

Online ISSN 2760-3245
SPring-8 Document D2025-016

SPring-8 SACLA NanoTerasu

INFORMATION

利用者情報

Vol.1 No.3
(DECEMBER 2025)



SPring-8/SACLA/NanoTerasu INFORMATION

利用者情報 Vol.1 No.3 DECEMBER 2025

目次

CONTENTS

寄稿：ノーベル化学賞に寄せて / On the Nobel Prize in Chemistry

最先端高輝度シンクロトロンX線が拓く：MOFの学理から社会実装まで
現場知×学際連携が駆動する「設計↔計測↔実装」の高速ループ
Enabled by State-of-the-Art Synchrotron X-rays : From MOF Science to Real-World Deployment
An Accelerated Feedback Loop of Design ↔ Measurement ↔ Implementation, driven by on-site know-how
× interdisciplinary collaboration

(公財) 高輝度光科学研究センター 常務理事
Executive Managing Director, Japan Synchrotron Radiation Research Institute

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部次長
Deputy Director, User Administration Division, Japan Synchrotron Radiation Research Institute

坂田 修身
SAKATA Osami

池本 夕佳
IKEMOTO Yuka 206

1. 最近の研究から / FROM LATEST RESEARCH

[14th SpRUC Young Scientist Award 受賞 研究報告]
硬X線結像ミラーによるXFELの極限的集光
Extreme focusing of X-ray free-electron laser using X-ray imaging mirror optical system

大阪大学 大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, The University of Osaka

山田 純平
YAMADA Jumpei 215

[14th SpRUC Young Scientist Award 受賞 研究報告]
時分割in situ X線回折測定を用いたゲート型吸着剤の構造転移速度解析
Kinetic Analysis of Adsorption-Induced Structural Transitions in Flexible Metal–Organic Frameworks by Time-Resolved in situ X-ray Diffraction

京都大学大学院工学研究科 化学工学専攻
Department of Chemical Engineering, Kyoto University

平出 翔太郎
HIRAIDE Shotaro 220

2. ビームライン・加速器 / BEAMLINES ACCELERATORS

BL40XU改修 (SAXS ID) について
BL40XU update to SAXS dedicated Beamline

(公財) 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室
Diffraction and Scattering Division, Japan Synchrotron Radiation Research Institute

関口 博史
SEKIGUCHI Hiroshi
増永 啓康
MASUNAGA Hiroyasu 226

3. 研究会等報告 / WORKSHOP AND COMMITTEE REPORT

岡山大学放射光利用連携Workshop ～放射光を利用してみませんか～
Okayama University Workshop on Collaborative Promotion of Synchrotron Radiation Utilization
~Why Not Try Using Synchrotron Radiation?~

(公財) 高輝度光科学研究センター 産学総合支援室
General Support Division, Japan Synchrotron Radiation Research Institute

佐藤 真直
SATO Masugu 229

超低温物理に関する国際会議ULT2025に出席して
Report on ULT2025: Frontiers of Low Temperature Physics

(公財) 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室 / JASRI ナノテラス拠点
Diffraction and Scattering Division / JASRI NanoTerasu Research Center,
Japan Synchrotron Radiation Research Institute

田尻 寛男
TAJIRI Hiroo 232

第22回 SPring-8産業利用報告会
The 22nd Joint Conference on Industrial Applications of SPring-8

(公財) 高輝度光科学研究センター 産学総合支援室
General Support Division, Japan Synchrotron Radiation Research Institute

堂前 和彦
DOHMAE Kazuhiko 236

SpRUC シンポジウム 2025 報告 SpRUC Symposium 2025 Report

特定放射光施設ユーザー協団体 (SpRUC)

(国研) 物質・材料研究機構 マテリアル基盤研究センター
Center for Basic Research on Materials, National Institute for Materials Science
熊本大学 理学部 理学科 物理学コース
Department of Physics, School of Science, Kumamoto University
兵庫県立大学大学院 理学研究科
Graduate School of Science, University of Hyogo
(公財) 高輝度光科学研究センター 分光・イメージング推進室
Spectroscopy and Imaging Division, Japan Synchrotron Radiation Research Institute
(国研) 量子科学技術研究開発機構 NanoTerasu センター
NanoTerasu Center, National Institutes for Quantum Science and Technology
大阪公立大学 理学研究科 物理学専攻
Department of Physics, Graduate School of Science, Osaka Metropolitan University
近畿大学 理工学部 理学科 化学コース
Faculty of Science and Engineering, Kindai University

永村 直佳
NAGAMURA Naoka
水牧 仁一朗
MIZUMAKI Masaichiro
田中 義人
TANAKA Yoshihito
登野 健介
TONO Kensuke
安居院 あかね
AGUI Akane
久保田 佳基
KUBOTA Yoshiki
杉本 邦久
SUGIMOTO Kunihisa 240

第9回 SPring-8 秋の学校を終えて The 9th SPring-8 Autumn School

特定放射光施設ユーザー協団体 (SpRUC) 行事幹事 (秋の学校担当)
(国研) 量子科学技術研究開発機構 関西光量子科学研究所
Kansai Institute for Photon Science, National Institutes for Quantum Science and Technology

城 鮎美
SHIRO Ayumi 250

第13回 MEDSI2025 国際会議参加報告 Report of 13th International Conference of Mechanical Engineering Design of Synchrotron Radiation Equipment and Instrumentation(MEDSI2025)

(公財) 高輝度光科学研究センター ビームライン光学技術推進室
Beamline Optics Division, Japan Synchrotron Radiation Research Institute
(公財) 高輝度光科学研究センター 加速器部門
Accelerator Division, Japan Synchrotron Radiation Research Institute

坪田 幸士
TSUBOTA Koji
太田 紘志
OTA Hiroshi 255

ICAME-HYPERFINE 2025 会議報告 Report on ICAME-HYPERFINE 2025

(公財) 高輝度光科学研究センター 産学総合支援室
General Support Division, Japan Synchrotron Radiation Research Institute

筒井 智嗣
TSUTSUI Satoshi 260

4. SPring-8/SACLA/NanoTerasu 通信／SPring-8/SACLA/NanoTerasu COMMUNICATIONS

第55回 (2025B) SPring-8 利用研究課題の採択について The Proposals Approved for Beamtime in the 55th Research Term 2025B

登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部
Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI 264

2025B 期 採択大学院生提案型課題 (長期型) の紹介 Brief Description of Long-term Graduate Student Proposals Approved for 2025B

登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部
Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI 269

第54回 共同利用期間 (2025A) において実施された SPring-8 利用研究課題 2025A Proposal and User Statistics

登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部
Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI 270

2025B 期 SACLA 利用研究課題の採択について The SACLA Public Proposals Approved for Beamtime in 2025B Research Term

登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部
Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI 275

2025A 期において実施された SACLA 利用研究課題 (共用課題) について The SACLA Public Proposals and User Statistics in 2025A Research Term

登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部
Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI 277

第2回 (2025B) NanoTerasu 利用研究課題の採択について The Proposals Approved for Beamtime in the 2nd Research Term 2025B

登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部
Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI 278

2025A 期に実施された NanoTerasu 利用研究課題（共用課題）について
NanoTerasu Public Proposals and User Statistics in 2025A Research Term

登録施設利用促進機関（公財）高輝度光科学研究センター 利用推進部
Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI 280

2025A 期における SPring-8/SACLA ユーザー要望等について
SPring-8/SACLA User Requests in 2025A

登録施設利用促進機関（公財）高輝度光科学研究センター 利用推進部
Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI 281

5. 談話室・ユーザー便り／USER LOUNGE・LETTERS FROM USERS

SPring-8-II への期待：特定放射光施設ユーザー協同体（SpRUC）会長から
Expectations for SPring-8-II from the SpRUC Chair

特定放射光施設ユーザー協同体（SpRUC）会長
Chair of SpRUC
藤原 明比古
FUJIWARA Akihiko 283

6. 告知版／ANNOUNCEMENTS

今後の課題募集

List of upcoming proposals 284

今後のイベント一覧

List of upcoming events 285

ノーベル化学賞に寄せて

最先端高輝度シンクロトロンX線が拓く：MOFの学理から社会実装まで 現場知×学際連携が駆動する「設計↔計測↔実装」の高速ループ

On the Nobel Prize in Chemistry

Enabled by State-of-the-Art Synchrotron X-rays : From MOF Science to Real-World Deployment

An Accelerated Feedback Loop of Design ↔ Measurement ↔ Implementation, driven by on-site know-how
× interdisciplinary collaboration

公益財団法人高輝度光科学研究センター 常務理事 坂 田 修 身
利用推進部次長 池 本 夕 佳

Abstract

本稿は、2025年ノーベル化学賞（MOF）を起点に、最先端高輝度シンクロトロンX線が「設計↔計測↔実装」のループを具体的に加速してきた根拠と実践知を、日本発の貢献とJASRIの連結機能の視点で整理する。受賞への敬意を表しつつ、金属有機構造体（MOF）が「予測可能な設計・合成」により固体化学の視座を刷新し、巨大比表面積と可変孔径を武器に実用・産業実装へ展開した意義を概観する。日本発の貢献（体系化→動的概念→薄膜・界面）を軸に、シンクロトロンX線が同ループを高速化し、MOF-on-MOF界面エピタキシーの実証を通じて学理からPoC・量産へ橋渡しした道筋を描く。とくに第5章では、施設研究者の「現場知」に基づく測定系の刷新が、学際連携を触媒としてループを加速したプロセスを紹介する。さらに次の10年に向け、計測×データ×人材の統合とKPI-TRL対応、IP-データ連関の実装により、日本型マテリアルズ・インフラ（合成→計測→データ→知財→実装の直結運用）を強化し、競争力と経済安全保障の向上に資する展望を示す。その確立に向けて、JASRIは中核的な「連結点」として一翼を担う。

1. はじめに：受賞への敬意と意義

ノーベル財団（王立科学アカデミー）は、金属有機構造体（Metal-Organic Frameworks (MOF)）の「予測可能な設計・合成」を確立し固体化学の見方を刷新した功績として、このたびのノーベル化学賞（2025年）に北川進教授（京都大学）を含む3氏が選定されました。SPRing-8 / SACLA / NanoTerasuの利用者コミュニティとして心より祝意を表します。

Richard Robson教授は配位結合を用いて3次元ダイヤモンド型等の拡張骨格を予見的に構築し、空孔・安定性・イオン交換などの概念を切り開き、Omar M. Yaghi教授はMOFの骨組みになる基本部品と、その部品を設計図どおりに組み上げて材料を作る考え方（レティキュラー化学）を確立し巨大比表面積と機能多様化を示し、北川教授はガス吸着を実証し、外場やゲスト応答で形態が可逆変化する「ソフト多

孔体」を提唱されました。3者の相補的貢献によって貯蔵・分離・触媒などの産業応用への道が開拓されました。つまり、設計学としてのMOFを確立し、社会実装にまでされた点が評価の中核であると、ノーベル財団のScientific Background^[1]から理解しています。

体系化→動的概念→薄膜・界面という日本発の知の軸を再定義すると認識した今回の受賞は、「作る（合成）」と「測る（構造・機能解析）」が車の両輪となって、材料観そのものを更新してきた歩みへの賞賛でもあります。本稿では、日本発の貢献に焦点を当て、体系化（1998）→動的概念の確立（2002–2003, 2009）→薄膜・界面への展開（2009–2010）という知の軸を手がかりに、放射光が「分析ツール」を超えて学理と実装を橋渡ししてきた歩みを概観します。すなわち最先端放射光は、分析ツールを超えて



図1 設計 ↔ 計測（含：データ解析） ↔ 実装が相互に関連する高速ループの概念図。最先端放射光が各段階を定量的に支援し、新材料における「放射光分析 → 学理的転換 → 社会実装」の循環を駆動。

MOFだけでなく新材料の学理の革新を設計学へ翻訳し、概念実証（PoC：Proof of Concept：実環境条件や客観指標（KPI）で有効性を確かめる段階）から量産への橋渡しまでを支えてきたと、我々は信じています（図1）。

2. 観る・測るが築いたMOF科学の土台

MOFは、金属イオンと有機配位子からなる多孔性配位高分子（PCP：Porous Coordination Polymer）であり、角砂糖1個の体積にサッカー場級の比表面積、という定番の比喻で知られます。とりわけフレキシブルMOFのような柔軟性が実現した背景には、見る・測る・確かめるの徹底がありました。その場 *in situ*（その場観察）・*Operando*（動作中のそのものを観察）・*time-resolved*（時間分解）を束ねる中核として、放射光はまさにその最前線です。

MOF/多孔性配位高分子の理念は早くから設計学として体系化され【Nobel '25 → (40)】^{*1,[2]}、【Nobel '25 → (27)】^[3]、ゲスト応答・呼吸（gate-opening）が結晶学的に実証され（Kitaura 2002【Nobel '25 → (44)】^[4]、2003【Nobel '25 → (46)】^[5]）、soft porous crystalsの概念が提案されました（Horike 2009【Nobel '25 → (41)】^[6]）。全体の俯瞰と応用展開については

包括的レビュー^[7]もご参照ください。

MOF研究の急速な進展の陰には、結晶工学・多孔性機能の系統化とともに、精密な「見る・測る」技術が不可欠でした。2004年の総説【Nobel '25 → (27)】^[3]は、結合子と連結子からなる骨格設計とともに、貯蔵・交換・分離など機能を「測り、目録化する」こと、さらに外場（温度・圧力・光・電場等）やゲスト分子への応答により構造が変化する“動的結晶”の挙動解明を、次段の挑戦として据えます。これは、多孔体を「作る科学」だけでなく「測って機能原理解明へ接続する科学」を明確に位置づけたもので、以後の発展の礎となりました。

あわせて、包括的総説^[7]は、MOFの基礎から応用までを見取り図としてまとめ、設計の考え方・分類・用途の整理を通じて、分野をまたいだ共通の言葉を与えました。また、ソフトポーラス結晶としてのMOFへの展開^[6]は、構造－機能相関を動的現象として記述する分析枠組みを与え、実験法（吸着・その場計測・分光・散乱）の拡張を後押ししました。こうした基礎は、放射光を用いたその場／表面／界面解析の系統的蓄積により現場で具体化されました。代表例として、CPL-1のナノチャンネル内に吸着したO₂をMEM/Rietveld法（粉末XRDから電子密度を復元するMEM〔最大エントロピー法〕と、結晶構造を精密化するRietveld解析の併用）で直接可視化し、(O₂)₂の一次元ラダー配列と強い閉じ込め効果（90 Kでの固体様挙動）を示しました^[8]。これは「観る・測る」がMOFの動的機能解明に直結することを早期に示した決定的成果です。

北川教授研究グループの多様なMOFの開発に際し、SPRING-8で多数の課題が実施されました。

BL02B2の粉末X線構造解析を用いて、MOFが選択的に物質を吸着している状態や、様々な条件で吸着・脱着する状態・過程の観察や、その際の分子レベルでの機構が解明され、多様なMOFの機能評価とその情報をもとにしたデザインに貢献されました。次の実績は、SPRING-8がMOFの研究、開発を支えてきたことを示唆しています。

*1 本稿の【Nobel '25】は『Scientific Background to the Nobel Prize in Chemistry 2025: MOFs』（2025年10月8日公開）で引用のある文献を示す。矢印の番号は同PDF内の参考文献番号。

SPring-8 × MOF 主要重要業績評価 KPI (JASRI 内部集計)

MOF 試料を中心にほかの関連するものも含めた実験課題は、北川教授が実験責任者 70 件 (2002–2023 年度)、共同実験者 31 件 (2005–2025 年度) (2025 年 10 月時点)、論文登録は 91 件。主に利用された共用ビームラインは BL02B2、BL13XU。参考：北川教授がメンバーになっていない他の研究グループによるタイトルに MOF が入っている実験課題は 156 件、論文登録は 31 件 (いずれも 2002–2025 年度調べ)。参考：InCites^a による Citation Topics の結果は、MOF 関連の実施課題数は 399 件、SPring-8 成果論文は 234 件 (1997–2025 年度調べ)。

a 研究論文、及びその被引用情報を元にした研究業績の分析ツール。Web of Science の提供元である Clarivate Analytics (クラリベイト・アナリティクス) 社の製品。

3. 薄膜・界面ヘテロエピタキシー (界面整合) の設計指針へ

薄膜化・配向制御・界面設計でも、表面 X 線回折 (SXRD) により in-plane/out-of-plane の結晶方位・配向を定量できる点で高輝度放射光は決定打でした。

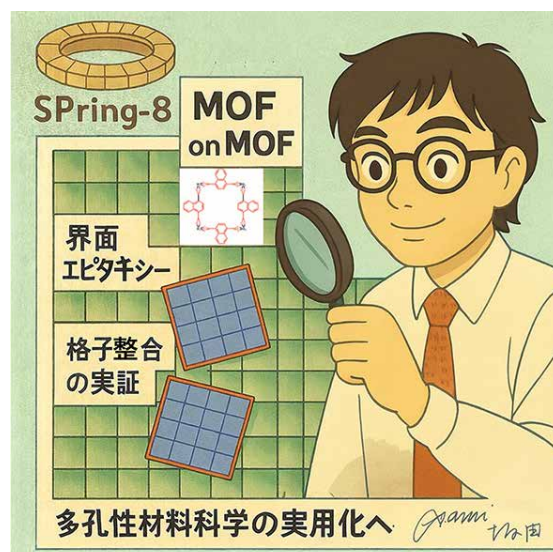
液相エピタキシー (LPE) のステップフロー成長と、レイヤー・バイ・レイヤー (LbL) 成膜に加え、配向チャンネルをもつ配位薄膜 (先行例) 【Nobel '25 → (80)】^[9] を含むプロセス最適化により、高結晶性で配向制御された MOF 薄膜を実現しました (【Nobel '25 → (78)】^[10, 11, 12])。表面 X 線回折 (SXRD; in-plane / out-of-plane) によって結晶方位を直接検証する評価系を確立しました^[13]。

次の段階として、BL13XU (当時) で構築したその場 XRD 計測環境を用いることで、バルクでは吸着を示さない系でも、ナノメートル厚の配向薄膜化によって、ゲート開閉挙動 (gate-opening dynamics) の可逆性やゲスト分子の可逆な吸着／放出挙動 (guest adsorption/desorption) を実証しました^[12, 13]。たとえば、「分子サイズのふるい」という比喩が示すように、MOF の孔は、目的の分子だけを選び取る「選択フィルター」として働きます。選択性 (吸着・拡散) を理解するには、孔の形や揺ら

ぎをその場で測る必要があります。SPring-8 は高輝度 X 線で、結晶の並びや微小なゆがみ、温度や圧力で変わる動きを、実験中にリアルタイムで「見える化」してきました。利用者にとっては、単なる装置提供ではなく、「作る ↔ 測る ↔ 設計」を速いループで回す現場力—これは SPring-8 が蓄積してきた最大の資産です。

4. 社会実装への橋渡し：PoC → 量産・スケールアップ

SPring-8 の貢献は「最先端の高精度な分析」に留まりません。界面・階層・動的現象を扱う実験設計とデータ解釈を磨き、材料の「設計学」への知の翻訳と高度化を牽引してきました。象徴的なのが、MOF のコア-シェル (MOF-on-MOF) 単結晶を用い、界面エピタキシーにおける結晶学的格子整合 (とりわけ面内回転を含む整合) 関係を高輝度 X 線回折により明らかにした研究成果です【Nobel '25 → (79)】^[14] (図 2)。Zn-MOF 単結晶上に Cu-MOF 単結晶シェル (厚さ > 20 μm) を成長した試料を調べ、シェルは基板に対して 11.7° 回転し、(5 × 5) core 格子 (√26 × √26) shell 格子で整合していることを見出しました。新しい材料開発の場合よくあることですが、この測定では試料サイズはわずか約 200 μm と小さく、しかも大気中では不安定でした。このため試料周囲



© 2025 SAKATA, Osami / JASRI

図 2 MOF-on-MOF 界面ヘテロエピタキシー (面内回転を含む格子整合) を高輝度 X 線回折で検証【Nobel '25 → (79)】^[14]。学理の転換を設計指針へとつなぐ基盤となった成果。

気をヘリウムガスにしX線のビームサイズを制御するなどの工夫をした結果、計測に成功しました。(具体的な開発的なことは次の章で簡潔に触れます。)

この成果は、分離膜設計における孔径・柔軟性・界面整合の最適化につながり (MOF 薄膜のヘテロエピタキシャル成長・配向制御のX線実証)、「多孔性結晶」から「機能を設計的に組み込む材料」への学理的転換を推進し、多孔性材料科学の実用化への道の一步となりました。一方、結晶のダウンサイジング自体が構造可逆性や相安定性を制御し、「形状記憶型ナノ細孔 (MSME)」のような準安定開孔相の単離・保持と熱刺激による復帰を可能にすることも示されています^[15]。これは吸着応力に起因する相転移の設計自由度を拡張し、膜分離やスイッチング素子への応用設計に直結します。さらに、その場計測を組み合わせ、吸着・拡散・相転移の構造ダイナミクスと、分離係数や応答速度などの具体的な製品性能とを直接ひも付ける枠組みの整備に貢献しました。例：BL02B2を用いてCO₂吸着に伴う構造転移の時間分解その場XRDからダイナミクスを抽出し、分離係数・応答時間といったKPIに落とし込む枠組み^[16]、柔軟MOFに対する時分割/その場XRDにより相転移速度論を同定し、膜の分離係数・応答時間に接続^[17]。これらにより、ガス貯蔵では欠陥/部位設計や金属ナノ粒子とのMOF被覆による吸蔵密度・放出条件の改善 (/調整)^[18]、分子認識触媒では、反応点のすぐ周りの配置とその外側の環境を整えて、どの反応経路を通るかを選びやすくし、計測結果をすぐ設計に戻す短いサイクルで実践知の蓄積につながりました。

なおNi-MOF-74の熱転換をPDF/XAFS/HAXPESで追跡し、熱処理条件によりNi²⁺が金属Niへと還元され、価電子帯が狭くなる (d-band centerが低下する) ことを示した報告は、製造要因を電子状態・触媒指標に結びつける好例です^[19]。同様に、Pd@HKUST-1の水素吸蔵向上は、放射光HAXPES/NEXAFSによりPd→MOF (Cu) への界面電荷移動に起因することが示されています^[20]。

以上の研究例は、後のフレキシブルMOFや刺激応答性材料の研究を方向づけ、構造-機能相関の理解を深めただけでなく、分離膜、ガス貯蔵、分子認

識触媒などの応用展開^[13]とつながる、社会実装の技術基盤となりました。結果として、柔軟MOFや刺激応答材料の方向づけに加え、分離膜・ガス貯蔵・触媒などの工業応用へとつながる社会実装の技術基盤が形成されています。

今後はSACLAのフェムト秒X線 (fs-XRD/XPS/NEXAFS)、MOF特有のゲート開閉・吸着誘起相転移・界面電子移動の緩和時間定数などのOperando動的過程をフェムト〜ピコ秒で直観測し、設計↔実装のフィードバックを一段と高速化できます。もちろん、数年後に実現するSPring-8-IIの桁違いに高輝度なX線なども大いに役立ちます。

5. 施設研究者の視点：現場が拓く学際連携の醍醐味

2006年当時、JASRIに着任6年目のビームラインBL13XUの担当者であった坂田はMOF研究とは無縁でした。材料科学の専門で、当時は超高真空下での半導体・金属単結晶表面、酸化物超薄膜、溶液電極表面をX線回折で調べていました。

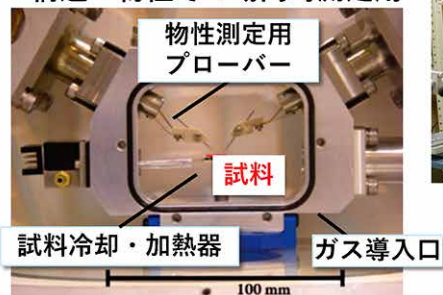
2006年、JST-CREST「表面改質構造と多重薄層構造の解析」プロジェクト (PJ) の研究代表者であった北川宏先生 (当時より北川進先生と近い関係にあった) から、同PJへ参画の打診をいただきました。MOF膜は未知であったが、それまでのMOFではないが似たような膜試料では当時の放射光でも容易に損傷して測定できない経験を持っていたので、参画を見送りたい旨をお話しました。そこで背中を押したのが北川宏先生の次の言葉—「取り組む前からできないというのは受け入れられない。あなたがX線計測・解析できないなら世界でも誰もできないから、諦める」。逃げ道は消えました。やると決め、そのPJに参画した以上、やり切り、成果を出すだけでした。また、北川進先生もそのPJのメンバーであったので、それを機会にお二人の北川先生のグループと共同研究が始まりました。

予想どおり、空気中の試料は放射光X線の数秒の照射で壊れ、結果はゼロ。ここから、頭をフル回転させました。耐熱ポリイミドカプトン膜ドームで試料雰囲気制御→低温化や電場印加→in situ インピーダンスまで、測定系を段階的に刷新し、ボトルネックを一つずつ潰しました (図3)。半導体ヘテロエ

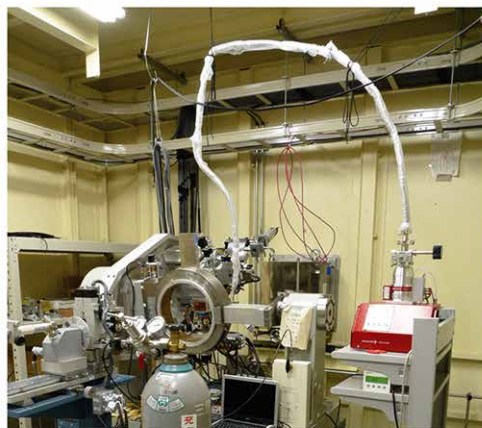
試料@He in カプトン膜ドーム



構造・物性その場同時測定用



カプトン膜を外して撮影



左下の試料装置を回折計に取り付けた全体の測定セットアップ

図3 その場同時計測のための試料環境と測定系。左上はヘリウムガスが導入できる初期のカプトンドーム。左下はHe試料冷却・加熱器、ガス導入、物性測定用プローバーを備え、回折計に取り付けて構造（XRD）と物性の同時測定を実現可能。写真は装置からカプトン膜を外した様子、右は回折計への装着様子。

ピタキシーで鍛えた構造解析・実験設計の作法をMOFへ横展開し、「壊れるから測れない」状況を、「壊さずに測る」標準手順に置き換えました。これは単なる装置の増設ではなく、計測の仕方そのものの再定義でした。

並行して、北川進先生ら試料作製側との往復運動を加速させました。孔サイズや柔軟性の“設計変数”を測定で可視化し、フィードバックで合成条件へ戻す。作る↔計測↔設計の小ループを短周期化すると、MOFは「多孔性結晶」から「機能を設計的に組み込む材料」への学理的転換が起きているのを肌で感じました。MOFの孔サイズ制御については、北川進先生が率いる試料作製グループと、坂田のように半導体ヘテロエピタキシーの構造解析に強みを持つ異分野研究者との協働が、ノーベル化学賞につながる学理的転換を推進する要の一つであったと信じています。つまり、異分野の知恵を「接続」できる場所—SPring-8でこそ研究は進みました。

要するに、ビームラインは学際研究の共創の場です。利用者、とくに全く新しい材料開発に挑戦している研究者×施設研究者にとって、2つの価値が決

定打です。

[A] 相互作用・共成長的な開発研究で計測も進化—最前線の課題に現場で向き合う対話から、計測・解析・設計が双方向に作用し、測定そのものが更新される。

北川進先生のように「未知の材料科学の地平を切り拓く研究者」が抱く課題に対して、JASRIのスタッフは放射光という共通言語を介し、現場で直接向き合いながら協働します。その対話の中で、計測・解析・設計の知が双方向に作用し合い、共に成長する研究開発のループが生まれます。さらに、そこで得た知見やノウハウを次の利用者へと還元し、社会実装の推進力へ変えていく—その循環の中心にいる私たちは、まさに「共創の専門家集団」といえるでしょう。

[B] プロ同士の敬意が最短経路を開く—合成・計測・解析の境界で互いの専門を尊重する姿勢が、回り道を減らし最短経路を切り拓く。

「餅は餅屋」として、メンタル的にも、互いの専門性を深く尊重しながら切磋琢磨できることこそ、私たちの日々の原動力であり、職業的な誇りと考え

脱線コラム：MOF 試料だけでなく

その後、JST-CREST「元素間融合を基軸とした機能性材料の開発」、JST-ACCEL「元素間融合を基軸とする物質開発と応用展開」、環境省「地域資源循環を通じた脱炭素化に向けた革新的触媒技術の開発・実証事業」においても、北川宏先生の研究PJに坂田は関わらせていただきました。

試料対象はMOFから多元素ナノ合金へ拡張できました。さらに、結晶学を超えた局所構造解析の手法開発や、X線分光学による電子状態・原子間電荷移動の解明に取り組むことができました。専門を守るだけでは地平は開かれません。越えなければ、その美しい景色には届きません。現場に踏み込み、測定系を自分たちで作り替えるほど、見えるものは増えました。研究者としての自身の技、知識と視野はそこで急伸したと、実感しました。

ています。この2つの組み合わせは、研究を一段ではなく数段押し上げる力を持ちます。今後は、ここにAIの探索・最適化を重ね、設計↔計測↔実装のループをさらに短く、確かに回します。現場知を形式知化し、次世代へ手渡します。それが施設に属する研究者、技術者そして利用支援者全員の責務であり、つまり施設スタッフの醍醐味のひとつです。

6. 次の10年へ：計測×データ×人材で磨く競争力と経済安全保障

文部科学省、理化学研究所、量子科学技術研究開発機構、各量子ビーム施設と力を合わせ、JASRIを利用者と上流、中流、下流までの放射光施設の基盤をつなぐ連結点として機能させることが多くの成果創出にこれまでも繋がってきたと信じています。これからは来るべきSPring-8-IIの高輝度・高コヒーレンスを武器に、時分割／オペランド／マルチモダリティを一段と前へ進めます。NanoTerasuや他の量子ビーム施設とも連携して、合成から社会実装までを一直線に結ぶ日本型マテリアルズ・インフラを築きます。「科学を社会価値へつなぐ」転換の速度を高めることは、理化学研究所がSPring-8-IIに向けて掲げているように「そして、強い日本へ」に必須です。



図4 量子ビーム×データ×人材の統合をJASRIが連結点の一つとなり、「科学を社会価値へ」の転換を加速して競争力と経済安全保障を支える次の10年の姿。

研究基盤の安定運用（高い信頼性の稼働、人材確保、予防保全など）を徹底し、実証（PoC）から量産・スケールアップへの橋渡し（知財とデータの連携、規格化・標準化、IP-データ連携^{*2}、人材・設備への継続投資）を強化します。KPI（例：分離係数、応答時間、膜透過率）をTRL^{*3}と対応付け、成熟度の到達（例：TRL4→6）を可視化します。計測データとデータ科学の融合（計測データの活用、機械学習やベイズ最適化の導入など）を推進します（図4）。さらに、人材育成パイプライン（大学院→産学PoC→量産現場）を貫き、若手が思い切り挑める場を育てます。結果として、重要物資・蓄電材料・触媒の国産化を着実に前進させるのに不可欠な国家旗艦基盤の一つである量子ビーム施設を研究開発の舞台にするため、連結点としてJASRIは社会に貢献します。

*2 研究データ（DOI等）と知財（特許・ノウハウ・契約）を相互参照可能に一体管理すること。

*3 TRL (Technology Readiness Level)：技術成熟度の段階指標。一般にTRL1-9を用い、TRL4＝要素技術のラボ実証、TRL5＝関連環境での要素実証、TRL6＝関連環境での系統実証の目安。

7. おわりに:ノーベル賞級成果を育むには、20年・30年の時を要する

ー長期的視野で支える量子ビーム国家基盤ー

ノーベル賞級の研究は、着想から学理の転換、概念実証 (PoC)、さらに産業実装・量産プロセスに橋渡しされて社会価値として可視化されるまで、旗艦の量子ビーム施設を総動員しても20年、30年という時間軸で成熟していきます。実際、今回のノーベル化学賞に結びついたMOFの研究も、1990年代末の体系化から、2000年代の“動的に呼吸する多孔体”という概念実証、2010年代の薄膜・界面エピタキシー制御、そして現在の分離膜・水素貯蔵・触媒などの社会実装・量産フェーズという長い積層の上にあります。その過程では、単なる装置貸しではなく、試料が数秒で壊れるところから測定系そのものを作り替え、構造・物性の同時計測やその場・時分割計測を現場で組み上げ、合成↔計測↔設計のフィードバックを10倍速で回す人と知恵の蓄積が決定打になってきました。

したがって、量子ビーム基盤への公的支援は「即効薬」に留まらず、日本の経済安全保障と産業競争力を下支えする国家インフラを10年、20年単位で安定運用し、現場知・人材・計測系を更新し続ける長期コミットメントとしてとらえていただきたい、というのが私たちからの願いです。

