

THE COMPONENT IMPROVEMENT OF THE SPring-8 LINAC

Shinsuke Suzuki, Takao Asaka, Hideki Dewa, Yasuyuki Kaji¹, Toshiaki Kobayashi, Tamotsu Magome, Akihiko Mizuno, Tsutomu Taniuchi, Hiromitsu Tomizawa, Kenichi Yanagida and Hirofumi Hanaki
Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI/Spring-8)

¹SPring-8 service Co., Ltd

Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo, 679-5198

Abstract

In FY2009 and FY2010, the total operation time of SPring-8 injector linac were 5068 and 5125 hours. The total downtime was 0.12% (The frequency of fault was 0.2 times per day) and as the stable as the last few years. The construction of the new radiation safety interlock system was finalized in September 2010. We added some local shields for the separation of the linac room and the synchrotron tunnel. PLC that distributed the interlock signal according to the switch of the electron gun was installed.

SPring-8線型加速器コンポーネントの高性能化

1. はじめに

SPring-8線型加速器の運転開始 (H8.8.8) より15年が経過しようとしている。昨年度(2010年度)は非常に安定した運転を行うことが出来た。

2004年5月からは蓄積リングのTop-up運転が、2004年9月には、SPring-8とNewSUBARUの両方同時のTop-up運転が始まり、現在も継続されている。

Top-up運転のビーム入射間隔は、2007年の11月よりインターバル優先モードから電流値優先モードへの移行を行い、約20秒~30秒に1回となっている。このときの蓄積リングの蓄積電流の安定度は0.1%から0.03%となった。NewSUBARUでは蓄積電流によるが、7秒に一度の入射を行っている。そのときのビームエネルギーの安定度は、0.01%であった^[1]。NewSUBARUでの1.5 GeV運転は現在夜間のみ行われており、必要に応じて1日1、2回の入射を行っている^[1]。

このように頻繁に入射を行うTop-up運転中は、機器のフォールトやビーム調整によるビーム入射の中断を最小限にせねばならず、その入射器である線型加速器には高度の安定度と信頼性が求められる。SPring-8線型加速器では、1998年よりビーム安定化のための改良およびフィードバック制御導入を進めてきており、2004年度末までにほぼその作業を終えた。また、信頼性向上についても、変調器をはじめ、各機器の改良を続けており、スタンバイ変調器、ブースター切り替え装置等に加え、電子銃の二重化を行い、かなりのトラブルに早急な対応が出来るようになった。

2010年夏にインターロックの改修が行われ、線型加速器とシンクロトロンが独立に入室できるようになった。その際に必要箇所へ局所遮蔽を行った。2011年から、フォールトした変調器とスタンバイ変調器の自動切り替えを行い、Top-up運転の停止時間の更なる減少を目指している。二重化された電子銃も切り換えの偏向電磁石のステータスを自動読み込みし、

インターロックを切り替えるPLCを設置し高速切り換えが可能ないようにしている。

2. 運転状況

シンクロトロンとNewSUBARUに入射するビームの種類を表1に示す。両蓄積リング同時トップアップ運転の際、入射経路切換における加速器パラメータの変更を最小限にするため、トップアップ入射専用の共通1 nsビームを用意している。ただしNewSUBARU入射時は、入射路途中のスリットでビーム電流を約1/3に削減する。

表1：線型加速器のビームパラメータ (ECS動作)

	Synchrotron		Top-up
Pulse Width	1 ns	40 ns	1 ns
Repetition	1 pps	1 pps	1 pps
Pulse Charge	1.7 nC	2.8 nC	0.66 nC
dE/E (FWHM)	0.45%	0.55%	0.32%
Energy Stability (rms)	0.02%	-	0.01%

2009年度と2010年度における線型加速器総運転時間は、5068時及び5124時間であった。図1に2009年度、図2に2010年度のサイクル毎のインターロックフォールト統計を示す。左のグラフは1日あたりのフォールト回数で、全てのサイクルに於いて1日1回以下となっている。2010年度においてはTop-up運転の中断回数が2009年度に比べ約1/2になっている。回数としてはサイクル毎に大きく異なるということはなく、これは原因が分散してきていることによる。

右のグラフがTop-up運転の中断時間の比率であるが、2009年度の後半はサイクロトロン冷却ファン関係でトラブルが多発し、回数に比して大きな中断時間となった。これについては電源にノイズ対策を施し、現在安定に運転されている。2010年度では縦軸の最大値が2009年度の1/4となっており、Top-up運転の中断がきわめて少なくなっていることが分かる。

フォールトの原因はクライストロンモジュレータによるものと電子銃関係のものが主であるが、2010年度では加速管内での金属配管の冷却水漏れが発生し、金属部分での老朽化も懸念される。

