

クライオポンプ制御装置の整備

Control system for cryopump

仕様書

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
那珂フュージョン科学技術研究所
トカマクシステム技術開発部
JT-60SA マグネットシステム開発グループ

第1章 一般仕様

1. 件名

クライオポンプ制御装置の整備

2. 目的

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。）は、JT-60SA における加熱実験に向けて、本体付帯機器の整備を実施する。本件では、本体付帯機器整備の一環として、真空容器内の真空度向上を目的として JT-60SA の本体真空容器内に増設されるクライオポンプについて、ヒーター出力の制御システム（以下「ヒーター制御システム」）の整備を行うものである。

3. 業務内容

- | | |
|------------------|----|
| (1) ヒーター昇温器用盤の整備 | 一式 |
| (2) 温度計測器盤の整備 | 一式 |
| (3) 分電盤の整備 | 一式 |
| (4) 制御システムの整備 | 一式 |
| (5) 電力線の整備 | 一式 |
| (6) 機器の搬入・据付 | 一式 |
| (7) 配線作業 | 一式 |
| (8) 試験検査 | 一式 |
| (9) 書類作成 | 一式 |

4. 納期

令和8年2月27日

5. 納入場所

茨城県那珂市向山 801-1

（作業場所）

- QST 那珂フュージョン科学技術研究所実験棟増設部
- QST 那珂フュージョン科学技術研究所ヘリウム圧縮機棟

6. 納入条件

据付調整後渡し

7. 提出図書

表 1.7 の図書を遅滞なく提出すること。

表 1.7 提出図書一覧

提出図書	提出期限	部数	確認
全体工程表	契約後速やかに、工程に変更が生じた場合は、変更後速やかに	文書 3 部 電子ファイル	要
作業体制表	作業開始前、速やかに	文書 3 部 電子ファイル	不要
作業要領書	作業開始前、速やかに	文書 3 部 電子ファイル	要
作業報告書	作業終了後、速やかに	文書 3 部	要

		電子ファイル	
試験検査要領書	試験開始前、速やかに	文書 3 部 電子ファイル	要
試験検査成績書	試験終了後、速やかに	文書 3 部 電子ファイル	要
完成図書	納入時 (試験結果含む)	文書 3 部 電子ファイル	不要
議事録	打合せ内容の記録。 打合せ後、速やかに提出すること。	文書 3 部 電子ファイル	要
再委託承諾願 (QST 指定様式)	下請負等がある場合には、作業開始 2 週間前までに文書、電子ファイル 提出のこと	文書 3 部 電子ファイル	要
外国人来訪者票 (QST 指定様式)	入構の 2 週間前まで (外国籍の者、又は日本国籍で非居 住の者の入構がある場合提出するこ と)	電子ファイル	要
その他	QST が指示する書類 その都度 (詳細は別途協議)	文書 3 部 電子ファイル	

(提出場所)

QST 那珂フュージョン科学技術研究所 トカマクシステム技術開発部 JT-60SA マグネットシステム開発グループ

(確認方法)

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、受理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。ただし、再委託承諾願については、QST の確認後、書面にて回答するものとする。

提出する資料は、以下の書式を用いること。

文書、工程表： Microsoft 社製 Word、Excel、Adobe 社製 PDF

(電子ファイル)

提出物のうち電子ファイルは、「CD-R/DVD-R/電子メール/QST が契約後に提供するファイル共有システム」により提出すること。ただし、この方法によることができない電子ファイルについては、QST の情報セキュリティ実施規程等を遵守し、QST と協議して提出方法を決定すること。

8. 検査条件

作業完了後第 1 章 5 項に示す納入場所に据付調整後、員数検査、外観検査及び第 2 章 4 項に定める試験検査及び第 1 章 7 項に示す提出図書の合格、貸与品の返却の確認をもって検査合格とする。

9. 支給品及び貸与品

(1) 支給品

- ・ 本作業に必要な電力は、QST の指定するコンセント又は実験盤から無償で支給する。

(2) 貸与品

- ・ 機器設置に必要な図面、完成図書一式を無償貸与する。貸与方法は契約後、納品場所にて手渡しとする。

- ・ ヒーター昇温器用盤、及び制御システムを搬出するためのヘリウム圧縮機棟内クレーンを無償貸与する。

10. 適用法規・規格等

- (1) 日本産業規格（JIS）
- (2) 労働基準法
- (3) 労働安全衛生法
- (4) 電気事業法
- (5) 電気用品安全法
- (6) 電気工事士法
- (7) 日本電機工業会標準基準（JEM）
- (8) 日本電気規格調査会標準規格（JEC）
- (9) 日本電線工業会規格（JSC）
- (10) 日本電気協会規格内線規程（JEAC-8001）
- (11) 日本配電制御システム工業規格（JSIA）
- (12) 電気設備の技術基準の解釈
- (13) QST 所内諸規程、規則
- (14) その他受注業務に関し、適用又は準用すべき諸規格・基準

