

光源リングの運転状況

冬期の運転は、PF リングが 2 月 15 日 9:00、PF-AR が 2 月 17 日に再開された。2 月 1 日から SuperKEKB のフェーズ 1 コミッショニングが開始されたことにより、2010 年 6 月 30 日に KEKB が停止してから約 5 年 7 ヶ月ぶりに、B ファクトリーと放射光リングが同時に運転することとなった。リングの立ち上げは予想していた以上に順調に進み、予定されていたスケジュール通り PF リングは 2 月 18 日 9:00 から、PF-AR は 2 月 22 日 9:00 からの光軸確認を経て、ユーザ運転が開始された。

PF リングは、SuperKEKB・フェーズ 1 コミッショニングのコミッショニング（今年 6 月末まで）期間中は、頻繁に入射するトップアップ運転は行わず、1 日数回入射の蓄積モード運転を行うことにしている。ユーザ運転は順調に開始されたものの、特に蓄積電流値が 350 mA 以下になると進行方向の 4 極振動を引き起こすビーム不安定性が強くなるという現象に悩まされた。4 極振動を押さえ込むフィードバック装置がないことから、この時点では以前用いていた RF 位相変調による安定化や、フィルパターンを変更してできるだけ安定な条件を作り出して対処した。また、

4 極電磁石電源とキッカー電磁石電源トラブルによるビームダンプが数件発生した。これらのトラブルは制御系に起因するものと想定されている。原因の特定には至っていないものの、リセットしてすぐに復旧するため、入射器・SuperKEKB の協力を得て、できるだけ早くビーム入射・蓄積を行ってユーザ運転を再開した。BL#14 の超伝導ウィグラーでは昨年末より断熱真空の悪化が観測されていた。今期の立ち上げ前にリーク止めの応急措置を施して運転に入ったがその後断熱真空の悪化傾向が続き、液体ヘリウムの消費量も通常の 2 倍以上に増加した。3 月 14 日の運転終了を待って一旦冷却を中断し、室温でリーク止め作業を行う方針とした。4 月に入り室温になったところで、液体リークシール剤を用いて、リーク止め作業を試みた。リークは完全には止まっていないものの、真空度は一桁程度良くなった。これから冷却を試みるが、超伝導ウィグラーの運転再開は早くても 6 月ごろとなる見通しである。

PF-AR では、今期から分布型イオンポンプ（Distributed Ion Pump: DIP）を動作して運転を行った。運転開始後約 3 週間で蓄積寿命は約 3 割程度改善し、心配されたダストトラップによる寿命急落現象も一度観測されたのみで問題と

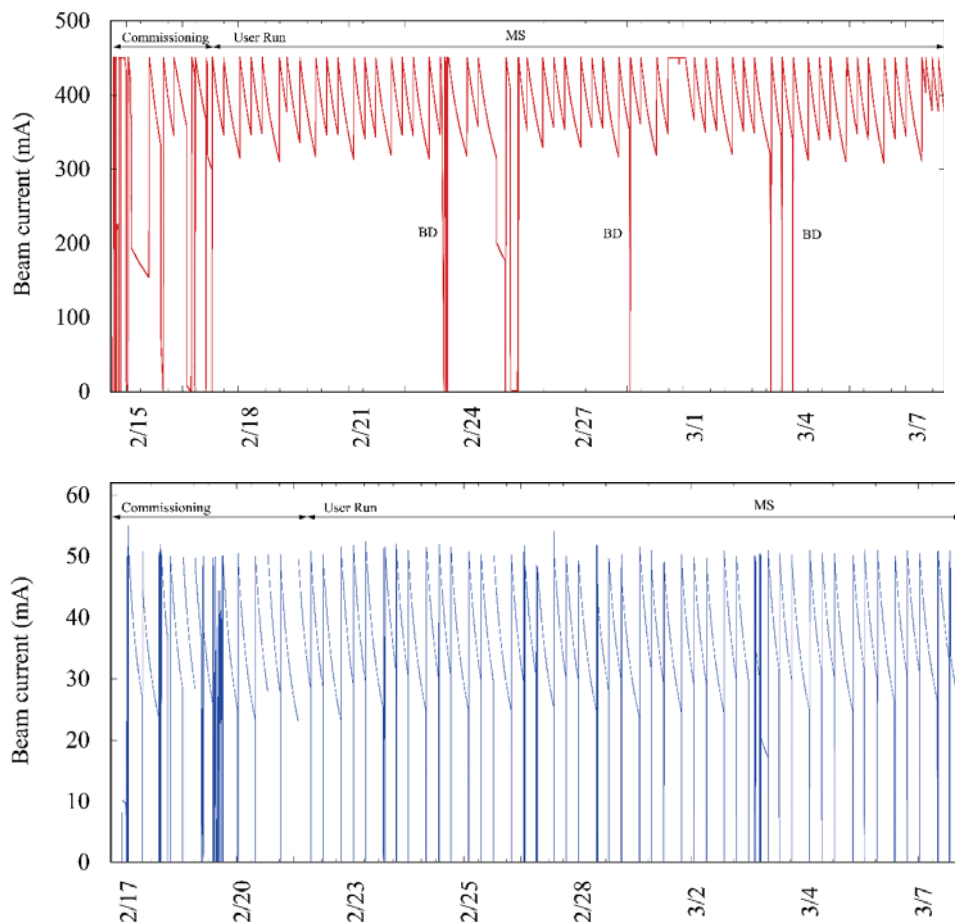


図 1
PF リング（上）と PF-AR（下）における蓄積電流値の推移を示す。MS はリング調整、BD はビームダンプを示している。

ならなかった。時々 50 mA 蓄積が困難になることもあったが、入射時の蓄積リングの軌道を補正することで安定した加速を回復することができ、概ね順調にユーザ運転が行われた。

