

ナトリウム機器の解体について

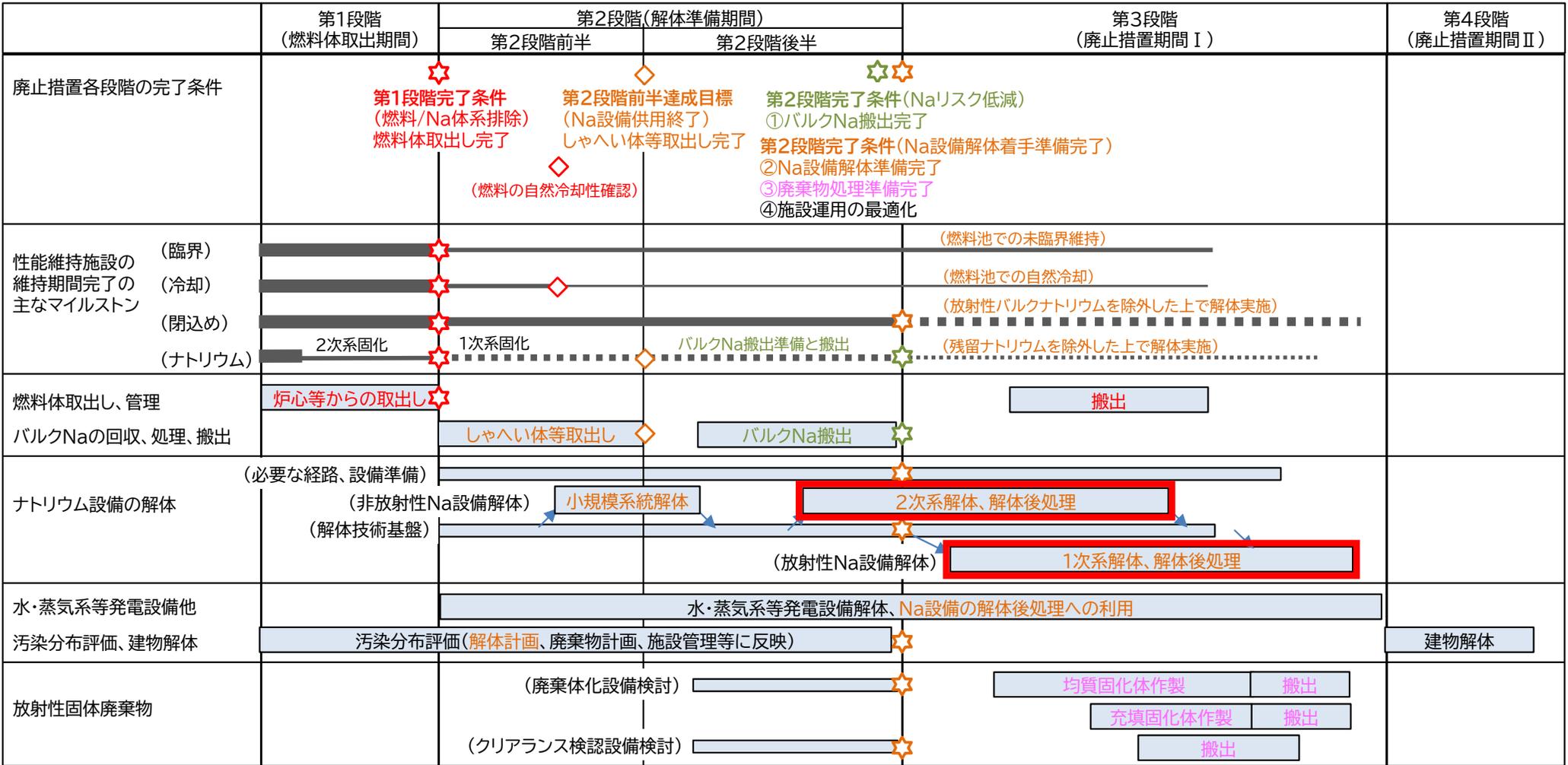
2026年 2月 26日

日本原子力研究開発機構（JAEA）

1. 概要
2. ナトリウム機器解体に向けた現状の検討状況
 2. 1 2次系設備
 2. 2 1次系設備
 2. 3 特殊機器（原子炉容器）
3. まとめ

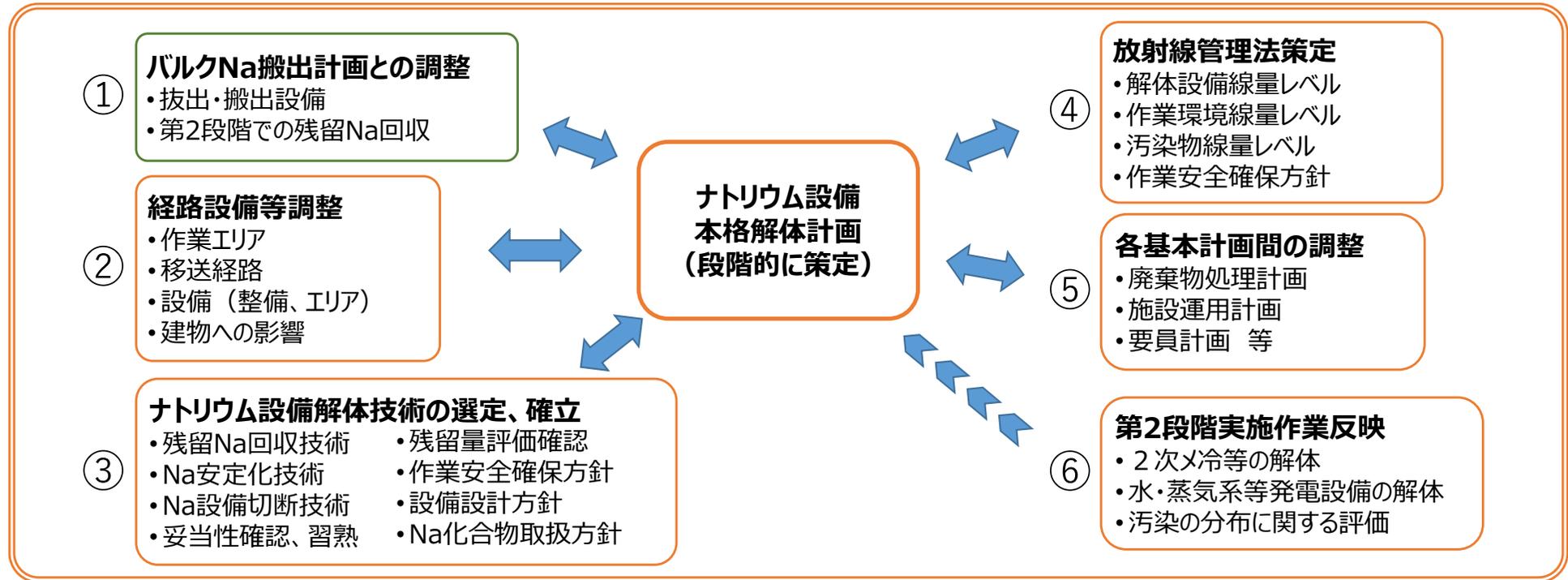
- もんじゅの廃止措置を安全、確実、かつ速やかに実施するため、以下の4段階から構成する
 - 第1段階：燃料体取出しを完了し、燃料/ナトリウム体系を排除
 - 第2段階：**バルクナトリウム搬出**を完了するとともに、**ナトリウム設備本格解体着手の準備**を完了
 - 第3段階：燃料体搬出、ナトリウム設備解体、廃棄物搬出を完了
 - 第4段階：建物解体を完了し、廃止措置を完了

