

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
(経過報告 (その2))

【公開版】

平成20年9月12日

日本原燃株式会社

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. 設備の点検・調査等	1
5.1 経過報告（7月11日）までの点検・調査等	1
5.2 経過報告以降の点検・調査等	2
5.3 点検・調査等の結果	3
6. 流下ノズル上端部にガラス等が付着していた要因分析	4
7. 流下停止が発生したことに対する要因分析	6
7.1 「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・堆積した」に対する要因分析	6
7.2 「流下ガラス温度が低い（流下ノズル温度計温度が低い）」要因分析	8
8. 推定原因	9
9. 流下ノズル健全性及び流下性確認試験	10

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	高周波加熱装置等の点検・調査結果
添付資料－4	流下ノズル下端周辺の付着ガラス等の除去結果
添付資料－5	ガラス等の付着物の分析結果等
添付資料－6	結合装置取り外しによる確認結果
添付資料－7	ガラス溶融炉A流下ノズル上端部等の詳細観察結果
添付資料－8	流下ノズルの昇温状況
添付資料－9	今回の流下状況
添付資料－10	結合装置取り外し後の付着ガラス等観察状況と分析試料採取箇所
添付資料－11	ガラスの除去ステップ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－12	流下ノズル上端部の付着ガラスの形成に係るシナリオの検討
添付資料－13	「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－14	「流下ノズルの温度が低い」に対する要因分析図
添付資料－15	流下ノズル温度の推移
添付資料－16	原因の関係整理図
添付資料－17	流下ノズル健全性及び流下性確認試験計画書

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

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。

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。

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が確認できなかったことから、ガラス流下ができない状況と判断した。また、ガラス固化体重量計指示値も増加していなかった。

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に移行した。(添付資料-2参照)

5. 設備の点検・調査等

5.1 経過報告(7月11日)までの点検・調査等

今回の流下操作での全段加熱開始時に、流下ノズル上部に設置された流下ノズル温度計指示値(以下、「流下ノズル温度計温度」という。)が、アクティブ試験第4ステップ(平成19年11~12月に実施)でのガラス溶融炉Aの運転と比較すると、~℃程度低いことから、流下ノズル温度が低いことがガラス流下停止の主な原因と判断し、流下ノズルの加熱源である高周波加熱装置電源、流下ノズルへの高周波印加状況等を調査した。

(1) 高周波加熱装置電源出力の確認

高周波電源盤の高周波電力出力波形及び絶縁抵抗を測定し、異常のないことを確認した。(添付資料－3 参照)

(2) 流下ノズルの加熱性の確認

流下ノズル加熱状態において、流下ノズルの発光及び結合装置内部の発光は確認できなかった。また、昇温性のデータから、流下ノズル全段の加熱性に過去のデータと有意な差が見られなかった。(添付資料－3 参照)

(3) 流下ノズル下端周辺の観察

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。その結果、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－3 参照)

5. 2 経過報告以降の点検・調査等

5. 1 (3) 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ったことから、流下ノズル下端周辺のガラス等の付着物の除去を行うとともに、結合装置を取り外し、結合装置内部の観察等を実施した。

(1) 流下ノズル下端周辺のガラス等の付着物の除去

今回の流下操作におけるガラス流下停止の原因究明として、また設備復旧の一環を兼ね流下ノズル付近に確認されたガラス等の付着物の除去作業を実施した。

ガラス等の付着物の除去作業については、遠隔操作であることを考慮した作業方法の検討及びモックアップ試験等を行った。

モックアップ試験等の結果を踏まえ、流下ノズル付近に確認されたガラス等の付着物の除去方法としては、ヒータ方式を用い、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、除去した後、ノッカー方式を用いて「高周波加熱コイル」、「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行った。(添付資料－4 参照)

また、原因究明のためのデータ取得として、除去したガラス等の付着物の分析を実施した。分析の結果、白金族元素であるルテニウム及びロ

ジウムについては、検出下限値未満であった。なお、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についても、試料を採取し分析した結果、白金族元素であるルテニウム及びロジウムについては、検出下限値未満であった。(添付資料－5 参照)

(2) 結合装置内部等の観察

ガラス流下停止の原因究明の一環として、結合装置を取り外し、結合装置内部及び流下ノズルを I T V 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、高周波加熱コイル外側、覗き窓等にガラス等の付着物が確認されたため、取り外した結合装置を清掃しガラス等の付着物を除去するとともに、覗き窓を交換した。(添付資料－6 参照) なお、データ取得として、除去したガラス等の付着物を採取し、分析を実施する。

