

増設ALPS配管洗浄作業における身体汚染等の 2023年10月以降に発生したトラブル事案に対する取組み状況

2025年1月30日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

- ◆ 2023年10月以降に増設ALPS建屋における身体汚染の事案等の4事案について、各々の原因と対策、4事案を踏まえた共通要因分析を実施済。
 - ✓ 増設ALPS配管洗浄作業における身体汚染（2023.10月発生）
 - ✓ 高温焼却炉建屋からの放射性物質を含む水の漏えい（2024.2月発生）
 - ✓ 増設雑固体焼却設備 廃棄物貯留ピット水蒸気等の発生による火災警報発生（2024.2月発生）
 - ✓ 所内電源A系停止と負傷者発生（2024.4月発生）
- ◆ また、発電所における全ての作業に対して、作業リスクを評価するための作業点検を実施しているところ。
- ◆ 4事案を踏まえた共通要因分析結果、作業点検の結果に加えて、試験的取り出し中断の要因分析結果から抽出された改善策についても、取組みを継続。（P2参照）
- ◆ これらの取組みを継続しながら、更に、廃炉の安全・品質を高めるため、『**運転員／作業者ファーストの体制・教育の強化**』および『**設備・環境の改善**』に段階的に取り組み、安全最優先の下、トラブル事案の発生を防止していく。
 - 1．体制・教育にかかる段階的な取組み …P3,6～9参照
 - 2．運用・設備にかかる段階的な取組み …P4,10～14参照

作業点検、4事案の共通要因、試験的取り出し中断の要因より抽出された弱さと改善策 **TEPCO**

- 作業点検、4事案を踏まえた共通要因分析において、リスクアセスメントの弱さが共通的な弱みとして抽出されており、試験的取り出し中断では、当社自身による確認不足が主な要因として抽出されている。

作業点検の結果を踏まえた要因

- (1) リスクアセスメントにおけるリスク要因に基づいたシナリオ想定 の弱さ
- (2) 残余のリスクの認識と重層防護(設備面や運用面の改善)の弱さ
- (3) 現場の声・ノウハウの重要性、反映の必要性
- (4) 防護措置の現地適用時の確認の弱さ

4事案を踏まえた共通要因

- ① 人・環境に及ぼすリスクに対して設備が脆弱（設備設計/設備運用段階）
- ② 作業に対する、リスク要因の特定、リスクシナリオ設定およびリスク評価、安全事前評価、安全対策・防護措置の検討が不足（作業準備段階）
- ③ 当社・協力企業（元請）の現場実態把握、危機意識が不足（作業実行段階）

試験的取り出し中断の要因

【主な要因】：確認作業の不足

【その他関連する要因】：

「現場視点」の不足

「模擬環境での作業訓練」の不足

改善策（運用・設備面）

- I. リスクアセスメントの強化（安全事前評価など）
…左記要因(1)、①、③関連
- II. 脆弱性調査に基づく設備・手順書の改善
…左記要因(4)関連

改善策（教育面）

- III. リスクアセスメント教育によるリスク要因に基づく分析手法の浸透… 左記要因(2)、②関連
- IV. 当社による危険意識を高める安全教育の強化
… 左記要因(2)、②関連
- V. CR※の更なる活用… 左記要因(3)関連
- VI. 「変化があった場合は必ず立ち止まること」のワンボイスによる浸透…左記要因(4)関連

改善策（試験的取り出し中断の要因を踏まえた対策）

- 高線量エリアなど作業環境が非常に厳しい場所では、運搬・開梱等の一般的な準備作業についても、当社自身による確認等を実施していく。
【その他関連する原因への対応】：
- 「現場視点」に立った準備作業も含めた工程全般の確認・検証
- 「模擬環境での作業訓練」の確認・検証、不足箇所の抽出および追加対策の実施

※CR：Condition Reportの略。現場におけるリスク兆候への気づき、良好事例、ヒヤリハット、要望推奨など、現場のカイゼンに繋がる事項を起票するレポートのこと

1. 体制・教育にかかる段階的な取組み

目指す姿：運転員／作業員ファーストの体制・教育の強化により、安全に廃炉作業を実施する

④設備の運転・保守作業をワンチーム化

- ・当社と協力企業※2が協働して現場作業を実施 …P9参照
- ・活動を通じて、業務の理解を深め、福島第一の現場力を向上
- ・2024年度から検討を開始、2025年度に代表件名でトライアル
- ・トライアルの結果を踏まえ、協働する範囲を徐々に拡大

- ・協働作業の更なる品質向上

③設備操作の資格・認定制度により操作の確実性を向上

- ・特に重要な設備※1については、福島第一廃炉に特化した取組みとして、設備操作の資格・認定制度による操作の確実化について検討を進めていく(2026年度目途に開始) …P8参照

- ・資格・認定対象作業の更なる品質向上

②作業従事者教育の強化

…P7参照

- ・2023年度から当社主導で高濃度液体放射性物質を扱う設備の操作を行う協力企業に対して、研修継続中
- ・2024年度から当社主導でリスクアセスメント教育、危険意識を高める教育を継続実施中

- ・作業全体の更なる品質向上



①当社運転管理部門が作業前の系統構成を一元的に実施

- ・2023年度から高濃度液体放射性物質を取り扱う作業前の系統構成について、当社運転管理部門が一元的に実施中 …P6参照

- ・高濃度液体放射性物質を扱う作業の更なる品質向上

目指す姿

現在地

目指す状態

運転・保守作業の
負荷が更に低減さ
れている状態

運転・保守作業の
負荷が低減されて
いる状態

重大な身体汚染や
環境への影響を
発生させない状態

※1：高い濃度の液体放射性物質を取り扱う設備（デブリ取り出し設備についても検討を進める）

※2：「協力企業」の呼称については、見直しを含めて検討していく

2. 運用・設備にかかる段階的な取組み

目指す姿：運転員／作業者ファーストの設備と環境の改善により、安全に廃炉作業を実施する

④設備の新設

…P14参照

・新たな設備を設置する際には、運転員／作業者ファーストの観点で設計していく。

例：今後新設されるALPS4：～2029年度予定

- ・設備の信頼性・作業性向上

③既設設備の更なる改善（DXの活用等）

…P12,13参照

・既設設備に対し、CRの更なる活用により現場安全の気づき等を吸い上げ、DXを積極的に活用しつつ、作業性向上を図っていく。

例：水処理設備（既設）：～2026年度予定（以降、継続）

- ・設備の信頼性・作業性向上

②脆弱性調査に基づく設備・手順書の改善

…P11参照

【②-1：ソフト対策（手順書改善）の実施】

・エラーにつながる箇所へのソフト対策は2024年12月末までに全て完了。

【②-2：ハード対策（設備改善）の実施】

・高濃度液体放射性廃棄物を取り扱う設備を優先して2025年末までに約95%実施予定。残り5%のハード対策は点検計画に合わせて2027年末までに実施予定

- ・系外漏えい防止・身体汚染防止

①4事案を踏まえた直接的な設備対策

…P10参照

・SARRY、SARRYⅡの建屋外に直接開放しているベント口に対し、設備対策を実施済。

・増設ALPSの循環洗浄ラインを2025年度までに設置予定。

- ・系外漏えい防止・身体汚染防止

目指す姿

【DX活用検討例※1】

・P&ID※2のデジタル化

・遠隔での目視確認エリア拡大

ハード対策

DX活用

DX活用

現在地
DX活用
検討

目指す状態

運転・保守作業の
負荷が更に低減さ
れている状態

運転・保守作業の
負荷が低減されて
いる状態

重大な身体汚染や
環境への影響を発
生させない状態

※1：DX活用については、検討例以外に3Dモデルを用いた現場の事前確認や安全検討への活用拡大を検討中

※2：Piping and instrumentation diagram（配管計装線図）

- ◆ 当社として、2023年10月以降、トラブル事案が連続して発生したことを重く受け止め、各々の原因と対策、共通要因分析を踏まえた対策の実施に加えて、発電所における全ての作業に対して、現場改善の取組みとして作業点検を継続実施している。
- ◆ 更に、今後長期にわたって廃炉作業を安全に進めていくため、運転員／作業者ファーストの体制・教育の強化および設備・環境の改善に段階的に取り組んでいく。

①当社運転管理部門が作業前の系統構成を一元的に実施

- 2023年度から、高い濃度の液体放射性物質を取り扱う作業（汚染水処理設備、ALPS等）においては、当社運転管理部門が作業前の系統構成※を一元的に実施中。
- ・当社保全部門は、設備図書を確認するだけでなく、現場状況をタイムリーに把握のうえ手順書を作成し、当社運転管理部門へ作業前の系統構成※を依頼。
- ・当社運転管理部門は、作業前の系統構成※を一元的に実施し、当社保全部門へ引き継ぎ。
- ・当社保全部門は、当社運転管理部門が行った系統構成※を、作業前に確認。

※作業にあたり作業対象範囲を系統から切り離すために境界弁を閉める等の安全処置のこと

②作業従事者教育の強化

■ 協力企業への設備操作／ヒューマンエラーパフォーマンスツールの教育

- ・当社が、高い濃度の液体放射性物質を取り扱う設備の操作を行う協力企業に対して、設備操作の目的や心得（設備操作・状態確認の重要性等）に関する研修を継続実施中。



■ リスクアセスメント教育によるリスク要因に基づく分析手法の浸透

- ・当社および協力企業へ、リスク要因に基づくリスクアセスメント手法を浸透させるための教育を実施。
- ・当社の設計担当者へ、設計管理におけるハザード・リスク分析手法を浸透させるための教育を実施。

■ 危険意識を高める安全教育の強化

- ・協力企業（元請）工事担当者、作業班長へ、「危険意識を高める」安全教育を実施。



工事監理員研修の状況



工事担当者研修の状況

- 放射線の影響から人と環境を守る観点で特に重要な設備については、福島第一廃炉の取組みとして、設備操作の資格・認定制度による操作を確実にするため、検討を進めていく。
- 特に重要な設備とは、ALPS等の高い濃度の液体放射性物質を取り扱う設備で、デブリ取り出し設備についても対象として検討を進める。

1. 体制・教育にかかる段階的な取組み

④設備の運転・保守作業をワンチーム化

- 水処理設備における被ばく・安全上のリスクの高い設備の運転・保守作業のうち、現状当社の関与が少ない保守作業※を対象に、当社と協力企業が協働して現場作業を実施する体制の検討を、2024年度から開始。
※ALPSの運転作業（監視・遠隔操作・系統構成時の弁操作等）は、既に当社社員による直営作業で実施中
- まずは、2025年度からALPSの下記保守作業をトライアルとして実施予定。当社と協力企業が協働して現場作業を実施する活動を通じて業務の理解を深め、福島第一の現場力を向上させる。
 - 吸着材逆洗作業
 - 吸着材交換作業
 - クロスフローフィルター洗浄作業
- 水処理設備においては、今後新設されるALPS4を見据えつつ、トライアルの結果も踏まえながら協働する範囲を徐々に拡大。
- また、水処理設備以外においても、被ばく・安全上のリスクが高い業務を対象に、協働する範囲を拡大していくことを検討。
- 上記の取組みは、地元企業の方々と連携しながら進め、福島第一の現場力を向上していく。



