

ビーム診断ライン用3極ウィグラーの整備

Manufacturing of a 3-pole wiggler
for electron beam diagnostics

仕様書

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

1.1. 目的

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、加速器ビーム診断用光源として用いるための 3 極ウィグラーを製作するものである。

1.2. 仕様範囲

3 極ウィグラーの製作：1 台

- 必要な材料手配、製作、試験、梱包、輸送および搬入を行うこと。
- 本案件を遂行するために必要な全ての物品および人員は受注者側で準備すること。
- 納入時に使用した梱包材など、本案件を遂行するために使用した資材の廃棄は受注者において行うこと。

1.3. 納入期限

令和 9 年 12 月 13 日（月）

1.4. 納入場所

宮城県仙台市青葉区荒巻青葉 468-1
NanoTerasu 内の指定する場所

1.5. 検査条件

QST が納入物の員数確認と、1.9 に定める提出図書の内容確認をもって、検査完了とする。

1.6. 試験条件

物品製作段階にて第 3.1 節に記載した項目について試験を行うこと。事前に試験検査要領書を提出し QST 担当者の確認を得ること。試験検査要領書に基づき試験を実施し、試験検査成績書を作成・提出すること。試験には必要に応じて QST 担当者が立会いをする。

1.7. 保管条件

物品製造後、納入までの保管は、室温 5°C～40°C の室内で、結露しないという保管条件の下で梱包を施すこと。

1.8. 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。

1.9. 提出図書

以下の表に示す書類又は提出物を日本語で作成して提出すること。

	図書名	提出時期	部数
①	製作工程表	契約後速やかに	1部
②	契約仕様書	契約後速やかに	1部
③	打ち合わせ議事録	実施の都度	1部
④	各種構造確認図および全体 確認図	製作前	1部
⑤	試験検査要領書	試験前	1部
⑥	試験検査成績書	納入時	1部
⑦	各種製作図面（決定図）	納入時	1部
⑧	完成図書	納入時	1冊

④および⑦は、磁気回路の詳細、磁気回路を保持するための架台の詳細、および3極ウイグラー全体が分かるような図面として提出すること。受注者は、QSTによる④の承認の後、物品製作を開始するものとする。受注者は適宜QSTの要求に応じて支持された箇所の構造確認図を提出するものとする。また、全体確認図については、3D-CADファイル（STEP形式）および2D-CADファイル（DXF形式）も合わせて提出すること。提出されたCADファイルは、周辺機器との干渉や取り合いを確認するために利用される。CADファイルは本プロジェクトのみに利用を制限した上で、関係する他の会社に渡すことがあるため、必要に応じて、支障のない総合図用のファイルを提出すること。

全ての提出図書をファイルに綴じ、表紙と目次をつけたものを⑧の完成図書として1冊提出すること。A4では文字が判読できない縮小図になる場合は、大型図面としA4に折り畳みで提出すること。文字が判読できない縮小図は不可とする。全ての書類の電子ファイルをCD-Rなどの記録媒体に収めたものを上記の完成図書と共に提出すること。

（提出場所）

宮城県仙台市青葉区荒巻青葉 468-1

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

NanoTerasu センター 高輝度放射光研究開発部 加速器グループ

1.10. 品質管理

本品の製作に係わる設計・製作・据付等は、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。

- (1) 管理体制
- (2) 設計管理
- (3) 外注管理
- (4) 材料管理
- (5) 工程管理
- (6) 試験・検査管理
- (7) 不適合管理
- (8) 記録の保管
- (9) 重要度分類
- (10) 監査

また、本仕様に特に指定しないものの使用材料は JIS 規格又は相当品以上のものを使用すること。

1.11. 適用法規・規格基準

本品の設計・製作・試験検査にあたっては、以下の法令、規格、基準等を適用又は準用して行うこと。

- (1) 労働安全衛生法
- (2) 日本産業規格 (JIS)
- (3) その他受注業務に関し、適用又は準用すべき全ての法令・期間・基準等

1.12. 知的財産権

知的財産権については、別紙-1「知的財産権特約条項」に定めたとおりとする。

1.13. 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 QST 担当者の上承を得た場合にはこの限りでは無い。