廃止措置計画全体像（各段階の完了条件、施設の性能維持要求の変遷及び主な廃止措置作業） 注）第3段階以降については現時点の想定



ナトリウム機器の解体については、**多段の作業ステップが必要で作業量が多い**。国内初の原子炉施設のナトリウム設備解体となるもんじゅにおいては、ナトリウム特有の技術基盤整備や作業の習熟について、**段階的な設備解体を通じて実施していく**予定である。この他、解体計画策定に当たっては物流、施設運用、放射線、廃棄物といった**様々な計画と整合が取れた合理的なものとする必要がある**。

以上の観点を踏まえ進める現状の機構における検討内容をご説明する。

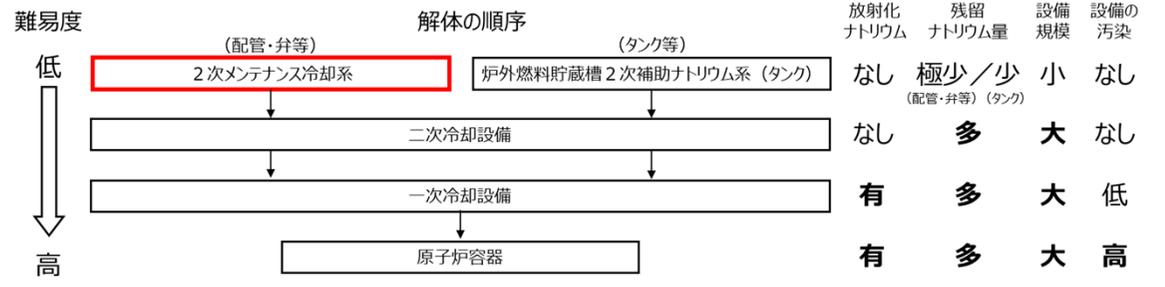


ナトリウム設備本格解体に向けた各種検討・調整事項イメージ



国内初の原子炉施設のナトリウム設備解体を、段階的な設備解体を通じて技術基盤整備、作業の習熟と共に進めていく。

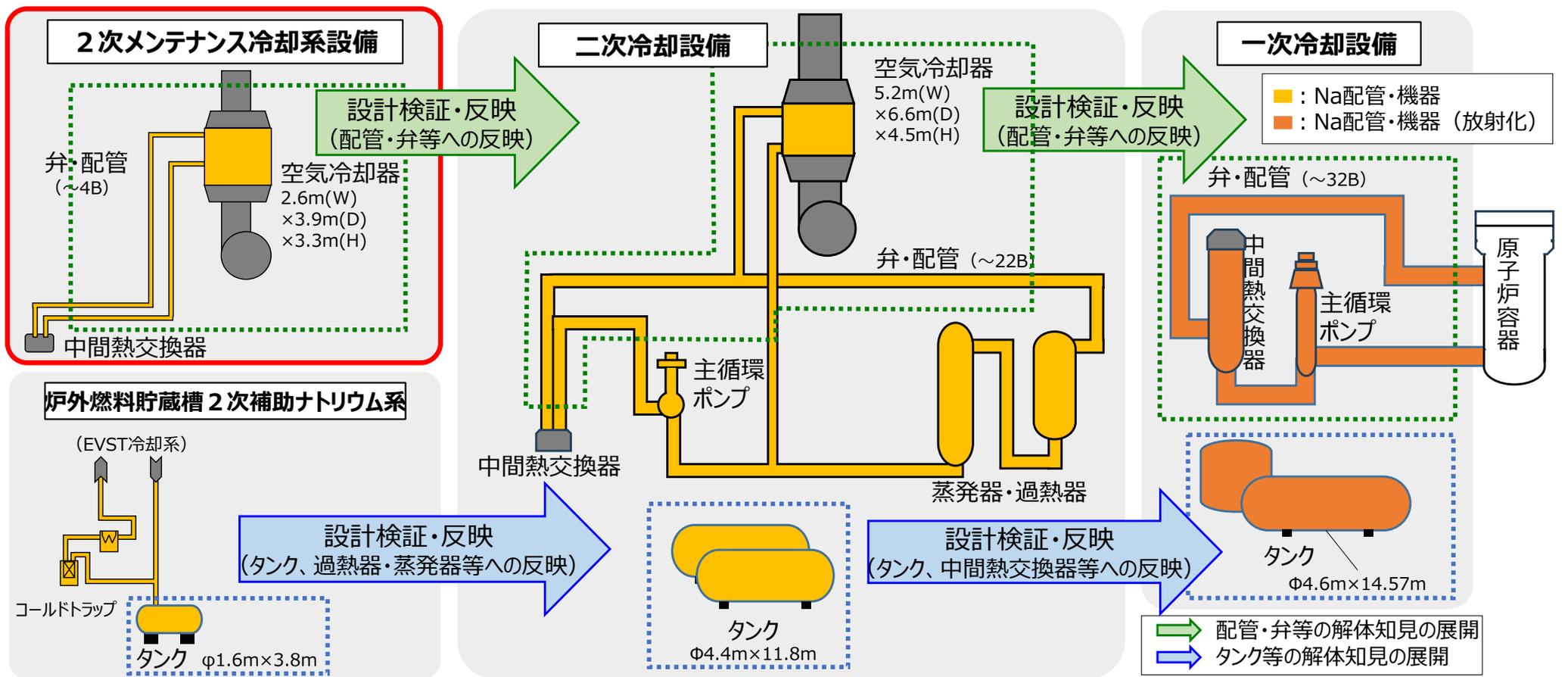
- 小規模な設備から大規模な設備に向けて段階的に解体を進め、経験を蓄積するとともに必要な情報を取得する。
- 原子炉容器等の特殊機器については、これに加え、機器の特殊性に応じた個々の技術開発、検証、習熟が必要。

