

## 京大炉中性子発生装置（電子ライナック）の現状

### STATUS OF KURRI-LINAC

阿部尚也<sup>#, A)</sup>, 高橋俊晴<sup>A)</sup>, 堀 順一<sup>A)</sup>, 窪田卓見<sup>A)</sup>, 佐藤紘一<sup>A)</sup>, 阪本雅昭<sup>A)</sup>

Naoya Abe<sup>#, A)</sup>, Toshiharu Takahashi<sup>A)</sup>, Jun-ichi Hori<sup>A)</sup>, Takumi Kubota<sup>A)</sup>, Koichi Sato<sup>A)</sup>, Masaaki Sakamoto<sup>A)</sup>,

<sup>A)</sup> Research Reactor Institute, Kyoto University

#### Abstract

In the beginning, KURRI-LINAC was driving 2,114.6 hours in 2012. The machine time increased any experiment of the classification of neutron, irradiation and coherent THz radiation. Next, KURRI-LINAC succeeded in the extraction of the low energy weak beam of  $10^5/\text{cm}^2/\text{sec}$  or less number of electrons. Next, KURRI-LINAC was installed the two button-type beam position monitors among and back of the quadruple magnet. On the other hand, KURRI-LINAC had the trouble at No.2 modulator. The cause was the breakdown of one of the PFN capacitors.

#### 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行われるようになった。特に、2008 年より 10MeV 以下の低エネルギー照射の利用が開始され、2012 年からは電子数を抑えた微弱ビームの利用を試み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

2012 年のライナックの利用件数は 2011 年を 2 件上回る 64 件で（相乗り 4 件含む）、相乗りを含まない件数は昨年に引き続いて過去最高を更新し（Figure 1）、1 週に 1 件を上回る利用ペースを維持している。増加の背景には中性子・放射光・照射のすべての実験において 2011 年を上回ったことが挙げられる。実験の件数が増えたため、保守の件数が減っている。

また、ビーム利用時間の総計は実験件数増加を受けて、2114.6 時間と大幅に増加し、2009 年以來の 2000 時間を回復した。利用時間においても各実験すべてで 2011 年を上回った。

尚、今年度においても昨年度と同等以上の利用件数が見込まれている。利用件数の増加に対応するため、実験利用週を前半後半に分けて運転時間を確保することとなった。

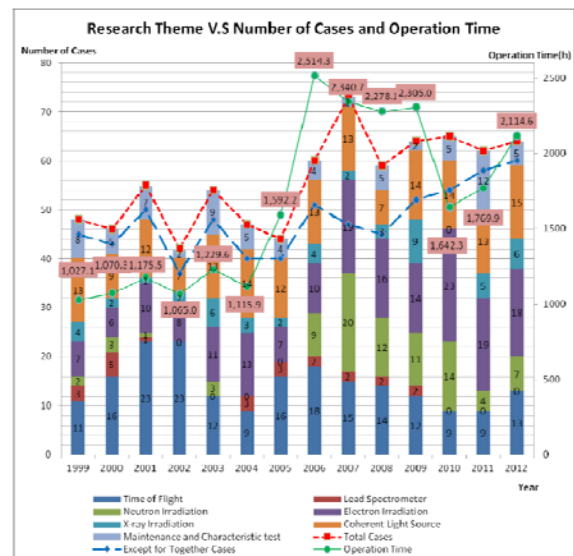


Figure 1: Research Theme V.S Number of Cases and Operation Time.

