

Online ISSN 2760-3245
SPring-8 Document D2025-012

SPring-8 SACLA NanoTerasu

INFORMATION
利用者情報

Vol.1 No.2
(SEPTEMBER 2025)



SPring-8/SACLA/NanoTerasu INFORMATION

利用者情報 Vol.1 No.2 SEPTEMBER 2025

目次

CONTENTS

1. 最近の研究から / FROM LATEST RESEARCH

大学院生提案型課題（長期型）報告

放射光X線回折を用いた精密価電子密度解析による分子性結晶の研究

Research on Molecular Crystals by Precise Valence Electron Density Analysis Using Synchrotron X-ray Diffraction

東北大学 理学研究科 / 名古屋大学 工学研究科
Graduate School of Science, Tohoku University / Graduate School of Engineering, Nagoya University
名古屋産業科学研究所 / 名古屋大学
Nagoya Industrial Science Research Institute / Graduate School of Engineering, Nagoya University

原 武史
HARA Takeshi
澤 博
SAWA Hiroshi 107

大学院生提案型課題（長期型）報告

高温高圧下における鉄の水素誘起体積膨張係数

Hydrogen-induced volume expansion of iron under high-*PT* conditions

東京大学大学院 理学系研究科
Graduate School of Science, The University of Tokyo

森 悠一郎
MORI Yuichiro 112

大学院生提案型課題（長期型）報告

大規模S波低速度領域での地震波異方性の成因の理解に向けたフェロペリクレースの高温高圧大歪変形成験

Large-strain deformation experiments on the ferropericlyase in situ at high pressure-temperature

conditions: Towards understanding the origin of seismic anisotropy in Large Low Shear Velocity Provinces

東京科学大学 理学院地球惑星科学系
School of Science, Institute of Science Tokyo

夏井 文凜
NATSUI Bunrin
東 真太郎
AZUMA Shintaro
太田 健二
OHTA Kenji 117

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

ビームライン再編後のBL35XUにおける核共鳴散乱アクティビティ

Nuclear Resonant Scattering in BL35XU after public beamline upgrade

(公財) 高輝度光科学研究センター 精密分光推進室
Precision Spectroscopy Division, Japan Synchrotron Radiation Research Institute

永澤 延元
NAGASAWA Nobumoto
依田 芳卓
YODA Yoshitaka
バロン アルフレッド
BARON Alfred 122

NanoTerasu 共用ビームラインBL06Uの紹介

Introduction of public beamline at NanoTerasu : BL06U

(公財) 高輝度光科学研究センター ナノテラス事業推進室
NanoTerasu Promotion Division, Japan Synchrotron Radiation Research Institute

保井 晃
YASUI Akira
神田 龍彦
KANDA Tatsuhiko 126

NanoTerasu 共用ビームラインBL13Uについて

Introduction of public beamline at NanoTerasu : BL13U

(公財) 高輝度光科学研究センター ナノテラス事業推進室
NanoTerasu Promotion Division, Japan Synchrotron Radiation Research Institute

脇田 高德
WAKITA Takanori 132

利用系グループ活動報告

JASRI 回折・散乱推進室 回折構造生物チーム

Activity Reports-Diffraction Structural Biology Team, Diffraction and Scattering Division, JASRI

(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

長谷川 和也
HASEGAWA Kazuya
馬場 清喜
BABA Seiki 144

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

12th Hard X-ray FEL Collaboration Meeting

(公財) 高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室
XFEL Utilization Division, JASRI

籾内 俊毅
YABUUCHI Toshinori 148

「第25回 SPring-8 夏の学校」実施報告
Report on the 25th SPring-8 Summer School

SPring-8 夏の学校実行委員会 委員長
Chair of SPring-8 Summer School Executive Committee

木村 滋
KIMURA Shigeru 152

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

2022A 期 採択大学院生提案型課題（長期型）の事後評価について
Post-Project Review of Long-term Proposals Starting in 2022A

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部
User Administration Division, JASRI

..... 157

最近 SPring-8、SACLA、NanoTerasu から発表された成果リスト
List of Recent Publications

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部
User Administration Division, JASRI

..... 160

SPring-8/SACLA 研究成果公表 論文サイテーション数調査 -2025-
Statistical Analysis on Publications and Citations at SPring-8/SACLA 2025

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部
User Administration Division, JASRI

..... 189

SPring-8/SACLA 有償利用料収入の実績 有償利用：成果専有と公開優先
The Revenue Results of the Fees for Beamline Use of SPring-8/SACLA / Fees for Beamline Use:
Beamtime Fees for Proprietary Research & Program Fees for Non-Proprietary Grant Aided Proposal

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部
User Administration Division, JASRI

..... 194

専用ビームラインにおける評価・審査の結果について
Review Results of Contract Beamlines

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

..... 197

専用施設の設置計画趣意書承認について
Letter of Intent for New Contract BL Approved

..... 203

5. 告知版／ANNOUNCEMENTS

今後の課題募集一覧

List of upcoming proposals 204

今後のイベント一覧

List of upcoming events 205

大学院生提案型課題（長期型）報告

放射光X線回折を用いた精密価電子密度解析による 分子性結晶の研究

東北大学 理学研究科

物理学専攻 微視的構造物性 原 武 史

名古屋産業科学研究所 澤 博

Abstract

本研究では放射光X線回折による価電子密度解析を分子性結晶に適応し、精密な価電子密度分布の観測に挑戦した。高空間分解能及び高精度で観測された価電子密度分布は波動関数に由来した微細な構造を示し、長距離電子相関まで考慮した理論計算の結果とも高い精度で一致した。この結果から、実験価電子密度分布は量子化学計算と直接比較可能であることがわかった。さらには実験価電子密度分布と量子化学計算を組み合わせることで、 π 軌道のような価電子の各軌道成分の実空間分布を分離・抽出することにも成功した。

1. 背景

化学結合は原子をつなぐだけでなく、分子に機能を与える上でも重要な役割を果たしている。近年、有機合成技術の発展により多種多様な機能性分子が開発され、従来の単純化された混成軌道の概念を超えた特異な化学結合が続々と発見されている。その機能性を理解し、分子設計へ役立てるためには、化学結合のメカニズムを理論的、実験的に明らかにすることの必要性がこれまで以上に高まっている。そこで筆者は量子力学的なモデルを用いずに結晶中の価電子密度分布を実験的に抽出する手法により、化学結合の詳細な情報を実験的に明らかにする研究に取り組んだ^[1]。

2. 研究手法

本研究ではCore Differential Fourier Synthesis (CDFS) 法が研究手法の中心的な役割を果たす。この手法では、単結晶X線回折によって得られる実験結晶構造因子から各構成原子の内殻電子の原子散乱因子への寄与を差し引いてからフーリエ変換する。これにより、フーリエ変換の打ち切りによるアーティファクトを最小限に抑え、価電子密度分布の異方性を抽出することができる^[2,3]。すなわち、量子力学的なモデルに依存しない電子状態の直接観測を

可能としている。価電子密度分布の正しい異方性を捉えるためには、回折強度の十分なダイナミックレンジと統計精度、高い空間分解能を持つデータの取得が必要である。

原理的に、X線回折で得られる強度は電子数の二乗に比例するが、ユニットセルに含まれる全電子の内、少数の電子（価電子）の情報を精密に観測するためには、 10^6 程度（あるいはそれ以上）のダイナミックレンジが要求される。このダイナミックレンジを保証する統計精度の測定を行うためには高輝度なX線の利用が必須である。また、実験室系のMo K α 線の波長（ $\sim 0.7 \text{ \AA}$ ）でこの手法を適応すると、異方性の空間分解能が低いために電子状態の理解が困難となる。以上の理由から、SPring-8などの高輝度・高エネルギーなX線を用いた高精度・高分解能なX線回折実験を実施することが必要不可欠である。

3. 研究課題

本研究で対象とした分子性結晶は一般に結晶構造の対称性が低く、複雑な位相の足し合わせにより平均的な回折反射強度が小さくなる傾向がある。また、軽元素を含むために熱振動の影響が大きく、高精度な電子密度分布を得る上で重要な高角領域の回折反射強度の減衰が著しい。これら分子性結晶に

一般的に見られる特徴は精密な価電子密度分布の観測を妨げる要因となる。そこで、本研究では測定・解析方法の見直しからはじめ、分子性結晶を対象とした精密な価電子密度解析を実現することを目標とした研究を行った。精度の高い検証を行うため、電子状態がよく知られている標準的な2つの分子としてアミノ酸の中で最も単純な構造を持つ Glycine ($C_2H_5NO_2$) と核酸の構成要素として知られる Cytidine ($C_9H_{13}N_3O_5$) の結晶を対象とした。

4. 実験および計算

SPRING-8 BL02B1にて単結晶X線回折実験をおこなった。X線のエネルギーはGlycineに対しては40 keV、Cytidineに対しては38 keVで行った。検出器は光子計数型半導体検出器PILTUS3 X CdTeを用いた。試料の温度制御には回折計に備え付けられたHe吹付け装置を用い、Glycineは45 K、Cytidineは35 Kで測定を行った。測定は $\Delta\omega = 0.1^\circ$ のfine slice法で行い、強度抽出は3D profile fitting法により行った。本研究で実施した検証では分子性結晶を対象とする価電子密度解析において、特に強度の小さい回折反射を精度よく測定・解析を行うことができるこのfine slice法とprofile fitting法の組み合わせが極めて有効であった。CDFS法による価電子密度解析におけるフーリエ変換ではGlycine ($C_2H_5NO_2$)、Cytidine ($C_9H_{13}N_3O_5$) の構成元素であるC,N,Oについて、それぞれ $1s^2$ を内殻電子とした。

長距離相関を考慮することで高精度な計算を可能とするLong-range corrected density functional theory (LC-DFT) による理論計算^[4]を共同研究者である長谷部匡敏様 (北大)、常田貴夫教授 (北大)、武次

徹也教授 (北大) に実施頂いた。計算はGaussian 16 Rev. A. 03プログラムを用いて、LC-BLYP汎関数 ($\mu = 0.47$)、cc-pVTZ基底関数の組み合わせで行った。

5. 実験結果と考察

まず、Glycineの結果について述べる。図1にCDFS法により観測された実験価電子密度分布と等方的な原子散乱因子 (等方性原子モデル) から計算した全電子密度分布を示した。各原子の等方的な電子密度分布が包絡的に重ね合わさることで、分子全体にわたり滑らかな分布を示す。一方、実験価電子密度分布では、所々が途切れたような複雑な離散構造を持つ。これが本質的であるかを明らかにするため、特に中心の炭素-炭素単結合について波動関数を用いた単純な結合モデルによる考察を行った。

