入射器の現状

加速器第五研究系研究主幹　惠郷博文
（2026 年 10 月 6 日付け）

運転状況

7 月 6 日から 9 月 5 日までの 2026 年夏期保守作業を行い，9 月 14 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，ビーム調整を行っている。図 1，2 に順調に調整されている光源リングへのビーム例を示す。2026 年度第 2 期は 10 月 7 日から PF リング，10 月 26 日から PF-AR へビーム入射運転を開始する。SuperKEKB は今期もメンテナンス継続となっているため，12 月 24 日まで PF リングと PF-AR への運転のみとなる。

夏期保守・高度化作業

2026 年夏期保守期間における主要機器の保守，高度化の実施内容を以下にまとめる。

3 つの加速ユニット（AC_37，AC_41，AC_56）で水漏れなどの経年劣化した PF 型加速管の交換を実施し，新型加速管 12 本を設置した。AC_47 加速ユニットにおいても水漏れ応急処置した PF 型加速管（PF 型 2 m 連結 4 m タイプ）があったが，新型加速管が不足しているので，AC_37 加速ユニットから取り外した加速管（水漏れなし）を移設した。新型加速管設置ユニットは，これまでより加速電圧を上げて運転する。最終的な運転値は RF コンディショニングやクライストロン出力性能の状況を見ながら判断する。前期より運用を開始した SuperKEKB 電子ビーム用 ECS（Energy Compression System）である KL_62 RF ユニットにおいて，入射器ギャラリーおよびトンネル内の導波管を取り外し，安定運転を妨げている放電導波管を調査した。RF フランジのテーパー不良箇所が発見され，改良型 RF コンタクタを装着して再締結した。このユニットでは真空悪化がしばしば発生していたため，イオンポンプのベーキングを実施した。一部の真空ゲージ不良があり，これらはインターロックから外した。他の真空ゲージのインターロックで保護されるため，問題はない。

電磁石関連の保守として，不良パトライト交換および電源更新，冷却水インターロック機能の追加，配線およびバルブ調整，総合動作試験を実施し，安全性および安定性の確認を行った。陽電子ビーム用 ECS に使用されている経年劣化した 2 台の大型電磁石用電源（BM_61_1/6，BM_61_3/4）の更新，設置作業を行った（図 3）。新電源は環境温度変化による出力変動を抑えるため，水冷化した。また，制御システムも近代化して Ethernet 接続によるデジタル制御化しており，基本動作，インターロック，リモート操作を含む総合試験にて正常動作を確認した。また，老朽化した小型 DC 電磁石電源 27 台を電力効率が改善された新電源に交換した。陽電子生成部ソレノイドおよび J-ARC 部の大型偏向電磁石電源は定期点検を行うとともに，電流安定度の試験も実施し，結果は良好であった。

SuperKEKB 電子ビーム生成に用いる改良型 RF 電子銃 1 号機を 2 号機に交換した。1 号機は非常に安定にビーム出力を実施できていたが，組立時の不良のため，周波数調整時に電子銃本体へ過度の変形を与えており，今後の動作安全性を考慮しての交換である。カソードは前回運転時と同じものを流用し，レーザー光学部品を復元して調整を行った。また，来年度に予定している RF 電子銃冗長化のための入射部ビームラインの改造も行った。

