

第 2 段階におけるナトリウム搬出の 実施方針と実施手順

(注 ナトリウムの数量等は精査中であり、今後見直すこともありうる。)

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

目次

- 1. 第 2 段階におけるナトリウム搬出の実施方針と搬出対象とするナトリウム ●
 - 1.1 第 2 段階におけるナトリウム搬出の必要性
 - 1.2 第 1 段階終了時点において施設内にあるナトリウム
 - 1.3 第 2 段階におけるナトリウム搬出の実施方針
 - 1.4 第 2 段階における搬出対象とするナトリウム
- 2. 終了条件 ●
- 3. 終了条件を達成するための主要作業と検討状況 ●
 - 3.1 非放射性ナトリウム ●
 - 3.1.1 抜取り段階
 - 3.1.2 拔出し段階
 - (1) 拔出配管のルート設定、追設、拔出方法
 - (2) ISO タンク、拔出配管の耐震設計 ●
 - (3) ナトリウム漏えい対策 ●
 - (4) 復旧範囲、復旧計画の決定 ●
 - (5) タンク底部ナトリウムの抜取り治具の整備 ●
 - 3.1.3 搬出段階
 - (1) ISO タンクの施設搬出入方法 ●
 - (2) ISO タンク施設搬出入時の揚重設備の整備
 - (3) ISO タンクの所外搬出
 - 3.2 放射性ナトリウム
 - 3.2.1 ナトリウム設備による廃止措置作業実施
 - 3.2.2 抜取り段階 ●
 - 3.2.3 拔出し段階 ●
 - 3.2.4 搬出段階 ●
 - (1) ISO タンクの施設搬出入
 - (2) ISO タンクの所外搬出
- 4. 第 2 段階のナトリウム搬出の実施手順
- 5. 廃止措置計画の申請方針 ●

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 段階終了時点のバルクナトリウムの状態 ●
- 図 3 ナトリウム搬出までのプロセス ●
- 図 4 2 次系ナトリウム各搬出し案 ●
- 図 5 搬出し案毎の 2 次系ナトリウム通液範囲 ●
- 図 6 2 次系ナトリウム用の ISO タンク設置時の固定
例 ●
- 図 7 既設タンク底部ナトリウム搬出方法 ●
- 図 8 2 次系ナトリウム用の ISO タンク搬出入ルート ●
- 図 9 格納容器オペレーションフロアへの設置を想定
した搬出し方法
- 図 10 第 2 段階におけるナトリウム搬出の実施手順 ●

1. 第2段階におけるナトリウム搬出の実施方針と搬出対象とするナトリウム

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（図1に再掲）に示したように、廃止措置計画全期間の全体像の検討の結果、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、その後速やかに、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に、これらに関する作業を優先的に行うこととした。

1.2 第1段階終了時点において施設内にあるナトリウム

第1段階終了時点のナトリウムの所在及び状態を図2に示す。

第1段階終了時点において施設内にある非放射性ナトリウムは、2次冷却系に約755トン、炉外燃料貯蔵槽2次補助ナトリウム系に約6トン、合計約761トンである。廃止措置第1段階において原子炉の冷却が不要となったため、2次主冷却系等の系統を停止して、ナトリウムを抜取り済みであり、現在、廃止措置移行前から設置されていた施設タンク（ダンプタンク及びオーバフロータンク）及び廃止措置移行後に設置した一時保管用タンクに固化保管中である。炉外燃料貯蔵槽2次補助ナトリウム系のナトリウムはダンプタンクで固化保管中である。

第1段階終了時点において施設内にある放射性ナトリウムは、原子炉容器・1次冷却系に約758トン、炉外燃料貯蔵槽1次補助ナトリウム系に約147トン、合計約905トンである。第1段階においては、燃料体の取出し作業のため、ナトリウムは各系統内に溶融状態で充填されており、炉心からの燃料体取出し作業（原子炉容器→燃料池）の終了後、原子炉容器のナトリウム液位をNsLからSsLに低下させ、1次系のナトリウムとともにタンクで固化保管する。

1.3 第2段階におけるナトリウム搬出の実施方針

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て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「ナトリウム抜取り」、既設タンクから輸送用タンクへの「ナトリウム拔出し」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である。

既にナトリウム抜取りが完了し、タンク内に安定な状態で固化保管されている非放射性ナトリウムに比べ、放射性ナトリウムは多くのナトリウム取扱作業を放射性物質の閉じ込めに留意しつつ管理区域で遂行する必要がある、搬出完了によるナトリウム保有リスク低減に対する律速プロセスとなっている。これを踏まえて、以下の実施方針に基づき実施手順を検討する。

- 搬出工程完了までの律速工程となるしゃへい体等の取出し作業並びに非放射性ナトリウム及び放射性ナトリウムのナトリウム拔出し・ナトリウム搬出を安全、確実、かつ速やかに実施できるよう、作業の優先度を考慮しつつ、各作業の実施手順と内容を計画する。
- ナトリウム払出し及びナトリウム搬出を実施するに当たっては、施設改造、新規設備設置が必要であり、これらの設計、製作、許認可、工事、検査を律速工程に整合するように実施するとともに、払出し、搬出作業を安全、確実に実施するため、作業実施体制の整備と教育・訓練を律速工程の実施手順として組み込む。
- 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ため、バルクナトリウム以外についても第2段階のナトリウム搬出期間までに対応可能なものを回収、搬出する。

1.4 第2段階における搬出対象とするナトリウム

第2段階で搬出する非放射性ナトリウムは、2次冷却系のバルクナトリウム約728トンに加えて、ナトリウム搬出時期までに回収可能なナトリウム（輸送タンクへの拔出し操作後の施設側のタンク底部から回収するナトリウム20トン程度と現時点で評価している。）、合計約748トン（評価値）

である。2次冷却系の残りの約7トンは、残留ナトリウムとして系内に留まる。炉外燃料貯蔵槽2次補助ナトリウム系の約6トンは、解体技術基盤の整備に資するため、第2段階での搬出対象外とし、施設内に保管、利用する。

第2段階中に搬出する放射性ナトリウムは、原子炉容器・1次冷却系約727トン、炉外燃料貯蔵槽1次補助ナトリウム系約127トン、合計約854トンのバルクナトリウムに加えて、ナトリウム搬出時期までに回収可能なナトリウム(EVST燃料移送ポット内のナトリウム約16トンと現時点で評価している。)、合計約870トン(現在の評価値)である。残る約35トンは、原子炉容器等の設備内に残留ナトリウムとして留まるが、ナトリウム搬出工程に影響を与えない範囲で回収できれば、搬出対象に加える。

2. 終了条件

上記1. で記載した搬出対象のナトリウムを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)に拔出し、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終了とする。

3. 終了条件を達成するための主要作業と検討状況

3.1 非放射性ナトリウム

非放射性ナトリウムのうち、炉外燃料貯蔵槽2次補助ナトリウム系は、タンク底部の残留ナトリウム拔出治具の技術開発に使用するなど、解体技術基盤の整備に資することとするため、大洗ナトリウム施設等で実績のある方法(ドラム缶等)で拔出し・保管する。このため、搬出対象とする非放射性ナトリウムである2次系ナトリウムについて、本項で記載する。

