

流下ノズル加熱装置電源への給電方法の変更について

令和元年 8 月 6 日
再処理廃止措置技術開発センター

1. 概要

ガラス固化技術開発施設(TVF)の溶融炉の流下ノズル加熱電源系統において、漏れ電流発生により漏電リレーが作動(設定値 200mA)し、ガラス流下が停止した。この漏れ電流発生の原因調査結果に基づき、対策を講じた上で、TVF の運転を再開する。

流下ノズル加熱装置における漏電リレーの設計上の設定値は 500mA であるが、TVF の給電系統(特高変電所～第 11 受変電設備～動力分電盤～TVF 内各設備)の保護協調をとるため 200mA に設定している。

このため、流下ノズル加熱装置の漏電リレーの設定値を 500mA に変更することにより、流下停止を低減する。なお、流下ノズル加熱電源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 までの漏れ電流は考慮されていることから、500mA への変更は安全上問題ない。

本変更にあたっては、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、移動式発電機から給電する。

2. 流下ノズル加熱装置系統(図 1)

流下ノズル加熱装置系統は、流下ノズル加熱装置(流下ノズル加熱装置電源盤(LP21.3)及び流下ノズル加熱装置整合盤(LP21.4))と高周波加熱コイル系統からなる。工程制御装置等からの制御信号を受け、流下ノズルの高周波加熱コイルへの通電、加熱箇所(全段加熱、上段加熱、下段加熱)の切替えを行っており、流下ノズルを加熱することにより溶融炉内の溶融ガラスをガラス固化体容器へ注入(流下)する。

3. 安全機能等への影響

(1) 溶融炉の安全機能への影響

溶融炉(G21ME10)に求められる安全機能は、溶融ガラスの閉じ込め機能である。

溶融ガラスの閉じ込め機能は、溶融ガラスが温度低下とともに流動性を失う性質を有していることから、溶融炉壁の内面と外面との間に生ずる温度勾配により溶融炉内に閉じ込める構造としている。また、溶融ガラスの誤流下防止のため、台車(G51M118A)と結合装置(G21M11)のインターロック機能が設けられている。

流下ノズル加熱装置電源盤等は、溶融炉下部に設置された流下ノズルを昇温するための高周波加熱コイルへ通電を行う設備であり、通電を停止すれば、流下ノズル内の溶融ガラスの温度が低下し、流動性が無くなることから、溶融ガラスの閉じ込め機能に影響を与えることはない。また、台車(G51M118A)と結合装置(G21M11)のインターロック機能

を変更するものでもないことから、溶融炉(G21ME10)の安全機能に影響を与えることはない。

(2) 運転上の機能への影響

溶融炉(G21ME10)の運転上の機能を別添1に示す。

これらへの給電は、商用電源から行われており、この給電方法に変更はない。

(3) 給電系統等への影響

TVFの給電系統(特高変電所～第11受変電設備～動力分電盤～TVF内各設備)は、短絡や漏電等の事象が発生した場合、事象発生箇所の直近上位で切り離すよう保護協調をとっている。流下ノズル加熱電源系統をTVF給電系統から独立させることにより、この系統に係る保護協調は不要となる。

また、TVF給電系統から独立させた状態で商用電源が停電した場合、「商用電源停電」信号により流下ノズル加熱装置の電源が遮断され、流下は安全に停止する。

4. 事業指定申請書、設工認申請書の記載

(1) 事業指定申請書(別添2)

ガラス溶融系に係る記載として、「溶融炉にはEwIC(電力指示調節)、PA+(圧力上限警報)、LA+(液面上限警報)、TI(温度指示計)、ERI(抵抗指示計)を設け、EwICは溶融炉の通電電力を一定に調節し、PA+は炉内圧力を監視し、LA+は溶融ガラス液面を監視し、TIは主電極温度など溶融炉各部の温度を監視し、ERIは、溶融ガラスと金属ケーシング間の電気抵抗を監視する。」との記載がある。

また、「台車にはリミットスイッチ、WIO+(流下指示上限操作)、WA+(重量上限警報)を、結合装置にはPIO-(圧力指示下限操作)を設け、リミットスイッチ、PIO-は、ガラスの誤流下を防ぐため流下ノズルの加熱をインターロックする。またWA+、WIO+は注入ガラス重量を監視し、WIO+は重量が設定値に達した場合に、流下ノズルの加熱を停止するとともに、冷却用空気を吹きつけて注入を停止する。」との記載がある。

(2) 設工認申請書(別添2)

【流下ノズル加熱装置電源盤(LP21.3)及び整合盤(LP21.4)】

設工認申請書の「3.8.18.4.2 工程と設備」に以下の記載がある。

流下は、流下ノズルを高周波加熱コイルにより加熱し、流下ノズル内の固化ガラスを溶融することにより行う。ガラス流下の停止は、流下ノズルを加熱している高周波加熱コイルの加熱を停止し、圧縮空気設備からの空気を吹きつけ、流下ノズル内の溶融ガラスを固化することにより行う。

【ガラス固化技術開発施設高圧受電盤】(別添 3 参照)

設工認申請書の「3.8.18. その他再処理設備の付属施設(その 18)」には、ガラス固化技術開発施設電気系統図から、高圧受電盤から LP21.3 に電気を供給していることの記載がある。

