

H6エリアタンク天板部からの漏えい に対する原因と対策について

平成26年3月7日
東京電力株式会社



東京電力

1. 概要 (1 / 5)

【H6エリアタンク上部天板部からの漏えい（漏えい状況）】

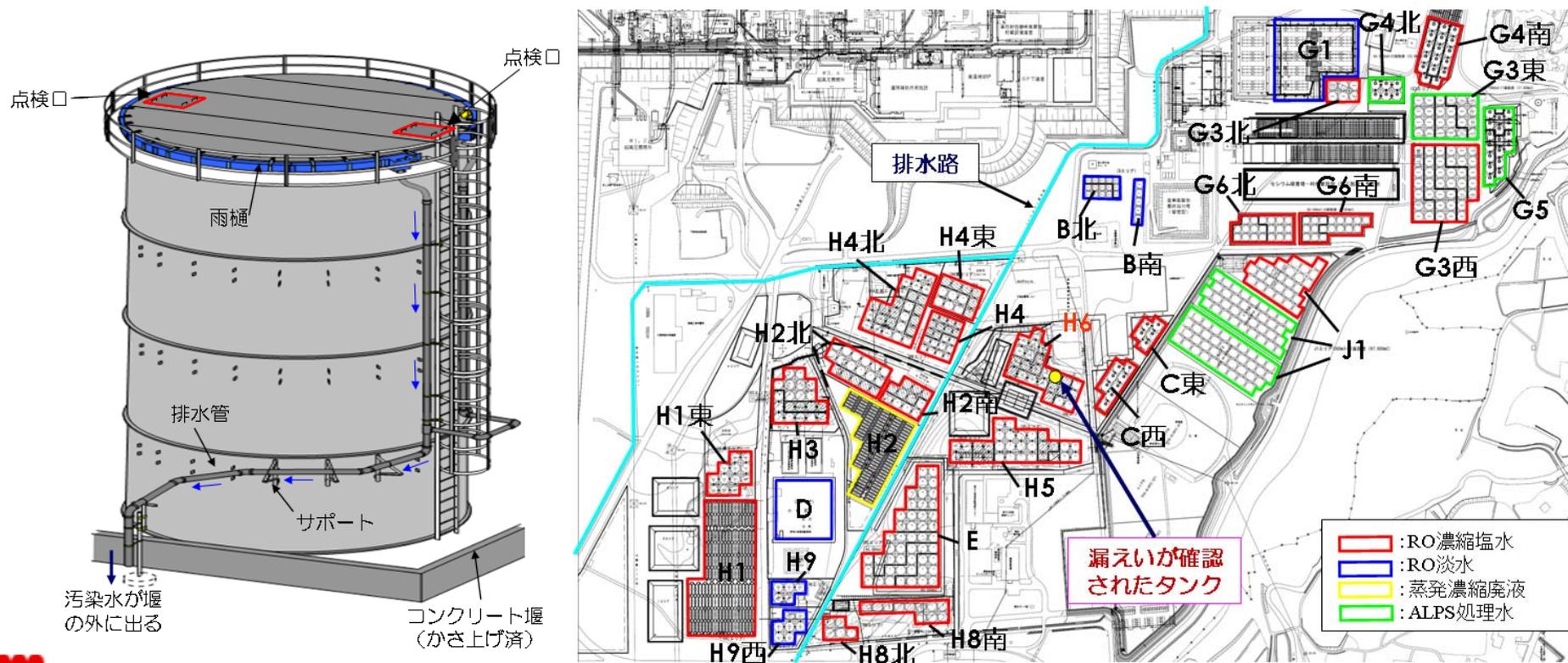
◆2/19 23:25頃、タンクエリアパトロール中の協力会社作業員が漏えいを発見。

①タンク上部天板部から、雨樋を伝って堰外に漏えい。

推定漏えい量は約100m³。

②漏えい水の放射能濃度は、全β最大2.4億Bq/L（堰外漏えい部）。近くに排水路がなく、また漏えい拡大防止済であり、海への流出は無いものと推定。

③地表等に残存した漏えい水42m³を回収済。周辺土壌は約130m³を回収済。

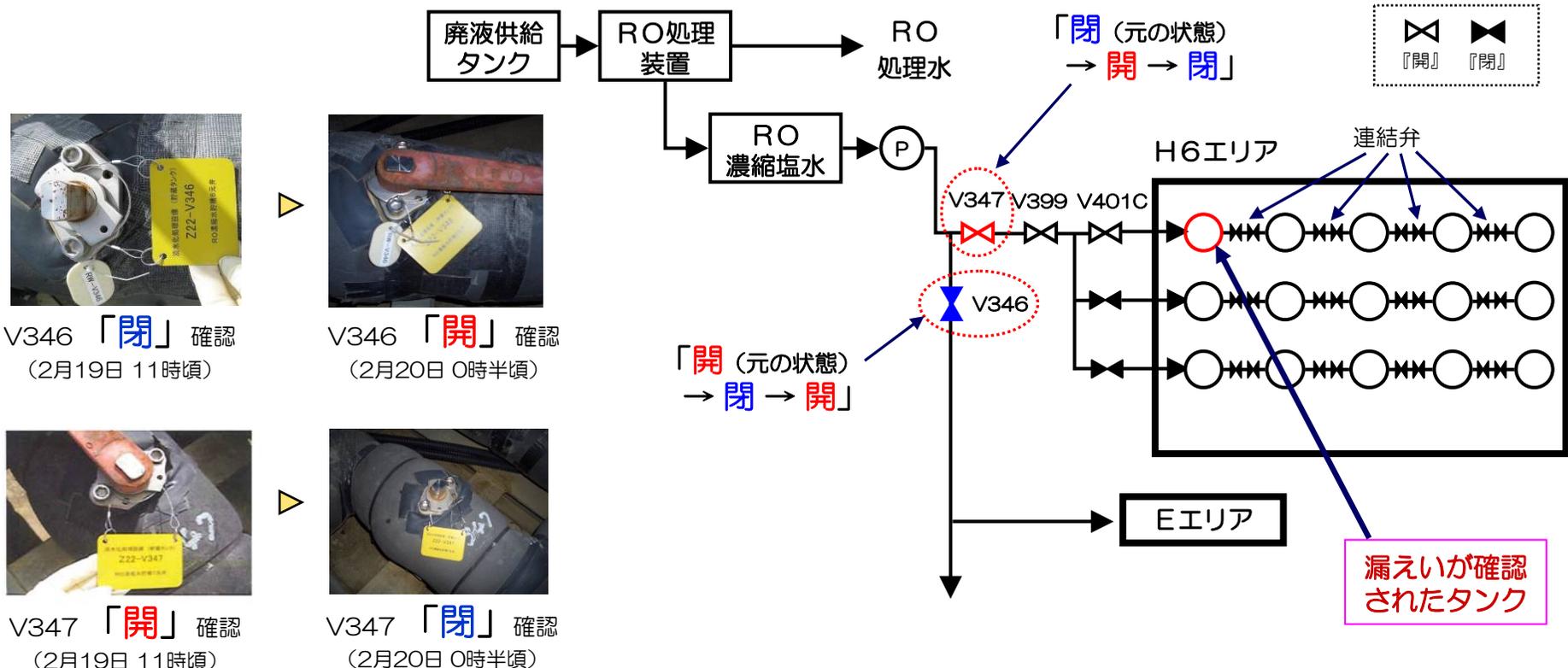


1. 概要 (2/5)

【H6エリアタンク上部天板部からの漏えい（原因）】

◆汚染水はEエリアのタンクに送られることとなっていたが、漏えい発生時、Eエリアではなく、H6エリアの受払タンク（当該漏えいタンク）へ汚染水が移送される系統構成となっていた。すなわち、Eエリアへの弁（V346）は「閉」、H6エリアへの分岐上の弁（V347）は「開」となっていた。

なお、漏えいの発生が確認された時点では、汚染水がEエリアに送られる元の系統構成に戻っていた。



1. 概要（参考）

弁の開閉状態について

◆H26.2.24の汚染水対策検討WGの時点では、V399,V401Cについて、再受入の可能性のあることからH25.4.17に「開」とするよう当社指示があったものと認識していたが、その後の調査（当社の運転引継日誌、協力企業の引継メモの確認）により以下のことが分かった。

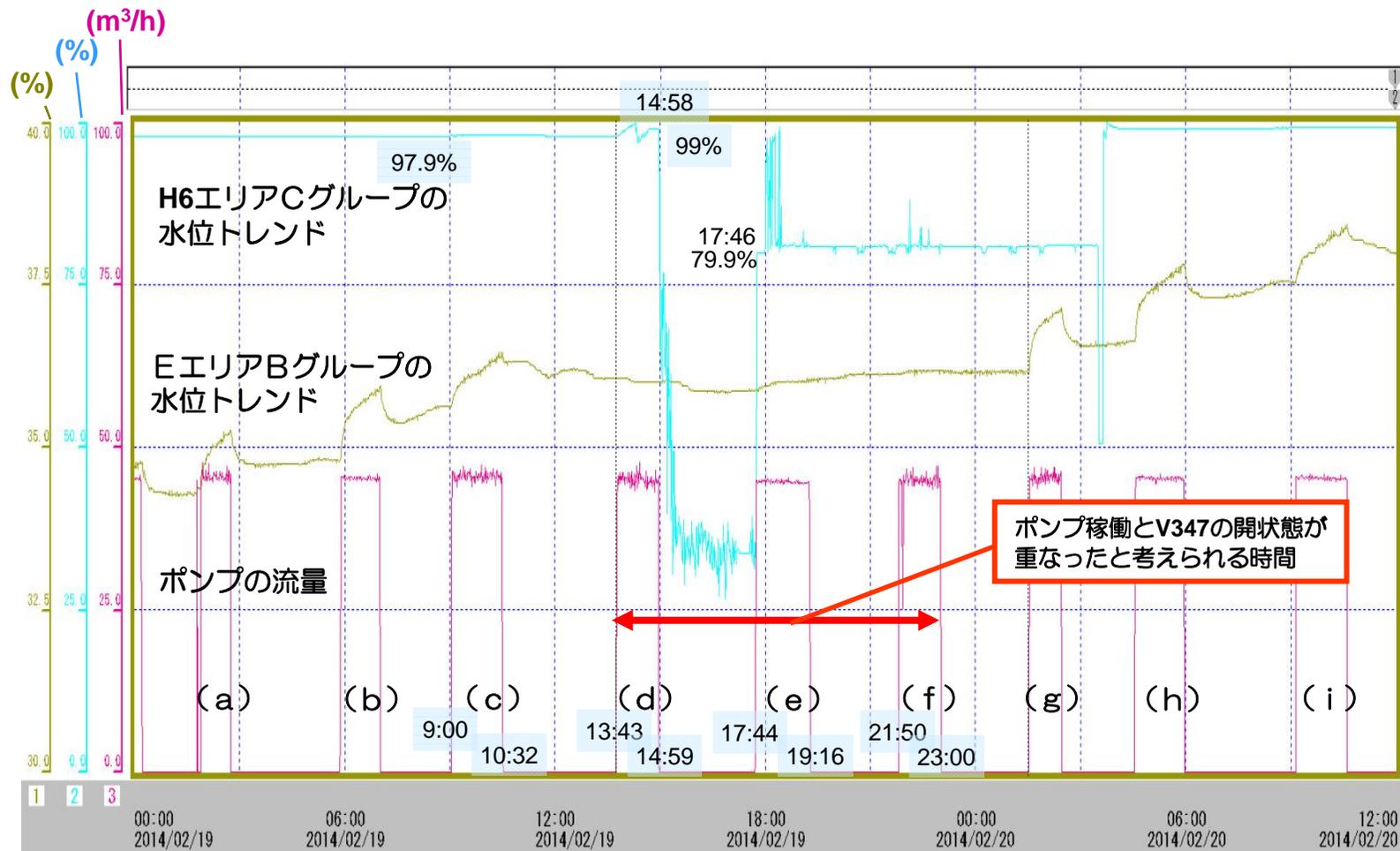
- 「開」としたのは、H6エリアの（C）タンク群のタンク間連結弁（※）であったこと。
- （C）タンク群への汚染水の追加受入れ準備としてH25.4.16に当社が連結弁を「開」としたこと。（運転引継日誌）
- H25.4.17に（C）タンク群への汚染水の追加受入れ後、協力企業に連結弁を「開」状態のまま維持することについて情報共有したこと。（協力企業の引継メモ）
- H25.4.22に当社が連結弁を「閉」としていること。（運転引継日誌）
- H26.2.19のH6エリアタンク天板からの漏えい発生後、H26.2.20に水位低下の目的で連結弁「開」としたこと。（運転引継日誌）
- H26.2.20に連結弁を「開」として水位を低下させたが、「液位高高」警報がクリアされる水位までは低下していなかったため、H26.2.28にROへの移送（再循環運転）を行い、水位を低下させた後、同日、連結弁を「閉」とし、現時点（H26.3.5）も「閉」状態にあること。（運転引継日誌）