3.1.1 抜取り段階

2次系ナトリウムは、すでに第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抜取り、固化済みである。

3.1.2 抽出し段階

第1段階終了時点において各タンク内で固化保管されている2次系ナトリウムをISOタンクに抽出するには、ナトリウムを溶融し、既設のナトリウム移送ルートに新設ルートを追加する必要がある。2次冷却系は、ナトリウム酸化防止機能に関わる設備以外は休止状態にあり、抽出ルートとして使用する範囲については必要な機能を復旧する。2次系ナトリウムの抽出方針を以下に示す。

(1) 抽出し配管のルート設定、追設、抽出方法

a. 要求事項

ISOタンクへのナトリウム抽出しに当たり、安全を確保しつつ、抽出しに係る追設量を考慮し、配管ルート及び設備復旧範囲を最小限とする抽出方法の選定が必要である。

b. 作業方針

- ・設備改造範囲を小さくする。
- ・残留ナトリウム量を低減する。
- ・他の廃止措置作業と整合の取れた（エリア調整、抜き出し期間の短縮等）抽出し方法を検討する。

c. 現在の検討状況

「設備改造範囲を小さくする」こと及び「抽出し期間を短くする」ことは、トレードオフの関係があることから、総合的な評価の上で検討を進める必要がある。現状は、ガス圧を利用して抽出する方法が優位とされている。また、抽出し期間を短くするには、2次系一時保管用タンクを介せずに行う方法が優位とされている。図4に2次系ナトリウム抽出し案の各イメージを、図5に各案に対応した2次系ナトリウム通液範囲イメージを示す。

(2) ISO タンク、拔出配管の耐震設計

a. 要求事項

地震発生時のナトリウム漏えいを防止するため、ナトリウムを内包する機器は、機器の重要度に応じた耐震性が必要である。

b. 作業方針

- ・ナトリウム拔出しに追設する配管は、日本機械学会「設計・建設規格」に基づき、耐震クラス B(S)にて設計を行う。
 - ・もんじゅサイト内に ISO タンクを設置する際の耐震性については、S クラス地震時にも他機器への波及的影響がないことを確認する。
- 注：S クラス地震とは廃止措置計画申請書で耐震安全性評価に用いた地震動をいう。

c. 現在の検討状況

ISO タンク及び搬入用設備等の付属設備を含め、耐震評価を進めている。図6に2次系ナトリウム用の ISO タンク設置時における耐震上の固定方式等のイメージを示す。

(3) ナトリウム漏えい対策

a. 要求事項

ナトリウム取扱い作業では、作業者の安全を確保するとともに、ナトリウム漏えいに対しては、漏えいを防止し、漏えいを早期に検出し漏えいの影響を緩和する方策が必要である。

b. 作業方針

- ・ISO タンクとナトリウム拔出し配管との接続は、フランジ面の接続が確実となるステンレス鋼製のフレキシブルホースを使用し、接続部からのナトリウム漏えいを防止する。

- ・ナトリウム漏えい時の対策は一時保管用タンクの設置時の対策の考え方を踏襲する。

(キャッチパン、ナトリウム漏えい検出器の設置、火災検知器・窒素ガス注入設備等の既設備の活用)

c. 現在の検討状況

地震時の接続配管部間の相対変位を制限して漏えいを防止し、またフランジ面からの漏えいを検知する方式について、対策設備の仕様検討を進めている。

(4) 復旧範囲、復旧計画の決定

a. 要求事項

設備の再点検範囲及び交換部品点数を考慮し、確実かつ速やかに設備を復旧することが必要である。また、長納期品、生産中止品による復旧工程への影響も考慮することが必要である。

b. 作業方針

- ・ナトリウム通液範囲（復旧範囲）を最小限にする。
- ・設備の復旧に当たっては、必要な点検（耐圧漏えい試験、機能確認等）を行った上で、定期事業者検査にて性能を満足していることを確認する。

c. 現在の検討状況

ナトリウム通液範囲（復旧範囲）は、優位とされている抜出方法を考慮した場合、現状 EL.29m 以下となる見込みである。設備の復旧に当たっては、長納期品、生産中止品の代替品等の調査を実施している。

(5) タンク底部ナトリウムの抜取り治具の整備

a. 要求事項

既設タンク底部ナトリウムに関して、解体時の作業安全を考慮し、可能な限り抜取ることが必要である。

b. 作業方針

- ・タンク底部の残留ナトリウムを低減する。
- ・タンク内受皿のナトリウムを低減する。
- ・放射性ナトリウム搬出時に搬出する。

c. 現在の検討状況

既設タンク底部ナトリウムの専用拔出治具の仕様案の検討を進めている。既設タンク底部ナトリウム拔出し方法のイメージを図 7 に示す。

3.1.3 搬出段階

ナトリウムの搬出に用いる ISO タンクは、幾何容積 23m^3 の円筒形輸送容器であり、搬出にあたっては道路交通法及び消防法に適合する必要があるため、取扱最大重量 24 トンとなる。したがって、ISO タンクの自重を考慮すると、充てん容量は約 18.5 トンとなる。

(1) ISO タンクの施設搬出入方法

a. 要求事項

ISO タンクの搬出入に関して、安全に ISO タンクを搬入・搬出することが必要である。なお、放射性ナトリウムの ISO タンク搬出入についても、要求事項は同様である。

b. 作業方針

- ・ISO タンクの搬出は、ナトリウム拔出し後、冷却固化、移動を 10 日以内に完了させる（消防法上の仮設届の要件より）。
- ・ISO タンクは、建屋内に 1 基ずつ搬入し、拔出し、冷却固化後、移動する。

c. 現在の検討状況

ISO タンクの搬出入用設備（CT レールを活用した台車、シャーシー等）、ISO タンク冷却方式（油冷却、空気冷却）に関し仕様検討を進めている。2次系ナトリウム用の ISO タンク搬出入のイメージを図 8 に示す。

(2) ISO タンクの施設搬出入時の揚重設備の整備

a. 要求事項

安全かつ円滑に ISO タンク搬出入を行うため、ISO タンクの搬出入時の揚重設備の整備が必要である。なお、放射性ナトリウムの ISO タンク搬出入時の揚重設備についても、要求は同様である。

b. 作業方針

- ・建物内で ISO タンクを吊り上げる場合と建物外で吊り上げる場合の作業性を比較し、作業性のよい方式を選択する。
- ・建物内で ISO タンクを吊り上げる場合は、タンク重量に見合ったホイストを追加設置、建物外で吊り上げる場合はタンク重量に見合った重機（ラフタークレーン等）を配備する。

c. 現在の検討状況

ISO タンク搬入用台車について検討中。台車仕様が確定した後、上記作業方針に沿って検討を進める。

(3) ISO タンクの所外搬出

a. 要求事項

ISO タンクに収納された非放射性ナトリウムの危険物輸送を計画した搬出期間に安全、確実にを行う。

b. 作業方針

ISO タンク 1 基ずつを個別トレーラーに積載し、2 基又は 4 基を纏めて所外に陸上搬出する。

c. 現在の検討状況

もんじゅから積出し港に陸上輸送した後、受け入れ先に海上輸送する方針で実現性を調査している。なお、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、ナトリウムを有効利用することを前提に選定する。

