

東北大学電子光理学研究センターの加速器の現状

PRESENT STATUS OF ACCELERATORS IN ELECTRON LIGHT SCIENCE CENTRE, TOHOKU UNIVERSITY

高橋 健, 柏木 茂, 日出 富士雄, 武藤 俊哉, 柴崎 義信, 南部 健一, 長澤 育郎, 東谷 千比呂, 濱 広幸
Ken Takahashi, Shigeru Kashiwagi, Fujio Hinode, Toshiya Muto, Yoshinobu Shibasaki, Kenichi Nanbu,
Ikuro Nagasawa, Chihiro Tokoku, and Hiroyuki Hama
Electron Light Science Centre, Tohoku University

Abstract

The Great East Japan Earthquake caused serious damage on the accelerator facility in Electron Light Science Centre, Tohoku University, and an old 300MeV electron linac was hardly recovered its performance for injecting electron beam to a 1.2GeV booster synchrotron. The decision had been made that the accelerating components of only the low energy part would be recovered for RI production. Upgrading the high voltage unit for electron Gun and magnets in a dispersion section, the linac was recovered with the energy of 70MeV. Meanwhile it was also necessary to build a new injector for the synchrotron separated from the old 300MeV linac and to upgrade itself to be able to boost the beam from lower energy. With careful design of new combined magnet and its power train, the 1.3GeV synchrotron (BST-ring) was recovered with new 90MeV injector linac. In the meantime, building of a test accelerator from 2005 for generating intense THz light had finished. All four accelerators in Electron Light Science Centre were approved for the regulation of radiation safety at Dec 19th 2013, and started its operation for the scientific research work from Dec 20th 2013. Operation time exceeded 500 hours within the three months, and it is comparable to the one before the Great East Japan Earthquake. The current status of each accelerator and the some of the update of the utility will be reported.

1. はじめに

平成 23 年電子光理学研究センターの電子加速器は東日本大震災により甚大な被害を受け、300MeV 電子ライナックの完全な復旧を断念せざるを得なかった。被害があったものの復旧が見込めた 1.2GeV 電子シンクロトロンと部分的な利用が可能であった 300MeV 電子ライナックの低エネルギー加速部を、前者は主として原子核やテストビーム実験、後者は RI 生成を目的とした 2 つの別の加速器として復旧させる決断をした。ストレッチャーモードでの運転を廃止し、ブースターモードでのみの運転と

した電子シンクロトロンには、その入射器として新規に 90MeV の電子ライナックを建設した。リングはより低いエネルギーからの加速に対応するため、入射用パルス電磁石電源をより精密なトラッキングが可能な電源に更新するとともに、複合機能型四極電磁石を導入して、最大加速エネルギーを 1.3GeV に引き上げた。また、以前と同スペックでの運転が不可能となった 300MeV 電子ライナックは、電子銃高圧部と実験室へのビームラインを低エネルギーでの利用に最適化する更新を行い、その最大エネルギーを 70MeV とした。

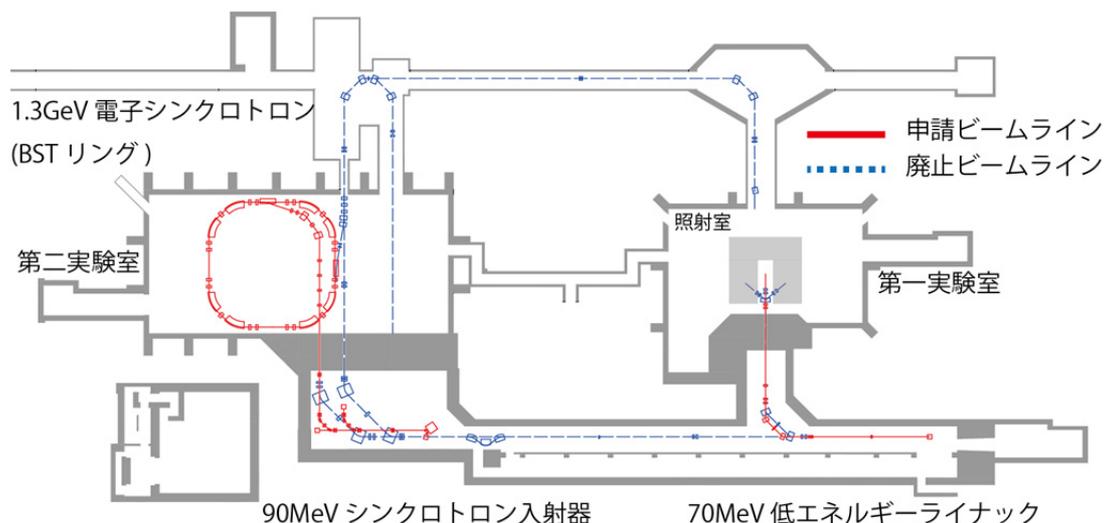


Figure 1: Approved accelerators in Electron Light Science Centre, Tohoku University.