（※）H6エリア（C）タンク群は5個のタンクで構成されており、連結弁数は8個

1. 概要（参考）

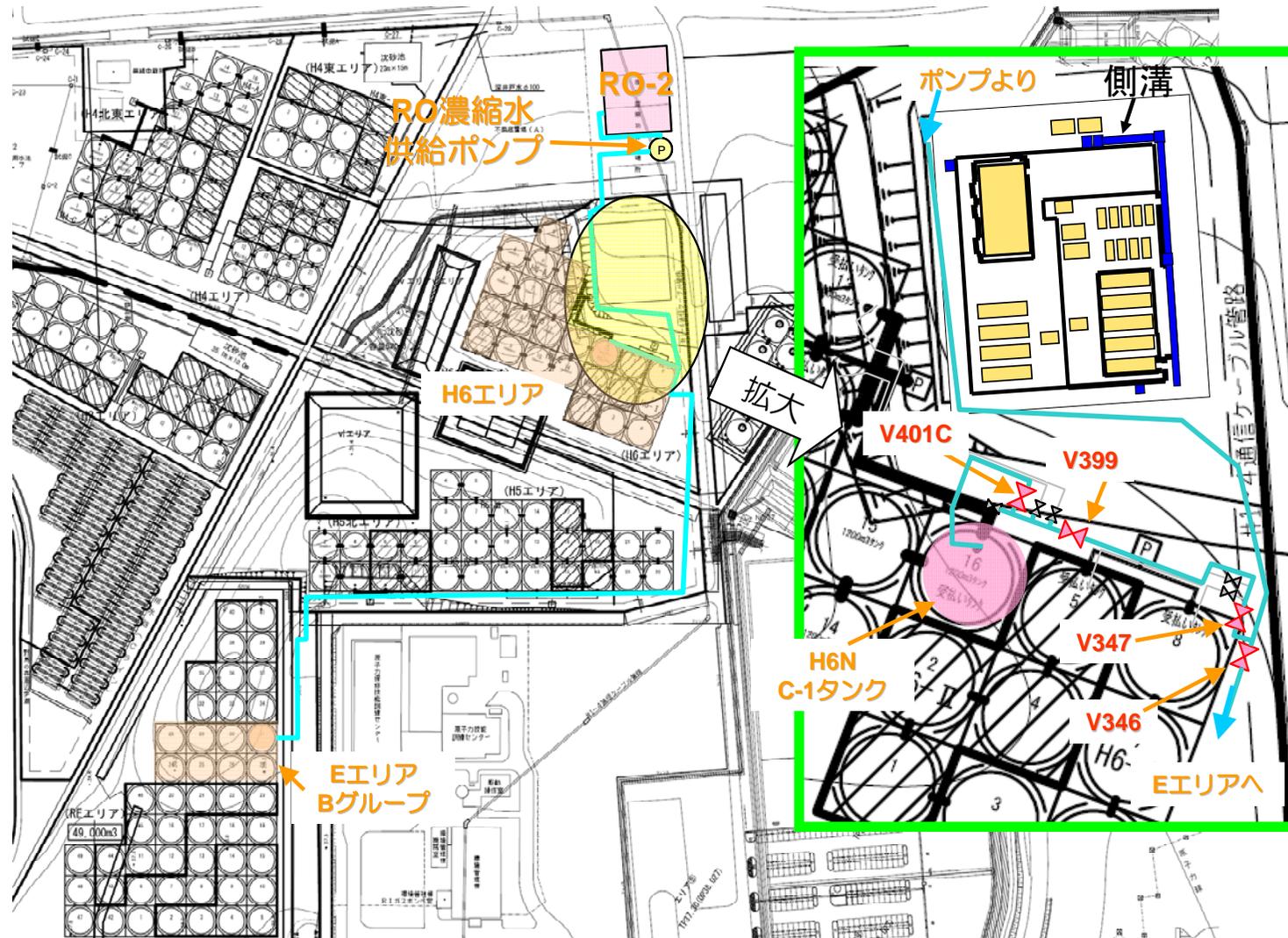
- H25.4.16 運転引継日誌
『濃縮水貯槽3C,10C,12B,C,D,E連結弁を「開」実施しています。』との記載あり
 - H25.4.17 協力企業の引継メモ
『3C,10Cの連結弁は「閉」にしないでこのままにしておきます。もしかしたら、まだ、受け入れるかも』との記載あり
 - H25.4.22 運転引継日誌
『10C連結弁を「閉」実施しています。』との記載あり
 - H26.2.20 運転引継日誌
『・・・RO濃縮水貯槽10Cの連結弁（8個）を「全開」にしてレベル低下操作を実施し・・・』との記載あり
 - H26.2.28 運転引継日誌
『操作弁 全開→全閉：RO濃縮水貯槽10C連結弁（8個）』との記載あり
- ◆ H26.2.24のWGの時点では、上記引継メモ等の内容から、連結弁を「開」とすることに上流側の隔離弁であるV399, V401Cの「開」も含まれると解釈していた。
- ◆ その後、引継メモ等には、連結弁の記載しかないこと、水処理関係者（当社及び協力企業）の認識としては、通常、V399及びV401Cは連結弁に含まれないとのことであったため、H25.4.17にV399及びV401Cを「開」としておいたとの解釈は誤解であった。

1. 概要 (3/5)



Eエリア、H6エリアタンク水位とRO濃縮水供給ポンプの起動状況

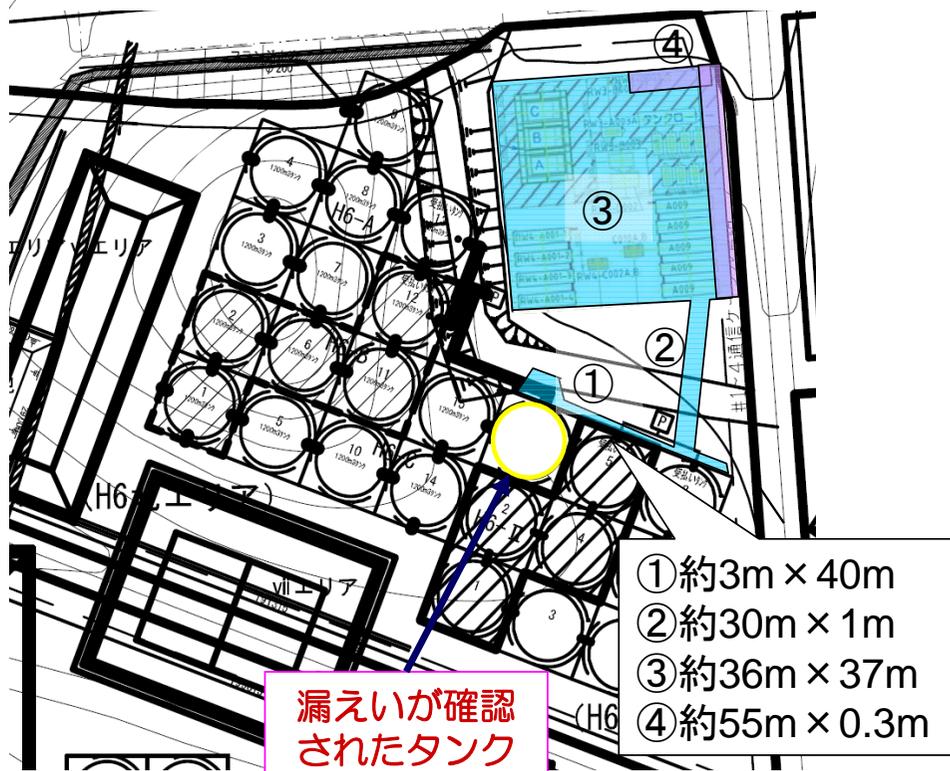
1. 概要 (4/5)



配管ルート図 (RO濃縮水供給ポンプ~H6エリアタンク)

1. 概要 (5/5)

- 堰の外へ流れた漏えい水 (約100m³)
 - ① H6タンクエリア堰近傍 (※)
 - ② 電気ケーブルが収納されているU字溝
 - ③ 淡水化装置 (蒸発濃縮) の装置エリア (※)
 - ④ 側溝 (排水路には接続なし)



(※) ③は①より1.5m程度低い

汚染水の漏えい範囲



漏えいの状況 (①エリア)



漏えいの状況 (③エリア)

2. 汚染水漏えい拡大防止状況

漏えい水による汚染拡大を防止するため、下記の汚染源の除去・監視対策を実施

①残水回収

- 2月21日までに、タンク堰外へ漏えいした汚染水約100 m³に対して、約42 m³を回収済
- 今後は、周辺土壌からの染出し等により、漏えいエリア付近の側溝内に汚染水起因の溜まり水が発生する可能性があるため、定期的を確認し、必要に応じて回収を実施する。

②土壌回収

- 現在130m³程度の汚染土壌回収が完了
- 重機による更なる汚染土壌回収を継続中
- 配管等の干渉物により重機による作業が困難な箇所については、干渉物撤去後に回収作業を進めることとし、現在配管移動・撤去を実施中。
- 別途、汚染状況を踏まえた回収範囲について検討中。

