

事実	要因1	要因2	要因3	調査データ					調査	評価		
				ATデータ	コールド試験データ	観察	分析	解析		試験		
高周波加熱コイルと流下ノズル間にガラスが付着した	流下ガラスが鉛直に流下しにくい	流下ガラスの粘性が高く、曲がりやすい	流下ガラスの温度が低い。(流下ノズル温度計の温度が低い)	○					・流下ノズル全段加熱時に流下ノズル温度計温度は、第4ステップ1バッチ目(AT-1-A001)が□°Cに対して、今回運転(AT-2-A001)では□°Cと低い。また、第4ステップ全てのバッチと比べても低い。	・要因の一つと考えられる	○	
			流下ノズルに残留していたガラスの白金族濃度が高い。	○			○		・洗浄運転を2回実施していることから白金族濃度が高いガラスが残留していることは考え難い。 ・今回の運転において、流下開始時に一旦流下している。 ・ヒータ方式により除去したガラス等の付着物の白金族濃度を分析した結果、白金族元素をほとんど含まないことを確認した。(添付資料-5)	・要因とは考えられない	×	
			今回供給した供給ガラスのナトリウム濃度が低い	○				○		・供給廃液の分析結果及び供給量、模擬ガラスピースの組成分析結果により所定のナトリウム濃度であることを確認した。(添付資料-5) ・ヒータ方式により除去したガラス等の付着物のナトリウム濃度を分析した結果、管理値の範囲内であることを確認した。(添付資料-5)	・要因とは考えられない	×
			今回供給した供給ガラスの白金族濃度が高い	○				○		・前回運転の1バッチ(AT-1-A001)の主電極-底部電極間抵抗(200A到達時)が□Ωであったのに対して、今回は□Ωであったことから、前回運転と比べて白金族元素の急激な沈降・堆積はないものと考えられる。 ・ヒータ方式により除去したガラス等の付着物の白金族濃度を分析した結果、白金族元素をほとんど含まないことを確認した。(添付資料-5)	・要因とは考えられない	×
		空気・水などが吹き付けられ冷却され、曲がりやすい	流下ノズルへの冷却エアの吹き付け	○						・現場確認によって、冷却エア流量が「0」であることを確認している。	・要因とは考えられない	×
			高周波加熱コイル冷却水の吹き付け	○						・流下ノズル下端部の観察の結果、液垂れ等はないことを確認した。 ・インピーダンスの変化がないことを確認している。	・要因とは考えられない	×
			結合装置内圧の低下によるインリークエア量の増加	○						・炉内圧力、結合装置内圧力は一定であった。(図-1)	・要因とは考えられない	×
		流下ノズル下の上昇流の変化	結合装置負圧制御弁(PCV)の弁開度が大きく、インリークエア量が増加	○					○	・アクティブ試験後半とほぼ同程度の値であるが、アクティブ試験開始時に比べると大きい。 ・MV値による結合装置内上昇流の速度分布を熱流動解析によって評価した結果、弁開度が大きくなると高周波加熱コイル下の最大流速は大きくなるが、流速分布に変化はないことを確認している。	・要因とは考えられない	×
			結合装置内の付着物による空気流路の変化により、流下ノズル下の流速分布が変化	○					○	・高周波加熱コイル表面付近に低粘性流体と推定される光沢のない付着物を確認した。(表-1) ・付着物の影響によって流路に影響がないかを熱流動解析によって評価した結果、付着物によって高周波加熱コイル下の流速は遅くなるが、流速分布が変化し、流下ガラスが外側に振れやすい環境になることを確認した。 ・しかし、偏流等が発生せず鉛直に流下できたAT-1-A038と今回運転(AT-2-A001)で、ガラス等の付着物はほぼ同程度と考えられる。	・要因とは考えられない	×
			溶融炉へのリークエア量が増加し、流下ノズルを冷却する空気量が増加						○	・溶融炉へのリークエア量の影響を熱流動解析によって評価した結果、溶融炉へのリーク量が増えると高周波加熱コイル下の流速が増加するが流速分布には影響ないため、流下ガラスが外側に振れやすい環境ではないと考えられる。	・要因とは考えられない	×
	異物等による流下ノズル内の一部閉塞	白金族濃度が高いガラスが前回運転から残留していた	○						・洗浄運転を2回実施していることから白金族濃度が高いガラスが残留していることは考え難い。 ・今回の運転において、流下開始時に一旦流下している。	・流下試験時に、閉塞がないことを確認する。	△	
		レンガ等の落下物によって閉塞	○						・試験開始前の炉内観察によりレンガ等の落下は確認されていない。(図-2) また、原料ピースについては、品質記録により異物等の混入のないことを確認している。 ・流下ノズルを閉塞するような異物の進入防止のため、底部電極スリットの寸法が設定されており、構造的にレンガ等の混入は考え難い。 ・今回の運転において、流下開始時に一旦流下している。	・流下試験時に、閉塞がないことを確認する。	△	
	流下ノズルが変形した				○				・付着ガラス除去後の観察により、流下ノズルに変形がないことを確認している。(添付資料-4(3/3))	・要因とは考えられない	×	
	溶融炉底部から流下ガラスが流出し、流出したガラスが流下ノズルと高周波加熱コイル間を下降した				○	○	○	○	○	・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、流下中に漏えいたガラスは糸状ガラスまたはクラックの形状で流下ノズル上端部に流出・堆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。 ・流下ノズル寿命(高温クリープ疲労)に対する解析結果(添付資料-12資料-1)やインコネルに対する侵食試験の結果(添付資料-12資料-2)などから、クラック等が発生したことは考えにくい。 ・確認改良溶融炉(KMOC)ではガラス固化体を約300本製造(今回運転していたガラス溶融炉では化学試験から200本程度のガラス固化体を製造しているが、ガラスの流出などは観察されていない。(添付資料-12図-2参照)) ・流下ノズルはガラス溶融炉からのガラスの流出を防止しているインナーケーシングと一体構造であり、流下ノズル部には溶接線はないことから、溶接に欠陥が生じて流出した可能性は低い(添付資料-12図-1参照)。 ・温度解析の結果、溶融ガラスがインナーケーシングの上面に沿って外周に進んで軟化点以下の温度領域まで達しないことを評価している。また、インナーケーシングまわりの温度は、ガラスの軟化点以下になることを解析により確認しており、溶融ガラスがインナーケーシングを回り込んで流出する可能性は極めて低い。	・可能性は極めて低い ※流下ノズル健全性及び流下性確認試験で流出がないことを確認する。	△
		結合装置内流路に障害物があった	サンプリング装置が流路障害	○						・サンプリング装置を用いていない。	・要因とは考えられない	×
		カッターが流路障害	○							・流下後にカッター操作を実施したが、問題なく起動した。	・要因とは考えられない	×
		高周波加熱コイルもしくはコイル付着物が流路障害						○		・高周波加熱コイル表面付近に低粘性流体と推定される付着物が確認されており、流下ガラスが偏流した場合にはガラスが残留する要因となったことが考えられる。(表-1)	・要因の一つと考えられる	○
		ガラスガイド管もしくはガラスガイド管付着物が流路障害						○		・ガラスガイド管スリット部に光沢のない付着物が確認されており、流下ガラスが偏流した場合にはガラスが残留する要因となったことが考えられる。(図-3)	・要因の一つと考えられる	○



