

TVFの運転準備状況について

令和3年5月18日

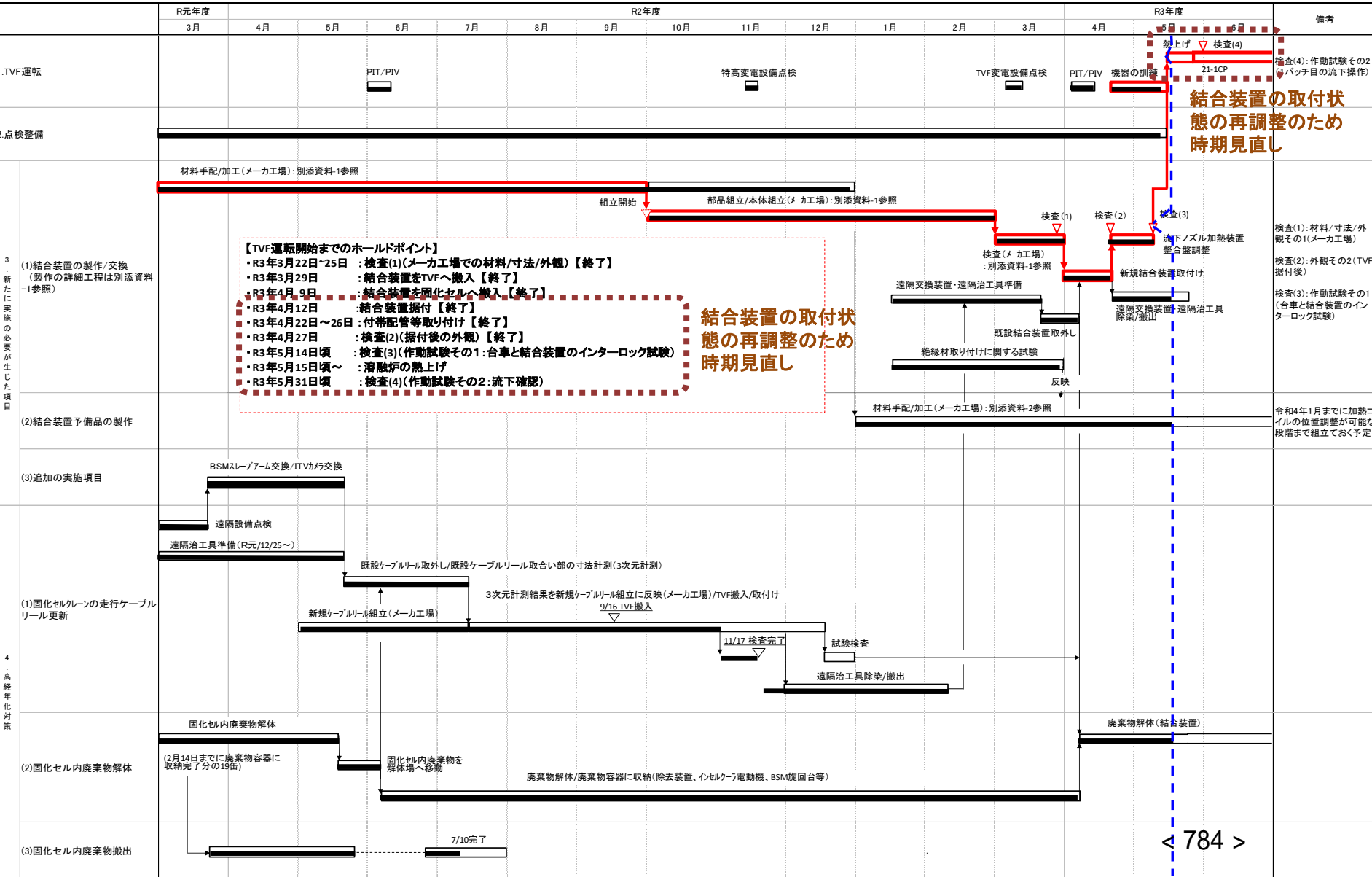
日本原子力研究開発機構(JAEA)



次回運転までのスケジュール

進捗を踏まえて令和3年3月9日第52回東海再処理施設安全監視チーム会合資料に実績追記、加筆

令和3年5月17日改訂





1. 次回運転までのスケジュール

- 結合装置の製作及び交換の実施状況(1/9) -

- 前回の運転(19-1CP: 令和元年7月)で発生したガラス流下停止事象の対策として、流下ノズルの傾き方向に加熱コイルの取付位置を調整するとともに加熱コイル径を拡大することで、流下ノズルと加熱コイルのクリアランスを確保した結合装置の製作をすることとした(令和2年2月5日監視チーム会合報告)。
- 次回運転までのクリティカルパスである結合装置の製作及び交換は、工程に遅れが生じないように**メーカーとの工程会議(1回/週)により綿密な工程管理を行い進めた**。また、結合装置の製作が確実に進んでいることを確認するため、写真等による定期的な製作状況の確認も並行して進めた。
- 令和2年12月末までに材料手配、構成部品の加工・組立、部品メーカーでの検査を計画通り終了した。その後、令和3年1月からメーカー工場による全体組立を開始した。
- 全体組立においては、新型コロナウイルス感染症対策として、Web会議システムを用いたりリモートでの立会検査を行うなどの工夫により、令和3年3月25日までに計画通りメーカー工場での全体組立を完了し、**3月29日にTVFに搬入した**。
- 令和3年3月30日に既設結合装置の取外しを実施し、4月8日に新規結合装置を固化セルに搬入し、4月12日に溶融炉に取り付けた[※]。4月27日に、ノズルとコイルのクリアランスを確認したところ設計通りのクリアランス(設計: 約10 mm、算出値: 約9.9 mm)が確保できていることを確認した[※]。
※ 結合装置の取付状態の再調整後、再度実施。
- 本事象はガラス固化技術の成熟化に貢献し得る貴重な経験であることから、原因調査、対策に係る技術情報等については、日本原燃へ情報共有を図っている。また、今回実施した遠隔交換についても、日本原燃の技術者が参画することにより、技術情報の共有を図った。

1. 次回運転までのスケジュール

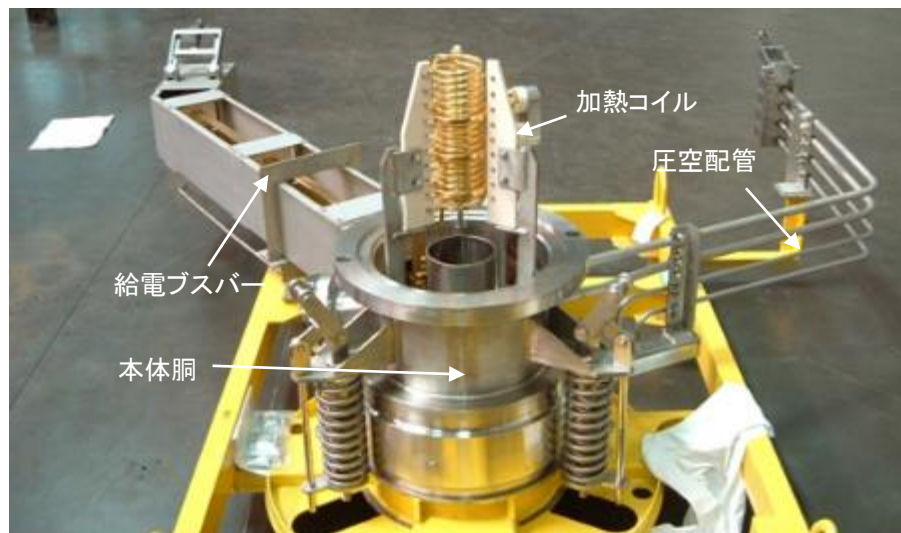
- 結合装置の製作及び交換の実施状況(2/9) -



加熱コイルの取付け位置調整の状況



Webによるリモート検査
(圧空配管の耐圧検査の例)



