

## RCNP サイクロトロン施設の現状 STATUS OF THE RCNP CYCLOTRON FACILITY

神田浩樹<sup>\*A)</sup>、福田光宏<sup>A)</sup>、畑中吉治<sup>A)</sup>、関亮一<sup>A)</sup>、森信俊平<sup>A)</sup>、齋藤高嶺<sup>A)</sup>、依田哲彦<sup>A)</sup>、友野大<sup>A)</sup>、  
中尾政夫<sup>A),B)</sup>、鎌倉恵太<sup>A),C)</sup>、田村仁志<sup>A)</sup>、永山啓一<sup>A)</sup>、安田裕介<sup>A)</sup>、原周平<sup>A)</sup>、Koay Hui Wen<sup>A)</sup>、  
森田泰之<sup>A)</sup>、武田佳次朗<sup>A)</sup>、原隆文<sup>A)</sup>、大本恭平<sup>A)</sup>、荘浚謙<sup>A)</sup>、久松万里子<sup>A)</sup>

Hiroki Kanda<sup>\*A)</sup>, Mitsuhiro Fukuda<sup>A)</sup>, Kichiji Hatanaka<sup>A)</sup>, Ryoichi Seki<sup>A)</sup>, Shunpei Morinobu<sup>A)</sup>, Takane Saito<sup>A)</sup>,  
Tetsuhiko Yorita<sup>A)</sup>, Dai Tomono<sup>A)</sup>, Masao Nakao<sup>A)</sup>, Keita Kamakura<sup>A)</sup>, Hitoshi Tamura<sup>A)</sup>, Keiichi Nagayama<sup>A)</sup>,  
Yusuke Yasuda<sup>A)</sup>, Shuhei Hara<sup>A)</sup>, Hui Wen Koay<sup>A)</sup>, Yasuyuki Morita<sup>A)</sup>, Keiji Takeda<sup>A)</sup>, Takafumi Hara<sup>A)</sup>,  
Kyohei Omoto<sup>A)</sup>, TsunHim Chong<sup>A)</sup>, Mariko Hisamatsu<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup>Research Center for Nuclear Physics, Osaka University

<sup>B)</sup>Gunma University Heavy Ion Medical Center

<sup>C)</sup>Center for Nuclear Study, The University of Tokyo

### Abstract

The cyclotron facility at the Research Center for Nuclear Physics (RCNP), Osaka University, consisting of the AVF cyclotron built in 1973 and the ring cyclotron built in 1991, has provided the various ion beam for nuclear and elementary particle physics, nuclear chemistry, and nuclear medicine. We proceed the intensive maintenance and large scale upgrade aiming at the update of old equipments for stable operation and the upgrade of the performance. The main object of the upgrade of the AVF cyclotron is more than 10 times higher intensity of the primary beam for RI production and secondary beam production such as neutron, muon and RI beams. The the radiation shielding and the capacity of the cooling system were improved for handling higher intensity beams. We finished the upgrade and renovation of the facility in Feb. 2020 and started the upgrade work of the AVF cyclotron from Jun. 2020. We plan to finish the upgrade works of the AVF cyclotron by the end of the FY2020 and start the beam commissioning soon after the completion of the construction of the upgraded cyclotron.

### 1. 施設改修

RCNP サイクロトロン施設は 2018 年度末から 2019 年度にかけて、主に AVF サイクロトロン棟の施設改修工事を実施し、建築、機械設備、電気設備の更新を行ってきた。AVF サイクロトロン本体室の建築工事では AVF サイクロトロンアップグレード作業の効率化を図るための天井クレーンの高速化と小型クレーンの増設、AVF サイクロトロンアップグレードを見越した天井の 60 cm のかさ上げ（加速器内部のメンテナンスのためのヨーク上昇機構の利用および垂直入射ラインへの新しいビームモニター装置の設置のため）、コンクリート床の埋め戻し（真空システム改善のための大型の拡散ポンプの使用廃止および新設の共振器の設置のため）などの作業を実施した。また、実験室の建築関連工事ではビーム強度増強に対応した遮蔽機能の向上のための遮蔽壁の追加、遮蔽扉の改修を実施した。さらに建築以来 40 年超の期間風雨に耐えてきた AVF サイクロトロン棟の外壁や天井の改修を実施した。機械設備工事としては、ビーム強度の増強に対応した冷却水供給能力の増強、RI 取扱い能力を向上するための RI 排水設備の改修を実施した。さらに電気設備工事として AVF サイクロトロン本体室および実験室の老朽化した照明や配電盤等を更新し、施設利用の安全性の向上を測った。施設改修の際には実験室の壁や天井に取り付けられていた有孔ボードがアスベストを



Figure 1: The AVF cyclotron building after the renovation.