1.14. 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。

1.15. 協議

本仕様書について疑義が生じた場合は、QST 担当者と協議の上、その決定に従うものとする。機器構成を含む詳細については、QST 担当者の指示に従うこと。

1.16. 権利の帰属

本仕様書によって製作されたハードウェア、図面を含む著作物の著作権は、QST に帰属するものとする。資料等から波及する特許の行使権は、発注者に帰属する。

1.17. 技術打合せ

工程、詳細設計及び試験等に関する技術打合せを、必要に応じて、QST 担当者の指示する日時・場所にて行い、受注者は1名以上の設計担当者（技術者）が出席すること。打合せ時の使用言語及び技術資料、議事録の使用言語は日本語とする。

1.18. その他

納入時に故障や初期不良等が発生した場合には速やかな対処が可能であること。また、原因と対処方法を速やかに QST に報告すること。

2. 技術仕様

本仕様書では電子ビーム進行方向を z 軸とする左手座標系を用いる。3 極ウィグラーは上下磁石列およびそれを保持する支持躯体（合わせて磁気回路と呼ぶ）と可動式架台から構成される。本件で製作する 3 極ウィグラーは蓄積リングに設置し運用する。室温 5°C から 40°C の範囲で錆びることの無いように防錆処理を施すこと。可動架台には床面とアンカーボルトで固定するための穴を設けておくこと。

2.1. 磁石列

磁気回路は上下の磁石列およびそれを保持するための支持躯体から構成される。磁石列概要を図 1 に示す。上下磁石列間のギャップは 22 mm である。磁石列は横磁化永久磁石ブロックと磁極および端部磁極で構成され、ハイブリッド型の磁気回路をなす。z 軸方向に対称となる（磁極中心にピーク強度をもつ）磁場分布となるようにすること。永久磁石の磁化ベクトルの向きは図 1 に示した通りである。それぞれの寸法（参考値）および材質は以下の通りである。詳細は必要に応じて打ち合わせにより決定する。

- 永久磁石
 - 寸法：70 mm (X), 90 mm (Y), 46 mm (Z)
 - 材質：Nd-Fe-B 系合金, 保磁力(Hcj) 23 kOe 以上, 表面残留磁束密度 1.2 T 以上
- 磁極
 - 寸法：55 mm (X), 75 mm (Y), 16 mm (Z)
 - 材質：パーメンジュール
- 端部磁極
 - 寸法：44.5 mm (X), 67.5 mm (Y), 12.5 mm (Z)
 - 材質：パーメンジュール

また、図 1 に示すように、中心磁極に対して永久磁石を y 方向に 1.5 mm オフセットさせること。端部磁極についても同様に 1.0 mm（永久磁石面からみると 0.5 mm）オフセットさせること。これらオフセットは磁気回路から生じる磁場の 1 次積分や永久磁石に生じる反磁界を調整する目的で導入されるが、磁石ブロックや磁極における磁氣的及び寸法誤差により生ずる 1 次積分を補正するために、シム板などによりオフセット量が調整可能であること。オフセット調整後においても、磁石列の最小ギャップ 22 mm を下回らないようにすること。

永久磁石及び各種磁極には錆止めコーティング処理を施すこと。また、磁石列を支持躯体等に取り付けるための磁石ホルダーの材質は SUS316L とする。後述する蓄積リング真空槽との物理的干渉を避けるように磁石ホルダーを含めた磁石列全体の大きさを設計すること。受注者は、選定した材料の磁気特性データおよび磁石列の構造図面、シミュレーションに

