

NanoTerasu 線型加速器用  
Cバンドパルスクライストロンの購入

仕様書

## 1 目的と概要

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。）が運営する軟 X 線高輝度放射光施設 NanoTerasu の 3GeV 線型加速器では、20 台の C バンド高電界加速器を使用している。C バンド高電界加速器は、最大 50 MW 出力のパルスクライストロンを高周波源として使用する。現在、20 台の内 1 台のクライストロンからの出力性能が計年劣化した際には交換しなければならない。本件は、その交換用クライストロンを購入するものである。

## 2 仕様範囲

クライストロン本体 1 台

必要な材料手配、製作、試験、梱包、輸送、搬入を行うこと。

## 3 仕様

### 3.1 機器の概要と構成

軟 X 線高輝度放射光施設 NanoTerasu の 3GeV 線型加速器では電磁石集束式の大電力パルス・クライストロンを採用している。これはクライストロン本体、集束コイル、X 線シールド等で構成されている。それぞれの外形図（参考図）を添付図 1～3 に示す。また、電気的仕様を 3.2 章に、構造仕様を 3.3 章に示す。本件では現在使用している集束コイル、X 線シールドの電気的仕様、構造使用を満たすクライストロン本体のみを製作する。

### 3.2 電気的仕様

項目	仕様
動作周波数	5712 MHz
定格 RF 電力	50 MW 以上
最大 RF パルス幅	2.5 $\mu$ s
最大パルス繰り返し	25 pps 以上
定格ビーム電圧	370 kV 以下（350 kV 程度）
ビームパービアンス	1.53 $\mu$ A/V <sup>1.5</sup>
電力効率	40%以上（定格 RF 電力出力時）
励振 RF 電力	500 W 以下（300 W 程度）
RF 利得	50 dB 以上（定格 RF 電力出力時）
出力の安定性	励振 RF 電力を変化させた時に、出力 RF 電力が連続的に変化すること。 パルス波形に欠けが現れないこと。
カソードヒータ電力	AC 500 W 以下（85 V、4.2 A 程度）
イオンポンプ電圧	3.5 kV
集束コイル電流、電圧	1 電源方式 30 A 以下、250 V 以下 補助コイルの磁場を微調整するためのタップを設けること。
集束コイル中心磁場	約 0.3 T ソレノイド磁場
X 線漏洩線量	付属の X 線シールドを付けた状態で、最大パルス繰り返しでの定格 RF 電力出力時に 6 $\mu$ Sv/h を超えないこと。

### 3.3 構造仕様

項目	仕様
重量	クライストロン本体 300 kg 程度 集束コイル 900 kg 程度 X 線シールド 400 kg 程度
設置方法に関する仕様	クライストロン本体に集束コイルを装着したまま本体上部で吊れるような構造とすること。

RF 入力コネクタ	同軸50Ω N型
RF 出力フランジ	真空導波管 (WR-187) ADESY 型フランジ
イオンポンプコネクタ	同軸SHV型
カソードヒータコネクタ	マルチコンタクト SP4N、SP3N リード線には、コロナ放電防止のため金属製のフレキシブルカバーを付けること。
集束コイル コネクタ	丸型多芯コネクタ
水冷箇所と流量	クライストロン本体： コレクタ、ボディ 30 L/min 程度 出力導波管 2 L/min 程度 集束コイル： 主コイル 10 L/min 程度
冷却水システムの耐圧	1 MPa (常用圧は0.5 MPa 程度)
圧力損失	0.3 MPa 以下
冷却水供給温度	28℃程度
冷却水の継手	スウェジロック継手 配管の途中にも、ネジ込み継手は使用しないこと。
温度計、温度リレー	クライストロンボディとコレクタ間を繋ぐ冷却水配管の途中に熱電対を設け、ボディでの異常発熱を検知できるようにすること。 集束コイルにはサーマルリレー (規定温度以上で接点开) と熱電対を設け、温度異常時には電源を停止できるようにすること。
X線シールドの材質と厚み	側面U字部： 鉛30 mm厚 側面導波管側： 鉛25 mm厚 底面、上面： 鉛10 mm厚
コレクタ部冷却水配管	冷却水配管の取り出し口に、鉛製のシールドを取り付け可能であること。

#### 4 試験

試験項目を以下に示す。

詳細については、試験検査要領書に示し確認を得ること。

必要に応じて、QSTの担当者等が試験に立会いをする。

- (1) 外観試験
- (2) 寸法試験
- (3) 冷却水配管の耐圧漏洩試験
- (4) 動作確認試験

クライストロンのコンディショニングが完了し、定格の運転条件にて安定に運転できるようになった後に、以下の動作試験を行い、仕様通りの性能が得られていることを確認すること。