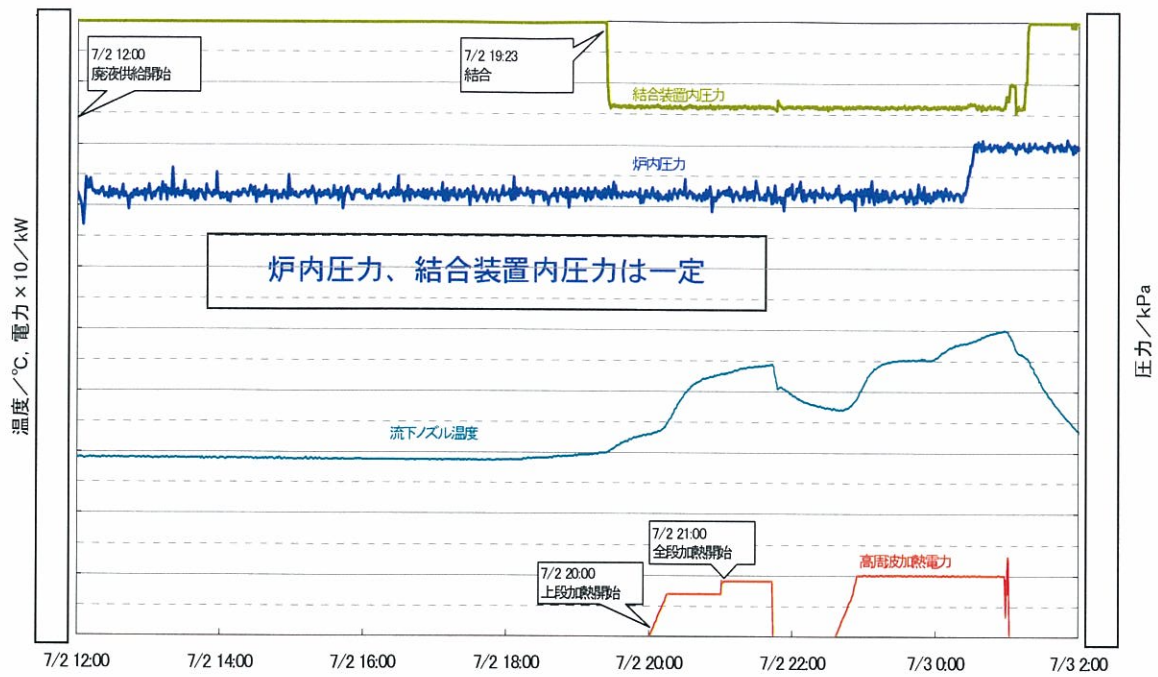


図-1 炉内圧力及び結合装置内圧力 (AT-2-A001)

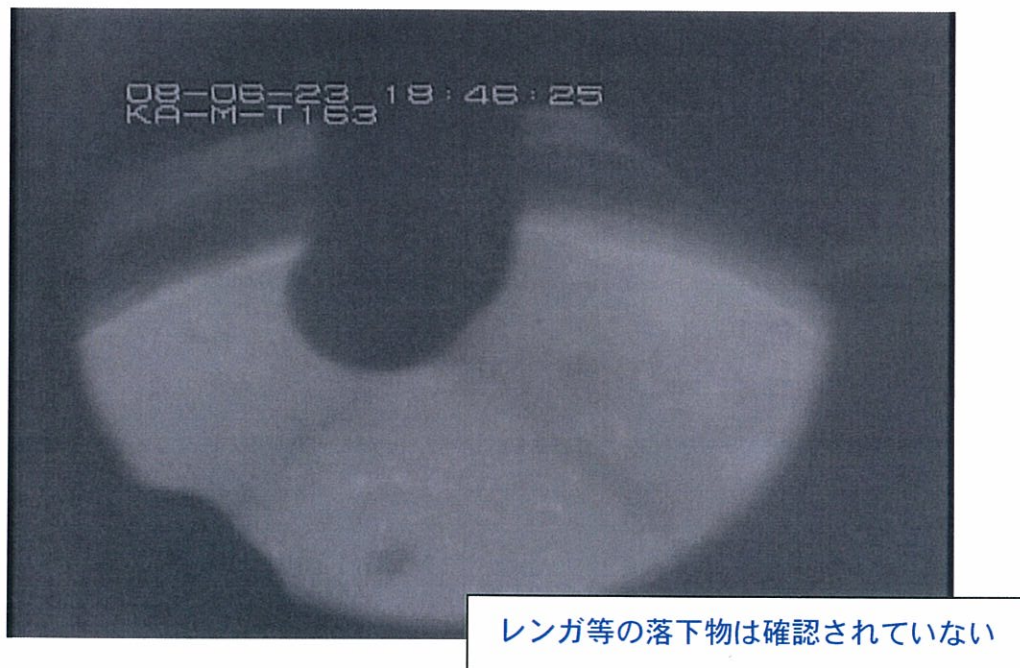


図-2 ガラス溶融炉A 炉内観察結果 (平成 20 年 6 月 23 日) (南西稜線部)