よる磁場分布データを製作前に QST に提出し承認を受けるものとする。

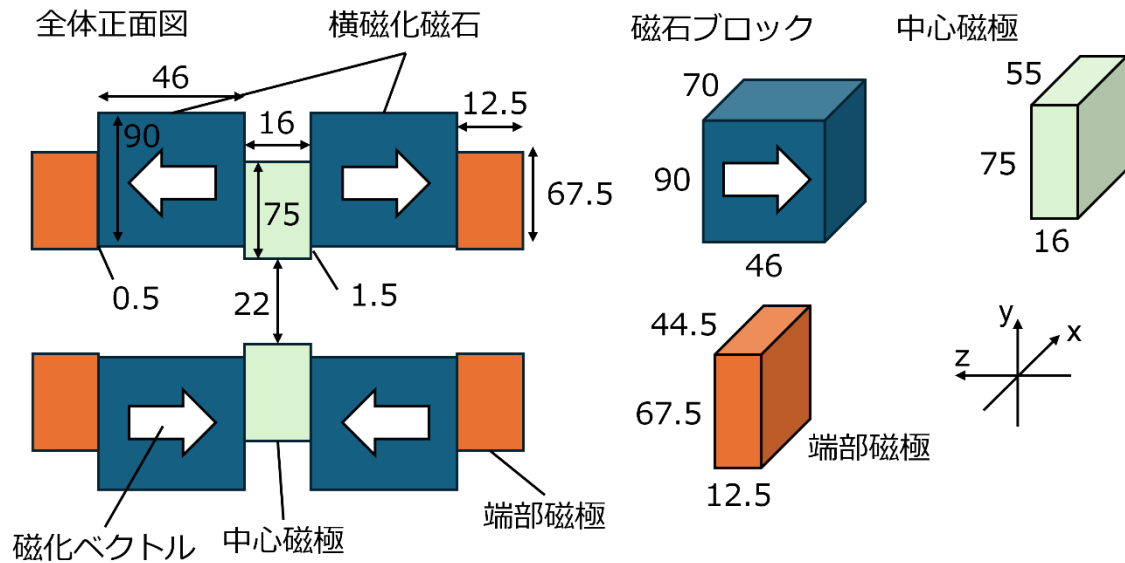


図 1：磁石列概要（寸法は参考値）

2.2. 支持躯体

支持躯体は上下向かい合う磁石列を保持するための機構である。支持躯体の概要を図 2 に示す。x 軸負方向から手動ハンドルによりビーム中心へと挿入できるように、C 型の躯体とする。また、磁気回路をビーム中心まで挿入した場合の蓄積リング真空槽との位置関係を図 3 に示す。磁石ホルダーを含む磁気回路全体のギャップを 22 mm とする。同ギャップにおける吸引力を計算し、これに耐える剛性を有する躯体を製作すること。吸引力下でも磁石列全体にわたってギャップ 22 mm（精度：+0.2, -0.0）を満たすこと。

支持躯体上面には水準を確認するための基準面を設けること。蓄積リングトンネル内でのアライメントの際に利用するレーザートラッカー用ターゲットを設置するための治具を取り付けること。トラッカーターゲット用治具の詳細については別途協議する。

