

Present Status of RILAC

Eiji Ikezawa ^{A)}, Tomonori Ohki ^{B)}, Toshimitsu Aihara ^{B)}, Hiromoto Yamauchi ^{B)}, Akito Uchiyama ^{B)}, Kazuyuki Oyamada ^{B)}, Masashi Tamura ^{B)}, Yutaka Watanabe ^{A)}, Masayuki Kase ^{A)}, Osamu Kamigaito ^{A)}

^{A)} RIKEN Nishina Center 2-1 Hirosawa, Wako-shi, Saitama, 351-0198

^{B)} SHI Accelerator Service, Ltd. 2-1 Hirosawa, Wako-shi, Saitama, 351-0198

Abstract

This year is the 32nd 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. For the beam experiments of the RI Beam Factory (RIBF), ⁴⁸Ca-ion beam accelerated by the RILAC were injected into the RIKEN Ring Cyclotron (RRC) for the past year. 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. The present status of the RILAC operation is reported.

理研重イオンリニアックの現状報告

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、周波数可変型線形加速器であり、前段入射器のFC-RFQ、主加速器のRILAC、ブースターのCSM、及び18GHz-ECRイオン源で構成されている。最大加速エネルギーは、5.8 MeV/nucleonである。1981年に単独運転での各種実験へのビーム供与を開始し、今年で32年目を迎えた。なお、18GHz-ECRイオン源とFC-RFQは、1996年に設置された。CSM ^[3] は2000年に東京大学原子核科学研究センターとの協力により開発され設置された。

単独運転としては、主としてリニアック実験室のe3実験ラインにおいて、2002年に開始された超重

元素探索関連の実験 ^[4] が継続されている。また、核化学、放射線化学、試料分析の実験が行われている。

入射運転としては、1986年に、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を開始した。また2006年には、超伝導リングサイクロトロン (SRC) など構成される理研RIビームファクトリー (RIBF) ^[5] の複合加速器ための入射器としての運転を開始した。

本発表では、RILACの現状報告として、入射運転、単独運転、及び保守などの実施状況について報告する。

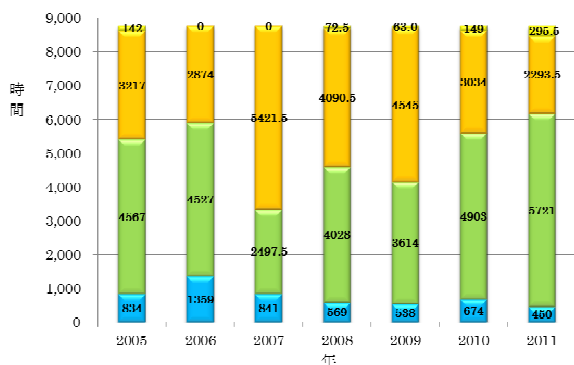


図1 2005年～2011年の運転時間

- ： 加速器調整時間
- ： ビーム供与時間 (入射及び単独実験時間)
- ： 計画停止時間 (改良、保守などを含む)
- ： 故障停止時間 (修理などを含む)

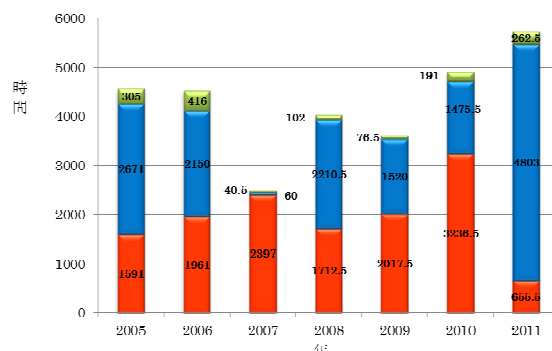


図2 2005年～2011年のビーム供与時間

- ： ビーム入射時間 (入射運転)
- ： 超重元素探索関連の実験時間 (単独運転)
- ： その他の実験時間 (単独運転)

ikezawa@riken.jp

2. 入射器としての運転状況

RILACは、RIBF実験及びその他の実験のためにRRCへの入射器としての運転を行っている。図1に2005年～2011年の運転時間を示す。2005年のビーム入射時間は、RRCだけのために入射器として運転した時間である。2006年からは、それに加えてRIBFのための入射器としても運転を行っている。

この7年間の全加速器運転時間に対する全ビーム供与時間の割合は平均85%で、2011年は93%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%で、2011年は5%であった。図2に2005年～2011年の入射運転でのビーム供与時間（ビーム入射時間）を示す。年間約1600時間から3200時間のビーム入射を行った。

2011年は、RIBFの新入射器RILAC2が稼働し始めたこと及び2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震の影響により、RILACの入射器としての運転時間は、2010年に対して約80%減少し約650時間であった。

