

ガラス固化技術開発施設（TVF）における 固化処理状況について

令和3年10月4日

日本原子力研究開発機構（JAEA）



1. 今回のTVF固化処理(21-1CP)スケジュールと実績

(2) 運転経緯(1/2)

- 前回の運転(19-1CP)は、8バッチ目の流下途中に流下ノズルと結合装置の加熱コイルの接触による自動流下停止が生じ、流下重量約120 kg(ガラス固化体重量1本:約300 kg)の状態で溶融炉を停止した。
- 今回の運転(21-1CP)は、8/5から熱上げを開始し、8/17に19-1CPの製造途中(仕掛品)のガラス固化体の容器にガラス流下を開始したことをもって処理を開始した。
- 8/18からガラス原料及び廃液供給を開始した。
- ガラス溶融炉以降の後工程であるガラス固化体を除染する除染装置(高圧水ポンプ)、ガラス固化体の蓋溶接を行う溶接機においてそれぞれ停止事象(8/25、8/27)が発生したが設計上想定した不具合事象であり、定められた手順に従い原因調査及び処置を行った。なお、溶接機の処置のため、約2日間の保持運転※を行った。
- ガラス固化体の閉じ込め確認検査において2本のガラス固化体が続けて判定値を超えたため(9/3、9/4)、手順に従いガラス固化体2本を再度除染し、改めて閉じ込め確認検査を実施し、判定値以下であることが確認できたことから保管した。なお、この対応のため、約3日間の保持運転※を行った。

※ 溶融炉へガラス原料及び廃液供給を行わず、溶融炉の通電・加熱を維持した状態を保つ運転。 < 19 >

1. 今回のTVF固化処理(21-1CP)スケジュールと実績

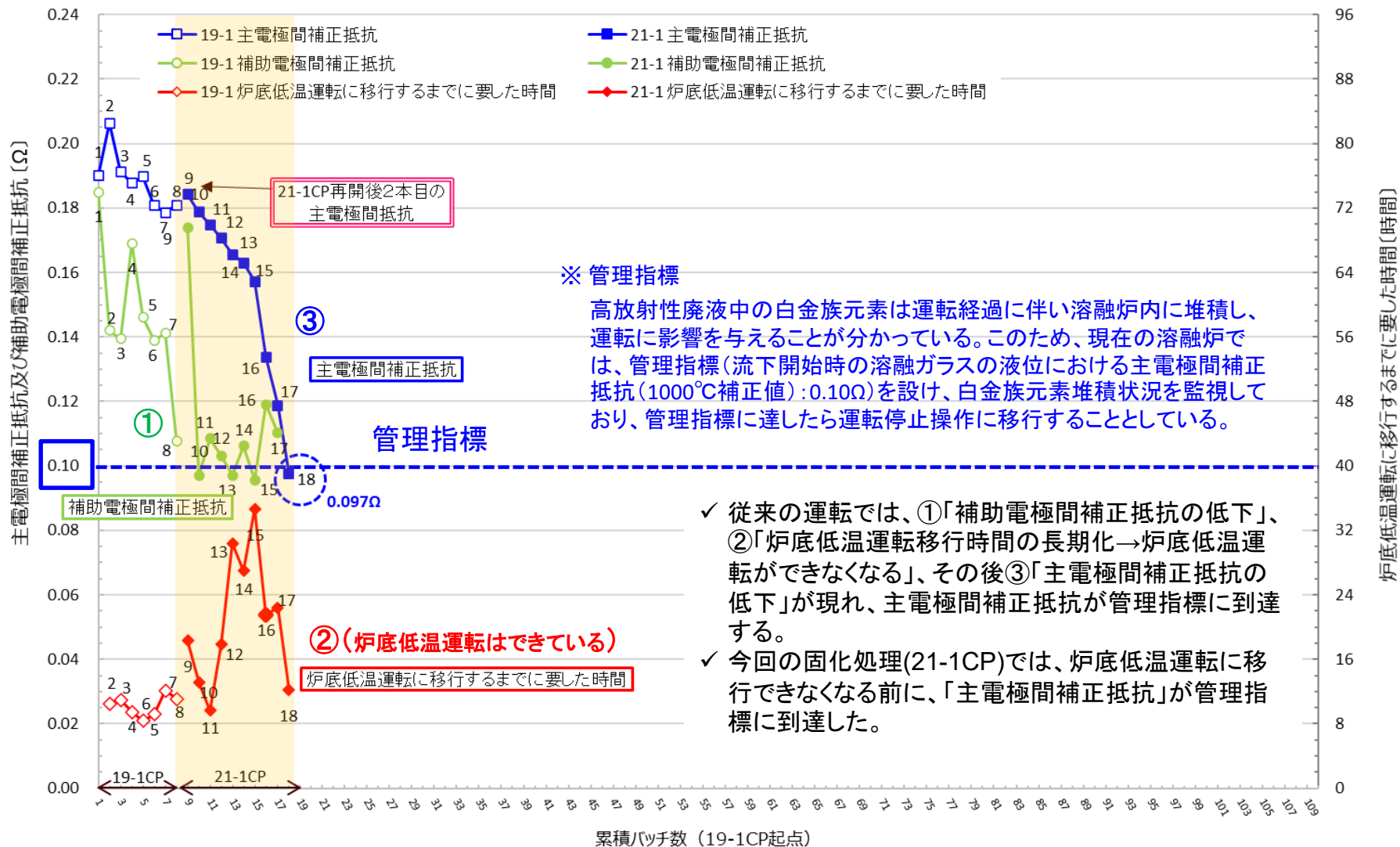
(2) 運転経緯(2/2)

- 9/13に11本目の流下開始前の溶融炉の主電極間補正抵抗値確認において、予め想定していた事象ではあるものの、管理指標※に達したことから、溶融炉の運転停止操作(炉内ガラス全量(3本分)抜き出し)に移行した。
- 9/16に炉内ガラス全量(3本分)の抜き出しを終了し、溶融炉の電源を断した。
- その後、ガラス溶融炉の冷却期間を経て、9/29、30に溶融炉内部の観察を行い、炉底部にガラスが残留していることを確認したため、次回運転に向けて残留したガラスの除去作業を行うこととした。このため、今回の運転(21-1CP)は10/4をもって終了した。
- 今回の運転(21-1CP)では、これまでに約7 m³の高放射性廃液を処理した。ガラス固化体の製造本数は、当初計画である60本に対し、13本のガラス固化体を製造した。

※ 高放射性廃液中の白金族元素は運転経過に伴い溶融炉内に堆積し、運転に影響を与えることが分かっている。このため、現在の溶融炉では、管理指標(流下開始時の溶融ガラスの液位における主電極間補正抵抗(1000℃補正值):0.10Ω)を設け、白金族元素堆積状況を監視しており、管理指標に達したら運転停止操作に移行することとしている。

1. 今回のTVF固化処理(21-1CP)スケジュールと実績

(3) 溶融炉の運転指標と今回の運転における推移



- ✓ 従来の運転では、①「補助電極間補正抵抗の低下」、②「炉底低温運転移行時間の長期化→炉底低温運転ができなくなる」、その後③「主電極間補正抵抗の低下」が現れ、主電極間補正抵抗が管理指標に到達する。
- ✓ 今回の固化処理(21-1CP)では、炉底低温運転に移行できなくなる前に、「主電極間補正抵抗」が管理指標に到達した。




主電極間補正抵抗(1000℃補正)の推移



2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査

(1) 原因調査の概要

運転の経緯

年	2017	2018	2019	2020	2021
運 転	 17-1CP		 19-1CP		 21-1CP

前々回運転(17-1CP)

- 主電極間補正抵抗値が管理指標まで低下したため、溶融炉を停止した。
- ドレンアウト後、炉内残留ガラス除去を行った。

前回運転(19-1CP)

- 1～7本目の流下は正常に終了した。
- 8本目の流下において、約120kg流下した時点で漏電により流下停止事象が発生した。
- その後、3回の流下を試みたが漏電により流下できず溶融炉内にガラスを保有した状態で停止した。
- 漏電対策として結合装置の交換を行った。

今回運転(21-1CP)

- 8本目(累計15本目)に溶接機の調整のため2日間の保持運転を行った。
- 9本目(累計16本目)に閉じ込め確認の再検査のため3日間の保持運転を行った。
- 11本目(累計18本目)で主電極間補正抵抗値が管理指標まで低下したため、溶融炉を停止した。
- ドレンアウト後、炉内残留ガラス除去を行う予定。

原因調査の概要

21-1CP開始時とドレンアウト前の炉内状態の推定

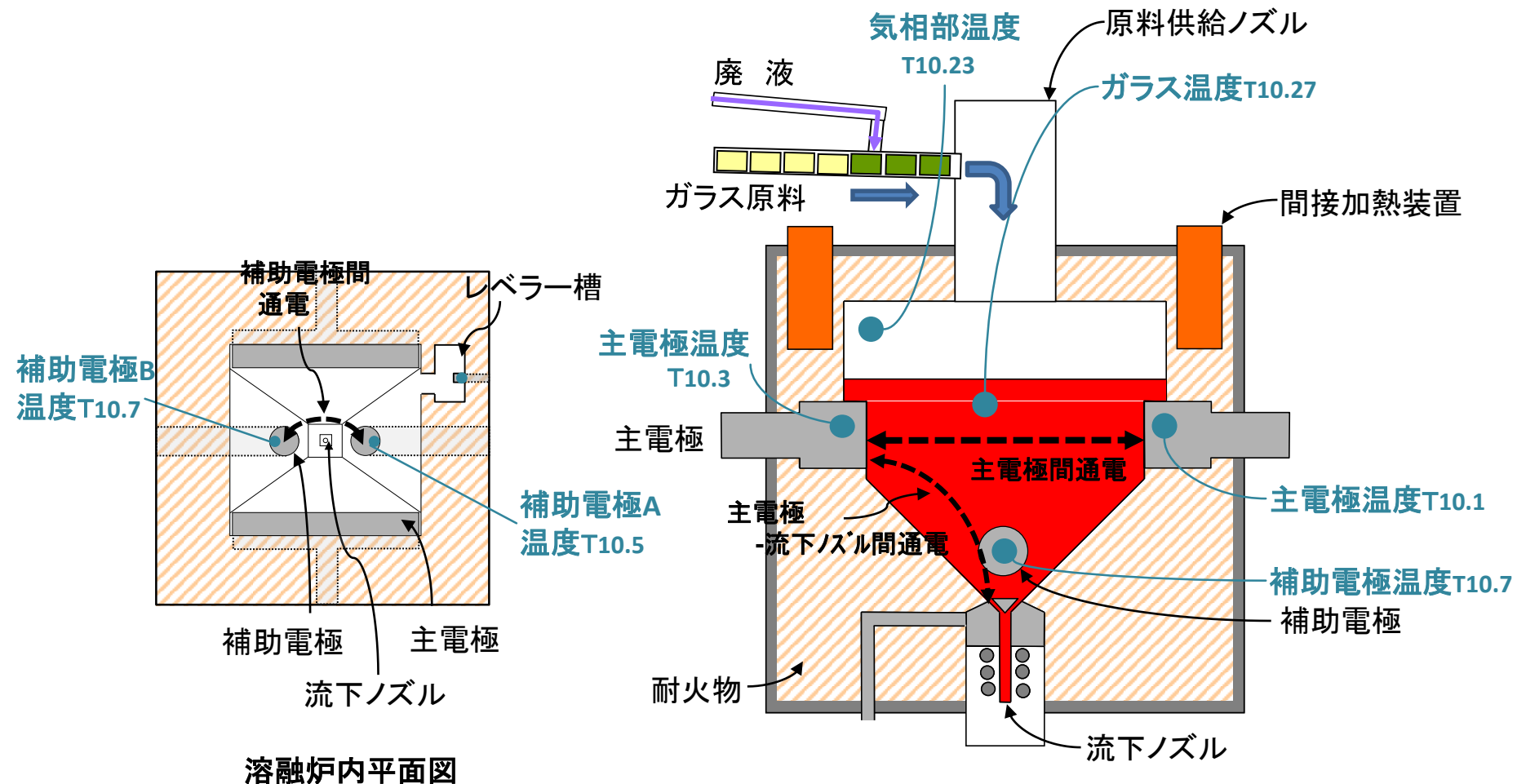
- 19-1CP終了時と21-1CP開始時の運転データの比較(19-1CP停止時の影響を検討)
- 21-1CP運転経過に伴う運転データの変化からドレンアウト前の炉内状態を推定
- 炉内観察の結果を(2)で推定した炉内状態と照合

