

入射器の現状

加速器第五研究系研究主幹 恵郷博文
(2025 年 10 月 6 日付け)

運転状況

7 月 14 日から 9 月 5 日までの 2025 年夏期保守作業を行い、9 月 8 日より入射器の立ち上げ運転を開始した。各機器の定格出力動作試験、加速管やクライストロン・高周波源の大電力 RF コンディショニング、電磁石の連続通電などの機器動作運転を行った後、ビーム調整を行なっている。図 1、2 に順調に調整されている PF リング、PF-AR 入射ビームの例を示す。10 月 6 日から PF リング、11 月 4 日から PF-AR へビーム入射運転を開始する。

夏期保守

入射部においては、PF リング、PF-AR、そして陽電子生成用電子ビームを発生する熱電子銃のビーム出力が低下していたため、カソードの交換を行い、8 月 28 日トンネルを閉鎖してビーム出力を確認した。SuperKEKB の電子リング用低エミッタンスビームの生成に使用している RF 電子銃が経年劣化により放電が多発していたため、新型の RF 電子銃と交換した。放電が多かったチョーク構造を廃した改良を加えており、また、パルス長を 600 ns に短縮して 2 バンチ運転ができるように構造修正している。また、RF 電子銃出力部には低エミッタンスビーム用トリプレット電磁石を配置した。

5 月に発生した第 5 セクター第 6 ユニット加速管の水漏れのため、加速管 4 本すべてを撤去し、ストレート真空パイプとの交換で対応した（詳細：PF ニュース 43-2 号）。緊急対応のため、ユニット中央に設置していたビームエミッタンス測定用ワイヤスキャナーを取り外したが、今夏の保守作業でビームパイプの組替えにより、ワイヤスキャナーを復旧した。新型加速管によるユニット復旧は、加速管単体の RF コンディショニングや接続導波管、真空配管の製作などを行う必要があるため、来年度の夏期保守期間を予定している。

入射器内には 630 台に及ぶ直流電磁石が使用されている。この直流電磁石用電源の多くが 1980 ～ 1990 年代に製作されたものである。耐用年数を超えて経年劣化しており、故障するとビーム運転が停止する。今期のメンテナンスでは、50 台の電源交換作業を行なった。電源交換対象となったのは、熱電子銃からの電子ビームを集束させるソレノイド電磁石、極性変更を必要とするビーム収束四極電磁石、ECS（Energy Compression System）偏向電磁石の補助電磁石である。ソレノイド用旧型電源は効率が悪く、発熱により環境温度に影響を与えていたが、これを解消した。

2 バンチモードのビーム運転において、第 2 バンチの垂直軌道が不安定になることがある。蓄積リングへのビーム入射効率の悪化を防ぐには、その軌道を安定させる必要がある。そのため、第 1 バンチには影響を与えず、第 2 バンチのみ軌道修正を行うことができる高速パルスキッカー電磁石を入射器内に 5 台設置している。このキッカー電磁石用電源が放電不具合を生じていたため、電源を改修した。また、放射線の影響で電源損傷を起こしていた第 3 スイッチャード（SY3）に設置していたキッカー電磁石を修理後、上流の第 4 セクターに移動した。

J-ARC 出入口に設置していた大口径パルス四極電磁石をすべて水冷タイプへ改造した。コイルの発熱のため、ブローアで冷却していたが、水冷化により安定した最大電流出力運転が可能となった。

J-ARC 出入口に設置していた大口径パルス四極電磁石をすべて水冷タイプへ改造した。コイルの発熱のため、ブローアで冷却していたが、水冷化により安定した最大電流出力運転が可能となった。

