

SXイメージングビームライン用

楕円偏光アンジュレータ真空槽の整備

Manufacturing of a vacuum chamber for an elliptical polarized
undulator for an SX imaging beamline

仕様書

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

1. 一般仕様

1.1. 件名

SXイメージングビームライン用楕円偏光アンジュレータ真空槽の整備

1.2. 目的

本件は、国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構（以下「QST」という）が3GeV高輝度放射光施設NanoTerasu（以下「ナノテラス」という）に設置する軟X線イメージングビームライン用楕円偏光アンジュレータ（以下「EPU」という）用の真空槽を製作し、ナノテラス蓄積リングトンネルに設置するものである。

1.3. 仕様範囲

- | | |
|-------------|----|
| (1) 真空槽等の製作 | 1式 |
| (2) 真空槽等の設置 | 1式 |

- ・ 必要な材料手配、製作、試験、梱包、輸送、搬入、据付け、超高真空立上げ、及びユーティリティ敷設等一切を行うこと。
- ・ 据付調整作業に必要な一切の測量機器（トランシット、鉛直器、オートレベラ、水準器、治具等並びに、ベーキングを含む真空作業及びユーティリティ敷設作業に必要な一切の部品、工具及び、消耗品（固着防止用のモリブデン、アルコール等）など、本案件を遂行するために必要な全ての物品は、受注者側で準備すること。
- ・ 納入時に使用した梱包材、現地での搬入及び作業時に養生などに使用した資材の廃棄は、受注者が行うこと。

1.4. 納入期限

令和11年3月23日（金）

ナノテラスはすでに運用中であるため、蓄積リングトンネル内での据付作業は加速器停止期間に限定される。本真空槽の据付け期間は、令和10年8月から9月とする。ただし、事前の準備、コンポーネント等の搬入、最終計測はこの限りでない。物品製造後、納入までの保管は受注者が行うこと。保管の際は、結露や錆が生じないように、処置を行うこと。詳細なスケジュールは、契約後に打合せのうえ決定する。

1.5. 納入場所

宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 ナノテラス内の指定する場所

搬入経路は図1 を参照のこと。搬入口から内周作業エリア（地上1階）までには地下通路を

經由する。地上と地下の間は15トンクレーンを利用できる。地下通路には防火戸 (W3500mm×H3500mm) が2か所設置されている。地下通路には運搬用クレーンはない。

1.6. 納入条件

据付け調整渡しとする。ナノテラス電子蓄積リングを構成する真空槽を撤去の後、本真空槽を設置する。設置後、加速器の性能を損なうことがないよう簡易なアラインメントを行った上で、ベーキング及び真空立ち上げ、配線作業等を実施した後、2.4.2節の検査を行い、引き渡しを行うこと。

1.7. 検査条件

納入時に以下の検査を行う。

1.7.1. 員数・外観・寸法

- (1) 員数検査： 各製品の員数を確認する。
- (2) 外観検査： 有害なキズや変形などが無いことを確認する。
- (3) 寸法検査： 規格どおりの寸法となっていることを確認する。

1.7.2. 合格判定条件

2.4節の試験検査及び2.3.3節の検査に合格し、提出図書(1.10節)の完納をもって検査完了とする。

1.8. 保管条件

室温 5℃から 40℃の室内で、結露しないという保管条件下で、梱包をほどこすこと。

1.9. 契約不適合責任

契約不適合責任については、契約条項のとおりとする。

1.10. 提出図書

以下の図書・書類を提出すること。

	図書名	提出時期	部数	確認
①	製作工程表	契約後速やかに	1 部	要
②	契約仕様書	契約後速やかに	1 部	
③	打合せ議事録	実施の都度	1 部	要
④	各種構造図及び全体確認図	製作前	1 部	要
⑤	工場試験検査要領書	試験前	1 部	要
⑥	工場試験検査成績書	試験後	1 部	要
⑦	現地試験検査要領書	試験前	1 部	要
⑧	現地試験検査成績書	試験後	1 部	要
⑨	完成図（決定図）	納入時	1 部	
⑩	定期保守作業要領書(取扱い説明書)	納入時	3 部	
⑪	完成図書	納入時	3 部	

- ・QST担当者は、確認のために提出された図書を受領したときは、期限日を記載した受領印を押印して返却する。また、当該期限までに審査を完了し、確認しない場合には修正を指示し、修正等を指示しないときは、確認したものとする。
- ・①～⑩をA4紙に印刷したもの(大型図面はA3以上に印刷しA4大に畳むこと)及び電子ファイルを提出すること。①～③、⑤～⑧、⑩、⑪の電子ファイルはWORDあるいはEXCELファイルとPDFとする。④、⑨の電子ファイルは2D-CAD、3D-CAD、PDFとする。
- ・⑪の完成図書は①～⑩をそれぞれA4紙に印刷したもの(大型図面はA3以上に印刷しA4大にたたむこと)印刷してA4ファイルに綴じ、表紙と目次を付けた物を「完成図書」として 3冊提出すること。
- ・①～⑪の電子ファイルを CD-R などの記録媒体に収めた物も、上記の「完成図書」と合わせて提出すること。2D-CAD ファイルを DXF形式あるいは DWG 形式で提出すること。3D-CADはSolidWorksで読み込み可能な形式であること。
- ・提出図書の使用言語は日本語とする。
- ・提出された3D-CADファイル及び2D-CADファイルの全体平面図及び全体側面図は周辺機器との干渉や取合いを確認するために使用される。これらは総合図に統合後に、使用を本プロジェクトのみに制限した上で、関係する他の会社に渡すことがあるため、必要に応じて、担当者に確認すること。

(提出場所)

宮城県仙台市青葉区荒巻青葉468-1

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

NanoTerasuセンター 高輝度放射光研究開発部 加速器グループ

(確認方法)

「確認」は次の方法で行う。

QSTは、確認のために提出された図書を受領したときは、期限日を記載した受領印を押印して返却する。また、当該期限までに審査を完了し、確認しない場合には修正を指示し、修正等を指示しないときは確認したものとする。

1.11. 支給品

支給する物品のリストを下表に示す。

表：支給品リスト

品名	数量	備考
ステアリング電磁石 (上流側・下流側)	各 1 式	取り付け枠含む。 寸法等は QST 担当者に確認すること。

1.12. 貸与品

貸与する物品のリストを下表に示す。

表：貸与品リスト

	品名	数量	備考
①	窒素ガスボンベ	1 式	使用したガスは受注者負担としない
②	ヘリウムガスボンベ	1 式	使用したガスは受注者負担としない
③	移動式排気ポンプユニット	1 式	
④	ヘリウムリークディテクター	1 式	
⑤	ベーキング用ヒーターコントローラ	1 式	
⑥	建屋内クレーン	1 式	
⑦	NEG ポンプ用制御装置	1 式	
⑧	水用電気伝導率計	1 式	
⑨	ベーク用テープヒータ、熱電対、温度ロガー	1 式	
⑩	レーザートラッカ	1 式	

1.13. 品質管理

本品の製作に係る設計・製作・設置等は、全ての工程において、管理体制、設計管理、外注管理、現地作業管理、材料管理、工程管理、試験・検査管理、不適合管理、記録の保管、重要度分類、監査の事項等について十分な品質管理を行うこととする。※全て網羅しなくとも可。品質保証計画書を提出により確認することでも可。

1.14. 適用法規・規格基準

本品の設計・製作・試験検査にあたっては、以下の法令、規格、基準等を適用又は準用し

て行うこと。

- ・労働安全衛生法
- ・日本工業規格（JIS）
- ・その他受注業務に関し、適用又は準用すべき全ての法令・規格・基準等

1.15. 知的財産権等

知的財産権については、知的財産権特約条項のとおりとする。

1.16. 機密保持

受注者は、本業務の実施に当たり、知り得た情報を厳重に管理し、本業務遂行以外の目的で、受注者及び下請会社等の作業員を除く第三者への開示、提供を行ってはならない。あらかじめQST担当者の了承を得た場合にはこの限りでない。

1.17. 安全管理

1.17.1. 一般安全管理

- ・作業計画に際し綿密かつ無理のない工程を組み、材料、労働安全対策等の準備を行い、作業の安全確保を最優先としつつ、迅速な進捗を図るものとする。また、作業遂行上既設物の保護及び第三者への損害防止にも留意し、必要な措置を講ずるとともに、火災その他の事故防止に努めるものとする。
- ・作業現場の安全衛生管理は、法令に従い受注者の責任において自主的に行うこと。
- ・受注者は、作業着手に先立ちQSTと安全について十分に打合せを行った後着手すること。
- ・受注者は、作業現場の見やすい位置に、作業責任者名及び連絡先等を表示すること。
- ・作業中は、常に整理整頓を心掛ける等、安全及び衛生面に十分留意すること。
- ・受注者は、本作業に使用する機器、装置の中で地震等により安全を損なう恐れのあるものについては、転倒防止策等を施すこと。
- ・ナノテラスにおける設置作業にあたっては、ナノテラス作業ルール及び手引きに従うこと。

1.17.2. 放射線管理

- ・本仕様の一部には放射線管理区域内での作業が含まれる。当該作業にあたっては、放射線作業従事者登録が必要であることに留意すること。
- ・放射線管理及び異常時の対策は、QST担当者の指示に従うこと。

1.18. グリーン購入法の推進

- ・本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。
- ・本仕様に定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

1.19. その他

- (1) 物品識別タグ：本契約において納入する全物品のリストを、QSTが指定する様式にて納入前にQSTに提出すること。提出リストを元に、QST側でユニーク識別コードが書かれたタグを準備し支給する。QSTが指定した全物品に対し、支給タグを貼り付けた後に納入すること。タグを貼る箇所については別途指示する。
- (2) 権利の帰属：本仕様書によって製作されたハードウェア等の図面を含む著作物の著作権は、QSTに帰属するものとする。資料等から波及する特許の行使権は、QSTに帰属する。
- (3) 技術打合せ：工程、詳細設計及び試験等に関する技術打合せを、必要に応じて月に1回程度QST担当者の指示する日時・場所にて行うこと。受注者は1名以上の設計担当者（技術者）が出席すること。搬入、据付、真空立上げ、ユーティリティ敷設時には現場での工程管理を行い、他の作業などとの調整も行うこと。議事内容や決定事項を議事録として毎回提出すること。打合せ時の使用言語及び技術資料、議事録の使用言語は日本語とする。なお、第1回打ち合わせ(キックオフミーティング)は受注後1ヶ月以内に行うこと。必要に応じてweb会議システムなどの利用を認める。
- (4) 故障や不良等が発生した場合には速やかな対処が可能であること。また、原因と対処方法を速やかにQST担当者に報告すること。
- (5) 納入検査確認後 1 年間は、通常の使用により故障した場合無償修理に応じること。

NanoTerasuセンター

高輝度放射光研究開発部

加速器グループ

氏 名：安居院 あかね

2. 技術仕様

2.1. 一般事項

- (1) 事前確認項目：以下の項目について製作前に確認を得ること。
 - ① 外観図
 - ② 構造図、部品配置図
 - ③ 使用部品の性能データ
- (2) ボルト規格：各部品の組立や締結はメートル規格のボルト類を使用して行うこと
- (3) 電子ビーム床上（1200 mm）の主たる進行方向をz軸、これに直交する水平方向をx軸、鉛直方向をy軸、とする。また、これらの原点をEPU磁場の中心位置で定義する。（図2参照）

2.2. 真空槽等の製作

以下の仕様を満たす真空槽及びこれに付属する真空部品類を製作すること。真空槽は、真空槽本体、真空ポンプを取り付けるためのニップルやL管、真空ゲージを取り付けるためのゲージポート及び上流偏向磁石からの放射光が真空槽本体を照射するのを阻止するためのアブソーバなどを含む端部真空槽で構成される。本件で製作する端部真空槽及び関連機器は納品後、ナノテスラス加速器トンネル内の蓄積リングに設置される。この場所は室温5℃から40℃の屋内であることを想定し、防錆を施し納入すること。

2.2.1. 真空槽

真空槽部の仕様を後に述べるが、設計・製作にあたっては次の点を十分考慮すること。

- (1) 真空槽本体はEPUの磁石列間に配置される。これらと干渉しないよう歪みの少ない方法で製作すること。
- (2) 真空槽本体は非磁性ステンレスにより構成されるが、完全な非磁性ではないため磁場による吸引もしくは反発を受ける可能性がある。EPUの運転状況によりその位置や形状が変動しないよう、素材段階から低透磁率のものを選択し、加工時や溶接時にも透磁率の上昇が少ない方法を取ることに。
- (3) インピーダンス上の理由から、ビーム室の段差許容差を0.3 mmとし、ギャップは0.2 mm以下とする。溶接部の溶着はビーム室の内表面にはみ出さないこと。
- (4) 製作について以下の事項を守ること
 - ① 加工：歪みが少なく、透磁率の増加が少ない加工を行うこと。
 - ② 洗浄：電解研磨等の脱脂洗浄を行うこと。
 - ③ 溶接：歪みが少なく、透磁率の増加が少ない溶接を行うこと。

図2～6頁に示す図面を参考に真空槽本体を製作すること。詳細寸法はQST担当者と打合わせの上決定する。なお、実機の製作前に図3において点線で囲った部分を試作し、溶接方法や寸法精度を確認すること。このため、レーザートラッカなどを用いて、ビー

ム軸上と軸から水平方向に±50 mm 離れた場所において、真空槽表面の形状を測定すること（上下とも、計6か所）。測定ピッチは 100 mm程度とする。測定結果に基づいた実機の製作方針についてQST担当者に報告し、確認を受けること。ただし、試作機の納品は不要である。試作を作らない場合は過去実績を提出しQST担当者の確認を受けること。

ビーム室内面には純銅メッキを行うこと。メッキ厚さは 100 μ m以上の膜厚を保証し、150 μ m以下を目標としたできる限り均一な成膜を実施すること。銅メッキ時にマスキングを行う場合は、テープ及び粘着剤の完全除去が可能な方法を確立した上で銅メッキを行うこと。表面処理として銅メッキ面に電解研磨を施し、粗さ Ra 0.5 μ m以下を目指すこと。

真空槽本体に取り付けるベーキング用シースヒータは、200 V・1000 W とし、3本取り付けること。シースヒータの位置と番号の対応は、図3左下図のとおりとする。上流もしくは下流端で折り返して使用すること。なお、支持部については2.2.3節で製作する真空槽台座との取り合いを考慮して設計すること。特に、ベーキング時の熱膨張に応じてスライドする機構（リニアガイドを利用）が必要であることに留意すること（当該機構については本案件の受注者が設計・製作の責を負うこととする）。なお、ヒータ No.2 の固定方法については、磁石列との干渉を考慮し、協議の上で決定する。また、ビーム軸に沿ったうねりのない構造であること。うねりが生ずる場合はこれを矯正するためのナットを設けておくこと。詳細についてはQST担当者と別途協議すること。

2.2.2. ニップル類及び真空機器

2.2.2.1. ニップル類

図7～11 に示す図面を参考にニップル類を製作すること。また、ゲージポートを除き、ベーキング用シースヒータを取り付けること。数量、ヒータの容量及び用途（装着する機器）を表に示す。

