

観察事象の分類と原因事象の分析(1/3)

| 観察事象 | 観察事象の推定原因 | 影響因子 | | | | 分析データ | | | 分析結果 | |
|------------------------|-----------------------------|-------|----|----|----|-------|-------|----------------|--|---|
| | | 因子マップ | 設備 | 原料 | 運転 | 過去データ | ATデータ | 試料分析※ | | |
| (A)ガラス温度が不安定 | | | | | | | | | | |
| (A)ガラス温度低 | 炉内への空気流入量が多く放熱が増えた | ①g | ● | | ● | ● | | | 炉内圧力は過去試験（化学試験）とほぼ同じであり、空気流入量に大きな変化はない | × |
| | 投入電力が低い | ①a | ● | | ● | ● | | | 崩壊熱分を考慮した投入電力量は過去試験実績（化学試験）とほぼ同じ | × |
| | 電力計指示値不良 | ①e | ● | | | | ● | | 試験運転後の設備点検の結果、異常なし | × |
| | 廃液組成の違いにより粘性が変化し対流変動が発生した | ①b | | ● | ● | ● | | ● | ATを模擬したガラスの物性を確認した結果、粘性に大きな違いはない（モックアップ試験） | △ |
| | ガラスビーズ組成の違いにより対流変動が発生した | ①c | | ● | | ● | ● | | 工場試験検査報告書（製造記録）で過去（化学試験）と同仕様で製造されたものであることを確認済 | × |
| | <u>仮焼層の形成が不十分</u> で断熱効果が少ない | ①i | | ● | ● | ● | ● | | モックアップ試験、化学試験でガラス温度が低く、気相温度が高い場合に、仮焼層の形成が不十分となる事象を確認している | ○ |
| | レンガの減肉により炉内からの放熱が増えた | ①n | ● | | | | ● | | 炉内観察での確認では、放熱に影響するレンガの減肉はない | × |
| | ケーシングの損傷による炉内からの放熱が増えた | ①o | ● | | | | ● | | ITVによる確認では、放熱に影響するケーシング損傷はない | × |
| | 電極冷却空気流量の過大 | ①l | ● | | | ● | ● | | 主電極電極冷却空気流量は運転中□Nm ³ /hでほぼ一定 | × |
| | 廃液組成の違いにより潜熱が大きかった | ①j | | ● | ● | | ● | ● | 混合槽で分析を行っており、組成が異なる可能性は極めて低い | × |
| | ガラスビーズ組成の違いにより溶解熱が大きかった | ①k | | ● | | ● | ● | | 工場試験検査報告書（製造記録）で過去（化学試験）と同仕様で製造されたものであることを確認済 | × |
| | 廃液分析ミスにより崩壊熱が少なかった | ①f | | | ● | | ● | | 混合槽で分析を行っており、組成が異なる可能性は極めて低い | × |
| | セル内温度が低く電極冷却空気温度が低い | ①m | ● | | | | ● | | セル内温度は過去実績と同程度 | × |
| セル内温度が低く炉内に流入する空気温度が低い | ①h | ● | | | | ● | | セル内温度は過去実績と同程度 | × | |
| (B)ガラス温度の変動 | 炉内への空気流入量の変動 | ①g | ● | | ● | ● | | | 炉内圧力は過去試験（化学試験）とほぼ同じであり、空気流入量に大きな変化はない | × |
| | 投入電力が高いまたは低い | ①a | ● | | ● | ● | | | 崩壊熱分を考慮した投入電力量は過去試験実績（化学試験）とほぼ同じ | × |
| | <u>仮焼層の形成が不安定（運転不安定）</u> | ①i | | ● | ● | ● | | | モックアップ試験、化学試験でガラス温度及び気相温度が変動した場合に、仮焼層の形成が不安定となる事象を確認している | ○ |
| | セル内温度が高く炉内に流入する空気温度が高い | ①h | ● | | | | ● | | セル内温度は過去実績と同程度 | × |
| | ガラス液位の変動に伴う熱電対相対位置の変動 | ①t | ● | ● | ● | | ● | | 供給量、流下重量管理を行っており、過去試験を大きく上回るガラス液位の変動は発生していない | × |
| | 廃液・ガラスビーズ供給量の変動 | ①v | ● | ● | ● | ● | ● | | 廃液供給は設定したとおり供給されており大きな変動は発生していない（化学試験） | × |
| <(A)&(B)共通> | 温度分布の変化 | ①r | | ● | ● | ● | ● | | 炉底低温運転管理が適切に行われており、温度分布に偏りはない（化学試験） | × |
| | 上昇速度の相違、操作ミス、指示ミス | ①s | | | ● | ● | | | 相違・ミスの発生はない | × |
| | 調整計画の誤り | ①u | | | ● | ● | | | 計画したとおりの投入電力で運転を実施 | × |
| | 投入電力のケーシング等への短絡 | ①d | ● | | ● | | ● | | 絶縁抵抗が確保されていることを確認済 | × |
| | 計器（温度計、電力計）の指示値不良 | ①p | ● | | | | ● | | 試験運転後の設備点検の結果、異常なし | × |
| (C)気相温度低 | <u>仮焼層の形成が不安定（運転不安定）</u> | ①i | | ● | ● | ● | | | モックアップ試験、化学試験で気相温度が低い場合に、仮焼層の形成が不安定となる事象を確認している | ○ |
| | 炉内への空気流入量が多い | ①g | ● | | ● | ● | | | 炉内圧力は過去試験（化学試験）とほぼ同じであり、空気流入量に大きな変化はない | × |
| | セル内温度が低く炉内に流入する空気温度が低い | ①h | ● | | | | ● | | セル内温度は過去実績と同程度 | × |
| | 計器（温度計、圧力計）の指示値不良 | ①q | ● | | | | ● | | 試験運転後の設備点検の結果、異常なし | × |