参考文献

文献リストの下線付きの著者名は、corresponding authorを示す(複数の場合あり)。

- [1] The Royal Swedish Academy of Sciences. *Scientific Background: Metal–Organic Frameworks (Nobel Prize in Chemistry 2025)*. 8 Oct 2025. Available at: URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2025/advanced-information/> (accessed 14 Oct 2025).
- [2] S. Kitagawa; M. Kondo, “Functional Micropore Chemistry of Crystalline Metal Complex-Assembled Compounds” *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **71** (1998) 1739–1753. [Nobel '25 → (40)] DOI: 10.1246/bcsj.71.1739
- [3] S. Kitagawa; R. Kitaura; S. Noro, “Functional Porous Coordination Polymers” *Angew. Chem. Int. Ed.* 2004, **43**, 2334–2375. [Nobel '25 → (27)] DOI: 10.1002/anie.200300610
- [4] R. Kitaura; K. Fujimoto; S. Noro; M. Kondo; S. Kitagawa, “A Pillared-Layer Coordination Polymer Network Displaying Hysteretic Sorption: [Cu₂(pzdc)₂(dpyg)]_n (pzdc=Pyrazine-2,3-dicarboxylate; dpyg=1,2-Di(4-pyridyl) glycol)” *Angew. Chem. Int. Ed.* **41** (2002) 133–135. [Nobel '25 → (44)] DOI: 10.1002/1521-3773(20020104)41:1<133::AID-ANIE133>3.0.CO;2-R
- [5] R. Kitaura; K. Seki; G. Akiyama; S. Kitagawa, “Porous Coordination-Polymer Crystals with Gated Channels Specific for Supercritical Gases” *Angew. Chem. Int. Ed.* **42** (2003) 428–431. [Nobel '25 → (46)] DOI: 10.1002/anie.200390130
- [6] S. Horike; S. Shimomura; S. Kitagawa, “Soft porous crystals” *Nat. Chem.* **1** (2009) 695–704. [Nobel '25 → (41)] DOI: 10.1038/nchem.444
- [7] H. Furukawa; K. E. Cordova; M. O’Keeffe; O. M. Yaghi, “The Chemistry and Applications of Metal–Organic Frameworks” *Science* **341** (2013) 1230444. DOI:10.1126/science.1230444
- [8] R. Kitaura; S. Kitagawa; Y. Kubota; T. C. Kobayashi; K. Kindo; Y. Mita; A. Matsuo; M. Kobayashi; H. C. Chang; T. C. Ozawa; M. Suzuki; M. Sakata; M. Takata, “Formation of a One-Dimensional Array of Oxygen in a Microporous Metal–Organic Solid” *Science* **298** (2002) 2358–2361. DOI: 10.1126/science.1078481
- [9] T. Tsuruoka; S. Furukawa; Y. Takashima; K. Yoshida; S. Isoda; S. Kitagawa, “Nanoporous Nanorods Fabricated by Coordination Modulation and Oriented Attachment Growth” *Angew. Chem. Int. Ed.* **48** (2009) 4739–4743. [Nobel '25 → (80)] DOI: 10.1002/anie.200901177
- [10] M. Kondo; S. Furukawa; K. Hirai; S. Kitagawa,

- “Coordinatively Immobilized Monolayers on Porous Coordination Polymer Crystals” *Angew. Chem. Int. Ed.* **49** (2010) 5327–5330. 【Nobel ’25 → (78)】 DOI: 10.1002/anie.201001063
- [11] R. Makiura, S. Motoyama, Y. Umemura, H. Yamanaka, O. Sakata, H. Kitagawa, “Surface Nano-Architecture of a Metal–Organic Framework” *Nat. Mater.* **9** (2010) 565–571. DOI: 10.1038/nmat2769
- [12] S. Sakaida, K. Otsubo, O. Sakata, C. Song, A. Fujiwara, M. Takata, H. Kitagawa, “Crystalline Coordination Framework Endowed with Dynamic Gate-Opening Behaviour by Being Downsized to a Thin Film” *Nat. Chem.* **8** (2016) 377–383. DOI: 10.1038/nchem.2469
- [13] K. Otsubo, T. Haraguchi, O. Sakata, A. Fujiwara, H. Kitagawa, “Step-by-Step Fabrication of a Highly Oriented Crystalline Three-Dimensional Pillared-Layer-Type Metal–Organic Framework Thin Film Confirmed by Synchrotron X-ray Diffraction” *J. Am. Chem. Soc.* **134** (2012) 9605–9608. DOI: 10.1021/ja304361v
- [14] S. Furukawa, K. Hirai, K. Nakagawa, Y. Takashima, R. Matsuda, T. Tsuruoka, M. Kondo, R. Haruki, D. Tanaka, H. Sakamoto, S. Shimomura, O. Sakata, S. Kitagawa, “Heterogeneously Hybridized Porous Coordination Polymer Crystals: Fabrication of Heterometallic Core–Shell Single Crystals with an In-Plane Rotational Epitaxial Relationship” *Angew. Chem. Int. Ed.* **48** (2009) 1766–1770. 【Nobel ’25 → (79)】 DOI: 10.1002/anie.200804836
- [15] Y. Sakata, S. Furukawa, M. Kondo, K. Hirai, N. Horike, Y. Takashima, H. Uehara, N. Louvain, M. Meilikhov, T. Tsuruoka, S. Isoda, W. Kosaka, O. Sakata, S. Kitagawa, “Shape-Memory Nanopores Induced in Coordination Frameworks by Crystal Downsizing” *Science* **339** (2013) 193–196. DOI: 10.1126/science.1231451
- [16] H. Ashitani, S. Kawaguchi, H. Furukawa, H. Ishibashi, K. Otake, S. Kitagawa, Y. Kubota, “Time-Resolved In-Situ X-ray Diffraction and Crystal Structure Analysis of a Porous Coordination Polymer CPL-1 in CO₂ Adsorption” *J. Solid State Chem.* **391** (2023) 123796. DOI: 10.1016/j.jssc.2022.123796
- [17] Y. Sakanaka, S. Hiraide, I. Sugawara, H. Uematsu, S. Kawaguchi, M. T. Miyahara, S. Watanabe, “Generalised Analytical Method Unravels Framework-Dependent Kinetics of Adsorption-Induced Structural Transition in Flexible Metal–Organic Frameworks” *Nat. Commun.* **14** (2023) 6862. DOI: 10.1038/s41467-023-42448-3
- [18] G. Li, H. Kobayashi, J. M. Taylor, R. Ikeda, Y. Kubota, K. Kato, M. Takata, T. Yamamoto, S. Toh, S. Matsumura, H. Kitagawa, “Hydrogen Storage in Pd Nanocrystals Covered with a Metal–Organic Framework” *Nat. Mater.* **13** (2014) 802–806. DOI: 10.1038/nmat4030
- [19] A. Tayal, Y. Chen, C. Song, S. Hiroi, L. S. R. Kumara, N. Palina, O. Seo, M. Mukoyoshi, H. Kobayashi, H. Kitagawa, O. Sakata, “Local Geometry and Electronic Properties of Nickel Nanoparticles Prepared via Thermal Decomposition of Ni-MOF-74,” *Inorg. Chem.* **57** (2018) 10072–10080. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.8b01230
- [20] Y. Chen, O. Sakata, Y. Nanba, L. S. R. Kumara, A. Yang, C. Song, M. Koyama, G. Li, H. Kobayashi, H. Kitagawa, “Electronic Origin of Hydrogen Storage in MOF-Covered Palladium Nanocubes Investigated by Synchrotron X-rays,” *Commun. Chem.* **1** (2018) 61. DOI: 10.1038/s42004-018-0058-3

坂田 修身 SAKATA Osami

(公財) 高輝度光科学研究センター
常務理事
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0950
e-mail : SAKATA.Osami@jasri.jp

SPECIAL COLUMN

Congratulations on the Nobel Prize in Chemistry!

池本 夕佳 IKEMOTO Yuka

(公財) 高輝度光科学研究センター

利用推進部 次長

〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1

TEL : 0791-58-0961

e-mail : ikemoto@jasri.jp

[14th SpRUC Young Scientist Award 受賞 研究報告] 硬X線結像ミラーによるXFELの極限的集光

大阪大学 大学院工学研究科 山 田 純 平

Abstract

X線自由電子レーザー（XFEL）の高ピーク輝度特性を最大限に引き出すためには、ナノメートル領域へのX線微小集光が不可欠である。我々は、結像特性を備えた硬X線ミラー光学系とX線波面補正技術、ならびに高精度集光評価法を組み合わせることで、集光径 7×7 nmおよびピーク強度 10^{22} W/cm²を達成するXFELの極限的集光システムの開発を実施してきた。本稿では、これらの研究開発結果および超高強度XFELの初めての応用実験結果について紹介する。

1. はじめに

高ピーク輝度を有するX線自由電子レーザー（XFEL）は、マイクロ～ナノメートルスケールの微小領域への集光を行うことで、その強度を飛躍的に高めることが可能となる。SACLAにおいても、XFELを10ナノメートル以下（sub-10 nm）の極限的なサイズまで集光することにより、集光ピーク強度は 10^{22} W/cm²を超えると予想される。このX線強度は、単分子からのX線回折測定や、ポンデロモータイプ力を介した新たな電子励起といった、多くの分野における革新的応用につながるものとして、長年にわたり実現が待ち望まれてきた。しかしながら、従来XFELで広く用いられてきたKirkpatrick-Baez（KB）配置に基づく集光ミラーは、いわゆるアッペの正弦条件を満たさず、強いコマ収差（軸外収差）を有するという課題を抱えていた。このため、10 nm集光を目指す場合、入射角の僅かなずれにも極

めて敏感となり、光源や光学素子の微小な振動によってパルスごとの集光状態が大きく変化してしまう上、長期間にわたり安定した集光条件を維持することが困難であった。

我々は、独自に開発してきた結像特性を有するadvanced KB ミラー^[1,2]を応用することで、高い安定性と実用性を両立させたXFELの 7×7 nm集光を実現した^[3]。その結果、 1.4×10^{22} W/cm²に達するピーク強度を達成し、固体密度金属の完全電離などの応用にも成功している。本稿では、著者らが行ったこれらの硬X線結像ミラーによるXFELの極限的集光に関する研究について紹介する。

2. XFEL sub-10 nm 集光光学系

XFELのナノ集光では、強度の増大が至上命題であるので、集光効率（スループット）および開口幅（アクセプタンス）の大きさの観点から、反射型

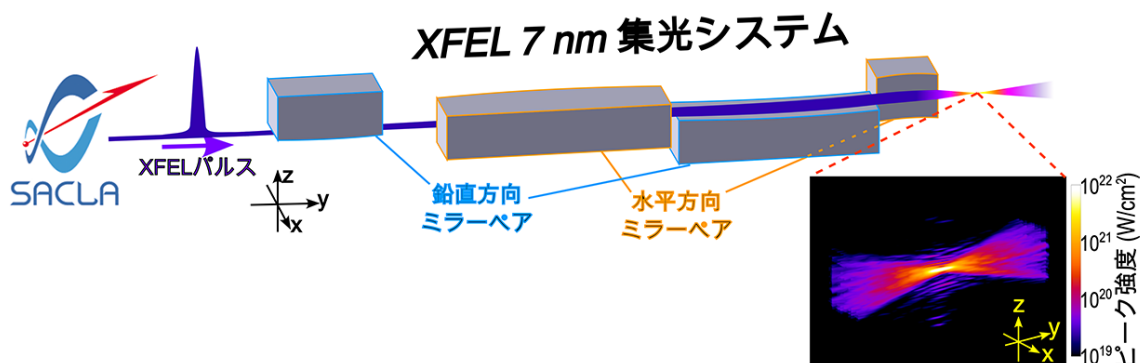


図1 開発したWolter III型配置に基づくadvanced KBミラー光学系の概略図

X線ミラー光学素子^[4-6]が用いられる。しかしながら、従来XFELで一般に使用されてきたKBミラー光学系は、冒頭で述べたように軸外コマ収差の影響により、安定した集光を実現することが難しい。そこで本研究では、楕円凹面と双曲凸面を組み合わせた、Wolter III型配置に基づくadvanced KBミラー(図1)を採用した。

本光学系は、二回反射によりアップの正弦条件を満たし、コマ収差を大幅に抑制することで、従来比で1000倍以上の入射角誤差許容度を実現している。また、一次元方向に二枚のミラーを対向配置する構成をとることで、光学系の主面を焦点方向へシフトでき、実用的な作動距離とsub-10 nm集光に十分な縮小倍率の両立を可能としている。

SACLAにおける光源サイズおよびビームサイズを実測に基づいて考慮し、光子エネルギー9.1 keVにて 7×7 nmの集光径を達成可能なXFEL sub-10 nm集光システムの設計を行なった。結果として、水平・鉛直両方向ともに開口数0.01、縮小倍率6000倍以上、アクセプタンス500 μm 、入射角許容誤差200 μrad 以上、といった設計パラメータが得られた。設計上の作動距離は43 mmであり、実際のXFEL実験に対して十分汎用的である。また、楕円凹ミラーには多層膜ブラッグ反射を用い、予想されるスルーputは約38% (4回反射率50%、入射光受けこぼし比75%)、到達可能なピーク強度は 10^{22} W/cm²に達する見込みである。

3. X線波面補正によるミラー形状修正

X線ミラーに求められる形状誤差精度 d (peak-to-valley: PV 値) は、Rayleigh の1/4波長則に基づき、次式で表される。

$$d = \frac{\lambda}{8 \sin \theta}$$

ここで、 λ は波長 (m)、 θ は斜入射角 (rad) を表す。最大値で約27.6 mradの斜入射角を有するXFEL sub-10 nm集光光学系では、最も厳しい条件下でおよそ0.6 nm PVの形状精度が求められる。この精度はSi原子間距離のわずかに2~3個分に相当し、その達成には加工精度はもとより計測精度の確保が重要である。測定できないものを正確に加工するこ

とはできないためである。しかし、対象とするミラーは曲率半径が80 m~3 mの急峻な湾曲面であり、可視光を用いた最新の形状計測技術でも0.6 nm PV精度での計測は実質的に困難である。そこで本研究では、X線格子干渉計を用いた波面計測に基づく形状修正(波面補正)技術^[7,8]を導入した。

X線格子干渉計は、回折格子によって生じるTalbot効果を利用した計測手法である。短波長のX線をプローブとすることで、実際の光学配置下でミラー表面の形状を高精度に評価でき、曲率依存性の影響を受けにくいという特徴をもつ。さらに、本研究では系統誤差補正を綿密に行い、特に検出器系には低歪レンズを備えた独自設計のX線カメラを採用した。その結果、波面精度として $\lambda/72$ rmsに達する高精度な波面計測を実現した^[8]。得られた波面誤差データは、光線追跡および波動伝搬計算によってミラー形状誤差に変換される。形状修正には、制御性と再現性に優れ、X線反射膜形成との親和性も高い差分成膜法^[7,9]を用いた。マグネトロンスパッタによる成膜時にスリットを用いたスポット生成とステージ走査速度の制御を組み合わせることで、成膜後の表面形状を任意に制御することが可能である。

SPRING-8 BL29XUでの波面計測に基づき実施し

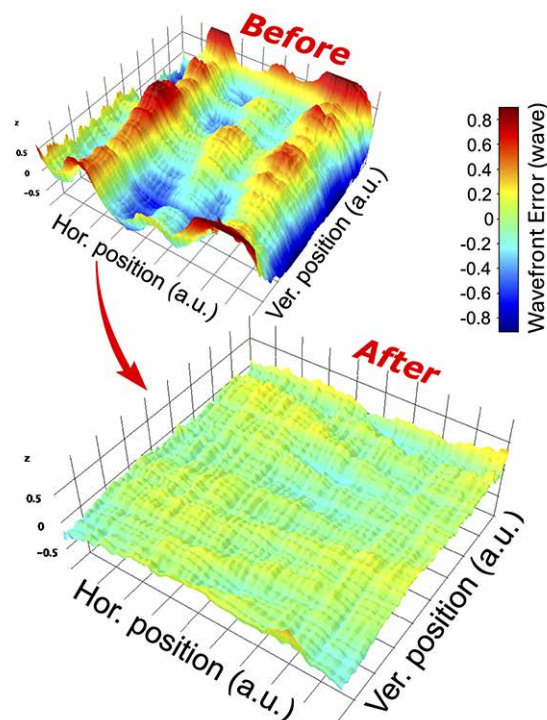


図2 形状修正前後の波面誤差プロファイル

た波面補正結果を図2に示す。修正前に 2λ PV以上あった波面誤差は、わずか2回の修正加工で約 $\lambda/6$ PVまで改善された。波面精度も $\lambda/15$ rmsに達し、Maréchal 基準を満たす回折限界集光性能が得られた。これをミラー形状誤差に換算すると、最も厳しい箇所で約0.5 nm PVに相当し、従来の可視光計測法を上回る精度を達成した。本波面計測は、実験効率および光源安定性の観点からXFELではなく放射光X線を用いて実施した。2つの最先端X線光源が隣接するSPRING-8/SACLAの環境と、結像ミラーの導入によって高いロバスト性を備えた集光システム設計が相まって、初めて実現した成果といえる。

4. XFEL ナノ集光の高精度計測

パルス毎のXFEL特性変化が存在する条件下で、10 nm以下のXFEL集光径を正確に評価および保証することも難しい課題であった。従来用いられてきたフォーコートテストやナイフエッジスキャン法では、集光点の位置変動（ジッター）や、高強度XFELによるアブレーションダメージの観点から、10 nm以下の測定精度を得ることは難しい。このため本研究では、X線波面計測法・X線イメージング法を応用した高精度な集光評価法を開発した。

まず、前述の格子干渉計による波面計測結果を基に、波動逆伝搬計算を適用した。X線波動場の波面（位相）情報と、通常の検出器で取得可能な強度（振幅）情報を組み合わせることで、Fresnel-Kirchhoff 回折積分に基づく逆伝搬計算により焦点上の強度分布を求めることができる。結果の詳細は次段落にて示すが、波面計測の範囲内では 6.9×7.0 nmの集光サイズが見積もられた。一方で、当初の結果にはアライメント誤差、特に非点収差や直角度誤差に起因する低次収差成分に対する絶対精度の不足が確認された。X線格子干渉計で高い絶対精度を実現するためには、用いる回折格子および検出器のディストーション、すなわち正方格子がわずかに縦・横・斜め方向への歪む効果、に対する精度が0.02 %以下でなければならない。これは、回折格子において約0.5 nm、検出器において2~3 nmの精度でピクセルサイズの一様性が求められることに相当し、現実的な達成は困難である。他手法によるキャリブレーションの導入が不可欠であると言える。

そこで次に、近年急速に発展しているX線イメージング手法の一つであるタイコグラフィ^[10,11]を適用した。コヒーレント回折パターンからの反復的位相再構成に基づくタイコグラフィ計測では、高解像度

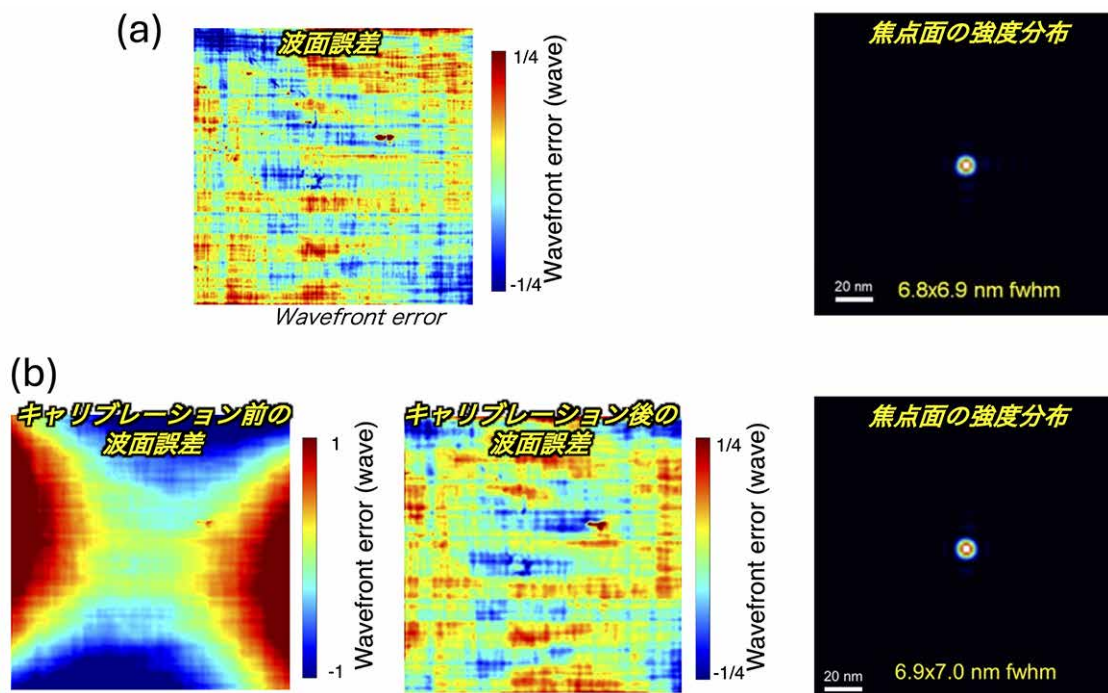


図3 集光波動場の評価結果 (a) タイコグラフィにより評価した波面誤差および集光強度分布
(b) X線格子干渉計により評価した波面誤差および集光強度分布

の試料像に加えて、プローブ関数と呼ばれる試料を照明した光の複素波動場が得られる。この照明波動場は位相と振幅の情報を正確に含むため、焦点上の強度分布の評価に応用できる。高強度焦点におけるアブレーション損傷に留意しつつ、80~100 μm デフォーカスした位置にて実施したタイコグラフィによる集光評価結果を図3 (a) に示す。6.8 \times 6.9 nm の集光サイズが得られ、目標集光径の達成が確認された。また、X線格子干渉計による評価結果との比較を図3 (a,b) に示す。予期していたとおり、X線格子干渉計の結果には約8 μm 程度の非点収差に相当する低次収差成分が残存していた。一方、タイコグラフィの結果を基にキャリブレーションを行ったところ、両者の結果は良好に一致し、高精度にXFELの7 \times 7 nm 集光径が計測されたと結論づけた。

5. 固体密度金属の完全電離

最終的に得られた集光強度は、実測されたミラー反射率および焦点外へ散乱した強度成分を考慮しても、パルス幅7 fs のXFELにおいて 1.45×10^{22} W/cm² に達した。この値は、従来のXFELで得られていた強度を約2桁上回り、可視光レーザーの最先端技術^[12]にも匹敵する超高光子密度を実現したことを意味する。また、波面計測による評価の結果、10時間を超える安定した集光性能が確認され、長時間安定性にも優れていることが示された。

達成された7 nm 集光XFELの応用例として、固体密度金属Cr (クロム) 試料の完全電離実験を実施した。非晶質熱分解グラファイト (HAPG) (001) 結晶とMPCCD検出器から構成される分光器を用い、

焦点近傍に配置した厚さ2 μm のCr薄膜からの発光スペクトルを計測した結果を図4に示す。通常の蛍光発光であるK α 線およびK β 線に加え、He線およびLy線と呼ばれる原子線スペクトルの観測に成功した。特にLy線の存在は、電子が1つのみ残存した水素様金属イオンが生成されたことを示している。さらに、より高強度の焦点条件ではLy線のスペクトル強度が減衰することが確認された。これは、全ての電子が励起され、発光に関与する緩和過程が消滅したことを示しており、電子が完全に剥ぎ取られた「完全電離状態」が生成されたことを強く示唆している。これにより、従来は高エネルギー粒子ビームによって生成されてきた高度電離状態のイオンを、X線によって生成・観測できる可能性が示された。内殻電子と支配的に相互作用を示すX線独自の特性から、原子・分子物理学や高強度場科学における新たなツールとしての展開につながるものと期待される。

6. おわりに

本稿では、著者らがSACLA BL3にて開発した7 nm 集光径・ 10^{22} W/cm² 強度を実現するX線集光システムに関して紹介した。今後の展開としては、未踏のX線非線形光学現象の観察や、結晶化を必要としないタンパク質の単分子構造解析への応用が期待される。後者に関しては、SACLAでの技術確立が目前に迫るアト秒XFEL^[13,14]との組み合わせにより、超高強度FELを用いながらも電子系ダメージを抑制した精密構造解析が可能となる見通しである。光学システムの発展としては、著者らのグループにて、時間分解測定に必須となる二色/ダブルパルスFELへ対応するための新奇X線多層膜ミラーの開発を進めている。

より広い視野で見れば、本研究で培われたX線ミラー技術を、放射光X線源へと還元・展開することも今後の重要な課題である。とりわけ、大幅な高輝度化が期待されている第四世代放射光源へのアップグレード^[15]後には、光源性能を余すことなく引き出す高フラックス・ナノ集光技術として多岐に渡るX線科学に貢献していくことを目指している。

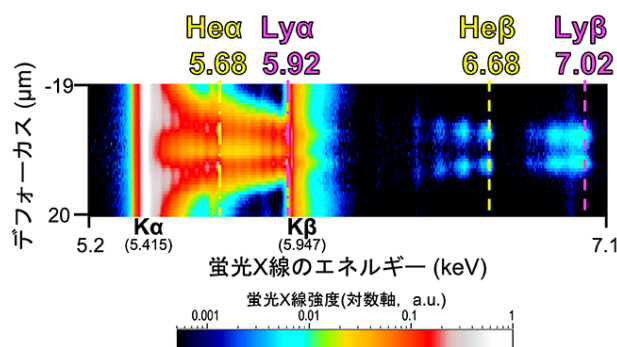


図4 試料位置をデフォーカス方向に変化させながら取得したCr薄膜からの発光スペクトル

謝辞

本稿で紹介した研究は、大阪大学の山内和人教授、佐野泰久教授、藤大雪氏、伊藤篤輝氏、塩井康太氏、理化学研究所の矢橋牧名氏、井上伊知郎氏（現東京大学）、大坂泰斗氏、山口豪太氏、玉作賢治氏、JASRIの登野健介氏、籾内俊毅氏、犬伏雄一氏、大橋治彦氏、小山貴久氏、湯本博勝氏、名古屋大学の松山智至教授、井上陽登氏らを始めとする多くの研究者との共同研究によるものである。数多くのご指導およびご支援に深甚の謝意を表す。

参考文献

- [1] J. Yamada *et al.*: *Appl. Opt.* **56** (2017) 967-974.
- [2] J. Yamada *et al.*: *Opt. Express* **27** (2019) 3429-3438..
- [3] J. Yamada *et al.*: *Nat. Photon.* **18** (2024) 685-690.
- [4] H. Yumoto *et al.*: *Nat. Photon.* **7** (2013) 43-47.
- [5] H. Mimura *et al.*: *Nat. Commun.* **5** (2014) 3539.
- [6] H. Yumoto *et al.*: *Nat. Commun.* **13** (2022) 5300.
- [7] S. Matsuyama *et al.*: *Sci. Rep.* **8** (2018) 17440.
- [8] J. Yamada *et al.*: *Sensors* **20** (2020) 7356.
- [9] S. Handa *et al.*: *Surf. Interface Anal.* **40** (2008) 1019.
- [10] J. M. Rodenburg *et al.*: *Phys. Rev. Lett.* **98** (2007) 034801.
- [11] A. M. Maiden, and J. M. Rodenburg: *Ultramicroscopy* **109** (2009) 1256-1262.
- [12] J. W. Yoon *et al.*: *Optica* **8** (2021) 630-635.
- [13] S. Huang. *et al.*: *Phys. Rev. Lett.* **119** (2017) 154801.
- [14] J. Yan. *et al.*: *Nat. Photon.* **18** (2024) 1293-1298.
- [15] H. Tanaka *et al.*: *J. Synchrotron Rad.* **31** (2024) 1420-1437.

山田 純平 YAMADA Jumpei

大阪大学 大学院工学研究科
 附属精密工学研究センター
 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1
 TEL : 06-6879-7285
 e-mail : yamada@prec.eng.osaka-u.ac.jp

[14th SpRUC Young Scientist Award 受賞 研究報告] 時分割in situ X線回折測定を用いたゲート型吸着剤の構造転移速度解析

京都大学大学院工学研究科 化学工学専攻 平出 翔太郎

Abstract

柔軟な骨格を持つゲート型吸着剤は、CO₂分離プロセスへの応用が期待されるが、その特異な吸着の速度論は未解明であった。本研究では、時分割in situ X線回折測定と化学工学的な速度解析を組み合わせ、ゲート吸着の素過程解明に取り組んだ。その結果、代表的なELM-11の吸着は「自触媒反応」様の速度式で記述できることを発見した。さらに、この速度論が骨格構造に強く依存し、材料ごとに異なる反応次数に従うことも明らかにした。本アプローチは、吸着剤の動的挙動の理解を深化させ、実用的な分離プロセスの精密設計に貢献するものである。

1. はじめに

国際エネルギー機関（IEA）によると、2050年までに正味のCO₂排出量ゼロを実現するためには、2035年には40億トン/年、2050年には76億トン/年ものCO₂分離回収が必要とされている^[1]。現在稼働している世界最大のCO₂回収プラント（吸収法）でさえ、処理能力は160万トン/年程度であることを踏まえると、これは極めて厳しい目標である。この難題を解決するためには、CO₂分離プロセスの飛躍的な効率化が不可欠であり、吸収・膜・吸着の各分野において技術開発が急ピッチで進められている。

吸着分野では、多孔性配位錯体（Metal-Organic Framework: MOF）が有する細孔設計性の高さに着目した研究が多く報告されており、例えば、CO₂吸着に有利な官能基を修飾することによる機能向上などが試みられている^[2]。しかし、既存材料の改良という方針では、革新的な成果には繋がりにくい。そこで筆者らは、MOFの中でも柔軟な骨格構造を持ち、従来の吸着剤とは全く異なる挙動を示すソフト多孔性錯体(Flexible MOF)に着目してきた。例えば、代表的なFlexible MOFであるELM-11(Cu(BF₄)₂(bpy)₂; bpy = 4,4'-bipyridine)^[3]は、真空中では層状の骨格が密に積層した構造（closed構造）を形成するが、CO₂濃度の上昇に伴い、積層間隔を広げてCO₂分子を取り込む（open構造）。この変化はある閾圧を境に急激に（一次相転移的に）生じるため、

結果としてS字状の吸着等温線が得られる（図1）。この「ゲート吸着」と呼ばれる現象は工業的価値が高く、構造柔軟性に帰する高い分子認識能や、僅かな圧力操作による吸着成分の脱着・回収、さらには構造変形の吸熱作用による自己熱補償能^[4]といった利点が認められている。実際、従来のI型吸着剤を「ゲート型吸着剤」に置き換えることで、圧力スイング吸着分離プロセスが飛躍的に高効率化される試算結果も得られており^[5]、実用化に向けてのより詳細なプロセス検討が求められている。

以上の背景のもと、筆者らはゲート型吸着剤の中規模合成技術^[6]や賦形手法の確立^[7]、ならびにゲート型吸着等温線の理論式導出^[8]など、実用化に向けた課題解決に取り組んできた。その中でも、特に重要な課題であったのは、本稿で紹介するゲート吸着

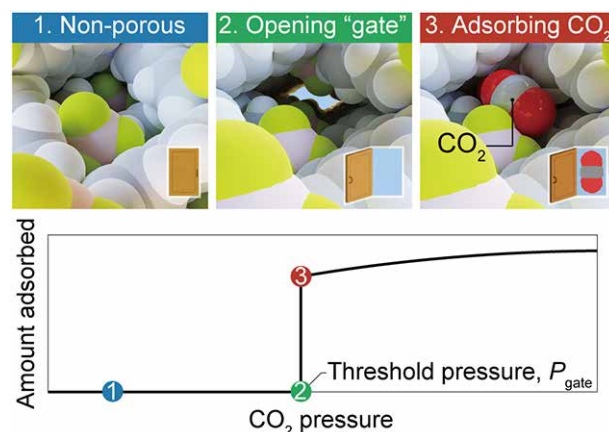


図1 ゲート吸着の概念図

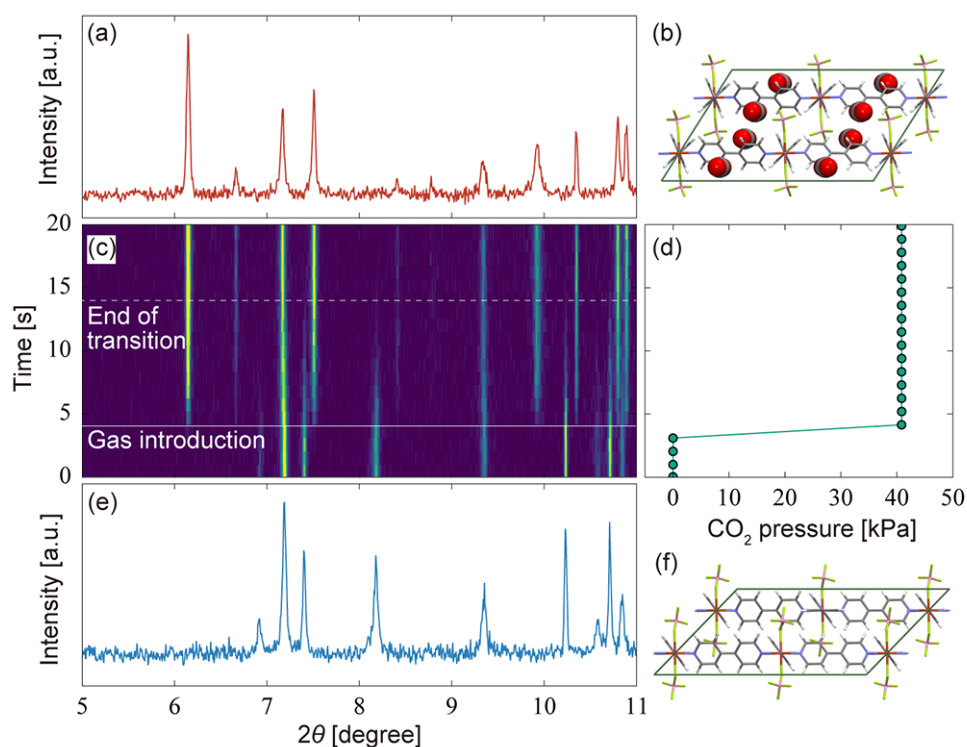


図2 ELM-11のCO₂ゲート吸着に対するTRXRD測定結果 (273 K) : (a) open構造 (CO₂吸着時のELM-11) のXRDパターン、(b) open構造、(c) TRXRDにおける強度カラーマップ、(d) 圧力トレンド、(e) closed構造 (真空下におけるELM-11) のXRDパターン、(f) closed構造

挙動の速度論的な理解^[5,9]である。通常、物理吸着であれば、固体表面へのガス分子の吸着は十分に速く、細孔内でのガス拡散が吸着の律速段階となる。一方で、ゲート型吸着剤では、ガス分子の取り込みと細孔形成が同時に進行するため、Fickの拡散方程式に基づく従来の吸着速度論は成立しないと考えられる。そこで筆者らは、ガス吸着と構造変形の同時性に着目し、時分割in situ X線回折 (Time-resolved in situ X-ray diffraction; TRXRD) 測定^[10,11]による構造転移速度解析からゲート吸着の速度論構築を試み、以下の知見を得たので報告する。

