

技術資料 (No.3 改訂 1) 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、今回の廃止措置計画の変更申請範囲は、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案を比較検討し、案を選択し2021年度末までに基本設計を完了する予定である。
 - 案1：一時保管用タンクを介してISOタンクに移送する案
 - 案2：ガスの圧力でISOタンクに並行して移送する案
 - 案3：電磁ポンプでISOタンクに並行して移送する案
- 搬出方法案1～案3のどの案を採用する場合でも、2次系設備の復旧範囲、改造設備が異なる上に搬出に要する期間も異なる。廃止措置全体工程への影響があるため、案を決定した後も、引き続き廃止措置全体工程へ与える課題を抽出し解決していくことで安全かつ合理的な計画としていく。
- また、搬出方法案1～案3いずれの場合でも新規に設備を設置する。新規設備は使用期間が明確であるため、改造する設備は既設置許可の考

え方を踏襲しナトリウムと空気の接触防止を講じ、耐震 B クラスで設計することでナトリウム移送中の安全を確保する。

- 維持期間を終了しているナトリウム搬出に係る設備は、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は、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 年度末までに搬出案を選択する。

案 1 : 2 次系ナトリウム機器エリアまでナトリウムを移送し、2 次系ナトリウム搬出時期に合わせて搬出。

案 2 : 移送距離の短い炉外燃料貯蔵槽 1 次補助ナトリウム系のタンクまで移送する。その後炉外燃料貯蔵槽ナトリウムの搬出時期に合わせて、ナトリウムを搬出。

令和 3 年 5 月 12 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手順と考え方	1
3.1 案1	2
3.2 案2	2
3.3 案3	3
4. 設備改造設計の考え方	4
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	6

図

図 3.1.1	案 1 イメージ	7
図 3.1.2	案 1 のナトリウム通液範囲イメージ	8
図 3.2.1	案 2 イメージ	8
図 3.2.2	案 2 のナトリウム通液範囲イメージ	9
図 3.3.1	案 3 イメージ	9
図 3.3.2	案 3 のナトリウム通液範囲イメージ	10
表 3.1	ナトリウム移送方式による特徴	10
図 4.1	微小漏えいや滴下ナトリウムへの対策のイメージ	11
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イメージ	12
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イメージ	13

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、並行して搬出設備を整備する。その後、既設タンク等のナトリウムをサイト外へ搬出する。

本資料では、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・改造計画の検討状況を説明する。

2. 第 2 段階開始時点の 2 次系ナトリウムの状態

2 次冷却系ナトリウム及び炉外燃料貯蔵槽冷却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 次補助ナトリウム系のダンプタンクに貯蔵している。

3. 2 次系ナトリウム搬出手順と考え方

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することが重要である。よって、2 次系ナトリウム搬出設備及び手順案を検討するに当たり、まず設備改造範囲を最も少なくさせることに主眼を置いて案を策定した。具体的には、移送に既設の設備である電磁ポンプを使用し、一時保管用タンクを介して搬出する方法（案 1）である。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となった。このため、案 1 を基本に搬出期間を短縮できるような案を検討した。一時保管用タンクを介さずに、オーバフロータンク、ダンプタンクから、直接ナトリウム搬出用の ISO タンクに移送する案である。移送方式は、ガス圧を利用して移送する方法、既設の電磁ポンプを利用して移送する 2 つの移送方式がある。それぞれの搬出方法を案 2、案 3

とした。具体的な案を以下に示す。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の設置が必要となる。

3.1 案 1

2次冷却材ナトリウム一時保管用タンク A,B から搬出用の ISO タンクにナトリウムを移送設備（追加設置）にて移送する。オーバフロータンク A のナトリウムを、2次冷却材ナトリウム一時保管用タンク A または B に既設の電磁ポンプで移送する。2次系オーバフロータンク B,C、ダンプタンク A,C のナトリウムはオーバフロータンク A に既設の電磁ポンプで移送する。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。

- ISO タンクへのナトリウム移送時のナトリウム漏えい事故に対し、最大漏えい規模が一時保管用タンクによって制限される。
- 広範囲の配管にナトリウムが通液するため復旧範囲が広い。図 3.1.2 に案 1 のナトリウム通液範囲イメージを示す。
- バッチ処理方式であり、一旦 2次冷却材ナトリウム一時保管用タンクに移送し、その後 ISO タンクへの移送となるため、作業期間が比較的長い。
- ナトリウム漏えい時は電磁ポンプを停止することで漏えいは停止する。