○：影響があると判断したもの
 ×：影響が無いと判断したもの
 △：影響が無いと断定できないもの

観察事象の分類と原因事象の分析(2/3)

| 観察事象 | 観察事象の推定原因 | 影響因子 | | | | 分析データ | | | 分析結果 | |
|------------------------------|------------------------|-------|----|----|----|-------|-------|------------------------------|--|---|
| | | 因子マップ | 設備 | 原料 | 運転 | 過去データ | ATデータ | 試料分析※ | | |
| ②主-底間抵抗の低下 | | | | | | | | | | |
| (D)主-底・補-底間抵抗低下 | ガラス組成の変動による抵抗変化 | ②a | | ● | ● | | | ● | ATを模擬したガラスの物性を確認した結果、比抵抗に大きな違いはなし（モックアップ試験） | △ |
| | 白金族元素沈降・堆積による抵抗低下 | ②f | | ● | ● | ● | ● | ● | モックアップ試験、化学試験で白金族元素が沈降・堆積した場合に、主-底間等の抵抗値が低下する事象を確認している。残留物の分析結果にて残留物中の白金族濃度が高いことを確認。 | ○ |
| | ケーシング等への短絡 | ②d | ● | | | | | ● | 絶縁抵抗が確保されていることを確認済 | × |
| | 電極の移動による電極間距離変動 | ②e | ● | | | | | ● | ITVによる確認では、電極の移動はない | × |
| | ガラス温度が高く抵抗が低い | ②b | ● | | | ● | | ● | ガラス温度は過去試験と比べてむしろ低い | × |
| | 計器の指示値不良 | ②c | ● | | | | | ● | 試験運転後の設備点検の結果、異常なし | × |
| ③炉底昇温性の低下 | | | | | | | | | | |
| (E)炉底加熱時間の長期化(加熱能力低下) | 底部の損傷により、加熱面積が減少した | ③i | ● | | ● | | | ● | 炉内点検の結果、電極の損傷なし | × |
| | 廃液組成の違いにより抵抗が変化した | ③b | | ● | ● | ● | | ● | ATを模擬したガラスの物性を確認した結果、抵抗に大きな違いはなし（モックアップ試験） | △ |
| | ガラスピース組成の変動により抵抗が変化した | ③a | | ● | ● | | ● | ● | 工場試験検査報告書（製造記録）で過去（化学試験）と同仕様で製造されたものであることを確認済 | × |
| | 炉底加熱電力の低下 | ③g | ● | | ● | ● | ● | | 主-底加熱電力は十分に投入されている（化学試験） | × |
| | 主-底間電流が少なかった | ③g | ● | | ● | ● | ● | | 過去試験と同様に200A～□Aの主-底間電流を投入している（化学試験） | × |
| | 主-底間電流上昇操作の遅れ | ③h | | | ● | | | ● | 操作遅れはない | × |
| | 補助電極冷却過剰によりガラス温度が低かった | ③c | ● | | ● | | | ● | 炉底ガラス温度を□℃付近に管理しており、過剰冷却はない | × |
| | 炉の温度が低く、加熱電力が炉底以外に使われた | ③k | ● | | ● | | | ● | 原因である可能性はあるが、白金族元素堆積による攪拌操作などで炉の温度が低下したものであるため、「白金族元素沈降・堆積」に含める | — |
| | 白金族元素沈降・堆積による炉底加熱能力低下 | ③j | | ● | ● | ● | ● | ● | モックアップ試験、化学試験で白金族元素が沈降・堆積した場合に、炉底加熱時間が長期化する事象を確認している。残留物の分析結果にて残留物中の白金族濃度が高いことを確認。 | ○ |
| | ケーシング等への短絡 | ③e | ● | | | | | ● | 絶縁抵抗が確保されていることを確認済 | × |
| | 電極の移動による電極間距離変動 | ③f | ● | | | | | ● | ITVによる確認では、電極の移動はない | × |
| | 計器の指示値不良 | ③d | ● | | | | | ● | 試験運転後の設備点検の結果、異常なし | × |
| | レンガの減肉により炉内からの放熱が増えた | ③l | ● | | | | | ● | 炉内観察での確認では、放熱に影響するレンガの減肉はない | × |
| ケーシングの損傷による炉内からの放熱が増えガラス温度低下 | ③m | ● | | | | | ● | ITVによる確認では、放熱に影響するケーシング損傷はない | × | |
| セル内温度が低く補助冷却空気温度が低い | ③c | ● | | | | | ● | セル内温度は過去実績と同程度 | × | |