製作完了後の結合装置の外観 < 786 >

1. 次回運転までのスケジュール

- 結合装置の製作及び交換の実施状況(3/9) -



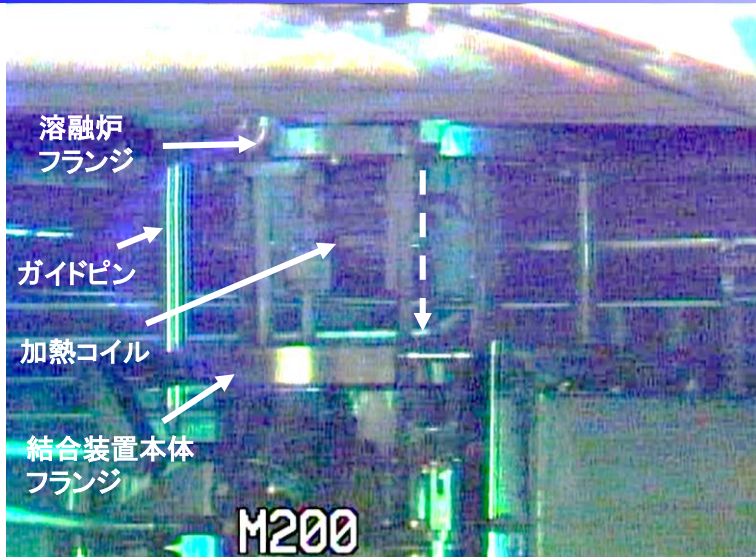
模擬溶融炉架台への据付検査の状況



TVFへの搬入の状況

1. 次回運転までのスケジュール

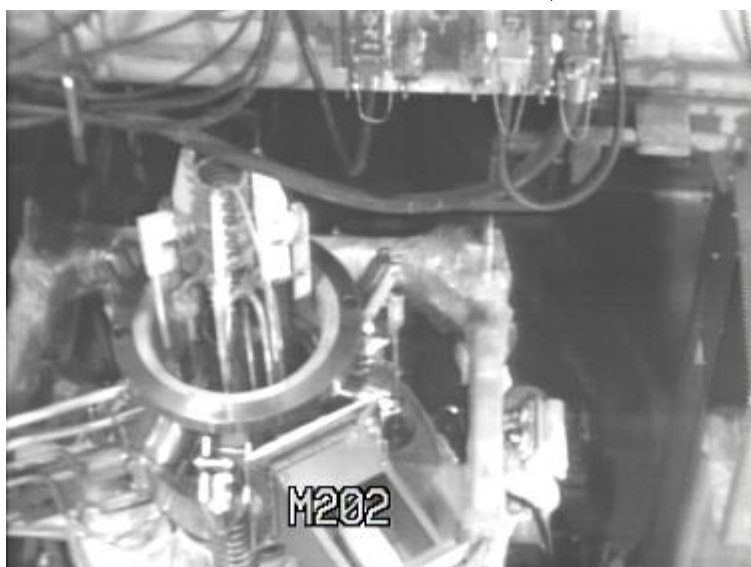
- 結合装置の製作及び交換の実施状況(4/9) -



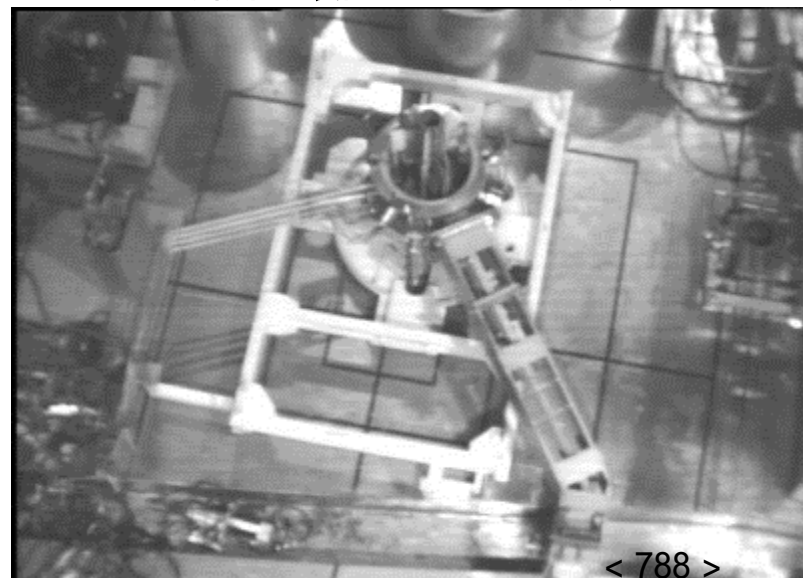
溶融炉フランジから取外し中の既設結合装置の状況



取外した既設結合装置の固化セル内移動の状況



溶融炉下部より台車にて引出し中の既設結合装置の状況



固化セル中央部に仮置きした既設結合装置の状況

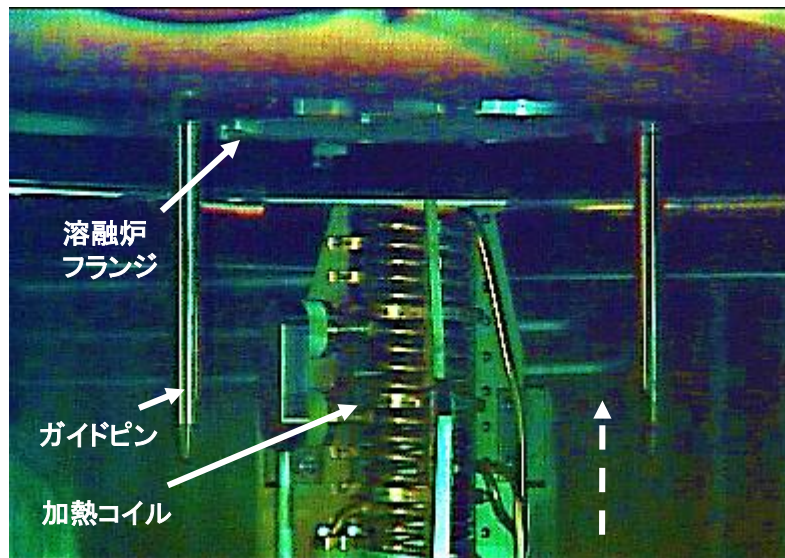
1. 次回運転までのスケジュール

- 結合装置の製作及び交換の実施状況(5/9) -



除染セルハッチ開口

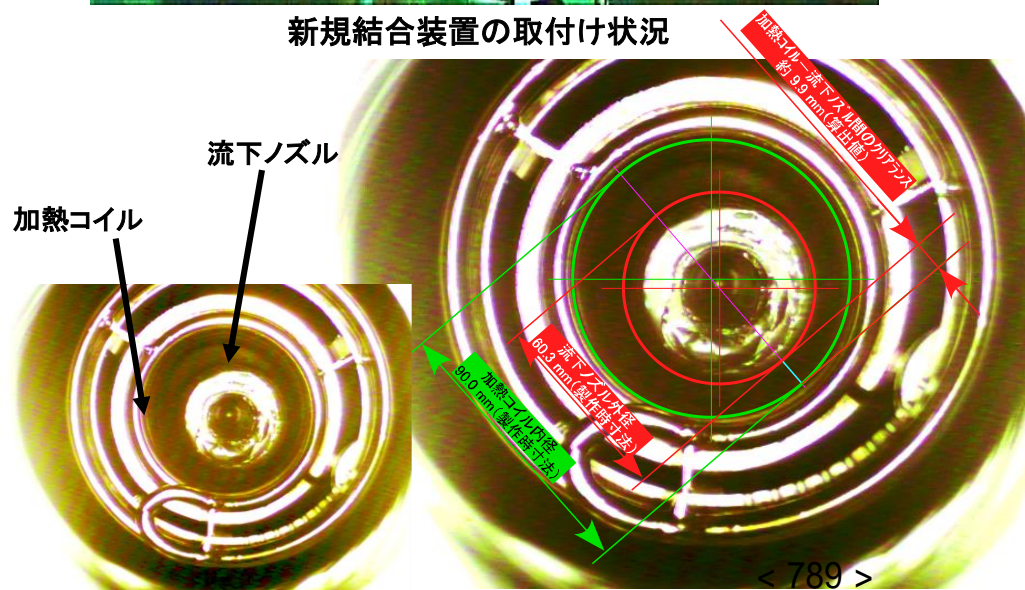
新規結合装置の除染セルから固化セルへの搬入状況



新規結合装置の取付け状況



台車にて溶融炉下部に新規結合装置を移動中の状況



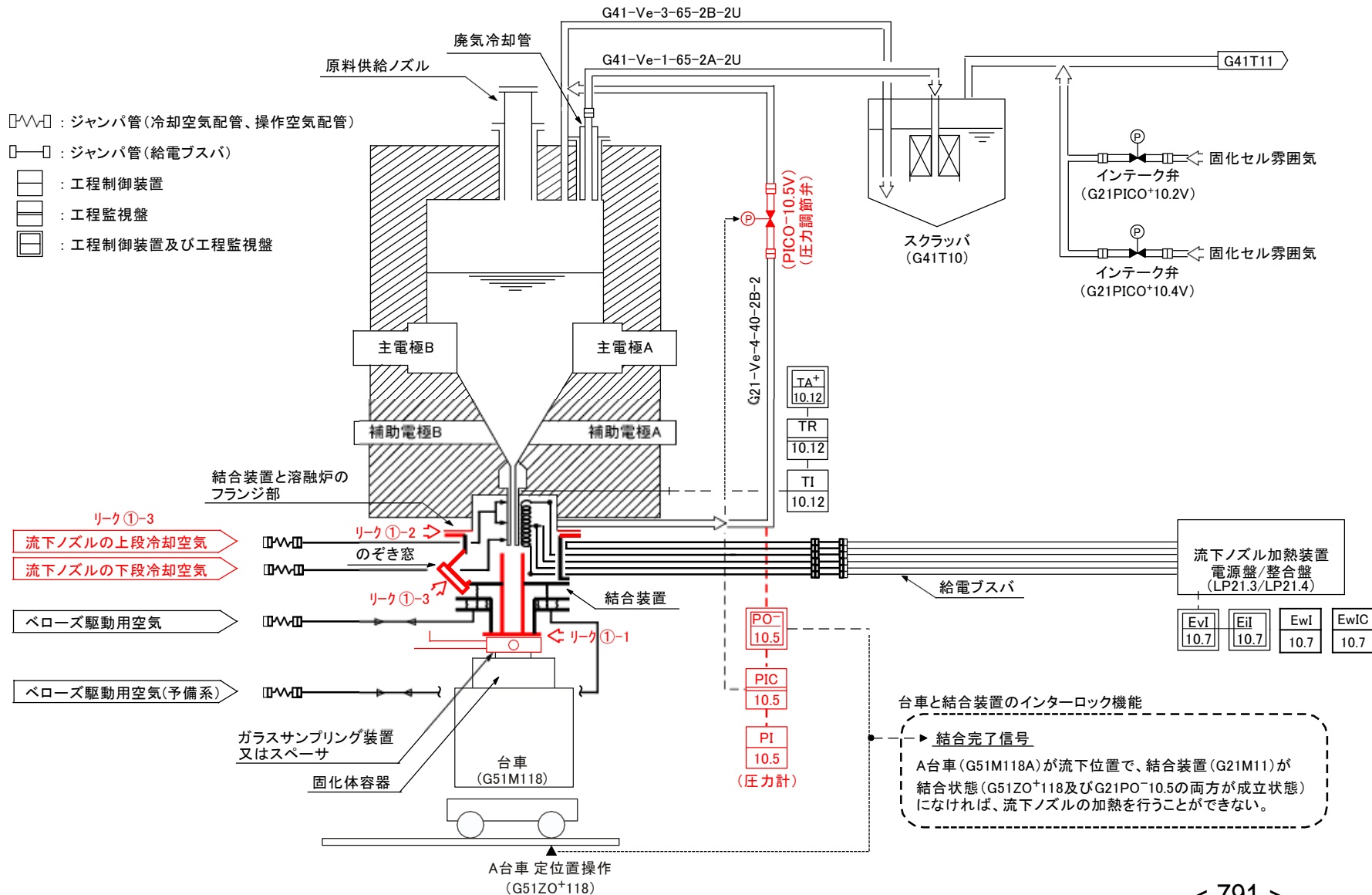
新規結合装置の取付け状況(コイルとノズルのクリアランス確認結果)

- ガラス溶融炉の熱上げに向け、結合装置取り付け後の検査(3):作動試験その1(台車と結合装置のインターロック試験)の準備作業において、**結合装置内圧力検出位置(PI10.5)の圧力が交換前と異なる圧力(交換前:約-0.40kPa → 交換後:約-0.15kPa)になっている**ことを令和3年5月11日に確認した。
- 調査(圧力調節弁や圧力計の作動不良、接続部のリーク:①-1~3)の結果、**結合装置フランジと溶融炉下部フランジとの接続部分に隙間**が確認され(8頁(リーク①-2)、9頁参照)、この部分から、**結合装置内部に空気が流入**していると推察した。
- 空気の流入量は、交換前の10Nm³/h程度に対して、90Nm³/h程度と推定され、結合装置内圧力の調節弁(PICO-10.5V)による調整だけでは、交換前と同等の圧力調整ができない状況にあることがわかった。
- 交換後の流入量を踏まえ、運転の可否を検討した結果、流入量の増加に伴い、流下ノズルの加熱性の低下、流下ガラスの偏流や溶融炉底部温度の低下等、**溶融炉の運転への影響が懸念され、溶融炉の安定運転に支障をきたす可能性が否定できないと判断した。**
- 原因は、結合装置内に交換前よりも多くの空気が流入しているためと推定しており、**結合装置を交換前と同等の取付状態に再調整※したのちに運転を開始する**予定である。

※25頁参照「想定される不具合事象の抽出:結合装置の取り付け不良(c)」

1. 次回運転までのスケジュール

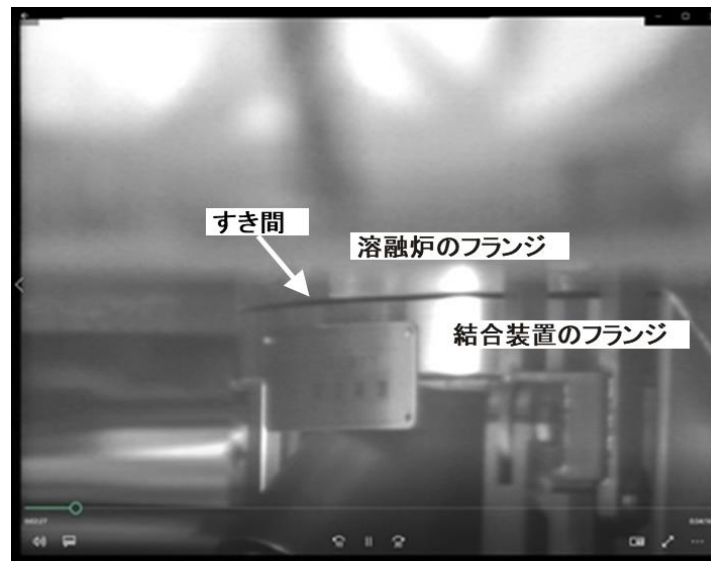
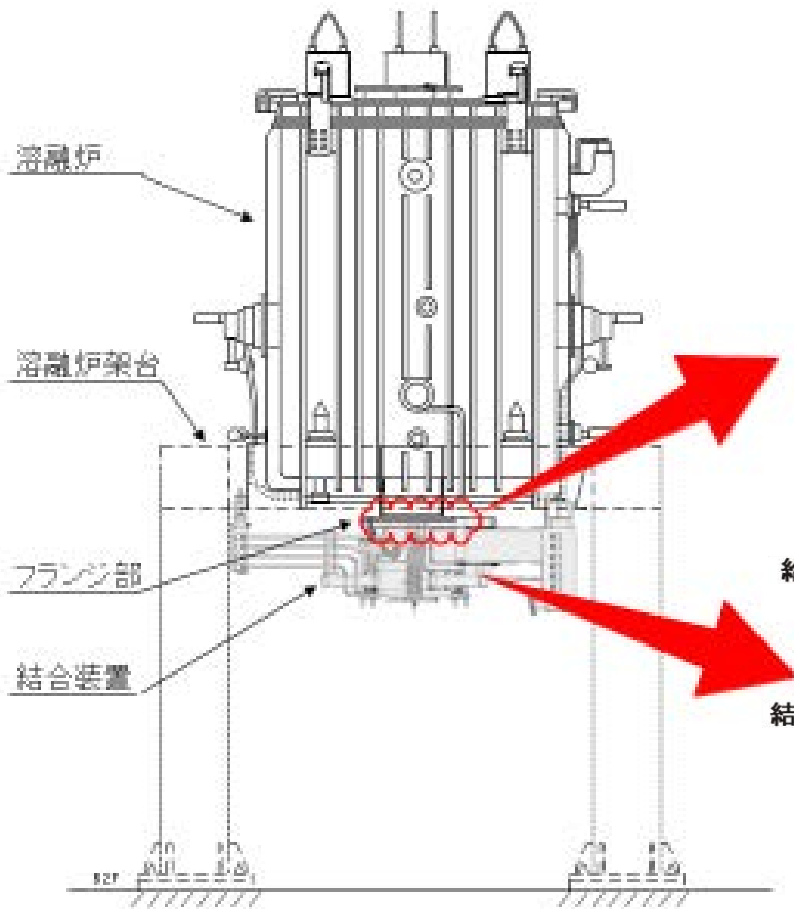
- 結合装置の製作及び交換の実施状況(7/9) -



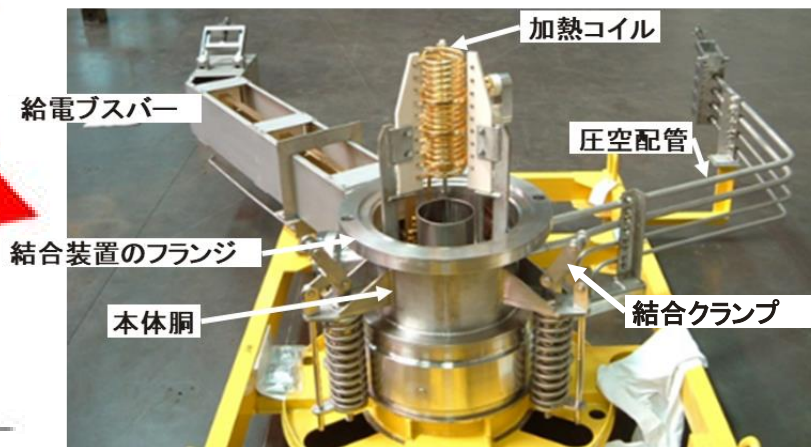
結合装置の系統概要図

1. 次回運転までのスケジュール

- 結合装置の製作及び交換の実施状況(8/9) -



溶融炉と結合装置のフランジ部の映像(交換後)

