

大阪府大放射線研究センターにおける加速器利用研究の現状

STATUS OF THE ACCELERATOR APPLICATION RESEARCHES IN RADIATION RESEARCH CENTER, OPU

奥田修一^{#,A)}, 宮丸広幸^{A)}, 谷口良一^{A)}, 秋吉優史^{A)}, 小嶋崇夫^{A)}

Shuichi Okuda^{#,A)}, Hiroyuki Miyamaru^{A)}, Ryoichi Taniguchi^{A)}, Masafumi Akiyoshi^{A)}, Takao Kojima^{A)}

^{A)} Radiation Research Center, Osaka Prefecture Univ.

Abstract

At Radiation Research Center in Research Organization for University-Community Collaborations, Osaka Prefecture University (OPU), an OPU 15 MeV S band electron linear accelerator (linac), a 600 keV Cockcroft-Walton electron accelerator and a 1 MeV disktron-type ion accelerator have been used for scientific and industrial researches in various fields. These are also applied to the education for the graduate school students and the university-community collaborations. Multipurpose applications can be achieved by using these accelerators. The present status of these accelerators and the activities of our center are reported.

1. はじめに

大阪府立大学 (OPU) 放射線研究センター^[1]は、地域連携研究機構に所属する。2015 年度にこの機構の改組が行われ、教員組織を持つセンター数が 6 から 3 となった。そしてその他の施設として、生物資源開発センター、植物工場研究センター、BNCT 研究センターが加わった。さらに産学官研究連携戦略室では、大学における産学官連携推進の役割を担っている。

放射線研究センターは、放射線や量子ビームの利用を行う 5 研究室、教員 11 名の組織で、施設の管理運用、地域貢献と特徴ある研究の実施を目的とする。密封放射線源、電子・イオン加速器、非密封放射性同位元素取扱い施設など、総合的な放射線・量子ビーム利用研究基盤施設と、大規模なクリーンルーム施設が管理運用されている。加速器・放射線関連施設^[2]は、大阪府立放射線中央研究所以来 56 年間、継続して維持されてきた。学内共同利用と、共同研究や放射線照射事業などで学外にも開かれた産学官の利用が行われている。利用研究の成果は、各年度の「共同利用報告書」に取りまとめられている^[3]。

放射線研究センターの活動、電子・イオン加速器とそのビーム利用の現状について報告する。

2. 放射線研究センターの施設と活動

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 1 に示す。主な電子加速器は、15 MeV S バンド電子ライナック、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。一方、超微弱電子線の発生と利用や、コヒーレントテラヘルツ (THz) 放射の発生と利用など、独自ビームの開発研究を行っている。コバルト 60 ガンマ線照射施設も含めて、種々の放射線利用研究が行われている。

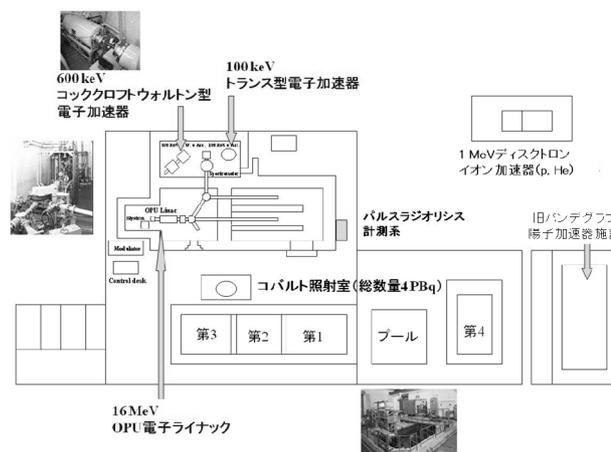


Figure 1: Schematic diagram of the accelerators and the irradiation facilities.

