

X線輸送部の整備

仕様書

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(QST)

1 一般事項

1.1 件名

X線輸送部の整備

1.2 目的

本仕様書は、QST 播磨地区において実施される「量子マテリアル高度評価基盤施設の更新」事業の一環として、QST 専用ビームライン (BL11XU) に導入する、SPring-8 の高度化計画 (SPring-8-II) に対応した X 線輸送部の整備について、その仕様を定めるものである。

1.3 仕様範囲

本仕様に基づき、受注者は X 線輸送部に関して以下の業務を行うこと。

また、各業務の遂行に必要な材料手配、製作、試験、梱包、輸送、搬入および設置を行うこと。

- | | |
|-----------------|----|
| (1) X線輸送部の設計 | 1式 |
| (2) X線輸送部の製作 | 1式 |
| (3) X線輸送部の据付・調整 | 1式 |

1.4 納入期限

令和 11 年 3 月 26 日

詳細なスケジュールは、契約後に打合せの上決定する。

1.5 納入場所

兵庫県佐用郡佐用町光都 1 丁目 1 - 1 大型放射光施設 SPring-8
蓄積リング棟 QST 専用ビームライン BL11XU 光学ハッチ

1.6 納入条件

受注者は、QST 専用ビームライン BL11XU 光学ハッチの指定場所に X 線輸送部を設置後、各種調整、アラインメント、動作試験および真空立ち上げ作業を実施し、引き渡しを行うこと。

ただし、X 線輸送部の設置場所およびその詳細条件については、既設設備および周辺機器

との整合を考慮し、設計段階において QST と協議のうえ決定するものとする。

1.7 検査条件

1.5 に示す納入場所に設置後、5 章の各種試験・検査の他、員数検査及び提出図書の合格をもって検査合格とする。

1.8 提出図書

以下の書類を提出すること。

	図書名	提出時期
①	製作工程表	契約後の打合せの後、速やかに
②	打合せ議事録	実施の都度
③	全体確認図	製作前
④	現地作業工程表	現地作業前
⑤	リスクアセスメント	現地作業前
⑥	試験検査要領書	試験前
⑦	全体完成図	納入時
⑧	試験検査成績書	納入時
⑨	作業報告書	納入時

これら①～⑨をそれぞれ印刷（あるいは原本をコピー）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 2 冊提出すること。また、①～⑨の内容を電子ファイルとして別途提出すること。提出方法については別途指示する。③及び⑦については CAD ファイルを DXF 形式あるいは DWG 形式で提出すること。提出図書の使用言語は原則日本語とする。さらに⑦については、3D CAD のファイルを提出すること。3D CAD のファイルの形式については別途協議して決定する。提出された CAD ファイルは（2D、3D とも）周辺機器との干渉や取り合いを確認するために使用される。CAD ファイルは、関係する他の事業者に配布する可能性があることに留意すること。

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 グリーン購入法の推進

(1)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等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。

(2)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。

1.11 協議

本仕様書に記載されている事項及び本仕様書に記載のない事項について疑義が生じた場合は、QSTと協議のうえ、その決定に従うものとする。

1.12 その他

(1) 事前確認項目：以下の項目について製作前にQSTの確認を得ること。

- ① 外観図
- ② 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) 会議打合せの開催：適宜、会議打合せを行い、議事内容や決定事項は議事録として毎回提出すること。必要に応じてテレビ会議システムなどの利用を認める。

(4) 貸与品：必要に応じて、以下の機器類を理化学研究所から借り受けることを認める。
ただし、手配は受注者の責において行うこと。

[機器類]

・真空機器の取付けとリークチェックに使用する粗排気セット及びヘリウムリークディテクタ、スプレーガンを備えたヘリウムガスボンベ (5.3)

・蓄積リング搬入作業に用いる吊り上げ作業専用治具 (4.3)

2 X線輸送部の設計：仕様

2.1 適用範囲および設計前提条件

本章では、ビームライン内において上流部の光学ハッチ超高真空対応輸送部（イオンポンプ排気セクション、 10^{-7} ~ 10^{-6} Pa レベル）と下流部のドライポンプ排気セクション（数 Pa レベル）との間の真空境界を構成する、可動式ベリリウム（Be）窓を有する X 線輸送部（以下「可動式 Be 窓」という。）1 台について、その設計仕様を規定する。

