

# 仕 様 書

## 1 件名

量子メス用真空装置の製作及び設置

## 2 数量

1 式

## 3 目的

量子科学技術研究開発機構(QST)では重粒子線がん治療の更なる高度化・高精度化を目指した量子メスと呼ばれる装置の開発が行われており、現在、超伝導シンクロトロン加速器をはじめとした装置の製作が進められている。入射器、及び、新治療研究棟内のビームトランスポートラインは既存のものを使用するため、本件では、それら装置間を接続する中エネルギービーム輸送ライン系 (MEBT 系)、及び、高エネルギービーム輸送ライン系 (HEBT 系) の真空装置と必要なコンポーネントを製作する。

## 4 納入期限

- (1) HEBT 用スクリーンモニタ他 (表 2 中 60,61,63,64,65)・・・令和 8 年 8 月 15 日  
ただし装置の製作は令和 8 年 7 月中に終えて指定日に納入すること
- (2) (1) を除く真空装置、制御盤等および設置等作業・・・令和 9 年 3 月 31 日

## 5 仕様

以下に示した真空装置と必要なコンポーネントの設計・製作を行うこと。

### 【MEBT 系】

#### ① MEBT 用スクリーンモニタ

本装置は蛍光板に重イオンが衝突した時の発光を観測することで、ビームの位置やサイズ等を測定するためのものである。

- ・ 台数: 5 台

#### 【主な性能】

- 蛍光板材質はデマルケスト社製アルミナ蛍光板とする。
- 蛍光板はビーム軸に対し 45 度傾けて設置でき、蛍光板に対し垂直に設置した CCD カメラで観測する構造とする。
- 受光部は CCD カメラとする (支給品)。
- 蛍光版を取り付けるフレーム及び、有感領域の外形は図 1 のしたがること。

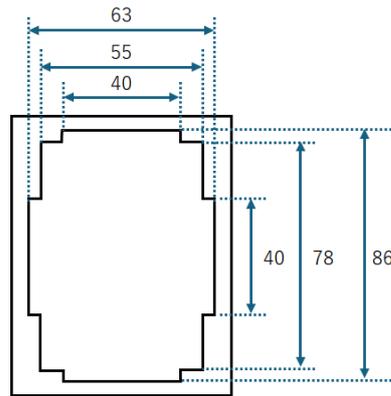


図1： 蛍光版のフレーム及び有感領域のサイズ

<その他>

- 圧縮空気にてビームライン上への挿入・退避の遠隔操作が可能であること。圧空電磁弁を備えること。挿入・退避の状態を遠隔監視するためのリミットスイッチを備えること。
- 上記信号をやり取りするための端子台を備え、装置から端子台までの配線を行うこと。
- アライメント用のケガキ線を備えること。
- ベローズは単体交換可能な構造とすること。
- カメラ中心からスクリーン表面までの距離は  $378.5 \pm 30\text{mm}$  とすること。

② MEBT 真空排気装置設置部の真空容器及び設置用架台

MEBT ビームラインの真空排気を行うためのターボ分子ポンプ、ロータリーポンプ、真空計を取り付けるための真空容器とそれらを適切に収めるための架台

- ・ 台数 3 台

【主な性能】

- 真空容器にはリークバルブ1つ、真空計2つ、152のゲートバルブ1つが取り付けられるポートを設けること。
- リークバルブ、ゲートバルブ、真空計、ターボ分子ポンプ、ロータリーポンプおよびゲートバルブから下流のフレキ等の物品は当機構から支給する。

③ 真空容器及びビームダクト及び、架台

- MEBT ビームライン全体を真空中に保つためのもので、単管やベローズの他に、絶縁ダクト、スクリーンなどを収納し真空中で駆動させる機構とそれらを支える架台を含む。想定されるビームラインを図2に、ビームダクト長を表1に示す。磁

