

STATUS OF KURRI-LINAC

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

^{A)} Research Reactor Institute, Kyoto University

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

Abstract

KURRI-LINAC was installed the quadruple magnet (doublet) on back of No.2 accelerator tube to be small size of electron beam. On the other hand, KURRI-LINAC had two troubles. One, the high voltage capacitor of pulse shaping was damaged by creeping discharge. Another, the output power of No.2 RF amplifier was below half. The cause was the breakdown of one of the amplifiers. This maintenance enabled to use old RF amplifier, to be useful for the maintenance in the future.

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

京大炉中性子発生装置（以下ライナック）は1965年に設置されたLバンド帯（1300 MHz）の電子ライナックである。1968年から全国共同利用設備として利用が開始されるようになり、当初は、中性子発生装置の名の通り、定常的な中性子源である原子炉と相補的な中性子源としての利用が主であった。近年では中性子源としての利用に加えて、放射光源や各種放射線源の利用が増加しており、2008年より10MeV以下の低エネルギー照射の利用が開始されるなど実験の多様化が一層進んでいる。1972年のエネルギー増強による本格的な使用から40年を経過しようとしている古いマシンではあるが現在も活発な利用が行われている。また、民間企業との共同研究がここ数年で実施されている他、学生実験件数が増加するなど、産学連携及び人材育成においても活躍の場が多くなっている。

2. 利用状況と運転時間

2011年のライナックの利用件数は2010年を3件少ない62件で（相乗り4件含む）、相乗りを含まない件数では過去最高であり（図1）、1週に1件を上回る利用ペースを維持している。内訳としては、X線照射が件数として現れた他、実験の合間を縫っての細かい保守が増加した反面、中性子線照射の相乗り実験が減少した。

また、ビーム利用時間の総計は1769.9時間と2010年の大幅な減少から若干回復し、近年の高水準を維持している。

尚、今年度は昨年度を上回る利用件数が見込まれており、そのペースは既に実験利用週でほとんどの日程が埋まっているほどである。利用増加は非常に喜ばしいことであるが、保守に費やせる時間が極端に少なくなることも意味しており、マシン状態の維持がより重要になっている。

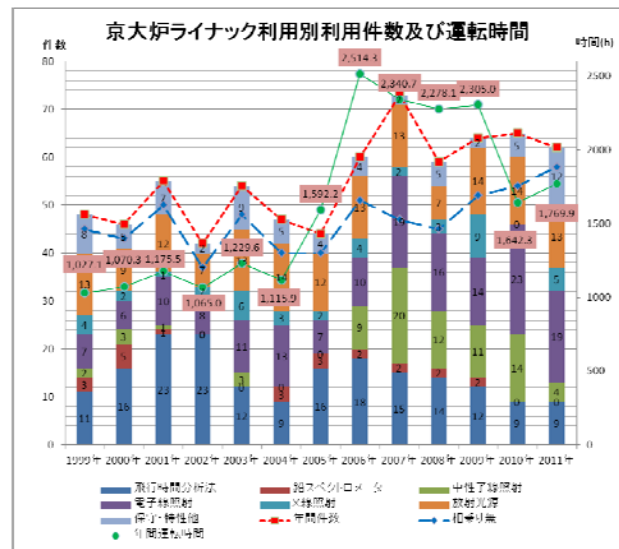


図1：京大炉ライナックの利用件数と運転時間
利用件数・相乗り無（青点線）が過去最高

3. Qマグネット追加作業

3.1 背景

通常発生している30MeVより低いエネルギー、特に20MeV以下のビーム利用ではビーム出射位置でビーム径が通常より広がる調整でしかビームが得られず、特に放射光利用では十分な光量が得られない状態であった。この拡大したビーム径の縮小を目的に、放射光を利用する産総研・清紀弘氏の支援の下、Qマグネット（ダブルット）追加を行った。

3.2 追加作業

Q マグネットの追加は放射光利用実験前の 2011 年 12 月に行った。設置個所には電子の加速が終了する No.2 加速管後方を選んだ。スペースの関係でビーム測定用絶縁配管を前方に移動して設置となった。上流側が縦収束、下流側が横収束となっている。設置前後の写真を図 2 に示す。

