

# 理研重イオンリニアックの現状報告

## PRESENT STATUS OF RILAC

大木智則<sup>B)</sup>, 池沢英二<sup>A)</sup>, 山内啓資<sup>B)</sup>, 小山田和幸<sup>B)</sup>, 田村匡史<sup>B)</sup>,  
遊佐陽<sup>B)</sup>, 金子健太<sup>B)</sup>, 渡邊裕<sup>A)</sup>, 内山暁仁<sup>A)</sup>, 加瀬昌之<sup>A)</sup>, 上垣外修一<sup>A)</sup>  
Tomonori Ohki<sup>B)</sup>, Eiji Ikezawa<sup>A)</sup>, Hiromoto Yamauchi<sup>B)</sup>, Kazuyuki Oyamada<sup>B)</sup>, Masashi Tamura<sup>B)</sup>,  
Akira Yusa<sup>B)</sup>, Kenta Kaneko<sup>B)</sup>, Yutaka Watanabe<sup>A)</sup>, Uchiyama Akito<sup>A)</sup>, Masayuki Kase<sup>A)</sup>,  
Osamu Kamigaito<sup>A)</sup>,

<sup>A)</sup> RIKEN Nishina Center, <sup>B)</sup> SHI Accelerator Service, Ltd.

### Abstract

This year is the 35th year since the RIKE 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. For the beam experiments of the RI Beam Factory (RIBF), <sup>48</sup>Ca-ion beam accelerated by the RILAC were injected into the RIKEN Ring Cyclotron (RRC) for the past year. 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) <sup>[1,2]</sup>は今年で 35 年目を迎えた。この線型加速器は加速周波数可変型であり、加速エネルギーを約 0.6~6.0 MeV/nucleon の範囲で設定することができる。構成は、主加速器の RILAC、前段入射器の FC-RFQ、ブースターの CSM<sup>[3]</sup>、18GHz-ECR イオン源となっている。現状の理研重イオンリニアックの構成を Figure 1 に示す。1981 年より実験へのビーム供与を開始し、2002 年からは超重元素探索関連実験へのビーム供与を開始した。入射器としての運転は 1986 年に理研リングサイクロトロン (RRC) への入射運転を開始し、2006 年には理研 RI ビームファクトリー (RIBF) <sup>[4]</sup>への入射運転を開始した。

本発表ではこの加速器のこの 1 年間における現状報告として、入射及び単独の運転状況、保守作業、及び故障状況、また、老朽化対策状況について報告する。

### 2. 運転状況

Figure 2 に 2005 年~2014 年の運転時間を示す。この 10 年間の全加速器運転時間に対する全ビーム供給時間の割合は平均 85.1%で、2014 年は 84.5%であった。また、全加速器運転時間に対する全故障停止時間の割合は平均 2.5%で、2014 年は 5.2%であった。入射運転としては、RIBF 実験及びその他の実験のため RRC へビームを入射している。

Figure 3 に 2005 年~2014 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。年間約 600 時間から 3200 時間のビーム入射を行った。この 1 年間の 2014 年 7 月~2015 年 6 月においては、2014 年 9 月に <sup>86</sup>Kr ビームを、2014 年 9 月と 11 月に <sup>48</sup>Ca ビームを RIBF 実験等のために RRC へ入射した。これらの加速器運転時間は、RIBF 実験のために合計 691.3 時間、その他の実験のために合計 188.5 時間であった。また、ビーム入射時間は、RIBF 実験のために合計 643.5 時

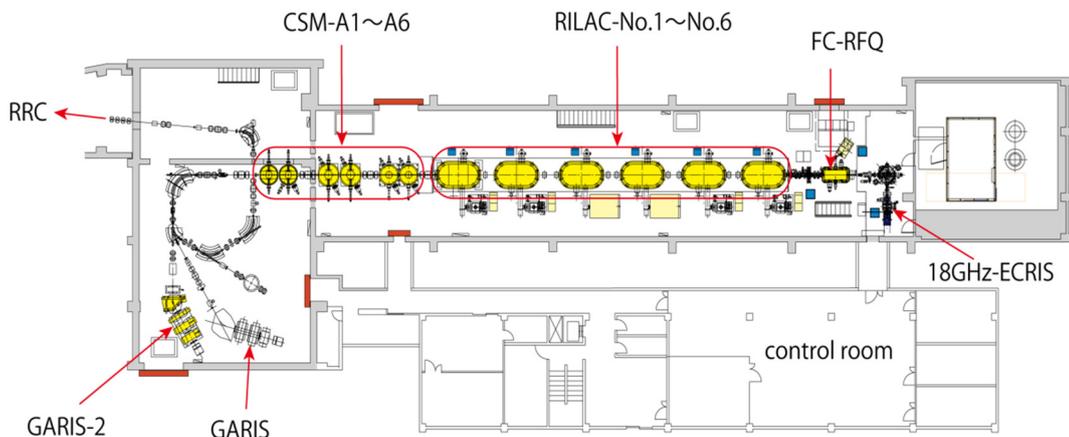


Figure 1: Layout of RILAC.

