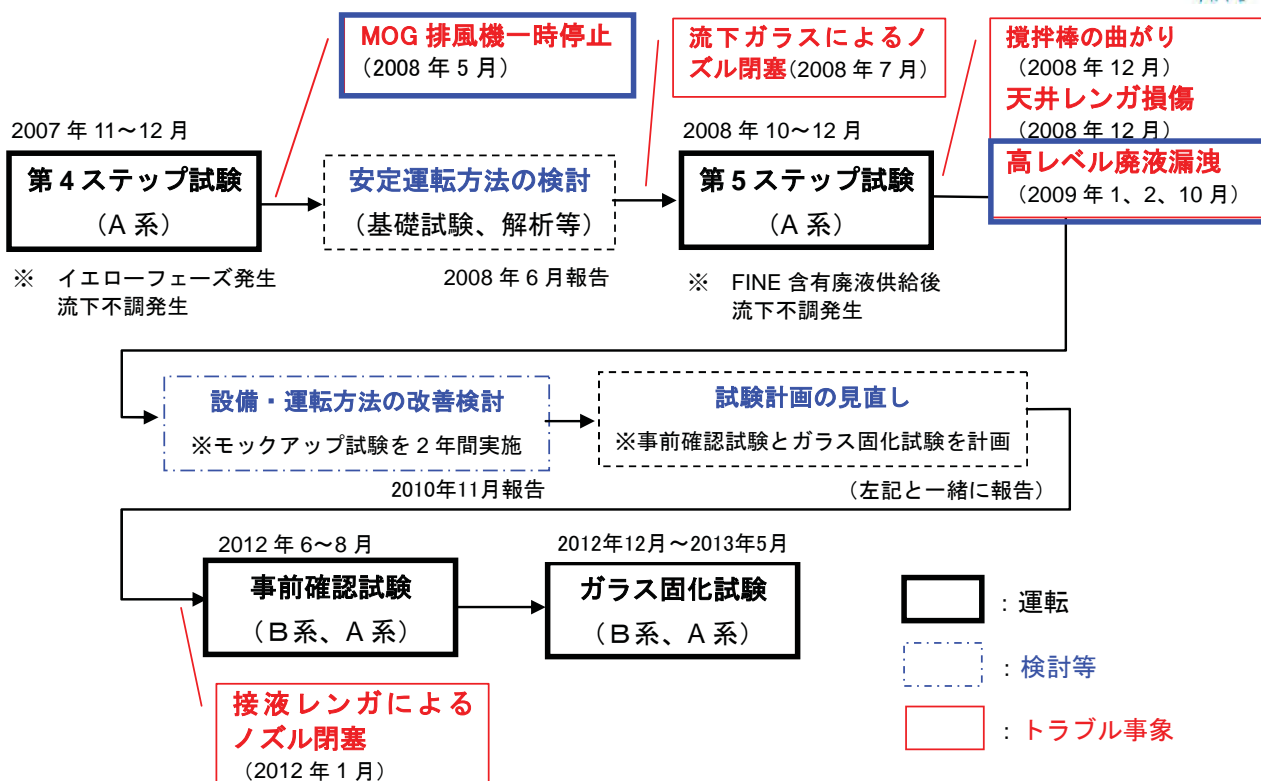




アクティブ試験に発生した ガラス固化設備関連のトラブル事象



ガラス固化設備におけるアクティブ試験の経緯



MOG排風機一時停止 (2008年5月発生)

