

大阪府大放射線研究センターの加速器利用研究の現状

STATUS OF THE RESEARCH ACTIVITIES USING ACCELERATORS IN RADIATION RESEARCH CENTER, OPU

奥田修一^{#,A)}, 谷口良一^{A)}, 宮丸広幸^{A)}, 小嶋崇夫^{A)}, 岡喬^{A)}
 Shuichi Okuda^{#,A)}, Ryoichi Taniguchi^{A)}, Hiroyuki Miyamaru^{A)}, Takao Kojima^{A)}, Takashi Oka^{A)}
^{A)} Radiation Research Center, Osaka Prefecture Univ.

Abstract

In Radiation Research Center, Osaka Prefecture University (OPU), an OPU 16 MeV electron linear accelerator (linac), a 600 keV Cockcroft-Walton electron accelerator and a 3 MeV (for He) tandem ion accelerator have been used for scientific and industrial researches in various fields. The ultra-low intensity beams and the coherent THz light source have been developed by using the electron linac and have been applied to characteristic scientific researches. The tandem ion accelerator has been adjusted for multipurpose operations. The present status and the recent application researches of the beams from these accelerators are reported.

1. はじめに

大阪府立大学 (OPU) 地域連携研究機構には、それぞれ特徴ある研究を行い、また地域貢献を目的とする 6 センターがあり [1]、それぞれ教員組織を持って活動している (Figure 1)。このうち放射線研究センターは、教員 11 名で大規模な放射線関連施設を管理運用する組織で、大阪府立放射線中央研究所の発足から、2013 年で 54 年目をむかえた。密封放射線源と加速器による基礎研究のための総合的な量子ビーム利用科学研究基盤が、非密封放射性同位元素取扱施設と共に継承されている [2]。学内共同利用と、共同研究や放射線照射事業などによる開かれた利用拠点としての広範な産学官の学外利用が行われている。この成果は、各年度の「共同利用報告書」に取りまとめられている [3]。

加速器・密封放射線源利用施設では、中・低エネルギーの電子加速器およびコバルト 60 ガンマ線照射施設で、種々の放射線利用研究が行われている。電子加速器は、多目的利用のための設備を持ち、独自ビームの開発研究を行っている。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が行われている。イオンビーム分析用のタンデムイオン加速器は、ビーム利用に向けた整備が行われている。

2 台の電子加速器およびイオン加速器とそのビーム利用研究の現状について報告する。

2. 施設の現状

放射線研究センターには、量子ビームや放射線の利用に関する 4 研究室がある。このセンターの教員はそれぞれ異なる大学院・研究科・分野を担当して大学院教育を行ってきたが、特徴ある施設を活用した実践的な教育を特徴とする「量子放射線系専攻」が 2013 年度に大学院工学研究科に新たに設置され、

当研究センターの教員 11 全員がこれを担当している。量子放射線工学分野 1 分野からなる。

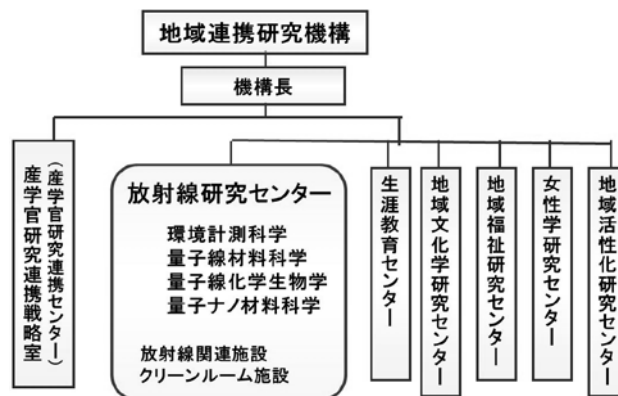


Figure 1: Research Organization for University-Community Collaborations, and Radiation Research Center.

