

< 別添 >

再処理施設高レベル廃液ガラス固化建屋における

固化セル内の漏えいについて

(報 告)

平成21年12月22日

日本原燃株式会社

## 目次

1. 件名	1
2. 発生日時	1
3. 発生場所	1
4. 発生事象の概要	1
5. 放射線状況	2
6. トレイ内の液だまりの分析	2
7. 配管内部の調査	2
7. 1 当該配管内部の調査	2
7. 2 隣接する配管内部の調査	3
8. 原因究明	4
8. 1 補助ホイストチェーンが閉止フランジ把持部に接触したことに対する原因	4
8. 1. 1 要因分析	4
8. 1. 2 要因分析に基づく調査	4
8. 2 閉止フランジ部から液が漏れたことに対する原因	6
8. 2. 1 要因分析	6
8. 2. 2 要因分析に基づく調査	6
8. 3 閉止フランジ部に液が滞留したことに対する原因	8
8. 3. 1 要因分析	8
8. 3. 2 要因分析に基づく調査	9
9. 高レベル廃液の漏えいに係る推定原因	11
10. 再発防止対策	12

添付資料-1	建屋配置図
添付資料-2	固化セル内の漏えいについての概要図
添付資料-3	時系列
添付資料-4	放射線状況
添付資料-5	固化セル内漏えい液等の調査結果
添付資料-6	漏えい液試料 (写真)
添付資料-7	配管内部調査結果
添付資料-8	水パージリング設置作業概要
添付資料-9	チェーンが閉止フランジ把持部に接触したことに対する要因分析図
添付資料-10	閉止フランジ部から液が漏れたことに対する要因分析図
添付資料-11	金属ガスケット及び閉止フランジ確認結果
添付資料-12	閉止フランジの変形確認結果
添付資料-13	閉止フランジ部から液が漏れたことに対する調査及び評価
添付資料-14	配管の健全性確認 (写真)
添付資料-15	配管の健全性評価について
添付資料-16	閉止フランジ部に液が滞留したことに対する要因分析図
添付資料-17	エアリフトパージ用圧縮空気流量
添付資料-18	塔槽類廃ガス処理設備の圧力の推移
添付資料-19	閉止フランジ部への液滞留説明図

- 添付資料－２０ 発泡模擬液によるエアリフト揚液モックアップ試験について
- 添付資料－２１ ガラス溶融炉 炉内気相圧力の推移
- 添付資料－２２ 平成２１年２月１８日 配管洗浄作業時の洗浄水
- 添付資料－２３ 供給槽の液位調整について

## 1. 件名

再処理施設高レベル廃液ガラス固化建屋における固化セル内の漏えいについて

## 2. 発生日時

平成21年10月22日（木） 1時55分（トレイ内に液だまりを発見）

## 3. 発生場所

再処理工場 高レベル廃液ガラス固化建屋 固化セル（添付資料－1）

## 4. 発生事象の概要

平成21年10月22日1時55分頃、高レベル廃液を供給する配管の閉止フランジ下に設置しているトレイ（以下、「トレイ」という。）の定期的な点検（本年1月に発生した固化セルにおける高レベル廃液の漏えい事象の再発防止対策として、漏えいが発生した際の発見を速やかに行うことを目的として1日1回点検することとしたもの<sup>\*1</sup>）を実施したところ、トレイ内に液だまりがあることを確認した。

その後、液だまりの発生原因を特定するための確認作業を続けたところ、固化セル内で実施していた遠隔操作状況を録画した映像から、10月21日23時43分に、閉止フランジ部から液が滴下したことが確認された。液の滴下が確認される前には洗浄作業<sup>\*2</sup>の準備に使用していたクレーンに取付けられている補助ホイストチェーンが閉止フランジ把持部（閉止フランジを遠隔操作により取付けるためにパワーマニピュレータの爪により把持する部分）に接触している状況が確認された。

（添付資料－2）

なお、液だまりの発見時（10月22日1時55分）には、閉止フランジ部から液の滴下は確認されていない。

また、当該フランジ部に繋がる配管の上流にある高レベル廃液を貯留する供給槽Aからの液移送が起こっている可能性が考えられるため、供給槽Aの液位及び供給槽Aからガラス熔融炉に高レベル廃液を送るためのエアリフト（液中に浸した管に空気を吹き込んで液を汲み上げるポンプ）のパージ用圧縮空気流量を確認したところ、異常はなかった。

