

STATUS OF THE SPring-8 STORAGE RING

H. Ohkuma and Accelerator Division of JASRI/SPring-8
Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI/SPring-8)
1-1-1 Kouto, Mikazuki, Sayo-gun, Hyogo, 679-5198, Japan

Abstract

The SPring-8 storage ring has improved its reliability and beam performance. In 2004, the total operation time of the SPring-8 storage ring was 5736.7 hours. The operational schedule in 2004 was drastically changed due to the damage of building roof for SPring-8 storage ring by typhoons. The top-up operation has been started since May 20, 2004. The beam is injected at 1- or 5-minute interval to keep the stored current at 99mA. The temporal variation of the stored current is about 0.1%. The operational statistics, status of top-up operation, and progress of accelerator beam diagnostics beamlines are presented.

SPring-8蓄積リングの現状

1. はじめに

昨年の年会以後の1年間のSPring-8蓄積リングの状況について報告する。SPring-8蓄積リング棟は、数度の渡る台風の影響によって、たびたび運転に影響が出た。特に2回の台風被害による屋根の破損のために、2004年後期の運転スケジュールは大幅な変更を余儀なくされた。

2004年の5月以降蓄積リングは蓄積電流を0.1%の偏差では保つTop-up運転を続けている。昨年9月以降は、同じ1GeV線型加速器を入射器として用いる兵庫県立大学のニュースバル蓄積リング（入射エネルギー1GeV、最高蓄積エネルギー1.5GeV）とビーム振り分けによる同時Top-up入射を実現している。

蓄積リングのビーム診断用として、2本の加速器診断ビームラインの整備が進められており、Top-up運転時のビーム診断が行われている。また、診断ラインIIでは、汎用性を高めた磁石列を現場で交換できる挿入光源の製作を進めてきた。

ここ一年余りの蓄積リングの運転の状況、Top-up運転の現状と展望、整備が進んできた加速器診断ビームラインの状況などについて報告する。

2. 運転の状況

図1に1997年10月のユーザー利用運転開始以来の運転時間の推移を示す。図1の棒グラフの各々の上に示した数値（2004年では5759.2時間）は蓄積リングに先立って立ち上げ調整が開始される入射器の運転時間も含めた加速器の年間総運転時間（Acc. Operation Time）である。2004年のSPring-8蓄積リングの運転時間（Sr Operation Time）は5736.7時間と、ここ数年の平均に比べて200時間以上の増加となった。更に、放射光ユーザータイムの増加は、ここ数年の平均を600時間以上上回る4590.9時間となった。これは、蓄積リング運転時間の80%に当たり、計画ユーザータイムに対しても98.1%という高い達成率となっている。2004年の運転では、Top-up運転の導

入により入射時間が0となったことも特徴の一つである。蓄積電流値を0.1%の偏差で一定に保つ連続的なTop-up入射は2004年5月からであるが、既に2003年から、Top-up入射の試験を兼ねて放射光ユーザー利用実験を継続したままでの定時入射を行っている。一方、加速器およびビームラインの調整は、年間総運転時間の18.9%に当たる1085.9時間と、本格利用が年の途中から始まった1997年を除いて、最も少ない結果となった。また、トラブルによるユーザータイムの中断時間は、計画ユーザータイムの1.8%の82.4時間であった。

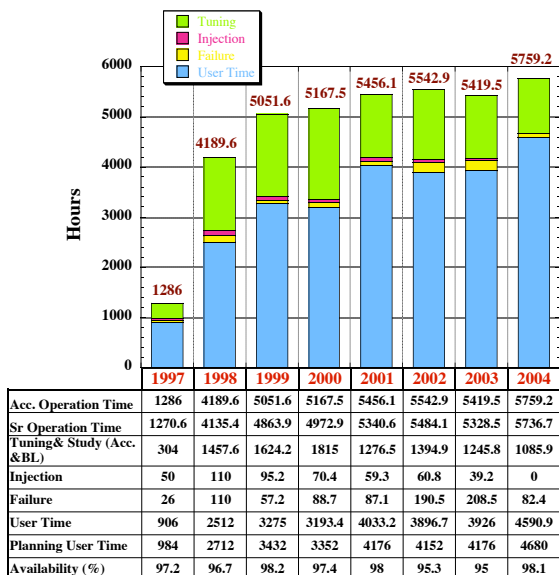


図1：1997年ユーザー利用開始以来の運転時間

2004年では、多バンチモードの運転の割合はユーザータイムの36.6%（2003年は37.2%）、少数バンチモードでの運転の割合は43.8%（2003年は50.8%）、多バンチモードと少数バンチモードが共存するハイブリッドモードは19.6%（2003年は12%）であり、ハイブリッドモードが若干増加の傾向にあった。従

