

## 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<sup>#</sup>, 石井 聡, 高橋 努, 大和 良広, 田島 義一, 松村 万寿美, 森口 哲朗, 上殿 明良  
Kimikazu Sasa<sup>#</sup>, Satoshi Ishii, Tsutomu Takahashi, Yoshihiro Yamato, Yoshikazu Tajima,  
Masumi Matsumura, Tetsuaki Moriguchi, Akira Uedono  
<sup>A)</sup> 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 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 tandem accelerator were 1349.7 and 1036.6 hours, respectively, during the total service time in fiscal 2019. The total number of operation days was 112 in fiscal 2019. A total of 53 research programs was carried out and a total of 277 researchers used the 6 MV tandem accelerator. The operating time at terminal voltages of 5 and 6 MV accounted for 92% of all the beam time. The terminal voltage at 5 MV was mainly used for <sup>129</sup>I AMS. On the other hand, the terminal voltage at 6 MV was applied for <sup>36</sup>Cl AMS, nuclear physics and the radiation resistant test of semiconductors. This accelerator was used most often for AMS which occupied 76% of the beam time. In 2019, Typhoon No.19 caused a lot of detriment at the accelerator facility on October. The cooling water chiller for the 1 MV Tandatron and the peripheral equipment were damaged by flooding. In addition, radiation posts were not capable of being used for monitoring. They will be restored with the reconstruction budget in 2020.

#### 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。2019 年度は学内課題 11 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、112 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)、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および宇宙用素子の放射線耐性試験が中心となっている。

本報告では、筑波大学タンデム加速器施設の現状と 2019 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 Fig. 1 に示す。6 MV タンデム加速器は、5 台の負イオン源と 12 本のビームラインを有している[1]。また、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、<sup>22</sup>Na 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担当している。

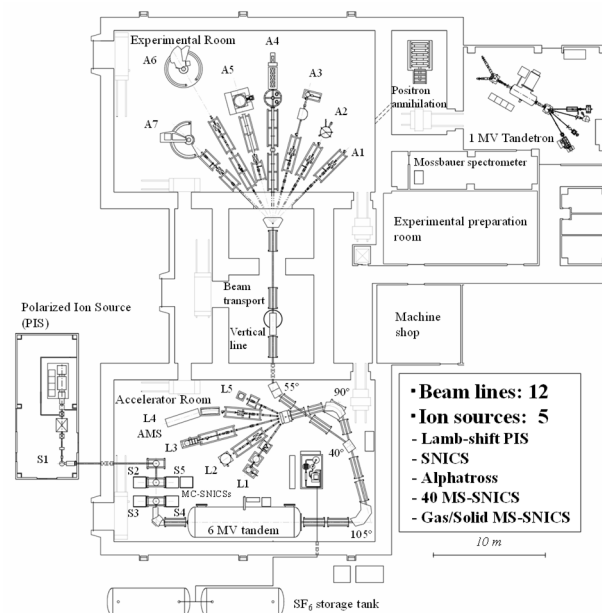


Figure 1: Schematic view of the UTTAC.

##### 2.2 6 MV タンデム加速器の運転状況

2019 年度の加速器稼働時間 (チェーン稼働時間) は 1349.7 時間であり、ビーム加速器時間は 1036.6 時間であった。また、実験利用日数は 112 日であり、実験課題の実施数は 53 件、利用者数は延べ 277 名であった。利用された加速電圧の割合は、5 MV と 6 MV が 92% となった。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

<sup>#</sup> ksasa@tac.tsukuba.ac.jp

供給している。Figure 3 に 2019 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。

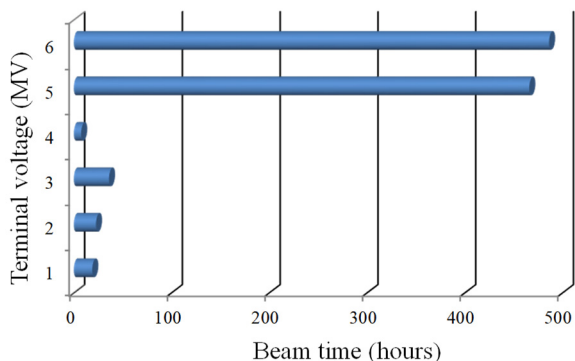


Figure 2: Beam time histogram as a function of the terminal voltage for the 6 MV Tandem accelerator in FY 2019.