③観測孔・ウェルポイント設置

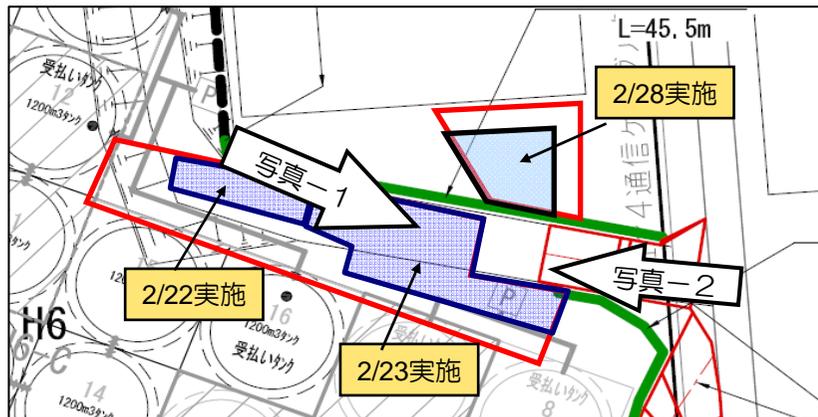
・地下水観測孔の設置

- 地下水の汚染状況を観測するための地下水観測孔の設置作業を開始しており、3月下旬までには設置・観測開始予定。
- 観測孔は、汚染水が漏えいした範囲並びに地下水の下流域に設置予定（計3箇所）

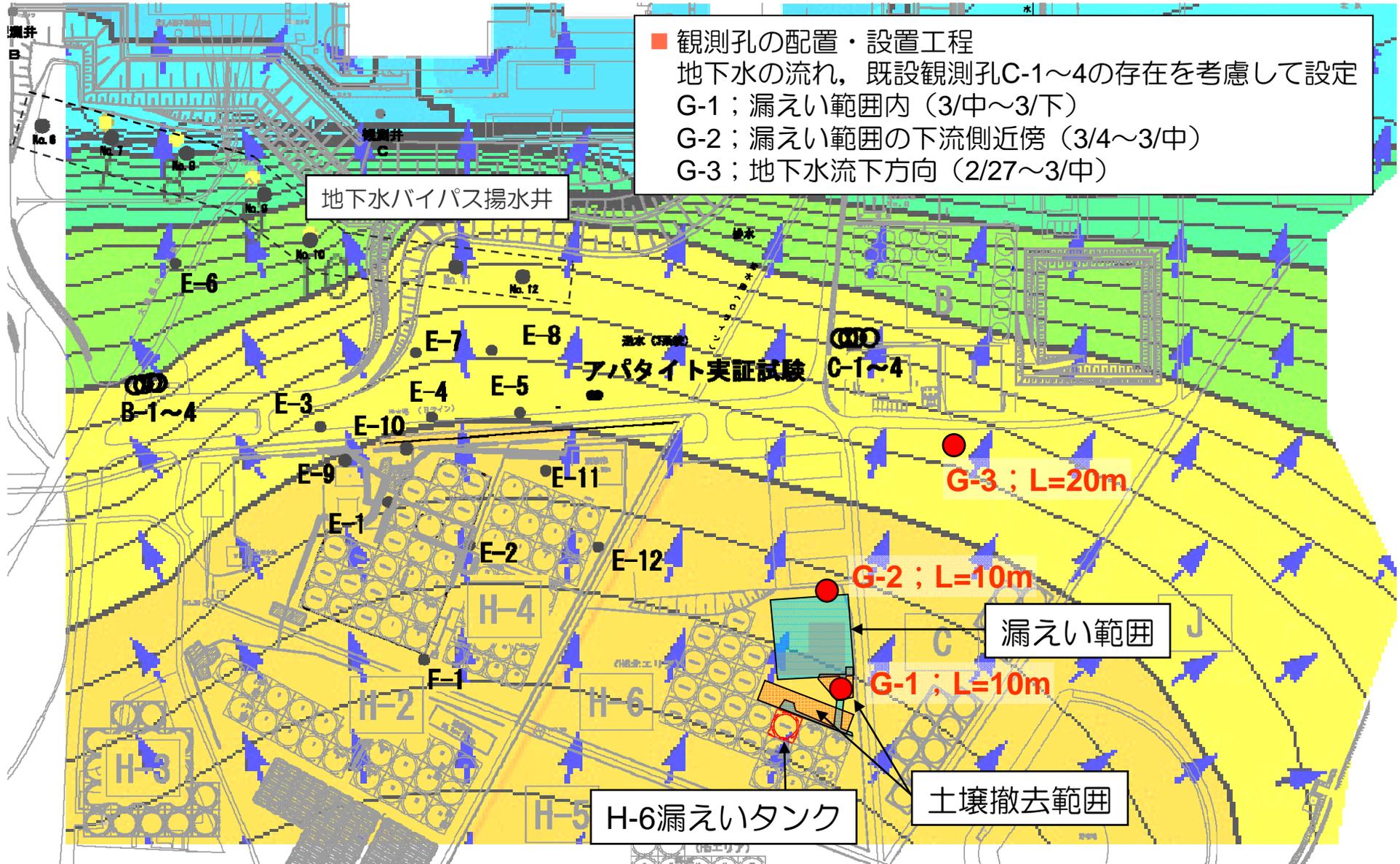
・ウェルポイントの設置

- 地下水の汚染が確認された場合に備えて、予めウェルポイントを設置することを計画中
- 資機材は手配済みで、土壌回収、観測孔設置作業の進捗状況に応じて設置（3月下旬設置完了予定、汲み上げ時期は観測孔サンプリングの結果に応じて決定）

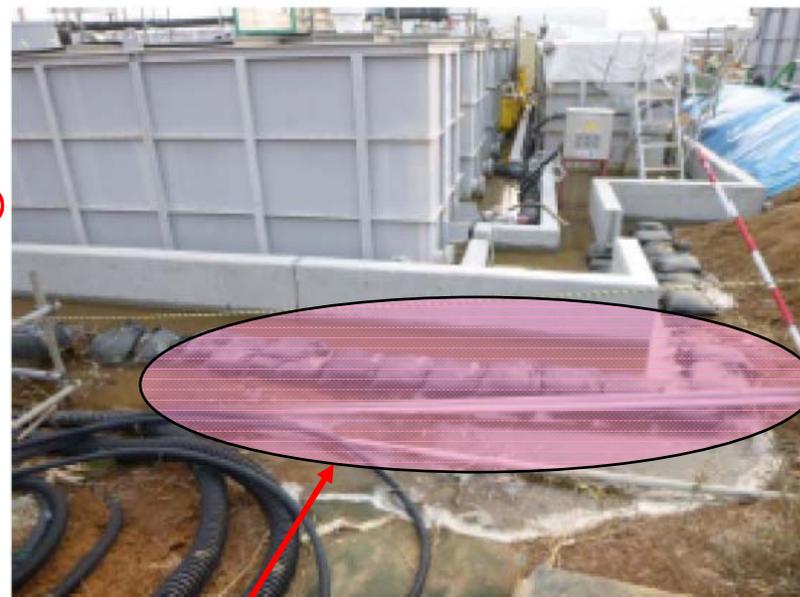
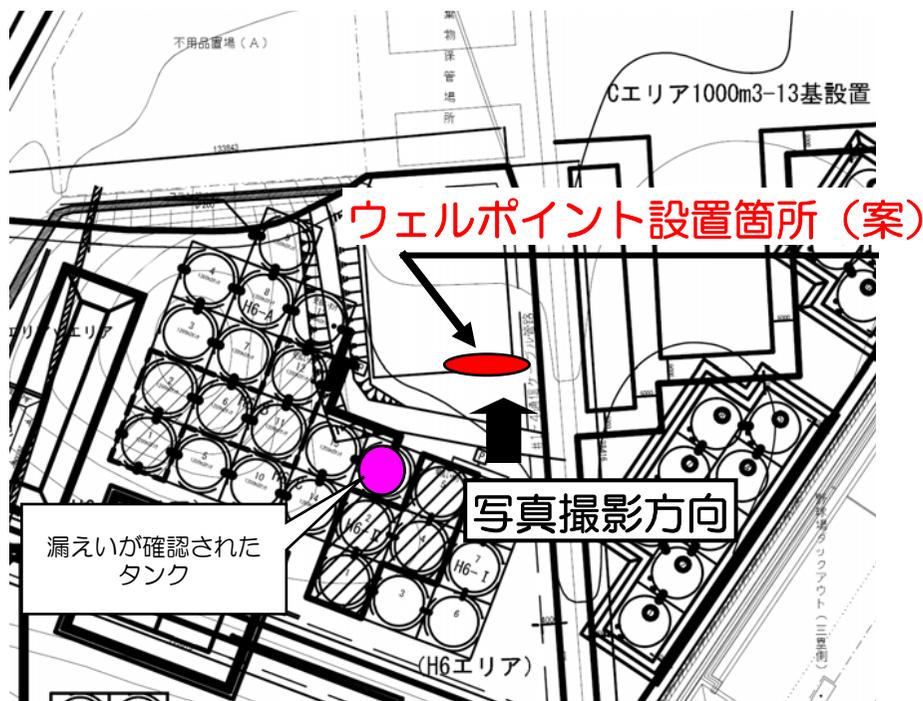
【参考】汚染土除去の状況（作業中の状況）



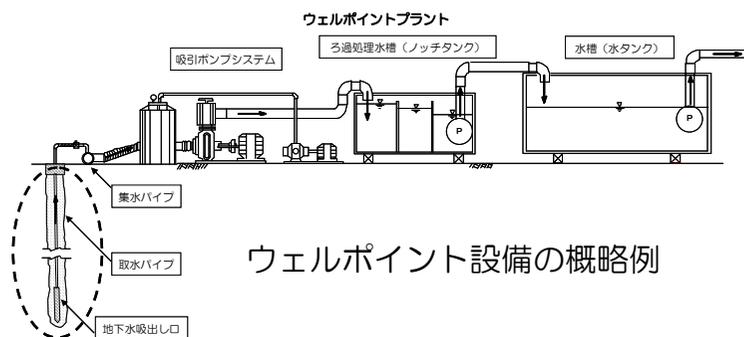
【参考】H-6エリア追加観測孔について



【参考】ウェルポイントの設置について



ウェルポイント設置箇所 (案)



設置予定箇所には、電源ケーブル、移送配管等既存設備が多数存在することから、設備の設置に当たっては、障害になる既存設備を撤去・移動した後に着手する予定。

3. 原因と対策

今回の漏えいの直接的な原因は以下の通り。

- 設備の異常を示す以下の2つの兆候をいずれも見逃してしまい、適切に対応しなかった結果、汚染水の漏えいを防ぐことが出来なかったこと。
 - 汚染水をEエリアタンクに送水しているにも関わらず、当該タンクの水位が上昇していなかったこと。
 - H6エリアタンク「液位高高」の警報が発生したにも関わらず、確認が不十分であったこと。
- 弁の開閉管理が出来ていなかったこと。
 - 弁が容易に開閉操作可能な環境であったこと。
 - 弁の開閉操作の指示、および開閉管理が不十分であったこと。

今後このような汚染水漏えいを再発させないため、以下の対策を実施する。

- 異常な兆候への対応
- 弁開閉操作に関する対策

なお、今回の漏えいを真摯に受け止め、上記の対策実施に留まることなく、汚染水の漏えい防止に向けた網羅的な対策として、ALPS等の他の水処理設備への水平展開を継続して検討、実施していく。

