

落ち葉が風に舞う季節となりましたが、皆様には一層ご活躍のことと存じます。PF では 10 月下旬より秋季運転が開始され、ほぼ順調な運転が行われています。一方 PF-AR は、直接入射路の繋ぎ込み工事のため、ユーザー運転はお休みとさせて頂いております。PF-AR をご利用のユーザーの皆様には、大変なご不自由をお掛けしておりますが、SuperKEKB 実験との共存のために必要な工事ですので、ご理解頂けますようお願い申し上げます。

さてこの度、PF が総力を挙げて取り組んでおります KEK 放射光計画の概念設計 (CDR: Conceptual Design Report) が出来上がりました。10 月末日にホームページに公開したところです (KEK 放射光計画サイトのライブラリよりご覧下さい <http://kekls.kek.jp/library/>)。

CDR の作成に際しまして、PF User Association (PF-UA) の KEK 放射光検討委員会から多大なるご協力を頂きました。ご尽力を頂いた皆様には、心より感謝申し上げます。ここでは CDR の概要について簡単に紹介させていただきます。

KEK 放射光 Conceptual Design Report

KEK は、物質・生命科学を中心とする学術研究の発展とイノベーション創出における次世代放射光施設の重要性、現在の PF および日本の放射光施設の現状、そしてコミュニティからの強い期待に鑑み、30 年以上にわたる PF における放射光利用の経験と、KEK のもつ高い加速器技術をはじめとするリソースを最大限に活かして、最先端の次世代放射光施設 (KEK 放射光) の創設を目指しています。KEK 放射光のコンセプトは以下の通りです。

● 世界最高レベルの高輝度放射光を用いてトップサイエンスを創出するとともに、最先端の研究・開発を通して、日本の未来を支える人材を学術界から産業界にわたって幅広く育成します。

● 我が国に不可欠な先端基盤研究施設として、トップサイエンスに端を発する幅広い研究を展開し、多種多様な学術研究および産業応用研究を支えます。

これを実現するために KEK 放射光は、光源性能およびビームライン性能はもちろん、ビームライン群の多様性・立地条件・運営体制・利用形態・経済性・安定性・使い易さなどを含めたトータルパフォーマンスとして、世界最高の放射光施設を目指しています。KEK 放射光は、中心的にカバーする 100 eV ~ 15 keV のエネルギー領域において、長期間にわたって蓄積リング型放射光源として世界最高のパフォーマンスを維持し、最先端の研究成果を創出し続けることによって世界の放射光科学の発展を先導します。このエネルギー領域を KEK 放射光がカバーすることにより、日本の放射光施設群は、真空紫外~硬 X 線領域の広いエネルギー領域において、世界最高レベルの輝度・コヒーレンスを持つ光を供給することができるようになります。

KEK 放射光において新たに展開されるサイエンスとして

最も重要なものは、機能の起源の解明、すなわち、主に不均質な系 (特に、不均質性を特徴づける界面) において発現する現象や機能に関する構造と電子状態の研究です。特に、電子状態を観察するのに適した真空紫外から軟 X 線の領域をカバーすることによって、物質・生命の示す現象や機能の発現をつかさどる電子状態に関して、ナノスケールの空間分解能に加えて、ミリ eV オーダーのエネルギー領域での測定をも可能にする点が大きな特長であります。

一方 KEK 放射光では、先端研究と人材育成のための協働の場として、大学・研究所・企業等の研究者と施設のスタッフが連携し、学部学生・大学院生・若手研究者とともに最先端の研究および実験手法・装置の開発を行います。実際に現場で試行錯誤しながら研究・開発を行うことを通して、日本の未来を支える人材を、学術界から産業界にわたって幅広く育成することを目指しています。

光源加速器としては、最新の HMBA (Hybrid Multi Bend Achromat) ラティスを採用し、各セルに長直線部と短直線部を持つ独自の設計となっています。電子エネルギー 3 GeV、周長 570 m (20 セル) で、水平エミッタンス 0.3 nrad@500 mA、輝度 10^{21} - 10^{22} photons/sec/mrad²/mm²/0.1% b.w.@1-10 keV を実現します。また、短直線部においても、輝度は 10^{20} 以上 @10 keV に到達します。ビームライン数としては最大 58 本 (長直線部: 18 本、短直線部: 20 本、偏向電磁石部: 20 本) を設置可能であり、最先端のビームを用いた多種多様な研究を展開することができます。

KEK 放射光では、学術界から産業界にわたる全ての研究者に対して開かれた共同利用研究を推進する必要があります。また、最先端の光源性能と独創的な発想に基づく新たな実験技術・測定手法の開発を推進できる環境を整えるとともに、そうした開発を経て確立された測定手法については自動測定を積極的に導入して、高スループット・即応体制を実現します。そのために、フロンティア利用・オンデマンド利用・トレーニング利用の 3 階層を基本とする柔軟な利用形態を構築して共同利用を行う予定です。これらの利用形態に加えて、光学系・実験手法・実験装置の開発を行うためのビームラインやビームタイムを確保することにより、常に最先端の測定手法を開拓し、開発した測定手法を速やかに一般的な利用実験へ移行することが重要であると考えています。