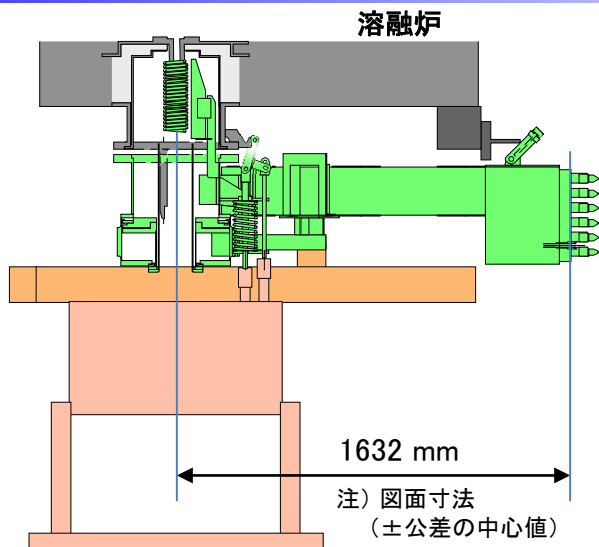


結合装置外観

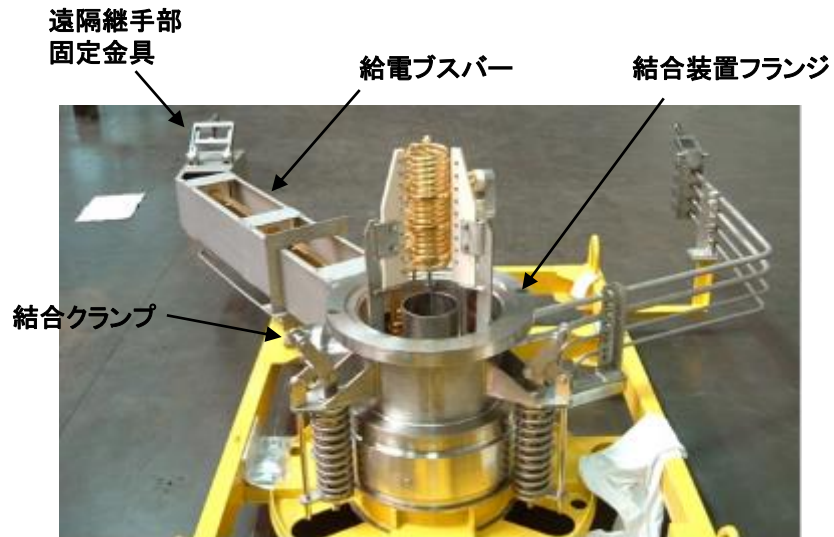
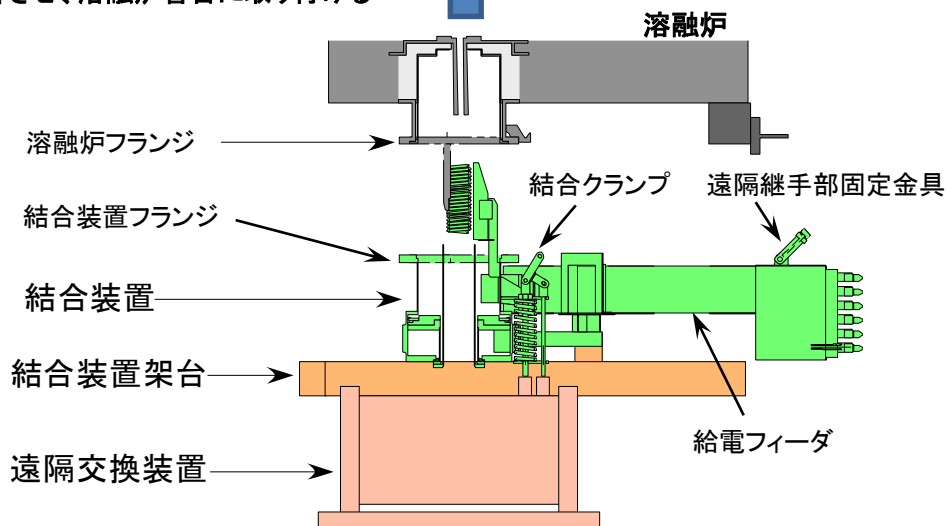
溶融炉と結合装置の取り付けフランジ部の観察結果

1. 次回運転までのスケジュール

- 結合装置の製作及び交換の実施状況(9/9) -



結合装置を遠隔交換装置で
上昇させ、溶融炉管台に取り付ける



結合装置全景



遠隔交換装置全景



2. 次回運転に向けた取り組み

- 概要(1/2) -

- 19-1キャンペーンでのガラス流下停止事象及び19-1キャンペーン前に実施した項目を踏まえ、次回運転に向けた準備項目を整理した。

1. 従来の運転前準備

- 定期事業者検査/施設定期自主検査(合計約35件) ⇒R3/3/31完了
- ISI(供用期間中検査)自主検査(合計約100件) ⇒R3/3/31完了
- 各種法令に基づく年次検査・月例検査等(約630件) ⇒R3/3/31完了

2. 前回の運転の結果、新たに実施の必要が生じた項目に係る対応

• 結合装置の製作/交換

⇒結合装置を交換前と同等の取付状態に再調整した後に作動試験を実施予定。

⇒結合装置予備品の材料手配中。

⇒整理完了。

- 結合装置予備品の製作
- 運転中想定される不具合事象等への対応

3. 高経年化対策等

- 固化セルクレーンの走行ケーブルリールの更新
- 浄水配管の一部更新
- 冷却塔コイルの一部交換
- 固化セル内廃棄物解体

- 固化セル内廃棄物搬出

⇒R2/11/17作動確認をもって更新完了。

⇒R3/2/18作動確認をもって更新完了。

⇒R3/2/5作動確認をもって交換完了。

⇒R3/3/25結合装置搬入前の解体場内廃棄物の解体完了し、R3/4/2結合装置搬入。

⇒R2/7/10計画どおり搬出(19缶)を完了。

4. 運転体制の維持

⇒計画どおり運転員の階層別教育・訓練を完了。

⇒事故対処訓練(スキルアップ)を実施予定。



2. 次回運転に向けた取り組み

- 概要(2/2) -

(1) 従来の運転前準備

点検・整備等	要領書等	教育・訓練
<ul style="list-style-type: none"> 定期事業者検査/施設定期自主検査(約35件) ISI(供用期間中検査)自主検査(約100件) 各種法令に基づく年次検査・月例検査等(約630件) 	<ul style="list-style-type: none"> 定期的な要領書等の改定 	<ul style="list-style-type: none"> 各工程に係る運転操作教育・訓練 異常時対応訓練 総合訓練(班単位で実施)

(2) 次回運転に向けて、従来の運転前準備に加えて実施する取り組み等

取り組みの項目	点検・整備等	要領書等	教育・訓練
新たに実施の必要が生じた項目 ・19-1CP以降の不適合処置、是正処置等 [12頁参照]	<ul style="list-style-type: none"> 不適合処置、是正処置等に係る設備改良、点検・整備 	<ul style="list-style-type: none"> 不適合処置、是正処置等に係る要領書等の改定 	<ul style="list-style-type: none"> 不適合処置、是正処置等に係る要領書等の改訂教育・訓練
<ul style="list-style-type: none"> 運転中に想定される不具合事象等(設備故障への対応) 	<ul style="list-style-type: none"> 運転に使用する設備の点検・整備(部品交換等) 予備品の確認 確保できない予備品の代替策の整理 メーカーサポート体制の整備 	<ul style="list-style-type: none"> 予備品リストの整備 	<ul style="list-style-type: none"> 代替策に係る要領書等の教育・訓練
高経年化対策 ・設備の計画的更新	<ul style="list-style-type: none"> 設備の更新 [32頁参照] 更新設備の作動確認(初期トラブルの防止) 	<ul style="list-style-type: none"> 更新設備に係る要領書等の改定(作動確認にて、改定内容の妥当性を確認) 	<ul style="list-style-type: none"> 更新設備に係る要領書等の改定教育・訓練
運転体制の維持 ・5班3交替体制	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 運転員の階層別教育・訓練(新規の班長の認定等) 事故対処に係る教育・訓練



3. 19-1CP以降に発生した不適合への対応 - 不適合への対応実績一覧 -

文字色による分類：設備対応、予備品対応、要領書等対応

(品):『センター品質保証会議』

	発生日	件名	要因/対策	処置状況
1	R元/7/23 R元/7/24 R元/7/27 R元/7/27	ガラス流下操作の自動停止	<p>要因：流下ノズル根元部が設計上の芯位置から約3.5mmズれていたことに加え、インナーケーシング構造が非対称であることから塑性ひずみを生じ、流下の繰り返しにより流下ノズルの傾きが進展したことで、流下ノズルと加熱コイルが接触して漏れ電流が発生した。</p> <p>対策：流下ノズルと加熱コイルのクリアランスを確保した結合装置の製作、キャンペーン終了毎のクリアランス確認手順の追記</p>	<p>(品)R2/4/9</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本事象について新たに得られた知見として課員に教育する（R3/4/30実施）。 ・流下ノズルの傾きの進展傾向を確認するために、推定方法を要領書に定め（R3/3/17）、キャンペーン終了毎にクリアランス量を確認する。 ・流下ノズルと加熱コイルのクリアランスが確保されるよう、2号溶融炉の新規結合装置を製作し交換し、R3/5/30予定のガラス流下による確認（不適合の再検証）をもって処置を完了する予定。
2	R2/2/7	冷却塔コイルからの水漏れ	<p>要因：冬季の冷却塔の停止を伴う作業において、コイルの凍結によって破損する認識がなかった。</p> <p>対策：コイルの交換、凍結防止に係る手順の追記</p>	<p>(品)R2/6/11</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本事象及び類似事象に関する課員へ教育した（R2/7/30）。 ・冷却塔の凍結防止措置（コイル内水排水手順）を手順書に明記した（R2/10/1） ・冷却塔コイルを交換し、R3/2/5に処置を完了した。



4. 想定される不具合事象

- 検討の概要 -

- (1) 設計上想定した不具合事象への対策(インターロックリスト)、TVFの運転(16-1CP及び17-1CP)において発生した不具合事象の是正処置(要領書改訂、設備改造・更新等)を整理した。
- (2) 前回運転(19-1CP)で発生したガラス流下停止事象については、原因調査結果を踏まえ、加熱コイル径の拡大等の対策を講じた結合装置の製作・交換を行うとともに、予備品の手配や3号溶融炉への反映を進めている。
- (3) また、2004年(2号溶融炉の運転開始)以降の運転経験に基づく気がかり事象を抽出し、事象が発生した場合の復旧方法及び工程への影響を机上整理した。
- (4) 以上より、次回運転(21-1CP)の準備及び運転においても不具合が想定され、定められた手順に従い早期の復旧を目指す。以下に特に注意すべき主な不具合事象を整理した。
 - ・ 運転継続することにより起こる事象: 溶融炉内への白金族元素の堆積、ガラス原料送込み荷重の増大など
 - ・ TVF特有の機器の不具合事象: 両腕型マニプレータの作動不良、溶融炉の間接加熱装置熱電対の断線など
 - ・ 運転準備段階での不具合事象: 結合装置の遠隔継手の取り付け不良

4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象の抽出 -

(1) 遅延リスク評価

設計上想定した不具合事象(インターロックリストから抽出)約525件に加え、TVFの運転(16-1CP及び17-1CP)の不具合事象[26件]を反映

○上記の不具合発生時の予備品への交換や代替策を整理した。

抽出不具合事象: 約550件

(2) 19-1CP以降に発生した不具合事象
[13頁参照]の反映
不具合事象: 2件
・ガラス流下停止
・冷却塔コイルからの水漏れ

抽出不具合事象
: 2件

抽出不具合事象
: 20件

(3) 机上整理(運転経験に基づく気がかり
事象などを含む)
不具合事象等: 20件

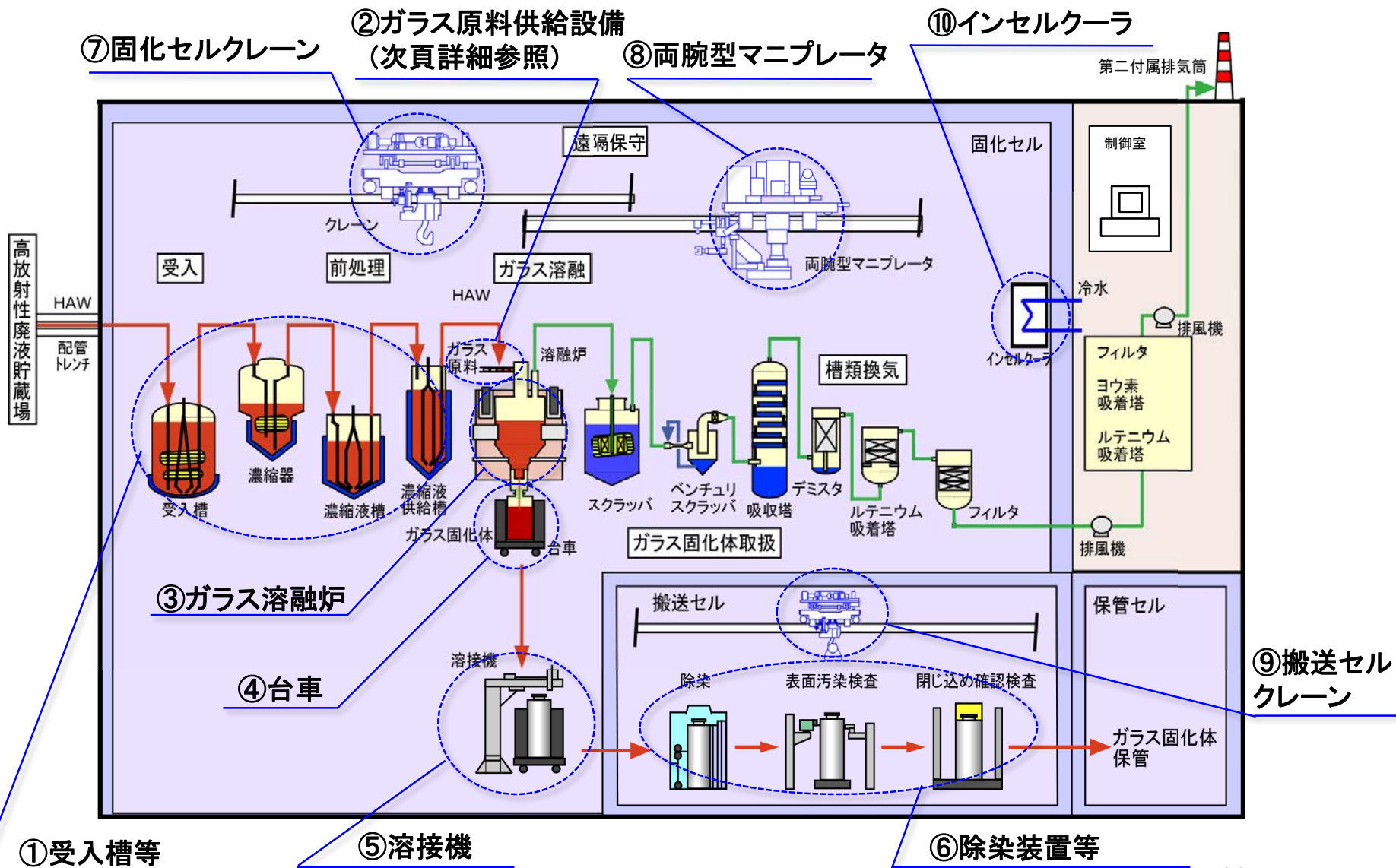
抽出不具合事象: 約570件

(4) 次回運転(21-1CP)の準備及び運転においても不具合が想定され、定められた手順に従い早期の復旧を目指す。以下に特に注意すべき主な不具合事象を示す[18~25頁参照]。

