

## QST 量医研サイクロトロン(NIRS-930, HM-18)の現状報告

### STATUS REPORT OF NIRS-930 AND HM-18 CYCLOTRONS AT QST-IQMS

杉浦彰則<sup>#, A)</sup>, 涌井崇志<sup>A)</sup>, 北條悟<sup>A)</sup>, 村松正幸<sup>A)</sup>, 岡田高典<sup>B)</sup>, 神谷隆<sup>B)</sup>, 山口道晴<sup>B)</sup>, 白井敏之<sup>A)</sup>  
Akinori Sugiura<sup>#, A)</sup>, Takashi Wakui<sup>A)</sup>, Satoru Hojo<sup>A)</sup>, Masayuki Muramatsu<sup>A)</sup>, Takanori Okada<sup>B)</sup>, Takashi Kamiya<sup>B)</sup>,  
Michiharu Yamaguchi<sup>B)</sup>, Toshiyuki Shirai<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> Institute for Quantum Medical Sciences, QST

<sup>B)</sup> Accelerator Engineering Corporation

#### Abstract

The cyclotron facility at Institute for Quantum Medical Sciences (i-QMS), QST consists of the NIRS-930 cyclotron (Thomson-CSF AVF-930, K<sub>b</sub>=110 MeV and K<sub>f</sub>=90 MeV) and HM-18 cyclotron (Sumitomo- Heavy- Industry HM-18, K=20 MeV). The NIRS-930 has been used for production of radionuclide. Other purposes of NIRS-930 are research of physics, developments of particle detectors in space, research of biology, and so on. The HM-18, that is a fixed energy negative ion accelerator, has been providing 18 MeV protons and 9 MeV deuterons to produce short-lived radiopharmaceuticals for Positron Emission Tomography (PET). A fire broke out in the power supply room of the Cyclotron facility in November 2021. There was no casualties, but both the NIRS-930 and HM-18 have been stopped because power supplies for the NIRS-930 have been damaged by the soot and water used to extinguish the fire. we started working for a recovery of the HM-18, which suffered relatively little damage. we supplied ion beam for users at HM-18 in June 2022. The annual total operation time of the NIRS-930 and HM-18 in last year was 1113 hours and 1030 hours.

## 1. はじめに

量子科学技術研究開発機構(QST)量子医科学研究所(量医研)のサイクロトロン施設では、放射性同位元素の製造を主目的とした2台のサイクロトロンが稼働している。1台は、1974年に運転を開始した THOMSON CSF 社製 AVF-930 型サイクロトロン(NIRS-930)[1]である。NIRS-930は、放射性同位元素の製造以外に物理実験や生物実験等にも利用されている。もう1台のサイクロトロンは、1994年に運転を開始した PET 診断用核種製造専用の住友重機械工業製 HM-18 サイクロトロン(HM-18)である。2台のサイクロトロンは、平日昼間のみの運転で、9月と3月の定期点検を境に4月~8月と10月~2月までの2期のマシンタイムで運用を行っている。

2021年度は11月に起きたサイクロトロン棟電源室の火災により、以降のサイクロトロンの利用ができなくなった。人的被害はなかったが、煤と消火に用いられた水により電源等に被害があったため、NIRS-930とHM-18共に停止せざるを得なかった。比較的被害の少なかった HM-18 から復旧作業を行い、2022年9月5日に HM-18 のビーム提供を再開することができた。これらの対応を含め、サイクロトロン施設の利用状況や運転状況等について報告する。

## 2. 運転状況

### 2.1 火災による運転停止

2021年度は、11月26日にサイクロトロン棟電源室より火災が発生した。人的被害はなかったが、煤と消火に用いられた水により NIRS-930 用電源等に被害があったため、NIRS-930とHM-18共に11月26日以降はすべて

