

X線回折ビームライン用の多極ウィグラーの整備

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

仕様書

I 一般仕様

1. 件名

X線回折ビームライン用の多極ウィグラーの整備

2. 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。）が整備する 3GeV 高輝度放射光施設 NanoTerasu（以下、「NanoTerasu」という。）において、X線回折ビームライン用光源として利用する、多極ウィグラー（Multi-Pole Wiggler、以下、「MPW」という。）を整備し、NanoTerasu 蓄積リング収納部に設置するものである。

3. 仕様範囲

- (1) MPW の製作 1 台
- (2) MPW の設置 1 式

- ・必要な材料手配、製作、試験、梱包、輸送、搬入、据え付け等一切を行うこと。
- ・据付調整作業に必要な一切の測量機器（トランシット、鉛直器、オートレベル、レーザートラッカー、水準器、治具等）並びに、据え付け作業に必要な一切の部品、工具及び、消耗品など、本案件を遂行するために必要な全ての物品及び操作者は、受注者側で準備すること。
- ・納入時に使用した梱包材、現地での搬入及び作業時に養生などに使用した資材の廃棄は、受注者が行うこと。

4. 納入期限

機器の搬入、据え付けの各納期を下記に示す。

	納期	納品物
第 1 回	令和 8 年 3 月 25 日	MPW 一式
第 2 回	令和 9 年 1 月 19 日	MPW 据え付け・調整

- ・MPW 据え付け・調整の詳細なスケジュールは、別途、当機構の担当者と調整のうえ、決定する。

5. 納入場所

第 1 回

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

第 2 回

6. 納入条件

据付調整渡し

7. 検査条件

(1) 製作時

物品製作段階にて第 4.1 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。

(2) 据付時

据付時に第 4.2 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。試験には原則 QST 担当者が立会いをする。

8. 保管条件

物品製作後、納入までの保管は、室温 5℃～40℃の室内で、結露しないという保管条件下し梱包を施すこと。

9. 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。

10. 提出図書

提出図書のリストを下表に示す。

表：提出図書リスト

	図書名	提出時期	電子ファイル提出	部数
①	製作工程表	契約後速やかに	WORD (EXCEL) , PDF	3 部
②	契約仕様書	契約後速やかに	WORD (EXCEL) , PDF	3 部
③	打合せ議事録	実施の都度	WORD (EXCEL) , PDF	1 部
④	各種構造図及び全体確認図	製作前	2D-CAD, 3D-CA6D, PDF	1 部
⑤	工場試験検査要領書	試験前	WORD (EXCEL) , PDF	1 部
⑥	工場試験検査成績書	試験後	WORD (EXCEL) , PDF	1 部
⑦	現地試験検査要領書	試験前	WORD (EXCEL) , PDF	1 部
⑧	現地試験検査成績書	納入時	WORD (EXCEL) , PDF	1 部
⑨	完成図（決定図）	納入時	2D-CAD, 3D-CAD, PDF	1 部
⑩	定期保守作業要領書(取扱い説明書)	納入時	WORD (EXCEL) , PDF	1 部
⑪	完成図書	納入時	WORD (EXCEL) , PDF	3 部

- ・ 提出図書①及び②は、契約後速やかに A4 紙に印刷したもの 3 部と電子ファイルを提出すること。電子ファイルは(WORD あるいは EXCEL ファイルと PDF)とする。
- ・ 提出図書③～⑧は提出時期都度、A4 紙に印刷したもの(大型図面は A3 に印刷し 2 つ折りにしたもの)1 部と電子ファイルを提出すること。電子ファイルは(WORD あるいは EXCEL ファイルと PDF)とする。
- ・ ⑩完成図書は①～⑩をそれぞれ印刷して A4 ファイルに綴じ、表紙と目次を付けたものとする。必要に応じて分冊すること。大型図面④及び⑨は折りたたんで収納すること。文字が判読できない縮小図は不可とする。
- ・ 提出された 3D-CAD ファイル及び 2D-CAD ファイルの全体平面図及び全体側面図は周辺機器との干渉や取合いを確認するために使用される。これらは総合図に統合後に、使用を本プロジェクトのみに制限した上で、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。