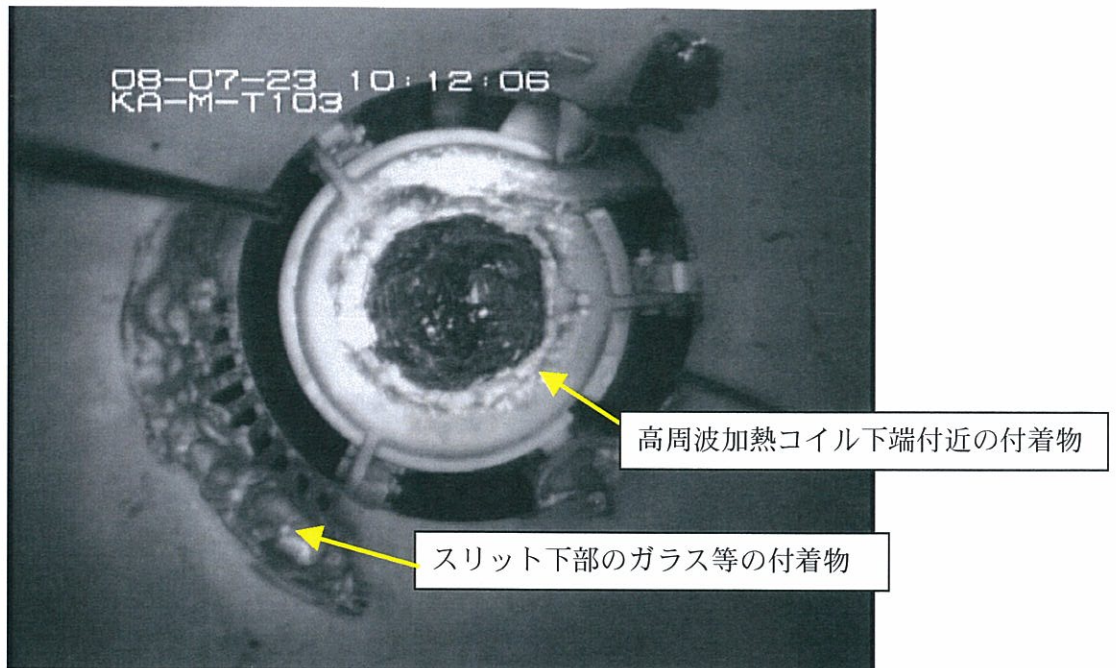


図-3 結合装置内観察の結果

表-1 結合装置内観察結果

