

第 34 回 タンデム加速器及びその周辺技術の研究会

講演要旨集

会期：2022 年 7 月 21 日(木)～22 日(金)

会場：オンライン開催

主催：タンデム加速器及びその周辺技術の研究会

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所

第 34 回タンデム加速器及びその周辺技術の研究会 プログラム

○開催日程

【1 日目】 7 月 21 日（木）

- 10 : 00～10 : 20 開会挨拶と事務連絡
- 10 : 20～11 : 40 セッション 1 施設報告 I
- 11 : 40～13 : 10 お昼休み、世話人会
- 13 : 10～14 : 10 セッション 2 施設報告 II
- 14 : 10～14 : 30 休憩
- 14 : 30～15 : 30 セッション 3 特別講演と施設報告 III
- 15 : 30～15 : 50 休憩
- 15 : 50～16 : 50 セッション 4 施設報告 IV
- 16 : 50～17 : 00 事務連絡（1 日目終了）

【2 日目】 7 月 22 日（金）

- 09 : 30～09 : 40 事務連絡
- 09 : 40～10 : 40 セッション 5 施設報告 V
- 10 : 40～11 : 00 休憩
- 11 : 00～12 : 00 セッション 6 施設報告 VI と実験
- 12 : 00～13 : 10 お昼休み
- 13 : 10～14 : 10 セッション 7 原子力機構 東海タンデム加速器での実験紹介
- 14 : 10～14 : 30 休憩
- 14 : 30～15 : 50 セッション 8 施設報告 VII
- 15 : 50～16 : 10 開会挨拶、事務連絡
- 16 : 10～16 : 30 休憩
- 16 : 30～（30 分程度） 動画による施設紹介（原子力機構 東海タンデム加速器）
- 17 : 00 頃 全日程終了

○講演時間

講演 15 分（接続・設定時間含む）、質疑 5 分の合計 20 分

特別講演 30 分（接続・設定時間含む）、質疑 10 分の合計 40 分

口頭発表 24 件、特別講演 1 件

【1 日 目】 2022 年 7 月 21 日 (木)

日本原子力機構研究開発機構 原子力科学研究所 所長 遠藤 章

セッション 1 施設報告 I (4 件) 座長: 松崎 浩之(東京大学 MALT)

○石崎暢洋、松田 誠、中村 暢彦、株本 裕史、沓掛 健一、
乙川 義憲、遊津 拓洋、松井 泰、中川 創平、阿部 信市
日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所 研究炉加速器技術
部 加速器管理課

○池田 時浩 1)、稲吉 琴子 2)、佐藤 広海 1)
1) 理化学研究所 仁科加速器科学研究センター
2) 東邦大学 理科学研究科

○羽鳥 聡、栗田 哲郎、山田 裕章、山口 文良、淀瀬 雅夫、
廣戸 慎、清水 雅也、渕上 隆太、小田部 圭佑、古川 靖士、
羽田 祐基、菊池 亮平
公益財団法人 若狭湾エネルギー研究センター

○狩俣 順也 1)、石井 邦和 2)
1) 奈良女子大学 研究協力課
2) 奈良女子大学 研究院自然科学系

お昼休み、世話人会(90分)

セッション 2 施設報告Ⅱ(3件) 座長: 及川 将一(QST 放医研)

○西野 翔、海野 和重、吉富 寛、深見 智代、辻 智也、谷村 嘉彦
日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所 放射線管理部
放射線計測技術課

○深見 智代、吉富 寛、西野 翔、海野 和重、谷村 嘉彦

13:50 ～ 14:10 2-3 東北大学ダイナミロン加速器の現状 …14
○三輪 美沙子、遠山 翔、松山 成男
東北大学大学院 工学研究科 量子エネルギー工学専攻

14:10 ～ 14:30 休憩(20 分)

セッション 3 特別講演と施設報告Ⅲ(2 件) 座長: 笹 公和(筑波大学)

14:30 ～ 15:10 3-1 可搬型 γ 線イメージング装置 GeGI5 による筑波大タンデムの加速 …15
器放射化イメージング –加速器の放射化イメージングへの挑戦–
【 特別講演 】 ○吉田 剛 1)、松村 宏 1)、松村 万寿美 2)、豊田 晃弘 1)、
中村 一 1)、榎本 和義 1)、三浦 太一 1)、笹 公和 2)、森口 哲朗 2)
1) 高エネルギー加速器研究機構 (KEK)
2) 筑波大タンデム (UTTAC)

15:10 ～ 15:30 3-2 パレオ・ラボ Compact-AMS の現状(2022 年) …16
伊藤 茂 1)、加藤 和浩 1)、佐藤 正教 1)、廣田 正史 1)、
山形 秀樹 2)、Z. Lomtadze 2)、中村 賢太郎 2)
1) (株)パレオ・ラボ AMS 年代測定施設
2) (株)パレオ・ラボ 東海支店

15:30 ～ 15:50 休憩(20 分)

セッション 4 施設報告Ⅳ(3 件) 座長: 羽倉 尚人(東京都市大学)

15:50 ～ 16:10 4-1 JAEA-AMS-TONO の現状(2021 年度) …17
○松原 章浩 1)、藤田 奈津子 2)、三宅 正恭 2)、石井 正博 2)、
渡邊 隆広 2)、國分(齋藤) 陽子 2)、西尾 智博 1)、小川 由美 2)、
神野 智史 2)、木村 健二 2)、島田 顕臣 2)、石丸 恒存 2)
1) 株式会社ペスコ
2) 日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター

16:10 ～ 16:30 4-2 神戸大タンデム加速器の現状 2022 …18
○谷池 晃、古山 雄一、尾崎 英梨子、片山 侑己、三村 治夫
神戸大学大学院 海事科学研究科 研究基盤センター加速器部門

16:30 ～ 16:50 4-3 国立環境研究所 NIES-TERRA の現状 2021 …19
○小林 利行、内田 昌男、荒巻 能史、万徳 佳菜子

16:50 ～ 17:00 事務連絡(1日目終了)

【2日目】2022年7月22日(金)

9:30 ～ 9:40 事務連絡

セッション5 施設報告V(3件) 座長: 土田 秀次(京都大学)

9:40 ～ 10:00 5-1 都市大タンデムの現状(2020 - 2021) …20

○羽倉尚人 1),2),3)、佐藤 勇 1),2),3)、松浦治明 1),2),3)、内山孝文 1)、河原林順 1),2),3)、林崎規託 1),4)

1) 東京都市大学 原子力研究所

2) 東京都市大学 原子力安全工学科

3) 東京都市大学 共同原子力専攻

4) 東京工業大学 科学技術創成研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所

10:00 ～ 10:20 5-2 QST 量医研静電加速器施設(PASTA&SPICE)の現状 2022 …21

○及川 将一 1)、石川 剛弘 1)、磯 浩之 2)、樋口 有一 2)、松田 拓也 2)

1) (国研)量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 量子医科学研究所

2) (株)巧

10:20 ～ 10:40 5-3 QST 量医研中性子発生用加速器システム(NASBEE)の故障と現 …22

状 2022

○石川 剛弘 1)、須田 充 1)、磯 浩之 2)、萩原 拓也 2)、

樋口 有一 2)、松田 拓也 2)、酢屋 徳啓 3)、及川 将一 1)

1) 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 量子医科学研究所

2) 株式会社 巧

3) SVE

10:40 ～ 11:00 休憩(20分)

セッション6 施設報告VIと実験(3件) 座長: 谷池 晃(神戸大学)

11:00	～	11:20	6-1	京都大学工学研究科加速器施設の現状(2021 年度) ○佐々木 善孝 1)、間嶋 拓也 1)、土田 秀次 1)、2)、内藤 正裕 1)、 今井 誠 1)、斉藤 学 1)、2)、高木 郁二 1)、2) 1) 京都大学 工学研究科 原子核工学専攻 2) 京都大学 工学研究科 附属量子理工学教育研究センター	…23
11:20	～	11:40	6-2	1 MeV 陽子ビームを用いた広ダイナミックレンジ光子検出器の性能 評価実験 ○水野 るり恵 1)、池田 時浩 2)、郷 慎太郎 2)、齋藤 岳志 1)、 櫻井 博儀 1)、2)、新倉 潤 1)、2)、松崎 禎市郎 2)、道正 新一郎 1) 1) 東京大学 理学系研究科 2) 理化学研究所 仁科センター	…24
11:40	～	12:00	6-3	小型四重極永久磁石を用いたガラスキャピラリー内のイオンビームの 通過特性の研究 ○稲吉 琴子 1)、2)、池田 時浩 2)、1)、金 衛国 1) 1) 東邦大学 2) 理研 仁科センター	…25
12:00	～	13:10		お昼休み(70 分)	
セッション 7 原子力機構 東海タンデム加速器での実験紹介(3 件) 座長: 松山 成男(東北大学)					
13:10	～	13:30	7-1	東海タンデム 40 年のあゆみ ○松田 誠 日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所 研究炉加速器技術 部 加速器管理課	
13:30	～	13:50	7-2	原子力機構タンデム加速器を利用した照射損傷・原子物理研究の紹 介 ○石川 法人 日本原子力機構研究開発機構 原子力基礎工学研究センター 燃料・材料工学ディビジョン 照射材料工学研究グループ	
13:50	～	14:10	7-3	原子力機構タンデム加速器を利用した核物理・核化学研究の紹介 ○西尾 勝久 日本原子力機構研究開発機構 先端基礎研究センター 極限重 元素核科学研究グループ	
14:10	～	14:30		休憩(20 分)	

セッション 8 施設報告Ⅶ(4 件) 座長: 松田 誠(原子力機構)