放射線研究センターの加速器・密封放射線源利用施設の概要を Figure 2 に示す。主な電子加速器は、16 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。両者とも 300-400 mm 幅のビーム走査により、試料上部から広い面積での照射を空気中で行うことができる。このように中～低エネルギー領域で、基礎研究に必要な汎用の利用条件が特徴である。基礎研究のための種々の照射条件を設定し、比較的広い照射室スペースを利用した機器の試験等、利用条件に合わせた照射環境を設定している。

イオン加速器として、3 MeV (He) のタンデム加速器 (陽子、ヘリウム) があり、放射線管理区域外に置かれ、利用に向けて整備中である。

現在これらの施設では、加速器の運転を含む管理運用を教員 4 名で行っており、センター全体の放射線安全管理も合わせて、重い負担になっている。技

[#] okuda@riast.osakafu-u.ac.jp

術職員のサポートを受ける組織の構築が望まれる。
放射線研究センターの施設と組織は、他大学にない特徴ある教育研究のための組織で、本学における平成 25 年度の重要戦略研究拠点として認められた。

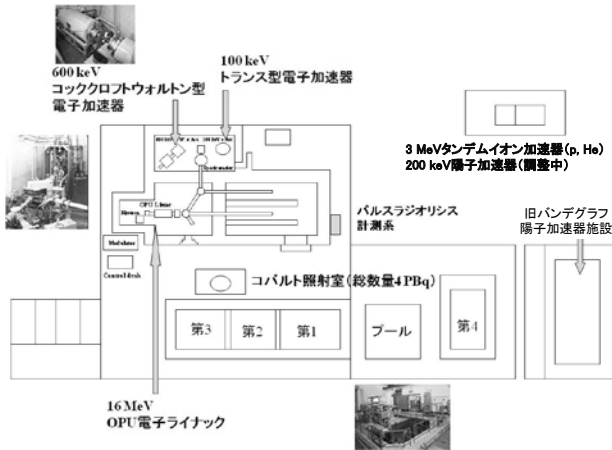


Figure 2: Schematic diagram of the accelerators and the irradiation facilities.

3. OPU 16 MeV 電子ライナックとその利用研究

OPU 16 MeV 電子ライナックは、1962 年に設置され、広く日本の研究者に利用されてきた。特に老朽化した加速器要素については、2005-2010 年度の KEK 大学等連携支援事業による整備を契機に、新しい利用研究への展開が図られてきた。OPU 電子ライナックの概念図を図 3 に示す。

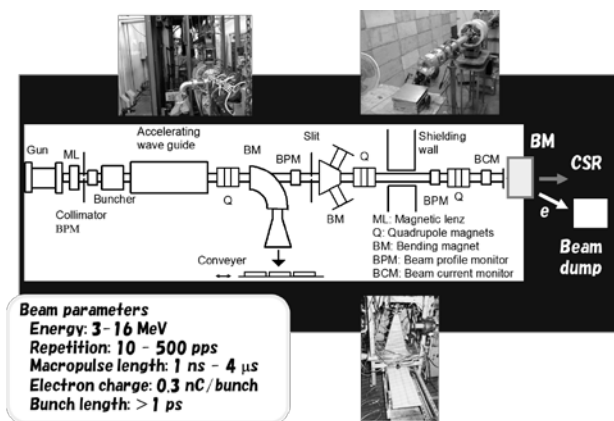


Figure 3: Schematic diagram of the OPU electron linac.

独自に開発した超微弱ビーム[4-6] (パルス当たり電荷量 fC 以下) により、利用ビーム強度範囲 10 桁以上を実現すると共に、高感度線量計の特性研究、イメージングプレートを用いた電子線ラジオグラフィや核反応による新しい元素分析法の研究を行っている。またコヒーレント THz 放射の吸収分光システ

ムの開発、液体窒素の電子線照射による反応の研究などの特徴ある研究を行っている。

2012-2013 年度は、装置全体として特に大きなトラブルはなかった。2012 年度から施行された法令における放射化物の管理に関連して、第 2 照射室における X 線ターゲット周辺の遮蔽について施設の変更が必要となった。2012 年度内に変更許可申請を行い、所定の手続きを経て施設検査に合格した。排気・排水に関連して新たな設備の追加は必要とされなかった。

