

仕様書

1. 件名

重イオン照射ポート用四極・ステアリング電磁石設備の整備

2. 数量 一式

3. 目的

当機構では次世代の新治療研究棟における新たな重イオン照射ポートの整備を進める。本件では、この照射ポートに至る高エネルギービーム輸送系に用いる四重極・ステアリング電磁石設備の整備を行う。

4. 納入期限

2027年1月29日(金)

5. 要件

下記の要件を満たす高エネルギービーム輸送ライン(HEBT)用の四重極・ステアリング電磁石、及びそれらの架台を設計し製作すること。

5-1. HEBT 用四重極電磁石

(1) この四重極電磁石は下記の仕様を満たすこと:

- A. 台数: 3
- B. 磁極・鉄心材料: 無方向性電磁鋼板、厚さ 1 mm 以下
- C. ボア直径: 62 mm
- D. 磁極実効長: 300 mm
- E. 電源最大電流: 287 A
- F. 電源最大電圧: 13 V
- G. 最大磁場勾配: 15 T/m
- H. 有効磁場領域: $|x|, |y| \leq 28.8 \text{ mm}$, 但しこの領域で磁場の傾きの均一性は $|\Delta G/G| < 3 \times 10^{-3}$ を満たす。
- I. 冷却方式: ホローコンダクターによる水冷

- (2) 上記の3台の四重極電磁石により、3台1組でトリプレットを構成する。機構担当職員から情報(CADデータ等)を入手し、それら磁石の間隔を決定すること。また、その際にコイル・配管等が隣接する機器と干渉しないように設計すること。

5-2. HEBT用 2.5-mrad 水平ステアリング電磁石

- (1) このステアリング電磁石は下記の仕様を満たすこと:
- A. 台数: 2
 - B. 磁極・鉄心材料: 無方向性電磁鋼板、厚さ 1 mm 以下
 - C. 磁極長: 90 mm (実効長 \approx 143 mm)
 - D. 磁極間隔: 62 mm
 - E. 磁極幅: 80 mm
 - F. 最大磁場強度: 0.12 T 以上
 - G. 電源最大電流: 13 A
 - H. 電源最大電圧: 11 V
 - I. 有効磁場領域: ± 28.8 mm、但しこの領域で磁場の均一性は $|\Delta B/B| < 1 \times 10^{-2}$ を満たす。
 - J. 冷却方式: 自然空冷
- (2) コイルがビームダクトに干渉しないように製作すること。ビームダクト径は機構担当職員に問い合わせをすること。

5-3. HEBT用 2.5-mrad 垂直ステアリング電磁石

- (1) このステアリング電磁石は下記の仕様を満たすこと:
- A. 台数: 2
 - B. 磁極・鉄心材料: 無方向性電磁鋼板、厚さ 1 mm 以下
 - C. 磁極長: 90 mm (実効長 \approx 143 mm)
 - D. 磁極間隔: 62 mm
 - E. 磁極幅: 80 mm
 - F. 最大磁場強度: 0.12 T 以上
 - G. 電源最大電流: 13 A
 - H. 電源最大電圧: 11 V
 - I. 有効磁場領域: ± 28.8 mm、但しこの領域で磁場の均一性は $|\Delta B/B| < 1 \times 10^{-2}$ を満たす。

J. 冷却方式: 自然空冷

- (2) コイルがビームダクトに干渉しないように製作すること。ビームダクト径は機構担当職員に問い合わせをすること。

5-4. 上記電磁石に共通する要件:

- (1) 電磁石及び架台の設計の後に、その結果を機構担当職員に示し、承認を得た上で製作を開始すること。
- (2) 電磁鋼板の結束・固定具、ケガキ面、レーザートラッカーの接地面等の電磁鋼板に接する部材には SUS304 もしくは SUS316 を用いること。
- (3) 電磁石設計に際しては電磁場計算を実施し、その結果を機構担当職員に示し、承認を得た上で設計の確定とすること。但し、各電磁石の最終的な電流・電圧値は協議の上で変更可能とする。
- (4) 電磁石のアライメントにはレーザートラッカーを用いる。電磁石には、レーザートラッカーのリフレクターの設置が所定の位置と精度で行えること。このアライメントに用いるレーザートラッカーの機種等の情報は、機構担当職員に問い合わせること。
- (5) いずれの電磁石にも、ビーム軸を通る水平/垂直面を示すケガキを施すこと。ケガキを施す箇所は、機構担当職員の上で決めること。
- (6) いずれの電磁石においても、定常通電時のコイル温度は 70℃以下であること。
- (7) 冷却系水路は 1.5 MPa までの圧力に対して耐圧性を備えること。
- (8) 複数のコイルは直列に接続して、1 電磁石あたり 1 系統の電源接続端子を備えること。
- (9) 70℃で動作する温度監視インターロック用サーマルリレー(normally closed)を冷却水最下流部に備えること。ただし、一つのコイルを複数のパンケーキで構成させる場合には、いずれのパンケーキにもサーマルリレーを備えること。これらリレーの端子は端子台(M4)に纏めること。
- (10) 一つのコイルを複数のパンケーキで構成させる場合には、マニホールドを設けて並列に接続させること。
- (11) いずれの電磁石にも流量監視インターロック用フローメーターを備えること。ただし、フローメーターは、東フロコーポレーション株式会社製羽根車式流量計であること。
- (12) いずれの電磁石にも、次の順でバルブを設けること: 流入側ボール弁、流量調整弁、(電磁石)、流出側ボール弁
- (13) いずれの電磁石においても、流入側ボール弁と電磁石の間に、ストレーナーを設け