表：ニップル類

名称	数量	図番	シースヒータ	用途
ICF203 ニップル	6	図 7	200 V・600 W	NEG ポンプ
ICF203 ニップル特型	2	図 8	200 V・600 W	NEG ポンプ、ゲージポート
ICF203L 管特型	1	図 9	200 V・600 W	NEG ポンプ、バルブ
ICF152L 管	3	図 10	200 V・400 W	イオンポンプ
ゲージポート	2	図 11	なし	真空ゲージ

2.2.2.2. 真空機器

以下の機器を調達し、2.3節において装着、配置すること。

(1) 真空ゲージ

以下の仕様に従って真空ゲージを調達すること。

- ・真空ゲージ本体：キャノンアネルバ製 NIG-2TF 相当品 2 台

ただし、取合フランジを ICF114 に変更し装着すること。

- ・制御電源：キャノンアネルバ製 M-923HG 相当品 2 台

ただし、表示桁数を 2.5 桁に変更すること。

ただし、真空槽には装着せず内周通路に置く。

(2) バルブ類

以下の仕様に従って真空ゲージを調達し装備すること。

- ・オールメタルアングルバルブ：VAT 製 54136-GE02 相当品 1 台

- ・アングルバルブ：VAT 製 28436-GE01 相当品 1 台

(3) 非蒸発ゲッターポンプ

以下の仕様に従って非蒸発ゲッターポンプを調達し装備すること。

- ・マウントフランジ：サエス・ゲッターズ製 GP 500 MK5 SP8（もしくはCAPACITORR CF150 MK5)相当品 8 台

- ・カートリッジ：サエス・ゲッターズ製 C-500-MK5-ST707（もしくはC500-MK5 ST707)相当品 8 台

(4) イオンポンプ

以下の仕様に従ってイオンポンプを調達し装備すること。

- ・ポンプ本体：キャノンアネルバ製 125 L/s エクセルポンプ（912-7100）相当品 3 台

- ・制御電源：キャノンアネルバ製 PIC-052NP-B 相当品 3 台

ただし、真空槽には装着せず内周通路に置く。

2.2.3. 真空槽支持架台

真空槽はEPU(仕様外)の磁石列のギャップの間に入り、ビーム軸中心の床面からの高さが1200mmとなるように設置する。これを実現するための真空槽台座を含む支持架台を図12を参考にEPU磁石列およびEPU駆動架台との取り合いを考慮して設計すること。特に台座は、ベーキング時の熱膨張に応じてスライドする機構をリニアガイドを用いて製作すること。尚、リニアガイドは、放射線による損傷を可能な限り抑制するために、樹脂製

の部品が極力少ないものを選定すること。また、イオンポンプの重量を支える機構も設けること。参考のため、既存機器の写真を図13に示す。EPU架台と真空槽支持架台の脚部の干渉がないように、EPUと独立に床面に固定できるようにすること。

真空槽設置後はナノテラス加速器真空ダクトの一部となる。安定したビーム運転のためアライメントを行うための位置調整機構を備えること。平行移動の2軸(x, z軸)方向及び回転軸方向について、±5mm程度の位置調整が可能であること。また、垂直方向(y軸)については、蓄積リングトンネル床面の凸凹を考慮し±15mm程度の調整が可能であること。詳細はQST担当者と打ち合わせの上決定する。

2.2.4. 端部真空槽

(1) 端部真空槽及びアブソーバ

図14～20を参考に、端部真空槽Aを1台、端部真空槽Bを1台、アブソーバを2台製作すること。真空内に冷却水路の継ぎ（ロウ付け、溶接等）がないこと。なお、アブソーバの構造は施設内の蓄積リングに使用される同種物品に準ずるが、外形寸法が異なっているため注意すること。端部真空槽と蓄積リング真空チャンバーとの取り合いは加速器側ゲートバルブ(仕様外)となる。端部真空槽設計の際は、加速器側機器の構造・配置を確認し、干渉がないようにすること。また、アブソーバが挿入される方形フランジの詳細寸法、冷却水路については別途打合わせの上決定する。端部真空槽A、端部真空槽Bそれぞれについて表面の温度を測定するためのシース熱電対(K型)を脱着可能なねじ止め方式で3か所に取り付け、中継端子台で中継し、内周通路側に配線すること。

(2) 端部真空槽支持装置

図21を参考に、前項で述べた端部真空槽（A、B 共通）を支持するための架台を2台（A、B 共通）製作すること。また、EPU の上下流端にステアリング磁石（仕様外、外形寸法 300×300×60 mm³ 程度）を設置するための台座を製作し取り付けること（例えば支持装置のM20ボルトを利用）。詳細はQST担当者と打ち合わせの上決定する。

(3) フランジ用RFコンタクト

前項の機器を設置する際に用いるRFコンタクトを、図22を参考に必要数製作すること。

2.2.5. カレントストリップ

EPU磁石列のギャップや位相を変更する際の、動的多極磁場変化に伴う電子ビームへの影響を補正するためのカレントストリップ（多極空芯コイル）を製作すること。真空槽上面、下面に各1枚(計2枚)以上準備すること。最終的な必要枚数・配置位置はQST 担当者和との打合わせの上決定 する。図23に示すとおり、幅2mm、厚さ 0.3 mm、長さ4300mm（参考値）の銅製シートを、ポリイミド樹脂で絶縁した状態で1mmの間隔で20枚並べて固定し、両端にコネクタを取り付けること。コネクタはまとめて中継端子に

集約し、中継端子と真空槽本体はボルト等で固定できるよう設計すること。また、コネクタの外形寸法は EPU磁石列の位相駆動に伴う物理的な干渉がないよう決定すること。形状・固定方法・配線方法などの詳細はQST 担当者との打合せの上決定するものとする。

2.2.6. ケーブル類

以下の仕様に従って EPUを運転するためのケーブルを製作もしくは調達すること。耐放射線性に優れたシース付きノンハロゲン難燃性ポリエチレンケーブル（エコケーブル）を使用すること。必要なケーブルの最大長さは20m程度とするが、蓄積リングトンネル側ピット口と内周通路側ピット口の直線距離を参考とし(図25参照)、受注後に測量を行って、余長を含めた各ケーブルの最適長さを決定すること。低容量のケーブルは多芯ケーブルにまとめ、配線の断面積を極力小さくすること。なお、敷設ケーブルの内、QST担当者が指定するものについては、実装長さをリストにして提出すること。ケーブルの両端にラベル付けを行うこと。

(1) モーターケーブル

EPU 磁石列のギャップ開閉及び位相駆動を行う、5 相もしくは 2 相ステッピングモータ用ケーブル（ $1.25 \text{ mm}^2 \times$ 最大 10 芯）である。数量は3本。両端のコネクタ及びピンアサインは別途指示する。

(2) リミットスイッチケーブル

ギャップ開閉及び位相駆動の範囲を制限するためのリミットスイッチ、及び信号用ケーブル（ $0.5 \text{ mm}^2 \times$ 最大 30 芯）である。数量は1本。両端のコネクタ及びピンアサインは別途指示する。

(3) GF0ケーブル

GF0信号(2.2.9節)用のケーブルである。数量は1本。

(4) レゾルバケーブル

モーターの回転角を読み取るためのレゾルバ用ケーブル（ $0.2 \text{ mm}^2 \times 6$ 芯）である。数量は3本。両端のコネクタ及びピンアサインは別途指示する。

(5) エンコーダ用 LAN ケーブル

ギャップ及び位相を計測するためのロータリーエンコーダ用ケーブルである。両端のコネクタはシールド付 RJ45 コネクタでストレート結線、線材はカテゴリ 5e 以上対応のシールド（遮蔽）付ポリエチレン絶縁 LANケーブルとする。数量は増長用を含め2本。

(6) イオンポンプケーブル

イオンポンプ（2.2.2節）を運転するためのケーブルである。ポンプ本体と制御電源に適合するコネクタを選定すること。数量は3本。

(7) 真空ゲージケーブル

真空ゲージ（2.2.2節）を運転するためのケーブルである。ゲージ本体と制御電源に適合するコネクタを選定すること。数量は2本。

(8) カレントストリップ用ケーブル

カレントストリップ（2.2.5節）を励磁するための多極ケーブルである。形状等については別途協議する。

(9) ステアリング磁石ケーブル

支給するステアリング電磁石を励磁するためのケーブル（4.0 mm²×4 芯）である。数量は 2 本。

(10) 冷却水信号用ケーブル

アブソーバ冷却水フロースイッチ用の信号ケーブル(0.75sq 2芯)である。数量は1本。
(蓄積リングトンネル内での接続となる。長さは2.3.6節を参照の上決定すること。)

(11) 熱電対用ケーブル

熱電対により温度計測を行うための補償銅線ケーブルである数量は6本。

(12) リニアエンコーダ用ケーブル

光学式リニアエンコーダ (RENISHAW社: FS100A140HC36BX001X相当品) を運転するためのケーブルである。RENISHAW社: AA-0600-RAX及びAB-0100-SYX(相当品)を組み合わせ、蓄積リングトンネルから内周通路まで敷設できる長さのものを選定すること。数量は2本。

2.2.7. ベーキング用中継端子盤

ベーキング作業（2.8.9 節）時に、真空槽本体やニップル管のシースヒータ（2.4 節）や他 のヒータ類と貸与するベーキングコントローラを配線するための中継端子盤を製作すること。ベーキング用ヒータは電流負荷が大きいので、電線サイズ・端子の定格・絶縁距離 に十分配慮すること。コネクタの固定方法、ケーブル引き回し方法については、ヒータリード線に無理な曲げや引張応力がかからないよう 設計すること。配線作業が確実かつ安全に行えるよう、端子盤の強度・耐熱性・絶縁性に十分留意すること。EPU 駆動架台(仕様外)が設置された後、そのタップ穴を利用して取り付ける。コネクタの種類と配線先を表に示す。

表：コネクタの種類と配線先

コネクタ名称	コネクタ仕様	接続先
CN1	15pin, 15 A, 250 V	真空槽本体ヒーター
CN4	6pin, 20 A, 250 V	イオンポンプL管ヒータ、NEG L管ヒータ
CN5		NEG 直管ヒーター
CN6		イオンポンプヒーター
CN7	2pin, 80 A, 500 V	テープヒーター（コンセント）

2.2.8. ベーキング用ヒータ

各真空槽およびニップル管等に取り付ける ベーキング用シースヒータのリード線には接続用コネクタを取り付け、各部を絶縁チューブで保護すること。ヒータの種類と数量は、下表のとおりである。ヒータからのリード線出口、及びリード線先端のコネクタは、絶縁チューブで保護すること。使用するチューブは、「超耐熱シリコンゴムガラス編組チューブ HST-10C φ12」 同等品とする。各線のラベル付けをおこなうこと。

表:ヒータの種類と数量

ヒータ種類	数量	コネクタ (モレックス)	備考
真空槽本体	3	1619P	真空槽本体のシースヒータ
ICF152L 管	3	1545P	イオンポンプ用 L 管シースヒータ
ICF203L 管	1	1619P	NEG ポンプ用 L 管シースヒータ
ICF203 ニップル	8	1619P	NEG ポンプ用直管シースヒータ

2.2.9. 信号線用中継端子盤

下記表に示すEPU（仕様外）の運転に必要な機器類への信号線等を集約するための中継端子盤を製作し、EPU 駆動架台(仕様外)が設置された後、EPU 駆動架台のタップ穴を利用して取り付けること。いずれも端子台での取り扱いとする。ただし、電圧信号用と電磁石電流用とを分離すること。端子番号・信号名称・配線方向を端子盤上に明確に表示し、誤配線防止措置を徹底すること。電磁石電流系統は大電流が流れるため、電圧信号系との物理的隔離・絶縁距離を確保すること。また、各中継端子台はメンテナンスの際にケーブルの脱着が容易な構造であること。

表: 運転に必要な機器類への信号線等

No.	信号	芯数	備考
1	GF0 信号 (注1)	2	電圧信号
2	(空き)	2	信号用の予備
3	上流ステアリング電磁石 方向巻線 X2		電磁石の電流用ライン
4	上流ステアリング電磁石 方向巻線 Y2		電磁石の電流用ライン
5	下流ステアリング電磁石 方向巻線 X2		電磁石の電流用ライン
6	下流ステアリング電磁石 方向巻線 Y2		電磁石の電流用ライン
7	熱電対	6対	Kタイプ熱電対用

(注1)GF0 = Gap Full Open : 磁石列ギャップが最大値まで開いた状態であることを担保する信号

(注2)ステアリング電磁石は仕様外である。電磁石電源用端子台へ、上・下流、天地の4 台の電磁石の端子台から、各4.0 mm²の架橋ポリエチレン絶縁ノンハロゲンケーブルで接続すること。

2.3. 設置作業

真空槽及び関連機器を以下に示す仕様に従って設置すること。搬入経路は図1を参照のこと。搬入口から内周作業エリア(地上1階)までには地下通路を経由する。地上と地下の間は15トンクレーンを利用できる。地下通路には防火戸(W3500mm×H3500mm)が2か所設置されている。地下通路には運搬用クレーンはない。また、蓄積リングトンネルは既に加速器が設置されており、通路幅は1300mm程度である。蓄積リングトンネル内での作業は既存の加速器機器を損傷することのないように、十分注意して行うこと。また、作業にあたり、各種工程の調整や作業場所の整理が適宜必要であることに留意すること。詳細な工程については別途協議する。

2.3.1. ダミーチャンバーの取り外し等

真空槽設置場所となる長直線部には、本真空槽との取り合いとなるゲートバルブの間に加速器真空槽をなすダミーチャンバー(以下「IDD」と呼ぶ。)及びIDD用アブソーバ(以下「IDD_AB」と呼ぶ。)が設置されている。真空槽設置の前にIDD、IDD_AB、関連冷却水配管および支持台等を取り外し、QST担当者が指示するナノテラス内の所定場所に移動させること。ダミーチャンバー等とり外しの際は蓄積リングの真空中に影響のないよう十分に注意して作業を行うこと。冷却水配管取り外しの際は十分な水抜きを行い、周辺機器に水がかからないようにすること。IDD、IDD_AB用冷却水配管はヘッダー部で止水し取り外すこと。参考に長直線部の写真を図24に示す。詳細は別途指示する。

IDD等を外した後、真空槽支持架台、端部真空槽支持装置、EPU(仕様外)を固定するのに必要なボルト用アンカー穴を打設すること。EPU用については位置、大きさは別途指示する。

2.3.2. 真空槽等の設置

真空槽支持架台を床面に固定し、真空槽支持架台の真空槽台座に真空槽を搭載すること。さらに、2.2.2節の各ニップル及び真空機器を取り付けること。設置に必要なボルト類、工具類は受注者が用意すること。また、真空槽本体の中心軸と電子ビーム軌道の中心軸を一致させるように据付けること。レーザートラッカ用ターゲットの基準座標と、蓄積リングトンネル内部に設けられた基準点を利用して、以下の精度でアライメントを行うこと。

