

Status of KURRI-LINAC

Naoya Abe ^{#A)}, Toshiharu Takahashi^{A)}, Jun-ichi Hori^{A)}, Takumi Kubota^{A)}, Koichi Sato^{A)}

^{A)} Research Reactor Institute, Kyoto University

2-1010 Asashiro-nishi Kumatori-cho Sennan-gun Osaka 590-0494

Abstract

The electron linear accelerator of the Research Reactor Institute, Kyoto University (KURRI-LINAC), constructed in 1965 as a pulsed-neutron generator, has two L-band-type accelerating tubes. The maximum electron energy is 46 MeV and the maximum beam power is 6kW. The KURRI-LINAC is utilized for nuclear physics, electron or X-ray irradiation for material science, terahertz spectroscopy using coherent synchrotron radiation as a nationwide joint-use facility. This report describes the machine state for last year, including some troubles and upgrading the performance. First, the vacuum trouble was caused in an exit of No.2 accelerator tube by the vacuum leak at the RF window. Second, the power of ion pump was replaced to the general-purpose small power supply. The vacuum expression and the interlock system were also renewed. Third, the trigger generator & delay and RF driver would be renewed soon.

京大炉中性子発生装置（電子ライナック）の現状

1. はじめに

京都大学原子炉実験所中性子発生装置（以下、京大炉ライナック）は、定常的な中性子源である原子炉と相補的なパルス状中性子源として、1965年に建設された米国 ARCO 社製 L-1512G 型電子線型加速器であり、建設翌年から所内利用、1968年から全国共同利用が開始された。1971・2年に加速管、マイクロ波発生装置増設によるエネルギー増強作業、1973年に電子銃交換による電流増強作業が行われ、その後も維持費等による更新を続けている。近年では、ビームを安定化させるための改造・更新が進められている。また、一昨年から、従来の出力より低いエネルギーのビーム利用（≒30 MeV→<10 MeV）を開始し、昨年以降利用が本格化した。利用形態の変化に応じて、現在も活発に利用されている。

2. 利用状況と運転時間

京大炉ライナックでは現在、以下の3種類の利用が主に行われている。

- 中性子実験
- 照射実験
- 放射光実験

利用別運転時間を図1に示す。近年の利用時間の大半を占めていた中性子実験がプロジェクト終了などで利用が減少する一方で、照射実験や放射光実験の利用が増加している。特に照射実験は、一昨年から開始した10 MeV以下の低エネルギービーム利用^[1]が本格化し、新規利用が増加した。全体としての利用時間は昨年より微増の2,305.0時間を記録し、4年連続で2,000時間を上回った。

また、最近まで実施されていなかった民間企業との共同研究が進んでいる。現在まで中性子利用研究

が1件、照射（低エネルギー）利用研究が1件実施しているなか、現在検討中の研究もあり、産学連携もまた促進している。

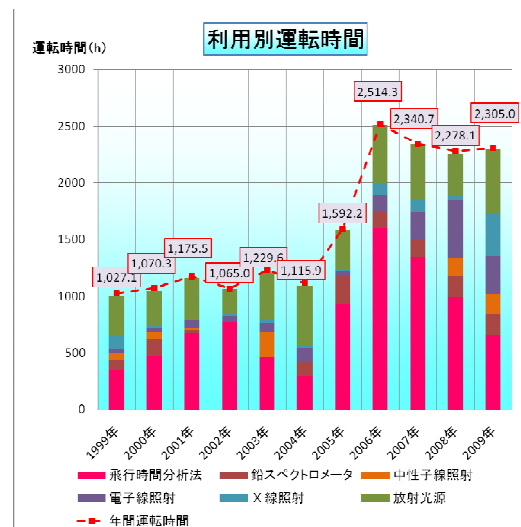


図1 利用別運転時間：4年連続2000時間以上記録

3. トラブル・改造

3.1 No.2 加速管出口 RF 窓真空漏れ

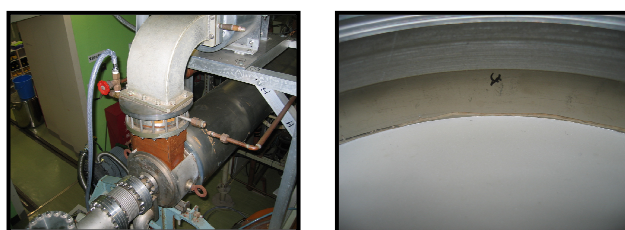
2009年8月頃からNo.2加速管出口のイオンポンプ電流の増加が見られるようになった（真空度換算 $1 \times 10^{-7} \rightarrow 5 \times 10^{-7}$ Pa）。ヘリウムリークで加速管周りを調査したが漏れ箇所を発見できなかった。当時はビームには影響が無く、共同利用も詰まっていたため、共同利用のない2009年度末まで経過観察す

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

ることとした。しかし、状況は予想以上に悪化。2009 年末には 1×10^{-5} Pa まで真空が悪化し、ビームエミッションに影響が出るまでになった。No.2 加速管出口イオンポンプ不調を疑い、一時的な対応として 270 ℓ のイオンポンプを増設したが、効果は見られなかった。

そのため、大規模の原因調査を実施した。結果、No.2 加速管出口 RF 窓の冷却水を抜き乾燥させると、真空が急激に悪化したため、RF 窓冷却部からの真空漏れと断定し、予備の RF 窓と交換した。加速管を大気圧に戻したため、運転再開まで 2 週間を要した。