2. 瞬間昇圧条件における測定^[5]

まず筆者らが取り組んだのは、環境CO₂圧力をステップ状に変化させた際のELM-11の構造転移を追跡することである。測定はBL02B2に設置された大型デバイシェラー光学系と多連装1次元検出器MYTHENを用いて行った。試料は内径0.3 mmのガラスキャピラリの先端に封入し、ガス導入ラインに接続した。所定の真空加熱処理を施した後、N₂ブローで測定温度に制御し、1秒間のX線露光を

連続的に行った。測定開始から4秒後に、真空状態に保たれた試料へCO₂ガスを導入し、構造変化を追跡した。

典型的なTRXRD測定結果を図2に示す。CO₂ガス導入直後、closed構造に由来するピーク強度が低下するとともにopen構造のピークが出現し、構造転移は約10秒で完了することが確認された。そこで、open構造の002反射 (6.1°) について、各時刻におけるピーク強度を転移完了時の強度で規格化した値を構造転移率 α と定義し、種々の温度および圧力で測定結果を解析した (図3)。同一CO₂圧力下では温度が低いほど、また、同一温度ではCO₂圧力が高いほど構造転移速度が増加することが明らかになった。特に、最も高いガス圧力下では、構造転移が数秒以内に完了した。

相転移の時間発展を議論する際には、一般に、以下のKolmogorov-Johnson-Mehl-Avrami (KJMA) 式^[12]が用いられる。

$$\alpha = 1 - \exp(-kt^n) \quad (1)$$

ここで、 k は速度定数、 t は時間、 n は相転移の次元性を示すAvrami指数である。実際、図3の各測定

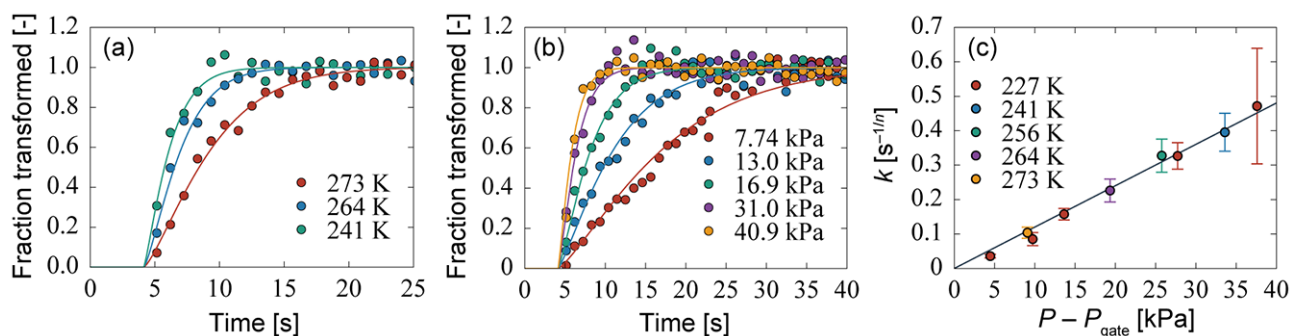


図3 (a) $P = 41$ kPaにおける各温度での構造転移率の変化、(b) $T = 227$ Kにおける各圧力での構造転移率の変化、(c) 速度定数 k の差圧依存性

結果をKJMA式でフィッティングすると、実線で示す通り良好に再現できた。ここで、Avrami指数 n はどの条件でも1.2–1.3の値となったのに対し、速度定数 k は CO_2 圧力 P とゲート吸着圧 P_{gate} との差圧で整理できることがわかった。

$$k = k_0 (P - P_{\text{gate}}) \quad (2)$$

ここで、 $k_0 = 12.0 \pm 0.5 \text{ s}^{-1/\eta} \text{ MPa}^{-1}$ である。例えば、この関係式を用いると、埋立地ガス (CO_2 と CH_4 の等モル混合ガス) の分離プロセスを想定した条件下 (298 K、 CO_2 分圧250 kPa) では、ELM-11が95%構造転移するのに要する時間はわずか1.5秒であり、驚異的な速度で吸着することが示された。

3. 定速昇圧条件における測定^[9]

瞬間昇圧測定から得られた結果は、ELM-11の迅速な吸着特性を知る上で重要である一方で、その解析に伝統的なKJMA式を用いた点には以下の懸念が残る。第一に、KJMA式は相A中に相Bの核が確率論的に発生し、それが一定の線速度で成長していく過程をモデル化したものである。これに対しゲート吸着は、ガス分子の取り込みをトリガーとする相転移であり、細孔を持たないclosed構造の内部に突如としてopen構造の核が発生することは考えにくい。また、工学的観点では、時間 t に対して実数指数を含むKJMA式は扱いづらい。もし現象を本質的に捉えられているのであれば、構造転移速度 da/dt は t を含まない関数としてモデル化できるはずである。そこで筆者らは、化学工学的な反応速度解析の手法を取り入れることで、ゲート吸着速度のより詳細な解析に取り組んだ。

実験のセットアップは、検出器 (Flat panel

detector)や露光時間(0.5 s)などに変更はあるものの、基本的には瞬間昇圧測定と同様である。最大の差異は、 CO_2 ガスをステップ状ではなく、一定の昇圧速度 v_p で供給した点である。図4aは、種々の v_p に対する結果を、圧力を横軸としてまとめたものであり、どの条件でも、測定温度248 Kにおけるゲート吸着圧 (約10 kPa) 付近から構造転移が進行する一方で、 v_p が大きくなるほど立ち上がりが高圧にシフトする結果となった。このグラフから、各構造転移率 a における圧力 P と $da/dt (= v_p \cdot da/dP)$ の関係を解析すると、 da/dt は、切片と傾きが a の関数となる P の一次式で表現できることがわかり、関数の同定を進めると最終的に次式が得られた。

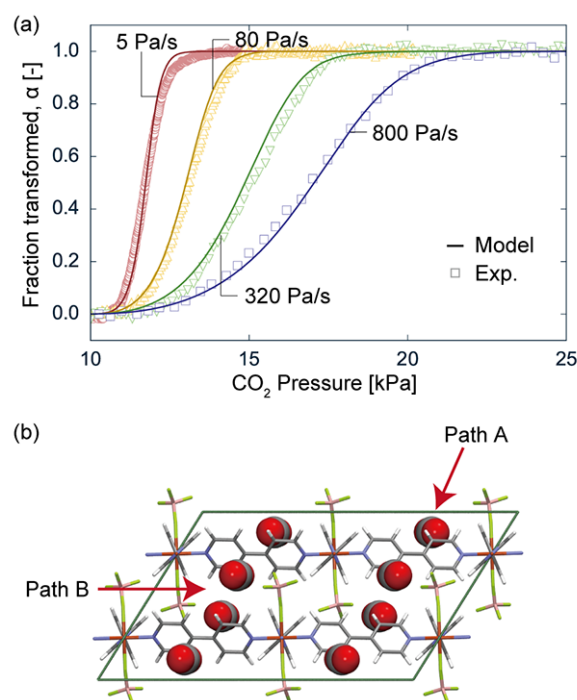


図4 ELM-11の CO_2 ゲート吸着 (248 K) における (a) 構造転移速度と (b) 想定される CO_2 拡散パス

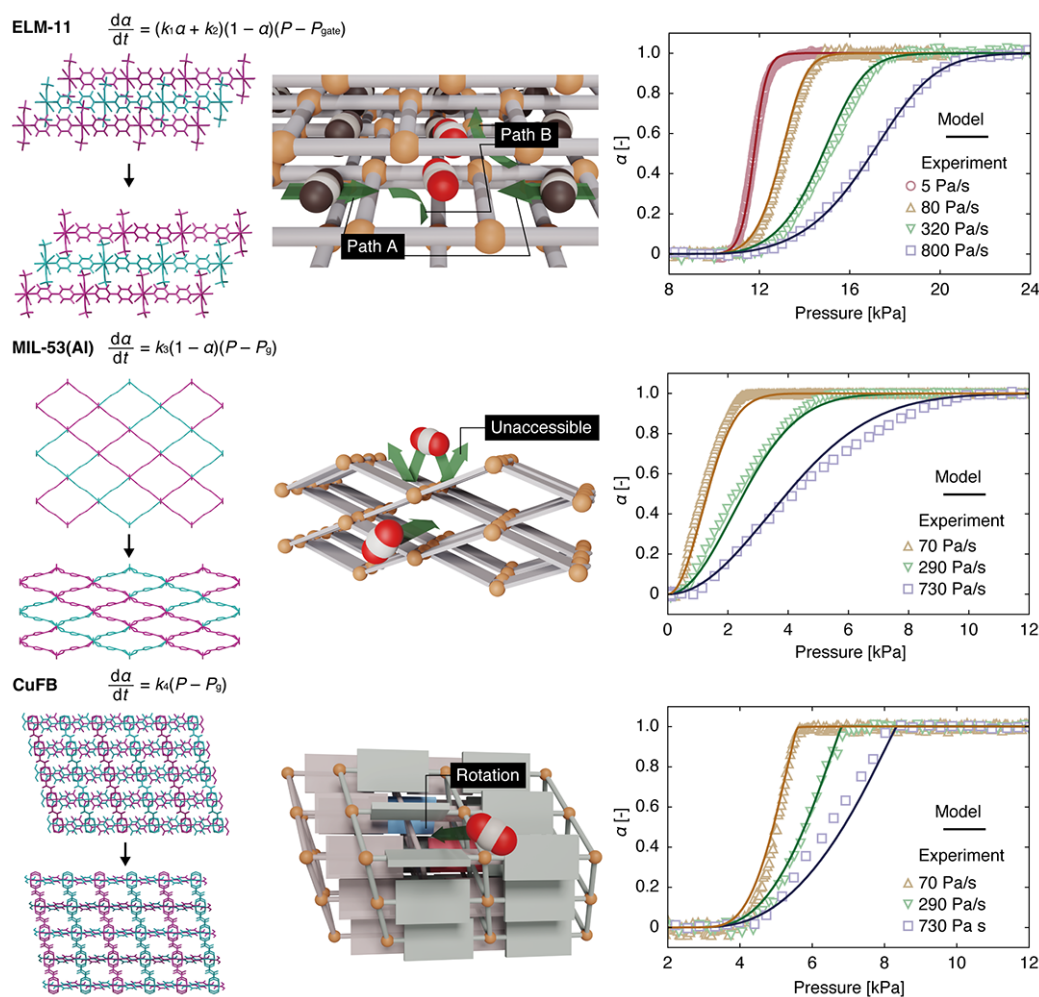


図5 ELM-11、MIL-53 (Al) およびCuFBにおけるTRXRD測定結果と予想される構造転移メカニズムの概念図

$$\frac{da}{dt} = (k_1 a + k_2) (1 - a) (P - P_{\text{gate}}) \quad (3)$$

ここで、 k_1 と k_2 は速度定数である。実際に同式を実験結果にフィッティングしたところ、図4aの実線で示すように $k_1 = 0.075 \text{ kPa}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 、 $k_2 = 0.014 \text{ kPa}^{-1} \text{ s}^{-1}$ で良好な一致が得られた。

一般に、化学反応のメカニズムと速度式は一対一に対応する。これを踏まえると、得られた速度式からゲート吸着の構造転移メカニズムを考察できるはずである。式(3)は、未転移率 $(1-a)$ の項に加え、転移率 a が転移を加速させる項 $(k_1 a)$ を含んでいる。これは、ELM-11の CO_2 吸着が自触媒反応のように進行することを示唆する。ここで、ELM-11の骨格構造は、銅とビピリジンからなる網目状のレイヤーが積層した構造をしており、 CO_2 の侵入経路としては網目を通る層垂直方向のパスAと、層間を押し広げる層水平方向のパスBが候補となる(図4b)。

両者の最も大きな差異は、パスAでは結晶表面層から中心部へ順番に転移が伝播しなければならない一方で、パスBでは結晶中程の層からも転移が可能という点である。すなわち、これまで結晶学的にはパスAが主な拡散経路であると予想されていた^[13]が、構造転移速度が未転移率に依存する事実は、むしろパスBを主な経路であることを支持する。ここで重要なのは、主要な拡散経路がパスBであっても、パスAも依然として有効だということである。すなわち、open構造となった層から CO_2 がパスAを通じて隣接層に移動することで、その層の転移を誘発するという描像が考えられ、これが自触媒反応様の式形に寄与していると推察される。なお、自触媒反応式とKJMA式は関数形状に高い類似性を持つことが指摘されており^[14]、瞬間昇圧測定においてKJMA式が良好な一致を与えた結果とも矛盾しない。

以上の考察は、ELM-11の特異な骨格構造ゆえに

自触媒反応モデルで記述できたことを意味しており、ELM-11と骨格構造が全く異なるゲート型吸着剤では、構造転移速度の関数形もまた異なる可能性を示唆している。そこで、さらに2種のゲート型吸着剤 (MIL-53 (Al) (Al (OH) (1,4-benzendicarboxylate)) および CuFB (Cu (fumarate) (trans-bis (4-pyridyl) ethylene)_{0.5})) について同解析を実施したところ、MIL-53 (Al) は一次反応、

$$\frac{da}{dt} = k_3 (1 - a) (P - P_{\text{gate}}) \quad (4)$$

CuFBはゼロ次反応、

$$\frac{da}{dt} = k_4 (P - P_{\text{gate}}) \quad (5)$$

で記述されることが明らかとなった (k_3, k_4 : 速度定数) (図5)。これらの速度式もまた、それぞれの骨格構造から予想される構造転移メカニズムとよく一致している。

4. おわりに

本稿では、次世代のCO₂分離材料として期待されるゲート型吸着剤について、その特異な吸着挙動の速度論的解明を目的とし、時分割in situ X線回折測定を用いた構造転移速度解析に取り組んだ結果を報告した。まず、代表的なゲート型吸着剤ELM-11は、CO₂ガスとの接触により数秒から十数秒という極めて短い時間で構造転移（ゲート吸着）を完了させることを見出した。この迅速な吸着特性は、従来のKJMA式で一見よく表現できたものの、同式はゲート吸着の物理描像と合致しないという課題があった。そこで、化学工学的な速度論解析手法を導入した定速昇圧測定を考案し、ELM-11の構造転移速度は、転移した構造がさらなる転移を促進する「自触媒反応」様の速度式で厳密に記述できることを初めて明らかにした。この特異なメカニズムは、ELM-11が有する層状の骨格構造に起因すると考えられる。さらに、骨格構造の異なるMIL-53 (Al) やCuFBでは、それぞれ一次反応およびゼロ次反応といった異なる速度式に従うことが判明し、ゲート吸着の速度論が吸着剤の骨格構造に強く依存することを突き止めた。

本研究で確立したアプローチの成功は、SPring-8が提供する最先端の測定技術と、それを活用するた

めの開かれた環境に支えられている。TRXRDはダイナミクスの解明ツールとしてだけでなく、圧力全域を掃引する効率的なスクリーニングツールとしても極めて有用であり、事実、これまでのpoint-by-pointなin situ XRD測定では見落とされていた中間構造の発見にも貢献している^[15]。本研究で得られた簡潔な速度式は、今後のプロセスシミュレーションへの応用が期待され、プロセス開発の加速に繋がるものである。SPring-8では、本研究で活用したような先端測定が分野を問わず誰もが実施できる環境が整えられている。本稿が、読者それぞれの研究分野において、TRXRDの測定および解析を行う際の一助となれば幸いである。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導ご鞭撻賜りました故 宮原稔先生、田中秀樹先生、渡邊哲先生に心より感謝申し上げます。また、本成果はビームライン担当者の河口彰吾博士および小林慎太郎博士による多大なるお力添えなくしては、決して成し遂げられませんでした。この場を借りて厚く御礼申し上げます。本研究における実験データは、SPring-8利用研究課題（課題番号：2017B1210、2018A1082、2018B1539、2019B1290、2020A1666、2021A1588、2021B1526、2021B1792、2022A1755、2022B0555、2022B1578、2022B1892、2023A1696、2023A1701、2023B1574、2023B1863、2024A1911）としてBL02B2およびBL13XUで測定されたものであり、多くの学生諸氏の献身的な協力によって支えられました。特に、本研究を主体的に推進した坂中勇太博士、菅原伊織君、植松源君には深く感謝致します。また、本研究は科学研究費助成事業（課題番号：22H01848、25K01562）の支援を受けて実施されました。

参考文献

- [1] IEA (2021), Net Zero by 2050, IEA, Paris.
<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- [2] S. Gaikwad, Y. Kim, R. Gaikwad and S. Han: *J. Environ. Chem. Eng.* **9** (2021) 105523.

- [3] A. Kondo *et al.*: *Nano Lett.* **6** (2006) 2581-2584.
- [4] S. Hiraide, H. Tanaka, N. Ishikawa and M. T. Miyahara: *ACS Appl. Mater. Interface* **9** (2017) 41066-41077.
- [5] S. Hiraide *et al.*: *Nat. Commun.* **11** (2020) 3867.
- [6] S. Hiraide, K. Nishimoto and S. Watanabe: *J. Mater. Chem. A* **12** (2024) 18193-18203.
- [7] R. Saitoh, S. Hiraide, M. T. Miyahara and S. Watanabe: *J. Soc. Powder Technol. Jpn.* **60** (2023) 594-599.
- [8] S. Hiraide *et al.*: *Proc. Natl. Acad. Sci.* **120** (2023) e2305573120.
- [9] Y. Sakanaka *et al.*: *Nat. Commun.* **14** (2023) 6862.
- [10] S. Kawaguchi *et al.*: *J. Synchrotron Radiat.* **27** (2020) 616-624.
- [11] S. Kawaguchi *et al.*: *J. Synchrotron Radiat.* **31** (2024) 955-967.
- [12] T. J. W. De Bruijn, W. A. De Jong and P. J. Van Den Berg: *Thermochim. Acta* **45** (1981) 315-325.
- [13] S. Hiraide, H. Tanaka and M. T. Miyahara: *Dalton Trans.* **45** (2016) 4193-4202.
- [14] E. E. Finney and R. G. Finke: *Chem. Mater.* **21** (2009) 4468-4479.
- [15] S. Hiraide, H. Tanaka, S. Kawaguchi and S. Watanabe: *Chem. Commun.* (2025) DOI: 10.1039/D5CC04347F.

平出 翔太郎 HIRAIDE Shotaro

京都大学大学院工学研究科 化学工学専攻
 〒615-8510 京都府京都市西京区京都大学桂
 TEL : 075-383-2672
 e-mail : hiraide@cheme.kyoto-u.ac.jp

BL40XU改修 (SAXS ID) について

公益財団法人高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室 関 口 博 史、増 永 啓 康

Abstract

高輝度・準単色光を利用して多目的に利用されてきたBL40XUは、2024年度後半から改修を進め、2025年10月からSAXS専用のビームラインとして共用が開始された。SAXSコミュニティにとって待望されていた共用のSAXS専用アンジュレータBLである。この改修では、SPring-8-IIでの利用を見据えて光源を標準アンジュレータへ更新し、退避可能なDCCMの設置、マイクロビーム集光用のWolterミラーの設置、10 mカメラ長への拡充を行った。これらにより、高分子材料の動的過程の追跡や、その場測定による構造形成過程の解析が可能となり、材料科学、生命科学、環境科学など幅広い分野での研究展開が期待される。

1. はじめに

2000年4月の共用開始から、ヘリカルアンジュレータからの準単色X線を用いて多目的に利用されてきたBL40XU (High flux)^[1]は、2024年12月から2025年3月までの大幅な改修を経て、小角X線散乱専用BL40XU (SAXS ID) としての共用を2025年10月に再始動させた。BL40XU改修は、SPring-8 サイト内のSAXS-BL再編の一環で計画され^[2,3]、SAXSコミュニティやSPRUC研究会、ユーザーからご意見いただき、仕様を策定した。従来のBL40XUでは、実験ハッチ1 (EH1) でSAXS/WAXS計測を、実験ハッチ2 (EH2) で単結晶構造

解析を主にサポートしてきたが、SAXS専用BLへの改修にあたって、BL40XU EH2に設置していた回折計は撤去された。単結晶構造解析のアクティビティはBL05XUへ移設され、2025B-III期からの共用開始に向けて準備が進められている (図1)。

2. 改修した点

改修後のBL40XUのレイアウトを図2に示した。主な改修内容は、SPring-8-IIでの運用を想定した標準アンジュレータ (IVU-II, 周期長28 mm)^[4]への更新、退避可能なDCCM (Double Channel-Cut Monochromator) の設置、SAXSカメラ位置へのソフト集光可能なベンディングミラー (M1h, M3v) の設置、サンプル位置へマイクロビーム集光可能なWolterミラー (M5w) の設置、EH2下流への検出器用ブースの新設、カメラ距離 (2.2 m, 4 m, 10 m) の切り替えが可能な常設SAXS測定システムの導入などである。

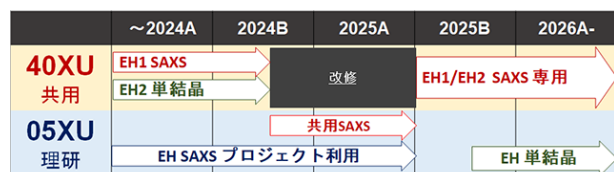


図1 BL40XU改修スケジュール

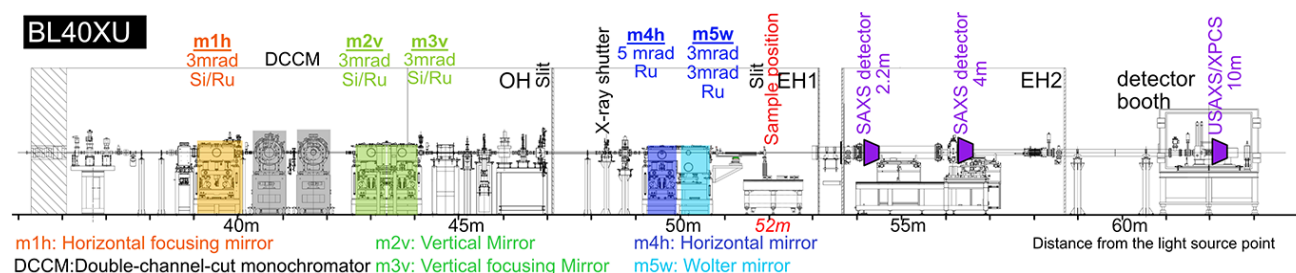


図2 改修後のBL40XUレイアウト

	BL40XU (High flux) 改修前	BL40XU (SAXS ID) 改修後
光源	ヘリカルアンジュレータ	標準アンジュレータ (IVU-II 周期 28 mm)
X線	8~15 keV 準単色光のみ (1.0×10^{15} phs)	8~18 keV 準単色* (1.0×10^{15} phs)・単色光 (1.0×10^{13} phs) 切替
マイクロ ビーム	5 μ m ϕ (ピンホール切り出し, $\sim 10^{12}$ phs)	5 μ m x 1.5 μ m (Wolter mirror 集光, 8~12.4 keV, $\sim 10^{12}$ phs)
カメラ長	最大 3.5 m	最大 10 m (2.2 m, 4 m, 10 m)
特徴	多目的利用 高フラックス 高時間分解測定	SAXS/WAXS 専用 マイクロビーム利用 10 m カメラ長 XPCS 利用

表1 改修前後のBL40XU仕様の相違 *準単色光の利用を希望される場合は、課題申請時にビームライン担当者と打ち合わせを必要とする。

サンプル位置は、EH1 下流（光源から 52 m 位置）に固定され、SAXS 切り替えパスが常設されたため、切り替え時間の短さを活かした効率的な運用が見込まれる。

改修前後のBL40XU仕様の相違を表1に示した。SAXS ユーザーには、DCCM による準単色ビーム・単色ビームの切り替え、マイクロビームの利用、またカメラ長 4 m, 10 m の測定が可能となった点を活用いただきたい。

Wolter ミラーによるマイクロビーム集光についての水平ビームサイズは、光源から 33 m の距離にあるフロントエンドスリットの開口幅を 0.05 mm にした際のビームサイズ（表1）を記載しているが、開口幅を 0.01 mm とすることで、水平集光サイズは 2 μ m 程度まで絞ることが可能となる（フラックスは 1.0×10^{11} phs 程度）。

2025 年 10 月現在、SAXS 検出器として PILATUS 1M（最大 25 Hz, Dectris）と PILATUS3 X 100kA（最大 500 Hz, Dectris）、WAXS 検出器として EIGER 2S 500k（最大 40 Hz, Dectris）を利用可能である。図3 にカメラ長 2.1 m および 4 m に PILATUS 1M を配置した際に、入射 X 線波長 0.1 nm 利用時のベヘン酸銀散乱像と、各カメラ長における取得可能な q レン

ジを示した。検出器は、高時間分解計測が可能な CITIUS 検出器（最大 17.4 kHz）^[5] を段階的に導入する予定である。まずは X 線光子相関分光法（XPCS）用として CITIUS 840k をカメラ距離 10 m に設置し、その後 WAXS、SAXS 用を順次配置する予定である。

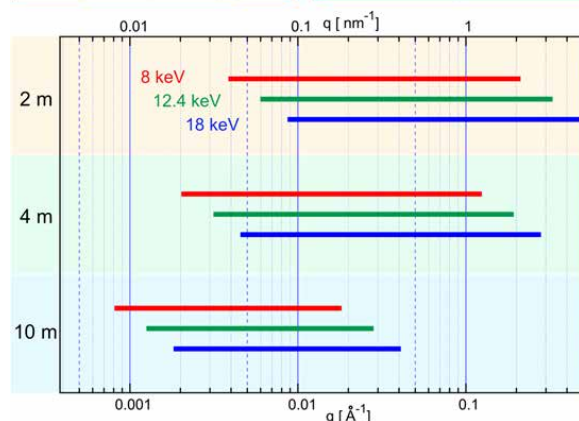
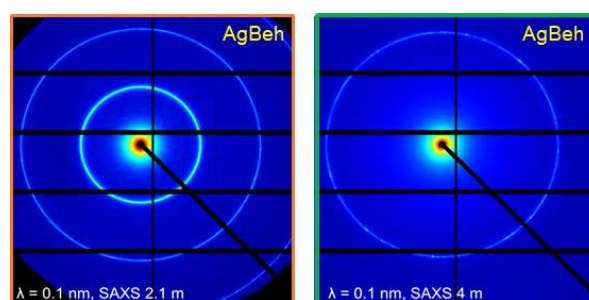


図3 SAXS/USAXSのqレンジ

3. 実際の利用

実際の利用にあたって、持ち込み装置の利用やサンプル周辺の情報について共有したい。サンプル定盤は、高さ80 cm, 光軸方向136 cm, 直交方向100 cmの寸法で、定盤上に、スリットやサンプル、検出器用のキャリアがスライドレール上に配置させている。X線ビームは床面から約1400 mm高さを地面と平行に通るため、定盤から600 mm キャリア面上から465 mm上を通る。従来のBL40XUユーザーが持ち込んだものはすべて対応できる仕様となっている。また、サンプル周りの機器については、共用機器としての整備も進めており、溶液試料を瞬時に混合可能なストップフロー装置（SFM-4000, BioLogic）、粘弾性サンプルにせん断をかけることのできるレオメータ（MCR302e, Anton Paar）や、温調可能な引張延伸ステージ（10073A, ジャパンハイテック）が利用できる。

4. おわりに

2024年12月から進めた改修を経て、2025年10月からSAXS専用BLとして共用が始まったが、改修の全てが終わったわけではない。今後はCITIUS検出器によるSAXS/WAXS同時測定システムの導入が計画されている。CITIUS検出器を段階的に導入することにより、最終的には時間分解能はサブミリ秒、空間分解能はSAXSで1–1000 nm、WAXSで0.2–1 nmを達成する。これにより、高分子材料の動的過程の追跡や、その場測定による構造形成過程の解析が可能となり、材料科学、生命科学、環境科学など幅広い分野での研究展開が期待される。このリニューアルは、次世代の材料開発における重要な研究基盤となることが見込まれる。

謝辞

本ビームライン改修にあたっては多くの方々のご尽力をいただきました。光学系全般に関しては、特に、理化学研究所の大坂泰斗様、JASRIの大橋治彦様、仙波泰徳様、山崎裕史様、清水冴月様、坪田幸士様のご協力をいただきました。CITIUS検出器導入にあたっては、理化学研究所の初井宇記様、本城嘉章様、JASRIの城地保昌様、西野玄記様、桑田金佳様にご

協力をいただきました。本ビームラインアップグレード全体につきまして、理化学研究所の矢橋牧名様、JASRIの登野健介様のご協力をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- [1] SPring-8/SACLA 利用者情報 **05** (2000) 189-193
- [2] SPring-8/SACLA 利用者情報 **25** (2020) 259-261
- [3] SPring-8/SACLA 利用者情報 **26** (2021) 261-264
- [4] K. Imamura *et al.*; *J. Sync. Rad.***31** (2024) 1154-1160.
- [5] T. Hatsui *et al.*, in preparation

関口 博史 *SEKIGUCHI Hiroshi*

（公財）高輝度光科学研究センター
回折・散乱推進室
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0833
e-mail : sekiguchi@spring8.or.jp

増永 啓康 *MASUNAGA Hiroyasu*

（公財）高輝度光科学研究センター
回折・散乱推進室
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0833
e-mail : masunaga@spring8.or.jp

岡山大学放射光利用連携 Workshop ～放射光を利用してみませんか～

公益財団法人高輝度光科学研究センター 産学総合支援室 佐藤 眞 直

1. はじめに

JASRIと岡山大学は双方が運用する共同利用施設（JASRIはSPring-8の共用BL、岡山大学は同大学の自然生命科学研究支援センターが共同利用運用する実験室系分析機器）の利活用の促進についての連携協力に関する覚書を2023年に締結した。これは双方の共同利用施設の相補的利用を活性化することで多角的な分析環境をそれぞれのユーザーに提供し、施設利用を課題解決に結びつけることを促進することを目的としている。JASRIとしてはSPring-8ユーザーにその利用実験のデータ解釈に必要なX線分析以外の補足分析を行う機会を提供し、岡山大学としては共同利用運用している実験室系分析機器（岡山大学共用機器）のユーザーに放射光による高度分析を利用する機会を提供することによって、双方の利用成果を最大化するWin-Winの関係を構築することを目指している。その活動の一環として昨年度、岡山大学はJASRI産学総合支援室（当時は産業利用・産学連携推進室）との連携のもと「SPring-8利用分析サポートサービス」を開始した。このサービスは、岡山大学がJASRIと連携してSPring-8利用の未経験者、初心者、産学官の研究者を対象に放射光施設の利用サポートを行うものである。当初はサポート対象の放射光施設としてSPring-8のみを想定していたが、昨年度の本サービスの実施例の中でSPring-8、岡山大学共用機器だけでなく九州シンクロtron光研究センター（SAGA-LS）での軟X線吸収分光測定を紹介・実施したことをきっかけに、SAGA-LSも岡山大学と分析装置の相互利用等に関する相互協力覚書を本年度に締結し、本サービスの連携協力に加わった。さらに、2024年度よりJASRIがNanoTerasuの登録施設利用促進機関として同施設の共用を開始したことに伴い、冒頭に述べた岡山大学-JASRI間の共同利用施設運用の連携・協力に

関する覚書についても、対象としてNanoTerasuも含む形に新たに結び直した。これにより、本サービスは対象とする放射光施設をSPring-8、NanoTerasu、SAGA-LSの3施設に拡大して「放射光利用分析サポートサービス」と名前を変えて再スタートすることとなった。

本記事で紹介するワークショップは、この「放射光利用分析サポートサービス」の広報活動を目的として岡山大学主催で8月1日に開催された。開催形式は岡山大学津島キャンパス創立五十周年記念館の現地開催とリモート参加のハイブリッド形式であった。昨年度の「SPring-8利用分析サポートサービス」の広報をテーマとした開催に引き続いて2回目の開催で、JASRIは昨年度から協賛しており、本年度からSAGA-LSも協賛に加わっている。参加者は現地参加者36名、リモート参加者が70名であった。

ワークショップのプログラムは2部で構成され、第1部ではこの「放射光利用分析サポートサービス」の紹介と対象施設であるSPring-8、NanoTerasu、SAGA-LSの紹介が行われ、第2部ではサービス対象の放射光施設及び岡山大学の施設を利用した研究事例の紹介が行われた。以下に詳細を記す。

2. 第1部概要:「放射光利用分析サポートサービス」および各放射光施設の紹介

第1部ではまず岡山大学の副理事・副学長・総合技術部本部長の佐藤法仁氏から開会挨拶が行われた。続いて、「放射光利用分析サポートサービス」について岡山大学側の主担当者である堀金サイテックコーディネーターから紹介が行われた。まずサポートの内容として、申し込まれた大学、企業の研究者の、実験室装置だけでは困難な分析について岡山大学のサイテックコーディネーター及び総合技術部とJASRI、SAGA-LSが連携してコンサルティング

グを行い、その内容に応じて適切な施設、分析装置を紹介し、その利用申請、実験、解析に至るまでのサポートを提供することを想定していること、紹介する施設としてSPring-8、NanoTerasu、SAGA-LSの放射光施設だけではなく岡山大学の共同利用分析機器の利用システム「岡山大学コアファシリティ・ポータル（CFPOU）」を活用した相補的な分析の提供も想定していることが紹介された。昨年度の実施実績としては企業4件、大学2件であった。これは岡山大学を通じてSPring-8利用に結びついたものだけではなく、SPring-8ユーザーで岡山大学の分析機器（クライオ電顕）の利用を希望され、本サービスを通じて利用に結びついた事例も含んでおり、本連携活動を通じて相互利用が実現していることが示された。

