

ガラス固化技術開発施設 (TVF) の運転の一時中断について

令和元年 7 月 29 日
再処理廃止措置技術開発センター

1. 概要

7月8日に運転を開始し、7月22日まで7本の流下を進めてきたところである。

7月23日、8本目の流下において、流下ノズルを加熱するための装置の漏電を検知するリレー（以下漏電リレーという）が作動し、流下が停止した(図-1、2)。点検の結果、当該流下系統に異常は認められなかった(図-5)が、漏電リレーの作動状況を踏まえ、7月26日、作動電流は同じでノイズ成分をカットするタイプの漏電リレーに交換した。

7月27日、流下を再開したところ再度漏電リレーが作動し流下が停止した(図-3、4)。

点検の結果、セル外の系統には異常はなかった。

長期間の溶融炉の保持運転による白金族元素の堆積を回避するため、本日7月29日に溶融炉の加熱電源を一旦断とした。今後、追加の点検調査及び運転再開のための必要な処置を施し、準備が整いしだい運転を再開する。

2. 運転状況

今キャンペーンは7月8日より運転を開始し、約1本/2日の間隔で流下を進めてきた。流下は、ガラス溶融炉の下部に設置している流下ノズルを高周波加熱コイルにより加熱して流下ノズル内のガラスを溶かし抜き出すものである。高周波加熱コイルは、上段加熱、全段加熱、下段加熱の3段階で進める。先ず上段加熱で76分間加熱(8kW)し、次に全段加熱で3分～5分加熱(13kW)することにより流下を開始する。全段加熱では、ガラス流下重量が50kgに到達すると、全段加熱電力を13kWから降下させ、8kW～12kWの範囲で調整しながら300kgまでガラスの流下を行う。流下停止時は全段加熱から下段加熱(11kW)に移行する(図-6)。

今キャンペーンの流下ノズル加熱装置電源盤(LP21.3)に設置しているリークモニタによる漏れ電流の測定結果(図-7)及び7月24日及び25日に実施した外観目視点検結果は、以下のとおり。

- ① 上段加熱から全段加熱開始までの間ではピークは出ない。
- ② 全段加熱に入ると特徴的なピークが何か所か出現する。なお、ピークのないバッチ(TVF-315、316)もある。

- ③ 漏電リレー作動後に流下ノズル加熱系の絶縁測定を行った結果、異常はなかった。
- ④ 今回更新した盤（流下ノズル加熱装置電源盤 LP21.3、整合盤 LP21.4）について、絶縁抵抗測定、盤内の点検を行った結果、異常はなかった。
- ⑤ 流下ノズル加熱装置整合盤 LP21.4 出口からのブスバのうち、固化セル外の部分について外観目視、絶縁抵抗測定を行った結果、異常はなかった。

以上の結果から、セル外の給電系統に異常はなく、漏れ電流は固化セル内のブスバ、流下ノズル加熱コイルにおいて生じている。なお、固化セル内のブスバについて、ITV カメラにより確認できる遠隔継ぎ手の部分を外観点検し、異常の無いことを確認した(図-8)。

3. 漏れ電流の発生と各データとの関係

流下ノズル加熱装置の絶縁抵抗測定の結果、異常がないことから、固化セル内の流下ノズル加熱電源系統（ブスバ、流下ノズル加熱コイル）での漏れ電流は、絶縁破壊により発生したものではなく、流下ノズル加熱電源系統と近接する金属部位間のスパークによるものである可能性が高いことから(図-8)、当該系統廻りの湿度や温度等の環境の変化による影響の有無について、漏れ電流の発生状況（発生時期、漏れ電流値）と固化セル内湿度、流下ノズル下部温度、流下ノズル加熱電圧との関係を調査した。調査結果は以下の通り。

- ① 固化セル内の湿度と漏れ電流の関係については、湿度の上昇により漏れ電流が高くなる傾向が見受けられる。(図-9)
- ② 流下ノズル加熱電圧と漏れ電流の関係については、約 300V 以下の範囲で漏電リレーの作動はないことを確認した。(図-10)
- ③ 流下ノズル下部温度と漏れ電流の関係については、温度の上昇により漏れ電流が低くなる傾向が見受けられる。(図-11)

以上のことから、流下ノズル加熱電源系統における漏れ電流の発生は、流下ノズル加熱電源系統と近接する金属部位間のスパークによるものと推定する。

4. 漏れ電流発生部位の調査

固化セル内の漏れ電流の発生部位を以下の通り調査する。

①流下ノズル周りの外観確認

熔融炉下部から ITV カメラにより流下ノズル下部周りについて観察を

行い、流下ノズルと流下ノズル加熱コイルとの位置関係、異物の有無等、外観上の異常の有無を確認する。

②流下ノズル加熱による漏れ電流発生状況確認

流下ノズル加熱装置により、流下ノズルの試験加熱を行い、リークモニタにより漏れ電流の発生状況の確認を行う。

5. 運転再開に向けた対応

運転を再開するために以下の対応を図る（図-12）。

① 漏電リレー設定値の見直し

特高変電設備から TVF の受変電設備を介して各設備に給電している。TVF の流下ノズル加熱装置における漏電リレーのメーカー推奨設定値は 500mA であるが、核燃料サイクル工学研究所の給電系統の保護協調の観点から 200mA に設定している。

上記のとおり、流下ノズル加熱装置としては 500mA まで漏れ電流を許容できる設計であることから、漏電リレーの設定を 200mA から 500mA に変更する。漏電リレー作動時の漏れ電流は約 200mA 程度であり、500mA に変更することにより漏電リレー作動による流下停止を低減する。なお、高周波コイル系統は冷却水を通したブスバやコイルから構成されており、設計上、500mA まで漏れ電流が出ることは考慮されていることから、メーカー基準の 500mA への変更は安全上問題ない。

本変更に当たっては、保護協調の観点から、流下ノズル加熱装置を既設の TVF の給電系統から切り離し、発電機から給電する（KMOC 試験において実績あり）。

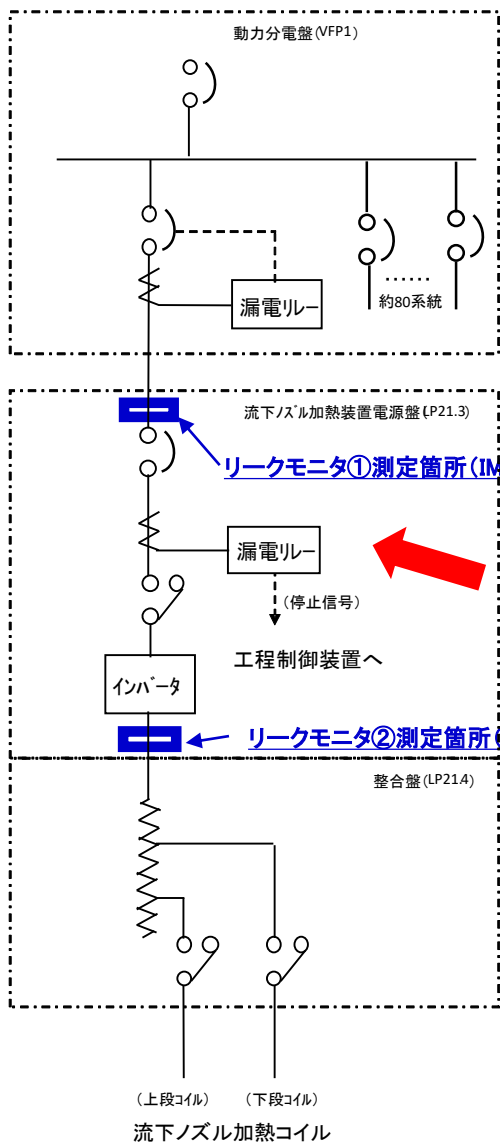
② 「漏れ電流の発生と各データとの関係」の評価結果に基づく対応

評価結果に基づき、流下ノズル加熱電圧を低く抑えることで漏れ電流も低くできることから、加熱電圧を低くする運転パラメータの設定値変更を検討し、検討結果に応じて変更する。