14:30	～	14:50	8-1	筑波大学タンデム加速器施設の現状 ○笹 公和 1)、2)、石井 聡 1)、高橋 努 1)、大和 良広 1)、 田島 義一 1)、松村 万寿美 1)、森口 哲朗 1)、2)、上殿 明良 1)、2) 1) 筑波大学 研究基盤総合センター 応用加速器部門 2) 筑波大学 数理物質系	…26
14:50	～	15:10	8-2	東京大学タンデム加速器研究施設 MALT の現状 ○徳山 裕憲、松崎 浩之、土屋 陽子、山形 武靖 東京大学 MALT	…27
15:10	～	15:30	8-3	東京大学総合研究博物館 Compact-AMS の現状(2021-2) ○尾寄 大真、大森 貴之、山崎 孔平、金澤 礼雄、上原 加津維、 内田 啓子、関根 紀子、米田 穰 東京大学 総合研究博物館 放射性炭素年代測定室	…28
15:30	～	15:50	8-4	山形大学高感度加速器質量分析センターの現状 2021-2022 ○武山 美麗、森谷 透、小野 利弘、佐藤 里美、設楽 理恵、 櫻井 敬久、門叶 冬樹 山形大学 高感度加速器質量分析センター	…29
15:50	～	16:10		閉会挨拶 日本原子力機構研究開発機構 研究炉加速器技術部 部長 和田 茂	
16:10	～	16:30		休憩(20 分)	
16:30	～	(約 30 分)		動画による施設紹介 (原子力機構 東海タンデム加速器)	
17:00	頃			全日程終了	

以上

原子力機構-東海タンデム加速器の現状

Present status of JAEA-Tokai tandem accelerator facility

石崎 暢洋^{1*} 松田 誠¹, 中村 暢彦¹, 株本 裕史¹, 沓掛 健一¹,
 乙川 義憲¹, 遊津 拓洋¹, 松井 泰¹, 中川 創平¹, 阿部 信市¹
 N. Ishizaki^{1*}, M. Matsuda¹, M. Nakamura¹, H. Kabumoto¹, K. Kutsukake¹,
 Y. Otokawa¹, T. Asozu¹, Y. Matsui¹, S. Nakagawa¹ and S. Abe¹

¹ 日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所 研究炉加速器技術部 加速器管理課
 Tandem Accelerator Section, Department of Research Reactor and Tandem Accelerator,
 Nuclear Science Research Institute, Japan Atomic Energy Agency

* Correspondence to: N. Ishizaki; E-mail: ishizaki.nobuhiro@jaea.go.jp

Abstract

当施設は 20UR 型ペレットタンデム加速器で核物理、核化学、材料照射などの研究に利用されている。図に 2021 年度の主な運転・整備状況を示す。加速器の運転日数は 141 日で、利用運転における最高加速電圧は 16.3MV であった。実験に使用されたイオン種は 16 元素(分子を含め 23 種)であり、その内、高電圧端子内イオン源(ターミナル ECR イオン源)からのビームが 38%を占めた。

定期整備は夏季に1回実施し、SF₆高圧ガス製造施設の定期検査のほか、タンク内のターミナル部のイオンポンプの素子交換、ECRイオン源の分解整備、ターミナル発電機の分解整備などを行った。また、絶縁性能が劣化した低エネルギー側加速管3.5MVユニット分(7本)を交換し、加速電圧の回復を図った。運転期間中の故障修理としては、加速器入射部でビームが周期的に変動する現象が発生した。これは質量分析電磁石の磁場測定器(NMR)の回路の劣化が原因であった。また、液化窒素貯槽の脚部が腐食によって傾き始めていることが判明したため、貯槽の撤去を行った。

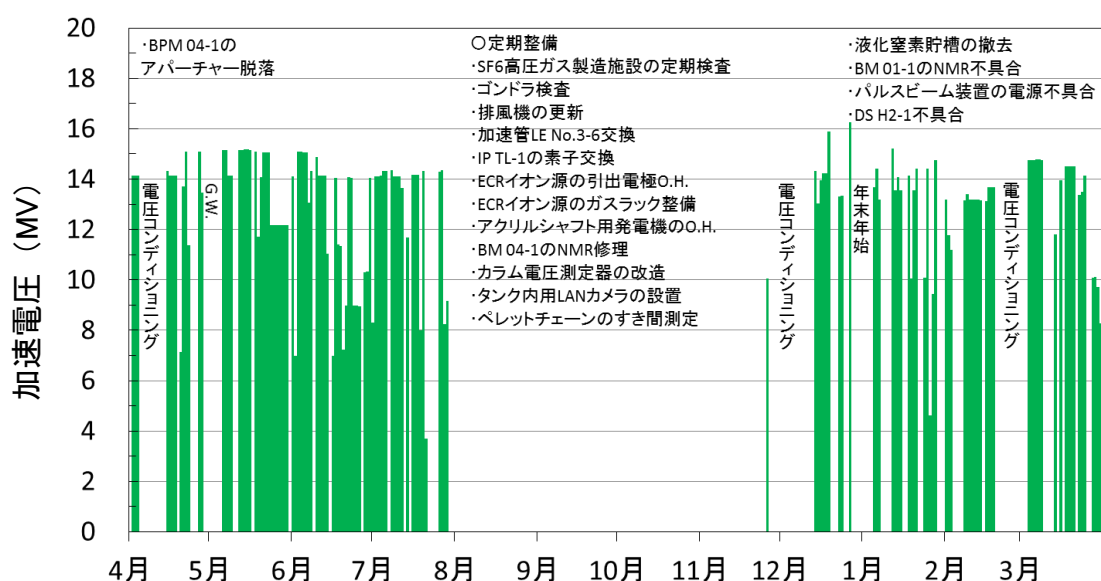


図 2021 年度の主な運転・整備状況

Keywords: タンデム加速器; ECRイオン源; 加速管; NMR; 液化窒素貯槽;

理化学研究所におけるタンデム加速器の現状(2020-2021 年度)
Current status of the tandem accelerator facility at RIKEN (FY 2020 - 2021)

池田時浩^{1*}・稲吉琴子^{2,1}・佐藤広海¹

Tokihiro Ikeda^{1*}, Kotoko Inayoshi^{2,1} and Hiromi Sato¹

¹理化学研究所 仁科加速器科学研究センター

(¹ RIKEN Nishina Center for Accelerator-Based Science).

²東邦大学 理学研究科

(² Graduate School of Science, Toho University).

* Correspondence to: Tokihiro Ikeda; E-mail: tokihiro@riken.jp

Abstract

理化学研究所では、米 NEC 社製 5SDH-2 型 Pelletron 加速器(最大電圧 1.7 MV)が設置されており、仁科加速器科学研究センター 実験装置運転・維持管理室(主に RI ビームファクトリー:RIBF に関する業務と研究) 計測技術チームによって管理・運営されている。主な業務は RIBF で使用される検出器の開発支援であるが、同時に和光キャンパスの共同利用機器のひとつでもあるため、理研に身分を持つ研究者(外部機関が本務の研究者も含む)の研究開発にも利用されている。2020 年度および 2021 年度に照射を行った日数は、それぞれ、10 日および 35 日であった。2020 年度は新型コロナウイルス感染対策による在宅勤務および共同研究者の出張抑制、また装置納品の遅れ等の理由によりマシンタイムが少なかった。2021 年度は検出器開発支援が増えたが、マシンタイムは最長 5 日程度であってもセットアップの設営及び撤収に日数が必要で、年間 35 日より大幅に増やすことは困難である。

当加速器施設への 2021 年度申請課題は、後方散乱構造解析サンプル照射、MeV イオンマイクロビーム生物照射(照射ポート開発)、ガラスキャピラリー光学系のビーム輸送特性の研究、検出器性能評価のための高エネルギーガンマ線の発生と測定実験等であった。後方散乱構造解析サンプル照射は、物性実験系のユーザーから依頼されたサンプルに対して RBS 測定を行うもので、共同利用機器としての業務である。

維持管理においては、日々のメンテナンス以外に、2022 年 2 月から 3 月にかけてオーバーホールおよび加速タンク内の主要部品の交換を行った。これは 2021 年 12 月頃から加速タンク内で異音が発生したことから、内部の点検の必要が生じ、そのままオーバーホールの時期も早めて実施したものである。点検の結果、ペレットチェーンの回転機構、高電圧ターミナルでの発電のためのロータリーシャフト関連、および内部の配線に対して修理・交換した。修理後には長く懸案事項であった加速電圧の揺らぎおよび昇圧の問題(1.2 MV 程度しか上げられない)が解消された。

Keywords: ペレットロン加速器; 検出器開発; マイクロビーム; 細胞照射; 高エネルギーガンマ線;

若狭湾エネルギー研究センター加速器施設の現状(2019 – 2021)

Current status of the accelerator facility at The Wakasa Wan Energy Research Center

羽鳥聡、栗田哲郎、山田裕章、山口文良、淀瀬雅夫、廣戸慎、清水雅也、瀧上隆太、小田部圭佑、
古川靖士、羽田祐基、菊池亮平

Satoshi Hatori, Tetsuro Kurita, Hiroaki Yamada, Fumiyoshi Yamaguchi, Masao Yodose,
Makoto Hiroto, Masaya Shimizu, Ryuta Fuchikami, Keisuke Otabe,
Seiji Furukawa, Yuki Haneda and Ryohei Kikuchi

公益財団法人若狭湾エネルギー研究センター.

