

## ETL ELECTRON LINAC AND EXPERIMENTAL FACILITY

MIKADO Tomohisa, YAMAZAKI Tetsuo, SUGIYAMA Suguru, YAMADA Kawakatsu,  
OHGAKI Hideaki, SUZUKI Ryoichi, OHDAIRA Toshiyuki, SEI Norihiro,  
TOYOKAWA Hiroyuki, CHIWAKI Mitsukuni, and OKABE Shigeo\*

Quantum Radiation Division, Electrotechnical Laboratory  
1-1-4 Umezono, Tsukuba-shi, Ibaraki 305  
<http://www.etl.go.jp/etl/linac/e/>

\* Okabe Keisoku Kogyosho  
1-7-13 Nozawa, Setagaya-ku, Tokyo 154

### Abstract

Statistics of hours "occupied" by individual experimental modes for the past few years is shown for the electron linac at the Electrotechnical Laboratory. The fraction of hours occupied by slow-positron production has increased gradually in these years. Also are described main troubles occurred in the period: troubles in klystrons, electron guns, RF amplifier, vacuum system for accelerator structure, electric generator, and so on. As an example of research activity made recently, a neat facility to produce very slow positron beam is shown schematically.

### 電総研リニアック施設の現状

#### 1. はじめに

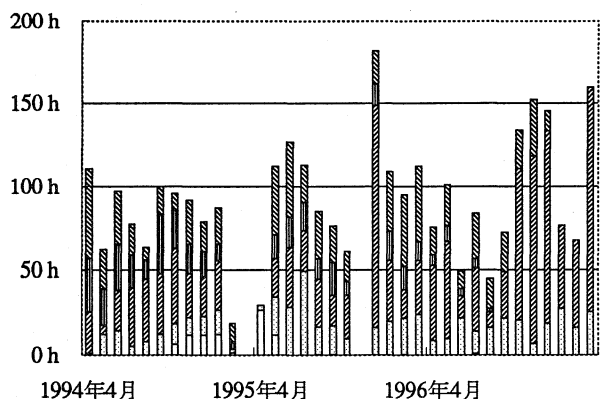
電総研の電子リニアックTELLは、1980年12月の稼働開始<sup>1)</sup>以来、クライストロンモジュレータを1基増設し、電子入射部を更新したことを除いては、大がかりな改造や更新、あるいは設備増強の機会が得られないまま現在に至っている。4年前の本研究会において、運転状況や細々したトラブルなどを報告<sup>2)</sup>しているのので、できるだけそれとの重複を避けて、最近の状況などを報告したい。

#### 2. 運転状況

TELLによる電子ビームは多くの場合、実験

モードに応じて、低エネルギー実験室（低速陽電子の発生・制御・利用実験）、中エネルギー実験室（NIJ-IIへの電子入射）、 $\pi$ 実験室（NIJ-IVへの電子入射）、リング室（TERASへの電子入射）のいずれかに輸送される。この状況は以前の報告<sup>3)</sup>と基本的には同様である。

最近3年間（1994年4月—1997年3月）に、どの実験モードのためにどの程度の時間TELLを占有したかを図示すると図1のようになる。これは、あくまでも“占有時間”であって、実際にビームを使用した時間を示しているものではない。同じデータを各実験モードの占有率という観点で整理すると図2のようになり、低速陽電子実験のために1/2弱、FEL実験（NIJ-IVで実施）のために1/4の時間を割いていることが示されている。これは3年間をトータルとして眺めた結果であって、年度毎にみると低速陽電子実験の占有率は1996年4月以後の1年間では2/3に達している。これは、リングへの電子入射作業と陽電子発生実験との性質の違いを考えると当然の事態で、低速陽電子実験の占有率は、今後さらに増加する可能性が高い。なお、図1及び2において「加速器室」とあるのは、入射器の更新作業及びそれに先立って行った特性試験<sup>4)</sup>、さらには供用開始後の電子銃交換作業のために要した時間を示していて、日常運転時のビーム調整時間は含まれていない。