来、多バンチモードのフィリングとしては、イオン補獲による不安定性を逃れるために全周を12等分した内の11箇所約160のバンチ群を配置していたが、Bunch-by-bunch feedback [1]の導入により不安定性の問題がないことが確認され、2004年の途中からは、12箇所全てにバンチ群を配置した運転を行っている（1バンチ当たりの電子数は 1.6×10^9 個、電流換算で $50 \mu\text{A}$ 程度）。同様に、203バンチ均等配置のフィリングも不安定性を逃れるために全周の4箇所の一部を間引いていたが、完全な形で行えるようになった。2004年は、セベラルバンチモード、ハイブリッドモードとして、6つのフィリングモードでの運転が実施されている。上述した均等203バンチ（1バンチ当たりの電子数 1.5×10^{10} ：電流換算 0.5mA ）、全周の1/12に203連続バンチ、残りの部分に均等に10の孤立バンチを配置したモード（1つの孤立バンチには 4.5×10^{10} ：電流換算 1.5mA ）等がある。最近では、孤立バンチの電流増加を望む声が出始め、これによるベローズ部の発熱、バンチの短ビーム寿命によるTop-up入射回数の増加（運転許可条件からTop-up入射で使用できる電荷量、入射時のロス積算などに制限がある）などの対策を考えていく必要がある。

2004年はトラブルにより、51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て、ユーザータイムが中断している。回数は例年より多いが、ほとんどのものが1時間程度でユーザータイム再開を果たしている。特に、放射光ビームラインでの機器異常動作などによるものが32回（挿入光源を含む）と際だって多かった。加速器の機器異常はRF空洞の反射などによるものが10回あったが、そのほかには目立ったものはなかった。最も長時間ユーザータイムが停止したのは、台風23号の接近により暴風警報が発令され加速器の運転を停止した28時間36分であった。このときには、大きな被害はなかったが、一部ケーブルピットの浸水を排水し、加速器全体の点検作業を実施後、運転を再開した。ユーザータイムではないスタディ期間であったので、図1のDown Timeには含まれないが、同様に台風21号の接近による暴風警報発令による運転停止が18時間13分発生している。

ユーザータイム中断には至らないが、Top-up入射の中断が30回発生した（2004年7月まで行われていたNew SUBARU蓄積リングへの入射のためのTop-up入射中断を除く）。最も回数が多かったのはLinac Modulatorに関係するものであった。これに限らず、Top-up入射のような連続運転では、高周波装置、パルス動作機器などの連続安定動作をいかに確保していくかが重要である。

2004年の運転時間、特にユーザータイムが例年より大きく増加した原因は、8月末から9月始めに相次いで上陸した台風16号、18号により、蓄積リング棟の屋根が多大な被害を受けたため、それ以後の運転計画を大幅に見直さざるを得なかったためである。8月31日に台風16号により、屋根が損傷して実験ホールに雨水が流れ込んだのは、夏期運転停止期間の終了、加速器の立上げ調整を6日後に予定してい

る時であった（図2は台風16号による屋根の破損状況を上空より撮影したものである）。運転開始を1週間延期して、予定していた5日間の停止をなくすことで、ユーザータイムは予定通り9月23日（木）に開始することに決定して、屋根の応急処置を開始した。その直後の9月7日に再び、台風18号により異なる場所の屋根の破損が起こった。