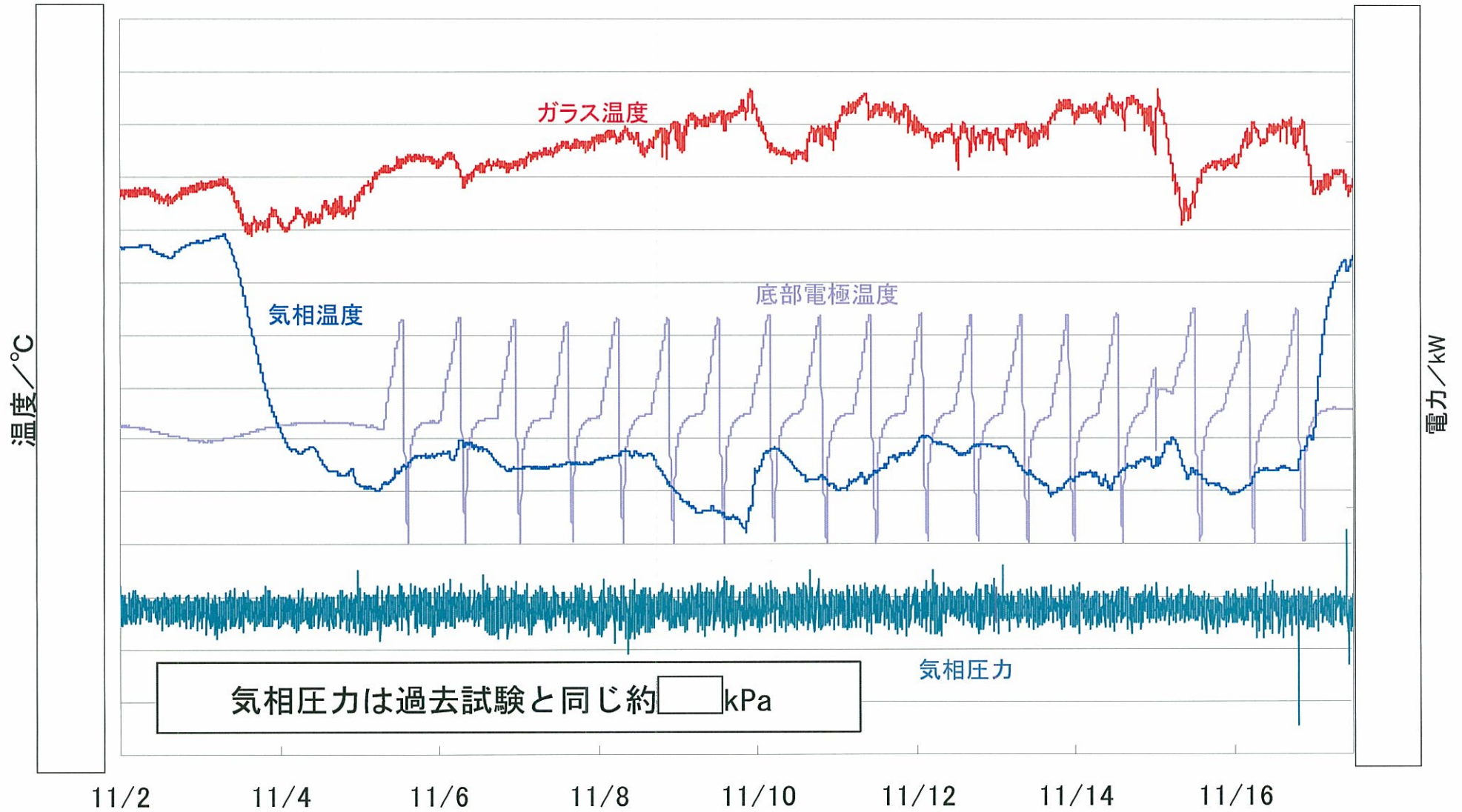


観察事象の分類と原因事象の分析(3/3)

| 観察事象 | 観察事象の推定原因 | 影響因子 | | | | 分析データ | | | 分析結果 | |
|---------------------|-----------------------------------|-------|----|----|----|-------|-------|----------------------------|--|---|
| | | 因子マップ | 設備 | 原料 | 運転 | 過去データ | ATデータ | 試料分析※ | | |
| ④流下性の低下 | | | | | | | | | | |
| (F)流下速度上昇の鈍化 | ガラス固化体重量計不良（流下速度は重量の時間変化で計算されている） | ④m | ● | | | | ● | | 試験運転後の設備点検の結果、異常なし | × |
| | ガラス固化体容器外への流下 | ④l | ● | | | | ● | | ガラス固化体移動後容器内への流下を確認済 | × |
| | 計器の指示値不良 | ④p | ● | | | | ● | | 試験運転後の設備点検の結果、異常なし | × |
| (G)流下時間の長期化 | ガラス固化体重量計不良（流下速度は重量の時間変化で計算されている） | ④m | ● | | | | ● | | 試験運転後の設備点検の結果、異常なし | × |
| | ガラス固化体容器外への流下 | ④l | ● | | | | ● | | ガラス固化体移動後容器内への流下を確認済 | × |
| | 計器の指示値不良 | ④p | ● | | | | ● | | 試験運転後の設備点検の結果、異常なし | × |
| (H)偏流・糸状ガラス・盛り上がり発生 | 結合装置内流入空気増加による流下ガラスの振れ | ④g | ● | | | | ● | | 結合装置PCV開度は過去試験と同程度 | × |
| | ガラス固化体容器の変形（盛り上がり） | ④i | ● | | | | ● | | 流下後の外観検査で異常なし | × |
