

PRESENT STATUS OF THE ACCELERATOR IN RESEARCH CENTER FOR ELECTRON PHOTON SCIENCE, TOHOKU UNIVERSITY

Masayuki Kawai ^{#,1)}, Fujio Hinode ¹⁾, Shigeru Kashiwagi ¹⁾, Fusashi Miyahara ²⁾, Kenichi Nanbu ¹⁾, Shigenobu Takahashi ¹⁾, Yoshinobu Shibasaki ¹⁾, Ikuro Nagasawa ¹⁾, Toshiya Mutou ¹⁾, Yuu Tanaka ¹⁾, Li Xiangkun ¹⁾, Ken Takahashi ¹⁾ and Hiroyuki Hama ¹⁾

1) Research Center For Electron Photon Science, Tohoku University

1-2-1 Mikamine, Taihaku, Sendai 982-0826, Japan

2) High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

Abstract

Research Center for Electron Photon Science (RCEPS) was established in December 2009 in the Mikamine Campus of the Tohoku University as an Electron Photon Science User Facility. The center carried on all electron accelerators from Laboratory of Nuclear Science (LNS). Such impressive advances have been supported by advanced developments of beam-delivery and accelerator technologies and by maintenance works for high-reliability operation. Furthermore, it was authorized as a base research facility of the national collaboration use from 1 April 2011 by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology.

However, the accelerators were seriously damaged by the 11 March 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. We had no effect of tsunami and no one was injured. It is predicted, unfortunately, that a considerably long period would be required until the accelerators could resume operations. The report describes the status of the accelerators and recovery of the damaged accelerators for RCEPS.

東北大学電子光物理学研究センターの加速器の現状

1. はじめに

東北大学電子光物理学研究センターは平成 21 年 12 月 1 日に旧東北大学大学院理学研究科附属原子核理学研究施設（略称：核理研）から改組して発足した。東北大学の学内共同教育研究施設として、電子加速器から得られる様々なエネルギーの電子・光子ビームを主要な手段として、原子核物理学、加速器科学、物質科学等の物質諸階層の基礎と応用の研究を推進し、並びに新たな電子光ビームの開発を通じて、未踏研究分野の開拓及び、新研究領域の開拓を目指すとともに電子光科学分野における研究者、技術者の養成を行うことを目的とする。更に平成 23 年度からこの研究センターは文部科学省から「電子光物理学研究拠点」の認定を受け全国共同利用施設として更に活動範囲を広げることとなった。

2011 年 3 月 11 日 14:46 に発生した東日本大震災によりセンターの加速器設備は壊滅的被害を受けた。「電子光物理学研究拠点」化され全国共同利用が開始される 3 週間前であった。東北地方太平洋沖地震で、当センターの加速器は大きな被害を受けた。300 MeV 電子線形加速器および 1.2 GeV 電子シンクロトロン（STB リング）の被災状況の調査には時間を要しましたが、一定の調査結果を得たので加速器の被害状況と震災からの復旧復興計画についても報告する。

[#] kawai_m@lms.tohoku.ac.jp

2. 加速器の現状

このセンターの加速器設備は旧核理研の加速器施設をそのまま引き継ぐものであり、様々な技術的問題を克服しながら 40 年以上ものビーム供給を行っ

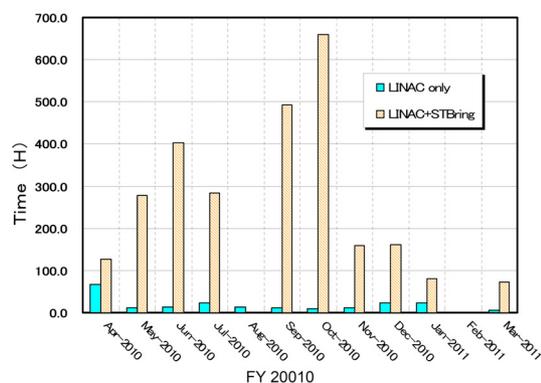


図 1 : 2010 年 10 年度加速器運転実績

てきた。昨年度の運転実績は図 1 に示すように、年間の総運転時間は LINAC 単独運転 210 時間、ライナックと STB リングの協調運転については 2,718 時間の実績があった。しかし大規模な改修や加速器の更新に必要な予算確保は困難であり、重故障による長期運転停止を防ぐ地道な努力に止まってきた。

