

九州大学加速器・ビーム応用科学センターの現状報告

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

米村祐次郎^{#,A)}, 有馬秀彦^{A)}, 池田伸夫^{A)}, 石橋健二^{A)}, 魚住裕介^{A)}, 執行信寛^{A)}, 是永忠志^{A)}, 野呂哲夫^{B)},
森田浩介^{B)}, 寺西高^{B)}, 若狭智嗣^{B)}, 藤田訓裕^{B)}, 坂口聡志^{B)}, 岩村龍典^{B)}, 相良建至^{B)},
中山久義^{C)}, 高木昭^{C)}, 森義治^{D)}

Yujiro Yonemura^{#,A)}, Hidehiko Arima^{A)}, Nobuo Ikeda^{A)}, Kenji Ishibashi^{A)}, Yusuke Uozumi^{A)}, Nobuhiro Shigyo^{A)},
Tadashi Korenaga^{A)}, Tetsuo Noro^{B)}, Kosuke Morita^{B)}, Takashi Teranishi^{B)}, Tomotsugu Wakasa^{B)}, Kunihiro Fujita^{B)},
Satoshi Sakaguchi^{B)}, Tatsunori Iwamura^{B)}, Kenshi Sagara^{B)},
Hisayoshi Nakayama^{C)}, Akira Takagi^{C)}, Yoshiharu Mori^{D)}

^{A)} Faculty of Engineering, Kyushu University

^{B)} Faculty of Science, Kyushu University

^{C)} KEK

^{D)} Kyoto University Research Reactor Institute

Abstract

The construction of a new accelerator facility has been completed at Center for Accelerator and Beam Science of Kyushu University in 2014. The accelerator facility consists of the 8-MV tandem accelerator and the FFAG accelerator. The beam commissioning of the tandem accelerator has been performed since September 2014. The construction of three new beam transport lines from the tandem accelerator to experimental rooms has been completed. 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^{[1][2][3]}。タンデム加速器は単独で原子核物理実験や AMS 実験に用いられるだけでなく、FFAG 加速器の入射器として利用される予定である。タンデム加速器・実験棟では、ビーム輸送ラインや大型散乱槽等の実験機器の移設・整備が進められており、ビーム利用のための実験室の準備が整いつつある。FFAG 加速器棟では、タンデム加速器から FFAG 加速器へビームを入射するためのビーム輸送ラインや取出しビーム輸送ラインの整備が進められている。本発表では、タンデム加速器と FFAG 加速器の整備状況について報告する。

2. 施設整備計画

九州大学ではビームを利用した教育および原子科学、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。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。

加速器施設の整備計画は 2 期に分けて進められた。第 1 期の整備計画では、工学系の移転に併せて、量子線照射施設と工学系の加速器施設(FFAG 棟)の建設が開始され、2008 年 7 月に建屋が完成した。新しい加速器施設には高エネルギー加速器研究機構から FFAG 加速器と小型サイクロトロンが移設・整備された。

第 2 期の整備計画に先行して、2011 年度に仮設プレハブ棟が建設され、2012 年 4 月から仮設プレハブ棟内でタンデム加速器の本体、仮設ビームライン、イオン源の組み立てが行われた。その後、理学系の移転に併せて、2013 年 6 月から第 2 期の整備計画が開始され、2014 年 3 月にタンデム加速器・実験棟の建屋の建設が完了した。

2014 年 6 月に FFAG 加速器棟建屋の放射線安全と入射器サイクロトロン、同年 9 月には新建屋の放射線安全およびタンデム加速器に関する施設検査を受検し、合格した。2015 年 2 月にはタンデム加速器から FFAG 加速器と各実験室へビームを供給するためのビームライン拡張および遮蔽体変更等の変更申請が承認され、2015 年 6 月に施設検査を再度受検し、合格した。現在、本格的なビーム利用へ向けて各実験室の整備や機器の運転調整が進められている。

旧キャンパスのタンデム加速器は、新キャンパスの加速器・ビーム応用科学センター建屋完成に伴い、2015 年 1 月にシャットダウンした。ビームライン機器等の新キャンパスへの移設をこの夏に終え、残された放射化物の処理を行った後、2015 年度中を目途に放射線管理区域を解除する予定である。

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

3. 加速器施設の概要

加速器施設は Figure 1 に示すとおり、FFAG 加速器棟とタンデム加速器棟から構成される。タンデム加速器で加速されたビームは FFAG 加速器室、低エネルギーイオン室、核科学実験室へ供給される。