21-1CPドレンアウト前の炉内状態に至った要因の絞込み

- 21-1CPでの変更点(結合装置の交換、溶接機の調整に伴う保持運転など)を踏まえたFT図により、想定よりも少ない本数で主電極間補正抵抗が低下した要因の洗出し
- 流動解析などにより、洗出した要因の絞込み

2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査

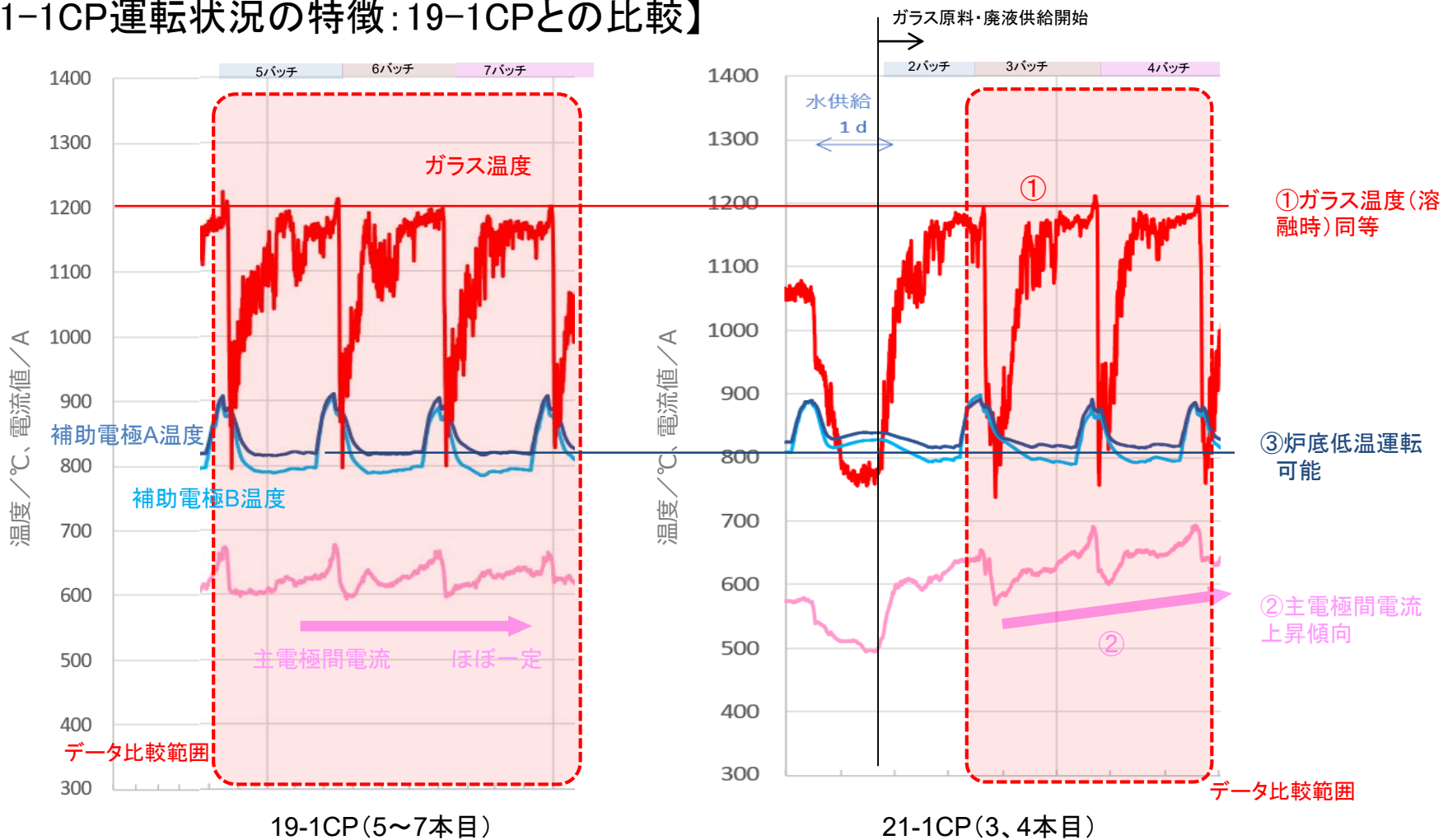
(2) 運転データの整理(1/4)



ガラス溶融炉構造概念図

2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査 (2) 運転データの整理 (2/4)

