

## 技術資料（案）

### 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案を抽出して作業期間等を考慮し、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：各タンクから電磁ポンプで一時保管用タンクを介してISOタンクに移送する。
  - 案2：各タンクからガスの圧力でISOタンクに移送する。
  - 案3：各タンクから電磁ポンプでISOタンクに移送する。
- 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等設置許可の考え方で設計し安全を確保する。
- 搬出に必要な設備には維持期間を終了しているものもあるため、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をするために他

のナトリウムとまとめることとし、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年度末までに選択する。

案1：移送距離が長くなるが、非放射性ナトリウムとして取り扱えるために、2次系ナトリウムの各タンクを介して搬出する。

案2：放射性ナトリウムとして取り扱うこととなるものの移送距離が短いため、炉外燃料貯蔵槽1次補助ナトリウムのタンクを介して、放射性のナトリウムとともに搬出する。

令和3年 3月 00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 搬出方法案1	2
3.2 搬出方法案2	2
3.3 搬出方法案3	3
4. 設備改造設計の考え方	3
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	6
7. 今後の予定	7

図

図 3.1	微少漏えいや滴下ナトリウムへの対策のイメージ	8
図 3.2	2次系改造工事における対策	8
図 3.1.1	案1 イメージ	9
図 3.1.2	案1 のナトリウム通液範囲イメージ	9
図 3.2.1	案2 イメージ	10
図 3.2.2	案2 のナトリウム通液範囲イメージ	10
図 3.3.1	案3 イメージ	11
図 3.3.2	案3 のナトリウム通液範囲イメージ	11
表 3.1	ナトリウム移送方式による特徴	12
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	13
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	14

## 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。

ここでは、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・改造計画を策定する。

## 2. 第2段階開始時点の2次系ナトリウムの状態

2次系ナトリウム及び炉外燃料貯蔵槽 2次補助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次補助系ナトリウムダンプタンクに固化した上で貯蔵している。

## 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させることが重要である。よって、2次系ナトリウム搬出設備手順案を検討するにあたり、まずは設備改造範囲を最も少なくさせることに主眼を置き、移送に既設の設備である電磁ポンプを再使用し、一時保管用タンクを介して搬出する方法を搬出方法案1として抽出した。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であるため案1をベースに搬出期間を短縮できるような案を検討し、一時保管用タンクを介さずに直接各タンクからそれぞれ移送することとした。また、移送方式についても、移送量が大きくなるガス圧送で移送する方法、既設の電磁ポンプで移送する方法を抽出し、それぞれ搬出方

法案 2、搬出方法案 3 とした。具体的な案は以下のとおりである。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を設置する。図 3.1 にこのイメージ及び図 3.2 に 2 次系改造工事の対策を示す。

### 3.1 搬出方法案 1

2 次系オーバフロータンク B,C、ダンプタンク A,C のナトリウムをオーバフロータンク A に電磁ポンプで移送し、オーバフロータンク、A2 次冷却材ナトリウム一時保管用タンク A,B にナトリウムを電磁ポンプで移送し、2 次冷却材ナトリウム一時保管用タンク A,B から ISO タンクにナトリウムを移送設備で移送する。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。

- ・ 広範囲の配管にナトリウムが通液するため残留ナトリウムが多く発生。復旧範囲も広く、漏えい発生リスク箇所の増大が懸念される。図 3.1.2 に案 1 のナトリウム通液範囲イメージを示す。
- ・ バッチ処理で 2 次冷却材ナトリウム一時保管用タンクに移送するため作業時間が比較的長い。
- ・ 漏えい時は電磁ポンプを停止することで漏えいを停止させる。

### 3.2 搬出方法案 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 タンクにガス圧送で移送する。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、残留ナトリウムの低減、復旧範囲が限定でき、漏えい発生リスク箇所の低減が期待できる。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。
- ・ 漏えい時はベントにより圧力を抜くことで漏えいを停止させる。

### 3.3 搬出方法案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残留ナトリウムが多く発生し、復旧範囲が広く、漏えい発生リスク箇所の増大が懸念される。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を停止させる。