- (a) 運転継続することにより起こる事象 : 溶融炉内への白金族元素の堆積、ガラス原料送込み荷重の増大など(27件)
- (b) TVF特有の機器の不具合事象 : 両腕型マニプレータの作動不良、溶融炉の間接加熱装置熱電対の断線など(9件)
- (c) 運転準備段階での事象 : 結合装置の遠隔継手の取付不良(1件)

4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象の抽出(1/2) -



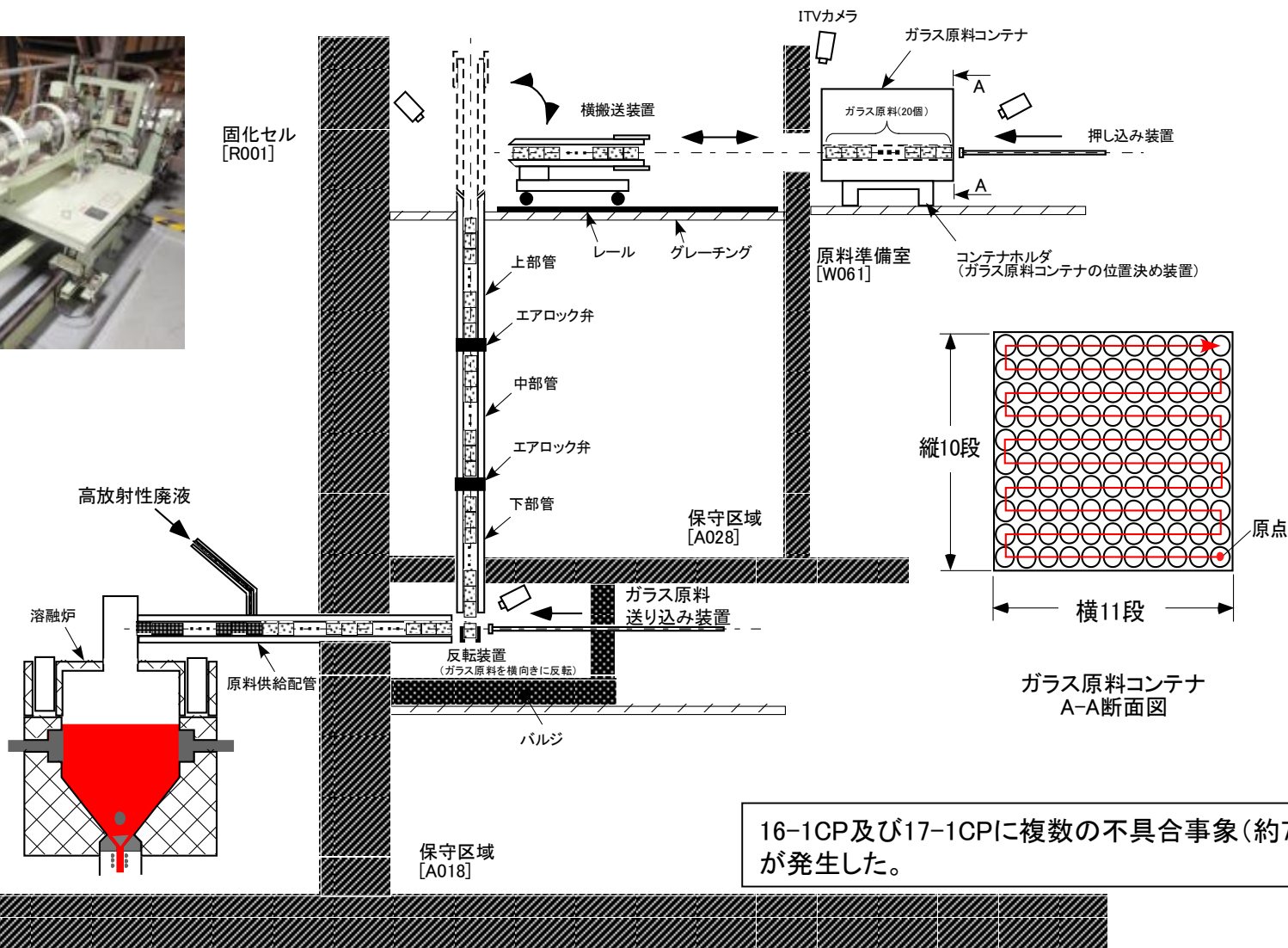
ガラス固化処理工程概要図

4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象の抽出(2/2) -



横搬送装置写真



ガラス原料供給装置概要図



4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象等の抽出(1/8) -

○運転中に想定される特に注意すべき主な不具合事象

設備機器	事象 (区分)	想定される要因	対策	復旧期間
①受入槽等	HAWのサンプリング不調 (a)	サンプリングニードルの閉塞	サンプリングニードルを予備品と交換する。	約1日
	パルセータ均圧弁等の開閉表示不良 (a)	均圧弁等のリミットスイッチの不具合	均圧弁等の開閉信号が正常に出力されないため、自動運転が不可となることから手動で運転を継続する。	約1時間
	水素希釈空気流量低下、液位計等の指示値の変動 (a)	析出物等による配管の閉塞	純水等を用いた閉塞解除操作を実施し、詰まりを除去する。	約2時間
②ガラス原料供給設備	ガラス原料横搬送装置の走行不良、倒立不良 (a)	横搬送装置の走行駆動用Vベルト、走行ローラーの劣化	Vベルト、走行ローラーを予備品と交換する。	約1日
	ガラス原料の送り込み荷重上昇 (a)	溶融炉へガラス原料及び廃液を供給する原料供給ノズルにおいて、ガラス粉塵の堆積等によるガラス原料送り込み抵抗の増加	ガラス原料送り込み荷重をモニタリングし、随時駆動部への注油する。	—
			ガラス原料及び廃液供給を一時停止し、原料供給ノズル内を水洗浄する。	約1時間
	ガラス原料コンテナ交換時のコンテナ蓋の開閉不良等 (a)	コンテナ蓋のガイドレールの歪みによるコンテナ蓋の開閉抵抗の増大等	コンテナ蓋のガイドレールの歪みを修正する。 または、歪みを生じたガラス原料コンテナを使用しない。	約1時間
	ガラス原料反転カップ起伏異常 (a)	欠けや割れたガラス原料が反転カップの駆動部への詰まり	反転カップ内の欠けや割れたガラス原料を取り除く。	約1時間
縦管下部原料検知異常 (a)	ガラス原料の引っかかりにより縦管中部から下部へ原料が落下しない	縦管のハンマリングにより、ガラス原料の引っかかりを解除する。	約1時間	



4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象等の抽出(2/8) -

○運転中に想定される特に注意すべき主な不具合事象

設備機器	事象(区分)	想定される要因	対策	復旧期間
③ガラス溶融炉	溶融炉温度計の指示不良(a)	熱電対の断線	熱電対を予備品と交換する。	約1週間
			ガラス温度計(TI10.27)は、前回運転(17-1CP)後に予防保全の観点で交換した。	—
			その他予備品を保有していない熱電対等については、代替策(他の温度計による代替監視)により対応する。	—
	間接加熱装置の温度計指示不良(a)	熱電対の断線	1基の間接加熱装置に設置されている2本の熱電対のうち、2本とも断線した場合は運転を中断して、予備品と交換する。 なお、断線の原因となった熱電対の施工方法を見直した間接加熱装置の予備品を確保しており熱電対の断線の原因となった施工方法について、他の熱電対で同様の施工方法がないことも確認済み。	1か月
			1基の間接加熱装置に設置されている2本の熱電対のうち1本断線したとしても、他の熱電対で温度評価可能であり、運転を継続する。	—
	主電極冷却ユニットの作動不良(a)	電動機ユニットの故障	予備系の冷却ユニットに切替える。 また、電動機ユニットを予備品と交換する。	約5日
結合装置内圧上昇インターロック作動(流下ノズル加熱電源断)や流下時間の長期化(b)	結合装置の更新に伴う結合装置内圧力制御パラメータの調整が十分でない	結合装置の更新に伴い流下状況を確認しながら流下操作パラメータ(流下ノズル加熱電力、流下停止時の冷却エア流量、結合装置内圧力等)を調整しながら流下する。運転開始後の3本程度の流下までは、特に状況を注視しながら流下する。その後、運転状況に応じて随時調整する。	—	



4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象等の抽出(3/8) -

設備機器	事象(区分)	想定される要因	対策	復旧期間
③ガラス溶融炉	主電極間補正抵抗の低下(b)	白金族元素が主電極近傍まで堆積〔26～29頁参照〕。	<p>管理値である主電極間補正抵抗に加えて、補助電極間補正抵抗及び炉底低温運転への移行時間（堆積が進むと長期化）に着目し、約110本の固化体を製造した2007年までの運転実績と前回の運転（2019年7月）実績を比較した〔28、29頁参照〕。</p> <ul style="list-style-type: none"> 主電極間補正抵抗：2007年までの運転の初期と同程度の値で推移している。 補助電極間補正抵抗：2007年までの運転の約50バッチ目に相当する値まで低下している。 炉底低温運転への移行時間：2007年までの運転の初期と同程度の値で推移している。 <p>以上から、補助電極間補正抵抗は、溶融炉の運転を停止し残留ガラス除去に移行する管理値ではないが、今回の運転本数や運転期間の見通しを得るため、以下の項目について傾向確認する。</p> <ol style="list-style-type: none"> 補助電極間補正抵抗の低下傾向 （①のポイント）←運転開始後10バッチ程度 炉底低温運転への移行時間 （②のポイント）←①以降10～20バッチ程度 	—
			主電極間補正抵抗が管理値に到達した場合は、溶融炉内のガラスをドレンアウトにより抜き出し、カレット洗浄を実施し、炉内残留ガラス除去作業後に運転を再開する。	約半年



4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象等の抽出(4/8) -

設備機器	事象(区分)	想定される要因	対策	復旧期間
③ガラス溶融炉	漏電によるガラス流下自動停止(b)	流下ノズルと加熱コイルの接触	<p>結合装置据付後に、流下ノズルと加熱コイルのクリアランスを確認すること 通電確認試験により通電可能なことを運転開始前に実施することから、運転開始時には接触の可能性は無いと考えている。</p> <p>なお、運転中の接触による漏電発生については以下の対策を図り、早期の検知に努める。</p> <p>1. 加熱コイル給電系統にリークモニタを設置して漏れ電流発生の有無を継続的にモニタリングする。</p>	—
		想定よりも大きな流下ノズルの偏心により流下ノズルと加熱コイルが接触。	<p>炉内ガラスを全量抜き出すことが必要な場合(ドレンアウト)、流下ノズルと加熱コイルが接触しても漏電が発生しないよう、高周波加熱給電系統に絶縁トランスを設置する。</p>	約半年
			<p>予備品の材料手配に着手しており、流下ノズルと加熱コイルの位置を測定し、ノズル位置に応じた結合装置を製作して交換する。</p>	1年
		流下ガラスの偏流により流下ガラスと加熱コイルが接触。	<p>加熱コイル周りにガラスが付着していないこと、流下経路に閉塞物がないことを確認し、再流下する。</p> <p>結合装置の更新に伴い流下状況を確認しながら流下操作パラメータを調整しながら流下する。運転開始後の3本程度の流下までは、特に状況を注視しながら流下する。</p>	10時間程度
	廃気冷却管の閉塞(a)	<p>オフガス中のホウ素やナトリウムの析出(ホウ酸や硝酸ナトリウム)により、配管に閉塞事象が生じ、排気流量が低下する。</p>	<p>廃気冷却管を純水により付着物の洗浄を実施する。</p>	数時間
④台車	台車の故障(b)	<p>リミットスイッチの経年劣化により、所定の位置で停止しないため、周辺機器との衝突、溶融炉とのインターロック等不成立により運転不可。</p>	<p>ガラス固化体台車を一式更新する。</p> <p>・機器の設計は終了している。既設との取り付け部について3次元計測を行い、その結果を機器を製作に反映する。804 ></p>	約1～1.5年



