

# 増設ALPS配管洗浄作業における身体汚染発生について

2023年12月18日



東京電力ホールディングス株式会社

## 1. 事案の経緯

【参考】発生状況

## 2. ERに搬送された5名の線量評価結果

2-1. ERへ搬送された5名の年間線量評価結果

2-2. ERへ搬送された5名の10月25日の実効線量

## 3. 本事案の要因と対策に向けた考察

## 4. 要因を踏まえた改善策

4-1. 要因を踏まえた改善策

4-2. その他本事案の気づきと改善策

【参考】業務ステップの概要

## 5. 配管洗浄作業の実績とこれからの予定（必要性）

5-1. 増設ALPS配管洗浄作業の実績とこれからの予定

5-2. 配管洗浄作業の実績とこれからの予定

5-3. 配管洗浄作業の必要性

【参考】これまでの当社の取り組み

【参考】当社定例会見資料（2023年11月16日）

増設ALPS配管洗浄作業における身体汚染発生を踏まえた対応について  
（一部抜粋）

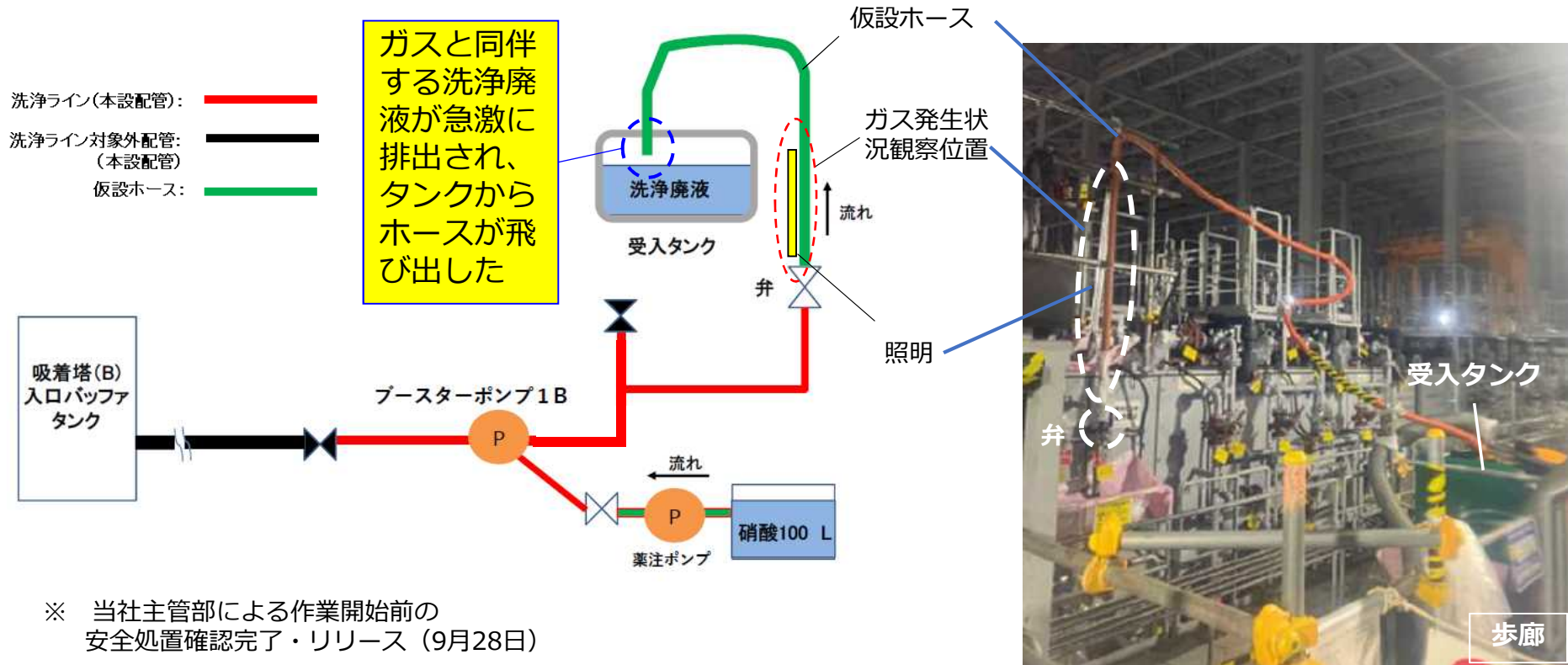
# 1. 事案の経緯

- 2023年10月25日 10時30分頃※、点検停止中であった増設ALPSのクロスフローフィルタ出口配管（B系）内の洗浄作業を実施していたところ、洗浄廃液を移送していた受入タンク内から仮設ホースが外れ、近傍で作業を実施していた協力企業作業員2名（A,B）に洗浄廃液が飛散した
- 外れたホースを速やかにタンク内に戻した上記作業員1名（A）の警報付き個人線量計APD（β線）が鳴動
- 近傍で同作業にあたっていた作業員は身体汚染の可能性があることから、構内の救急医療室（ER）にて汚染測定を実施した結果、5名のうち洗浄廃液が飛散した2名（A,B）および飛散水の清掃にあたった2名（D,E）に身体汚染あり、1名（C）は身体汚染なしを確認
- その後、身体汚染を確認した4名（A,B,D,E）の除染を実施し、飛散水の清掃を実施した2名（D,E）は除染が完了。洗浄廃液が飛散した2名（A,B）については、汚染レベルは下がったものの、退出基準（4Bq/cm<sup>2</sup>）以下までの除染が困難であったことから病院へ搬送
- なお、汚染測定を実施した5名については鼻腔スミアを実施し、内部取り込みがないことを確認。また、ER医師の診断の結果、薬液による熱傷はなく、放射線障害による熱傷の可能性は低いと判断された
- 病院へ搬送された2名（A,B）については、診察後に入院し、病院での処置を受けた後、10月28日に退院。元請企業の東芝エネルギーシステムズによると、現時点で2名（A,B）の体調面に問題はなく汚染部位の皮膚に特に異常は確認されていない
- 2名（A,B）の皮膚の等価線量は、年間線量限度500mSvを超えないこと、実効線量は、福島第一規則第18条第十三号に規定される5mSvを超えないことを確認した

※ APDの履歴にて確認（当日現場からは10:40頃と報告あり）

# 【参考】発生状況

- 東芝エネルギーシステムズが増設ALPSの運転に伴いクロスフローフィルタ出口配管（B系）内に溜まった炭酸塩を硝酸で溶かして洗浄する作業を10月24日、25日に実施※



歩廊から吸着塔B側を見た写真

- 配管内部に溜まった炭酸塩と洗浄薬液（硝酸）の反応によって発生したガスと同伴する洗浄廃液が、受入タンク内のホース先端部から勢いよく排出されたことによりタンクからホースが飛び出し、近傍で作業を実施していた作業員2名（A,B）に洗浄廃液が飛散し、汚染した。
- 飛散した洗浄廃液の清掃およびアノラック脱衣補助を行った作業員2名（D,E）は、清掃時または装備（アノラック）脱衣時に汚染したものと推定。

## 2-1. ERへ搬送された5名の年間線量評価結果

ERで汚染測定を行った5名について2023年度の累積線量を評価した結果は下表のとおり。皮膚の等価線量は線量限度である年間500mSvを超えないことを確認した。

|       | 洗浄廃液付着による皮膚の等価線量の評価値 (mSv) | 2023年度 (4月~10月) の累積線量 (mSv) |         |            |
|-------|----------------------------|-----------------------------|---------|------------|
|       |                            | 実効線量                        | 皮膚の等価線量 | 眼の水晶体の等価線量 |
| 作業員 A | 76.6                       | 2.9                         | 88.3    | 2.3        |
| 作業員 B | 51.2                       | 2.1                         | 55.8    | 1.9        |
| 作業員 C | 皮膚汚染なしのため評価対象外             | 3.5                         | 7.0     | 3.7        |
| 作業員 D | <0.1                       | 2.4                         | 4.9     | 3.2        |
| 作業員 E | 0.2                        | 0.7                         | 1.4     | 0.8        |

線量評価方法については、別添、「2023年10月25日に発生した増設ALPS配管洗浄作業における身体汚染に関わる作業員の線量評価結果について」を参照

## 2-2. ERへ搬送された5名の10月25日の実効線量

ERで汚染測定を行った5名について、当該作業における実効線量は、福島第一規則第18条第十三号に規定される5mSvを超えないことを確認した。

|          | APD<br>測定値<br>(mSv)              | 皮膚の等価線量 (mSv)                |   | 実効線量<br>(mSv) |
|----------|----------------------------------|------------------------------|---|---------------|
|          |                                  | 洗浄廃液付着による<br>皮膚の等価線量の<br>評価値 | APD測定値( $\gamma + \beta$ )と<br>洗浄廃液付着による皮膚の<br>等価線量の評価値の合算値 |               |
| 作業員<br>A | $\gamma$ : 0.11<br>$\beta$ : 6.6 | 76.6                         | 83.3  | 0.9           |
| 作業員<br>B | $\gamma$ : 0.07<br>$\beta$ : 1.6 | 51.2                         | 52.9  | 0.6           |
| 作業員<br>C | $\gamma$ : 0.16<br>$\beta$ : 2.0 | 皮膚汚染なしの<br>ため評価対象外           | 2.2   | 0.2           |
| 作業員<br>D | $\gamma$ : 0.02<br>$\beta$ : 0.2 | <0.1                         | 0.2   | 0.02          |
| 作業員<br>E | $\gamma$ : 0.02<br>$\beta$ : 0.3 | 0.2                          | 0.5   | 0.02          |

線量評価方法については、別添、「2023年10月25日に発生した増設ALPS配管洗浄作業における身体汚染に関わる作業員の線量評価結果について」を参照

### 3. 本事案の要因と対策に向けた考察（1 / 4）

1. 直接要因：以下3つの要素の重畳により事案が発生
  - A) 水圧の急激な変化（弁操作による配管の閉塞）
  - B) 不十分な固縛位置
  - C) 不十分な現場管理体制・防護装備
  
2. 当社のこれまでの取り組みと、本事案を踏まえた評価
  - 当社は、福島第一の廃炉作業の安全と品質を高めるため、組織改編（2020年度～）、現場観察の強化（2021年度～）、協力企業と一体となった取り組みの強化（2022年度～）に取り組んできた。また、原子力発電所の安全・労働安全を確保するために、作業管理上の要求事項を明確にし、請負契約に基づき受注者に履行義務を課している。その上で、当社は要求事項の履行状況を確認するために、事前の安全対策確認に参加することや、作業段階では現場確認を行う等の一定の対応を行ってきた。
  