石やシンクロトロン近辺等は設計が終わっていないため、それらの区間は設計が固まった段階で真空機器に関する設計、協議を行うこと。

- 偏向磁石用のダクトおよび SCN2, 4 の架台は磁石と同時に製作され、本契約では不要。SCN1, 3, 5 の架台は製作必要で別途製作されるステアリング電磁石を所定の位置に設置できること。また、STH7/STV7 用の磁石の位置調整機構を有する架台を製作すること。円形導管を支えるための架台は 6 台製作すること。ビームライン高さは 1250 mm である。床面の凹凸を吸収できるように、位置調整機構に十分な調整幅を備えること。
- MEBT\_VPU2 より下流のダクト、真空箱はプリベークを行い、超高純度窒素を充填した状態で納入すること。
- MEBT\_BM2 下流のチェンバには  $\phi 20$  mm のオリフィスを入れること。
- ベローズは全て溶接ベローズとすること。

#### 【主な性能】

- プリベークしない区間ではダクト内壁面からのガス放出速度が  $10^{-6}$  Pa · m<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup>、プリベークする区間は  $3 \times 10^{-7}$  Pa · m<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup> 程度となること。
- ビーム通過部分は  $\phi 58$  以上を確保し、四極電磁石のダクトは  $\phi 60.5$  を超えないこと。
- ビームモニタを装着するための真空箱はアライメント調整機構を備えること。