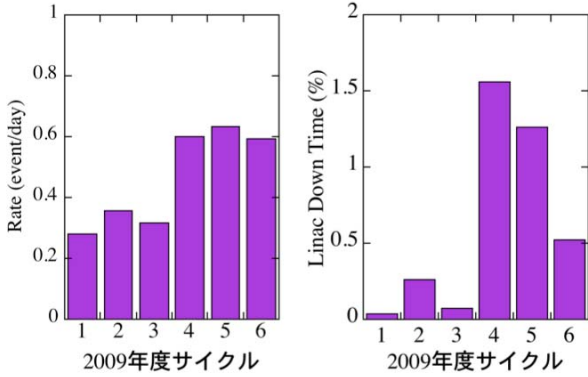


図1：2009年度フォールトのサイクル別頻度

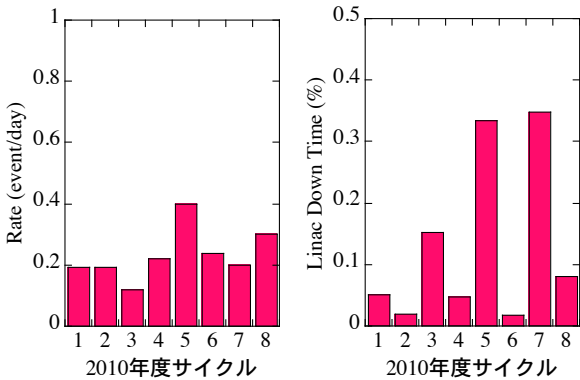


図2：2010年度フォールトのサイクル別頻度

3. 電子銃切替器

2008年より第2電子銃の正式運用を開始し、非常用電子銃として常に待機状態にあり、長期停止時にはシンクロトロンへの入射の確認を行い、健全性の確認を行っている。2010年度には第1電子銃と第2電子銃の切替をスムーズに行うために切替器の設置を行った。これは電子銃からのビームを線型加速器本体に輸送する振り分け電磁石(図3参照)の状態をモニターし、加速器安全インターロックへのステータス信号を割り振るためのPLCである。

PLCは図4に示す表示に見られるように振り分け用電磁石の電流値を読み込み、どちらの電子銃が使われているかを判断し、使用されているグリッドパルサーの情報を加速器安全インターロックに受け渡す。また、ゲートバルブ状態、トリガーショット数などの情報もデータベースの方に送る役割を持っている。

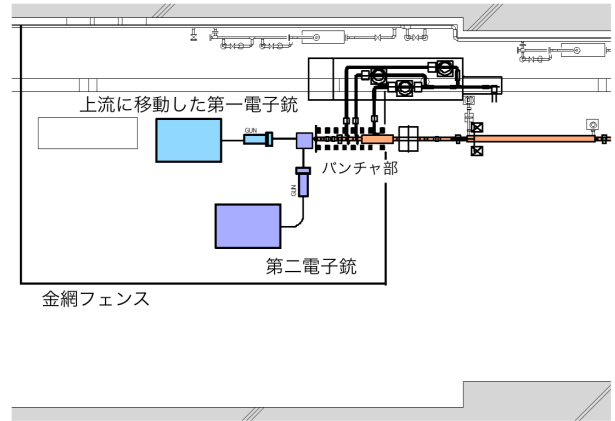


図3：2台の電子銃の配置



図4：切替用PLC画面

4. インターロック更新に伴う遮蔽増強

2010年の夏に安全系インターロックの大幅改造が実施された。線形加速器のビーム出力を1.2GeV、6 μ Aから1/40に落とす変更申請を行った結果、線型加速器運転中にシンクロトロン室に入室できるようになった。それに伴い、いくつか遮蔽増強、放射線シャッターの設置を行った。安全系インターロックの改修については佐治氏³⁾の論文を参照されたい。

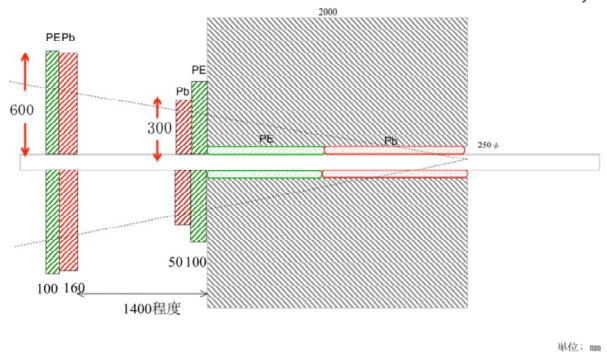


図5：線型加速器とシンクロトロン間の追加遮蔽
PEはポリエチレン、Pbは鉛ブロックまたは顆粒

遮蔽の増強は以下の部分に施された。

- ・線型加速器-シンクロトロン間 (図4参照)
- ・線型加速器-L3BTトンネル間
- ・L3BTトンネル-L4BTトンネル間
- ・シケイン電磁石周辺

必要遮蔽厚は計算及び事前測定より求め、2010年夏に設置された。ビームパイプの通る貫通孔はパイプの回りに図6に示される5kgの鉛顆粒入り布袋とポリエチレンビーズを入れたポリエチレン袋が押し込まれている。