本 X 線輸送部は、SPring-8 高度化計画（SPring-8-II）に伴う光軸条件の変更や、将来的な光学レイアウト変更に対応するため、X 線光路に対する相対位置の調整が可能な可動式構造を有するものとする。当該可動機構は、光軸と可動式 Be 窓中心との位置ずれを補正し、安定した X 線透過条件を確保することを目的とする。

2.2 座標系

本仕様書で利用する座標系を図 1 に示す。放射光 X 線の主たる進行方向を y 軸、これに直交する水平方向を x 軸、鉛直方向を z 軸と定義する。

2.3 設計・設置条件（設置範囲および既設機器との関係）

「可動式 Be 窓」の設計および設置にあたっては、以下の条件をすべて満足すること。

2.3.1 設置範囲

本 X 線輸送部に関連する真空機器、可動機構、支持構造および付帯機器は、ミラー下流側のスクリーンモニター（SCM）下流ベローズ以降から、鉛遮蔽付き ICF152 フランジまでの範囲内に収まり無理なく接続可能なように設計すること。

なお、本設置範囲内において、保守性、安全性または施工性の観点から合理的な余裕を確保するため、設計段階において QST と協議のうえ、配置の最適化を行うことを可とする。本 X 線輸送部は、原則として上記設置範囲内に収めるものとし、設計にあたっては当該条件を満足する構成を前提とすること。

2.4 構成および機械設計条件

可動式 Be 窓の構成は、図 1（X 線輸送部の概要）に示す構成とし、ビームライン内の上流部から順に、固定端付き ICF152 フランジ付き溶接ベローズ、ICF152-Be 窓付きフランジ、ICF152-ICF114-ICF70-ICF70-ICF152 脚付き五方管、ICF152-窒化シリコン窓付き GV、固定端付き ICF152 フランジ付き溶接ベローズによって構成されるものとする。ICF152-Be

窓付きフランジ、五方管ならびに ICF152-窒化シリコン窓付き GV（以後、「可動部」という。）は、電動式 z ステージおよび電動式 x ステージ上に固定されるものとする。これらのステージは架台上に設置され、可動式 Be 窓部の位置調整を行うための支持構造を構成する。

なお、本仕様に記載するフランジ径（ICF152、ICF114、ICF70 等）および構成は基本構成の一例を示すものであり、既設設備との接続条件、必要な真空性能および機械的要件を満足する範囲において、設計段階で QST と協議のうえ合理的に変更することを可とする。いずれの場合においても、本仕様に定める機能、真空性能および既設設備との整合性を満足すること。

(1) ICF152 フランジ付き溶接ベローズ

固定端付き ICF152 フランジは、本 X 線輸送部における機械的基準点（アンカー）として機能するものとする。ICF152 フランジ付き溶接ベローズは、固定端付き ICF152 フランジにより拘束された機械的基準点に対し、可動部の変位を吸収するための可撓部として設けるものとする。本ベローズは、光軸方向のみならず光軸直角方向の変位を許容する構造とし、これにより、光軸の変更に伴う、光軸と可動式 Be 窓部中心部のミスマッチを補正する。一方で、ベローズ自体は機械的な支持点または位置決め基準としては用いず、外力の支持および位置拘束は固定端付き ICF152 フランジが担うものとする。

ただし、機械的安定性、位置再現性および真空性能に影響を与えないことを前提として、合理的な設計上の理由がある場合には、この限りではない。

(2) ICF152-Be 窓取付用フランジ

Be 窓取付用フランジは、真空用フランジにベリリウム（Be）窓を取り付け可能な構成とし、真空境界として必要な気密性および機械的安定性を確保できるものとする。Be 窓は QST から支給するものとする。Be 窓の着脱方法およびシール構造については、窓材の特性および真空性能への影響を考慮し、設計段階において QST と協議のうえ決定するものとする。

(3) ICF152-ICF114-ICF70-ICF70-ICF152 脚付き五方管

(2) Be 窓付きフランジと (4) 窒化シリコン窓付きフランジとの間に配置し、当該区間を独立して排気するために設けるものとする。本五方管は、ターボ分子ポンプ（TMP）を接続可能なポート（ICF114 フランジ相当）を有し、Be 窓近傍における局所的な排気経路を構成するものとする。本排気系は、真空度低下時に生じる Be 窓表面へのカーボン付着を抑制し、X 線透過特性の劣化を低減することを目的とした補助排気として使用する。なお、本排気系は局所的な排気環境の改善を目的とするものであり、当該排気系単独での X 線透過特性、カーボン付着防止効果または光学性能の維持について、定量的な性能保証を行うものではない。