* Correspondence to: Hatori, S; E-mail: hatori@werc.or.jp

Abstract

若狭湾エネルギー研究センター5MV タンデム加速器において、2016 年度より取り組んでいる昇圧回路素子や分割抵抗器の抵抗値均一化の試みは、加速器の多くの場所での放電抑制に効果を示している。また素子や絶縁構造物上の温度分布は抵抗値の不均一性を生み、均一な電位分布を阻害し電界強度の増す箇所での放電を引き起こすが、絶縁ガスの冷却循環により解決をみている。温度を一定に保つことは、加速電圧ドリフトを抑える効果ももつ。2018 年度定期点検では放電の痕跡は認められず、点検後の昇圧は 5.05MV まで行った。

2019 年度マシンタイムは加速電圧の最高値を 5MV に設定し開始したが、昇圧用の高周波多段整流回路(シェンケル回路)の負荷電流や高周波発振器発振管プレート電流(高周波トランス1次コイル電流)が不安定になる現象が発生した。一過性のものではあったが 2019 年度定検で高周波フィードラインの中継端子や保護ギャップ電極を支える絶縁支柱の放電が確認された。点検後の加速電圧昇圧試験で 4.8MV 設定時に加速管内放電がタンク放電・地絡を引き起こした。後の弾性散乱を用いた電圧校正によれば放電時の電圧は 4.98MV に達していた。加速管内壁のコンディショニングが不十分な段階での昇圧が原因と考えられる。2020 年度は加速電圧上限を 4MV に設定した運転が行われた。

2017 年 7 月～2018 年 5 月までの加速管交換による中断後、2019 年度マシンタイムは通常の 10 ヶ月運転を行ない高圧発生時間は 3879 時間に達した。しかし、2020 年度は COVID-19 蔓延によるマシンタイムのキャンセルが相次いだため 3703 時間の高圧発生にとどまった。

2021 年度は 6 月に加速高電圧が不安定になる現象が起こりタンクを開いた。低エネルギー側加速管や高圧ターミナルを支えるコラムのデバイダー抵抗のひとつが抵抗連結部で連結が解かれていた。2021 年度も COVID-19 の影響を受け、マシンタイムのみならず、計画されていた加速管放電ギャップ電極やデバイダー抵抗の更新、高周波発振器の更新を行うことができなかった。

本論文では 3 年間の運転状況と高圧発生に関するトラブルについて報告する。さらに、加速高周波に重畳する高調波によるトラブル(発振管電流ハンチング)に関してお知恵拝借したい。

Keywords: 高周波整流型; Schenkel 整流回路; 共振トランス; 共振特性悪化; 分割抵抗切断

奈良女子大学におけるタンデム加速器の現状(2021 年度) Progress report of tandem accelerator in NWU(2021)

狩俣順也^{1,*}・石井邦和²

J. Karimata^{1,*}, K. Ishii² and H

¹ 奈良女子大学 研究協力課 (Research Cooperation Division, Nara Women's University).

² 奈良女子大学 研究院自然科学系 (Division of Natural Sciences, NWU).

* Correspondence to: Jun-ya Karimata; E-mail: karimata@cc.nara-wu.ac.jp

Abstract

奈良女子大学理学部には、米国 NEC 社製 1.7 MV タンデム加速器(5SDH-2 型)が設置されている。この加速器は 1991 年から 1993 年にかけて 3 年計画で導入されたものであり、この加速器は 2 種類のイオン源、90 度分析電磁石および 2 本のビームラインから構成されている。設置後の大きなアップグレードとして、2009 年度末にアルファトロスイオン源の更新および AccelNET による加速器のコントロールシステムへの変更が行われ、さらに 2013 年度に 15 度コースを延長しビームラインを 2 本に分ける増設が行われた。装置の主な使用目的は固体内原子衝突研究やイオンビームを利用した物質分析等であり、また学生実験のテーマとして RBS 実験にも用いられている。

図に過去 5 年間の使用時間を示した。2018 年度には制御系の故障により修理時間が長期間となったため大幅に使用時間が低下したが、近年では長期間にわたる故障が発生せずに年間で 1,500 時間を超える年が 3 年続いている。ただし、トラブルが発生していないわけではなく、毎年のことではあるが小さな故障が多く発生することが続いている。2021 年度においては、イオン源周

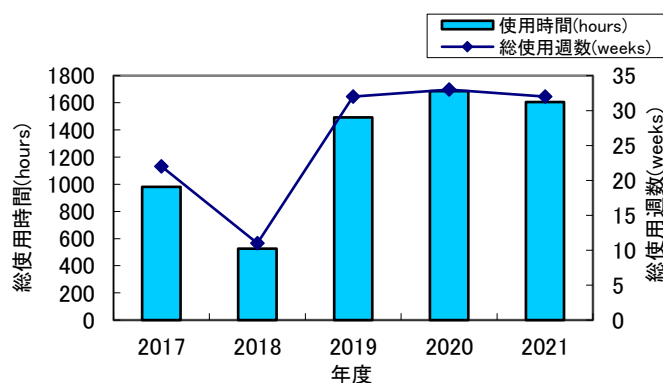


図 過去5年間使用時間及び使用週数

辺と 90 度分析電磁石周辺で発生することが多かった。また、ここ 10 年ぐらいの傾向としてタンクを開放する回数が多い。その多くはペレットチェーンに埃が付着するため到達できる加速電圧が低下してくるためである。発生源と思われるタンク内にあるモータのベアリングを交換しても、タンクを開放する回数が低下することがないために対処に苦労している。2021 年度においても加速電圧の低下を含めて合計 3 回タンクを開放することとなった。

本発表では、2021 年度の使用状況及び発生した故障のうち、イオン源周辺のトラブル、90 度電磁石周辺のトラブルについて、またタンク内メンテナンス作業について報告する。

Keywords: ペレットロン加速器; 加速管修理

JAEA-FRS バンデグラフ加速器の現状

Current status of the Van de Graaff Accelerator in JAEA-FRS

西野 翔^{1*}、海野 和重¹、吉富 寛¹、深見 智代¹、辻 智也¹、谷村 嘉彦¹
 S. Nishino^{1*}, K. Umino¹, H. Yoshitomi¹, T. Fukami¹, T. Tsuji¹ and Y. Tanimura¹

¹日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所 放射線管理部 放射線計測技術課
 (¹Department of Radiation Protection, Nuclear Science Research Institute,
 Japan Atomic Energy Agency)

* Correspondence to: S. Nishino; E-mail: nishino.sho@jaea.go.jp

Abstract

日本原子力研究開発機構 放射線標準施設棟 (FRS) では、放射線測定器の校正や特性試験を目的として、4MV バンデグラフ加速器 (米国 NEC 製ペレトロン 4UH-HC) を用いた単色中性子校正場・高エネルギー γ 線校正場を整備している (図1)。これまでに、 $^{45}\text{Sc}(p,n)^{45}\text{Ti}$ 、 $^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$ 、 $^3\text{H}(p,n)^3\text{He}$ 、 $^2\text{H}(d,n)^3\text{He}$ 、 $^3\text{H}(d,n)^4\text{He}$ 反応を用いた単色中性子校正場 (8 keV~19 MeV) と、 $^{19}\text{F}(p,\alpha\gamma)^{16}\text{O}$ 反応を用いた高エネルギー γ 線校正場 (6~7 MeV) が整備済みであり、国家標準とのトレーサビリティを確保した二次標準場として (一部を除く)、JAEA 内外のユーザーに広く利用されている。2012 年以降の、FRS 加速器の年間運転時間と施設外ユーザーによる利用日数を図2に示した。校正場開発のフェーズを終え、運転時間はやや減少傾向にあるものの、施設外ユーザーによる利用は、年間 10 日間前後を維持している。なお、2020 年度は、新型コロナウイルス感染拡大防止に係る施設停止等の制限により、利用日数が一時的に減少した。

FRS 加速器は、設置から 20 年以上が経過しており、加速器制御装置 (AccelNET) や、分析磁石電源、真空排気用ターボポンプなど、一部の高経年化機器の更新を行いながら運用を継続している。近年では、ローテティングシャフトのカップリング部での破断や、イオン源冷却用フッ素ナートのチューブからの漏洩、ビームライン内部アパーチャーの軸ずれなどのトラブルが発生し、修理等の対応を行った。本講演では、FRS 加速器の概要や利用状況を報告するとともに、近年発生した故障・トラブルへの対応等を紹介する。

Keywords: FRS; Van de Graff Accelerator; Pelletron; Calibration Field; Monoenergetic Neutron;

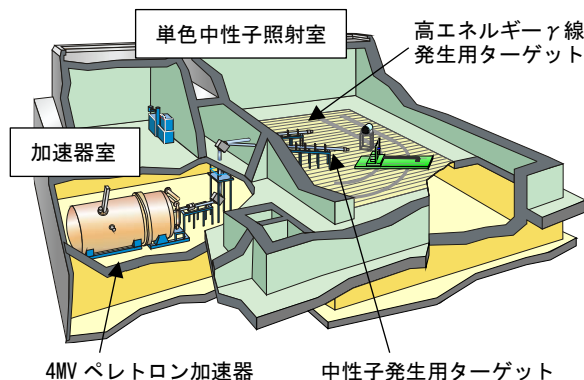


図1 加速器とビームラインの配置

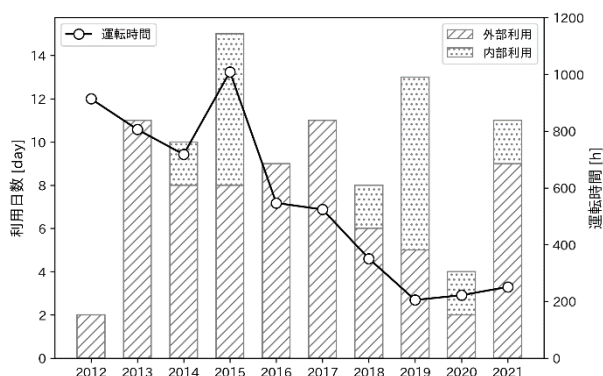


図2 年間の運転時間と利用日数

JAEA-FRS の静電加速器を用いた中性子測定器の信頼性確保に係る取組
Establishment of Quality Assurance System for Calibration of Neutron Measuring
Instruments Using an Electrostatic Accelerator at JAEA-FRS

深見智代^{1*}・吉富寛¹・西野翔¹・辻 智也¹・海野 和重¹・谷村 嘉彦¹
 T. Fukami¹, H. Yoshitomi¹, S. Nishino¹, T. Tsuji¹, K. Umino¹, and Y. Tanimura¹

¹日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所 放射線管理部 放射線計測技術課
 (¹Department of Radiation Protection, Nuclear Science Research Institute, JAEA)

* Correspondence to: T. Fukami; E-mail: fukami.tomoyo@jaea.go.jp

Abstract

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(以下「JAEA」という。)の原子力科学研究所内にある放射線標準施設棟(以下「FRS」という。)は、国家標準とトレーサビリティを確保した X・ γ 線、単色中性子、RI 中性子及び β 線の校正場を有するアジア最大、世界トップクラスの校正施設である。このうち、単色中性子校正場では、バンデグラフ加速器(4MV ペレトロン加速器)で加速した陽子や重陽子をビームライン下流側先端部に取り付けた各種ターゲットに照射してエネルギーが揃った(単色の)中性子を発生させることができ、中性子検出器の開発や性能評価等の目的で JAEA 内外の利用者に数多く利用されてきた。

