

2007年度				
11月	12月	1月	2月	3月
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;"> <p>運転性能確認試験・ 処理能力確認試験(A系列)</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>炉内 攪拌等</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>追加データ取得</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>炉内攪 拌等</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>ドレン アウト</p> </div> </div>			<div style="background-color: green; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> 残留物除去作業(A系列) </div>	
安定運転条件の検討				

2008年度												
4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;"> <p>熱上げ (A系列)</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>確認 流下</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>保持運転</p> </div> </div>		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;"> <p>熱上げ (A系列)</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>▼流下停止</p> </div> </div>			<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;"> <p>熱上げ等 (A系列)</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>保持 運転</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>運転性能確認試験 (A系列)</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>保持運転</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>炉内 攪拌</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>ドレン アウト</p> </div> </div>					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;"> <p>洗浄作業</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>クレーン、パワーミニ ビュレータ 補修・交換</p> </div> </div>	<p>▼かくはん棒の曲がり確認</p> <p>▼天井レンガ一部損傷を確認</p>	<p>▼固化セル内における高レベル廃液の漏えい</p> <p>▼固化セル内における高レベル廃液の漏えい</p>
安定運転条件の検討			流下停止事象の原因究明と対策検討					運転方法改善の検討				

2009年度												
4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
クレーン、パワーミニビュレータ 補修・交換						洗浄 作業	固化セル内機器点検・補修			洗浄 作業	固化セル内機器点検・補修	
						▼固化セル内における高レベル廃液の漏えい						
運転方法改善の検討												

2010年度											
4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
レンガ回収作業		ドレンアウト	固化セル内機器点検								
		▼レンガ回収									
運転方法改善の検討							温度計追加設置 工事(B系列)		温度計追加設置工事 (A系列)		
その他トラブル対応								震災対応			

ガラス溶融炉アクティブ試験に係る実績工程（2007～2010年度）

2011年度												
4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
									<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <small>熱上げ (B系列)</small> </div> <div style="text-align: center;"> <small>作動 確認</small> </div> <div style="text-align: center;"> <small>流下回復 操作</small> </div> <div style="text-align: center;"> <small>放冷</small> </div> <div style="text-align: center;"> <small>異物除去作業等</small> </div> <div style="text-align: center;"> <small>熱上げ (B系列)</small> </div> <div style="text-align: center;"> <small>ドレン アウト</small> </div> </div>			
温度計追加設置 工事(A系列)		結合装置交換(A系列)							▼流下性低下			
震災対応									流下性低下事象の原因究明と対策検討			

2012年度												
4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
炉内観察、溶融炉復旧作業等	熱上げ (B系列)	流下確 認等	事前確認試験(B系列)	ドレン アウト		炉内観察・残留物除去作業 (B系列、A系列)		熱上げ (B系列)	流下 確認	ガラス固化試験 (B系列)	ドレン アウト	炉内観察・残留物除去(B系列)
				熱上げ (A系列)	流下確 認等	ドレン アウト						
流下性低下事象の原因究明と対策検討				事前確認試験(A系列)								

2013年度		
4月	5月	6月
熱上げ (A系列)	流下確 認等	ガラス固化試験 (A系列)
		ドレン アウト
▼使用前検査の前に実施する必要がある 試験項目はすべて終了		

アクティブ試験第4ステップ

ガラス溶融炉試験（2007年11月4日～2008年1月18日）

ガラス温度が安定しないなどの状況を確認。
白金族元素が炉底部に堆積し、流下不調が発生したことから試験を中断。



安定運転条件検討（2008年12月～2009年6月）

ガラス温度が安定しないなどの状況であったことに対して原因究明、対策検討を実施。
（主な対策）
「安定した運転状態を維持するための対策」：「廃液調整」「廃液供給速度の上昇」「投入電力条件の調整」
「長期的に運転状態を維持するための対策」：「回復運転方法」「保持運転方法」に係るフロー整備



アクティブ試験第5ステップ

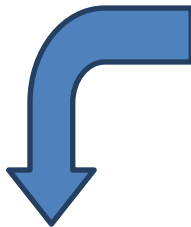
流下停止事象（2009年7月）

数回の断続的な溶融ガラスの流下が確認されたものの、流下の継続が確認できなかったため試験中断。



流下停止事象の原因究明及び対策検討
（2009年7月～2009年10月）

流下停止事象に対して原因究明、対策検討を実施。
（主な対策）
高周波加熱による入熱の確保：高周波加熱コイル加熱電力の増加などにより入熱を確保
流下ノズル温度計温度の管理：流下ノズル温度計温度が流下に必要な温度に到達していることを条件として設定



ガラス溶融炉試験（2008年10月～2008年12月）

不溶解残渣廃液を混合した廃液を供給した23バッチ目以降、ガラス温度等が上昇傾向を示し、白金族元素が炉底部に沈降、堆積したことを示す指標が洗浄運転に移行する判断基準に達したことから、回復運転に移行。
回復運転により、運転状態が回復することができず、さらには、かくはん棒の曲がった可能性が確認され試験を中断。



ガラス溶融炉の運転方法改善の検討（2008年12月～2010年11月1日）

不溶解残渣廃液を含む廃液を供給以降に流下性が悪くなったことに対する原因究明、対策検討を実施。

（主な対策）

- ・ ガラス温度計の測定点の追加設置：既存のガラス温度計よりも深い位置に温度測定点を追加、既存の温度計とは異なる位置にガラス温度計を新たに追加
- ・ 低模擬廃液を用いた方法に洗浄運転方法を変更
- ・ 回復運転の判断指標の推移に関わらず定期的に洗浄運転を手順に変更



高レベル廃液濃縮缶内の温度計保護管内への高レベル廃液の漏えい事象対応（2010年8月2日発生、2011年1月19日報告）

東日本大震災対応（2011年3月11日発生）

安全蒸気ボイラ2台の故障事象対応（2011年7月22日発生、2011年12月22日報告）



流下性低下事象（2012年1月24日発生、5月21日原因と対策取りまとめ）

作動確認を開始したところ、1バッチ目の流下において、流下速度が急激に低下する事象（流下性低下事象）が発生。

原因究明と対策の検討を実施。

（主な対策）

- ・ 停止時は原則ドレンアウト実施：流下性低下に繋がる欠け発生の原因の可能性が高いスタートアップ実施しない
- ・ 立上げ及び停止において温度上昇及び下降速度に運転目標を設定：炉底部接液レンガの温度変化を緩やかに管理
- ・ 流下性が低下した場合には、直棒（改良型）を用いて閉塞解除を実施



