

第2段階におけるナトリウム搬出の実施計画
(案)

令和3年 ●月 ●日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

1. 第2段階におけるナトリウム搬出の基本方針

1.1 第2段階におけるナトリウム搬出の必要性

第38回もんじゅ廃止措置安全監視チーム会合資料2別添1（一部加筆して図1に再掲）に示すように、廃止措置計画全期間の全体像を検討した結果、第2段階（解体準備期間）においては、バルクナトリウム（通常の移送操作により系統設備からの抽出しが可能なナトリウムであり、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）の所外搬出をできる限り早期に完了し、ナトリウム保有に伴うリスクを低減するとともに、速やかに第3段階（廃止措置期間Ⅰ）におけるナトリウム設備の解体に着手できるよう、これらに関する作業を優先的に行うこととしている。

1.2 第2段階における搬出対象とするナトリウム

第1段階終了時点でのもんじゅに保有するナトリウムの所在場所と第2段階における搬出対象とするナトリウムを図2に示す。

第1段階終了時点において施設内にあるナトリウムは約1,665トンである。そのうち、バルクナトリウムは約1,588トンと現在評価しており、ナトリウム設備の解体技術基盤整備に利用する約6トンを除くバルクナトリウム（現在、約1,582トンと評価）を搬出対象とする。

さらに、バルクナトリウム以外についても、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。

1.3 第2段階におけるナトリウム搬出完了に必要なプロセス

バルクナトリウムの所外搬出を完了するには、図3に示すように、しゃへい体等の取出し作業を実施し、搬出までの一連の作業に必要なナトリウム設備の供用を完了した上で、系統設備から既設タンクへの「ナトリウム抜き取り」、既設タンクから輸送用タンクへの「ナトリウム抽出し」及び輸送用タンクによる「ナトリウム搬出」の一連の手順が必要となる。

ナトリウム搬出完了までに必要なこれらの作業は、ナトリウム取扱作業と設備整備作業に大別でき、前者の作業工程に供用できるように後者の設備整

備工程を管理する必要がある。

(1) ナトリウム取扱作業

主としてプラント運転要員が実施するしゃへい体取出し作業及びナトリウム拔出・搬出作業である。安全、確実かつ速やかに作業を完了するためには、①～④の作業を順次行えるように、それぞれの作業に応じた交替勤務体制の整備が必要である。

① 燃料体取出し作業～しゃへい体等取出し作業準備（廃止措置第1段階）

燃料体取出し作業の完了後、もんじゅ全体の廃止措置実施体制を廃止措置第2段階（ナトリウム解体準備期間）に応じた体制に変更するための準備を第1段階期間中に行う。しゃへい体等取出し作業の体制についても、この新体制の下で燃料体取出し作業の経験を有するものを中心に編成し、教育・訓練を行う。

② しゃへい体等取出し作業～放射性ナトリウム抜取作業（廃止措置第2段階）

しゃへい体等取出し作業は、燃料体取出し作業に用いた燃料取扱設備及び貯蔵設備を用いて、中性子源集合体、サーベイランス集合体、中性子しゃへい体、制御棒集合体、模擬燃料体、固定吸収体（燃料体取出し作業時に模擬燃料体の代替として炉心に装荷した未使用固定吸収体）、合計595体を原子炉容器から燃料池に取出すものであり、取出し速度は、燃料体取出し作業と基本的に同レベル（原子炉容器→炉外燃料貯蔵槽：約6体/日、炉外燃料貯蔵槽→燃料池：約2.5体/日）であり、燃料体取出しと同様、長期間を要する。

しゃへい体等取出し作業が完了した後、原子炉容器及び炉外燃料貯蔵槽に充填されていた放射性ナトリウムのうち、施設タンクに収容できるものは施設タンクに抜取り、固化保管し、残りのナトリウムは、原子炉容器及び炉外燃料貯蔵槽で保管する。

③ 非放射性ナトリウム抽出・搬出作業（廃止措置第2段階）

施設タンクに固化保管されていた2次系ナトリウムを新設・改造した抽出設備を用いて、輸送タンクへ抽出し、輸送タンクを施設外に搬出し、一時保管した後、所外の受入れ先に輸送する。

