

RCNP サイクロトロン施設の現状

PRESENT STATUS OF THE RCNP CYCLOTRON FACILITY

畑中吉治[#]、福田光宏、依田哲彦、斎藤高嶺、植田浩史、田村仁志、
永山啓一、安田裕介、森信俊平、鎌倉恵太

Kichiji Hatanaka[#], Mitsuhiro Fukuda, Tetsuhiko Yorita, Takane Saito, Hiroshi Ueda, Hitoshi Tamura,
Keiichi Nagayama, Yuusuke Yasuda, Shunpei Morinobu, Keita Kamakura
Research Center for Nuclear Physics, Osaka University, 10-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka, 567-0047

Abstract

RCNP cyclotrons were not operated during January and March in 2014, since there were construction works by the supplementary budget. We installed a discharge type buncher in the injection line to the AVF, a solenoid lens in the AVF upper yoke and replaced a junction between the RF resonator and the dee-electrode of the AVF. In the latter part, there had been water leaks in the vacuum. We also replaced electrostatic and magnetic injection channels and electrostatic extraction channels in the ring cyclotron. A fine tuning system of the FT cavity was renewed to improve the voltage distribution along the radius. The operating system (OS) of the computer control was upgraded from WindowsXP to Windows7 and related hard wares were renewed. A DC muon beam line was constructed in the downstream of the MuSIC superconducting solenoids. A switching magnet was fabricated using high temperature superconducting (HTS) wire. We plan to make a time sharing of beams by exciting the HTS magnet in pulse mode.

We resumed user's experiments in May. Debugging of newly introduced devices and software was performed in parallel. During operation till the end of July there were several troubles in the existing devices; a water leak in the vacuum at the power lead to the magnetic channel MIC2 of the ring cyclotron, a damage in the insulator of the ion source NEOMAFIOS, a breakdown of the 18 GHz klystron (CPI VKU-7791B). We have continued the developments for stable operation of the dissociator of the polarized ion source but have not succeeded yet.

1. 運転、保守

RCNP サイクロトロンは、2012 年 8 月から 2013 年 3 月の間は AVF 棟耐震改修工事のため、2014 年 1-3 月の間は平成 24 年度に措置された補正予算で製作した機器の設置工事のため運転を休止した。また、2013 年 10 月からの電気料金高騰のため、2014 年度から 5 ヶ月運転が予定されている。図 1 に運転時間 (1 月-12 月間の統計) を示す。2000 年代には約 6,000 時間ビーム加速が行われていたが、2012 年からは約 4,000 時間となり、今後も同様と予想される。補正予算での主な改造項目は以下である^[1]。

- イオン源からの入射系に放電型バンチャー
- AVF 上ヨーク内にソレノイドレンズ
- AVF 共軸とディー電極間の異形部
- リングサイクロトロン静電・磁気入射チャンネル
- リングサイクロトロン静電・磁気出射チャンネル
- リングサイクロトロン FT 空洞の密同調機構
- DC ミューオンライン
- 磁気分析装置下流の前方測定用ビームライン
- 計算機制御上位系の更新
- 高温超伝導コイルを利用した振り分け磁石

AVF 異形部は近年冷却水銅配管から真空中に漏水があり、平成 16 年に応急処置をしたが、その後、4 系統に漏水が再発し、冷却水を停止していた。今回の改造では異形部を新作した。銅配管は、初期製作では炉中ロウ付けであったが、今回は半田付けとした。

リングサイクロトロン FT 空洞の密同調は、従来コンペンセータで行っていた。コンペンセータを動かすとインピーダンスが変化し、かつ移動距離に対する位相の変化が一方向 (線形) でなかった。今回の改造でショート板の駆動を細密にする方法を採用した^[2]。また、周波数毎にコンペンセータの位置を固定し、電圧の半径方向の分布を改善することが期待できる。制御上位系更新の主目的は WindowsXP から Windows7 への生バージョンアップであったが、PC、ディスプレイ等関連機器の更新を併せて行った。

共同利用実験は 5 月から再開し、更新された機器のビームによる調整を並行して行った。一番多くの修正が必要とされたのは制御系であった。特に、処理速度が速くなり、ハードの動きとのタイミングが問題となった。FT 空洞密調整機構の条件最適化に関しては、通常のビーム加速には十分であるが超高品質ビームの加速にはまだ至っていない。後期の運転で最適条件を探す予定である。

7 月末に共同利用実験を終了した。この間に、リングサイクロトロン磁気入射チャンネル MIC2 の電流導入部で冷却水の真空中への漏水が発生した。アダプターのロウ付け部の経年劣化とみられる。トリムコイルの電流導入部にも同じ構造が採用されており、今後、同様の問題多発が危惧される。NEOMAFIOS イオン源の支持部の絶縁破壊、18 GHz 超伝導 ECR イオン源のクライストロン (CPI VKU-7791B) 故障が生じた。いずれも他のイオン源に切り替えることにより、実験への影響は計 1 日であった。偏極イオン源解離器のガラス管の寿命が短い問題は継続して