- ・定格運転条件での出力 RF 電力、励振 RF 電力、印加電圧、ビーム電流、真空度などの運転状態を記録し、電力効率、RF 電力利得、X線漏洩線量などが仕様を満足することを確認すること。

- ・印加電圧や励振 RF 電力を変化させた時に、出力 RF 電力が連続的に変化すること。パルス波形に欠けが現れないこと。

- ・RF 入力無しのダイオード運転時に、自励発振が無いことを確認すること。

#### 5 納入場所

宮城県仙台市青葉区荒巻青葉 468-1

NanoTerasu センター

持ち込み渡し

## 6 納期

令和8年3月30日

## 7 提出書類

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	確認
①	契約仕様書	契約後速やかに	1部	
②	製作工程表	契約後速やかに	1部	
③	承認図	製作前	1部	要
④	試験検査要領書	試験前	1部	要
⑤	納入図	納入時	1部	
⑥	試験検査成績書(個別)	納入時	1部	要
⑦	取扱説明書	納入時	1部	

これら①～⑦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、①～⑦の電子ファイルをCD-Rなどの記録媒体に納めたものも、上記の「完成図書」に綴じて提出すること。

(確認方法)

「確認」は次の方法で行う。

QSTは、確認のために提出された図書を受領したときは、期限日を記載した受領印を押印して返却する。また、当該期限までに審査を完了し、確認しない場合には修正を指示し、修正等を指示しないときは、確認したものとする。

## 8 技術打合せ

工程及び詳細設計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2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。

## 9 梱包と運搬

本件で製作するクライストロンは、カソードを有する真空管であるため、輸送の際の振動や衝撃は厳禁である。受注者工場から納入場所までの輸送時には、衝撃を吸収する梱包を行うとともに、エアサスペンションのついたトラックを用いるなど、配慮をすること。

## 10 検査条件

(1) 作業完了後、本仕様書に記載した各種試験を実施し、合格すること。

なお、試験前に試験検査要領書を作成してQST職員の確認を得ること。

試験結果は試験検査成績書に記載して、提出すること。

(2) 外観検査・員数検査を行い、QSTが合格と認めること。

(3) 試験検査成績書、その他の提出図書の確認を行い、量研が合格と認めること。

## 11 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) 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

## 12 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

## 13 産業財産権

産業財産権については、別紙-1「産業財産権の取扱いについて」に定めるとおりとする。

## 14 瑕疵担保責任

瑕疵担保責任については、契約条項のとおりとする。

## 15 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。

## 16 物品識別タグ

本契約において納入する全物品のリストを QST が指定する様式にて納入前に QST に提出すること。提出リストを元に、QST 側でユニーク識別コードが書かれたタグを準備し支給する。QST が指定した全物品に対し、支給タグを貼り付けた後に納入すること。タグを貼る箇所については別途指示する。

## 17 機密の保持

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、予め QST の承諾を得た場合にはこの限りでない。

## 18 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。

## 19 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 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 の指示に従うこと。