(3) 流下ノズル上端部の詳細観察

(2) の観察により、流下ノズル上端部付近に付着物が確認されたことから、流下ノズル上端部の詳細な観察を実施した。観察の結果、高周波加熱コイル上端部に対応する部分に付着ガラスがあり、そのガラスの付着は流下ノズル上端部全周にわたっている。(添付資料－7 参照)

(4) 運転データ及び流下状況の確認

今回の流下停止が発生した際の運転データと過去の運転データを比較し、流下ノズル温度計温度が第4ステップ1 バッチ目に対して °C 低かったことを確認した。(添付資料－8 参照)

また、今回の流下状況の映像を確認し、流下ガラスの流下が鉛直に伸びる状況ではなかったことを確認した。(添付資料－9 参照)

5. 3 点検・調査等の結果

今回の流下停止における運転データ、流下状況の評価及び結合装置内部の点検・調査等を実施した結果、以下の事実が確認された。

(1) 流下停止における運転データ (添付資料－8 参照)

- ・流下ノズル温度計温度が第4ステップの試験よりも低かった。

(2) 流下状況 (添付資料－9 参照)

- ・流下ガラスの流下が鉛直に伸びる状況ではなかった。

(3) 設備の点検・調査等 (添付資料-10 参照)

① 流下停止後の流下ノズル下端周辺の観察 (添付資料-10 2/3 上側)

- ・高周波加熱コイル内側にガラス等の付着物が確認された。
- ・流下ノズル出口が確認できなかった。

② 結合装置取り外し後の観察

- ・高周波加熱コイル表面 (全体) に粉状の付着物が確認された。
(添付資料-10 ①)
- ・高周波加熱コイル中段の内側全周にガラスが確認された。
(添付資料-10 ②)
- ・高周波加熱コイル上面のほぼ全周にガラスの残留が確認された。
(添付資料-10 ③)
- ・結合装置交換装置の養生シート上にかなりの量のガラス片が散乱していた。(添付資料-10 ⑥)
- ・流下ノズル上端部付近に付着ガラスが確認された。
(添付資料-10 ⑦)
- ・結合装置上部にガラス等の付着物は確認されなかった。
(添付資料-10 ⑧)

③ 流下ノズル上端部の詳細観察 (添付資料-7 参照)

- ・高周波加熱コイル上端部に対応する部分に付着ガラスがある。
- ・ガラスの付着は流下ノズル上端部全周にわたっている。

④ 採取した試料の分析結果 (添付資料-5 参照)

- ・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の試料を採取し、分析した結果、白金族元素であるルテニウム及びロジウムについては、検出下限値未満であった。
- ・ヒータにより除去したガラス等の付着物を採取し、分析した結果、白金族元素であるルテニウム及びロジウムについては、検出下限値未満であった。

上記の観察結果から、結合装置内部の高周波加熱コイルの内側全体にガラスが付着していたと推定される。添付資料-11に、ヒータ方式によるガラスの除去や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. 流下ノズル上端部にガラスが付着していた要因分析

5.3 節に示した「流下ノズル上端部にガラスが付着していた」状況に至った要因として、

- ・流下ノズル出口がガラス等で塞がれた状態で流下ノズルから流れたガラスが上昇した

- ・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
 - ・ガラス中の揮発性物質が揮発し付着した
- ことが考えられ、各々において評価を行った。(添付資料-1 2 参照)

①流下ノズル出口がガラス等で塞がれた状態で流下ノズルから流れたガラスが上昇した

- ・流下ガラスが鉛直に流れていないことや、ガイド管や高周波加熱コイルにガラス等の付着物が付着していることを考慮すると、流下ガラスが鉛直に流れず、流路障害となるガラス等の付着物に接触し、それを起点に閉塞したことは十分考えられる。
- ・熔融炉内ガラスのヘッド圧により、流下ガラスが高周波加熱コイルと流下ノズル間を上昇したことが考えられる。

以上のことから、現時点での評価として要因のひとつと考えられる。

②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

- ・流下ノズル上端部の部分的なクラック等から流出したものと仮定すると、流下中に流出したガラスは糸状ガラスまたはクラック幅の形状で流下ノズル上端部に流出・推積すると考えられる。さらに、このような場合のガラスの付着状況は、破損部位を中心に下に向かってガラスが残留するものと考えられる。
- ・2回目の全段加熱(2時間)で流下ノズル上端部の付着ガラス相当量の熔融ガラスが流出するために必要な隙間量を評価したが、流下ノズル寿命(高温クリープ疲労)に対する解析結果やインコネルに対する侵食試験の結果などから、当該の隙間量が発生したことは考えにくい。
- ・確証改良熔融炉(KMOC)ではガラス固化体を約300本製造しているが、ガラスの流出などは観察されていない。(今回運転していたガラス熔融炉では化学試験から200本程度のガラス固化体を製造)