本 CDR は、現時点における KEK 放射光の概念設計をまとめたものです。今後、日本放射光学会からの専門的なご意見の他、より広範囲からのご意見を頂くことにより、更なる検討と改訂を進めていきたいと考えています。したがって、具体的な設計につきましては、日本の放射光科学のグランドデザインに関する議論や技術的な検討の進展などを踏まえて、適宜、更新していく予定です。今後とも KEK 放射光へのご理解とご協力を宜しくお願い申し上げます。

入射器の現状

加速器第五研究系研究主幹 古川 和朗

概要

放射光施設への電子入射と SuperKEKB のフェーズ 1 コミッショニングについて、6 月末まで順調に運転した後、夏の保守期間においては、フェーズ 2 コミッショニングに向けた建設を継続した。資源が充分ではないため、今年度はフェーズ 2 コミッショニングのための設備を全て設置することはできないが、来年度には集中的に建設を行う必要がある。建設の効率をできるだけ向上させるため、来年度の調達や設置作業のスケジュールの最適化を進めている。現在の計画では、夏の建設期間を 5 ヶ月確保する必要があるが、種々の装置の詳細設計や図面作成を内部で行い、部品分割調達を追求することによって資源節減をさらに進める計画である。

今年の秋の運転は 10 月 3 日から始めており、PF リングへの入射と SuperKEKB 向けのビームコミッショニング、さらには、来年初めに予定されている PF-AR 直接入射路コミッショニングの入射器側準備も進めていく予定である。

パルス電磁石の開発

SuperKEKB 計画においては衝突性能を向上させるために、入射する電子陽電子についても電流を増やすとともに、低エミッタンスのビームが必要とされる。放射光科学実験と B ファクトリ電子陽電子衝突実験を同時に行うために、入射器はダンピングリングと協調運転するとともに、PF と PF-AR の 2 つの放射光蓄積リングと、HER と LER の 2 つの SuperKEKB 衝突蓄積リングに同時にビームを入射する必要がある。

SuperKEKB については、蓄積リングと言っても実験が本格化すると、ビーム寿命は 5 分程度になると予想されているので、2 時間近くのビーム寿命のあった KEKB 計画に比べると、格段に同時入射の重要性が高い。このため、入射器にさまざまなパルス動作装置を導入し、50 Hz (20 ms) で動作を切り換えることによって、低エミッタンス大電流の電子陽電子ビームを 4 + 1 蓄積リングに同時入射することが重要となる。

KEKB の運転時には、入射器の電流が低く、さらに低エミッタンスのビームが要求されなかったため、多少の軌道の乱れやビーム光学的マッチングの悪化は許されていた。そのため、入射器内では HER, LER, PF 向けのビームについて、ビーム光学的な妥協点を探して加速を行い、ビーム光学の調整は、それぞれのリングへのビーム輸送路で行われた。結果として、HER, LER, PF への 3 蓄積リング同時トップアップ入射を実現し、安定で高品質な実験に貢献した。

しかし、SuperKEKB 向けの低エミッタンスビーム入射の要求は、曖昧なビーム光学条件を許さないで、入射器の特に下流部を中心にパルス電磁石を増設して、ビーム光学条件とビーム軌道を確実に管理する必要がある。50 Hz (20 ms) で動作を切り換えることが可能なパルス収束電磁石電源を 30 台、パルス軌道補正 (ステアリング) 電磁石を 36 台増設する予定である。また、電子銃の選択やビーム診断のためにさらに数台の偏向電磁石を必要とする。この内、収束電磁石 (と偏向電磁石) では、約 1 mH のインダクタンスに対して、330 A, 340 V, 1 ミリ秒という比較的大電力のパルスを安定に供給する電源装置を用意する必要がある。

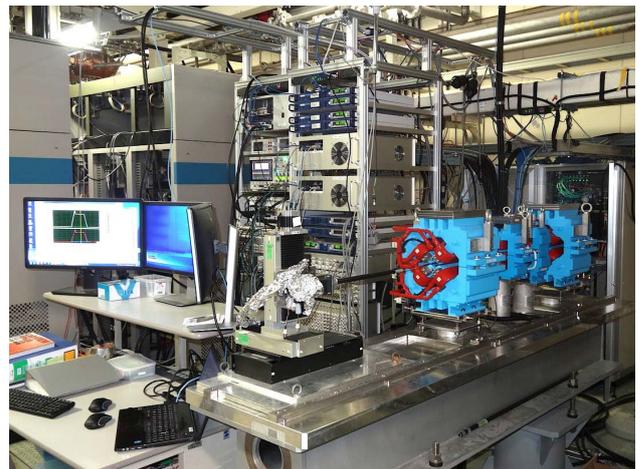


図 1 テストスタンドに置かれた青色のパルス収束電磁石 2 台とパルス軌道補正電磁石 2 台。連続運転時の長期安定度、磁場強度をパルス毎に変更した際の安定度など、実際の運転に近い条件での連続測定を行っている。