11. 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。

12. 安全管理

(1) 一般安全管理

現地作業は、下記安全管理に留意すること。

- ・ 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。

13. 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、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。

14. 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。

15. その他

本契約に関する作業関係者に外国人が含まれ、那珂フュージョン科学技術研究所に入構する予定がある場合は、速やかに QST に連絡すること。入構許可を有していない場合は、入構手続きを行い、那珂フュージョン科学技術研究所の入構許可が下りたことを確認して入構すること。外国人の入構手続きについて、手続き開始後、許可が下りるまで通常 2 週間程度を要する。また、許可が下りない場合もありうる。

第2章 技術仕様

本章では、第1章3項に示す業務内容に関する技術仕様について述べる。

1. 技術仕様概要

ヒーター制御システムは、クライオポンプに取り付けられたヒーターの出力を制御するシステムである。設置時の機器の配置は図2.1に示すとおりである。

本件は、ヒーター、温度計測機器、分電盤の製作、据付と盤の据付、配線、試験検査を実施するものである。

本整備を実施するにあたり、受注者工場に機器を持ち出して作業を行う場合、QST と協議し、所定の持ち出し手続きを行い、受注者の責任で搬入・搬出すること。

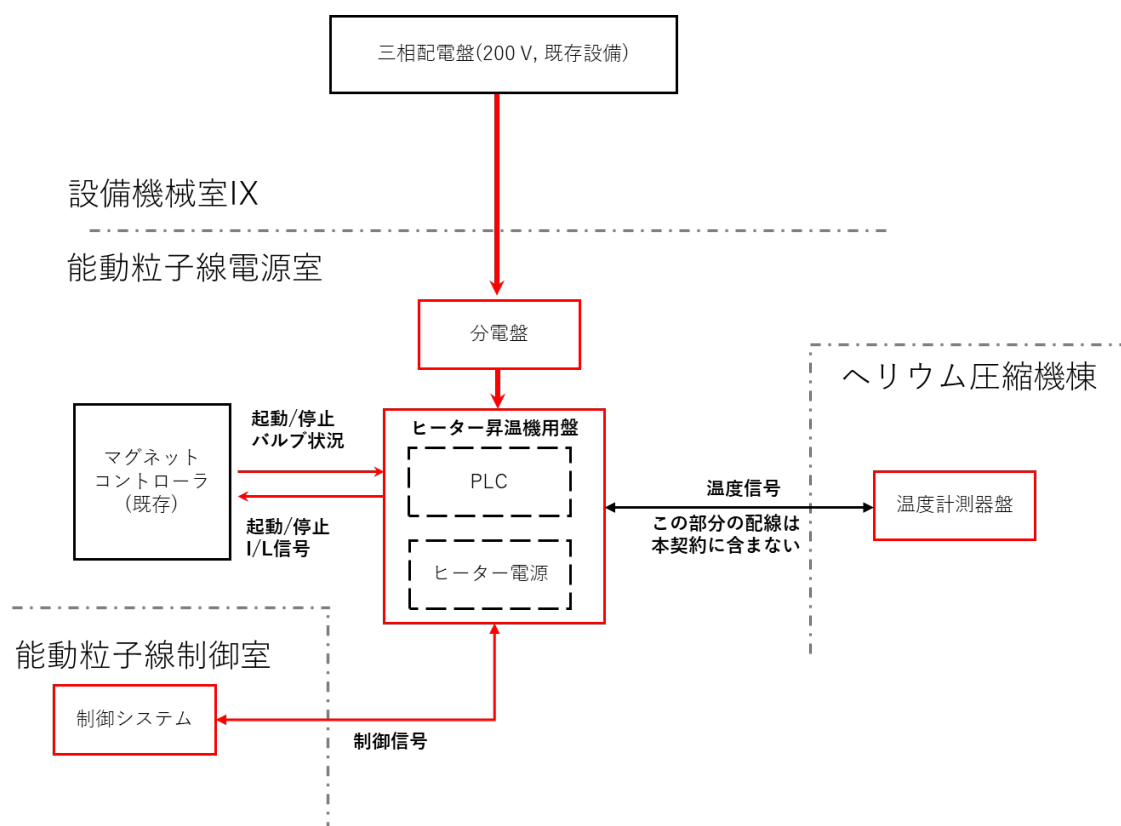


図 2.1 クライオポンプヒーター昇温器システム構成図

2. 整備内容

2.1. ヒーター制御システムの共通事項

ヒーター制御システムを構成する各機器は、以下の環境で動作する。

【システムの動作環境】

制御コントローラ：三菱 R16PCPU (PLC)

計装システム用ソフトウェア：GX Works 3 (Ver 1.105K 以上)

制御機器用ソフトウェア：PX Developer Version 1 (Ver. 1.58L 以上)

2.2. ヒーター昇温器用盤の整備

ヒーター昇温器用盤は、72 点の温度値を入力し、36 点のヒーター出力を PID 制御するものである。構成は 2.1 に示す PLC 及びヒーター昇温用の電圧制御機器 (AKON 製 AK100W-SVR-

24) がヒーター1点分実装されている。

既設ヒーター昇温器用盤に、以下の仕様を満たす電圧制御機器を製作して設置すること。

- AKON 製 AK100W-SVR-24 又は相当品であること。