発見した液だまりの液量は、ITVカメラの映像をもとにトレイ上の液だまりの広がり面積から約20mLと推定した。

漏えいした閉止フランジ（南側）及び隣接している閉止フランジ（北側）を取り外したところ、双方の閉止フランジに接続されている配管内に液を確認し、且つ液の分析結果から放射性物質濃度等が供給槽Aの高レベル廃液と同等であることが確認されたため、今回固化セル内に漏えいした液は、高レベル廃液であると判断した。

なお、本事象に伴う放射性物質による環境及び人への影響はなかった。

発生事象に係る時系列を添付資料－3に示す。

※1 「高レベル廃液ガラス固化建屋固化セルにおける高レベル廃液の滴下について（報告）」（平成21年1月30日報告、2月24日改正）参照

※2 本年1月に発生した固化セルにおける高レベル廃液の漏えいにより、漏えいが発生した閉止フランジ直下の配管やガラス溶融炉に電気を供給するための設備等に高レベル廃液が付着していることから、それを水により洗浄し除去するための作業

## 5. 放射線状況

### (1) 施設内の放射線状況（添付資料－4）

高レベル廃液ガラス固化建屋における固化セル内の漏えいに伴う施設内の放射線状況は、以下のとおりであり、異常はなかった。

#### ①線量当量率

高レベル廃液ガラス固化建屋管理区域内に設置されている $\gamma$ 線エリアモニタの測定値は通常の変動範囲内であり、異常はなかった。

#### ②空气中放射性物質濃度

高レベル廃液ガラス固化建屋管理区域内に設置されている $\beta$ 線ダストモニタの測定値は通常の変動範囲内であり、異常はなかった。

#### ③排気モニタ

高レベル廃液ガラス固化建屋排気モニタ（ $\beta$ 線ダスト）、主排気筒ガスモニタ、主排気筒ダストモニタ（ $\alpha$ 線、 $\beta$ 線）の測定値は通常の変動範囲内であり、異常はなかった。

### (2) 周辺環境の放射線状況（添付資料－4）

高レベル廃液ガラス固化建屋における固化セル内の漏えいに伴う周辺環境の放射線状況について、モニタリングポスト（周辺監視区域内）及びモニタリングステーション（周辺監視区域外）の測定値は通常の変動範囲内であり、異常はなかった。

## 6. トレイ内の液だまりの分析

トレイ内の液だまりの性状を確認するため、液を希釈して採取（液量が少なく試料採取可能な量に達していなかったため水で希釈した）し、採取した液の入った試料容器（試料容器は透明）を確認したところ液は透明であり、また回収した液を分析したところ、高レベル廃液の主要核種の放射性物質濃度及び高レベル廃液の成分であるナトリウムの濃度は、供給槽A内の高レベル廃液の分析値と同程度であった。（添付資料－5、6）

## 7. 配管内部の調査

### 7. 1 当該配管内部の調査

トレイ上に確認された液が配管内部から出てきたものか、結露等のほかの原因で発

生したものであるかを確認するために、トレイ上の液だまりの真上に設置された閉止フランジ部に繋がる配管（以下「南側配管」という。）内部の残液の有無を調査した。

#### （１）配管内部の残液の有無調査

配管内部の残液有無調査は、万一配管内に残液があった場合に出てきた液を受けること及び受けた液の分析のための試料を採取することを目的として、閉止フランジの下部に回収トレイを設置し、閉止フランジのボルトを少しずつ緩めたところ、約 135 mL の液が流れ出てきた。

さらに、閉止フランジを取り外したところ、金属ガスケット表面（閉止フランジ側）及びフランジ表面（配管側）に黒い筋状のものが付着していることが確認された。（添付資料－ 7）

#### （２）配管内から回収した液の性状確認

回収トレイに回収した液の試料採取を行い、採取した液の入った試料容器（試料容器は透明）を確認したところ配管内から回収した液は透明であり、また回収した液を分析したところ、回収した液における高レベル廃液の主要核種の放射性物質濃度及び高レベル廃液の成分であるナトリウムの濃度は、供給槽 A 内の高レベル廃液の分析値と同程度であった。（添付資料－ 5、 7）

