

ガラス固化設備の安定運転条件の 検討状況について

＜事象分析～原因に対する対策の検討＞



平成20年5月16日
日本原燃株式会社

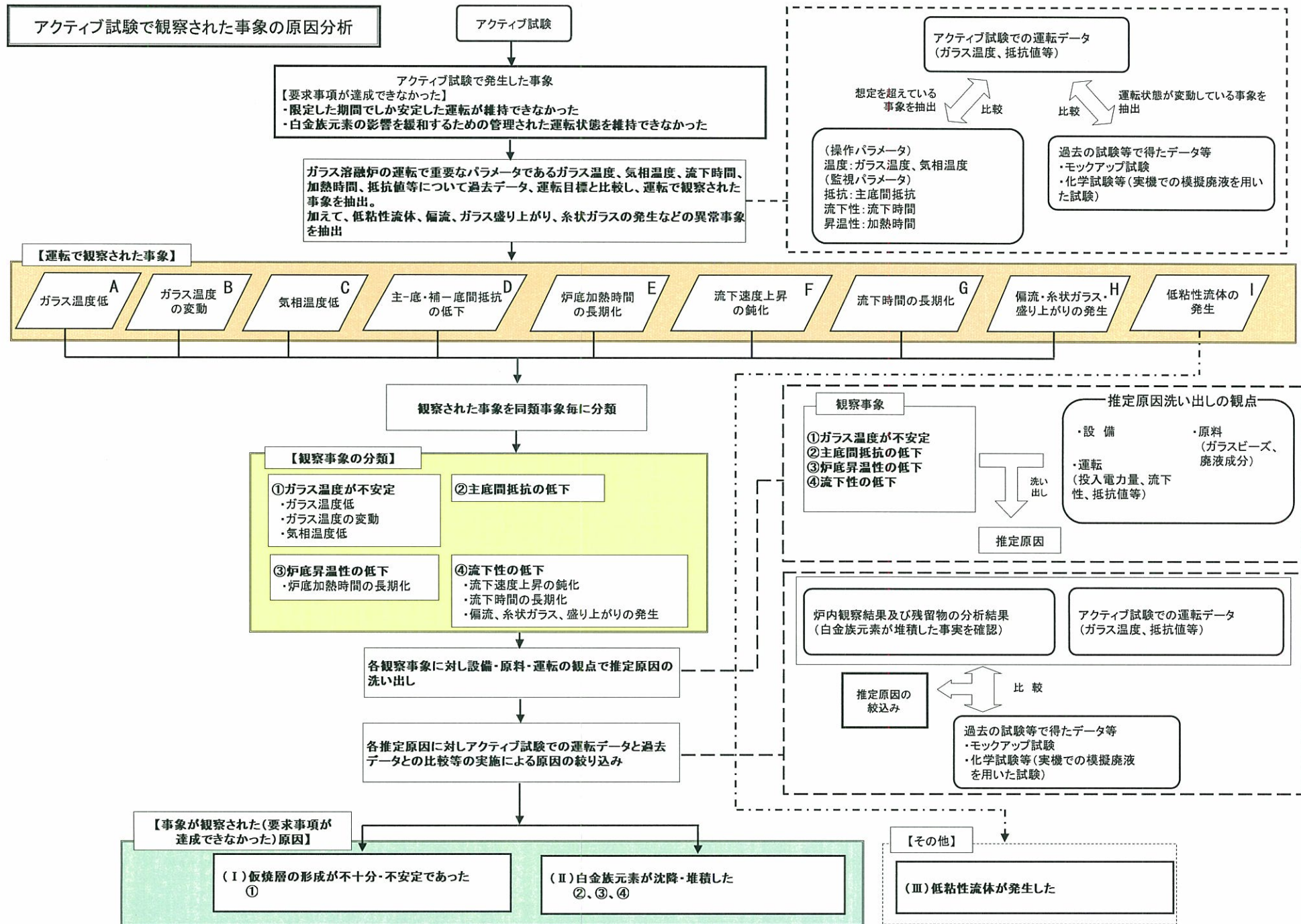
1. ガラス固化設備のアクティブ試験 において発生した事象の分析

【アクティブ試験で観察された事象の分析】

○アクティブ試験の運転条件の中でガラス溶融炉の運転で重要なパラメータであるガラス温度、気相温度、流下時間、抵抗値、炉底加熱時間等について運転目標、過去データと比較することにより、溶融炉内の状態変化としての観察されたもの及び、偏流・ガラス盛り上がりなどの事象として発生したものを観察事象として抽出した。