のマシンタイムが中止となった。

### 2.2 NIRS-930 運転時間

Figure1 に過去10年間の運転時間と稼働率を示す。2021年度の総運転時間は前述した火災の影響により1113時間と例年より600時間程度少ない時間であった。2021年度の稼働率も同様に、火災の影響により70%と例年より29%程度少なかった。

Table 1 に目的別の運転時間を示す。運転時間の中で、実験マシンタイムに用いられた時間は、1113時間であった。そのなかでも主目的である RI 製造では、637時間の利用時間となっている。また、有料にて実施された耐放射線試験が204時間と RI 製造の次に多くなった。その他には、生物実験は74時間、物理実験は71時間、放射線測定器の開発は9時間となっている。

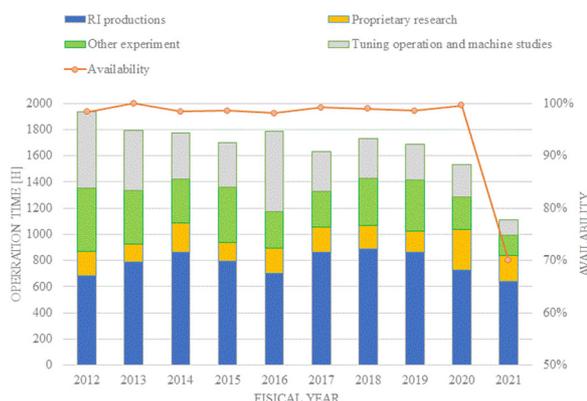


Figure 1: Operation time and availability of the NIRS-930.

<sup>#</sup> sugiura.akinori@qst.go.jp

Table 1: Annual Operation Time of the NIRS-930

| Operation time                                | Total | 1113 h |
|---|-------|--------|
| 1. Experiment                                 |       | 995 h  |
| 2. Tuning operation and machine studies       |       | 118 h  |
| 1. Experiment                                 |       |        |
| RI productions                                |       | 637 h  |
| Radiation damage tests (Proprietary research) |       | 204 h  |
| Biological experiments                        |       | 74 h   |
| Nuclear and atomic physics experiments        |       | 71 h   |
| Studies on radiation dosimeters               |       | 9 h    |

Table 2: Beam Stop Time by Failure of the NIRS-930

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| Unscheduled beam stop by failure | 571 h  |
| fire                             | 565 h  |
| Beam monitor                     | 3 h    |
| Power supplies system            | 2 h    |
| others                           | 1 h    |
| Beam stop time / planning time   | 30.0 % |

### 2.3 NIRS-930 故障停止時間

NIRS-930 故障停止時間は計 571 時間であった。その要因毎の停止時間を Table 2 に示す。機器トラブルによる 10 分以上の停止時間を合計したものである。そのほとんどが火災による故障停止で 565 時間であった。火災以外で大きな故障停止などはなく、1 件当たりの停止時間が 1 時間を超えたのは、ビームモニターと電源のトラブルである。ビームモニターにおいては、ビーム入射調整中にビーム強度の変動が発生した。原因はバップルスリットの電流読出しケーブルの断線であった。バップルスリットをアースに接続することによってビーム強度の変動が収まり、運転を再開した。電源のトラブルにおいては、偏向電磁石電源が空冷ファンインターロックで停止した。ファンは問題なく回転していたが、回転センサーが故障していた。その他においては、制御ケーブルの断線や、静電デフレクターの放電等が要因となっている。

### 2.4 HM-18 運転時間

Figure 2 に過去 10 年間の運転時間と稼働率を示す。2021 年度の総運転時間は NIRS-930 と同様に、火災の影響により 1030 時間と例年より 600 時間程度少ない時間であった。2021 年度における HM-18 の運転時間と故障停止時間を Table 3 に示す。2021 年度は火災による故障停止で 565 時間であった。火災以外は故障が無く、安定した運転・供給が行われた。2021 年度の稼働率も同様に、火災の影響により 70%と例年より 30%程度少なかった。