3.2 放射性ナトリウム

3.2.1 ナトリウム設備による廃止措置作業実施（しゃへい体等取出し）

原子炉容器・1次冷却系及び炉外燃料貯蔵槽1次補助ナトリウム系の放射性ナトリウムを既設タンクに抜取るため、原子炉容器、炉外燃料貯蔵槽等のナトリウム中で行うしゃへい体等取出し作業を完了する。

a. 要求事項

第3段階で行う原子炉容器本体の解体着手に必要な炉心内にある炉心構成要素等のうち、しゃへい体等の放射化し、近接作業での取出しができないものを燃料交換設備により取り出す。

b. 作業方針

- ・燃料交換設備による燃料体取出しの経験、実績を反映して、安全、確実な作業を計画する。
- ・本作業が放射性ナトリウムの搬出の律速工程となることから、安全、確実かつ速やかな作業実施ができるよう、他の廃止措置作業と整合のとれた最適化を図る。

c. 現在の検討状況

しゃへい体等取出し時の原子炉容器のナトリウム液位を S s L (システムレベル) として、1 次主冷却系及び付属系統のナトリウムを既設タンクに抜取り、これら系統の運用を停止することにより、本作業と競合関係にある設備点検・検査を軽減し、しゃへい体等取出し作業の迅速化を図ることとした。

S s L でのしゃへい体等取出し作業が安全、確実に行えることを事前評価で確認するとともに、事前確認試験を計画している。

3.2.2 抜取り段階

放射性ナトリウムは、第 1 段階で既設設備・通常操作にて既設タンク (ダンプタンク、オーバフロータンク) に抜取り・固化保管し、既設タンクで抜取りできない分については、原子炉容器内に約 216 トン、炉外燃料貯蔵槽内に約 88 トン、液体状態で保管する。

3.2.3 抽出し段階

放射性ナトリウムの抽出しでは、3.1.2 項 (非放射性ナトリウムの抽出し段階における主作業及び作業方針) に加え、下記の方針にて検討を進めて行く必要がある。

a. 要求事項

放射性ナトリウム抽出しにあたり、非放射性ナトリウム抽出しに加え、放射性物質を扱う安全対策を追加し、検討が必要となる。

b. 作業方針

- ・放射性物質の漏えいを防止する。
- ・放射性廃棄物の発生量を低減する。
- ・ナトリウム漏えい時の放射性物質による汚染リスクを低減する。

c. 現在の検討状況

放射性ナトリウムの抽出し検討については、昨年度は ISO タンクを

格納容器オペレーションフロアへの設置を想定し、1次冷却系ナトリウム抽出方法の検討を実施した。今年度は炉外燃料貯蔵槽ナトリウムの抽出方法を含め、原子炉補助建物へのISOタンク設置による抽出方法を検討し、比較評価を行う予定である。図9に格納容器オペレーションフロアへの設置による抽出方法イメージを示す。

3.2.4 搬出段階

(1) ISOタンクの施設搬出入

放射性ナトリウムの搬出では、3.1.3項（非放射性ナトリウムの搬出段階における主作業及び作業方針）に加え、下記の要求事項を考慮して検討を進めて行く必要がある。

a. 要求事項

放射性物質濃度は低いとはいえ、ナトリウム中に放射性物質を含む。ナトリウム搬出にあたり、放射性物質の取扱い及び管理に関する追加検討が必要となる。

b. 作業方針

- ・格納容器オペレーションフロア設置とした場合のエリア調整見通しを把握する（廃止措置全体工程へ与える影響の把握）。
- ・原子炉補助建物への設置とした場合、既設搬入口及び扉でISOタンクが搬入、搬出の可否に係る検討する（躯体物側の改造工事する場合の工事規模を検討し判断）。

c. 現在の検討状況

格納容器オペレーションフロア及び原子炉補助建物へのISOタンク設置による抽出方法の比較評価を実施後、改めて課題を整理し、放射性ナトリウム搬出に係る方針設定を行う。

(2) ISO タンクの所外搬出

a. 要求事項

ISO タンクに収納された放射性ナトリウムの危険物輸送を計画した搬出期間に安全、確実に行う。

b. 作業方針

ISO タンク複数基を纏めて、もんじゅ港から所外に海上搬出する。

c. 現在の検討状況

もんじゅ港から受け入れ先に海上輸送する方針で実現性を調査している。なお、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、ナトリウムを有効利用することを前提に選定する。

4 第2段階のナトリウム搬出の実施手順

第2段階におけるナトリウム搬出の実施方針（1.3項参照）に基づき、バルクナトリウムの搬出完了に対する律速工程であるしゃへい体等取出し、非放射性ナトリウムの拔出し・搬出（体制整備を含む）及び放射性ナトリウムの拔出し・搬出（体制整備を含む）を安全、確実、速やかに実施できるように、図10に示す手順により、律速工程の着手条件となる設備整備を実施する。図10には、施設内ナトリウムの量及び状態の推移を合わせて示す。

5 廃止措置計画の申請方針

来年6月申請予定の第2段階初回変更申請においては、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が、ナトリウム拔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てしかるべき時期に変更申請を行う。

以上

本文中で引用している図について (第2段階におけるナトリウム搬出の 実施方針と実施手順)

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段階終了時点のバルクナトリウムの状態
図3	ナトリウム搬出までのプロセス
図4	2次系ナトリウム各抽出し案
図5	抽出し案毎の2次系ナトリウム通液範囲
図6	2次系ナトリウム用のISOタンク設置時の固定例
図7	既設タンク底部ナトリウム抽出方法
図8	2次系ナトリウム用のISOタンク搬出入ルート
図9	格納容器オペレーションフロアへの設置を想定した抽出し方法
図10	第2段階におけるナトリウム搬出の実施手順