- | | |
|-----------------------|--------------|
| (1) 水平位置 | ±0.2 mm 以下 |
| (2) 垂直位置 | ±0.05 mm 以下 |
| (3) ビーム進行位置 | ±0.5 mm 以下 |
| (4) 水平度(水平方向・ビーム進行方向) | 0.02 mm/m 以下 |

アライメント完了後、端部真空槽支持装置を床面に固定し、端部真空槽A、Bおよび真空機器を取り付け真空槽本体、端部真空槽、および蓄積リング真空ダクト(仕様外)の締結を行うこと。締結の際には、フランジ部でのインピーダンスを軽減するためのコンタクト(2.2.4節)を所定の位置に取り付けること。

作業場所の周辺を十分に清浄な状態に保つための手段を講じること。

2.3.3. 粗排気、ベーキング及び真空立ち上げ

締結後、貸与する粗排気セットと真空槽本体を締結し、真空排気を行うこと。さらに締結部分を含めた真空槽全体のリークチェックを行うこと。蓄積リング運転でのビーム運転が可能な真空状態へ移行するために、以下の要領で 真空槽及び付属真空機器のベーキングを行い、所定の真空度に達することを確認すること。作業に必要なアルミホイル類や延長ケーブル、テーブルタップは受注者が用意すること。

- (1) 粗排気セットを使用して真空槽内部の排気を行うこと。ベーキングの昇温開始までに十分な排気ができていること。
- (2) 真空槽本体その他各部の熱膨張により損傷することがないように措置を講ずること。
- (3) アブソーバの冷却水配管内部の水が抜けていることを確認すること。配管の一部を開放し、内部気体の膨張による加圧を防止すること。
- (4) 真空槽本体及び温調を行う枝管類（ニップル及びL管等、2.2.2節参照）に、熱電対を取り付けること。固定位置は温調対象真空槽の中央付近とし、シースヒータに接触させないこと。
- (5) 真空槽本体及び枝管類でシースヒータが不足しているか、あるいは取り付けられていない箇所にテープヒータを取り付けること。
- (6) 真空槽本体及び枝管類を、追加したヒータや熱電対の外側からアルミホイルで覆うこと。
- (7) 真空槽上下流近傍の真空配管について、同真空槽と接続された範囲（ゲートバルブ等）のベーキングも同時に行うこと。各部の仕様に従って温度を上げられるよう、必要に応じてテープヒータ、熱電対などを取り付け、アルミホイルで覆うこと。
- (8) 真空槽各部のシースヒータ及び追加ヒータは、ベーキング用中継端子盤（2.2.7節）の対応するコネクタに接続すること。
- (9) 真空槽本体の熱電対をベーキングコントローラに接続すること。温調を行う枝管の熱電対及びヒータ電源は温調器に接続し、その電源をベーキング用中継端子盤に接続すること。
- (10) ベーキング用中継端子盤とベーキングコントローラを、製作した電源ケーブル（2.2.7節、2.2.8節）で接続すること。
- (11) ベーキング開始後、真空槽本体の昇温速度が $60\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{時間}$ 以下となるよう、ベーキングコントローラの温調器の温度を設定すること。真空槽本体のベーキング定常温度は $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ とすること。
- (12) 枝管類はそれぞれの取扱説明書に従い、昇温速度及びベーキング定常温度を設定すること。
- (13) 定常温度に到達後、24 時間以上保持すること。
- (14) 非蒸発ゲッターポンプの活性化前、定常温度の時点で粗排気セットの圧力計が 10^{-4} Pa 以下になることを確認すること。この条件が満足されない際の対応については別途協議する。
- (15) ベーキング終了前に非蒸発ゲッターポンプの活性化を行うこと。急激な温度変化を避けるため充分な時間で非蒸発ゲッターポンプを活性化温度まで昇温し、活性化温度で 1 時間保つこと。
- (16) 非蒸発ゲッターポンプの活性化終了時にイオンポンプの運転を開始し、枝管シースヒータ、補助ヒータ類の電源を切ること。これと同時に真空槽本体の降温を開始し、降温速度が $-60\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{時間}$ 以下となるよう、ベーキングコントローラの温調器の温度を設定すること。降温速度がこれ以下まで低下した段階で自然冷却とすること。
- (17) 真空槽の降温中に粗排気セットの圧力計を監視し、約 10^{-5} Pa 以下に到達した段階で EPU 真空槽に設置されたメタルバルブを規定トルクで閉止すること。

- (18) メタルバルブの閉止後は EPU 真空槽に設置された真空ゲージ (2.2.2 節) を短時間運転し、適宜圧力を読み取ること。これは、圧力が高い段階で真空ゲージを運転することによる損傷を防ぐための措置である。真空ゲージの値が 10^{-5} Pa 以下となった段階で、同真空ゲージを連続運転とすること。
- (19) 真空ゲージの値が 3×10^{-6} Pa 以下となった時点で、真空ゲージのコントローラを操作してガス出し (デガス) を行うこと。
- (20) 各部が概略室温になるまで、自然冷却開始後 12 時間以上放置すること。その時点で真空ゲージの値が 5×10^{-8} Pa 以下になっていることを確認すること。圧力がこの値を上回っている場合はリークが疑われるので、適切な処置をとること。方法については別途協議する。
- (21) ベーキング用中継端子盤 (2.2.7 節) は、後に設置される EPU 架台 (仕様外) にタップ穴を利用して取り付けること。

2.3.4. カレントストリップの設置

ベーキング完了後、真空槽本体に 3M 社 VHB 構造用接合テープを用いてカレントストリップを取り付けること。この際、真空槽本体の温度が蓄積リング内の環境温度があると接着不良や位置ずれの原因となるため、各温度が同等であることを確認すること。接着面は、取り付け前に 脱脂清掃 を行い、VHB テープが持つ接着性能を十分に発揮できる状態にすること。貼り付け時にシートにねじれ・反り・浮きが発生しないよう注意すること。取り付け際には、カレントストリップの軸と EPU の軸が可能な限り平行となるよう留意すること (目標許容誤差 0.1 mm/m 以下)。必要に応じて取付け治具を用意すること。

2.3.5. ステアリング電磁石の設置

ベーキング完了後、支給するステアリング電磁石を端部用真空槽支持装置に設置すること。位置精度 ± 0.5 mm 程度、角度精度 (基準からの偏差) ± 1 度程度でアラインメントを行うこと。設置時期、位置及び角度の評価方法、については別途協議する。

2.3.6. 接続及び通線

各信号線等 (2.2.9 節中表) を信号線用中継端子盤 (2.2.9 節) に接続すること。系統を明確に分離し、誤配線のないよう十分注意すること。

EPU を運転するための各種ケーブル (2.2.6 節) を蓄積リングトンネルと内周通路を繋ぐ通線ピット ($\phi 100$ mm、2 本) へ通線すること。通線ダクトの位置の参考図を図 25 に示す。蓄積リングトンネル及び内周通路にある金属製ピット蓋にそれぞれ必要な切り欠きを施すこと。ケーブルの本数は別途指示する。

蓄積リングトンネル内のステアリング電磁石用ケーブルは周囲の機器との干渉を避けるよう配慮して配置し中継端子台に接続すること。中継端子台で中継されたステアリング電磁石用ケーブルは地下ピットを通して内周通路に設置された加速器電磁石用ラック内の電源に接続すること。場所は別途指示する。

冷却水信号用ケーブルを蓄積リングトンネル内の指定する加速真空機器端子台に接続すること。場所は別途指示する。

イオンポンプ制御装置及び真空ゲージ制御装置は内周通路に置くこと。電源について

は別途指示する。

また、EPU駆動架台に設置されているGFO信号発生用リミットスイッチ信号線はEPU 駆動架台が設置された後、信号線用中継端子盤に接続すること。

2.3.7. アブソーバ冷却水配管

蓄積リングトンネル天井から蓄積リングトンネル設置位置付近まで敷設されている基幹チャンネル用冷却水配管(図25参照)を利用し、冷却水をアブソーバへ接続すること。

- (1) 接続にはステンレス製フレキシブルホースもしくは管を用い、適宜壁面、床面または真空槽支持架台に固定すること。水抜きバルブを設けること。
- (2) 施設の冷却水循環系は純水（電気伝導率1 μ S/cm以下）を使用しているため、配管内の清浄度管理を徹底させること。例えば、ノンオイル加工で切断する、溶接を行う際にはバックシールで配管内の酸化を防止する、酸洗した場合には酸が残らないように純水等で十分に洗浄し窒素ガスブローをする、等を実施すること。
- (3) 上下流 2 台のアブソーバの配管は直列に接続すること。冷却水の出口付近に、フロースイッチを設けること。フロースイッチは、流量目盛1～10L/min（下限警報OPEN，設定範囲2～5 L/min。）であること。上記仕様を満たすフロースイッチとして、東京計装FA-3000シリーズを挙げる。
- (4) 各部を接続する配管は、EPUギャップの開閉動作や他の配管、配線と干渉しないこと。
- (5) 通水にあたっては、施設の冷却水循環系を汚染しないように十分なフラッシングを行うこと。
- (6) 接続後冷却水流量が4 L/min以上あることを確認すること。基準を満たさない場合はQST担当者に確認すること。

2.4. 試験検査

試験項目を以下に示す。詳細については、試験検査要領書に示し確認を得ること。

2.4.1. 真空槽及び端部真空槽各の単体の試験

受注者工場において以下の試験を行い、QST担当者の確認を得た上で、その結果を試験検査成績書に記載すること。必要に応じて、QST担当者の立会いの下で検査を行うこと。

(1) 外観試験

目視にて内外表面に有害となるキズ、ヒビ、ゴミ等の付着及び汚れ、腐食、変色のないことを確認する。これらの問題のないものを合格とする。

(2) 寸法試験

- ・ 指定する部位について寸法試験を行い、指定公差を満足するものを合格とする。
- ・ 真空槽本体について、挿入光源を模擬した平行平板が真空槽と干渉しないことを確認し、問題ないものを合格とする。

(3) ヘリウムリーク試験

真空バウンダリーを形成する溶接部及びフランジ継ぎ手部に対して、ヘリウムリークディテクターを用いたフード法により測定を行うこと。測定値が許容リークである $1.3 \times 10^{-11} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下であるものを合格とする。

(4) 耐圧漏洩試験

アブソーバ及び端部真空槽の冷却水配管部に関して、窒素ガスもしくは水にて漏洩試験を実施し、漏れのないことを確認する。また、耐圧試験を実施し、変形などの異常がないことを確認する。

- ・ 漏洩試験基準 $7.8 \text{ kg/cm}^2\text{G}$
- ・ 耐圧試験基準 $9.1 \text{ kg/cm}^2\text{G}$

2.4.2. 現地試験

令和10年度の新テラス加速器夏期停止期間に本真空槽を設置した後、同年度の新テラス加速器冬期停止期間にEPU(仕様外)の設置が行われる。EPUが設置された後、最終的な真空槽本体・端部真空槽を含む全体系の位置計測を行うこと。この結果、再アライメントが必要と判断された(即ち、2.3.2節の基準を満たさない)場合、QST担当者の指示に基づき、真空槽支持架台、端部真空槽支持装置などの機械的調整機構を使用して位置調整作業を行うこと。再アライメント完了後、位置が基準内に収まっていることを再度計測し確認する。

以上

図1：搬入経路

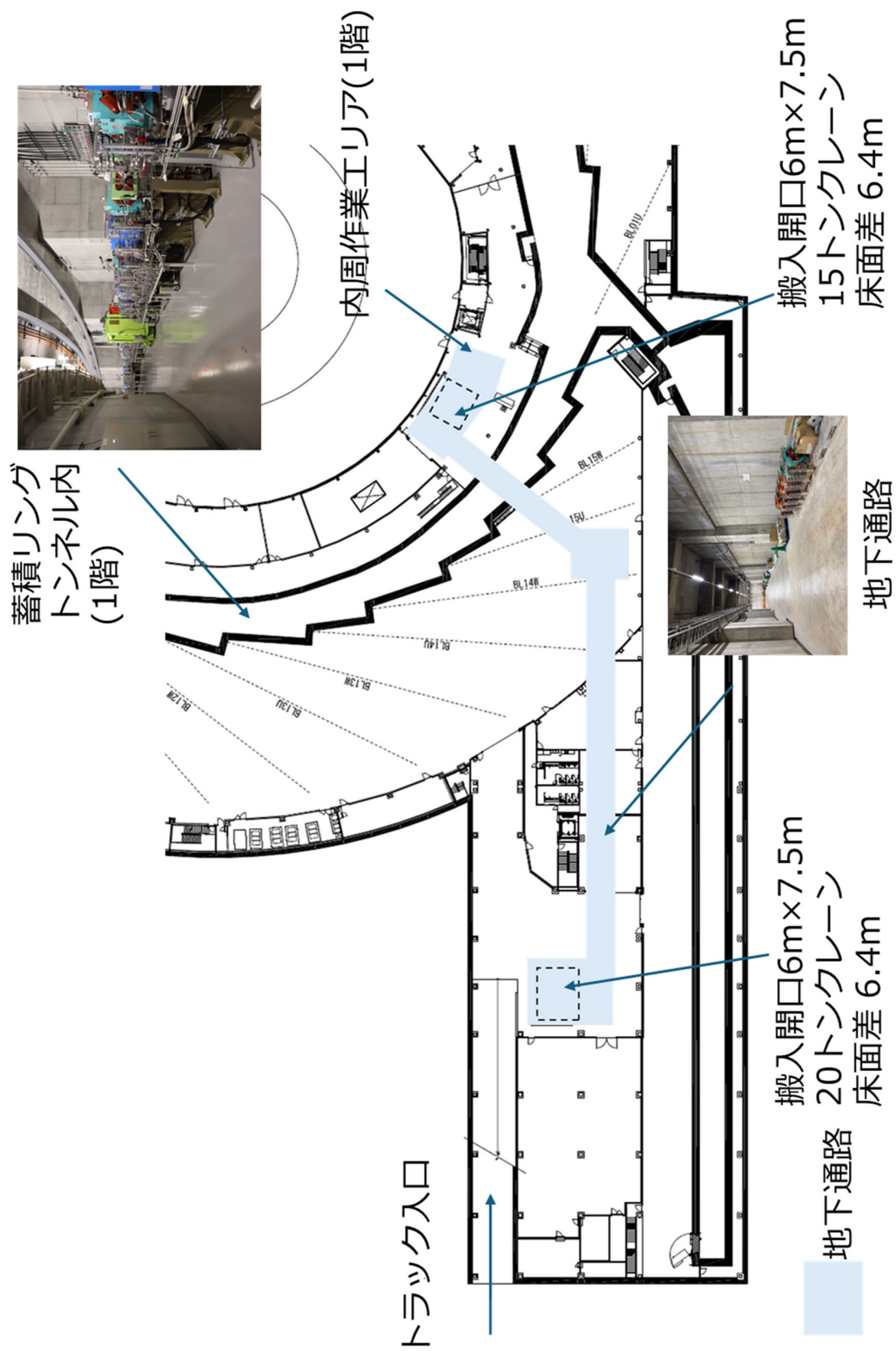


図2 真空槽全体図 (参考図)

