

筑波大学タンデム加速器施設の現状報告

STATUS REPORT OF THE TANDEM ACCELERATOR COMPLEX AT THE UNIVERSITY OF TSUKUBA

笹 公和^{#, A)}, 石井 聡^{A)}, 高橋 努^{A)}, 大和 良広^{A)}, 田島 義一^{A)}, 松村 万寿美^{A)}, 森口 哲朗^{A)}, 上殿 明良^{A)}
Kimikazu Sasa^{#, A)}, Satoshi Ishii^{A)}, Tsutomu Takahashi^{A)}, Yoshihiro Yamato^{A)}, Yoshikazu Tajima^{A)},
Masumi Matsumura^{A)}, Tetsuaki Moriguchi^{A)}, Akira Uedono^{A)}
^{A)} UTTAC, Univ. of Tsukuba

Abstract

The University of Tsukuba's Tandem Accelerator Complex (UTTAC) has maintained two electrostatics accelerators for ion beam applications and the radioisotope utilization equipment. The 6 MV Pelletron tandem accelerator is used for various ion-beam research projects, such as AMS, IBA, microbeam applications, high-energy ion irradiation and nuclear physics. The operating time and the experimental beam time of the 6 MV Pelletron tandem accelerator were 1633.6 and 1286.4 hours, respectively, during the total service time in fiscal year 2018. The operating time at the terminal voltage of 6 MV accounted for 60% of the all beam time. The research field of the AMS was the largest beam time at a rate of 69.4%. Status of the UTTAC is reported in this paper.

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、6 MV タンデム加速器及び 1 MV タンデトロン加速器からなる複合タンデム加速器施設の維持管理と運用および学内外との共同利用研究を推進している。2018 年度は学内課題 14 件、学外共用課題 3 件 (成果専有課題 1 件を含む) が採択されており、115 日間のマシンタイムを実施した。6 MV タンデム加速器の利用分野としては、加速器質量分析 (AMS) による極微量核種の測定とマイクロビームを用いたイオンビーム分析 (IBA) およびラムシフト型偏極イオン源 (PIS) からの偏極陽子ビームを用いた原子核実験などが中心となっている。また、2018 年度から宇宙用素子の放射線耐性試験について、本格的な運用を開始した。1 MV タンデトロン加速器については、2011 年の震災によってビーム軸がずれていたが、2019 年 3 月の加速器定期整備時にアライメントを実施した。

本報告では、筑波大学タンデム加速器施設の現状と 2018 年度の加速器整備及び研究利用の状況について報告する。

2. 施設現況

2.1 施設概要

筑波大学タンデム加速器施設 (UTTAC) の施設 1 階の概略図を Figure 1 に示す。2016 年 3 月より運用を開始した 6 MV タンデム加速器は、5 台の負イオン源と 11 本のビームラインを有している[1]。また、1997 年に電子技術総合研究所より移管された 1 MV タンデトロン加速器には、2 台の負イオン源と 4 本のビームラインが備わっている。その他、²²Na 線源を用いた陽電子消滅実験装置やメスバウア分析装置などの放射性同位元素利用機器についても、その維持管理と運用を実施している。

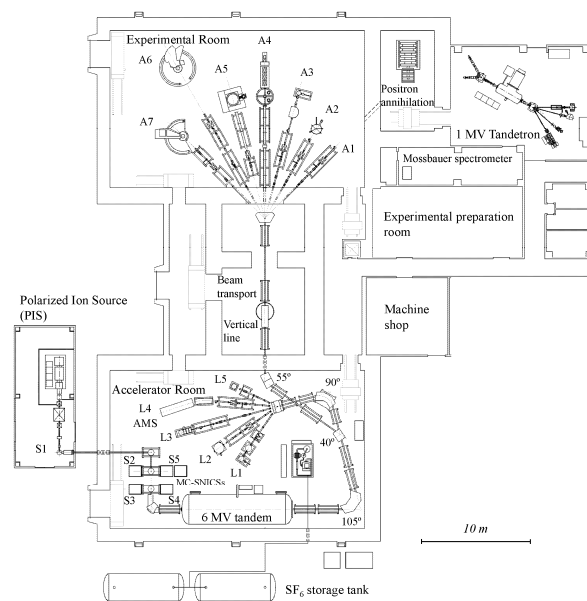


Figure 1: Schematic view of the UTTAC.

