

# 「もんじゅ」の燃料体取出し作業の進捗状況について

案

2021年●月●日

日本原子力研究開発機構（JAEA）

## 1. 燃料体の処理作業の準備

- ◆ 4月20日、燃料出入機点検を完了
- ◆ 5月15日、  
定期事業者検査のうち検査②（燃料体の処理に必要となる機能の検査）を完了
- ◆ 5月17日、ホールドポイントで燃料体の処理作業に着手可能であることを所長が判断

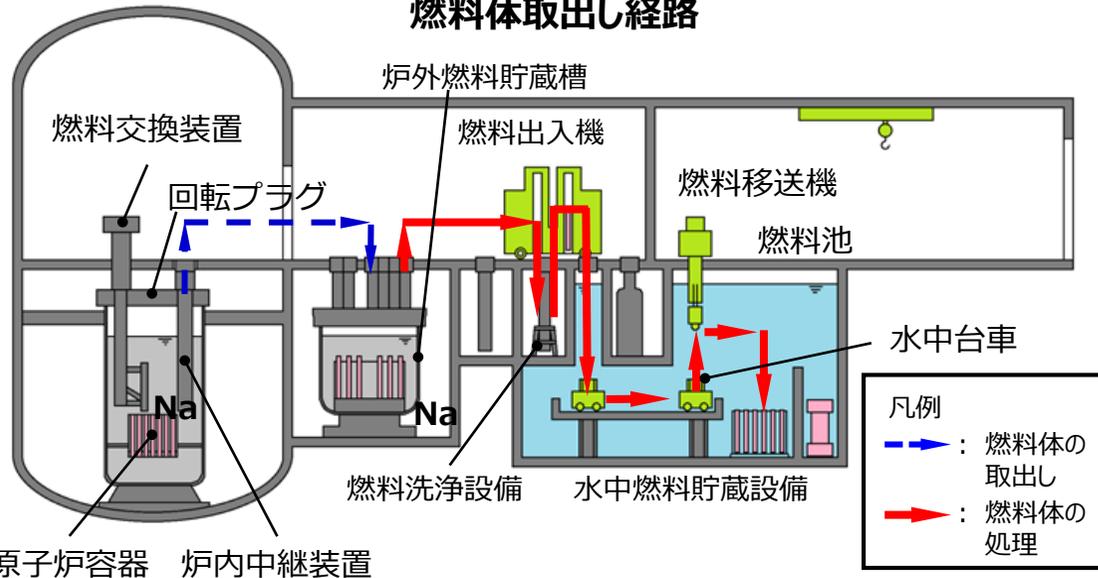
## 2. 燃料体の処理（炉外燃料貯蔵槽 ⇒ 燃料池）

作業は計画通りに進捗中

- ◆ 5月19日、燃料体の処理作業を開始
- ◆ 6月●日までに●体処理
- ◆ 9月までに146体を処理予定
- ◆ 今までに発生した不具合は想定・準備済みのもの等であり、全て設備・取扱対象物が正常かつ安全であることを確認し、調整等ののち復旧済み

# 2021年度の燃料体取出し作業の予定

## 燃料体取出し経路



## 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	2020年度の燃料体の処理終了時点	2020年度の燃料体の取出し終了時点	2021年度の燃料体の処理終了時点
原子炉容器	370	270	124	124
炉外燃料貯蔵槽	160	0	146	0
燃料池	0	260	260	406

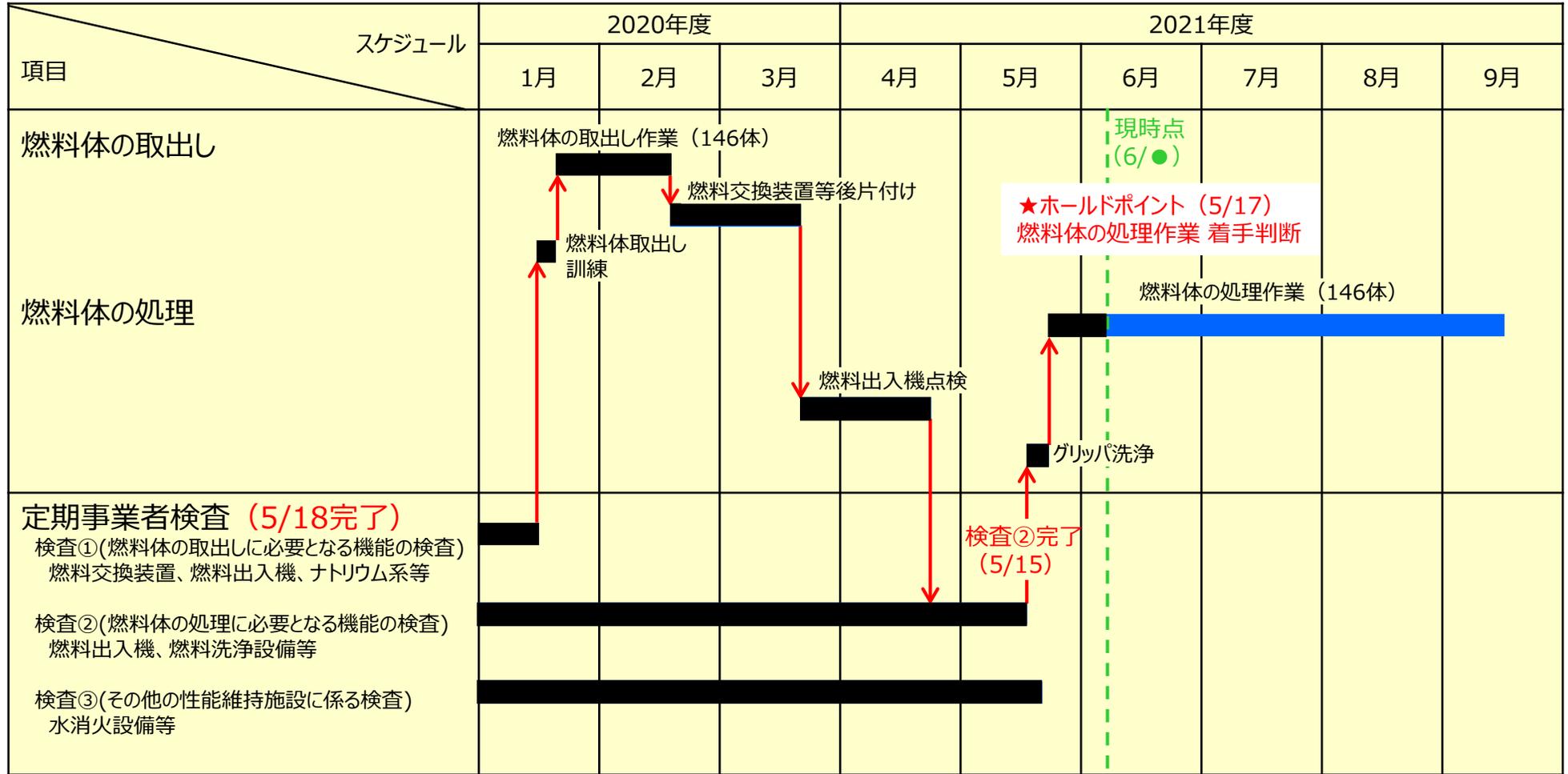
燃料池には上記表のほか、過去に取出した2体を貯蔵している

## 第1段階における燃料体取出し作業工程

年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
燃料体の処理 (530体) 炉外燃料貯蔵槽→燃料池	2018.8 100体→86体 (済)	2019.11 174体 (済)	2020.6	2021.3 146体	2022.6 124体
燃料体の取出し (370体) 原子炉容器→炉外燃料貯蔵槽		2019.9 100体 (済)		2021.1 146体 (済)	2022.4 124体
定期設備点検					模擬燃料体装荷無し

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

# 燃料体取出し作業工程（直近）



## 作業の着手判断

- 燃料体の処理作業の開始前にホールドポイントを設け、以下を所長が確認し燃料体の処理作業に着手可能であることを判断
  - ◆ 燃料体の処理作業に必要となる機能の検査（検査②）が問題なく終了していること
  - ◆ 燃料体の処理作業に係る体制が整備されていること

## 作業の進め方

- 前回と同様に、実施責任者の下、燃料取扱設備の操作を担当する「操作チーム」（5名/班）と運転操作を設備面から支援する「設備チーム」（3名/班）とで構成
- 5体／2日程度で146体の燃料体を処理
- 約40体処理毎に本体Aグリッパを洗浄と本体Aドリップパンを交換
- 燃料出入機本体A、本体Bの爪開閉トルク等の上昇抑制のため前回と同様に燃料洗浄槽の除湿対策、燃料出入機昇降駆動装置のメカニカルシール近傍の加温を実施
- 毎体の爪開閉トルク等の運転パラメータを継続的に監視し異常の兆候が無いかを確認

以下、参考

- 対策を施しても3つの視点から7種類の不具合（次項参照）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

No.	発生日	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 プロアA号機停止）	機器異常	整理中※	プロア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器故障」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

※：参考3

# 燃料体の処理作業で想定される事象

## (2021年度の燃料体の処理作業で想定される不具合の代表例7種類)

### 2. 燃料出入機本体 B グリッパのつかみはなし異常 (トルク上昇)

- ・事象：グリッパ駆動部メカニカルシールの摺動抵抗増加
- ・対策：メカニカルシール交換済み、加温の適切運用中
- ・復旧：本体B駆動部を分解しシール交換 (約1ヶ月要、予備品確保済み)

**B**

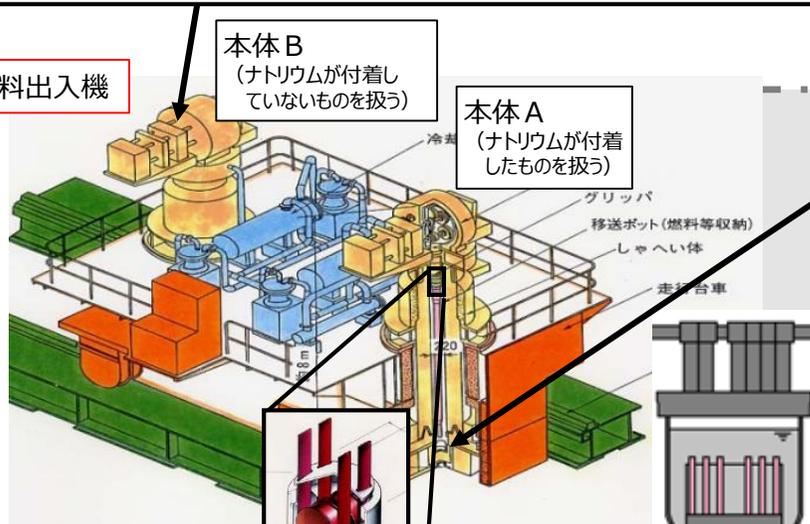
### 3. 燃料出入機本体 A ドアバルブのナトリウム付着によるシール漏れ

- ・事象：ドアバルブ付着NaがNa化合物となりドアシールからArガス漏えい
- ・対策：本体A直接冷却系停止対策済、手順書反映
- ・復旧：本体A分解しドアバルブ付着Na等の手入れ (約1ヶ月要)

**A**

燃料出入機

 本体 B  
(ナトリウムが付着していないものを扱う)

 本体 A  
(ナトリウムが付着したものを扱う)

 炉外燃料  
貯蔵設備  
(EVST)

燃料出入機本体 A

燃料出入機本体 B

水中台車

燃料移送機

燃料洗浄設備

**Ar・Na雰囲気**
**空気・水雰囲気**

### 6. 制御信号伝送異常等による自動化運転停止

- ・事象：制御信号伝送異常
- ・対策：伝送回路の変更対策実施、手順書反映
- ・復旧：再現性確認のうえ自動化運転再開 (約2時間)

**C**

### 7. ガス置換時間超過による自動化運転停止

- ・事象：ガス置換時の低気圧等に伴う真空引き時間超過
- ・対策：ガス置換方法変更等対策実施、手順書反映
- ・復旧：現場確認のうえ自動化運転再開 (約1時間)

**C**

### 4. 燃料洗浄槽配管予熱温度異常による自動化運転停止

- ・事象：配管予熱温度の部分的低下
- ・対策：予熱ヒータの警報設定値の最適化等対策済
- ・復旧：現場予熱温度を確認し自動化運転再開 (約1時間)

**C**

### 5. 洗浄水の電気伝導度高による自動化運転停止 (電導度 > 500 $\mu$ s/cm)

- ・事象：残留 Na が多い場合にプログラム回数で電導度が規定値に達しない
- ・対策：追加洗浄運転を自動化対策済
- ・復旧：追加洗浄 (1回当たり約30分)

- 8 / 35

### 1. 燃料出入機本体 A グリッパのつかみはなし異常 (Na等の固着)

- ・事象：付着Naが湿分等でNa化合物となりグリッパ爪開閉動作が渋くなる
- ・対策：燃料洗浄槽の除湿対策実施済、グリッパトルクの継続的監視及び洗浄時期の計画運用中 (約40体処理毎)
- ・復旧：本体Aグリッパ洗浄 (約3~5日要)

**A**


本体AグリッパとNa化合物付着

## 【事象】

2021年5月22日、燃料体の処理作業中に「本体B直接冷却系異常」警報が発報し、確認したところ燃料出入機本体B直接冷却系ブロアAが停止していた。

なお、待機号機であるブロアBが自動起動したことにより警報はクリアした。

## 【設備概要】

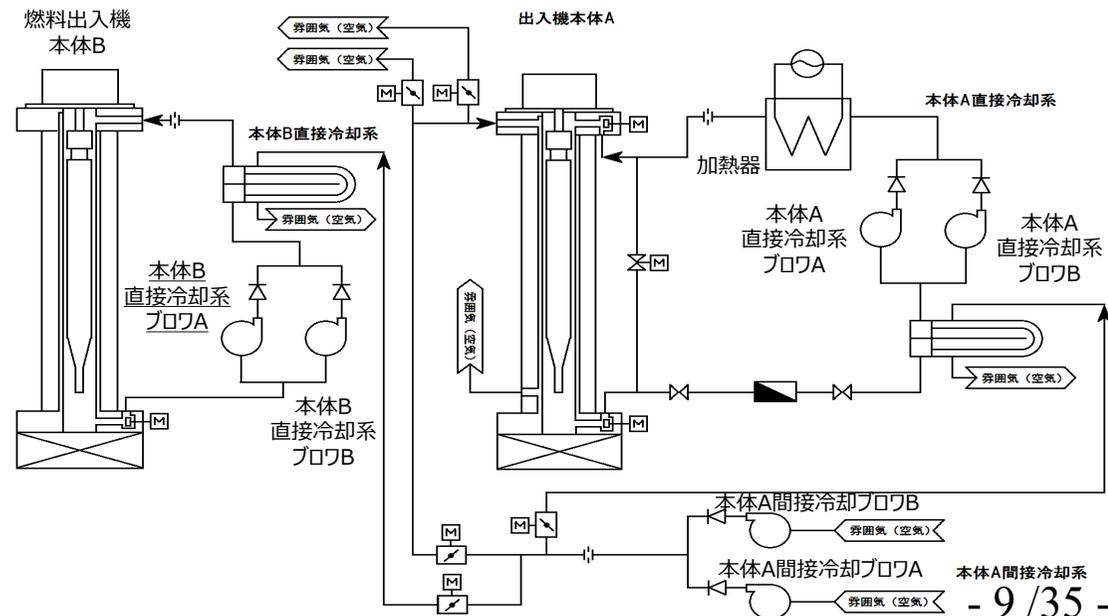
燃料出入機本体B は空気により直接燃料体をブロアによる空気循環によって冷却する。ブロアはA,B号機2台を有している。

なお、燃料体の崩壊熱は低く、ブロアが停止しても燃料体の健全性に影響がない（冷却機能を喪失した場合でも燃料被覆管最高温度が基準を大きく下回る）ため冷却機能自体は不要。しかし、設備改造に伴う不具合発生の可能性を考慮し、現在は改造せず運転を継続している。

## 【復旧の内容及び今後の予定】

ブロアが停止しても燃料体の洗浄は可能であり、燃料体の処理作業は継続する。

念のため、ブロアの点検調査を実施するとともに、ブロアBが故障した場合の処置を検討する。



# 「もんじゅ」廃止措置第2段階に向けた検討状況

(案)