□ 加速器室 ■ TERAS ▨ 低速陽電子 ▤ NIJ-II ▩ NIJ-IV

図1 最近3年間における実験モードによるビーム占有時間

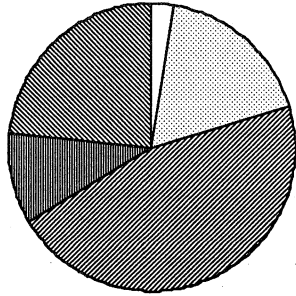


図2 最近3年間の各実験モードによるリニアック占有率

### 3. 主なトラブル及び装置の更新

#### 3.1. クライストロン

当所の電子リニアックでは現在、合計8基のクライストロンモデュレータを使用している。陽電子発生時には最初の2基のみを稼働させているが、それ以外には原則として8基全部を稼働させている。従来は、交換及びその後のエージングの手間を極力抑えるため、管はできるだけ“使い切る”ようにしてきた。しかし、後述するようなトラブルの経験後は、入荷後の管は1年以内に使用開始するようにしてきている。現用の8本中、最も古いものは1992年10月から使用されていて、本年3月末までのヒーター点灯時間は8.6千時間を超えている。(ただし、ヒーター点灯時間が最も長いものは、前者の2.5ヶ月後から使用されたもので9.5千時間に達している。)最も新しいものは昨年4月から1.5千時間ほど使用されたに過ぎない。

かつての管は“でき”が良くて長持ちし、陽電子研究発足から暫くの間は日々の運転時間もさほど長くはなかったこともあって、ほとんど最初期から10年余りの間、20千時間も使用されたものもあった。一時期はモデュレータ数以上の在庫を抱えたこともあったが、年号が平成になってからは不調な管が目立つようになってきた。症状は、管内真空が悪い、管内やソケット部での放電が頻発する、エミッションが不足していたり不安定である、などであった。原因を種々追及したが決定的なものは特定できず、使用素材、特にセラミックスの吟味とアSEMBル時の処理・取扱いの厳格化、コロナリングの改良、工場でのエージング作業の強化、輸送手段の改善、などの措置によって以前と同等の状態に戻すことができた。

#### 3.2. 電子銃

1995年2月から5月にかけて入射器を更新した<sup>24)</sup>。最初の電子銃は長期間放置していたこと、装着後の真空が極めて悪かったこと、などのために同年10月後半で使用終了を余儀なくされた。前もって調達しておいた電子銃の性能が予想外に思わしくなく、製造所と当所との間を新旧の電子銃が何度か往復し、ようやく使えるようになったときには12月初旬になっていた。その後、やや大きめの放電事故を繰り返したが大事には至らず、次第に安定になってきた。このときに排気系の改造を計画していたが、物品の調達が間に合わず、数ヶ月後になってようやく予定したものが完成し設置できた。

ヒーター点灯時間が3千時間を超えた本年3月になって、定格の1.5倍ものヒーター電力を投入しても十分なエミッションが得られなくなったため、同月末で電子銃の交換を行うこととした。今回もバックアップ用電子銃が不調で、管内放電の頻発、カソード・グリッド間の接触、グリッドメッシュの熔断、などが相次ぎ、ビーム加速の再開までに2.5ヶ月を要した。

一連のトラブルの原因に関する分析は未だ決着していない。製造所の推奨するエージング作業手順書を入手したのが最近であるなど、当所側の直流型電子銃に対する認識が不足していたことは率直に認めるとしても、同一規格でありながら個体差が有り過ぎて信頼性が乏しく、設計・製作上の問題が無いかどうか慎重に分析する必要があると考えている。

#### 3.3. その他

マイクロ波増幅器を1993年春に更新した<sup>2)</sup>が1995年1月に出力不足になり、加速エネルギーが90%程度に低下した。クライストロンTH2436も疑惑の対象になったが、結局はスイッチ管4PR1000Aが不良になっただけであった。

数年前から加速管部の真空が悪くなってきており、冷却水による加速管の腐蝕が疑われている。しかし、RF窓で洩れが生じていることが確認できたため、疑わしいものから順次交換した。これによって改善された箇所がある一方、なんの変化も見られない箇所もあって、今のところ状況観察を続けている。

当所では電動発電機を運転して、クライストロンの高電圧及び集束コイル、電子銃、蓄

積リング (NIJI系) の偏向電磁石及び電子入射用パルス系, などへ安定化電力を供給している。1994年夏頃から, 主として起動・停止のときにトラブルが生じがちであったが, 翌年1月の深夜, 停止時に気中遮断器の操作用コイルが焼損するという事故が起き, 応急措置の後, 半月後に細密点検を行った。

