1年前の『物構研だより』において、次期計画の実現に向けては、予算の検討と特長の強化が重要であると述べました。本稿では、第8回フォトンファクトリー計画推進委員会（2025年7月30日開催）において議論した「量子マルチビーム施設計画：超伝導ライナック中核案」の紹介から始めたいと思います。

KEK ロードマップ 2021 と KEK 研究実施計画 (KEK-PIP) 2022 では、自由度を格段に向上させた新光源施設を目指すとしており、Hybrid Ring [1] や Energy Switchable Storage Ring [2] の検討を進めてきました。電子ビームが定常状態で周回する蓄積リングのエミッタンスは、おおよそ周長の三乗に反比例します。したがって、蓄積リングでは高性能な放射光の発生のために十分な周長を確保する必要がありますが、想定される予算の制約の中では難しく、アップグレードの際などにも周長の変更は不可能です。一方、ライナックでは予算に応じた拡張（や縮小）も可能です。「量子マルチビーム施設計画：超伝導ライナック中核案」では、Hybrid Ring の入射器に採用予定であった超伝導加速技術を応用した High Repetition Rate Free Electron Laser (HRR-FEL) を中心に据えています。現時点では、2.5 GeV ロングパルスモード（バーストモード）による軟X線域までの FEL 光を検討しており、超伝導加速による高フラックス特性を活用したフォトンハングリー研究（微弱信号の測定が必要な研究）を始め、放射光より約10桁も高い FEL 光のピーク輝度特性を活用した量子マルチビーム研究（放射光や陽電子との同時利用による研究）や FEL 光のアト秒域までのパルス特性を活用した高速ダイナミクス研究（電子と原子のダイナミクスの研究）などが可能になると期待されます。

日本国内に未整備の HRR-FEL を中心に据えた量子マルチビーム施設には、単に自由度を格段に向上させた KEK の新光源施設ということに留まらない価値があると考えています。まず、FEL 光の利用のクリティカルマスの観点から挙げられます。放射光の状況とは大きく異なり、軟X線域以上の高エネルギーの FEL 光を発生可能な国内の施設は SACLA のみ、世界的にも建設中を含め約10施設しかありません。相対的に低いコストで建設と運営が可能な軟X線域の FEL 光源を整備して、FEL 光の発生と利用に関する技術開発と人材育成を行うことは、この問題の改善に大きく貢献します。また、波長域とコヒーレンスの特性から、軟X線域の FEL 光は高次高調波レーザー光と放射光を接続する位置にあり、それらの研究者コミュニティ間の求心力として機能すると期待されます。さらに、社会的な観点からは、半導体リソグラフィ技術の高度化を担う Beyond EUV 大強度光源として貢献することも可能です。本提案では、より広範な研究者コミュニティとともに、研究分野の深化・融合・創成を進めます。

日本学術会議の未来の学術振興構想の改訂にあたり、学

術の中長期研究戦略の公募が行われており、前回の2023年に採択された「量子ビーム施設統合マルチプローブ学術研究基盤」の改訂を準備しています。ポイントは、前回の内容を更に進めて（次期計画とも調和的に）、順次利用から同時利用への方向性と物構研の4ビーム以外の新ビーム利用への方向性を打ち出すことです。新ビームとしては、前述の FEL 光や高次高調波レーザー光の他、小型加速器からの中性子ビームを挙げる予定です。前回の申請では、放射光の学術連携施設として UVSOR と HiSOR を挙げていますが、今回の申請では、東大物性研の ISSP-SOR とレーザー施設 (LASOR)、中性子施設 (NSL) にも加わっていただく予定です。

開発研究多機能ビームライン (PF BL-11A,-11B) の建設が、お盆休みもなく進められています。2020年に長期的な成果創出のための開発研究と開発研究を通じた若手人材の育成を目的とする開発研究専用ビームラインとして提案され、2022年に軟X線と硬X線の同時利用（量子マルチビーム研究）の試験が目的に追加されるとともに名称が変更され、現在に至っています。BL-11 と BL-12 の再整備が開始されたのも2022年です。2025年の夏期停止期間中に完成、完成報告会を11月8日に開催する予定です。このビームラインの実験ハッチは、様々な開発研究に対応する必要から PF/PF-AR で最大級となっています。紫峰筑波山にあやかり紫色に塗装した巨大な実験ハッチには、製作設置の費用（約1000万円）を支援いただいた「フォトンファクトリー先端化寄附金」の寄附者の銘板を掲示し、寄附者を完成報告会にご招待します。KEK 一般公開の開催される9月23日までの寄附者を対象としていますので、この機会にご支援をお願いいたします。（Webより、1000円からクレジットカードでご寄附いただけます。）

軟X線域の HRR-FEL を中心に据えた新施設と開発研究多機能ビームラインの完成を目前にした現施設は、量子マルチビーム研究の両輪とも言える関係ですが、新施設の計画を実現するためにも、現施設で優れた成果を挙げるのが重要です。現施設では、そろそろ、軟X線と硬X線の次を決定すべきタイミングになってきています。新施設と現施設を一体と捉え、量子マルチビーム研究の推進という観点でアイデアを出し合い、新しい研究に挑戦していきましょう！

- [1] K. Harada *et al.*, *J. Synchrotron Radiat.* (2022).
<https://doi.org/10.1107/S1600577521012753>
- [2] T. Sato *et al.*, *J. Synchrotron Radiat.* (2025).
<https://doi.org/10.1107/S1600577525005363>