(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 ビームライングループ

11. 支給品

なし

12. 貸与品

建屋内クレーン 1 式

13. 品質管理

本件調達に係る設計・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。

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

※全て網羅しなくとも可。受注者から品質保証計画書を提出させて確認することでも可。

14. 適用法規・規格基準

本品の設計・製作・据付・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) 日本工業規格（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

15. 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。

16. 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。このため、機密保持を確実に実行する具体的な情報管理要領書を作成・提出し、これを厳格に遵守すること。

17. 安全管理

(1) 一般安全管理

- ・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。
- ・NanoTerasu における設置作業にあたっては、NanoTerasu 作業ルール及び手引きに従うこと。

(2) 放射線管理

- ・本仕様の一部には放射線管理区域内での作業が含まれる。当該作業にあたっては、放射線作業従事者登録が必要であることに留意すること。
- ・放射線管理及び異常時の対策は、QST の指示に従うこと。

18. グリーン購入法の推進

- ・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。

- ・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。

19. 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。

20. その他

(1) 権利の帰属

本仕様書によって製作されたハードウェア等の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、QST に帰属する。

(2) 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（Web 会議含む）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。なお、第 1 回打ち合わせ（キックオフミーティング）は受注後 1 ヶ月以内に開催すること。議事内容や決定事項を議事録として毎回作成することとし、打ち合わせ終了後速やかに提出すること。なお、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。また、搬入、据付時には工程管理を行い、他の作業などとの調整も行うこと。

(3) 故障や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 担当者に報告すること。

II 技術仕様

1. 一般事項

(1) 事前確認項目：以下の項目について製作前に確認を得ること。①、②の主要構成物については重量を記載すること。

① 全体確認図(外観図)

② 部品構造図、配置図

③ 使用部品の性能データ

(2) ボルト規格：各部品の組立や締結はメートル規格のボルト類を使用して行うこと。

1.1. 運転あるいは使用条件

本件で製作する MPW は蓄積リングに設置し運用する。室温 5 °C から 40 °C の屋内であることを想定し、防錆を施すこと。

1.2. 座標系

本仕様書で利用する座標系を図 1 に示す。電子ビームの主たる進行方向を z 軸、これに直交する水平方向を x 軸、鉛直方向を y 軸と定義する。また、これらの原点を挿入光源磁場の中心位置で定義する。

2. MPW の製作

以下に示す仕様に基づいて同一の MPW を 1 台製作すること。

2.1. 概略

磁石列のギャップが 15 mm で固定された挿入光源であって、周期長を 120 mm、磁場周期数を 5、磁場分布を対称型（磁石列中心において磁場がピーク）とする。ただし、両端に磁場積分補正用の磁極を備えること。後述する多極磁場補正用チップ磁石ホルダー（通称マジックフィンガー）を含めた全長を 680 mm 以下とする。

2.2. 磁気回路及び磁石材質

磁気回路は、Nd-Fe-B 系合金製永久磁石ブロックとパーメンジュール（Co-Fe 系合金）製磁極で構成されるハイブリッド型とし、それぞれの外形寸法を以下のとおりとする。

・永久磁石： 90 mm (x) × 84 mm (y) × 44 mm (z)

・磁極： 50 mm (x) × 65 mm (y) × 16 mm (z)

永久磁石の材質として、保磁力 (H_{cj} , Intrinsic Coercivity) 23 kOe 以上、残留磁束密度 1.2T 以上の材質を選定すること。ホルダーを含む磁石列の外形寸法は、挿入される真空槽の断面形状（図 2）を考慮して決定すること。斜線部で示す、MPW 用真空槽が占める領域（製作誤差や設置誤差を含む）と干渉せぬよう、注意すること。

2.3. 端部補正磁極

上記磁石列の上下流端部に、磁場積分を補正するための磁極を備えること。同磁極は磁気回路により発生する系統的 2 次積分の補正を主たる目的とするが、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、シム板などによりギャップが調整可能であること。