事前確認試験、ガラス固化試験（2012年6月18日～2013年5月26日）

安定運転確認及び性能確認において、当初設定した判定基準を満足する結果が得られた。

流下停止事象の原因究明及び対策の検討

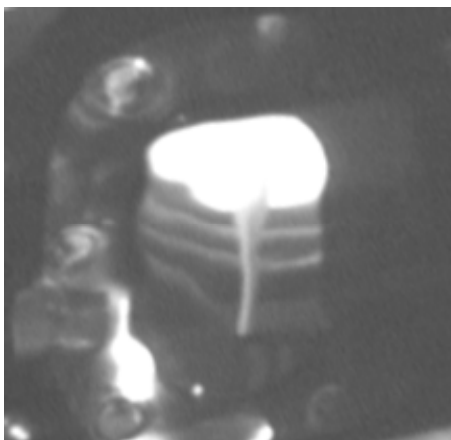
1. 発生事象の概要

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。）

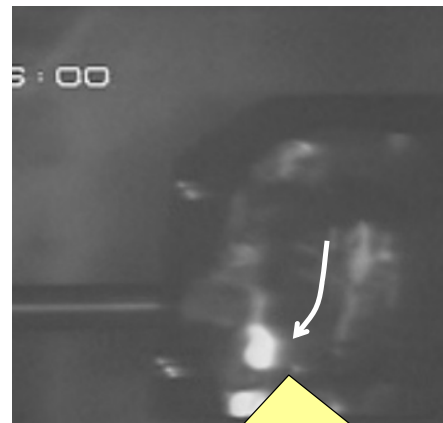
発生状況の概要は以下のとおりである。

- 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。

アクティブ試験第4ステップにおける流下時の映像（参考）



今回の流下時（AT-2-A001）の映像



流下開始時後、断続的に数回の流下状態が観察窓からの目視により確認できたが、流下は直下に伸びる状態ではなかった。

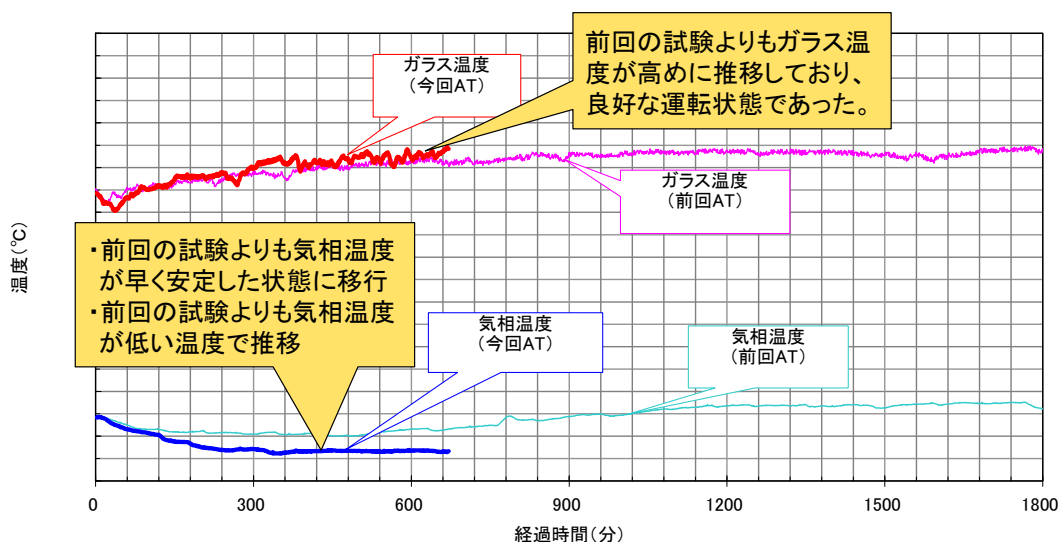
【今回事実(流下映像)】

- 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。

2. 流下停止が発生した際の運転状況

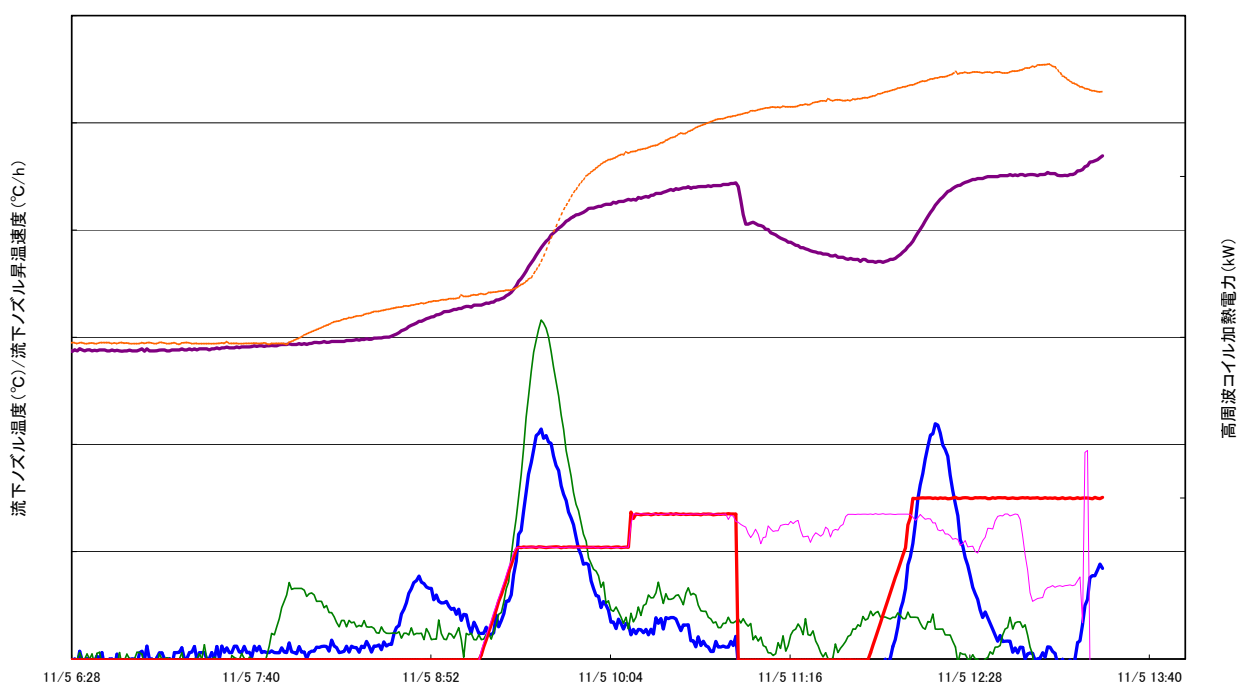
7月2日から再開した試験においては、6月11日付けの「高レベル廃液ガラス固化設備の安定運転条件検討結果報告」（以下、「安定運転条件報告」という。）に示した方法に基づき熱バランス計算による運転条件を決めて運転を行った。その結果、安定運転を行うための主要な要素であるガラス温度と気相温度はアクティブ試験第4ステップ1バッチ目と比較し安定した状態であった。

ガラス溶融炉Aの運転データ(前回ATとの比較)



