

PRESENT STATUS AND FUTURE PLAN OF THE AIST ELECTRON ACCELERATOR FACILITY

Ryoichi Suzuki¹, Kawakatsu Yamada, Masaki Koike, Atsushi Kinomura, Toshiyuki Ohdaira, Hiroyuki Toyokawa, Norihiro Sei, Hiroshi Ogawa, Masahito Tanaka, Kazutoshi Watanabe, Nagayasu Ohshima, Ryunosuke Kuroda
Research Institute of Instrumentation Frontier, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
(AIST)

1-1-1 Umezono, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-8568

Abstract

Present status of the AIST electron accelerator facility is reported. The accelerators are used for the researches on slow positron beam, free electron laser, laser-Compton scattering X ray, vacuum-ultraviolet polarization modulation undulator, etc. By introducing new air/water system and klystron system, the energy consumption in the AIST electron accelerator facility has been reduced more than 50% without reducing the hours of the accelerator operation. The renewal plan of the accelerators for the advanced nano-meter scale measurement centre will be also reported.

産総研電子加速器施設の現状と将来計画

1. はじめに

産総研では、小型電子加速器をベースとして、低速陽電子ビーム、自由電子レーザー、レーザーコンプトン散乱(LCS) X線、真空紫外偏光可変アンジュレータ光など、特徴ある量子放射源の開発とその利用研究を行っている。最近では、従来から稼動している400MeV Sバンド電子リニアックTELLと小型蓄積リング(TERAS, NIJ-IV)に加えて、コンパクトリニアックを用いた産業用計測システム製品化に向けた研究も進めつつある。本稿では、これらの研究のための電子加速器群の概要と電子リニアックTELLの現状、及び将来計画について述べる。

2. 産総研電子加速器施設の現状

2.1 施設の概要

図1に産総研電子加速器施設の全体像を示す。Sバンド電子リニアックTELLの低エネルギー部では、高強度短パルス低速陽電子ビームを用いた各種高機能材料の表面近傍における原子~ナノ空孔の構造評価と、空孔構造の3次元イメージングのため陽電子マイクロビームの開発を進めているが、これまでに10mm以上の径の低速陽電子ビームを50 μ m以下に集束し、3次元の極微欠陥分布イメージングに成功している。また、陽電子発生用電子加速器としてCバンド電子加速器の開発も行っており、ビーム加速に成功している。電子蓄積リングTERASは実験目的に応じて300-800 MeVの範囲で

調整可能であり、偏光可変アンジュレータ光やLCSを用いた準単色・高透過性光子ビームなどユニークな光源を用いた研究や光の標準の研究に用いている。真空紫外偏光可変アンジュレータ光の研究では、アミノ酸、糖類等の円二色性(CD)、線二色性(LD)を測定するシステムを開発し、通常の偏光光源を用いては測定できない短波長領域(140nm以下)においてもCD、LDの同時計測が可能になっている。また、MeVオーダーのLCS準単色・高透過性光子ビームの応用研究として、非破壊検査用高精度CT技術や光子励起陽電子消滅法の開発などが行われている。自由電子レーザー(FEL)専用コンパクトリングNIJ-IVでは、従来可視から真空紫外のFEL発振が可能であったが、最近赤外域のFEL発振にも成功している。

これらの研究に加えてSバンド小型電子リニアックとフェムト秒Ti:Saレーザーを用いたLCS-X線源の開発と利用研究を行っており、X線の収量増加を目的としたフォトカソード改良研究等を進め、Cs-Teフォトカソードを用いたRF電子銃によりマルチバンチ電子ビームの発生に成功し、生体試料などのイメージング実験を行っている。このCs-TeフォトカソードはRF電子銃で使用すると短時間に量子効率の急激な低下が起こることから、光電子放出顕微鏡(PEEM)により光電子放出分布(量子効率分布)の直接観察を行い、カソード劣化機構を解明するための実験を行っている。また、非破壊検査の現場で使用できる超小型高エネルギーX線源を実現するため、乾電池駆動Xバンド超小型電子加速器やカーボンナノ構造体を用いた高エネルギーX線源の開発を行い、単三乾電池で100keV以