○アクティブ試験で得られたデータと運転目標との比較については、アクティブ試験で実施した全てのバッチを対象として、以下の方法で行った。

- ・主底間抵抗、白金族元素堆積指標：アクティブ試験開始前に白金族元素の沈降・堆積を評価するための判断基準として決めた値を満足した状態であったか否かの事実を整理
- ・ガラス温度、気相温度：アクティブ試験開始前にガラス溶融炉の安定した運転状態を評価するために設定した運転目標の範囲を満足しているか否かの事実を整理
- ・流下速度、流下時間、炉底加熱時間：アクティブ試験開始前に定めた運転目標の範囲を満足しているか否かの事実を整理



アクティブ試験で観察された事象の整理(1/3)

バッチNo.	目標値	判断基準		運転目標			参考			その他		観察事象の詳細	観察事象 (参考図)	
		主-底抵抗	白金族堆積指標	ガラス温度	気相温度	仮焼層の形成	炉底温度	流速50kg/h到達	流下時間	炉底加熱時間	低粘性流体			偏流
	運転状態	□Ω以上	>□	(バッチ平均) □℃	(バッチ平均) □℃	○: 適正 ×: 不十分	□℃以下 (10℃以内の超過)	≤□分	≤□時間	≤□時間	-	-		
A001	廃液供給	○	○	×	×	×	○	○	○	○	有	無	・ガラス温度の計画目標値(210℃)に対して、バッチ平均温度が、A001: □℃、A002: □℃、A003: □℃、A004: □℃、A005: □℃、A006: □℃と低めに推移した。 ・A001-006バッチにおいて流下の初期段階で低粘性流体が発生し、結合装置内圧力高警報が発報した。 ・気相温度が低いバッチがあった。	(A) ガラス温度低 (I) 低粘性流体の発生 (C) 気相温度低
A002	廃液供給	○	○	×	○	×	○	○	○	○	有	無		
A003	廃液供給	○	○	×	○	×	○	○	○	○	有	無		
A004	廃液供給	○	○	×	×	×	○	○	○	○	有	無		
A005	廃液供給	○	○	×	○	×	○	○	○	○	有	無		
A006	廃液供給	○	○	×	○	×	○	○	○	○	有	無		
A007	廃液供給	○	○	○	×	○ (過大)	○	○	○	○	有	無	・仮焼層形成を目的としてA006にて間接加熱装置電力量を大きく下げたため気相温度が低下し、仮焼層温度計の温度が約□℃から□℃まで急低下するとともに、ガラス温度が約□℃から□℃まで上昇した。仮焼層温度計の温度が□℃台まで低下するとともにガラス温度が上昇したため、仮焼層が過天(=処理能力不足)と判断し原料供給を停止した。その結果、気相温度および仮焼層温度計の温度が上昇するとともにガラス温度が低下したことから仮焼層が溶融したものと推定される。 ・低粘性流体が発生した。 ・気相温度が低かった。	(B) ガラス温度の変動 (I) 低粘性流体の発生 (C) 気相温度低
A008	廃液供給	○	○	○	×	○	○	○	○	○	有	無		
A009	廃液供給	○	○	×	×	×	○	○	○	○	有	無	・ガラス温度は低い状態から徐々に増加傾向となったが目標値には到達しておらず、気相温度も低かった。 ・低粘性流体が発生した。	(A) ガラス温度低 (C) 気相温度低 (I) 低粘性流体の発生
A010	廃液供給	○	○	○	×	○	○	超過	○	○	有	無		
A011	廃液供給	○	○	○	○	○	○	○	○	○	有	無	・ガラス温度が徐々に上昇し、A011ではガラス温度安定した運転を行うことができた。 ・A010バッチは気相温度が低かった。 ・低粘性流体が発生した。	(I) 低粘性流体の発生 (C) 気相温度低
A012	廃液供給	○	○	×	○	×	○	超過	○	○	有	無		
A013	廃液供給	○	○	×	○	×	○	超過	○	○	有	無	・A012、A013、A016、A017バッチはバッチ平均ガラス温度が目標温度よりも低かった。 ・A014、A015バッチはガラス温度は目標温度範囲であったものの、気相温度が目標温度範囲よりも低く推移した。 ・A017バッチはガラス温度、気相温度ともに目標温度より低かった。	(A) ガラス温度低 (C) 気相温度低
A014	廃液供給	○	○	○	×	×	○	超過	○	○	有	無		
A015	廃液供給	○	○	○	×	○	○	超過	○	○	有	無	・これまで□分以内であった流下開始から流下速度50kg/h到達までの時間が、□分を超えた。(参考: A001からA009までの平均到達時間は□分) ・(A016)流下開始後、偏流が発生したため緊急流下停止(流下開始から□分後)し、直後に原料供給も停止した。その後も炉底加熱を継続したため、結果的に炉底部が高温の状態まま約7時間保持をすることとなった。	(H) 偏流発生 (I) 低粘性流体の発生 (B) ガラス温度の変動
A016	廃液供給	×	○	×	○	○	○	超過	○	○	有	有		
A017	廃液供給	○	○	×	×	○	○	超過	○	○	有	無	・A016、A017バッチは偏流の発生から原料供給の停止を実施したことでガラス温度が上昇したため、主電極電力を低下させた。その後、主電極電力低下の影響によりガラス温度が低下した。 ・A016バッチにおいて偏流が発生した。 ・A015バッチ以外で低粘性流体が発生した。	(A) ガラス温度低 (C) 気相温度低 (D) 主-底間抵抗低下 (F) 流下速度上昇の鈍化 (I) 低粘性流体の発生
A018	廃液供給	×	×	×	×	×	○	超過	○	○	有	無		

