

原因の関係整理図



流下ノズル健全性及び流下性確認試験計画書

1. 目的

結合装置取り外し後、流下ノズル上端部にガラスの付着が確認されており、この付着ガラスが流下ノズル上部付近から流出してきているものではないことを数回の流下操作を行い、流下ノズル外表面からのガラスの流下が継続しないことにより確認する。

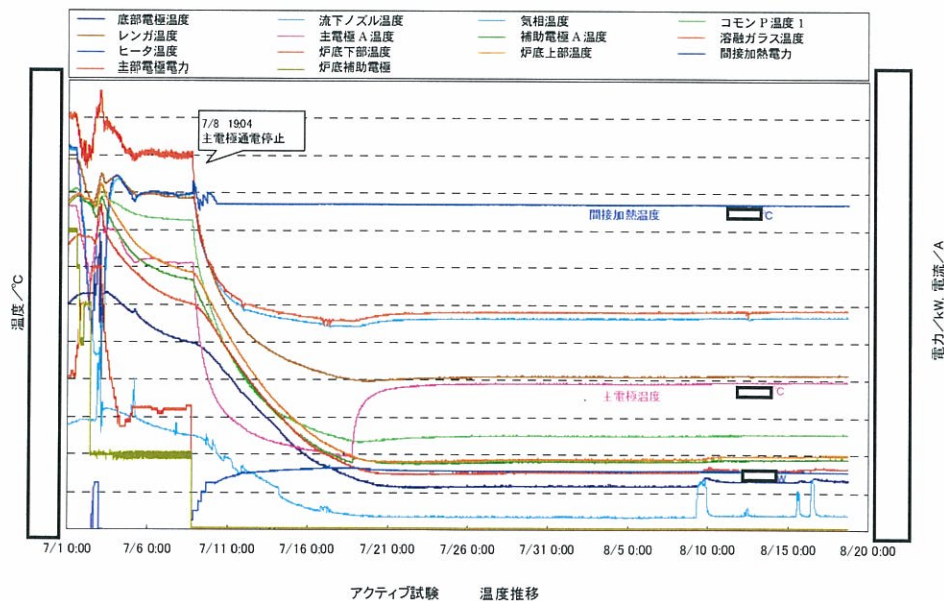
また、流下操作においては流下停止事象の要因分析を踏まえて、高周波加熱電力や全段加熱時の各温度条件を設定するとともに、流下状況等の確認を行い次回運転のためのデータを取得する。

あわせて、流下操作を行い、流下ノズルからガラスが流下されることを確認することにより異物等による流下ノズルの閉塞がないことを確認する。

2. ガラス溶融炉 A の状態

ガラス溶融炉 A は第 1 バッチ目の流下初期に流下を停止し、廃液と原料ビーズの供給はガラス液位 HH 到達により停止した状態で約 6 日間低温保持運転を実施後、主電極等による直接通電を停止（シャットダウン）した状態である。なお、間接加熱装置は保護管の酸化皮膜落下防止のため温度保持運転を継続している。

- ① 炉内ガラス量：ガラス液位 HH 到達レベル
- ② 炉内ガラス性状：模擬ガラス 11 本分+実廃液製造ガラス 1 本分
- ③ 炉底部ガラス性状：流下ガラスの分析結果からほぼ模擬ガラス性状と判断
- ④ 低粘性流体の有無：廃液供給停止により仮焼層を溶かし込んだことから低粘性流体が炉底部に存在しているものと推定



ガラス溶融炉 A の状態（間接ヒータ温度保持）

3. 確認項目

3.1 試験の必要条件

流下性確認試験では、今回の流下停止に関する原因究明として、「流下ノズル上部からのガラス流出の有無（流下ノズルの健全性）」、「流下ノズルの昇温温度と流下状態との関連性」及び「流下ノズル閉塞の有無」を確認する必要があることから、これらに必要な条件等を整理した。

確認項目	原因究明①	原因究明②	原因究明③
	流下ノズル上部からのガラス流出の有無 (流下ノズルの健全性確認)	流下ノズルの昇温温度と流下状態との関連性	流下ノズル閉塞の有無
必要バッチ数	<u>3バッチ</u> 数バッチ通して継続したガラスの流出がないことを確認する	<u>2バッチ</u> 炉底加熱操作及び流下操作を行い、流下ノズル温度が必要な温度に到達した状態での流下状態が健全であることを確認する	<u>1バッチ</u> 流下ノズルからガラスが流下されることを確認する
流下ガラス温度	通常流下時の温度より高温の方が流出し易くなる	流下に必要な流下ノズル温度（過去の実績等により評価）	特に無し
確認方法	流下ノズルの外側からガラスの流下が継続しないことを結合装置覗き窓から確認する	流下ノズルからの流下状態を結合装置覗き窓から確認する	ガラスが流下していることを重量計の指示値及び結合装置覗き窓からの視認により確認する