吸着材逆洗作業



吸着材交換作業



クロスフローフィルター洗浄作業

2. 運用・設備にかかる段階的な取組み

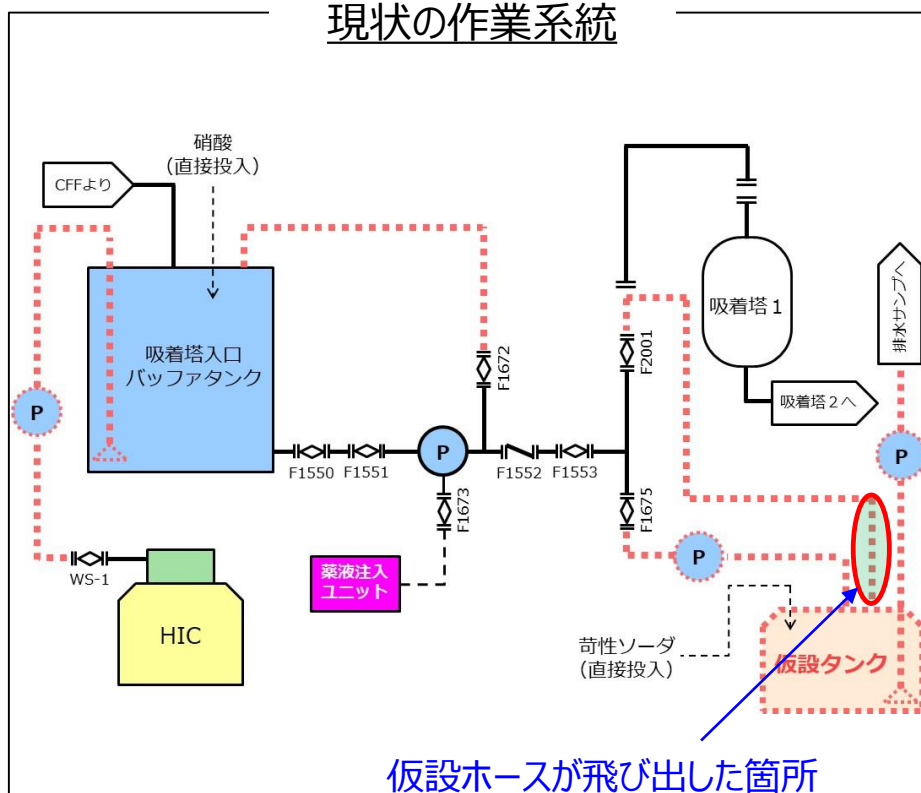
① 4事案を踏まえた直接的な設備対策

増設ALPS(B系)配管洗浄作業における身体汚染事案の対策について
(2024年2月19日) 一部更新

TEPCO

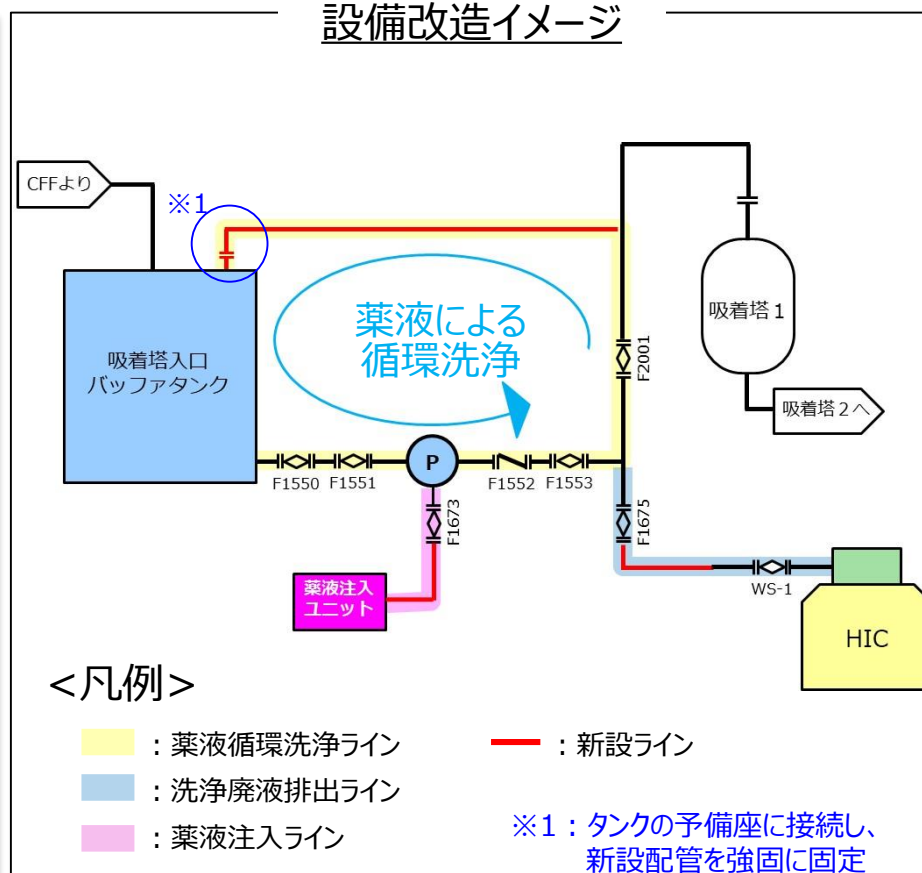
- 増設ALPSの洗浄作業における身体汚染防止対策として洗浄ラインを本設化し、閉ループによる循環洗浄作業を可能とすることにより、作業安全性の向上、点検効率化を図る。

現状の作業系統



注：赤破線部が仮設部を示す

設備改造イメージ



②脆弱性調査に基づく設備・手順書の改善（実施状況）

- 高い濃度の液体放射性物質を取り扱う設備を最優先に、単一のヒューマンエラーによる「環境への影響」や「身体汚染・内部被ばく」などを発生させる可能性がある設備に対し、手順書や現場実態の確認を実施。
- 2024年8月までに抽出を完了し、約1,000を超えるエラーにつながる箇所を確認。ソフト対策とハード対策の両面から対策を実施しているところ。

<ソフト対策>

抽出された全箇所を対象に、追加実施事項を手順書に記載する等の対策を2024年12月末までに完了。

<ハード対策>

作業頻度が高く、かつ対策が有効な約200箇所を対象に、2024年12月末までに、対策の計画立案を完了。

- ・高濃度の液体放射性廃棄物を取り扱う設備を中心に約80箇所の対策を2024年12月末までに完了（ベントプラグ等）。
- ・全体の約95%について、2025年末までに完了予定※。

※一部、点検時にエラーが発生する可能性がある設備として抽出された箇所等については、計画的な点検に合わせて対策を実施し、2027年末までに全て完了させる。

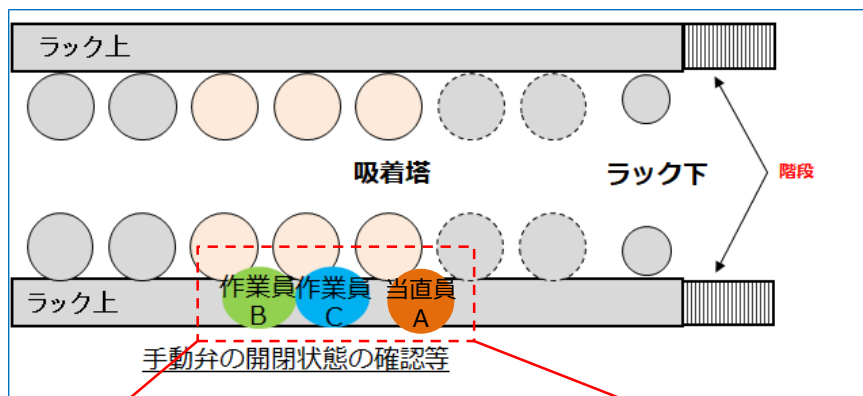
- ・なお、今後実施していくハード対策については、CRを活用しスケジュール管理を行う。

2. 運用・設備にかかる段階的な取組み ③既設設備の更なる改善（DXの活用等）

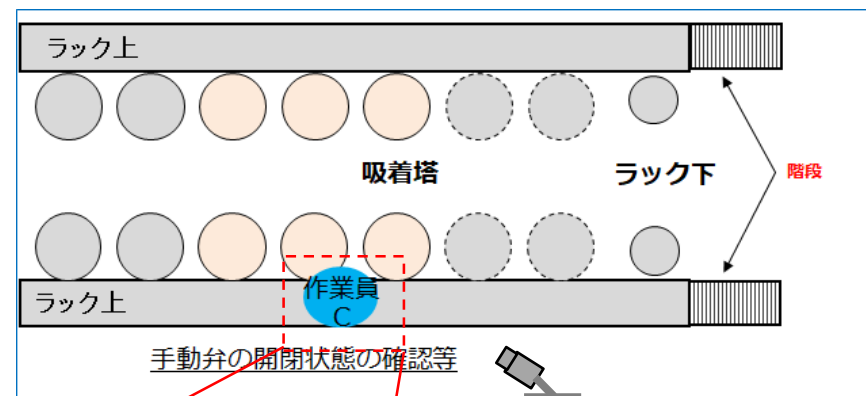
- DXを活用することで、ヒューマンエラーの防止・被ばく線量の低減を図る。

例：DX活用のイメージ（適用を検討中：～2026年度予定）

<現在の作業>



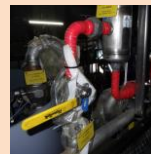
<DXを活用した作業（イメージ）>



②、③ <高線量エリア>

V100弁「閉確認」ヨシ！
次の手順はV101弁です。
確認をお願いします。

① V100弁「閉確認」ヨシ！



弁「閉」の状態

① <高線量エリア>

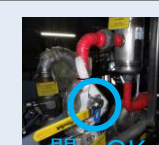
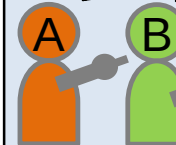
V100弁「閉確認」ヨシ！



弁「閉」の状態

当直員 A 作業員 B
<低線量エリア>

②、③ V100弁「閉確認」ヨシ！
次の手順はV101弁です。
確認をお願いします。



AIが画像で弁状態を判定し、
手順との相違を画面に表示

- 当直員Aおよび作業員B・Cの被ばく
- 弁開閉状態の誤認・思い込みリスク

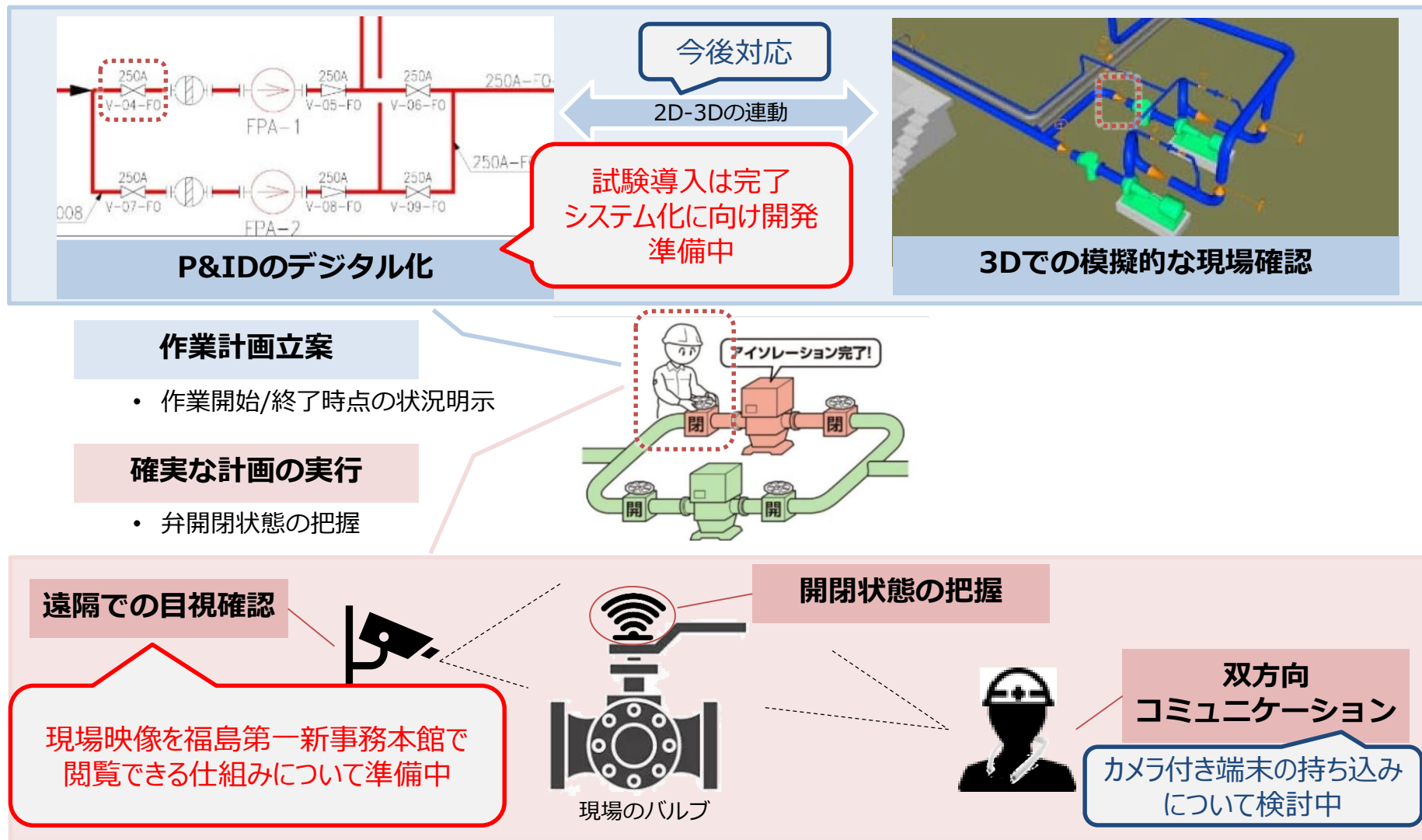
- 当直員A、作業員Bの被ばくを大幅に低減
- AIが弁開閉状態を判断（誤操作防止、思い込みの排除）

総被ばく線量： 約4.8mSv・人

1/3以下

目標総被ばく線量： 約1.5mSv・人

- 作業計画立案等へのデジタル技術の適用により、輻輳する作業状況下においても、見落としや思い込み等に起因するヒューマンエラーの防止などを図る。



2. 運用・設備にかかる段階的な取組み ④設備の新設

例：ALPS4の設計コンセプト

TEPCO

■ 設備信頼性の向上(運転員/作業員ファーストの設計)

