

## 九州大学加速器・ビーム応用科学センターにおける 8 MV タンデム加速器建設計画の現状

### CONSTRUCTION OF AN 8 MV TANDEM ACCELERATOR AT KYUSHU UNIVERSITY – PRESENT STATUS REPORT

野呂 哲夫<sup>A)</sup>、寺西 高<sup>\*A)</sup>、牛尾 国久<sup>A)</sup>、林 慶大<sup>A)</sup>、若狭 智嗣<sup>A)</sup>、藤田 訓裕<sup>A)</sup>、坂口 聡志<sup>A)</sup>、森田 浩介<sup>A)</sup>、  
相良 建至<sup>A)</sup>、池田 伸夫<sup>B)</sup>、米村 祐次郎<sup>B)</sup>、有馬 秀彦<sup>B)</sup>、石橋 健二<sup>B)</sup>、魚住 裕介<sup>B)</sup>、執行 信寛<sup>B)</sup>、  
富増 多喜夫<sup>C)</sup>、森 義治<sup>D)</sup>

Tetsuo Noro<sup>A)</sup>, Takashi Teranishi<sup>\*A)</sup>, Kunihisa Ushio<sup>A)</sup>, Michihiro Hayashi<sup>A)</sup>, Tomotsugu Wakasa<sup>A)</sup>, Kunihiro Fujita<sup>A)</sup>,  
Satoshi Sakaguchi<sup>A)</sup>, Kosuke Morita<sup>A)</sup>, Kenshi Sagara<sup>A)</sup>, Nobuo Ikeda<sup>B)</sup>, Yujiro Yonemura<sup>B)</sup>, Hidehiko Arima<sup>B)</sup>,  
Kenji Ishibashi<sup>B)</sup>, Yusuke Uozumi<sup>B)</sup>, Nobuhiro Shigyo<sup>B)</sup>, Takio Tomimasu<sup>C)</sup>, Yoshiharu Mori<sup>D)</sup>

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

6-10-1, Hakozaki, Higashi, Fukuoka, 812-8581 Japan

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

744 Motoooka Nishi-ku Fukuoka 819-0395 Japan

<sup>C)</sup>Center for Accelerator and Beam Applied Science, Kyushu University

744 Motoooka Nishi-ku Fukuoka 819-0395 Japan

<sup>D)</sup>Kyoto University Research Reactor Institute

2, Asashiro-Nishi, Kumatori-cho, Sennan-gun, Osaka 590-0494 Japan

#### Abstract

An 8 MV tandem accelerator has been installed at Center for Accelerator and Beam Applied Science, Kyushu University. The first beam test will be performed in FY2014. The tandem accelerator will be operated as a heavy-ion injector to the main FFAG accelerator. The tandem accelerator can be also used independently for AMS, student experiments, RI beam production, and low-energy nuclear-physics experiments.

#### 1. はじめに

現在、九州大学加速器・ビーム科学応用センター(伊都キャンパス)における新加速器施設整備の一環として8MVのタンデム型静電加速器(タンデム加速器)の設置・調整を進めている。昨年度の本学会年会では移設にいたる経緯と、おおまかな利用計画を報告した<sup>[1]</sup>。本報告ではそれらを簡単に振り返ったあと、昨年度以降に進展した状況について説明する。

#### 2. 伊都キャンパスにおける8 MV タンデム 加速器設置計画の概要

九州大学ではキャンパス移転の過渡期にある。理学研究院(理学部)は2015年10月に箱崎キャンパス(福岡市東区)から伊都キャンパス(福岡市西区)に移転し、すでに移転がほぼ完了している工学研究院(工学部)に合流する予定である。1972年に建設された理学研究院・原子核実験室のタンデム加速器は老朽化のため新キャンパスへの移設が困難であることから廃止されることになった。この現有タンデム加速器の後継機として、京都大学理学部で使用されていた8MV タンデム加速器(Table 1)<sup>[3]</sup>が伊都キャンパスの加速器・ビーム科学応用センターへ移設されることになった。今後、本加速器は同センターで開発中のFFAG 加速器<sup>[2]</sup>への入射器としての役割を担う。また、従来どおりのAMS、低エネルギー核物理