3

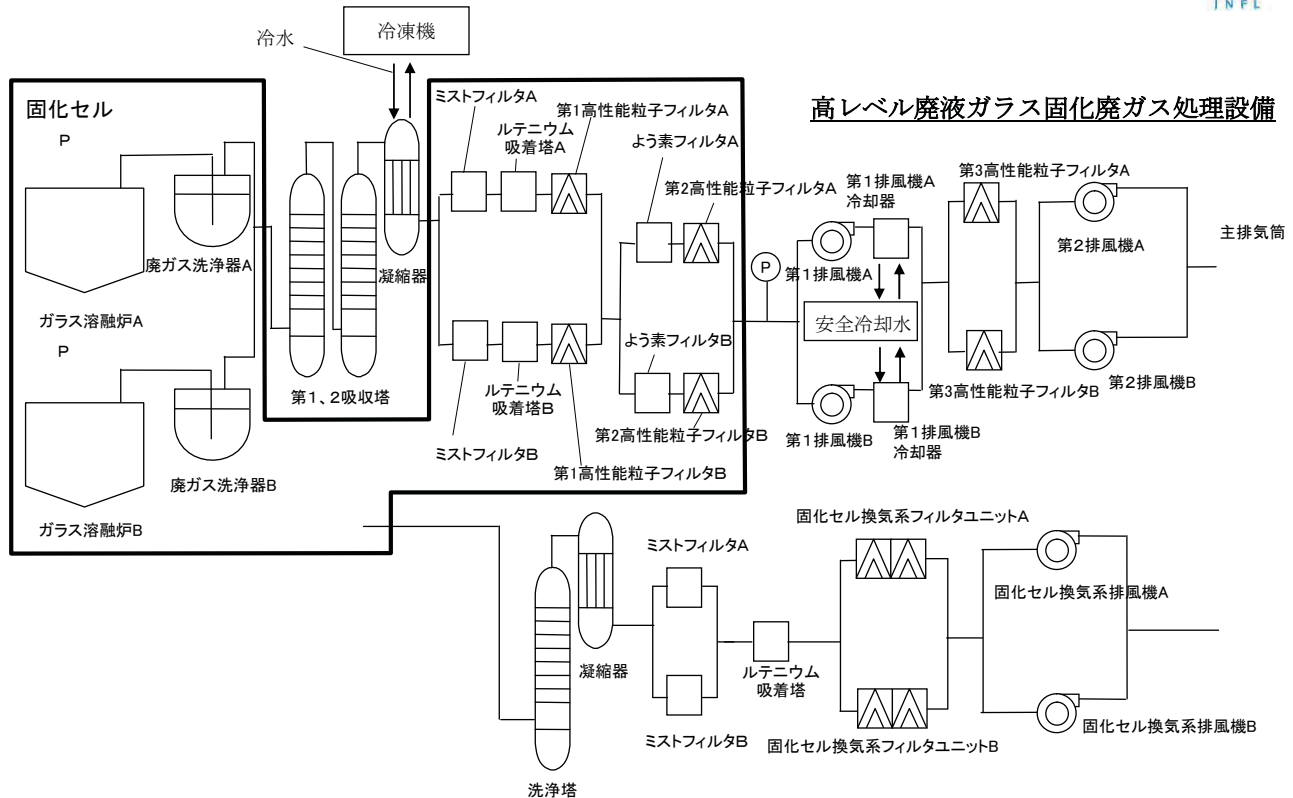
高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備排風機の一時的な停止

- ✓ 平成20年5月14日18時24分、高レベル廃液ガラス固化建屋の高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備(以下、「ガラス固化廃ガス処理設備」という。)の排風機(4台設置の2台運転)の保守に伴う切替え操作を行ったところ、2系統ある排風機が全台停止状態になった。
- ✓ この時、ガラス溶融炉が一時的に固化セルに対して正圧になったが、ガラス溶融炉を設置している固化セル換気設備の排風機は異常なく運転しており、固化セル内の負圧は維持されていた。安全確認の後、18時49分にB系統のガラス固化廃ガス処理設備排風機を手動で再起動し、通常状態に復旧した。

