

NanoTerasu BL06U エンドステーション用 プリパレーションシステムの製作

仕様書

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

0. 概要

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。）が運用する NanoTerasu において、ビームライン BL06U B ブランチエンドステーションのプリパレーションシステムの製作に関するものである。プリパレーションシステムは、BL06U 既設のマイクロ ARPES 測定装置中継室に接続し、中継室内に設置するサンプルバンク機構を介して ARPES 測定室にサンプル導入ができるものである。また、試料加熱調整や LEED 測定が可能な機構を備える。本仕様書の範囲には、真空機器等の設計、製作、組立、組付け等が含まれる。

1. 仕様

1.1. 構成

- (1) 中継室用サンプルバンク機構 1 式
- (2) プリパレーションチャンバー類 1 式
- (3) 試料加熱機構 1 式
- (4) 真空排気及び取付機器 1 式
- (5) 装置架台 1 式
- (6) 共通仕様

1.2. 仕様事項

- (1) 中継室用サンプルバンク機構
 - a) 既存の中継室チャンバー底部の ICF152 フランジに接続が可能なこと。
 - b) 参考図 1 同等品のサンプルホルダー4 枚以上が収納可能なこと。
 - c) 収納部は、下部 ICF152 シール面から 340mm の位置で横方向からホルダーを受け渡すことができる十分な強度を有する構造とすること。
 - d) サンプルホルダー収納部分は、下記の仕様を満たす XYZ θ の 4 軸移動機構に取り付け、位置調整が可能なこと。
 - ① 各軸は、ステッピングモーターにより制御可能なこと。
 - ② XY 軸は、移動量 $\pm 12.5\text{mm}$ を確保すること。
 - ③ Z 軸は、移動量 200mm を確保すること。
 - ④ θ 軸は、0 $\sim$ 360 $^{\circ}$ 回転が可能なこと。
 - ⑤ 既設の中継室下部スペースに設置可能なこと。

* 大きさ 180mm $\times$ 220mm 程度であるが、詳細は現地採寸とする。

 - e) 各軸モーターを制御するための接続ケーブル（長さ 10m）、モータードライバー（メレック：H718-00/GD-5410 相当品）及びパルスコントローラを準備すること。
 - f) 上記パルスコントローラは、既存制御ソフトウェアと互換性を持たせるため、ツジ電子製 PM16C-16HW2 相当品とし、ハンドボックス(ツジ電子: PM16C-HDX16 相当品) を付属すること。
 - g) 真空内部に配置される部品は、超高真空に適合する部材により構成すること。

h) チャンバー内部下部には、サンプルホルダーが落下した際の受け皿となるメッシュなどを備えた構造とすること。

i) 特記事項

各種機器との取り合いが確認できる 3D モデルを受注者が準備し詳細な寸法や配置については別途協議の上決定する。

取付機器の 3D データが存在しない機器については受注者が採寸などを行い、模式 3D データを準備する。

(2) プリパレーションチャンバー類

a) チャンバーの材質は SUS304 とし、バフ研磨及び電解研磨による表面処理を施すこと。

b) チャンバーは、上段配置、下段配置、その他に機器類を配置できる下記ポートを設けること。

b-1：上段配置ポート

- ① 試料搬送用トランスファーロッド（支給品）を取付可能な ICF70 ポート。
- ② 既設のマイクロ ARPES 中継室接続用ゲートバルブが取付可能な ICF70 ポート。
*ゲートバルブへの接続は、変換フランジや延長ニップルを用いても良い。
- ③ 試料搬送を目視確認できるビューポートを取付可能な ICF70×2、ICF114×2 ポート。
- ④ 予備ポート ICF70×2 及び別途協議の上指示するポート。

b-2：下段配置ポート

- ① OCI/LEED：型式 BDL600IR（支給品）を取付可能な ICF203 ポート。
*ポートが長くなる場合は、ICF203 長さ調整ニップルを用いても良い。
*OCI/LEED は、ICF152/203 ゼロレングス変換フランジを介して接続すること。
- ② (4) (i)に記載の水晶振動式膜厚計(INFICON:SL-A0E47-40 相当品)を取付可能な ICF70 ポート。
- ③ OCI/LEED と試料位置を目視確認できるビューポートを取付可能な ICF70、ICF114 ポート。
- ④ 予備ポート ICF70×3 及び別途協議の上指示するポート。

b-3：その他

- ① チャンバー上部に試料加熱機構を取付可能な ICF152 ポート。
- ② 上段配置の上側に試料搬送位置を斜め上から目視確認できるビューポートを取付可能な ICF70×3 ポート。
- ③ 上段配置の上側に OCI/LEED 測定位置を斜め上から目視確認できるビューポートを取付可能な ICF70×2 ポート。
- ④ 下段配置の下側に OCI/LEED 測定位置を斜め下から臨むことができる ICF70×2 ポート。
- ⑤ 下段配置の下側にイオンゲージ（支給品）を取付可能な ICF70 ポート。
*ポートパイプは、外径φ70mm 程度を採用すること。
*ニップルなどによる変換を用いても良い。

- ⑥ 下段配置下側に予備ポート ICF70 及び別途協議の上指示するポート。
- ⑦ チャンバー下部に ICF203 ポート
- c) チャンバー内径は $\phi 210\text{mm}$ 程度とするが、別途協議の上指示する内径とすること。
- d) チャンバー下部に接続するための配管を準備すること。その配管には ICF70 ポートを 2 つ、ICF203 ポートを 3 つ備え、(4)に記載のターボ分子ポンプ、ゲートバルブおよびリークバルブユニットを接続可能であること。
- e) マイクロ ARPES 中継室から(3)に記載の試料通電加熱型ステージ（通電加熱）と熱電子衝突加熱型ステージ（EB 加熱）に試料搬送が可能なこと。
- f) 以下のフランジを備えること。
 - ① 目視確認用のビューポートフランジ。
 - ② 機器取付以外のポートにはブランクフランジ。
- g) 特記事項

