

京大複合研電子線型加速器施設 (KURNS-LINAC) の現状

STATUS OF KURNS-LINAC

阿部尚也[#], 高橋俊晴, 窪田卓見, 堀順一, 高見清
 Naoya Abe [#], Toshiharu Takahashi, Takumi Kubota, Jun-ichi Hori, Kiyoshi Takami
 Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University

Abstract

Operation time of KURNS-LINAC was 2,562.0 hours in 2018FY. Two troubles were KURNS – LINAC in 2018FY. First, the multiple transmitter at the injector was troubled multiple times, the wavelength and amplitude of electron beam and the bias voltage of electron gun were fluctuated, and the voltage and current of heater at the electron gun were vibrated considerably. Second, the vacuum switch of discharge to No.2 klystron modulator was troubled multiple times, the vacuum of the glass tube was braked, and the solenoid coil of the vacuum tube was not moved to the voltage drop. Each trouble was solved by the exchange of the component, and the goods in stock was enhanced.

1. はじめに

京都大学複合原子力科学研究所電子線型加速器施設 (KURNS-LINAC:以下ライナック)は 1965 年に原子炉と相補的なパルス中性子源として設置された施設である。1966 年からは所内利用が開始され、1968 年に全国共同利用施設としての利用が始まった。

量子線源としての利用に関して、設置当初は中性子源及び電子線源としての利用が主であったが、1990 年頃から利用の多様化が進み、制動 X 線源、放射光源、パラメトリック X 線源、陽電子線源としても利用が行われるようになり、2008 年に 10 MeV 以下の低エネルギー電子線源、2012 年からは微弱ビーム電子線源としても利用されるようになった。

利用の多様化とともに運転時間も増加しており、1990 年以前の平均運転時間は約 650 時間であったが、1990 年代の十年間の平均は約 1200 時間、2000 年代は約 1700 時間となり、過去十年では 2100 時間を超え、設置から半世紀以上経過した現在も非常に活発な利用が行われている(Fig. 1)。

一方、保守に充てられる時間は減少しており、効率的な対応が求められる状況となっている。

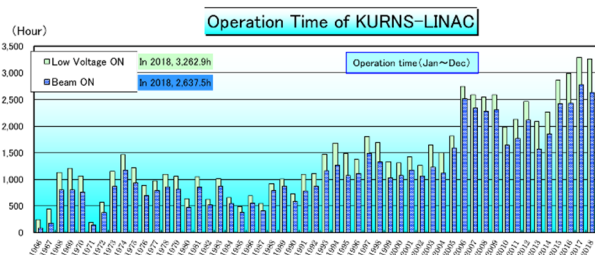


Figure 1: Operation time of KURNS-LINAC(January 1 to December 31).

2. 2018 年度(4 月～3 月)の利用運転状況

ライナックの 2018 年度の運転時間は 2,562.0 時間であり、2017 年度に記録した最大運転時間[1]には及ばなかったが、2,500 時間を超える長時間の利用が行われた。利用件数は 66 件(相乗り除く 65 件)であり、引き続き 1 週間に 1 件を上回るペースで利用されている(Fig. 2)。

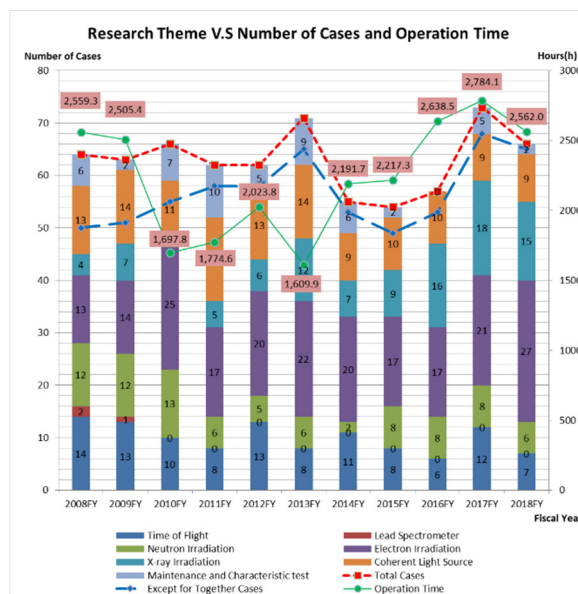


Figure 2: Research theme v.s number of cases and operation time in FY 2008 to FY 2018.

[#]abe@rri.kyoto-u.ac.jp

量子ビーム別の利用時間は電子線 > 中性子線 > 制御 X 線 > 放射光源である。2017 年度と比較して電子線の利用時間が大きく伸びている(Fig. 3(a))。また、実験別の利用時間は電子線損傷 > 放射線測定 > 核データ > RI 製造及び放射化分析 > 放射光である(Fig. 3(b))。核データのプロジェクト利用が 2017 年度で終了したため、核データの割合が減少している。

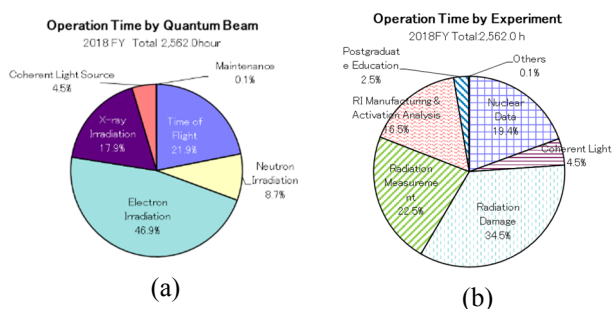


Figure 3: (a) Operation time by quantum beam in FY 2018. (b) Operation time by experiment in FY 2018.