炭素-炭素単結合は、炭素の価電子である2s軌道と2p軌道による混成軌道が炭素原子間において同位相で重ね合わされた結合性軌道を作ることによって形成される。このとき2s軌道は原子中心から0.2 Å程度の距離に波動関数の振幅がゼロとなる節 (ノード) を持つことから、結合性軌道波動関数においても炭素原子周りにノードが生じることになる。これが実験価電子密度分布における炭素原子周りで離散的なノード構造が見られた理由である。

続いて、結合中心付近の実験価電子密度分布に注目すると、電子密度が薄くなっていることがわかる。結合性軌道における原子間の波動関数の重なりによるこのような分布を示すことは直観的には理解できない。

そこで、高精度なLC-DFT計算を実施した。DFT計算では実験から得られた構造パラメータを構造最適化せずに使用しており、実験価電子密度と直接比

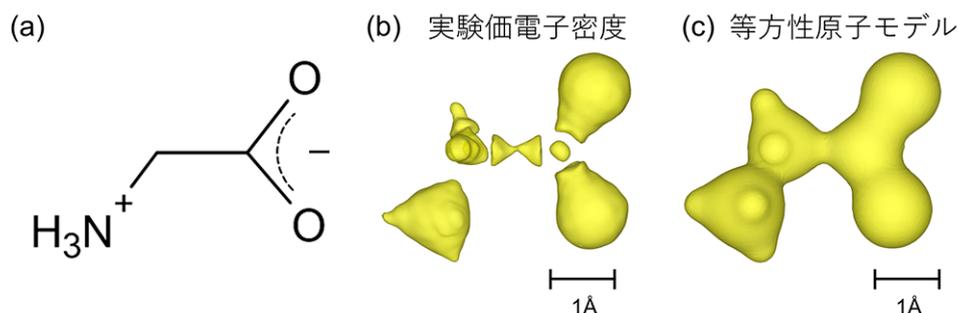


図1 in situ XAFS測定。(a) in situ XAFS測定に用いた電解セルの概観、(b) BL14B2において構築した実験のセットアップの写真、(c) 得られたRh K端XANESスペクトル。文献1より一部改変し掲載。

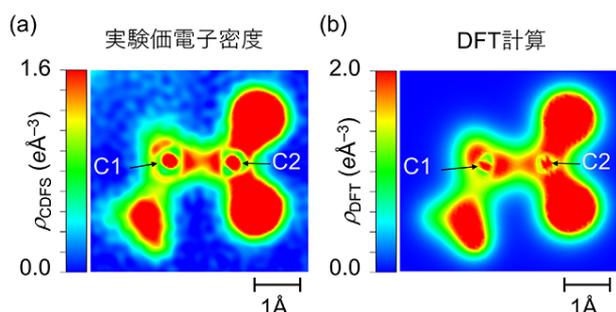


図2 Glycineの (a)CDFS法および (b)DFT計算による価電子密度分布の二次元カラーマップ。

較できるように、全電子密度分布から各原子の $1s^2$ 軌道に対応する内殻電子軌道の寄与を差し引いた。図2 (a), (b) に示すように理論価電子密度分布は全体的に実験価電子密度分布と高い精度で一致を示し、原子周りで見られるノード構造や炭素-炭素結合中心で電子密度が薄くなるなど微細な構造を含めて良く再現している。この結果は、電子相関の影響を含んだ分子軌道状態を実験的に捉えており、理論計算と直接比較できる精度と分解能、波動関数の微細な構造を含めた議論が可能であることを示している。

このように精密価電子密度解析が理論計算と直接比較できる精度と分解能に達したことで両者を組み合わせたより高度な解析が可能となる。ここでは、五員環と六員環がつながったような分子構造を持

つCytidineに注目し、価電子内の π 結合のみの抽出に挑戦した。六員環内の炭素-炭素間で形成される π 結合は分子平面内にノードを持ち、分子面垂直方向に伸びた分布を示すことが期待される。まずは π 結合をもたない単結合部位の実験価電子密度分布の結合軸上断面図を確認した。例えば、五員環の C3-C4 結合二次元断面図をプロットすると (図3 (a) 上部)、 σ 結合の特徴である軸対称な分布が観測された。次に、 π 結合の寄与が期待される六員環の C1-C2 結合についてみると、同様に軸対称な分布が得られた (図3 (a) 下部左側)。これは π 結合と σ 結合が空間的に混在する価電子密度分布全体の特徴を反映している。そこで、理論計算の結果と組み合わせて実験価電子密度分布から π 結合のみを抽出する。二重結合は、 $2s2p$ 混成軌道による 2σ 結合と、余った $2p$ 軌道間で形成される π 結合から構成される (図3 (b))。このうち、エネルギー的に安定な 2σ 結合に相当する電子密度について理論計算から抽出した電子密度分布を、実験で観測された価電子密度分布から差し引けばよい。その結果が図3 (a) の下部右側である。

この結果の電子分布は、分子面内ではノードとなっており、分子面に垂直方向に伸びた分布が得られ、予想される π 電子分布の異方性と一致する。理

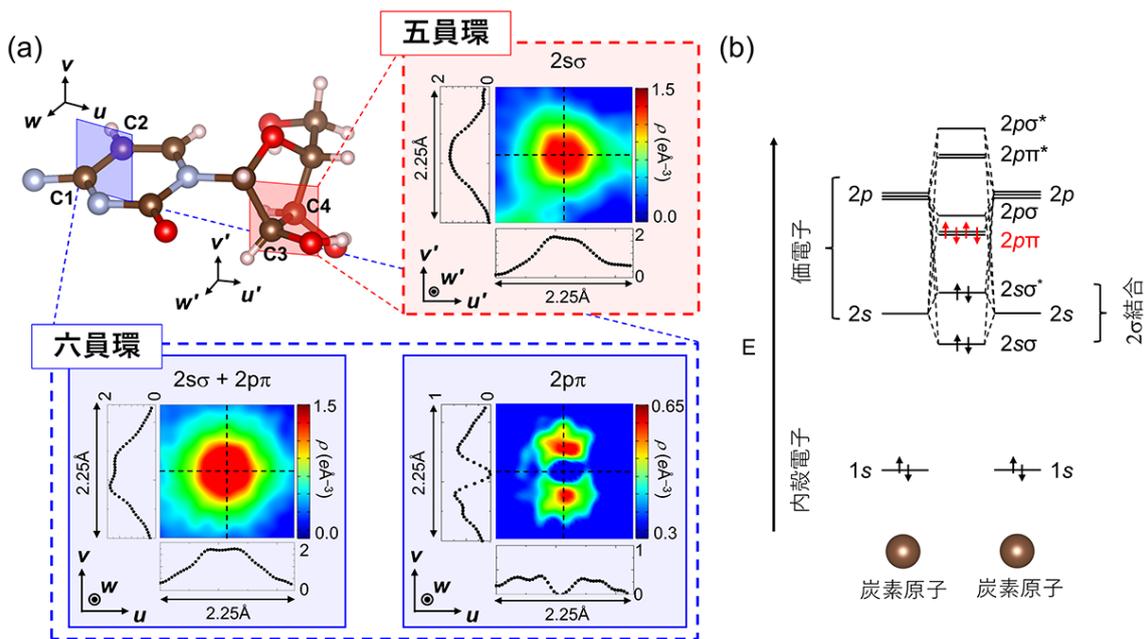


図3 Cytidineにおける π 結合の可視化。(a)実験価電子密度分布における C3-C4 結合の断面を赤の破線枠内に、C2-C1 結合の断面を青の破線枠内に示す。(b)単純化された C=C 結合のエネルギー図。

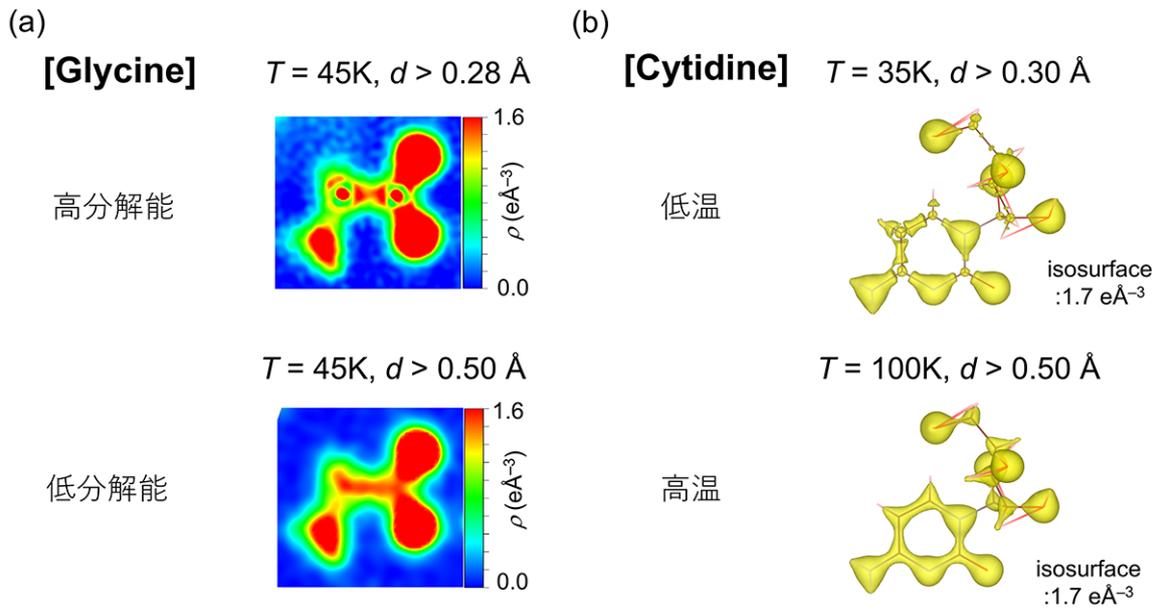


図4 (a)45KのGlycineの回折データ ($d_{\min} = 0.28 \text{ \AA}$) について、 $d > 0.28 \text{ \AA}$ までの反射を用いた高分解能な価電子密度解析結果 (上) と、 $d > 0.50 \text{ \AA}$ までの反射を用いた低分解能な価電子密度解析結果 (下)。低分解能な価電子密度分布では、ノードなどの微細な構造が見られない。(b)35 K (上) 及び100 K (下) で測定したCytidineの価電子密度解析結果。測定温度が高いと観測可能な d 値が狭まり、分解能が低下する。