本五方管は、X ステージに固定可能な構造（脚付き）とすること。

(4) ICF152-窒化シリコン窓付き GV

下流側のドライポンプ排気セクションと、上流側の TMP 排気セクションとを分離するために設けるものとする。ビームライン全体を TMP で排気することは現実的でないことから、本窓により排気系を区画する。

当該窓には、X 線のコヒーレンスへの影響を最小限に抑えるため、窒化シリコン薄膜窓を用いるものとする。窒化シリコン窓は QST から支給するものとする。窒化シリコン窓の取付方法およびシール構造については、窓材の特性および真空性能への影響を考慮し、設計段階において QST と協議のうえ決定するものとする。

(5) 電動式 z ステージ

可動部の鉛直方向位置を調整するため、z 方向調整用ステージを設けるものとする。本ステージは、可動部の z 方向位置調整を行うことを目的とする。

本ステージは外部から自動制御可能な構成とし、遠隔操作により位置調整が行えるものとする。制御方式の詳細については、設計段階において QST と協議のうえ決定するものとする。なお、可動機器からモータードライバまでの部位は受注者側の責にて調達すること。

(6) 電動式 x ステージ

可動部の水平方向位置を調整するため、x 方向調整用ステージを設けるものとする。本ステージは、可動部の x 方向位置調整を行うことを目的とする。

本ステージは外部から自動制御可能な構成とし、遠隔操作により位置調整が行えるものとする。制御方式の詳細については、設計段階において QST と協議のうえ決定するものとする。なお、可動機器からモータードライバまでの部位は受注者側の責にて調達すること。

(7) 架台

窓中心の高さが床面から 1430 mm となるよう、(2) から (6) に示す各構成要素からなる構造物を支持・固定するものとする。

2.5 要求性能および数値条件

本節では、X 線輸送部のうち、可動部および真空境界としての機能に関して、満足すべき要求性能および数値条件を規定する。

2.5.1 位置調整機構の可動範囲および精度

● 電動式 x ステージ

可動部の水平方向位置を調整するために設ける電動式 x ステージは、以下に示す性能を満

足すること。

- 可動範囲：水平方向（x 方向）において±30mm 以上。ただし、当該可動範囲は、接続される溶接ベローズの軸直交方向変位許容範囲内で実使用可能であること
- 位置調整分解能：0.05 mm 以下
- 繰返し位置決め精度：±0.05 mm 程度以内

繰返し位置決め精度は、同一方向からの位置決め操作を繰返した場合における所定位置に対する再現性を示すものとする。位置決め後、ロック機構を作動させた通常運転状態において、実用上支障のない再現性および位置安定性を有すること。

なお、本仕様における電動式 x ステージの制御は、本可動部単体での位置調整を目的とした簡易的な操作・制御を想定するものとし、ビームライン全体の制御系との統合、連動制御または自動運転機能は本仕様の範囲外とする。

● 電動式 z ステージ

可動部の鉛直方向位置を調整するために設ける電動式 z ステージは、以下に示す性能を満足すること。

- 可動範囲：鉛直方向（z 方向）において±5 mm 以上
- 位置調整分解能：0.05 mm 以下
- 繰返し位置決め精度：±0.05 mm 程度以内

なお、本仕様における電動式 z ステージの制御は、本可動部単体での位置調整を目的とした簡易的な操作・制御を想定するものとし、ビームライン全体の制御系との統合、連動制御または自動運転機能は本仕様の範囲外とする。

2.5.2 位置保持性能およびロック機構

可動部の位置調整完了後において、調整位置を安定して保持するため、x 方向および z 方向の位置調整機構には、機械的なロック機構を設けることを原則とする。ロック機構は、可動部に作用する自重、真空引き上げ時の力および周辺機器からの微小振動に対して、調整後の位置を安定して保持できる構造とすること。ただし、ロック機構を設けない構成とする場合には、以下の事項を設計段階において明示し、QST と協議のうえ承認を得るものとする。