4.1 異常な兆候に対する対応の不備（1 / 2）

今回の汚染水漏えいにおいては、設備の状況について異常を示す二つの兆候が現れたが、そのいずれも見逃してしまい、結果として汚染水の漏えいを防ぐことが出来なかった。

- 汚染水をEエリアタンクへ送水しているにも関わらず、当該タンクの水位が上昇していなかったこと
 - 当社は、協力企業に対して水処理中央操作室（以下、CCRという）での毎時のデータ採取・監視方法を明確には指示していなかった。
 - 協力企業はデータ採取・監視にあたって、自主的に毎時のデータ(デジタル値)採取はしていたが、具体的な監視方法（トレンドのレンジ設定等）を明確にはしていなかったことで、監視方法に個人差が生じていた。（※1）
 - 協力企業はポンプを起動した際に、受入側の水位が上昇することは通常確認しており、2月17日のライン切替後のEエリアタンク水位の上昇は確認していたが、その後はラインが構成された状態でポンプは自動起動/停止するため、ポンプの起動の都度、意識して確認することはしていなかった。
また、トレンド画面ではポンプ流量と受入タンクを同時に表示していたものの、タンク水位レンジが適切でなかった（※2）ことから、ポンプ起動/停止時の水位変動状況を認識しにくい状況であった。
 - 従って、Eエリアタンクの異常兆候を早期に認識することができず、漏えい発生前に当社へ連絡する等の対応をすることができなかった。（※1）

4.1 異常な兆候に対する対応の不備（2 / 2）

以上、問題点としては、以下の通り。

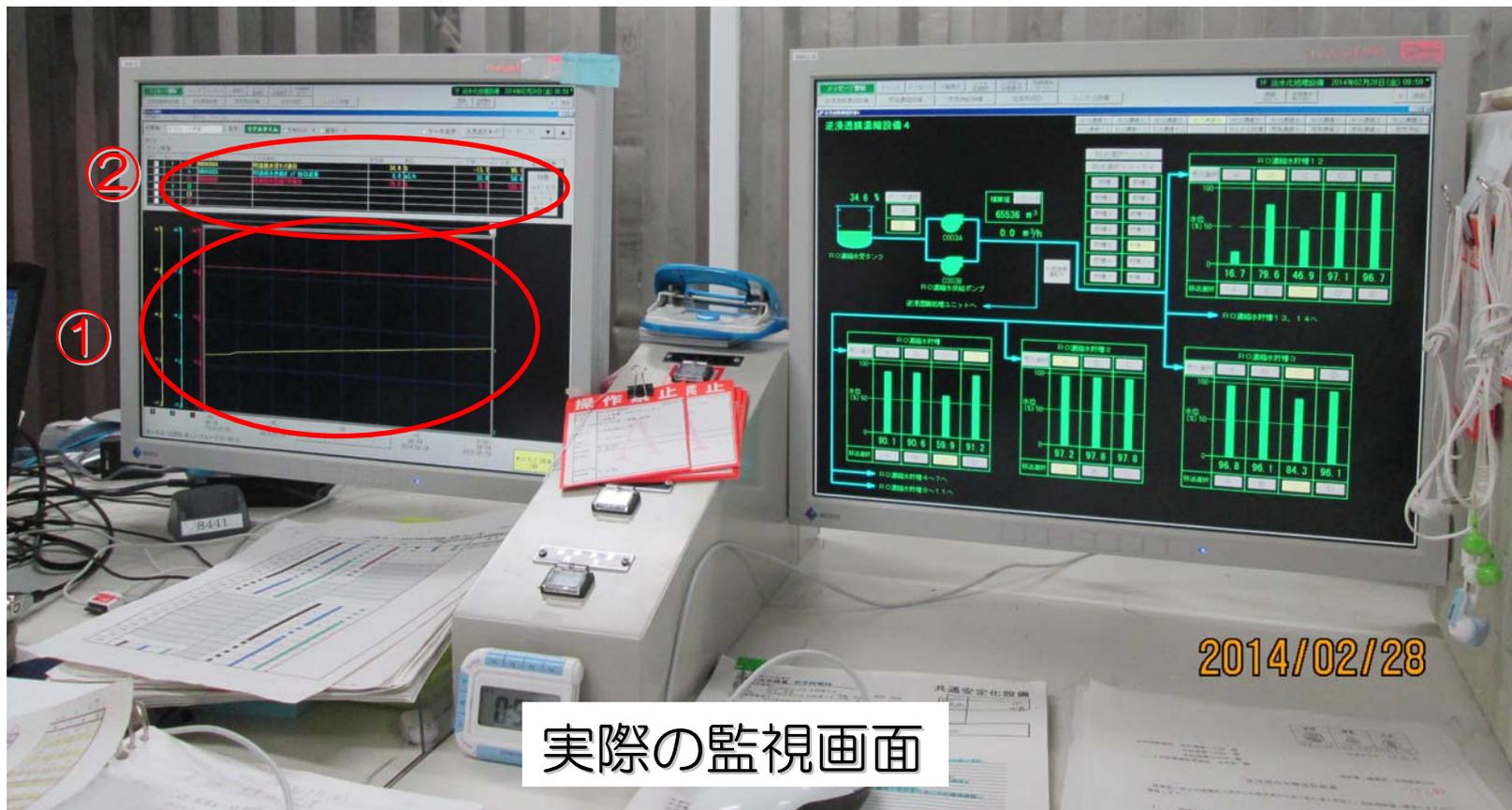
- 当社は、協力企業に対し、監視方法を明確に指示していなかったこと。
- 協力企業は、当社からの明確な指示がなかったこともあり、社内にて適切な監視方法を標準化しておらず、監視方法に個人差が生じていたこと。

(※1) 協力企業の監視体制は、3人/班で2直体制となっており、2月19日の2直（CCRでの勤務時間：20時頃～翌9時30分頃）は、水を受け入れているEエリアタンク水位のデータに変化がないこと、更に水位トレンドを確認し、異常があるとの疑義を感じていたところ、漏えい発生連絡を受けた。なお、1直（CCRでの勤務時間：8時頃～20時30分頃）は、データ採取はしていたが、異常があるとの認識には至らなかった。

(※2) 通常タンク水位0%～100%の表示を行っている。

【参考】トレンド監視イメージ

- 0-100%レンジのトレンドグラフ【①】を常時表示して状態を確認
- 加えて1時間に1度、タンク水位等の各状態値【②】について確認し記録
- 2直の操作員は、1直から引き継いだ上記記録の数字が変化していないことに気づき、異常を疑う



4.2 異常な兆候に対する対応の不備

- H6エリアタンク「液位高高」の警報が発生したにも関わらず、確認が不十分であったこと
 - 協力企業は、「液位高高」警報発生時、当社社員に連絡を行った。
 - 当社および協力企業は、「液位高高」時にポンプを停止し天板から実水位の確認をする等の適切な対応手順を定めていなかった。連絡を受けた当社担当者は『「液位高高」の警報が発生した後、水位計指示がハンチング・低下等の挙動を示したこと』および『当該タンク廻りを現場にて確認しても漏えい等の異常がなかったこと』の状況より、水位の低下を示しているにも関わらず漏えいが発生していないことから水位計の故障と判断し、その旨を当社管理職に報告した。
 - 報告を受けた当社管理職も、同様に水位の低下を示しているにも関わらず漏えいが発生していないことから水位計の故障と考え、当社設備保守管理箇所に修理を依頼するよう当社担当者に指示した。

以上、問題点としては、

- 当社は、「液位高高」警報発生時の適切な対応を定めた手順がなかったため、十分調査を行わず、水位計の故障と推定し、供給ポンプ停止・天板からの実水位の確認をしなかった。

このような事態を踏まえ、今後二度と汚染水の漏えいを発生させないため、異常な兆候に対して確実に適切な対応ができるよう、次の対策を実施する。

5.1 異常な兆候に対する対応の改善（感度向上）

・監視強化

- ◆ 汚染水の供給ポンプの起動状態と移送先のタンク水位が連動していることを定期的（1時間毎）に適切なレンジのトレンドで監視。異常の兆候があれば所管箇所に連絡。
- ◆ 連動に明らかな異常がある場合には、供給ポンプを停止し、現場にて系統構成（弁開閉状態・移送ラインの構成）を確認。
- ◆ タンクの「液位高高」警報が発生した場合、供給ポンプを停止し、現場にて系統構成（弁開閉状態・移送ラインの構成）、天板からのタンク水位を確認。

※上記3点は2月24日にマニュアル改訂済、同日運用開始。

さらに移送先と分岐エリアの水位同時監視が視覚的に容易となるよう監視画面の改造を図っていく。（5月日途に実施予定）

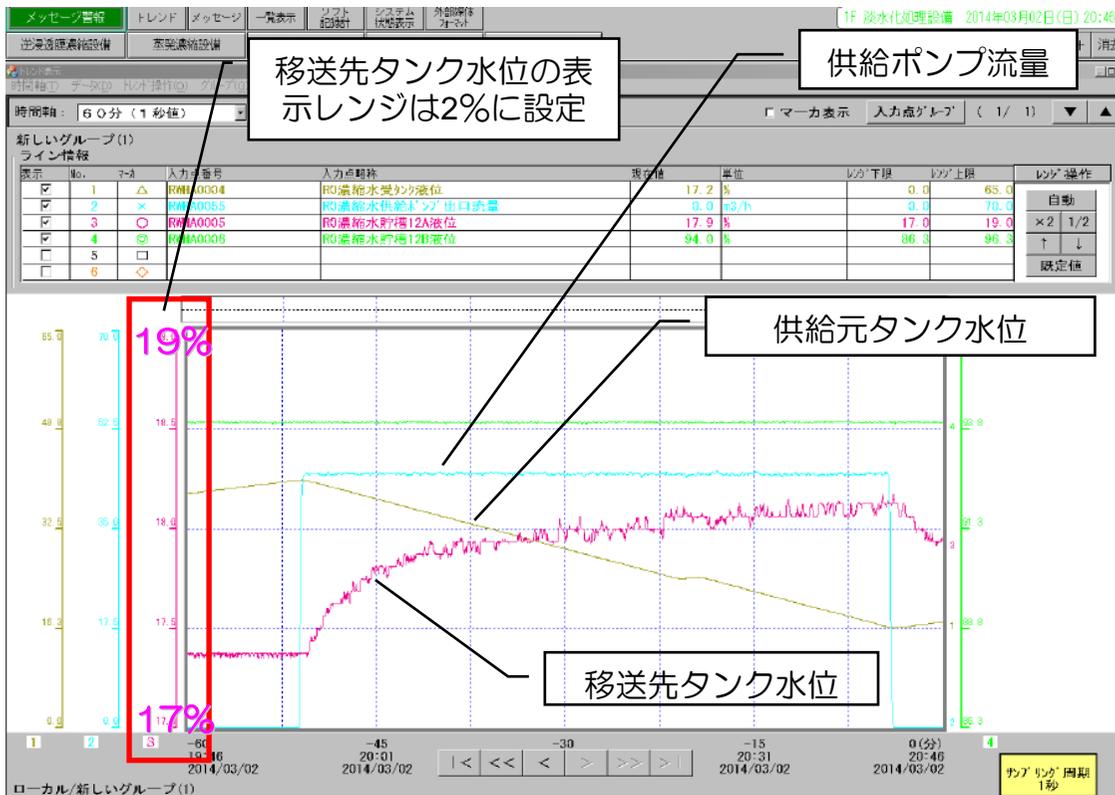
- ◆ 水処理設備部所管の水処理制御室当直（協力企業社員）以外に、免震重要棟の当直（当社運転員）でもタンク水位監視を行い、ダブルチェック機能を働かせる。