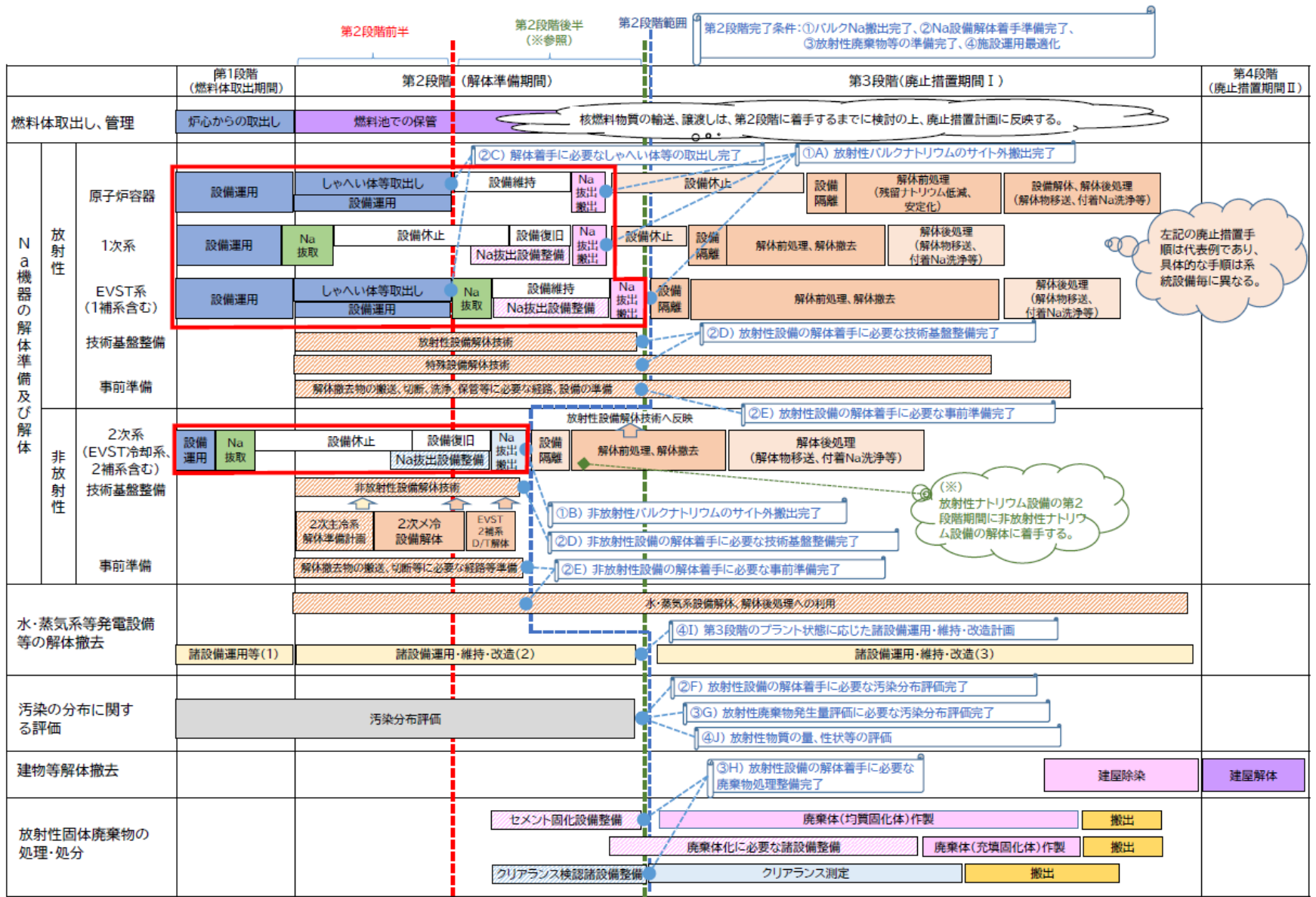
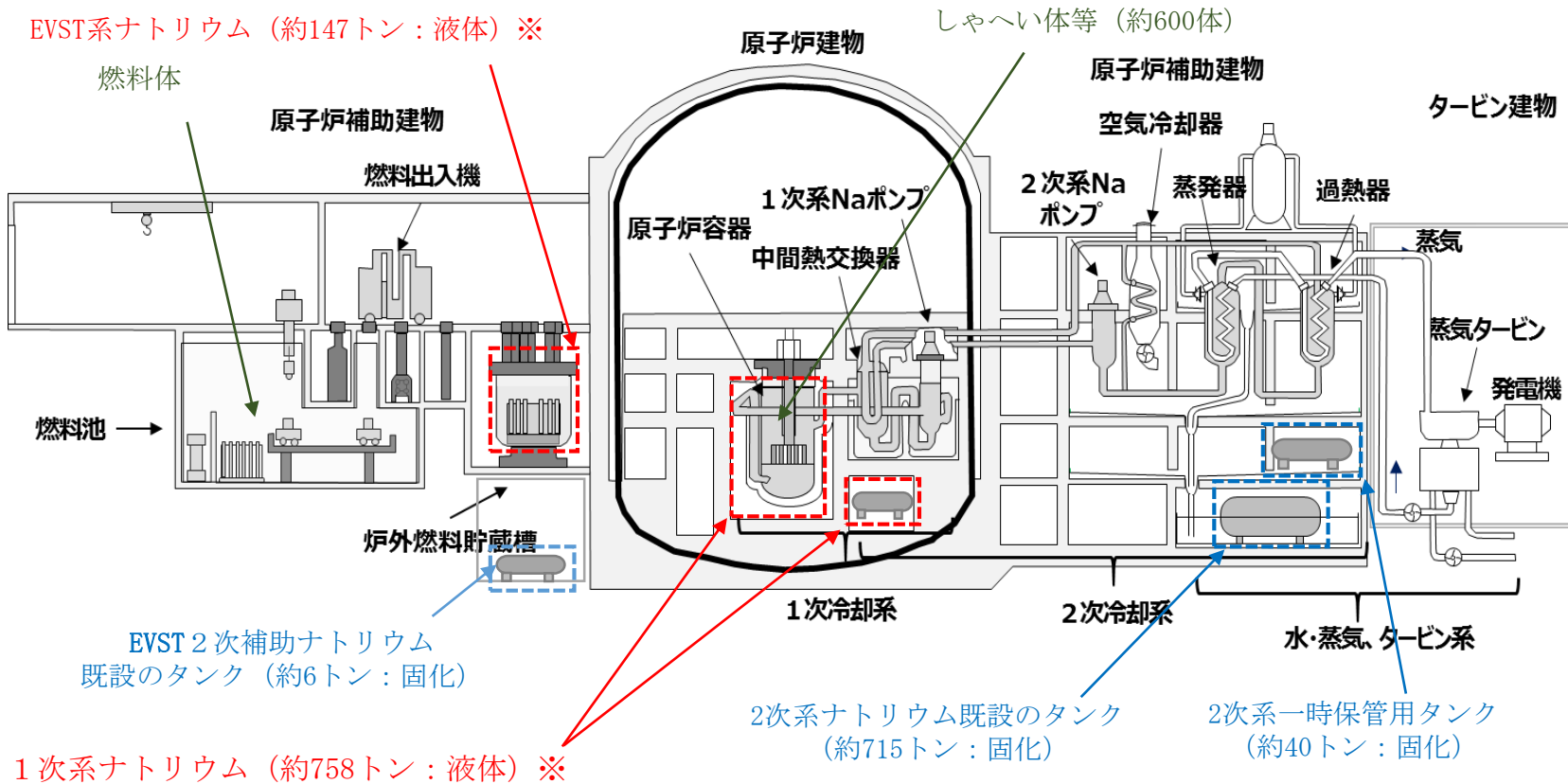


