

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

— 結合装置の取付再調整に向けた対応状況 —

【概要】

新結合装置と溶融炉の取合いフランジ間に生じた隙間からの空気の流入について、新結合装置の取外し過程での調査、また、並行して設計、製作上の調査を進めてきた。計画した原因調査がひととおり終了したことから、これまでの調査に基づく推定原因、対応状況について報告する。

- フランジ間に隙間が生じた原因は、給電フィーダと給電フィーダの遠隔サポート受け台に結合装置フランジを吊り上げるだけのクリアランスがなく、遠隔サポートを締め付けても結合装置フランジが吊り上がらず、結合装置フランジと溶融炉フランジが密着しなかったことによるもの。
- この対応として、新結合装置と溶融炉の取合いフランジ間にシムスペーサを挟込み空気の流入量を交換前と同程度とすることで新結合装置内の負圧を維持することにより、ガラス固化処理を安定して進める。
- 挟込むシムスペーサは、取合いフランジ間の隙間(西から東方向へ0～2.9 mmと推定)を考慮した傾斜タイプ(西から東方向へ1～4 mm)とする。シムスペーサの挟込み後は、装置内の負圧状態を確認し、使用前自主検査(流下ノズルと加熱コイルのクリアランス確認、作動試験等)を再度実施する。
- シムスペーサは、新結合装置を既設の溶融炉(架台含む)に取付ける際の据付調整の一環として使用するものであり、結合装置の安全機能(誤流下防止のためのインターロック)に影響はなく、既認可の廃止措置計画に記載した仕様や構造図等の変更を伴うものではない。
- 今回の原因は、過去に実施した据付調整等の記録は残っているものの、その記録の内容が適切でなく、今回の製作に正確に反映されなかったものと認識している。現在、設計・製作を進めている3号溶融炉や結合装置の予備品等については、過去の据付調整等の記録に加え、今回の結合装置の交換に係る据付調整等の内容を確実に設計図書に反映し、ガラス固化処理を円滑に進めるため同様の事象が起こらないよう対応していく。

令和3年7月5日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

TVF 結合装置の取付再調整の状況について

1. はじめに

TVF の流下停止事象(R 元年 7 月発生)の対策を講じた新結合装置に交換後、運転に向けた準備作業を行っていたところ、結合装置内圧力検出位置の圧力が交換前に比べ上昇(交換前:約-0.40 kPa → 交換後:約-0.15 kPa)していることを確認した。調査の結果、この原因は新結合装置と溶融炉の取合いフランジ間に隙間が確認され、この部分から、新結合装置内へ流入する空気の量が増加しているためと判断した。この空気の流入量増加により、流下ノズルの加熱性の低下や流下ガラスの偏流等、溶融炉の安定運転への影響が懸念されることから、新結合装置の取付状態を再調整した後に熱上げを開始することとした。

以降、取合いフランジ間に生じた隙間について、計画した調査が終了したことから(表-1)、推定原因、対応状況について報告する。

2. 結合装置の取付方法(別図-1, 別図-2)

結合装置は、加熱コイルやベローズ等を取付けた円筒形の本体胴に加熱コイルに電力を供給する給電フィーダ(235° 位置)、冷却リングやベローズに圧空を供給する圧空配管(335° 位置)を取付けた構造である。

結合装置の接続は、溶融炉のフックに結合装置の結合クランプを引っ掛け、結合装置フランジを溶融炉フランジにバネにより押し付ける方法で行うが、給電フィーダ等が取り付けられている側は、給電フィーダ等の重量により若干隙間ができるため、給電フィーダ等と遠隔サポート(サポート受け台)間に結合装置フランジを吊り上げるだけのクリアランス(吊り上げ代)を設け、遠隔サポートを締め付けることにより吊り上げてサポート受け台に固定することで、溶融炉フランジとの隙間をなくす構造である。

3. フランジ間に隙間が生じた原因調査(別図-3、別図-4)

溶融炉フランジと結合装置フランジ間に隙間が生じた要因について、現状の新結合装置の取付状態や新結合装置を取り外す過程において、整理した各想定要因を確認する方法で調査を行った。

調査の結果、給電フィーダの位置が高いことが抽出された。具体的には、結合クランプを溶融炉のフックに引っ付けた状態(遠隔サポート締め付け前)では、給電フィーダとサポート受け台間に結合装置フランジを吊り上げるだけのクリアランスがなく、遠隔サポートを締め付けても結合装置フランジは吊り上がらず、結合装置フランジと溶融炉フランジが密着しなかったことにより、隙間が生じていることが分かった。

4. 給電フィーダとサポート受け台間に結合装置フランジを吊り上げるだけのクリアランス(吊り上げ代)がなかった原因

4.1 結合装置の取合い寸法確保の考え方

結合装置は、溶融炉及び溶融炉据付架台に設置されているサポート受け台と取合うため、取合い寸法は、各機器の製作寸法により決まる。

今回の新結合装置の製作においては、結合装置のみの交換であり、溶融炉及びサポート受け台の製作寸法は変わらないことから、新結合装置と既設との取合いを確保するため、旧結合装置の製作寸法に合わせて新結合装置を製作した。

4.2 旧結合装置の製作実績(調査結果:別図-5)

旧結合装置は、平成 16 年に 2 号溶融炉と合せて交換を行っている。

旧結合装置の製作においては、1 号溶融炉の結合装置の製作情報を基に製作し、検査まで終了したが、その後の 2 号溶融炉の製作寸法の確認結果、溶融炉フランジが約 195° 方向に約 0.7° 上向きに傾斜していることを確認した。

この確認結果を旧結合装置の製作図へ反映(再決定図書化)し、給電フィーダ取付け角度の調整(シム調整)*を行った。また、旧模擬架台を製作して、調整した旧結合装置の取付け確認検査を行った。

※ 今回の調査において、取り外した旧結合装置(解体中)を詳細に確認し、給電フィーダ部に傾斜シムが挿入されていることを ITV カメラにより確認した。

4.3 新結合装置で給電フィーダとサポート受け台間に結合装置フランジを吊り上げるだけのクリアランス(吊り上げ代)がなかった原因(別図-6)

新結合装置は、旧結合装置の製作寸法を基に製作する方針とした。また、旧結合装置の製作時の情報を基に今回新たに製作した模擬架台に新結合装置を取付けて、給電フィーダ等の調整が必要ないことを確認したが、これまでの調査から次の 2 つのことが重なり、結果的に給電フィーダとサポート受け台間に結合装置フランジを吊り上げるだけのクリアランス(吊り上げ代)がなくなったと考えている。

(1) 製作寸法

旧結合装置の製作図には、2 号溶融炉の製作寸法の確認結果を反映して再決定図書化されたことが改訂履歴に記載(「除染セル内計測結果に伴い以下の項目を改正し、再決定図書として提出する。」)されており、旧結合装置の給電フィーダ取付け角度の調整に必要な情報が反映されていると考えていたが、調整した角度等の一部の情報が適切に記載されておらず、結果的に給電フィーダの高さ方向の寸法が調整前の旧結合装置と同じ寸法で製作された。

(2) 模擬架台の製作寸法

旧結合装置の製作時の旧模擬架台の製作図面が残っていなかったことから、旧模擬架台製作時に使用した情報(溶融炉の寸法測定記録など)を基に新模擬架台の製作図を作成したが、この製作図において一部の図面寸法と現場寸法に不整合があった。(溶融炉フランジの位置が現場よりも 32.5 mm 低い位置である

ことを確認した)。

このため、新模擬架台を用いた新結合装置の取付け確認検査では、給電フィーダとサポート受け台に結合装置を吊り上げるだけのクリアランスができ、遠隔サポート締め付けにより、新結合装置フランジと溶融炉フランジが密着することを確認した。

5. 対応

5.1 対応の方針(別図-7、別図-8)

新結合装置は固化セルに搬入しており、遠隔作業により結合装置本体胴と給電フィーダの間に傾斜シムを挿入して取付け角度を下向きに調整することはできないことから、据付調整として、新結合装置フランジと溶融炉フランジ間の隙間にシムスペーサを挟込み、フランジ部から新結合装置内へ空気が流入しないようにする。

なお、調査の結果から、新結合装置フランジと溶融炉フランジ部と遠隔サポート部以外での干渉や接触はなく、変形や損傷等も見られなかったことから、新結合装置の健全性に問題はないと考えている。

また、シムスペーサ(溶融炉フランジ及び結合装置フランジと同様の SUS304 材)を挟込む方法は、取外した新結合装置フランジの上にシムスペーサを載せることで対応可能であり、結合クランプのバネ力や遠隔サポートの締め付け力以外の力や荷重は掛からない。

5.2 シムスペーサの挟込みによる安全機能(誤流下防止)への影響

溶融炉と結合装置のフランジの接続は、設計上、メタルタッチであり、気密や閉じ込めが要求される箇所ではなく、シムスペーサの挟込みは、現状生じている隙間から流入する空気の量を低減するものであり、装置内圧の制御に影響は生じない。

このため、シムスペーサを挟込んだ場合においても、従前と同様に結合装置とガラス固化体容器(キャニスタ)との結合状態に影響はないことから、誤流下防止のインターロック(台車と結合装置のインターロック)に影響はない。

5.3 シムスペーサの挟込みによる溶融炉運転への影響

①溶融炉とガラス固化体容器(キャニスタ)との結合

取合フランジ間にシムスペーサ(厚さ 1~4 mm)を挟込むことにより結合装置の下端位置が下がると、ガラス固化体容器(キャニスタ)を搭載した台車(G51M118A)を結合装置の下に移動できなくなる可能性がある。

このため、シムスペーサを挟込んだ際の結合装置下端とガラス固化体容器(キャニスタ)のクリアランスを確認したところ、流下中のガラス固化体容器(キャニスタ)の熱膨張を考慮しても約 8.2 mm 確保されており、影響はない。

②加熱コイルと流下ノズルのクリアランス

取合フランジ間にシムスペーサを挟込むと、シムスペーサの傾斜により、加熱コ

イルと流下ノズルのクリアランスが変わる可能性がある。

このため、シムスペーサの厚さの傾きは約 0.34° に対し、加熱コイルと流下ノズルのクリアランスを確認したところ、流下ノズルが傾いている北西方向(最も狭い位置)で約 10.2 mm に対し+0.3 mm であり影響はない。

③加熱コイルによる流下ノズルの加熱性

シムスペーサを挟込んだ場合、流下ノズルに対して、加熱コイルが約 2.5 mm 下がることから、加熱性に影響を及ぼす可能性がある。

このため、令和 2 年 3 月に実施した流下ノズルの加熱性確認試験結果より流下ノズル最上部の温度が約 10°C 前後低く推移するものと推定でき、推移分の温度を上昇させるための加熱電力は約 0.5 kW 程度であり、設備の調整範囲内(通常 10 kW 程度、調整範囲は 8.0～19.0 kW)であることから、流下ノズルの加熱性に影響はないと考えている。

6. 許認可上の取扱い

シムスペーサは新結合装置を既設の溶融炉(架台含む)に取付ける際の据付調整の一環として使用するものであり、結合装置の安全機能(誤流下防止のためのインターロック)に影響はなく、既認可の設計及び工事の計画(ガラス固化技術開発施設(TVF)の溶融炉の結合装置の製作及び交換)に記載した仕様や検査、構造概要図、工事の手順等の変更を伴うものではない。また溶融炉運転への影響もなく、安定した溶融炉運転に向け今回の結合装置の据付調整の一環でシムスペーサによる調整を実施したいと考えている。

7. 今後の予定

7.1 2号溶融炉への取付に係る今後の対応

シムスペーサの固化セル搬入、新結合装置の取付け(新結合装置フランジと溶融炉フランジ間への挟込み)後、取付状態(別図-9)及び装置内の負圧状態を確認する。その後、使用前自主検査「外観検査(流下ノズルと高周波加熱コイルのクリアランス確認)」を再度実施し、以降の使用前自主検査「作動試験(1): 台車と結合装置のインターロック試験」及び「作動試験(2): 流下確認」を実施する。

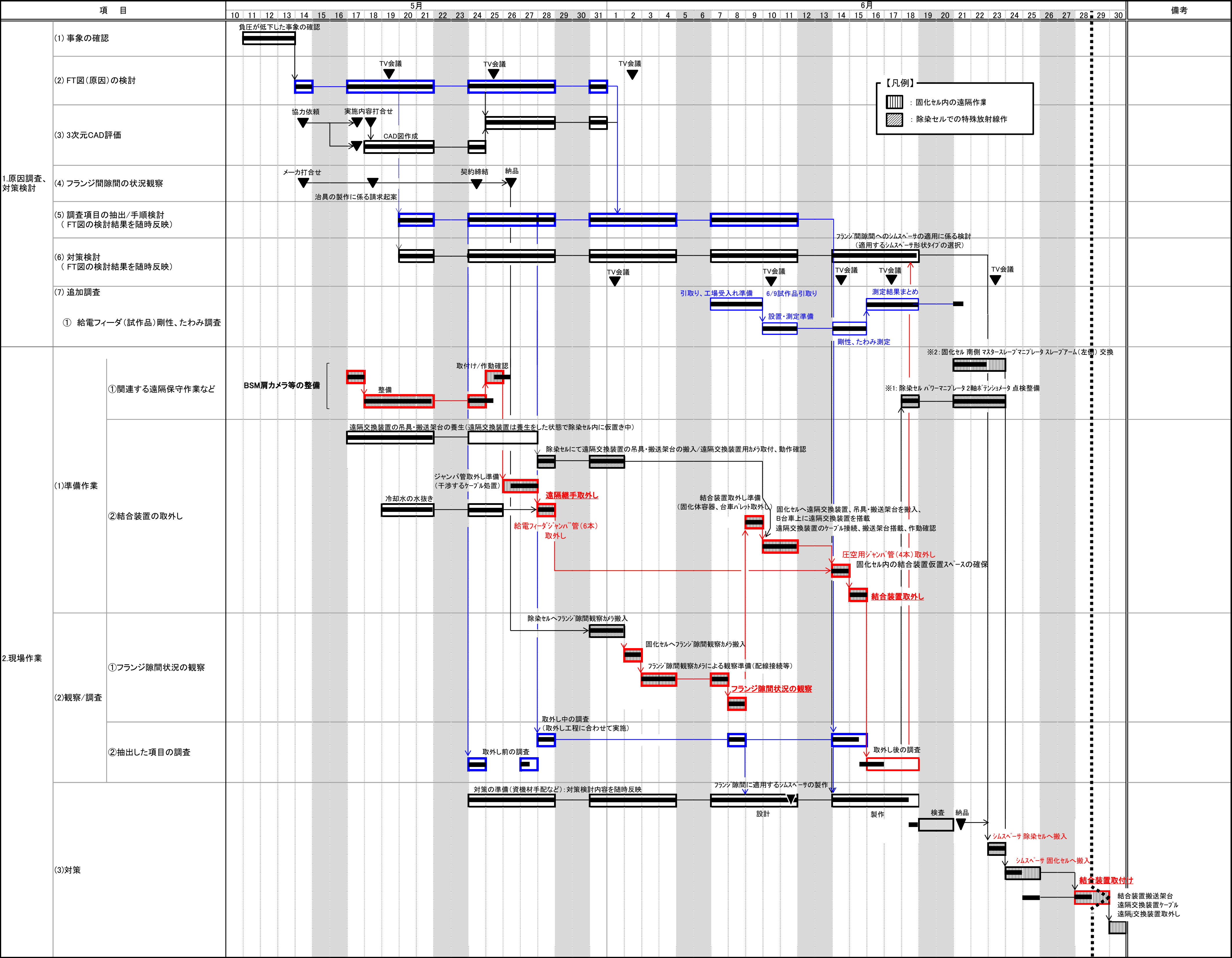
7.2 3号溶融炉への更新等に向けた対応

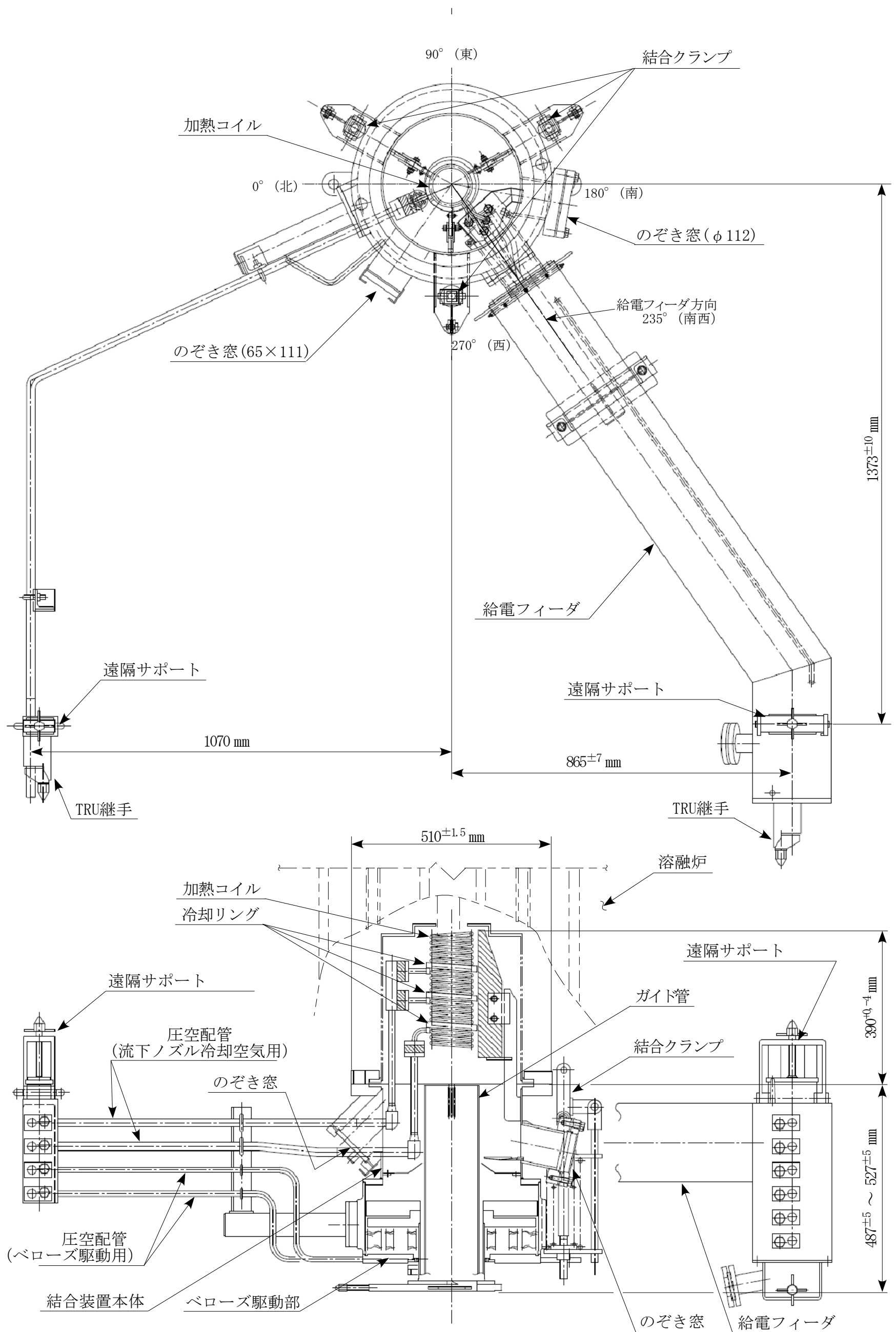
今回の原因は、過去に実施した据付調整等の記録は残っているものの、その記録の内容が適切でなく、今回の製作に正確に反映されなかったものと認識している。現在、設計・製作を進めている 3 号溶融炉や結合装置の予備品等については、過去の据付調整等の記録に加え、今回の結合装置の交換に係る据付調整等の内容を確実に設計図書に反映し、ガラス固化処理を円滑に進めるため同様の事象が起こらないよう対応していく。

