

東海再処理施設の廃止措置計画変更認可申請対応等について

令和5年5月18日
再処理廃止措置技術開発センター

○令和5年5月18日 面談の論点

- ガラス固化処理技術開発施設(TVF)における固化処理状況について
- 工程洗浄の進捗状況について
- TVF3号熔融炉のガラスカレット試験の結果について（資料1）
- クリプトン回収技術開発施設 空気圧縮機の制御系の改造について（資料2）
- その他

以上

TVF3号溶融炉のガラスカレット試験の結果について

令和5年5月18日
再処理廃止措置技術開発センター

1. はじめに

ガラス固化技術開発施設(TVF)では、令和6年度末からの熱上げ開始に向け、3号溶融炉の製作を進めてきた。

令和5年3月6日から4月11日にかけて、溶融炉の基本性能(ガラスの加熱/溶融性、流下開始/停止性)の確認を目的に、モックアップ試験棟においてガラスカレット^{*1}を用いた試験を実施したので、試験結果を報告する。

^{*1} ガラス固化体中の放射性廃棄物成分を非放射性同位元素に置き換えることで、実際の廃棄物を含むガラスの物性を模擬したガラス(ただし、FP成分である白金族元素は非含有)

2. ガラスカレット試験の概要

(1) 試験期間(表-1 参照)

令和5年3月6日 ~ 令和5年4月11日

※熱上げ開始から炉内観察までを試験期間とする。

(2) 試験場所

核燃料サイクル工学研究所 モックアップ試験棟

(3) 試験内容(表-2 参照)、主な確認項目

① 熱上げ試験

溶融炉内にガラスカレットを供給し、間接加熱装置で熱上げを開始した後、電極間通電に移行しさらに加熱し、加熱時の状態を確認する。

確認項目: 熱上げ時の昇温性、電極間通電確認や温度計の作動性

② カレット溶融試験

約 50kg^{*2} の部分流下を複数回行い、流下操作時の状態を確認する。

^{*2} 通常の流下1回当たりの流下重量: 約 300kg(ガラス固化体1本分)

確認項目: 炉内温度分布(補助電極温度 820°C±5°C)、ガラス液位、炉底低温運転からの加熱条件(流下開始条件: 底部電極温度 745°C以上)、溶融機能(ガラス温度 1100°C±50°C程度)、流下機能(流下開始から流速 50kg/h までの所要時間: 10分以内目安)

③ ドレンアウト(炉内ガラスの全量拔出)試験

炉内のガラス(固化体3本分)を全量流下し、流下時の状態を確認する。

確認項目: ドレンアウトに伴う液位低下に対応した流下条件

④ 炉内観察

炉を冷却後、炉内の状態を観察する。

確認項目：炉内構造物(レンガ、電極)の健全性

3. 試験結果

本試験では、以下に示す通り、各確認項目の確認結果を評価し、2号溶融炉と同様の運転パラメータ(溶融条件、炉底低温運転からの加熱条件、流下条件等)により、設定した判定基準を満足した運転が可能であり、3号溶融炉の基本性能を満足していることを確認した。

① 熱上げ試験(図-1 参照)

- ✓ ガラス固化体約2本分*3のガラスカレットを溶融炉内に投入し、3月6日15:01、間接加熱装置の起動を以って、熱上げを開始した。

*3 炉内の溶融ガラス液位が、主電極上端となるガラス重量

- ✓ 間接加熱による炉内各部の昇温に伴い、各電極間の通電が行えることを順次確認、3月21日16:14に全ての通電確認完了を以って、熱上げを完了した。
 - ・主電極間通電 : 3月18日10:11 通電確認完了
 - ・主電極-コモンプローブ間通電 : 3月20日5:38 通電確認完了
 - ・補助電極間通電 : 3月21日12:22 通電確認完了
 - ・主電極-流下ノズル間通電 : 3月21日16:14 通電確認完了
- ✓ 熱上げ期間中において、各温度計(主電極、補助電極、底部電極、ガラス温度等)が正常に作動し、各部の温度上昇に異常がないことを確認した。
- ✓ 今回、熱上げ開始から主電極間通電確認完了までに要した期間は、約11.8日であり、現行溶融炉(2号溶融炉)の平成15年5月における築炉後の最初の熱上げ時の所要期間(約10.3日)に比較して期間を要しており、次回運転条件確認試験(令和5年第3四半期)の結果を踏まえて、熱上げ期間を設定する。

② カレット溶融試験

- ✓ 3月22日から3月26日にかけて、運転パラメータを調整しながら約50kg/回の部分流下を計5回実施した。
 - ・部分流下1回目: 3月22日 15:02~15:24 (流下重量: 56.7kg)
 - ・部分流下2回目: 3月23日 14:23~14:50 (流下重量: 51.4kg)
 - ・部分流下3回目: 3月24日 13:23~13:58 (流下重量: 47.3kg)
 - ・部分流下4回目: 3月25日 10:13~10:48 (流下重量: 46.6kg)
 - ・部分流下5回目: 3月26日 10:03~10:47 (流下重量: 56.8kg)

- ✓ 主電極間電力を 39kW に一定に維持(2号溶融炉の運転条件)することで、ガラスの溶融状態(ガラス温度:1100°C±50°C程度)を維持できることを確認した。(図-2 参照)
- ✓ また、主電極、底部電極の強制空冷量、補助電極間電流を調整し、白金族元素の炉底への沈降・堆積を抑制するための炉底低温運転(補助電極温度:820°C±5°C(補助電極中央の高さにおけるガラス温度 850°C相当))が行えることを確認した。(図-2 参照)
- ✓ 流下操作については、炉底低温運転の状態から、流下開始予定の5時間前(2号溶融炉の作動試験の実績)から補助電極間通電及び主電極-流下ノズル間通電により炉底部を加熱し、2号溶融炉に適用している流下ノズルの加熱を開始するための温度条件(底部電極温度 720°C以上)まで昇温できることを確認した。(図-3 参照)
- ✓ 上記の炉底部加熱後、流下ノズルの高周波加熱により、2号溶融炉に適用している流下を開始するための温度条件(底部電極温度 745°C以上)まで昇温し、流下を開始することができた。流下においては、流下速度の立ち上がり*5及び流下ノズル先端付近における流下ガラスの状況から安定した流下が行えていることを確認した。(図-3 参照)

*5 流下開始から流下速度 50kg/h までの所要時間
:(10分以内の目安に対し)3~4分

- ✓ 通常の流下停止時操作として、流下ノズルの加熱を停止し、流下ノズルの強制空冷を行うことで、流下が停止することを確認した。また、流下ノズル加熱電力の調整により流下速度を制御し、流下停止操作を開始してから流下が停止するまでに流下するガラス重量を調整できることを確認した。
- ✓ 炉内へのガラスカレットの追加供給によるガラス液位の上昇に伴い、レベラー槽内に設置されたガラス液位計(電気抵抗式)が正常に作動し、流下操作に必要なガラス液位が検知できることを確認した。

③ ドレンアウト試験(図-4 参照)

- ✓ 3月27日から3月29日にかけて、ドレンアウト(炉内ガラスの全量拔出し:ガラス固化体3本分の流下)を実施した。
 - ・1本目の流下:3月27日 14:13~16:22 (流下重量:309.2kg)
 - ・2本目の流下:3月28日 14:23~16:05 (流下重量:294.6kg)
 - ・3本目の流下:3月29日 1:10~ 2:48 (流下重量:263.8kg)
- ✓ ドレンアウトにおいては、間接加熱装置を併用し、液位低下に伴うガラス温度の低下を抑制するとともに、主電極表面の露出に伴う通電面積の減少に応じて主

電極間電力を下げることにより、電極の溶損を防止しつつ、炉内ガラスをほぼ全量、抜出せることを確認した。

④ 炉内観察(図-5 参照)

- ✓ 3月29日のドレンアウト完了後、同日5:34に3号溶融炉の全ての加熱電源を停止し、放冷を行った後、4月10～11日に炉内観察を行った。
- ✓ 観察の結果、以下の通り、炉内構造物(レンガ、電極)の健全性に問題がないことを確認した。

・耐火レンガ(接液部、気相部、発熱体遮蔽レンガ)

有意な割れ、欠け*6、ズレ、目地部の開きがないことを確認。

*6 気相部耐火レンガに一部欠けが確認されたが、耐火レンガ使用初期の熱膨張・熱収縮により生じたものであり、今後の溶融炉の運転に伴い欠損が拡大するものではない。

・電極(主電極、補助電極、底部電極)

溶損等の損傷がないことを確認。

- ✓ 炉内観察と合わせて流下ノズルの位置計測を実施し、ガラスカレット試験前の位置に比べ、築炉後最初の運転に伴う耐火レンガの熱膨張・熱収縮により、主電極A側に1mm水平移動していることを確認した。また、流下ノズルの傾きについては、2号溶融炉における流下ノズルと加熱コイルの接触に伴う流下停止事象の対策として講じたインナーケーシングの対称構造化により、傾きが生じていないことを確認した。3号溶融炉用の加熱コイルの組立は、運転条件確認試験後の計測結果を踏まえて実施する。

4. 今後の対応

今回のガラスカレット試験において2号溶融炉と同様の運転パラメータにより運転が可能であり、溶融炉の基本性能を満足していることを確認できたことから、今年度の第3四半期に予定している模擬廃液を用いた運転条件確認試験に向けて模擬廃液の手配等の準備を進める。

運転条件確認試験においては、白金族元素を含む模擬廃液を使用し、3号溶融炉の実際の運転に用いる炉底低温運転等の条件の確認を行うとともに、白金族元素の堆積管理指標や検知方法の改善に向けたデータ取得を行う。

また、TVFにおいては、2号溶融炉の撤去作業として、今年度の第3四半期より2号溶融炉の付帯配管等の撤去作業に着手する予定である。

以上

表-1 試験スケジュール(実績)

| | 令和5年3月 | | | | | | | | | | | | | | 令和5年4月 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 |
| 交替勤務期間 | 4班3交替 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (1) 熱上げ試験 | [Bar chart showing duration from Mar 6 to Mar 20] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (2) カレット熔融試験 | | | | | | | | | | | | | | | [Bar chart showing duration from Mar 21 to Mar 25] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (3) ドレンアウト試験 | | | | | | | | | | | | | | | [Bar chart showing duration from Mar 27 to Mar 28] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (4) 放冷 | | | | | | | | | | | | | | | [Bar chart showing duration from Mar 30 to Apr 3] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (5) 炉内観察 (周辺機器取り外し含む) | | | | | | | | | | | | | | | [Bar chart showing duration from Apr 4 to Apr 5 and Apr 10 to Apr 11] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



写真-1 3号熔融炉設置状況

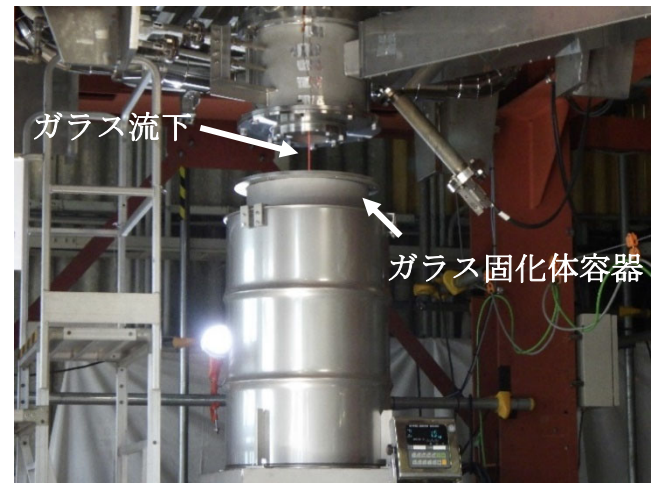
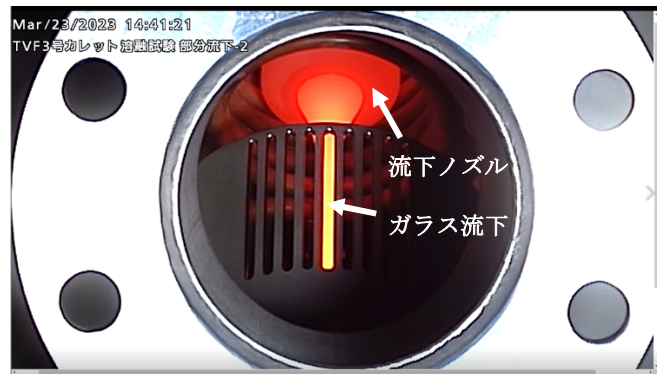
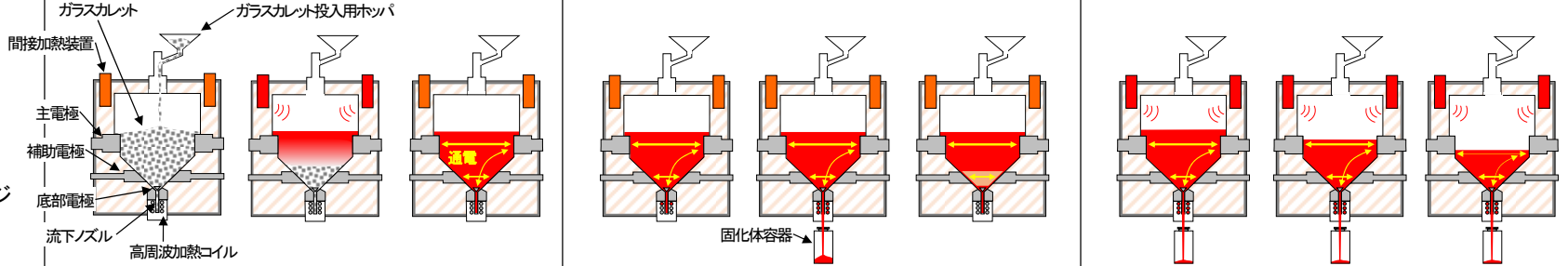