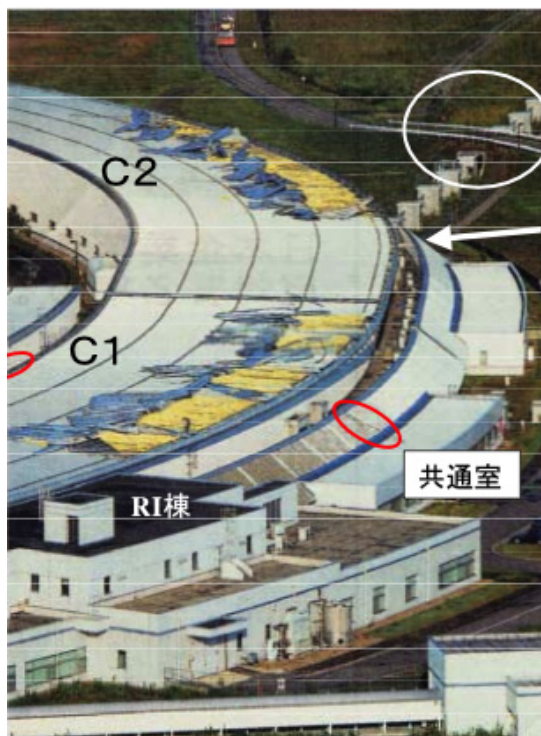


図2.台風16号による蓄積リング棟の屋根の破損状況を上空より撮影した写真（神戸新聞より転載）

ユーザータイムは予定通り、9月23日に開始したが、屋根は応急処置のため、本格的な修理工事、更に今後は同様な被害を受けないための対策を、直接の被害を受けていない部分を含めて行わなくてはならない。このため、2005年1月～3月に予定されていたユーザー利用実験を2004年12月末までに消化して、1月～3月を破損区域の本格修理（その後、全周に渡っての対策は2005年6月末まで実施）に当てることにした。そのために、停止期間をなくす、あるいは短縮し、スタディ期間を必要最小限にすることによりユーザータイムを確保する事となった。幸い、大きなトラブルもなく、年間4591時間（総運転時間の80%）のユーザータイムを達成する事が出来た。台風被害による運転への影響は2005年に入っても続いており、夏期運転停止期間の短縮、長期連続運転が必要となっている。

台風被害とは関係なく、長期連続運転についての検討がされて来た。これは、長期連続運転を行った方がむしろ加速器の安定度が増し、停止期間を集中して長く確保する事によるメンテナンス、アップグレード作業のやりやすさが増すとのお考え方に基づいたものである。このこともあり、2005年5月連休明けから8月5日の夏期運転停止予定までは、1回

(24時間)の運転停止を挟んで12週間の連続運転を行っている。

3. Top-up運転の現状[2],[3]

2004年5月から多バンチ運転では5分、セベラルバンチ運転では1分間隔でTop-up入射を行い、蓄積電流を0.1%以内の変動幅で99mA一定とした運転を行っている。更に、9月以降の運転では、線型加速器からの出射ビームを高速振り分けできるスイッチング電磁石と電源（立ち上がり、立ち下がり時間200ms）の運用を始めた[4]。これにより、一日数回のNew SUBARUへの入射のために蓄積リングのTop-up入射を中断する必要がなくなり、New SUBARU自身も同時にTop-up入射を行うことが出来るようになった。図3に、SPring-8蓄積リングとNew SUBARUの1週間の蓄積電流の変化を示す。SPring-8蓄積リングのフィリングは203バンチモードであった。短いTop-up入射中断により4mA程度まで減少している事象（この中では、5/20の中断が1時間24分で最も長い）が数回見られるが、連続Top-up入射が続いている。一方、New SUBARUは5/16は1.5GeVのユーザー利用運転を行っているため、入射後は蓄積電流は寿命により減少している。5/18～21日は昼間は1.0GeVのユーザーTop-up利用運転を行っている。その他の日や夜間はスタディもしくは運転停止をしている。振り分けTop-up入射を行っている時の10分間の両方のリングの蓄積電流の変化を拡大して示した。互いのリングへ1分間毎に交互にTop-up入射が行われて、SPring-8蓄積リングは約99mA、New SUBARUは180mAの蓄積電流に保たれていることが分かる。