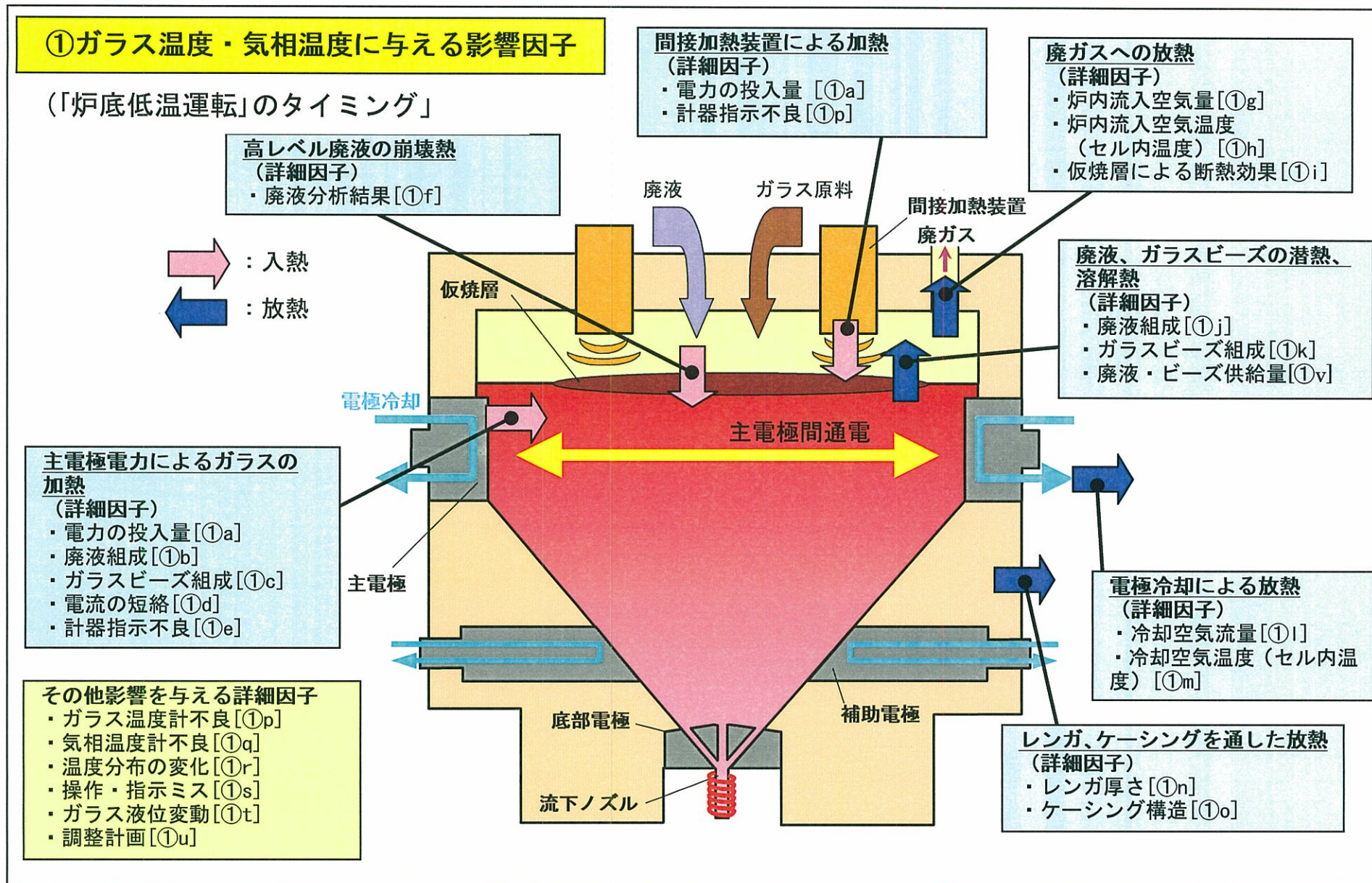
アクティブ試験で観察された事象の整理(2/3)

