

**東京電力ホールディングス株式会社殿**

**福島第一原子力発電所における身体汚染発生に関する  
調査結果・原因と再発防止対策について**

2023年11月16日

東芝エネルギーシステムズ株式会社

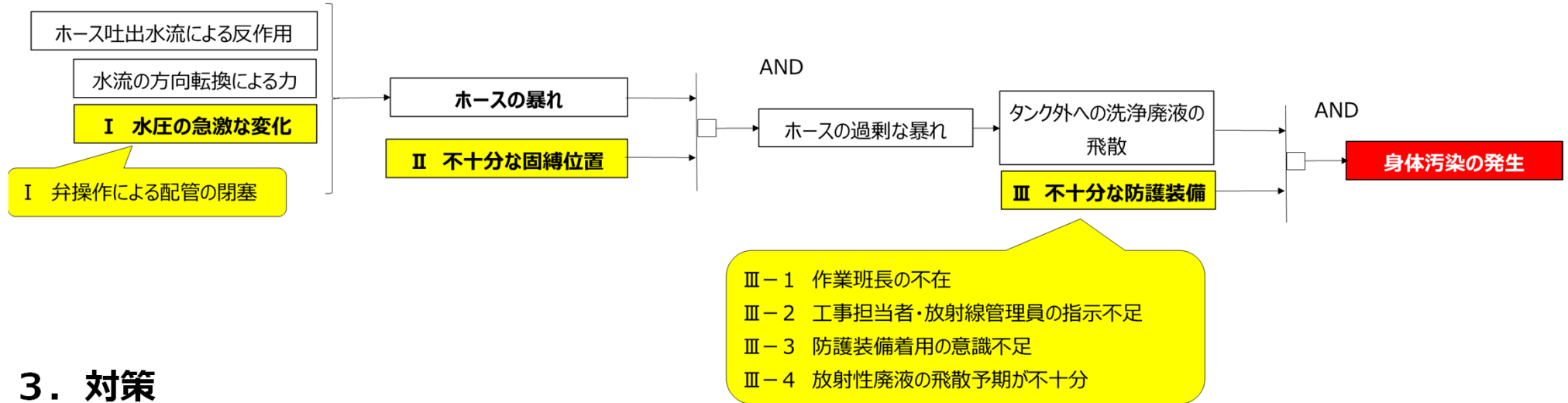
# 増設ALPS\*配管洗浄作業における身体汚染発生の原因と対策について

## 1. はじめに

増設ALPS建屋における作業において発生した、作業員への身体汚染について、主要因と対策を示す。

## 2. 要因ブロック図

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。



## 3. 対策

要因 I :弁開度調整操作の禁止（当該弁に表示札等を設置）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。

要因 II :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。

要因 III :放射性液体を取扱う作業では作業区画を設定し、適切な防護装備を装着する運用に見直す。

施工会社に対しては作業班長を自社から配置することを徹底させる。

当社は作業前に作業班長の配置を確認した上で、作業着手させる。

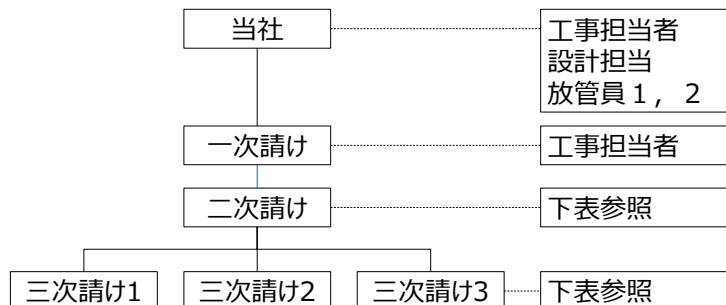
当社所長他のパトロールにより作業班長が作業班の指揮・指導を実施していることを確認する。

