

筑波大学 6 MV タンデム加速器システム導入計画の現状

CONSTRUCTION STATUS OF THE 6 MV TANDEM ACCELERATOR SYSTEM AT THE UNIVERSITY OF TSUKUBA

笹 公和^{#,A)}, 石井 聡^{A)}, 大島 弘行^{A)}, 木村 博美^{A)}, 高橋 努^{A)}, 田島 義一^{A)}, 大和 良広^{A)},
小松原 哲郎^{A)}, 関場 大一郎^{A)}, 喜多 英治^{A)}

Kimikazu Sasa^{#,A)}, Satoshi Ishii^{A)}, Hiroyuki Oshima^{A)}, Hiromi Kimura^{A)}, Tsutomu Takahashi^{A)}, Yoshikazu Tajima^{A)},
Yoshihiro Yamato^{A)}, Tetsuro Komatsubara^{A)}, Daiichiro Sekiba^{A)} and Eiji Kita^{A)}

^{A)} Tandem Accelerator Complex, University of Tsukuba (UTTAC)

Abstract

The 12UD Pelletron tandem accelerator with a history of over 35 years at the University of Tsukuba was destroyed by the Great East Japan Earthquake on 11 March 2011. At present, we are planning to install a new middle-sized tandem accelerator instead of the broken 12UD Pelletron tandem accelerator. The new accelerator system consists of the 6 MV Pelletron tandem accelerator, new 4 ion sources, an existing Lam-shift polarized ion source and 12 beam lines. High energy beam transport line will be connected from the accelerator room to the present experimental facilities at the experimental room. The 6 MV tandem accelerator system will mainly be applied for AMS, IBA, heavy ion irradiation and nuclear physics. The construction of the 6 MV tandem accelerator system is scheduled in the spring of 2014. Beam delivery will start in September 2014.

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、東日本大震災により 12UD ペレトロンタンデム加速器が損壊したが^[1]、震災復興により加速器システムの更新が認められた。現在、施設の大規模な改修工事と 6 MV タンデム加速器の設計開発及びその導入準備を進めている^[2]。また、筑波大学 UTTAC では、文部科学省「先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業」での「研究設備の刷新・高度化取組」に採択され、新たに装備される実験装置群の概要が確定した。6 MV タンデム加速器システムには、5 台のイオン源が設置される。ラムシフト型偏極イオン源については、施設 1 階横に建設される実験棟に移設予定である。その他、炭素 14 年代測定用の CO₂ ガス導入型マルチカソード AMS イオン源などが導入される。ビームラインは既存の 7 本の他に、加速器質量分析装置、イオンビーム分析装置、汎用真空槽、マイクロビーム装置及び宇宙利用素子照射装置の 5 本が新たに設置される。本報告では、6 MV タンデム加速器システム導入計画の現状と研究プロジェクトの概要について報告する。

2. 筑波大学 UTTAC の施設現状

2.1 施設利用状況

損壊した 12UD ペレトロンタンデム加速器は、2012 年に放射線発生装置としての登録を解除して正式にシャットダウンとなった。現在、施設内で稼働している加速器は 1 MV タンデトロン加速器のみとなっている。その他、放射性同位元素利用機器として ⁵⁷Fe メスbauer一分光装置、陽電子消滅実験装置

(PAS)、放射性同位元素標準線源の利用がある。加速器施設の年間利用は 1,656 時間であり、前年度比で 85%であった。文科省補助事業「先端研究施設共用促進事業」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、477 時間の施設利用実績があり、計 16 件の産業・学術共用実験が実施された。

2.2 施設実験装置の現状

震災により、筑波大学 UTTAC では使用可能な大型実験装置が 1 MV タンデトロン加速器のみとなった。その為、学内外から大型実験装置の施設内への移設を推進した。2012 年 10 月には、学外より高分解能イオン散乱分析装置(神戸製鋼所製 MB-M1000 型)を移設した。最高電圧 1 MV のコッククロフト型の高電圧発生装置であり、高分解能 RBS/ERDA 分析による原子層レベルの物質構造解析が可能である。Figure 1 に高分解能イオン散乱装置の写真を示す。また、²²Na 放射線源を用いた陽電子消滅実験装置 (PAS)を学内から移設した。物質中の原子空孔・微小空隙の解析に利用される見込みである。Figure 2 に陽電子消滅実験装置(PAS)の写真を示す。



Figure 1: Photograph of the high-resolution ion scattering system.

[#] ksasa@tac.tsukuba.ac.jp



Figure 2: Photograph of the Positron Annihilation Spectroscopy system (PAS).