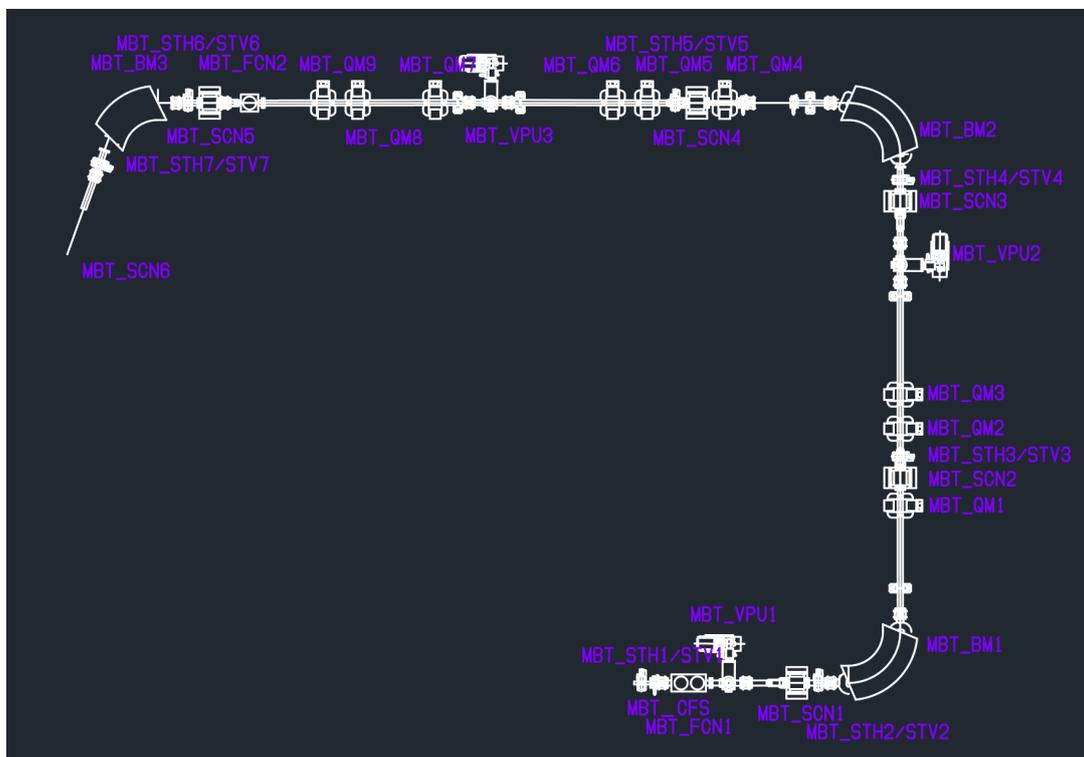


図 2 : MEBT 真空系概要図

表 1: MEBT 真空容器の全長とフランジサイズの目安、灰色行物品は支給する。

番号	要素名	L [mm]	フランジサイズ(mm)
1	円形導管	204	70-114 回転
2	GV1	70	114-114
3	ベローズ 1	100	114-114
4	荷電変換膜 ファラデーカップ	517	114-114
5	MEBT_VPU1	358	回転 114-114
6	ベローズ 2	100	114-114
7	円形導管	313	回転 114-114
8	絶縁ダクト	100	114-114
9	MEBT_SCN1	250	114-114
10	円形導管	219	回転 114-114
11	ベローズ 3	100	114-114
12	MEBT_BM01 チェンバ	1255	114-114
13	ベローズ 4	100	114-114
14	円形導管	1420	114-114 回転
15	MEBT_SCN2	250	114-114
16	円形導管	2114	回転 114-114
17	ベローズ 5	100	114-114
18	MEBT_VPU2	358	114-114
19	ベローズ 6	100	114-114
20	円形導管	316	114-114 回転
21	MEBT_SCN3	250	114-114
22	円形導管	191	回転 114-114
23	ベローズ 7	80	114-114
24	MEBT_BM02 チェンバ	1255	114-114
25	ベローズ 8	100	114-114
26	円形導管	350	114-114 回転
27	GV 2	70	114-114
28	シンクロトロンチェンバ	不明	114-114
29	ベローズ 9	100	114-114
30	GV3	70	114-114
31	円形導管	444	114-114 回転
32	MEBT_SCN4	250	114-114
33	円形導管	1759	回転 114-114
34	ベローズ 10	100	114-114
35	MEBT_VPU3	358	114-114
36	ベローズ 11	100	114-114
37	円形導管	2589	114-114 回転
38	ファラデーカップ 2	396	114-114
39	ベローズ 12	100	114-114
40	MEBT_SCN4	250	114-114
41	円形導管	219	114-114 回転
42	ベローズ 13	100	114-114
43	BM03 チェンバ	1050	114-114
44	円形導管	273	114-114 回転
45	ベローズ 14	100	114-114

46	円形導管	378	114-114
47	絶縁ダクト	114	114-114
48	GV4	70	114-114

#### ④ MEBT-シンクロトロン用真空制御盤

##### 【制御対象】

本制御盤の制御対象を以下に示す。

- 真空排気装置：一式
- ゲートバルブ：一式
- ※ スクリーンモニターの制御盤は別途製作する。信号等の取り合いに関する詳細は別途協議とする。
- ※ シンクロトロンに設置される真空機器も本制御盤から制御する。制御対象となるシンクロトロンの真空排気装置は別添図 1 を参照し、やり取りする信号については別添表 1 を参考に提案し協議すること。

##### 【構成】

本制御盤の構成は下記の通り。

- 製造する制御装置は EIA19 インチラック、もしくはそれに相当する形状の標準ラックに収納し、1面の制御盤構成とすること。
- 盤前面にタッチパネルを設置すること。
- タッチパネル操作により、全制御対象機器の制御を行う。
- イオンポンプ、ターボ分子ポンプの電源、真空計等を収納できること。

##### 【機能】

本制御盤の主要機能は下記の通り。

- タッチパネル表示により、全制御対象機器の状態表示、監視が可能であること。
- タッチパネル操作により、全制御対象機器の個別操作、遠隔制御等を行えること。
- 個別操作、遠隔操作の切り替えができること。
- シーケンス動作機能を有し、真空機器の一括起動・停止が可能であること。
- 機器異常発生時に、機器の保護連動インターロック機能を有すること。
- 上位計算機と Ethernet 接続し、上位計算機から機器の状態監視が可能であること。