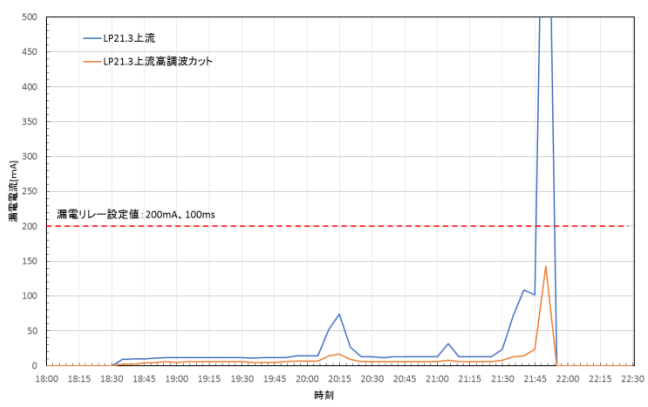
6. 長期的な対応

今後、より詳細な漏れ電流発生箇所の調査（流下ノズル加熱コイルが設置されている結合装置を溶融炉から取り外し、当該コイルと流下ノズル周りを観察等）を行い、調査結果を踏まえて処置を講じる。

以 上

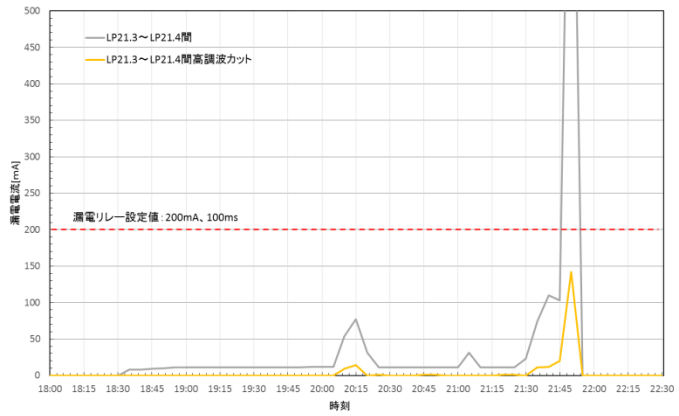


リークモニタ① (IMR-80)

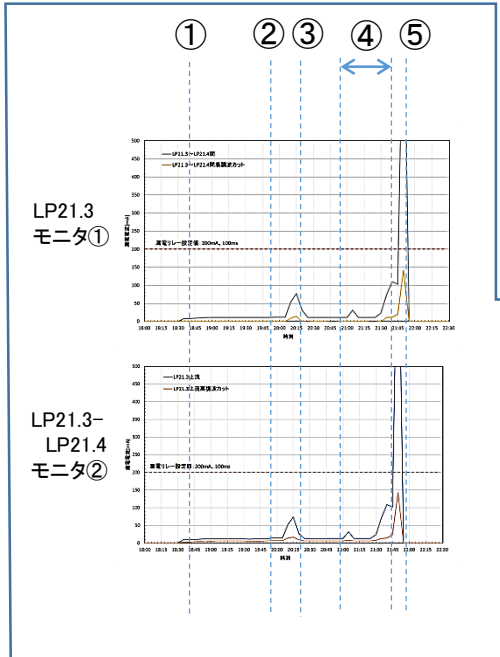


漏電リレー作動

リークモニタ② (IMR-80)

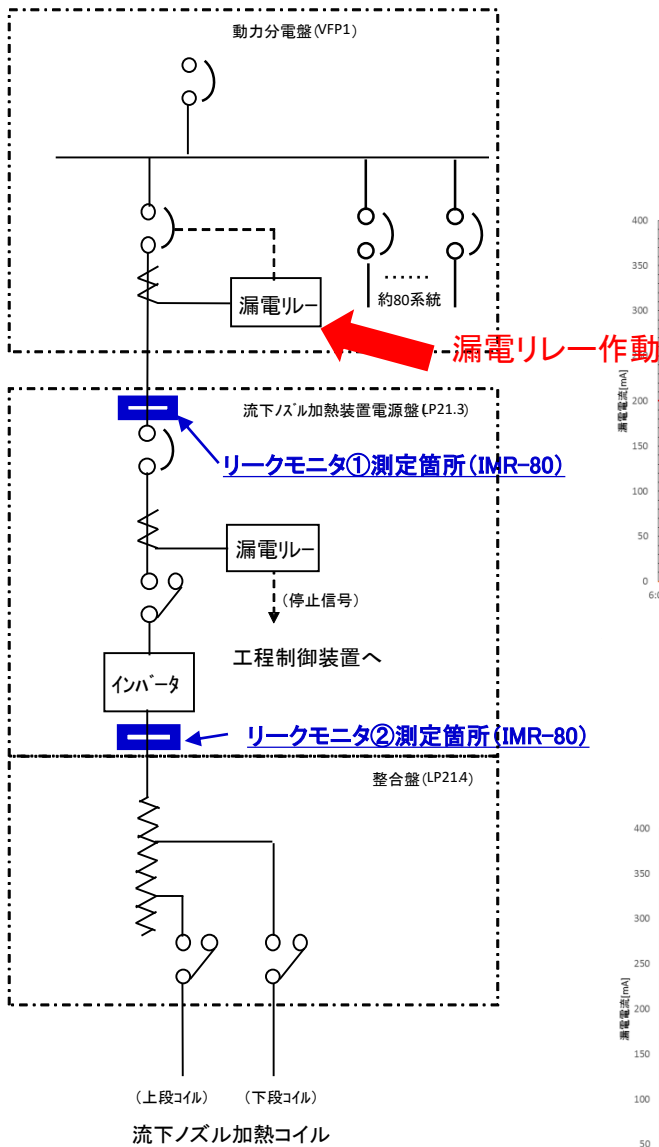


時刻

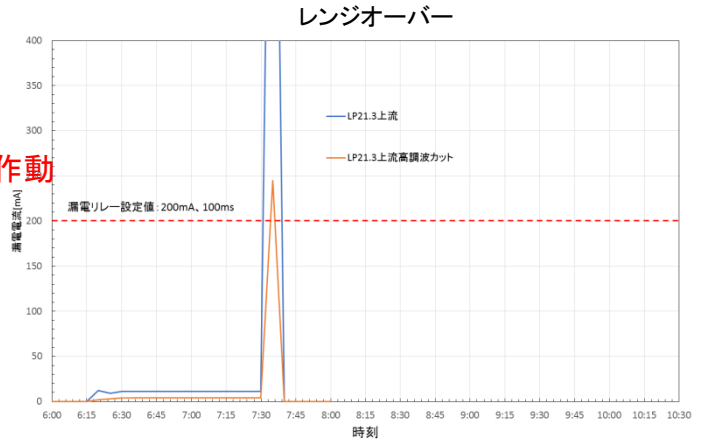


- ① 18:40 上段加熱ON (0→8kW)
- ② 19:56 上段加熱OFF→全段加熱ON (0→13kW)
- ③ 20:31 全段電力変更(13→8kW)
- ④ 20:58~21:38 全段電力変更(8→12kW)
- ⑤ 21:53 漏電リレー作動加熱電源断(12→0kW)

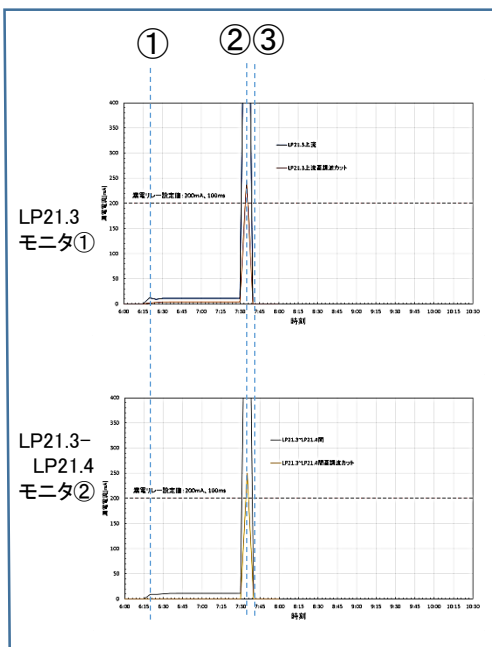
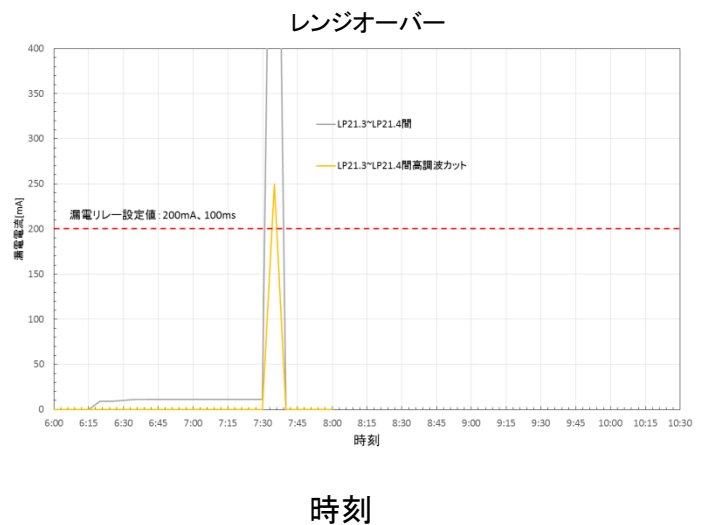
図-1 7/23 TVF-317① 流下時 漏れ電流測定結果



