

# J-PARC リニアッククライストロンテストスタンドの概要

## OVERVIEW OF THE J-PARC LINAC KLYSTRON TEST STAND

溝端仁志<sup>\*A)</sup>, CicekErsin<sup>A)</sup>, 方志高<sup>A)</sup>, 福井佑治<sup>A)</sup>, ニツ川健太<sup>A)</sup>,  
篠崎信一<sup>B)</sup>, 不破康裕<sup>B)</sup>, 岩間悠平<sup>C)</sup>, 佐藤福克<sup>C)</sup>,  
Satoshi Mizobata<sup>\*, A)</sup>, Ersin Cicek<sup>A)</sup>, Zhigao Fang<sup>A)</sup>, Yuji Fukui<sup>A)</sup>, Kenta Futatsukawa<sup>A)</sup>,  
Shinichi Shinozaki<sup>B)</sup>, Yasuhiro Fuwa<sup>B)</sup>, Yuhei Iwama<sup>C)</sup>, Yoshikatsu Sato<sup>C)</sup>

<sup>A)</sup>High Energy Accelerator Research Organization

<sup>B)</sup>Japan Atomic Energy Agency

<sup>C)</sup>NAT Co.,Ltd.

### Abstract

In J-PARC linac, 45 klystrons (324MHz and 972MHz) are used to excite the accelerating cavity. We operate with up to four klystrons connected to one high voltage power supply. The output voltage of each high voltage power supply is different. Some klystrons have low gain, requiring higher input power when operating at low voltages. When replacing the klystron, we have to select the klystron based on the set voltage and the required RF power. Evaluating klystron performance on a test stand helps us make better choices when replacing klystrons.

## 1. はじめに

J-PARC リニアックではクライストロン 45 台を用いて加速器の運転が行われている [1]。1 台の高圧電源に対して最大 4 本のクライストロンを接続して運転しており、それぞれの高圧電源の出力設定電圧は異なっている。ゲインが低いクライストロンもあり、低いカソード電圧で運用する時は入力電力を大きくする必要があります。クライストロン交換の際には高圧電源の出力設定電圧と必要な高周波出力電力を勘案してクライストロンを選定しなければならない。テストスタンドで事前にクライストロンの性能を評価することで交換時にクライストロンの選定がしやすくなる。

## 2. テストスタンドの目的

テストスタンドはメーカから納入されたクライストロンを実機導入前に特性評価することを目的としている。前項に記載している通り、J-PARC リニアックでは 1 台の高圧電源に対して複数台のクライストロンが接続されている。そのため、クライストロンそれぞれに対して適切なカソード電圧を印加することができない場合もある。この場合、所定の出力電力が得られるまで入力電力を上昇させるかクライストロンを再度交換する必要がある。テストスタンドを使用することで以下の目標を達成することができる。

- クライストロン出力電力が入力電力に対して滑らかに上昇するか
- 実機と同じカソード電圧にした時に必要な出力電力が得られるか事前に確認する
- 実機のクライストロン故障時に代替候補品を迅速に選択できる
- 実機へ導入後の調整時間を少なくする

## 3. テストスタンドの構成

テストスタンドは J-PARC リニアックで使用されている 324 MHz と 972 MHz の 2 種類のクライストロンの試験ができるように 2 種類整備されている。テストスタンドは大きく分けてクライストロンに高電圧を印加する高圧電源部とクライストロンに高周波を入力する高周波部に分かれる。次項でそれぞれの部分について述べる。

### 3.1 高圧電源部

高圧電源部は実機と同じ構成の高圧電源を使用している。高圧電源部の諸元と系統図を Table 1 と Fig. 1 に示す。テストスタンドでは 1 台の高圧電源に対して 324 MHz と 972 MHz の 2 種類のクライストロンを接続できるようになっているが、冷却水の関係でどちらか片方のクライストロンしか稼働することができない。

Table 1: Overview of High Voltage Power Source

Rated output voltage	-110 kV
Rated output current	54 A
Cycle	25 or 50 pulse per second

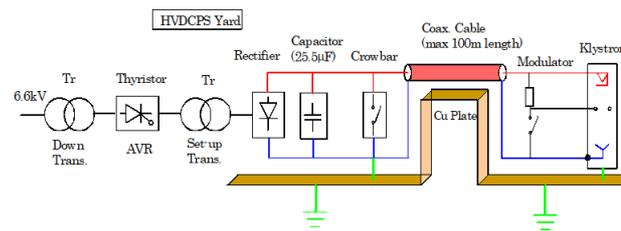


Figure 1: System diagram of high voltage power source section.