原子力規制庁に対して 2016 年に実施された IAEA 総合規制評価サービス(IRRS)において、放射線モニタリングの品質保証に係る規制要求が十分でないことが勧告された。これを受け、令和 5 年 10 月から放射線測定の実験結果の信頼性確保を規制要求とすることが決定され、国内の関係学会などでは放射線管理に使用される測定器の点検・校正方法などの具体的な対応について検討が進められている。原子力発電所や核燃料取扱施設等で使用される中性子測定器については、作業場の中性子スペクトルを考慮した校正方法が多数開発されている。一方、加速器施設の作業場については、中性子スペクトルが多様であるため、測定器の信頼性を確保するためには、使用する中性子測定器の応答について、単色中性子校正場などでエネルギー依存性を正確に評価しておくことが重要である。

FRS 単色中性子校正場では、国家標準である産業技術総合研究所において校正された基準器(減速材付中性子測定器)を用いることにより、トレーサビリティを確保してきた。しかし、試験所及び校正機関の能力に関する一般的要求事項を定めた ISO/IEC17025 規格に基づいて、校正頻度、試験方法、設備・機器の管理方法等の信頼性確保に必要な手順を定める要領が整備されていなかった。そこで、必要な要領の作成、各種試験等を実施し、測定に際して設備・機器が満たすべき条件や校正/試験対象物の受入れから校正証明書/試験成績書発行までの手順を明確にした。さらに測定に携わる人員の力量向上のため、JAEA 内外において教育を受講させた。これにより、品質保証体系を確立し、加速器施設などの放射線管理に用いる中性子測定器の信頼性確保に必要なインフラを構築することができた。

今後は、品質が担保されていることの証となる試験成績書を発行するプロセスを第三者機関による審査を経て確立する。

Keywords: 信頼性確保; FRS; バンデグラフ加速器; 試験場;

東北大学ダイナミトロン加速器の現状 Status of Tohoku University Dynamitoron Accelerator

三輪美沙子¹*, 遠山翔¹, 松山成男¹

Misako Miwa¹*, Sho Toyama¹, Shigeo Matsuyama¹

¹ 東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻

Department of Quantum Science and Energy Engineering, Tohoku University

* Correspondence to: Misako Miwa; E-mail: misako.miwa.c7@tohoku.ac.jp

Abstract

東北大学ダイナミトロン加速器は、これまで電圧制御システムの更新による電圧安定度 10⁻⁵ を達成、またマイクロビーム自動収束システムを実用化した結果、マイクロビームライン実験を中心に年間稼働率が上昇傾向にある。また、東北大学の共通機器利用システムへの登録後、さまざまな研究領域から、イオンビーム分析実験や中性子照射実験が増加している。

2021 年は、2 月の地震による加速管の真空漏れのため加速管を交換し、その後順調に加速器の運転を行っていたが、ダイナミトロン加速器本体に関して 2 つの問題が発生した。一つ目は、高圧の発振現象である。高圧印可後、発振管の温度が突然上昇する現象が起こるようになった。以前ダイナミトロン加速器の発振回路パラメーター調整時の発振現象挙動と似ているため、なんらかの原因で発振が起こっていると考え調査を行った。ダイナミトロン加速器は真空管 5771 とトロイダルコイル、タンク内の電極で構成される容量によって 120kHz の発振回路を形成している。また発振回路部分と直流電圧部分の間に容量とインダクタンスで構成されるフィルター回路がある。この回路の役割は、直流回路部分に交流成分が戻らないようにすることである。この電解コンデンサのうちの 1 本が折れていることが分かった。折れたコンデンサの接着を改善させる処置を行った後、急激な真空管の温度上昇が起こらなくなり、発振現象は現在治まっている。この調査の過程で、ダイナミトロン加速器のフィードバック回路の補償コンデンサの値や、フィードバックゲインを決める抵抗の値を変更しながら、発振現象がどう変化するかのテストを行ったので、その結果も紹介する。二つ目の問題は、スパーク現象が頻発するようになったことである。この原因としてダイナミトロン加速器タンク内のベアリングのオイルの飛び散りによる絶縁破壊が起こっていると考えた。スパークが発生するタイミングに着目すると、毎回発電機のモーターをオンにして10時間程度経過した頃に起こること、コロナリングの一部にオイルが垂れていたこと、ベアリングの近傍にオイルの付着が見られたことから、ベアリングの温度上昇でオイルの粘性が下がり、タンク内で飛び散っていると考えた。これを防ぐために、ベアリングにカバーを新たに設置し、その結果スパークは起こらなくなった。また、スパーク発生時にCFA電源が高い確率で故障することに悩まれたが、この対策として電源内のリファレンス電圧を生成しているオペアンプを汎用三端子レギュレーターに置き換えることで、CFAの故障を防ぐ対策を講じることが出来た。

Keywords: 5 つ以内; ダイナミトロン; 発振回路; 放電

可搬型 γ 線イメージング装置 GeGI5 による筑波大タンデムの加速器放射化イメージング — 加速器の放射化イメージングへの挑戦 —

Activation imaging of the Tandem accelerator at Univ. of Tsukuba by a portable γ -ray imaging device GeGI5

吉田剛^{1,*}・松村宏¹・松村万寿美²・豊田晃弘¹・中村一¹・

榎本和義¹・三浦太一¹・笹公和²・森口哲朗²

Go Yoshida^{1,*}, Hiroshi Matsumura¹, Masumi Matsumura², Akihiro Toyoda¹, Hajime Nakamura¹,
Kazuyoshi Masumoto¹, Taichi Miura¹, Kimikazu Sasa², Tetsuaki Moriguchi²

¹ 高エネルギー加速器研究機構 (KEK).

² 筑波大タンデム (UTTAC).

* Correspondence to: Go Yoshida; E-mail: yoshigo@post.kek.jp

Abstract

加速器の放射化を画像化し、放射化部位の特定や核種の種類、放射能まで短時間で知ることができれば放射線管理に大いに役立つ。現時点では、人手によるサーベイメータでのスキャンに頼る他、有効な評価法はなく、非効率かつ被ばくリスクが大きい。福島原発事故による放射能汚染を画像化するために急速に発展した可搬型 γ 線イメージング装置は、線源からの γ 線を可視化する革命的なツールであり、我々は当該技術を用いた加速器の放射化イメージングへの適用について検討を続けてきた。加速器の放射化物中の放射性核種は、福島原発起源の放射性核種とは異なり、その様相も多様である。市場には、数多の製品が実用化されてきたが、加速器放射化に適しているのはどの機種なのか？ 本発表では、我々がこれまでに加速器放射化物に対して実施した多くの実機試験により選出した最優秀機種による放射化イメージング実験の結果および、一連の評価で明らかとなった要求される性能について紹介する。現在実用化されている可搬型 γ 線イメージング装置は、主に「ピンホール」、「マスク」、「コンプトン」の3つの計測方式を採用している。我々は、これまでに多くの装置をテストし、加速器の放射化イメージングに最適と判断したのが、今回紹介する PHDS 製 GeGI5 である。当機種は、コンプトン方式及び、オプションのコリメータを装着することでピンホール方式にも対応できる。GeGI5 は直径 90mm 厚み 11mm の比較的大きな Ge 単結晶の検出部を搭載することが特徴で、検出効率及びエネルギー分解能共に他機種より圧倒的に優れていることを確認した。これらの特徴は加速器の放射化イメージングには重要な要素である。そこで、我々は GeGI5 を入手し、様々な加速器の放射化イメージングテストを開始した。その一つとして、タンデム加速器の放射化イメージングに挑戦している。2021 年 6 月～8 月に GeGI5 の「コンプトン方式」による筑波大学タンデム加速器ビームラインの放射化部位の撮影を実施した。2022 年 5 月からは、「ピンホール方式」での撮影を追加した。両方式ともに放射化イメージングに成功し、GeGI5 の有用性を確認できた。一連の撮影を通して、両方式の長所短所について明確になってきた。

Keywords: 加速器放射化; イメージング; GeGI5

パレオ・ラボ Compact-AMS の現状(2022 年)

Current status of the compact-AMS system at Paleo Labo Co., Ltd.(2022)

伊藤 茂^{1*}、加藤和浩¹、佐藤正教¹、廣田正史¹、山形秀樹²、Z. Lomtadze²、中村賢太郎²

Shigeru ITOH^{1*}, Kato Kazuhiro¹, Masanori SATO¹, Masasi HIROTA¹, Zaur LOMTADZE²,

Hideki YAMAGATA², Kentaro NAKAMURA²

¹ (株)パレオ・ラボ AMS年代測定施設(AMS Dating Facility, Paleo Labo Co., Ltd.)

² (株)パレオ・ラボ 東海支店(Tokai Branch, Paleo Labo Co., Ltd.)