論計算と組み合わせ、分子軌道をエネルギー的に分解することで、選択的に分子軌道の実空間分布を明らかに出来ることが実証された。

最後に、回折データの空間分解能と得られる価電子密度分布の関係について示す。ここでは、観測された最も高角の回折反射の面間隔 $d (= \lambda/2\sin\theta)$ を価電子密度分布における実空間分解能と定義する。これまで議論してきたようなノードなどの微細な構造を観測するためには、高い空間分解能データを取得する必要がある。分解能による価電子密度分布の差について図4 (a) に示した。高分解能データ ($d > 0.28 \text{ \AA}$) の場合の高分解能データでは、ノードなどの微細な構造が明瞭に観測されているのに対して、低分解能データ ($d > 0.50 \text{ \AA}$) ではこれらは見られない。このことが、実験室系の回折実験では価電子の詳細が明らかにできない理由である。電子状態の本質的な理解のためには、 d 値が 0.30 \AA より小さな回折反射強度を十分な統計精度で観測しなければならない。価電子密度解析では、高エネルギーかつ高輝度なX線を利用することが望ましい。

また、高角領域の回折反射の測定には温度の影響も無視できない。特に構成原子の異方的な熱振動は、電子密度分布の高角領域の回折反射に大きく影響す

る。高エネルギーのX線による実験であっても、熱振動の影響が大きく有効的な空間分解能が不足する場合には、細かな構造が見えない滑らかな分布が得られてしまう (図4 (b))。したがって、理論計算と直接比較できる価電子密度分布を得るためには、大型放射光施設の高品質なX線を利用することに加えて、そのX線の品質を最大限に活かすための実験環境の構築にも追求する必要がある。

6. 総括と今後の展望

本研究では、放射光X線を用いた精密単結晶X線回折実験を行い、GlycineとCytidineの価電子密度分布を観測した。観測された価電子密度分布は波動関数の性質を反映した複雑な構造を示し、最先端の高精度DFT計算の結果とも極めて一致を示した。これは、これまで分光学的な実験手法により得られるエネルギーとの一致を主な研究指針として発展してきた理論計算が、実空間においても実験とよく整合することを明確に示す結果となった。これにより実験と理論計算を組み合わせた解析の可能性がさらに広がり、分子軌道がエネルギー的に分解されることに注目することで、 π 結合のような各軌道の抽出が可能であることを示した。これらの手法を可能と

するためには、SPring-8の高品質な放射光のポテンシャルを最大限に活かす必要がある。

本研究では、古くから極めて精密に調べられてきた標準的な分子を用いてこの手法の信頼度について検証した。今後は、高機能な分子性結晶、複雑な相互作用が内在する系、特異な化学結合を実現する系などへ研究対象を拡張していく。

参考文献

- [1] T. Hara, M. Hasebe, T. Takao, T. Naito, Y. Nakamura, N. Katayama, T. Taketsugu, and H. Sawa, *J. Am. Chem. Soc.* **146**, (2024) 23825.
- [2] S. Kitou, T. Fujii, T. Kawamoto, N. Katayama, S. Maki, E. Nishibori, K. Sugimoto, M. Takata, T. Nakamura, and H. Sawa, *Phys. Rev. Lett.* **119**, (2017) 065701.
- [3] S. Kitou, T. Manjo, N. Katayama, T. Shishidou, T. Arima, Y. Taguchi, Y. Tokura, T. Nakamura, T. Yokoyama, K. Sugimoto, and H. Sawa, *Phys. Rev. Res.* **2**, (2020).
- [4] H. Iikura, T. Tsuneda, T. Yanai, and K. Hirao, *J. Chem. Phys.* **115**, (2001) 3540.

原 武史 HARA Takeshi

(現所属)

国立大学法人 東北大学
理学研究科 物理学専攻 微視的構造物性
〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-3
TEL : 022-795-5600
e-mail : takeshi.hara.d2@tohoku.ac.jp

(課題遂行時の所属)

国立大学法人 名古屋大学
工学研究科 応用物理学専攻
〒466-8603 愛知県名古屋市千種区不老町

澤 博 SAWA Hiroshi

(現所属)

名古屋産業科学研究所
〒464-0819
愛知県名古屋市千種区四谷通1丁目13 ノア四谷ビル2F
e-mail : hiroshi.sawa@nagoya-u.jp

(課題遂行時の所属)

国立大学法人 名古屋大学
工学研究科 応用物理学専攻
〒466-8603 愛知県名古屋市千種区不老町

大学院生提案型課題（長期型）報告

高温高压下における鉄の水素誘起体積膨張係数

東京大学 大学院理学系研究科

地球惑星科学専攻 森 悠一郎

Abstract

水素は地球核の軽元素候補として重要な元素である。地球核の主要成分は鉄であるが、高压条件下において水素は金属鉄に固溶し、鉄水素化物を生成する。このとき、水素は鉄の格子間に侵入固溶することで著しい体積膨張を引き起こし、密度や物性を変化させる。特に、水素化による密度変化は、地球核の密度欠損問題を考察する上で重要であるにも拘わらず、これまで十分に研究されてこなかった。本研究では、高温高压環境でX線回折をおこなうことで、鉄水素化物の水素誘起体積膨張について詳細に調べた。

1. 序言

遷移金属水素化物中の水素原子は、金属の格子間サイトを占有し金属特性を保持しつつ水素化物を形成する。教科書的には鉄はhydride gapに属し、常温常圧下において金属類似水素化物を形成しない。しかし、高压環境下ではその描像は変化する。水素流体のギブス自由エネルギーの圧力依存性をみると数GPaでは数倍に増加する^[1]。結果的には、H₂分子はH原子に解離して金属格子の隙間を占有した方がエネルギー的に安定であるため、鉄水素化物を形成する。固溶した水素原子は原子間距離を拡大する。水素化による体積膨張は水素誘起体積膨張と呼ばれ、地球惑星科学・物質科学において重要なパラメータとなる。水素誘起体積膨張 (v_H) は、鉄水素化物の体積 (V_{FeH_x}) と純鉄 (V_M) の体積差を溶け込んだ水素量 (x) で除して、単位胞中の金属原子数で規格化することで求められる：

$$v_H = \frac{V_{FeH_x} - V_{Fe}}{x} \quad (1)$$

ここで、地球核の軽元素（鉄よりも軽い元素を意味する）としての水素に目を向ける。水素のケイ酸塩-鉄メルト間の分配係数は非常に大きく、強親鉄性元素とみなすことができる^[2]。さらに、水素は格子間に溶け込むタイプの地球核の軽元素候補の中では最も固体鉄-液体鉄間の分配係数が大きく内核の軽元素候補としても有力である^[3]。このように、地

球核は地球深部の水素貯蔵庫として働く可能性が指摘されている^[2]。他方、地震学的観測から地球核は相当温度圧力の純鉄よりも密度が小さいことで知られている^[4,5]。水素化によって引き起こされる有意な体積膨張は鉄の密度を大幅に下げたため、地球核の水素量を制約する上で、水素誘起体積膨張 (v_H) の導入-鉄の水素化による体積膨張の定量化-は非常に重要である。

鉄水素化物の水素誘起体積膨張は中性子回折と状態方程式を組み合わせることにより、求められてきた。しかし、高温高压中性子回折実験の性質上、測定された条件は比較的低压に限られる。そこで、本研究では水素誘起体積膨張の(1)温度圧力効果、(2)他軽元素の効果、(3)磁歪による効果を調べた。いずれのテーマも核中の水素量を制約する上で重要であるが、ほとんど検討されていなかった。なお、ここではhcp構造の鉄水素化物を研究対象とする。これは、鉄の高压相で、地球内核条件の純鉄の結晶構造の候補の一つであり、重要な相である。

2. 結果

(1) hcp-FeH_xの水素誘起体積膨張の温度圧力効果

これまでhcp FeH_xの結晶構造精密化について中性子回折による報告例は2例存在する^[6,7]。しかし、これらの v_H は一致していない。地球核の密度欠損を満たす水素量は v_H を用いて推定することができ

るが、 v_H を定数として扱っている先行研究が多い。しかし、鉄水素化物の体積と純鉄の体積はそれぞれの熱弾性定数が支配する状態方程式によって求められ、これらの体積差に比例する v_H は圧力と温度の関数で記述されるはずである。高压下における水素誘起体積膨張の温度依存性は高水素濃度におけるfcc FeH_xでのみ探索されており、内核を構成する鉄合金の結晶構造候補であるhcp構造を持つhcp FeH_xにおいてはその温度圧力特性がわかっていない。そこで、NaClで作成したカプセル中に鉄と水素源であるNH₃BH₃とともに封入して高压下で(~12 GPa)で昇温することで、hcp FeH_xを‘その場’で合成した。水素化による体積膨張が終わってから、10-25 GPa、300-900 KにおいてP-V-T関係を測定し、hcp FeH_xの状態方程式を作成した。高压下で鉄合金中に固溶する水素量を結晶構造精密化から決定するにはX線回折では事実上不可能である。そこで、先行研究において中性子回折がおこなわれた温度圧力点を本研究で作成したhcp FeH_xの状態方程式に代入して、hcp Feの状態方程式から決定される単位胞体積との差分をとった(図1)。

すると、固溶している水素量を $x \sim 0.3$ とすることで、先行研究の水素誘起体積膨張の不一致を「 v_H の温度圧力依存性によるもの」として解釈できることがわかった。hcp Feに比べて、hcp FeH_xはより

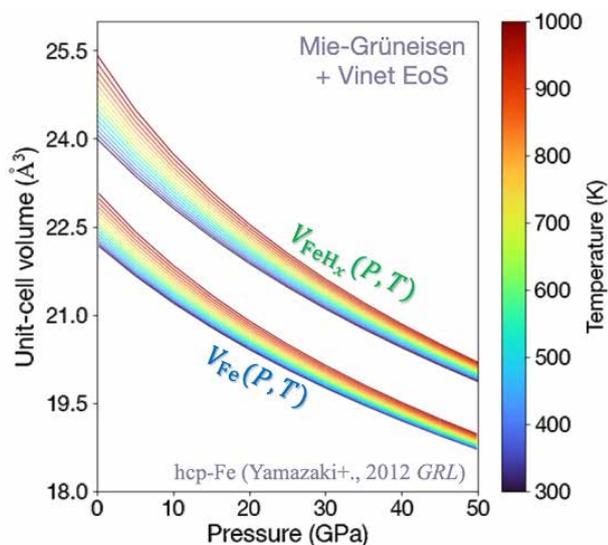


図1 本研究で得られたhcp FeH_xと先行研究で得られているhcp Feの状態方程式^[8]との比較

圧縮されやすい。また、 v_H は温度とともに増加するが圧力の上昇とともにその効果は減衰した。これは、高温高压条件に向かうほどhcp FeH_xの熱膨張の値(≠熱膨張係数)はhcp Feのそれに近い値に収斂することを示している。地球核の密度欠損から水素の量を定量的に推定することは、本研究の温度圧力範囲からの過度な外挿が必要となるため現実的でない。しかし、以上の特性が広い温度圧力範囲にわたって定性的な理解として成り立つ場合、hcp構造を持つ純鉄の水素誘起体積膨張への温度効果よりも圧力効果が顕著であり、低压・高温で得られた v_H を直接使用する場合、核の水素量を少なく見積もってしまうことを表している。

