

< 別添 >

再処理施設高レベル廃液ガラス固化建屋
ガラス溶融炉におけるガラスの流下停止について
(最終報告)
【公開版】

本書は記載内容のうち、内の記載事項は公開制限情報に属するものであり公開できませんので削除しております。

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. 流下停止が発生した際の運転状況	2
6. 流下停止に係る点検・調査等	2
6. 1 結合装置内の観察	2
6. 2 付着物の除去	2
6. 3 結合装置取り外し後の観察	3
6. 4 分析結果	3
7. 点検・調査結果に基づく状況の要因分析	4
7. 1 流下停止に至った要因分析	4
7. 2 流下ガラス温度が低かったことに関する要因分析	6
8. 要因分析に対する評価	7
8. 1 流下ガラスの温度が低い場合に流下ノズル下端周辺を塞ぐことに対する評価	7
8. 2 流下ノズル下端周辺が塞がれた状態でガラスが上昇することに対する評価	7
8. 3 流下ノズル健全性及び流下性確認試験	7
9. 流下停止等に至った経緯	9
10. 原因	10
11. 再発防止対策及び改善事項	10
12. 水平展開	12

添付資料－1	高レベル廃液ガラス固化設備の概要図
添付資料－2	時系列
添付資料－3	ガラス熔融炉Aの運転データ
添付資料－4	流下停止（7月2日）時の状況
添付資料－5	結合装置内の観察
添付資料－6	アクティブ試験で観察された事象の整理
添付資料－7	低粘性流体の発生状況
添付資料－8	流下ノズル下端周辺のガラス等の付着物の除去結果
添付資料－9	結合装置内等におけるガラス等の付着状況
添付資料－10	ヒータによるガラスの除去後及び結合装置取り外し後の観察結果から推定したガラスの付着状況
添付資料－11	ガラス等の付着物の分析結果

添付資料－１２	「高周波加熱コイルと流下ノズル間にガラスが付着した」に対する要因分析図
添付資料－１３	高温クリープ及び疲労による流下ノズルの寿命評価
添付資料－１４	構造材としての健全性
添付資料－１５	流下ノズルの耐食性について
添付資料－１６	流下ノズル上端部付着状況からの評価
添付資料－１７	高周波加熱コイル付着サンプルによる付着ガラスの付着時期の推定
添付資料－１８	「流下ノズルの温度が低い」に対する要因分析図
添付資料－１９	数値流体解析による流下ガラス挙動評価について
添付資料－２０	流下ガラス挙動に関する模擬粘性流体による試験について
添付資料－２１	流下ノズル出口における流下ガラスの付着・堆積
添付資料－２２	流下ノズルと高周波加熱コイル間におけるガラス上昇速度について
添付資料－２３	流下ノズル健全性及び流下性確認試験結果のまとめ
添付資料－２４	流下ノズル上端部からのガラス流出の有無に関する確認方法の詳細
添付資料－２５	流下ノズル健全性及び流下性確認試験における流下状況観察結果
添付資料－２６	流下ノズル健全性及び流下性確認試験実施後の流下ノズル上端部観察結果
添付資料－２７	流下ノズル閉塞の有無確認方法の詳細
添付資料－２８	流下ノズルの昇温特性と流下状態との関連性確認方法の詳細
添付資料－２９	確認試験における流下ノズル温度等の状況
添付資料－３０	流下停止等に至った経緯（流れ図）
添付資料－３１	流下ノズル温度計温度の推移
添付資料－３２	コイル表面のふく射率が上昇することに対する電力調整について
添付資料－３３	低粘性流体発生抑制方策としての廃液調整
添付資料－３４	ＩＴＶによる視認性の改善
参考資料－１	用語集

1. 件名

再処理施設高レベル廃液ガラス固化建屋 ガラス溶融炉におけるガラスの流下停止について

2. 発生日時

平成20年7月2日(水) 21時43分

3. 発生場所

再処理工場 高レベル廃液ガラス固化建屋 高レベル廃液ガラス固化設備
(添付資料-1参照)

4. 発生事象の概要

7月2日、ガラス固化に関する試験の実施中に、流下ノズルからのガラスの流下不調が発生し、7月3日に試験を中断した。(ガラス溶融炉内に11バッチ分の模擬ガラスを張った状態で1バッチ分の高レベル廃液とガラスビーズを供給した状態であった。)