各種機器との取り合いが確認できる 3D モデルを受注者が準備し詳細な寸法や配置については別途協議の上決定する。

取付機器の 3D データが存在しない機器については受注者が採寸などを行い、模式 3D データを準備する。

(3) 試料加熱機構

- a) 加熱部は、試料通電加熱型ステージ（通電加熱）と熱電子衝突加熱型ステージ（EB 加熱）を別々に配置すること。
- b) 通電加熱は、下記の仕様を満たすこと。
 - ① 既存のサンプルホルダー（参考図 1）の受け渡しが可能なこと。
 - ② 試料を 1200°C （10A 程度）で 24 時間以上の加熱に耐えうる構造とすること。
 - ③ 試料の両端は、接地電位に対してフローティングしていること。
 - ④ 非磁性の材料により構成されること。
- c) EB 加熱は、下記の仕様を満たすこと。
 - ① 既存のサンプルホルダー（参考図 2）の受け渡しが可能なこと。
 - ② サンプルホルダーを 1000°C で連続加熱した際に耐えうる構造とすること。
 - ③ サンプルホルダーステージは、接地に対して耐電圧 1KV 以上を確保すること。
 - ④ 1000°C 以上に加熱するのに十分な制御電源（松定プレシジョン: HARb-1P150 相当品）及び真空チャンバー外の接続ケーブル 5 m を準備すること。
- d) 加熱部は、下記の仕様を満たす XYZ θ の 4 軸移動機構に取り付け位置調整が可能なこと。
 - ① XY 軸は、マイクロメータ手動により駆動可能なこと。
 - ② Z θ 軸は、ステッピングモーターにより制御可能なこと。
 - ③ XY 軸は、移動量 $\pm 12.5\text{mm}$ を確保すること。
 - ④ Z 軸は、プリパレーションチャンバーの上段と下段に対して通電加熱及び EB 加熱が配置可能でサンプルホルダーの受け渡しが可能な移動量を確保すること。

- ⑤ θ 軸は、0～360° 回転が可能なこと。
- ⑥ XY 軸は、マイクロメータに緩みが生じた際の安全対策としてメカストップを備えること。
- ⑦ 取付けフランジは、ICF152、トラベルフランジは、ICF114 とすること。
- e) Z θ 軸モーターを制御するためのケーブル (長さ 10m)、モータードライバー (パルスコントローラ内蔵型) (中央精機:QT-BMM2 相当品)を準備すること。
- f) モータードライバーは、2 チャンネル仕様としハンドコントローラ (中央精機:QT-AK 相当品)を付属すること。
- g) 真空内部に配置される部品は、超高真空に適合する部材により構成すること。
- h) 特記事項
 - 各種機器との取り合いが確認できる 3D モデルを受注者が準備し詳細な寸法や配置については別途協議の上決定する。
 - 取付機器の 3D データが存在しない機器については受注者が採寸などを行い、模式 3D データを準備する。

(4) 真空排気及び取付機器

- a) ターボ分子ポンプは、取付けフランジ ICF203、排気速度 N_2 :685L/sec 程度、圧縮比 H_2 : 2×10^7 程度の能力を有し (PFEIFFER:HiPace700H 相当品)、スプリンターシールド (吸気口保護網)と空冷ファンを付属すること。
- b) ターボ分子ポンプ排気口には、NW25 手動高真空対応アングルバルブ (VAT:26428-KA01 相当品)を備えること。
- c) (4)(a)に記載のターボ分子ポンプを制御可能な電源コントローラー (PFEIFFER:OmniControl400 相当品)と 5 m 以上の接続ケーブル、及び 5 m 以上のインターフェースケーブルを付属すること。
- d) 粗びきポンプは、多段ルーツ型ドライポンプ (Kashiyama:NeoDry15G 相当品)とし到達圧力 1Pa 程度、排気速度 250L/min 程度の能力を有し、ガスバラストバルブ、アイソレートバルブ、大気開放型サイレンサーを備えること。200V 仕様長さ 2m、引っかけプラグ仕様の電源ケーブルを付属すること。
- e) 真空排気ポンプを接続する配管部品類を準備すること。
- f) ターボ分子ポンプとチャンバー間には、面間距離 $L=70\text{mm}$ 以下、リミットスイッチ付 ICF203 圧空ゲートバルブ (支給品) を備えること。
- g) 真空計は、イオンゲージ (支給品) 及びコールドカソード型フルレンジゲージ (PFEIFFER:PKR361 相当品) とする。コールドカソード型フルレンジゲージは、(4) (c)に記載のターボ分子ポンプコントローラーでの制御及び表示が可能で 5 m 以上の接続ケーブルを付属すること。
- h) リークバルブは、ICF70 オールメタルバルブ (VAT:54132-GE02 相当品) に ICF70 単管を介して $\phi 10\text{mm}$ ベローズバルブ (支給品) を取り付けること。

- i) 水晶振動式膜厚計は、ICF70 取付、ベーキング対応とし(INFICON:SL-A0E47-40 相当品)、レートモニター (INFICON: STM-2 相当品) を付属すること。
- j) 上記水晶振動式膜厚計は、OCI/LEED 測定時に後退できるように、Z ステージに取付けること。
- k) 試料加熱機構 θ ステージ差動排気配管及びステージ側バルブを準備すること。
- l) プリパレーションチャンバーと試料搬送用トランスファーロード間に取付ける ICF70 溶接ベローズタイロッド付ニップルを準備すること。
- m) OCI/LEED、イオンゲージ、 $\phi 10\text{mm}$ ベローズバルブ、圧空ゲートバルブ、及びマイクロ ARPES 中継室へのトランスファーロードは支給とする。
- n) 特記事項
各種機器との取り合いが確認できる 3D モデルを受注者が準備し、詳細な寸法や配置については別途協議の上決定する。

(5) 装置架台

- a) アルミフレーム構造としプリパレーションチャンバーの搭載が可能なこと。
- b) 可搬用のキャスター等を備えていること。
- c) プリパレーションチャンバーの中心が床面から $1410\text{mm} \pm 20\text{mm}$ の範囲以上で設置調整が可能な構造とすること。
- d) プリパレーションチャンバーに取り付ける機器類が十分な空間を設けて取り付けが可能なこと。
- e) (3)に記載の試料加熱機構用制御電源を架台内部に組み込める構造とすること。
- f) 取付機器の重量に十分に耐えうる構造とすること。
- g) 既設のマイクロ ARPES 中継室架台との干渉がなく接続や分離が可能な構造とすること。
- h) 床固定が可能なアンカー打設用 L 字板等を備えていること。
- i) (4) (a)に記載のターボ分子ポンプを支持する治具を備えていること。
- j) 特記事項
各種機器との取り合いが確認できる 3D モデルを受注者が準備し、詳細な寸法や配置については別途協議の上決定する。