(2) ケイ素の共存による効果

地球核の主要軽元素の候補としては水素の他に硫黄、ケイ素、酸素、炭素などが挙げられる。中でもケイ素は他の軽元素に比べて大きな固体鉄/液体鉄の分配係数をとることで知られ、特に内核の軽元素候補として有力視することができる。そこで、ここではケイ素を含んだ系で v_H がどのように変わるのかを調べる。鉄-ケイ素2成分系の相図を見ると、ケイ素量が増えると、hcp相からhcp + bcc相へ分離する。このとき、ケイ素の分配が二相間で生じてしまう。従って、ケイ素による v_H の影響を調べるためには、hcp単相での実験をおこなうことが直接的である。そこで、ケイ素を2.6 wt.%含んだFe(Fe_{0.95}Si_{0.05})を出発試料として高温高压実験をおこなうことにした。課題設定は以下の二つである。

• Fe_{0.95}Si_{0.05}水素化物の水素位置・占有率の決定

先述の通り、高压下で鉄中の水素量を結晶構造精密化から決定するには中性子回折実験が必要である。これまでの鉄水素化物研究のほとんどは鉄-水素2成分系に限られ、ケイ素を含んだ鉄の水素化挙動の直接観察はなされていなかった。したがって、式(1)における v_H 、 x 両方ともに推定することができない。そこで、J-PARC MLF 高压専用ビームラインBL11 (PLANET)に設置の6軸プレスを使用し、12-15 GPa、300-900 Kの条件でhcp-Fe_{0.95}Si_{0.05}水素化物の中性子回折をおこなった。

• $\text{Fe}_{0.95}\text{Si}_{0.05}$ の状態方程式の作成

式(1)で示す通り、 v_H を求めるためには V_{Fe} の情報(正確には $V_{\text{Fe}_{0.95}\text{Si}_{0.05}}$)が必要である。高温高圧下での中性子回折は解析に十分なプロファイルを取得するのに非常に時間がかかる。そこで、 $\text{Fe}_{0.95}\text{Si}_{0.05}$ の状態方程式作成のために、放射光X線回折を用いたP-V-T測定をおこなった。

得られた中性子回折プロファイルを結晶構造精密化した結果、図2に示すように、hcp構造をもつ $\text{Fe}_{0.95}\text{Si}_{0.05}$ において水素は八面体サイトに固溶しており、純鉄の場合と同様の固溶サイトをとった^[6,7]。放射光X線回折で得られたデータをもとに状態方程式を決定して、式(1)を用いてケイ素の固溶が水素化による体積膨張に与える影響を見積もった。すると、hcp $\text{Fe}_{0.95}\text{Si}_{0.05}$ の水素誘起体積膨張は、純鉄で報告されているそれと比べて10-20%ほど大きいことがわかった。

ここで得られた結果を用いてSiを含んでいる場合の核中水素量の再検討を行ったところ、先行研究の半分程度の水素量で地球核の密度欠損が説明されることがわかった。このことは図3に示すように、この結果は、これまでの研究がケイ素を含む地球コアの水素含有量を過大評価していた可能性を示唆している^[10]。このように共存する軽元素は核の水素量の見積もりに影響を及ぼし得る。

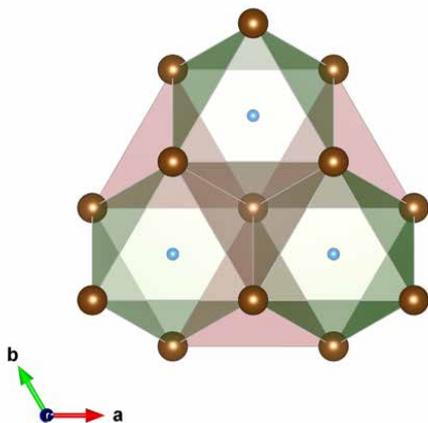


図2 hcp構造を持ったFe並びに $\text{Fe}_{0.95}\text{Si}_{0.05}$ をc軸方向からの投影した図(描画にはVESTAを使用^[9])。格子間サイトは八面体サイト(緑色)、四面体サイト(赤色)の2種類であり、褐色、水色の点はそれぞれ鉄原子、水素原子を表している。

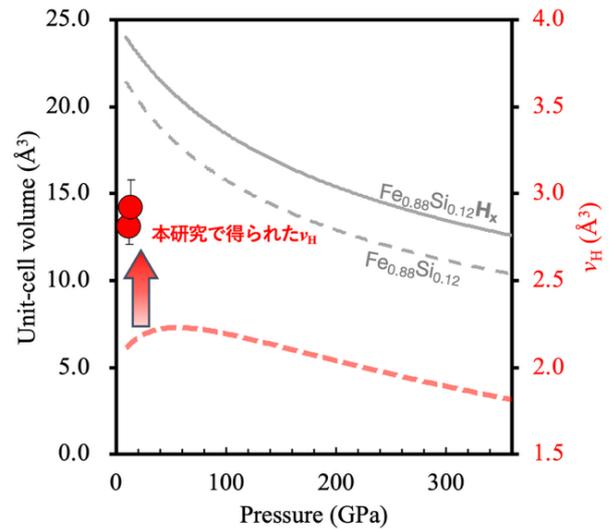


図3 ケイ素の固溶による水素誘起体積膨張の変化
灰色実線・破線はそれぞれケイ素を含んだhcp鉄($\text{Fe}_{0.88}\text{Si}_{0.12}$)の水素化物ならびに非水素化物の圧縮曲線を示す^[11,12]。ケイ素の固溶による水素誘起体積膨張の変化は考慮せず、 v_H の値としては純鉄の値^[6]の値を用いた場合、 v_H の圧力依存性を見積もった(赤破線)。本研究の結果、ケイ素固溶により v_H は増大することがわかった(赤点)。水素による体積膨張がケイ素濃度に比例して増加する場合、外核中の水素存在可能量が海水質量換算で10倍程度減少する。

(3) 磁歪による効果

Feの高圧相であるhcp-Feは非磁性体だが、水素化したdhcp構造を持つFeHは強磁性体であることで知られる。この場合の強磁性の出現原理として最も考えやすいのは、水素化による格子膨張(鉄の原子間距離の拡大)によってフェルミ準位の状態密度が増加し、Stoner条件を満たすようになることであろう。dhcp FeHは加圧によって原子間距離が縮小することで、磁気モーメントが徐々に減少して強磁性-非磁性転移が起こることが知られている。その相転移圧力はメスバウアー分光測定^[13]やFe K吸収端X線磁気円二色性実験^[14]から報告されており、また不明瞭な境界ではあるものの圧縮挙動の変化^[15,16]からも推定されてきた。一方でこれらの実験は室温あるいは低温に限られている。dhcp FeHの磁歪とキュリー温度の圧力依存性はKKR-CPA法を用いた報告がされているのみである^[17]。そこで、15-25 GPa, 300-850 Kの範囲において降温過程でdhcp FeHの時分割X線回折実験をおこなった。得られた温度-体積関係に着目することで磁性転移による

熱膨張のアノマリーを検出した。この手法は常圧では一般的に用いられる正攻法であり、bcc鉄などでも温度-体積関係からキュリー温度 (T_C) が見積もられているが^[18]、高圧下での応用例は殆ど見られなかった。図4に測定された温度-体積関係を示す。高圧下における自発体積磁歪によるインバー挙動ならびに負熱膨張挙動が見られ、温度-体積曲線における不連続点は T_C として同定できる場合があり、 T_C の圧力依存性を決めることができる。 T_C 直下の自発磁化は臨界指数 β を用いて $(T_C - T)^\beta$ に比例すると記述される。Landau理論や平均場近似をIsingモデルへの適用することで得られる古典的な β は $T \sim T_C$ において0.5である。自発磁歪は磁気モーメントに依存することが知られている^[19, 20]。この関係を用いて得られた T_C の圧力依存性および体積磁歪の温度依存性から臨界指数 β は $\sim 0.4-0.5$ と推定された。この結果は、磁性転移による熱膨張のアノマリーがスピン揺らぎの小さな強磁性-常磁性転移として解釈されることを示している。自発磁歪と磁気モーメントはMagnetoelastic-coupling constant (C)で結びつけられるが、圧力に対して正の依存性を持つことがわかった。低圧で見られていたインバー挙動が、高圧で負の熱膨張へと変化していることは、圧力が増加するにしたがって磁気弾性の相互作用が強くなったことに起因している。さらに、先行研究の結果を用いて自発体積磁歪から磁気モーメントを推定する。dhcp FeHの磁気モーメントは4.2 GPa, 300 Kで中性子回折から $M \sim 2 \mu\text{B}$ と推定されている^[21]。一方で、常温における磁化の圧力依存性はXMCDの信号強度変化から相対的に推定できる。したがって、これら二つの先行研究を以って300 Kにおける圧力-磁化曲線を推定することができる。本研究結果ではある圧力における T_C が推定されているはずなので、平均場近似をもちいて高温 ($T > 300 \text{ K}$)における磁化を推定することができる。強磁性領域の実測体積を常磁性領域の実測体積を強磁性領域に外挿したところ、磁歪から得られる磁気的寄与が理論予測の20%程度にとどまることを明らかにした。また、実験手法としては非常に単純明快でありながら、高温高圧下における磁歪の定量化および磁性転移の検出に有効な手法を確立した。