リークモニタ① (IMR-80)

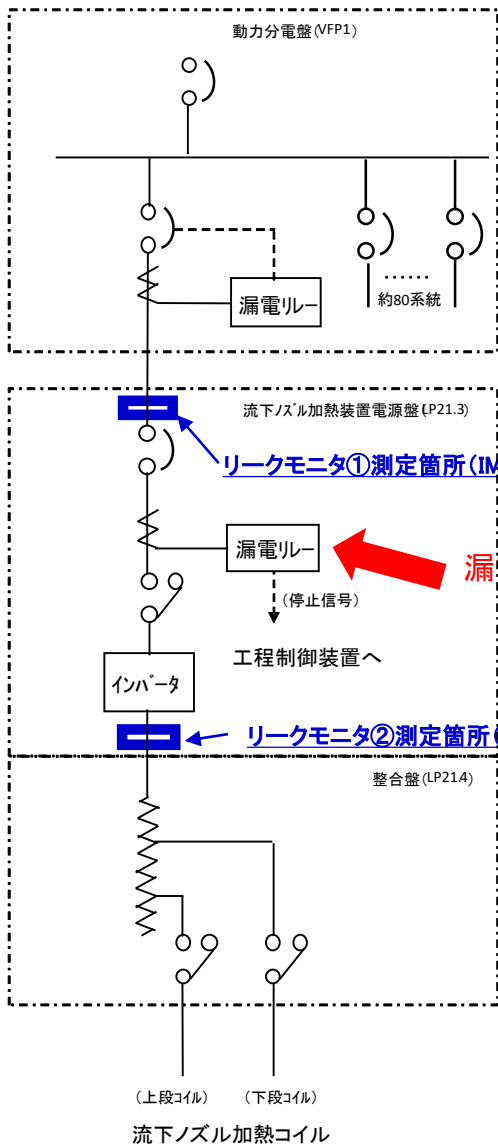


リークモニタ② (IMR-80)

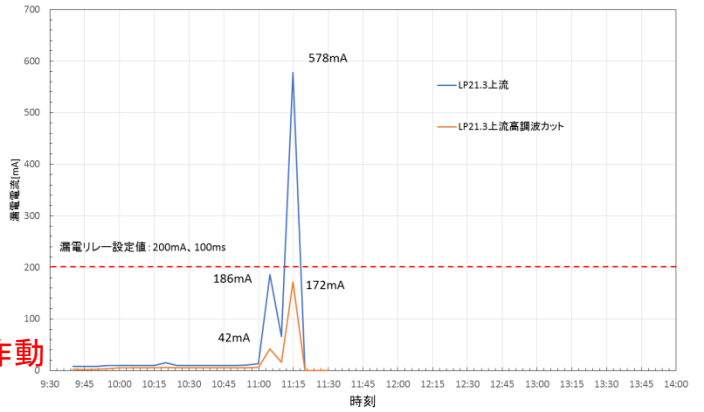


- ① 6:21 上段加熱ON (0→8kW)
- ② 7:37 上段加熱OFF→全段加熱ON (0→13kW)
- ③ 7:40 漏電リレー作動加熱電源断

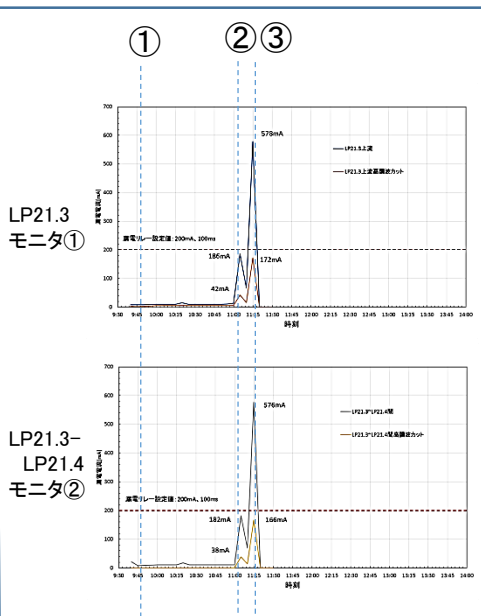
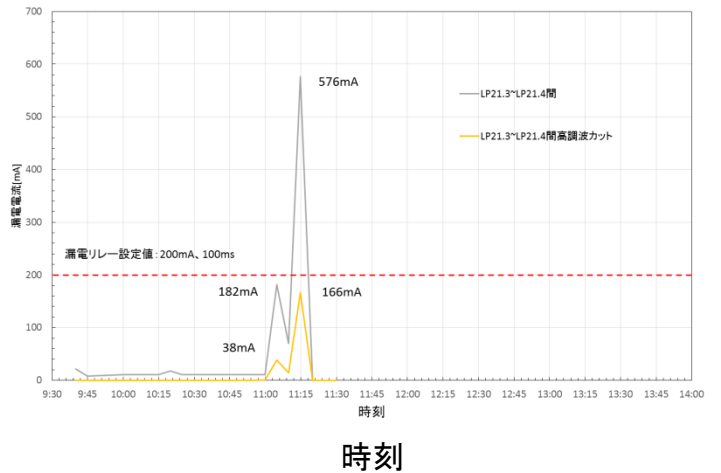
図-2 7/24 TVF-317② 再流下時 漏れ電流測定結果



リークモニタ① (IMR-80)

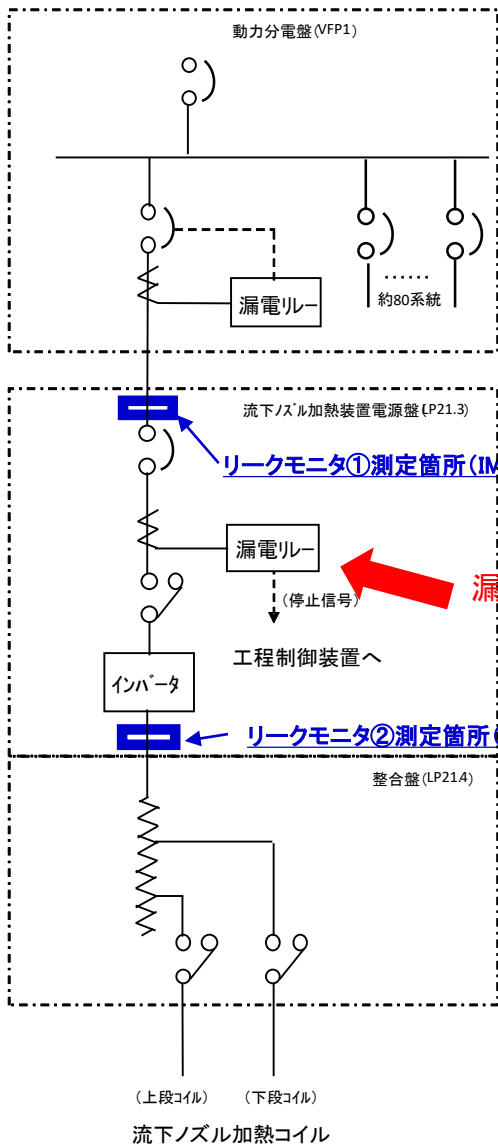


リークモニタ② (IMR-80)