実験、学生実験などの単独利用にも用いられる。さらに、新たな試みとして小規模・低コスト RI ビーム生成器としての利用も検討されている。

Table 1: Specifications of the 8 MV Tandem Accelerator

メーカー・型	米 National Electrostatic Corporation (NEC) 横置き型 (8UDH 型)
ターミナル電圧	8 MV
イオン源	Cs スパッター型 (SNICS II), RF+荷電交換セル型 (Alphatross)
入射電圧	-200 kV (-60 kV に変更予定)
ペレット電流	150 $\mu$ A $\times$ 2
荷電ストリッパ	C フォイルおよび窒素ガス
タンク	直径 3 m, 全長 13.6 m
絶縁ガス	SF <sub>6</sub> 5 気圧

#### 2.1 スケジュール

8 MV タンデム加速器の設置に関する大まかなスケジュールを Table 2 に示す。

京都大学においては2011年度に加速器の解体が、2012年度にはSF<sub>6</sub> ガスの回収が行われ、廃止・搬出作業はすべて完了した。九州大学伊都キャンパスにおいては

\* teranishi@phys.kyushu-u.ac.jp

2011年度末に、新しい加速器タンクの設置と加速器組み立て用のプレハブ棟が建設された。このプレハブ棟は理学系移転に伴う実験棟の増設がなされる前に、加速器建設を前倒しで行うために用意された仮設の建屋である。2012年度にはプレハブ棟内で加速器組み立てが行われた。2013年度には実験棟の増設も急ぎょ前倒しに行われることになった(4.1参照)。このため、加速器調整作業は一時中断した後、2014年度から再開し、同年度中のビーム加速実現を目指している。理学系移転が完了する2015年度からは学生実験など本格的な利用を開始する予定である。箱崎キャンパスの現有タンデム加速器は2014年度末に運用をやめ、2015年度に解体される予定である。

Table 2: Construction Schedule for the 8 MV Tandem Accelerator

	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度
京都大学	加速器解体	SF <sub>6</sub> 回収			
九大伊都	加速器タンク設置 プレハブ棟建設	加速器組立	(作業中断) 実験棟増設	加速器調整	学生実験など 本格利用
九大箱崎				タンデム 運転終了	タンデム廃止 理学系移転

### 3. 2012年度以降の進展

ここでは昨年度以降に進展したことを報告する。

#### 3.1 京都大学理学部におけるSF<sub>6</sub>ガス回収作業

タンデム加速器の絶縁ガスとして用いられるSF<sub>6</sub>は温室効果ガスに指定されており大気中への排出が制限されている。このため京都大学で不要となったSF<sub>6</sub>ガスは回収し、また資源の有効利用のため、九州大学で再利用することとなった。2012年9月~10月にSF<sub>6</sub>ガスの回収作業および移送作業が行われた。現在、ガスはボンベ中に保管されており2014年度に加速器調整運転を開始する際に貯蔵タンクへ移される予定である。

#### 3.2 プレハブ棟における加速器組み立て

2012年9月~2013年5月までの間、タンデム加速器本体、入射ビームライン、イオン源の組み立てがプレハブ棟内で行われた(Fig. 1, 2)。まず、新しく製作された加速器タンク内で加速器コラム、加速管、ターミナルなど主要構造物を低エネルギー側から高エネルギー側へ向かって組み上げていった。その後、電界を整えるためのフープ電極、電荷を輸送するペレットチェーンの取り付け等を行った。これと並行してタンク外部で入射ビームラインおよびイオン源の組み立てが進められた。また、今回の移設にあたって、加速器本体にいくつかの改良が施された。まず、加速管および加速コラムの電位勾配を発生するために使用されていたコロナ・ニードルはすべて抵抗に置き換えられた。これにより加速器保守作業の簡素化が図られる。また、本加速器はターミナル部で陰イオンから陽イオンに変換するため装置としてフォイル・ストリッパーとガス・ストリッパーを備えているが、ガス・ストリッパー用の差動排気装置として用いら