#### 【HEBT 系】

- ① スクリーンモニタ

本装置は蛍光板に重イオンが衝突した際の発光を観測することでビームの位置やサイズ等を測定するためのものである。

- ・ 台数: 7台

#### 【主な性能】

- 型式: 蛍光薄膜モニタ
    - ※ ビーム通過部に支給する蛍光薄膜を取り付けられる構造とすること
  - 蛍光版を取り付けるフレーム及び、有感領域の外形は図1にしたがうこと。
  - 受光部: CCDカメラ(支給)
- <その他>
- 圧空電磁弁を備えること。カップの挿入・退避状態を遠隔監視するためのリミットスイッチを備えること。
  - 上記信号をやり取りするための端子台を備え、装置から端子台までの配線を行うこと。
  - アライメント用のケガキ線を備えること。
  - 新治療研究棟ビームラインで採用されている現用モニタと同じ、若しくは同等の仕様・性能を有したモニタであること。詳細仕様は契約締結後に開示する。

#### ② エミッタンス補償装置

シンクロトロンからの出射ビームをポリイミド薄膜の散乱体で散乱させることで、水平・垂直エミッタンスを調整するものである。

- ・ 台数: 1式

#### 【主な性能】

- 4種類の散乱体(散乱体、散乱体予備、スクリーンモニタ、ブランク)を取り付けられる構造であり、真空容器内で各散乱体の位置を遠隔指令によりステッピングモータで切り替えできること。
- ステッピングモータは散乱体を退避させた状態から散乱体等の中心をダクト中心まで駆動でき、散乱体を対比させた状態で、20 mmのビーム通過領域を確保できるストロークを持ち、位置精度は $\pm 0.5$  mm、駆動速度 0.04 mm/msec、位置検出機能、機器干渉防止機能、位置保持機能を備えること。
- ポリイミド厚は 7.5  $\mu$ m とすること。
- 散乱体、ブランクの有効範囲は 120 mm $\times$ 20 mm とし、スクリーンモニタ部のフレーム、蛍光膜の形状は図1に従うこと。
- 散乱体を回転させる機構を有し、0~90度を0.1度ステップで1 msec以内に動かす事ができ、角度監視機構、角度保持機能、原点復帰機能を備えること。
- 当該装置はシンクロトロンの子セクタチャンバ内に設置する。当該装置に対するチャンバ及び、架台の製作は不要だが、当機構が準備するチャンバ・架台と取り合

える設計とすること。取り合いの詳細は契約締結後に開示する。

- 制御盤と配線を取り合う端子台を備えること。

### ③ HEBT 用真空排気装置設置部の真空容器及び設置用架台

HEBT ビームラインの真空排気を行うためのターボ分子ポンプ、ロータリーポンプ、真空計を取り付けるための真空容器とそれらを適切に収めるための架台

- ・ 台数 3 台

#### 【主な性能】

- 真空容器にはリークバルブ 1 つ、真空計 2 つ、152 のゲートバルブ 1 つが取り付けられるポートを設けること。
- リークバルブ、ゲートバルブ、真空計、ターボ分子ポンプ、ロータリーポンプおよびゲートバルブから下流のフレキ等の物品は当機構から支給する。

### ④ 真空箱及びビームダクト及び架台

- HEBT ビームライン全体を真空に保つためのもので、単管やベローズの他に、絶縁ダクト、スクリーンなどを収納し真空中で駆動させる機構とそれらを支える架台を含む。想定されるビームラインを図 3 に、ビームダクト長を表 2 に示す。磁石やシンクロトロン近辺等は設計が終わっていないため、それらの区間は設計が固まった段階で真空機器に関する設計、協議を行うこと。
- 偏向磁石用のダクトとスクリーンモニタの架台は別途製作するため除外する。円形導管を支えるための架台を 12 台製作する。

#### 【主な性能】

- ダクト内壁面からのガス放出速度が  $10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$  程度となること。
- ビーム通過部分は  $\phi 58$  以上を確保し、4 極磁石のダクトは  $\phi 60.5$  を超えないこと。
- スクリーンモニタを装着するための真空箱はアライメント機構を備えること。

