

話 題

産総研電子加速器施設の震災後の状況

鈴木 良一*

Status of the AIST Electron Accelerator Facility after the Great East Japan Earthquake

Ryoichi SUZUKI*

Abstract

The Great East Japan Earthquake has caused several damages on the electron accelerators and instruments at the AIST electron accelerator facility. This report describes the situation of damages and recovery efforts. Furthermore, activities of radiation measurements for the radioactive material released by the accident of the Fukushima nuclear plant are reported.

1. はじめに

産総研電子加速器施設では、400 MeV 電子リニアック TELL, 多目的 800 MeV 電子蓄積リング TERAS, 自由電子レーザー用電子蓄積リング NIJI-IV, S バンド及び C バンド小型リニアック, 超伝導電子加速器など小型～中型の電子加速器開発及び加速器を用いた研究を行ってきた。

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災時は、幸いにも人的な被害はなかったが、加速器や関連設備がいくつか被害を受けた。現在、それらの修理を行うとともに、今後の加速器施設の維持・運営がしやすいように電源系やインターロック・表示・制御系の改修を行っている。また、震災後の福島原発事故で放出された放射性物質に対して、これまで培ってきた加速器や放射線の発生・検出技術を利用した放射線計測等の対応を実施している。

2. 東日本大震災の直接的影響

産総研の電子加速器施設では、東日本大震災による直接的な影響の主なものとして、以下のような被害や加速器の運転制限があった。

2.1 TELL ビームラインの真空漏れ

S バンド 400 MeV 電子 LINAC TELL は今回の震災で一部ステアリングコイルの位置がずれたり陽電子ビームラインの位置がずれたりしたが、アンカーで固定したマグネットはほとんど動かず、構造上大きなダメージは無かった。しかし、TELL から TERAS, NIJI-IV

に至る真空ビームラインの途中で大気リークが生じた(図 1)。これは、ビーム輸送部の偏向マグネットと Q マグネットの間の接続部に使用していた成型ベローズにフランジを締めているボルトの先端が当たって穴が開き大気が入ったためである。フランジのボルトの長さが不適切であったことと、地震の揺れが来た時に偏向マグネットと Q マグネットでは振れ幅や周期が異なるためにベローズの変形が大きくなったことが原因と考えられる。

このリークが起こった時は、TELL と TERAS や NIJI-IV との間のゲートバルブを閉めていたため、加速器本体部は真空を維持でき、真空系は比較的容易に復帰させることができた。ただし、電子銃 (CPI 製 Y796)

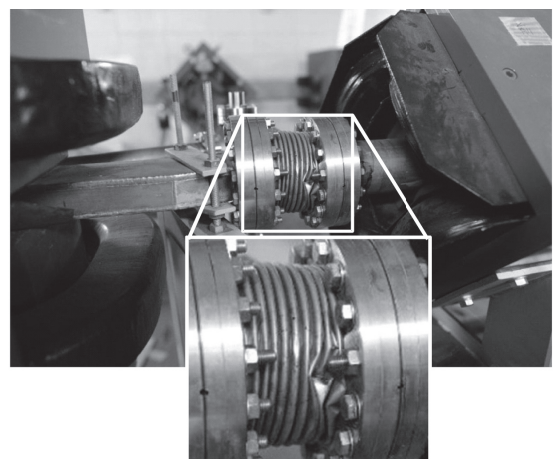


図 1 大気リークしたビームラインのベローズ

* 産業技術総合研究所計測フロンティア研究部門 Research Institute of Instrumentation Frontier, AIST
(E-mail: r-suzuki@aist.go.jp)

は、震災時ヒーターに通電しており、真空ポンプの電源の復帰も遅かったためか、電子放出性能が低下していたことから、電子銃を交換した。

2.2 超伝導加速空洞の真空漏れ

陽電子発生実験用に整備を進めている超伝導加速器は、原子力機構の自由電子レーザー実験に用いていた超伝導加速器の一部を移設し、放射線施設の変更申請を行い加速実験の準備を進めている。これまでに空洞の冷却試験等を行ってヘリウム温度まで冷却できることを確認していたが、震災後超伝導加速空洞の真空試験を行ったところ、空洞のRFカップラー部のセラミックが割れてリークが発生していることがわかった。このセラミックの交換は、現場では対応できず費用も発生するため、予算を申請し、2012年度に修理を行う予定である。