イオン加速器として、イオンビーム分析用 1 MeV ディスクトロン加速器 (水素イオン、ヘリウムイオン) があり、放射線管理区域外に置かれ、時間をかけた整備の後、利用研究を開始した。

電子ライナックおよびディスクトロンイオン加速器は、2005-2010 年度、2012-2014 年度および 2015 年度 KEK 大学等連携支援事業で整備が行われてきた。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。これら加速器の利用や見学を通じて、学生

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

の教育研究、一般市民への知識普及活動が行われている。

放射線研究センターの教員は、それぞれ異なる研究科、専攻を担当して大学院教育を行ってきたが、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て 3 年目となる。当研究センターの教員全員がこの専攻の量子放射線工学分野を担当しており、他部局の教員 1 名も主担当である。現在、博士前期課程 21 名、後期課程 9 名が在籍し、内 4 名が外国人留学生である。また約 3 分の 1 が加速器に関連する研究を行っている。

地域貢献活動として、放射線フェア「みんなのくらしと放射線展」^[4]が行われている。関西を主とする放射線・原子力関連 9 機関が実行委員会を作り、毎年夏休みを中心に、親子や一般市民を対象とする放射線知識普及活動で、これまで 33 年間行われてきた。広く放射線・量子ビームに関係する内容を取りあげ、関西を中心とする加速器施設の紹介も行われている。

2012 年度文部科学省原子力人材育成等推進事業により、関西を中心とする組織や市民のリスクコミュニケーターとしての指導者人材育成を 3 年度にわたって実施し、2014 年度に終了した^[1]。センターの施設を利用した実践的な研修を行うことが特徴で、加速器の見学や紹介も行った。民間の加速器関連の技術者も多く参加した。文部科学省の同事業で、「大規模放射線施設を利用した人材育成」が 2014 年度のフィージビリティスタディーとして採択されたのに続いて、さらに 2015 年度から 3 年間実施されることになった。そのほか本学と堺市との連携による産学官連携人材育成等事業「放射線施設活用による地域指導者人材育成」が 2015 年度に実施され、研修には加速器が活用されている。

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^[5]。バーチャルな研究所であるが、部局横断型の研究者で構成され、今後、大学院専攻における基礎研究の進展に合わせて、新たな研究分野の構築をめざす。

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 名で行っている。装置の管理や運転の効率化のため、技術職員の設置を提案しており、この実現がセンターとしての重要課題である。

放射線研究センターの施設と組織は、他大学にない特徴があり、教育研究に貢献できるもので、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。

3. OPU 15 MeV 電子ライナックとその利用研究

OPU 15 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経て、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 Figure 2 に示す。

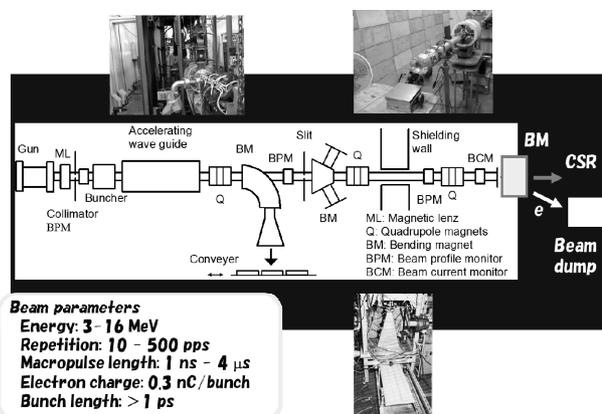


Figure 2: Schematic diagram of the OPU electron linac.

独自に開発した超微弱電子ビーム^[6-8] (パルス当りの電荷量 fC 以下) により、利用ビーム強度範囲 10 桁以上を実現し、広く利用研究が行われている。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、制動放射 X 線の高精度計測、核反応によるウラン・トリウムの高感度分析法の開発などが特徴ある研究である。またその他には、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、パルスビーム画像撮像装置の開発などの研究を行っている。京都大学原子炉実験所で開発されたコヒーレント遷移放射光源を利用して、生物の生理活性を調べる研究を開始したが、当センターの電子ライナックによっても研究を行う。

