

## 理研 RI ビームファクトリー 稀少 RI リングの建設

理研 ○藤縄 雅

## 1 まえがき

理化学研究所<sup>1)</sup> (理研) 仁科センター<sup>2)</sup> (以下 RNC) の重イオン加速器施設である R I ビームファクトリー<sup>3)</sup> (以下 RIBF) 鳥瞰図を図 1 に示すは、1987 年に完成した旧施設と、2006 年に完成した新施設により構成され、重イオン線形加速器 2 台、サイクロトロン 5 台と電子加速器 1 台を有し、同時に最大 4 種類の実験 (RILAC<sup>4)</sup>、AVF と SCRIT<sup>5)</sup> は単独実験で、残りの全ての加速器を用いゼノン(Xe)やウラン(U)加速実験)を行う事ができる。特に主加速器である SRC<sup>6)</sup> (the Superconducting Ring Cyclotron) は、世界最大最強を誇る。

宇宙のはじまり(the Big Bang)で軽い元素が生成され、その後、太陽のような恒星中で鉄までの元素が合成される。しかし鉄より重い金銀銅やウラン元素は超新星爆発時に中性子過剰核を経て生成されたとする仮説 (Rapid process: r 過程) が有力だ。そこで、仮説の実証の為に r 過程上の未知の中性子過剰核の質量測定が極めて重要となる。

理研仁科センターは、短寿命核の精密質量測定を目的とした「稀少 RI リング<sup>8)</sup> (Rare-RI Ring : R3) を建設中である。稀少 RI リングは、2004 年の理研 International Advisory Committee (IAC) において高い評価を得て、RIBF の大型基幹実験設備として建設が決定した。

経済的な理由より、田無市にあった閉鎖された東京大学原子核研究所 (核研) の重イオンシンクロトロン TARN II の電磁石を、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) より 2005 年に理研に移管を受け、再利用する事とした。しかしながら、予算の問題より建設は遅れ、2012 年度より着工の運びとなり、2013 年度末のプロトンビーム周回を目標に作業中である。2012 年度における私の主たる担当は、3.2 MVA の交流電源、架橋付天井クレーンと冷却系である。今回は交流電源とクレーンについて報告する。

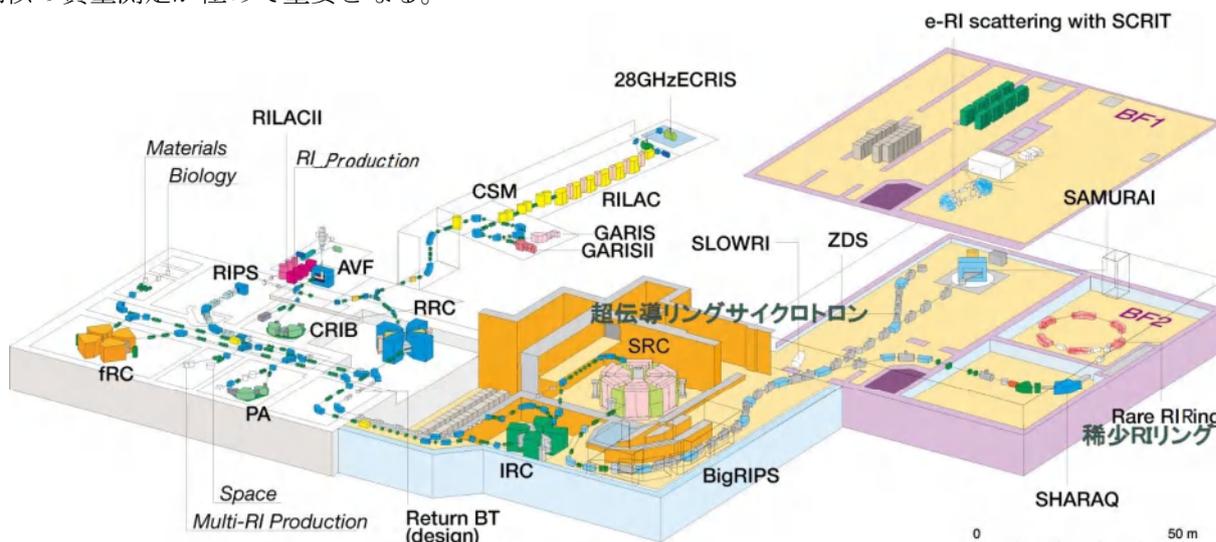


図1 灰色の範囲が旧施設、青色が加速器棟、紫色が実験棟で、両方を合わせてRIBF棟と呼ぶ。

The construction of RIKEN RI Beam Factory's Rare-RI Ring

Tadashi FUJINAWA

## 2. 質量測定方法

2007年より運用され大きな成果<sup>8)</sup>を出している、BigRIPS(超伝導RIビーム生成分離装置)<sup>9)</sup>で分離生成されたRIビームから、例えば<sup>78</sup>Niのみを選定する、そして高精度で速度を測定可能な長いビーム輸送系(BT系)を使い、個別入射を可能とするキッカー電磁石で、蓄積リングにおいて2000回周回させ、その周回に要する時間(TOF)を測定する。その測定された時間と質量が既知の元素の周回時間を比較する事で質量を知る事が出来る。