バッチNo.	目標値 運転状態	判断基準		運転目標			参考				その他		観察事象の詳細	観察事象 (参考図)
		主-底抵抗	白金族堆積 指標	ガラス温度	気相温度	仮焼層の形成	炉底□mm温度	流速50kg/h 到達	流下時間	炉底加熱時間	低粘性流体	偏流		
		□Ω以上	>□	(バッチ平均) : □℃	(バッチ平均) : □℃	○: 適正 ×: 不十分	□℃以下 (10℃以内の経過)	≤□分	≤□時間	≤□時間	-	-		
A019	直棒 かくはん	○	○	廃液非供給	廃液非供給	-	○	-	-	超過	有	無	・廃液供給を停止し、かくはん操作を行った結果、主底間抵抗は、かくはん前の□Ω(A018)から、かくはん後の□Ω(A021)まで回復した。 ・A019、A020バッチで低粘性流体が発生した。	(E) 炉底部加熱時間の長期化 (D) かくはん後主底間抵抗の回復 (I) 低粘性流体の発生
A020	曲棒 かくはん	○	○	廃液非供給	廃液非供給	-	○	-	-	超過	有	無		
A021	廃液供給	○	○	×	×	×	○	超過	○	超過	有	無	・A021を除き、主電極-底部電極間抵抗も目標値を下回った。 ・ガラス温度、気相温度とも安定した状態を維持したものの目標温度範囲よりも低く、仮焼層の形成は不十分であると判断した。 ・かくはん操作により、流下速度50kg/h到達時間は、かくはん前の□時間□分(A018)から□分(A021)まで短縮したが、依然鈍化が見られた。 ・流下時間についても長時間を要するバッチがあった。 ・炉底加熱時間については、かくはん前の□時間□分(A018)か□時間□分(A021)となり□時間を越え長期化した。 ・A021~A024バッチで低粘性流体が発生した。	(D) 主-底間抵抗低下 (F) 流下速度上昇の鈍化 (G) 流下時間の長期化 (E) 炉底部加熱時間の長期化 (I) 低粘性流体の発生
A022	廃液供給	×	○	×	×	×	○	超過	超過	超過	有	無		
A023	廃液供給	×	○	×	×	×	○	超過	○	超過	有	無		
A024	廃液供給	×	○	×	×	×	○	超過	○	超過	有	無		
A025	廃液供給	×	×	×	×	×	△	超過	○	超過	有	無	・溶接機の故障により、シャットダウン(A025~A028)(シャットダウン: ガラス溶融炉内の白金族元素を抜き出すことを目的とし模擬ガラスを投入して溶融ガラス3バッチ分の流下を行う操作)を行った。その後復旧するまでの間(8日間)、炉内に溶融ガラスを保持したままホットトップ保持運転(仮焼層の溶かし込みをおこなった状態でガラス温度を□~□℃程度で保持)を行った。 ・主電極底部電極間抵抗(A025)、白金族堆積指標(A026)が目標を下回った。 ・流下速度上昇の鈍化は継続した。 ・流下時間、炉底加熱時間の長期化も見られた。 ・A025バッチ~A027バッチで低粘性流体が発生した。 ・A027で偏流が発生した。	(D) 主底間抵抗低下 (G) 流下時間の長期化 (I) 低粘性流体の発生 (F) 流下速度上昇の鈍化 (H) 偏流、糸状ガラスの発生
A026	シャットダウン	×	○	廃液非供給	廃液非供給	-	○	超過	超過	超過	有	無		
A027	シャットダウン	-	-	廃液非供給	廃液非供給	-	-	超過	○	超過	有	有		
A028	シャットダウン	-	-	廃液非供給	廃液非供給	-	-	超過	○	○	無	無		
A029	洗浄運転	○	○	廃液非供給	廃液非供給	-	○	超過	超過	超過	無	無	・主底間抵抗(主電極と底部電極の間で電流を印加した際の抵抗値)及び白金族堆積指標が回復しているにもかかわらず、昇温性及び流下性が大幅に悪化した。具体的には、A021~A028まで□~□時間程度だった炉底加熱時間が□時間を越え、流速50kg/h到達時間が目標とする□分に対し□分以上となった。 ・流下時間も大幅に長期化し、□時間を越えた(A029、A030)	(E) 炉底加熱時間の長期化 (F) 流下速度上昇の鈍化 (G) 流下時間の長期化
A030	洗浄運転	○	○	廃液非供給	廃液非供給	-	○	超過	超過	超過	無	無		
A031	洗浄運転	○	○	廃液非供給	廃液非供給	-	△	超過	超過	超過	無	無		
A032	曲棒 かくはん	○	○	廃液非供給	廃液非供給	-	○	超過	-	超過	無	無	・昇温性、流下性の悪化が継続した。 ・補助電極A/B-底部電極間抵抗測定の結果、補助電極B-底部電極抵抗の測定値が低く、補助電極B側に白金族元素が堆積していることが推定されたため、除去を目的として炉底かくはんを実施した。	(D) 補底間抵抗低下 (F) 流下速度上昇の鈍化 (G) 流下時間の長期化
A033	直棒 かくはん	○	○	廃液非供給	廃液非供給	-	○	超過	-	超過	無	無		
A034	洗浄 かくはん	○	○	廃液非供給	廃液非供給	-	○	超過	超過	超過	無	無	(E) 炉底加熱時間の長期化	

