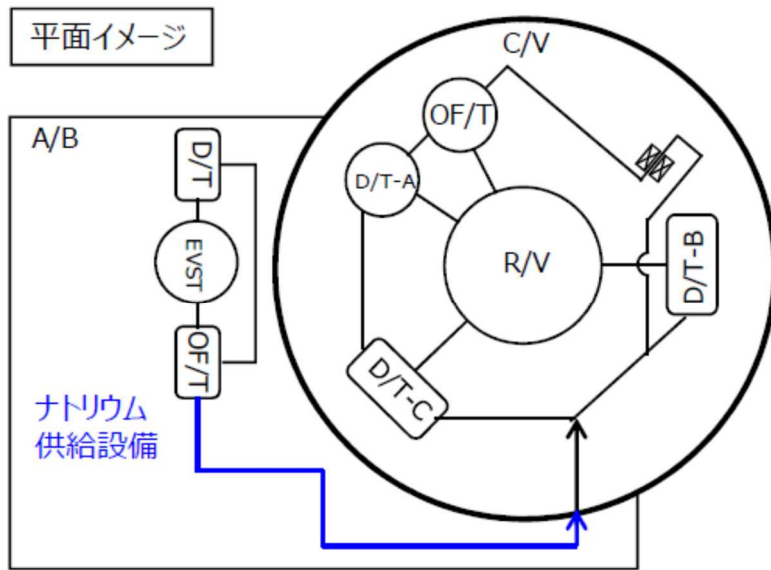


図 3.2.1 搬出概念案 2 イメージ

技術資料

①ナトリウム搬出準備

b.ナトリウム搬出に向けた設備の復旧・改造計画の策定 (2次系ナトリウム・炉外燃料貯蔵槽 2次補助系ナトリウム)

概要

- 方針「ナトリウムを保有するリスクを適切に管理し、早期に低減」のもと、搬出設備を整備し現在既設タンク及び2次冷却材ナトリウム一時保管用タンクに固化・貯蔵中の2次系ナトリウムをサイト外へ搬出する。
- このうち、今回の廃止措置変更申請における目標は、2次系ナトリウム等搬出に向けた設備の復旧・改造計画の策定である。
- 搬出方法案は以下の3案を比較検討し、案を選択し2021年度末までに基本設計を完了する予定である。
 - 案1：一時保管用タンクを介してISOタンクに移送する案
 - 案2：ガスの圧力でISOタンクに並行して移送する案
 - 案3：電磁ポンプでISOタンクに並行して移送する案
- 搬出方法案1～案3のどの案を採用する場合でも、2次系設備の復旧範囲、改造設備が異なる上に搬出に要する期間も異なる。廃止措置全体工程への影響があるため、案を決定した後も、引き続き廃止措置全体工程へ与える課題を抽出し解決していくことで安全かつ合理的な計画としていく。
- また、搬出方法案1～案3いずれの場合でも新規に設備を設置する。新規設備は使用期間が明確であるため、改造する設備はナトリウムと空

気の接触防止方法や耐震設計等は既設置許可の考え方を踏襲して設計し、ナトリウム移送中の安全を確保する。

- 維持期間を終了しているナトリウム搬出に係る設備は、具体的な復旧範囲を確定しナトリウム移送時までに必要な点検を行う。
- 炉外燃料貯蔵槽 2 次補助系ナトリウムの合理的な搬出は、以下の 2 案抽出し、ナトリウムの搬出条件、移送に伴うコスト等から総合的に評価し、2021 年度末までに搬出案を選択する。

案 1 : 2 次系ナトリウム機器エリアまでナトリウムを移送し、2 次系ナトリウム搬出時期に合わせて搬出。

案 2 : 移送距離の短い炉外燃料貯蔵槽 1 次補助ナトリウム系のタンクまで移送する。その後炉外燃料貯蔵槽ナトリウムの搬出時期に合わせて、ナトリウムを搬出。

令和 3 年 3 月 25 日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

目次

1. はじめに	1
2. 第2段階開始時点の2次系ナトリウムの状態	1
3. 2次系ナトリウム搬出方法案	1
3.1 案1	2
3.2 案2	2
3.3 案3	3
4. 設備改造設計の考え方	4
5. 2次系ナトリウムの搬出に向けた設備の復旧・改造計画	5
6. 炉外燃料貯蔵槽2次補助系ナトリウムの搬出の案	5
7. 今後の予定	6