PF リングにおけるビーム位置モニター老朽化の状況

現在のビーム位置モニターシステムは平成7年度（1995年度）に導入された。PF リングでは約 187 mの加速器1周にわたって 65 台のビーム位置モニター電極を配置し、信号を半導体リレー（図2左）で順番に切り替えながらアナログ検波回路に入力している。検波した信号は VME 計算機の ADC でデジタル化し、信号強度をデジタル信号処理回路（DSP）にて演算することでビーム位置を演算している。高速の半導体スイッチと並列化 DSP を使用することで、リング全体の軌道測定に要する時間は約 100 ミリ秒、位置分解能は数マイクロメートル以下を達成した。また、このシステムは軌道測定だけではなく、もう1つの重要な役割として軌道安定化のための演算機能を有している。すなわち、28 台の補正電磁石に適切な電流値を設定することで電子ビームを制御して軌道が常にある一定になるようなフィードバック演算を約 12 ミリ秒の制御周期で行っている（図2右）。

導入した平成7年当時としてはかなり高速な信号処理・フィードバックシステムであったが、リレーによる切り替え方式ではこれ以上の高速化・高精度化は困難である上に、既存システムは老朽化が深刻である。製作から 20 年を経過しており、製造会社による保守・保証期間は過ぎており、当時と同等のパーツを市場で調達できないために故障しても修理が不可能で現状では予備品と入れ替えるしかない。また、完全に故障しないまでもリレーの切り替えタイミングが不安定になることが発生し、あたかも軌道が動いたような偽信号を出す事象がときおり発生している。しかし前述の通り修理が困難であるため、軌道補正から除外するしかない状況である。これらの対処作業のため場合によってはユーザの実験時間を一時中断する場合もあって深刻である。

近年のデジタル技術の発展は目覚ましく、FPGA を演算に使用することで 100 MHz 以上の高速サンプリングデータと、10 Hz 程度の高精度データ出力を同時に出力することも可能となっているため、ミリ秒以下の高速な軌道フィードバックとサブミクロンレベルの高分解能を1つの信号処理回路で実現することが可能となってきている。

既存システムでは水温変動のような分オーダーのゆっく



図2 （左）BPM 電極切り替え器、(右) フィードバック演算装置。

りとした軌道変動は抑制できていたが、数 Hz ～ 20Hz 程度に成分をもつ機械振動や 50Hz 以上の電気信号に起因する軌道変動は抑制できなかったのに対し、近年のシステムではこれらの高周波領域まで軌道を安定化することが可能となる。また、挿入光源のギャップ変更や、偏光面の切り替えなど、ある瞬間からステップ的に発生する軌道変化にたいしても軌道を安定化することが可能となる。その他にも、線形加速器から入射されてきた電子ビームの振る舞いをビーム周回ごとに解析することが可能となるため、従来は専用の回路調整が必要となっていたキッカー・セプトラム入射システムの調整など、各種加速器コンポーネントの調整を円滑にすすめることが可能となることも大きなメリットである。また、突然のビームダンプなど、予期しない事態が生じた際の原因究明にも利用可能となるため故障からの平均復帰時間（MTTR, Mean Time To Recover）改善にも寄与すると期待される。

平成 21～27 年度の運転統計

表1に平成21年度から27年度までのPFリングの運転統計を示し、それらのデータを棒グラフしたものを図3に示す。平成27年度のユーザ運転時間は、平成26年度の大大幅な減少からやや回復して3000時間をわずかに超えるま

表1 平成21年度～27年度までの7年間のPFリングの運転統計

年度	リング運転時間 (h)	リング調整・スタディ時間 (h)	ユーザー運転時間 (h)	故障時間 (h)
2009 (H21)	4,976.0	979.5	3,961.9	34.5
2010 (H22)	5,037.0	958.7	4,050.8	22.5
2011 (H23)	4,696.0	1,875.1	2,809.2	11.7
2012 (H24)	4,416.0	624.0	3,752.9	39.1
2013 (H25)	4,176.0	672.0	3,451.4	52.6
2014 (H26)	3,024.0	696.0	2,316.6	11.4
2015 (H27)	3,888.0	839.6	3,034.0	14.4

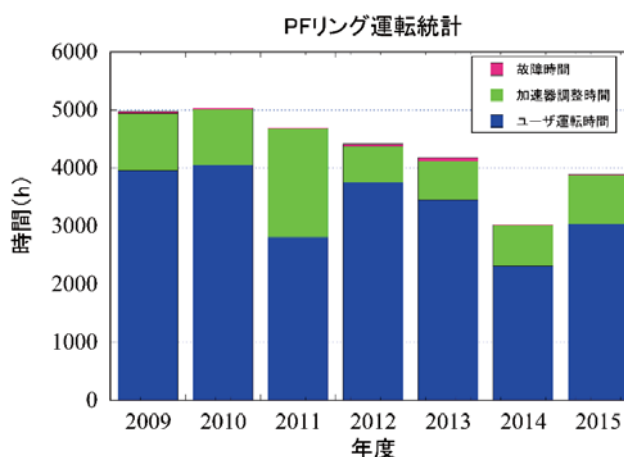


図3 平成21年度～27年度までの7年間のPFリングの運転統計の棒グラフ。

表2 平成21年度～27年度までの7年間のPF-ARの運転統計

年度	リング運転時間 (h)	リング調整・スタディ時間 (h)	ユーザー運転時間 (h)	故障時間 (h)
2009 (H21)	5,063.0	542.5	4,445.7	74.8
2010 (H22)	4,638.5	542.5	4,037.5	58.5
2011 (H23)	4,131.5	1,162.0	2,941.5	28.0
2012 (H24)	4,080.0	408.0	3,643.2	28.8
2013 (H25)	3,912.0	434.0	3,378.4	99.6
2014 (H26)	2,352.0	360.0	1,955.0	37.0
2015 (H27)	3,336.0	552.0	2,753.0	31.0

