

理研重イオンリニアックの現状報告

PRESENT STATUS OF RILAC

田村匡史^{#,B)}, 池沢英二^{A)}, 大木智則^{B)}, 山内啓資^{B)}, 小山田和幸^{B)},
遊佐陽^{B)}, 金子健太^{B)}, 渡邊裕^{A)}, 上垣外修一^{A)}
Masashi Tamura^{#,B)}, Eiji Ikezawa^{A)}, Tomonori Ohki^{B)}, Hiromoto Yamauchi^{B)}, Kazuyuki Oyamada^{B)},
Akira Yusa^{B)}, Kenta Kaneko^{B)}, Yutaka Watanabe^{A)}, Osamu Kamigaito^{A)}
^{A)} RIKEN Nishina Center
^{B)} SHI Accelerator Service, Ltd.

Abstract

This year is the 39th year since the RIKEN heavy ion linac (RILAC) started to supply ion beams for experiments in 1981. Since then, the RILAC has been supplying various ion beams for various experiments. Research experiments on the heaviest elements have been carried out since 2002 at the e3 beam course of the No.1 target room of RILAC. For the beam experiments of the RI Beam Factory (RIBF), ion beams accelerated by the RILAC were injected into the RIKEN Ring Cyclotron (RRC). The present status of the RILAC operation is reported.

1. はじめに

理研仁科加速器研究センターの理研重イオンリニアック(RILAC)[1,2]は、1981年に単独運転が開始され、今年で39年目を迎えた。1986年には後段の理研リングサイクロトロン(RRC)のための入射器としての運転も開始し、2006年には理研RIビームファクトリー(RIBF) [3]の複合加速器ための入射器としての運転も開始した。これまでにビームの強度及びエネルギーの増強として、1990年には500kV静電型入射器に搭載されたPIGイオン源に代えて永久磁石型8GHz-ECRイオン源(8GHz-NEOMAFIOS)を導入した。1996年には18GHz-ECRイオン源と周波数可変型RFQで構成される入射器を導入した。2000年には6台の共振器で構成されるビームエ

ネルギーブースターを導入した。

現在は新たなビーム強度の増強として超伝導 ECR イオン源 (28GHz-SCECRIS) 及び超伝導リニアック (SRILAC) の導入が進められている。28GHz-SCECRIS は試運転を行っている。SRILAC は超伝導空洞(SRF1~SRF10)及び He 冷凍機が設置され、今後各種試運転を行う予定である。ビームラインは整備作業が行われている。コントロール室は改装作業が行われている。また、新たな実験装置の導入が進められている。現状の理研重イオンリニアックの構成を Fig. 1 に示す。RILAC-No.5 は、真空シール材交換作業後に真空排気試験を行い到達真空度が約 40 年前の完成時の値に回復した。ブースターA1の真空漏れ修理も完了した。

本発表ではこの加速器の現状報告として、この 10 年

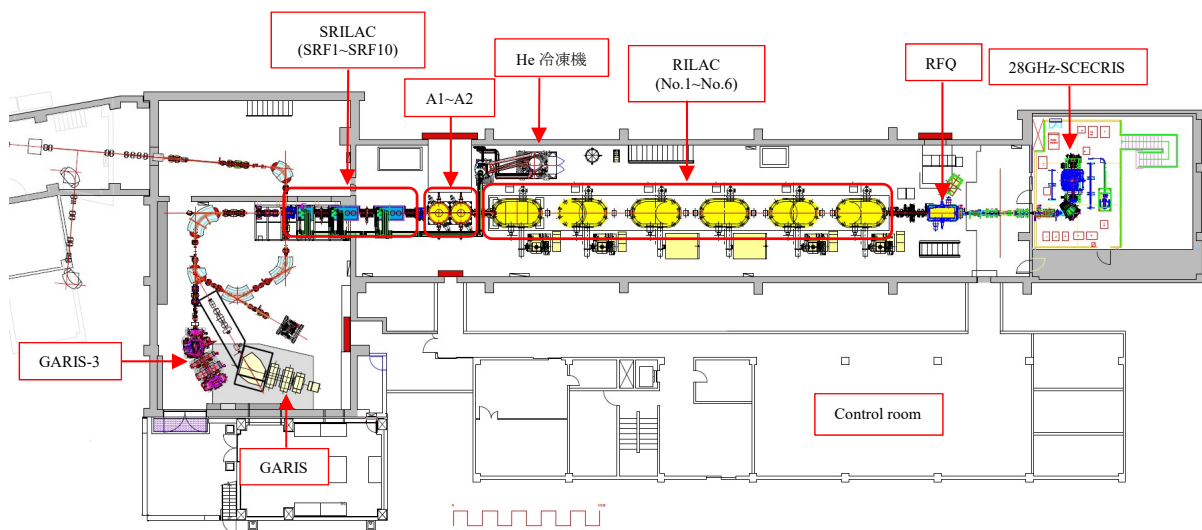


Figure 1: Layout of RILAC.