間、その他の実験のために合計 144.5 時間であった。単独運転としては、超重元素探索関連の実験<sup>[5,6]</sup>、核化学、放射線化学の実験が行われ、<sup>23</sup>Na、<sup>27</sup>Al、<sup>40</sup>Ar、<sup>48</sup>Ca、<sup>48</sup>Ti、<sup>50</sup>Ti、及び <sup>82</sup>Kr のビームを実験に供与した。この 1 年間の 2014 年 7 月～2015 年 6 月における加速器運転時間の合計は 2198.9 時間で、実験への供給時間の合計は 1903.6 時間であった。

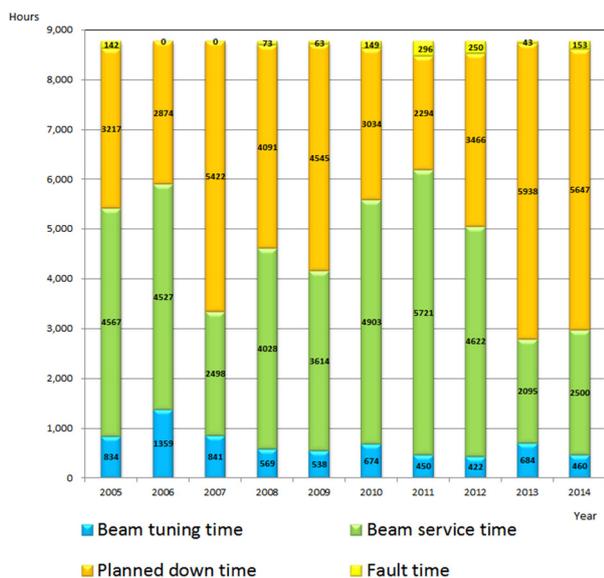


Figure 2: Operation time of RILAC.

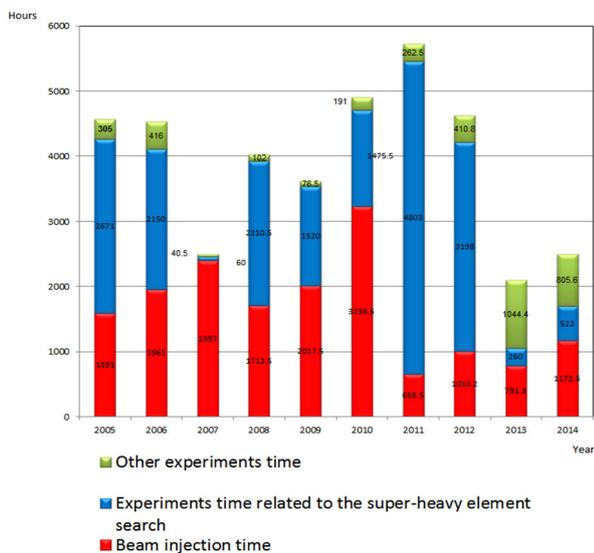


Figure 3: Beam service time of RILAC.

### 3. 保守作業状況

各装置を常に最良の状態に維持するために、我々は保守作業として、主に以下の作業を行った。RF 系は励振器の駆動部及び高電圧部、共振器の駆動部及び内部電氣的接触部、励振器及び共振器の水冷

部、高圧電源、ローレベル信号制御機器などについて点検、清掃及び部品交換などを行った。電磁石電源系は、空冷ファン、エアフィルター、水冷部について、点検、清掃及び部品交換を行った。冷却系は、冷却水ポンプ、冷却塔、熱交換器、空冷チラー、各種フィルター類について、点検、清掃及び部品交換などを行った。圧空系は、コンプレッサー、ドライヤー及び電磁弁の点検及び部品交換を行った。真空系は、ターボ分子ポンプ、クライオポンプ、ロータリーポンプ、真空バルブ、真空度測定装置について、点検、オイル交換及び部品交換と分解整備などを行った。RILAC 共振器の真空排気では、メンテナンスの度にメカニカルブースターポンプにつながる粗引き系統のバタ弁バルブにリークが発生していた。この系統の配管内部を調べると、建設当時の埃等が多量に堆積しており、バルブ駆動時の振動で O リング面にそれらが付着したと考えられる。埃等全てを取り除くのは不可能なので、この配管内を常時補助排気するロータリーポンプを設置した。制御系は、サーバー、クライアント機器の点検清掃及び部品交換、ユーザーインターフェースの改善などを行った。診断系は、ファラデーカップ、プロファイルモニター、アッテネーターについて点検及び空圧シリンダーなどの部品交換を行った。イオン源系は、装置内部品、高電圧部及び駆動部などについて、点検、清掃及び部品交換などを行った。また、スペクトル取得時にイオンの認知を簡易化する目的で改善を行った。

### 4. 故障状況

2009 年 7 月から 2015 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 Figure 4 に示す。故障の 43% は RF 系で、その他の装置は 7%~14% 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多いことが考えられる。

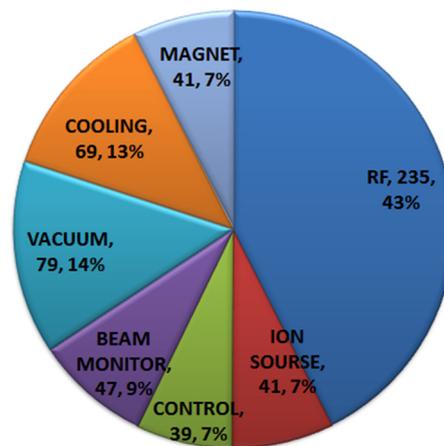


Figure 4: Number of mechanical problems from July 2009 to June 2015.