[#]hatanaka@rcnp.osaka-u.ac.jp

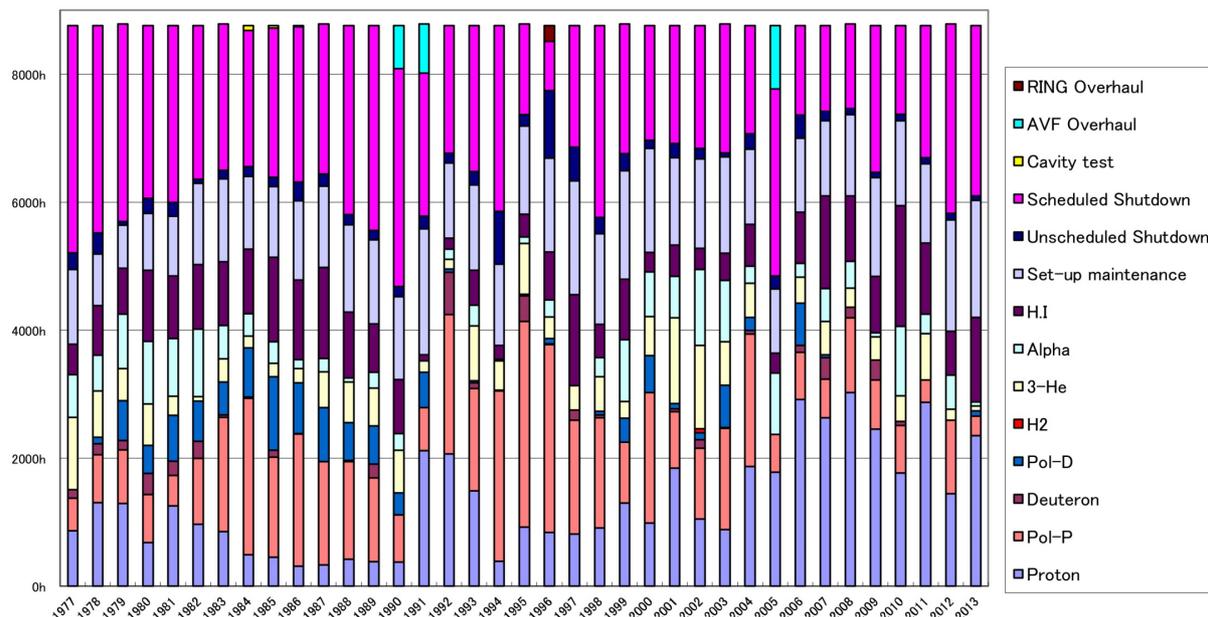


Figure 1: Operational statistics of the RCNP cyclotrons. The ring cyclotron was commissioned in 1991.

調査中であるが、まだ解決には至っていない^[3]。

2. 高温超伝導振り分け磁石

高温超伝導 (HTS) コイルを利用した振り分け磁石はリングサイクロトンビームラインに設置される。線材は住友電工製 DI-BSCCO TYPE Hti-CA50 を採用した。線材の臨界電流は自己磁場中 180A@77K 以上である。上下コイルは各 128 ターンのエポキシ含浸されたダブルパンケーキ 2 台を端面冷却銅板、中間冷却銅板でスタックしている。空隙部には真空含浸でエポキシ樹脂を充填してある。磁石は最速 20 A/s でパルス励磁され、2 コース間でビームの時間的振り分けを計画している。磁石の仕様を Table 1 にまとめる。磁極間隙は 70 mm である。

Table 1: Specifications of the HTS Magnet

コイル (上下)	256×2 ターン
コイル長辺側内法	1,142 mm
コイル短辺側内法	580 mm
最大電流	200 A
最大磁場	1.5 T
電流掃引	20 A/s 以下

スタック前に測定された各ダブルパンケーキの発生電圧は 40 A で 0.003 $\mu\text{V}/\text{cm}$ 、N 値は 15 であった。コイル製作時の線材の劣化は無いと判断される。図 2 にコイル、図 3 に磁石の全景の写真を示す。鉄芯はパルス励磁を想定して 0.5 mm 厚ケイ素鋼板を積層している。クライオスタットは上下コイル用に 2 分割され、各々 GM 冷凍機で冷却される。コイル温



Figure 2: Stacked upper coil.



Figure 3: HTS switching magnet.

度は、冷凍機近辺と反対側の 2 カ所でセルノックス温度計で測定されている。初期冷却試験では、全測

定点で温度は6.8~7.1 K、遠近2カ所の温度差は0.2 Kであった。単独での励磁試験後に、ビームラインに設置する予定である。

3. 制御上位系更新

サイクロトロン施設の加速器、測定器、設備の計算機制御上位系更新の主目的はOSのバージョンアップとそれに伴うソフト修正であったが、機器の整備もあわせて実施した。ソフト関係ではカスタムソフトのWindows7への対応、通信関係のI/OサーバーのWindows7対応。Intouchも7対応として9.0から10.1へバージョンアップされた。ハード関係では、上位系PCをすべてWindows7 32ビット機に更新した。今回の更新では、今後10年以上の稼働に備えて、稼働PCと同数の待機系PCを同時に手配した。またサーバーも二重化され冗長性が向上している。SCUモニターはワイド化された。制御モニター画面の大型化、付随してロータリーエンコーダーを6から8に増強した。更新されたコントロール室全景を図4に示す。コンソール卓前には大型モニター4台と室内モニター取付用にディスプレイウォールを設置している。加速器、ビームラインの運転表示用GCUを新たに設けた(図5)。この画面は一定時間(15秒)ごとに更新されRCNP内でWEB公開される。

参考文献

- [1] T. Yorita, et al., in these proceedings, SAP010.
- [2] Y. Yasuda, et al., in these proceedings, SAP051.
- [3] K. Hatanaka, et al., Proceedings of the 10th Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, SAP014, Nagoya, August, 2-6, 2013.



Figure 4: Refreshed control room.



Figure 5: GCU to display the operation status.