¹ E-mail: r-suzuki@aist.go.jp

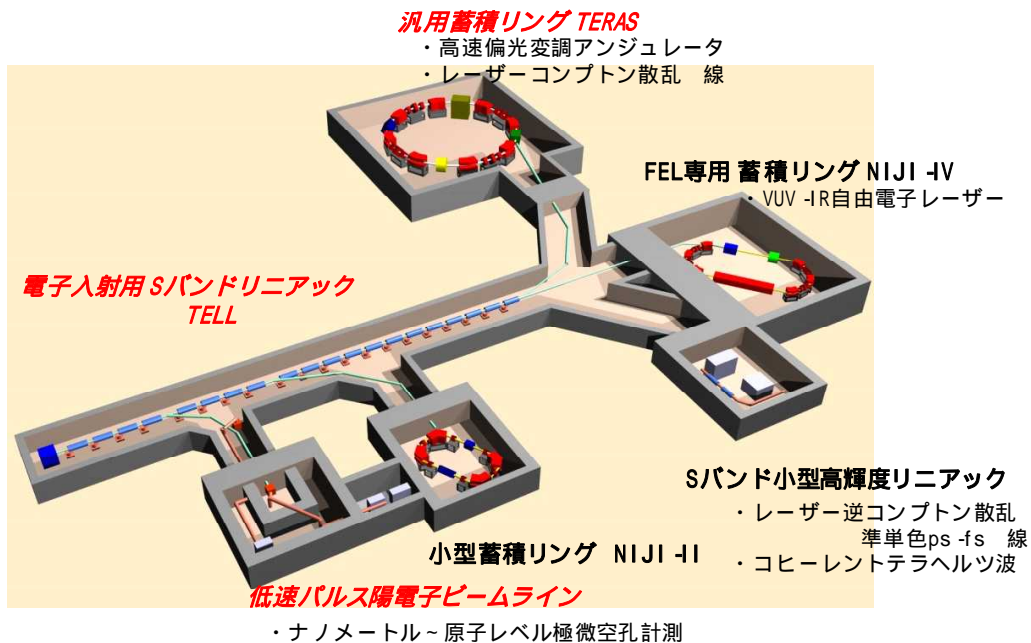


図 1 : 産総研電子加速器施設

上の電子ビームを発生し、X線非破壊検査に利用できることを確認している。なお、小型蓄積リング NIJI-IIIは、現在は休止している。

2.2 電子リニアックTELLの現状

400MeV電子リニアックTELLは、1979年に稼働を開始してから30年経過している。真空・電源系や空調・冷温水・クライストロン系の一部は改修を行ってきたが、加速管及び磁石系は建設当時のものを使用している。加速管の一部では、冷却水ジャケット（特に溶接部）から漏水するなどのトラブルはあるが、補修することにより使用に耐えている。

これまで本学会で報告しているように、産総研電子加速器施設は、エネルギー（特に電力）消費の問題を解決するため、2005年度から2006年度にかけて老朽化した空調冷温水系の更新[1]とマイクロ波系の改修[2]を行った。これらの対策の結果、図2に示すように、産総研電子加速器施設の年間の電力使用量は改修前に比べ半減することに成功している。一方、加速器の稼働時間は、従来の保守・点検の時間が減ったことと、長時間運転する実験が増えたことで、改修前に比べて2割以上増えた。

この空調冷温水系の更新では、従来の集中型の冷温水・空調システムにかえて分散型のシステムを導入するとともに、加速管の温調や冷却の配管長をできる限り短くすることにより、加速に使用している部分のみ稼働させ、エネルギーの無駄を抑えている[1]。特に、加速管の温調は、蓄積リン

グへの入射の場合、2 ppsと繰り返しが少なく発生する熱も加速管 20 本で数百Wと少ないことから、チラーを使わずにヒーターのみで温調を行っている。定常状態ではこの全加速管の温調に必要な消費電力はヒーターとポンプを合わせても定常状態で5kW以下であり、温度の安定度は40度±0.05度以下を確保できている。

また、クライストロンは、一部を従来の東芝製

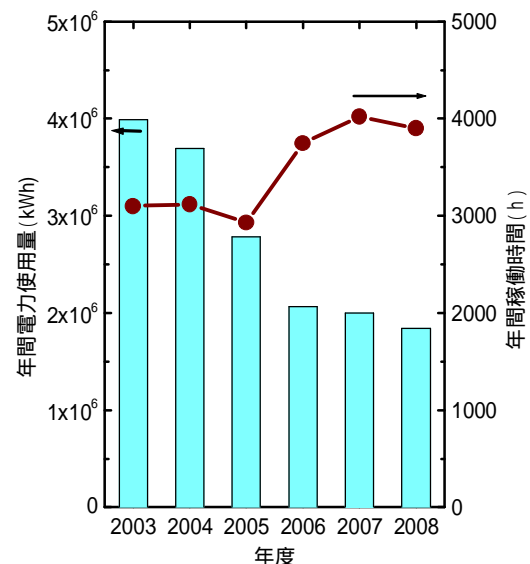


図 2 . 電子加速器施設積算電力使用量と加速器稼働時間

E3776 に変えて 80MW以上の出力を出すことができる東芝製E3712 にすることによって、クライストロンモジュレータの数を減らすことができるようにした[2]。これによって、クライストロンモジュレータの消費電力が減るだけでなく、空調・冷温水の負荷も減ることから、これも総エネルギー使用量の削減に寄与している。