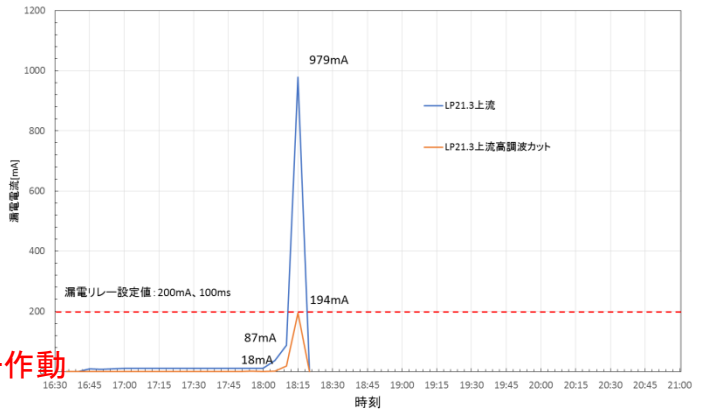


- ① 9:48 上段加熱ON (0→8kW)
- ② 11:04 上段加熱OFF→全段加熱ON (0→13kW)
- ③ 11:17 全段加熱(13kW→12kW)
漏電リレー作動加熱電源断

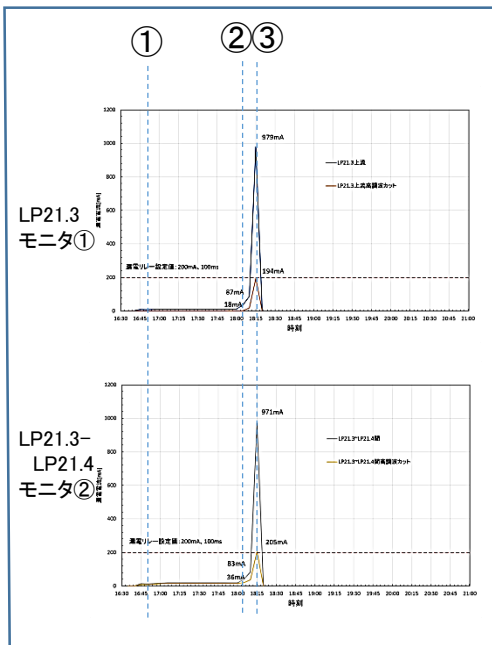
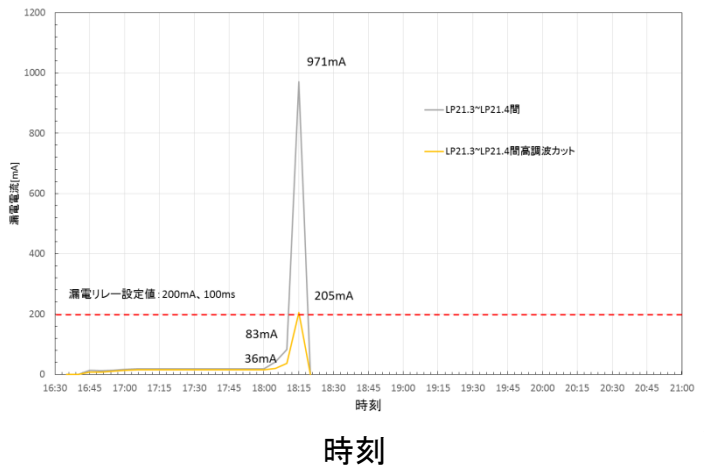
図-3 7/27 TVF-317③ 流下時 漏れ電流測定結果



リークモニタ① (IMR-80)

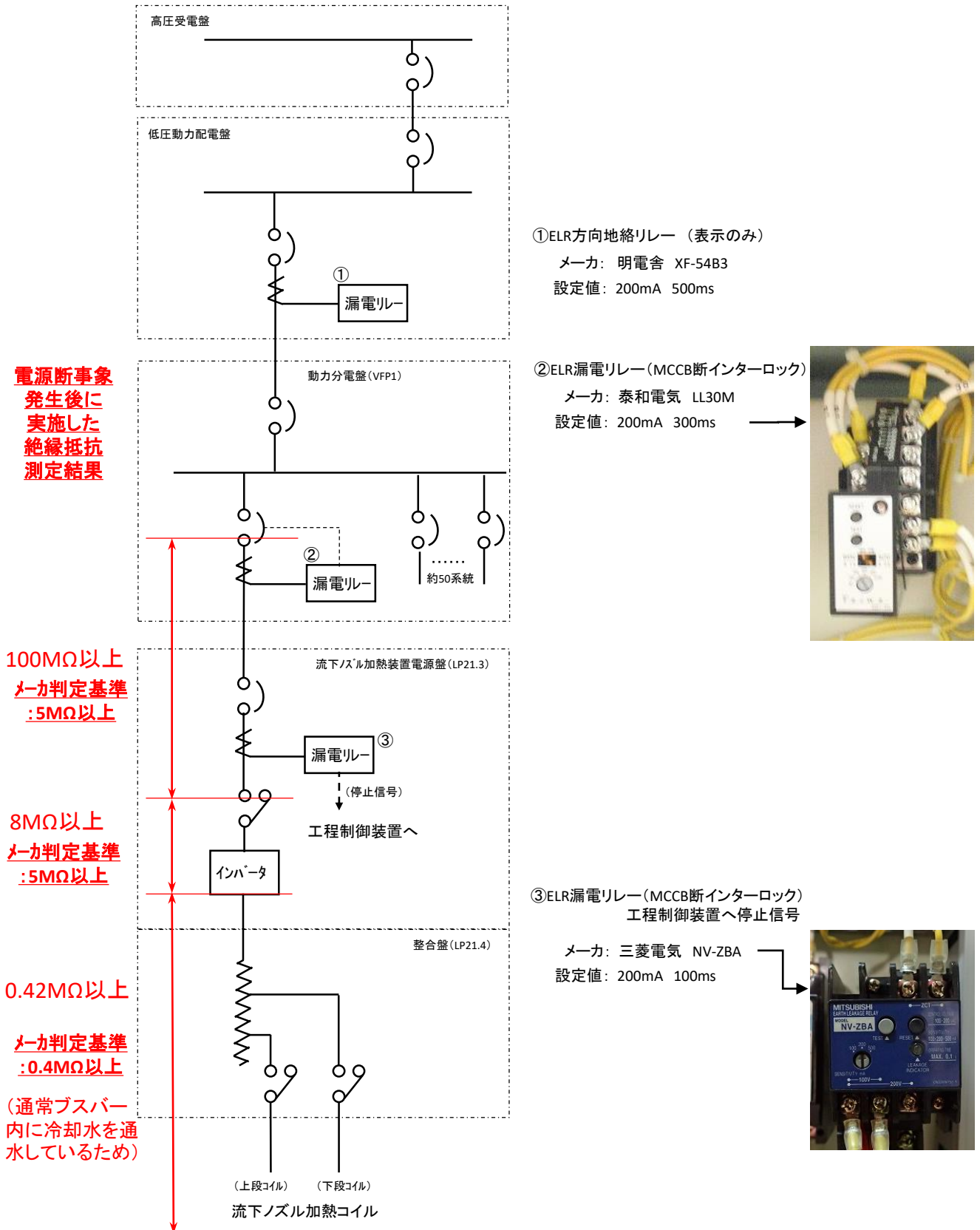


リークモニタ② (IMR-80)