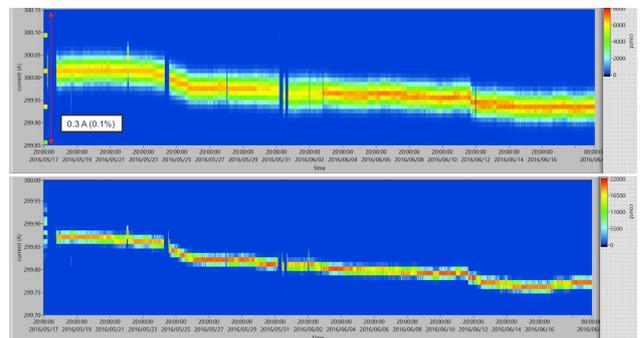


図 2 パルス収束電磁石電源の 1 ヶ月間の 50 Hz 連続試験例。上段・下段がそれぞれ外部と内部の DCCT (Direct Current Current Transformer) 測定器による電流安定度測定。縦軸に電流の 0.1% 分を表示しており、安定度は仕様を満足している。

パルス電源自体は高強度レーザー向けに内製していたものが応用でき、実績があるが、インダクタンス負荷に対応し、さらに入射器の商用電源の大幅な増強を避けるために、負荷からのエネルギー回収を行う必要があるため、たいへん挑戦的な計画である。このエネルギー回収により、7～8割の電力が節約できると考えている。IGBT(Insulated Gate Bipolar Transister) 素子2個によりDC電源、エネルギー回収用コンデンサ、負荷電磁石との間の電流制御を行っている。数ヶ月の連続試験に耐えられるようになってきており、安定度も仕様を満足している(図1,2)。

6月末にはビームラインに設置した2台のパルス収束電磁石を用いて、磁場強度をパルス毎に変更した際に、中心を通らないビームが正しく偏向されるかどうかの試験を行った。この時点では、電力節約のため入射器は50Hz運転ではなく25Hz運転を行っていたため、パルス間隔は20ミリ秒ではなく40ミリ秒ではあったが、運転に使われているイベント同期制御系を接続して、期待した通りの動作を確認することができた(図3)。

66台のパルス電磁石を設置する予定のほとんどの場所では、新しく入射器内で図面設計した架台に、2台ずつのパルス収束電磁石とパルス軌道補正電磁石を乗せて設置する予定である(図4,5)。この架台は資源不足のためほとんどが来年度製造設置することになっており、他のフェーズ2コミッショニングに必要な機器の設置と併せて、来年度の夏の停止期間を5ヶ月確保させていただくことになっている。

この新しい架台は、フェーズ3コミッショニングに向けた、精度の高いアライメントに対応できるように工夫されており、例えばモータを追加することで遠隔調整が可能で、運転時にビームによるアライメントを実現することも可能となる。

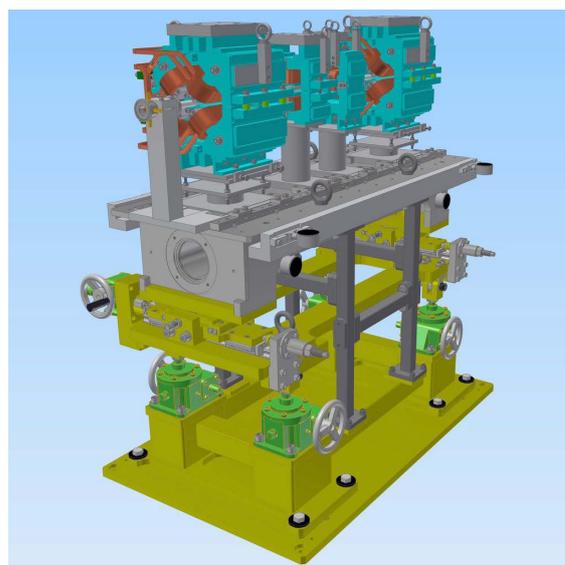


図4 3次元CADで新しく設計されたパルス電磁石架台。低エミッタンスビームを実現するためにはアライメントが重要なので、さまざまな工夫が施されている。



図5 新しく設計した架台に乗せられた4台のパルス電磁石

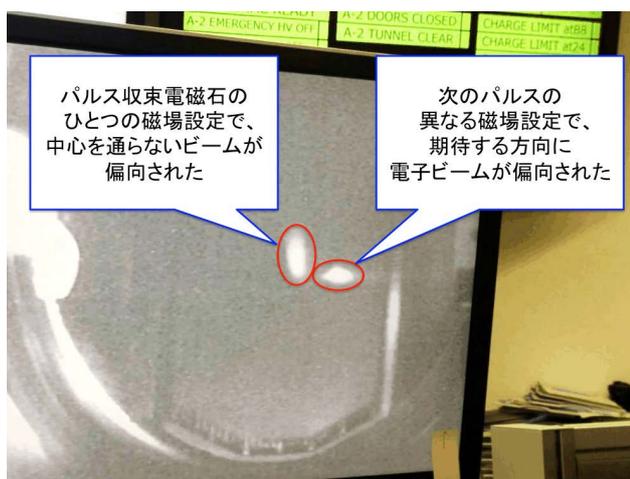


図3 パルス収束電磁石の磁場強度をパルス毎に変更し、電子ビームの軌道が期待どおりに変化することを確認した際の、スクリーンビームモニタの画像。

運転体制

来年度後半までは SuperKEKB 関連の入射運転の予定が無いので、人員の分散を避けるために入射器棟内の制御室からビーム運転を行っている。PF-AR 直接入射路のコミッショニングにも都合よいかもかもしれない。