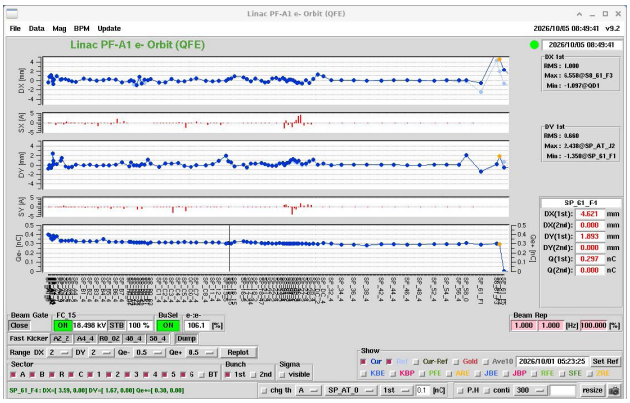


図 1　PF リング入射ビームの調整例（横軸：入射器内機器位置，上：水平方向ビーム位置，中：垂直方向ビーム位置，下：電荷量）

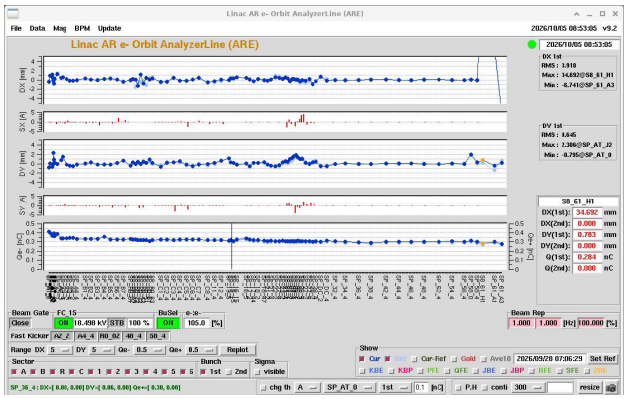


図 2　PF-AR 入射ビームの調整例

大電力高周波（RF）においては，定期点検の他，6 月 19 日に発生した大停電で破損した RF モニタユニットの修理などを実施した。また，開発を進めていた高効率クライストロンのプロトタイプ（図 4）が完成したため，その大電力試験に必要な機器の製作とセットアップを行った。10 月中旬より大電力出力試験を開始する予定である。

BPM（Beam Position Monitor）制御系では，入射器から SuperKEKB 蓄積リングへのビーム伝送ラインで問題となっている 2 バンチビームの分離測定ができるようにケーブル配線の変更や測定システムの追加を行った。また，高精度ビーム診断ラインに，新たに放射光モニタ（SRM_61_1）の設置，アライメント作業を行った。このモニタの稼働により，ビーム非破壊にてビーム調整やエミッタンスのフィードバック制御が可能となり，ビーム安定性の向上が期待できる。



図 3　陽電子ビーム ECS 大型電磁石用新型電源

まとめ

今回の夏期保守期間において，ビーム運転の更なる安定化に向けて，加速管交換・真空系や RF 機器の保守整備・電磁石電源更新・新型電子銃設置・安全システム・制御モニタの点検整備など，老朽化機器の更新，および，調整作業を実施した。

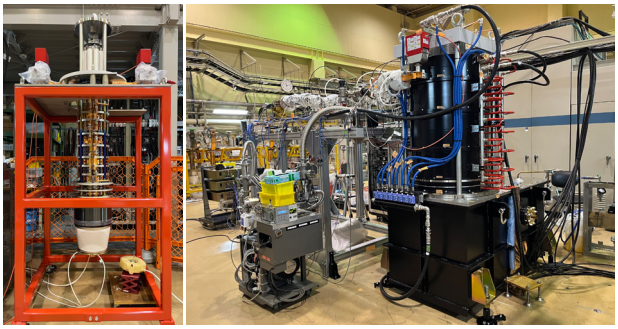


図 4　高効率クライストロン プロトタイプ

光源の現状

加速器第六研究系研究主幹　帯名　崇
（2026 年 10 月 21 日付け）

PF リングおよび PF-AR の夏期作業の概要

PF-AR は 6 月 19 日，PF リングは 6 月 29 日に 2026 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 2 期の運転は PF リングが 10 月 5 日，PF-AR が 10 月 26 日に開始する。SPring-8-II への高度化に伴って SPring-8 が長期停止する期間（ダークタイム）には，PF への利用需要が一層高まることが見込まれる。このため今夏は，ダークタイムに向けた長時間・安定運転の実現を重点目標とし，PF リング・PF-AR ともに機器の保守と更新を進めた。一方，9 月 12 日には PF リングで電磁石冷却水ホースの破断による漏水事故が発生した。関係者の迅速な対応により運転開始までに復旧し，再発防止策も講じている。以下ではこの漏水事故を中心に，主な作業について述べる。