サイト従事者全員に、放射線防護・放射線管理に関する階層毎のあるべき姿を明確にし、それぞれの役割を理解するための教育を実施する。

当社は今回の事象を真摯に受け止め、現場安全・品質を重視し、上記の対策を着実に進めていく。

# 事実関係（工事請負体制・関係者一覧・関係者の配置）

## 1. 工事請負体制



## 2. 当日の関係者

事象当日の関係者は下表の通り。

作業員	会社	当日の役割	装備	事案発生時の動き
工事担当者	当社	工事とりまとめ	カバーオール 1重 アノラック下	現場監督
設計担当	当社	仮設ホース内流動状態の監視等	カバーオール 1重	弁微開操作
放管員 1	当社	放射線管理業務	カバーオール 2重	放管業務
放管員 2	当社	放射線管理業務	カバーオール 2重	休憩
作業責任者X	二次請け	三次請け1の作業班長代行 [班長資格あり]	-	別現場
作業員 A※1	三次請け 1	受入タンク監視助勢 [班長資格なし]	カバーオール 2重	タンク監視をCから引き継ぎ
作業員 B※1	三次請け 1	作業班員への指揮 受入タンク監視助勢 [班長資格なし]	カバーオール 2重	タンク監視助勢継続
作業員 C	三次請け 2	受入タンク監視 [班長資格あり]	カバーオール 1重 アノラック上下※3	タンク監視をAに引継ぎ、他配管洗浄エリアを確認
作業員 D※2	三次請け 3	薬注ポンプ操作 [班長資格あり]	カバーオール 1重 アノラック上下※3	薬注ポンプ操作継続
作業員 E※2	三次請け 1	薬注ポンプ監視 [班長資格なし]	カバーオール 1重 アノラック上下※3	薬注ポンプ監視継続