5. 実施内容

以下に示す流下ノズル加熱装置電源への給電方法の変更は、QMS 上の特別採用の手続きを行い、今回の運転に限定し実施する。

(1) 電源供給設備の変更

流下ノズル加熱装置等の電源供給設備の変更に際し、廃止措置計画に記載「表 6-1-1 性能維持施設の維持管理(66/147)」している緊急時対応設備の「移動式発電機(1000kVA)」「接続端子盤」「緊急電源接続盤」を用いる(令和元年 6 月 11 日定期検査受検)。

(2) ケーブルの配置作業(図 2 参照)

プルトニウム転換技術開発施設駐車場から TVF 開発棟屋上までは、既に緊急安全対策工事で敷設した既設のケーブルを用いる。

また、TVF 開発棟屋上から流下ノズル加熱装置電源盤までは、安全対策として配備しているケーブルを用いる予定。

6. 保安上の措置

(1) 給電方法の変更に係る工事にあたっては、作業体制、作業手順、アイソレーション、汚染管理等について十分に検討するとともに、保安規定に基づき作業計画書を起案し、工事上の安全対策を確保した上で実施する。

(2) ケーブル等の重量物の運搬にあたっては、既設構造物に破損等の影響を与えないように作業を行う。

(3) ケーブルは既設と同様に難燃性ケーブルを使用する。

(4) 移動式発電機(3 相、400V・50Hz・1000kVA)は、流下ノズル加熱装置の機器仕様(3 相、400V・50Hz・65kVA)を十分満足する容量を有している。

(5) 移動式発電機は、定められた場所(プルトニウム転換技術開発施設駐車場)に設置しており、立ち入り許可が必要なことから、人が容易に近づくことはできない。

(6) 発電機からの給電の運転に当たっては、引き続き、リークモニタにより、漏れ電流の発生状況を監視することにより、スパーク発生に係る事象進展の有無を確認する。事象が進展した場合、漏電リレーの設定値を 500mA に変更しても、漏電リレーが作動することが考えられるが、流下ノズルが加熱できなくなり、ガラスが冷えて固まり流下が停止するため、安全上の問題はない。

(7) 緊急安全対策で整備した系統や接続等に変更しておらず、緊急時は流下ノズル加熱装置電源への給電のみを遮断(ブレーカ開放)することで、速やかに緊急安全対策に係る設備に給電可能となっている。

7. 許認可上の取り扱い

本件は、保護協調の観点から、流下ノズル加熱装置を既設の TVF 給電系統(商用電源)から切り離し、独立した発電機から給電するものである。

発電機は、廃止措置計画において緊急時対応設備として認可されている移動式発電機を用いる。

既許可の「ガラス固化技術開発施設電気系統図」には商用電源系統からの給電先に流下ノズル加熱装置の電源盤(LP21.3)の記載があることから、許認可上の取扱いについて確認したい。