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。

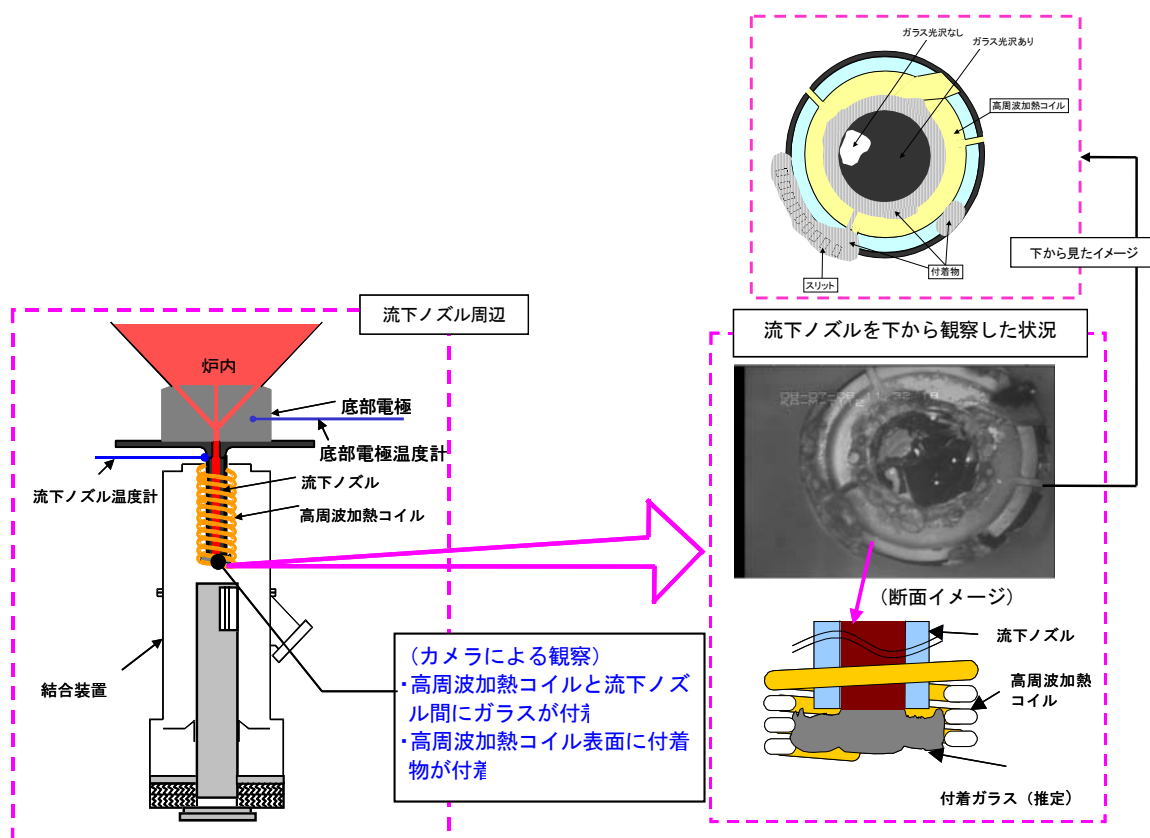
さらに、今回の流下停止が発生した際の特徴として、流下ノズル温度が前回の試験時より低かったことが確認された。



3. 流下停止に係る点検・調査等

3. 1 結合装置内の観察

I T V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。



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。

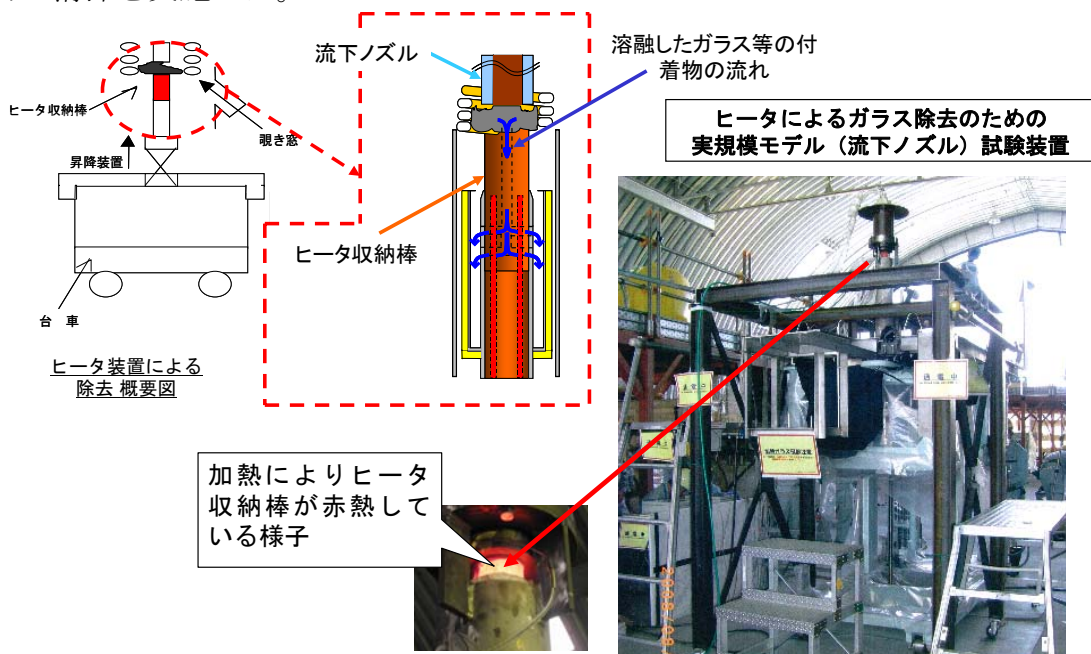
- ・ 60バッチ中35バッチで低粘性流体が発生した。
- ・ 仮焼層が安定して形成できなかったため、ガラス温度等が安定しなかった。
⇒白金族元素の沈降・堆積に繋がった。
- ・ 白金族元素の沈降・堆積の影響により60バッチ中5バッチで偏流が発生した。

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。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。

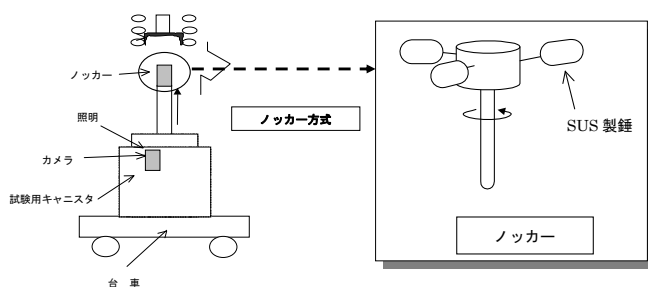
3. 2 付着物の除去

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。

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溶融、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。



