

NanoTerasu 蓄積リング  
クライストロン電源保守点検整備

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

## 1. 目的

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 の蓄積リングには、蓄積ビームのエネルギー維持のため4台の加速空洞が備えられている（図1）。加速空洞へのRF電力供給はクライストロンより生成した1MWの大電力RFを分岐して行われる。クライストロン動作のため、高電圧電源（図2）、冷却装置等が設置されている。ビーム運転は、全ての設備が1サイクル2週間程度、24時間連続で運転されている。放射光を利用者に供している時、RF機器の故障等でビームが蓄積されない事態が発生しないように、常に設備の正常な機能の維持管理をする必要がある。本仕様書は主に点検調整期間中の大電力RFシステムの主要装置であるクライストロン用高電圧電源の保守、点検に関するものである。本年度は、主制御装置・副制御装置、閉鎖配電盤、変圧整流器、直流高圧盤、ヒータ・アノード電源、集束コイル電源に対して作業を実施する。

## 2. 一般事項

### 2. 1 点検機器設置場所

NanoTerasu センター

クライストロン室、クライストロン電源室

### 2. 2 点検対象機器

#### 2. 2. 1 機器設置場所

クライストロン室：集束コイル電源、副制御装置

クライストロン電源室：主制御装置、閉鎖配電盤、変圧整流器、直流高圧盤、ヒータア・ノード電源

#### 2. 2. 2 数量 1式

#### 2. 2. 3 クライストロン用高電圧電源

クライストロン（キャノン電子管デバイス E3732）を駆動するため、NanoTerasu 高周波システム用に開発された90 kV 高電圧電源（ニチコン製）であり、その構成機器は以下の通りである。また、構成を図3から図5に示す。

##### (1) 閉鎖配電盤

上位6.6 kV系より電力を受電し、クライストロン電源へ電力供給する盤で真空交流遮断器（VCB）、計器用変流器/変圧器、保護リレー等を収納する（図3）。

受電：3相 6.6 kV (5.0 MVA 以下)、3相 200 V (50 kVA 以下)

##### (2) 変圧整流器

本装置は閉鎖配電盤からの6.6 kV 入力電圧を受け、90 kV、20 Aの直流に変換する装置である（図4）。

##### (3) 直流高圧盤

直流変換器の出力を平滑し、定格  $-90 \text{ kV} \cdot 20 \text{ A}$  のクライストロンカソード用直流高圧を出力する装置である（図5）。

#### (4) ヒータ・アノード電源

定格電圧  $20 \text{ V}$ 、電流値  $15 \text{ A}$  から  $25 \text{ A}$  の範囲で設定可能なクライストロンのヒーター用定電流電源と出力範囲  $0 \sim 65 \text{ kV}$  連続可変のアノード用定電圧電源を高圧ボックスに内蔵した装置である（図6）。

#### (5) 集束コイル電源

定格出力電圧  $600 \text{ V}$ 、定格出力電流  $5 \sim 10 \text{ A}$  の定電流電源でクライストロンの外部集束電磁石を駆動する（図7）。

#### (6) 主制御装置、副制御装置

クライストロン電源の統括制御を行う装置で、各電源の起動、操作、制御、モニター、上位制御計算機、及び、ローレベル高周波制御系 (NIM 等、本仕様範囲外) との通信機能を司るものである。

### 2. 3 納期

2027年3月26日（金）

### 2. 4 実施時期

原則として、夏期点検調整期間に作業することとする。本件外の作業等との調整が必要なため、詳細は契約後、別途協議の上決定する。本仕様書作成時点における今年度の加速器点検調整予定期間、及び、使用可能期間を以下に記載する。