【21-1CP運転状況の特徴: 19-1CPとの比較】

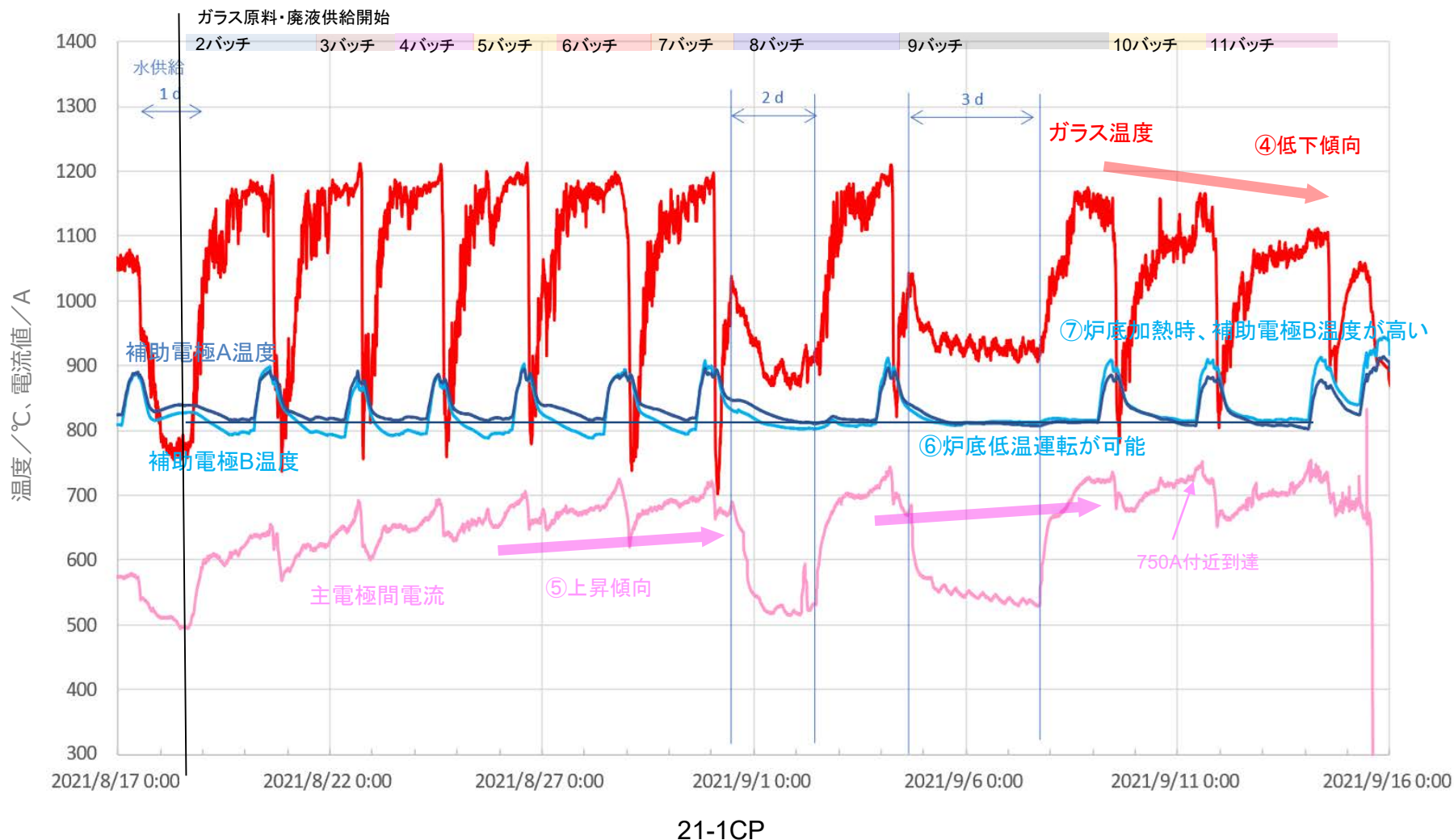


ガラス原料及び廃液供給を開始した2本目は除いて、溶融状態が安定する3、4本目を比較の対象とした。

19-1CP及び21-1CP ガラス溶融運転時の各パラメータの推移

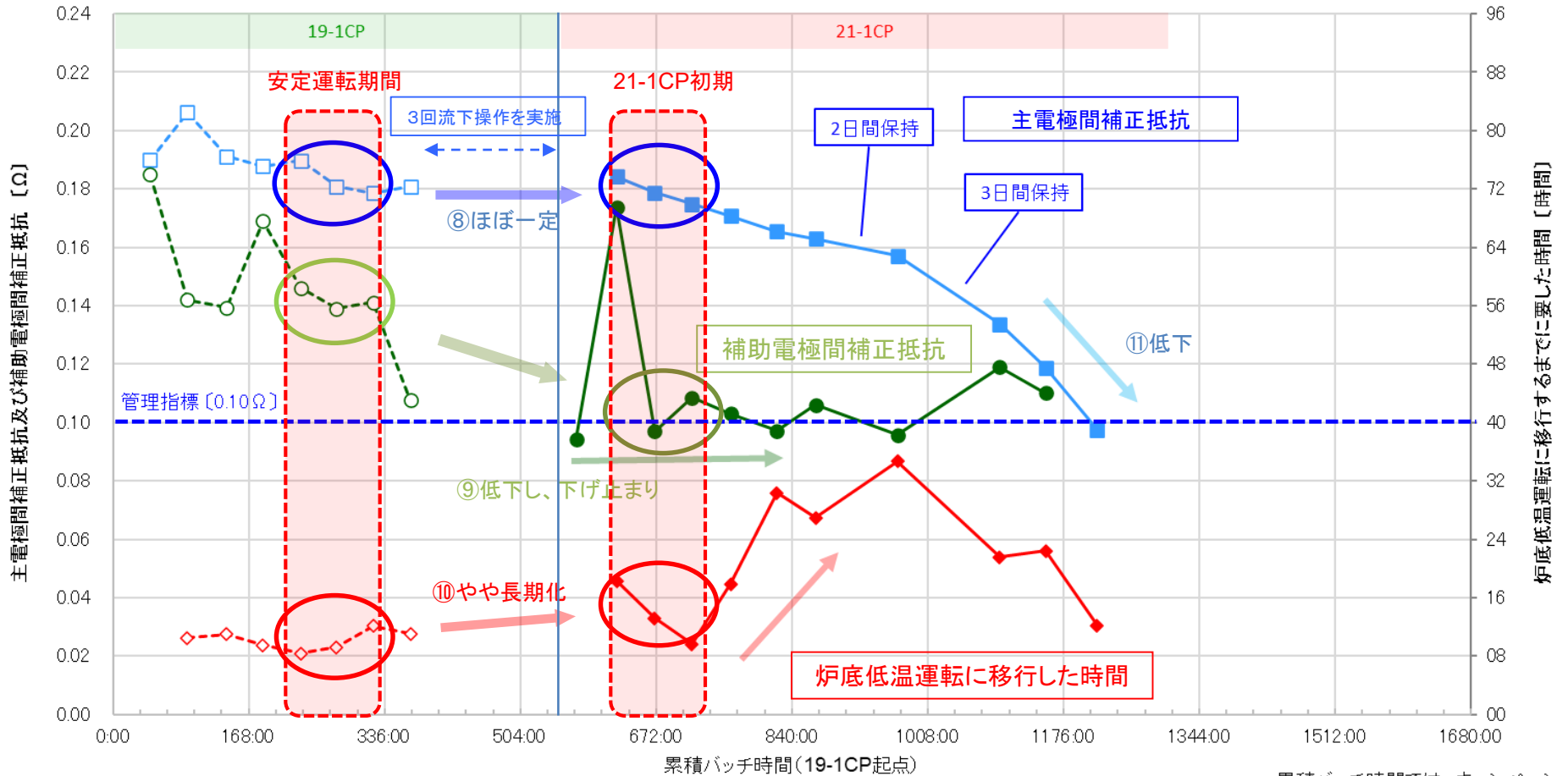
2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査 (2) 運転データの整理 (3/4)

【21-1CP運転状況の特徴】



2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査 (2) 運転データの整理(4/4)

【21-1CPの初期と19-1CPの中期の状態(運転指標)との比較】



主電極間補正抵抗及び補助電極間補正抵抗とバッチ開始時から炉底低温運転*1に移行するまでに要した時間の推移
*1: 補助電極温度が820°Cまで放冷されたタイミング

累積バッチ時間では、キャンペーン終了時や長期中断時は主電極通断までの時間をバッチ時間とした。

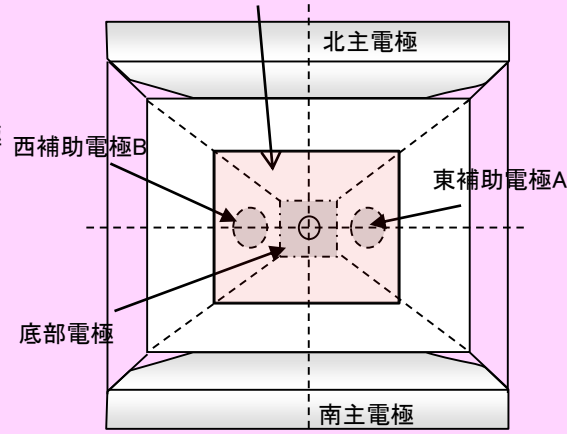
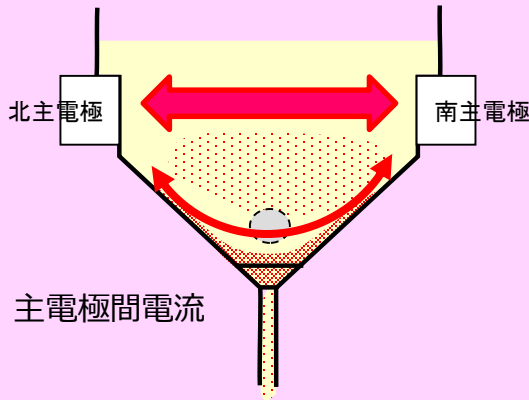
2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査

(3) 炉内状態の推定

【21-1CPの運転開始時及び運転経過後の炉内状態イメージ（推定）】

○21-1CPの開始

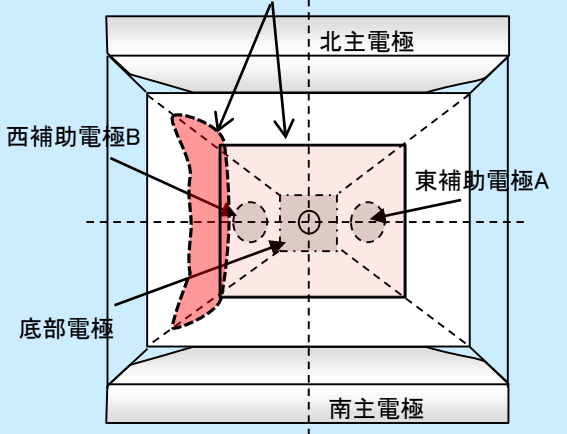
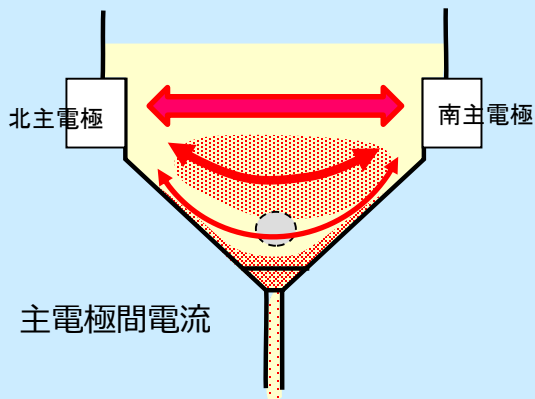
白金族元素を多く含むガラスの堆積イメージ



1. 補助電極間補正抵抗値が下げ止まっている(⑨)。
→ 補助電極上端部まで白金族元素を多く含むガラスが堆積。
2. 炉底低温運転移行時間がやや長期化(⑩)。
→ 主電極電流が炉底部に回り込み。
3. 主電極電流が上昇(抵抗値が低下) 傾向(②)
→ 白金族元素を多く含むガラスが補助電極上端部より高い位置まで堆積。

○21-1CP運転経過後（熔融炉停止時）

白金族元素を多く含むガラスの堆積イメージ

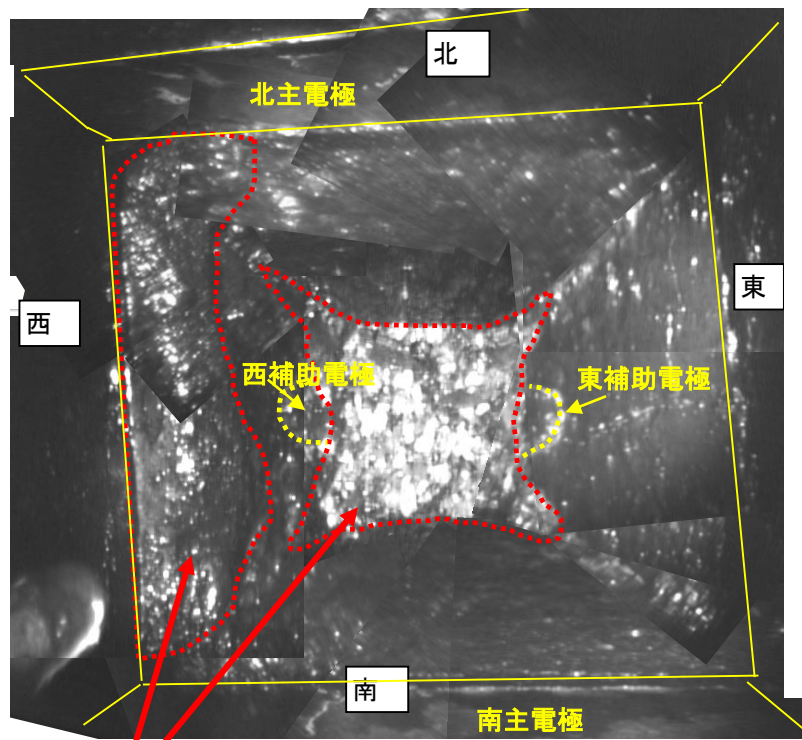
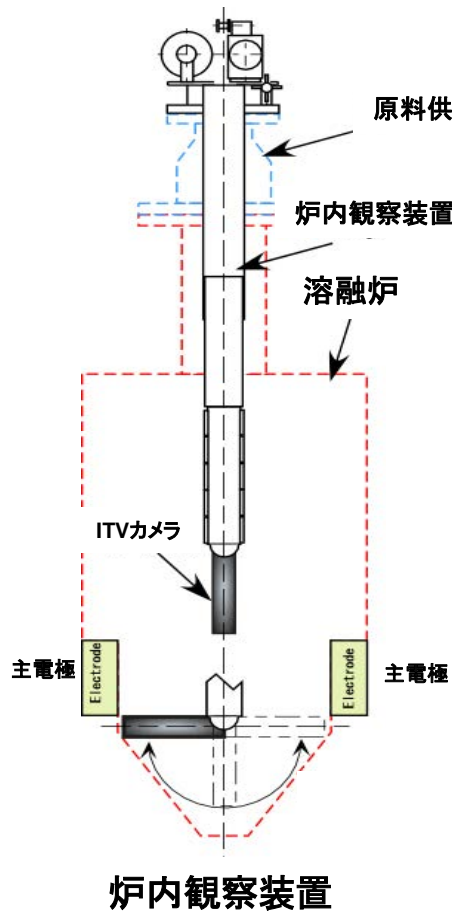


1. 主電極間電流が上昇(抵抗が低下)し、ガラス温度が低下した。その後、主電極間補正抵抗が管理指標まで低下(④、⑤、⑧)。
→ 白金族元素を多く含むガラスが主電極近傍まで堆積し、主電極電流が流れた。
2. 炉底加熱時に西補助電極Bの温度が東補助電極側Aより高くなった(⑦)。
→ 西補助電極B付近に白金族元素を多く含むガラスが堆積。
3. 補助電極間補正抵抗値が下げ止まり継続(⑨)、炉底低温運転が可能(⑥)。
→ 白金族元素を多く含むガラスが補助電極上端部より高い位置まで堆積。主電極間電流の回り込みは運転開始時と同程度。