その後、SPring-8、NanoTerasuの施設紹介をJASRI産学総合支援室の筒井智嗣主幹研究員から、SAGA-LSの施設紹介を同施設の廣沢一郎所長から講演された。筒井氏の講演では、放射光利用技術の初心者への理解を助けることを目的として、SPring-8、NanoTerasuで利用可能な分析技術を中心にその基礎的な概要が説明された。廣沢所長の講演では、産業利用に特化した施設の運用の特徴と、先端施設ではなくても特定の分野に特化した分析技術開発・機器整備を行うことによって特徴を出すという施設運用の事例として、地域産業に密着した木材の回折・散乱による評価技術の開発・整備の成果事例が紹介された。

3. 第2部概要：放射光施設および岡山大学共同利用分析機器の利用事例紹介

第2部では、岡山大学の「放射光利用分析サポートサービス」が対象とする放射光施設（SPring-8、NanoTerasu、SAGA-LS）及び岡山大学の共同利用分析機器を活用した研究事例についての講演が4件行われた。

1件目は「岡山大学クライオ電子顕微鏡設備と放射光施設を利用した相関構造解析」というタイトルで、同設備を運用している岡山大学異分野基礎科学研究所の沼本修孝准教授から講演が行われた。講演の中で、近年のタンパク質構造解析における放射光

とクライオ電顕を併用した相関構造解析の実例をSPring-8のクライオ電顕利用も含めて、ご紹介いただいた。さらに岡山大学のクライオTEMトモグラフィも紹介いただき、紹介された岡山大学のクライオ電顕の利用方法も具体的に説明いただいた。沼本准教授には昨年度の「放射光利用分析サポートサービス」において、SPring-8ユーザーからクライオ電顕を希望された案件（2件）についても、同装置の主ターゲットであるタンパク質試料でないにもかかわらず、丁寧にご対応いただいた。本装置の利用状況について学外のアカデミック及び企業の利用者が増えているとのことであり、共用に対する積極的な姿勢が感じられた。

2件目は「中小企業が放射光施設を利用する価値と課題～レーザークリーニングによるカーボンニュートラルへの取り組み～」というタイトルで、東成エレクトロビーム（株）の西原啓三氏から講演が行われた。本件は、仙台市がNanoTerasuの産業利用促進に向けた普及啓発を目的として実施している放射光施設トライアルユース事業の助成を受けて2022年に実施したSPring-8利用の成果に関する紹介である。本研究の対象は同社が事業としているレーザー加工技術を樹脂・ゴムの成型金型の洗浄に応用したレーザー洗浄技術で、洗浄における金型表面へのレーザー照射の影響を評価するため、X線回折による残留応力の深さ分布測定をSPring-8 BL13XUで行った成果を紹介された。西原氏は同社における今回の放射光利用の意義として、自社技術のレベルアップとその課題の整理を上げられ、中小企業の事業規模でこのようなチャレンジを行うことの難しさを説明されて、仙台市の助成事業がどれだけ助けになったかをアピールされた。大企業ほど余裕のない中小企業の利用開拓における、地方行政等の助成金事業との連携の重要性を示す好例であると思う。

3件目は「農産物・食品・生物試料解析における放射光の可能性」というタイトルで東北大学農学研究科・農学部の日高將文助教から講演が行われた。内容としては、日高先生が所属されている東北大学の放射光生命農学センターが取り組んでいる放射光利用技術の農学研究への活用検討の活動について、

ご自身がSPring-8、NanoTerasu、SAGA-LSを利用して創出された成果をご紹介された。評価対象は冷凍食品、アイス、牡蠣、ニンニク、日本酒、分析技術はX線CT、SAXS、XRF、XASとニーズ、シーズ共に多岐にわたる成果を示され、この分野の応用が難しいのではと考えられた軟X線分光技術についてもNanoTerasu、SAGA-LSにおいて食品に含まれる軽元素の分析で利用成果を示されている。食品分野における放射光利用の新たな可能性を感じさせる講演であった。

4件目は「放射光X線吸収分光・散乱測定を用いた有機薄膜デバイスの評価」というタイトルでJASRI産学総合支援室の渡辺剛主幹研究員から講演が行われた。本講演では、複数の放射光利用技術、放射光施設間の相補的利用の活用事例として、有機トランジスタ材料の紫外線照射による特性劣化の原因解明にSPring-8とSAGA-LSの相補利用を応用した事例が紹介された。具体的には、紫外線照射による材料の結晶構造の変化をSPring-8 BL19B2のX線回折測定で、材料中のSの化学状態の変化をSAGA-LS BL11の軟X線吸収分光によるSK吸収端測定で評価した実験結果が示された。結果として結晶構造の顕著な変化はなく、材料中のSの化学状態およびS原子周りの配位構造が変化しており、両施設の結果を比較することで本材料の紫外線劣化の影響がS原子の局所的な状態に現れているという知見が得られたことが紹介された。放射光利用技術間、施設間の横断的活用によるマルチモーダルな実験の可能性を示す好例であると考ええる。

最後に岡山大学総合技術部の田村義彦部長から閉会挨拶が行われ、閉会となった。

4. まとめ

今後、放射光利用支援においては、ユーザーが抱える課題の解決という具体的な成果の創出がより一層求められる。ユーザーの放射光利用を課題の解決に結びつけるには放射光利用技術だけでなく課題への多角的なアプローチが必要となる。そのためには、放射光以外の分析リソースとの連携が必須と考える。本ワークショップの岡山大学の「放射光利用分析サポートサービス」は、放射光ユーザーに対する放射光利用技術と実験室系分析技術の相補的利用という新しい分析メニューの提供の一つの形として、また、大学-放射光施設間の連携協力による新規利用開拓の新たなパスとして期待しており、協力を深めていきたいと考える。

佐藤 真直 SATO Masugu

(公財) 高輝度光科学研究センター
産学総合支援室
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
e-mail : msato@spring8.or.jp



図1 講演の様子

超低温物理に関する国際会議 ULT2025 に出席して

公益財団法人高輝度光科学研究センター

回折・散乱推進室 テンダーX線回折散乱チーム／

JASRI ナノテラス拠点 利用研究系分室

田 尻 寛 男

1. はじめに

2025年8月14日から8月19日の期間にランカスター大学で開催された超低温物理に関する国際会議 ULT2025: Frontiers of Low Temperature Physics に出席・講演してきましたのでご報告します。今回の現地オーガナイザーは、同大学の Richard Haley 先生と Viktor Tsepelin 先生でした。ランカスター大学は英国国内ではじめて低温物理の修士過程が設置された大学としても知られており、英国における低温物理の拠点の一つです。同大学での本会議の開催は、1990年以来実に35年ぶりになります。出席者は100名前後と比較的小規模な会議で、アットホームな雰囲気のもと熱心な議論が交わされました(写真1)。

仙台からは、香港経由でマンチェスター国際空港にむかい、そこから列車に乗り1時間半ほどでランカスター市街に到着しました。同市街からランカスター大学までは1時間に数本、2階建てバスが運行されており片道30分弱くらいです。このようにランカスター大学は市街からは十分離れていまして、その代わり、いわゆる大学が一つの町といった規模で、大学内には飲食店やバー、生活必需品を学内で全て調達できるスーパーや専門店などが整えられています。憩いのスペースや小さな公園もありカモが放し飼いにされていたり、学生寮近くの低木の街路樹にはウサギが住んでいたりと自然にも恵まれた環境です。

ランカスター大学は1964年に設立された比較的新しい大学ですが、英国でも数少なくなったカレッジ制度を採用しています。9つのカレッジで構成されており、学生寮も各カレッジが運営しています。会議出席者はほぼもれなく、Cartmel カレッジの学生寮で寝泊まりしました。学生寮は各人の部屋や共有スペース・キッチンで構成される10名程度をひ

とかがまりとしたフラットで区切られています。そのフラットメイトの一員として、1週間弱の短いあいだでしたがカレッジ寮生の生活も体験できました。学生寮のある Cartmel カレッジから George Fox Building (GFX) 会場まで歩いて20分弱とお伝えすれば、ランカスター大学の規模の大きさがわかっていただけたと思います。

2. ULT2025で議論されたこと

オープニングトークは、地元マンチェスター大学の Andrei Golov 先生が行いました。本会議のプログラムは各セッションが明示的にカテゴリーで区切られていたわけではありませんでしたが：

- (1) 量子液体・固体 (Quantum Fluids and Solids)
 - (2) 超流動・超伝導 (Superfluids and Superconductors)
 - (3) 量子乱流・渦 (Quantum Turbulence and Vortex)
 - (4) 量子相転移 (Quantum Phase Transition)
 - (5) ナノ電子系・ナノメカニクス
(Nano-electronics and Nano-mechanics)
 - (6) 量子デバイス・量子ビット
(Quantum Devices and Quantum Bits)
 - (7) 超低温冷却 (Ultra-low Temperature Cooling)
- といった話題でセッションがまとめられていました。



写真1 ULT2025@ランカスター大学のGFX会場前にて

なかでも、興味を引きたいいくつかの話題について紹介したいと思います。

話題(1)「量子液体・固体」や話題(2)「超流動・超伝導」に関連した話題では、よく知られたヘリウム3のA相、B相という対称性の異なる超流動相の最新の議論にくわえて、我々も研究対象としている二次元ヘリウム固体について最新の研究成果を知ることができました。ロンドン大学Royal HollowayのJan Knapp博士による講演では、グラファイト上ヘリウム4原子層1層構造に対して2層目に成長するヘリウム3原子層が紹介されました。ヘリウム3はヘリウム4に比べより大きなゼロ点振動をもつため必ず最表面（この場合2層目）に原子層を形成するのですが、そのヘリウム3原子層は超流動の特性も有する固体である「超固体」なのではないか、とされている系です。講演ではゼロ点振動をベースとした多体効果の影響が議論されていました。ただし、これらの議論は物性測定による推測をもとにしており、実験的な構造情報が欠落している点に注意が必要で、超低温領域の構造プローブの必要性を改めて認識しました。

話題(3)「量子乱流・渦」はマクロな量子現象といえますが、超流動ヘリウム内に量子渦を発生させるために、数百kgはゆうにある実験装置全体を物理的に回転させる実験風景や、電子バブルと呼ばれる超流動ヘリウム内の空洞や量子液滴の観察などマクロな実験でヘリウムの量子性に挑むやり方は、普段我々が接することが少ないアプローチでとても新鮮でした。これらの講演を目のあたりにして、個人的には寺田寅彦先生の墨流しの研究を想起するような感覚を覚えました。

さらに、話題(6)「量子デバイス・量子ビット」では、量子コンピューティングの実現という近年の世界的な強い研究志向を反映してか、内容也多岐にわたり、講演者のボリュームは理論・実験ともに相対的に多かったように思います（後で述べますが話題(7)と重複する内容も多かったです）。その一例が、液体ヘリウム上に固定した電子1個を量子ビットとするもので、スピンのコヒーレンス時間が100秒以上ということでは有望視されていました。

話題(7)「超低温冷却」に関しましては、nK冷

却といったダイレクトに超・極低温を目指したものから、話題(6)と関連した実用上の観点のものまで多くの講演がみられました。すなわち、量子デバイスとりわけ二準位量子系が正しく作動するために必須な、いわゆる機械的振動やコンタミネーション、量子デコヒーレンスをなくすための技術的な話題も多く盛り込まれていました。この点は、冷却技術に関してもコミュニティとして大きな興味の一つなのだな、と再認識しました。たとえば、Tjerk Oosterkamp博士の（なんと）LEGOブロックを熱絶縁素材に使用した超低温冷却システムなどはウィットに富んだ例と感じました。

大規模なグループ研究も多く講演されていました。たとえば、ランカスター大学Samuli Autti先生の講演では、SCALES (Superfluid Condensates in Astrophysics and Laboratory Experiments) による中性子星の研究が紹介されていました。さらには、ロンドン大学Royal HollowayのAndrew Casey先生による、QUEST-DMC (Quantum Enhanced Superfluid Technologies for Dark Matter and Cosmology) におけるダークマター研究の講演など、歴史のある超低温物理と最新の宇宙研究をうまく融合させて研究を進めるあたりは、欧州のふところの深さを感じられる取り組みと感心しました。

3. 著者のオーラル講演について

私は、SPring-8のビームラインBL13XU, BL47XU, BL29XUを活用した成果^[1-4]について、“A novel structural probe for He atomic layers: Challenges and their solutions using surface X-ray diffraction”と題してオーラル講演して参りました。この研究は、兵庫県立大学の山口明先生と東京大学低温センターの福山寛先生との共同研究になります。グラファイト上に形成される二次元系ヘリウムは、非常に大きな圧力をかけない限り絶対零度で固体にならないヘリウムが、量子効果によって1K近傍で二次元固体となる系で、低次元物性研究のプロトタイプとして知られています^[5]。

これまで、このようなヘリウム原子層に関する構造観察は、その散乱断面積の大きさから中性子回折の独壇場でした。一方で、理論計算の精度が向上す

るに従い、新奇量子相の研究にはより精密な構造情報が渴望されています。そこで、表面X線回折(SXRD)^[6,7]を超低温の新たなプローブへと成長させるべく、1K近傍まで冷却可能なSXRD装置を製作、SXRDに適したグラファイト基板の探索も進めてきました^[1]。20 keV以上の高エネルギーX線を活用することでX線照射による発熱の影響を抑えることができ^[2]、ヘリウム4単原子層からなる不整合相をSXRDで観察できております^[3,4]。

さて、私の講演はオーラル講演最終日のトリでした。超低温分野では新参者で緊張していたのですが、さいわい直前の講演が同じく量子ビームである、中性子による超流動ヘリウム膜実験に関するものでしたので、演者である中性子施設ISISのOleg Kirichek先生へ質問をした後に講演をはじめることができ、リラックスして講演できました。

講演後は、低次元ヘリウム系の著名な研究者であるロンドン大学 Royal HollowayのJohn Saunders先生から放射光SXRDによる構造観察へ期待のコメントをいただき、また国内で超低温物理を精力的に進めておられる慶應義塾大学の白濱圭也先生（前回ULT2022のオーガナイザー）からも研究の進捗に関して前向きなコメントをいただき、手応えを感じた講演となりました。

特に、SPRING-8-IIでは高エネルギーX線のコヒーレント光利用も現実的となることから、ヘリウム原子層のコヒーレント光観察は今後ぜひとも推進したいと志を新たにしました。先に話題に挙げたヘリウム3の超固体に加え、グラファイト上ヘリウム1原子層の高密度領域で予想されている量子的なDomain-wall相やヘリウム原子層2層目で発現するといわれている量子液晶相の実証は、その格好のターゲットと思います。

4. ラボツアー

ランカスター大学にて、故 George Pickett先生の研究室ツアーも開催されました。mK/sub-mKを実現する希釈冷凍機や核断熱消磁冷凍機を備えた実験装置は、コンクリートを建材とした2階建ての構造物に組み込まれており、かつ、真空槽を冷凍機本体から取り外すために地下スペースがある、とても大



写真2 巨大なヘリウム3ストレージ

きな装置です。これらの装置群を間近で拝見することができました。特に、いまだ実現してはいませんが、核断熱消磁冷却機構を2段階備えたnK到達を目標に製作中（建設中と行ってもよいレベル）の実験装置は圧巻でした。

さすが超低温物理のメッカと感じた点として、ガスタンクが多数連結されていて、そこに高価なヘリウム3を貯蔵しているシステムを報告したいと思います（写真2）。容積をできる限り大きくしているのはヘリウム3のガス圧を大気圧より低くしてヘリウム3の散逸を防ぐためです。ヘリウムガス高騰のなか少量のヘリウム3を購入したことのある身にとってその貯蔵量は想像を絶している、と言わざるをえません。その規模には出席者のみなさんも感嘆していました。

5. ソーシャルイベントについて

会議2日目にはCartmelカレッジにあるBarker House Farmでバンケットが開催されました。今回の会議ではexcursionとしてのイベントはありませんでしたが、会議3日目の午後はフリーでした。会議事務局からはランカスター・パブマップが渡され、出席者は市街に繰り出しました。JASRIナノテラス拠点同僚のDaniel Foster博士の地元がランカスターに近く、老舗のパブYe Olde John O'Gauntで地ビールのMOORHOUSEを堪能しなさい、とおすすめされていたのでそこに向かいました。しかし、あいにく品切れで、町外れにあるパブThe Golden Lionにも訪問し、無事にMOORHOUSEにありつけました。ランカスターは1612年のペンドル（Pendle）の魔

女裁判で有名な魔女狩り事件の地でもあり、この The Golden Lion は Pendle Witch たちが最後のビールを飲んだパブと伝えられています^[8]。市街にあるランカスター城も訪れました。お城内に牢獄や裁判所があり、一般に知られているお城とは趣が違うところがとても印象的でした。

ランカスター大学で低温物理講座を主催されていた George Pickett 先生が昨年ご逝去されたため、最終日は George Pickett Memorial Day として、Faraday Lecture Theatre Complex にて追悼式が行われました。Pickett 先生のご息女による講演の他、アールト大学 Vladimir Eltsov 先生の講演では、液体ヘリウム中の量子渦生成と宇宙論における宇宙ひもの生成が共通した現象であることを論じた2報の論文^[9,10]（一報は Pickett 先生のグループ、他報は Eltsov 先生のグループによる）が1996年の Nature 誌の同じ号、しかも連番で掲載された話題などが紹介されました。式典は終始あたたかい雰囲気です。Pickett 先生の業績や人柄を偲ぶことができました。

田尻 寛男 TAJIRI Hiroo

（公財）高輝度光科学研究センター
回折・散乱推進室 テンダーX線回折散乱チーム／
JASRI ナノテラス拠点 利用研究系分室
〒980-8572 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉468-1
TEL : 050-3496-8871
e-mail : tajiri@spring8.or.jp

参考文献

- [1] H.Tajiri *et al.*, 論文投稿準備中
- [2] A. Yamaguchi, H. Tajiri *et al.*: *J. Low Temp. Phys.* **208** (2022) 441.
- [3] A. Kumashita, H. Tajiri *et al.*: *JPS Conf. Proc.* **38** (2023) 011004.
- [4] A. Kumashita, H. Tajiri *et al.*: *J. Low Temp. Phys.* (2025). doi: 10.1007/s10909-025-03289-0
- [5] W.P. Halperin *ed.*: *Progress in Low Temperature Physics XIV* (Elsevier, 1005), p213.
- [6] I.K. Robinson: *Phys. Rev. B* **33** (1986) 3830.
- [7] H. Tajiri: *Jpn. J. Appl. Phys.* **59** (2020) 020503, and reference therein.
- [8] <https://thegoldenlionlancaster.wordpress.com/the-witches-room/>
- [9] C. Bauerle, G.R. Pickett *et al.*: *Nature* **382** (1996) 332.
- [10] V.M.H. Ruutu, V.B. Eltsov *et al.*: *Nature* **382** (1996) 334.

第22回 SPring-8産業利用報告会

公益財団法人高輝度光科学研究センター

産学総合支援室 堂 前 和 彦

1. はじめに

サンビーム共同体、兵庫県、(株)豊田中央研究所、高輝度光科学研究センター (JASRI) および SPring-8利用推進協議会 (推進協) の5団体の共催で、第22回 SPring-8産業利用報告会が9月2日、3日に大阪科学技術センター(大阪市)において開催された。

本報告会は2004年、専用ビームライン (BL) としての利用が本格化していた産業用専用ビームライン建設利用共同体 (旧サンビーム) と兵庫県および共用BLでの産業利用支援を加速し始めたJASRIの3者が、それぞれの利用成果を報告する会を合同開催する形で始まった。2010年の第7回からは、前年より専用BLの運用を開始した豊田中央研究所が主催に加わり、また第12回からはそれまで協賛団体であった推進協も主催側となって回を重ねてきた。報告会の目的とするところは開始当初から1) 産業分野における放射光利用の有用性の広報、2) SPring-8の産業分野利用者の相互交流と情報交換の促進となっており、現在まで変わらずに続いている。今回は、SPring-8-IIへのアップグレード計画が決定し、2027年度からシャットダウンとなることを受け、文部科学省からの企画講演および「SPring-8-IIに向けたユーザーからの期待と要望」として4件の企画講演とパネルディスカッションを設けるといったプログラムの下、大阪での開催となった。2日間の参加者数は189名と昨年の東京開催や過去の関西での開催時の参加者数と比較すると少なかったが、口頭発表、ポスター発表共に活発な交流が行われ、報告会の開催目的に叶ったものになったと考える。

2. 口頭発表 1日目

口頭発表は8階の大ホールで行われた。会場の様子は写真1に示すとおりで、従来利用してきた会場



写真1 口頭発表会場の様子

に比べると少し狭い感じがしたが、参加者数が少なかったこともあり、本報告会に適切な会場であった。

最初に主催者代表挨拶としてJASRI・中川理事長の挨拶 (セッション1: 写真2) が行われた。続く兵庫県成果報告会 (セッション2) では、ひょうご科学技術協会の渕上氏より兵庫県の放射光に関する取組み状況の説明が行われ、放射光研究センターにテクニカルアドバイザーを3名設置し、県内企業の放射光利用ニーズの掘り起こしを進めていくことが説明された。その後、コベルコ科研の森氏からはニュースバルを用いたオペランドXAFSによる硫黄電池の反応解析により、硫黄の溶出が原因で容量が低下していることが示された。続いて兵庫県立大の



写真2 中川理事長の挨拶

大河内教授からニュースバルの光源とBL09に新たな光電子顕微鏡が設置され、10月から運用が開始されることが説明された。

豊田ビームライン研究発表会（セッション3）では、豊田中央研究所の加藤氏より燃料電池内で発生する液水の分布変化をCT観察し、温度上昇に伴う液水分布の移動を明らかにした上で、液水の分布と発電量の関係を明らかにしたことが示された。続いて、同所の米山氏からは射出成型された樹脂の接着強度を解析するための樹脂/金属界面に対してマイクロビームX線回折測定を行った結果、接合温度が低い（80℃）とアンカー効果が発生しておらず、120℃以上になると樹脂側界面近傍に粒状の結晶相が発生し、これが破断強度と関係していることが示された。

続いて、サンビーム研究発表会（セッション4）では、組織の現状報告と3件の発表が行われた。組織の現状については代表を務める小坂氏（豊田中央研究所）から報告が行われ、2024年4月から5社で新たな体制で始まったサンビーム共同体は現在7社で活動を行っていることが示された。研究発表では、東芝の近藤氏から二次電池のダイレクトリサイクル技術開発として、電極材料からバインダを熱処理により分離した後の電極材料表面をHAXPES測定し、塩の残存と表面の状態変化を観測したことが報告された。住友電気工業の高橋氏からは無電解銅めっきの膜厚と気泡の関係をX線イメージングで調べ、気泡が吸着していた部分はめっきが薄いことを示した。神戸製鋼所の山田氏からは鉄鋼の高温酸化被膜（スケール）の密着性を評価するため、スケール相の冷却時に生じる変態と応力変化の関係をX線回折で求めた。その結果、徐冷時にはFeOからFe₃O₄への変態が進行する際に体積変化に伴う応力が生じることが剥離現象に影響していることが推察された。

これらの企業からの講演内容は、いずれも各企業が現実的な問題に対する課題解決に繋がるものであり、産業界への放射光応用事例として適切な発表であったと思う。

3. 技術交流会

技術交流会は口頭発表と同じフロアの小・中ホールで開催され、報告会参加者の約半数となる98名

の参加があった。口頭発表者を取り囲んでの質疑をする姿も多数見られ、議論と懇親が深められた。

4. 口頭発表 2日目

JASRIセッション（セッション5）では、最初にJASRI 佐藤氏からJASRIにおける産業利用促進活動の推進のため、組織の整備と総合支援の実施が説明された。総合支援では、10月からXAFSとSAXSに対してのオフライン解析サービスが運用開始されることが紹介された。その後5件の研究が発表された。京都大の仲井特定准教授からはヤマハとの共同研究として、楽器用木材の構造特性解析として、X線CTを用いて木材の配向性と音響特性の関係を明らかにした報告が行われた。日産アークの伊藤氏からはAIと接着剤界面の破壊過程をマルチスケールのX線CTで観察した結果が紹介され、想定されていたボイド周辺でなくフィラーの周辺が破断の起点になっていることが示された。立命館大の折笠教授は燃料電池中のラジカルクエンチャーであるCeの移動現象をオペランドX線蛍光分析で調べ、湿度勾配によるCeの移動度を求めた報告が行われた。日本製鉄の米村氏からは鉄鋼の高温変形中における組織の回復・再結晶挙動をその場X線回折により調べた結果、転位密度の時間変化から回復と再結晶挙動を独立に評価できることを示した。日本原子力開発機構の谷田氏からは、福島第1原発から取り出した放射性微粒子や燃料デブリを蛍光X線分析、X線回折で調べ、組成や結晶構造を明らかにしたが、まだ、デブリのごく一部の分析であり今後のデータの蓄積が必要であると報告された。

5. ポスター発表

ポスター発表は昼食を挟んで、技術交流会と同じ小中ホールで行われた（写真3）。発表件数は54件で、その内研究発表は41件、施設報告が13件であった。ポスター件数が従来より減っていることもあり、比較的余裕のあるポスター配置となったため、説明者との議論はしやすかったように見えた。

また、最近の産業利用報告会の参加者の顔ぶれに変化が少なく感じられることから、企業における放射光の人材の更新を促進することを期待して、

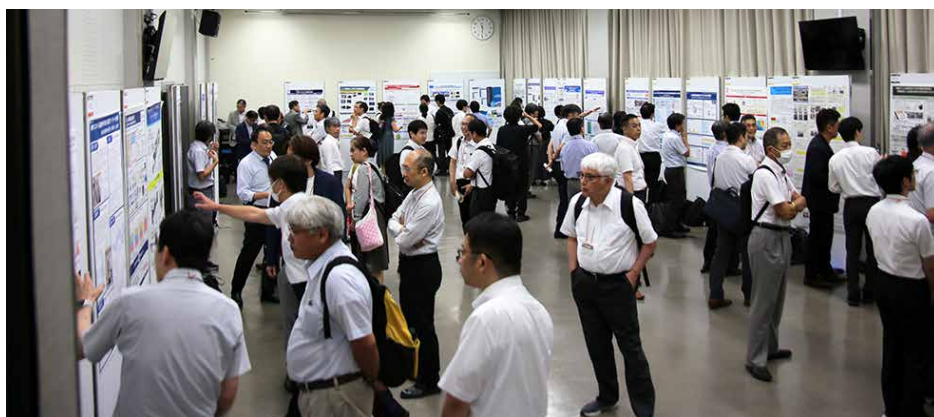


写真3 ポスター発表会場

今年から若手（45歳以下）を対象としたヤングアワードを設定した。申請者は20名で、有識者2名により選定が行われた。

6. 企画講演・パネルディスカッション

セッション6は企画講演として、文部科学省の馬場参事官より「SPring-8の成果最大化に向けて」というタイトルで、文科省の基本計画からSPring-8に対する期待・要望等が述べられた。

セッション7では「SPring-8-IIに向けたユーザーからの期待と要望」と題して4名のユーザーからの講演とそれに続くパネルディスカッションを行った。昨年も「SPring-8-IIへの産業界からの期待」として企画講演を行ったが、この時は企業の研究開発部門におけるマネージャークラスの方が講演をしたが、今年は現在もSPring-8を頻繁に利用しているユーザーから現場目線として意見が出された。群馬大の鈴木准教授からはコンプトンイメージングの高分解能測定やコンプトン散乱+ α の複合測定による電池反応の多角的理解が進むとの期待が述べられた。村田製作所の西村氏からは高輝度化、高分解能化に加えて短時間測定によるドリフトの抑制に対する期待、およびサブミクロン（50～100 nm）ビームでのHERFD-XAFS測定の期待が述べられた。豊田中央研究所の野中氏からは、X線ラマンイメージングの短時間化に対する期待の他に照射損傷対策について情報共有できる場の提供、および、ビームの拡大技術に対する技術検討の要望が出された。SpRUCの藤原氏からは微小領域の動的測定やスペクトルの質的向上により、従来の「物性との相関を知る」レ

ベルから「因果関係を知る」レベルへの質的向上が期待されること、課題として照射損傷、検出器数え落とし、円偏光利用の懸念が述べられた。最後に停止期間への対応として、コミュニティと施設がイニシアティブを発揮して交通整理を行う必要があるとの意見を示された。

パネルディスカッションには上記の4名の講師に加えて理研の矢橋氏、JASRIの佐藤氏が加わり、モデレーターはJASRIの桑本氏が担当して討論が行われた（写真4）。ディスカッションのテーマは、1) SPring-8-IIアップグレードについて、2) SPring-8-IIに向けた期待と要望、3) SPring-8-IIに向けて産業界がさらに活用するためには、の3点であった。アップグレードについては理研の矢橋氏より最新情報が紹介され、2027年7月末に運転を停止し、2028年末に新加速器の立上げ、2029年からコミッショニングを開始し、2029年度A期中に利用運転を再開する計画が示された。期待と要望では、特に光源高性能化に関して意見交換を行い、シングルナノの高分解能化に関する要望、ダメージに関するデータベース化、新たなコヒーレントイメー



写真4 パネルディスカッションの様子

ジング技術として Inline-holography の紹介等があった。産業界の活用に関しては、佐藤氏から「必要な情報」を「適切なタイミング」で提供することが重要との認識から、新たなサービスや制度に向けての説明が行われ、それらに対しての意見が交換された。限られた時間のため、各テーマに対して十分な議論ができたとは言えないが、ユーザーの考えている SPring-8-II に対する期待・要望および懸念事項はわかりやすく示されたと思う。施設側で対処すべきことに関しては十分な対応を期待したい。

続いて、ヤングアワードの表彰式（セッション8）が行われ、川崎重工の根上氏が表彰され記念写真が撮られた（記念品等は記銘の後、後日贈呈：写真5）。



写真5 ヤングアワード表彰式

7. クロージング

最後の講評と閉会の挨拶（セッション9：写真6）では、例年どおり理研 石川センター長より講評があり、「内容が毎年濃くなっている」、「その場観察の威力、『見る』ことの偉大さを改めて認識した」との高評に続き、IIへの期待と要望に対して「一層の議論が必要」、「データでなくソリューションを提供」のコメントが述べられた。最後にJASRI 井上常務理事より閉会挨拶があった。



写真6 石川センター長の講評

8. おわりに

今回の会場である大阪科学技術センターは、産業利用報告会としては初めての利用となる。新大阪から地下鉄一本でアクセスできることから利便性は良かった。今回の参加者数が200人未満であったので会場の広さには余裕が感じられ、ワンフロアで口頭発表、ポスター発表および交流会まで実施でき、産業利用報告会を盛会裏に終えることができた。準備段階から当日の運営、さらに事後のとりまとめ等、主催団体の事務局のご尽力と後援団体の関係者各位のご協力に、この場を借りてお礼申し上げます。

昨年の報告会からサンビーム発表枠が半減し、今年度は兵庫県からの発表も半減した上に2件の発表はいずれもニュースバルに関するものであった。また、JASRIセッションにおいても専用ビームラインからの発表が行われているように、企業の共用ビームラインでの成果公開利用の減少による講演者の確保の困難が懸念される。2024年度から成果準公開制度が設定されたので、企業の方には是非この制度を活用して積極的に発表してもらいたい。

堂前 和彦 DOHMAE Kazuhiko

（公財）高輝度光科学研究センター
産学総合支援室
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL：050-3502-6913
e-mail：kdohmae@spring8.or.jp

SpRUC シンポジウム 2025 報告

特定放射光施設ユーザー協同体 (SpRUC)

国立研究開発法人物質・材料研究機構 マテリアル基盤研究センター

熊本大学 理学部 理学科 物理学コース

兵庫県立大学大学院 理学研究科

公益財団法人高輝度光科学研究センター 分光・イメージング推進室

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 NanoTerasu センター

大阪公立大学 理学研究科 物理学専攻

近畿大学 理工学部 理学科 化学コース

永 村 直 佳

水 牧 仁一朗

田 中 義 人

登 野 健 介

安居院 あかね

久 保 田 佳 基

杉 本 邦 久

1. はじめに

去る9月4日(木)、5日(金)に、特定放射光施設 (SpRUC) シンポジウム 2025 が、特定放射光施設ユーザー協同体 (以下、SpRUC)、理化学研究所 (以下、理研) 放射光科学研究センター、量子科学技術研究開発機構 (以下、QST)、高輝度光科学研究センター (以下、JASRI)、東北大学、の主催により開催されました。2025年度より SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) と NanoTerasu ユーザー共同体 (NTUC) が統合し、新体制 SpRUC が発足して初めてのシンポジウムでした。

近年の放射光施設は、産業界が抱える課題解決に繋がる成果も増加し、社会貢献においても重要な役割を担っています。SPring-8 は供用開始から四半世紀以上、SACLA は 13 年、NanoTerasu は 1 年が経過しました。社会課題解決における放射光の果たすべき役割は益々大きくなっていくと考えられます。そこで、SPring-8 シンポジウムを引き継いで第 14 回目となる今回のシンポジウムでは、「特定放射光施設の協奏的發展」をテーマとしました。最先端の測定から通常の測定まで、放射光測定の全てを社会課題解決にどのように活かしていくのか、また将来に渡って出てくる課題に対して新しい測定技術をどのように生み出していくのか、について議論を行うことで、次世代の放射光科学の将来ビジョンや新しいサイエンスのあり方を描くことを目的としました。

基本的には対面形式により東北大学青葉山コモン

ズで2日間開催し、雨が残暑を和らげる中、会場では至る所で白熱した議論が交わされていました。現地に参加されない会員には、講演をオンラインで配信しました。本シンポジウムには、428 名 (うち現地参加 232 名) が参加しました。開催方式の検討と当日の運営については、東北大学の西堀麻衣子氏と SpRUC 利用幹事である熊本大学の水牧仁一朗氏にご尽力いただきました。