写真-2 カレット熔融試験の状況 (3/23)

表-2 試験内容

| 試験項目 | (1) 熱上げ試験 | (2) カレット熔融試験 | (3) ドレンアウト試験 |
|--|--|---|---|
| <p>試験イメージ</p>  <p>ガラスカレット ガラスカレット投入用ホッパ 間接加熱装置 主電極 補助電極 底部電極 流下ノズル 高周波加熱コイル</p> <p>炉内へガラスカレットを投入 → 間接加熱装置によりガラスを加熱・熔融 → 電極間通電確認</p> <p>流下前の炉底 → 流下条件確認 → 炉底低温運転条件確認 (部分流下を複数回実施)</p> <p>ドレンアウト1 (1本目流下開始時) → ドレンアウト2 (2本目流下開始時) → ドレンアウト3 (3本目流下開始時)</p> | <p>主な試験内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ガラスカレット(固化体2本分)を炉内に投入した状態で間接加熱装置を起動し、徐々に炉内を昇温し通電可能な状態までガラスを熔融した後、各電力間通電の通電確認を行う。 | <p>主な試験内容</p> <ul style="list-style-type: none"> 炉内のガラス保有量が固化体3本分となるようにガラスカレットを追加投入した後、50 kg程度の部分流下を複数回実施し、炉底加熱条件、流下ノズル加熱条件、流下停止条件の確認、調整を行う。 ガラスの加熱に必要な主電極間通電電力量を確認するとともに、炉底低温運転時の補助電極温度及び補助電極間電流を確認する。 | <p>主な試験内容</p> <ul style="list-style-type: none"> 炉内ガラスを全量拔出す(ドレンアウト)ため、3バッチの流下を行う。 流下に伴い電極が熔融ガラス面から露出するため、電極の電流密度制限を考慮しつつ各電極間通電電流を減少させ、最終的に通電を停止する。 |



ガラスカレットの外観
(粒径: 1~5 mm 程度)

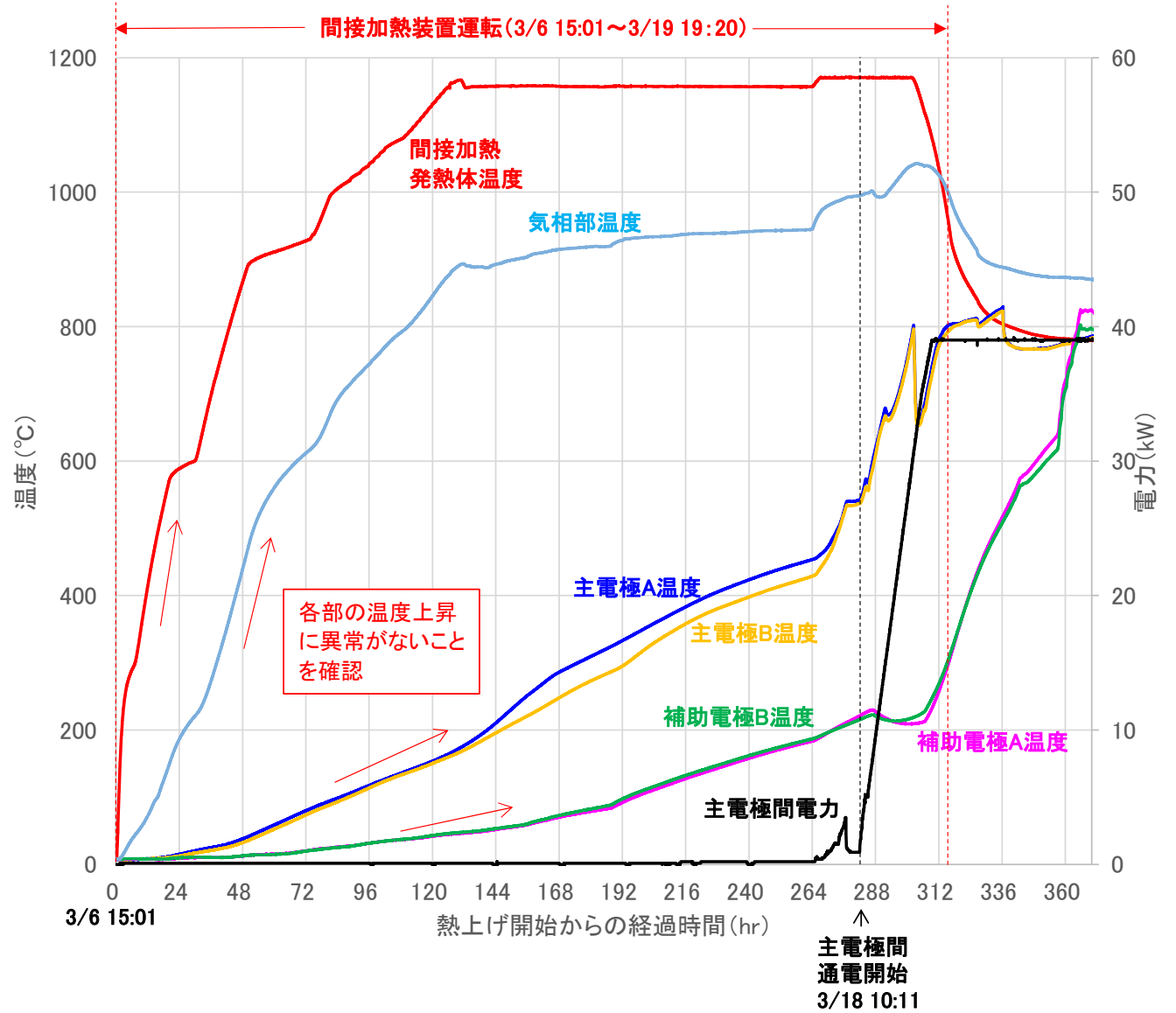
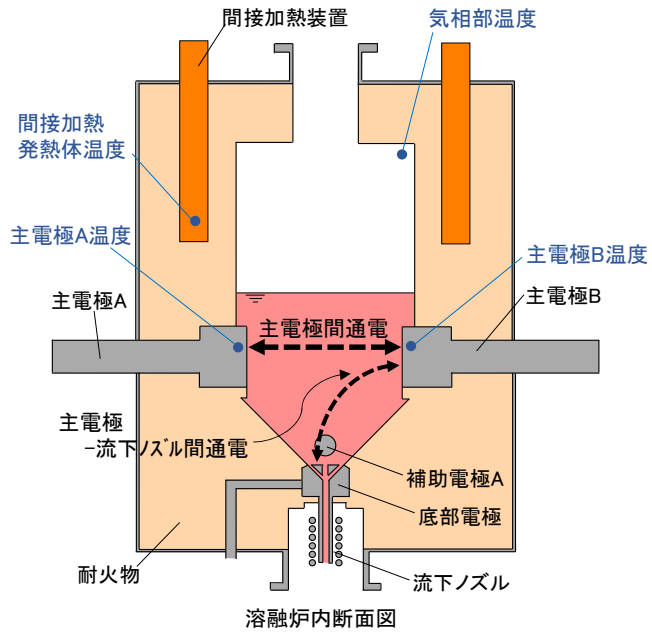
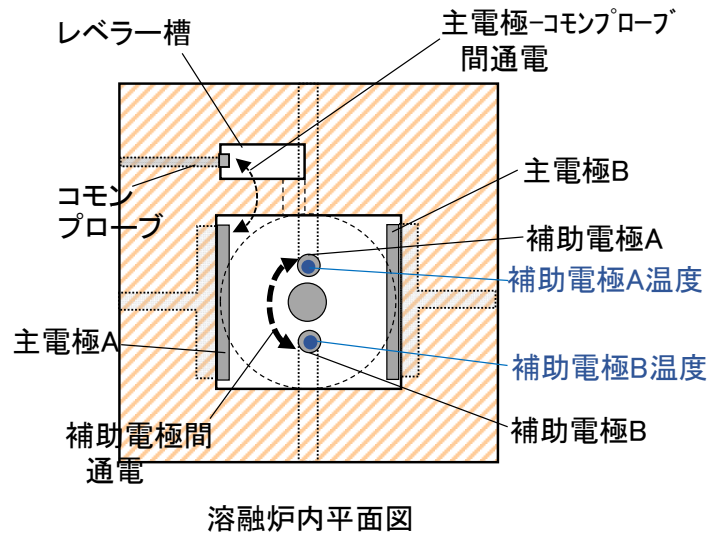
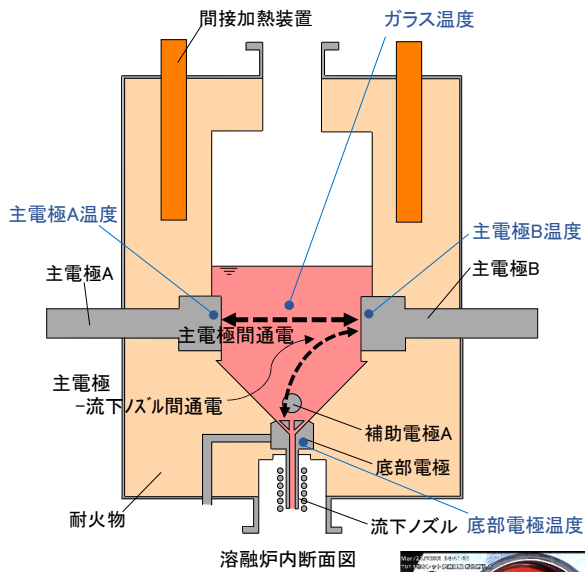
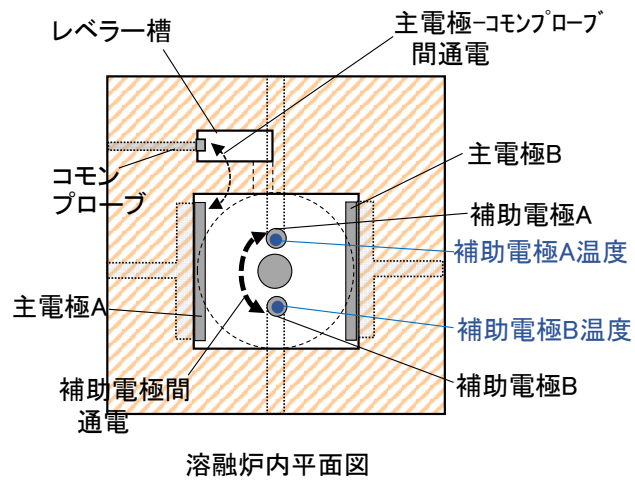