  - こうした中、今回、当該元請企業において、身体汚染に繋がるような要求事項の逸脱が確認されたことから、これまでの取り組みを強化する必要性を認識した。



### 3. 本事案の要因と対策に向けた考察（2 / 4）

#### 〔現場ガバナンスの観点〕

＜今回の事案を踏まえ、当社の改善に向けて考慮すべき事実関係＞

- 当社要求事項の履行に際して、作業班の体制や防護装備が防護指示書の通り、満足していると考えていた。
- 当該元請企業のように現場の不履行があり得ることを認識した。
- 当社要求事項に対する現場での不履行があったことを鑑み、その観点で、防護指示書と現場実態の整合性を確保することができなかった。



#### 〔強化の観点①〕：防護指示書と現場実態の整合性確認による履行状況の確認

- 当該元請企業に対して以下を実施する。
  - ・ 当社社員は、初めて実施する作業、作業場所・手順が変わる等、作業に変化がある場合は、現場作業が始まる前に必ず現場状況を確認する。また、これ以外の作業も含め、当該元請企業の現場確認を強化する。  
確認に当たっては、誰が作業班長を担っているか、役割を遂行しているか、適切な防護装備を着用しているか等の観点で、防護指示書と現場実態の整合性の確認を行う。
- 他社元請企業に対しても、本事案が発生したことを踏まえ、以下を実施する（水平展開）。
  - ・ 初めて実施する作業、作業場所・手順が変わる等、作業に変化がある場合は、現場作業が始まる前に必ず同様の確認を行う。
  - ・ この確認のなかで他社元請企業の履行状況を把握し、その結果に応じて確認方法を強化し、現場ガバナンスの改善を図って行く。



### 3. 本事案の要因と対策に向けた考察（3 / 4）

#### 〔計画段階における安全対策の観点〕

＜今回の事案を踏まえ、当社の改善に向けて考慮すべき事実関係＞

- 当該配管の洗浄作業は、2019年の当該配管の詰まり事象を起因として開始したものである。
- 作業におけるリスク評価は、事前検討会の場で都度実施してきた。
- 2019年に洗浄作業を実施して以降、必要な安全対策を実施し、作業を実施してきた。
  - ・ 飛散を想定して、当該作業において液体を扱う人は、アノラックを着用することとしていた。
  - ・ 過去の経験（高線量HICの移し替え作業でのダスト飛散など）を活かし、当該作業箇所の汚染の広がりを防止するため、局所排風機の設置やモニタリングを実施していた。
- 想定されていない弁の閉塞操作によって、圧力が大幅に上昇し、広範囲に飛散することまでは想定しきれていなかった。



#### 〔強化の観点②〕：計画段階における安全対策の強化

- 身体に有害な影響をおよぼす物質（濃度の高い放射性液体・薬品など）を取り扱う作業では、予期せず広範囲に飛散することまで想定した安全対策（ハウスの設置やエリアを設定した上でのアノラックの着用等）を実施する。

### 3. 本事案の要因と対策に向けた考察（4 / 4）

#### 〔放射線防護の観点〕

＜今回の事案を踏まえ、当社の改善に向けて考慮すべき事実関係＞

- 身体汚染などのリスクのある事態が発生した場合において、作業員のふるまいは適切でなかった。
  - ・ 身体汚染発生後の脱衣手順などが適切でなかった。
  - ・ APD警報が連続鳴動した作業員Aは速やかに退避したが、残りの作業員も安全側で考えると、速やかに退避するという判断もあったと考える。



#### 〔強化の観点③〕：身体汚染などのリスクのある事態での対応に関する放射線防護教育の強化

- 放射線防護の観点から、身体汚染などのリスクのある事態での対応（脱衣手順や速やかに退避するなど）に関する、ふるまい教育を強化する。

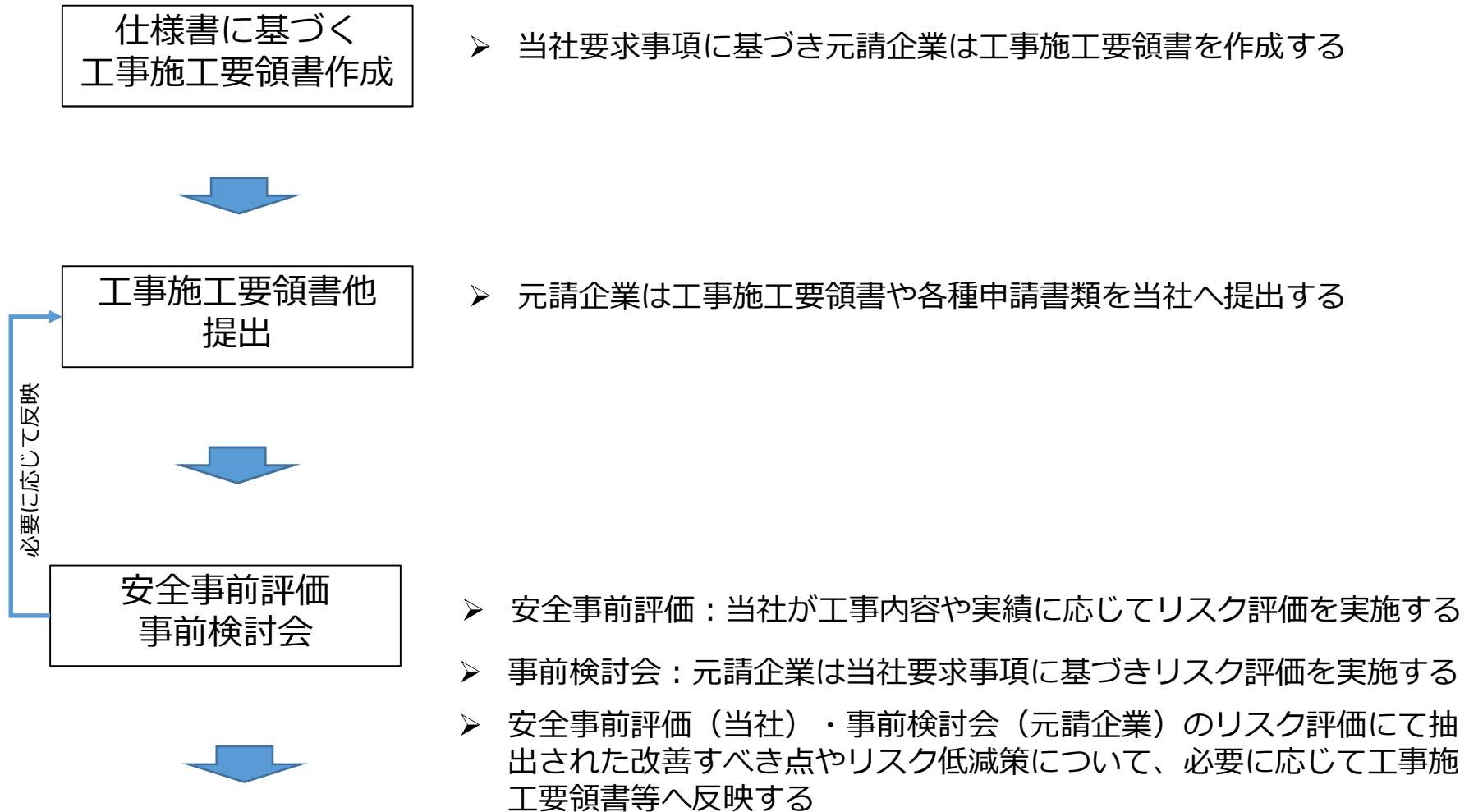
## 4-1. 要因を踏まえた改善策

| No. | 対策の観点                                      | 当社の改善策  | 業務プロセス   | 実施時期            |
|-----|--|---|--|-----------------|
| ①   | <p>■ 防護指示書と現場実態の整合性確認による履行状況の確認</p>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 当該元請企業に対して以下を実施する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 当社社員は、初めて実施する作業、作業場所・手順が変わる等、作業に変化がある場合は、現場作業が始まる前に必ず現場状況を確認する。また、これ以外の作業も含め、当該元請企業の現場確認を強化する。確認に当たっては、誰が作業班長を担っているか、役割を遂行しているか、適切な防護装備を着用しているか等の観点で、防護指示書と現場実態の整合性の確認を行う。</li> </ul> </li> <li>● 他社元請企業に対しても、本事案が発生したことを踏まえ、以下を実施する（水平展開）。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 初めて実施する作業、作業場所・手順が変わる等、作業に変化がある場合は、現場作業が始まる前に必ず同様の確認を行う。</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 作業予定表・防護指示書提出（現場実態確認を含む）</li> </ul>                 | 2023/11/27から実施中 |
| ②   | <p>■ 計画段階における安全対策の強化</p>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 身体に有害な影響をおよぼす物質（濃度の高い放射性液体・薬品など）を取り扱う作業では、予期せず広範囲に飛散することを想定し、安全対策（設備的対策、管理的対策、防護的対策）を実施する。</li> <li>● 具体的には、安全事前評価のリスク評価項目内容の見直し（強化）をする。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 身体に有害な影響をおよぼす物質（濃度の高い放射性液体・薬品など）の作業は、多面レビューによるリスク感度強化を図る。</li> </ul> </li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 安全事前評価</li> <li>✓ 事前検討会</li> <li>✓ 施工要領書</li> </ul> | 2024/1月中目途      |
| ③   | <p>■ 身体汚染などのリスクのある事態での対応に関する放射線防護教育の強化</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 放射線防護の観点から、身体汚染などのリスクのある事態での対応に関する、ふるまいを繰り返し教育するように、当社は元請企業へ依頼する。</li> <li>● 1Fで働く従事者に対して、放射線管理仕様書を遵守しない場合の影響・リスクがあることを再教育の内容として受注者に対して当社は依頼する。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 放射線管理</li> </ul>                                    | 2024/1月中目途      |

## 4-2. その他本事案の気づきと改善策

- 防護指示書において、作業体制や防護装備、作業エリア等の記載について曖昧さが見受けられたことから、当社が要求仕様として求めている防護指示書の記載内容について、元請企業と協働し明確化を図っていく。  
(2024/1月目途・その後も継続して改善)
- 元請けと1次、2次、3次の役割および責任に曖昧な部分も見られたことから、本事案を踏まえ、それぞれの役割や責任を明確にし、元請けの請負工事の体制のあり方についても検討していく。

## 【参考】業務ステップの概要（1 / 2）



## 【参考】業務ステップの概要（2 / 2）

作業予定表・  
防護指示書提出



TBM-KY



現地KY



現地作業

- 元請企業は作業体制および防護装備、作業上留意すべき安全行動ポイント等を記し当社へ提出する
- 当社工事担当者は作業予定表・防護指示書を媒介として元請工事担当者と対話し、安全行動ポイントを確認・決定する

