

## 九州大学加速器・ビーム応用科学センターの現状報告 2021

### STATUS REPORT OF CENTER FOR ACCELERATOR AND BEAM APPLIED SCIENCE OF KYUSHU UNIVERSITY IN 2021

米村祐次郎<sup>#, A)</sup>, 有馬秀彦<sup>A)</sup>, 池田伸夫<sup>A)</sup>, 渡辺賢一<sup>A)</sup>, 魚住裕介<sup>A)</sup>, 執行信寛<sup>A)</sup>,  
森田浩介<sup>B)</sup>, 若狭智嗣<sup>B)</sup>, 寺西高<sup>B)</sup>, 坂口聡志<sup>B)</sup>, 市川雄一<sup>B)</sup>, 郷慎太郎<sup>B)</sup>, 西畑洗希<sup>B)</sup>, 岩村龍典<sup>B)</sup>,  
中山久義<sup>C)</sup>, 高木昭<sup>C)</sup>, 森義治<sup>D)</sup>

Yujiro Yonemura<sup>#, A)</sup>, Hidehiko Arima<sup>A)</sup>, Nobuo Ikeda<sup>A)</sup>, Kenichi Watanabe<sup>A)</sup>, Yusuke Uozumi<sup>A)</sup>, Nobuhiro Shigyo<sup>A)</sup>,  
Kosuke Morita<sup>B)</sup>, Tomotsugu Wakasa<sup>B)</sup>, Takashi Teranishi<sup>B)</sup>, Satoshi Sakaguchi<sup>B)</sup>, Yuichi Ichikawa<sup>B)</sup>, Shintaro Go<sup>B)</sup>,  
Hiroki Nishibata<sup>B)</sup>, Tatsunori Iwamura<sup>B)</sup>, Hisayoshi Nakayama<sup>C)</sup>, Akira Takagi<sup>C)</sup>, Yoshiharu Mori<sup>D)</sup>

<sup>A)</sup> Faculty of Engineering, Kyushu University

<sup>B)</sup> Faculty of Science, Kyushu University

<sup>C)</sup> KEK

<sup>D)</sup> 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(Fixed Field Alternating gradient)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、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輸送ラインの整備やFFA 加速器の性能向上を目的とした加速器要素技術の研究が行われている。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。Figure1 に加速器施設の概略図を示す。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

<sup>#</sup> ynmr@nucl.kyushu-u.ac.jp

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計画されており、整備予算の申請が行われている。

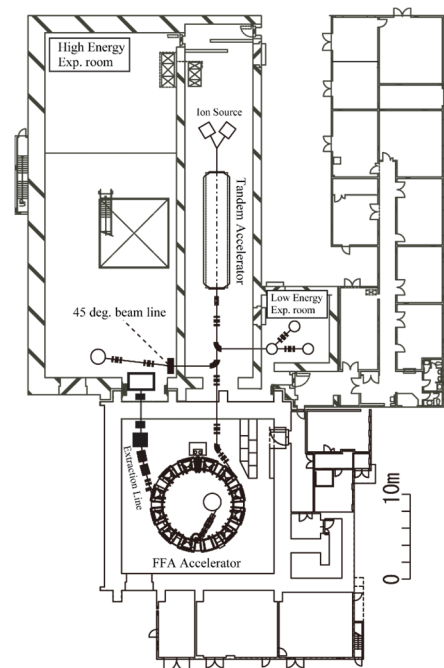


Figure 1: Schematic view of Center for Accelerator and Beam Applied Science in 2021.

### 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。

新型コロナウイルスの影響もあり、2020年度のマシンタイム合計日数は2019年度に比べ約半分程度に減少し、26日となった。このうちビームを実際に照射した時間は148時間であった。Si半導体検出器のエネルギー分解能テストに7日、Si半導体検出器粒子識別テストに3日、理学部物理学科学生実験に6日、逆運動学 $\alpha$ 非弾性散乱測定に6日、反跳粒子検出器テストに2日、TOF検出器テストに2日のマシンタイムを実施した。加速器本体の点検整備は2020年度には行わなかったが、故障などのトラブルはなかった。

ビームを加速しない状態でのターミナル昇圧テストを実施し、昨年度までの最高電圧7.3 MVを更新し短時間ではあるが7.6MVまでの昇圧を達成した。今後、仕様上の最高電圧である8 MVまでのテストを実施していく予定である。

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 pnAから1  $\mu$ 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を検討している。技術的には目途がついており、変更申請に向けた書類作成を行っている。

### 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継続して行われている。2020年度は新型コロナウイルスの影響による加速器の運転停止期間を利用して、加速器の構成機器の保守やFFA加速器棟の建屋の補修工事が行われた。

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。既存のビームダンプの移動や遮蔽壁の構造変更を伴うため、変更申請のための準備、ビームダクト・冷却水配管・電気ケーブルの経路の選定や遮蔽壁のせん孔工事等の技術的検討が行われている。

主リングの真空システムのメンテナンス性と停電時の耐障害性を向上させるために、主リングの真空維持に利用されているターボ分子ポンプの補助ポンプをロータリーポンプからスクロールポンプへ換装した。また、タンデム加速器から重イオンビームを入射するための機器や取り出しビームの調整に用いるための追加のビームモニターを設置するために主リングの真空槽の改造が行われている。

前年度に修理が行われた主リングの高周波加速システムの前段増幅器をパルスノイズやサージノイズから保護するために、フィルター回路やサージアブゾーバの取り付け作業が行われている。また、経年劣化のため動作が不安定になっている波形入力用の任意発生器を更新するために代替機種での性能試験が行われている。

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[3]。また、ビーム利用へ向けた機器整備の一環として、京都大学複合原子力科学研究所からFFAG-ERIT中性子源[4]の構成機器を移設、再利用する計画が進められている。

### 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  $\mu$ Aへ増強するための変更申請を行う予定である。FFA加速器棟では、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のための技術的な検討が進められている。

### 参考文献

- [1] Y. Yonemura *et al.*, Proc. of the 13th PASJ, Chiba, Japan, August 8-10, 2016, pp.1361-1363.
- [2] T. Teranishi *et al.*, Proc. of the 10th PASJ, Nagoya, Japan, August 3-5, 2013, pp.310-312.
- [3] Y. Waga *et al.*, Proc. of the 15th PASJ, Nagaoka, Japan, August 7-10, 2018, pp. 987-991.
- [4] 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.