図

図 3.1.1	案 1 イメージ	7
図 3.1.2	案 1 のナトリウム通液範囲イメージ	7
図 3.2.1	案 2 イメージ	8
図 3.2.2	案 2 のナトリウム通液範囲イメージ	8
図 3.3.1	案 3 イメージ	9
図 3.3.2	案 3 のナトリウム通液範囲イメージ	9
表 3.1	ナトリウム移送方式による特徴	10
図 4.1	微小漏えいや滴下ナトリウムへの対策のイメージ	11
図 6.1	炉外燃料貯蔵槽 2 次補助系ナトリウムの搬出移送距離	12
図 6.2	炉外燃料貯蔵槽 2 次補助系ナトリウムの搬出移送距離	13

1. はじめに

第2段階以降の廃止措置を安全に進めるための3方針の一つである「ナトリウムを保有するリスクを適切に管理し、早期に低減」のもと、系統・容器内のナトリウムを出来る限り既設タンク等にドレン・固化して系統からのナトリウム漏えいリスクを低減・管理し、並行して搬出設備を整備する。その後、既設タンク等のナトリウムをサイト外へ搬出する。

本資料では、2次系ナトリウムの搬出手順やその考え方及び、2次系ナトリウム等の搬出に向けた設備の復旧・改造計画の検討状況を説明する。

2. 第2段階開始時点の2次系ナトリウムの状態

2次冷却系ナトリウム及び炉外燃料貯蔵槽冷却系ナトリウムは非放射性ナトリウムであり、2次系オーバフロータンク A,B,C、ダンプタンク A,C、2次冷却材ナトリウム一時保管用タンク A,B、炉外燃料貯蔵槽2次補助ナトリウム系のダンプタンクに貯蔵している。

3. 2次系ナトリウム搬出方法案

約750トン貯蔵されている2次系ナトリウムを安全かつ合理的に搬出するためには、設備改造範囲を小さくするとともに搬出期間を短くすることが重要である。よって、2次系ナトリウム搬出設備及び手順案を検討するに当たり、まず設備改造範囲を最も少なくさせることに主眼を置いて案を策定した。具体的には、移送に既設の設備である電磁ポンプを使用し、一時保管用タンクを介して搬出する方法（案1）である。一方、案1では一時保管用タンクからの搬出ルートが1つしかなく搬出期間が長くなる見通しとなった。このため、案1を基本に搬出期間を短縮できるような案を検討した。一時保管用タンクを介さずに、オーバフロータンク、ダンプタンクから、直接ナトリウム搬出用のISOタンクに移送する案である。移送方式は、ガス圧を利用して移送する方法、既設の電磁ポンプを利用して移送する2つの移送方式がある。それぞれの搬出方法を案2、案3

とした。具体的な案を以下に示す。なお、以下のどの案においても、新規設備として搬出に使用する ISO タンクまでに必要な配管、ISO タンクとの接続フランジ等の設置が必要となる。

3.1 案 1

2次冷却材ナトリウム一時保管用タンク A,B から搬出用の ISO タンクにナトリウムを移送設備（追加設置）にて移送する。オーバフロータンク A のナトリウムを、2次冷却材ナトリウム一時保管用タンク A または B に既設の電磁ポンプで移送する。2次系オーバフロータンク B,C、ダンプタンク A,C のナトリウムはオーバフロータンク A に既設の電磁ポンプで移送する。案 1 のイメージを図 3.1.1 に示す。

主な特徴として以下の点が挙げられる。

- ISO タンクへのナトリウム移送時のナトリウム漏えい事故に対し、最大漏えい規模が一時保管用タンクによって制限される。
- 広範囲の配管にナトリウムが通液するため復旧範囲が広い。図 3.1.2 に案 1 のナトリウム通液範囲イメージを示す。
- バッチ処理方式であり、一旦 2 次冷却材ナトリウム一時保管用タンクに移送し、その後 ISO タンクへの移送となるため、作業期間が比較的長い。
- ナトリウム漏えい時は電磁ポンプを停止することで漏えいは停止する。

3.2 案 2

2次系オーバフロータンク A,B,C、ダンプタンク A,C、2次冷却材ナトリウム一時保管用タンク A,B のナトリウムを ISO タンクにガスの圧力（ガス圧送）にて移送する。案 2 のイメージを図 3.2.1 に示す。

主な特徴として以下の点が挙げられる。

- ナトリウムが通液する範囲がタンク廻りのみで限定的であり、復旧範囲が既設の電磁ポンプ使用時に比べ狭い。図 3.2.2 に案 2 のナトリウ

ム通液範囲イメージを示す。

- ・ 各タンクの移送を並行して実施でき、作業期間が比較的短い。
- ・ 漏えい時は圧力の減圧、供給側の弁閉止により漏えいを停止させるが、漏えい停止までに少し時間を要す。

