

STATUS OF KURRI-LINAC

Naoya Abe^{1,A)}, Toshiharu Takahashi^{A)}, Jun-ichi Hori^{A)}, Takumi Kubota^{A)},
Koichi Sato^{A)}, Shuji Yamamoto^{A)}, Ken Nakajima^{A)}, Kiyoshi Takami^{B)};
^{A)} Research Reactor Institute, Kyoto University
2-1010 Asashiro-nishi Kumatori-cho Sennan-gun Osaka 590-0494
^{B)} Nippon Advanced Technology Co.,LTD
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 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.

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年に米国ARCO社製L-1512G型電子線型加速器を導入し、翌年から所内利用、3年後の1968年からは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年に大型電子銃に交換した電流増強作業があり、その後も維持費等による更新を続けてきた。近年、所内措置による維持費のみになり、老朽化も進んでいる。その一方で、マシン自体は比較的順調に利用されており、新たな運転方法の確立も目指している。

2. 利用状況と運転時間

現在、京大炉ライナックでの実験は①照射実験、②中性子実験、③コヒーレント放射光実験に大別できる。2007年は3月に一月以上にわたる電気工事によるマシン停止があった。また小さなトラブルが頻発したが、共同利用運転の中止はなかった。結果、昨年更新した年間運転時間に並ぶ2340時間の運転が行われた。昨年は前後期あわせて19件の共同利用課題が採択され、今年も前期のみで昨年と同様の19件が採択されている。利用開始から40年が経過した現在、特に利用が活発化している。（図1）。

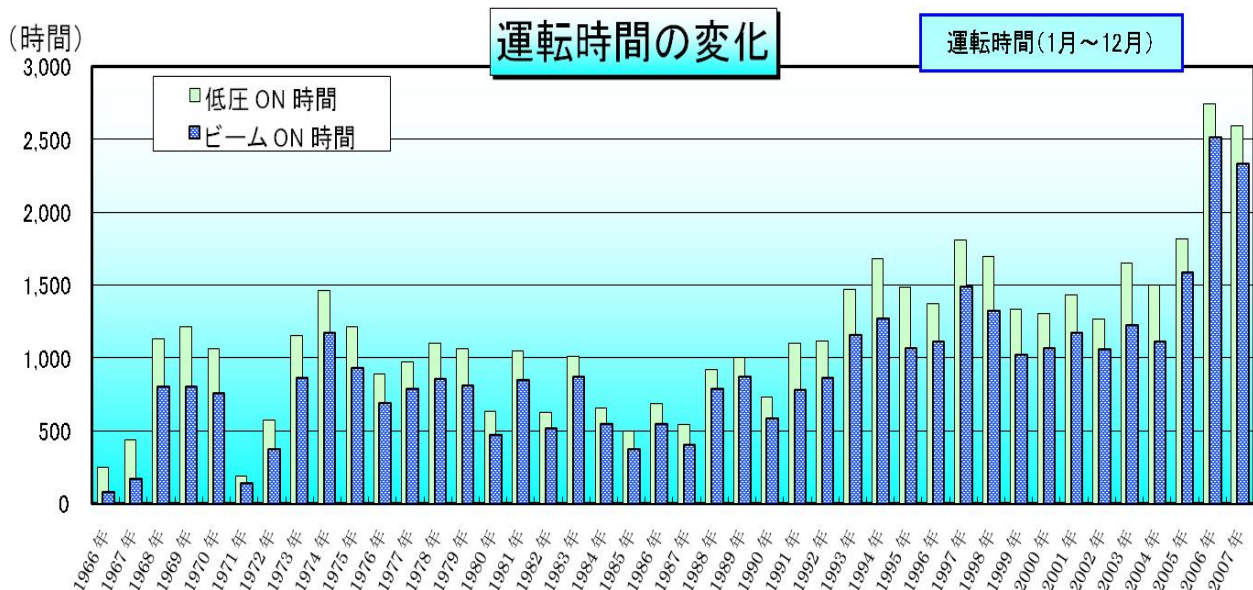


図1：年間運転時間の変化。2007年は過去最高の昨年に並ぶ2340.7時間を記録。

¹ abe@rri.kyoto-u.ac.jp

3. マシントラブル

3.1 電子銃ハウジングからの真空漏れ

2007年9月に発生。利用運転中に電子銃高压の放電による真空悪化が発生。マシン停止には至らなかったが、徐々に発生頻度が上がった後に真空漏れが発生した。電子銃イオンポンプの真空度は 10^{-5} Pa付近にあり、エミッションは0になっていた。ヘリウムリークテストの結果、真空漏れは電子銃ハウジングのセラミックスと金属部の接合部で発生していることが判明した(図2(a))。共同利用が立て込んでいたため、応急処置として市販のシール材で真空漏れを止め(図2(b))、利用運転を再開したが、根本的な対策として電子銃ハウジングの更新を決定した。その際、耐圧上昇を見込んだハウジング表面のひだの追加、電子銃電流増加のための電子銃電極位置の調整、接触抵抗減少を目的としたヒーター電極の金メッキ化、冷却効率を上げるためのヒーターソケットの改良、電子銃付近の真空の良化が目的のイオンポンプの大型化並びに電子銃出口に電離真空計の設置などの改造にも着手した。一方準備期間中に、二度同箇所真空漏れが発生しており、その都度シール材で真空漏れ止めを行い対応している。2008年3月に電子銃ハウジングを交換(図3)。現在まで大きな問題なく利用が行われている。