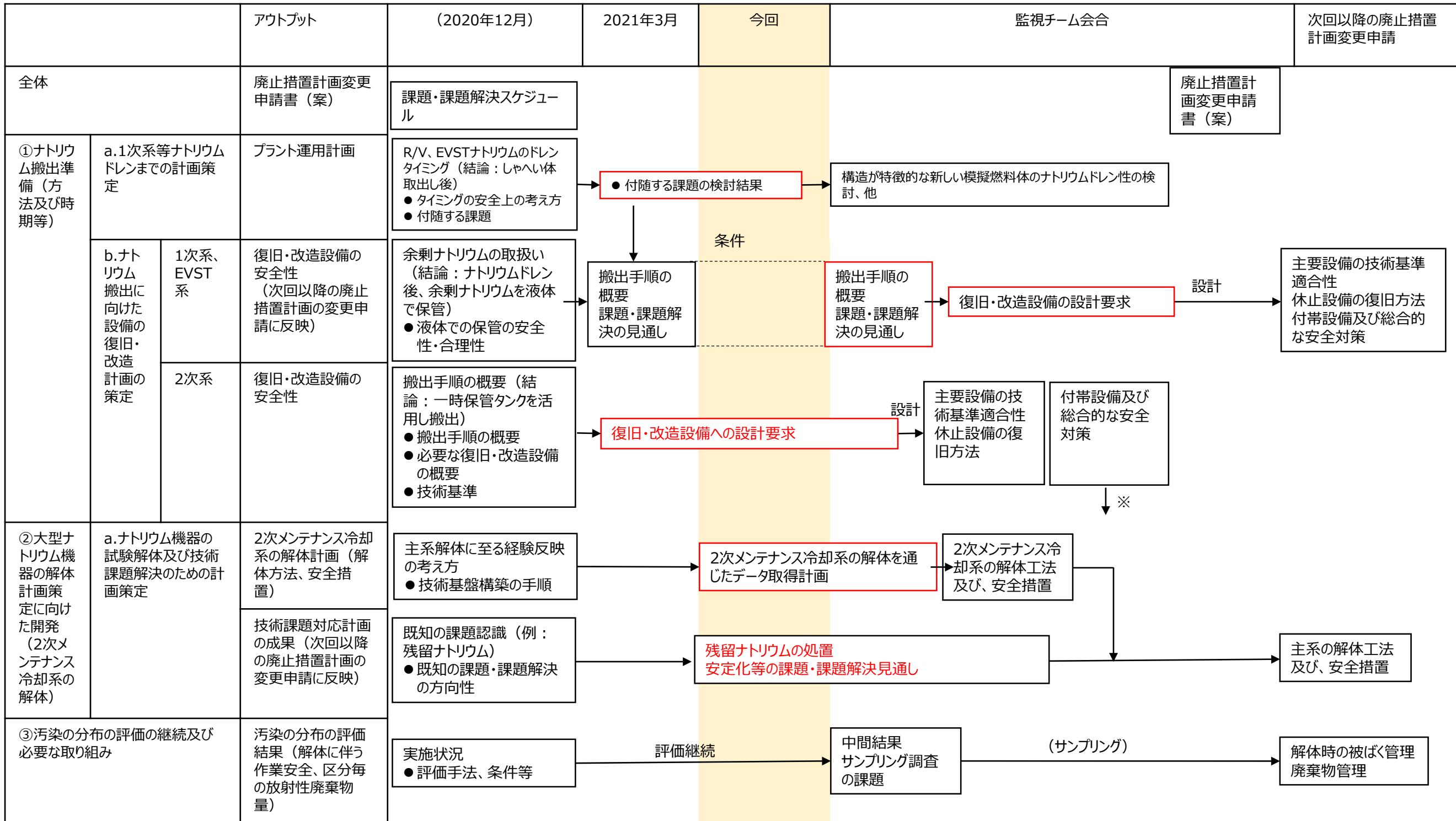
2021年●月●●日

日本原子力研究開発機構 (JAEA)

(案)

# 今回の説明範囲 (1/2)

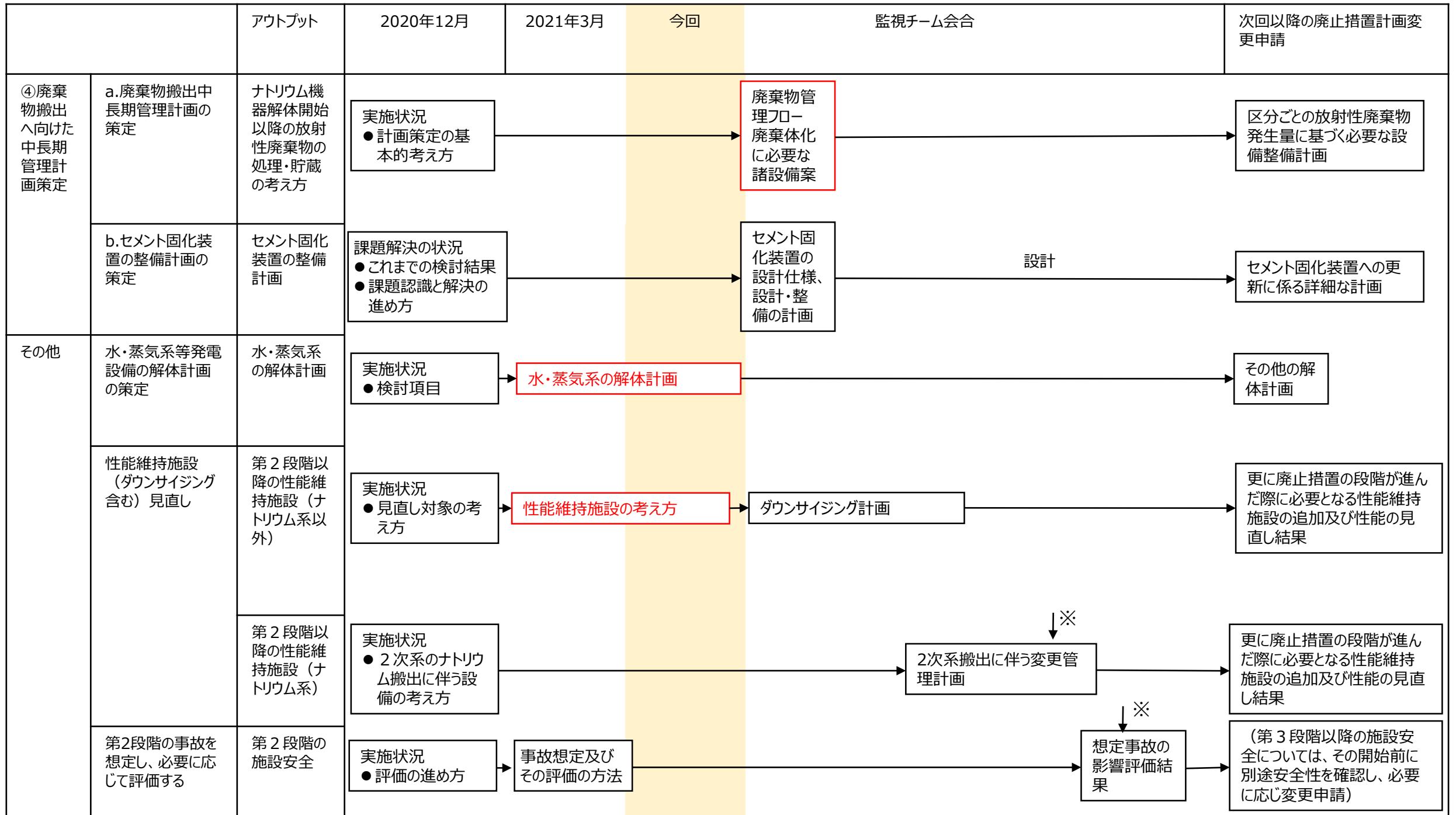
□ : 時期を変更したもの  
赤字 : 今回説明するもの



注) 検討状況に応じて課題の追加、順序の見直しの可能性がある。

(案)

# 今回の説明範囲 (2/2)



注) 検討状況に応じて課題の追加、順序の見直しの可能性がある。

# 今回の説明概要

項目	進捗	課題
<p>①ナトリウム搬出準備 a.1次系等ナトリウムドレンまでの計画策定</p>	<p>A) 原子炉容器 (R/V) のナトリウム液位を下げた状態でのしゃへい体取出し作業の成立性  <ul style="list-style-type: none"> <li>・設計の視点から影響評価済み。(成立性あり)</li> <li>・運転操作の視点から影響評価。(実施中)</li> <li>・故障等により取出しができない事態への対応。(検討中)</li> </ul> </p> <p>B) 炉外燃料貯蔵槽 (EVST) をバイパスした状態でのしゃへい体取出し作業の成立性            機器不具合・工程遅延のリスクが大きいため実施しない。</p> <p>C) 模擬燃料体に残留するナトリウムのドレン性  <ul style="list-style-type: none"> <li>・ナトリウム残留量の定性的な把握のため単体要素試験を実施中</li> <li>・集合体試験を実施し、残留ナトリウム量を定量的に把握予定</li> <li>・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を検討中</li> </ul> </p>	<p>A) 原子炉容器 (R/V) のナトリウム液位を下げた状態でのしゃへい体取出し作業の成立性            課題1 原子炉容器 (R/V) のナトリウム液位を下げたことが運転に及ぼす影響評価。            課題2 しゃへい体等の取り出しができない事態への対応。</p> <p>C) 模擬燃料体に残留するナトリウムのドレン性            課題3 残留ナトリウム量の把握及び残留ナトリウム低減対策の検討。</p>
<p>①ナトリウム搬出準備 (方法及び時期等) 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</p>	<p>前回提示したナトリウムの搬出方法案に対して復旧範囲、改造範囲、移送期間の3点で比較を行った。            具体的な設備設計にあたっては、リスクが顕在化した時の影響抑制の視点も含め、総合的に仕様を考え搬出方法を確定する。</p>	<p>具体的な設備設計にあたっては、リスクが顕在化した時の影響抑制の視点も含め、総合的に仕様を考える必要あり。</p>
<p>②大型ナトリウム機器の解体計画策定に向けた開発</p>	<p>必要な技術開発項目を抽出するためナトリウム機器を解体するにあたってのフロー案を作成し、ナトリウム機器解体特有のプロセスを明確化。            解体技術の検証や長期的な開発課題特定のため、解体工法やナトリウム安定化方法の選択の判断を行えるよう技術項目を整理中。</p>	<p>2次主冷却系解体のために、2次メンテナンス冷却系解体において検証すべき技術の選定。            原子炉容器等の解体までを見据えて長期的に取り組む必要がある開発課題の選定。</p>
<p>水・蒸気系等発電設備の解体計画の策定</p>	<p>以下の水・蒸気系設備の解体方針を策定。            ① 性能維持施設に影響を及ぼさない            ② 安全かつ合理的に大型機器・設備を解体する            ③ ナトリウム機器解体準備工事へ影響を及ぼさない            これを基に、具体的な解体の計画しており、建物の構造的な特徴も踏まえ、凡その工事範囲を同定した。現在詳細を検討中。</p>	<p>廃止措置の全体影響 (撤去物保管エリアや作業性) を考慮した最適な隔離位置・方法を検討中。</p>
<p>性能維持施設</p>	<p>安全確保のために要求される主な機能である「冷やす」「止める」「閉じ込める」の要求を整理した。            今後、もんじゅの現状のプラント状態だけでなく、将来のプラント状態との整合性も検討した上で、準備が整ったものから順次検討に着手し、説明する。</p>	<p>第2段階以降のナトリウム漏えい等、次段階のリスクに応じた最適な維持機能の整理。</p>

# 実施内容と代表的課題

実施項目：①ナトリウム搬出準備

実施内容：

- a. 1次系ナトリウムのドレンまでの計画の策定
- 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、2次系）

実施期限：

- a. 第2段階開始まで
- b. ナトリウム搬出開始まで（1次系:検討中、2次系:今回）

代表的課題：

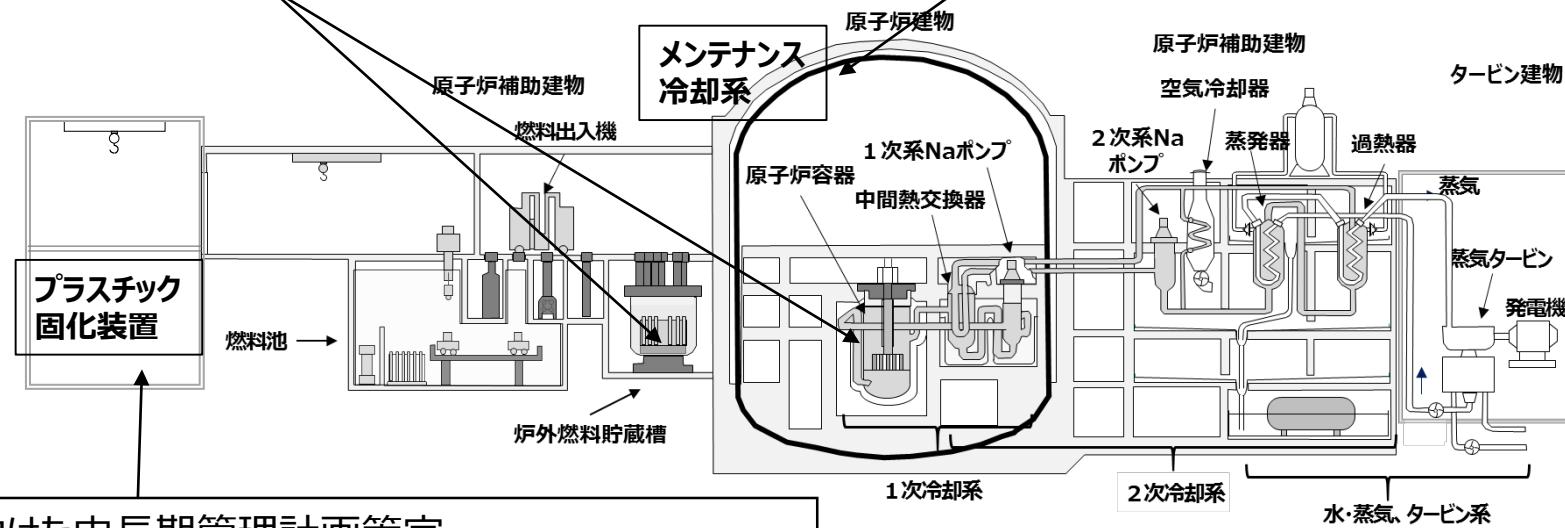
- a. 原子炉容器、炉外燃料貯蔵槽にナトリウムが存在
- b. サイト外へナトリウムを搬出する専用設備の未整備

注：太字（下線）は第2段階開始までに実施すべきもの

実施項目：②大型ナトリウム機器の解体計画策定に向けた開発  
 実施内容：ナトリウム機器の試験解体及び技術課題解決のための計画策定

実施期限：第2段階開始まで

代表的課題：もんじゅにおいてナトリウム機器解体に係る経験が希少・未確立の技術がある



実施項目：④廃棄物搬出へ向けた中長期管理計画策定

実施内容：

- a. 廃棄物搬出中長期管理計画の策定
- b. セメント固化装置の整備計画の策定

実施期限：

- a. 汚染の恐れがある機器解体開始まで
- b. 第2段階開始まで

代表的課題：

- a. 最適な廃棄物区分計画／搬出の考え方が未整備
- b. 洗浄作業（解体含む）や安定化処理に伴って発生する濃縮廃液の処理

実施項目：③汚染の分布に関する評価、その他（水・蒸気系解体、性能維持施設の見直し、事故時安全評価の確認、等）

監視チーム会合説明予定：

- 今後の会合において、これらの実施内容と課題解決方策及び課題解決結果を提示
- 最終会合において、廃止措置計画変更案を提示

検討方針「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」

1. 1次系等ナトリウムのドレン等の考え方

しゃへい体を取出す間・取出した後出来るだけ1次系等のナトリウムを局所化する  
 ナトリウムドレン後にしゃへい体等を取出す場合、残留ナトリウムの影響や燃料取扱設備の機器動作への影響が大きい。よって第2段階開始からナトリウム中でしゃへい体等の取出しを実施した後、原子炉容器（R/V）、炉外燃料貯蔵槽（EVST）のナトリウムをドレンし、ナトリウム漏えい発生リスクを低減する  
R/Vの液位を下げ1次系冷却系主配管中のナトリウムを先行してドレンし、しゃへい体等を取出す  
 1次系の点検のためにしゃへい体等の取出しを中断することがなく、工程短縮が可能

2. 課題と課題解決の状況

A) 原子炉容器（R/V）のナトリウム液位を下げた状態でのしゃへい体取出し作業の成立性

R/Vのナトリウムが純化出来ず、若干温度の低いカバーガス空間で燃料交換設備が動作する。設計と異なる環境が機器動作に与える影響を評価

1) 影響評価（設計面）→作業の成立性が見通せる

①ナトリウム化合物の析出

外部からR/V内に酸素を持ち込む機会は殆どなく、燃料体の取出し作業と同様に純度管理することでナトリウム化合物の析出防止可能

②ミストとなったナトリウムの機器への付着・凍結

カバーガス空間は凡そ160℃。機器の動作トルクは裕度をもっており、動作に影響なし

③温度差（熱膨張差）による機器の動作範囲

燃料交換装置の位置決め、パンタグラフ開閉位置に影響する⇒設定値を変更する予定

④ナトリウム浸漬範囲の減少による機器の浮力減少

燃料交換装置によるしゃへい体の吊り不吊り判定荷重に影響する⇒設定値を変更する予定

2) 影響評価（運転面）→検討中（別紙参照）

運転操作性から影響がないか機器の各動作毎の一つづつ確認。

3) しゃへい体等の取り出しができない事態への対応→検討中（別紙参照）

燃料交換装置の故障：燃料体の取出し時の対応と同様

純度悪化時の対応：（検討中）

温度低下時の対応：（検討中）

液位低下時の対応：燃料体の取出し時の対応と同様

B) 炉外燃料貯蔵槽（EVST）のナトリウムをドレンした状態でのしゃへい体取出し作業の成立性

しゃへい体は冷却の必要がなく、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。一方、設計と異なる環境が機器動作に与える影響を評価

1) 影響評価→機器不具合・工程遅延のリスクが大きい（EVST早期ドレン未実施）

燃料出入機本体Aグリップの駆動テープに付着したナトリウムが燃料洗浄槽から持ち込まれた湿分により化合物を形成した場合、燃料出入機本体Aの分解点検が不可避

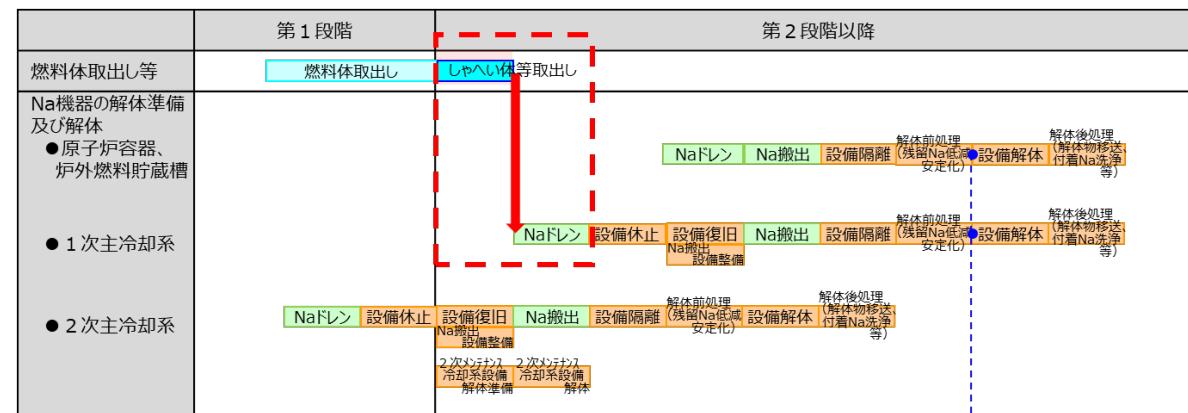
C) 模擬燃料体に残留するナトリウムのドレン性

ピン隙間部に残留するナトリウムの挙動は毛細管現象。定性的には表面張力、濡れ性に依存するが、計算による定量的評価は難しい。隙間の影響が大きい場合、重力だけでナトリウムが抜けきらず残留ナトリウムが多い場合、燃料取扱設備の運転に影響するため、当該ナトリウムのドレン性を評価