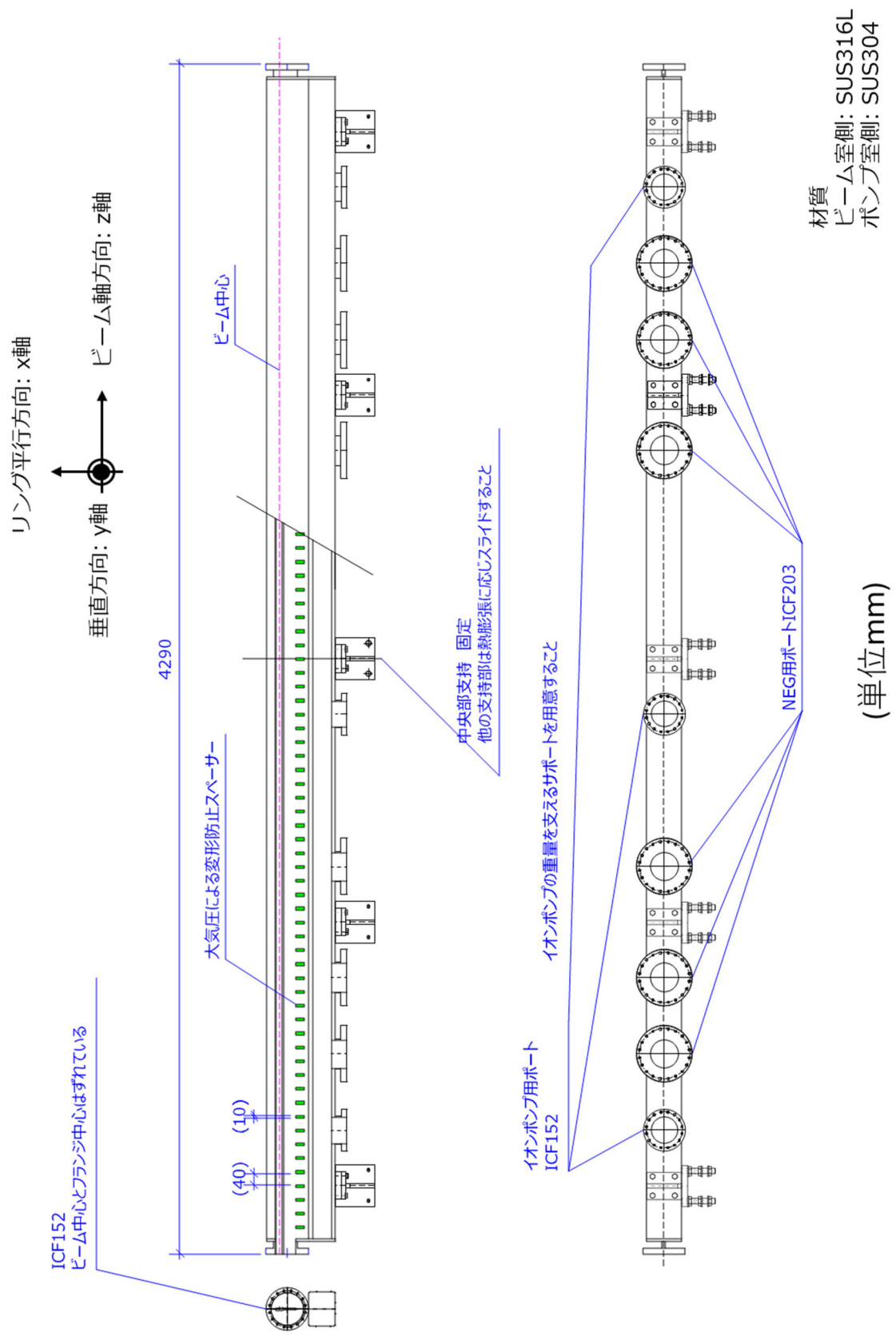


図3 真空槽断面図 (参考図)

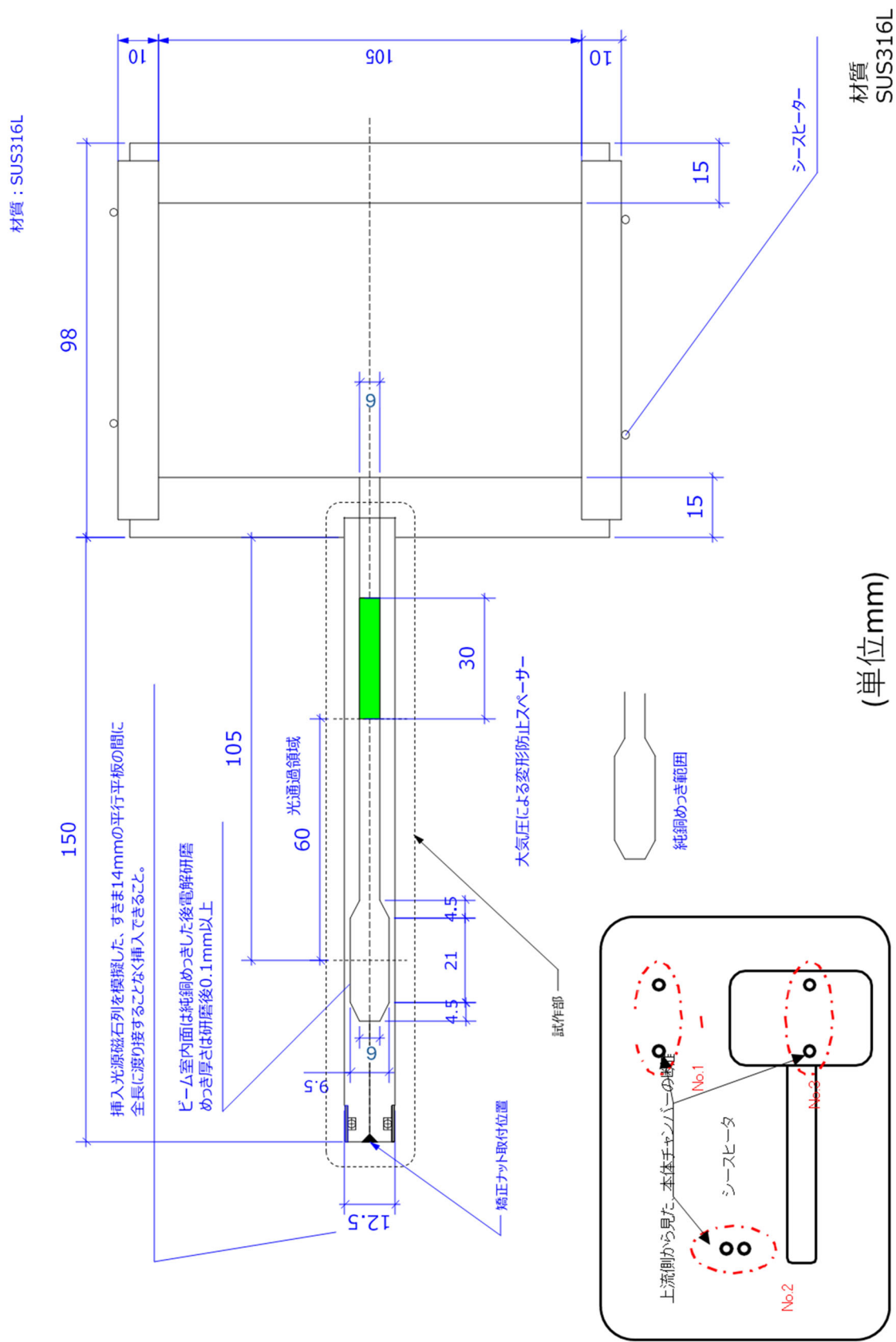


図4 真空槽(排気ポート)断面図 (参考図)

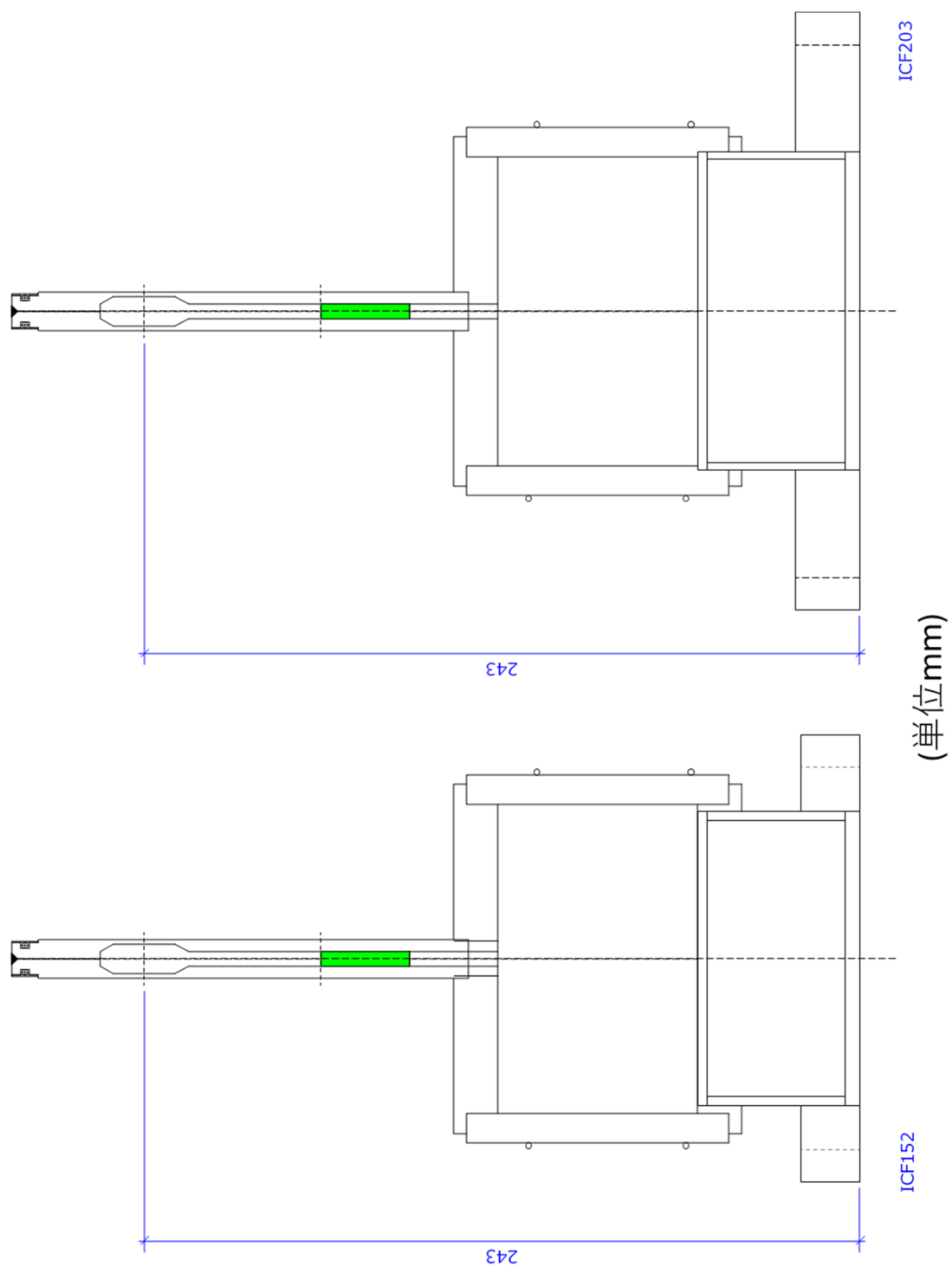
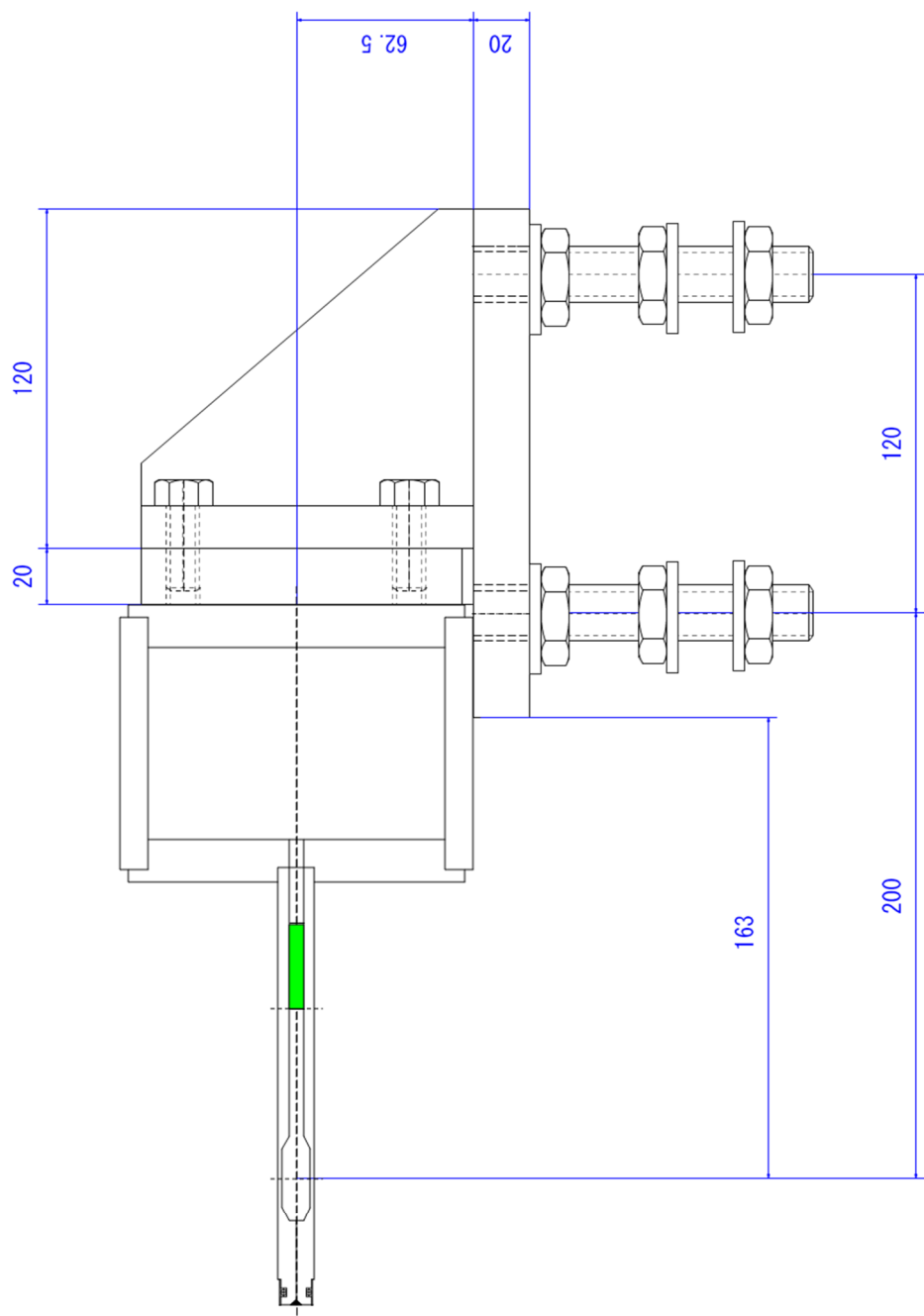
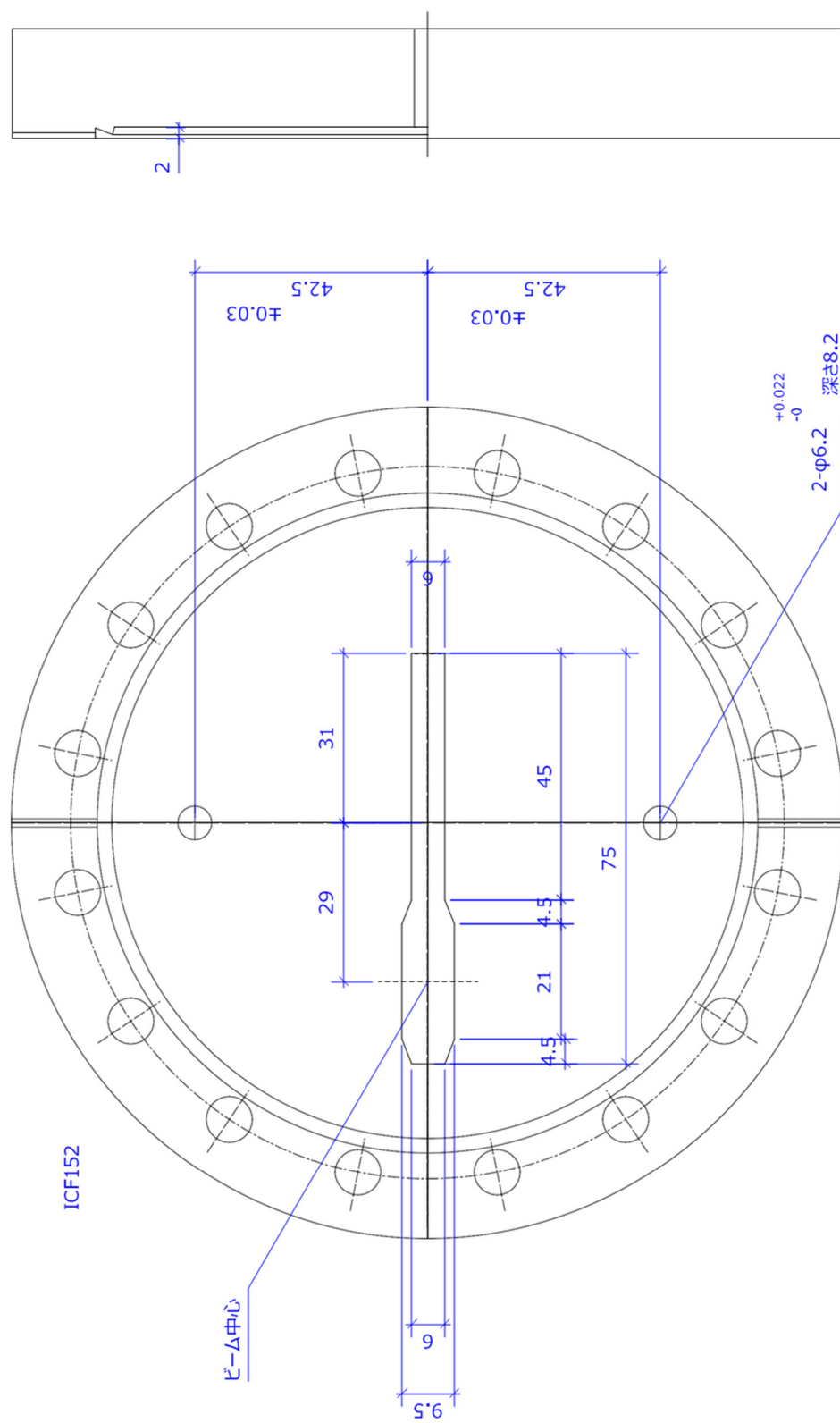