ここ数年では低エミッタンス熱陰極電子銃の開発、クライストロンモジュレータの一部インバータ化、

また制御システムの更新等、様々な技術開発を行ってきた。一方、利用運転の加速器とは独立に加速器ベースのコヒーレント THz 光源の開発を目指したプロジェクトも進行中である。

3. 地震による被害状況

地震発生時にはニアックは RI 製造ラインへのビーム供給中であった。運転者は地震発生から 30 秒ほど経過して揺れが更に激しくなると判断、加速器の停止作業を開始した。電子銃のグリット、及び高電圧を通常の手順で停止した。その後直ちに屋外に退避した。受電記録によれば、この地震発生から 2 分 25 秒後、施設全体が停電した。この停電は東北電力からの給電が停止したためであることがすぐに解った。地震から約 1 時間後から施設設備の被害状況の調査を開始したが、余震の恐れが予想されたので、地下の加速器室の調査は断念した。

その後 3 月 14 日 (月) 10:20 に東北電力からセンター内の特高変電所に送電が開始されたが、安全のため電気設備の漏電、短絡がない事を確認しながら 3 月 17 日 (木) 11:26 にセンターは復電に至った。その後徐々に加速器の被害状況の調査を開始した。調査が進むにつれて被害より深刻な状況であることが明らかとなった。表 1 に加速器の被害状況の概要をしめす。冷却循環水系の水洩れにより貯水槽の水が全て流出していた。リニアックの真空の状態

表 1: 被害状況の概要

<input type="checkbox"/> 300 MeV ライナック	<ul style="list-style-type: none"> ・低エネルギー部位置ズレ ・高エネルギー部全損 ・冷却水系損傷漏水
<input type="checkbox"/> STB リング	<ul style="list-style-type: none"> ・シンクロトロン電磁石電源損傷 ・電磁石位置ズレ

については低エネルギー部では大きな洩れはなくイオンポンプを稼動して自力で真空は回復した。しかし高エネルギー部は複数の漏れが発見され、これまでの真空洩れの応急修理箇所も多く含まれており、修理は困難と判断し復旧を断念した。リングについては幸運にも真空洩れは発見できず、その後復旧した。加速器の電磁石のアライメントについては目視で明らかに位置が動いているもの、またわずかでもアライメントがずれていると予想されるので現在ライナックの低エネルギー部から測量を開始した。STB リングについてはこの後述べる復旧復興計画において 4&6 極コンバインド電磁石の設置の計画があり、その設置を待ってアライメントを行う予定である。

4. 復旧・復興に向けての取組み

限られた時間と費用の中で復旧復興はきわめて困難な作業である。活かせるものは活かし、また将来に向けて加速器の性能として新たな可能性を模索しながらの作業となっている。加速器の現状と復旧復興

計画を図 2 にしめす。これまでリニアックについては低エネルギー、大平均電流の RI 製造モードと STB リング入射用の高エネルギーモードの二つの運転モードに使い分けてきた。両者に要求される電子ビームの要請は著しく異なるものであり、これまでも、両方を独立させる構想が出されていた。今回の震災で壊滅的な被害を受けたリニアックは比較的被害の少なかった低エネルギー部を RI 製造の放射化学専用の加速器として専属させることとした。一方 STB 入射用の高エネルギー部は復旧の見込みが立たず廃棄することとし、入射専用の新しいリニアックを建設することとした。但しエネルギーは、費用の観点からこれまでの 150 MeV からこれまでより低いエネルギーに仕様を下げざるをえない。また STB リングについては、電磁石電源の使用範囲

