

# 産総研リニアック施設の現状と利用研究（2001年）

三角 智久<sup>1A)</sup>、大垣 英明<sup>A)</sup>、大平 俊行<sup>A)</sup>、鈴木 良一<sup>A)</sup>、清 紀弘<sup>A)</sup>、豊川 弘之<sup>A)</sup>、  
山田 家和勝<sup>A)</sup>、野口 勉<sup>A)</sup>、千脇 光國<sup>A)</sup>、岡部 茂雄<sup>B)</sup>、小川 博嗣<sup>A)</sup>、安本 正人<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> 産業技術総合研究所 つくば中央第二事業所 光技術研究部門  
〒305-8568 茨城県 つくば市 梅園 一丁目 1-1 Box 0502

<sup>B)</sup> 岡部計測工業所  
〒154-0003 東京都 世田谷区 野沢 一丁目 7-1 3

## 概要

電総研リニアック（現・産総研リニアック）TELLの2000年度の稼働状況やTELLが抱えている問題点の幾つかを報告する。主として冷却水廻りの更新工事が続いた影響で、2000年度のTELLの運転可能時間は前年度よりかなり減少した。

現在の電子銃は稼働開始後4年を経過し、かなり危機的な状態になってきていて、電子銃の構造を刷新することも含めて「次をどうするか？」を真剣に検討しなければならなくなっている。

TELLの電子ビームを用いて行っている研究の中、低速陽電子研究施設での最近のトピックス及びNIJI-IVの改造について簡単に紹介する。

る1996年度—2000年度におけるTELLの利用状況を図示すると図1のようになる。過去3年間ほどは、利用可能な時間が増加の傾向にあったが、2000年度には一転して前年度の2/3程度に低下し、1996年度と同程度になった。これはリニアックグループや利用者側のactivityが下がったのではなく、昨年報告した<sup>1)</sup>とおり、工業技術院筑波研究センターの施設維持管理費などによる冷却水システム更新工事が行われることになってきたため、その直接的・間接的な影響で運転休止を余儀なくされたことが主な理由である。

以下に、最近のTELLの状況とその加速ビームを使って行っている研究の一部を紹介する。

## 1. はじめに

通商産業省工業技術院の傘下にあった15研究所は、2001年4月1日付けで「独立行政法人 産業技術総合研究所 (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology; AIST)」として再出発した。これに伴って従来は「電総研リニアック (ETL linac)」と称していた電子リニアックTELLを、今後は「産総研リニアック (AIST linac)」と称するのが適当であろう。

「電総研リニアック」としての最後の5年間であ

## 2. TELLを取り巻く問題

昨年も懸念している旨を述べたが、1997年度初めから使用している電子銃のヒーター点灯時間は、2001年3月末で~10.5千時間を超えた。さすがにエミッション電流はかなり少なくなってきて、現在では初期に較べて25%増も多いヒーター電流を供給しなければならなくなっている。そろそろ電子銃の交換あるいは刷新について、真剣に検討するべき時期にきていると考えている。