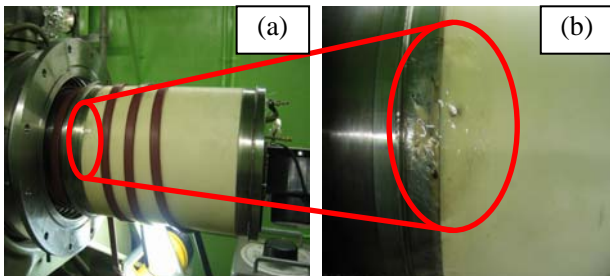


図2 (a) : 真空漏れを起こしたハウジング
(b) : 漏れ箇所拡大・シール材で漏れ止め

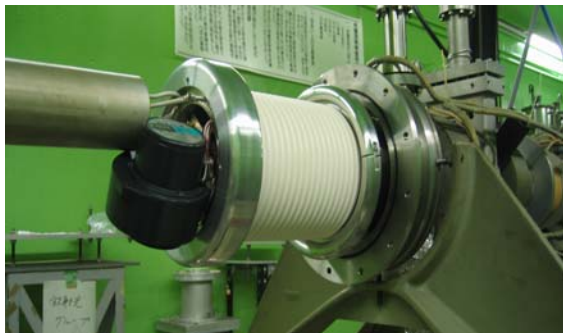


図3 : 更新した電子銃ハウジング

3.2 サイラトロンドライブの異常

クライストロン電圧のタイミングの遅れが目立ち始めた。原因はサイラトロンドライブ電圧の立ち上がり時間が $1 \mu\text{s}$ 以上と遅くなっていたことだった(主サイラトロンF-241の仕様は 350 ns 以下)(図4(a))。

ドライバーサイラトロン(5C22)の交換で改善したが、数ヶ月すると再びタイミングが遅れ始めた。ドライバーサイラトロン価格高騰のため、交換を中止し、前回の報告^[1]で計画に上がっていたドライブ回路の半導体化を実施した。また、主サイラトロン導通時にサイラトロンドライブ波形を確認すると、 10 kV 以上の異常電圧が確認された(図4(b))。原因が主サイラトロンからの誘導であると推定し、主サイラトロンも交換した。その結果、現在まで異常は見られず順調に稼動している。

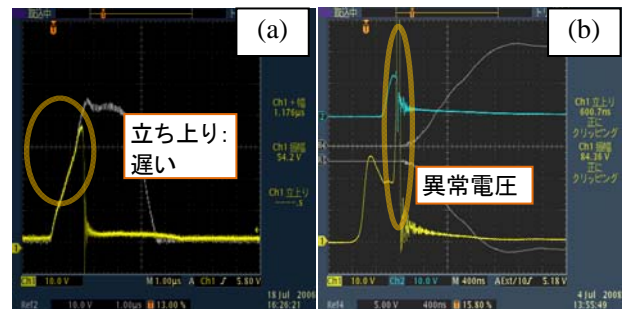


図4 : サイラトロンドライブ電圧波形
(a)主サイラトロンOFF時:(黄)立ち上りに遅れ
(b)主サイラトロンON時:(黄)異常電圧(青)正常

3.3 EOLクリッパー過電流原因調査

2008年7月にクライストロン異常時にモジュレータへのパルス供給を止める目的で、EOLクリッパーに過電流検出器の導入を行った。導入後、1日に1回程度、過電流を検出(図5(a))。調査でクライストロン電圧減・電流増を確認(図5(b))。クライストロン内部の真空は悪化しておらず、原因はクライストロン外部での放電であると推測した。しかし、クライストロン付近の調査では、クライストロン電流を測定しているCTに、放電後に発生したカーボンと思われる黒色の汚れを確認したが、放電箇所は見えなかった。原因として絶縁油の耐圧低下を疑い耐圧テストを行った。採取場所ではばらつきがあり、浄油器直後では平均 40 kV 程度であったが、オイルタンク表面では平均 25 kV 程度を計測した。原因がこの耐圧低下にあると断定するのは難しく、未だ不明である。

