

建屋滞留水処理等の進捗状況について

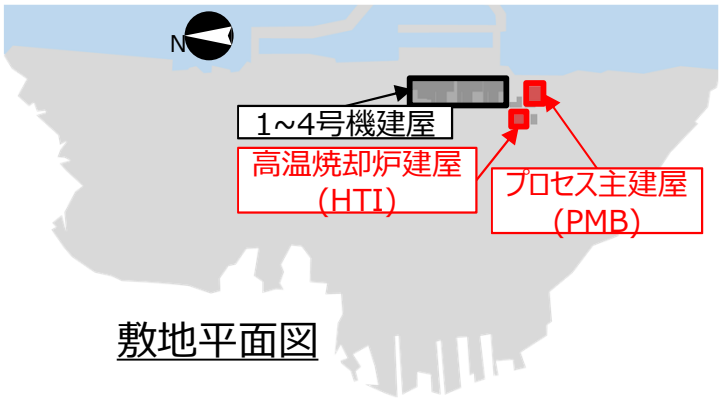
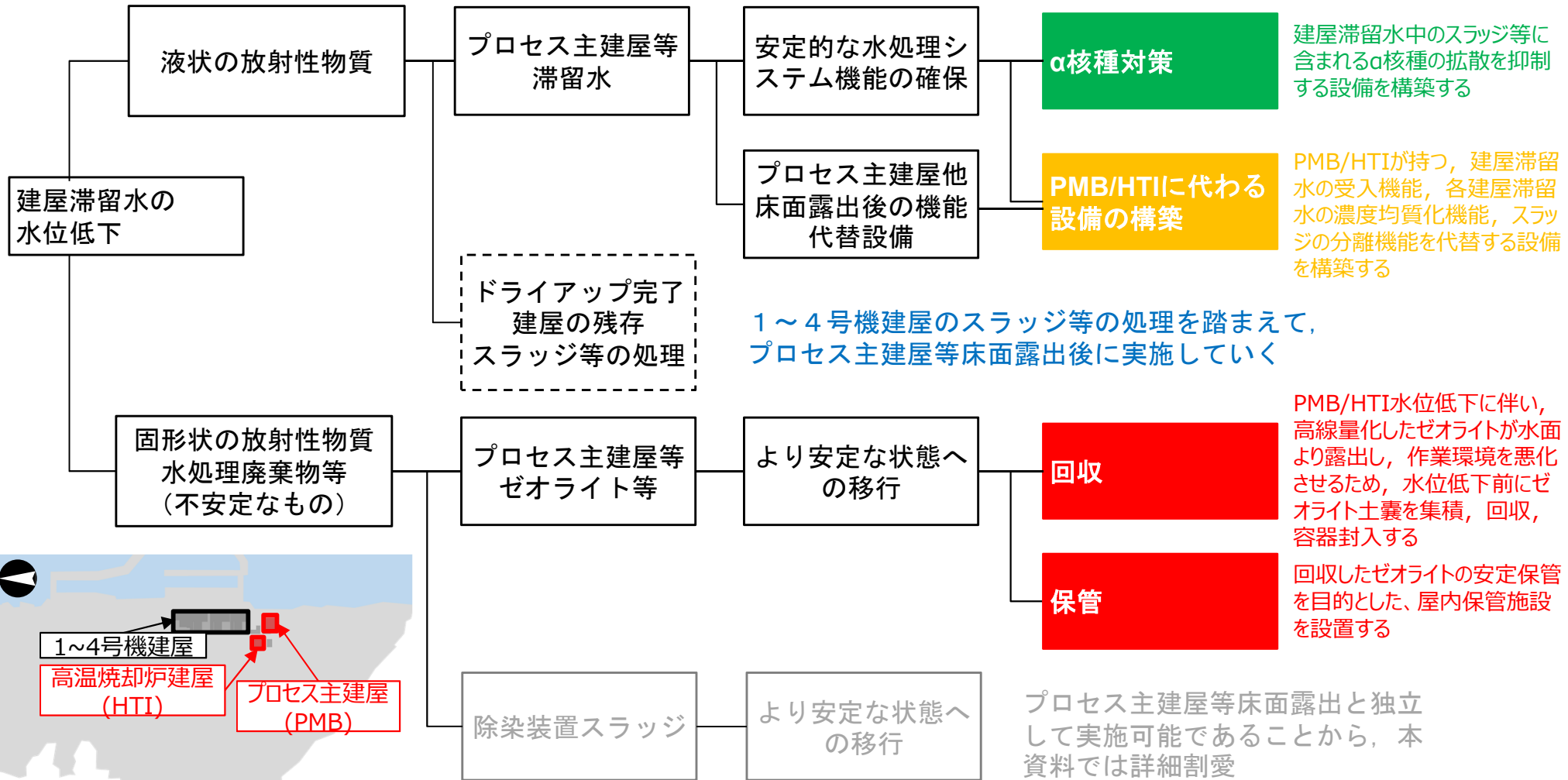
2023年12月5日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

- 福島第一における液体状の放射性物質に関するリスク低減を目的として、循環注水を行っている1～3号機原子炉建屋（R/B）については、2023年3月に中長期ロードマップのマイルストーン『原子炉建屋滞留水を2020年末の半分程度に低減』を達成。
- 今後、プロセス主建屋（PMB）と高温焼却炉建屋（HTI）について、極力低い水位を維持しつつ、ゼオライト土嚢等の回収作業の完了以降、建屋滞留水の処理を進めていく。
- 1～4号機建屋滞留水を一時貯留しているPMBとHTIの床面露出に向けて、その機能を引き継ぎ、滞留水を一時貯留する設備の設置に向けて設計中。
- 現在、全 α 核種濃度については十分管理されている状態であるが、今後、更に安全に廃炉作業を進めていくにあたり、 α 核種汚染拡大リスクの最小化を図るため、滞留水の性状分析や汚染水処理装置の改良も踏まえた対策を検討中。

- PMB/HTIについては、地下階に高線量のゼオライト土嚢等(最大4,400mSv/h)が確認されている。
- PMB/HTIの滞留水については、今後、床サンプルへ滞留水移送設備を設置し、処理を進めるが、ゼオライト土嚢の処理、1-4号機建屋滞留水を一時貯留する設備の設置、α核種除去設備の設置後に床面露出状態を維持させる。

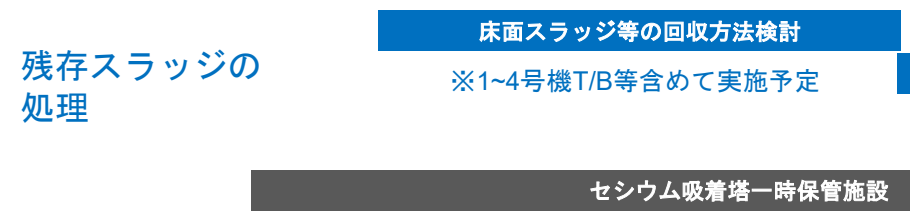
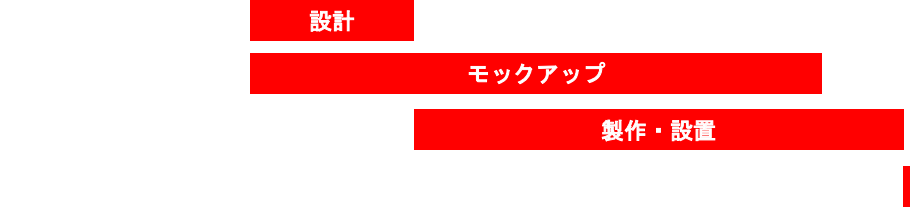
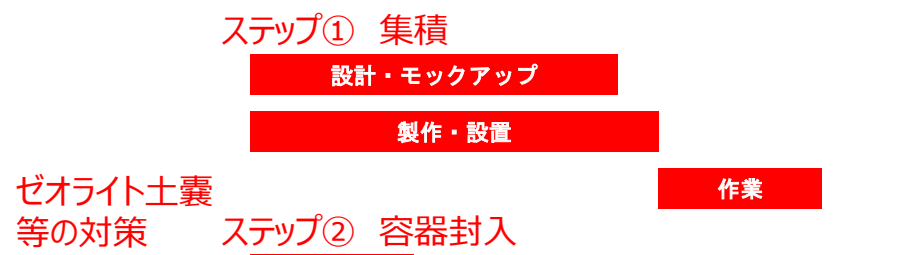


プロセス主建屋等におけるリスク低減活動の全体像



工程影響

ゼオライト土嚢等の対策, PMB/HTIに代わる設備の構築, α核種対策は, 独立して作業を進めており, 各作業が完了した後に, 床面露出に向けた水位低下を実施する。床面露出に向けた水位低下の開始時期は, 各作業の進捗により工程影響が出るが, リスクマップで定める「プロセス主建屋等ドライアップ」(2026年~2034年)には現状影響がない。



課題 スラッジの処理

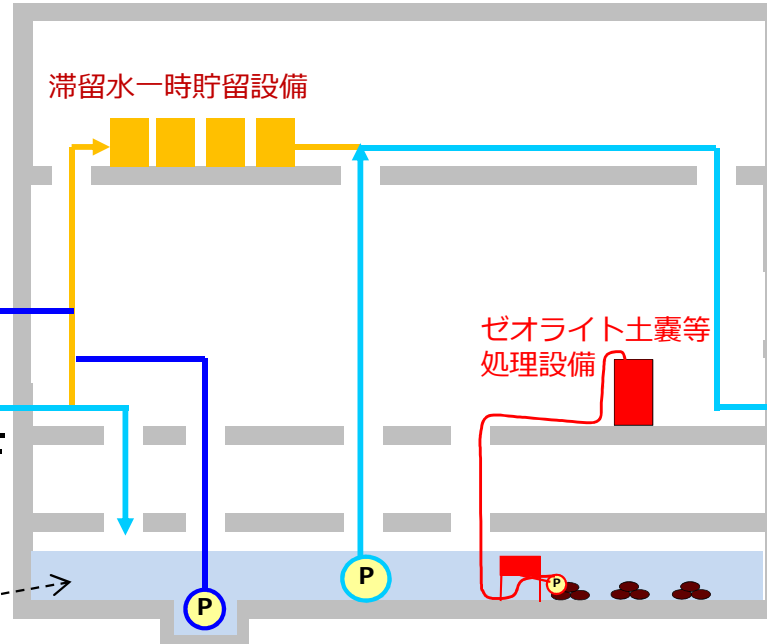
設備に蓄積するスラッジ等は当面の間はPMB地下に排出
→将来的にはスラッジを回収させる設備を構築していく。
また, 1~4号機建屋を含む各建屋床面スラッジ他の回収も並行して検討していく。

【参考】PMB/HTIにおける滞留水処理に関する設備

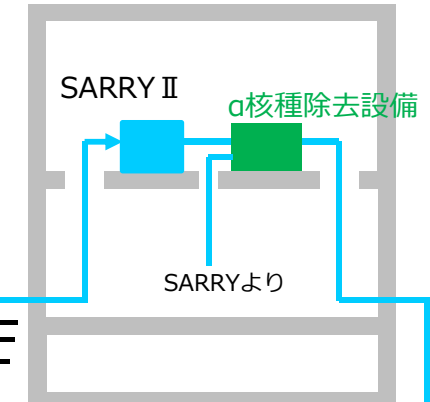
■ PMB/HTIにおける滞留水処理に関する設備の系統構成は以下の通り。

- 滞留水移送設備・SARRY等 (既設)
- 滞留水移送設備 (新設)
- ゼオライト土嚢等処理設備 (新設)
- 滞留水一時貯留設備 (新設)
- α核種除去設備 (新設)

プロセス主建屋 (PMB)

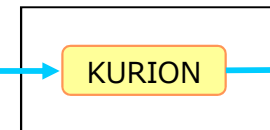


サイトバンカ建屋※

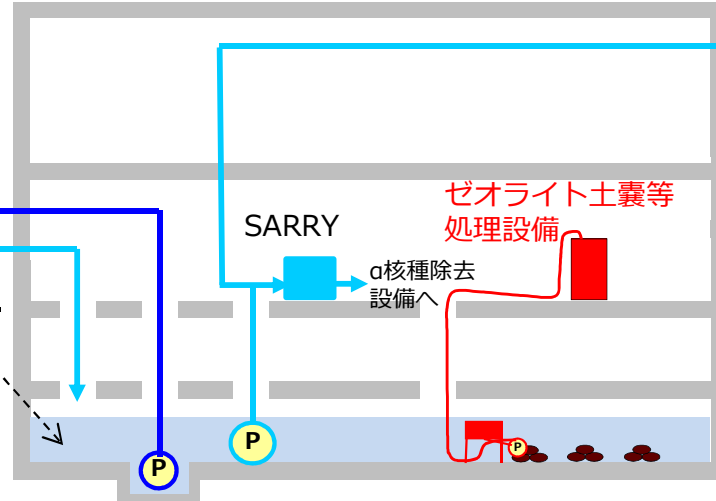


※ サイトバンカ建屋の地下階に
建屋滞留水はない

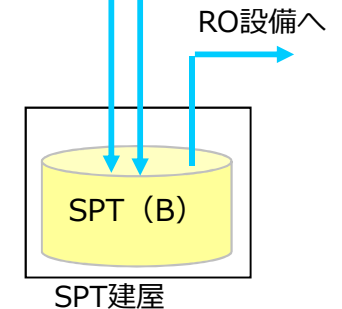
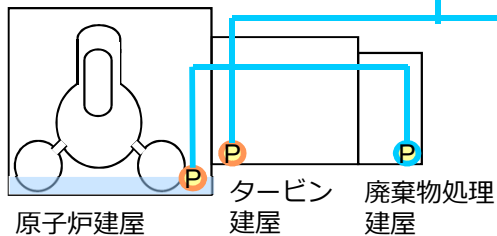
焼却工作建屋



