

# STATUS OF THE ACCELERATOR SCIENCE RESEARCH IN RADIATION RESEARCH CENTER, OPU

Shuichi Okuda<sup>#</sup>, Ryoichi Taniguchi, Hiroyuki Miyamaru, Hiromoto Shimomura, Takao Kojima  
Radiation Research Center, Osaka Prefecture University  
1-2 Gakuen-cho, Naka-ku, Sakai, Osaka, 599-8570

## Abstract

Radiation Research Center Osaka Prefecture University (OPU) has been reorganized in 2011 fiscal year as the center in Research Organization for University-Community Collaborations newly started. A 16 MeV OPU electron linear accelerator (linac) and a 600 keV Cockcroft Walton electron 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. A tandem ion accelerator at 3 MeV (for He) and a 200 keV proton accelerator will be reconstructed for multipurpose operations. The present status and the recent application researches of the beams from these accelerators are reported.

## 大阪府立大学放射線研究センターにおける加速器科学研究の現状

### 1. はじめに

大阪府立大学（OPU）産学官連携機構の放射線研究センターは、2011年度の改組で、新たに設立された地域連携研究機構所属のセンターとなった<sup>[1]</sup>。放射線関連施設としては、大阪府立放射線中央研究所の発足から、2012年で53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い施設と共に継承されている<sup>[2]</sup>。学内共同利用と、共同研究や放射線照射事業などによる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<sup>[3]</sup>。この状況から開かれた利用拠点として評価されている。

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、また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。更新部品が入手できず停止していたイオンビーム分析用のタンデムイオン加速器は、ビーム利用再開に向けて整備が行われている。

2 台の電子加速器およびタンデム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. 組織および施設の現状

放射線研究センター組織の概要を図 1 に示す。地域連携研究機構の部局には、地域貢献を主な活動目的とし文系理系の教員組織を持つ 6 センターがある。そのほかに、大学の知的財産を活用するための産学官研究連携戦略室がある。

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 研究室があり、現在 11 名の教員が所属している。従来から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。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が担当することになった。

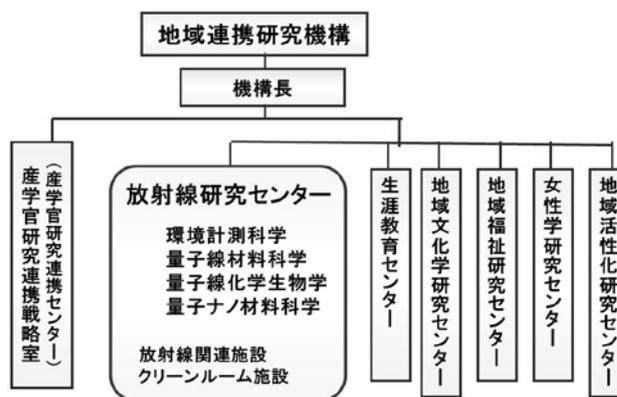


図 1：2011 年度発足の地域連携研究機構と放射線研究センターの組織

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図 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える。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。真空内で試料を冷却しながら照射を行うなど種々の照射条件や、比較的広い照射室スペースを利用した遮蔽材料など重量機器の試験等、広く利用環境条件を設定することができる。

<sup>#</sup> okuda@riast.osakafu-u.ac.jp

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)と200 keV 陽子加速器がありこれらは、放射線非管理区域に置かれ、いずれも利用に向けて整備中である。

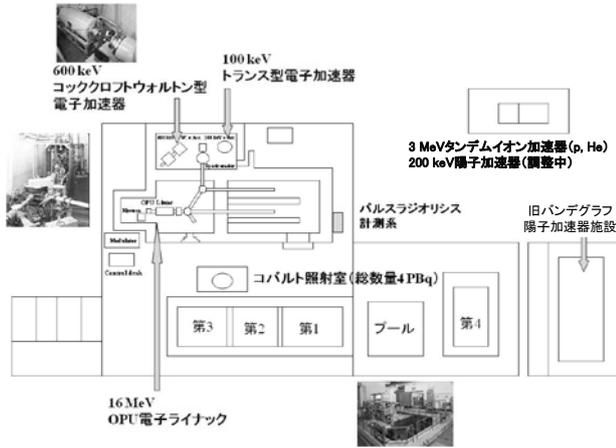


図 2 : 加速器・密封放射線源利用施設の概念図

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。

### 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。

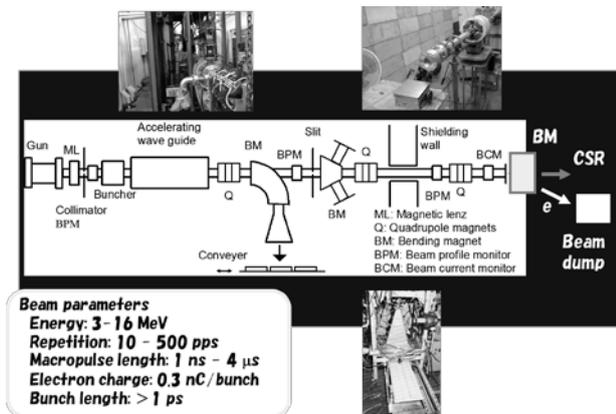


図 3 : OPU 電子ライナックの概念図

独自に開発した超微弱ビーム<sup>[4-6]</sup>(パルス当り電荷量 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