(1) 点検調整期間：2026年8月8日から9月11日、2026年12月17日から2027年1月20日、2027年3月16日から3月26日

9月に加速器インターロック検査等が予定されているため、8月末頃迄が実質で点検に使える期間である。

(2) 8月26～31日に全所停電が予定されている。

### 2. 5 提出書類

提出書類は以下に分類される。更に点検中に電気溶接などの火気に関わる事を実施する場合、少なくとも実施2日前までに届を提出することとする。

(1) 作業工程表	契約後	1部
(2) 定期点検要領書	点検実施前	1部
(3) 作業体制表	点検実施前	1部
(4) 作業日報	作業終了後毎日	1部
(5) 員数記録	点検終了後	1部
(6) 定期点検結果報告書	点検終了後	1部

電子ファイルを添付すること（キーワードが検索できる pdf ファイル等が望ましい）

(7) 電気工作物に関する作業等の実施計画書

作業実施前 1部/期間毎

(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

## 2. 6 検査条件

### (1) 総合運転試験

各設置場所において、QST 職員の立ち会いの下、クライストロン電源の高圧を入れ、コレクター損失を 600 kW 程度まで上昇させて、各部が正常動作することを確認すること。ただし、施設都合により冷却水供給ができない場合は、冷却水が供給された段階で QST 職員がクライストロン電源の高圧を投入し、正常に運転できるか試験を実施する。その時、不具合が発生した場合、改修等の作業を速やかに実施すること。そして改めて高圧を投入し、正常に運転できることを確認する。

### (2) 検査

必要書類が提出され、上記試験の実施、合格を確認して検査合格とする。

## 2. 7 監督員・検査員

本件についての研究所担当監督員、及び、検査員は以下の通りとする。

### (1) 監督員

NanoTerasuセンター 加速器グループ 安積隆夫

### (2) 検査員

NanoTerasu センター 加速器グループ グループリーダー 西森信行

## 2. 8 保証

検査完了後、1年以内に受注者の責による瑕疵、不具合が生じた場合、受注者が無償にて修理、取り替え等を行うこと。瑕疵、不具合等の発見により、修理や取り替えを行った部分については別途協議することとする。

## 2. 9 特記事項

(1) 本件の放射線管理区域内で実施される作業に関わる作業者は、放射線業務従事者であること。もしくは、作業前に QST の規則に従い放射線管理区域で作業するための教育訓練を受け放射線管理従事者になること。

(2) 本件において必要とする交換部品については、受注者が事前に準備して交換すること。ただし、支給指示の部品は除く。また点検中に発見された、交換を要する部品については、協議の上すみやかに該当部品を交換すること。

(3) 保守点検で発生した産業廃棄物に関しては安全が確認された後、QST が廃棄する。

(4) 点検に使用する電気、及び、水は無償とする。

## 3. 保守点検仕様

### 3. 1 各機器保守点検詳細

#### (1) 6.6kV 主回路高压ケーブル

主回路の 6.6kV ケーブル対大地間の絶縁抵抗を測定すること。

#### (2) 閉鎖配電盤

##### ・外観構造点検

外観、塗装、傷、器具取り付け状態と熱変形等の有無、取り付け用品の破損・変形異常の有無、各部端子台の締め付け状態、コネクタ挿入状態、外部ケーブル配線の緩みや熱変色、扉開閉状態の確認を行うこと。