図 3: HEBT 真空系の概要図

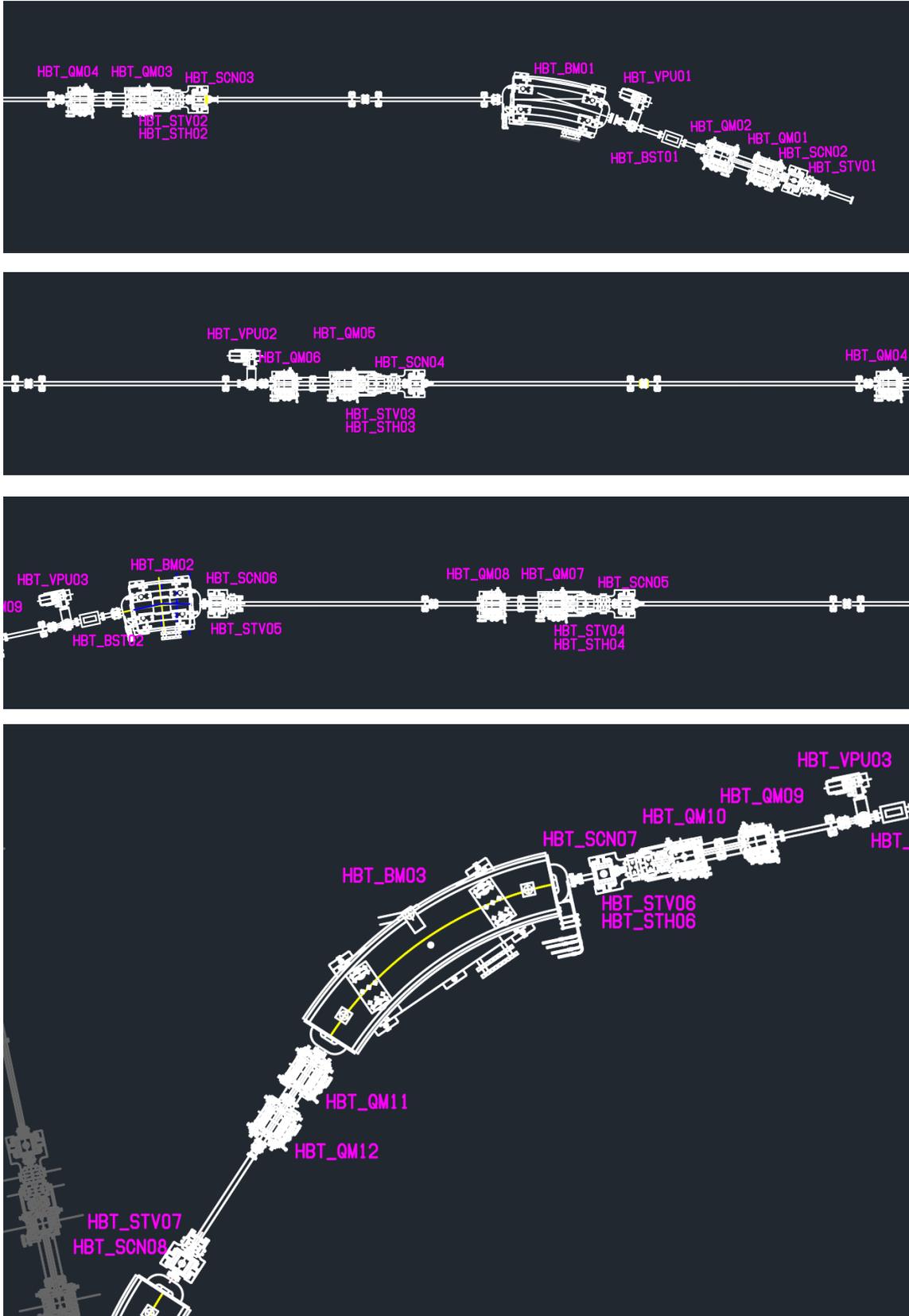


表 2. HEBT 真空容器の全長とフランジサイズの目安、灰色行物品は支給する。

番号	要素名	L[mm]	フランジ
1	円形導管	450	回転 114-114
2	GV1	70	114-114
3	ベローズ 1	100	114-114
4	円形導管	196	114-114 回転
5	絶縁ダクト	114	114-114
6	SCN02	210	114-114
7	ベローズ 2	100	114-114
8	円形導管	1734	114-114 回転
9	ビームシャッタ 1	435	114-114
10	ベローズ 3	100	114-114
11	円形導管	233	114-114 回転
12	HEBT_VPU01	433	114-114
13	ベローズ 4	100	114-152
14	BM01 チェンバ		152-152
15	ベローズ 5	100	114-152
16	円形導管	2292	114-114 回転
17	ベローズ 6	100	114-114
18	円形導管	2310	114-114 回転
19	HEBT_SCN03	210	114-114
20	ベローズ 7	100	114-114
21	円形導管	2450	114-114 回転
22	円形導管	2450	114-114
23	ベローズ 8	100	114-114
24	円形導管	2325	114-114 回転
25	HEBT_SCN04	210	114-114
26	ベローズ 9	100	114-114
27	円形導管	2270	114-114 回転
28	ベローズ 10	100	114-114
29	円形導管	2333	114-114 回転
30	HEBT_VPU02	358	114-114
31	円形導管	2315	114-114 回転
32	ベローズ 11	100	114-114
33	円形導管	2213	114-114 回転
34	HEBT_SCN05	210	114-114
35	ベローズ 12	100	114-114
36	円形導管	2254	114-114 回転
37	ベローズ 13	100	114-114
38	円形導管	2035	114-114