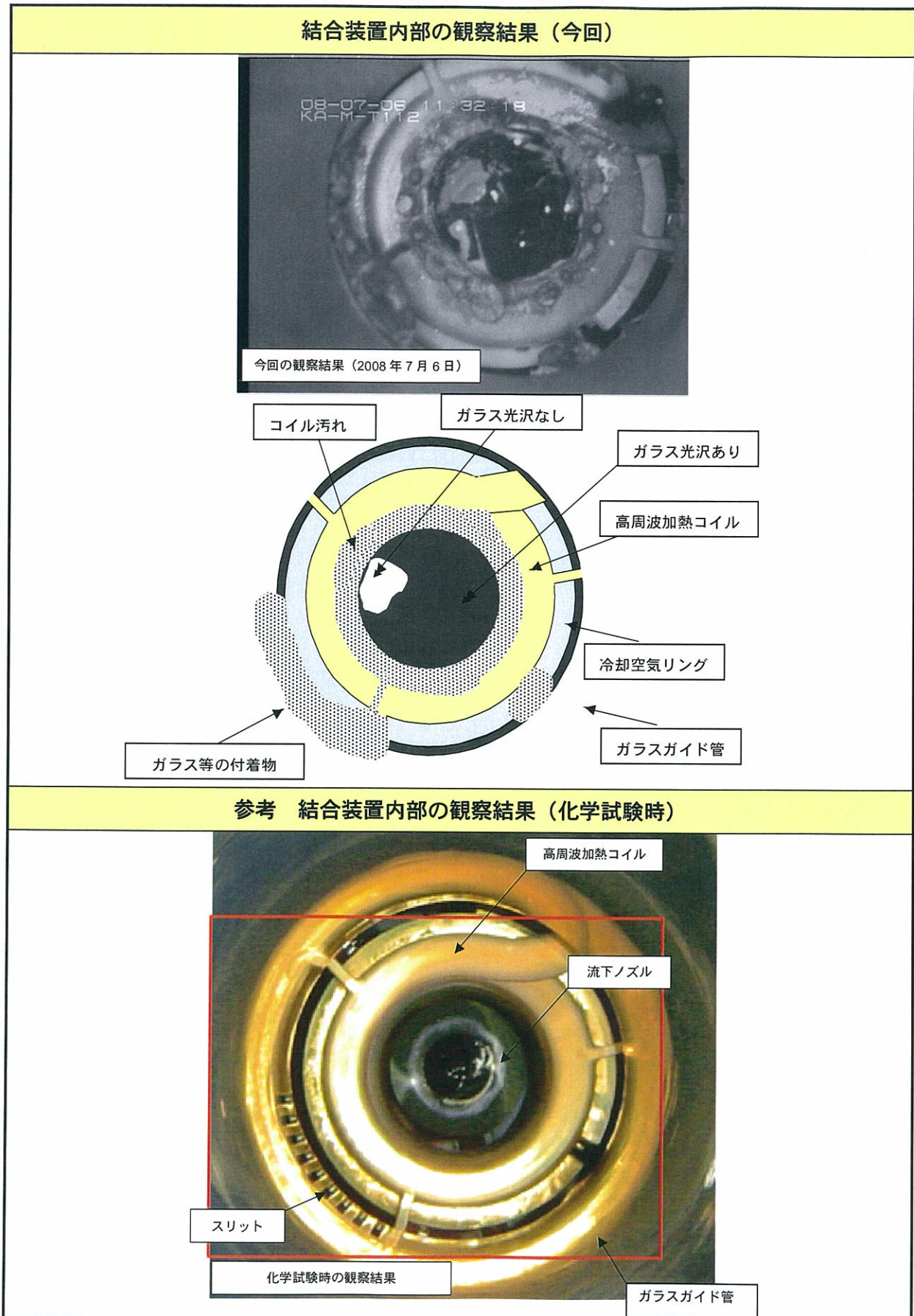
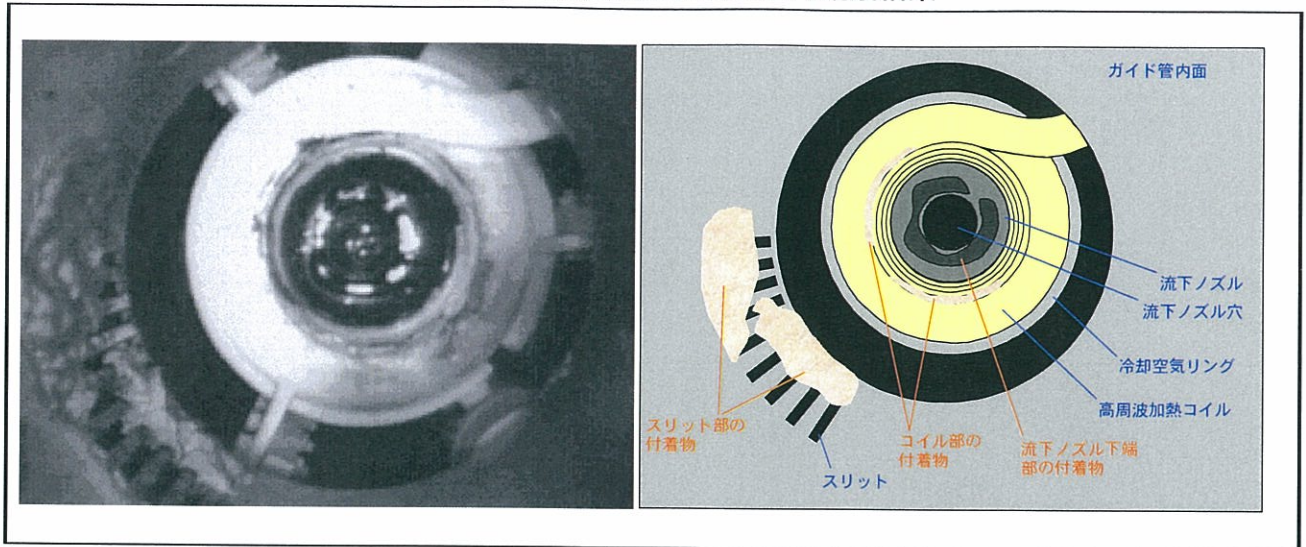