図-1 熱上げ試験における温度等の変化



部分流下中の
ガラスの流下状況

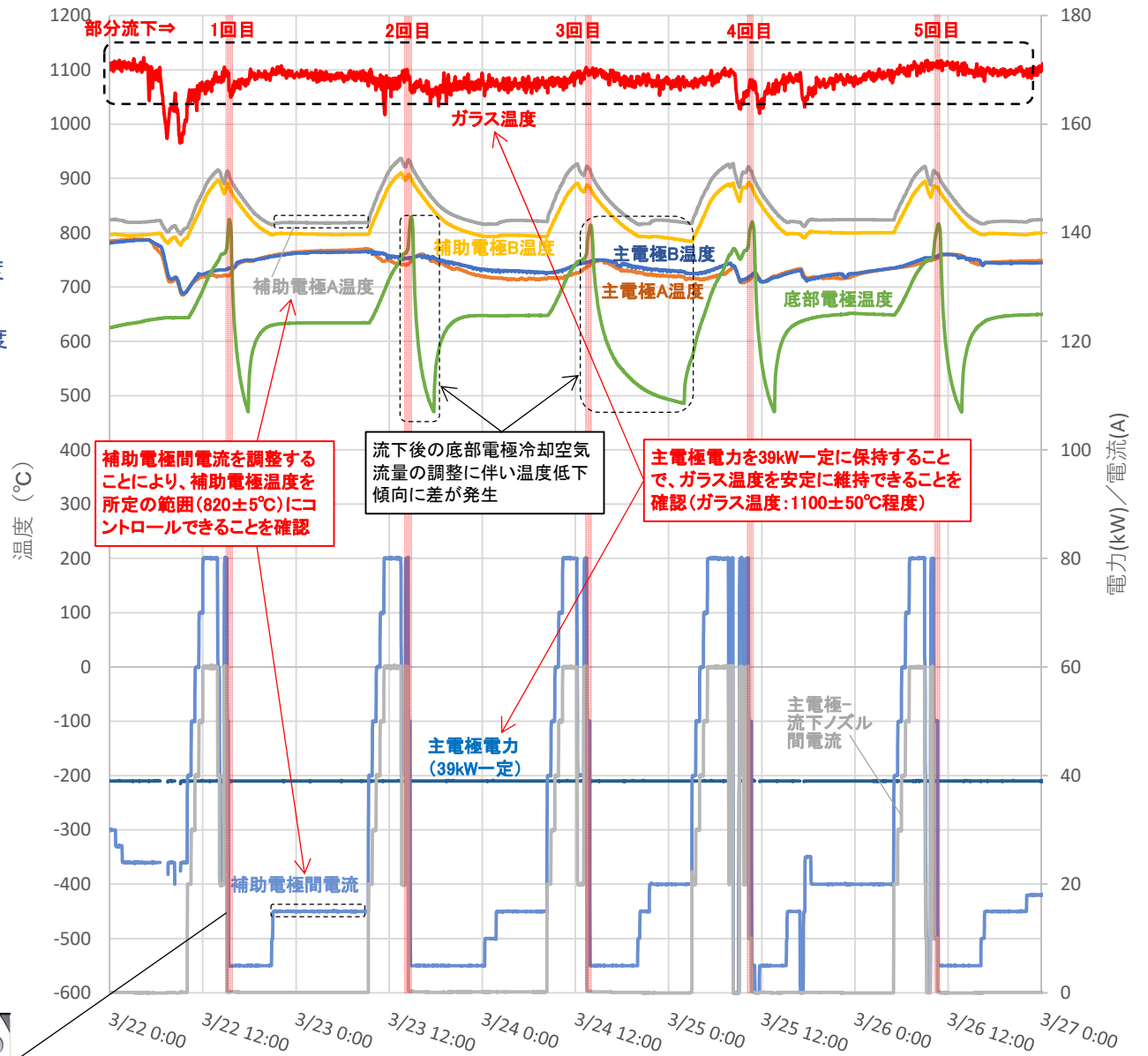


図-2 カレット溶融試験における温度等の変化

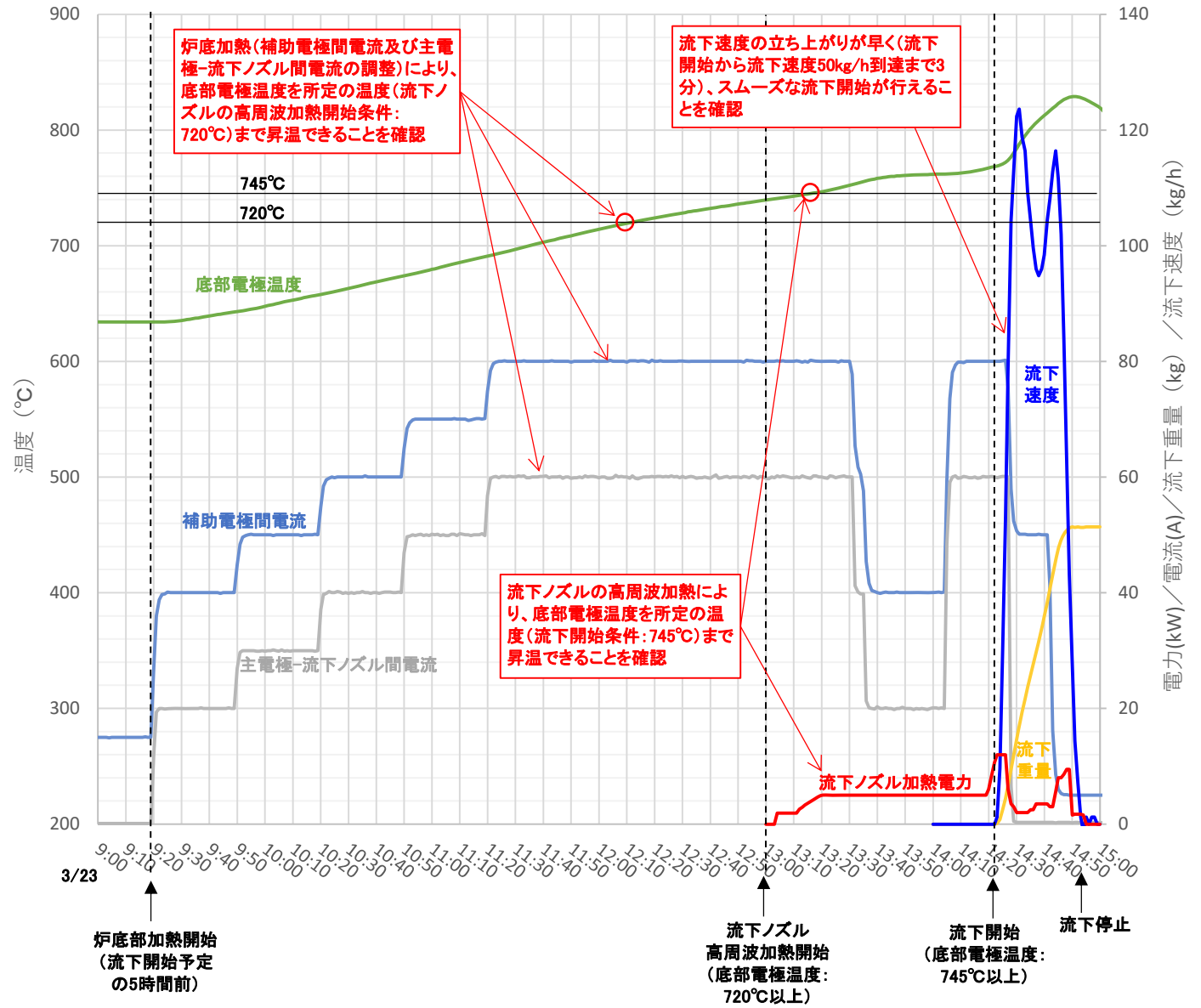
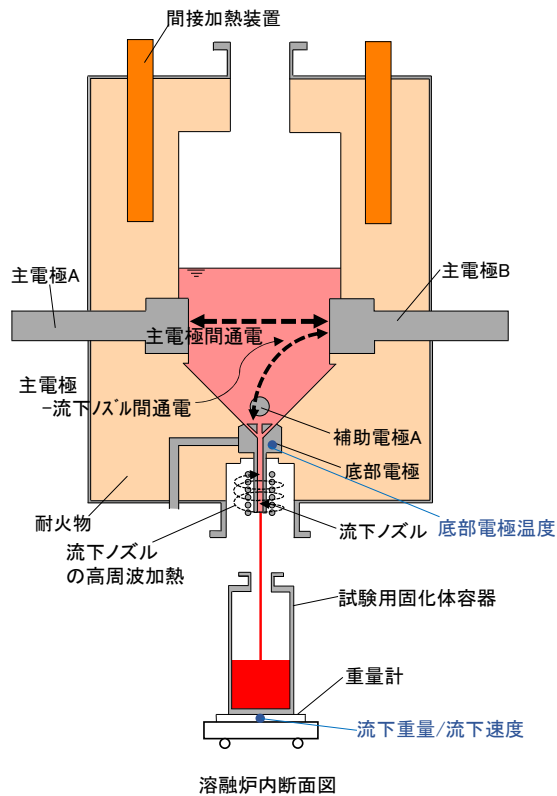
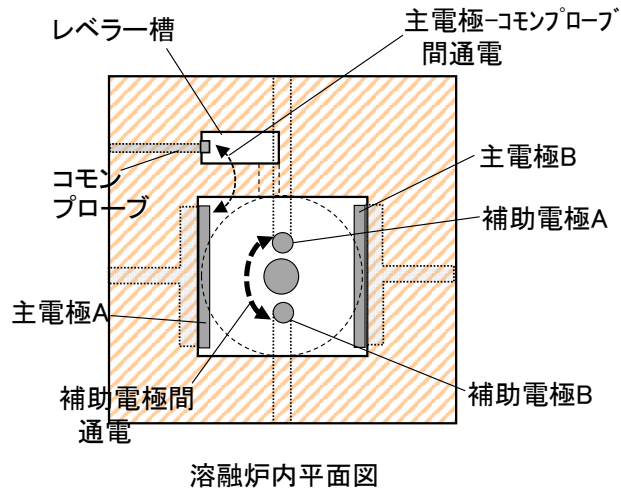
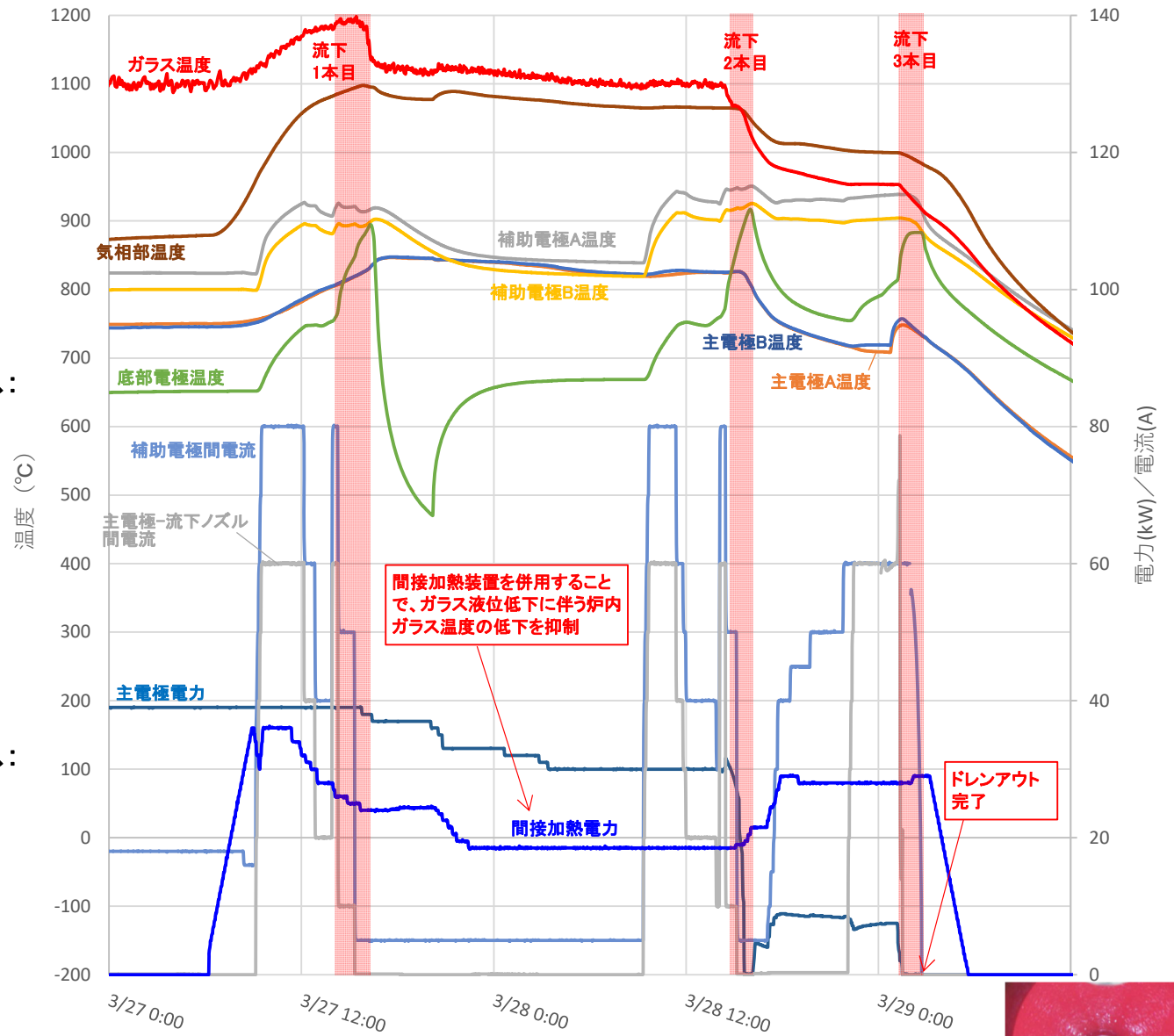
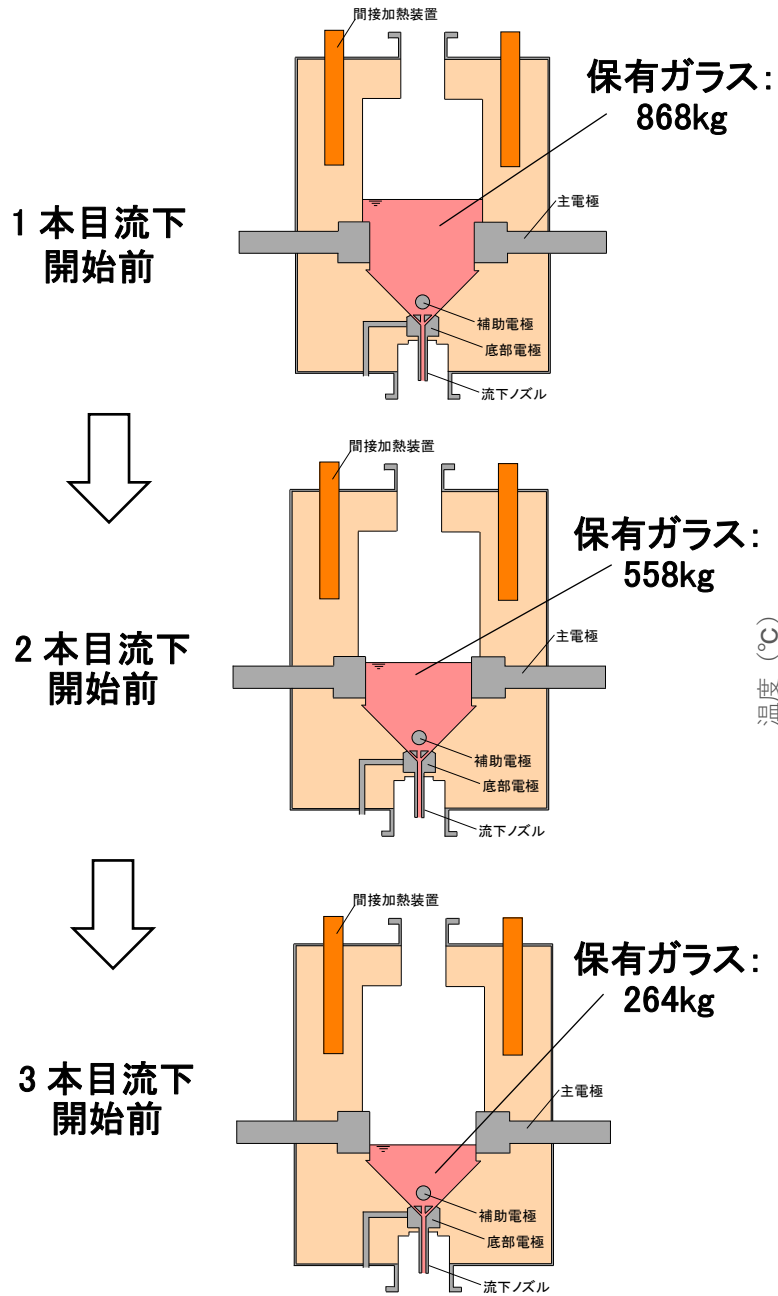
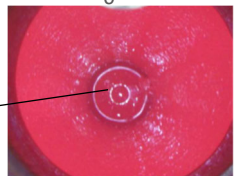