れていたイオン・ポンプをガスの循環が可能なターボ・ポンプに置き換えた。



Figure 1: Prefab building for constructing the tandem accelerator. The FFAG building is seen behind the prefab building (picture taken on March 11, 2012).

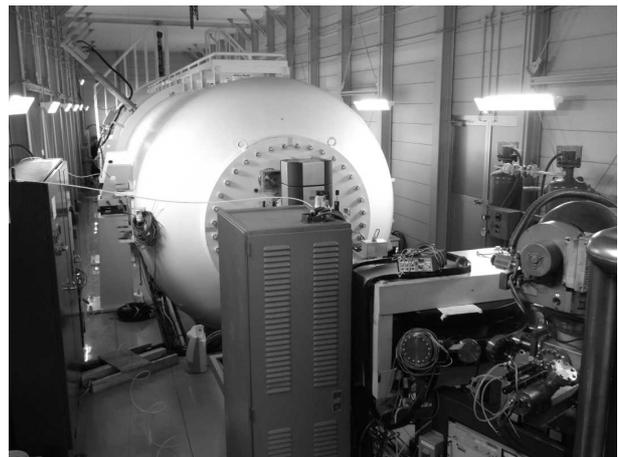


Figure 2: Tandem accelerator constructed in the prefab building.

#### 3.3 制御系の更新と加速器機器のテスト

従来の加速器制御系のコンピューターおよびコンソールにある操作パネル等は老朽化と移設の困難さのため再利用を断念した。従来の制御系ではCAMACクレート2台分のI/Oにより加速器機器が制御されていた。CAMAC I/O部は検査したところ良好な状態であったので、再利用することにし、CAMAC I/OをEPICS<sup>[4]</sup>ベースのシステムにより制御することにした。EPICSのI/Oコントローラー(IOC)は、1)クレート・コントローラーCC/NET(OS: Linux)、2)USBクレート・コントローラーを接続したPC(OS: Linux)、の2つのシステムにおいて構築されどちらとも良好に動作している。オペレーター・インターフェイス(OPI)としてはWindows/Mac/Linux上で動作するControl System Studio(CSS)<sup>[5]</sup>を利用したものを構築しつつある。

制御テスト中は仮設の専用無線LANからIOCにアクセスできるようにした。このため、現場でOPIを走

らせたノート PC を持ち歩きながら、機器の基本動作を一つ一つ確認することが可能となった。特にこの方法はタンク内の機器テストの作業効率を向上させるのに有効であった。これまでのところ、加速器タンク内の機器とイオン源機器の基本動作テストがほぼ完了している。

### 3.4 加速器タンクの圧力テスト

加速器機器が組みあがった後で、加速器タンクの気密性を確認するために真空テストおよび加圧テストを行った。まず、タンク内を真空ポンプで 0.5 Torr まで減圧し、大きな漏れがないことを確認した。現時点では SF<sub>6</sub> ガスは貯蔵タンクがないため利用できない。そこでタンクの加圧テストには乾燥圧縮空気をタンクに充填することにより行った。徐々に 5 気圧まで加圧したところ特に問題がないことが確認された。

### 3.5 イオン源のテスト

2014 年度から行われるビーム加速テストをスムーズに進めるためにも、他の作業と並行して進められるイオン源のテストを先に行うことにした。これまでのところ、本加速器用イオン源の一つである RF 荷電交換型イオン源 (Alphatross) の立ち上げ作業を開始し、RF によるヘリウム陽イオンの生成まで行った。今後ルビジウム蒸気による陰イオンへの変換も行う予定である。