以 上

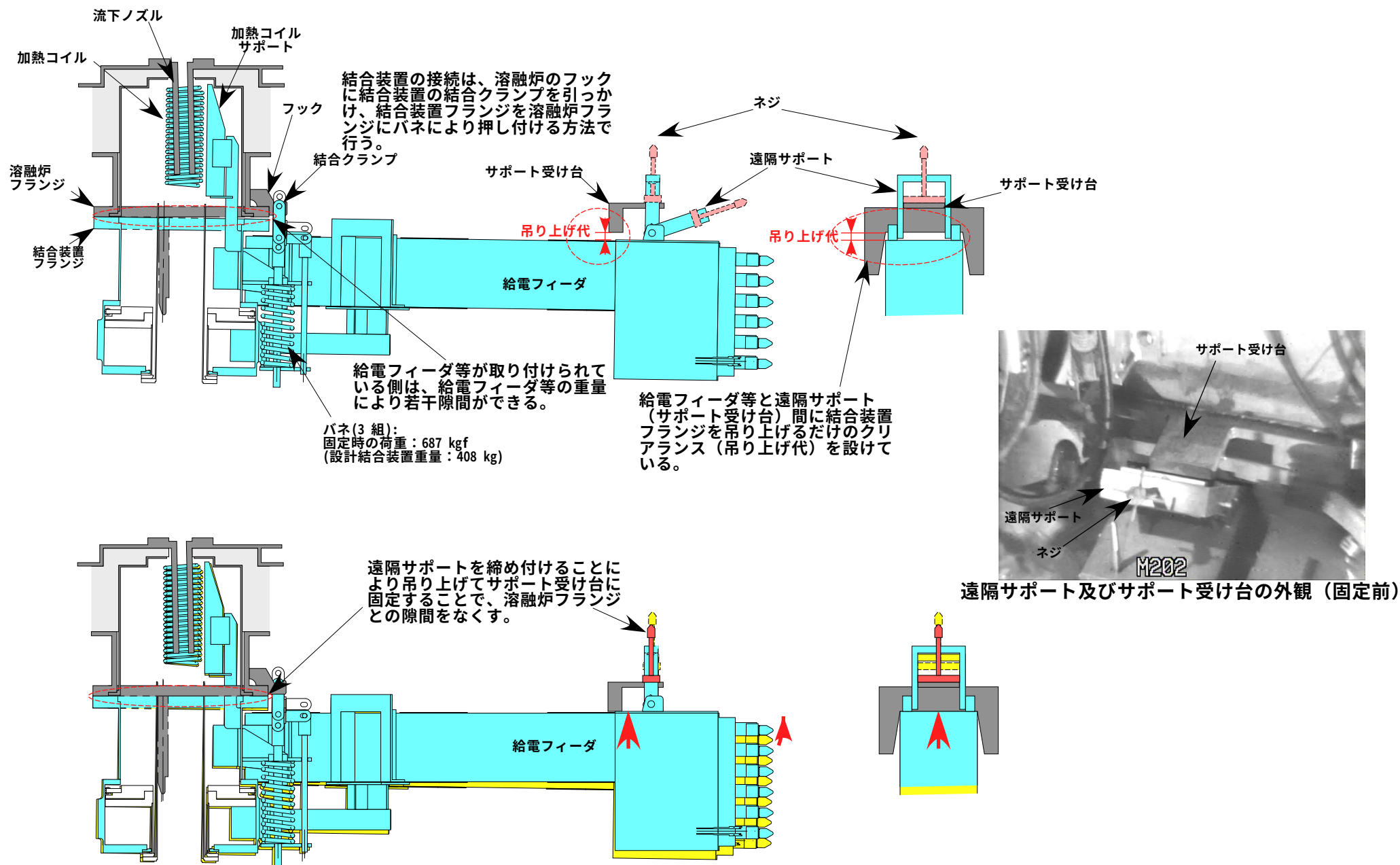
表-1 ガラス固化技術開発施設(TVF)結合装置の取付再調整 対応工程案

令和3年6月28日現在

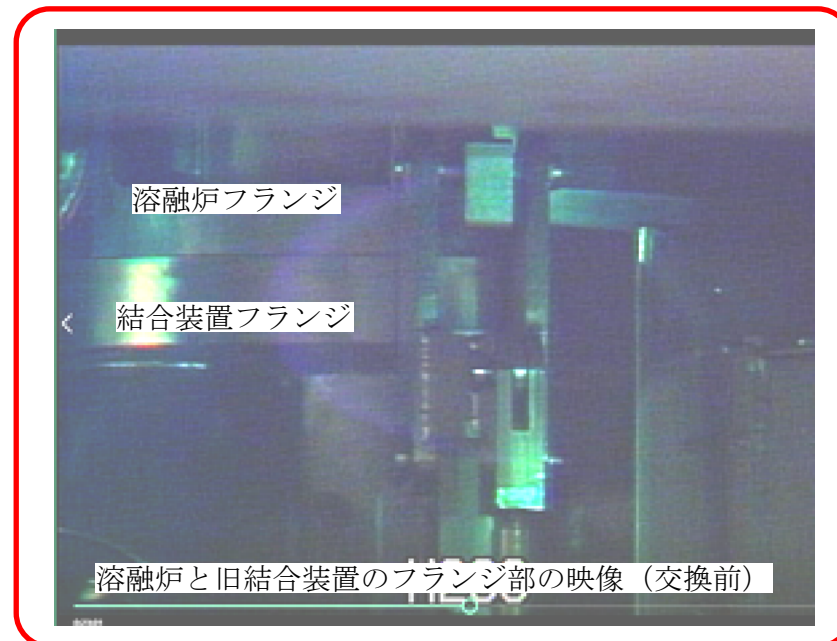
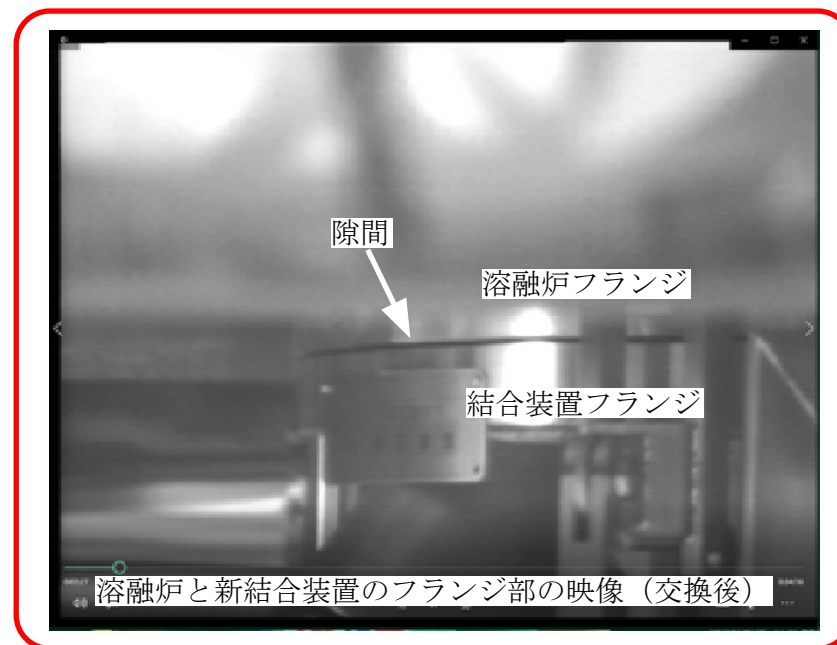
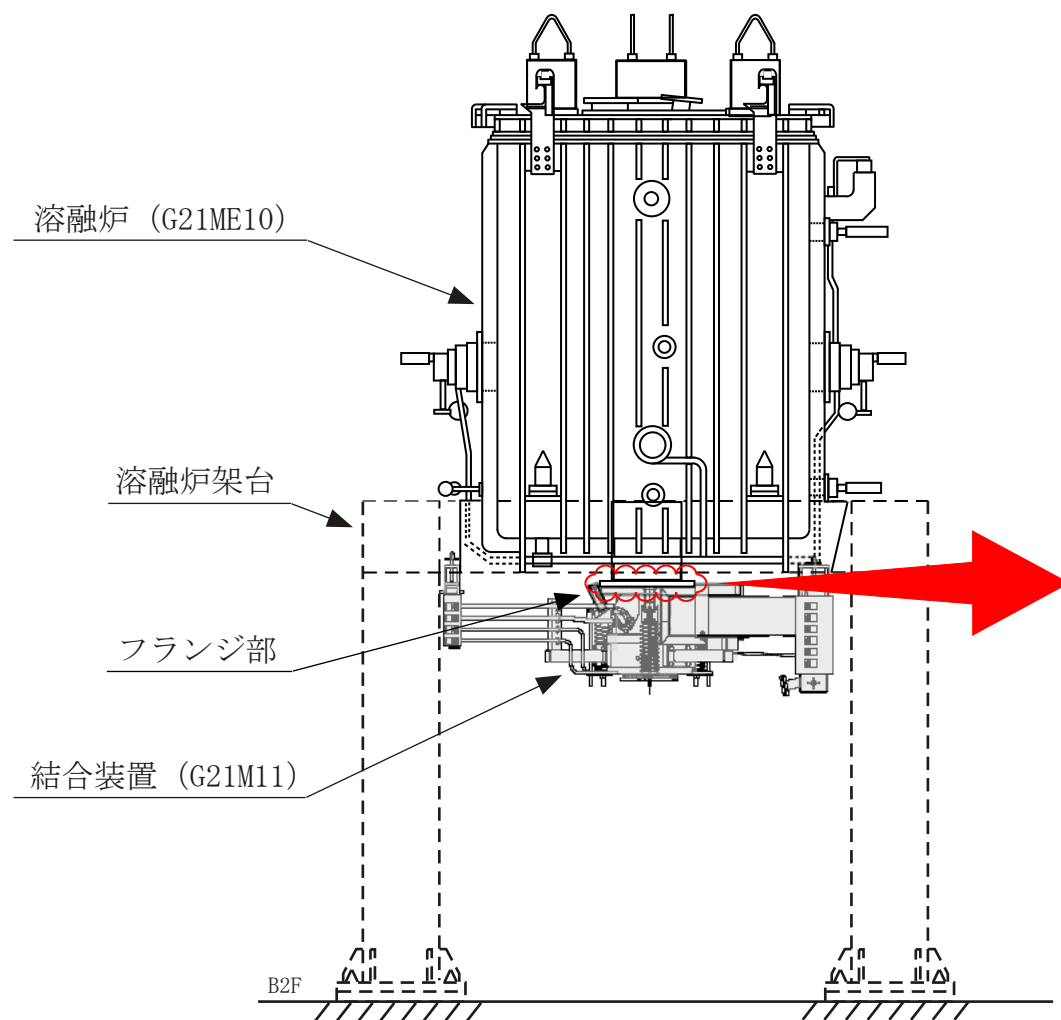




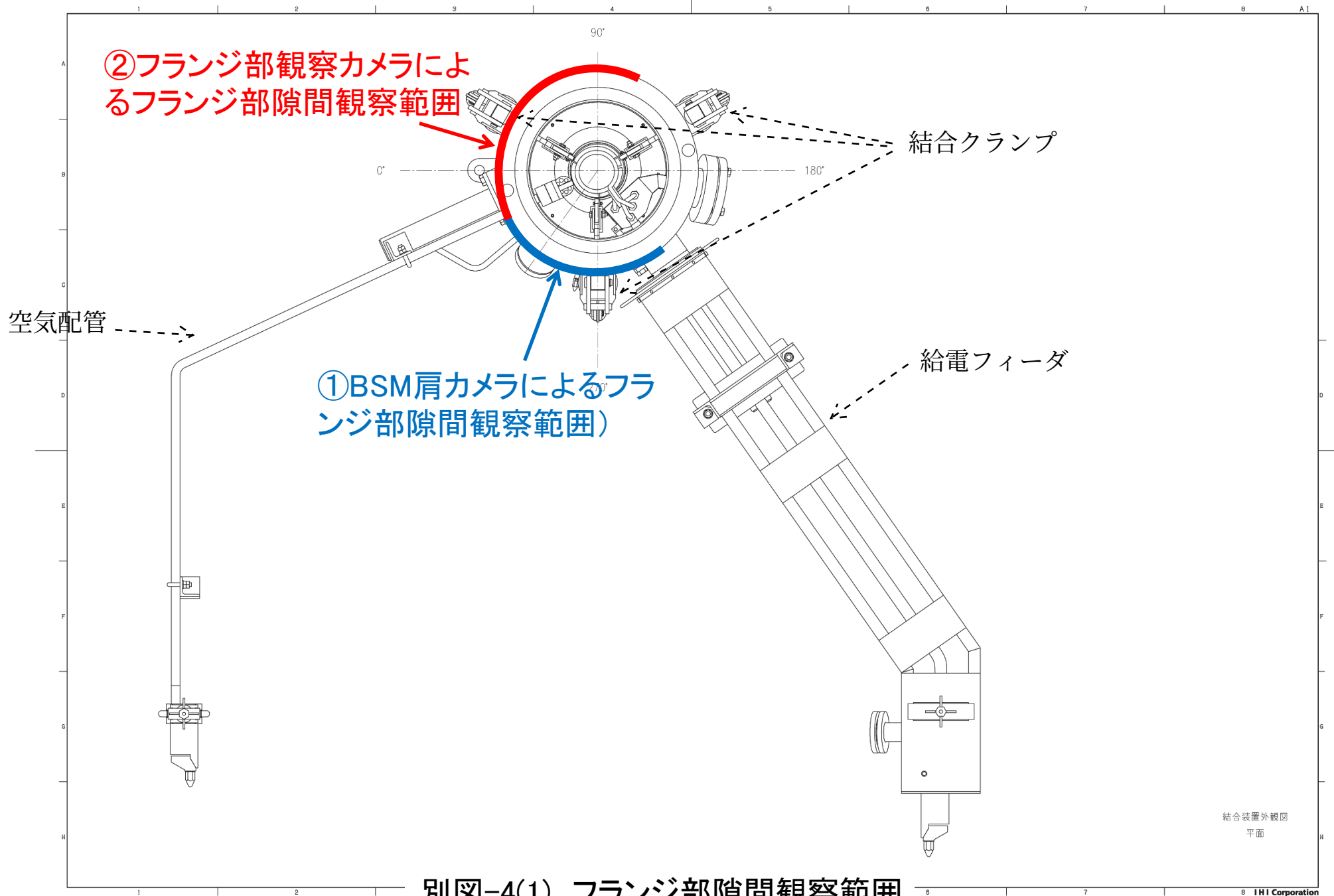
別図-1 結合装置構造図



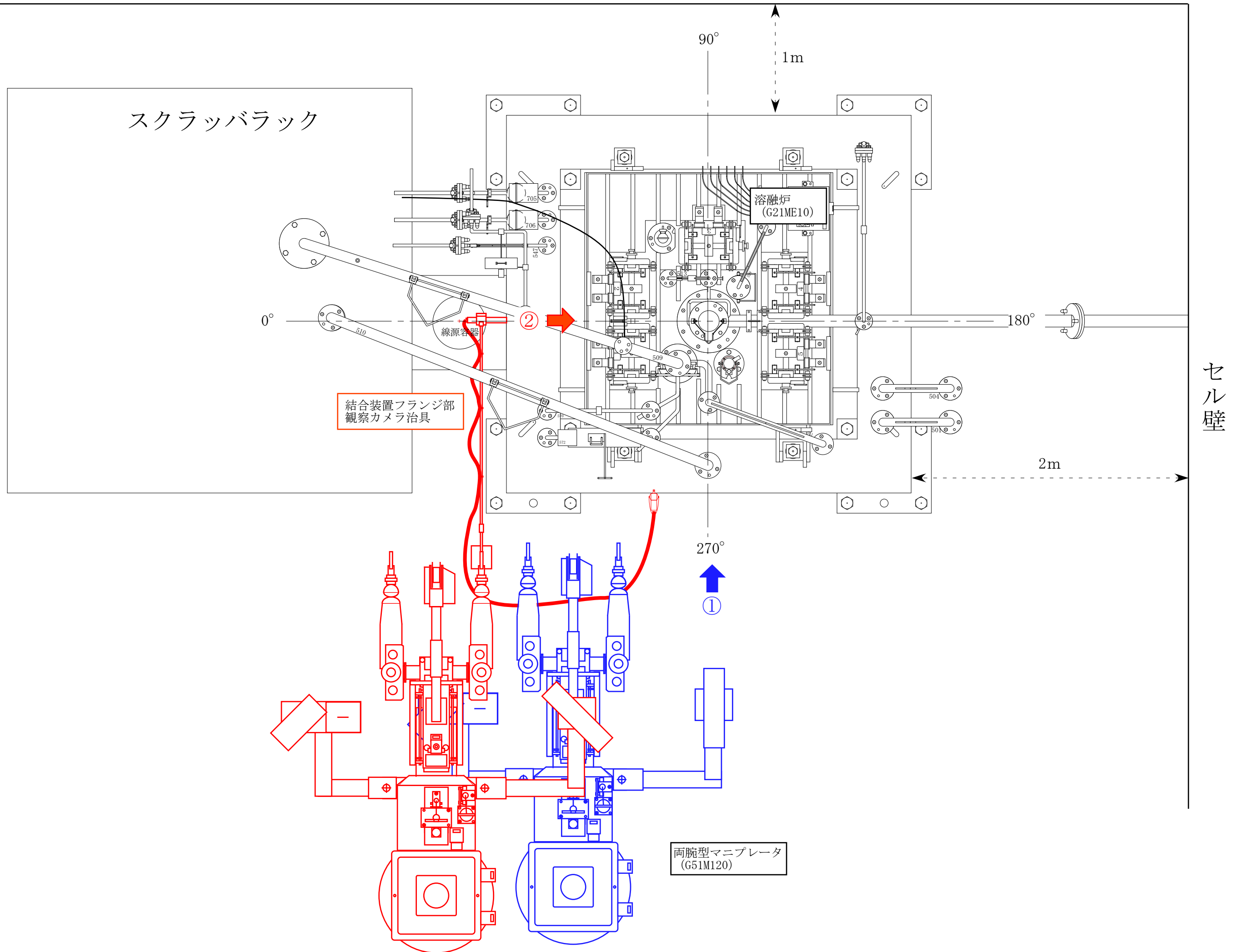
別図-2 結合装置取付けに係る構造概要



別図-3 溶融炉と結合装置の取合いフランジ部の隙間

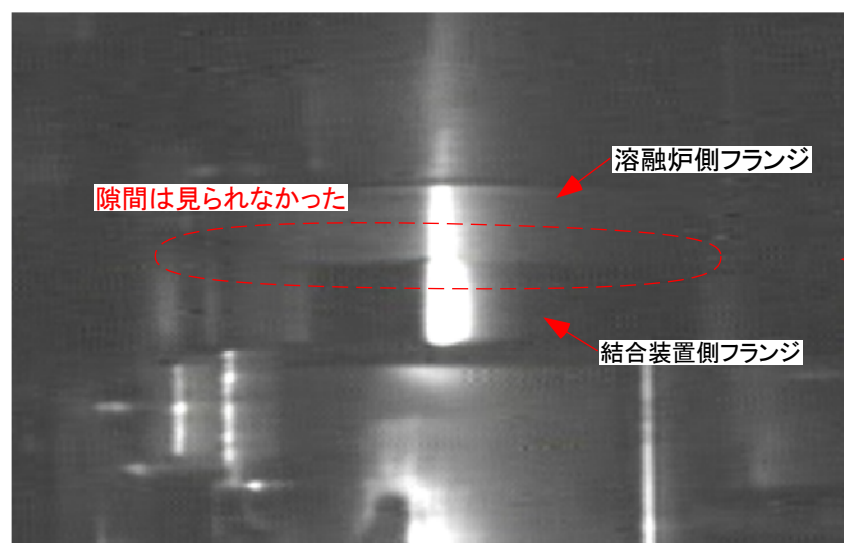


別図-4(1) フランジ部隙間観察範囲

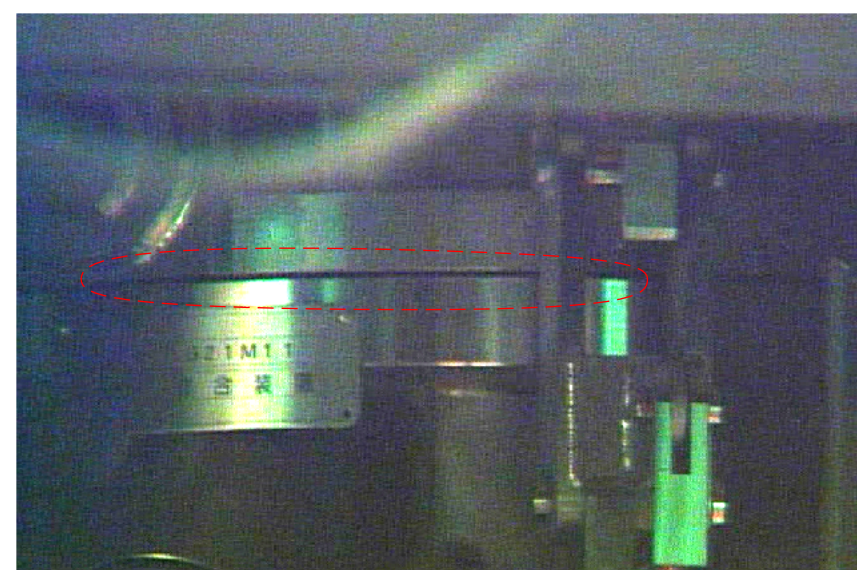


別図-4(2) 結合装置フランジ部観察カメラ治具による視認位置

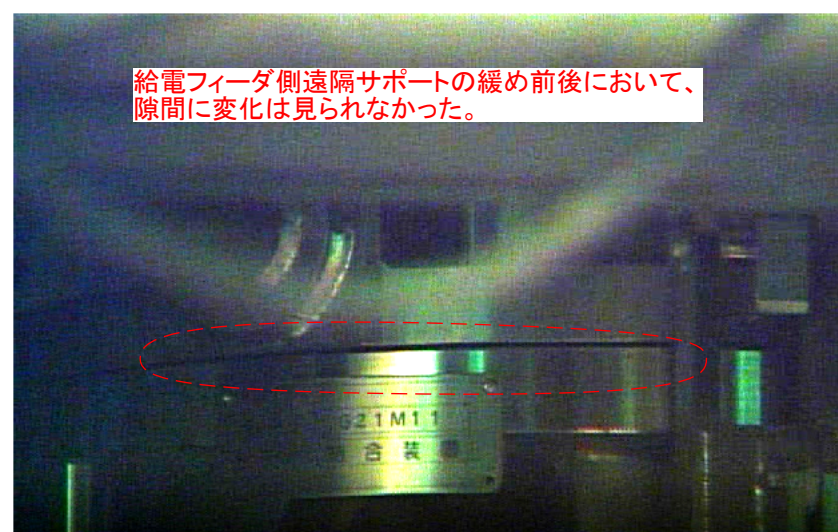
要因② 1-1-1～1-1-4
2-1-3～2-1-5
2-2-3、2-2-4



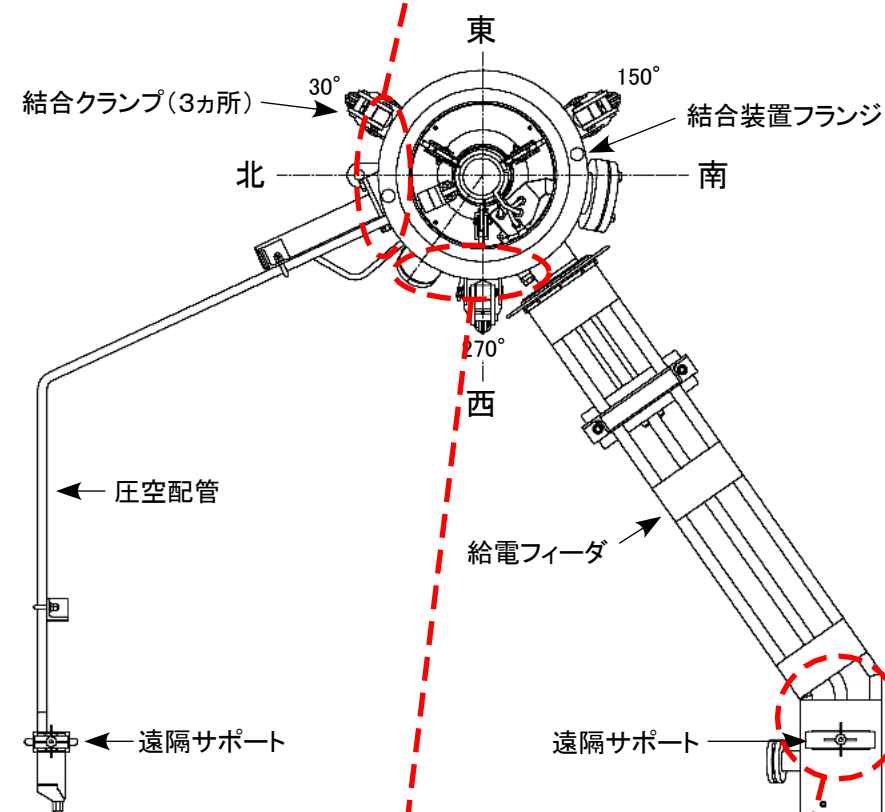
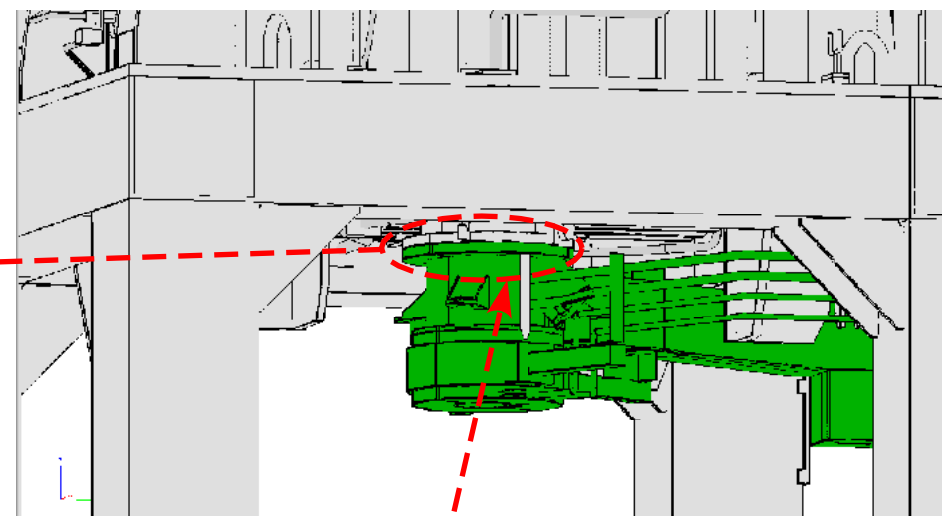
フランジ北側(北東側)の観察結果