RF 窓の真空漏れ箇所を確認するためにヘリウムリークテストを行った。条件は冷却配管にヘリウムを 2 kg/cm^2 加圧して行った。結果は、コバル部分で最大で $5 \times 10^{-5} \text{ ml/s}$ の漏れを検出した (図 2(b))。



(a)No.2 加速管出口 (b)RF 窓真空漏れ箇所

図 2 No.2 加速管出口真空漏れ

3.2 イオンポンプ電源更新

旧イオンポンプ電源が 20 年以上の使用で劣化し、コンデンサ不良による故障や、漏れ電流の増加、高湿度下での真空悪化警報発報など不具合が出ていたため、更新を行った (図 3)。また、旧イオンポンプは設置場所によって容量が違う (60・140・270 ℓ) ため容量別専用電源を使用していたため保守が困難であったが、小型汎用電源にすることで予備品の調達や交換の手間が少なくなった。

弱点は動作可能真空度の範囲が狭い (1 Pa 前後 → 10^{-3} Pa 前後) 点と、高真空部の真空表示が出ない (10^{-6} Pa 以下は参考値・ 10^{-8} Pa 前後まで) 点があるが、前者は十分な粗引きを以前から行っているため問題なく使用できる。後者は電離真空計の追加によってカバーすることを検討している。



図 3 左側：旧イオンポンプ電源 (専用大型)
右側 5 台：新イオンポンプ電源 (小型汎用)

一方、真空インターロック及び真空表示の更新を同時に行った。真空インターロックにはブザーを追加し、真空表示は従来のアナログメーターからバーグラフに変更し、表示点数も従来の 4 点から 7 点まで増加した (図 4)。更新後、真空インターロックの誤動作が頻発するようになった。原因を調査すると回路上の問題が判明した。トランジスタの入力部が高インピーダンスの上に長距離に亘っているために、アンテナになってノイズ源となっていた。この部分をフォトカプラにしてノイズの影響を少なくし、ノイズ源であった高インピーダンスの配線を外すことで解決した。最終的には、将来の PLC 化に向けてリレーを用いた回路にする予定である。



図 4 更新後の制御室真空表示：バーグラフ表示

4. 更新・改造予定

4.1 トリガージェネレータ&ディレイ

旧トリガージェネレータ&ディレイは 30 年近くに製造されており、これまで修理しながら使用してきた。しかし老朽化してきており、更新予定である。更新後は、タッチパネルで操作できるようになり (図 5)、設定を運転別に記憶できるなど、操作が簡便になる新機能が追加されている。詳細を表 1 にまとめる。



図 5 新トリガージェネレータ&ディレイ

表1 トリガージェネレータ&ディレイ新旧比較

	新 (DG645)	旧 (応用光研)
振幅	5 V (0~5 V 可変)	115 V
立ち上がり	<2 ns	<20 ns
ジッター	<25 ps	<300 ps
トリガーモード	Internal External Line (60 Hz only)	Internal External Line (10/20/30/60 /120/180/360Hz)
運転モード	Normal Single Internal Gate External Gate Interval	Normal Single
その他	タッチパネル操作 (株)アイデン 設定条件記憶	ダイヤル操作

立ち上がりやジッターが大きく改善しているほか、運転モードに Internal Gate, External Gate, Interval が追加された。Internal Gate では時間設定による運転制御、External Gate では In レベルの H/L による運転制御、Interval では間引き運転制御が可能になった。特に間引き運転が可能になったことで、これまで不可能だった 10Hz 未満の安定運転が、実質的に可能になった。

4.2 RF ドライバー

旧 RF ドライバーは 30 年以上前に製造されており、電子管で増幅する形式で 10 年ほど前のトランス交換以来、電子管の交換頻度が下がり順調であったが、3 年前のプリアンプの故障で修理の際、部品の在庫がなく復旧に時間がかかったため、更新の機会を窺っていた。新 RF ドライバーは半導体で増幅する形式で、変調方式に従来のパルス変調にベクトル変調も追加した (図 6)。将来的にはベクトル変調を利用した RF フラットトップの平坦化を目指す。詳細を表 2 にまとめる。

表2 RF ドライバー新旧比較

	新ドライバー	旧ドライバー
増幅形式	パワートランジスタ	電子管
最大出力電力	650 W×2 台	3 kW (2 系統に分割)
出力調整	入力 RF 電力 プリアンプゲイン	高電圧
変調方式	パルス変調 ベクトル変調	パルス変調
出力分割	プリアンプ後	ドライバー増幅後

最大出力が 650 W と小さくなっているが、クライストロン (TV2022B) の動作には問題ない。また、出力調整が入力 RF 電力とプリアンプゲインの 2 系

統となり、調整余地が広がった。



(a)新プリアンプ



(b)新 RF ドライバー

図6 新 RF ドライバー

今後の展開

モジュレータ PFN のコンデンサにはこれまで異常はないが、約 25 年使用しており経年劣化が懸念されるため更新を予定している。この更新が完了すれば、モジュレータ周りの大型部品はほとんど更新されることとなり、長期の運転に大きく見通しがつく。

参考文献

- [1] T. Kubota et al., PASJ5-LAM33, Hiroshima, Japan, August 6-8, 2008, TO20.