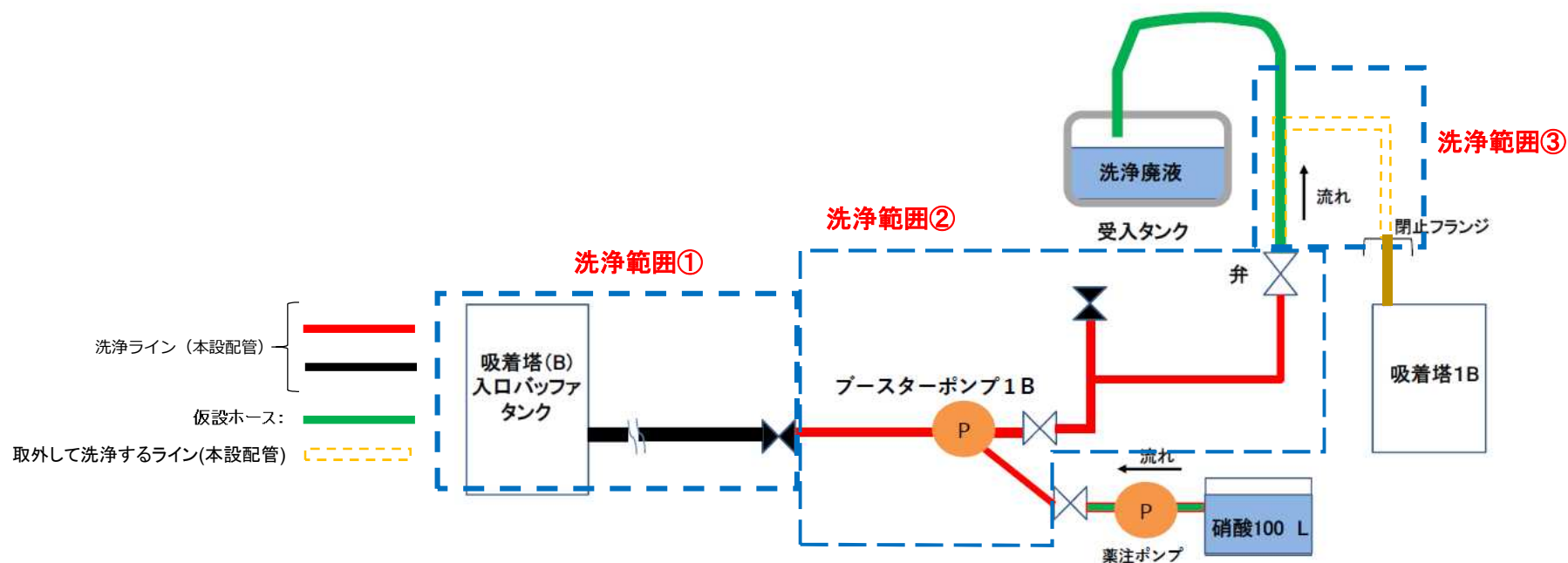
- 作業開始前に、作業に関係する全員で、当日の作業内容、リスクと対策について議論し決定する（安全行動ポイントの確認も含む）

- 作業開始前に、作業エリアで、最新の作業エリアの状況を確認し、作業に関係する全員で、TBM-KYの決定事項の見直しが必要ないか確認する。見直しが必要であればその対策を議論し決定する（安全行動ポイントの確認も含む）

- 作業班は作業班長のもと、工事施工要領書に基づき作業を実施する
- 通常と異なる状態が発生した場合は作業を一旦中止し立ち止まり、当社へ報告する

## 5-1. 増設ALPS配管洗浄作業の実績とこれからの予定

- 増設ALPSの吸着塔入口バッファタンクの下流配管は、洗浄範囲を①～③に分けて洗浄作業を実施している。



- バッファタンク内に炭酸塩の付着が確認されたため、2017年のタンク点検と合わせて、洗浄範囲①の洗浄を初めて実施 (A～C系)。



## 5-2. 配管洗浄作業の実績とこれからの予定

- 今回、洗浄作業中に身体汚染が発生した洗浄範囲②については、2019年から洗浄作業を開始。

身体汚染が発生

----- 計画 ----->

| 年度 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024~ |
|----|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| A系 | ①    |      | ①②③  |      | ①②③  |      | ①②③  | ①②③   |
| B系 | ①    |      | ②③   | ①    |      |      | ①②③  | ①②③   |
| C系 | ①    |      | ①②③  |      |      | ①②③  | ①②③  | ①②③   |

| 年度     | 洗浄作業の経緯  |
|--------|--|
| 2017年度 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• バッファタンク内に炭酸塩の付着が確認されたため、2017年のタンク点検と合わせて、洗浄範囲①の洗浄を初めて実施（A～C系）。</li> <li>• 点検結果を踏まえ、メーカーより点検周期3年の推奨を受けた。</li> </ul>                                      |
| 2019年度 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 運転計画に合わせて、A/C系の洗浄範囲①を計画していたところ、C系の洗浄範囲②で配管閉塞を確認したことから、緊急工事でC系②、③の洗浄作業を実施。</li> <li>• 閉塞事案の水平展開としてA系②、③、B系②、③の洗浄を実施。</li> </ul>                          |
| 2020年度 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 点検周期3年（1年度で1系統）とするため、B系の洗浄を実施。</li> <li>• B系は、2019年度に②、③を実施していたため、①のみを実施。</li> </ul>  |
| 2021年度 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 点検周期3年（1年度で1系統）とするため、A系の洗浄を実施。</li> </ul>   |
| 2022年度 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 炭酸塩の堆積に関する傾向がA系で初めて確認できたため、当社で技術検討書を作成し、点検頻度を3年度⇒1年度に変更。</li> <li>• 点検頻度を1年度に変更したことによる次年度の点検計画を立案。</li> <li>• 点検周期3年（1年度で1系統）とするため、C系の洗浄を実施。</li> </ul> |
| 2023年度 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 前年度に立案した点検計画に基づき、点検を実施（以降、同様）。</li> </ul>   |

### ■ 配管洗浄作業の必要性について

- 配管内における炭酸塩の堆積により、2019年にブースターポンプ（C系）が、吸込み圧力低によりポンプが自動停止。
- この際、当該配管をろ過水でフラッシングしたが、ポンプ吸込み圧力の低下事象は解消されなかった。また、配管表面線量の上昇およびこれまでの点検結果を踏まえ、ポンプ吸込み圧力低下の原因は、当該ラインにおける炭酸塩の堆積であると推定。
- 以上より、硝酸を使用して配管内の洗浄を実施した結果、ポンプ吸込み圧力の低下事象が回復できたことから、硝酸を使用して定期的な清掃を実施することとした。

【参考】 これまでの当社の取り組み

## 【参考】不適合（ヒューマンエラー含む）低減に向けた取り組み **TEPCO**

2020年度頃までに地域や社会の皆さまにご心配をおかけした重大な不適合が発生したことから、当社は、人はミスを起こす、設備・機器は故障することを前提に、その発生を未然防止することに重点を置き、当社および協力企業が一体となった不適合低減に向けた取り組み（現場グリップ・協力企業に対するガバナンスの強化）を継続的に実施してきた。

- 地域や社会の皆さまにご心配をおかけした重大な不適合が発生
  - ・管理対象区域における飲料水の摂取について（2019年7月）
  - ・5, 6号機送電線（双葉線1号）での発煙事象（2019年7月）
  - ・大型機器メンテナンス建屋内における休憩所サーベイの未実施（2020年7月）
  - ・3号機タービン建屋屋上部雨水対策工事における顔面汚染（2020年8月）
  - ・プロセス主建屋における顔面汚染（2021年3月）
  - ・分析前J3雨水回収タンクの計画外散水（2021年11月）など



- 組織改編（2020年度～）
- 現場観察（MO：マネージメントオブザベーション）の強化（2021年度～）
- 協力企業と一体となった取り組みの強化（2022年度～）

### ➤ 組織改編（2020年度～）

- プロジェクト強化、安全品質の向上を目的として、プロジェクトマネジメント室、廃炉安全・品質室をそれぞれ設置。
- 設計・運用・保守・放射線管理などの専門組織として、計画・設計センター、建設・運用・保守センター、防災・放射線センターの3つのセンターを設置。

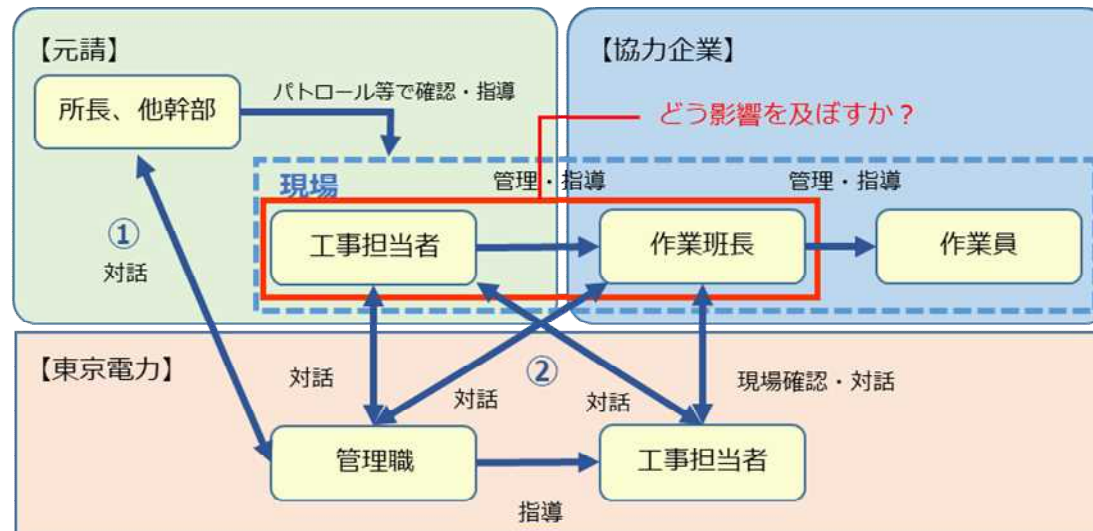
このように、現場運用・保守を専門的に行い、作業の安全・品質確保のための現場出向機会が増えるよう組織改編を実施した。