・教育（3月上旬に開始）

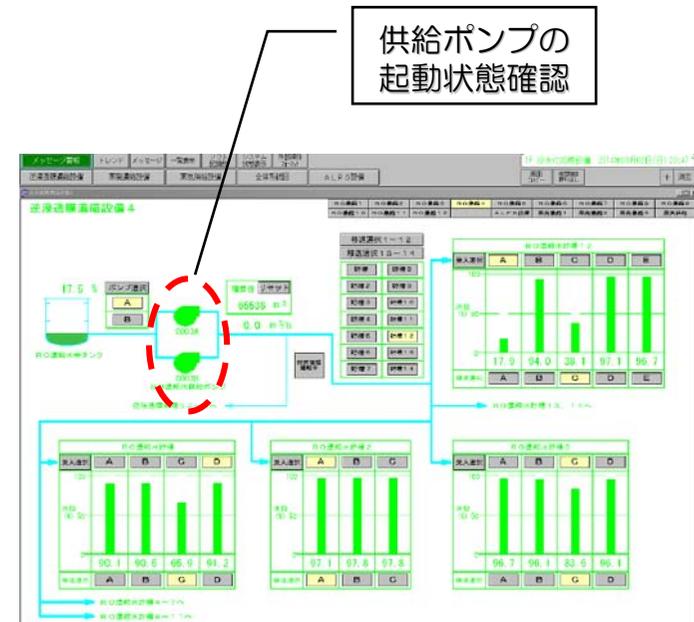
- ◆ 安全の観点から汚染水移送が極めて重要であることについて、汚染水漏えいのトラブル事例に基づき、本業務に携わる当社・協力企業社員を継続的に再教育する。
- ◆ 上記意識付けの上で、操作手順をミス無く確実に出来るよう、手順書の読合せを繰返し行う。

【参考】トレンド監視改善のイメージ

汚染水の供給ポンプの起動状態と移送先のタンク水位が連動していることを定期的（1時間毎）に適切なレンジ（2%程度）のトレンドで監視することをルール化

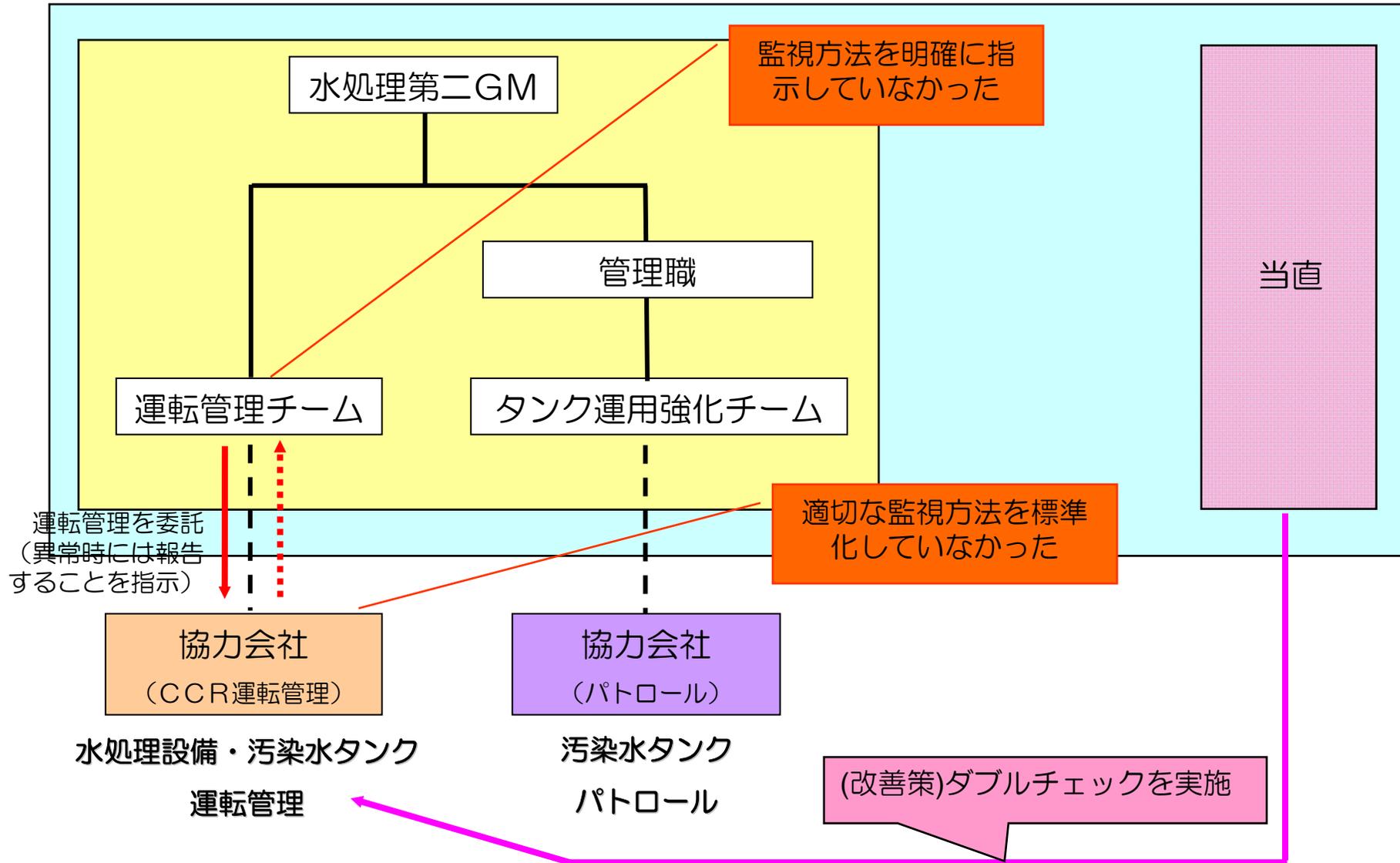


移送先タンク水位の連動確認画面



供給ポンプの起動状態確認画面

【参考】体制表（水位上昇しなかった時）



【参考】水位監視改善のイメージ（ダブルチェック）

汚染水移送の際の移送先や分岐エリアの水位の監視強化について

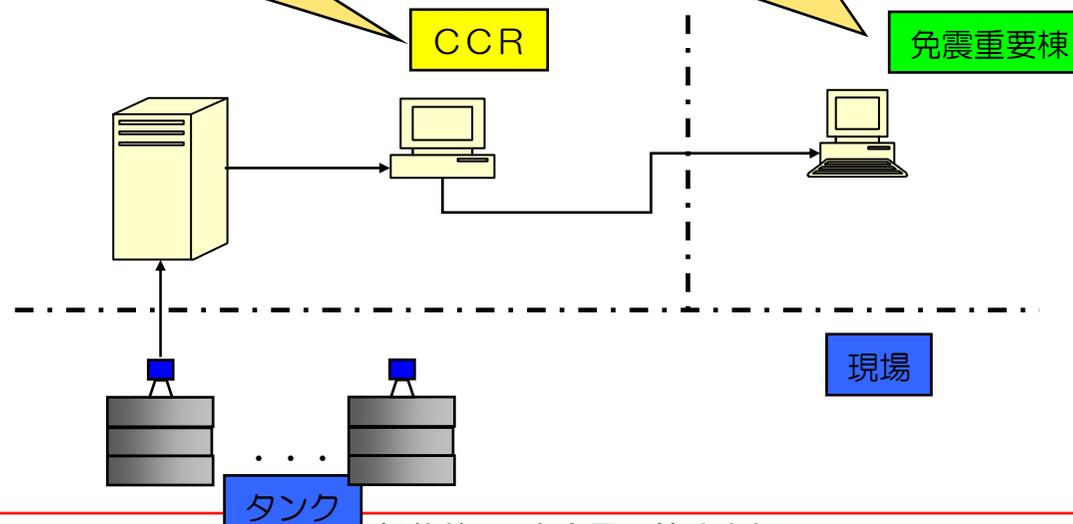
【検討状況】

現状の監視装置は水処理制御室（CCR）および免震重要棟で系統図・水位トレンド等を監視可能な構成になっている。

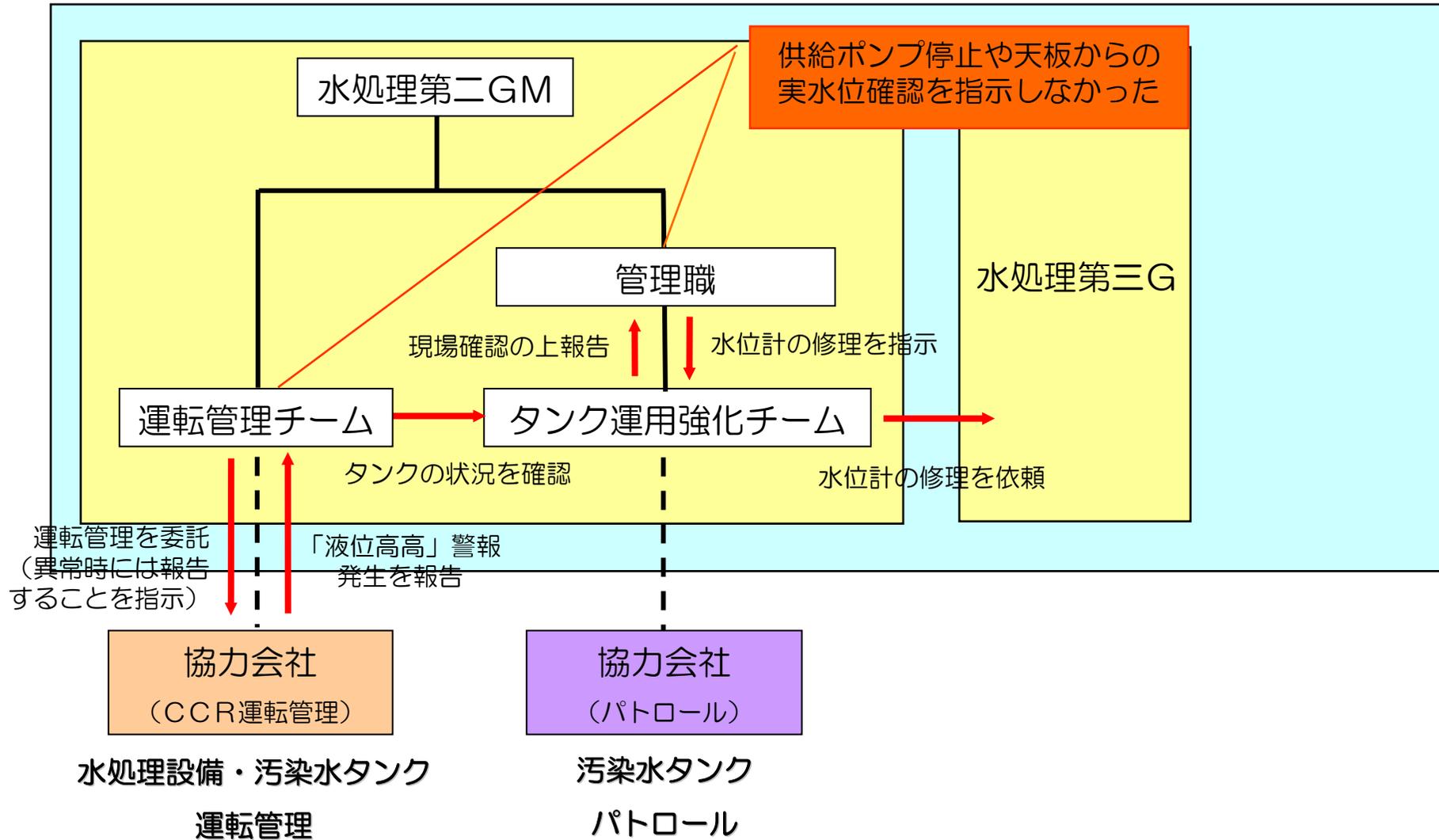
これまで、CCRに駐在する協力企業作業員が水位トレンド等を監視していたが、免震重要棟に駐在する当社当直員もタンク水位をダブルチェックし、監視強化を図る。