(6) 共通仕様

- a) 真空シールを有する全ての機器において $1 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 以下のリークレートを達成すること。
- b) その他特に記載のない事項については、「次世代放射光施設ビームライン機器共通事項」を原則遵守すること。ただし、別途指示等が本仕様書に明記されている場合にはそれに従うこと。

2. 納入場所

宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1

NanoTerasu 内の指定する場所

3. 納入条件

上記納入場所に納入後据付・設置

4. 納入期限

令和 8 年 3 月 17 日

5. 検査条件

5.1. 出荷前検査

- ① 加熱試験検査を行い、QST が合格と認めること。
- ② プリパレーションチャンバーへ所定の機器を取り付けた状態で残留ガスを Q-Mass により 1～410amu の測定を行い、QST が合格と認めること。
計測に使用する機器は、受注者の準備とする。

5.2. 納入時検査

- ① 第 2 項に示す納入場所に納入後、員数検査、外観検査を行い、Q S T が合格と認めること。
- ② 提出図書の確認を行い、Q S T が合格と認めること。

6. 提出図書

図書名	提出時期	部数
確認図	製作開始前	1
完成図面	納入時	1
検査成績書	納入時	1

(提出場所)

QST NanoTerasu センター 高輝度放射光研究開発部 ビームライングループ

6.1. 印刷物

- a) 完成図面を印刷物として提出すること。
- b) 使用する言語は日本語とする。ただし、海外機器等の取扱説明書等はこの限りでない。
- c) 印刷物は、原則 A4 サイズ用紙で提出すること。ただし、図表等はこの限りでない。
- d) 印刷物は、原則チューブファイル等で綴じて提出すること。ただし、冊子体の場合又は頁数の少ない場合はこの限りでない。
- e) 大型図面は折りたたんで収納すること。縮小図は可とするが、文字が判読できること。

6.2. 電子ファイル

- a) 完成図面に関しては、2D 図面を pdf ファイルと dxf ファイルで提出し、また 3D 図面を SOLIDWORKS 可読形式ファイルで提出すること。
- b) 各機器の取扱説明書が電子ファイルとして提供されている場合には併せて提出すること。
- c) 提出図書の作成に使用するソフトウェアは最新バージョンを用いることが望ましい。
- d) 特記事項
CAD ファイルは周辺機器との干渉や取り合い等の確認に供するためにその使用を制限した上で他社と共有する場合がある。この点を考慮し CAD ファイルを提出すること。

7. 支給品

以下の物品は支給する。

- ・ OCI/LEED (OCI: BDL600IR) ×1 台
- ・ 試料搬送用トランスファーロード×1 台
- ・ イオンゲージ（測定子、コントローラー、ケーブル）×1 台
- ・ φ10mm ベローズバルブ
- ・ 圧空ゲートバルブ

8. 知的財産権

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。

9. 機密保持

受注者は、本品の製作にあたり、発注者から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。ただし、あらかじめ Q S T 担当者の了承を得た場合にはこの限りでない。

10. 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。

11. グリーン購入法の推進

- a) 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）に適合する環境物品（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。
- b) 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。

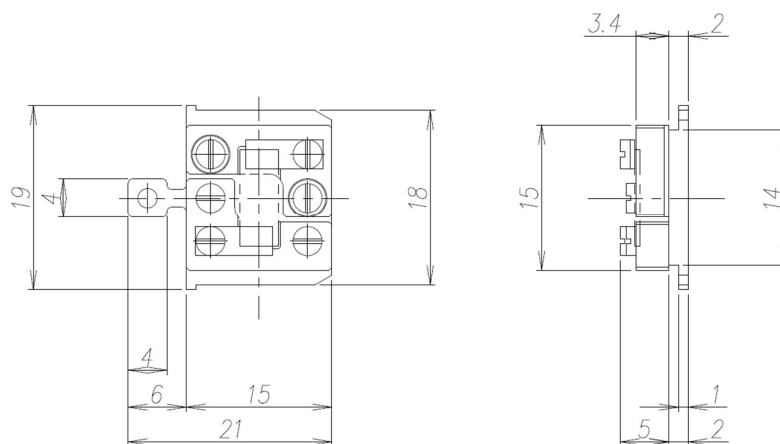
12. 協議事項

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、Q S T と協議の上、その決定に従うものとする。

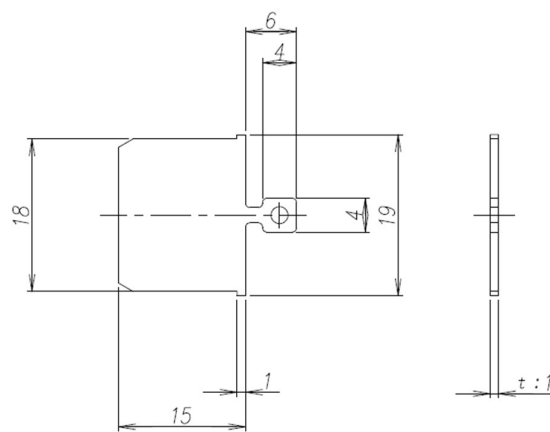
(要求者)

部課(室)名： NanoTerasu センター
 ビームライングループ

氏 名： 西野 史



参考図1 通電加熱ホルダーの図面



参考図2 EB 加熱ホルダーの図面

次世代放射光施設ビームライン機器
共通事項

第 2 版 (Ver. 2.1)

2022 年 4 月

本稿は、当該放射光施設のビームラインにおいて使用する機器（持ち込み装置を含む）に求める共通の仕様についてまとめたものである。ビームライン光学系機器やエンドステーションの機器に適用される。