<sup>#</sup> abe@rri.kyoto-u.ac.jp

### 3. 加速管暗電流による低エネルギー微弱ビーム

#### 3.1 背景

共同利用者から、電子数にして  $10^5$  個/cm<sup>2</sup>/sec 以下でかつ 1~20 MeV の範囲で選択された直流に近づけたビームの要望があった。ライナックでは以前より、2本の加速管にそれぞれマイクロ波を導入した時に、電子銃からパルスを出していないにも関わらず、ビーム位置確認のデマルケスト蛍光板が光ることが確認されており、このビームが利用可能性の検証を2012年末から2013年始にかけて行った。

#### 3.2 検証

まず、ビームの実態を把握するために、初期条件として電子銃高圧 (-75kV) ON、電子銃引き出しパルス無し、No.1、No.2 加速管にそれぞれ通常利用と同強度のマイクロ波を 10Hz で導入したところ、蛍光板が発光した。電子銃からの暗電流を疑い、電子銃高圧を OFF にしても、蛍光板の見た目の光量は変わらなかった。加えて、電子銃直下のゲートバルブを閉じて確認しても、蛍光板の光量に変化が見られなかったため、電子銃からの暗電流の影響はほとんどないと判断し、マイクロ波導入時の暗電流がビームの主成分であると断定した。

次に、加速管からの影響を確認するために、No.1 加速管または No.2 加速管のみにマイクロ波を導入した。結果、No.1 加速管だけのマイクロ波導入でも蛍光板は発光したが、見た目の光量は落ちていた。また、No.2 加速管のみのマイクロ波導入では蛍光板は発光しなかったが、No.1 のみでの光量の変化から No.2 からの暗電流も利用できると判断した。

#### 3.3 ビームエネルギー測定

ビームエネルギー測定には、ターゲット室にあるベンディングマグネット (マグネット電流 1A ≒ 1MeV に設計) を使用することで、ビームを右 45° 方向に曲げ、その延長線上で電離箱 (ALOCA ICS 323) をターゲットとして測定を行った (Figure 2)。

結果は、No.1 加速管からのビームでは 8 MeV 付近から線量上昇が確認され、ピークは 17~18 MeV であった。また、マイクロ波のパワーを減らしてもピークは 10 数 MeV であまり変化がなかった。

No.2 加速管からのビームでは 2 MeV 付近から線量上昇が確認され、ピークは 8~10 MeV であり、18 MeV 付近まで線量上昇が確認された。また、マイクロ波のパワーを変動させることでエネルギーの上下限が変更できることが確認された。今回の要望では広いエネルギー幅が必要であるため、No.2 加速管のみを利用したビームを追求することにした。また、電子であることの確認のために、電離箱との間に永久磁石 (磁束密度 0.162 Tesla、有効距離約 7cm) を置いて測定したところ、線量上昇が見られなくなったため、電子線であると断定した (Figure 3)。



Figure 2: Measurement of the electron beam energy.

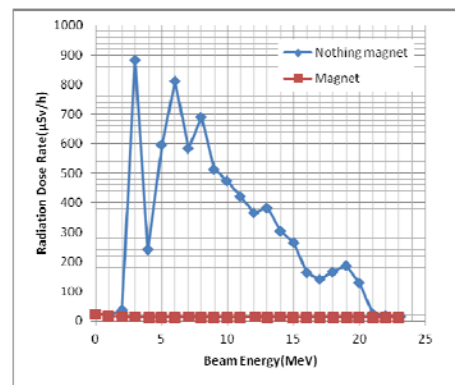
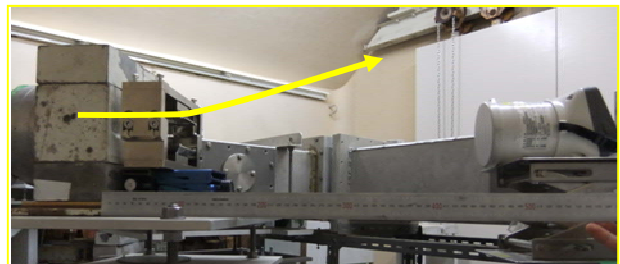


Figure 3: Up: Check of the electron by the permanent magnet. Down: Radiation dose rate V.S. Beam energy in the existence of the permanent magnet.