2.4. 支持躯体

端部補正磁極を含めた磁石列を上下対向して設置するための支持躯体である。上述した真空槽の実効高さが 14mm であることを考慮し、ギャップ（上下磁石列間距離の最小値）の精度を 15 (+0.2, -0) 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。施設の蓄積リング収納部に設置する際には、既設の真空槽に内周側から手で挿入するため、躯体の構造は C 型（片持ち支持）とする。MPW の水準を計測するための基準面を支持架台上部に設けること。なお、ローリングを測定するための高精度水準器（新潟精機 DL-S3 (±0.005mm/m) 相当品）が使える水平基準面であること。

また、蓄積リング収納部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（SMR）を設置するため、本体上面光軸上に SMR が搭載可能なターゲット穴（φ4/H7）を 2 箇所以上設けること。レーザートラッカーを使ったアライメントには、Lieca 社製 AT403 相当の精度を有する機器を使用すること。

2.5. 可動架台

前節の支持躯体を保持するとともに、手動による水平方向への移動を可能にするための可動架台を、図 3 を参考に製作すること。これにより、MPW の使用時に電子ビーム軸への挿入、不使用時にビーム軸からの退避が可能な構造とすること。真空槽（実効高さ 14 mm）と磁石列（ギャップ 15 mm）のクリアランスが 0.5 mm 程度であることに注意すること。退避距離は 150 mm 以上とする。また、y 軸及び z 軸に 5 mm 程度の位置調整が可能であること。支持架台の塗装部の塗装色は、マンセル 5PB 3/9 とする。脚部は床面にアンカーで固定すること。

2.6. 磁場測定及び調整

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 8 磁極におけるピーク磁場の平均値が 1.79 T 以上

(2) 多極磁場積分（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）

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 680 mm を超えてはならない。

2.7. 磁場中心の計測

施設への搬入前に 2.4 において示したターゲット穴に SMR 設置し、第 2.6 節において計測した磁場中心との相対位置を計測し記録しておくこと。

3. MPW の搬入及び設置

以下に示す仕様に基づいて MPW を QST が指定する場所に設置すること。

3.1. NanoTerasu 蓄積リング収納部への搬入

蓄積リング収納部の搬入は、(1)耐荷重 1.6 トンのエレベータ (W=1400mm) を用いて地下 1 階連絡通路へ下ろし、連絡通路内を約 100 メートル横引きし、(3) 耐荷重 1.6 トンのエレベータ (W=1400mm, H=2300mm, 奥行き=1800mm) を用いて地上 1 階の蓄積リング内周側搬入室を経由して、蓄積リングへ搬入する。エレベータを利用しない場合は 15 トンクレーンを用いることも可能である。この場合は、納入前に QST 担当者に報告し、確認を得ること。同方針は「吊り上げ作業要領書」として納品時に提出すること。蓄積リング内周側搬入室は他の機器の搬入作業でも使用するため、各種工程の調整や作業場所の整理が適宜必要であることに留意すること。

3.2. 蓄積リング搬入とアラインメント

MPW を蓄積リングの指定場所に搬入し、据え付け作業を行うこと。設置時には、アンカーボルトにて可動架台を床面に固定すること。また、設置時には支持躯体は退避位置で固定しておくこと。ただし、使用時位置まで真空槽と干渉せず移動可能であること。SMR の基準座標と、蓄積リング収納部に設けられた基準点を利用して、以下の精度でアラインメントを行うこと。

- (1) 水平位置 $\pm 0.2\text{mm}$ 以下
- (2) 垂直位置 $\pm 0.05\text{mm}$ 以下
- (3) ビーム進行位置 $\pm 0.5\text{mm}$ 以下

水平度（水平方向・ビーム進行方向） 0.02mm/m 以下尚、水平度は支持躯体に設けられた基準面で計測すること。設置に際し、蓄積リングトンネル内でクレーン（天井クレーン 2.8 トン、旋回クレーン 0.5 トン）を使用可能である。

なお、事前に設置作業及びアラインメント作業要領書を提出し QST 担当者の確認を得ること。

4. 試験

4.1. 受注者工場での試験

4.1.1 及び 4.1.2 の試験について工場試験検査要領書を作成し QST 担当者の確認を得ること本 MPW について受注者工場において試験を行い、その結果を工場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検査を行うこと。

4.1.1. 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、残留磁束密度 1.2T 以上、保磁力が 23kOe 以上であることを確認すること。