常時適切なレンジで水位トレンドを常時表示し、監視性を向上する

免震重要棟の当社当直員もタンク水位監視を行い、ダブルチェック（3/3運用開始）



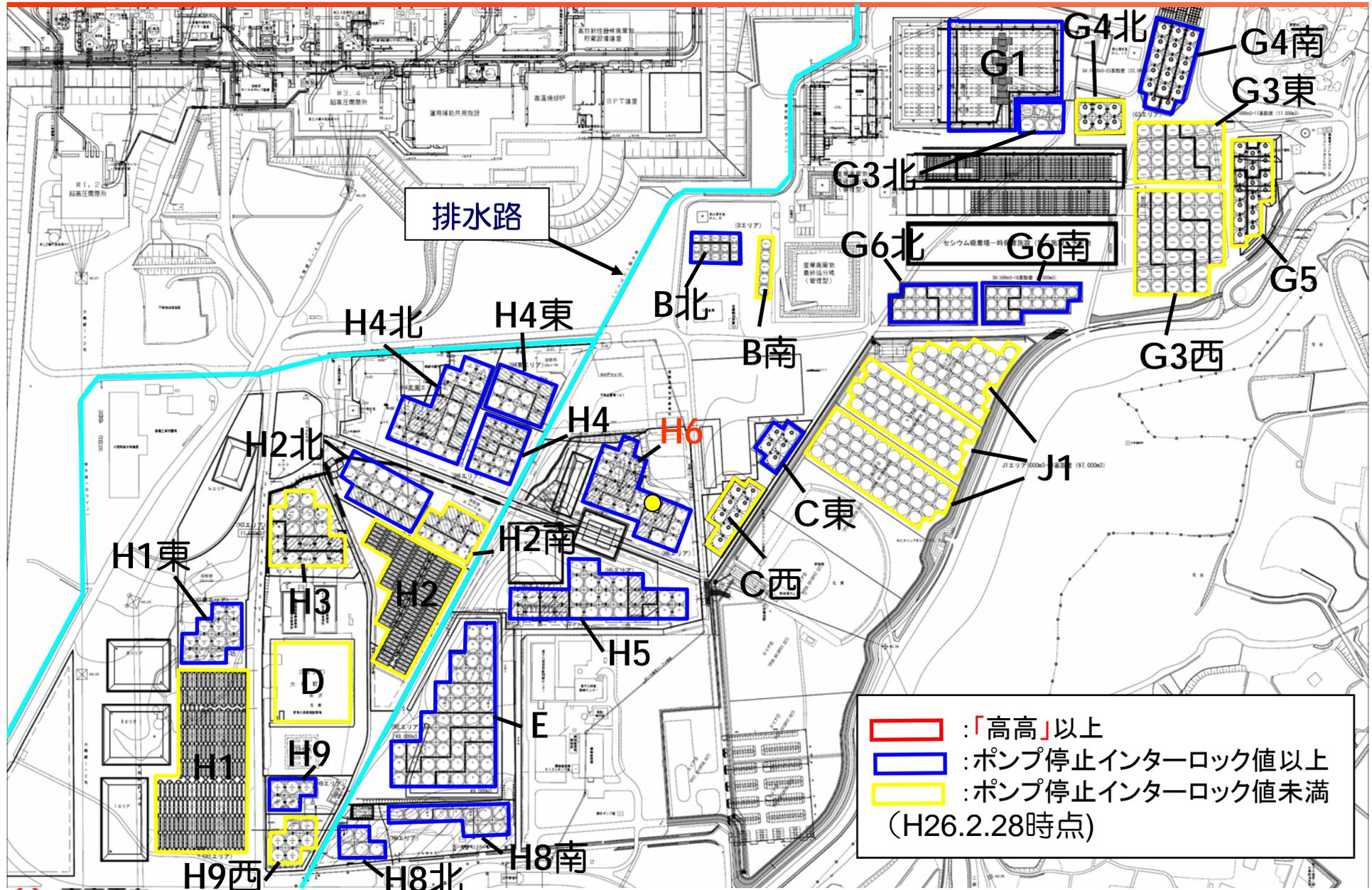
【参考】体制表（液位高高警報発生時）



5.2 異常な兆候に対する対応の改善（制御系改善）

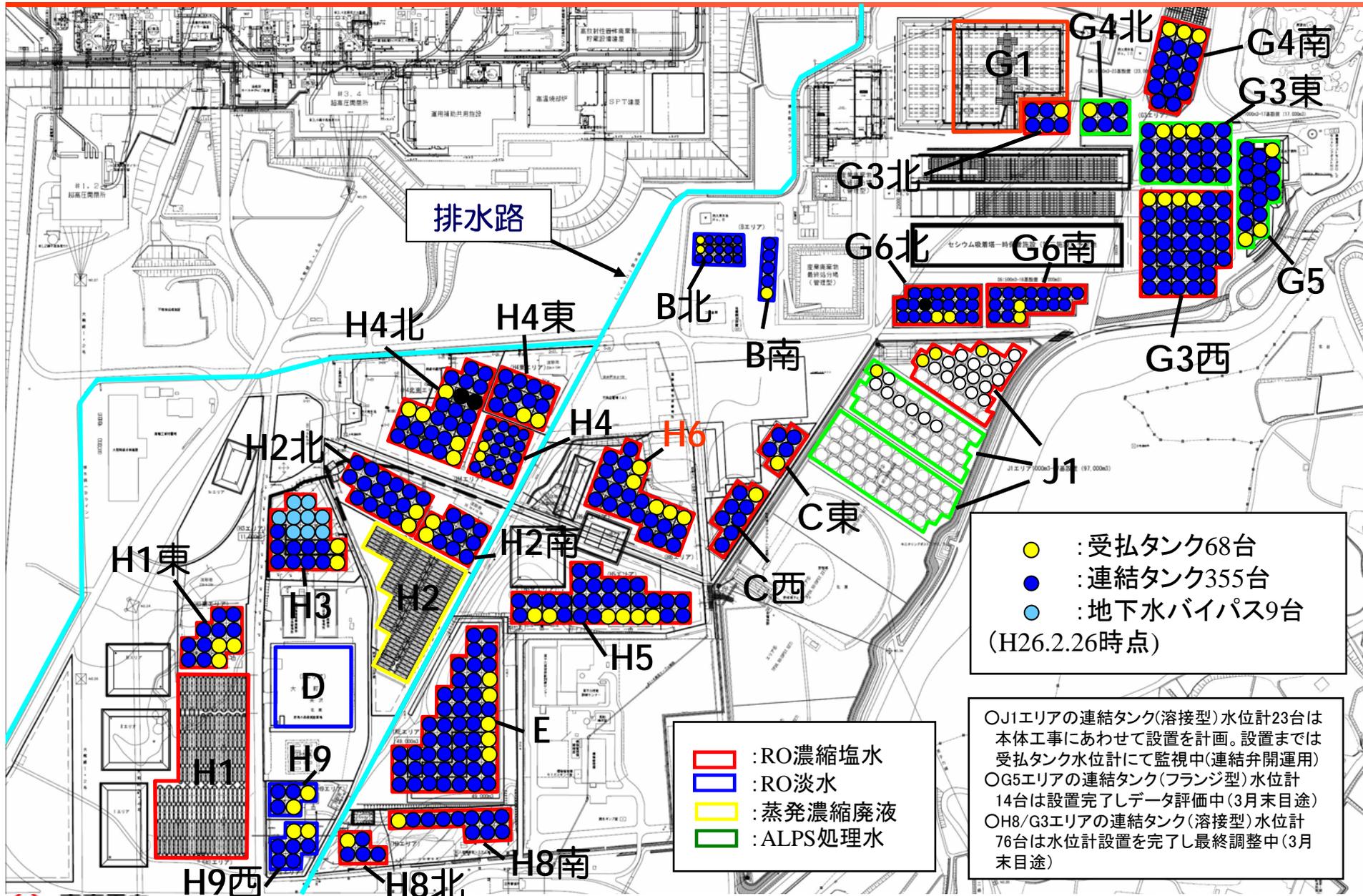
- 全ての水位計に対する漏えい警報発報の制御系改善
 - ◆ 現状、受払タンク以外のタンクは、漏えい検知の観点から水位低下率による警報を出す設計。一方、受払タンクは溢水防止の観点から高水位に対する警報を出す設計。
 - ◆ 改善として、全タンクに溢水防止・漏えい検知の双方の観点から水位高高および水位低下率について警報を出すように改造する（3月中旬目処）
- 汚染水をタンクから溢水させないための制御系改善
 - ◆ 現行の供給ポンプ停止インターロックは、送水先となっているタンクグループの受払いタンク水位の高信号のみ。
 - ◆ 上記に追加して、送水先となっていないグループを含め全ての受払いタンクで高高警報が発生したら、供給ポンプを強制停止するインターロックを追加（※）する（3月下旬目処）
 - （※）送水ポンプからタンク群には必ず受払いタンクを経由して送水されるため、受払いタンクの水位と連動した送水ポンプ停止インターロックを設けるとともに、受払いタンク以降の連結タンクに水位高高警報が発生した場合には、天板からの実水位の確認を確実に行うことで安全性を確保する。

【参考】タンク水位について



: 「高高」以上
 : ポンプ停止インターロック値以上
 : ポンプ停止インターロック値未満
 (H26.2.28時点)

【参考】水位計設置箇所



● : 受払タンク68台
 ● : 連結タンク355台
 ● : 地下水バイパス9台
 (H26.2.26時点)

■ : RO濃縮塩水
 ■ : RO淡水
 ■ : 蒸発濃縮廃液
 ■ : ALPS処理水

○J1エリアの連結タンク(溶接型)水位計23台は
 本体工事にあわせて設置を計画。設置までは
 受払タンク水位計にて監視中(連結弁開運用)
 ○G5エリアの連結タンク(フランジ型)水位計
 14台は設置完了しデータ評価中(3月末目途)
 ○H8/G3エリアの連結タンク(溶接型)水位計
 76台は水位計設置を完了し最終調整中(3月
 末目途)

