

# STATUS OF POST-QUAKE RECONSTRUCTION PROJECT AND SCHEDULED INTRODUCTION OF THE 6 MV TANDEM ACCELERATOR AT THE MULTI TANDEM ACCELERATOR FACILITY, THE UNIVERSITY OF TSUKUBA

Kimikazu Sasa<sup>#</sup>, Satoshi Ishii, Hiroyuki Oshima, Hiromi Kimura, Tsutomu Takahashi, Yoshikazu Tajima, Yoshihiro Yamato, Tetsuro Komatsubara, Daiichiro Sekiba and Eiji Kita  
Tandem Accelerator Complex, University of Tsukuba (UTTAC)  
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan

## Abstract

The 12UD Pelletron tandem accelerator with a history of over 35 years at the University of Tsukuba was destroyed by the Great East Japan Earthquake on 11 March 2011. We have mapped out a strategy for the post-quake reconstruction project. At present, we are planning to install a new middle-sized tandem accelerator at the 2nd experimental room instead of the broken 12UD Pelletron tandem accelerator. A new accelerator system will consist of a horizontal type 6 MV Pelletron tandem accelerator, new 4 ion sources and the polarized ion source which will be moved from the 9th floor to a new experimental booth on the ground, an accelerator mass spectrometry system and an ion beam analysis system. High energy beam transport line will be connected from the 2nd experimental room to the present experimental facilities at the 1st experimental room. The new AMS system will be capable of measuring environmental levels for long-lived radioisotopes of  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{26}\text{Al}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{41}\text{Ca}$  and  $^{129}\text{I}$ . The new IBA system will be equipped with a high-precision five-axis goniometer. The 6 MV tandem accelerator will mainly be applied for AMS, IBA, heavy ion irradiation and nuclear physics. The beam delivery will start on September 2014.

## 筑波大学マルチタンデム加速器施設の震災復興現状と 6 MV タンデム加速器導入計画

### 1. はじめに

筑波大学 UTTAC では、2011 年 3 月 11 日の東日本大震災により 12UD ペレトロンタンデム加速器が損壊したが<sup>[1]</sup>、復興予算によりタンデム加速器の更新が承認された。現在、2014 年の完成を目指して、6 MV タンデム加速器の設計・開発を進めている<sup>[2]</sup>。6 MV タンデム加速器はペレトロン型タンデムであり、コンピュータ制御による自動運転が可能となる。高安定加速電圧で陽子・重陽子では 3  $\mu\text{A}$ 、重イオンでは 50  $\mu\text{A}$  までの直流ビームが提供可能である。原子核実験での用途についてはエネルギー範囲が限られるが、低エネルギー天体核反応実験や偏極陽子・重陽子による核反応実験に利用される見込みである。また、国内最大の最新鋭 AMS システムとして、多核種 AMS 測定が可能となる。震災からの施設復興の現状と 6 MV タンデム加速器の導入計画について報告する。

### 2. 施設現状

#### 2.1 施設利用状況

2011 年度は、12UD ペレトロンタンデム加速器が震災により使用不能となり、1 MV タンデトロン加

速器及び放射性同位元素利用機器のみの運用となった。加速器施設の利用日数は 81 日であり、加速器運転時間は 826.5 時間であった。施設利用日数は前年度比で 65%であった。文科省補助事業「先端研究施設共用促進事業」での「マルチタンデム加速器施設の学術・産業共用促進事業」では、25 日間の加速器利用実績があり、計 11 件の産業・学術共用実験が実施された。

#### 2.2 施設改修状況

2011 年度は、震災により損壊した施設建物の改修工事を実施した。放射線遮への為に測定室屋上には厚さ 1.5 m の土壌が敷き詰められていたが、屋上コンクリートの亀裂による雨漏り等が発生した為に土壌を一時撤去して、屋上の補修工事を実施した。また、測定室内では天井及び壁の補修作業を行った。図 1 に第 2 測定室の補修工事の状況を示す。測定室天井の亀裂箇所には樹脂を注入して修復を行った(図 2)。その他、更新する加速器の導入の為に第 2 測定室のビームライン及び制御室、また測定室への配線等を撤去した。施設改修に併せて、第 1 測定室の壁を再塗装し、照明を水銀灯から LED に変更した。図 2 に 6 MV タンデム加速器を設置する為に全ビームラインが撤去された第 2 測定室の現状を示す。