10月から、技術職の西田麻耶さんが加速器五系に異動された。西田さんには、技術職が空席になっていた入射部グループに参加していただく予定である。現在は入射器内の各グループでの研修に参加していただいております、今後の活躍が期待されています。

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 スイッチヤードの作業が 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

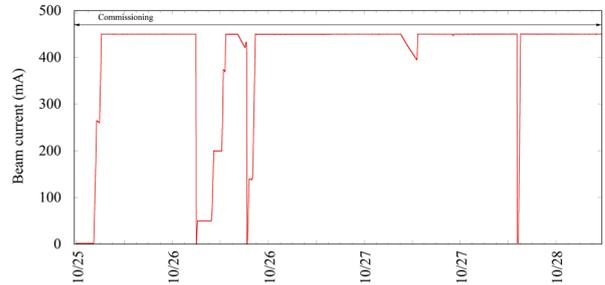


図 2 PF リングにおける立ち上げ期間の蓄積電流値の推移を示す。

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 ($I \cdot t$) 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 スイッチヤード (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てから曲げ戻し、さらに PF-BT を再び横切るという軌道になっている（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り、真空系は PF-BT と新 PFAR-BT の

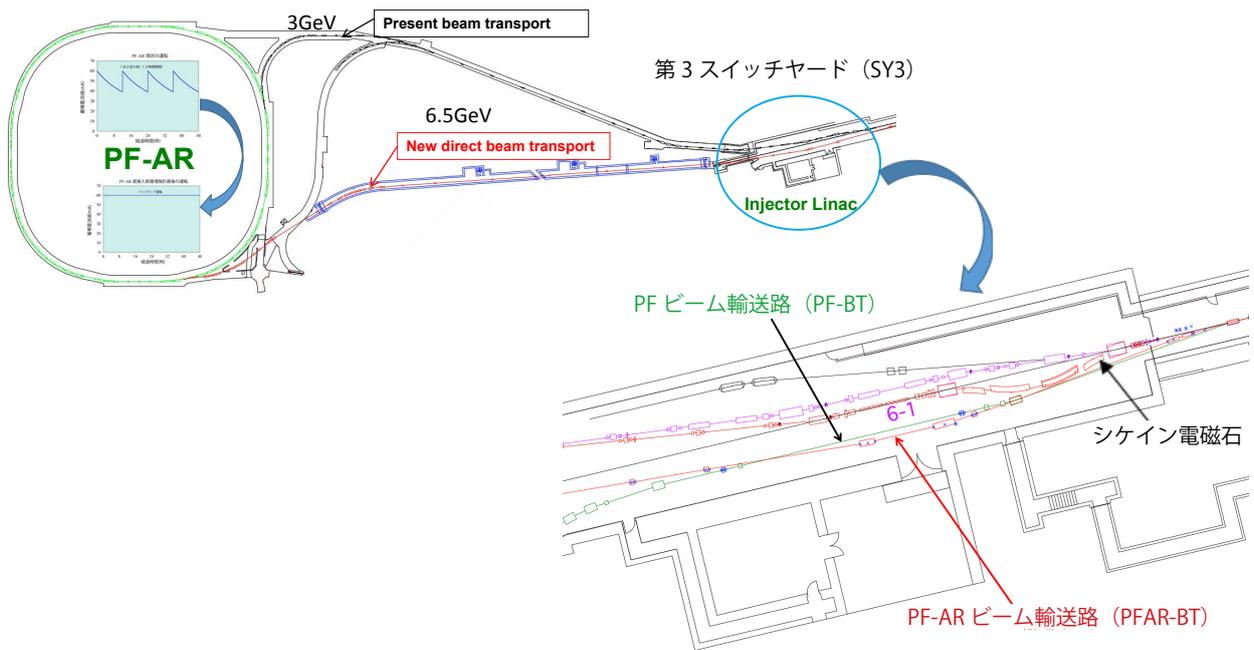


図3 PF-AR 直接入射概念図(上)と第3スイッチヤードの内部(下)。PF-AR ビーム輸送路がシケイン電磁石を避けるため、パルス偏向電磁石後に一旦大きく振り、PF-BT を横切りながら、偏向電磁石の設置可能なスペースまで出てから曲げ戻し、さらに PF-BT を再び横切るといふ様子が見える。



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 のダンプラインを通過する 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。

運転、共同利用関係

2016年度第2期のPFのユーザー運転は、予定通り10月28日より開始されており、12月19日朝までの予定です。また、第3期は2月8日から3月10日朝までのユーザー運転を予定しています。PF-ARについては、すでにお知らせしておりますように、直接入射路のつなぎこみ工事のために第2期の運転は行いません。第3期については、工事部を含む加速器の調整、および放射線変更申請等の作業のための立ち上げ運転のみとし、ユーザー運転は行いません。2017年4月のユーザー運転再開まで、今しばらくお待ちください。

