

九州大学加速器・ビーム応用科学センターの現状報告 2025

STATUS REPORT OF CENTER FOR ACCELERATOR AND BEAM APPLIED SCIENCE OF KYUSHU UNIVERSITY IN 2025

米村祐次郎^{#,A)}, 有馬秀彦^{A)}, 池田伸夫^{A)}, 渡辺賢一^{A)}, 魚住裕介^{A)}, 執行信寛^{A)}, 森田浩介^{B)}, 若狭智嗣^{B)},
坂口聡志^{B)}, 寺西高^{B)}, 市川雄一^{B)}, 高峰愛子^{B)}, 西畑洗希^{B)}, 庭瀬暁隆^{B)},
岩村龍典^{B)}, 高木昭^{C)}, 森義治^{D)}

Yonemura Yujiro^{#,A)}, Hidehiko Arima^{A)}, Nobuo Ikeda^{A)}, Kenichi Watanabe^{A)}, Yusuke Uozumi^{A)}, Nobuhiro Shigyo^{A)},
Kosuke Morita^{B)}, Tomotsugu Wakasa^{B)}, Satoshi Sakaguchi^{B)}, Takashi Teranishi^{B)}, Yuichi Ichikawa^{B)},
Aiko Takamine^{B)}, Hiroki Nishibata^{B)}, Toshitaka Niwase^{B)}, Tatsunori Iwamura^{B)}, Akira Takagi^{C)}, Yoshiharu Mori^{D)}

^{A)} Faculty of Engineering, Kyushu University

^{B)} Faculty of Science, Kyushu University

^{C)} KEK

^{D)} Kyoto University

Abstract

The accelerator facility, which consists of the 8-MV tandem accelerator and the 150-MeV FFA accelerator, has been constructed in Center for Accelerator and Beam Applied Science of Kyushu University. In this paper, the present status of the tandem accelerator and the FFA accelerator are reported.

1. はじめに

九州大学加速器・ビーム応用科学センターでは、FFA 加速器と 8 MV タンデム静電加速器を利用した加速器施設の整備が進められている。FFA 加速器棟ではビーム 利用へ向けたビーム調整と重イオンビーム加速の研究開発が進められている。タンデム加速器棟・実験棟では、タンデム加速器の本格的なビーム利用へ向けた実験室の整備が進められている。本発表では、FFA 加速器とタンデム加速器の現在の整備状況について報告する。

2. 加速器施設と整備計画の概要

九州大学ではビームを利用した教育および原子核科学、医療応用、基礎科学などにおけるビーム応用研究を推進するために、伊都キャンパスへの移転を機に、加速器・ビーム応用科学センターを発足させた。旧キャンパスの加速器や実験装置は老朽化が進み、移設が困難な状況であったため、新キャンパスにおいて新しい加速器施設の整備が進められることになった[1]。

加速器施設の建設は 2 期に分けて進められた。加速器施設の概略図を Fig. 1 に示す。整備計画中の機器は図中に赤色で示されている。第 1 期の整備計画では FFA 加速器を主加速器とした工学系の加速器施設の整備が行われ、2008 年 7 月に建屋が完成した。

第 2 期の整備計画ではタンデム加速器を主加速器とした理学系の加速器施設・実験棟の建設が行われ、2014 年 3 月に建屋が完成した。同年 9 月に建屋の放射線安全に関する施設検査に合格した後、タンデム加速器のビームを FFA 加速器と各実験室に供給するビームラインの整備を行い、2015 年 6 月に施設検査を再度受

検し、合格した[2, 3]。

第 3 期整備計画として FFA 加速器のビームを核科学実験室に輸送し、ビーム照射や原子核実験を行うための実験室の整備が進められている。2024 年 1 月に FFA 加速器室と核科学実験室を隔てる遮蔽壁や加速器室内のビームダンプの構造変更、FFA 加速器とタンデム加速器の使用条件の変更を行うための変更申請を行い、同年 8 月に施設検査に合格した。2025 年 1 月より FFA 加速器から核科学実験室へ陽子ビームを輸送するためのビーム輸送ラインの試験運転が開始された[4]。実験室の整備予算の申請と並行して、ビーム調整とビーム利用へ向けた機器整備が進められている。

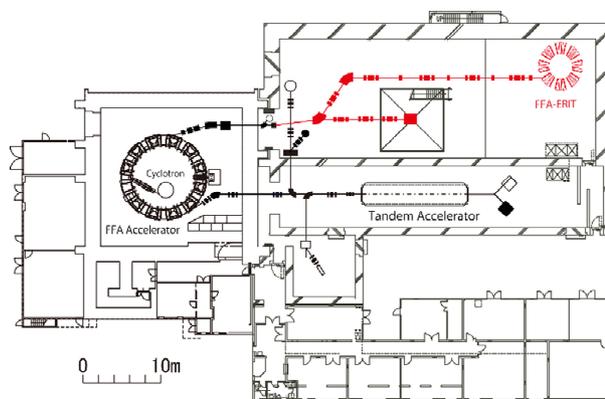


Figure 1: Schematic view of Center for Accelerator and Beam Applied Science in 2025. The beamlines shown in red are planned but not yet realized.