2009年7月～2015年6月の修理実施件数と一時的な不具合件数に関する半年ごとの集計を Figure5 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 551 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 57.0% (314 件) であった。この1年間の重故障としては、合計 5 件あった。昨年の夏期メンテナンス中に RFQ キャビティ内部に大量の冷却水が漏れだし、調査をすると下ステムのアスリングの冷却配管にピンホールが開いていた。応急処置を施し運転可能となったが、経年劣化が原因であると考え同部品を新たに製作し、今年の3月に交換した。RILAC-No.1 共振器では、36.5MHz で運転時に、フィーダーにおいて内軸冷却用冷却水ホースが溶損し水漏れを起こした。フィーダー構造物の絶縁体(テフロン製)も熱で損傷しており、励振異常により部分的に高温になったためと考えられる。冷却水ホースを交換し、絶縁体も使用可能な状態まで磨き復旧した。CSM-A4 共振器では、2014年11月に下流エンドドリフトチューブ用冷却配管より水漏れが発生し補修材を塗布し修理をした。同タイプのエンドドリフトチューブは12個使用しており、これまでもそのうち3個で水漏れが発生したため、対策を検討中である。2014年12月には、CSM 冷却水系統の純水ポンプの軸受けベアリングからの異音が大きくなりマシンタイム中であったため急遽ベアリングを交換した。2015年4月には、CSM-A3 励振器の真空管電源のプレート用電圧出力部の、フィルター回路内の高耐圧コンデンサーが故障しプレート電圧がかからなくなりコンデンサーを交換した。この他の故障は、一時的な動作不良や不調、または運転に大きく影響しない時期での故障であったので、その都度、調査や修理を行った。

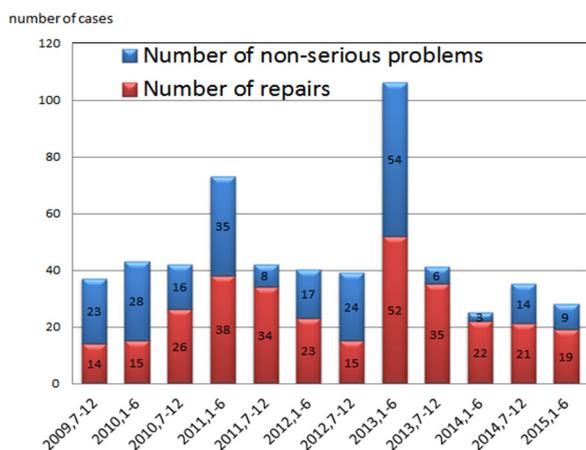


Figure 5: Number of repairs and non-serious problems from July 2009 to June 2015.

## 5. 老朽化対策と状況

RILAC-No.1~No.6 の励振器は、これまでに No.1、No.2、No.5、及び No.6 の 4 台を更新した。35 年間使用し続けて更新が必要ではあるがまだ未更新の No.3 と No.4 の 2 台は、部分的また段階的に改良を行っている。この1年ではこれらのアンプ駆動系の表示装置を更新した。また、RILAC-No.1~No.6 の共振器は 35 年間使用し続けて真空中の問題があり、He リークディテクターを使用し各共振器のリークチェックを行った。リーク箇所を補修し、真空度が良好化した共振器もあったが、No.5 共振器には、修理が非常に難しい箇所にリークが見つかった。幸いに、励振(温度が上昇)すると真空度が良好するので、修理の方法を検討している。制御系では、ファラデーカップの操作制御に CAMAC 機器を使用しているが、このシステムは今後廃止する方向であるため N-DIM 制御に更新した。また、測定のためのアンプも汎用品を導入した。実際に使用すると、動きに不自然な点が見られたが、種々の平均値を比較し、最良の表示法を試している。

## 6. 今後の予定

今年度の今後の予定として 2015 年 8 月下旬から 2016 年 3 月までは、単独運転及び入射運転をマシンタイム計画に沿って実施して行く予定である。作業ではコントロール室の更新を上げておく。RILAC のコントロール室は、ハードワイヤーで制御していた制御卓を流用しており、現在主流の PC での制御には不向きである。費用の面から数年にわたる更新になりそうであるが、使い勝手の良いものにしていくよう計画である。また、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., PASJ2014-FSP023, (2014) 398.
- [3] O. Kamigaito et al., Rev. Sci. Instrum. 76 (2005) 013306.
- [4] Y. Yano, Nucl. Instrum. & Methods. B261 (2007) 1009.
- [5] E. Ikezawa, et al., PASJ3-LAM31, WP02, (2006) 272.
- [6] M. Kase, et al., IPAC2012, THPPP040 (2012) 3823.