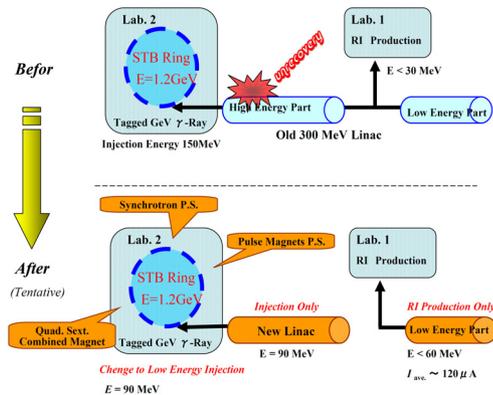


図 2: 加速器の現状と復旧復興計画

が低電流領域からの直線性が考慮されていないためこれまでの電源性能では低エネルギーでの入射が困難と判断されるので、一連の電磁石・パルス電磁石の電源を高精度で強調運転できる様に新規に製作することとした。これにより、より低い入射エネルギーからトップエネルギー 1.2 GeV (蓄積電流 > 20 mA) までの加速を目指す。しかしながらこれまで行われてきた、DC ビームを蓄積するストレッチャー運転モードは高繰り返し (300 pps) 入射が必要であるが新規に製作する電源では十分な容量が確保できないことから断念せざるをえない。このリングには建設当時の設計では 6 極電磁石が設置されておらず、ビームの不安定性を引き起こす原因の一つと成っていた。このためこれを機に収束系に 6 極磁場成分を付加することを考えたが直線部に十分なスペースが無く 6 極電磁石を追加することは困難である。そこで限られたスペースに 4 極-6 極のコンバインド電磁石を設置することでこの問題の解決を試みる。

復旧・復興のスケジュールについては 2011 年 8 月現在何一つ確定的なことは言えないが、何よりも早期の復旧が望まれている。努力目標として、図 3 に掲げるスケジュールを想定している。リニアック低エネルギー部については平成 2011 年 12 月まで #1 モジュール一台で 30 MeV のビーム加速を確認、

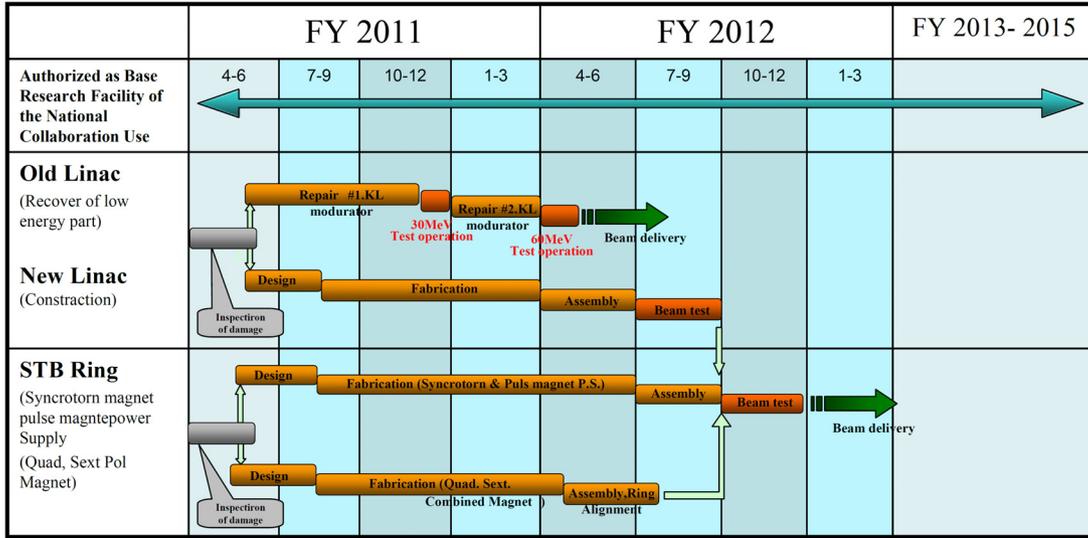


図 3 : 加速器復旧復興スケジュール

その後一旦シャットダウンを行い、ビームラインの改造及び#2 モジュレータの復旧の後2台のモジュレータを用いて 60 MeV 運転の確認を行う。システムの健全性が確認できた段階で、ユーザーにビームを提供してゆく予定である。

STB 入射専用の新しいライナックについては、加速管の製作に時間がかかり納期が最大の問題となっているが、平成 2012 年秋を目処にコミッショニングを予定している。STB リングについては、電磁石電源、パルス電磁石電源の据付調整、4 極-6 極の

コンバインド電磁石の据付、及びリング全体のアライメントを経て 2012 年度末の復旧を目指す予定である。

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。