2012 年度はその他に、 ^{57}Fe メスバウアー分光装置の更新が概算要求で認められた。6 T 超伝導マグネットが導入される予定であり、化合物・酸化物内の鉄原子の価数状態、物質の磁性状態及び薄膜、ナノ粒子の測定が実施される見込みである。

3. 6 MV タンデム加速器システムの導入準備状況

3.1 施設改修状況

2013 年度前半は、加速器室の被災個所の補修と壁及び床面の改修作業等を実施した。また、加速器室天井の照明を水銀灯から省エネ型の LED に変更し、停電時に自動点灯する蛍光灯も併せて設置した。現在、加速器及びビーム光学要素の基準点確認と墨出し作業まで終了しており、各ビーム光学要素の設置位置にマーカーを配置した。Figure 3 に 6 MV タンデム加速器を設置する加速器室の現況写真を示す。



Figure 3: Status of the accelerator room for the 6 MV tandem accelerator.

施設 9 階から 1 階に移設するラムシフト型偏極イオン源については、新たに設置する実験棟の建築申請で、水素ガス使用にあたり建築基準法に基づく住民説明会の開催が必要となり、その施工が遅延している。現在、偏極イオン源実験棟は、2013 年 11 月に着工して、今年度末の完成を見込んでいる。また、

2013 年度後半には、加速器制御室、加速器室空調設備、受電室の改修工事を予定している。

3.2 6 MV タンデム加速器システムの設計・配置案

Figure 4 に 6 MV タンデム加速器システムの設計・配置案を示す。横型の加速器本体は、施設 1 階の加速器室(14.6×23.6 m²)を改修して設置する。6 MV タンデム加速器システムは、4 台の負イオン源及びラムシフト型偏極イオン源とタンデム加速器本体、5 本のビームラインで構成される。また、測定室の既存実験装置の継続利用を図り、垂直照射室を経由して測定室の 7 本のビームラインに接続される。

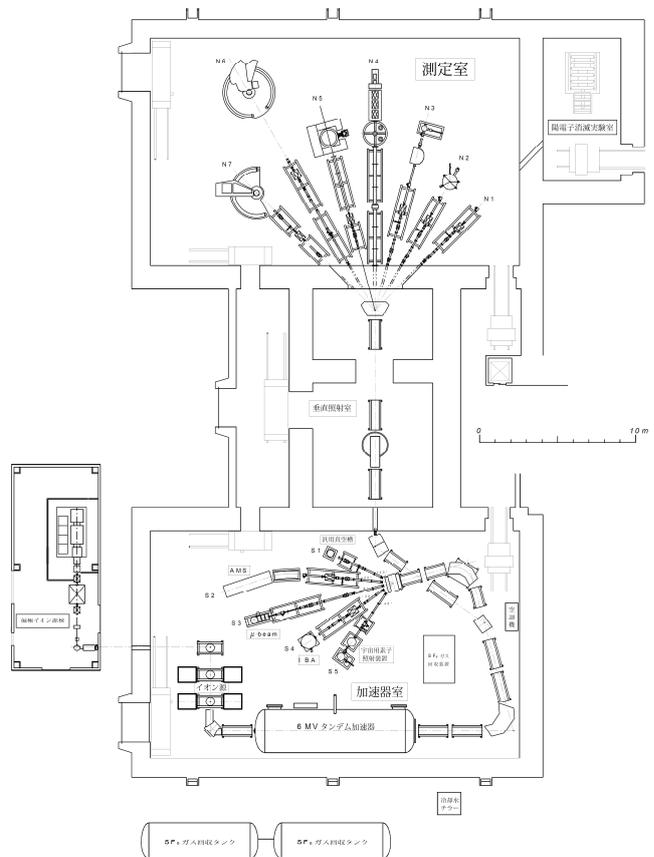


Figure 4: Layout of the 6 MV tandem accelerator system.

6 MV タンデム加速器の低エネルギー側の磁場強度は $ME/q^2 = 15$ であり、 90° 偏向電磁石は加速器質量分析に対応して逐次入射法が行える。 180° 回転が可能な 3 台の 90° 静電偏向器(曲率半径 200 mm, 電極間隙 35 mm)が設置される。負イオン源としては、40 試料を装填可能な加速器質量分析用 Cs スパッタイオン源(MC-SNICS)が 2 台、He 用 RF 負イオン源(Alphatross)、大電流負イオン用 Cs スパッタイオン源(SNICS II)の 4 台を設置予定である。また、施設 9 階において損壊したラムシフト型偏極イオン源は、修復して施設 1 階外側の実験ブース(12 × 5

m²)に移設し、6 MV タンデム加速器に接続される。2 台の MC-SNICS イオン源のうち 1 台は、極少量の試料からの炭素 14 年代測定研究に対応可能な CO₂ ガス導入型を予定している。Figure 5 に負イオン源の配置案を示す。