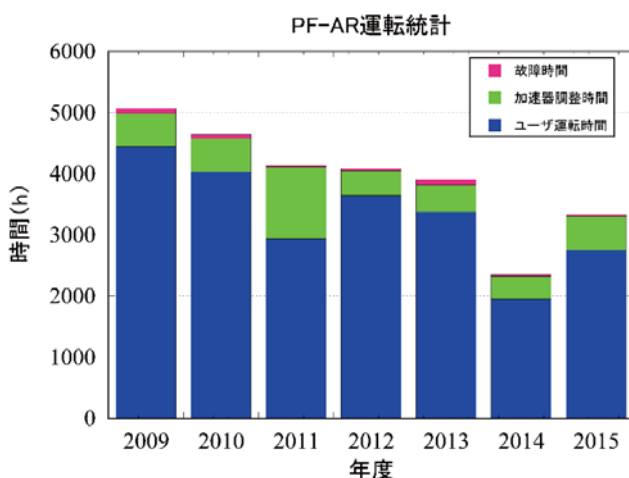


図4 平成21年度～27年度までの7年間のPF-ARの運転統計の棒グラフ。

でになった。しかし、震災前の平成21年度当時に比べれば、1000時間程度の減少である。故障時間に関しては微増であるが、故障率としては微減であった。平成27年度の運転全般では、BL#13、#28用のアンジュレータを更新して稼働を開始したことがあげられる。大きなトラブルもなく、ユーザに新アンジュレータからの放射光が供給されている。また、冬期運転からスーパーKEKBの運転再開に伴い、PFリングではトップアップ運転をしばらく中断し（H28年6月まで）、蓄積モードでの運転となった。

表2と図4にPF-ARの運転統計を示す。PF-ARもPFリングと同様の傾向である。PF-ARでは、夏の停止期間中にビーム振動抑制用キッカーを更新した。この結果、以前大電流時に生じていたキッカーでの発熱や真空悪化が抑制された。秋期運転から、入射エネルギーを3 GeVから2.85 GeVに変更して運転を行った。これは、入射器でクライストロンや加速器管等でトラブルが発生しても、安定な入射エネルギーが確保できるようにと対処したものである。入射・加速での好不調はあったものの概ね初期蓄積電流値50 mA以上は維持してユーザ運転を開始でき、再入射を必要とする寿命急落はわずか1回しか発生しなかつ

た。PF-AR直接入射路の改造へ向けた準備作業はすすんでいる。H28年度7月からリングを含めた入射路改造に入り、新入射路トンネルへの電磁石・真空ダクト・各種モニターの設置、運転再開へ向けた安全系の構築を行う予定である。改造完成後のビームコミッショニングは、H29年1月を見込んでいる。

人の動き

教員関係では、高井良太さんと土屋公央さんが、4月1日付けで准教授に昇任されました。高井さんには、引き続き光源第4グループに所属していただき、放射光源加速器のビーム診断システムに関する開発・研究および維持管理の業務を担当していただきます。土屋さんには、引き続き光源第7グループに所属していただき、挿入光源の開発研究および維持管理を担当して頂きます。博士研究員であった田中オリガさんが、4月1日付けで特別助教に採用され、加速器第7研究系の配属が決まりました。田中さんには、光源第1グループに所属していただき、次世代放射光源加速器に関わるビームダイナミックスの研究を行って頂く予定です。

技術職員関係では、技術員の西田麻耶さんが4月16日付けで素核研から加速器第7研究系に異動されました。西田さんには、光源第7グループに所属していただき、挿入光源の技術開発および維持管理を担当して頂きます。

最後になりましたが、専門技師の塩屋達郎さんが、3月31日を持って退職されました。塩屋さんは、昭和56年4月に、高エネルギー物理学研究所技術部放射光光源課電子軌道技術の文部技官として着任しました。当初は入射グループに所属されて、超伝導垂直ウィグラーの開発等に従事されました。その後、挿入光源グループに移られて、PFリング初期の挿入光源1号機から開発と制御に取り組みされました。その後、PFリングおよびPF-ARのすべての挿入光源の開発と制御に尽力されてきました。特に挿入光源の制御においては、歴代の挿入光源の運転に必要な制御装置とその制御プログラムに関して、ハードウェアとソフトウェアの両面に渡って一手に引き受けられて活躍されました。最近、PFリングの挿入光源更新に伴い、運転モード数の多い可変偏光アンジュレータ（EPU）が5台設置されましたが、これらのEPUについては、ユーザ運転のためのフリーチューニングを行うためのマシンスタディ調整に対して、運転モード数に比例して1台当たり通常アンジュレータの6倍もの時間と労力が必要になります。この大変な作業を塩屋さんは、実質的にたった一人でやり遂げました。現在、PFリング及びPF-ARで数多くの挿入光源が利用できている裏側には、間違いなく塩屋さんの多大な功績があることを、ここに感謝を込めて記します。

今後は、シニアフェローとして、特に後進の育成に力を注いで頂くことを希望しています。これまでの蓄積が伝承されていくことを切に願います。

光源リング運転状況

PF リングは5月6日9:00 から運転を再開した。立ち上げ調整は順調に進み、5月10日9:00 から光軸確認を行い、ユーザ運転を開始した。図1上に立ち上げ時のPFリングの蓄積電流値の推移を示す。今期はバンチ数を188から220に増やし、進行方向2極振動のビーム不安定性の発生を250 mA以下することができるようになったことから、1日3回の入射頻度でユーザ運転を行うこととした（前期は1日6回入射）。ユーザ運転開始間もない5月10日15時頃、小型電源の制御系に異常が発生し軌道が乱れた。すぐに症状は治まったものの、16:30に一端ビームをダンプして調査することとした。これまでもたまに異常が起ってはいたが、しばらくすると症状が治まり原因を特定するまでには至っていなかった。今回はVMEのエクステンダーユニットの動作が不安定であることを疑い、2台のユニットを入れ替え交換して、症状が変わるかどうか様子を見ることとした。作業は一時間弱で終了し、ただちにユーザ運転を再開した。5月16日21:23つくば市で震度4の地震が発生した。北東シールド扉のインターロックが動作し、ビームがダンプした。震度4であったため、リング内およ