表-2 付着ガラス除去後の結合装置内観察結果





「流下ノズルの温度が低い」に対する要因分析図

事実	要因1	要因2	要因3	調査データ						現在までの調査	現在までの評価		
				ATデータ	コールド試験データ	観察	分析	解析	試験		○	×	
流下ガラスの温度が低い。(流下ノズル温度計の温度が低い)	流下ノズル加熱量の低下	高周波加熱能力の低下	高周波電源印加不調	○	○				○	・高周波加熱時のオシロスコープにより出力波形を測定し、電源盤が健全であることを確認している。 ・高周波加熱時の制御盤冷却水の温度変化にも過去試験と大きな相違がない。	・要因とは考えられない	×	
			短絡等のパスの発生	○					○	・高周波加熱時のインピーダンスの値は、前回の試験とほぼ同程度の値である。 ・絶縁抵抗測定を行った結果、前回(H19.2.19)の測定値□MΩと同等の□MΩであり、有意な劣化はなかった。	・要因とは考えられない	×	
			ノズルの偏芯				○	○	○	・ノズルの偏芯がある場合においても、加熱能力が低下しないことを解析により確認している。 ・実規模試験装置を用いた加熱試験により、流下ノズル偏芯は流下ノズルの加熱性に影響がなく、流下ノズル温度のバラツキもないことを確認した。(図-1)	・要因とは考えられない	×	
			ノズル周りへのガラス等の付着				○	○	○	・流下ノズルと高周波加熱コイルの間に付着ガラス等があることを確認した。(添付資料-13 表-1) ・ガラスが付着してもインピーダンスの変化がない。 ・高周波加熱へのガラス等の付着物の影響を解析により評価した結果、ノズル加熱には影響ないことを確認した。	・要因とは考えられない	×	
			監視制御盤出力指令が故障しており、加熱されていない	○							・計測機器の出力命令通りの電力が現場の高周波電源盤にて出力されていた。	・要因とは考えられない	×
		底部電極の温度が低い	○							・今回運転(AT-2-A001)の流下開始時の底部電極温度は□°Cであり、前回A002~005バッチと同じであることから要因とは考えにくい。	・要因とは考えられない	×	
		上段加熱時間が短い	○							・前回運転の1バッチ(AT-1-A001)と今回運転(AT-2-A001)の上段加熱時間は1時間であり、変わりはない。	・要因とは考えられない	×	
		流下ノズルの放熱量の増加	高周波加熱コイルへのふく射放熱量の増加	高周波加熱コイルへのガラス等の付着物					○	○	・化学試験終了後にコイル表面の光沢は失われており、さらに、今回の結合装置取り外し時にはガラス等の付着物が確認されていることから、高周波加熱コイルへのふく射放熱量は増加していると考えられる。(図-2) ・高周波加熱コイル全面のふく射率のノズル加熱性能への影響を熱流動解析によって評価した結果、ふく射率が0.1から0.5になると流下ノズル下端外側の温度が100°C程度低く、ノズル温度計位置で30°C程度低くなることを確認した。	・要因の一つと考えられる	○
			流下ノズル先端の冷却空気量の増加(結合装置へのインリークエア量:増加)	結合装置内負圧の増加によるインリークエア量の増加	○						・炉内圧力、結合装置内圧力は一定であったことから、要因ではない。(添付資料-13 図-1)	・要因とは考えられない	×
				結合装置負圧制御弁開度が大きく、インリークエア量が増加	○					○	・アクティブ試験後半とほぼ同程度の値であるが、アクティブ試験開始時に比べると大きい。MV値の流下ノズル冷却への影響を熱流動解析によって評価したが、影響は小さいことを確認した。	・要因とは考えられない	×
	流下ノズル上部の冷却空気量の増加(結合装置へのインリークエア量:一定)		結合装置内の付着物による空気流路の変化により、流下ノズル上部を冷却する空気量が増加	○					○	・高周波加熱コイル表面付近に付着物を確認したが、影響は不明。(添付資料-13 表-1) ・付着物の影響を熱流動解析によって評価したが、付着物によって流路が変化し、流下ノズルを冷却する空気量が増加することによって、流下ノズル加熱性が低下するという事はなかった。(表-1)	・要因とは考えられない	×	
			溶融炉へのリークエア量の増加による放熱量の増加	○					○	・AT-2A-001における炉内圧力の調整に伴う結合装置内圧調整弁開度の変動から、溶融炉へのリーク量を算定したところ、結合装置排出量の約30%(□Nm <sup>3</sup> /h)であった。 ・結合面隙間から結合装置内に流入した空気は、高レベル廃液ガラス固化廃ガス処理設備へ排気される他に、結合装置上部から溶融炉への流出する経路が存在する。(図-3) ・溶融炉へのリークエア量の影響を熱流動解析によって評価した結果、溶融炉へのリーク量が結合装置排出流量を10%から30%程度に増加させるとノズル温度計位置の温度が10°C程度低下することが分かった。また、溶融炉へのリークエア量が□Nm <sup>3</sup> /h以上になるとノズル温度計位置の温度もほぼ安定することが分かった。一方、溶融炉へのリークエア量のノズル先端温度への影響はほとんどないことを確認した。(表-2)	・要因の一つと考えられる	○	
	結合装置の結合時期が遅く、冷却されやすい。		○	○						・結合装置との結合の有無によって、ノズル温度は相対的に低くなるが、温度上昇は一定である。 ・アクティブ試験以降は全バッチが結合状態での流下であった。	・要因とは考えられない	×	
	結合装置内の空気温度が低く、冷却されやすい	セル内温度が低い	○						○	・セル内温度の設計値□°Cに対して、今回の試験では□°C程度であった。 ・セル内温度の流下ノズル冷却への影響を熱流動解析によって評価した結果、ほとんど影響ないことを確認した。	・要因とは考えられない	×	
	空気・水などが吹き付けられ冷却された	流下ノズルへの冷却エアの吹き付け	○							・現場確認によって、冷却エア流量が「0」であることを確認している。	・要因とは考えられない	×	
高周波加熱コイル冷却水の吹き付け		○							・流下ノズル下端部の観察の結果、液垂れ等はないことを確認した。 ・インピーダンスの変化がないことを確認している。	・要因とは考えられない	×		