高温焼却炉建屋 (HTI)



ゼオライト土嚢等処理,
滞留水一時貯留設備,
α核種除去設備の設置後に
床面露出状態を維持予定



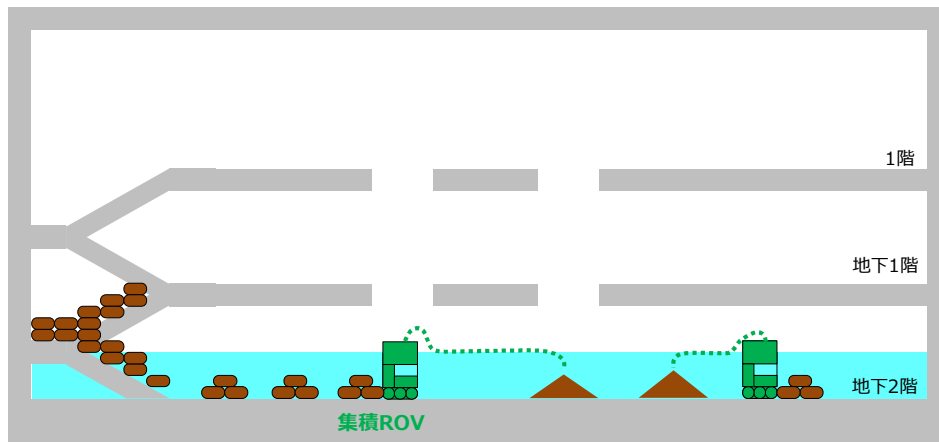
ゼオライト土嚢処理の検討状況

1. 【背景】 処理方法の概要

- PMB, HTIの地下2階における高線量化したゼオライト土嚢・活性炭土嚢は, リスク低減のために回収を計画。回収は, 水の遮へい効果が期待できる水中回収を軸に検討を進めている。
- PMB・HTIの最下階のゼオライト土嚢等は回収作業を“集積作業”と“容器封入作業”の2ステップに分け, 作業の効率化を図る計画。
- なお, 土嚢袋は劣化傾向が確認されており, 袋のまま移動できないことから, 中身のゼオライト等を滞留水とともにポンプで移送する方式を基本とする。

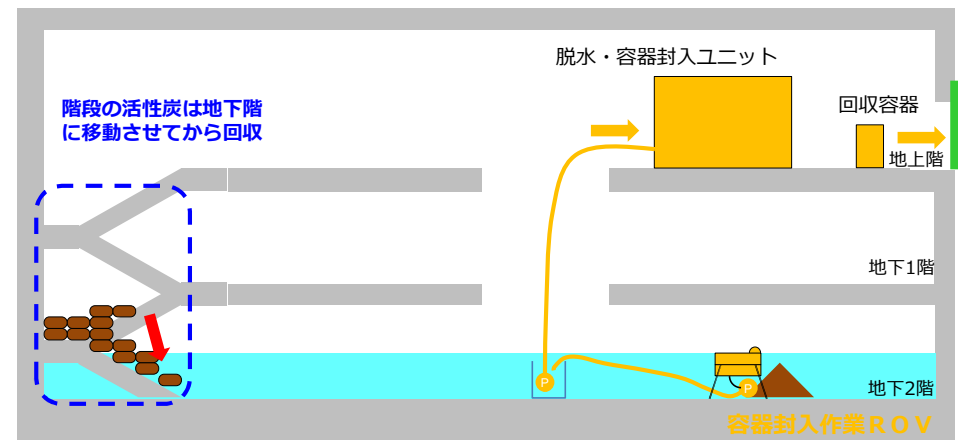
ステップ① 集積作業

- ✓ ゼオライト土嚢等について, 作業の効率化による工期の短縮(完了時期の前倒し)を目的に, 容器封入作業の前に集積作業を計画。
- ✓ 集積作業用ROVを地下階に投入し, ゼオライトを吸引し, 集積場所に移送する。



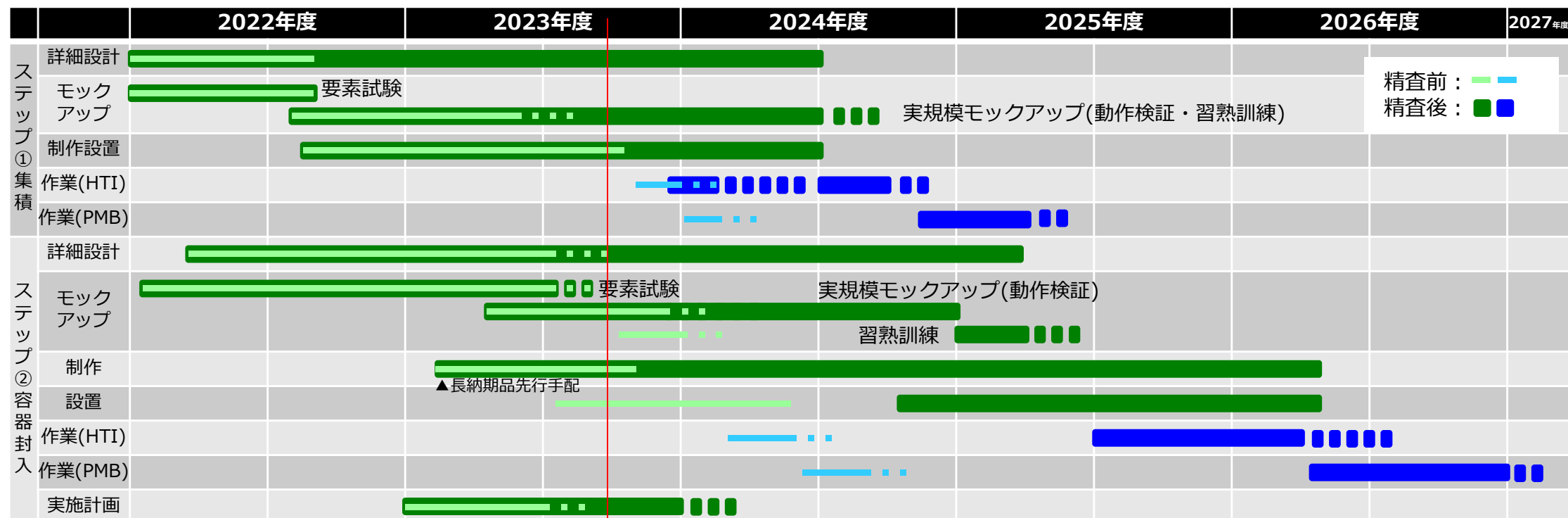
ステップ② 容器封入作業

- ✓ 集積されたゼオライトを容器封入作業用ROVで地上階に移送し, 建屋内で脱塩, 脱水を行ったうえ, 金属製の保管容器に封入する。その後は33.5m盤の一時保管施設まで運搬する計画。
- ✓ 階段に敷設されている活性炭土嚢はROVを用いて, 地下階に移動させた後, 上記と同様に回収する。



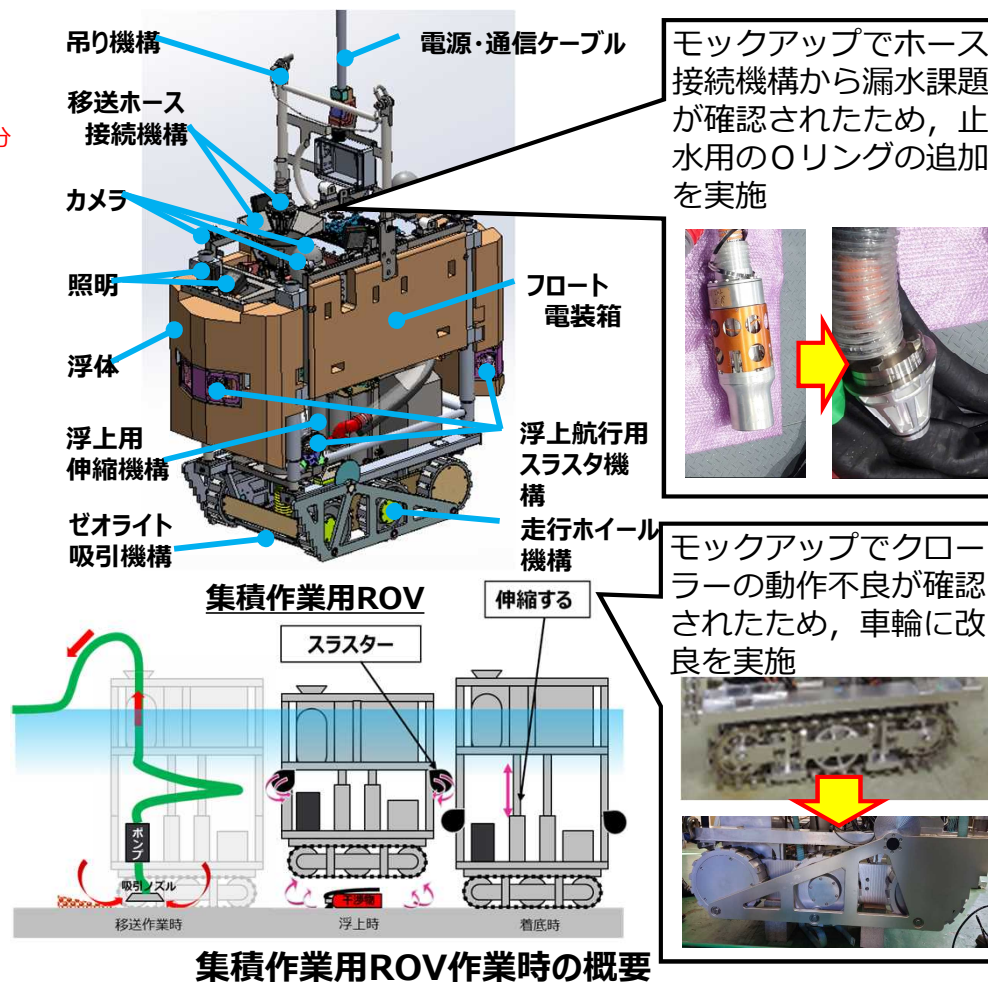
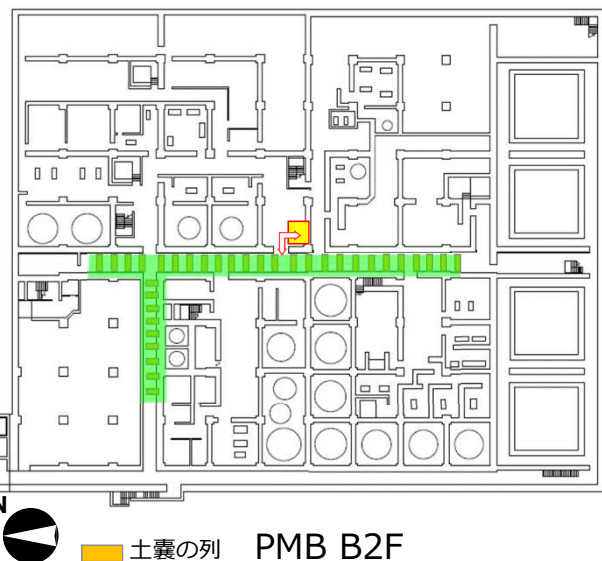
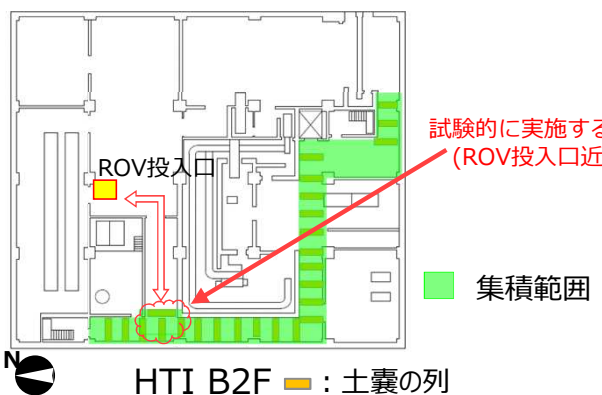
2. ゼオライト土嚢等の処理スケジュール