PFの入射に関しては、定常的なTop-Up連続入射運転が行えず、ご迷惑をおかけしております。2016年度第2期につきましても、PFのTop-Up運転と、SuperKEKB実験の再開へ向けた入射器のコミッシュニングとの両立が困難なため、引き続き1日3回(8:30, 18:30, 1:30)の定時入射運転を基本とします。ただし、入射器のコミッシュニングが早く終わった日には翌朝までTop-Up運転を実施するなど、可能な限りTop-Up運転の時間帯を増やすようにいたします。なお、11月18日から11月24日のハイブリッドモード運転中は、この期間を通してTop-Up連続入射を実施します。

また、Web等でお知らせしております通り、2017年度には入射器の大規模な工事が予定されており、その間はPFおよびPF-ARの運転を行うことができません。この工事はSuperKEKBのフェーズ2の運転とPF、PF-ARの入射を両立させるために必須なものです。入射器の工事には連続した5ヶ月間が必要と見積もられており、PFおよびPF-ARの運転時間は残りの7ヶ月間の中で確保することになります。具体的な工事期間は、2017年度予算の状況によりますので、現時点では確定できませんが、スケジュールが決まり次第、早急にお知らせいたします。なお、この工事が終了し、入射器の立ち上げ・調整が完了しますと、PF、PF-ARおよびSuperKEKBの2つのリングの計4リングに対して独立な入射が可能になり、それ以降は長期シャットダウンを伴うような工事は予定されていません。それまでの間、ユーザーの皆様にはご迷惑をおかけしますが、ご理解とご協力をお願いいたします。

BL建設、改造関係

今年度の夏季シャットダウン中に、いくつかのビームラインで改造、高度化が行われました。BL-20Bではモノクロメーターと下流シャッター(DSS)の間にパルスモーター駆動水冷四象限スリットを増設しました。これにより、白色利用時にダブルスリット配置が可能になるとともに、単色利用時に、モノクロメーターへの熱負荷変化させずに、ビームサイズを変更できるようになります。NW2Aでは4

月よりSIP国プロ(KEK代表:木村正雄教授)による放射光X線顕微鏡導入のための実験ハッチ改造工事が進められています。実験ハッチ拡張のためにPF-AR北実験棟の壁の一部を取り除く工事とそれに伴う補強工事が9月までにほぼ完了し、今後は取り除いた壁の後方スペースを利用した実験ハッチの拡張工事が行われる予定です。全ての工事は2017年2月頃に終了し、2017年4月から運用を再開する予定です。

このようなビームラインの改造、高度化の詳細については、運転に関する情報とともにWebページ「ビームラインの最新整備状況」(<http://www2.kek.jp/imss/pf/apparatus/blupdate/>)に掲載されています。また、最新の進捗状況についてはメールマガジン等でも随時お知らせしていきます。

将来計画に対する取り組み

放射光の将来計画(KEK放射光)に関しては、皆様の多大なご協力により、10月にConceptual Design Report(CDR)を完成させることができました。ここでは、放射光科学研究系が中心となってまとめた部分についてご紹介します。サイエンスケースと産業利用の章は、PFユーザーの中から10人の方々に監修をお願いし、記載内容と執筆者の選定から原稿の確認、修正依頼まで、短い期間の中で大変なご尽力をいただきました。執筆者の方々、校閲にご協力くださった方々とあわせて、心より感謝いたします。ビームライン技術の章については、30名以上のPFスタッフが、ビームライン光学系デザイン、光学素子開発、ビームライン設備、ビーム制御、真空技術、インフラ設備、安全設備のサブグループにわかれて、技術的な検討およびCDR執筆を集中的に行いました。施設運営、測定技術の章についても、PFスタッフを中心に様々な議論を重ねながら、PF外の方にもご執筆、ご協力いただいて原稿をまとめました。このようにして完成したCDRは光源加速器の部分も含めて600ページを超える分厚いものですが、是非お読みいただき、KEK放射光をより魅力的な計画とし、実現に近づけるために、皆様のご協力、アドバイスをよろしくお願いいたします。

人事関連

最後に人事異動についてご報告します。10月1日付で、生命科学グループの研究者として篠田晃さんと原田彩佳さんが着任されました。篠田さんは、画像処理による試料の認識・アライメントシステムを構築し、タンパク質の構造解析研究プラットフォームの高度化を推進されます。原田さんは、企業向けのメールインサービスなどの業務に従事するとともに、Native-SAD法のための回折データ測定や、その解析法に関する研究を推進されます。同じく生命科学グループに、研究支援員として9月16日付で橋内沙稀さ