5.3 弁開閉操作に関する対策（1 / 3）

今回の事態を招いた要因として、以下が挙げられる。

- 弁が容易に開閉操作可能な環境であったこと。
- 弁の開閉操作の指示、および開閉管理が不十分であったこと。

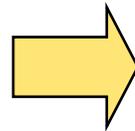
今後このような汚染水漏えいを再発させないため、以下の対策を実施する。

① 容易に操作できないようにする対策

- ・ 弁の施錠管理を実施（3月上旬目途）
 - ◆ 容易に開操作ができないよう弁に施錠
 - ◆ 施錠した弁の鍵の扱いは操作に関わる者に限定し管理



施錠前



施錠後

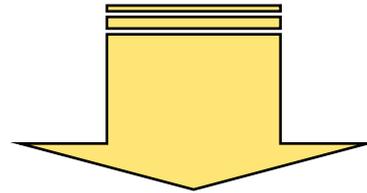
5.3 弁開閉操作に関する対策（2／3）

②弁開閉操作の記録管理について

<従来>

- ・操作が必要な弁を配管計装線図（P&ID）上で確認し、現場にて照合を行った上で操作を実施しており、移送先の切替はデータシートに操作ログとして記録しているが、弁の操作実績は記録していない状態。

（記載例）RO濃縮水移送先 貯槽A→貯槽Bに切替



<改善後>

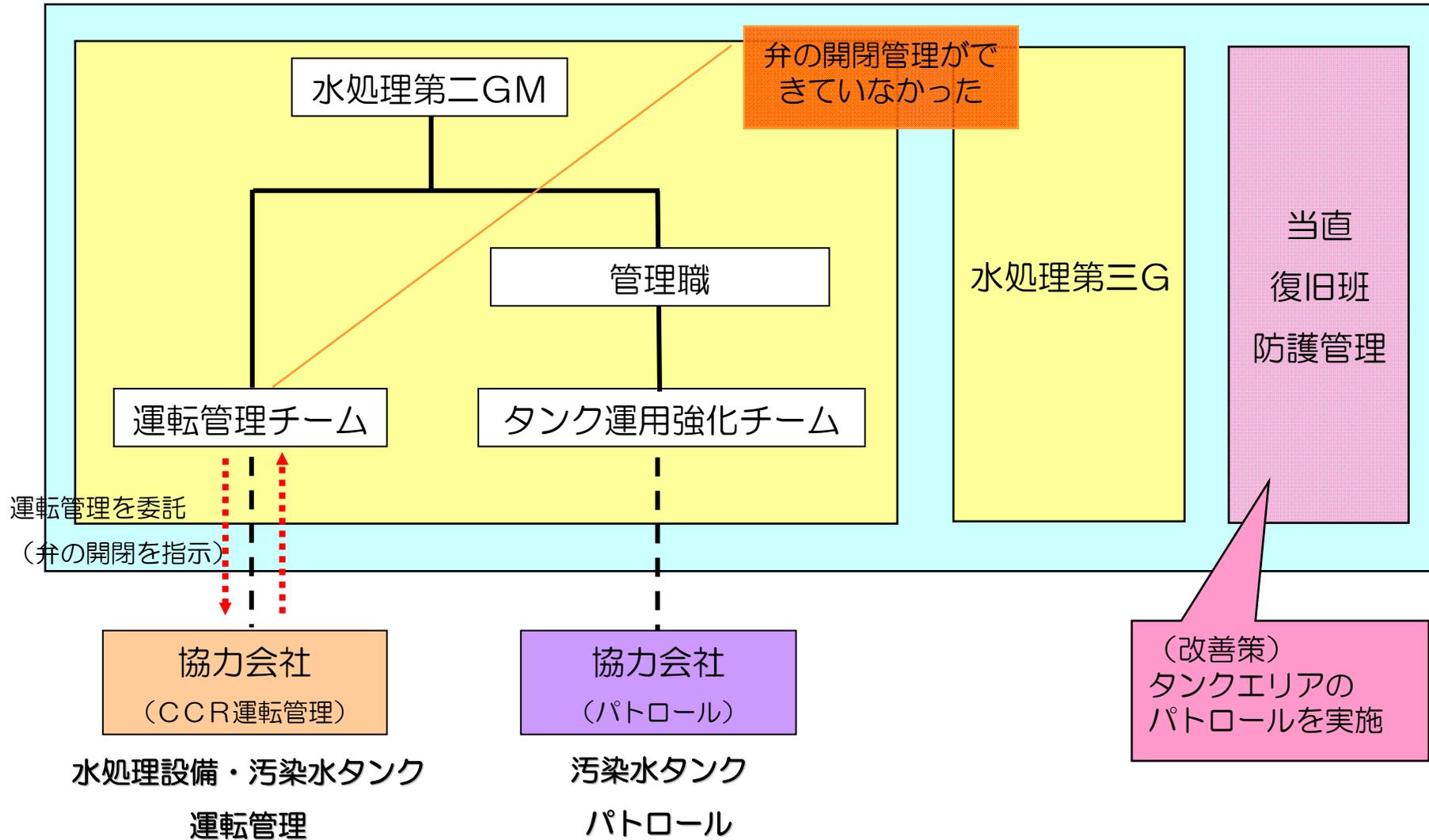
- ・マニュアル（手順書）の改訂を実施し、運用を開始。
 - ・手順書には、移送先の切り替えにあたって、操作・確認が必要な弁を個別の移送先毎に明記。
 - ・3月2日に本手順を用いた移送先の切替操作を実施済みであり、操作実績として記録しており、今後の切替操作にあたっても、手順書に基づき作業を実施し、操作実績を記録する。
 - ・なお、現状の弁開閉状態に関する情報を適切に管理するしくみを構築するまでの当面の間、弁操作記録を保管する。

5.3 弁開閉操作に関する対策（3／3）

③ 監視強化

- ・タンクエリア全域に対し、通常のタンクパトロールに加え、以下の現場パトロールを強化（2月21日より開始、当面継続）
 - ◆当直（当社社員）によるパトロール（頻度：2回/日）
 - ◆復旧班（当社社員）によるパトロール（頻度：2回/日）
 - ◆防護管理（当社社員・委託員）パトロール（巡回頻度を増加）
- ・水処理設備廻り監視カメラへの録画機能追加
 - ◆現行タンクエリアに設置されている監視カメラに録画機能追加（2月26日に完了）
 - ◆新規に設置予定の監視カメラは当初より録画機能付加（新規エリア運用開始毎）
 - ◆タンクエリアへの更なる監視カメラ追加（5月完了目途）
 - ◆夜間の監視における照明の増強を検討中
- ・隔離弁の全閉管理
 - ◆移送が終了したエリア（タンク群）の隔離弁について全閉管理（2月26日にマニュアル改訂済、現場確認済）
 - ◆隔離弁の「開」「閉」状態について、当社社員（水処理第二G 運転管理チーム）が弁チェックリスト等を用いて、毎日パトロールで確認

【参考】体制表（弁の開閉操作時）



【参考】弁銘板取付作業との関連性調査

【調査内容及び調査結果】

- ・ 弁銘板取付作業は、運転管理の改善の一環として協力企業の委託作業として実施している。
- ・ 本作業は、設備の運転中に実施することが必要な場合が多いことから、協力企業の「工事施工要領書（委託作業計画書）」において、取付作業時に弁の操作を禁じている。
- ・ これまでの調査において、弁銘板取付は協力企業の3名／班×2班で作業しており、弁銘板取付を行った作業員からは弁を操作せずに銘板を取り付けたことを確認している。
- ・ また、当社立会のもと、現場にて、銘板取付作業を実施（モックアップ）したところ、弁の操作を要せず、簡単（約30秒/個）に取付が実施できることを確認している。（2月21日実施）