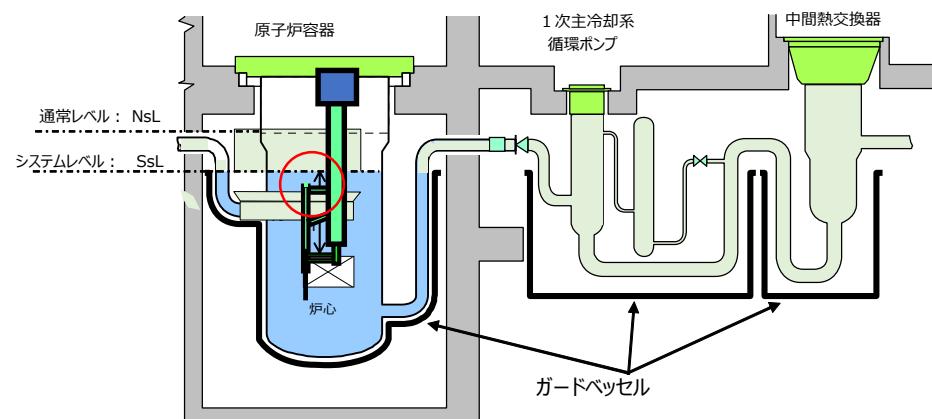
1) 試験評価→実施中（別紙参照）

単体要素試験と集合体試験を組み合わせ残留ナトリウム量を定量的に把握

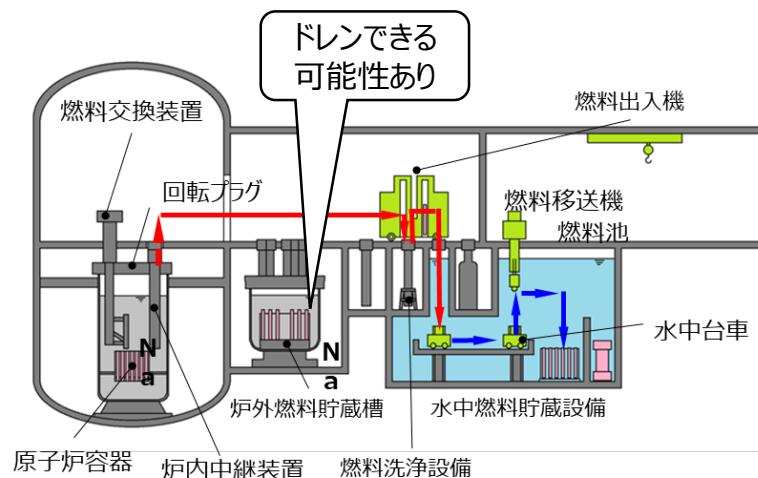
並行して残留ナトリウムが多い場合を想定した残留ナトリウム低減対策を検討



しゃへい体等の取出しとナトリウムのドレン時期



R/Vナトリウム液位を下げた状態



しゃへい体等の取出し経路(R/Vから直接燃料洗浄設備に移送する場合)

左記の検討結果を踏まえ、しゃへい体等の取出しを含む1次系等ナトリウムドレンまでの計画を策定

# 案2 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)

検討方針「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」

## 1. 1次系等ナトリウムのドレン等の考え方

しゃへい体等の取り出しを優先し、その後ナトリウムを搬出する  
 しゃへい体を取り出す間、出来るだけ1次系等のナトリウムを局所化（主冷却系ドレン）  
 しゃへい体の取り出し期間をできる限り短くする

## 2. 課題と課題解決の状況

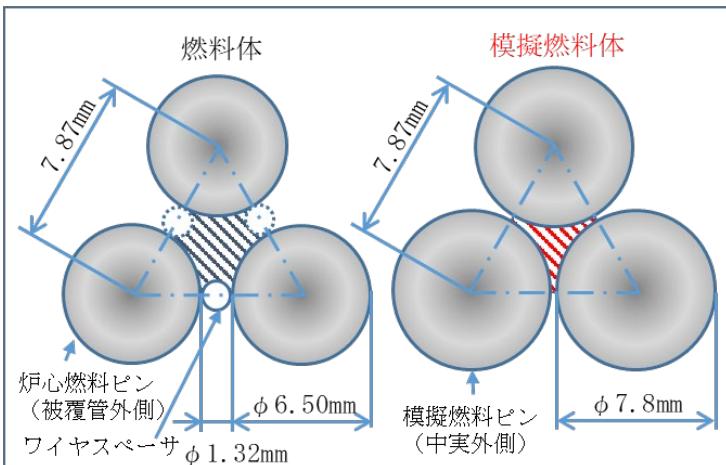
- A) 原子炉容器（R/V）のナトリウム液位を下げた状態でのしゃへい体取出し作業の成立性  
 R/Vのナトリウムが純化出来ず、若干温度の低いカバーガス空間で燃料交換設備が動作する。設計と異なる環境が機器動作に与える影響を評価
- 1) 影響評価（設計面）→作業の成立性が見通せる
  - 2) 影響評価（運転面）→検討中（別紙参照）  
 運転操作性から影響がないか機器の各動作毎に一つずつ確認中
  - 3) しゃへい体等の取り出しができない事態への対応→検討中（別紙参照）  
 燃料交換装置の故障、液位低下時の対応：検討済  
 純度悪化時、温度低下時の対応 → 検討中
- B) 炉外燃料貯蔵槽（EVST）をバイパスした状態でのしゃへい体取出し作業の成立性  
 →機器不具合（テープ部のナトリウム付着）による工程遅延のリスクが大きいため実施しない

## 3. 新たな課題と課題解決の状況

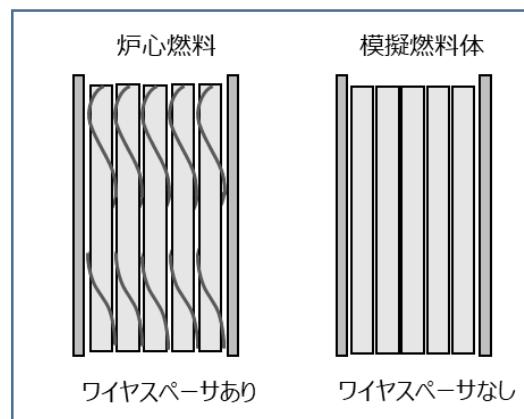
- C) 模擬燃料体に残留するナトリウムのドレン性  
 燃料体とピン形状が異なり、残留ナトリウムが増加する恐れあり  
 試験評価→実施中（別紙参照）  
 ナトリウム残留量の定性的な把握のため単体要素試験を実施中  
 今後、集合体試験を実施し、残留ナトリウム量を定量的に把握予定  
 並行して残留ナトリウムが多い場合を想定した残留ナトリウム低減対策を検討中

上記の検討結果を踏まえ、しゃへい体等の取出しを含む1次系等ナトリウムドレンまでの計画を策定

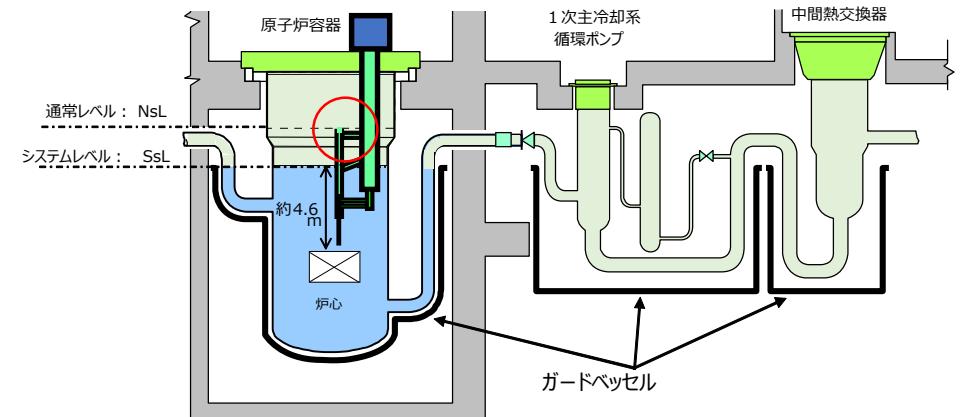
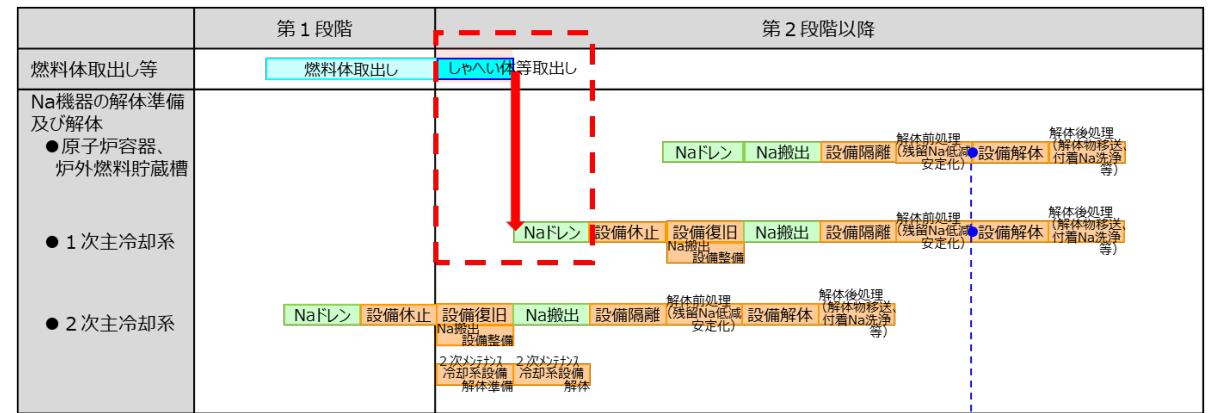
<模擬燃料集合体・燃料体の断面図比較>



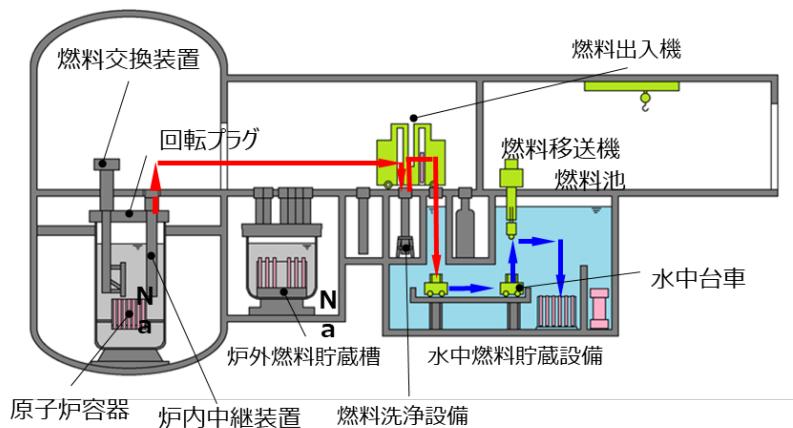
<ワイヤスペーサの有無によるNa流路部分のイメージ>



しゃへい体等の取出しとナトリウムのドレン時期



R/Vナトリウム液位を下げた状態



炉外燃料貯蔵槽（EVST）をバイパスした状態でのしゃへい体取出し作業経路（R/Vから直接燃料洗浄設備に移送する場合）



**課題**

- 課題1 原子炉容器 (R/V) のナトリウム液位を下げた状態でのしゃへい体取出し作業の成立性 2) 影響評価 (運転面) (案)  
R/Vナトリウム液位を下げることによる影響を評価した結果、成立性が見通せた。運転操作の視点から影響確認が未実施のため、検討する

しゃへい体等取出しは、計算機を利用した自動化運転にて、しゃへい体等を取り出し、模擬燃料体を装荷しない。この運転は、2022年度に実施する第一段階の燃料体取出しにおける部分装荷と基本的に同じ操作手順である。異なる点は燃料体以外の炉心構成要素を取り出すことだが、当初設計で考慮済み

機器動作毎にR/Vナトリウム液位を下げることによる機器動作環境の違いに対する影響 (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) を踏まえ、操作面におけるエラー発生要因がないか確認中

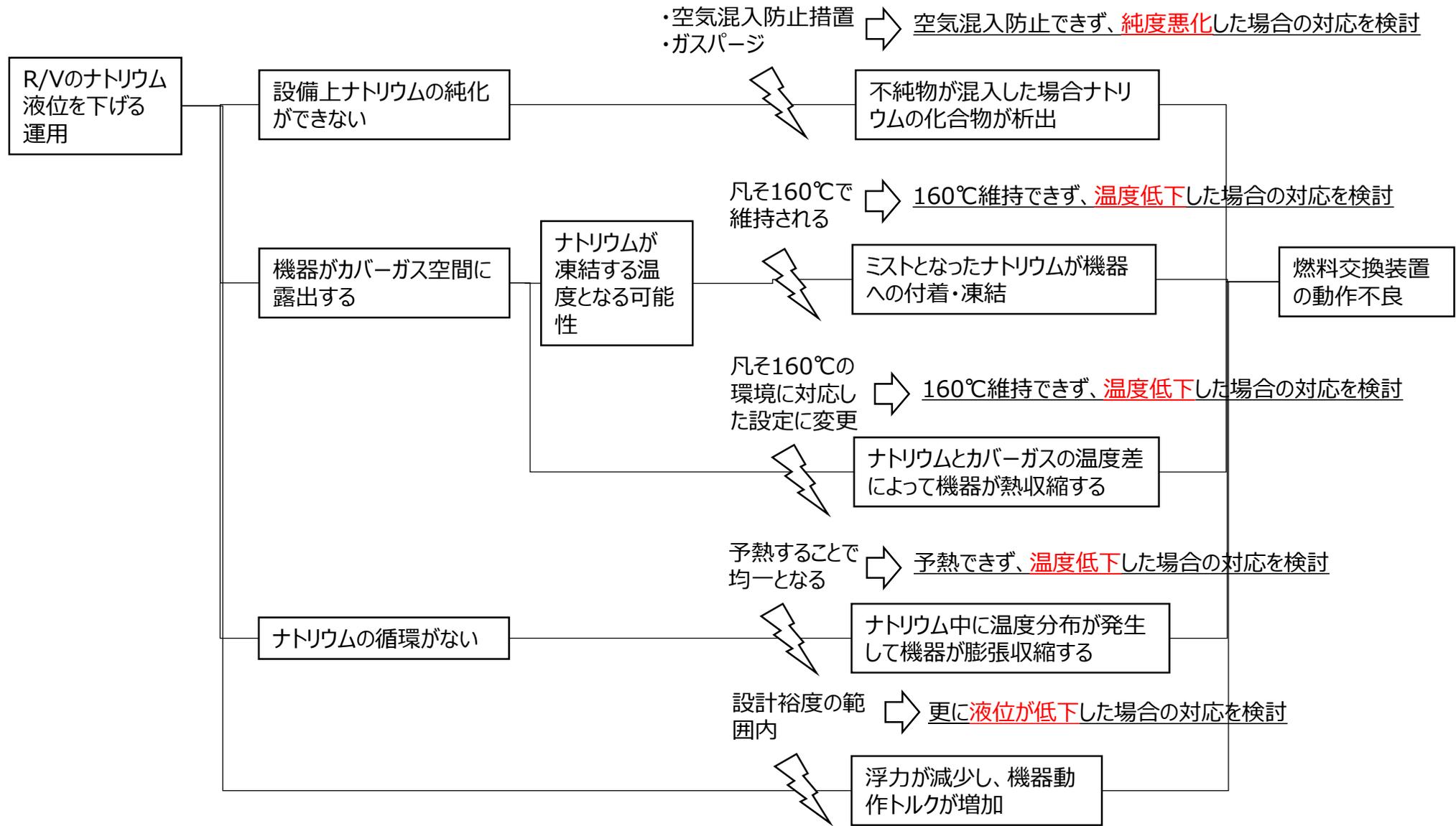
検討例

SBP	機器動作		R/Vナトリウム液位を下げるに伴う影響			運転上の懸念事項、エラー発生要因	対策
			純度	温度差	浮力減少		
3201 旋回 (1)	ホールドダウン アーム旋回	旋回 角		炉心位置のずれ		・新たなエラー発生要因なし ・炉心位置のずれはアドレス再設定することで対応できる	運転監視項目 (旋回角) の見直し
		旋回トルク			荷重増によるトルク増加	・新たなエラー発生要因なし ・設計トルクに裕度があり問題ない	運転監視項目 (旋回トルク) の見直し
	回転プラグ旋回	旋回 角				・新たなエラー発生要因なし	(運転監視項目 (旋回角) の見直し)
		旋回トルク			荷重増によるトルク増加	・新たなエラー発生要因なし ・設計トルクに裕度があり問題ない	運転監視項目 (旋回トルク) の見直し

**今後の進め方**

上記検討を進め、新たな問題点が見つかった場合はその対策を検討する (9月まで)