アクティブ試験で観察された事象の整理(3/3)

バッチNo.	目標準 運転状態	判断基準		運転目標			参考				その他		観察事象の詳細	観察事象 (参考図)
		主-底抵抗	白金族堆積 指標	ガラス温度	気相温度	仮焼層の形成	炉底 \square mm温度	流速50kg/h 到達	流下時間	炉底加熱時間	低粘性流体	偏流		
		\square Ω以上	$>\square$	(バッチ平均) : \square ℃	(バッチ平均) : \square ℃	○:適正 ×:不十分	\square ℃以下 (10℃以内の超過)	\leq 分	\leq 時間	\leq 時間	-	-		
A035	廃液供給	○	○	×	×	×	○	超過	超過	超過	無	無	<p>・アクティブ試験の廃液は仮焼層が形成しにくいことから、過去に低模倣低燃焼度廃液の運転で実施した、間接加熱装置を使用しない、主電極のみによる電力投入を行った。</p> <p>この結果、主電極電力\square~\squarekW(バッチ平均値)の投入電力で、A037以降平均ガラス温度は\square℃を越え、目標温度の範囲で安定した。</p> <p>・気相温度は目標温度よりも低い値であった。</p> <p>・A035を除いて低粘性流体が発生した。</p> <p>・A039,A040で流下時に偏流が発生した。</p> <p>・流下速度鈍化、流下時間長期化は依然継続した。</p> <p>・炉底部\squaremm/バッチ平均温度がわずかに高かったが、大きく影響する逸脱ではない。</p> <p>・主電極-底部電極間抵抗、白金族堆積指標が目標を下回るバッチがあった。</p>	<p>(C) 気相温度低</p> <p>(I) 低粘性流体の発生</p> <p>(H) 偏流、糸状ガラスの発生</p> <p>(F) 流下速度上昇の鈍化</p> <p>(G) 流下時間の長期化</p> <p>(D) 主底間抵抗低下</p>
A036	廃液供給	×	○	×	×	×	△	超過	超過	超過	有	無		
A037	廃液供給	×	×	○	×	○	△	超過	超過	超過	有	無		
A038	廃液供給	○	×	○	×	○	△	超過	超過	超過	有	無		
A039	廃液供給	○	×	○	×	○	△	超過	超過	超過	有	有		
A040	廃液供給	○	×	○	×	○	△	超過	超過	超過	有	有		
A041	廃液供給	○	×	○	×	○	○	- (到達せず)	超過	超過	有	有	<p>・流下開始後から、流下速度\squarekg/h以下の状態が\square時間以上継続した。その結果、糸状ガラスが発生し、ガラス固化体容器にガラスの盛り上がり確認されたため、緊急流下停止を行った。(流下重量\squarekg)</p> <p>・炉底加熱時間が\square時間であった。</p> <p>・低粘性流体が発生した。</p>	<p>(F) 流下速度上昇の鈍化</p> <p>(G) 流下時間の長期化</p> <p>(H) 糸状ガラス及び盛り上がり発生</p> <p>(E) 炉底加熱時間の長期化</p> <p>(I) 低粘性流体の発生</p>