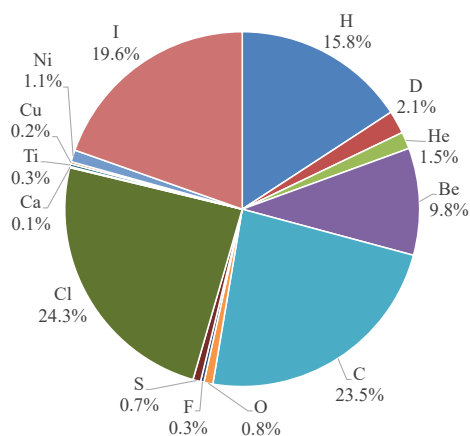


Figure 3: Percentage of accelerated ions for the 6 MV Tandem accelerator in FY 2019.

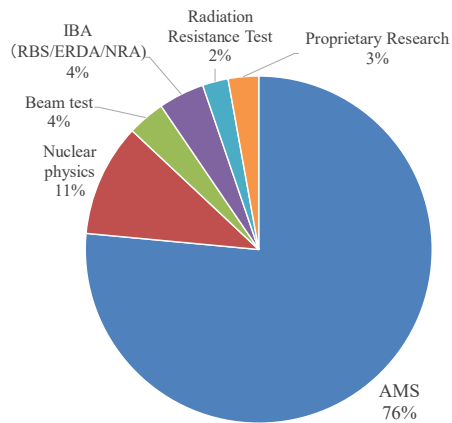


Figure 4: Percentage of research fields for the 6 MV Tandem accelerator in FY 2019.

Figure 4 に、研究分野別の利用割合を示す。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) が 76% となっており、その他にラムシフト型偏極負イオン源 (PIS) からの偏極陽子・重陽子ビームを用いた原子核実験が 11%、マイクロビームを用いたイオンビーム分析 (IBA) が 4%、宇宙用素子の放射線耐性試験が 2% となっている。Be, Cl, I などのイオン種は、主に AMS による  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{129}\text{I}$  などの長半減期放射性核種の同位体分析に利用されている。ターミナル電圧 5 MV は、主に  $^{129}\text{I}$  の測定に利用されており、 $^{10}\text{Be}$ ,  $^{36}\text{Cl}$  などはターミナル電圧 6 MV での利用となっている。その他、ターミナル電圧 6 MV では、宇宙用素子の放射線耐性試験や原子核実験での利用が多くなっている。

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。Table 1 に、2019 年度までにデータ取得した加速電圧 6 MV で提供可能な加速イオンのエネルギー範囲を示す。2019 年度は Ti, Cu, Ni などの重金属元素のイオン加速試験を実施した。これらのイオンは、主に宇宙用素子の放射線耐性試験に使用される。

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

Charge	Energy (MeV)	H	He	Li	B	C	N	O	F	Al	Si	S	Cl	Ca	Ti	Ni	Cu	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 (加速器出射側 FC03-1)  
○, △: C フォイルストリッパ使用時  
\*: 分子イオン入射のため、エネルギーが表とは異なる。

### 2.3 1 MV タンデトロン加速器の運転状況

2019 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 335.7 時間および 139.5 時間となった。加速器の稼働日数は 49 日であり、研究課題 28 件、延べ 147 名の利用者があつた。

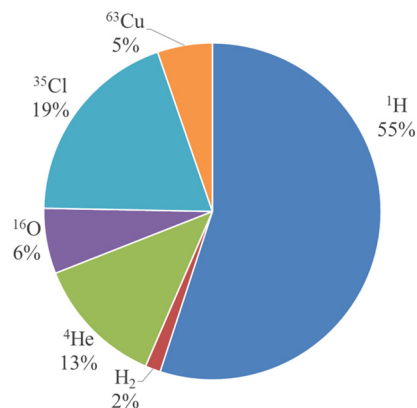


Figure 5: Percentage of accelerated ions for the 1 MV Tandetron accelerator in FY 2019.

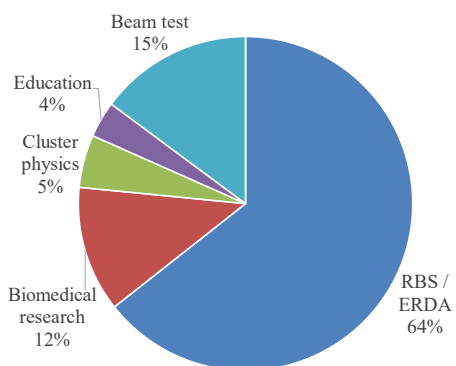


Figure 6: Percentage of research fields for the 1 MV Tandatron accelerator in FY 2019.