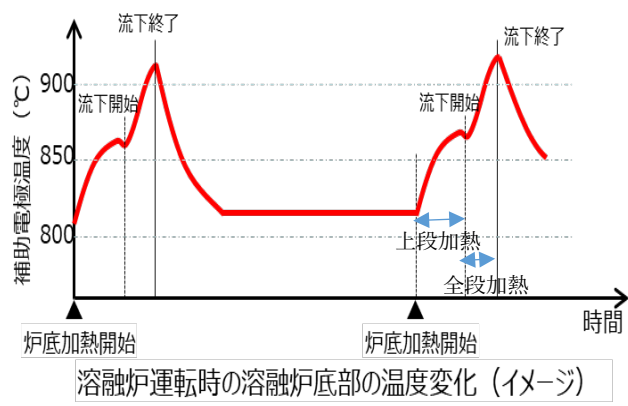
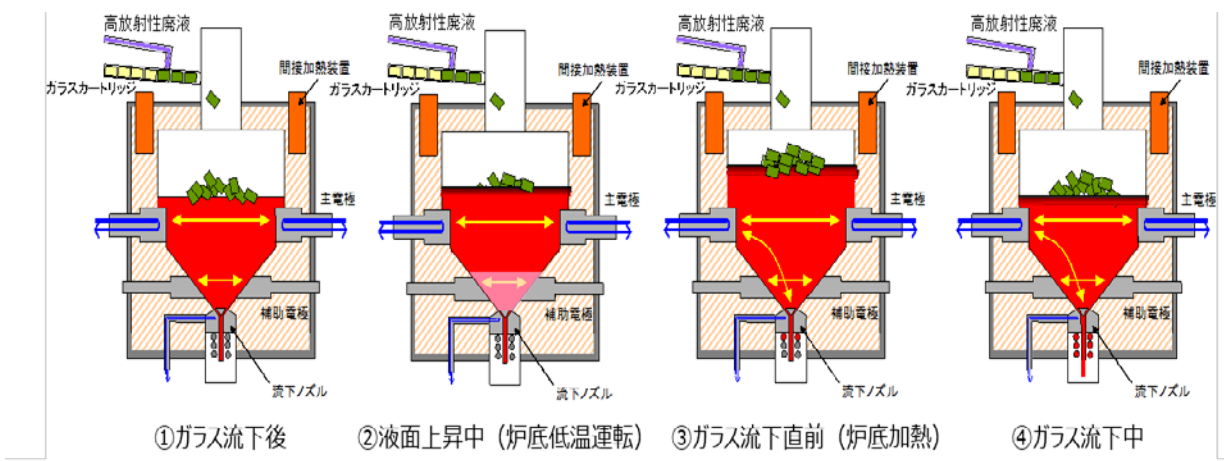
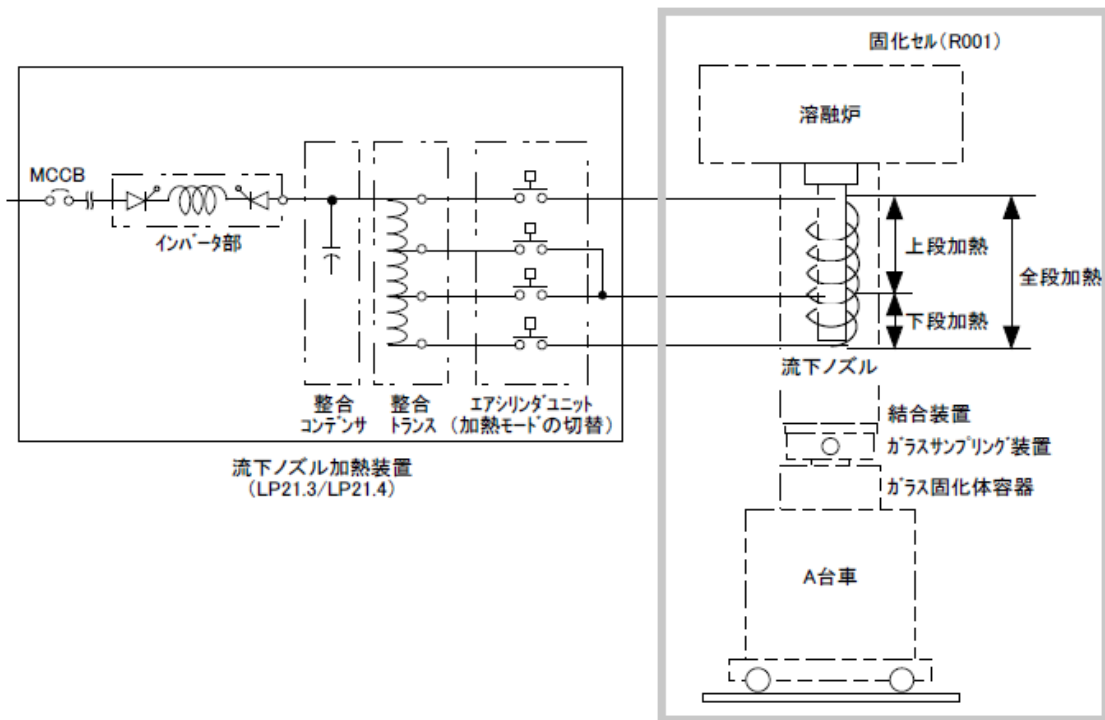
- ① 16:50 上段加熱ON (0→8kW)
- ② 18:06 上段加熱OFF→全段加熱ON (0→13kW)
- ③ 18:17 漏電リレー作動加熱電源断

図-4 7/27 TVF-317④ 流下時 漏れ電流測定結果



漏電リレー作動後の健全性確認における絶縁抵抗測定の結果、
 メーカー判定基準値の5MΩ以上であり給電システムの絶縁性能に異常はなかった。

図-5 流下ノズル加熱装置電源システムと絶縁抵抗測定結果



＜運転管理及び操作＞

- 主電極通電によりガラス温度 $1150^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ に保ち、同時に補助電極間電流を調節することで、炉底部のガラス温度を約 850°C とするために、補助電極温度を約 820°C に管理する。
- 流下は、炉底加熱により炉底部の温度を上げる必要がある。また、流下中は、高温のガラスが炉底部に流れ込み温度が高くなる。
- 流下終了後、速やかに炉底低温状態に移行させるために、主電極-流下ノズル間の通電を止めるとともに、底部電極に冷却空気を流して炉底部の温度を下げる運転操作を行う。