## 20 その他

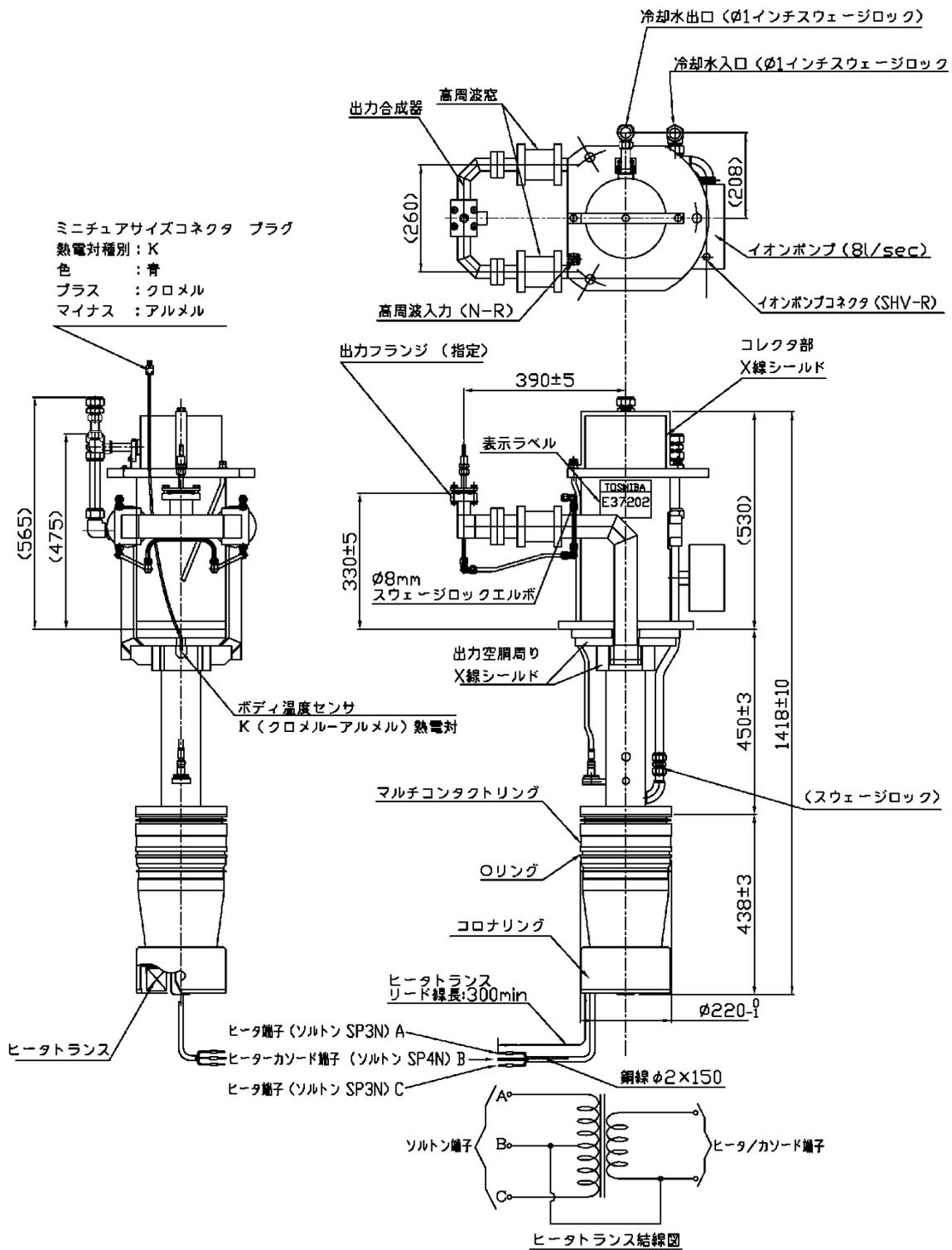
- (1) 製品の瑕疵について明らかになった場合、使い勝手等を含む性能が保証できるよう速やかに対処すること。
- (2) 瑕疵担保期間の内外を問わず、故障や不良等が発生した場合には速やかな対処が可能であること。また原因と対処方法を速やかに QST に報告すること。

(要求者)