び周辺を点検し異常が認められなかったため、ユーザ運転を再開した。5月22日3:50 RF#4のトラブルで、ビームがダンプした。クライストロン制御盤内のDC24V電源の故障が判明して予備品と交換して復旧した。5月30日12:13ビームトランスポートの偏向電磁石電源（BTBM）のインターロックが働きダウンするとともに、入射モードであったためチャンネルがクローズした。リングの運転モードを入射モードから蓄積モードに切り替えて17:30まで運転を継続した。17:30になりビームをダンプして、ビームトランスポートの現場を調査したところ、第3スイッチヤードのBH12電磁石において著しい冷却水流量の低下が見つかった。ストレーナを清掃することで流量が回復し、復旧した。6月27日朝PF電源棟巡視点検中に電磁石電源一台のフィルターが、電源内部側にめくれていることを発見した。そのまま放置しておく危険性があるため、フィルターの取り出しおよび交換が必要と判断した。ユーザ運転中であったため、一端運転を中断して作業を行なうこととした。作業は約1時間程度ですみ、終了後直ちにユーザ運転を再開した。

PF-ARは5月10日9:00にリングの運転を再開した。図

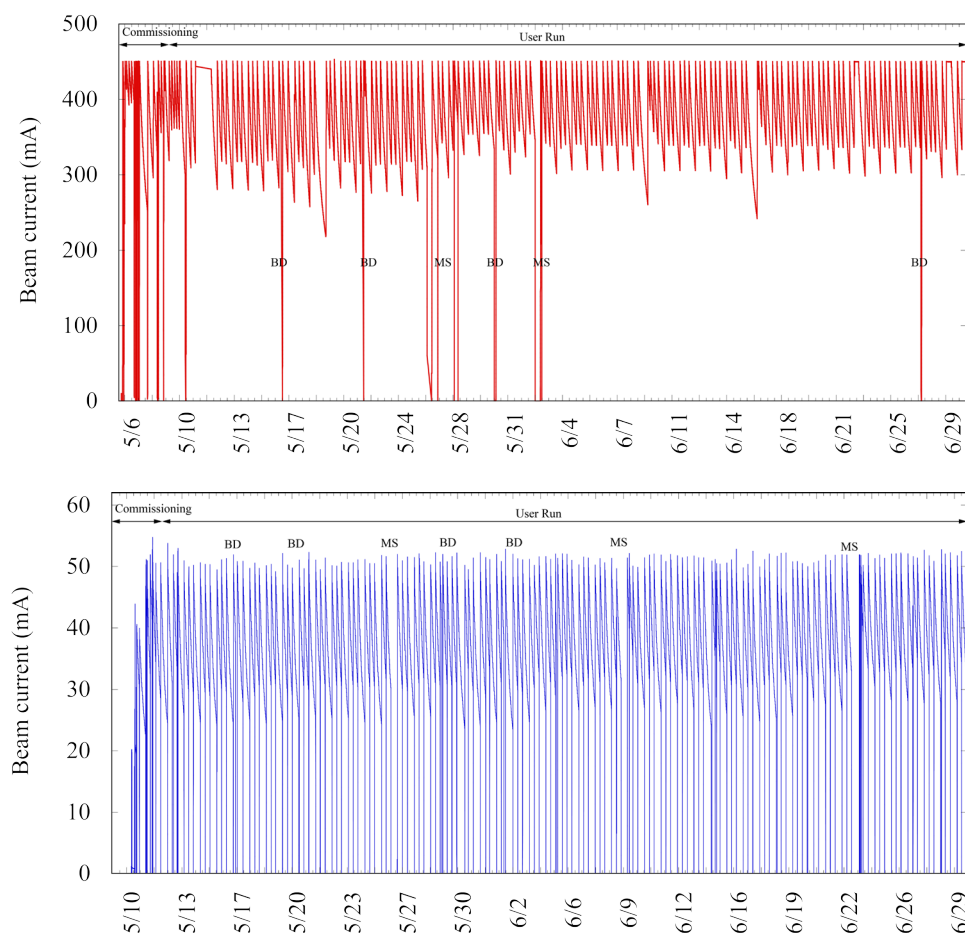


図1
PFリング（上図）とPF-AR（下図）の蓄積電流値の推移を示す。MSはマシン調整、BDはビームダンプを示している。

1 下に蓄積電流を示す。入射加速調整は順調に進み、5月12日9:00からユーザ運転を開始した。運転開始後まもなく、PF-AR 北棟空調用チラ3台中1台が重故障で運転不可能、2台運転を行っていたものの、そのうち1台も空調冷却能力が落ちているが判明した。冷却能力低下の原因調査を行ったが、その原因特定には至らず様子を見ながらの運転となった。PF-AR では、5月16日に発生した震度4の地震ではビームダンプしなかったが、運転を中断して、リング内および周辺を点検した。異常ないことを確認し、直ちに運転を再開した。その後、電磁石電源とRFに関連するトラブルでビームダンプが3回ほど発生したものの、今期はきわめて順調に運転が行われた。

PF リング、PF-AR ともに、超伝導ウィグラーの断熱真空悪化のトラブルやPF-AR 北実験棟空調用チラの冷却能力低下等のトラブルはあったものの、リングの運転自体は例年比べて概ね順調に行われ、6月30日9:00に予定通り運転停止した。

