

光源の現状 (Photon Factory News Vol.29 No.2 Aug 2011)

加速器第七研究系主幹 小林 幸則

光源リングの復旧作業

PFリングとPF-ARは、それぞれ5月16日および6月1日のビーム試験運転開始を目標にして、復旧作業を行った。PFリングでは、4月18日の週に冷却水が復旧し、配管等からの水漏れが無いことを確かめた後、電磁石電源およびRFにおける大電力健全性確認を行った。電力制限により電磁石電源は1台ずつ10分程度通電し、特に異常の無いことを確かめた。通電試験後に、四極電磁石の垂直レベル測量を行った。2009年夏に行った測量データと比較すると最大で0.3 mm程度のずれであったので、ビーム試験はアライメントをせずに行うことにした。RFに関しては、1台の高圧電源内部にガイシの破損があったため、当初健全性試験は3台で行ったが、破損の修理が4月中に行われたので健全性の確認はすべて連休前に終了した。クライストロンを含め特に問題はなかった。しかし、RF空洞は大気にさらされたため、試験運転再開前にはある程度のエージングが必要で、真空作業との調整で連休明け5月10日から5月13日にかけて行うことになった。真空に関しては破損した壁電流モニターのベローズ部分をダミーダクトに交換し、またスローリークが見つかった超伝導ウィグラーダクトの下流部はバックシールで処置を行った。図1に4月15日時点と5月12日時点のPFリング1周の真空度のグラフを示す。リング半周部分が大気暴露されたため、ビーム試験運転では約一週間ほどの真空焼きだしが必要とされた。

PF-ARでは、4月25日の週に冷却水が復旧した。配管等に水漏れが無いかを調べたところ、特に心配していた電磁石用ブスバーには大きな漏れが無いことが分かった。さらに、大電力による健全性確認を連休明けに行ない、これも問題ないことを確認した。PF-ARでも電磁石の垂直レベル測量を行った。トンネル建て屋の接続部分8カ所で2009年夏の測量データと比較して0.5 mm程度のずれが生じているが、ビーム試験はアライメントをせずに行うことにした。

光源リング立ち上げ

5月14日までに、PFリングでは電磁石通電、RFエージングが行われ、ほぼ再開の準備は整った。そして翌週の5月16日に予定通りビーム入射を開始した。午前中は入射器の調整が行われ、午後2時過ぎに2.5 GeV電子が入射器からビーム輸送路へやってきた。入射路のビーム通しは、スクリーンモニターを見ながら行われるが、坂の付近で垂直方向に大きくずれていることが分かり、補正電磁石を用いて大幅な修正を行った。地震の影響で坂の途中にある4極電磁石が垂直方向にずれたと推察される。何とか軌道修正を施してリング手前のスクリーンモニターでビームが到達していることを確認し、セプタム、キッカー電磁石を励磁して、リングへの入射を開始した。そして、4時

