

## 筑波大学マルチタンデム加速器施設の現状

### STATUS OF THE TANDEM ACCELERATOR COMPLEX AT THE UNIVERSITY OF TSUKUBA (UTTAC)

笹 公和<sup>#,A)</sup>, 石井 聡<sup>A)</sup>, 大島弘行<sup>A)</sup>, 木村博美<sup>A)</sup>, 高橋 努<sup>A)</sup>, 田島義一<sup>A)</sup>,  
大和良広<sup>A)</sup>, 関場大一郎<sup>A)</sup>, 森口 哲朗<sup>A)</sup>, 喜多 英治<sup>A)</sup>

Kimikazu Sasa<sup>#,A)</sup>, Satoshi Ishii<sup>A)</sup>, Hiroyuki Oshima<sup>A)</sup>, Hiromi Kimura<sup>A)</sup>, Tsutomu Takahashi<sup>A)</sup>, Yoshikazu Tajima<sup>A)</sup>,  
Yoshihiro Yamato<sup>A)</sup>, Daiichiro Sekiba<sup>A)</sup>, Tetsuro Moriguchi<sup>A)</sup>, Eiji Kita<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> Tandem Accelerator Complex, University of Tsukuba (UTTAC)

#### Abstract

The University of Tsukuba's Tandem Accelerator Complex (UTTAC) is a major center of ion beam research in Japan. We planned to install the new horizontal-type 6 MV Pelletron tandem accelerator to replace the damaged 12UD Pelletron tandem accelerator by the Great East Japan Earthquake of 11 March 2011. A three-year plan for the new accelerator's construction was started in 2012. In addition, we have implemented the decommissioning for the 12UD Pelletron tandem accelerator. The 6 MV Pelletron tandem accelerator will be used for various ion-beam research projects, such as AMS, microbeam applications, particle-induced X-ray emission (PIXE) analysis for geoscience and materials research, heavy ion RBS and elastic recoil detection analysis, nuclear reaction analysis for hydrogen in materials, and high-energy ion irradiation for semiconductor and nuclear physics. The new accelerator system consists of the 6 MV Pelletron tandem accelerator, four new ion sources, the Lamb-shift polarized ion source, and twelve beam courses. The 6 MV Pelletron tandem accelerator was installed in the spring of 2014 at the University of Tsukuba. Routine beam delivery and experiments will start in 2015.

#### 1. はじめに

筑波大学研究基盤総合センター応用加速器部門 (UTTAC)では、1 MV タンデトロン加速器、高分解能イオン散乱装置 (1 MV) の他に、陽電子消滅実験装置、Fe-57 メスbauer分光分析装置などの放射性同位元素利用実験設備を維持管理している。当施設では、2011年3月の東日本大震災において、主加速器である 12UD ペレトロン加速器が損壊した<sup>[1]</sup>。現在、震災復興計画により 6 MV タンデム加速器の更新導入を進めている。また、12UD ペレトロン加速器に関しては、加速器の廃止措置を実施中である。6 MV タンデム加速器本体は、2014年3月に筑波大学に搬入されており、現在はビームラインの最終据付・調整作業と放射線遮へいの設置及びモニタリングポストの更新を実施している。2015年内にビーム利用実験の共用開始を目指している。

#### 2. 施設利用状況

2014年度の加速器施設の年間総利用時間は、2,512時間であり、前年度比で121.7%であった。文科省補助事業「先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業」<sup>[2]</sup>での「マルチタンデム加速器施設の学術・産業共用促進事業」では、816時間の加速器利用と54日間の放射性同位元素利用実験設備の使用実績があり、合計17件の産業・学術共用実験が実施された。このうち民間企業による成果専有有償利用が7課題、産学連携無償利用が1件であった。Figure 1に先端研究基盤共用事業での産業・学術共用実験の利用課題数の推移を示す。