発生状況の概要は以下のとおりである。(添付資料-2参照)

- ①平成20年7月2日12時00分、高レベル廃液ガラス固化建屋のガラス溶融炉Aに廃液供給を開始し、通常の手順に従い廃液のガラス溶融を行い、21時00分より溶融ガラス流下のための流下ノズルの高周波による全段加熱を開始した。
- ②流下状況をITVカメラにより監視していたところ、21時11分より数回の断続的な溶融ガラスの流下が確認されたものの、流下の流れが弱く、曲がった流れであることが確認され、その後、流下の継続が確認できなかった。このため21時43分に緊急流下停止操作を行った。
- ③ガラス流下が継続しなかった原因として、「流下ノズルの昇温が不十分である」と推測されたことから、22時31分より再度の流下操作として、流下ノズルの高周波加熱電力値の増加及び主電極-底部電極間電流値の増加を行ったものの、流下ノズルの温度上昇に伴う発光や流下ノズルからのガラス流下は確認できなかったことから、ガラス流下ができていない状況と判断した。
- ④このため、7月3日0時58分に流下操作を停止し、5時31分より、手順に従い低温保持運転へ移行した。

5. 流下停止が発生した際の運転状況

7月2日から再開した試験においては、6月11日付けの「高レベル廃液ガラス固化設備の安定運転条件検討結果報告」（以下、「安定運転条件報告」という。）に示した方法に基づき熱バランス計算による運転条件を決めて運転を行った。その結果、安定運転を行うための主要な要素であるガラス温度と気相温度はアクティブ試験第4ステップ1バッチ目と比較し安定した状態であった。

（添付資料－3参照）このことから、今回の流下不調は溶融炉の運転の問題ではなく、溶融したガラスを流下する流下ノズルの部分で発生した問題であると考えられる。

さらに、今回の流下停止が発生した際の特徴として、流下ノズル温度が前回の試験時より低かったことが確認された。（添付資料－4参照）

6. 流下停止に係る点検・調査等

6. 1 結合装置内の観察

ITVカメラを用いて、結合装置の下から流下ノズル下端を含む結合装置内部を点検した結果、流下ノズルの周囲に設置された高周波加熱コイル下段内側全体にガラスが付着し、流下ノズル下端が確認できないこと、加えて高周波加熱コイル内側及び付着したガラス表面、ガラスガイド管上部内面には光沢のない付着物があることを確認した。（添付資料－5参照）

この光沢のない付着物の発生要因が何であるかを確認するために、第4ステップ（60バッチの流下を実施）の運転状況について再度確認を行った。第4ステップの実績は以下のとおりであった。（添付資料－6参照）

- ・60バッチ中35バッチで低粘性流体が発生した。
- ・仮焼層が安定して形成できなかつたため、ガラス温度等が安定しなかつた。
⇒白金族元素の沈降・堆積に繋がった。
- ・白金族元素の沈降・堆積の影響により60バッチ中5バッチで偏流が発生した。

この中で低粘性流体は、鉛直な流下とは異なり広がりをもった流れであった。（添付資料－7参照）このため、冷却されている高周波加熱コイル表面に低粘性流体が付着した可能性があると考えられる。

6. 2 付着物の除去

結合装置内の観察の結果、流下ノズルの周囲に設置された高周波加熱コイル下段内側全体にガラスが付着し、流下ノズル下端が確認できなかつたことから、流下ノズル下端周辺のガラス等の付着物の除去を実施した。（添付資料－8参照）

ガラス等の付着物の除去作業は、遠隔操作であることを考慮して、作業方法の検討及びモックアップ試験を実施した。流下ノズル下端周辺に確認されたガラス等の付着物の除去方法としては、モックアップ試験の結果を踏まえ、ヒータを用い、結合装置下側から流下ノズル出口近傍までヒータを挿入し、流下ノズル出口近傍のガラス等の付着物を熔融、除去した。その後、ノッカーを用いて「高周波加熱コイル」及び「ガラスガイド管スリット部」のガラス等の付着物の清掃を実施した。

