

産総研電子加速器施設（２００３年）

三角 智久^{A)}，山田 家和勝^{A)}，大平 俊行^{A)}，小川 博嗣^{A)}，鈴木 良一^{A)}，
清 紀弘^{A)}，豊川 弘之^{A)}，安本 正人^{A)}，大垣 英明^{A)}，野口 勉^{A)}，岡部 茂雄^{B)}

^{A)} 産業技術総合研究所 光技術研究部門 〒305-8568 茨城県つくば市梅園一丁目 1-1

^{B)} 岡部計測工業所 〒154-0003 東京都世田谷区野沢一丁目 7-13

概要

過去２年間に発生した主なトラブルを中心として産総研電子リニアック TELL の現状を報告する。電子銃の交換作業にともなうトラブルおよび高周波窓の破損による加速管への浸水事故により，２年間ともかなり長期間の運転休止を余儀なくされたが，ようやく回復に向かいつつある。TELL で得られる電子ビームを利用しておこなう研究については，極めて簡単に項目の紹介だけをおこなっている。

１ はじめに

産業技術総合研究所光技術研究部門（つくば中央第二事業所）の電子加速装置では，電子リニアック（TELL）を中心として，その周囲に 5 実験室を配置してある。TELL は加速管 20 本から成っていて，そのうち初めの 4 本（低エネルギー加速部）は長さが～2 m，残りは中エネルギー加速部 4 本と高エネルギー加速部 12 本で，すべて～3 m 長である。

最近数年間は，ほぼコンスタントに年間～1.5 千時間の稼働時間を記録している。上記 5 実験室のうち，2 実験室には加速部の途中からビームを取り出して輸送するようにしてあるので，3 種類のエネルギーの電子ビームを利用することができる。

低エネルギー加速部では～60—75 MeV の電子ビームが得られ，それを低エネルギー実験室に輸送して高強度の低速陽電子ビームを生成し，それを高度に制御して得られる極短パルスビームによって，様々な物質の表面・近表面・界面での各種欠陥や最表層状態の分析・評価などの物性研究をおこなっている。

中エネルギー加速部では～130—160 MeV の電子ビームが得られる。その電子ビームを中エネルギー実験室に輸送して，直交遅延磁場型偏光可変アンジュレーター（小貴型アンジュレーター；PU-2）を有する小型蓄積リング NUJI-II に入射し，PU-2 で得られる特異な放射光を利用する様々な研究がおこなわれている。

高エネルギー加速部では～280—350 MeV の電子ビームが得られる。実験モードに応じて， π 実験室にある自由電子レーザー研究専用蓄積リング NUJI-IV または隣接の建屋にある汎用蓄積リング TERAS に入射される。

以下では，最近発生したトラブルを主体として，TELL の状況を報告する。

２ TELL の状況

平成 13—14 年度（2001 年 4 月—2003 年 3 月）の 2 年間について，クライストロンモジュレーター，RF 電源，および電子銃電源の低圧・高圧の印加時間を四半期ごとに集計すると，図 1 のようになる。

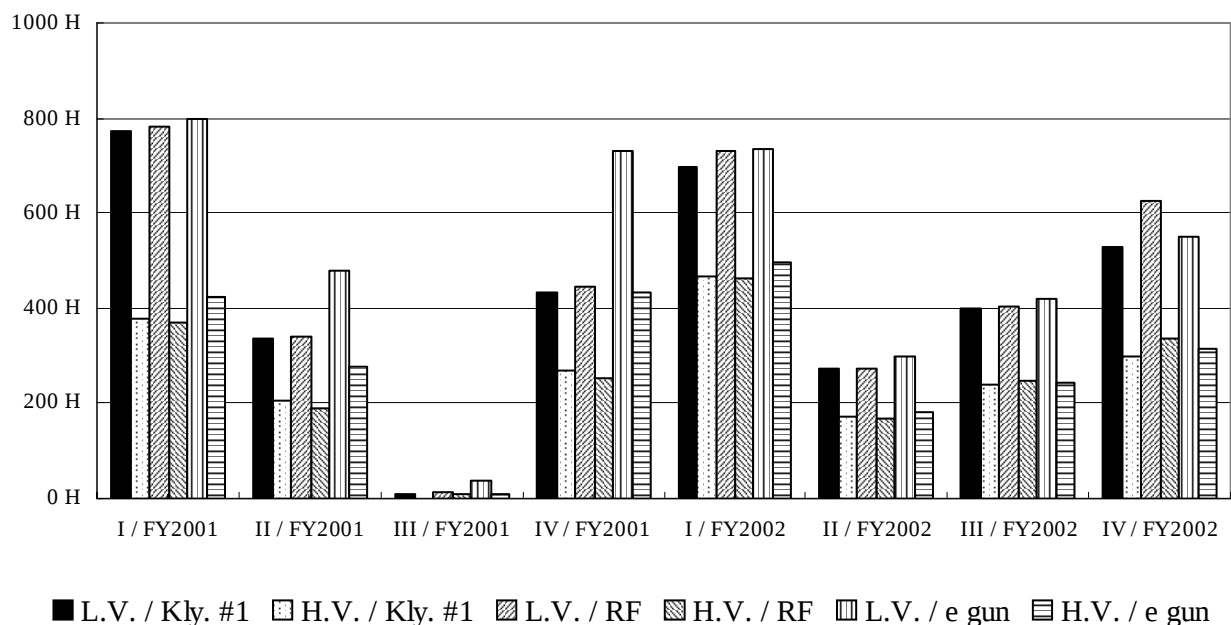


図 1：平成 13 年度および 14 年度におけるクライストロン，RF 電源，および電子銃の稼働状況

2.1 電子銃

図1で目立つことは、平成13年度第Ⅲ四半期には、どの電源もほとんど作動していないことで、これは、2001年8月初旬に電子銃が不具合となって、交換作業を余儀なくされたためである。