ること。

- (14) 流入側ボール弁、流量調整弁、(電磁石)、流出側ボール弁、ストレーナーには、株式会社キッツ製の製品を使用すること。
- (15) ホローコンダクターにおける冷却水の流速は、3 m/s を超えないこと。
- (16) 鉄心が分割できる電磁石は、分割後に元の位置関係が再現するように、ノックピンを適切に配置すること。この配置について機構担当職員に了承を得ること。
- (17) 電磁石と架台の接する面は SUS304 製の台座とし、その塗装はしないこと。
- (18) いずれの電磁石においても、銘板等で記載する情報は英語もしくは日本語とすること。銘板に記載する情報は、機構担当職員に相談の上で、了承を得ること。
- (19) 鉄心、架台等は塗装すること。塗装色は契約締結後に指定する。
- (20) 配線・配管の出入口は、メンテナンスが容易になるように適切な位置に配置すること。特に HEBT の BM1 より下流側にある電磁石に関しては、配線・配管の出入口を通路側に設置すること。

5-5. HEBT 電磁石等の架台に関する要件:

- (1) 本件で製作する 3 台の四重極電磁石(QM1,2,3)、2 台の水平ステアリング電磁石(STH1,2)、2 台の垂直ステアリング電磁石(STV1,2)、及び機構の支給するビームプロファイルモニター(SCN)は次の順で配置される: STX1, STV1, QM1, QM2, QM3, SCN, STX2, STV2。これらの機器の詳細の位置については、機構担当職員から情報(CAD データ等)を入手し、この位置が再現できるように架台の設計を行うこと。
- (2) 次の装置の組ごとに、同一の架台により設置できるようにすること: (STX1, STV1, QM1, QM2, QM3), (SCN, STX2, STV2)
- (3) SCN は鉛直下方向へ駆動機構の突き出しが生じる。そのため(SCN, STX2, STV2)を設置する架台の SCN の下部には架台の足を設けないこと。
- (4) 本件で製作した架台には、本仕様書に記載する例外の場合を除き、本件で製作した電磁石を設置すること。
- (5) すべての架台はアンカーにより床面に固定可能であること。
- (6) 架台には、高さ調整機構、水平面上での精密アライメント調整を可能とする位置調整機構を備えること。
- (7) ビーム軸の高さは床面から 1250mm を基本とするが、最終的な詳細情報は、契約締結後に機構担当職員より入手すること。架台上の機器の高さ・位置がそれに整合する

ように、調整代を持たせること。

- (8) 架台と電磁石の接する面は SUS304 製の板とし、塗装はしないこと。
- (9) 調整後に電磁石の位置の固定が可能となるロック機構を設けること。
- (10) ビームダクトの保持は架台を介して行われる。それに必要となる保持機構(サポート)を備えること。保持機構の設置箇所は機構担当職員の了承を得て決めること。
- (11) HEBT 電磁石の架台の下もしくは側面に冷却配管を設置する。冷却配管の固定する機構を架台に設けること。

5-6. その他の要件:

- (1) 本件に用いる積層鋼板、電磁軟鉄に関する型式、仕様、及びその BH カーブを示すこと。
- (2) 本件の引渡し条件は車上渡しとする。但し、機構が指定する荷下ろし業者と調整を行うこと。

6. 試験

以下の試験を実施し、その結果を報告書に記載すること:

- ① 寸法試験
- ② 通電試験、耐電圧試験
- ③ 通水試験、耐水圧試験

(ア) いずれの電磁石の冷却配管系においても、1.5 MPa 以上の耐圧性があることを確認すること。

- ④ 磁場測定試験

(ア) 製造した電磁石は、磁場測定を実施すること。但し、同型の電磁石が複数ある場合には、そのうち 1 台についての測定を行うこと。この 1 台についての測定では、ビーム軸を通る水平面(BM・QM)/垂直面上(QM)での磁場分布測定とすること。

(イ) 全電磁石に関して、B-I 特性の測定を実施すること。

7. 提出図書

以下を含む完成図書の電子データを提出すること:

- 取扱説明書: 電子データは PDF フォーマットであること
- 設計図・製作図: 電子データは dxf/dwg フォーマットであること

- 磁場解析データ：電子データであること
- 磁場測定データ：電子データであること
- 試験検査報告書：「6. 試験」の結果を電子データで提出のこと

8. 納入場所

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 千葉地区 新治療研究棟

9. 検査

当機構職員が本仕様書に記載の要件を満たすことを確認し、検査合格とする。

部課名	量子医科学研究所 物理工学部
使用者氏名	片桐 健