- ・処理性能は既存ALPSと同等とし、既存ALPSで発生した不具合事例の対策を反映。
- ・増設ALPSの身体汚染事象を踏まえた設備設計。
 - 高線量のスラリー等を取り扱う仮設設備を本設化。
- ・放射性ダスト閉じ込め機能の強化。
 - 「ダスト取扱エリア<ダスト管理エリア<通常エリア<外気」となるように負圧管理を行い、ダスト吸引リスクおよび身体汚染リスクを軽減。
- ・DX技術の活用
 - 監視カメラの画像データ等を活用した現場のリアルタイム状況把握の検討。
 - 3Dデータとメンテナンス情報を連動させた計画的な点検長期計画の運用の検討。

■ 廃棄物発生量の低減

- ・前処理設備への改良型凝集沈殿システム採用等によるHIC発生量の低減。
 - HIC取替作業の頻度が少なくなり、作業員の負荷が低減。

■ 管理エリアの最適化

- ・通常運転時は建屋内の約80%を一般作業服で移動可能な区域に設定し、空調設備の設置によるWBGTに配慮した作業性の高い建屋環境の設計。

目次

作業点検の評価結果※1…P16

共通要因分析結果※2…P17

＜体制・教育にかかる段階的な取り組み＞

1. ②作業従事者教育の強化…P18～19

＜運用・設備にかかる段階的な取り組み＞

2. ①4事案を踏まえた直接的な設備対策※2…P20

2. ②脆弱性調査に基づく設備・手順書の改善※2…P21～23

2. ③既設設備の更なる改善（DXの活用等）…P24～29

＜増設ALPSにおける身体汚染等の事案を踏まえた対応の検討状況＞

対策検討状況…P30～31

＜実施事項B/C＞ 対策検討結果例1～14※3,4…P32～45

過去の公表資料からの引用

※1：作業点検及び共有要因分析を踏まえた今後の取組みについて（2024年7月16日）

※2：高温焼却炉建屋からの放射性物質を含む水の漏えいに係る対策の進捗状況（2024年4月25日）

※3：高温焼却炉建屋からの放射性物質を含む水の漏えいに係る対策の進捗状況（2024年6月27日）

※4：高温焼却炉建屋からの放射性物質を含む水の漏えい等の事案を踏まえた対応の検討状況（2024年9月26日）

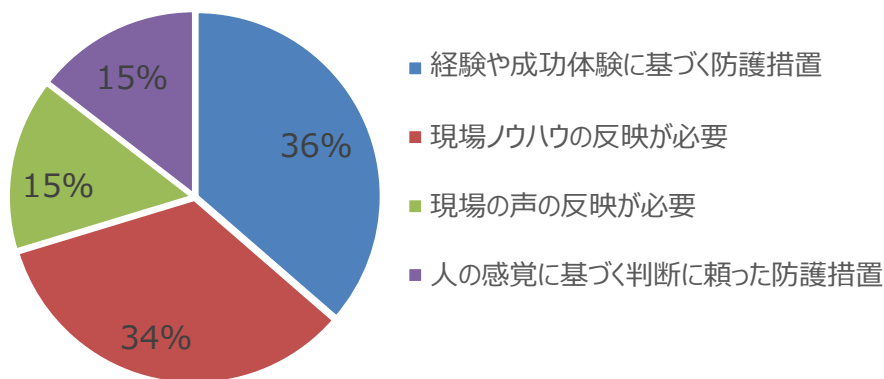
作業点検の評価結果

作業点検結果のうち防護措置の改善を実施した作業に対して、点検結果の確認・ヒアリング等により、改善が必要となった要因、改善内容が抽出された理由という観点で評価※した。

※各主管部長への防護措置の改善事案に対してのヒアリング・アンケートを基に抽出

改善が必要となった要因

※回答は複数選択可



共通的な弱み

- (1) リスクアセスメントにおけるリスク要因に基づいたシナリオ想定の弱さ
- (2) 残余のリスクの認識と重層防護（設備面・運用面での改善）の弱さ
- (3) 現場の声、ノウハウの重要性、反映の必要性
- (4) 防護措置の現地適用時の確認の弱さ

■ 経験や成功体験に基づく防護措置

- これで大丈夫だろう、大丈夫なはずだ、で止まっており、そこから一歩進めてうまく行かないリスクまで抽出できていなかった。リスク要因にしっかりと向き合うことが十分でなかった。

→（１）リスクアセスメントにおけるリスク要因に基づいたシナリオ想定
の弱さ

- 残余のリスクまで考えた防護措置になっていなかった。

→（２）残余のリスクの認識と重層防護（設備面・運用面での改善）
の弱さ

■ 現場ノウハウの反映が必要

- 現場の暗黙知や小さな気づきは現場を確認することで出てくるものであり、それらが手順書や防護対策に結びついていなかった。

→（３）現場の声、ノウハウの重要性、反映の必要性
（４）防護措置の現地適用時の確認の弱さ

■ 現場の声の反映が必要

- 現場の作業員への問いかけにより、より安全な現場にするための声があがった。

→（３）現場の声、ノウハウの重要性、反映の必要性

■ 人の感覚に基づく判断に頼った防護措置

- 注意喚起等、人に依存した対策となっており、設備面・運用面での対策まで至ってなかった。

→（２）残余のリスクの認識と重層防護（設備面・運用面での改善）
の弱さ

共通要因分析結果

福島第一の特殊性である、損壊設備、廃炉のための新規設備、特殊作業環境（高線量・敷地全体が管理区域）に対して、下記の共通要因を特定

共通要因①：【設備設計段階/設備運用段階】 人・環境に及ぼすリスクに対して設備が脆弱

共通要因②：【作業準備段階】 作業に対する、危険因子の特定、リスクシナリオ設定およびリスク評価、安全事前評価、安全対策・防護措置の検討が不足

共通要因③：【作業実行段階】 当社・協力企業（元請）の現場実態把握、危機意識が不足

事 案	背後要因
増設ALPS配管洗浄作業での 身体汚染	- 設計段階/運用段階（不具合・状態変化）のリスク検討不足 - 薬品及び高濃度放射性物質取扱作業のリスク及び設備対策の事前検討不足 - 薬品及び高濃度放射性物質取扱作業に対する作業安全意識が低い - 当社・協力企業（元請）の現場実態把握が不十分
HTI建屋からの放射性物質を 含む水の漏えい	- 設計段階/運用後の設計変更段階の系外放出リスクの検討不足 - PTW作成・審査段階での手順書の検討・評価不足 - 当社・元請企業による作業リスクの共有不足 - 作業計画・実施段階の現場実態把握・共有の不足 - 系統構成の管理不備 - 作業手順の遵守不備
増設雑固体焼却設備廃棄物貯留ピット 水蒸気等の発生	- 設計段階の火災リスクの検討不足 - リスクを踏まえた運転計画作成不備 - 運転実績に基づく受入・貯留量管理不備 - 引継共有不足によるリスク管理不備 - 異常兆候の共有・報告不足
配電線工事による所内電源A系停止 と負傷災害	- 設計段階のリスク検討不足 - 現場変化時のリスク抽出不足 - 急な体制変更時のリスク・注意事項の共有不足 - 固定概念・思い込みによる現場安全管理不遵守

②作業従事者教育の強化（教育内容）

協力作業への設備操作／ヒューマンエラーパフォーマンスツールの教育

■ 教育内容

- 当社運転員経験者が、高い濃度の液体放射性物質を取り扱う設備の操作を行う協力企業に対して、設備操作の目的や心得（設備操作・状態確認の重要性等）を教育。
- 当社が、机上教育の教材として設備操作の良い振る舞い／悪い振る舞いを分かりやすくした教育動画を制作・使用し、理解を促進。
- 教育の実効性及び現場での振る舞いを確認するため、当社運転員経験者が協力企業による設備操作の現場MO（マネジメントオブザベーション）を実施し、気づき事項を協力企業にフィードバック。

リスクアセスメント教育によるリスク要因に基づく分析手法の浸透

■教育内容

- 作業におけるリスクは、いちど評価して終わりではなく、各ステップで磨き上げていくことの重要性を訴求
- そのために各ステップで実施すべき事項について、具体的な事例を用いながらポイントを説明
- グループディスカッションにより、自身のふるまいの振り返り、新たな気づきを得る機会を創出

危険意識を高める安全教育の強化

■教育内容

- 発電所にかかわるすべての人が「安全を最優先する意識を持つこと」の重要性を訴求
- 基本ルール遵守の必要性(ルールの背景、不遵守による結果の重大性)、「何かあったら立ち止まる」「気づいたことは声に出して伝える」ことの重要性を強調して説明
- 具体的な事例を用いて「危険感受性の個人差」「正常性バイアス」等について学び、安全最優先のために求められる具体的な行動(ふるまい)を学習

1. 体制・教育にかかる段階的な取組み

②作業従事者教育の強化（スケジュール）

項目	取組み内容	2024年度			
		1Q	2Q	3Q	4Q
協力企業への設備操作／ヒューマンエラーパフォーマンスツールの教育	高い濃度の液体放射性物質を取り扱う設備の操作を行う協力企業に対する設備操作の目的や心得（設備操作・状態確認の重要性等）の浸透	2024年3月から実施中			
リスクアセスメント教育によるリスク要因に基づく分析手法の浸透	当社工事監理員、協力企業（元請）工事担当者に対するリスクアセスメント強化教育（現場管理） ※作業班長は2025年度開始に向けて準備中	2024年7月から実施中			
	当社の設計担当者に対する設計管理におけるハザード・リスク分析教育（設備設計）				
危険意識を高める安全教育の強化	協力企業（元請）工事担当者、作業班長に対する危険意識を高める安全教育 ※作業員（新規入所者）は2025年度開始に向けて準備中	2024年7月から実施中			

2. 運用・設備にかかる段階的な取組み

①4事案を踏まえた直接的な設備対策（増設ALPS）

- 循環洗浄の配管敷設ルートについて干渉物撤去の調査および設計検討を完了し、対策実施に向けて手続き中。
- 2025年度に実施する洗浄作業への反映を予定。

クレーンレールの貫通孔



干渉物の撤去調査



タンク予備座の確認

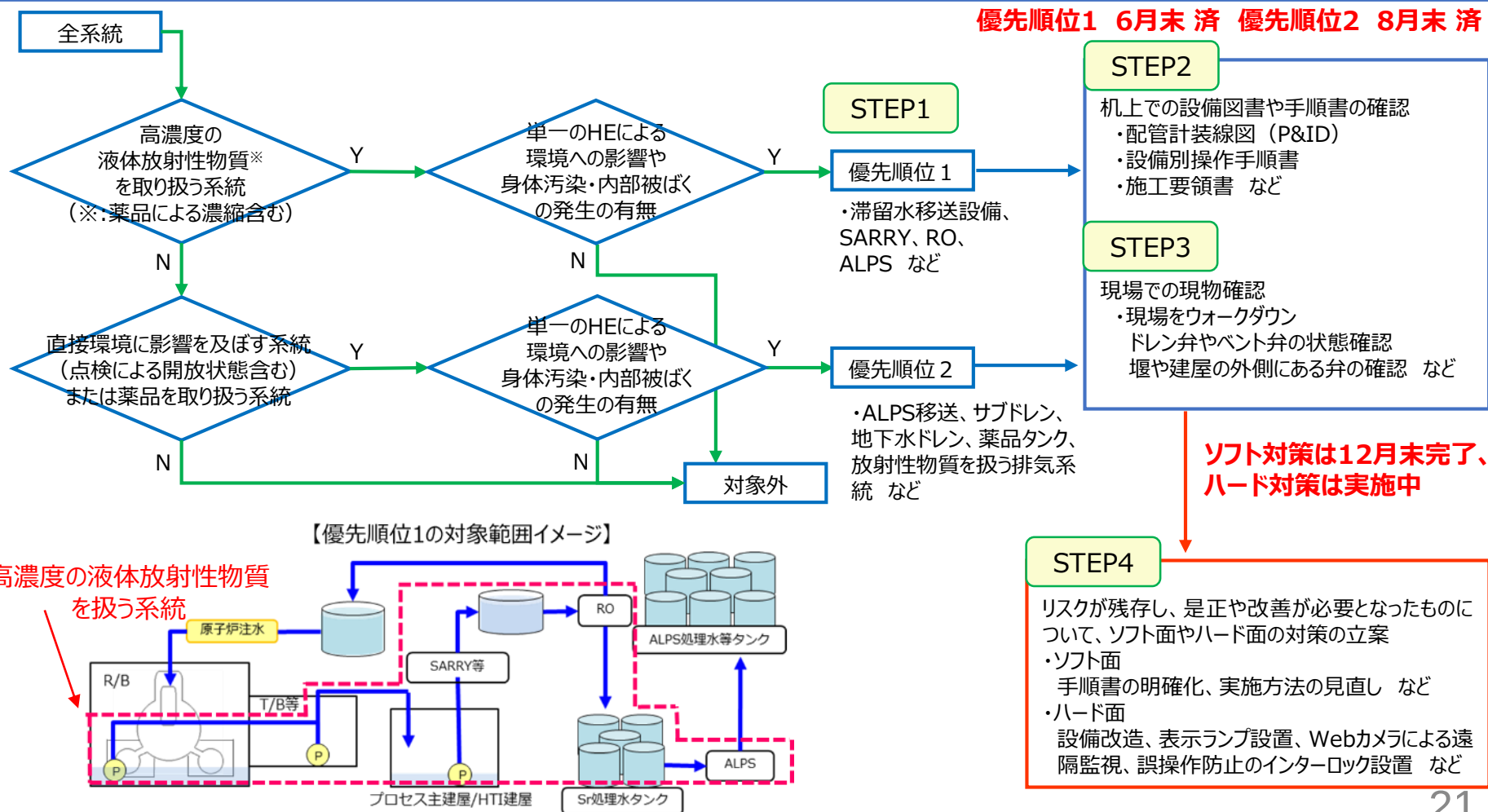


現場確認状況

2. 運用・設備にかかる段階的な取組み

②脆弱性調査に基づく設備・手順書の改善（優先順位と実施状況）

- ・現在、高濃度の液体放射性物質を取り扱う設備を最優先に（優先順位1）、単一のヒューマンエラーによる「環境への影響」や「身体汚染・内部被ばく」などを発生させる可能性のある設備に対し、手順書や現場実態の確認を実施。
- ・2024年6月末までに優先順位1を、8月までに優先順位2を全て抽出完了し、約1,000を超えるエラーにつながる箇所を確認。対策の計画は策定済みであり、現在、対策を実施中。