##### ・機器清掃を行うこと。

##### ・絶縁抵抗測定

制御電源回路の電源ケーブル対大地間の絶縁抵抗を測定すること。

##### ・制御電源の電圧測定を行うこと。

##### ・VCB 普通点検

目視確認、各部点検、絶縁抵抗測定、締付確認、調整寸法測定、導通確認、清掃注油を行うこと。

##### ・保護継電器点検

過電流継電器、不足電圧継電器、地絡方向継電器について点検を行うこと。

##### ・現場制御盤との保護連動試験を行うこと。VCB の動作試験も含む。

#### (3) 整流変圧器

##### ・外観構造点検

外観、塗装、傷、器具取り付け状態と熱変形等の有無、取り付け用品の破損・変形異常の有無、各部端子台の締め付け状態、外部ケーブル配線の緩みや熱変色の確認を行うこと。

##### ・機器清掃を行うこと。

##### ・一次側対大地間、二次側対大地間の絶縁抵抗を測定すること。

##### ・計器、補器類の外観、及び、回路の点検、動作確認を行うこと。

##### ・吸湿呼吸器に傷み、変色のないことを確認すること。必要に応じてシリカゲルを交換すること。

##### ・冷却部の傷み、変色、水漏れ、締結部緩みを確認を行うこと。緩み等がある場合、増し締めすること。

##### ・流量計の動作確認を行い、必要に応じて流量調整を行うこと。

#### (4) 直流高压盤

##### ・外観構造点検

外観、塗装、傷、器具取り付け状態や熱変形等の有無、取り付け用品の破損・変形異常の有無、各部端子台の締め付け状態、コネクタ挿入状態、外部ケーブル配線の緩みや熱変色の確認を行うこと。

##### ・光ケーブルの曲げ・破損の有無、基板挿入状態の確認を行うこと。

##### ・機器の清掃を行うこと。

高压ケーブルや機器高压部に付着したカーボン等の汚れも清掃すること。

##### ・絶縁抵抗測定

制御電源回路の電源ケーブル対大地間、高压ケーブル対大地間の絶縁抵抗を測定すること。

- ・制御電源の電圧測定を行うこと。
- ・メータ・モニタ校正  
メータやモニタ、アンプに関して校正を実施すること。校正前後の値を記録すること。
- ・光伝送部の光量測定を行うこと。
- ・光 CT 保護レベルの確認を行うこと。
- ・現場制御盤からの指令によるシーケンス動作の確認を行うこと。
- ・現場制御盤との保護連動試験を行うこと。
- ・エアフィルタを交換すること。

#### (5) ヒータ・アノード電源

- ・外観構造点検  
外観、塗装、傷、器具取り付け状態や熱変形等の有無、取り付け用品の破損・変形異常の有無、各部端子台の締め付け状態、コネクタ挿入状態、外部ケーブル配線の緩みや熱変色の確認を行うこと。
- ・光ケーブルの曲げ・破損の有無、基板挿入状態の確認を行うこと。
- ・機器の清掃を行うこと。  
高圧ケーブルや機器高圧部に付着したカーボン等の汚れも清掃すること。
- ・絶縁抵抗測定  
制御電源回路の電源ケーブル対大地間の絶縁抵抗を測定すること。
- ・制御電源の電圧測定を行うこと。
- ・メータ・モニタ校正  
メータやモニタ、アンプに関して校正を実施すること。校正前後の値を記録すること。
- ・光伝送部の光量測定を行うこと。
- ・ヒータ電源サイリスタの位相リミッタを確認すること。
- ・現場制御盤からの指令によるシーケンス動作の確認を行うこと。
- ・現場制御盤との保護連動試験を行うこと。
- ・エアフィルタを交換すること。

#### (6) 集束コイル電源

- ・外観構造点検  
外観、塗装、傷、器具取り付け状態や熱変形等の有無、取り付け用品の破損・変形異常の有無、各部端子台の締め付け状態、コネクタ挿入状態、外部ケーブル配線の緩みや熱変色の確認を行うこと。
- ・機器の清掃を行うこと。
- ・絶縁抵抗測定  
制御電源回路の電源ケーブル対大地間の絶縁抵抗を測定すること。
- ・制御電源の電圧測定を行うこと。
- ・メータ・モニタ校正  
メータやモニタ、アンプに関して校正を実施すること。校正前後の値を記録すること。
- ・現場制御盤からの指令によるシーケンス動作の確認を行うこと。