以上

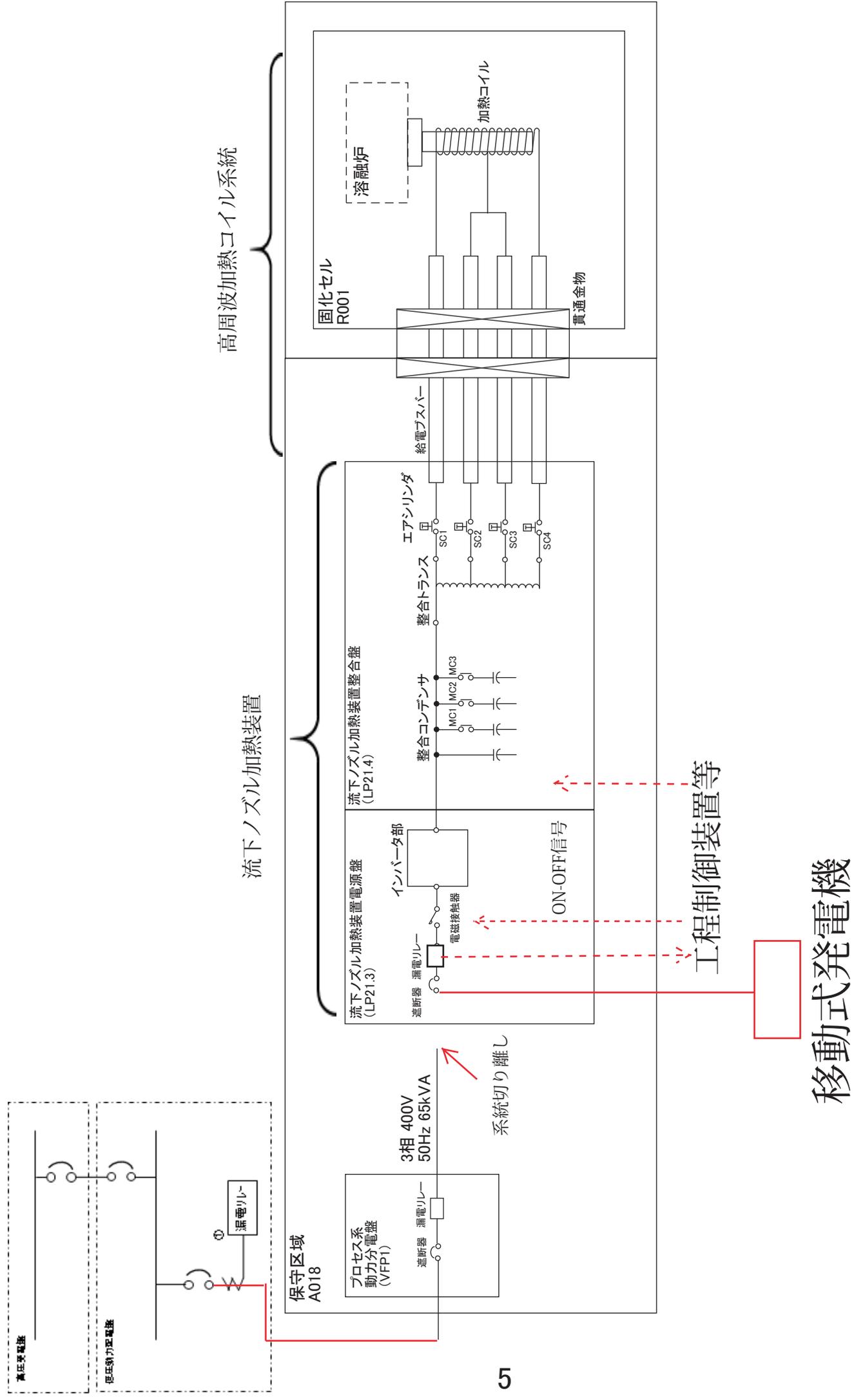
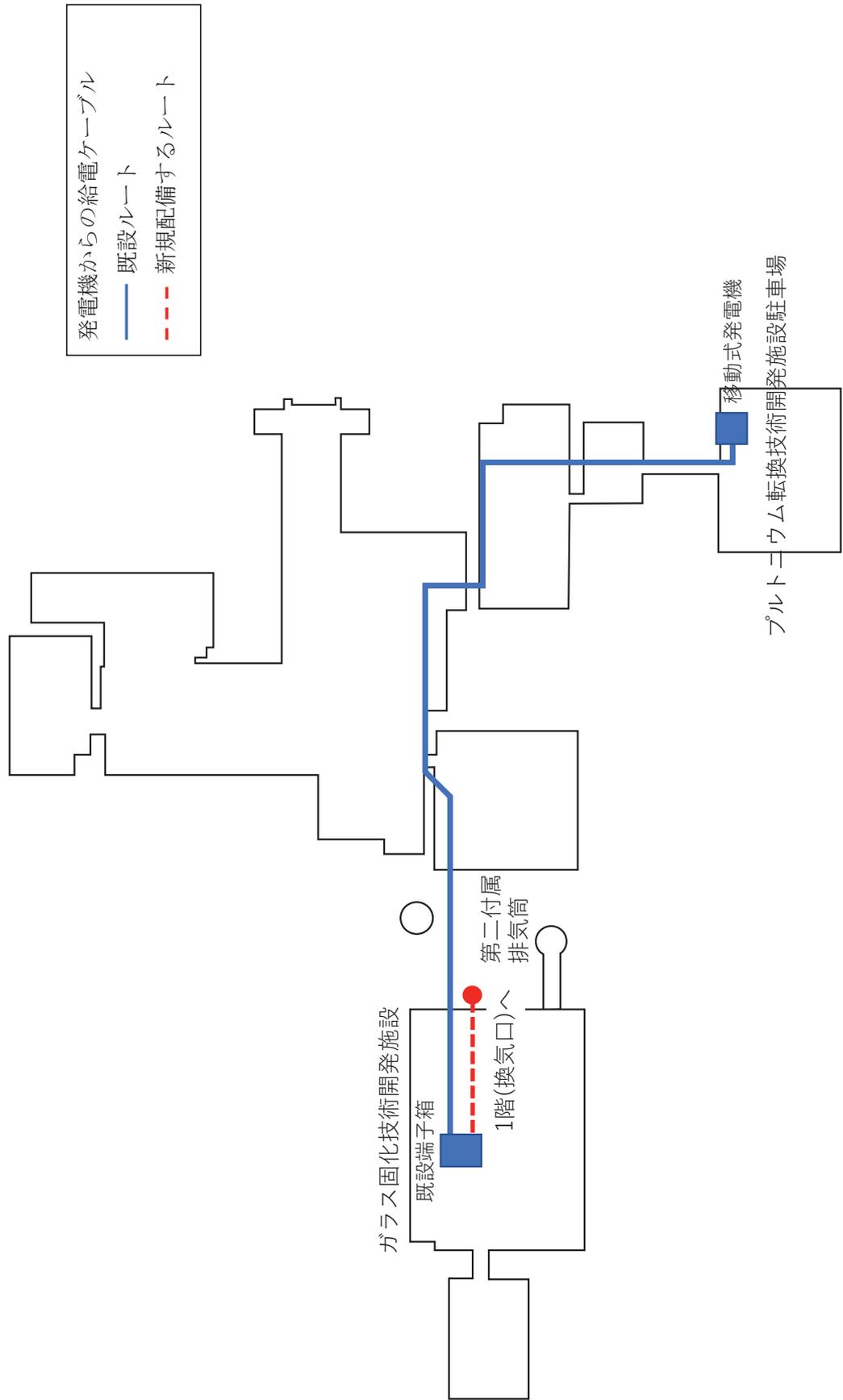