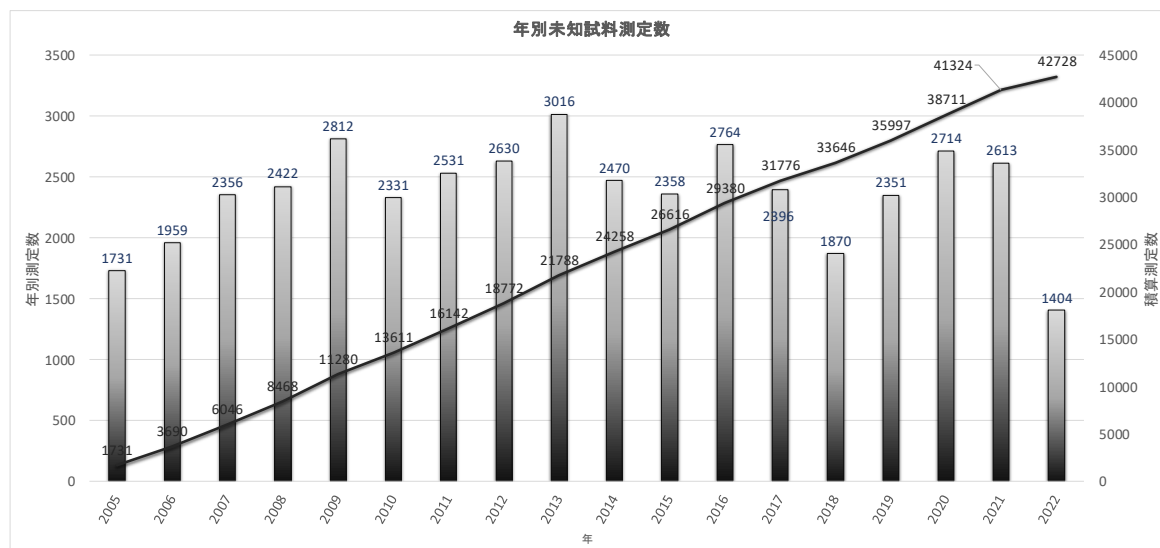
* Correspondence to: Shigeru ITOH; E-mail: itoh@paleolabo.jp

Abstract

パレオ・ラボ Compact-AMS は MC-SNICS(40 試料)とペレトロン加速器(1.5SDH-1:加速電圧 500 kV)を組み合わせた炭素 14 測定専用 AMS である。2005 年から運用開始以来、2022 年 5 月末までに未知試料 42728 点を測定している。2021 年の未知試料測定数は 2613 点であった(図 1)。

2021 年 10 月に Ionplus 社製 AGE3 と炭酸塩試料用処理装置 CHS2 を導入した。コロナ禍のためスイスから技術者が来日できない状況であったため、設置作業はオンラインで指示を受けながら自前で行った。初期トラブルは多少あったが現在は順調に稼働している。

2021 年はイオンゲージコントローラーの故障、イオン源アライメントピンの故障、加速器の GVM 出力喪失などのトラブルが発生した。本件ではこれらのトラブルや装置状況についての報告を行う。



Keywords: 5 つ以内; ^{14}C -AMS; Compact AMS; Ionplus;

JAEA-AMS-TONO の現状 (2021 年度)

Present status of the JAEA-AMS-TONO (2021)

松原 章浩^{1*}、藤田 奈津子²、三宅 正恭²、石井 正博²、渡邊 隆広²、國分（齋藤） 陽子²、
西尾 智博¹、小川 由美²、神野 智史²、木村 健二²、島田 顕臣²、石丸 恒存²

A. Matsubara^{1*}, N. Fujita², M. Miyake², T. Watanabe², Y. Saito-Kokubu²,
T. Nishio¹, Y. Ogawa², S. Jinno², K. Kimura², A. Shimada², T. Ishimaru²

¹ 株式会社ペスコ (PESCO Co., Ltd.)

² 日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター (Tono Geoscience Center, JAEA)

* Correspondence to: Matsubara A.; E-mail: matsubara.akihiro @jaea.go.jp

Abstract

日本原子力研究開発機構東濃地科学センター土岐地球年代学研究所では、地質環境の長期安定性に関する研究に係る年代測定及びその技術開発において加速器質量分析装置 (Accelerator Mass Spectrometer : AMS) を使用している。現在当施設では、JAEA-AMS-TONO-5MV (NEC 製、最大加速電圧 5 MV)、JAEA-AMS-TONO-300kV (HVE 製、最大加速電圧 300 kV)、超小型 AMS 開発用試験装置の 3 台の AMS を有している。

JAEA-AMS-TONO-5MV では、2021 年度末までに測定個数 28912 個、測定時間 20478 時間となった。同装置では 2021 年 7 月に複数の機器でバリスタが破損し、その原因究明、対策、復旧のため、運用はそれ以降停止している。バリスタ破損の事象は表 1 に示すように二度あり、一度目は 2 個、二度目は 3 個のバリスタが同時に破損した。一度目の破損の原因については、経年劣化によりバリスタ電圧が低下したバリスタにおいて地絡が発生し、これが起因となり他の劣化したバリスタが破損したと推測される。二度目の原因は、一度目でダメージを被ったバリスタ（表 1 の*印の機器に搭載）が通電の際に地絡し、他の劣化したバリスタの破損に繋がったと推測される。安全対策の一つとして、破損したバリスタと同型式のバリスタの他の機器での有無を調査し、該当するものは新しいバリスタに取り換える処置を行った。復旧は順次進めており、依頼測定の再開は本年度の中頃を予定している。

表 1 バリスタ破損の状況

破損日時 (状況)	破損バリスタを 搭載した機器	機器の 製造業者	機器の用途	破損バリスタ
① 7月10日 (自動測定中)	Light link	NEC	加速器ターミナルとの 光通信	Littelfuse 130L20
	HE-Magnet Power Supply Interface	NEC	高エネ側の磁気四重極 レンズ用電源の制御	Littelfuse 130L10
② 7月12日 (プレーカー通電時)	* LE-Magnet Power Supply Interface	NEC	低エネ側の磁気四重極 レンズ用電源の制御	Littelfuse 130L10
	CPS High Voltage Power Supply	Glassman H.V.	ペレットチェーンの 放電サプレッシング	Littelfuse 130L20, Panasonic ZNR20K201U

Keywords: JAEA-AMS-TONO; 運用実績; 保守管理; バリスタ.

神戸大タンデム加速器の現状 2022

Present Conditions of Tandem Accelerator in Kobe University 2022

谷池 晃, 古山 雄一, 尾崎 英梨子, 片山 侑己, 三村 治夫

Akira Taniike, Yuichi Furuyama, Eriko Ozaki, Yuki Katayama, Haruo Mimura

神戸大学大学院 海事科学研究科, 研究基盤センター加速器部門

(Graduate School of Maritime Sciences, Accelerator Division of Center for Supports to Research and Education Activities, Kobe University)

* Correspondence to: Akira Taniike; E-mail: taniike@maritime.kobe-u.ac.jp

Abstract

1. はじめに

神戸大タンデム加速器は米国 NEC 社製 5SDH-2(1.7 MV)である。1996 年 3 月(当時は神戸商船大学)に設置された。ビームライン, ターゲットチェンバーを増設・改良し, 現在 6 本のビームラインで構成され, RBS, ERDA, NRA, PIXE 等の分析, イオンビーム照射, 二次粒子・光子の生成および原子・分子衝突実験を行うことができる。現在(2022 年度前半)は学外利用も含め, 9 テーマの研究および海事科学部 3 年生の学生実験に用いられている。発表では, 研究テーマ, 運転・利用状況, 故障・修理, 及びメンテナンスについて報告する。

2. 故障・修理及びメンテナンス状況

現時点では大きな故障等は発生していないが, 講演では以下の機器の小さな故障と修理およびメンテナンス等について述べる予定である。

(2-1) コロナプローブとそのケーブルについて。

(2-2) 電離真空計について。

(2-3) SF₆について。

3. その他

2015 年度より, 神戸大学研究設備サポート体制構築の一環から, 神戸大学研究基盤センターの加速器部門として加速器を運営している。2021 年度は建物の外壁点検が行われたため, 5 週間程度使用できない期間があったが, そのほかは通常運転を行った。

Keywords: tandem accelerator; 5SDH-2; maintenance

国立環境研究所 NIES-TERRA の現状 2021

小林利行^{1*}・内田昌男¹・荒巻能史¹・万徳佳菜子¹

Toshiyuki Kobayashi^{1*}, Masao Uchida¹, Takafumi Aramaki¹, Kanako Mantoku¹

¹ 国立環境研究所 地球システム領域

(Earth System Division, National Institute for Environmental Studies)

* Correspondence to: Toshiyuki Kobayashi; E-mail: kobayashi.toshiyuki@nies.go.jp

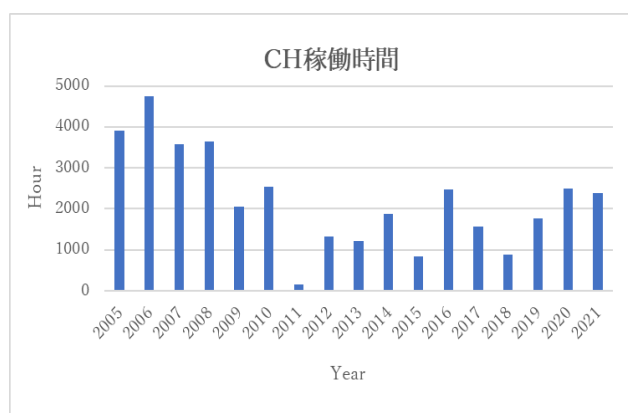
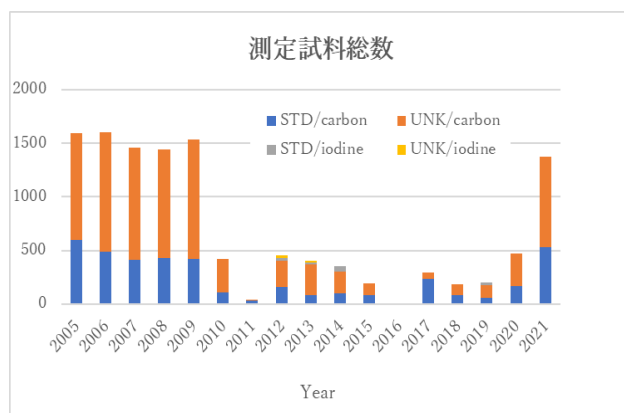
Abstract

国立環境研究所タンデム加速器研究施設 NIES-TERRA (NEC 製 15SDH-2 最大電圧 5.0MV) は主として ^{14}C 、 ^{129}I をトレーサーとした環境研究の為に AMS (加速器質量分析法) 測定専用の装置であり、40 カソード装填の Cs スパッタ型負イオン源 (MC-SNICS)、逐次入射方式、最大電圧 5.0MV のタンデム型加速器、90 度分析電磁石、同位体比測定用マルチファラデイカップ、20 度曲げ角度の静電デフレクタ、および電離箱イオン検出器などから構成されている。

2021 年度は、測定スケジュールに影響を与えるような大きな故障は発生しなかったため、前年とほぼ同程度の運転時間を記録した。また、加速器の状態が年間を通して安定していたことも有って、調整運転の割合も減少し、測定した試料は前年度の 475 点から 1371 点へと大幅に増加した。

保守整備状況については、2022 年 1 月に所内定期点検のための停電があったが、その後にタンク複数箇所から微量の SF6 ガスのリークが認められた。また、同年 3 月に MQ L4-1 P/S-interface の回路が一部焼損した。焼損した素子はバリスタであった。原因については、AC115V 入力電圧に異常は見られず、素子の劣化であると結論付け、これを交換修理した。

本研究会では、2021 年度の運転状況、及びトラブルの対応、保守整備の状況について報告を行う。



keywords: バリスタ; SF6 リーク; AMS;

都市大タンデムの現状(2020 - 2021) Present Status of the TCU-Tandem (2020 - 2021)

羽倉尚人^{1,2,3*}・佐藤 勇^{1,2,3}・松浦治明^{1,2,3}・内山孝文¹・河原林順^{1,2,3}・林崎規託^{1,4}
N. Hagura^{1,2,3*}, I. Sato^{1,2,3}, H. Matsuura^{1,2,3}, T. Uchiyama¹, J. Kawarabayashi^{1,2,3} and N. Hayashizaki^{1,4}

¹ 東京都市大学/原子力研究所 (Atomic Energy Research Laboratory / Tokyo City University).