本作業を安全、確実に実施できるように、ナトリウム移送等のプラント運転業務の経験者を中心に体制を編成し、設備確認、必要な教育・訓練を事前に行う。

④ 放射性ナトリウム抽出・搬出作業（廃止措置第2段階）

施設タンクで固化保管されていた放射性ナトリウム並びに原子炉容器及び炉外燃料貯蔵槽で保管されていた放射性ナトリウムを新設・改造した抽出設備を用いて、輸送タンクへ抽出し、輸送タンクを施設外に搬出し、一時保管した後、所外の受入れ先に輸送する。

非放射性ナトリウムの抽出・搬出の後に行うこととなるので、非放射性ナトリウムの抽出・搬出体制をもとに、設備、作業内容の違いに応じて体制を見直し、必要な教育・訓練を行う。

(2) 設備整備作業

主として設備保全要員が担当メーカ各社と協力して実施するナトリウム抽出・搬出ルート確立のための諸設備の整備作業である。

① 非放射性ナトリウム抽出・搬出作業までに必要な設備整備

非放射性ナトリウムの抽出し作業を実施するため、2次系ナトリウム抽出しのために新設する配管ルート、輸送用タンクの支持方法、ナトリウム漏洩対策等を定めた上で既存設備の復旧と新設設備の設置により、2次系抽出設備を整備する。

非放射性ナトリウムの搬出作業のうち、輸送タンクの施設外への移送のためには、施設搬出入のための移送ルート、揚重設備等の整備が必要

であり、輸送タンクの所外搬出のためには、所外輸送までの間、輸送タンクを保管するための一時保管施設を整備するとともに、輸送用タンクを受入れ先に輸送するまでの輸送方法を決定し、必要な施設整備、輸送手段の確保が必要である。

② 放射性ナトリウム抽出・搬出作業までに必要な設備整備

放射性ナトリウムの抽出し作業及び搬出作業を実施するためには、非放射性ナトリウムと同様、抽出しのための原子炉容器・1次系抽出設備及び炉外燃料貯蔵槽系抽出設備の整備、輸送タンクの施設搬出入のための移送ルート、揚重設備等の整備、輸送タンク一時保管施設の整備が必要であり、輸送用タンクを受入れ先に輸送するまでの輸送方法を決定し、必要な施設整備、輸送手段の確保が必要である。

(3) ナトリウムの搬出先

ナトリウムの搬出先については、もんじゅからの搬出可能時期に受け入れることが可能であること、ナトリウムを有効利用できることを前提として選定する。

1.4 第2段階におけるナトリウム搬出の基本方針

上記1.3に記したようにナトリウム搬出完了までには多くのナトリウム取扱作業及び設備整備を行う必要がある。これらを効果的に組合せ、ナトリウム搬出を安全、確実、かつできるだけ速やかに完了するため、以下の方針でナトリウム搬出計画を策定する。

- ナトリウム搬出のための最初のプロセスであり、かつ、燃料抽出し作業並みの長期間を要するしゃへい体等抽出し作業を最優先で行い、燃料体抽出し完了後のプラント状態を考慮した設備点検の見直しにより、できるだけ早期の完了を目指す。
- しゃへい体等抽出し完了後、できる限り速やかに非放射性ナトリウム

の抜出・搬出に移行できるように体制変更を行うとともに、この作業工程に整合するように必要な設備整備を行う。

- 非放射性ナトリウムの搬出完了後、できる限り速やかに放射性ナトリウムの抜出・搬出に移行できるように体制変更を行うとともに、この作業工程に整合するように必要な設備整備を行う。
- 設備整備においては、上記の工期の条件を満足するとともに、ナトリウムの抜出・搬出作業を安全、確実かつできる限り速やかに行えるように取り組む。
- 上記の方針に基づき定めるバルクナトリウム搬出工程に整合する範囲で、バルクナトリウム以外についても回収、搬出を図り、第3段階での施設内のナトリウムに起因するリスクをできるだけ低減する。