図1 廃止措置全体像と第2段階のナトリウム搬出



※：放射性ナトリウム

第1段階終了時点のプラント状態

【R/V内】	しゃへい体等及びNaを保有
【1次系・EVST系】	系統内にNaを保有
【2次系、EVST冷却系】	タンクにNa固化

EVST：炉外燃料貯蔵槽、R/V：原子炉容器

図2 第1段階終了時点のバルクナトリウムの状態

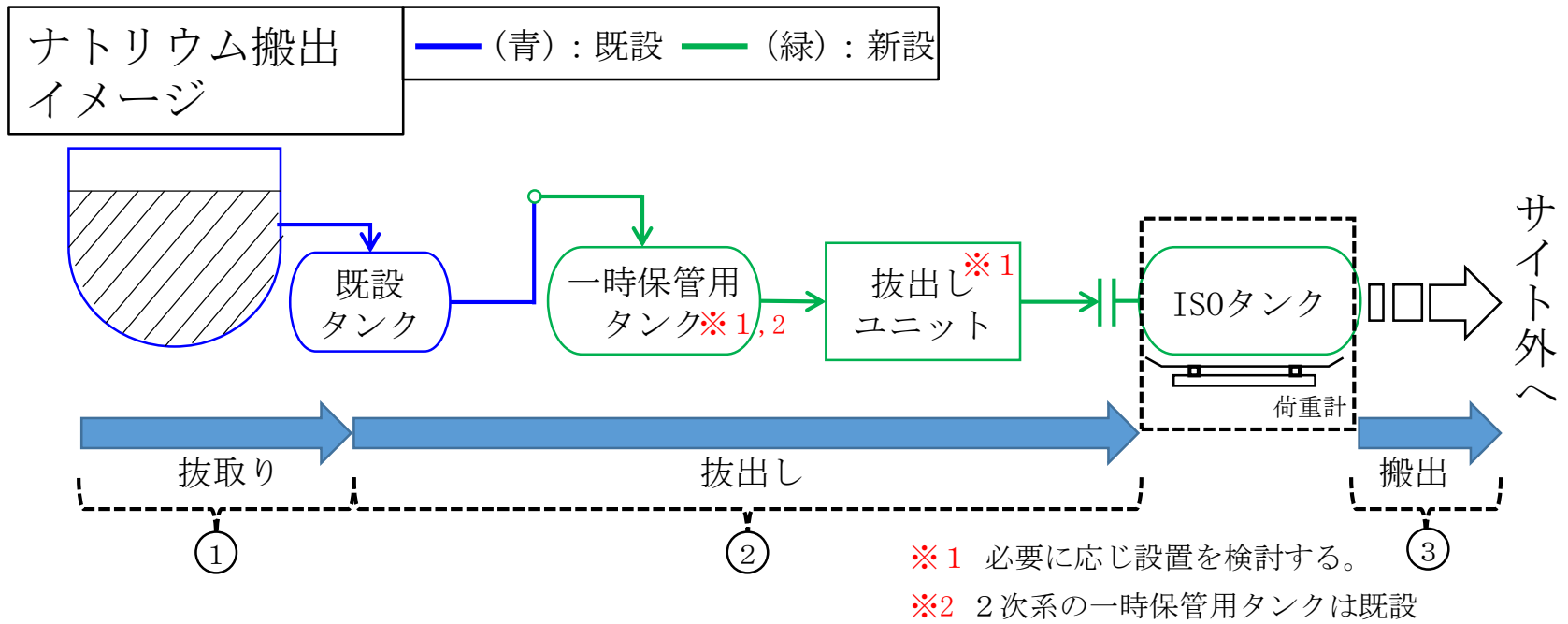
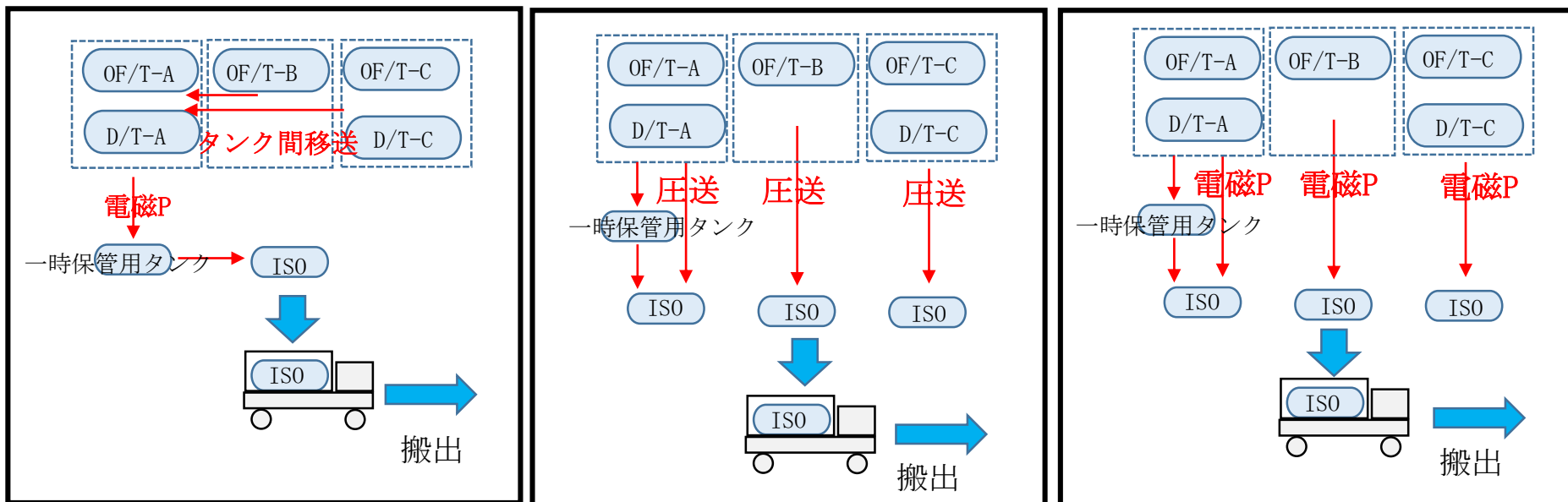