## 3. 稀少RIリングの建設

稀少リングを整備する事を決めた2004年には実験棟の建設がすでに進行中であり、その関係で蓄積リング設置場所とBT系の配置が二転三転した。最終的にRIBF棟の末端に位置するK4室にリングを建設し、SHARAQ<sup>10)</sup>(Spectroscopy of Hadronic with radioactive quantum beam: 高分解能RIビームスペクトロメータ)をBT系として使い、BT系に使う予定であったTARN IIの偏向電磁石を改造して蓄積リングを作る事とした。これらにより大幅なコスト削減が可能となった。一方K4室には、15本もの太い柱があり、配置計画上の困難も生じた、SHARAQと高さを合わせる為に、K4室にはFL 3 mの鋼製架台を製作する必要が生まれた。

### 3-1 架橋付 4.9トン天井クレーン

クレーンは一番先に作る事が肝要であり、本クレーンは4月に公示、入札手続きを経て9月末には竣工した。(図2にK4室の平面図を示す)実験棟地下K4室にリングを設置するが、この部屋にはリング内外に前述の15本の太い柱があり、例えクレーンを多数購入しても実験装置に届かない範囲が多くある上、クレーン間の荷物の積み替え、横持ちが発生する問題があった。

この問題を解決するために、架橋付き天井クレーンを、新たに開発し完成した。本クレーンは、3台のクレーンガーダ(両端にサドル付き)、2つの長さ1.71 mの架橋と1台のみの4.9 tサスペンションタイプホイストモーターより構成される。

ホイストは荷を吊り下げたまま、任意のクレーンガーダより架橋を渡り、別のガーダに懸垂されてガーダが目的地まで移動する事により荷の移動を行える特長がある。

ホイストが橋を渡る時は、全てのクレーン

ガーダが一直線に並び、脱線防止を目的にガーダと橋は、圧縮空気動力のロックピンで固定される。その後にホイスト渡りが微速で行われる。図3に写真と図4に動作原理を示す。

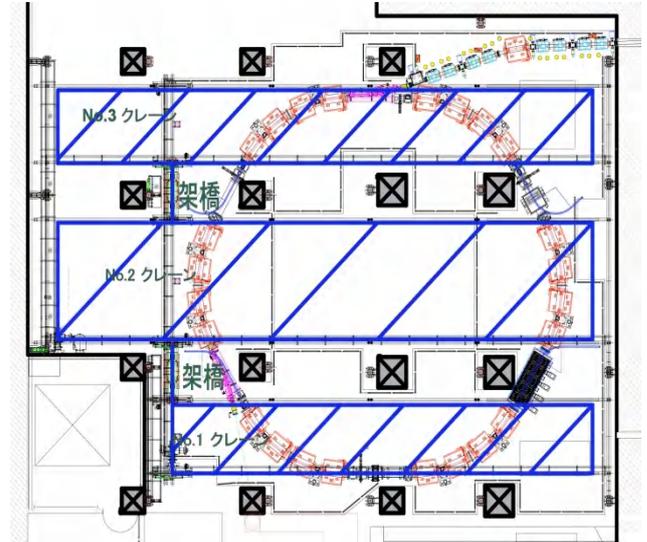


図2 稀少 RI リング配置図: 青の斜線で表示された面積がクレーンの作業範囲

本リングは BT 系として利用する SHARAQ と高さを合わせる為に、床面から 3 m の位置にステージを構築し、その上に磁石架台を据え付けている。このためクレーン運転手は荷と共に移動する事は極めて難しい為に無線操作方式を採用した。

ロックピンの動力には電磁力方式も考えられたが、リング本体にも Pneumatic control 用圧縮空気が必要であり、経費削減で共用として 3.7 kW の空気圧縮機を準備した。



図3 架橋付クレーン、左から順に No.1 クレーン、ホイスト、架橋、そして No.2 クレーンと並ぶ

磁石本体重量は 8 t の為 10 t クレーンが望ましいが、無線操作の場合は、5 t 以上はクレーン免許証が必要となり、RNC においては免許所有者が数名と少ない為、床上操作式の技能講