## 4. 今後の予定

### 4.1 実験棟の増設

Figure 3 は、タンデム加速器室・実験室・計測室等を含む新しい実験棟の概略図である。この建屋は既存の FFAG 棟の隣に増設する形で建設される。タンデム加速器室は既存のプレハブ棟を取り囲む形で建設され、建設完了後にプレハブの壁と屋根が撤去されることになっている。実験室としては、FFAG・タンデム共用の大実験室、タンデム専用の小実験室がある。その他、計測室・工作室等の部屋も用意される。

昨年度の報告の時点では、本実験棟は理学研究院移転 (2015 年 10 月) より後になる可能性があった。その後、九州大学の方針が定まり、むしろ前倒しとなる 2014 年 3 月までに本実験棟を完成させ、箱崎キャンパスの旧加速器施設の廃止をできるだけ早く完了させることとなった。このため、急きよ 2013 年 6 月から実験棟建設が開始され、現在工事が進められているところである。タンデム加速器の調整作業は工事のため中断しており 2014 年 4 月から再開されることになった。

### 4.2 タンデム加速器稼働に向けた作業

2014 年度中にビーム加速テストを行うことをめざし、以下の作業の検討を進めている。

- SF<sub>6</sub> 貯蔵タンクを新たに製作し、実験棟タンデム加速器室の屋上に設置する。
- SF<sub>6</sub> を加速器タンクに詰め、ターミナルの昇圧テストを定格の 8 MV まで行う。
- タンデム加速器後の直進ビームライン上で最初のビームテストを行うため、関連するビームライン機器の整備を行う。

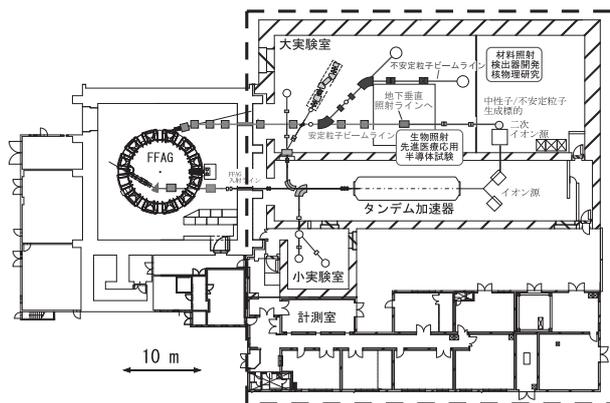


Figure 3: Schematic drawing of the new experimental building (area indicated by the dashed line) which will be constructed in FY2013.

## 5. まとめ

九州大学における新加速器施設整備と旧原子核実験室の廃止に関するスケジュールがほぼ定まり、具体的な作業が進められつつある。8MV タンデム加速器は 2014 年度末の稼働開始を目指しており、その後、FFAG への重イオン入射、学生実験、AMS、低エネルギー核物理実験、RI ビーム生成実験等の活動を展開していく予定である。

## 参考文献

- [1] T. Noro and T. Teranishi et al., “九州大学加速器・ビーム応用科学センターにおける 8MV タンデム加速器建設計画の現状”, Proceedings of the 9th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, August 8-11, 2012, Osaka University, p370-372.
- [2] Y. Yonemura et al., “九州大学加速器・ビーム応用科学センターの状況”, Proceedings of the 8th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, August 1-3, 2011, Tsukuba, Japan, p246-248.
- [3] M. Nakamura et al., Nucl. Instr. Meth. A268, p.313-315 (1988); M.L. Sundquist, R.D. Rathmell and J.E. Raatz, Nucl. Instr. Meth. A287, p.87-89 (1990).
- [4] Experimental Physics and Industrial Control System (EPICS), <http://www.aps.anl.gov/epics/>.
- [5] Control System Studio (CSS), [http://css.desy.de/content/index\\_eng.html](http://css.desy.de/content/index_eng.html).