3.2 その他の確認項目（データ取得）

① 流下ノズル温度の昇温性確認（対策効果確認）

- ・ 炉底加熱操作及び流下操作を行い、流下ノズル及び底部電極温度の昇温性を確認する。
- ・ 取得データ：主底間電流、主底間抵抗、高周波電力、流下ノズル温度、底部電極温度、結合装置内圧調整弁開度
- ・ 取得方法：TDMS（総合データ管理システム）から取得する

② 流下状況の確認

- ・ 流下操作を行い、結合装置覗き窓からの流下状況（糸ガラス、偏流等の有無）を確認するとともに、視認性を確認する。
- ・ 取得データ：結合装置覗き窓からの視認性、流下開始時間、流下状況
- ・ 取得方法：流下状況（ITV 流下監視映像）を DVD により録画する



#### 4. 実施内容

上記の確認項目から流下性確認試験における必要バッチ数とそれぞれのバッチにおける内容及び条件を整理した。

##### 4.1 流下条件

流下性確認試験では廃液成分の少ないガラス固化体を製造することとなるため、試験バッチは必要最小限のバッチ数とする。また、流下ノズル健全性確認試験では、流下ノズル上部の温度を高くすることが付着ガラスの溶融及びクラック等があった場合のガラスの流出に有効であることから、流下操作は途中で中断せず1バッチにつき通常通りの1本分(約400kg)のガラスを流下することとする。

##### 4.2 試験項目と試験バッチ

各試験項目において必要なバッチ数は、流下ノズル健全性確認が最初の付着ガラスの溶融を含めて3バッチ、流下ノズルの昇温温度と流下状態との関連性確認がデータ取得を含めて2バッチ、閉塞確認が1バッチと考えているため流下性確認試験は3バッチ実施することとし、試験内容を以下に示す。

流下バッチ	確認項目	試験内容
流下試験1	流下ノズル閉塞の有無	①安定流下が行えることを確認する。 ②レンガ等の異物の影響がないことを確認する。 なお、上記確認と併せて、流下操作により流下ノズル上端部の付着ガラスの溶融・流下の有無を確認する。
流下試験2	流下ノズル上部からのガラス流出の有無	①継続して溶融ガラスがノズル外表面を流下するか否かを確認する。
	流下ノズルの昇温温度と流下状態との関連性	①炉底加熱操作及び流下操作を行い、流下ノズル温度計温度が必要な温度に到達した状態での流下状態が健全であることを確認する。
流下試験3	流下ノズル上部からのガラス流出の有無	①継続して溶融ガラスがノズル外表面を流下するか否かを確認する。
	流下ノズルの昇温温度と流下状態との関連性	①炉底加熱操作及び流下操作を行い、流下ノズル温度が必要な温度に到達した状態での流下状態が健全であることを確認する。

### 4.3 運転条件

流下性確認試験における流下操作時の高周波加熱電力及び全段加熱開始時の各温度条件は、今回の流下停止事象の要因等を踏まえて設定する。

流下試験1については、流下ガラス温度が低いことによる流下不良等が発生することがないようできる限り流下ガラスの温度を上げて流下を行う。

また、流下試験2以降では対策の効果及び設定値の妥当性を確認するために高周波加熱電力を調整し、流下ノズル温度の昇温性等を確認する。

	高周波加熱電力	全段加熱開始時の条件
流下試験1	<ul style="list-style-type: none"> <li>上段加熱：□ kW</li> <li>全段加熱：□ kW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>底部電極温度：□ °C以上</li> <li>流下ノズル温度計温度：□ °C以上</li> </ul>
流下試験2	<ul style="list-style-type: none"> <li>上段加熱：□ ~ □ kW</li> <li>全段加熱：□ ~ □ kW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>底部電極温度：□ °C以上</li> <li>流下ノズル温度計温度：□ °C以上</li> </ul>
流下試験3	<ul style="list-style-type: none"> <li>上段加熱：試験1、2で決定</li> <li>全段加熱：試験1、2で決定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>底部電極温度：□ °C以上</li> <li>流下ノズル温度計温度：□ °C以上</li> </ul>

なお、高周波加熱の各電力の制限値としては、ふく射率上昇による流下ノズルの温度低下を考慮しなかったとしても、流下ノズル（インコネル）の最高使用温度である□ °Cを超えない電力として設定し、電力を上昇させる場合でも、下記の制限値を上限とする。