上記の南側配管内部の残液調査の結果から、トレイ内の液だまりは、配管内からの液の漏えいにより発生したものであると判断した。

### 7. 2 隣接する配管内部の調査

南側配管内に残液が確認されたことを受け、これが南側閉止フランジ部に特有な事象であるかを確認するため、同じ槽（供給槽 A）に繋がっている北側の配管（以下「北側配管」という。）内部も同様に調査することとした。（北側配管の閉止フランジも南側配管の閉止フランジと同じトレイ上にあり、隣接している。）

#### （１）配管内部の残液の有無調査

北側配管内に残液がないかを確認するため、南側配管における調査と同様に閉止フランジの下部に回収トレイを設置し、閉止フランジのボルトを少しずつ緩めたところ、約 375 mL の液が流れ出てきた。

さらに、閉止フランジを取り外したところ、金属ガスケット表面（閉止フランジ側）及びフランジ表面（配管側）に黒い筋状のものが付着していること及び配管出口部に黒い固形物が確認された。（添付資料－ 7）

#### （２）配管内から回収した液の性状確認

回収トレイに回収した液の試料採取を行い、採取した液の入った試料容器（試料容器は透明）を確認したところ配管内から回収した液は黒みがかっており、また回

収した液を分析したところ、回収した液における高レベル廃液の主要核種の放射性物質濃度及び高レベル廃液の成分であるナトリウムの濃度は、供給槽 A 内の高レベル廃液の分析値と同程度であった。(添付資料－ 5、 7)

## 8. 原因究明

再処理施設高レベル廃液ガラス固化建屋における固化セル内の漏えいは、補助ホイストチェーンが閉止フランジ把持部に接触したことにより発生したことが確認されていることを踏まえ、

- ・補助ホイストチェーンが閉止フランジ把持部に接触したこと
- ・閉止フランジ把持部への接触時の負荷により閉止フランジ部から液が漏れたこと
- ・閉止フランジ部に液が滞留したこと

に対して原因究明を行った。

### 8. 1 補助ホイストチェーンが閉止フランジ把持部に接触したことに対する原因

#### 8. 1. 1 要因分析

補助ホイストチェーンが閉止フランジ把持部に接触した際に行っていた作業は、洗浄作業に必要な治具（以下、「水パーヅリング」という。）を設置するためのものである。

ガラス溶融炉に電気を供給するための設備は固化セル保守第 1 室（人が作業で立ち入るイエロ区域）から固化セルの壁を貫通しており、この部分（以下、「貫通プラグ」という。）に洗浄した水が浸入し固化セル保守第 1 室の線量が上昇したことを受け、その対策として水パーヅリングを設置することとした。

補助ホイストチェーンが閉止フランジ把持部へ接触したのは、水パーヅリング取付け治具をパワーマニピュレータに付属している補助ホイストチェーンで吊り（水パーヅリング取付け治具、チェーンを含め約 4 m）、その先に水パーヅリングを付け、貫通プラグのセル側出口部（セル壁際）に水パーヅリングを設置した後の戻り移動の際に発生した。(添付資料－ 8)

上記状況を踏まえ、補助ホイストチェーンが閉止フランジ把持部に接触したことに対する要因分析を行った。(添付資料－ 9)

#### 8. 1. 2 要因分析に基づく調査

本事象が発生した際の遠隔操作状況等を確認するため、当該操作を行っていた遠隔操作員を含む遠隔操作員全員及び遠隔操作における技術的な課題等を確認するために遠隔操作に対する技術的なサポートを実施する協力会社運転支援員に聞き取り調査を行った。

### (1) 体制

- ・ 遠隔操作は2名で実施し、遠隔操作1名及びI T Vカメラ操作1名の体制であった。
- ・ 遠隔操作員は遠隔操作について6年程度の経験を有していた。
- ・ 社内の育成プログラムに基づき、座学と実技による試験に合格し、さらに、社内規定で定める技術・技能認定試験（実機を用いて実施）に合格したものが遠隔操作員として実際の作業を行っている。