相当品の場合は以下を満たすこと。
- ヒーターの出力制御方法は電圧制御であること。
- ヒーターに対して、1 系統あたり最大 225W の出力が可能であること。
- PLC から信号を受け取り、表 2.2-1 に示すヒーターに対して電圧信号を出力すること。
- 盤の形状は幅 700mm、奥行 800mm、高さ 2000mm である。盤内に必要員数分実装可能なサイズであること。
- 電圧制御機器を盤内に実装した際に、盤裏面又は表面から配線が可能であること。

電圧制御機器員数：36 チャンネル分（内 1 チャンネルは既設）

制御対象：表 2.2-1 を参照

表 2.2-1 制御対象のヒーターの仕様

種別	シース発熱体
発熱体素材	NiCr 80/20
シース素材	SUS316L
発熱体長さ	2040mm
抵抗値	12.5Ω/m (±10%)
通常出力	50W/個
最大出力	225W/個

2.3. 温度計測器盤の整備

以下の仕様を満たす盤を製作すること。

尚、本盤の据付は仕様外とし、車上渡しとすること。

【盤の基本仕様】

- 盤は盤本体及びチャンネルベースから構成される。
- 盤本体とチャンネルベースはボルトで固定すること。
- 盤本体とチャンネルベースは絶縁板(厚さ 10mm)で電氣的に絶縁し、設置場所床面にアンカーボルトで固定できる構造とすること。
- 盤本体に、接地端子を設けること。
- 入力及び出力ケーブルは上面に設置する異なる引き込み用貫通口から盤内に引込むこと。
- 盤面に「制御電源入/切」の表示ランプを設けること。
- 盤の前面上部にネームプレート（盤名称）を設けること。
- 盤内の計測器は、前面からメンテナンスを実施することを想定すること。
- 盤内に収納する計測器の取付け位置には、タグ No.（ステッカー）を貼り管理すること。盤をクレーンで吊り上げるために、上面コーナーにアイボルト（4 個）を設けること。
- 盤寸法の許容差と直角度の公差は日本配電制御システム工業会規格（JSIA 113）に準

抛すること。

【盤の設置環境】

- ・ 据付周囲の磁場環境は最大で 0.1T である。適した磁気シールドを装備すること。
- ・ 中性子環境は最大 20 kGy であるため、影響を考慮した設計であること。
- ・ 水平 0.4G の地震力を想定すること。

【内容物及び盤の寸法】

- ・ 盤寸法：幅、奥行き、高さがそれぞれ 700mm x 800mm x 2000mm を超えないこと。
- ・ 温度計測器の仕様：PLC に対して 4-20 mA DC 出力できるものとする。温度計測機器員数は 72 チャンネルとすること（内 1 チャンネルは既設）。
- ・ 測定方法は定電流 1mA 通電とし、抵抗値により温度を測定すること。
- ・ 測定する温度は 20K から 500K までの範囲とする。動作温度レンジ内で較正可能な仕組みとすること。