PF リング電磁石冷却水ホースの破断と再発防止策，その他の作業

9 月 12 日（土）21 時 35 分頃，リング地下の Q132 電磁石の冷却水ゴムホースが突然破断し，周辺に冷却水が噴出した（図 1）。この箇所は 2018 年 1 月にも同様の破断を起こしており，前回は使用開始から 13 年，今回は交換から 8 年半での破断であった。噴出した冷却水は隣接する超伝導ウィグラー（VW14）にかかり，スパッタイオンポンプの高電圧ケーブルの地絡，冷凍機バルブモーターのケーブルのトラッキングによる短絡などの被害が生じた。9 月 14 日にはケーブルの修復を終えて冷凍機の再稼働を確認し，その後順次復旧を進めた。地下トレンチにあったトランスバースフィードバック（TFB）用アンプ 2 台も被水したが，乾燥後の試験で性能に問題がないことを確認した。漏水を被った可能性のある ID16 のキッカー電磁石群についても，9 月 25 日の通電試験で異常がないことを確認している。

昨年 9 月にも Q201 の冷却水ホース破裂による漏水が発生しており（PF News Vol.43 No.3 参照），2 年続けての事故となった。ホースの劣化は放射線量の高い場所ほど早く進むと考えられる。そこで今回は，VW14 下流部と使用期間の長い直線部を中心に，ゴムホースの硬度を測定して劣化状況を調べた。その結果，Q133 のホースはほぼ全数で劣化が進んでいることが分かったため，予備品と合わせて発注済みであり，年末年始の停止期間に交換する。そのほかに劣化が見つかったホースもカバーで保護したうえで，同時期の交換を目指す。また，Q132・Q133 の周囲をフレームで囲って VW14 側にビニルを張り，万一ホースが破断してもウィグラーに水がかからない構造とした。さらに，トンネル内 10 カ所で放射線量の測定を開始し，劣化の進み方を継続的に追跡していく。漏水検知のアラートについては，関係者へのメール通知と電子ログへの記録，制御室でのパトライトやアラーム画面での表示を整備した。ダークタイムに向けて長期間の安定運転が求められるなかで，冷却水系の老朽化は最大のリスクの一つであり，計画的な更新を続けていく。

高周波加速系では，クライストロン高圧電源の保守点検



図 1　9 月 12 日の漏水事故の様子。(a)(b) 漏水直後の現場。(c) 破断した Q132 の冷却水ホース。

にあわせて，PCB を含む恐れのある部品の交換を完了した。また，基準信号を生成するマスターオシレータを新しいものに更新し，第 2 期の運転から使用する。ノイズの低減と機器の安定運転につながるものと期待している。入射系では，パルス電源の定期保守点検の過程でセプタム I の電源に不具合が見つかったが，トリガーケーブルがノイズを拾っていたことが原因と判明し，ケーブルの交換で復旧した。ビームモニター系では，旧信号処理回路に接続されていた BPM2 台を新しい回路に移し，COD 補正と軌道フィードバックに組み込んだ。これにより，高輝度化直後の 1997 年頃から使ってきた旧 BPM システムを完全に停止できる状態となった。挿入光源系では，ID15 の補正電磁石電源を高速・高安定度の新電源（FAST-PS）に変更した。制御系では，インターロックシステムの保守点検と機能更新を 9 月 9 日に完了したほか，CAMAC から PLC への移行が進み，次期運転から CAMAC を廃止できる見込みである。電磁石電源の総合動作試験は 9 月 11 日と 25 日の 2 回実施し，問題のないことを確認した。