図3 ナトリウム搬出までのプロセス

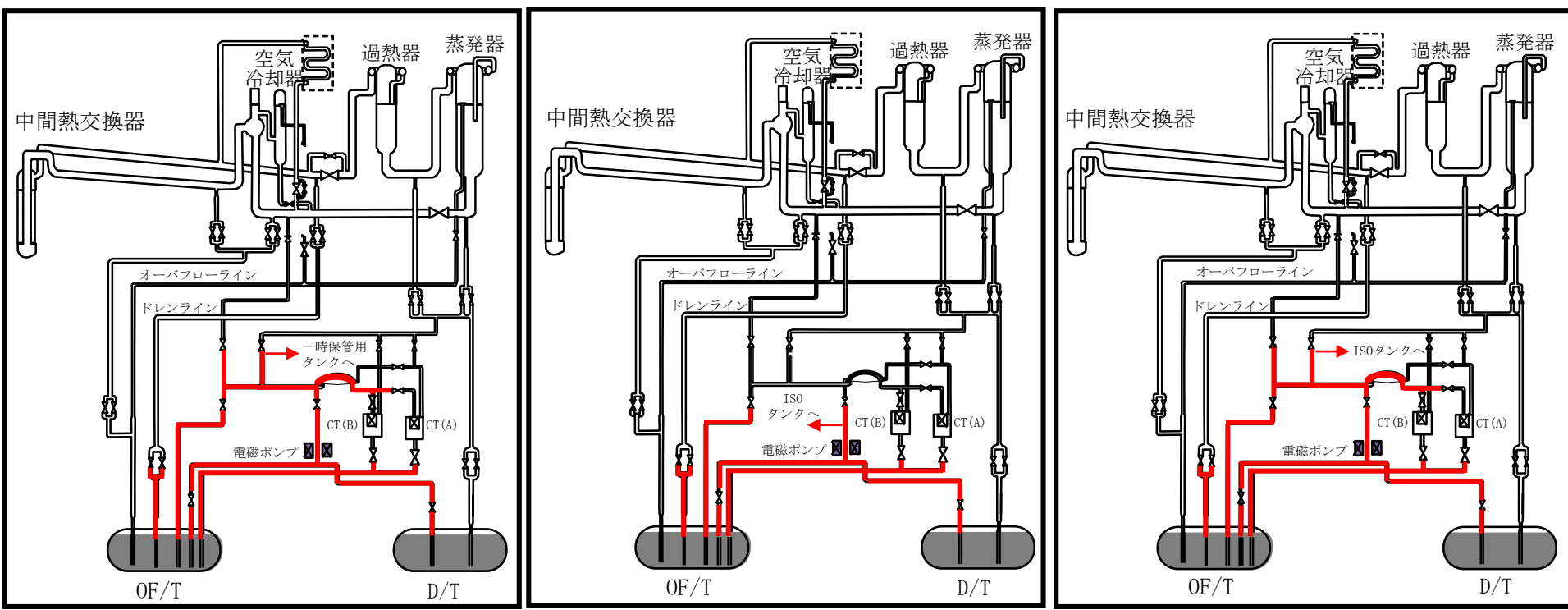


案 1

案 2

案 3

図 4 2次系ナトリウム各抽出し案



案 1

案 2

案 3

図 5 抜き出し案毎の 2 次系ナトリウム通液範囲

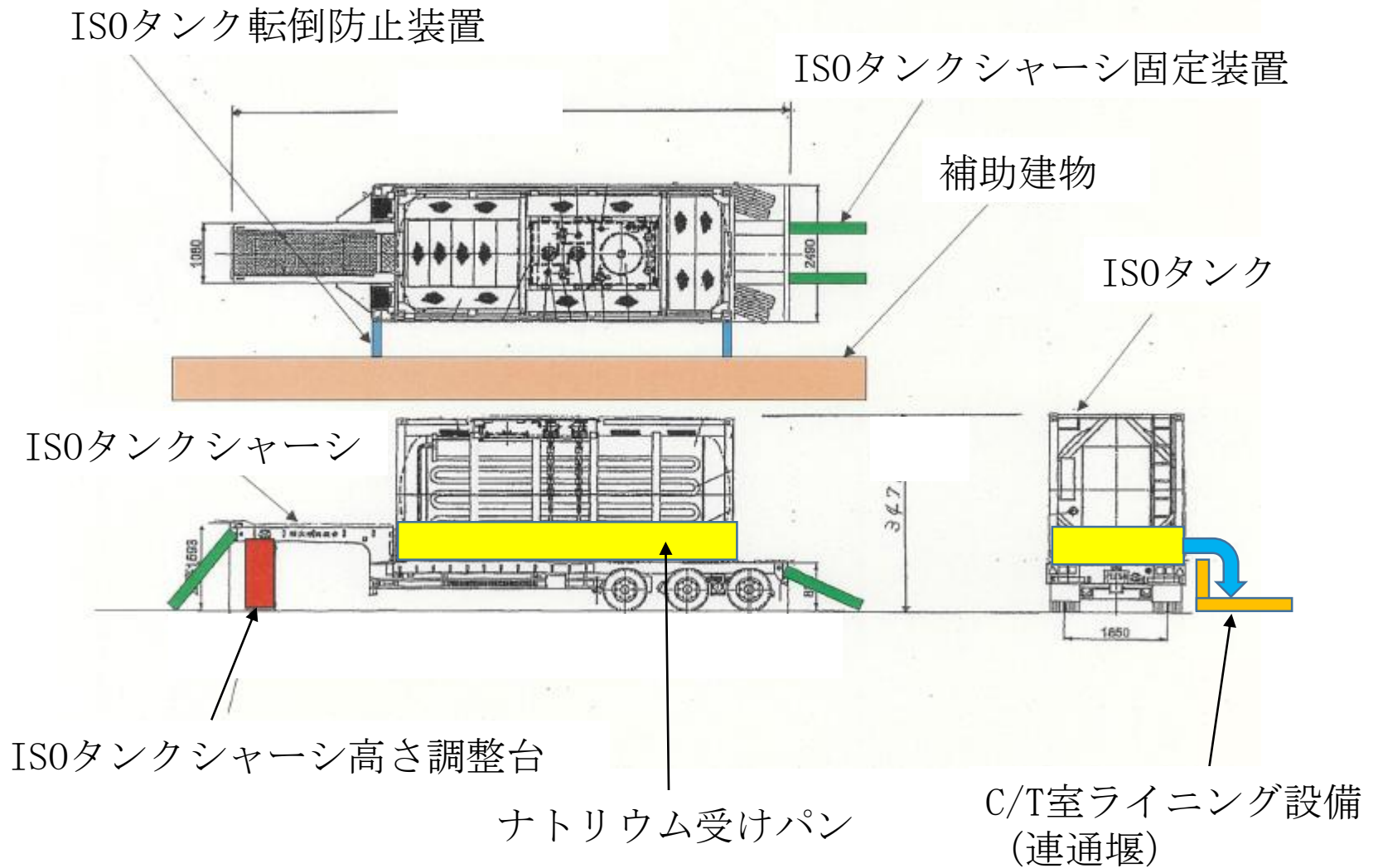