図-3 カレット溶融試験における部分流下(2回目)の実績

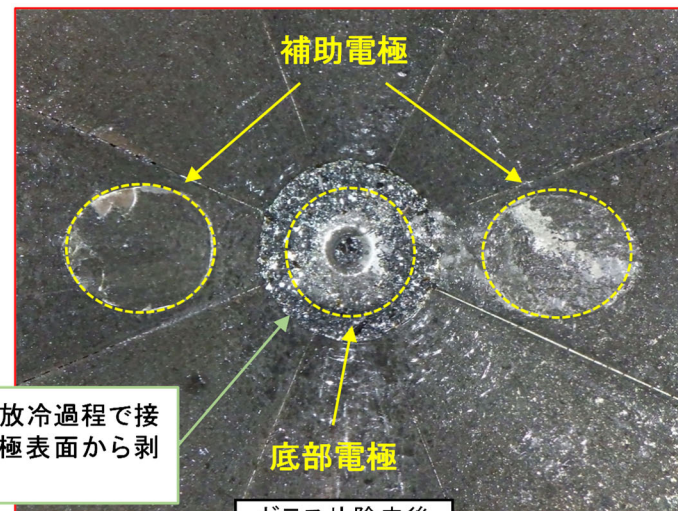
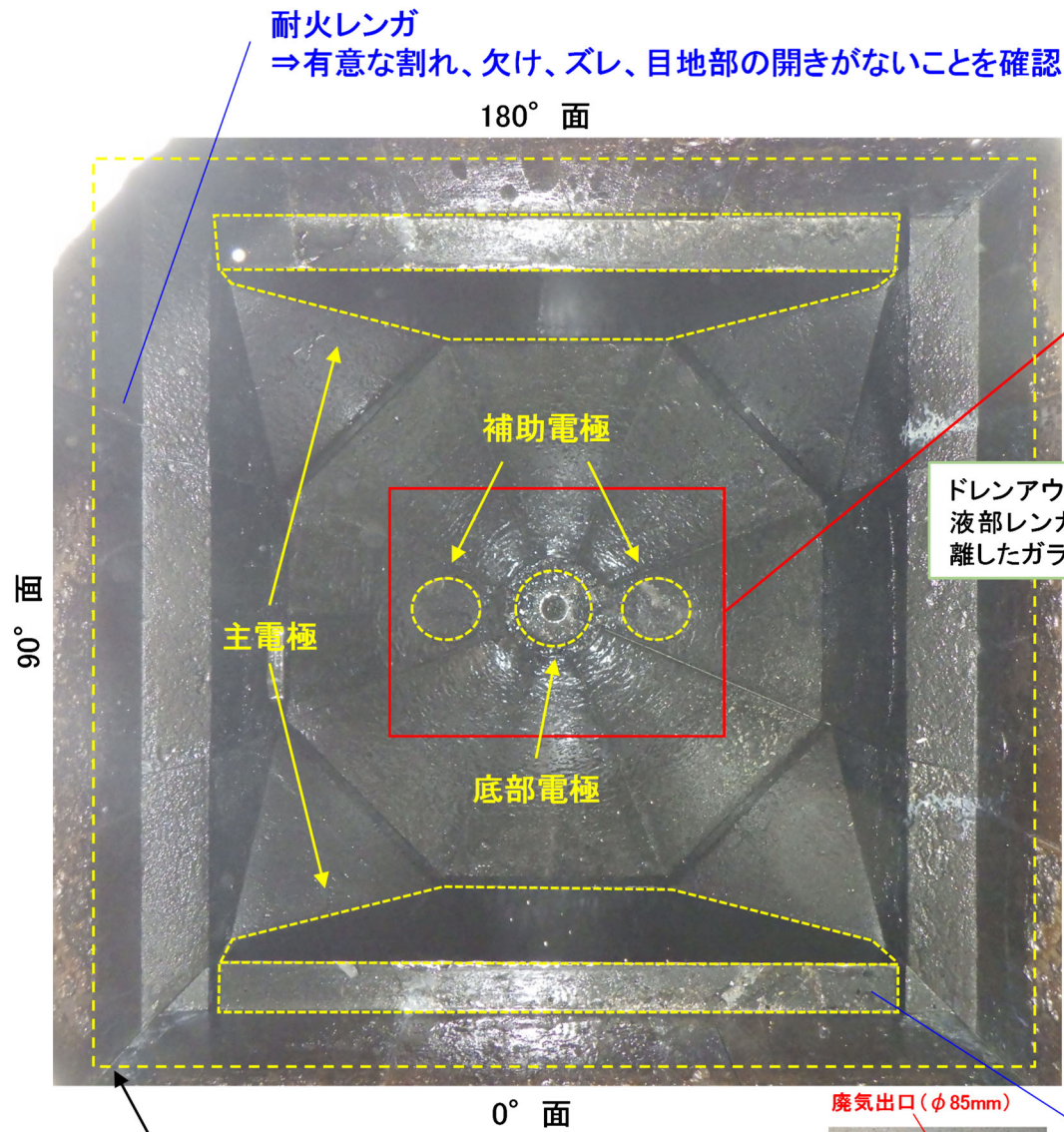


底部電極

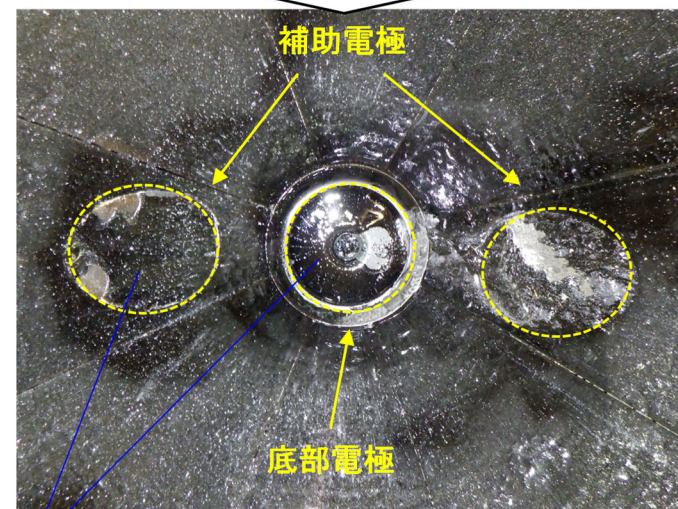


ドレンアウト完了時の炉内状況

図-4 ドレンアウト試験における温度等の変化



ガラス片除去後
(掃除機により吸引)