含む素材であったことが判明したことから、改修工事の設計当初は想定していなかった有孔ボードの撤去、廃棄と新しい壁ボードと天井ボードの取り付けを実施した。

これらの改修工事を実施した箇所のほとんどは放射線管理区域内であり、放射化したコンクリートの研り作業や RI 排水用配管の切断など、作業員の内部被ばくや室内の汚染などの可能性の高い作業が行われた。そのため、工事対象の壁、機器、配線、配管などの放射化や汚染の有無の検査を実施し、放射線防護のための作業計画の立案と作業員の管理、放射性の廃棄物の管理は、RCNP の放射線管理室、建築工事の放射線管理業務を委託した株式会社アトックスと協力して対応した。さらに建築業者、機械設備業者、電気設備業者の主要な作業員には放射線教育を実施して RCNP の放射線作業従事者として

\* kandah@rcnp.osaka-u.ac.jp

登録し、被曝の管理を行うとともに放射線を取り扱うことに対する意識を高め、被曝や汚染を防ぐ方策を共同で検討した。

改修工事は2020年2月に竣工し (Fig. 1、その後からAVFサイクロトロンアップグレードのための作業を開始した。

## 2. AVFサイクロトロンのアップグレード

AVFサイクロトロンは1973年の建設より44年間、リングサイクロトロンは1991年の建設より26年間稼働しており、コイルの水漏れや機器の老朽化によるトラブルを抱えていた。さらに、近年のRI製造の需要の増加や、白色中性子ビーム、準単色中性子ビーム、ミュオンビームやRIビームといった二次ビーム利用の効率化のためのビーム強度の増大が期待されていた。そこで、AVFサイクロトロンを集中的にオーバーホールし、アップグレードを行うことで安定で効率的なビーム供給を目指している。AVFサイクロトロンは原子核物理学実験で必要とされる高精度の軽イオンビームの加速を目的として設計されているが、イオンの入射と引き出しの効率を上げることで利用できるビーム強度の増強を目指している。「高輝度化」つまりビーム強度増強とエミッタンスの低減を目指し、主に以下の項目に関して改善を図り、多くの機器の設計を終えた [1]。

- 既存イオン源の加速電圧の50 kV への高電圧化
- ビーム輸送光学の最適化 [2] と垂直入射部への新しい診断機器の導入
- 中心領域の改良 [3]
- RF電源の更新とRF系全体の改良
- 2ディー化とそれに伴う共振器の更新
- 制御系の更新とEPICSの導入 [4]
- 真空系の更新、中心領域付近の真空度改善によるビームロスの低減

現在、設計の完了した機器より製作を進めている。トリムコイル、バレーコイルについては2019年末までに製作を完了した。加速箱、共振器、ディー電極などの主要な機器については慎重な設計が必要なことから設計に時間を要したものの設計は完了し、すでに製作を進めている。製作の完了した機器は組付けに向けて性能試験を実施している状況である。AVFサイクロトロンのほとんどの機器は更新されるが、ヨーク、磁極、メインコイルはアップグレード後にも引き続き利用する。

2020年8月現在、AVFサイクロトロンアップグレード工事の第1期工事である既設のAVFサイクロトロンの解体が実施されている (Fig. 2)。第1期工事は2020年9月半ばに終了し、その後いよいよ第2期工事であるサイクロトロンへの機器の組付けを行う予定である。機器の組付けは2021年3月に終了し、ビームのコミッションを開始する予定となっている。

## 3. まとめ

2019年度から2020年度にかけてRCNPサイクロトロン施設は施設改修とAVFサイクロトロンのアップグレード・オーバーホールを実施している。アップグレードのための加速器停止期間は2019年1月から2021年3



Figure 2: The AVF cyclotron being disassembled. The yokes, the poles, and the main coils are continued to be used after the upgrade.

月までの約2年間を予定しており、2021年3月末からのビームコミッションを目指して鋭意作業を進めている。この施設改修、加速器のアップグレードによってビーム強度の増大とユーザーの利便性を図り、さらに魅力のある施設として共同利用に供することができるものと考えている。

## 参考文献

- [1] M. H. Fukuda *et al.*, in these proceedings, WEOO06.
- [2] T. H. Chong *et al.*, in these proceedings, THPP06.
- [3] M. Nakao *et al.*, in these proceedings, WEPP04.
- [4] T. Yorita *et al.*, in these proceedings, FRPP23.