

仕 様 書

1. 件名

BBF空胴の製作

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。）が運用するNanoTerasuにおいて、蓄積リングビーム進行方向のビーム不安定性を抑制するための bunch-by-bunch feedback (BBF)空胴を製作するものである。

3. 一般事項

3.1 数量

三菱重工機械システム社製 BBF 空胴 型式 FDZ2864 1台（相当品不可）

3.2 仕様範囲

第 4 項で規定される機器の材料手配、製作、試験、梱包及び第 6 項に示す納入場所までの輸送を行うこと。

3.3 検査条件

員数検査、外観検査、試験検査成績書の確認を行い合格と認め、製作物、提出図書の完納をもって、検査合格とする。

3.4 提出図書

以下の書類または提出物を提出すること。

	書類名または提出物名	提出時期	部数
①	製作工程表	契約後速やかに	1 部
②	製作検討図書、図面	製作前	1 部
③	試験検査要領書	試験前	1 部
④	納入図	納入時	1 部
⑤	試験検査成績書	納入時	1 部

これら①～⑤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を「完成図書」として 1 冊提出すること。また、①～⑤の電子ファイルを CD-R などの記録媒体に納めたもの、上記の「完成図書」に綴じて提出すること。

④の納入図の図面に関しては DXF、STEP 形式 CAD ファイルも添付すること。

(提出場所)

QST NanoTerasu センター

高輝度放射光研究開発部 加速器グループ

3.5 支給品

以下を無償にて支給する。引渡しにかかる費用(運送費)は受注者の負担とする。

- (1) 品名 京セラ製 N 型フィードスルー N-R No.16297
- (2) 個数 8個

3.6 技術打合せ

工程及び製作に関する技術打合せを、契約締結日から納期までの期間において少なくとも 1 回、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。開催場所は WEB 会議または、日本国内の指定する場所とする。なお、打合せ時の使用言語及び用いる資料は日本語とする。

3.7 品質管理

本品の製作に係る設計・製作・試験等は、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

3.8 適用法規・規格基準

本品は、放射性同位元素等規制法(RI 規制法)の適用を受ける放射線発生装置を構成するものである。従って、設計・製作・試験・据付調整等にあたっては、以下の法令、規格、基準等を適用または準用して行うこと。

- (1) 放射性同位元素等規制法(RI 規制法)
- (2) 労働安全衛生法
- (3) 日本工業規格(JIS)

(4) その他受注業務に関し、適用または準用すべき全ての法令・規格・基準等

3.9 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。

3.10 注意事項

- (1) 製作において材料の選択、機械加工の方法及び洗浄の方法に注意すること。
- (2) 使用材料と機器の選定にあたっては耐放射線性の良いものを使用すること。
- (3) 指定された場合を除き、原則、非磁性の材料を使用すること。
- (4) JIS 等の国内規格、法令に基づき、材料や機器の選定、製作を行うこと。

3.11 グリーン購入法の促進

- (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)に適合する環境部品(事務用品、OA 機器等)が発生する場合は、これを採用する。
- (2) 本仕様書に定める提出図書(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。

3.12 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。

3.13 機密の保持

受注者は、本品の製作にあたり、QST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、予めQST担当者の承諾を得た場合にはこの限りでない。

3.14 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。本契約においてQSTより提出された資料等から波及する特許の行使権はQSTに帰属する。ただし、QSTの了承を得た場合はこの限りではないものとする。

3.15 協議

本件は仕様書に基づいて行うものとし、これらに疑義が生じた場合はQST担当者の指示に従うこと。部材や製作・施工方法、試験・測定方法、寸法や形状等は原則、仕様書に記載する方法や値を採用すること。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。