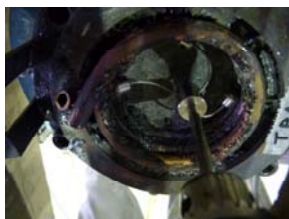
ヒータ装置モックアップ試験の様子



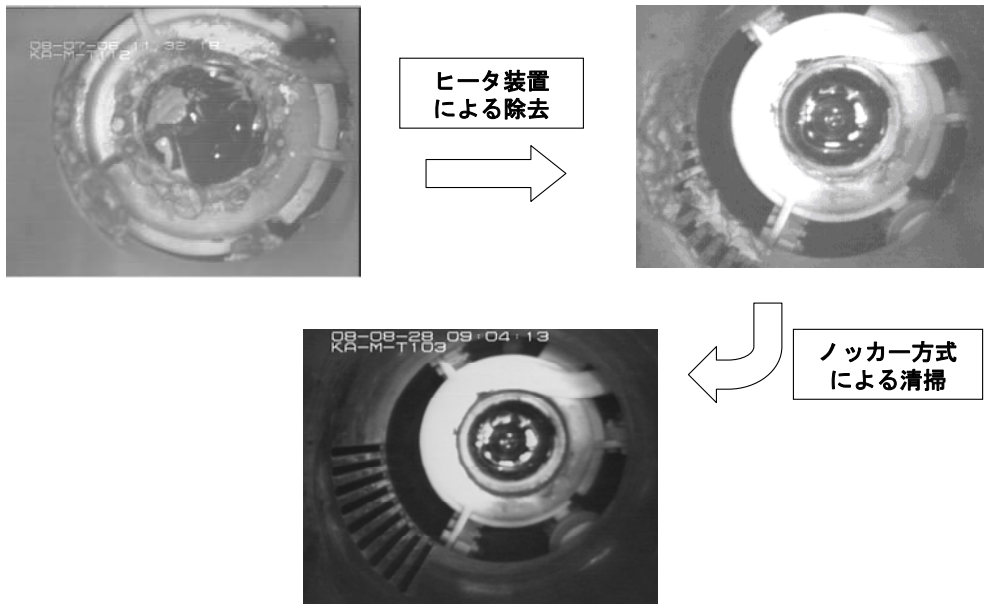
ノッカーによる清掃概要図



ノッカー装置先端治具



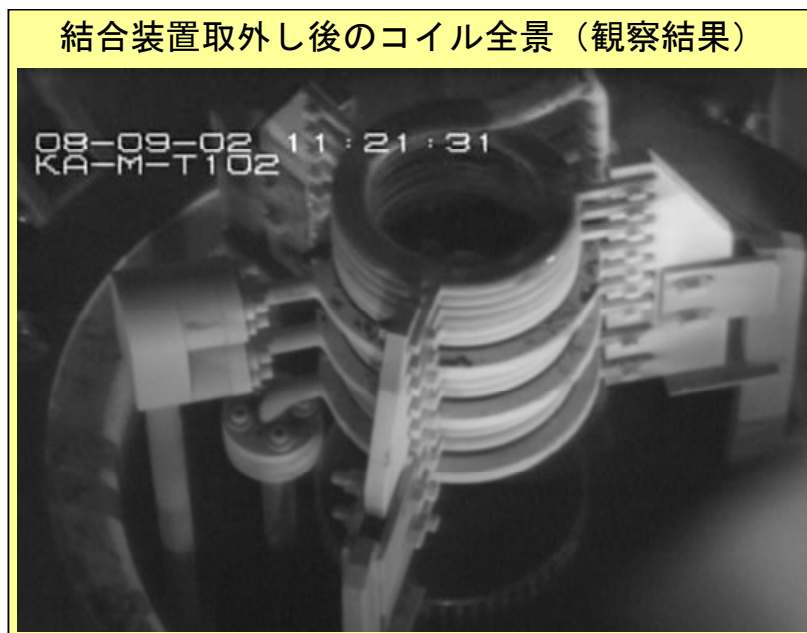
ノッカー装置モックアップ試験の様子



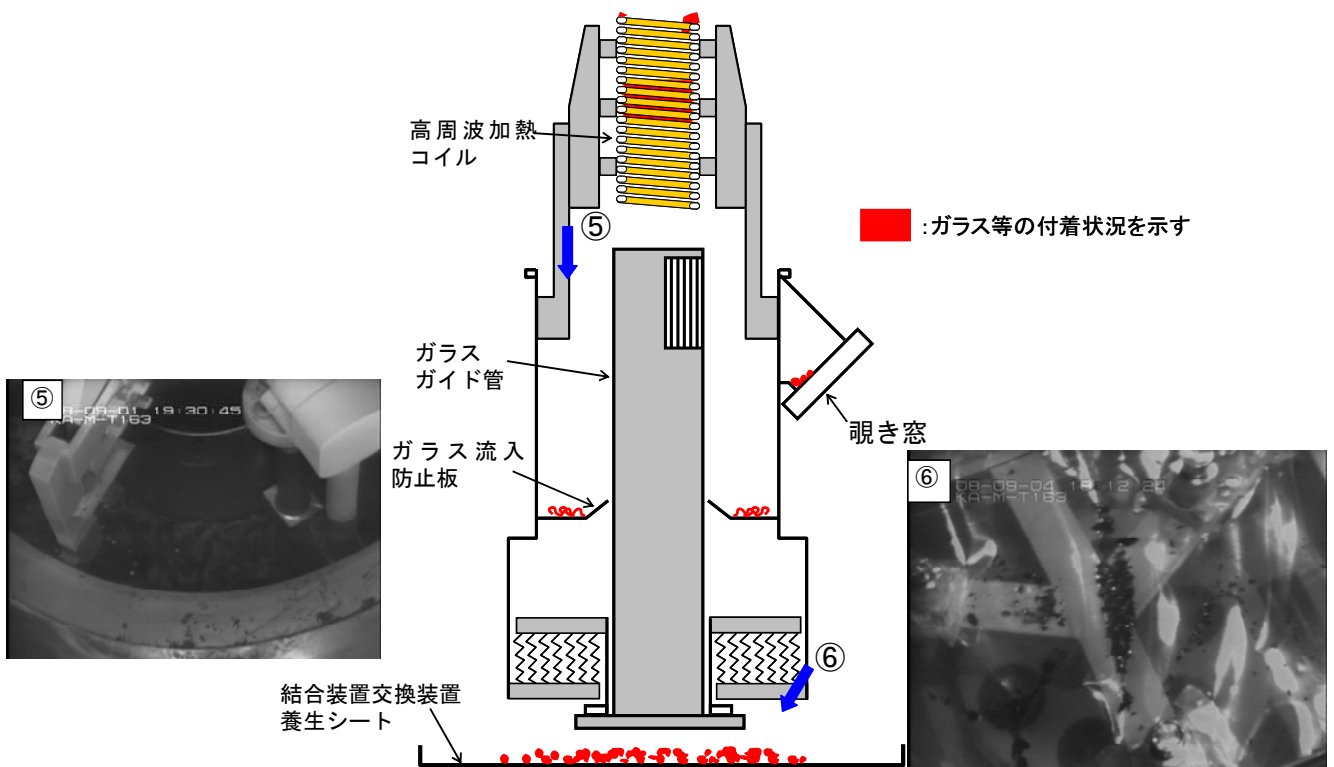
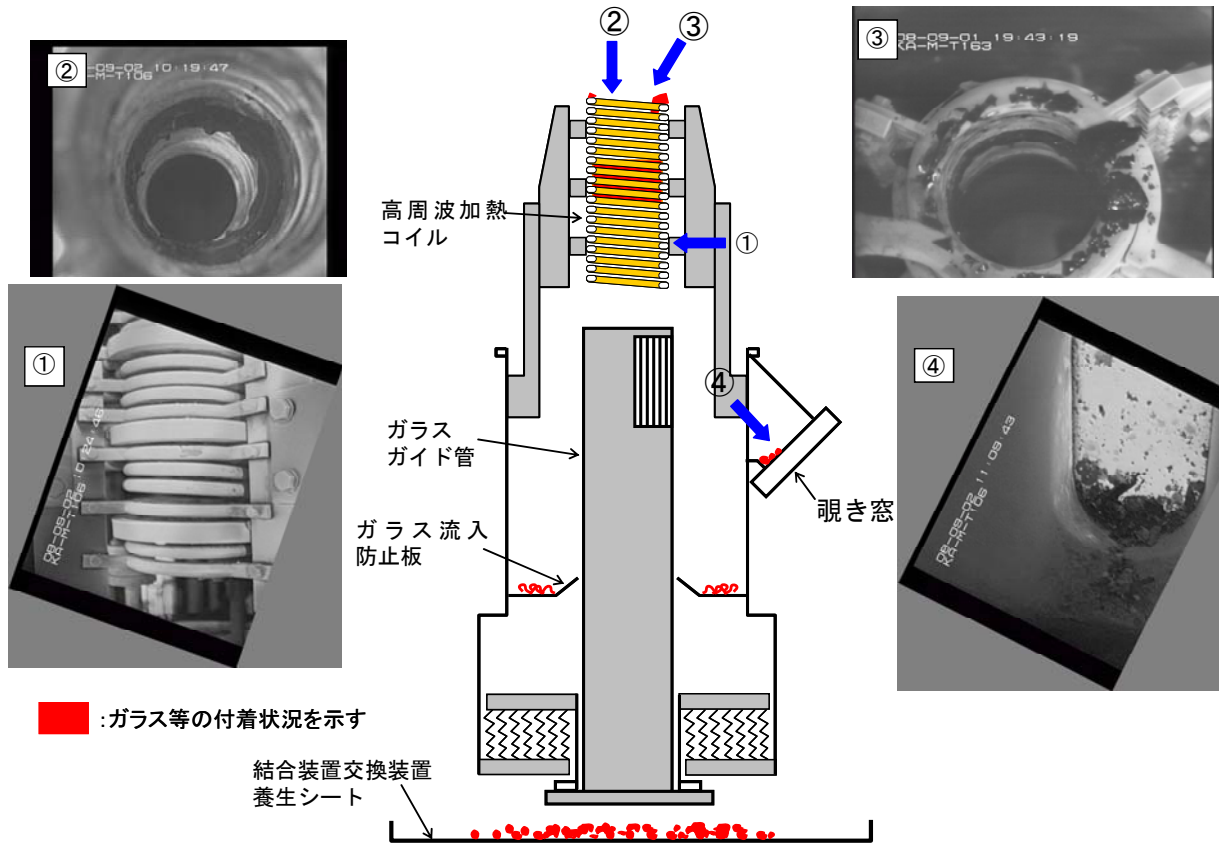
3. 3 結合装置取り外し後の観察