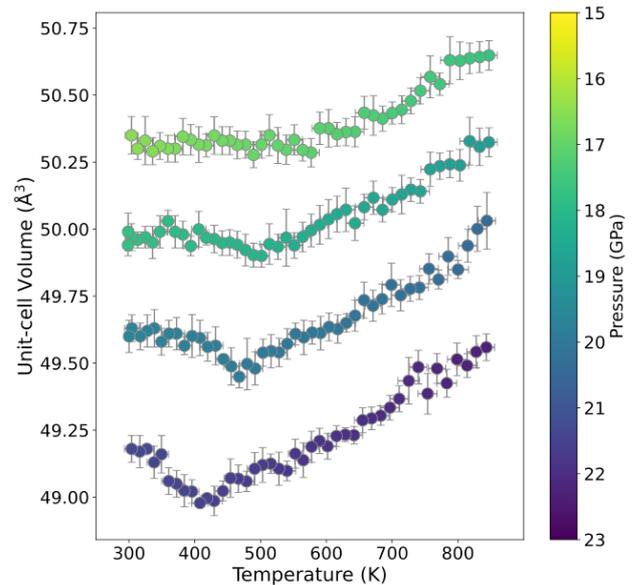


図4 鉄水素化物 (dhcp相) の温度-体積関係
‘低温’領域で磁歪の効果が見られている。

3. 結語

本研究では鉄水素化物の水素誘起体積膨張に関して地球科学的に重要な諸効果がどのように影響を与えうるかについて調べた。地震学的観測から得られる惑星内部構造の理解には、物質の密度や弾性などのパラメータが不可欠であり、特に鉄は地球核やマントルにおいて重要な元素である。一方で、高温高圧下では水素が顕著な親鉄性を示すことから、鉄水素化物の物性は地球深部における水素の存在状態を考えるうえで極めて重要である。また、火星や水星などの他惑星における軽元素成分としても水素が候補とされており、今後の惑星内部構造モデルの精緻化に貢献するデータとなる。

一方、物質科学の観点からも、鉄水素化物は興味深い研究対象である。特にdhcp相は広い温度・圧力範囲で安定に存在し、強磁性-常磁性転移の温度圧力範囲は比較的‘適度’な温度圧力領域である。水素化に伴う体積変化の物理的起源は、水素の基底状態エネルギーと格子エネルギーとのバランスに加え、金属-水素間の電子相互作用などによる電子構造の変化も含むだろう。金属水素化物において、水素化による体積変化の背景にある物理的な起源は水素原子の基底状態エネルギーと格子エネルギーの兼ね合いによって決まる。しかし、常圧とは異なり、極限実験でその起源を探ることは非常に難しい。金属-

水素間の電子相互作用による電子状態の変化による影響など化学的側面は明らかになっていない部分も多い。水素化物の本質的な理解を深めるためにも分野横断的な研究が必要だ。

4. 謝辞

本研究における高温高压下放射光X線回折実験は、大学院生提案型長期課題(2022A0314)の下おこなった。鍵裕之博士、青木勝敏博士、高野将大氏(東大)、柿澤翔博士、辻野典秀博士、肥後祐司博士(JASRI)には日頃より本研究に関する議論をしていただいた。改めて感謝の意を表したい。また、利用推進部の池端宏之氏にも事務的な手続きで日頃よりお世話になった。この場を借りて感謝申し上げる。

参考文献

- [1] H. Sugimoto and Y. Fukai: *Acta Metall. Mater.* **40** (1992) 2327.
- [2] S. Tagawa *et al.*: *Nat. Commun.* **12** (2021) 2588.
- [3] K. Hirose, B. Wood, and L. Vočadlo.: *Nat. Rev. Earth Environ.* **2** (2021) 645-658.
- [4] A. Dziewonski and D. Anderson: *Phys. Earth Planet. Inter.* **25** (1981) 297-356.
- [5] J. Irving, S. Cottaar, and V. Lekić: *Sci. Adv.*, **4**, (2018) eaar2538.
- [6] V. Antonov *et al.*: *J. Alloys Compd.* **264** (1998) 214.
- [7] A. Machida *et al.*: *Sci. Rep.* **9** (2019) 1.
- [8] D. Yamazaki *et al.*: *Geophys. Res. Lett.* **39** (2012) 20.
- [9] K. Momma and F. Izumi: *J. Appl. Crystallogr.* **44** (2011) 1272-1276.
- [10] Y. Mori *et al.*: *Earth Planet. Sci. Lett.* **634** (2024) 118673.
- [11] S. Tagawa *et al.*: *Geophys. Res. Lett.* **43** (2016) 3686-3692.
- [12] S. Tateno *et al.*: *Earth Planet. Sci. Lett.* **418** (15) 11-19
- [13] J. Ying *et al.*: *Physical Review B* **101** (2020) 020405.
- [14] N. Ishimatsu *et al.*: *Physical Review B* **86** (2012) 104430.
- [15] N. Hirao *et al.*: *Geophys. Res. Lett.* **31** (2004) 6.
- [16] C. Pépin *et al.*: *Phys. Rev. Lett.* **113** (2014) 265504.
- [17] H. Gomi, Y. Fei, and T. Yoshino: *Am. Min.* **103** (2018) 1271-1281.
- [18] N. Ridley and H. Stuart: *J. Phys. D: Appl. Phys.* **1** (1968) 1291.
- [19] E. Wohlfarth, *Physica B+ C*, **91** (1977) 305.
- [20] M. Shiga, *Physica B+ C*, **149** (1988) 293.
- [21] H. Saitoh *et al.*: *Sci. Rep.* **10** (2020) 9934.

森 悠一郎 MORI Yuichiro

東京大学
大学院理学系研究科
地殻化学実験施設
〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1
TEL : 03-5841-4450
e-mail : mory@eqchem.s.u-tokyo.ac.jp

大学院生提案型課題（長期型）報告

大規模S波低速度領域での地震波異方性の成因の理解に向けた フェロペリクレースの高温高压大歪変形実験

東京科学大学

理学院 地球惑星科学系 夏井文凜、東真太郎、太田健二

Abstract

地震波観測より、地球の下部マントルに広がる大規模S波低速度領域の縁部分では、地震波異方性が存在することが報告されている。この地震波異方性は、鉱物の結晶方位選択配向の発達によって生じている可能性がある。本研究では、回転式ダイヤモンドアンビルセルを用いて、下部マントル圧力条件下で高压大歪変形実験を行い、変形に伴うフェロペリクレースの結晶方位選択配向の発達を調査し、大規模S波低速度領域における地震波異方性との関係を明らかにすることを目的とした。実験の結果、フェロペリクレースにおいては、Feの含有量の違いやスピン転移の有無に関わらず、ペリクレースと同様に高压力下でせん断方向と平行に{100}面が配向することが明らかになった。ただし、ペリクレースと比較すると、より低い温度圧力条件下で{100}面の配向が生じることが確認された。このフェロペリクレースの結果を、最下部マントルに横たわるスラブの状況に当てはめて考えた際には、S波速度が鉛直方向よりも水平方向で大きいという地震波異方性の観測結果と整合的であることが示された。

1. はじめに

地震波観測より、アフリカおよび南太平洋の地下には、下部マントル中部から最下部マントルにかけて広がるS波速度が遅い領域の存在が確認されている。この領域は大規模S波低速度領域（LLSVPs：Large Low Shear Velocity Provinces）と呼ばれ、その縁部分では地震波速度が地震波の進む方向によって異なる地震波異方性が報告されている。これは、鉱物の結晶軸が一定の方向に配列する結晶格子選択配向（CPO：Crystallographic Preferred Orientation）に由来すると考えられている。CPOの発達は、主に鉱物の塑性変形によって生じることから、沈み込んだスラブの核マントル境界での衝突やLLSVPs内部の物質上昇に伴うせん断変形によりCPOが発達し、LLSVPs縁部分で観測される地震波異方性と関連していると議論されている。

一方でLLSVPsが熱的な特徴によるものか、組成的な特徴によるものか、あるいはその両方に由来するのかは未だ不明であり、岩石・鉱物学的なことは、

ほとんど制約できていない。LLSVPsが組成的特徴に由来すると仮定した場合、マントル対流による攪拌に耐えてマントルの底に留まり続けるためには、周辺のマントルと比べて約10%高い密度を持つ組成である必要がある。このような高密度の組成の鉱物としてFeに富むフェロペリクレース（Mg,Fe）Oやブリッジマナイト（Mg,Fe）SiO₃が挙げられている。LLSVPsの成因を明らかにするには、これら鉱物のCPOの発達を含めた変形特性を実験的に明らかにする必要がある。しかし、下部マントルの温度圧力条件を実験的に再現することは技術的に非常に困難であり、これらの条件下で議論を行った先行研究は乏しい。さらに、Feを含むフェロペリクレースやブリッジマナイトは、高温高压下においてFeのスピン転移が生じることが報告されている。スピン転移はFeの原子半径を変化させるため、鉱物の物性に大きな影響を及ぼし、すべり系や粘性率などの変形特性を変化させる可能性がある。加えて、フェロペリクレースおよびブリッジマナイトは、それぞれ

Fe含有量によってスピン転移が生じる温度圧力条件が異なることが知られており、LLSVPsの成因の解明を困難かつ複雑にしている。

本研究では、LLSVPsにおける地震波異方性の成因の理解に向けて、その構成候補鉱物であるフェロペリクレースに対して、回転式ダイヤモンドアンビルセル（rDAC: Rotational diamond anvil cell）とSPring-8でのX線測定を組み合わせた定量的な高圧大歪変形実験を実施した。

2. SPring-8で実施した理由

これまで、下部マントルの圧力条件を実験的に再現して変形実験を行うことは技術的に非常に困難であった。そのため、下部マントル構成鉱物を下部マントルの温度圧力条件で定量的に変形させ、その変形特性について議論した研究は限られており、特に最下部マントル条件の変形実験は報告がなかった。近年開発されたrDACはこの状況を打破し、地球内部の全圧力条件における定量的な変形実験を可能にした。これまで、rDACは常温下で135 GPaまでの定量的な変形実験を行った実績がある^[1]。また、地球科学的議論を行ったものでは120 GPaまで行われたMgOの変形実験に基づきCPOの発達と地震波異方性の関係を議論したものがある^[2]。

rDACを用いた変形実験の試料は、厚さ30 μm以

下、直径約100 μmの円盤状であり、中心に埋め込んだPt製の歪マーカースに至っては高さ30 μm以下、長さ20 μm以下、幅約5 μmの板状で非常に微小である。そのため、この微小領域からX線回折（XRD: X-Ray Diffraction）およびX線ラミノグラフィー（3Dイメージング）の有意なデータを得るには大強度のX線が必要不可欠である。さらに、試料の応力測定のため、変形実験中のその場XRD測定を行う必要がある。SPring-8のBL47XUはrDACにセットした試料中のPt製歪マーカースのX線ラミノグラフィーおよび多結晶試料の変形実験中のその場XRD測定を行った実績がある。加えて、BL10XUは微小試料の多角度XRD測定を行った実績がある。これらのビームラインの性能とデータクオリティの観点から、本研究の変形実験はSPring-8でなければ達成できなかった。

3. 実験

本研究で用いたrDACは静的な高圧発生装置のDACを応用した高圧ねじり変形装置である。対になったダイヤモンド製のアンビルの間に試料を挟み、上部のアンビルを回転させてねじりの変形を与えることで、高圧下での大歪変形実験が可能になる。試料には、Fe含有量の異なるフェロペリクレース（Mg,Fe）O（Fe=90, 40, 20wt%）をそれぞれ用

