

PRESENT STATUS OF THE OPU ELECTRON ACCELERATORS FOR THE MULTIPURPOSE APPLICATIONS

Shuichi Okuda¹⁾, Ryoichi Taniguchi, Takao Kojima, Takashi Oka
Radiation Research Center, U-I-G Cooperation, Osaka Prefecture University
1-2 Gakuen-cho, Naka-ku, Sakai, Osaka, 599-8570

Abstract

In Radiation Research Center, Osaka Prefecture University (OPU) 18 MeV electron linear accelerator and 600 keV Cockcroft Walton electron accelerator have been used for scientific and industrial researches in various fields. These accelerators were constructed 40-50 years ago. For supplying stable beams to many user experiments the accelerator components have been improved. For performing the characteristic beam applications ultra-low intensity beams and coherent THz light sources have been developed. The recent application researches of the electron beams and the future plans are reported.

大阪府立大学の電子加速器と多目的利用の現状

1. はじめに

大阪府立大学 (OPU) 産学官連携機構・放射線研究センターの放射線・加速器施設^[1]は、大阪府立放射線中央研究所の発足から2009年で50年をむかえる。その歴史的な功績により、今年、第1回日本原子力学会歴史構築賞を受賞した。中・低エネルギーの電子線加速器およびコバルト60ガンマ線照射施設によって、種々の放射線照射利用研究が行われている。また非密封放射性同位元素の取り扱い施設を加え、総合的な放射線利用施設として、学内共同利用および民間も含めた学外の利用が行われている^[2]。最近では特に、装置の老朽化、限られた予算と人員などの問題がある。

これらの加速器では、多目的利用のための設備を備えると同時に、独自ビームの開発研究を行っているという特徴がある。地域の開かれた利用拠点として評価されている。また加速器の利用や見学を通じて、学生の教育研究、一般市民への知識普及活動を行っている。

主に2台の電子加速器の維持管理とビーム利用研究の現状について報告する。

2. 加速器と周辺施設の現状

放射線研究センターの主な電子加速器は、1962年に設置された18 MeVライナック、および600 keV コッククロフト・ウォルトン加速器である。電子線は、放射化の問題がほとんどない中～低エネルギー領域で利用できる。医療や将来の食品照射、工業利用に関係する基礎研究に適している。これらの加速器は、汎用の照射条件で利用することができる。すなわち基礎研究のために必要な環境が整えられている。国内の大学やその他の研究機関において、研究開発や試験を目的としたこのような施設は極めて少

ない。本センターのホームページ^[3]により、各研究機関から利用に関する問い合わせがあり、そのうちのいくつかについては共同研究を実施している。

これらの加速器では、装置の要素やそれらの配置の変更が容易で、新たな加速器要素の開発と試験が行えることも特徴である。また種々の条件での照射が行えることにより、新しい研究の芽が生み出されている。これは、研究上の着想が容易に実現できる、大学における共同利用施設としての大きな特徴である。

以上のような特長を活かすために、学生の教育研究、一般市民への知識普及を目的として、加速器の整備を行ってきた。またこれに加え、いくつかの独自ビームの開発も行っている。現状では、2台の電子加速器の担当者はそれぞれ1名で、人員の不足が深刻である。

イオン加速器として、ビーム分析のための3 MeVのタンデムイオン加速器 (陽子、ヘリウム) がある。また200 keV陽子加速器を設置、調整中である。これらは、放射線管非理区域に置かれている。

3. OPU 18 MeV電子ライナックとその利用研究

OPU電子ライナックの概念図と、これまで約4年間の整備の状況を図2に示す。加速器室の地下にはコンベアを備えた大面積の照射設備がある。また遮蔽壁を隔てて、ビーム利用のための照射室がある。