ken_takahashi@lns.tohoku.ac.jp

平成 25 年 11 月 8 日に 70MeV 低エネルギーライナック、90MeV シンクロトロン入射器、1.3GeV 電子シンクロトロン、50MeV 光源加速器を電子光物理学研究センターの加速器として申請し、同年 12 月 12 日 13 日に放射線施設検査が実施された。19 日に検査合格が通知され、翌日 20 日に震災後初めて共同利用実験を再開した。

2. 共同利用運転時間

平成 25 年度は、三ヶ月で共同利用実験時間が 500 時間を上回り(Figure 2)、復旧以前と同等か、それを上回る月毎利用時間となった。加速器の運転時間は 1.3GeV シンクロトロン、90MeV 入射ライナック、70MeV 低エネルギーライナック、50MeV 光源加速器でそれぞれ、1195 時間、1300 時間、50 時間、88 時間となった。平成 26 年度は 7 月末までの集計で運転時間は 395 時間、419 時間、61 時間、21 時間である。

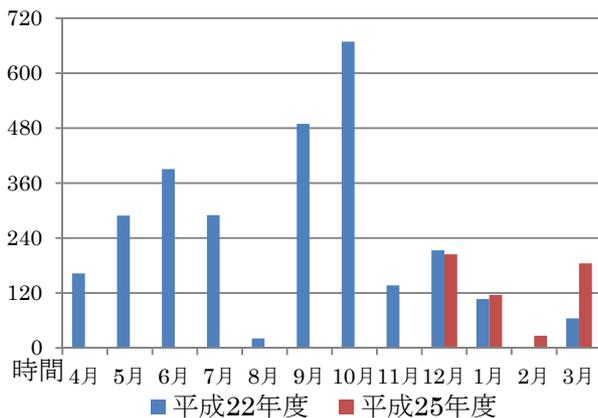


Figure 2: Comparison of monthly operation time before and after the Great East Japan Earthquake.

3. 低エネルギーライナック(70MeV)

震災により 300MeV ライナックの高エネルギー加速部を廃し(Figure 3)、低エネルギーのビームを実験室へ輸送するのに適切な電磁石で分散部を更新した。実験室側では偏向電磁石で3つのビームラインへ振り分ける構成だったが偏向電磁石を撤去し、スト



Figure 3: Replaced dispersion section omitting straight beam line to a synchrotron.

レートコースのみに変更した(Figure 4)。試料照射室は試料をビームラインに送る照射台を整備し、ターゲットホルダーとビームダンプはそれぞれ熱交換器での冷却を行うシステムとした。スペックは 50MeV、300pps、120 μ A となっている。上位計算機で一括制御するためソフトウェアを整備し、復旧以前と比べて立ち上げ時間を大幅に削減し、且つ以前の入射と照射の切り替えがあるシステムでは難しかったビームの再現性・安定性を確保することができた。今後の課題として、真空排気系の経年によるパフォーマンスの低下で、運転中の真空度低下・インターロックでの運転中断が少なからずあることから、長期メンテナンス時にイオンポンプセル交換を検討している。また、機器に運転起因の放射線ダメージが少なからずあることから、ローカル遮蔽体の設置を現在検討している。

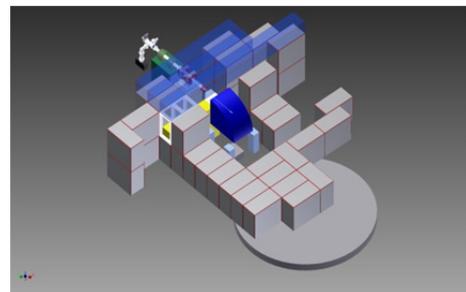


Figure 4: Inventor model of the irradiation room for RI production.