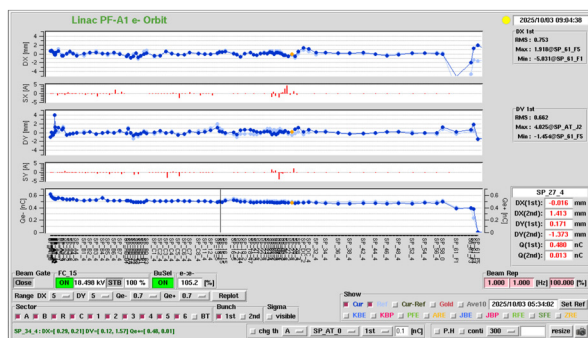


図 1 PF リング入射ビームの調整例（横軸：入射器内機器位置，上：水平方向ビーム位置，中：垂直方向ビーム位置，下：電荷量）

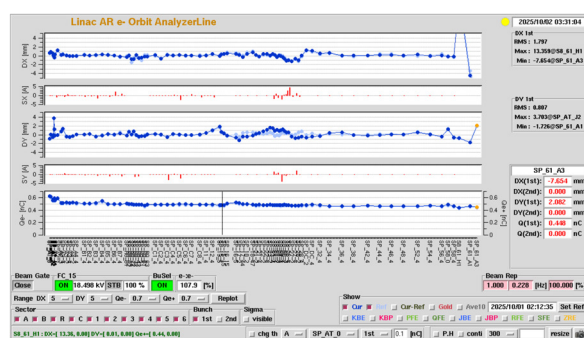


図 2 PF-AR 入射ビームの調整例

SuperKEKB-HER ビームトランスポートラインに電子ビームのエネルギー広がりを制御する ECS 設置作業を完了した。これは 4 本の 3 m 加速管，低ロス RF 伝送円筒型導波管を主とする導波管立体回路と高周波源であるクライストロンからなるシステムである。現在，RF コンディショニングを実施中である。

前期の入射器運転で，度々流量変動を起こしていた SY3 内の精密ビーム診断ラインのコリメータ，電磁石間の冷却水配管を改修した。圧力計の取り付け，ロック機構付き流量調整バルブへの交換，フレキ管をパイプに交換などの対応を行なった。今のところ，流量変動によるトラブルは発生していない。

RF 関連はクライストロン高圧電源筐体の確認と清掃，小型励振器や LLRF モジュールの保守作業を行なった。また，新設した ECS 用 RF 制御システムの整備や，大電力スイッチであるサイラトロンの交換，クライストロン出力を安定化させるため，励振系を高出力半導体アンプに置き換えた。

PF リングおよび PF-AR の夏期作業と立ち上げ準備の概要

PF リングは 7 月 7 日、PF-AR は 6 月 30 日に、2025 年度第 1 期の運転を終了し、夏期の長期停止期間に入った。第 1 期では長時間のビーム停止につながるような大きなトラブルはなかったが、Linac の加速管水漏れやリング B 電源故障など、老朽化に起因するトラブルが多発しているのは深刻である（運転記録の詳細は PF News 前号を参照いただきたい）。今後も出来る限りの老朽化対策を継続していく。第 2 期の運転は PF リングが 10 月 6 日、PF-AR は 11 月 4 日に開始する。夏の作業での重点項目は PF リングで動作が不安定になっていたクライストロンの交換のほか、PF-AR ではチタンゲッターポンプの修理対応等である。停止時の作業は予定通り遂行してきたが、PF リングでは運転前の立ち上げ準備期間に大きなトラブルが 2 件発生した。1 つは電磁石冷却水からの漏水と、もう 1 つは超伝導ウィグラーの液体ヘリウム移送管（トランスファーチューブ）の真空断熱不良である。以下ではそれぞれの詳細を述べる。

PF リング電磁石冷却水からの漏水

2025 年 9 月 18 日 14:50 頃、リング内漏水検知器が発報したため職員が現場に行ったところ、B 電磁石 #19 の下流付近から激しく漏水していることが分かった（図 1）。漏水元が Q201 磁石であることを特定して冷却水バルブを閉止し、排水作業を実施した。リング内のみではなく、直下にある地下トレンチ部分やケーブルラダー全般に至るまで広い範囲での漏水となった。排水後に扇風機等による乾燥をおこなったのち、まずは Q 磁石からホースを取り外す作業を行った。このホースは 1995 年の設置以降、経年劣化に対応するため予備ホースを調達していたものの、作業場所が非常に狭いことから交換作業が困難で実施できていなかった場所であった。今回は緊急でもあり、現場担当者の工夫で特殊工具を削り出しで製作するなどの対応により、なんとか取り外し・取り付け作業が可能になった状態にもっていった状況である。通水後も漏れは無く、その後の運転でも問題は起きていない。今回は漏水した時刻がたまたま日中の人がいるときであり、迅速に対応できたことで被害