2.3 遮蔽ブロックのずれ

震災によって放射線遮蔽ブロックの崩落防止の金属枠がはずれて一部落下したり、ブロックがずれたりしたことから、ブロックの積み直し、不要なブロックの撤去などを行った。

2 m 程度積み上げていた重コンクリートのブロックは、3 mm 程度の厚みのアルミニウムの板を全面に張ってボルトで留めることで崩落防止対策を行っており、その効果でブロックが崩れることは無かったが、アルミニウムの板はところどころ変形していた。特に下部ほど変形が激しく、ブロック全体が浮き上がるほどの揺れだったことが推測される（図2）。

2.4 建物の亀裂

電子加速器施設のある産総研つくば第二事業所の

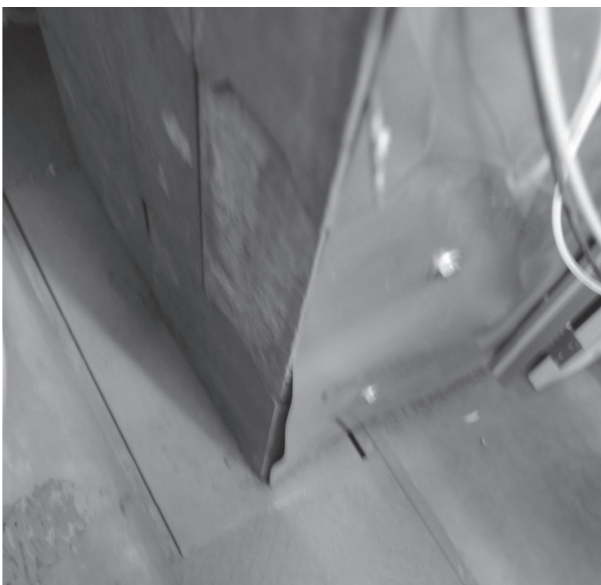


図2 遮蔽ブロック崩落防止板の変形

9階建の新棟や8階建ての本館は、地震によって所々天井や壁が崩れ、大きな被害があった。特に本館の一部は倒壊のおそれがあることから震災後4階から上を撤去して減築し、耐震性を強化した。電子加速器施設の建物は、1階建てのため、減築しなければならないほどの構造上の被害はなかったが、床や壁に新たに亀裂が入ったり、従来の亀裂がより大きくなった。従来からあった亀裂でも、雨水が侵入して鉄筋コンクリートの鉄筋を腐蝕・膨張させ、1階と地下の間の遮蔽ブロックが取り出せなくなるなどの問題が生じており、今後事態を悪化させる可能性がある。

2.5 運転制限

震災後、電力の供給が不足気味になったことから、職員の退庁時間の制限や夏期の大型機器の停止措置の要請が来て、それに対応して電子加速器の運転を制限した。図3に加速器の運転時間（後述するモータージェネレータの稼働時間）のグラフを示す。通常、1ヶ月で300～400時間程度の運転時間であるが、4月～5月は動作試験のみ、8月は加速器の完全停止、12月頃まで復帰作業や時間制限で前年を下回る稼働時間になっており、2012年1月になってようやく稼働時間が元の状態に戻った。

3. 電子加速器施設の再構築

産総研電子加速器施設では、これまで施設の省エネルギー化に取り組み、冷温水系や空調の最適化によって、2008年度には電力使用量を2003年頃の約半分に下げつつ、加速器の運転時間を伸ばし、電力の利用効率を高めた¹⁾。しかし、震災後、長期的に電力が不足し、電力使用量のさらなる低減が求められることから、小