4

高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備及び固化セル換気設備の概要図

日本原燃株式会社



5

排風機の一時的な停止の事象説明

日本原燃株式会社



- ✓第1排風機B軸受け部のオイル補充のために、運転手順書に基づきB系統からA系統への排風機の切替え操作を行った。
- ✓設計上、排風機の切替え時は、一時的にA系統及びB系統が同時起動となり、その後、予備側となる排風機が自動停止する。
- ✓本事象においては、切替え直後に第1排風機入口圧力高インターロックが作動したため、第1排風機Aが停止し、第1排風機Bが予備機起動信号により起動した。
- ✓続いて起動した第1排風機Bについても入口圧力高インターロックが作動した。このとき既に第1排風機Aには異常信号が成立していたため、第1排風機Aは起動しなかった。
- ✓これは、本インターロックにより排風機が停止した場合、当該排風機の異常信号が成立し、以後、異常信号をリセットするまでは安全系監視制御盤からの起動操作以外では起動しない設計となっているためである。
- ✓第2排風機A・Bについては、それぞれ第1排風機A・Bの運転に連動しており、第1排風機A・Bの停止とともに第2排風機A・Bも停止した。
- ✓以上によりガラス固化廃ガス処理設備排風機が全台停止状態になった。

6

第1排風機入口圧力が「高」インターロック値に到達した要因

日本原燃株式会社



- ✓ 第1排風機入口圧力が「高」インターロック値を超えた要因について検討した結果、「第1排風機下流側で圧力損失が増大した要因」及び「設定値が適切でなかった要因」の可能性が確認された
- ✓ 第1排風機下流側で圧力損失が増大した要因について検討した結果、「凝縮液の滞留」の可能性が確認されたことから、第1排風機冷却器のドレンの有無、第3高性能粒子フィルタのケーシング内部及び差圧の上昇が確認された第2高性能粒子フィルタBの点検を実施した。その結果、第1排風機A冷却器及び第1排風機B冷却器内、第3高性能粒子フィルタBのケーシング下部に液体が滞留していることを確認した
- ✓ 平成20年3月3日から3月22日までの間に凝縮器に冷水を供給している冷凍機を点検・保守のために2台停止した際、凝縮器出口廃ガス温度が第1排風機A冷却器出口廃ガス温度を上回り、第1排風機下流の系統内において廃ガス中の水分が凝縮する状態となっていたことから滞留していた液体は凝縮液であると推定した