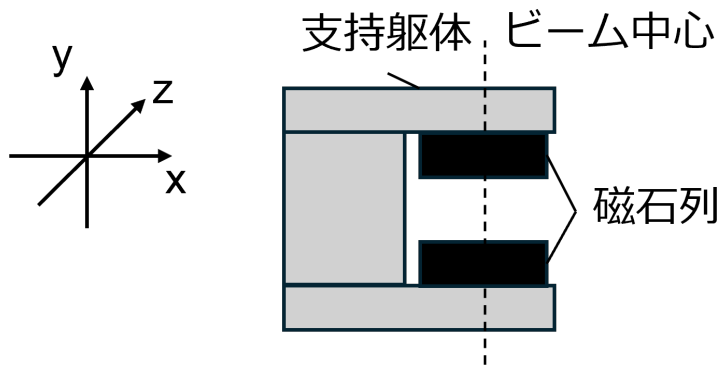


図 2：支持躯体の概要図

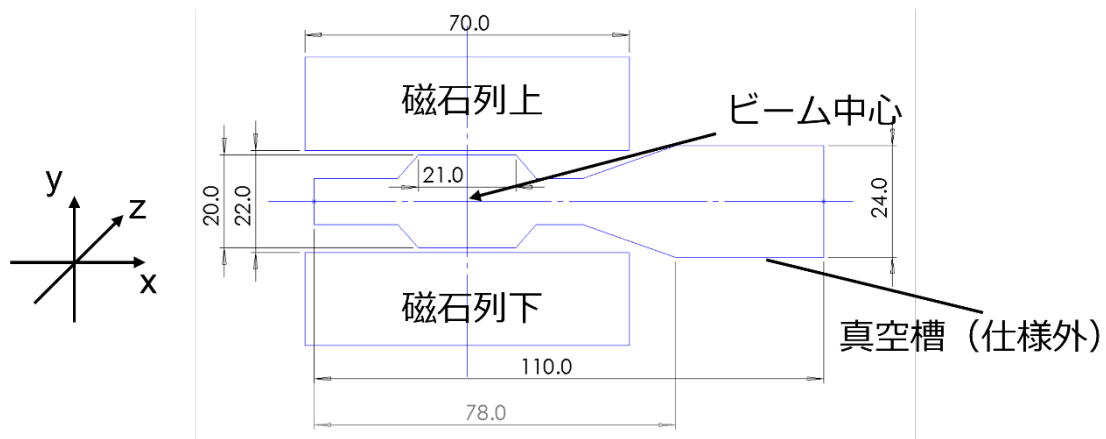


図 3：磁気回路挿入時の蓄積リング真空槽との位置関係

2.3. 可動式架台

可動式架台の概要図を図 4 に示す。床面から磁気回路中心（ビーム中心）までの高さは 1200 mm である。磁気回路と架台の間にはガイドレールを設け、手動式ハンドルを用いて磁気回路を x 軸方向にスライドできるようにすること。通常、磁気回路はビーム中心まで挿入され 3 極ウイグラーからの放射光を利用できる状態にする。3 極ウイグラーの蓄積リング設置時など、磁気回路を手動ハンドルにより x 軸負方向に 150 mm 程度退避できるようにすること。退避および挿入時の真空槽と磁石列のクリアランスは片側 1 mm であることに留意すること。磁気回路の挿入時および退避時における位置固定機構を設けること。xyz それぞれの軸に対して 5 mm 程度の磁石列位置調整が可能であること。また、可動式架台と後述するマジックフィンガーも含めた 3 極ウイグラー全体の z 軸方向の長さは 500 mm 以下となるように設計すること。