3.3 案3

2次系オーバフロータンク A,B,C、ダンプタンク A,C、2次冷却材ナトリウム一時保管用タンク A,B からナトリウムを ISO タンクに既設の電磁ポンプで移送する。案3のイメージを図3.3.1に示す。

主な特徴として以下の点が挙げられる。

- ・ 広範囲の配管にナトリウムが通液するため復旧範囲が広い。図3.3.2に案3のナトリウム通液範囲イメージを示す。
- ・ 各タンクの移送を並行して実施でき、作業期間が比較的短い。
- ・ 漏えい時は電磁ポンプを停止することで漏えいは停止する。

ナトリウムの移送方式は電磁ポンプ方式、ガス圧送方式の2通りあり、かつ一時保管用タンクを介するか否かにより、2次系設備の復旧範囲、改造設備が異なる。

ナトリウムの移送方式による特徴を整理し、比較検討した結果を表3.1に示す。一時保管用タンクを介するか否かの違いは、一時保管用タンクを介さない場合、設備の改造範囲は大きくなるが、搬出期間の短縮が図れる。逆に、一時保管用タンクを介する場合は設備の改造範囲は狭くなるが、搬出期間は他の案に比較して長い。ナトリウム漏えい時の対応、復旧範囲や改造に伴う発生するコスト等の観点から総合的に評価し、その評価結果を今後御説明する予定である。

上記を踏まえ、2021年度末までに搬出方法案を決定し主要設備の基本設計を完了する予定である。案1～案3、いずれの案を採用する場合でも、2次系設備の復旧範囲、改造設備が異なり、搬出に要する期間も異なる。廃止措置全体工程への影響があるため、案を決定した後も、引き続き廃止措置全体工程へ与える課

題を抽出し解決することで安全かつ合理的な2次系ナトリウムの搬出計画としていく。

4. 設備設計の考え方

上記の案1～案3いずれの案を採用するにしても新規に設備を設置する必要がある。以下の考え方に基づきナトリウムと空気の接触防止方法や耐震設計等について現設置許可の考え方を踏襲し安全を確保する。

もんじゅの原子力施設は、研究開発段階発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則、研究開発段階発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則に定める基準を満足するよう、設置許可段階で設計の基本方針を具体的に示し、工認で設置許可の考え方に基づき設計され技術基準を満足していること確認し、原子力施設の安全を確保してきた。引き続き、廃止措置段階においても、設置許可申請書添付書類八に記載された設計の考え方に基づき、ナトリウム移送に関する設備設計をすることで安全を確保する。

なお、ナトリウムの搬出に使用するISOタンクは既設のナトリウム設備とフランジを介して接続する。ナトリウムを既設タンク等からISOタンクへ移送する際は、フランジ接続部からのリスクが大きくなる。このため、以下の影響緩和策をとる。

フランジ着脱時：

- ・ 接続部をプラバッグ等で覆うことで、ナトリウム漏えい時やフランジ付け替え時に滴下するナトリウムの飛散防止を図る。対策のイメージを図4.1に示す。

ナトリウム移送時：

- ・ 移送時までに必要な箇所にナトリウム漏えい検出器を追設し早期のナトリウム漏えいの検出に努める。
- ・ 移送時までに必要な箇所に鋼製ライナを追設しナトリウム漏えい時のナトリウムコンクリート反応を防ぐ。

- ・ 移送時までに必要なナトレックスを配備し、ナトリウム漏えい時の初期消火に使用する。
- ・ 移送時は窒素注入設備を供用し、規模の大きなナトリウム漏えい発生時の消火に使用する。
- ・ ナトリウム漏えい時は運転時によるナトリウム移送停止を行う。

5. 2次系ナトリウムの搬出に向けた設備の復旧・改造計画

案1から案3のどれを採用しても、性能維持施設の維持期間（廃止措置計画認可申請書「第6-1表 性能維持施設」参照）を終了している2次冷却系設備を復旧して使用することとなるため、ナトリウム移送時までには復旧する範囲・期間を明確にし、必要な点検（耐圧漏えい試験、絶縁抵抗測定等）を行った上で、定期事業者検査にて維持機能を満足していることを確認する。

一方、設備復旧の範囲は、前述2.の2次系ナトリウム搬出方法案により異なるため、搬出手順を決定した上で具体的な復旧範囲を2021年度末までに明確にする。

新規設備、改造設備計画については、搬出方法案を決定した上で4.の考え方に基づき設置し、定期事業者検査にて維持機能を満足していることを確認する。

なお、バウンダリは、合理的な運用となるよう、原則、通液範囲の第1止め弁とし、第1弁の予熱ヒータを「切」として弁をフリーズすることで確保する。

6. 炉外燃料貯蔵槽2次補助系ナトリウムの搬出

既設タンク及び2次冷却材ナトリウム一時保管用タンクに存在する2次系ナトリウムの他に、非放射性のナトリウムとして炉外燃料貯蔵槽2次補助ナトリウム系にナトリウムが存在する。炉外燃料貯蔵槽2次補助ナトリウム系の非放射性ナトリウムは、2次系ナトリウム約750トンに対し6トン未満と少量である。しかも、原子炉補助建屋内の2次系ナトリウムの搬出位置から離れた位置に設置されている。