### (2) 事前検討手順

- ・ 作業に対する事前検討として、コンピュータを使用した3次元の設計図面（以下、「3D-CAD」という。）により、パワーマニピュレータが移動するルートを検討し、ルート上での他機器との干渉がないこと等を確認している。今回の作業についても3D-CADで他機器との干渉の確認（3D-CADでは、入力したルートにおいて機器との干渉があるか、又は狭隘な部分におけるパワーマニピュレータや補助ホイストチェーンに吊っている治具類と機器との距離等を確認することが出来る。）を行っていた。その結果、ガラス溶融炉電源設備と水パージリング取付け治具との干渉等は注意ポイント（移動の際に干渉する可能性が高い狭隘箇所を明確にし、当該箇所に注意しながら作業を実施する箇所。）として挙げられていたが、今回補助ホイストチェーンが干渉した閉止フランジ把持部については検討が不十分であり、注意ポイントとして挙げられなかった。
- ・ さらに、3D-CADによる移動ルート確認結果を遠隔操作員が確認し、操作性や操作における注意点の抽出を行っていたが、今回補助ホイストチェーンが接触した閉止フランジ把持部については、過去にも同様な作業を20回程度実施したが、干渉したことが無かったこともあり、注意ポイントとして挙げられなかった。

### (3) 操作手順確認

- ・ 遠隔操作を行う際は、I T Vカメラのモニタ4画面を見ながら操作を行っており、今回の作業においては、吊り荷（水パージリング取付け治具）と補助ホイストチェーンが別のカメラに映っていた。
- ・ 遠隔操作及びI T Vカメラ操作を行う際は、吊り荷がガラス溶融炉及びガラス溶融炉電源設備に接触することについては注意ポイントとして事前検討で挙げられていたが、補助ホイストチェーンまでは注意がまわっていなかった。
- ・ I T Vカメラ操作を行う遠隔操作員は、チェックシートの記入や、パワーマニピュレータの運転時間管理などI T Vカメラ操作以外の作業も同時に行っており、I T Vカメラ操作や監視に集中できない状況であった。
- ・ 水パージリングを取付ける位置は、トレイ、閉止フランジ把持部と補助ホイ

ストチェーンの関係や配管、ガラス熔融炉電源設備と水パージリング取付け治具の関係を注意しながらパワーマニピュレータの移動を行う必要があった場所であった。

- 水パージリング取付け後に、水パージリング取付け治具を元の治具置場に戻すため、水パージリング取付け治具を旋回させてから移動を行った。この水パージリング取付け治具を旋回させる動作においてパワーマニピュレータの位置がずれ、補助ホイスチェーンが2つの閉止フランジ把持部の間に入り込んだ。この状態からパワーマニピュレータを操作し、水パージリング取付け治具を移動させる場合、機器との干渉に注意しながら移動する必要があったが、機器付近で一旦停止し、周囲の位置関係を再確認するという行為を行わず、継続して作業を行ったため、閉止フランジ把持部に補助ホイスチェーンが接触した。
- 水パージリング取付け治具を旋回する作業を行った後の移動のように、パワーマニピュレータの位置ずれなどにより機器との接触の可能性が高いポイントは注意ポイントとして挙げるべきであった。

以上の調査結果により、補助ホイスチェーンの閉止フランジ把持部への接触は、

- 水パージリング取付け後の移動において、機器付近で一旦停止し、周囲の位置関係を再確認するという行為を行わず、継続して作業を行っていたこと
- 水パージリング取付け治具を旋回する作業を行った後の移動のように、パワーマニピュレータの位置ずれなどにより機器との接触の可能性が高いポイントを注意ポイントとして挙げるのが事前検討不足により出来なかったことにより発生したものと推定した。

## 8. 2 閉止フランジ部から液が漏れたことに対する原因

### 8. 2. 1 要因分析

補助ホイスチェーンが閉止フランジ把持部に接触した際に閉止フランジ部から液が漏れたことに対する要因分析を行った。

要因分析にあたっては、補助ホイスチェーンが閉止フランジ把持部に接触したことによりフランジ間に隙間ができた可能性と閉止フランジに繋がっている南側配管に亀裂が発生した可能性について洗い出しを行った。(添付資料-10)