ナトリウムの移送方式は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。

まずは、ナトリウムの移送方式による特徴を表3.1に示して比較検討を実施する。また、一時保管用タンクを介するか否かは、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、搬出期間は比較して長い。検討の実施にあたり、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、主要設備の基本設計までに説明する予定である。

今後、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。以下、搬出方法案を具体的に説明する。

## 4. 設備改造設計の考え方

上記の搬出方法案1～案3のど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ため、以下の理由に基づきナトリウムと空気の接触防止方法や耐震等について設置許可の考え方で設計し安全を確保する。

これまで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、設置許可で設計の考え方を具体化し、工認で設置許可の考え方にに基づき製作されていること確認し安全を確保してきた。引き続き、廃止措置においても、上記の考え方にに基づき設計することで安全を確保する。上記の新設・改造する設備は、ナトリウムと空気の接触防止を既設のナトリウム機器と同じ考え方にに基づき設計する。(設置許可申請書添付書類八(方針5 ナトリウムに対する設計上の考慮<sup>注</sup>)

注)

運転中であれば、原子炉を冷やすため安全上重要な機器は、ナトリウムの凍結防止、独立多重系統、漏えい時に影響緩和して、他の安全上重要な機器に影響を及ぼさない設計としていた。廃止措置段階では、これらの要求はない。よって、ナトリウムと空気の接触防止を図る。

ただし、設備の耐震性について、2次冷却材ナトリウム一時保管用タンク設置時は、使用期間が未確定であることから、設置許可どおりではなく耐震設計に余裕をとり、1.0Gの水平方向震度で健全性が保てるよう設計した。

一方、今回は搬出を前提に設置し、新設・改造設備の使用期間が明確であり、計画的に搬出に使用する。更に、2次冷却材ナトリウム一時保管用タンクの設置運用において実施した監視員の配置、ナトレックスの配備、鋼製ライナ、窒素注入設備などのナトリウム漏えい対策を反映し、万全を期すことから、耐震性については、1.0Gの水平方向震度でなくても健全性が保てると判断したため、既設の2次系設備と同じ考え方に沿って耐震Bクラスで設計する。(設置許可申請書添付書類八(方針2))

なお、ナトリウムの搬送に使用するISOタンクと既設のナトリウム設備にフランジを設置して、それらを接続してナトリウムを既設タンク等からISOタンクへ移送するため、それらのフランジ着脱時とISOタンクへナトリウム移送時は漏えいするリスクが大きくなることから従来から実施しているナトリウム対

策と同様に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 3.1 に示す。2 次系改造工事における対策を図 3.2 に示す。

ナトリウム移送時：

- ・ 移送時までに必要な箇所に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、ナトリウム漏えい時の本格消火に使用する。
- ・ 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既設の二次冷却設備を使用することとなるが、維持期間を終了しているため、ナトリウム移送時までには廃止措置計画第 6-1 表に性能維持施設の復旧する範囲・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）を行い、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 3. 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の案

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次補助系ナトリウムが存在する。炉外燃料貯蔵槽2次補助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り、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する(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改造コストが増大する。)。図6.1にルート案を示す。
- ・ 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する(炉外燃料貯蔵槽オーバ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。)。図6.2にルート案を示す。