んが、10月1日付で米澤健人さんが着任されました。また、PF-UA事務局やPF研究会等を担当していた宮本きみさんが

10月末で退職され、11月1日付で研究支援員として着任された林陽子さんがこれらの業務を担当されます。

ERL 計画推進室報告

ERL 計画推進室長 河田 洋

はじめに

前回の報告で KEK-PIP の表明の内容を記述しましたが、それとほぼ同時に KEK ロードマップの改定が6月30日に公表されました (http://www.kek.jp/ja/About/OrganizationOverview/Assessment/Roadmap/roadmap2013-J_1.pdf)。その中にはより明確に次世代放射光源の位置付けは「3 GeV 高輝度リング」に移行することが明記されています。またそのような判断が妥当であったことを検証する形で、「ERL 総括委員会」が、7月から9月にかけて行われ、その報告書も KEK のホームページに公開されています (<http://www.kek.jp/ja/About/OrganizationOverview/Assessment/ResearchAccount/2016/10/12/ERL2016.pdf>)。

この総括委員会の委員は、
日本放射光学会関係

- ・ 雨宮慶幸 (東京大学大学院・新領域創成科学研究科教授)
- ・ 小杉信博 (自然科学研究機構・分子科学研究所教授、UVSOR 施設長)
- ・ 壽榮松宏仁 (東京大学名誉教授、元理化学研究所・播磨研究所長)

高エネルギー加速器研究機構教育研究評議会より

- ・ 上垣外修一 (理化学研究所・仁科加速器研究センター・加速器基盤研究部長)
- ・ 瀧川 仁 (東京大学物性研究所長)
- ・ 中野貴志 (大阪大学核物理研究センター長)

の6名の先生からなり、委員長は小杉信博先生に務めて頂きました。

「総括の具体的項目については委員会での議論に基づき、

- 1) ERL 光源を PF の将来計画に決めた経緯と理由が妥当だったか。
- 2) ERL 光源を PF の将来計画として実現するための実証機の位置付けが妥当だったか。
- 3) ERL 光源を PF の将来計画としないことに至った経緯と理由が妥当だったか。

3項目それぞれについて、機構内部 (PF, 物構研, 機構全体) での議論・見直しが適切だったか、利用研究者との関係が適切に行われたか、日本放射光学会との関係が適切だったか、世界的動向の把握が適切だったか、など、いろいろな側面を考慮しながら総括」されています。

詳細は原文を参照して頂きたいと思います。まとめとして、「PF 運転開始 15 年となる前後に、第3世代硬X線光源である SPring-8 の利用開始や第3世代 VUV・軟X線光源計画の提案などの国内動向における紆余曲折があった中で、PF の次期光源計画が検討された。その結果、PF 運転

開始 20 年後の 2002 年に、当時、蓄積リング型光源と直線型光源の両方の特性を持つと世界的に期待されていた ERL に基づく硬X線光源を提案したことは妥当である。次期光源の運転開始の目標を、PF 運転開始 30 年を越えた 2013 年あたりとしたのも妥当である。

ただし、2016 年においても、未だ次期光源の実現に至っておらず、PF・PF-AR が競争力低下に陥っていることについては、いろいろ反省すべき点がある。2006 年には、蓄積リング型光源と直線型光源の異なる特性をそれぞれ最大限引き出しながら放射光科学を推進するという世界動向に沿って、国内でも硬X線光源として SPring-8 に加えて SACLA の建設が始まった。また、この 10 年の間に国の科学技術・学術政策 (財政面を含む) も大きく変化した。ERL 計画をスタートして以来、このような国内の放射光科学や科学技術・学術政策の変化の中で、日本全体の視野に立って PF の次期光源の位置付け (目指すべきサイエンスや対象とする利用者層など) の見直し、実現プロセスの見直し、を適切に行う必要があったと考える。」

- と冒頭に指摘されています。さらに
- 「5 GeV の ERL 光源計画に関する 2005 年度の科学技術・学術審議会の研究計画・評価分科会での審議の結果では、
- ① 建設コストが 800 億円クラスとなり、費用対効果の観点から綿密な調査検討が必要、
 - ② SPring-8 が本格利用期に入り、XFEL も整備されようとしている段階で研究ニーズの十分な把握・分析が必要、
 - ③ 技術的に多くの課題を解決する必要があり、まだ詳細な事前評価ができる段階にない、などの指摘を受けた。上述の見直しを適切に行うためにも、物質構造科学研究所は 2005 年度の時点での①～③の指摘に対して直ちに対応すべきであったが、以下のような経緯を辿ることで対応が不十分になってしまった。」

と続き、経緯がつつられている。さらに、
「ERL 実機の計画を中止し、より現実的な蓄積リング型次世代光源の計画に変更するのは妥当な判断ではあるが、世界動向から見れば遅きに失してしまった。なぜ、判断が遅れたか、なぜ、上記のような経緯を辿ったか、の原因をより具体的に考えると、大型計画に必要とされる以下の Feasibility ⑦～⑨の検証が ERL 計画を進める過程において極めて不十分であったと言わざるを得ない。