3. トラブル

3.1 インジェクタ多重伝送ユニット故障

3.1.1 電子銃パルス幅・パルス電圧・バイアス電圧異常

2018 年 10 月に電子銃パルス幅・パルス電圧・バイアス電圧が同時に変動し、ビーム電流に影響を与えるトラブルが発生した。インジェクタパラメータの入出力のほとんどは株式会社エム・システム技研の多重伝送ユニット(22LA1 シリーズ)で制御室とインジェクタ間を通信している。異常のあった 3 つの信号は一つのユニットでまとめて通信を行っていた。パラメータ入力値には異常はないにもかかわらず、実際にビームに影響が出ていることから、制御室の送信モジュールか、インジェクタの受信モジュールのいずれかが故障していると判断した。制御室のモジュールを電源 OFF にすると状況が一時的に改善し、インジェクタのモジュールを電源 OFF にしても状況は変わらないことから、制御室の送信モジュールの故障であると断定し、新品と交換して異常は解消された。

3.1.2 電子銃ヒーター電圧・ヒーター電流異常

2018 年 10 月に、電子銃ヒーター電圧とヒーター電流が大きく変動するトラブルが発生した。しかし、ビーム電流には影響がなかったことから、ヒーター入力部は問題なく、測定値に異常があると断定した。これら 2 つの信号は 3.1.1 と同様に一つのユニットで通信しており、インジェクタの送信モジュールか、制御室の受信モジュールのいずれかが故障していると判断し、3.1.1 と同様にモジュールの電源 OFF を行うと、インジェクタの電源 OFF で状況が一時的に改善したことから、インジェクタの受信モジュールの故障であると断定し、新品との交換を実施した結果、同じく異常は解消された。

3.1.3 今後の対策

今回故障したモジュールは導入から 10 年以上経過し

ているため、経年劣化が主な原因であると推定している。他のモジュールでも同様のことが起こりうるため、対策を講じることとした。モジュールが入手困難になる恐れは低いですが、交換品の入手までの時間がかかるうえ、近年の運転時間の増加に伴う代替運転時間の確保の困難さから、予備品の充実を行うことで、トラブルへの早期対応を可能にした。また、3.1.1 及び 3.1.2 で解決した手順を参考にすることで、不具合のあるモジュールの早期同定が可能になると考えている。

3.2 No.2 クライストロンモジュレータディスチャージ真空スイッチの不具合

3.2.1 ガラス管真空状態異常

2018 年 10 月に No.2 クライストロンモジュレータの高電圧を印加した直後に、モジュレータ過電流によりマシン停止となった。再度同じ操作を行うと、状況が再現したため現場を確認すると、ディスチャージ用真空スイッチ(Fig. 4(a))とアース間にある抵抗が損傷していた。調査の結果、真空スイッチのガラス部の蒸着金属が金属光沢を保っておらず白色化していたことから、(Fig. 4(b))、真空が保たれず絶縁不良であると判断した。金属との接合部にひびが入っており、当該箇所からの真空漏れが原因と思われる。この真空スイッチは 1971 年製であることから、経年劣化によるものと推定される。真空漏れのガラス部を予備品と交換することで絶縁状態が改善され、解決したかに思われた。

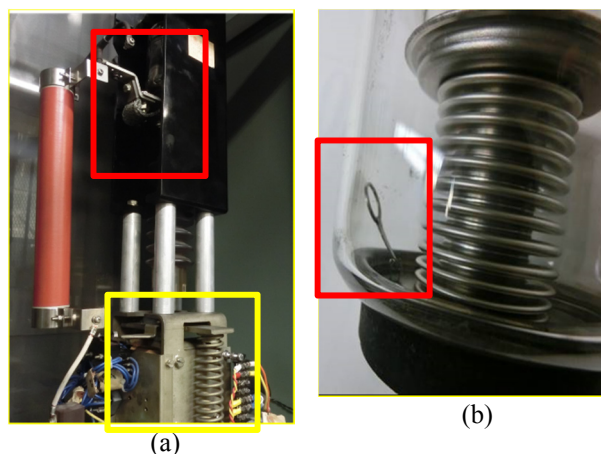


Figure 4: (a) Vacuum switch of discharge to No.2 klystron modulator (red frame: glass tube, yellow frame: solenoid coil). (b) Expanded glass tube (red frame: vapor deposition metal was whitened).

3.2.2 ソレノイド駆動電圧異常

ガラス管交換後、モジュレータの高電圧が印加できない状態になったため、再調査を実施した。調査の結果、接点を駆動するソレノイド(Fig. 4(a)黄枠部)が動作していないことが判明した。ソレノイド駆動電圧の低下が確認されたが、原因調査中に解消したため、原因不明で終わった。

その後、ソレノイド駆動電源が含まれる電気系統に過電流が発生してブレーカーが瞬断する現象が発生した。こちらも原因調査中に過電流が解消したため、原因不明のままであるが、ソレノイド駆動不良と関連があると考えらる。電気系統のどこかで漏電が発生している可能性がある。一部の配線は交換しており、その交換後には事象が発生していないため、交換の効果があった可能性がある。

3.2.3 今後の対応

真空スイッチ本体の予備品の入手を試みたが、同仕様の真空スイッチが入手不可であった。代替品として大気開放式の高電圧スイッチ(Ross Engineering: E60-NC-80)を用意することで、異常時の早期対応を図る。

参考文献

- [1] N. Abe *et al.*, “第 15 回日本加速器学会年会”, Proceedings of the 15th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Nagaoka, Japan, Aug. 7-10, 2018, pp. 1314-1316.