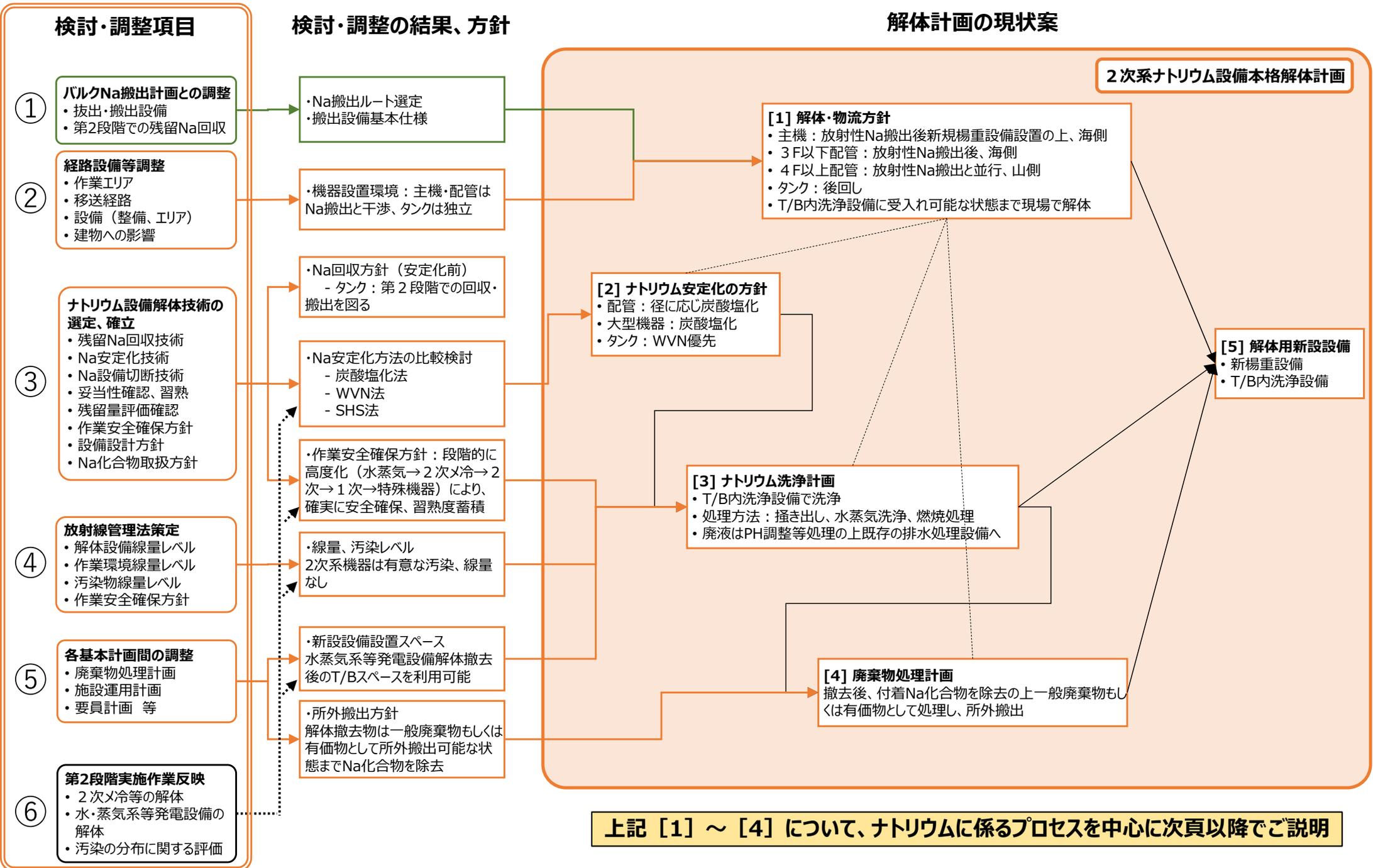


小規模・非放射性機器

大規模・非放射性機器

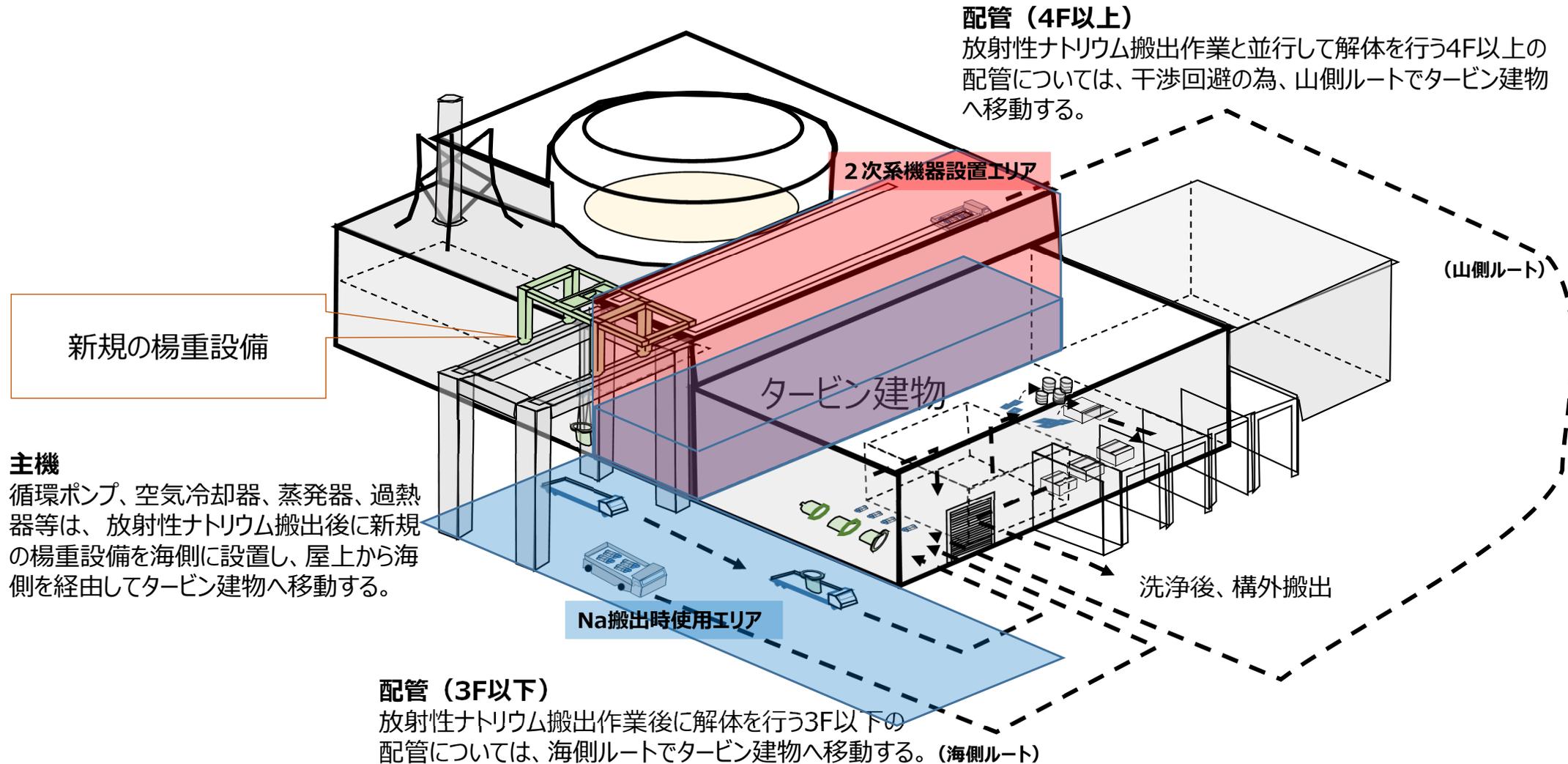
大規模・放射性機器





据付場所からタービン建物へのルートを基本とする。

- ✓ ナトリウム化合物が付着した解体撤去物については、タービン建物に設置予定の洗浄設備にて、洗浄等の処理を行い除去の上、一般廃棄物もしくは有価物として所外搬出の予定。



配管・弁

反応が穏やかに進行し、国内適用実績を有する炭酸塩化法を、その特徴を踏まえ、配管径に応じて適用し、解体時のリスク低減に資する。

表 もんじゅの2次系配管 (Na接液)

呼び径	2B以下	3B~4B	5B~6B	8B	12B	16B	22B
配管外径	60.5mm (2B)	114.3mm (4B)	165.2mm (6B)	216.3mm	318.5mm	406.4mm	558.8mm
配管長	約1200m	約300m	約500m	約100m	約200m	約100m	約900m
解体難易度・ リスク							
炭酸塩化法の 適用性							
	【仏SPXの知見等より】小口径の場合、体積膨張する反応生成物により流路閉塞の恐れ						
安定化方針	安定化なし	系統構成等の個別状況に応じて安定化有無を判断 (系統単位の安定化が合理的)		炭酸塩化法			

