

# 理研重イオンリニアックの現状報告

## PRESENT STATUS OF RILAC

山内啓資<sup>#B)</sup>, 池沢英二<sup>A)</sup>, 大木智則<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>, 加瀬昌之<sup>A)</sup>, 上垣外修一<sup>A)</sup>

Hiromoto Yamauchi<sup>B)</sup>, Eiji Ikezawa<sup>A)</sup>, Tomonori Ohki<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>, 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 36th 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. 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), <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 36 年目を迎え、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 イオン源で構成されている。この線型加速器は加速周波数可変型である。U 以外の最大加速エネルギーは、これまでの 6.0 MeV/nucleon から 7.0 MeV/nucleon が可能となった。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、超重元素探索関連実験は 2002 年から行っている。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 2006 年～2015 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 85.6%で、2015 年は 89.4%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 2.4%で、2015 年は 1.6%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 2006 年～2015 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 2015 年 7 月～2016 年 6 月においては、<sup>86</sup>Kr ビームを 2015 年 7 月に、<sup>48</sup>Ca ビームを 2015 年 9 月、11 月、12 月、及び 2016 年 1 月に 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 実験のための合計 490 時間、その他の実験のための合計 515 時間であった。また、ビー

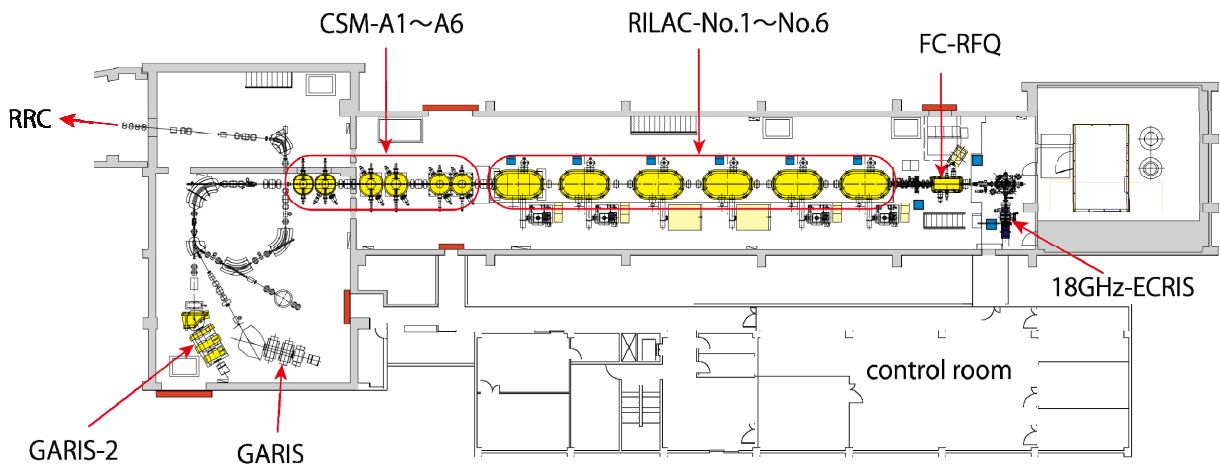


Figure 1: Layout of RILAC.

ム入射時間は、RIBF 実験のためが合計 454 時間、その他の実験のためが合計 440 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>5,6,7)</sup>、核化学、放射線化学の実験が行われ、<sup>4</sup>He、<sup>14</sup>N、<sup>24</sup>Mg、<sup>27</sup>Al、<sup>40</sup>Ar、<sup>48</sup>Ca、<sup>50</sup>Ti、及び <sup>86</sup>Kr のビームを実験に供与した。この 1 年間の 2015 年 7 月～2016 年 6 月における加速器運転時間の合計は 3453 時間で、実験への供給時間の合計は 3091 時間であった。

U 以外の最大加速エネルギーは、放射線関係の使用許可条件をこれまでの 6.0 MeV/nucleon から 7.0 MeV/nucleon とする変更申請の許可を 2015 年秋に得た。2016 年 7 月には、実際に  $\alpha$  ビームで加速試験を行い 7.0 MeV/nucleon を実証した。

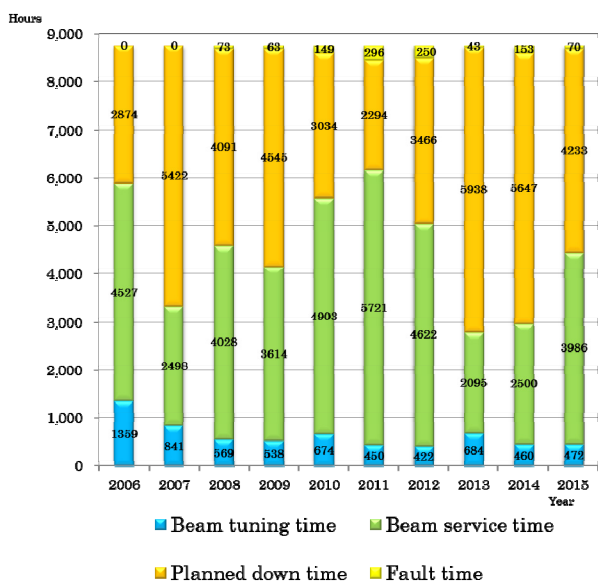


Figure 2: Operation time of RILAC.