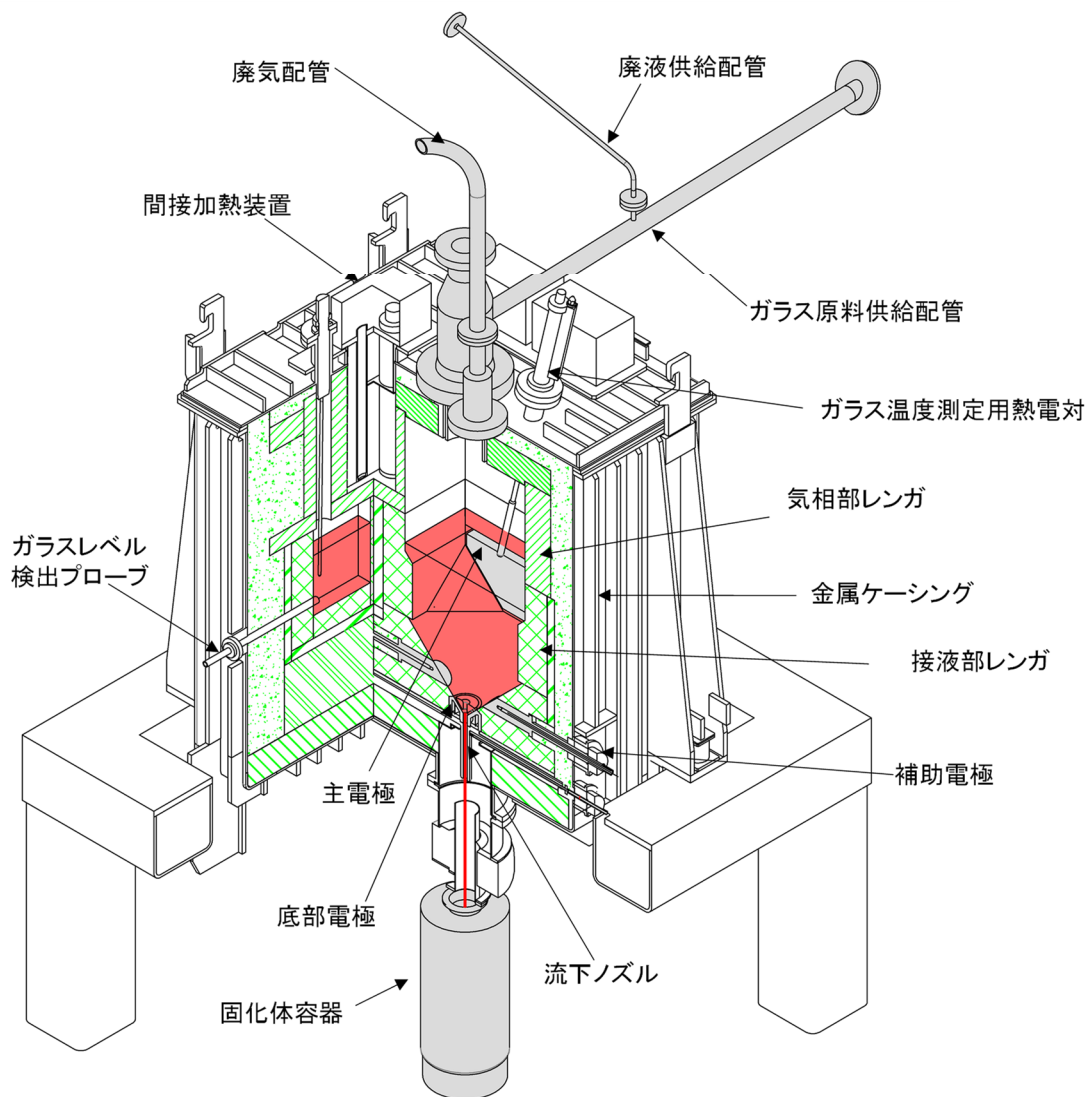


ガラスカレット試験におけるガラスの最高液面



気相部耐火レンガ (270° 面)
で確認された欠損部

図-5 炉内観察結果



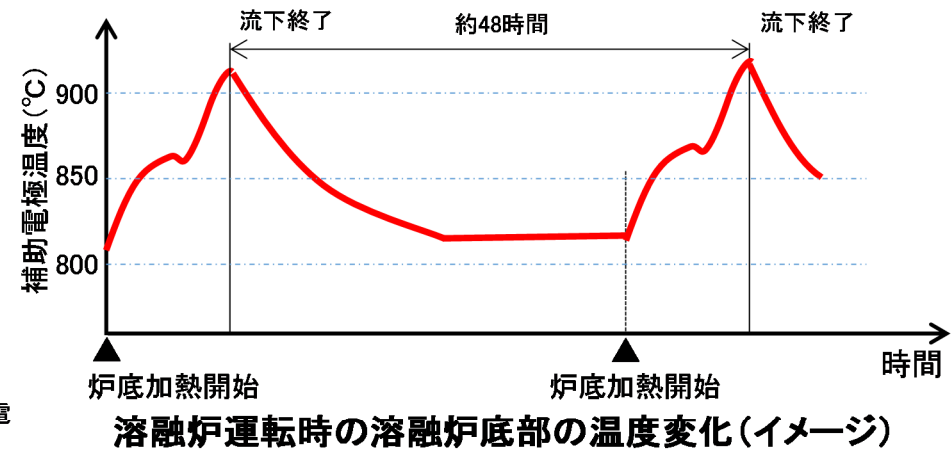
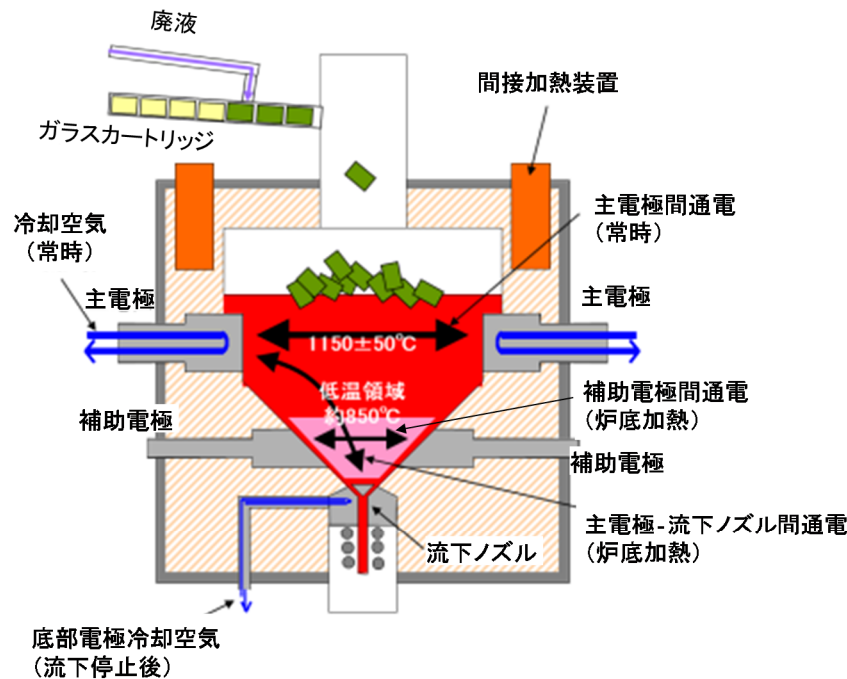
3号溶融炉の鳥瞰図

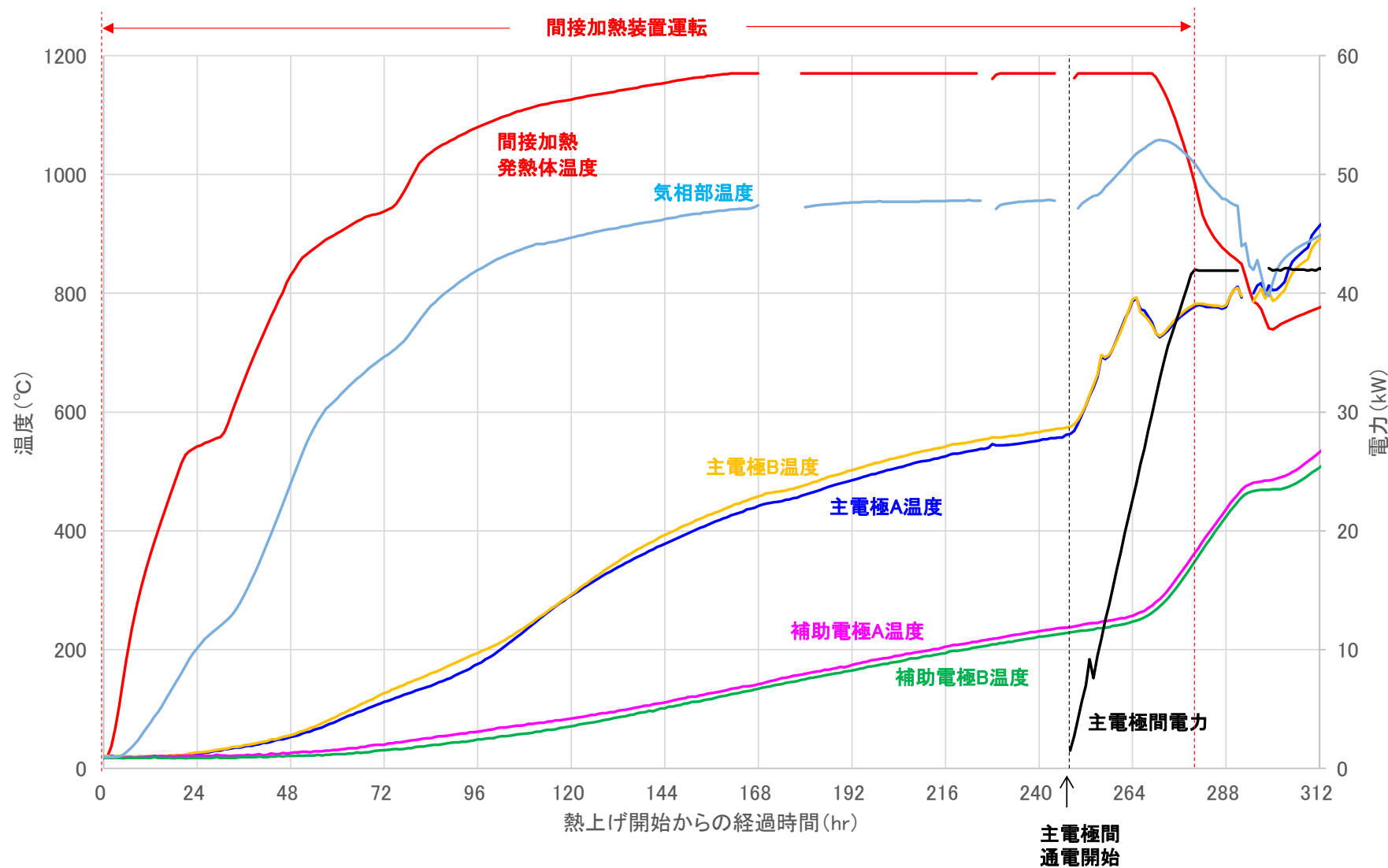
令和4年2月28日第64回東海再処理施設
安全監視チーム会合資料一部改訂

- 溶融炉底部のガラス温度を低温に維持することで、ガラスの粘性を増加させ、白金族元素粒子の沈降を抑制する(炉底低温運転)

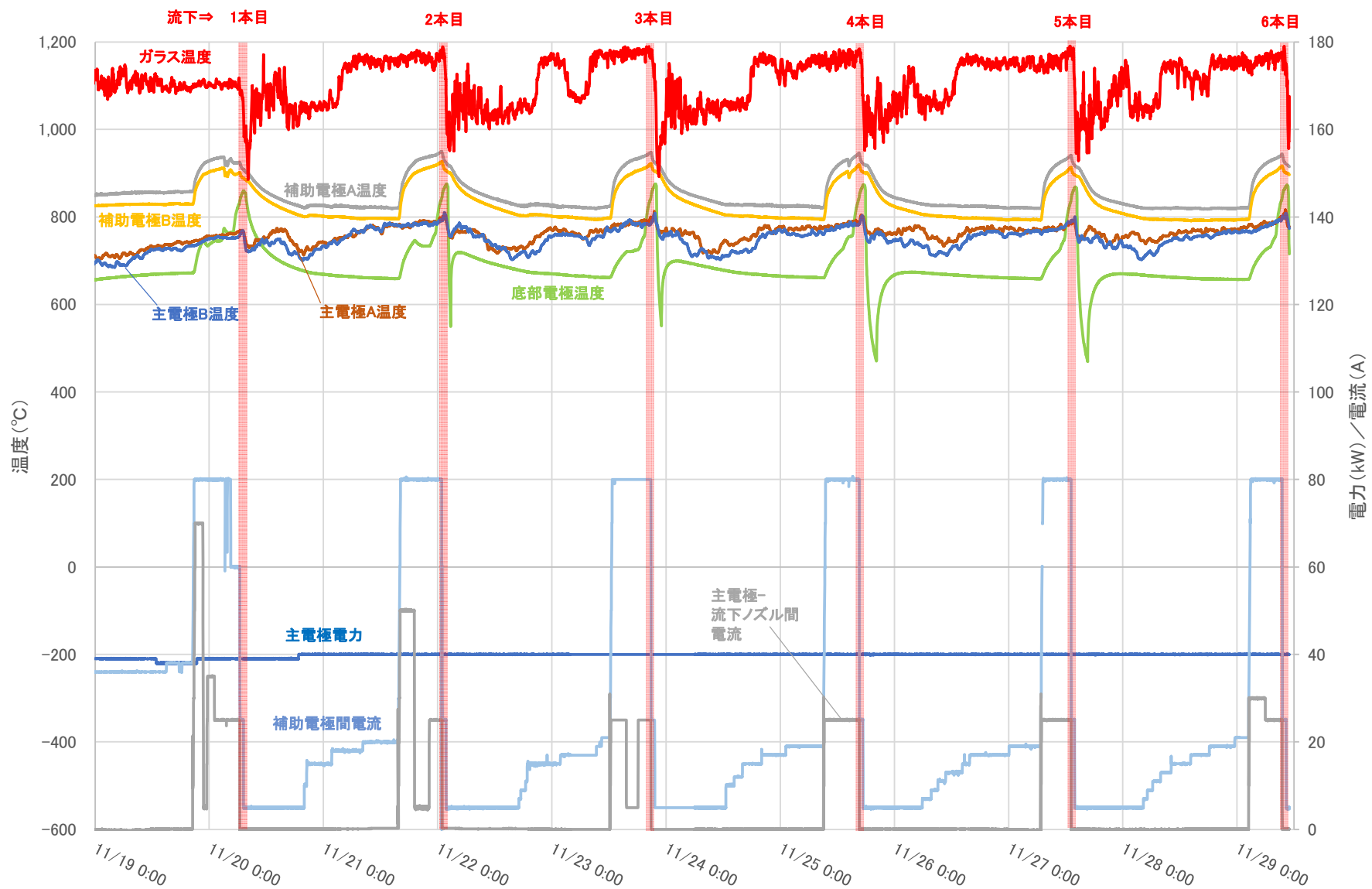
運転管理及び操作

- 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。
- 流下にあたり、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。