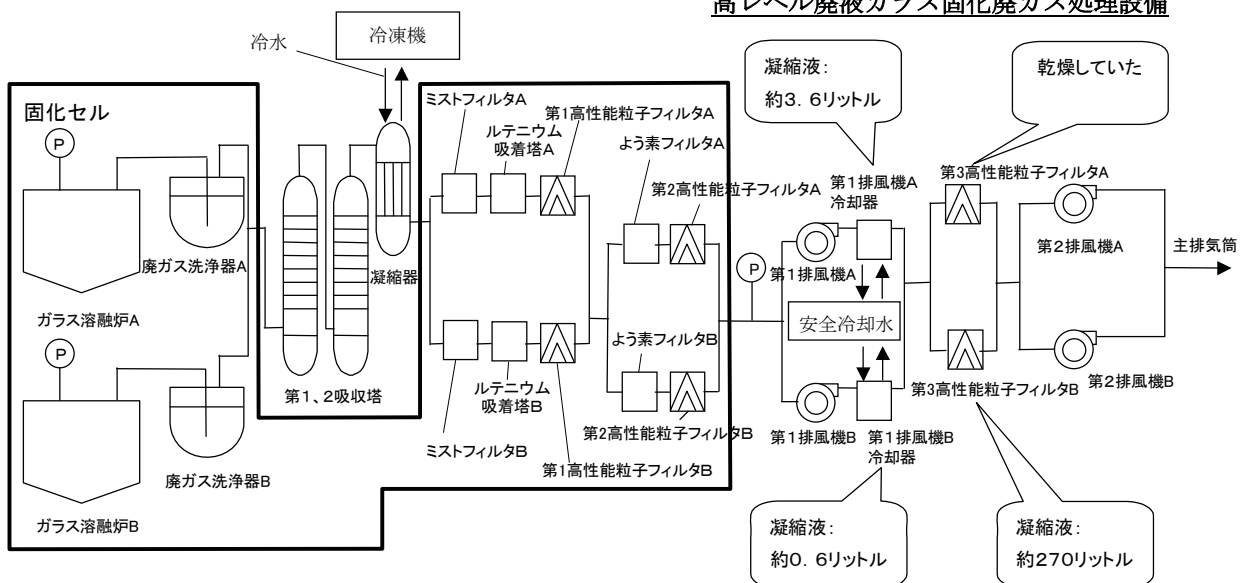
7

第1排風機入口圧力が「高」インターロック値に到達した要因

日本原燃株式会社



高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備



第1排風機冷却器及び第3高性能粒子フィルタ等の調査結果

8

待機側の予備機が起動しなかった要因



排風機停止までのインターロックの流れの調査

- ✓① 第1排風機入口圧力が高警報設定値以上の状態が5秒以上経過した時点で、監視制御盤に第1排風機Aの異常信号が成立し、インターロックにより第1排風機Bに切り替わる。
- ✓② その後、第1排風機入口圧力が高警報設定値以上の状態が5秒以上経過した時点で、監視制御盤に第1排風機Bの異常信号が成立し、第1排風機Aを起動する信号が発せられる。
- ✓③ しかし、上記①で成立した第1排風機Aの異常信号をリセットするまでは、安全系監視制御盤からの起動操作以外は受け付けないインターロックロジックとなっている。

事象時の動作状況



- ① 運転員は、排風機の保守に伴い、B系統からA系統への切替え操作を行った。
- ② ①の操作により、第2排風機A、そして第1排風機Aに起動信号が入力され回転数が上昇した。
- ③ ①の操作により、第1排風機B、第2排風機Bに停止信号が入力され回転数が降下した。
- ④ 第1排風機入口圧力が -25kPa 以上の状態が5秒経過した時点で、第1排風機起動信号から14秒以上経過していたため、第1排風機入口圧力高警報が発報した。(なお、第1排風機入口圧力は下降傾向であったため、1秒後に第1排風機入口圧力高警報が復帰した。)
- ⑤ ④の警報によりインターロックが作動し、第2排風機B、そして第1排風機Bに起動信号(排風機の切替え信号)が入力され回転数が上昇した。
- ⑥ ④の警報によりインターロックが作動し、第1排風機A、第2排風機Aに停止信号が入力され回転数が降下した。
- ⑦ ④の警報により、第1排風機A異常警報が発報した。
- ⑧ 第1排風機入口圧力が -25kPa 以上の状態が5秒経過した時点で、第1排風機起動信号から14秒以上経過していたため、第1排風機入口圧力高警報が発報した。
- ⑨ ⑧の警報によりインターロックが作動し、このとき既に第1排風機Aには異常信号が成立していたため、第1排風機Aは起動しなかった。
- ⑩ ⑧の警報によりインターロックが作動し、第1排風機B、第2排風機Bに停止信号が入力され回転数が降下した。
- ⑪ ⑨及び⑩により、第1排風機A／第2排風機A／第1排風機B／第2排風機Bの排風機4台が停止した。

推定原因



(1) 第1排風機下流側での圧力損失が増大した原因(第1排風機入口圧力が「高」インターロック値に到達した要因)

- ・冷凍機が点検・保守作業で停止した期間、第1排風機冷却器で廃ガス中の水分が凝縮する状態となったことから凝縮液が滞留し、排風機の切替え時の系統の過渡的な圧力変動が大きくなったものと推定された。

(2) 第1排風機Bが停止した後待機側の第1排風機Aが再起動しなかった原因(インターロックロジックに関する要因)

- ・排風機切替え操作において起動した第1排風機Aが第1排風機入口圧力高インターロックにより停止した後、バックアップとして立ち上がった第1排風機Bが、第1排風機入口圧力高インターロックの作動により停止した。これにより、第1排風機Aに起動信号が出たが、既にインターロックにより停止した第1排風機Aは、「故障状態と認識」されたため起動しないインターロックロジックであったことによるものと考ええる。

推定原因



(3) 第1排風機入口圧力高警報に係る設定値の設定に関する原因(第1排風機入口圧力が「高」インターロック値に到達した要因)

- ・排風機の切替え時の系統の過渡的な圧力変動に対する第1排風機入口圧力高警報の設定値の裕度が小さかった可能性が考えられる。
- ・過度的変動が収束する時間が起動時警報バイパスタイマーの設定値である14秒よりも時間を要していることが確認されたことから、同設定値の裕度が小さかった可能性が考えられる。
- ・本事象の切替え時の運転データにより、第1排風機A及び第2排風機A起動から第1排風機B及び第2排風機Bが停止するまでの5秒では第1排風機入口圧力が高くなることが確認されたことから、同設定値の裕度が小さかった可能性が考えられる。