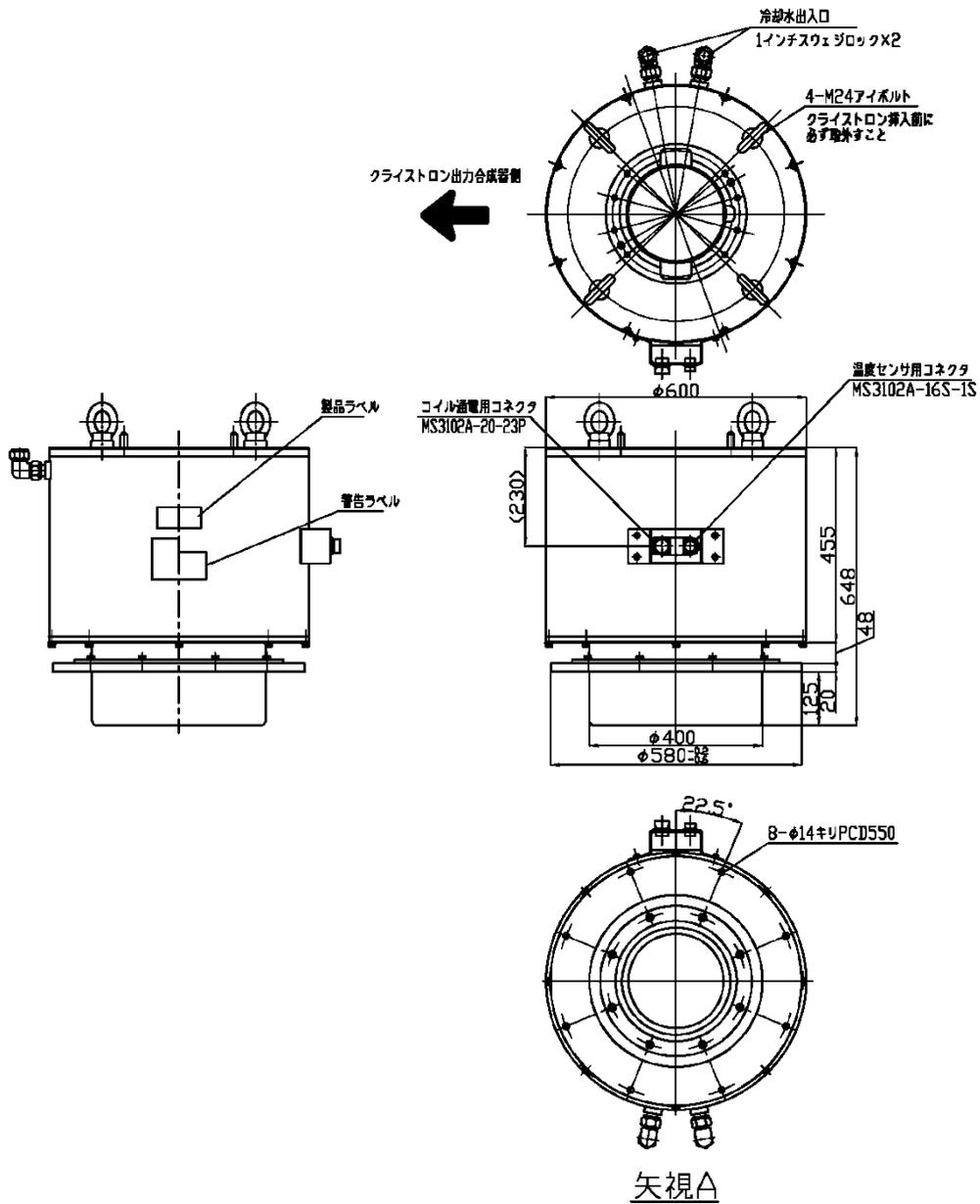
部課室名：NanoTerasu センター

高輝度放射光研究開発部 加速器グループ

氏 名：安積 隆夫

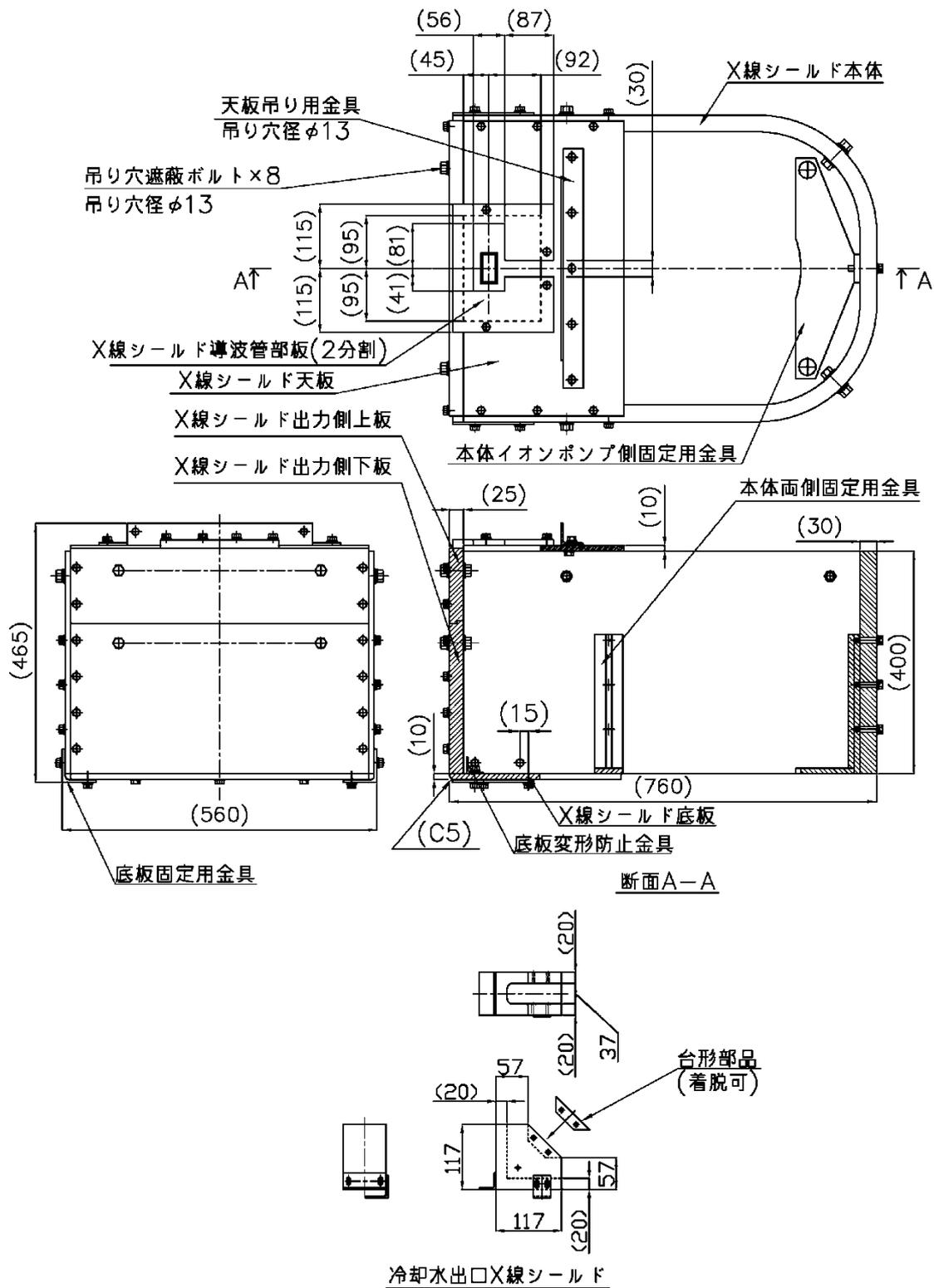


添付図1 : Cバンド・クライストロン 電子管本体の外形図 (参考図)



冷却水コネクタ	1インチスウェージロック
電極接続	MS3102A-20-23P 端子A：プラス 端子B：マイナス
サーマルスイッチ	MS3102A-16S-1S 端子AとBを使用
最低油面下部	フランジ下面より70mm
オイルタンクとの取り合い	8-φ14mmキリP. C. D550mm 推奨Oリング JIS B2401 V480

添付図2： Cバンド・クライストロン用集束コイルの外形図（参考図）



添付図3： Cバンド・クライストロン用X線シールドの構成図（参考図）。X線シールド本体、出力側上板、下板、底板、天板、導波管部板、及び冷却水出口用X線シールドはすべて鉛製である。

## 選定理由書

1. 件名	NanoTerasu 線型加速器用 C バンドパルスクライストロンの購入
2. 選定事業者名	キヤノン電子管デバイス株式会社
3. 目的・概要等	<p>NanoTerasu の 3GeV 線型加速器では、20 台の C バンド高電界加速器を使用している。C バンド高電界加速器は、最大 50 MW 出力のパルスクライストロンを高周波源として使用する。クライストロンの出力性能が経年劣化により低下した場合、安定した 3GeV ビーム入射をするためには、すみやかな交換が必須となる。本件はその交換用クライストロンを購入するものである。