

放医研サイクロロン施設の現状報告

STATUS REPORT OF NIRS-930 AND HM-18 CYCLOTRON AT QST-NIRS

北條 悟^{#, A)}, 涌井 崇志^{A)}, 村松正幸^{A)}, 片桐 健^{A)}, 杉浦 彰則^{A)},
岡田 高典^{B)}, 山口 道晴^{B)}, 神谷 隆^{B)}, 白井 敏之^{B)}

Satoru Hojo^{#, A)}, Takashi Wakui^{A)}, Masayuki Muramatsu^{A)}, Ken Katagiri^{A)}, Akinori Sugiura^{A)},
Takanori Okada^{B)}, Michiharu Yamaguchi^{B)}, Takashi Kamiya^{B)}, Toshiyuki Shirai^{A)}

^{A)} QST National Institute of Radiological Sciences

^{B)} Accelerator Engineering Corporation

Abstract

The cyclotron facility at National Institute of Radiological Sciences (NIRS) consists of a NIRS-930 cyclotron (Thomson-CSF AVF-930, Kb=110 MeV and Kf=90 MeV) and a small cyclotron HM-18 (Sumitomo- Heavy- Industry HM-18, K=20 MeV). The NIRS-930 has been used for production of radionuclide. The other purposes of NIRS-930 were research of physics, developments of particle detectors in space, research of biology, and so on. The annual total operation time of NIRS-930 in last year was 1534 hours. 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). The annual total operation time of HM-18 in last year was 1181 hours.

1. はじめに

量子科学技術研究開発機構量子医科学研究所(旧放射線医学総合研究所 以下放医研)のサイクロロン施設では、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 型サイクロロン(NIRS-930)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 サイクロロン(HM-18)である。2 台のサイクロロンは、平日昼間のみ運転で、9 月と 3 月の定期点検を仕切りに 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。2020 年度は COVID19 感染症対策として発令された緊急事態宣言への対応を行ったため、運転時間が少なくなっており、緊急事態宣言以外においても、対策を行いながら運転を続けている。これらの対応を含め、サイクロロン施設の利用状況や運転状況、また、施設設備における修繕の実施内容等について報告する。

2. 運転状況

2.1 緊急事態宣言下でのマシンタイム

2020 年度は、COVID19 感染症対策として 2 度の緊急事態宣言が出され、対応を行った。1 度目は 4 月から 5 月に発令され、1 月に 2 度目が発令された。これら緊急事態宣言に対し、マシンタイムをキャンセルするなどして対応した。NIRS-930 の月毎のマシンタイム日数を Fig. 1 に示す。当初の配分日数が左側斜線部で、右側が実施日数である。4 月から 5 月に発令された 1 度目の緊急事態宣言では、基本的に運転を停止し、実施するマシンタイムは、臨床用等の重要性の高いと判断された限られ

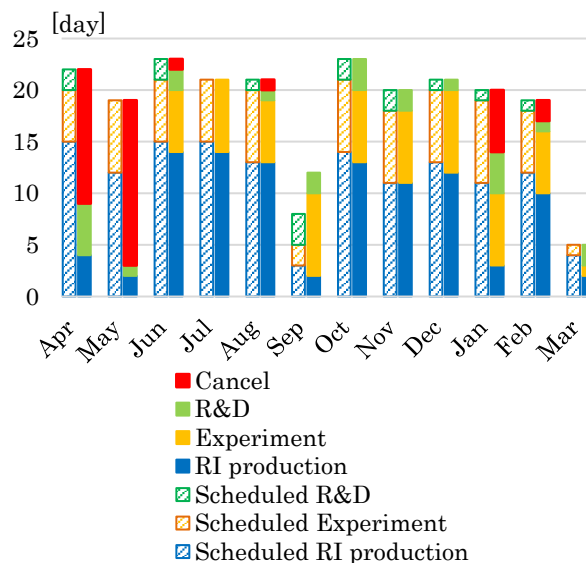


Figure 1: The monthly number of days at NIRS-930.