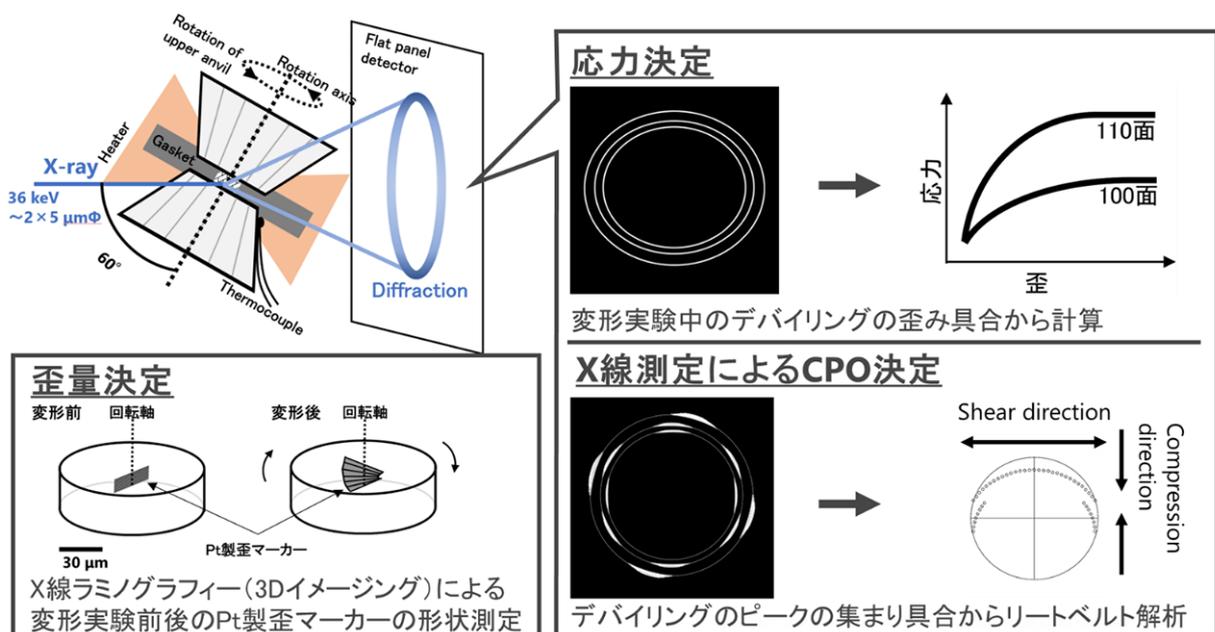


図1 SPring-8 BL47XUでのX線測定の模式図

いた。試料はタングステンまたはレニウム製の板に円盤状の穴を開けて作成した試料室へ配置した。さらに、試料の歪量の測定のため、集束イオンビーム (FIB : Focused ion beam) を用いて、変形時の回転軸に平行、ねじり方向に垂直になるようにPtを板状に蒸着し、その後rDACへセットした。

高温高压変形実験はBL47XUで実施した。実験前後でX線ラミノグラフィーを用いて歪マーカの観察を行った^[3,4] (図1)。ラミノグラフィー取得時のX線のエネルギーは、PtのL3吸収端よりやや高い12keVを用いた。実験前後の歪マーカ形状の変化を解析することで、試料の変形量を見積もった。実験条件は圧力10-126GPa、温度298-963K、歪速度一定で行った。高温条件は近赤外線集光加熱装置 (イメージ炉)^[5]により達成し、ダイヤモンドアンビルの酸化を防ぐため真空条件下 (<~100Pa)で行った。変形中にその場XRD測定とX線ラジオグラフィーによる試料撮像を実施した。XRD測定は36keVのX線エネルギー、カメラ長約150mmで行った。得られたデバイリングのリートベルト解析を行い、変形実験前後のCPOの解析をした。CPOが発達している場合、デバイリングの強度にむらが見られる。これは、結晶格子が特定の方向に配向することで、回折ピークが集中して現れるためである。この回折ピークの分布を解析することで、CPOを定量的に評価することができる。解析にはMaterial Analysis Using Diffraction (MAUD)を用いた。

BL47XUで取得した変形実験中のXRDは装置の配置の制約があり、試料の回転軸から60°傾けた一方向からの入射によって得られた。この単一方向

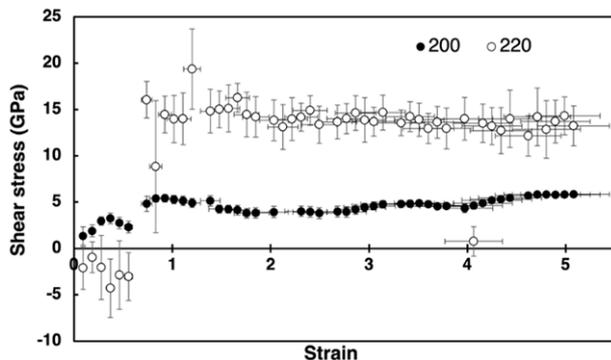


図2 変形実験中の応力-歪曲線^[6]
(Mg_{0.8}Fe_{0.2})O @67 GPa

のXRDデータを解析して、全球のポールフィギュアを計算により補完することでCPOを求めた。しかし、理論的には全球のポールフィギュアを得るには180°範囲でのデータ取得が必要である。そこで、BL47XUで得た結果の妥当性を検証するため、減圧回収後の試料についてBL10XUで多角度XRD測定を実施した。BL10XUでのXRD測定はX線のエネルギーは30keV、カメラ長約300mmで行った。試料のねじり変形の回転軸に対して-35~35°まで、70°の範囲をカバーする多角度XRD測定を行い、MAUDを用いてCPOの決定を行った。これにより、BL47XUの単一方向測定から得られた計算でポールフィギュアの大部分を補完しているCPOとの整合性を検証し、議論の正当性を確認した。

4. 結果

歪マーカの形状解析の結果、試料縁部での歪量は1.1-8.4、歪速度は10⁻³-10⁻⁴/sの範囲で変形実験が行われた。変形中の試料の応力は、フェロペリクレスの200面と220面の格子面間隔から計算した。得られた応力-歪曲線では、変形初期では、歪量の増加に伴ってせん断応力も増加し、弾性変形が生じていることが確認できた (図2)。その後、歪量が増加してもせん断応力は一定の値を保ち、試料は変形実験中に塑性変形による定常状態に移行したことが確認できた。さらに、ポールフィギュアの結果から、変形前後で、CPOの発達を確認できた。本研究では、フェロペリクレスにおいて下部マントル

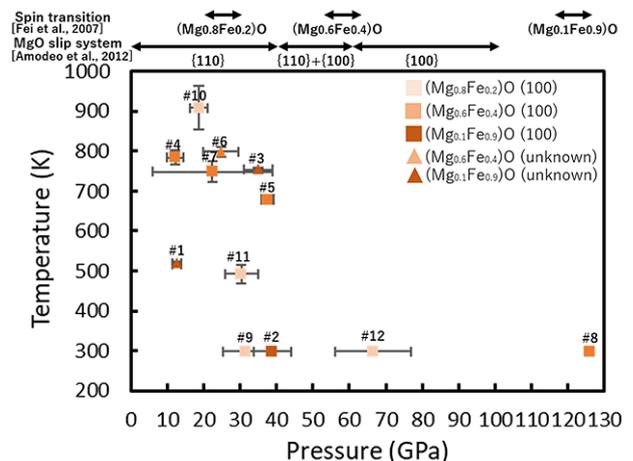


図3 (Mg, Fe)Oの剪断面に沿った結晶面、温度、圧力の関係

圧力条件で $\{100\}$ 面がせん断方向に配列するCPOが発達することが明らかになった。ただし、Feのスピント転移領域をまたがっても、CPOの傾向が変化することはなく、スピント転移の影響はなかった。また、Feの含有量が変化しても、CPOの傾向に大きな変化は見られなかった(図3)。

また、変形実験中の1角度XRD測定と減圧回収試料の多角度XRD測定から得られたポールフィギュアの結果は調和的であり、本研究における1角度XRD測定から得られるポールフィギュアは信頼性があることを確認出来た。この結果は、減圧回収時に試料が引張変形を受けていたとしても、その影響は実験中のせん断変形によって形成されたCPOを上書きするほどは大きくなく、減圧回収試料は実験中のせん断変形の情報を保持していると考えられる。

5. 考察

Amodeoらは従来の対称型DACを用いた定性的な高圧下の一軸圧縮変形実験より、ペリクレスでは温度と圧力の増加に伴い、支配的なすべり面が $\{110\}$ 面から $\{100\}$ 面へと変化することを報告した^[7]。本研究の結果はこの結果と整合的であり、フェロペリクレスでも、高圧力下において、 $\{100\}$ 面がせん断方向に平行に配向する結果が示された。これは下部マントルに沈み込みマントル底に横たわるスラブを想定した場合に、S波速度が鉛直方向よりも水平方向の方が大きいという地震波異方性の観測結果と一致する。ただし、フェロペリクレスではペリクレスよりも低い圧力で $\{100\}$ 面が配向した。例えば、常温下でペリクレスは約60GPaの圧力で $\{100\}$ 面が配向するが、フェロペリクレスでは約30GPaの圧力で配向した。この違いはFeが加わることによって、MgOと比較してフェロペリクレスのすべり面の臨界分解せん断応力の温度圧力依存性が変化し、 $\{100\}$ 面の配向がより低い圧力で生じる可能性が考えられる。

また、Fe90%という高いFe含有量かつ歪量6.6の実験では、得られたCPOは他の実験結果とは異なり、100軸が同心円状に配向する特徴的な組織を示した(図4)。この組織は、同組成の歪量2.2の実験では観察されていない。この特異的なCPOは、

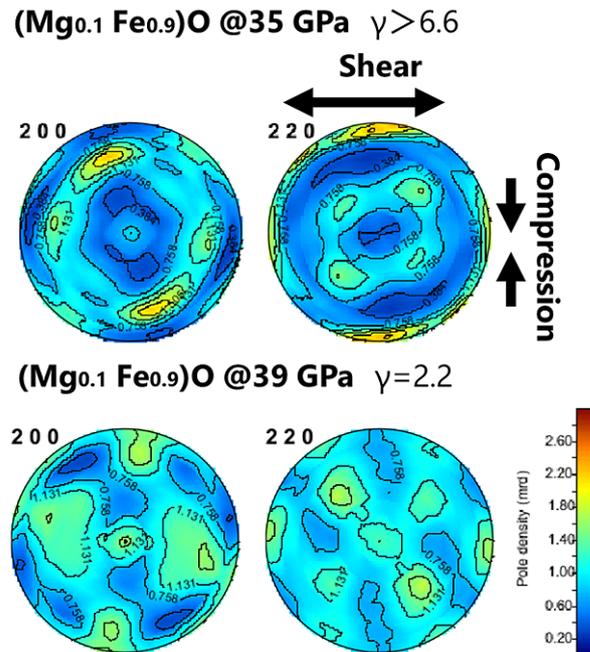


図4 変形実験後のポールフィギュア^[6]