※1 身体汚染あり。サイト内除染後、病院搬送→3日後退院

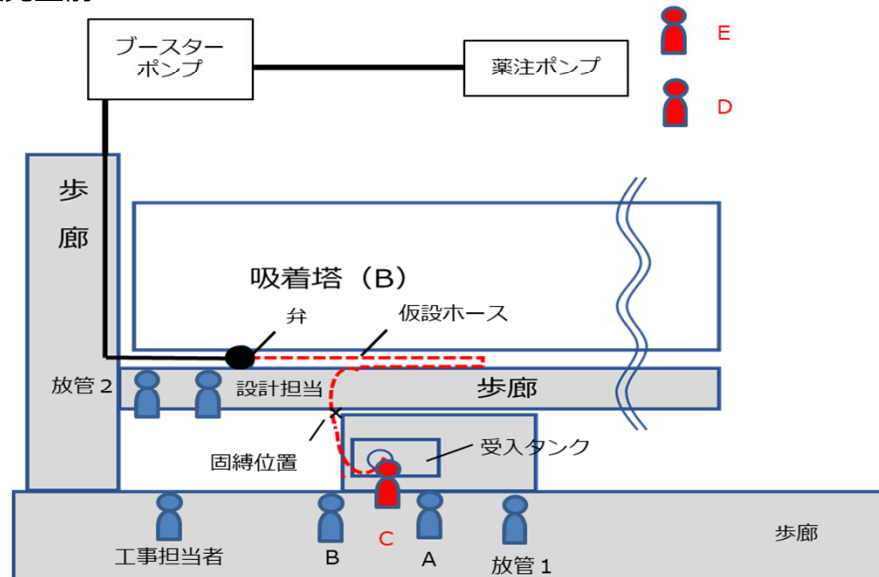
※2 身体汚染あり。サイト内除染完了

※3 適切な防護装備

## 3. 関係者の配置

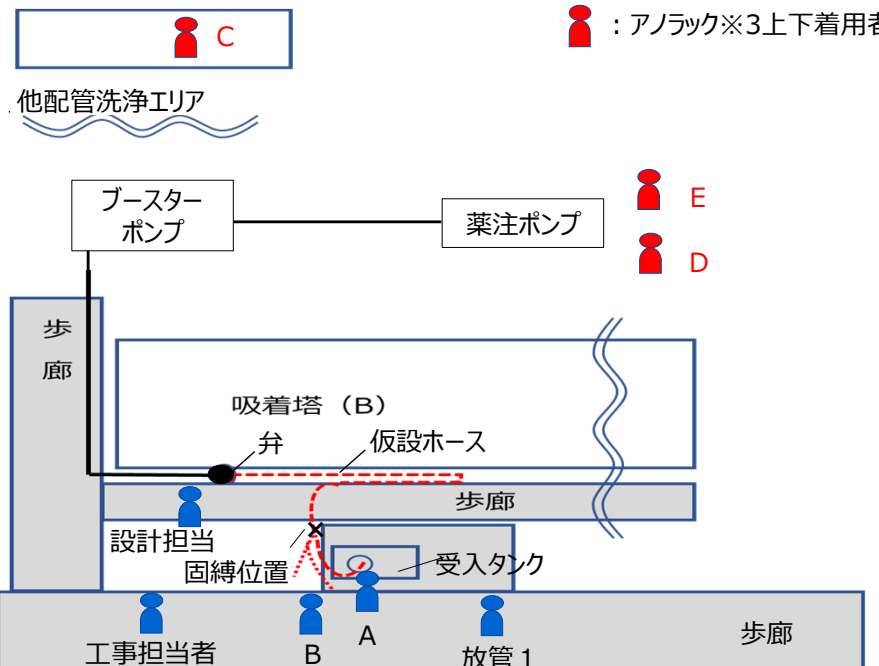
事案発生前

: アノラック上下※3着用者



事案発生時

: アノラック※3上下着用者



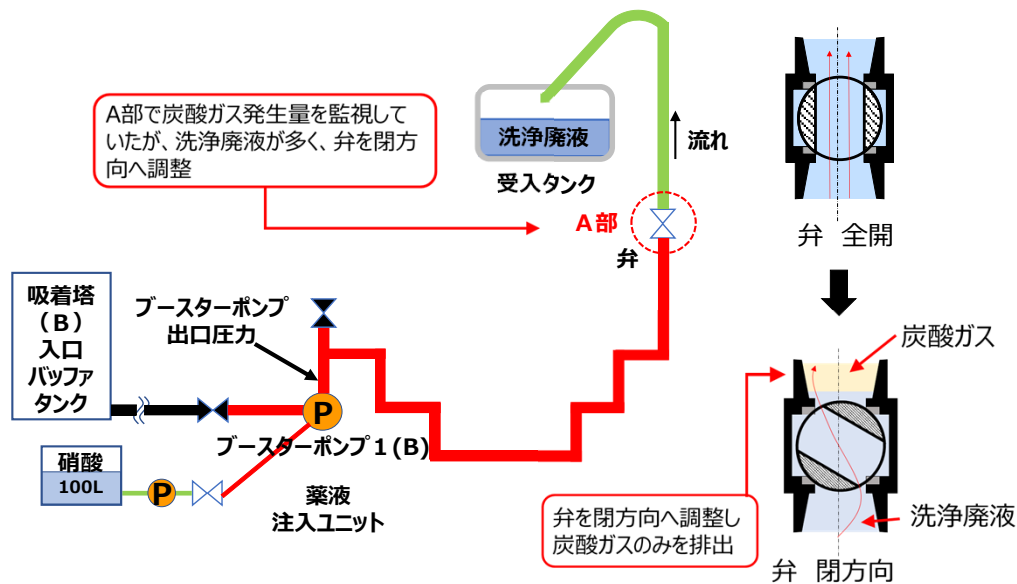
# 要因I：弁操作による配管閉塞

## 1. 配管洗浄時の状況

- 配管洗浄が1日では終了せず、2日目も洗浄を継続した
- 2日間に渡る配管洗浄で洗浄廃液発生量が多くなった

## 2. 洗浄作業時における弁操作した背景

配管洗浄時間が長引いたことにより洗浄廃液発生量の増加を懸念したことから、当初予定になかった弁開度の調整を実施（閉方向）



## 3. ホースが外れた事象の原因推測

- 1)弁開度の調整により、炭酸塩が一時的に閉塞。系統内の圧力が一時的に上昇（図4参照）
- 2)硝酸による炭酸塩の溶解により閉塞が緩和され流路の形成・流路の形成により洗浄廃液の移送速度が上昇しホース端部に大きな反力が働き、ホースが外れた