- ロック機構を設けない設計とした理由
- 位置保持を担保する構造上または制御上の考え方
- 通常運転状態における位置安定性の評価方法

2.5.3 真空性能（リークレート）

本 X 線輸送部は、上流側の超高真空排気セクションと下流側の低真空排気セクションとの間の真空境界に該当する部位であることを踏まえ、製作の範囲においては真空境界を構成するすべてのフランジ接合部、窓部および可動部について、以下の真空性能を満足すること。

リークレート：

ヘリウムリークディテクタを用いた測定において、リーク量が $1.0 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下

リーク試験は、ヘリウムスプレー法またはバッグ法等、一般的な真空機器の検査に用いられる方法により実施するものとする。評価方法の詳細および測定条件については、試験検査要領書において受注者が提案し、事前に QST の承認を得るものとする。

2.6 設計に関する協議事項

本章に定める設計条件に基づく詳細設計については、設計段階において QST と十分協議のうえ決定するものとする。

3 X線輸送部の製作

本章では、第2章に定める仕様に基づき製作される X線輸送部について、製作に関する一般的事項を定める。

本 X線輸送部は放射光ビームラインに使用される真空機器であることを踏まえ、真空性能および機械的安定性を確保できる品質で製作するものとする。各構成要素の具体的な構造、寸法、公差、加工方法および組立方法については、本仕様を満足する範囲において受注者の裁量に委ねるものとする。

製作上の都合等により仕様の変更や調整が必要となる場合には、事前に QST と協議のうえ、その承認を得るものとする。

4 X線輸送部の据付・調整

4.1 一般事項

本章では、第2章および第3章に基づき製作された X線輸送部について、現地における据付および調整に関する事項を定める。据付および調整作業は、第1章に定める一般仕様および安全管理に関する規定に従って実施するものとする。

4.2 現地作業

現地における据付および調整作業を実施する場合は、作業開始前に現地作業工程表を提出し、QST の確認を得るものとする。

作業に当たっては作業責任者を配置し、QST および SPring-8 構内における作業安全に関する規程、規則等を遵守し、災害発生防止に努めるものとする。

作業中は既設機器および周辺設備に損害を与えないよう十分注意すること。万一、損害等が発生した場合には、速やかに QST に報告し、その指示に従って適切な措置を講じるものとする。

4.3 据付作業

据付作業では、X 線輸送部一式を所定の設置場所に搬入し、架台上に設置・固定するものとする。架台への設置に当たっては、窓中心の高さが床面から 1430 mm となるよう据付を行うこと。設置完了時の機械的据付精度については、窓中心位置の高さおよび水平方向位置が、それぞれ設計基準位置に対して ± 0.5 mm 以内であることを確認するものとする。また、据付後において真空機器、ベローズ部および可動部に過大な外力が作用していないことを確認するものとする。

4.4 真空立ち上げおよび動作確認

据付完了後、電動式 z ステージおよび電動式 x ステージを用いて、可動部の位置調整を行うものとする。調整作業は、ベローズの許容変位範囲内で実施し、真空境界および機械的安定性を損なわないよう留意するものとする。位置調整後の可動部の位置再現性および位置保持については、調整後に外力が作用しない通常運転状態において、実用上支障のない安定性を有することを確認するものとする。

4.5 据付・調整完了の判断

据付および調整の完了は、以下の事項が満足されていることを確認したうえで判断するものとする。

- 機械的据付が完了し、設置精度が規定値以内に収まっていること
- z 方向および x 方向の可動部調整が可能であること
- 真空境界として成立しており、真空立ち上げおよび基本的動作に支障がないこと

最終的な検査合否については、第 1 章に定める検査条件によるものとする。

5 試験・検査

5.1 一般事項

本章では、第2章から第4章に基づき製作、据付および調整されたX線輸送部について、試験および検査に関する事項を定める。試験および検査は、第1章に定める検査条件と整合をとりつつ、本章の規定に従って実施するものとする。

5.2 製作時検査

製作完了後、現地搬入前に、以下に示す項目について製作時検査を実施するものとする。

- 外観検査
- 形状・寸法の確認
- 使用材料および購入品の確認
- 真空境界部に関するリーク試験

リーク試験はヘリウムリークディテクタを用いて実施し、リーク量が $1.0 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下であることを目安とする。

検査方法の詳細および合否判定基準については、試験検査要領書にて定め、事前に QST の承認を得るものとする。

5.3 据付後検査

据付および調整完了後、現地において以下の項目について検査を実施するものとする。

- 外観検査
- 設置精度の確認
- 真空境界部に関するリーク試験

設置精度の確認においては、窓中心位置の高さおよび水平方向位置が、設計基準位置に対して $\pm 0.5 \text{ mm}$ 以内であることを確認するものとする。