図6 2次系ナトリウム用のISOタンク設置時の固定例

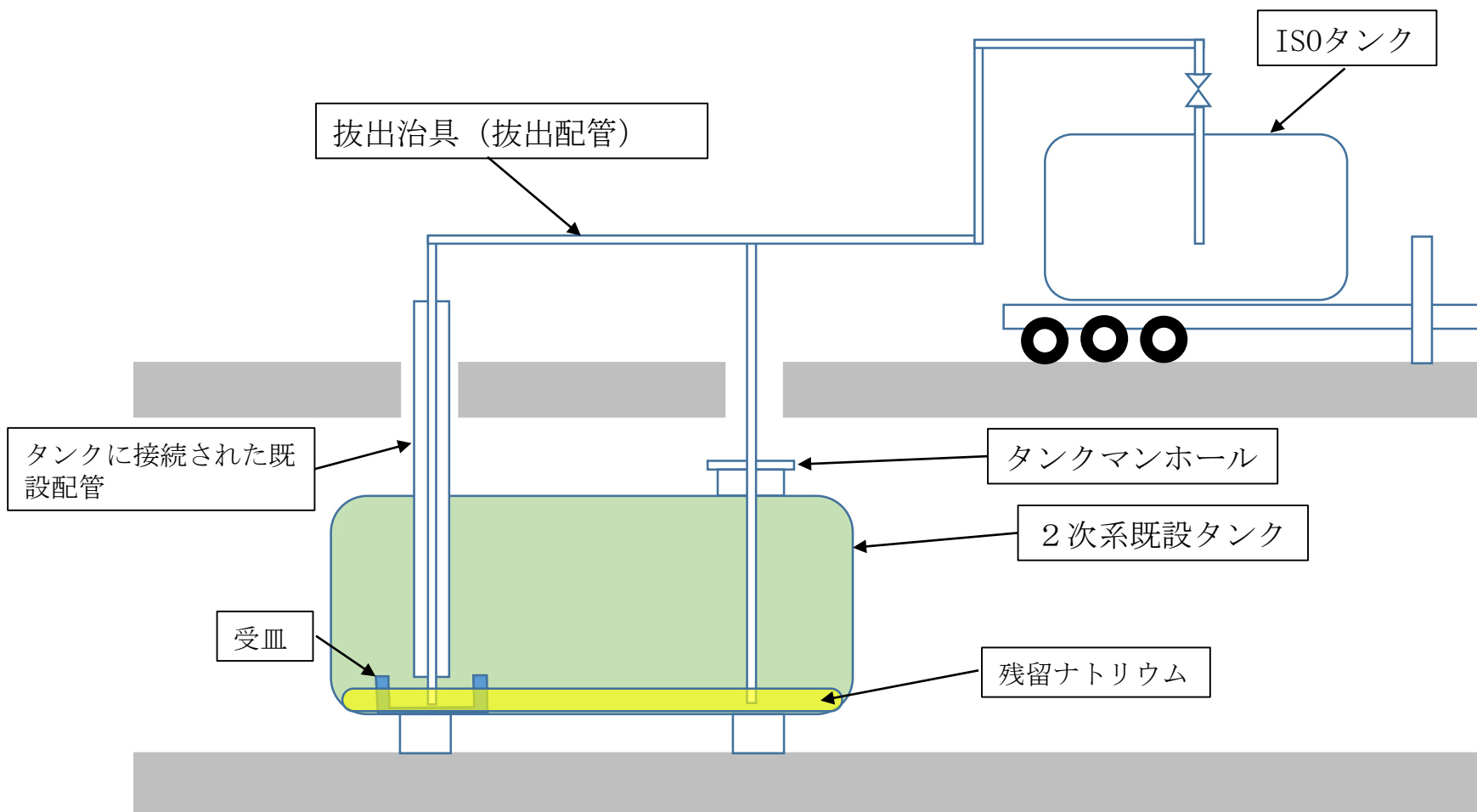


図7 既設タンク底部ナトリウム抽出方法

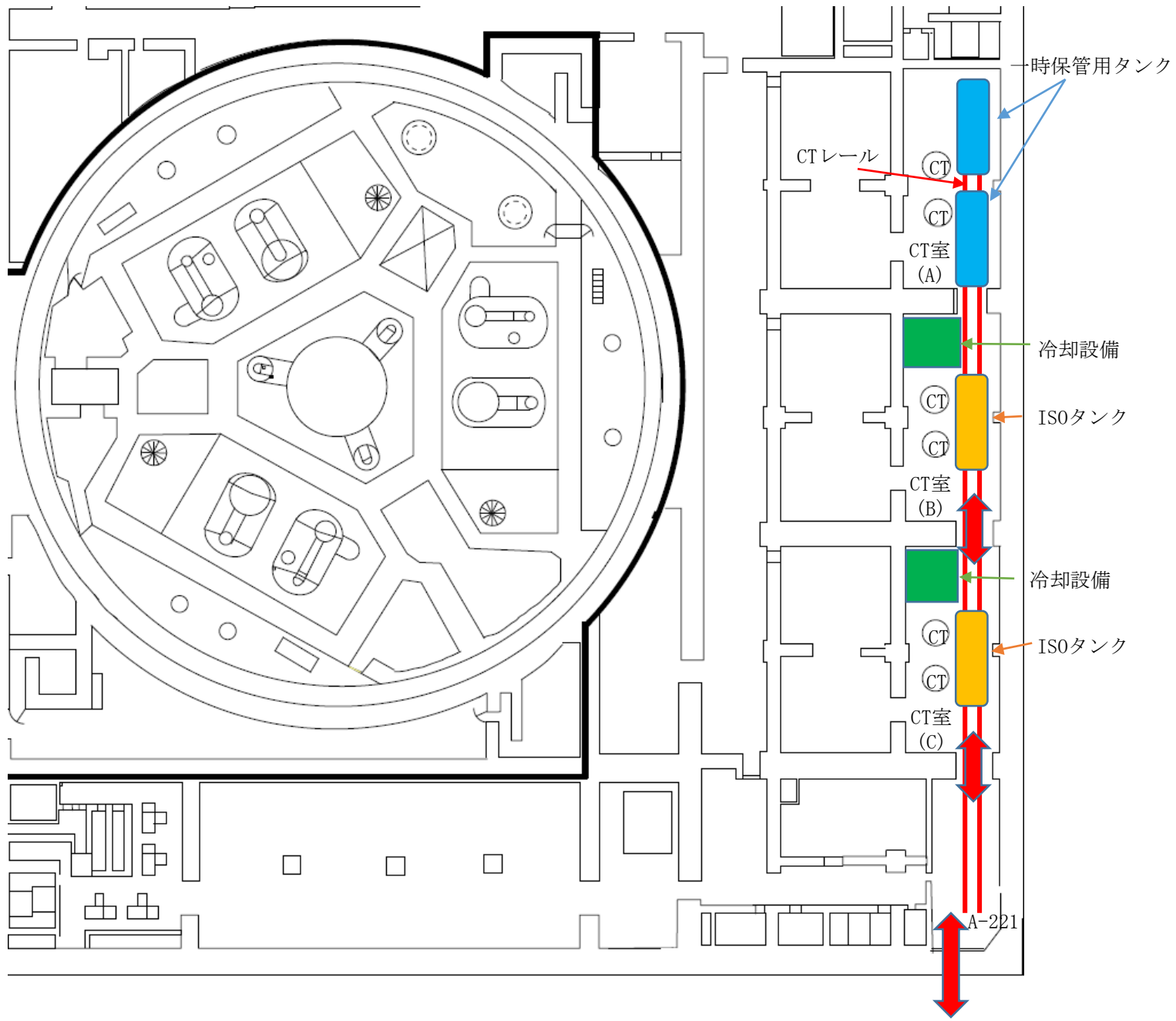
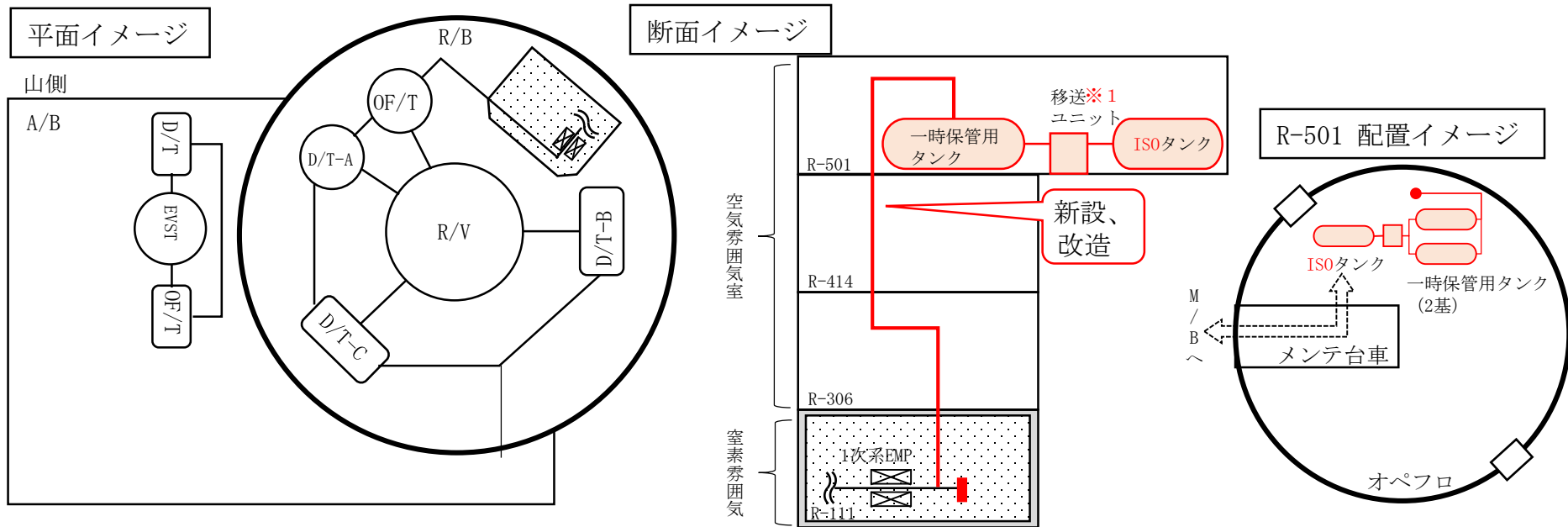