1. 各種定義

1.1. 座標軸の定義

- ・ビームライン機器の座標軸を次のように定義する。光源から試料位置に対して、図1のように図を描いたときに重力の働く方向をy軸マイナス方向として座標軸（右手系）を定義する。
- ・光学素子の回転軸は、光学素子の中心を原点（光学素子原点）として、光学素子表面の法線方向の軸と光軸との関係から、図2のように回転軸を定義する。

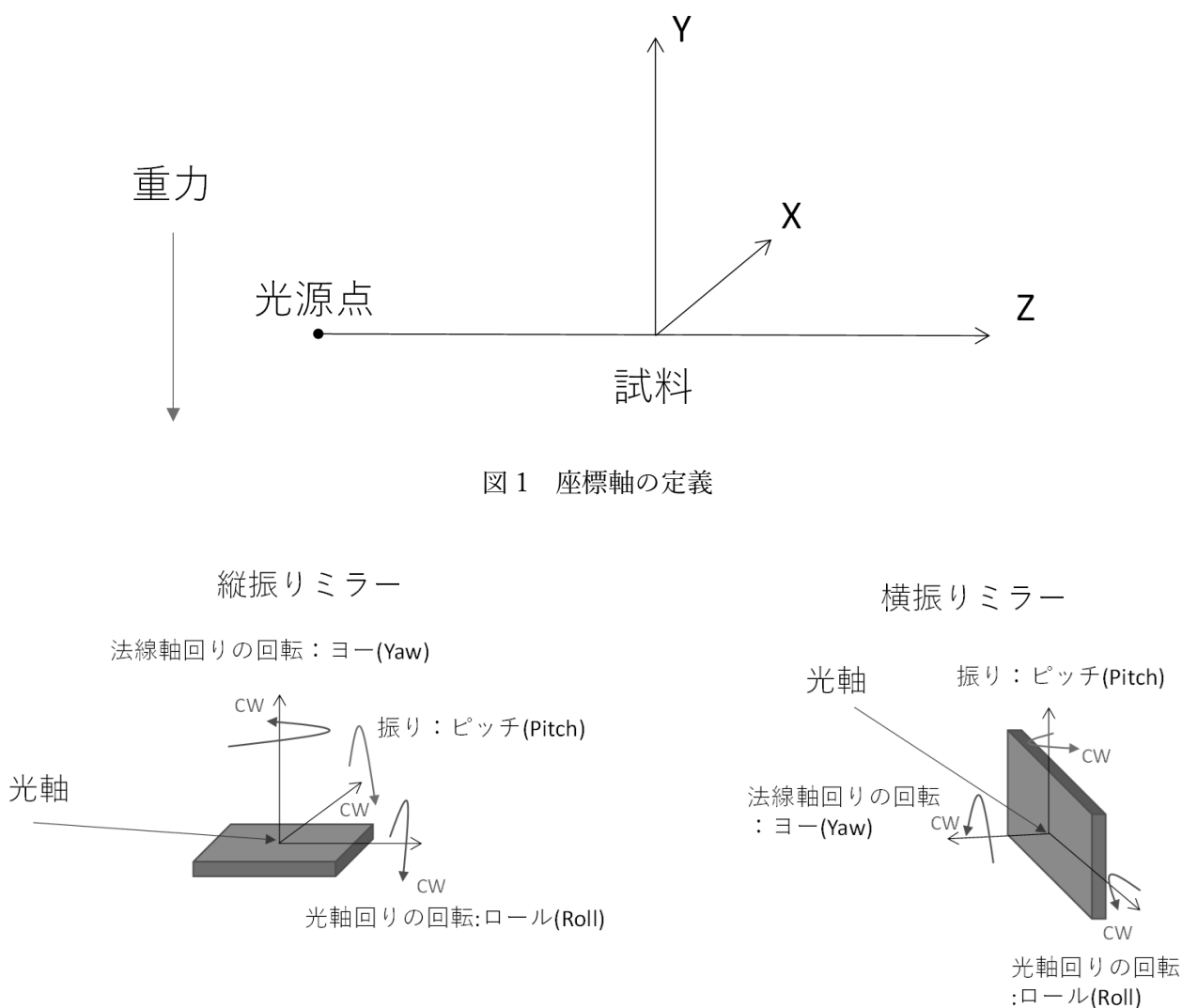


図2 座標回転軸の定義

1.2. 原点の定義

- ・挿入光源の上下流に設置された四重極電磁石の中点をビームラインの原点とする（ビームライン原点）。
- ・光学素子の位置決め等を行う場合は各々の光学素子の表面の中心を原点とする（光学素子原点）。

1.3. MKSA 単位系の使用

- ・完成図書を作成するにあたって、数値の単位は MKSA 単位系を使用すること。
- ・温度の単位はセルシウス度（℃）あるいはケルビン（K）を使用すること。

1.4. ビームラインの呼称

- ・ビームラインの名称は、ビームトランスポートトンネルを基準として、反時計回りにむけて番号が増加していく 2 桁のアラビア数字の後ろに挿入光源の場合は U、ウィグラーの場合は W を付して表記する。（例：BL01W）

1.5. 図面上の上流の位置

- ・完成図書の図面などを作成する場合、図表上の左側を光源点（ビームラインの原点）側とする。

1.6. 基準とする規格

- ・特に断らない限り、以下の規格ならびに基準に準拠して設計・施工を行い、図書を作成すること。
 - 建築学会（建築工事標準仕様書）。
 - 国土交通大臣官房長官官務部（機械設備工事共通仕様書）。
 - 国土交通大臣官房長官官務部（電気設備工事共通仕様書）。
 - 経済産業省（電気設備技術基準）。
 - 日本電気協会内線規定。
 - 建築基準法施行令。
 - 日本工業規格（JIS）。
 - 使用部品メーカー標準規格。
- ・他に指定が無い限り JIS 規格と同等以上の規格製品を用い、JIS 以外の製品を用いるときは予め許可を申し出ること。

2. 施設による境界条件

2.1. 実験ホールのスペース

2.1.1. ビームライン境界

- ・実験ホール外周部のイクスパンションジョイントの内側がビームライン機器を設置可能なエリアである。
- ・原則として、QST およびパートナー側で取り決めたビームライン境界の内側にすべてのビームライン機器が設置されること。

