

東北大学電子光物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

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

Abstract

The tohoku great earthquake inflicted serious damage on the accelerator facilities of Electron Photon Science Centre, Tohoku University. Since damage of high energy part of an old 300 MeV linac was very serious, it was replaced by a new small linac for injection of a booster storage synchrotron. Utilities of the facility were also damaged. An air conditioning system of the building was repaired, then installation of accelerator components was completed at the end of February 2013. This report describes status of the accelerators and recovery works of Electron Photon Science Centre.

1. はじめに

東日本大震災により電子光物理学研究センターの電子加速器は壊滅的な被害を受けた。特に被害の大きな 300 MeV リナックについては完全復旧を断念し、RI 製造実験に使用していた大強度低エネルギー部のみ復旧することとし、1.2 GeV ブースターシンクロトロンへのビーム入射専用のリナックを新設することにした。震災の被害は加速器に留まらず建屋、空調設備、排水設備にも及び、加速器本体が設置されている本体室や RF 電源などを設置しているクライストロン室は、室内環境が劣悪で機器の設置すら困難な状況であったため、最初に設備関係の復旧作業に着手した。2012 年の 9 月に建屋及び空調設備の修繕作業が完了し、2012 年 10 月より、入射用リナックの設置を皮切りに機器の設置作業が開始された。順次機器の設置・調整作業が行われ、2013 年 2 月にシンクロトロン電源の調整運転を終え、一連の復旧作業が完了した。現在 2013 年後期からの共同利用開始を目指して加速器のコミッショニングを進めている。本報告では、加速器施設の復旧・復興に向けての取り組みと現状について報告する。

2. 施設の概要について

震災による被害が特に大きな 300 MeV リナックは交換部品の入手が難しいことから全面復旧を断念した。300 MeV リナックは RI 製造実験のための大強度低エネルギー運転モードとシンクロトロン入射のための高エネルギー運転モードの 2 つの運転モードがあった。しかし両者に要求される電子ビームのパラメータは著しく異なっており、加速器の運転パラメータも全く違ったもので、モード切り替え時のマシンチューニングが難しく、かつ煩雑な操作が必要

であった。そこで比較的被害の小さな低エネルギー部のみ復旧させ、復旧の見通しが立たない高エネルギー部の代わりにシンクロトロン入射専用の小型リナックを新設することとした (Figure 1)。これによりリナックの機能が分割され、運用が容易になり、安定した運転が可能になると考えている。

一方費用の点からリングへの入射エネルギーが従来よりも大幅に低下したため、低エネルギーの入射に対応できるように、リングのシンクロトロン電源、入射パルス電源及び一部の電磁石を更新した。

共同利用設備とは別に本センターのビーム物理研究部では 100 フェムト秒以下の極超短バンチ生成実験のための試験加速器を建設し、ビーム動力学の研究を行っている。現在加速管の設置作業を進めており、11 月のビーム加速試験に向けて準備を行っている。

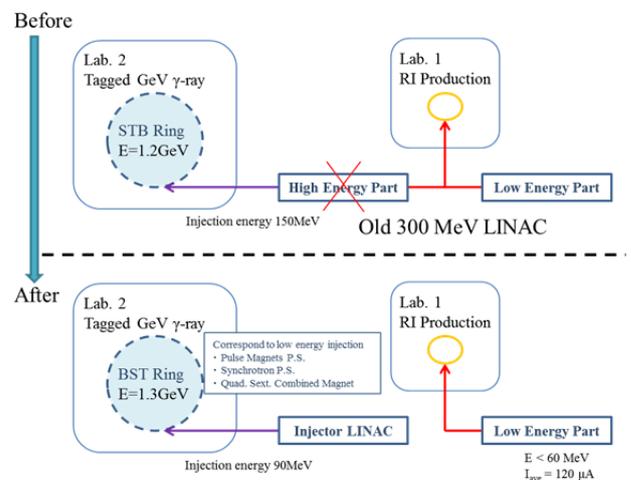


Figure 1: Recovery plan of the accelerator facility.

nanbu@lms.tohoku.ac.jp

2. ユーティリティ設備の復旧

2.1 空調設備

実験室系統の空調に使用しているエアハンドリングユニットと空調ダクトが震災で壊れたため、実験室内の空調は停止していた。そのため地下の実験室や加速器本体室は、湿度が高くなり結露が酷く、高圧機器の試験運転はもとより機器の設置すら困難な状態であった。2012年2月から空調設備の復旧工事が開始された。作業は機器の入れ替えを伴う大規模なものであった。最初に破損した機器及びそれに接続される空調ダクト、配管の撤去作業が行われた。特に空調ダクト撤去作業はガスケットにアスベストが使用されていたため慎重に行われた。その後、Figure 2 のエアハンドリングユニット本体の搬入据付と空調ダクトの交換を行い、最後に計装工事が行われ同年9月に完了し空調設備の運転を再開した。

2.2 RI 排水設備

震災により RI 排水設備が壊れたため、2013年2月からその復旧工事が開始された。排水処理設備が地上型に変更されたのに伴い、すべての排水配管もそれに対応したものに変更された。

2.3 今後の予定

エアハンドリングユニットに冷温水を供給する冷温水発生器が更新される予定である。また受変電設備の改修も計画されている。



Figure 2: A new air handling unit of the accelerator room.