PF-AR での作業

前号で報告した NW9 ベローズダクトの RF フィンガー損傷については，第 1 期の運転では強制空冷で対応していたが，今夏は銅ブロックによる水冷ジャケットを取り付けて通水試験を完了し，定常的に冷却できる状態で第 2 期の運転に臨む（図 2）。運転電流値は，実際のビーム負荷のもとで冷却の効果を確かめたうえで決定する。また，同じ構造の NW11 をファイバースコープで点検したところ，NW9 ほどではないものの RF フィンガーのめくれが確認された。ベローズダクト本体の交換に向けて準備を進めている。このほか，カウンターキッカーの試運転に向けたパルス四極電源の組み込みと出力試験を行い，PF リングと同様にマスターオシレータも更新した。老朽化が問題となっていた AR 南棟の空調チラー 3 台については予算措置が決まり，来年度の 7 〜 9 月に更新工事を行う予定である。

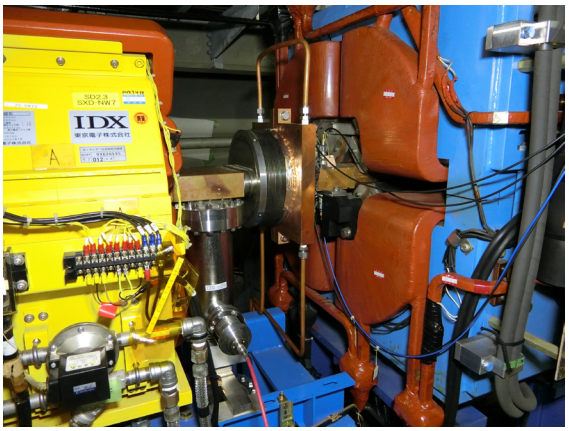


図 2　NW9 ベローズ付きダクトに取り付けた銅ブロック製水冷ジャケット。損傷部での発熱が電磁石側に伝達しないようにすることが目的である。

その他

PF リングでは 8 月に北 RF 付近の天井から漏水があり，空調機器の排水経路を 9 月 28 日に修理した。PF-AR でも 9 月 18 日にトンネル天井の継ぎ目にできた亀裂から地下水が滴下しているのが見つかった。現在は滴下が止まっており経過を観察している。地下水の湧水やトンネル床面・壁面のひび割れについては根本的な対処が必要であり，施設部と相談を進めている。また，超伝導多極ウィグラー（SC-MPW）のテストベンチの構築が完了し，各種の安全査察準備を進めている。これをうけて冷却・通電試験段階に移行する。

人事異動

最後に，加速器第六研究系の人事異動を報告します。2026 年 10 月 1 日付で安田彩華さんが技術員として新規採用されました。光源第 1 グループの一員として電子軌道および電磁石に関連する開発および業務に従事して頂きます。

放射光実験施設の現状

放射光実験施設長　五十嵐教之
（2026 年 10 月 29 日付け）

開発研究多機能（R&D）ビームライン BL-11

BL-11 では，2025 年秋の共同利用開始以降，硬Ｘ線と軟Ｘ線を組み合わせた 2 ビーム利用研究が本格的に進められています。2026 年度第 2 期も 4 グループによる利用が予定されており，水電解触媒やＸ線誘起化学反応をはじめとする多様な研究課題への展開が期待されています。2026 年 8 月 20 日のプレスリリースにつきましても，多くの報道機関に取り上げていただきました。なお，最初の実証実験の詳細については，次号の「最近の研究から」にて紹介する予定です。

一方，夏期停止期間中には軟Ｘ線フリーポートブランチ（BL-11B1）の建設が予定通り完了し，軟Ｘ線大面積平行ビームを供給するための光学系の設置が終了しました（図 1）。現在はビームコミッショニング作業を継続しており，光学調整や性能評価を進めています（図 2，3）。今後は二次元検出器の評価試験や軟Ｘ線イメージングへの応用など，新たな利用研究の立ち上げを進める予定です。

