

都市大タンデムの現状(2019 年度) STATUS OF THE TCU-TANDEM (FY 2019)

羽倉尚人^{#, A), B)}

Naoto Hagura^{#, A), B)}

^{A)} Department of Nuclear Safety Engineering, Tokyo City University

^{B)} Atomic Energy Research Laboratory, Tokyo City University

Abstract

The 1.7 MV Pelletron Tandem Accelerator (TCU-Tandem) of the Atomic Energy Research Laboratory Tokyo City University (TCU) has started operation in May 2018. Our laboratory has a research reactor under decommissioning. We would like to confirm the usefulness of ion beams from this tandem accelerator as one of reasonable ways for disposal of the structural materials on decommissioning process. In addition, application to various fields such as elemental analysis of the pigments used in Japanese painting is being implemented. We held the conference of tandem accelerator users in July 2018. The PIXE Symposium will be held in November 2019. We will continue to contribute to the development of human resources for accelerators using the compact electrostatic accelerator.

1. はじめに

東京都市大学(旧名称:武蔵工業大学)には 1960 年に開設した原子力研究所(川崎市)がある。当研究所では研究用原子炉「武蔵工大炉」(熱出力 100 kW、TRIGA II 型)を 1963 年から 1989 年まで運転し、ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)や中性子放射化分析、中性子ラジオグラフィ、その他炉物理関係の実験研究などを実施し、数多くの研究成果を上げてきた。2003 年には廃止措置への移行を決定し、燃料の搬出、屋外の廃液処理設備の解体撤去など廃止措置計画を着実に進めてきた。原子炉施設としては廃止段階に入ったが、放射性同位元素等の使用施設としては継続して運用しており学内外の学生および一般の方々への原子力・放射線に関する情報提供を行っている。2008 年には工学部に原子力安全工学科と称した原子力・放射線分野を教育する学科を新たに設置し、また、2010 年には早稲田大学と共同原子力専攻を設置し、学部から大学院まで一貫した教育を提供できる環境を整えている。

教育環境の一層の充実のために、2013 年には当研究所に新たな教育・研究用の設備を導入する計画が検討され、最終的に 1.7 MV ペレトロン・タンデム加速器[1, 2]を導入し、放射線発生、遮蔽、ビーム応用の研究をスタートさせることとなった。群馬県の株式会社パレオ・ラボ殿より本静電型加速器を譲っていただくこととなり、2014 年より 3 年をかけてイオン源、加速管、分析チャンバ等を整備していく計画を進めていくこととした。加速器システムを構築する段階を含めて人材育成の一環と位置付け学生、院生とともに加速器の整備を進めてきた[3]。2017 年 3 月にはビームを通すことができるめどが立ったことから、規制当局への変更許可申請手続きを開始し、2018 年 2 月に変更許可の認可、同年 5 月には施設検査の合格を受け、ビーム応用研究をスタートさせるに至った。2018 年 8 月より PIXE (荷電粒子励起 X 線分光)法による微量元素分析実験をスタートさせ、2019 年 4 月

には学部 3 年生の実験実習科目(必修)において PIXE 実験を含めた加速器をテーマにした実験を開始した。今後、学内向けの教育・研究環境としての整備を進めるとともに、学外からの利用者を積極的に受け、様々なビーム応用研究が実施可能な状況にしていくことを目指している。

2. 施設の現況

2.1 施設の概要

本設備(以下、都市大タンデム)の外観および主な仕様について Fig. 1 および Table 1 に示す。都市大タンデムは武蔵工大炉原子炉室内の一角にある原子炉運転当時、BNCT を行う際に施療室として使用されていたプレハブ小屋に設置している。タンデム加速器室内の配置を Fig. 2 に示す。運転中も遮蔽は不要であるという評価結果から加速タンクおよび分析チャンバの周りに特別遮蔽を設けてはならず、運転中は加速器エリアへの立ち入りを制限するため柵による区画をし、扉にはリミットスイッチを設け、扉開の信号でビームを停止する構成としている。

イオン源には東工大・先導原子力研の小栗研究室との共同研究で開発している冷陰極 PIG 負イオン源を用いている。イオン種は現時点では水素イオンに限定している。ビームラインは、 -15° 方向に PIXE 用分析チャンバを配置しているラインのみの構成である。今後、振分電磁石を導入し複数ビームライン構成とする計画である。PIXE 用の検出器には AMPTEK 社製の X-123SDD を用いている。

2.2 ビーム応用研究の状況

廃止措置中の研究用原子炉施設の中に配置されているという特徴から本設備は廃止措置に関わる研究開発に役立てることを使用目的の一つとして掲げている[4]。具体的には、50 年以上前に作られた古いコンクリート中の微量元素分析を中心に、コンクリート中への放射性同位元素の浸透・拡散挙動の把握、放射化物量評価に影

[#] nhagura@tcu.ac.jp

響する微量元素の含有量の特定などを進めている。物量の多いコンクリートを合理的に処理するために、イオンビーム技術を適用することの有効性を検証したいと考えている。



Figure 1: TCU-Tandem.