3. 大強度低エネルギーリナック

3.1 現状

現状真空機器、電磁石、RF 電源等の加速器本体 (Figure 3(a)) の復旧作業は完了し、現在制御システムの再構築を順次行っている (Figure 3(b))。古い機器が残っておりそれらを制御システムに組み込む工数が予想以上にかかったが、復旧作業自体は概ね完了し試験運転を行っている。

3.2 コミッショニング状況

電子銃電源更新後に、電子銃のみの単体試験を行い、正常動作を確認した。RF 系は最初にクライストロンをダイオード運転し、定格電圧で動作することを確認後、クライストロンから RF を出力して、導波管及び加速管のコミッショニングを行った。早期に真空を復旧させていたため、加速管のコンディショニングはスムーズに進み、現在定格電力での運転が可能な状態である。今後準備が整い次第ビーム加速試験を実施する予定である。



(a)



(b)

Figure 3: (a) Low-energy linac and (b) Reconstructed magnet P.S. rack.

4. 入射用リナック

4.1 現状

入射用 LINAC (Figure 4) は、熱陰極 RF 電子銃で生成した電子ビームを S バンド 3 m 加速管 2 本で 90 MeV 程度まで加速してシンクロトロンへと入射する。高周波システムは、50 MW クライストロン 1 本で RF 電子銃と加速管に供給する構成である^[2]。

加速器本体室への設置作業は 2012 年の 10 月から開始された。設置作業は極めて円滑に進み 2012 年 12 月末にすべて機器の据付が完了した。現在制御及びビーム診断システムの構築を進めている。

4.2 コミッショニング状況

2013 年 1 月から電子銃や加速管の RF コンディショニングを進め、1 月 28 日にビーム出しを開始し翌 29 日にビーム加速に成功した。その後制御システムの構築を進めながら、マシンの調整を進め、ツイストパラメータやエミッタンス、エネルギー広がり測定等などを実施していた。しかしカソードのエミッション電流が減少し、エネルギー広がりが大きくなってきたため、2013 年 5 月にカソードを交換した。カソード交換後のコンディショニングは 1 週間ほどで完了し、運転を再開した。その後、特にトラブルなくリングへのビーム入射を行っている。



Figure 4: Injector LINAC.

5 1.3 GeV BST リング

5.1 現状

1.3 GeV BST リング (Figure 5) は 2012 年 11 月より 4 極-6 極機能複合型電磁石の据付調整を皮切りに、順次機器の設置及びリング電磁石のアラインメント作業、パワーケーブルの敷設などが行われ、2013 年 2 月にシンクロトロン電源の据付調整を終えすべての機器の設置作業が完了した。従来よりも蓄積電流が増えることから、放射光の焼き出しによる真空度悪化に対応するため、リング排気系に KEK より譲り受けた NEG ポンプを追加し排気能力を強化した。また真空計を追加したことで、従来よりも詳細に真空度をモニターできる構成とした。

5.2 コミッショニング状況

2013 年 5 月下旬からコミッショニングを開始した。6 月初旬に入射ビームの多数周回を確認し、その後リングのオプティクス調整などを経て 6 月 13 日に RF 捕獲に成功した。その後パラメータの調整を進め、7 月 5 日に 1 GeV のビーム周回に成功し、同月

13 日に約 1.3 GeV のビーム周回に成功した^[3]。しかし 1 GeV を超えると放射光による真空容器の焼き出しによる真空悪化が顕著となるため、現在リングの調整運転を進めつつ、放射光による焼きだし作業を同時に行っている。今後 9 月末までにビームエネルギー 1.3 GeV、ビーム電流 10 mA を達成し、放射線施設検査に向けて準備を進めていく予定である。



Figure 5: 1.3GeV Booster Storage (BST) ring, Magnets of salmon-orange color are new quadrupole-sextupole electromagnet.

6 制御システムと制御室

本センターのような小規模の加速器施設では、制御システム開発のための人員と時間を確保することが難しい。そのため本センターでは制御システムの開発工数を削減するため Labview と Visual Basic.net を用いて開発した。また機器の追加や制御システム改修作業を容易に行うため入射用リナックとリングの制御システムに Experimental Physics and Industrial Control System (EPICS) を使用した。制御ネットワークに接続されている計算機であれば、すべての情報を読み出すことが出来る構成とし、一方セキュリティを高めるため、書込み（機器の設定変更を伴うもの）は、特定の計算機のみ限定する構成としている。シンクロトロン電源の制御には正確なタイミングで 4 つの電源 (BM, QSF, QSD, QC 電源) にメモリ読出し用のクロックとリセット信号を送出しなければならないので、Field Programmable Gate Array (FPGA) を用いてクロック及びリセット信号を生成する構成とし、FPGA は Labview-FPGA を用いて開発した。

制御システムの開発と並行して、従来の制御室の構成では新しい加速器の制御に空間的及び機能的な面から対応できないことが明らかであったため、制御室を再整備することにした。基本的にすべての情報を制御室に集約し、監視・制御できるように構成した (Figure 6)。現在 11 月からの供用開始に向け制御システムの整備を進めている。



Figure 6: Control room after renovated. Control and monitoring can be carried out by computer.

7 今後の予定

当面 11 月に予定されている放射線施設検査に向

け、コミッショニングを継続し、検査後の供用開始に向け、リング真空容器の放射光による焼き出しによるビーム寿命の改善とビーム電流の増強を行うとともに、加速器全体の制御システムの開発を行っていく予定である。

謝辞

これまで多くの方々からの多大なる、そしてたゆまぬ励ましに支えられて、東北大学電子光研究センタースタッフは復旧復興に全力で向け取り組んでおります。皆様のご厚誼に感謝いたします。また加速器の復旧作業のみならず、建屋設備の復旧作業に従事していただいている多くの方々にも感謝いたします。

参考文献

- [1] 柏木茂 他 第 10 回日本加速器学会年会(SAOT02)
- [2] 日出富士雄 他 第 10 回日本加速器学会年会(SUOS01)