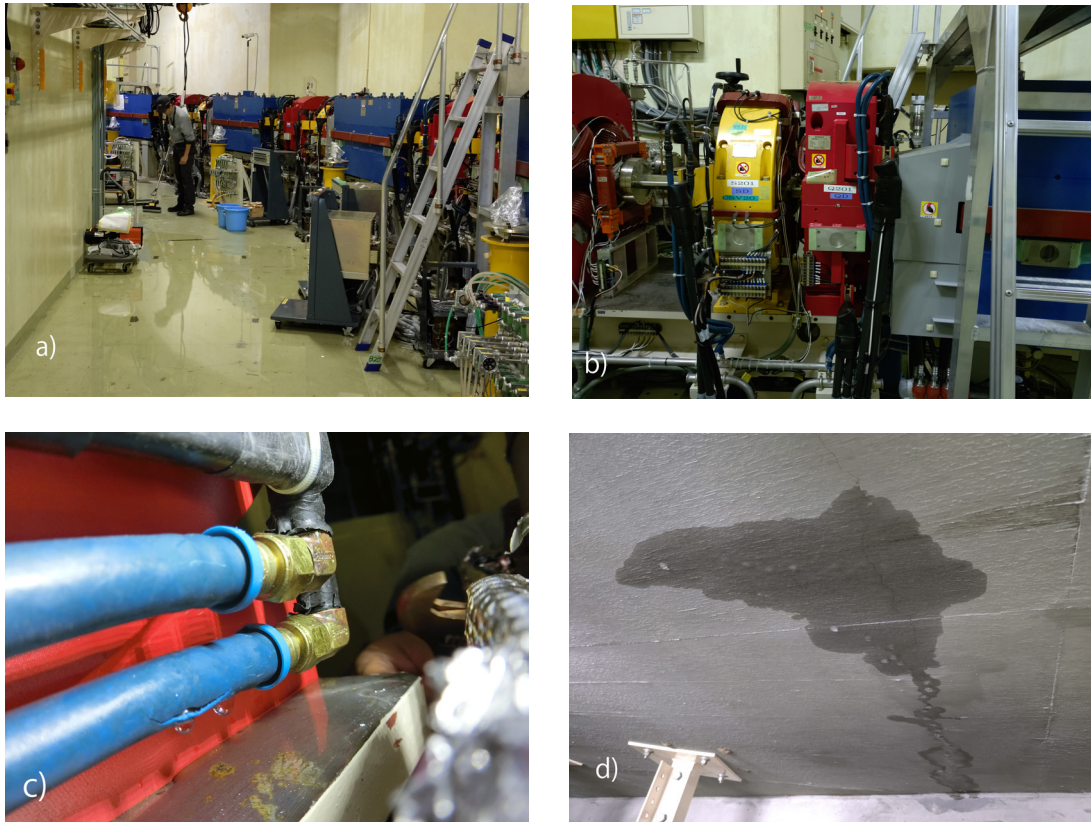


図 1 PF リング内での漏水状況。a) 床面に水が広がっていることがわかる。b) 右側の青色の磁石が偏向電磁石 B19、中央の赤い電磁石が漏水した Q201 磁石であり作業スペースが非常に狭いことがわかる。c) 4 極電磁石冷却水ホース破裂部分の画像。ホース取り外し前に絶縁シール等を除去した状態。下側のホースに裂けている部分があり、バルブを閉めたあとでも水滴が出ているのが見える。d) リング床（トレンチ天井）部分からもひび割れ部分から水が落ちている。

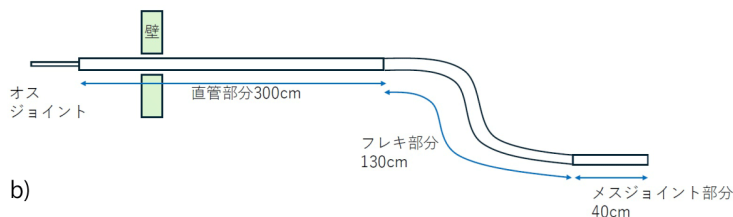


図2 超伝導ウィグラーの移送管。a) リング内側外観写真 b) 構成のブロック図。

の拡大を防ぐことができたのは幸運であった。今後、加速器運転中は運転員が対応できるが、停止期間の夜間に発生した場合には被害が深刻になる可能性が高い。当面出来る対処として、漏水検知のメールを主要関係者に届くようにした。

同年代に製作された4極電磁石は多数(～30台)あって同様に劣化は進行している。また、6極電磁石のゴムホース劣化も懸念しているがこちらはまだ予備品の調達も出来ていない状況である。長期シャットダウンする事態に陥らないためにも、ひきつづき計画的に更新していくほか、物品費および作業費を確保することが必須である。