⑦ Political Feasibility (Leadership) (政治的可能性) : 計画全体に責任と権限をもつリーダーが不在であった。フォ

トンサイエンスに責任を持つ物質構造科学研究所と並列に ERL 計画推進室を置くという構造もその一因である。その結果、各種 Feasibility に対する見極めを最終的に誰が責任を持って行うかが曖昧となり、ERL 光源を PF の将来計画としないとの判断に至ったタイミングが遅きに失した主要因になったと考える。

④ Financial Feasibility (予算的実施可能性)：建設コストおよび運転コストの見積もり、その予算をどのように何時までに獲得するかに関する具体策が曖昧であり、その結果、予算的実施可能性に関する検証姿勢が曖昧であった。

⑤ Technical Feasibility (技術的実施可能性)：電子銃の寿命・超伝導空洞の性能・所期の蓄積電流の達成・エネルギー回収率・電子エネルギーのスケーリング (MeV → GeV) の難度等を含む技術的実施可能性に関して、実証機による実証は不可欠なステップであるものの、現実的な放射光源用加速器としての時間軸を入れた技術的可能性に対する検証姿勢が曖昧であった。

・今後に向けては、以上のいろいろな反省点 (①～③, ⑦～⑨) を改善するための方策を早急に検討していただきたい。」と結ばれている。最後に、加速器科学の成果に関しては

「・なお、ERL 実証機を使った開発研究は結果的に PF・PF-AR の次期計画 (フォトンサイエンス) には結びつかなかったが、加速器科学の基幹技術開発及び将来につながる応用面で成果を挙げた点は評価できる。」の一文が加えられています。

以上のような総括の結果を頂き、「次期放射光源」の位置付けとしての ERL 開発を停止することに至ったことに室長として大いに反省する次第です。30 数年前に KEK の PF に来たときから「大型計画は時間がかかるもの」という意識が自分自身の中にあり、それが甘い判断をしてしまった原因であると認識するとともに反省しています。現在世界で冠たる大強度陽子施設である J-PARC は、私が 30 歳ごろに着任した 1980 年代から「大型ハドロン計画」という形で進められており、それが JAEA のオメガ計画と統合する形で 2000 年代に J-PARC という形となって実現してきた事を見ていると、無意識のうちに「大型計画は時間と予算がかかるもので、重要なのは粘り強くあきらめないで開発を進める事」という意識が出来上がってしまいました。一方、放射光科学は普遍的なツールとなり、ある意味で賞味期限が重要であると同時に、国の財政状況も 20 年前とは様変わりしている事を十分に加味しなかったことは事実であり、大いに反省する次第です。ただ、その中で、最後の一文ではありますが、cERL で培われた加速器技術が基幹技術として将来の応用面で成果を上げたことを委員会が認識して下さったことに感謝いたします。

この総括委員会の結果を重く受け止め、今後の「KEK

放射光計画 (3 GeV 高輝度リング計画)」を進めて行くことが肝要であり、その推進を行っている方々をお願いする次第です。一方、ERL の加速器技術開発を支えてきてくださった加速器の皆様は、KEK-PIP の判断にあるように「ERL 技術の産業応用」を目指して、出口戦略を作ることに今後もさらにご協力いただければ幸いです。

その観点から、現在、ERL 計画推進室は先端加速器推進部の中に機構横断型の推進室として位置付けられていますが、その根幹である「次期放射光源」としての位置付けがなくなった事、一方で KEK-PIP で記述されているように「ERL 技術の産業応用」を目指して、出口戦略を作る受け皿としての役割が KEK として残っている事から、推進部部長の岡田部長から機構に向けて 8 月 31 日付けで、

- 1) 2017 年度から「ERL 計画推進室」を廃止する
- 2) 2016 年度は cERL を中心に活動してきた加速器技術のまとめを行う
- 3) 2017 年度からは「ERL 技術の出口戦略を策定し、その研究開発を担うために、先端加速器推進部に部内措置として、超伝導加速器利用推進チーム (仮称) を設ける

という内容の組織改編の要望を提出しています。現時点で、この要望がどのように取り扱われるかは定かではありませんが、ERL 技術の新たな応用に向けた開発を KEK として進めていきたいと考えています。

ERL 技術の新たな応用に向けて

「ERL 技術の産業応用」を目指して、出口戦略の一つとして「半導体リソグラフィ用の大強度 EUV 光源開発」に関して、4 月に経産省への働きかけを行い、その後、JST を含めて関係機関に働きかけを行っています。そのような活動に関して、文科省へも状況説明を 9 月中旬に行いました。また、10 月 11 日には TIA シンポジウムが東京のイイノホール&コンファレンスセンターで開催され、TIA かけはしを選択テーマの一つとして、「自由電子レーザーの産業化に向けた技術および国際動向の調査研究」を発表し、意見交換を行いました。産総研の方々をはじめ、EUV リソグラフィの周辺技術の開発を進めている EIDEC の方々、東芝半導体の方々といった関係の皆様と情報交換ができたことは有意義であったと思います。今後、12 月 13 日に「EUV-FEL ワークショップ」を秋葉原の「秋葉原 UDX NEXT-1」で行うべく、EUV-FEL 産業化研究会の事務局を中心に招待講演者の依頼とプログラム編成を進めています。