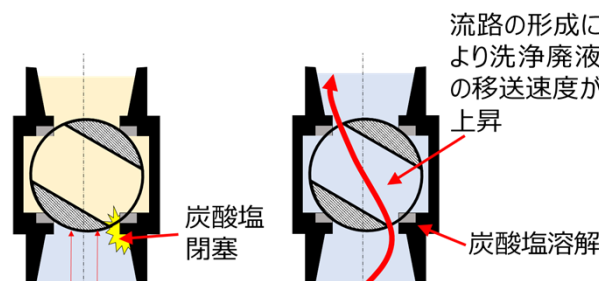
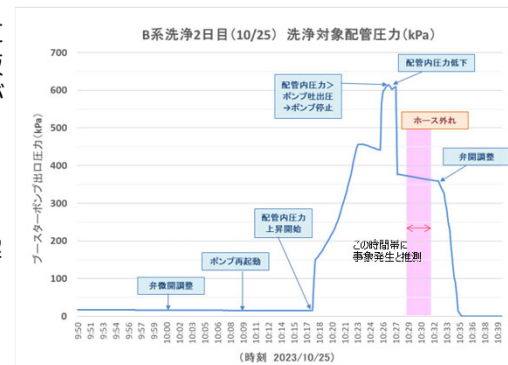


図3 弁の閉塞状態及び流路形成による洗浄廃液の移送状態



## 4. 問題点

弁の開度調整は当初予定のない操作であった

当該操作の問題点は以下の通り

- 1)洗浄時間が長時間となった際の作業手順を明確にしておくべきだった
- 2)弁操作する際のリスク評価をしておくべきだった

## 5. 対策

- 硝酸を配管内に留めることで洗浄効率改善を考えた
- 弁を絞ることにより炭酸ガスのみを受入タンクへ排出することを考えた

- 予定のない弁開度調整操作の禁止（当該弁に表示札等を設置）通常や想定と異なる事象が発生した場合には、一旦作業を中断し対策を協議
- 洗浄時間が長引いた際のリスク評価(判断基準の明確化)の徹底

# 要因Ⅱ：不十分な固縛位置

## 1. 固縛位置とホース外れの関連性

- ホースにはたらく反力※<sup>1</sup>が大きくなると、ホースが動くが、ホース端部からの固縛位置が遠いと、ホースの振れ幅が大きくなる
  - この振れ幅が、タンク開口部より大きくなるとホースはタンク開口部から外れ、固縛位置から自然な位置（垂れ下がった位置）へと移動する
  - ホースが動く際にホースが曲がっていると、そこにはたらく流体の力でホースは複雑な動きをする
- ※1：物体にかかる外力に抗して、支持箇所に発生する力  
反力が増大する要因  
→流体の流れる方向、速度、圧力が急激に変動した場合

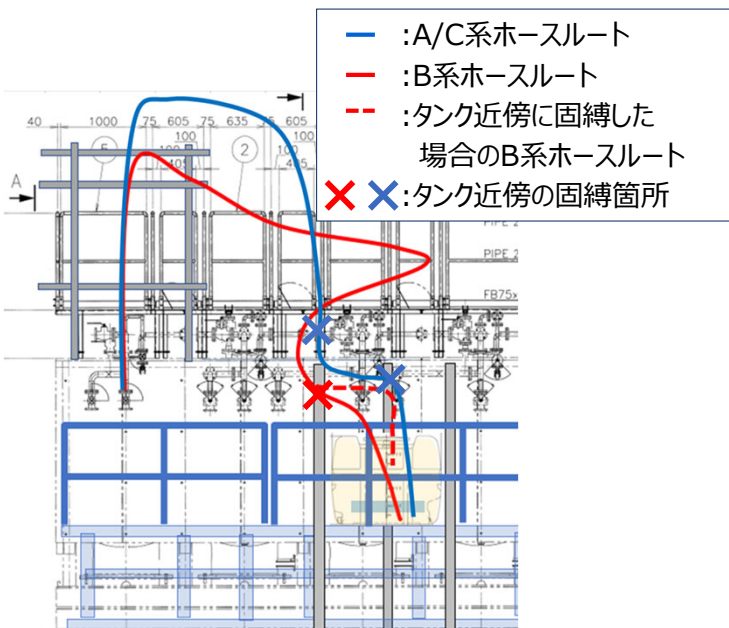


図1 A/C系とB系のホース固縛位置の違い (イメージ図)