图5 真空槽(支持部)断面图 (参考图)



(单位mm)

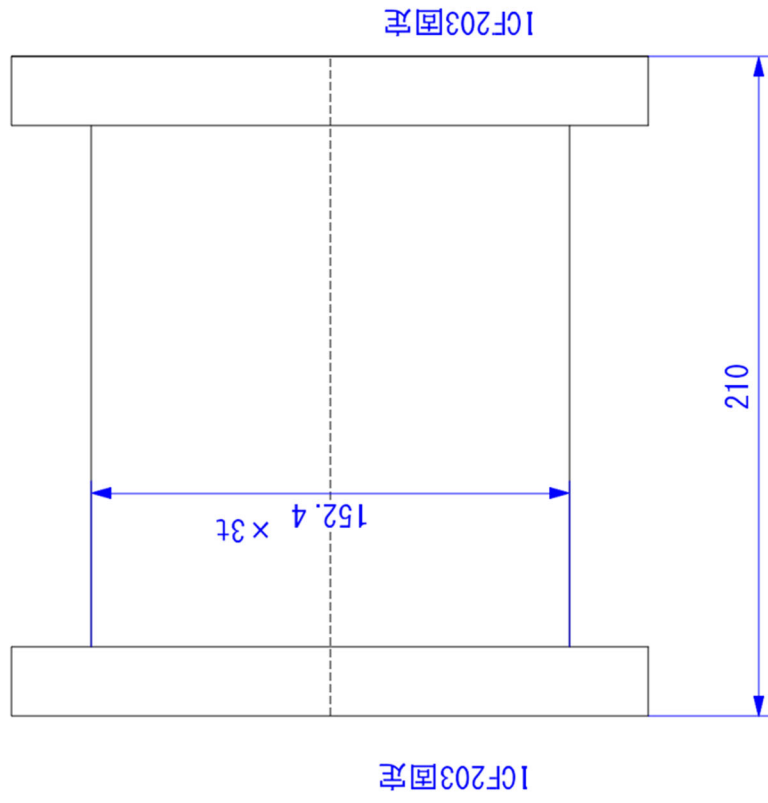
図6 真空槽フライング(参考図)



材質
SUS316L

(単位mm)

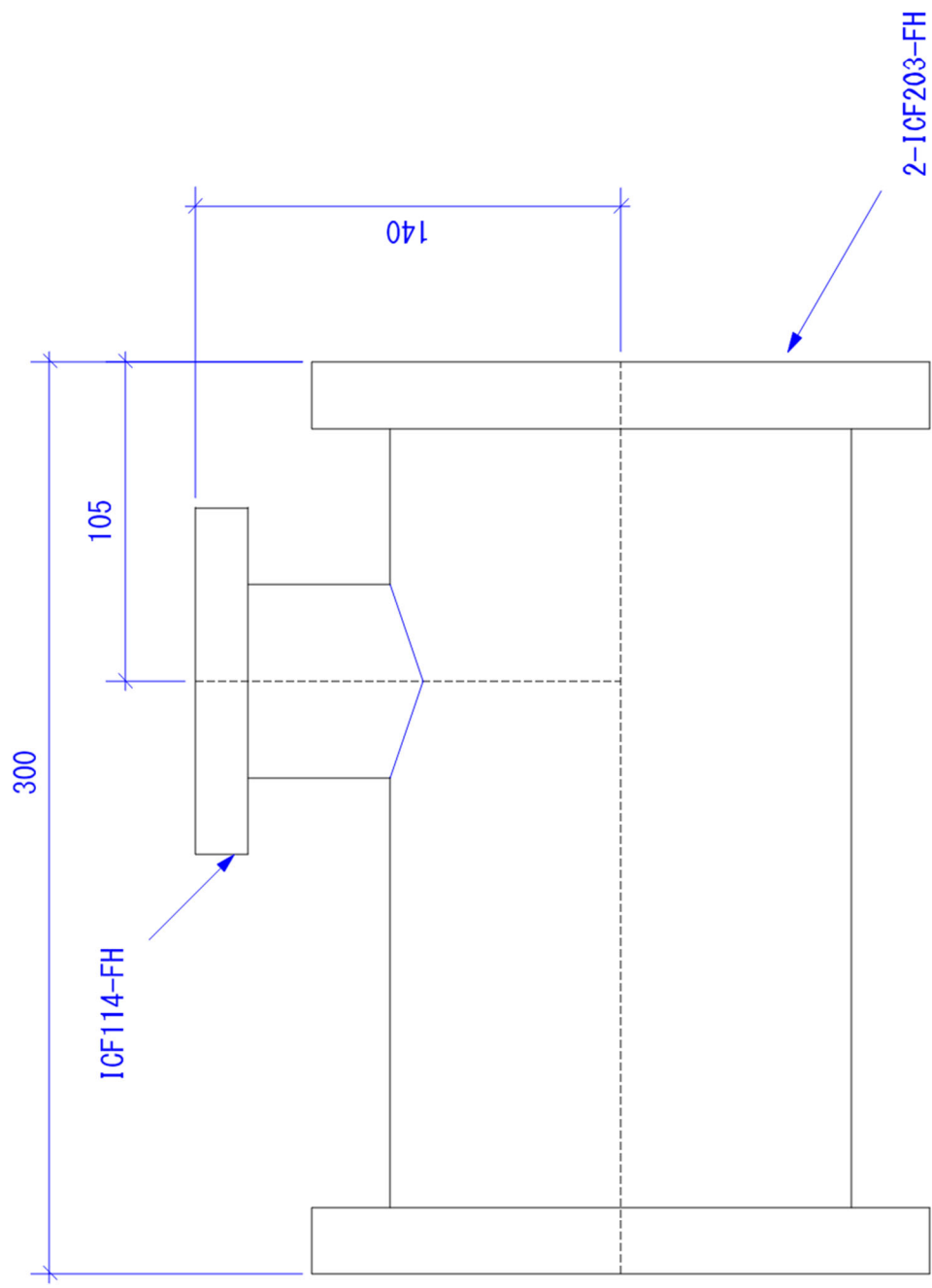
図7 ICF203ニップル(参考図)



(単位mm)

材質
SUS304

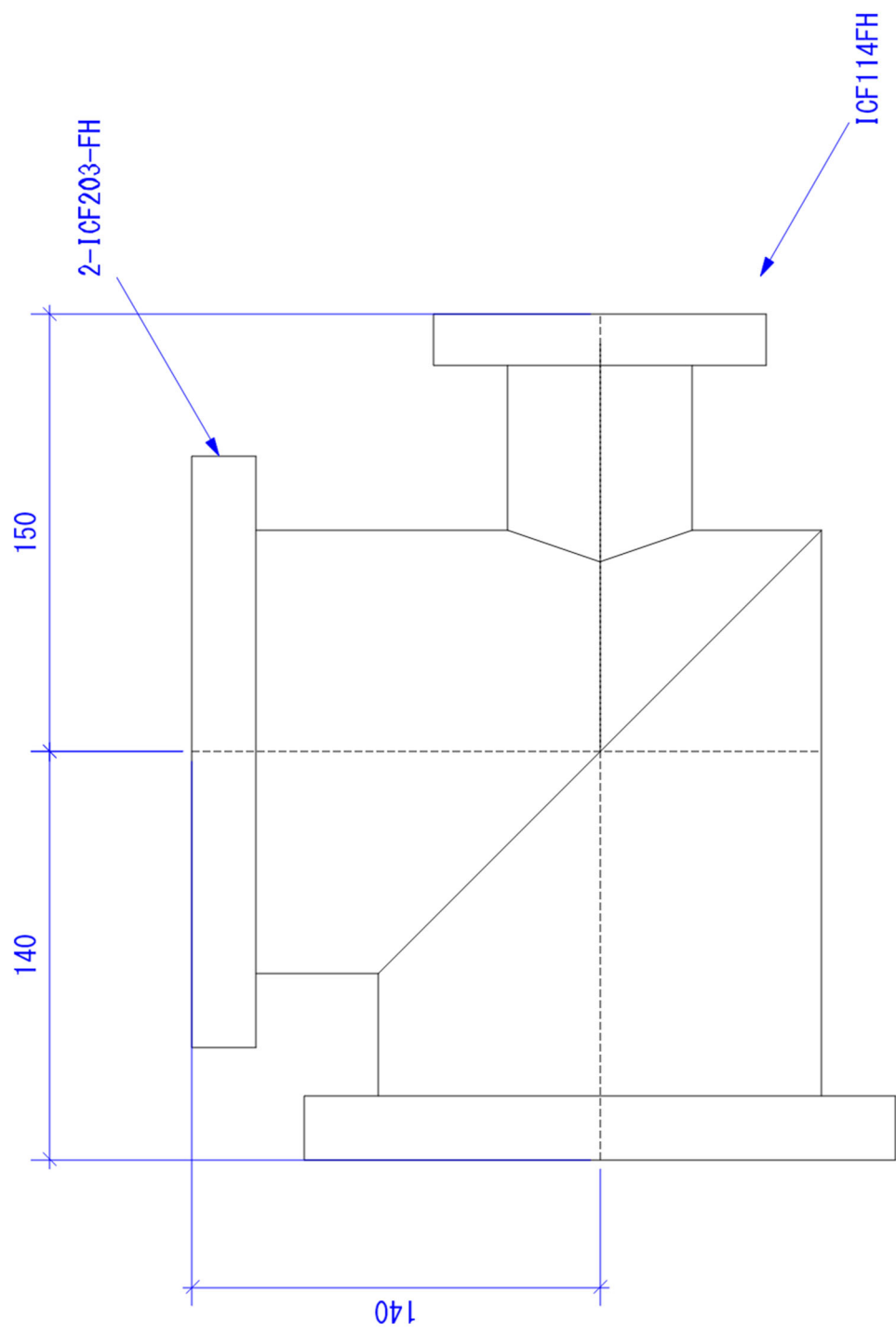
図8 ICF203ニップル特型(参考図)



材質
SUS304

(単位mm)

