

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, Tandem Accelerator Complex (UTTAC) is promoting the maintenance and operation of a combined tandem accelerator facility consisting of the 6 MV Pelletron tandem accelerator and the 1 MV Tandatron accelerator for cooperative researches both inside and outside the University. The operating time and the experimental beam time of the 6 MV Pelletron tandem accelerator were 1054.5 and 811.4 hours, respectively, during the total service time in fiscal 2020. The accelerator operations were suspended from April 16th to May 17th, 2020, in response to the state of emergency for the COVID-19 infection. The operating time of the 6MV Pelletron tandem accelerator decreased by about 22% compared to fiscal 2019. This accelerator was used most often for AMS which occupied 49.3% of the beam time. We renewed one monitoring post for neutrons in June, 2020 and the radiation controlled area management system in March, 2021. In addition, a chiller for cooling water was replaced by a new one in August, 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 タンデム加速器と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。2020年度は、新型コロナウイルス感染予防対策として、緊急事態宣言が発令された2020年4月16日-5月17日の期間を施設の運用休止措置(1か月間)として、加速器稼働停止と施設利用の自粛を実施した。その後、外部利用者には健康確認書の提出を求めているが、通常の運用体制となっている。しかし、2020年度は外部利用者に関して、加速器実験の利用中止が計3件あった。

2020年度は、学内課題21件、学外の施設共用課題6件、成果専有課題5件が採択されている。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検出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)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2020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。

機器についても、維持管理と運用を担当している。

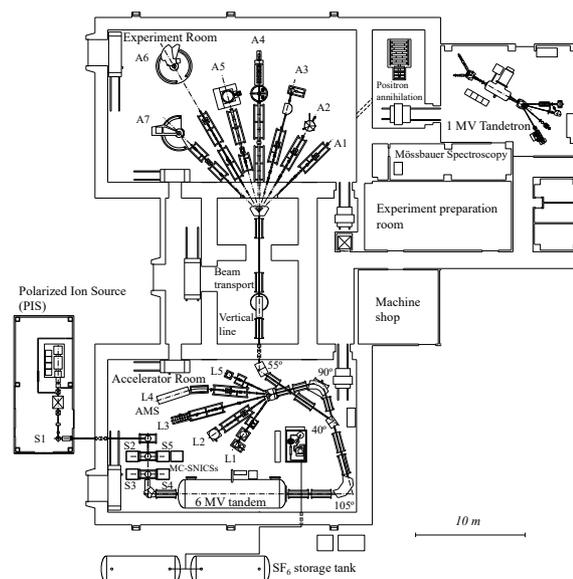


Figure 1: Schematic view of the UTTAC.

2. 施設現況

2.1 施設概要

筑波大学タンデム加速器施設の概略図を 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、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

2.2 6 MV タンデム加速器の運転状況

2020年度の加速器稼働時間(チェーン稼働時間)は1054.5時間であり、ビーム加速器時間は811.4時間であった。また、実験利用日数は100日であり、実験課題の実施件数は44件、利用者数は延べ295名であった。Figure 2に加速電圧別の利用時間を示す。加速電圧の割合は、主に¹²⁹Iの加速器質量分析に用いられる5MVが40.5%、イオン照射と原子核実験に用いられる6MVが43.7%となっている。

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

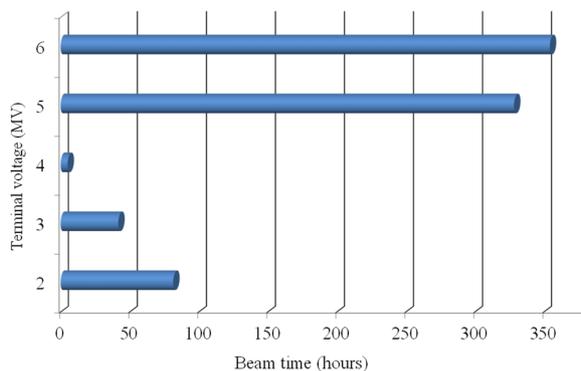


Figure 2: Beam time histogram as a function of the terminal voltage for the 6MV Pelletron tandem accelerator in fiscal 2020.