2.1.2. 通路の確保

- ・ビームライン機器を配置する際には近隣の装置と十分に間隔をあけて、機器を操作する者が通行できるための十分なスペースを確保すること。

放射線管理区域について

- ・実験ホール内の一部に第 2 種放射線管理区域が設定されている。工事関係者が放射線管理区域に立ち入る場合は、あらかじめ所定の手続きを行った上で作業を行うこと。

2.2. 実験ホールの床

2.2.1. 床耐荷重

- ・実験ホール内の床耐荷重は 2 t/m^2 である。この点に留意して設計施工すること。

2.2.2. アンカー固定

- ・床目地のひび割れ防止用の切込み部分を避ける必要があるため、アンカー固定の場所はあらかじめ確認すること。

2.2.3. 光軸高さ

- ・放射光ビームの光軸高さは、実験ホール床面から 1400mm が設計値であるが、実験ホール床は理想的な平面ではなく、全面で $\pm 10 \text{ mm}$ 以内の起伏がある。
- ・ビームライン光学系の光軸は、設置位置における床面からの高さではなく、あくまで放射光ビームの高さが基準であることに留意すること。

2.3. 実験ホールの環境

2.3.1. 温度

- ・実験ホール内の温度は $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ に設定されている。

2.3.2. 湿度

- ・実験ホール内の湿度は $50\% \pm 10\%$ に設定されている。

2.3.3. 清浄度

- ・実験ホール内は光学素子や真空部品などを取り扱う場所となっている。そのため粉塵などがホール内に循環しないよう高い清浄度を保つことが求められることから、機器の設置およびその後の運用において、実験ホール内の環境を著しく乱してはならない。
- ・作業上、粉塵等が発生など実験ホール内の環境を著しく乱す可能性がある場合は、あらかじめ元の環境を乱さないような措置を講じること。

2.3.4. 振動・騒音

- ・実験ホール内には、実験試料ステージに nm レベルの空間分解能を有する実験装置が設置される。そのため振動や騒音の元となる機器の設置は極力避けること。あるいは振動や騒音の元となる機器を設置する場合は、防振・防音措置を講じること。

2.4. 実験ホールユーティリティ

- ・ビームライン設置場所に用意されるユーティリティーを表1に示す。
- ・想定される用途を考慮して、各ユーティリティーの取り合いは、放射光取り出しポート近くの収納壁ラチェット部もしくは実験ホール外周部のいずれかに設けられる。

表1 ビームラインに用意されるユーティリティー

設備	仕様	場所
分電盤	1Φ3W 210 V/105 V : 150A×2、100A×3、 20A×2 (インターロック用) 3Φ3W 210 V : 100A×4、75A×3	収納壁ラチェット上部
圧縮空気用フランジ	0.7-0.85 MPa	収納壁ラチェット上部
循環冷却水用フランジ	70L/min、25℃±0.2℃	収納壁ラチェット上部
ヘリウム回収ライン	25Φ×1	実験ホール外周上部
液体窒素供給ライン	60Φ×2	収納壁ラチェット上部
排水口	25A×1 (一般廃水)	実験ホール外周床
接地端子	A 種接地接続 38sq 線 2BL につき 1 か所	実験ホール外周床

2.5. 電場

- ・実験ホール内では微弱な電気信号を検出する機器が多く設置されている。これらの機器のノイズ源となるような電場が発生する可能性がある装置を設置する場合はノイズを低減させるような措置を講じること。

2.6. 磁場

- ・実験ホール内に磁場を発生する装置を設置する場合、その磁場は放射光の光源性能の著しい低下を起こさない、且つ安定な運転を妨げない範囲に制限される必要がある。また実験者が立ち入る区域では磁場強度を 0.5mT 以下に抑えるような措置を講じるか、これを超える区域に立ち入り制限を施すこと。

3. 互換性の確保

3.1. 電気・制御

3.1.1. ケーブル

- ・配線は原則としてエコケーブル (EM ケーブル) あるいは、電気用品安全法の耐燃性 (JISC3005) 傾斜試験に適合したケーブルを使用すること。
- ・複数の信号線を接続する場合は、原則としてモレックスやメイテンロックなどのコネクタ

を使用すること。

- ・ピンをコネクタに接続する際は、専用の工具を用いて接続を行うこと。

3.1.2. 電源コネクタ

- ・電源コネクタは分電盤のコネクタ形状にあったコネクタを使用すること。
- ・引掛タイプのコネクタを用いない場合は、トラッキング防止策を講じること。
- ・動力系統の電源には、過電流運転を防止するため、適切な容量の保護回路を設けること。

さらに、漏電防止のため、漏電ブレーカーを有するコンセント盤に接続するか、漏電ブレーカーを装備すること。

3.1.3. ラック

- ・インターロック等の誤作動を防止するため、電力系・駆動系と信号系の配線を分けて配置すること。

・制御装置等は19インチラック（EIA規格に準拠）に設置し、ラック自身は転倒防止策を講じること。そのほかの規格品に設置する可能性が生じた場合は、事前に担当者と協議すること。

- ・ミリサイズ規格の機器を設置する場合は、変換金具を使用して設置すること。

3.1.4. ステッピングモータ

3.1.4.1. 駆動方式

- ・5本結線、原則としてペンタゴン結線による駆動方式を使用すること。配線等の詳しい内容については、専用のマニュアルを参考にすること。

3.1.4.2. センサ

- ・センサは原則として2個（3線）と5個（7線）の2タイプを使用すること。

3.1.4.3. リミットスイッチ

- ・原則としてリミットスイッチを両端点に設けること。
- ・リミットスイッチの位置は、調整可能とすること。ただし、納入時には設定されたリミット位置を再現できるようにマーカー等で印をつけること。
- ・原則としてリミットスイッチに加え、万一暴走した場合でも、真空内の光学素子やスリットのブレードに負担をかけることがないように、真空外でメカニカルストップを設けておくこと。これは二重の安全保護を施すことを意味する。
- ・リミットスイッチは原則としてB接点（接点をMakeしたらOpenになる）、原点センサはA接点とすること。