### ➤ 現場観察（MO）の強化（2021年度～）

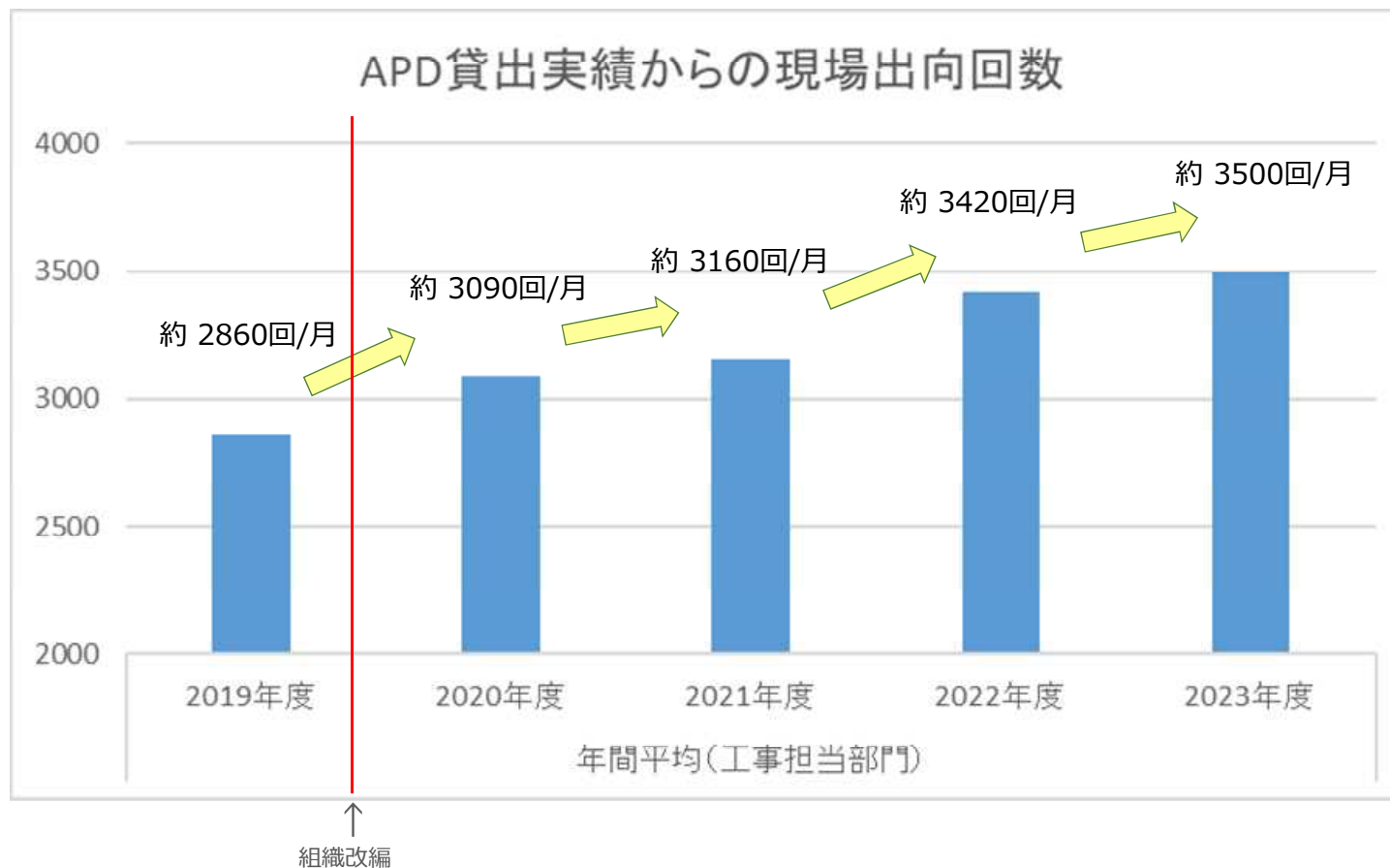
- 当社主管グループおよび元請企業による現場第一線の監督を強化するため、指導した内容、お願いした内容が、現場第一線の隅々まで認識されていることを確認する取り組みとしてMOを導入。以下のように強化してきた。
  - 2021年度、「MOによる不適合未然防止」を業務計画に定め、本格的にMOを推進（MO導入の初期段階は実施することに力点を置いたが実効的なMOを実施するかに力点をシフト）
  - 2022年度、現場の安全・品質確保の中核となる社内マネージャー・チームリーダを対象に、豊富なWANOLレビュー経験者を講師に、「現場観察」「コーチング」研修を実施
  - 2023年度、協力企業と一体となり現場の安全・品質レベルを高めるため、上記研修に「安全意識・危険感度向上」を加え、対象を協力企業にも広げている
- 廃炉安全・品質室は個別現場MOを実施すると同時に、当社主管グループ・元請企業によるMOに同行し、各々が実施するMOの実効性を横断的に確認している。

## ➤ 協力企業と一体となった取り組みの強化（2022年度～）

- 現場リスク抽出の強化（作業ごと、日々、安全行動ポイント設定）
  - ・ 作業安全・放射線安全・ヒューマンエラー・品質管理に焦点を当て、当社工事担当者が元請工事担当者等とのコミュニケーションを通じ、重要な作業リスクを特定。日々の防護指示書に記載し、作業前TBM-KYにて作業員全員で共有したうえで作業に当たることを徹底。当社社員が実施状況をMO等にて確認。
  
- 安全意識・ふるまいの強化（ルールの徹底など）
  - ・ 災害やエラーは、現場第一線の作業員の意識・行動が直接起因する。当社と企業（元請）が一体となって、安全・品質向上に関する当社の思いを現場第一線の作業員に伝え、意識・行動に影響を及ぼすよう取り組んでいる：当社各層が、あらゆる機会を活用し、一貫したメッセージで呼びかけ、対話を実施。
    - ① 元請幹部を本気にさせる
    - ② 現場第一線を指揮、監督する立場の元請工事担当者と作業班長の変容を促す



## 【参考】現場出向回数の推移（工事担当部門）

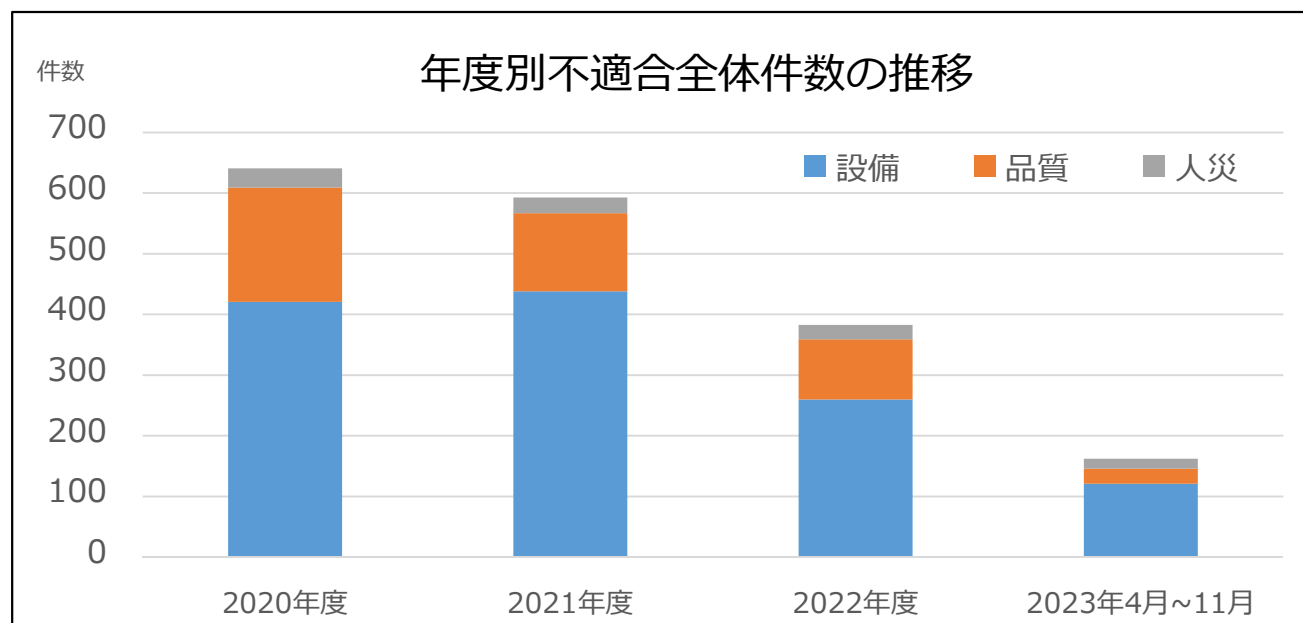


データ（2019.4～2023.11）  
APD借用実績数。福島第一における現場出向（管理職含む）



## 【参考】 不適合件数の推移

- 取り組み、改善を継続することにより、福島第一全体の不適合発生件数は年々減少してきている。



(2023年11月30日時点)

【参考】 当社定例会見資料（2023年11月16日）

増設ALPS配管洗浄作業における身体汚染発生を踏  
まえた対応について（一部抜粋）

## 2. 時系列 (1 / 2)

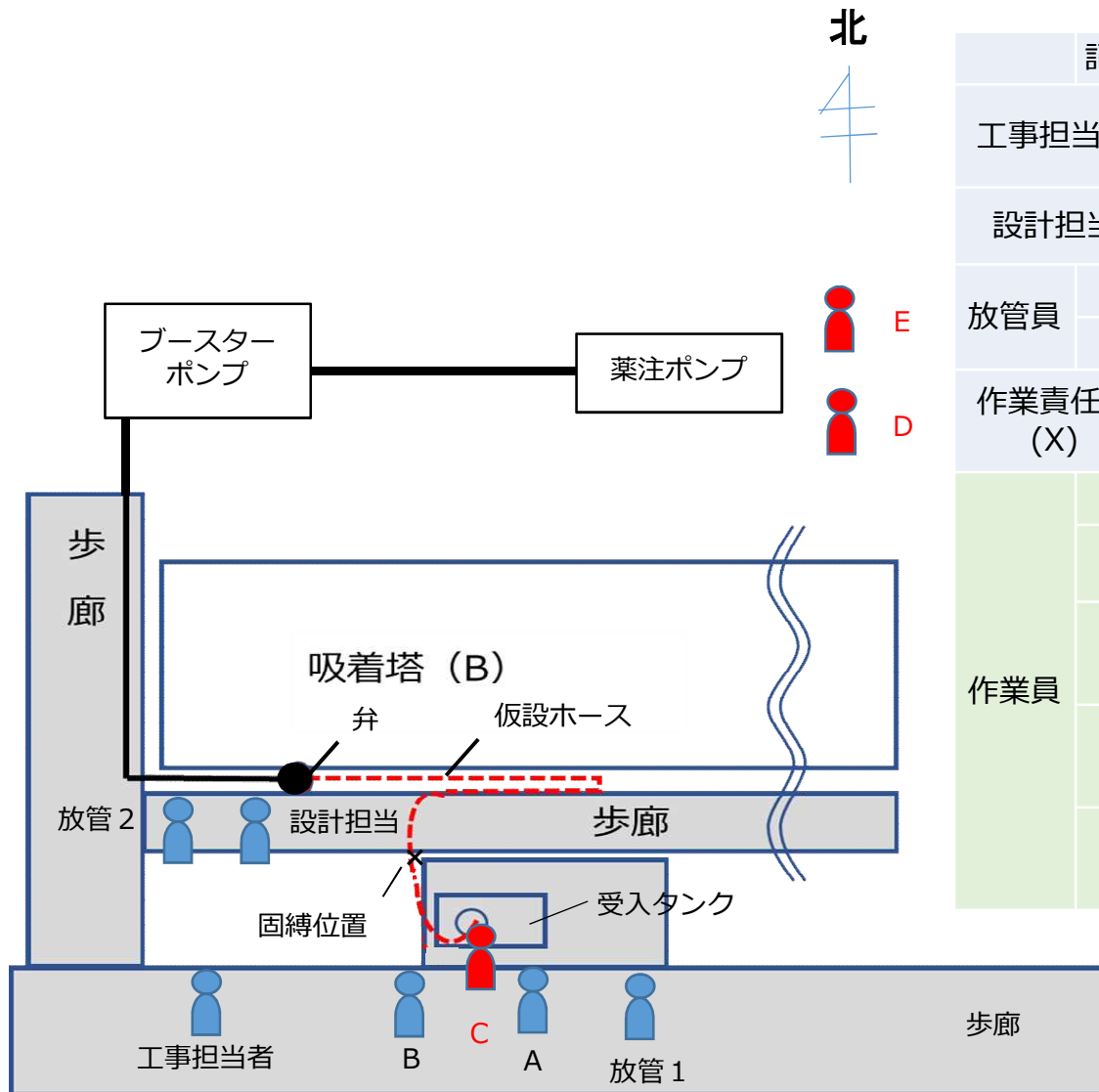
### 時系列 (10月25日)