また、今回はシンポジウムに先立ち、初日の午前中に NanoTerasu 見学会 (写真 1) が開催されました。最初に実験ホールを見渡せる見学ホールで施設概要について説明があった後、実際に実験ホールに移動して、エンドステーションの装置を目の前にしながら、共用ビームラインを中心に各ビームライン担当者からビームラインの特徴や設置されている装置についての解説がありました。実験ホールが放射光管理区域外である NanoTerasu ならではの臨場感溢れ



写真 1 NanoTerasu 見学会



写真2
SpRUC
藤原明比古会長
(関西学院大)



写真3
東北大学
湯上浩雄理事・副学長



写真4
QST
武田憲昌理事



写真5
JASRI
中川敦史理事長



写真6
文部科学省
科学技術・学術政策局
研究環境課
馬場大輔参事官

る体験が提供され、参加者も興味津々で実験装置に見入っていました。NanoTerasu 見学会の企画については、QST 広報グループリーダーの加道雅孝氏にご尽力いただきました。

2. セッションI オープニング

オープニングセッションでは、藤原明比古 SpRUC 会長 (写真2) より開会の挨拶がありました。続いて、ホスト機関として東北大学の湯上浩雄理事・副学長 (写真3) からの挨拶がありました。次に、QST の武田憲昌理事 (写真4)、JASRI の中川敦史理事長 (写真5) より挨拶があり、最後に、文部科学省科学技術・学術政策局研究環境課の馬場大輔参事官 (写真6) から来賓挨拶をいただきました。

それぞれの方々の挨拶の中で、特に今回は新生 SpRUC になってから初めての記念すべきシンポジウムであること、そして、それが NanoTerasu のある東北大学で行われることが強調されており、今回のシンポジウムの重要性を実感しました。特定放射光施設では、昨年4月に NanoTerasu が運用開始となり、SPring-8 も昨年度に SPpring-8-II へのアップグレードが決定し、今後、SACLA を含めた3施設での協奏的利用への期待の高さが示され、SpRUC の果たすべき役割について強く認識させられました。

3. セッションII-1 施設報告 (SPpring-8・SACLA)

オープニングに続き、SPpring-8 と SACLA の施設報告として、理研 放射光科学研究センター 物理・化学系ビームライン基盤グループ 矢橋牧名グルー

プディレクター (写真7) と JASRI XFEL 利用研究推進室 先端光源利用研究グループ 簀内俊毅グループリーダー (写真8) による講演が行われました。

矢橋氏からは「SPpring-8-II 整備の進捗と展望」と題して報告が行われました。SPpring-8-II の整備は順調に進んでおり、2027年7月末を目処に運転を停止し、加速器の入替えとコミッショニングを経て2029年度上半期中に利用運転が開始される予定です。運転停止による利用者への影響を軽減するため、他の放射光施設との連携や SACLA の利用機会の拡大が検討されています。既存の実験装置の再編に関しては、軟X線BLの統合、赤外BLの停止、BL02B1 (単結晶構造解析, SPpring-8) と BL04B1 (高温高压, SPpring-8) の装置移設などが計画されています。また、ニーズの多い XAFS や XRD については、自動測定強化や理研 BL の共用枠の活用など、利用機会の拡大が進められる予定です。新設 BL の計画としては、SPpring-8-II で設置されるダンピングウィグラーを広帯域の高エネルギーX線源として利



写真7
理研 矢橋牧名
グループディレクター



写真8
JASRI 簀内俊毅
グループリーダー

用するBLが検討されています。BLの大規模改修に関しては、BL41XU (SPring-8) の生体高分子時分割構造解析の整備計画や、BL37XU (SPring-8) でのQuick XAFSとAKB結像型XAFSイメージングの導入計画が進められています。さらに将来のコヒーレントイメージングの本格化に向けた取組みとして、SACLAでのインラインホログラフィーの開発などが行われています。また、BL08W (SPring-8) の高エネルギーアンジュレータービームラインへの改修、BL19B2 (SPring-8) の階層的X線CTステーションの整備についても検討が進んでいるとの報告があり、講演の終盤では、シャットダウン後のBL立上げに関する方針も示されました。

次の講演では、簗内氏より「SACLAの現状と展望」と題して報告が行われました。初めに、SPring-8-IIへの改修工事の間もSACLAは運転を継続することが示され、SPring-8停止期間中のSACLAの利用についての呼びかけがありました。続いて、SPring-8-IIとSACLAの相補的な利用を考えるうえで必要な情報として、それぞれの光源の特徴と主な利用形態が紹介されました。SPring-8-IIでは安定性と高い平均輝度を活かした精密測定や高エネルギーX線の利用が想定されるのに対し、SACLAではピーク輝度の高いフェムト秒X線パルスによる超高速計測、破壊型のシングルショット計測、高強度X線光学実験などが行われているとの報告がありました。次に、SACLAの現状としてBLとエンドステーションの構成、研究課題の実施状況、最近の利用事例が示されました。SPring-8とも連携したシリアルフェムト秒結晶構造解析の高度化、強磁場や超高压などの極限環境下での構造解析といった研究開発に加えて、産業界や産学連携による利用も進められています。

4. セッションII-2 施設報告 (NanoTerasu)

本セッションではNanoTerasuの施設報告として、QST NanoTerasuセンター 高輝度放射光研究開発部 西森信行 加速器グループリーダー (写真9) から「NanoTerasu光源の運転状況と展望」、続いて同堀場弘司 ビームライングループリーダー (写真10) から「NanoTerasu共用ビームラインの現状と展望」のタイトルでご講演いただきました。

「NanoTerasu光源の運転状況と展望」では、国内初のMBA (Multi Bend Achromat) ラティスを備えた周長349 mのコンパクト高安定光源として設計・整備されたNanoTerasuが、予定通り2024年4月9日から運用を開始され、運用開始当初の蓄積電流は予定を上回る160 mAであったことが紹介されました。その後、2024年7月26日からは蓄積電流を200 mAに引き上げ、高輝度光源とし運転継続しかつ、高安定化に努めたことが紹介されました。定格電流400 mAに対し、電子ビームが蓄積リング加速空洞内に誘起した加速モードと異なる周波数を持つ有害な電磁波などの問題から、2025A期は蓄積電流値が200 mAで運転していましたが、7月には縦BBF (Bunch-by-bunch-feedback) 空洞の試験を行い、その結果から2026年度に予定している蓄積電流400 mA運転に目途がたったことが報告されました。

また、2024年度の予定ユーザー運転を3568.5時間に対し、光源稼働率99.6%、平均故障間隔323時間で実施し、平均故障間隔は13.4日で、ユーザーは約2週間、光源による中断なく実験継続でき、高効率な実験を行うことができたことが報告されました。2025年度も2025年8月1日時点でユーザー運転1896時間を光源稼働率99.5%、平均故障間隔270時間であり、2024年度と同様の安定性を示していることが報告されました。

さらに、リモート実験環境や情報セキュリティ強化、高速通信回線整備も進めていることも紹介されました。

「NanoTerasu共用ビームラインの現状と展望」では、量子科学技術研究開発機構が、NanoTerasuの高輝度光源性能を十全に活かし世界最先端の軟X線



写真9
QST 西森信行
グループリーダー



写真10
QST 堀場弘司
グループリーダー

分光計測環境をユーザーに提供し、学術利用の研究基盤を担うことを使命として、整備を進めてきた、第一期の共用ビームライン3本について紹介されました。

BL02U (NanoTerasu) は軟X線超高分解能共鳴非弾性散乱 (RIXS) ビームラインで、特にRIXS実験における極限エネルギー分解能の追求を目指しており、2D-RIXSという方式を超高分解能化のために採用した世界初のビームラインで、Cu *L*-edgeで16.1 meV ($E/\Delta E \approx 58,000$) の世界最高分解能を達成し、現時点においても世界最高レベルの超高分解能RIXS実験がユーザーに利用可能な状態になっていることが紹介されました。

BL06U (NanoTerasu) は軟X線ナノ光電子分光ビームラインで、角度分解光電子分光 (ARPES) 実験を高精度で行うための高エネルギー分解能と高フラックスを維持した上で、ナノ集光を目指したAブランチと、より汎用的なマイクロ集光のARPES実験を行うBブランチを排他的に利用する設計であることが紹介されました。ビームラインのエネルギー分解能はHeイオン化スペクトル (~ 65 eV) で1.1 meVと、低エネルギー領域におけるエネルギー分解能は $E/\Delta E \sim 60,000$ を達成していることが報告されました。すでにBブランチでは10 μ m以下のスポットサイズでのARPES実験が可能であることが紹介されました。

BL13U (NanoTerasu) は軟X線ナノ吸収分光ビームラインは、分割型APPLE-IIアンジュレーターによる偏光制御と広エネルギー帯域の円偏光利用を特長としたビームラインであり、現在180 eVから3,000 eVまでの全エネルギー範囲で軟X線吸収分光実験が可能であることが紹介されました。また直線偏光の3次光成分を利用した干渉制御により3,000 eV付近における円偏光生成に成功したことが報告されました。

さらに、第二期以降のビームライン増設を計画しており、2~20 keVのテンダーX線から硬X線を活用する新たな回折ビームラインの建設を開始。2027年度の共用開始を目指しています。

NanoTerasuの運用が開始されたのちの、初めてSpRUCにおける施設報告となりました。

5. セッションII-3 利用制度について

本セッションでは、JASRI利用推進部長の久保田康成氏(写真11)から「SPRING-8/SACLA/NanoTerasu利用制度について」と題して講演がありました。始めにSPRING-8の利用制度について説明がありました。成果公開型の大学院生提案型課題では、博士後期課程の大学院生が実験責任者として申請し、最長2年半に渡る長期利用が可能となり、その特徴として、JASRIスタッフが共同実験者として支援すること、そして、事後評価において優れた成果や取り組みに対してはSPRING-8大学院生課題優秀研究賞が授与されることが説明されました。また、2025A期から成果公開型課題の中に優先利用課題(成果準公開)が加わり、企業のユーザーを対象として、論文の代わりにプレスリリース記事や学協会での発表、「SPRING-8での産業利用成果」への掲載、特許、総説などをもって成果公開とする制度が開始されたと報告がありました。そして、XAFS、SAXSの測定代行課題のデータを対象としてJASRIスタッフが有償で解析を行うオフライン解析サービス、XAFSペレット作製や粉末XRD用キャピラリー充填を行う試料調製サービスの運用についても説明がありました。続いて、SACLAの利用制度について説明がありました。3本のBLについて年2回の成果公開課題や成果占有課題が実施されていること、試験利用制度として、BL2 (SACLA) においてSFX、BL3 (SACLA) においてハイパワーナノ秒レーザー実験が1課題0.5シフトで実施可能となっていることが説明されました。最後にNanoTerasuの利用制度について説明がありました。NanoTerasuは本年3月に供用を開始し、3本の共用BLにおいて成果公開一般課題のみ募集していますが、2026A期からはコアリションBL一



写真11 JASRI 久保田康成 利用推進部長



写真12
理研
石川哲也センター長



写真13
QST
高橋正光センター長



写真14
東京大学
有馬孝尚教授



写真15
理研 清水伸隆
グループディレクター

部のビームタイムの共用供出が準備中であり、こちらは一般課題に加えて、高度化研究開発課題というユーザーが装置を設置・持ち込んで進める形の利用が可能となる予定であると説明がありました。

6. セッションIII 特定放射光施設の協奏的發展

本セッションは「特定放射光施設協奏的發展」をテーマとして理研 放射光科学研究センター長 石川哲也氏（写真12）とQST NanoTerasuセンター長 高橋正光氏（写真13）の2講演と、東京大学 教授 有馬孝尚氏（写真14）、理研 グループディレクター 清水伸隆氏（写真15）を加えた4名の先生をパネリストとしたパネルディスカッションを行いました。

まず、石川センター長から「協奏・競争・協創・強壮・狂想」と題して講演がありました。これまでの20年間主に放射光科学を支えてきたSPRING-8と、共用を開始したNanoTerasuとが置かれている現状を踏まえて、今後どのように協奏、競争的發展をしていくべきかについて、タイトルにある様々な「キョウソウ」に対する例を挙げながら将来の方向性を示されました。また、新しい利用形態についてSPRING-8が試行的に行なっている例を示しながら、放射光科学が社会から求められている役割を果たす方法を明瞭に示され、進むべき方向を示唆されました。

次に高橋センター長から、「特定放射光施設 NanoTerasu の役割と展望」と題して講演がありました。まずNanoTerasuの現状を紹介され、共用に供与されているビームラインが3本であること、さらに現在1本が建設中であることが報告されました。さらなる今後のBL増設の進め方についても詳細に

紹介されました。また、NanoTerasuの役割についても言及され、軟X線からテnderX線領域での分光・偏光の制御技術の開発やその利用に関する展望を述べられ、このエネルギー領域での未開拓領域を發展させ、硬X線に強みのあるSPRING-8と相補的・協創的な放射光利用基盤を提供するとの抱負を述べられました。

その後、これら2つの講演を受けて、放射光科学の「協奏的發展」についてパネルディスカッションを行いました。まずは利用形態についての詳細を石川センター長に発言いただき、従来になかった新しい業界のユーザーや潜在ユーザーの開拓について説明いただきました。また高橋センター長にはテnderX線領域での分光・偏光の制御技術の具体的な問題点や展望をお話いただきました。それを受けて有馬氏には、ユーザー側からの観点で、偏光利用や共鳴非弾性散乱（RIXS）の高分解能を生かした提案をいただきました。また、清水氏にはこれまで構造生物分野が取り組んでこられたSPRING-8とPhoton Factoryの相補的利用やクライオ電子顕微鏡との協奏的利用について紹介いただき、SPRING-8と



写真16 懇親会

NanoTerasu「協奏的」利用についての指針をお示しいただきました。さらには2027年に予定されているSPring-8-IIへの改修期間におこるブラックアウト期間についての対応要請について石川センター長、高橋センター長に提案いただきました。

セッションIIIで初日のプログラムが終了し、この後、みどり食堂にて懇親会が開催されました(写真16)。懇親会にも多くの皆様にご参加いただき、なごやかな雰囲気の中、活発な情報交換が行われていました。

7. セッションIV 特定放射光施設の協奏的・横断的利用による成果

2日目最初の本セッションでは、複数の放射光施設ビームラインを活用したり、放射光分析を軸として分野融合・学際的な研究展開を進めている、東北大学 教授 原田昌彦氏(写真17)、東北大学 准教授 山田悠介氏(写真18)、東北大学 副理事・教授 岡部朋永氏(写真19)、東北大学 助教 二宮翔氏(写真20)、QST 放射光科学研究センター 先進分光研究グループ グループリーダー 石井賢司氏(写真21)に講演を依頼しました。

原田氏からは、「食・農および生命科学におけるNanoTerasu活用に向けたA-Syncの取り組み」と題して、2021年に設置された農学研究科附属放射光生命農学センター A-Sync (Center for Agricultural and Life Sciences using Synchrotron Light) で実施されている、放射光を活用した学術研究・教育、国際連携、産学連携の事例についてご紹介がありました。放射光分析の専門家が多い東北大学 国際

放射光イノベーション・スマート研究センター SRIS (International Center for Synchrotron Radiation Innovation Smart) と緊密に連携し、SPring-8でfeasibility studyを行いながら、温度管理が重要な生物試料を扱う温調試料ステージの導入や、他の分析手法でフォローできていない空間スケール(10 nm~100 nm)を埋めるためのX線CTイメージング計測を進めてきたことが報告されました。東北は日本における食糧供給拠点であるため、NanoTerasuのロケーションは食農生命科学におけるアドバンテージであり、仙台市や宮城県との共同事業を通して、牡蠣や日本酒といった地域産物・食品のブランド化、全国の食農課題の解決、ひいては食料安全保障へ貢献していることが述べられました。また、アウトリーチの事例として高校生の実験受け入れや科学番組へのメディア対応、産学連携の事例としてフードロス対策やバイオ技術を扱う商社とのコラボレーション、国際連携の事例としてCanadian Light SourceやMAX IVとの交流、国際ワークショップの開催、放射光農学利用の世界的プラットフォームPALSA (Partnership of Advanced Light Sources for Agriculture) への参画などが紹介されました。

山田氏からは、「NanoTerasu タンパク質結晶構造解析実験ステーションの立ち上げ」と題して、コアリションビームラインであるBL09U (NanoTerasu) のHAXPESハッチ上流側に新たに建設中のタンパク質結晶構造解析実験ステーション MX-ESについてご紹介がありました。SPring-8の実験装置や制御機構(ZOOシステム)を転用してBL45XU (SPring-8) クラスの全自動測定システムを備えて



写真17
東北大学
原田昌彦教授



写真18
東北大学
山田悠介准教授



写真19
東北大学
岡部朋永教授



写真20
東北大学
二宮翔助助教



写真21
QST 石井賢司
グループリーダー

いること、安定性に優れた汎用測定用の仮想光源集光モードと微小高輝度ビームを使える先端計測用の挿入光源モードを切り替えて利用できること、東北大学サイバーサイエンスセンターをデータ処理に活用すること、などの説明がありました。2023年に建設プロジェクトが始まり、2025年内の運用開始を目指して、各モードでの光源性能評価やメールイン自動測定に向けた要素技術開発が順調に進んでおり、さらにビームの安定化や液体窒素の自動供給、ソフト面の強化などを実施していく旨が示されました。また、MX-ESの利用方法についても詳しく説明がありました。MX-ESの利用開始に先立って、測定支援とユーザー参入促進をミッションとする東北大学先端生体高分子構造研究センターARCBS (Advanced Research Center for Biomacromolecular Structures) を立ち上げ、MX-ESの利用者全員がセンター会員になることが必須であり、学術機関の利用者の場合はAMEDの生命科学・創薬研究支援基盤事業BINDS (Basis for Supporting Innovative Drug Discovery and Life Science Research) の支援を申請し、認められた場合は利用料金の支援が受けられることが言及されました。コアリションメンバーはもちろん、非コアリションメンバーであっても、東北大学との共同研究の枠組みで積極的にMX-ESの利用を斡旋していくとの方針が示されました。フローチャートを示しながら、類型ごとの利用料金についても説明がありました。

岡部氏からは、「熱硬化性樹脂に関する計算/計測融合研究」と題して、計算の専門家の視点から、放射光計測と計算の融合研究の重要性について解説がありました。岡部氏は東北大学グリーンクロステック研究センターのセンター長を務めており、コアリションマッチングサービスを通して、放射光の観測結果をどう解析して製品開発に活かすかについて知りたいユーザーに対して、DXシミュレーションツールCoSMIC (Comprehensive System for materials Integration of CFRP) や東北大スーパーコンピュータAOBAの利用支援、解析サーバールームの提供、ケーススタディー紹介といった計測・計算融合支援を推進していることが紹介されました。反応分子動力学 (MD) シミュレーションを元に、

航空樹脂材料の物性を計算から予測するにあたり、放射光計測による広角X線散乱 (WAXS) の実測スペクトルとスペクトル計算結果が合うように構造パラメータを決定することで、クラック強度やそりといった、スケールの階層が異なる物性をも精度よく予測できる、これはMD計算で偏微分方程式を解くためには初期条件と境界条件が必要であり、放射光計測は初期条件と時間変化の勾配を決定することに他ならないからである、という計測と計算の相補性について説明がありました。また、最近の計測・計算融合研究の事例として、非芳香族エポキシ樹脂の開発に関する産学連携の研究成果が紹介されました。

二宮氏からは、「分光BLの横断利用による構造歪が誘起する特異な電子状態の発見」と題して、放射光材料科学における多角的評価解析のケーススタディー紹介がありました。触媒機能を持つCeO₂ナノ粒子は、超臨界水熱合成によって数nmのサイズまで作り分けることが可能であり、触媒性能の鍵となるCeO₂ナノ粒子における電子状態のサイズ効果を解明するために、SPRING-8の様々なビームラインを横断利用し、元素選択的・軌道選択的な情報が得られるX線吸収分光 (XAS)、X線光電子分光 (XPS)、X線発光分光 (XES) を、各手法の違いを把握しながら駆使した解析事例について詳しく説明がありました。Ce L₃-edge, とCe M_{4,5}-edgeのXAS、高エネルギー分解能蛍光検出X線吸収微細構造 (HERFD-XAFS) 法によるCeの価数評価、XPSによる深さ分解分析、Ce 3d4f共鳴非弾性X線散乱 (RIXS)、O K-edgeのXASやRIXSの結果を比較検討し、触媒反応において、酸素欠損がなくても価数が増えるという、定説を覆す結果が示唆され、論文として成果公開されたことが解説されました。軟X線領域では、NanoTerasuにおいてSPRING-8よりも高いエネルギー分解能で計測できるため、現在はNanoTerasuを活用してナノ粒子における蛍光や強磁性などの新しい機能発現の原理解明に取り組んでいることが紹介されました。

石井氏からは、「共鳴非弾性X線散乱を利用した銅酸化物の電子励起観測」と題して、軟X線RIXSと硬X線RIXSを協奏的に利用した強相関銅酸化物の計測事例についてご紹介がありました。RIXSで



写真22
理研
平田邦生専任技師



写真23
東京農工大学
山田宏樹准教授



写真24
JASRI
横山優一研究員

は電子の三自由度（電荷・スピン・軌道）と格子振動励起を観測することができ、励起を測ることは相互作用を知ることである、今後はより低いエネルギーの励起過程において、高いエネルギー分解での超伝導のエネルギーギャップや擬ギャップ、異常金属などの観測が進んでいく、という説明がなされました。計測事例では、前半は、超伝導転移温度が異なる系のRIXSスペクトルの違い、後半は1次元スピン系と2次元スピン系のRIXSスペクトルの違いについてご紹介がありました。硬X線RIXSで観測できるCu K-edgeはスピン反転が禁制である一方、軟X線RIXSで観測できるCu L₃-edgeはスピン反転するマグノンが検出でき、硬X線RIXSはBL11XU (SPRING-8)、軟X線RIXSはBL07LSU (SPRING-8)の発光分光装置（現在はNanoTerasu BL07Uへ移設済み）や、世界最高エネルギー分解能を誇るRIXS専用の共用ビームラインBL02U (NanoTerasu) で計測できる旨の解説があり、軟X線と硬X線の相互利用のために理解しておくべき相違について言及されました。

8. セッションV 人工知能・深層学習を利用した放射光データ解析

本セッションでは「人工知能・深層学習を利用した放射光データ解析」をテーマに3人の先生方にご講演をいただきました。

最初に理研 専任技師 平田邦生氏（写真22）から「タンパク質結晶を多数利用した高分解能構造解析」と題して講演がありました。タンパク質の立体構造を高精度に決定する主要な測定手法であるX線結晶

構造解析の最近の発展をハードウェアとソフトウェアの両面から紹介いただきました。ハードウェア面ではロボットを用いた自動測定について、またソフトウェアの面からは、自動測定の制御から解析手法の発展までBL32XU (SPRING-8) を例にご紹介いただきました。特に解析手法の発展はめざましく、教師なし学習に分類される階層的クラスタリングを用い、結晶間の強度相関に基づいてグループ分けを行い、同型性の高いデータの抽出と統合対象の選別が効率化され、構造解析の精度向上に機械学習の手法が重要な役割を果たすことを示していただきました。

次に、東京農工大 准教授 山田宏樹氏（写真23）から「回折イメージングのための深層学習を援用した反復的位相回復」と題して講演をしていただきました。材料科学や生命科学において重要な役割を持つX線タイコグラフィーのデータを対象に回折像からの実像再構成を行う手法に深層学習を適用する新しい解析法についてご紹介いただきました。この測定においては対象試料のX線照射ダメージが問題となることがあり、統計精度が悪いデータで実像を再構成する必要があります。この状況を克服するためにモデルベース型アルゴリズムの物理的整合性と、深層学習の表現能力を融合させる新たな枠組みであるPINE (Ptychographic Iterative algorithm with Neural denoising Engine) に関してご説明いただきました。低照射および低重複条件において、従来法では破綻するような条件でも、PINEは良好な再構成性能を維持し、X線タイコグラフィーのさらなる可能性を示していただきました。

最後に、JASRI 研究員 横山優一氏（写真24）に

「Deep priorによるノイズ・アーティファクト除去～SPring-8 BL25SUのSX-ARPESへの適用～」と題して講演いただきました。SX-ARPES (Soft X-ray Angle Resolved Photo Emission Spectroscopy) のデータは物質の電子状態・バンド構造を決定する主要な手法であるが、現在測定系に由来するアーティファクトとノイズが重畳したものとなっています。これまで様々な方法でシグナルの抽出が試みられているが、横山氏はこれらの方法を超えた性能をもつ除去方法Deep priorを開発され、その方法についてご紹介いただきました。Deep priorは畳み込みニューラルネットワークに組み込まれた各種バイアスを事前知識として計測データを学習するという独創的なアプローチによって、計測データ単体からノイズとシグナルを分離するというものであり、これをBL25SU (SPring-8) の実測データに適用し、アーティファクトとノイズの抽出のみならず、計測の効率化を可能にすることを紹介されました。

9. セッションVI ポスターセッション

ポスターセッションは、青葉山コモンズ内の講義室および翠生ホール前において行われました（写真25）。今年度の発表件数は、SpRUC研究会 37件、

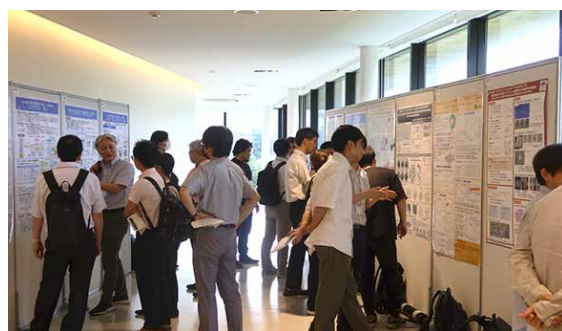


写真25 ポスターセッション



写真26 Young Scientist Award 授賞式

SPring-8/SACLA（理研）18件、SPring-8/SACLA（JASRI）21件、SPring-8/SACLA（専用ビームライン）7件、NanoTerasu（QST）6件、NanoTerasu（Phosic）10件、でした。セッションの最初から最後まで会場は盛況であり、非常に活発な議論が行われていました。

10. セッションVII SpRUC総会・第14回Young Scientist Award授賞式・受賞講演

SpRUC総会では、冒頭に藤原会長による挨拶があり、続いて、組織体制、行事、予算、研究会における活動状況についての報告がなされました。最後に、今後のSpRUCの活動予定が示されました。

引き続き、第14回 SpRUC2025 Young Scientist Award 授賞式が執り行われました（写真26）。冒頭、西堀英治選考委員長より、今年度は8名の応募があり、その中から2名を受賞者とした旨と、それぞれの受賞理由が紹介されました。授賞式に続き受賞講演が行われ、大阪大学 助教 山田純平氏（写真27）は現地にて、京都大学 助教 平出翔太郎氏（写真28）は自身が主催するシンポジウムと時間が重なったため、ビデオ上映にて講演が実施されました。

山田純平氏は「硬X線結像ミラーによるXFELの極限的集光」と題し、楕円凹面ミラーと双曲凸面ミラーを組み合わせたWolter III型光学系に基づくAdvanced KB (Kirkpatrick-Baez) 配置を独自に提案・開発し、SACLAにおいて7 nmの極小集光径および $1.45 \times 10^{22} \text{ W/cm}^2$ という極限的ピーク強度を実現した成果について講演しました。

平出翔太郎氏は「時分割 *in situ* X線回折測定を用いたゲート型吸着剤の構造転移速度解析」と題し、構造柔軟性を有する金属有機構造体 (MOF) のゲー



写真27
大阪大学
山田純平助教



写真28
京都大学
平出翔太郎助教

ト型吸着剤における骨格構造転移速度の関数形から動的描像を導出した研究について発表しました。さらに、高輝度放射光X線を活かした時間分解X線回折法と化学工学的手法を組み合わせた新しい解析手法の開発についても講演しました。

11. セッションVIII クロージング

クロージングセッションでは、最初にJASRIの中川敦史理事長（写真5）より総括がありました。SpRUCが発足して幅広いエネルギー領域にわたるユーザーコミュニティが形成されたことへの期待、科学技術先進国にとって放射光は社会インフラである一方で汎用化への対応に向けた課題、SPring-8-IIに向けたブラックアウト期間の対策について述べられました。また、日本の放射光施設が世界的な競争に勝ち、存在感を高めていくためには、計測と計算などの分野融合や施設の協奏的・横断的施設を進め、ユーザーが力を持ち、施設とともに発信していくことが重要である、との見解を示されました。

次に、主催機関を代表してSpRUC藤原会長（写真1）より閉会の挨拶がありました。会長自身の全体の感想が述べられ、実行委員を始めとした関係者、参加者へのお礼の言葉がありました。

会議のプログラムの詳細とアブストラクトは下記Webページにて公開されています。

<http://www.spring8.or.jp/ext/ja/spruc/sprucsymposium2025.html>

永村 直佳 *NAGAMURA Naoka*

（国）物質・材料研究機構
マテリアル基盤研究センター
〒305-0003 茨城県つくば市桜3-13
TEL : 029-859-2627
e-mail : NAGAMURA.Naoka@nims.go.jp

水牧 仁一郎 *MIZUMAKI Masaichiro*

熊本大学
理学部理学科物理学コース
〒860-8555 熊本県中央区黒髪2-39-1
TEL : 096-342-3066 (709)
e-mail : mizumaki@kumamoto-u.ac.jp

田中 義人 *TANAKA Yoshihito*

兵庫県立大学大学院
理学研究科
〒678-1297 兵庫県赤穂郡上郡町3-2-1
TEL : 0791-58-0139
e-mail : tanaka@sci.u-hyogo.ac.jp

登野 健介 *TONO Kensuke*

（公財）高輝度光科学研究センター
分光・イメージング推進室
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
TEL : 0791-58-0950
e-mail : tonos@spring8.or.jp

安居院 あかね *AGUI Akane*

（国）量子科学技術研究開発機構
NanoTerasu センター
〒980-8572 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉468-1
TEL : 022-785-9457
e-mail : agui.akane@qst.go.jp

久保田 佳基 *KUBOTA Yoshiki*

大阪公立大学
理学研究科物理学専攻
〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138
TEL : 06-6605-7040
e-mail : kubotayoshiki@omu.ac.jp

杉本 邦久 *SUGIMOTO Kunihiisa*

近畿大学
理工学部理学科化学コース
〒577-8502 大阪府東大阪市小若江3-4-1
TEL : 06-4307-5099
e-mail : sugimoto@chem.kindai.ac.jp

第9回 SPring-8秋の学校を終えて

特定放射光施設ユーザー協団体 (SpRUC) 行事幹事 (秋の学校担当)

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 関西光量子科学研究所 城 鮎 美

1. 秋の学校概要

第9回 SPring-8 秋の学校が、2025年9月7日(日)～10日(水)の4日間にわたり開催されました。今年度は幸い天候にも恵まれ、全日程を滞りなく終えることができました。開催にあたり多くの関係者のみなさまより多大なるご支援とご協力を賜りましたこと、心より感謝申し上げます。

秋の学校は特定放射光施設ユーザー協団体 (SpRUC) および高輝度光科学研究センター (JASRI) の主催のもと、理化学研究所 放射光科学研究センター、兵庫県立大学 理学部／大学院理学研究科、関西学院大学 理学部／工学部／生命環境学部／大学院理工学研究科、岡山大学、島根大学の共催、ならびに関係諸機関の後援を受けて実施されました。校長には SpRUC 会長である藤原明比古先生 (関西学院大学教授) をお迎えし、事務局は JASRI 利用推進部が担当しました。グループ講習のテーマおよび講師については、SpRUC の研究会および評議員のみなさまよりご推薦をいただき、放射光の幅広い分野を網羅する構成となりました。

SPring-8 秋の学校は、これからの放射光科学を担う人材の発掘と育成を目的としており、放射線業務従事者登録を必要としないことが大きな特徴です。これにより、大学院生のみならず、学部生や企業研究者の方々にも広くご参加いただける学びの場となっています。今年度の参加申込者は60名以上でしたが、その後一部キャンセルが生じたために、最終的に15校15社から56名の参加がありました。内訳は以下のとおりです：学生37名 (学部3年生8名、学部4年生22名、博士前期課程 (修士) 1年4名、博士後期課程1年1名、博士後期課程2年2名)、社会人19名 (企業19名、大学0名、研究機関0名)。男性39名、女性17名。放射線業務従事者登録のない方は40名でした。

2. カリキュラムについて

SPring-8 秋の学校は基礎講義において放射光の基礎を学び、グループ講習において疑似的な放射光利用体験を行う構成となっています。カリキュラムの詳細は表1に示す通りであり、1日目には基礎講義

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
9/7 (日)		～11:00 開校式 [SPring-8紹介]	11:00 - 12:30 「基礎講義1」 放射光発生の基礎	12:30 - 13:40 昼食	13:40 - 15:10 「基礎講義2」 ビームライン ～光源と実験ステーションを繋ぐもの～	生 合 ら 休 息 想 影	15:30 - 17:00 「基礎講義3」 X線自由電子レーザー入門	17:00 - 18:00 参加者自己紹介	移動 Check-in	18:30～	意見交換会
9/8 (月)	9:00 - 10:30 「基礎講義4」 X線検出器の基礎 ～原理から最新の画像検出技術まで～	10:40～12:20 SPring-8実験ホール SACLA見学	12:20 - 13:30 昼食	13:30 - 15:00 「基礎講義5」 X線イメージング	休 息	15:10 - 16:40 「基礎講義6」 X線回折入門	16:50 - 18:20 「基礎講義7」 XAFSの基礎	18:20～	夕食		
9/9 (火)	移動	9:30 - 12:30 グループ講習1	12:30 - 14:00 昼食	14:00 - 17:00 グループ講習2	移動	17:30～	意見交換会				
9/10 (水)	移動	9:30 - 12:30 グループ講習3	12:30 - 14:00 昼食	14:00 - 17:00 グループ講習4	17:00 - 18:00 講義施設紹介/アンケート回収						