また、ビームダクト内での放射線の伝搬を停止するために、図7に示す位置に鉄60cm厚の放射線シャッターを設置した。



図6：貫通孔遮蔽に用いた鉛顆粒入り袋及びポリエチレンビーズ

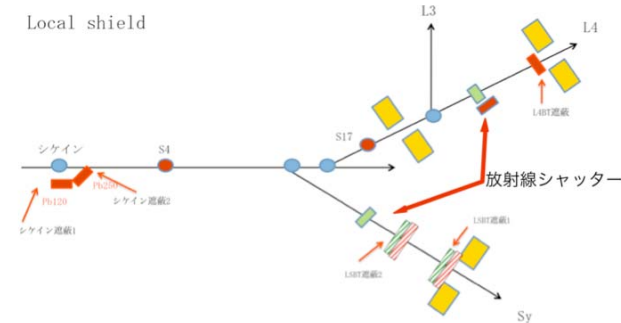


図7：追加遮蔽及びシャッターの配置

5. クライストロン変調器自動切替

クライストロン変調器は管内真空、導波管真空、ノイズなどで3日に1回ほどの故障を発生する。それをリセットし、再立ち上げるまでにビームは停止され、Top-up運転は中断する。その中断時間を短縮するために制御プログラムを作成し、試験を行った。切替はクライストロンのトリガータイミングを遅延させるモジュールにより行っており、制御は図8に示されるGUIによって行われ、切替に約1秒要する。H0と呼ぶブースター兼用クライストロンとECSにパワーを供給しているM18と呼ぶクライストロンについては役割を代替できる機器がないため、故障の際にはビームが停止せざるを得ないが、H1からM16の

11台のクライストロンは故障時にスタンバイ号機に切り替えられ、Top-up運転を中断しない。加速セクションが変わると途中のQTによりフォーカスが変化するが、スタンバイ号機の配置を工夫することにより、シンクロトロンの出射電流が20%程度の現象で済むように調整が可能であった。

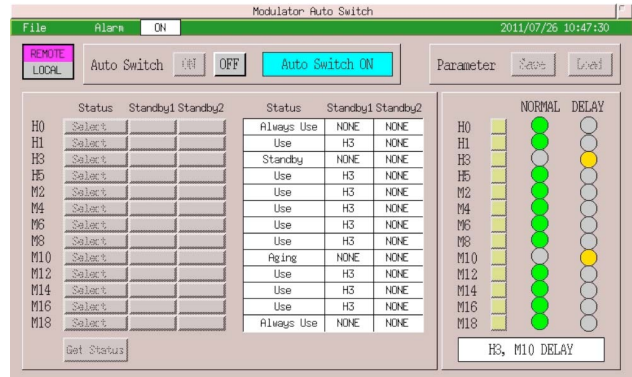


図8：自動切替用 GUI

将来的にはシンクロトロンの出射電流を一定になるように電子銃のパラメータを調整するようにGUIの改造を行う予定である。

6. 今後の予定

SPring-8蓄積リング及びNewSUBARU蓄積リングにTop-up運転によるビーム供給を続けているが、近年、大電流バンチによる蓄積リングのビーム寿命の短い運転が増えてきている。そのため、現在の20秒程度を切り替えサイクルとするビームの振り分けではビーム供給に限界が見え始めている。そのため、ビームを1秒で振り分ける事ができるシステムを整備中である。

東日本大震災以降の節電要求により、線形加速器の運転を従来の10ppsから5ppsへと変更している。また、13台のクライストロン変調器のうち2台を予備機として常時パワーを入れた状態でスタンバイとしていたが、これを1台とし、少しでも節電すべく実施している。クライストロンギャラリーの減灯は当然の事である。さらに節電できるシステムについても検討を行わなければならない。

参考文献

- [1] 高雄勝, その他, “SPring-8加速器運転の現状”, 本学会論文集.
- [2] 小林利明, その他, “電子銃の2重化”, 2008第5回加速器学会.
- [3] 佐治超爾, その他, “SPring-8加速器放射線安全インターロックシステム更新(2)”, 本学会論文集.