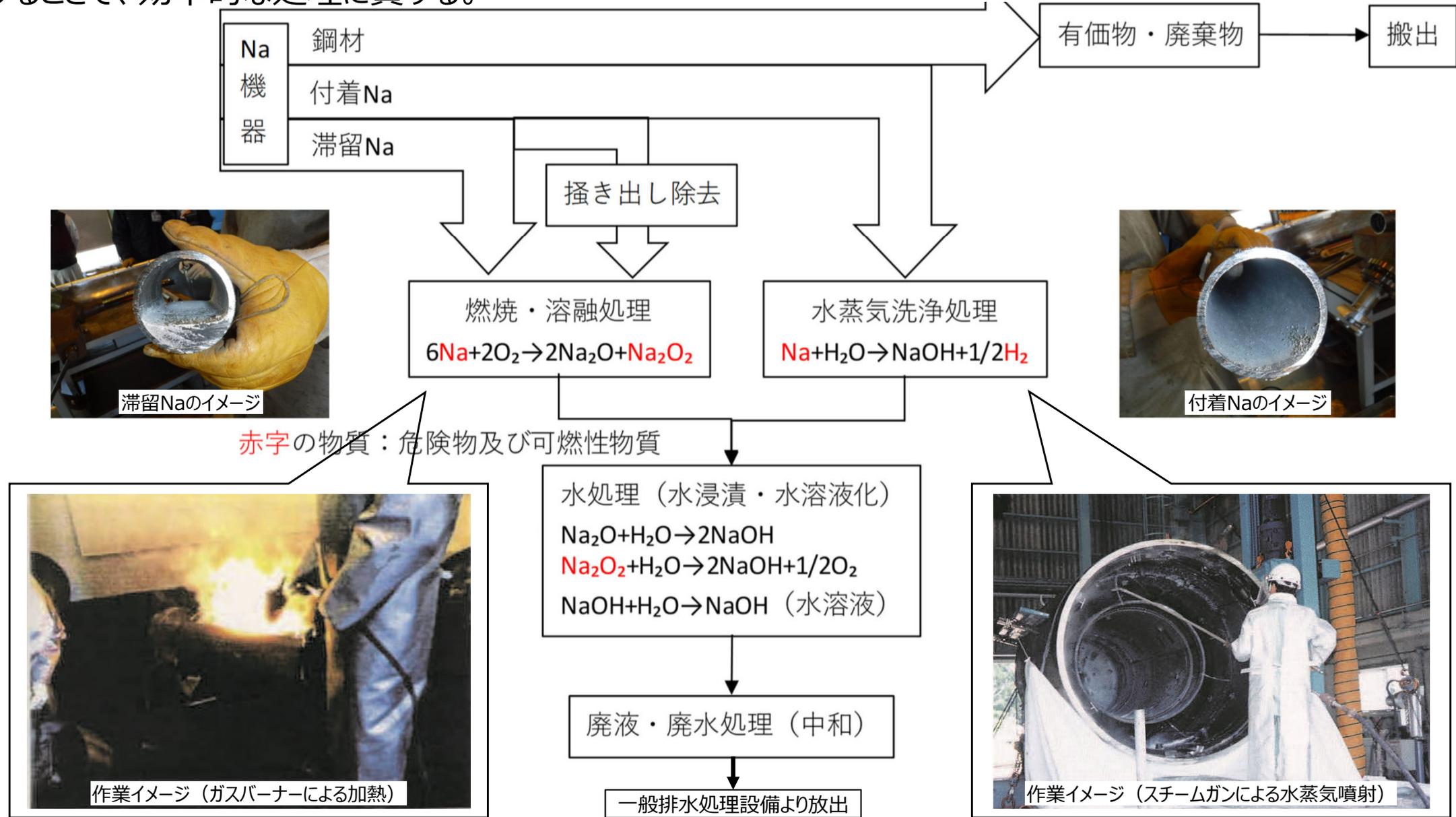
主機 (主循環ポンプ、蒸気発生器、空気冷却器 (ACS))

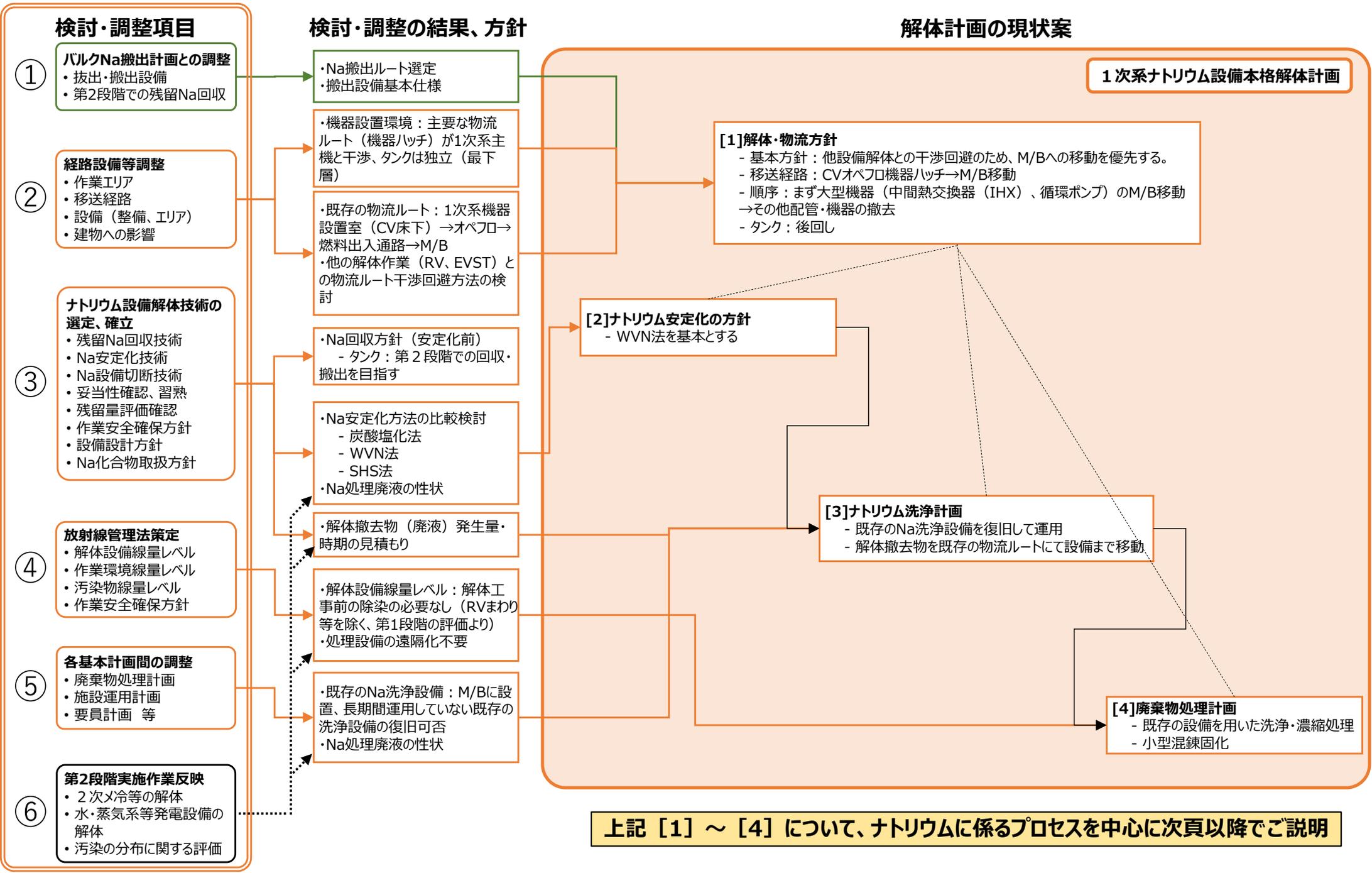
各機器の構造を踏まえた適用性を確認の上、炭酸塩化法を適用の方針。

大型タンク

バルクナトリウム拔出し・搬出後も厚みを持った相当量のナトリウムが残留すると見込まれる大型タンクについては、1次系タンク (放射性ナトリウムを有する) までの適用を見据え、WVN法について基礎試験、実機を用いた実証等段階を踏んで実現を目指す。