3.2 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 タンクにガスの圧力（ガス圧送）にて移送する。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、復旧範囲が既設の電磁ポンプ使用時に比べ狭い。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。
- ・ 漏えい時は圧力の減圧、供給側の弁閉止により漏えいを停止させるが、漏えい停止までに少し時間を要す。

3.3 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 タンクに既設の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復旧範囲が広い。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は停止する。

ナトリウムの移送方式は電磁ポンプ方式、ガス圧送方式の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。

ナトリウムの移送方式による特徴を整理し、比較検討した結果を表3.1に示す。一時保管用タンクを介するか否かの違いは、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、搬出期間は他の案に比較して長い。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、上記を踏まえ、2021年度末までに設備の基本設計を完了する予定である。案1～案3、いずれの案を採用する場合でも、2次系設備の復旧範囲、改造設備が異なり、搬出に要する期間も異なる。廃止措置全体工程への影響があるため、案を決定した後も、引き続き廃止措置全体工程へ与える課題を抽出し解決することで安全かつ合理的な2次系ナトリウムの搬出計画

としていく。

4. 設備設計の考え方

上記の案 1～案 3 いずれ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。以下の考え方に基づきナトリウムと空気の接触防止方法や耐震設計等について現設置許可の考え方を踏襲し安全を確保する。

もんじゅの原子力施設は、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、設置許可段階で設計の基本方針を具体的に示し、工認で設置許可の考え方に基づき設計され技術基準を満足していること確認し、原子力施設の安全を確保してきた。引き続き、廃止措置段階においても、設置許可申請書添付書類八に記載された設計の考え方に基づき、ナトリウム移送に関する設備設計をすることで安全を確保する。具体的には、新規に設置する設備はナトリウムを内包する機器であるため、ナトリウムと空気の接触防止を講じる。耐震 B クラスで設計する (2 次冷却材ナトリウム一時保管用タンクは、使用期間も未確定でありナトリウム保有した状態が長期化しても問題ないよう安全裕度を取り、1.0 の水平方向震度で健全性が保てるよう設計した。これに対し 2 次系ナトリウム搬出に関わる設備は、使用する期間がナトリウムの搬出時に限定されていること、一時保管用タンクの設置運用で漏えい対策が整っていることから設置許可申請書添付書類八に記載された設計の考え方に基づき大量の液体ナトリウムを内蔵する設備として原則耐震 B クラスで設計する)。

一方、ナトリウム搬出に使用する ISO タンクは移送容器として国際規格の認証を受ける。更に ISO タンクへナトリウムを移送中に地震が発生した場合を想定し、ISO タンクの横滑りや転倒による他機器への影響を防止するよう治具を敷設する。ISO タンクは既設のナトリウム設備とフランジを介して接続する。フランジを着脱する設備であることから、フランジ着脱時やナトリウムを既設タン

ク等から ISO タンクへ移送する際にフランジ接続部からの漏えいリスクが大きくなる。このため、上記の安全確保に加え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 4.1 に示す。

ナトリウム移送時：

- ・ 移送時までに必要な箇所にナトリウム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、規模の大きなナトリウム漏えい発生時の消火に使用する。
- ・ 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、性能維持施設の維持期間（廃止措置計画認可申請書「第 6-1 表 性能維持施設」参照）を終了している 2 次冷却系設備を復旧して使用することとなるため、ナトリウム移送時までに復旧する範囲・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）を行った上で、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 4. 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

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次補助ナトリウム系にナトリウムが存在する。炉外燃料貯蔵槽2次補助ナトリウム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る。しかも、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次補助ナトリウム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

図6.1にルート案を示す。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及び改造コストが増大する。

- ・ 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

図6.2にルート案を示す。炉外燃料貯蔵槽1次補助ナトリウム系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次補助ナトリウム系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。

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。案1～案3のどの案を採用した場合でも、2次系設備の復旧範囲、改造設備が異なる上に搬出に要する期間も異なることから、廃止措置全体工程への影響がある。案を決定した後も、引き続き廃止措置全体工程へ与える課題を抽出し解決することで安全かつ合理的な計画としていく。

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、選択した設備側のナトリウム搬出計画に合わせて搬出する。