<p>課題</p>	<p>● 課題2 A) 原子炉容器 (R/V) のナトリウム液位を下げた状態でのしゃへい体取出し作業の成立性 3) しゃへい体等の取り出しができない事態への対応 (案)          燃料交換装置の故障についての対応は整理済み。但し、故障に至る前段階への対応を検討する必要あり</p>
<p>課題の検討状況</p>	<p>R/Vのナトリウム液位を下げた状態における燃料交換装置動作不良の発生する要因はこれまでの影響評価を踏まえ、以下が想定される。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 設備上ナトリウムの純化を行えず、純度悪化した場合でも純化できない          空気混入防止措置や仮に混入してもナトリウムに取り込まれる前にパージすることで純度管理できる見通しはあるが、トラブルによって大量の空気が混入した場合、①純化が悪化しナトリウム化合物の析出し、燃料交換装置の動作不良に至る可能性あり</li> <li>2) カバーガス空間に機器が露出することでミストとなったナトリウムが機器への付着・凍結する可能性          カバーガス空間は凡そ160℃に維持されているが、②トラブルによってヒータによる予熱ができず、ナトリウムの凍結、ナトリウム化合物の析出により燃料交換装置の動作不良に至る可能性あり</li> <li>3) カバーガス空間に機器が露出することで機器が熱収縮          熱収縮を考慮した設定値にすることで対応可能だが、②トラブルによってヒータによる予熱ができず、更なる熱収縮で設定範囲を逸脱し燃料交換装置の動作不良に至る可能性あり</li> <li>4) ナトリウム中に温度分布が発生して機器が膨張収縮          予熱することで、温度分布は発生しないが、②トラブルによってヒータによる予熱ができず、更なる熱収縮で燃料交換装置の動作不良に至る可能性あり</li> <li>5) 液位低下による浮力が減少          浮力減を考慮した設定値にすることで対応可能だが、③トラブルによって液位が更に低下した場合、設定範囲を逸脱し燃料交換装置の動作不良に至る可能性あり。          よって、①R/V内のナトリウム純度悪化、②R/V内のナトリウム温度低下、③R/V内のナトリウム液位低下に対する対応を検討中。なお、③R/V内のナトリウム液位低下に対する対応はナトリウム漏えいであり、第1段階の燃料体の取出し作業時と同様の対応となる。</li> </ol>
<p>今後の進め方</p>	<p>上記検討を継続。(9月まで)</p>



<p>課題</p>	<p>● 課題3 C) 模擬燃料体に残留するナトリウムのドレン性          ピン隙間部に残留するナトリウムの挙動は、毛細管現象。定性的には表面張力、濡れ性の関係から説明されるが、計算による定量的な評価は難しい。隙間の影響が大きい場合、重力だけでナトリウムが抜けきらない可能性があり、残留ナトリウムが多い場合、燃料取扱設備の運転に影響するため低減対策が必要</p>
<p>課題の検討状況</p>	<p>(1) 単体要素試験と集合体試験を組み合わせ、残留ナトリウム量を定量的に把握する          ピン側面の付着ナトリウム量、流路部に残留するナトリウム量はどの程度かといった現象の把握を目的に単体要素試験を実施中</p> <p>(2) 残留ナトリウムが多い場合を想定した残留ナトリウムの低減対策（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引上げ速度の変更、洗浄時間延長等）を検討する          ⇒検討中</p>
<p>今後の進め方</p>	<p>(1) 単体要素試験と集合体試験を組み合わせ、残留ナトリウムを定量的に把握する          単体要素試験結果を踏まえ、残留ナトリウムを精度よく定量的に評価するための集合体試験計画を策定し、試験を行う</p> <p>(2) 残留ナトリウムが多い場合を想定した残留ナトリウムの低減対策を検討する          12月までに検討予定</p>

【課題】

構造が特徴的な新しい模擬燃料体のナトリウムドレン性を確認する必要がある

<構造の特徴>

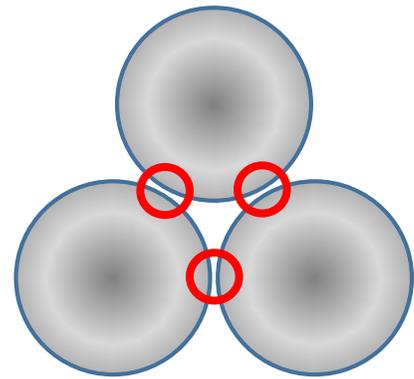
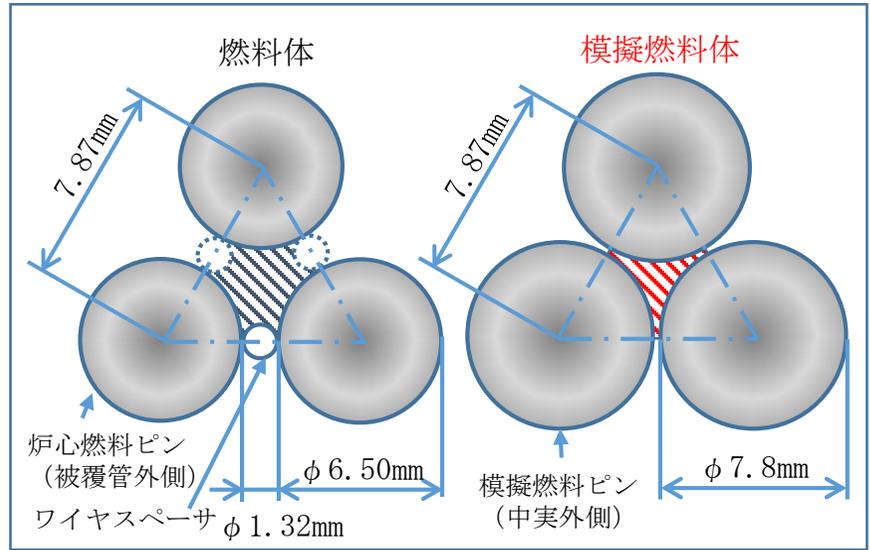
模擬燃料集合体(119体)にはワイヤスペーサがなく、流路が直線ピン径が太く、流路面積が小さい  
また、ピン間のギャップも狭い

<課題の内容>

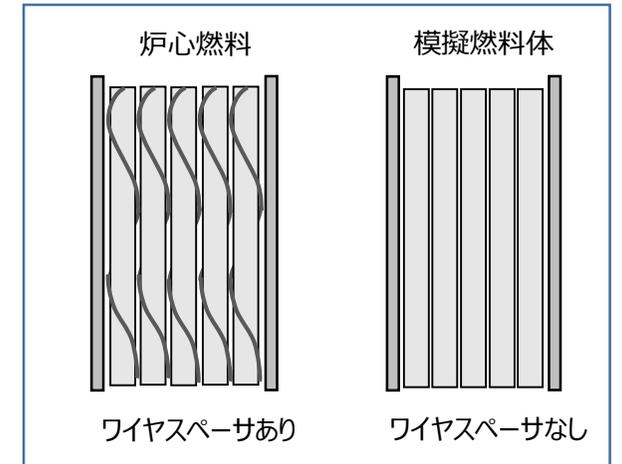
ナトリウムの流路面積が小さく、隙間が狭いことの影響により重力だけでは抜けきらない可能性あり

<模擬燃料集合体・燃料体の断面図比較>

<ワイヤスペーサの有無によるNa流路部分のイメージ>



残留が推定される箇所  
(隙間が狭い箇所。  
どれくらい残留するかがポイント)



### 【検討方針】

- 単体要素試験と集合体試験を組み合わせ、残留ナトリウムを定量的に把握する。
- 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の低減対策（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）を検討する。

単体要素試験  
 (目的：現象の把握  
 側面に付着ナトリウム量、流路間に残留するナトリウム量等)

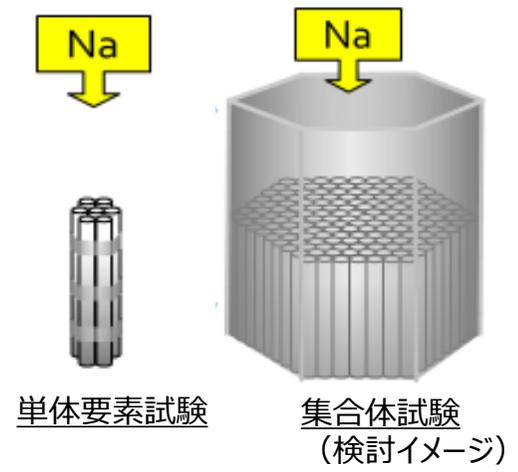
残留ナトリウム低減対策の検討

集合体試験  
 (目的：残留ナトリウムを定量的に評価するためのデータ取得)

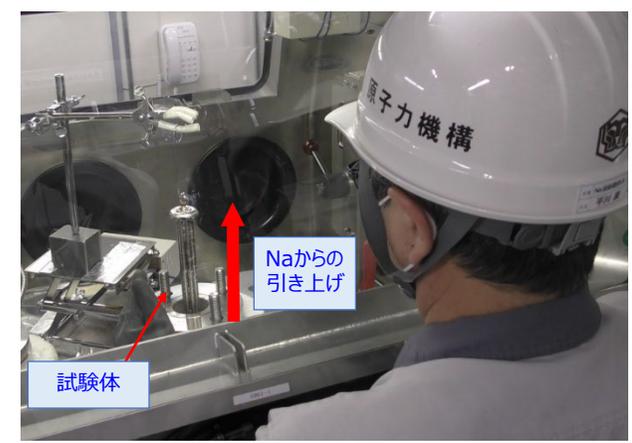
残留ナトリウムの定量把握

残留ナトリウムの除去方法

構造が特徴的な模擬燃料体のナトリウムの除去



単体要素試験 (グローブボックス内：Ar雰囲気)



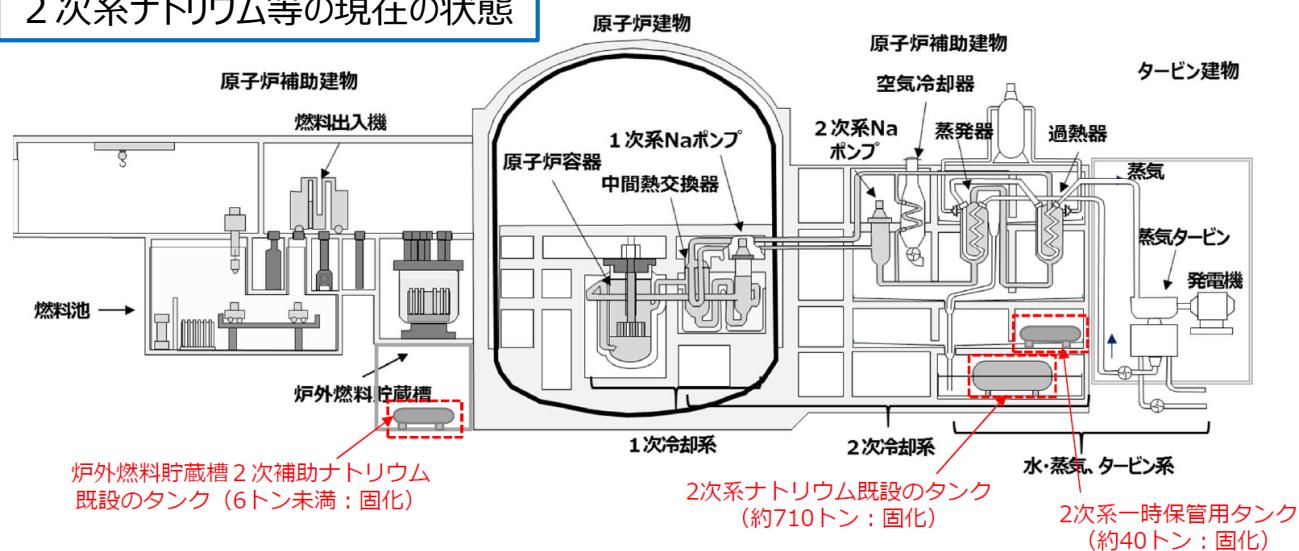
# 案1

## 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搬出準備について(概要)

目的：もんじゅ2次系ナトリウムを構外へ早期に搬出することでリスクを低減する

- ナトリウムは自然発火性などの性状を有する危険物乙3類であり、大量に保有しているためリスクが大きい。
- 2次系ナトリウムを速やかに構外へ搬出し燃料や1次ナトリウムに対するリスクを早期に低減する。
- 搬出するための有効な搬出手順案を策定する

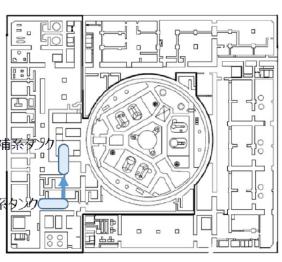
### 2次系ナトリウム等の現在の状態



### 現在の課題

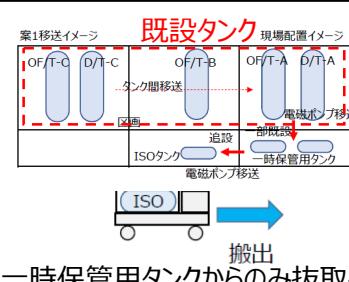
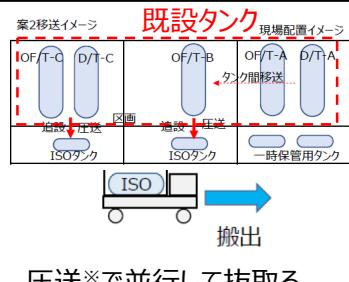
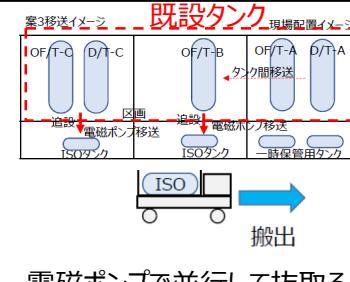
課題：ナトリウム移送の安全確保の考え方（漏えい量抑制、漏えい拡大防止など）を整理中

### 炉外燃料貯蔵槽2次補助系ナトリウム搬出手順案とメリット/デメリット

	案1	案2
イメージ	2次系ナトリウムの搬出エリアに移送して2次系ナトリウムと一緒に搬出する 	炉外燃料貯蔵槽1次補助タンクに移送して炉外燃料貯蔵槽1次補助ナトリウムと一緒に搬出する 
メリット	➢ 2次系と一緒に扱えるため、案2と比較して早期にナトリウムを搬出できる。	➢ 移送距離が短距離であるため点検及び改造規模が小さい
デメリット	➢ 移送距離が長距離であるため点検及び改造規模が大きい	➢ 1次系のナトリウムに混合することになるため1次系ナトリウムの量が増える
比較評価	ナトリウムの搬出先受入条件、移送に伴う規模等から総合的に評価する	

### 2次系ナトリウム搬出手順案の比較評価

- ナトリウム漏えいリスク低減の観点から「復旧範囲（復旧範囲が狭いほうが漏えいリスクが低い）」「改造範囲（改造範囲が狭いほうが漏えいリスクが低い）」「移送期間（移送期間が短いほうが漏えいリスクが低い）」に着目して評価した。
- 事前の検討において「復旧範囲」や「改造範囲」に関するメリットが多い案2を基準として案1,3を相対評価をした。

項目	案1	案2	案3
イメージ			
復旧範囲	➢ 電磁ポンプを復旧するため既設設備の復旧範囲が案2に比べ広く復旧範囲物量の概算から評価を1.5とする。	➢ 圧送でナトリウムを移送するため既設設備の復旧範囲が比較的少なく復旧範囲物量の概算から評価を1とする。	➢ 電磁ポンプを復旧するため既設設備の復旧範囲が案2に比べ広く復旧範囲物量の概算から評価を1.5とする。
評価	1.5	1	1.5
改造範囲	➢ 既設タンクから一時保管用タンクへは一部既設配管があり一部配管を追設する。(0.5点)。一時保管用タンクからISOタンクへの配管を新たに1列追設する(1点)。以上から評価を1+0.5=1.5とする。	➢ 並行してナトリウムを抜取るための配管を2列追設するため評価を2とする。	➢ 並行してナトリウムを抜取るための配管を2列追設するため評価を2とする。
評価	0.7	1	1
移送期間	➢ 移送が2回（既設タンクから一時保管用タンク、一時保管用タンクからISOタンク）あるため評価を2とする	➢ 並行して1回でISOタンクへ移送するため評価を1とする。	➢ 並行して1回でISOタンクへ移送するため評価を1とする。
評価	2	1	1
計	4.2	3	3.5

案2を基準とするため、以下の評価となる  
案1：0.7  
案2：1  
案3：1

※タンクカバーガス空間に圧力差を与え、その水頭（ヘッド）差によりサイフォンを形成し、ナトリウムを移送する方法

- 今回の評価項目においては案2が最も有利である結果となった。
- ただし、案1,3は電磁ポンプ移送であるためナトリウム漏えい時には電磁ポンプを停止することで直ちに流量を落とし漏えいを停止することができることから漏えい量が比較的少なく、案2は圧送であるためナトリウム漏えい時には弁閉止や圧力を抜くことにより漏えいを停止することができるが圧力が抜けるまで漏えいが継続することから漏えい量が比較的多い。
- 以上から、安全確保の考え方の整理等を踏まえ、評価項目を追加し有効な搬出手順の検討を継続する。