なお、設備改造設計の考え方、炉外燃料貯蔵槽2次補助系ナトリウムの搬出に向けた設備の復旧・改造計画については、4.のとおりとする。

## 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。

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、選択した設備側の計画に合わせて搬出する。

以上

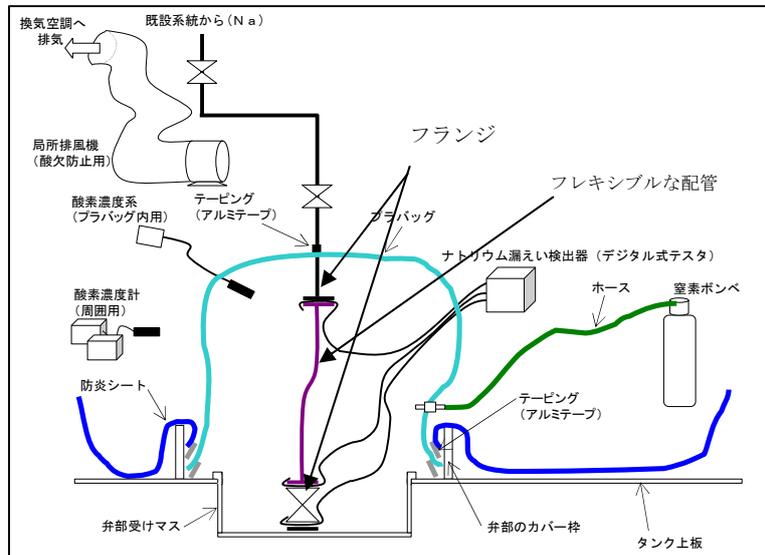


図 3.1 微小漏えいや滴下ナトリウムへの対策のイメージ



図 3.2 2次系改造工事における対策

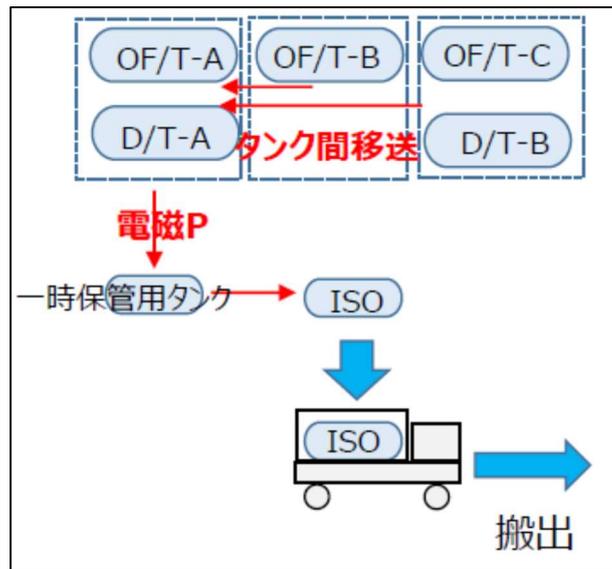