- ゼオライト土嚢等の回収作業は、『集積作業』と『容器封入作業』の2ステップで行う計画。なお、今後のモックアップの実施状況や現場作業等で得られた知見によって、変更となる可能性もあるが、安全性、信頼性を優先して進めていく。
 - ステップ①：集積作業は、2023年度からHTIの一部のゼオライト土嚢集積作業から着手予定。初めてゼオライトを扱う作業となり、現場作業の知見を積み重ねていく。得られた知見を元に2024年度より連続的な集積作業を実施し、2025年度、容器封入作業の着手まで作業を実施する予定。
 - ステップ②：容器封入作業は、モックアップで得られた知見の反映を踏まえた設計検討の実施、先行する集積作業で知見を反映する等、安全性・信頼性を高めたうえで、2025年度に着手予定とする。2026年度～2027年度で作業を完了する予定。



2-1. ステップ①集積作業の進め方

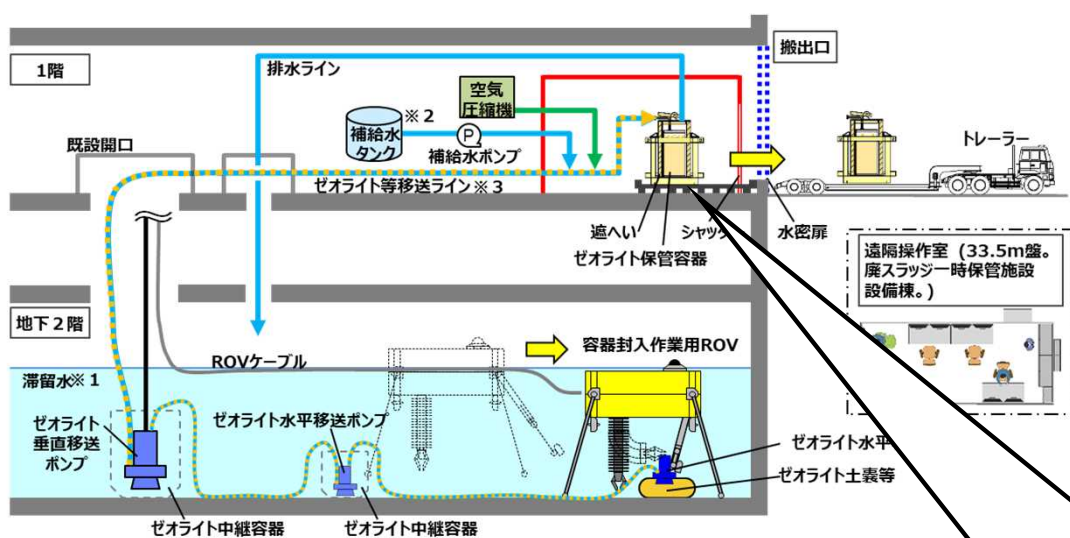
- 集積作業は、実規模モックアップ試験にて得られた知見から改良を重ね、2023年度内から着手する予定。狭隘な地下階で高線量の物を遠隔で回収する難しい作業である事から、段階を踏みながら慎重に進めていく。集積作業で得られた知見は、容器封入作業にも反映していく。
- 2023年度はHTIの一部について試験的な集積作業を実施し、実際の現場でのスラッジ類の舞い上がりや濁り等、現場作業の知見を積極的に収集する予定。現場作業で得られた知見を拡充し反映しながら、継続的な集積作業は2024年度から実施していく予定。



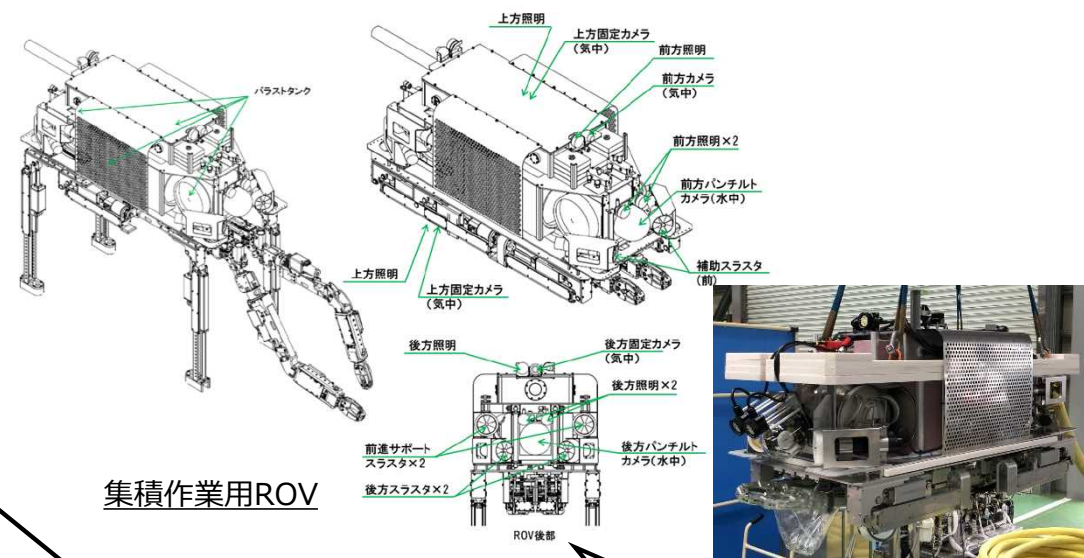
集積作業用ROV

2-2. ステップ②容器封入作業の進め方

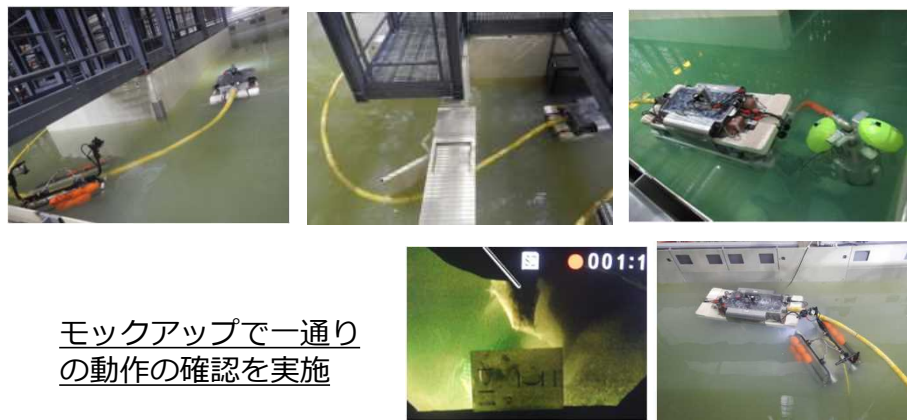
- 容器封入作業は、モックアップで得られた知見の反映を踏まえた設計検討の実施、先行する集積作業で知見を反映する等、安全性・信頼性を高めたうえで、2025年度に着手予定とし、2026年度～2027年度で作業を完了する予定。
 - 2023年9月に実施した実規模モックアップ試験の結果、基本コンセプトに問題が無いことを確認したものの、濁水による視界不良、保管容器のレベル確認方法等、更なる改良点も確認。設計に反映していくための検討、モックアップ確認を実施していく。
 - 2023年度から先行して実施する集積作業によって得られた知見等を反映していく。



作業概要

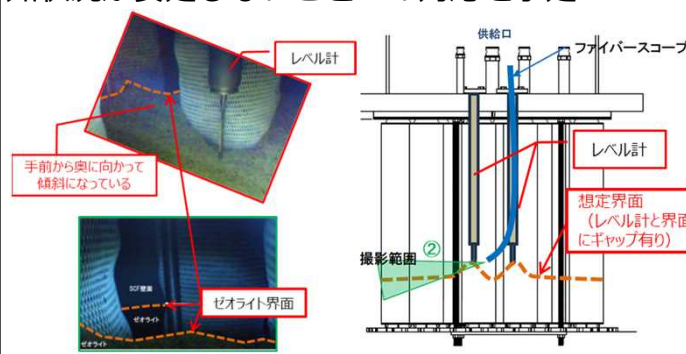


集積作業用ROV



モックアップで一通りの動作の確認を実施

ゼオライトの保管容器内のレベル検知時に、検知状況が安定しないことへの対応を予定

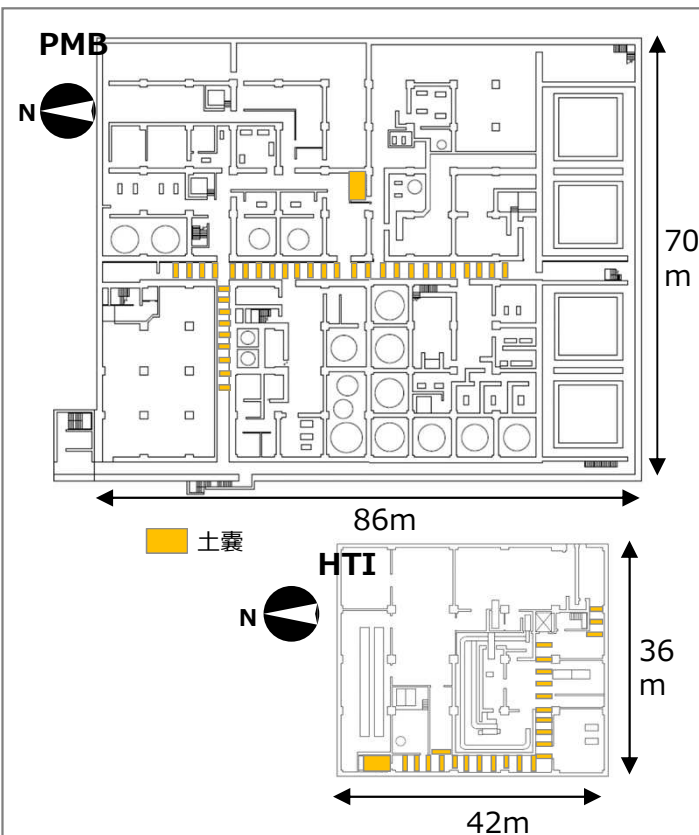


モックアップで確認された作業で濁水が発生することによる視認性の課題への対応を予定



【参考】モックアップ概要

- ゼオライト土嚢等処理設備（集積作業・容器封入作業）に関するROVのモックアップについて、日本原子力研究開発機構(JAEA)楢葉遠隔技術開発センターにて実施。
 - 上階(地下1階、地上1階)を模擬した架台を設置(高さは実スケール)
 - 現場調査で確認された干渉物、劣化した土嚢袋等を再現し、現場環境を模擬。



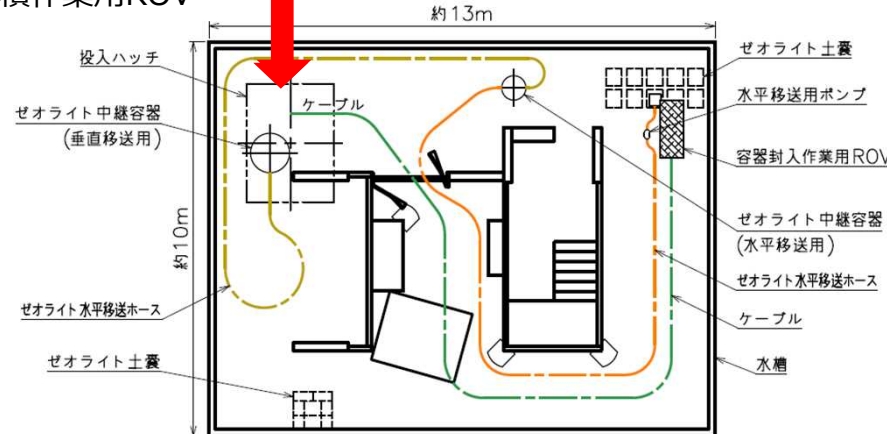
1 F 現場 (実際の土嚢配置)



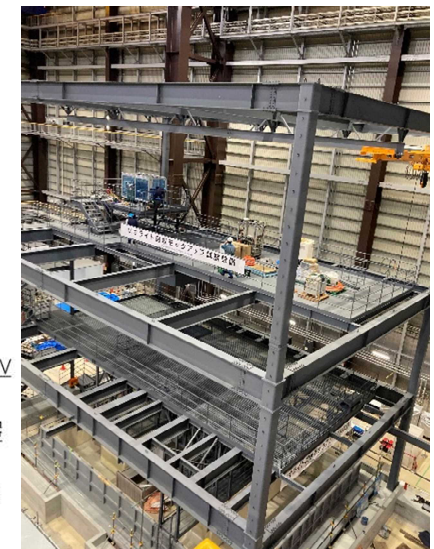
集積作業用ROV



容器封入作業用ROV



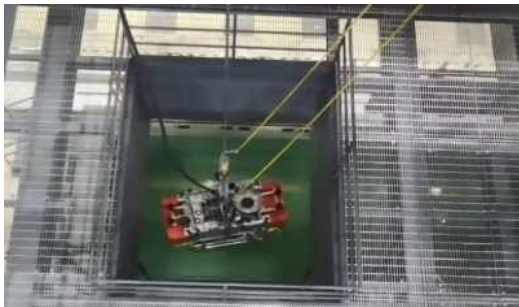
実規模モックアップ



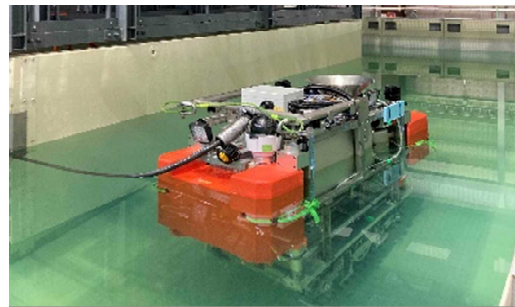
実規模モックアップ設備

【参考】集積作業のモックアップ状況

- 主にケーブル・ホースマネジメント、一連のROVの遠隔動作、想定トラブル対応について、実規模モックアップを実施。大きなトラブル等は無く、コンセプトについて問題が無いことを確認している。
- 集積作業用ROVは改良を加えながら開発を進め、現在、実規模モックアップを実施中。現場適用に向けた最終調整の段階であり、2023年度から1F現場での作業着手予定。