再発防止対策



(1) 凝縮液の滞留防止

凝縮液が滞留し第1排風機下流側での圧力損失が増大した原因(第1排風機入口圧力が「高」インターロック値に到達した要因)に対する対策として、運転マニュアルを改正し、以下を実施する。

- ・冷凍機の点検・保守にあたっては、冷凍機2台のうち1台を常に運転状態とし、冷水を凝縮器へ供給することにより、系統内での凝縮液の発生を防止する。
- ・凝縮器の出口廃ガス温度が冷却器の出口廃ガス温度を上回っていないことを1日1回以上確認し、系統内での凝縮液の発生を防止する。
- ・これまでと同様に、高性能粒子フィルタの差圧を1日1回以上確認し、系統内での凝縮液の発生を早期に把握できるようにする。
- ・第1排風機冷却器内で発生する凝縮液の抜き出し操作を原則として毎月1回実施する排風機定期切替え時に行う。
- ・第3高性能粒子フィルタケーシング内部を乾燥させるために、上記排風機定期切替え時に当該フィルタの系統を切替え通気する。

再発防止対策



(2) インターロックロジックの変更

第1排風機Bが停止した後待機側の第1排風機Aが再起動しなかった原因(インターロックロジックに関する要因)の対策として、以下を実施する。

- ・排風機の運転継続の観点から、バックアップとして立ち上がった排風機が、第1排風機入口圧力高警報に係るインターロックにより停止しないロジックに改造する。

(3) 第1排風機入口圧力高警報に係る設定値の変更

第1排風機入口圧力高警報に係る設定値は、化学試験における運転実績に基づき設定し、アクティブ試験において運用してきたが、設定値の裕度が小さい可能性があることと判明したことから排風機の運転継続を重視し、過去の運転実績を踏まえ、今後、以下の事項を検討していく。

- ・起動時警報バイパスタイマーの設定値については、切替え時の予備機の立ち上がり時間を考慮した適切な値に変更する。
- ・停止遅延タイマーの設定値については、切替え時に予備機の機能が発揮されるまでの間、運転側の排風機の停止を遅延させ、第1排風機入口圧力の上昇を抑制させるために適切な値に変更する。

高レベル廃液漏えい (2009年1、2、10月発生)