2. 運用・設備にかかる段階的な取組み

②脆弱性調査に基づく設備・手順書の改善（対策検討結果と実施状況）

- ソフト対策・ハード対策の両面から、対策計画立案済。

エラー	リスク	主な対策（ソフト面・ハード面）
①設備(弁・ポンプ等)の誤操作・誤接触	本設配管からの漏えい	・ドレン・ベント弁の下流が開放端となっており、 開放端に閉止等がない ため、弁が誤って開となる [ソフト]弁の閉確認および漏えい有無確認を手順書に記載 [ハード] 閉止栓 を取り付け
		・ベント弁からの エア抜き時、弁後段のフランジ開放部で受けているが 、汚染水が勢いよく吹き出す [ソフト]飛散防止養生および水受け養生を手順書に記載 [ハード] エア抜き用ノズルを下向きに設置し 、下方に受け容器を設置
		・汚染水移送の際、 誤操作によりポンプが起動する [ソフト]誤操作禁止の表示貼付を手順書に記載 [ハード]起動スイッチに 誤操作防止カバー を取り付け
②作業の監視ミス	タンクからのオーバーフロー	・汚染水を仮設備にて移送する際、移送先タンクの水位を目視にて確認しながら移送ポンプの起動・停止を行っているが、 水位を見誤った場合 にタンクから溢水 [ソフト]移送ポンプの運転時間管理を 手順書 に記載 [ハード]移送先タンクに 水位計を設置し 、規定水位で アラーム を発報
③仮設配管の接続ミス・取扱いミス	仮設ホースからの漏えい	・仮設ホースの 接続部の取り付けが悪かったり、固縛がしっかりできていない場合 、ホースが外れる [ソフト]接続部のビニール養生とホース開放部直上での固縛について手順書に記載 [ハード]使用頻度の高い仮設ホース部について 本設配管 に置き換え
		・仮設ホース内包水の水抜き時、ホース端部が開放した状態で ホースを不適切に扱った場合 、内包水が飛散する [ソフト] アノラック着用、受け容器二重化 、仮設堰設置、脚立にホース端部を上向き固縛等を 手順書 に記載
④その他	その他（タンク破損）	・ベント機能のない 容器の蓋を塞いだ状態でポンプ移送 を実施した場合、構造上、圧力変化による容器破損で内部液体や薬品が漏えいする（設計と運用のミスマッチ） [ソフト]ポンプ移送時に蓋を外して移送するよう 手順書 に記載 [ハード] 蓋部にベント管 を取り付け

2. 運用・設備にかかる段階的な取組み

①脆弱性調査に基づく設備・手順書の改善（対策検討結果、実施状況）

■ エラーにつながる箇所への抽出

- ✓ 単一のヒューマンエラーによる「環境への影響」や「身体汚染・内部被ばく」などを発生させる可能性がある設備に対し、手順書や現場実態の確認を実施。
- ✓ 2024年6月末までに優先順位1を、8月末までに優先順位2を全て抽出完了し、抽出されたエラーにつながる箇所は1,000箇所を超える。

■ 重層的な対策の立案

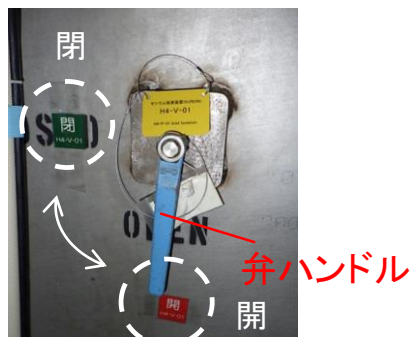
- ✓ 抽出したエラーにつながる箇所について、ソフトウェア、ハードウェア両面から対策を検討した。
- ✓ 抽出した全箇所について追加実施事項を手順書に記載する等のソフト対策を2024年12月末までに完了した。
- ✓ 作業頻度が高く、ハード対策が有効な約200箇所について、2024年12月末までに計画の立案を完了し、優先順位1で抽出された箇所を中心に約80箇所に対策を完了した。
- ✓ 残りのハード対策については準備が整い次第実施し、一部を除き2025年中に完了させる。
- ✓ 一部、通常の運転中は問題ないが点検時のエラーに繋がる箇所として抽出された箇所については、点検に合わせて対策を実施し、2027年までに全て完了させる。
- ✓ 今後計画的に実施していくハード対策については、CRを活用しスケジュール管理を行う。

	2024年	2025年	2026年	2027年
ソフト対策	100%実施完了			
ハード対策	約45%完了	約95%完了予定	約97%完了予定	100%完了予定

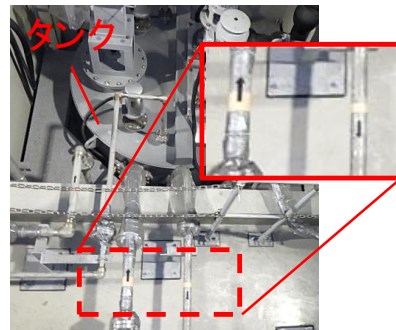
例：水処理設備の識別表示

- オペレータファースト、作業者ファーストの現場環境改善の1つの取組みとして、一部導入済みの現場の識別化（表示・色等）を、今後展開（～2026年度予定）

現場の識別表示の一例	効果
①弁の開閉状態を表示 ②水の流れ方向の表示 ③重要な弁への南京錠、チェーンロック施錠、色による識別	作業性向上 ヒューマンエラー防止
④配管内包水の表示 ⑤空間線量率の表示	被ばく低減



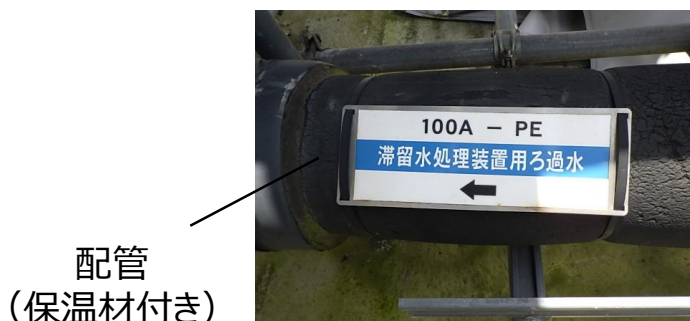
①弁の開閉状態を表示



②水の流れ方向の表示



③弁操作禁止のための南京錠



④配管内包水の表示



⑤現場の空間線量率の表示





弁のチェーンロック施錠



水の流れ方向の表示



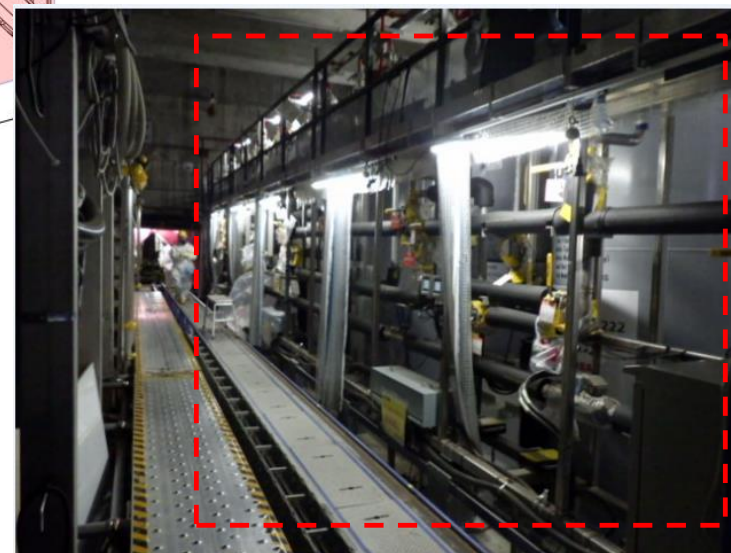
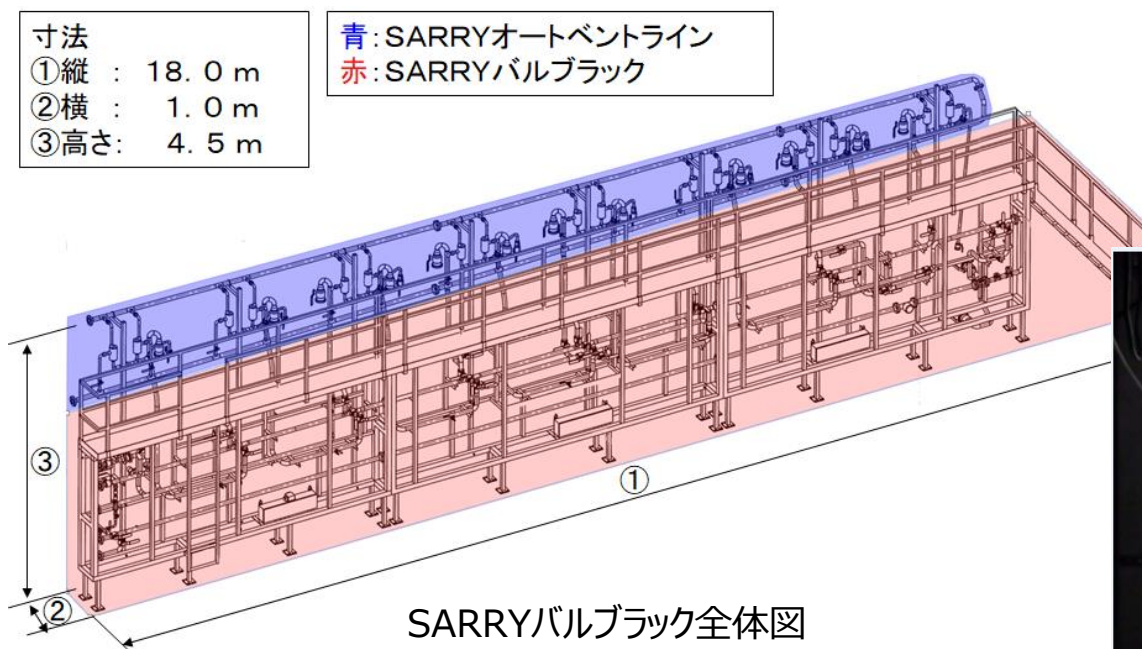
作業中における弁の開閉状態表示



重要設備に対する禁止事項（荷重厳禁）の表示

例：SARRYのバルブブラック一式交換

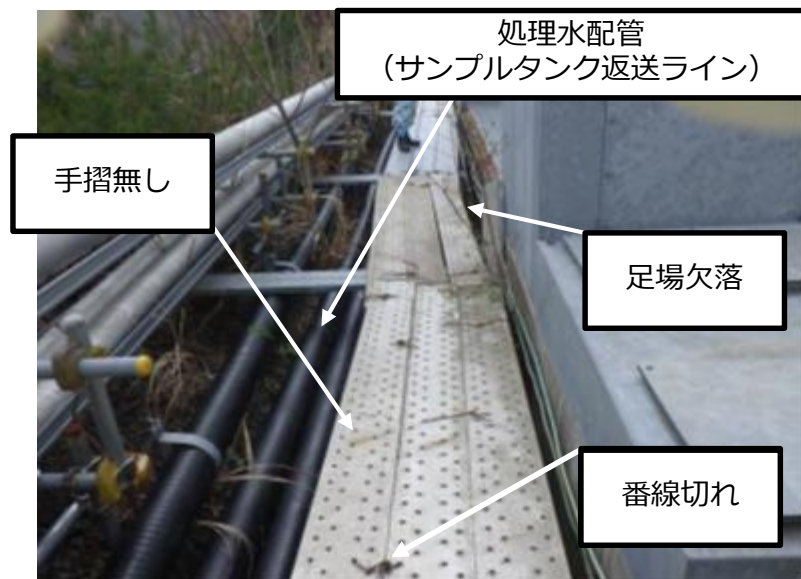
- 震災後初期から使用しているSARRYのバルブブラックについては、配管内面に堆積したスラッジにより、現場の雰囲気線量が高い状況（ $\sim 1.3\text{mSv/h}$ ）。
- また、SARRY等の年間運用に必要となるセシウム吸着塔の交換・逆洗作業における総線量は約95（人・mSv）、平均線量は約0.6（人・mSv）、個人最大線量は約6.5（mSv）。
- バルブブラックを一式交換し、作業における被ばく低減を図る（製作完了済、工事は2025年度完了予定）。