制御対象：表 2.3-1 を参照

尚、PT100 は一般的に 20K 以上で使用されるが、本システムでは 20K 未満の温度帯域でも使用する。動作温度レンジ内で温度計測値を較正可能な仕組みとすること。素子の較正曲線は QST が提示する。

表 2.3-1 制御対象の抵抗温度計のパラメータ

種別	シース抵抗温度計
素子素材	PT100
シース素材	SUS316L
素子長さ	35mm
運転電流	1mA 一定
測定法	4 端子測定法

2.4. 制御システムの整備

既存制御システム用ソフトウェアの機能追加のため、ヒーターの制御を行うためのソフトウェアを整備すること。また、2.1 に記載する制御システム用ソフトウェアを動作させるためのハードウェアを整備すること。制御システムは制御用計算機及びヒーター昇温器用盤とハードウェア間の配線で構成される。

制御用計算機は以下の機能をもつ。

- ・ 操作画面の表示及び操作が可能であること。
- ・ 計測データや警報データを含む運転データの記録が可能であること。
- ・ ヒーター出力の調整及び昇温速度や目標温度の設定が可能であること。
- ・ PLC ソフトウェアの変更が可能であること。
- ・ 保護インターロック信号の送受信機能。

保護インターロック信号の出力条件、操作画面の設計は、契約後 QST と協議する。

ヒーター出力の調節では、目標温度を維持すること、さらに目標温度までの昇温速度は 50K/h 以下となるように制御すること。

制御点数：ヒーター36 点、読み込み温度点数：72 点

制御内容

表 2.2.3-1 に示す抵抗温度計から温度値を読み取り、表 2.2.2-1 に示すヒーター出力を調節すること。

運転温度：3.6K～500K

昇温速度：50K/h を超えないこと

目標温度：80K、200K、300K、500K

2.5. 分電盤の整備

供給可能な電力は三相 200V だけであり、温度計測器盤、制御装置など 100V 用の機器に対応するため分電盤で変圧、さらに分電するための盤を新たに製作すること。

【盤の基本仕様】

2.3. 温度計測器盤の製作に示す盤の基本仕様事項に準ずること。

【盤の設置環境】

- ・ 磁場、中性子環境ではない。
- ・ 水平 0.4G の地震力を想定すること。

【内容物及び盤の寸法】

幅、奥行き、高さがそれぞれ 600mm x 800mm x 2000mm を超えないこと。

分電盤では AC200V から AC100V への降圧を行えること、さらに表 2.2.5-1 に示す分電機能を有すること。

表 2.5-1 分電盤の分電機能

機器名称	系統名	電圧	場所
クライオポンプ用ヒーター制御機器分電機能	MCB 主幹	三 相 AC200V	能動粒子線 電源室
	MCB01 温度計測機器用電源	AC100V	
	MCB02 電源室計測盤用制御電源(1)	AC100V	
	MCB03 電源室計測盤用制御電源(2)	AC100V	
	MCB04 電源室計測盤用制御電源(3)	AC100V	
	MCB05 VB02, 07 用バルブ操作盤用制御電源	AC100V	
	MCB06 VB06, 11, 09 用バルブ操作盤用制御電源	AC100V	
	MCB07 コンセント 100 V 回路 (2 回路)	AC100V	
	MCB08 予備スペース	AC100V	

2.6. 電力線の整備

実験棟増設部、設備機械室(IX)の三相配電盤(図 2.2.6-1) から AC200V の電力線を能動粒子線電源室に導入すること。必要なケーブルは受注者が用意すること。

表 2.6-1 に対象となる電源を示す。2.5 で製作する分電盤から、既存の電線管及びケーブ

ルラックを使って、設備機械室(IX)の三相配電盤(AC200V)までケーブルを敷設し接続すること。

敷設する電源線は、信号線とは可能な限り離して敷設し、金属セパレータで分離すること。
能動粒子線電源室～設備機械室(IX)間のケーブル敷設において、既存の電線管では十分でない場合、既存の電線管に沿って新設すること。このとき新設する電線管は、IV線にて設置電位とすること。