15

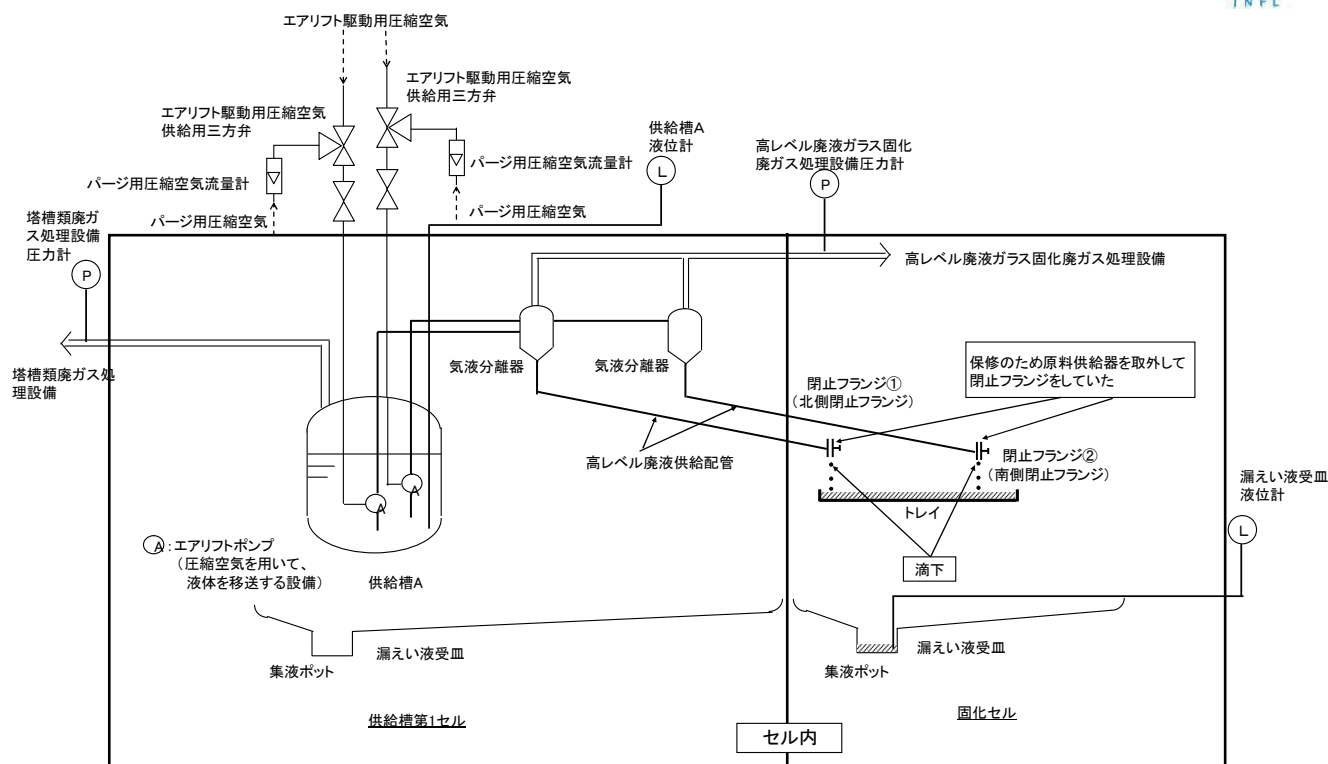
2009年1月発生の高レベル廃液漏えい

- ✓ 2009年1月21日に固化セル内の閉止フランジ①(以下「北側閉止フランジ」という。)から高レベル廃液が漏えいしていることを確認した。
- ✓ また、同日固化セル内の北側閉止フランジに隣接した閉止フランジ②(以下、「南側閉止フランジ」という。)から高レベル廃液が漏えいしていることを確認した。北側及び南側閉止フランジは保修のためガラス溶融炉への高レベル廃液供給配管を閉止していたものである。

16

2009年1月発生の高レベル廃液漏えいの概要図

日本原燃株式会社



17

2009年1月発生の高レベル廃液漏えいの概要

日本原燃株式会社



✓漏えいが確認された時点で北側閉止フランジに接続されているエアリフトのパージ用圧縮空気流量が通常値(約20L/h)よりも大きい値(約65L/h)であった。供給槽Aの液量については、1月9日から液位が低下していたが、漏えい確認後、北側閉止フランジに接続されているエアリフトのパージ用圧縮空気流量を通常値に復旧したところ、供給槽Aの液位の低下が停止した。なお、南側閉止フランジに接続されているエアリフトのパージ用圧縮空気流量は通常値であった。

✓1月15日に塔槽類廃ガス処理設備で系統内の負圧が通常より深くなる事象が発生した。また、その後の復旧作業のため負圧を通常より浅くし、通常状態に復旧した。このため急激な負圧変動が発生していた。

✓北側閉止フランジ部に移行した高レベル廃液は、約149L、南側閉止フランジ部に移行した高レベル廃液は、約20～30mLであった。

18

2009年1月発生の高レベル廃液漏えいの推定原因および対策

日本原燃株式会社



【推定原因】

- ✓ エアリフトパージ用圧縮空気流量が通常値(約20L/h)よりも大きい値(約65L/h)になったことにより、高レベル廃液が揚液されたこと(北側閉止フランジ)
- ✓ 塔槽類廃ガス処理設備で発生した過負圧事象及びその復旧作業等において塔槽類廃ガス処理設備の系統内圧力が急激に変動し、エアリフト配管内の空気流量が一時的に大きくなったこと(北側及び南側閉止フランジ)
- ✓ エアリフトパージ用圧縮空気流量が通常値よりも大きい値となっていたことについては、流量設定弁への人等の接触があったことによる可能性があること

