

# CB5-1 クライストロン交換作業

## 仕様書

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

## 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「量研」という。）が運営する3GeV 高輝度放射光施設（NanoTerasu）の3GeV 線型加速器では、20 台の加速ユニットによる3GeV ビーム加速をおこなっている。本件は、20 台の加速ユニットの内、1 台の加速ユニット（CB5-1）で大電力パルスクライストロンの交換作業を実施するものである。当該クライストロンは、高出力時、クライストロン管内放電の可能性があるため、安定したビーム加速をおこなうために、クライストロンの交換作業をおこなう。

## 2. 仕様範囲

|                     |                          |    |
|---------------------|--------------------------|----|
| Cバンドパルスクライストロンの交換作業 |                          | 1式 |
| （内訳）                | 変調器電源の絶縁油 排出・注入作業        | 1式 |
|                     | CB5-1 クライストロン・集束コイル取外し作業 | 1式 |
|                     | クライストロン交換作業              | 1式 |
|                     | 配線・配管作業                  | 1式 |
|                     | クライストロン設置後、電圧印加試験        | 1式 |

## 3. 仕様

### 3.1 機器の概要と構成

Cバンドクライストロン、および集束コイルは、絶縁油で満たされた変調器電源・パルストランスの一体型タンクに設置されている。またクライストロンの大電力高周波出力部の真空型導波管は、加速ユニットと接続されている。

クライストロンを取り外すには、一体型タンクに充填されている絶縁油を真空浄油機（貸与品）により別の油タンクへ移動する。そして、冷却水配管、ケーブル、真空導波管から切り離れた後、クライストロンは一体型タンクと切り離し可能となる。上記した機器が組み合わせられた時の外形図を図1に示す。また、電気的仕様を3.2章に、回路構成を3.3章に示す。

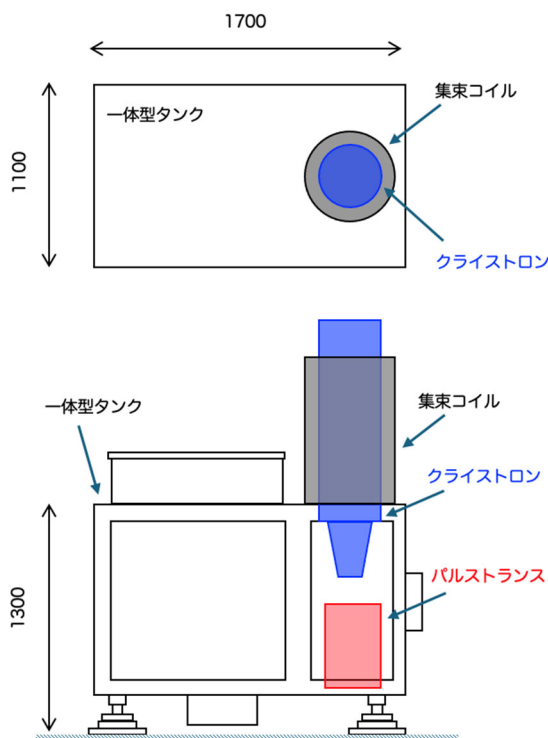


図1：一体型タンク、クライストロン本体（青色）、集束コイル（灰色）、パルストランス（赤色）の外形図。

### 3.2 電氣的仕様

| 項目           | 仕様             |
|--------------|----------------|
| クライストロン出力周波数 | 5712 MHz       |
| 高周波出力        | 50 MW 以上       |
| クライストロン印加電圧  | 350 kV (peak)  |
| クライストロンビーム電流 | 311 A (peak)   |
| PFN 電圧       | 50 kV (peak)   |
| パルス幅         | 4.5 $\mu$ s 程度 |
| 繰り返し周波数      | 25 pps         |