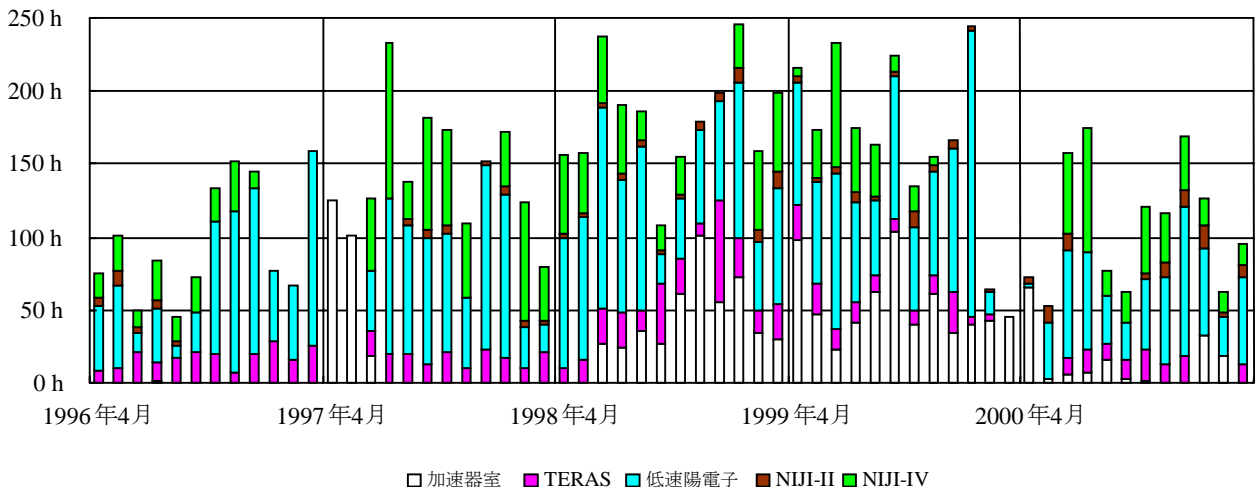


図1：最近5年間（1996年4月—2001年3月）の利用形態別TELL占有時間

<sup>1)</sup> E-mail: mikado.tomohisa@aist.go.jp

最近、カソードに印加する-80 kV が、時折、大きく変動するようになってきた。昨年報告したことと同様に、電子銃周辺の汚れが原因であることも考えられるが、その発生頻度が高くないこともあって、それと断定できるほどの状況ではなく、どう対処すべきか思い悩んでいる。

1999 年度終盤になって所内の特別措置で支給された資金により、加速管の RF 窓を幾つか購入することができた。2000 年度の初めに極く一部を交換したが、その後は適当な時期を見出せなかったため延び延びになっていた。ようやく本年 1 月下旬から 1 週間ほどの停止期間を確保することができ、状況から判断して容疑の濃厚な 10 個ほどを一度に更新した。その後 3 月下旬にも 2 個ほどを更新したが、真空がかなり改善された箇所もある一方、殆ど変化が見られない箇所もあり、なんともツライ思いをしている。その上 RF 窓の予備が 1 個のみとなり、いささか気懸かりなところである。

TELL のクライストロンモジュレーター (合計 8 セット) ではサイラトロン F-241 を使用している。2001 年 3 月下旬になって、輸入代理店から「メーカーから製造中止することになった旨の連絡が入った。」との知らせがあり、今後どうしていくべきか、あれこれと思い迷っている。某社の技術者からは、同等の性能を有するものの紹介を受けているが、電源装置の更新が必要なばかりではなく、装着箇所にも改造が必要で、入れ替えを行うのであれば、纏まった資金及び時間が必要である。それらをどう工面すべきか苦慮している。同様の状態に追い込まれているところもあると思うので、他機関ではどのように (しようと) しているのか、ご教示戴きたいところである。

### 3. 研究の概要

TELL で得られる電子ビームは

- (1) 高強度低速陽電子ビームの発生
- (2) 小型蓄積リング NIJI-II への入射
- (3) FEL 研究専用蓄積リング NIJI-IV への入射
- (4) 共用蓄積リング TERAS への入射

に使用されている。ここでは、低速陽電子研究施設での最近のトピックス及び NIJI-IV の改造について紹介することにしたい。

#### 3.1 陽電子・ポジトロニウム寿命計測システム

産総研では TELL で得られる  $\sim 70$  MeV の電子ビームを用いて  $\sim 10^8$  個/s の高強度低速陽電子ビームを発生させ、陽電子の寿命測定による半導体物質、高分子物質、金属材料、薄膜などの表面、近表面、界面などでの欠陥や電子状態の分析・評価や、陽電子消滅で引き起こされるオージェ効果を利用する最表面の微量物質の分析などの研究を行っている。

その一環として、100 ps オーダーの陽電子寿命と 100 ns オーダーの orthopositronium の寿命とを同時に測定することの可能な、図 2 に示すような装置<sup>[2]</sup>を構築し、これを活用して、高集積度・高速の電子デバ