tamura@riken.jp

間の運転状況、及びこの 1 年間における保守作業などについて報告する。

2. 運転状況

Figure 2 に 2009 年～2018 年の運転時間を示す。2017 年 6 月 12 日まで加速器運転を行い、その翌日から 28GHz-SCECRIS 及び SRILAC の導入のために加速器運転の長期停止期間に入った。

Figure 3 に 2009 年～2018 年の入射運転でのビーム入射時間、及び単独運転でのビーム供給時間(実験時間)を示す。

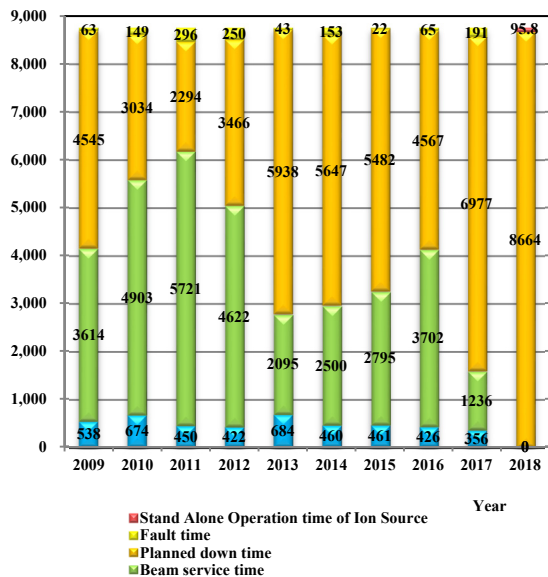


Figure 2: Operation time of RILAC.

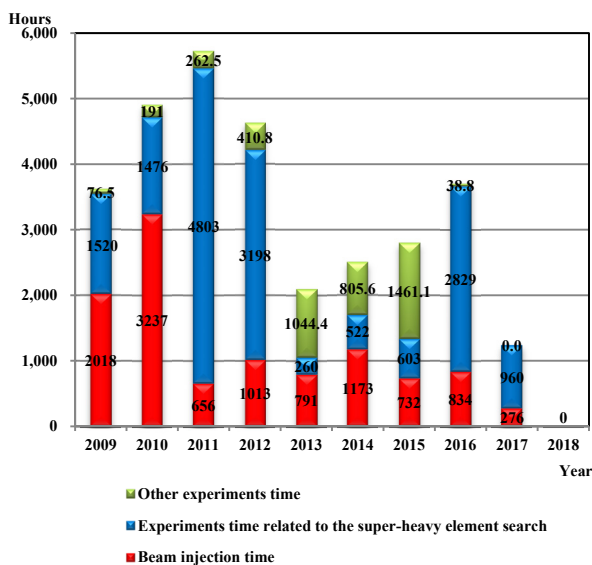


Figure 3: Beam service time of RILAC.

入射運転としては、RIBF 実験及びその他の実験のため RRC ヘビームを入射した。2009 年～2017 年では年間約 600 時間から 3200 時間のビーム入射を行った。単独運転としては、超重元素探索関連の実験[4-6]、核化学、放射線化学の実験が行われた。

3. 保守作業状況

2017 年 6 月 13 日から加速器運転の長期停止期間に入り、各装置の維持や設備更新のための作業として、主に以下の作業を行った。

イオン源系は、28GHz-SCECRIS のための各種装置の設置及び配線などを行った。2018 年 7 月に 28GHz-SCECRIS の試運転が開始され、同月中に 18GHz マイクロ波にてファーストビームが確認された。2019 年 3 月には 28GHz マイクロ波も使用したビーム生成が開始された。これらの試運転において 28GHz-SCECRIS の運転維持及び運転監視を行っている。

RF 系は、定期的に高周波アンプ及びキャビティの点検を行い、励振して健全性の確認を行った。また、キャビティ発生電圧の限界試験を行っている。A1 及び A2 の高周波アンプ及びローレベル操作盤は、移設及び再配線等を行った。RFQ については、中間導体の交換作業を検討している。

電源電磁石系は、各電磁石電源について、吸気ファン及びフィルターの点検及び交換、電源内部の点検、清掃、及び冷却水配管の継ぎ手の電飾確認などを行った。

冷却系は、定期的に冷却水ポンプ及び冷却塔を運転して健全性の確認を行っている。また、34 台ある低圧側ドリフトチューブ内蔵 Q 電磁石のための流量計の更新の為、配管の改造をせずに取付けが可能である超音波式流量計を採用し、動作試験を行っている。

真空系は、定期的に真空ポンプを運転して健全性の確認を行い、到達真空度の確認を行っている。また、28GHz-SCECRIS 及び LEPT の真空系制御システムを開発し導入した。90 度偏向電磁石では、新たに製作された真空チャンバーの交換作業を行った。

制御系は、コンソール卓が更新され、制御 PC のセッティングを行っている。28GHz-SCECRIS の運転制御システムを開発し導入した。イオン源系の WE 制御の 90 度分析電磁石電源とビームライン系の GPIB 制御の Q 電磁石電源では、遠隔制御部を NIO 制御化する作業を行っている。