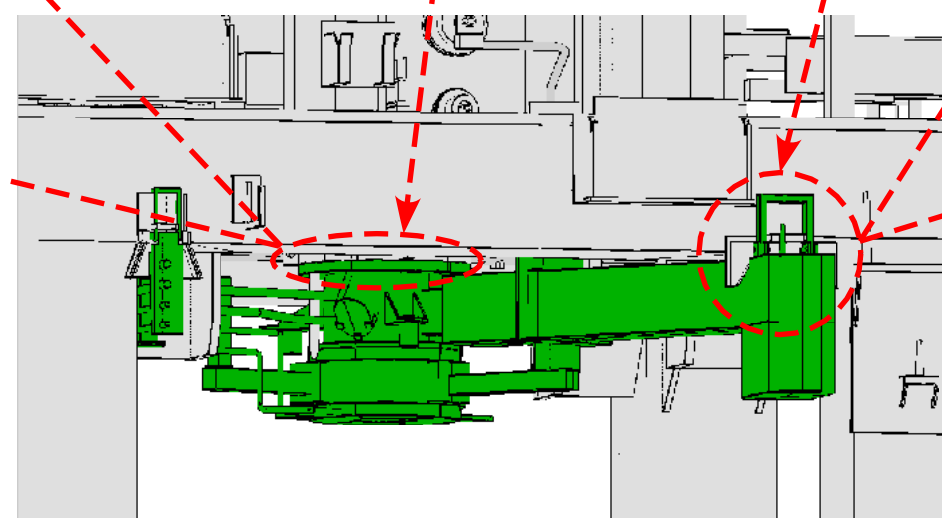
フランジ西側の観察結果
(給電フィーダ側遠隔サポート緩め前)



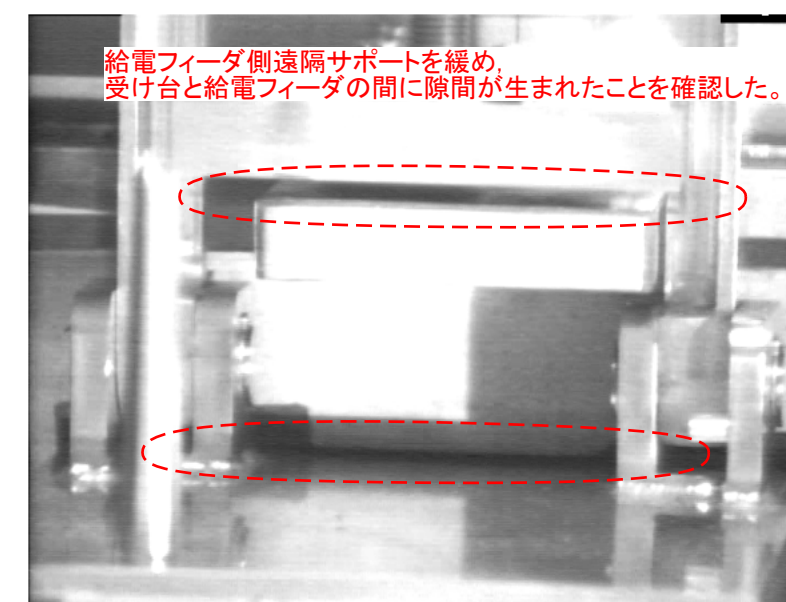
フランジ西側の観察結果
(給電フィーダ側遠隔サポート緩め後)



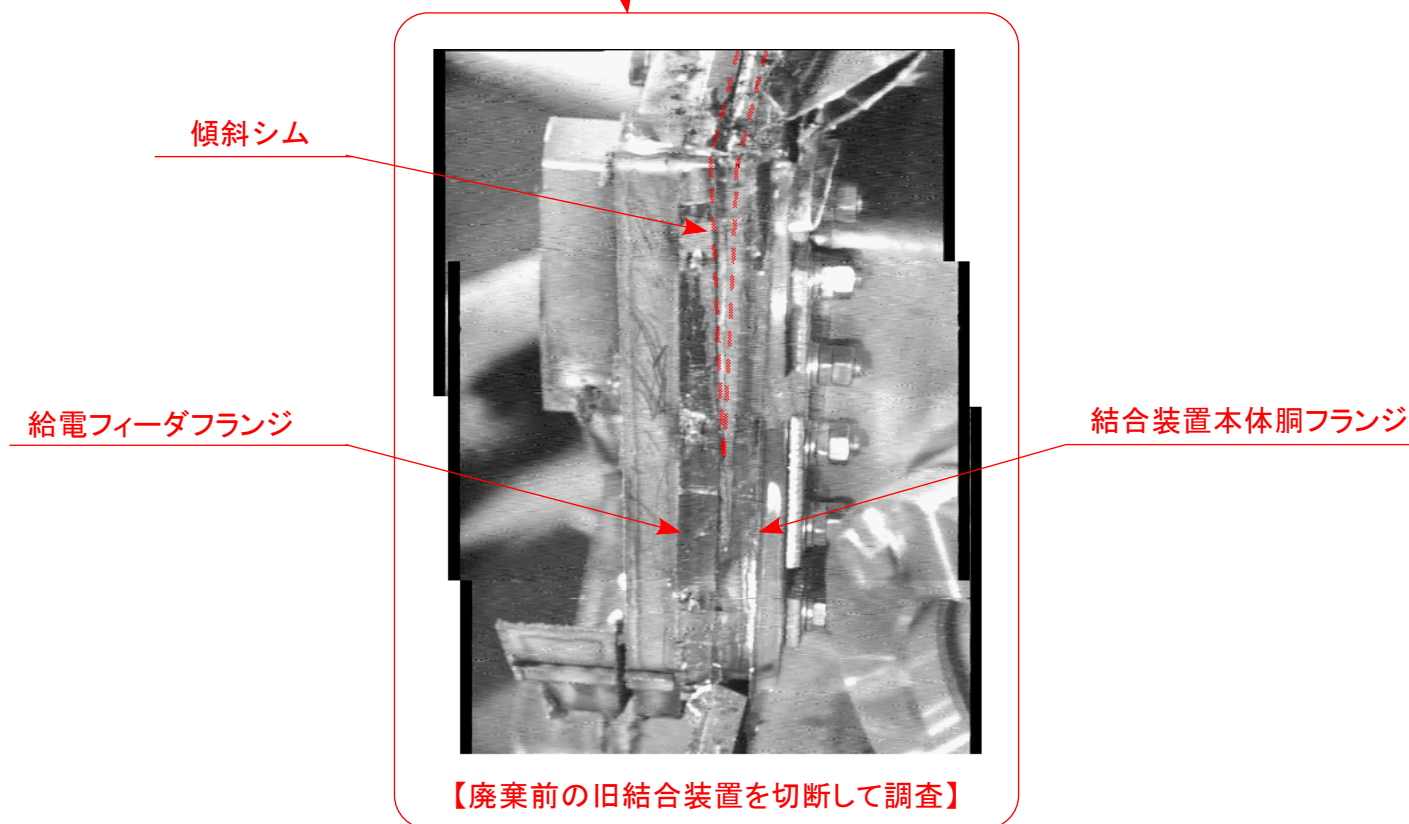
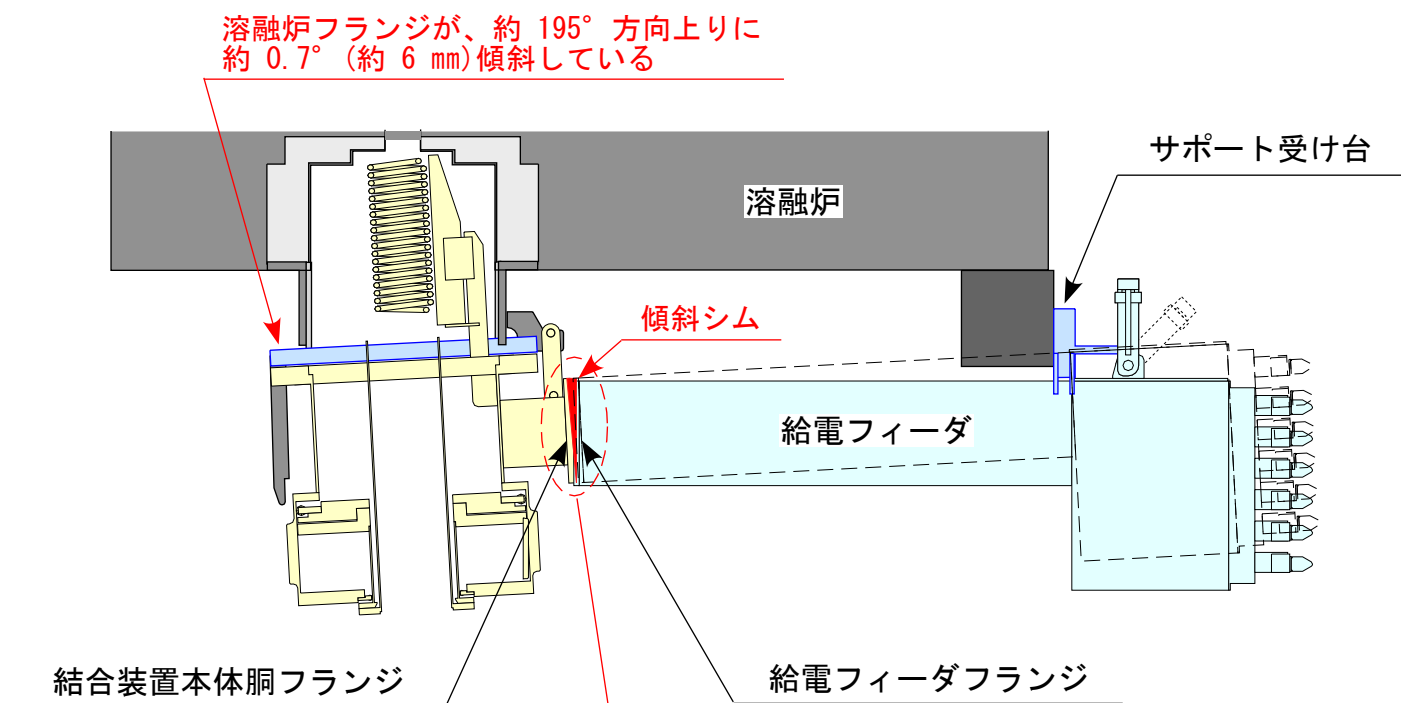
【結合装置上面図】



給電フィーダ側サポート受け台と給電フィーダの観察結果
(給電フィーダ側遠隔サポート緩め前)



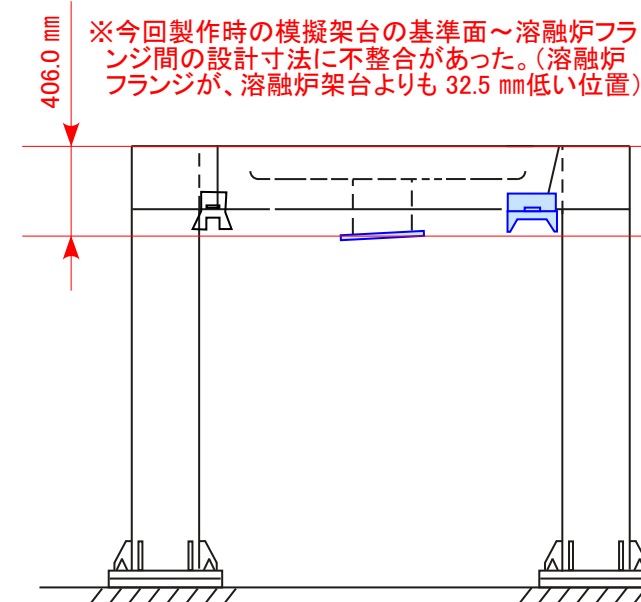
給電フィーダ側サポート受け台と給電フィーダの観察結果
(給電フィーダ側遠隔サポート緩め後)