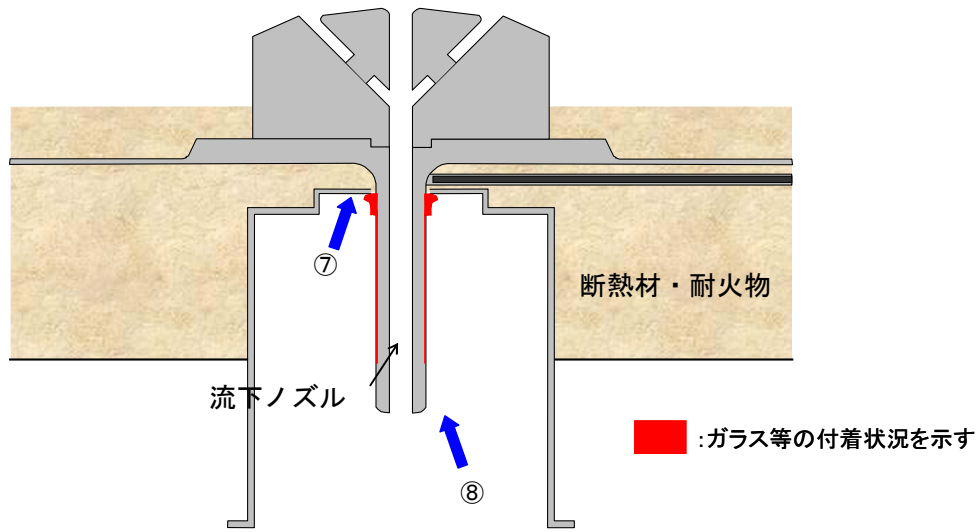
付着物の除去を実施して、結合装置を取り外すことが可能な状況になったことから、結合装置を取り外し、結合装置内部及び流下ノズルをITVカメラにより観察した。