た内容のみを実施した。そのため、4 月の半数以上と 5 月のほとんどの日数のマシンタイムがキャンセルとなっている。キャンセルとなったマシンタイムは、少数のオペレーターで行えるビーム調整や、点検整備などのメンテナンス作業を実施した。1 度目の解除後 1 か月は人の往来を避けるために、外部ユーザーによる利用を中止した。中止となるマシンタイムは再配分し内部のユーザーへの割り当てを行った。また、通常では 9 月の定期点検前の 1 週間は、定検作業者の被ばくを低減するために、大型サイクロロンを停止している。2020 年度は定期点検における作業内容も考慮した上で、比較的低い強度でのマシンタイムを実施した。そのため、9 月は予定していた日数より多い実績となっている。2 度目の緊急事態宣言では、職員の在宅勤務を進めながら運転は続けていた。多くの職員が多く利用する RI 製造においては、利用率

[#] hojo.satoru@qst.go.jp

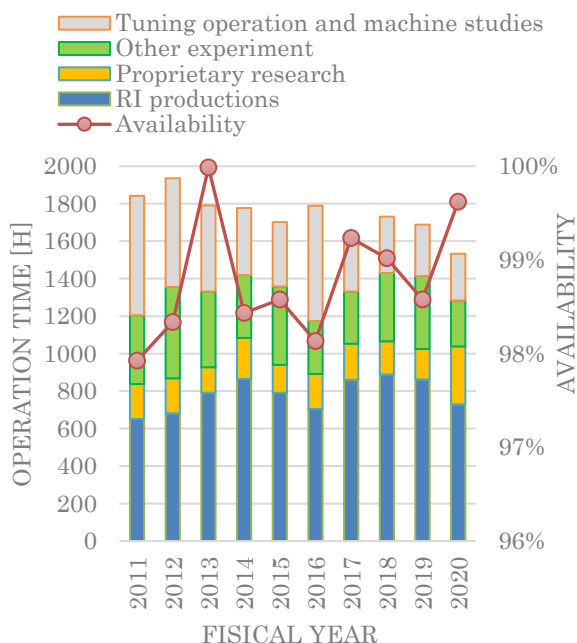


Figure 2: Operation time and availability.

が低下し、キャンセルの日数が増加することとなった。年間 217 日に対してキャンセルにより停止した日数は、39 日であった。

2.2 NIRS-930 運転時間

Figure 2 に過去 10 年間の運転時間と稼働率を示す。2020 年度の総運転時間は前述した緊急事態宣言への対応により 1534 時間と例年より 200 時間程度少ない時間であった。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、1284 時間であった。そのなかでも主目的である RI 製造では、729 時間の利用時間となっている。その他には、有料にて実施された耐放射線試験試験が 309 時間と RI 製造の次に多くなった。その他にも、物理実験は 125 時間、細胞実験は 102 時間、放射線測定器の開発は 19 時間となっている。

Table 1: Annual Operation Time of the NIRS-930

| Operation time | Total | 1534 h |
|---|-------|--------|
| 1. Experiment | | 1284 h |
| 2. Tuning operation and machine studies | | 250 h |
| 1. Experiment | | |
| RI productions | | 729 h |
| Nuclear and atomic physics experiments | | 125 h |
| Radiation damage tests (Proprietary research) | | 309 h |
| Biological experiments | | 102 h |
| Studies on radiation dosimeters | | 19 h |

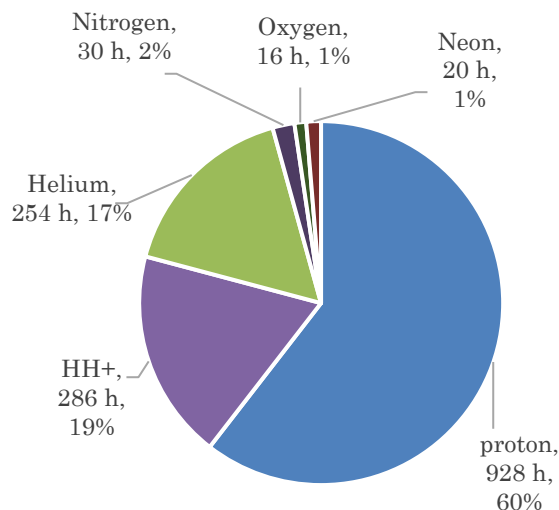


Figure 3: Operation time ratio of a beam particle.