4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象等の抽出(5/8) -

設備機器	事象	想定される要因	対策	復旧期間
⑤溶接機	XYスライダユニットの動作不良(b)	溶接電極を移動させるXYスライダユニットの故障	XYスライダユニットを予備品と交換する。	約1ヶ月
	仮付け溶接時の蓋の浮き上がり(a)	溶接電極と蓋の溶着	蓋の抑え等により、蓋の浮き上がりを修正し、再溶接する。	数時間
⑥除染装置等	除染装置内ホイスのガラス固化体吊具の動作不良(a)	ガラス固化体吊具の開閉機構の経年劣化(摩耗等)	ガラス固化体吊具を予備品と交換する。	約3週間
	ガラス固化体閉じ込め検査での汚染検出(a)	ラドントロン等による閉じ込め検査装置のサンプリング配管内汚染(2系統あるため1系統で対応可能)	空運転(加熱)により、サンプリング配管内を除染する。	約1日
		ガラス固化体の汚染	セル内入室し、水洗浄等によりサンプリング配管内を除染する。	約3週間
⑦固化セルクレーン	絶縁抵抗の低下(a)	6月～9月頃、外気(温度、湿度)の影響により、固化セル内の湿度が上昇し、固化セルクレーン(G51M100、M101)の各駆動系(主巻、走行、横行等)の絶縁抵抗が低下する。	照明の点灯による雰囲気温度の上昇、動作による駆動系の温度上昇などにより、絶縁抵抗の回復を図る。	1～2日
⑧両腕型マニプレータ	制御信号系の異常(b)	両腕型マニプレータスレープアームの制御信号系に異常が生じスレープアームが動作しない。	制御基板等を予備品と交換する。	約1週間
	テレスコチューブ/スレープアームの動作不良(b)	駆動系、ポテンショメータ、コネクタ部の劣化または接触不良	駆動系等を予備品と交換する。	約1週間 < 805 >



4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象等の抽出(6/8) -

設備機器	事象	想定される要因	対策	復旧期間
⑨搬送セルクレーン	ガラス固化体吊具の爪の開閉不可 (b)	ガラス固化体吊具の開閉機構の経年劣化 (摩耗等)	予備品と交換する。 なお、動作回数により交換頻度を定めており、本CP内での動作不良の発生は低い。	約2週間
	停止位置異常 (a)	位置検出用リミットスイッチの作動不良	手動にて停止位置を確認しながら運転継続する。	約1時間
⑩インセルクーラ	ファンの不具合(a)	ベアリング等の消耗部品の経年劣化 ※運転中は10台中6台が運転する設計となっており、1台停止により、固化セル内の温調に直接影響することはない	ファンユニット (電動機+送風機) を予備品と交換する。	約2週間
⑪その他	M/Sマニプレータ伸縮動作不良(a)	固化セル内及び搬送セル内でのM/Sマニプレータのマスターアームまたはスレーブアームの動作不良 駆動用ワイヤの噛み込み等	マスターアームや駆動用ワイヤ等を予備品と交換する。 [32頁参照]	約1週間
	冷却塔散水ポンプの不具合(a)	ベアリング等の消耗部品の経年劣化	ポンプ一式を予備品と交換する。	約1日
	2次廃液処理系移送ポンプの異常(a)	シャフトスリーブやベアリング等の摺動部品の摩耗による過負荷 (予備機に自動で切り替わるため、蒸発缶の運転には直接影響しない。)	分解して摩耗した部品を交換する。	約1ヶ月 (熔融炉の運転を停止し、分解整備可能な運転状態に移行するまでに約3週間を要する。)
	水素希釈空気流量低下、液位計等の指示値の変動 (a)	水素希釈空気配管や計装導圧配管の閉塞	純水等を用いた閉塞解除操作により詰まりを除去する。	約2時間
	パルセータ均圧弁等の開閉表示不良 (a)	均圧弁等のリミットスイッチの不具合	均圧弁等の開閉信号が正常に出力されないため、自動運転が不可となることから手動で運転を継続する。	約5時間
	工程制御装置のプログラムエラー(a)	設備更新後、ドレンアウトの実証確認が取れておらず、ドレンアウトのプログラムに不具合が生じ、ドレンアウトができない。	ドレンアウト中はメーカを常駐することにより、不具合に対して速やかに対応できる体制を構築する。	数時間 < 806 >

4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象等の抽出(7/8) -

設備機器	事象(区分)	想定される要因	対策	復旧期間
⑪その他	ITVカメラの不具合(a)	制御基板や撮像管等の劣化	制御基板等を予備品と交換する。	約1週間
		ケーブルの劣化	ケーブルを予備品と交換する。	約1週間
	固化セル内での水漏れ(b) ※固化セル内のドリフトレイに設置している仮設計器によりドリフトレイの液位変化をモニタリングしており、警報発報前に検知可能	結合装置の遠隔継手からの冷却水の漏えい	給電フィーダダクトにのぞき窓が設置されており、遠隔継手からの漏えいの有無を確認する。 遠隔継手からの漏えいの場合は、遠隔継手を予備品と交換する。	約1週間
		中放射性廃液貯槽のサンプリングポットからの漏えい	定期的にサンプリングポットへ廃液を循環させ、閉塞状況の確認を行っている。閉塞傾向が認められた場合は、純水等を用いた閉塞解除操作により詰まりを除去する。	数時間
		インセルクーラ、溶接機等固化セル内機器の冷却水配管からの漏えい	固化セル内ITVカメラで漏えい箇所を確認し、予備品等へ交換する。 インセルクーラは運転中は10台中6台が運転する設計となっており、1台停止により、固化セル内の温調に直接影響することはないことから当該漏えいした系統の隔離処置(閉)を行う。	約1週間
	冷水設備ポンプ停止(a)	冷凍機制御系のリレー、電磁接触器等の接触不良	リレー等を予備品と交換する。 なお、過去の不適合の是正処置として定期的(1年・5年・10年周期)に制御系のリレーを交換している。	約1日
	圧空作動弁の動作不良(a)	リミットスイッチの作動不良	予備品と交換する	約5時間



4. 想定される不具合事象

- 想定される不具合事象等の抽出(8/8) -

○運転準備段階で想定される不具合事象

設備機器	事象(区分)	想定される要因	対策	復旧期間
ガラス溶融炉	結合装置の取り付け不良(c)	既設配管との新規配管接合部(ジャンパー管)の取り付け誤差(30~31頁参照)。	既設結合装置の製作時の位置情報を反映した治具に合わせて製作管理し、既設ジャンパー管を用いる。	—
			既設のジャンパー管が取付かない(冷却水の漏れが発生する場合を含む)場合は、現在保有している予備のジャンパー管を位置調整して取付ける。	約1週間
			上記の対応でも取りつかない場合は、既設配管との取り合いを3次元計測して、計測結果を反映した新規ジャンパー管を製作し交換する。	約3ヶ月
		既設との取り合い部や絶縁材貫通部の隙間等からのインリーク量が増加する(結合装置内圧上昇)。	流下操作パラメータ(流下ノズル加熱電力、流下停止時の冷却エア-流量、結合装置内圧力等)を調整する。	—

○その他設備機器の不具合以外の事象

事象	想定される要因	対策	復旧期間
運転員の新型コロナウイルス感染	運転員(5班3交替、1班10名体制)のコロナ感染により、運転体制を維持できず運転中断	機構の新型コロナウイルス感染症に関する対応ガイドラインに従って感染防止に努める。 運転員と日勤との接触を回避するため、休憩室、食事等の場所を分ける。 また、運転員(全員)は腕章を着用し、認識強化と日勤との識別を図る。	—
		10名/班(班長1名含む)を維持するため、出勤見合わせとなった運転員を日勤の代直要員(各担当約2名、全体で約20名)により補い、運転体制(5班3交替)を維持する。	—
		日勤の代直要員により運転体制(5班3交替)を維持できない場合は、出勤見合わせとなった運転員が、班長または各工程の代直員数を上回った場合は、4班3交替により運転が継続できるかどうか検討する。 なお、4班3交替は、労務管理上短期間(約1か月間以内)の対応となる。	—
		日勤の代直により運転体制(4班3交替)を維持できない場合、 808 運転を中断する。	約2週間

【炉底低温運転について (1/2)】

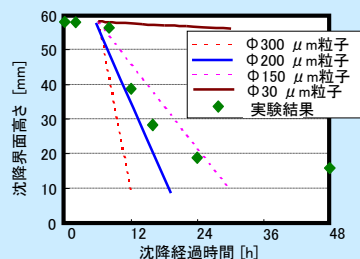
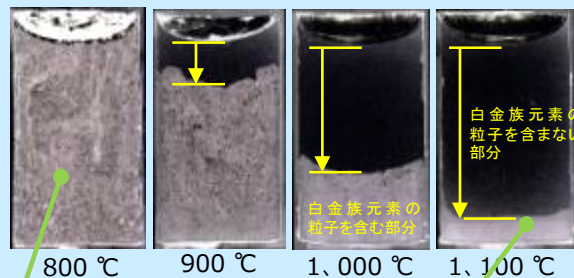
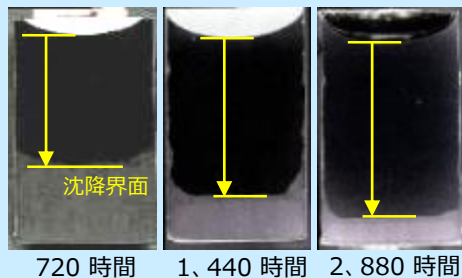
白金族元素の特徴と溶融ガラス物性への影響

- 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 : 7 g/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

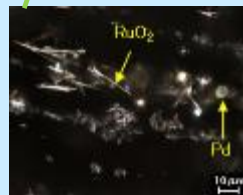
模擬ガラス中の白金族元素の観察

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



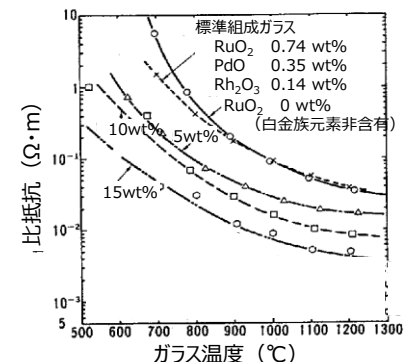
●「溶融ガラス」は白金族粒子が分散。



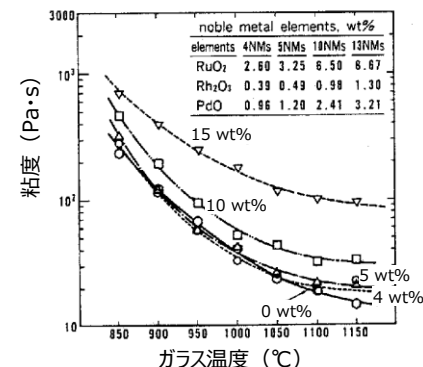
●底部の「堆積ガラス」は、 RuO_2 の針状粒子が絡みあっている。

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



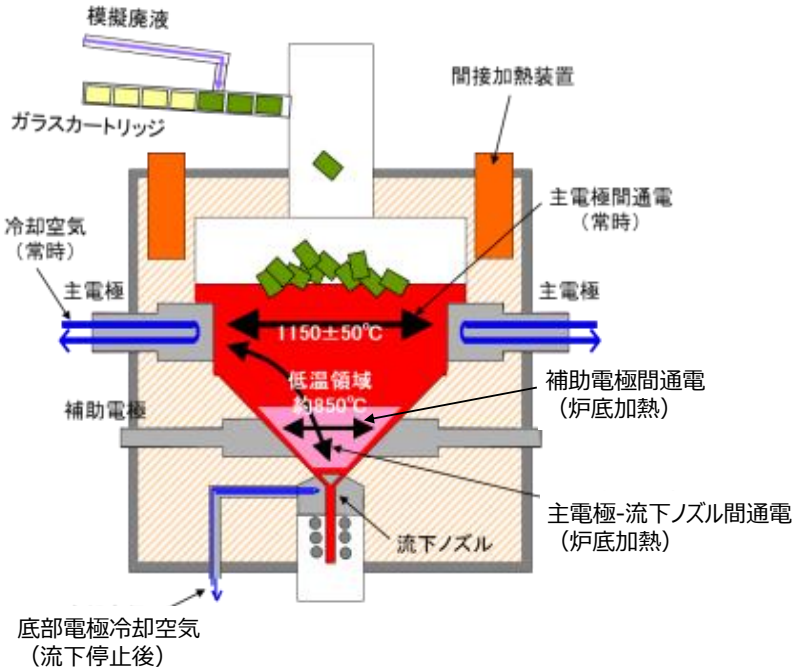
② 白金族元素含有ガラス温度と比抵抗 (RuO_2 の依存性)