4. 製作仕様

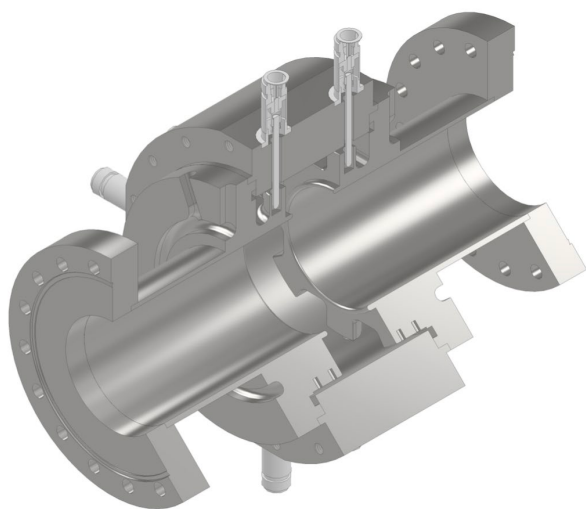
本件は、バンチ間隔2nsecおきに積まれている電子ビームの不安定性を各バンチ、毎ターンの、フィードバックキックを与えてビーム進行方向の不安定性を抑制するためのBBF空洞を製作するものである。フィードバックキックが前後のバンチに影響を及ぼさない様に空洞の負荷Q値はできる限り低くし、出力ポートからRFが直ぐに抜ける構造とすること。

4.1 詳細仕様

- ・エネルギー2.5GeV以上、エミッタンス2nm.rad以下の放射光源蓄積リングにおいて、蓄積電流350mA以上の状況で、蓄積電子ビーム進行方向の電子ビーム不安定性を抑制できた実績を有すること。
- ・ノーズstub付き、オーバーロード型waveguideを備えたPillbox型の空洞1台(参考図1参照)を製作し、納品すること。
- ・想定運転条件として、空洞内部は真空 5×10^{-7} Pa以下で運転できる構造とすること。
- ・RF入力ポート4つ、出力ポート4つ備えること。(フィードスルーについては、京セラ製N-R No.16297を8個支給するので、空洞本体に取り付けられる構造とすること。)
- ・入出力RFのカップリングを良くするため、N型フィードスルー電極とwaveguideとの接続にはRFコンタクト等を使用すること。
- ・中心周波数1653.47MHz.(目標値)
- ・1dBバンド幅254MHz以上
- ・負荷Q値 10以下(目標値4以下)
- ・シャントインピーダンスの目標値 500 Ω 以上
- ・材質SUS316L
- ・入力ポートには1chあたり最大1kWのパワーを投入できる構造とし、空洞本体を水冷できる構造とすること。また空洞本体に熱電対を取り付けられる穴を設けること。
- ・ビームパイプ内径は $\phi 70$ とすること。
- ・空洞内の面精度はRa1.6以下に仕上げる。空洞内面は、切削油等、中和洗剤等で念入りに取り除き、超高真空 5×10^{-7} Pa以下で使用できるようにすること。
- ・空洞両端のフランジはICF152(両側共固定フランジ)とし、フランジ面間の寸法は400mmとし、BBF空洞を設置する上下流の真空チェンバーとの取り合うため、製作寸法はQST担当者の指示に従うこと。またICF152には、別途指示するRFコンタクト(本仕様範囲外)を取り付けられる構造とすること。
- ・RFの入力、出力特性をよくするため、指示する箇所にRFコンタクトを取り付けること。
- ・空洞本体は150℃で24時間ベーキングしても問題ない構造とし、各部品段階で脱ガスベーキングを行い、製作後リークチェックを行うこと。
- ・レーザートラッカー用の台座を取り付けられる穴を設け、基準点とビーム軸中心点との3次元距離を0.1mm以下の精度で計測すること。
- ・製作後、周波数特性に重要な箇所を3次元計測器で測定し、試験検査成績書に記載すること。周波数特性は受注者でもシミュレーション計算を行い、共振周波数、バンド幅、負荷Q値、

シャントインピーダンス、フィードバック電圧(計2kW入力時)のシミュレーション結果を提出し、空胴製作を行うこと。

- ・空胴設置の際に精密アライメントができるように、3次元可動式のアライメント台座(仕様範囲外)に載せるため、アライメント台座に設置する際のプレート、プレート上のBBF空胴の支持機構の製作も本仕様範囲とする。
- ・溶接組み上げ前、溶接後の高周波試験の際は、日程調整の上、QST担当者の立ち会いのもと検査を実施すること。
- ・RF測定は、共振周波数、バンド幅、負荷Q値の測定を実施し、シャントインピーダンスの参考値を取得するためのビーズ測定も実施すること。