PF リング超伝導垂直ウィグラー断熱真空悪化のトラブルについて

PF リング超伝導垂直ウィグラーについては、昨年度1月の立ち上げ前に応急措置を施して運転に入ったものの、その後断熱真空の悪化傾向が続き、液体ヘリウムの消費量も通常の2倍以上に増加した。そのまま運転は継続したが、この状態で夏まで運転するのは厳しいと判断した。そこで、3月14日の運転終了後にすぐに昇温して、室温で



図2 超伝導垂直ウィグラーの断熱真空リーク対処作業の写真。

リーク止め作業を行う方針とした。4月に入り室温になったところで、液体シール剤を用いてリーク止め作業を試みた。図2に作業の様子、図3に作業時の真空の変化のグラフを示す。シール剤を注入開始した直後は徐々に悪化したが、400 cc ほど入れたところで真空が下がり始め、その約2分後には真空度が1桁程度改善した。しかし、リークは完全には止まっておらず、リーク対処前の $5 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ からは大幅に減少しているが、 $3.1 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ のリークがある。

今回は応急的な処置である。しかし、この真空度が維持できればなんとか夏まで持ちこたえるのではないかと予想して、連休明け5月10日から冷却を試みた。冷却は順調に進み、約2週間後の5月26日マシンスタディ時にリング内でウィグラー周辺の種々の調査を行った結果、特に異常は認められなかった。そこで予定どおりウィグラーの励磁を行い、翌日5月27日からBL-14の運転を再開した。

PF-AR 直接入射路関連作業開始

PF-AR では運転を停止した6月30日9:00から、直ちにPF-AR 直接入射路関連作業を開始した。図4上の写真は現ビーム入射路に設置してある偏向電磁石の一部である。既設の電磁石はすべて再利用するため、図4下に示すように入射路近接の南東側直線部(SE12-13間)の真空ダクトをはずして、リング内通路への搬入路を確保し、新トンネルへの運搬を行う。この一連の作業は来年1月末まで行われる予定である。



図4 写真はPF-AR 現ビーム入射路に設置してある偏向電磁石の一部(左)、南東直線部(SE12-13間)の真空ダクトをはずし、運搬路を確保した様子(右)。

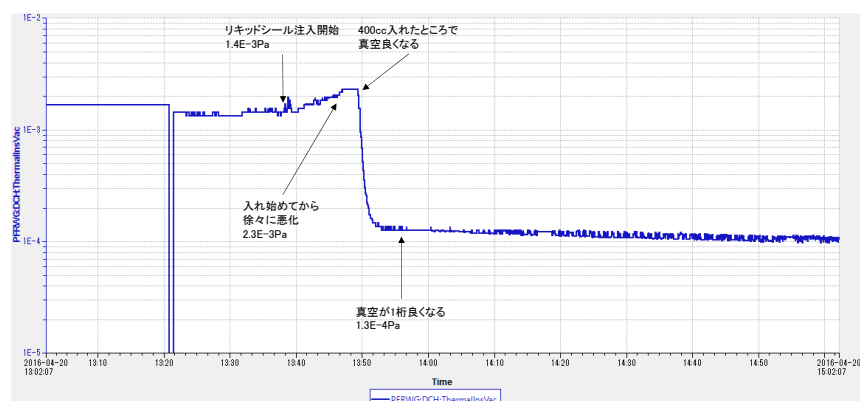


図3 液体シール剤を注入する作業中の断熱真空の様子。4/20 13:38 シール剤を注入開始(真空度 $1.4 \times 10^{-3} \text{ Pa}$)、直後は徐々に真空が悪化するが、13:49に400 cc 注入したところで真空が改善し、13:55 650 cc で注入終了した(真空度 $1.3 \times 10^{-4} \text{ Pa}$)。14:04 シール剤を抜き始める。翌日4/21 13:50の真空度は $8.2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ となり、シール剤注入前に比べ約1桁以上断熱真空が改善した。

夏期停止期間の作業

PF リング、PF-AR とともに例年同様、夏の停止期間に行われる保守的点検作業は順調に行われた。

PF リングでは特に超伝導ウィグラーの再液化機の更新作業が行われた。PF の超伝導ウィグラーは、液体ヘリウム消費量を少なくするために、Joule-Thomson (JT) 効果を利用した冷凍能力の高い、4K 冷凍機（再液化機と呼ぶ）を装備している。JT ラインは弁でヘリウム流路を非常に細く絞るため、微量の不純物でつまりが発生しやすい特徴がある。再液化機は平成 14 年に一度交換を行っているが、最近 JT ラインのコンタミ詰まりで運転不能となる故障が連続して 2 回発生したため、昨年度から今年度にかけて再液化機を新規製作し、夏の停止期間中に更新作業を行った。6 月 30 日の PF リングの運転終了後から超伝導ウィグラーの昇温を開始し、内部の温度が室温まで昇温完了した 9 月 5 日から 5 日間かけて、再液化機の更新作業及び動作確認を行った。写真（図 1）は再液化機を超伝導ウィグラーにとりつけるリングトンネル内作業の様子である。更新作業は順調に行われ、超伝導ウィグラーの冷却を 10 月 3 日から開始し、無事 10 月 24 日の運転再開までに冷却を完了することができた。

PF リングの秋の運転開始（10 月 24 日）へ向けて、入射器第 3 スイッチャードの作業が 9 月 30 日で終了した。この期間に、PF リング入射路の改造が完了し、入射器の立ち上げ準備作業が 10 月 3 日より開始した。PF-AR 直接入射路の作業は引き続き、新入射路トンネル内、KEKB 入射路との交差点、PF-AR リング側入射点で行われる。