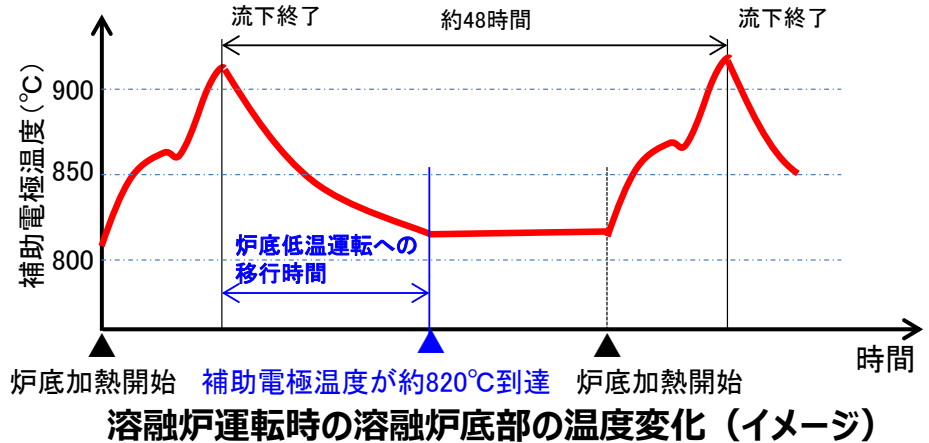
③ 白金族元素含有ガラス温度と粘性

< 800 >

【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



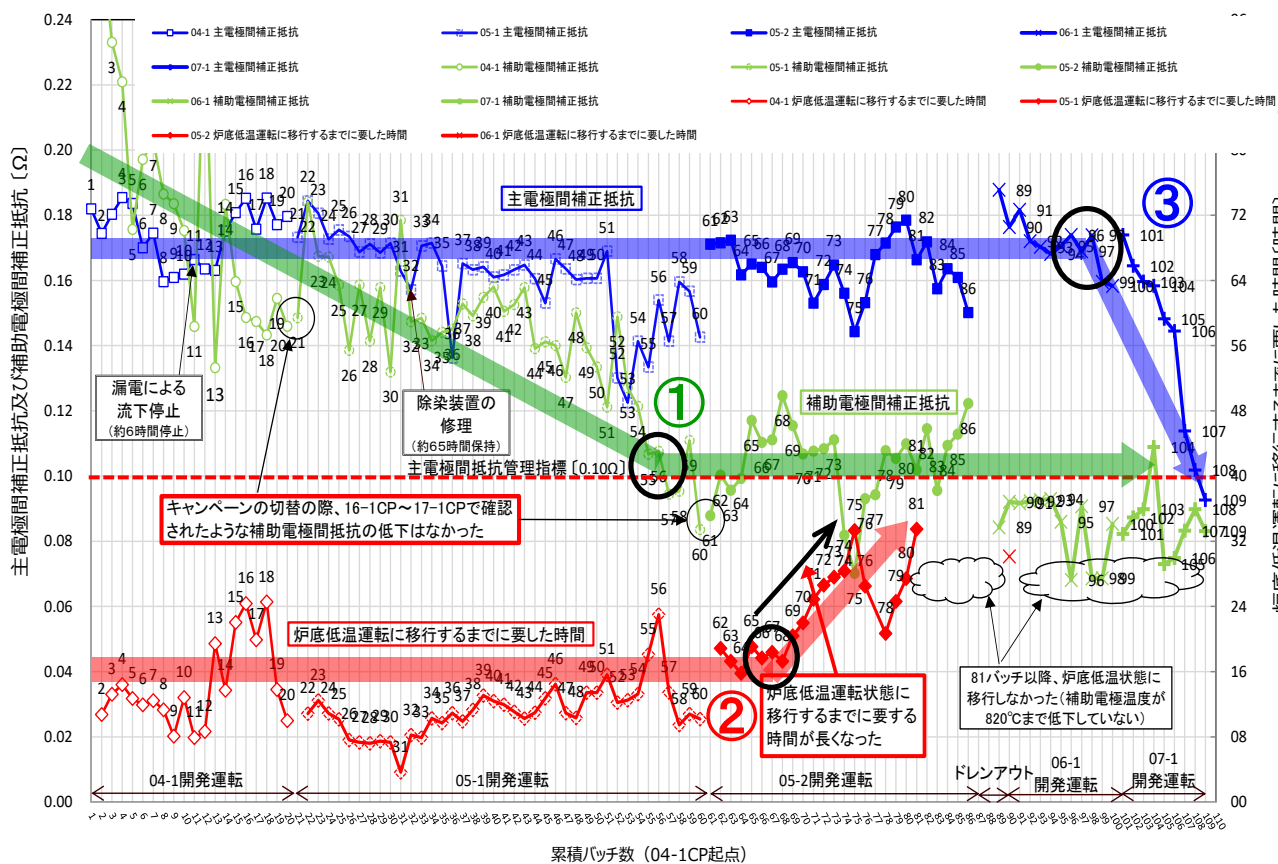
運転管理及び操作

- 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。

【電極間補正抵抗及び炉底低温運転への移行時間の推移（2007年までの運転実績）】

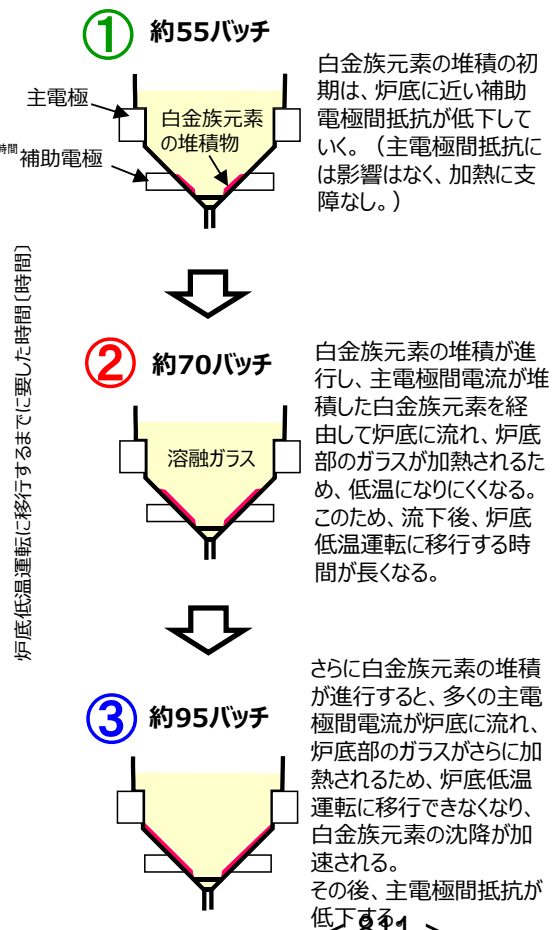
TVF溶融炉は運転継続に伴い、白金族元素が徐々に炉底部に堆積する。
白金族元素堆積に係る運転パラメータは、ガラス固化体製造に伴い以下のように推移。

➤ 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)



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

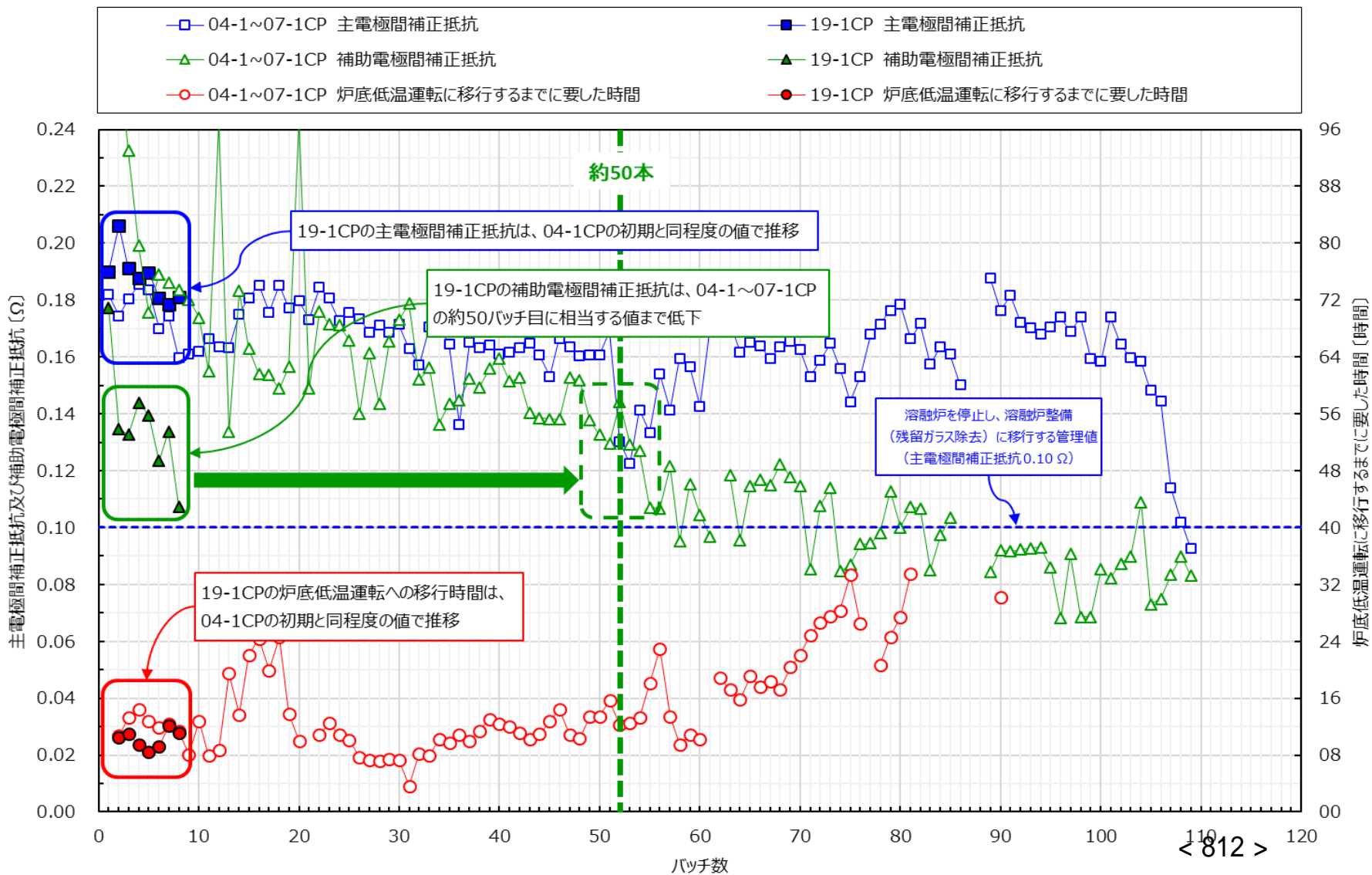


炉内白金族元素堆積の進行イメージ

4. 想定される不具合事象

- 白金族元素の堆積(4/4) -

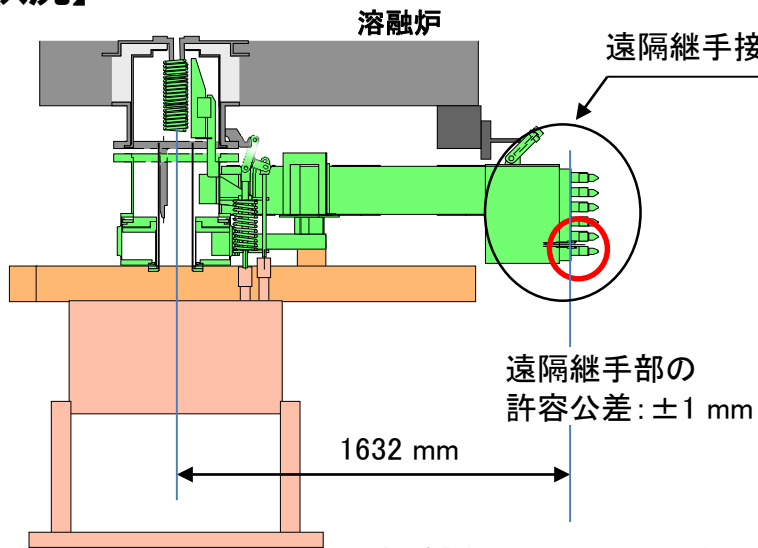
【2007年までの運転 (04-1~07-1CP) と前回運転 (19-1CP) の運転データの比較】