超伝導ウィグラー液体 He 移送管の真空断熱不良

トンネル内に設置されている超伝導ウィグラーを液体ヘリウムで冷却するため、PF 地下機械室から壁を貫通して移送管(トランスアーチューブ)を使って輸送している(図2)。液体ヘリウムが通る内管から断熱真空側に向けてリークが発生したため、断熱真空が悪化することで熱侵入が増え、液体ヘリウムを移送できなくなった。当該機器は1989年頃に製造されたものであり予備品は無い。六系関係者はもとより、超伝導低温工学センター、素核研、加速

器超伝導空洞グループなど KEK 内に広く互換性のある製品が無いかを問い合わせたが残念ながら存在しなかった。しかし、問い合わせを通して復旧方法に関して多くの助言や協力を得ることができたのは有益であり、ここに感謝する。今後は早急に復旧できるよう移送管の新規製作や互換アダプタの作成、既存移送管の補修など、様々な可能性を同時並行で進めている。2025年10月2日に、放射光実験施設施設長と相談の上、当面はVW14ビームラインを使用せず運転を開始する見込みであることをアナウンスした。

<https://www2.kek.jp/imss/notice/2025/10/022000.html>

PF 電源棟改修工事

PF 電源棟の耐震改修工事(吊り天井の撤去)を進めている(図3)。これは令和7年度概算要求において機構から要求して文科省より認められたものである。約1年間にわたる大きな工事であるが、設計に引き続き実工事の入札も順調に行われ、7月のPF運転停止後から工事に入っており、本年度内に完工する予定である。安全を担保するため、加速器運転期間中は電磁石電源やRF高圧電源の上部での作業は行わない方針として施設部と職員との間で密接



図3 PF 電源棟天井改修工事の様子

に連絡をとりつつ進めている。写真は作業区域の一部であり、粉塵が電磁石電源に影響を与えることを避けるための養生や、作業足場や落下防止ネットなどをみることができる。引き続き、安全最優先で作業を行っていく。

その他

このほか、RF や電磁石をはじめ各グループにて必要な保守点検、維持作業を実施している。PF リングでは、第1期運転で不調になっていた B2 クライストロンを交換した。交換したのもかなり古く、30 年ぶりにフィラメントに通電するという状況であったが幸いにも電子源やクライストロン管内の真空は問題無く、大電力試験でも問題は無くビーム運転に使用できている。電磁石の流量計交換等のほか、ビーム輸送ラインにおいて偏向電磁石（BH11, BH12）のコイル洗浄を SuperKEKB 植田氏らの協力のもと実施した。PF-AR では、腐食がすすんでいたチタンゲッターポンプのコネクタやケーブル交換などを進めている。このほか、各グループにおいて実施しているメンテナンス作業を遅滞無くおこなった。

放射光実験施設の現状

放射光実験施設長 五十嵐教之
(2025年11月10日付け)

2025年の夏期停止期間中、開発研究多機能ビームライン(BL-11A,-11B)の建設作業が急ピッチで進められてきました。この建設作業には、若手人材の育成を目的として、他の放射光施設の若手スタッフや、本ビームラインを利用予定の大学院生および若手スタッフにも参加していただきました(図1)。9月いっぱい建設作業を完了し、第2期運転開始から放射光を導入して調整作業を進め、10月28日には、BL-11B(軟X線)のファーストビームを観測しました(図2)。引き続きBL-11A(硬X線)のビーム調整を進めており、11月下旬からはいよいよ利用が開始されます。PF-S課題(2025PF-S001:PF2ビーム利用多目的システムの構築)や新たに導入されたRD課題により、2ビーム利用実験の実験手法や装置のR&Dを本格的に推進していきます。次号の『放射光実験施設の現状』では、担当者に協力してもらい、2025PF-S001課題の紹介をしたいと思います。ユーザーの皆様にも2ビーム利用実験の新しい取り組みにぜひ積極的に参加していただくよう、よろしくお願いいたします。なお、このビームラインの実験ハッチ建設費は、「フォトンファクトリー先端化寄附金」からご支援をいただきました。実験ハッチには、2025年9月下旬までに寄附をいただいた方のご芳名(匿名希望の方を除く)を刻んだ銘板を設置し、11月8日には、寄附者を招いて完成報告会を開催しました。放射光科学の未来のために開発研究と人材育成に努めてまいりますので、今後もPFへのご支援を何卒よろしくお願い申し上げます。