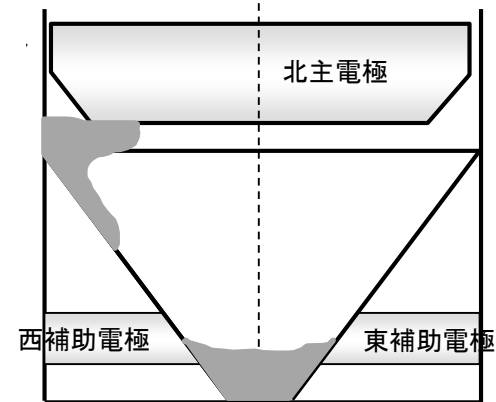
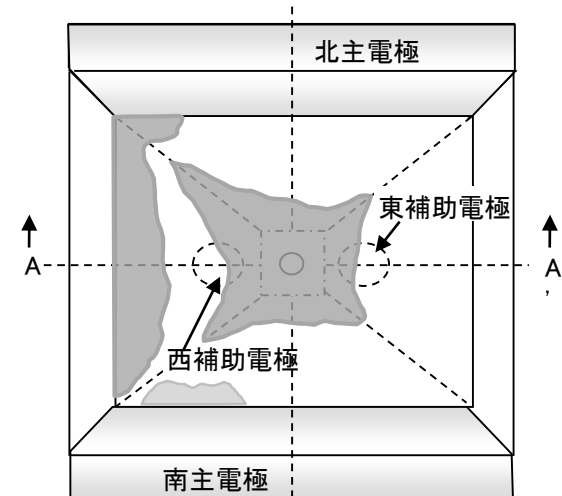
2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査

(4) 炉内観察

【炉内観察の結果】



炉内に残留しているガラス



A-A' 断面

2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査

【主電極間補正抵抗が低下する要因(要因解析図)】: 検討中(1/2)

行No.	事象	要因1	要因2	要因3	要因4	要因5	要因6	調査項目
1	主電極間補正抵抗が早期に低下し、管理指標(0.10Ω)まで下回った。	白金族元素の早期沈降堆積	白金族元素の供給量増加	高放射性廃液中の白金族元素濃度上昇				・受入廃液の元素分析記録(白金族元素濃度)確認
2			流下による白金族元素の抜出率低下	流下速度コントロール不備(流下初期の流下速度が、目標流下速度(60~80kg/h)よりも大きかった。)				・流下速度を算出するための重量計の校正記録確認 ・流下速度のトレンド記録確認
3				白金族元素が抜き出しにくい炉底傾斜形状	19-1CP前の炉内残留ガラス除去において、傾斜面、谷部の残留ガラスの除去が十分に行えていなかった。			・19-1CP前の炉内残留ガラス除去作業結果の検証(過去の炉内残留ガラス除去作業後の炉内観察結果(16-1CP前)との比較)
4				保持運転、または流下前の炉底部の加熱時間が長期化したことにより、炉底部のガラスの白金族元素の濃度が高まり、抜けにくくなった。				・19-1CPにおけるシャットダウン前の保持運転による影響評価(19-1CPと21-1CPとのトレンドデータの比較) ・21-1CPにおける保持運転の影響評価(保持運転前後の各抵抗値、温度等の比較) ・定常解析実施 炉底部(補助電極上端付近まで)に白金族元素が堆積している条件にて、定常解析を実施し、主電極間電流の廻り込みの有無、炉底傾斜面上部の温度上昇の有無を確認する。
5				Na濃度の低下によりガラスの粘度が増加し、炉底低温運転時において、白金族元素が主電極付近に滞留した(本来は傾斜面まで白金族元素が沈降)				・受入廃液の元素分析記録(Na濃度)確認 ・流下ガラスのサンプルの組成確認
6			炉底低温運転中における白金族元素の沈降速度の上昇	傾斜面を含む炉底部の温度上昇によるガラスの粘性低下	温度指示値不良による炉底部温度コントロールの不備(補助電極温度の指示値が実温度よりも低めにシフト)			・温度指示値のループ校正記録確認
7					処理能力低下(廃液・ガラス原料供給速度に対する加熱能力の低下)により煨焼層が厚くなったため、主電極間電流が傾斜面を含む炉底部に多く廻り込むようになった。	廃液中のNa濃度が低下したことにより、ガラス溶解に要する電力が増加したため、処理能力の低下が生じた。		・炉内雰囲気温度、ガラス温度のトレンド記録確認 ・受入廃液の元素分析記録(Na濃度)確認 ・流下ガラスのサンプルの組成確認(Na濃度)
8						主電極間電力指示値の不良により、所定の電力(39kW一定)が投入されておらず、処理能力の低下が生じた。		・炉内雰囲気温度、ガラス温度のトレンド記録確認 ・主電極電力指示値のループ校正記録確認

【共通調査項目】
 ・炉内観察(白金族元素堆積の確認)
 ・ドレンアウト実績の比較(21-1CP、17-1CPにおけるドレンアウト時の主電極間抵抗、補助電極間電力等の比較)

2. 主電極間補正抵抗の早期低下に係る原因調査

【主電極間補正抵抗が低下する要因(要因解析図)】: 検討中(2/2)

行No.	事象	要因1	要因2	要因3	要因4	要因5	要因6	調査項目
9						溶融炉からの除熱量が増加し、処理能力の低下が生じた。	主電極冷却空気流量の増加	<ul style="list-style-type: none"> 炉内雰囲気温度、ガラス温度のトレンド記録確認 主電極間冷却空気流量の調整記録確認
10							結合装置のインリーク量増加(炉内の排気風量増加)	<ul style="list-style-type: none"> 炉内雰囲気温度、ガラス温度のトレンド記録確認 21-1CP前の結合装置交換後における結合装置からのインリーク量評価(簡易計算)
11					ガラスレベルが低くなったため、主電極間電流が傾斜面を含む炉底部に多く廻り込むようになった。	ガラスレベル計の作動不良により、実際の液面よりも低い液面にて、レベル検知が行われていた。		<ul style="list-style-type: none"> 溶融炉制御盤(ガラスレベル検知システム内臓)の点検整備記録確認
12				ガラス原料、または廃液の組成変動(Na濃度高等)によるガラスの粘性低下				<ul style="list-style-type: none"> ガラス原料組成(工場検査記録)確認 受入廃液の元素分析記録(Na濃度等)確認 流下ガラスのサンプルの組成確認(Na濃度等)
13	ガラスの比抵抗低下		ガラス組成の変動に伴うガラスの比抵抗低下	溶融ガラス中のNa濃度上昇	高放射線廃液中のNa濃度上昇			<ul style="list-style-type: none"> 受入廃液の元素分析記録(Na濃度)確認 流下ガラスのサンプルの組成確認(Na濃度)
14				溶融ガラス中の廃棄物含有率上昇	廃液、またはガラス原料供給速度の管理不備			<ul style="list-style-type: none"> 廃液・ガラス原料供給記録確認 流下ガラスのサンプルの組成確認(廃棄物含有率)
15			ガラス温度上昇に伴うガラスの比抵抗低下					<ul style="list-style-type: none"> ガラス温度等、炉内主要温度のトレンド記録確認
16	主電極間通電経路の短絡		主電極間通電ブスバー間に金属片等あり					<ul style="list-style-type: none"> 主電極間通電ブスバーの外観点検 セル外の主電極間通電経路における電極間の抵抗測定
17	主電極間の炉内形状の変化に伴う電極間抵抗低下		炉内耐火レンガの崩れ					<ul style="list-style-type: none"> 炉内観察実施(耐火レンガの落下等の有無確認)

【共通調査項目】

- 炉内観察(白金族元素堆積の確認)
- ドレンアウト実績の比較(21-1CP、17-1CPにおけるドレンアウト時の主電極間抵抗、補助電極間電力等の比較)

➤ 運転再開に向けた対応

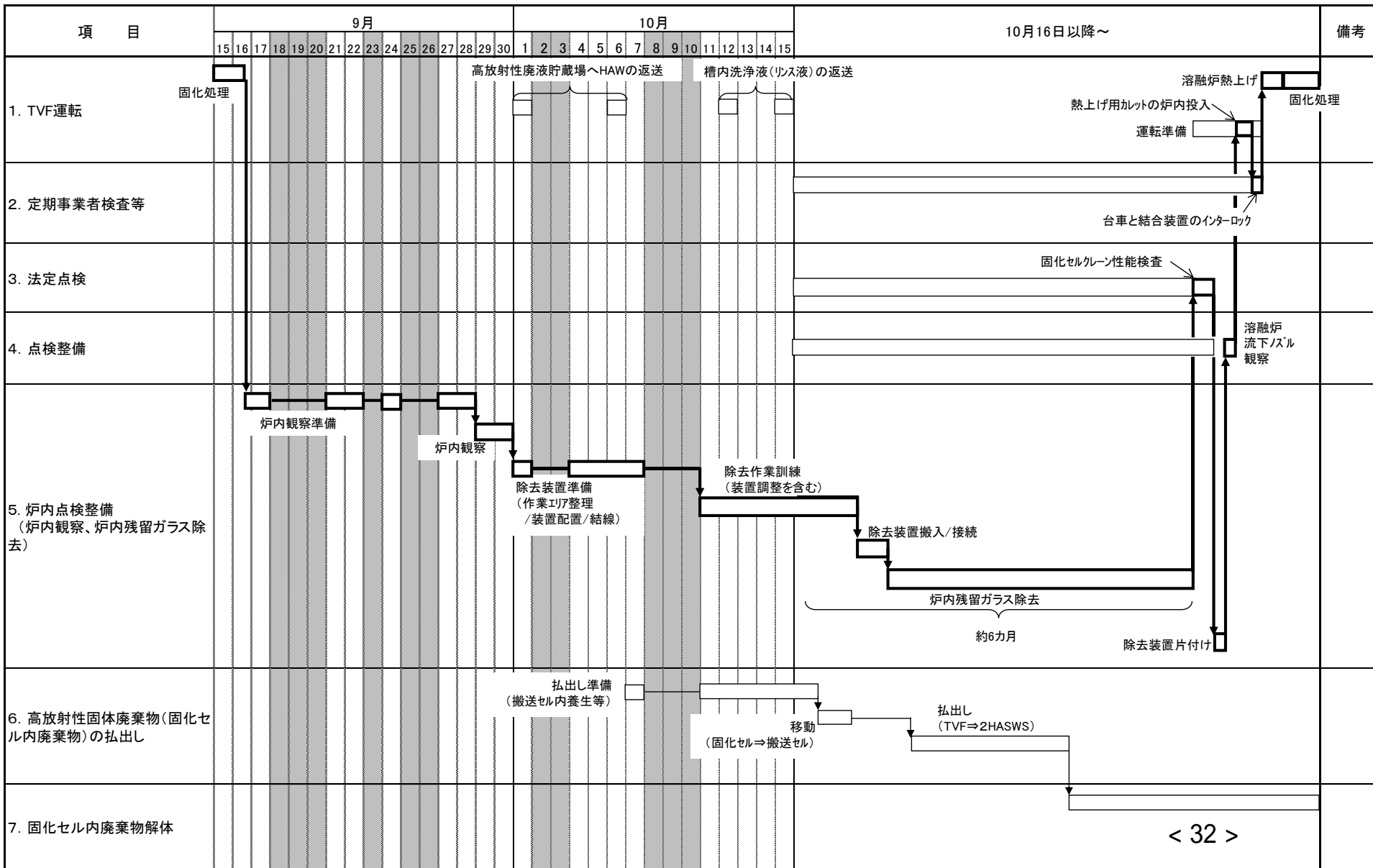
- ① 溶融炉内に残留したガラスを機械的に除去(残留ガラス除去)する。残留ガラス量は、溶融炉へのガラス原料の供給量・抜き出し量の収支から約36kgと想定しており、作業期間は6ヶ月程度を想定している。その後、流下ノズルと加熱コイルのクリアランス観察や熱上げ用のガラスカレットの炉内投入などの運転準備作業を行った後に運転を再開する。
- ② 今回の運転における主電極間補正抵抗の低下による溶融炉の停止は、予め想定していた事象であったものの想定よりも少ない本数で低下したことから、残留ガラス除去と併行して要因の絞り込みを行い、対策を検討する。また、溶接機などの不具合事象の対策を検討する。
- ③ ガラス固化処理計画については、今回の運転結果、前述の対策を踏まえて見直しの検討を行う。