図1 流下ノズル加熱装置系統図



発電機からの給電ケーブル
 — 既設ルート
 - - - 新規配備するルート

ガス固化技術開発施設

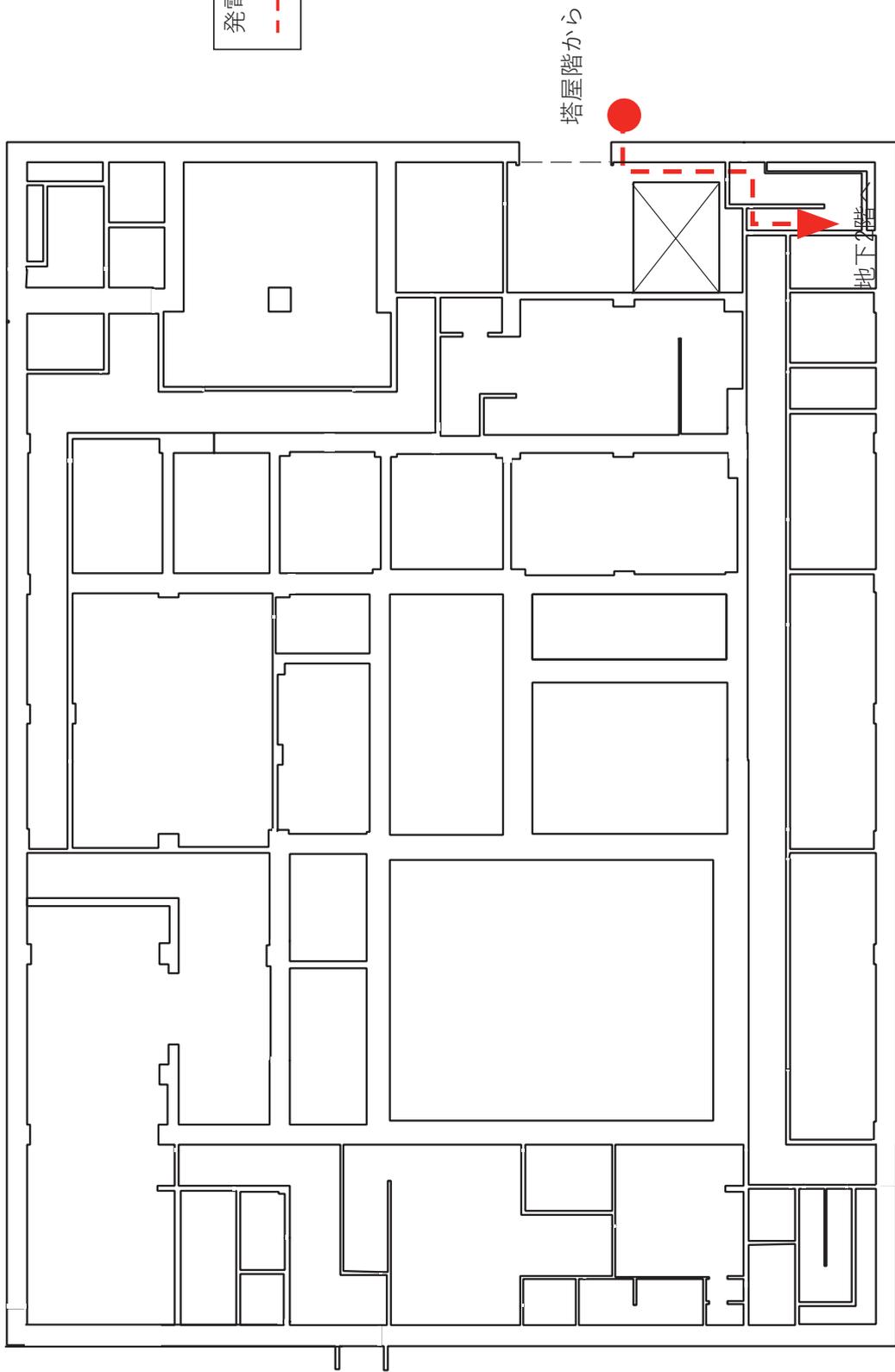
既設端子箱

1階(換気口)へ

第二付属
排気筒

移動式発電機
 プラトニウム転換技術開発施設駐車場

図2 ケーブル配備ルート(屋外 既設ルート)(1/3)



発電機からの給電ケーブル
 --- 新規配備するルート

塔屋階から

地下2階

図2 ケーブル配備ルート(1階 新規配備ルート)(2/3)