3.1.4.4. コネクタ

- ・ステッピングモータとドライバとの間のコネクタは、原則としてスリオ社の丸形コネクタGシリーズ、トリムトリオバンダムを使用すること。
- ・電源供給側は原則として、ソケットコンタクト、受け側はピンコンタクトを使用すること。
- ・ドライバとコントローラとの間のコネクタは、原則としてDsub9を使用すること。

3.1.4.5. ケーブル

- ・原則としてモータのパワーラインとリミットスイッチのケーブルはシールド線によって分離すること。コネクタ部のケーブルは共通にすること。

3.1.4.6. モータの回転方向

- ・被駆動機器が放射光光軸近傍に設置され、直線方向に（回転ではない）駆動される場合、コントローラから CW 方向の駆動信号を受けた場合には、以下の方向に機器が駆動するようにハードウェアを構成すること。

- 光軸に対して上下方向の場合：上方向
- 光軸に対して左右方向の場合：光を背負って左方向（光に正対して右方向）
- 光軸に平行方向の場合：光の進行方向

3.1.5. コンピュータ

- ・納品物としてコンピュータ等が含まれる場合は、あらかじめウィルス対策を講じること。

3.2. 配管

3.2.1. 継手

- ・食い込み継ぎ手が指定された場合は、原則としてフジキン社製 2 圧縮リング方式継手（ミリサイズ規格）あるいはスウェジロック社製スウェジロック（JIS 規格）を使用することとする。ただし異なる製造元の継手同士を同一箇所では接続してはならない。

- ・材質は原則としてステンレスとする。ただし、水導入フランジ部など指定箇所においては、テフロン製を指定する場合がある。

- ・往路・復路は、指定箇所に対して矢印等で明示すること。

3.2.2. 冷却水配管

- ・施設側冷却水は抵抗率 $1.0\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上の純水である。工事中、完成後を問わずこの基準値以下の水を戻してはならない。

- ・真空内において表面が晒される配管は、脱ガス特性が明らかな金属性であることを原則とする。

- ・真空内の機器の冷却水配管は、一筆書きとする。

- ・真空外機器に関しては、協議の上、フレキシブルチューブや継手を認める場合がある。配管の外径は原則として $\phi 10\text{mm}$ とする。

- ・配管の色は、往路青色、復路緑色とする。金属配管を用いる場合は、継手接続部分に往路青色、復路緑色の目印をつけること。

- ・冷却水配管に漏洩がないことを確認するため、窒素ガスや専用の漏洩検査液を用いた加圧漏洩試験（ 0.6MPa ）を行うこと。

3.2.3. 圧空配管

- ・圧空配管は外径 $\phi 6\text{mm}$ を原則とし、色は黄色とする。

- ・シンフレックスチューブが指定された場合でも、金属配管を排他するものではない。この場合は、保守が容易なように、最終段にシンフレックスチューブもしくはフレキシブルチューブ

ーブを用いること。

- ・圧空配管に漏洩がないことを確認するため、窒素ガスや専用の漏洩検査液を用いて加圧試験（耐圧:0.85MPa）を行うこと。また、全ての配管終了後に漏洩試験（圧力：0.5MPa）を実施し、1時間保持で減圧が5%以下であることを確認すること。

3.3. 機械

3.3.1. ネジ

- ・ボルト、ナット等の部品においては原則として JIS 規格（ミリサイズ）を用いること。インチサイズを用いる場合、あらかじめ担当者の承認を得ること。

3.3.2. 架台

3.3.2.1. 精度

- ・粗調整と微調整可能な位置調整機構を有すること。

3.3.2.2. 剛性

- ・各軸所定の精度、再現性を十分満たす剛性を持った構造とすること。ベッキングによって位置変位、変形しない構造であること。

- ・調整終了後は、粗調機構ならびに微調機構は十分な剛性・強度で固定できるものとする。

- ・排気装置本体およびミラー調整機構などのメンテナンスの必要な重量物が容易に取り外し可能な構造とし、必要ならばそのための治具を有すること。

3.3.2.3. 固定方法

- ・架台は床面に十分な強度でアンカー固定できる構造であること。

- ・水平方向は 0.5 G、垂直方向は 1.5 G の揺れに対して転倒しないよう、機器の重心なども考慮し適切にアンカー固定すること。

3.3.2.4. 移動

- ・架台は機器自身で自走できるようなキャスターを設けるか、ハンドパレットなどの搬送機器を用いて移動することができるよう、架台と床面との間に 70 mm 以上 150 mm 以下の隙間をあげ、搬送機器が架台下部に入る構造にすること。

3.3.3. 位置決め精度

3.3.3.1. 最小移動量（最小可変量）

- ・パルスモータにより電動駆動する場合、ハーフパルスの移動量を明示すること。

3.3.3.2. 最小読取量

- ・目視読取（目盛など）の場合、副尺などによる目盛りを用いる場合はその旨を明示すること。

3.3.3.3. 累積リード誤差

- ・基準点から一方向に一定間隔で順次位置決めを行い、それぞれの位置決め地点での測定値と指令値との差をテーブルの移動範囲で測定し、その差分の最大差を累積リード誤差とす

る。

3.3.3.4. ロストモーション

- ・駆動部品と駆動ギアとの間に生じる隙間が原因で生じるバックラッシュなどが原因で生じるロストモーションは、次のように定義する。任意の位置に対して、正の向き（モータ回転 CW 方向）から位置決めし、その位置を測定する。さらに正の向きに移動させた後、負の向き（モータ回転 CCW 方向）に同量の指令を与え移動させて位置決めし、その位置を測定する。さらに負の向きに移動させた後、正の向きに同量の指令を与え、移動させて位置決めし、その位置を測定する。この位置決め測定を、正の向き・負の向きそれぞれ複数回行い、停止位置の平均値の差を求めた最大値とする。

3.3.3.5. 再現性（繰り返し位置決め精度）

- ・同じ方向からの任意の一点（基準とする測定点）に位置決めし、その位置を測定する。この測定点に対して複数回の測定を行い、その最大差を求める。この操作を所定の位置で行い、求めた値の最大値の 1/2 に±を付けた値を、繰り返し位置精度とする。

3.3.3.6. 真直度

- ・基準位置から一方向に順次位置決めを行い、それぞれの位置での垂直方向、水平方向の変位長さと基準位置との差を測定し、測定値の始点・終点を結んだ直線から変位の最大差を真直度とする。