4. 600 keV 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 (Figure 4) の特徴ある利用実験を、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) との共同研究で行っている。人工衛星用太陽電池の宇宙環境での耐放射線性試験が目的である。比較的低いエネルギーにおける電子線照射効果を、高効率の 3 接合化合物系太陽電池 (InGaP/GaAs/Ge) および宇宙環境での耐性が強い薄膜 CIGS 太陽電池 (Cu (In, Ga) Se₂) に対して調べている。この実験のために、試料を液体窒素冷却しながら真空中で照射できるチャンバーをビーム輸送系端に設置した。またビームの集束と位置制御のためのステアリング系を整備した。現在このような低エネルギーで基礎研究のための照射ができる汎用加速器は日本で非常に限られている。さらに本研究に適合する実験条件での利用装置は、世界でもほとんど例がないようである。

これまで実験が十分に行われていなかった 500 keV 以下のエネルギーの電子線に対する特性、欠陥生成の閾エネルギー付近における照射効果に関して新たな知見が得られた。また 250 keV での照射で、太陽電池の特性が回復する新たな現象が観測されるなど、成果が得られている。

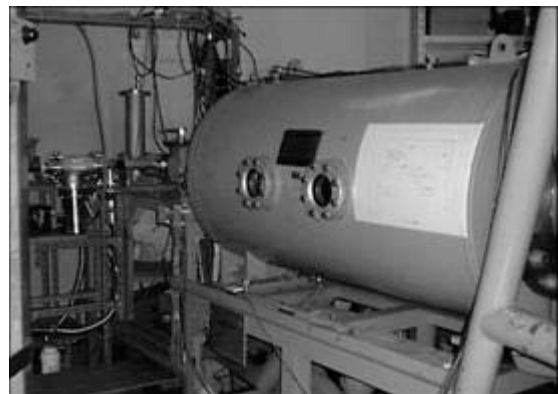


Figure 4: 600 keV Cockcroft-Walton electron accelerator.

教員の数が少ないため、当研究センターの元教員が非常勤で保守、運転を担当している。加速器は、近年特に大きな故障はなかったが、故障した部品の手入が困難であり、もちろん修理や熱陰極フィラメント交換などの保守作業はすべてセンターの教員で

行っている。

5. タンデムイオン加速器の整備

タンデムイオン加速器は、陽子に対する加速エネルギーが 2 MeV、ヘリウムイオンでは 3 MeV である。イオンビーム分析装置として 20 年前に導入され、通常の RBS 実験のほか、PIXE 分析実験を行うことができる。制御のためのコンピュータシステムに対して補修部品の入手ができず、負イオン源の動作が不安定で、利用実験が行えない状態であったが、大阪府立産業技術研究所から同型加速器の委譲を受け、先の加速器を補う形で最終的な整備、調整を行っている。パルス特性を持たせるなどの特徴的な利用を計画している。

6. おわりに

大阪府立大学の放射線研究センターは、加速器・密封放射線源利用施設など総合的な放射線、量子ビームの利用環境がある。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では、着実に基礎研究が進展している。またタンデムイオン加速器は、利用実験に向けた整備が行われている。

電子ライナックおよびタンデムイオン加速器は、2005-2010 年および 2012-2013 年度 KEK 大学等連携支援事業で整備が行われている。今後電子ライナックとイオン加速器による総合的な分析システムを整備し、教育研究に活用する。またイオン加速器では、RBS、PIXE などの分析法にパルス特性を付加して、新たな分析手法の開発をめざす。

新しい量子ビーム利用研究を分野横断で行うために、大阪府立大学 21 世紀科学研究所「量子ビーム誘起反応科学研究所」を設置している[7]。

センターの新しい教育、人材育成活動として、2013 年度から工学研究科に新たな専攻「量子放射線系専攻」が設置され、また 2012 年度から 3 年間、文部科学省原子力人材育成等推進事業を実施している（放射線研究センターホームページ[1]参照）。

参考文献

- [1] <http://www.riast.osakafu-u.ac.jp/index.html>
- [2] 奥田修一, 日本加速器学会誌 2 (2005) 96.
- [3] 大阪府立大学地域連携研究機構放射線研究センター平成 22 年度共同利用報告書.
- [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) 165-175.
- [5] R. Taniguchi et al., Radiat. Phys. Chem. 76 (2007) 1779.
- [6] R. Taniguchi et al., Radiation Measurements 43 (2008) 981.
- [7] 奥田修一, 大阪府立大学における分野横断型研究の展開 -21 世紀科学研究所の挑戦-, 大阪府立大学 21 世紀科学研究機構編 (2010) 第 4 章.