

九州大学加速器・ビーム応用科学センターの現状報告 2023

STATUS REPORT OF CENTER FOR ACCELERATOR AND BEAM APPLIED SCIENCE OF KYUSHU UNIVERSITY IN 2023

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)}, 西畑 洗希^{B)}, 岩村 龍典^{B)},
高木 昭^{C)}, 森 義治^{D)}

Yujiro Yonemura^{#,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)},
Hiroki Nishibata^{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 タンデム静電型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、取り出しビーム強度増強のためのビーム実験と並行して、FFA 加速器による重イオン加速とビーム利用へ向けた機器整備が行われている。タンデム加速器棟・実験棟では、タンデム加速器のビーム強度増強のための機器調整と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 示す。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]。

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、ビーム照射実験や中性子場を発生させるための実験室の整備が進められており、整備予算の申請と平行して放射線施設の再受検と工事の準備が進められている。

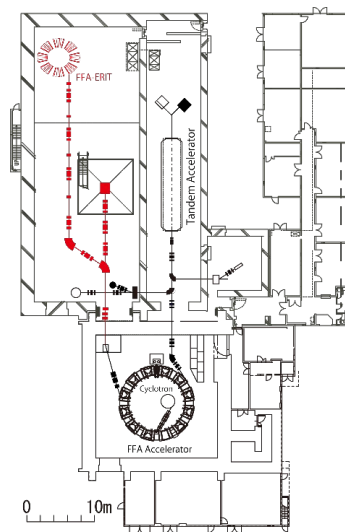


Figure 1: Schematic view of Center for Accelerator and Beam Applied Science in 2023.

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

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 nA の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。

2022年度のマシンタイム合計日数は14日であった。理学部物理学科学生実験に4日、荷電粒子測定系テストに2日、APDテストに2日、逆運動学 α 非弾性散乱測定に2日、 He^{1+} 生成テストに1日、タンデム加速器からFFA加速器へビーム入射テストに3日のマシンタイムを実施した。2022年6月に加速器タンクを開けメンテナンスを行ったが、大きな故障等はなかった。

今後、最高ターミナル電圧を7 MV から8 MV へ昇圧し、最高ビーム強度1 p nA から1 μ A 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/週へ変更する変更申請が予定されている。

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ンは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を用いて、部分的にビーム輸送ラインの整備が開始されることになった。現在、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の準備が進められている。また、遮蔽壁のせん孔工事、放射線遮蔽設計等の技術的検討が進められている。

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。新たに開発されたビーム入射システムを主リングに設置してビーム実験を行い、14 MeV の He ビームが荷電変換入射されることを確認した。

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[3]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[4]の構成機器を再利用する予定である。蓄積リングの入射器としては FFA 加速器とタンデム加速器が用いられる。2021年度末までに京都大学から FFA-ERIT 中性子源の電磁石、高周波加速システム、真空槽等が九州大学へ移設された。

FFA 加速器の性能向上を目的として、ビーム光学を改善するための研究が行われており、主リングの電磁石の改造に関する技術検討が進められている[5]。また、FFA 加速器における重イオンビームの加速方式に関する基礎研究を目的として、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。

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、8 MV 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8 MV へ昇圧し、最大ビーム強度を1 μ A へ増強するための変更申請を行う予定である。また、FFA 加速器のビームを核科学実験室へ輸送するためのビームライン整備とビーム利用へ向けた機器整備が進められている。

参考文献

- [1] Y. Yonemura *et al.*, "Status report of Center for Accelerator and Beam Applied Science of Kyushu University in 2016", Proc. 13th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Chiba, Japan, Aug. 2016, pp.1361-1363.
- [2] T. Teranishi *et al.*, "Construction of an 8MV tandem accelerator at Kyushu University - Present status report", Proc. 10th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Nagoya, Japan, Aug. 2013, pp.310-312.
- [3] Y. Mori, "Development of FFAG accelerators and their applications for intense secondary particle," Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, Volume 562, Issue 2, 23 June 2006, pp. 591-595.
- [4] K. Okabe *et al.*, "DEVELOPMENT OF FFAGERIT SYSTEM FOR BNCT", Proc. Cyclotrons and Their Applications 2007, Eighteenth International Conference (2007), pp. 210-212.
- [5] Y. Waga *et al.*, Proc. of the 15th PASJ, Nagaoka, Japan, August 7-10, 2018, pp. 987-991.