

## 都市大タンデムの現状(2020年度)

### STATUS OF THE TCU-TANDEM (FY 2020)

羽倉尚人<sup>#, A), B)</sup>

Naoto Hagura<sup>#, A), B)</sup>

<sup>A)</sup> Department of Nuclear Safety Engineering, Tokyo City University

<sup>B)</sup> 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 was 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

東京都大学(旧名称:武蔵工業大学)の原子力研究所(川崎市、王禅寺キャンパス)は1960年に開設した。当研究所には、現在廃止措置中の研究用原子炉「武蔵工大炉」(熱出力100kW、TRIGA II型)がある。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年に廃止措置へ移行することを決定し、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・放射線に関する教育・研究の場として活動を継続している。2008年には工学部に原子力安全工学科(定員45名)が開設され、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。

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1.7MVペレットロン・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年間をかけてイオン源、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分析法による実験を含めた加速器をテーマにした実験を開始した(Fig. 1)。今後、学内向けの教育・研究環境としての整備を進めていくとともに、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)の配置および主な仕様についてFig. 2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。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おらず、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、 $-15^\circ$ 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

<sup>#</sup> nhagura@tcu.ac.jp

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。

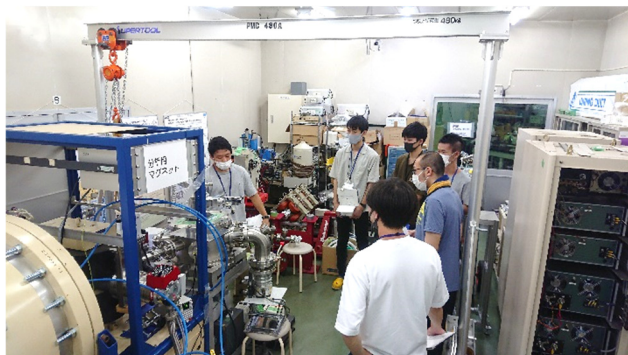


Figure 1: Student experimental program for undergraduate students.

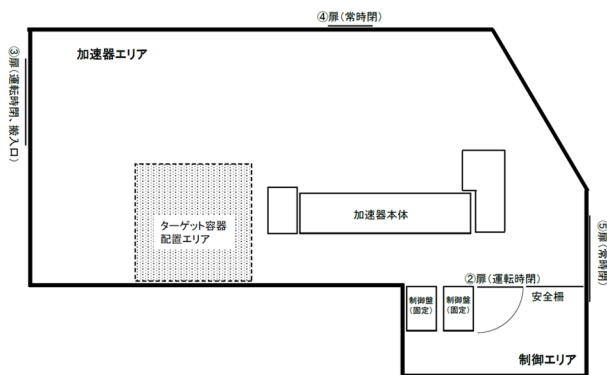


Figure 2: Layout in inside the TCU-Tandem room.

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 <sub>2</sub>
Ion source	Cold cathode PIG negative ion source
Species of acceleration ion	H <sup>+</sup>
Beam current	0.1 – 1nA @ target chamber
Detector	SDD (X-123Fast, 25mm <sup>2</sup> , 500μm, C1window)
Installation location & Characteristic of facility	・Located in reactor room under decommissioning ・Permission to use scaled radioisotope and nuclear fuel material

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 PIXE シンポジウム[6, 7]

2018年7月に開催したタンデム研究会[8]に続き、PIXE シンポジウムを2019年11月に主催した。国内のPIXE法を利用するユーザーおよび実験施設関係者からなる研究会であり今回で35回目となる。一般講演22件に加え、特別講演として「森林科学・緑化学への応用」と題して本学環境学部の吉崎真司先生にご講演いただいた。また、PIXE法のユーザーのすそ野を広げるという意味でチュートリアルセッションを企画し、PIXE 研究協会の会長である石井慶造先生(東北大学 CYRIC)に「PIXE 分析法の基礎と解析法」と題してご講演いただいた。73名の参加登録があり、3日間でのべ145名の参加があった。本会開催にあたり3社からの協賛を頂いた。

## 3. まとめ

2003年に原子炉施設としての廃止を決定した当施設であるが、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。

第31回タンデム研究会[8]や第35回PIXEシンポジウム[6]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。

## 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(第二版); [http://www2.kek.jp/accl/KEK\\_University/files/catalog2.pdf](http://www2.kek.jp/accl/KEK_University/files/catalog2.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 (in press).
- [5] N. Hagura, Y. Okada, “Trace element analysis of natural mineral pigments for Japanese paintings”, PIXE2019, 24-29 March 2019.
- [6] 第35回PIXEシンポジウムHP; <http://www.nuc.tcu.ac.jp/nhagura/PIXE2019/index.html>
- [7] N. Hagura, J. Particle Accelerator Society of Japan, Vol.17, No.1, pp.48-49 (2020).
- [8] 第31回タンデム研究会HP; <http://www.nuc.tcu.ac.jp/nhagura/tandem/index.html>