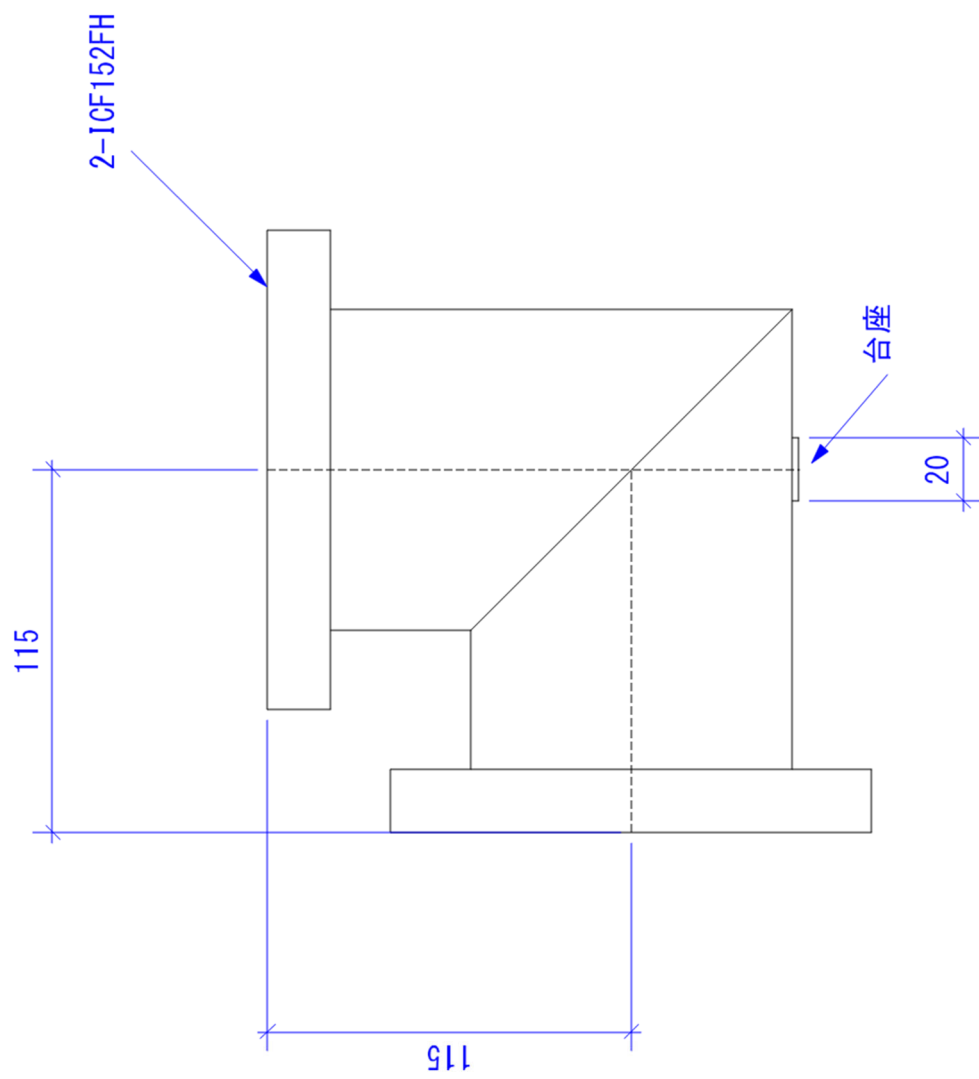
図9 ICF203L管特型(参考図)



(単位mm)

材質
SUS304

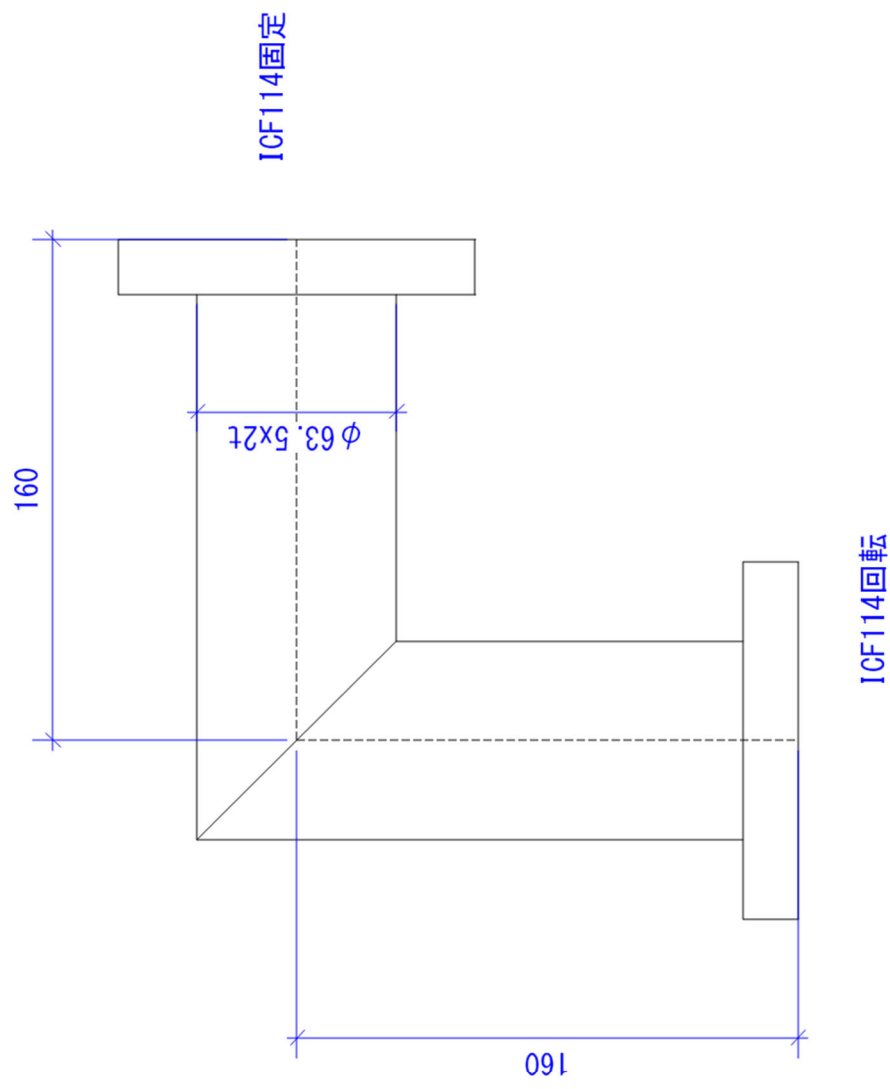
図10 ICF152L管(参考図)



(単位mm)

材質
SUS304

図11 ゲージポート(参考図)

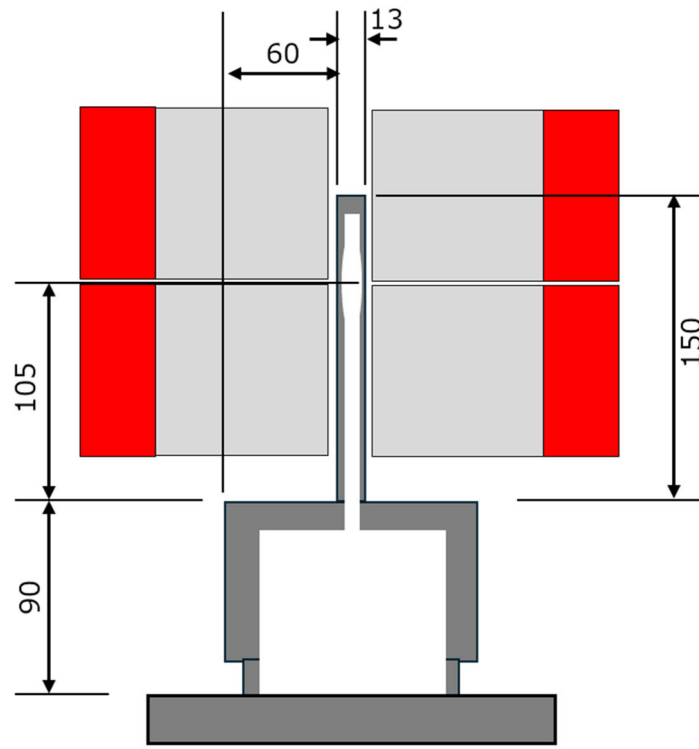


材質
SUS304

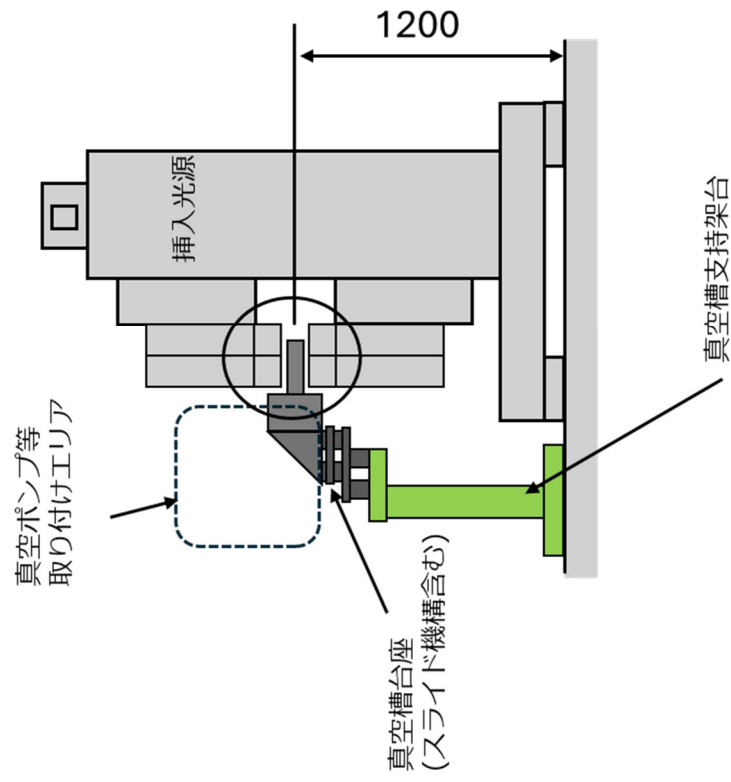
(単位mm)

図12: EPUと真空槽の位置関係 (参考図)

右図円内拡大図

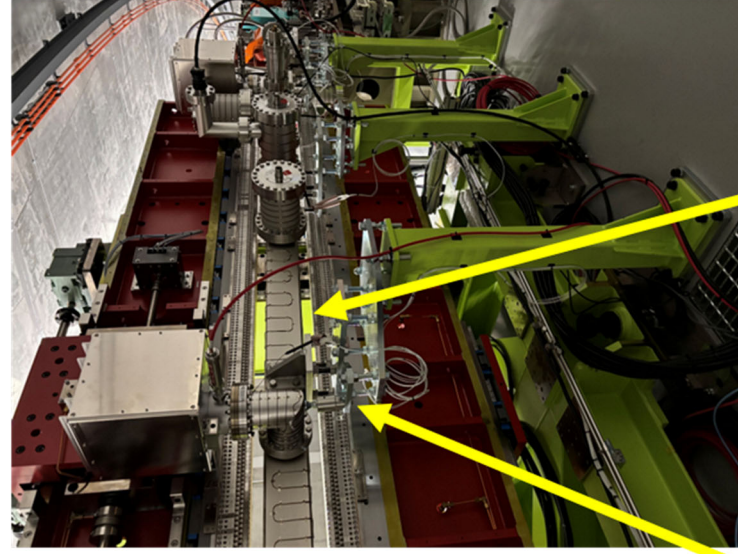


下流側から見た様子



(単位mm)

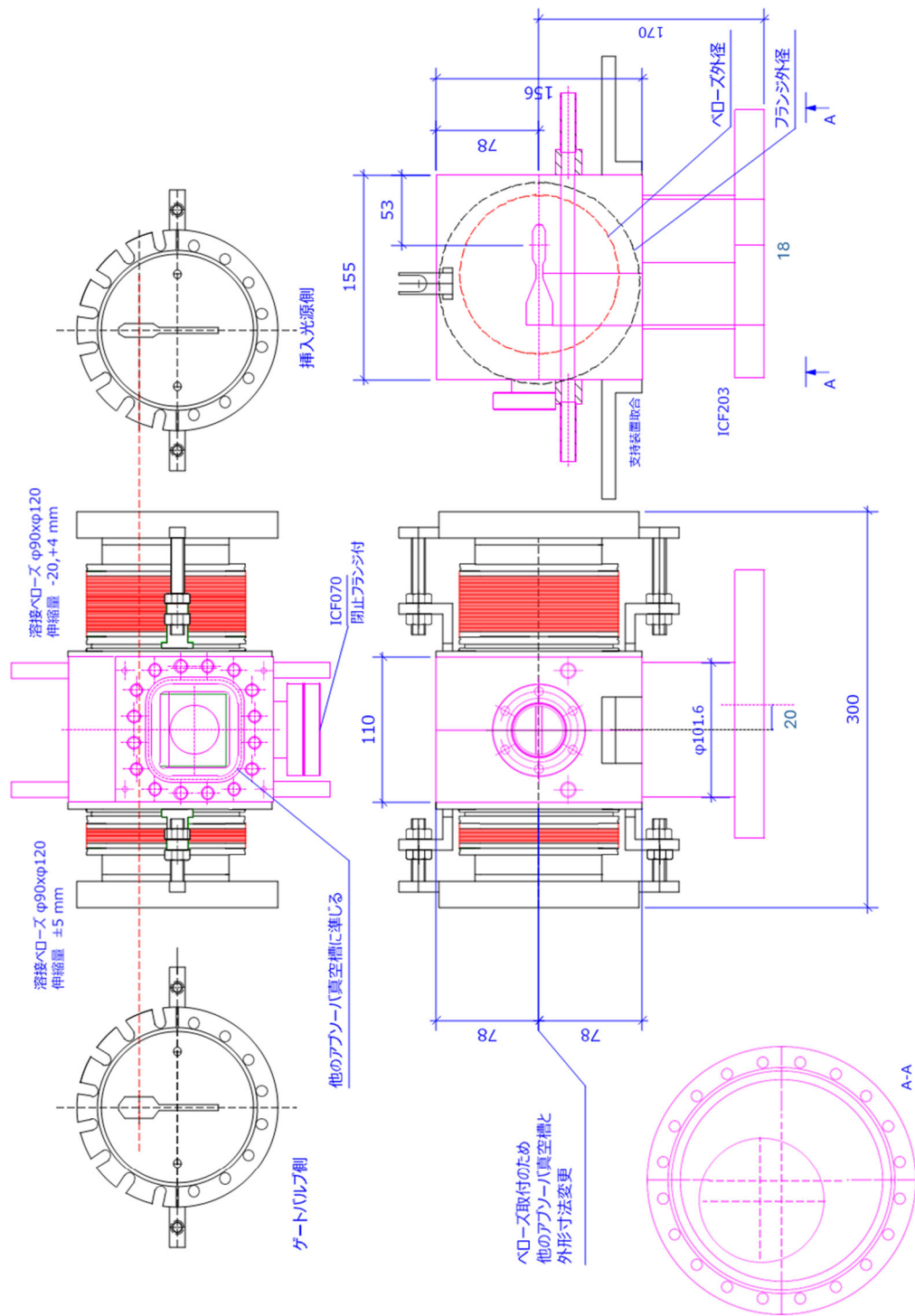
図13 真空槽支持架台 (参考図)



イオンポンプ支持部

真空槽台座
(スライド機構含む)