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。

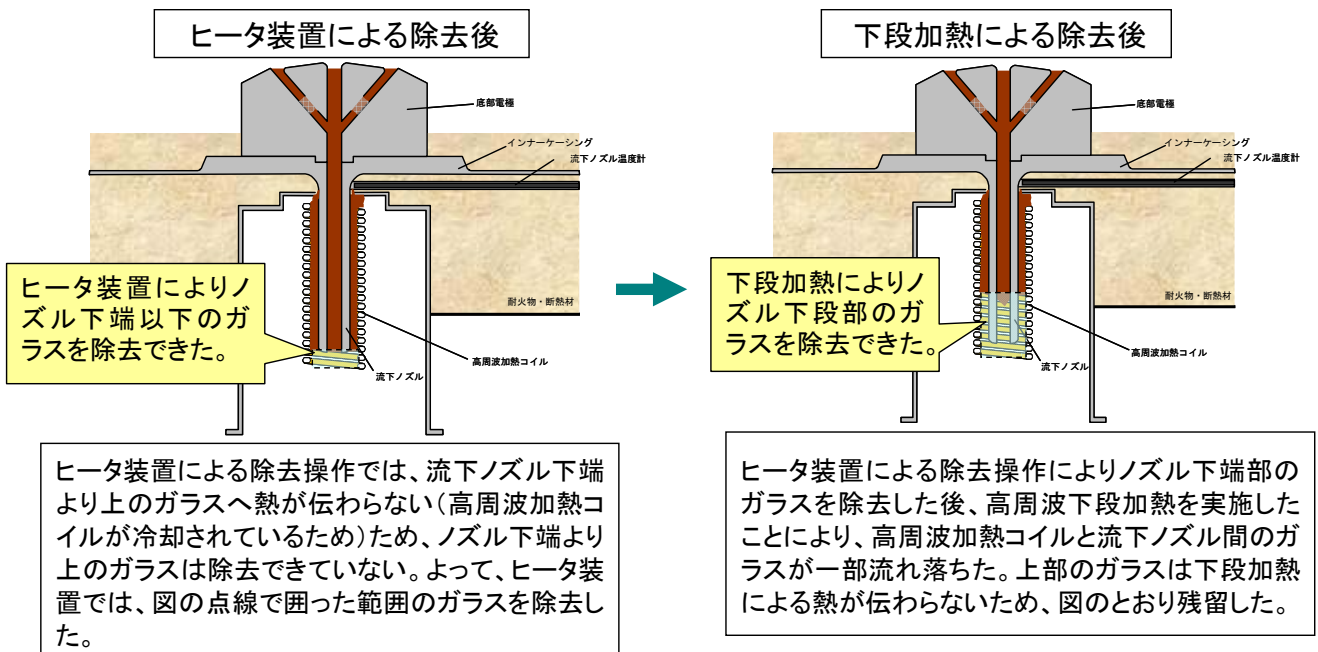


このことから、流下ノズル上端に至るまで高周波加熱コイルと流下ノズルとの間にガラスが付着していたことが推定される。

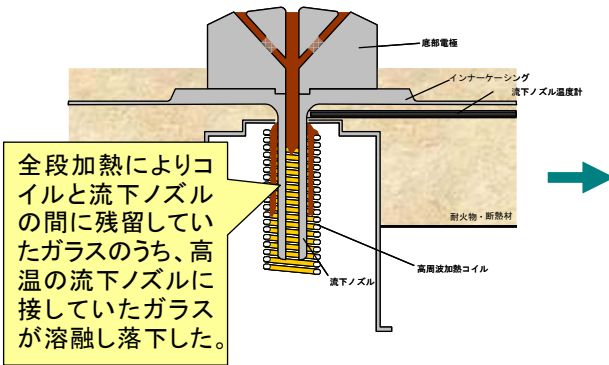




ヒータによるガラスの除去後及び結合装置取り外し後の観察結果からガラスの付着状況を推定した。

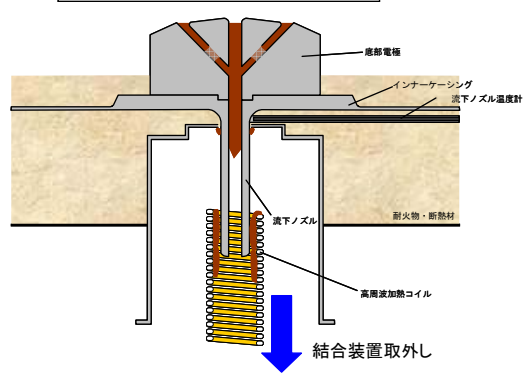


全段加熱による除去後



全段加熱によりコイルと流下ノズルの間に残留していたガラスのうち、高温の流下ノズルに接していたガラスが溶融し落下した。

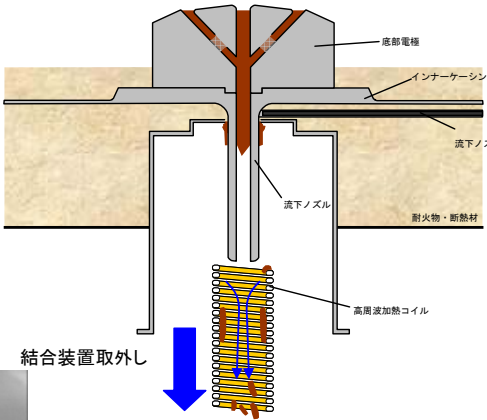
結合装置取り外し時



結合装置取り外し時にガラスが分断されたが、流下ノズルと高周波加熱コイルの隙間に残留したガラスは、隙間に挟まったまま高周波加熱コイルとともに下方へ移動した。この際、流下ノズル上端部に分断したガラスが残留した。

全段加熱を実施したため、コイルと流下ノズルの間に残留していたガラスのうち、流下ノズルと接触している面が一部溶融し流れ落ちたが、高周波加熱コイルは冷却されているため、大部分のガラスは溶融せずにコイル表面に残留した。なお、この際、流下ノズル内のガラスも一部流下した。

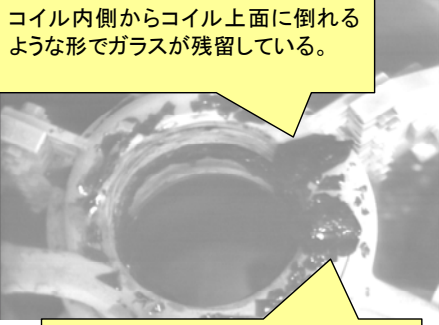
結合装置取外し時



高周波加熱コイル内に流下ノズルがなくなり、落下スペースができたところで、コイル上段部のガラスが下方へ落下した。コイル中段は上下段よりもコイル内径がやや狭いこともあり、落下しなかった。

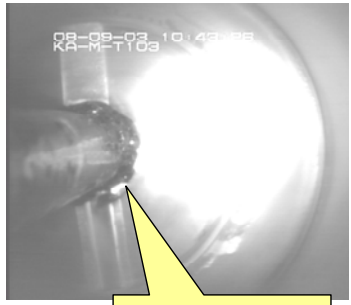
コイル内側からコイル上面に倒れるような形でガラスが残留している。

ガラスの厚みはコイル上面と、結合装置内天井面との間の隙間と同程度である。



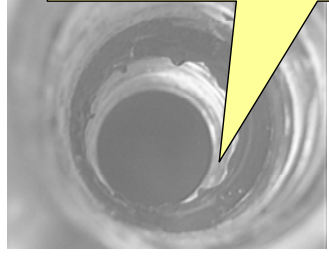
コイル内側からコイル上面に倒れるような形でガラスが残留している。

結合装置取外し時に、ガラスの一部がコイル上面に残留した。



ガラスがノズル上端部に残留した。

付着ガラスは外側のハケによる清掃の振動で容易に落下したことから、引っかかっていたものと考えられる。



4. 要因分析

4. 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。

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。

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。

「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溶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。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、確証改良溶融炉（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。

4. 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」

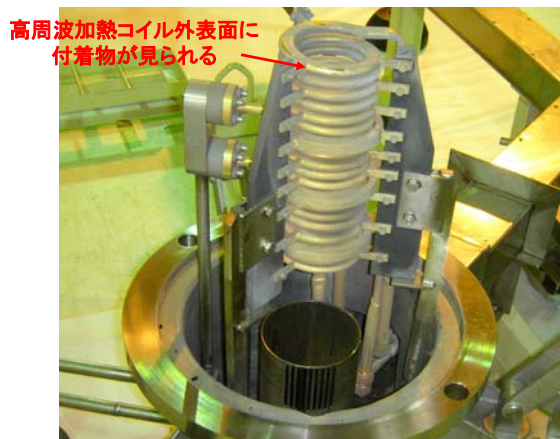
①「流下ノズル加熱量の低下」の要因として、「上段加熱時間が短いこと」などについて評価を行ったが、今回の流下停止に至る要因と考えられるものはなかった。