2. 終了条件

上記1. で記載した搬出対象のナトリウムはナトリウム等の危険物輸送用タンク*として認められている「ISO規格のタンクコンテナ」(以下、ISOタンク)に抜出しを行うとともに、ISOタンクの所外搬出完了をもって、第2段階におけるナトリウムの搬出完了とする。

*：危険物の国際輸送では国際海事機構が定める規則「International Maritime Dangerous Goods Code」に適合することが必要。

3. 第2段階におけるナトリウム搬出の実施計画

3.1 ナトリウム取扱い作業

第2段階におけるナトリウム搬出の基本方針(1.4項参照)に基づき、以下に示すナトリウム取扱い作業及びそのための体制整備がバルクナトリウムの搬出完了に対する律速工程となる。

- 燃料体取出し作業完了～しゃへい体等取出し作業準備
- しゃへい体等取出し
- 非放射性ナトリウムの抜出し・搬出(体制整備を含む)

- 放射性ナトリウムの拔出し・搬出（体制整備を含む）

これらの律速工程を安全、確実かつできる限り速やかに順次実施できるよう、以下のように進める。

SsL 運用

バルクナトリウム搬出のクリティカル作業であるしゃへい体等の取出し作業では、原子炉容器のナトリウム液位を NsL（通常レベル）から SsL（システムレベル）まで低下させた状態で燃料交換設備を運用することにより、放射性液体ナトリウムを保有する系統のうち、原子炉容器を除く 1 次主冷却系、オーバフロー系、純化系及び充填ドレン系の運用を停止でき、設備点検・検査に要する期間、要員等を大幅に軽減できることから、しゃへい体等の取出しを確実に進める準備をした上で、SsL 運用によるしゃへい体取出し作業の迅速化を図る。しゃへい体等取出し作業を実施する際の原子炉容器のナトリウム液位を SsL に低下することにより、設備点検に要する期間を短縮し、しゃへい体等取出し作業に充てる期間を確保する。

この運用により、ナトリウム漏洩リスクの対象範囲の縮小が可能である。また、設備点検作業量を抑制することが可能であり、ナトリウム拔出し作業までの限られた工期の中で実施する設備整備を確実に実施できる。

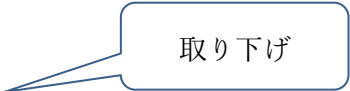
放射性ナトリウムの保管

現有の施設タンク（容量は合計で約 $601 = 542 + 59$ トン）では、放射性ナトリウム全量（約 $905 = 758 + 147$ トン）を収容できず、新たなタンクを増設するための設置スペースを既設建物内に確保することは難しい。また、新たなタンクの設計・製作・据え付けをしゃへい体等の取出しやナトリウムの搬出設備設置の作業と並行して行う必要があり、ナトリウムを早期に搬出する工程にも影響を及ぼす。

新たなタンクを設置せず原子炉容器、炉外燃料貯蔵槽に保管する場合、固化保管又は液体保管のいずれかとなる。固化保管の場合、原子炉容器、炉外

燃料貯蔵槽の内部構造が複雑であることから、固化・再溶解時にナトリウムの体積変化により内部構造物が変形する恐れがある。一方、原子炉容器、炉外燃料貯蔵槽はナトリウムだけでなく燃料を内蔵する安全上重要な機器である。様々なことに配慮して破損することがないように設計・製作された信頼性が最も高い容器であり、当然、耐震重要度は S クラス、地震では壊れない設計となっている。また、二重容器構造を採用しているため、想定を超えた原因によってナトリウムが漏えいした場合でも、漏えいナトリウムは外側の容器内留まる設計となっている。さらに、原子炉容器室、炉外燃料貯蔵室は窒素雰囲気維持されていることから、漏えいしたナトリウムは雰囲気中に含まれる微量の酸素と反応するのみでナトリウム火災には至らず、施設の安全性は確保される。