図-6 TVF 溶融炉の運転方法

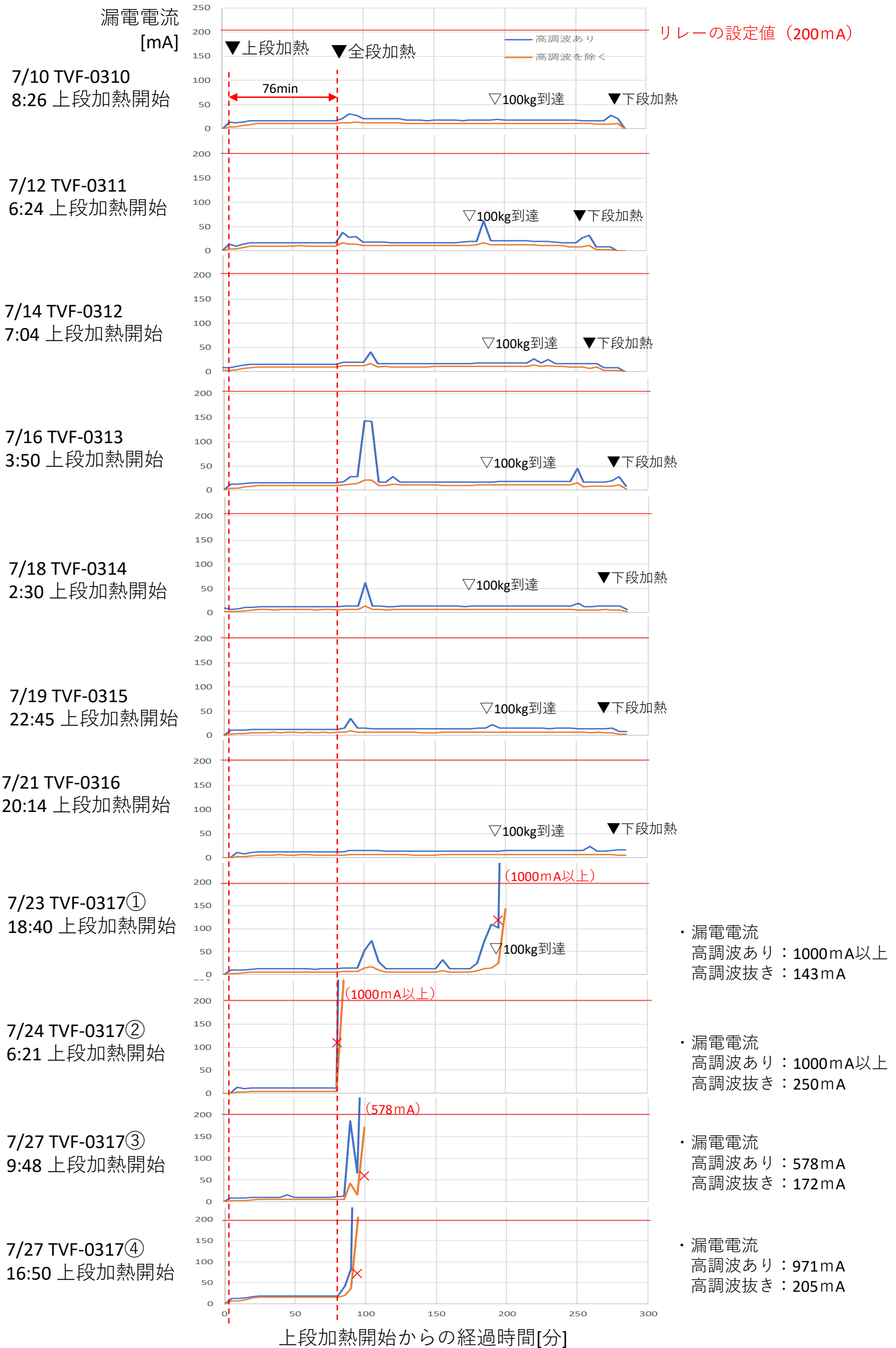
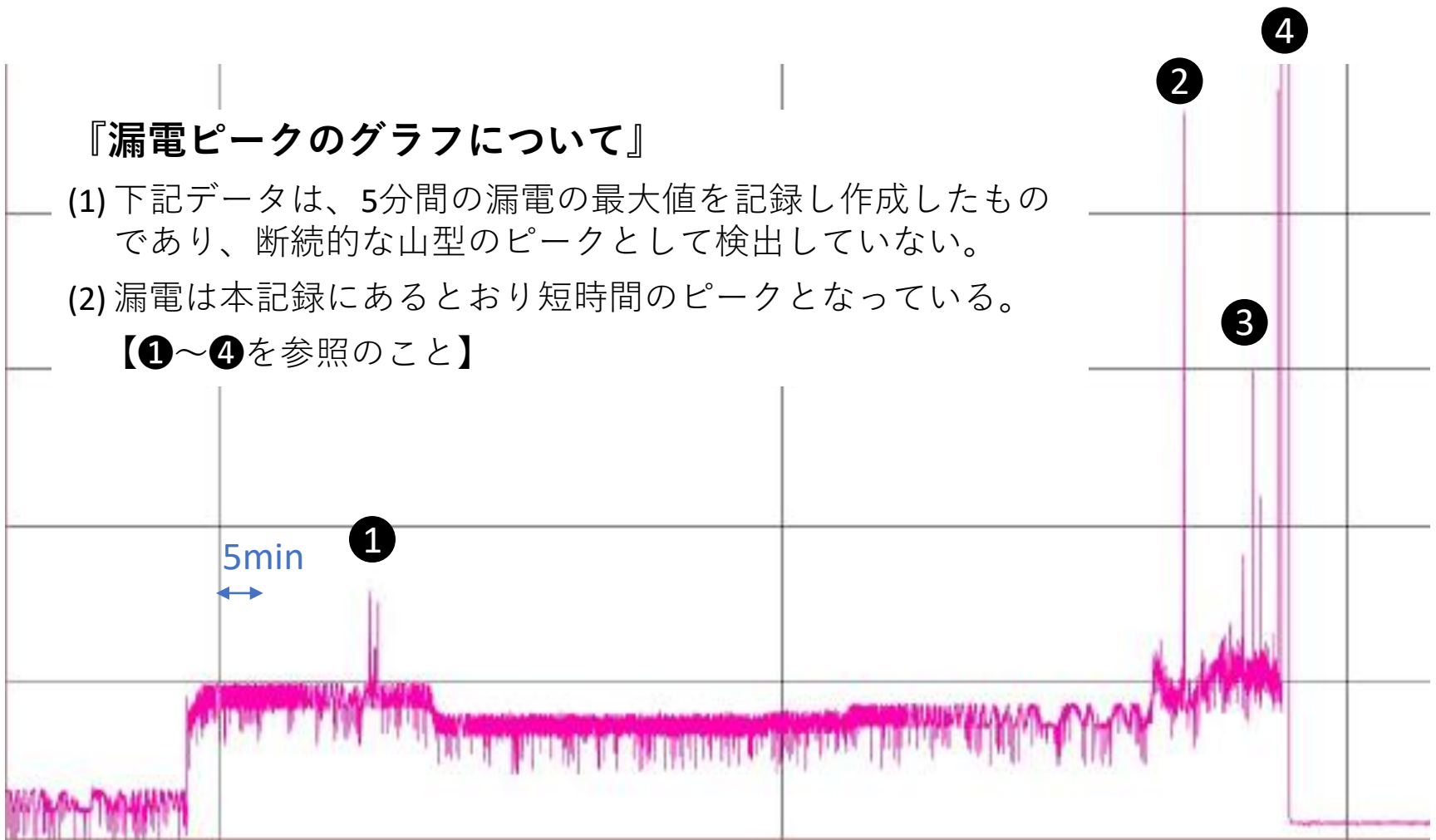


図-7 リークモニタによる各運転での漏れ電流の比較 (1/2)

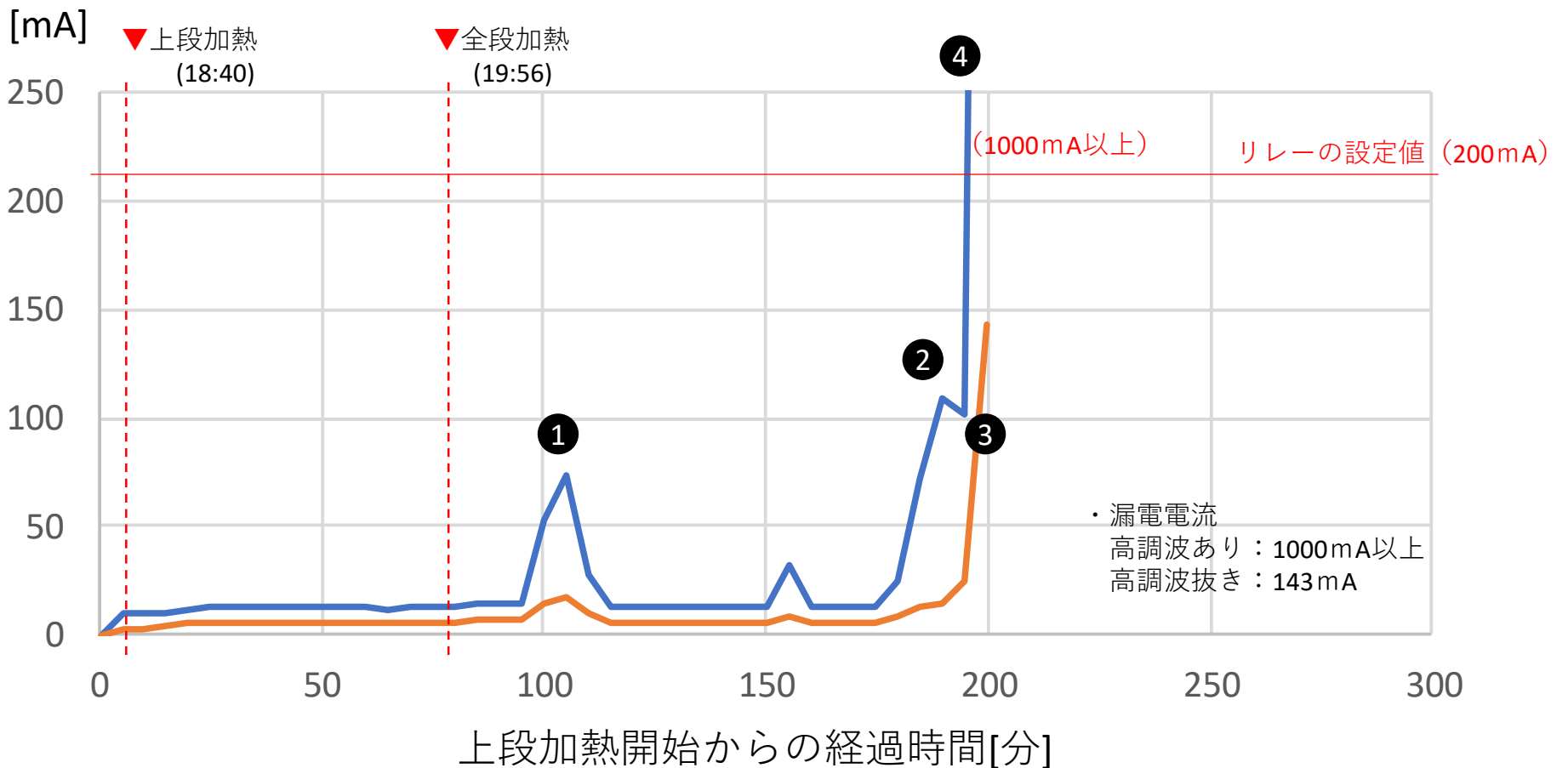
『漏電ピークのグラフについて』

- (1) 下記データは、5分間の漏電の最大値を記録し作成したものであり、断続的な山型のピークとして検出していない。
- (2) 漏電は本記録にあるとおり短時間のピークとなっている。
- 【①～④を参照のこと】