</p> <p>本件で調達予定の C バンドパルスクライストロンは、高周波を生成するだけでなく、常時安定した出力が要求される。また、既存の導波管位置に対して高精度の機械精度での設置が必要なため、クライストロン本体の機械寸法においても高い製作精度が要求される。</p>
4. 希望する適用条項	政府調達に関する協定その他の国際約束に係る物品等又は特定役務の調達手続について 第 25 条第 1 項第 3 号②(その他既調達物品等に接続して使用し又は提供させる物品等又は特定役務)
5. 選定理由	<p>本件は、NanoTerasu 線型加速器に既設の加速器設備に組み込まれているクライストロンと同一仕様の C バンドパルスクライストロンを調達するものである。</p> <p>既設の導波管位置に対して高精度の機械精度での設置が必要であり、出力特性と機械寸法の観点から NanoTerasu に備わる既存機器との電気的な互換性、特に既設の冷却水配管との位置関係や形状、クライストロンソケット形状、集束コイル内径等の構造的な互換性が必要不可欠である。これらの仕様を満たすためには既存のクライストロンとの完全互換機である必要があり、既設クライストロンはキヤノン電子管デバイス株式会社製である。これらの構造仕様は同社独自の設計に基づき構成されており、詳細な設計情報や製造ノウハウ等の技術情報は外部に公開されていない。</p> <p>このため、他社において既設機器と完全な互換性を有するクライストロンを新たに設計・製作することは困難である。</p> <p>したがって、既存クライストロンと完全な互換性を有する必要があり、これを製作可能な技術的能力を有するのはキヤノン電子管デバイス株式会社のみである。</p> <p>以上より、本件調達が可能な唯一の者として同社を選定事業者としたい。</p>