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[2]。Figure 3 には、2020 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。新たなビーム種の生成試験をおこなっており、Cs スパッタ負イオン源を用いた Al_2O_3 (^{18}O reagent: 94%エンリッチ)からの ^{18}O -ビーム($\sim\mu\text{A}$)や Sc_2O_3 (reagent)からの ^{45}ScO -ビームの生成と加速を実施した。また、2020 年度からは、 TiD_2 からの重陽子 (D^-)ビームの加速を開始している。

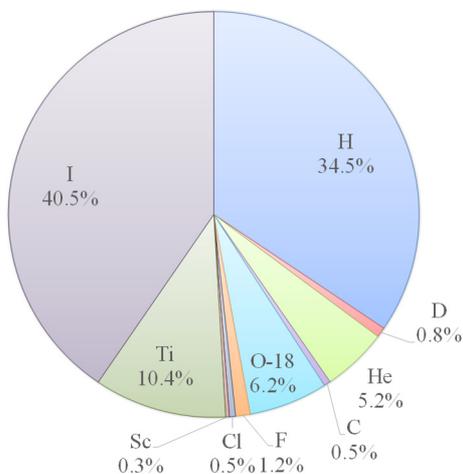


Figure 3: Accelerated ions for the 6 MV Pelletron tandem accelerator in fiscal 2020.

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。重金属元素のイオンは、主に宇宙素子の放射線耐性試験に使用される。また、加速電圧 6 MV での ^{45}ScO -ビーム入射における荷電分布を Fig. 4 に示す。 ^{45}Sc の最大加速エネルギーは、炭素フォイルを使用した場合に、 $^{45}\text{Sc}^{12+}$ で 76.4 MeV である。

Figure 5 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 49.3%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 15.2%、マイクロビームを用いたイオンビーム分析 (IBA)が 15.2%、宇宙素子の放射線耐性試験が 3.9%となっている。2020 年度の AMS 測定では、 ^{36}Cl (29 試料)と ^{129}I (377 試料)の合計 406 試料の測定が実施された。

Table 1: Accelerated Ion Species and Their Energy Ranges at the Terminal Voltage of 6 MV

charge	energy (MeV)																		
		H	He	Li	B	C	O	F	Al	Si	S	Cl	Ni	Cu	Br	Ag	I	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 未満 (加速器の分析電磁石の下流 F.C.)
○, △: C フォイルストリッパー使用時

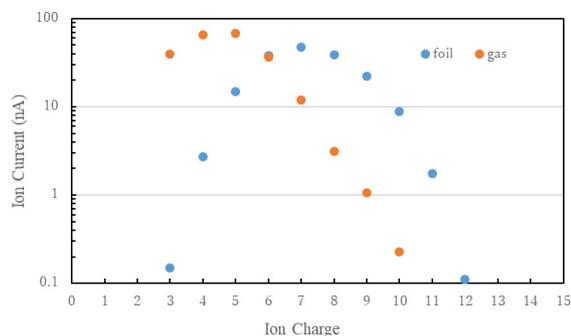


Figure 4: Charge state distribution of ^{45}Sc ions for $^{45}\text{ScO}^-$ injection at the terminal voltage of 6 MV.

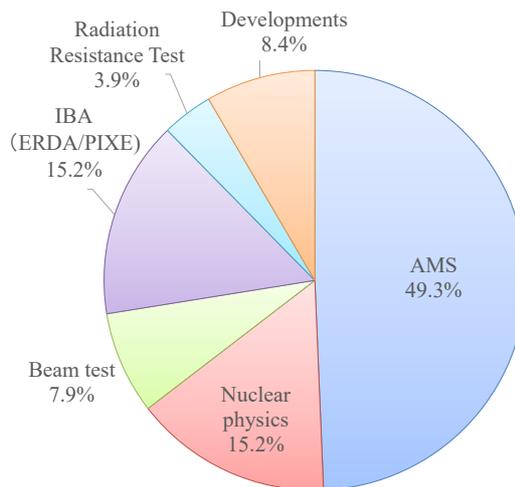


Figure 5: Purpose of use of the 6 MV Pelletron tandem accelerator in fiscal 2020.