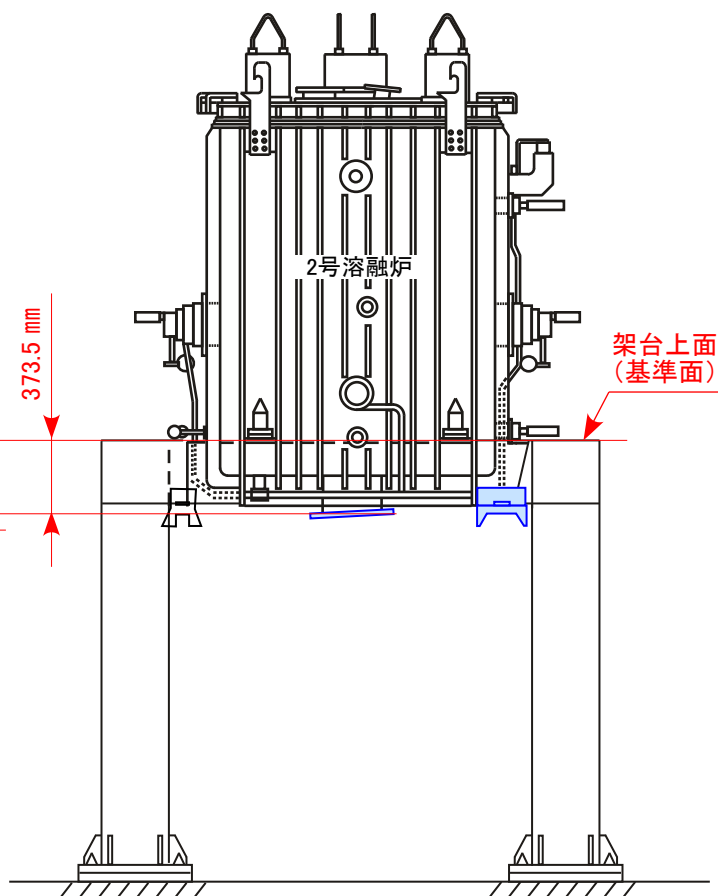
別図-5 傾斜シムによる給電フィーダ取付角度の調整状況

工場検査時の模擬架台への 新結合装置取付け状況

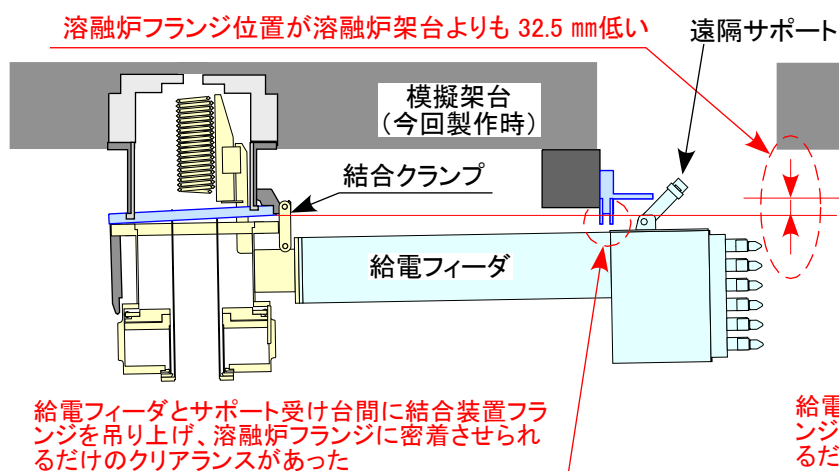
固化セル内の溶融炉架台への 新結合装置取付け状況



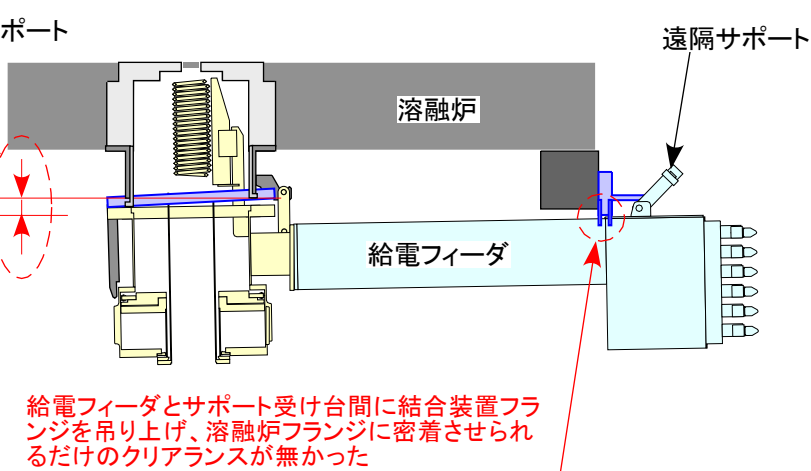
【模擬架台(今回製作時)】



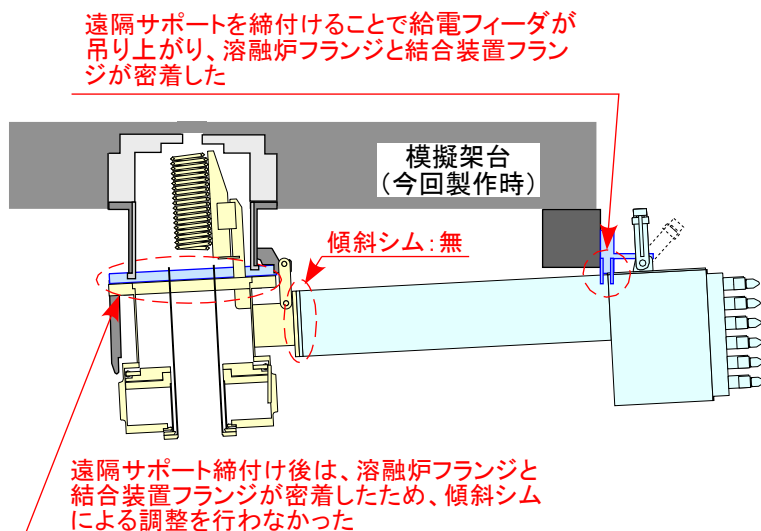
【溶融炉架台(固化セル内)】



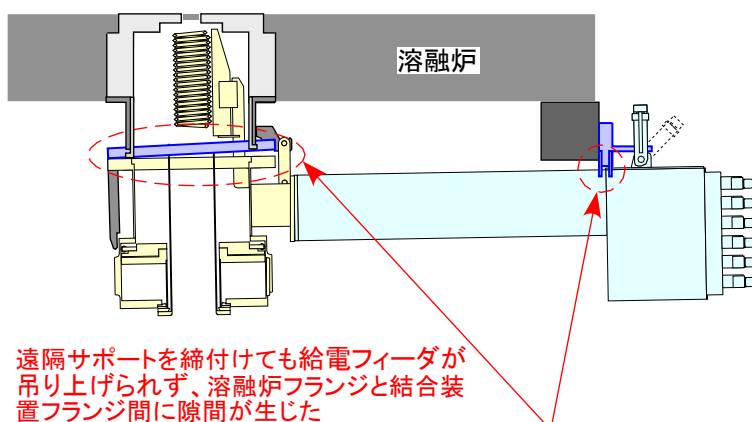
【遠隔サポート締付け前】



【遠隔サポート締付け前】

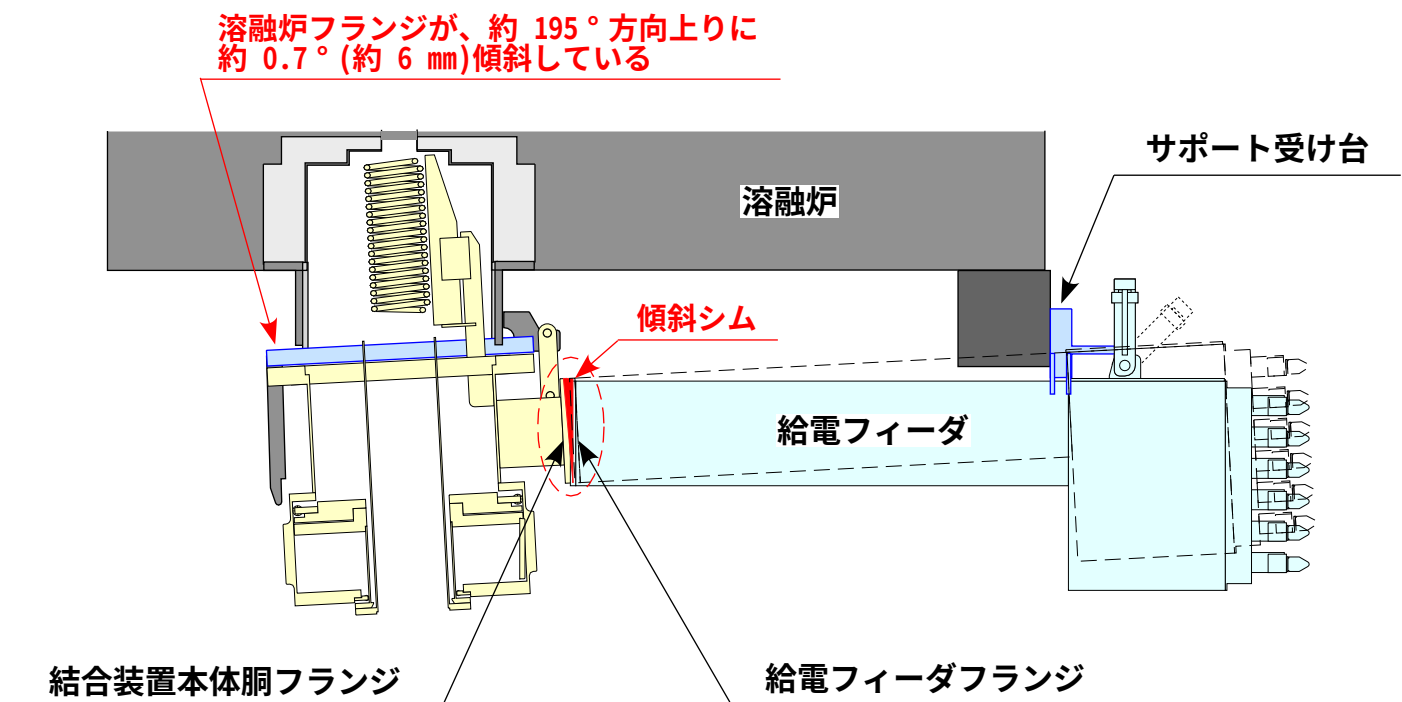


【遠隔サポート締付け後】

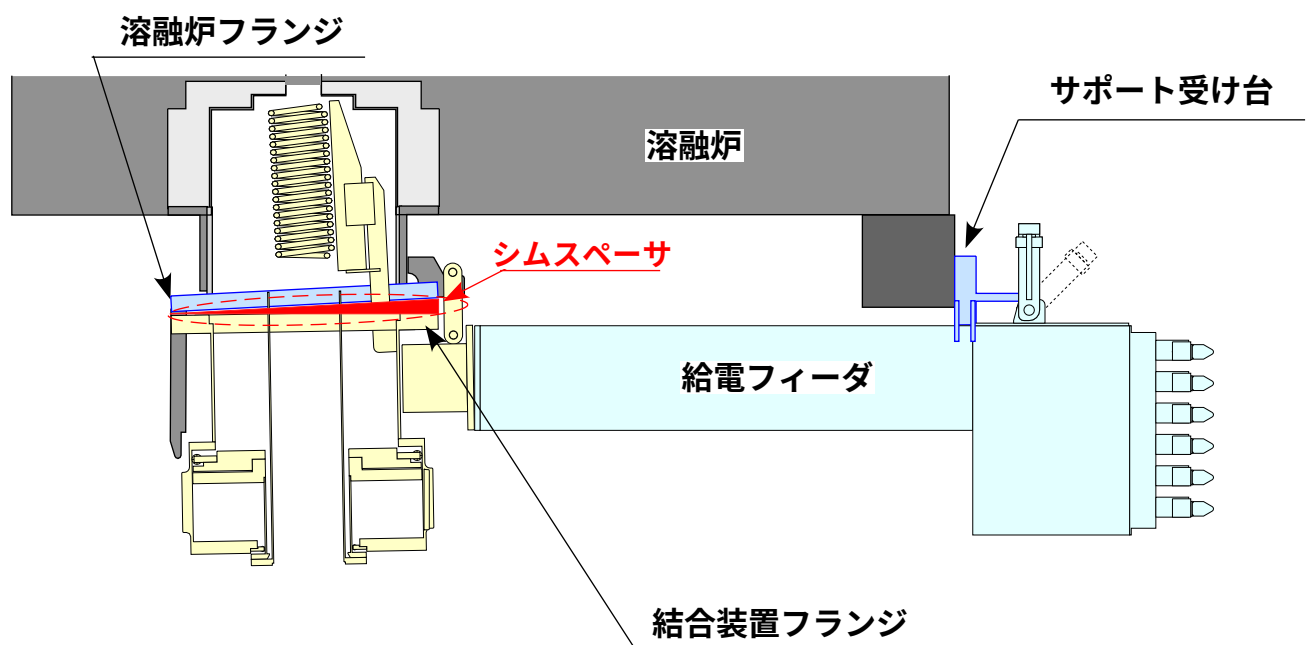


【遠隔サポート締付け後】

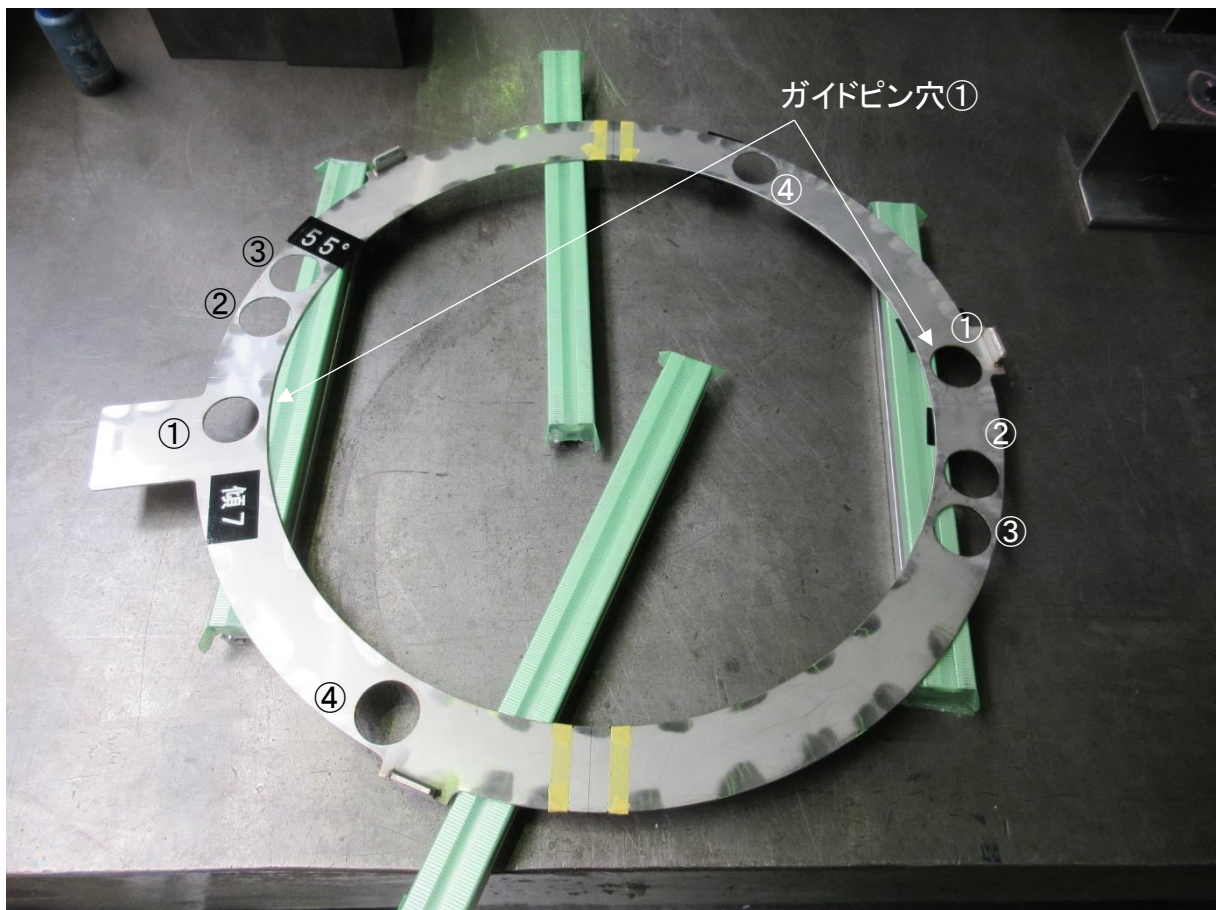
別図-6 新結合装置フランジと溶融炉フランジの間に隙間が生じた原因



旧結合装置における給電フィーダ取付角度の調整イメージ

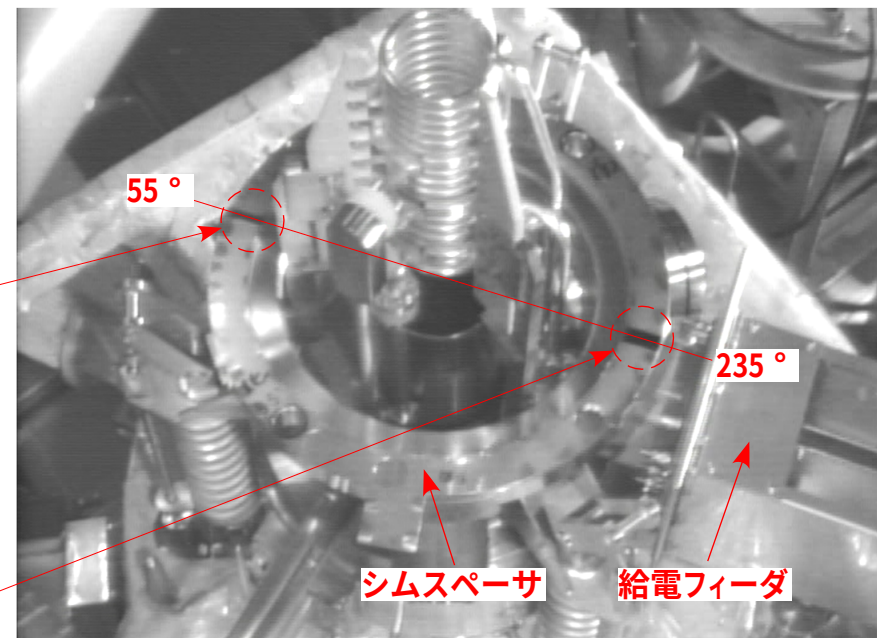
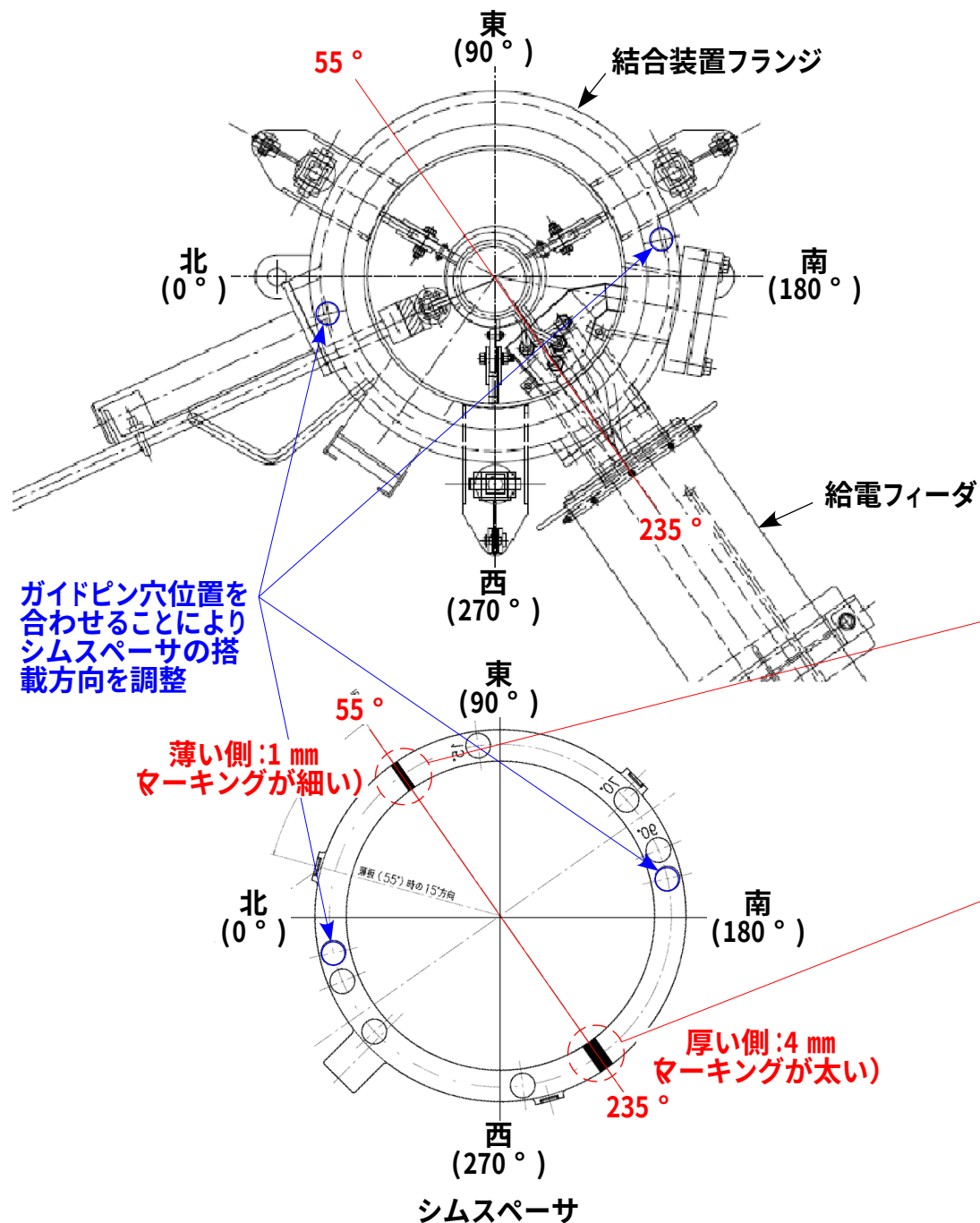


新結合装置の取付角度の調整イメージ (今回)



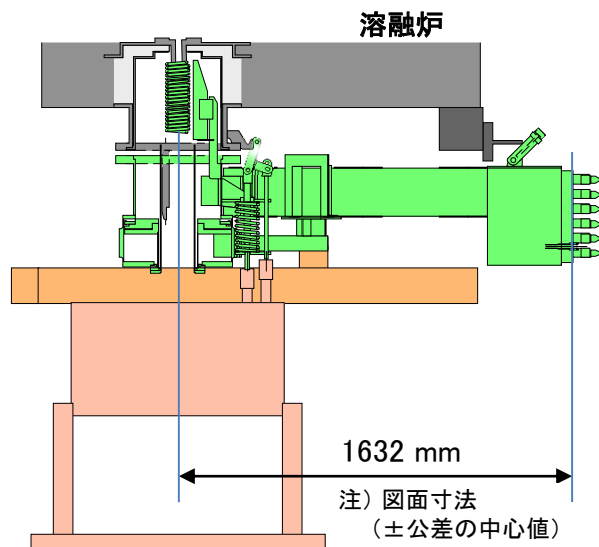
※溶融炉フランジのガイドピン 2 カ所と取り合うように傾斜の方向を所定の角度に調整できるよう複数のガイドピン穴を設けている。

別図-8 シムスペーサ
(例: 薄い箇所: 1mm～厚い箇所 3mm)

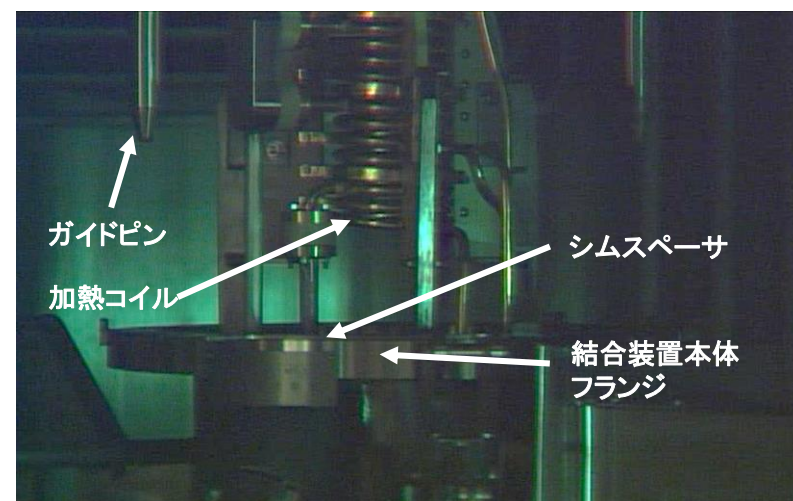
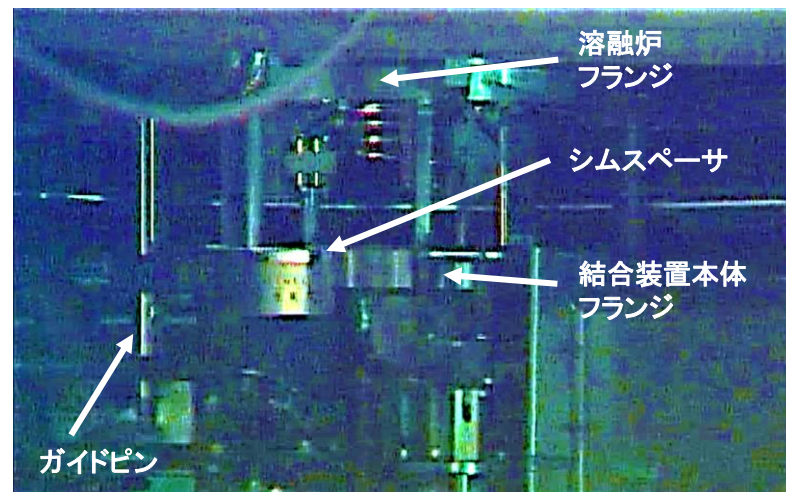
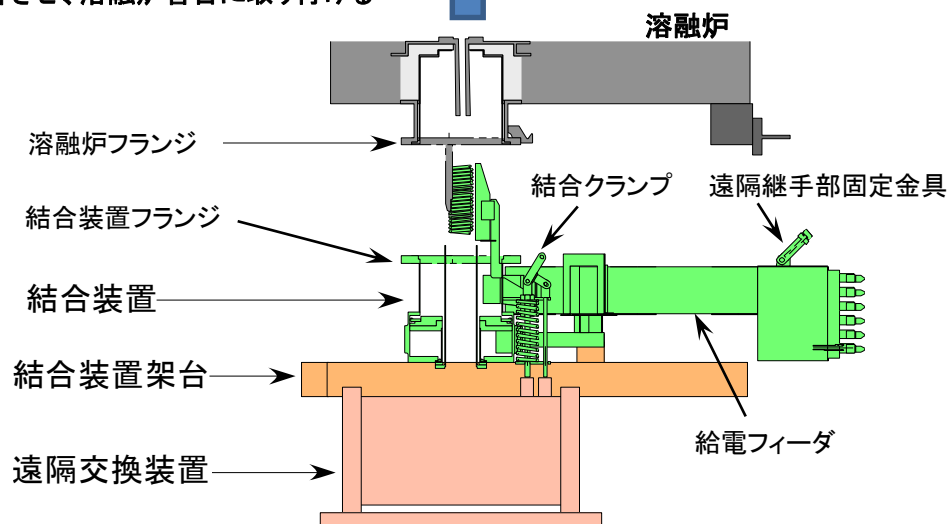


シムスペーサの厚い側が、給電フィーダ側 (235° 方向) となるように搭載した

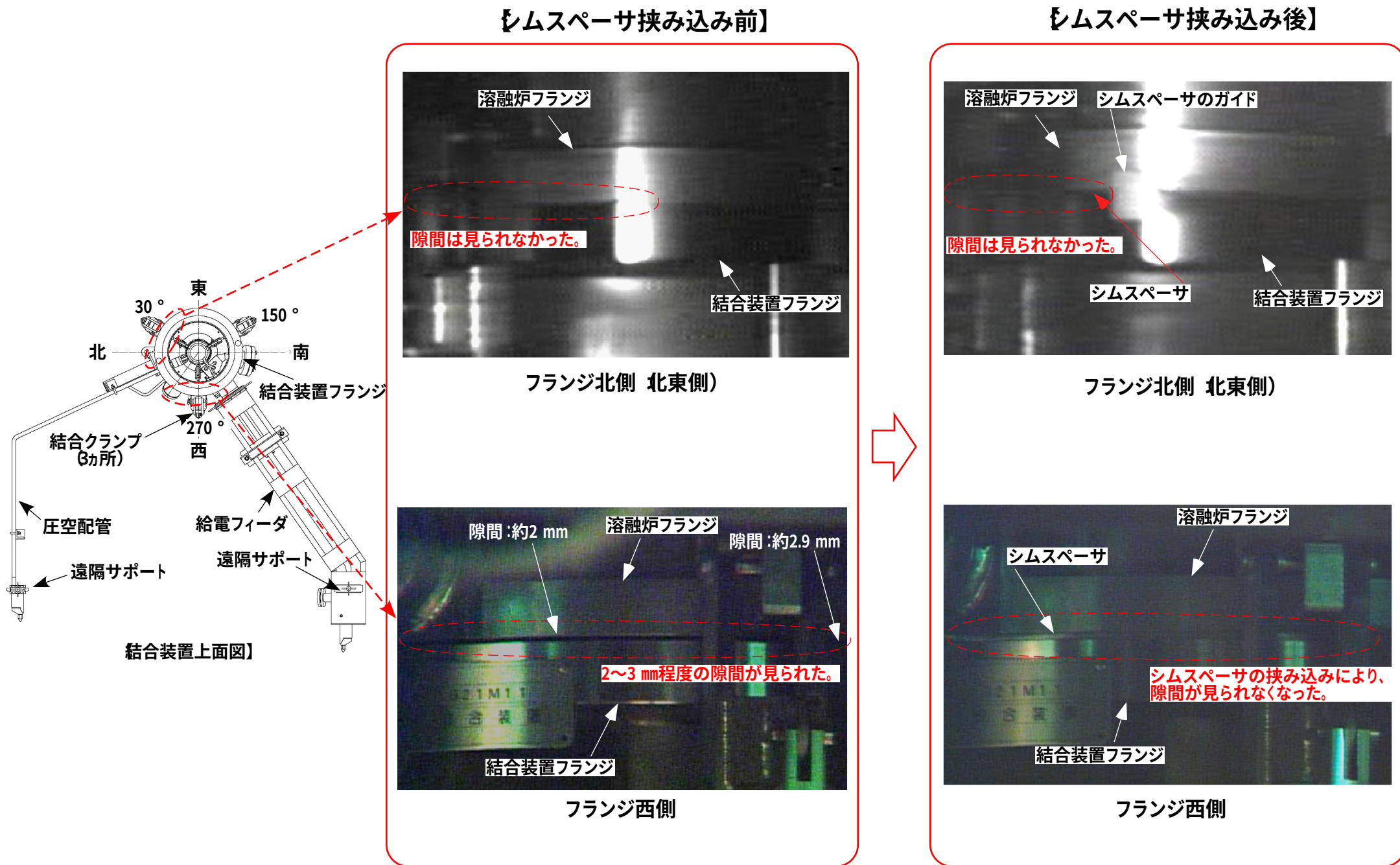
別図-9(1) 結合装置フランジへのシムスペーサの搭載状況



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



新規結合装置の取付け状況



別図-9(3) シムスペーサ挟み込み前後の熔融炉フランジと結合装置フランジ間の観察結果

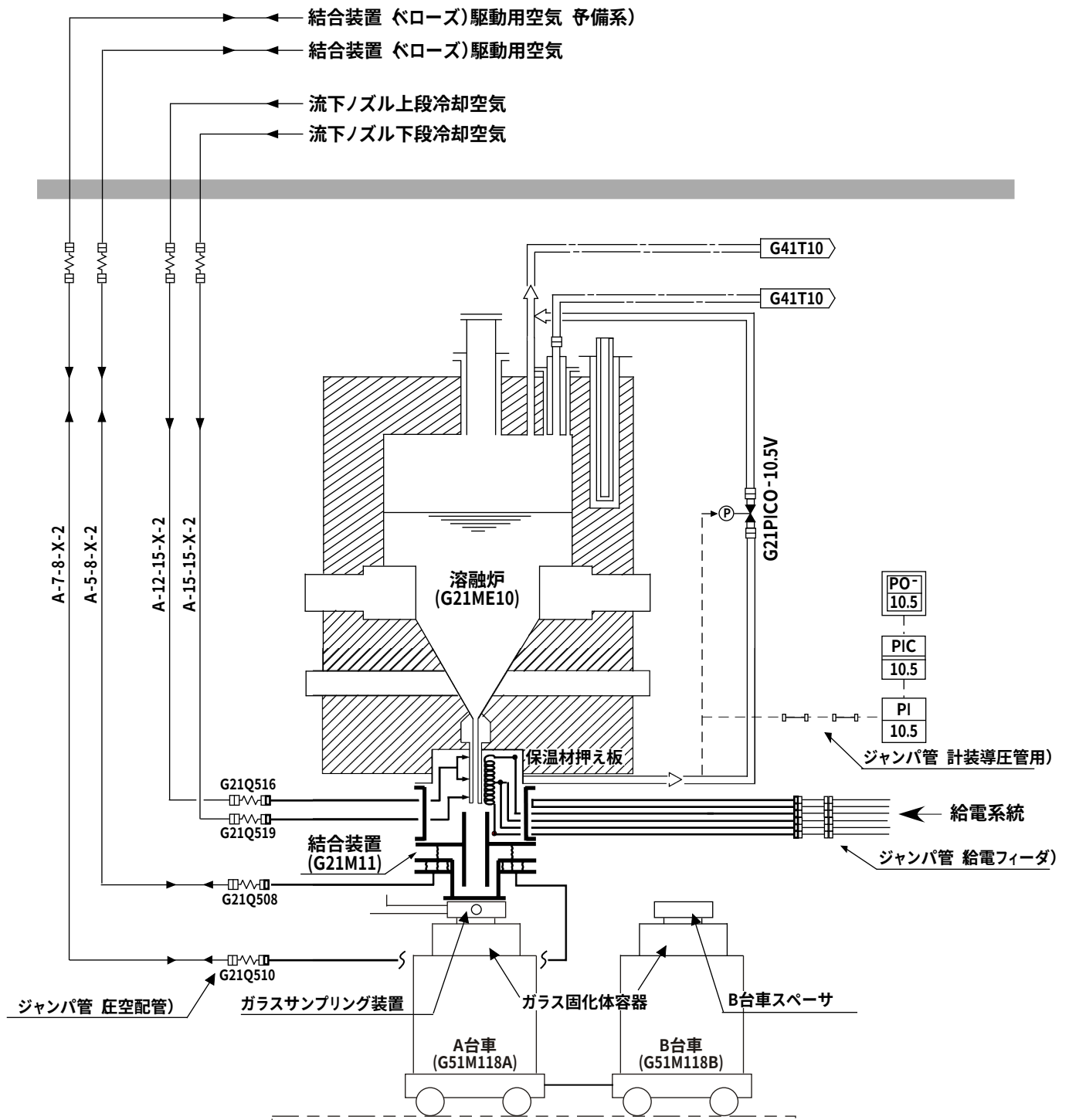


図-1 結合装置概要図

要因分析①: TVF結合装置負圧調整不可事象に対する要因分析

〔記号〕 ◎: 要因である。 ○: 要因の可能性が高い。 △: 要因から除外できない。 ×: 要因ではない。 ×※: 要因ではない。(エビデンスの整理中)

