

2. SPring-8の現状と高度化

2-1 加速器

1. 運転の概況

図1に過去5カ年度の運転時間の推移を示す。2016年度のSPring-8加速器総運転時間は4951.7時間であった。この時間には、加速器立ち上げ調整時の入射器系加速器の先行運転なども含まれている。2016年度の蓄積リングの運転時間は4941.1時間、この内4125.5時間（蓄積リング運転時間の83.4%）がユーザータイムに充てられた。2016年度の計画ユーザータイム4152時間に対して利用率としては99.4%となり、ほぼ2015年度と同じ高い水準であった。

トラブルによりユーザータイムを停止しなければならなかった時間（ダウンタイム）は計画ユーザータイムの0.56%に当たる23.1時間であり、17回のビームアポートあるいは計画外のビーム廃棄が発生した。また、ユーザータイム中のバンチ運転（フィリング）モード変更のため、3.4時間（7回）を再入射に費やした。ダウンタイムの内、復旧までの時間が1時間を超えたトラブルが7回（ビームライン：3回、電磁石：2回、地震：1回、瞬時電圧低下：1回）あり、そのうちの主なものとして、9月18日の瞬時電圧低下（4時間17分）、7月17日の偏向電磁石冷却水ホースからの漏水（3時間27分）、10月

21日の鳥取県中部の地震（2時間53分）、11月6日のBL31LEPトラブル（2時間26分）があった。

SPring-8では、積分輝度と光源強度の安定維持のため利用実験中も随時電子ビームを入射するトップアップ運転を行っている。入射器のトラブルなどによるトップアップ運転の中断は極めて少なく、ユーザータイム中のトップアップ入射継続率（トップアップ目標電流値99.5 mAに対し ± 0.1 mAの範囲にある時間割合）は99.6%に達しており、ユーザー運転時間の計画達成率同様に極めて高い安定度にてトップアップ運転が行われた。

バンチ運転モードでは、3種のセベラルバンチモード（等電流バンチ等間隔フィリングモード）と5種のハイブリッドバンチモード（高電流孤立バンチと低電流バンチトレインからなるフィリングモード）が、利用運転のため用意されている。2016年度の利用運転時間に占める割合は、セベラルバンチモードが58.4%（2015年度は56.8%）、ハイブリッドバンチモードが41.6%（2015年度は43.2%）であった。セベラルバンチモードでは、203個の等電流のバンチを等間隔に配置するモード（Aモード）での運転が、第1、第3、第5並びに第7サイクルで予定されていたが、ビーム不安定性抑制装置（BBFシステム）の不調によりビームが不安定となる問題が発生したため、第3サイクル及び第5サイクルでは、Aモードに替えて、406個の等電流のバンチを等間隔に配置する代替モードにて運転を行った。BBFシステムの再調整を実施し、第7サイクルでは本来のAモードで運転を行った。また、ハイブリッドバンチモードでは、全周の11/29に配置された低電流バンチトレインの対向に1個の5 mA孤立バンチを配置するモード（Hモード）において、バンチトレイン部を従来の連続バンチから6バンチ間隔のバンチ列に替えた運転が第3サイクルに実施されたが、ビーム寿命の減少等のため予定していた節電モードのRF加速電圧14.4 MVではトップアップ運転を維持することが困難となり、RF加速電圧を16 MVに上げる対応を行った。第4サイクル以降のHモードは、バンチトレイン部を従来の連続バンチに戻して運転を行った。

SPring-8を光源として安定に運転し高い利用率を保つ上で、BBFシステムの信頼性向上と、利用ニーズを満たすバンチ運転モードとビーム寿命並びに入射効率に関係する運転条件との見極めが、今後の運転における最優先課題として浮かび上がってきたと考えられる。

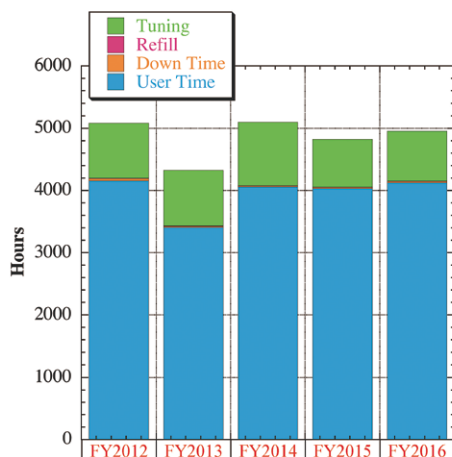


図1 過去5カ年度の運転時間の推移

以下に、各加速器（線型加速器、ブースター・シンクロトロン、蓄積リング）の概況を示す。

2. 線型加速器の概況

2004年9月からSPring-8蓄積リングと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。NewSUBARUでは1 GeVでのトップアップ運転のほか1日1または2回の入射を行い、1.5 GeVまで加速し利用に供している。1.5 GeV運転は週に1、2回程度である。近年のTop-up運転では短寿命のフィリングパターンが増え、入射の頻度が増加している。その対応としてSy/NSの2 Hz高速切替を2013年度から実施している。これら機器の高信頼性を確保するため、通常のメンテナンスに加え、機器の老朽化対策を順次行っている。

2016年度はプロファイルモニタ用カメラシステムの一部更新、冷却水流量の変動をモニターする流量計の増設及びデータベースへの取り込み等を行った。

2016年度における線型加速器総運転時間は4951.7時間であった。図2にトップアップ運転を開始した2005年からの運転統計を示す。2008年に電子銃バイアス回路のトラブルによる突出してダウンタイムの長いサイクルがあったが、機器の改良を繰り返した結果、漸次フォールトが減少しているのが分かる。2012年度までは装置の改良の結果、順調に減少していったが、近年は中断増加の傾向にある。これは中断原因が多岐にわたっており、各種部品の老朽化によるものであり、事前診断と共に老朽化パーツの漸次交換を進めていく。また冷却水関係の流量変動による中断もあり、施設管理と共に対策を行って