表1 第9回 SPring-8秋の学校日程表

を3講義、2日目には4講義を実施しました。3日目と4日目には4テーマのグループ講習を行いました。

参加者間の交流を促進するため、1日目の講習後に自己紹介の時間を設けました。また、参加者と講師の交流の場として1日目と3日目の夜には意見交換会を開催しました。多くの方にご参加いただき、学生、社会人、専門分野の垣根を超えた積極的な交流が見られました。

2日目の昼食前にはSPring-8実験ホールならびにSACLAの見学がありました。参加者のみなさまには施設の広大さと先端技術を実際に歩いて体感していただく貴重な機会となりました。

グループ講習では事前に提示された17テーマの中から参加者の希望に応じて3～4テーマが割り振られ、各自の関心に沿った実践的な知識と技術を習得していただきました。

3. 基礎講義について

基礎講義の内容と担当講師（敬称略）は以下の通りです。いずれの講義も工夫が凝らされており、分野の異なる参加者にも大変理解しやすい講義でした。講義後の質疑応答も非常に活発で、休憩時間にも講師に質問されている熱心な参加者の姿が印象的でした。

基礎講義1. 放射光発生 の基礎

正木満博(高輝度光科学研究センター)

基礎講義2. ビームライン

～光源と実験ステーションを繋ぐもの～
山崎裕史(高輝度光科学研究センター)

基礎講義3. X線自由電子レーザー入門

久保田雄也(理化学研究所)

基礎講義4. X線検出器の基礎

～原理から最新の画像検出技術まで～
今井康彦(高輝度光科学研究センター／
理化学研究所)

基礎講義5. X線イメージング

箆島靖(兵庫県立大学)

基礎講義6. X線回折入門

高橋功(関西学院大学)

基礎講義7. XAFSの基礎

田淵雅夫(名古屋大学)



写真1 講義風景



写真2 講義後の質疑応答の様子



写真3 見学風景

4. グループ講習について

グループ講義の内容と担当講師（敬称略）は以下の通りです。X線と物質の相互作用に関するほぼ全ての領域を網羅する17テーマが開講されました。秋の学校では放射線業務従事者登録を必要としない形式で実施されるため、放射光そのものを利用した講習はできませんが、各講師が様々な工夫を凝らしてくださり、実際の実験装置や測定データを活用した疑似的な測定や解析手法が学べるようになっています。これにより、参加者のみなさまには放射光実験の流れや考え方などを実践的に学んでいただけたものと思います。

1. 単結晶構造解析
橋爪大輔（理化学研究所CEMS）
足立精宏（理化学研究所CEMS）
2. 放射光粉末X線回折によるその場観測の実際
笠井秀隆（大阪公立大学）
加藤大地（京都大学）
3. タンパク質結晶構造解析
水島恒裕（兵庫県立大学）
河村高志（高輝度光科学研究センター）
4. 小角X線散乱
増永啓康（高輝度光科学研究センター）
関口博史（高輝度光科学研究センター）
5. 放射光を利用した応力・ひずみ計測
菖蒲敬久（日本原子力研究開発機構）
富永亜希（日本原子力研究開発機構）
6. X線回折・散乱を用いた薄膜構造評価
小金澤智之（高輝度光科学研究センター）
7. X線吸収分光法
浪花晋平（京都大学）
片山真祥（高輝度光科学研究センター）
加藤和男（高輝度光科学研究センター）
8. 皮膚角層および毛髪 of 構造解析
中沢寛光（帝京科学大学）
小幡誉子（星薬科大学）
太田昇（高輝度光科学研究センター）
- 9A. 高圧力の発生技術と高圧地球科学・物質科学
肥後祐司（高輝度光科学研究センター）
- 9B. 高圧力の発生技術と高圧下の物質科学
新名良介（明治大学）
石松直樹（愛媛大学）
10. ドーパント原子配列解析
松下智裕（奈良先端科学技術大学院大学）
11. 放射光光電子分光法による物質の電子状態分析
藤森伸一（日本原子力研究開発機構）
川崎郁斗（日本原子力研究開発機構）
12. 放射光X線イメージングの概要と基礎
上杉健太郎（高輝度光科学研究センター）
13. X線発光分光法
松村大樹（日本原子力研究開発機構／
関西学院大学）
石井賢司（量子科学技術研究開発機構／
岡山大学）
14. 二体分布関数法（PDF）
尾原幸治（島根大学／
高輝度光科学研究センター）
山田大貴（高輝度光科学研究センター）
下野聖矢（高輝度光科学研究センター）
15. プラッグコヒーレントX線回折イメージング法
大和田謙二（量子科学技術研究開発機構）
押目典宏（量子科学技術研究開発機構）
シャオミンヤン（量子科学技術研究開発機構）
16. 放射線生物学の基礎
小西輝昭（量子科学技術研究開発機構）
城鮎美（量子科学技術研究開発機構）
17. 放射光X線トポグラフィーによるパワー半導体
単結晶の欠陥観察
姚永昭（三重大学）
梶原堅太郎（高輝度光科学研究センター）

5. まとめ

2017年から始まったSPRING-8秋の学校も、今年で第9回を迎えることができました。これまで継続して開催できているのは、ひとえに関係各位のご支援とご協力の賜物です。改めて、丁寧な講義をしてくださった基礎講義担当の先生方、2日間にわたり熱心に指導してくださったグループ講習担当の先生方、わかりやすい説明で参加者の興味を惹きつけてくださった見学引率担当の先生方、共催・後援機関のみなさま、そしてご参加いただいたみなさまに心より御礼申し上げます。また、事務局として関係各所との調整、対応を担ってくださったJASRI利用



写真4 グループ講習の風景（3日目）

推進部のみなさま、テーマ・講師の選定にご協力いただいたSpRUCのみなさまにも深く感謝申し上げます。

毎年実施しているアンケート結果からは、基礎講義・グループ講習ともに参加者のみなさまから高い満足度をいただいております。一方で、講師の方々からは業務負担についてのご意見も頂戴しております。実行委員会としましては、今後も参加者・講師双方にとってより有意義な学校となるよう、実施体制の見直しや改善に努めてまいります。つきましては、SpRUCのみなさまからも忌憚のないご意見・

ご提案を賜れますと幸いです。より良い秋の学校の開催に向けて、今後ともご指導・ご協力のほど、何卒よろしくお願い申し上げます。

城 鮎美 SHIRO Ayumi

(国) 量子科学技術研究開発機構 関西光量子科学研究所
放射光科学研究センター 水素材料科学研究グループ
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
TEL : 0791-27-2058
e-mail : shiro.ayumi@qst.go.jp



写真5 集合写真

第9回SPring-8秋の学校に参加して

株式会社デンソー

先進プロセス研究部 計測技術研究室 米 山 祐 輔

株式会社デンソーは、環境・安心の大義を達成し、すべての人が安心と幸せを感じられるモビリティ社会の実現を目指しています。私の所属する先進プロセス研究部では、弊社の製品や工場の変革に貢献するべく、加工・計測技術の開発をおこなっています。モノづくりにおいて、タイムリーに正しい可視化・計測技術を提供す

ることは非常に重要であり、今夏より、放射光イメージングの領域を担当することになった私は、放射光施設を利用したことはあったものの、改めて学び直す機会が欲しいと考えていました。そういったタイミングで秋の学校の存在を知り、放射光の原理と利用研究の基礎を体系立てて学びたく、参加させていただくことを決めました。

秋の学校のスケジュールとしては、1, 2 日目が基礎講義と SPring-8/SACLA の見学、3, 4 日目が実際に手を動かすグループ講習でした。基礎講義の前半では、放射光発生からビームラインでの光の制御、届いた光を実験ハッチにて検出するまでの過程を基本原理や理論式を抑えつつも、直感的に理解できるように工夫して説明いただき、専門分野が異なっても理解しやすい内容でした。基礎講義の後半では、X線と物質内の電子の相互作用の結果として、様々な情報が得られることを、X線イメージング、X線回折、XAFS の講義を通して説明いただきました。基本原理や理論式を抑えつつも、直感的に理解できるよう時には実演も交えて説明いただき、放射光科学の基礎的な力を付けることのできる場であったと思います。また、SPring-8/SACLA の見学においては、講義にて学んだ技術を現地現物で体感し理解を深めることができたとともに、ビーム停止期間ということもあり普段は見ることのできないビームラインの上流部分も一部拝見させていただき非常に貴重な体験となりました。

グループ講習では、17 テーマから4 テーマを受講することができ、停止期間のためビームは

出ないものの、座学だけでなく、各テーマの該当実験ハッチ内の見学、試料作製や解析等の体験もすることができました。各テーマとも講師1~2名に対して、受講者3~5名であり、疑問点等はすぐにその場で質問することができ、とても贅沢な場と感じました。今後の業務を通じて、さらに理解を深めていくとともに、今回ご縁のあった講師の方々とも必要に応じて、連携させていただきたく思います。

最後になりますが、こういった貴重な場を用意して下さった秋の学校の事務局並びに講師の方々に参加者を代表して厚く御礼申し上げます。また、第4世代の放射光施設 SPring-8-II へのアップグレードを控える中、日本の放射光科学の益々の発展と、我々産業界との一層の連携を祈念しております。

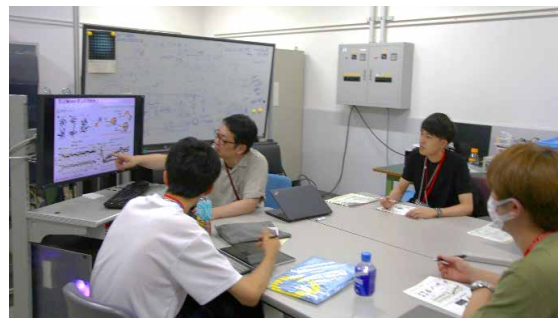


写真6 グループ講習の風景（4日目）

第13回 MEDSI2025 国際会議参加報告

公益財団法人高輝度光科学研究センター ビームライン光学技術推進室 坪 田 幸 士
加速器部門 太 田 紘 志

1. はじめに

第13回 Mechanical Engineering Design of Synchrotron Radiation Equipment and Instrumentation (MEDSI2025) が、2025年9月15日から19日にかけてスウェーデン・ルンドで開催された。本会議は、シンクロトロン放射光および自由電子レーザーの機器設計や技術革新を対象とする国際会議であり、隔年開催を重ねて四半世紀を迎えた。会場は Science Village 内の「Loop」で、路面電車 (tram) の停車駅、Lund ESS 駅から徒歩1分ほどというアクセスの良い立地であった。この駅名にもある ESS (European Spallation Source) は、2027年に運転開始を予定している施設であり、ルンドで現在建設が進められている世界有数の大強度中性子源を備えた大型研究施設である。会議はこの ESS に隣接するエリアで開催されたこともあり、ESS 関係者からの参加、発表も多く見られた。今回の会議は、ヨーロッパ開催という地理的要因もあり欧州の施設が多く参加しており DESY や MAX IV、Diamond Light Source からの参加者が多数を占めた。一方、アジアからの参加者も目立っており、中国科学院 (CAS) のほか、次回開催地となる韓国や台湾、タイなどの施設からの参加が見られたほか、アメリカやブラジルなどから

も参加があり、世界各地の計70施設から総勢393名の研究者が集まったと報告された。会期中は、口頭53件、ポスター182件の計235件の発表が行われ、各施設における設計技術や実装事例が共有された。日本の施設としては、SPring-8 から4名が参加し、KEK から3名が参加した。SPring-8 からは、次期アップグレード計画「SPring-8-II」に関連する技術開発の現状を発表した。会議全体の発表内容は放射光を利用した利用研究というよりも機器開発やエンジニアリングに重点を置いた技術開発のテーマが中心であった。実務中心で堅い印象の会議ではあるが、国際会議らしく施設見学やバンケットなども開催された。初日に開催された施設見学では、スウェーデンの放射光施設の MAX IV を見学した。MAX IV では共鳴非弾性散乱分光エンドステーションに加え、加速器トンネル内にも入り、世界で初めて建設された第四世代の光源加速器のコンパクトな造りを見学した。また、会議4日目の夜に開催されたバンケットでは、スウェーデンとデンマークを結ぶ Øresund Bridge を望む海辺のパーティ会場で北欧らしい料理も楽しむことができた。



図1 バンケット会場からの写真、エーレ海峡の向こうにコペンハーゲン市街がかすかに見える



図2 学会会場と、その目の前に停車するルンドの路面電車 (tram)

2. 基調講演と全体動向

開会セッションでは、MEDSIの創設者の一人である米国ブルックヘブン国立研究所のS. Sharma氏から「MEDSIの25年とこれから」が語られ、1999年の初回開催から四半世紀の歩みを振り返るとともに、放射光施設を支える国際的な技術ネットワークと今後の人材育成の重要性が示された。また、第4回にあたるMEDSI2006がSPRING-8主催により姫路で開催されたことも紹介された。Sharma氏は、参加者数や発表件数の着実な増加を示しながら、精密加工、熱負荷対策、振動抑制など多岐にわたる工学的課題を国際的な協力のもとで解決してきた経緯を紹介した。続く招待講演では、開催地ルンドに所在するMAX IVの次期アップグレード計画「MAX 4U」が発表され、施設側が掲げるビジョンと技術的な挑戦が具体的に紹介された。さらに、他施設においてもアップグレード計画が進行していることが報告され、各国が一斉に「次の光源アップグレード」に取り組んでいる現状が伝えられた。特別講演では、2023年ノーベル物理学賞のAnne L'Huillier教授が「アト秒科学」について講演し、光源技術の進歩が新しい科学領域を切り拓いていることを示した。

会期中の発表は、ビームライン、加速器、シミュレーション、新施設設計・アップグレード、精密メカニクス、基盤技術開発の6つの主要セッションに分類され、口頭発表およびポスター発表として報告された。参加者の多い会議ではあったが、パラレルセッションは設けられず、全員が同じ会場で一つ一つの口頭発表を聴講する形式で進められた。その中で特に印象的だった加速器とビームラインセッションの内容について以下に紹介する。

3. 加速器セッション

加速器のセッションでは、MAX IVのAymeric Robert氏とPedro Tavares氏によりMAX 4Uのアップグレード計画が紹介された。計画としては、性能と予算などを鑑みて、2種類のアップグレード案が提示された。1つ目は最低到達ラインとして設定された案で、セル内の四極電磁石の4個を逆偏向磁石に置き換えることで電子ビームのエミッタンスを95 pm·radに下げるというもの、もう1つの案と

しては設計上の挑戦目標としてセル内の四極電磁石12個を逆偏向磁石に置き換えることで電子ビームのエミッタンス65 pm·radを目指すものであった。ただ、2つ目の案は多極磁石に要求される磁場勾配が大きく、実現に向けてR&Dを行うとのことだった。また、ラティス設計に加えて、電子ビームを通す真空チェンバについての報告もされていた。ここで興味深かったのが、最低到達ラインとされるアップグレードでは、電子ビームの軌道は変わるが、真空チェンバの変更どころか、大気開放も要らないとされていたところである。通常、電子ビームを通すチェンバは変形しないように硬く作られているが、MAX IVのチェンバは外形Φ24 mm厚さ1 mmの銅製の薄く軟らかいパイプである。そのため、変化した軌道に合わせてパイプを曲げることでアップグレードに対応可能であり、すでに実物での検証も済んでいるとのことだった。非常に怖い気もするが、改造費と設置の手間を省くという点では非常に合理的で私にはないアイデアであった。発表を見ている限りでは、技術的にはアップグレード可能ではあったが、予算的な課題もあるようで、計画自体は決定ではないように見えた。

次に個人的に面白いと感じたのは、アメリカALSのRyan Miller氏によるアップグレード計画での磁石架台のアライメント試験機の話であった。基本的には、アップグレード中の停止期間を短縮するため、アライメント時に磁石架台の天板部の動きがスムーズかつ、押しネジのバックラッシュなどの位置再現性低下を抑える取り組みについての報告であった。特に気になったのが、架台の天板と脚の接触面にあたるブッシングの潤滑剤としてモリコートが最適だという点である。真空関係の実験装置を作ったことのある読者ならピンとくると思うが、ねじの焼き付き防止に塗る黒いペーストがモリコートである。他に潤滑剤としてオイルやグラファイトなどの一般的な潤滑剤も使われていたが、モリコートを使った場合が最も効率よく磁石架台を調整できたと報告されていた。非常に身近なものを試した結果が最適解であることに気づいた点で技術者らしい発表であった。

また、この会議は有限要素法などを使用したシ

ミュレーションによる解の探索や最適化なども報告が多い。シミュレーションのセッションで目を惹いたのは、DESYのDaniel Thoden氏のPETRA IVのために設計された磁石架台の形状最適化の報告であった。装置の架台といえば、鉄の板材を溶接して製作された直線的なデザインが多い。これに対し、PETRA IVの磁石架台はトポロジー最適化を用いたことで天板と地面の設置面以外が曲面で構成されており、見た目はアメリカ映画に出てくるエイリアンの宇宙船の内装を彷彿とさせる。比較に使われたEuropean XFELの架台と比べると4倍重く、5 tでダクタイル鋳鉄による鋳造となっており、構造としてもかなりリジッドであった。この架台の設計では有限要素法解析により振動特性を評価し、European XFELの架台よりも高い減衰率を示すと予測された。しかし、実機での振動試験（ハンマリング試験）の結果、シミュレーションでは再現されなかった振動モードの存在が確認されたと報告されていたが、加速器のイメージ像を変えそうな発表であったと思う。

加速器のアップグレードを控える施設の職員として興味深かったのは、Argonne National LaboratoryのMark Erdmann氏のAPSのアップグレードに伴う装置撤去と設置における教訓についてである。現場を監督するマネージャーに要求されるスキルとタスクについての説明から始まり、工期短縮のための撤去及び設置作業者の事前教育訓練の重要性や大量の廃棄物の分別、処理工程のマネジメントのミスによる工期の遅れの発生、機器運搬時の天候、トンネル内の電気設備の劣化など、作業時の事故による機器と設備の破損など失敗も含めた重要な教訓を報告していた。

最後に自身の発表に対する感触について記述する。今回、私が発表したのはかなりピンポイントな話題である「真空を仕切るゲートバルブの運転時の熱負荷」についてであった。そのため、他施設の真空の担当者が「何を対象にどのような手法で検証を行ったか？」というように聞いてくることが多く、「やっぱり、ここのバルブはよく考えられている。」というように納得していただいたため、技術者たちから見ても自身の報告が大外れではないと実感が持てたことはよかったと思う。

4. ビームラインセッション

ビームライン技術のセッションでは、熱負荷対策から顕微鏡の高分解能化、さらにはバイオセーフティ対応の新しい実験環境設計まで、多岐にわたる報告が行われた。全体としては、高輝度化が進む次世代光源に向け、「安定性」と「運用性」をどのように両立させるかが大きな共通テーマとなっていた。

熱負荷対策として印象的だったのは、ESRFのAlban Moyne氏による軟X線用モノクロメータのアクティブ冷却システムの報告である。従来の受動冷却では格子表面の歪みや温度応答の遅さが課題であったが、本研究では柔軟な銅ブレードを介した熱伝導とヒーター制御を組み合わせ、温度安定性 ± 2 mKという極めて高い制御を実現していた。干渉計測では冷却系の寄与が50 nrad RMS以下であることが確認され、実際のビーム試験では分解能が25.6 meVから22 meVへと改善したと発表された。また、従来は数時間を要していた熱安定化時間が約8分にまで短縮されたと報告された。冷却を能動的に扱う方法は以前から欧米では注力されているが、我が国の本質的な安定化を狙う方式とは一線を画しているように感じた。

次にAPSのBenjamin Davis氏からは、In Situ Nanoprobe (ISN) ビームラインの設計と初期コミッショニング結果が報告された。ISNは光源から約220 m離れた長尺棟に設置された長尺ビームラインで、25 keVで20 nmの集光を実現するKirkpatrick-Baez (KB) ミラー系を備える。 ± 0.05 °C/1 hの温度安定性とVC-G (0.78 $\mu\text{m/s rms}$) 相当の振動安定性を確保し、多様なin-situ環境に対応可能な構成となっている。特に、ISNではKB光学系を使うがゆえに、光学・機械・環境制御のすべてが精密に設計され、振動・温度・位置の微小変動を抑えるための工学的工夫が随所に組み込まれている点が印象的であった。

ビームラインの性能として印象的だったのは、NSLS-IIのEvgeny Nazaretski氏が発表したX線顕微鏡技術についての報告であった。Hard X-ray Nanoprobe (HXN) ではMultilayer Laue Lens (MLL) により約10 nmの集光を実現し、Zone Plate (ZP) 光学系との切り替えも可能な構成としていた。

Submicron Resolution X-ray Spectroscopy (SRX) ビームラインでは自作のKBミラー系により 200 nm の分解能を達成し、蛍光・分光測定に活用している。さらに 18-ID ビームラインでは 30-50 nm の分解能で 1 分以内にナノトモグラフィーを完了できる ZP 型顕微鏡を導入したとのことだった。これらの報告を通じて、ナノメートルスケールでの集光がもはや特別な成果ではなく、次世代光源における標準的な性能として定着しつつあるということを感じた。装置開発の各要素においても、光学素子の精度や安定性、制御機構への要求が一段と高まり、ビームライン設計における要求が高まっていることを感じさせる報告であった。

以上の他に、興味深かったのは、NSRRC の Bo Yi Chen 氏から発表された SPring-8 の 12XU ビームラインにおけるコヒーレント回折イメージング (CDI) エンドステーション開発についての報告であった。このビームラインはもともと非弾性 X 線散乱 (IXS) 実験用のビームラインとして運用されているが、本研究では、その下流側に CDI 専用の実験ステーションを増設することで、IXS 光学系を経由せず高コヒーレンスビームを直接利用できる構成としたものであった。これにより、既存のビームラインを活かしつつ、コヒーレント散乱実験と高分解能イメージングを柔軟に切り替えられるようになった。印象的だったのは、SPring-8 と Taiwan Photon Source (TPS) の両施設で同一装置において行われた CDI 実験の性能比較であった。結果として、SPring-8 では TPS に比べてオーダーで高い分解能が得られ、SPring-8 の高い地盤安定性と光源性能が測定結果に大きく寄与したと報告された。今回の発表は、装置そのものの精度だけでなく、施設自体の安定性が実験性能に直結していることを改めて示したものであり、ナノオーダーの計測を見越してこの地に SPring-8 を整備した先見性が改めて示された発表であった。

Sirius/Orion の Renan Ramalho Geraldies 氏から報告された SIBIPIRUNA ビームラインは、世界で初めて Biosafety Level 4 (BSL-4) 環境とシンクロトロンビームラインを統合する挑戦的なプロジェクトであった。感染細胞を対象としたクライオソフト X

線トモグラフィーを目的としており、水の窓領域 (300~750 eV) で約 30 nm の分解能を実現し、5~10 分でトモグラフィー結果を取得できる性能を備える。実験環境には、内外二重の真空チェンバとバイオセーフティエンクロージャによる多層封じ込め構造に加え、UV 照射および ClO_2 や H_2O_2 ガスによる自動除染機構が導入され、安全性と操作性の両立が図られている。BSL-4 という極めて高リスクな領域でありながら、他では実施できない実験を可能とする点に特徴があり、非常に意欲的な取り組みとして報告されていた。

5. まとめ

MEDSI は、技術的な課題に立ち向かった報告が多く、これから SPring-8-II へと向かっていく我々にとっては非常に学びの多く、見落としていた点や考えすらもなかったアイデアを得られた。また、会議本体ではないが、発表だけではわからなかった点について、直接議論の機会を持てたことも非常に有益であった。MAX IV のサイトすぐ近くということもあって、MAX IV 加速器の真空担当者に、個人的に研究現場を見せてもらい、アップグレードに伴う調査・開発環境を見られたことも現地での学会に参加した甲斐があったと考えている。会議の最後には、次回の MEDSI2027 が韓国・慶州で、そして 2026 年には MEDSI School がタイで開催されることが発表された。どちらもアジア圏ということで距離的にも近く、興味のある方は次回ぜひ参加を検討してみてはいかがだろうか。



図3 次回の MEDSI2027 は韓国・慶州で開催予定である

坪田 幸士 *TSUBOTA Koji*

(公財) 高輝度光科学研究センター
ビームライン光学技術推進室
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0831
e-mail : tsubota@spring8.or.jp

太田 紘志 *OTA Hiroshi*

(公財) 高輝度光科学研究センター
加速器部門
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0831
e-mail : hiroshi.ota@spring8.or.jp

ICAME-HYPERFINE 2025 会議報告

公益財団法人高輝度光科学研究センター

放射光利用研究基盤センター 産学総合支援室 筒井 智 嗣

1. はじめに

9月7日～12日の期間でポーランドのグダニスクで開催されたICAME-HYPERFINE 2025に参加した。ICAMEとHYPERFINEはそれぞれInternational Conference on the Application of the Mössbauer Effect (ICAME)とInternational Conference on Hyperfine Interactions and Their Applications (HYPERFINE)という別々の会議である。運営上は2つの別々の会議の国際委員会が存在する一方で、現地実行委員は事実上1つである。経緯は以下の通りである。

ICAMEは1957年に後にメスバウアー効果と呼ばれる核 γ 線の無反跳共鳴吸収現象がR. L. Mössbauerによって報告された直後の1960年に発足し、1960年代は毎年、その後2年おきに開催されている。一方、HYPERFINEはInternational Conference on Hyperfine Interactionsとして1967年に発足し、核四重極相互作用に関する国際会議(NQI)との合同開

催を経て、現在の呼称に変更となった。2つの会議はお互いの研究者が対象とする観測量が電子と原子核の相互作用である超微細相互作用(hyperfine interaction)であることもあり、コロナ禍となる直前の2019年頃から合同開催が議論されていた。コロナ禍の2021年にルーマニアで試行的に合同開催され、次の2023年にはICAMEはコロンビアで、HYPERFINEは日本で開催されたため、今回が本格的に合同開催される初めてのケースとなった(図1)。

開催地のグダニスクは、首都のワルシャワからはほぼ真北、バルト海に面する港湾都市である。街の主要部はほぼ徒歩圏内という非常にコンパクトな街である。ポーランドの大統領でもあったLech Wałęsa(ワレサと聞けばピンとくる方もいらっしゃると思うが)とゆかりのある街であり、空港の名前には彼の名前が冠されている。また、グダニスクは温度計の華氏を定義したDaniel Gabriel Fahrenheitの出身



図1 会場のホテル入口に設置された学会の開催を告知する看板



図2 Daniel Gabriel Fahrenheitの生家近くにある温度計



図3 運河沿いに復元された14世紀のクレーン

地であり、街角に華氏の温度計も置かれていた（図2）。第2次世界大戦で戦前にあった街は壊滅的な損害を受けたようであるが、現在は綺麗に整備されている。街には14世紀に造られたクレーンが復元されており（図3）、その周辺の運河沿いが観光地としての街の中心である。

2. 会議報告

いつの頃からかICAMEでは、Welcome Receptionの前にTutorial Lectureを行うことが恒例となっており、往年の先生方によるLectureと称する様々な分野のReview Talkが開会前日に行われた。Welcome Receptionの翌日、会議はGeneral ChairであるElzbieta Jartych氏の挨拶で開会した（図4）。初日と最終日には一つのセッション、それ以外の日はパラレル・セッションが設けられ、パラレル・セッションの一つがHYPERFINEで、それ以外がICAMEという形式で進められた。私の勝手な解釈という前置きをして初日のプログラムを紹介すると、Opening直後のKeynote LectureはICAMEとHYPERFINEの合同開催を意識してか、F. Jochen Litterst氏によるメスバウアー分光と μ SRを用いた量子スピン液体に関するレビューであった。個人的なことではあるが、筆者がLitterst氏に会うのは約30年ぶりであった。



図4 General Chairとして開会の挨拶を行っているElzbieta Jartych氏

講演後のcoffee breakで彼と話をすることができた。当時まだ博士課程の学生であった筆者のポスターの前に彼が来て、様々な質問を投げかけられ拙い英語で筆者が必死に回答していたことは昨日のことにように思い出された。その30年前のことを彼に伝えると、彼自身もそのことを覚えていてくださり、そのことが今回の会議でとても嬉しかった。

私が初めて参加した1997年は放射光によるメスバウアー効果測定はまだ黎明期であり、講演の大多数は放射性同位体を利用した研究であった。このため、放射光で新たな原子核の励起に成功しただけでも論文として発表ができた時期である。しかしながら、昨今のICAMEではInvited TalkやContributed Talkの約半分が放射光を用いた研究となり、手法開発の成果だけでなく利用研究に関する成果も多数発表されるようになった。近年では、会議の中での放射光や放射光施設の役割も格段に大きくなり、会議の運営にもその状況が反映されていた。初日のKeynote Lectureの後に昼食を挟む形でSynchrotron Sessionと題して、APSのEsen Ercan Alp氏とESRFのSergey Yaroslavltssev氏によるTutorial Lectureが配され、Lecture Roomには各放射光施設のビームラインに関するポスターがおかれ、昼休みやCoffee Breakなどで各施設の担当者と



図5 最終日の会議の様子

議論が行えるように工夫がされていた。このほかにも木曜日の午後のセッションには、ESRF、APS、PETRA-III 及び SPring-8 の核共鳴散乱のビームライン担当者による口頭発表が行われた。

今回の会議は合同開催のため、ICAME もしくは HYPERFINE のいずれかの会議に登録さえしていれば、パラレル・セッションとして開催されるどちらの講演も聞くことができた（図5の写真は最終日の合同セッション）。私が聴講した HYPERFINE のセッションでは、原子核や物質科学の研究成果以外に若手への知識や技術の継承をどのように行うか

を主眼に置いた講演もいくつか行われていた。個人的には、HYPERFINE の国際委員の委員長でもある Stefaan Cottenier 氏による AI 活用による超微細相互作用に関する知見の発信に関する招待講演や Juliana Schell 氏による ISOLDE-CERN における核プローブを用いた固体物理の教育プログラムに関する講演に興味を持った。また、HYPERFINE のセッションにおけるミュオン科学の日本の貢献度の高さが際立った。

ICAME-HYPERFINE 2025 は計測手法が中心の国際会議であることから、物質科学を専門とする筆者が積極的に聞く機会が無い分野の講演も聞けることがこの会議に参加する魅力である。その一つが惑星学に関するセッションである。ドイツの Hannover 大学を中心としたグループが NASA と共同で 20 年以上も前に火星に送り込んだ 2 つのローバーに搭載されたメスバウアー分光器を用いた ^{57}Fe スペクトルに関する測定結果が報告された。 ^{57}Fe スペクトルを計測するための RI 線源は約 1 年の半減期の ^{57}Co を利用するため、当初の 6 桁以上減衰した RI 線源でも計測ができていることに驚いた。このほか、JAXA がリュウグウから持ち帰った鉱物に関する分析結果も報告された。



図6 Banquet での一幕

ICAME-HYPERFINE2025での日本の貢献は大きく、参加者220名の約20%にあたる43名が日本からの参加者で主催国のポーランドに肉薄する参加者数であった。メスバウアー分光が盛んなポーランドの隣国であるドイツが32名であったことも、日本からの参加者の多さを示している。今回参加者という点でもう一つ特筆すべきは女性研究者の割合である。筆者が参加するようになった1997年以降、ICAMEにおいて女性がchairを務めたのは、1997年と2013年に加えて今回が恐らく3回目だと思う。今回 Banquet の途中で、General ChairのElzbieta Jartych氏の呼びかけで本会議に参加した女性参加者だけで記念撮影を行うこととなった(図6)。正確な人数は把握できていないが、総参加者数の少なくとも2割以上は女性の参加者であって、この会議においてダイバーシティが少しずつ進んでいることを示した一幕ではないかと思われる。

3. おわりに

今回のICAME-HYPERFINE 2025のためのポーランド滞在は文字通り充実した毎日であった。毎朝の会議が8時から開始で午前のセッション終了が13時、午後は14時30分ごろから始まり18時頃には口頭発表が終了というスケジュールが、午後にはExcursionが開催される水曜日と最終日を除く毎日続いた。今回、会場のホテルで昼食が用意されていたので、会議中に久しぶりに再会する人々とも様々な議論できた。会議のConcluding RemarkとしてHYPERFINEの国際委員長のStefaan Cottenier氏が、今回Award Lectureを行ったESRFのChumakov氏の講演で「pleasure」という言葉を軸に彼自身の40年の研究を振り返ったことに倣って、ChairのElzbieta Jartych氏に向かって「complain」という言葉を軸に、会議中の昼食やcoffee breakのお菓子などが美味しかったのでこんなに太ってしまったと言って謝意を示していたことは、hospitalityという観点でも会議の充実していたことを表している。唯一私から文字通りのcomplainを申し上げるならば、abstract bookに掲載された講演概要が講演番号やプログラムのカテゴリと全く無関係に配置されていたので、聞いた講演やその時点で聞いている講演のabstractをな

かなか見つけられなかったことである(もしかすると、主催者側としては全ての講演のabstractを読むようにという意図だったかもしれないが)。

次回もこの会議はICAME-HYPERFINEとして合同で2027年に開催されることが決まっており、開催場所はアメリカ合衆国シカゴのAPS (Advanced Photon Source)、会議のChairはAPSのEsen Ercan Alp氏である。

筒井 智嗣 TSUTSUI Satoshi

(公財) 高輝度光科学研究センター
放射光利用研究基盤センター 産学総合支援室
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
TEL : 0791-58-0802
e-mail : satoshi@spring8.or.jp

第55回（2025B）SPring-8利用研究課題の採択について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用推進部

公益財団法人高輝度光科学研究センター（JASRI）では、SPring-8利用研究課題審査委員会（PRC）においてSPring-8の利用研究課題を審査した結果を受け、SPring-8選定委員会の意見を聴き、以下のように第55回共同利用期間（2025年10月1日～2026年2月25日（放射光利用297シフト、1シフト＝8時間））における利用研究課題を採択しました。ただし、年6回募集のビームライン（BL01B1、BL02B1、BL02B2、BL05XU、BL09XU、BL13XU、BL14B2、BL15XU、BL16XU、BL16B2、BL19B2、BL28B2およびBL46XU）は2025Bを3期に分けて募集しており、これらのビームラインについては第I期の2025年10月1日～11月10日（114シフト）における課題を採択しました。表1に利用研究課題公募履歴を示します。