事象	要因1	要因2	要因3	要因4	調査・確認方法	判断基準	調査・確認結果 (検討方針または検討結果)	評価	備考(今後の対応)
TVF結合装置の負圧が設定した-0.4kPaまで低下できなかった	既設の結合装置より空気が流入する量が増えた	既設の結合装置より隙間が大きくなった	隙間① 熔融炉フランジー結合装置フランジ間の隙間(別図-1参照)	要因分析②参照	・ITVで隙間を確認する ・吹き流しでインリークの有無を確認する。	・隙間が無ければ本要因ではない。 ・吹き流しでインリークが確認出来なければ本要因ではない。	・ITVで確認の結果、旧結合装置より隙間が広がっている。(R3.5.13) ・吹き流しによる確認の結果、熔融炉フランジ及び結合装置フランジの隙間に吹き流しの一部が吸い込まれたため、当該隙間にはインリークが生じている。(R3.5.13)	○	要因分析②参照
			隙間② ペローズーガラスガイド管間(別図-1参照)	・運搬や昇降等で固定ボルトにゆるみが生じ、隙間ができた。	・ガラスガイド管部に隙間があるか確認する。	・ガラスガイド管部に隙間が無ければ本要因ではない。	・構造は既設の結合装置と同じであり、メタルタッチとなっている。工場製作段階で隙間なく固定している。約70Nm3/hのリークを想定すると結合装置フランジの隙間は0.93mmとなるが、ガラスガイド管部のリーク周長は結合装置フランジ周長の約1/2と小さく、約70Nm3/hのリークが生じる隙間は約2mmとなり、本部分に相当の隙間が生じているとは考えられない。また、吹き流しによる確認の結果、ガラスガイド管とサンプリング装置間に吸い込まれるような動きは見られなかった。(R3.5.13) 以上より、要因とは考えられない。	×	
			隙間③ ガラスガイド管ーサンプリング装置間(別図-1参照)	・フランジ部に異物が入った。	・ガラスガイド管ーサンプリング装置間に異物がないかITVで確認する。	・ガラスガイド管ーサンプリング装置間に異物が無ければ本要因ではない。	・ガラスサンプリング装置及び結合装置スペーサ上に異物等は点検の結果認められなかった。(R3.5.12) ・吹き流しによる確認の結果、ガラスガイド管とサンプリング装置間に吸い込まれるような動きは見られなかった。(R3.5.13) 以上より、要因とは考えられない。	×	
				・ペローズの昇降ストロークが足りず、隙間が空いている。	・ガラスガイド管ーサンプリング装置間に隙間がないかITVで確認する。	・ガラスガイド管ーサンプリング装置間に隙間が無ければ本要因ではない。	・流下監視カメラにて南方向(180°)から観察した結果、ガラスガイド管及びサンプリング装置(B台車スペーサ)との間に隙間は生じていない。(R3.5.13) ・吹き流しによる確認の結果、ガラスガイド管とサンプリング装置間に吸い込まれるような動きは見られなかった。(R3.5.13) 以上より、要因とは考えられない。	×	
				台車に位置ずれが起きている。	・台車に位置ずれが起きているか確認する。	・台車に位置ずれが起きていなければ本要因ではない。	・流下監視カメラにて南方向(180°)から観察した結果、結合装置側のガラスガイド管と台車上のサンプリング装置(B台車スペーサ)に位置ずれがないことを確認した。(R3.5.13) また、台車の前進、後進を繰り返したが、位置ずれはないことを確認したため、要因とは考えられない。(R3.5.13)	×	
			隙間④ ブスバー／絶縁材貫通部(別図-1参照)	・絶縁材隙間部、ボルト隙間部等に隙間が増加した。	・ブスバー部に隙間があるか確認する。	・ブスバー部に隙間が無ければ本要因ではない。	・構造は既設の結合装置と同じである。約70Nm3/hのリークを想定すると結合装置フランジの隙間は0.93mmとなるが、ブスバー部のリーク周長は結合装置フランジ周長の約1/4と小さく、約70Nm3/hのリークが生じる隙間は約4mmとなり、本部分に相当の隙間が生じているとは考えられない。また、固化セル搬入前の確認で上記のような隙間はなかったことを確認しており、搬入時においても当該部位に隙間が発生するような搬入方法ではない。 以上より、要因とは考えられない。	×	
	次ページへ続く								

図-2 TVF結合装置負圧調整不可事象に対する要因分析

要因分析①:TVF結合装置負圧調整不可事象に対する要因分析

〔記号〕◎:要因である。○:要因の可能性が高い。△:要因から除外できない。×:要因ではない。×*:要因ではない。(エビデンスの整理中)

事象	要因1	要因2	要因3	要因4	調査・確認方法	判断基準	調査・確認結果 (検討方針または検討結果)	評価	備考(今後の対応)
前ページからの続き	今回更新範囲外の場合 でリーク量が増加		隙間⑤ ・ジャンパ継手部(別図-1参照)	・ジャンパ継手部の嵌合部から冷却配管を通り、冷却リングの空気孔から結合装置内にインリークが生じている。	・ジャンパ管継手部に隙間があるか確認する。	・ジャンパ管継手部に隙間が無ければ本要因ではない。	・構造は既設の結合装置と同じである。結合装置内圧が0.23kPaの時、仮にジャンパ管が接続されていない場合を想定しても、冷却空気リングの空気孔(Φ2mm穴×24個×3段)からのインリークは約14Nm3/hとなり、本事象ほどリーク量が増えるのは考えられない。 また、ジャンパ管が正常に接続されていること確認していることから、要因とは考えられない。	×	
			隙間⑥ のぞき窓ガラス部(別図-1参照)	・のぞき窓ガラス部とガスケット部に隙間が生じている。	・窓ガラス部に隙間があるか確認する。	・窓ガラス部に隙間が無ければ本要因ではない。	・構造は既設の結合装置と同じでありガスケット構造となっている。約70Nm3/hのリークを想定すると結合装置フランジの隙間は0.93mmとなるが、2個の覗き窓のリーク周長は結合装置フランジ周長のそれぞれ約1/4、約1/3と小さく、約70Nm3/hのリークが生じる隙間はそれぞれ約4mm、約5mmとなり、本部分に相当の隙間が生じているとは考えられない。従って、のぞき窓ガラス部隙間で本事象ほどリーク量が増えるのは考えられない。 また、固化セル搬入前の確認で上記のような隙間はなかったことを確認しており、搬入時においても当該部位に隙間が発生するような搬入方法ではない。 以上より、要因とは考えられない。	×	
		リーク箇所① サンプリング装置(B台車用のスペーサ装置)本体の隙間(別図-2参照)			・ガラスサンプリング装置、スペーサの外観点検	・ガラスサンプリング装置、スペーサの外観に変形等が無ければ本要因ではない。	・ガラスサンプリング装置及びB台車用のスペーサ装置は外観点検の結果、異常はなく、要因とは考えられない。(R3.5.12)	×	
			リーク箇所② サンプリング装置ーキャニスタ間(別図-2参照)	・フランジ部に異物が入った	・サンプリング装置下面およびキャニスタ上面をITVで異物がないか確認する。	・サンプリング装置下面およびキャニスタ上面をITVで異物が無ければ本要因ではない。	・A台車上のキャニスタ上面、ガラスサンプリング装置下面及びB台車上のキャニスタ上面、スペーサ下面に異物がないか確認したが、問題はなかった。(R3.5.12) 清掃も実施したが、負圧の確保に有意な差は認められなかったため、要因とは考えられない。	×	
			リーク箇所③ キャニスタ本体部(別図-2参照)		・キャニスタ本体部に隙間が生じるか確認する。	・キャニスタ本体部に隙間が生じていなければ本要因ではない。	A台車上及びB台車上のキャニスタ両方で負圧調整ができなかったため、キャニスタ本体部に隙間が生じているとは考えられず、要因とは考えられない。	×	
			結合装置内圧 G21PICO-10.5廻りのインリーク	リーク箇所④-1 ・結合装置内圧調節弁本体(G21PICO-10.5V)のインリーク(別図-2参照)	・G21PICO-10.5Vにインリークが発生していないか確認する。	・G21PICO-10.5Vにインリークが発生していなければ本要因ではない。	・結合装置更新前後において、G21PICO-10.5Vに対しての保守(取付け・取外し、交換等)は実施していない。 ・吹き流しによりPICO-10.5にインリーク箇所がないことを確認したため、要因とは考えられない。	×	・吹き流しにより、PICO-10.5のインリークの有無を確認する。 確認時期:ジャンパ管取外し前(B) ⇒確認日R3.5.24
				リーク箇所④-2 ・計装導圧管(G21PICO-10.5)のインリーク(別図-2参照)	・計装導圧管のジャンパ管(G21Q530、Q542)の外観点検	・計装導圧管のジャンパ管(G21Q530、Q542)の外観に変形や設置状況に問題が無ければ本要因ではない。	・結合装置更新前後において、計装導圧管のジャンパ管(G21Q530、Q542)に対しての保守(取付け・取外し、交換等)は実施していない。 ・外観点検の結果、変形や設置不良等の異常はなかった。(R3.5.12) 以上より、要因とは考えられない。	×	
			リーク箇所⑤ 溶融炉底部の保温材押え板部に貫通孔が発生した。(別図-2参照)				・保温材押え板部に貫通孔が発生した場合、炉内圧力により結合装置内圧は深くなる方向のため、要因とは考えられない。	×	
			リーク箇所⑥ 残留ガラス除去作業により流下ノズル内部に貫通部が発生した。(別図-2参照)				・残留ガラス除去作業において流下ノズル部に貫通部が発生した場合、結合装置内圧は深くなる方向のため、要因とは考えられない。	×	
次ページへ続く									

要因分析①:TVF結合装置負圧調整不可事象に対する要因分析

〔記号〕◎:要因である。○:要因の可能性が高い。△:要因から除外できない。×:要因ではない。×*:要因ではない。(エビデンスの整理中)

事象	要因1	要因2	要因3	要因4	調査・確認方法	判断基準	調査・確認結果 (検討方針または検討結果)	評価	備考(今後の対応)
前ページからの続き	結合装置等の運転状態の変動により流入する空気量が増加した。		①結合装置へのパージエア等が増加した。	・パージエア	・結合装置へのパージエア等のインリークの有無、流量に変動がないか確認する。	・結合装置へのパージエア等のインリークの有無、流量に変動が無ければ本要因ではない。	・結合装置には流下ノズル冷却用の圧空配管及びベローズ昇降用の圧空配管が接続されているが、パージエアは設置されていないため、要因とは考えられない。	×	
			①結合装置へのパージエア等が増加した。	・流下ノズル冷却系統(アンバー側)へのインリーク	・流下ノズル冷却系統(G21-A-12、G21-A-15の配管のバルブ、フランジ部等にインリークが発生していないかスモークテストで確認する。	・流下ノズル冷却系統(G21-A-12、G21-A-15の配管のバルブ、フランジ部等にインリークが発生していなければ本要因ではない。	・スモークテストでアンバー側バルブにリークが無いことを確認したため、要因とは考えられない。	×	・スモークテストでアンバー側バルブのリークの有無を確認する。 確認時期:ジャンパ管取外し前(B) ⇒確認日R3.5.24
					・溶融炉へのパージエアの供給状況を確認する。	・溶融炉へのパージエアの供給状況に変動が無ければ本要因ではない。	・溶融炉へのパージエアに変動があっても結合装置内圧には影響がないことから、要因とは考えられない。	×	
	換気系統に異常がある	溶融炉の吸引風量が不足している	炉内圧が通常値-1.0kPaより浅くなった		結合装置内圧調整に応じ溶融炉インテーク弁の挙動を確認する。	結合装置内圧調整に応じ溶融炉インテーク弁が正常に制御されていれば本要因ではない。。	・結合装置PICO-10.5Vの弁開度に応じて炉内圧を-1.0kPaに制御するよう溶融炉インテーク弁の弁開度調整が正常に行われていたことを確認したため、要因とは考えられない。(R3.5.13)	×	
			PICO-10.5Vの調整作動が不良	・本体作動性劣化 ・開度指示の信号変換器故障	弁本体のインジケータによる開度確認	指令値通りに弁のインジケータが正常に変動していれば本要因ではない。	・弁開度指令値(MV値0%~100%)に対して連動して弁本体のインジケータが変動していたため、弁は問題ないことから要因とは考えられない。(R3.5.12,24)	×	
				・弁体、弁棒の破損	弁の外観点検	弁の外観に変形等の異常が無ければ本要因ではない。	・弁の外観点検を実施したが、弁体、弁棒等に変形等の異常は認められなかったため、要因とは考えられない。(R3.5.12,24)	×	
			溶融炉ースクラッパ間の差圧に変動があった。		溶融炉ースクラッパ間の差圧を確認する。	溶融炉ースクラッパ間の差圧に大きな変動が無ければ本要因ではない。	・溶融炉ースクラッパ間の差圧G41dPI10.3Iに大きな変動はなかったことから、要因とは考えられない。(R3.5.13)	×	
			溶融炉換気系の風量が変動した。		溶融炉換気系排風機の風量を確認する。	溶融炉換気系排風機の風量に大きな変動が無ければ本要因ではない。	・溶融炉換気系は定風量となるようインバータ制御されていることから、要因とは考えられない。	×	
	G21PICO-10.5が正しい指示値を示していない	G21PICO-10.5の校正外れ	ループを構成する計器(差圧伝送器、圧力指示計、変換器等)の経年劣化		G21PICO-10.5の校正	G21PICO-10.5に校正に校正外れが起きていなければ本要因ではない。	G21PICO-10.5の校正を実施し、前回校正時(R2.12.21)と同様、模擬入力値に対する誤差は0.1%程度であったため、要因とは考えられない。(R3.5.12)	×	

要因分析②：溶融炉フランジー結合装置フランジ間の隙間が大きくなったことに対する要因分析

事象	分類	想定1	想定2	要因1	要因2	要因3	調査・確認方法	判断基準	調査・確認結果	評価	備考 (今後の対応等)		
・溶融炉フランジ（新）結合装置フランジ間の隙間が(旧)結合装置より大きくなった。	1	・結合装置各部にかかる荷重の過不足に係る要因 (ボルトの締付力、自重、結合クランプパネル)	1 ・西側（給電フィーダ、圧空配管側）の隙間が東側（給電フィーダ、圧空配管の無い側）より大きい。	1 ・遠隔サポート用ボルトの締付け力により、給電フィーダが下にたわみ、結合装置西側（給電フィーダ、圧空配管側）フランジが下がる。（別図-6⑤）	・遠隔サポート用ボルトの締付け過ぎ。		①遠隔サポート取外し前に、フランジ東側（給電フィーダ、圧空配管の無い側）の隙間を観察する。（別図-4、別図-7①、②） ②B台車上に搭載した固化体容器を結合装置と結合した状態で、遠隔サポート用ボルトを緩めた際のフランジ間の隙間量の変化の有無を観察する。また、結合装置内圧の変化の有無を確認する。	①フランジ東側（給電フィーダ、圧空配管の無い側）の隙間が均等に広がっている。又は北西側（圧空配管側）に比べて南西側（給電フィーダ側）の隙間が少ない場合は、本要因ではない。 ②フランジ間の隙間が狭まる方向にない、又は負圧が深くなる方向になれば、本要因ではない。	・フランジ東側（給電フィーダ、圧空配管の無い側）に隙間は見られないが、フランジ西側（給電フィーダ、圧空配管側）の隙間に変化はなく、また、結合装置内圧力にも変化はないことから、本要因ではない。	×	（調査・確認者） ガ処課 （調査時期） 6/8 実施済み		
				2 ・遠隔サポート用ボルトの締付け力により、圧空配管が下にたわみ、結合装置西側（給電フィーダ、圧空配管側）フランジが下がる。（別図-6⑤と同様）	・遠隔サポート用ボルトの締付け過ぎ。		①遠隔サポート取外し前に、フランジ東側（給電フィーダ、圧空配管の無い側）の隙間を観察する。（別図-4、別図-7①、③） ②遠隔サポート用ボルトを緩めた際のフランジ間の隙間量の変化の有無を観察する。	①フランジ東側（給電フィーダ、圧空配管の無い側）の隙間が均等に広がっている。又は南西側（給電フィーダ側）に比べて北西側（圧空配管側）の隙間が少ない場合は、本要因ではない。 ②フランジ間の隙間が狭まる方向になれば、本要因ではない。	・フランジ東側（給電フィーダ、圧空配管の無い側）に隙間は見られないが、フランジ西側（給電フィーダ、圧空配管側）の隙間に変化はなく、また、結合装置内圧力にも変化はないことから、本要因ではない。	×	（調査・確認者） ガ処課 （調査時期） 6/8 実施済み		
				3 ・遠隔サポート用ボルトの締付力が足りず、給電フィーダが下向きに傾くことで、結合装置西側（給電フィーダ、圧空配管側）フランジが下がる。（別図-6②）	・遠隔サポート用ボルトの締付け不足。		①遠隔サポート取外し前に、フランジ東側（給電フィーダ、圧空配管の無い側）の隙間を観察する。（別図-4、別図-7①） ②遠隔サポート取外し前に、架台側サポート受け台と給電フィーダ間の隙間を観察する。	①フランジ東側（給電フィーダ、圧空配管の無い側）の隙間が均等に広がっていれば、本要因ではない。 ②架台側サポート受け台と給電フィーダの間に隙間が無ければ、本要因ではない。	・フランジ東側（給電フィーダ、圧空配管の無い側）に隙間は見られないが、遠隔サポート用ボルトが最後まで締付けられていることから、本要因ではない。	×	（調査・確認者） ガ処課 （調査時期） 6/8 実施済み		
				4 ・遠隔サポート用ボルトの締付力が足りず、圧空配管が下向きに傾くことで、結合装置西側（給電フィーダ、圧空配管側）フランジが下がる。（別図-6②と同様）	・遠隔サポート用ボルトの締付け不足。		①遠隔サポート取外し前に、フランジ東側（給電フィーダ、圧空配管の無い側）の隙間を観察する。（別図-4、別図-7①） ②遠隔サポート取外し前に、架台側サポート受け台と圧空配管間の隙間を観察する。	①フランジ東側（給電フィーダ、圧空配管の無い側）の隙間が均等に広がっていれば、本要因ではない。 ②架台側サポート受け台と圧空配管の間に隙間が無ければ、本要因ではない。	・フランジ東側（給電フィーダ、圧空配管の無い側）に隙間は見られないが、遠隔サポート用ボルトが最後まで締付けられていることから、本要因ではない。	×	（調査・確認者） ガ処課 （調査時期） 6/8 実施済み		
				5 ・西側（給電フィーダ、圧空配管側）の結合クランプのパネ力が弱い。	・組付けたスプリングのパネ定数のばらつき。		・結合時のスプリングのパネ定数を、メーカ検査記録により確認する。（別図-7④）	・西側（270°：給電フィーダ、圧空配管側）の結合クランプのパネ定数が他の結合クランプ30°、150°の）のパネ定数と同程度であれば、本要因ではない。	・西側（270°：給電フィーダ、圧空配管側）の結合クランプのパネ定数が他の結合クランプ30°、150°の）のパネ定数と同程度であることから、本要因ではない。	×	（調査・確認者） ガ処課 （調査時期） 実施済み		
			6 ・ジャンパ管接続による拘束力で給電フィーダ、圧空配管が下にたわみ、結合装置西側（給電フィーダ、圧空配管側）フランジが下がる。（別図-6⑤）	1 ・給電フィーダジャンパ管接続による拘束力で、給電フィーダがたわむ。	・B台車を結合した状態で、給電フィーダジャンパ管を外した際のフランジ間の隙間量の変化の有無を観察する。また、結合装置内圧の変化の有無を確認する。（別図-7②、③）		・フランジ間の隙間が狭まる方向にない、又は負圧が深くなる方向になれば、本要因ではない。	・フランジ間の隙間量に変化はなく、また、負圧にも変化がないことから、本要因ではない。	×	（調査・確認者） ガ処課 （調査時期） 実施済み			
				2 ・圧空配管ジャンパ管接続による拘束力で、圧空配管がたわむ。				・圧空配管ジャンパ管は、ベローズが入っているため、結合装置側への荷重を掛けることはないため、本要因ではない。	×	（調査・確認者） IHI （調査時期） 実施済み			
			2 ・結合装置全周のフランジ間の隙間が大きい。		・結合装置重量に対し、結合クランプのパネ力が弱く、結合装置フランジを溶融炉フランジに引き付けられない。（別図-6④）		1 ・スプリング製造不良。 （組付けたスプリングのパネ定数が設計値よりも小さい。）	・スプリングのパネ定数を、メーカ検査記録により確認する。（別図-7④）	・スプリングのパネ定数が設計条件通りであれば、本要因ではない。	・スプリングは既設と同一仕様（材質、寸法、総巻数）であり、パネ定数は、設計通りであることから、本要因ではない。	×	（調査・確認者） ガ処課・IHI （調査時期） 実施済み	
							2 ・スプリング設計ミス （設定されたパネ定数が小さすぎる。）	・設計上のパネ定数を、製作図（製作検討書）により確認する。（別図-7④）	・全結合クランプの合計パネ荷重（設計値）が、結合装置の全体重量を上回っていれば、本要因ではない。	・全結合クランプの合計パネ荷重（設計値）は、結合装置の全体重量を上回っていることから、本要因ではない。	×	（調査・確認者） ガ処課 （調査時期） 実施済み	
							3 ・結合装置の重量が設計値よりも重い。	・結合装置の全体重量を、工場検査記録により確認する。（別図-7④）	・結合装置の全体重量が、設計の範囲内であれば、本要因ではない。	・結合装置の全体重量は、設計の範囲内であることから、本要因ではない。	×	（調査・確認者） ガ処課 （調査時期） 実施済み	
							4 ・結合クランプのリンクの動作が渋くなり、パネ力で結合装置を引き付けられない。	・遠隔交換装置の結合装置下部へのセット時、遠隔交換装置に結合装置が持ち上げられ、リンクが動き、フランジの隙間が狭くなるかを確認する。	・リンクが動き、フランジの隙間が狭くならないければ、本要因ではない。	・フランジ間の隙間は狭くなったが、リンク（クランプ）は動いておらず、本要因ではない。	×	（調査・確認者） ガ処課 （調査時期） 6/15 実施済み	
							5 ・フックと結合クランプの遊びが大きい。	1 ・結合クランプ製造不良 （組付けた結合クランプ寸法が設計値よりも長すぎる。）	・結合クランプ寸法を、工場検査記録により確認する。（別図-7⑥）	・結合クランプ寸法が、設計の範囲内であれば、本要因ではない。	・結合クランプ寸法は、設計の範囲内であることから、本要因ではない。	×	（調査・確認者） ガ処課 （調査時期） 実施済み
								2 ・結合クランプ設計ミス （結合クランプの設計寸法が長すぎる。）	・結合クランプと溶融炉側フックとの取合い部に係る設計条件（製作検討書）を再検証する。（別図-7⑥）	・再検証の結果に問題が無ければ、本要因ではない。	・新結合装置の溶融炉側フックに掛かる結合クランプの高さを旧結合装置に比べて2 mm高くしているが、新旧結合装置のパネ力は同程度であり、本要因ではない。	×	（調査・確認者） IHI （調査時期） 6/7 実施済み
								3 ・結合クランプ組立ミス （結合クランプの取付位置が設計値よりも溶融炉側（高い位置）にある。）	・結合クランプの取付位置を、メーカの施工記録又は聞き取り調査により確認する。（別図-7⑥） ※工場検査記録無し	・結合クランプの取付位置が、設計の範囲内であれば、本要因ではない。	・結合クランプの取付位置は、各製作工程における寸法検査データを検証し、取付位置が設計の範囲内であることを確認した。	×	（調査・確認者） IHI （調査時期） 5/27 実施済み