➤ 対応体制

- ✓ TVFの運転再開については、安全リスクの低減に向けた機構の最重要課題の一つであり、理事長の直接指示のもとで想定よりも少ない本数で主電極間補正抵抗が低下した要因の解析や今後の計画の検討の対応を進めているところである。
- ✓ TRPの廃止措置については、機構におけるプロジェクトと位置付けて対応を進めており、TVFの今後の対応についても、廃止措置推進室が全体を管理し、原因究明を図っていく。さらに、副理事長をトップとする会議体(東海再処理施設廃止措置推進会議)との連携も図りながら、原因究明及び早期の運転再開に向けて取り組んでいく。

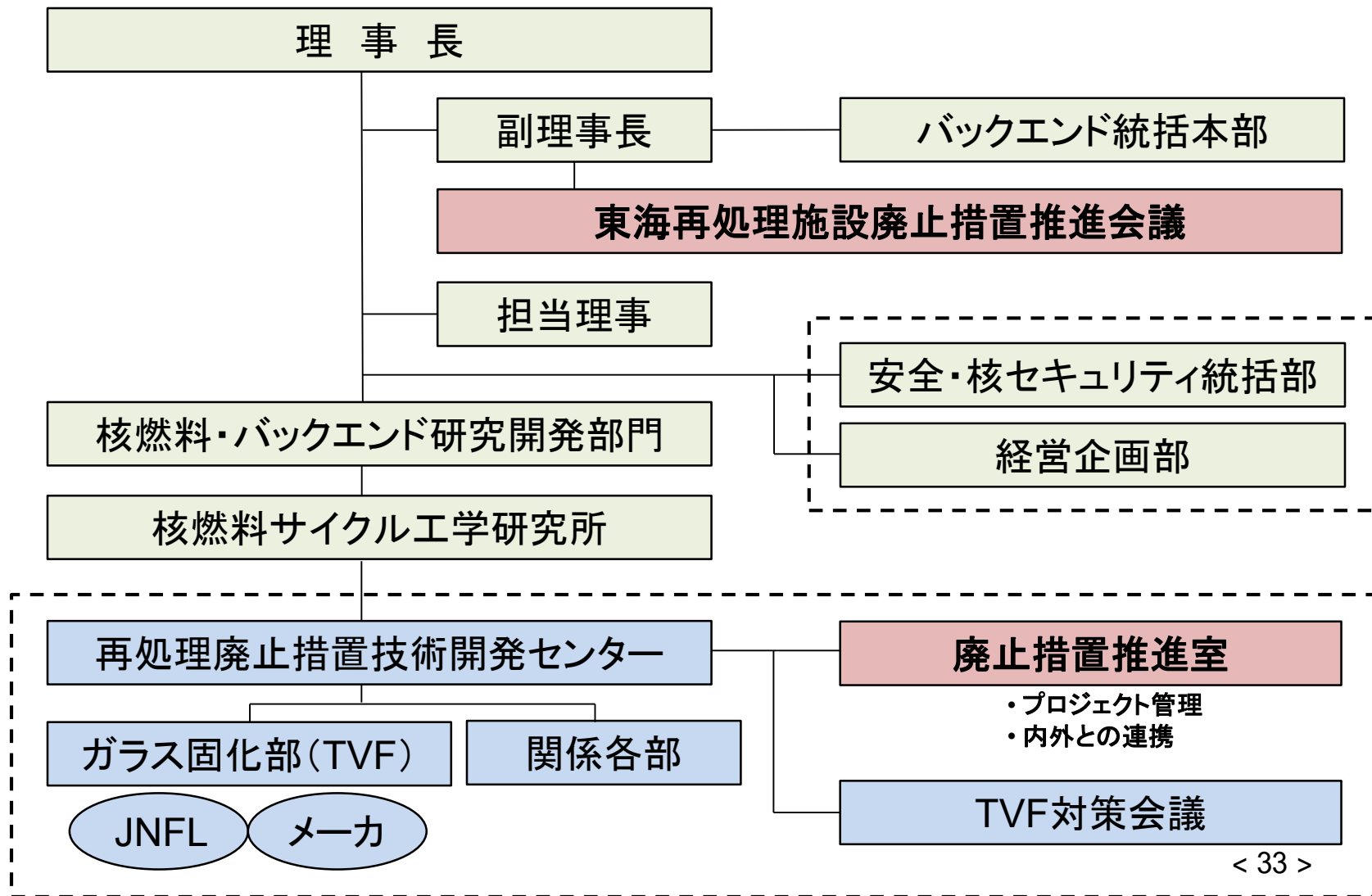


3. TVF再開に向けた今後の取り組み 次回運転までのスケジュール



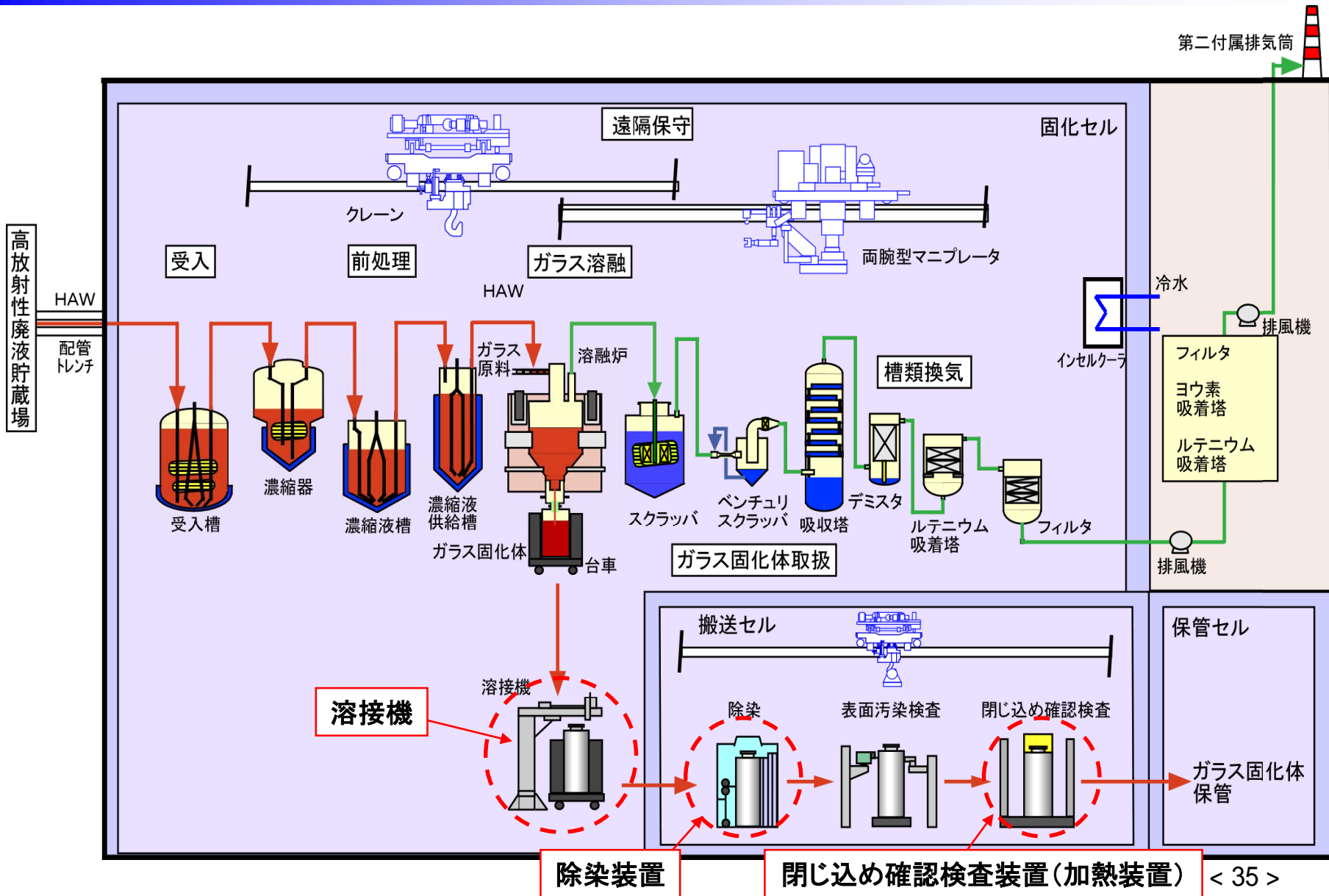
3. TVF再開に向けた今後の取り組み 実施体制

○廃止措置推進室が東海再処理の廃止措置全体を管理し、プロジェクトを進めていく。



以降、参考

1. 今回のTVF固化処理(21-1CP)の実績 主な不具合の対応(1/4)



除染装置

閉じ込め確認検査装置(加熱装置)



1. 今回のTVF固化処理(21-1CP)の実績 主な不具合の対応(2/4)

①ガラス固化体除染装置(高圧水ポンプ)の停止

(R3.8.25 23:27頃発生)

事象、原因	対策	今後の対応
<p>【事象】 令和3年8月25日(水)4本目のガラス固化体を除染装置により除染していたところ、23時27分頃、高圧水ポンプ(G22P11)が停止したことを現場で作業員が確認した(警報の発報や異常表示はなかった)。その後、当該システムを確認し、高圧水ポンプ(G22P11)の再起動を行ったが、同様に作業途中で高圧水ポンプ(G22P11)が停止した。</p> <p>【原因】 圧力計(高圧水ポンプ(G22P11)吐出圧力)の指示値が0MPaであったことから、圧力計の点検において、圧力ダンパー(指示針の脈動を抑える絞り弁)を調整したところ圧力が正常に検出され、その後、正常に除染できることを確認した。 よって、圧力計の圧力低信号で高圧水ポンプが自動停止したものと判断した。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 以下により除染作業を再開 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 圧力ダンパーの開度を調整したのち、除染中のガラス固化体を除染し、正常に除染できることを確認した。 ➢ 以降の除染作業において、高圧水ポンプの停止事象は発生していない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・次回の運転前までに圧力計や配管の点検清掃を行い、圧力ダンパー閉塞のリスクを低減する。



1. 今回のTVF固化処理(21-1CP)の実績 主な不具合の対応(3/4)

②ガラス固化体蓋溶接時の溶接機の停止

(R3.8.27 23:06頃発生)

事象、原因	対策	今後の対応
<p>【事象】 令和3年8月27日(金)5バッチ目のガラス固化体を溶接機(G22M30)により蓋溶接作業を行っていたところ、本溶接の前段階で実施する温度測定において、23時06分頃、温度測定動作が停止していることを現場で作業員が確認した。 その後、2回温度測定を再開したが、同様に温度測定動作が停止したことを現場で作業員が確認した。</p> <p>【原因】 ・溶接機を動作させ、溶接トーチユニットの動作状況を調査した結果、Y軸は正常であったが、溶接トーチユニットが温度測定子を把持しているとき、Z軸の位置制御が不安定となっている(溶接トーチユニットが下がる)ことを確認した。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 以下により溶接作業を再開。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 温度測定子を把持し、XY方向に移動しているときのZ軸の高さを安定に維持するため、位置制御プログラムを修正した。 ➢ 以降の溶接作業において、同様の停止事象は発生していない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一連の溶接作業※においてZ軸の動作は共通であることから、温度測定以外の作業でも位置制御プログラムを修正し、未然防止を図る。 <p>※溶接作業は、電極交換、位置検出、テストアーク、仮付け溶接、温度測定、本溶接の順で実施している。</p>