図 3.1.1 案 1 イメージ

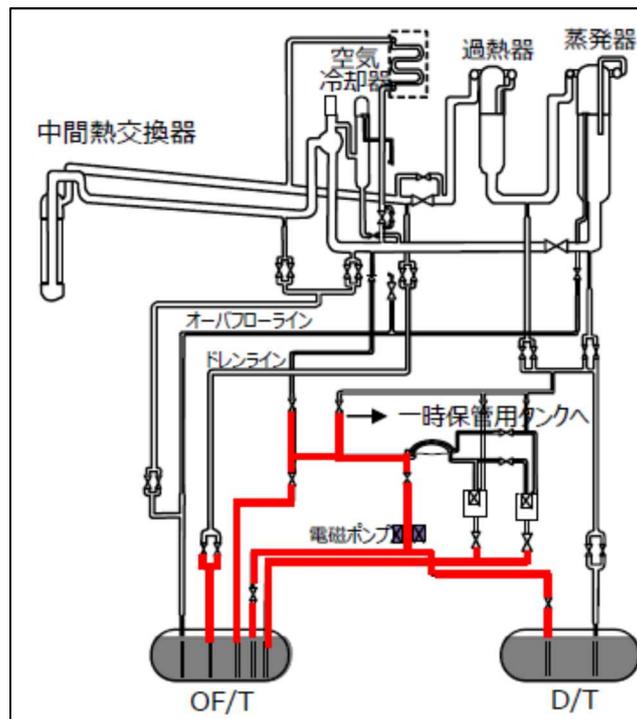


図 3.1.2 案 1 のナトリウム通液範囲イメージ

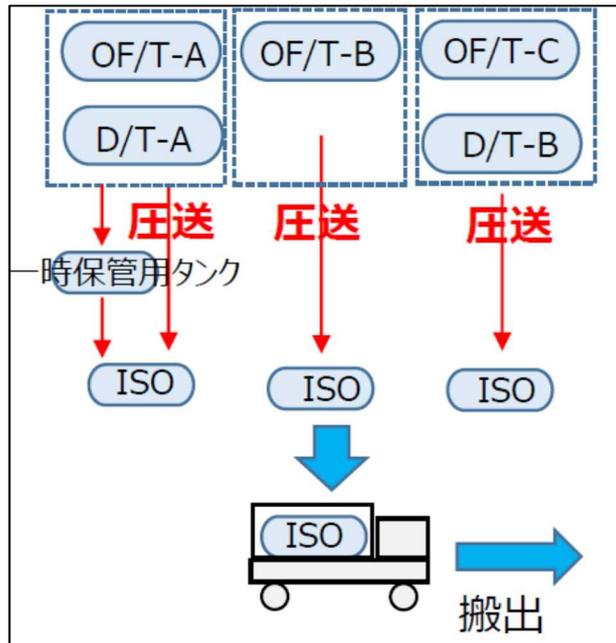


図 3.2.1 案 2 イメージ

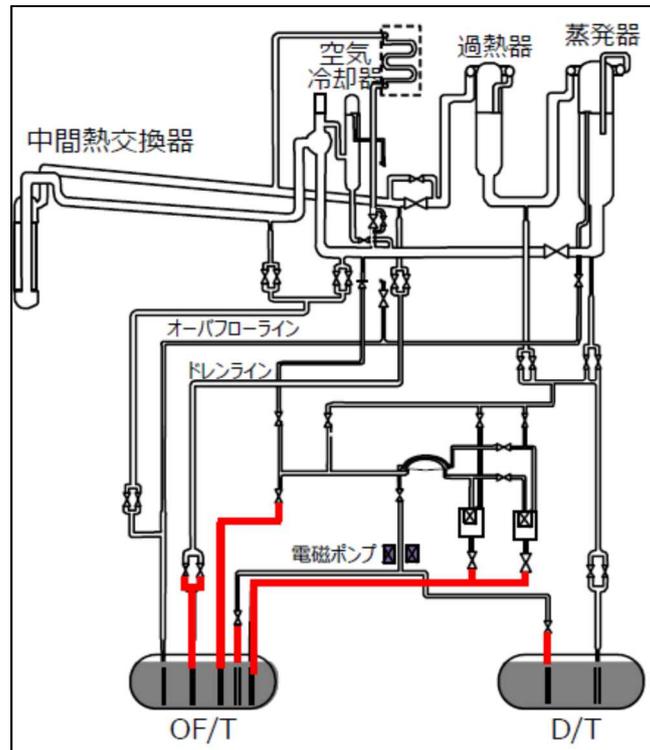


図 3.2.2 案 2 のナトリウム通液範囲イメージ

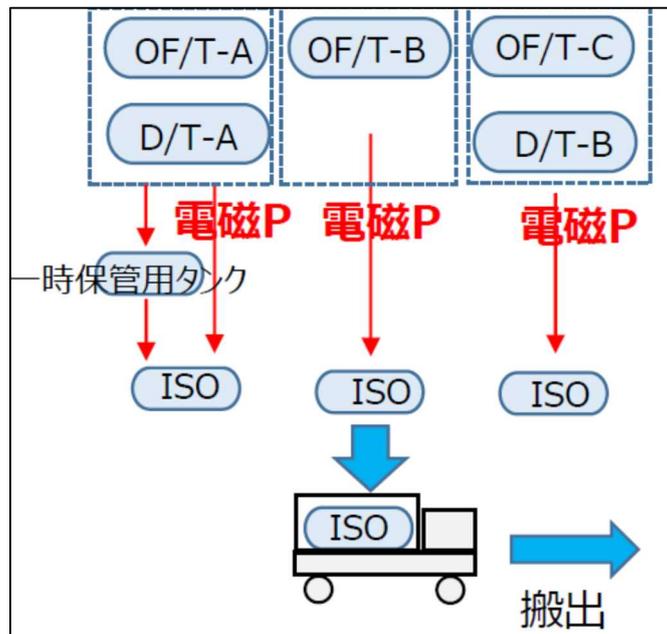


図 3.3.1 案 3 イメージ

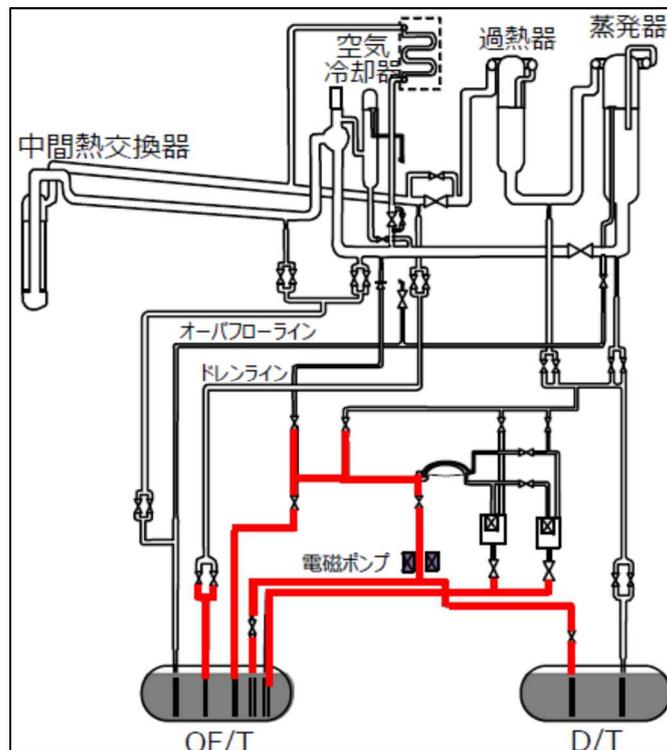


図 3.3.2 案 3 のナトリウム通液範囲イメージ

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	復旧範囲：広い ▶ 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	復旧範囲：狭い ▶ 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	漏えい時の対処 ▶ 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を停止させることができる	漏えい時の対処 ▶ 漏えい時はベントにより、圧力を下げて漏えいを停止させる。よって圧力が低下するまでの間、漏えいが継続する可能性がある。