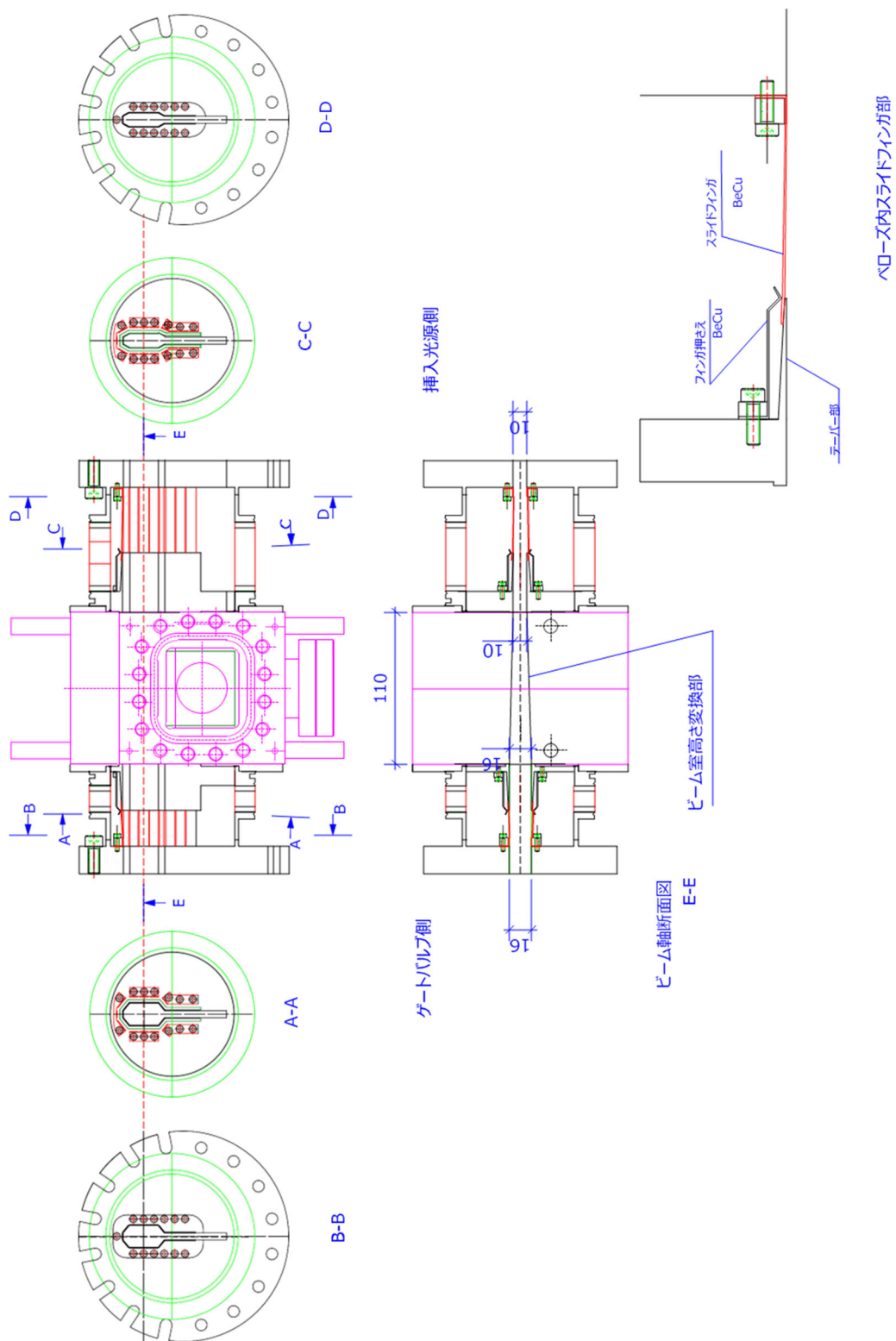
図14 端部真空槽A (参考図)



(単位mm)

材質
SUS316L他

図15 端部真空槽Aビーム通過部断(参考図)



(単位mm)

図16 端部真空槽B (参考図)

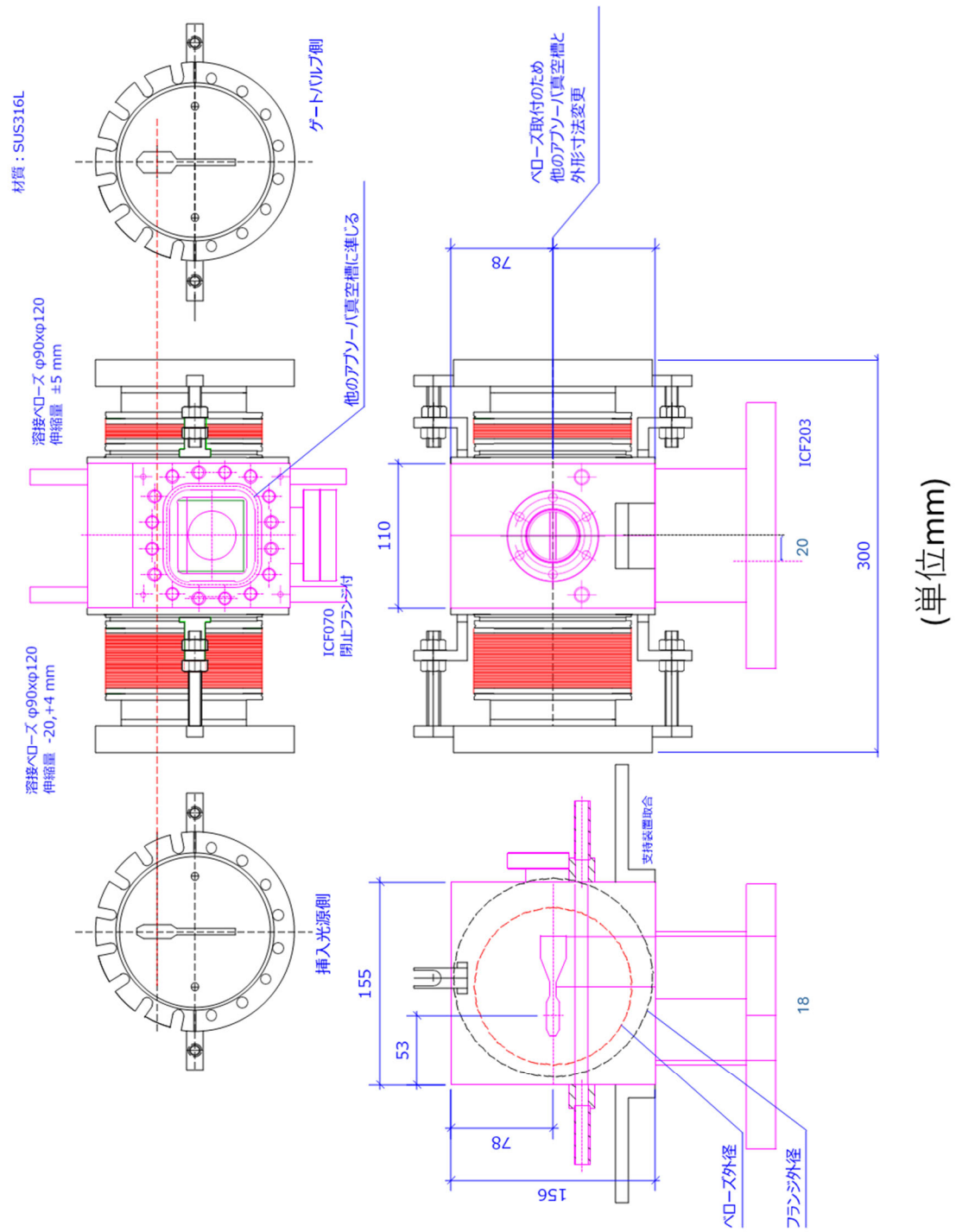


図17 端部真空槽Bビーム通過部断 (参考図)

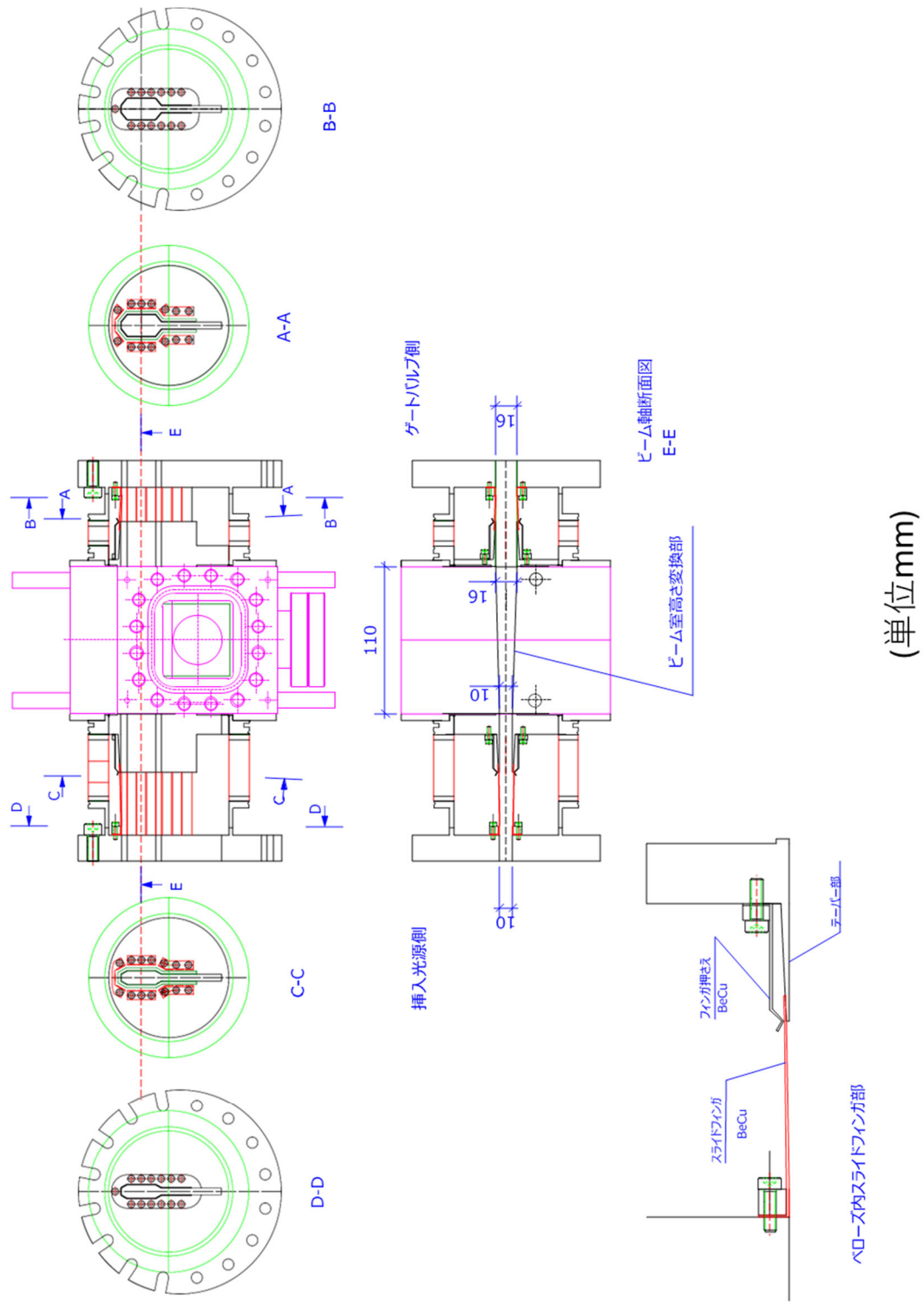
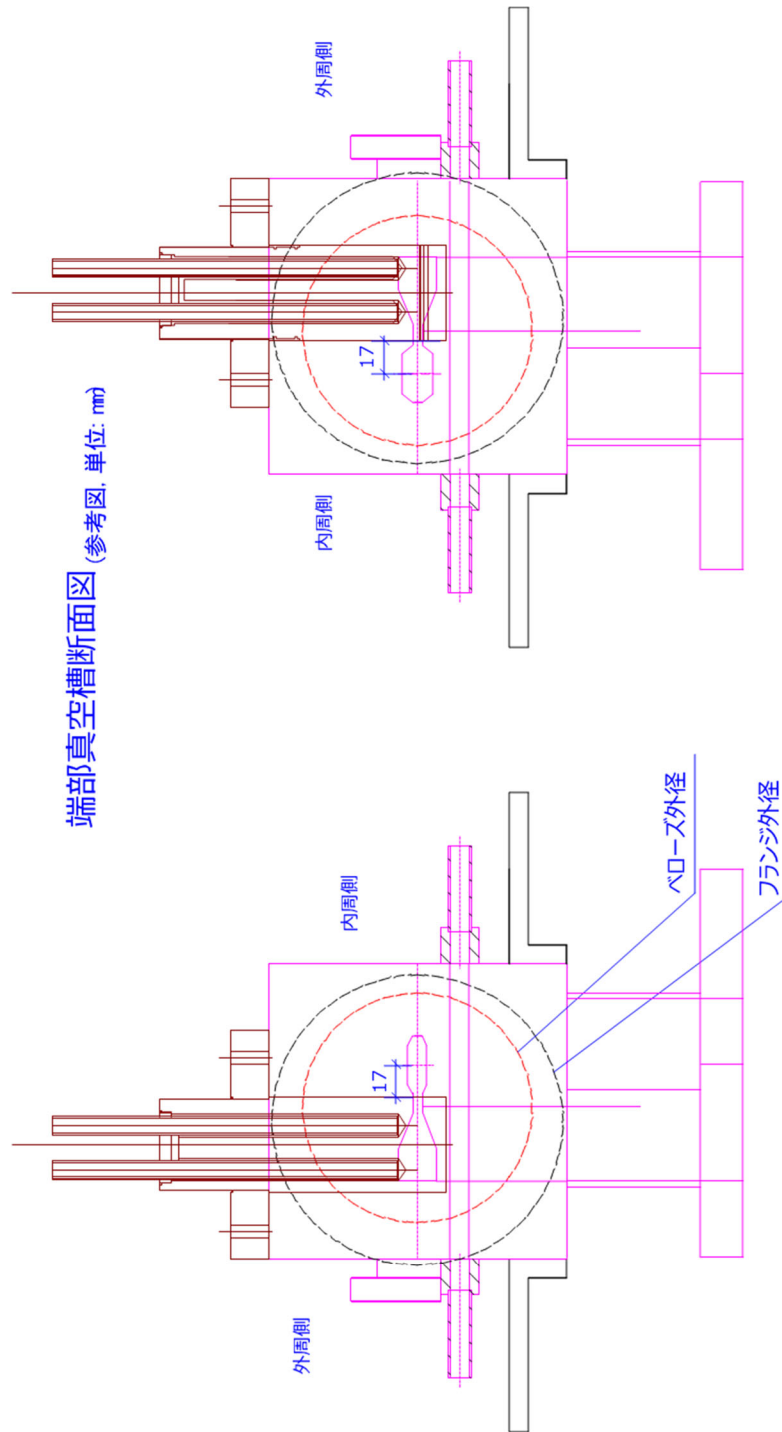


図18 端部真空槽部断 (参考図)