図 1 再液化機を超伝導ウィグラー本体に取り付けるリングトンネル内の作業の様子

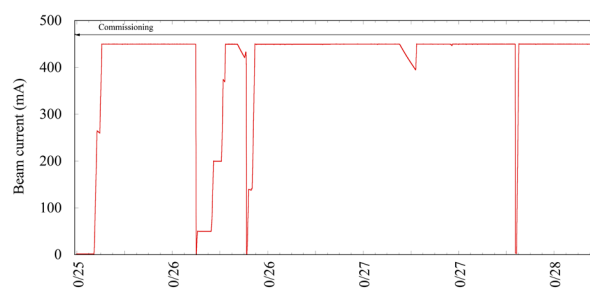


図 2 PF リングにおける立ち上げ期間の蓄積電流値の推移を示す。

光源リングの立ち上げ・運転状況

PF リングは、10 月 24 日（月）9:00 に運転を再開した。運転再開初日には、4 極電磁石電源、キッカー電源等のトラブルがあったが、リングの立ち上げ調整および真空の焼きだしは概ね順調に進み、10 月 28 日（金）9:00 からの光軸確認の後、ユーザ運転に入った。図 2 に立ち上げ状況における蓄積電流値の推移を示す。10 月 28 日の時点で、ビーム寿命と蓄積電流値の積 ($I \cdot \tau$) は、約 400 A・min まで回復している。秋の運転では、11 月 18 日 9:00 ～ 11 月 24 日 9:00 ハイブリッド運転を行い、12 月 19 日 9:00 までユーザ運転が行われる予定である。

PF-AR 直接入射路改造作業関連

2012 年設計開始、2013 年に建設開始された PF-AR の 6.5 GeV 直接入射路の作業は、2017 年 2 月のコミッショニング開始に向け、夏期の停止期間中の大規模作業はほぼ完了し、最終段階を迎えている。PF-AR 運転停止後の 7 月から PF リング運転開始の 10 月までの 3 ヶ月強の期間に多くの作業が集中した。再利用される既存ビーム輸送路 (BT) の偏向電磁石の解体搬出作業、電磁石電源の入れ替え作業、PF リング運転時は立ち入れない LINAC 第 3 スイッチャード (SY3) 及び LINAC と新トンネルの境界領域の作業などである。放射線安全に関しては、新 BT 運転開始までには放射線申請を新規に行う必要があり、来年 4 月以降のユーザ運転開始前には施設検査に合格しておかななくてはならない。安全系に関する作業も並行して行われた。PF-AR 直接入射路は、LINAC・SY3 のパルス偏向電磁石で分岐するが、SuperKEKB の ECS (Energy Compression System) シケイン電磁石を避けるため、パルス偏向電磁石後に一旦大きく振り、PF-BT を横切りながら、偏向電磁石の設置可能なスペースまで出してから曲げ戻し、さらに PF-BT を再び横切るといった軌道になっている（図 3、図 4 左）。PF-BT からはスペース確保のために 4 極電磁石を 1 台撤去する必要がある、真空系は PF-BT と新 PFAR-BT の

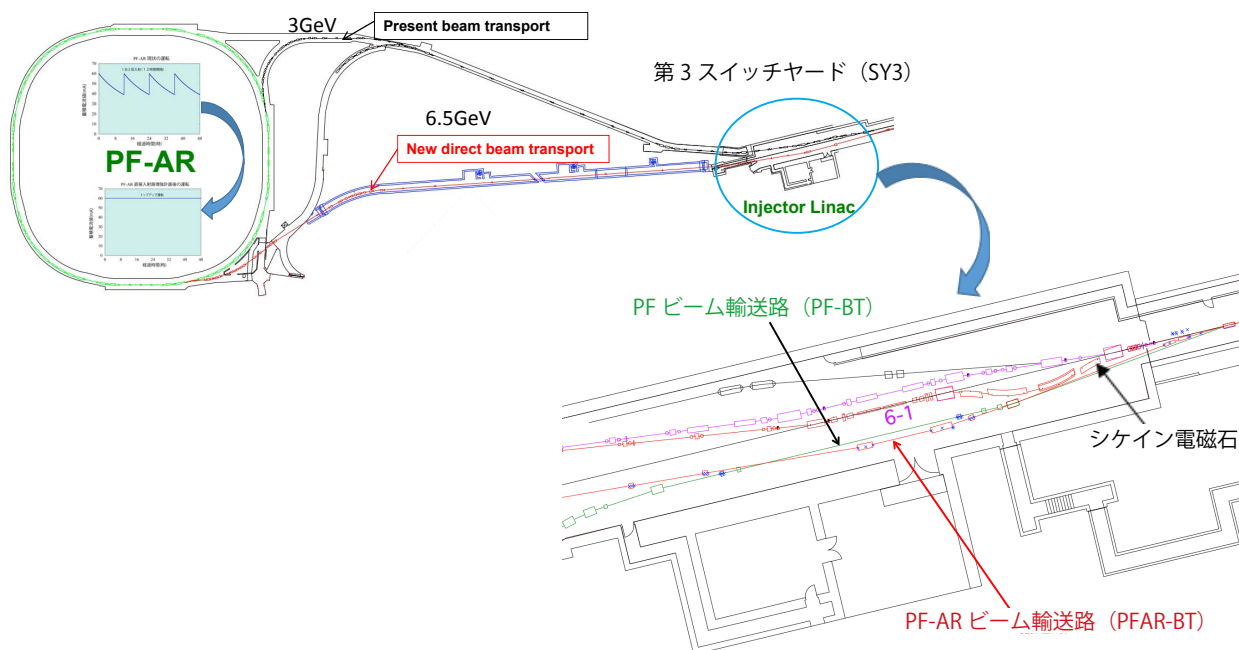


図3 PF-AR 直接入射概念図（上）と第3スイッチヤードの内部（下）。PF-AR ビーム輸送路がシケイン電磁石を避けるため、パルス偏向電磁石後に一旦大きく振り、PF-BT を横切りながら、偏向電磁石の設置可能なスペースまで出てから曲げ戻し、さらに PF-BT を再び横切るといふ様子がわかる。