SARRYバルブブラック

例：既設・増設ALPS安全通路整備

- 当直員のパトロールコースである仮設歩廊の一部で、手すりがなく、老朽化が進んでいたことから本設歩廊を設置し、点検作業の安全性を向上（現場の声を反映）



（例）既設ALPS建屋 屋外（北側）の仮設歩廊

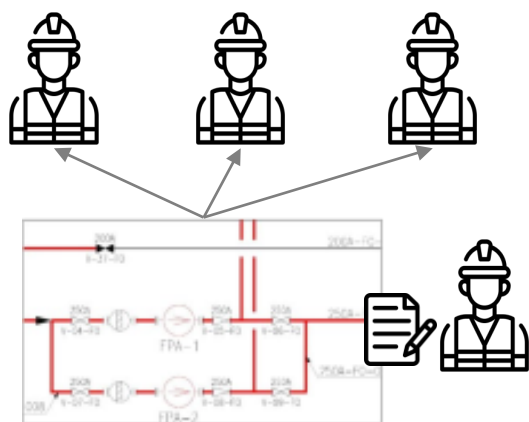
既設ALPS 屋外歩廊：整備済
既設ALPS 屋内歩廊：整備中
増設ALPS 屋内外歩廊：整備中



（例）既設ALPS建屋 屋外（北側）の歩廊（本設化）

- ◆ 目的：作業効率を落とさずアイソレーションミスを防止すること
- ◆ 課題：関係者間での、ある時点における弁開閉状態やアイソレ範囲の即時かつ容易な共有および映像等との組み合わせによる確実性の向上
- ◆ 対応方針：システム化およびシステムの機能および対象系統の段階的な拡充（高い濃度の放射性物質を取り扱う設備より展開開始（2027年度予定）、運転・保守作業の負荷低減に有効な箇所を勘案して展開範囲を拡大）

これまで



紙ベースでアイソレ図を作成し、関係箇所へ共有

デジタル化後

これから



アイソレ範囲や作業手順などをサーバで一括管理し、即時共有

- ◆ 目的：固定/可搬カメラで撮影した映像を新事務本館内で閲覧すること
- ◆ 課題：固定/可搬カメラ映像の新事務本館での閲覧とセキュリティの両立*
- ◆ 対応方針：セキュアな無線回線と、許可された者のみ閲覧を許可する仕組みを導入（屋外および高い濃度の放射性物質を取り扱う設備より展開開始（2026年度予定）、現場における無線環境の構築状況や必要性を踏まえ順次展開）

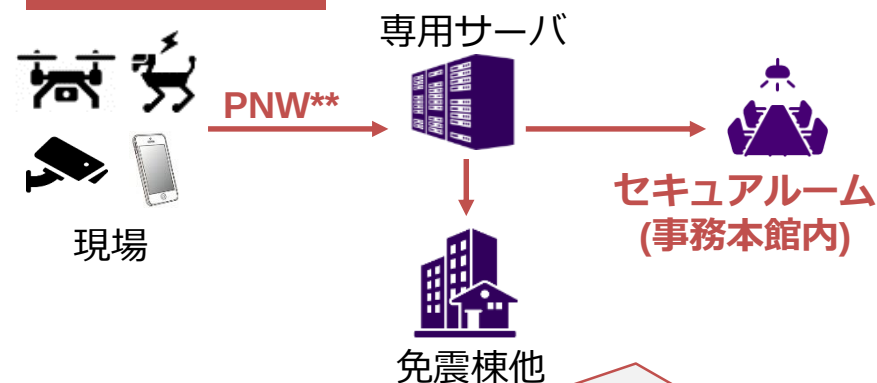
これまで



有線接続可能なエリアについては、有線網を利用して現場映像閲覧可能
（カメラや画角等は管理、屋外は不可）

これまでに加えて

これから



構内閉域無線網の利用により、屋外含む構内にてエリアに制限なく映像を取得（カメラや画角等は管理）
許可された者のみの閲覧を可とする仕組みにより、セキュリティ確保も両立

* 新事務本館には、構内への立ち入り許可を有さない者もあり、また内部脅威者等への対応も必要

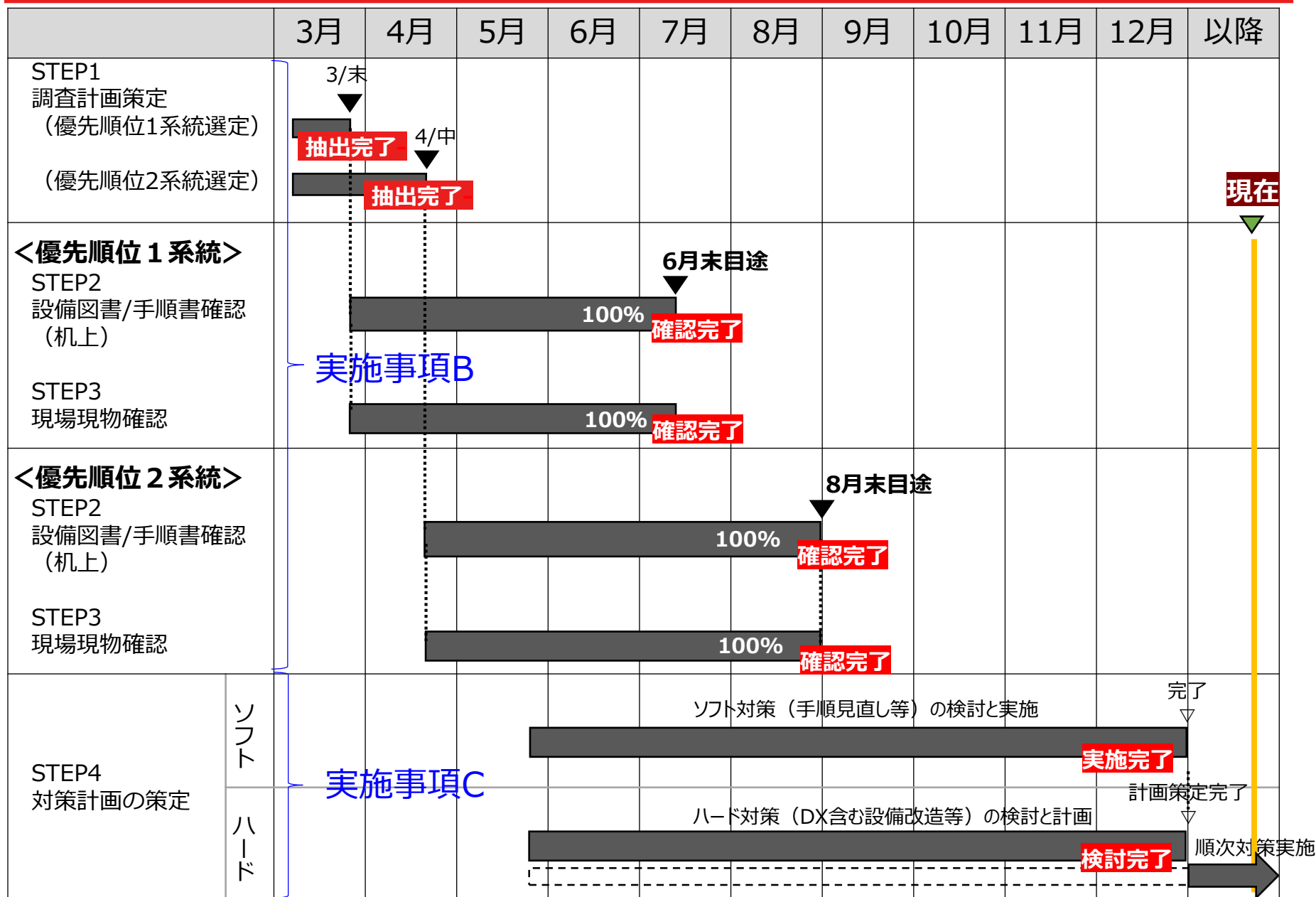
** プライベートネットワーク：1F構内かつ許可された端末のみが利用可能な閉域無線網

増設ALPSにおける身体汚染等の事案を踏まえた対応の検討状況 **TEPCO**

- 増設ALPSにおける身体汚染の事案、高温焼却炉建屋からの水の漏えいの事案を踏まえ、2024年2月21日に経済産業大臣より、単なる個別のヒューマンエラーとして対処するだけではなく、経営上の課題として重く受け止め、更なる安全性向上のための対策に取り組み、他産業の例や外部専門家の意見を取り入れつつ、以下の2点に取り組むよう指示を受けている
 - 高い放射線リスクにつながるヒューマンエラーが発生するような共通の要因がないか、徹底的な分析をすること…実施事項A・B
 - DXを活用したハードウェアやシステムの導入に躊躇なく投資すること…実施事項C
- 現在、下表のとおり背後要因の深掘やエラー発生につながる箇所の特定制、重層的な対策について検討を進め、2024年12月末に完了した。
- 上述の実施事項の対応を進めるとともに、福島第一の現場力を向上するための体制・教育・運用・設備に関する段階的な取り組みについて検討を進めており、取りまとめたため、ご報告する。

項目	実施事項	状況
＜実施事項A＞ 背後要因の深掘	社長直轄の原子力安全監視室（NSOO）が独自に原因分析を実施するとともに、福島第一廃炉推進カンパニー（廃炉C）が行う再発防止対策について実効性評価を行う（外部有識者の所見も反映）	2024.9中旬完了
＜実施事項B＞ エラーの発生につながる箇所の特定	単一のヒューマンエラーによる「環境への影響」や「身体汚染・内部被ばく」などを発生させる可能性のある設備に対し、手順書や現場実態を確認の上、エラーにつながる箇所を特定する 優先順位 1 高濃度の放射性物質を取り扱う設備 に対する確認（滞留水移送設備, SARRY, RO, ALPS等） 優先順位 2 直接環境に放出する設備 に対する確認（液体：ALPS放出設備, SD, 雨水処理設備等）（気体：ガス管理設備, 焼却設備, 減容処理設備等）	2024.8未完了
＜実施事項C＞ 重層的な対策の立案	＜実施事項B＞で抽出した箇所に対し、ソフトウェア、ハードウェア両面から重層的な対策計画を策定し可能な対策から順次実施する	計画策定について 2024.12未完了

<実施事項B/C> 対策検討状況



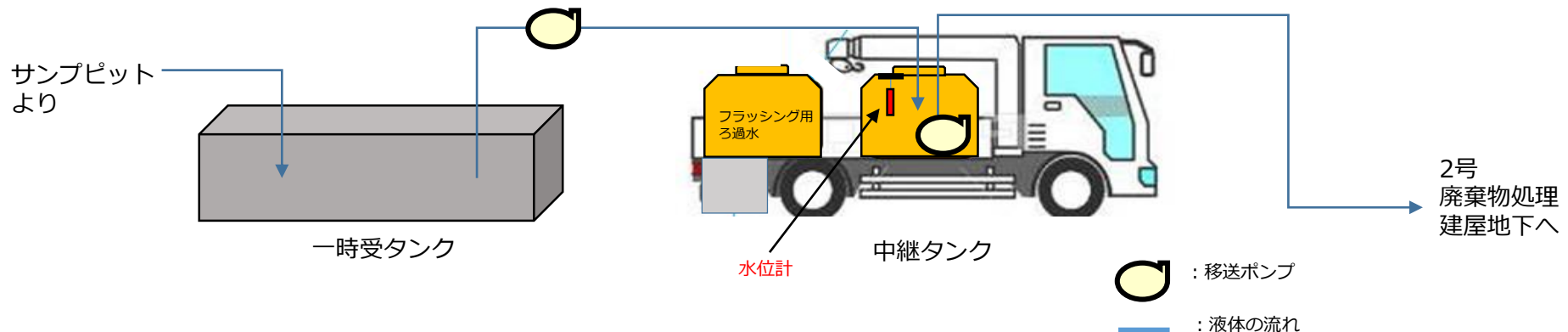
＜実施事項B/C＞ 対策検討結果例 1

②作業の監視ミス

■ 高濃度放射性液体取扱作業（優先順位1）における改善例

作業内容：1-2号スタックサンプ内包水について、移送ラインを構築し2号廃棄物処理建屋地下へ移送するもの

	想定されるリスク	リスクシナリオ	対策前の手順	対策	対策立案内容
①	高濃度放射性液体の系外漏えい	一時受タンクから中継タンクへ高濃度放射性液体が移送し続け、中継タンクから系外漏えいする	タンク受入時間を測定し、開始より一定時間毎にポンプ操作者へ排水ポンプ停止を指示	ハード対策	受入時間管理に加え、中継タンクに 水位計を設置し、規定水位でアラーム を発報する対策
②	高濃度放射性液体による被ばく	中継タンクの水位確認の際に、タンク上部から中を覗き込み被ばくする	中継タンク上部より水位を目視確認	ソフト対策	中継タンク水位確認は、ポンプ運転時間管理および 水位計による監視