² 東京都市大学/原子力安全工学科 (Department of Nuclear Safety Engineering / Tokyo City University).

³ 東京都市大学/共同原子力専攻 (Cooperative Major in Nuclear Energy/ Tokyo City University).

⁴ 東京工業大学/科学技術創成研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所 (Laboratory for Zero-Carbon Energy, Institute of Innovative Research / Tokyo Institute of Technology).

* Correspondence to: N.Hagura; E-mail: nhagura@tcu.ac.jp

Abstract

東京都市大学・原子力研究所では、2013 年 8 月に静電型加速器の導入を決定し、2018 年 5 月から 1.7MV ペレトロン・タンデム加速器(MAS1700、通称「都市大タンデム」)を運転している¹。

本学原子力安全工学科の学部 3 年生を対象とした実習科目にて荷電粒子線励起 X 線分光法 (PIXE 法)に関するテーマを 2019 年から実施している²。また、東海大学の大学院生や本学共同原子力専攻における早稲田大学開講科目の「加速器実習」において都市大タンデムを利用している。

高エネルギー分解の分析を目的とした波長分散型 (WDS) PIXE や可視光域の光を捉え測定対象物の存在形態を把握する IBIL 法の測定も開始している³。また、学内の他学科との連携により月・惑星探査開発を見据えた陽子線照射絶縁材料の帯電物性に関する研究のためのビームラインの整備も進めている⁴。

本報告では、上記以外に 2020 年度から現在に至るまでの保守管理状況についても報告する。

1. 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, Transactions of the Atomic Energy Society of Japan, 17(3-4), pp. 111-117 (2018) 10.3327/taesj.J17.021
2. 羽倉尚人;都市大タンデムの現状と実験実習プログラムの構築、第 67 回応用物理学会春季学術講演会、上智大学、14p-PA2-85、2020/3 (大会は中止となり要旨提出のみ)
3. 羽倉尚人;都市大タンデムの現状と実験実習プログラムの構築、第 69 回応用物理学会春季学術講演会、青山学院大学&オンライン、25p-F308-3、2022/3
4. 小森あかね ほか、陽子線誘起二次電子計測システムの構築、宇宙科学技術連合講演会、2021 年 11 月 9 日(火)~12 日(金)、4E02

Keywords: 1.7MV ペレトロン・タンデム加速器; 都市大タンデム; PIXE; 波長分散型 PIXE; IBIL

QST 量医研静電加速器施設 (PASTA&SPICE) の現状 2022

Progress report of QST-Chiba electrostatic accelerator facility (PASTA & SPICE)

及川将一^{1*}, 石川剛弘¹, 磯浩之², 樋口有一², 松田拓也²
 Masakazu OIKAWA^{1*}, Takahiro ISHIKAWA¹, Hiroyuki ISO²,
 Yuichi HIGUCHI² and Takuya MATSUDA²

1 (国研)量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 量子医科学研究所
 (Institute for Quantum Medical Science, Quantum Life and Medical Science Directorate,
 National Institute for Quantum and Radiological Science and Technology).

2 (株)巧 (TAKUMI Co., Ltd.).

* Correspondence to: Masakazu OIKAWA; E-mail: oikawa.masakazu@qst.go.jp

Abstract

量子科学技術研究開発機構量子生命・医学部門量子医科学研究所 (QST 量医研) の静電加速器施設 (PASTA&SPICE) には、High Voltage Engineering Europe B. V. (HVEE) 製の Model4117MC+タンデトロン加速器 (最大ターミナル電圧 1.7 MV) が設置されており、3 MeV 程度の $^1\text{H}^+$ を利用したマイクロ PIXE 分析やマイクロビーム細胞照射などの実験に広く利用されている [1]。

昨今、当施設のマイクロビーム細胞照射装置 SPICE (Single Particle Irradiation system for Cells) では、現状のプロトンより高 LET 粒子を用いた細胞間の照射応答に対する線質効果の検討が研究テーマとして掲げられており、SPICE への $^4\text{He}^{2+}$ イオンの導入が期待されている。そこで当施設では、その期待に応じる形で 5.1 MeV の $^4\text{He}^{2+}$ イオン (α 粒子) のマイクロビーム・シングルイオンヒット照射を実現する「SPICE- α 」の技術開発を実施している。しかし当施設において、直近 10 年以上 $^4\text{He}^{2+}$ イオンの利用が皆無であったことから、イオン源からターゲット位置までのビーム輸送パラメータの構築と最適化が急務となっており、 $^4\text{He}^{2+}$ イオンのマイクロビーム形成実現に向けた取り組みを進めているところである。前回の当研究会では、直径 10 μm 以下のマイクロビーム形成に成功したものの、イオン源荷電変換用リチウムオープンに熱損失の問題があり、ビーム電流の増強が今後の課題がある旨を報告した。その際に、荷電変換用リチウムオープンに充填する金属リチウムを細粒化することにより熱伝導性が向上する (= 熱損失が低減) との助言を受けたことから、今回、その手法を採用した上でイオン源部の ^4He ビーム電流を確認することとした。

発表においては、QST 量医研静電加速器施設 (PASTA&SPICE) の 2021 年度利用状況を紹介すると共に、SPICE への $^4\text{He}^{2+}$ イオンのビーム輸送・マイクロビーム形成実験の進捗状況について報告する。

【参考文献】

[1] M. Oikawa et al., *Int. J. PIXE* **25** (2015) 215-223.

Keywords: QST-Chiba; Tandetron accelerator; Microbeam; Ion beam analysis

QST 量医研中性子発生用加速器システム(NASBEE)の故障と現状 2022

Failure report of the 2 MV neutron exposure accelerator system at QST-QMS

石川 剛弘^{1,*}・須田 充¹・磯 浩之²・萩原 拓也²・樋口 有一²・

松田 拓也²・酢屋 徳啓³・及川 将一¹

Takahiro Ishikawa^{1,*}, Suda Mitsuru¹, Hiroyuki Iso², Takuya Hagihara², Yuuichi Higuchi²

Takuya Matsuda², Noriyoshi Suya³ and Masakazu Oikawa¹

¹ 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 量子医科学研究所
(Institute for Quantum Medical Science, National Institutes for Quantum Science and Technology).

² 株式会社 巧 (TAKUMI Co., Ltd.).

³ SVE (SVE)

* Correspondence to: Takahiro ISHIKAWA; E-mail: Ishikawa.takahiro@qst.go.jp

Abstract

量子科学技術研究開発機構量子生命・医学部門量子医科学研究所には最大ターミナル電圧 2.0 MV の High Voltage Engineering Europe B. V. (HVEE) 社製 Model 4120HC+のインライン型タンデム加速器が設置されている。本施設は、加速した水素または重水素ビームをベリリウムやリチウムターゲットに照射し、それにより発生した中性子を照射する施設として、所内外の様々な研究・技術開発に利用されていた。近年では、熱外中性子から 2 MeV 周辺までのエネルギー領域の中性子場として、中性子捕捉療法 (BNCT) の基礎研究や、中性子線量モニターの要素技術開発等の利用が増加していた。

当該加速器において、タンクに内蔵されているストリッパガス (N₂, 2L ボンベ) が、前回の交換から 7 年が経過した上に、マシンタイム増加に伴う残量の減少が懸念されたため、2019 年 11 月にタンクオープンを伴う大掛かりなメンテナンスを実施した。しかし、作業期間中に低エネルギー側加速管が破断するという事象が発生し、その後のメンテナンス及び復旧作業が実施できない状況に陥った。その後も、復旧するための予算の手当でも無く、マシンタイムを停止した状態が 3 年経過しようとしている状況である。発表では、加速管の破損状況の詳細について報告する。

Keywords: タンデム加速器; 中性子発生用加速器; NASBEE; 加速管;

京都大学工学研究科加速器施設の現状(2021 年度)

佐々木善孝^{1,*}, 間嶋拓也¹, 土田秀次^{1,2}, 内藤正裕¹, 今井誠¹, 斉藤学^{1,2}, 高木郁二^{1,2}

Y. Sasaki^{1,*}, T. Majima¹, H. Tsuchida^{1,2}, M. Naitoh¹, M. Imai¹, M. Saito^{1,2}, and I. Takagi^{1,2}

¹ 京都大学工学研究科原子核工学専攻 (Department of Nuclear Engineering, Kyoto University).

² 京都大学工学研究科附属量子理工学教育研究センター (Quantum Science and Engineering Center, Kyoto University).

* Correspondence to: Y. Sasaki; E-mail: sasaki.yoshitaka.8r@kyoto-u.ac.jp

Abstract

1. はじめに

京都大学宇治キャンパス放射実験室の加速器施設には, 1.7 MV タンデトロン加速器(1989 年設置)と 2.0 MV タンデム型ペレトロン加速器(2011 年設置)のほか, シングルエンド・バンデグラフ加速器(重イオン用と電子用の 2 台, 1969 年設置)の合計 4 台の静電加速器があり, 教育・研究に利用されている. 本発表では, これら加速器の 2021 年度の利用状況, 最近のトラブル対応, メンテナンスについて報告する.