以上より、施設タンクの容量を超える放射性ナトリウムは液体の状態で原子炉容器、炉外燃料貯蔵槽に保管し、放射性ナトリウムの搬出を確実・速やかに行う。



取り下げ

しゃへい体等取出し作業の対象物の変更

しゃへい体等のうち、近接可能なグループ（制御棒集合体、模擬燃料体、固定吸収体）については、燃料取扱及び貯蔵設備を用いない別の方法で第 3 段階に炉心から取出すことも可能であることから、今後の作業等により、第 2 段階のバルクナトリウムの搬出工程に影響があると想定される場合には、第 2 段階のしゃへい体等取出し作業の対象から近接可能なグループの一部または全部を除外する。

3.2 設備整備

律速工程である非放射性ナトリウムの拔出・搬出作業及び放射性ナトリウムの拔出・搬出作業の工程に整合するように、諸設備の整備を行う必要があり、2 次系、原子炉容器・1 次系及び炉外燃料貯蔵槽系それぞれに対するナトリウム拔出ルート、非放射性ナトリウム及び放射性ナトリウムそれぞれに対する搬出ルートの整備を並行して実施する。

工期内にこれらの設備整備を行いつつ、設備の安全性を確保し、ナトリウム取扱い作業を安全、確実かつできる限り速やかに完了するため、以下のように進める。

ナトリウム移送配管の新設における耐震設計

ナトリウムを抜出すために追加設置するナトリウム移送配管は、供用期間が1年以上となると予想され、恒設設備と見なし、既設設備と同様、耐震重要度はBクラスとする。さらに、限られた工期の中でナトリウム漏洩に対する安全性を確保するため、最大の地震を想定してもナトリウムを漏らさないよう、耐震クラスをB(S)として設計する。

耐震評価に用いるSクラス地震動は、初回の廃止措置計画認可申請書における地震に対する安全評価と同様、耐震バックチェック時に策定した基準地震動Ss-D（最大加速度760ガル）に加え、近隣の軽水炉の基準地震動を参考に、加速度応答が同等レベルとなるように策定した地震動（最大加速度995ガル）を用いる。

3.3 実施計画

図4に第2段階におけるバルクナトリウムの搬出のために行う主要作業の実施手順とそれに伴う系統毎の施設内ナトリウムの量及び状態の推移を示す。

第2段階前半にしゃへい体等取出しを完了し、施設タンクに収容可能な放射性ナトリウムの抜取りを行う。第2段階後半においては、ナトリウム抜出・搬出作業を2次系ナトリウム、原子炉容器・1次系ナトリウム、炉外燃料貯蔵槽系ナトリウムの抜出・搬出作業の準備に体制整備を行った上で実施する。

4. 廃止措置計画の申請方針

2022年6月予定の第2段階に係る廃止措置計画の初回の変更認可申請においては、第2段階の前半としてしゃへい体等取出しが完了するまでの期間を対象とする。ナトリウム抜出し及び搬出に必要な施設改造、設備整備に関する詳

細設計等、時間を要する事項については、許認可に必要な期間を考慮しつつ、し
かるべき時期に変更認可申請を行うこととする。

以上

別添図

- 図1 廃止措置全体像と第2段階のナトリウム搬出
- 図2 第1段階終了時のナトリウムの状態と第2段階の搬出対象ナトリウム
- 図3 第2段階のバルクナトリウム搬出完了までのプロセス
- 図4 第2段階におけるナトリウム搬出の実施計画とナトリウム量・状態の推移

