

## 九州大学加速器・ビーム応用科学センターの現状報告 2018

### STATUS REPORT OF CENTER FOR ACCELERATOR AND BEAM APPLIED SCIENCE OF KYUSHU UNIVERSITY IN 2018

米村祐次郎<sup>#, A)</sup>, 有馬秀彦<sup>A)</sup>, 池田伸夫<sup>A)</sup>, 魚住裕介<sup>A)</sup>, 執行信寛<sup>A)</sup>, 森田浩介<sup>B)</sup>, 寺西高<sup>B)</sup>, 若狭智嗣<sup>B)</sup>,  
藤田訓裕<sup>B)</sup>, 坂口聡志<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>, Yusuke Uozumi<sup>A)</sup>, Nobuhiro Shigyo<sup>A)</sup>, Kosuke Morita<sup>B)</sup>,  
Takashi Teranishi<sup>B)</sup>, Tomotsugu Wakasa<sup>B)</sup>, Kunihiro Fujita<sup>B)</sup>, Satoshi Sakaguchi<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 FFAG accelerator, has been constructed in Center for Accelerator and Beam Applied Science of Kyushu University. The beam operation of the tandem accelerator has been started in 2016. The beam commissioning of FFAG accelerator for the beam extraction has been started. In this paper, the present status of the tandem accelerator and the FFAG 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、FFAG 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。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とエネルギー増強のための機器整備と並行して、新しいビームラインの整備が進められている。FFAG 加速器棟では、FFAG 加速器のビーム利用へ向けた機器整備や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。本発表では、FFAG 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、コッククロフト加速器実験室、原子核実験室および量子線照射分析実験施設を統合した加速器・ビーム応用科学センターを発足させた。箱崎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。

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 FFAG 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 FFAG 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[1][2]。

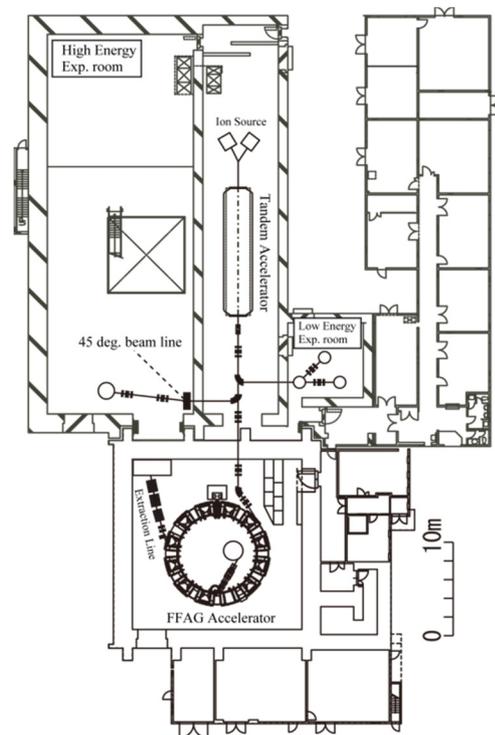


Figure 1: Schematic view of Center for Accelerator and Beam Applied Science in 2018.

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

### 3. タンデム加速器の整備状況

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 1nA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2本(AMSコースと汎用コース)、核科学実験室に1本(大型散乱槽コース)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。

2017年の超重元素研究センターの発足に伴い、2018年1月より、核科学実験室にビームラインをさらに1本増設する作業に着手した。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。Figure 2に整備中のビームラインの外観を示す[3]。



Figure 2: Overview of new 45 deg. beam line.

ペレット・チェーンの消耗を軽減するため、インバーターを介してペレット・チェーン用モーターを駆動し、スムーズな加速や回転速度設定ができるようにシステムの改修を進めている。現在、仮接続したインバーターを用いて基本動作確認が完了したところで、今後、正式な設置を行う予定である。

核反応断面積の励起関数を測定する実験を行うために、ターミナル電圧の設定分解能を向上させる必要が生じた。DACを4倍高分解能のものに交換することによりターミナル電圧を2.5 kVステップで設定できるようになった。ターミナル電圧は前年度までに6.7 MVを達成し、2018年度中には7 MVのターミナル電圧が達成される見込みである。今後、定格電圧である8 MVへ向けてチューニング作業を進めていく予定である。

2018年度中にはタンデム加速器のビームの最大強度を1 pnAから1 pμAに増強するための変更申請を行う予定である。

### 4. FFAG 加速器の整備状況

工学系の加速器施設は入射器サイクロロンとFFAG加速器によって構成されている。FFAG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。現在、ビーム利用へ向けた機器整備や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。

タンデム加速器から重イオンビームを入射するためのビーム入射ラインが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。また、タンデム加速器からFFAG加速器に12 MeV以上の陽子ビームを入射し、加速器の最大エネルギーを150 MeVまで引き上げることを目的として、陽子ビームラインの増設が予定されている。高エネルギー加速器研究機構から譲渡・移設された電磁石を利用して、2016年度から取出しビームラインの整備が行われている。現在、ビームモニター、真空排気装置、真空槽の整備と加速器のビーム調整が行われている。

FFAG加速器のビームを利用するために、第3期整備計画として、核科学実験室においてFFAG加速器のビームを垂直に入射し、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いる。加速器室から核科学実験室までのビームライン、垂直ビーム入射用電磁石、遮蔽コンクリート等の整備が必要であり、現在、予算申請中である。予算が承認されるまでは、FFAG加速器室内のビームダンプ付近に実験スペースを確保し、ビーム利用のための予備実験等を行う予定である。

ビーム利用へ向けた機器整備と並行して、FFAG加速器の要素技術の開発が進められている。ビーム加速中のベータトロンチューン制御手法に関する研究開発が行われており、新たに開発されたベータトロンチューン補正磁極・補正コイルの評価試験が行われている。また、ベータトロンチューンの測定を効率化するために、ベータトロン振動を増幅するための駆動式電極を開発し、動作試験が行われている。

経年劣化によって故障頻度が増加しているインターロック・制御システム、真空排気系、電源装置の更新とメンテナンス作業は限られた予算の範囲内で前年度から引き続き行われている。

### 5. まとめ

九州大学加速器・ビーム応用科学センターでは、FFAG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2018年度中にターミナル電圧を8 MVへ昇圧し、最大ビーム強度を1 pμAへ増強するための変更申請を行う予定である。FFAG加速器棟では、FFAG加速器のビーム利用へ向けて、ビーム取出し機器の整備とビーム調整が進められている。

### 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] 藤田訓裕, 第30回「タンデム研究会及びその周辺技術の研究会」.