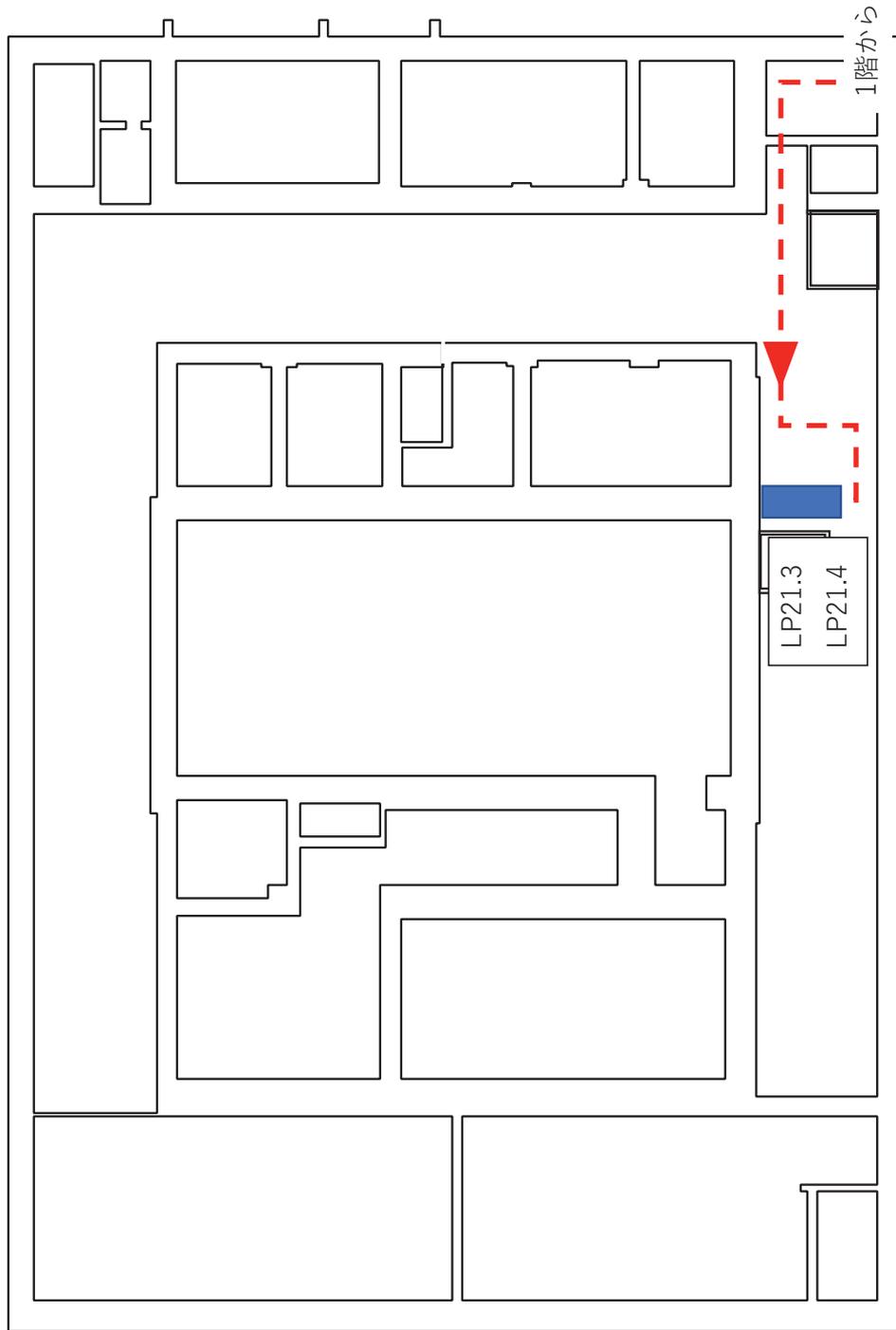


図2 ケーブル配備ルート(地下2階 新規配備ルート)(3/3)

溶融炉 (G21ME10) の運転上の機能

名 称	機 能
流下重量 (WIO ⁺ A ⁺)	溶融ガラスのガラス固化体容器への注入(流下)を停止するため、流下重量(WIO ⁺ A ⁺)の上限操作により、流下ノズルの加熱を停止する。
流下ノズル加熱装置 冷却水温度 (TIO ⁺ A ⁺)	流下ノズル加熱コイル等の保護(損傷防止)のため、流下ノズル加熱装置冷却水出口温度(TIO ⁺ A ⁺)の上限操作により、流下ノズルの加熱を停止する。
溶融炉内圧力 (PICO ⁺)	放射性物質(廃気)の閉じ込めのため、溶融炉内圧力(PICO ⁺)の上限操作により、全通電系統の通電及び流下ノズルの加熱を停止する。
間接加熱装置 発熱体温度 (TIW ⁺)	発熱体の保護(発熱体の劣化が早まることを防止)のため、発熱体温度(TIW ⁺)が上限注意灯設定値に達すると、間接加熱の通電を停止する。
主電極温度 (TIRA ⁺)	主電極の保護(電極の侵食が早まることを防止)のため、主電極温度(TIRA ⁺)が上限警報設定値に達すると、全通電系統の通電を停止する。
補助電極温度 (TIRA ⁺)	補助電極の保護(電極の侵食が早まることを防止)のため、補助電極温度(TIRA ⁺)が上限警報設定値に達すると、補助電極間及び主電極-補助電極間の通電を停止する。
コモンプローブ温度 (TIRA ⁺)	コモンプローブの保護(電極の侵食が早まることを防止)のため、コモンプローブ温度(TIRA ⁺)が上限警報設定値に達すると、主電極-コモンプローブ間の通電を停止する。
流下ノズル温度 (TIRA ⁺)	流下ノズルの保護(損傷防止)のため、流下ノズル温度(TIRA ⁺)が上限警報設定値に達すると、主電極-流下ノズル間の通電を停止するとともに、流下ノズルの加熱を停止する。
ガラスレベル Lレベル (LW ⁻)	ガラスレベルが L レベル(主電極上端)まで低下すると注意灯が点灯する。
ガラスレベル Hレベル (LO ⁺)	ガラスレベルがHレベル(流下可能なガラスレベル)到達で流下開始を許可する。
ガラスレベル HHレベル (LO ⁺)	ガラスレベルがHHレベル(L-HHレベル間でガラス固化体1本分)到達で溶融炉への原料供給を停止する。
ガラスレベル HAレベル (LA ⁺)	ガラスレベルがHAレベル(接液耐火物の上限)到達で警報を発報する。
主電極-漏洩検知板間の 電気抵抗 (ErIA ⁻)	溶融ガラスの漏洩検知のため、溶融ガラスが漏洩検知板に到達し、主電極と漏洩検知板間の電気抵抗が下限警報設定値まで低下すると、警報を発報する。