表 2.6-1 制御電源の取合い一覧

No.	系統名	取り合い機器名	ケーブルルート
1	制御電源 AC200V系	三相配電盤(200V)～配電盤	設備機械室(IX)～能動粒子線電源室

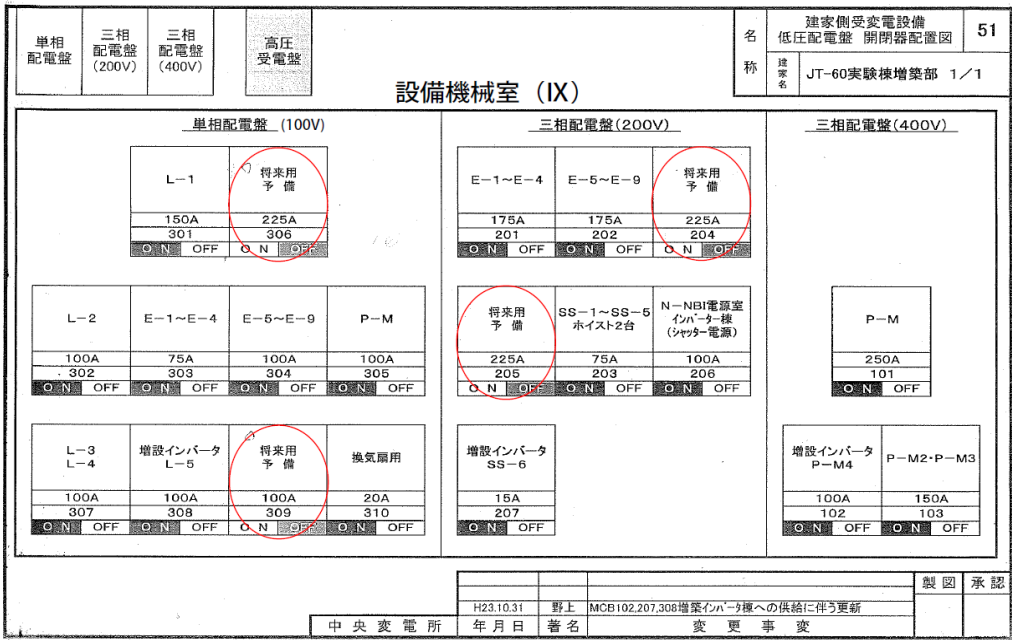


図 2.6-1 低圧配電盤開閉器配置図 (JT-60 実験棟増設部設備機械室 (IX))

2.7. 機器の搬入・据付

2.2 で整備したヒーター昇温器用盤及び 2.4 で整備した制御システム、2.5 で整備した分電盤を実験棟増設部能動粒子線電源室に搬入すること。建屋外から見た搬入口は、図 2.7-1 に示すシャッターである。盤上面に設けたアイボルトを使用してクレーン車で吊り上げる。図 2.7-1 右上部に見える昇降機は使用不能なため、クレーン車は受注者が手配すること。