この改修の後、従来のモジュレータの高電圧パルストランスの絶縁碍子（現在は製造していない）が割れ、絶縁油が漏れ出すというトラブルがあったが、新モジュレータの導入で休止した古いモジュレータのパルストランスと交換することによって、最小限の経費でトラブルを解決できた。

図2に示しているように、2008年度の施設全体の電力使用量は2007年度に比べて若干減っているが、電力料金の単価が高騰したため、電力料金は前年度より増えている。2009年度は、電力料金の負担を抑えるため夏期の1ヶ月程度の加速器休止を計画している。また、圧縮空気のコンプレッサーを省エネ型にするなどの改善も行っている。これにより、2009年度の電力消費は前年度比十数パーセントの削減ができる見込みである。

3. 将来計画

2009年度の補正予算においてナノ計測センターの設置が認められ、これに対応するために400MeV電子リニアックに代わる新たな電子加速器の導入を計画している。この計画では、陽電子発生用の加速器と、電子蓄積リング用の加速器とに分けてそれぞれに適した専用の加速器にすることによって、ナノ計測のニーズに対応できるようにする予定である。

○陽電子発生用電子加速器

陽電子ビームを用いた材料の評価では、エネルギーは40MeV以上、パルス幅1ns以下、パルスレート500kHzから50MHzまで可変、ビーム出力10kW以上の高エネルギー電子パルスが理想的である。現時点で、予算の範囲内でこの仕様のビームを発生できる加速器は無く、この仕様に少しでも近づくような加速器の検討をしている。

電子加速器としては、超伝導加速器やCバンド電子加速器が候補に挙がっており、超伝導加速器ではマルチパス加速による高エネルギー化、Cバンド加速器では数百ppsのハイレートパルスと陽電子トラップを用いたパルスのストレッチングおよび準CW化を検討している。

この加速器で発生した陽電子ビームを現在NIJ-IIのある実験室まで輸送し、材料計測に利用する予定である。

○電子蓄積リング入射用電子加速器

電子蓄積リング入射用の電子加速器は、エネルギーが320MeV以上で、できる限りビームの質の良い電子ビームが望ましい。また、加速器を設置す

る部屋（リニアック室）には陽電子発生用の加速器も置くことから、入射用の加速器の長さは従来の半分以下にする必要がある。この条件を満たすものとして、Sバンドの大電力クライストロンを用いた高加速勾配のリニアックやマイクロトロンを検討している。

また、従来の電子リニアックでは、クライストロンモジュレータに使用する電源を安定化するため、6600Vから400Vに降圧する出力1MWのモータージェネレーターを使用していたが、モータージェネレーターは無負荷時でも数十kWの電力を消費し、電力の無駄が多い。更新しようとしている加速器の高周波電源は、モータージェネレーターが無くとも安定化できることから、通常のトランスを介した電源を用いる予定である。これによって、現状と同程度のビーム出力なら使用電力を現状の半分以下に抑えることができると予想される。

4. まとめ

産総研電子加速器施設の加速器、特に電子リニアックTELLの現状と、将来計画について述べた。産総研の電子加速器施設は、加速器の稼働時間を減らさずに従来の半分の電力量で加速器を稼働することが可能になった。今後は、ナノ計測センターのための加速器の更新が予定されており、これが実現すれば、従来の共用加速器ではできなかった長時間の実験やさまざまな条件下での実験も可能になり、新たな展開が期待される。

参考文献

- [1] R. Suzuki, K. Yamada, M. Koike, S. Ichimura, N. Sei, H. Toyokawa, H. Ogawa, M. Yasumoto, R. Kuroda, T. Ohdaira, A. Kinomura, N. Oshima : 50% Reduction of Energy Consumption in AIST Electron Accelerator Facility, Proc. 3rd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, 242-244 (2006).
- [2] R. Suzuki, N. Sei, H. Toyokawa, H. Ogawa, R. Kuroda, T. Ohdaira, A. Kinomura, N. Oshima, K. Yamada: Remodelling of RF system of AIST 400MeV LINAC, Proc. 4th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, 531-533 (2007).