6. 3 結合装置取り外し後の観察

付着物の除去を実施して、結合装置を取り外すことが可能な状況になったことから、結合装置を取り外し、結合装置内部及び流下ノズルをITVカメラにより観察した。

観察の結果、流下ノズル上端部、高周波加熱コイル上面、高周波加熱コイル中段内側、高周波加熱コイル表面（全体）、覗き窓等にガラス等の付着物が確認された。さらに、流下ノズル上端部全周に、ガラスの付着が確認された。（添付資料－9参照）このことから、流下ノズル上端に至るまで高周波加熱コイルと流下ノズルとの間にガラスが付着していたことが推定される。（この状況に至った評価については8. 2項に示す。）

添付資料－10に、ヒータによるガラスの除去後及び結合装置取り外し後の観察結果から推定したガラスの付着状況を示す。

6. 4 分析結果

原因究明のために、除去したガラス等の付着物、今回の流下停止の際にガラス固化体容器に落下したガラス及び高周波加熱コイル表面（全体）に確認された粉状の付着物の分析を実施した。

分析の結果は、以下のとおりであった。（添付資料－11参照）

- ①ガラス固化体容器内ガラス：ナトリウムやほう素などの結果からガラスであることが確認でき、ルテニウム及びロジウムは検出下限値未満であった。
- ②ヒータ除去付着物：ナトリウムやほう素などの結果からガラスであることが確認でき、ルテニウム及びロジウムは検出下限値未満であった。
- ③高周波加熱コイル上面付着物：ナトリウムやほう素などの結果からガラスであることが確認でき、ルテニウム及びロジウムは検出下限値未満であった。
- ④高周波加熱コイル中段内側付着物：ナトリウムやほう素などの結果からガラスであることが確認でき、ルテニウム及びロジウムは検出下限値未満

であった。

- ⑤高周波加熱コイル表面付着物（全体・粉状）：熔融ガラスの揮発成分と低粘性流体成分が混合したもので、ルテニウム及びロジウムは検出下限値未満であった。
- ⑥ヒータ付着物：ガラス成分であるほう素の含有率が低く、ナトリウム及びモリブデンの含有率が高いという結果から第4ステップで発生した低粘性流体であることが確認できた。

7. 点検・調査結果に基づく状況の要因分析

7. 1 流下停止に至った要因分析

結合装置内の点検により、「高周波加熱コイルと流下ノズルとの間にガラスが流下ノズル出口を塞ぐように付着・堆積していた」ことが確認されており、これが流下停止に至った推定原因として考えられるため、これについて要因分析を行った。（添付資料－12参照）

今回の流下状況の映像から、流下ガラスが鉛直に流下していないことが確認されている。また、結合装置内部及び流下ノズルの観察において、高周波加熱コイル等に付着物が確認されている。

このことから、高周波加熱コイルと流下ノズルとの間にガラスが付着したのは、流下ガラスが鉛直に流下せず、高周波加熱コイル下端表面の付着物に接触し、固まった部分を起点として流下ノズル出口に向けて、流下ガラスが徐々に付着したものと推定される。（流下ノズルを塞ぐ状況に関する評価を8. 1項に示す。）

さらに、流下ノズル上端部の詳細観察を行った際に、流下ノズル上端部全周にわたってガラスが付着していることが確認されたことから、流下ノズル上端部周辺のクラック等からガラスが流出し、高周波加熱コイル下端表面の付着物に接触し、固まった部分を起点として流下ノズル出口に向けて、流下ガラスが徐々に付着したことも推定される。

よって、「高周波加熱コイルと流下ノズルとの間でガラスが流下ノズル出口を塞ぐように付着・堆積した」要因としては以下が考えられることから、詳細な要因分析を行った。

- ①「流下ガラスが鉛直に流下しにくい」
- ②「結合装置内流路に障害物があった」
- ③「流下ノズル上端部周辺のクラック等からガラスが流出した」

①「流下ガラスが鉛直に流下しにくい」要因

「流下ガラスが鉛直に流下しにくい」ことの要因としては、「流下ガラスの物性が変わることにより曲がること」及び「流下ノズルから出たガラスが外的要因（力が加わって）により曲がること」などが考えられる。