る。またコヒーレント THz 放射の吸収分光システムの開発(図 4)、液体窒素の電子線照射による反応の研究(図 5)などの特徴ある研究を行っている。

2011-2012 年度は、装置全体として特に大きなトラブルはないが、エネルギーとビーム強度の条件には制約がある。放射化した元素の研究利用のために、わずかな数量の多くの核種の利用が認められているが、2012 年度から施行された法令における放射化物の管理については、特に問題となることはない。

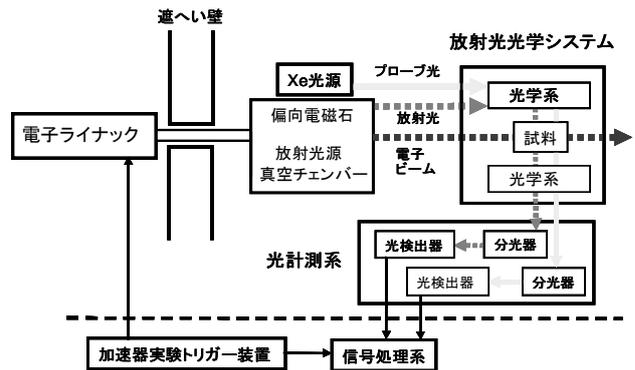


図 4 : パルスコヒーレント THz 放射とパルス電子線を用いたポンプ・プローブシステムの概念図

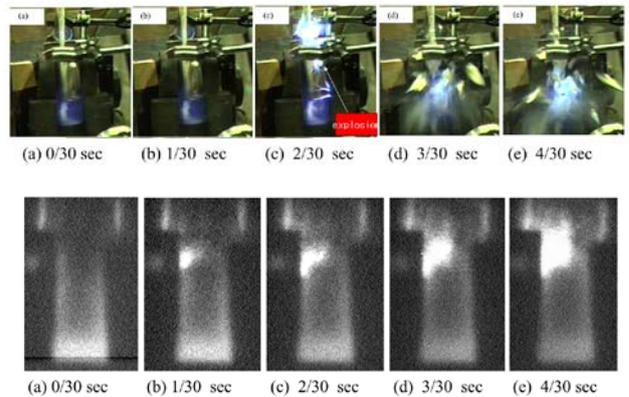


図 5 : 液体窒素の電子線照射に伴う急激な反応(直接観察写真(上図)と透過電子線による像(下図))

### 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(図 6)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)Se<sub>2</sub>) に対して調べている。この結果、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する新たな知見が得られた。

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、さらにこの実験で特に重要な、加速ビームのエネルギーの再確認を行うなど、照射精度の向上を図った。

教員数が少なく、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、電源に使われている真空管の交換が必要となり、製造中止の送信管の中古品を入手して補修した。

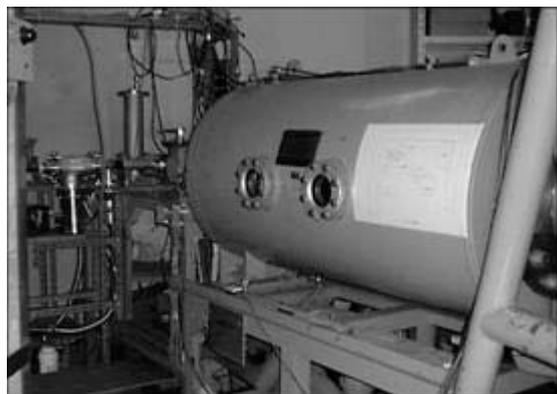


図 6: コッククロフト・ウォルトン電子加速器

## 5. タンデムイオン加速器などの整備

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整備、調整を行っている。今後共同利用をめざして整備する予定である。

200 keV の静電陽子加速器は、ビーム試験に向けて準備中である。

## 6. おわりに

大阪府立大学の放射線研究センターは、2011 年度に所属機構の改組が行われたが、加速器・密封放射線源利用施設とその活動は継続している。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、新たな研究が進展している。またタンデムイオン加速器および静電陽子加速器は、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 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<sup>[7]</sup>。

液体窒素のオゾン爆発現象の研究は、科研費補助金 (22560829) によった。

## 参考文献および資料

- [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] 大阪府立大学産学官連携機構放射線研究センター平成 21 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.