ガラス溶融系に係る許認可上の記載について

1. 事業指定申請書

ガラス溶融系に係る記載として、「溶融炉には EwIC（電力指示調節）、PA⁺（圧力上限警報）、LA⁺（液面上限警報）、TI（温度指示計）、E_RI（抵抗指示計）を設け、EwIC は溶融炉の通電電力を一定に調節し、PA⁺は炉内圧力を監視し、LA⁺は溶融ガラス液面を監視し、TI は主電極温度など溶融炉各部の温度を監視し、E_RI は、溶融ガラスと金属ケーシング間の電気抵抗を監視する。」との記載がある。

また、「台車にはリミットスイッチ、WIO⁺（流下指示上限操作）、WA⁺（重量上限警報）を、結合装置には PIO⁻（圧力指示下限操作）を設け、リミットスイッチ、PIO⁻は、ガラスの誤流下を防ぐため流下ノズルの加熱をインターロックする。また WA⁺、WIO⁺は注入ガラス重量を監視し、WIO⁺は重量が設定値に達した場合に、流下ノズルの加熱を停止するとともに、冷却用空気を吹きつけて注入を停止する。」との記載がある。

2. 設工認申請書

設工認申請書の「3.8.18.4.2 工程と設備」に以下の記載がある。

(1) プロセス系

(iii) ガラス溶融系

前処理系の濃縮液供給槽（G12V14）からの廃液は、気液分離器（G12D1442）を経て、ガラス原料供給配管に受け入れる。受け入れた廃液は、ガラス原料供給配管でガラス原料に浸み込ませ、溶融炉（G21ME10）天井部にある原料供給ノズルから連続的に溶融炉内に落下させる。

溶融炉では、電極を介して直接溶融ガラスに交流電流を通ずることにより発生するジュール熱によって廃液を含むガラス原料を加熱溶融する。溶融時に溶融槽内に発生する水蒸気、NO_x を含む廃気は、溶融炉に接続された廃気配管から槽類換気系に導き、処理する。

また、溶融槽内圧力は、固化セル（R001）内に対して常に負圧に維持する。

溶融槽内の溶融ガラスは、溶融炉下部にある流下ノズルから流下し、あらかじめ溶融炉下に置かれたガラス固化体容器に注入する。流下は、流下ノズルを高周波加熱コイルにより加熱し、流下ノズル内の固化ガラスを溶融することにより行う。

ガラス流下の停止は、流下ノズルを加熱している高周波加熱コイルの加熱を停止し、圧縮空気設備からの空気を吹きつけ、流下ノズル内の溶融ガラスを固化することにより行う。

溶融炉下部に流下ノズルからガラス固化体容器への溶融ガラスの経路をつつむ結合装置（G21M11）を設け、結合装置（G21M11）内を槽類換気系により排気する。

(10) 計測制御系

(i) プロセス系

(ハ) ガラス溶融系

溶融炉 (G21ME10) には、炉内雰囲気温度指示記録 (TIR)、液面上限操作 (LO⁺)、液面上限警報 (LA⁺)、液面下限注意灯 (LW⁻)、圧力記録上限警報 (PRA⁺) 及び圧力指示上限警報 (PIA⁺) を設ける。液面上限操作 (LO⁺) は、2つの異なった上限設定値を有し、ガラス液面が第 1 の上限設定値を上回った場合、流下開始を許可し、第 2 の上限設定値を上回った場合、エアリフトによる供給とガラス原料の供給を自動的に停止する。

間接加熱発熱体には、温度指示上限注意灯 (TIW⁺)、電圧指示計 (EvI)、電流指示計 (EiI) 及び電力指示調節 (EwIC) を設ける。電力指示調節 (EwIC) は電力を自動的に調整する。

主電極には、温度指示記録 (TIR)、温度指示記録上限警報 (TIRA⁺)、主電極間電圧指示計 (EvI)、電流指示計 (EiI)、抵抗指示計 (ErI) 及び電力指示調節 (EwIC) を設ける。電力指示調節 (EwIC) は、主電極間の電力を自動的に調節する。