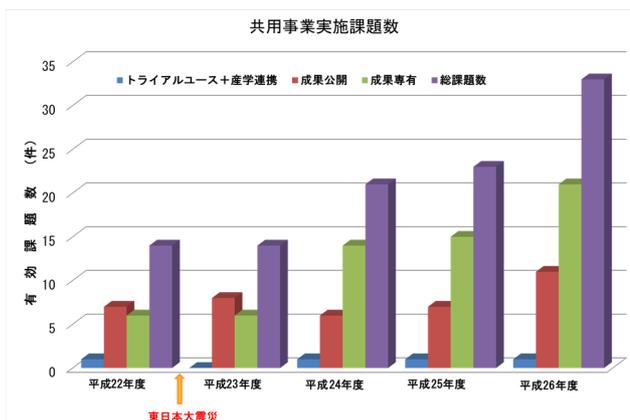


Figure 1: Changes in experimental subjects at UTTAC.

#### 3. 12UD ペレトロン加速器廃止措置計画

筑波大学 12UD ペレトロンタンデム加速器は、2011年3月11日の東日本大震災で損壊した為、同年11月に使用の許可を廃止した。6 MV タンデム加速器の稼働に伴う変更承認申請において、12UD ペレトロン加速器の廃止措置を2015年7月から10月に掛けて実施することとなった。また、変更承認申請において併せて管理区域の縮小を申請しており、12UD ペレトロン加速器本体が設置されている加速器棟4階から7階の管理区域を解除する予定である。Figure 2に加速器廃止措置後の放射線管理区域の予定範囲を示す。なお、加速器廃止措置計画では、放射化範囲の判断についてはPHITSコード計算と実測により確認をおこなっている。

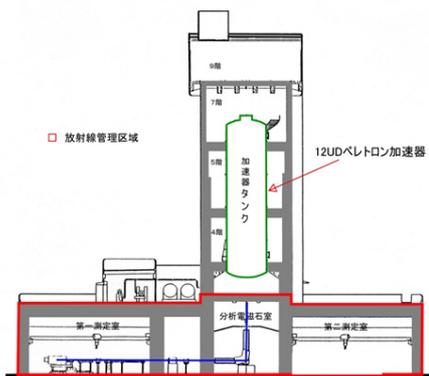


Figure 2: A planed radiation controlled area after the decommissioning for the 12UD pelletron tandem accelerator.

#### 4. 6 MV タンデム加速器の導入状況

筑波大学 UTTAC では、2015 年末の稼働開始を目指して 6 MV タンデム加速器システムの整備を進めている<sup>[3]</sup>。6 MV タンデム加速器は、米国 National Electrostatics Corp. (NEC) 製のペレット型であり、2014 年 1 月に米国において 6 MV の昇圧試験に成功しており、筑波大学には 2014 年 3 月に加速器本体の搬入設置が行われた。加速器本体は、12UD ペレト

ロン加速器の第 2 測定室(23.65 m×14.65 m)を改装して設置した。なお、新加速器の建設に伴い、第 2 測定室は加速器室に名称を変更している。6 MV タンデム加速器には、4 台の負イオン源とラムシフト型偏極負イオン源、5 本の新規ビームラインと既存の 7 本のビームライン及び垂直照射ラインが設置される。Figure 3 に 6 MV タンデム加速器システムの最新の全体図を示す。なお、2015 年 7 月に原子力規制委員会に提出した放射線発生装置の変更承認申請書は既に受理されている。Table 1 に今後の 6 MV タンデム加速器の調整作業及び稼働準備の予定を示す。

Table 1: Schedule for the Construction of 6 MV Tandem Accelerator in 2015

月	週	事項	6MVタンデム加速器準備 作業	周辺設備	12UDペレット加速器廃止措置
8	1				廃止措置作業実施の仕様確定
8	2	夏期休業			
9	3		偏極イオン源調整	モニタリングポスト仕様確定	PHITS計算による確認
9	4				ビームライン等の線量実測
9	1			ビーム輸送ライン運へい工事(3週)	
9	2			加速器本体運へい基礎工事	工事開始(4週)
9	3		ビームライン設置作業		加速器内の線量実測
9	4		周辺機器最終調整		
9	5				
10	1	旧加速器撤去作業終了			加速器内部撤去作業終了
10	2	新加速器点検	加速器事前点検		
10	3				
10	4	旧加速器廃止措置完了(予定)			廃止措置報告書提出(予定)
11	1		線量測定	加速器本体運へい設置	
11	2			モニタリングポスト更新作業	
11	3				
11	4	施設検査(予定)	放射線発生装置 施設検査		
12	1	試験運用	加速器運用		
12	2				
12	3				
12	4				
1	1	運用開始(予定)			
1	2				
1	3				1月末納品予定