#### 3.4 電子数測定

発生している電子数を推定するためにイメージングプレートによる測定を各エネルギーにおいて行った。イメージングプレートには BAS-IP-SR2040E (GE ヘルスケア) を、読み取り器には BAS-2500 (富士フィルム) を使用した。イメージングプレートで測定される数値 (PSL 値) から電子数への変換は近畿大高橋ら<sup>[1]</sup>が導出した較正值を利用した。

ビーム条件は繰り返し 100Hz、照射時間は 10 分とし、エネルギー測定時と同様の条件で延長線上に鉛コリメータ (内径約 2.2cm) を置き、コリメータに密着させる形でイメージングプレートを設置した。

/読み取り画像例を Figure 4 に示す。結果はエネルギー別で  $10^2 \sim 10^4$  個/cm<sup>2</sup>/sec となり、条件を満たしたビームであることが確認された。

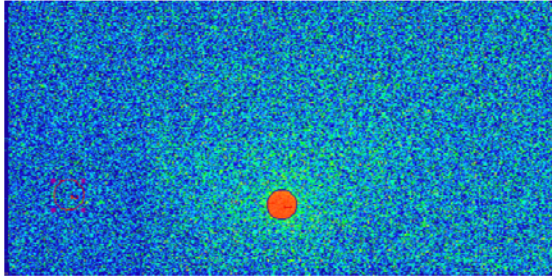


Figure 4: Image of BAS IP-SR2040E by BAS-2500 at 10 MeV. Electron numbers of circle  $\approx 1.8 \times 10^3$ /cm<sup>2</sup>/sec.

## 4. ボタン電極配管挿入

### 4.1 背景

2011 年の Q マグネット追加作業<sup>[2]</sup>の継続として、簡便なビーム位置調整を可能にするビーム位置の測定を目的に、産総研・清紀弘氏の支援の下実施された。

### 4.2 挿入作業

ボタン電極配管の挿入は 2012 年 12 月に実施した。設置箇所だが、本来 Q マグネット前後に設置すべきであるが、スペースの関係上 Q マグネットの間と後方の 2 箇所を設置した (Figure 5)。

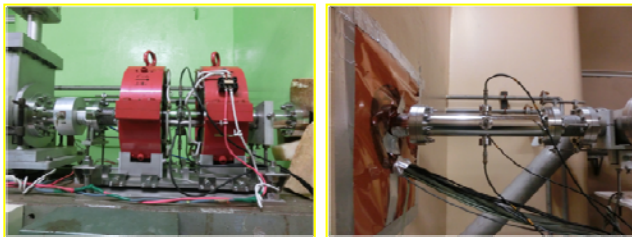


Figure 5: Button-type beam monitors.

### 4.3 測定

2013 年 1 月の実験時に測定を行ったが、測定装置が用意できず後方の一箇所のみ測定となった。結果は、ビームが中央にあると思われるときにパルス波高が最大となった。今後は測定装置の充実を図っていく予定である。

## 5. トラブル

### 5.1 No.2 モデュレータ

2013 年 3 月の Long モード運転中にモデュレータ過電流によるマシン停止が発生した。再起動を試みるも再度過電流が発生したため現場確認を行うと、PFN ラック上部より乾いた異音が発生していることが確認された。発光は認められなかった。PFN 上部

を使用しない Short モードで運転を試みると正常動作した。このため、PFN 上部に使われているコンデンサの内部で放電が発生していると推定した。PFN 上部のコンデンサを注視すると異音が聞こえる付近のコンデンサが 1 つ若干大きめに膨らんでいた (Figure 6)。このコンデンサを交換すると Long モードでも正常起動可能になったため、交換したコンデンサが原因であることが断定され、対応完了した。故障したコンデンサは 30 年近く使用しており経年劣化による寿命が原因と思われる。他のコンデンサも同様に使用しており、今後の故障が予想されるため、早期の全面更新が急務となる。



Figure 6: PFN capacitors. Left: damaged, Right: new.

## 参考文献

- [1] T.Takahashi, et al., “高速電子に対するイメージングプレートとの感度較正” 応用物理学会分科会誌 放射線 Ionizing Radiation Vol.28, No.2, Apr. 2002
- [2] 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 9th annual meeting of aaparticle accelerator society of Japan, Osaka, Aug. 8- 11, 2012