1. 募集、審査および採択の日程

[募集案内公開と応募締切]

2025年 4月24日 SPring-8 ホームページで主要課題の募集案内公開
5月27日 成果公開優先利用課題、成果専有課題応募締切
6月11日 一般課題、大学院生提案型課題応募締切

[課題審査、選定、採択および通知]

2025年 7月 8日～15日 各分科会による課題審査
7月22日 SPring-8利用研究課題審査委員会（PRC）による課題審査
8月 5日 SPring-8選定委員会の意見を聴取
8月 6日 JASRIとして採択決定し、応募者に審査結果を通知

2. 応募および採択状況

2025B期の新規応募課題数は790、採択課題数は619でした。表2に2025B期の利用研究課題の課題種別の応募課題数および採択課題数と採択率（％）を示します。また、表3に成果非専有課題としての科学審査の対象となる課題（一般課題、大学院生提案型課題）への応募656件について、ビームラインごとの応募課題数、採択課題数、採択率および配分シフト数、並びに採択された課題の1課題あたりの平均配分シフト数を示します。SPring-8における“SACLA、J-PARC MLFまたは「富岳」を含むHPCIと連携した利用を行う課題”として、SPring-8には14件の応募があり、うち14件が採択されました。なお、本記事の統計には、年6回募集のビームラインの第Ⅱ期および第Ⅲ期分、ならびに（案1）期中に随時募集する成果専有時期指定課題、測定代行課題（定期募集を除く）等は含まれていません。

3. 採択課題

2025B期の採択課題の一覧は、SPring-8 User Informationに掲載しています。以下をご覧ください。

ホーム > SPring-8利用申請 > 課題募集 > 採択・実施課題一覧

<https://user.spring8.or.jp/?p=37038>

表1 利用研究課題 公募履歴

利用期	利 用 期 間	ユーザー 利用シフト*	応募締切日**	応募課題数	採択課題数
第1回：1997B	1997年10月－1998年03月	168	1997年01月10日	198	134
第2回：1998A	1998年04月－1998年10月	204	1998年01月06日	305	229
第3回：1999A	1998年11月－1999年06月	250	1998年07月12日	392	258
第4回：1999B	1999年09月－1999年12月	140	1999年06月19日	431	246
第5回：2000A	2000年02月－2000年06月	204	1999年10月16日	424	326
第6回：2000B	2000年10月－2001年01月	156	2000年06月17日	582	380
第7回：2001A	2001年02月－2001年06月	238	2000年10月21日	502	409
第8回：2001B	2001年09月－2002年02月	190	2001年05月26日	619	457
第9回：2002A	2002年02月－2002年07月	226	2001年10月27日	643	520
第10回：2002B	2002年09月－2003年02月	190	2002年06月03日	751	472
第11回：2003A	2003年02月－2003年07月	228	2002年10月28日	733	563
第12回：2003B	2003年09月－2004年02月	202	2003年06月16日	938	621
第13回：2004A	2004年02月－2004年07月	211	2003年11月04日	772	595
第14回：2004B	2004年09月－2004年12月	203	2004年06月09日	886	562
第15回：2005A	2005年04月－2005年08月	188	2005年01月05日	878	547
第16回：2005B	2005年09月－2005年12月	182	2005年06月07日	973	624
第17回：2006A	2006年03月－2006年07月	220	2005年11月15日	916	699
第18回：2006B	2006年09月－2006年12月	159	2006年05月25日	867	555
第19回：2007A	2007年03月－2007年07月	246	2006年11月16日	1099	761
第20回：2007B	2007年09月－2008年02月	216	2007年06月07日	1007	721
第21回：2008A	2008年04月－2008年07月	225	2007年12月13日	1009	749
第22回：2008B	2008年10月－2009年03月	189	2008年06月26日	1163	659
第23回：2009A	2009年04月－2009年07月	195	2008年12月11日	979	654
第24回：2009B	2009年10月－2010年02月	210	2009年06月25日	1076	709
第25回：2010A	2010年04月－2010年07月	201	2009年12月17日	919	665
第26回：2010B	2010年10月－2011年02月	210	2010年07月01日	1022	728
第27回：2011A	2011年04月－2011年07月	215	2010年12月09日	1024	731
第28回：2011B	2011年10月－2012年02月	195	2011年06月30日	1077	724
第29回：2012A	2012年04月－2012年07月	201	2011年12月08日	816	621
第30回：2012B	2012年10月－2013年02月	222	2012年06月28日	965	757
第31回：2013A	2013年04月－2013年07月	186	2012年12月13日	880	609
第32回：2013B	2013年10月－2013年12月	159	2013年06月20日	905	594
第33回：2014A	2014年04月－2014年07月	177	2013年12月12日	874	606
第34回：2014B	2014年10月－2015年02月	230	2014年06月19日	1030	848
第35回：2015A	2015年04月－2015年07月	207	2014年12月11日	1030	685
第36回：2015B	2015年09月－2015年12月	198	2015年06月11日	974	632
第37回：2016A	2016年04月－2016年07月	216	2015年12月10日	907	699
第38回：2016B	2016年09月－2016年12月	198	2016年06月02日	977	637
第39回：2017A	2017年04月－2017年07月	210	2016年12月08日	947	678
第40回：2017B	2017年10月－2018年02月	240	2017年06月08日	1000	761
第41回：2018A	2018年04月－2018年08月	228	2017年12月07日	931	719
第42回：2018B	2018年10月－2019年02月	234	2018年06月07日	982	744
第43回：2019A	2019年04月－2019年07月	222	2018年12月06日	957	681
第44回：2019B	2019年09月－2020年02月	234	2019年06月21日	1011	729
第45回：2020A	2020年04月－2021年02月	336	2019年12月05日	1460	1044
第46回：2021A	2021年04月－2021年07月	216	2020年12月08日	838	687
第47回：2021B	2021年09月－2022年02月	228	2021年06月10日	1105	797
第48回：2022A	2022年04月－2022年08月	216	2021年12月01日	957	708
第49回：2022B	2022年10月－2023年02月	228	2022年06月14日	1272	878
第50回：2023A	2023年04月－2023年08月	213	2022年12月08日	1063	775
第51回：2023B	2023年10月－2024年02月	216	2023年06月15日	1286	947
第52回：2024A	2024年04月－2024年07月	210	2023年12月07日	1135	829
第53回：2024B	2024年09月－2025年02月	234	2024年06月13日	1306	962
第54回：2025A	2025年04月－2025年07月	210	2024年12月05日	1180	827
第55回：2025B	2025年10月－2026年02月	237	2025年06月11日	(790)	(619)

*ユーザー利用へ供出するシフト（1シフト＝8時間）で全ビームタイムの80%

**一般課題の応募締め切り日

応募・採択課題数について：2006B以前は応募締め切り日**の値である。

2007A以降は、期終了時の値（産業2期募集、生命科学等分科会留保課題、時期指定課題、緊急課題を含む）を示す。

2025Bは今後、年6回募集ビームラインの第2・3期分、期中随時募集の成果専有時期指定課題等があるため現在の値は括弧内に示す。

表2 2025B SPring-8利用研究課題の課題種別応募および採択課題数と採択率

決定課題種	応募課題数	採択課題数	採択率 (%)	採択課題のシフト充足率 (%)****
一般課題*	585	443	75.7	94.9
成果専有課題	89	89	100.0	91.6
大学院生提案型課題	71	46	64.8	94.1
大学院生提案型課題（長期型）**	6	2	33.3	100.0
成果公開優先利用課題	38	38	100.0	94.5
測定代行課題（定期募集）	1	1	100.0	100.0
総 計	790	619	78.4	94.7
科学審査対象課題***のみの合計	656	489	74.5	94.9

*一般課題等のうちSPring-8における“SACLA、J-PARC MLFまたは「富岳」を含むHPCIと連携した利用を行う課題”は、応募14課題のうち14課題を採択。

**複数課題を利用する課題を含む（申請者数は7名、採択者数は7名）。

***成果専有課題と優先利用課題を除いた課題。

****PX-BL 課題（期中に配分シフトを決定する生命科学／タンパク質結晶構造解析分野関係課題）を除く。

表3 2025Bビームラインごとの審査対象課題*の採択状況

ビームライン	応募課題数計	採択課題数計	採択率 (%)	配分シフト数計**	1課題あたり平均配分シフト**
BL01B1：XAFS I	31	11	35.5	84	7.64
BL02B1：単結晶構造解析	19	18	94.7	90	5.00
BL02B2：粉末結晶構造解析	25	19	76.0	90	4.74
BL03XU：理研 分析科学 III	1	1	100.0	6	6.00
BL04B1：高温高压	25	23	92.0	210	9.13
BL04B2：高エネルギーX線回折	29	27	93.1	213	7.89
BL07LSU：理研 施設開発ID II	2	1	50.0	21	21.00
BL08W：高エネルギー非弾性散乱	16	15	93.8	174	11.60
BL09XU：HAXPES I	10	10	100.0	78	7.80
BL10XU：高圧構造物性	45	29	64.4	225	7.76
BL13XU：X線回折・散乱 I	12	8	66.7	45	5.63
BL14B2：XAFS II	30	10	33.3	78	7.80
BL15XU：理研 物質科学 III	11	8	72.7	48	6.00
BL16XU/理研 分析科学 I	2	2	100.0	9	4.50
BL17SU：理研 物理科学 III	5	4	80.0	57	14.25
BL19B2：X線回折・散乱 II	13	12	92.3	55	4.58
BL19LXU：理研 物理科学 II	3	3	100.0	48	16.00
BL20B2：医学・イメージング I	38	19	50.0	198	10.42
BL20XU：医学・イメージング II	26	16	61.5	121	7.56
BL25SU：軟X線固体分光	24	18	75.0	237	13.17
BL26B1：理研 構造ゲノム I ***	3	3	100.0	24	8.00
BL27SU：軟X線光化学	19	19	100.0	192	10.11
BL28B2：白色X線回折	22	16	72.7	170	10.63
BL32B2：理研 施設開発BMI	3	2	66.7	27	13.50
BL35XU：非弾性・核共鳴散乱	41	16	39.0	239	14.94
BL36XU：理研 物質科学 II	7	2	28.6	24	12.00
BL37XU：分光分析	20	19	95.0	193	10.16
BL39XU：X線吸収・発光分光	16	11	68.8	126	11.45
BL40B2：SAXS BM	45	44	97.8	228	5.18
BL40XU：SAXS ID	26	25	96.2	204	8.16
BL41XU：生体高分子結晶解析 I ***	6	6	100.0	30	5.00
BL43IR：赤外物性	15	15	100.0	171	11.40
BL43LXU：理研 量子ナノダイナミクス	1	1	100.0	12	12.00
BL44B2：理研 物質科学 I	4	4	100.0	27	6.75
BL45XU：生体高分子結晶解析 II ***	1	1	100.0	6	6.00
BL46XU：HAXPES II	10	6	60.0	57	9.50
BL47XU：マイクロCT	24	19	79.2	183	9.63
PX-BL (BL41XU、45XU、26B1、32XU、38B1、 EM01CT、EM02CT、EM03CT、EM04CT)	26	26	100.0	—	—
総 計	656	489	74.5	4000	8.18

*一般課題、大学院生提案型課題

**1シフト＝8時間

***PX-BL対象BL（PX-BL運用以外対象課題の課題数およびシフト数）

年6回募集ビームラインの第II期・第III期募集分等は含まず。

表4 SPring-8 2025B 応募・採択結果の機関および研究分野分類

機関分類	課題分類		生命科学		医学応用		物質科学・材料科学		化学		地球・惑星科学		環境科学		産業利用		その他*		総 計		採択率 (%)
	決定課題種	課題数／シフト数	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	
大学等教育機関	一般課題	課題数	39	33	3	2	192	155	71	66	41	36	3	2	17	8	8	6	374	308	82.4
		シフト数	190	156	21	15	1648	1320	530	499	427	381	87	84	161	95	120	102	3184	2652	83.3
	成果専有課題	課題数			1	1	1	1	1	1					1	1			4	4	100.0
		シフト数			2	2	2	2	2	2					4	4			10	10	100.0
	大学院生提案型課題	課題数	7	4			20	17	16	10	7	6	1		3				54	37	68.5
		シフト数	28	7			159	129	87	47	57	51	6		24				361	234	64.8
	大学院生提案型課題（長期型）	課題数					4	2	1		1								6	2	33.3
		シフト数					54	30	12		12								78	30	38.5
	成果公開優先利用課題	課題数	2	2	1	1	12	12	10	10							2	2	27	27	100.0
		シフト数	7	7	3	3	78	78	111	111							18	18	217	217	100.0
国立研究機関等	一般課題	課題数	8	8	4	4	32	28	8	7	10	9			3	1	6	6	71	63	88.7
		シフト数	54	54	33	33	315	264	63	57	81	75			18	3	81	81	645	567	87.9
	成果専有課題	課題数													3	3			3	3	100.0
		シフト数													5	5			5	5	100.0
	成果公開優先利用課題	課題数			1	1	4	4	1	1									6	6	100.0
		シフト数			3	3	30	30	3	3									36	36	100.0
	合 計	課題数	8	8	5	5	36	32	9	8	10	9			6	4	6	6	80	72	90.0
		シフト数	54	54	36	36	345	294	66	60	81	75			23	8	81	81	686	608	88.6
産業界	一般課題	課題数	5	5											16	11			21	16	76.2
		シフト数	20	20											150	120			170	140	82.4
	成果専有課題	課題数	8	8			6	6	2	2					60	60	2	2	78	78	100.0
		シフト数					19	19	4	4					239	239	4	4	266	266	100.0
	成果公開優先利用課題	課題数							1	1					4	4			5	5	100.0
		シフト数							6	6					12	12			18	18	100.0
	測定代行課題（定期募集）	課題数													1	1			1	1	100.0
		シフト数													0.5	0.5			0.5	0.5	100.0
	合 計	課題数	13	13			6	6	3	3					81	76	2	2	105	100	95.2
		シフト数	20	20			19	19	10	10					401.5	371.5	4	4	454.5	424.5	93.4
海外機関	一般課題	課題数	5	4	3	3	79	33	21	9	10	6					1	1	119	56	47.1
		シフト数	21	3	51	51	747	314	165	88	96	63					15	15	1095	534	48.8
	成果専有課題	課題数	1	1			1	1							2	2			4	4	100.0
		シフト数					3	3							3	3			6	6	100.0
	大学院生提案型課題	課題数					14	7	2	2	1								17	9	52.9
		シフト数					127	66	24	24	8								159	90	56.6
	合 計	課題数	6	5	3	3	94	41	23	11	11	6			2	2	1	1	140	69	49.3
		シフト数	21	3	51	51	877	383	189	112	104	63			3	3	15	15	1260	630	50.0
	合 計	課題数	75	65	13	12	365	266	134	109	70	57	4	2	110	91	19	17	790	619	78.4
		シフト数	320	247	113	107	3182	2255	1007	841	681	570	93	84	616.5	481.5	238	220	6250.5	4805.5	76.9
	採択率 (%)	課題数	86.7		92.3		72.9		81.3		81.4		50.0		82.7		89.5		78.4		
		シフト数	77.2		94.7		70.9		83.5		83.7		90.3		78.1		92.4		76.9		

* ビームライン技術、素粒子・原子核科学、考古学、鑑識科学、安全管理

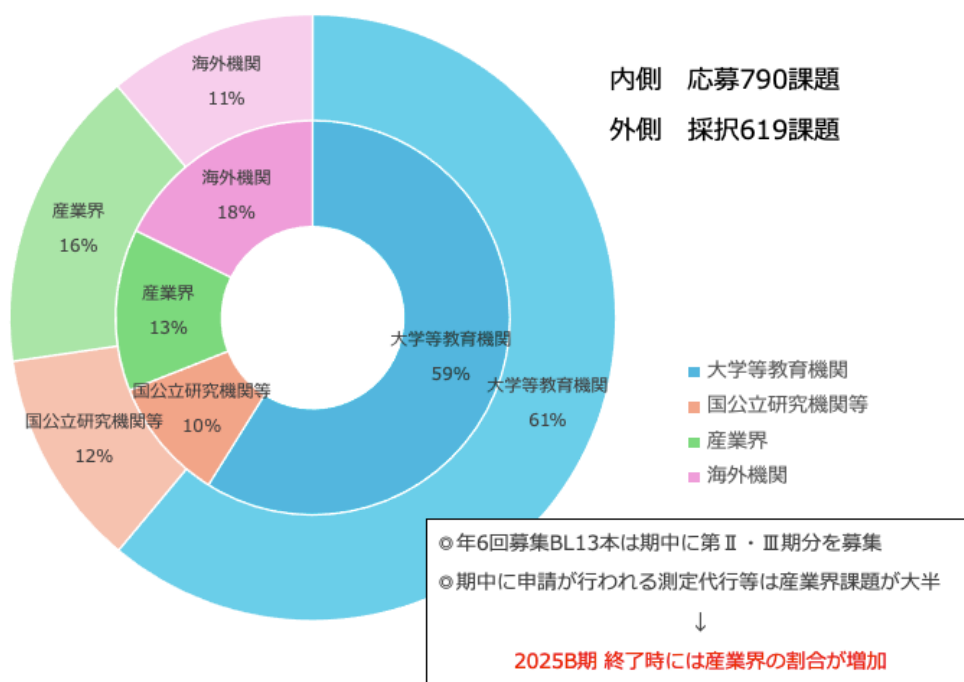


図1 2025B 所属機関別 応募／採択課題数割合

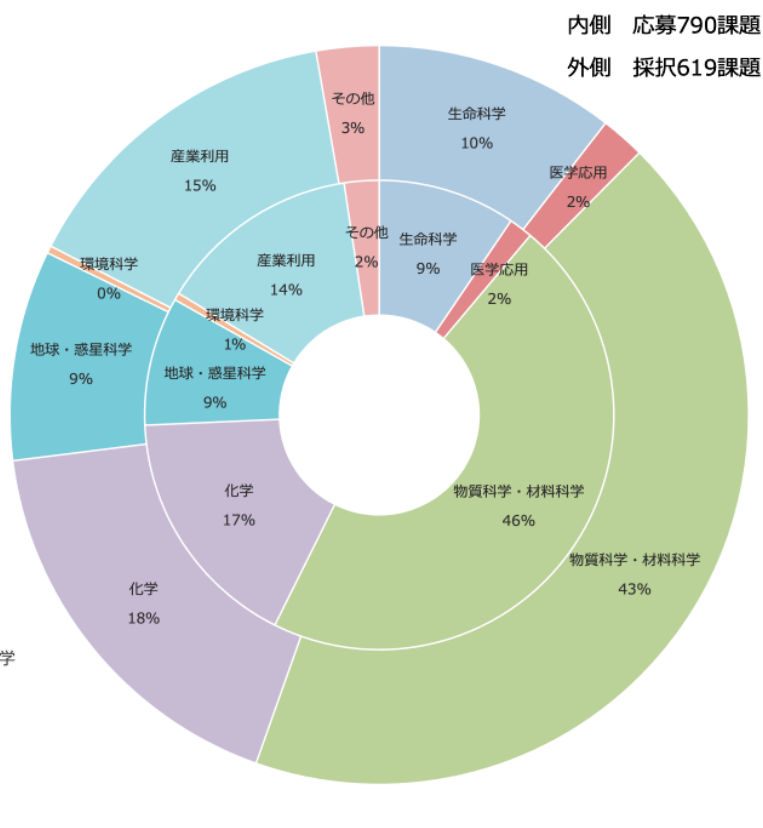
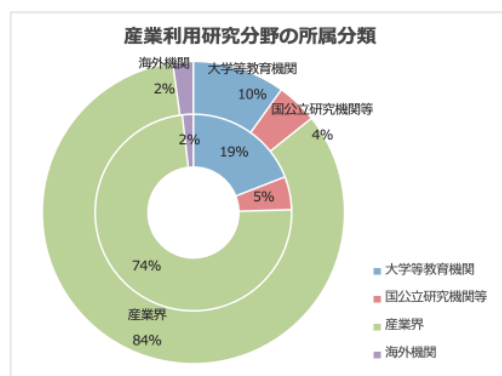


図2 2025B 研究分野別 応募／採択課題数割合

2025B期 採択大学院生提案型課題（長期型）の紹介

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用推進部

放射光科学を支え、更に発展させる人材の育成に資することを目的として、大学院生提案型課題（長期型）を募集しています。2025B期は5名から応募があり、長期型という特性をいかした、学生自らの独創的、挑戦的、意欲的な課題という観点に主眼をおき、1名を採択しました。

[募集案内公開と応募締切]

2025年 3月31日 ホームページで募集案内公開

5月 8日 応募締切

[課題審査、選定、採択および通知]

2025年 5月 9日～23日

書面審査

6月25日 大学院生利用審査委員会による課題審査（面接審査）

8月 5日 SPRing-8選定委員会の意見を聴取

8月 6日 JASRIとして採択決定し、応募者に審査結果を通知

— 採択課題 —

課題名	XAFSによる多元素ナノ合金の元素配列解析
実験責任者名（所属）	中村 雅史（京都大学）
採択時課題番号	2025B0303
ビームライン	BL39XU、BL01B1

第54回共同利用期間（2025A）において実施された SPring-8利用研究課題

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用推進部

第54回共同利用期間（2025A）におけるSPring-8の共同利用は、2025年4月から2025年7月にかけて実施されました。この期間の放射光利用は、ビームライン1本あたり261シフト [1シフト＝8時間] でした。

2025Aでは25本の共用ビームライン（共用施設）と、14本の理研ビームラインにおけるビームタイムの一部が共用に供されました^(注1)。8本の共用ビームラインBL01B1、BL02B1、BL02B2、BL09XU、BL13XU、BL14B2、BL19B2およびBL46XUと理研ビームラインBL16XUは、2025A第I期（2025年4月上旬～4月下旬）、第II期（同年5月中旬～6月下旬）および第III期（2025年6月下旬～7月下旬）と、利用期を3期に分けて課題募集・選定が行われました。専用ビームライン（専用施設）については、2025A期の稼働数は12本でした。

表1に、SPring-8共用施設の2025A課題種別の課題数と実施シフト数を示します。表2に、SPring-8専用施設の2025A実施課題数とシフト数を示します。表3に、SPring-8年6回募集対象ビームラインにおける科学審査対象課題の2025A採択状況を示します。

表4に、2025AにSPring-8共用施設で実施された利用研究課題の課題数とシフト数について実験責任者の所属機関分類および研究分野分類を示します。表5に、1997B-2025A課題種別実施課題数の推移を示します。

表2 SPring-8専用施設の2025A実施課題数とシフト数

課題種	実施課題数合計	実施シフト数合計
専用ビームライン（成果非専有）	160	2359.125
専用ビームライン（成果専有）	10	55.875
合 計	170	2415

表3 SPring-8年6回募集対象ビームラインにおける審査対象課題^(注2)の2025A採択状況（II期III期分を含む）

ビームライン	応募課題数	採択課題数	課題採択率（%）
BL01B1：XAFS I	76	23	30.3
BL02B1：単結晶構造解析	55	39	70.9
BL02B2：粉末結晶構造解析	70	44	62.9
BL09XU：HAXPES I	23	22	95.7
BL13XU：X線回折・散乱 I	35	17	48.6
BL14B2：XAFS II	68	23	33.8
BL16XU：理研 分析科学I	5	3	60.0
BL19B2：X線回折・散乱 II	47	37	78.7
BL46XU：HAXPES II	33	22	66.7

（注1）BL40XUはビームライン改修工事のため、募集なし

（注2）一般課題、大学院生提案型課題

表1 SPring-8共用施設^(注1)の2025A課題種別の課題数と実施シフト数

課題種	応募課題数	採択課題数	課題採択率（%）	採択課題の実施数	非応募課題 ^(注2) の実施数	実施課題数合計	実施シフト数合計
一般課題	829	545	65.7	532	19	551	4248.25
成果専有課題	81	80	98.8	76	11	87	392
大学院生提案型課題	121	59	48.8	56	2	58	399.875
大学院生提案型課題（長期型）	2025A期の募集なし				7	7	77.75
時期指定課題	35	35	100.0	34	—	34	32.75
測定代行課題（随時募集） ^(注3)	35	35	100.0	35	—	35	14.75
測定代行課題（定期募集） ^(注3)	15	15	100.0	15	—	15	5.875
成果公開優先利用課題	50	44	88.0	43	—	43	317.625
成果公開優先利用課題（一年利用）	14	14	100.0	14	—	14	240.625
合 計	1180	827	70.1	805	39	844	5729.5

（注1）理研ビームラインからの一部共用供出ビームタイムの利用を含む。

（注2）既に採択等された課題で、当該期の応募・採択等プロセスを要しないもの及び複数BL実施課題分。

（注3）BL14B2、BL19B2、BL28B2、BL46XUで実施。

※成果公開優先利用課題（一年利用）の複数BL利用についてはBLごとに計上。

表4 2025AにSPring-8共用施設^(注1)で実施された利用研究課題の所属機関分類および研究分野分類

機関分類	課題分類	課題数／シフト数	研究分野								計
			生命科学	医学応用	物質科学・材料科学	化学	地球・惑星科学	環境科学	産業利用	その他 ^(注2)	
大学等教育機関	一般課題	課題数	60	3	165	91	34	1	12	8	374
		シフト数	283.25	21	1294.375	585.625	342.75	9	100.625	95.25	2731.875
	成果専有課題	課題数			2				1		3
		シフト数			3				2		5
	大学院生提案型課題	課題数	6		23	15	3		3		50
		シフト数	43		176.125	80	29		20.75		348.875
	大学院生提案型課題(長期型)	課題数	3				4				7
		シフト数	42				35.75				77.75
	時期指定課題	課題数			3				1		4
		シフト数			6.875				0.375		7.25
	測定代行課題(随時募集)	課題数			1						1
		シフト数			0.25						0.25
	測定代行課題(定期募集)	課題数			1						1
		シフト数			0.25						0.25
	成果公開優先利用課題	課題数			13	20			2		35
		シフト数			77.75	180.125			9		266.875
	成果公開優先利用課題(一年利用)	課題数	1		2						3
シフト数		3		18						21	
計	課題数	70	3	210	126	41	1	19	8	478	
	シフト数	371.25	21	1576.625	845.75	407.5	9	132.75	95.25	3459.125	
国公立研究機関等	一般課題	課題数	8	4	39	8	6	1	1	8	75
		シフト数	131.75	39	285.375	66	47.875	6	6	111	693
	成果専有課題	課題数	1								1
		シフト数	2								2
	時期指定課題	課題数							1	1	2
		シフト数							1	0.25	1.25
	測定代行課題(定期募集)	課題数							2		2
		シフト数							0.75		0.75
	成果公開優先利用課題	課題数		2	2		1				5
		シフト数		15	17.75		6				38.75
	成果公開優先利用課題(一年利用)	課題数	4		1	3					8
		シフト数	140		4.625	57					201.625
	計	課題数	13	6	42	11	7	1	4	9	93
		シフト数	273.75	54	307.75	123	53.875	6	7.75	111.25	937.375
産業界	一般課題	課題数	3		1				15		19
		シフト数	17.875		12				135.5		165.375
	成果専有課題	課題数	8		9	2			60		79
		シフト数	19.75		35	2			266		322.75
	時期指定課題	課題数	6		3				19		28
		シフト数	2.125		2.25				19.875		24.25
	測定代行課題(随時募集)	課題数							31		31
		シフト数							12.5		12.5
	測定代行課題(定期募集)	課題数			1				11		12
		シフト数			0.25				4.625		4.875
	成果公開優先利用課題	課題数							3		3
		シフト数							12		12
	成果公開優先利用課題(一年利用)	課題数							3		3
		シフト数							18		18
計	課題数	17		14	2			142		175	
	シフト数	39.75		49.5	2			468.5		559.75	
海外機関	一般課題	課題数	4	1	50	21	5	1	1		83
		シフト数	14.5	12	378.625	189.875	42	9	12		658
	成果専有課題	課題数	3						1		4
		シフト数	32						30.25		62.25
	大学院生提案型課題	課題数			8						8
		シフト数			51						51
	測定代行課題(随時募集)	課題数							3		3
		シフト数							2		2
計	課題数	7	1	58	21	5	1	5		98	
	シフト数	46.5	12	429.625	189.875	42	9	44.25		773.25	
課題数合計			107	10	324	160	53	3	170	17	844
シフト数合計			731.25	87	2363.5	1160.625	503.375	24	653.25	206.5	5729.5

(注1) 理研ビームラインからの一部共用供出ビームタイムの利用を含む。

(注2) 素粒子・原子核科学、考古学、ビームライン技術他。

表5 SPring-8 1997B－2025A 課題種別実施課題数の推移

課題種	1997B～ 2016A	2016B	2017A	2017B	2018A	2018B	2019A	2019B	2020A	2021A	2021B	2022A	2022B	2023A	2023B	2024A	2024B	2025A	合計
一般課題	14883	459	502	570	524	537	507	563	661	470	536	515	564	543	615	537	629	551	24166
緊急・特別課題	35	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0		40
成果専有課題	960	47	35	48	41	46	38	52	88	36	67	54	99	71	107	81	98	87	2055
時期指定課題 (除く測定代行)	238	10	7	16	6	16	8	20	17	14	25	14	35	13	36	23	39	34	571
測定代行課題(随時募集)	593	48	29	46	37	60	29	40	65	42	43	41	61	46	79	63	81	35	1438
測定代行課題(定期募集)																		15	15
産業利用準備課題							3	10	5	6	3								27
長期利用課題	373	25	28	25	13	14	15	14	11	10	9	10	3	3					553
被災量子ビーム施設 ユーザー支援課題	94																		94
大学院生提案型課題 (旧名称：萌芽の研究 支援課題 [～2015B])	656	52	29	53	53	58	41	52	53	43	52	46	54	52	56	48	59	58	1515
大学院生提案型課題 (長期型)												3	6	2	10	8	11	7	47
成果公開優先利用課題	545	37	39	52	34	43	33	33	53	52	71	58	87	64	84	58	71	43	1457
成果公開優先利用課題 (一年利用)														7	6	14	15	14	56
重点タンパク500課題 (タンパク3000)	489																		489
重点ナノテクノロジー 支援課題	928																		928
重点産業トライアル ユース課題	112																		112
SPring-8戦略活用 プログラム課題	332																		332
重点産業利用課題	1000																		1000
重点産業化促進課題	58																		58
産業新分野支援課題	61	4	6	4															75
放射光施設横断産業 利用課題					5	3	6	4											18
先進技術活用による 産業応用課題							5	4	8										17
重点メディカルバイオ・ トライアルユース課題	57																		57
重点拡張メディカル バイオ課題	51																		51
重点グリーン／ライフ・ イノベーション推進課題	125																		125
スマート放射光活用イノ ベーション戦略推進課題	61																		61
社会・文化利用課題	44	19	19	14	14	13													123
重点戦略課題 (12条戦略課題)	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
重点パワーユーザー課題	127																		127
重点パートナーユーザー 課題	25	7	8	8	7	7	8	8	11	5	0	0							94
新分野創成利用課題	10	11	16	21	21	25	24	9	8	0	0	0							145
合 計	21922	719	718	857	755	822	717	809	984	678	807	741	909	801	993	832	1003	844	35911

備考 長期利用課題、重点パートナーユーザー課題、新分野創成利用課題、大学院生提案型課題（長期型）はBLごとに1課題としてカウント。
空白は制度なし。

2025Aの延べ利用者数は、共用施設4,947人、専用施設1,341人でした。表6に、SPring-8共用施設および専用施設利用実績の推移を示します。表6の値を利用シフト数合計と共に示したものが図1です。利用シフト数合計は、表6の「利用時間」に利用した共用・専用ビームラインの数（理研ビームラインの一部共用への供出分を含む。但し、理研ビームラインは共用供出割合で換算）を掛けた数値となっています。図2には、SPring-8共用施設の利用研究課題の応募・採択数の推移実績を採択率と共に示します。応募・採択課題数は、2006B以前は一般課題締

め切り時、2007A以降は期の途中で申請・採択される成果専有時期指定課題、測定代行課題および年6回募集対象ビームラインの第Ⅱ期および第Ⅲ期申請分を含めた、期の終わりの値を示します。利用シフト数合計は、上記と同様に表6の「利用時間」に利用した共用ビームラインの数を掛けた数値となっています。