|   |   |
|---|---|
| 5:30頃                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>朝礼、TBM-KY</li></ul>   |
| 7:30頃                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>現場KY、作業開始</li></ul>   |
| 8:20頃～<br>10:00頃                        | <ul style="list-style-type: none"><li>ガスの発生状況に合わせて薬注ポンプの起動・停止を繰り返して実施</li></ul>   |
| 10:00頃                                  | <ul style="list-style-type: none"><li>受入タンクの監視をしていた作業員Cと作業員Aが役割を引継ぎし、同建屋内別エリアへ移動</li><li>設計担当が弁開度の調整を実施（閉方向）</li></ul>  |
| 10:10頃                                  | <ul style="list-style-type: none"><li>作業員Dが薬注ポンプを起動</li></ul>   |
| 10:25頃                                  | <ul style="list-style-type: none"><li>作業員Dは、薬注ポンプで液を押し込めない状態が確認されたためポンプを停止</li></ul>  |
| 10:30頃～<br>(当日現場からは<br>10:40頃<br>と報告あり) | <ul style="list-style-type: none"><li>ホースの外れによる洗浄廃液の飛散が発生し、作業員A、Bが被水</li><li>作業員Aが外れたホースを戻した</li><li>被水後、作業員AのAPDが1回目のアラーム (<math>\gamma</math>0.5mSv設定)</li><li>作業員Aは、装備変更（ゴム手・カバーオールを一枚脱ぎ、アノラック下を着用）</li><li>作業員Bは、装備変更（アノラック下を着用）</li><li>作業員C～Eは、工事担当者から無線連絡で事案発生連絡を受け、当該エリアへ移動</li></ul>   |
| 10:45頃～                                 | <ul style="list-style-type: none"><li>飛散水の簡易ふき取り・清掃を実施（作業員B～E、工事担当者）</li><li>ホースを押さえていた作業員AのAPDが、<math>\beta</math>線5mSvの計画値を越えて連続鳴動した為、放管1は作業員Aに退避を指示。作業員Aは、アノラック下を脱いで退避を開始。</li><li>放管1は、工事担当者へ、当該エリアの立入禁止措置を依頼。また、積層マットや替え靴を取りに建屋内の放管倉庫へ向かい、装備を取得後、当該エリアへ戻った</li><li>工事担当者は、靴交換を行い、立入禁止資材（ロープ及び表示）を取りに向かい、取得後、当該エリアへ戻り、エリアの立入禁止措置を実施</li><li>放管1は、自身、設計担当および作業員CのAPD (<math>\beta</math>) の数値上昇を確認し全員待避を指示</li></ul> |

## 2. 時系列 (2 / 2)

| 時系列         |   |
|-------------|---|
| 10:45頃<br>～ | <ul style="list-style-type: none"><li>作業員Cはアノラック上下を、工事担当者および作業員Bはアノラック下の脱衣を実施（脱衣補助者：作業員D、作業員E）</li><li>作業員Eは、アノラック上下の脱衣を実施（脱衣補助者：作業員D）</li><li>作業員Dは、アノラック上下の脱衣を実施（脱衣補助者：工事担当者）</li></ul> |
| 10:50頃      | <ul style="list-style-type: none"><li>残りの全員が靴交換を行い登録センター休憩所へ退避を開始</li></ul>   |
| 11:10頃      | <ul style="list-style-type: none"><li>当社に連絡<br/>（登録センター休憩所にて、汚染が確認された作業員5名に対して、簡易な身体除染を実施）</li></ul>  |
| 12:28       | <ul style="list-style-type: none"><li>1人目（A）の身体汚染者がERに到着（飛散時に最も至近距離にいた作業員）</li></ul>  |
| 12:32頃      | <ul style="list-style-type: none"><li>1人目（A）の除染を開始</li></ul>  |
| 12:40       | <ul style="list-style-type: none"><li>第25条報告（第一報）を通報</li></ul>  |
| 12:42       | <ul style="list-style-type: none"><li>残り4名（B～E）がERに到着し、除染を開始</li></ul>  |
| 13:08       | <ul style="list-style-type: none"><li>増設ALPS建屋への関係者以外の立ち入り制限を実施</li></ul>   |
| 14:45       | <ul style="list-style-type: none"><li>作業員5名の放射性物質の内部取り込みなしを確認</li><li>作業員5名のうち1名（C）身体汚染なし、2名（D,E）除染完了</li></ul>   |
| 19:23       | <ul style="list-style-type: none"><li>残る作業員2名（A,B）の管理区域退出レベル以下の除染は困難と判断</li></ul>   |
| 19:52       | <ul style="list-style-type: none"><li>第25条報告（第二報）を通報</li></ul>  |
| 20:59       | <ul style="list-style-type: none"><li>作業員2名（A,B）が福島医大付属病院へ出発</li></ul>  |
| 22:25       | <ul style="list-style-type: none"><li>福島医大付属病院へ到着</li></ul>   |
| 00:10       | <ul style="list-style-type: none"><li>作業員2名（A,B）については診断後に入院</li></ul>   |
| 10/28PM     | <ul style="list-style-type: none"><li>作業員2名（A,B）が退院。</li></ul>  |

# 4. 1 工事管理体制・作業員の配置(発生前)



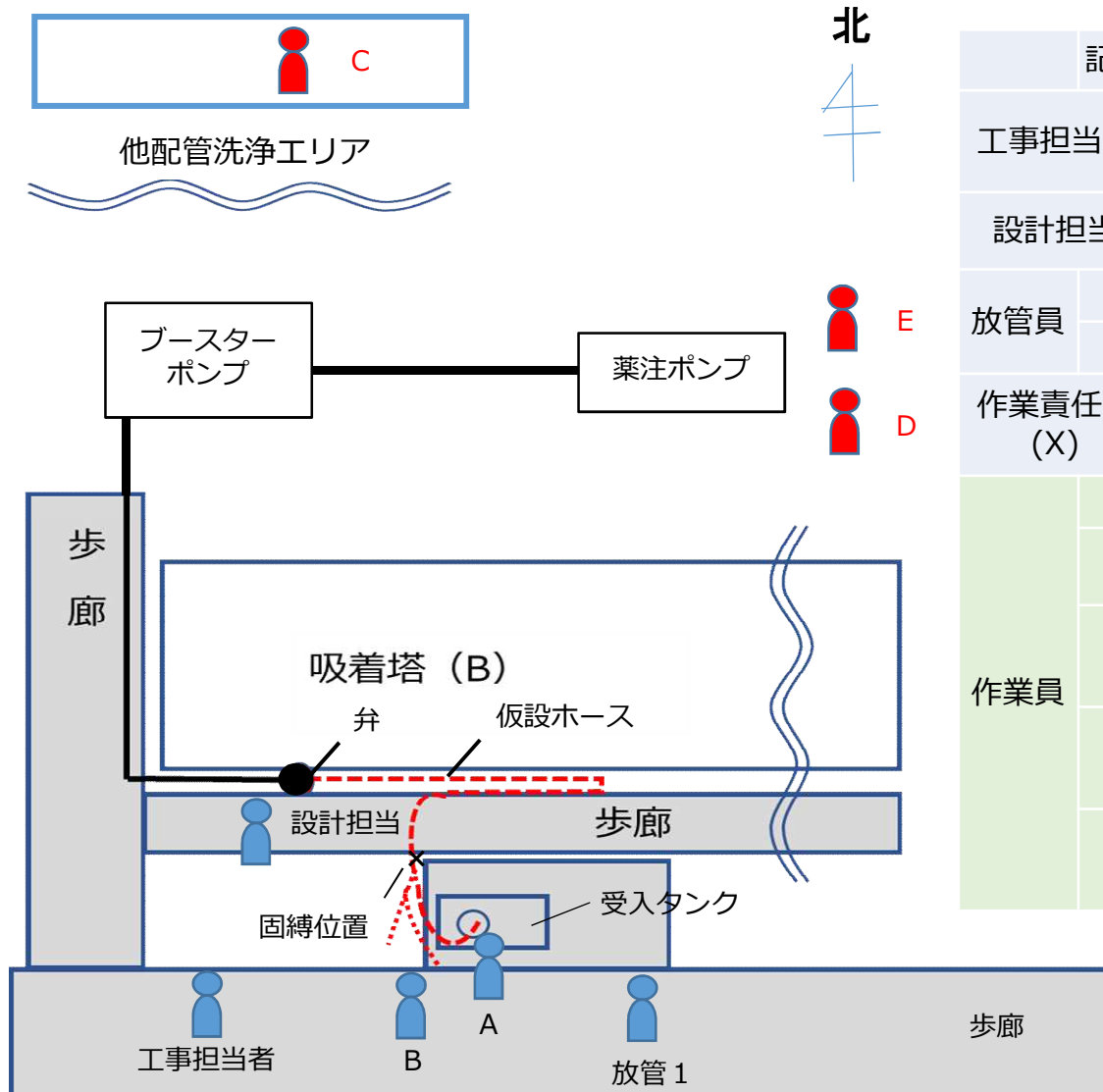
|          | 記号 | 役割分担                       | 装備                  |
|----------|----|----------------------------|---------------------|
| 工事担当者    |    | 工事とりまとめ                    | カバーオール1重<br>アノラック下  |
| 設計担当     |    | 仮設ホース内流動状態の監視等             | カバーオール1重            |
| 放管員      | 1  | 放射線管理業務                    | カバーオール2重            |
|          | 2  | 放射線管理業務                    | カバーオール2重            |
| 作業責任者(X) |    | 三次請け1の作業班長代行               | 別現場                 |
| 作業員      | A  | 受入れタンク監視(助勢) ※             | カバーオール2重            |
|          | B  | 作業班員への指揮<br>受入れタンク監視(助勢) ※ | カバーオール2重            |
|          | C  | 受入れタンク監視                   | カバーオール1重<br>アノラック上下 |
|          | D  | 薬注ポンプ操作                    | カバーオール1重<br>アノラック上下 |
|          | E  | 薬注ポンプ監視                    | カバーオール1重<br>アノラック上下 |