### 3.3 主要回路構成 (図2)

| 項目        | 仕様  |
|-----------|---|
| 一体型タンク    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・上部にクライストロン支持</li> <li>・内部には絶縁油を充填</li> <li>・側板取外し可能</li> <li>・内部観測用窓を装備</li> </ul>  |
| PFN 回路    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・インダクタコイルとコンデンサのライン型</li> <li>・段数：16 段</li> <li>・コンデンサ総容量：470 nF</li> <li>・コイルインダクタンス：0.3 <math>\mu</math>H ~ 1 <math>\mu</math>H</li> </ul> |
| サイラトロン    | ・グリッド分圧回路、トリガフィルタ回路、カソードヒータライン、リザーバヒータラインを装備  |
| デカップリング回路 | パルス高電圧発生時にパルス電流逆流を防止するため、高電圧入力側に保護抵抗、インダクタを直列に設置  |
| 抵抗型放電回路   | 上記保護抵抗とインダクタ間に 25 M $\Omega$ の抵抗を設置間に導入することで 10 s 程度で放電   |
| シャント抵抗    | ダイオードにてサイラトロンの逆電圧を短絡  |
| EOL 回路    | ダイオード、マッチング抵抗にて逆電圧を短絡、消費  |
| テイルクリップ回路 | パルストランスの逆電圧をダイオード、抵抗にて短絡  |
| ディスプレイカ回路 | コンデンサ、抵抗のスナバ回路にてリップルを短絡   |
| 高電圧プローブ   | 100 M $\Omega$ の内部抵抗  |
| パルストランス回路 | 高電圧パルス：400 kV max、315 A、5 $\mu$ s   |

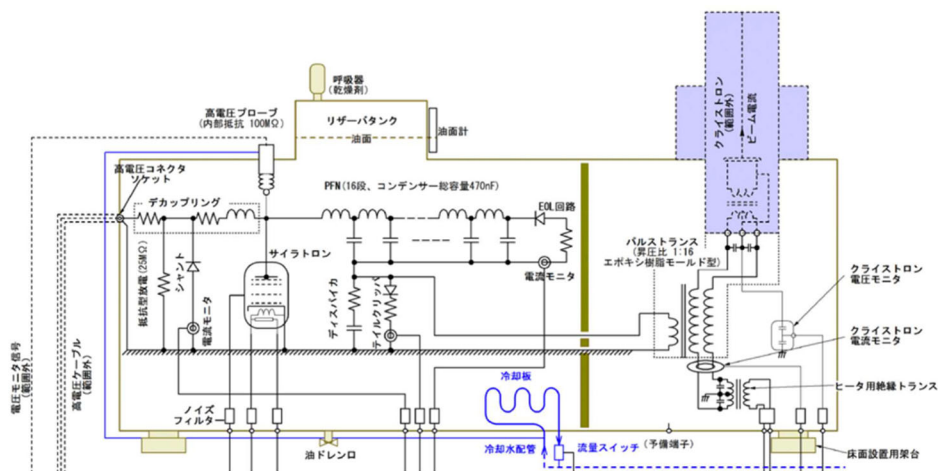


図2：変調器電源本体の構成図

#### 4. 作業、検査内容

以下の手順に従ってクライストロン交換作業を実施すること。

| 作業項目           | 内容   |
|----------------|--|
| ① 変調器への電源供給    | ・供給電源ブレーカ (400 V、200 V) オフ状態の確認。   |
| ② クライストロン真空    | ・SIP HV off、電源停止   |
| ③ 冷却水設備        | ・クライストロン本体、およびソレノイドへの冷却水通水停止<br>・冷却水配管取り外し   |
| ④ 電気設備・ケーブル    | ・RF ケーブルの取り外し<br>・SIP 高電圧ケーブル取り外し<br>・集束コイルケーブル取り外し  |
| ⑤ 導波管切り離し作業    | ・窒素ページ(QST 作業)   |
| ⑥ 変調器電源・一体型タンク | ・タンク内絶縁油の排出 (浄油機装置、及び油タンクは貸与)  |
| ⑦              |  |
| ⑧ 一体型タンクの移動    | ・タンク専用移動装置の使用 (QST 作業)   |
| ⑨ クライストロン交換作業  | ・クライストロン・集束コイルの取り出し<br>・集束コイル保管台に一時設置<br>・集束コイルからクライストロンの取り出し<br>・交換するクライストロンを集束コイルに挿入<br>・クライストロン・集束コイルをタンクに設置<br>・ヒータ線取り付け                     |
| ⑩ 導波管取り付け作業    | ・取り外した導波管の締結、タンク移動、真空引き作業  |
| ⑪ 変調器電源・一体型タンク | タンク内絶縁油の注油 (浄油機装置、及び油タンクは貸与)   |
| ⑫ 電気設備・ケーブル    | ・RF ケーブルの接続<br>・SIP 高電圧ケーブルの接続<br>・集束コイルケーブルの接続  |
| 検査項目           | 内容   |
| ① 冷却水配管        | 規定量の通水後、漏水が無いことを目視確認すること。  |
| ② ケーブル復旧       | 全ての電気ケーブルが適切に接続されていることを確認すること。   |
| ③ 制御・通信試験      | タッチパネルからの操作通りに各機能が正常動作することを確認すること。   |
| ④ 高電圧試験        | クライストロン装着後、ヒータ動作の確認、および高電圧パルス発生をおこなうこと。<br>パルス波形を測定し、仕様を満たしていることを確認すること。<br>3時間以上の定格運転 (PFN 電圧: 40kV 以上) をおこない、タンク内の放電や、その他の動作異常が発生しないことを確認すること。 |