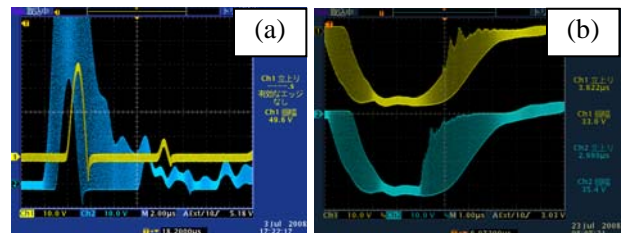


図5 (a) : EOLクリッパー電流波形
(黄) No.1EOL正常時の波形
(青) No.2EOL異常時の波形
(b) : クライストロン電圧波形
(黄) No.1 (青) No.2、共に異常時の波形

4. 新たな加速器利用と改造計画

4.1 低エネルギービーム調整の最適化

ユーザーより、中性子発生量の少ない低エネルギーのビーム（目標10 MeV以下）の要望があったため、低エネルギービームの最適化を行った。一般的には、前段の加速管で加速を行い、後段の加速管では位相を反転してエネルギーを下げる方法がとられるが、京大炉ライナックでは成功しなかった。原因としてはRFパルスの乱れ、前段と後段との加速管特性の違いなどが考えられる。そこで、加速段数を減らしてエネルギーの低下を試みた。前段のみで加速を行うと、12 MeVのビームが定格の9割に近い出力で得られた。更にエネルギーを下げるためPFN充電電圧を徐々に下げていくと最終的に6.8 MeVのビームが定格の4割程度の出力で得られた。一方、後段のみの運転では、電子拡散の影響が大きく加速できなかった。この結果、これまで運転可能だった高エネルギー側のビームエネルギー・電流領域に加えて、低エネルギー側のビームエネルギー・電流領域を最適化することに成功した。ただし、低エネルギーで定格電流が得られていないため、改良する領域は残されていると考えている。これらの領域をグラフ化したものを図6に示す。青色の領域は、加速管を二段使用したときの可変範囲である。緑色の領域は、今回判明した加速管を一段使用した時の可変範囲である。それぞれ、PFN充電電圧や電子銃パルス電流の調整でエネルギーを変化させることが可能である。折れ線グラフは、加速管一段の時のPFN充電電圧別のビームエネルギー変化を示している。

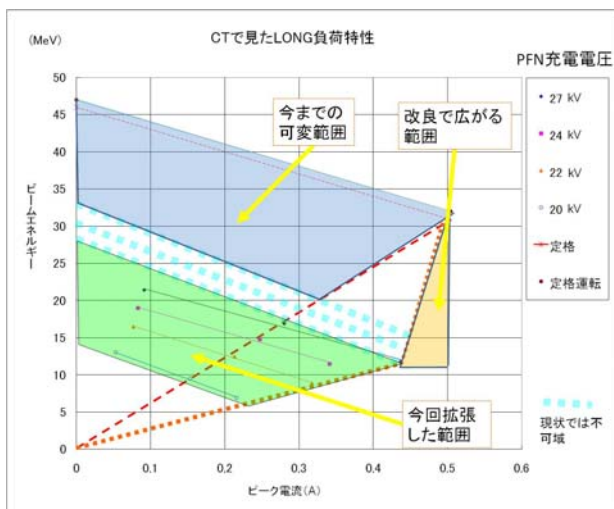


図6：ロングパルスにおける
ビームエネルギー・電流可変領域

4.2 加速管間へのヘルムホルツコイルの導入

過去に加速管間での温度上昇が原因で真空漏れを起こしたことを報告している^[2]が、この温度上昇はこの部分でのビームロスが原因であると判断している。現在では加速管間の温度をインターロックに入れており（75℃以上でトリガOFF）、高出力運転の障壁になっている。また、4.1より低エネルギービームが最大でも通常の9割近くしか得られていないため、ビームロスを減らす必要がある。これらを解決するために加速管間にヘルムホルツコイルを導入する予定である。

4.3 ビームエネルギー測定装置の常設

京大炉ライナックでは、マグネットですべてにビームを曲げ、約45°の位置にあるターゲットにビームを当て、その電流でエネルギーを測定している。現在は各実験での影響があるため、ビームエネルギー測定を行う場合にのみ測定用ターゲット等を設置している。しかし、4.1より低エネルギーでの運転が可能となったことから様々なエネルギーでの運転が予想されるため、ビームエネルギー測定が常時できるようにする必要が出てきた。ビームを逆向きに曲げ、測定用ターゲットを障害にならない位置に常設する予定である。ただし、測定用マグネットが非対称であるため、現在の位置での測定と比較する必要がある。

5. その他

今年度のKEK大学等連携支援事業に採択され、より正確なビームの測定を行うためのファラデーカップ、並びに作業軽減による被曝量の軽減と利用時間の増加のためのビームダクトを製造する予定である。

参考文献

- [1] 阿部尚也 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 3rd annual meeting of particle accelerator society of Japan and the 32nd Linear Accelerator Meeting in Japan, Wako, Aug. 1- 3, 2007
- [2] 高見清 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 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tokai, Jul. 30-Aug. 1, 2003