3. タンデム加速器

タンデム加速器は 2014 年 9 月に施設検査に合格し、10 月からはタンデム加速器室において 14 MeV 1 pnA の

[#] ynmr@nucl.kyushu-u.ac.jp

ビームが使用可能になった。その後、実験室へのビームライン拡張と新たなビーム核種(重陽子・重イオン)を増やすための承認を2015年2月に受け、6月に施設検査に合格した。同年7月から研究・教育での利用が開始された。

既存のビームラインは低エネルギーイオン室にAMSコースと汎用コース、核科学実験室に大型散乱槽コースがあり、RIビーム実験のための検出器開発、学生実験、重イオン反応の融合障壁の測定、逆運動学散乱測定系のテストなどの実験が行われている。また、2017年の超重元素研究センターの発足に伴い、核科学実験室にビームラインが1本増設された。このビームラインは主に超重元素実験用検出器を開発する場として活用される予定である。

2024年度のマシンタイム合計日数は20日であった。理学部物理学科学生実験に5日、 α 非弾性散乱測定に3日、 $(p, x\alpha)$ 反応測定に2日、半導体検出器のテストに4日、ビーム輸送テストに1日、イオンチャンバーのテストに3日、半導体へのイオン照射テストに2日のマシンタイムを実施した。2024年度に加速器タンクを開けメンテナンスを行ったが大きな故障などはなかった。

2024年1月に最高ターミナル電圧を7MVから8MVへ昇圧し、最高ビーム強度1pnAから250pnAへ増強することに加えて、最大使用時間を現在の45時間/週から168時間/週へ変更するための変更申請を行い、5月に承認された。同年8月に施設検査を受検し、合格した。

4. FFA 加速器

工学系の加速器施設は入射器サイクロトロンとFFA加速器によって構成されている。現在、FFA加速器のビーム利用へ向けたビーム調整と並行して、加速器の性能向上を目的とした加速器要素技術の研究開発が進められている。

FFA加速器のビームコミッショニングは2011年12月から開始され、2013年7月にビームの加速に成功した。タンデム加速器からFFA加速器へ重イオンビームを入射するためのビーム入射ラインは2015年3月に整備され、重イオンビーム入射のための準備が整った。2018年度末までにビーム取り出し機器の制御・タイミング系の改修作業と運転調整は完了し、2019年度からビーム利用へ向けた機器調整とビーム実験が開始された。2022年度からはタンデム加速器から輸送された重イオンビームの入射・加速実験が開始された。

第3期計画としてFFA加速器のビームを核科学実験室に輸送し、ビーム照射実験や中性子場を発生させるための実験室の整備が計画されており、未だ整備予算が承認されない状態ではあるが、加速器センターの運営経費用いてビーム輸送ラインの整備が開始された。

2024年1月に加速器室と核科学実験室を隔てる遮蔽壁や加速器室内のビームダンプの構造変更を行うための変更申請を行い、2024年5月に承認された。加速器室内のビームダンプの解体・移設、遮蔽壁のせん孔工事が行われた後、遮蔽壁内にロータリーシャッターが設置された。2024年8月に施設検査を受検し、合格した。

施設検査直後の8月末に九州に上陸した台風の影響でFFA加速器の取り出しビーム輸送ラインの整備に必要な機器を保管していたテント倉庫が全壊し、直流電源や電磁石、電気ケーブル等の浸水被害が発生した。理学研究院の教職員の人的協力と予算支援を得て、被害を免れた機器を活用することでビーム輸送ラインの整備が行われ、2025年1月からビーム輸送ラインの試験運転が開始された。

FFA加速器における重イオンビームの入射・加速方式に関する基礎研究を目的として、タンデム加速器からFFA加速器へ重イオンを入射するための荷電変換入射システムの研究開発が行われている[5]。現在、Heビーム加速へ向けて、ビーム入射システムと高周波加速システムの改良が進められている。

核科学実験室ではビーム利用へ向けた機器整備の一環として、中性子や不安定核等の二次粒子を生成するためのFFA-ERIT方式蓄積リング[6]の整備が計画されている。蓄積リングとしては京都大学複合原子力科学研究所で開発されたFFA-ERIT中性子源の構成機器を再利用する予定である。

5. まとめ

九州大学加速器・ビーム応用科学センターでは、FFA加速器のビーム実験と並行して、8MVタンデム静電型加速器の整備が進められている。タンデム加速器の本格的なビーム利用へ向けて、ターミナル電圧を8MVへ昇圧、最大ビーム強度を250pnAへ増強することに加え、最大使用時間を168時間/週へ変更するための変更申請を行い、施設検査に合格した。FFA加速器のビーム利用へ向けて、ビームを核科学実験室へ輸送するための取り出しビーム輸送ラインの試験運転とビーム調整が行われている。

参考文献

- [1] Y. Yonemura *et al.*, “Status of Center for Accelerator and Beam Applied Science of Kyushu University”, in Proc. EPAC’08, Genoa, Italy, Jun. 2008, pp.3521-3523.
- [2] Y. Yonemura *et al.*, “Status report of Center for Accelerator and Beam Applied Science of Kyushu University in 2016”, in Proc. PASJ2016, Chiba, Japan, Aug. 2016, pp.1361-1363.
- [3] T. Teranishi *et al.*, “Construction of an 8MV tandem accelerator at Kyushu University - Present status report”, in Proc. PASJ2013, Nagoya, Japan, Aug. 2013, pp.310-312.
- [4] Y. Yonemura *et al.*, “Development of FFA at Center for Accelerator and Beam Applied Science of Kyushu University”, in Proc. IPAC’25, Taipei, Taiwan, Jun. 2025, pp.3521-3523. doi:10.18429/JACoW-IPAC25-TUPS052
- [5] Y. Yonemura *et al.*, “Heavy Ion Injection of Fixed-Field Alternating Gradient Accelerator”, Prog. Theor. Exp. Phys., vol. 2024, no.2, p.023G01, Feb. 2024. doi:10.1093/ptep/ptae017
- [6] Y. Mori, “Development of FFAG accelerator and their applications for intense secondary particle”, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. A, vol. 562, no. 2, pp. 591-595, Jun. 2006. doi:10.1016/j.nima.2006.02.044