リークモニタ（参考値）

漏電電流

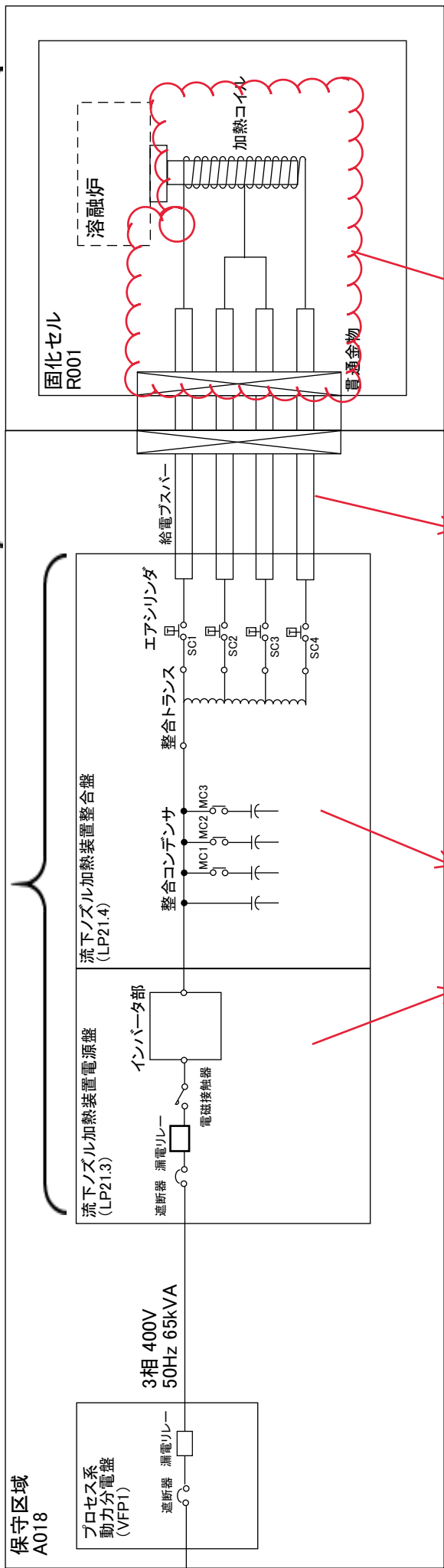


漏電ピークのグラフ比較（TVF-0317①）

図-7 リークモニタによる各運転での漏れ電流の比較（2/2）

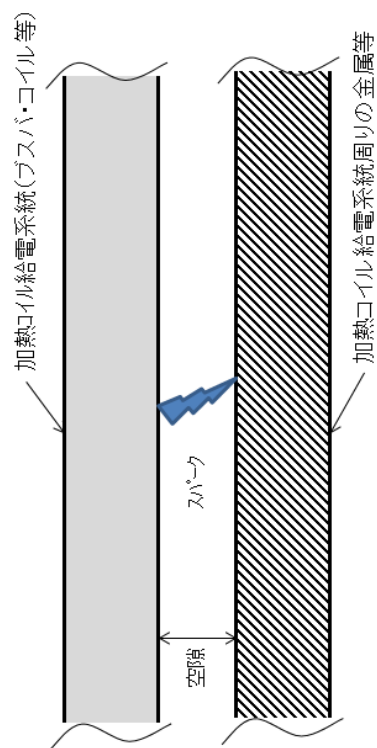
流下ノズル加熱装置

高周波加熱コイル系統



メーカー点検により異常なし

機構による点検結果異常なし



漏電のメカニズムのイメージ図

図8 流下ノズル加熱装置系統図