<実施事項B/C> 対策検討結果例 2

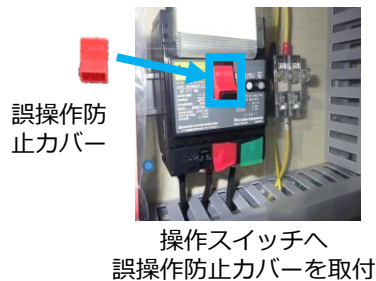
①設備（弁・ポンプ等）の誤操作・誤接触、③仮設配管の接続ミス・取扱いミス

■ 高濃度放射性液体取扱作業（優先順位1）における改善例

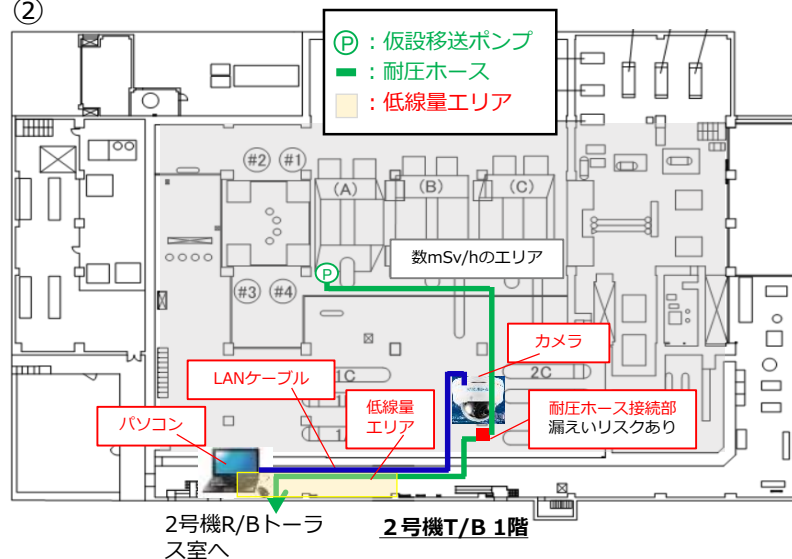
作業内容：建屋内で排水できない孤立エリアに対し、仮設移送ポンプを設置し本設滞留水移送ポンプが設置されているエリアへ排水を実施するもの

	想定されるリスク	リスクシナリオ	対策前	対策	対策立案内容
①	高濃度放射性液体の系統外への漏えい	誤操作によりポンプが起動し、系統外へ漏えいする	・ 機器番号による識別標示 ・ 漏えい検知器設置	ソフト対策 ハード対策	誤操作禁止の表示貼付を手順書に記載 ポンプ起動スイッチへの誤操作防止カバーの取付
②	高濃度放射性液体による身体汚染および被ばく	耐圧ホースカムロック接続部の接続不良により、滞留水が飛散し、身体が汚染する	・ 耐圧ホースカムロック接続部のインシュロックによる固縛 ・ 飛散防止養生	ソフト対策 ハード対策	ビニール養生およびインシュロックによる固縛を手順書に記載 監視装置による漏えいの早期発見

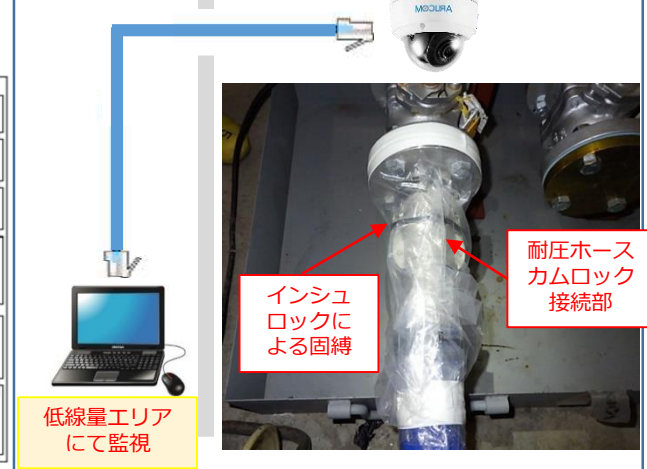
①



②



監視装置



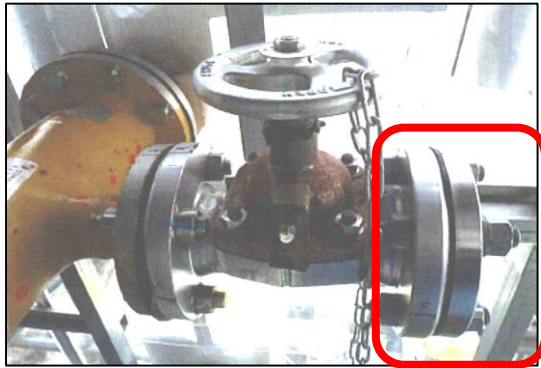
<実施事項B/C> 対策検討結果例 3

①設備（弁・ポンプ等）の誤操作・誤接触

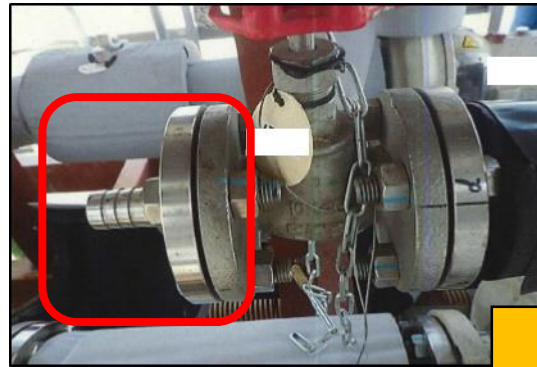
■ 高濃度放射性液体取扱作業（優先順位1）における改善例

作業内容：1～4号機で移送ポンプ他の点検を行うもの

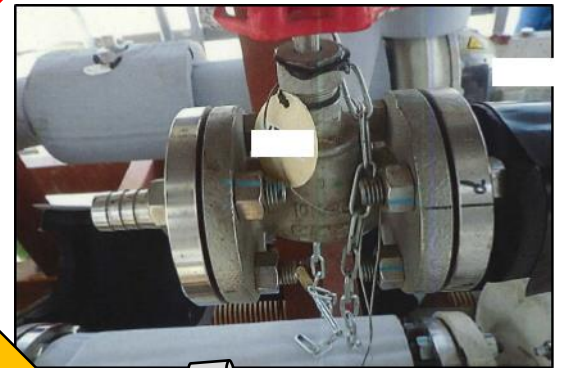
想定されるリスク	リスクシナリオ	対策前	対策	対策立案内容
高濃度の放射性液体による身体汚染および被ばく	ポンプ試運転前のエア抜き時、ベント配管から勢いよく内包水が噴き出し身体汚染する	シートによる飛散防止養生を行い、弁から直接ビニール袋にて水を受け、ペール缶に収納	ソフト対策	飛散防止養生および水受け養生を手順書に記載
			ハード対策	下向きの配管を付けたフランジに取り替え 、容器に受けられるようにする（飛散防止対策）



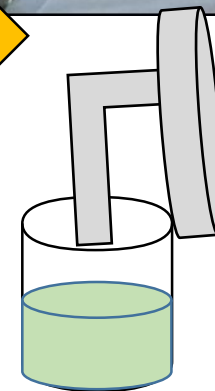
対策前 ケース1
閉止フランジを外し
袋養生しエア抜き



対策前 ケース2
ノズルの先を袋養生し
エア抜き



対策後
下向きの配管付き
フランジに取替



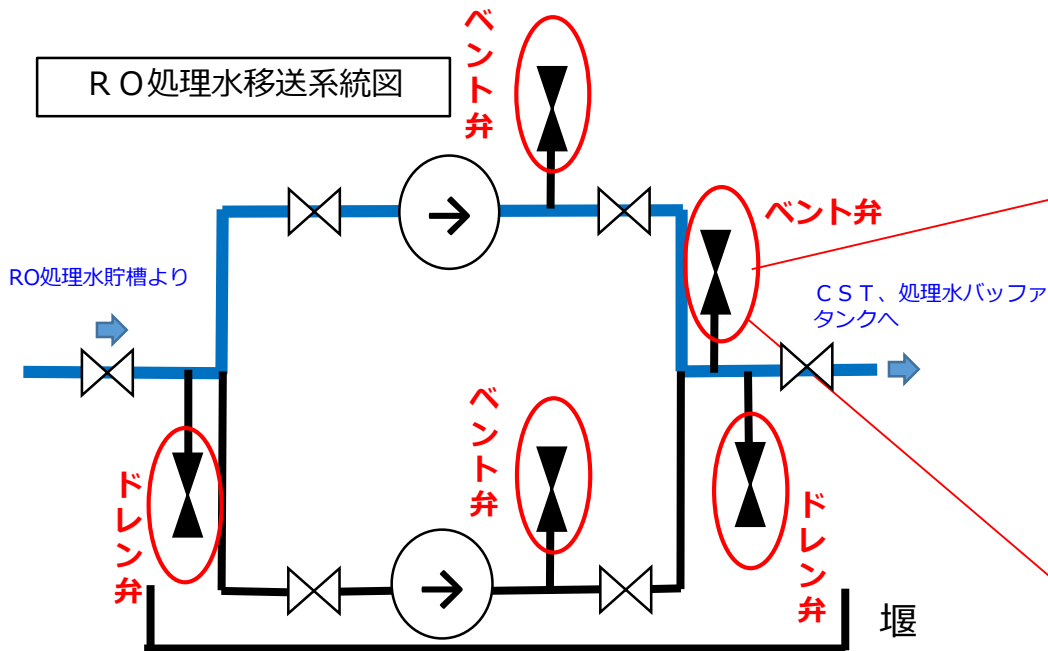
<実施事項B/C> 対策検討結果例 4

①設備（弁・ポンプ等）の誤操作・誤接触

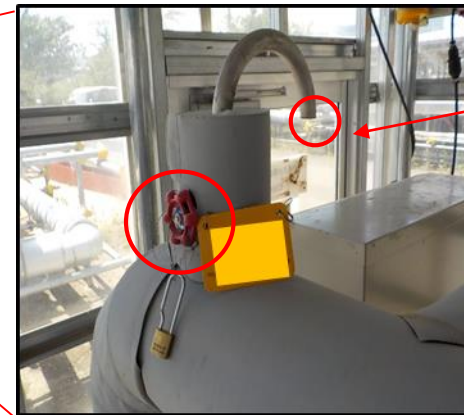
■ 高濃度放射性液体取扱作業（優先順位1）における改善例

作業内容：巡視点検および作業関連による弁近傍への接近するもの

想定されるリスク	リスクシナリオ	対策前の状態	対策	対策立案内容
高濃度放射性液体の系外漏えい	狭隘のハウス内(容量の比較的小さい堰)に設置されているベント弁やドレン弁への誤接触またはシートパスにより系外漏えいする	ベント弁やドレン弁の下流が開放端になっている 容量の比較的小さい堰に設置されている	ソフト対策	弁の閉確認および漏洩有無確認を手順書に記載
			ハード対策	閉止栓取付



ベント弁の現場状況



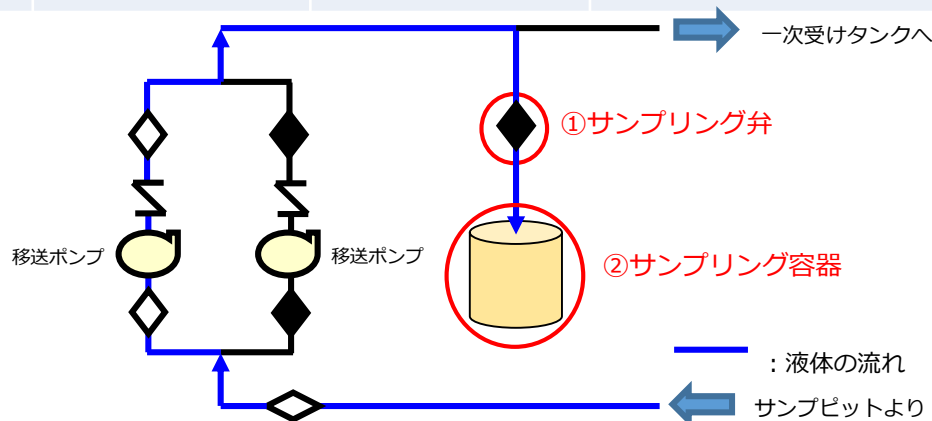
<実施事項B/C> 対策検討結果例 5

①設備（弁・ポンプ等）の誤操作・誤接触

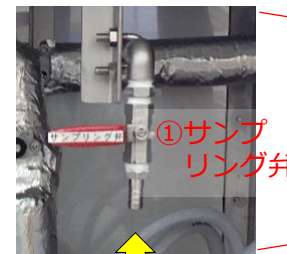
■ 高濃度放射性液体取扱作業（優先順位1）における改善例

作業内容：1-2号機のスタックサンプ内包水について、サンプリングラインを構築し採水を行うもの

	想定されるリスク	リスクシナリオ	対策前の手順	対策	対策立案内容
①	高濃度放射性液体の系外漏えい	系統構成ミスによる系外漏えい	弁操作時のピアチェック、3 Wayコミュニケーション、手順書で操作実施前後に印をつける行為（プレースキーピング）の実施	ソフト対策	弁操作時は左記に加え、 指差し呼称 による確認を実施
		サンプリング弁への誤接触またはシートパスすることによる系外漏えい	－	ハード対策	サンプリング弁は インシュロック により固縛 操作直前に取り外す運用とする
		弁開放端への袋養生	－		弁開放端に 閉止キャップ の取り付け （弁シートパスによる系外漏えい防止）
②	高濃度放射性液体による身体汚染	サンプリング容器から放射性液体があふれ出し身体に付着する	別の建屋で作業するポンプ操作者との連絡手段（トランシーバー）を確保	ソフト対策	異常発生時の対応を手順書に明記 （トランシーバーで連絡し即座にポンプを停止させる）