1. 今回のTVF固化処理(21-1CP)の実績 主な不具合の対応(4/4)

③閉じ込め確認検査結果の判定基準値超えに係る対応

(R3.9.3、R3.9.4)

事象、原因	対策	今後の対応
<p>【事象】 9月3日(金)に5本目、9月4日(土)に6本目のガラス固化体の閉じ込め確認検査を行った結果、判定基準値を超えていることが確認された。 固化セル内(1本:8本目)とガラス固化体の保管前の検査を行う搬送セル内(3本:5~7本目)に4本のガラス固化体を仮置きしている状況であり、今後、除染以降の工程が滞ることから、一旦、熔融炉を保持運転とし、搬送セル内のガラス固化体の検査、保管を優先して進めていく。</p> <p>【原因】 ・閉じ込め確認検査装置の空運転により装置内に汚染がないことを確認した。 ・ガラス固化体表面のスポット的な放射性物質を検出したものと推定。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 以下により閉じ込め確認検査を再開。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 当該2本のガラス固化体を再度除染し、閉じ込め確認検査を実施する。 ➢ 2本のガラス固化体を再除染再除染するため、固化体取扱工程が渋滞するため、熔融炉を一旦保持運転とする。 ➢ 以降の閉じ込め確認検査において、同様の判定値超えは発生していない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固化体取扱工程が渋滞した場合、処理が進むまで熔融炉を保持運転にする必要が生じることから、熔融炉の運転が継続できるようにガラス固化体を仮置く方法等を検討する。



1. 今回のTVF固化処理(21-1CP)の実績 原因調査(設備等の変更点の整理)

【21-1CP運転の特徴(変更点等)】

	設備更新			運転操作	その他の影響	
	結合装置	工程制御装置	熔融炉電力盤	保持運転	ガラス原料	高放射性廃液
概要	19-1CPで流下ノズルと加熱コイルの接触による自動流下停止の対策として、コイル径の拡大とノズル位置を調整した結合装置を製作、交換した。取付け時に、熔融炉との取合に隙間が生じたためシムスペーサを挟み取付けた。	高経年化対策として19-1CP前に更新した。 熔融炉電力盤からのアンサーバック信号(電力、電圧、電流)を受け、PID制御により設定出力(電力、電圧、電流)となるよう制御信号を熔融炉電力盤に送信している。	高経年化対策として19-1CP前に更新した。 工程制御装置からの制御信号を受けて、主電極間、補助電極間等の各通電制御を行っている。	熔融炉へガラス原料及び廃液供給を行わず、熔融炉の通電・加熱を維持した状態を保つ運転 不具合等によりガラス固化処理を一時的に停止する場合に、復旧後すぐに再開できるようにするための方法	ガラス繊維を円筒形に固めたガラスファイバーカートリッジを使用している。 組成が仕様から異なれば溶解性に影響が出る可能性がある。	高放射性廃液貯蔵場の高放射性廃液貯槽からの廃液を処理する。 廃液の成分が設計上の組成から異なった場合は溶解性に影響が出る可能性がある。
確認内容	流下操作時は熔融炉と結合し、結合装置内圧を一定に制御している。 結合装置からの排気は熔融炉の気相部に流入するため、インリーク量の増加分(排気量約5.7Nm ³ /hに対して約0.12Nm ³ /hの増加(推定))による気相温度の低下などに影響を評価している。	計器精度の変更等により、指示値が同じでも実際の電力などが変わっていないか確認する。	保持運転の影響を確認する。 ・溶接機停止で約2日間(8本目) ・閉じ込め確認検査対応で約3日間(9本目)	19-1CPから続けて21-1CP初期は同一ロットのガラス原料を使用している。 4本目から異なるロットのガラス原料を使用している。 ロットの違いによる影響を確認する。。	受入廃液の組成変動の影響を確認する。 なお、19-1CP及び21-1CPとも送液元貯槽は同一(272V32)である。	

平成30年1月23日
第19回 東海再処理施設等安全監視チーム 会合資料より抜粋

【炉底低温運転について (1/2)】

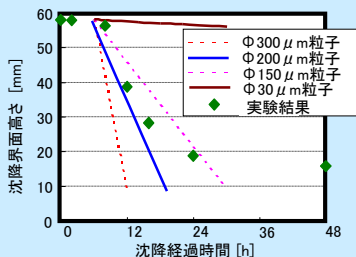
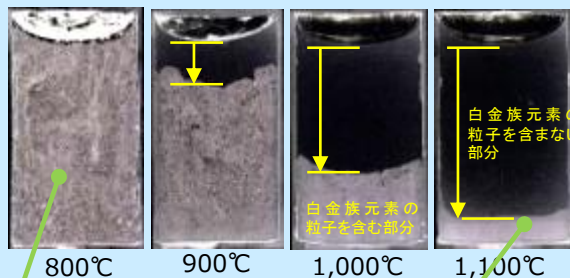
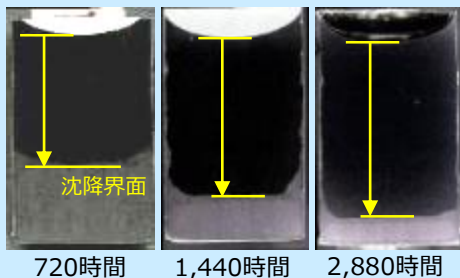
白金族元素の特徴と溶融ガラス物性への影響

- ① ホウケイ酸ガラスに対して溶けにくく、密度が高い (RuO_2 : 7g/cm^3 , ガラス: $2.5\sim\text{g/cm}^3$)
⇒析出した白金族元素は酸化物もしくは金属粒子として沈降・堆積する
- ② ガラス中の白金族元素粒子の割合が高まると比抵抗が低くなる。
⇒堆積ガラスは、溶融ガラスより電流が流れやすい
- ③ ガラス中の白金族元素粒子の割合が高まると、粘度が高くなる。
⇒堆積ガラスは、流れにくく抜き出しがし難い

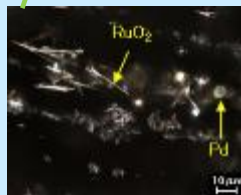
模擬ガラス中の白金族元素の観察

白金族元素の粒子を含むガラスを溶融した状態で保持すると、時間とともに粒子が沈降する。また、温度が高いほど粒子の沈降が速い。

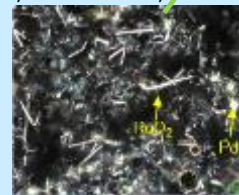
- 保持時間が長いほど白金族元素粒子は沈降する
- 温度が高いほど白金族粒子は沈降しやすい



炉底部に沈降する白金族粒子サイズは
150~200 μmと推定



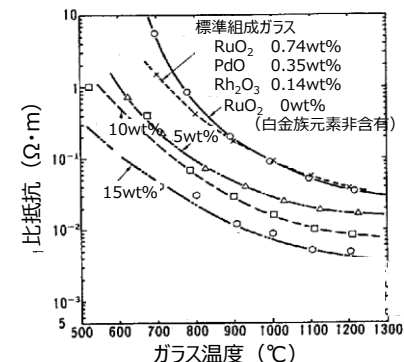
●「溶融ガラス」は白金族粒子が分散。



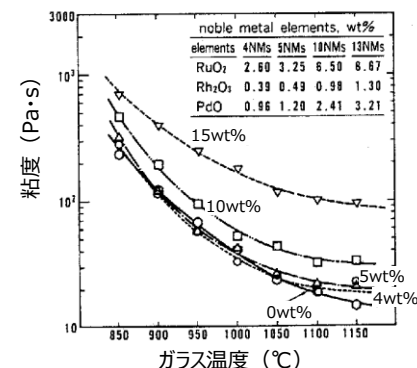
●底部の「堆積ガラス」は、 RuO_2 の針状粒子が絡みあっている。

① 白金族元素のガラス溶解度

酸化物	溶解度(wt%)	ガラス中の濃度(wt%)
RuO_2	<0.1	0.74
PdO	<0.05	0.35
Rh_2O_3	<0.05	0.14



② 白金族元素含有ガラス温度と比抵抗 (RuO2の依存性)

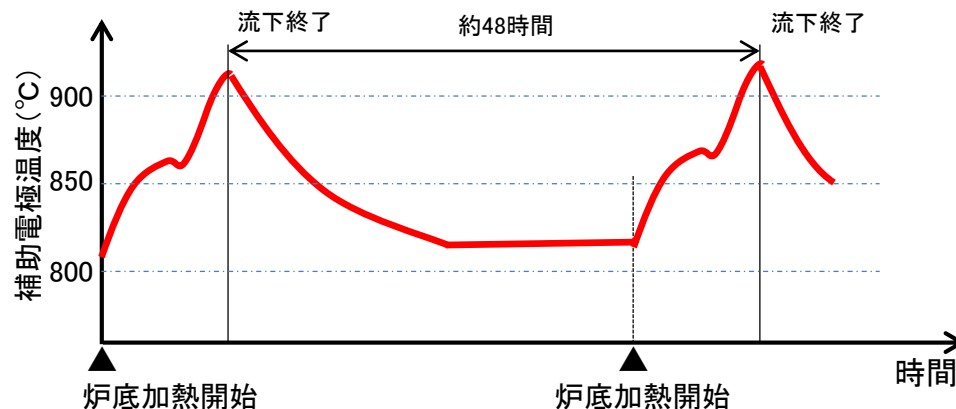
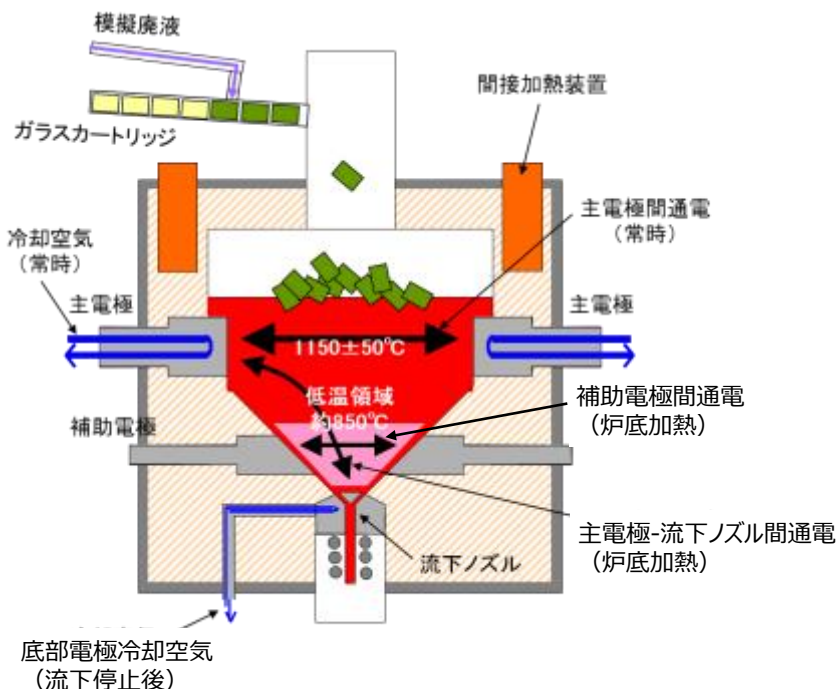