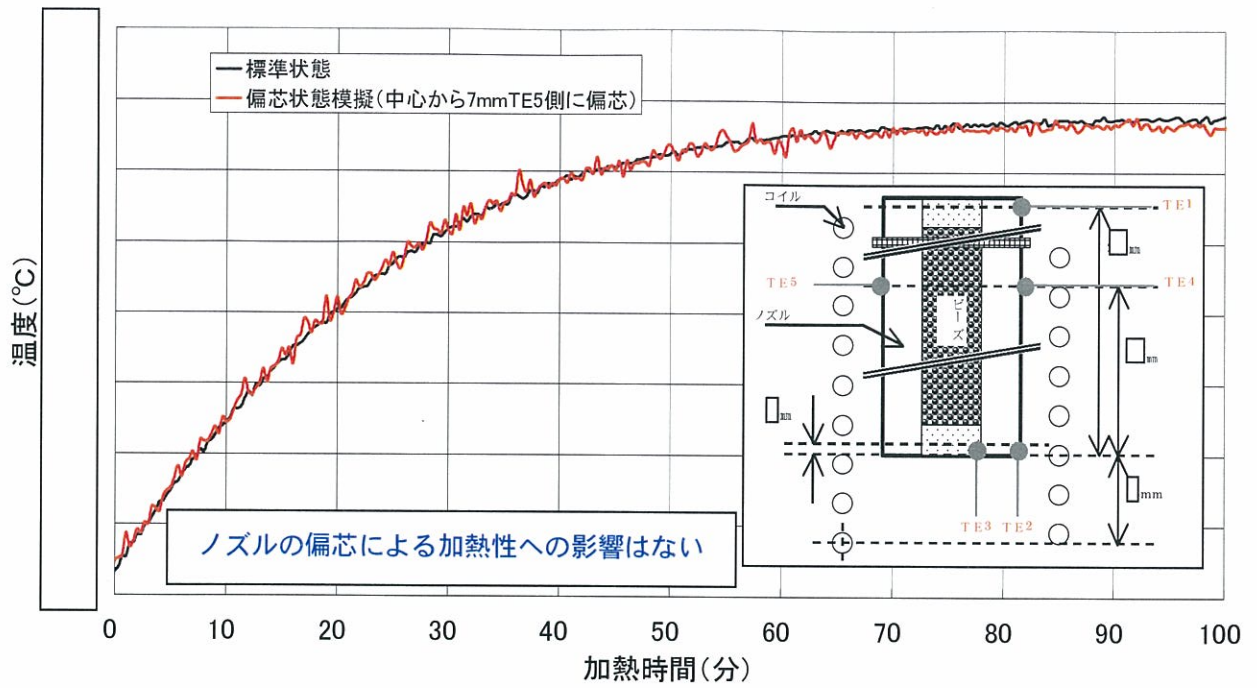
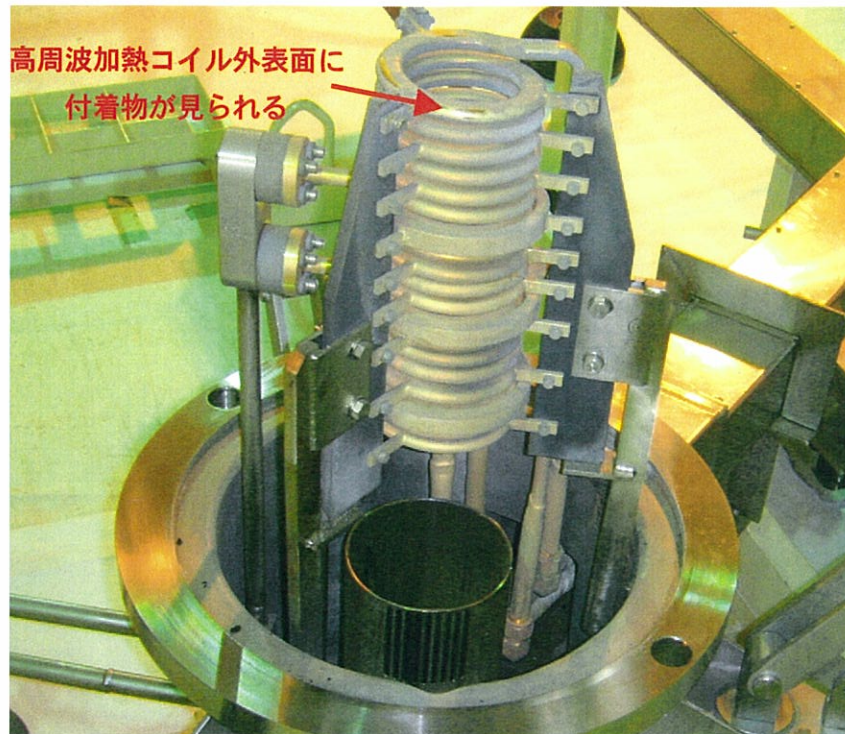
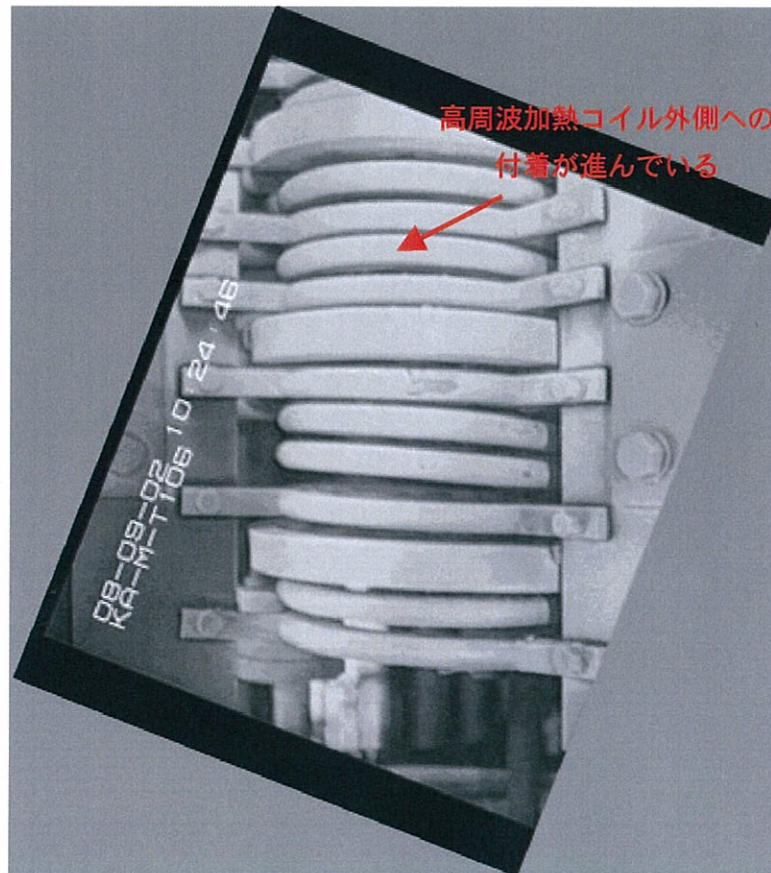


図-1 実規模試験装置を用いた偏芯の影響確認



(化学試験終了後)



(今回結合装置取り外し後)