39	円形導管	1967	114-114 回転
40	HEBT_SCN06	210	114-114
41	ベローズ 14	84	152-114
42	BM02 チェンバ	1395	152-152
43	ベローズ 15	100	114-152
44	円形導管	164	114-114 回転
45	ビームシャッタ 2	435	114-114
46	HEBT_VPU03	358	114-114

47	ベローズ 16	100	114-114
48	円形導管	720	114-114 回転
49	円形導管	2125	114-114
50	HEBT_SCN07	210	114-114
51	円形導管	186	114-114 回転
52	ベローズ 17	100	152-114
53	BM03 チェンバ	3835	152-152
54	円形導管	670	152 ベローズ-114 回転
55	GV2	70	114-114
56	円形導管	586	114-114 回転
57	ベローズ 18	100	114-114
58	絶縁ダクト	114	114-114
59	円形導管	1459	114-114 回転
60	HEBT_SCN08	210	114-114
61	ベローズ 19	84	152-114
62	BM04 チェンバ		152-
63	ベローズ 20	100	152-152
64	円形導管	683	152-114 回転
65	円形導管	167	152-114 回転

#### ⑤ HEBT 真空制御盤

##### 【制御対象】

本制御盤の制御対象を以下に示す。

- ビームシャッタ：一式（ビームシャッタは支給）
- 真空排気装置：一式
- ゲートバルブ：一式
- ※ スクリーンモニタ及び散乱体の制御盤は別途製作される。
- ※ HEBT 真空排気装置で制御する機器は別添図 1 を参照し、やり取りする信号については別添表 1 を参考に提案し協議すること。

##### 【構成】

本制御盤の構成は下記の通り。

- 製造する制御装置は EIA19 インチラック、もしくはそれに相当する形状の標準ラックに収納し、1面の制御盤構成とすること。
- 盤前面にタッチパネルを設置すること。
- タッチパネル操作により、全制御対象機器の制御を行う。
- ターボ分子ポンプの電源、真空計等を収納できること。