非放射性ナトリウム機器の解体撤去物は、タービン建物に設置する洗浄設備にて処理を行う計画である。ナトリウムの残留状況（付着/滞留）に応じ適切な処理方法（燃焼・溶融処理/水蒸気洗浄処理）を選択することで、効率的な処理に資する。





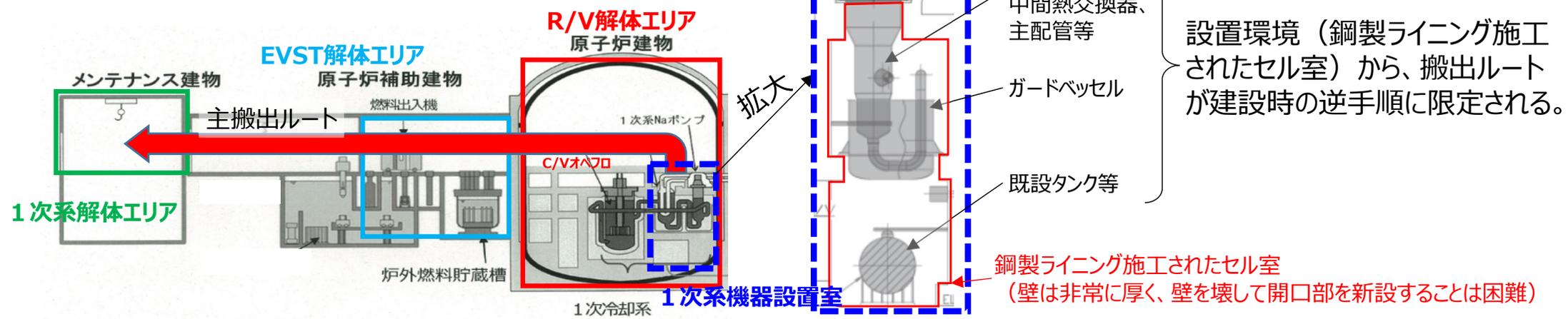
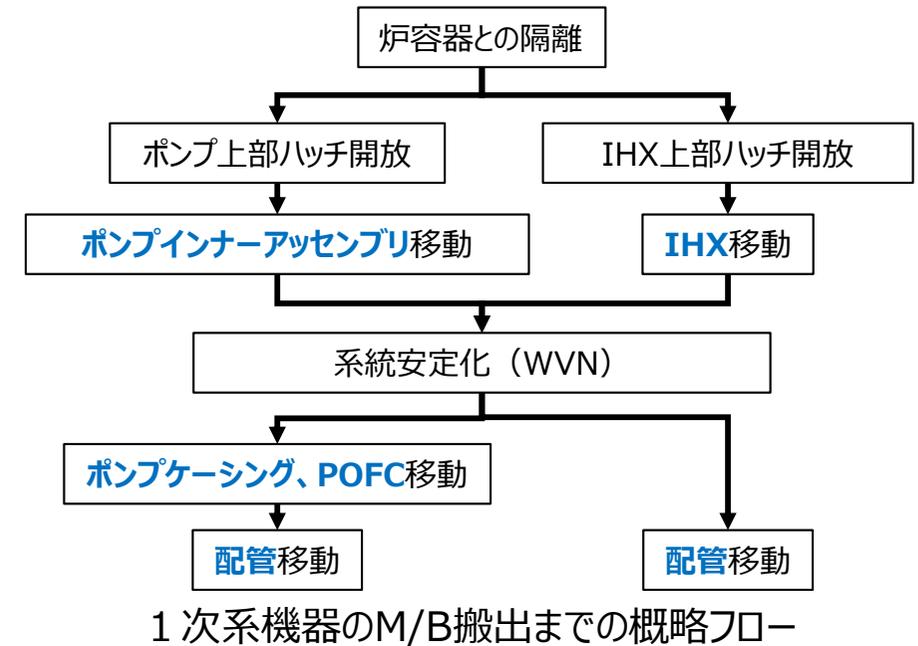
解体順序：大型機器⇒配管。上階⇒下階。

✓ 物流ルートを確認するために、主ポンプ、IHXの撤去がまず必要。また、上階の配管や機器を撤去して開口を作り、下階の物を出せるようにする。

物流ルート：R/B⇒M/Bに搬出

解体エリア：1次系はM/B、EVSTやR/Vは原位置

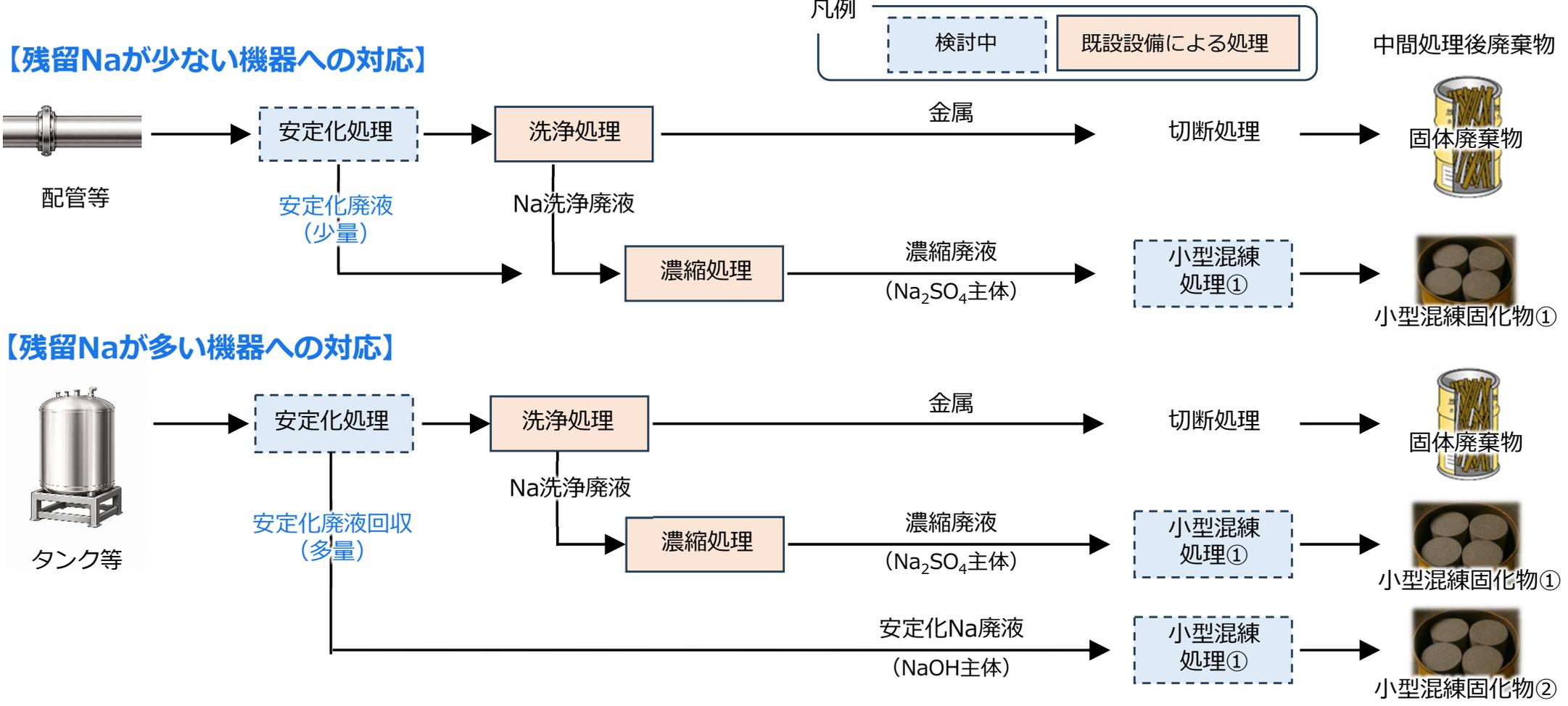
✓ 1次系の解体はM/B、EVSTやR/Vは原位置解体とし、それぞれの解体エリアを独立させてエリア干渉を回避することを目指す。そのため、1次系はM/Bへの移動をまずは優先して実施。