参考図1 BBF空胴の参考図

4.2 試験項目

製作した BBF 空胴に対して次の性能試験を行うこと。詳細は別途協議の上、試験検査要領書を作成してその要領書に従って行うこと。QST 担当者による立会試験を行い、合格と判断された後に試験検査成績書を提出すること。測定、試験に必要な機材、ガスケット等はすべて受注者が用意すること

項目	内容
目視試験	・目視にて機器の外表面及び内表面に機能上有害となる傷、汚れ、歪みの無いこと。
寸法試験	・機器の主要寸法、機能上重要な寸法を、必要精度を有する測定機器、測定環境にて計測記録すること。 ・表面粗さの測定試験を各機器にて3点行うこと。ただし、測定が困難な部位に関しては同じ機械加工を施したサンプルにて検査可とする。

高周波試験	加速モードに対して以下の測定を行うこと。性能値が規定されている項目は仕様を満足すること。 ・共振周波数 ・負荷 Q 値 ・1dB バンド幅 ・S パラメータ ・シャントインピーダンス(ビーズ測定による参考値)
真空試験	・リーク試験: 真空洩れがないことを確認すること。リークレートは $1.0 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ 未満とする。
冷却水通水試験	・耐水圧試験: 冷却水路に 0.98MPa の水圧を 30 分間加えて異常な変形及び漏れ、共振周波数等の異常変化がないことを確認すること。

4.3. 梱包及び運搬

- ・外部から空胴内部へ異物の侵入を防ぐため、空胴の各ポートをそれぞれの閉止フランジで閉止して梱包すること。空胴内を一旦排気した後、乾燥窒素を充填しておくこと。排気や封止に必要なガスケット、フランジは受注者が準備すること。
- ・固定脚を取り付けた空胴をポリエチレンシート等で密封後、専用木箱等に格納し、輸送時に振動の少ない専用車を使用して運搬すること。木箱は、空胴の出し入れが容易に行える構造にしておくこと。

5. 納期

令和9年3月19日

6. 納入場所

宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1

NanoTerasu ライナック棟 搬入室 車上渡し

(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: 上島 考太

選定理由書

1. 件名	BBF 空洞の製作
2. 選定事業者名	三菱重工機械システム株式会社
3. 目的・概要等	NanoTerasu では、2025 年に BBF 空洞を蓄積リングに導入し、予定より前倒しで 400mA の安定運転を達成できた。当該機器は、400mA の蓄積電子ビームを安定に蓄積するために必要不可欠なものである。 不安定性を抑制するため常時 RF を BBF 空洞に供給しており、セラミックフィードスルー部の放電による劣化、または経年劣化による漏水のような問題が起こる事がある。問題が生じると 400mA 安定蓄積できなくなり、NanoTerasu の運転に多大な影響を及ぼす。施設の運営上、故障が発生した場合には速やかな交換が必須である。 本件は、その交換用 BBF 空洞の製作を行うものである。
4. 希望する適用条項	契約事務取扱細則第 29 条第 1 項第 1 号ト（既存の研究機器、ソフトウェア等との接続性、互換性が強く求められる物件を当該機器、ソフトウェア等の製造業者又は特定の技術を有する業者から買入れるとき。）
5. 選定理由	本件は、令和 6 年度に契約した「BBF 空洞の製作」に関連する案件であり、先に製作した BBF 空洞は既に NanoTerasu で設置・運用されている。本件で調達する BBF 空洞は、縦方向のビーム不安定性を抑制するため空洞内部で正確なフィードバック電場の生成が要求され、NanoTerasu の既存機器との機械精度、電氣的、構造的な完全互換性が求められる。また、本件の仕様で要求される BBF 空洞の設計・製作に関する高周波性能に関するシミュレーションやビーズ測定による性能評価など、詳細な設計情報や製造ノウハウ等の技術情報は、既存 BBF 空洞の製造元である三菱重工機械システム株式会社のみが保有しており、他者には開示していない。 以上のことから、本件に必要な技術的能力を有しており、本件調達が可能な唯一の者として三菱重工機械システム株式会社を選定したい。