4. 想定される不具合事象

- 結合装置の取り付け(1/2) -

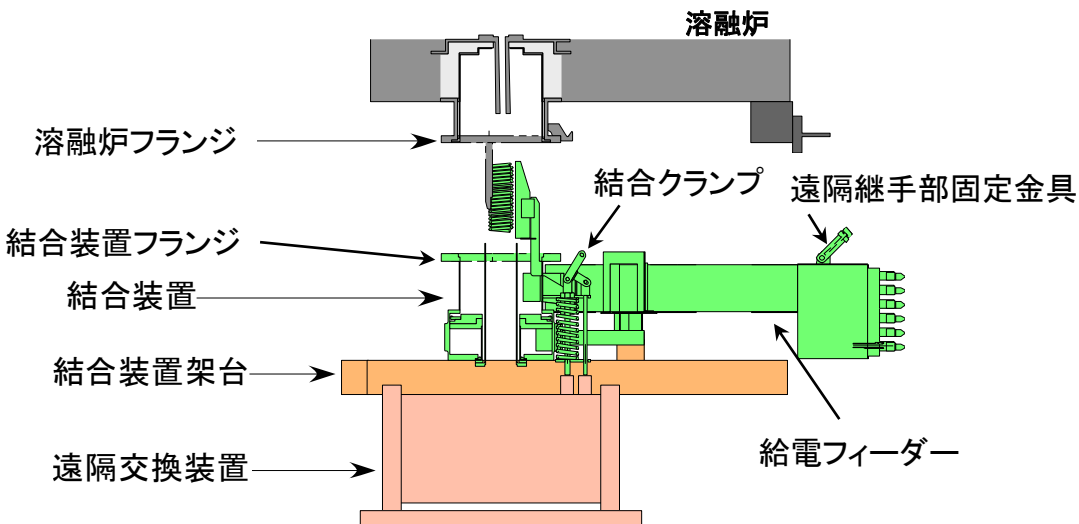
【結合装置据付状況】



結合装置を遠隔交換装置で上昇させ、
熔融炉管台に取り付ける



注) 本評価においては、図面寸法
(±公差の中心値)を用いた。

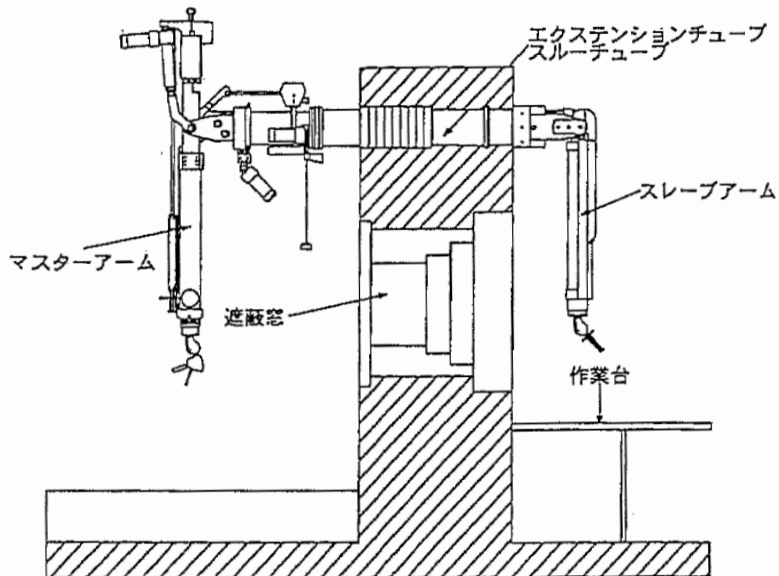


< 813 >
遠隔交換装置全景

4. 想定される不具合事象

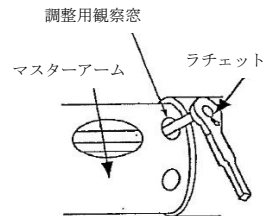
- M/Sマニプレータ -

【M/Sマニプレータの構造】



【分割型マニプレータの脱着】

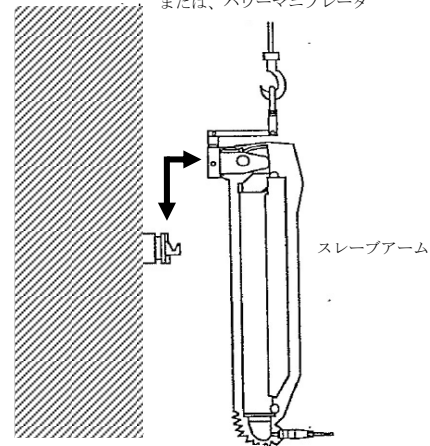
○固化セル



アンバー区域

保守区域側で、連結用ボルトを緩める

両腕型マニプレータホイスト
または、パワーマニプレータ

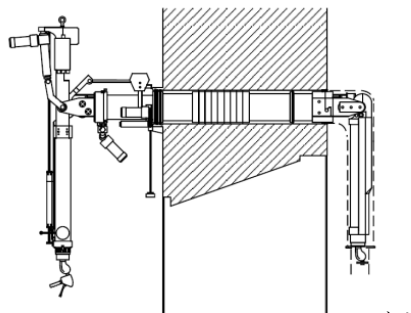


セル

固化セル側で、遠隔保守機器により取り付け、
取り外しを行う。

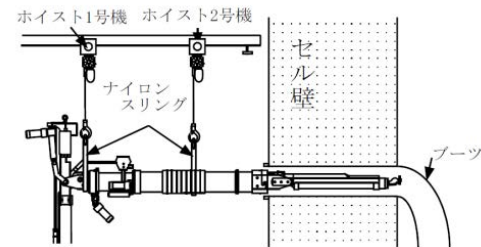
【一体型マニプレータの脱着】

○搬送セル



グリーン区域

セル



グリーン区域

セル

マスターアーム、スレーブアーム一体でブーツを残し、グリーン
ン区域側へ抜き出し、交換品をグリーン側から挿入する。



5. 主な高経年化対策等の実施状況

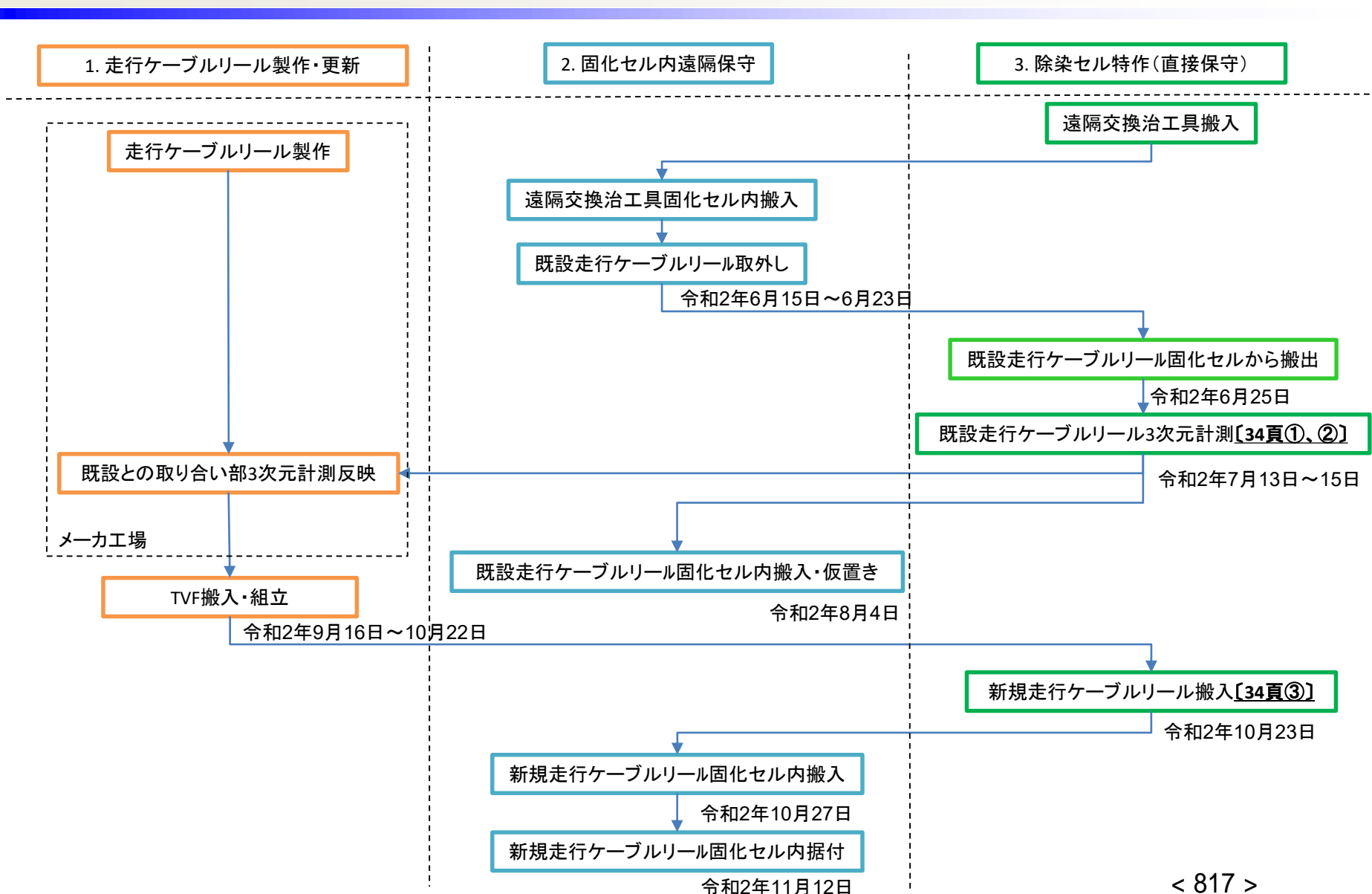
- 19-1CP以降に実施した項目 -

項目	実施内容	完了日	完了判断
①固化セルクレーンの走行ケーブルリール更新	・既設の固化セルクレーン(G51M101)の走行ケーブルリールを取外し、除染セルにて取り合い部等の位置情報を3次元計測を実施し、その結果を反映した新規走行ケーブルリールを製作し、交換を行った【34～36頁参照】。	R2/11/17完了	課長が試験・検査結果を確認し、更新完了を判断。
②浄水配管の一部更新	・TVFに受け入れた浄水を純水設備、非常用発電機の冷却水槽に供給する浄水配管の一部について、既設の炭素鋼製配管から耐食性に優れたステンレス鋼製配管に材質を変更して更新を行った。	R3/2/19完了	使用前自主検査の合格
③冷却塔コイルの交換	・凍結によりコイルに亀裂が生じているコイルユニット(全18ユニット中の7ユニット)の交換を行った。	R3/2/5完了	課長が試験・検査結果を確認し、交換完了を判断。
④表面汚染検査装置の更新	・ガラス固化体の表面密度検査(ガラス固化体表面の汚染密度が基準値以下であることを確認して保管ピットへ保管する)のための試料測定装置は設置から約30年経過しており、検出器、測定ユニット、データ処理装置、前置増幅器ユニットなど一式を高経年化の観点で更新を行った。	R3/3/17完了	課長が試験・検査結果を確認し、更新完了を判断。



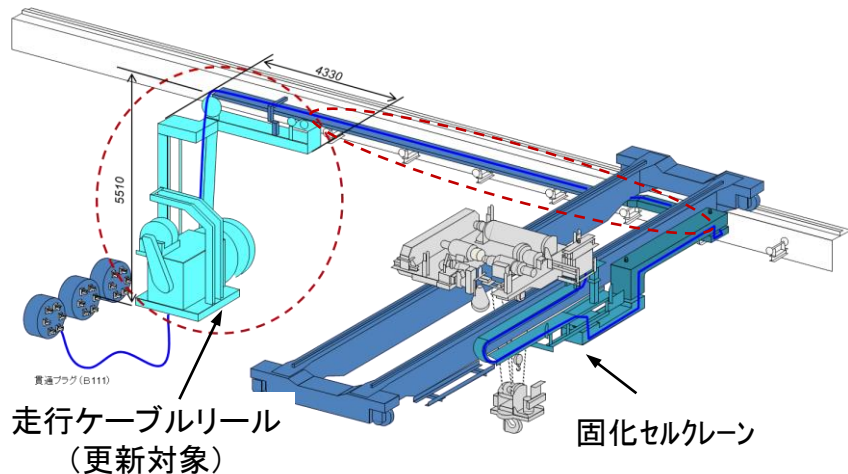
5. 主な高経年化対策の実施状況

① 固化セルクレーン走行ケーブルリールの更新(1/3)

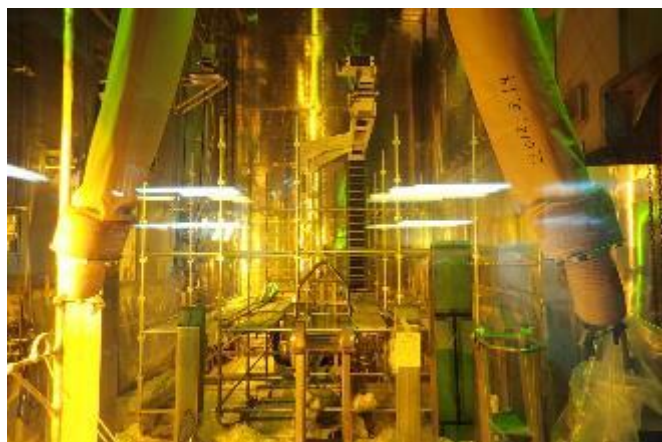


5. 主な高経年化対策の実施状況

① 固化セルクレーン走行ケーブルリールの更新(2/3)



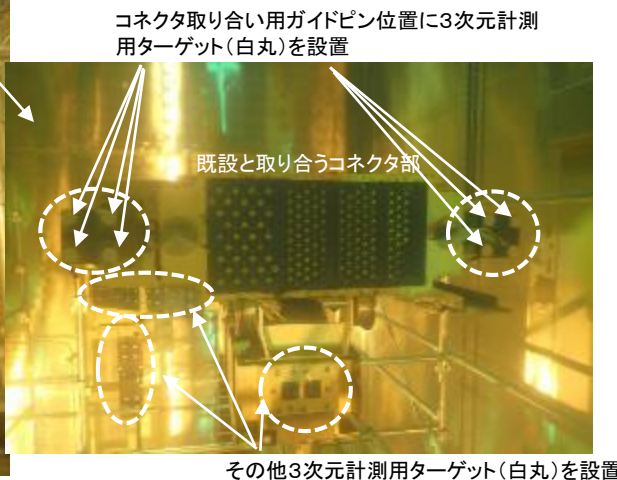
③新規走行ケーブルリール組立完了後、除染セルへの搬入



① 既設走行ケーブルリールとの取り付け位置確認 (3次元計測)に向けた足場設置 (除染セル)