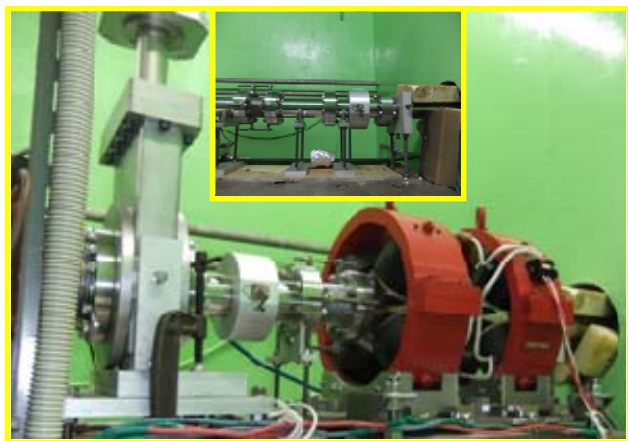


図 2： No.2 加速管後方の様子

上中央は設置前の様子

3.3 ビーム径確認

2012 年 2 月の実験においてセラミックス板にビームを当てて目視によって確認する方法でビーム径を確認した。Q マグネットにそれぞれ 3 A 程度電流を流すことで、ビーム径の縮小が確認された。

3.4 まとめと今後の課題

Q マグネットの追加により、ビームエネルギー 20MeV における出射位置でのビーム径の縮小が確認された。今回は Q マグネット前後にビーム測定装置がなかったため、Q マグネット中央にビームを調整することが非常に困難であった。ビーム測定装置の充実によって、簡便な調整を目指し、利用の充実を図っていく予定である。

4. トラブル

4.1 電子銃パルス充電用コンデンサの損傷

2011 年 9 月に、電子銃高圧電源に連続的な過電流が発生した。原因は、電子銃パルス充電用コンデンサでの放電によるもので、放電に伴って生じたと思われる黒色の放電痕がコンデンサ表面に残る損傷となった。今回損傷したコンデンサは CSI 社製の耐電圧が空气中 150 kV、静電容量 10 nF のものであり、現在運用している 90 kV 程度の電圧は十分にクリアしていたが、実際には損傷した。故障対応としては、同社の形状が角型に変更となった他はスペックが同じコンデンサと交換を行って完了している。



図 3：大型電子銃パルス安定化コンデンサ

左：損傷した大型コンデンサ

表面に上下に貫く黒色の放電痕が確認される

右：交換後のコンデンサ

また、2010 年に小型のコンデンサ（ハイエナジー社製、耐電圧 15 kV、200 pF×9S）が、大型コンデンサと同様に表面に放電痕が見つかる形で損傷している。こちらは同じコンデンサと交換して対応していたが、2011 年 10 月に一部同様の損傷を起こしていることが判明し、損傷したコンデンサは他社製のコンデンサと置き換えた。2012 年 6 月に未置換のコンデンサがすべて損傷し、別の他社製コンデンサと交換している（図 4）。