4. シンクロトロン入射器(90MeV)

平成 26 年度に入って熱陰極 RF 電子銃のカソード交換を三度行った(Figure 5)。理由として経年と思われるエミッション低下と、カソードとフィードスルー間の銅板が温度変化で地絡することによる出力不安定である。また、独立 2 空洞型 RF 電子銃の第一空洞側で入力高周波の波形の乱れがあったが、導波管長を伸ばすことで運転パラメータ付近での波形の不安定さを解消した。リング入射点までの輸送経路のビームプロファイル観測用カメラを更新し、モニタ系の強化を行った。リング入射の分散部でエネルギー選択のスリット挿入による放射線の影響でマグネスケールが故障することから、タンタルの遮蔽板を設置し対処した。



Figure 5: Replacing a cathode of injector linac.

5. シンクロトロン(1.3GeV)

現在、電磁石電源のパターン運転を制御するソフトウェアとユーザーがビームを維持する際に利用する専用のソフトウェアの整備を行っていて、EPICS CA で言語を縛らずに開発している。トレンドログやイベントログを取るシステムを整備したことで、以前は難しかった入射器とリングのシームレスな制御と再現性の向上を目指している。また、ダイナミックアパーチャ改善のため電磁石の再アライメントを行っている。今年度にかけて低真空排気系の更新やリング各所への真空ゲージ導入などの真空モニタ系の強化を行った。今後の課題として、ビーム電流の増強とビームの安定化、真空の改善などに取り組む予定である。



Figure 5: 1.3GeV Electron Synchrotron.

6. 光源加速器(50MeV)

平成 25 年度 12 月の施設検査に高輝度光源開発用試験加速器を申請し、当センターの 4 番目の加速器となった。事業所境界が近いことなど放射線防護に十分かつ実験スペースを損なわない遮蔽体の配置が要求され、特殊な形状で組み合わせ方に自由度の高いシールドブロックを制作し、実験スペースの確保と遮蔽を両立した。ビームダンプは損失点から放射線が漏れにくい構造として、天井に積み上げるシールドブロックを少なくし、遮蔽の規模が過剰にならないよう工夫した。熱陰極の独立 2 空洞型 RF 電子銃を用いて、50MeV、10pC のビームを 1pps で生成している。加速管中の速度圧縮方による極短バンチ生成を行い、アンジュレータでのコヒーレント放射光の生成を当面の目標としている。現在ビームスタ



Figure 6: All accelerators components viewed from RF-Gun.

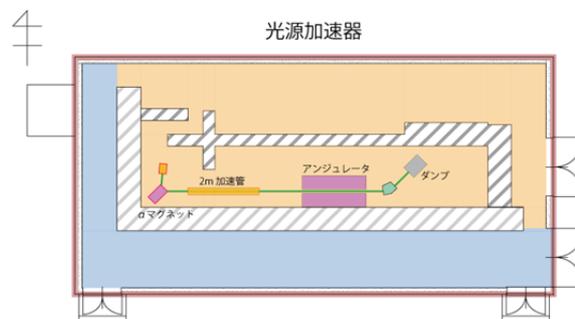


Figure 7: Layout of a test accelerator for generating intense THz Light.

ディとして OTR を観測する電子ビームバンチ長測定とバンチ圧縮の測定を行っている。今後、チェレンコフ光の放射角度の速度依存性を利用した、シングルショットバンチ長モニタの開発も進めていく予定である。

7. 施設ユーティリティ

電気室の受電設備・変圧器・低圧分電盤など建設当初から運用していたものを現在の安全基準を満たす仕様へと更新が行われた。クライストロンと冷却系の変圧器を更新するにあたって、設置場所をこれまでの管理区域から電気室へと移設し、入射器と低エネルギーライナックで電源回路を分けたことで、メンテナンス性を向上させた。また従来手動で行っていた力率改善用進相コンデンサの切り替えを、自



Figure 8: Renewed relays and circuit breakers.



Figure 9: Relocated transformers for klystron modulators and cooling systems from the radiation controlled area.



Figure 10: Newly built automatic power factor regulator.

動力率調整装置を導入し自動化した。

謝辞

多くの企業や研究者の方々からの多大なる励ましに支えられて、東北大学電子光理学研究センタースタッフ一同は復旧復興に全力で取り組むことができ、今日共同利用の運転を再開するまでに至りました。皆様のご厚誼に感謝いたします。