\* mizobata@post.kek.jp

### 3.2 高周波部

高周波部の系統図を Fig. 2 に示す。高周波部は実機と同等の構成であるが高周波出力のフィードバック制御部は搭載せず、一般品の信号発生器 (SG) を高周波信号源として使用している。クライストロンの出力電力は 2 分配されてダミー負荷に入力している。クライストロンの入力・出力電力はそれぞれパワーメータと VSWR メータで測定している。高圧電源部も含めた機器へのタイミング信号はパルスジェネレータ (PG) で生成している。高周波の周期は  $1 \cdot 5 \cdot 25$  PPS を選ぶことができ高周波窓試験や空洞の試験にも使用することができる。高圧電源部を含め種々の機器はプログラマブル論理制御装置 (PLC) を介し EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) に接続されている。また、直接 EPICS に接続している機器もある。EPICS を介して機器の制御やデータ収集ができるようになっている。GUI 画面の例を Fig. 3 に示す。GUI 画面では種々のデータのトレンドも表示できるようにしている。また、データは PC にアーカイブされており必要に応じて読み出すことができる。

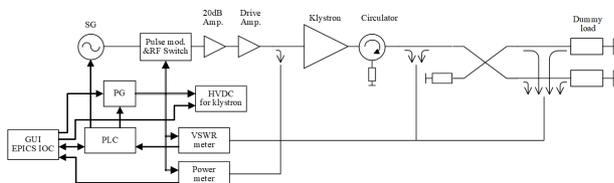


Figure 2: System diagram of radio frequency section.

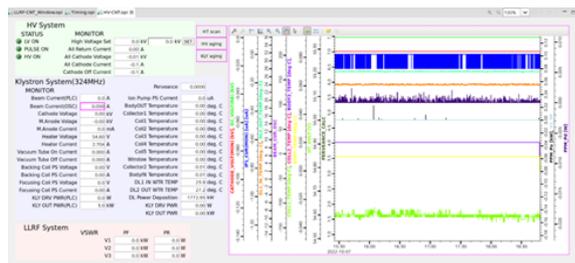


Figure 3: Overview of GUI.

### 4. 測定例

テストスタンドを使用して測定した 324 MHz クライストロンの結果を Fig. 4 に示す。本測定はカソード電圧を変化させたときのクライストロンの入出力特性を示している。横軸はクライストロンの入力電力、縦軸はクライストロンの出力電力を表している。カソード電圧設定後、クライストロンの入出力特性を自動的に測定できるようにプログラムを作成した。Figure 4 からこのクライストロンは -109 kV 以下のカソード電圧では出力電力が 3 MW に達しないことがわかる。また、カソード電圧が -109.2 kV の時、入力電力は 4 W ほどあれば十分な出力電力が得られることがわかる。これらの結果から、加速器運

転時に最大 2.5 MW の出力電力が必要な場合このクライストロンは -104.8 kV 以上のカソード電圧を印加しなければならないことがわかる。このように加速器運転時に要求されるクライストロン出力電力とカソード電圧設定を勧案するとこのクライストロンを導入できるステーションを判断できる。

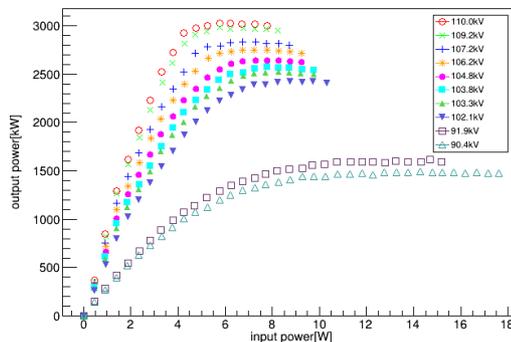


Figure 4: Measurement of klystron.

### 5. まとめと今後の展望

クライストロンの特性を評価するためのテストスタンドを構築した。テストスタンドは実機と同等の機器で構成されており、実機導入時のクライストロンの特性を測定することができる。テストスタンドでは EPICS を介した制御・データ収集が可能でプログラムを作成することで自動的にデータ取得が可能になっている。

今後、以下の機能追加を検討している。

- クライストロンのヒータ電流を EPICS で制御・測定できるようにしてパービアンスの測定などを自動でできるようにする
- 測定したクライストロンの特性をデータベース化してクライストロン交換時の選定・調整時間を短くする
- クライストロン用デジタイザの製作・評価試験をし実機へ導入する

### 参考文献

[1] High-intensity Proton Accelerator Project Team, “Accelerator Technical Design Report for High-intensity Proton Accelerator Facility Project, J-PARC”, JAERI-Tech 2003-044, KEK Report 2002-13.