（次頁へ続く）

(次頁へ続く)

図-3 溶融炉フランジと結合装置フランジ間の隙間が大きくなったことに対する要因分析

要因分析②: 溶融炉フランジー結合装置フランジ間の隙間が大きくなったことに対する要因分析

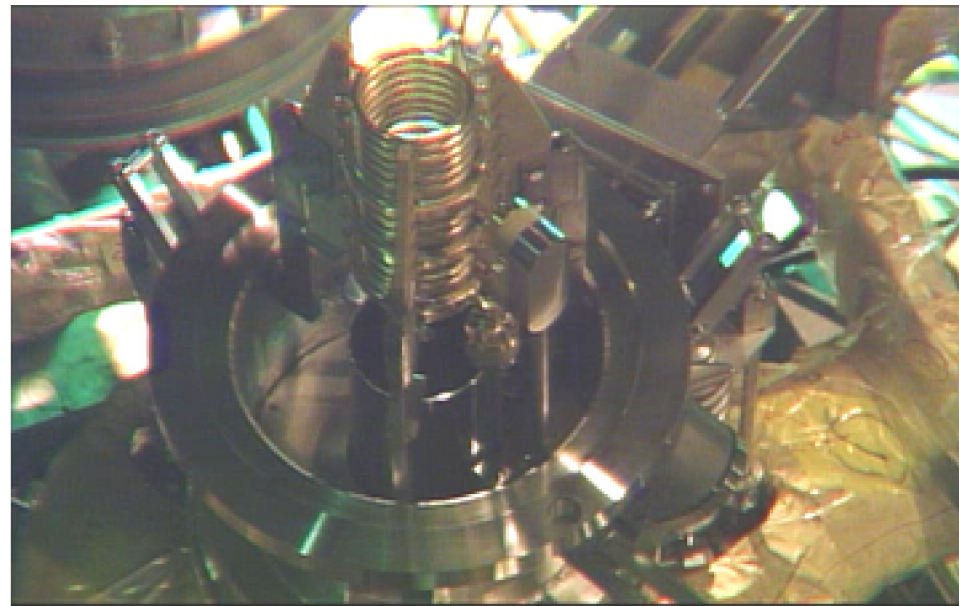
〔記号〕◎: 要因である。○: 要因の可能性が高い。△: 要因から除外できない。×: 要因ではない。

事象	分類	想定1	想定2	要因1	要因2	要因3	調査・確認方法	判断基準	調査・確認結果	評価	備考 (今後の対応等)				
(前頁からの続き)	2	1	1	・結合装置と溶融炉側構造物との干渉等に係る要因 (遠隔サポート、保温材押え板)	・結合装置西側(給電フィーダ、圧空配管側)のフランジ間の隙間が大きい。	1 ・遠隔サポート締め付け時、給電フィーダが上がりすぎ、結合装置西側(給電フィーダ、圧空配管側)フランジが下がる。	・結合装置の給電フィーダ位置が低い。	・給電フィーダ位置が低かった場合の西側(給電フィーダ、圧空配管側)フランジの隙間が大きくなるような事象が生じるか検討する。	・給電フィーダ位置が低かった場合、西側(給電フィーダ、圧空配管側)フランジの隙間は小さく、東側(給電フィーダ、圧空配管の無い側)フランジ隙間が大きくなるような検討結果となる場合は、本要因ではない。	・給電フィーダ位置が低かった場合、西側(給電フィーダ、圧空配管側)フランジの隙間は小さくなり、東側(給電フィーダ、圧空配管の無い側)フランジ隙間が大きくなることから、本要因ではない。	×	(調査・確認者) ガ処課 (調査時期) 5/28 実施済み			
				2 ・遠隔サポート締め付け時、圧空配管が上がりすぎ、結合装置西側(給電フィーダ、圧空配管側)フランジが下がる。	・結合装置の圧空配管位置が低い。	・圧空配管が低かった場合の西側(給電フィーダ、圧空配管側)フランジの隙間が大きくなるような事象が生じるか検討する。	・給電フィーダ位置が低かった場合、西側(給電フィーダ、圧空配管側)フランジの隙間は小さく、東側(給電フィーダ、圧空配管の無い側)フランジ隙間が大きくなるような検討結果となる場合は、本要因ではない。	・圧空配管が低かった場合、西側(給電フィーダ、圧空配管側)フランジの隙間は小さくなり、東側(給電フィーダ、圧空配管の無い側)フランジ隙間が大きくなることから、本要因ではない。	×	(調査・確認者) ガ処課 (調査時期) 5/28 実施済み					
				3 ・給電フィーダがサポート受け台に干渉し、結合装置西側(給電フィーダ、圧空配管側)フランジが下がる。(別図-6②)	・結合装置の給電フィーダ位置が高い。	・遠隔サポート取外し前に、フランジ東側(給電フィーダ、圧空配管の無い側)の隙間を観察する。 (別図-7①)	・給電フィーダ位置が高かった場合、西側(給電フィーダ、圧空配管側)フランジの隙間は小さく、東側(給電フィーダ、圧空配管の無い側)フランジ隙間が大きければ、本要因ではない。	・フランジ西側(給電フィーダ、圧空配管側)に隙間があり、フランジ東側(給電フィーダ、圧空配管の無い側)に隙間が見られないことから、要因の可能性がある。	○	(調査・確認者) ガ処課 (調査時期) 6/8 実施済み					
				4 ・圧空配管がサポート受け台に干渉し、結合装置西側(給電フィーダ、圧空配管側)フランジが下がる。(別図-6②と同様)	・結合装置の圧空配管位置が高い。	・遠隔サポート取外し前に、フランジ東側(給電フィーダ、圧空配管の無い側)の隙間を観察する。 (別図-7①)	・圧空配管位置が高かった場合、西側(給電フィーダ、圧空配管側)フランジの隙間は小さく、東側(給電フィーダ、圧空配管の無い側)フランジ隙間が大きければ、本要因ではない。	・フランジ西側(給電フィーダ、圧空配管側)に隙間があり、フランジ東側(給電フィーダ、圧空配管の無い側)に隙間が見られないが、遠隔サポート緩め後の圧空配管が大きく下がったことから、本要因ではない。	×	(調査・確認者) ガ処課 (調査時期) 6/8、6/15 実施済み					
				5 ・架台側サポート受け台(ガイド部)に給電フィーダが引掛かった状態で遠隔サポートを締め付け、給電フィーダ、圧空配管が下にたわみ、結合装置西側(給電フィーダ、圧空配管側)フランジが下がる。(別図-6⑤)	・給電フィーダが遠隔サポートに入ることと拘束され、結合装置本体方向(東方向)に荷重が掛かり、モーメントが掛かる。	・給電フィーダ側の遠隔サポート受け部の取り付け位置が設計値より近いまたは遠い(給電フィーダが短い、または長い)。	①遠隔サポート取外し前に、架台側サポート受け台と給電フィーダ間の隙間を観察する。 ②遠隔サポート用ボルトを緩め、遠隔サポートとの隙間ができた際のフランジ間の隙間を観察する。 (別図-7②、③)	①架台側サポート受け台と給電フィーダの間に隙間が無ければ、本要因ではない。 ②フランジ間の隙間が狭まる方向になければ、本要因ではない。	・遠隔サポート取外し前の架台側サポート受け台と給電フィーダ間に隙間はなく、また、遠隔サポート用ボルトを緩めてもフランジ間の隙間に変化はないことから、本要因ではない。	×	(調査・確認者) ガ処課 (調査時期) ①実施済み 6/8 実施済み				
				6 ・溶融炉フランジと結合装置フランジが東側(給電フィーダ、圧空配管の無い側)でのみ干渉して、結合クランプのバネ力でも西側(給電フィーダ、圧空配管側)の隙間を引き付けられない。	・溶融炉又は結合装置フランジが大きく傾いている。		①結合クランプと溶融炉側フックとの取合い部に係る設計条件(製作検討書)を再検証する。 ②CADを用いて検証する。(別図-5)	①再検証の結果に問題が無ければ、本要因ではない。 ②CAD上で結合クランプを動作させ、設計に問題が無ければ、本要因ではない。	①新結合装置の溶融炉側フックに掛かる結合クランプの高さを旧結合装置に比べて2 mm高くしているが、新旧結合装置のバネ力は同程度であり、本要因ではない。 ②新旧結合装置の結合クランプは、溶融炉側フックに問題なく掛かり、設計に問題はないことから、本要因ではない。	×	(調査・確認者) ① IHI、② IHI (調査時期) 6/7 実施済み				
		2	1	・結合装置全周のフランジ間の隙間が大きい。	1 ・コイルサポートが溶融炉側の保温材押え板等と干渉する。(別図-6④)	・コイルサポート頂部が保温材押え板天板と干渉する。	・コイルサポート組立ミス (コイルサポートの取付位置(高さ方向)が設計値よりも高い。)	・コイルサポートの取付高さを、工場検査記録により確認する。(別図-7⑦)	・コイルサポートの取付高さが設計の範囲内であれば、本要因ではない。	・コイルサポートの取付高さは、設計の範囲内であることから、本要因ではない。	×	(調査・確認者) ガ処課 (調査時期) 実施済み			
					2 ・コイルサポートスロープ部が保温材押え板の段付き部と干渉する。	・コイルサポート組立ミス (コイルサポートの取付位置(フランジ中心位置からの距離)が設計値よりも長い。)	・コイルサポートの取付位置(フランジ中心位置からの距離)を、工場検査記録により確認する。(別図-7⑦)	・コイルサポートのフランジ中心位置からの距離が設計の範囲内であれば、本要因ではない。	・コイルサポートのフランジ中心位置からの距離が設計の範囲内であることから、本要因ではない。	×	(調査・確認者) ガ処課・IHI (調査時期) 6/16 実施済み				
					3 ・溶融炉側の保温材押え板等の形状、寸法が設計値と異なる。	1 ・溶融炉の運転に伴い、溶融炉側の保温材押え板等に変形又は位置ずれが生じた。 2 ・2号溶融炉製作時に製作誤差が生じた。	・2号溶融炉製作時の製作誤差を設計に反映していない(製作公差を設けておらず、検査していない)。	・結合装置本体を取外し、保温材押え板等の変形の有無等を確認する。 また、結合装置本体を取外し、コイルサポート等について、干渉痕の有無を確認する。(別図-7⑦)	・保温材押え板等に変形等の異常が無く、また、コイルサポート等に干渉痕が無ければ、本要因ではない。	・遠隔交換装置の結合装置下部へのセット時に結合装置フランジが上昇し、隙間が狭くなった。また、保温材押え板等に変形等の異常が無く、コイルサポート等に干渉痕が無いことから、コイルサポートと保温材押え板等との干渉はなく、本要因ではない。	×	(調査・確認者) ガ処課 (調査時期) 6/15、6/16 実施済み			
					2 ・給電フィーダ又は圧空配管が溶融炉下面構造物と干渉する。(別図-6④)										
					3 ・溶融炉フランジと結合装置フランジが接触する前に給電フィーダが架台側サポート受け台と干渉する。(別図-6④)	・新結合装置の給電フィーダ位置が設計寸法より高い。		・遠隔サポート取外し前に、フランジ東側(給電フィーダ、圧空配管の無い側)の隙間を観察する。 (別図-7①)	・結合装置全周のフランジ間に隙間が無ければ、本要因ではない。	・フランジ東側(給電フィーダ、圧空配管の無い側)に隙間は見られないことから、本要因ではない。	×	(調査・確認者) ガ処課 (調査時期) 6/8 実施済み			
					4 ・溶融炉フランジと結合装置フランジが接触する前に圧空配管が架台側サポート受け台と干渉する。(別図-6④と同様)	・新結合装置の圧空配管位置が設計寸法より低い。		・遠隔サポート取外し前に、フランジ東側(給電フィーダ、圧空配管の無い側)の隙間を観察する。 (別図-7①)	・結合装置全周のフランジ間に隙間が無ければ、本要因ではない。	・フランジ東側(給電フィーダ、圧空配管の無い側)に隙間は見られないことから、本要因ではない。	×	(調査・確認者) ガ処課 (調査時期) 6/8 実施済み			
					5 ・溶融炉フランジー結合装置フランジ間に異物が挟まる。			・結合装置本体を取外し、結合装置フランジ面の異物の有無を確認する。(別図-7⑤)	・結合装置フランジ面に異物が無ければ、本要因ではない。	・結合装置フランジ面に異物は無いことから、本要因ではない。	×	(調査・確認者) ガ処課 (調査時期) 6/15 実施済み			
					(次頁へ続く)										

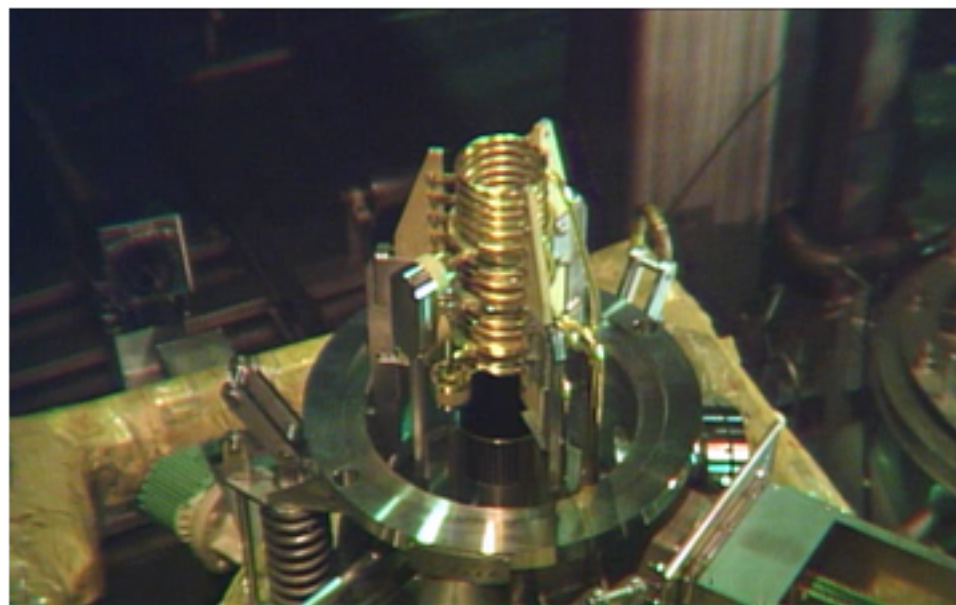
要因分析②: 溶融炉フランジー結合装置フランジ間の隙間が大きくなったことに対する要因分析

〔記号〕◎: 要因である。○: 要因の可能性が高い。△: 要因から除外できない。×: 要因ではない。

事象	分類	想定1	想定2	要因1	要因2	要因3	調査・確認方法	判断基準	調査・確認結果	評価	備 考 (今後の対応等)
(前頁からの続き)	3	・結合装置のフランジ間の隙間が一部分で大きい。	1				・結合装置本体を取り外し、溶融炉側フランジ面の欠損や凹凸の有無を確認する。(別図-7⑤)	・溶融炉側フランジ面に有意な欠損や凹凸が無ければ、本要因ではない。	・溶融炉側フランジ面に有意な欠損や凹凸が無いことから、本要因ではない。	×	(調査・確認者) ガ処課 (調査時期) 6/16 実施済み
			2						・結合装置フランジ面に有害な欠損や凹凸は無いことから、本要因ではない。	×	(調査・確認者) ガ処課 (調査時期) 6/15 実施済み
			3				・溶融炉側フランジの傾き方向と角度計測データを 確認する。また、結合装置フランジの傾き方向と角 度の製作時データを確認する。	・データが合致していれば、2本のガイドピンで フランジ間の位置決めがされるため、本要因で はない。	・溶融炉側フランジのガイドピンは、フ ランジ面に対して垂直に設置されてい る。結合装置フランジは基準面に対し て水平であるとともに、ガイドピン穴 は、基準面に対して垂直にあげられて いる。従って、結合装置フランジのガイ ドピン穴に溶融炉側フランジのガイドピ ンが入れば、フランジの傾きが回転方 向で合致し、フランジ同士は密着する ことから、本要因ではない。	×	(調査・確認者) IHI (調査時期) 6/16 実施済み