以上

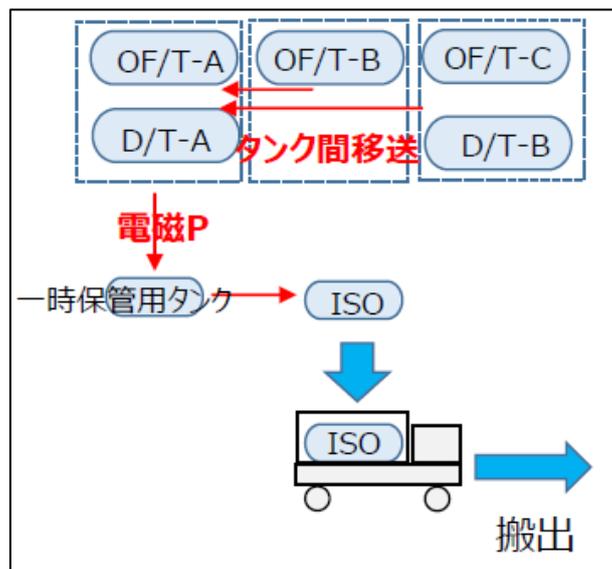


図 3.1.1 案1イメージ

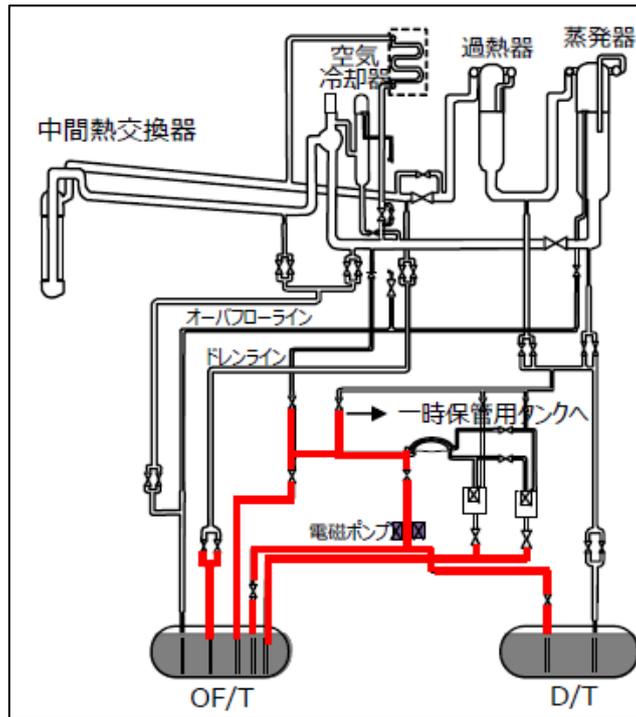


図 3.1.2 案 1 のナトリウム通液範囲イメージ

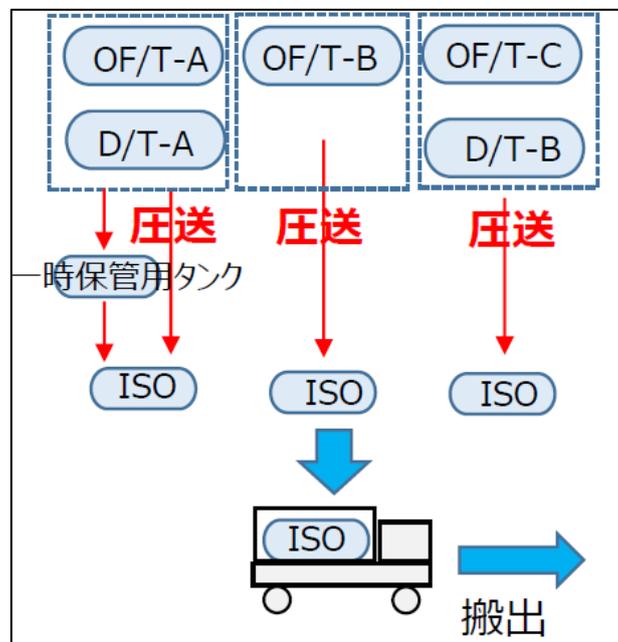


図 3.2.1 案 2 イメージ

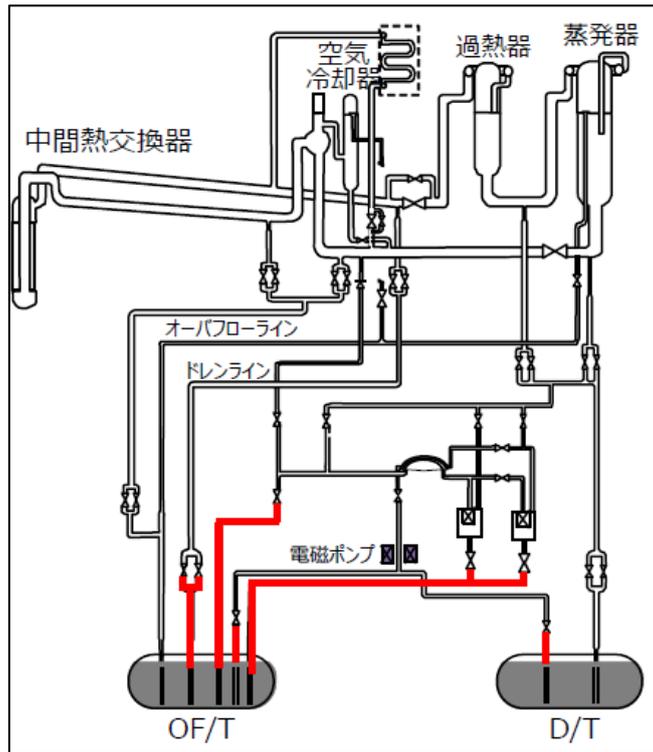


図 3.2.2 案 2 のナトリウム通液範囲イメージ