#### 5. 作業場所

宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1

3GeV 高輝度放射光施設 (NanoTerasu) 内の指定する場所

#### 6. 支給品

C バンド 50MW パルスクライストロン

1 式

7. 貸与品
- |                        |     |
|------------------------|-----|
| 浄油装置                   | 1 式 |
| モジュレータ制御ユニット (CB5-1)   | 1 式 |
| 変調器電源移動装置 (コンプレッサーを含む) | 1 式 |

8. 納期

令和 6 年 5 月 31 日

作業日程は施設の加速器運転スケジュール上、利用運転終了後の令和 6 年 4 月 22 日以降可能となる。詳細なスケジュールは、契約後に打合せのうえ決定する。

8. 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 | 作業工程表      | 契約後速やかに | 1 部 |    |
| ② | 作業手順書      | 契約後速やかに | 1 部 |    |
| ③ | 試験検査要領書    | 試験前     | 1 部 | 要  |
| ④ | 試験検査成績書    | 納入時     | 1 部 | 要  |

これら①～④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、①～④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。

(提出場所)

量研 NanoTerasu センター  
高輝度放射光研究開発部 加速器グループ

(確認方法)

提出書類のうち、量研の確認を要するものは、確認期限日を記載した受領印を押印の上受注者に返却する。確認期限日までに量研から修正等の指示なき場合は、確認したものとす

9. 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 1 回、量研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。

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量研担当者の確認を得ること。  
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、量研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. 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、業務を実施するにあたっては、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

#### 12. 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。

#### 13. 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、量研と協議のうえ、その決定に従うものとする。

（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：安積 隆夫

## 選定理由書

|             |   |
|-------------|---|
| 1. 件名       | CB5-1 クライストロン交換作業   |
| 2. 選定事業者名   | ニチコン株式会社  |
| 3. 目的・概要等   | 本件は、NanoTerasu の 3GeV 線型加速器において、20 台の加速ユニットの内、1 台の加速ユニット (CB5-1) で大電力パルスクライストロンの交換作業を実施するものである。当該クライストロンは、高出力時、クライストロン管内において放電の不具合を生じる可能性があり、安定したビーム加速を実現させるために、クライストロンの交換作業をおこなうものである。   |
| 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 号ル   |
| 5. 選定理由     | <p>本件は、NanoTerasu の線型加速器の電子ビーム加速装置である大電力高周波源パルスクライストロンの交換作業を実施するものである。</p> <p>当該クライストロンの交換作業を実施する際には、導波管や変調器電源等の取り合い機器に対して高精度の機械精度で設置する必要がある。対象機器の設計や構成等を熟知していない業者が作業を行うこととなった場合、規定の加速電圧を達成できないばかりか、ユーザーに対するビーム提供に重大な支障を生じる可能性が高いため、当該機器の製造事業者又は特定の技術を有する業者以外の者に行わせることはできない。ニチコン株式会社は、当該クライストロンを設置した業者であり、機器の設定内容や接続構成について熟知しており、機器導入後における障害等に対し適切に対応してきた実績を有している。</p> <p>以上より、本作業を実施するために必要な技術的能力を有する唯一の者としてニチコン株式会社を選定する。</p> |