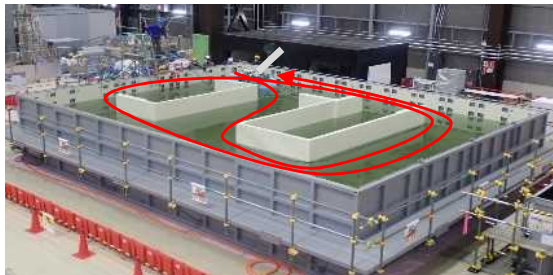
ROV投入試験



ROV航走試験



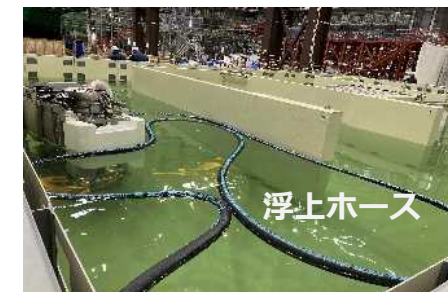
ROV航走試験 (狭隘部通過)



ROV航走試験 (電源ケーブル引き回し)



移送ホース (地下階接続作業)



移送ホース (牽引航走)



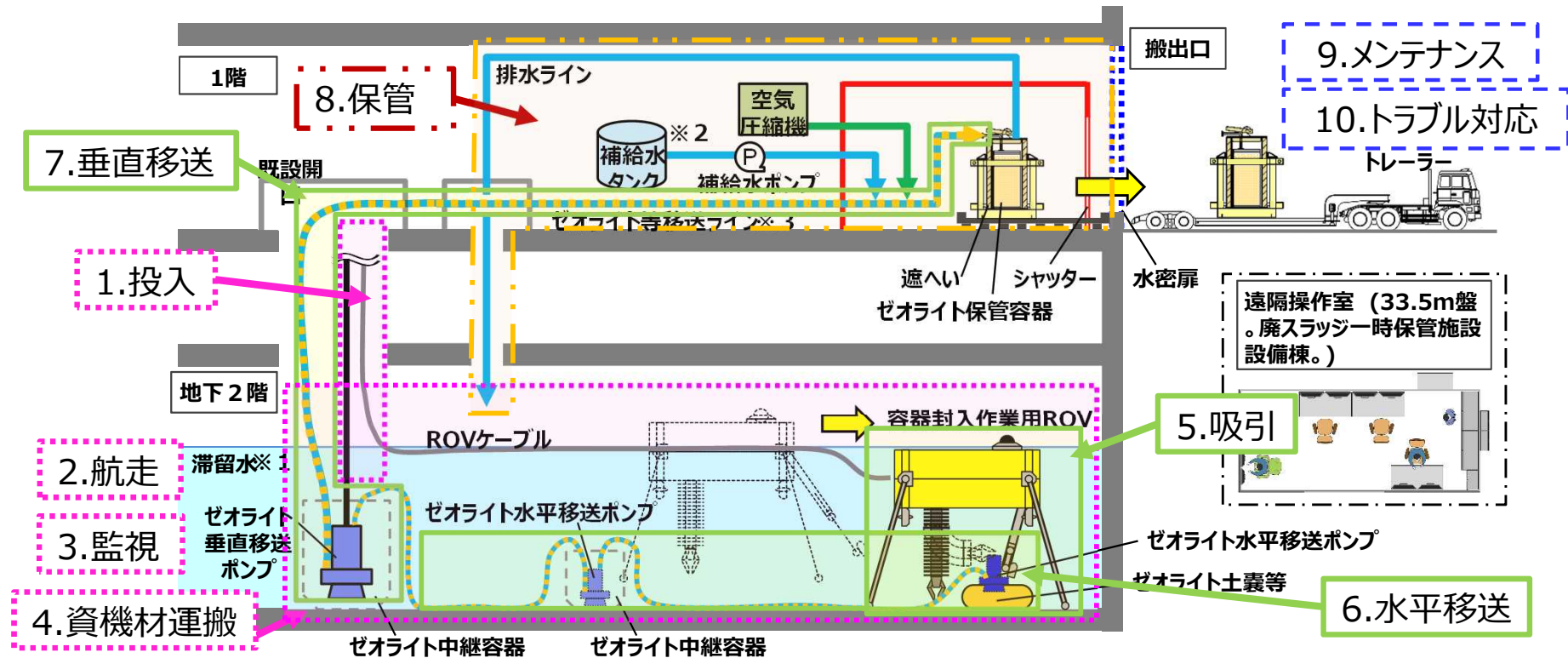
吸引ノズル (吸引中)



移送されたゼオライト

【参考】 容器封入作業の検討状況

- ◆ PMB, HTIの最下階に敷設しているゼオライト土嚢・活性炭土嚢（以下、ゼオライト土嚢等）について、地下階に容器封入作業用ROVを投入し、ゼオライト水平移送ポンプ及びゼオライト垂直移送ポンプでゼオライト保管容器へ移送・回収する。
- ◆ ゼオライト保管容器内部にはフィルタが装備されており、補給水及び空気圧縮機を用いゼオライト等の脱塩（建屋滞留水に含まれる塩分の除去）、脱水を実施する。また、ゼオライト等の移送作業後、ゼオライト等移送ラインはフラッシングを実施する。

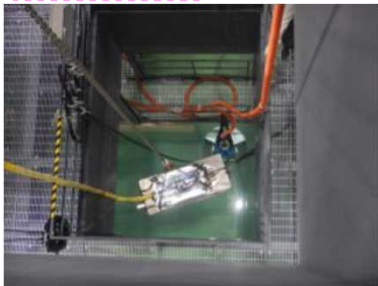


- ※ 1 建屋水位は、建屋最下階（地下2階）における作業性を踏まえ、水位1.5m程度に維持する計画。そのため作業中の建屋は基本的に建屋滞留水の受入、移送を停止し、他方の建屋において建屋滞留水の受入、移送を実施する。
- ※ 2 補給水タンク水として、RO処理水（ ^{137}Cs : 10^1 Bq/Lオーダー）もしくはろ過水の使用を計画する。
- ※ 3 ゼオライト等を移送するポンプにはストレーナがついており、異物が詰まった場合等に備え、逆洗が可能な設備構成とする。

【参考】 容器封入作業のモックアップ結果

- ◆ 今回、主にケーブルマネジメント、一連のROVの遠隔動作、想定トラブル対応について、実規模モックアップを実施した。
- ◆ 必要な要素については、一通り確認を実施しており、大きなトラブル等は無く、コンセプトについて問題が無いことを確認した。

1.投入



ROVの動作に合わせて、ケーブル送り、巻き上げ機能を確認

2.航走



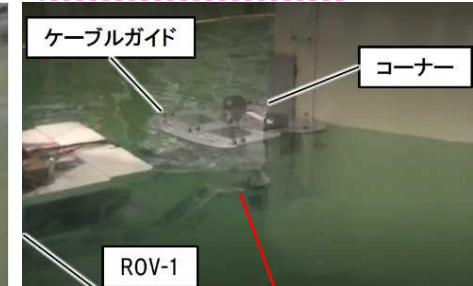
航走し5回曲がりが可能であることを確認

3.監視



ケーブル余長の牽引補助をしながらの航走ができることを確認

4.資機材運搬

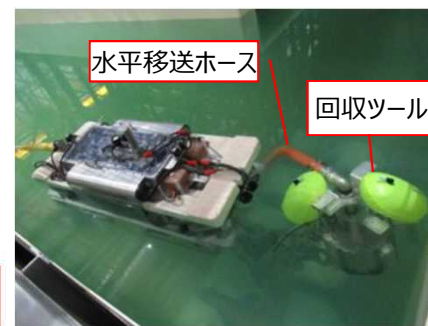
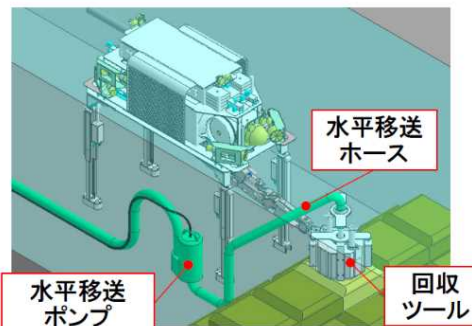


資機材をROVが把持、運搬、設置できることを確認

5.吸引

6.水平移送

7.垂直移送



ゼオライト吸引時の作業概要（イメージと試験様子）



回収ツール吸引前

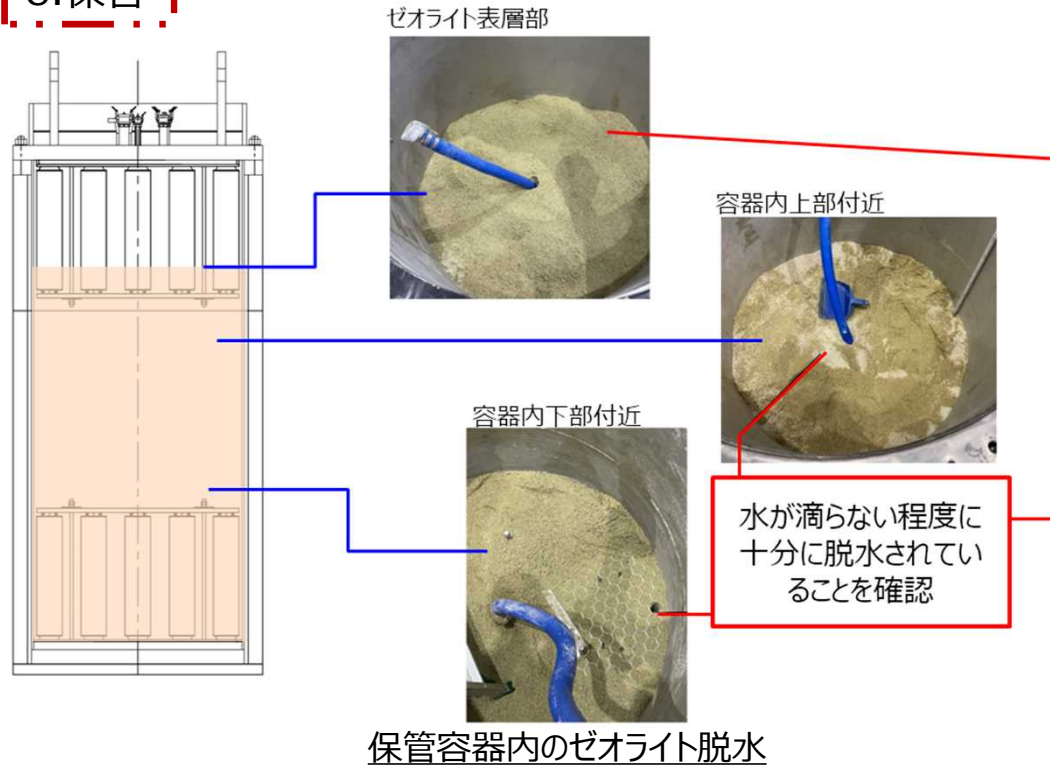


回収ツール吸引後

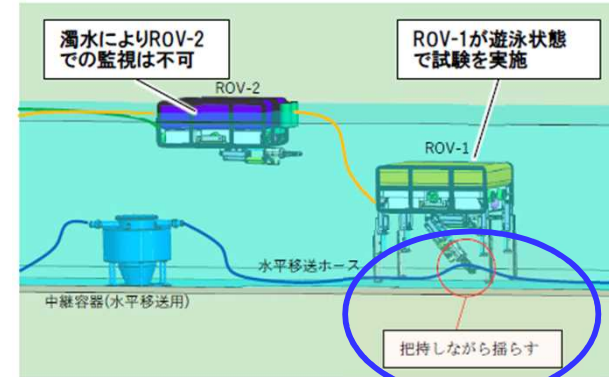
土嚢袋を切開し、閉塞することなく劣化土嚢袋内のゼオライトを吸引、移送出来ることを確認