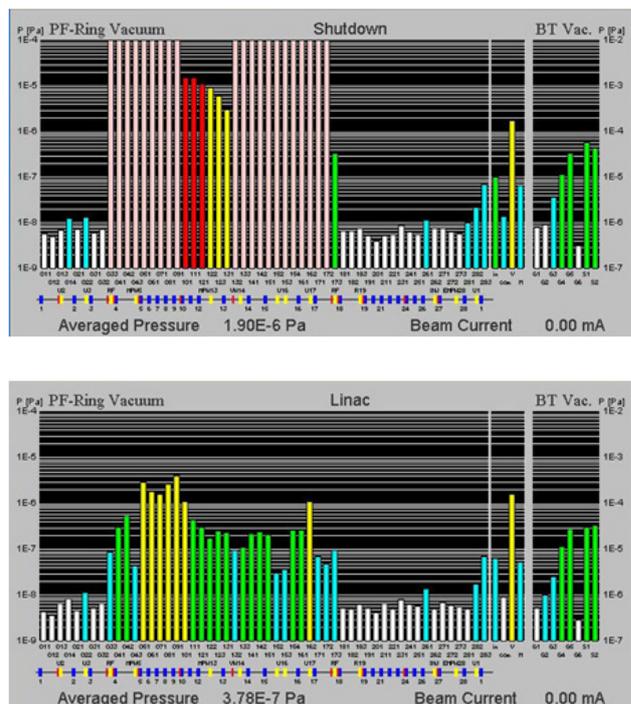


図1 PFリング一周の真空度のグラフ。上図は4月15日時点、下図は5月12日時点での真空度を示している。北RF～南RFの西側半周が大気暴露した。

50分に20 μ A蓄積に成功した。リングへの蓄積に成功した後は、入射パラメータの最適化や、リングの軌道調整を行いながら入射効率の改善を図った。真空度やRF空洞の状態を確認して、徐々に電流を積み上げていき、夜までには200 mAまで到達した。翌日には定格450 mAの蓄積に成功した。PFリングはリングの半周が大気にさらされたため、真空度改善のための焼きだし運転を行いながら、挿入光源のギャップ変更動作を確認し、立ち上げから一週間後の5月23日にビームラインへの光導入を開始した。その日のうちにほぼすべてのビームラインで光を確認することができた。ビームラインでも各種調整が行われ、5月27日9:00から光軸確認を行い、ビーム試験運転を開始した。なお、今年1月から不具合のあった超伝導ウィグラーも、6月9日励磁に成功し、翌日10日には超伝導ウィグラービームラインBL-14も無事再開となった。

PF-ARは、PFリングよりほぼ2週間遅れて復旧作業が行われた。RF空洞エージングは5月20日より開始された。5月30日にリングトンネル内をリミット管理にし、午前中に加速器の安全システムの検査を実施した。そして、予定通り6月1日に運転開始となった。入射器からPF-AR用3 GeV電子が問題なく供給され、入射路も特に異常なところはなく、昼前には10 mAの蓄積に成功した。一時リング4極電磁石電源1台が不調で運転が中断したが、電源の不調は制御基板の交換により解決した。その後は順調

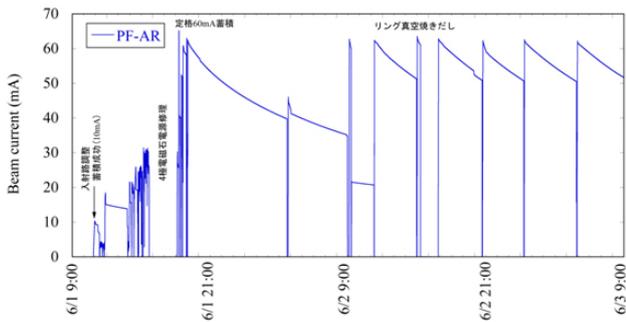
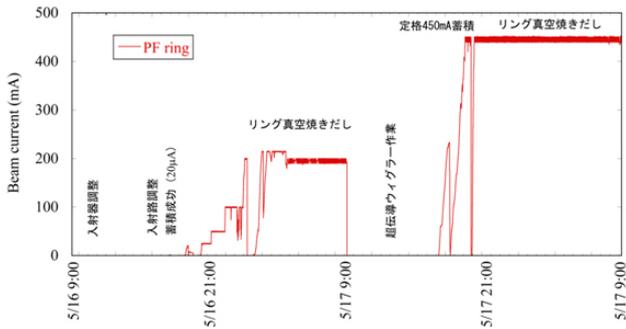


図2 PFリングおよびPF-ARの立ち上げ2日間の蓄積電流値の推移を示す。

で、その日のうちに定格60 mAの蓄積に成功し、予定通り真空焼きだしを行った。6月2日から予定されていた各種の調整も順調に行われ、6月6日9:00からビームライン光導入が開始された。5 mAからスタートして、光プロファイルの確認、放射線レベルの確認後、電流を上げて各種ビームライン調整を行った。ビームライン側も大きなトラブルもなく順調に進み、予定通り6月10日9:00から光軸確認を行い、初期電流値60 mAでビーム試験運転を開始した。PF-ARは幸いにも大気暴露が無かったため、真空度の改善も早く、ビーム寿命もほぼ震災前の値に戻っている。図2にPFリングおよびPF-ARの立ち上げ2日間の蓄積電流値の推移を示す。