B系ではA/C系よりホース頂部を高くとれなかったため、ホース経路が複雑となり、タンク開口部近傍に固縛するとホース差し込みが浅くなりすぎた

## 2. 開口部からホースが外れない固縛位置

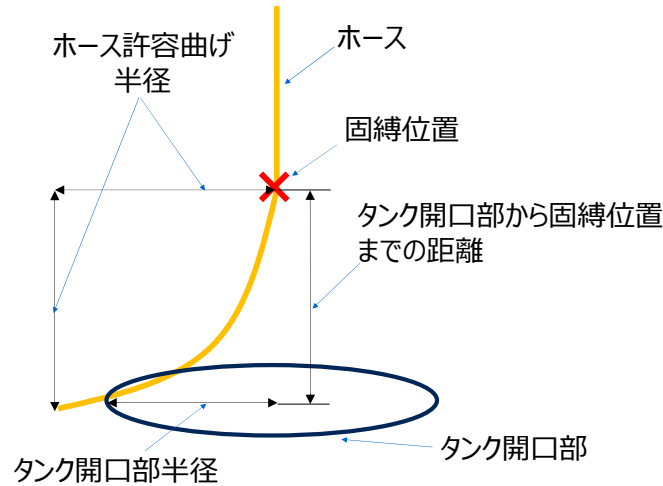


図2 ホースが外れない固縛位置のイメージ図

本事象発生時のホース固縛位置は、ホース許容曲げ半径の関係から、ホースが開口部から外れる関係にあり、不十分

ホースが曲がらないあるいはホースが曲がってもタンクから外れないホース固縛位置、固縛方法の検討が必要

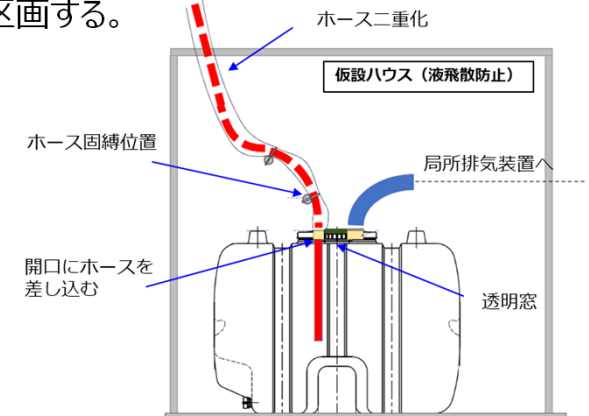
実際のホースを用いて圧力と気液混合を模擬したモックアップにより、ホースの差し込み深さ、固縛位置を決定

設計要求として、工事要領に反映

## 3. 対策

【恒久対策が整うまでの間】

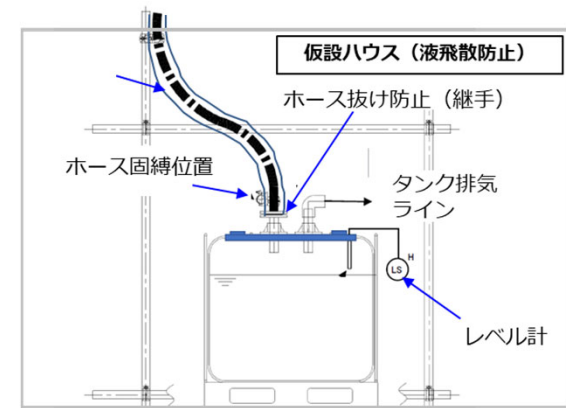
タンク開口部の蓋にホースと同等の径の孔をあけ、ホースをその孔に挿入する。図2の考え方も参考にしてホースを蓋の直上近傍に固縛する。これにより、ホースがタンクから外れることを防止する。更に、万一の漏えい時の汚染拡大防止のために、仮設ハウスで区画する。