弁銘板取付作業（現場でのモックアップ）状況

＜作業手順（ハンドルあり）＞

①銘板取付ワイヤー通し



②銘板取付ワイヤー巻き



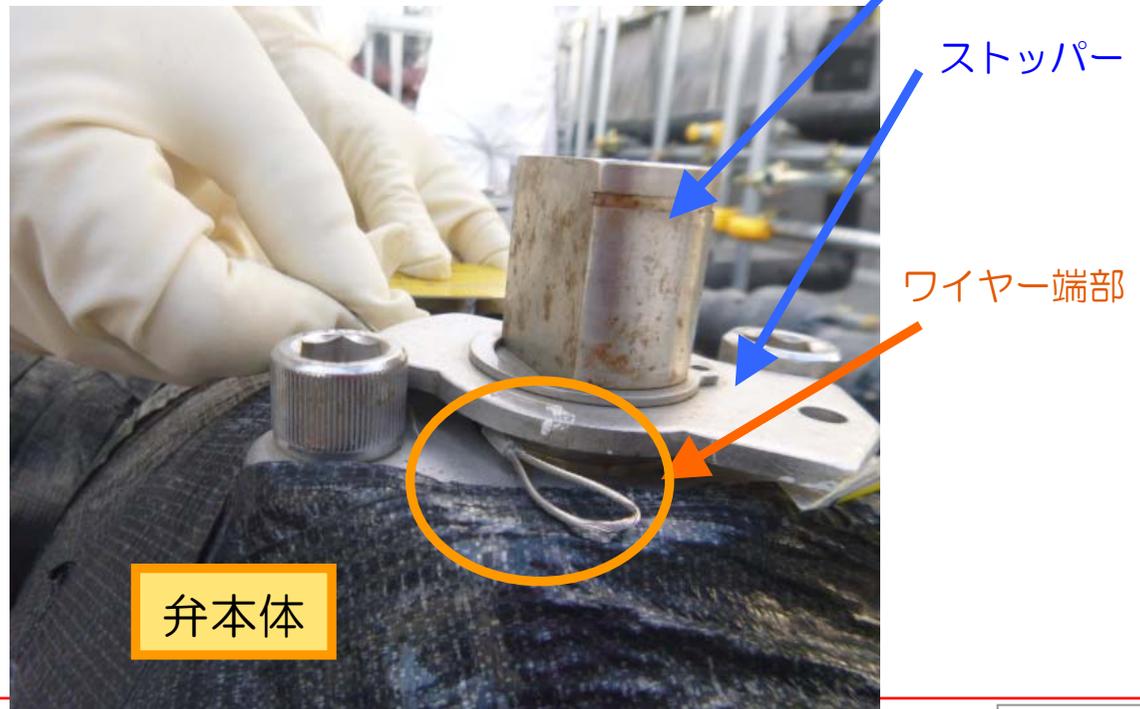
③取付完了 （ワイヤー端部を銘板のリングに取付）



＜モックアップ状況の概要＞

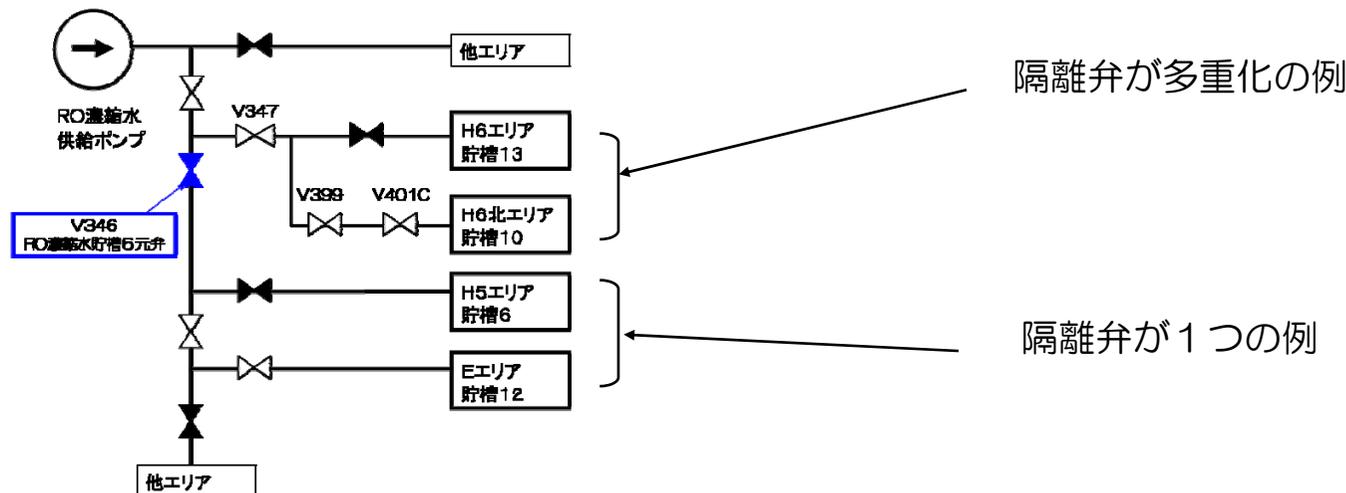
- ・実施日（場所） H26.2.21 15時頃（1F構内タンクエリア）
- ・実施対象弁：ボール弁2個（ハンドル付、ハンドルなし）
- ・作業手順
 - ①銘板の二重リングの1箇所にワイヤーを取付た状態で、銘板のワイヤーをストッパーと弁本体の隙間に通す（※）
 - （※）ワイヤー径：約1mm、隙間：数mm
 - ②弁棒にワイヤーを巻き付ける（2重）
 - ③ワイヤー端部を銘板の割リングに取付
- ・作業時間（開始（①）～完了（③））：各弁とも30秒程度

＜ワイヤー通し状況（ハンドルなし）＞



【参考】 隔離弁の多重化の状況

- ◆汚染水が移送される母管から各タンクエリアへの隔離弁は、1 2エリアが多重化されており、7エリアが隔離弁が1つの状況である。既に隔離弁が多重化されているエリアに対しては多重的に隔離して管理する。
- ◆本来は、弁の設置としては多重化されているのが望ましいものの、隔離弁が1つのタンクは、隔離弁追設に際し大量の水移送（一時受け）が必要となること、一時受けするためのタンクが逼迫している現状や、隔離弁追設作業（配管取外・取付作業等）に伴う漏えいリスクが上昇すること、さらには作業員の被ばく量の増加等を勘案すると、現時点では実施困難であると考える。



以上から、隔離弁を多重化できないエリアについては、以下の設備対策、管理の徹底により安全確保を行う。

- ・弁の誤操作防止対策として、施錠管理、パトロールの強化。
- ・タンクへの意図しない流入対策として、万一の誤操作を早期発見できるよう監視強化、当直によるダブルチェック、「液位高高」でのポンプ停止、タンク天板からの液位確認のルール化。

なお、弁の操作は平成25年12月までは当社社員が実施していたが、平成26年1月からは委託員が実施しているため、委託員に対して上記運用の周知徹底を実施している。

【参考】弁の識別管理（名称）についての考え方

【検討状況】

弁の識別管理（名称）についての考え方は以下の通り。

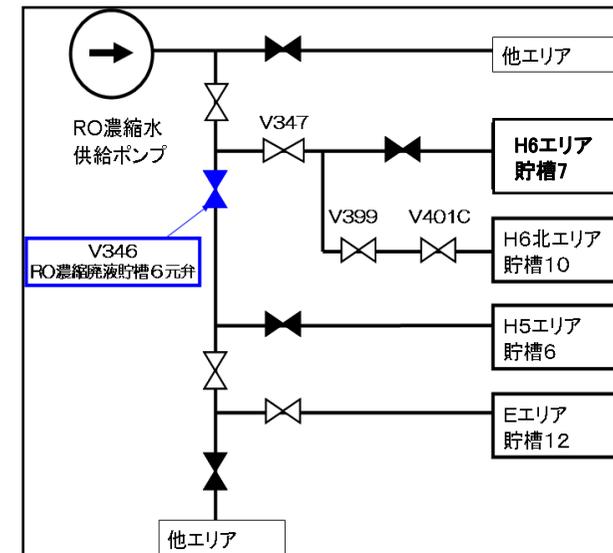
- ・ 弁の識別管理は、原則として、弁番号（P&ID）によって行っており、弁名称に基づいた管理は行っていない。
- ・ 現在の弁リストには、弁番号、弁名称が記載されており、弁名称としては、タンク（貯槽）名称に起因する名称（エリア名称と別）を記載。
- ・ 弁の名称は、設置以来、使用してきた名称であり、変更した場合は混乱を招く可能性がある。
- ・ 今後は、エリア名称との対応表を作成する等、明確化を進めることで、ヒューマンエラー防止に万全を期する予定。

<参考：現在の弁名称の考え方>

（例）弁番号：V346，

弁名称：RO濃縮水貯槽6元弁

- ・ V346は、H5エリアのタンク（貯槽6）の元弁であるとともに、Eエリアのタンク（貯槽12）の元弁でもあるが、H5エリアのタンクが先に設置されているため、弁名称は、「貯槽6元弁」となっている。



【参考】タンク水位監視等への当直部門の対応

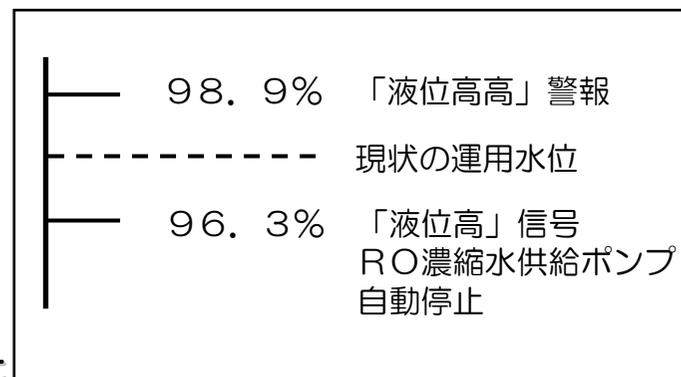
【検討状況】

- ・ 従来、タンク水位監視等の運転管理業務は、水処理装置の保守管理業務も担当している水処理第二グループが担当している。
- ・ 3月3日以降、水処理第二グループに加え、免震重要棟にて当直においてもタンク水位監視を行うことでダブルチェック機能を働かせている。
- ・ また、水処理設備の運転管理業務について、当直部門への移管等、更なる運転監視機能の強化を図ることを検討中。

【参考】タンク水位の管理方法について

【検討状況】

- 現在のタンク運用状況
本来のタンク運用では、RO濃縮水供給ポンプが自動停止する水位以下となる。しかし、現状は汚染水量に対してタンク容量が不足しているため、短期的には、ポンプ自動停止以上の水位で運用せざるを得ない状況となっていた。

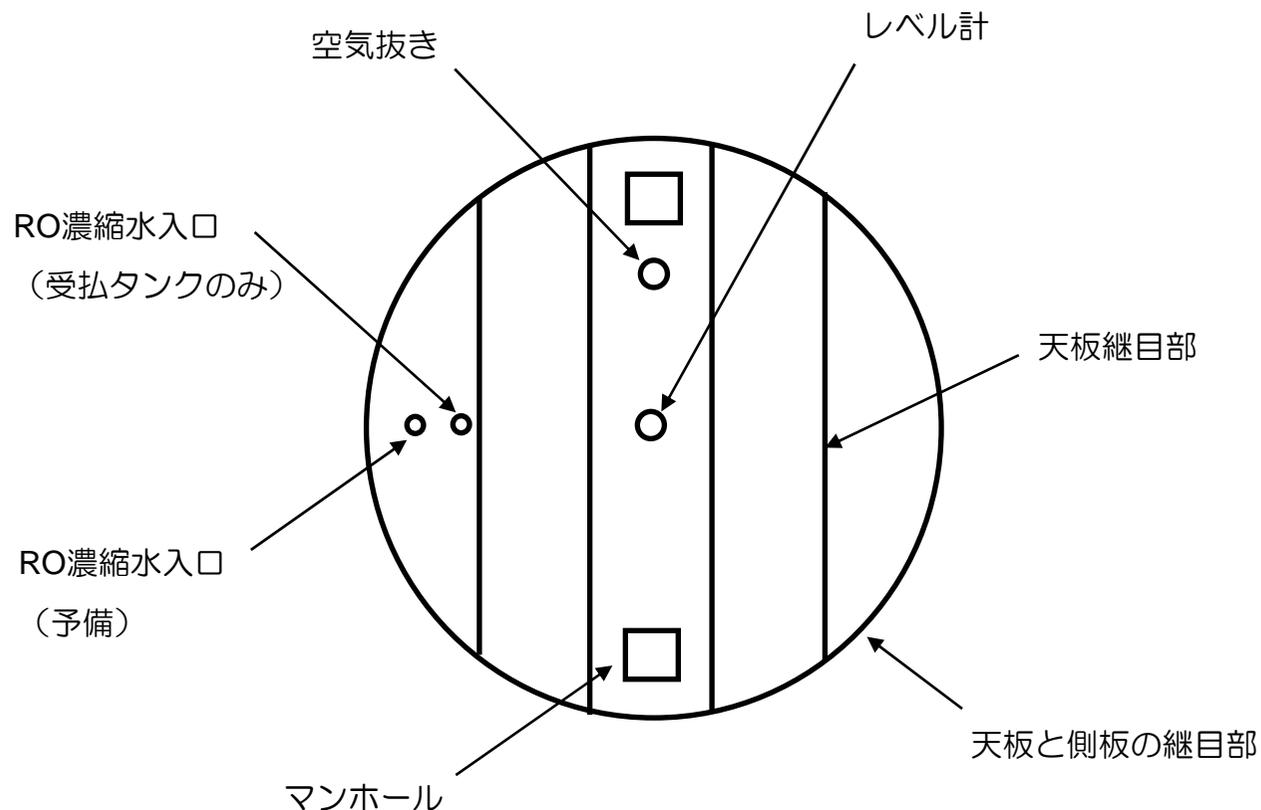


タンクの運用水位（例）

- 今後のタンク運用
汚染水全体の水バランス管理のなかで、H26年12月末までにタンク水位を下げることを検討中。

【参考】フランジ型タンク上部の構造について

■フランジ型タンクの上部の構造



フランジ型タンク天板部の構造（例）