ことなどから、現時点での評価として要因となる可能性は極めて小さいと考えるものの、流下ノズルの健全性について今後実施する流下ノズル健全性及び流下性確認試験により確認を行う。

③ガラス中の揮発性物質が揮発し付着した

- ・化学試験終了時に流下ノズル上端部に付着物がないことが確認されている。つまり、化学試験中に揮発性物質が結合装置内の空気の流れに沿って上昇し付着したことはなかった。

以上のことから、現時点での評価として要因となる可能性はないと考え

る。

7. 流下停止が発生したことに対する要因分析

今回の流下停止が発生したことについては、結合装置内部及び流下ノズル出口の点検結果から、「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、流下ができなくなった」ことが推定原因として考えられる。

このため、本要因分析では、「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・堆積した」ことに対する要因分析を行った。(添付資料-13参照)

流下初期の断続的な流下や偏流については、化学試験やアクティブ試験第4ステップにおいても複数回観察されているが、その後のガラス流下操作の継続により高温ガラスの連続的な流下が開始し、流下の早い段階で解消されてきた。

今回の流下操作においては、流下初期の断続的な流下や偏流の解消に至る連続的な流下が開始せず、このような流下状況が改善、解消することなく流下操作を継続したことにより、流下ノズル出口を塞ぐように付着・堆積したものと考えられる。このような状況を踏まえ要因分析を実施した。

また、要因分析では、推定される要因を洗い出し、それぞれに対してアクティブ試験データ、コールド試験データ、ITVカメラによる観察及び解析により影響評価を行った。

なお、アクティブ試験データとしては、初期バッチとしての特徴を比較する意味での第4ステップの1バッチ(AT-1-A001)及び高周波加熱コイルへの付着物の付着状況がAT-2-A001とほぼ同様と考えられる第4ステップの38バッチ(AT-1-A038*)を用いることとした。

*：AT-1-A038；39バッチ、40バッチは廃液を供給していたが、偏流が発生しており、また、41バッチ以降は廃液を供給しておらず、低粘性流体の発生及び偏流の発生がなかった。このことから、AT-1-A038を、今回流下停止が発生したバッチ(AT-2-A001)との比較に用いることとした。

7.1 「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・堆積した」に対する要因分析

今回の流下状況の映像により、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。

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、ガラスガイド管またはガラスガイド管付着物等による流路障害の影響によりガラスガイド管等に接触し、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。

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、6章に示したように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、それがガラスガイド管等に接触し、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に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、「流下ガラスが鉛直に流下しにくい」、「結合装置内流路に障害物があった」及び「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」ということが考えられることから、これらの要因に対して以下のとおり、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」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」や「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、「流下ガラスの粘度が高く、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、5.1節において記載したとおり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、～°C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。

「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」や「レンガ等の落下物による閉塞」が考えられるが、今回の試験開始前にガラス溶融炉内部を観察しレンガ等の異物の落下がないことを確認していること、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、今後、流下ノズルのクラック等からの流出発生がないことを確認す

るための流下ノズル健全性及び流下性確認試験の際に併せて確認する。

(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付近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-13 図-3参照) 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

流下ノズル寿命(高温クリープ疲労等)に対する解析結果やインコネルに対する侵食試験の結果や確証改良溶融炉(KMOC)での実績など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、要因となる可能性は極めて小さいと考える。これについては、今後実施する流下ノズル健全性及び流下性確認試験により確認を行う。

7.2 「流下ガラス温度が低い(流下ノズル温度計温度が低い)」要因分析

7.1節の要因分析の結果、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-14参照)

「流下ノズルの温度が低い」ことの要因としては、「流下ノズル加熱量の低下」や「流下ノズルの放熱量の増加」が考えられる。

「流下ノズル加熱量の低下」に対する要因については、「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。

「流下ノズルの放熱量の増加」に対する要因については、「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」と「リークエアによる流下ノズルの放熱量の増加」が要因として考えられる。