2. 2021 年度利用状況

2021 年度における各加速器の稼働時間は, タンデトロン加速器は 1418 時間, ペレトロン加速器 2784 時間, バンデグラフ・イオン加速器は 1286 時間であり, 従来に比べ稼働時間が減少した. これは, 新型コロナウイルス感染症対策のため利用時間などを制限していた期間があったことが主な要因である. なお, 2021 年度の電子用加速器の利用はなかった.

3. 故障・修理及びメンテナンス状況

タンデトロン加速器では, チラーコンプレッサの経年劣化による故障が発生し交換を行った. また, イオン源冷却用フレオンにさびが発生するトラブルがあった. ユーザーが, フレオンではなく誤って純水を補充したことが原因であった. ターボ分子ポンプのメインバルブの経年劣化による故障が相次ぎ, 後継機種への交換を行なった. ペレトロン加速器では, 従来から課題となっていた SF₆ 漏れについて引き続き対応を行い, フィードスルーをエラストマー方式から O-リング方式に変更し, 加えて, 加速器タンク側のタップ溝が崩れていたのを切りなおしたことにより漏れが収まっている. また, RF イオン源のビーム電流に揺らぎが見られるトラブルがあり, 荷電変換用の Rb を昇温するオープン温度設定を 180°C から 200°C に上げることで改善した.

Keywords: 定期メンテナンス時, 利用状況, トラブルシューティング

1 MeV 陽子ビームを用いた広ダイナミックレンジ光子検出器の性能評価実験
**Performance study of wide dynamic range photon detectors
 using 1 MeV proton beam**

水野り恵¹・池田時浩²・郷慎太郎²・齋藤岳志¹・

櫻井博儀^{1,2}・新倉潤^{1,2}・松崎禎市郎²・道正新一郎¹

R. Mizuno¹, T. Ikeda², S. Go², T. Y. Saito¹, H. Sakurai^{1,2}, M. Niikura^{1,2},
 T. Matsuzaki² and S. Michimasa¹

¹ 東京大学理学系研究科 (Faculty of Science, the University of Tokyo).

² 理化学研究所仁科センター (RIKEN Nishina Center).

* Correspondence to: R. Mizuno; E-mail: mizuno@nex.phys.s.u-tokyo.jp

Abstract

ミュオン原子 X 線分光は非破壊元素分析や、原子核の荷電半径測定など様々な分野において利用されている。ミュオン原子 X 線のうち K_{α} 線のエネルギーは軽元素において数十 keV を示す一方、ウランなどの重い元素では 6 MeV 以上の高いエネルギーを示す。そのため幅広い元素に対するミュオン原子 X 線の測定を可能にするためには、広いダイナミックレンジを持つ検出器が必要となる。我々はこのミュオン原子 X 線分光に特化した検出器として、コンプトンサプレッサー付き Ge 検出器の開発を行っている。本研究ではこの光子検出システムについて、幅広いエネルギー領域における性能評価を行った。

通常の標準ガンマ線源を用いた測定では光子のエネルギーが約 1.5 MeV 以下の領域における検出器の応答しか測定することができない。そこでより高いエネルギー領域での応答を調べるために、共鳴エネルギー 992 keV の $^{27}\text{Al}(p, \gamma)^{28}\text{Si}$ 反応から放出される約 1.5 MeV から 10 MeV までの広範囲のガンマ線の測定実験を行った。実験は理化学研究所ペレトロン施設において行い、約 1 MeV の陽子ビームを 0.8 μm 厚の Al 標的に入射することで共鳴反応を誘起した。検出器としては異なる相対検出効率をもつ 2 台の Ge 検出器、GMX80 (Ortec 社)と GX5019 (Canberra 社)を使用し、GX5019 については BGO シンチレーション検出器を用いたコンプトンサプレッサーとの同時測定を行った。この共鳴反応を用いた測定により、光子のエネルギーが約 10 MeV までの検出器の応答を取得した。本発表では光子検出システムの高エネルギー領域に対するエネルギー較正の直線性やエネルギー分解能・検出効率について報告する。

Keywords: muonic X-ray spectroscopy; Ge detector; high-energy gamma-rays

小型四重極永久磁石を用いたガラスキャピラリー内のイオンビームの通過特性の研究

**Transmission characteristics of ion beams through tapered glass capillary optics
with miniature quadrupole magnets**

稲吉琴子^{1,2*}・池田時浩^{2,1}・金衛国¹

Kotoko Inayoshi^{1,2*}, Tokihiro Ikeda^{2,1} and Wei-Guo Jin^{1,2}

¹ 東邦大学 (Toho University).

² 理研仁科センター (RIKEN Nishina Center for Accelerator-Based Science).

* Correspondence to: Kotoko Inayoshi; E-mail: kotoko.inayoshi@a.riken.jp

Abstract

イオンビームをテーパ型ガラスキャピラリーに通過させることで、マイクロビームを容易に生成することができ、ビームサイズは出口径とほぼ同じである。イオンマイクロビームは DNA 切断において有力なツールであり、理化学研究所と東邦大学では、出口にプラスチック製のフタの付いたキャピラリーを用いたイオンマイクロビーム細胞照射システムを開発中である。

数 MeV のイオンマイクロビームを細胞に入射する際に、微小な標的に対してマイクロビームのサイズを小さくする、すなわちキャピラリーの出口径を小さくする必要がある。ここで、イオンはキャピラリー内を通過中に内壁で散乱され、通過中にビームが広がる。そのキャピラリー内ビーム広がり、フタ通過の際の多重散乱と合わさり、出射後のマイクロビーム広がり、スポットサイズが大きくなってしまふ。そこで、本研究ではビーム広がりに着目して、その抑制のために小型四重極永久磁石を作製した。電磁石では電流源と冷却装置が必要となるため、本研究では永久磁石を採用した。本方法では、キャピラリー内壁での散乱を防ぐだけでなく、散乱でのイオン損失の抑制による出射ビーム密度の増加も期待できる。

開発では理化学研究所のペトロロン加速器(米 NEC 社製 5SDH-2 型)を用いている。実験では 2.4 MeV の H⁺を使用し、キャピラリーは出口内径 50 μm で、フタの厚さは 30 μm のものを用いた。本四重極磁石を使用時と不使用時のイオンのカウント数を比較すると、使用時に、ビーム強度が最大 3 倍になった。当日は現状を詳細に報告する。

Keywords: 5 つ以内; ペトロロン加速器; マイクロビーム; ガラスキャピラリー; 四重極永久磁石;

筑波大学タンデム加速器施設の現状

Status Report of the Tandem Accelerator Complex at the University of Tsukuba

笹 公和^{1,2*}・石井 聡¹・高橋 努¹・大和 良広¹・田島 義一¹・松村 万寿美¹・
森口 哲朗^{1,2}・上殿 明良^{1,2}

K. Sasa^{1,2*}, S. Ishii¹, T. Takahashi¹, Y. Yamato¹, Y. Tajima¹, M. Matsumura¹,
T. Moriguchi^{1,2} and A. Uedono^{1,2}

¹ 筑波大学研究基盤総合センター応用加速器部門 (UTTAC, University of Tsukuba).

² 筑波大学数理物質系 (Faculty of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba).

* Correspondence to: Kimikazu SASA; E-mail: ksasa@tac.tsukuba.ac.jp

Abstract

筑波大学研究基盤総合センター応用加速器部門では、6MV タンデム加速器と 1MV 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。2021 年度は、学内課題 12 件、学外の施設共用課題 9 件が採択されており、6MV タンデム加速器は 133 日、1MV タンデトロン加速器は 68 日のマシンタイムを実施した。また、6MV タンデム加速器の稼働時間は 1,441 時間であり、ビーム加速時間は 1,148 時間であった。図 1 に 6MV タンデム加速器の加速イオンの割合を示す。主な利用分野は、加速器質量分析(AMS)、マイクロビームを用いたイオンビーム分析、検出器開発、偏極ビームを用いた原子核実験、宇宙用素子放射線耐性試験となっている(図 2)。ラムシフト型偏極イオン源(PIS)からの偏極重陽子ビームの加速試験では、PIS 下流での偏極度は約 65%となり、ビーム強度は約 30 nA だった。また、Cs-135 の AMS 開発を目指して Rb スパッタ負イオン源による Cs ビームの生成試験を行なった。加速器の整備関係では、RF 荷電変換イオン源(アルファトロス)の整備とタンデトロン実験室の中性子エリアモニタの更新、TMP4台のオーバーホールを実施した。その他、ガストリッパ駆動部の不具合などが発生した。なお、2022 年 5 月 16 日に RS (Rotating Shaft)が停止しているのが見つかり、加速タンクを開放して緊急の修理を実施している。点検の結果、ターミナルに搭載している発電機のベアリングに異常が見つかった。本発表では、2021 年度の加速器施設の整備及び運用状況について報告する。

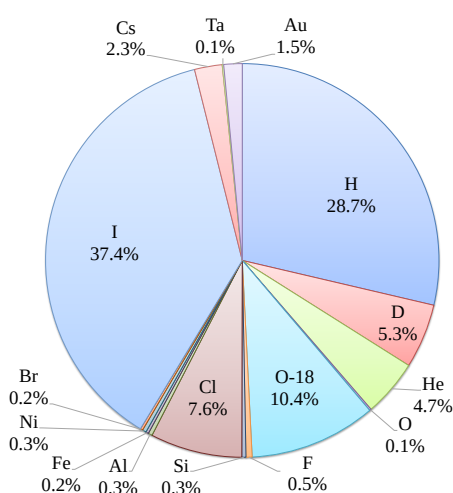


図 1 2021 年度の 6MV タンデム加速器の加速イオン種.