12月13日には、フォトンファクトリー同窓会主催の第4回PF同窓会講演会を開催します。測定器OBから雨宮慶幸先生、加速器OBから古川和朗先生、現役スタッフからは五十嵐と、大東琢治、片岡竜馬が講演予定となっています。スタッフだけでなくユーザーも参加可能ですので、ぜひご参加いただき、講演会を、そして同窓会を盛り上げていただければと思います。どうぞよろしくお願いいたします。



図1 慶應義塾大学理工学部・近藤寛研究室が参加した建設作業の様子

運転・共同利用関係

2025年度第2期の運転については、PFは10月6日から、PF-ARは11月4日から予定通り開始しました。PF、PF-ARともに12月24日まで運転を継続する予定です。PFのハイブリッドモードは11月28日から最後までです。PF-ARは、5 GeVで運転を開始して、12月4日以降を6.5 GeVで運転します。第1期運転で不調だったPFのB2クライストロンについては、第2期運転開始前までに予備品に交換していただき、相当古いものなので心配していましたが順調に立ち上がり、第2期はRF4台運転で通常通りの運転に戻っています。一方、PF BL-14の超伝導ウィグラーについて、立ち上げ作業時に液体ヘリウム移送管の真空断熱にトラブルが見つかり、冷却作業を行うことができず、止む無く今期のBL-14の運用を停止するという決断をしました。BL-14ユーザーの皆さまには大変ご迷惑をおかけして申し訳ございません。次期以降の運転に間に合うよう、光源のスタッフが全力で復旧作業を進めています。PF-ARについても、運転開始前の総合動作試験中に電磁石電源の故障が見つかりヒヤヒヤしましたが、光源スタッフの懸命な復旧作業により、運転開始には間に合い、通常通りの運転を開始しています。第3期の運転スケジュールについては、11月中旬に決定します。

PF-PACの全体会議が9月29日に現地とオンラインのハイブリッド方式で開催され、放射光実験施設報告や、将来光源施設計画(量子マルチビーム施設計画)および共同利用ユーザー向け旅費支給廃止への対応について協議が行われました。詳細については、本誌記事をご参照ください。今後の開催方式については、対面での意見交換の重要性と、委員の皆さまの参加の利便性や負担などを考慮し、課題審査のある会議ではリモート方式、それ以外の会議ではハイブリッド方式で、各分科から1~2名は最低限対面で出席していただき、審議事項を徹底して議論するようにしたいと考えています。委員の皆さまには、ご協力のほど何卒よろしくお願い申し上げます。なお、次回PF-PAC全体会議は、2026年1月27日にリモート方式での開催を予定しています。

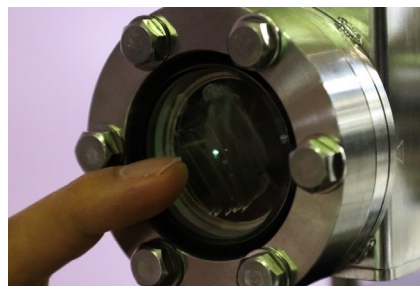


図2 BL-11A(軟X線)のファーストビーム観測(2025年10月28日)

放射光科学第一，第二研究系の現状

放射光科学第一研究系研究主幹 雨宮健太
(2025 年 10 月 14 日付け)

今から 6 年余り前の 2019 年 4 月，PF に関係する物構研の組織が改変され，放射光実験施設と低速陽電子実験施設が組織として明示的に位置付けられるとともに，放射光科学第一・第二研究系は，四つの研究部門（表面科学，固体物理学が第一研究系，構造生物学，材料科学が第二研究系）から構成されることになりました。大学共同利用機関である物構研において，大学をはじめとするコミュニティの皆さんとの交流が重要なことは言うまでもありません。放射光科学第一・第二研究系では，放射光利用の経験の有無によらず，新しい視点やバックグラウンドをもった人材を採用し，放射光をはじめとする様々な量子ビーム施設を有する物構研の強みを活かした研究・開発の経験を積んだ人材を，再び大学等に輩出することに力を入れています。

