

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、放射光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。

Table 1: Electron Beam Specification

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)

[#]abe@rri.kyoto-u.ac.jp

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。

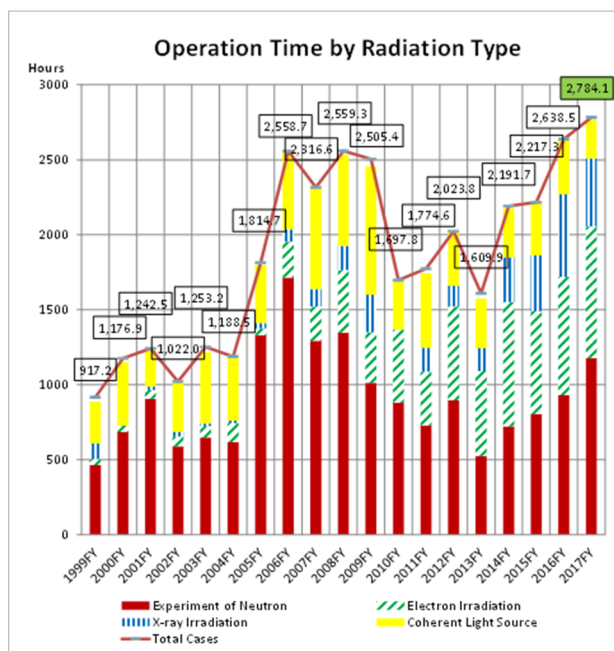


Figure 1: Operation Time by Radiation Type.

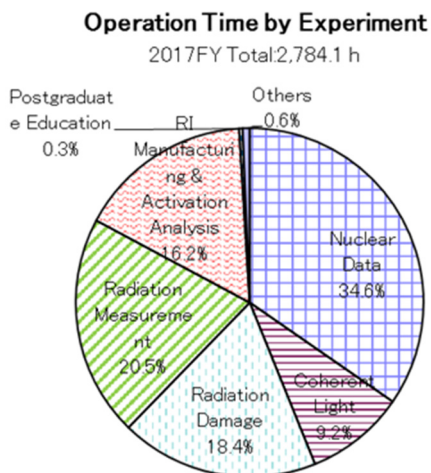


Figure 2: Operation Time by Experiment.

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)。

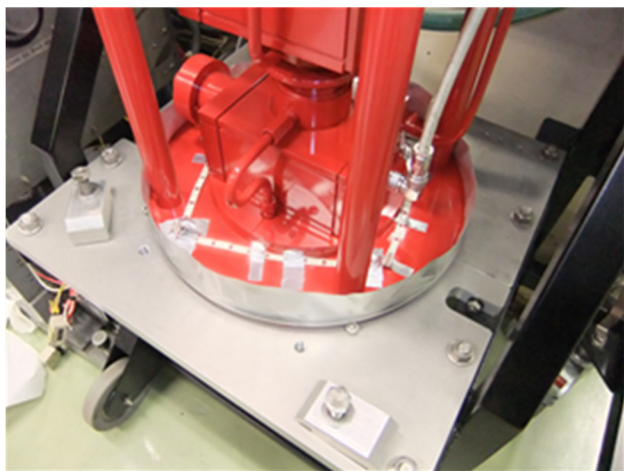


Figure 3: Leakage Detection Band on the Klystron.

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 Connector 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500W、最大定格650Wであったが、プリアンプで最大出力に設定しても330W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+2V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。

3.2.3 主アンプ出力波形異常

検波器(NEC:ISS99)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)。

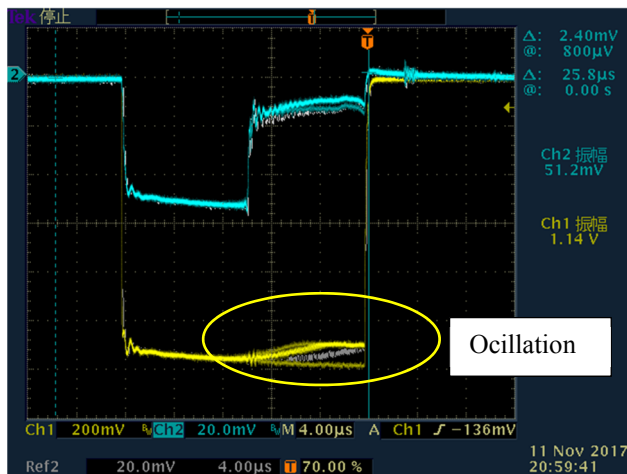


Figure 5: RF Driver Monitor Output (@ISS99, 4 μ s, 100Hz). Yellow: Forward, Blue: Reflection.

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 μ F)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.