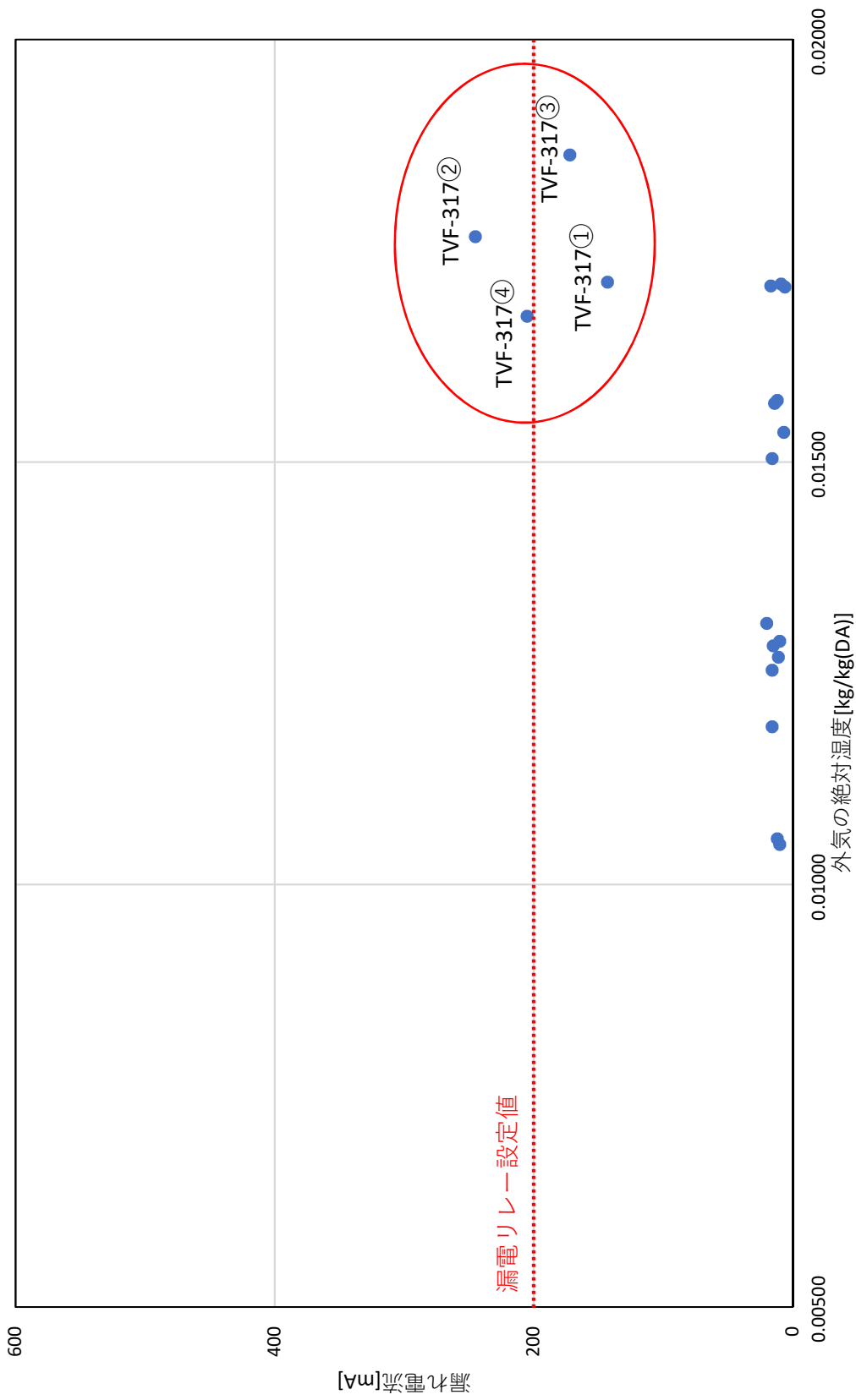


図9 19-1キャンペーンにおける絶対湿度と漏れ電流の関係

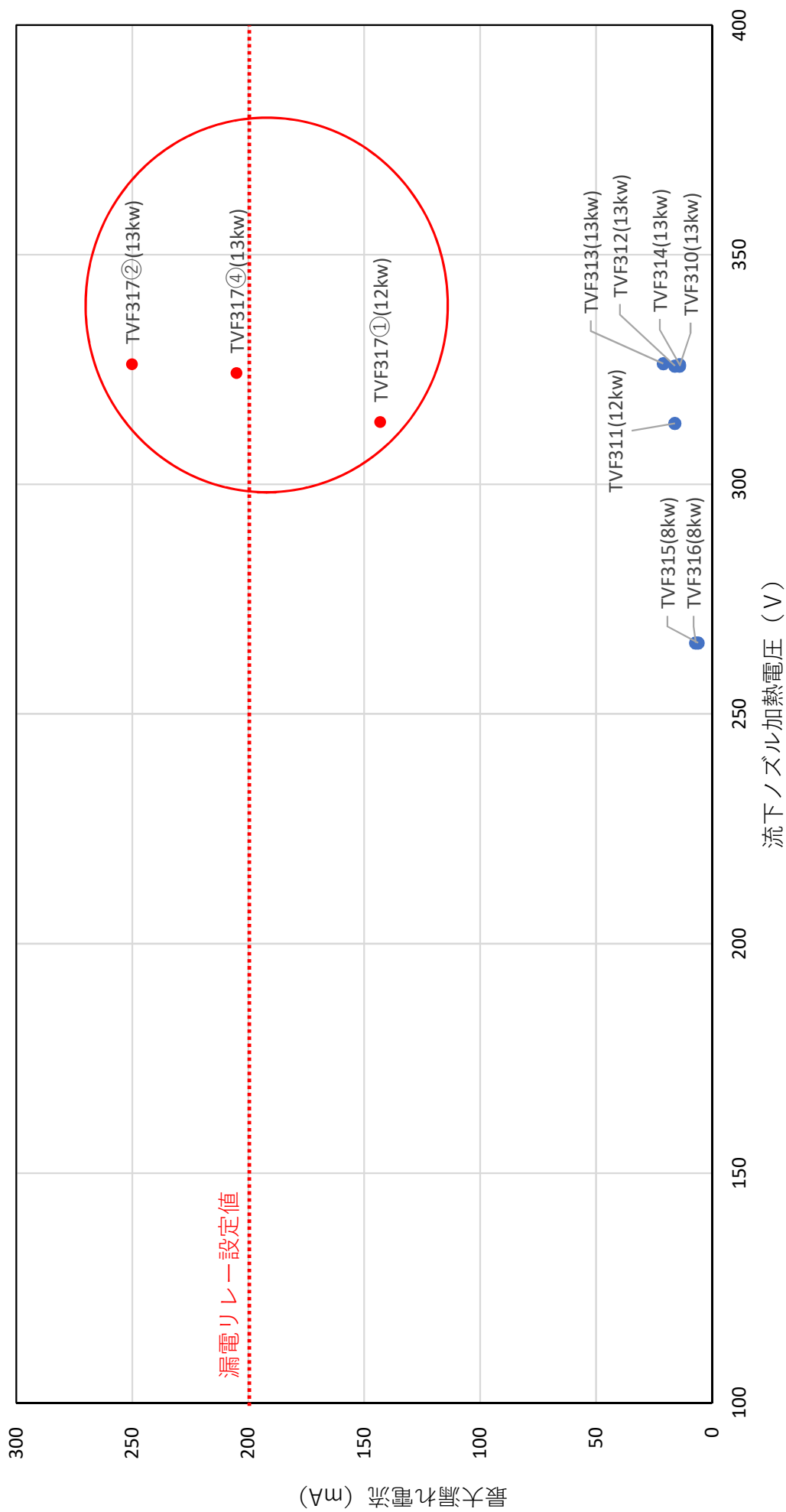


図-10 19-1キャンペーン最大漏れ電流と流下ノズル加熱電圧の関係

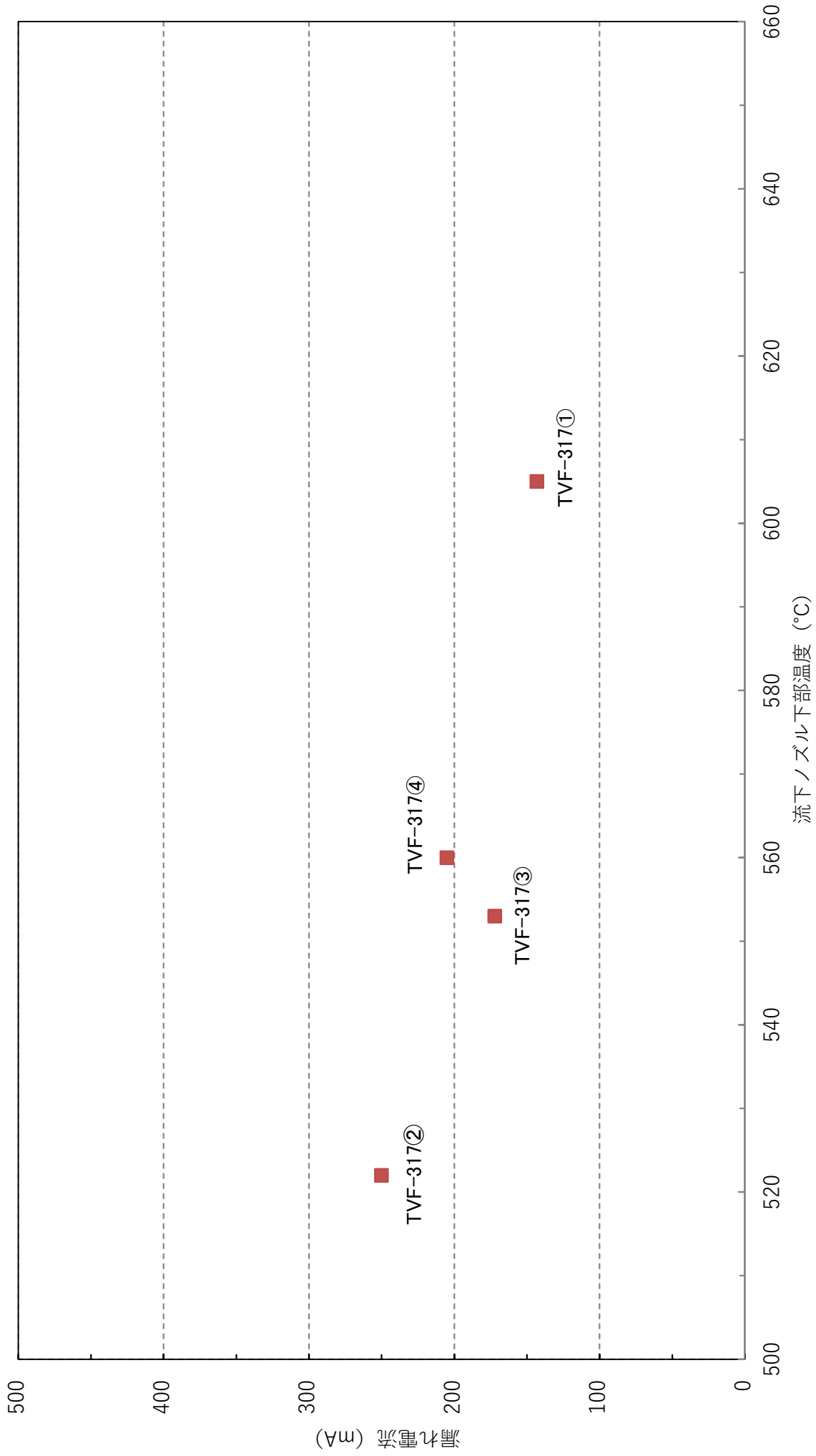


図-11 流下停止時の流下ノズル下部温度と漏れ電流の関係

図-12 ガラス固化技術開発施設(TVF)の運転の一時中断後の対応工程