| <(F)&(3)&(H)共通> | レンガ片等のノズルへの閉塞 | ④e | ● | | ● | | ● | | 攪拌（直棒）によるノズル貫通後の流下性を確認済 | × |
| | 廃液組成の違いにより粘性が増大した | ④a | | ● | ● | ● | | ● | ATを模擬したガラスの物性を確認した結果、粘性に大きな違いはない（モックアップ試験） | × |
| | 流下ノズル加熱電力が少ない | ④k | ● | | ● | ● | ● | | 化学試験時の□kWに対してATは□kWと加熱電力を増加 | × |
| | 流下開始時の底部電極温度低により粘性が増大した | ④d | ● | | ● | ● | ● | | 必要な温度まで上昇させた後、流下を実施 | × |
| | 補助電極冷却エア過剰によりガラス温度が低下した | ④c | ● | | ● | ● | ● | | 過去試験（化学試験）と同様、炉底ガラス温度が□°C以下となるよう冷却空気流量を調整 | × |
| | 白金族元素沈降・堆積による粘性上昇 | ④j | | ● | ● | ● | ● | | モックアップ試験、化学試験で白金族元素が沈降・堆積した場合に、主-底間抵抗が低下するなどの事象を確認している。残留物の分析結果にて残留物中の白金族濃度が高いことを確認。 | ○ |
| | セル内温度が低く結合装置内に流入する空気温度が低い | ④f | ● | | | | ● | | セル内温度は過去実績と同程度 | × |
| | レンガの減肉により炉内からの放熱が増えガラス温度が低下 | ④n | ● | | | | ● | | 炉内観察での確認では、放熱に影響するレンガの減肉はない | × |
| | ケーシングの損傷による炉内からの放熱が増えガラス温度低下 | ④o | ● | | | | ● | | ITVによる確認では、放熱に影響するケーシング損傷はない | × |
| | 流下ノズルの変形 | ④h | ● | | | | ● | | A060まで流下できている | × |
| ガラス組成（Na）の変動による粘性変化 | ④b | | ● | ● | ● | | ● | 流下ガラスの分析の結果、Na量は通常通り（化学試験） | × | |

