

## STATUS OF KURRI-LINAC

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

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

### Abstract

KURRI-LINAC was upgraded and replaced from 2010 to 2011. First, all the electronic tubes, the thyratrons and the klystrons, were renewed. Two thyratrons were exchanged from F-241 (ITT) to L-4888B(L3). Two klystrons were replaced with new ones. Second, the control room was improved. One of the improvements was the renewal of trigger generator and delay, the touch panel, the several memories and the new trigger out signal. Another of the improvements was that remote control of the magnet power supplies was enabled. As a result, the noise in the control room was decreased. Those improvements were very popularity from many users. On the other hand, KURRI-LINAC had the vacuum trouble in an exit of the accelerating tube, was caused the insulating couplings to check the beam current and the metal vacuum valve.

## 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、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進んでおり、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

2010年のライナックの利用件数は2009年を1件上回る65件で（相乗り11件含む）、相乗りを含まない件数では過去最高であった（図1）。電子線照射が大幅に増加したが、飛行時間分析法の利用の減少が続いている。X線照射の利用件数が0になっているが、電子線照射と並行して行う利用があるため、利用がなくなっているわけではない。

一方、利用時間は1642.3時間を記録し、2009年まで4年間連続で上回っていた2000時間を下回ったが、尚高水準の運転時間を記録している。運転時間減少の要因は利用形態の変化が主であり、特に終夜連続運転の減少が大きい。

今年度も昨年度と同様程度の利用件数が見込まれており、活発な利用が継続している。

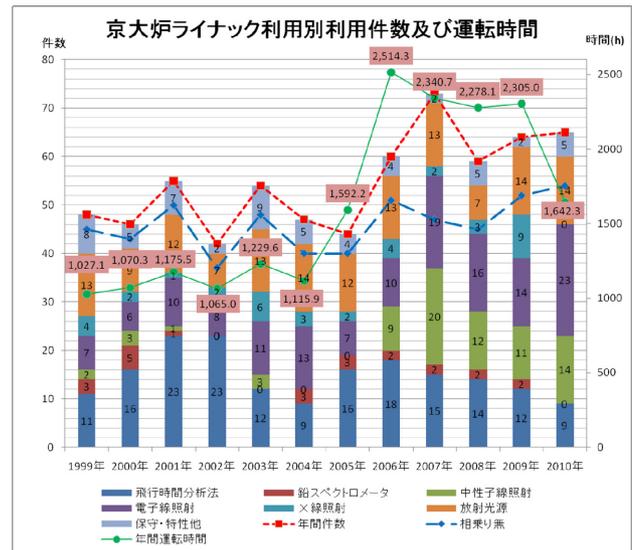


図1：京大炉ライナックの利用件数と運転時間  
相乗り無（青点線）が過去最高を記録

### 3. 電子管更新

#### 3.1 背景

2010年に入手した電子管（サイラトロン・クライストロン各2本）の性能試験を行った。性能試験の結果、所定の性能を満たすことが確認されたため、不具合が発生するまで引き続き使用することとした。尚、更新まで使用していた電子管はすべて予備として保管することとした。

#### 3.2 サイラトロン更新

旧来使用していたF-241 (ITT社製) が入手不可能となったため、ほぼ同様の性能を有するL-4888B

(L3communications 社製) に更新した。No.1 の更新を 2010 年 12 月、No.2 の更新を 2011 年 3 月に実施した。更新の際、L-4888B では F-241 と違い、ヒーターとリザーバーのコモンが共通化されていた。ライナックではリザーバー電源に直流電源を使用しているため、電源のフローティングを行った。今後は、安定運転（特に高繰り返し時）の追求のため、リザーバー電源の遠隔操作化を実施予定である。

### 3.3 クライストロン交換

2011 年 4 月に No.1, No.2 共に従来と同機種の TV2022B (Thales 社製) に交換した。交換の際に、経年劣化による冷却水配管コネクタの破断に伴う漏水トラブル等への対応に時間を要し、利用運転が 1 週間シフトする結果となった。

交換と同時に、以前より懸念していたクライストロンからの漏洩線量について対策を行った。コレクタ上部からの漏洩線量を抑えるために 3mm の鉛板を追加して遮蔽を強化することで、モニタ位置 A,B における空間線量率を、従来の半分程度にまで抑えることに成功した (図 2 上)。