### 8. 2. 2 要因分析に基づく調査

#### (1) 閉止フランジの調査

液が漏れた南側閉止フランジ部の調査を行うとともに、状況比較のために北側閉止フランジ部についても調査を行った。

##### ①外観確認

I TVカメラによりフランジ面の外観を確認したところ、南側閉止フランジの表

面（金属ガスケット側）に汚れが確認された。（添付資料－１１）この汚れは配管内の液に含まれる固形分が付着したものと考えられる。

## ②変形確認

閉止フランジ面及び閉止フランジ把持部について、直尺をあてて隙間の有無を見ることにより変形がないことを確認した。（添付資料－１２）

## （２）金属ガスケットの調査

閉止フランジの調査と同様、南側閉止フランジ部及び北側閉止フランジ部に設置されていた金属ガスケットについて調査を行った。

### ①外観確認

I T Vカメラにより南側の金属ガスケットの外観を確認したところ、金属ガスケット（閉止フランジ面側）金属シール面（以下、「Cリング」という。）下側に汚れが確認された。（添付資料－１１）この汚れは配管内の液に含まれる固形分が付着したものと考えられる。

また、Cリングの表面を確認したところ、丸みが残りCリングは潰れていないことを確認した。（添付資料－１３）

## （３）フランジ取付けボルト締め付け状態調査

### ①ボルト締め付け状態確認

南側閉止フランジ部及び北側閉止フランジ部のボルト締め付け状態を調査した結果、ボルトの若干の緩み（締め付け方向への若干の回転を確認）はあったものの、片締めの状態になっていないことを確認した。

### ②ボルト締め付け手順確認

前回漏えい後に新しい金属ガスケット、閉止フランジを取付けた際のボルト締め付け手順を調査し、予め定めた手順に従い締め付けが行われていることを確認した。

### ③インパクトレンチ性能確認

南側閉止フランジに設置されていた金属ガスケットを観察した結果、Cリングは潰れていないことがわかった。このため、閉止フランジを取付ける際にボルトを締め付けるために使用するインパクトレンチの締め付けトルクを調査した結果、締め付けトルクが低下していることを確認した。さらに、締め付けトルクが低下した原因として、モータの性能低下が考えられることから、インパクトレンチのモータ部における抵抗値測定（通常3Ω程度）を行ったところ、抵抗値が増大していることを確認した（抵抗値は、400MΩを超えていた）。抵抗値が増大する原因としては、当該インパクトレンチを本年1月の高レベル廃液の漏えい後における閉止フランジの取付け・取り外しに使用していたため、モータ内部のコイル部に硝酸（漏えいした高レベル廃液の硝酸）の影響で腐食等による異常が発生した可能性がある。

このモータ部における抵抗値が増大したことによりモータの性能が低下し、締め

付けトルクの低下に至ったものと考えられる。

また、当該インパクトレンチは、今回の調査に至るまで締め付けトルク及び使用実績に関するデータが管理されていなかった。このため、締め付けトルクが低下した時期については不明であるが、本年1月の高レベル廃液の漏えいが発生したことにより他のインパクトレンチよりも使用頻度が高くなったこと及び固化セル内に入れる前に管理区域外の施設において既に訓練で使用されていた（訓練での使用頻度は固化セルにおける使用頻度よりも高かった）ことから、その他の要因として、経年劣化も考えられる。

この締め付けトルクが低下したインパクトレンチを遠隔操作により閉止フランジを締め付け（水平方向）に使用した際、さらに締め付けトルクが低下し、閉止フランジボルトが十分締め付けられていなかったと考えられる（添付資料－13）。

#### （4）南側配管の健全性調査

##### ①外観確認

I T Vカメラにより南側配管の外観確認を行い、亀裂等は確認されなかった。（添付資料－14）

##### ②計算による南側配管の健全性評価

計算により南側配管の健全性を評価した結果、南側配管の許容応力と把持部の許容応力とでは閉止フランジ把持部の許容応力の方が小さいことが確認され、補助ホイストチェーンが閉止フランジ把持部に接触した際に発生した荷重により閉止フランジ把持部が変形していないことから、南側配管の健全性に影響を及ぼすほどの荷重が発生していないことを確認した。（添付資料－15）