「流下ガラスの物性が変わることにより曲がること」については、「流下ガラスの粘性が高くなり、曲がりやすくなった（以下、「流下ガラスの粘性が高く、曲がりやすい」という。）」ということが要因として考えられ、「流下ノズルから出たガラスが外的要因（力が加わって）により曲がること」については、「異物等による流下ノズル内の一部閉塞」が要因として考えられる。

「流下ガラスの粘性が高く、曲がりやすい」ことに対する要因としては、今回の流下操作における運転データから、流下ノズル温度計温度がアクティブ試験第4ステップでの運転と比較し、～℃程度低かったことが確認されており、「流下ガラス温度が低いこと」が要因のひとつとして考えられる。（これについては、7. 2項でさらに要因分析を行う。）

「異物等による流下ノズル内の一部閉塞」の要因としては、「白金族元素濃度の高いガラスの残留」及び「レンガ等の異物による閉塞」が考えられるが、今回の試験開始前にガラス熔融炉内部を観察しレンガ等の異物の残留は確認されていないこと、また、今回の流下前に洗浄運転を2回行い問題なく流下できていることから、影響があることは考えにくいものの、流下ノズル健全性及び流下性確認試験を行い、これを確認することとした。

②「結合装置内流路に障害物があった」要因

結合装置内部及び流下ノズルの観察において、高周波加熱コイル内側及びガラスガイド管スリット部にガラス等の付着物が確認されている。（添付資料-5参照）このことから、流下ガラスが偏流した場合にはガラスが付着する要因となることが考えられる。

③「流下ノズル上端部周辺のクラック等からガラスが流出した」要因

流下ノズルの高温強度に対する解析結果、インコネルに対する侵食試験の結果、確証改良熔融炉（KMOC）での実績等から流下ノズルにクラック等が発生することは考えにくく、流下ノズル上端部にクラック等が発生した可能性は極めて低いと判断した。（添付資料-13～17参照）しかしながら、流下ノズル健全性及び流下性確認試験を行い、これを確認することとした。

7. 2 流下ガラス温度が低かったことに関する要因分析

7. 1項の要因分析の結果、今回の流下停止に至った要因のひとつとして考えられる「流下ガラスの温度が低い（流下ノズル温度計温度が低い）」に対してさらに詳細に要因分析を行った。（添付資料-18参照）

「流下ガラスの温度が低い」ことの要因としては、以下が考えられる。

- ①「流下ノズル加熱量の低下」
- ②「流下ノズルの放熱量の増加」
- ③「流下ノズル温度を管理の条件としていなかったこと」

①「流下ノズル加熱量の低下」の要因として、「上段加熱時間が短いこと」などについて評価を行ったが、今回の流下停止に至る要因と考えられるものはなかった。

②「流下ノズルの放熱量の増加」の要因として、「高周波加熱コイルへのふく射放熱量の増加」などについて評価を行い、そのうち「高周波加熱コイルへのふく射放熱量の増加」及び「ガラス溶融炉へのリークエアによる流下ノズルの放熱量の増加」が主な要因と考えられる。

各々に対する検討結果は以下のとおりである。

「高周波加熱コイルへのふく射放熱量の増加」については、高周波加熱コイル表面の低粘性流体等の付着物によるふく射率の増加に伴う流下ノズル温度への影響を解析・評価した結果、ふく射率が増加すると流下ノズルの温度が大きく低下することが判った。

「ガラス溶融炉へのリークエアによる流下ノズルの放熱量の増加」については、解析・評価した結果から、ガラス溶融炉へのリーク量が増加すると流下ノズル温度計温度が低くなることが判った。ただし、高周波加熱コイルへの低粘性流体等の付着物によるふく射放熱量の場合と比較し、流下ノズル温度計温度への影響は小さく、主要な要因ではないと考えられる。

③「流下ノズル温度を管理の条件としていなかったこと」については、流下操作は、主電極－底部電極間通電（ガラス溶融炉底部のガラス温度を上げる）、高周波加熱コイル上段加熱（流下開始時間から1時間前）、高周波加熱コイル全段加熱の順で行っている。これまでは高周波加熱コイル上段加熱から高周波加熱コイル全段加熱へ移行する条件として、高周波加熱コイル上段加熱時間が1時間以上であること及び底部電極温度が所定の温度に到達してい