【対 策】

- ✓ エアリフトパージ用圧縮空気流量を通常値(約20L/h)に設定する
- ✓ 人等の接触により簡単に流量設定が変わらないように、エアリフトパージ用圧縮空気流量の流量計設定弁への近接防止を行うとともに、偶然接触した場合などに簡単に設定弁が動かないように設定弁の養生を行う
- ✓ 固化セル内の廃液等の系統に設置する閉止フランジの取付け作業を行う際には、ガasket再使用の禁止等閉止フランジに廃液等が移行することを考慮した取付け方法に見直す

19

2009年2月1日発生の高レベル廃液の再漏えい

日本原燃株式会社



- ✓ 2009年2月1日に再び北側閉止フランジから高レベル廃液が漏えいしていることを確認した。その後、北側閉止フランジ及び南側閉止フランジを取外し配管内の廃液を回収した。なお、北側の配管からは、固形状の物質とスラリー状の廃液が回収された。
- ✓ 供給槽Aからのエアリフトのパージ用圧縮空気流量は通常値(20L/h)であった。
- ✓ 高レベル廃液の漏えいの発生(平成21年1月21日)から、高レベル廃液の再漏えいの発生(平成21年2月1日)の間、塔槽類廃ガス処理設備に急激な圧力変動はなかった。
- ✓ 高レベル廃液の回収量は、北側フランジ:約100~200mL、南側フランジ:数mLであった。

20

2009年2月発生の高レベル廃液再漏えいの推定原因および対策

日本原燃株式会社



【推定原因】

✓高レベル廃液漏えい後の配管内の残留廃液回収作業が十分でなかったことから、北側閉止フランジにつながっている配管内にスリ状の廃液が残留していたためである。

【対 策】

✓閉止フランジを取外し、配管内に残留しているスリ状の廃液を回収した。

21

2009年10月22日発生の高レベル廃液の漏えい

日本原燃株式会社



- ✓ 2009年10月22日に南側閉止フランジ下に設置しているトレイ内に液だまりがあることを確認した。発見した液だまりの液量は、約20mLと推定した。
- ✓ 前回の漏えい後に閉止フランジを取付けた2月19日以降から漏えい発生時までの間（約8ヶ月）、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した記録により、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。
- ✓ 前回の漏えい後に閉止フランジを取付けた2月19日以降から漏えい発生時までの間、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。
- ✓ 北側閉止フランジ部に移行した高レベル廃液は、約375mL、南側閉止フランジ部に移行した高レベル廃液は、約155mL（トレイ内の液溜まりを含む）であった。

22

2009年10月22日発生の高レベル廃液の漏えい

日本原燃株式会社



- ✓ フランジのボルト締め付け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、インパクトレンチのモータ部の抵抗値が増大していることを確認した。
- ✓ モータ部の抵抗値が増大する原因としてモータ内部のコイル部の異常が考えられ、また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ことから、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）の影響で腐食等の損傷が発生していることが考えられる。
- ✓ 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。