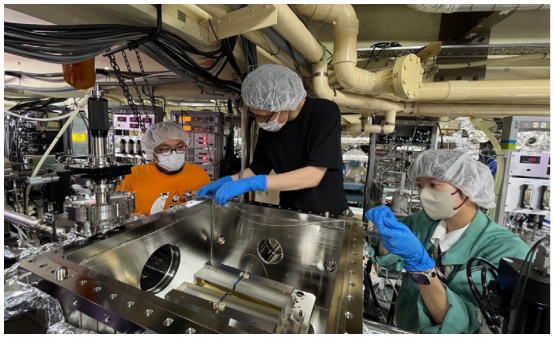


図 1　BL-11B1 の光学系（M3B/M3B'）設置作業

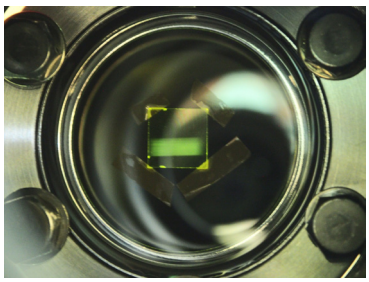


図 2　BL-11B1 のファーストビーム導入



図 3　BL-11B1 ビームコミッショニング作業

BL-11 は，「硬Ｘ線・軟Ｘ線の 2 ビーム同時利用」と「大面積軟Ｘ線利用」という 2 つの特徴を併せ持つビームラインとして，今後も新たな利用手法の開拓や研究コミュニティの形成を推進してまいります。利用に関心をお持ちの方は，ぜひ担当者までお問い合わせください。

運転・共同利用関係

2026 年度第 2 期の運転については，PF が 10 月 5 日，PF-AR が 10 月 26 日より予定通り開始しました。両施設ともに運転開始直前に電源トラブルが発生したものの，光源スタッフの迅速な対応により復旧し，予定通り通常運転に入っています。ユーザー利用は PF が 10 月 9 日，PF-AR が 10 月 30 日にスタートし，両施設ともに 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運転は 11 月 27 日から運転終了までを予定しています。また，PF-AR は 5 GeV で運転を開始し，11 月 27 日以降は 6.5 GeV で運転します。第 3 期の運転につきましても，機構の特別要求が認められたため実施する運びとなっており，11 月初旬にはスケジュールをお知らせできる見込みです。前号で報告した PF-AR 南実験棟チラーの故障につきましても，特別要求が認められ，来夏の更新を予定しています。その他，リング軌道安定化に向けた機器が年内に納入される見込みとなっており，来年より順次導入・調整を進めていく予定です。

9 月 8 日には，現地とオンラインのハイブリッド方式にて PF-PAC 全体会議が開催されました。放射光実験施設報告として，運転計画，SPring-8 ブラックアウト対応，BL-11 プレスリリース，2026 年度第 2 期からの変更点等が報告されたほか，今後の課題として T 型課題の状況や学術放射光施設連携について説明がなされました。また，船守所長より「KEK ビジョン 2026」の進捗や MB-LINQ 計画についての説明があり，データポリシー策定および P 型課題募集要項の改訂に向けた協議も行われました。詳細につきましては，本誌の関連記事をご参照ください。なお，次回の PF-PAC 全体会議は 2027 年 2 月 1 日を予定しており，実験課題および量子ビーム研究奨励旅費の審査を兼ねるため，オンライン方式で開催されます。

2026 年 12 月 5 日に「第 5 回 PF 同窓会講演会」が開催されます（参加費無料）。ユーザーの皆様もご参加いただけます。温故知新の知見に触れられる貴重な機会ですので，ぜひご参加ください。あわせて，PF 同窓会（会費無料）へのご入会も心よりお待ちしております。詳細につきましては，本誌のお知らせページをご参照ください。