2.3 1 MV タンデトロン加速器の運転状況

2020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 491.5 時間および 191.9 時間となった。加速器の稼働日数は 51 日であり、実験課題の実施件数は 26 件、延べ 117 名の利用者があった。

2020 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. 6 に示す。また、研究分野別の利用割合を Fig. 7 に示す。生物学の利用分野において、陽子ビーム照射による $^{15}\text{N}(\text{H}, \alpha \gamma)^{12}\text{C}$ 共鳴核反応を利用した新規放射線育種法の開発に関して、利用割合が多くなっている。

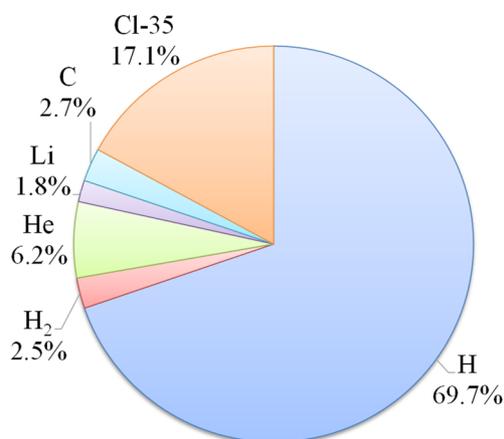


Figure 6: Accelerated ions for the 1MV Tandatron accelerator in fiscal 2020.

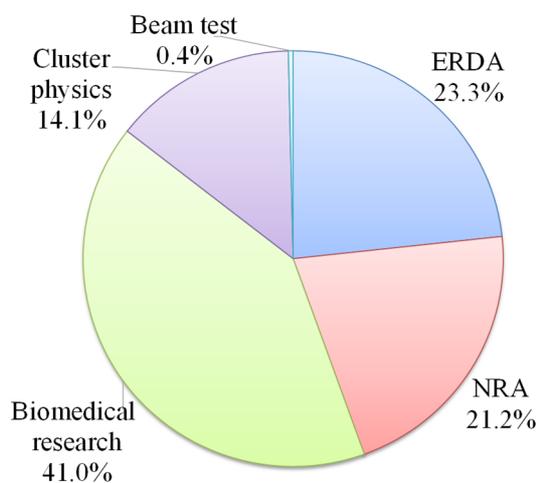


Figure 7: Purpose of use of the 1MV Tandatron accelerator in fiscal 2020.

2.4 施設整備および運用状況

筑波大学 6 MV タンデム加速器は、2016 年 3 月に稼働を開始してから 5 年以上が経過しており、付属設備等

に関してメンテナンスの必要が生じている。2020 年度は、6 月に中性子エリアモニターの更新を実施した他に、8 月には冷却水チラーの更新をおこなった。また、2021 年 3 月には、放射線管理区域の入退出システムを更新した。その他、加速器制御システムと高圧デッキに搭載されたイオン源との間の通信不良により、イオン源の稼働停止が多発している。また、RF 負イオン源からの He ビーム電流値の低下についても問題となっており、対策を検討している。

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。現在は、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、マシントイムを実施している。また、加速器の遠隔確認用に加速器制御画面 web モニターシステム(Fig. 8)の開発をおこなった。web モニターシステムは、以下のような特徴を有している。

加速器制御画面 Web モニターシステムの特徴:

1. 各端末のスクリーンショットは mon サーバに cron で自動送信可能。
2. 各端末の画像データは mon サーバの RAMDISK に保存。
3. Firefox などの web ブラウザでの監視用として、画像変化があったら描画する JavaScript で記述。



Figure 8: Web monitor system of the accelerator control screen for remote confirmation.

3. まとめ

筑波大学タンデム加速器施設では、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。2020 年度は、新型コロナウイルス感染予防対策の影響により、前年度と比較して約 78%の加速器運用時間となった。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。また、今後は重陽子ビームの使用を開始予定である。施設利用では、AMS が 6MV タンデム加速器の半分の利用割合となっており、放射性ハロゲン ^{36}Cl と ^{129}I の測定がおこなわれた。また、2020 年度は中性子モニタリングポスト、冷却水チラー、放射線管理区域入退システムの更新をおこなった。

2020 年度に UTTAC で実施された研究内容は、UTTAC ANNUAL REPORT 2020 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。

謝辞

6MV タンデム加速器の加速イオン種のデータは、施設共用グループが実施した実験結果の一部である。

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 17th Annual Meeting of PASJ, p.965-967.
- [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/>