シャッター開口部は幅 3.5m、高さ 5.2m である。搬入の際はバルコニー部の耐荷重制限 1,000kg に注意すること。

盤を搬入する際は、塵、埃、雨水、傷等を防ぐためにビニールシート等で養生を行なうこと。

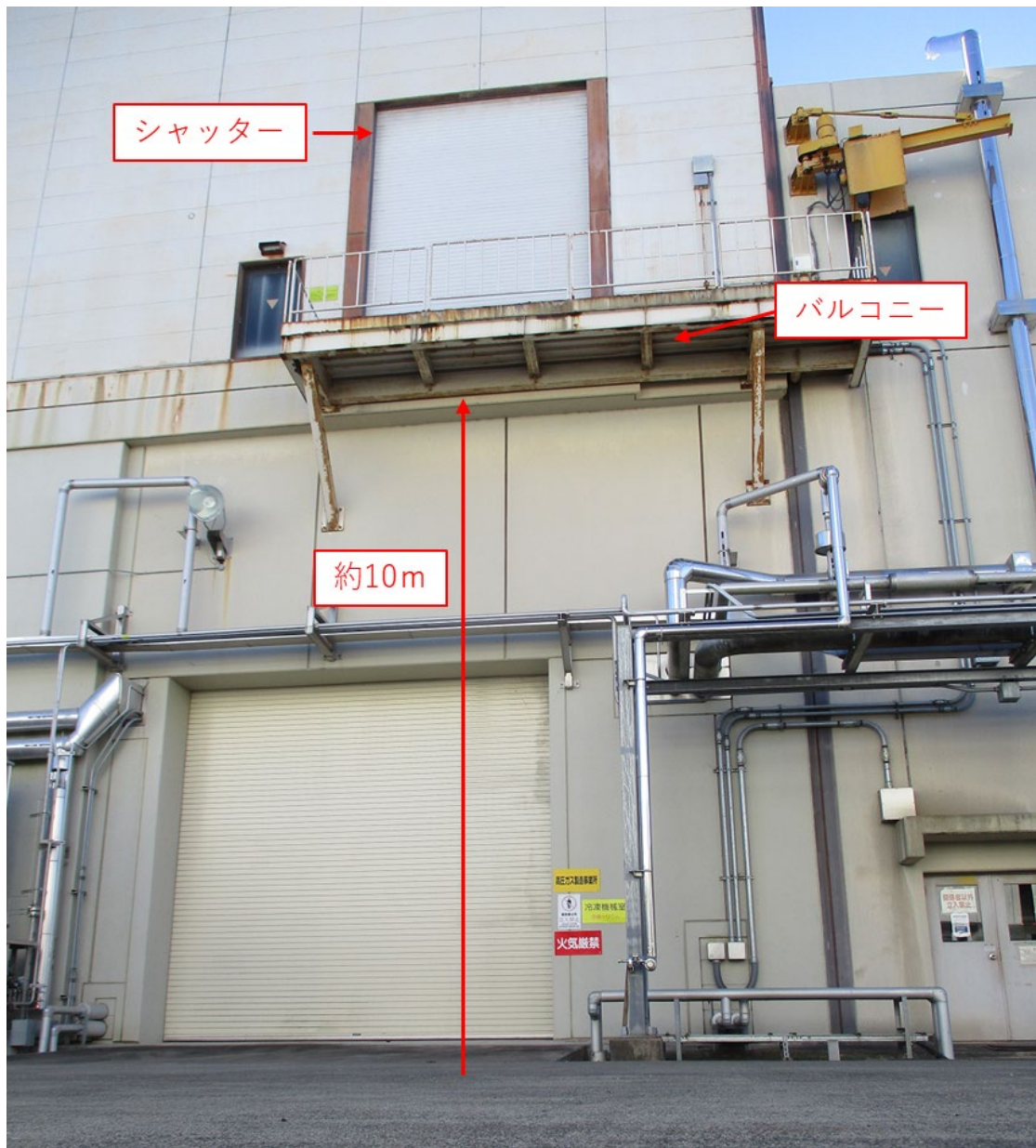


図 2.7-1 能動粒子線電源室の搬入口

能動粒子線電源室内に搬入後、図 2.7-2 に示す位置にヒーター昇温器用盤、分電盤を据え付けること。据付にあたり以下の点に注意すること。

- JT-60 実験棟増設部能動粒子線電源室内及び屋外ステージ（2 階）の搬入経路の床面をベニヤ板等で養生すること。
- 建家内の盤の移動は、チルローラー又はハンドリフター等を使って、所定の据付位置に移動すること。
- 盤の据付け位置は、周辺機器との保有距離（盤の前面、背面）、保守点検スペース、管理動線の確保等を考慮し、実測して決定するものとする。
- 盤の据付けは、盤面の直線性、垂直・水平性を考慮して、チャンネルベースを床面にアンカーボルトで固定すること。盤本体とチャンネルベースは絶縁板（厚さ 10 mm）で電氣的に絶縁しボルトで固定すること。