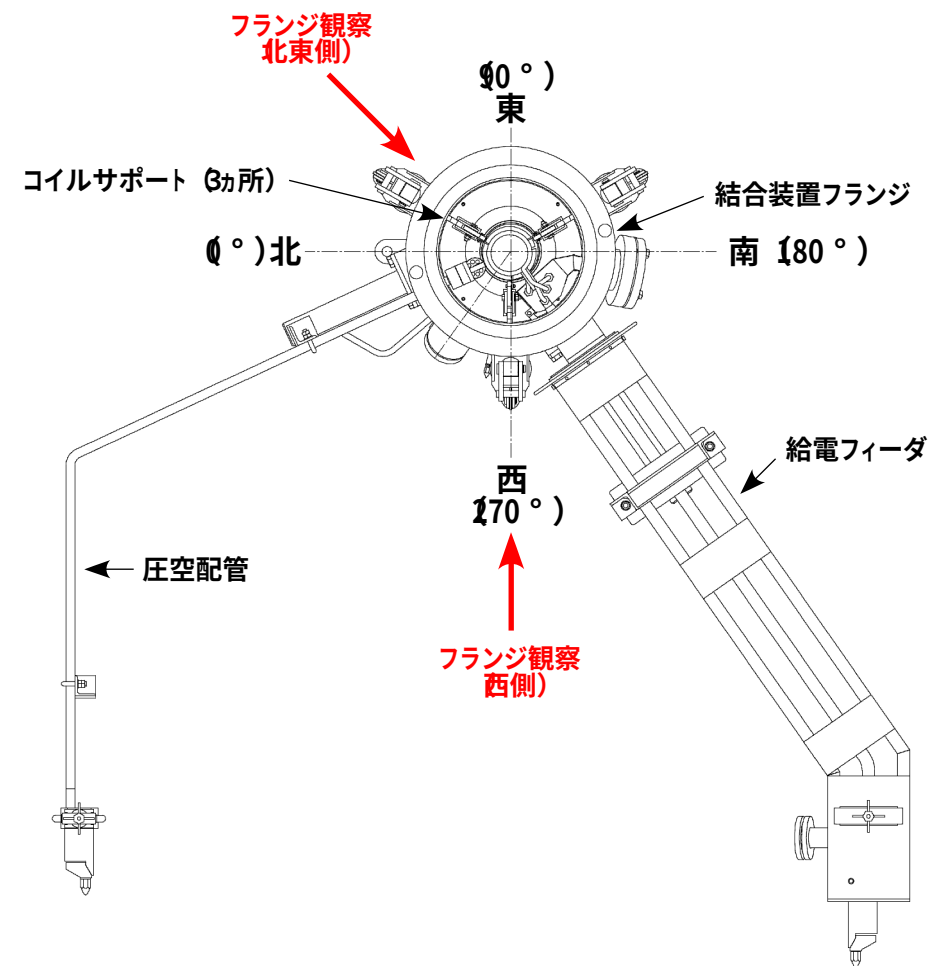


【フランジ観察 北東側】

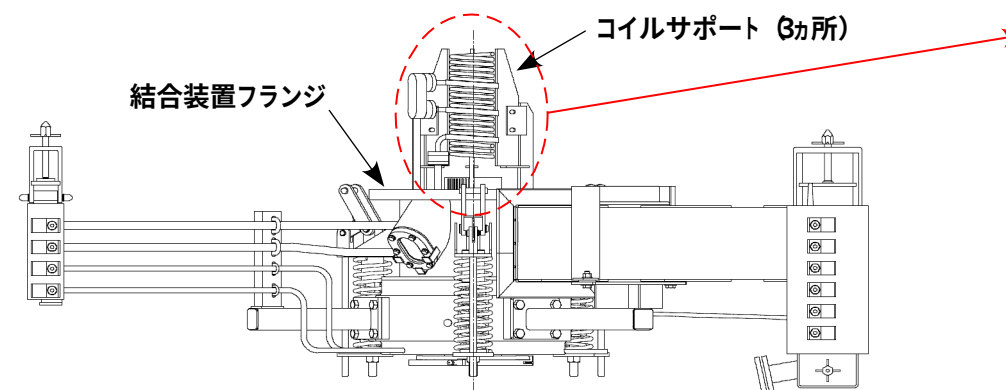


【フランジ観察 西側】

結合装置フランジ面に欠損や凹凸は確認されなかった
また、異物についても確認されなかった

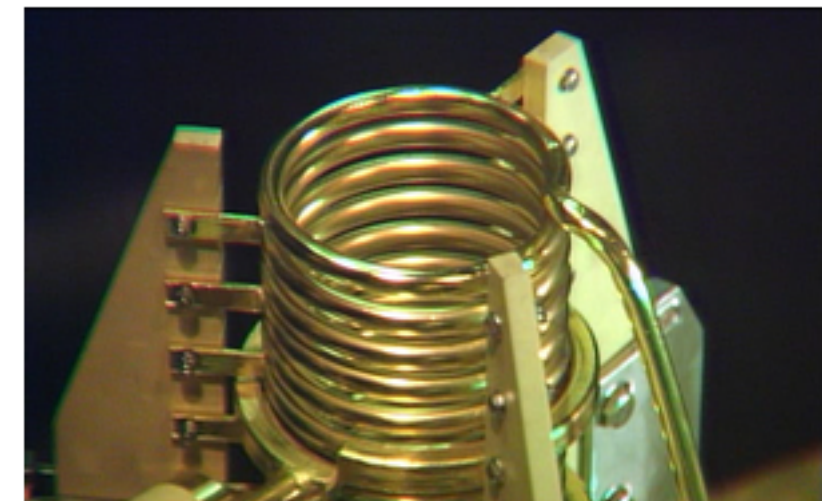


結合装置上面図】

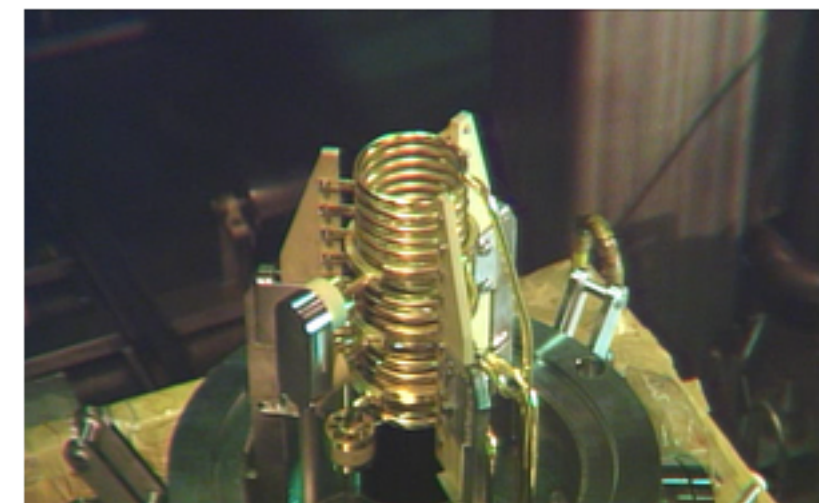


結合装置正面図 西側】

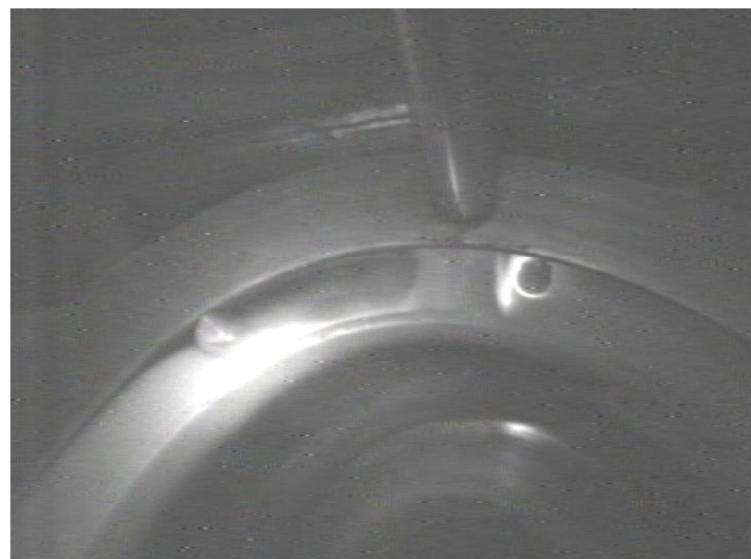
コイルサポートに割れ等の異常はなく、
また、干渉痕も確認されなかった



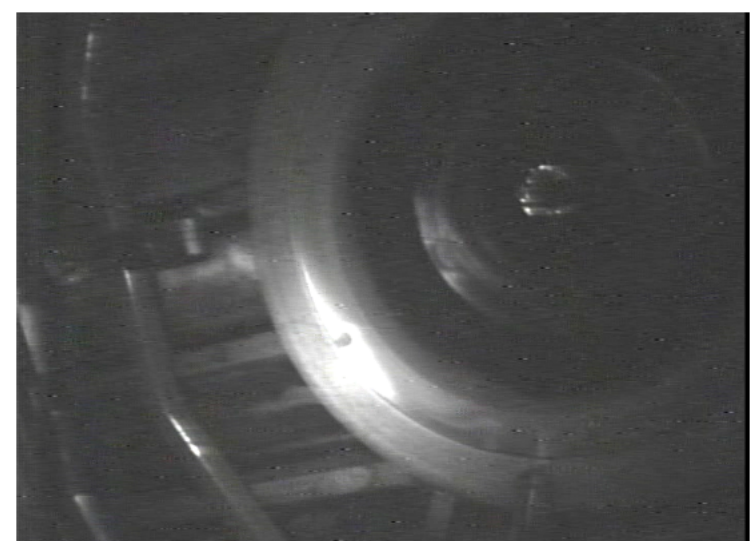
【コイルサポート先端部拡大】



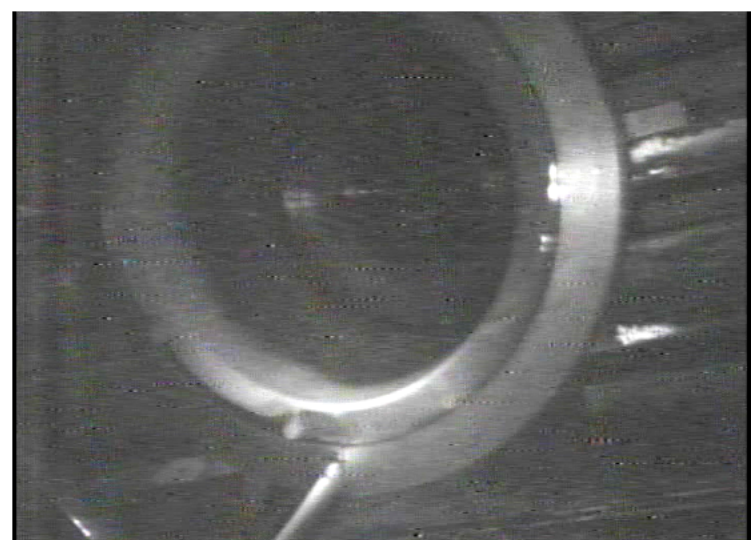
【コイルサポート全景】



【溶融炉フランジ北(0°)観察】

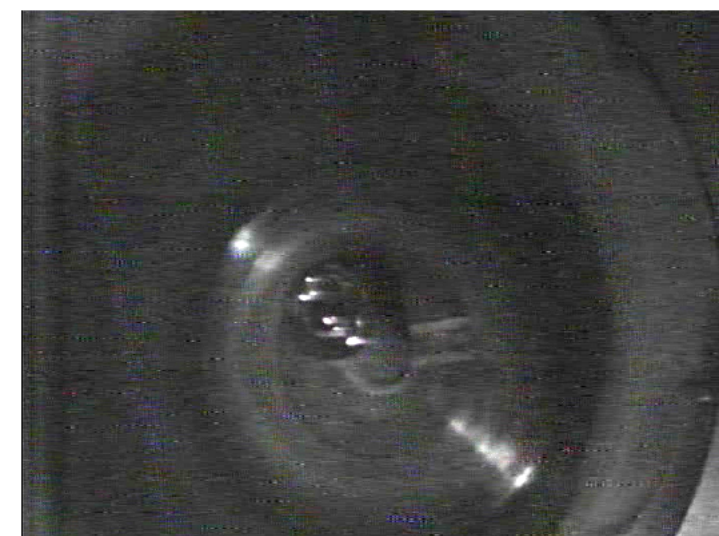
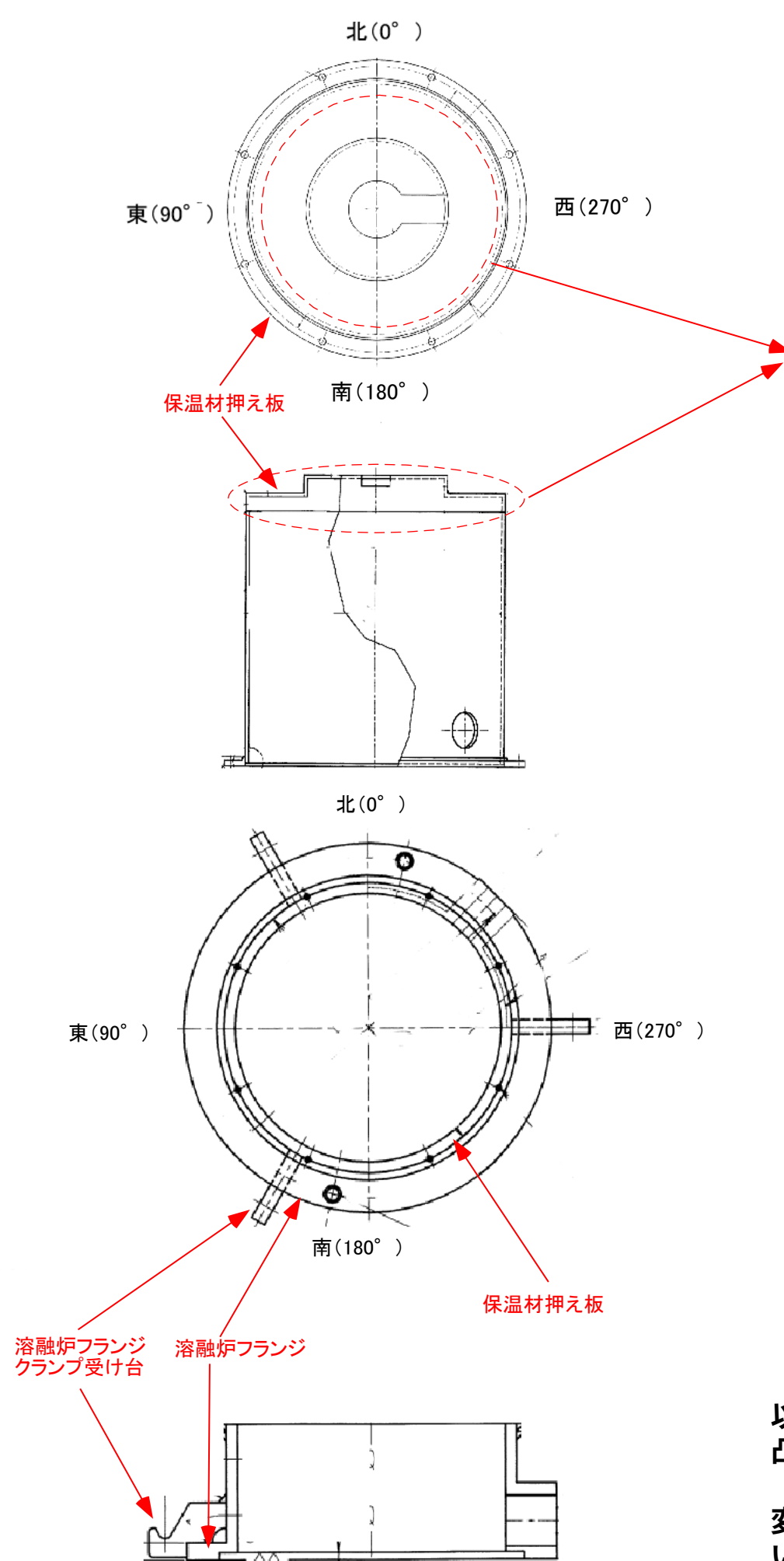


【溶融炉フランジ南東(90° ~ 180°)観察】

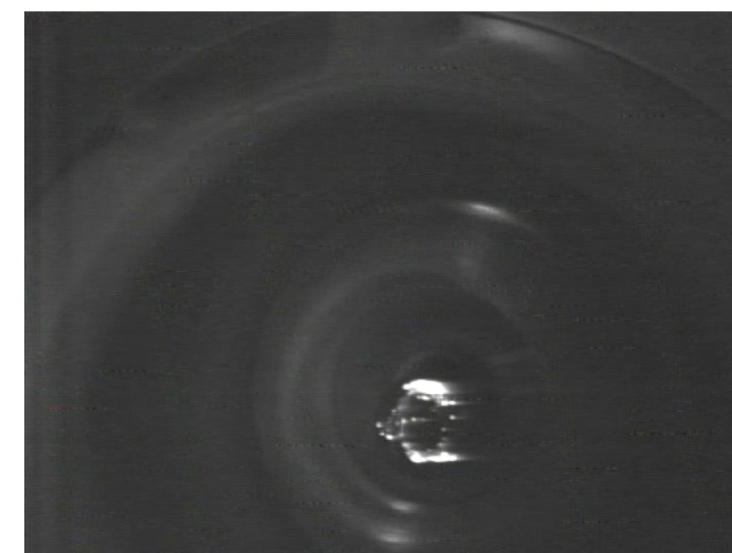


【溶融炉フランジ南西(180° ~ 270°)観察】

溶融炉フランジ面に欠損や凹凸は確認されなかった
また、異物についても確認されなかった



【保温材押え板内部】

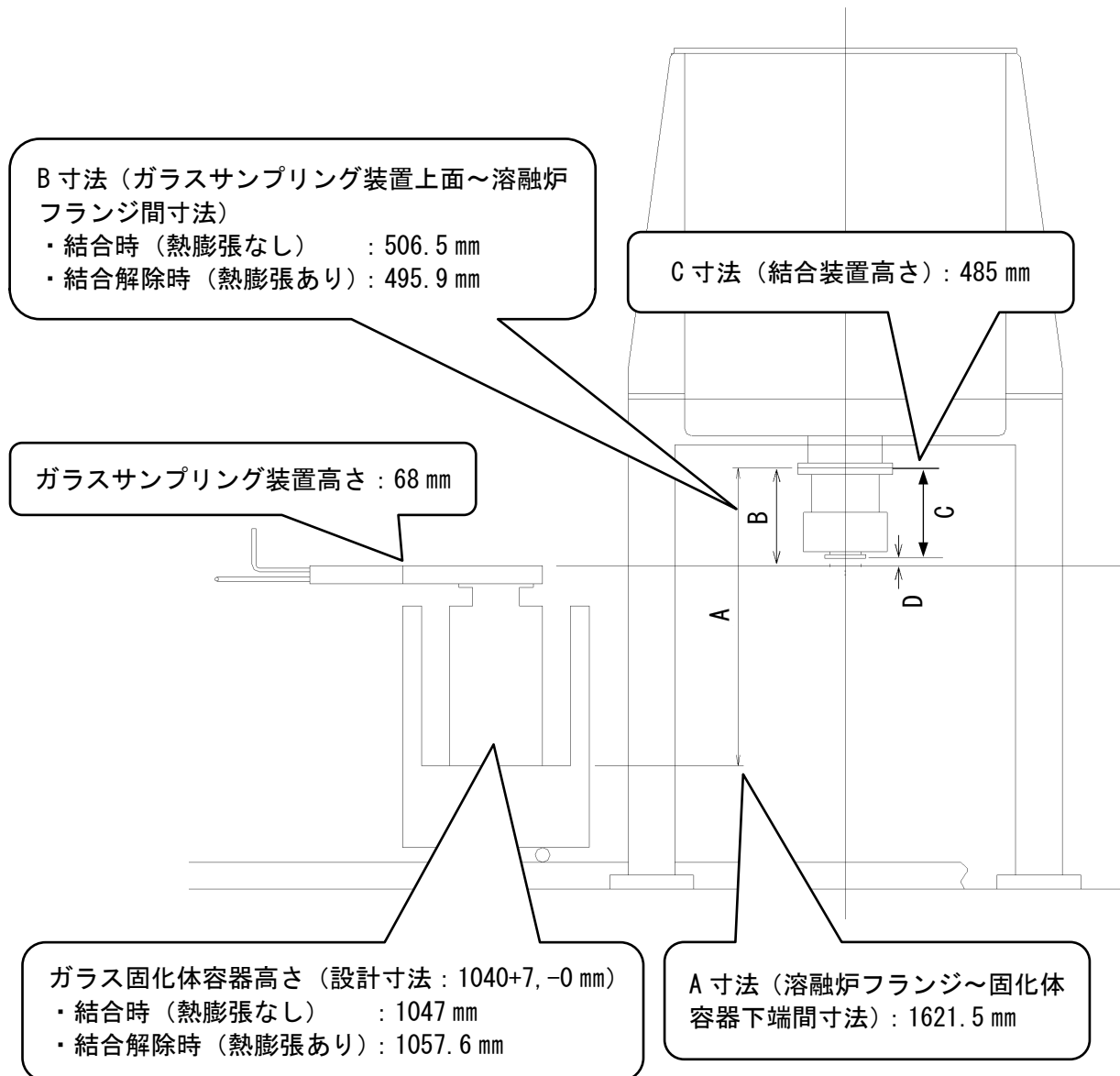


【保温材押え板内部】

保温材押え板に変形等の異常はなく、
また、コイルサポートとの干渉痕も確認されなかった

以上より結合装置フランジ面、溶融炉フランジ面に欠損や凹凸は確認されず、異物についても確認されなかった。

また、コイルサポート及び保温材押え板についても、割れ、変形及び干渉痕も確認されなかったことから、要因ではない。

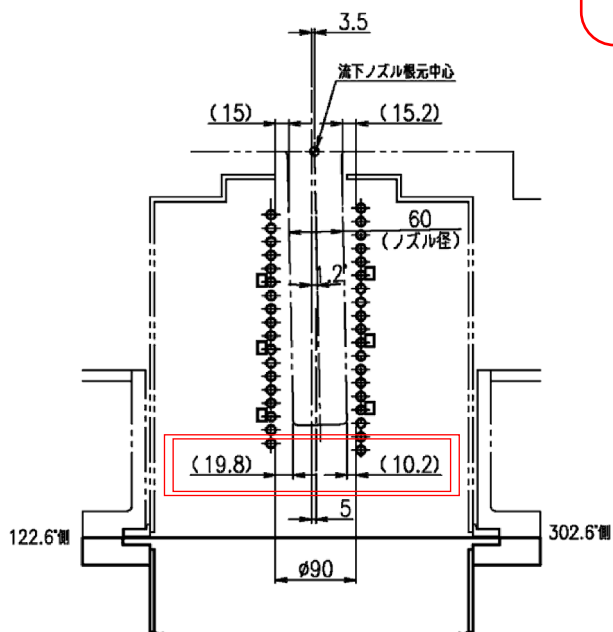


【結合装置下端～ガラス固化体容器のクリアランス : D】

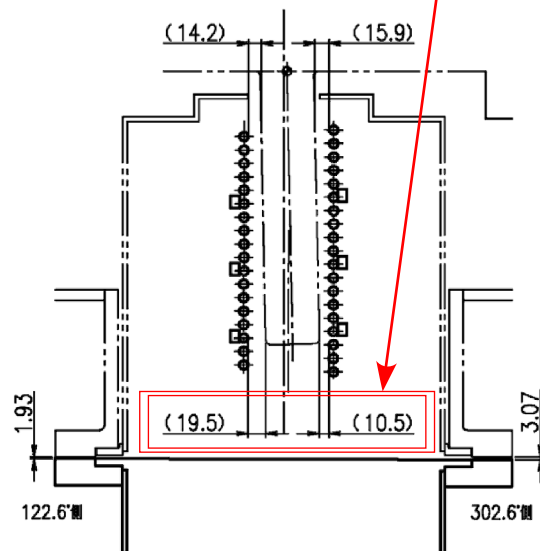
- ① 熔融炉フランジの傾きを考慮しない場合、結合装置下端とガラス固化体容器のクリアランスは、以下のとおりとなる。
 - ・ 結合時 (熱膨張なし) のクリアランス ($D=B-C$)
 $506.5 \text{ mm} - 485 \text{ mm} = 21.5 \text{ mm}$
 - ・ 結合解除時 (熱膨張あり) のクリアランス ($D=B-C$)
 $495.9 \text{ mm} - 485 \text{ mm} = 10.9 \text{ mm}$
- ② 熔融炉フランジの傾き (約 0.7°) によって結合装置も傾くことから、結合装置下端のフランジ面の高低差は、
 $\Delta h = 220 \text{ mm (フランジ外径)} \times \tan(0.7^\circ) = \text{約 } 2.7 \text{ mm}$ となる。
 よって、熔融炉フランジの傾きを考慮した場合、結合装置下端とガラス固化体容器のクリアランスは、以下のとおりとなる。
 - ・ 結合時 (熱膨張なし) のクリアランス
 $21.5 \text{ mm} - 2.7 \text{ mm} = 18.8 \text{ mm}$
 - ・ 結合解除時 (熱膨張あり) のクリアランス
 $10.9 \text{ mm} - 2.7 \text{ mm} = 8.2 \text{ mm}$
- ③ 以上より、結合装置下端～ガラス固化体容器のクリアランスは最低 8.2 mm 確保されており、厚さ 1~4 mm (平均厚 2.5 mm) の傾斜シムスペーサを挟み込んでも影響はない。

図-5 ガラス固化体容器との結合時の影響

シムスペーサを挟み込んだ状態をCADにより作図し、クリアランスを確認した結果±0.3mmの差であり、影響のないことを確認した。



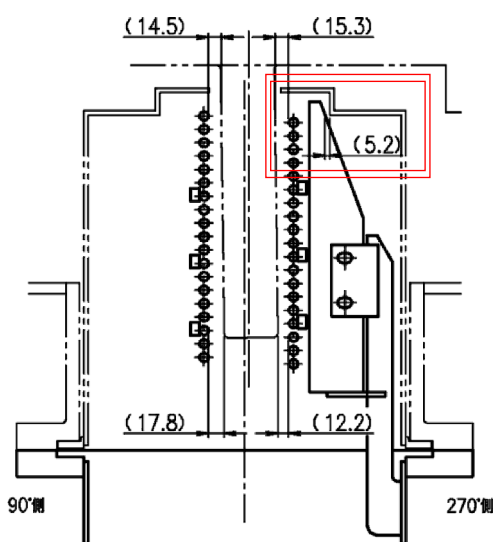
シムスペーサ設置なし



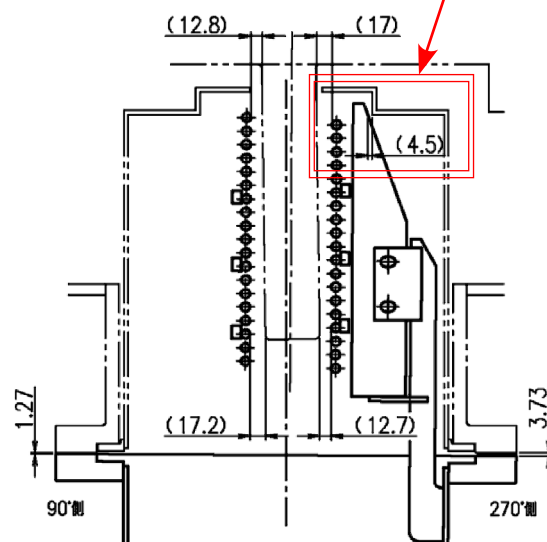
シムスペーサ設置
(薄い側:55°、厚い側:235°)

シムスペーサ挟み込み後の加熱コイルと流下ノズル間のクリアランス

シムスペーサを挟み込んだ状態をCADにより作図し、クリアランスを確認した結果、干渉しないことを確認した。



シムスペーサ設置なし



シムスペーサ設置
(薄い側:55°、厚い側:235°)

シムスペーサ挟み込み後のコイルサポート(270°方向)と保温材押え板間のクリアランス

図-6 加熱コイルと流下ノズル間のクリアランスへの影響

1. シムスペーサの傾きによる流下ノズルの加熱性への影響

令和2年3月に実施した流下ノズルの加熱性確認試験にて、流下ノズルが1.2°傾くことにより加熱コイルに遠くなる側(90°方向)と近くなる側(270°方向)で、流下ノズルの温度に差が生じるか確認した。

この結果、表1及び図1に示す通り90°方向と270°方向に有意な温度差は認められておらず、シムスペーサによる傾き(0.34°)が流下ノズルの加熱性に与える影響はない。

2. 高周波加熱コイルが下がることによる流下ノズルの加熱性への影響

シムスペーサを挟み込んだ場合、流下ノズルに対して高周波加熱コイルが2.5mm下がる。また、表1及び図1に示す通り流下ノズル最上部(温度計位置:7)の温度変化は1mmあたり約5°C((848.6°C-611.7°C)÷45mm)である。

これより、流下ノズル最上部の温度が約13°C低下するが、低下分の温度を上昇させるために必要な加熱電力は0.2~0.3kW程度*1であり、設備の調整範囲内(通常:10kW程度、調整範囲:8.0~19.0kW)となることから、流下ノズルの加熱性に与える影響はない。

*1 低下分の温度を上昇させるために必要な加熱電力

上段加熱時の流下ノズル最上部の温度(T)と加熱電力(P)の関係は、図2より「 $T = 61 \times P + 190.25$ 」となる。

よって、流下ノズル最上部の温度低下分(約13°)を上昇させるために必要な加熱電力量(P)は、「 $P = 13 \div 61$ 」より、0.2~0.3kW程度となる。

表1 上段加熱(コイル内径:90mm+流下ノズル:傾き1.2°)における温度分布

(°C)

温度計位置	1	2	3	4	5	6	7
遠くなる側(90°方向)	653.9	839.8	985.5	1023.0	986.9	848.6	611.7
近くなる側(270°方向)	654.3	839.6	985.7	1030.6	988.6	849.8	619.6
温度差	0.4	0.2	0.2	7.6	1.7	1.2	7.9

