PASJ2018 FSP013

京都大学複合原子力科学研究所電子線型加速器施設の現状 STATUS OF KURNS-LINAC

阿部尚也[#], 高橋俊晴, 窪田卓見, 堀順一, 高見清, Naoya Abe[#], Toshiharu Takahashi, Takumi Kubota, Jun-ichi Hori, Kiyoshi Takami Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University

Abstract

Operating time of KURRI-LINAC was 2,784.1 hours in 2017FY, the record high. Nuclear data was 35%, radiation measurement was 21%, radiation damage was 18%, RI manufacturing & activation analysis was 16%, coherent light source was 9%, the percentage of the operating time. Troubles were KURNS – LINAC in 2017FY, the leakage of the cooling water at No.2 klystron, the damage was minimal by experience in the past to the leakage of cooling water, and RF driver was troubled multiple times, the error of indication of the RF output power, the machine stop by reflection power over, and the error of RF output power.

1. はじめに

京都大学複合原子力科学研究所(2018年4月に原子 炉実験所より改名)電子線型加速器施設(KURNS-LINAC、以下ライナック)は 1965 年に全国共同利用施 設として設置された全国でも数少ない L バンド帯域 (1300.8 MHz)の加速器と、電子線・中性子線・放射光・ 制動 X 線などの様々な量子ビームが利用できる実験施 設である。

近年になって、利用者の要望に応える形で利用内容 も多様化が進んでおり、中性子線によるイメージング、放 射化が起こりにくい低エネルギーでの電子線照射による 材料改質や化学変化、微弱ビームによる検出器の開発、 高出力運転による RI 製造などが一例である。利用の多 様化に伴い、利用運転時間が増加しており、今後も活発 な利用が見込まれている貴重な施設である。

ライナックの現状のスペックを Table 1 に示す。

Beam Energy	46 MeV (No load), 30 MeV (MAX Power)	
Drive Mode	Long Pulse	Short Pulse
Repetition Rate	1~140 Hz, Single Shot, Partial Driving	1~300 Hz, Single Shot, Partial Driving
Pulse Width	0.1~4.5µs	2~100ns, Single Bunch
Maximum Peak Current	500 mA(@4µs)	5 A(@100ns)
Maximum Average Current	280 µA(@4µs)	100 µA(@100ns)

Table 1: Electron Beam Specification

2. 利用状況

ライナックの 2017 年度の利用運転時間は、過去最高 の 2016 年度を更に上回る 2,784.1 時間であった。2 年度 連続の記録更新である。量子ビーム別の利用時間の大 小は、中性子線>電子線>制動 X 線>放射光の順で ある。年度別データを Fig. 1 に示す。利用実験別の利用 時間の割合は核データが 35%弱、放射線計測が 20%を 超え、放射線損傷、RI 製造及び放射化分析、放射光源 と続いた。大学院教育も実施されている(Fig. 2)。また、 利用件数は 73 件(相乗りの 5 件を含む)であり、こちらも 過去最高を記録した。一方、保守の時間は非常に少な い状態が続いている。運転時間の増加は上記に示した 核データの増加が大きく、プロジェクト研究の終夜連続 運転が増加したことが主な要因である。



Figure 1: Operation Time by Radiation Type.

abe@rri.kyoto-u.ac.jp

PASJ2018 FSP013



Operation Time by Experiment

2017FY Total:2,784.1 h

Figure 2: Operation Time by Experiment.

3. マシントラブル

3.1 クライストロン漏水

2017 年 9 月の加速器非運転時に、No.2 加速管用の クライストロン(Thales: TV2022B)本体に取り付けてある 漏水検知器(OMRON: 61F-UHS)からの警報が発報し た。この漏水検知器は 2004 年 5 月にクライストロン本体 の冷却水配管接続コネクタより漏水した事象の対策とし て取り付けていたものである[1](Fig. 3)。



Figure 3: Leakage Detection Band on the Klystron.

当初は結露の可能性が高いと判断して、経過観察とした。結露による発報事象は過去に何度も発生している。 しかし、度々警報が発報するようになったため、クライストロン本体とクライストロンを覆っている電磁石の隙間に温 風を送風して乾燥を促した。温風送風中は警報が出ないが、送風停止後に加速器を運転して冷却水を流すと 警報が発報するため、クライストロンを取り外して調査を 行った。結果、前回の漏水箇所と同じコネクタ部分から

の漏水が確認された(Fig. 4)。

漏水は結露が疑われるほど微量であり、また、クライス トロン上に留まっていたため、前回の漏水時に発生した オイルタンクへの冷却水の混入などの大きな影響はな かった。そのため、予備として保管していた中古のクライ ストロンへの交換のみで即時に対応できた。過去の漏水 対策が被害を最小限に留めた。

交換後のクライストロンは漏水したコネクタの部品交換 によって改修予定である。



Figure 4: Leakage of Cooling Water from the Connecter of No.2 Mod. Klystron.

3.2 RFドライバー

3.2.1 出力電力表示異常

クライストロン出力調整中に発覚した。この RF ドライ バー(R&K:A1300BW200- 3757-R)はプリアンプと主 アンプで構成されており、プリアンプで出力調整を行うタ イプである。主アンプ出力は通常 500 W、最大定格 650 W であったが、プリアンプで最大出力に設定しても 330 W 前後の出力表示となっていた。

メーカーによる調査の結果、出力には異常が無く、出 力電力表示に使用するピークホールドモジュール回路 の IC の不良による表示異常であることが判明した。該当 部分の IC はメーカー内で別の IC が使用されるように なっていたため、改造での対応となった。

3.2.2 主アンプ動作停止

上記改造後の RF ドライバーを実機に設置して、電源 を ON にすると、即時に反射波によるインターロックによ る主アンプ動作停止が発生した。原因は上記改造の際 に、ブランキングゲートパルスが未入力時にスタンバイ電 源が投入されると、ピークホールド回路より+2 V の検波 電圧が出力されることであった。

メーカーの対応としては、ソフトウェア上でブランキング ゲートパルスの未入力時には、反射波のインターロック が動作しない設定が行われた。

PASJ2018 FSP013

3.2.3 主アンプ出力波形異常

検波器(NEC:1SS99)の自作により、主アンプモニター 端子から RF 出力が確認できるようになったため、出力調 整を兼ねて測定を行ったところ、350 W を超える出力で 出力波形異常があることが確認された(Fig. 5)。



Figure 5: RF Driver Monitor Output (@1SS99, 4µs, 100Hz).Yellow: Forward, Blue: Reflection.

メーカーによる調査の結果、3 段ある出力段の内最終 3 段目のGaAsFETのドレインブランキング用のGaAsFET のソース回路のアルミ電解コンデンサ(50 V,5000 µF)が 原因であることが判明した。当該コンデンサは 2 並列で 設置されていたが、1 つに減らすことで症状が改善した ため、最終段のFET すべてに同じ対応をした。原因は容 量抜けによるドレイン電流とドレインチョークコイルとのミ スマッチが起きていると推定されている。対応後は現在 まで、異常は発生していない。

参考文献

[1] N. Abe et al., "第2回日本加速器学会年会 第30回リニ アック技術研究会", Proceedings of the 14th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 30th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tosu, July. 20-22, 2005, pp. 22-24.