HeidelbergらFe20%のフェロペリクレスのねじり変形実験で報告した組織とよく類似している。彼らの実験条件は本研究より低い圧力(300MPa)かつ高い歪量(15.5)であった。彼らはこのような組織はひずみの蓄積による組織発達に起因し、2つ以上のすべり系、例えば、 $\{100\}$ 面と $\{111\}$ 面が同時に活性化するような変形が起こることで、このような組織発達が生じる可能性を提案している。これはFeに富む試料の方が、Feに乏しい試料よりも速く動力学的過程が進行するためだと考えられる。したがって、支配的なすべり系が大きく変化しなくても、発達するフェロペリクレスの組織は、Feの含有量や歪量によって変化する可能性が示唆される。

謝辞

本研究を実施するにあたり協力してくださった高輝度光科学研究センターの上杉健太郎氏、安武正展氏、河口沙織氏、門林宏和氏、広島大学の岡崎啓史准教授、Eranga Gyanath Jayawickrama氏、八木寿々歌氏、東京科学大学の長谷川暉氏、石森慧也氏、古賀亘氏、京都大学の野村龍一氏に感謝します。実験およびX線測定は、SPring-8のBL10XUおよびBL47XUで行いました(課題番号2023B0312、2023B0320、2024A0312、2024A0320、2024B0312、2024B0320)。

参考文献

- [1] R. Nomura *et al.*: *Rev. Sci. Instrum.* **88** (2017) 044501.
- [2] Y. Park *et al.*: *GRL* **49** (2022) 21.
- [3] R. Nomura *et al.*: *Rev. Sci. Instrum.* **87** (2016) 046105.
- [4] S. Azuma *et al.*: *High Press. Res.* **38** (2018) 23.
- [5] S. Azuma *et al.*: *Rev. Sci. Instrum.* **95** (2024) 073907.
- [6] B. Natsui *et al.*: *PEPI* **366** (2025) 107392.
- [7] J. Amodeo, P. Carrez, P. Cordier : *Philosophical Magazine* **92** (2012) 1523-1541.
- [8] F. Heidelbach, I Stretton, F Langenhorst and S Mackwell : *GRL* **108** (2003) 2154.

夏井 文凜 NATSUI Bunrin

東京科学大学
理学院 地球惑星科学系
〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1 12-13
TEL : 03-5734-2334
e-mail : natsui.b.aa@gmail.com

東 真太郎 AZUMA Shintaro

東京科学大学
理学院 地球惑星科学系
〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1 12-8
TEL : 03-5734-3536
e-mail : azuma.sihntaro@eps.sci.titech.ac.jp

太田 健二 OHTA Kenji

東京科学大学
理学院 地球惑星科学系
〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1 12-13
TEL : 03-5734-2590
e-mail : k-ohta@geo.titech.ac.jp

ビームライン再編後のBL35XUにおける核共鳴散乱アクティビティ

公益財団法人高輝度光科学研究センター

精密分光推進室 永澤 延元、依田 芳卓、パロン アルフレッド

Abstract

SPring-8 共用ビームラインBL09XUで実験されていた核共鳴散乱アクティビティは、2021年にビームライン再編によってBL35XUへ移動した。高フラックス化をはじめとした移設による様々な利点を活かして、移設後も活発なユーザー利用が行われている。本稿ではビームライン再編後の核共鳴散乱アクティビティの成果について紹介する。

1. はじめに

核共鳴散乱は1997年にBL09XUで始まった、SPring-8において最も歴史のあるアクティビティの一つである。核共鳴散乱実験はBL11XU (QST)、BL19LXU (理研) においてもひとつの手法として行われているが、共用ビームラインとしてはBL09XUにて様々な成果が創出されてきた。

この核共鳴散乱アクティビティは、共用ビームライン再編^[1,2]に伴い2021年にその活動拠点をBL09XUからBL35XUに移動することとなった。ビームライン再編計画はSPring-8全体の成果創出の最大化及び利用支援体制の強化を目的として2019年度から検討が開始され、先陣を切って核共鳴散乱アクティビティの移動が行われた。予定通り2021A期までに装置移設、コミッショニングを終了し、2021B期からユーザー利用を再開している^[3]。BL35XUに導入されている短周期アンジュレーターは特定の入射エネルギーを除き2倍以上のフラックスを供給することが可能であり、今回の移設はスペクトルの測定に時間がかかる核共鳴散乱実験においてシグナルの増加、S/N比の向上をもたらした。またBL35XUの複数のハッチに高分解能モノクロメーターやスペクトロメーターを常設することで実験核種や測定手法の切り替えに必要な時間を短縮し、ビームタイムの効率的な利用が可能となっている^[1,3]。本稿では、ビームライン再編後のBL35XU核共鳴散乱アクティビティで得られた成果を紹介する。

2. 準弾性散乱

分子や原子の拡散などマイクロなダイナミクスを調べることが可能な準弾性散乱においても核共鳴散乱をプローブにした手法が存在する。これまで核共鳴準弾性散乱はAPD検出器を用いた時間領域干渉法^[4]によって実験が行われており、シグナル効率を高めるために⁵⁷Fe₂O₃を用いたマルチライン γ 線時間領域干渉法がSPring-8で開発されている^[5]。BL35XU移設後は分光器を常設し、先に述べたアンジュレーターによるフラックス数増加の恩恵も受けたことでユーザーに効率的な測定環境を提供している^[6]。その一方で、純核ブラッグ散乱^[7]と高いダイナミックレンジを持つ2次元検出器CITIUSを組み合わせるエネルギー領域準弾性散乱法が東北大学の齋藤氏、理研等の共同グループによって開発され^[8]、BL35XUにて利用可能となった^[9]。この γ 線準弾性マルチライン分光法では時間領域干渉計を用いた方法とは異なる時間スケールのダイナミクスを測定可能にただけでなく、最大17.4kHzのフレームレートを持つ高速2次元検出器によって一度の計測で運動量トランスファー q について全領域のスペクトルを収集できる (図1)。これにより試料の異方的ダイナミクスや異なる運動量領域を一度に観測できるようになった。

3. 時間窓を用いた放射光メスbauer分光測定

2009年に瀬戸氏によって開発された時間窓を用いた放射光メスbauer吸収分光^[10]は放射光のパ

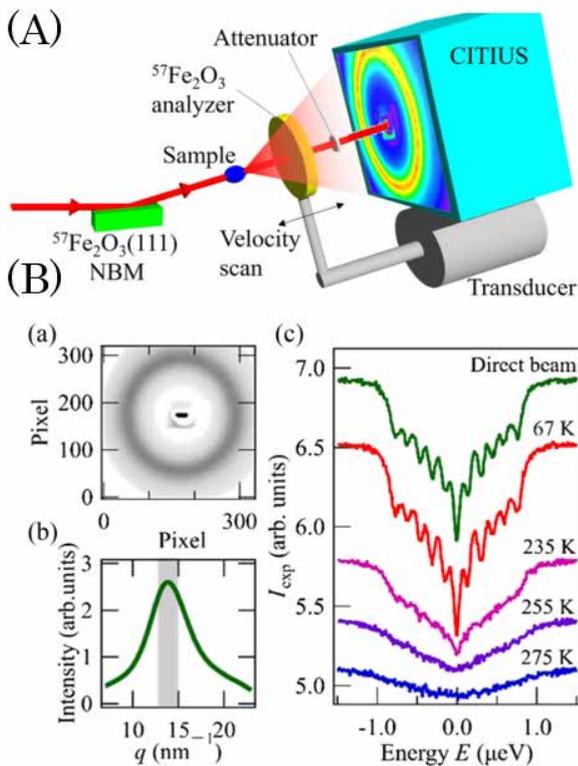


図1 (A) γ 線準弾性マルチライン分光法の模式図 (B) ポリブタジエンを用いた回折スペクトルと準弾性吸収スペクトル。(a) 2次元回折データ (b) 235Kで測定された散乱強度の q 依存性 (c) 前方散乱と、 $q = 14 \text{ nm}^{-1}$ で測定された各温度の準弾性吸収スペクトルの温度依存性。(どちらも文献9より引用)。

ルス構造と原子核励起の長い寿命を利用することで放射線同位体線源を用いずにメスバウアー分光測定を可能にした、SPring-8独自で発展を続けてきた測定手法である。放射光のバンチ構造を利用して超微細相互作用を測定する手法はこれ以外にも核共鳴前方散乱^[11,12]が存在するが、核共鳴前方散乱測定は複数の核準位によるエネルギー差が時間スペクトルに干渉パターンとして現れるのに対し、放射光メスバウアー分光測定では透過体と散乱体の共鳴吸収をエネルギースペクトルとして観測できる。この手法がもつ独自のエネルギー、時間スケールを巧みに利用して、近年では異常金属相と格子振動、価数揺らぎの相関を直接観測した研究結果が報告されている^[13]。なお、この研究については利用者情報誌でも紹介されている^[14]。

BL35XUへ移設後の放射光メスバウアー分光は ^{151}Eu 、 ^{161}Dy 、 ^{61}Ni 、 ^{193}Ir 、 ^{174}Yb などの核種で

測定が行われてきた^[15-17]。BL35XUの高いフラックスによって従来の測定が高効率・高精度で行えるようになっただけでなく、高フラックスを活かした新たな手法開発も行われており、放射光メスバウアー分光測定に散乱過程のエネルギー依存性も追加した測定も開発されている。この測定は散乱体が核共鳴励起した後の脱励起過程を測定している。具体的には、 γ 線の他に蛍光X線や内部転換電子も検出しており、これらの過程で放出されるイベントのエネルギーはそれぞれ異なる。京大複合研の北尾氏らのグループはこのエネルギーの違いに着目し、2つの高速マルチチャンネル・スケーラー (MCS) と Amplitude-to-Time-Converter (ATC) を組み合わせた計測回路系によって計測した散乱エネルギーの分光を可能にしている^[18]。この報告では応用例として、 ^{151}Eu メスバウアー分光測定において散乱体 Eu-Cr-EuF_3 の薄膜状化合物の厚み方向のスペクトルの違いを示している。