2012 年度は、第 2 測定室の床及び壁の補修作業

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

等を継続して実施予定である。その他、配電施設の更新、測定室の空調機システムの更新、ラムシフト偏極イオン源実験ブースの設置工事を予定している。



図 1：第 2 測定室内の天井及び壁の補修状況



図 2：第 2 測定室の天井亀裂の補修状況



図 3：既存の全ビームラインが撤去された第 2 測定室の現況

### 3. 6 MV タンデム加速器の設計概要

#### 3.1 加速器システムの配置案

6 MV タンデム加速器は、施設 1 階の第 2 測定室 (14.6 × 23.6 m<sup>2</sup>) の既存ビームラインを撤去して設置される。図 4 に 6 MV タンデム加速器システムの配置案を示す。6 MV タンデム加速器システムは、4 台のイオン源及びラムシフト型偏極イオン源とタンデム加速器本体、5 本のビームラインで構成される。また、第 1 測定室は既存実験装置の継続利用を図り、第 2 測定室の 6 MV タンデム加速器からのビーム輸送ラインを接続する。

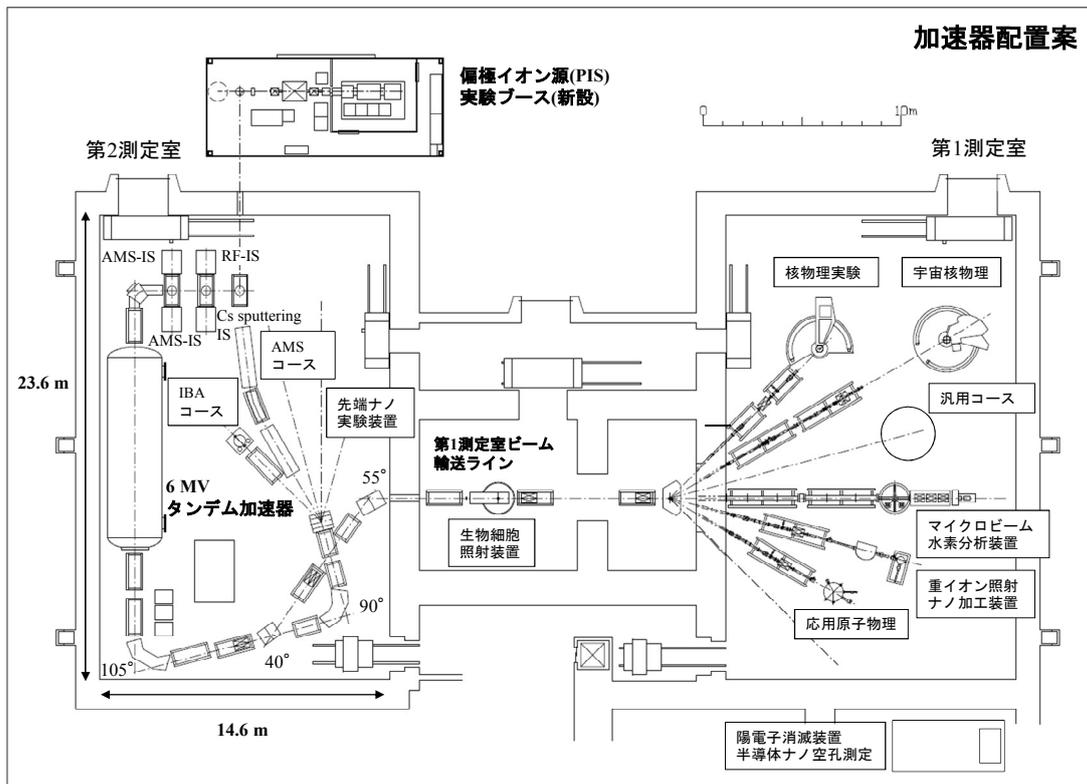


図 4：筑波大学 6 MV タンデム加速器システムの配置案 (2014 年完成予定)

高エネルギー側の磁場強度は、 $ME/q^2 = 176$  である。第 1 測定室側の既存実験装置への高エネルギービーム輸送ラインは、新設ビームラインと途中で交差して設置する。加速器下流には、高エネルギー重イオン用に第 2 荷電変換装置が設置される。

### 3.2 負イオン源

低エネルギー側の磁場強度は  $ME/q^2 = 15$  であり、 $90^\circ$  偏向電磁石は加速器質量分析に対応して逐次入射法が行える。3 台の  $90^\circ$  静電偏向器(曲率半径 200 mm, 電極間隙 35 mm)は  $180^\circ$  回転が可能であり、負イオン源を最大で 7 台搭載可能である。また、低エネルギービーム輸送側にビーム減衰装置を設置する。その他、ビームパルス化の為にチョッパー装置の設置も計画している。初期の負イオン源としては、40 試料を装填可能な加速器質量分析用 Cs スパッタイオン源(MC-SNICS)が 2 台、He 用 RF 負イオン源(Alphatross)、大電流負イオン用 Cs スパッタイオン源(SNICS II)の 4 台を設置予定である。また、施設 9 階において損壊したラムシフト型偏極イオン源は、修復して施設 1 階外側の実験ブース( $12 \times 5 \text{ m}^2$ )に移設し、6 MV タンデム加速器に接続される。