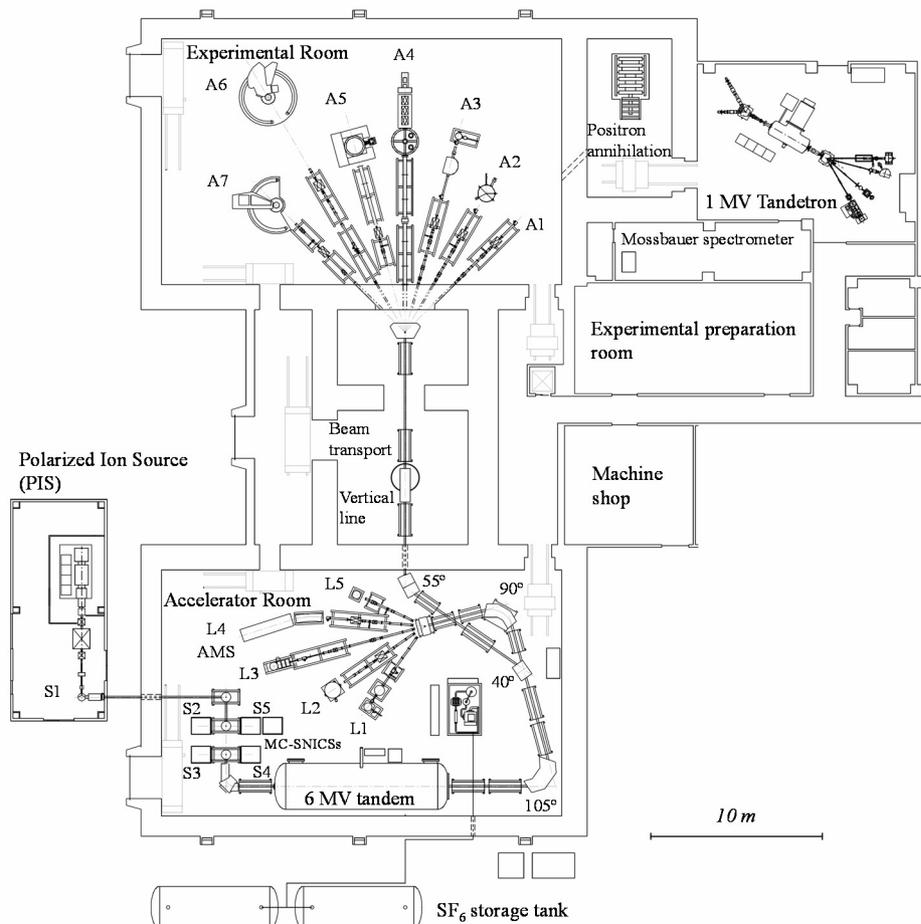


Figure 3: The latest layout of the 6 MV tandem accelerator system at the University of Tsukuba.

6 MV タンデム加速器は、2014 年 3 月から 9 月に掛けて建設作業が実施された。筑波大学における電圧試験では、6.3 MV までの昇圧に成功している。Table 2 に 6 MV タンデム加速器の基本仕様を示す。また、各種イオンの加速エネルギー範囲を Figure 4 に示す。加速器用冷却水循環装置は、2015 年 1 月に設置が完了し、米国製の SF<sub>6</sub> 貯蔵タンクは 2015 年 5 月に第二種圧力容器の個別検定を受検した。現在は加速器周辺装置の最終整備として遮へい体の設置とモニタリングポスト及び放射線量中央監視盤の更新を進めている。また、ビームラインと偏極イオン源等の最終据付及び調整作業を実施中である。Figure 5 に改修した制御室の写真を示す。加速器及び各種実験装置の操作は、すべて制御室からコンピュータ制御により実施する。また、Figure 6 に 6 MV タンデム加速器を設置した加速器室の全景を示す。