据付後のリーク試験についても、ヘリウムリークディテクタを用いて実施し、製作時検査と同等の基準を満足していることを確認するものとする。ただし、下流接続部については接続先の真空がドライポンプ真空レベルであるため、ドライポンプの真空レベル（数 Pa）まで真空が引けることの確認をもってリーク試験とする。

5.4 動作確認

試験および検査の一環として、以下の動作確認を実施するものとする。

- x 方向および z 方向調整機構が所定の範囲内で動作すること

- 可動部の調整後に機械的な異常、干渉および過大な応力が生じていないこと
- 真空立ち上げ時および定常状態において、異音、異常振動等がないこと

X線光学性能に関する詳細な評価については、本仕様の範囲外とする。

5.5 検査結果の取り扱い

各検査および試験の結果は、試験検査成績書として取りまとめ、所定の提出図書としてQSTに提出するものとする。

不適合が認められた場合には、その内容をQSTに報告し、協議のうえ適切な是正措置を講じるものとする。

5.6 検査合否の判定

本章に定める試験および検査の結果がすべて本仕様に適合していることが確認された場合、検査合格とする。

最終的な検査合否の判定は、第1章に定める検査条件に従い、QSTが行うものとする。

(要求者)

部課(室)名：関西光量子科学研究所

放射光科学研究センター 装置・運転管理室

氏名：菅原 健人

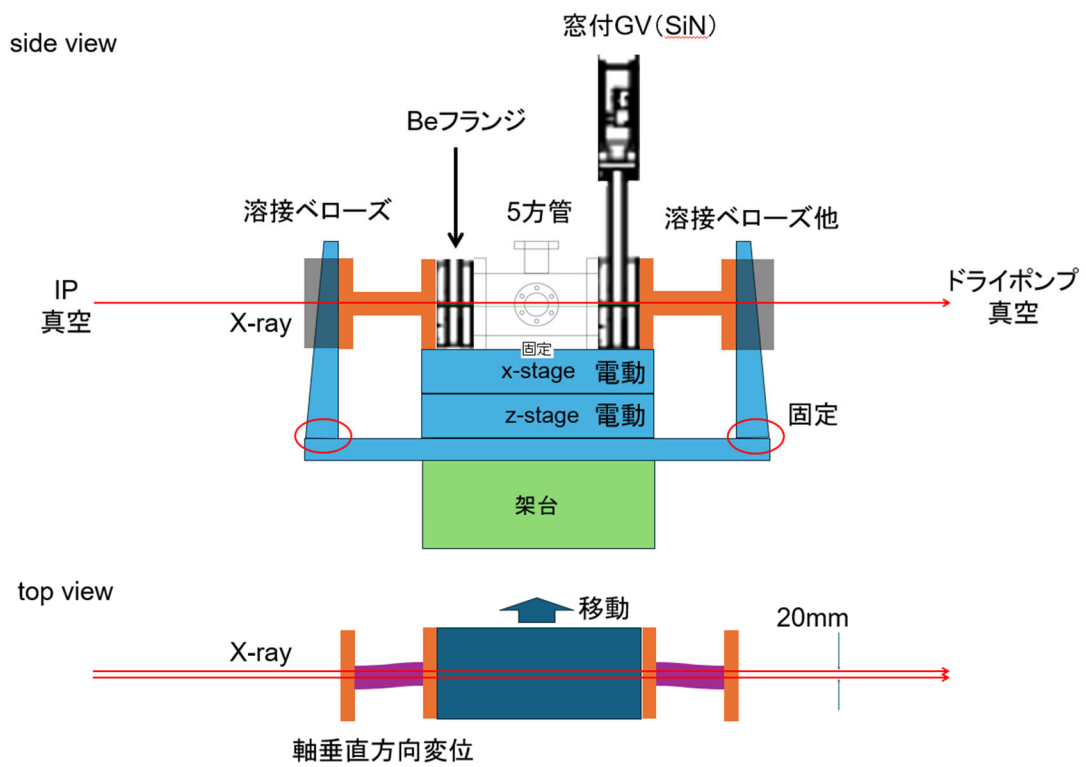


図 1 : X 線輸送部の概要