低エネルギーイオン室へ供給されたビームは AMS や低エネルギー実験に利用される。また、核科学実験室へ輸送されたビームは大型散乱槽を用いる原子核実験に利用される。さらに、核科学実験室には、FFAG 加速器から取り出されたビームが供給され、中高エネルギーの原子核実験や中性子を用いた医療基礎実験、材料照射等で利用することが計画されている。

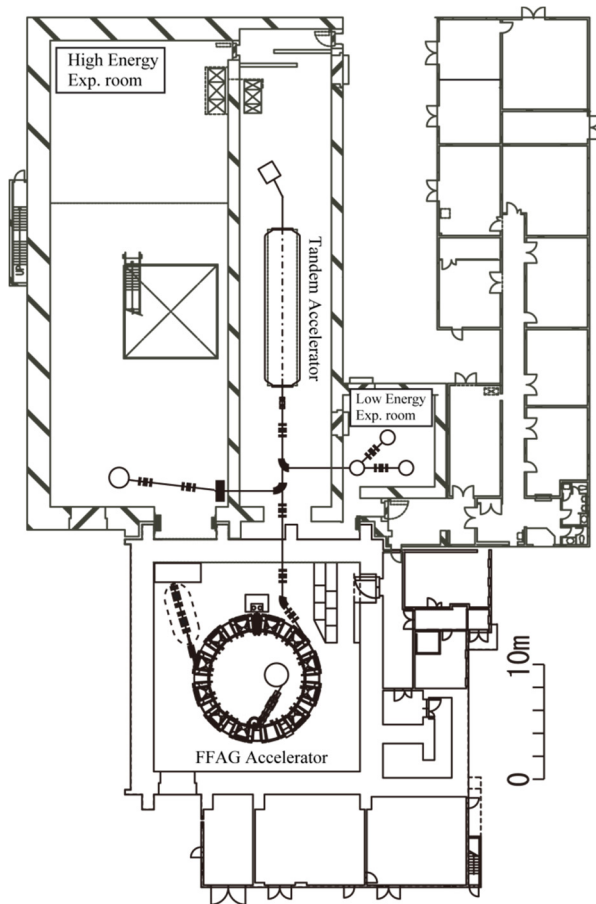


Figure 1: Schematic view of Center for Accelerator and Beam Applied Science of Kyushu University in 2015. Beam extraction line of FFAG is under construction.

4. タンデム加速器の整備状況

イオン源とタンデム加速器の立ち上げは 2014 年 4 月から開始され、9 月にビームの加速に成功し、施設検査を受検した。10 月からはタンデム加速器室において陽子 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)を増やす変更申請の承認を 2015 年 2 月に受け、6 月に施設検査を再度受検し、合格した。

2015 年 7 月初旬に学生実験を実施するなど、教育・研究での利用を開始している。2015 年度中を目標にターミナル電圧を 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。

4.1 イオン源の試験

タンデム加速器では、荷電交換型 RF イオン源 (NEC 社製 Alphatross) とマルチカソード型スパッタイオン源 (NEC 社製 MC-SNICS) の 2 種類のイオン源を利用する予定である。現在、タンデム加速器のビーム調整はマルチカソード型スパッタイオン源を用いて行っている。今後、荷電交換型 RF イオン源の立ち上げを行い、タンデム加速器へ接続する予定である。

Table 1: Parameters of Tandem Accelerator

Accelerator Type	Horizontal Tandem Van de Graaff
Model	NEC Pelletron (8UDH)
Terminal Voltage	7 MV (max. 8MV)
Accelerator Tank	Diameter: 3.0 m Length: 13.6 m
Insulation Gas	SF ₆ (pressure: 0.6 M Pa)
Ion Source	Sputter Ion Source (NEC MC-SNICS) RF Ion Source (NEC Alphatross)
Injection Voltage	-70 kV
Beam	p, d, H.I.
Current	1 nA
Terminal Stripper	C Foil and N ₂ Gas
Charging Device	Double Pellet Chains (Current: 150 μ A \times 2)

4.2 実験室の整備状況

タンデム加速器のビームを低エネルギーイオン室、核科学実験室、FFAG 加速器で利用するために、新たに 3 つのビーム輸送ラインが設置された。核科学実験室と低エネルギーイオン室のビーム輸送ラインに冷却水を供給するために、冷却水装置が新設された。ビーム輸送ラインの電磁石、真空系、インターロックには PLC と LabVIEW を用いた制御系が用いられている。