M/Bへ移動後、既存の設備にて順次洗浄し、廃棄物レベル区分に応じて処理

放射性Na機器の解体にあたっては、水蒸気を用いた安定化方法（WVN法）を採用し、残留Na量が少ない機器から順次実施するとともに、安定化処理後は既設設備を用いた洗浄処理を実施する計画である。

- 安定化廃液の性状はNaOHが主体であり、従来の燃料・機器洗浄廃液と同等であることから、濃縮廃液等としての性状は把握している。
- さらに、解体物内部の洗浄効果も期待できる。解体時は内部付着物の飛散等のリスク低減につながり、汚染の拡大防止につながるメリットがある。
- 今後は解体時期等の精査により、濃縮廃液等の発生時期を見極める必要がある。



濃縮廃液等の処理については、当該廃液が低放射性であり、複雑な機械を用いた大規模な遠隔操作や自動化を必要としないという特性を踏まえ、柔軟な対応が可能な人的作業を主体とした小型混練設備による固型化処理（中間安定化）を基本方針として検討を進めている。

小型混練固型化処理

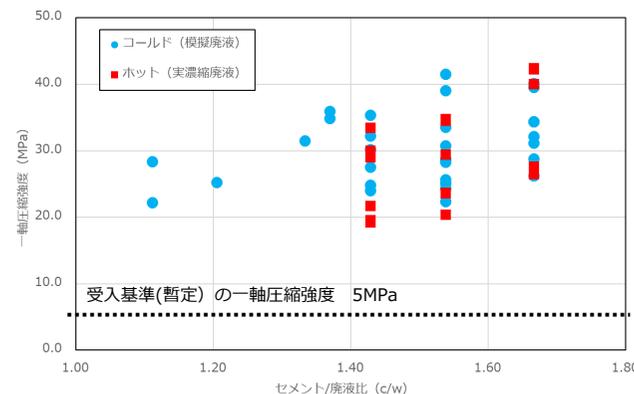
- 濃縮廃液等と固型化材料等を小型混練固型化装置で練り混ぜて固型化し、小型混練固型化物とする中間安定化処理方法である。なお、製作した小型混練固型化物については、固体廃棄物貯蔵庫等にて保管管理し、必要な時期までに廃棄体化処理（充填固型化）を行う。

検討状況

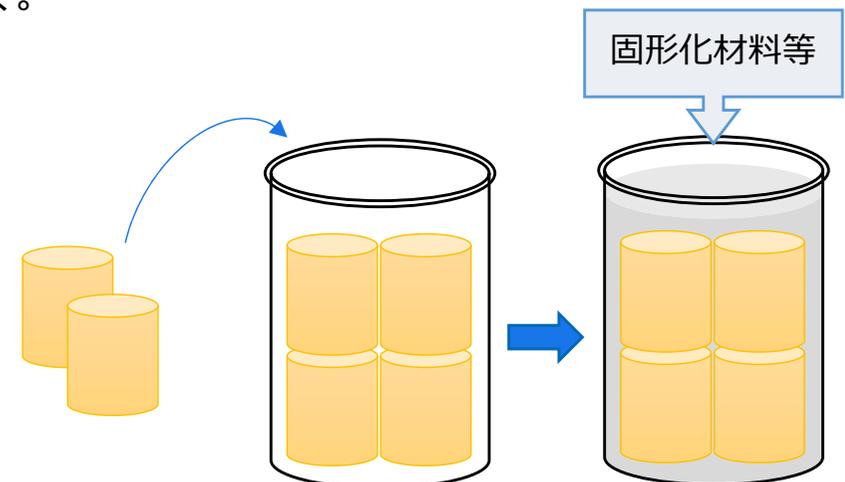
- 小型混練固型化装置については、汎用機の適用により成立することを確認しており、装置導入に要する期間も比較的短期間で対応可能である。また、機構で計画する埋設施設の廃棄物受入基準（暫定）への適合性確認のための固型化試験を実施しており、当該基準を満足する固型化体が製作可能であることの見通しを得ている。
- 具体的な装置の基本仕様および導入時期については、解体計画との整合性（濃縮廃液等の発生時期や発生量）を考慮しつつ、当該計画の進捗状況を踏まえて判断していく。



実濃縮廃液を用いた固型体



一軸圧縮強度の測定結果



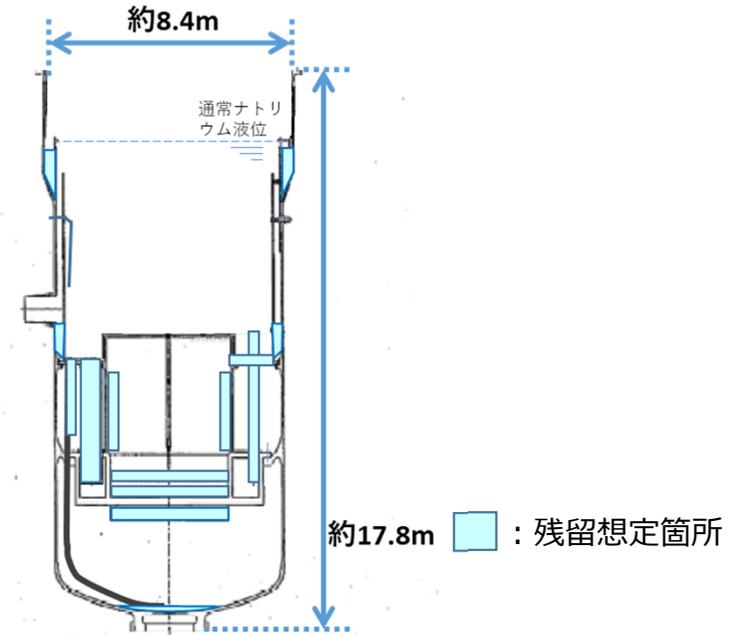
小型混練による中間安定化

廃棄体化

- 原子炉容器の解体の計画策定のためには、前段のナトリウム機器解体の知見を反映することに加え、機器の特殊性を踏まえた固有の技術開発、検証、習熟を要する。
- 解体計画の具体化に必要な大まかな方針（例：水中解体の要否）の絞り込みに現状至っておらず、今後これらを具体化するために必要な検討項目、検討順序に係る考えをご紹介していく。