3.3.3.7. 円周振れ

- ・データム軸直線に対して垂直な円形平面であるべき対象物をデータム軸直線の周りに回転したとき、その表面が指定した位置又は任意の位置で指定した方向に変位する大きさ部品を回転させたときの任意の円周の一部の振れのこととする。
- ・回転軸に垂直な変位計で指定した部分の変位量を測定することで求めることとする。

3.3.3.8. 偏心（同心度）

- ・部品の中心と同一中心上にあるべき点の部品の円中心からのずれの大きさのこととする。
- ・テーブルを 1 回転させ、回転軸の水平方向の変位を測定し、その測定値の最大差を偏心とする。

3.3.3.9. 面振れ

- ・テーブルを 1 回転させ、上面の外周付近で上下方向の変位を測定し、その最大差を面振れとする。

3.4. 真空

3.4.1. 真空度

- ・真空度の計測はポンプ内部など意図的な好条件における計測は認めない。

3.4.2. 真空機器内の部品類

- ・真空機器内で使用する部品類は真空内で放出ガスの少ない材料を用いること。必要に応じて、脱脂及び電解研磨などの処置を施すこと。

3.4.3. リークチェック

- ・リークチェックを行った場合は、その方法を事前に協議し担当者の承認を得ること。リークチェックを行う場合は測定機器、温度、湿度などの条件を記録すること。

3.4.4. 真空配管

- ・NW、ICF ミラーおよび調整機構取付用フランジは ICF 規格フランジと同等以上のメタルシールであれば採用を認める。なお、ICF 規格以外のメタルシールを用いる場合は、製造メーカー名、連絡先、型番、形状、材質等を明示し、入手方法を明らかにすること。
- ・取付用フランジのメタルシールが ICF 規格でない場合、粗引き用にバイトンの O リングもしくは角リングを添付すること。

3.4.5. 真空ポンプ

3.4.5.1. ロータリーポンプ、スクロールポンプの使用

- ・本施設内では、ロータリーポンプやスクロールポンプの使用を推奨しない。

3.4.5.2. 振動対策

- ・駆動部分のある真空ポンプを使用する場合は他の機器に振動などの影響を与えることを抑えるために、除震などの対策を講じること。

3.4.6. ベーキング

- ・目標とする真空度を達成するためにベーキングを行う必要がある場合は、以下の要件を満たすこと。

- リボンヒータを用いる場合は、AC200V 用とする。
- リボンヒータは、指定の標準のコネクタを取り付けること。
- リボンヒータ専用の端子台を取り付け、上記のコネクタの中継に使用すること。
- シースヒータを用いる場合は、電圧を明示し、系統ごとに同一電圧印加で制御できるように配線を工夫すること。
- ベーキング時には、シースヒータ、リボンヒータを問わず、真空セクションごとに指定する標準ベーキングコントローラとベーキング用コネクタのみにより取り合いできる構成とすること。
- ベーキングヒータを巻いた場合には、通線・絶縁試験を行うこと。
- ベーキングに関わる詳細については、別途用意する「ビームライン・ベーキング要領」に従うこと。

3.5. 制御

3.5.1. 開発環境

- ・制御系の開発環境として、以下の環境を推奨する。

3.5.1.1. OS

- ・Windows の場合

バージョンおよびエディション：Windows 10 Pro

追加パッケージ：適宜

- ・Linux の場合

ディストリビューション：Red Hat Enterprise Linux または互換 OS

バージョン：8 以上

追加パッケージ：適宜

3.5.1.2. コンパイラ

- ・コンパイラ：Visual Studio 2019、gcc、g++
- ・バージョン：適宜
- ・スクリプト言語
- ・言語：Python 推奨
- ・バージョン：3.6 以降

3.5.2. 通信規格

3.5.2.1. プロセス間通信

- ・プロトコル：MQTT (Message Queueing Telemetry Transport)
- ・バージョン：適宜

3.5.2.2. 機器通信

- ・Ethernet 推奨←加速器制御 EtherCAT (<https://www.ethercat.org/jp.htm>)

3.5.3. 通線

3.5.3.1. ケーブル

・配線工事はすべて端子台またはコネクタにより取り合う。ケーブルには別途定める命名規則に乗っ取ったタグを付けること。

3.5.3.2. 端子台、コネクタ

- ・タグ（名称シール）を付けること。

3.5.4. 19 インチラック

3.5.4.1. 扉

・扉を備える場合は、前面は鍵付きの透明な扉とすること、後面の扉は底面より 32cm 上部からの開閉式とする。

3.5.4.2. 側面および底面

- ・側面板は取り外し可能なものとし、ケーブルダクトは可能な限り底面に配置すること。

3.5.4.3. コンセント

- ・遮断機を備えること。アース端子、ロック機能を備えること。

3.5.4.4. 空冷ファン

- ・必要な場合、内部機器の盤内消費電力を考慮した空冷用ファンを備えること。

3.5.5. 操作パネルの配色

- ・JISZ9101：図記号－安全色及び安全標識－安全標識及び安全マーキングのデザイン通則に従うこと。

3.5.6. アラーム

・警報音は JISS0013：規格名称「高齢者・障害者配慮設計指針－消費生活製品」の報知音に従うこと。

4. 作業等

4.1. 品質管理

・本設備の制作に係る設計・製作・据付け等は、全ての工程において、以下の事項等について十分な品質管理を行うこととする。

- 管理体制
- 設計管理
- 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

4.2. 現場作業の工程管理

- ・施工工程を発注担当者の指定する期間で管理し、実績及び予定を報告すること。
- ・長期の施工工程については作業内容毎に予定を立て、予め報告すること。

4.3. 作業報告

- ・作業進捗状況に遅れが生じている場合は、速やかに担当者に報告すること。
- ・作業日誌を A 4 用紙 1 枚等にまとめ現場責任者名において毎日報告すること。当日中であれば電子メール等での報告でもよい。
- ・日誌には、少なくとも立入業者名、作業内容、進捗状況、事故の有無が記載されていること。