補助電極には、温度指示記録 (TIR)、温度指示記録上限警報 (TIRA⁺)、補助電極間電圧指示計 (EvI)、電力指示計 (EwI)、抵抗指示計 (ErI) 及び電流指示調節 (EiIC) を設ける。電流指示調節 (EiIC) は、補助電極間の電流を自動的に調節する。

流下ノズルには、温度指示記録 (TIR)、温度指示記録上限警報 (TIRA⁺)、流下ノズル加熱電圧指示計 (EvI)、電流指示計 (EiI) 及び電力指示調節 (EwIC) を設ける。電力指示調節 (EwIC) は、流下ノズル加熱電力を自動的に調節する。

主電極・補助電極間には、電圧指示計 (EvI)、電力指示計 (EwI)、抵抗指示計 (ErI) 及び電流指示調節 (EiIC) を設ける。電流指示調節 (EiIC) は、主電極・補助電極間の電流を自動的に調節する。

主電極・コモンプローブ間には、電圧指示計 (EvI)、電力指示計 (EwI)、抵抗指示計 (ErI) 及び電流指示調節 (EiIC) を設ける。電流指示調節 (EiIC) は、主電極・コモンプローブ間の電流を自動的に調節する。

主電極・流下ノズル間には、電圧指示計 (EvI)、電力指示計 (EwI)、抵抗指示計 (ErI) 及び電流指示調節 (EiIC) を設ける。電流指示調節 (EiIC) は、主電極・流下ノズル間の電流を自動的に調節する。

主電極・金属ケーシング間には、抵抗指示下限警報 (ErIA⁻) を設ける。

側壁耐食性耐火レンガには、温度指示値 (TI)、温度指示上限注意灯 (TIW⁺) を設ける。

結合装置 (G21M11) 廃気配管には、圧力指示調節下限操作 (PICO⁻) を設ける。圧力指示調節下限操作 (PICO⁻) は、弁を自動的に制御し、圧力が下限設定値を下回った場合、結合完了信号を発する。

水供給パーズ空気配管には、流量指示上下限注意灯 (FIW[±]) を設ける。

流下ノズル冷却空気配管には、流量指示下限警報 (FIA⁻) を設ける。

結合装置 (G21M11) 操作空気配管には、圧力指示上限注意灯 (PIW⁺) 及び圧力指示下限警報 (PIA⁻) を設ける。

流下ノズル加熱装置冷却水出口配管には、温度指示上限操作上限警報 (TIO⁺A⁺) 及び流量指示下限注意灯 (FIW⁻) を設ける。温度指示上限操作上限警報 (TIO⁺A⁺) は、温度が上限設定値を上回った場合、流下ノズル加熱装置電源をしゃ断し、加熱を自動的に停止する。

主電極冷却空気の出口配管には、温度指示上限警報 (TIA⁺) を設ける。

冷却ユニット (G21H12、H13) の出口には、温度指示上限操作上限警報 (TIO⁺A⁺) を設ける。温度指示上限操作上限警報 (TIO⁺A⁺) は、温度が上限設定値を上回った場合、冷却ユニット (G21H12、H13) を自動的に運転する。

冷却ユニット (G21H12、H13) の冷水出口配管には、流量指示下限注意灯 (FIW⁻) を設ける。

(ニ) ガラス固化体取扱系 (一部抜粋)

A 台車 (G51M118A) には、定位置操作 (ZO⁺) 及び重量指示上限操作上限警報 (WIO⁺A⁺) を設ける。定位置操作 (ZO⁺) には、A 台車 (G51M118A) が所定位置でガラス流下操作を許可する。重量指示上限操作上限警報 (WIO⁺A⁺) は、重量が上限設定値を上回った場合、流下を自動的に停止する。

(ii) 廃棄物処理系

(イ) 槽類換気系 (一部抜粋)

熔融炉 (G21ME10) には、圧力指示調節上限操作 (PICO⁺)、固化セルからの給気ラインの調節弁には、弁開度異常警報 (ZA⁺) を設ける。圧力指示調節上限操作 (PICO⁺) は、調節弁を自動的に制御し、固化セルからの給気流量を調整し、熔融炉内の圧力が上限設定値を上回った場合、エアリフトによる給液とガラス原料の供給を自動的に停止し、間接加熱、主電極間、主電極・流下ノズル間、主電極・補助電極間、主電極・コモンプローブ間、補助電極間及び流下ノズル加熱の通電を自動的に停止し、弁を閉じ、スクラッパ (G41T10) 及びベンチュリスクラッパ (G41T11) へのパーズ空気の供給及び固化セルからの給気を自動的に停止する。

また、設工認申請書の「3.8.18.5.4 熔融炉工事」に示す工事フローに「盤類入手」との記載があり、熔融炉の検査として、材料確認検査、外観検査、寸法検査、据付検査、作動試験を実施することとしている。