交換後に、前々回の発表<sup>[1]</sup>と同様にヒーター電力の調整を実施し、低いヒーター電力によって寿命の延長を図った (図 2 下)。

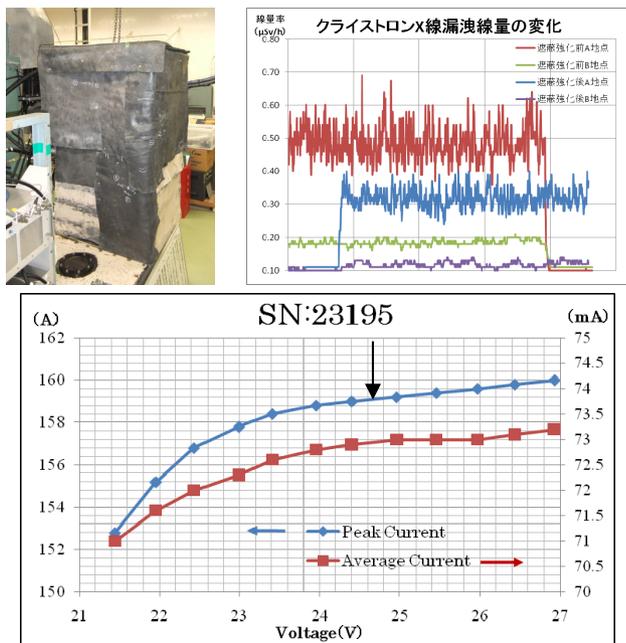


図 2 : クライストロン交換

(上左) 上部に 3mm の鉛板追加。

(上右) 漏洩線量の変化 : Long80 Hz での比較  
横軸は任意時間、縦軸が線量率、A,B 地点共に遮蔽の効果を確認できる

(下) クライストロンヒーター加熱カーブ  
矢印の地点から使用開始

### 3.4 まとめ

サイラトロンの更新、クライストロンの交換は無事に終了した。寿命のある電子管を同時にすべて入れ替えたことで、安定運転の期間に入ることを期待する。実際に 2011 年 7 月現在までに大きなトラブルは発生しておらず、順調な状況が続いている。

## 4. 制御室利用環境改善

### 4.1 背景

旧来の制御室内の機器は、長期間の使用で徐々に故障が発生し、調整も簡便でないことから、利便性の向上を目的に機器の更新を実施した。一方、加速器運転中は最低 1 人以上の監視が必要であり、実験者が制御室で行うことがほとんどである。長時間の運転、特に終夜連続運転では騒音等の環境の悪さが実験者を悩ませている状況が続いていたため、静穏化も視野に入れた改善を実施した。

### 4.2 トリガージェネレータ&ディレイ及び RF ドライバーの更新

前回の発表<sup>[2]</sup>で更新予定であったトリガージェネレータ&ディレイと RF ドライバーを 2010 年 8 月に更新した (図 3 左)。

トリガージェネレータ&ディレイはタッチパネル式となり、内部に Long/Short モード別に 4 パターンのタイミングを記憶・読み出しが可能になった。また、トリガー出力がこれまでタイミングのみ可変であったが、パルス幅も可変となった。加えて、パルス間引き運転も可能となり、1 Hz 未満のビーム繰り返しが可能になった。

RF ドライバーは真空管式から半導体式に変更となった。制御室にはプリアンプのみを設置し、冷却ファンなど騒音の多いメインアンプは隣のマイクロ波発生室に設置した。

### 4.3 マグネット電源等移設

制御室のビーム調整用のマグネット電源からの冷却ファンの騒音や電源の発熱が、大きく制御室の環境を損ねていた。環境改善のために、2011 年 3 月に電源を隣のマイクロ波発生室に移設し、制御室で遠隔操作可能とした。同時に電源の電流表示を小数 2 桁までのデジタル表示にした (図 3 右側)。また、同時に電源のあったスペースに高圧コントローラ電源を移設し (同中央右)、音を出していたインジェクター絶縁トランスも移設した。

### 4.4 結果

当初の目的である制御室の静穏化は、具体的な数値は測定していないが、十分実感できる程度まで達成した。また、各種機器の更新で利便性が向上し、正確な制御が簡易になった。特にトリガージェネレータの更新による機能追加は実験者から大きく好評を受けており、成功したと思われる。



図3：環境改善後の制御室  
左側に RF ドライバーとトリガージェネレータ & ディレイ、中央右に高圧コントローラ、右側にマグネット電源遠隔操作装置がある



図4：シール剤が劣化した絶縁配管  
前後に温度測定シールで温度を確認したが、マークの変化はなかった

## 5. トラブル

### 5.1 No.2 加速管出口より下流の真空状態悪化

2010年9月頃より No.2 加速管出口の真空が悪化し始めた。ヘリウムリークの調査を行ったところ、加速管出口に2本直列に設置しているビーム測定用絶縁配管の後段から漏れが発生していることが判明した。詳細箇所はセラミックス・金属接合部であった。ビームには影響を与えない程度の真空悪化であったため、一時的措置としてシール剤を塗布することで対応したが、すぐに黒色となって劣化し効果がなくなった。ビーム衝突の影響を考え、シールによる温度測定を行ったが40度以上に上昇している様子はなく、経年劣化が原因である可能性が高い(図4)。

その後、12月に配管を交換し正常状態に回復したが、12月末に再び真空悪化が発生した。同様に調査を行うと、交換しなかった絶縁配管で漏れが見された。絶縁配管が手元になかったため、直管に交換したところ、真空悪化はなくなった。原因は同様に経年劣化であると思われる。

### 5.2 メタルバルブでの真空悪化

上記2010年12月の真空悪化時に真空ログを確認すると、粗引き用ポートのメタルバルブ付近の真空状態の変化に内部の真空状態が追従していることが判明した。このメタルバルブは既に耐用回数を超過している上にトルク管理をしていなかったため、劣化が進行したと考えられる。新しいメタルバルブに交換すると真空悪化は見られなくなった。今後はトルク管理を行うことで、劣化を遅らせる。

## 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 6th annual meeting of particle accelerator society of Japan, Tokai, Aug. 5- 7, 2009
- [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 7th annual meeting of particle accelerator society of Japan, Himeji, Aug. 6- 8, 2010