このナトリウムを安全かつ合理的に搬出するため、炉外燃料貯蔵槽 2 次補助ナトリウム系のナトリウムを搬出する案を以下の 2 案のとおり抽出した。今後、ナトリウムの搬出条件、移送に伴うコスト等から総合的に評価し、2021 年度末までに下記案から選択する。

- ・ 案 1：2 次系ナトリウムと一緒に搬出

図 6.1 にルート案を示す。2 次系の搬出エリアまで長距離の移送をする。非放射性ナトリウムとして 2 次系と一緒に取り扱えるものの、移送距離が長距離であるため点検及び改造コストが増大する。

- ・ 案 2：炉外燃料貯蔵槽 1 次補助ナトリウムに混合して搬出

図 6.2 にルート案を示す。炉外燃料貯蔵槽 1 次補助ナトリウム系オーバーフロータンクまで短距離の移送をする。炉外燃料貯蔵槽 1 次補助ナトリウム系の放射性ナトリウムと混合することになるが、移送距離が短距離であるため点検改造コストの低減が期待できる。

7. 今後の予定

2 次系ナトリウム搬出方法案を 3 案抽出した。それらの案をナトリウム漏えい時の対応、復旧範囲や改造に伴う発生するコスト等の観点から総合的に評価し、2021 年度末までに案を決定し基本設計を完了する予定である。案 1～案 3 のどの案を採用した場合でも、2 次系設備の復旧範囲、改造設備が異なる上に搬出に要する期間も異なることから、廃止措置全体工程への影響がある。案を決定した後も、引き続き廃止措置全体工程へ与える課題を抽出し解決することで安全かつ合理的な計画としていく。

炉外燃料貯蔵槽 2 次補助系ナトリウムの搬出の案を 2 案抽出した。それらの案をナトリウムの搬出条件、移送に伴うコスト等から総合的に評価し、2021 年度末までに選択し、選択した設備側のナトリウム搬出計画に合わせて搬出する。