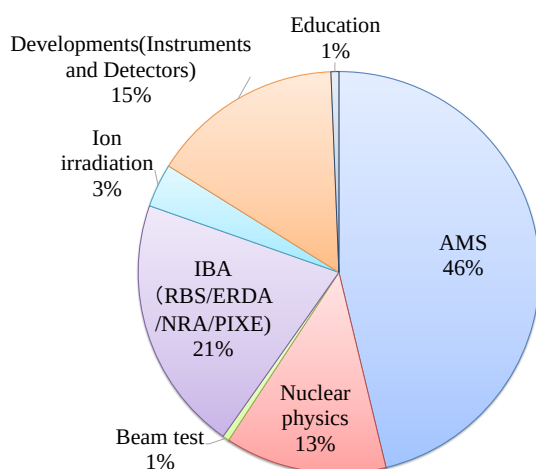


図 2 2021 年度の 6MV タンデム加速器の研究利用分野.

Keywords: 施設報告; 6 MV タンデム加速器; イオンビーム利用研究; 多核種 AMS; 水素分析

東京大学タンデム加速器研究施設 MALT の現状 The Current Status of MALT, The University of Tokyo

徳山裕憲^{1*}・松崎浩之¹・土屋陽子¹・山形武靖¹

H. Tokuyama^{1*}, H. Matsuzaki¹, Y.S. Tsuchiya¹, T. Yamagata¹

¹ 東京大学MALT (Micro Analysis Laboratory, Tandem accelerator, The University of Tokyo)

* Correspondence to: Hironori Tokuyama; E-mail: htoku@um.u-tokyo.ac.jp

Abstract

東京大学タンデム加速器研究施設 (MALT) では、最大加速電圧 5MV のペルトロン 5UD タンデム加速器を運用しており、学内外のユーザーに広く利用されている。現在は AMS、NRA、ERDA、PIXE の分析を行なっている。

2021 年度は CAMAC 関連の故障が相次いで発生した。MALT では制御やデータ取得システムに CAMAC を利用している。8 月には加速器タンク周辺から分析電磁石、振分電磁石までの制御を担う CAMAC の電源クレートが故障し、10 月には AMS のデータ取得に使っている CAMAC モジュールの ADC が故障した。どちらも原因の特定に時間がかかり、特に ADC のトラブルの際は修理にも大きな時間を要した。

そのほかにも、イオン源ターゲットカソードの交換ができなくなる、コロナプローブのグリッド電圧がかからなくなる、高圧ケーブルの絶縁破壊、冷却水ポンプの水漏れ、タンク内カラムポストの破損など、大小さまざまなトラブルが発生した。本研究会では、これらのトラブルの詳細について報告する予定である。

多くのトラブルは発生したものの加速器の停止にまで至るものは数回のみであった。さらにマシンタイムの日程も立て込んでいたため、結果的に 2021 年度の加速器運転時間は 7,295 時間まで伸びた。これは MALT 運用開始以来の最長記録である。

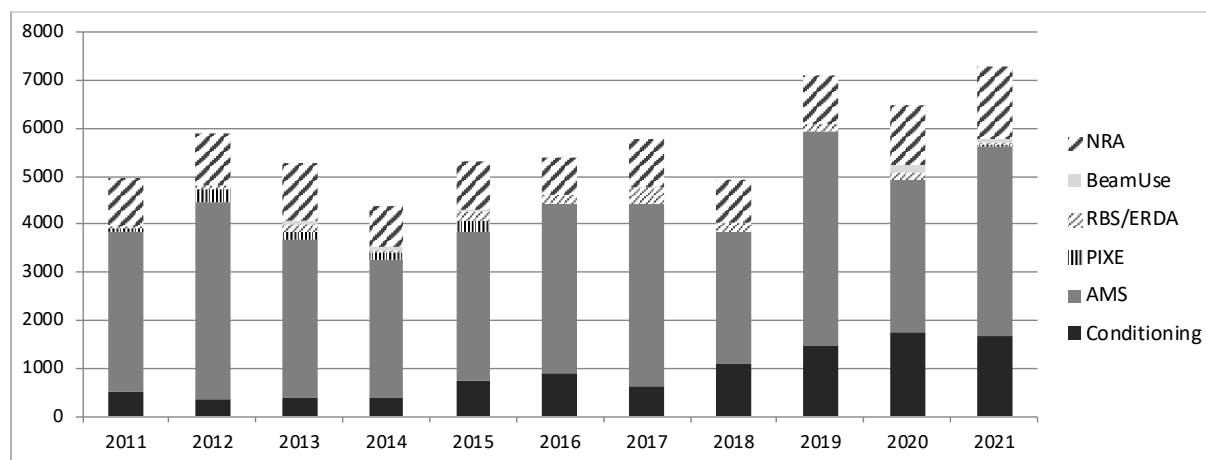


図 1. 年度別加速器運転時間とその内訳

Keywords: ペルトロン; トラブルシューティング

東京大学総合研究博物館 Compact-AMS の現状 (2021-2) Current status of Compact-AMS at UMUT (2021-2)

尾寄大真^{1,*}、大森貴之¹、山崎孔平¹、金澤礼雄¹、
上原加津維¹、内田啓子¹、関根紀子¹、米田穰¹

Hiromasa OZAKI^{1,*}, Takayuki OMORI¹, Kohei YAMAZAKI¹, Ayao KANESAWA¹,
Katsui UEHARA¹, Akiko UCHIDA¹, Noriko SEKINE¹, and Minoru YONEDA¹

¹東京大学総合研究博物館 放射性炭素年代測定室
(Laboratory of Radiocarbon Dating, The University Museum, The University of Tokyo).

* Correspondence to: Hiromasa OZAKI; E-mail: ozaki@um.u-tokyo.ac.jp

Abstract

東京大学総合研究博物館放射性炭素年代測定室では、2015年3月にNEC社製 Compact-AMS (CAMS500、1.5SDH-1)を導入した。それまで MALT(東京大学タンデム加速器研究施設)で行っていた AMS による ^{14}C 測定が行えるようになり、試料の前処理から測定までのすべての作業を実施できる体制が整った。導入した CAMS500 による実際の未知試料の測定は2015年12月から開始し、2021年度末までに約8600点の未知試料の測定を行ってきている。AMS による ^{14}C 測定のみではなく、AMS 測定試料の作成、試料の化学洗浄処理などの前処理を含めた一連の実験作業を行っていることもあり、考古学や人類学などの分野での利用が多かったが、近年では地球科学などの分野の利用も増えてきている。

2020年11月に高エネルギー側分析電磁石用電源ユニット(Heinzinger 社製、PCU 50-100)が故障し、2021年4月の定期メンテナンス時に修理した機体に戻したが、2022年2月に再び故障した。内部基板が焼き付いていたものの、前回故障時とは異なる部位であった。現在、修理中で原因は確認中である。

2022年4月の定期メンテナンス時には冷却水配管 Al 製マニフールド部にストレーナ取り付け作業も行った。その際、マニフールド内部にひどく緑青が付着しており、取り除いた。以前、タンク内の SF_6 ガスがタンク内冷却水配管継手部分で漏れ出しており、チラー水槽に緑青が大量に堆積してことがあり、多くはそのときに付着したものではないかと考えられる。また、取り付けたストレーナには緑青ではない鉄などの錆と思われる赤茶けた物質が貯まっており、現在も継続的にそれらが冷却水に含まれているものと考えられる。対策として、今後、Al 製マニフールドの交換、冷却水配管全体の洗浄を予定している。

本発表では2021年7月から現在にかけての Compact-AMS 本体のトラブルおよびその対応、メンテナンス作業などについて報告する。

Keywords: 5 つ以内; Compact-AMS; ^{14}C 測定; 電磁石用電源; 冷却水配管

山形大学高感度加速器質量分析センターの現状 2021-2022

Present status of YU-AMS 2021-2022

武山 美麗^{1,*}・森谷 透¹・小野 利弘¹・佐藤 里美¹・設楽 理恵¹・櫻井 敬久¹・門叶 冬樹¹
 M. Takeyama^{1,*}, T. Moriya¹, T. Ono¹, R. Sato¹, R. Shitara¹, H. Sakurai¹ and F. Tokanai¹

¹山形大学 高感度加速器質量分析センター
 (Center for Accelerator Mass Spectrometry, Yamagata Univ.)

* Correspondence to: Mirei Takeyama; E-mail: takeyama@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

Abstract

山形大学は 2010 年 3 月、試料中に含まれる炭素 14 (^{14}C) 濃度の高感度質量分析を目的に、コンパクト AMS システム (NEC 1.5SDH-1) 及びグラファイト作製システム (光信理化学製作所) を山形県上山市にある山形大学総合研究所に導入し、2011 年 2 月に山形大学高感度加速器質量分析センター (YU-AMS) を設置した。さらに、2013 年度には自動グラファイト作製システムとイオン源を新たに導入し、それぞれ 2 台体制で運用を開始した。2015 年度には自動ガラス真空ラインを手動操作に切り替えることにより、貝殻や卵殻試料測定のためのリン酸処理に対応できるシステムを構築した。

2021 年度に起きた AMS 装置のトラブル対応として、

- ①分析マグネット BM01-1, 03-1 のテスラメーターの表示に異常が出たため、交換を行った。
- ②ペレトロンノズルの流量調節が出来なくなったため、流量計の交換を行った。交換した流量計を確認したところ、ダイヤルのナイロンのネジが割れていた (図 1)。現在、再び流量が低下し、温度が 22°C から 26°C に上昇しているため、2022 年度の施設停電の際にメンテナンスを行う予定である。
- ③YU-AMS システムの制御は、同じマザーボード (ICES-003) を持つ独立した 4 台の PC (yamagata1-1 から yamagata1-4) を用いて行っており、経年劣化により膨張した電解コンデンサの交換を 12 回行ってきた。2021 年度の施設停電の際に yamagata1-2 が起動せず、マザーボードを確認したところ、これまでに交換していなかった箇所のコンデンサが膨らんでいたため交換を行った。また yamagata1-1 のネットワーク接続が出来なくなったため、無線 LAN の交換を行った。

定期メンテナンスとして、アイオナイザーのクリーニング作業と Cs アンブル交換を行った。

本研究会では、YU-AMS の 2021 年度の運用状況について発表する。



図 1. 流量計のネジの写真

Keywords: YU-AMS; Ion source; Graphitization line