(参考) 終了条件を達成するための主要作業と検討状況

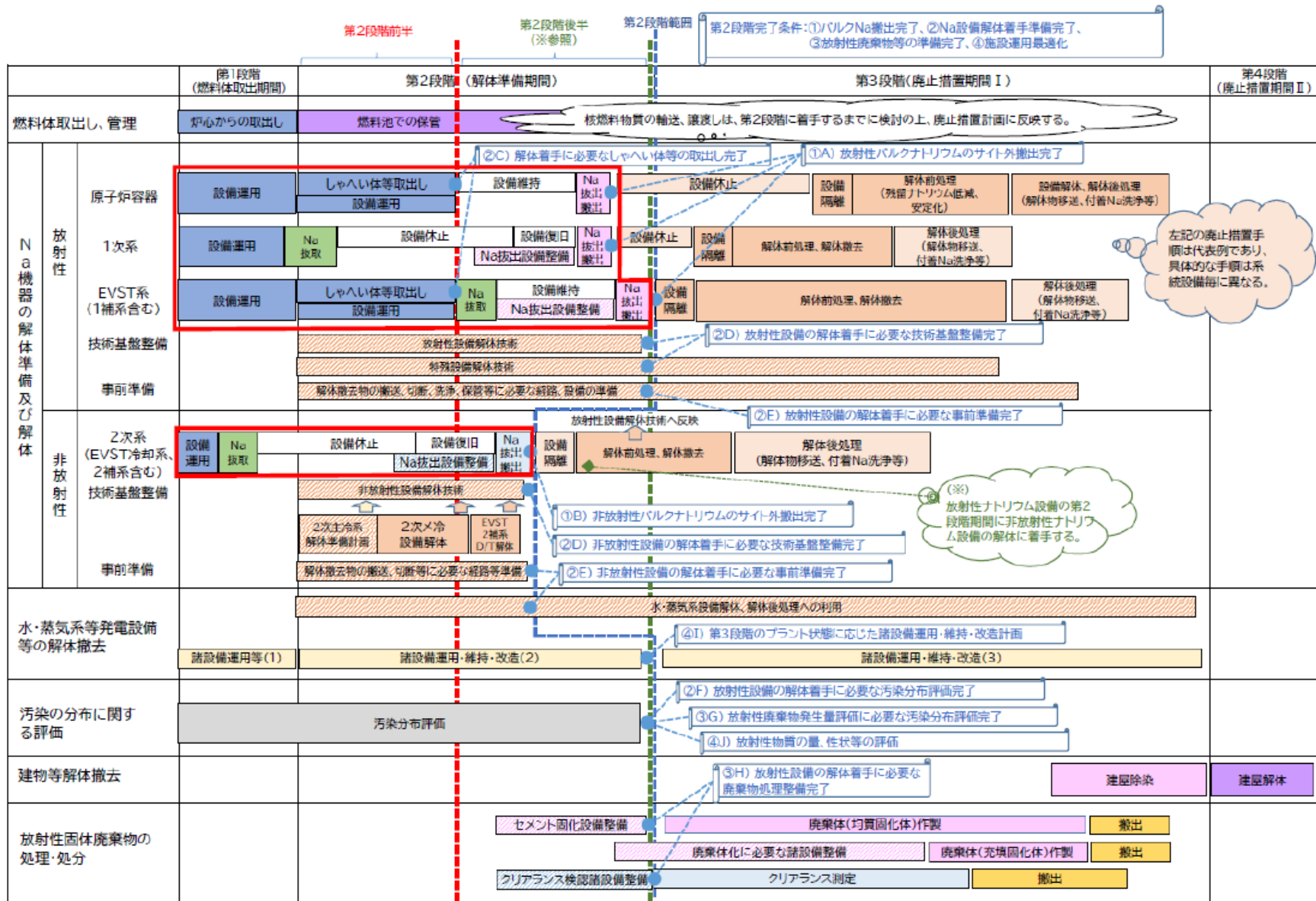