: アノラック上下着用者

※受入れタンク監視(助勢)にあたった作業員A、Bは、当日の作業において身体への汚染付着のおそれがないと判断し、カバーオールを着用

## 4.2 工事管理体制・作業員の配置(発生時)

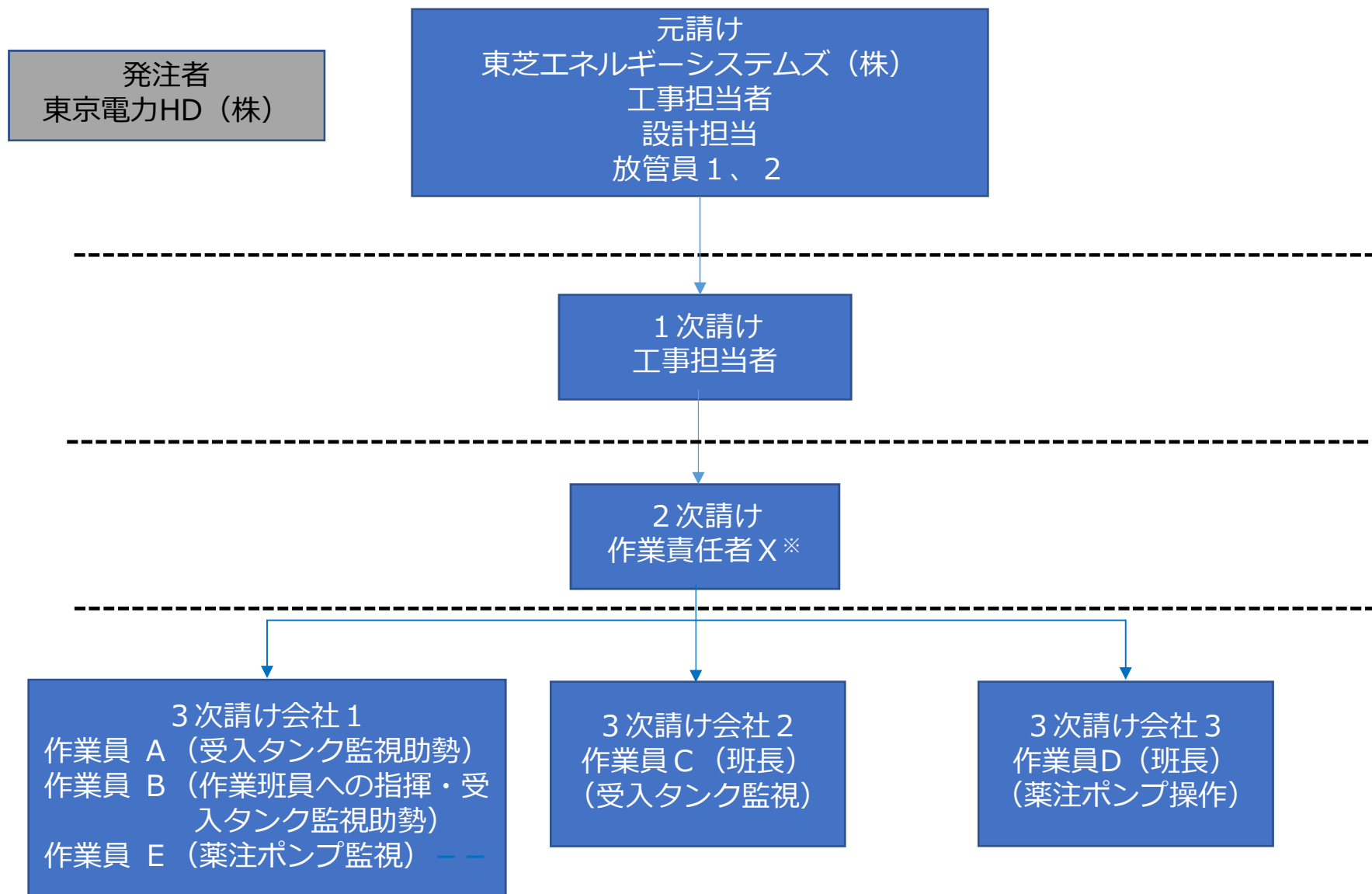


|          | 記号 | 役割分担                     | 装備                  |
|----------|----|--------------------------|---------------------|
| 工事担当者    |    | 工事とりまとめ                  | カバーオール1重<br>アノラック下  |
| 設計担当     |    | 仮設ホース内流動状態の監視等           | カバーオール1重            |
| 放管員      | 1  | 放射線管理業務                  | カバーオール2重            |
|          | 2  | 不在(休憩)                   | -                   |
| 作業責任者(X) |    | 三次請け1の作業班長代行             | 別現場                 |
| 作業員      | A  | 受入れタンク監視                 | カバーオール2重            |
|          | B  | 作業班員への指揮<br>受入れタンク監視(助勢) | カバーオール2重            |
|          | C  | 他配管洗浄後の状態確認              | カバーオール1重<br>アノラック上下 |
|          | D  | 薬注ポンプ操作                  | カバーオール1重<br>アノラック上下 |
|          | E  | 薬注ポンプ監視                  | カバーオール1重<br>アノラック上下 |



: アノラック上下着用者

## 4. 3 請負工事体制



なお、記載している役割は事案発生前

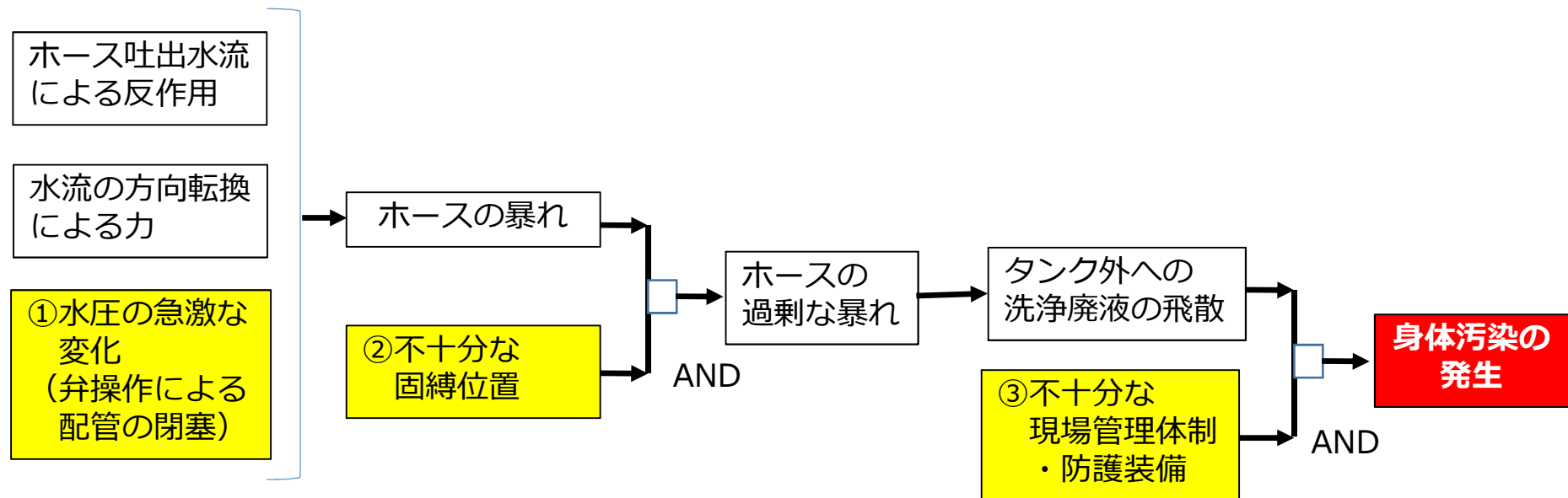
※ 3次請け会社 1 の班長を代行（他作業の巡視により不在）



## 【参考】原因の概要（要因ブロック図）

東芝報告書から引用・作成

- 事案発生要因のブロック図を示す。3件の要因が重なって身体汚染が発生した。
- 具体的には、①水圧の急激な変化（弁操作による配管の閉塞）、②不十分な固縛位置、③不十分な現場管理体制・防護装備であり、これらが重畳し、身体汚染が発生した。