2005年度からの高エネルギー加速器研究機構の大学等連携支援事業を契機とし、次のような大掛かりな整備を行った。

- (1) 基本的な安定動作の確保
ビーム輸送系の真空改善
モジュレーター電源の安定化

¹ E-mail: okuda@riast.osakafu-u.ac.jp

- (2) 多目的ビーム利用系の整備
パルス当りの電荷量範囲10桁 (10^{-16} - 10^{-6} C) の実現
地下の大面積照射装置の改善
- (3) 独自ビームの開発
超微弱ビーム (パルス当りの電荷量: ~数 aC)
コヒーレントTHz光源とそれを用いた、ポンプ・プローブ実験
- (4) 教育研究と知識普及活動のための整備

これらの整備の結果、利用装置の基本となる最低限の安定した利用環境が得られた。さらにこの環境を基礎に、独自ビームの開発が進められている。教育研究や知識普及が効果的に行えるような整備も続けられている。

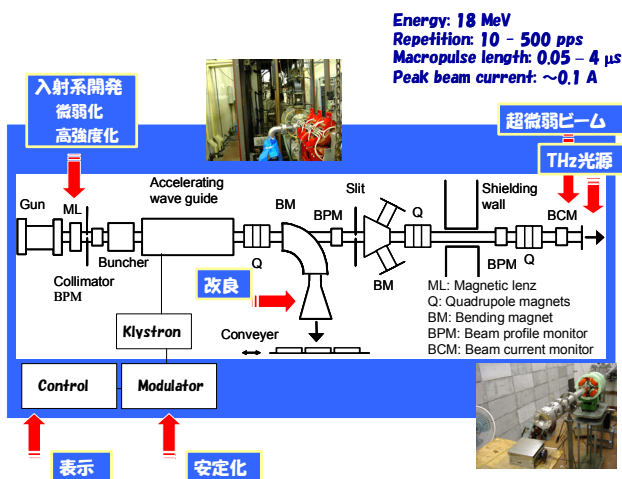


図1: OPU電子ライナックの概念図と2005年度から現在までの整備の状況

これは、独自に開発したビームで、次のような応用分野がある。

- (1) 高感度線量計の特性測定
- (2) パルス電子線によるラジオグラフィ
- (3) 制動放射X線スペクトルの測定とその利用
核反応を利用した新しい検査法の開発
- (4) 細菌や微生物に対する照射効果

このうち放射線線量計や放射線計測器の特性測定への応用研究を開始した^[6]。マイクロ秒パルス当りの最低ビーム電荷量をこれまでに約 10^{-16} Cとすることに成功し、数aCを安定に得ることが目標である。これは、個々の電子を計数する、放射線検出器による測定領域である。これまでにほぼ10桁の利用ビーム強度範囲が実現している。

コヒーレント放射については、京都大学原子炉実験所の電子ライナックの共同利用による基礎研究^[6]で、興味ある結果が得られている。この結果をもとに、特徴ある半サイクル光の発生と、ポンプ・プローブ実験 (図3) の準備を行った。