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。

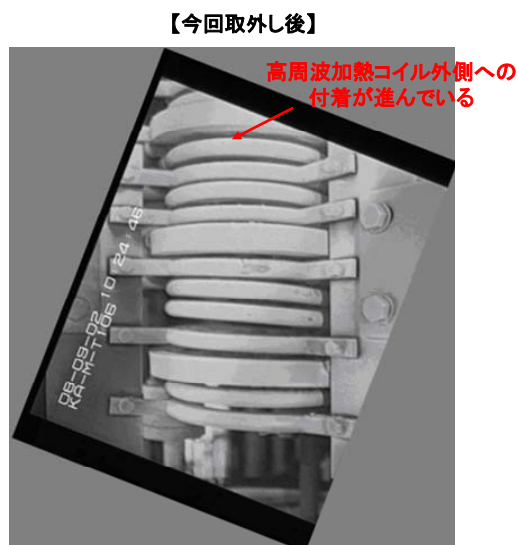
「高周波加熱コイルへのふく射放熱量の増加」については、高周波加熱

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。

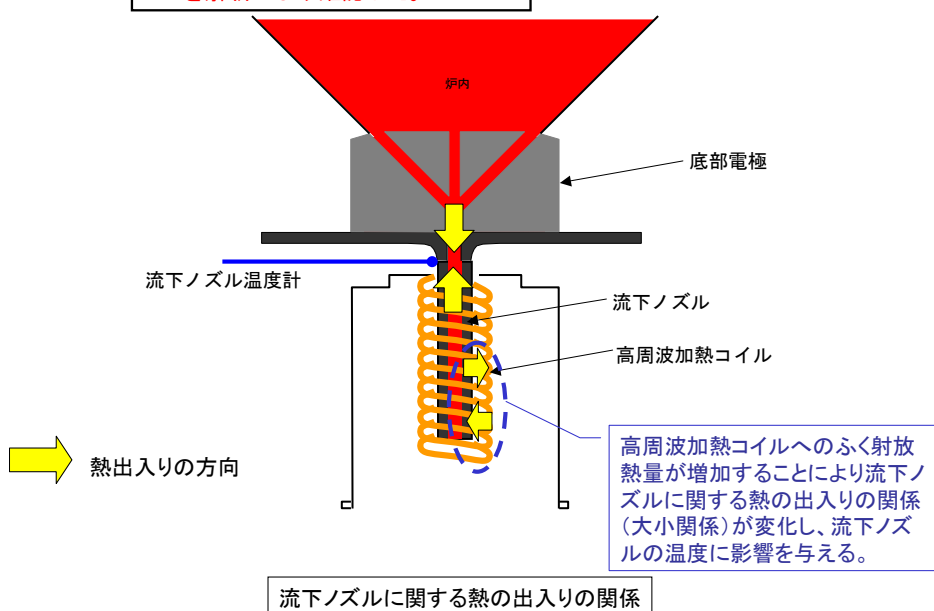


【化学試験終了後】

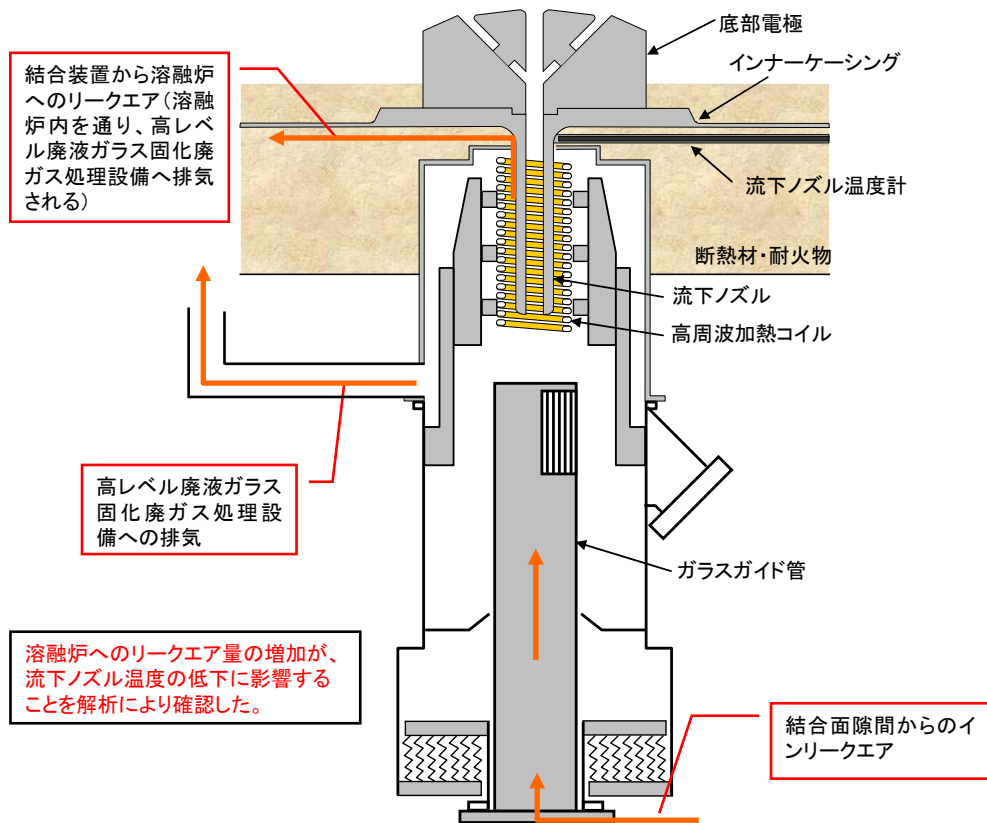
高周波加熱コイルへのガラス等の付着によるふく射放熱量の増加が、流下ノズル温度の低下に影響することを解析により確認した。



【今回取外し後】



「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」については、解析・評価した結果から、ガラス熔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、主電極ー底部電極間通電（ガラス熔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。

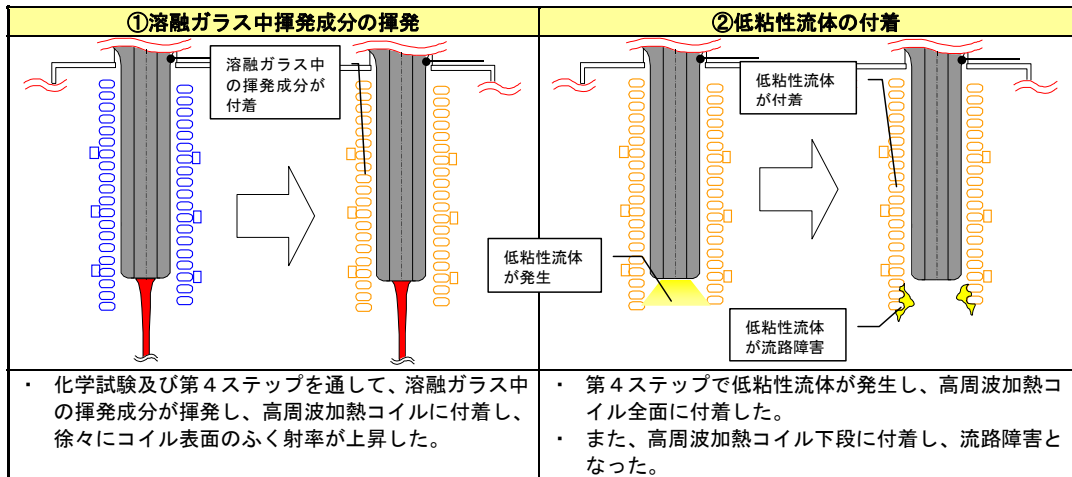
5. 流下停止等に至った経緯

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。

- 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。
 - ・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