ることを管理しており、流下ノズル温度計温度を管理の条件としていなかった。このために流下ノズル温度が低い状態で流下を行ったことが要因のひとつとして考えられる。

8. 要因分析に対する評価

8. 1 流下ガラスの温度が低い場合に流下ノズル下端周辺を塞ぐことに対する評価

流下ガラスの温度が低い場合にはガラスの粘性（動粘度）が高くなるため、粘性が高くなった場合の流下ガラスの挙動について解析及び実験を行った。その結果、流下ガラスの温度が低く粘性が高くなった場合には流下ノズル先端のエッジ部から外側に回り込んだ状態になることを確認した。（添付資料－19、20参照）

解析及び実験で確認されたように、流下ガラスが流下ノズルの外側に回り込み、高周波加熱コイルの表面に付着物が存在すれば、流下ガラスがその付着物に接触し、それを起点として流下ノズル出口を塞ぐ状況になることが考えられる。（添付資料－21参照）

8. 2 流下ノズル下端周辺が塞がれた状態でガラスが上昇することに対する評価

流下ノズル下端周辺がガラス等で塞がれた状態で流下が継続した場合、今回の観察等で確認されたように流下ノズル上端部までガラスが上昇するか否かについて解析・評価を実施した。

解析の結果、流下ノズル下端周辺が塞がれた状態で流下ノズルからガラスが流れた場合、今回の流下操作における高周波加熱コイルの加熱時間内に流下ノズル上端部までガラスが上昇する可能性が確認された。（添付資料－22参照）

8. 3 流下ノズル健全性及び流下性確認試験

流下停止等に至った要因分析を行い過去データや解析・評価等により評価を結論付けられなかった「流下ノズル上端部からのガラス流出の有無」、「流下ノズル内の閉塞の有無」及び要因として考えられる「流下ノズル温度計温度と流下状態との関連性」を確認するため流下ノズル健全性及び流下性確認試験を行うこととし、3バッチの流下を行った。（添付資料－23参照）

なお、2バッチ目においては偏流が発生したため流下を停止し、流下条件を調整した後、再度流下を行った。試験内容及びその結果は以下のとおりである。

① 流下ノズル上端部からのガラス流出の有無（添付資料－24参照）

1バッチ目の流下、2バッチ目及び2バッチ目再流下の流下初期に、流下ノズル外表面に沿った熔融ガラスの流下が観察されたが、2バッチ目再流下の初期以降には外表面に沿った流下は観察されなかった。（添付資料－25参照）

また、試験による3バッチの流下後、ITVカメラにより流下ノズル上端部を観察したところ、上端部全周にわたって付着していたガラスは、流下ノズルと断熱材の間の付着ガラスの一部を残して大部分が除去できていることを確認した。（添付資料－26参照）

1バッチ目の流下、2バッチ目及び2バッチ目再流下の初期における外表面に沿った流下は、流下ノズル上端部の付着ガラスが流下ノズルの温度上昇により熔融・流下したものと考えられる。

流下ノズル上端部のクラック等からガラスが流出している場合に発生する、外表面に沿った継続的な流下は確認されなかったことから、クラック等が存在する可能性は極めて小さいことを確認した。

② 流下ノズル内の閉塞の有無（添付資料－27参照）

1バッチ目の流下において、全段加熱開始から所定の時間内に流下が開始し、所定の流速及び流下時間を満足したことにより、流下ノズルが閉塞していないことを確認した。

③ 流下ノズル温度計温度と流下状態との関連性（添付資料－28参照）

2バッチ目及び2バッチ目再流下以降においては、流下ノズル温度計温度が、過去の実績等により評価した流下に必要な温度に到達した状態で流下操作を実施し、流下ノズル温度計温度と流下状態との関連性を確認した。

確認の結果、継続的な偏流等の発生はなく（添付資料－25参照）、流下状態が良好であることを確認した。

流下に必要な流下ノズル温度計温度を確保するための対応として「高周波加熱の上段加熱時間の増加」及び「高周波加熱の加熱電力の増加」を実施し、その効果により流下に必要な温度を確保できることを確認した。（添付資料－29参照）