【参考】 容器封入作業のモックアップ結果

8. 保管



9. メンテナンス

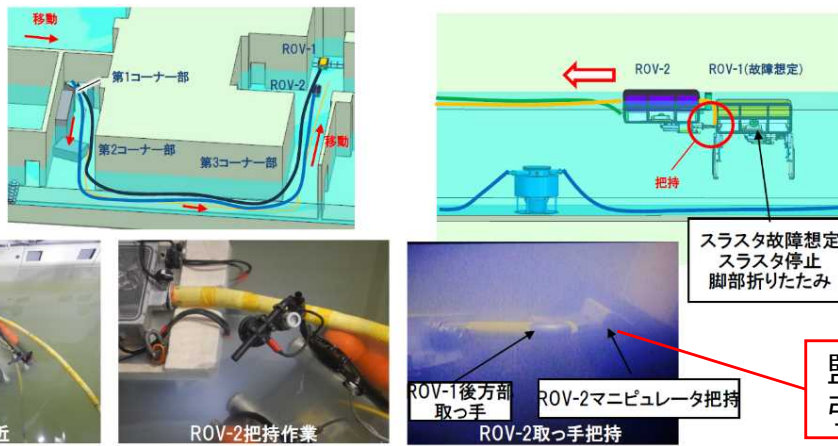


メンテナンス確認試験



ROVアームにて移送ホースを把持し、上下/左右に揺らすことが可能であることを確認

10. トラブル対応



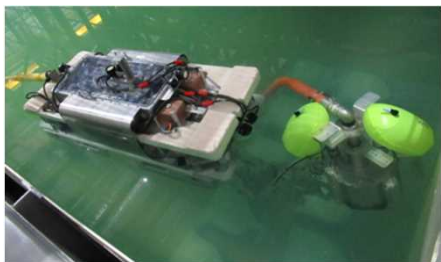
監視用ROVで作業用ROVを把持して牽引回収できることを確認

ROVの強制引き戻し

【参考】 容器封入作業のモックアップ結果 (課題)

◆ 容器封入作業におけるモックアップでの課題

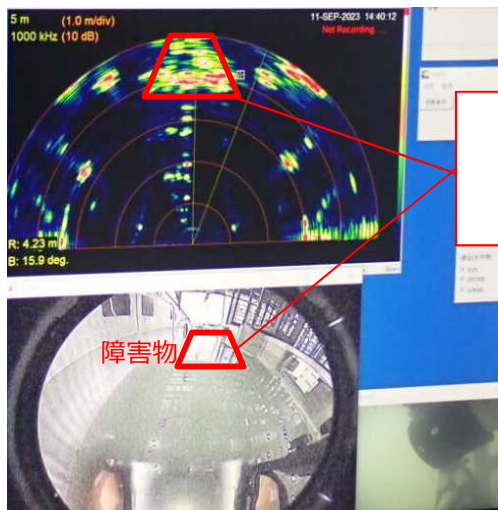
- 作業で濁水が発生することによる視認性の課題
 - ✓ ソナー等, カメラ以外の確認方法についても検討を進める。
 - ✓ 濁水の低減・拡散防止方法等についても検討



ゼオライト回収作業前



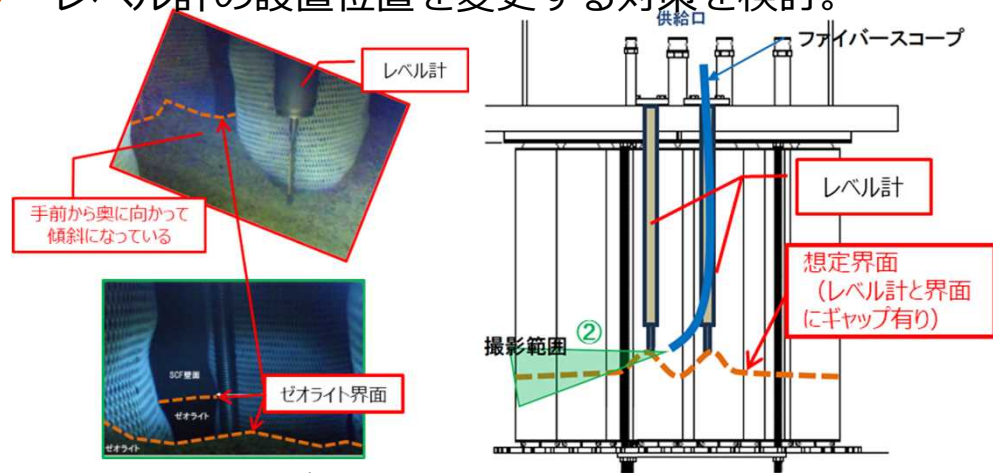
ゼオライト回収作業後



ソナーの確認結果

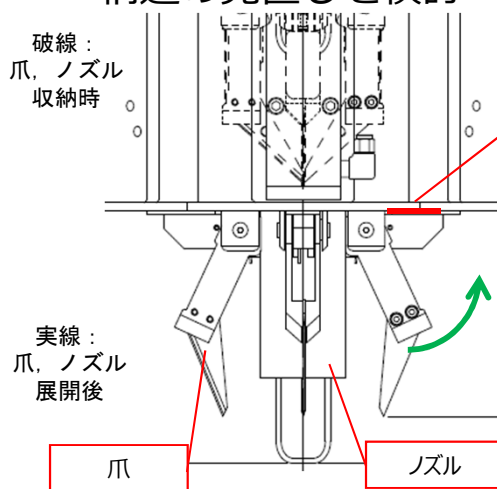
前方に物体があることが確認可能

- ゼオライトの保管容器への充填時に, レベル計の検知ランプが点灯した後消灯し, 検知状況が安定しないことを確認
 - ✓ ゼオライト界面の凸部が出来, 検知プローブに触れた後に水流で崩れることの繰り返しにより, 検知プローブの点灯と消灯を繰り返すと推定。
 - ✓ レベル計の設置位置を変更する対策を検討。



● 回収ツールへのゼオライト噛みこみ

- ✓ 構造の見直しを検討



ゼオライト挟み込み箇所



回収ツール

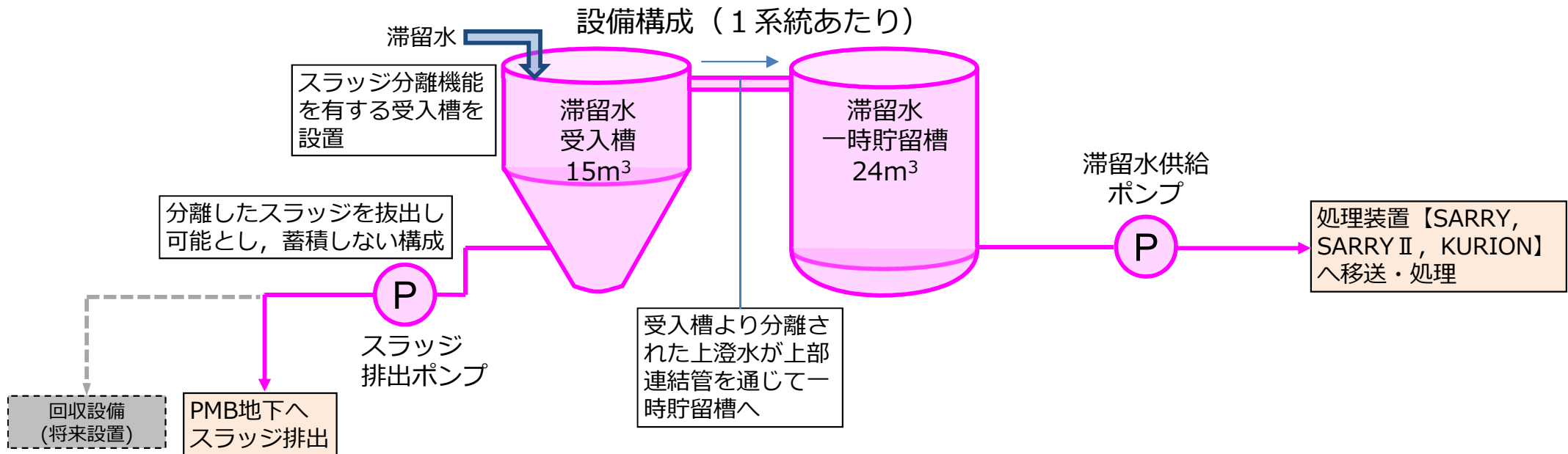
建屋滞留水一時貯留設備の検討状況

1. 滞留水一時貯留設備の概要

- 滞留水中に含まれるスラッジの分離機能※を有する受入槽，一時貯留機能を有する一時貯留槽をそれぞれ1基ずつ設置する設備構成とする。
- 滞留水は一時貯留槽から処理装置【SARRY, SARRY II, KURION】へ滞留水供給ポンプにて移送して処理を実施する。これに伴い滞留水供給ポンプの設置および移送ラインの設置(既設配管改造含む)をする。

◆ 容量：【受入槽: 15m³+一時貯留槽: 24m³】×2系統

(大雨・台風等に伴い1~4号機建屋からの滞留水移送量が処理容量を超えた場合などの緊急時には、PMBまたはHTIへ受入・一時貯留する)



- 受入槽に蓄積されたスラッジ等は、PMB/HTIの建屋滞留水の早期処理のため、回収設備の設置に向けて検討していくが、当面の間はPMB地下に排出することとする。これに伴い、スラッジ排出ポンプおよび受入槽からPMB地下への移送ラインを設置する。

※ 分離機能については、後段設備への影響を含めて詳細を取り纏め・確認中であり、今後の審査面談にて説明を実施予定。

2. PMB/HTI地下への滞留水受入に関するリスク

- プロセス主建屋(PMB)および高温焼却炉建屋(HTI)の滞留水処理完了に向けては、床面露出状態までの滞留水の水位低下により処理を行う計画を進めている。
- PMB/HTI地下への滞留水受入に関するリスクに関して、既存設備との比較をした結果は以下の通り。

| プロセス主建屋,高温焼却炉建屋への継続貯留 | 滞留水一時貯留設備の設置 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 1-4号機建屋からPMB/HTIへの移送により滞留水の受入・一時貯留が継続する。<u>液体状の放射性物質量を低減することができず、長期的にリスクが残存する状態。</u> | <ul style="list-style-type: none"> • 当該設備を経由して1-4号機建屋滞留水の処理が可能となり、PMB/HTIへの一時貯留が不要となるため、<u>液体状の放射性物質量の低減が可能。</u> • 大雨,台風に伴う滞留水発生量の増大時等においても、処理装置の故障時等を除き、PMB/HTIへ滞留水を受入・一時貯留せずとも対応可能。 |



- 当該設備の設置により、早期にPMB/HTIの建屋滞留水を処理（床面露出）することで、液体状の放射性物質【PMB,HTI合計で約 $1.6E+14$ Bq※】のリスク低減が可能。
- 建屋外への漏えい防止に対して、滞留水量を低減させること、流入箇所止水をしていくことが必要である。現状、PMB/HTIは建屋外への漏えい防止を施しているものの、経年劣化等により長期的には漏えいポテンシャルが増加していく恐れがある。
- 当該設備の一時貯留容量は既存のPMB/HTIと比較して少なくなるが、汚染水抑制対策の効果や概ね当該設備のみで対応可能であることから、PMB/HTIの滞留水受入は限定的となる。

※ 2023年3月時点

3. 滞留水中に含まれるスラッジ取り扱いのリスク

- 先行して床面露出が完了しているタービン建屋他と同様にPMB/HTI においても系外への流出リスクの高い液状の放射性物質である建屋滞留水処理（PMB/HTI 床面露出）を優先して実施し、建屋床面スラッジは別途回収していくことを計画している。なお、長期間を要することが想定される回収設備の設置検討は進めていくものの、分離したスラッジをPMB地下へ排出する現行の設計にて設備設置を進める計画。
- スラッジ取り扱いのリスクに関して、既存設備との比較をした結果は以下の通り。

| プロセス主建屋,高温焼却炉建屋への継続貯留 | 滞留水一時貯留設備の設置 |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • 滞留水中のスラッジ成分は、貯留箇所であるPMB/HTI地下へ継続して蓄積していく。 • アクセス不可な建屋地下にて分離が行われ、スラッジは底部に沈降していることから、現状では<u>分離したスラッジを取り扱うことはできない</u>。 | <ul style="list-style-type: none"> • 滞留水受入槽にて分離後にスラッジが拡散しないように<u>PMB地下の限定したエリアに排出</u>し、水分は床ファンネルを通じてサンプ等へ導水後に滞留水一時貯留設備へ回収可能とする設備構成を計画している。当面の間は継続してPMB地下にスラッジが蓄積していく。(数回/月の頻度[*]と想定) • 設備内で分離することから、<u>分離したスラッジの取扱いが可能</u>であり、地下階への排出から将来的に設置する回収設備等への切替も可能な構成。 |