2.2 6 MV タンデム加速器の運転状況

2018 年度の加速器稼働時間 (チェーン稼働時間) は 1633.6 時間であり、ビーム加速器時間は 1286.4 時間であった。また、実験課題の実施数は 60 件、利用者数は 636 名であった。利用された加速電圧の割合は、6 MV 付近が 60.1%となり、一番多かった。Figure 2 に加速電圧別の利用時間を示す。

6 MV タンデム加速器では多種の加速イオンを実験に供給している。Figure 3 に 2018 年度における 6 MV タンデム加速器の加速イオン種の割合を示す。2018 年度は新たに Ti, Ni や Mo などの重金属元素のイオン加速を

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

実施した。これらのイオンは、主に宇宙半導体素子の放射線耐性試験に使用されている。また、Be, Cl, Iなどは、主に加速器質量分析法(AMS)による¹⁰Be, ³⁶Cl, ¹²⁹Iなどの長半減期核種の同位体分析に利用されている。

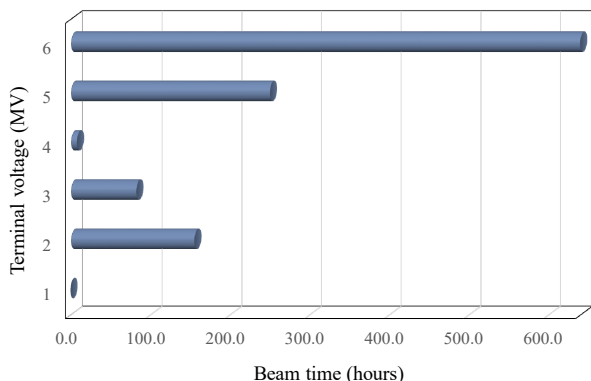


Figure 2: Beam time histogram as a function of the terminal voltage for the 6 MV Pelletron Tandem accelerator in FY 2018.

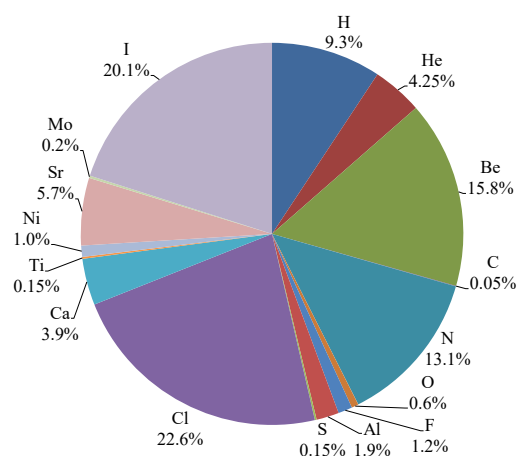


Figure 3: Percentage of accelerated ions for the 6 MV Pelletron Tandem accelerator in FY 2018.

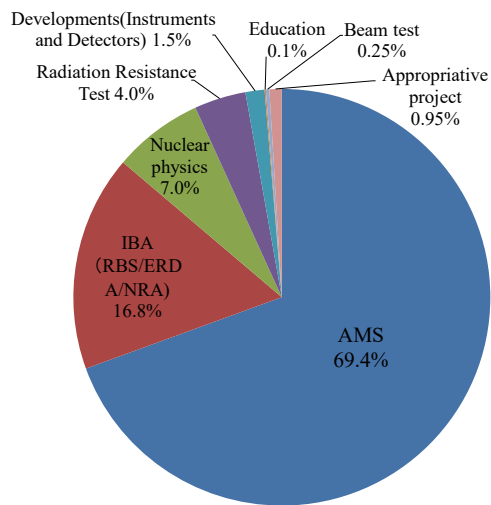


Figure 4: Percentage of research fields for the 6 MV Pelletron Tandem accelerator in FY 2017.

6 MV タンデム加速器では、加速イオン種とエネルギーおよび電荷分布のデータ取得を継続して実施している。加速電圧 6 MV で加速試験を実施したイオンについて、加速可能なエネルギー範囲の改訂をおこなった。Table 1 に加速電圧 6 MV で提供可能な加速イオンのエネルギー範囲を示す。

Table 1: Accelerated Ion Species and Their Energy Ranges at 6 MV

charge	energy (MeV)	ion species																			
		H	He	Li	B	C	N	O	F	Al	Si	S	Cl	Ti	Ni	Br	Mo	Ag	I	W	Au
14	90																				
13	84																				
12	78																				
11	72																				
10	66																				
9	60																				
8	54																				
7	48																				
6	42																				
5	36																				
4	30																				
3	24																				
2	18																				
1	12																				

○: 1 nA以上, △: 1 nA以下 (FO03-1), ◊, △: フォイルストリッパ使用時
*: Nイオンの場合は分子 (例えばBN) で入射するためエネルギーが異なる。6+イオンの場合は約38MeV, 2+イオンの場合は約15MeV
Ti, Mo, Wも同様で表よりも若干低いエネルギーになる。

Figure 4 に、研究分野別の利用割合を示す。AMS が 69.4% の利用割合となっており、¹⁰Be, ²⁶Al, ³⁶Cl, ⁴¹Ca, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I の 6 核種について、計 735 試料の測定がおこなわれた。その他、SIP プロジェクトに関して、He マイクロビームを用いた透過 ERDA 法や ¹⁵N ビームによる NRA 法により、金属材料中の水素分布計測がおこなわれた。

2018 年度は前年度から引き続き、He 負イオン用の RF 荷電変換イオン源の不調が続いており、整備を実施した。また、ターミナルに設置した荷電変換フォイルチェンジャー (80 枚の炭素薄膜を搭載可能) の交換機構に不具合が発生している。2019 年 3 月に加速タンクを開放して、荷電変換フォイルの交換機構を改良した。