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
（2026 年 10 月 20 日付け）

プレスリリース等でお知らせしている通り，PF では 2025 年秋に開発研究多機能ビームライン (BL-11A, -11B) が完成し，いよいよ硬Ｘ線と軟Ｘ線を同一位置に同時照射する「量子マルチビーム実験」が開始されました。もちろん，放射光科学第一，第二研究系のメンバーも，このビームラインを利用した実験に参加しています。今回はその中から，最初の 2 ビーム利用実験の一つとして行った，水の電気分解反応の「プローブ - プローブ測定」によるリアルタイム観察の様子を紹介します。

水の電気分解反応は，脱炭素社会の実現に向けて注目されている水素の製造方法の一つとして盛んに研究されています。この反応では，陽極と陰極でそれぞれ，酸素と水素が発生しますが，反応全体の律速となっているのは酸素発生であり，酸素発生反応 (Oxygen Evolution Reaction; OER) を促進する電極触媒の開発が急務となっています。表面科学研究部門では，電極触媒を用いた OER の反応機構を解明するために，主にＸ線吸収分光を用いて，電気化学反応中の固液界面における酸素種や触媒の挙動のリアルタイム観察に取り組んでいます。これまでに，典型的な OER 触媒の一つである Co 酸化物について，BL-16A において波長分散型Ｘ線吸収分光法を用いて，電位を掃引しながら酸素 K 吸収端の吸収スペクトルを 3-5 秒ごとに測定し，反応中間体に関係する化学種を観察することに成功しています [K. Sakata and K. Amemiya, Electrochem. Commun. **157** (2023) 107627.]。この研究では，同じ装置を使って Co L 吸収端での測定も行っており，触媒である Co の化学状態の変化も観察しています。これらの測定は，同じ試料を用いて同じビームタイム中に行ったものですが，電位掃引による Co の化学状態変化は可逆ではなく，それどころか Co が電解液に溶け出したり電極に戻ったりする様子も観察されるため，酸素の K 吸収端と Co の L 吸収端のデータをそのまま比較することはできず，触媒である Co の変化と酸素種の挙動を相関させて反応機構を理解することはできませんでした。

そこで登場するのが 2 ビーム利用実験です。BL-11A, -11B では，電位掃引中の全く同じタイミングに，硬Ｘ線で Co K 吸収端を，軟Ｘ線で酸素 K 吸収端を，同時に測定することができます。ただし，波長分散型Ｘ線吸収分光法は利用できないので，測定時間は 1 スペクトルあたり 2-3 分かかってしまい，電位掃引を，30 mV/min という普通の電気化学測定の感覚では考えられないくらいゆっくりした速度で行う必要があります（ちなみに BL-16A では 5 mV/s 程度で掃引しています）。それでも，触媒の状態が電位掃引のサイクルごとに不可逆に変化するような試料において，触媒と反応種を同時に測定できることは本質的に重要です。

2025 年 11 月末，BL-11A, -11B が完成した直後の最初の実験として，この測定のために約 1 年かけて準備した装置（写真 1）をビームラインに設置して，2 ビーム利用実験を行いました（図 1）。単色化された硬Ｘ線と軟Ｘ線は，写真の奥側のダクトを通って右端の試料に照射されます。手前に見えているのが蛍光Ｘ線の検出器 (SDD) で，Co と酸素の蛍光Ｘ線（それぞれのエネルギーは 7 keV 弱と 500 eV 強）を弁別して同時にカウントできます。まず，電気化学反応セルのかわりにビューポートを取り付け，ビューポートの真空側に塗布した蛍光塗料を用いてビームを確認しました。写真 2 左では，軟Ｘ線がビューポートの中央に当たって蛍光塗料が光っているのが見えます。また，SDD の先端は試料の目の前，10 mm 程度の位置にあることもわかります。