1-2号スタックサンプポンプユニット系統図



閉止キャップ



ポンプユニットの現場状況

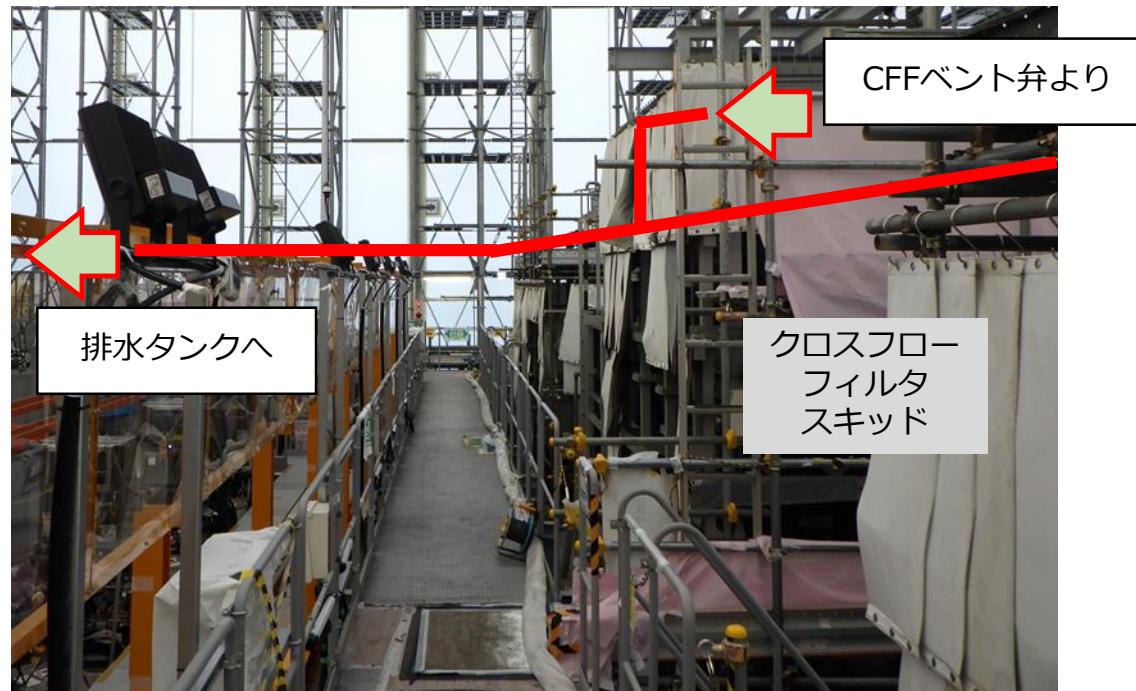
<実施事項B/C> 対策検討結果例 6

③仮設配管の接続ミス、取扱いミス

■ 高濃度放射性液体取扱作業（優先順位1）における例

作業内容：既設ALPSクロスフローフィルター薬液洗浄等の作業にて残圧抜きやガス抜きを実施するもの

想定されるリスク	リスクシナリオ	対策前	対策	対策立案内容
高濃度の放射性液体による身体汚染および被ばく	既設ALPSはベント配管が排水タンクに接続されていないため、作業にあたって系統の残圧抜きやガス抜きを行う際、仮設ホースを接続して作業を行うが、接続した仮設ホースが外れたり、暴れたりすることにより汚染水が飛散し、身体汚染につながる。	仮設ホースの外れ防止処置としてカムロック接続部をワイヤー固縛 仮設ホースの暴れ防止として排水タンク直上でのホース固縛	ソフト対策	接続部のビニール養生とホース開放部直上での固縛について手順書に記載
			ハード対策	ベントラインから排水タンクまで、勾配を用いて自重で排水される 本設配管を敷設する 。



<実施事項B/C> 対策検討結果例7

①設備（弁・ポンプ等）の誤操作・誤接触

■ 高濃度放射性液体取扱作業（優先順位1）における改善例

作業内容：SARRY巡視点検および作業関連による弁近傍への接近するもの

想定されるリスク	リスクシナリオ	対策前の状態	対策	対策立案内容
高濃度放射性液体の系外漏えい	SARRYブースターポンプ出口ベント弁の先にベントホースが設置されており、ベント弁に誤接触して弁開となるまたはシートパスすることで汚染水が系外漏えいする。	ベント弁の下流が開放端になっている	ハード対策	通常時はベントホースを取り外し、閉止プラグを取り付ける（対策済）。



対策前



対策後

<実施事項B/C> 対策検討結果例 8

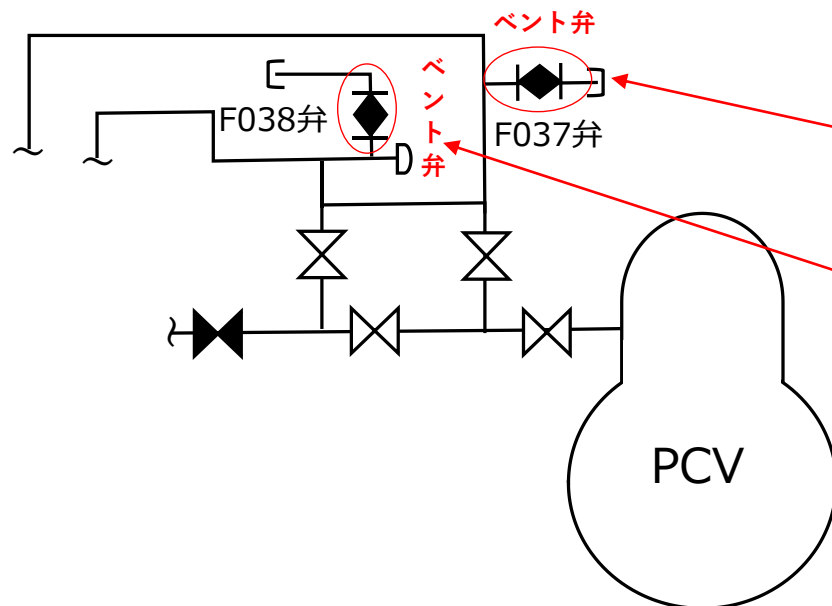
①設備（弁・ポンプ等）の誤操作・誤接触

■ 放射性気体取扱作業（優先順位2）における改善例

作業内容：PCVガス管理設備 巡視点検および作業関連による弁近傍への接近するもの

想定されるリスク	リスクシナリオ	対策前の状態	対策	対策立案内容
手順書に操作はないが、誤って開操作のリスク	シングルバウンダリであり、誤って開操作されたまたはシートパスしたときはPCVガス管理設備の抽気ガスが漏えいするリスクあり	PCVガス管理設備の抽気ガスが漏えいすることによるパラメータ変動や身体汚染リスク、敷地境界への影響の可能性あり。なお、本弁はR/Bの高線量下及び高所に設置されていることから容易に近づく可能性は少ない。	ソフト対策	運転パラメータによる漏えい有無確認を手順書に記載
			ハード対策	弁下流側の閉止処置

PCVガス管理設備系統概略図(2号機)



ベント弁の現場状況



閉止キャップなし



<実施事項B/C> 対策検討結果例 9

①設備（弁・ポンプ等）の誤操作・誤接触

■ 高濃度の液体放射性物質を取り扱う系統以外（優先順位2）における改善例

作業内容：サブドレン他浄化装置の前処理フィルタ交換時や、前処理フィルタ容器点検時に
当該容器の蓋解放等に天井クレーンを使用。（当該建屋には天井クレーン2台設置）

想定されるリスク	リスクシナリオ	対策前の状態	対策	対策立案内容
建屋の耐荷重超過による建屋梁等の損壊リスク	天井クレーンを2台（A/B系）同時に使用することで、建屋梁等が損壊する。 【例】 クレーンA系：フィルタ交換 クレーンB系：フィルタ容器点検	天井クレーンの電源盤ブレーカーは、 <u>A/B系同時に操作することが可能な状態</u> 。 ↓ A/B系同時並行使用が可能。	ソフト対策 ハード対策	クレーンを同時使用しないよう現場表示および手順書に記載 ①電源盤のブレーカーに錠付きカバーを設置。 ②鍵はA/B系共通仕様を1つ配備。 ※ 片方のカバーを開けた際、もう片続のカバーは開放不可。 ⇒ <u>A/B系同時並行使用が不可。</u>

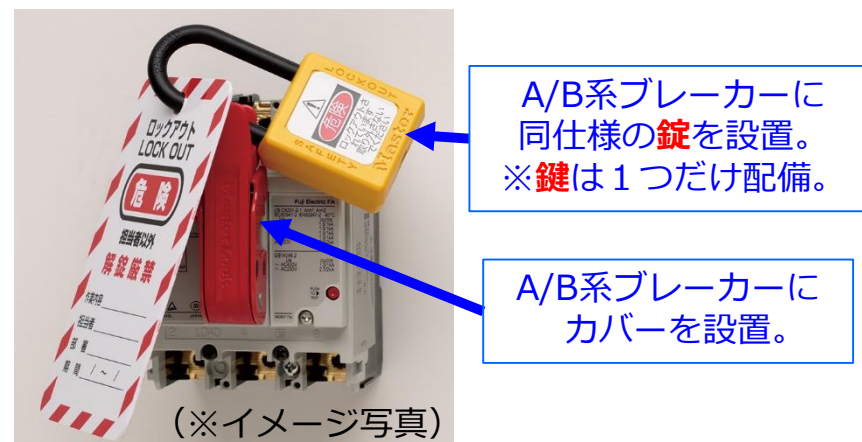
<対策前>

A/B系同時並行使用が“可能”



<対策案内容>

A/B系同時並行使用が“不可能”



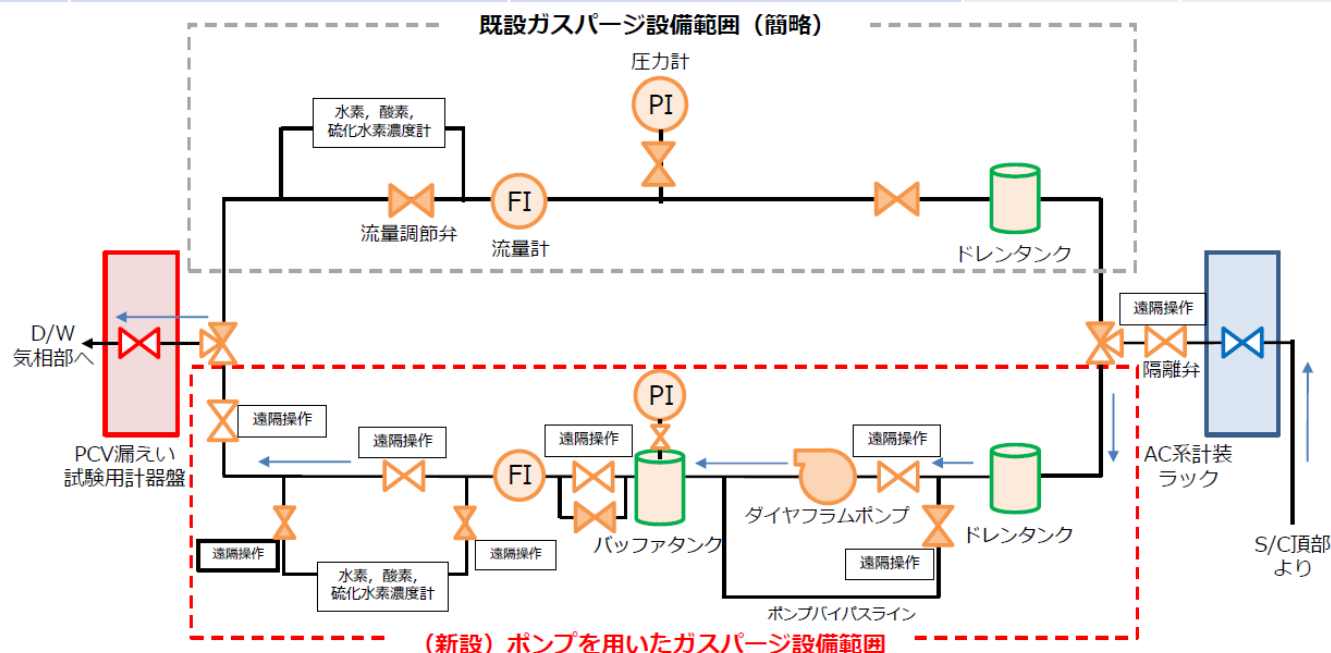
<実施事項B/C> 対策検討結果例 1 0

③仮設配管の接続ミス、取扱いミス

■ 放射性気体取扱作業（優先順位1）における改善例

作業内容：3号機S/C内に滞留している水素のガスパーズ作業を実施するもの

想定されるリスク	リスクシナリオ	対策前の状態	対策	対策立案内容
放射性気体の系外漏えいおよび身体汚染	仮設のガスパーズ設備の操作時やガスパーズ作業中において、設備の継手等より漏えい。また、作業において破損したアノラックから浸透しダストにより身体汚染する。	ガスパーズ作業中は立ち入り規制。仮設設備付近の水素濃度を監視。	ソフト対策	定期的なリークチェックの実施を手順書に記載
			ハード対策	R/B内に立ち入らずに遠隔操作ができる設備の導入