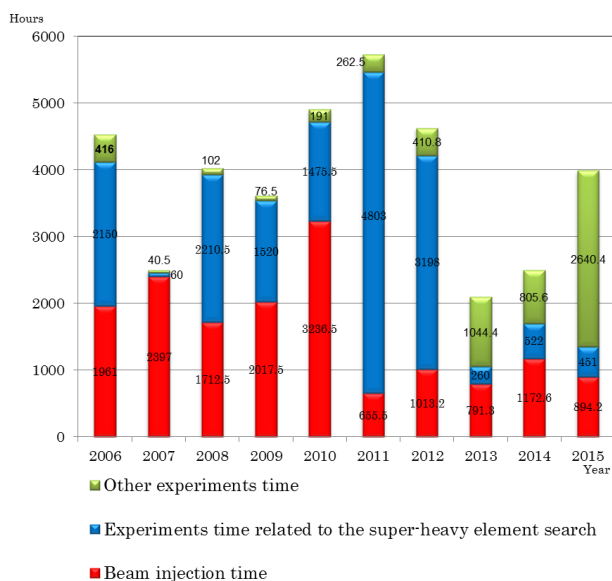


Figure 3: Beam service time of RILAC.

### 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、除湿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、及び部品交換を行った。

制御系は、サーバー、クライアント機器、UPS の点検、清掃、及び部品交換を行った。また、コントロール室において使用しなくなった旧制御盤の撤去などを行った。

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、及び部品交換を行った。

### 4. 故障状況

2010 年 7 月から 2016 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 44.2% は RF 系で、その他の装置は 5.5% ~ 16.1% 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。

2010 年 7 月～2016 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 Figure 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大故障まで様々な故障があり、総計 548 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 61.5% (337 件) であった。

この 1 年間の重大故障(合計 12 件)として、RILAC 出射部のリバンチャーのスタブ内軸部での水漏れ、RILAC-No.4 励振器内部の冷却ヘッダー配管での水漏れ、RILAC-No.6 励振器内部のコンタクトフィンガーの焼損、CSM 共振器のエンドドリフトチューブ用冷却配管で水漏れがあった。どれもその都度我々で修理した。しかし、CSM 共振器のエンドドリフトチューブ用冷却配管での水漏れは、2013 年から A3～A6 共振器において度々発生し、これまでは補修材を塗布して修理していた。しかし、この 1 年間では 8 か所において合計 9 回の水漏れが発生した。このため、今夏には冷却配管部分を補修するのではなく、新しい配管部材を溶接し直す修理を順次行っていく予定である。

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。

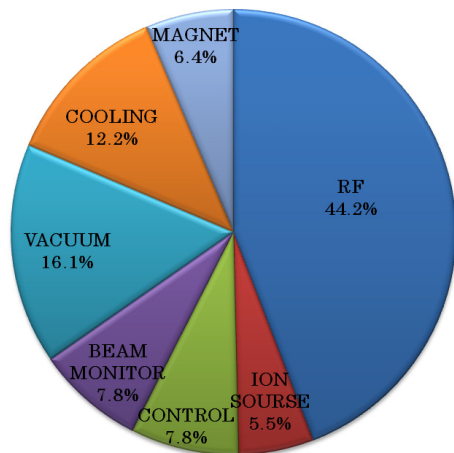


Figure 4: Number of mechanical problems from July 2010 to June 2016.

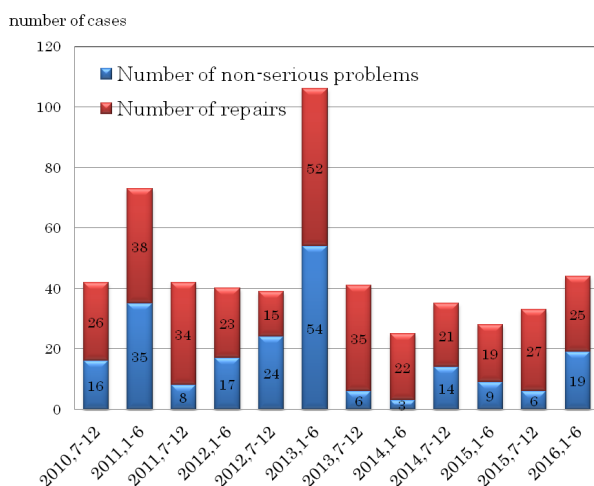


Figure 5: Number of repairs and non-serious problems from July 2010 to June 2016.

## 5. 老朽化対策と状況

RILAC-No.1~No.6 の励振器は、これまでに 4 台を更新したが、No.3 と No.4 の 2 台は、36 年間使用し続けて早期に更新が必要ではあるがまだ未更新である。

RILAC-No.1~No.6 の共振器は 36 年間使用し続けて真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。しかし、No.5 共振器では、共振器内の内筒部のある範囲に真空リークがあることが分かった。しかし、真空リーク箇所をピンポイントで特定することが非常に難しく、検討を重ねながら調査をしている。

RILAC-No.1~No.6 の共振器の真空排気用の 5000L/sec のターボ分子ポンプは 36 年間使用し続けているため、順次更新することを検討している。

## 6. 今後の予定

今年度の今後の予定として 2016 年 8 月下旬から 2017 年 3 月までは、単独運転及び入射運転をメンテナンス計画に沿って実施して行く予定である。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 HWQ Nucl. Instrum. & Methods. 227 (1984) 187.
- [2] E. Ikezawa *et al.*, PASJ2015 FSP012,(2015)309.
- [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.
- [7] E. Ikezawa HWQ HIAT2015, WEPB14 (2015) 222.