実施課題の課題名をホームページの以下のURLで公開しています。成果専有課題は「公表用課題名」が表示されています。

<https://user.spring8.or.jp/?p=37038>

成果非専有課題の利用課題実験報告書（SPring-8 Experiment Summary Report）は以下のURLで閲覧できます。

<https://user.spring8.or.jp/uisearch/expreport/ja>

成果は、3年以内に、論文またはSPring-8/SACLA利用研究成果集等で公開されます。

表6 SPring-8共用施設および専用施設利用実績の推移

利 用 期 間			利用時間	共用施設		専用施設	
				実施課題数	延べ利用者数	実施課題数	延べ利用者数
第1回	1997B	1997年10月－1998年03月	1,286	94	681	—	—
第2回	1998A	1998年04月－1998年10月	1,702	234	1,252	7	—
第3回	1999A	1998年11月－1999年06月	2,585	274	1,542	33	467
第4回	1999B	1999年09月－1999年12月	1,371	242	1,631	65	427
第5回	2000A	2000年02月－2000年06月	2,051	365	2,486	100	794
第6回	2000B	2000年10月－2001年01月	1,522	383	2,370	88	620
第7回	2001A	2001年02月－2001年06月	2,313	474	2,915	102	766
第8回	2001B	2001年09月－2002年02月	1,867	488	3,277	114	977
第9回	2002A	2002年02月－2002年07月	2,093	545	3,246	110	1,043
第10回	2002B	2002年09月－2003年02月	1,867	540	3,508	142	1,046
第11回	2003A	2003年02月－2003年07月	2,246	634	3,777	164	1,347
第12回	2003B	2003年09月－2004年02月	1,844	549	3,428	154	1,264
第13回	2004A	2004年02月－2004年07月	2,095	569	3,756	161	1,269
第14回	2004B	2004年09月－2004年12月	1,971	555	3,546	146	1,154
第15回	2005A	2005年04月－2005年08月	1,880	560	3,741	146	1,185
第16回	2005B	2005年09月－2005年12月	1,818	620	4,032	187	1,379
第17回	2006A	2006年03月－2006年07月	2,202	724	4,809	226	1,831
第18回	2006B	2006年09月－2006年12月	1,587	550	3,513	199	1,487
第19回	2007A	2007年03月－2007年07月	2,448	781	4,999	260	2,282
第20回	2007B	2007年09月－2008年02月	2,140	739	4,814	225	1,938
第21回	2008A	2008年04月－2008年07月	2,231	769	4,840	232	1,891
第22回	2008B	2008年10月－2009年03月	1,879	672	4,325	217	1,630
第23回	2009A	2009年04月－2009年07月	1,927	669	4,240	238	1,761
第24回	2009B	2009年10月－2010年02月	2,087	722	4,793	275	2,144
第25回	2010A	2010年04月－2010年07月	1,977	685	4,329	293	2,483
第26回	2010B	2010年10月－2011年02月	2,094	744	4,872	325	2,812
第27回	2011A	2011年04月－2011年07月	2,131	740	4,640	309	2,773
第28回	2011B	2011年10月－2012年02月	1,927	730	4,576	319	2,769
第29回	2012A	2012年04月－2012年07月	1,972	637	4,304	285	2,692
第30回	2012B	2012年10月－2013年02月	2,184	771	5,072	314	3,181
第31回	2013A	2013年04月－2013年07月	1,837	633	4,053	275	2,835
第32回	2013B	2013年10月－2013年12月	1,571	610	3,770	286	2,723
第33回	2014A	2014年04月－2014年07月	1,768	624	4,129	292	2,710
第34回	2014B	2014年10月－2015年02月	2,290	858	5,766	331	3,573
第35回	2015A	2015年04月－2015年07月	2,053	674	4,560	271	2,960
第36回	2015B	2015年09月－2015年12月	1,981	726	4,863	281	2,898
第37回	2016A	2016年04月－2016年07月	2,150	738	5,174	301	3,130
第38回	2016B	2016年09月－2016年12月	1,976	719	4,824	298	2,985
第39回	2017A	2017年04月－2017年07月	2,101	718	4,835	326	3,228
第40回	2017B	2017年10月－2018年02月	2,377	857	5,885	355	3,659
第41回	2018A	2018年04月－2018年08月	2,254	755	5,009	323	3,231
第42回	2018B	2018年10月－2019年02月	2,306	822	5,468	361	3,303
第43回	2019A	2019年04月－2019年07月	2,205	717	4,579	331	2,911
第44回	2019B	2019年09月－2020年02月	2,333	809	5,378	344	3,102
第45回	2020A	2020年04月－2021年02月	4,309	984	5,906	337	3,265
第46回	2021A	2021年04月－2021年07月	2,155	678	4,156	241	1,877
第47回	2021B	2021年09月－2022年02月	2,272	807	5,134	270	2,313
第48回	2022A	2022年04月－2022年08月	2,147	741	4,609	241	2,231
第49回	2022B	2022年10月－2023年02月	2,269	909	5,398	252	2,556
第50回	2023A	2023年04月－2023年08月	2,133	801	4,731	250	2,218
第51回	2023B	2023年10月－2024年02月	2,303	993	5,712	279	2,447
第52回	2024A	2024年04月－2024年07月	2,098	832	4,865	207	1,847
第53回	2024B	2024年09月－2025年02月	2,318	1003	5,952	203	1,766
第54回	2025A	2025年04月－2025年07月	2,081	844	4,947	170	1,341
合 計			112,584	35,911	229,017	12,261	110,521

注：長期利用課題、重点パートナーユーザー課題、新分野創成利用課題、大学院生提案型課題（長期型）をビームラインごとに1課題とカウント。
共用施設には理研ビームライン等からの供出ビームタイムの利用者を含む。

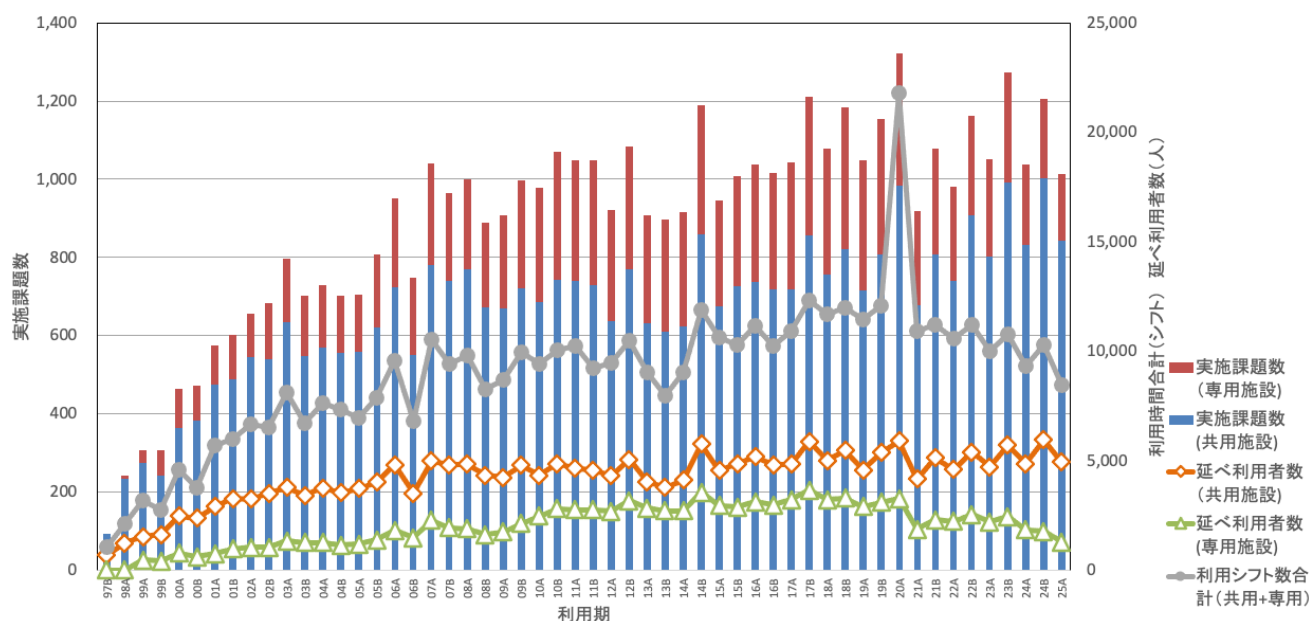


図1 SPring-8共用施設および専用施設の利用実績推移

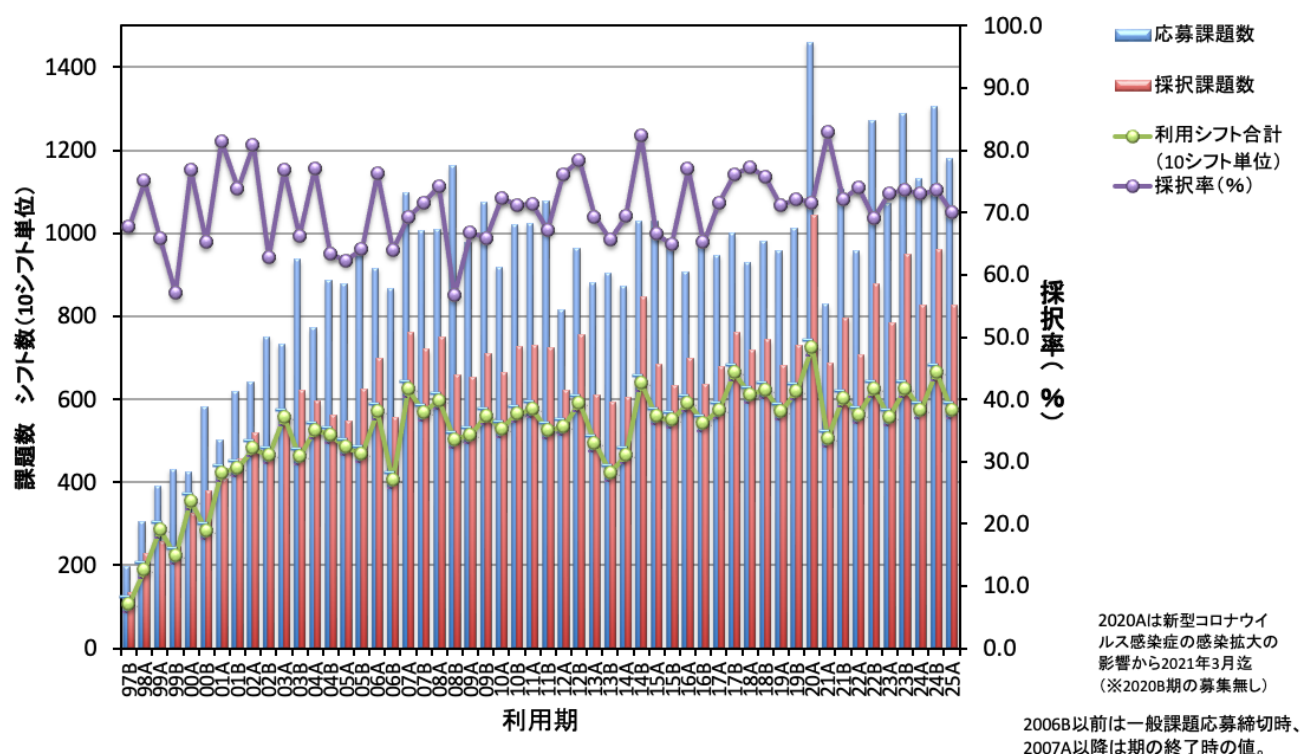


図2 SPring-8共用施設の応募・採択課題数の推移実績

2025B 期 SACLA 利用研究課題の採択について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用推進部

高輝度光科学研究センター（JASRI）の SACLA 利用研究課題審査委員会（SACLA PRC）において、SACLA の供用運転開始以降第27期目に当たる2025B 期（2025 年 10 月～2026 年 3 月）の利用研究課題応募84 課題を審査しました。

さらに、当該審査結果について SACLA 選定委員会の意見を聴き、JASRI として 51 課題を採択しました。

1. 募集、審査及び採択等の日程

2025B 期の課題募集、審査及び採択は、以下のスケジュールを経て行われました。

(2025 年)

4 月 17 日 ホームページで募集案内公開

5 月 23 日 応募締切

～この間、審査基準に即した各課題の個別審査を実施～

7 月 16 日 第29回 SACLA PRC（総合審査）

7 月 30 日 第32回 SACLA 選定委員会（審査結果の意見聴取）

8 月上旬 JASRI として採否決定、結果通知

10 月上旬 2025B 期利用開始

2. 応募、採択及びビームタイム配分状況

2025B 期の応募課題数は 84、採択課題数は 51 でした。また応募課題のうち 83 件は一般課題／成果非専有利用、1 件は一般課題／成果専有利用でした。ビームライン別・申請者所属別の応募・採択課題数を表1に、採択された課題の要求シフト数および配分シフト数を表2に示します。

採択51 課題に対しビームタイムは計273.5 シフト（1 シフト＝12 時間）が配分されました（フィジビリティチェックビームタイム（FCBT）0.5 シフトを含む）。配分シフト数を含む採択51 課題の一覧は、以下の Web サイトに掲載しています。

◆ SACLA User Information

> SACLA Guide > 採択課題／実施課題

> 採択課題一覧 > 2025B

http://sacra.xfel.jp/wp-content/uploads/sacla_approved_proposal_2025b_j.pdf

表1

(単位：課題数)

ビームライン	産業界		大学等 教育機関		国公立試験 研究機関等		海外機関		合 計		採択率
	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	
BL1	0	0	7	6	3	0	6	3	16	9	61%
BL2/BL3	3	3	24	17	9	7	32	15	68	42	
合 計	3	3	31	23	12	7	38	18	84	51	

表2

(単位：シフト数)

課 題 種	A	B	C	C/A	C/B
	応募課題 (84 課題) の 全要求シフト数	採択課題 (51 課題) の 全要求シフト数	採択課題 (51 課題) の 全配分シフト数	配分率 (採択配分/ 応募要求)	配分率 (採択配分/ 採択要求)
一般課題（成果非専有）	543.5	331.0	273.0	50%	82%
一般課題（成果専有）	0.5	0.5	0.5	—	—
合 計	544	331.5	273.5	50%	83%

なお、成果を公表しない成果専有課題のうち、定期的な募集の締切によらず随時応募・受付される時期指定課題利用制度を2016B期より導入しています。また、成果を公表する成果非専有課題のうち、公共的かつ緊急性を有する極めて重要な研究を対象とした緊急課題制度を2020A期より導入しています。当該課題は、いずれも基本的に利用期中に申請・審査のうえ実施されることから、申請・実施があった場合は、利用期終了後に結果として応募課題数・採択課題数に追加されます。

公益財団法人

高輝度光科学研究センター 利用推進部

TEL : 0791-58-0961

e-mail : sacla.jasri@spring8.or.jp

2025A 期において実施された SACLA 利用研究課題（共用課題）について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用推進部

第26回目の利用期である2025A期の利用研究課題（共用課題）が、2025年4月8日から2025年7月27日にかけて実施されました。

この期間において、ビームラインBL1、BL2またはBL3にて計43の利用研究課題が実施され、ビームタイムは計249.2シフト（1シフト＝12時間）が利用されました。

実施課題は、一般課題（成果非専有利用）として、それぞれ表1のとおり国内外機関所属の実験責任者により実施されました。成果専有利用である一般課題（成果専有利用）及び時期指定課題（成果専有利用のみ）並びに緊急課題の利用はありませんでした。

なお、これらのほか、同ビームラインにおいてJASRIスタッフによるインハウス課題が計2課題実施され、ビームタイムは計12シフトが利用されました。

実施課題の課題名は、以下のWebサイトに掲載しています。

◆ SACLA User Information

<https://sacra.xfel.jp/?p=4175>

また、利用課題実験報告書（Experiment Summary Report：成果非専有利用のみ）は、以下のWebサイトに掲載しています。

◆ SACLA User Information

> 成果等検索 > 利用課題実験報告書検索

<https://user.spring8.or.jp/uisearch/expreport/ja>

成果は、課題実施期終了後3年以内に、査読付き原著論文等で公開されます。

公益財団法人

高輝度光科学研究センター 利用推進部

〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1

TEL：0791-58-0961

e-mail：sacra.jasri@spring8.or.jp

表1 2025A 期 SACLA 利用研究実施課題

課 題 種		産業界		大学等教育機関		国公立試験研究機関等		海外機関		合 計	
		実 施 課題数	実 施 シフト数	実 施 課題数	実 施 シフト数	実 施 課題数	実 施 シフト数	実 施 課題数	実 施 シフト数	実 施 課題数	実 施 シフト数
一般課題	（成果非専有利用）			17	96.6	6	34.1	20	118.5	43	249.2
	（成果専有利用）										
時期指定課題（成果専有利用）											
緊急課題											
合 計				17	96.6	6	34.1	20	118.5	43	249.2

○実施課題を実験責任者の所属（産/学/官/海外）で区分。

○延べ利用者数は計489人。

第2回（2025B）NanoTerasu利用研究課題の採択について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用推進部

公益財団法人高輝度光科学研究センター（JASRI）では、NanoTerasu利用研究課題審査委員会（PRC）においてNanoTerasuの資料研究課題を審査した結果を受け、NanoTerasu選定委員会の意見を聴き、以下のように第2回共同利用期間（2025年10月～2026年3月（放射光利用249シフト、1シフト＝8時間）における利用研究課題を採択しました。

1. 募集、審査および採択の日程

[募集案内公開と応募締切]

2025年 4月15日 NanoTerasu ホームページで募集案内公開
5月20日 応募締切

[課題審査、選定、採択および通知]

2025年 7月 2日 NanoTerasu利用研究課題審査委員会（PRC）による課題審査
2025年 7月29日 NanoTerasu選定委員会の意見を聴取
8月 4日 JASRIとして採択課題を決定し、応募者に審査結果を通知

2. 応募および採択状況

2025B期の新規応募課題数は78、採択課題数は42でした。表1に利用研究課題の応募課題数および採択課題数と採択率（％）を示します。また、表2に応募78課題について、ビームラインごとの応募課題数、採択率および配分シフト数、並びに採択された課題の1課題あたりの平均配分シフト数を示します。表3には応募78課題について、申請者の所属機関分類と課題の研究分野分類の統計を示します。

3. 採択課題

2025B期の採択課題一覧はNanoTerasu User Informationに掲載しています。以下をご覧ください。
ホーム > 課題申請について > 採択・実施課題一覧
<https://user.nanoterasu.jp/project-apply/52/#i-9>

表1 2025B NanoTerasu利用研究課題の課題種別応募および採択課題数と採択率

決定課題種	応募課題数	採択課題数	採択率（％）	採択課題のシフト充足率（％）
一般課題	78	42	53.8	101.5

表2 2025Bビームラインごとの採択状況

ビームライン	応募課題数計	採択課題数計	採択率（％）	配分シフト数計	1課題あたり平均配分シフト
BL02U：軟X線超高分解能共鳴非弾性散乱	24	11	45.8	198	18.0
BL06U：軟X線ナノ光電子分光	28	13	46.4	198	15.2
BL13U：軟X線ナノ吸収分光	26	18	69.2	198	11.0
総 計	78	42	53.8	594	14.1

表3 2025B 応募・採択結果の機関および研究分野分類

課題分類		生命科学		医学応用		物質科学・材料科学		化学		地球・惑星科学		環境科学		産業利用		その他*		総 計		採択率 (%)
機関分類	課題数／シフト数	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	
大学等教育機関	課題数	1		1	1	33	19	1	1	3	2	1	1	1	1			41	25	61.0
	シフト数	5		9	9	395	255	9	12	33	18	6	6	6	9			463	309	66.7
国公立研究機関等	課題数			1		10	7	2	1	1	1					2	2	16	11	68.8
	シフト数			18		165	135	21	12	9	9					30	30	243	186	76.5
産業界	課題数													1				1		0.0
	シフト数													5				5		0.0
海外機関	課題数					18	6	2										20	6	30.0
	シフト数					351	99	40										391	99	25.3
合 計	課題数	1		2	1	61	32	5	2	4	3	1	1	2	1	2	2	78	42	53.8
	シフト数	5		27	9	911	489	70	24	42	27	6	6	11	9	30	30	1102	594	53.9
採択率	課題数	0.0		50.0		52.5		40.0		75.0		100.0		50.0		100.0		53.8		
	シフト数	0.0		33.3		53.7		34.3		64.3		100.0		81.8		100.0		53.9		

* ビームライン技術、素粒子・原子核科学、考古学、鑑識科学、安全管理 等

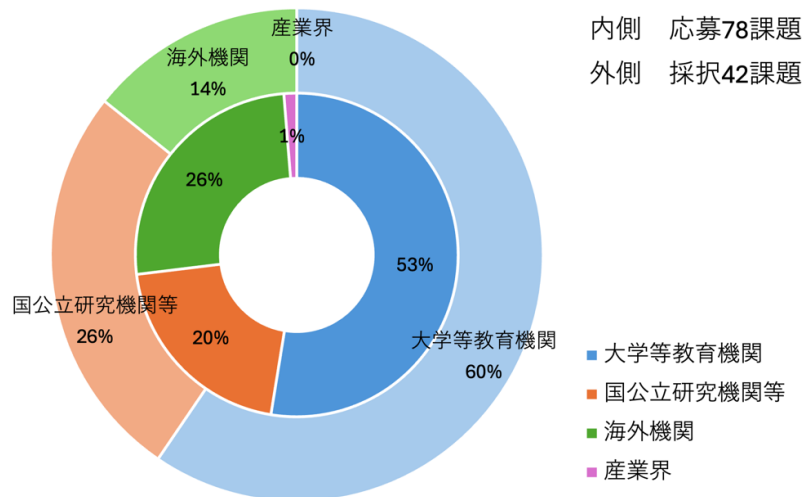


図1 2025B 所属機関別 応募／採択課題数割合

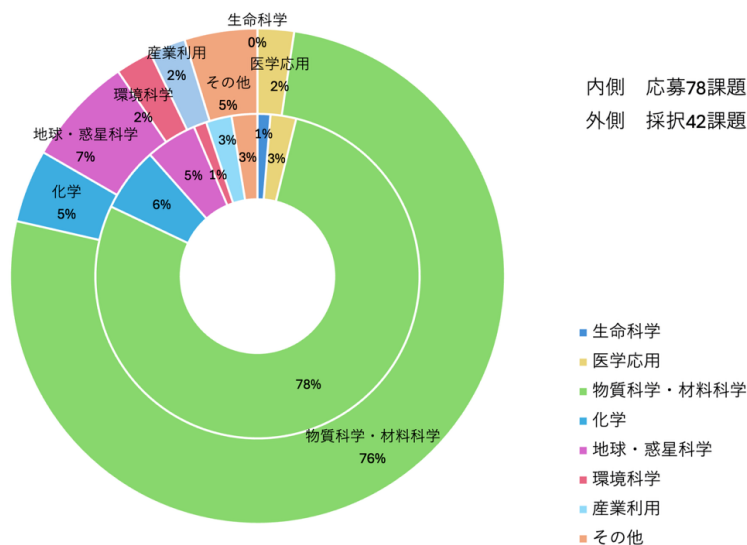


図2 2025B 研究分野別 応募／採択課題数割合

2025A 期に実施された NanoTerasu 利用研究課題（共用課題）について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用推進部

最初の利用期である 2025A 期の NanoTerasu 利用研究課題（共用課題）が、2025 年 3 月から 8 月にかけて実施されました。

この期間において、ビームライン BL02U、BL06U または BL13U にて計 38 件の利用研究課題が実施され、ビームタイムは計 527.875 シフト（1 シフト = 8 時間）が利用されました。

実施課題は、それぞれ表 1 の通り国内外機関所属の実験責任者により実施されました。

なお、利用課題実験報告書（Experiment Summary Report）は、以下の Web サイトに掲載しています。

NanoTerasu User Information > その他利用情報 > 利用課題実験報告書

<https://user.spring8.or.jp/uisearch/expreport/ja/?criteria.institution=0>

表 1 2025A 期 NanoTerasu 利用研究実施課題

BL	大学等教育機関		国公立研究機関等		産業界		海外機関		合計	
	課題数	シフト数	課題数	シフト数	課題数	シフト数	課題数	シフト数	課題数	シフト数
BL02U	3	56	3	54			4	78	10	188
BL06U	8	124.625	3	36	1	11.625			12	172.25
BL13U	10	92.75	6	74.875					16	167.625
合計	21	273.375	12	164.875	1	11.625	4	78	38	527.875

※実施課題を実験責任者の所属で区分

※延べ利用者数は計 248 人

2025A 期における SPring-8/SACLA ユーザー要望等について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用推進部

SPring-8およびSACLAでは、各ビームタイム終了後に実験グループごとに「ビームタイム終了届」を提出いただいております。ビームタイム終了届には、次回の利用者へのアドバイスや施設に対する要望、提案等を記入いただいております。

2025A 期における要望等の状況は下記のとおりです。これら要望等と、それに対する施設側の回答（内容により、必ずしも全てではありません）につきましては、User Informationで公開されています。

1. 2025A 期 要望等全体概要

2025A 期	実施 課題数	利用実験数 (報告書数)	うち、要望等コメントがある*1 報告書数		
			技術的 要望等	施設他 要望等	その他 (お礼)
SPring-8 共用BL	844	1,224	21	18	105
SACLA 共用BL	43	46	4		

*1 「なし」「None」等のコメントを除く。

〈SPring-8 共用BL 技術的要望等（計24件）の研究分野／手法*2 別内訳〉

分野	生命科学 医学応用	物質科学 材料科学	化学	地球・ 惑星科学	環境科学	産業利用	その他
手法							
小角・広角散乱		1					
X線回折 (単結晶)		1	1	1			
X線回折 (高圧)		4					
光電子分光		5					
イメージング							1
非弾性散乱			1				
産業利用						1	
その他 (持込装置利用)							
成果専有等		2	1			2	

*2 課題申請時の利用者申告ベース。

2. 2025A 期 要望等の内容（一部抜粋）

(1) 技術的要望等

○深夜にもかかわらずトラブルに対応いただきました。ありがとうございました。ハッチ1のカメラの映像の質をもう少し向上させていただけるとありがたいです。

【物質科学・材料科学／高圧構造解析】

○オンラインのラマンシステムに、赤外レーザーを組み入れていただきたいです。

【物質科学・材料科学／高圧構造解析】

○全体としてかなりソフトの使い勝手が良くなっていて、使いやすいと感じた。もし追加してほしいと要望を出すとするなら、シーケンスのソフト側でもスペクトルの座標表示を出来るようになることさらに使い勝手が向上するように感じた。

【物質科学・材料科学／光電子分光】

(2) 施設その他要望等

○全ての自販機で交通系ICカードと新札を利用できるようにして欲しいです。食堂がリニューアルされてとても良かったです。

○B棟の宿舎のマットレスが大きく傾いていて寝られませんでした。可能であれば改善をお願いいたします。

○相生⇄SPring-8間のバスの発車時間の調整の願いは出来ないでしょうか？東京方面からですと、バスが発車後に新幹線が相生駅に到着するようになっています。少しの調整で待ち時間が短縮できるので、調整（要望）が可能であれば、神姫バスに要望をお願いします。

3. 要望等および施設側回答の公開場所

SPring-8/SACLA User Information のいずれからでも検索・閲覧ができます。

[検索・閲覧手順]

- ① 「ビームタイム終了届（ビームタイム利用報告書）（要望・回答）検索」
- ② 利用期、ビームライン番号等を入力
- ③ 「検索」

The screenshots illustrate the following steps:

- Step 1:** The 'SPring-8 User Information' dashboard. A red box highlights the 'Home' icon (a green circle with a white 'i').
- Step 2:** The 'SACLA User Information' sidebar. A red box highlights the 'Beam Time Report Search' link under the 'Beam Time' section.
- Step 3:** The search criteria input page. A red box highlights the 'Search' button.
- Step 4:** The search results table, which lists beam time reports with columns for ID, Beam Line, and Status.

SPring-8-IIへの期待： 特定放射光施設ユーザー協団体（SpRUC）会長から

特定放射光施設ユーザー協団体（SpRUC）会長 藤原 明比古

1. はじめに（前回記事以降の動向）

前回の記事^[1]では、主に、SPring-8ユーザー協団体（SpRUC）とNanoTerasuユーザー共同体（NTUC）の融合と新生SpRUCの取り組みについて報告をしました。SpRUC最初のイベントである特定放射光施設BLsアップグレード検討ワークショップ^[2]以降、（公財）高輝度光科学研究センター（JASRI）へのSpRUC 動向調査報告書^[3]の提出、SPring-8夏の学校^[4]の後援、特定放射光施設シンポジウム2025^[5]、SPring-8秋の学校^[6]の開催がありました。これらの取り組みは参考文献をご参照ください。本号の記事では、SPring-8-IIへの取り組みについてメッセージを届けたいと思います。

2. SPring-8-IIに向けて

SPring-8の高度化（SPring-8-II）が予算化され、技術的議論も本格化しています。これまでSpRUCにて議論してきた高度化後の光源性能や計測技術、利用研究は、その議論がより深化していくことを期待します。本稿では別視点での期待を述べます。

【停止期間中の利用実験】 SPring-8利用者にとって停止期間中の利用実験の確保は死活問題です。利用研究は実施する利用者自身が対策することが原則ではありますが、利用者のみでの情報共有、交通整理には限界があります。効果的な推進には施設やコミュニティの関与が非常に大切です。SpRUCはその一端を担うべき取り組みを進めてまいりますので、大局的な視点でのご意見、ご要望をよろしく願いいたします。

【高度化状況の可視化】 SPring-8の高度化を身近に感じるようになり、同じ兵庫県内にある姫路城の平成の大修理を想起します。特殊技術が集積された施設の維持・発展、建設技術の継承など多くの共通点が見受けられます。数十年に一度の大規模高度化期間中は、前項の利用機会の喪失という側面もありますが、貴重な高度化過程に触れる機会ととらえるこ

ともできます。姫路城の大修理の際にも修理状況の見学の機会もありました。この機会に（見学など）高度化状況を身近に触れる機会があれば、利用者はもちろん、潜在的利用者や納税者に対して非常に良い機会になると期待します。

【再稼働時の利用者の参画】 数十年に一度の大規模高度化の貴重な機会は再稼働に向けた取り組みにおいても同様です。施設者はもちろんですが、利用者、特に、次代を担う若手研究者、学生の参画は、放射光利用研究コミュニティにとって貴重な財産になります。施設にはコミュニティを巻き込んだ再稼働時の取り組みを期待します。

3. おわりに

SpRUCの個々の取り組みの報告は参考文献に譲り、ここではSPring-8の高度化（SPring-8-II）についての期待を述べました。一部は、第22回SPring-8産業利用報告会^[7]でも述べる機会を頂きました。高度化の成功には、利用者、利用者コミュニティ、施設の連携が重要です。より一層、密で風通しの良い議論をお願いいたします。

参考文献

- [1] <https://ssn-info.jasri.jp/volume-01-no1/827/>
- [2] <https://ssn-info.jasri.jp/volume-01-no1/740/>
- [3] <http://www.spring8.or.jp/ext/ja/spruc/report.html>
- [4] <https://ssn-info.jasri.jp/volume-01-no2/883/>
- [5] <https://ssn-info.jasri.jp/volume-01-no3/1042/>
- [6] <https://ssn-info.jasri.jp/volume-01-no3/1046/>
- [7] <https://ssn-info.jasri.jp/volume-01-no3/1038/>

藤原 明比古 *FUJIWARA Akihiko*

関西学院大学 工学部

〒669-1330 兵庫県三田市学園上ヶ原1番

TEL : 079-565-9752

e-mail : akhiko.fujiwara@kwansei.ac.jp

今後の課題募集

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター

【ご案内】

SPring-8/SACLA/NanoTerasuでは、利用課題の募集を以下のとおり予定しております。募集対象の課題種や申請時の注意事項等の詳細につきましては、下記HPに記載の各施設の案内よりご確認ください。

今後の課題募集一覧（2026年3月までに応募締切が予定されている課題）

施設名	課題名	応募締切
SPring-8	〈年6回募集ビームライン*における2026A第II期課題〉 成果公開優先利用課題、成果専有課題、測定代行課題（定期）、 一般課題、大学院生提案型課題	2026年3月上旬
	成果専有時期指定課題、緊急・特別課題、測定代行課題	随時募集
	【URL】 https://user.spring8.or.jp/?p=22799	
SACLA	成果専有時期指定課題、緊急課題	随時募集
	【URL】 https://sacra.xfel.jp/?p=10944	
NanoTerasu	2026年3月までに応募締切が予定されている課題はございません。 募集開始をお待ちください。	—
	【URL】 https://user.nanoterasu.jp/project-apply/52/#i-5	

* 年6回募集ビームライン：BL01B1, BL02B1, BL02B2, BL05XU, BL09XU, BL13XU, BL14B2, BL15XU, BL16XU, BL16B2, BL19B2, BL28B2（測定代行課題のみ受付）、BL46XU

【問合せ先】（公財）高輝度光科学研究センター 利用推進部 共用推進課

TEL：0791-58-0961

e-mail：SPring-8 sp8jasri@spring8.or.jp

SACLA sacra.jasri@spring8.or.jp

NanoTerasu ntjasri@jasri.jp

今後のイベント一覧

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター

【ご案内】

SPring-8/SACLA/NanoTerasuでは、下記のとおりイベント開催を予定しております。

詳細につきましては、下記HPに記載の各施設の案内よりご確認ください。

記

SPring-8/SACLA

URL ▶ <http://www.spring8.or.jp/ja/science/meetings/>

NanoTerasu

URL ▶ <https://www.jasri.jp/organization/organization-research-section/ntpromotion/ntevent/>

【問合せ先】

SPring-8/SACLA

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 普及情報課

TEL : 0791-58-2785

e-mail : jasri-event@spring8.or.jp

NanoTerasu

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 ナノテラス利用推進課

e-mail : jasri-ntevent@jasri.jp

SPring-8/SACLA/NanoTerasu 利用者情報 編集委員会

委員長	池本 夕佳	利用推進部
委員	朝倉 博行	特定放射光施設ユーザー協団体 (SpRUC)
		編集幹事 (近畿大学)
	伊藤 華苗	産学総合支援室
	大野 花菜	利用推進部
	大和田成起	XFEL 利用研究推進室
	河村 高志	回折・散乱推進室
	桑田 金佳	研究DX 推進室
	坂尻佐和子	企画人財部
	下野 聖矢	回折・散乱推進室
	竹内 晃久	分光・イメージング推進室
	成山 展照	ビームライン光学技術推進室
	平山 明香	利用推進部
	深見 健司	加速器部門
	福井 宏之	精密分光推進室
	本間 徹生	JASRI ナノテラス拠点
	増永 啓康	回折・散乱推進室
		(以上、敬称略五十音順)
事務局	岡澤 貴裕	利用推進部
	松末恵理子	利用推進部
	安藤 詩音	利用推進部

SPring-8/SACLA/NanoTerasu 利用者情報

SPring-8/SACLA/NanoTerasu Information Vol.1 No.3 DECEMBER 2025

発行日 2025年12月9日
編集 SPring-8/SACLA/NanoTerasu 利用者情報編集委員会
発行所 公益財団法人高輝度光科学研究センター
TEL 0791-58-0961

(禁無断転載)



SPring-8



SACLA



NanoTerasu

発行元 | JASRI 公益財団法人 高輝度光科学研究センター
Japan Synchrotron Radiation Research Institute

〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1

【研究支援部】 TEL 0791-58-0950

【利用推進部】 TEL 0791-58-0961

e-mail : ssn-info@jasri.jp

website : <https://ssn-info.jasri.jp/>