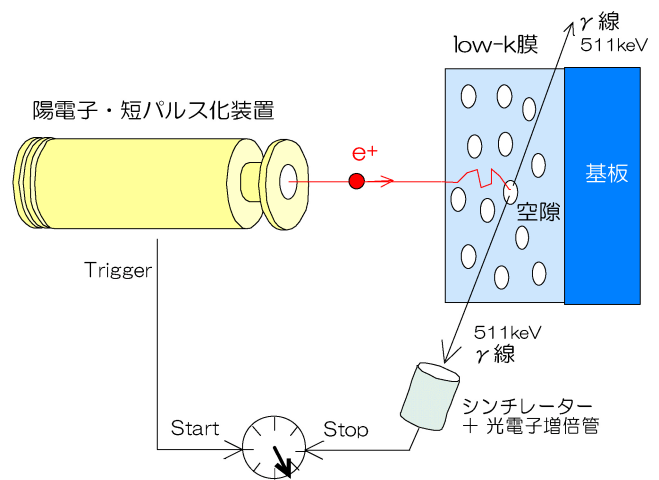


図 2 : 産総研が開発した陽電子・ポジトロニウム寿命測定装置

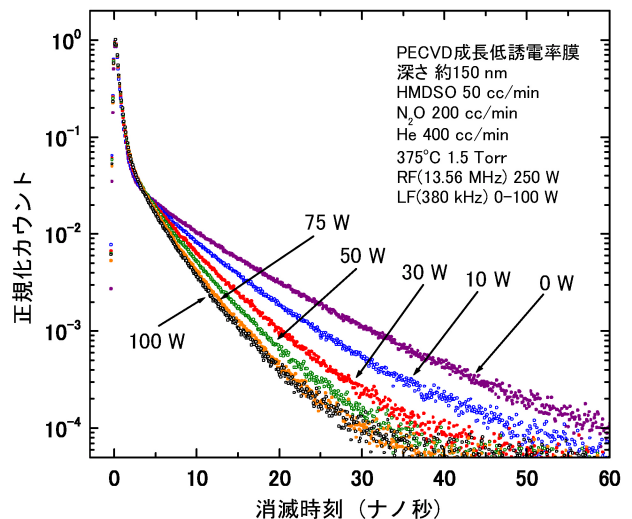


図 3 : PECVD 法で成長させた低誘電率膜での陽電子消滅時間分布

イスに要求される低誘電率の層間絶縁膜内部に形成する微小な空隙のサイズ分布を評価する研究を行っている。図 3 はその一例<sup>[3]</sup>を示すもので、ある企業がプラズマ CVD 法で作成した低誘電率膜中での陽電子消滅時間の分布を測定したものである。パラメーターは CVD 法で供給する低周波電力を示していて、これを増加させるとサイズの大きな空隙の存在比が低下し陽電子寿命が短くなることが示されている。このことは、プラズマ CVD 法の成長条件を調整することによって空隙のサイズを人為的にコントロールできることを意味するものと考えている。

#### 3.2 NIJI-IV の改造

FEL 研究専用蓄積リング NIJI-IV では、真空紫外域での発振を目指して種々の改善策を施している。その中、蓄積ビームのヘッド-テイル不安定性を抑制す

るための6極-4極-6極電磁石の導入、バンチ内ピーク電流を増大させるとともにバンチ長を短縮させるための加速用RF空洞の更新については、既にこの研究会でも報告している<sup>[4,5]</sup>。その後、RF電源装置などを更新したことによって数kWのRF電力を投入できるようになり、ビーム品質の向上が実現できた。しかし、このようにしてもNIJI-IVの200 nmにおけるFELゲインは、図4<sup>[6]</sup>に示すとおり、3%程度にまで向上させるのが限度である。これはリングを構成するチェンバーのインピーダンスが高いためwake fieldによるビームの不安定性が顕著になってピーク電流が抑制されることが原因である。

そこで、NIJI-IVの全チェンバーのうち、光クライストロン部及びセプタム電磁石部を除く $\sim 3/4$ を改造することとした。改造のポイントはチェンバー内面の凹凸を極力無くして、電子ビームからは平滑に見えるようにすることである。一例として、偏向電磁石部に装着するチェンバーの形状を図5に示す。