3. 使用前検査、施設定期検査

使用前検査として、以下に示す溶融炉の据付検査、作動試験等を受検している。また、施設定期検査として、台車と結合装置のインターロックの作動試験を受検している。

(1) 据付検査

- ・溶融炉の据付ボルトの呼び径及びボルト本数を確認している。

(2) 作動試験

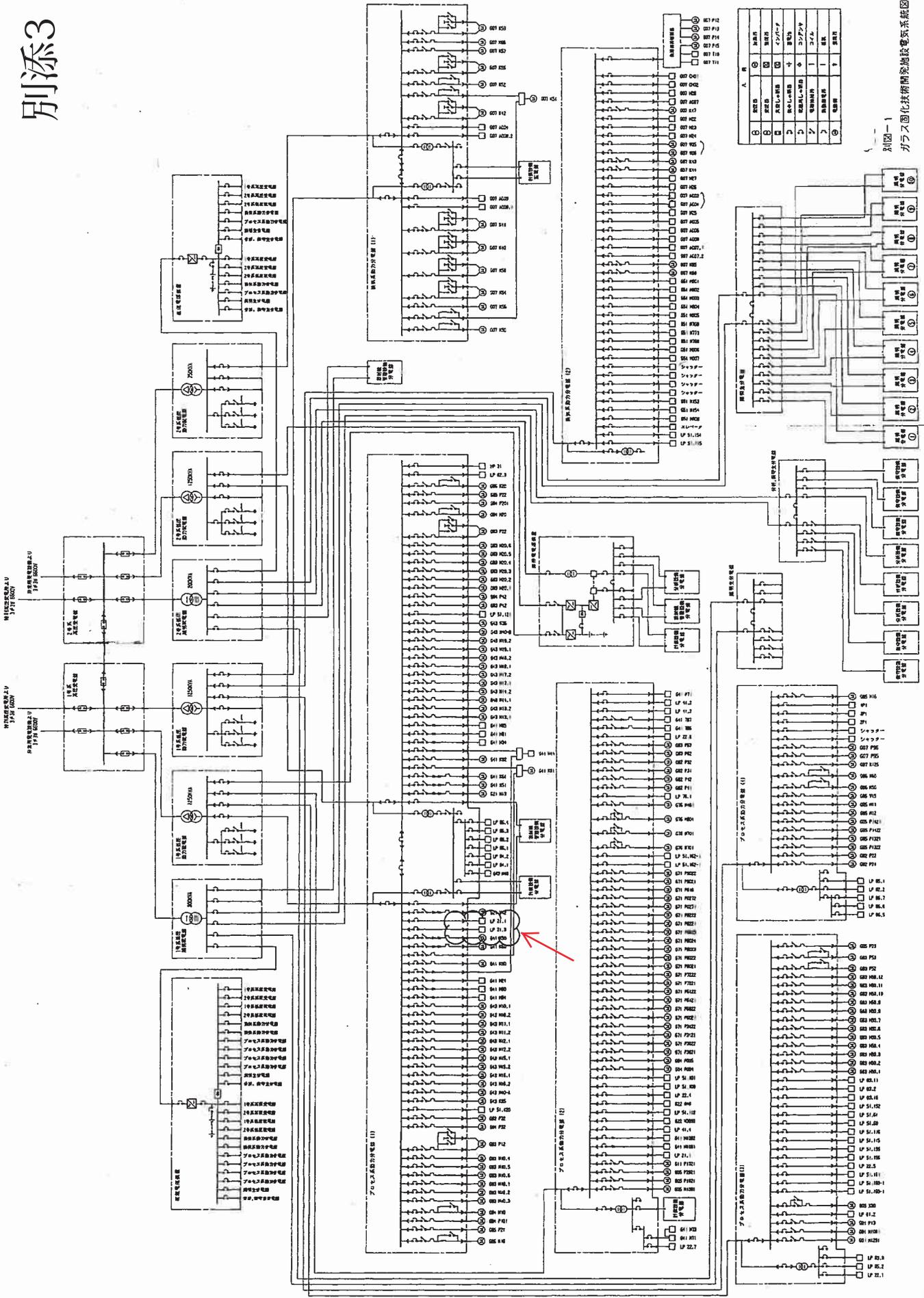
- ・結合装置（G21M11）が工程制御装置からの操作によって正常に作動することを工程制御装置、操作盤（LP22.1）及びITVにより確認している。
- ・工程制御装置からの操作によって、ガラス固化体容器へ溶融ガラスの流下操作を行い、流下及び流下停止の機能が正常に作動することを、工程監視盤、工程制御装置、操作盤（LP22.1）及びITVにより確認している。
- ・結合装置（G21M11）と台車（G51M118A）のインターロック作動試験として、台車（G51M118A）が流下位置にセットされていない状態及び結合装置（G21M11）がガラス固化体容器と結合されていない状態で通常流下できないことを工程監視盤及び工程制御装置により確認している。

(3) 計測制御系作動試験（警報回路試験）

- ・液面上限警報（G21LA+10.4）について、現場盤（LP21.2）の出力端子を開放し、警報回路が作動することを工程監視盤及び工程制御装置にて確認している。
- ・圧力記録上限警報（G21PRA+10.3）について、校正器具により圧力信号を与え、工程監視盤の受信計の指示値を確認している。また、校正器具により圧力信号を設定値に向けて調整していき、設定値の許容範囲内で警報回路が作動することを工程監視盤にて確認している。

以上

別添3



別添3
ガラスイオン化技術開発施設電気系統図