### 3.3 加速器本体

加速器本体は、National Electrostatics Corp. (USA) 製のペレトロン型 6 MV タンデム加速器(18SDH-2)とした。図 5 に加速器断面図を示す。加速タンク全長は 8.77 m、直径は 2.74 m である。ビームライン高は既存施設に合わせて、1.75 m とした。加速電圧制御方式は、GVM 方式とスリット電流帰還方式を備えている。ターミナルでの荷電変換方式は、ガス(Ar or  $\text{N}_2$ )及び荷電変換膜(48 foil holders)の使用が可能である。最大で陽子及び重陽子では  $3 \mu\text{A}$ 、重イオンでは  $50 \mu\text{A}$  までの直流ビームが得られる。

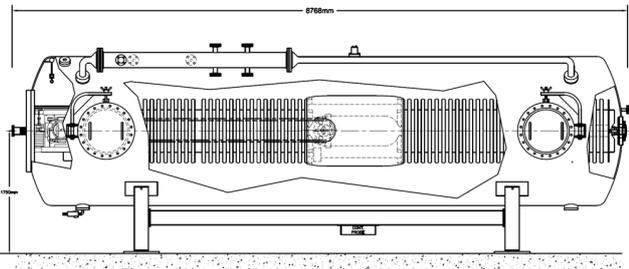


図 5 : National Electrostatics Corp. (USA)製のペレトロン型 6 MV タンデム加速器(18SDH-2)の断面図

## 4. 加速器利用の将来展望

6 MV タンデム加速器は 2014 年 2 月に筑波大学に導入され、2014 年 9 月からの運用開始を予定している。図 6 に 6 MV タンデム加速器による代表的なイオン種のエネルギー範囲予想を示す。

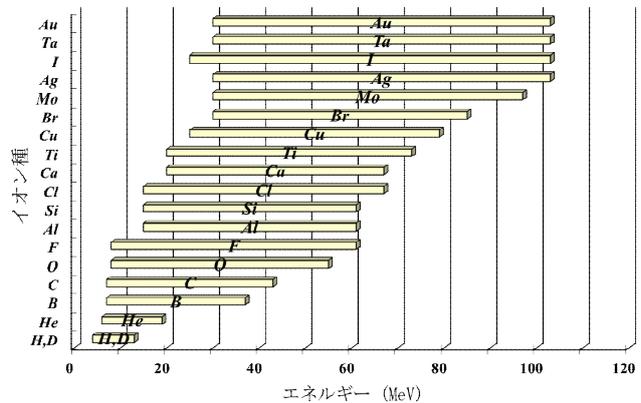


図 6 : 6 MV タンデム加速器で加速できる代表的なイオン種のエネルギー範囲予想

6 MV タンデム加速器の利用分野としては、原子核実験では低エネルギー天体核反応実験や偏極陽子・重陽子による核反応実験が見込まれている。イオンビーム分析では、国内最大の最新鋭 AMS システムとして、 $^{10}\text{Be}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{26}\text{Al}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{41}\text{Ca}$ ,  $^{129}\text{I}$  等の極微量放射性核種の高感度分析が可能となる。高精度炭素 14 年代測定が可能であり、考古学・文化財科学・創薬開発の研究分野で利用可能な研究装置となる。その他、地球環境分野での利用や  $^{129}\text{I}$  を用いた福島第 1 原発事故調査研究に利用される見込みである。

6 MV タンデム加速器は、イオンビーム分析研究による産学連携研究やナノテクノロジー分野での利用も見込まれている。特に筑波大学の施設共用大型装置として、つくばイノベーションアリーナ (TIA-nano) [3]での活用が期待されている。

## 5. まとめ

35 年を超える歴史を持つ筑波大学 12UD ペレトロンタンデム加速器は、2012 年 1 月に放射線発生装置の登録を解除して正式にシャットダウンとなった。震災復興プロジェクトとして、最新鋭 6 MV タンデム加速器システムが 2014 年に導入予定である。この加速器システムでは、既存実験装置であるラムシフト型偏極イオン源、大型汎用真空槽、原子核実験装置などを活用しながら、高精度な AMS 測定やイオンビーム分析が可能となる。

現在、筑波大学研究基盤総合センター応用加速器部門では、国内のイオンビーム関連施設との機関連携強化を図っている。最新鋭 6 MV タンデム加速器システムの施設共用での連携研究を進展させる予定である。

## 参考文献

- [1] *Science*, Vol. 333, 8 July 2011, 154.
- [2] 笹 公和, 日本加速器学会誌「加速器」, Vol.9 (1), 2012, 14-21.
- [3] つくばイノベーションアリーナ(TIA-nano) <http://tia-nano.jp/>