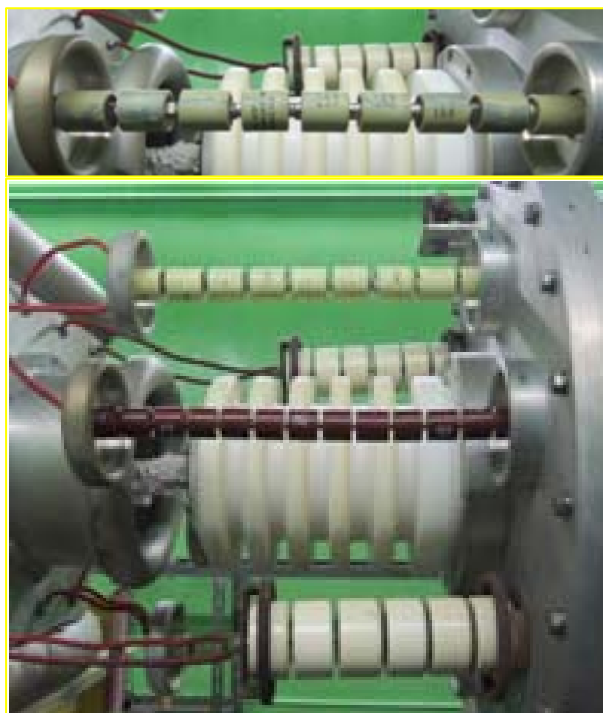


図 4：小型電子銃パルス安定化コンデンサ

上：損傷した小型コンデンサ 表面に多数の放電痕

下：交換後のコンデンサ

大型・小型共に損傷発生時の状態は高湿度であることが多いため、この劣悪環境下での使用が原因である可能性が高い。根本的な対策としては湿度低下を試みるべきであるが、施設上の問題で湿度を減らすことが困難である。加えて、大型コンデンサに関しては同スペックのものが入手困難となった。これらの対策として、複数のコンデンサを油中で使用することで、劣悪環境を回避することを検討している。小型コンデンサに関しては油中に入れることが現状困難なため、様子を見て随時対応する予定である。

4.2 No.2RF ドライバー故障

2010年8月に更新した[1]RF ドライバーが2011年12月の実験時に、No.2 加速管に導入するマイクロ波の波形に異常があることが確認された(図5)。原因調査の結果、No.2RF ドライバーの出力表示が前回調整時の320 W程度から130 W程度まで減少していることを確認した。



図5：クライストロン出力波形

左：正常時、右：異常時 黄：No.1、青：No.2
異常時には矩形波に凹みが見える

RF ドライバーへのプリアンプからの入力波形には異常は見られず、RF ドライバー出力モニター波形及び出力波形の振幅が共に減少していた(図6)ため、RF ドライバーの故障と判断した。

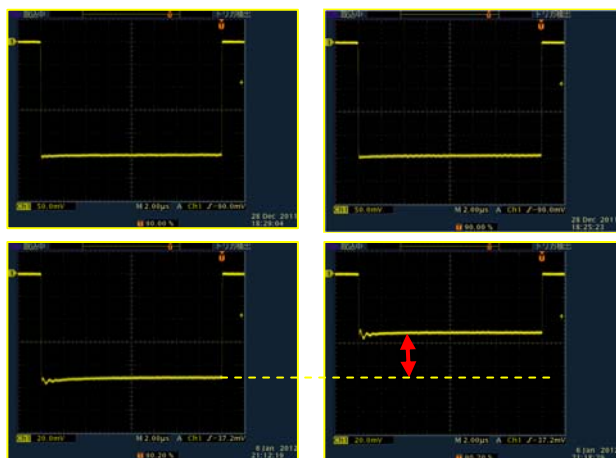


図6：No.2RF ドライバー入出力波形

上：入力波形、下：出力波形(40dB)
左：No.1、右：No.2
No.1 と比較して出力が大きく減少している

故障対応のため2012年1月に以前のRF ドライバーと入れ替えて、製作者に修理を依頼した。結果、アンプの一つに損傷があり、増幅回路が半分しか生かせなくなったため出力が半減以下になっていたことが判明した。損傷原因は不明である。

アンプを交換して修理を終えたRF ドライバーは同年5月に入れ替えを行った。入れ替えの際、出力の再調整を行った。今回の調整では、波形変化が現れる直前まで出力を抑える方針にした結果、調整出力は150 W程度となった。但し、クライストロン本体の冷却水の温度差が仕様範囲内ではあるが以前より上昇している。

尚、今回の故障対応で新旧RF ドライバーの入れ替えを行ったが、旧RF ドライバーが以後の異常対応でも活用できることが実証されたため、今後の保守作業に役立つことが期待される。

参考文献

- [1]N.Abe, et al., “京大炉中性子発生装置（電子ライナック）の現状”, Proceedings of the 7th annual meeting of particle accelerator society of Japan, Himeji, Aug. 6- 8, 2010