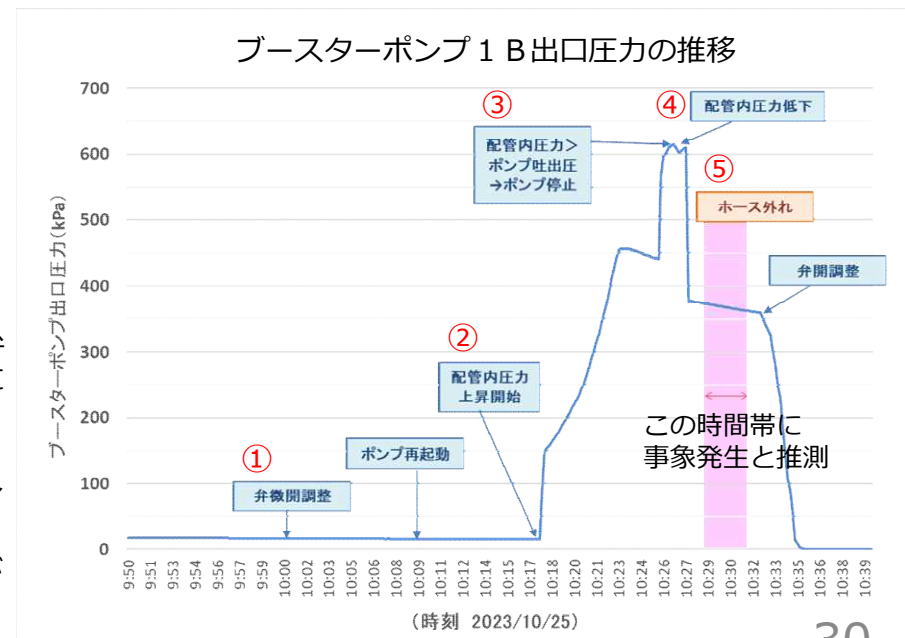
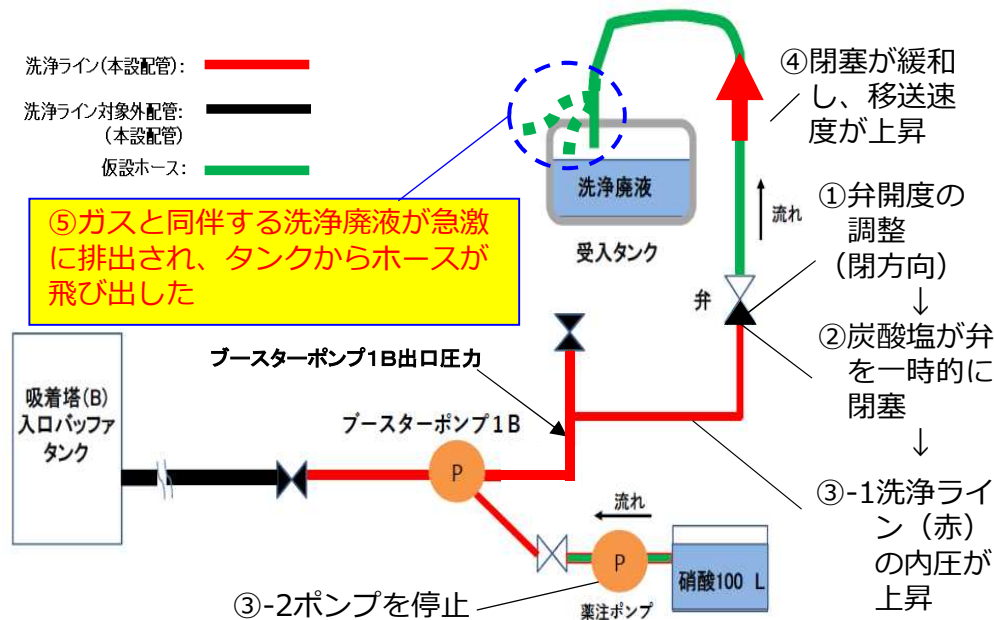


# 【参考】原因①（弁操作による配管の閉塞）

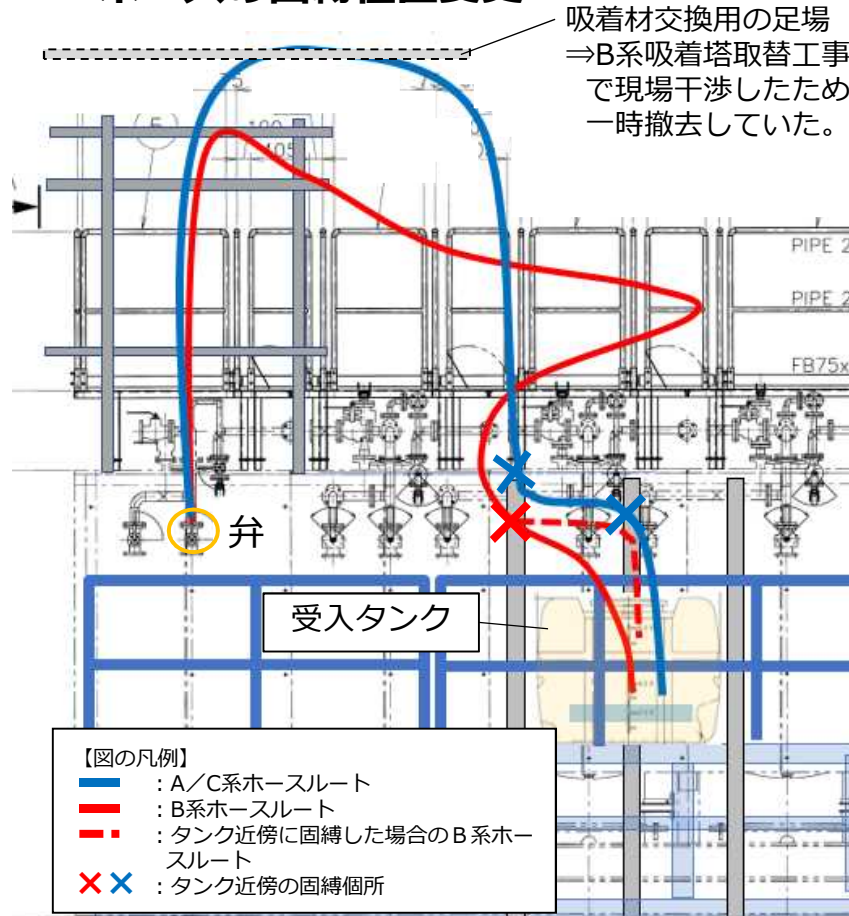
東芝報告書から引用・作成

## ■ 弁調整に起因したホースの外れ

- ① 現場にいた東芝の設計担当は、受入タンクへ排出される洗浄廃液の発生量の増加を懸念したことから、炭酸ガスのみを受入タンクへ排出するため、当初予定になかった弁（本設配管と仮設ホースの接続部）開度の調整を実施(閉方向)。
- ② その後、硝酸による溶解によって配管壁面から剥れ落ちた炭酸塩が弁を一時的に閉塞。
- ③ ポンプから当該弁まで（洗浄ラインの本設配管）の内圧が上昇し、硝酸を注入することが出来なくなったことからポンプを停止。
- ④ 炭酸塩の溶解の進行によって閉塞が緩和し流路が形成され、配管内の内圧が低下するとともに、弁の下流側（仮設ホース）における洗浄廃液の移送速度が上昇
- ⑤ ガスと同伴する洗浄廃液が急激に排出され、ホース端部に大きな反力が働き、ホースが外れたものと推定



## ■ ホースの固縛位置変更



- 過去に実施したA/C系では、弁出口からホース取り回しの頂点を高くとることができたため、左図（青線）のようにシンプルなホースの敷設が可能だった。
- B系はA/C系のように高い位置に固縛できる構造物がなくホース余長が長くなったことから、ホースが極力逆勾配にならないように敷設すると、左図（赤線）のようにホースの取り回しが複雑になった。
- この際、タンクの直上で固縛すると左図（赤点線）のようにタンクへの差し込み深さが浅くなり、ホース先端と液面との距離が離れることから、廃液排出時のダストの舞い上がりや液位に合わせたホース端部の高さ調整が出来なくなることを懸念した。
- 以上より、B系はA/C系の時と比較してホースを固縛する位置がタンクから離れた個所になり、ホースがタンクから飛び出しやすい状況になった。
- 東芝の工事担当者は、要領書で具体的な固縛個所が明記されていなかったことや、A/C系ではホースがタンクから外れるような兆候が見られなかったことから、「×」の固縛で問題ないと判断した。

## 【参考】原因③（不十分な現場管理体制・防護装備）

東芝報告書から引用・作成

| 原因                             | 問題点                                  | 請負企業の対応  | 結果                                 | 東電要求事項  |
|--------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------------|---|
| 作業員Aがアノラックを着用せずにタンク液位の監視役を実施した | ①作業班長の不在<br>東芝による東電ルールの逸脱（現場作業を優先した） | <ul style="list-style-type: none"> <li>作業責任者Xは、班長資格を有していない作業員Bが班員の指揮をすることで、三次請け1の作業班長を代行した。</li> <li>作業責任者Xは現場KY実施後、他の現場に移動。</li> <li>東芝は、作業班長資格を取得していない3次請け作業員Bが作業班長の役割を担うことを許容していた。</li> <li>作業班長が作業実施に当たって重要な役割を担うにもかかわらず、作業班長不在で作業を実施することを、東芝(工事担当者)が許容した。</li> <li>東芝は、作業班長が不在の現場体制でも、過去の同種作業経験から作業を行えると考え、東電の現場管理ルールの逸脱を認識していたが、作業を行うことを優先した。</li> </ul> | た。適切な防護装備（アノラック）の着用・指示をせず、身体汚染が発生し | <ul style="list-style-type: none"> <li>作業班に班長は1人配置</li> <li>作業班長の役割として、作業員を指揮</li> <li>作業班長は、作業班長の資格取得者が担務<br/>(工事共通仕様書)</li> </ul> |
|                                | ②工事担当者・放射線管理員の指示不足                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>作業員Cが作業員Aと引き継ぎした時に、工事担当者と放射線管理員は、過去のホースの状態を見て、放射性液体が飛散する可能性は無いと考え、作業員Aにアノラックを着用することを指示しなかった。</li> </ul>   |                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>作業員への放射線防護の指導・指示<br/>(工事共通仕様書)<br/>(放射線管理仕様書)</li> </ul>                                     |
|                                | ③作業員Aの防護装備着用の意識不足                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>作業員Aは、放射性液体を扱う作業と認識していたが、過去のホースの状態を見て、放射性液体が飛散する可能性は無いと考え、アノラックを着用する必要は無いと判断をした。</li> </ul>   |                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>放射性液体を扱う作業ではアノラックを着用<br/>(放射線管理仕様書)</li> </ul>   |
| 放射性液体が飛散した範囲に作業員Bが居た           | ④放射性液体を直接扱う作業でなくとも広範囲に飛散する可能性の予期が不十分 | <ul style="list-style-type: none"> <li>作業員Bは、放射性液体を扱う作業と認識していたが、過去の同種作業経験から放射性液体が飛散する可能性は無いと考え、アノラックを着用しなかった。</li> <li>工事担当者および放射線管理員は、アノラック着用要否の判断を、班員の指揮をしていた作業員Bに任せた。</li> </ul>  | が飛散し、放射性液体が                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>放射性液体を扱う作業ではアノラックを着用<br/>(放射線管理仕様書)</li> </ul>   |