粒子事の運転時間の割合を Fig. 3 に示す。RI 製造や耐放射線試験でも需要の高いプロトンが 60%となっている。また低エネルギーのプロトンとして用いられる水素分子も 19%で、79%がプロトンを利用する運転であった。その他にも、ヘリウム、窒素、酸素、ネオンといったビームが利用された。

2.3 NIRS-930 故障停止時間

NIRS-930 は大きな故障停止などではなく、年間の故障停止時間は計 6 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。電源の故障では 3 件、制御システムの故障では 2 件の合計で、1 件当たりの復旧までにかかった時間は 1 時間未満で予備品と交換や切替等の対処を行っている。1 件当たりの停止時間が 1 時間を超えたのは、建屋設備のトラブルと真空管アンプのトラブルである。建屋設備においては、遮蔽扉の駆動系の電磁ブレーキに故障が発生した。開け閉めする頻度の高い遮蔽扉のため、実験の際には応急処置として停止位置付近で手動動作に切り替えての運用を行った。真空管アンプでは、プレート冷却水用のナイロンチューブの中間とコネクタのアース間に放電によるピンホールが空いてしまい漏水が発生した。真空管アンプ内部の漏水検知器により早期に発見できたため、漏水量も少なく、応急処置により 1 時間程度の停止時間で供給再開することができた。

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

| Unscheduled beam stop by failure | 6 h |
|----------------------------------|-------|
| Power supplies system | 2 h |
| RF Power Amp | 1 h |
| Facilities | 1 h |
| Control system | 1 h |
| Cooling water system | <1 h |
| Beam stop time / Operation time | 0.30% |

2.4 HM-18 運転時間

Figure 4 に過去 10 年間の運転時間と稼働率を示す。HM-18 も緊急事態宣言に対応として運転停止や、実験中止等の対応を行っており、総運転時間は 1223 時間であった。2020 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。年間の故障停止時間は計 5 時間で、主にターゲットフォイル破損による真空悪化の影響が大きく、復旧までに 4 時間を要した。HM-18 の真空主排気装置には、クライオポンプを用いている。真空悪化によりクライオポンプの温度上昇が発生してしまい、再起動するまでに時間を要したため、長時間の故障停止となってしまった。制御装置のトラブルでは、制御用 PC の故障が発生しているが、30 分程度で切り替えて供給再開している。この制御 PC は Windows XP 端末を使用しているため、今後更新等の検討を行っていく必要がある。

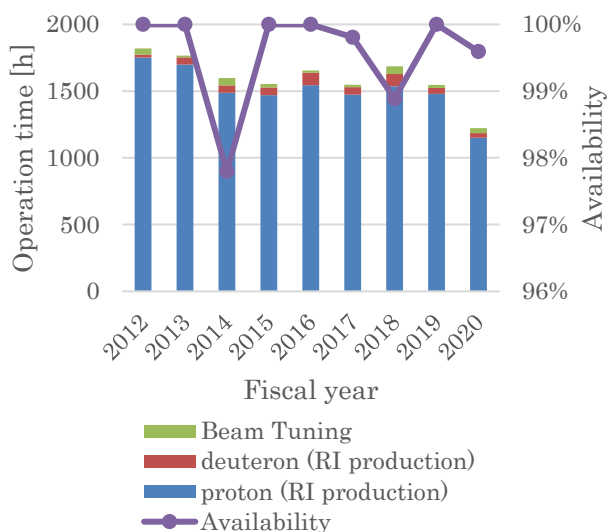


Figure 4: The monthly number of days at NIRS-930.

Table 3: Annual Operation Time of the HM-18

| Operation time | Total | 1219 h |
|---|-------|------------|
| 1. Protons used RI productions | | 1151 h |
| 2. Deuterons used RI productions | | 34 h |
| 3. Tuning operation and machine studies | | 34 h |
| Unscheduled beam stop by failure | | 5 h |
| Target system | | 4 h |
| Control system | | <1 h |
| Beam stop time / Operation time | | 0.4% |