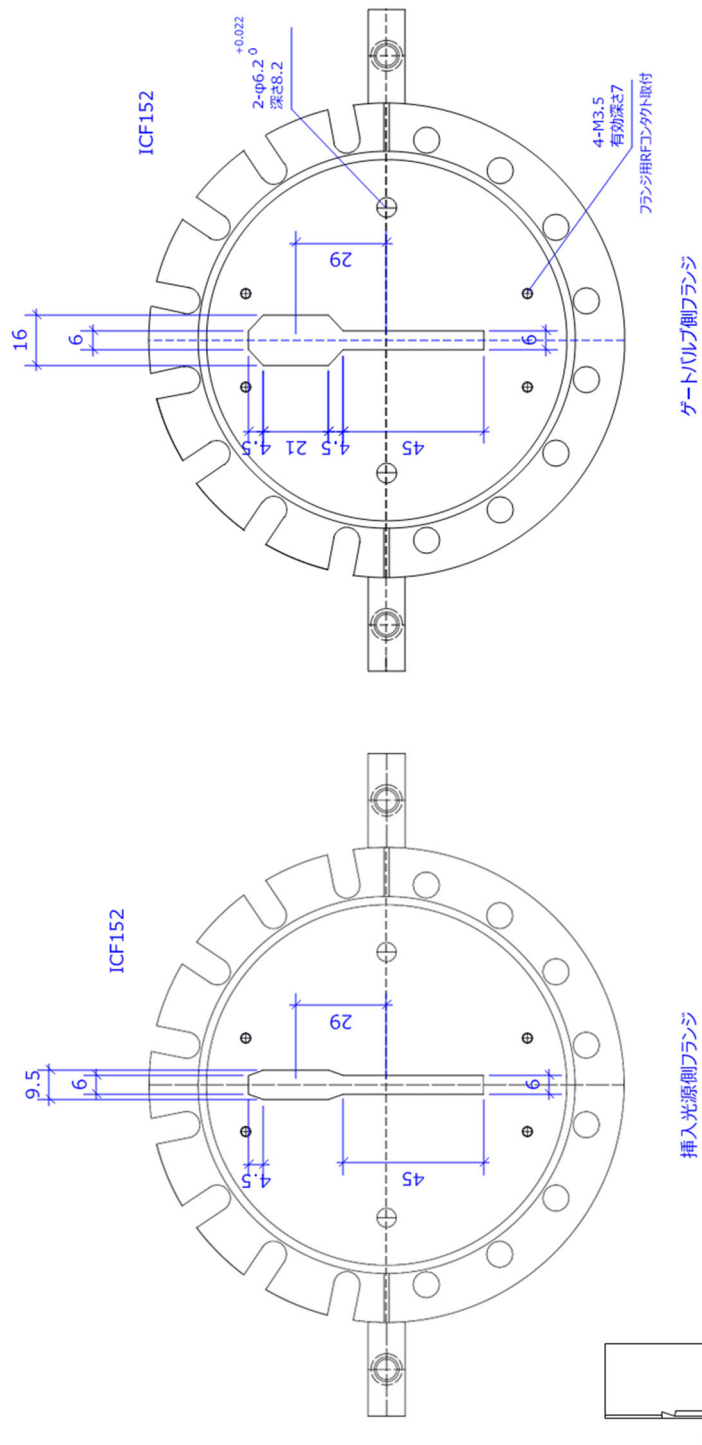


挿入光源を背にGV側を見る

GVを背に挿入光源側を見る

(単位mm)

図19 端口真空槽（参考図）



(単位mm)

図21 端部真空槽支持装置 (参考図)

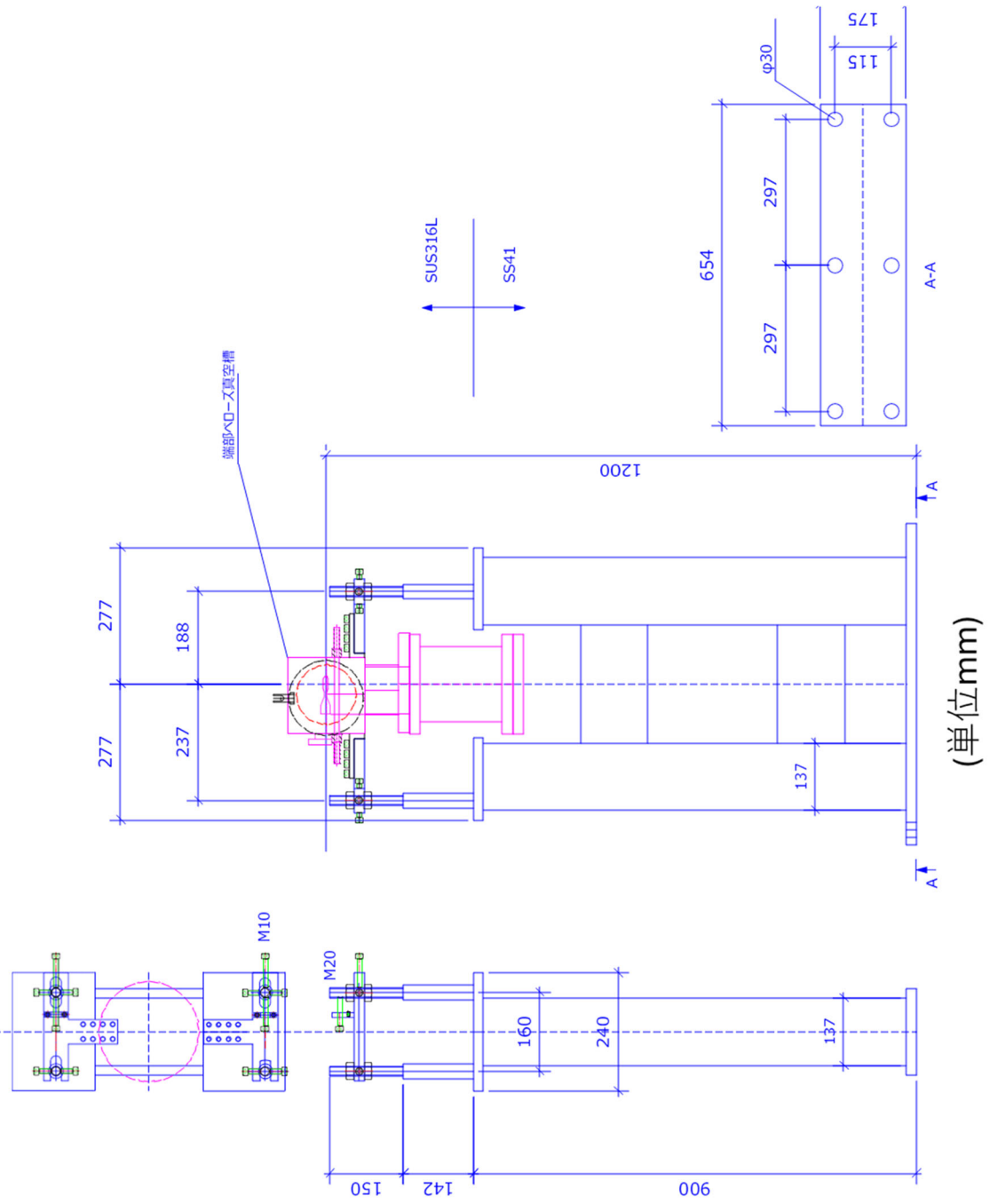
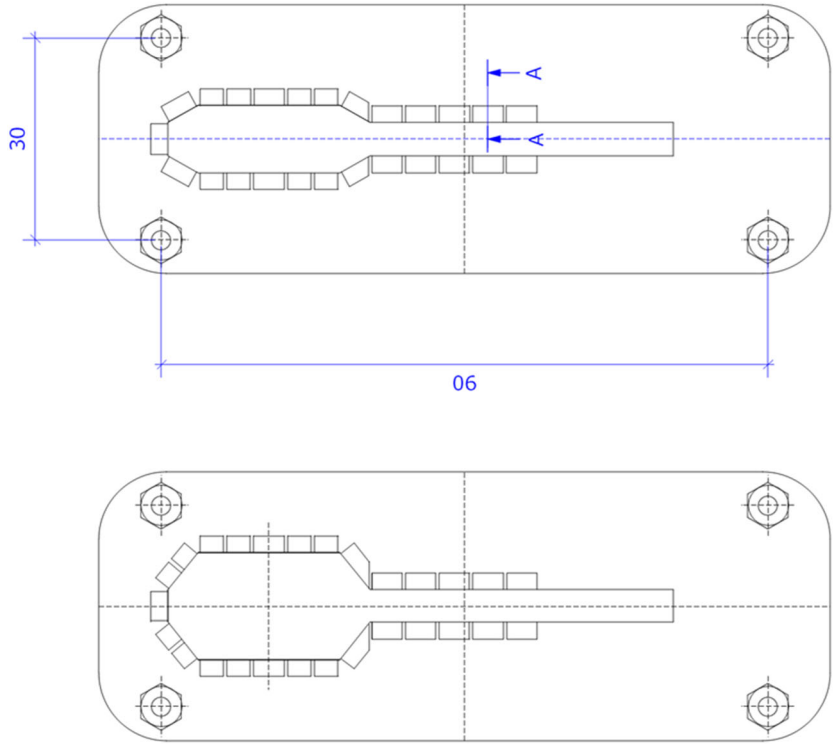
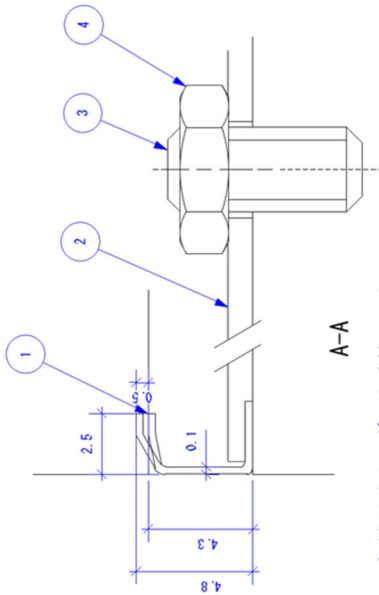


図22 フランジ用RFコンタクト(参考図)

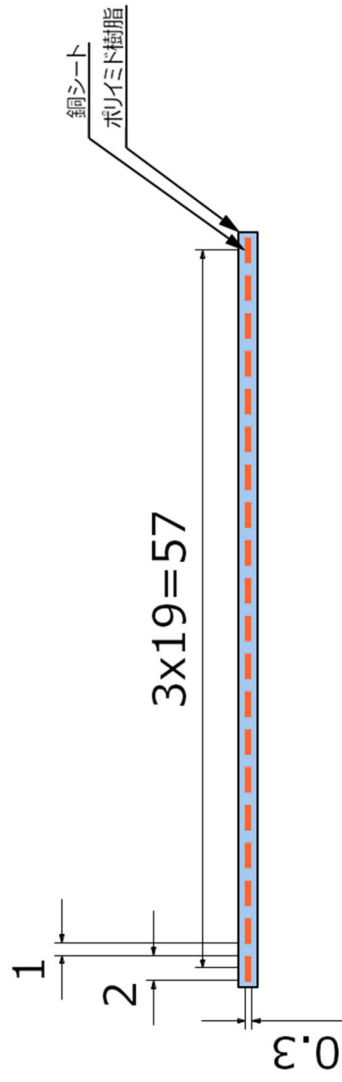


MARK	品 名	材 質	個数	備 考
1	コンタクト	C1720P-1/4H	1	
2	コンタクト固定板	C1720P-1/4H	1	
3	すりわり付止めネジ M3.5×8L	SUS304	4	エアベント用
4	六角底ナット M3.5	SUS304	4	



(単位mm)

図23 カレントストリップ(参考図)



(単位mm)

図24 長直線部 (参考図)

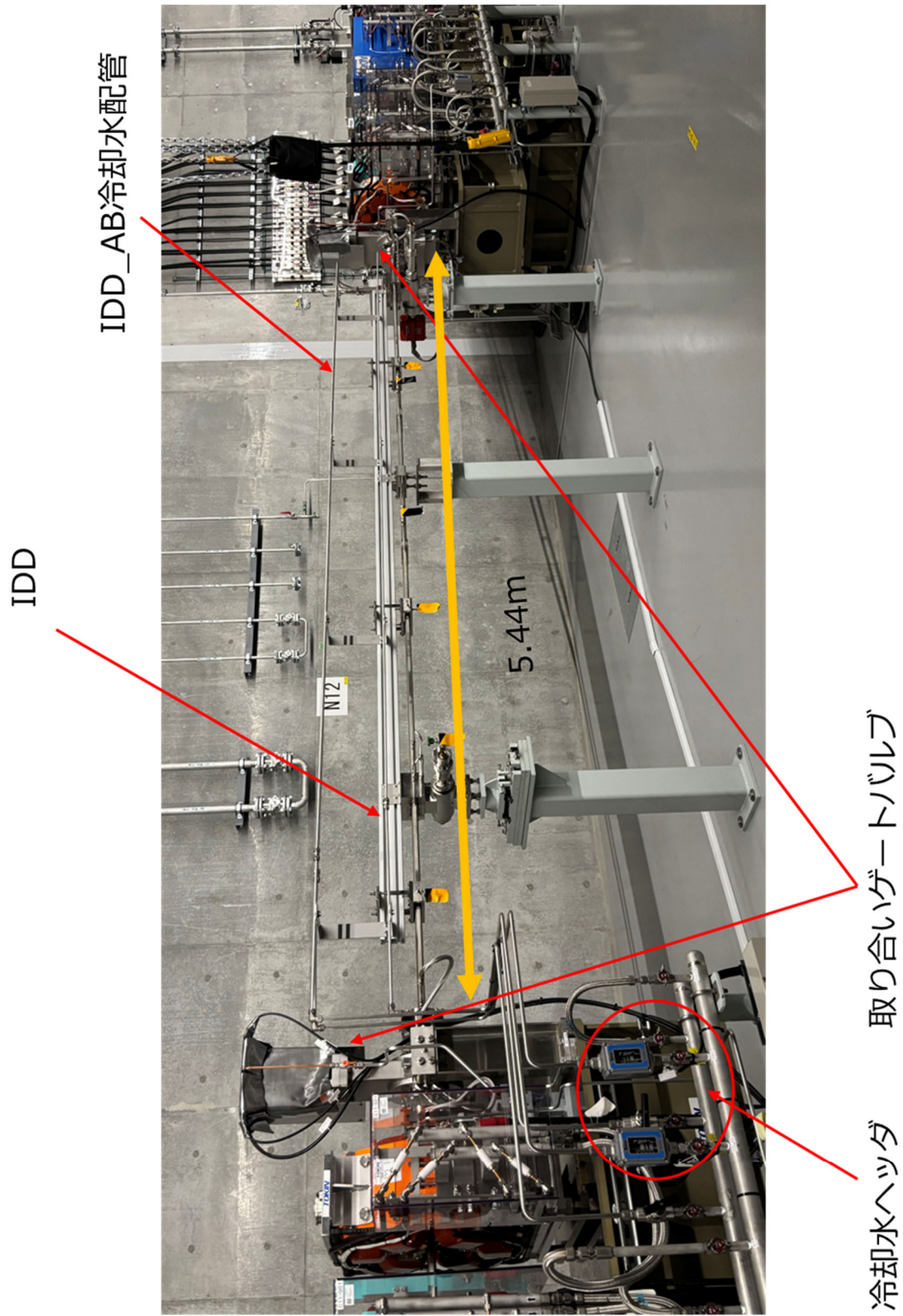


図25 挿入光源用 通線ピット等(参考図)