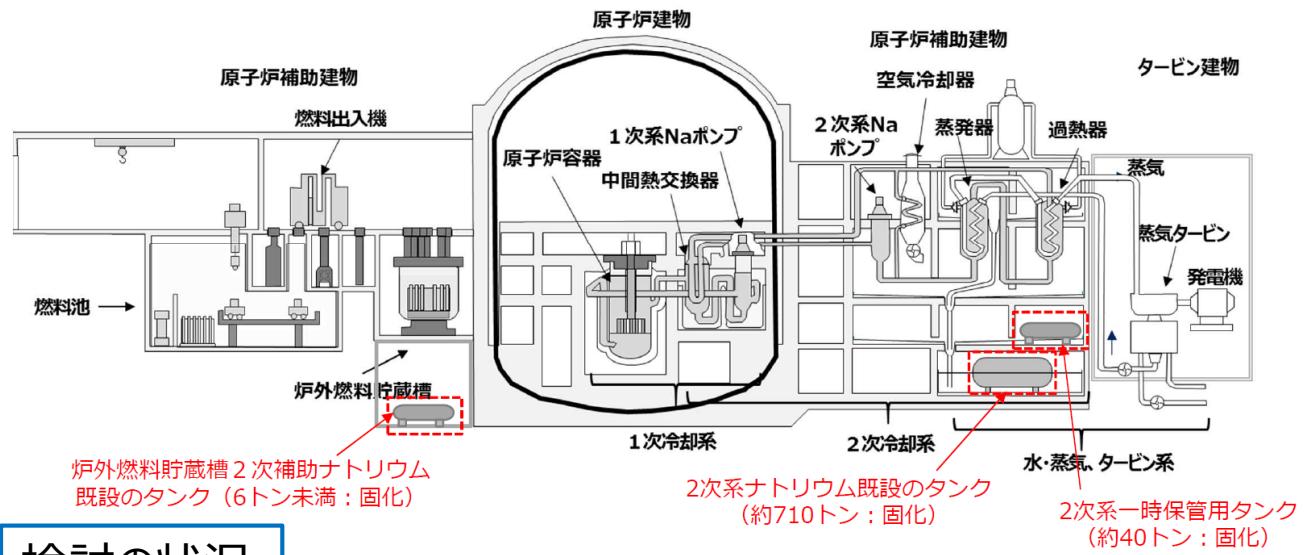
# 案2 2次系ナトリウム・炉外燃料貯蔵槽 2次補助系ナトリウム搬出準備 (概要)

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

- 化学的に活性なナトリウムを大量に保有していることを大量に保有していることをリスクと認識
- ナトリウムの早期の搬出着手・短期の搬出が目標

## 2次系ナトリウム等の現在の状態

- 約760トン を 3か所で 固化保管



## 検討の状況

- <2次系ナトリウム搬出ルート案の比較評価>
- 送液時のナトリウム漏えい発生可能性の観点から、複数の搬出ルート案を比較評価 (右表)
  - 3つの評価の視点では、送液に必要な範囲を限定し圧送する案2が有望
  - 具体的な設備設計にあたっては、リスクが顕在化した時の影響抑制の視点も含め、総合的に仕様を考える必要あり【課題】

## <その他>

- 炉外燃料貯蔵槽 2次補助系ナトリウムについても複数の搬出ルート案を比較評価中
- 上記2次系ナトリウムとの同時搬出の場合、復旧・改造範囲が大きくなるため、搬出先の受入れ条件も勘案し復旧・改造範囲を限定できる1次系ナトリウムとの同時搬出も選択肢

## 2次系ナトリウム搬出ルート案の比較評価

- 早期の搬出着手・短期の搬出を両立する案2を基準に相対評価
- 評価の視点は、送液に使用する設備範囲 (復旧及び改造範囲) 搬出時間とし、評点が小さいほどナトリウム漏えいの発生可能性は低い

項目	案1	案2	案3
イメージ	<p>一時保管用タンクからのみ抜取る</p>	<p>圧送※で並行して抜取る</p>	<p>電磁ポンプで並行して抜取る</p>
復旧範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 既設電磁ポンプ含めたライン構成より物量は案2より5割程度多い</li> </ul> <p>1.5</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 既設設備の復旧範囲が比較的少ない</li> </ul> <p>1</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 案1と同じ。</li> </ul> <p>1.5</p>
改造範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 配管の追設が必要であるが抜取箇所が1か所であり物量は案2より3割ほど少ない</li> </ul> <p>0.7</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 抜取箇所が2か所</li> </ul> <p>1</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 案2と同じ</li> </ul> <p>1</p>
移送期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 一時保管用タンクとISOタンクを玉突き移送するため手順は案2の2倍</li> </ul> <p>2</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 2基のISOタンクへ同時移送可能</li> </ul> <p>1</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 案2と同じ</li> </ul> <p>1</p>
リスク顕在化の影響	● 検討中		

## 今後の予定

- <2次系ナトリウム搬出ルート案の比較評価>
- 搬出ルートを確認するとともに、設備仕様に基づき搬出設備の基本設計を実施
  - 搬出時のナトリウム漏えいに対しリスク顕在化の影響を抑制できていることを提示

## 検討方針「大型ナトリウム機器を解体する基盤を構築」

### 背景・目的

- もんじゅの廃止措置の特徴の一つに、化学的に活性なナトリウムを内包する機器の解体がある。国内初の高速炉の解体であり、放射化したナトリウムを内包する機器の解体も含まれる。
- 原子力機構では、大洗研究施設において多数のナトリウム取扱い機器の解体経験がある※1。しかしながら、原子炉施設のナトリウム機器解体は初めてであることから、大洗の知見も活用しながら安全に解体を進める必要がある。
- もんじゅは大型ナトリウム機器を有することから、これを解体する基盤を構築するため、小さな設備から大きな設備、簡単な設備から複雑な設備へと、課題解決を図りながらナトリウム機器の解体を進める。

※1 JAEA-Technology2012-033, ナトリウム洗浄処理技術に関する経験・知見の整理

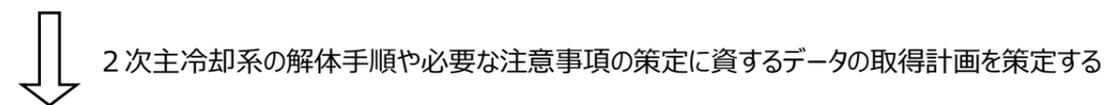
### もんじゅにおけるナトリウム機器解体のステップ

- 放射化ナトリウムの有無、残留ナトリウムの多少、設備規模の大小、設備の汚染程度の観点から定性的に解体の難易度を想定できる。
- もんじゅはナトリウム機器解体の経験が少ないこと自体が課題であるため、難易度の低いものから取り掛かり、ナトリウム機器解体の経験を積んでいく。



### 2次メンテナンス冷却系の解体の位置づけ

- ナトリウム機器解体の経験を積むと同時に、後段の2次主冷却系以降の解体に係る課題解決の場として活用する。



### データ取得計画の取り組み状況

#### 客観的な事実

- ナトリウム機器解体に係る知見は、国内及び海外に多く存在する。
- 2次主冷却系（非放射性）までの解体計画は、一部の大型機器を除き大洗で実施した機器の解体方法を適用しながら策定することが可能である。

#### 現実

- 情報量が多く、もんじゅに必要な情報を見極める必要がある。
- もんじゅを建設した当時の技術者がほとんど残っておらず、もんじゅ特有の課題の所在箇所を把握する必要がある。

ギャップあり

### ギャップを埋めるための2つのアプローチ

#### アプローチ①

- もんじゅのナトリウム機器の解体システム（フロー）案を作成し、ナトリウム機器解体特有のプロセスを明確化。
- 上記で抽出したナトリウム機器解体特有プロセスに着目し、これに特化した技術開発の要素を整理（ナトリウム機器解体特有プロセスの技術要素整理表）。

#### アプローチ②

- もんじゅの解体対象システムと機器を、構造や設置状況等から整理（もんじゅナトリウム機器への解体技術適用性確認表）。

- 2次主冷却系解体のために、2次メンテナンス冷却系解体において検証すべき技術の選定
- 原子炉容器等の解体までを見据えて長期的に取り組む必要がある開発課題の選定

### R&D候補の一例：残留ナトリウムの安定化処理

- 残留ナトリウムを安全かつ合理的に処理することは、高速炉の廃止措置の共通課題。海外の先行高速炉の廃止措置では、安定化処理を先に行い、その後機器を解体する方式が広く採用されている※2、※3。
- もんじゅにおいても、2次主冷却系以降の解体では安定化処理が必要になると考えている。下表の3方式に関しもんじゅの廃止措置への適用を検討中。そのために、2次メンテナンス冷却系の解体時には、どのような目的で何を検証しなければならないかを検討している。

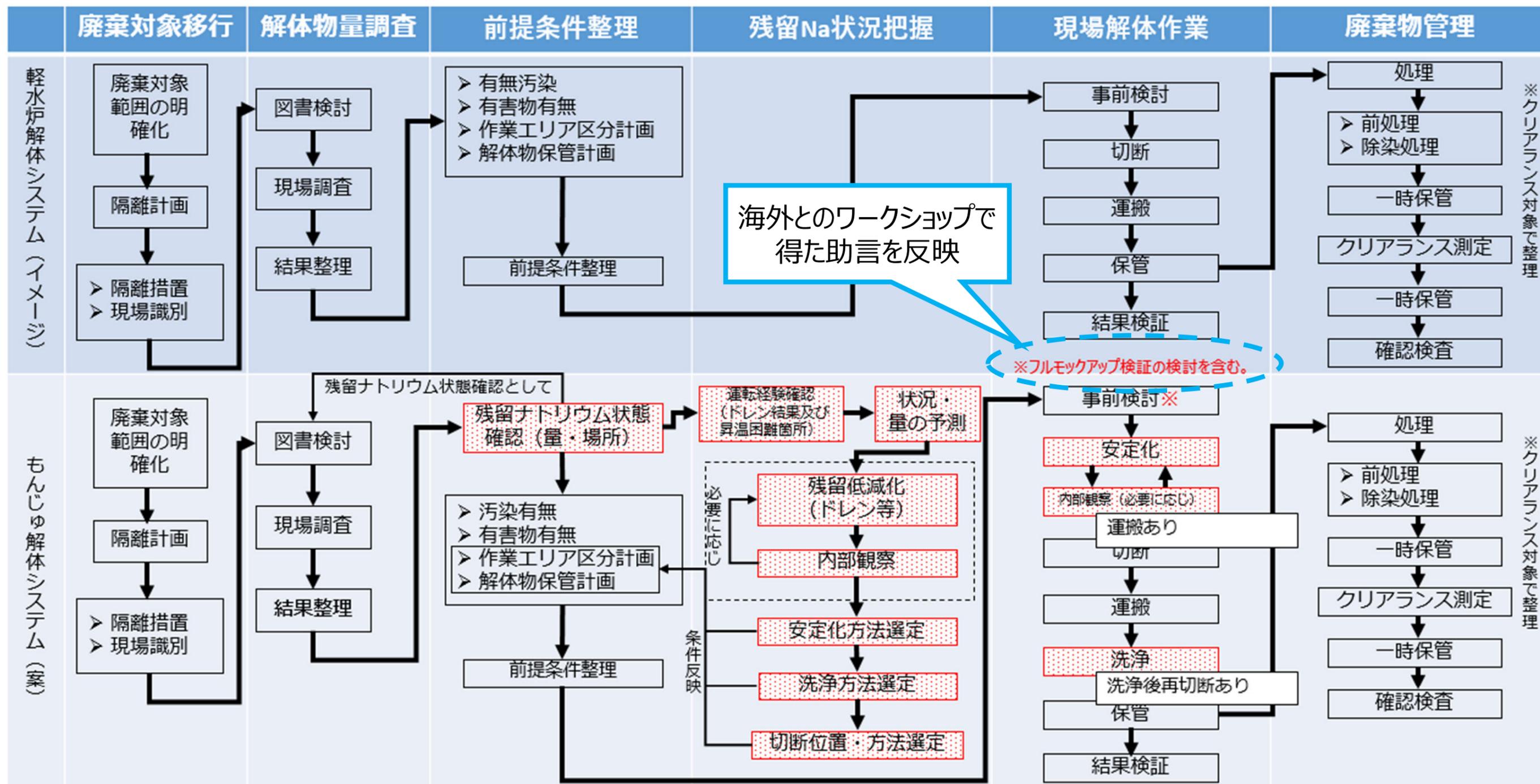
※2 IAEA-TECDOC-1534, Radioactive Sodium Waste Treatment and Conditioning, January 2007

※3 IAEA-TECDOC-1769, Treatment of Residual Sodium and Sodium Potassium from Fast Reactors, August 2015

安定化方法	概要	安定化処理時の特徴	安定化処理後の機器解体時の特徴	大洗での適用経験
炭酸塩化法	金属ナトリウム→炭酸水素ナトリウムに変換 少量の水蒸気を含む炭酸ガスを、機器や系統内に注入し循環させて、水と炭酸ガスとナトリウムを反応させる。	水酸化ナトリウムの水溶液を生成することなくナトリウムを炭酸塩化できるため、金属ナトリウムが急激な反応を起こすことはなく、制御不能な反応に至らない。	金属ナトリウム表面に生成する炭酸塩化物層が厚くなると反応速度が遅くなり、機器内の残留ナトリウムを完全に処理することは困難。表層の炭酸塩化物層が窒素との反応を抑制することから、ナトリウム機器解体の際の金属ナトリウムの着火防止は可能。	あり
WVN法	金属ナトリウム→水酸化ナトリウムに変換 少量の水蒸気を含む窒素ガスを、機器や系統内に注入し循環させて、水とナトリウムを反応させる。	水溶液化した水酸化ナトリウムが、機器等の壁面を滴下し、機器底部に残る未反応のナトリウム上に溜まり急激な反応が発生し、制御困難な状況に至る可能性が指摘されている。	安定化処理後に機器内面を水洗浄・乾燥することで、残留ナトリウムはなくなる。	あり
SHS法	金属ナトリウム→水酸化ナトリウムに変換 過熱蒸気を高温の窒素ガスに混合して、機器や系統内に注入し循環させて、水とナトリウムを反応させる。	WVN法よりも高温条件とする必要がある。実用例も乏しい。	安定化処理後に機器内面を水洗浄・乾燥することで、残留ナトリウムはなくなる。	なし

安定化方法の選択は、下流の廃棄物（廃液等）の観点も含めて検討を進める

もんじゅナトリウム機器解体システム（フロー）（案）



海外とのワークショップで  
得た助言を反映

※フルモックアップ検証の検討を含む。

※クリアランス対象で整理

※クリアランス対象で整理

--- : 前提条件整理に必要な現場作業      ■ : ナトリウム機器解体特有プロセス

ナトリウム機器解体特有プロセスは大洗の知見を反映

# ナトリウム機器解体特有プロセスの技術要素整理表（まとめ方のイメージ）

解体プロセス	プロセスの概要	実施有無の選定-実施方法の選定の視点	実施方法	実施方法の概要	文献情報			海外の実績		国内実績		JAEA試験		もんじゅへの適用		
					文献の有無	技術情報の程度	備考	実績の有無	技術情報の程度	小規模試験	実規模実績	小規模試験	実規模実績	関係法やとの適合	適用可	要検証
残留Na位置・量特定	確認	残留Naの位置、量、性状(滞留、散状、薄膜)を特定する。		実施	計算、材質密度×単位面積付質量、構造上滞留、サイフォンブレイク  運転履歴、初期充填量、測定量差分											
	目的	以降の解体プロセス(残留Na低減化～洗浄)を決めるため ・解体時の解体条件設定の参考に使用 ・残留Na量、Naの溶解物量を特定する ・残留Na量から、洗浄効率や溶解物処理設備(洗浄装置のセメント固化の規模・仕様)を決定する。														
内部確認	確認	残留Naの位置、量、性状(滞留、散状、薄膜)を確認する。 配置の残留Naの位置(燃焼ルートの有無)を確認する。 内部の構造を確認し、実機の構造、状態を確認する。		実施	直接(ベリスコープ)  赤外線カメラ、CCDカメラ  X、γ線透過(イメージ検出器:XP線フィルム、LP、LL、フラットパネル)  中性子線透過  AE、UT  運転履歴、ガス導通											
	目的	・残留Naの燃焼が安定化処理を行う際のガス供給ルートに影響するため ・残留Na量の大小が切断位置、解体方法に影響するため ・実機内部の構造、状態(構造図で読み取れないサポート等)が切断順番に影響するため ・以降の解体プロセス(残留Na低減化～解体)を決めるため ・残留Naの位置・量手帳(残留Na低減化～洗浄)を決めるため	・系統・機器の形状・対象位置、Na量(厚さ)、観察雰囲気、見やすさ													
系統隔離	確認	系統ごとに解体範囲を隔離する。		実施	閉止溶接  閉止キャップ  プラバップ  バルーン											
	目的	・解体範囲外の設備に要求される性能を維持するため ・安定化処理・解体の影響を解体範囲に限定するため	・残留Naの位置・量・性状、酸欠・湿分の混入													
安定化処理	確認	残留Naを化学的に安定な化合物に転換する。		実施	SHS  WVN  炭酸化  ホリンス											
	目的	・解体、切断作業時の安全性向上のため ・Naの燃焼防止のため	・処理容量、残留Na位置・状態・量、機器の形状、部分的な溶解物量の増加 ・湿分、結露、湿度、圧力、水質汚濁、水質の劣化、酸欠の混入、気量、反応速度・制御、生成物による燃焼													

各ナトリウム機器解体特有プロセス単位で要求される技術要素（解体工法等）に抜け落ちがないことを確認

前ページで抽出した  
ナトリウム機器解体特有プロセス

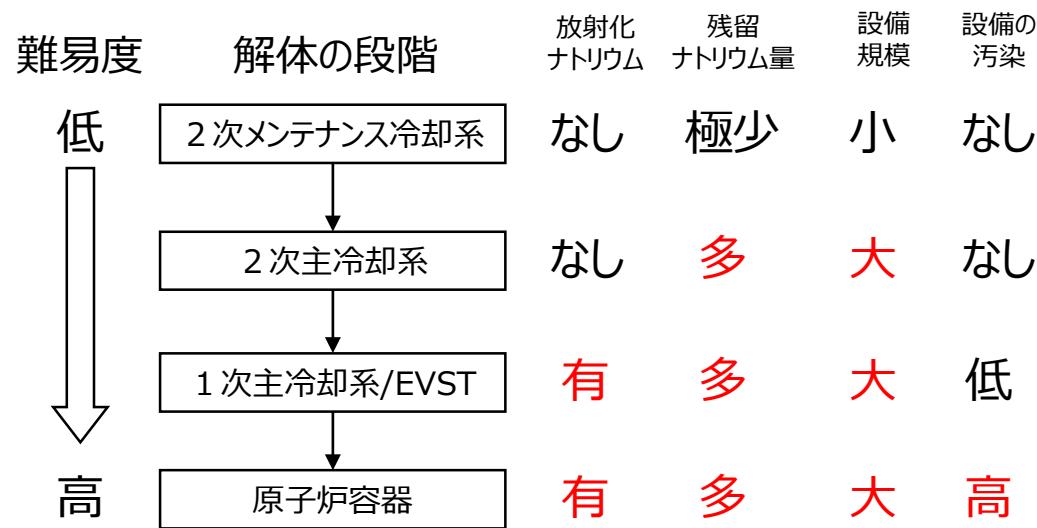


## 方針：大型ナトリウム機器を解体する基盤を構築

- もんじゅ廃止措置は国内初のナトリウム冷却高速炉の解体であり、第3段階からナトリウム機器を解体予定
- 機器解体の方法、工具、手順等の検討・選定だけでなく、「ナトリウムを内包していた機器」であったことへの備えが安全上重要
- 実解体までに安全な解体を阻害する課題の解決を図ることが目標