23

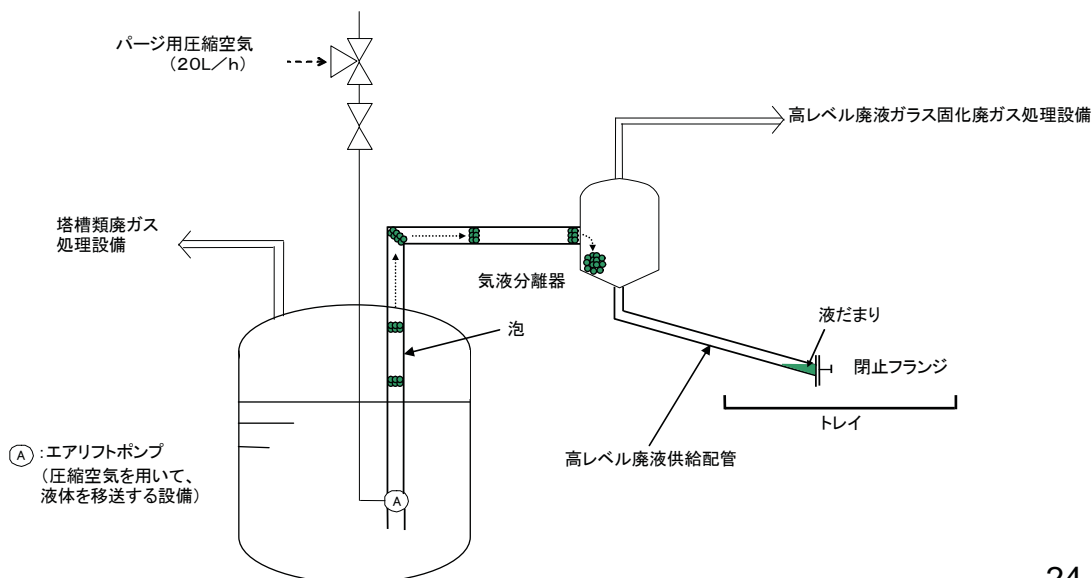
2009年10月22日発生の高レベル廃液の漏えいの推定原因

日本原燃株式会社



① 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を洗浄したが、放射能濃度が高い液が配管内に残留し、閉止フランジ取付け後に閉止フランジ部に移行した。



24

2009年10月22日発生の高レベル廃液の漏えいの推定原因

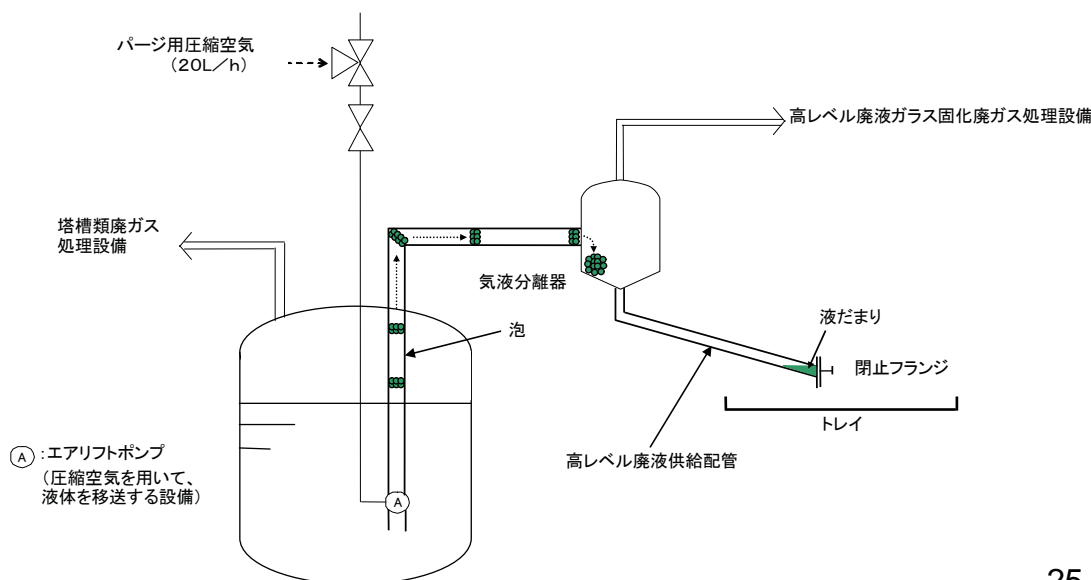
日本原燃株式会社



① 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を洗浄したが、放射能濃度が高い液が配管内に残留し、閉止フランジ取付け後に閉止フランジ部に移行した。



25

2009年10月22日発生の高レベル廃液の漏えいの推定原因

日本原燃株式会社



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

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。

26

2009年10月22日発生の高レベル廃液の漏えいの対策

日本原燃株式会社



① 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

✓エアリフトパージ用圧縮空気流量を低下させる(5L/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にし、その旨を運転管理のマニュアルに明記する。

✓なお、エアリフトパージ用圧縮空気流量を調整する流量計については、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。

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修作業(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。