以上

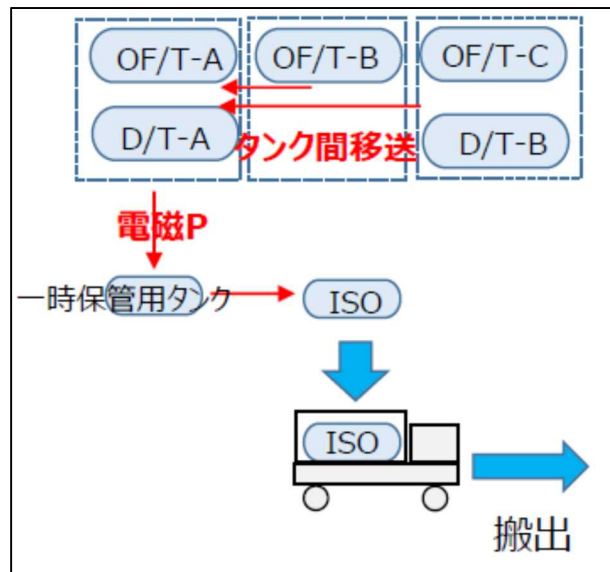


図 3.1.1 案 1 イメージ

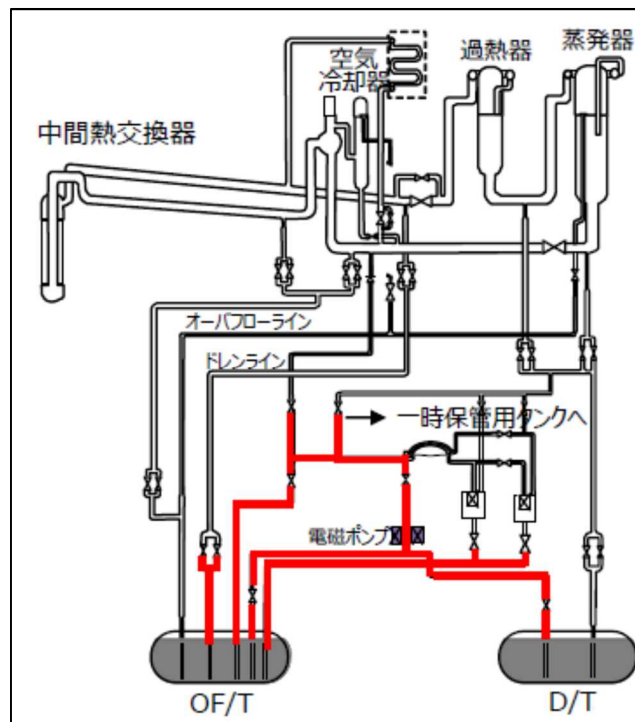


図 3.1.2 案 1 のナトリウム通液範囲イメージ

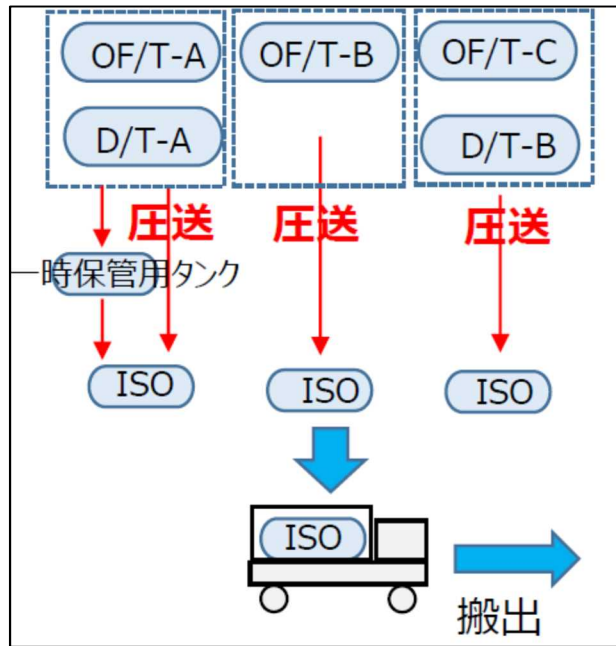


図 3.2.1 案 2 イメージ

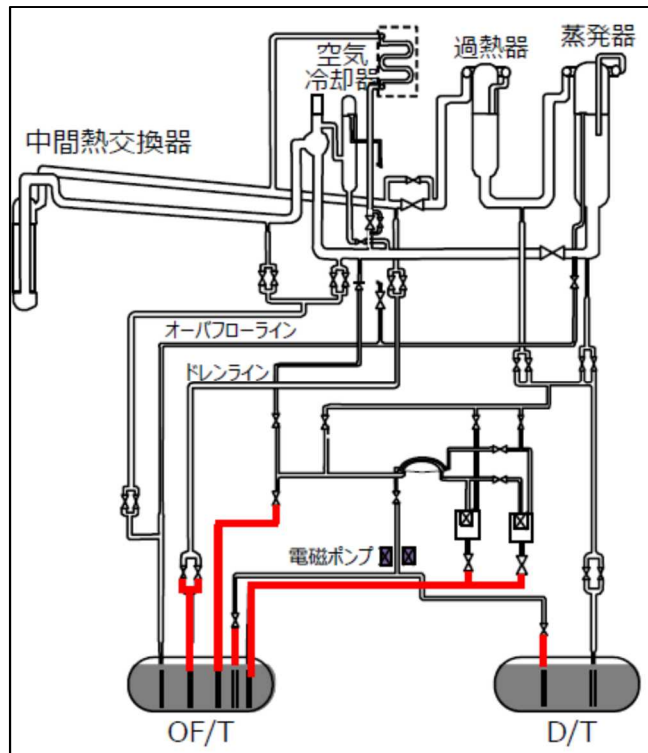


図 3.2.2 案 2 のナトリウム通液範囲イメージ

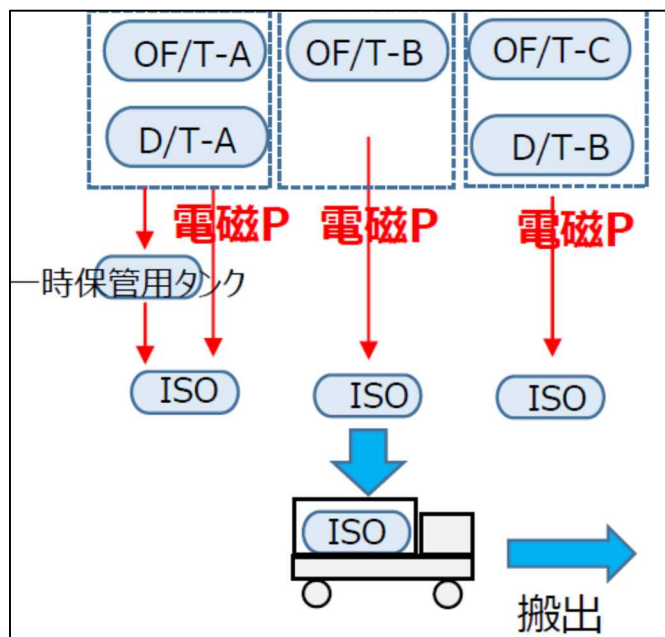


図 3.3.1 案 3 イメージ

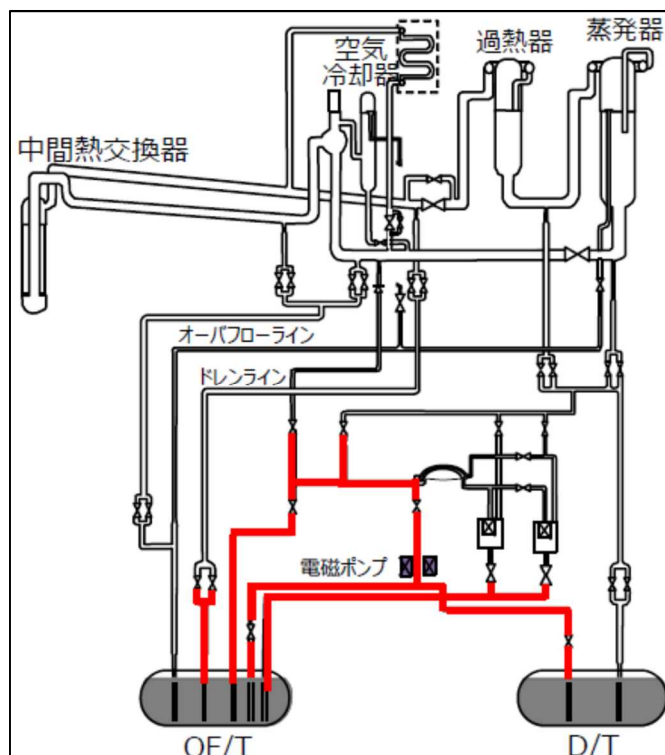


図 3.3.2 案 3 のナトリウム通液範囲イメージ

表 3.1 ナトリウム移送方式による特徴

移送方法	電磁ポンプ移送（案 1、案 3）	ガス圧送（案 2）
概要	電磁力によって推進力をナトリウムへ与え、ナトリウムを移送する方法	タンクカバーガス空間に圧力差を与え、その水頭（ヘッド）差によりナトリウムを移送する方法
設備の観点	<p>復旧範囲：広い</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ タンク周り配管に加えて既設の電磁ポンプ周りの系統をそのまま使用するために通液する範囲が広くなり、漏えいリスクがガス圧送より増加する ➤ 電磁ポンプ周りの系統の構成が複雑であり、多くの設備の復旧が必要 	<p>復旧範囲：狭い</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ナトリウムが通液する範囲をタンク周りのサイフォン形成部に限定でき、残留ナトリウムの低減、復旧範囲や漏えいリスクの低減が期待できる ➤ 配管と弁のみであり、単純な設備だけでよい
運転の観点	<p>漏えい時の対処</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 漏えい時は電磁ポンプを停止することでただちにナトリウム移送が停止し、ナトリウム漏えいはほぼ停止する。 	<p>漏えい時の対処</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 漏えい時はガス圧力を下げる。供給側の弁を閉止して漏えいを停止させる。よって漏えいが停止するまでに時間を要する。