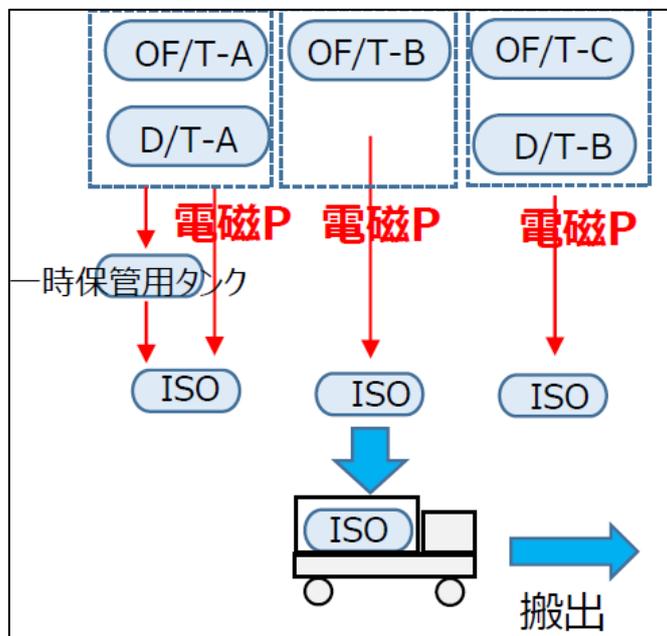


図 3.3.1 案 3 イメージ

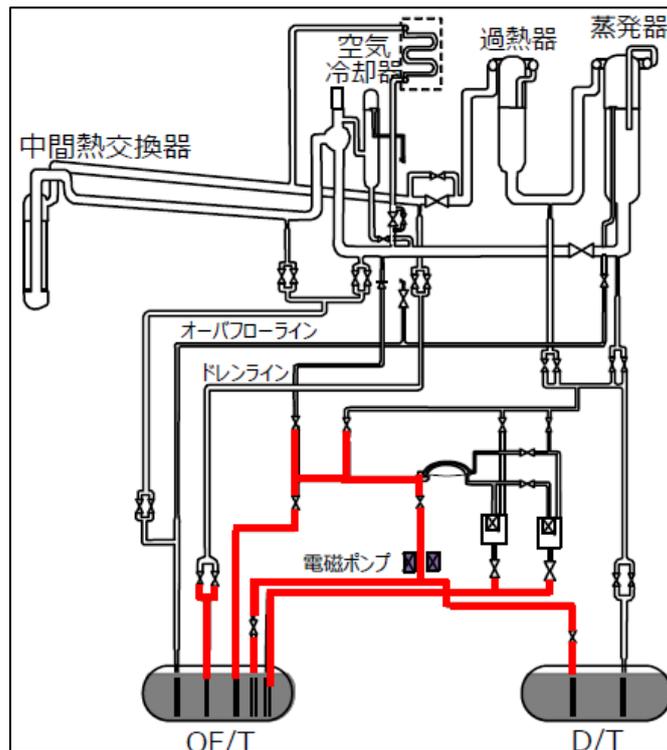


図 3.3.2 案 3 のナトリウム通液範囲イメージ

表 3.1 ナトリウム移送方式による特徴

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システムをそのまま使用するために通液する範囲が広	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、