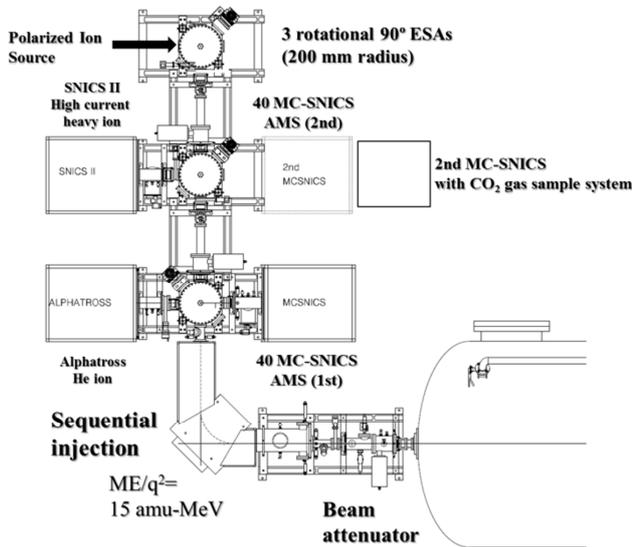


Figure 5: Layout of the low energy side at the 6 MV tandem accelerator.

3.3 6 MV タンデム加速器の開発状況

加速器本体については、全長 8.8 m、直径 2.7m の加速器タンクが米国 NEC 社で完成した。Figure 6 に加速器本体の概略図を示す。また、Figure 7 に米国 NEC 社で完成した加速器タンクの写真を示す。加速器性能に関する諸元は、Table 1 に記載した。

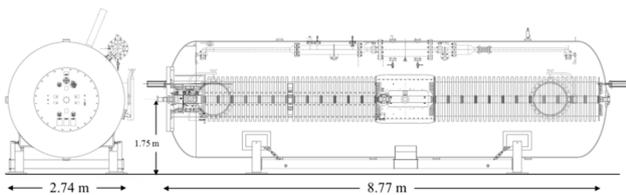


Figure 6: Layout of the 6 MV tandem accelerator (18SDH-2, National Electrostaics Corp., USA).



Figure 7: Photograph of the 6 MV tandem accelerator tank at the National Electrostaics Corp., USA.

Table 1: Specification of the 6 MV Tandem Accelerator

Accelerator tank size:	
Length:	8.77 m
Diameter:	2.74 m
Beam line height:	1.75 m
GVM and Slit current feedback system	
Terminal stripper:	
Gas (Ar or N ₂)	
Foil unit (48 foil holders)	
Maximum Terminal Voltage:	6.5 MV
Maximum beam current:	
H & D: 3 μA	
Heavy ions: ~50 μA (~Au)	

2013 年秋からは、米国において加速器システム組立作業とビーム加速試験が実施予定である。なお、加速器本体は、2014 年 2 月に筑波大学に搬入される。約半年間の据付及びビーム加速調整作業が行われ、2014 年 9 月からのビーム実験開始を予定している。

3.4 6 MV タンデム加速器システムの研究利用分野

Figure 4 で示した 6 MV タンデム加速器室に新規設置される 5 本のビームコースでは、以下の研究利用が想定されている。

- S1 コース 汎用真空槽
- S2 コース 加速器質量分析装置：年代測定、環境トレーサー研究、創薬開発等
- S3 コース マイクロビーム装置：マイクロ PIXE 実験、Proton Beam Writing
- S4 コース イオンビーム分析装置：RBS/ERDA/NRA 等による物質構造解析
- S5 コース 宇宙利用素子照射装置：人工衛星・福島原発事故等の対応機器の開発

4. まとめ

筑波大学 UTTAC では、現在、加速器・RI 実験装置の施設内への集約を進めている。6 MV タンデム加速器システムは、2014 年 2 月に設置作業が開始され、2014 年 9 月からの稼働開始を予定している。既存実験装置である偏極イオン源、大型汎用真空槽、原子核実験装置などを活用し、高精度な多核種 AMS 測定やイオンビーム分析が可能となる。また、筑波大学 UTTAC では、文科省「先端研究基盤共用・プラットホーム形成事業」に採択されており、学外研究機関及び産業界の加速器利用研究を積極的に推進している。平成 24 年度補正予算では、「先端研究基盤共用・プラットホーム形成事業」の高度化取組による計 9 件の研究設備の導入が承認された。高度化設備の導入を図り、施設共用体制の構築を進めている。

参考文献

- [1] 笹 公和, 日本加速器学会誌「加速器」, Vol.9(1), 2012, 14-21.
- [2] Kimikazu SASA, AIP Conf. Proc.1533, 2013, 184-188.