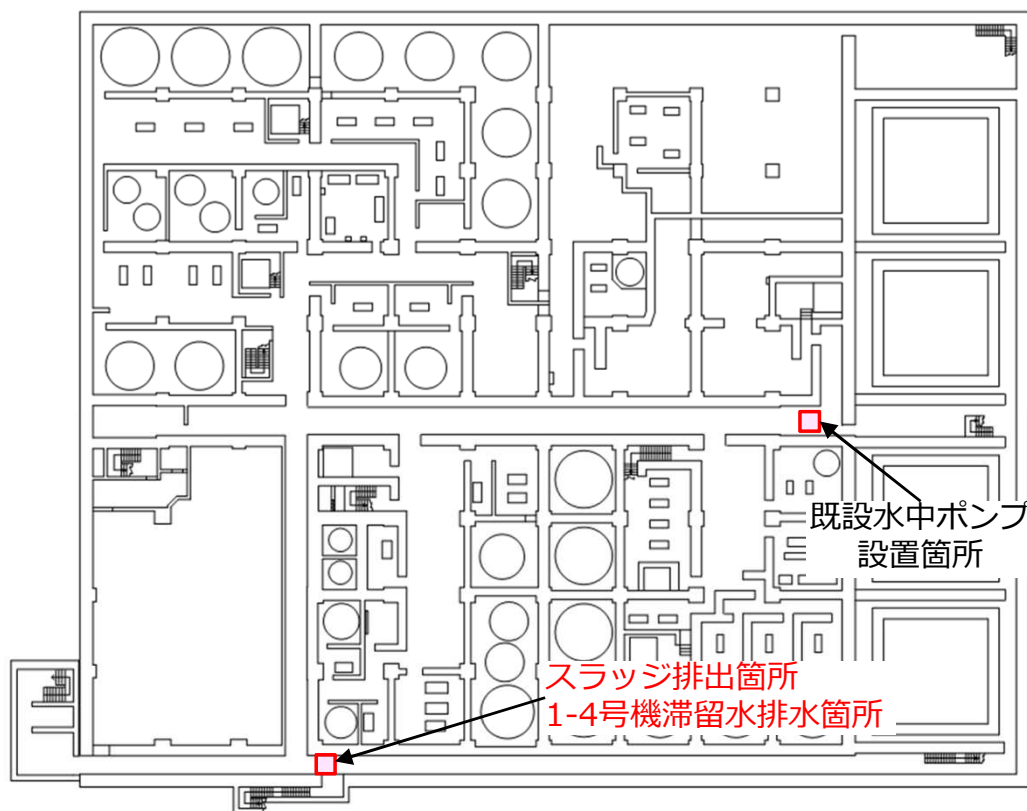
- 当該設備の設置により、HTIへの新たなスラッジの蓄積は発生しないこと、設備内で分離するプロセスに変更し、取り扱い可能な状態となることから、様々な箇所へスラッジが拡散するリスク低減が見込まれる。将来的には当該設備から直接スラッジ回収する設備を設置することでPMBへの排出をなくし、更なるリスクの低減を図る。
- 建屋床面に蓄積したスラッジは、PMB/HTI床面露出後にまとめて回収するべく、同様の高線量下での環境における作業である除染装置スラッジ、ゼオライト土嚢等の回収・処理にて検討を進めている遠隔での回収・処理技術を活用・展開し、スラッジの回収・処理工法の確立やモックアップ等により作業成立性の検証を進めていく計画。まとめて効率よく回収することで廃棄物発生量の低減の効果も期待できる。

※ 実運用のなかで滞留水の性状に応じて、実状に合わせた適切なスラッジ排出頻度を策定する計画

【参考】滞留水一時貯留設備でのスラッジ排出箇所などについて

- 滞留水一時貯留設備ではスラッジはPMB地下の西側通路(幅1.5m程度)へ排出する。区画された限定的な箇所であることから建屋全域にスラッジが拡散せず、通路上であることから床面露出後の回収の際にもアクセスは比較的容易であることが想定され、限定された区画であることで回収作業の計画を立案しやすい。
- これまでの床面スラッジの回収作業の実績は以下の通りであり、比較的線量が低い環境であったことから下記のような手法を用いたが、PMB等地下は高線量下での環境であることから、環境に合わせた遠隔での回収・処理技術が必要となる。

プロセス主建屋 地下2階



遠隔小型装置

【床面スラッジ回収作業】
遠隔小型装置や人手により
床面上のスラッジを回収



これまでの床面スラッジ回収作業実績

4. 今後のスケジュール

- 滞留水一時貯留設備については、現在、詳細設計検討中で、以下のスケジュールで進めていく。

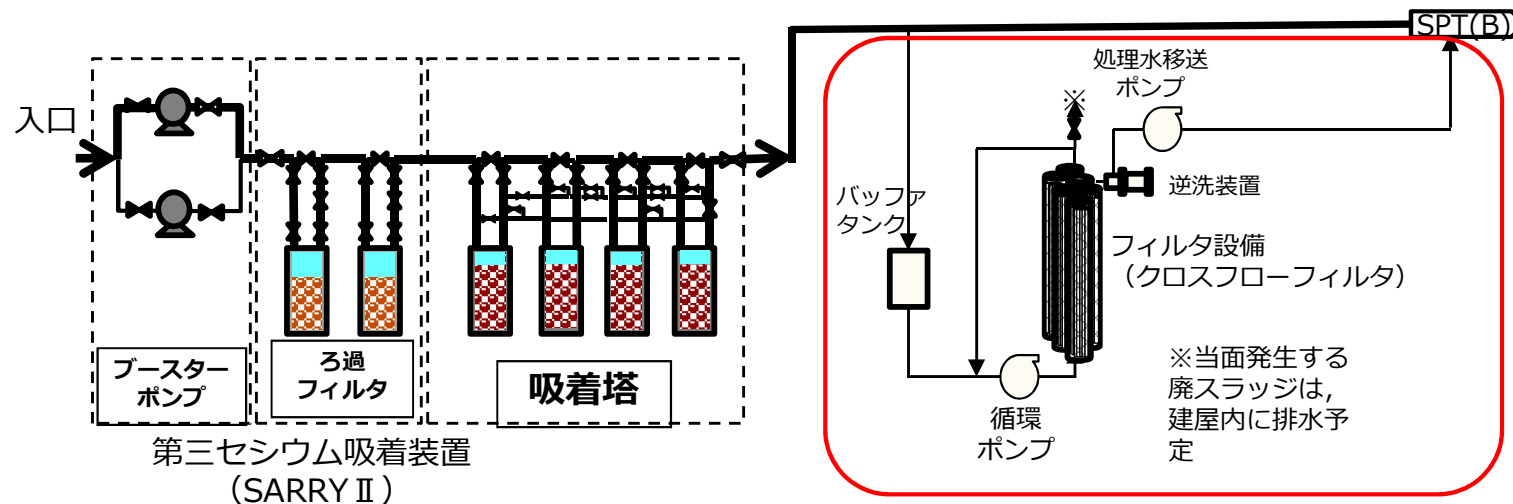
| | 2023年度 | 2024年度 | 2025年度 | 2026年度 |
|--------|-------------|--------|--------|--------|
| 詳細設計 | ■ | | | |
| 製作 | | ■ | | |
| 設置工事 | | | ■ | |
| 運転確認等 | | | | ■ ■ ■ |
| 実施計画変更 | 申請 ■ ■ ■ | | | |

α核種除去設備の検討状況

1. 設備概要

- 原子炉建屋(R/B)内滞留水（全α核種濃度：2~5乗Bq/Lオーダー）について、分析や特性試験を実施し、α核種を低減させる設備設計を進めている。なお、α核種除去設備（フィルタによる拡大抑制）は、吸着塔での放射性核種の拡大抑制により設備の線量上昇を抑えるとともに、フィルタ閉塞を軽減できるよう、処理装置（SARRY他）の後段への設置を検討中。
- 建屋内滞留水の分析や試験を実施し、滞留水に含まれるイオン状のα核種については吸着材で捕捉できること、粒子状のα核種はフィルタで捕捉できることを確認し、α核種除去設備の設計を進めている。なお、フィルタについては、多核種除去設備で実績があるクロスフローフィルタ（CFF）方式を採用し、建屋内滞留水の分析結果を踏まえて、フィルタ孔径を設定。
- 現在、設備の詳細設計を進めつつ、SARRY他後段でのフィルタ連続通水によるフィルタ特性確認を実施中。

新設（セシウム吸着装置後段フィルタ設備（α核種除去設備））



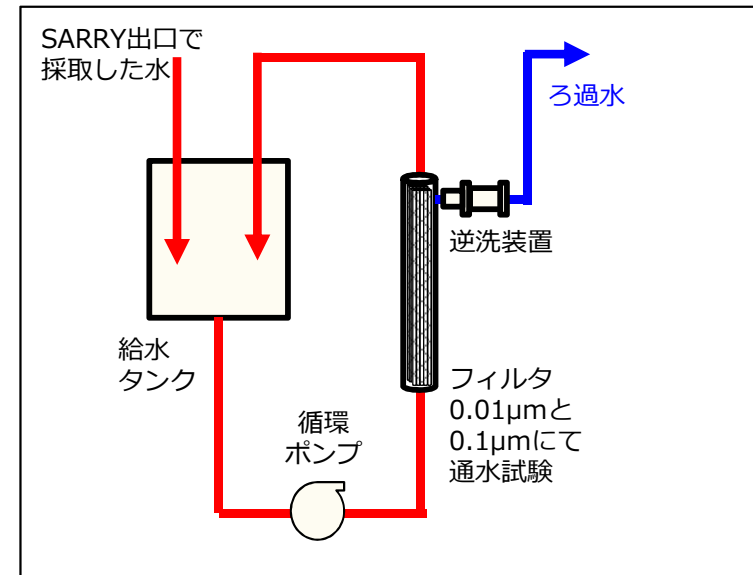
新設フィルタ設備の適用例

2.1 フィルタ通水試験概要

- 現在設計中の設備構成を踏まえて、 $0.01\mu\text{m}$ 及び $0.1\mu\text{m}$ フィルタで運転した際のフィルタ透過流量（フィルタ閉塞）を確認するため、SARRY出口で採取した水をフィルタ通水試験装置にて試験を実施。なお、フィルタ孔径については、建屋内滞留水の分析結果から、 α 粒子は数 μm 程度であることから、それより小さい $0.01\mu\text{m}$ フィルタと $0.1\mu\text{m}$ フィルタを選定。
- フィルタ通水試験装置は、現在設計中の α 核種除去設備の設備構成を踏まえ、給水タンク、循環ポンプ、フィルタ、逆洗装置で構成し、採取した水をクロスフロー方式にてろ過を実施。