- 計側盤は、能動粒子線電源室内の基準接地端子盤（151ETP4F3）から IV 線にて接地電位とすること。

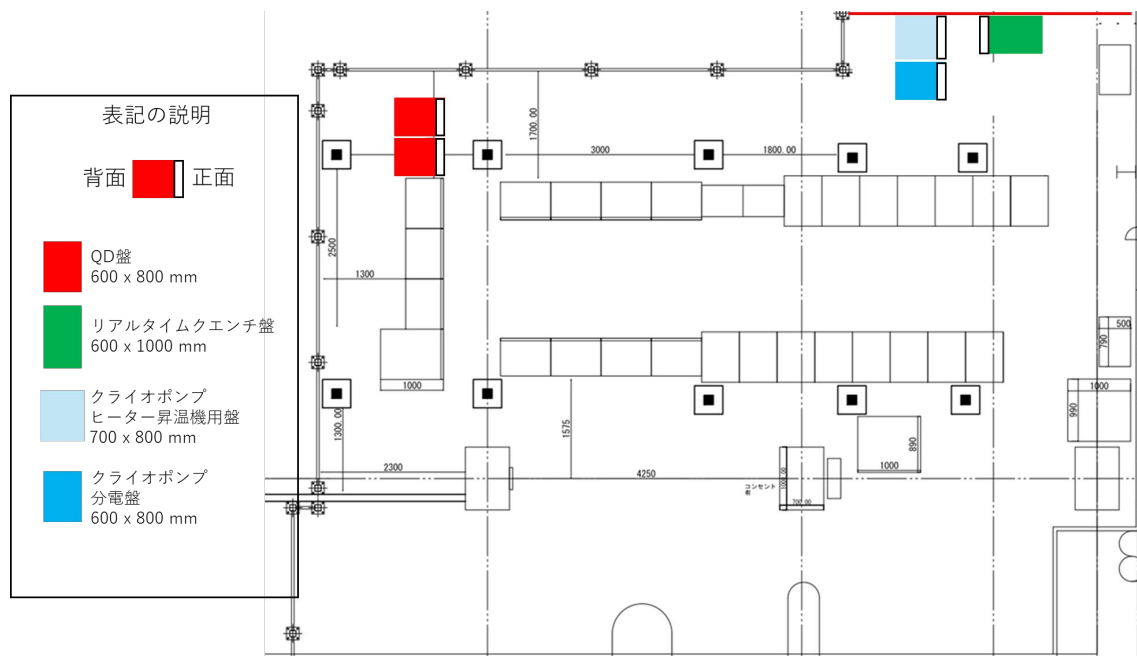


図 2.7-2 ヒーター昇温器用盤及び分電盤の設置場所

制御システムを能動粒子線制御室内に搬入すること。設置位置は、周辺機器との保有距離（盤の前面、背面）、保守点検スペース、管理動線の確保等を考慮し、実測して決定するものとする。

2.8. 配線作業

盤間の配線作業の範囲は図 1 に示す赤矢印線である。作業範囲に示すとおり配線を敷設すること。配線敷設にあたり以下に注意すること。

- 信号ケーブルの敷設と盤間の配線接続を行なうこと。
- 電源ケーブルのつなぎこみを行うこと。
- 結線図は受注後 QST から提示する。
- 敷設するケーブルは、既存のケーブルトレイを使用すること。
- 能動粒子線電源室、能動粒子線制御室間の配線については、既存のケーブルトレイが能動粒子線電源室搬入口の上部（図. 2.8-1）にあり、ケーブル敷設の際に高所作業車を使用する点に留意すること。