##### 【機能】

本制御盤の主要機能は下記の通り。

- タッチパネル表示により、全制御対象機器の状態表示、監視が可能であること。

- タッチパネル操作により、全制御対象機器の個別操作、遠隔制御等を行えること。
  - 個別操作、遠隔操作の切り替えができること。
  - シーケンス動作機能を有し、真空機器の一括起動・停止が可能であること。
  - 機器異常発生時に、機器の保護連動インターロック機能を有すること。
  - 上位計算機と Ethernet 接続し、上位計算機から機器の状態監視が可能であること。
- ※ 信号や取り合い等の条件は契約後適切な時期に開示する。

以上の設計・製造を行うにあたり、設計の詳細について本所担当員と随時協議をおこない、承認を得た後、製造に取りかかるものとする。また、詳細な仕様は協議により別途変更可能とする。

納入は車上渡しであり、量子メス棟等への搬入は本件の所掌外とする。

## 6 設置等作業

5 項により製作、もしくは支給された真空関連装置の据え付け、フランジ締結、真空立ち上げを行うこと。但し HEBT\_SCN08 以降の新治療研究棟内の真空機器の設置は本仕様の範囲外である。また、設置作業に付随するスクリーンモニタ、ビームシャッター、制御盤等の重量物（別添表 2 を参照）の設置と粗アライメント及び、四極磁石の分割等の作業は本設置等作業の範囲外である。フランジ締結に必要なガスケット、ボルト等は受注者側で全て準備すること。

5 項により製作、もしくは支給された HEBT 及び MEBT・シンクロトロン制御盤との各制御対象機器との配線及び、圧空利用機器への圧空配管を行うこと。別添図 2 に各機器の配置図を示す。本図に基づき、ケーブルルートの設計を行うこと。機器付属のケーブルは支給するが、その他の配線に必要な線材、並びに、ケーブル敷設に必要なケーブルラック、サポート等は全て受注者側で準備すること。圧空の主配管のルートを別添図 3 に、圧空系統図を別添図 4 に示す。主配管は施工済みであり、分岐部から装置までが本設置等作業の範囲である。本設置等作業に必要な部材は受注者側で全て準備すること。

設置等作業の際に周辺機器の損傷が懸念される時は養生等を行うこと。加速器等設置作業と並行して本設置等作業が行われるため、関係者と十分に協議の上、本設置等作業を進めること。別添図 5 に現状想定される工程案を示す。本設置等作業は可能な限り 1 月末に完了させること。

## 7 試験

以下に示す試験を実施し、その結果を試験成績書として納入図書に含めること。

- 1) 外観検査
- 2) 寸法検査
- 3) He リーク検査 ( $1 \times 10^{-9}$  Pa · m<sup>3</sup>/s)
- 4) ガス放出量検査

- 5) 圧空駆動部検査
- 6) 耐圧検査（ビームシャッター用圧空リザーバタンク）
- 7) 通電、動作試験
- 8) 絶縁試験（絶縁ダクト）

## 8 納入場所

量子科学技術研究開発機構 千葉地区  
量子メス棟（仮称）車上渡し

## 9 提出図書

作業完了後、以下の書類を各3部提出すること。完成図書はCADデータ等の電子ファイルもあわせて提出のこと。

- ① 確認図（要承認）
- ② 製作図
- ③ 試験検査要領書（要承認）
- ④ 試験検査成績書
- ⑤ 作業要領書（要承認）
- ⑥ 設置等作業工程表（着工2週間前）
- ⑦ 現地作業報告書（設置等作業写真を含む）
- ⑧ 現地作業体制表（着工2週間前）

## 10 その他

- (1) 検査完了後、1年以内に生じた不具合に対しては、無償にて修理対応を行うこと。
- (2) 請負業者は本業務遂行にあたり知りえた情報を発注者の許可なくして第三者に開示してはならない。
- (3) 納入は担当者と調整の上で指定した日時におこなうこと。

## 11 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

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、

量研と協議のうえ、その決定に従うものとする

部課名	物理工学部
使用者氏名	松葉 俊哉