写真 1　硬Ｘ線と軟Ｘ線の 2 ビーム同時プローブ測定のための実験装置。

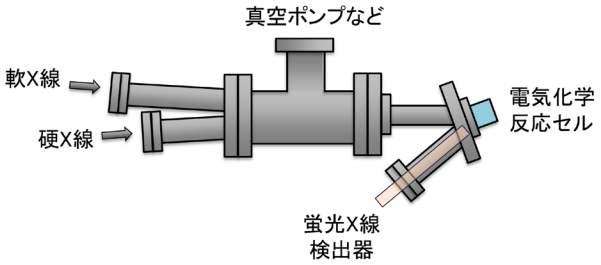


図 1　ビームラインと実験装置の配置の模式図 (Top view)。

ビューポートを見ながら硬Ｘ線と軟Ｘ線のビームが一致するように調整した後に，電気化学反応セルを取り付けました（写真 2 右）。電解液や電極（対極と参照電極）は大気中にありますが，上流側に Si_3N_4 窓があって，そこに作用極（厚さ 10 nm 程度）と Co 酸化物（厚さ 3-5 nm 程度）が成膜されています。この窓の約 2 mm 上流には，大気圧と真空を仕切るための Si_3N_4 窓があり，2 枚の Si_3N_4 窓の間には He を流しています。硬Ｘ線と軟Ｘ線は，これらの窓を通って

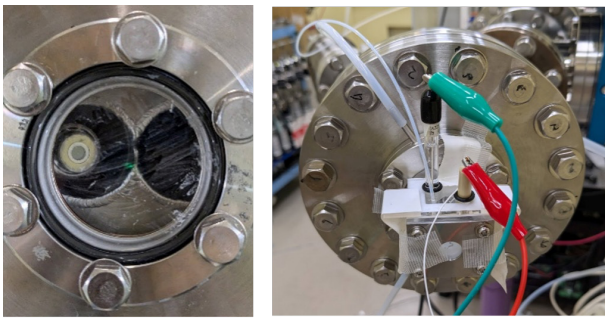


写真 2　左：電気化学反応セルの位置にビューポートを取り付けて装置の中を見たもの。左奥に見えるのが蛍光Ｘ線検出器（SDD）。右：電気化学反応のリアルタイム測定のセットアップ。

電解液に到達し，その過程における吸収量に比例して放出される蛍光Ｘ線を SDD で検出します。なお，軟Ｘ線は電解液中に 100 nm 程度しか侵入できませんが，硬Ｘ線はずっと深くまで侵入します。ところが，Co は電極付近にしか存在しないので，Co K 吸収端と O K 吸収端のＸ線吸収スペクトルは，ほぼ同じ領域を観察していることになります。

最後に，硬Ｘ線と軟Ｘ線が Si_3N_4 窓に正しく照射されるようにビーム位置を微調整し，いよいよリアルタイム観察を行いました。硬Ｘ線と軟Ｘ線を独立にエネルギー掃引し，それぞれのエネルギーにおける Co と酸素の蛍光Ｘ線の強度を記録することで，吸収スペクトルを同時に測定できます。電位を掃引して電極反応を進行させながら，ひたすらスペクトル測定を繰り返しました。こうして得られたデータが，8 月 20 日のプレスリリースで紹介した BL-11A, -11B の最初の論文 [D. Wakabayashi et al., Rev. Sci. Instrum. **97** (2026) 093102.] に掲載されています。ちなみにこのデータは，2025 年 11 月末の最初のビームタイム（3 日間）で測定されたものですので，まさにビギナーズラックと言ってよいでしょう。その後，さらに実験や解析を進め，得られた結果を新たな論文として投稿中です。このように，BL-11A, -11B における 2 ビーム利用実験によって，これまでは本質的に不可能だった触媒と反応種の同時リアルタイム観察が可能になり，今後，様々な化学反応の機構解明が大きく進展すると期待しています。

人事異動

最後に放射光科学第一，第二研究系に関連する人事異動を紹介します。10 月 1 日に，構造生物学研究部門の研究員として STEGMANN, Dennis Peter さんが着任されました。今後の活躍を期待しています。