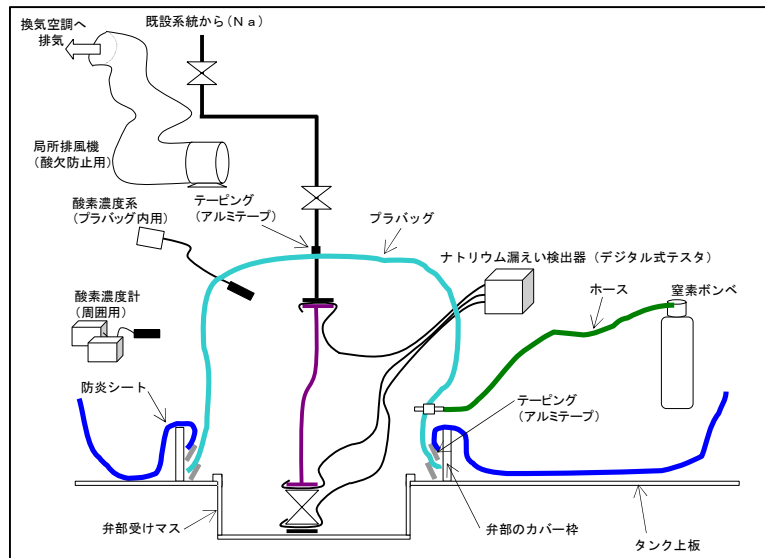


図 4.1 微量漏えいや滴下ナトリウムへの対策のイメージ

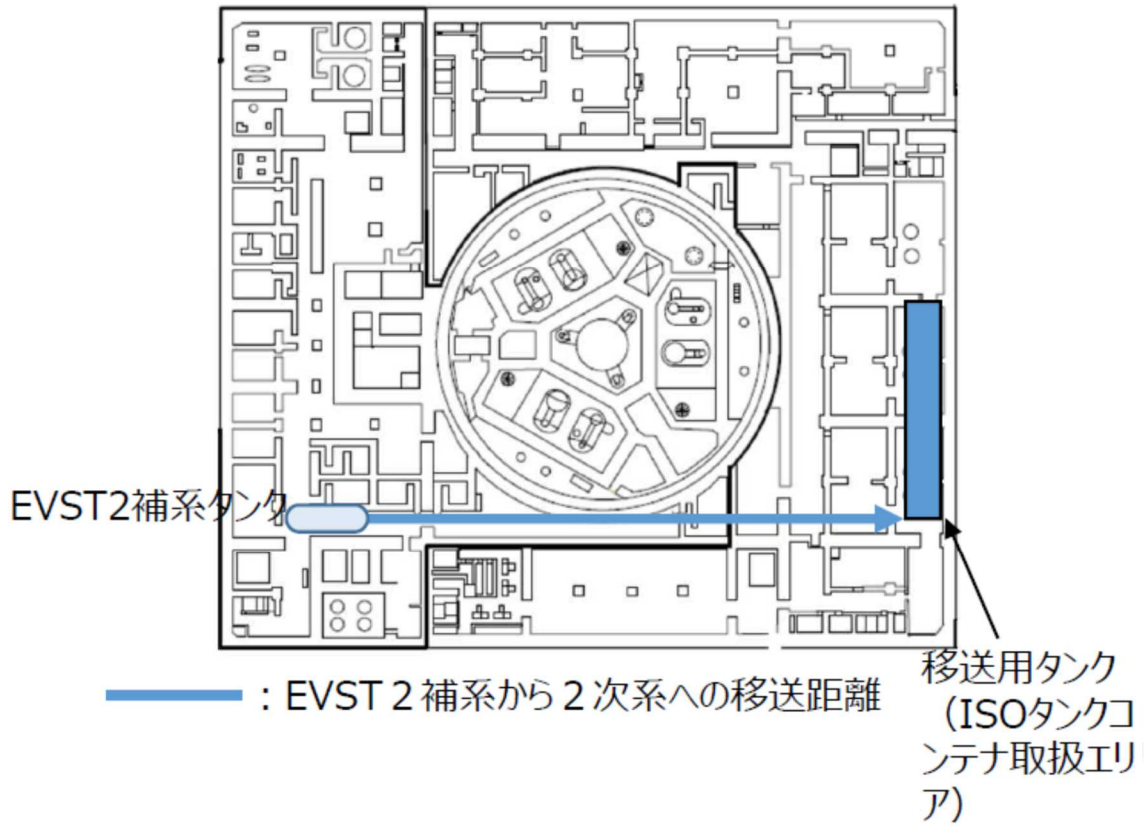


図 6.1 炉外燃料貯蔵槽 2 次補助系ナトリウムの搬出移送距離イメージ



図 6.2 炉外燃料貯蔵槽 2 次補助系ナトリウムの搬出移送距離イメージ

技術資料
その他

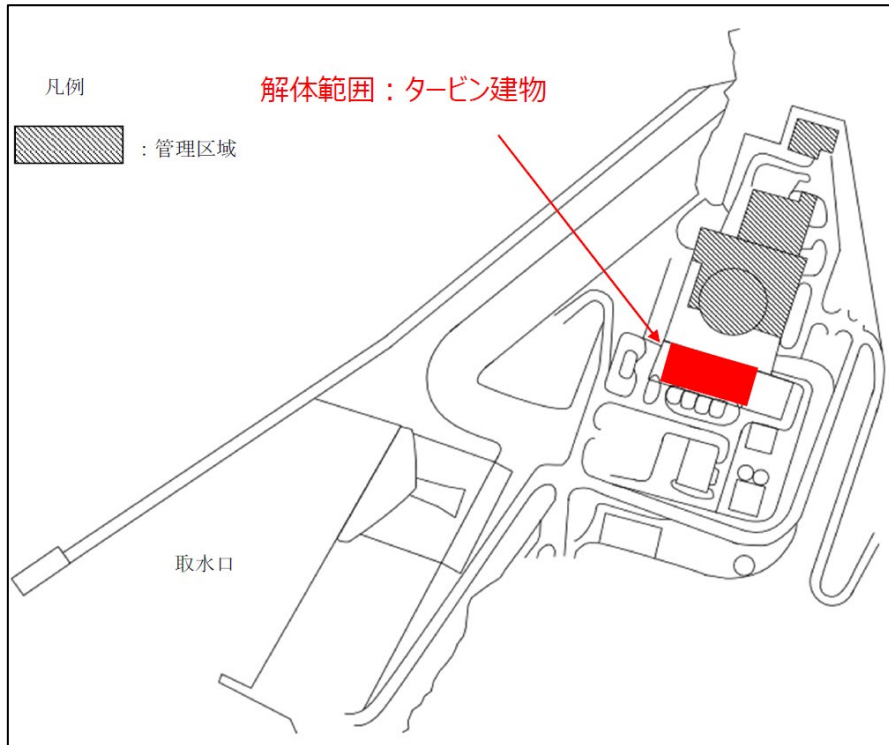
水・蒸気系等発電設備の解体計画の策定

概要

- 方針「工事等を安全・確実に行い、プラントの安全確保に影響させない」のもと、第2段階では、性能維持施設が少なく、隔離しやすいタービン建物の設備の解体に着手し、第4段階開始までに完了する。
- 今回の廃止措置変更申請における目標は、解体撤去対象設備の廃止措置計画の策定である。
- 解体撤去の対象とする廃止措置対象施設はタービン及び付属設備、発電機及び励磁装置である。
- 解体撤去対象設備の解体撤去では性能維持施設に影響を及ぼさないよう解体撤去着手前に隔離や養生等を行う。
- 解体撤去工事の際は高所作業等の一般労働災害防止対策を講じる。
- 詳細については後日資料で説明する。

令和3年 3月 25日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



解体範囲

系統施設	設備	解体予定	備考
タービン及び付属設備	主蒸気系設備	○	A/B 設置配管を除く範囲
	蒸気タービン設備	○	
	復水設備	○	
	給水設備	○	
	補給水設備	○	補給水タンクを除く範囲
発電所補助施設	淡水供給設備		T/B 内に配管・弁等が設置
	換気空調設備		T/B エアを対象とした設備
	圧縮空気設備		
	制御用圧縮空気設備		T/B 内に配管・弁等が設置
	所内用圧縮空気設備		圧縮機・冷却器・配管・弁等
	ガス供給設備		
	窒素ガス供給設備		T/B 内に配管・弁等が設置
	補助蒸気設備		ボイラ、蒸気ヘッド、配管等