A042	シャットダウン	○	○	廃液非供給	廃液非供給	-	○	-	-	超過	有	無	<p>・流下速度低下の回復を期待して、直棒によるかくはんを行いつつシャットダウン運転に移行した。A042の流下開始後の直棒の流下ノズルへの挿入により、前バッチ(A041)では流下速度が\squarekg/h以下であったのに対し、\squarekg/h程度まで回復した。</p>	<p>(F) 流下速度上昇の鈍化</p> <p>(G) 流下時間の長期化</p>
A043	シャットダウン	○	○	廃液非供給	廃液非供給	-	○	-	-	超過	有	無	<p>・主底間電流(主電極と底部電極の間に印加した電流)200A到達時の主底間抵抗が\squareΩ以下、かつ白金族元素堆積指標が\square以下</p>	<p>(D) 主底間抵抗低下</p>
A044	シャットダウン	×	×	廃液非供給	廃液非供給	-	-	-	-	超過	無	無	<p>・炉底部昇温時間長期化、流下速度上昇の鈍化、流下時間長期化が見られた。</p>	<p>(E) 炉底加熱時間長期化</p> <p>(I) 低粘性流体の発生</p>
A045	シャットダウン	×	×	廃液非供給	廃液非供給	-	-	超過	超過	超過	無	無	<p>・A042、A043バッチで低粘性流体が発生した。</p>	
A046	洗浄運転	○	○	廃液非供給	廃液非供給	-	○	超過	超過	超過	無	無	<p>・A045バッチでは、主底加熱時間+流下時間が\square時間\square分であったが、A046、A047では\square時間を越えた。</p> <p>流下初期の流速立ち上がりが非常に悪く、流下に\square時間\square分を要した。</p>	<p>(F) 流下速度上昇の鈍化</p> <p>(G) 流下時間の長期化</p>
A047	曲棒 かくはん	×	○	廃液非供給	廃液非供給	-	○	超過	-	超過	有	無	<p>・(A046)流下停止操作中にガラスカッター-覗き窓部まで、流下ガラスが上昇してきていることを確認したため、流下停止後ガラス固化体容器を観察したところ、ガラスが容器から盛り上がり、蓋の設置が困難であった。</p> <p>・A047バッチで低粘性流体が発生した。</p>	<p>(E) 炉底加熱時間長期化</p> <p>(H) ガラス盛り上がり発生</p> <p>(I) 低粘性流体の発生</p>
A048-059	ドレンアウト	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<p>洗浄運転やかくはんでは回復不可能と判断しドレンアウトを実施した。</p>	
A060	洗浄 ドレン	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<p>炉底部に堆積したガラスを低減させるため洗浄ドレンアウトを実施した。</p>	