この1年間においては、2012年4月下旬から7月上旬にかけて ^{48}Ca ビームをRIBF実験のためにRRCへ入射した。この加速器運転時間は785時間で、ビーム入射時間は715時間であった。また、2011年12月と2012年2月には、 ^{70}Zn ビームと ^{86}Kr ビームをRIBF実験以外のためにRRCへ入射した。これらの加速器運転時間の合計は257時間で、ビーム入射時間の合計は232時間であった。

3. 単独運転としての運転状況

RILACは、入射運転の他に単独運転での超重元素探索関連の実験などを行っている。図2に2005年～2011年の単独運転でのビーム供与時間（実験時間）を示す。超重元素探索関連の実験には年間約1500時間から4800時間のビーム供与を行った。また、その他の実験には年間約80時間から420時間のビーム供与を行った。

2007年はRIBFコミッシングのための入射運転を主体的に行った。またこれに伴いイオン源開発、RF系の基準信号及び各種検出信号の改良、真空排気系の改良、診断系の改良、ビームトランスポート系の改良などを行った^[6, 7]。このためこの年の単独運転は約100時間であった。

2011年は新入射器RILAC2の稼働開始などに伴い、RIBF実験と並行して単独運転が可能となったことにより、2010年に対して約3倍に増加し5000時間を超えた。

この1年間の2011年7月～2012年6月においては、超重元素探索関連の実験、核化学、放射線化学、試料分析の実験が行われ、 ^{19}F 、 ^{48}Ca 、 ^{70}Zn 、 ^{82}Kr 、及び ^{136}Xe のビームを実験に供与した。このうち超重元素探索関連の実験のための加速器運転時間の合計は4470時間で、実験へのビーム供給時間の合計は4184時間であった。

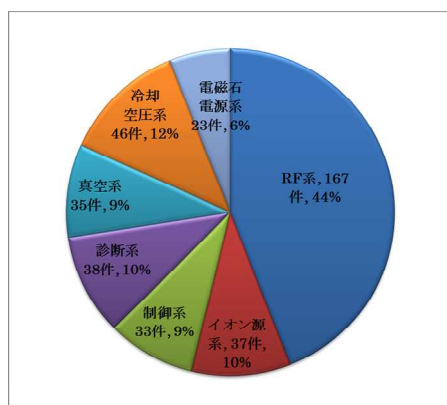


図3 2008年7月～2012年6月の装置別故障発生件数

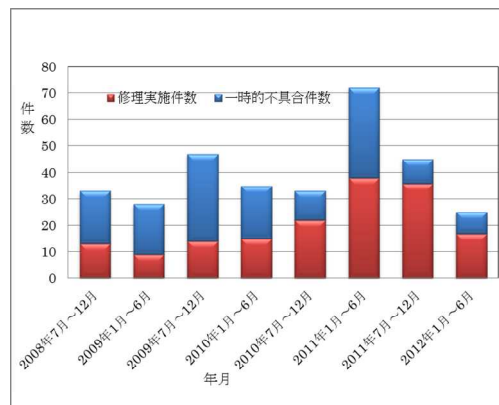


図4 2008年7月～2012年6月の修理実施件数と一時的不具合件数

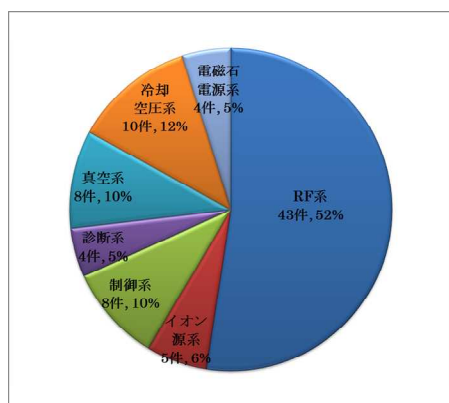


図5 2011年7月～2012年6月の装置別故障発生件数

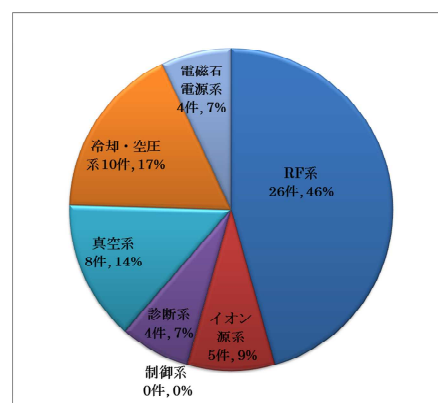


図6 2011年7月～2012年6月の装置別修理実施件数

4. 主な保守作業

2011年7月から2012年6月においては、加速器運転を最優先したため、通常は夏季に行う1か月～2か月の保守期間を大幅に削減し、2011年の8月には8日間、2011年の10月に15日間、そして2012年の1月に7日間が必要最低限の定期保守作業などを行った。主な保守作業としては、以下のことを行った。