ガスパーズ設備の概略図
(パーズ作業中の弁状態)

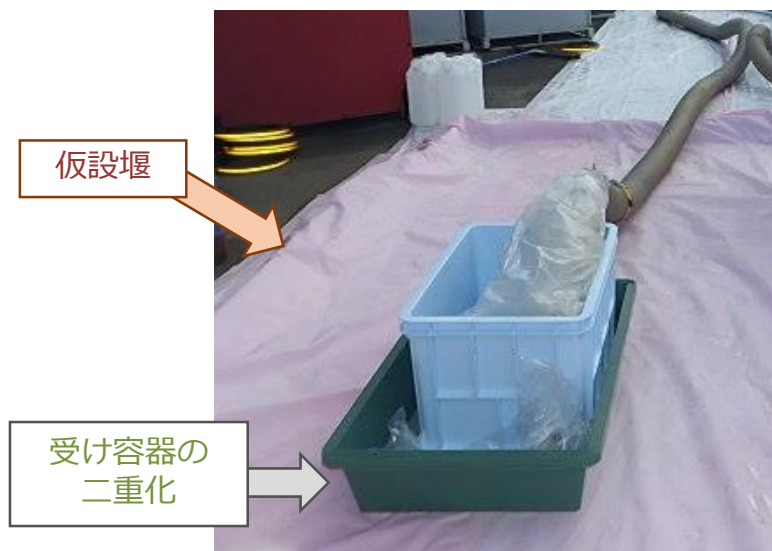
✂ : 弁（白抜きは「開」状態を示す）

③仮設配管の接続ミス・取扱いミス

■ 直接環境に影響を及ぼすおそれのある作業（優先順位2）における改善例

作業内容：コンテナに保管中のホースの内包水を水抜きし、その後ホースを切断し廃棄するもの

想定されるリスク	リスクシナリオ	対策前の手順	対策	対策立案内容
放射性液体の系外漏えい、身体汚染および被ばく	ホース端部が解放された状態で不適切に取り扱うことにより、内包水が漏えいする。また、内包水が飛散した場合、身体が汚染する。	－	ソフト対策	- ホースを取り扱う作業時はアノラック着用 - 排水の受け容器の二重化に加え仮設堰を設置し、ホース端部を堰内で取り扱う - 水抜き時にホース端部が暴れて漏えいするのを防ぐため、排水側と反対側の端部を脚立に上向きに固定 水抜き作業時の声掛けを要領書に明記



排水受け容器の設置状況



脚立へのホース端部固定作業状況

④その他

■ 油・薬品関係取扱作業（優先順位 2）における改善例

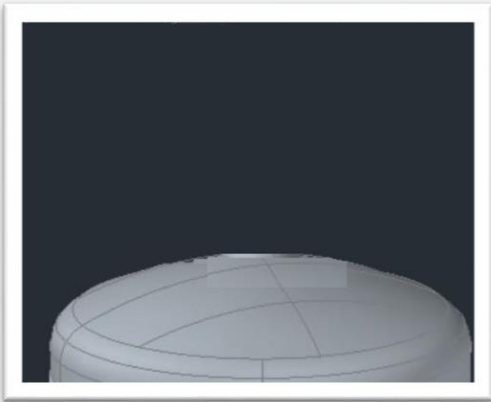
作業内容：ALPSクロスフローフィルター差圧上昇に対する希硝酸による薬液洗浄

想定されるリスク	リスクシナリオ	対策前の状態	対策	対策立案内容
容器の減圧破損に伴う薬液漏えい	薬液注入ポンプ起動前に薬液容器の上蓋キャップ等を被せることで容器内が減圧状態となり、容器の減圧破損ならびに薬液が飛散する	上蓋キャップの取扱によっては容器内が減圧状態となる可能性がある	ハード対策	常時、容器内が減圧状態とならないよう、上蓋キャップにベント管を取付け
		上蓋キャップの取扱について、手順書に明確な記載がなされていない	ソフト対策	＜ハード対策完了までの暫定対策＞ 上蓋キャップの取扱における運用（薬液注入ポンプ起動時は上蓋キャップを開放とすること）を手順へ反映

－ タンク外観 －



<対策前>



<対策内容>



上蓋キャップへベント機能を追設

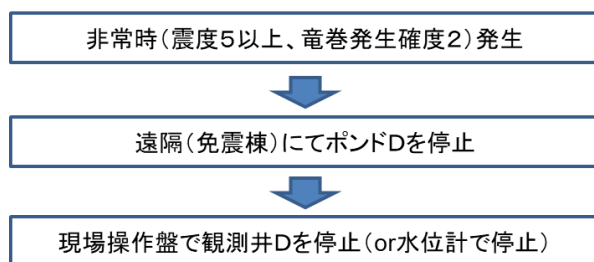
④その他

■ 放射性液体取扱作業（優先順位 2）における改善例

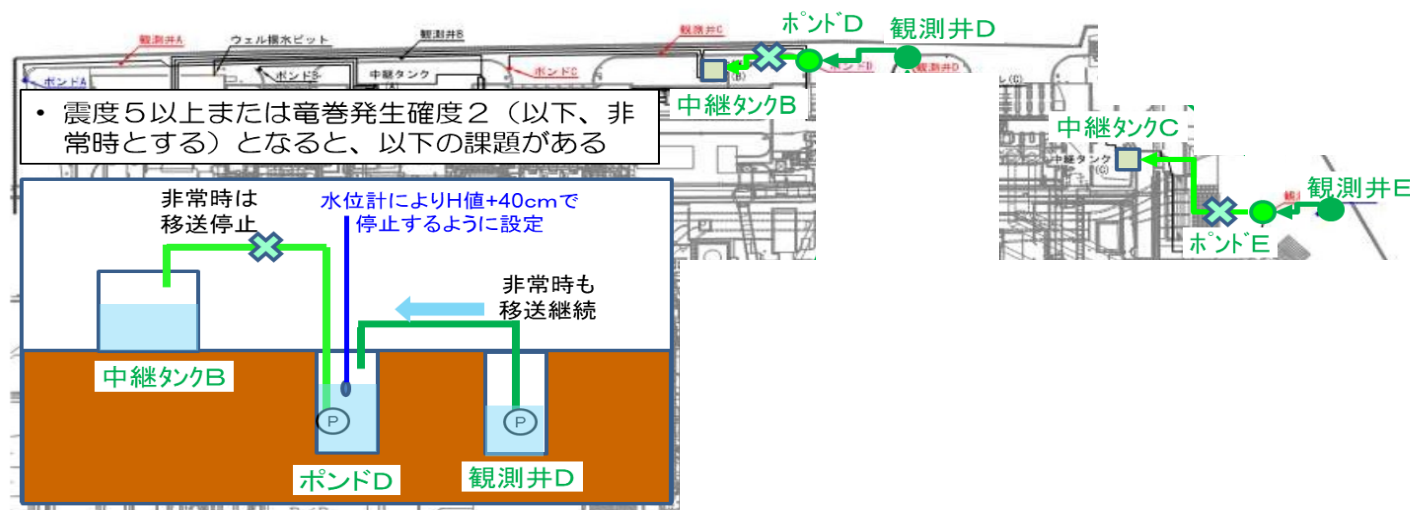
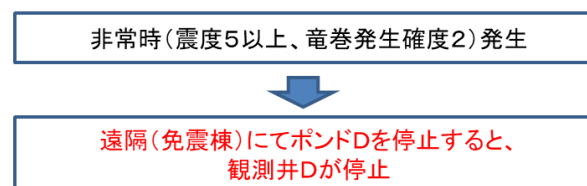
作業内容：震度5以上等で地下水ドレン観測井D,E 汲上げ設備の停止をするもの

想定されるリスク	リスクシナリオ	対策前	対策	対策立案内容
震度5以上または竜巻発生確度2となった時、水処理設備を停止する手順となっているが、当該汲上げ設備は遠隔で停止する機能がないため、地下水の汲上げが停止せず、後段のポンドから溢水する。	水位計により設定水位まで上昇して停止する仕組みになっているが、地震等で水位計に不具合を引き起こした場合、最終的に後段のポンドから溢水する。	現場操作盤での停止、または水位計により設定水位まで上昇して汲上自動停止（遠隔での停止不可）	ソフト対策	現場にて汲上停止することを手順書に記載
			ハード対策	遠隔（免震棟）にて汲上停止できる機能を追加。

現在の設備停止手順



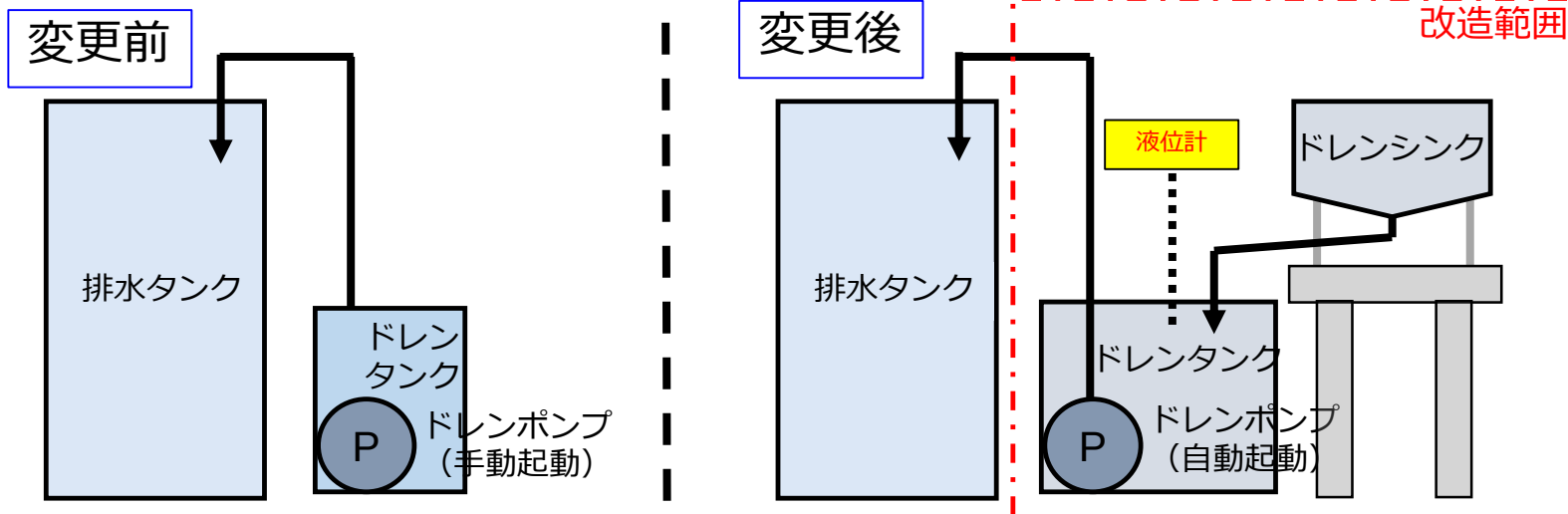
変更後の設備停止手順



②作業の監視ミス

■ 高濃度放射性液体取扱作業（優先順位1）における改善例

- 既設ALPSの点検等で発生する系統水は、仮設のドレンタンクに排水し、水中ポンプにより大型の排水タンクへ移送した後、系統へ返送して処理している。
- 仮設のドレンタンクについて、設備改造を実施。排水作業が行いやすくなり、漏えいリスク等が低減した。



変更点

- ドレンタンクに液位計を設置
- ドレンポンプを液位に応じて自動起動化
- ドレンシンクを新設し排水作業の負荷を軽減

ドレンタンク
(液位計付き)