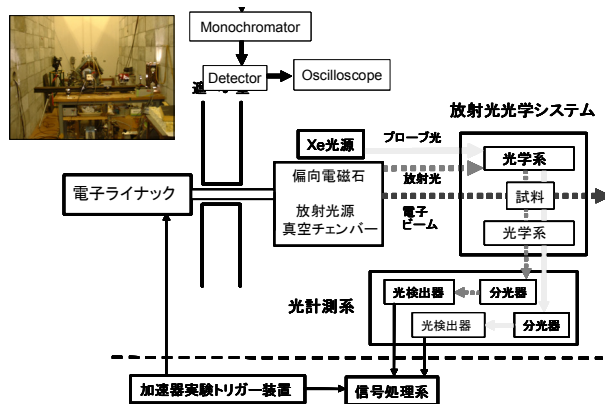


図3: コヒーレント放射によるポンプ・プローブ実験系の概念図

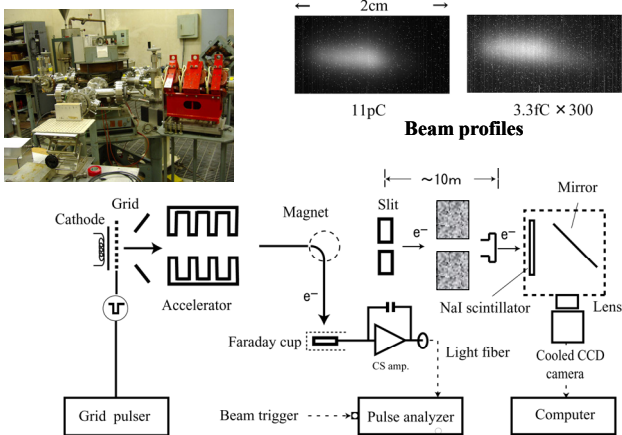


図2: 超微弱電子ビームの生成の概念図とシンチレータによるビームプロファイルの観測

超微弱電子ビーム^[4, 5]の生成の概念図を図2に示す。

ほかに溶液試料の容器を並べて上部より照射する金ナノ微粒子の生成実験、ビーム誘起化学反応など、特徴ある利用実験が行われている。

電子ライナックは、この1年間、水漏れや、耐用年数を過ぎたりレー部品等の故障のほか、特に大きな故障はなかった。

4. コッククロフト・ウォルトン電子加速器とその利用研究

600 keVコッククロフト・ウォルトン電子加速器の利用実験において、種々の試料でガンマ線照射との照射効果の違いが明らかになった。これは、既に述べた汎用の利用設備を活用し、ガンマ線照射効果を調べたのと同じ条件で比較実験を行った結果得られた。

試料を冷却しながら真空中で照射できるチェン

バーをビーム輸送系端に設置し、宇宙環境での試験を目的とした太陽電池半導体の照射実験を、宇宙航空研究開発機構（JAXA）との共同研究で行っている。これまであまり注目されなかった低エネルギー領域での照射効果に新たな知見が得られている。これを裏付けるために、偏向電磁石の磁場を測定し、また電子の物質透過を調べることで、加速ビームのエネルギーの再確認を行った。

カラーセンターの導入によるレーザー開発^[8]を金沢大との共同研究で行った。シリカなどの無機微粒子を懸濁させた水のガンマ線による放射線分解で水素の生成が促進される研究では、微粒子の電子線による予備照射の効果が調べられた。

加速器は、この1年間、高圧関係に絶縁の問題があったほか特に大きな故障はなかった。保守、運転は、研究センターの退職教員が非常勤の技術者として担当している。

5. おわりに

大阪府立大学の放射線・加速器利用施設では、OPU電子ライナックおよびコッククロフト・ウォルトン電子加速器の老朽化に伴う基本的な整備を行い、新たな研究が進展している。教育および研究のための多目的のビーム利用特性を維持しながら、独自の特徴を伸ばす研究開発が行われている。

いろいろな分野の基礎研究によって新しい研究の芽を生み出すために、加速器とその利用環境により汎用性を持たせるために整備を続ける。さらに新しい量子ビームの利用環境を整備する。

本研究のうち電子ライナックの整備については、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、大学等連携支援事業で、2005-2007年度「大阪府立大学における電子線の高度利用および大学院教育のための加速器の整備」、2008-2009年度「大阪府立大学における電子線の高度利用および大学院教育のための加速器の整備」として行われた。またコヒーレント放射の利用研究については平成20、21年度科研費（20360421）の助成によった。

参考文献

- [1] 奥田修一, 日本加速器学会誌 2 (2005) p.96.
- [2] 大阪府立大学産学官連携機構放射線研究センター平成19年度共同利用報告書.
- [3] <http://www.riast.osakafu-u.ac.jp/index.html>
- [4] 奥田修一, 高齢の加速器が生み出す超微弱電子ビーム・百舌鳥の知恵, 「産学官連携活動の実際」, 大阪府立大学, 編中央経済社 (2008) pp.165-175.
- [5] R. Taniguchi et al., Radiat. Phys. Chem. 76 (2007) 1779.
- [6] R. Taniguchi et al., Radiation Measurements 43 (2008) 981.
- [7] S. Okuda and T. Takahashi, Infrared Phys. Technol. 51 (2008) 410.
- [8] T. Kurobori et al., Nucl. Instrum. Meth. B266 (2008) 2762.