応急対策後イメージ (検討中)

【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  
液位はレベル計で監視



## 要因Ⅲ:不十分な防護装備に係る原因と対策(1/2)

原因	主要因	当社の問題点	背後要因	対策
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 当社による客先 ルールの逸脱 (現場作業を優先した)	①-1. 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。	①-1. 作業責任者Xは三次請け1（施工会社）の作業班長を配置しないと作業ができないと考え、自らが班長を代行した。	①-1-1. 当社は施工会社に対して作業班長を自社から配置することを徹底させる。 ①-1-2. 当社は作業班長が施工会社から有資格者を配置されていることを確認する。配置されていない場合は、作業を取り止めとする。
		①-2. 作業責任者Xは現場KY実施後、他の現場に移動。	①-2. 作業責任者Xは、経験豊富な作業員Bが班長資格を有してしないが、現場を取り纏められると認識した。客先の現場管理のルールを理解していたが、現場作業を進めることを優先した。	①-2-1. 当社所長の指導のもと、客先の現場管理ルールの内、作業班長が知るべき内容（作業班長制度、等）を作業班長へ教育する。 ①-2-2. 当社所長らは現場実態を把握するために、パトロール等にて、作業班長がおり作業班の指揮・指導を実施していることを確認する。
		①-3. 当社は作業班長資格を取得していない三次請け作業員Bが作業班長の役割を担うことを許容していた。	①-3. 当社は作業を取り止めず実施することを優先するため、二次請けの作業班長代行を許容していた。	①-3. ①-1-1、①-1-2と同一。
		①-4. 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、当社(工事担当者)が、許容した。	①-4. 工事担当者は作業班長が現場に常駐しなければならぬ客先管理ルールを理解していたが、作業を進めることを優先した。	①-4-1. 当社所長の指導のもと、客先の現場管理ルールの内、工事担当者が知るべき内容（作業班長制度、等）を工事担当者へ教育する。 ①-4-2. ①-2-2と同一。
		①-5. 当社は、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、客先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。	①-5. 当社は客先の現場管理ルールの逸脱を認識していたが、現場作業を進めることを優先した。	①-5. ①-1-1、①-1-2と同一。
②工事担当者・放射線管理員の指示不足	②-1. 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。	②-1-1. 工事担当者として、現場の放射線管理に責務があることの認識が不足していた。	②-1-1. 当社は、放射線防護・放射線管理に関する階層毎の役割と責務について、ルールを周知する従来の内容に加え、階層間での認識の齟齬が起きないことを目的とした相互理解を深める教育を実施する。 ②-1-2. ②-1-1と同一。	
		②-1-2. 放射線管理員は、作業員 B にアノラック着用の指示をしたということを確認しなかった。		

## 要因Ⅲ:不十分な防護装備に係る原因と対策(2/2)

原因	主要因	当社の問題点	背後要因	対策
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	③作業員 A の防護装備着用の意識不足	③-1. 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ないと考え、アノラックを着用する必要は無いと判断をした。	③-1-1. 作業員 A は過去の同種作業 (A/C 系) の実績でホースが動かなかったため、今回 (B 系) も動かないと思い込んだ。 ③-1-2. 作業員 B も過去の過去の同種作業 (C 系) の実績でホースが動かなかったため、今回 (B 系) も動かないと思い込み、アノラックを着用する必要はないと判断した。	③-1-1. 防護装備の着脱基準について、人が判断するのではなく、エリアやクリーンハウス内外など、明確な基準とする。 ③-1-2-1. ①-2-2 と同一。 ③-1-2-2. 当社は、放射線防護・放射線管理における作業班長の役割に関するふるまい教育を実施する。
放射性廃液が飛散した範囲に作業員 B が居た	④放射線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	④-1. 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。 ④-2. 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。	④-1. 作業員 B は過去の同種作業 (C 系) の実績でホースが動かなかったため、今回 (B 系) も動かないと思い込んだ。 ④-2. ②-1-1、②-1-2 と同一。	④-1. ③-1-1 と同一。

**TOSHIBA**