装置全体として特に大きな故障はないが、要素の老朽化の影響が深刻になってきた。加速器の立ち上げやビーム調整にかなり時間を要しながら運転を行っているが、クライストロンが製造されていないこともあり、近い将来更新が必要で、将来計画を検討中である。

2012 年度に施行された新法令における放射化物の管理に関連して、ライナック第 2 照射室における X 線ターゲットの管理と、ターゲット周辺の遮蔽について施設の変更許可申請を行った。排気・排水に関連した設備の追加は行っていない。2013 年度末に事業所の放射線障害予防規程の変更を行って、法令改正への一連の対応を完了した。この過程で、ライナックの最大エネルギーを 15 MeV とした。

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 3) について、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。この加速器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 2005 年度から継続して行っている。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。試料は、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) である。この実験では、ビーム輸送系端に設置したチェンバーで、試料を液体窒素冷却しながら真空中で照射できる。このような照射の実験例は世界でもほとんどない。

500 keV 以下の比較的低いエネルギーでは電子線の照射影響は十分小さいと考えられていたが、これまで実験が十分に行われていなかった。また、欠陥生成に関する知見を得るために、閾エネルギー付近における照射効果の研究が重要である。この結果、比較的低いエネルギーでの照射で、太陽電池の特性の変化について新たな現象が観測されている。特に欠陥生成の閾エネルギー以下 (70 keV) でも照射による特性の劣化が認められ、これらの原因を調べるための研究が行われている。

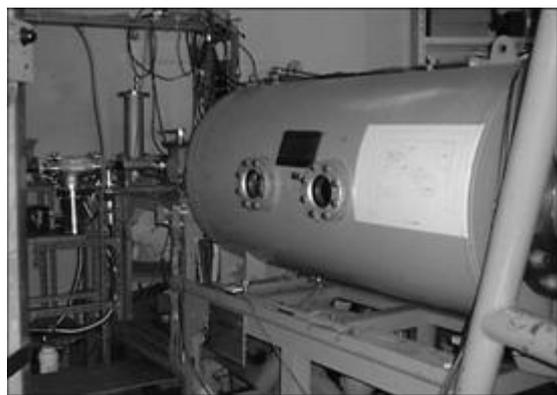


Figure 3: 600 keV Cockcroft-Walton electron accelerator.

この加速器の保守や運転を行うために、現教員に余裕がなく、退職した教員が非常勤で担当している。加速器は、高圧発生用電源の数箇所回路部品や真空管が故障し、修理に数ヶ月の時間を要した。故障した部品は入手が困難なものがあり、今後加速装置の更新が求められる。

5. ディスクトロンイオン加速器の整備

2012年大阪府立産業技術研究所から移譲を受けたディスクトロンイオン加速器 (神戸製鋼所製) の整備がほぼ完了した。これにより1 MVの水素イオンまたはヘリウムイオンの加速が可能となり、RBS, PIXE などへの加速器表面分析装置としての利用が行えるようになった。現在は主に PIXE 分析を中心とした環境分析などに用いるため、試料の照射位置の制御のための XY ステージの整備や表面観察のためのビデオカメラの設置などの改良を施し、特徴的な分析システムの開発を進めている。

6. おわりに

大阪府立大学地域連携研究機構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。またディスクトロンイオン加速器は、整備が行われ、ビーム分析を中心に利用実験が開始された。これらの加速器施設は、センターの大学院教育、放射線知識普及、人材育成活動にも活かされている。

当センターの加速器に関する整備や研究の一部は、2015年度 KEK 大学等連携支援事業、JSPS 科研費 15K04733 の助成を受けた。

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 25 年度共同利用報告書.
- [4] <http://www.housyasenten.com/>
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] R. Taniguchi et al., Radiat. Phys. Chem. 76 (2007) 1779.
- [8] R. Taniguchi et al., Radiation Measurements 43 (2008) 981.
- [9] H. Shimomura et al., Progress in Nucl. Sci. Technol. 4 (2014) 721.