観察事象の影響因子マップ



②主電極-底部電極間抵抗に与える影響因子

(「炉底部ガラスの昇温」のタイミング)

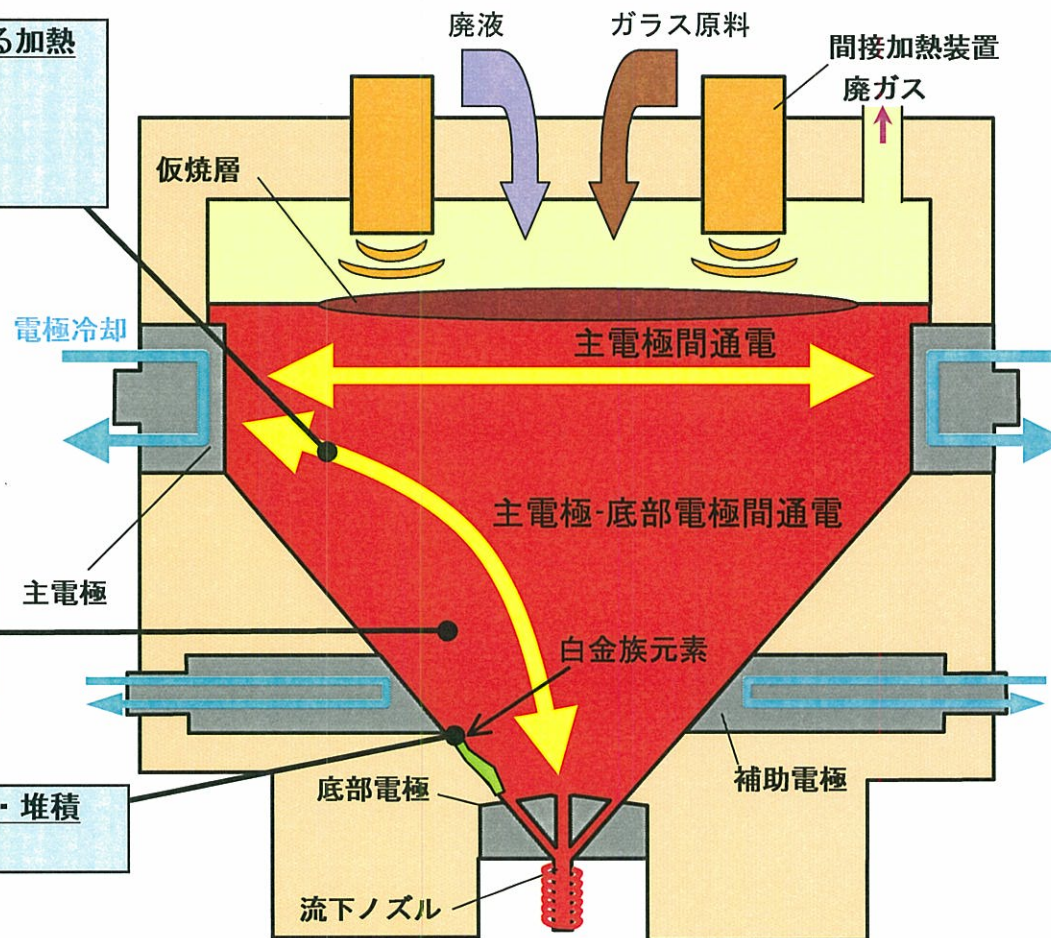
主電極-底部電極間通電による加熱 (詳細因子)

- ・計器指示不良 [②c]
- ・電流の短絡 [②d]
- ・電極間距離 [②e]

ガラス物性・状態 (詳細因子)