光源リングのビーム試験運転状況

ビームの試験運転は予想以上に順調立ち上がり、ほぼ全ビームラインに放射光を供給することができた。試験運転は多バンチモードで行われたが、秋からの単バンチモードを含めた本格的なユーザ運転に備えて、1日ではあるがマシン調整日の6月30日に震災後初めて単バンチビームを蓄積するテスト運転を実施することになった。当日の朝9:00過ぎに50 mAを蓄積すると、リングの2カ所B09-B10間、B23-B24間で真空度が悪化した。直ちに入射を止め様子を見たが、徐々に真空度が改善してきたので、単バンチモードでの運転を続行した。しかしながら、夕方B23-B24区間で再び真空度が悪化し、しかもインターロックレベルの 10^{-5} Paを上回ったため、ビームダンプが起こった。そこで多バンチモードに切り替えて蓄積を試みたが140 mAで再びビームダンプが発生した(図3)。真空リークが疑われたため、ビーム試験運転を中断させてもらい、

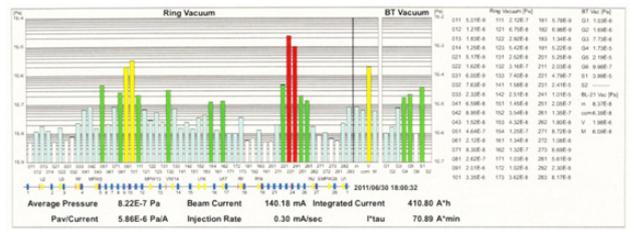


図3 6月30日B23-B24区間で真空悪化が発生してビームダンプが起こった時の、リングの真空度のグラフを示す。

翌日7月1日から2日にかけてリーク調査を行った。ベローズやその溶接部、アブソーバを丹念に調べたが、結局リーク箇所は特定できなかった。再び多バンチモードでの入射したところ、蓄積直後は真空悪化が起こったが、インターロックレベルには至らず徐々に改善が見られたので、運転を続行することになった。ただし、安全を見て蓄積電流値は定格450 mAより100 mA少ない350 mAとして再開した。震災以前は単バンチビームを蓄積してもこのような急激な真空悪化は見られていないので、震災と何らかの関係はあると推察されるが、外部からの調査では特定できないため、運転停止後真空ダクト内を調査することにした。この時の結果については次項の本田氏の記事をご覧ください。

PF-ARの方は、6月1日から運転が開始され、小さなトラブルはあったものの、概ね順調にビーム試験運転が行われた。両リングともに7月7日9:00まで運転が行われ、停止期間に入った。図4に6月7日から7月7日までの一ヶ月の蓄積電流値の推移を示す。なお、毎火曜日は入射器ビーム調整に当てることとなり、その日はトップアップ運転を中断して、運転が行われている。

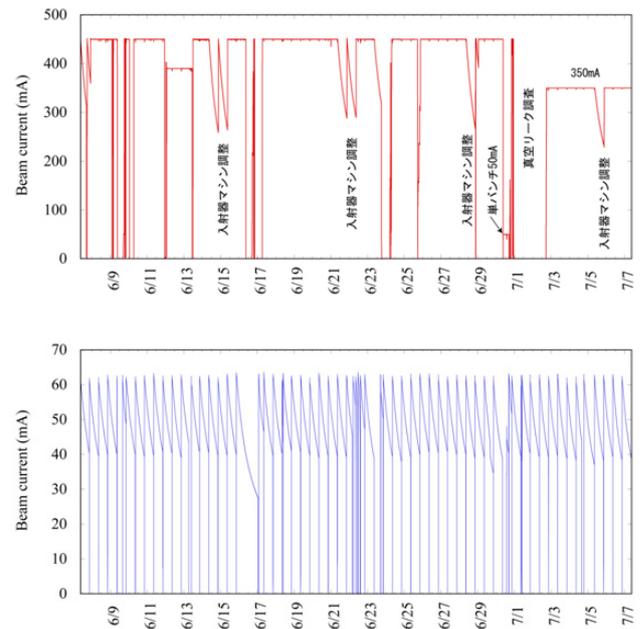


図4 PFリングおよびPF-ARの6月7日から7月7日一ヶ月間の蓄積電流値の推移を示す。