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続部、水冷部、高電圧電源などについて点検清掃及び部品交換、またローレル系の改良などを行った。

電磁石電源系は、空冷ファン、エアフィルター、水冷部などについて、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、空冷チラーなどについて、点検清掃及び部品交換を行った。また、老朽化対策として、RFQ系純水ポンプを新型に入替え、RFQ系冷却塔充填材の交換、真空系冷却塔の散水ポンプ及び空冷ファンの交換を行った。

圧空系は、コンプレッサー及び電磁弁の点検を行った。

真空系は、ターボ分子ポンプ、クライオポンプ、ロータリーポンプについて、点検もしくは分解整備を行った。

制御系は、新機能追加、操作性向上、サーバ計算機更新、コントローラ清掃、ファン点検などを行った。

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を行った。また、プロファイルモニターを1か所増設した。

イオン源系は、ガス導入回路更新、各部点検及び改良などを行った。

5. 主な故障

2008年7月から2012年6月までの4年間に発生した各装置別の故障に関して、故障件数を図3に示す。故障した装置の大半はRF系で、その他の装置はほぼ同じ比率であった。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の割合が他の装置に比べて多いためであると考えられる。

この4年間の故障に関する修理実施有無の半年ごとの集計を図4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318件あり、そのうち部品交換などの修理を必要としたのは約52%（164件）であった。2011年1月～6月と2011年7月～12月の故障件数、及び2011年1月～6月の一時的な不具合件数が、他の期間に比べて約2倍であった。2011年3月11日には東北地方太平洋沖地震が発生している。この際にはビームダクトが1か所破断し真空リークが発生し、また冷却水流量異常により冷却水ポンプの停止などが発生した。

この1年間の2011年7月～2012年6月においては、図5と図6に装置別の故障発生件数と修理実施件数を示す。この1年間では故障件数が82件で、修理件数が57件（69.5%）であった。

重故障としては、RF系、イオン源系、真空系で

発生し、合計7件であった。これは、全故障件数のうちの約9%にあたる。これらの故障のうちほとんどがマシンタイム実施中に発生したが、応急処置が可能な故障はそれを施してマシンタイムは続行させ、後日、適切な修理を行った。しかし、故障状況によっては、マシンタイムを数日間程度中断させて修理をした場合もあった。重故障の状況としては以下のとおりである。

RF系では4件の重故障があり、2011年7月にRFQ共振器の電力フィーダーで、その先端部電極にある冷却水配管にピンホールが開き、水漏れが発生した。この時はマシンタイム中であつたため応急処置を施した。2011年11月にRILAC-No.1励振器で、終段真空管のグリッドスタブ部において、冷却水漏れが発生し、冷却水継手交換の修理を施した。2012年3月にRFQ終段電力増幅器で、真空管への高電圧ケーブルの対接地絶縁不良が発生し、高電圧ケーブル交換の修理を施した。2012年5月にRILAC-No.5励振器では、終段アンプと電力フィーダーの接続部において、内軸管コンタクトフィンガー焼損が発生し、内軸管交換の修理を施した。

イオン源系では、1件の重故障があり、2011年7月に18GHz-ECRイオン源用RF電源のクライストロンが故障し、別のイオン源のRF電源に交換した。

真空系では、2件の重故障があり、2011年7月にRILAC-No.1共振器用クライオポンプが、2011年9月にCSM-A6の共振器用クライオポンプが故障した。RILAC-No.1については、交換修理を施した。CSM-A6については、真空排気をクライオポンプからターボ分子ポンプに切り替え、クライオポンプは後日修理を施した。

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箇所の故障などであつたので、後日、調査や修理を行った。

6. 今後の予定

2012年7月から12月にかけては、RILAC単独運転での超重元素探索実験をほぼ連続的に継続してゆく予定である。我々はこれらの実験及びRIBFへの入射運転などのために、加速器の維持管理を的確に実施すると共に安定で大強度なイオンビームを供給できるように今後も努めてゆく。

また、30年以上も運転し続けているこのRILACを今後も運転し続けるためには老朽化対策を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., PASJ8, MOPS007, (2011) 255.
- [3] Kamigaito et al., Rev. Sci. Instrum. 76 (2005) 013306.
- [4] E. Ikezawa, et al., PASJ3-LAM31, WP02, (2006) 272.Y.
- [5] Yano, Nucl. Instrum. & Methods. B261 (2007) 1009.O.
- [6] E. Ikezawa, et al., PASJ4-LAM32, WP10, (2007) 242.
- [7] E. Ikezawa, et al., PASJ5-LAM33, WP006, (2008)265.