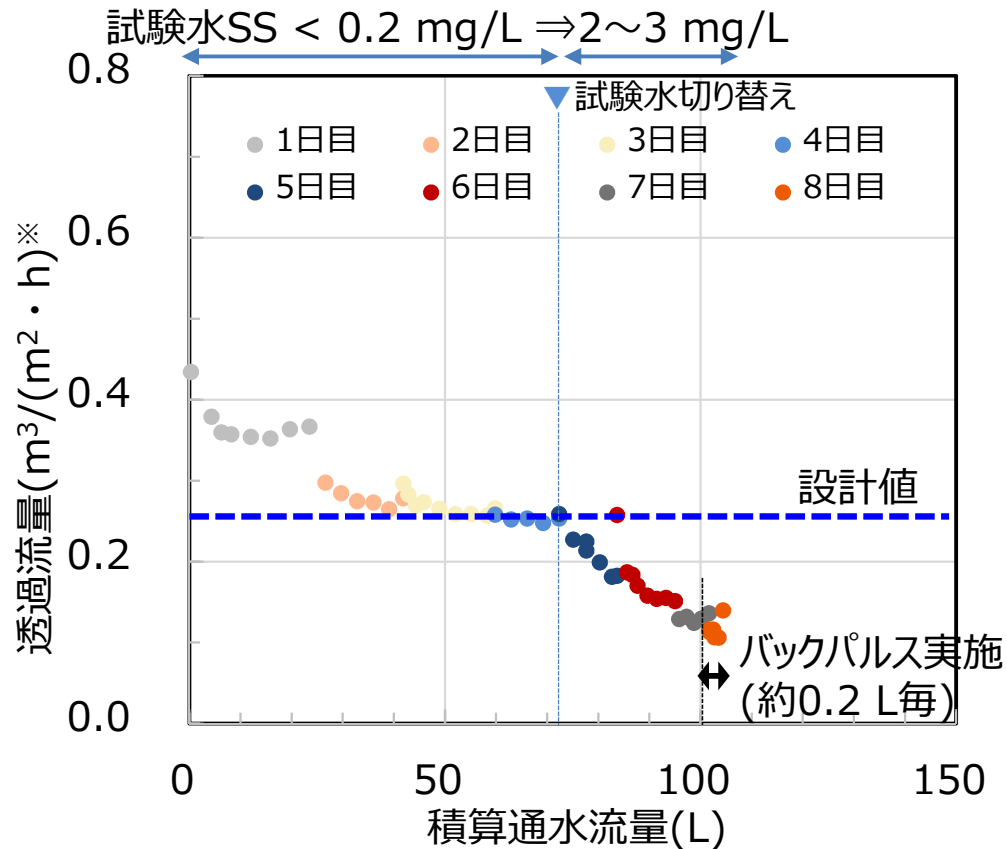
フィルタ通水試験装置写真



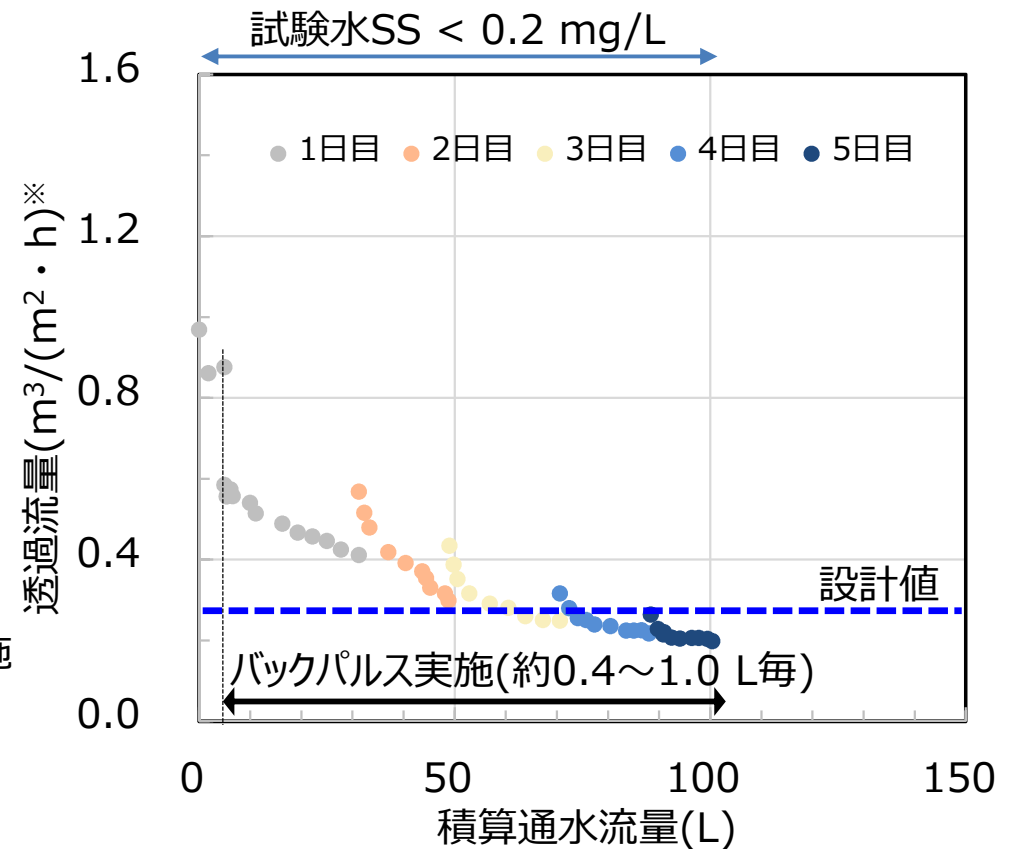
フィルタ通水試験装置概要図

2.2 フィルタ通水試験結果

- 透過流量(ろ過処理済水量)はほとんど変化しないとの想定に対して、通水開始直後から低下。0.01及び0.1 μm の両フィルタとも設計流量を満足しなくなり、実機換算で約0.5日で試験終了。
- 逆洗(バックパルス)を実施しても透過流量は回復しなかった。



孔径 (0.01 μm) における透過流量の推移



孔径 (0.1 μm) における透過流量の推移

※標準透過流量：水温25 $^{\circ}\text{C}$ ，入口圧力0.2MPaに規格化した透過水量

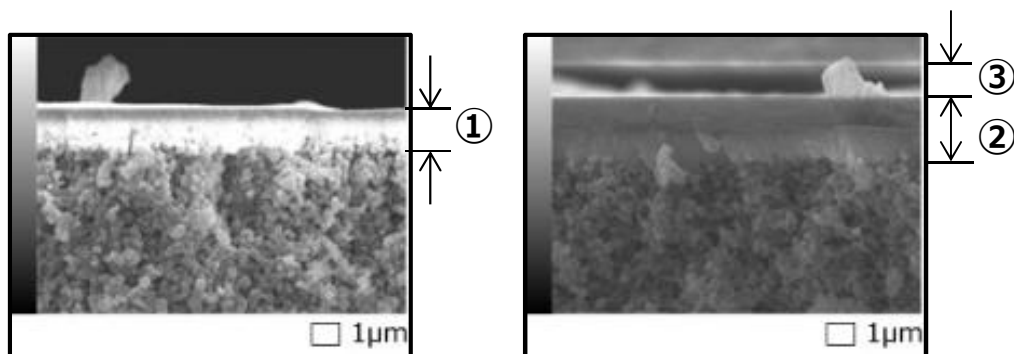
2.3 フィルタ閉塞に関する要因分析調査結果

- 実液のモックアップ試験のフィルタ閉塞における要因調査の結果、滞留水中に含まれる微細粒子や有機成分がフィルタ表層部に付着することにより、フィルタ閉塞が生じたと推定。
- 閉塞解消対策として、フィルタ孔径を大きく（0.01 μm →2 μm ）することを実施。
- また、有機成分や微粒子の影響を緩和する対策を並行して検討。

| 要因1 | 要因2 | 調査内容 | 結果 | 要因 |
|-------|----------|-----------------------------------|---|----|
| 装置不具合 | 機器・計器の不調 | ポンプの不調あるいは計器の指示間違いの可能性 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 流路差圧と循環流量の関係からポンプ不調はなかった。 ・ 膜入口圧を変えたときの循環流量の関係の確認、流量計指示値とろ過水量実測値の比較から、流量計・圧力計の指示間違いはない。 | × |
| | 膜の不良 | 通水試験初期の透過流量 | 初期は膜仕様の透過流量が得られていた。 0.01 μm 膜：0.53 m ³ /(m ² ・h) 0.1 μm 膜：1.4 m ³ /(m ² ・h) | × |
| 操作ミス | 弁の開度不足 | 試料水の循環及びろ過水量 | 計器指示値は実測したろ過水量と一致。 | × |
| 水質 | 微粒子による閉塞 | 試験水の履歴、水質の確認、SEM-EDX分析、模擬水による影響確認 | <ul style="list-style-type: none"> ・ SARRY吸着塔交換直後のSS濃度が0.2mg/L未満の試験水の通水時においても透過流量が不連続に低下。 ・ SEM-EDX分析の結果、吸着材成分がフィルタ表層部に付着を確認 ・ 吸着材の模擬水による通水試験にて同程度の閉塞を確認 | ○ |
| | 有機物による閉塞 | 試験水質の確認、SEM-EDX分析、系統水による影響確認 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 試験水質の全有機炭素(TOC)濃度は1ppm以下と低かったが、低TOCでも閉塞の可能性はある。 ・ SEM-EDX分析の結果、フィルタ表層部や堆積物に有機物成分を確認 ・ SARRY入口水の通水試験にて同程度の閉塞を確認 | ○ |

【参考】フィルタ閉塞に関する要因分析調査結果（詳細）

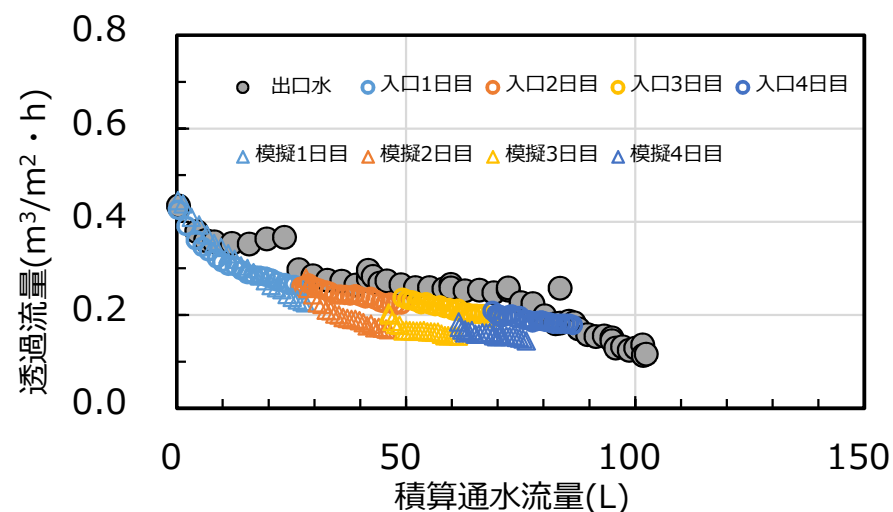
- 実液を用いたモックアップ試験における閉塞事象調査の結果は以下の通り。
- 新品及び通水試験後の0.01 μ mフィルタに対し、閉塞物確認のため、SEM-EDX分析を実施した結果、通水試験後のフィルタ表層には、堆積物が確認された。
- 堆積物及びフィルタの元素分析の結果、堆積物やフィルタ母材の表層にTi,NbやSi等、堆積物はC等の有機物が多く含むことを確認した。なお、TiとNbは吸着材成分である。
- 水質成分による影響を確認するため、SARRY入口水及び吸着材混入模擬水によるフィルタ通水試験の結果、同程度の閉塞が確認され、微粒子及び有機物共に要因と判断した。



新品フィルタ (0.01 μ m)

通水試験後フィルタ (0.01 μ m)

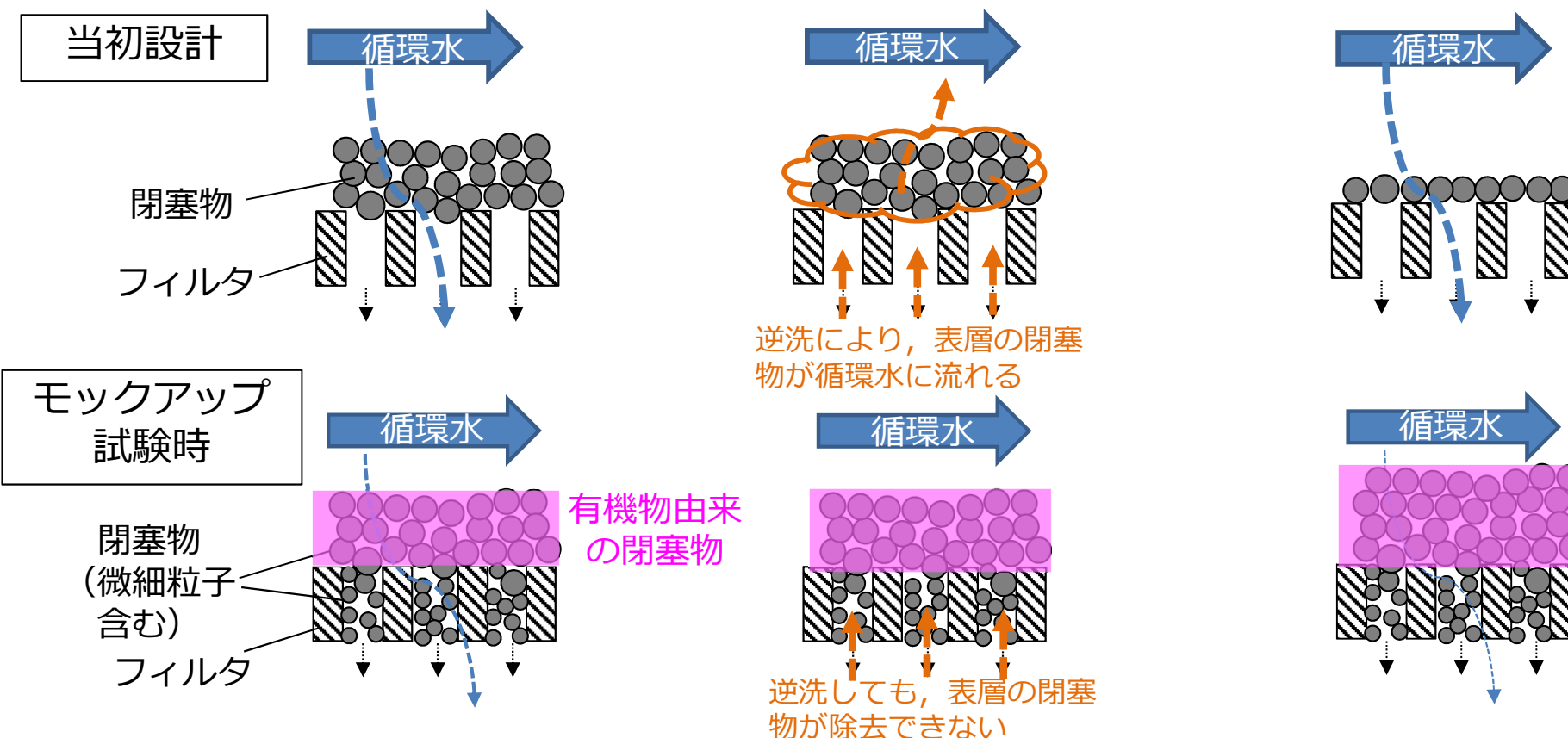
| 元素 | Atom% | | |
|-----|--------------------|-------------------|-------|
| | CFF0.01断面 × 10000倍 | | |
| | ①新品 フィルタ表面 | ②通水試験後の フィルタ表面 | ③堆積物 |
| C | 9.6 | 14.1 | 37.8 |
| Ti | 6.0 | 17.9 | 8.1 |
| Nb | 0.4 | 1.7 | 2.4 |
| その他 | 84.0 | 66.3 | 51.7 |
| 合計 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |