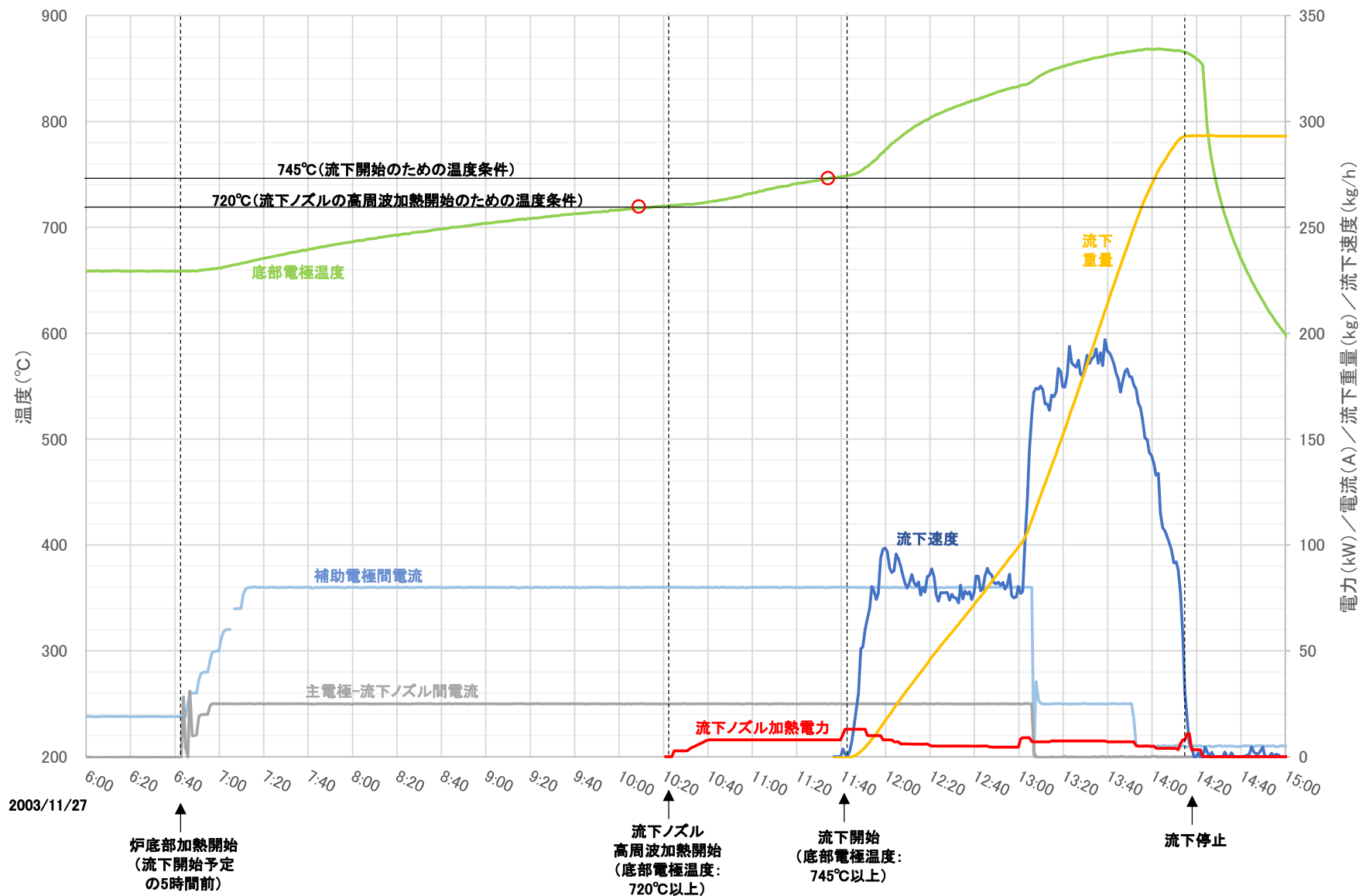




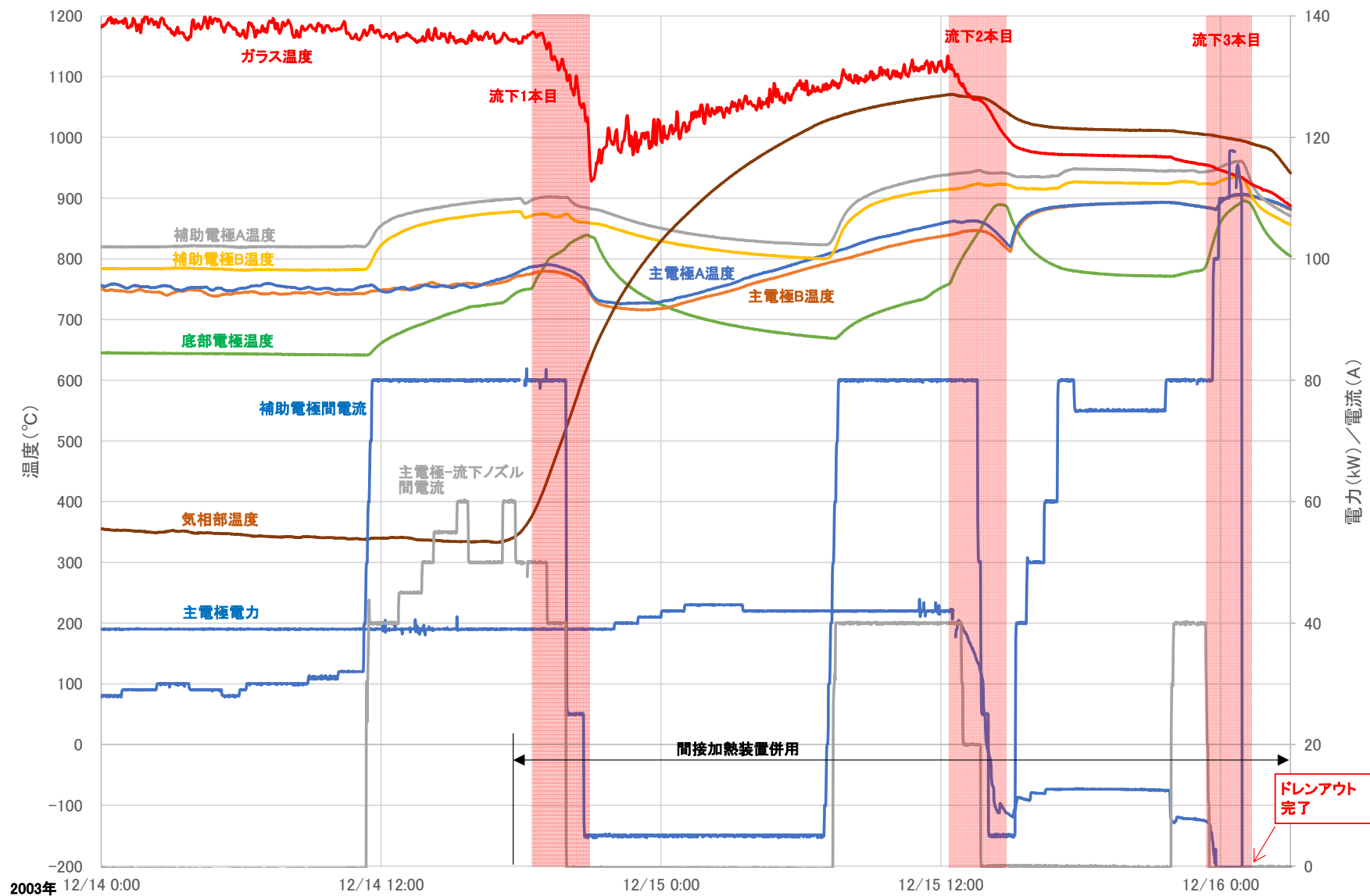
現行溶融炉(2号溶融炉)の築炉後の最初の熱上げ時(平成15年5月)における温度等の変化



模擬廃液を用いた現行溶融炉(2号溶融炉)の作動試験時(平成15年11~12月)における温度等の変化



模擬廃液を用いた現行溶融炉(2号溶融炉)の作動試験時(平成15年11~12月)における流下の実績



模擬廃液を用いた現行溶融炉(2号溶融炉)の作動試験時(平成15年11~12月)におけるドレンアウトの実績

クリプトン回収技術開発施設 空気圧縮機の制御系の改造について

令和5年5月18日

再処理廃止措置技術開発センター

1. はじめに

クリプトン回収技術開発施設（以下、Kr 施設）では、クリプトン（以下、Kr）の回収運転及び管理放出を終了しており、今後、窒素を供給する液体窒素設備を維持する必要がないことから、津波漂流物対策として当該設備を撤去する計画である。

液体窒素設備が有する空気圧縮機の自動バックアップ機能は、閉じ込め機能等に影響がなく、安全上の要求はないものの、当該設備の撤去に当たっては運転操作時の利便性を向上させる目的で既設の空気圧縮機に自動切換え機能を付加し、圧縮空気の連続供給を行うこととしたい（図-1、図-2）。以下に圧縮空気の供給停止時における安全性を示すとともに、圧縮空気の連続供給の方法等について示す。

2. 圧縮空気の供給停止時における安全性

Kr 施設では圧縮空気を換気系統（建家及びセル換気調整ダンパー）、計測制御系統（負圧指示調節計、貯槽液位計、セル漏洩検知装置）及びユーティリティ系（圧空作動弁）で使用している（図-3）。圧縮空気の供給が停止した場合は、これら系統による監視・調整機能等が失われるものの、以下の理由から安全上の問題はない。

- ・ 換気系統（建家及びセル換気調整ダンパー）、計測制御系統（負圧指示調節計）
負圧指示調節計による負圧の監視及び調整機能が失われても、換気調整ダンパーが安全側（換気を維持する側）に働き、施設内の負圧（閉じ込め機能）は維持される（負圧は通常より深くなる）。
- ・ 計測制御系統（貯槽液位計、セル漏洩検知装置）
貯槽液位計及びセル漏洩検知装置の機能が失われても、Kr 施設のセル内貯槽（容量 78 m³）に有する廃液の液量（約 2 m³）及び組成*から、仮に貯槽から漏洩しても汚染は広がらず、早急な対応を要しない。
※ U<0.01 g/L、Pu<0.05 mg/L、T-r<3.7×10¹ Bq/mL
- ・ ユーティリティ系（圧空作動弁）
圧空作動弁の操作ができず浄水（廃液を送液するポンプの呼び水として使用）の供給機能が失われ、廃液（VLAW）の送液が行えなくなるものの、空調の停止等により一時的に発生量を抑えることができるため、影響はない。

3. 圧縮空気の連続供給の方法

液体窒素設備の撤去に伴い、当該設備が有する空気圧縮機の自動バックアップ機能がなくなることから、運転操作時の利便性を向上させる目的で、その代替となる自動切換え機能を付加し、空気圧縮機の故障停止時（停電時含む）にも圧縮空気の連続供給を行うこととしたい。

その方法として、①液体窒素設備の代わりに可搬型の空気圧縮機を追加する方法と、②既設の空気圧縮機を活用する方法（制御系の改造）が考えられる。①可搬型の空気圧縮機を用いた場合、既設の空気圧縮機の故障を検知して可搬型の空気圧縮機を自動起動させる専用の回路を設ける必要がある。

①の可搬型の空気圧縮機を追加する方法は、必要な圧縮空気の流量（約 100 m³/h）を確保するために設備の規模が大きくなり、屋内への搬入・設置が困難となる。屋外に設置する場合も、設置場所の整備、電源（非常用発電機）の確保等のため、大掛かりな工事が必要となる。また、新たな回転機器が増えることとなり保守対応が増加することから、空気圧縮機（性能維持施設）を維持する期間に限定したとしても、合理的ではない。

一方、②の既設の空気圧縮機を活用する方法は、制御系の改造及び弁の自動化を行うことで、既設の空気圧縮機（2 系統）に自動切換え機能を付加するものであり、新たな回転機器を増やすことなく対応できる。これにより、空気圧縮機の故障停止時の対応（図-4）及び通常の点検・月例切換えの対応（図-5）について運転操作時の迅速性及び利便性が向上する。

このため、②の空気圧縮機の制御系の改造を行うこととしたい。

4. 自動切換え機能と性能維持施設の関係について

空気圧縮機の制御系の改造により付加される自動切換え機能そのものは、閉じ込め機能に影響がないことから性能維持施設に該当しないと考える（既存の液体窒素設備も同様）。

5. 廃止措置計画の変更認可申請について

本件は、性能維持施設である空気圧縮機の制御系の一部を改造し、盤の変更及び弁の自動化をするものであり、既存の耐震性に影響が生じることから、設計及び工事の計画に係る廃止措置計画の変更認可申請を行う。