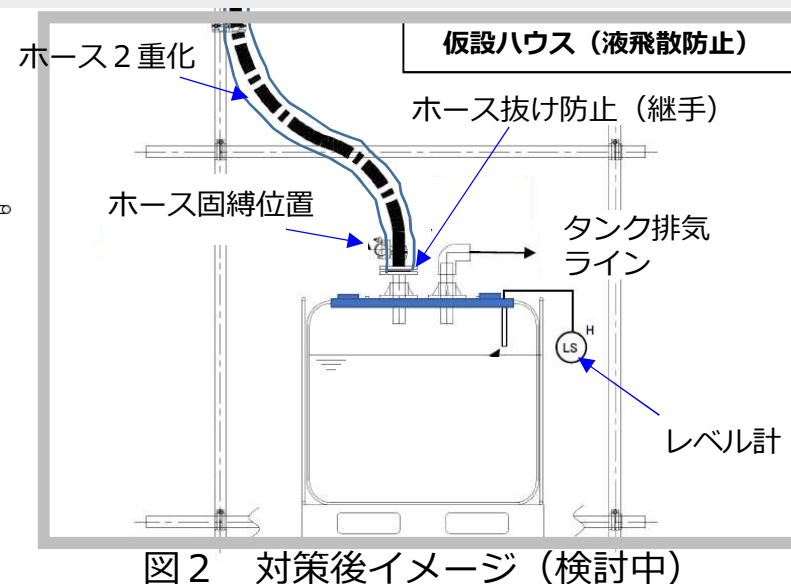
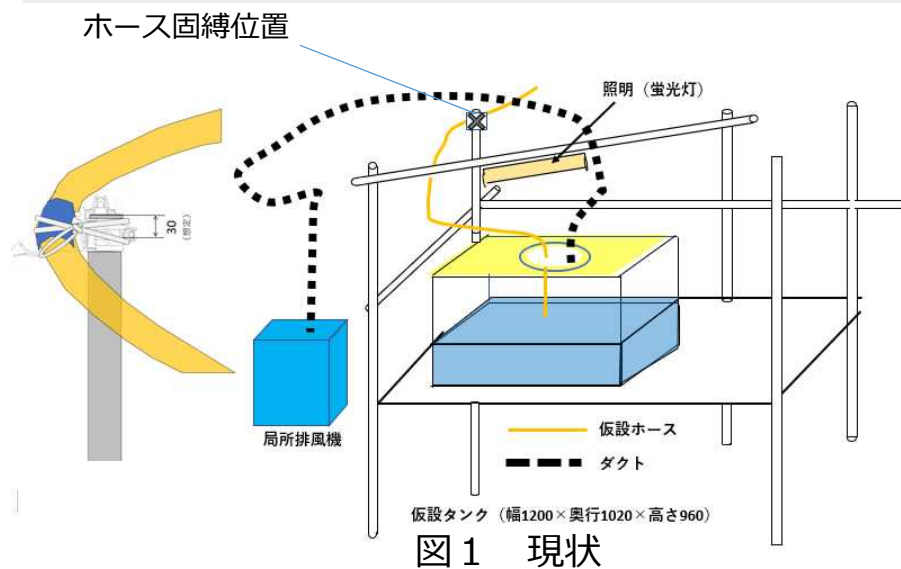
## ■ 弁操作による配管の閉塞に対する対策

- 弁開度調整操作の禁止（当該弁に表示札等で表示）を徹底する。
- また、通常や想定と異なる事案が発生した場合には一旦作業を中断し、リスク評価を含む対応方針を協議する。

## ■ 不十分な固縛位置に対する対策

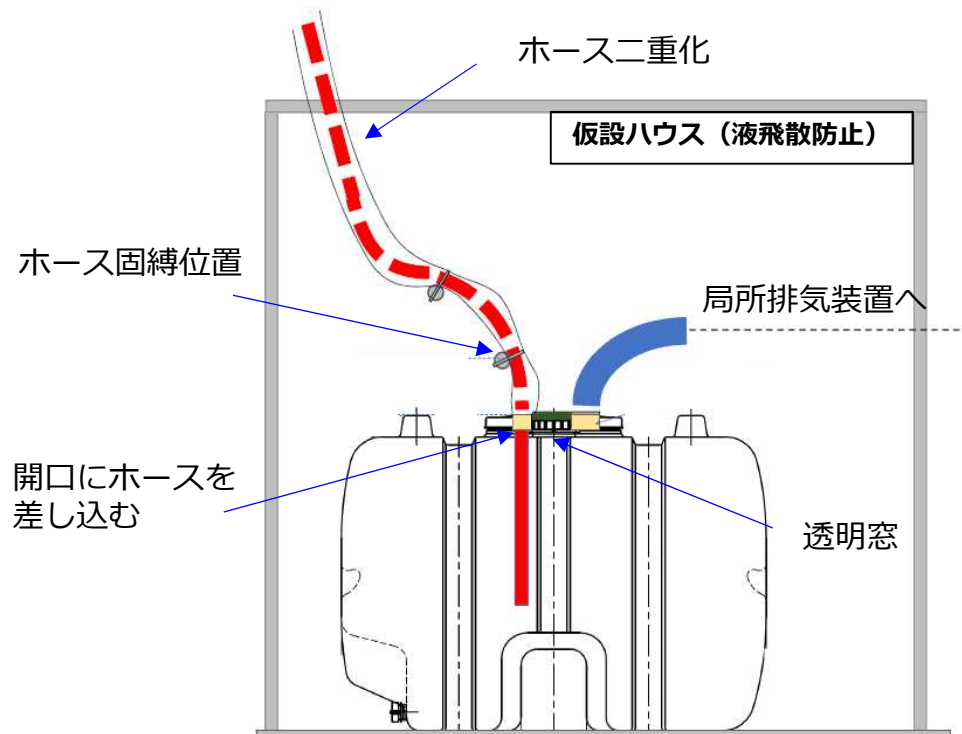
- 洗浄廃液が飛散しない構造となる、抜本的な設備改善を検討する。恒久対策が整うまでの間の対策としてはモックアップにより固縛位置を確定する。また、洗浄廃液飛散時の汚染拡大防止のため、対象エリアをハウスで区画する。

《恒久対策》：ホース固縛位置をホースとタンクの取合部近傍に設置。タンク上部での取合部は継手とし、ホース抜け防止対策を実施。また、仮設ハウスで区画。液位は直接の監視ではなくレベル計で監視。





《恒久対策が整うまでの間》：タンク開口部の蓋にホースと同等の径の孔をあけ、ホースをその孔に挿入する。また、ホースを蓋の直上近傍に固縛する。これにより、ホースがタンクから外れることを防止する。更に、万一の漏えい時の汚染拡大防止のために、仮設ハウスで区画する。



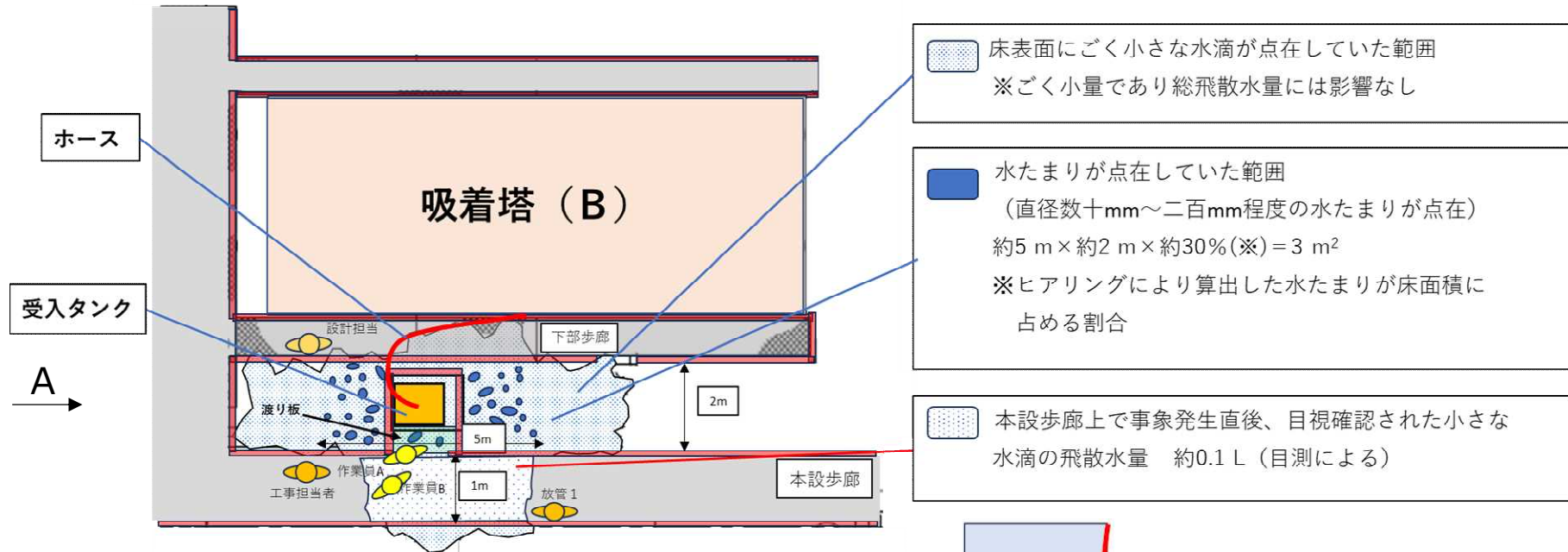
応急対策後イメージ（検討中）

※作業再開に際しては、実際のホースを用いて圧力と気液混合を模擬したモックアップにより適切なホースの差し込み深さや固縛位置を決定する

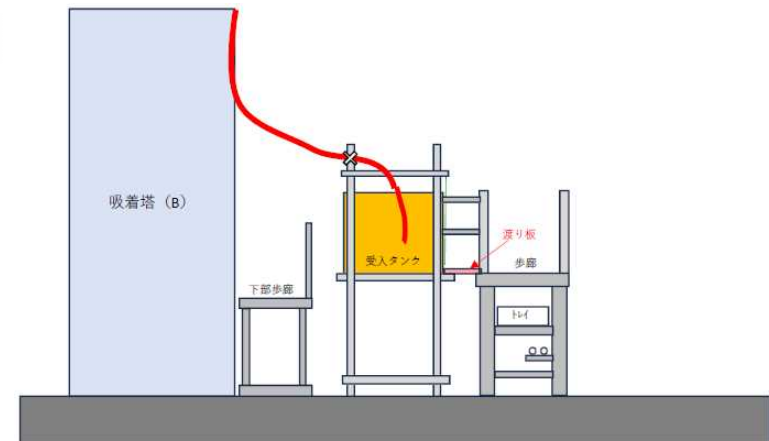
# 【参考】 洗浄廃液の飛散状況

東芝報告書から引用・作成

- 当時現場にいた者およびエリアの除染作業に従事した者からヒアリングを実施した結果、作業員が被水した量を含め、飛散量は数リットルと推定



床面への飛散状況



断面図 (A矢視)

# (参考) 増設ALPS 系統図