表 3.1 ナトリウム移送方式による特徴

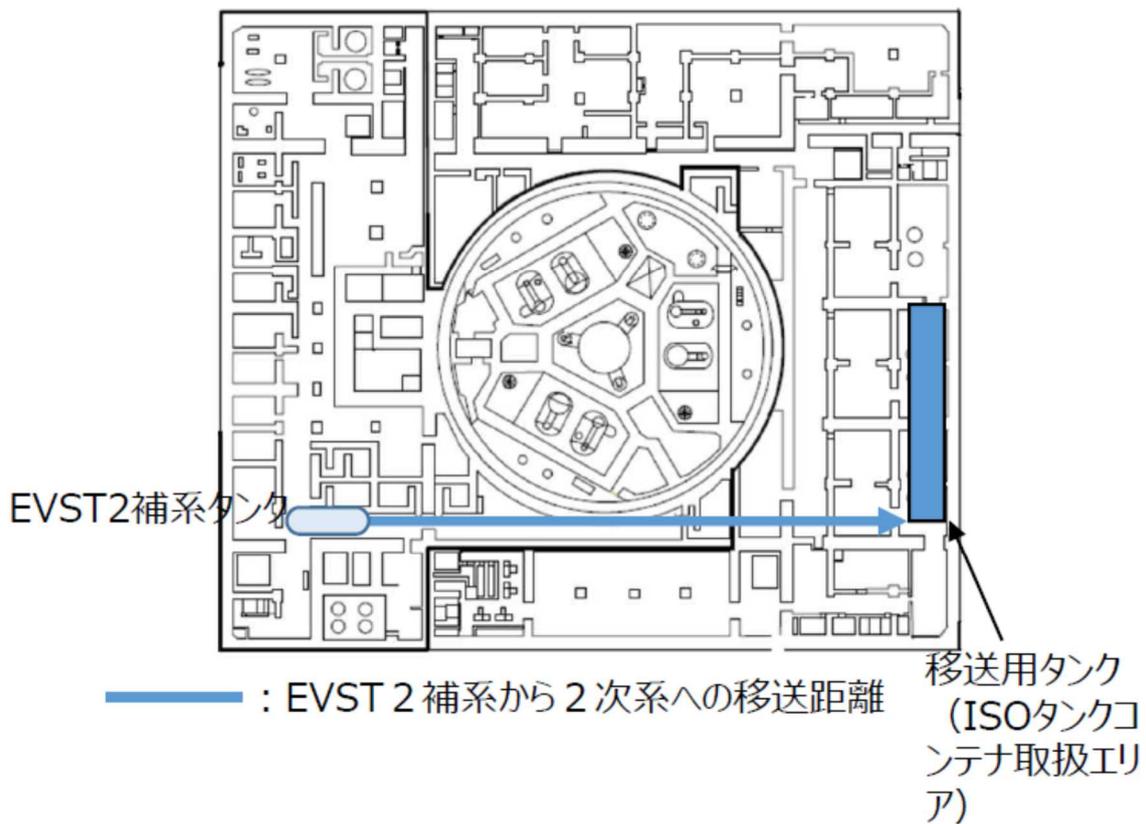


図 6.1 炉外燃料貯蔵槽 2 次補助系ナトリウムの搬出移送距離

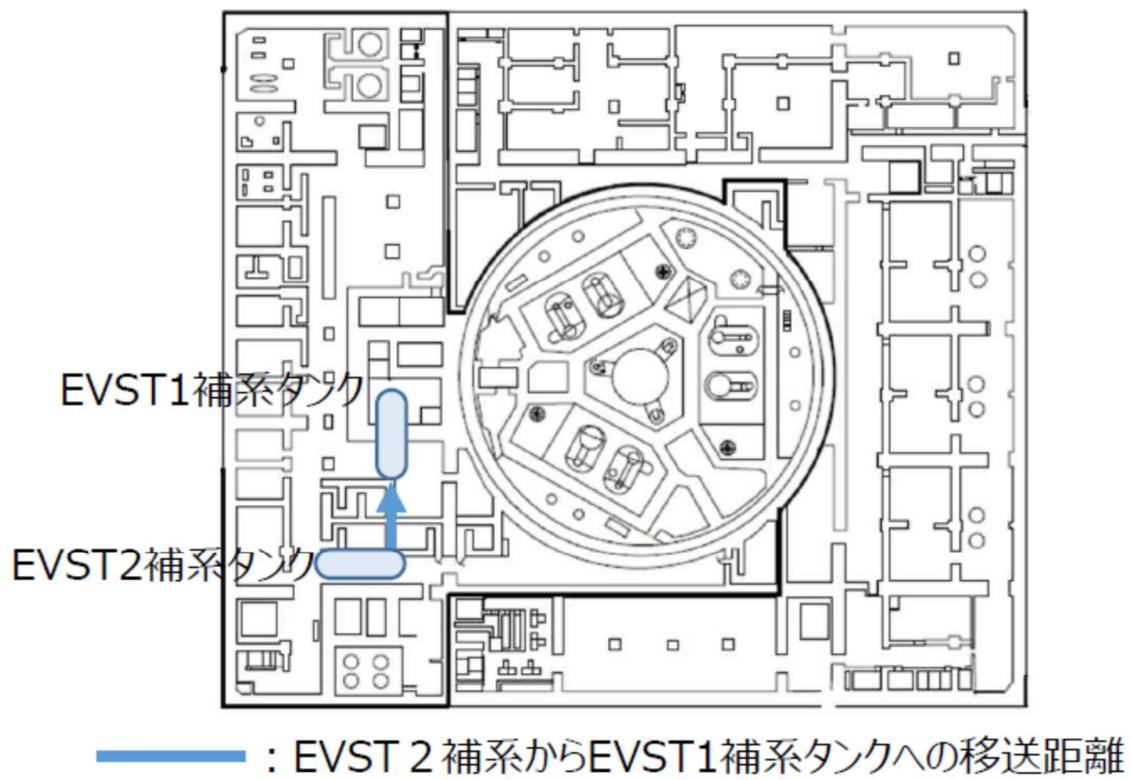


図 6.2 炉外燃料貯蔵槽 2 次補助系ナトリウムの搬出移送距離