いく必要がある。

3. ブースター・シンクロトロンの概況

ブースター・シンクロトロンでは主電源の主要構成部品であるサイリスタが供給停止となっているため、後継の代替品への転換を実施している。四極電磁石電源に関しては2015年度に収束・発散とも交換作業が終了している。偏向電磁石電源に関しては2016年度にサイリスタの予備部品の調達を行い、2017年度以降に交換を実施する予定である。

キッカー電源の高圧ケーブル放電対策として、コネクタ部の分解清掃及びケーブルを切断して端末の再処理を行っている。さらに、経年劣化により出力波形が鈍りジッターが大きくなったキッカー電源のサイラトロン交換を実施した。

2015年末よりクライストロンのコレクター損失大というインターロックの発報が多発していたが、インターロック信号系統の不要な信号による発報を廃止したことでこの事象の発生をなくした。またクライストロン用ドライバーアンプの冷却ファン及び供給電源の故障が続発しており、該当機器を交換するとともに予備品の準備を行った。

蓄積リングへの入射ビーム電流を監視しているSSBT系ビーム電荷モニターに関して、電荷積算計への光伝送用トランスミッター/レシーバーの経年劣化及び100 V系の受電電圧変動によるモニター値の変動が判明したため、予備品への交換、AVRを介した電源供給を行うことにより解消している。

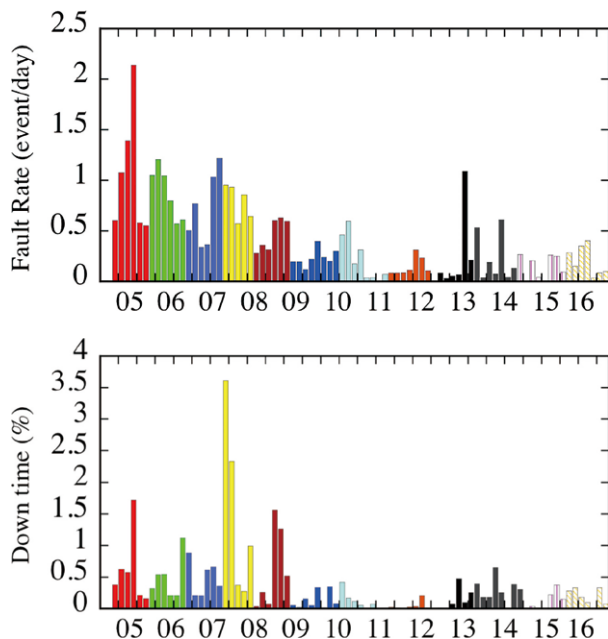


図2 2005-2016年度の線型加速器インターロックフォールトの頻度（上）とダウンタイム（下）

4. 蓄積リングの概況

近年、99.5%前後の利用率を保つ中、残り0.5%のダウンタイムを占める故障の1つとして、蓄積リングのハイパワー高周波（RF）系機器の1つであるサーキュレータの放電インターロックがある。この放電インターロックによる蓄積リングの停止は、過去11年間に40余回（5台のサーキュレータの合計）起きており、平均すると1台あたり1年に1回程度、本事象が起きていることになる。これについて調査を行ってきた結果、放電インターロックが作動したケースの中には、実際の放電ではなく放電センサーの誤動作によるものがあることが分かった。2017年度以降、アークセンサーの誤動作を減少させる方策として、1台のサーキュレータに複数台のアークセンサーを設置し、これらが同時に作動した場合のみクライストロンの出力を停止させるような仕組みについて、調査・検討を行っている。また、経年劣化が問題となっていた蓄積リング用高周波電源に関しては、2014年度にA～Dの4ステーション分の新規電源を製作、2015年度に

C、Dステーションについて更新し、2016年度は残りのA、Bステーションの更新を行った。これにより、蓄積リング用高周波電源の更新が全て完了した。

磁石系では、偏向電磁石の冷却水ホースからの漏水により、3時間27分のダウンタイムが発生した。当該箇所についてはホース交換により復旧させ、放射線からホースの劣化を守るための遮蔽強化を行った。更に、冷却水ホースの調査を蓄積リング全周にわたって行い、劣化が見られる、もしくは疑われるホースについては交換する処置を施した。また、ステアリング電磁石電源の故障がダウンタイムを引き起こすケースが今年度も発生しているが、これら多数ある電磁石電源の確率的な故障については、引き続きメンテナンスによる未然防止を極力行っていく。蓄積リング入射部における磁石としては、DCセプタム電磁石 (Sep5、Sep7) の交換、パルスセプタム電磁石電源の出力異常調査等も行っており、ダウンタイムにはならないがトップアップを中断させる事象についても適宜対応を行っている。将来、SACLAから蓄積リングへのビーム入射も計画されており、蓄積リング入射部におけるパルス磁石の維持管理、高度化も重点項目の1つとして継続的に行っていく。

その他の装置としては、1. 運転の概況で述べた通り、ビーム不安定性抑制装置 (BBFシステム) の不調によりビームが不安定となる問題が何度か発生しており、BBFシステムの信頼性向上と、利用ニーズを満たすバンチ運転モードとビーム寿命並びに入射効率に関する運転条件との見極めを今後行っていく。また、本年度は、ビームラインの安全インターロック系誤動作によってダウンタイムが生じたケースが複数回あった。老朽化対策等、これらについても対処していく。

JASRI 加速器部門

高野 史郎、鈴木 伸介

青木 毅、渡部 貴宏、後藤 俊治