- ・現場制御盤との保護連動試験を行うこと。
- ・エアフィルタを交換すること。

#### (7) 現場制御盤

- ・外観構造点検

外観、塗装、傷、器具取り付け状態や熱変形等の有無、取り付け用品の破損・変形異常の有無、各部端子台の締め付け状態、コネクタ挿入状態、外部ケーブル配線の緩みや熱変色の確認を行うこと。

- ・光ケーブルの曲げ・破損の有無、基板挿入状態の確認を行うこと。
- ・機器の清掃を行うこと。
- ・絶縁抵抗測定

制御電源回路の電源ケーブル対大地間の絶縁抵抗を測定すること。

分電盤～現場制御盤対大地、現場制御盤～閉鎖配電盤対大地、現場制御盤～直流変換器対大地、現場制御盤～直流高圧盤対大地、現場制御盤～集束コイル電源対大地、現場制御盤～ヒータ変調アノード電源対大地など。

- ・制御電源の電圧測定を行うこと。
- ・メータ・モニタ校正（LLRF 制御に関する換算係数の変更・調整）  
メータやモニタ、アンプに関して校正を実施すること。校正前後の値を記録すること。
- ・光伝送部の光量測定を行うこと。
- ・現場制御盤のシーケンサ用バッテリーの交換を行うこと。  
本年度はシンクロトロンのみを対象とする。
- ・盤面故障表示項目について、各故障を模擬し、保護連動試験を行うこと。
- ・保護器具動作確認試験  
カソード過電流・過電圧、アノード過電流・過電圧等に対する保護器具の検査を行うこと。

#### 4. 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。したがって、作業にあたっては、以下の法令、規格、基準等を適用または常用して行うこと。

- (1) 放射線同位元素等規制法（RI 規制法）
- (2) 労働安全衛生法
- (3) 日本工業規格（JIS）
- (4) その他受注業者に関し、適用または準用すべきすべての法令・規格・基準等

#### 5. 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。

## 6. 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。

(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

以上

## 選定理由書

1. 件名	NanoTerasu 蓄積リングクライストロン電源保守点検整備
2. 選定事業者名	ニチコン株式会社
3. 目的・概要等	<p>NanoTerasu の 3GeV 蓄積リングでは、高品質バンチビームを安定周回蓄積するために大電力高周波空洞が備えられている。この空洞群にはクライストロンより 1MW 以上の大電力 RF 電力が入力される。クライストロンでは最大 90kV・20A の高電圧印加・大電流運転がおこなわれ、高周波電力を生成している。</p> <p>本件は、大電力 RF システムの主要装置であるクライストロン用高電圧電源を構成する主制御装置・副制御装置、閉鎖配電盤、変圧整流器、直流高圧盤、ヒータ・アノード電源、集束コイル電源に対して保守・点検作業を実施するものである。</p>
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（物件の改造、修理、保守、点検を当該物件の製造業者又は特定の技術を有する業者以外の者に施工させることが困難又は不利と認められるとき。）
5. 選定理由	<p>本作業を実施するにあたり、既設のクライストロン電源の電氣的性能、ならびに特性を十分に熟知していることに加え、高安定動作性能の観点から、NanoTerasu に設置されている既存機器との機械的・電氣的な取り扱いについて精緻な調整を行う必要がある。</p> <p>このため、当該機器の構造、特性および導入時の構成を熟知したうえで、適切に作業を実施できる高度な専門的知識および技術力が求められる。これらの知見を有しない業者が作業を実施した場合、所定の性能が確保できないおそれがあるだけでなく、NanoTerasu の安定稼働に支障が生じる可能性がある。大電力設備である本電源の運転開始制御、停止制御、そしてインターロック制御においてもニチコン株式会社が製作、ソフトウェア開発をおこなっていることから、これらの制御シーケンス確認も指定メーカーのみが保守可能である。</p> <p>以上により、本件を実施するために必要な技術的能力を有し、本作業を適切かつ確実に実施できる唯一の者として、ニチコン株式会社を選定事業者としたい。</p>