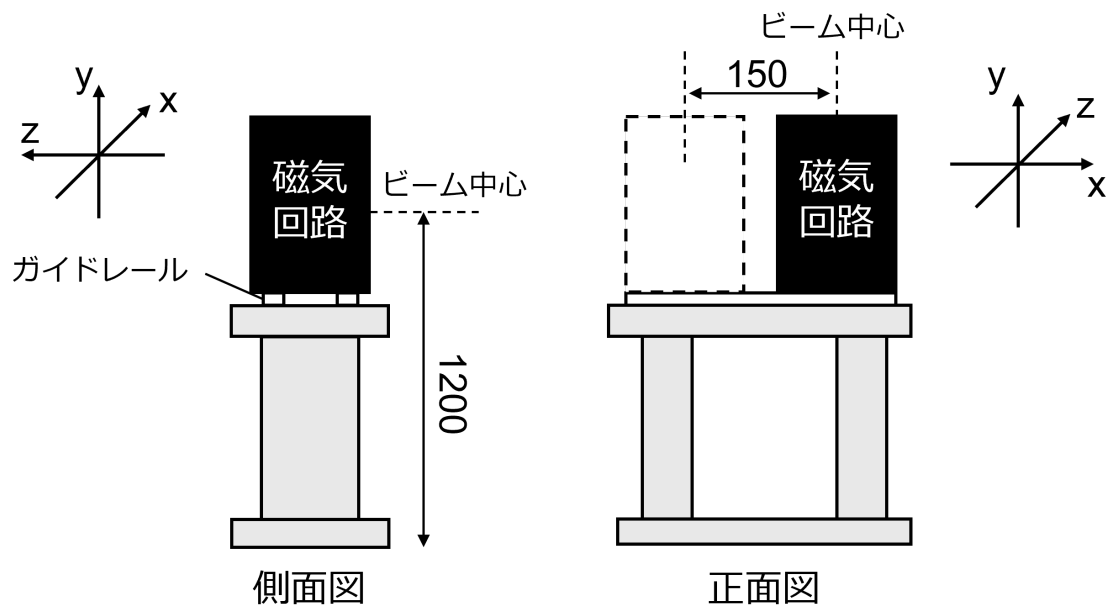


図 4：可動式架台の概要図

2.4. 磁場測定および調整

支持躯体及び可動架台に磁石列を設置した後、磁場分布及び磁場積分を計測し、以下の性能を満たすことを確認すること。

- (1) 中心磁極におけるピーク磁場が 1.3 T 以上
- (2) 多極磁場成分（水平、垂直磁場とも）
 - ① 2 極 (Dipole) 50 G.cm 以下
 - ② 4 極 (Quadrupole) 100 G 以下 (目標値 50 G 以下)
 - ③ 6 極 (Sextupole) 100 G/cm (目標値 50 G/cm 以下)

多極磁場成分を評価する X 軸方向の範囲は $X=\pm 15$ mm とする。磁場積分は、ストレッチワイヤー法あるいはホールプローブによって測定した Z 軸上磁場を積分することなどにより求めること。X 軸上の異なる座標で測定した磁場積分を多項式フィッティングすることにより多極成分を求めること。尚、磁場積分に関する性能を満足するためにマジックフィンガーを装着することを認める。ただし、これを含めた磁石列の全長が 500 mm を超えてはならない。

また Z 軸上でピーク磁場となる Z 座標を原点とし、Y 軸方向（範囲: ± 5 mm）および X 軸方向（範囲: ± 20 mm）に 1 次元掃引を行って磁場測定を行うこと。トラッカーターゲット穴に SMR を設置し、各種磁場測定により求めた磁場中心との相対位置を記録しておくこと。また、磁場調整を行った際の水準データを記録しておくこと。

3. 試験

3.1. 受注者工場での試験

以下に示す各種試験について試験検査要領書を作成し QST 担当者の確認を得ること。本 3 極ウイグラーについて受注者工場において試験を行い、その結果を試験検査成績書に記載すること。必要に応じて、QST 担当者の立ち会いの下で試験を行うこと。

3.1.1. 磁石材質の試験

選定した磁石材質の性能を評価するため、磁化曲線 (JH カーブ) を測定し、表面残留磁束密度 1.2T 以上、保磁力(Hcj)が 23kOe 以上であることを確認すること。

3.1.2. 磁場性能試験

- (1) Z 軸に沿った磁場分布 (測定範囲 : $Z = \pm 300 \text{ mm}$) を磁場中心位置 ($x=y=0$) において測定を行い、2.4 節の条件を満たすことを確認すること。また、X 軸 (範囲 : $X = \pm 20 \text{ mm}$) および Y 軸 (範囲 : $\pm 5 \text{ mm}$) に沿った磁場分布も計測して提出すること。
- (2) X 軸に沿った磁場積分分布と多極磁場積分を測定すること。磁場の垂直中心 ($y=0$) において測定を行い、2.4 節の条件を満たすことを確認すること。

3.1.3. ギャップ寸法検査試験

ブロックゲージなどを用いて磁石列全体にわたって開口が 22 mm 以上であることを確認すること。

以上

(要求者)

部課 (室) 名 : NanoTerasu センター
高輝度放射光研究開発部
加速器グループ

氏 名 : 稲葉健斗