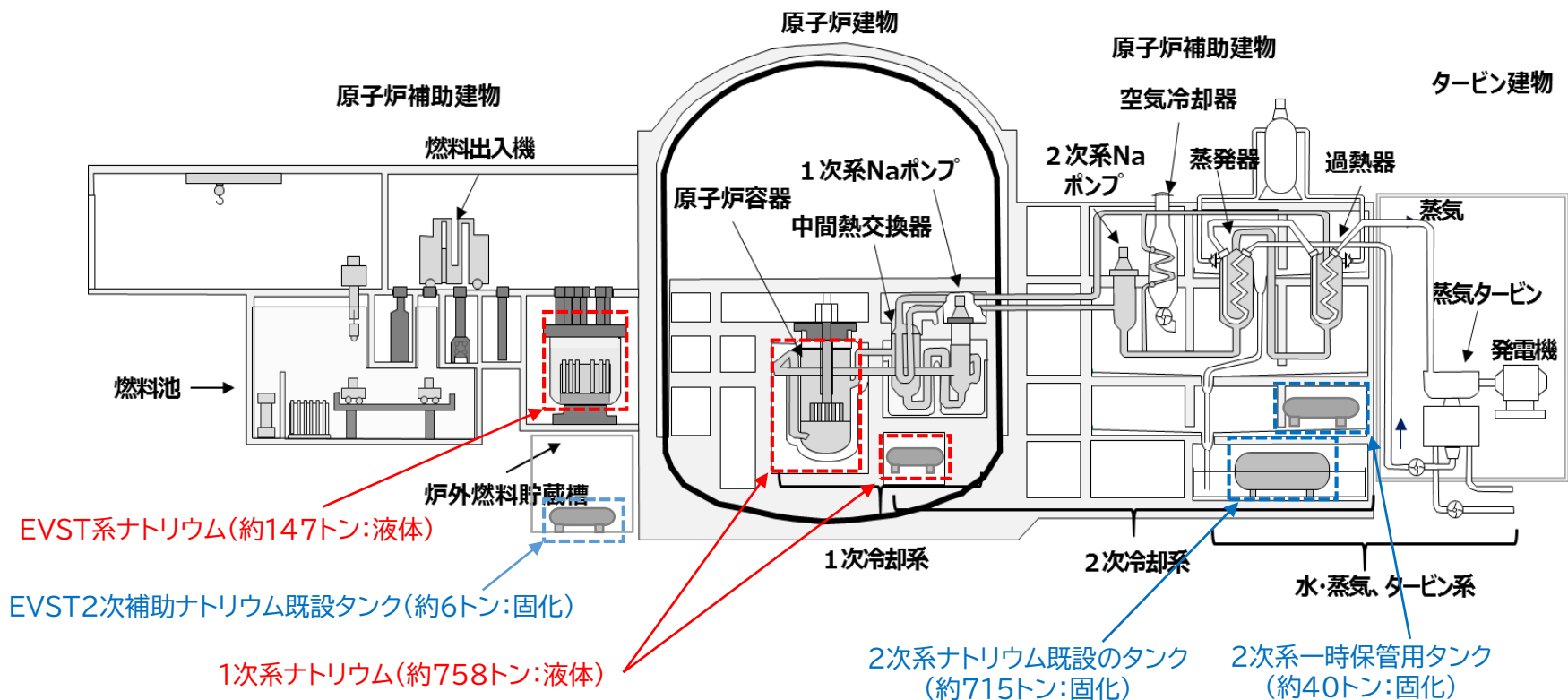