図-2 結合装置取り外し写真



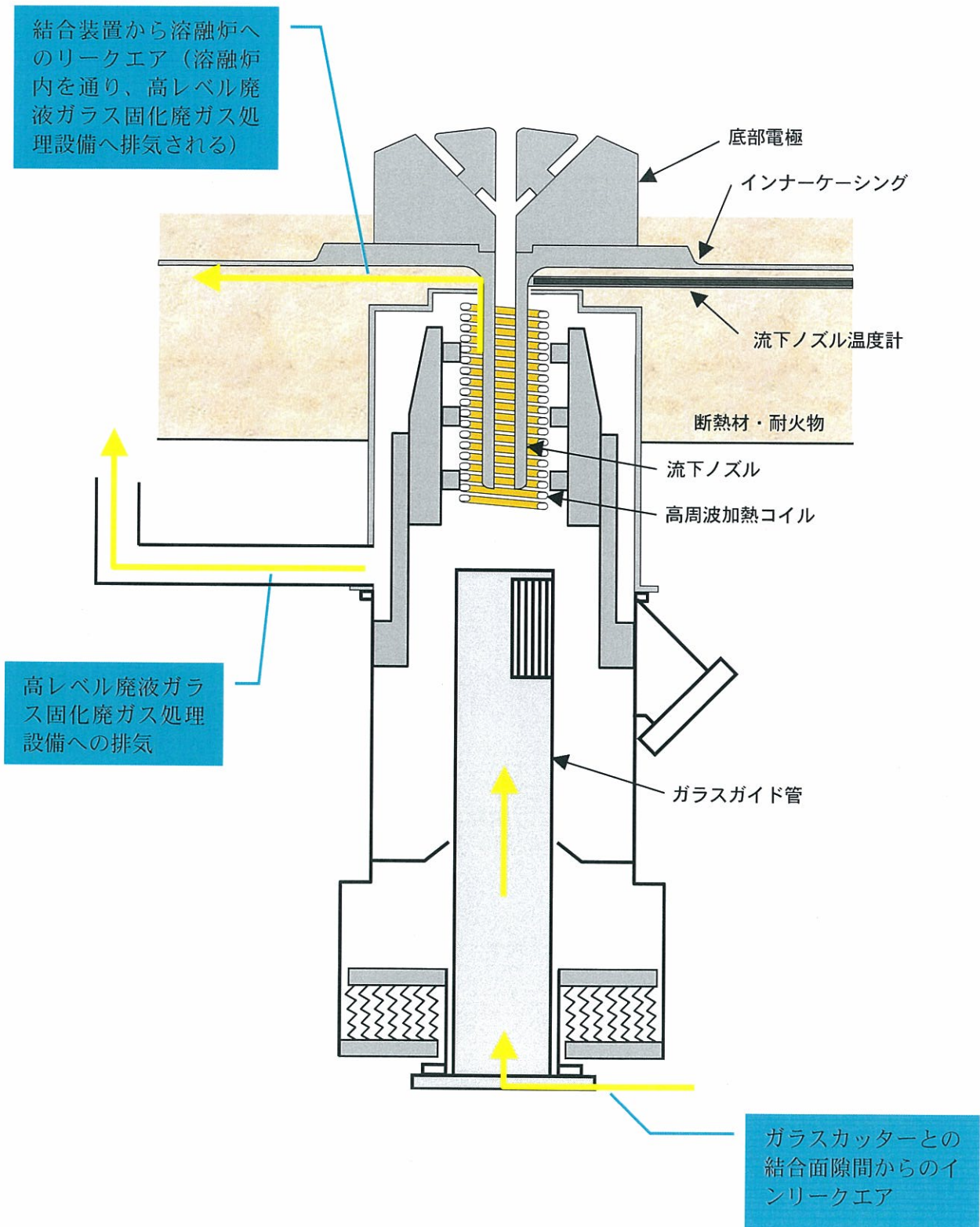
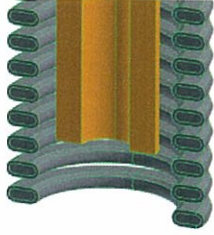
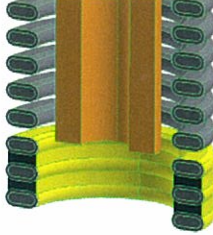
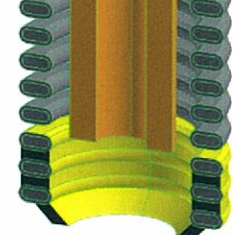
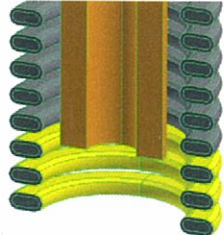
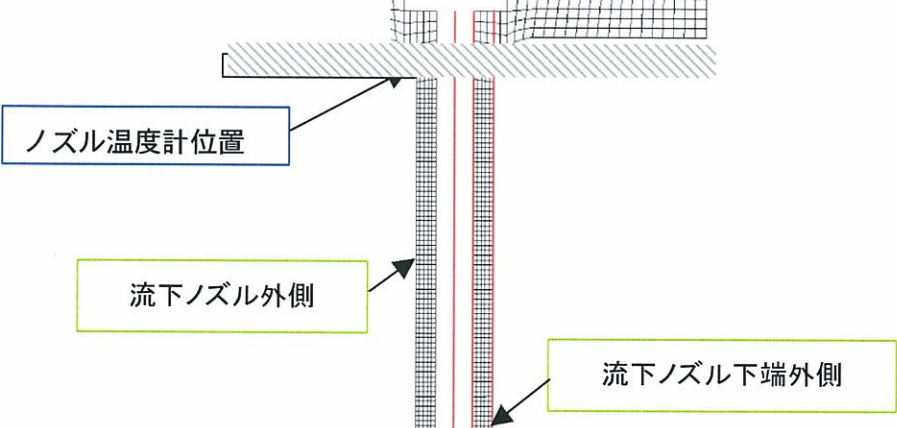
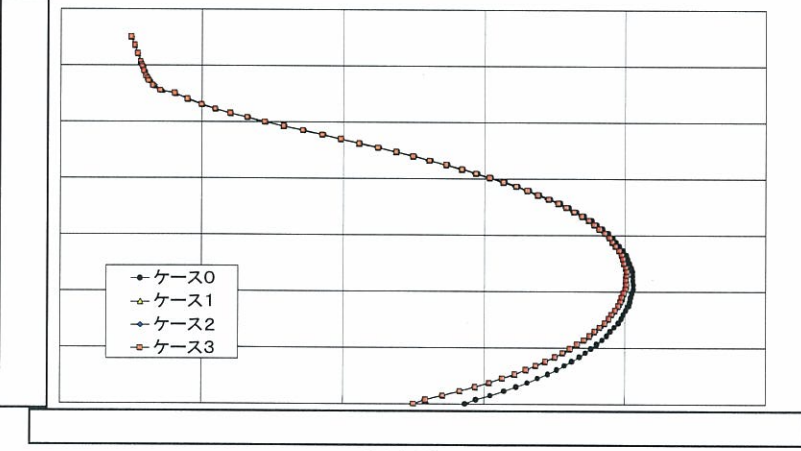