	<p>くなり、漏えいリスクが ガス圧送より増加する</p> <p>➤ 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</p>	<p>復旧範囲や漏えいリスク の低減が期待できる</p> <p>➤ 配管と弁のみであり、単 純な設備だけでよい</p>
運転の観点	<p>漏えい時の対処</p> <p>➤ 漏えい時は電磁ポンプを 停止することでただちに ナトリウム移送が停止 し、ナトリウム漏えいは ほぼ停止する。</p>	<p>漏えい時の対処</p> <p>➤ 漏えい時はガス圧力を下 げる。供給側の弁を閉止 して漏えいを停止させ る。よって漏えいが停止 するまでに時間を要す る。</p>

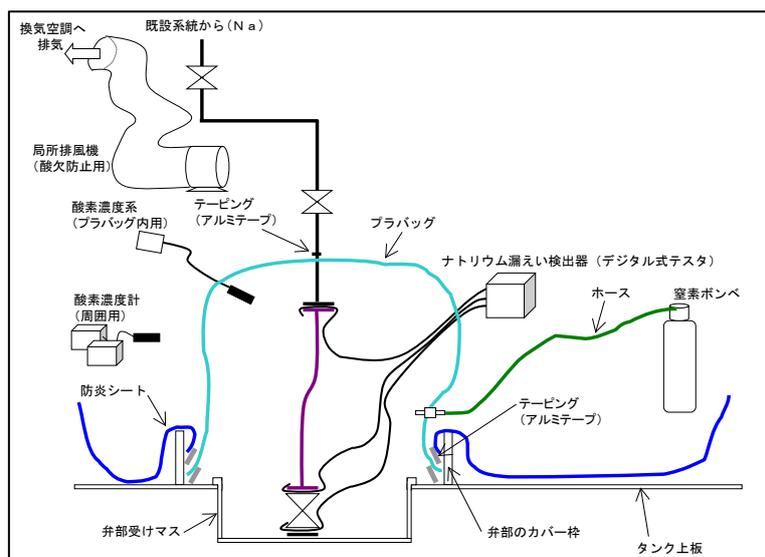


図 4.1 微少漏えいや滴下ナトリウムへの対策のイメージ

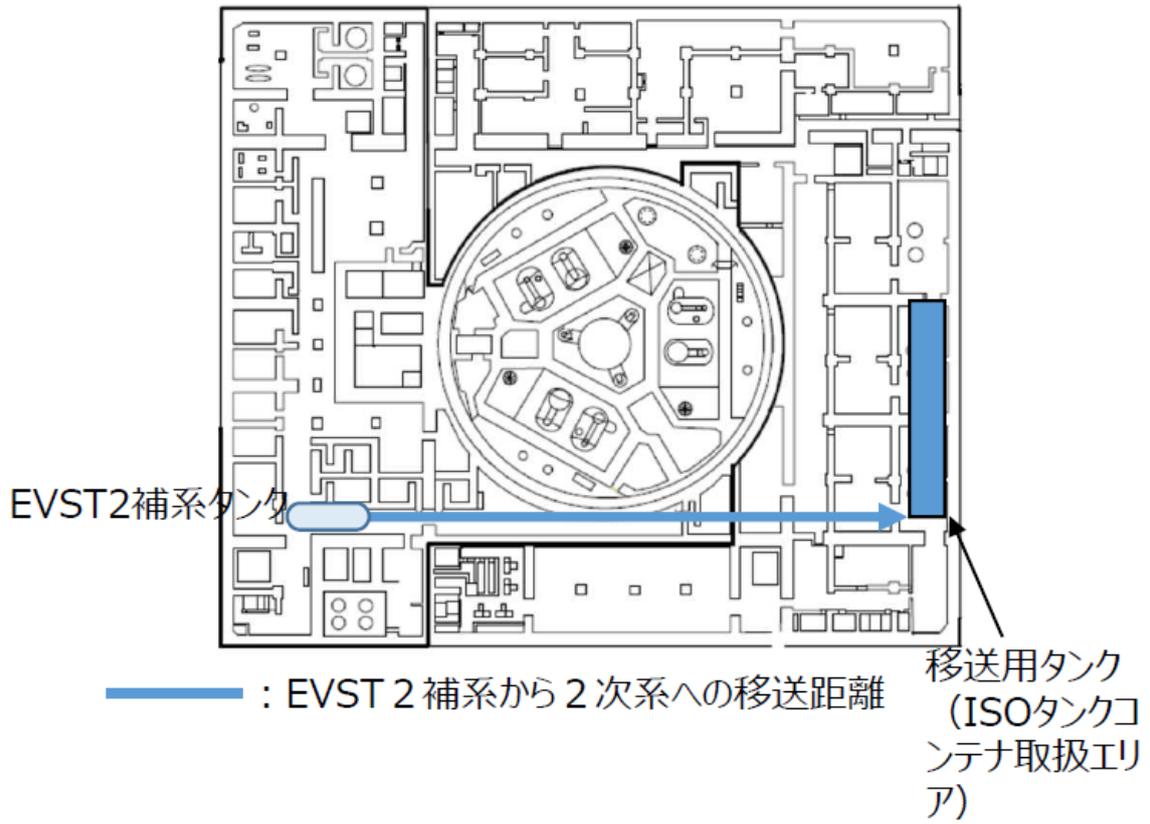


図 6.1 炉外燃料貯蔵槽 2 次補助系ナトリウムの搬出移送距離イメージ

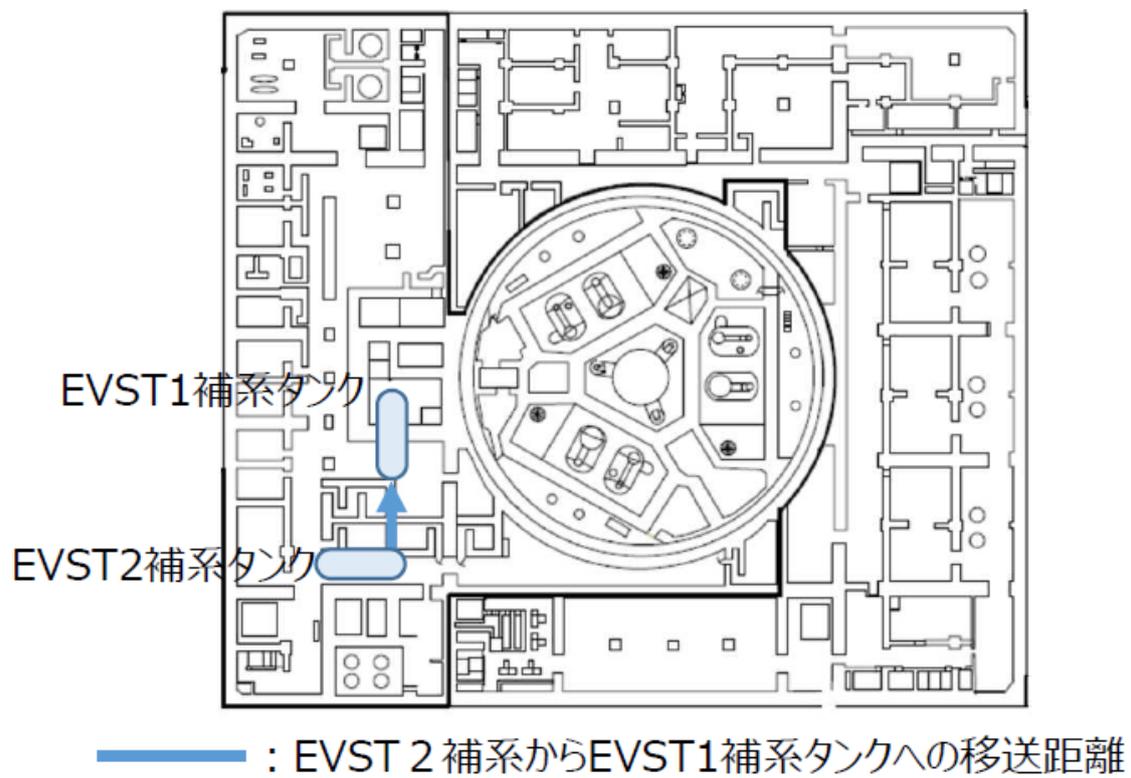


図 6.2 炉外燃料貯蔵槽 2 次補助系ナトリウムの搬出移送距離イメージ