2019 年 4 月の時点で，表面科学研究部門には，部門長の雨宮の他に，准教授の堀場弘司さん，クロスアポイントメント（主務は東北大学教授）の組頭広志さん，特別助教の北村末歩さん，特任助教の湯川龍さん，博士研究員の小畑由紀子さんが在籍していました。また，固体物理学研究部門のメンバーは，部門長の熊井玲児さんをはじめ，教授の村上洋一さん，准教授の佐賀山基さんと中尾裕則さん，研究機関講師の岩野薫さん，博士研究員の石井祐太さん，そして研究員の玉造博夢さんと山口辰威さんでした。現在，当時のメンバーで両部門に残っているのは，部門長である私と熊井さん以外には，佐賀山さんのみとなっています。村上さんは 2021 年 3 月に定年退職，中尾さんは 2024 年 10 月に放射光実験施設に測定装置部門長として異動し，岩野さんは大変残念なことです。2023 年 1 月に逝去されました。その他のメンバーは所外へ転出（多くの場合は栄転）し，新しい職場で活躍しています。また，佐賀山さんは名古屋大学へ教授として転出することが決まりましたので，これで両部門の部門長以外のメンバーは，完全に入れ替わることになります。そこで今回の PF ニュースでは，2019 年の組織改編以降，放射光科学第一研究系に新たに採用されたスタッフについて，その経歴を含めて紹介します。

表面科学研究部門の准教授の阪田薫穂さんは，2020 年 4 月に物構研の博士研究員として採用され，特任准教授を経て 2024 年 7 月から現職に就いています。阪田さんは，早稲田大学において半導体材料の結晶成長に関する研究，特に量子化学計算と電気化学的手法を用いた Si における歪みと反応性の相関の解明に取り組み，博士（工学）を取得しました。その後，同大学の助手にはじまり，スタンフォード大学，JAXA 宇宙科学研究所を経て，東京大学の特任研究員として水分解のための光触媒の研究に従事しました。さらに，チェコ科学アカデミー J. Heyrovsky 物理化学研究所でも，水分解のための電極触媒の研究を行いました。こうした経験を活かして，物構研に着任後は，主に軟 X 線吸収分

光法を用いた表面化学反応や固液界面での電気化学反応のリアルタイム・オペランド観察手法の開発を行い，光触媒を含む電極触媒の反応メカニズムの解明を進めています。

表面科学研究部門の特別助教（テニュアトラックに相当）の AHMED, Rezwan さんは，2020 年 11 月に物構研の量子ビーム連携研究センター (CIQuS) の博士研究員として採用され，低速陽電子実験施設の博士研究員を経て 2025 年 1 月から現職に就いています。出身はバングラデシュで，九州大学の博士課程に 2017 年から 2020 年まで在籍し，低エネルギー電子線回折 (LEED) を用いた金属表面の構造解析，特に Cu(410) の表面や Cu(111) 上の Sn の単原子層に対する原子配列の定量的決定に取り組み，博士（学術）を取得しました。物構研に着任後は，こうした表面科学の経験を活かして，表面構造解析に絶大な威力を発揮する低速陽電子回折 (LEPD) ステーションの開発とその応用研究を行うとともに，光電子分光との相補利用による表面構造と電子状態の精密な解析を目指した研究を精力的に推進しています。

固体物理学研究部門の助教の深谷亮さんは，東京大学において博士（理学）を取得した後，東京工業大学（当時）の産学官連携研究員にはじまり，物構研の研究員，特任助教，東京大学物性研究所の特任助教を経て，2025 年 5 月から現職に就いています。深谷さんは一貫して，強相関電子系や光誘起相転移に関する研究，特に時間分解 X 線回折を用いた非平衡ダイナミクスの解明に取り組み，光によって誘起される構造変化や電子状態の動的応答を，X 線回折や X 線吸収分光を用いて可視化することで，物質の新たな機能性の発現メカニズムを明らかにすることを目指して，フェムト秒レーザーと放射光や自由電子レーザーを組み合わせた超高速現象の観察手法の開発を行っています。

このように表面科学研究部門と固体物理学研究部門では，学生の頃から放射光を用いた研究を精力的に行ってきた研究者と，これまで量子ビームとはあまり縁がなく，材料研究や分析手法の開発に取り組んできた研究者をバランスよく採用し，部門内はもちろん研究所の内外の方々と協力しながら，放射光をはじめとする量子ビームを駆使した最先端の研究を展開するとともに，物構研ならではの人材を輩出しています。今後もコミュニティの皆さんとの間で，人事を含めた様々な交流を行っていきたいと考えています。

人事異動

放射光科学第一，第二研究系の人事異動を報告します。9/30 に材料科学研究部門の PYATENKO Elizaveta さんが東京大学に異動されました。また，10/1 に材料科学研究部門に春木理恵さん，構造生物学研究部門に戒能賢太さんが，研究員として着任されました。今後の益々の活躍を期待しています。