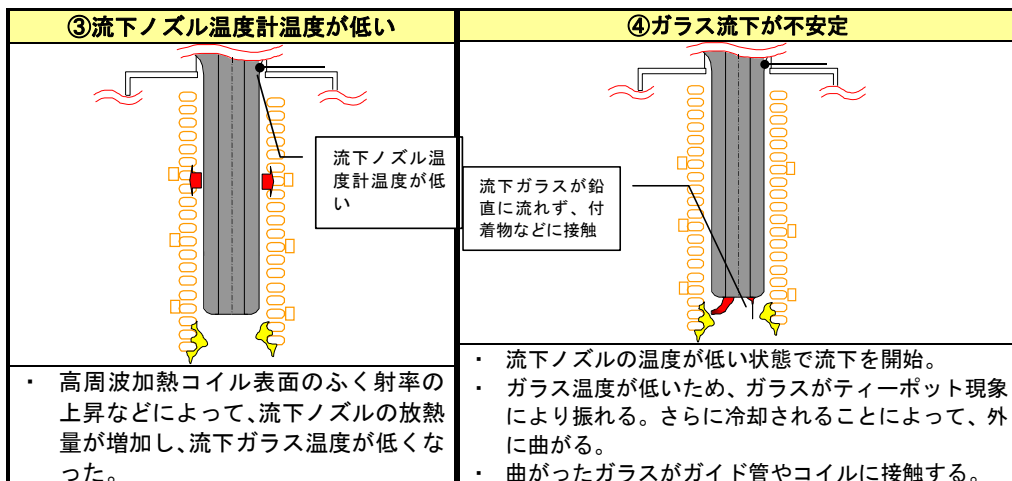
ス流路が狭くなった。（「結合装置内流路に障害物があった」）

- 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。

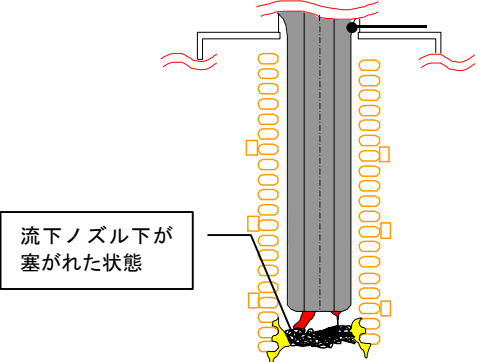
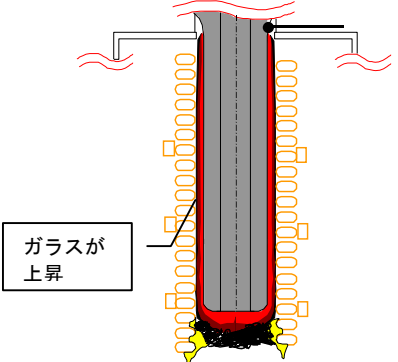


- ③ 第4ステップ終了後、ガラス溶融炉内の残留ガラスを除去したことにより、白金族元素の堆積状況が改善され、ガラス溶融炉内のガラスの抵抗値も当初の状態に戻ったことから、流下開始操作に移るための底部電極目標温度、高周波加熱コイルによる流下ノズルの上段加熱時間を当初の設定に戻して運転を行った。

- 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の状態ですべての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。

⑤流下ノズル下の閉塞	⑥ガラスの上昇
 <p>流下ノズル下が塞がれた状態</p>	 <p>ガラスが上昇</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・ 接触したガラスを起点に流下ノズルを塞ぐ状態となった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ガラス溶融炉内のヘッド圧によって流下ノズルより出たガラスが上昇し、上端部まで到達した。

6. 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。

7. 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。

また、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。

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。

- ・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。

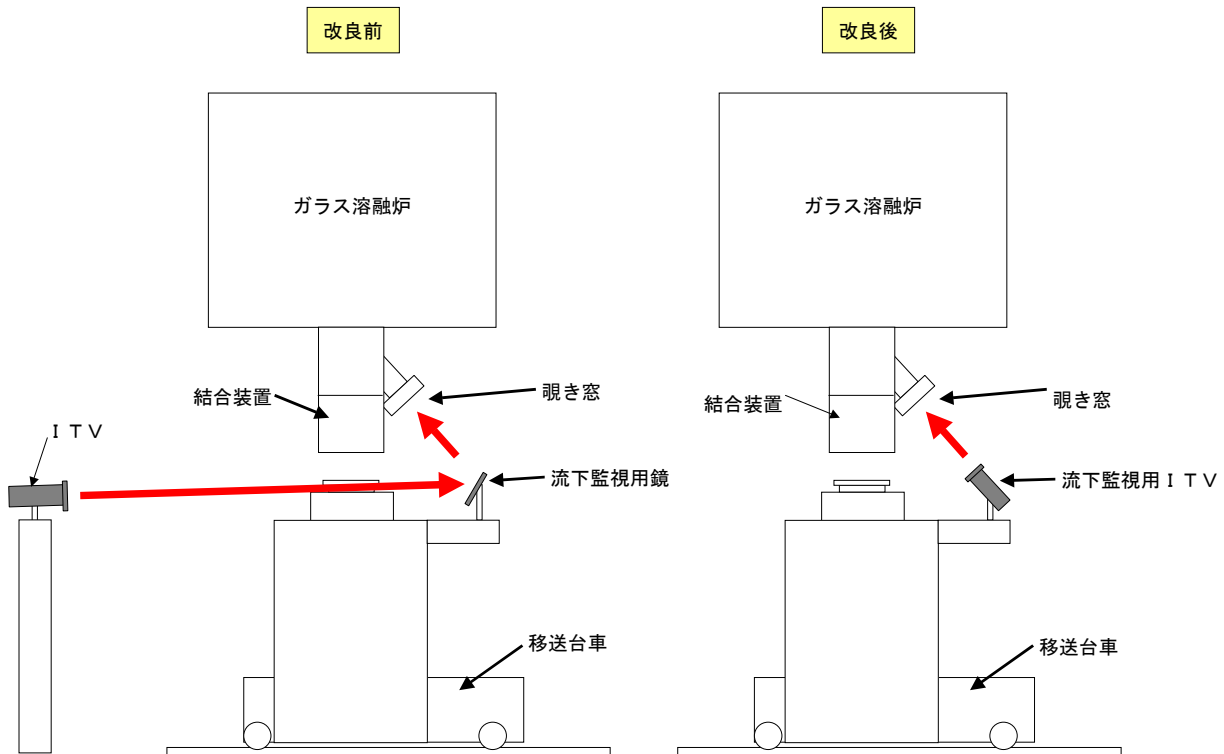
(4) 改善事項

- 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。

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、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。



以上