図1 廃止措置全体像と第2段階のナトリウム搬出

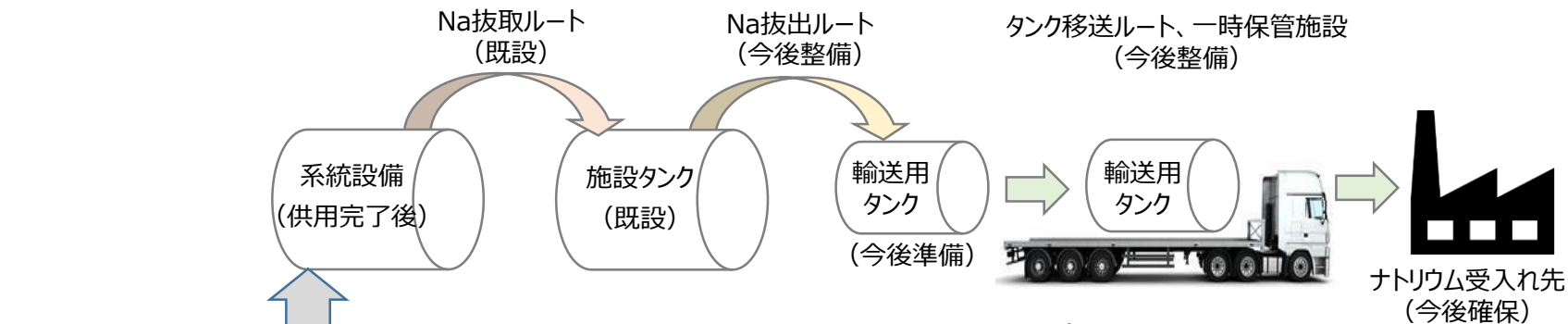


		第1段階終了時の保有量(トン)			第2段階の搬出対象ナトリウム
		バルクナトリウム	その他ナトリウム	合計	
非放射性 ナトリウム	2次系	728※1	27	755	全バルクナトリウム及び回収、搬出可能なその他ナトリウム
	EVST2補系	6※1	0	6	設備解体技術基盤整備に利用するため搬出対象外
放射性 ナトリウム	原子炉容器、1次系	727※1	31	758	全バルクナトリウム及び回収、搬出可能なその他ナトリウム
	EVST1補系	127※1	19	147	
ナトリウム総計		1,588※1	77	1,665※2	—

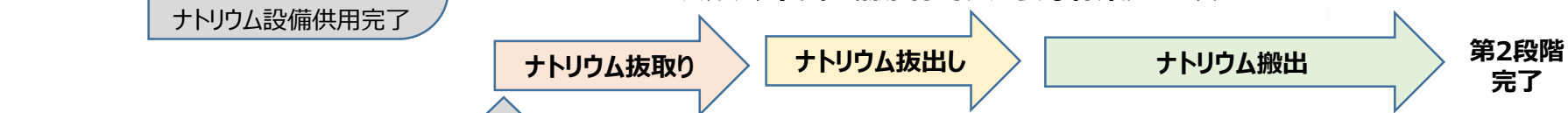
※1 現在の評価値、 ※2 四捨五入しているため、内訳の合計と一致しない

図2 第1段階終了時点のナトリウムの状態と第2段階の搬出対象ナトリウム

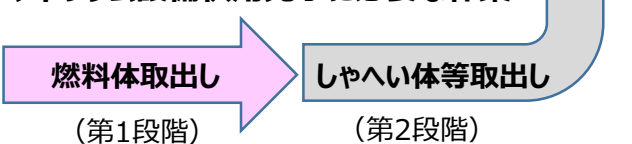
バルクナトリウム搬出までの作業プロセスで使用する設備



バルクナトリウム搬出までに必要な作業プロセス



ナトリウム設備供用完了に必要な作業



ナトリウム設備の供用完了に必要な作業 (原子炉容器から燃料池までの燃料体等の取出し)			
取出しルート	取出し対象物の数		標準的な作業速度 (体/日)
	燃料体 (体)	しゃへい体等 (体)	
原子炉容器→ 炉外燃料貯蔵槽	370	595	約6
炉外燃料貯蔵槽 →燃料池	530	599 (予定)	約2.5

バルクナトリウムの搬出までに必要な作業プロセスの現状と今後の実施計画

ナトリウム 系統設備	バルクナトリウムの搬出までの作業プロセス			特記事項
	ナトリウム 採取	ナトリウム 抽出	ナトリウム 搬出	
非 放射 性	2次系	施設タンクに採取 済、固化保管中	抜出ルートを整備 した上で抜出	タンク内残留Naの 回収・搬出を図る
	EVST 2補系	施設タンクに採取 済、固化保管中	—	技術基盤整備用に施 設内保管、利用
放 射 性	原子炉 容器、 1次系	しゃへい体等取出 し完了後、採取	抜出ルートを整備 した上で抜出	—
	EVST 1補系	しゃへい体等取出 し完了後、採取	抜出ルートを整備 した上で抜出	燃料ポッド内Naの 回収・搬出を図る