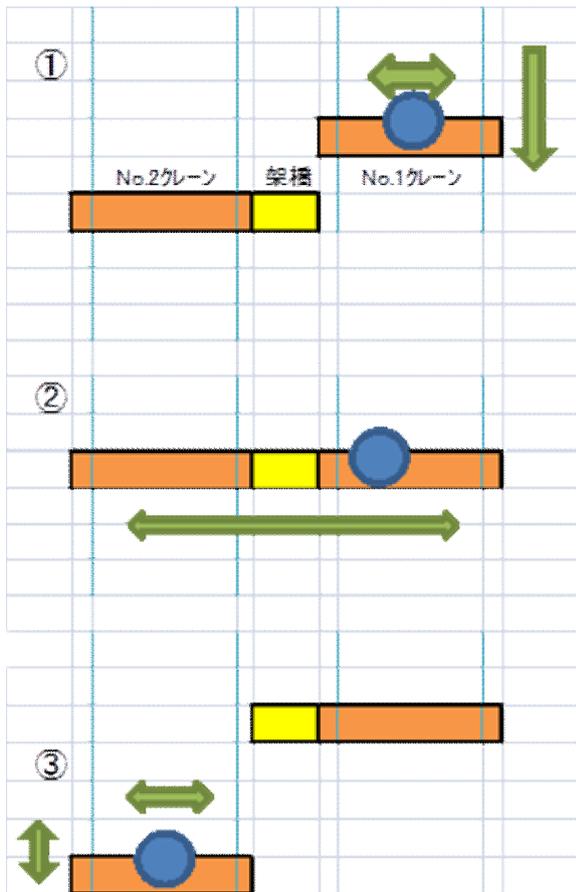


図4 運転方式の説明

●印はホイストを示す

- ① No.1クレーンで荷を吊り上げる。
- ② 全てのクレーンと架橋が一直線に並び、ホイストが荷を吊ったままNo.2（もしくはNo.3）クレーンに移動する。
- ③ No.3クレーンは横行と走行を行い、目的の任意の場所に荷を下ろす。

習で無線運転可能な、4.9 t として、磁石吊り上げ搬送時には、上下 2 分割して行う事で対処する事にした。

本方式採用により 3 台のクレーンを準備する方法に対して、経済性のみならず作業性の向上が実現された。

### 3.2 交流電源

交流電源に要求される電力の種類は、主コイル用を筆頭に各種 DC 電源に 3 相 415 V、真空とキッカー電源用に 3 相 210 V、真空ベーキング用と将来海外の研究者が機材を持ち込む事を考えて単相 240 V を、コンセント回路用には単相 3 線式の 210/105V を準備する事とした。図 5 は外形写真である。

415 V の変圧器は、 $\Delta$ -Y (Delta-Star) 結線と  $\Delta$ - $\Delta$ 結線の各々1500 kVA とした。全ての DC 電源を、それぞれ振り分ける事により、12 相

整流を実現し各種高調波を抑制している。変圧器は全て絶縁油を使用しない乾式モールド変圧器であり、発火延焼が無い事より、人体に危険な炭酸ガス消火器等を使用する必要がない。

効率は  $\Delta$  巻き線が定格時 99.36%、50% 負荷時 99.5% であり、Y 巻き線が定格時 99.4%、50% 時 99.5% の効率を誇る。

Y 巻き線は 3 相 4 線式にして、単相 240V を線間電圧として取り出し、海外製計器類に備えると共に、真空ベーキングヒター用とした。これにより 210V 変圧器の小型化に貢献した。TARN-II 再利用の偏向電磁石は、25 台を直列接続し 3000A を DC で流すもので、415 V-1400 A を 2 セット準備する必要があり、容量が大きい為、空気遮断器(ACB)を準備した。



図5 K4室に設置された、金属閉鎖型高圧配電盤(Metal Clad Switchgear)

ACB の採用は、理研和光研究所として初めてである。設定は 1600 A Trip とし、遮断能力は 65 kA であり、事故電流 36 kA に十分対応可能である。変圧器容量の 1500 kVA も、RIBF として最大単器容量である。

210/105 V 灯動変圧器 (Double-Power Transformer) は 1 台の変圧器より 3 相 3 線 210V と単相 3 線 210/105 V を供給するものである。容量は 200 kVA、効率は 98.86% である。

灯動変圧器は価格のみならず、設置場所や遮断器も削減出来るので極めて有益である。

本電源は日本電機工業会規格(JEM)の金属閉鎖高圧配電盤(Metal Clad Switchgear)に準拠しており安全性の高い製品である。

本電源の上流は RIBF 専用の第二特高変電所の高調波が少ない為使われていない Active Filter 用を候補としたが、CT の容量が不足する事が判明し、見積を取り寄せた所、交換に 350 万円が必要であるとわかった。そこで、CT 容量に余裕のある SHARAQ 電源 (1 MVA) と入れ替える事で無駄な費用の発生を防いだ。