## ナトリウム機器解体の進め方

- ナトリウム機器解体の経験が少ない
- 大洗研究施設の解体（規模小、非放射性）や海外高速炉の解体知見を反映し、難易度の低いものから高いものへ段階的に課題抽出と課題解決、経験蓄積を図る（技術開発）

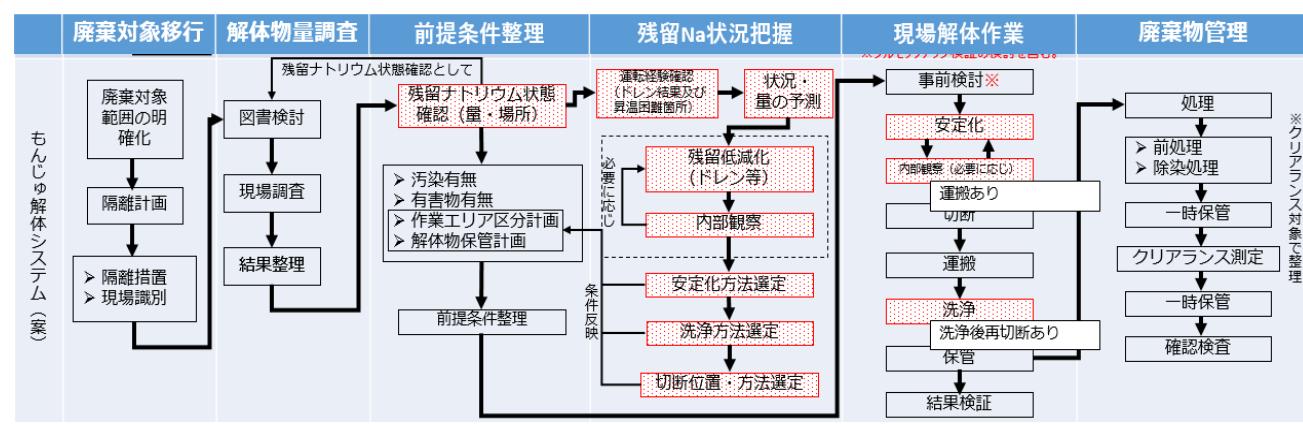


## 第2段階の技術開発

- ①2次メンテナンス冷却系設備の試験解体（サイト内）  
ナトリウム機器解体の経験蓄積、課題解決の確認
- ②残留ナトリウム安定化等の基礎技術開発（サイト外）  
主系設備解体に向けた課題抽出・解決方法策定・基礎技術開発

## 検討状況

- <①2次メンテナンス冷却系設備の試験解体>
  - 大洗知見等に照らした安全な解体手順を検討中
  - 下記②の課題より当該試験解体で取得すべきデータを整理予定
- <②残留ナトリウム安定化等の基礎技術開発>
  - 海外知見等に照らした解体システムフロー（案）を策定（下図）
  - システムフロー（案）を次段階の解体対象に照らし、工事に困難が予想される機器・設備、適用可能技術を整理中（下表）
  - 設計ベースの整理であり、ドレン等の系統操作やナトリウム残留量・形態の不確かさが存在（課題）



機器種別	2次メ冷	EVST 2次系	EVST 1次系	炉容器	管理区域/非管理区域	線量高/低	スケール大~小	構造複雑/単純	残Na大/小	文献		内部確認		残留Na低減化	
										文	実	文	実	文	実
炉容器				○	管理区域	高	大	複雑	特大						
炉内構造物				○	管理区域	高	大	複雑	大						
プラグ			○	○	管理区域	高	大	複雑	大						
EVST			○		管理区域	低?	大	複雑	特大						
熱交換器			○		管理区域	低?	大	複雑	中						
SG		○			非管理区域	低?	大	複雑	中						
ポンプ			○		管理区域	低?	大	単純	中						
ポンプ			○		非管理区域	低?	大	単純	中						
加熱器			○		管理区域	低?	中	単純	小						

もんじゅの解体対象システムと機器を、構造や設置状況等から整理し、機器の種類等を網羅的に把握

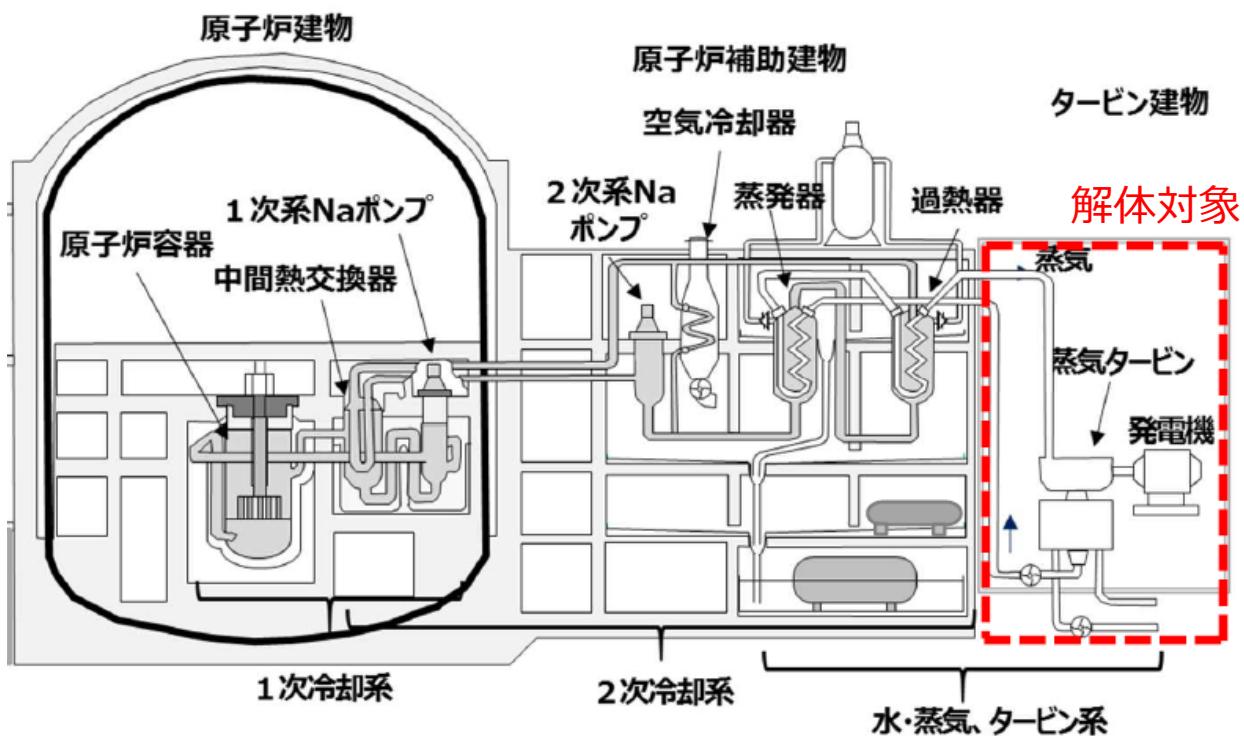
## 今後の予定

- 第2段階の技術開発計画の策定（課題解決結果を第3段階のナトリウム機器解体計画に反映予定）

目的：プラントの安全確保に影響させず廃止措置に不要となった設備を解体する

- 解体作業の対象はナトリウム、燃料に直接的、間接的（搬出準備工程、性能維持施設）影響を与えないものとし、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する。
- タービン建物のうち廃止措置に不要となった水・蒸気系設備を解体する。

水・蒸気系設備の解体の対象



水・蒸気系設備は非放射性的の設備であり  
火力発電所相当の設備

水・蒸気系設備解体の方針

- ① 解体作業が性能維持施設に影響を与えないようにする。
- ② 状況に応じたリソースの配分・調整ができる工程を策定する。
- ③ 安全かつ合理的に工事を行う。

① 解体作業が性能維持施設に影響を与えないようにする

- 事前に性能維持施設と解体対象設備を隔離をすることで、解体作業が性能維持施設に影響を与えないようにする。
- 事前に識別、養生することで解体作業が性能維持施設に影響を与えないようにする。
- 解体物の保管場所を確保して飛散等防止措置を施すことで飛散等で性能維持施設に影響を与えないようにする。

(課題)

蒸発器、過熱器を水・蒸気系設備の弁で隔離すると解体できない範囲が広くなり、合理的ではない。そのため安全かつ合理的に隔離をして解体できる範囲を広くしたい。

② 状況に応じたリソースの配分・調整ができる工程を策定する

- 解体工事が第2段階の優先工程であるナトリウム搬出準備に影響を及ぼすことがないように状況に応じてリソースの配分・調整ができる工程余裕を十分とった工程を作成する。
- 原則として第1段階における工程管理の方法と工程管理体制を踏襲する。

③ 安全かつ合理的に工事を行う

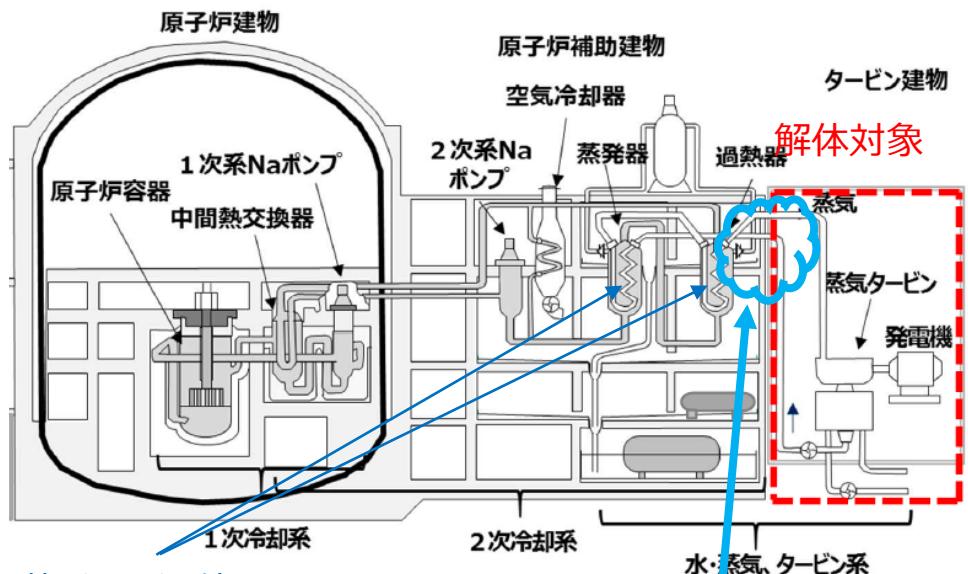
- ふげんの経験をふげんともんじゅとの相違を明確にした上で事前に解体の計画に取り込むことでトラブルに備える。
- 燃料、ナトリウム、性能維持施設に影響を与えないよう火災、爆発のリスク低減のため、事前に潤滑油等の危険物や薬品を回収し、火気を使用する工事は火災発生防止を徹底する。
- 解体対象設備・機器に応じた安全かつ効率的な手順や工具を選択する。
- クレーン等安全規則に適合した揚重設備を使用する。
- 高所作業対策、有害物対策、感電防止対策、粉じん障害対策、酸欠防止対策、振動対策、騒音対策、火傷防止対策、回転工具取扱対策等を講じる。

# 課題 案1

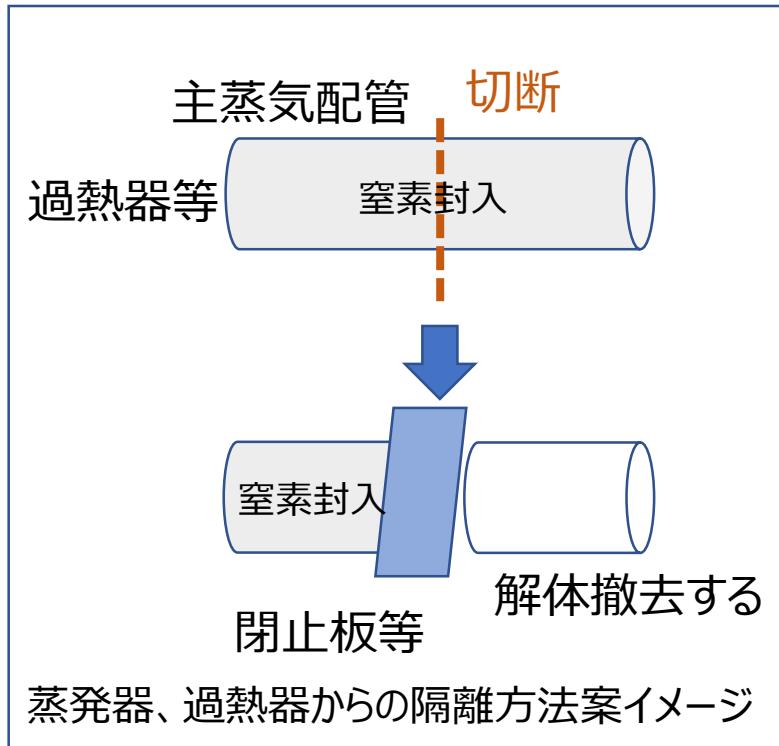
- 主蒸気管は大口径であり作業性の確保のため早期に撤去したいが、窒素が封入されていることから弁で隔離すると解体できない範囲が広いので、閉止板等の合理的な方法で蒸発器、過熱器を隔離し、不要な解体残置物を残さないようにしたい。

## 課題解決のアプローチ

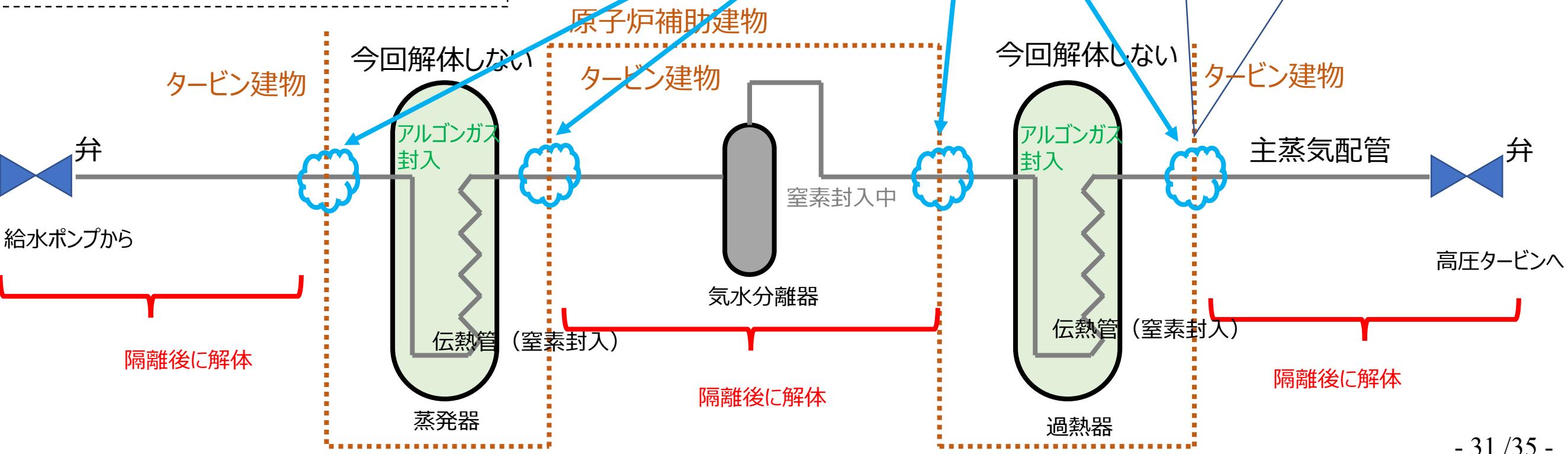
- 蒸発器、過熱器は2次系ナトリウム機器であり、原子炉補助建物に設置しているが、主蒸気との熱交換のためにタービン建物の水・蒸気設備の配管と接続されている。
- 蒸発器、過熱器はナトリウムが抜き取られており、保管のため伝熱管内に窒素を封入している。
- このことから、隔離箇所を原子炉補助建物とタービン建物の境界付近とし、窒素噴出等が起きないように適切な処置を施した上で配管を切断し、閉止板等で窒素が漏れないよう隔離し、性能維持施設に影響を与えないようにする。(イメージをポンチ絵で示す。)



- 蒸発器、過熱器
- ナトリウムドレン済
  - 伝熱管外側 (ナトリウム側) にアルゴンガス封入中
  - 伝熱管内側 (蒸気側) に窒素封入中
- 蒸発器、過熱器と水・蒸気系設備との隔離箇所