図3 第2段階のバルクナトリウム搬出完了までのプロセス

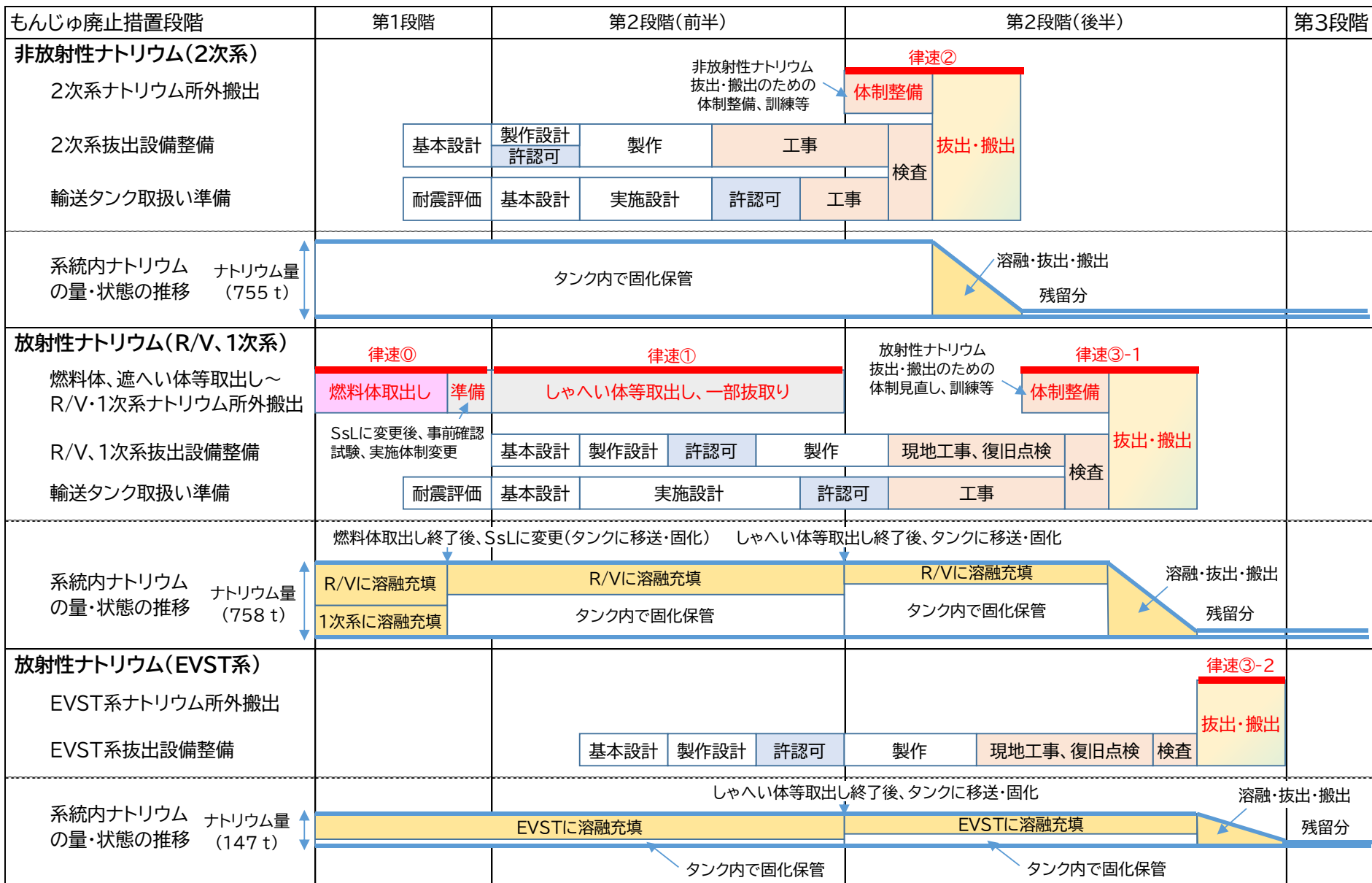


図4 第2段階におけるナトリウム搬出の実施計画とナトリウム量・状態の推移