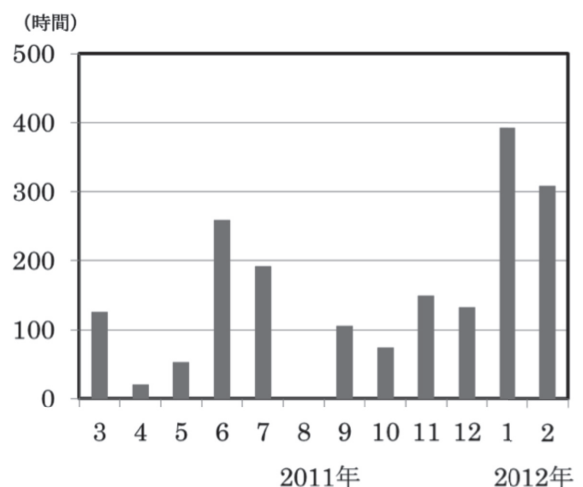


図3 2011年3月以降の月毎の加速器稼働時間

型電子加速器の開発・利用に研究を重点化することになり、施設の電源系や制御系をそれに合わせて改修・再構築することになった。

3.1 400 V 電源系の改修

電子加速器 TELL 及び S バンド小型リニアックの 400 V 系は、出力 1 MW のモータージェネレーター (MG, 図 4) を用いている。この MG は、クライストロンのパルス電源の誘導電圧調整器 (IVR) と組み合わせて、クライストロンパルス電圧を安定化させるために用いられていた。しかし、この MG は、アイドリング時の消費電力が、30 ~ 50 kW 程度で、全ての装置をフルパワーで動かす場合はアイドリング電力の割合は少ないが、陽電子発生 (クライストロン 2 本使用、1 本あたり 30 kW 程度) など、クライストロンの一部しか使用しない場合に効率が悪いという問題があった。また、S バンド小型リニアックはクライストロンの高圧電源にインバータ電源を用いており、単に 400 V の配電盤が MG のものしかないという理由で MG を用いていた。

近年 S バンド小型リニアックや陽電子の実験など 100 MeV 以下の加速器の利用の割合が多くなってきており、MG による電力効率の悪さが顕著になってきた。そこで、この機会にクライストロンはインバータ方式の高圧電源で駆動して MG を使わない方式に切り替えることにし、2012 年度中に MG をシャットダウンする予定である。

3.2 インターロック・表示・制御システム更新

産総研の電子リニアックは、従来は S バンドリニアック TELL のみであったが、近年、S バンド小型リニアック、C バンド小型リニアック、超伝導加速器など小型加速器が増えてインターロックや加速器の動作表示の統一がとれなくなってきている。そこで、インターロック・表示・制御系を更新することにし、2012 年度中に

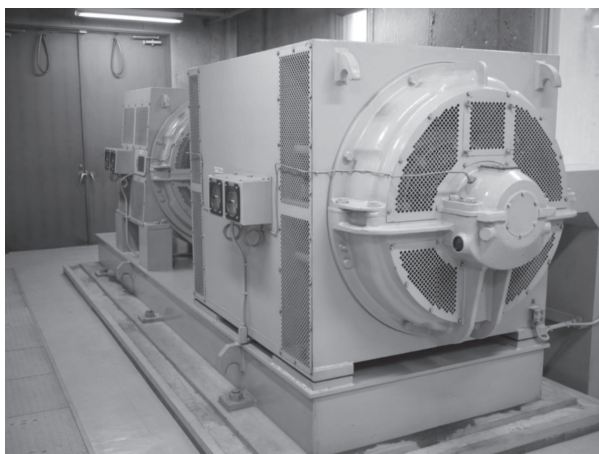


図 4 運転停止予定の 1 MW モータージェネレーター

新システムに移行する予定である。

このインターロック・表示・制御系は、割り当てられた予算も少ないことから、

- 1) システムの組み上げを低コストで容易にできること。
- 2) セキュリティや停電対策の点からネットワークに依存しないシステムであること。
- 3) 消費電力が少なく、バックアップ電源で長時間動作すること。

などの条件を満たすものとして、産総研で開発したシリアル通信を用いた省配線システム²⁾を導入することにした。これは、1 本のシリアルバスケーブルで信号の通信及び電源供給を行うことができるもので、従来のインターロック・表示・制御システムに比べて配線やシーケンサのプログラム等の作業の手間を大幅に低減できる。また、消費電力も従来のシステムの数分の 1 に低減できる見込みである。

4. 福島原発事故対策

産総研電子加速器施設では、電子加速器を用いた放射線の発生と利用に関する研究を長年行ってきており、その技術ポテンシャルを利用して、福島原発事故で飛散した放射性物質の放射線計測関連の対策をいくつか実施している。