4. 故障状況

2013 年 7 月から 2019 年 6 月までの 6 年間に発生した各装置別の故障に関して、故障発生件数を Fig. 4 に示す。故障の 42.9%は RF 系で、その他の装置は 2.2%~20.2%であった。これはこの加速器の主要装置が RF 系であるが故に部品点数が他の装置に比べて多いことが考えられる。

2013 年 7 月～2019 年 6 月の修理実施件数と一時的

不具合件数に関する半年ごとの集計を Fig. 5 に示す。これらの故障としては、一時的な動作不良か

ら重故障まで様々な故障があり、総計 312 件あった。そのうち部品交換などの修理を必要としたのは約 73.9% (230 件) であった。

RILAC-No.5 は、昨年の夏に高圧側ドリフトチューブ台と内筒との間の O リングの交換作業を行い、このために一時的に取り外した低圧側ドリフトチューブ台及び高圧側ドリフトチューブ台を復旧した。また、各ドリフトチューブの接続部の O リング交換も行なった。その後、真空排気試験を行い到達真空度が

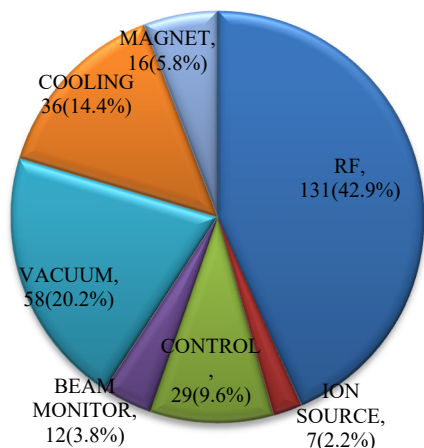


Figure 4: Number of mechanical problems from July 2013 to June 2019.

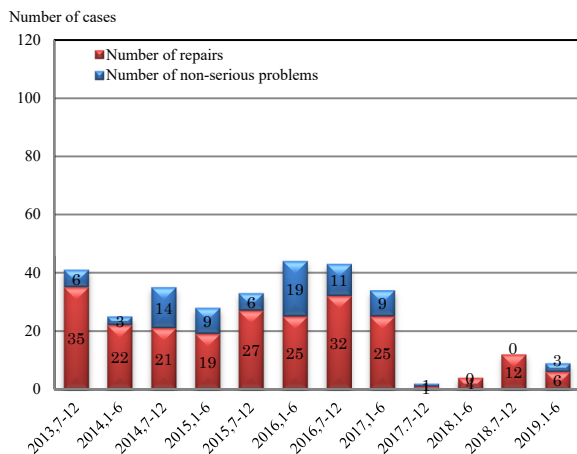


Figure 5: Number of repairs and non-serious problems from July 2013 to June 2019.

約 40 年前の完成時の値に回復した。

この真空シール材の交換作業中に発覚したドリフトチューブ 5-11(DT5-11)のエポキシ樹脂部の液漏れはシール材にて補修した。しかし液漏れが再発したためシール材にて再補修を行った。また、同様の液漏れは他の RILAC 共振器でも確認されたため修理の検討をしている。

そして、ブースターA1 の真空漏れは、漏れ箇所が特定の範囲にあることを究明し、その部分をシール材にて修理を行い、その後に真空排気試験を行い到達真空度が約 20 年前の完成時の値に回復した。

RILAC-No.3 と RILAC-No.4 の共振器では、ヘリウムリークテスト及びカラーチェックにより外筒の溶接部でのリークが確認されたので、シール材にて補修をした。

5. 老朽化対策と状況

RILAC-No.1~No.6 の励振器のうち No.3 と No.4 の 2 台は未更新であるが、早期の更新が必要である。また、真空的な問題で RILAC の他の共振器も RILAC-No.5 同様に 39 年間使用し続けて真空的な問題があり、リーク箇所をその都度補修している。

その他真空関係では RILAC-No.1~No.6 共振器真空排気用 5000L/sec のターボ分子ポンプは 39 年間使用し続けているので、順次更新が必要である。今年度は、1 台を更新する予定である。

6. 今後の予定

RILAC は、28GHz-SCECRIS 及び SRILAC の導入に伴う作業を行っている。

28GHz-SCECRIS については、引き続き試運転を行う予定である。SRILAC については、SRF の据え付けは完了し、今後 He 冷却を行い、SRF 間の電磁石等の設置を行う予定である。そして年内には総合試験としてコミッションを行う予定である。

最後に、励振器および共振器等の老朽化は対策が必要であり、昨年に引き続き今後計画的に進めて行くことが重要な課題の一つである。

参考文献

- [1] M. Odera *et al.*, Nucl. Instrum. & Methods. 227, (1984) 187.
- [2] E. Ikezawa *et al.*, PASJ2018, FSP010, (2018), 1304.
- [3] Y. Yano, Nucl. Instrum. & Methods. B261, (2007), 1009.
- [4] E. Ikezawa *et al.*, PASJ3-LAM31, WP02, (2006), 272.
- [5] M. Kase *et al.*, IPAC2012, THPPP040, (2012), 382.
- [6] E. Ikezawa *et al.*, HIAT2015, WEPB14, (2015), 222.