以 上

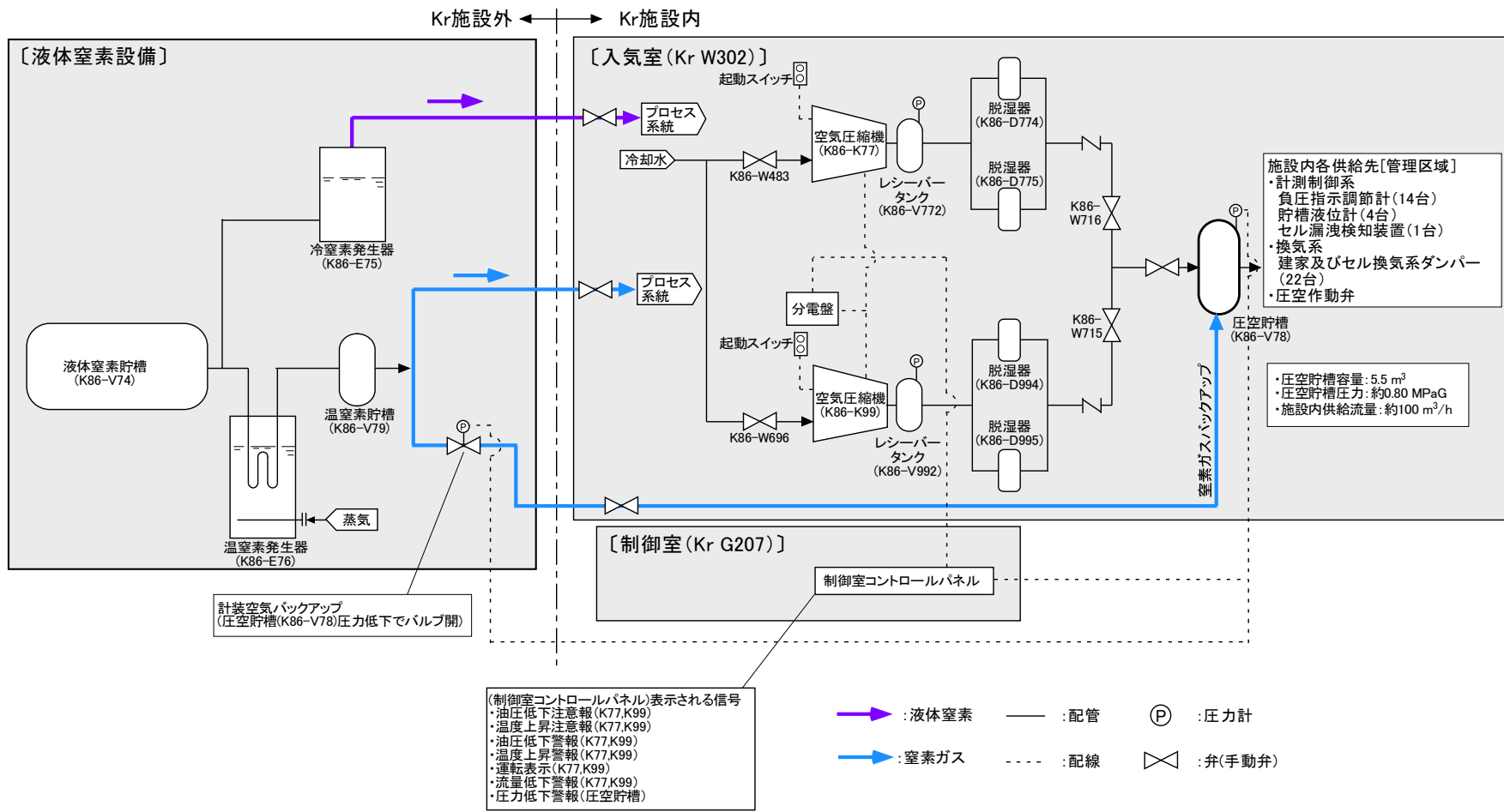


図-1 空気圧縮機の現状 概要図

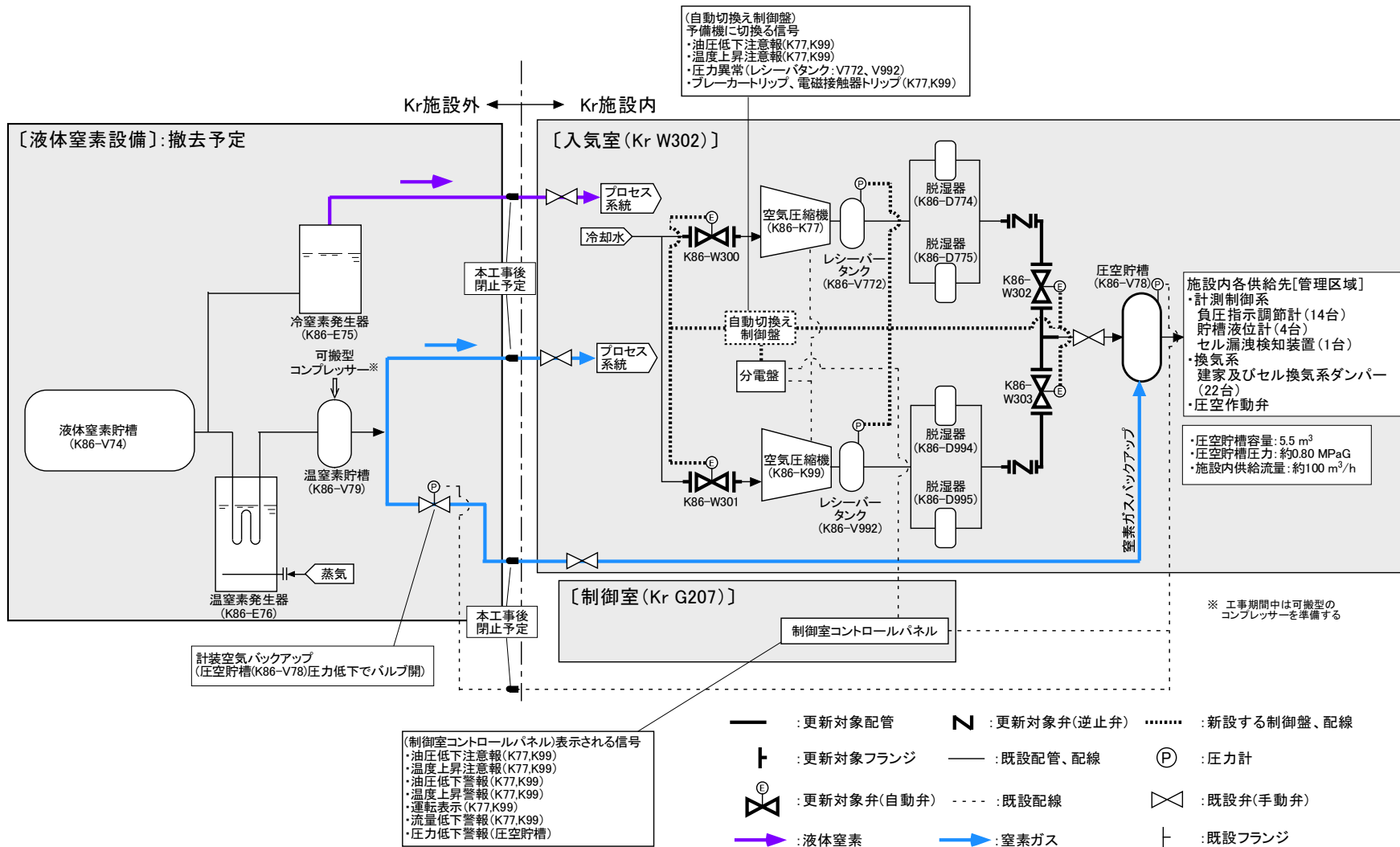


図-2 空気圧縮機 制御系の改造後 概要図

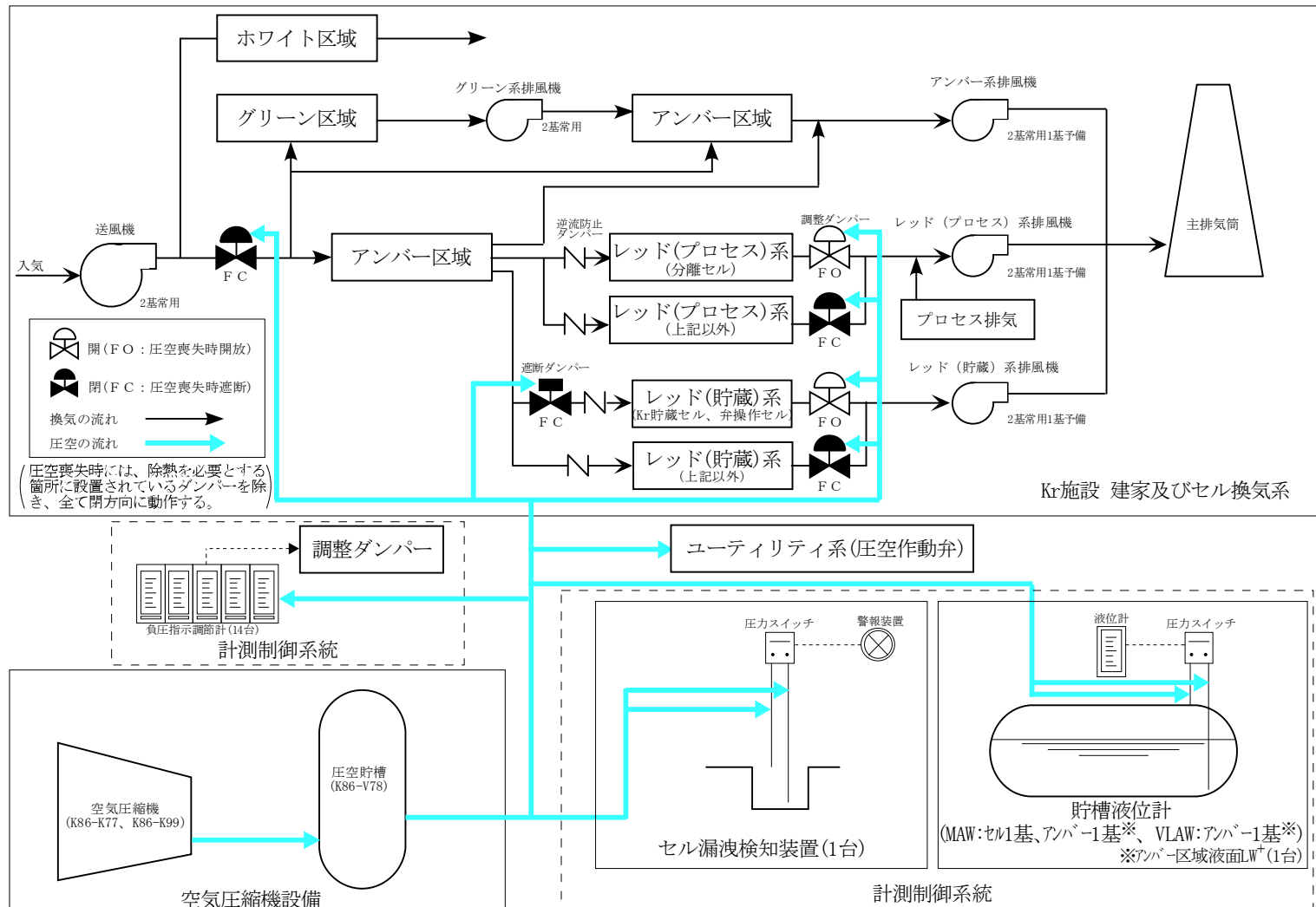
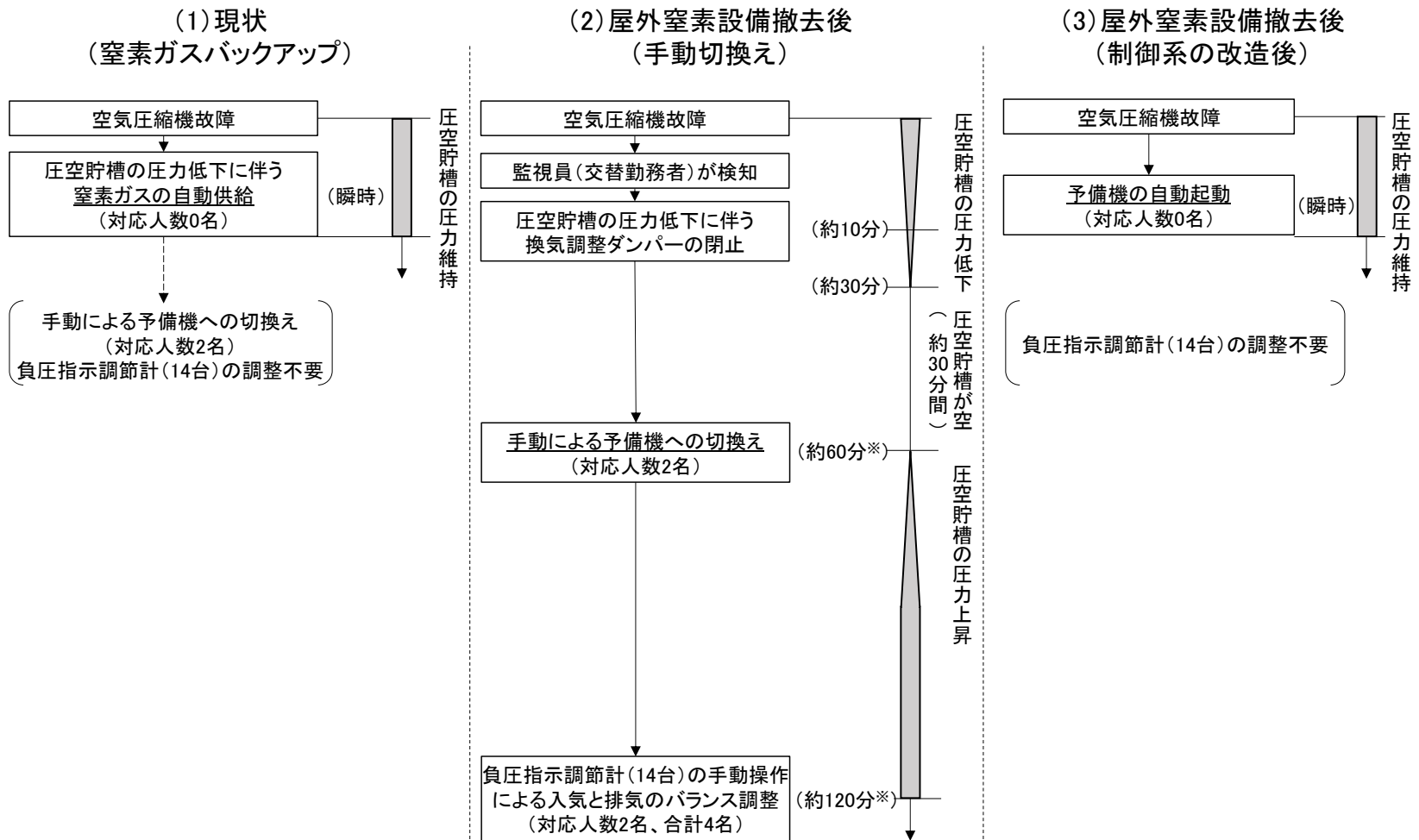