③ 白金族元素含有ガラス温度と粘性

< 40 >

【炉底低温運転について (2/2)】

原理：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

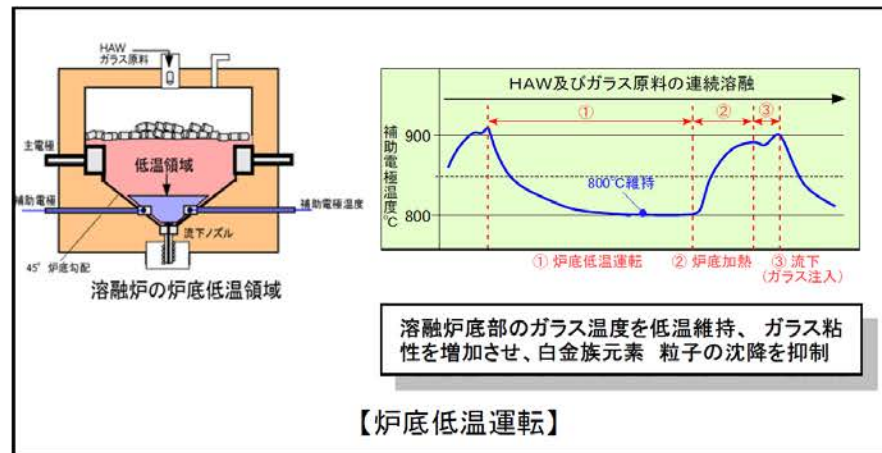
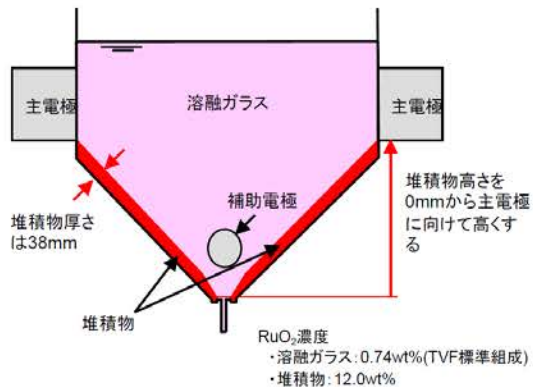
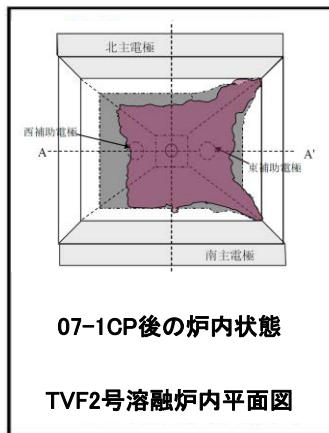


溶融炉運転時の溶融炉底部の温度変化 (イメージ)

運転管理及び操作

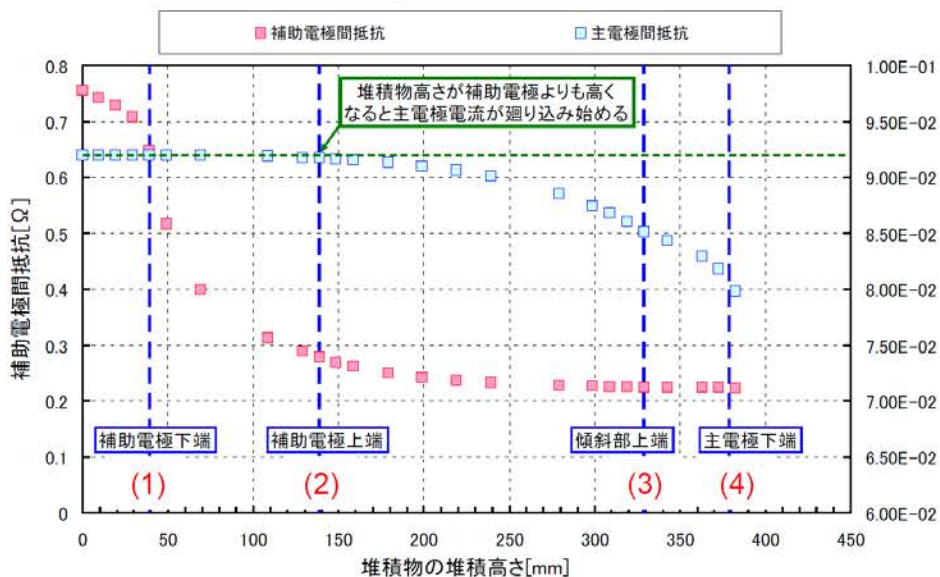
- 主電極通電によりガラス温度 $1150^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ に保ち、同時に補助電極間電流を調節することで、炉底部のガラス温度を約 850°C とするために、補助電極温度を約 820°C に管理する。
- 流下にあたり、炉底加熱により炉底部の温度を上げる必要がある。また、流下中は、高温のガラスが炉底部に流れ込み温度が高くなる。
- 流下終了後、速やかに炉底低温状態に移行させるために、主電極-流下ノズル間の通電を止めるとともに、底部電極に冷却空気を流して、炉底部の温度を下げる運転操作を行う。

2. 白金族元素の堆積 堆積物の堆積高さとの抵抗の関係

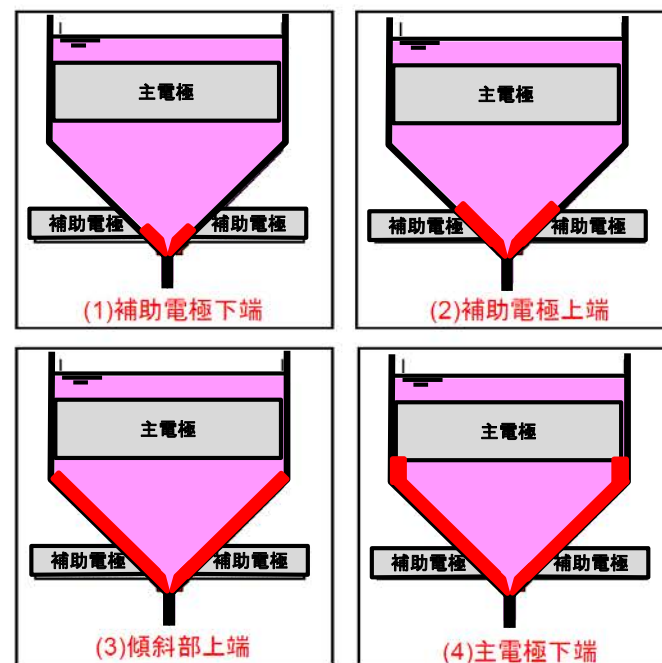


【ドレンアウト後の炉内状況】

【解析モデル】



【電極間抵抗と堆積物高さ】



【(1)~(4)の堆積状況イメージ】 < 42 >

2. 白金族元素の堆積 過去の運転実績(1/2)

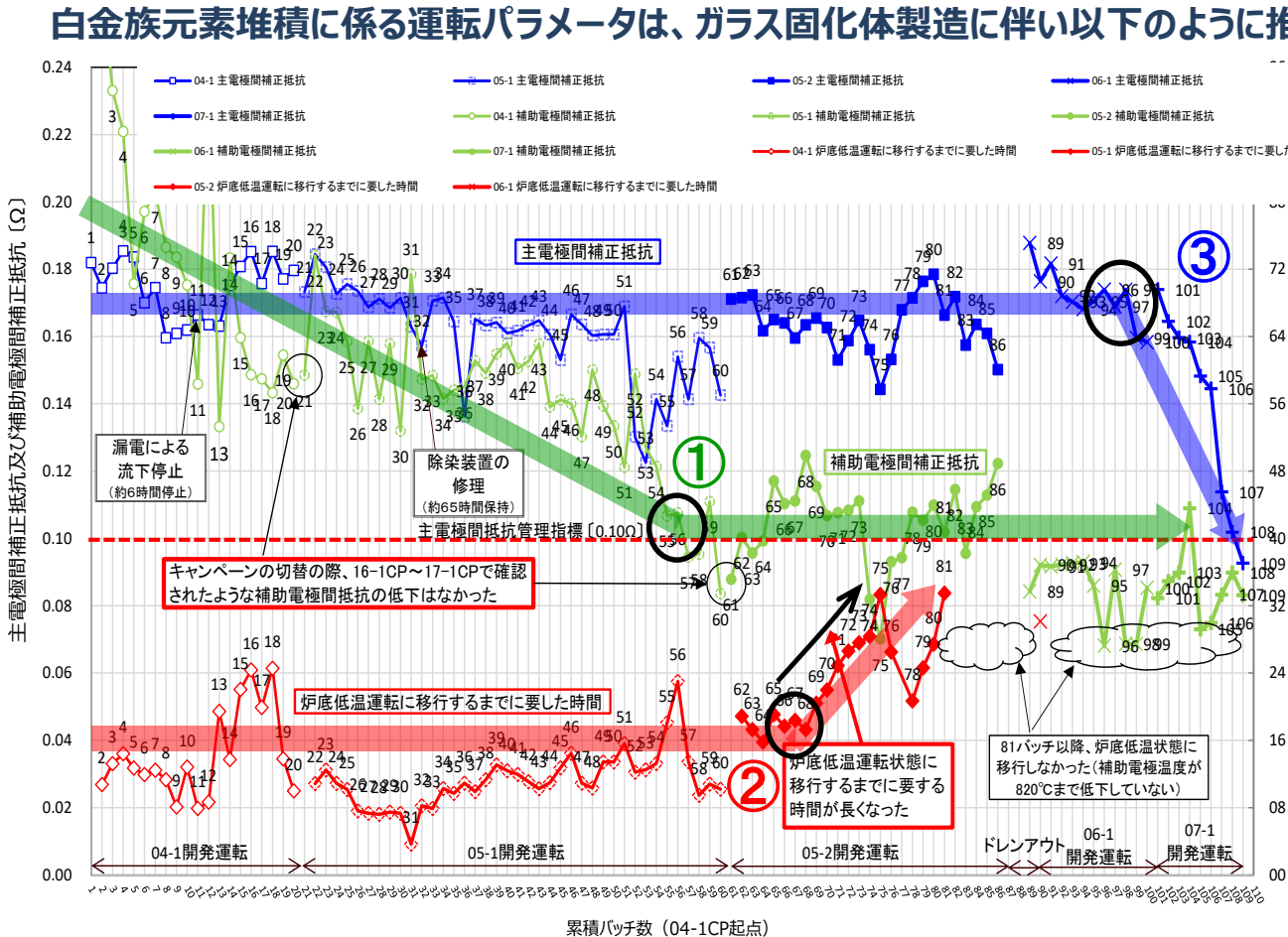
平成29年9月11日 第14回及び
平成29年11月10日 第16回
東海再処理施設等安全監視チーム
会合資料より抜粋

【白金族元素の堆積を早めた要因の検討結果】

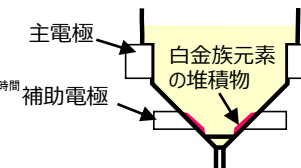
➤ TVF2号溶融炉における2007年までの実績(炉内整備まで：ガラス固化体110本製造)