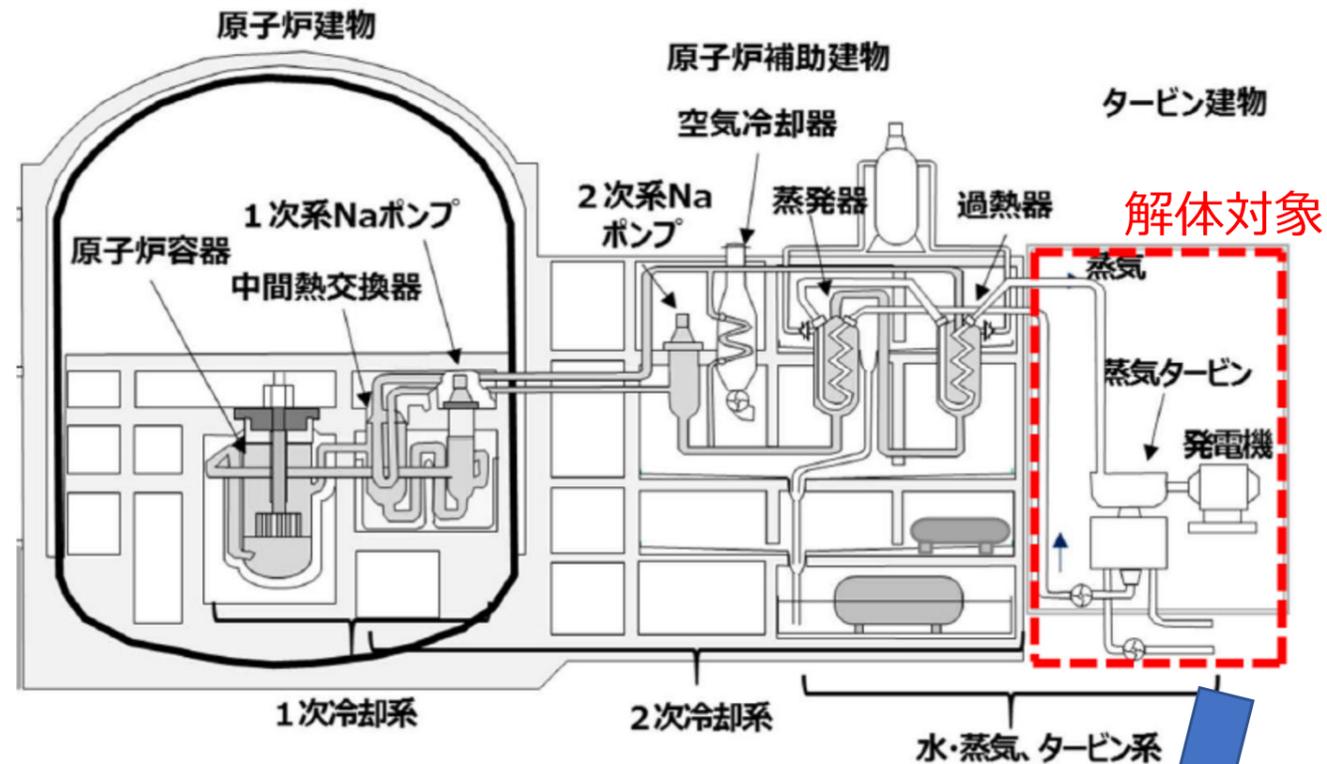
現場写真 (追而)  
主蒸気配管とか弁；大きいことが分かる写真



方針：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

- タービン建物のうち廃止措置に不要となった水・蒸気系設備を解体
- 当該建物内あるいは隣接建物内の性能維持施設に影響を及ぼさず安全に解体することが目標

## 水・蒸気系設備の解体の対象

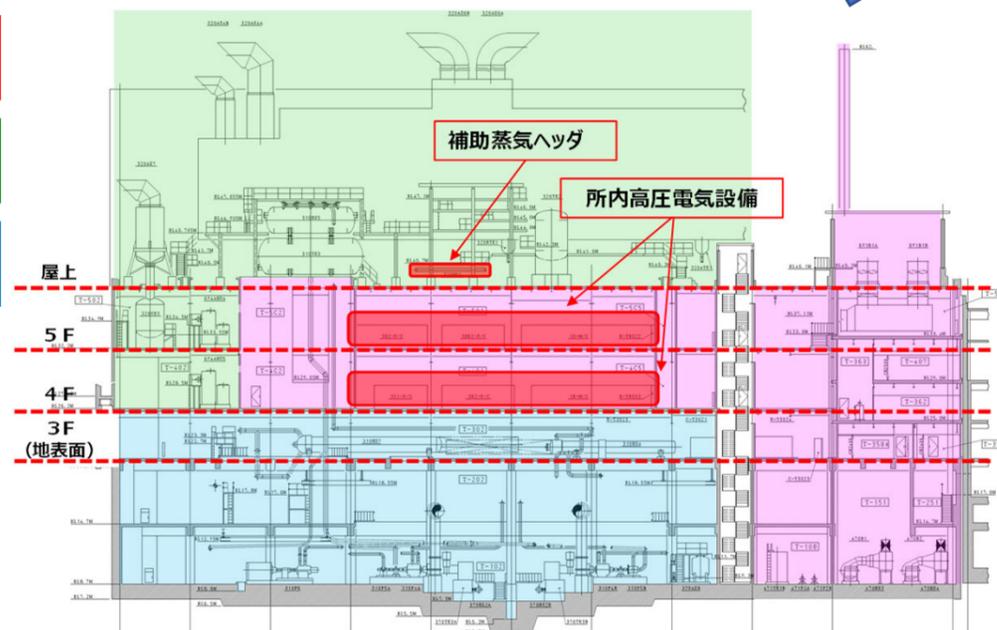


## 当該建屋内の性能維持施設

性能維持施設

性能維持施設との  
取り合いあり

解体可能



## 水・蒸気系設備解体の方針

- ① 性能維持施設に影響を及ぼさない
- ② 安全かつ合理的に大型機器・設備を解体する
- ③ ナトリウム機器解体準備工事へ影響を及ぼさない

## 検討の状況

<①性能維持施設に影響を及ぼさない>

- 性能維持施設との隔離を原則とする（識別、バウンダリ形成、工事エリア管理、養生など）
- 建物の構造的な特徴も踏まえ、凡その工事範囲を同定
- 一方、隔離位置によっては解体可能であっても工事が後送りとなる機器があり非合理的【課題（次項参照）】

<②安全かつ合理的に大型機器・設備を解体する>

- もんじゅタービン設備の構造は、設置・解体の経験が相対的に豊富な火力発電所の設備と酷似
- 解体時、特に注意すべきリスクは火災・爆発、漏えい
- そのリスク低減のため、潤滑油等の危険物や薬品の事前回収、工具・治具選定、養生等を徹底
- 高所作業対策等の一般安全対策を実施
- さらに、先行する廃止措置工事（例えばふげん）での想定外のトラブル経験から事前に備え

<③ナトリウム機器解体準備工事へ影響を及ぼさない>

- ハード面では上記①の隔離によって達成
- ソフト面では状況に応じたリソースの配分・調整ができるよう期間に裕度・柔軟性のある工程を策定・管理

## 今後の予定

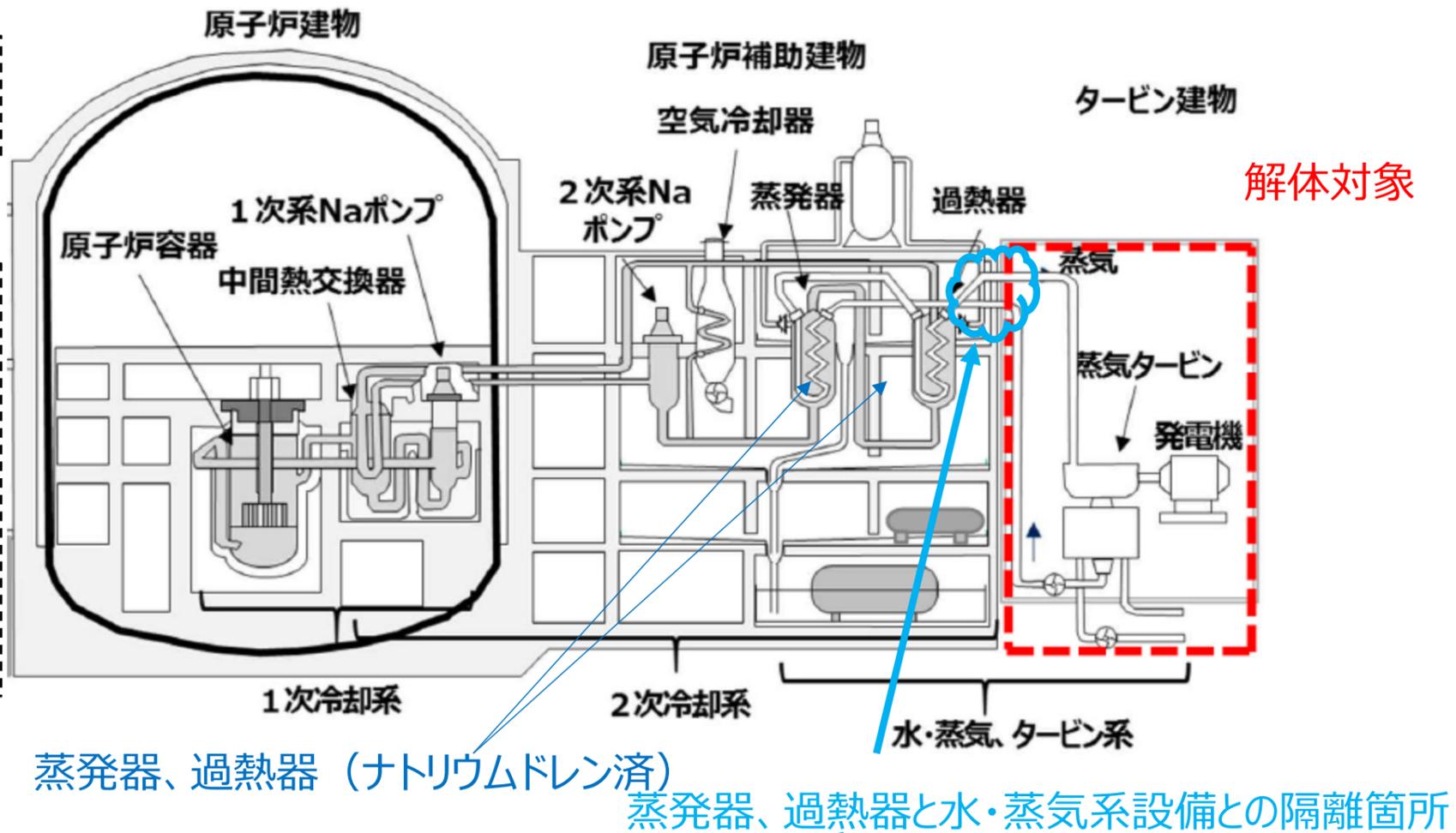
- 当面の解体工事範囲及びその工事の安全確保策を提示（実工事は品質マネジメントシステムのもとで実施）

課題 案2

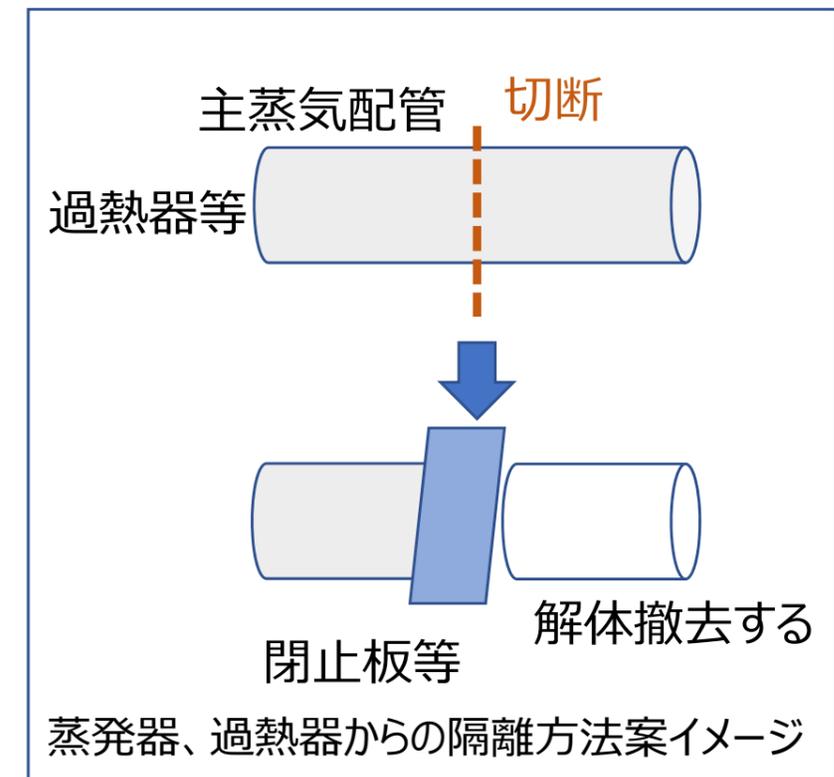
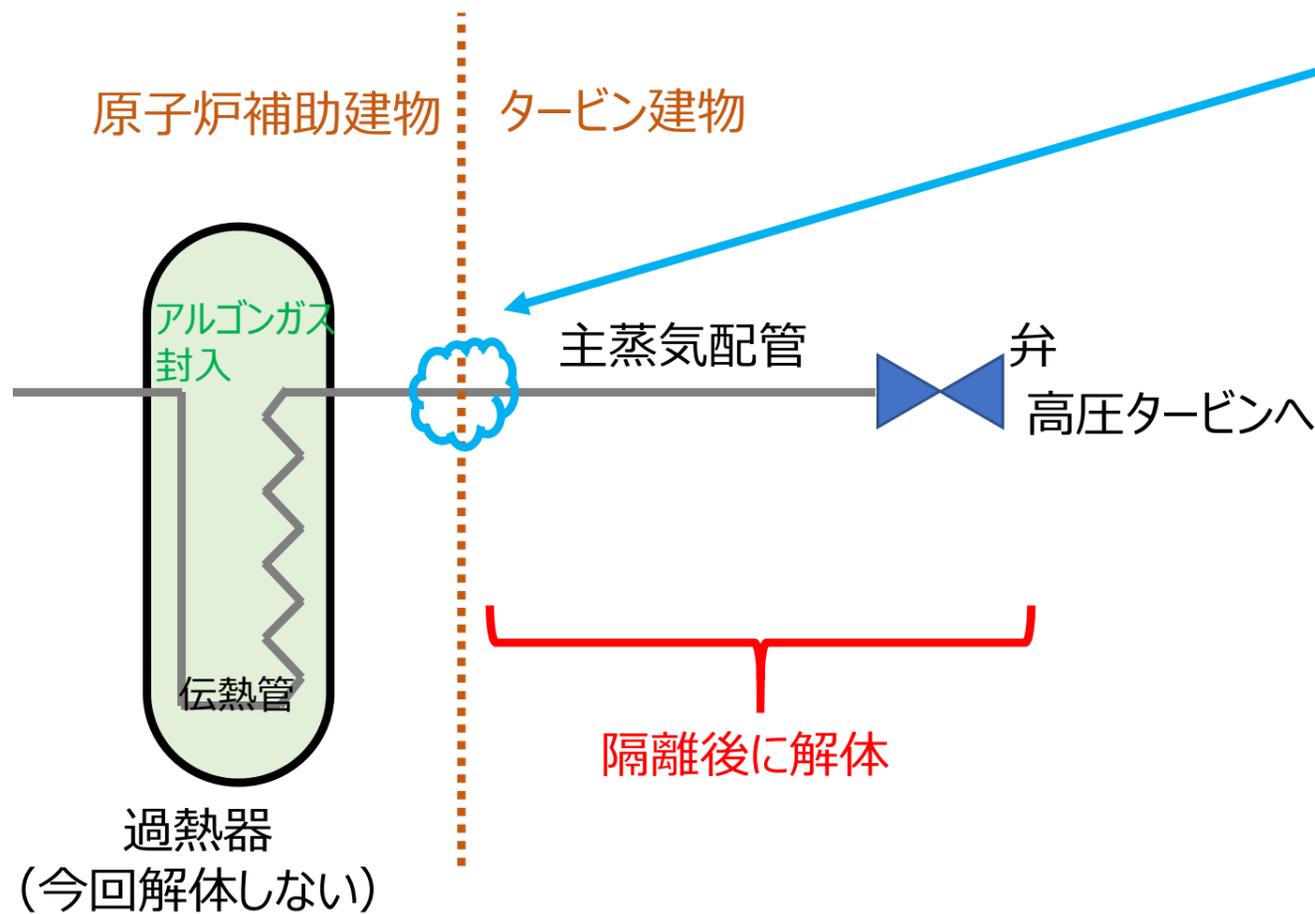
- 過熱器等を水・蒸気系設備の弁で隔離すると解体できない範囲が広くなり、合理的ではない。

課題解決のアプローチ

- 配管を切断、閉止板等で隔離し、性能維持施設に影響を与えないようにする。(イメージをポンチ絵で示す。)
- 大口径の配管や弁類が撤去出来るため大きな空間を確保でき、物品の搬出入の物流動線や作業場所確保、上下の揚重が容易になる等のことから作業効率が大幅に向上し、解体スピードの向上やトラブル発生リスクが減少する。