上記以外の観察事象として確認された「(I)低粘性流体の発生」については、要求事項を達成できなかった直接的な原因ではないものの抑制をする必要があることから、その他の原因として詳細な要因分析を行うこととした。

運転中におけるガラス溶融炉気相圧力

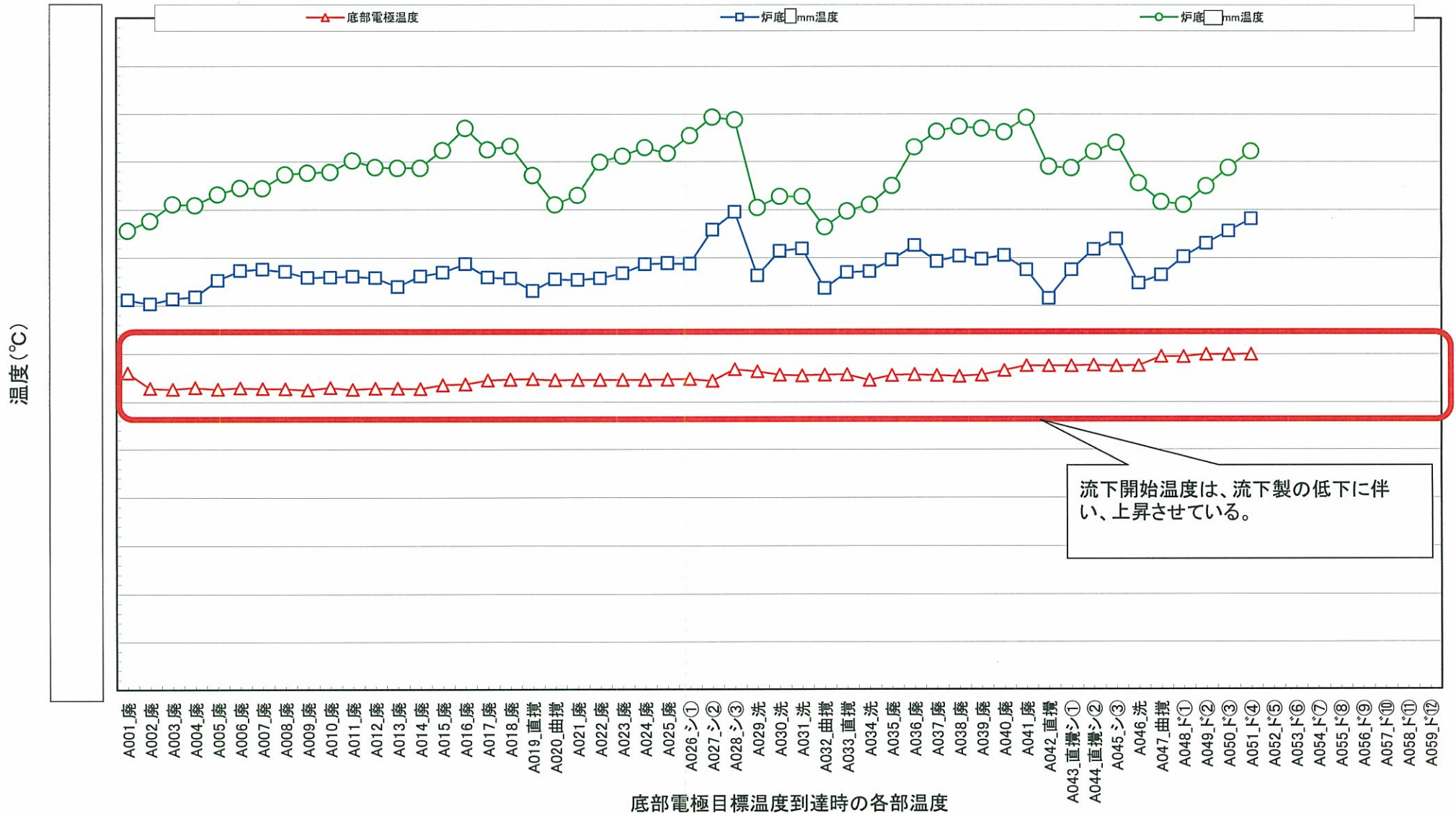


残留物（ガラス）の分析結果

| 測定 元素 | 酸化物 | 残留ガラス ① | 残留ガラス ② | 残留ガラス ③ | 残留ガラス ④ | AT 標準ガラス組成 ※1 (参考) |
|----------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | | 酸化物重量 パーセント (wt%) | 酸化物重量 パーセント (wt%) | 酸化物重量 パーセント (wt%) | 酸化物重量 パーセント (wt%) | 酸化物重量 パーセント(wt%) |
| B | B ₂ O ₃ | | | | | |
| Na | Na ₂ O | | | | | |
| P | P ₂ O ₅ | | | | | |
| S | SO ₄ | | | | | |
| Ca | CaO | | | | | |
| Cr | Cr ₂ O ₃ | | | | | |
| Mo | MoO ₃ | | | | | |
| Tc | Tc ₂ O ₇ | | | | | |
| Ru | RuO ₂ | | | | | |
| Rh | Rh ₂ O ₃ | | | | | |
| Pd | PdO | | | | | |
| Te | TeO ₃ | | | | | |

※1：アクティブ試験において、供給した廃液（平均値）から製造されるガラス組成

流下開始時の底部電極温度



流下ガラスの分析結果

| | | 分析値 | | 計算値 | |
|------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | A-046 | A-059 | A-046 | A-059 |
| 測定元素 | 酸化物 | 酸化物重量パーセント (wt%) | 酸化物重量パーセント (wt%) | 酸化物重量パーセント (wt%) | 酸化物重量パーセント (wt%) |
| B | B ₂ O ₃ | | | | |
| Na | Na ₂ O | | | | |
| P | P ₂ O ₅ | | | | |
| S | SO ₃ | | | | |
| Ca | CaO | | | | |
| Cr | Cr ₂ O ₃ | | | | |
| Mo | MoO ₃ | | | | |
| Tc | Tc ₂ O ₇ | | | | |
| Ru | RuO ₂ | | | | |
| Rh | Rh ₂ O ₃ | | | | |
| Pd | PdO | | | | |
| Te | TeO ₃ | | | | |