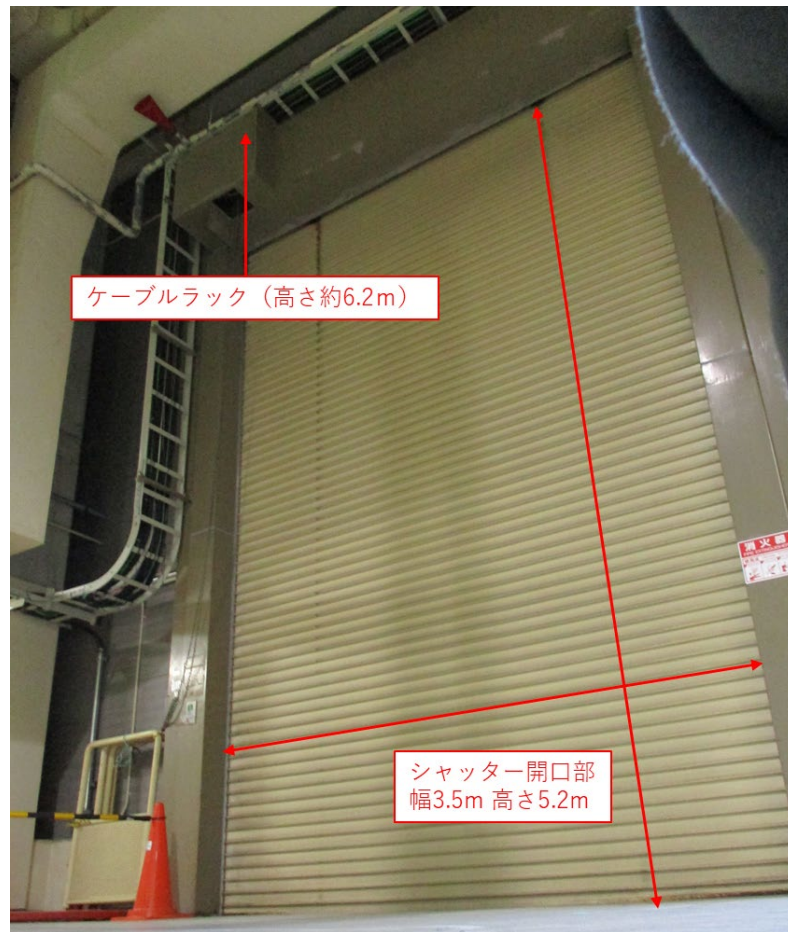


図 2.8-1 搬入口上のケーブルラック

3. 打合せ及び立ち合い

- (1) 本契約に関する打合せは、定期的に QST 又は受注者施設において設けるものとし、1～2 か月に 1 回程度の頻度で実施する。
- (2) 本契約に基づく整備及び検査には、受注者の合意に基づいて、QST は随時立会いできるものとする。
- (3) QST が、前項に定める立会いを行う場合は、受注者へ事前に連絡するものとする。
- (4) QST が立会いに当たり現場の写真撮影の必要性を認めた場合は、受注者の許可の下に、QST が撮影できることとする。また、QST が必要と認めた第三者についても、文書による 3 日以上予告をもって、作業及び検査を視察できるものとする。

4. 試験検査

受注者は試験検査要領書に基づいて、受注者工場内において表 2.4 試験検査表に示す盤単体試験及び模擬ヒーターを使用した統合試験を実施し、その結果を試験検査成績書として QST に提出すること。納入時の検査は QST が実施し、受注者は納入時の検査の結果を完成図に含めること。

表 4-14 試験検査表

試験項目	合格条件	試験場所
外観検査	仕様通りであること。	受注者工場 納入場所
外観寸法検査	仕様通りであること。	納入場所
絶縁抵抗測定検査	低圧回路が DCV500 において、 $50\text{M}\Omega$ 以上の対地絶縁抵抗を有すること。	受注者工場 納入場所
盤内部配線の整線状態確認	全配線の固定方法、端子台への接続方法が図面通りであること。	受注者工場 納入場所
遮断機の保護連動試験	補助電源(UPS)断、扉開、ファン停止時の保護動作が設計通りであること	受注者工場 納入場所
統合連動試験	製作した盤に模擬温度計と模擬ヒーターを使用して、温度計の入力値、ヒーターの出力値が設計通りであることを確認する。	受注者工場 納入場所

選定理由書

1. 件名	クライオポンプ制御装置の整備
2. 選定事業者名	株式会社テクノエーピー
3. 目的・概要等	本件は、JT-60SA におけるプラズマ実験に向けて実施している付帯機器整備の一環として、プラズマ真空容器の真空排気を行うクライオポンプについて、昇温運転を行うために用いるクライオポンプ制御装置の整備を行う。
4. 希望する適用条項	政府調達に関する協定その他の国際約束に係る物品等又は特定役務の調達手続について第 25 条第 1 項第 3 号② (その他既調達物品等に接続して使用し又は提供させる物品等又は特定役務)
5. 選定理由	本件において整備対象となるクライオポンプ制御装置は、クライオポンプの昇温運転を行うための機器であり、使用する電熱線や温度計の特性にあわせて設計・製作する必要がある。クライオポンプはヤシ殻活性炭を塗布したパネルで構成される機器で、マイナス 269℃の温度環境で運用し、定期的に昇温・再冷却を行うため、クライオポンプ制御装置により制御を行う。不適切な運転を行うと、クライオポンプの破損が考えられるため、クライオポンプ制御装置は白金温度計を使用して温度監視を行うことで温度変化が大きくなれば電熱線の出力を調節する機能を有しており、設備を保護するための重要な装置である。 クライオポンプは、QST が JT-60SA 用に開発・試験を進めてきた機器であり、本件で整備するクライオポンプ制御装置は、テクノエーピー(株)が設計・製作し、QST における運用でその性能を確認しており、本件ではその機能の追加整備を実施する。当該クライオポンプ制御装置の詳細設計情報はテクノエーピー(株)が所有し、公開されていないため、同社以外では互換性を有する機器を製造することができない。 以上のことから本件は、既存の設備機器の更新、改修、点検保守(維持管理)等、当該設備機器の特殊性や互換性の確保の観点から、テクノエーピー(株)でなければ実施できないため、同社を選定事業者とすることとしたい。