SARRY入口水・吸着材模擬水における透過流量の推移

2.4 フィルタ閉塞事象の推定メカニズム

- これまでの要因調査結果を踏まえて、フィルタ閉塞のメカニズムは以下の通り推定。
- 当初設計として、滞留水の分析結果を踏まえて、フィルタ表層に閉塞物は生じるものの、逆洗にて透過流量が回復可能なCFFを用いて、廃棄物低減も可能な設計を進めた。
- 実液中には、SS濃度にて確認されない微細粒子（有機成分や吸着材の微細粒子等）が含まれており、それがフィルタの孔径部や表層部に付着し、逆洗しても粘性が高い有機成分等の影響で有効な効果が得られず、フィルタ表層や孔部の閉塞が進行していく。



2.5 フィルタ閉塞対策検討状況

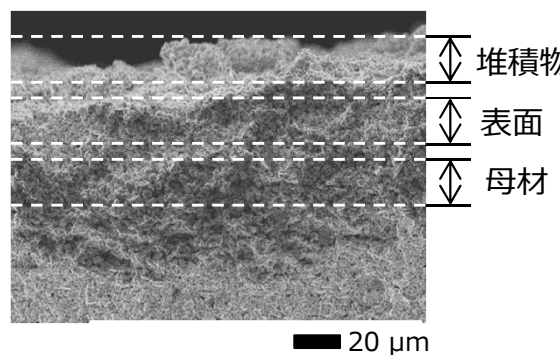
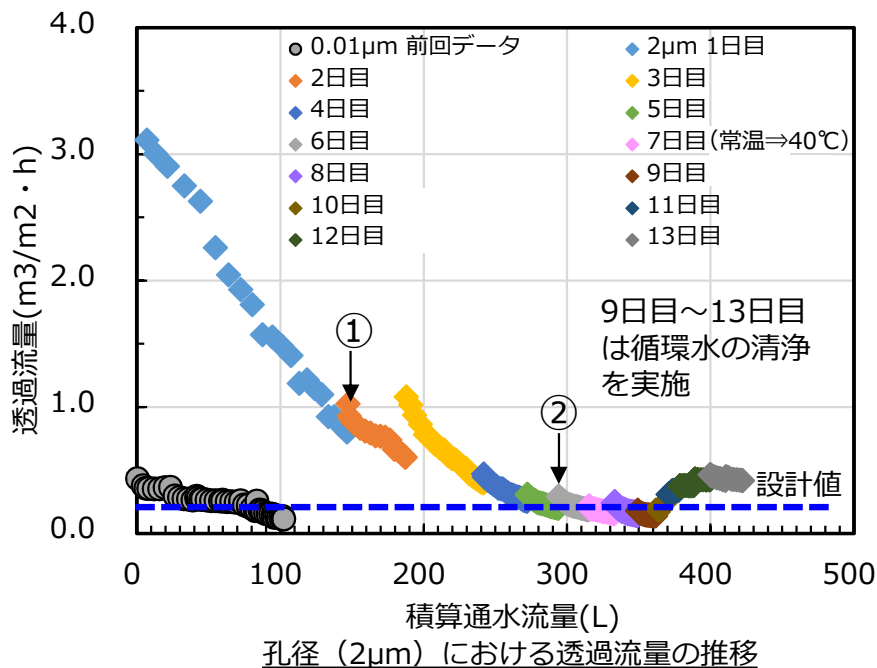
- フィルタ閉塞事象を踏まえて、各種対策の検討状況は以下の通り。
- 各要因に対して、フィルタ通水試験前に事前試験（ろ過試験）にて、pH見直し・活性炭・次亜塩素酸・凝集剤添加等の対策の効果を確認する。
- 事前試験（ろ過試験）による確認結果を元に、フィルタ通水試験装置にて通水試験にて閉塞緩和の効果が見られた組み合わせを実施する。また、全α濃度の低減を確認する。
- 効果を踏まえて、既存システムの影響及び追加機器による設置可否等を考慮して、設備への反映可否を検討する。

| 対策項目 | 目的 | 効果 | | | | 備考（懸念） | 設備反映可否 |
|----------|-----------------------------------|-------------------|------|-----------------|------|--|-------------------|
| | | 事前確認（ろ過試験） | | フィルタ通水試験 | | | |
| | | 有機物対策 | 微粉対策 | 有機物対策 | 微粉対策 | | |
| フィルタ孔径拡大 | 微細粒子の閉塞緩和 | － | － | △（0.01μ⇒2μ） | | α核種の拡大抑制は可能だが閉塞はある（約3倍延伸） | 他対策との組み合わせを考慮して選定 |
| 循環水の清浄 | 微細粒子や有機物の低減 | － | － | △ ろ過水量の回復を確認 | | 循環水の微細粒子や有機物の低減により若干の効果があるが、建屋内への排水が多くなる | ろ過水ライン追加要 |
| pH見直し | 次亜塩素酸の効果を高める（酸性）。表面電位を変える（アルカリ性）。 | △（酸性） △（アルカリ性） | | 今後確認 | | 機器への影響確認要 | 効果を踏まえて反映可否検討 |
| 活性炭 | 有機物の補足 | ○ | － | 今後確認 | － | 2m ² 以上の活性炭必要 | 既存他設備への設置を検討 |
| 次亜塩素酸添加 | 有機物の付着効果緩和 | △ | － | 今後確認 | － | 機器への影響確認要 | 効果を踏まえて反映可否検討 |
| 凝集剤の添加 | 吸着材微粉の凝集によるフィルタ捕捉 | ○* | ○* | 今後確認 | | 廃棄物発生量の増加 | 廃棄物発生量を踏まえて設計可否検討 |

○* 事前試験で効果あり、また、後段のROで実施している凝集前処理でも効果を確認

【参考】フィルタ閉塞対策検討（フィルタ孔径の変更等による効果）

- 微細粒子の閉塞を緩和させるため、以下の追加検討を実施。
- フィルタ孔径を大きく（0.01μmから2μmへ見直し）することにより、通水量は改善されたが、閉塞は解消されなかった。なお、当該試験において、全α濃度の低減が確認されたことから、フィルタ孔径を2μmまでの拡大を検討していく。
- また、7日目以降は循環水の昇温や清浄（循環ラインの水洗浄・水排出の繰り返し）を実施し、清浄にて一部改善が見られた。
- 当該試験にて使用した2μmのフィルター詰まり状況を確認するため、SEM-EDX分析を実施した結果、0.01μmと同様にC等の有機物を多く含む堆積物が確認された。また、堆積物やフィルタ表面の一部*に吸着材成分のTiも確認された。
- これより、滞留水中に含まれる有機成分の性質改善や吸着材微粉末の凝集等を追加検討し、閉塞影響の緩和を図り、設備設計に反映していく。なお、追加検討に6ヶ月程度かかる見込みであり、使用開始時期の見直しが必要となる。



| 元素 | Atom% | | |
|-----|------------------|----------|-------|
| | CFF2μm断面 × 3000倍 | | |
| | ①堆積物 | ②フィルタ表面* | ③母材 |
| C | 36.5 | 16.0 | 9.4 |
| Ti | 0.2 | 0.0 | 0.0 |
| その他 | 63.3 | 84.0 | 90.6 |
| 合計 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

* 当該断面以外の部位にてTiを確認

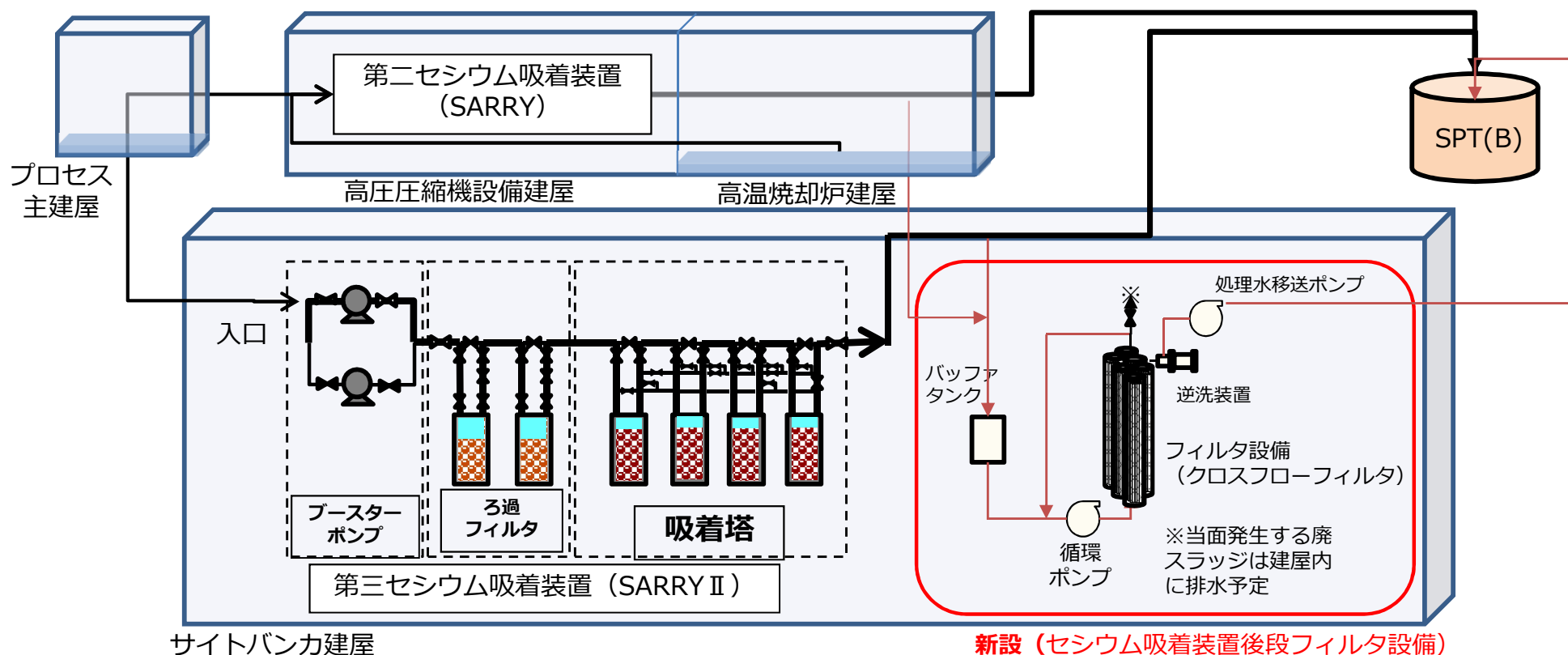
2μmフィルタ（前処理なし）SEM-EDX分析結果

通水試験中の全α濃度の推移

| 分析水 | 全α核種濃度[Bq/L] |
|----------|-----------------------------|
| ①入口水⇒ろ過水 | 0.39 ⇒ 0.21 0.18減 |
| ②入口水⇒ろ過水 | 2.00 ⇒ 0.19 1.81減 |

3. 詳細設計検討状況

- フィルタ閉塞事象の対策を検討しつつ詳細設計として耐震設計を進めており、高圧圧縮機設備建屋とサイトバンカ建屋ではサイトバンカ建屋の方が耐震性が高いため、新設設備はサイトバンカ建屋にSARRYとSARRY IIの共用設備として設置することで進めていく。(下図参照)
- また、当該設備は、耐震B+クラス機器と想定しており、サイトバンカ建屋はそれに応じた耐震評価を行い、必要に応じて耐震性向上対策を検討する。
- なお、SARRYについては、供用開始より時間が経過しており、今後経年劣化の配慮が必要であることから、将来的な水処理を踏まえて、新たな設備の設置検討を進めていく。



新設フィルタ設備の適用例

4. 今後のスケジュール

- モックアップ試験におけるフィルタ閉塞事象の追加検討や設置工事期間等を考慮して、使用開始時期を2024年度から2025年度に見直す。
- なお、α核種の拡大抑制対策を図りながら、今後の廃炉作業の進捗状況に応じた水質変動などに応じて、滞留水処理全体プロセスを踏まえた適切な系統・設備構成に順次見直しを行うことを検討する。