2019 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 Fig. 5 に示す。また、研究分野別の利用割合を Fig. 6 に示す。イオンビーム分析における RBS/ERDA の利用が最も多くなっている。また 2019 年度から、生物学の利用分野において、陽子ビーム照射による共鳴核反応を用いた研究が開始されている。その他、高速クラスタービームの研究で、H<sub>2</sub> ビームの加速試験を実施した。

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 月の定期整備時に加速器のアライメントを実施した。2003 年と 2019 年 3 月のアライメント後に実施した加速器のビーム透過率に関して、測定結果を Fig. 7 に示す。なお、2019 年の年会報告集に掲載したビーム透過率の測定結果 [2] では、ファラデーカップに不備があったために正しい電流値を計測できていなかった。Figure 7 のビーム透過率は、再測定した結果である。アライメントの結果として、高エネルギー領域でビーム透過率の改善ができた。

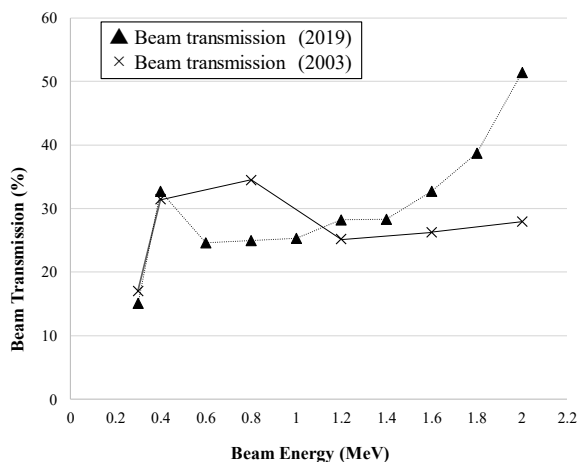


Figure 7: Comparison of beam transmissions from the front of the accelerator tank to the C course chamber for 2003 and 2019.

## 2.4 施設の整備および運用状況

筑波大学 6 MV タンデム加速器が 2016 年 3 月に稼

働を開始してから約 5 年が経過した。加速器の付属設備等に関して、経年によるメンテナンスの必要が生じている。2019 年度は、冷却水チラーの改修をおこなった。また 2020 年度からは、約 30 台あるターボ分子ポンプのオーバーホールを順次実施している。2020 年 3 月の定期整備では、荷電変換用ガスのバルブ補修と加速管のビーム入出射位置に遮断バルブを設置した。

2019 年 10 月には、台風 19 号によって中性子線モニタリングポスト(2 台)が被災し故障したが、2020 年 6 月に更新された。同じく台風 19 号によって故障した屋外の純水冷却装置は、2020 年 8 月に更新されて、10 月から運用を再開する予定である。また、2020 年度中に放射線管理システムを更新予定である。

新型コロナウイルスの感染拡大を受け、当施設でも大学や行政機関の要請に従う形での施設運用を行っている。その為、2020 年 4 月中旬から 5 月下旬まではマシンタイムを中止して、施設の稼働を停止させた。その後(緊急事態宣言が解除された後)、一部の緊急性の高い実験課題に限りマシンタイムを実施する等、段階的に施設の運用を再開させた。2020 年 9 月現在では、マスクの着用、手洗いや消毒等の基本的な感染症対策を講じた上で、マシンタイムを実施している。

## 3. まとめ

新型コロナウイルス感染予防対策を実施しながら、施設運用を再開しているが、外部利用者に関しては来訪しての加速器実験が難しい状況が続いている。なお、6 MV タンデム加速器は順調にビーム供給を続けており、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。2019 年度に UTTAC で実施された研究内容は、UTTAC ANNUAL REPORT 2019 としてまとめられ、UTTAC のホームページ[3]にて公開を予定している。

## 参考文献

- [1] 日本加速器学会誌「加速器」, Vol.13(3), 2016, 154–158.
- [2] K. Sasa *et al.*, Proc. of the 16<sup>th</sup> Annual Meeting of PASJ, p.1198-1200.
- [3] 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/>