以上の調査結果により、補助ホイストチェーンが閉止フランジ把持部に接触した際の漏えいは、締め付けトルク及び使用実績に関するデータが管理されていなかったインパクトレンチを使用して閉止フランジを取付けたため、閉止フランジのボルトに対する締め付けトルクが非常に小さくなり、補助ホイストチェーンが接触した際に閉止フランジ把持部に掛かった荷重により閉止フランジと金属ガスケットの間に隙間ができたため、漏えいに至ったものと推定した。（添付資料－13）

### 8. 3 閉止フランジ部に液が滞留したことに対する原因

#### 8. 3. 1 要因分析

前回の高レベル廃液の漏えいに対する再発防止対策が、エアリフトパージ用圧縮空気（エアリフト配管内における放射性雰囲気逆流防止を目的として供給している空気）量の管理により高レベル廃液を配管に移行させないこと及び液が移行しても閉止フランジの取付け方法の改善により液を漏えいさせないこととしていること、並びに今回南側配管、北側配管の両方に液が滞留していたことを踏まえ、閉止フランジ部に液が滞留したことに対する要因分析を行った。

要因分析にあたっては、供給槽Aから液が移送された可能性と供給槽A以外から液が移送されたことに対し、考えられる可能性について洗い出しを行った。(添付資料-16)

### 8. 3. 2 要因分析に基づく調査

#### (1) 供給槽Aからの高レベル廃液の移送

##### a. 供給槽A内から高レベル廃液が移送された可能性に対する調査(そのI)

本年1月21日に発生した高レベル廃液の漏えいに対して講じた対策を逸脱して発生したものかどうかの確認を行うため、エアリフトパージ用圧縮空気流量及び塔槽類廃ガス処理設備の負圧の変動について調査を行った。

##### ①エアリフトパージ用圧縮空気流量の変動

エアリフトパージ用圧縮空気流量が上昇したことにより高レベル廃液が揚液した可能性(本年1月の高レベル廃液の漏えいにおいて北側配管に供給槽Aの廃液が移送された原因)を確認するため、エアリフトパージ用圧縮空気流量の変動を1日1回の巡視点検記録により調査(前回漏えいの後に閉止フランジを取付けた2月19日以降)した結果、流量の変動は約15~25L/h以内に収まっていることを確認した。(添付資料-17)

なお、現場確認時に20L/hを超えていた場合はエアリフトパージ用圧縮空気流量調節弁を20L/hに再設定している。

##### ②負圧の変動の有無

塔槽類廃ガス処理設備の負圧変動(過負圧事象)により高レベル廃液が揚液した可能性(本年1月の高レベル廃液の漏えいにおいて北側配管及び南側配管に供給槽Aの廃液が移送された原因)を確認するため、塔槽類廃ガス処理設備の負圧変動発生の有無について運転データを調査(前回漏えいの後に閉止フランジを取付けた2月19日以降)した結果、供給槽A内の液が揚液されるほど大きな圧力変動が発生していないことを確認した。(添付資料-18)

##### b. 供給槽A内から高レベル廃液が移送された可能性に対する調査(そのII)

##### ①供給槽Aで蒸発した水分の気液分離器での凝縮

供給槽A内の水分が蒸発し、エアリフトパージ用圧縮空気により気液分離器に移行し、気液分離器と供給槽Aの温度差により凝縮して発生した液が閉止フランジ部に移行する可能性について調査した。

調査の結果、エアリフトパージ用圧縮空気は湿度が低いため凝縮が発生し難く、仮に水分が蒸発・凝縮したとしても、高レベル廃液相当の放射性物質濃度の液が閉止フランジ部に移行する可能性は低いものとする(添付資料-19)。

## ②エアリフトパージ用圧縮空気による配管内でのミストの発生

エアリフトパージ用圧縮空気ではエアリフト配管内にミストが発生し、エアリフトパージ用圧縮空気に同伴して配管内を上昇し、ある範囲の粒径のミストが気液分離器で落下することにより閉止フランジ部に液が到達する可能性について調査した。