4. 1. 2. 磁場性能試験

- (1) z 軸に沿った磁場分布と位相誤差分布 (RMS 値を含む) の測定。MPW 磁場中心位置 ($x=y=0$) において測定を行い、2.6 節の条件を満たすことを確認すること。
- (2) x 軸に沿った磁場積分分布と多極磁場積分の測定。MPW 磁場の垂直中心 ($y=0$) において測定を行い、2.6 節の条件を満たすことを確認すること。

4. 2. 現地試験

以下、(1)及び(2)の試験について現地試験検査要領書を作成し QST 担当者の確認を得ること。現地における据え付け・調整後、試験を行い、その結果を現地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検査を行うこと。

- (1) MPW が退避位置と使用時位置を真空槽と干渉せず移動可能であることを確認すること。
- (2) 据え付け位置において 3.2 節の条件を満たす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

氏 名 : 安居院あかね

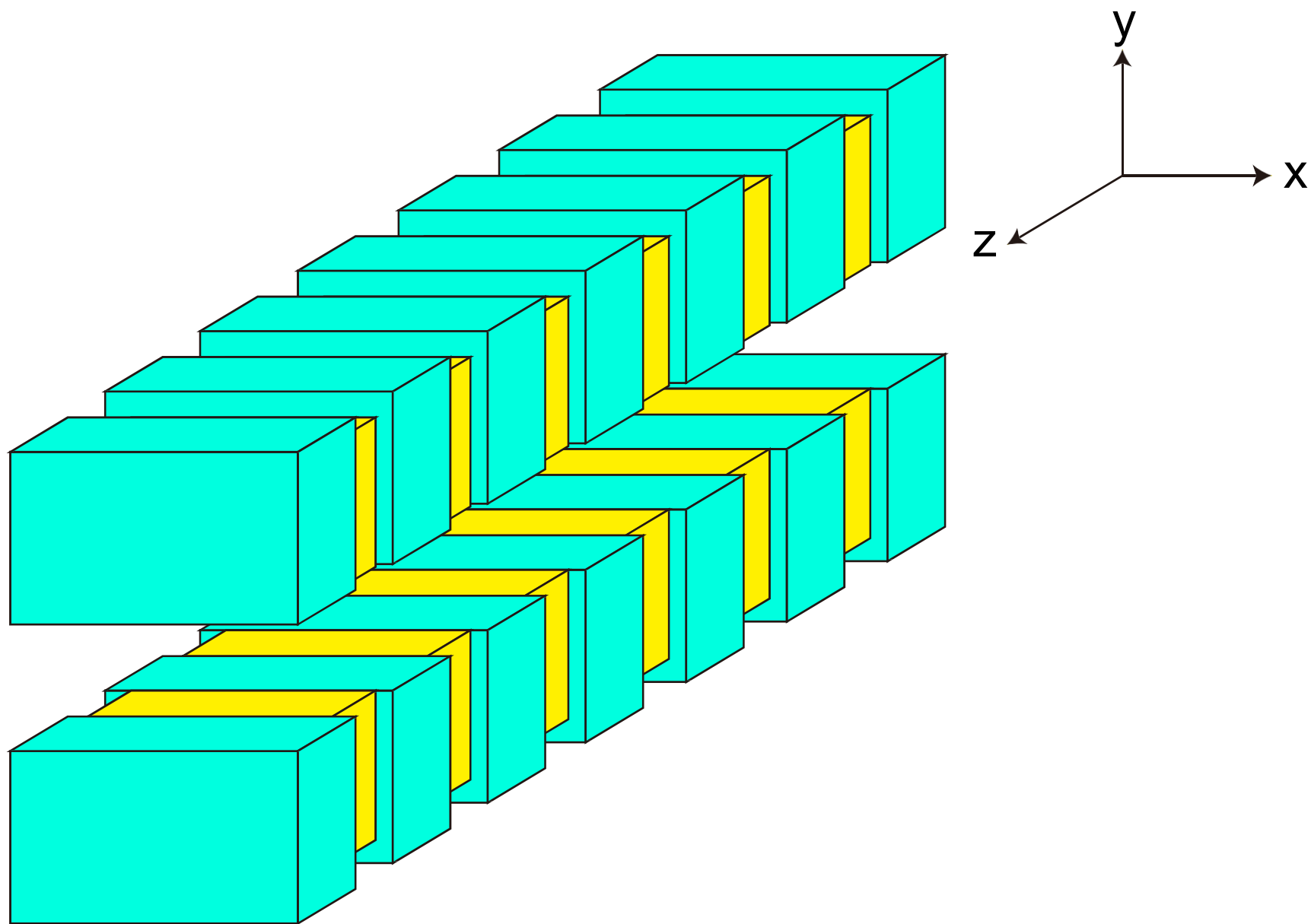


図1: 座標系

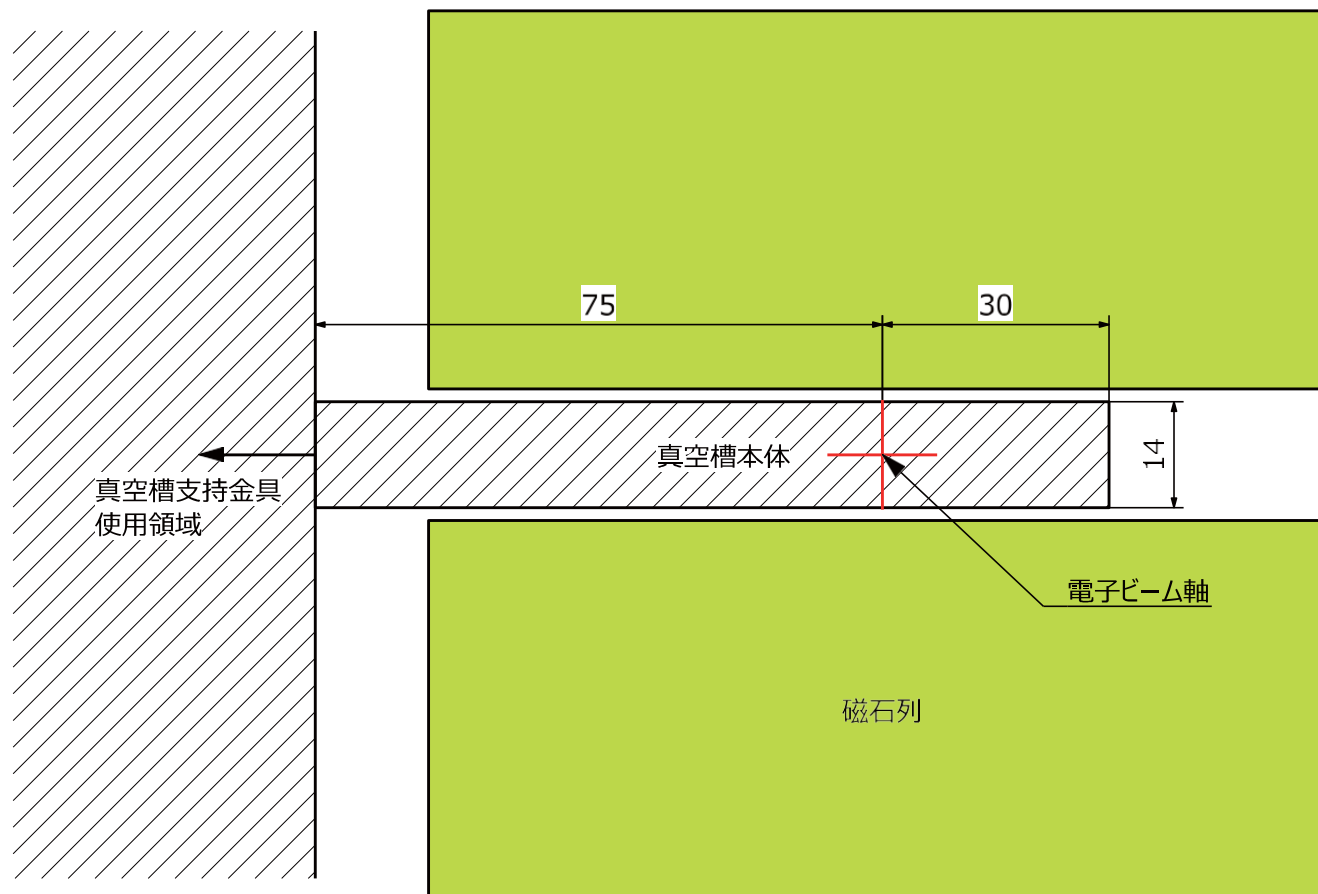


図2: 側面図

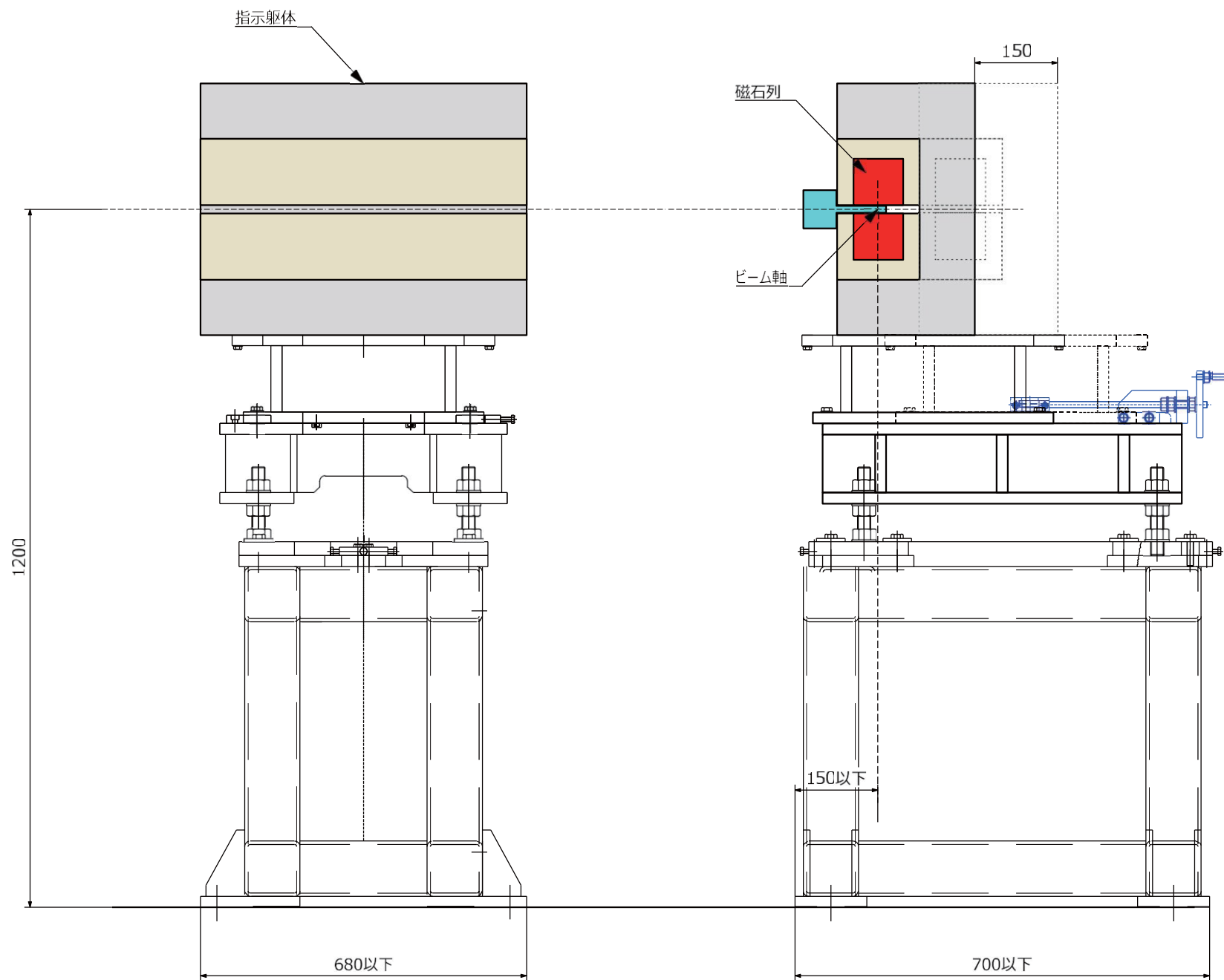


図3: 組図