蒸発器、過熱器と水・蒸気系設備との隔離箇所

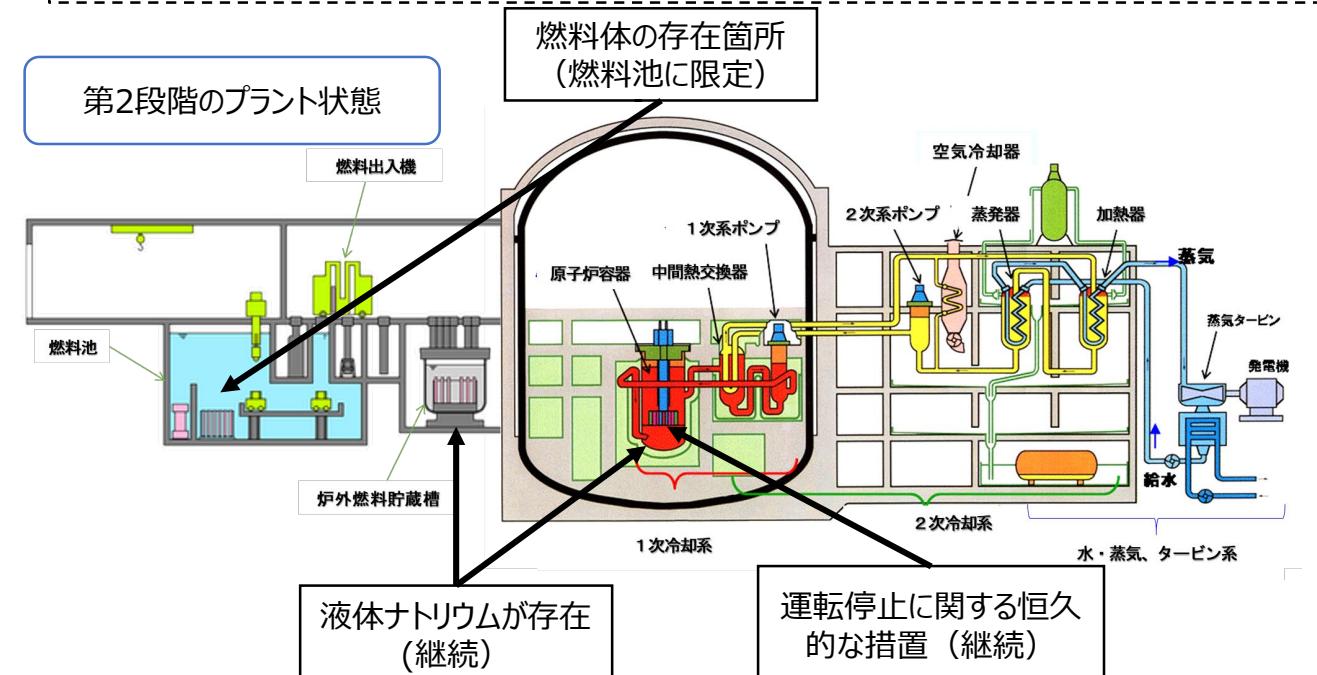
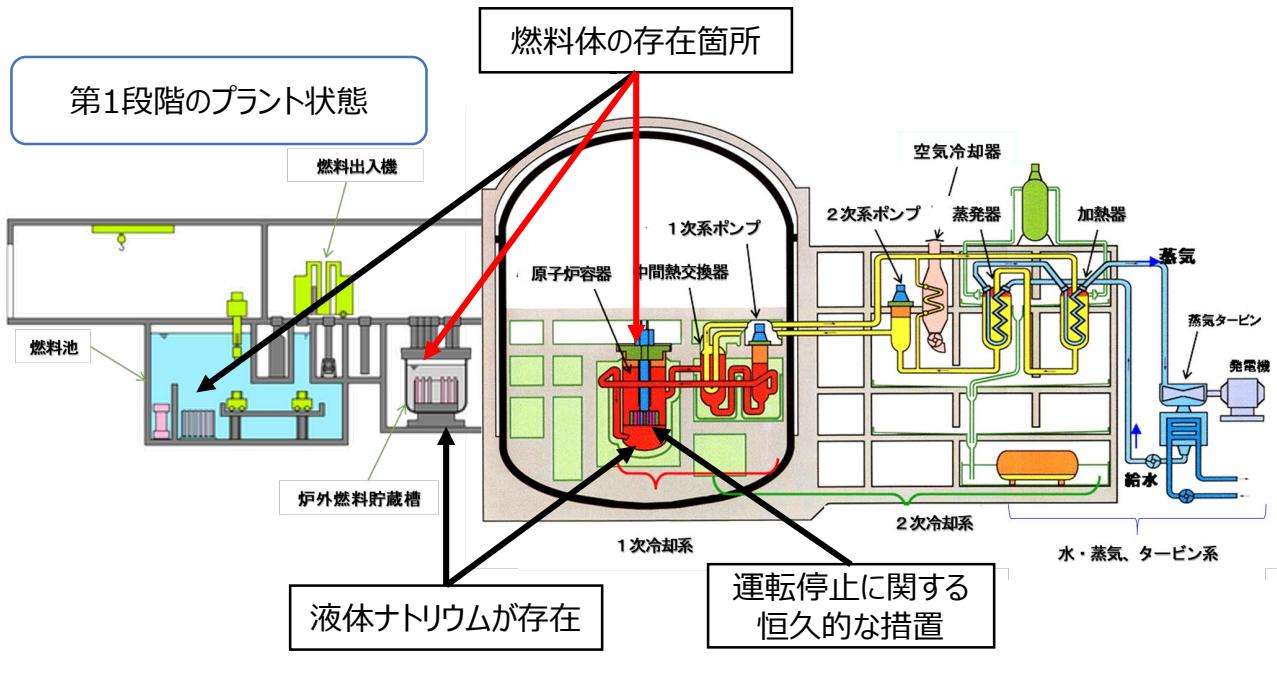


目的

- 廃止措置では、その段階が進むことで原子炉施設が有するリスクの範囲や所在が変化し、廃止措置全体のリスクとしては低減する方向である。
- リスクが低減することに伴い、性能維持施設に要求される維持機能や性能も変化する。
- その要求の変化に応じて性能維持施設を見直し、要求レベルを上回る設備を停止、縮小又は代替していく。
- 設備の縮小又は代替によって要求される機能レベルを維持しながら、設備の故障リスクを下げる事が可能となる。これにより、もんじゅの廃止措置全体のリスク低減、維持費削減、人的資源の有効活用につなげる。

設備の停止、縮小又は代替に係る考え方

- もんじゅの安全上重要な設備は、短期間では動的機器の単一故障、長期間では動的機器の単一故障又は想定される静的機器の単一故障のいずれを仮定しても、所定の安全機能を達成できるように、多重性又は多様性及び独立性を有した設備設計。
- しかしながら、廃止措置の段階に応じた要求レベルは変化していくため、この要求レベルに応じた個別の設備検討を進める。
- 現有設備を停止、縮小又は代替する検討対象は、廃止措置工程全体を見直し、解体工事計画と合わせて慎重に決める必要がある。このため、もんじゅの現状のプラント状態だけでなく、将来のプラント状態との整合性も検討した上で、準備が整ったものから順次検討に着手する。
- 今回は燃料体が炉心等から全て取り出される第2段階への移行を契機に着手。今後の見直しのタイミングとしては、しゃへい体等の取出し完了時、ナトリウム搬出完了時などが候補となる。



安全確保のために要求される主な機能	廃止措置第1段階	廃止措置第2段階以降
「止める」機能に関する要求	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 廃止措置への移行に伴い、原子炉を起動することができないよう、運転停止に関する恒久的な措置（挿入されている制御棒を炉心から引き抜くことをできなくする措置）を既に講じている。</li> <li>➢ 炉内構造物等による炉心形状の維持機能と制御棒挿入による未臨界状態の維持機能により、原子炉の未臨界性は確保されている。</li> <li>➢ 従って、制御棒の動的動作によって原子炉を緊急停止する「止める」機能は廃止措置に移行した時点で要求がない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 原子炉容器内に燃料体が存在しないため、「止める」機能は要求がない。</li> </ul>
「冷やす」機能に関する要求	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 燃料体が存在する設備として原子炉容器、炉外燃料貯蔵槽及び燃料池がある。</li> <li>➢ この内、原子炉容器は冷却しなくとも燃料体や設備が健全であることを確認し、燃料体の破損リスクがないため、主冷却系統の「冷やす」機能の要求はない。</li> <li>➢ 炉外燃料貯蔵槽及び燃料池は念のため運転時と同等の状態を維持するとしてため「冷やす」機能を維持している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 原子炉容器内に燃料体が存在しないため、主冷却系統の「冷やす」機能は要求がない。</li> <li>➢ 炉外燃料貯蔵槽内に燃料体が存在しないため、炉外燃料貯蔵槽冷却系の「冷やす」機能の要求はなくなる。</li> <li>➢ 燃料体が引き続き存在する燃料池に関しては、燃料池の構造健全性や燃料体の健全性を維持する要求は変わらない。</li> </ul>
「閉じ込める」機能に関する要求	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 廃止措置に入った時点で、燃料体ギャップ中に内包される放射性ガスが十分減衰しており、事故が発生して燃料体中の放射性物質が発電所敷地外へ多量に放出された場合を想定しても周辺公衆に著しい放射線被ばくを与えるリスクはない。</li> <li>➢ 1次系ナトリウム中の放射能濃度は低く、1次冷却材漏えい事故を想定しても周辺公衆に著しい放射線被ばくを与えるリスクはない。</li> <li>➢ 従って、原子炉格納施設等の隔離や、燃料取扱エリア換気空調設備の浄化に関する「閉じ込める」機能は廃止措置に移行した時点で要求がない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 第1段階から継続して要求がない。</li> </ul>
プラント状態を監視し異常状態を把握する機能に関する要求	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 発電所周辺の一般公衆の放射線被ばくが十分低く保たれていることを監視するとともに、作業員の放射線被ばくを低減し、放射線レベルを監視及び管理する放射線管理設備や、プラントに異常が発生した場合（例えば放射性物質の漏えいやナトリウム漏えい）の監視機能に関する要求は、運転段階から変わるものではない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 第1段階と同等の要求が継続する。</li> </ul>

今後の取り組み

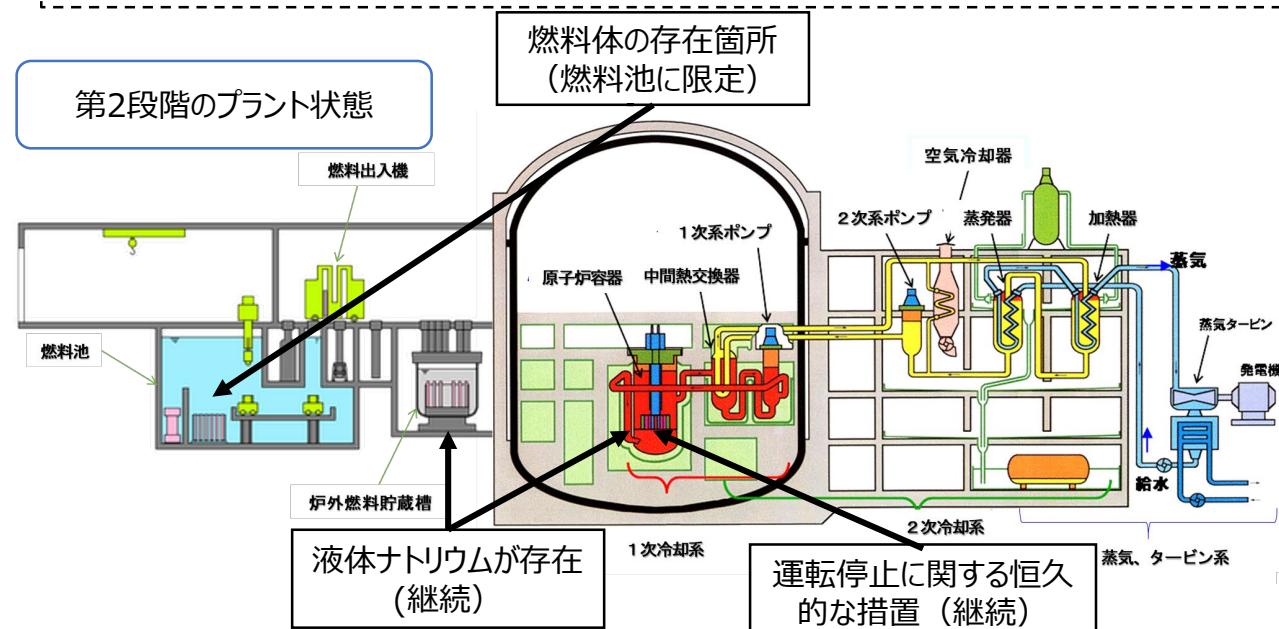
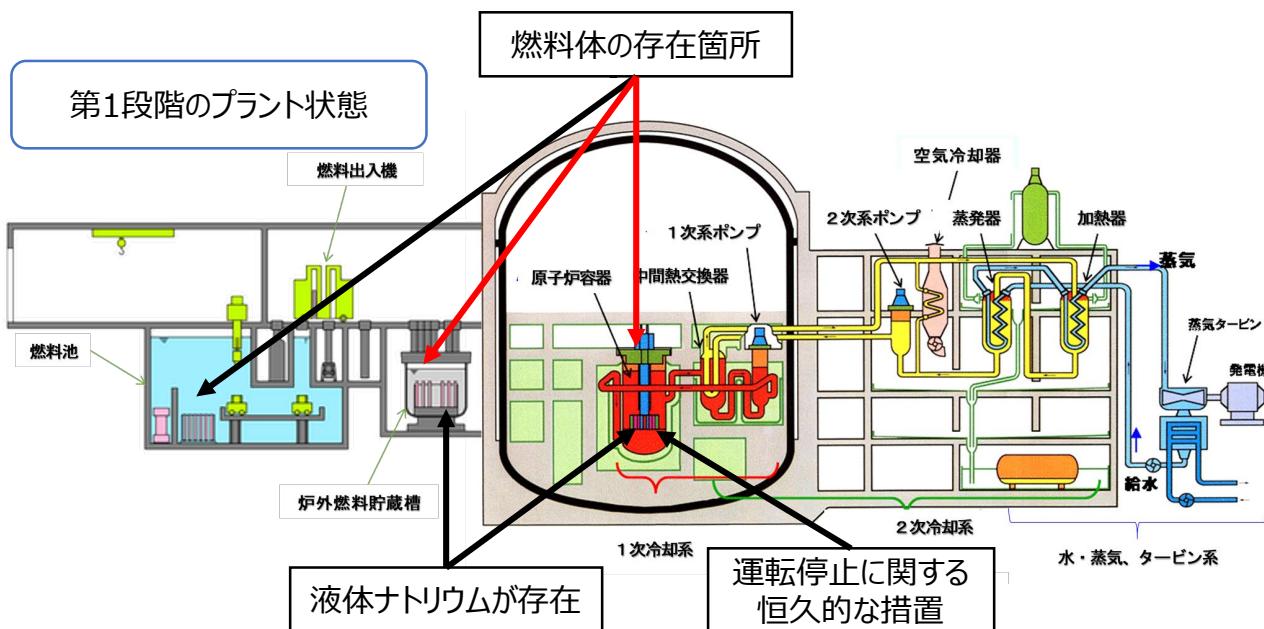
- ハード的に他の性能維持施設に影響を与えることなく、実現可能性が高いものとして、直流電源設備及び交流無停電電源設備（直流電源設備等）の最適化に着手。
- 直流電源設備等は多重性や独立性を有する設備となっているが、第2段階以降の要求レベルに応じた系統構成となるよう見直しを図る。
- 電源の最適化としては、最終的にはディーゼル発電機の数削減や縮小等を目指して進める。

目的

- 廃止措置では、その段階が進みリスクが低減することに伴い、性能維持施設に要求される維持機能や性能も変化する。
- その要求の変化に応じて性能維持施設を見直し、要求レベルを上回る設備を停止、縮小又は代替していく。
- 設備の縮小又は代替によって要求される機能レベルを維持しながら、設備の故障リスクを下げることが可能となる。

設備の停止、縮小又は代替に係る考え方

- もんじゅの安全上重要な設備は、多重性又は多様性及び独立性を有する。
- しかしながら、廃止措置の段階に応じた要求レベルは変化していくため、この要求レベルに応じた個別の設備検討を進める。
- 検討対象は、もんじゅの現状のプラント状態だけでなく、将来のプラント状態との整合性も検討した上で、準備が整ったものから順次検討に着手する。
- 今回は燃料体が炉心等から全て取り出される第2段階への移行を契機に着手。今後の見直しのタイミングとしては、しゃへい体等の取出し完了時、ナトリウムの搬出完了時などが候補となる。



安全確保のために要求される主な機能	廃止措置第1段階 燃料体：原子炉容器、炉外燃料貯蔵槽、燃料池	廃止措置第2段階以降 燃料体：燃料池
「止める」機能に関する要求	▶ 制御棒の動的動作によって原子炉を「止める」機能は廃止措置に移行した時点で要求はなし	▶ 原子炉容器内に燃料体が存在しないため、「止める」機能は要求はなし
「冷やす」機能に関する要求	▶ 原子炉容器は冷却しなくとも燃料体や設備が健全であることを確認し、燃料体の破損リスクがないため、主冷却システムの「冷やす」機能の要求はなし ▶ 炉外燃料貯蔵槽及び燃料池は念のため運転時と同等の状態を維持するため「冷やす」機能を維持	▶ 原子炉容器や炉外燃料貯蔵槽に燃料体がなく、原子炉容器や炉外燃料貯蔵槽を「冷やす」機能の要求はなし ▶ 燃料池の構造健全性や燃料体の健全性を維持する要求は変わらない
「閉じ込める」機能に関する要求	▶ 燃料体ギャップ中に内包される放射性ガスが十分減衰していること、1次系ナトリウム中の放射能濃度は低いことから、事故を想定しても周辺公衆に著しい放射線被ばくを与えるリスクはなし ▶ 原子炉格納施設等の隔離や、燃料取扱エリア換気空調設備の浄化に関する「閉じ込める」機能の要求はなし	▶ 第1段階から継続して要求はなし
プラント状態を監視し異常状態を把握する機能に関する要求	▶ 放射線レベルを監視及び管理する放射線管理設備や、プラントに異常が発生した場合（例えば放射性物質の漏えいやナトリウム漏えい）の監視機能に関する要求は、運転段階から変化なし	▶ 第1段階と同等の要求が継続

今後の取り組み

- ハード的に他の性能維持施設に影響を与えることなく、実現可能性が高いものとして、直流電源設備及び交流無停電電源設備の最適化に着手。
- 当該設備は多重性や独立性を有する設備となっているが、第2段階以降の要求レベルに応じた系統構成となるよう見直しを図る。
- 電源の最適化としては、最終的にはディーゼル発電機の台数削減や縮小等を目指して進める。