図8 2次系ナトリウム用のISOタンク搬出入ルート

屋外



※1 必要に応じ設置を検討する。

図9 格納容器オペレーションフロアへの設置を想定した抜出し方法

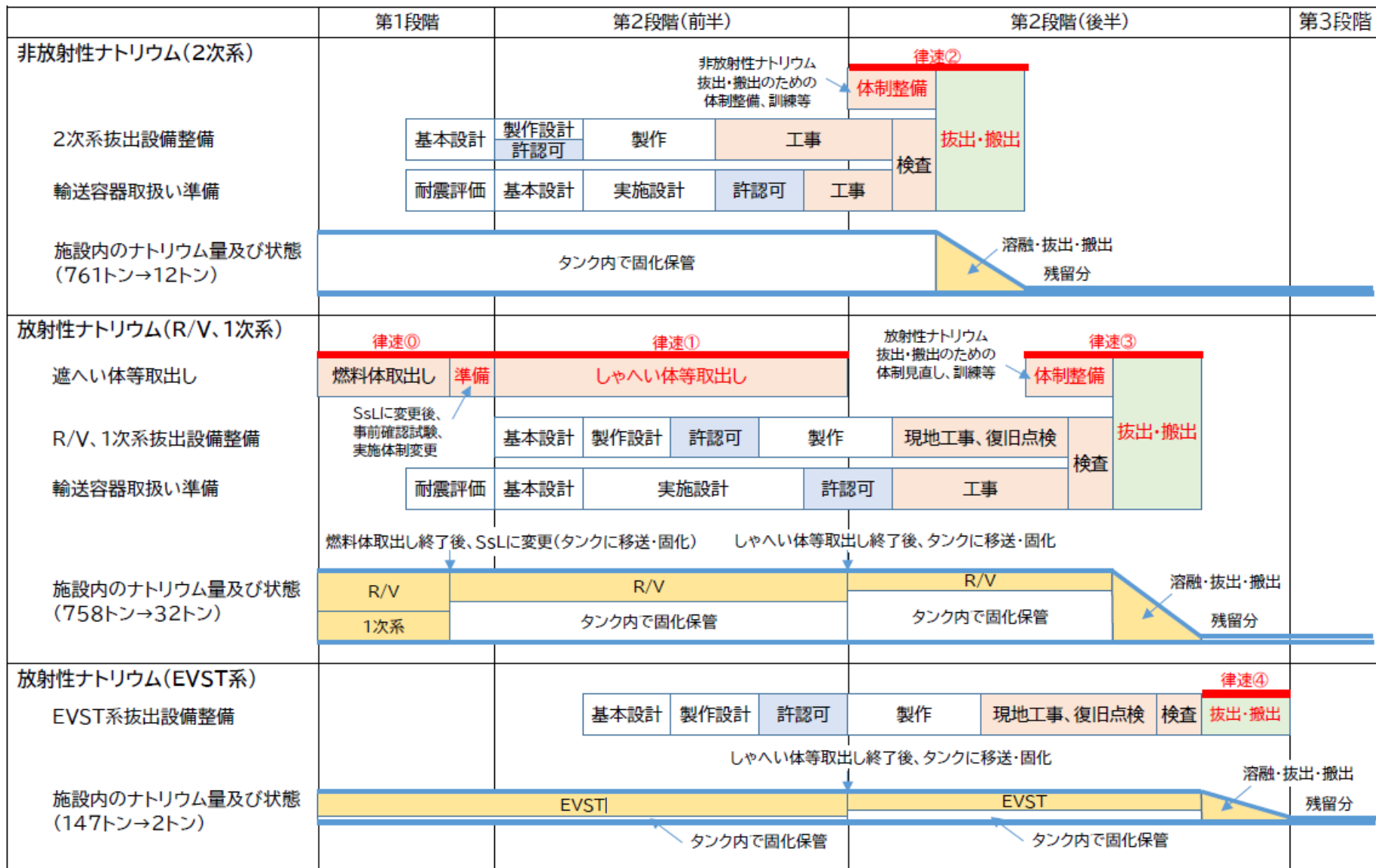


図 1 0 第 2 段階におけるナトリウム搬出の実施手順