この電子銃は、1997年4月以来、4年余にわたって使用（ヒーター点灯時間：～11.8千時間）してきたもので、エミッションが不足したため最大定格の1.3倍程度のヒーター電力を供給することとなり、最終的にはヒーターが断線したものである。この電子銃を装着したときにもかなりの時間を費やした[1]が、今回の交換作業はさらに長期間を必要とした。これは、保管してあった電子銃が予期どおりの性能を発揮しなかったことが主原因であるが、そのほかに、真空排気用配管類からの放出ガスが予想外に多かったことも要因となっている。また、ゲートバルブなども「超高真空用」と明確に指定しておかなかったこともあって材質の吟味や処理が不十分で、数日間の焼き出しでは構造物内面が“枯れる”と言うにはほど遠く、系全体の圧力が充分には低下しない、ということも大きな原因であった。そこでやむなく、それまで使用していた配管類を復帰させることによって良好な真空を回復させることができた。その意味では、はからずも貴重な体験を積んだことになる。

そのような苦い経験を重ねたので、保管中の電子銃を排気するためのイオンポンプおよび電源装置を調達したほか、事前に配管類などのテストや“枯らし”をおこなうことができるような、簡易な試験装置を準備することとした。ただ、現在までは、次に述べるトラブルに対処するために使われていて、初めの目的であったバックアップ用電子銃の試験などをおこなうだけの、時間的・人的な余裕のないのが残念である。

2.2 加速管

2002年7月上旬には高エネルギー加速部の高周波窓が破損して冷却水が加速管に浸入するという大きな事故が発生した。これによって、12本ある高エネルギー加速部の加速管のうち9本の内面が水に濡れるという事態になった。しかし、2001年の電子銃の不具合とは違って、リニアックを部分復旧させることが可能であったので、それを意識しながら作業を進めることとした。具体的には、加速管を順に取り外して、清水とエタノールによる洗浄をおこなったのち、加速管を元どおりに戻す、このとき、中エネルギー加速部と低エネルギー加速部には、まったく手を触れないこととする、という方針をとった。

かなり長時間にわたって加速器室でおこなわなければならない作業を急ぎ、8月末からは低エネルギー加速部のみを使用する電子加速を再開させることができた。その後は、各種部品類の調達、加速管の復帰、真空排気系の再組み立て、再使用を断念せざるを得ないものの選択などをおこない、夕方以降は低エネルギー加速部による電子加速をおこなうようにした。

高周波窓の真空チェックをおこなうことによって、加速管と高周波窓とを接続するHコーナ―導波管に真空洩れを生じているものが見つかるという、予想もしていなかったことがあった。コーナ―導波管を新たに導入し、2003年

10月の上旬から中旬にかけて加速管への接続、RFエイジングなどの作業をおこなうことにしている。

高周波窓破損の原因については、製造者側でも種々検討したが、「冷却水の水質が悪くなかったため、セラミクスと金属との接合部が腐蝕し、そこへなんらかのストレスがかかってクラックが入った可能性がある。」ということ以上には、明確な回答は得られていない。

2.3 クライストロンモジュレーター

TELLでは合計8基のクライストロンモジュレーターを使用している。2002年2月にそのうち1基で、25倍昇圧用変圧器が焦げるというトラブルが起こった。このモジュレーターは低エネルギー加速部に大電力RFを供給するものであって、欠落させるわけにはいかないので、後段のモジュレーターで使用している変圧器を移設することによって急場をしのぎ、電子加速を続けることとした。焦げた変圧器は製造者が巻き線や絶縁被覆材を更新するなどの修理をおこない、2ヶ月間程度で復旧させることができた。修理とは言っても、実際上は新規製作とほとんど変わらない手数がかかったはずで、迅速な対応に感謝している。

これとは別のモジュレーターで、充放電回路のダイオードスタックや高電圧電流測定用分流器が焼損するなどのトラブルが生じた。このモジュレーターは、2.2で紹介した、高周波窓が破損した系統へ大電力RFを供給しているものなので、それとの関連もありそうであるが、確認できない要素が多く、原因究明は困難である。

クライストロンモジュレーターでは、上記の25倍昇圧用変圧器で得られる～15kV交流を整流したのちパルス化している。そのためにTriton Services Inc.のF-241サイラトロンを使用しているが、2年ほど前に輸入代理店から「メーカーから製造を中止することにした、という連絡が届いた。」旨の通知があり、今後どうしていくべきか、大いに思い悩んだ。最近になって、「製造担当者が別会社に移籍して同等のものを製造販売しているの、入手可能である。」との情報がもたらされ[2]、安堵したところである。

3 おわりに

産総研電子リニアックTELLで最近発生したトラブルの幾つかを紹介した。維持運営する側としては、できれば長期的な視点にたって性能向上や改造などをおこなっていきたくは願っているが、道は険しいと言わざるをえない。時間的な制約もあって本項では触れなかったが、当日は研究のトピックスも報告したいと考えている。

当所の電子加速器施設は主として、原子力委員会の評価に基づいて文部科学省原子力試験研究費によって維持・運営されているもので、関係者の理解と支援に深く感謝している。

参考文献

- [1] 三角智久 ほか, Proceedings of the 23rd Linear Accelerator Meeting in Japan, Tsukuba, Sep. 16-18, 1998, 16.
- [2] 高見 清, 私信, Jul. 2003.