計算による評価では気液分離器にミストが達する量はごく僅か（8ヶ月間で1 mL程度）であり、今回の閉止フランジに液が移行した可能性はあるものの、その液量から本事象への寄与は小さいものとする。（添付資料-19）

## ③供給槽A内の廃液の発泡

供給槽A内の高レベル廃液がエアリフトパージ用圧縮空気により発泡し、その泡がエアリフトパージ用圧縮空気を駆動源として気液分離器に達し、閉止フランジ部に移行する可能性について調査した。（添付資料-19）

調査の結果、高レベル廃液をサンプリングし、当該試料へ空気を供給した際に発泡することが確認された。

また、高レベル廃液の発泡状態を模擬した溶液を用いたモックアップ試験により、発生した泡の膜がエアリフトパージ用圧縮空気により上昇し、気液分離器に達し、閉止フランジ部に移行することが確認された。このことから、発泡により供給槽A内の廃液が移行した可能性があるとする。（添付資料-20）

## (2) 供給槽A以外からの液の移動

### ①気液分離器のシール水の流入

- ・気液分離器のシール水を張り込む作業を実施した場合、U字型のシール部からオーバーフローするため、その水が閉止フランジ部に移行する可能性があるため、シール水張り込みの実績について調査を行い、シール水張り込みを実施していないことを確認した。
- ・ガラス溶融炉の炉内気相圧力の推移から、高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備の圧力変動により、シール水が気液分離器に流入した可能性があるため、高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備の圧力データを確認した結果、圧力変動が発生していたことを確認した。（添付資料-21）

これにより、最大約35 mLのシール水が気液分離器に流入した可能性があるが、その液量が少ないこと、および非放射性の液であることから本事象への寄与は小さいものとする。

### ②配管内に前回の洗浄水が排出されずに残留

本年1月の漏えい発生後、配管内及び気液分離器内（以下「配管内等」という。）の洗浄を行っており、その後閉止フランジ及び金属ガスケットを新しいものに交換し閉止している。

北側配管については合計10回洗浄水を流し、南側配管については合計3回洗浄水を流した。

本年2月の洗浄作業の状況を録画映像により確認したところ、最後に洗浄したときの洗浄水は両フランジ側とも黒かった。(添付資料-22)

また、今回、北側・南側の両フランジを取り外して液を回収した後、配管の出口部を確認したところ、北側で黒い固形物が認められた。

本年2月の洗浄後、閉止フランジを接続する際、配管内から液が垂れてこないことを確認しているが、洗浄水が黒かったこと及び今回北側で黒い固形物が認められたことから、洗浄が十分でなかったため、配管内に放射能濃度の高い液が少量残留していたと推定される。

以上の調査結果により、閉止フランジ部における液の滞留のうち高レベル廃液の滞留は、

- ・供給槽A内の高レベル廃液がエアリフトパーシユ用圧縮空気によりエアリフト配管内で発泡し、供給槽A内の廃液を含む泡の膜がエアリフトパーシユ用圧縮空気を駆動源として気液分離器に達し、閉止フランジ部に移行した(閉止フランジ部に移行することがモックアップ等により確認できたことにより評価)

また、液の滞留に対する寄与は少ないものの、

- ・本年2月に実施した配管内等の洗浄作業において、最後に洗浄した際の洗浄水が両フランジ側とも黒かったこと、今回北側配管内に黒い固形物が認められたことから、本年2月に実施した配管内等の洗浄が十分でなかったため、配管内に放射能濃度の高い液が少量残留していた(特に北側配管に液が残留していた。)

ことにより発生したものと推定した。

## 9. 高レベル廃液の漏えいに係る推定原因

### (1) 補助ホイストチェーンが閉止フランジ把持部に接触した原因

- ・水パーシユリング取付け後の移動において、機器付近で一旦停止し、周囲の位置関係を再確認するという行為を行わず、継続して作業を行っていた。
- ・水パーシユリング取付け治具を旋回する作業を行った後の移動のように、パワーマニピュレータの位置ずれなどにより機器との接触の可能性が高いポイントを注意ポイントとして挙げるのが事前検討不足により出来なかった。