- 上段加熱：□ kW（アクティブ試験初期値□ kW）
- 全段加熱：□ kW（アクティブ試験初期値□ kW）

### 4.4 観察及び判定

各試験での判定等を以下に示す。

流下バッチ	確認項目	観察および判定
流下試験1	流下ノズル閉塞の有無	<ul style="list-style-type: none"> <li>①全段加熱開始時に流下ノズル温度が所定温度まで上昇すること。</li> <li>②全段加熱開始から所定の時間内に流下開始すること。</li> <li>③偏流が発生しないこと。</li> <li>④所定の流速条件、流下時間が達成すること。</li> </ul> <p>なお、上記確認と併せて、流下ノズル上端部に付着しているガラスが熔融し、流下ノズル外表面に沿って流下する有無を確認する。</p>
流下試験2	流下ノズル上部からのガラス流出の有無	<ul style="list-style-type: none"> <li>①流下ノズル外表面に沿って継続的に熔融ガラスが流下するのが観察されないこと。</li> </ul>



	流下ノズルの昇温温度と流下状態との関連性	①全段加熱開始時に流下ノズル温度が所定温度まで上昇すること。 ②偏流が発生しないこと。 ③所定の流速条件、流下時間が達成すること。
流下試験3	流下ノズル上部からのガラス流出の有無	① 流下ノズル外表面に沿って継続的に熔融ガラスが流下するのが観察されないこと。
	流下ノズルの昇温温度と流下状態との関連性	①全段加熱開始時に流下ノズル温度が所定温度まで上昇すること。 ②偏流が発生しないこと。 ③所定の流速条件、流下時間が達成すること。

#### 5. 流下操作まで実施手順（スタートアップ熱上げ）

流下確認試験実施までの準備段階における手順は以下の通りであり、流下操作に先立ちガラス熔融炉を熱上げし、流下可能な状態とする。また、流下操作時は熔融ガラス温度の低下を避けるためにホットトップ状態とし、ガラス温度を約□□℃で保持する。

- ① スタートアップ（熱上げ）開始  
（間接加熱電力上昇、主電極間通電、補助電極間通電等）
- ② 熱上げ完了、ホットトップ運転継続（ガラス温度□□℃）
- ③ 補助電極間通電による炉底部加熱
- ④ 主電極－底部電極間通電開始
- ⑤ 結合操作
- ⑥ 上段加熱開始（高周波加熱電力：□□ kW）
- ⑦ 全段加熱前目標温度到達（底部電極温度：□□℃以上、流下ノズル温度計温度：□□℃以上）
- ⑧ 全段加熱開始（高周波加熱電力：□□ kW）
- ⑨ 流下開始（流下性確認試験）

#### 6. 流下性確認試験における想定事象

流下性確認試験における流下操作時に発生する事象については、以下の事象が想定され、それぞれについての対応を以下に示す。なお、流下操作時において想定される通常の事象については、それぞれの対応手順に従うものとする。

##### ① 上段加熱でのガラスの流下

結合装置取り外し前の全段加熱確認試験において、流下ノズル出口からガラスの流下が数回確認され、その後の詳細観察から流下ノズル内のガラスはノズル上部まで無くなっていると想定されることから、上段加熱時にガラスが流下する可能性がある。この場合は流下状況を確認し、滞留等の発生が無ければ全段加熱条件が成立するまで上段加熱を継続する。

## ② 低粘性流体の発生

低温保持運転前に原料供給が停止し仮焼層を溶融していることから炉底部に低粘性流体が存在している可能性がある。流下初期に低粘性流体が発生した場合は結合装置内圧を確認し、結合装置内圧高高が発報した場合は、警報対応手順書に従って復旧を行い、流下操作を再開する。

## ③ 偏流等の発生

結合装置覗き窓から流下ガラスの偏流が確認された場合には、流下操作を停止し、結合装置の解除操作等を行った後、流下を再開する。

## ④ 流下不良（流下ノズルの閉塞）

全段加熱を行ってもガラスが流下してこない場合や、流下中に流下速度が急速に低下し、そのまま上昇してこない場合は、閉塞の可能性があると判断して直棒による攪拌操作及び模擬ビーズによる洗浄運転を行い、ノズル内の閉塞を解除する。

## ⑤ ガラス流出の継続

流下試験において流下ノズル外表面に沿って継続的に溶融ガラスが流下してきたことが確認され、流下ノズル上部は健全ではないと判断した場合には、試験を中止する。

## 7. 想定事象以外での対応

流下性確認試験において想定される事象以外の事象が起きた場合は、状況を観察・評価し、必要に応じて流下操作を中止し、原因を究明するとともに、試験計画を見直すこととする。

以 上