TVF溶融炉は運転継続に伴い、白金族元素が徐々に炉底部に堆積する。

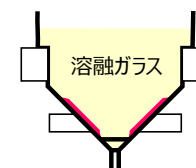
白金族元素堆積に係る運転パラメータは、ガラス固化体製造に伴い以下のように推移。



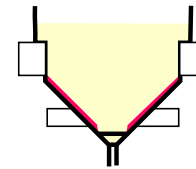
① 約55バッチ



② 約70バッチ



③ 約95バッチ



炉内白金族元素堆積の進行イメージ

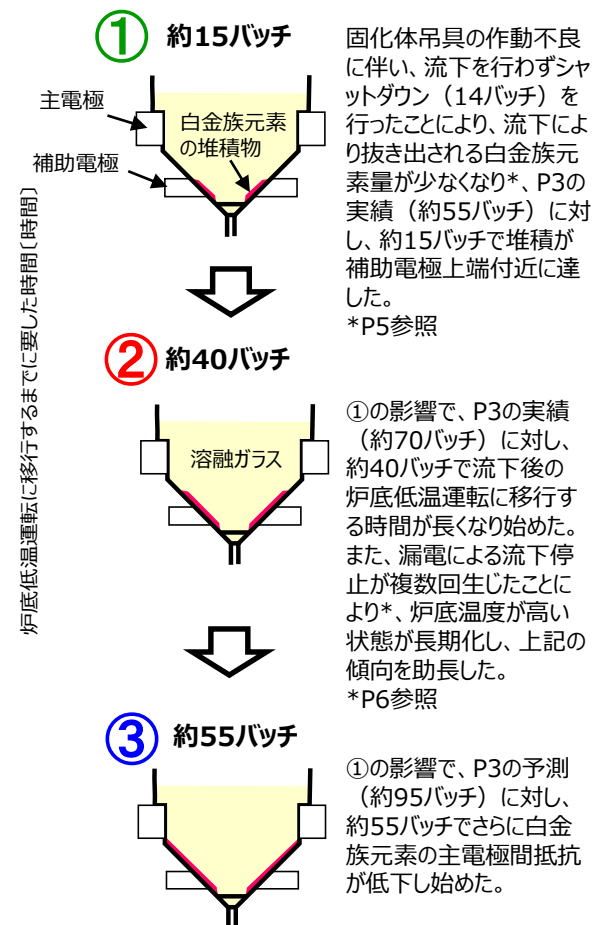
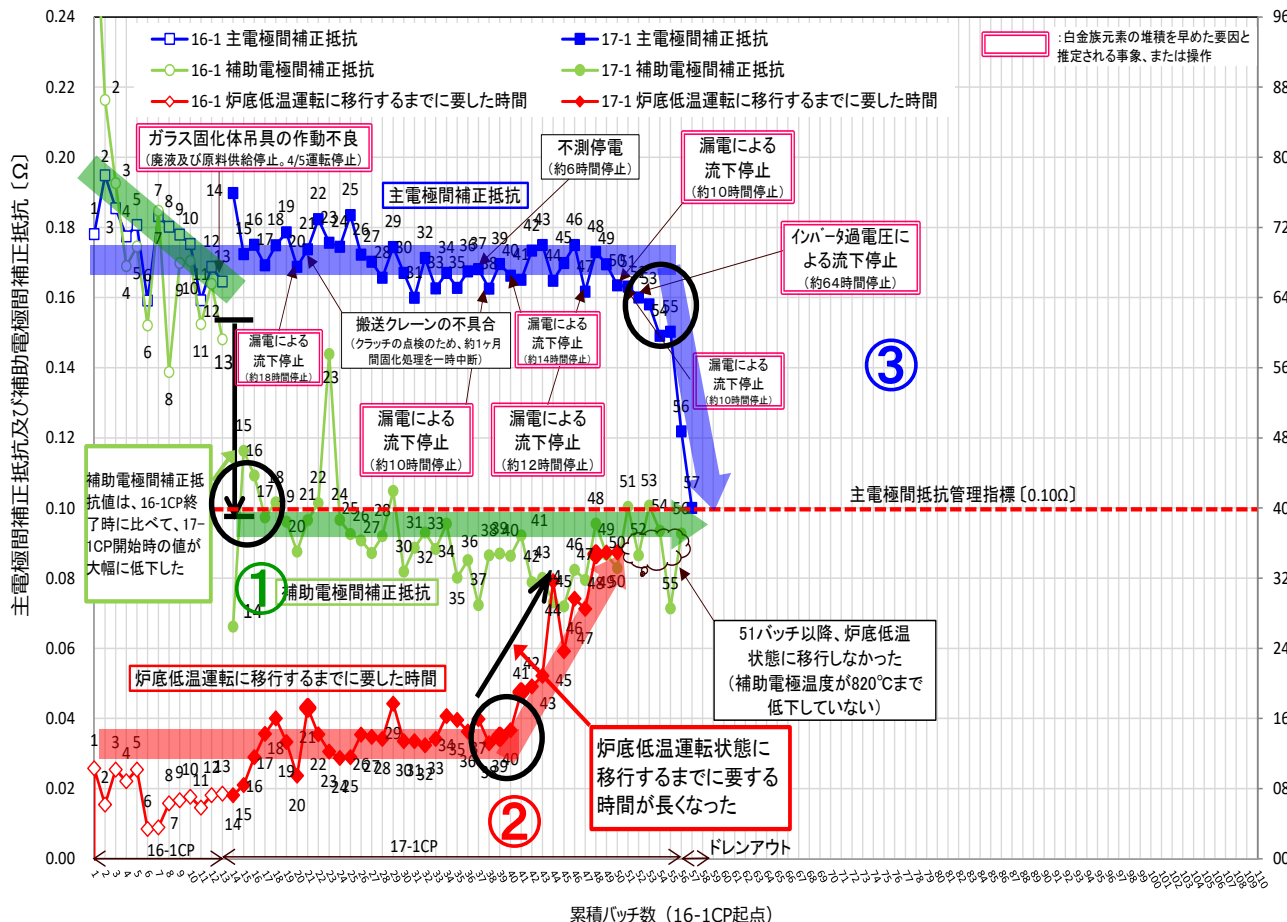
主電極間補正抵抗及び補助電極間補正抵抗とバッチ開始時から炉底低温運転*1に移行するまでに要した時間の推移

*1: 補助電極温度(T10.5)が820℃まで放冷されたタイミング

2. 白金族元素の堆積 過去の運転実績(2/2)

平成29年9月11日 第14回及び
平成29年11月10日 第16回
東海再処理施設等安全監視チーム
会合資料より抜粋

➤ TVF2号溶融炉における2016年～2017年の実績(炉内整備後：ガラス固化体59本製造)
16-1CP及び17-1CPにおいて、機器トラブルによる複数回の運転停止が発生し、白金族元素の堆積が早まった。

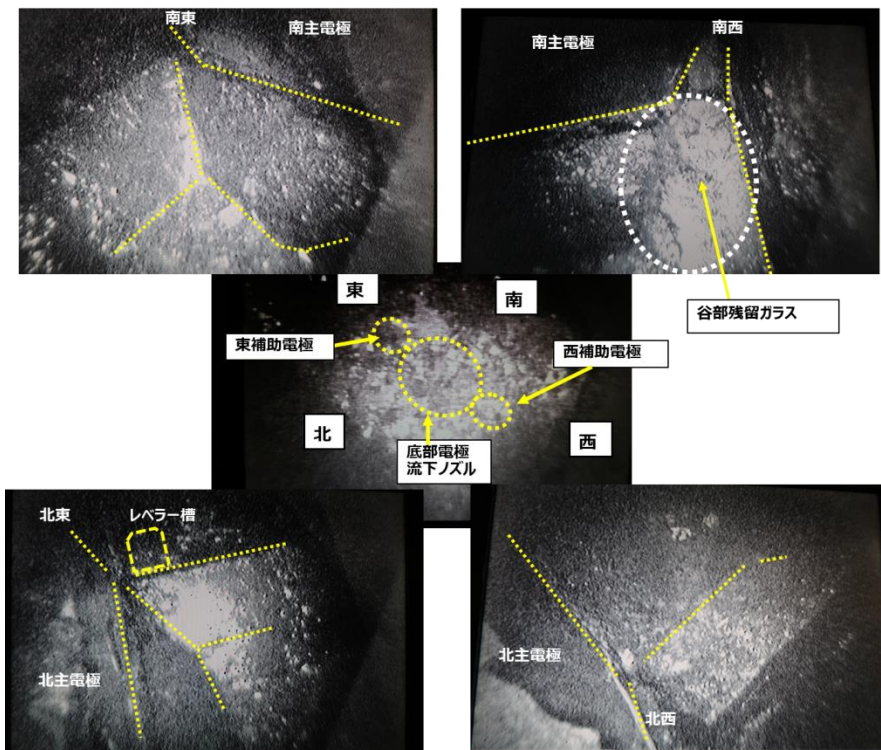


主電極間補正抵抗及び補助電極間補正抵抗とバッチ開始時から炉底低温運転*1に移行するまでに要した時間の推移

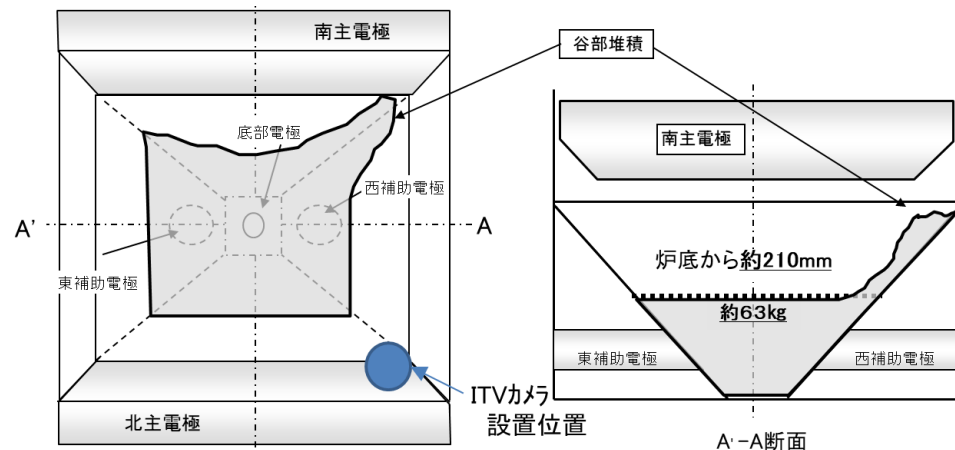
*1: 補助電極温度(T10.5)が820℃まで放冷されたタイミング

炉内白金族元素堆積の進行イメージ

- 17-1CPにおいて、運転管理指標（主電極間補正抵抗（1000℃補正值） 0.10Ω ）に達したことから、運転停止操作（炉内ガラス抜き出し）に移行した。
- 17-1CP終了時に、運転停止操作開始時（炉内ガラスの抜き出し）の溶融炉内ガラス保有量と抜き出し量（ガラス固化体重量）より溶融炉内残留ガラス量を約60～65kgと推定していた。
- 今回、溶融炉内をITVカメラにより観察した結果、ガラスレベルより残留ガラス量は約63kgであった。



17-1CP終了後
平成29年9月11日 撮影



炉内推定ガラス残量
ガラスレベルより約63kgと推定