Table 1: Specifications of TCU-Tandem

Model	MAS1700
Year of manufacture	1992
Manufacturer	National Electrostatics Corporation
Designed terminal voltage	1.7 MV
Number of chains	1
Stripper gas	N ₂
Ion source	Cold cathode PIG negative ion source
Species of acceleration ion	H ⁻
Beam current	0.1 – 1nA @ target chamber
Detector	SDD (X-123Fast, 25mm ² , 500μm, C1window)
Installation location & Characteristic of facility	<ul style="list-style-type: none"> • Located in reactor room under decommissioning • Permission to use scaled radioisotope and nuclear fuel material

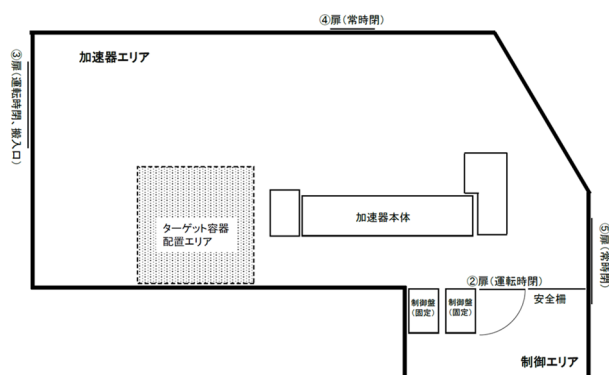


Figure 2: Layout in inside the TCU-Tandem room.

そのほかの分析例として、日本画に用いられる顔料である岩絵具を対象とした研究を行っている[5]。構成元素を明らかにすることでその顔料が作られた年代や産地の推定に役立つ情報を取得できないかを検討の対象とし

ている。この様に廃炉関係だけではなく様々なテーマに取り組むことで、環境系や機械系、その他の様々なユーザーの開拓につなげたいと考えている。これらの連携を成果に結びつけるためには都市大タンデムからいつでも安定的にビームを引き出せるという状況が必要不可欠であり、その達成のために、日常的な整備、点検、および定期的なメンテナンスを実施できる体制及び環境を整えていく必要があると考えている。

2.3 タンデム研究会[6]

国内のタンデム加速器を運用する機関の関係者及びユーザーからなる研究会である「タンデム加速器及びその周辺技術の研究会」を2018年7月に主催した。特別講演3件(Mark L. Sundquist and Michael V. Mores (National Electrostatics Corp) : A 53-year History of NEC: Past, Present, and FUTURE、榎本和義(KEK)ほか: 静電加速器施設の放射化に関する調査報告、早川泰弘((独)国立文化財機構 東京文化財研究所): 絵画・顔料の分析とその手法)、口頭発表22件、ポスター発表10件があり、114名の参加があった。11社からの協賛を頂いた。研究会の中で、施設見学会も開催し、武蔵工大炉の廃止措置の状況と都市大タンデムを視察していただいた。

3. まとめ

原子炉施設としては廃止措置段階にある当施設であるが、放射線施設としては引き続き教育・研究に活用している。特に、2018年5月より運用を開始した1.7MVペレットロン・タンデム加速器(都市大タンデム)を中心としたビーム応用研究を今後充実させることで人材育成および研究開発に貢献していきたいと考えている。

2019年11月には本学主催で第35回PIXEシンポジウムを開催予定である[7]。こうした会合を通じて都市大タンデムのアクティビティを周知するとともに、学内外のユーザーを開拓し、活用のすそ野を広げていきたいと考えている。

謝辞

本加速器の導入にあたり、本体を譲渡くださいました株式会社パレオ・ラボ殿のご厚意に感謝いたします。また、運転を開始できる段階まで整備するにあたっては、株式会社伯東の皆様方に多大なるご協力を賜りました。その他多くの皆様方のご協力のもとに運用を開始できておりますことを改めて感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 東京都市大学放射線計測研究室(羽倉)HP; <http://www.nuc.tcu.ac.jp/nhagura/index.html>
- [2] 大学加速器連携協議会、大学加速器カタログ; https://www2.kek.jp/accl/KEK_University/files/catalog.pdf
- [3] 羽倉尚人ほか、“東京都市大学原子力研究所における1.7MVペレットロン・タンデム加速器システムの構築作業及びそれを通じた人材育成”、日本原子力学会和文論文誌, Vol.17, No.3/4, pp.111-117 (2018).
- [4] N. Hagura, K. Kashimata, K. Mochiki, Y. Oguri, PIXE analysis of concrete composition in a research reactor facility under decommissioning, IJPIXE(印刷中).
- [5] N. Hagura, Y. Okada, “Trace element analysis of natural mineral pigments for Japanese paintings”, PIXE2019, 24-29

March 2019.

- [6] 第31回タンデム研究会 HP;
<http://www.nuc.tcu.ac.jp/nhagura/tandem/index.html>
- [7] 第35回PIXEシンポジウム HP;
<http://www.nuc.tcu.ac.jp/nhagura/PIXE2019/index.html>