1997年6月中旬に加速器室内ビームトランスポート系冷却水循環用ポンプのベアリングが不調になり, 運転不能に陥った。全ステンレス製密封型ポンプのため極めて心配されたが, 分解点検の結果幸いにして重篤な故障ではないことが判り, 応急措置により復旧した。適当な機会に本格的なオーバーホールを行うこととしているが, 同様のポンプが数基あり (規格はそれぞれ異なる。) 今後の対応に苦慮している。

### 3.4. トリガパルス増幅装置の更新

クライストロンに高電圧を印加するため, 8基のクライストロンモジュレータをそれぞれ独立に駆動するトリガパルス増幅装置が必要で, 従来は, 1964年頃から使用してきたものを改造して使っていたが, トラブルが頻発してきた外に, 使用している電子管の入手が困難になってきたので全面的に造り替えた。ノイズによる誤動作が心配されたので, 試験運用—調整・手直し作業を数回繰り返し, 1996年10月から本格的な運用を開始した。

## 4. 研究概要

TELLの周囲には5実験室が配置されていて, 各実験室において種々の量子放射線の発生・制御とその高度化・利用に関する研究を行ってきている。それらは,

- (1) 高強度低速陽電子発生施設の建設と物性研究への利用,
  - (2) 産業用小型蓄積リングNIJIシリーズの開発,
  - (3) 自由電子レーザー(FEL)研究施設の建設とFEL発振技術の確立,
  - (4) TERASの建設と各種光源の開発,
- などに大別することができる。ここでは殆ど余裕が無いので, 低速陽電子発生施設<sup>5)</sup>の現状を極く簡単に紹介する。

同施設では10年ほど前に建設した低速陽電子輸送用ビームライン<sup>6)</sup>を改良しながら, 低速陽電子ビーム制御技術の高度化とそのビームを利用する物性研究を行っている。それとともに, 実験研究スペースを拡張するために,

低速陽電子発生部を加速器室に置く, 新しいビームラインの建設・調整も行っている。新設のビームラインには, 陽電子ビームを数eV程度 (以下) にするための「超低速化セクション」を組み込んである。図3は, この構造を模式的に示すもので, TELLで加速した $\sim 70$  MeVの電子で発生させた低速陽電子ビームを導入して, 予定どおりに $150 \mu\text{s}$ の間閉じ込めておいてから取り出すことに成功した。現在, エネルギー特性の向上を図っている。

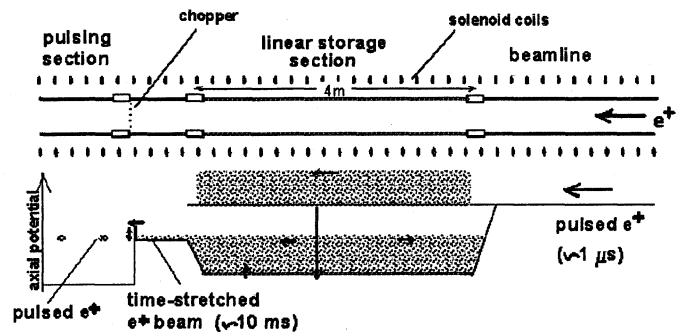


図3 当所で開発した陽電子超低速化装置の概念図

## 5. おわりに

最近経験したトラブルを中心として, 電総研の電子リニアックTELLの現状を紹介した。今後も機会ある毎に改造や増強に関する提案を続けていくが, それとは別に, 目につく箇所, キーとなる箇所を重点的に保守・整備することによって, できるだけトラブルによる運転休止時間の短縮を図っていきたいと考えている。

なお, 全体の研究概要は, <http://www.etl.go.jp/etl/linac/j/> に紹介されている。

## 参考文献

- 1) Tomimasu T., Proc. 6th Linear Accelerator Meeting in Jpn. p. 21 (1981).
- 2) Suzuki R. *et al.*, Proc. 18th Linear Accelerator Meeting in Jpn. p. 426 (1993).
- 3) Yamazaki T. *et al.*, Proc. 18th Linear Accelerator Meeting in Jpn. p. 8 (1993).
- 4) Yokoyama M. *et al.*, Proc. 19th Linear Accelerator Meeting in Jpn. p. 163 (1994); Proc. 20th Linear Accelerator Meeting in Jpn. p. 16 (1995).
- 5) Suzuki R. *et al.*, Proc. 20th Linear Accelerator Meeting in Jpn. p. 53 (1993).
- 6) Akahane T. *et al.*, Appl. Phys. A51, 146 (1990).