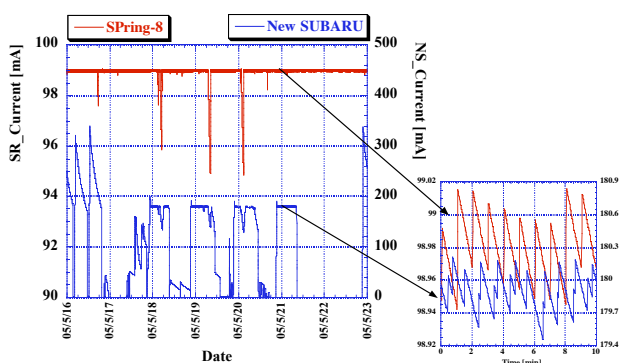


図3：SPring-8蓄積リングとNew SUBARUへの振り分けTop-up入射による1週間の蓄積電流の変化。Top-up入射による10分間の蓄積電流の変化を拡大して示す。

今後の課題として、2003年10月に発生した入射部真空チェンバの溶融リーク以来、ユーザータイムには用いていない水平エミッタンス3.4nm-radの直線部に分散を漏らした低エミッタンスオプティクスでのTop-up運転がある。SPring-8蓄積リングの運転許可条件によるTop-up入射時のビームロスと入射に使用出来る電荷量の厳しい制限のために、挿入光源ギャップが狭い状況でも高い入射効率を保たなければならない。特にバンチ電流が高い短寿命の運転

フィリングモードではこのことがいっそう厳しくなる。低エミッタンスオプティクスでは入射効率が低下する事が分かっており、このことの対策が現在、検討されている。

4. 加速器ビーム診断用ビームライン

SPring-8には、設計段階から加速器ビーム診断用の2本のビームラインの設置が盛り込まれていた。加速器診断Iは偏向電磁石からの放射光を取り出すビームラインで、2001年から可視光を用いたバンチ純度の測定が最初に開始された。ストリークカメラを用いたバンチ長測定、FZPとX線ズーム管を用いたビームサイズ測定などが行われている。Top-up運転時のビーム診断も行われており、Top-up運転の継続によるバンチ純度の変化が測定され、その悪化が、一週間の連続Top-up運転で 8×10^{-10} から 2×10^{-9} 程度に収まっていることが確認されている[5]。また、Top-up運転時の入射の影響による蓄積ビームのサイズ変化が、FZPとX線ズーム管の早い時間分解能を生かして測定されている[6]。

加速器診断IIは挿入光源を設置できる約5mの直線部を有したビームラインであり、2004年には磁石列を比較的容易に交換できる挿入光源の設計・製作を行った。これは、光源の汎用性を高めるためにビーム軸上から挿入光源本体を待避して、ある長さでブロック化された磁石列を交換して、周期長などが異なるものとする事が出来る他、全体が3セグメントに分かれており、各々のセグメントのギャップが独立に変更できるようになっている。また、同期運転も3セグメントの駆動を1台のモーターで行えるように、機械的に連結出来る構造となっている。この挿入光源の設置は2005年の8月に行う予定である。

参考文献

- [1] T. Nakamura, *et al.*, “Transverse Bunch-by-bunch Feedback System for the SPring-8 Storage Ring”, EPAC2004, Lucerne, Switzerland, p.2646.
- [2] T. Hitoshi, *et al.*, “SPring-8におけるトップアップ運転の現状と今後の課題”, 放射光 March, 2005, Vol.8, No.2, p.57.
- [3] T. Ohshima, *et al.*, “バンチ電流モニターとトップアップ運転 (21P038)”, these proceedings.
- [4] S. Suzuki, *et al.*, “SPring-8トップアップ運転に向けた線型加速器の対応 (20P014)”, these proceedings.
- [5] K. Tamura, *et al.*, “SPring-8蓄積リングトップアップ運転時の単バンチ純度”, Proc. of the 1st Annual Meetings of Particle Accelerator Society of Japan and the 29th Linear Accelerator Meeting in Japan, August 4-6, Funabashi, p.581.
- [6] S. Takano, *et al.*, “SPring-8蓄積リングX線ビームプロファイルモニターの現状”, these proceedings.
- [7] M. Masaki, *et al.*, “SPring-8蓄積リング加速器診断ビームライン#2の挿入光源”, these proceedings.