4.4. 機密保持

・受注者は、本業務の実施にあたり、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。

4.5. 安全管理等

4.5.1. 一般事項

- ・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、作業着手に先立ち担当者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。

4.5.2. 現地作業

- ・現地作業を実施する場合は、事前に作業工程表を提出して確認を得ること。
- ・工事用仮設建物を設置する場合には、予め所定の部署と連絡をとり指示を仰ぐこと。
- ・作業責任者をおき、発注者の所属する機関における作業安全に係る規定、規則等の遵守を図り、災害発生防止に努めること。
- ・作業は、発注者の所属する機関の勤務時間内に実施すること。ただし、緊急を要し担当が承諾した場合は、所定の手続きを経た上で業務時間外に実施することができる。
- ・他の機器、設備に損害を与えないよう十分注意すること。万一そのような事態が発生した場合は、遅滞なく担当者に報告し、その指示に従って速やかに現状に復すること。
- ・作業員は、十分な知識及び技能を有し、熟練した者を配置すること。また、資格を必要とする作業については、有資格者を従事させること。
- ・構内への入退域及び物品、車両等の搬出入にあたっては、所定の手続きを遵守すること。
- ・現場作業責任者は作業員がいる間は常に担当者と連絡がとれるようにしていること。担当者の指示に従って連絡手段を講じること。
- ・高所作業に当たっては所定の安全ベルト・ヘルメットを着用し、専用の階段あるいは足場を使うこと。
- ・万一、事故が発生した場合には人的安全措施を取り、速やかに担当者に連絡をとること。事故報告書を作成の上、発生日の翌日中に提出すること。
- ・作業は必ず現場作業管理者の管理のもと複数人で行うこと。

4.5.3. 梱包・輸送

- ・製品を傷つけないように、適切に梱包・輸送すること。
- ・真空チェンバには、輸送用フランジを取り付け、内部を超高純度窒素で充填する、外面を清浄なポリエチレン袋で密封し、袋内に脱酸素剤を入れるなどの処理を行い、据え付けまでの保管中に損傷、汚染、腐食、さびなどが発生しないように梱包すること。

4.5.4. 搬入

- ・実験ホール内へは、表2のような搬入口が利用可能である。それぞれの搬入口に侵入可能

なトラックも併せて別表に示しているので参考にすること。

- ・搬入・搬出作業予定は、事前に担当者と日程調整等を行うこと。
- ・原則として土日、休日、早朝、夜間の搬入は避けること。
- ・人力のみで移動できない物品の搬入にあたっては、搬入計画を事前に提出すること。
- ・搬入時には雰囲気的清浄性を保持するため、床・壁・雰囲気保護のための措置を講じること。
- ・梱包材等廃棄物はすべて持ち帰り、適正な処分を行うこと。
- ・環境対応物品を極力用い、梱包材などは性能に支障を来たさない範囲で再利用を積極的に推し進めること。
- ・産業廃棄物を処理した場合には、マニフェスト制度に則り適正に処理したことが確認できるようマニフェスト伝票を提出するよう求める場合がある。

4.5.5. クレーン及びフォークリフト等重機類

- ・本施設にはフォークリフトは整備されていない。そのことに留意して搬入計画等を立てること。
- ・実験ホールには耐荷重 2.8 t、揚程 7.0 m の床上クレーンがある。このクレーンの長期間にわたる専有は不可能である。使用する場合には事前に使用計画書を提出し担当者の指示に従うこと。
- ・実験ホールにフォークリフト等の重機を持ち込む場合は担当者の許可を取り原則として電動式とすること。
- ・フォークリフト等を使用する場合は、所謂白タイヤを使用するなどして床面を汚さぬこと。
- ・クレーン操作ならびに玉掛作業などにあたっては安全ヘルメットを着用の上、十二分に作業に精通した所定の法的免許保有者・有資格者が行うこと。
- ・クレーンやフォークリフトによって人を吊ったり足場としたりしてはならない。

4.5.6. 養生

- ・周辺に設置されている機器への粉塵・漏水等がなきよう防護策を講じること。
- ・隣接するビームライン及び搬入経路にあたるビームラインや実験ホールに騒音、粉塵、臭いなどの影響を与えないように極力留意して作業すること。万一、どうしてもこれらを避け得ないと予想される場合には、実施期間、現場責任者名、連絡先を明記した立て看板を現場に設置し、周知を図ること。
- ・実験ホール内に持ち込むシート等は防炎性のものを用いること。
- ・作業に必要な工具、用具などは施工業者によって準備すること。

4.5.7. 溶接及びグラインダー等作業

- ・現場での溶接、グラインダー作業、などは極力避ける設計とすること。止むを得ずこれらの作業を行う場合は、理由を付して担当者に届け出た後、周囲の雰囲気を汚さない措置を必ず講ずること。

- ・原則として全方向を囲う蔽いを用いること。

4.5.8. はつり作業

- ・粉塵、騒音などの防止に十分考慮すること。
- ・全方向を囲う蔽い内で十分な散水を行いながら作業し、蔽い外への排気は防塵フィルターを通して行うこと。
- ・ペンキ等の可燃物の管理を注意深く行い、溶接火花等を含む火気を近づけないこと。

4.5.9. 感染症対策

- ・現地で作業を行う作業員は、十分な感染症対策を行い、体調が不良のものは基本的に作業を行ってはならない。

4.5.10. 常時電源接続機器

- ・常時電源接続機器の運転を行う場合は、事前に担当者に機器と運転期間を協議し担当者の承認を得るとともに、機器の付近に運転期間と連絡先を掲示すること。

4.5.11. 接続試験

- ・通電、通水などの接続試験は、担当者立会いの下行うこと。試験に合格しない場合は規定を満たすように対処すること。
- ・通水前は、フラッシング処理を行うこと。+

表 2：搬入口

搬入口の名称	クレーンのサイズ	シャッターのサイズ	搬入可能なトラック
外周搬入室 (北東部)	耐荷重：2.8t 揚程：5.0m	W3500mm、 H4100mm	全長13m、全幅2.5m、全高3.8m
実験ホール用搬入組 立調整室（南西部）	耐荷重：20t 揚程：6.88m	W6100mm、 H4100mm	全長15m、全幅3m、全高3.8m 積載16tのトレーラー