図4 PF-AR 直接入射路の LINAC-SY3 の分岐点。手前のパルス偏向電磁石で PF-BT, PFAR-BT, KEK-BT が分岐する(左図)：SY3 のダンプレインを通過する PFAR-BT (右図)。



図5 PFAR-BT の KEKB-BT との公差部。KEKB-HER-BT の偏向電磁石の上を PFAR-BT の真空ダクトが通過する(左図)：PF-AR リング入射点手前の三角部屋に設置された電磁石(右図)。

2カ所の交差部分（1カ所は偏向電磁石内）を含めた大改造となった。他にも、新 BT は LINAC 直線延長上にある元のビームダンプトンネルを通るが、その最も狭い部分に、今回最大最重量となる偏向電磁石を置かねばならなかった(図4右)。さらに BT 下流で KEKB-BT トンネルの上空を通過する部分では、ダクトを天井から吊るとともに、ほぼ天井高さの電磁石を設置する為のステージを作る必要があった(図5左)。PF-AR 入射点付近では、入出射路の隙間(通

称、三角部屋)を通したり、そこに電磁石を設置したりするなど、新 BT は非常に複雑で、隙間をすり抜ける部分が数多くある(図5右)。新トンネル直線部分でさえ、中央に共同溝との干渉があってトンネルは分断、軌道はバンプされている。

新 BT の非常に繊細かつ複雑な最終建設作業は、真空ダクトや電磁石、電源など各要素の製造、ケーブル敷設や予備測量などの準備の後、2016年6月末の既設リングの運転停止後に、一気に開始された。既存 BT の解体と再利用電磁石の搬出、SY3 の改造、PF-AR 入射点とその付近の改造という3チーム同時フル回転であり、8月中には旧 BT の解体搬出、入射点付近と SY3 の電磁石の搬入設置までほぼ完了した。電磁石設置後は、半割りしてダクト設置、半割復旧して精密アライメント、そしてケーブルつなぎ込み、という順になるが、現在までに SY3 と PF-AR 入射点付近についてはほぼその段階まで進んでいる。今後も、PF 運転開始と並行して、新トンネル部分の電磁石及び真空ダクトの搬入設置や、地上部の電源移設、配線、各種ケーブルの末端処理などが行われる予定である。また、シャットダウン中にどうしてもできなかった LINAC 末端の振分直下流の部分については、12月、1月のわずかな期間に集中して作業が行われる予定である。

人の動き

東京大学大学院理学研究科博士後期課程を修了された東直さんが、10月1付けで加速器第7研究系の博士研究員に着任されました。東さんには、光源第1グループに所属して頂き、放射光源加速器の軌道・電磁石関連の開発研究に着手していただきます。

光源リングの運転状況

PF リングにおける 11 月 6 日 9:00 から 12 月 6 日 9:00 までの蓄積電流値の推移を図 1 に示す。この期間、超伝導ウィグラーの真空悪化のトラブルが続いた。立ち上げ時にクエンチが発生したときから、ビームダクトと断熱真空の圧力上昇が始まった。ヘリウムの消費量に変化は見られなかったが、ビーム寿命は約半分程度まで短くなっていた。真空度の悪化状況を監視しつつ、メンテナンス日の 11 月 10 日まで運転を継続して、再度リークテストを行った結果、これまでに経験のない場所でのリークが発見された。さらに、ビームダクトと再液化機の断熱真空槽において同時にリークが発生していた。リークの原因は、クエンチ時にビームダクトに何らかの振動が付加されたことによるものと推察している。ビームダクトの方はリークシーラで補修し

リークは一旦止まったが、13 日の 5:00 ごろに前触れもなく圧力が上昇し始めたため、同じ場所にリークが発生したと予想し、再度 17 日にリーク対応を行った。2 度の対応で現時点までは真空悪化はみられていない。しかし、断熱真空の方は悪化したままであるため、12 月 19 日のリングの運転停止とともに超伝導ウィグラーを長期間停止にして、ビームダクトと断熱真空悪化の原因を根本的に改善する予定である。

11 月 18 日から、ハイブリッドモードでの運転を開始した。一年前に行った運転から特に大きな真空作業は行っていないことから、大きなトラブルもなく予定通り 400 (マルチ) +50 (シングル) mA で蓄積はできた。しかし、11 月 18 日 17:50 頃、ビームが削れていることに気がつき、原因を調査したところ、純化に使用していたパルスジェネ