4.1 放射線自動モニタリング装置の構築

電子加速器施設では、福島原発の事故後サーベイメータで朝夕線量率を確認していたが、3 月 15 日の朝に通常のバックグラウンドより明らかに高い線量率が観測された。これを放射線取扱主任者及び放射線管理室に報告し、対応を協議した結果、線量率の測定を 1 時間毎に行い、測定結果を放射線管理室がインターネット上に公開することになった。当初は放射線管理室の担当者がサーベイメータを目視で記録していたが、夜間や休日は測定ができなくなることから、急遽手持ちの測定器で自動線量率モニタリングシステムを組み、3 月 17 日よりモニタリングを開始した。このシステムは、日立アロカ製のシンチレーションサーベイメータ TCS-171 のアナログ出力をデータロガーを介してパソコンに取り込む簡易的なものであるが、産総研電子加速器施設が位置する茨城県つくば市南東部 (高エネルギー加速器研究機構が位置するつくば市北部とは放射性物質の飛散の状況が異なっていた) では公開した当時他にモニタリングをしている所が無く、この周囲の放射線量の状況を一般の人が知ることができる唯一の情報源であった。

4.2 放射能計測

陽電子ビームを使った物性評価実験装置では、高性能のゲルマニウム半導体検出器を用いた測定を行っているが、震災後食品中の放射性物質を調べるためにゲルマニウム半導体検出器が必要とされた。そこで産総研の研究施設公開制度（IBEC）を利用して陽電子計測用に用いていたゲルマニウム半導体検出器を公開し、外部から持ち込まれた加工食品や土壌等の放射能計測を行った。

また、産総研は工業製品の放射能計測に対応するため、福島ハイテクプラザに職員を派遣し各種工業製品の放射線検査を実施したが、電子加速器施設の職員もこれに参加した。

4.3 一般公開

一般の人に放射線計測について理解を深めてもらうため、7月20日の産総研の一般公開で、放射線検出の原理をポスターで紹介するとともに、前述のゲルマニウム半導体検出器やシンチレーション検出器を展示し放射線計測の実演を行った（図5）。また、前述の放射線の自動モニタリング装置の見学ツアーも実施した。研究所の周囲でも放射線量が比較的高いところがあり、来場者の関心も高かった。産総研では今後も一般の人に向けた展示・実演を行う予定である。

4.4 線量計開発

原発事故で飛散した放射性物質、特に半減期の長いセシウムは、長期にわたって放射線を放出するため、いつどのような場合に被ばくが高いかを把握し、被ばく線量を最小限に抑えることが重要になってきている。そのためには、高線量地域では線量計を常に持ち歩いて被ばく量を見ながら対策をとることが重要である。

産総研ではエネルギー消費の小さい加速器・X線源の開発に取り組んできており、単三乾電池で駆動できる非破壊検査用X線源の開発に成功している³⁾。この小型化・省エネルギー回路技術と放射線検出技術を組み合わせて、装着負担が少なく、かつ電池寿命が長い線量計の開発を行ってきた。図6は、20 mmの径のボタン電池を電源とする線量計で、ポケットや名札ホルダーの中等に入れて持ち運びできる。電池寿命は2か月以上で、パソコン等で光通信により線量データを随時表示できる⁴⁾ことから、線量の多い地域での個人の被ばく量管理や除染作業での放射線モニタ等に利用できる。また、このログ機能や通信機能のある線量計は、加速器施設内の様々な実験の放射線計測にも利用できると考えられる。

5. おわりに



図5 産総研一般公開での放射線計測技術の展示。



図6 開発した小型線量計と比較のためのSDメモリーカード

産総研電子加速器施設は、東日本大震災の直接的な被害だけでなくその後の福島原発事故による放射性物質の飛散や電力供給不足などの対応で、半年以上研究に支障が生じた。しかし、震災を契機として施設の改修による効率的な加速器の運転や放射線計測技術開発など新たな取り組みが進みつつある。

参考文献

- 1) R. Suzuki, et al., “産総研電子加速器施設の現状と将来計画”, Proceedings of Particle Accelerator Society Meeting 2009, p.54, Tokai, 2009.
- 2) http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2009/pr20090225_2/pr20090225_2.html
- 3) http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2009/pr20090319/pr20090319.html
- 4) http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2012/pr20120213/pr20120213.html