	消火設備		T/B エアを対象とした設備
	排水処理設備		床排水及び排水移送設備
電気設備	発電機及び励磁装置	○	
	主要変圧器		
	主変圧器、所内変圧器		
	起動変圧器		
	所内高圧系統		
	所内低圧系統		
	通信設備、照明及び作業用電源設備		
	電線路		
計測制御系統施設	プロセス計装		
	安全保護系プロセス計装	△	主蒸気止め弁開度計装品
	主蒸気及び給水計装	△	
	その他の計装	△	
	原子炉制御設備		
	給水流量制御系	△	
	主蒸気温度制御系	△	
主蒸気圧力制御系	△		

○：第2段階から解体撤去に着手予定、△：機械側設備の解体に合わせて撤去予定

タービン建物内の解体撤去対象設備

技術資料

第 2 段階の事故想定及びその評価について

概要

- 廃止措置は段階的にプラント状態が変化するため、各段階におけるプラント状態に即して、事故の種類、程度、影響を評価し、安全性を確認
- プラント状態が前の廃止措置段階と異なっても、発生し得る事故の発生条件やメカニズムが同じ場合、その影響の程度は基本的には変わらないが、前段階の評価結果を上回らないことを確認
- 第 1 段階は、地震や津波等が事故の起因事象とならないこと、燃料体の破損事故やナトリウムの漏えい事故が周辺公衆に対して著しい放射線被ばくのリスクを与えることはないこと、重大事故等対処設備が不要であることを確認
- 第 2 段階の事故は、「高速増殖原型炉もんじゅの廃止措置計画の認可の審査に関する考え方」や新しい知見を踏まえるとともに、第 1 段階と第 2 段階のプラント状態の相違点や第 2 段階の作業計画を考慮して想定
- 第 2 段階で想定した事故が、第 1 段階で既に評価済みの事象に含まれない場合は、今後必要に応じて評価を実施
- 大規模損壊対応は、施設内に燃料体及びナトリウムを保有する状況は変わらないことから、第 1 段階と同様の設備、資機材及び体制を維持

令和 3 年 3 月 25 日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構