Table 2: Specifications of the 6 MV Tandem Accelerator

- Model: 6 MV Pelletron Tandem  
(18SDH-2, National Electrostaics Corp., USA)
- Accelerator Tank Size: Length: 10.49 m  
Diameter: 2.74 m  
Beam Line Height: 1.78 m  
Weight : 17,420kg
- Terminal Voltage: 0.5 - 6.0 MV
- Voltage Ripple: ≤750 V P-P at 6.0 MV
- Maximum Beam Current: H : 3 μA  
Heavy ions: ~50 μA
- GVM and Slit Current Feedback System
- Terminal Stripper: Gas (Ar or N<sub>2</sub>)  
Foil Unit (80 Foil Holders)
- Insulation Gas: SF<sub>6</sub> (0.6 MPa)
- Beam Courses : 12 Lines and Vertical Transport Line.
- Ion Sources: Cs Sputtering Negative Ion Sources
  - NEC SNICS
  - NEC MC-SNICS
  - NEC CO<sub>2</sub> Gas Type MC-SNICS
 RF Ion Source (NEC Alphasross)  
Lamb-shift Polarized Negative Ion Source
- Mass Energy Product (ME/Z<sup>2</sup>): 15 amu MeV (LEBT)  
176 amu MeV (HEBT)

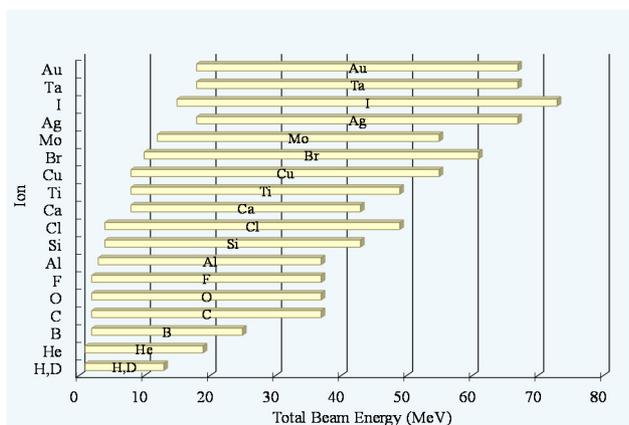


Figure 4: Energy range of the 6 MV tandem accelerator.



Figure 5: Photograph of the accelerator control room.



Figure 6: Photograph of the 6 MV tandem accelerator.

6 MV タンデム加速器の研究利用分野としては、原子核物理から、物質分析、材料照射、放射線耐性試験、加速器質量分析(AMS)での利用が想定されている。また、構造材料の先端計測拠点の形成を目指して、2014 年度に SIP「革新的構造材料」<sup>[4]</sup>に採択された。筑波大学の主要開発装置として、6 MV タンデム加速器に設置する軽元素分析用マイクロビーム装置の開発を進めている。産総研が開発を担当する超伝導検出器と組み合わせて、構造材料の軽元素分析研究を進展させる予定である。

## 5. まとめ

6 MV タンデム加速器は、2015 年度後半からの運用開始を予定している。原子核物理の基礎研究から高精度な多核種 AMS 測定、構造材料計測などの産業利用までの研究展開を考えている。なお、外部利用者の共同研究提案などは随時受け付けており、文科省補助事業「先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業」により対応する。

## Acknowledgements

6 MV タンデム加速器の導入では、伯東株式会社と米国 NEC に多大なご協力をいただいた。ここに記して感謝申し上げる。

## 参考文献

- [1] 笹 公和, 「加速器」, Vol.9(1), 2012, 14-21.
- [2] 文科省共用ナビ <http://kyoyonavi.mext.go.jp/>
- [3] Kimikazu SASA, AIP Conf. Proc.1533, 184-188, 2013.
- [4] SIP ホームページ <http://www.jst.go.jp/sip/>