9 月 29 日 (木) に、「アト秒、zeptosecond X 線発生」のセミナーを行いました。近年、レーザーの高次高調波 (HHG) により、高エネルギーのレーザー発振だけではなく、アト秒の軟 X 線源の実現として注目されています。一方で、もともとの基本レーザーをレーザー技術だけで進めると、その繰りかえし周波数を上げることに限界があることから、ERL の高繰り返し電子ビームを用いて共振器型の赤外レーザーを発振させ、それを基本レーザーとして高次高調波

を発生させるアイデアが浮上してきました。その場合には「10 MHz 程度のアト秒、さらにはzeptosecondに達するX線の発生の可能性があるのではないか」という夢を現実化するための議論するために、以下のお二人の講師にセミナーをお願いしました。

板谷治郎氏（東大物性研）

「レーザー高調波の最前線と将来展望」

羽島良一氏（量子科学技術研究開発機構）

「アト秒、zeptosecond X線発生のための共振器 FEL の提案」

板谷氏は東大物性研でレーザー開発に従事されており、特にレーザー高次高調波の発生と利用に関する研究を牽引されています。その高次高調波の性質を利用し、アト秒、さらにはzeptosecondの高調波発生技術開発の最前線と将来展望を講演頂きました。羽島氏は ERL 開発を長年に渡り KEK と共同で牽引して頂いていますが、上述のアト秒、zeptosecond X線高調波発生のための種となる高繰り返しの共振器 FEL についての御講演を頂きました。

KEK 放射光計画に係る状況について

2016 年 10 月 18 日

放射光科学研究施設長 村上洋一

日頃から PF の活動にご理解とご協力を賜り、誠に有難うございます。KEK 放射光 Conceptual Design Report の作成に際しまして、短い時間の中で、多くのお忙しい先生方からのご協力を頂きましたこと、大変感謝しております。

さて、KEK 放射光計画を巡る状況に変化がございましたのでご報告致します。去る 9 月 24 日に、石川放射光学会会長からの関係者への呼びかけで、次期放射光意見交換会が開催されました。翌 25 日には、意見交換会の参加者に対して、結論を 9 月 27 日までに提出するように求められました。

KEK 放射光計画は、残念ながら、予算の観点での準備が十分に整っておらず、建設費について平成 30 年度予算への概算要求を行うのは困難な状況にあります。一方、SLiF-J 計画におかれましては、その準備が整いつつあるとのご説明がありました。そこで、KEK として、下記の結論を石川学会長にご連絡致しました。

1. KEK は、我が国に 3 GeV 級高輝度光源が存在しない状況を鑑み、SLiF-J 建設に向けての平成 30 年度予算への概算要求に賛同し、SLiF-J の実現に協力する。
2. 放射光学会の小委員会などでの議論により、PF、PF-AR の今後の在り方や、KEK 放射光計画等を含む日本の放射光科学のグランドデザインを作る必要がある。ただし、この議論は SLiF-J 計画の進捗を妨げるものであってはならない。
3. KEK は、KEK 放射光計画の検討を更に進め、その実現に向けて最大限の努力をする。

我々は、KEK 放射光計画を皆様と共に創り進めております。上記の結論に至るまでに、本件について皆様と意見交換する機会が持てなかったことを大変申し訳なく存じます。また、現時点で平成 30 年度予算への概算要求が可能な状態にまで進められなかった責任を痛感しております。

今後も KEK 放射光の実現とそれに至る間の現行施設の整備・安定運営を最優先とし、それらを確実に遂行することを前提とした上で、SLiF-J 計画に対して可能な協力・連携をさせて頂きたいと考えております。

我々は、KEK 放射光の実現に向けて最大限の努力を行い、必ずやこれを実現する所存です。山内 KEK 機構長からも、KEK 放射光計画の検討スピードを落とすことなく、継続して R&D を進めるようにとの指示を受けております。皆様におかれましても、引き続きご協力を賜りますよう、心よりお願い申し上げます。

KEK 放射光計画ホームページ開設について

KEK は、2016 年 6 月末に、KEK Project Implementation Plan (KEK-PIP) を策定しました。PIP は、KEK で今後取り組んでいく研究の方針を示した「KEK ロードマップ」で挙げられた研究計画を具体的に進めるために、関連する研究分野の技術開発の状況を踏まえ、予算確保の枠組みと優先順位を明確にした研究実施計画です。

KEK-PIP では、3 GeV クラスの蓄積リング型高輝度光源施設の実現を掲げています。この高輝度光源施設「KEK 放射光」の具体的計画を策定していくにあたって、関係機関の皆様、そして本計画に関心をお持ちの全ての皆様と連携してより良い計画にしていくために、このウェブサイトを開設いたしました。

学術研究と人材育成は大学共同利用機関である KEK のミッションです。光源・ビームライン性能はもちろんのこと、学術研究と人材育成の拠点施設としても世界最高の放射光施設を目指す「KEK 放射光」の実現のため、皆様のご協力とご支援をお願いいたします。Conceptual Design Report も随時最新のものを掲載していきます。

KEK 放射光計画ホームページ

<http://kekls.kek.jp/>