各々の評価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ガラス等の付着物による高周波加熱コイル全面のふく射率の増加による流下ノズルからのふく射放熱量を解析により確認し、ふく射率が増加すると流下ノズル下端の外側の温度が100℃程度、流下ノズル温度計位置での温度が30℃程度低くなることが確認された。

「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、解析による結果から、リーク量の変動による流下ノズル上部の温度への影響を評価

した結果、リーク量が10%から30%に増加すると流下ノズル温度計温度が10℃程度低下することが確認された。

8. 推定原因

6章及び7章の要因分析の結果を踏まえ、今回の流下停止及び流下ノズル上端部にガラス等が付着することに至った経緯として、以下のことが推定される。

① 第4ステップにおいて、流下ノズル温度の上昇が鈍くなっている傾向が運転データにより確認されており（添付資料－8参照）、第4ステップ開始以降、低粘性流体による付着物の発生や溶融炉へのリークエア量の増加等の影響を受け「流下ノズルの放熱量の増加」が発生し、流下ノズル温度の上昇が鈍くなったものと考えられる。

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溶融炉底部に沈降・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り、それに伴って上段加熱時間も延長され、流下ノズル温度が溶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－15参照）

※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（運転バッチ時間から想定される流下開始時間から1時間前）、高周波加熱コイル全段加熱の順で行う。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に移行する条件としては、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と底部電極温度が所定の温度に到達していることである。

③ 第4ステップ終了後、ガラス溶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、抵抗値も通常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通常の設定条件に戻して運転を行った。

④ ①～③のことから、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の上昇を補っていた高周波加熱時間の延長による入熱が少なくなり、流下ノズル温度が低く、流下ガラスが十分に加熱されなかった。

⑤ 上記の結果、流下ガラスの粘性が高く、流下ガラスが鉛直に流れにくくなり、「ガラスガイド管もしくはガラスガイド管付着物による流路障害」の影響によりガラスガイド管等に接触した。

⑥ 上記⑤の状態の解消に至る連続的な流下が開始せず、流下状況が改善、解消することなく流下操作を継続されたことにより、接触した部

分を起点として流下ノズル出口に向けて徐々に流下ガラスが付着し流下ノズル出口を塞ぐ付着・堆積となった。

- ⑦ 流下ノズル出口付近に付着・堆積したガラスにより流下経路が塞がれたため、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、流下ノズル上端部に達した。

従って、現時点では、今回の流下停止に至った主な原因としては、流下ガラスの温度が低くなることを考慮した流下操作（十分な高周波加熱コイルによる上段加熱等の設定）を行わなかったことにより、円滑な「流下に必要な流下ノズル温度を確保できなかった」ことであると考えられる。

なお、主な原因と考えられる「流下に必要な流下ノズル温度を確保できなかった」ことに対する対策としては、その要因である高周波加熱コイルへのガラス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られる。

しかしながら、ガラスの流下時に低粘性流体及び揮発性物質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対応することとする。

高周波加熱による入熱の確保としては、「高周波加熱上段加熱時間の増加」や「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し、さらに高周波加熱上段加熱から高周波加熱全段加熱に移行する際に必要な流下ノズル温度計温度の条件を定めることとする。

一方、流路障害の原因と考えられる高周波加熱コイルの付着物については、5. 2 (1) に記載のとおり除去した。さらに、今後運転においては、6月11日の「安定運転条件検討結果報告」に示した対策の実施により、その発生要因と考えられる低粘性流体の付着を抑制することが期待できる。

今回の流下停止及び流下ノズル上端部にガラス等が付着していたことに対する原因の関係を添付資料－16に示す。

9. 流下ノズル健全性及び流下性確認試験

今回の流下停止に関する原因究明に係る対応として、ガラス溶融炉の熱上げ、ガラスの流下を行うことにより、以下の確認等を今後実施する計画である。（添付資料－17参照）

- ① 流下ノズル上端部に残留したガラスについては、流下ノズルの高周波加熱及びガラスの流下により、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。その後、流下ノズル上部からのガラスの流出の有

無については、継続的に流下ノズル外表面からガラスが流下するか否かを流下中に観察することで、流下ノズルの健全性を確認する。

- ② 流下ノズル温度計温度の上昇と流下状態の関連性の確認として、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。

また、上記①、②の確認を行う際に、異物等による流下ノズル内の一部閉塞の有無の確認を行う。

- ③ 上記の原因究明と併せて、流下ノズル温度を確保するための手段として考えている「高周波加熱の上段加熱時間の増加」、「高周波加熱の加熱電力の増加」などの対応方法の効果を確認する。

以 上