2.3 1 MV タンデトロン加速器の運転状況

Figure 5 に 1 MV タンデトロン加速器の概略図を示す。2018 年度における 1 MV タンデトロン加速器の稼働時間とビーム利用時間は、それぞれ 429 時間および 180 時間となった。

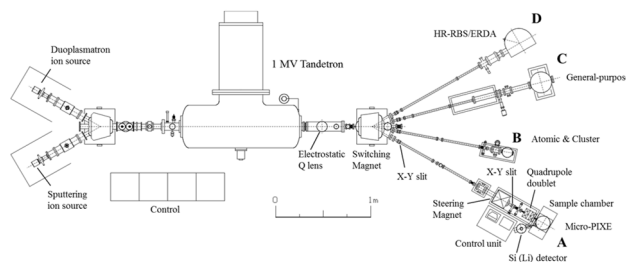


Figure 5: Schematic drawing of the 1 MV Tandetron.

Figure 6 に 2018 年度に 1MV タンデトロン加速器で加速したイオン種の割合を示す。また、研究分野別の利用割合を Figure 7 に示す。加速イオン種は、ERDA 実験に用いられる Cl が 51.0% と最も多い加速割合となった。その他に、H (23.9%)、He (21.2%)、Cu (1.7%) と C 原子クラスター (2.2%) の加速が実施された。研究課題としては、RBS/ERDA が 60.6% を占めており、次に検出器等の開発 (17.6%) の利用が多かった。また、加速器教育 (体験学習等) にも 15% 程度の利用があった。

1 MV タンデトロン加速器では、2011年3月の震災後にビーム軸合わせをしていない状況であった。そのため、加速管中心軸がビームライン軸の約1 cm 下にあり、ビーム透過率が悪化していた。2019年3月の加速器定期整備で加速器のアライメントを実施した結果、ほぼ震災前のビーム透過率に戻すことができた (Figure 8)。

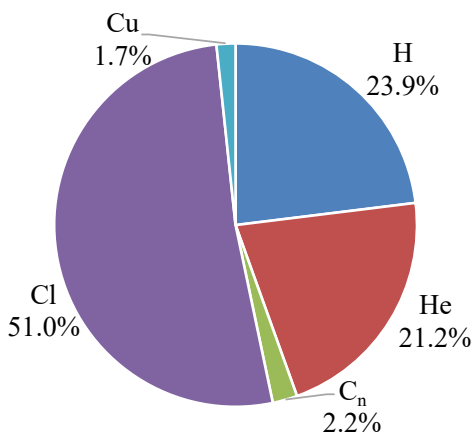


Figure 6: Percentage of accelerated ions for the 1 MV Tandetron accelerator in FY 2018.

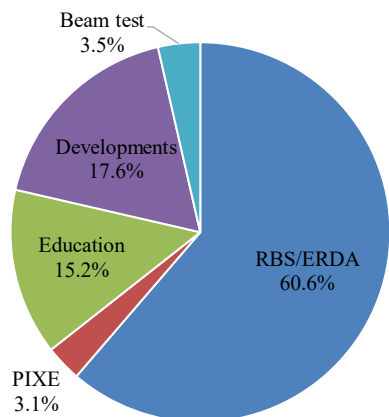


Figure 7: Percentage of research fields for the 1 MV Tandetron accelerator in FY 2018.

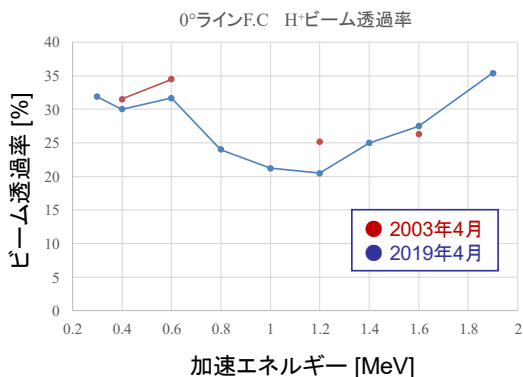


Figure 8: Beam transmission of the 1 MV Tandetron accelerator.

3. まとめ

筑波大学 6 MV タンデム加速器が 2016 年 3 月に稼働を開始してから 3 年が経過したが、順調にビーム供給を続けている。現在、加速可能なイオン種とエネルギー範囲及び電荷分布のデータ取得を進めている。6 MV タンデム加速器の利用分野としては、マイクロビーム分析装置による材料組成分析や宇宙用素子照射装置を用いた半導体素子の放射線耐性試験、AMS 装置による極微量核種の同位体分析などが中心となっている。イオンビーム学際利用研究や産学連携研究なども進展している状況である。なお、学外者の施設利用に関しては、外部利用制度により実施している[2]。

参考文献

- [1] 日本加速器学会誌「加速器」, Vol.13(3), 2016, 154–158.
- [2] 筑波大学研究基盤総合センター応用加速器部門;
<https://www.tac.tsukuba.ac.jp/tac/>