R/Vの解体に係る特徴

- ✓ 複雑な構造であるため、くぼみや隙間などNaの残留箇所、量ともに多く、残留Naの取扱いの検討には時間を要する。
- ✓ また、もんじゅにおいて最も高線量下の解体となるが、Naの取扱いとも合わせて、気中解体とするか水中解体とするかによって、検討事項が大幅に変わる。
- ✓ 従って、残留Naの回収や安定化などのNaの管理に関する検討と、これに線量評価の観点も加味して解体環境（気中、水中）に関する検討が当面の検討事項となる。
- ✓ さらに、解体物の洗浄や保管、新規の物流動線等も将来的には検討が必要。

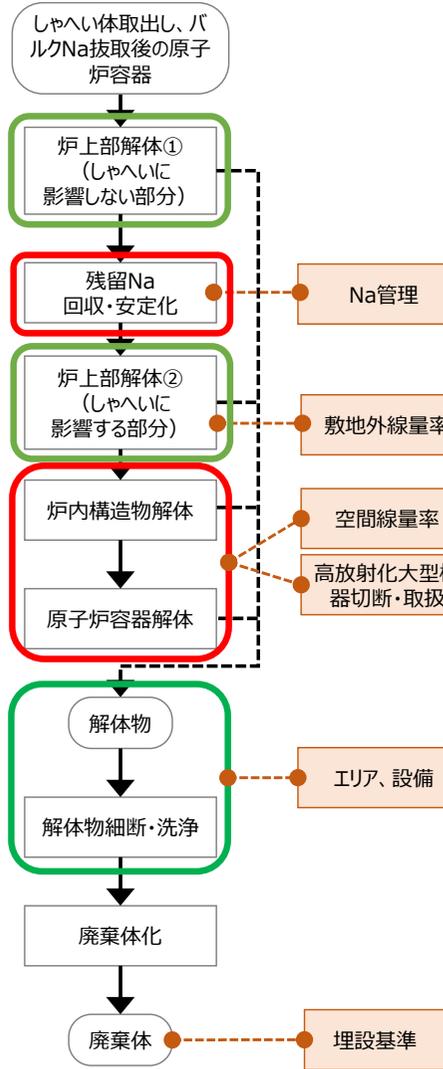


容器下部（鏡部等）の残留Naを回収するためにはアクセス性の観点から穴（孔）を加工する必要があるが、容器下部は線量が高い可能性があるため、汚染拡大防止も考慮し回収方法を検討する必要がある。まずは、作業時における炉内の汚染分布を確認する必要がある。