- ・ガラスビーズ組成 [②a]
- ・ガラス温度 [②b]

白金族元素沈降・堆積 [②f]



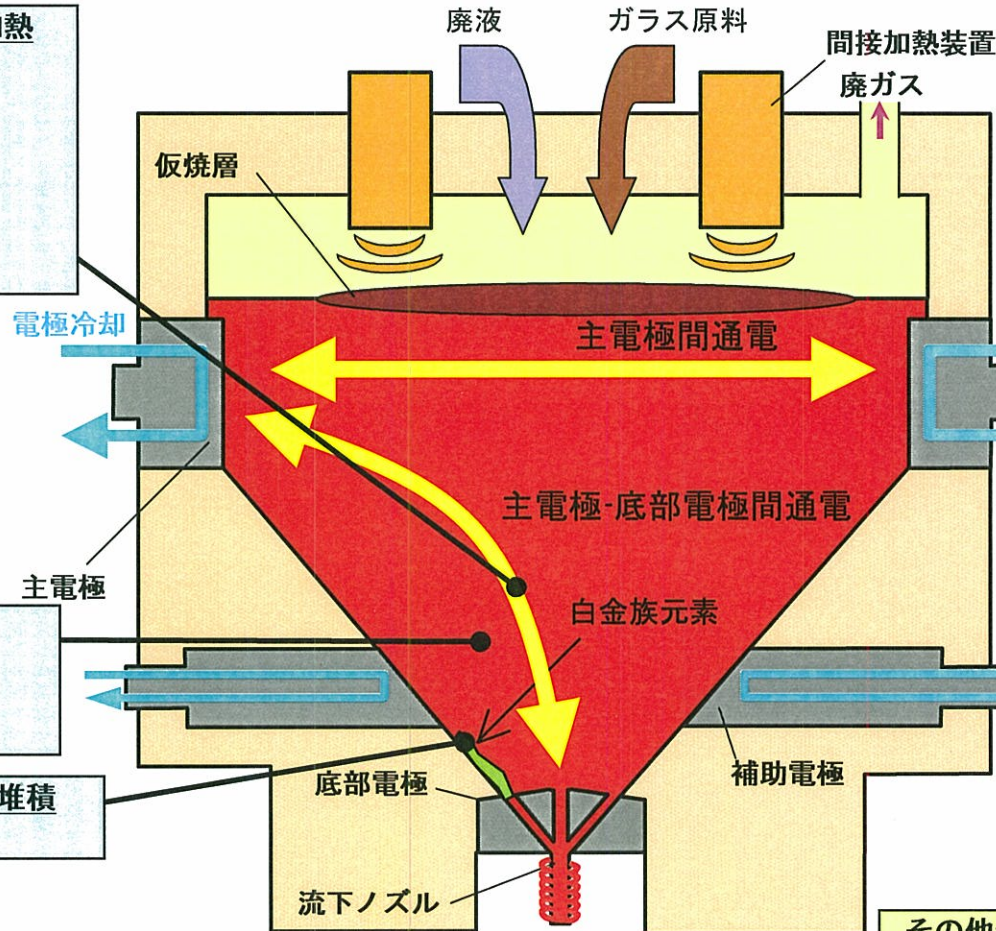
③炉底昇温性に与える影響因子

(「炉底部ガラスの昇温」のタイミング)

主電極-底部電極間通電による加熱

(詳細因子)

- ・計器指示不良 [③d]
- ・電流の短絡 [③e]
- ・電極間距離 [③f]
- ・主底投入電流・電力 [③g]
- ・電流上昇操作遅れ [③h]
- ・電極表面積 [③i]



電極冷却による放熱

(詳細因子)

- ・ガラス温度 (冷却空気流量、冷却空気温度) [③c]

ガラス物性・状態

(詳細因子)

- ・ガラスビーズ組成 [③a]
- ・廃液組成 [③b]

白金族元素沈降・堆積

[③j]

その他影響を与える詳細因子

- ・炉構造体温度 [③k]
- ・レンガ厚さ [③l]
- ・ケーシング構造 [③m]

④流下性に与える影響因子

(「ガラス固化体容器への流下」のタイミング)

(上部の記載省略)