図-3 結合装置まわりの空気の流れ

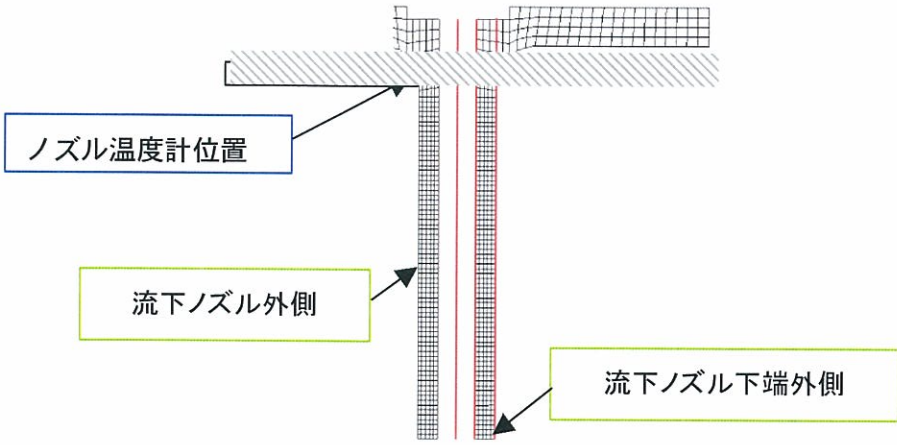
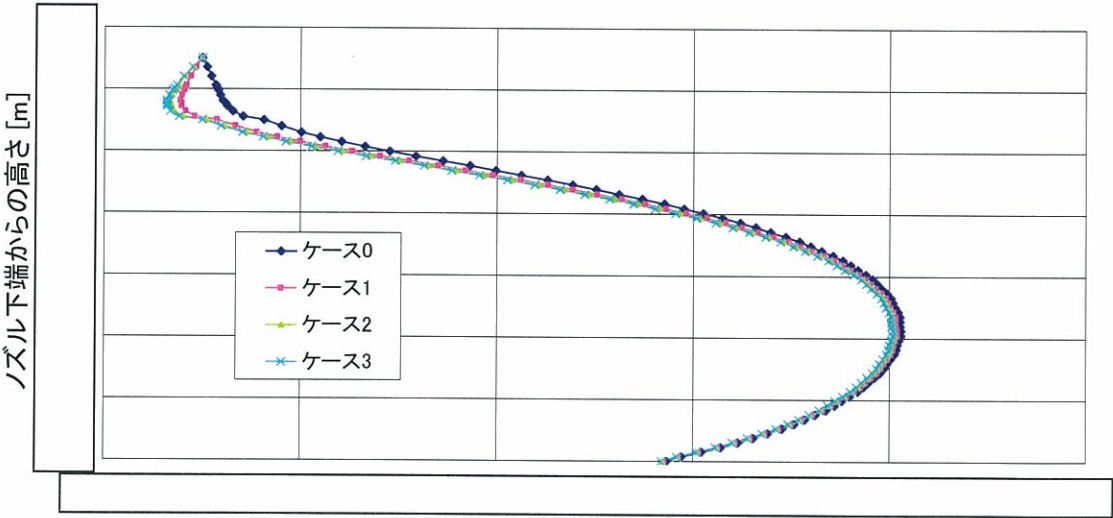
表－1 高周波加熱コイル付着物（付着形状）の結合装置内温度分布への影響評価

	ケース0	ケース1	ケース2	ケース3
	標準条件	下段3段に付着物	下段3段コイル間及び下端板状付着物	下段3段のふく射率が異なる
モデル図				
温度評価位置				
流下ノズル外側温度分布				
流下ノズル下端外側温度	<input type="text"/> °C	<input type="text"/> °C (-37°C)	<input type="text"/> °C (-37°C)	<input type="text"/> °C (-37°C)
ノズル温度計位置	<input type="text"/> °C	<input type="text"/> °C (+6°C)	<input type="text"/> °C (+6°C)	<input type="text"/> °C (-1°C)

- ・ 付着物による流下ノズル温度計の温度への影響は影響ない。
- ・ 付着物によって流下ノズル下端の温度は低下する。その原因は、付着物によって、インリークエアの流れが変わり、冷却が促進されたためではなく、付着物によって、コイル表面のふく射率が変わったため、ノズル表面からの放熱量が増加したためであると推察される。



表-2 溶融炉へのリークエアの結合装置内温度分布への影響評価

	ケース0	ケース1	ケース2	ケース3
結合装置 排出流量	<input type="text"/> Nm <sup>3</sup> /h			
溶融炉への 流出流量	0Nm <sup>3</sup> /h (0%)	<input type="text"/> Nm <sup>3</sup> /h (10%)	<input type="text"/> Nm <sup>3</sup> /h (20%)	<input type="text"/> Nm <sup>3</sup> /h (30%)
温度評価位置				
流下ノズル 外側温度				
流下ノズル 下端外側温度	<input type="text"/> °C	<input type="text"/> °C (-2°C)	<input type="text"/> °C (-2°C)	<input type="text"/> °C (-3°C)
ノズル温度計 位置	<input type="text"/> °C	<input type="text"/> °C (-26°C)	<input type="text"/> °C (-33°C)	<input type="text"/> °C (-36°C)

- ・ 結合装置排出量の 30%が溶融炉へのリークエアと仮定した場合でも流下ノズル下端の温度への影響はない。
- ・ 流下ノズル温度計位置の温度への影響は大きく、10%から 30%に増加させた場合、約 10°C程度低くなる傾向にある。