なお、3バッチ目の流下において流速20kg/h到達時間等が1バッチ目、2バッチ目と比較して遅くなった。これは、通常運転とは異なる以下の操作の影響により発生したものと考えられる。

- ・3バッチ流下を行う間、模擬ガラスビーズの追加供給を行っておらず、ガラス熔融炉内液位の低下でヘッド圧が低下していた。
- ・直棒型炉底攪拌装置をガラス熔融炉内に設置していたためガラス温度

が通常運転よりも低かった。

また、1 バッチ目の流下初期に低粘性流体の発生が確認されているが、これは、7月2日の流下不調に伴う流下停止後に原料供給が停止したことにより仮焼層が熔融し、ガラス熔融炉底部に滞留していた低粘性流体が排出されたものと考えられる。このようなことは、流下ノズル健全性及び流下性確認試験の初期に発生すると予測していた事象である。

9. 流下停止等に至った経緯

前章までの評価結果から、今回の流下停止等が発生するに至った経緯を以下のとおり整理した。(添付資料-30参照)

- ① 第4ステップにおいて、以下の状況が発生した。
 - ・廃液中の成分である硫黄等の影響により仮焼層の安定した形成ができなかったことにより低粘性流体が発生した。
 - ・低粘性流体などの高周波加熱コイル表面への付着による「高周波加熱コイルへのふく射放熱量の増加」及び「ガラス熔融炉へのリークエアによる流下ノズルの放熱量の増加」に伴い「流下ノズルの放熱量の増加」が発生し、流下ノズル温度計温度の上昇が鈍くなった。(添付資料-4参照)
 - ・低粘性流体の一部が高周波加熱コイル下端付近表面に付着し、流下ガラス流路が狭くなった。 (「結合装置内流路に障害物があった」)
- ② しかしながら、第4ステップ後半では、白金族元素がガラス熔融炉底部に沈降・堆積した影響で底部電極温度の上昇が鈍くなったため、底部電極温度が目標の温度に到達するまでの時間が長くなった。それに応じて高周波加熱コイル上段加熱時間を延長したため、流下ノズル温度計温度が熔融ガラスの流下を開始するのに問題がない温度まで上昇していた。(添付資料-31参照)
- ③ 第4ステップ終了後、ガラス熔融炉内の残留ガラスを除去したことにより、白金族元素の堆積状況が改善され、ガラス熔融炉内のガラスの抵抗値も当初の状態に戻ったことから、流下開始操作に移るための底部電極目標温度、高周波加熱コイルによる流下ノズルの上段加熱時間を当初の設定に戻して運転を行った。
- ④ ①～③のことから、7月2日の試験においては、第4ステップ試験中から鈍くなっていた流下ノズル温度計温度の上昇を補っていた高周波加熱コイル上段加熱時間の延長による入熱が少なくなり(上段加熱時間を当初の設定に戻したため)、「流下ノズルの温度が低かったこと」、かつ「流

下ノズル温度計温度を管理の条件としていなかったこと」から流下ノズルの温度が低い状態で流下を開始したため流下ガラスが十分に加熱されていなかった。

- ⑤ 上記の結果、流下ガラスの粘性が高く、曲がりやすくなり、高周波加熱コイル下端表面の付着物等（「結合装置内流路に障害物があった」）に接触した。
- ⑥ ⑤の状態では流下を継続したことにより、接触した部分を起点として徐々に流下ガラスが付着し、流下ノズル下端周辺を閉塞させた。
- ⑦ このため、流下ノズルから出るガラスが下に流下できなくなり、流下ノズルから流れたガラスが高周波加熱コイルと流下ノズルの間を上昇し、流下ノズル上端部まで達する結果となった。

10. 原因

流下停止に至った経緯等から、今回の事象の原因は、

- ①高周波加熱コイルによる十分な上段加熱等を行わなかったことにより、「流下ノズルの温度が低かった」こと
 - ②さらに、流下の際に「流下ノズル温度計温度を管理の条件としていなかった」ために、流下ノズルの温度が低い状態で流下を行ったことから、流下ガラスの偏流が発生し、
 - ③「高周波加熱コイル下端の付着物（第4ステップにおいて発生した低粘性流体）があった」（「結合装置内流路に障害物があった」）ことから、偏流した流下ガラスが付着物に接触したこと
- であると考えられる。