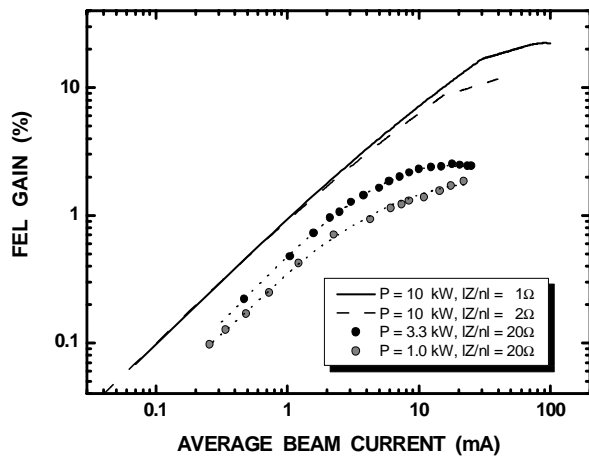


図4：NIJI-IVの加速用RF電力及び規格化インピーダンスによるFELゲインの変化

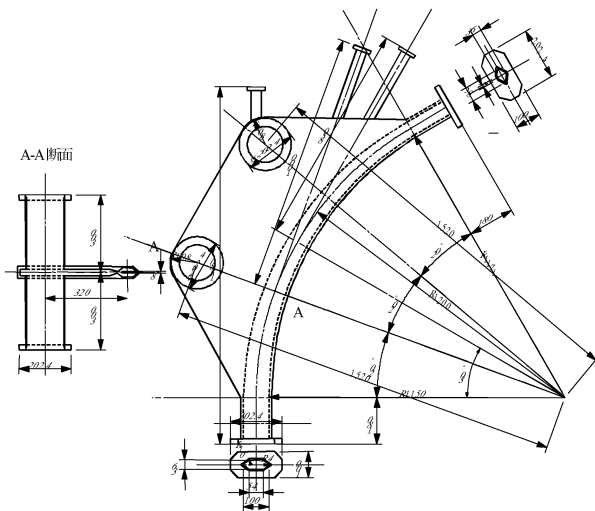


図5：NIJI-IV 偏向電磁石部用新型チェンバー（基本設計）

最終的に製作したものは、これとは幾分違っているが、真空排気性能の強化を図っていること、チェンバー同士の接合にVAT sealを使用していることなどは同じである。

2001年5月中旬からチェンバーの更新に着手したが、予想外のトラブルが発生したため作業が遅れている。6月下旬には全体の排気とベーキングを開始し、7月には入射試験を始めたいと考えている。今後の作業が順調にいくと、規格化インピーダンスは $\sim 2\Omega$ 以下に低下する見込みであり、そうなればFELゲインは、図4に示してあるように、10%程度に向上するものと期待している。

#### 4. おわりに

電総研リニアック（現・産総研リニアック）TELLの最近1年間の状況と低速陽電子研究施設でのトピックス、及びNIJI-IVの改造などを紹介した。

TELLや周辺装置・機器類の老朽化は著しくなってきたが、2001年4月からの独立行政法人化により、取り巻く状況は事前に予測していたよりも一層厳しいものになっている。当然のことながら、それを嘆いているだけでは事態は好転しない。TELLを利用する研究プロジェクトで十分な予算を獲得できれば、そこから維持管理に必要な費用として拠出される金額を増加する可能性が期待できる。そのためには、利用者には目に見える成果を数多く出して貰うことが必要であり、維持管理の担当者としては、TELLを安定に稼働させてビームを供給することが必要であると考えている。

#### 参考文献

- [1] 三角智久 *et al.*, “電総研リニアック施設の現状と利用研究（2000年）” Proceedings of the 25th Linear Accelerator Meeting in Japan (Himeji, July 12-14, 2000), pp. 21-23.
- [2] SUZUKI R. *et al.*, “Slow Positron Pulsing System for Variable Energy Positron Lifetime Spectroscopy”, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 30 L532 (1991).
- [3] SUZUKI R. *et al.*, “Pore Characteristics of Low-Dielectric-Constant Films Grown by Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition Studied by Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy”, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 40 L414 (2001).
- [4] 清紀弘 *et al.*, “自由電子レーザー専用リングNIJI-IVの現状 — 6極-4極-6極磁石による電子ビームの改善・FEL短波長化 —” Proceedings of the 23rd Linear Accelerator Meeting in Japan (Tsukuba, Sep. 16-18, 1998), pp. 328-331.
- [5] 清紀弘 *et al.*, “真空紫外自由電子レーザー発振を目指した蓄積リングNIJI-IVの改造と運転” Proceedings of the 24th Linear Accelerator Meeting in Japan (Sapporo, July 7-9, 1999), pp. 137-139.
- [6] YAMADA K. *et al.*, “Characteristics of the NIJI-IV UV-VUV FEL System -Toward Lasing down to 150 nm Using a Compact Storage Ring-”, to be appeared in Nucl. Instrum. Methods [Proceedings of the 22nd International Free Electron Laser Conference].