図-3 圧縮空気の供給系統概要図



※ 夜間休日は作業員の自宅からの移動に60分以上を要する。

図-4 空気圧縮機の故障停止時の対応フロー

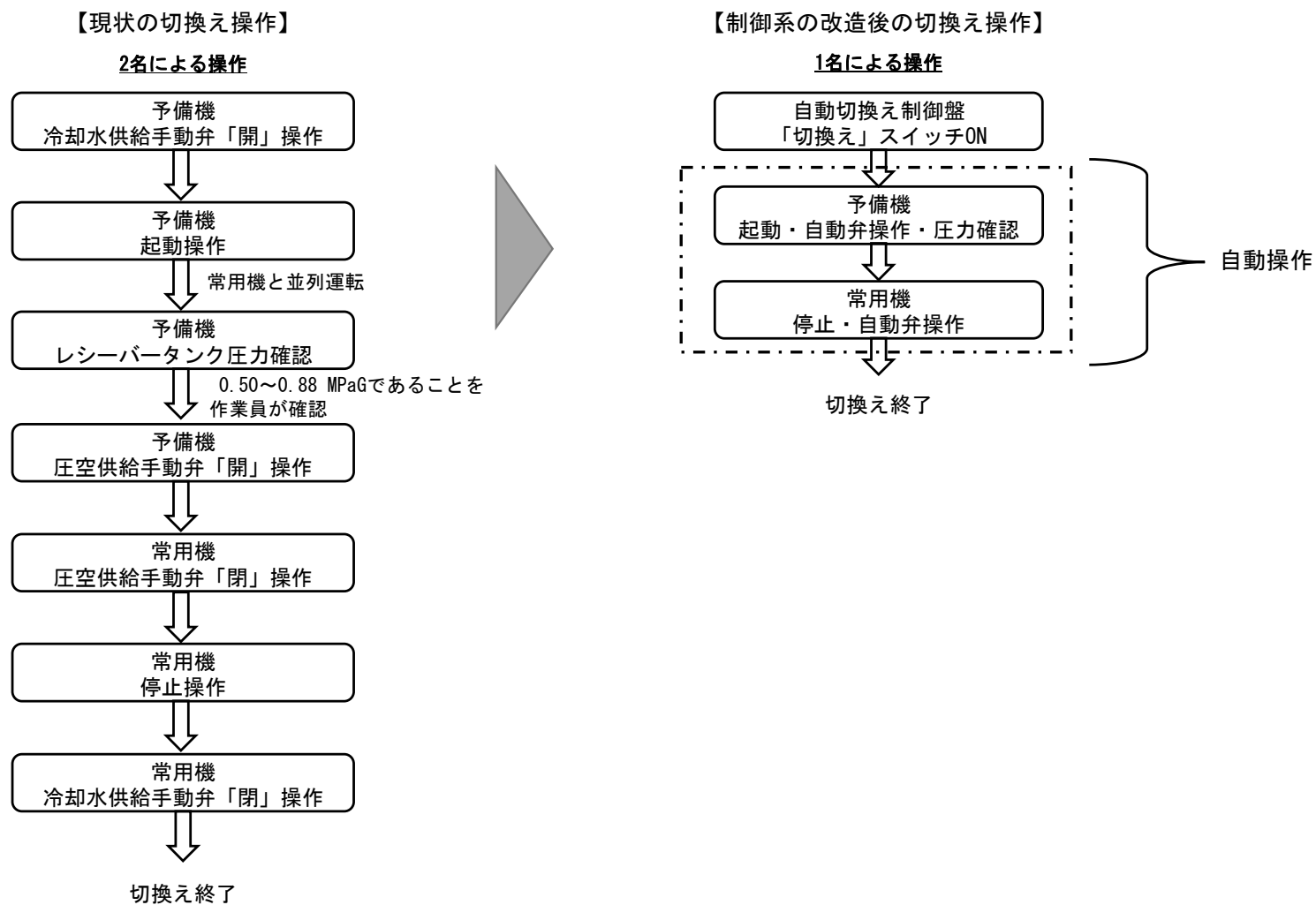
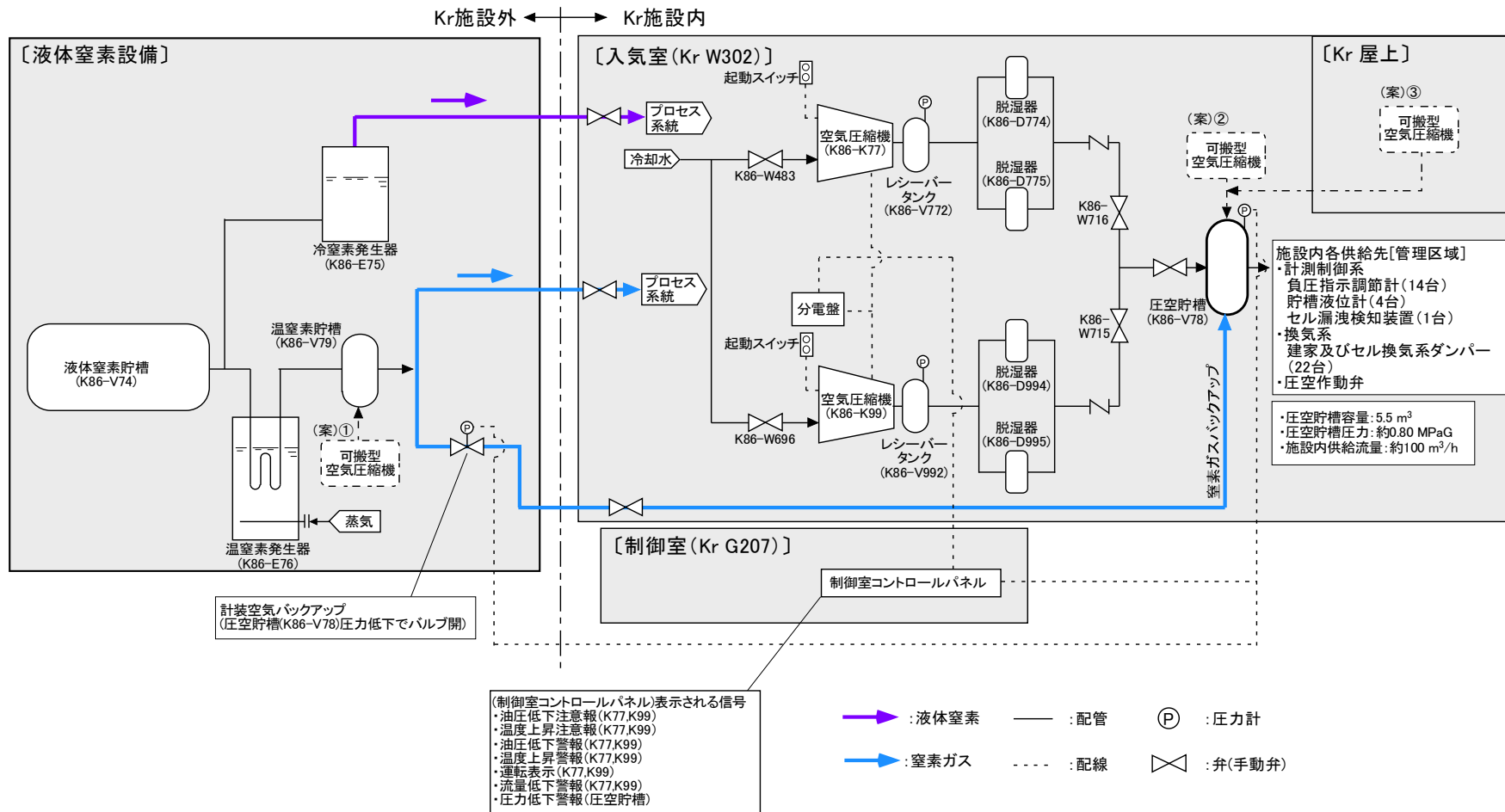
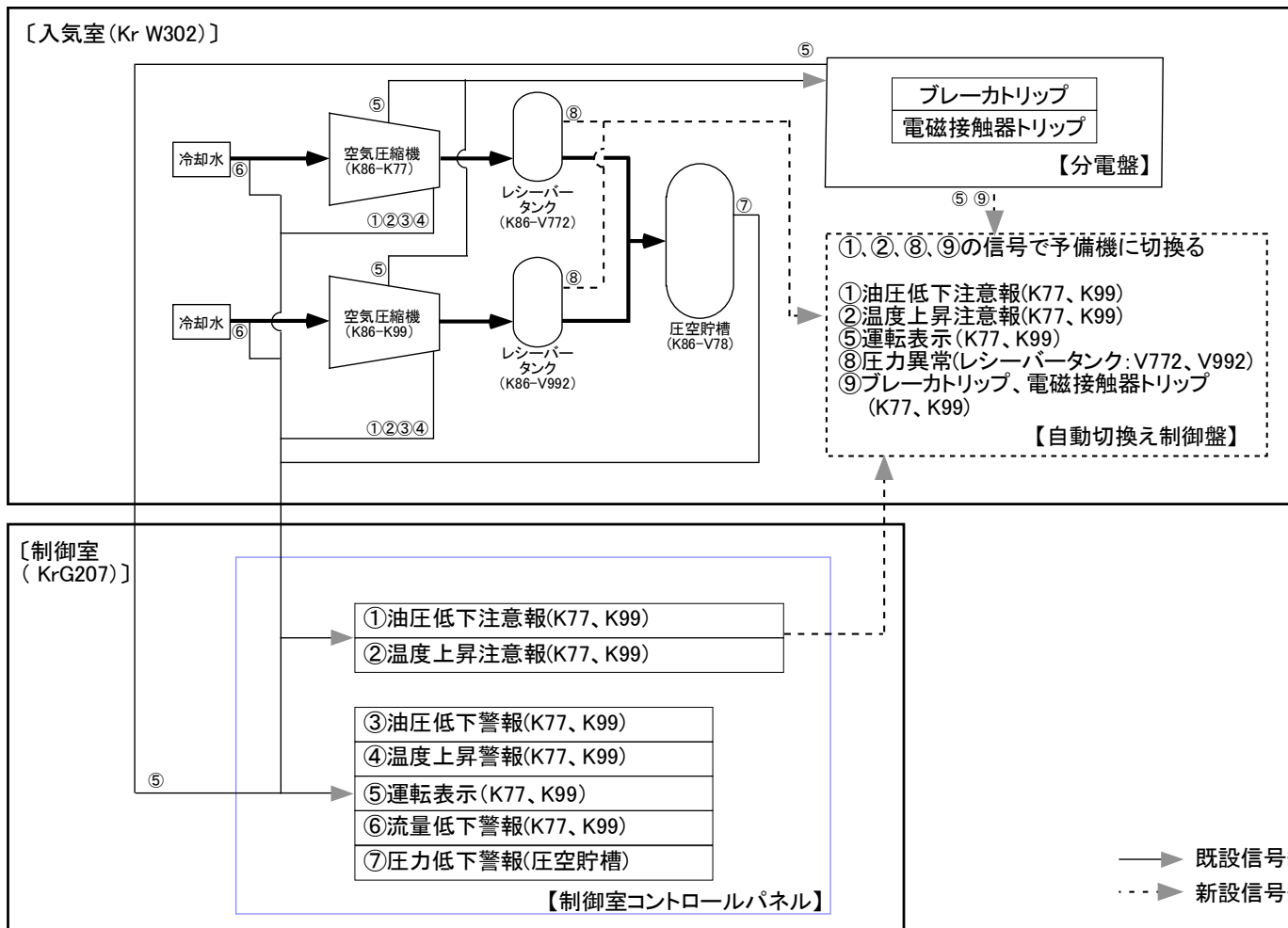


図-5 通常（点検・月例時）の切換え手順（現状の手動切換え操作及び制御系の改造後の切換え操作）

(参考-1)



可搬型の空気圧縮機の追加設置の候補



空気圧縮機の故障信号

東海再処理施設の廃止措置等に係る面談スケジュール(案)

令和5年5月18日
再処理廃止措置技術開発センター

| 面談項目 | 令和5年 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|------|------|------|--|
| | 4月 | | | | 5月 | | | | 6月 | | | | 7月 | | | | | |
| | ~7日 | ~14日 | ~21日 | ~28日 | ~5日 | ~12日 | ~19日 | ~26日 | ~2日 | ~9日 | ~16日 | ~23日 | ~30日 | ~7日 | ~14日 | ~21日 | ~28日 | |
| 廃止措置計画変更認可申請に係る事項 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 系統除染等に係る変更認可申請等 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 必要に応じて適宜説明 |
| 当面の工程の見直しについて | | | | | | | | | | | | | | | | | | 必要に応じて適宜説明 |
| LWTFの計画変更 セメント固化設備及び 硝酸根分解設備の設置 等 | | | | | | | | ▽25 | ▽1 | ▽8 | | | | | | | | 進捗状況を適宜報告 |
| 保全の方針/性能維持施設の見直し | | | | | | ▼11 | | ▽25 | | | | | | | | | | 必要に応じて適宜説明 |
| その他 | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○TVF保管能力増強に係る一部補正 ○設工認・その他報告事項等 ○その他の施設の火災防護 |
| | | ▼12 | ▼19 | ▼27 | | ▼11 | ▽18 | | ▽1 | ▽8 | | | | | | | | |
| | | | | | | ▼11 | | | ▽1 | ▽8 | | | | | | | | |
| 廃止措置の状況 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ガラス固化処理の進捗状況等 | | ▼12 | | ▼27 | | | ▽18 | | ▽1 | ▽8 | | | | | | | | 進捗状況を適宜報告 |
| 工程洗浄 | | ▼12 | | ▼27 | | ▼11 | | ▽25 | | | | | | | | | | 進捗状況を適宜報告 |

▽:面談 ◇:監視チーム会合