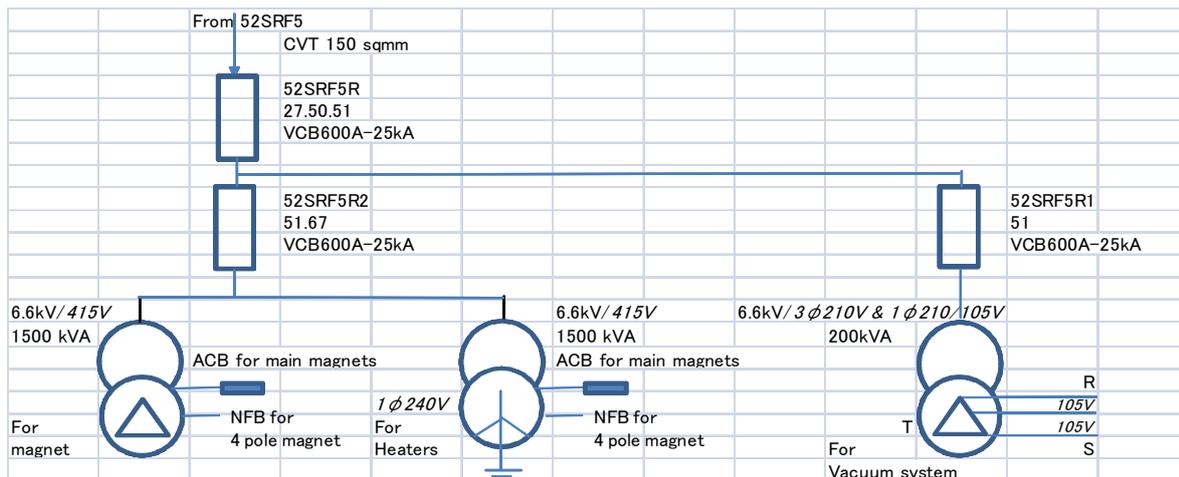


図6 単線結線図 四角は遮断器を示す。変圧器は左から△-△巻き線、△-Y巻き線、Y-△巻き線

#### 4. まとめ

現在稀少 RI リングは、昨年度末に据付配線配管工事が終了し（図 7）本年度末のビーム試験を目標に真空ダクトのベーキング他に鋭意努力中である。

1) 架橋付天井クレーンは、開発要素が多いものであったが、比較的早く竣工し、引き続き行われた、鋼製架台建設、冷却系工事、据付配線配管を含むリングの建設に大いに貢献した。現在も各種作業に活躍中である。クレーンは一番先に作る事が肝要である。

2) 交流電源は、変圧器巻き線を 2 種採用する事で 12 相整流を可能とし、灯動変圧器の採用で費用の削減が図れた。また、冷却系電動機も含め全て高効率型を採用した。

出来る限り早い機会に、短寿命核とよばれる稀少 RI の正確な質量を発表できる事を祈念して本文を終える。



図 7 稀少 RI リング：赤が偏向電磁石、青が入射系 4 極電磁石、奥にクレーン用ホイストモーターが見える。

#### 「参考文献」

- 1) <http://www.riken.jp/>
- 2) <http://www.rarf.riken.jp/>
- 3) 福西暢尚:「RIBF加速器のビームコミッション」日本加速器学会誌 4巻2号 112(2007)
- 4) K.Morita et al.: "New Result in the Production and Decay of an Isotope, <sup>278</sup>113, of the 113<sup>th</sup> Element" Journal of the Physical Society of Japan 81 (2012) 103201
- 5) 若杉昌徳他:「SCRIT:RI・電子散乱実験装置の建設」日本加速器学会誌 7巻4号 271(2010)
- 6) H.Okuno et al.: "Commissioning of the Superconducting Ring Cyclotron for the RIKEN RI Beam Factory" IEEE TRANSACTION ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY, VOL.18. No.2, JUNE 2008
- 7) Y. Yamaguchi et al.: "Rare-RI Ring Project at RIKEN RI Beam Factory" Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, Vol. 266, 2008 (4575-4578).
- 8) T. Ohnishi et al.: "Identification of New Neutron-rich Isotopes Produced by In-flight Fission of <sup>238</sup>U at 345 MeV/u II" Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 79, 2010 (073201), Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 77, 2008
- 9) 吉田光一他:加速器学会誌「理研の超伝導 RIビーム生成装置BigRIPSについて」10巻2号93(2013)
- 10) T. Uesaka, et al.: "The SHARAQ spectrometer", Progress of Theoretical and Experimental Physics 2012, 03C007 (2012)