原子炉容器・炉内構造物のナトリウム残留箇所
推計総量：約25トン

現状想定する解体手順とR/V解体の特殊性を踏まえ、検討を要する項目を整理

上部からのR/V解体の基本手順と主な課題



当面の目標
 相互の検討を繰り返しながら、R/V解体の基本概念を固める
 時期：第3段階の廃止措置計画の申請まで

解体のコアとなる検討

技術的な観点からの検討

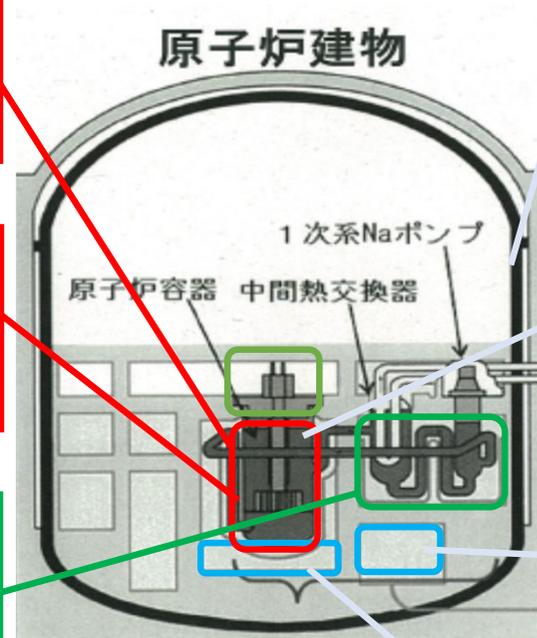
全体最適化に向けて必要な検討

2047年度の廃止措置完了のための合理化を含む検討

残留Na回収/安定化方法・時期
 周辺環境状況を踏まえた残留部位ごとの回収/安定化方法と時期の検討

原子炉容器/炉内構造物の解体環境（気中解体or水中解体）
 線量評価、残留Na回収の両面からの評価・検討

解体物の洗浄、保管の検討
 エリア検討、ハンドリング/保管設備、給排水、廃液処理

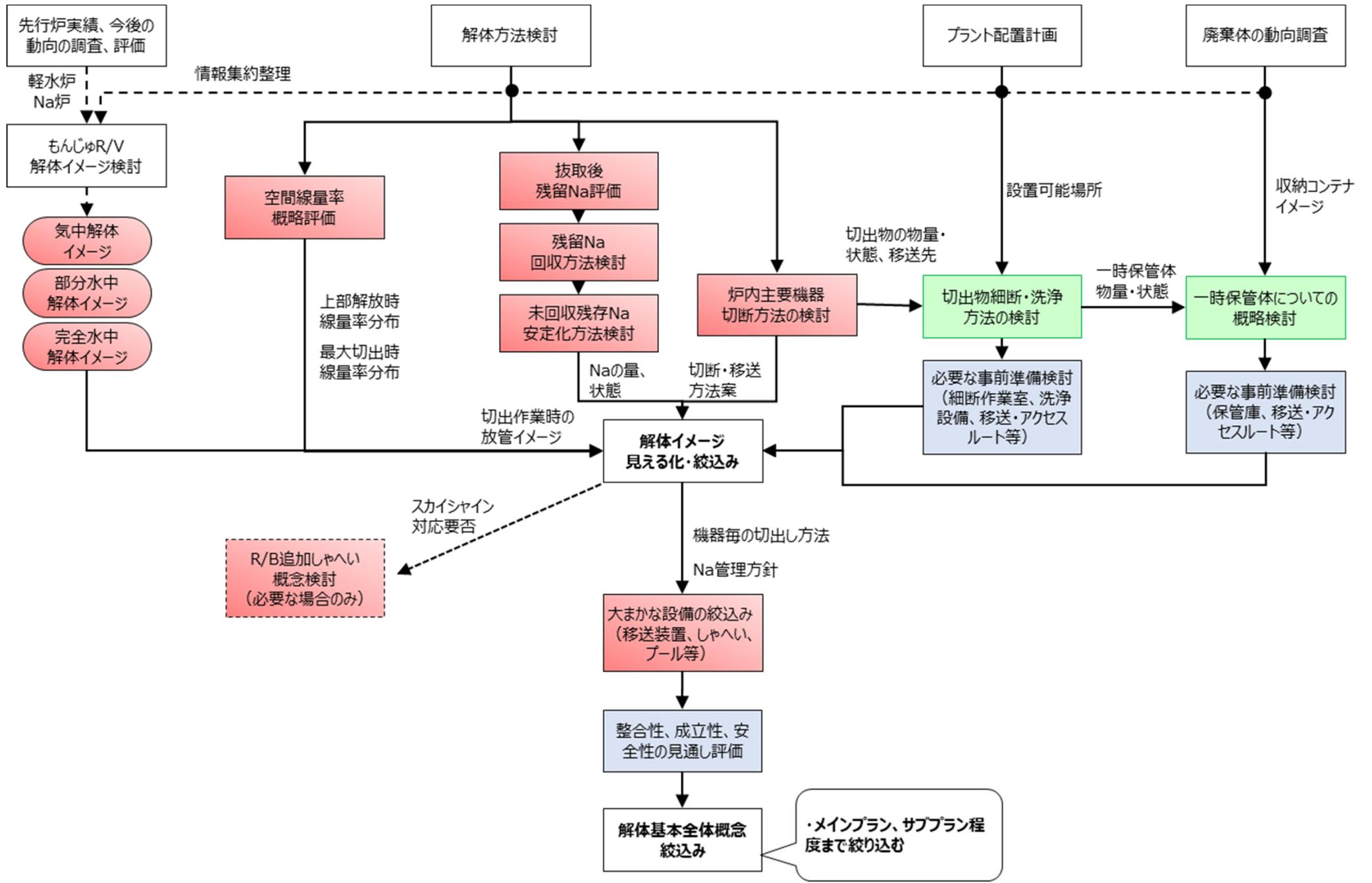


C/Vからの搬出动線検討
 機器ハッチからの搬出（他工事との干渉）もしくは別途ルートの必要性の検討

入口・出口配管及びG/V解体時期最適化（先行解体要否）検討
 残留Na回収や解体工程合理化に向けた検討

タンク類活用/撤去検討
 残留Na回収のための既設タンク活用、あるいは作業スペース確保のためのタンク撤去要否検討

ISI設備（R-101室）への進入経路検討
 残留Na回収対策や主配管/ガードベッセル、下部タンク類解体等へのアクセス



ナトリウム機器の解体には多段の作業ステップが必要であり作業量が多く、もんじゅのナトリウム設備の解体計画策定においては、必要なナトリウム技術基盤の確立を、段階的に実施する設備解体と連動して進め、かつ物流・放射線・廃棄物等の各計画と整合させた安全性・合理性が求められる。

これを達成するため、段階的解体と技術習熟を軸に、ナトリウム管理・放射線対策・廃棄物処理を統合した総合的アプローチで、今後本格化するナトリウム設備の解体に向け、計画を具体化していく。

参考資料

○試験目的

常温のナトリウム（固体）を防護衣の素材（アルミコーティングアラミド繊維）に置き、以下のパターンによるナトリウムの反応に伴う素材の性能を観察する。

反応パターン	ナトリウムの状態	反応要因	試験の目的
自然反応	塊（約1g）	高湿度環境	湿気と反応して生成された水酸化ナトリウムにより、アルミ層の腐食がないかを確認する。
自然反応	塊（約1g）	通常環境	通常雰囲気における湿分との反応及び素材への影響を確認する。
局所燃焼	塊（約1g）	外部入熱	バーナー等で強制着火させ、燃焼熱によるアルミ層の剥離と、アラミドの防護性能を確認する。

○試験方法

① 試験準備

- ・裏面温度の監視
試験片の裏側に、温度計の熱電対を貼り付ける。
- ・サンプルの配置
常温の金属ナトリウム（サイコロ状にカットしたものを想定）を繊維のアルミ層に置く。

② 反応試験

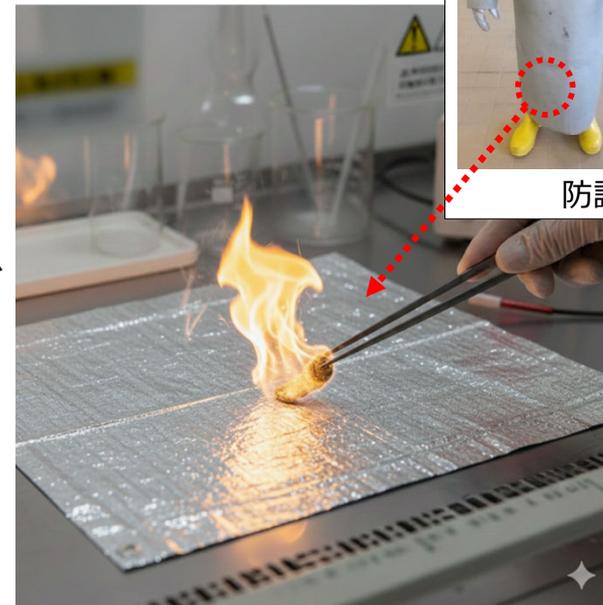
- ・湿分反応
霧吹き等で微量の湿分を与え、水酸化ナトリウムを生成する。
水酸化ナトリウムに常温の金属ナトリウムを追加する。
- ・強制着火
ガスバーナーでナトリウムの一部を加熱し、自立燃焼を開始させる。

◎ 観察ポイント

- > ナトリウムが燃焼しながら液状化（融点）して生地に広がる際、アルミ層がそれを弾くか、あるいは浸食を許すかを確認する。
- > 時間経過による影響度合いを確認するため、Na量や燃焼時間を変えて複数回実施。

③ 化学的影響の確認

- 燃焼が終了した後、または湿分反応が進んだ後、以下の確認を行う。
- ・拭き取り試験
表面に生成された水酸化ナトリウムを拭き取った際、アルミ層と一緒に剥がれ落ちないか。
 - ・強度確認
反応箇所の生地をピンセットで突き、脆化（ポロポロになっていないか）を確認。
 - ・耐浸透性
防護衣素材に対して、熔融Na、NaOHがどれだけ透過するかを確認。



反応試験（強制着火）イメージ * 生成AIにより作成

処理方式	湿り炭酸ガス法（炭酸塩化法）	湿り窒素ガス法（WVN法）	過熱蒸気法（SHS法）
処理概要	少量の水蒸気を含む炭酸ガス（または炭酸ガスと不活性ガスとの混合ガス）を注入することで、表層に炭酸塩（固体）を生成し、解体中のNaの燃焼を抑制する。	少量の水蒸気を含む窒素ガスを注入することで、表層から水酸化ナトリウム（水溶液または固体）に転換し、解体中のNaの燃焼を抑制する。（燃料処理等で実施している蒸気洗浄と同等）	過熱蒸気を含む窒素ガスを注入することで、水酸化物（液体）を生成しつつ、Na（液体）と対流させることで、Naを水酸化ナトリウムに転換し、解体中のNaの燃焼を抑制する。
処理の化学式	(1) : $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + (1/2) \text{H}_2$ (2) : $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (3) : $\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NaHCO}_3$	$\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + (1/2) \text{H}_2$	$\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + (1/2) \text{H}_2$
長所	<ul style="list-style-type: none"> 比較的に穏やかに反応が進み、急激な反応は起こりにくい。 基本的にNaOH水溶液は残らない。 	<ul style="list-style-type: none"> 厚い残留ナトリウムに対して炭酸化よりも効率的に処理可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 厚い残留ナトリウムに対しても効率的に処理可能。 処理速度が速い。
短所	<ul style="list-style-type: none"> 生成物の体積が増加する。 生成物の厚さ増加に伴い反応速度が低下する。 厚い残留Naの処理に対しては非効率。 処理速度が遅い。 H₂が発生する。 	<ul style="list-style-type: none"> 表層の水溶液とNaの急激な反応が起こることがある。 処理速度は湿り炭酸化法と同等かそれ以上であるが、SHS法よりも遅い。 NaOH水溶液の管理が必要。 H₂が発生する。 	<ul style="list-style-type: none"> 温度制御が不十分であるとNaOHが表層で固化し、反応が停止、その後、水溶液が溜まる可能性がある 加熱が必要。 NaOH蒸気の管理が必要 処理速度に比例してH₂が発生する。