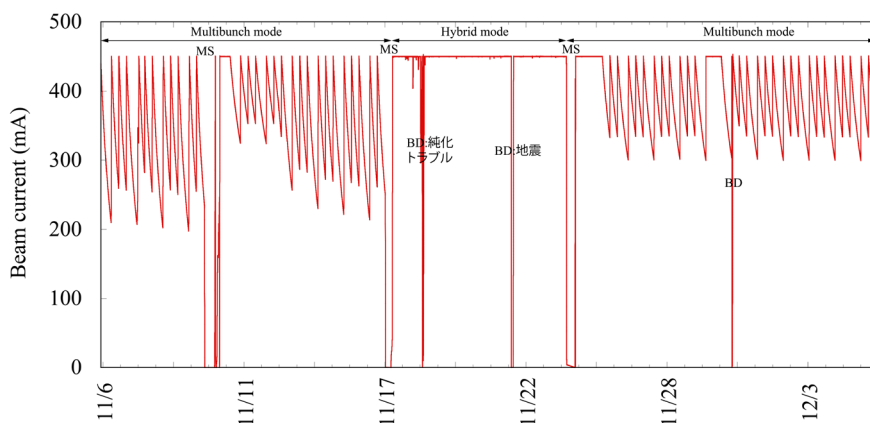


図 1 PF リングにおける蓄積電流値の推移を示す。MS はリング調整，BD はビームダンプを示している。

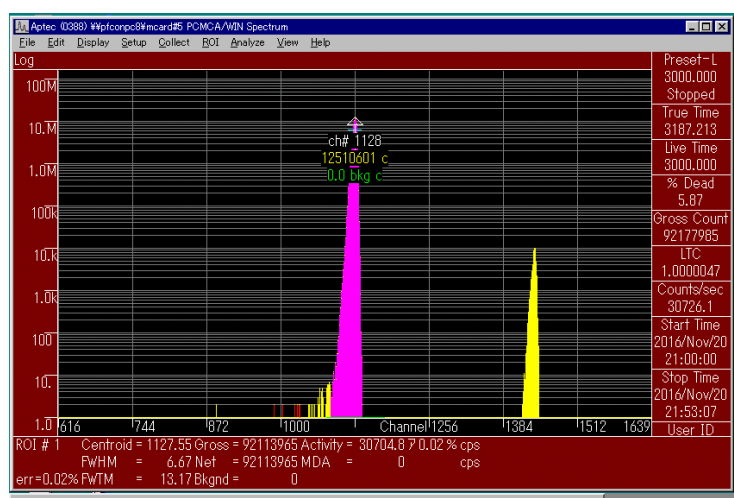


図 2 ハイブリッドモードにおけるシングルバンチ周辺の純化の様子。ピンクのバンチがメインバンチ (50 mA) で、黄色のバンチが 4 バケット前 (約 8 ns) に入ったバンチ (50 μ A: $\sim 10^{-3}$) を示している。メインバンチの後は純化 ($< 10^{-6}$) されている。

レーターの故障と判明した。このパルスジェネレーターの予備はなく、急遽アナログのゲートジェネレーターとシグナルジェネレーターを使用して、純化信号を作り復旧させた。今期の運転では、入射ビームのタイミングジッターが時折発生していた。メインバンチの後ろに入る分は常時純化していたが、メインバンチの4バケット前に時折ビームが入ってしまうバンチに関しては常時純化を行うことができなかった。そのバンチの量は、メインバンチの3桁落ち程度(50 μ A 程度)であった(図2)。通常の純化システムであればリモートでこのバンチを蹴り落とせたが、純化システムのトラブルのため、前方バンチの純化はユーザからの要望を受けてからローカルで随時純化する方針とした(メインバンチの後方については常時純化を行っていた)。特にユーザからの要望はなかったので、今期はメインバンチの前に少しサブバンチがある状態で運転を行った。さらに、今期のハイブリッドモードでの運転では、軌道変動を監視している光モニターの振れ幅が通常のおよそ5倍の10 μ m に増え、しばらくすると自然に元に戻るという現象が数回発生した。振動の原因を探るべく、純化システムを停止したり、6極電磁石の電流設定値を変えてみたが効果がなかった。今回の運転期間では、軌道変動の原因を突き止めることはできなかった。マルチバンチモードでは発生していないので、ハイブリッドモード固有の現象だと推測している。ただし、これまでのハイブリッド運転時では、観測されていない現象であった。

ハイブリッドモード運転後は、通常のマルチバンチモードに切り替え、概ね順調にユーザ運転が行われ、12月19日(月)9:00に運転を停止した。

PF-AR 直接入射路建設の進捗状況

10月24日のPFリングの運転に伴い、PF-AR 直接入射路における入射器第3スイッチヤードの作業は一旦中断し、新入射路トンネル内、KEKB 入射路との交差部、PF-AR リング側入射点での作業が行われた。図3は、



図3 PF-AR 直接入射路のKEKB 入射路との交差部：PF-AR 用6.5 GeV 電子が、KEKB 入射路(HER, LER)の上空を通過する。



図4 PF-AR の入射点：入射路上流からDC セプトム1台とパルスセプトム2台が設置された。

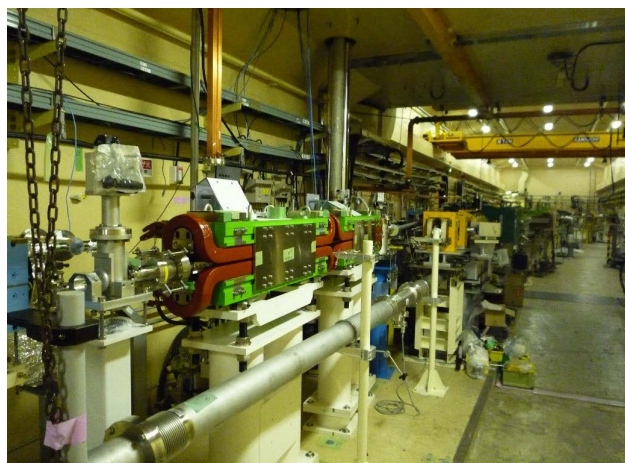


図5 入射器第3スイッチヤードのPF-AR 直接入射路最上流部にDC セプトム電磁石2台が設置された。

KEKB 入射路との交差部の写真である。PF-AR 直接入射路の真空ダクトが、KEKB 入射路(HER, LER)の偏向電磁石の上を横切って通過する。交差部に新たに設置する偏向電磁石もすでに据えられ、真空ダクトの接続も完了した。図4は、PF-AR 入射点付近の写真である。PF-AR 直接入射路最終点は6台の入射用電磁石(DC セプトム1台、パルスセプトム2台、キッカー3台)の設置と、リング側真空ダクトの接続およびそれぞれの電磁石の精密アライメント等を行った。図5は、入射器第3スイッチヤード内PF-AR 入射路分岐点の写真である。この場所はPFリングの運転時には作業ができなかったため、12月19日の運転停止後に、入射路最上流部のDC セプトム電磁石2台の設置、真空ダクトの接続を行った。PF-AR 直接入射路建設は最終段階に入り、現在電磁石の通電試験、インターロック等安全系の確認が行われている。今後放射線主任者検査等すべての準備を整えて、2月13日(月)からビームコミッションが開始される。