低エネルギーイオン室には、旧キャンパスから電磁石や実験装置が移設・整備され、現在、AMS 実施へ向けたテスト実験が行われている。

核科学実験室には、原子核実験用大型散乱槽が旧キャンパスから移設・整備された。今後、原子核融

合反応の基礎データ取得や不安定核生成断面積の調査、各種カウンターのテストを行うことが計画されている。

5. 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トロンと 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。Table 2 と Figure 2 に FFAG 加速器の設計パラメータと FFAG 加速器の機器配置を示した。

ビームライン拡張の変更申請が承認されたのを受け、タンデム加速器から FFAG 加速器へビームを入射するためのビーム輸送ラインの整備が開始された。ビーム輸送ラインを設置するために FFAG 加速器室とタンデム加速器室の間の遮蔽壁に貫通孔が開けられたため、2015 年 6 月に施設検査に合格するまでの 4 か月間は FFAG 加速器の運転を停止することになった。その間、ビーム輸送ラインの整備と並行して、FFAG 加速器の真空槽の改造やビームモニターの整備などが行われた。FFAG 加速器のビーム実験は 2015 年 7 月から再開された。

現在の入射ラインは Figure 2 に示す通り、加速器外部からの荷電変換入射ビームラインである。将来的にはタンデム加速器からのビームを FFAG 電磁石の上を通し、現在のサイクロトロンの出射口付近に接続するビーム輸送ラインを建設する。

機器の性能向上のためのビーム実験と並行して、FFAG 加速器のビームの利用を目的とした取出しビーム輸送ラインの整備が計画されている。現在、高エネルギー加速器研究機構から譲渡された四極電磁石と偏向電磁石を移設し、取出しビーム輸送ラインを整備する計画が進められている。FFAG 加速器の取出しビーム輸送ラインの整備は、移設のための予算が確保され次第、開始する予定である。

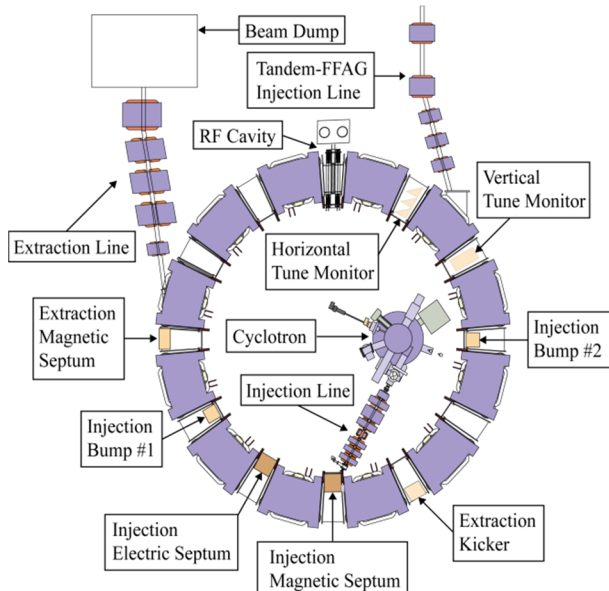


Figure 2: Schematic view of 150 MeV FFAG accelerator.

Table 2: Design Parameters of 150 MeV FFAG

Type	Radial sector (DFD triplet)
Number of Cells	12
Proton Energy	10 - 125 MeV
Average radius	4.47 - 5.20 m
Repetition	100 Hz (2 Cavities)
Beam Current	1.5 nA
Betatron Tune (Injection Energy)	3.61 (Horizontal) 1.46 (Vertical)



Figure 3: FFAG accelerator and beam injection line.

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。タンデム加速器棟では、ビーム輸送ラインや実験機器の移設および整備が進められており、本格的なビーム利用のための準備が整いつつある。また、2015 年度中にタンデム加速器のターミナル電圧を 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。FFAG 加速器棟では、タンデム加速器から FFAG 加速器へビームを入射するためのビーム輸送ラインが整備された。現在、取出しビーム輸送ラインの整備が進められている。

参考文献

- [1] Y. Yonemura et al., Proc. of the 11th PASJ, pp.346-348, August 9-11, 2014, Aomori, Japan.
- [2] Y. Yonemura et al., Proc. of the 10th PASJ, pp.452-455, August 3-5, 2013, Nagoya, Japan.
- [3] T. Teranishi et al., Proc. of the 10th PASJ, pp.310-312, August 3-5, 2013, Nagoya, Japan.