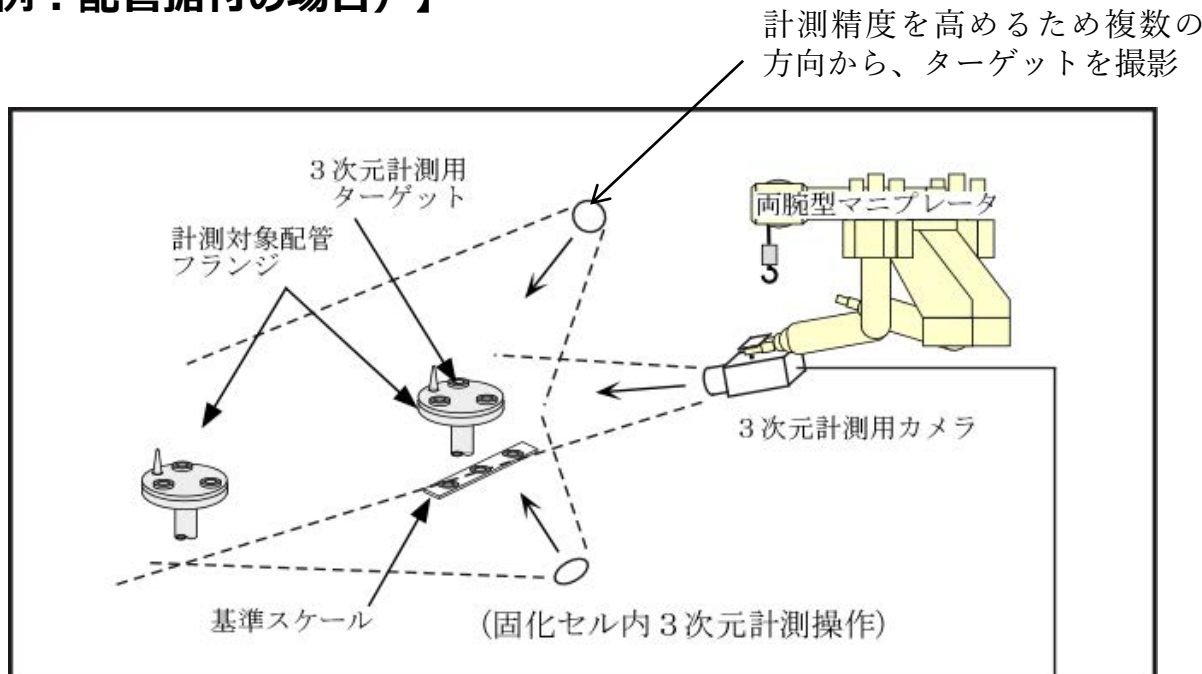
② 既設走行ケーブルリールとの取り付け位置確認 (3次元計測) (除染セル)



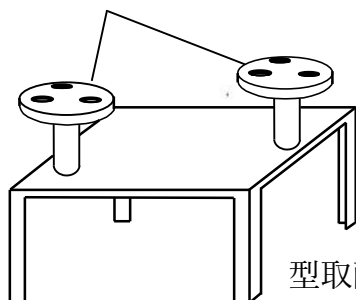
5. 主な高経年化対策の実施状況

① 固化セルクレーン走行ケーブルリールの更新(3/3)

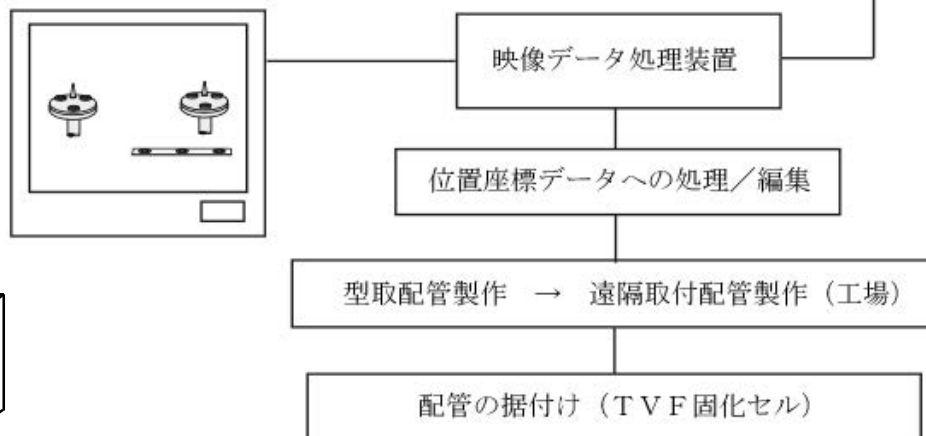
【3次元計測の概要（例：配管据付の場合）】

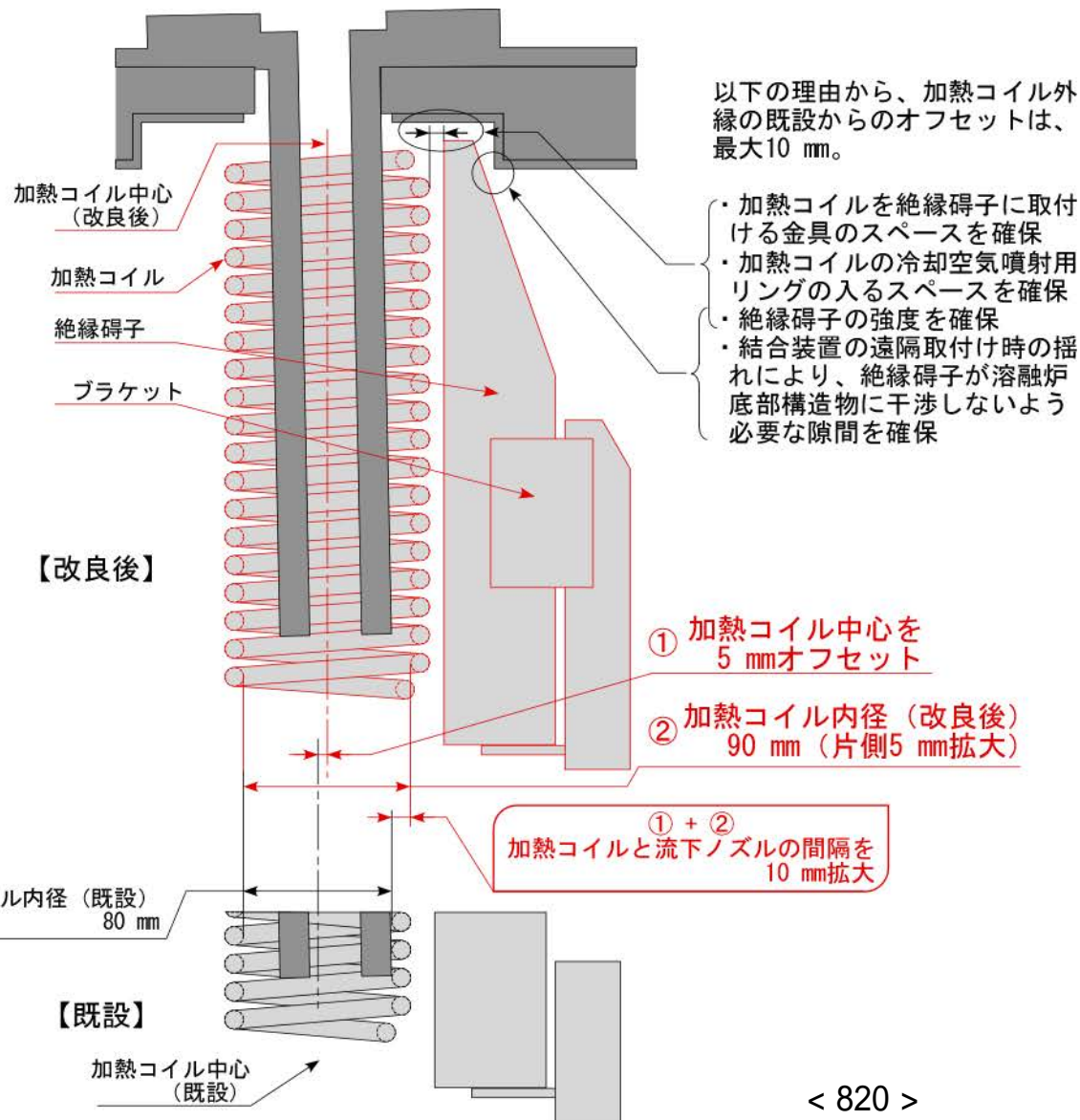
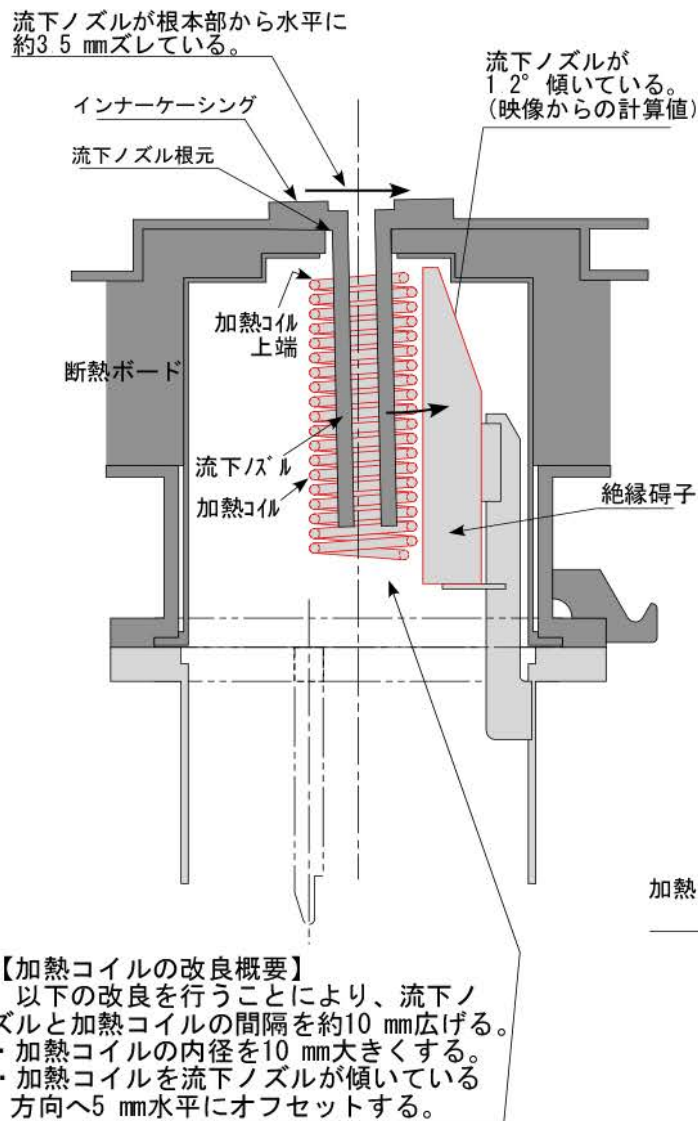


配管フランジ間の位置関係を再現



型取配管イメージ





加熱コイル径拡大のイメージ図

【推定方法】

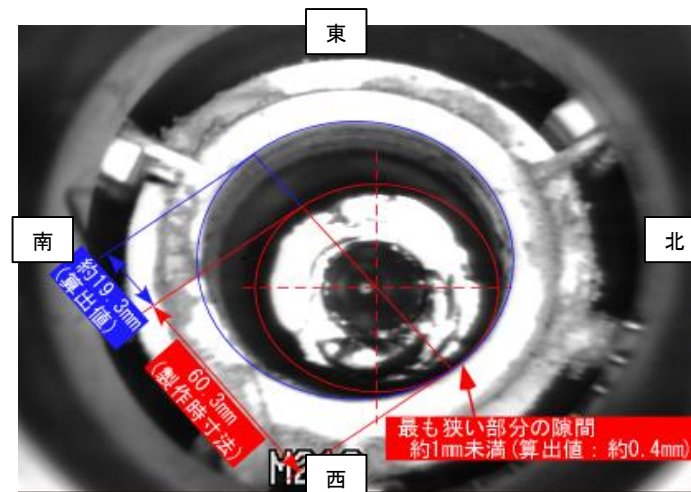
- 流下ノズル外径60.3 mm(製作時の実測寸法)を基準として、画像上での計測値を換算して寸法を算出した。
- 加熱コイルの内径は設計値80 mmとした。

① 流下ノズル先端部

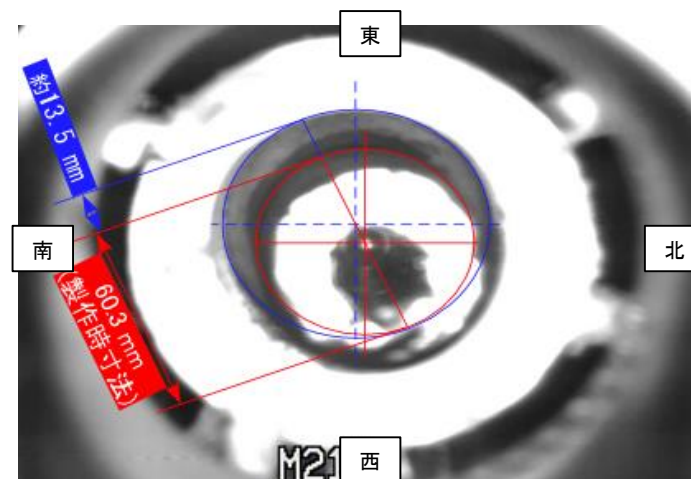
- 流下ノズル先端部と加熱コイルの間隔は、最も広い箇所では約19.3 mm。
- **流下ノズル先端部と加熱コイルの間隔は、最も狭い箇所では約0.4 mmと推定。**

② 流下ノズル根本部

- 流下ノズルの根本付近と加熱コイル上部の間隔は、最も広い箇所では約13.5 mm。
- **流下ノズル根本部のズレは、北西側に約3.5 mmと推定。**



① 流下ノズル先端部の観察結果



② 流下ノズル根本部の観察結果
観察結果 < 821 >