### (2) 補助ホイストチェーンが閉止フランジ把持部に接触した際に液が漏えいした原因

- ・硝酸の影響等により締め付けトルクが低下したインパクトレンチを使用して閉止フランジのボルトを締め付けたため、十分締め付けられていなかった。
- ・当該インパクトレンチについては締め付けトルク及び使用実績に関するデータ

が管理されていなかった。

(3) 供給槽A内の高レベル廃液を含む液が閉止フランジ部に滞留した原因

- ・供給槽A内の高レベル廃液がエアリフトパージ用圧縮空気によりエアリフト配管内で発泡し、供給槽A内の廃液を含む泡の膜がエアリフトパージ用圧縮空気を駆動源として気液分離器まで達し、閉止フランジ部に移行し滞留した。
- ・前回漏えい後に配管内等の洗浄が十分でなかったため、配管内に放射能濃度の高い液が少量残留し、閉止フランジ取付け後に閉止フランジ部に移行し滞留した。(特に北側配管に液が残留していた。)

## 10. 再発防止対策

(1) 補助ホイストチェーンが閉止フランジ把持部に接触したことに対する対策

- ・注意ポイント(移動の際に干渉する可能性が高い狭隘箇所等)における遠隔操作の際には、機器に接近する前に動作を一旦停止(ホールドポイントを設ける)し、周囲の状況の再確認を行う。
- ・事前検討において、水パージリング取付け治具を旋回する作業を行った後の移動のように、パワーマニピュレータの位置ずれなどにより機器との接触の可能性が高いポイントについては注意ポイントとして挙げることとする。

上記対策について、遠隔保守のマニュアルに明記する。

(2) 補助ホイストチェーンが閉止フランジ把持部に接触した際に液が漏えいしたことに対する対策

- ・締め付けトルクが低下したインパクトレンチを新規品に交換するとともに、今後の作業管理として保守作業(設備点検等)の開始前と終了後に締め付けトルクを確認する。
- ・インパクトレンチの使用実績に関するデータの管理・蓄積を行うとともに、今後、蓄積したデータを基にインパクトレンチの適切な交換時期について検討していく。

上記対策について、遠隔保守のマニュアルに明記する。

(3) 供給槽A内の高レベル廃液を含む液が閉止フランジ部に滞留したことに対する対策

- ・供給槽A内に溶液を貯留し、長期間エアリフトパージ用圧縮空気と溶液が接触していたことによりエアリフト配管内で泡が発生し、供給槽A内の廃液を含む泡がエアリフトパージ用圧縮空気を駆動源として気液分離器まで達し、閉止フランジ部に移行し滞留した。このことから、エアリフトパージ用圧縮空気流量を低下させる(5 L/h程度)とともに、設備点検等設備を長期停止し高レベル廃液供給配管に閉止フランジを設置する場合には、エアリフトパージ用圧縮空気吹き込み部に溶液が接触しないよう供給槽の液位を下げることで、その

旨を運転管理のマニュアルに明記する。(添付資料-23)

なお、エアリフトパージ用圧縮空気流量を低下させるために、流量計を交換するとともに流量制限オリフィスを追加設置する。

- ・配管内に液が滞留している可能性を考慮し、閉止フランジを取り外す場合は、今後も継続して液を受ける措置を講じることとし、その旨を遠隔保守のマニュアルに明記する。

なお、閉止フランジの取付けの際に十分な締め付け状態を確保するためには、上述したインパクトレンチの締め付けトルクの確保に加え、閉止フランジ取付け面を清浄な状態に保つ必要がある。このため、閉止フランジの取付け時に配管内に残留した放射能濃度の高い液がフランジ部に流れ出て表面を汚す(フランジ取付け面の状態が悪化する)ことがないように閉止フランジ取付け前の洗浄作業において、配管内を十分に洗浄する。洗浄が十分行われたことの確認としては、洗浄液の放射能濃度の低下により確認することとする。

今回の高レベル廃液が泡の発生により閉止フランジ部に移行した事象に対する水平展開としては、2系列あるガラス固化設備のもう一方の系列に設置されている供給槽Bが対象となる。供給槽Bについては、ガラス溶融炉Bに接続された状態であり、閉止フランジを設置していないものの、今後も長期間に設備を停止することから、供給槽Aと同様の対策を実施することとする。

以上