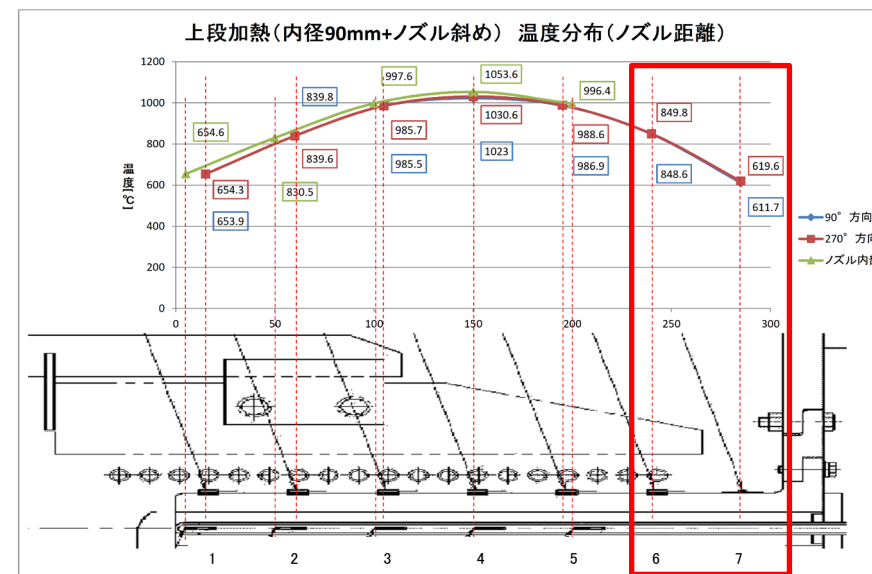


図1 上段加熱(コイル内径:90mm+流下ノズル:傾き1.2°)における温度分布

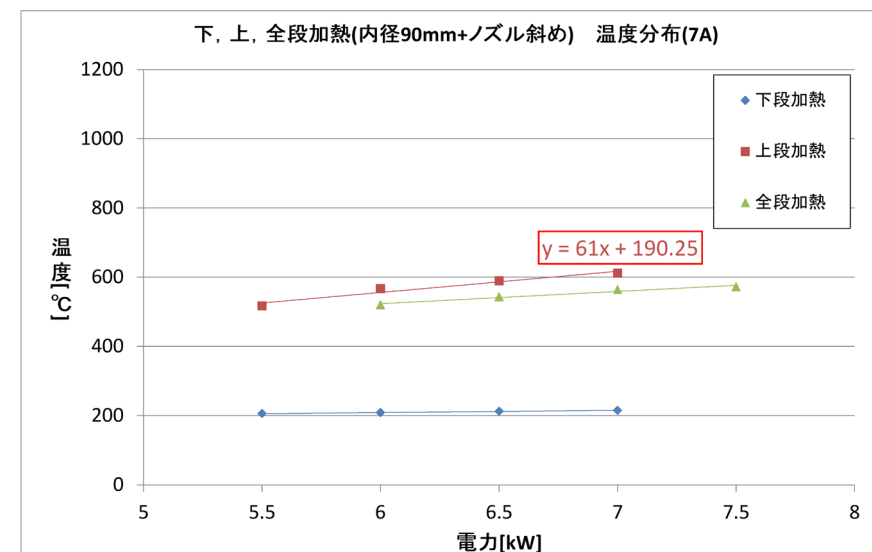
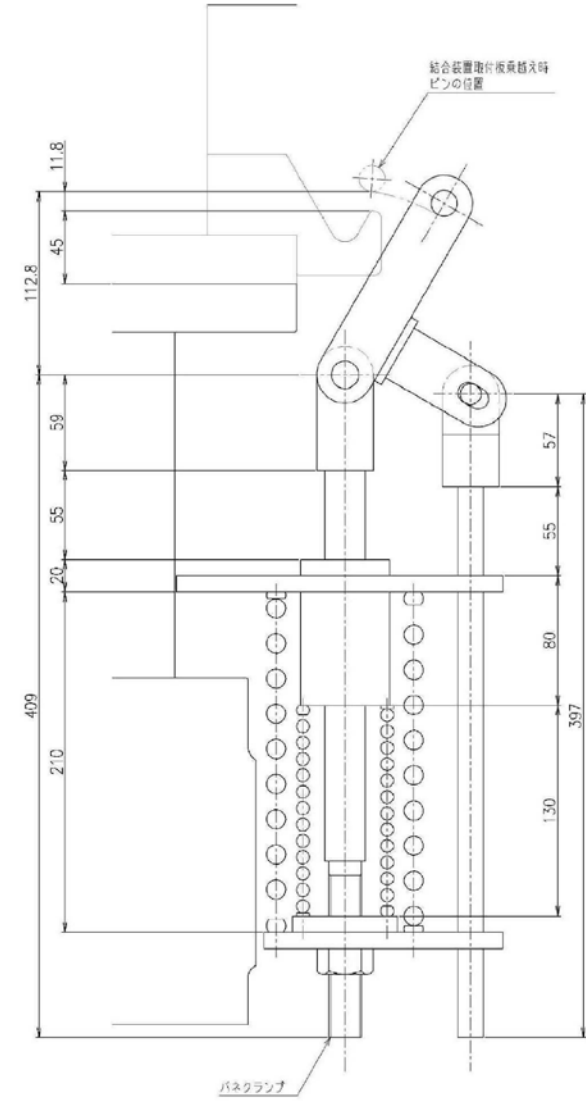


図2 流下ノズル最上部(温度計位置:7)の温度と加熱電力の関係

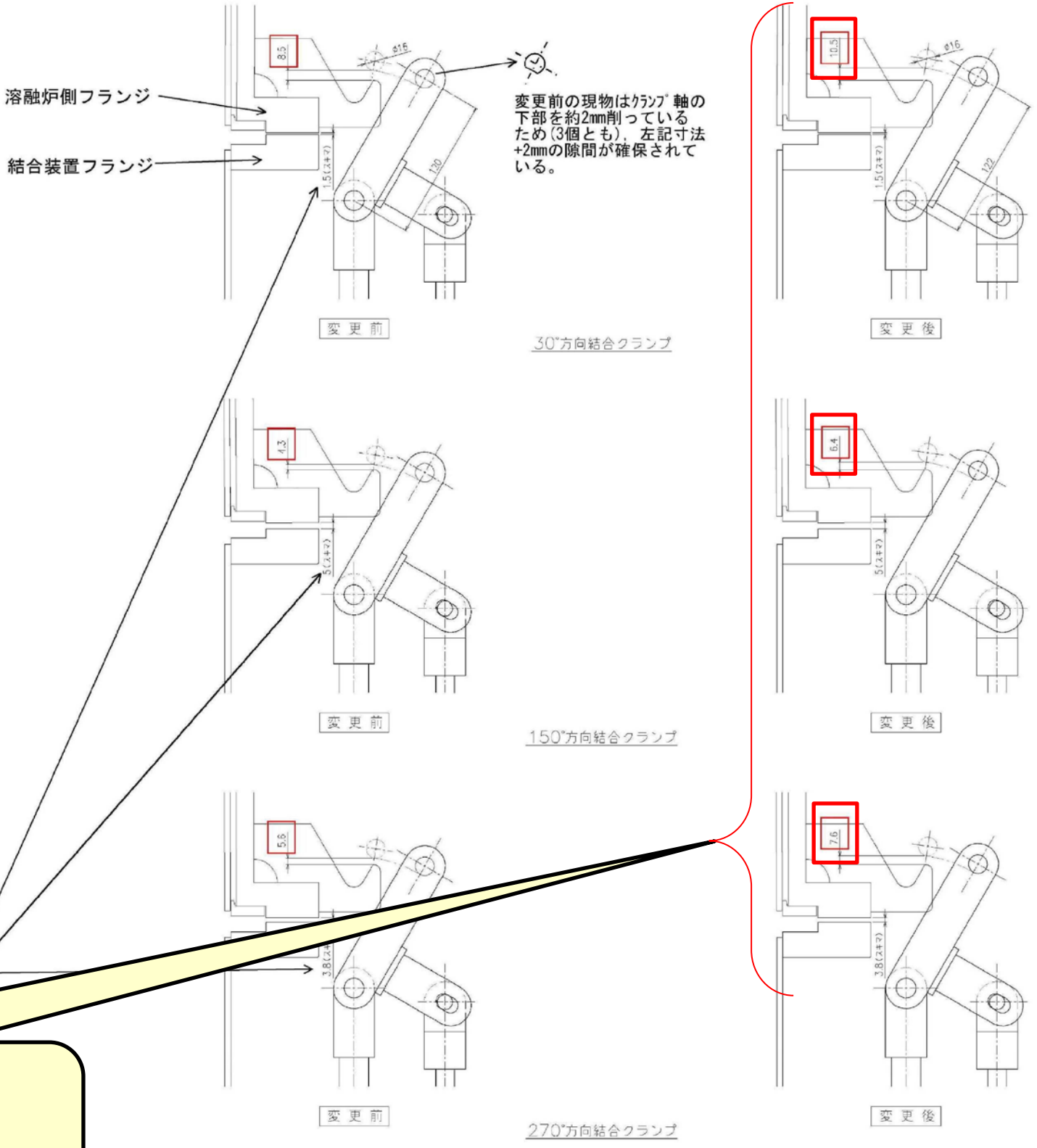
図-7 流下ノズルの加熱性への影響

溶融炉フランジの傾きを考慮しない
(図面上の寸法)



溶融炉側フランジが195.7° 方向が上となる状態で約0.665° 傾斜していることによる隙間
(195.7° 方向の最大隙間は5.9mm)

溶融炉フランジの傾きを考慮



クランプの取り付け寸法については以下を想定している。
①30° 方向 : 10.5 mm, ②150° 方向 : 6.4 mm, ③270° 方向 : 7.6 mm

図-8 クランプクリアランスの評価

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)



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

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) -



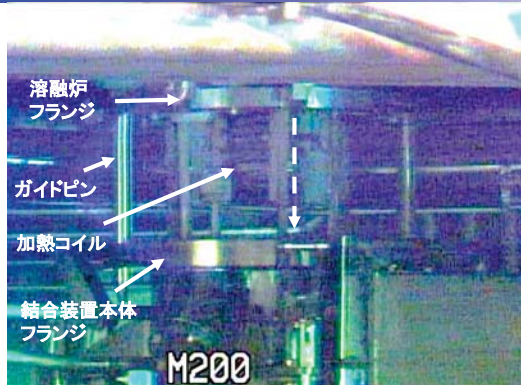
模擬溶融炉架台への据付検査の状況



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) -



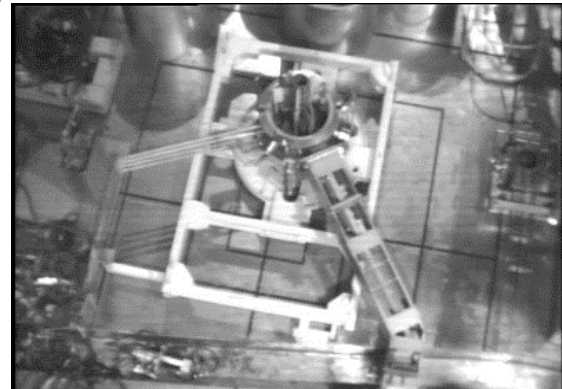
溶融炉フランジから取外し中の既設結合装置の状況



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



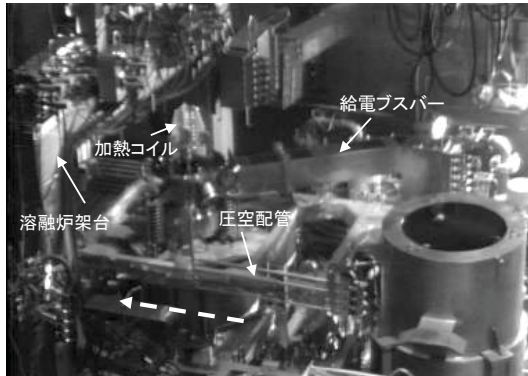
固化セル中央部に仮置きした既設結合装置の状況

1. 次回運転までのスケジュール

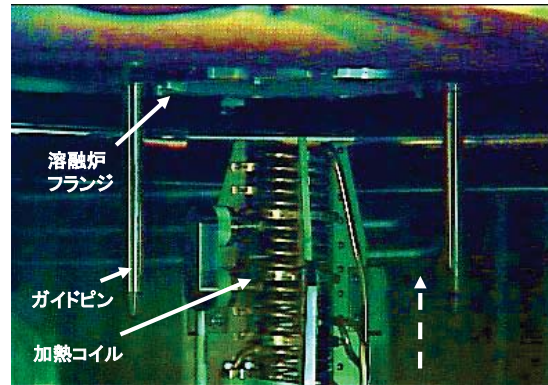
- 結合装置の製作及び交換の実施状況(5/9) -



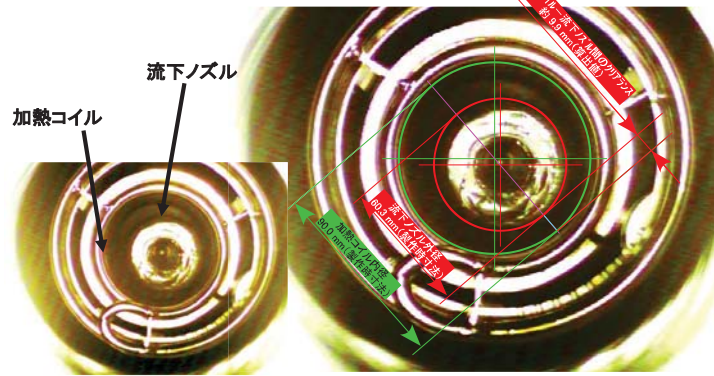
新規結合装置の除染セルから固化セルへの搬入状況



台車にて溶融炉下部に新規結合装置を移動中の状況



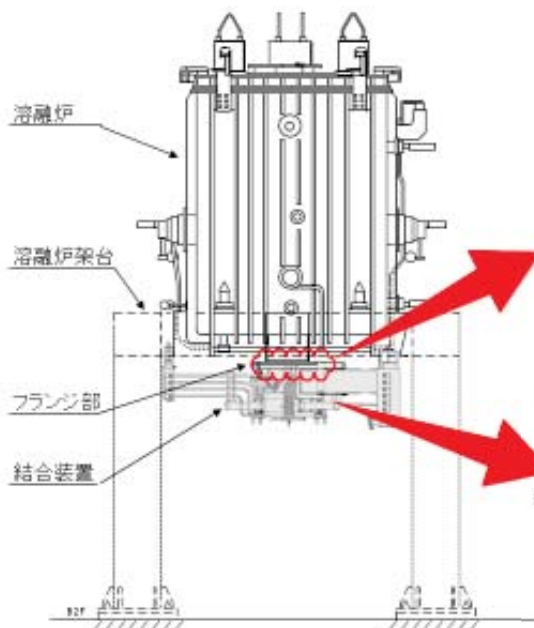
新規結合装置の取付け状況



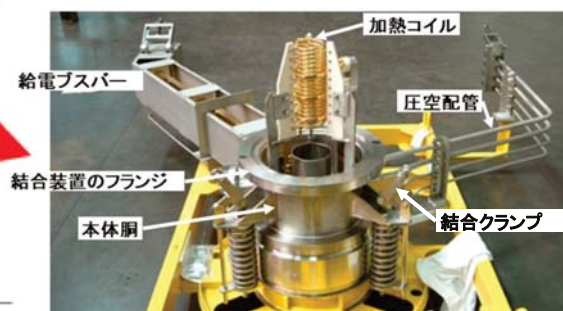
新規結合装置の取付け状況(コイルとノズルのクリアランス確認結果)

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)

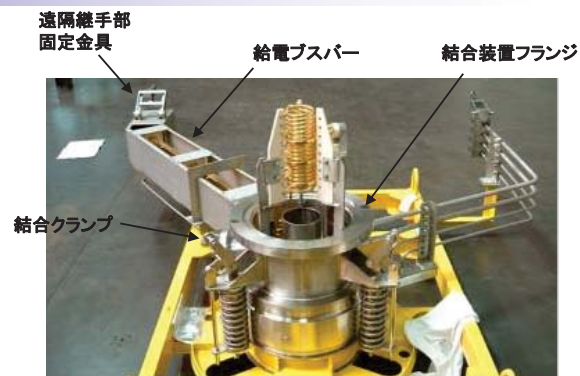
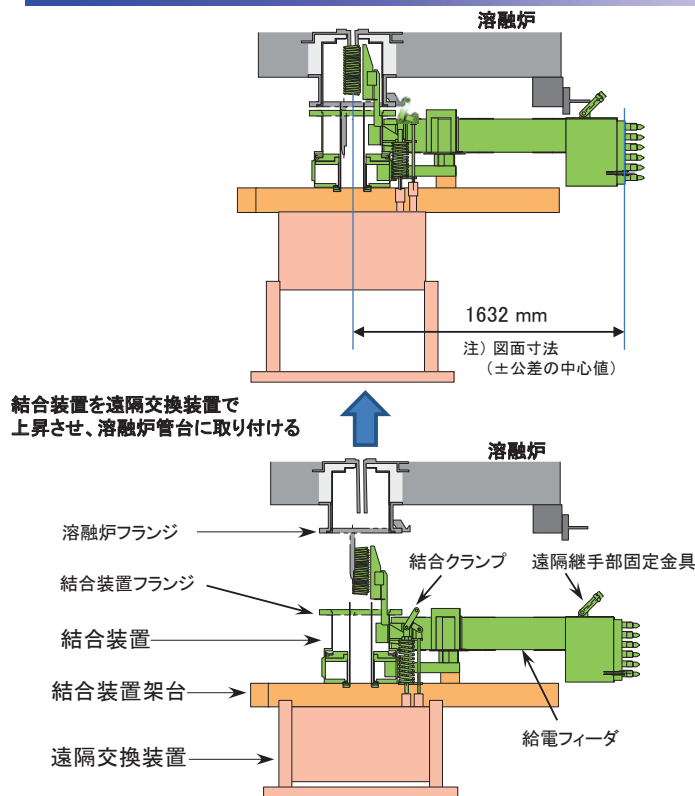


結合装置外観

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) -



結合装置全景



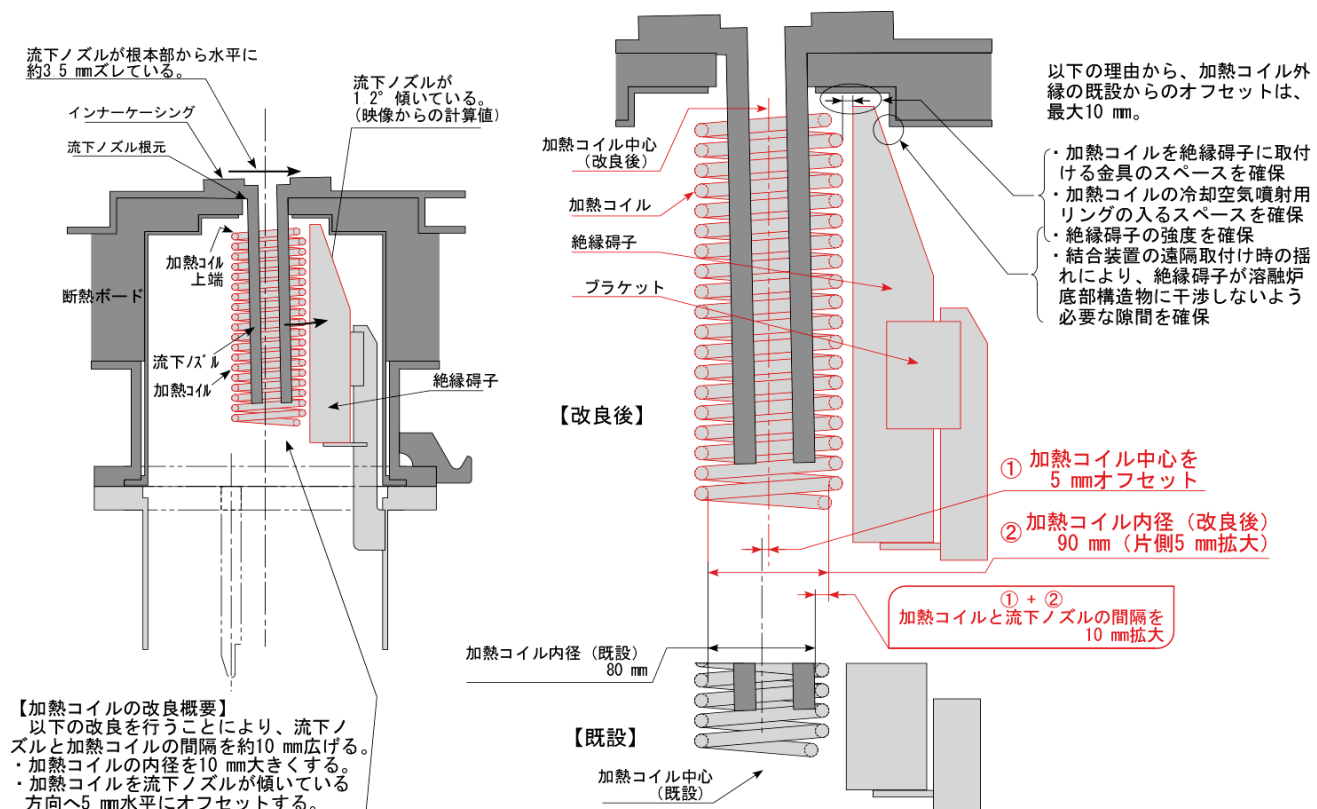
遠隔交換装置全景

結合装置据付概要

流下ノズルと加熱コイルのクリアランス確保の対策の概要

【参考資料】

令和2年2月5日第37回東海再処理施設
安全監視チーム会合資料



加熱コイル径拡大のイメージ図

【推定方法】

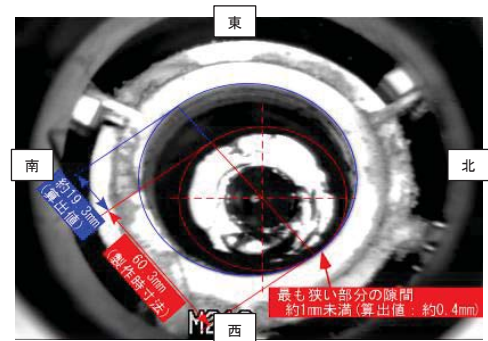
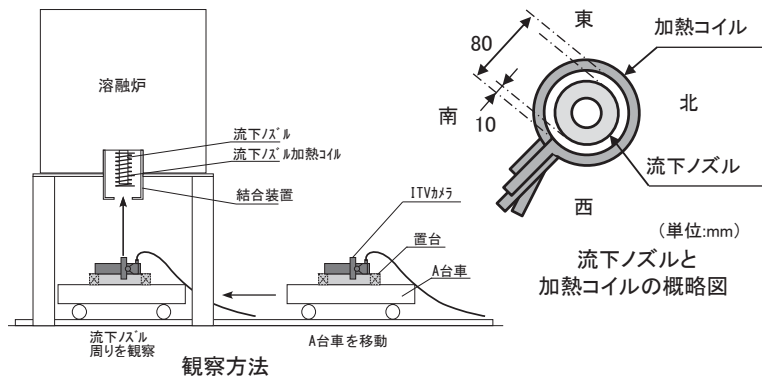
- 流下ノズル外径60.3 mm(製作時の実測寸法)を基準として、画像上での計測値を換算して寸法を算出した。
- 加熱コイルの内径は設計値80 mmとした。

① 流下ノズル先端部

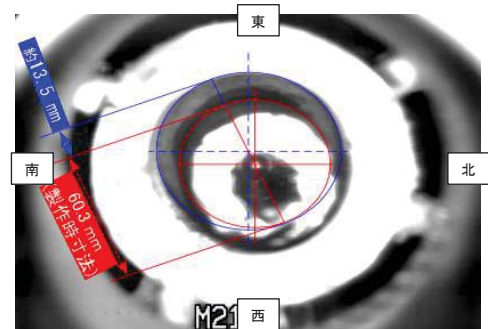
- 流下ノズル先端部と加熱コイルの間隔は、最も広い箇所では約19.3 mm。
- 流下ノズル先端部と加熱コイルの間隔は、最も狭い箇所では約0.4 mmと推定。

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