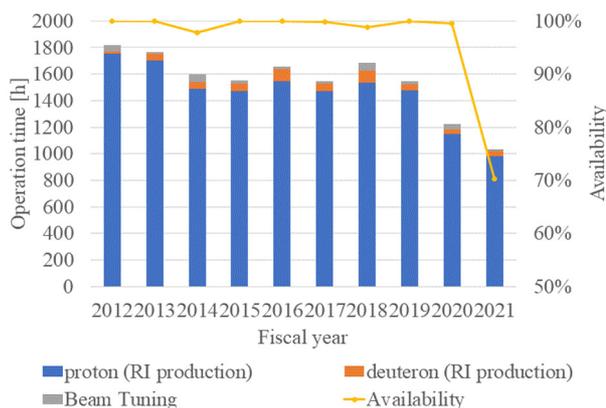


Figure 2: Operation time and availability of the HM-18.

Table 3: Annual Operation Time of the HM-18

| Operation time                          | Total | 1030 h |
|---|-------|--------|
| 1. Protons used RI productions          |       | 980 h  |
| 2. Deuterons used RI productions        |       | 40 h   |
| 3. Tuning operation and machine studies |       | 10 h   |
| Unscheduled beam stop by failure        |       | 565 h  |
| fire                                    |       | 565 h  |
| Beam stop time / planning time          |       | 30.0 % |

## 3. 火災の影響と復旧作業

### 3.1 火災の影響

11月26日に起きた火災は、サイクロトロン棟地下1階電源室に設置された NIRS-930 用メインコイル電源付近から出火した。出火原因は千葉県消防局が調査中である。2 時間程で鎮火して人的被害はなかったが、煤と消火用水により電源室に設置されていた 30 台以上の電源および真空ポンプ等が使用不可能となった。また、電源室の直上の1階本体室では NIRS-930 及び HM-18 の本体とビームラインが手の入らないような隙間まで煤に覆われた。火災後の NIRS-930 と HM-18 の写真を Fig. 3 に示す。この煤には塩化ビニル(PVC)の熱分解により、塩化水素(HCl)が含まれており、空気中の水分と結合し塩酸となる[2]。さらに消火用水による高湿度の環境のため、地下電源室および1階本体室の機器に急激に錆びが進行した。本体室の天井クレーンも煤により使用不可能になっている。

一方、HM-18 用の電源は電源室から放射線遮蔽壁を隔てた隣の副操作室に設置されていたため比較的被害が少なかった。



Figure 3: Soot-covered NIRS-930 and HM-18.

### 3.2 復旧作業

まずは、腐食の進行の抑制のため、煤及び錆びの除去が必要となった。煤は手が入らない場所まで入り込んでいるため、完全に除去するためには機器の分解も必要となっている。アルカリの洗浄液にて中和させて、さらに水で洗い流す必要があるため、腐食防止の観点から煤や錆びの除去後に機器の表面の pH が中性であることの確認も必要となっている。

装置の鉄、ステンレスやアルミといった塗装されていない金属面に急激に錆びが進行していた。そのため、まずは応急処置として RI ユーザーの手伝いを受けながら可能な範囲での清掃作業を開始した。その後、専門業者による壁や天井、装置の外側の清掃も行った。清掃後、比較的被害が少なかった HM-18 の早期復旧を目指し、HM-18 とビームラインの整備を行った。

火災発生から約 6 か月後の 2022 年 6 月 3 日に HM-18 の加速を確認した。その後、引き続きビームラインやターゲットシステムの復旧作業等を行い、2022 年 9 月 5 日にビーム提供を再開した。

NIRS-930 は早期復旧を目指し、被害調査を進めている。

### 参考文献

- [1] H. Ogawa *et al.*, “STATUS REPORT ON THE NIRS-CHIBA ISOCHRONOUS CYCLOTRON FACILITY”, IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 26, No. 2, April 1979; DOI: 10.1109/TNS.1979.4329792
- [2] リカバリープロ株式会社. 火災で発生する有毒物質; <https://recoverypro.jp/recovery/download/>