11. 再発防止対策及び改善事項

(1) 「流下ノズルの温度が低かった」ことに対する再発防止対策

- ① 再発防止対策としては、その要因である高周波加熱コイルへの低粘性流体等の付着による放熱量の増加への対策を図ることが有効であると考ええる。

しかしながら、低粘性流体の発生は抑制するものの、低粘性流体等が高周波加熱コイル表面に付着し、ふく射放熱量が増加することは避けられないため、それを補う高周波加熱による入熱を確保することで再発防止を図ることとする。

高周波加熱による入熱の確保としては、「高周波加熱の加熱電力の増加」などの方法を採用することとする。

上記条件については、流下ノズル健全性及び流下性確認試験の結果を

受けて、上段加熱：□ kW（第4ステップは□ kW）、全段加熱：□ kW（第4ステップ前半は□ kW）とし、今後は、バッチごとの流下ノズル温度計温度の上昇速度を評価することにより高周波加熱コイル加熱電力等の調整を行う。さらに、高周波加熱コイルへのふく射放熱量増加については、運転データに基づく評価方法について今後検討していく。（添付資料－32参照）

② 今後の運転において高周波加熱コイル表面の付着物（ふく射放熱量増加の要因）の付着状況については、流下ノズル温度計温度の上昇速度等の運転状況により把握する。流下ノズル温度計温度の上昇速度等の低下が大きくなり加熱電力の調整により対応できない場合には、結合装置を取り外し高周波加熱コイル表面の状況を確認するとともに、清掃を行うこととする。

③ 上記の上段加熱電力や流下ノズル温度計温度などの条件は、ガラス熔融炉全体の運転との関係があることから、安定運転条件報告に示した運転条件との整合を図るとともに、今後のアクティブ試験を通してさらにデータを蓄積し、適宜改善を行っていく。

安定運転条件報告に記載の運転条件との関係で特に留意すべき点は、高周波加熱コイル上段加熱時間であるので、主電極－底部電極間通電時間4時間以内という条件の範囲内で当該時間の管理を行うこととする。

(2) 「流下ノズル温度計温度を管理の条件としていなかった」ことに対する再発防止対策

流下ノズル温度計温度が、流下ノズル健全性及び流下性確認試験において確認した流下に必要な温度（□℃）に到達したことを、高周波加熱コイル上段加熱から高周波加熱コイル全段加熱へ移行する際の条件として設定し、運転管理マニュアルに反映する。

(3) 「高周波加熱コイル下端の付着物があった」ことに対する再発防止対策
安定運転条件報告に示した対策の実施により、低粘性流体の発生を抑制する。（添付資料－33参照）

- ・調整液の添加により、崩壊熱及び微量成分を低減させる。
- ・廃液供給速度の上昇により、仮焼層形成成分を増加させる。

(4) 改善事項

① 流下ノズル健全性及び流下性確認試験の結果などから流下ノズルにクラック等が存在する可能性は極めて小さいことを確認したが、今後、結合装置を取り外した際に流下ノズル上端部の観察を行うこととする。

さらに、今回実施したヒータ等を用いた付着物除去作業などの経験を、

今後、保守作業手順に反映し、万一、今回と同様な事象が発生した場合においても、当該手順に従い適切かつ速やかに復旧できるようにする。

- ② 覗き窓を直接 I T Vカメラで監視できるように設備改善を行った。(添付資料-34参照)

ガラスの流下状況は、結合装置の覗き窓から監視することとしている。これまでは、流下監視用鏡(ステンレス板)に反射した覗き窓の映像を監視していたため、鮮明な映像が得られなかった。偏流が発生した際には、速やかに流下操作を停止することが重要であり、覗き窓を直接 I T Vカメラで監視する方式に改めた。なお、本方式の有効性については、流下ノズル健全性及び流下性確認試験において確認した。

12. 水平展開

今後、廃液供給を開始するガラス溶融炉 B の運転においても、11章に示した再発防止対策を適用する。

また、覗き窓を直接 I T Vカメラで監視することについては、ガラス溶融炉 B に対しても反映した。

さらに、今後更新するガラス溶融炉の設計に対しても、今回の流下停止に係る原因究明等で得られた知見を反映していく。

以 上