4. 核共鳴非弾性散乱

BL35XUへの移設後は前述の短周期アンジュレーターによる強度向上だけでなく、精密空調によるモノクロメーターの安定性の向上によってフラックスの増加以上の恩恵を受けている。常設された高分解能モノクロメーターを用いていくつもの核種 (^{57}Fe 、 ^{119}Sn 、 ^{161}Dy) についての核共鳴非弾性散乱測定^[19] (特に生物分野においては核共鳴振動分光測定、以下NRVS、と呼ばれている) が行われており、その成果も報告され始めている^[20-22]。ここでは生物分野での研究例を紹介する。カテコールジオキシナーゼは土壌に広く分布する細菌などに含まれる芳香環化合物を分解する酵素で、地球の炭素循環において重要な役割を果たしていると考えられている。Solomon氏らの研究グループはエクストラジオール型 (EDO) とイントラジオール型 (IDO) の2種類のこの酵素が異なるカテコール環開裂を行うメカニズムについて研究を行い、NRVSと密度汎関数計算を組み合わせることでその中間体の評価に成功している^[20] (図2)。

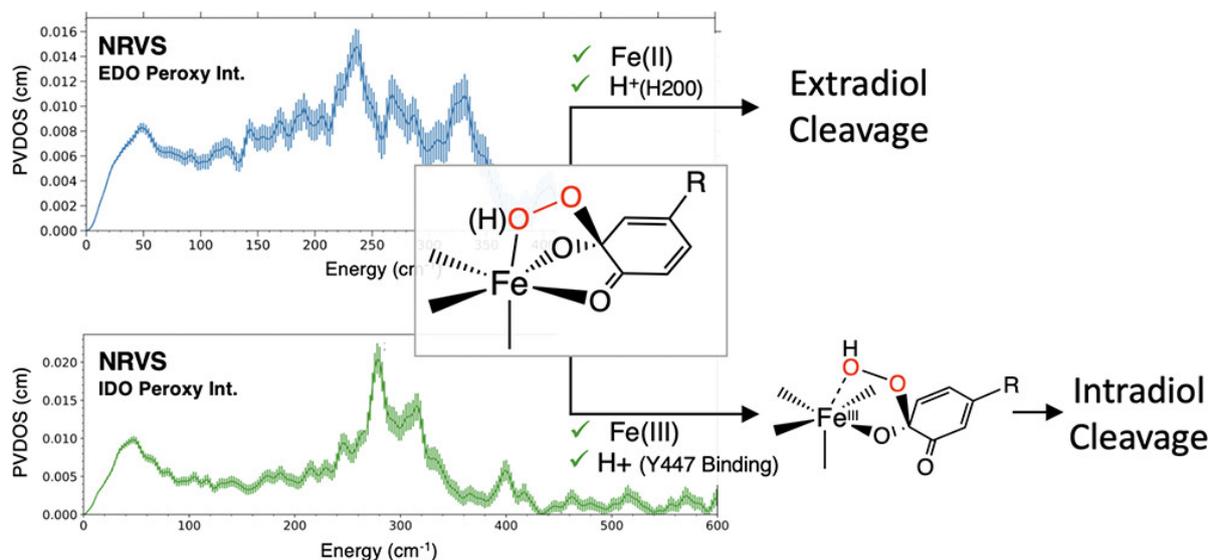


図2 NRVSによって得られた、エクストラジオール型 (EDO) とイントラジオール型 (IDO) のカテコールジオキシゲナーゼによるそれぞれのO₂中間体の⁵⁷Fe部分振動状態密度 (文献20より引用)。

5. 最後に

本稿でビームライン再編によって高フラックス・効率化が行われた核共鳴散乱アクティビティのその後の活動と成果を紹介した。ここで述べた様に、ビームラインの移設によって従来の測定の高効率化・高精度化だけでなく、高フラックスであることを活かした新たな手法開発も行われている。

本稿では詳細を触れなかったがBL35XUのアンジュレーターでは利用できないX線エネルギー (<14keV、29–43keV) についてはBL19LXUのJASRI共用枠にて実験が可能である。核共鳴散乱測定に興味のある方は、是非ビームライン担当者にコンタクトしていただきたい。

参考文献

- [1] Y. Sakurai, M. Yabashi: *SPring-8/SACLA Information* **25** (2020) 259.
- [2] O. Sakata, et al.: *SPring-8/SACLA Information* **26** (2021) 261.
- [3] Y. Yoda, et al.: *SPring-8/SACLA Information* **26** (2021) 450.
- [4] A.Q.R. Baron, et al.: *Phys. Rev. Lett.* **79** (1997) 2823.
- [5] M. Saito, et al.: *Sci. Rep.* **7** (2017) 12558.
- [6] R. Mashita, et al.: *ACS Macro Lett.* **13** (2024) 847.
- [7] G.V. Smirnov, et al.: *Pis'ma Zh. Eksp. Teor. Fiz.* **9** (1969) 123 [*JETP Lett.* **9** (1970) 70].
- [8] H. Nishino, et al.: *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research A* **1057** (2023) 168710.
- [9] M. Saito, et al.: *Phys. Rev. Lett.* **132** (2024) 256901.
- [10] M. Seto, et al.: *Phys. Rev. Lett.* **102** (2009) 217602.
- [11] J. B. Hastings, et al.: *Phys. Rev. Lett.* **66** (1991) 770.
- [12] U. van Bürck, et al.: *Phys. Rev. B* **46** (1992) 6207.
- [13] H. Kobayashi, et al.: *Science* **379** (2023) 908.
- [14] H. Kobayashi: *SPring-8/SACLA Information* **28** (2023) 232.
- [15] R. Masuda, et al.: *Hyperfine Interact.* **243** (2022) 17.
- [16] S. Hayami, et al.: *J. Phys. Soc. Jpn.* **92** (2023) 033702.
- [17] Y. Kinoshita, et al.: *New Phys.: Sae Mulli* **73** (2023) 1145.
- [18] S. Kitao, et al.: *J. Phys.: Conf. Ser.* **2380** (2022) 012136.
- [19] M. Seto, et al.: *Phys. Rev. Lett.* **74** (1995) 3238.
- [20] J.T. Babicz, Jr., et al.: *J. Am. Chem. Soc.* **145** (2023) 15230.
- [21] A. Rulev, et al.: *Crystals* **15** (2025) 440.
- [22] A. Radovic, et al.: *Nat. Commun.* **16** (2025) 6843.

永澤 延元 NAGASAWA Nobumoto

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

依田 芳卓 YODA Yoshitaka

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

バロン アルフレッド BARON Alfred

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

NanoTerasu 共用ビームライン BL06U の紹介

公益財団法人高輝度光科学研究センター

ナノテラス事業推進室 利用研究推進グループ 保井 晃、神田 龍彦

Abstract

NanoTerasu の共用ビームライン BL06U は 50~1000 eV の真空紫外から軟 X 線領域の幅広いエネルギー領域で高フラックス、高エネルギー分解能、高空間分解能を有するビームを利用した角度分解光電子分光 (ARPES) 計測が利用可能なビームラインである。B ブランチの最下流にはマイクロ集光ビームが利用でき、かつ、四端子電圧印加機構によるオペランド計測が可能な ARPES 装置が配置されており、共用に供されている。本稿では、BL06U の概要や整備状況のほか、我々 JASRI が進めている、ユーザー実験の利便性向上や測定可能試料の広範化を目的とした高性能化研究について紹介する。

1. 光電子分光・ARPES について

放射光施設には多くの装置があり、様々な測定手法により物質の性質が調べられている。ほとんどの手法が X 線を試料に照射したときに試料から発せられる X 線を検出する中で、光電子分光は試料から発せられる電子 (光電子) を検出する数少ない手法の一つである。放射光を用いずとも実験室 X 線源による Al K α 線などの固定エネルギーの X 線を利用することで、物質の性質を知ることができるため、メジャーな実験手法でもある。

光電子分光の概要を説明する。本手法は、あるエネルギー $h\nu$ の X 線を物質に照射したときに、光電効果により物質から放出される光電子のエネルギー

を観測することで、物質内の電子のエネルギーを調べるものである^[1,2]。その原理は、次のエネルギー保存則で表される。

$$h\nu = E_B + \phi_{\text{Ana}} + E_K, \text{ つまり, } E_B = h\nu - \phi_{\text{Ana}} - E_K$$

ここで、 E_B は電子が物質内で有していた束縛エネルギー、 ϕ_{Ana} は光電子アナライザーの仕事関数、 E_K は光電子アナライザーで観測した光電子の運動エネルギーである。 E_B は物質中の元素、化学結合状態などによって値が異なるため、これを調べることで物質の性質を知ることができる。光電子分光は、物質の中の電子を直接取り出し観測するため、物質の電子状態を詳細に評価することが可能である。一方で、X 線を検出する手法と比べると、表面敏感であり、また、電場、磁場、圧力といった外場を印加した状態での測定が難しいという弱点もある。

ここまでの通常的光電子測定の概要であるが、角度分解光電子分光 (ARPES) 測定の場合、さらに光電子の放出角度を分解して検出する。ARPES 測定の模式図を図 1 に示す。この時、光電子の放出角度、エネルギーと物質内で有していた電子の運動量の間に関係式が成り立つ。

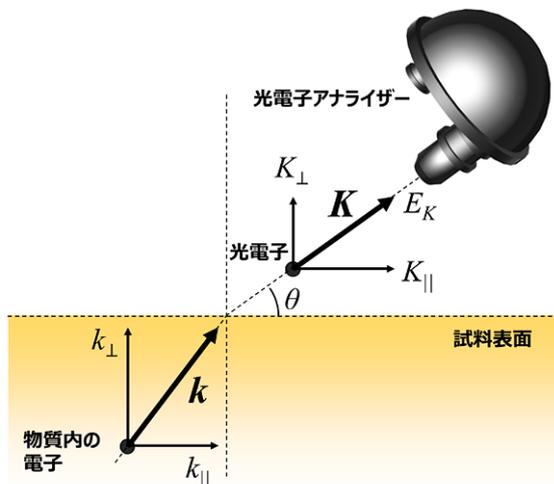


図 1: ARPES 測定の模式図。

$$K_{\parallel} = k_{\parallel} = \frac{\sqrt{2m E_K}}{\hbar} \cos \theta$$

$$K_{\perp} \neq k_{\perp} = \frac{\sqrt{2m(E_K \sin^2 \theta + V_0)}}{\hbar}$$

ここで、 $K_{\parallel(\perp)}$ は光電子の試料表面平行（垂直）方向の運動量、 θ は試料表面と光電子放出方向のなす角、 $k_{\parallel(\perp)}$ は物質内の電子の試料表面平行（垂直）方向の運動量、 m は物質内の電子の質量、 \hbar はプランク定数、 V_0 は内部ポテンシャルである。この関係式から、物質中の電子がどのように運動しているかがわかる。この情報は、超伝導体の形成機構やトポロジカル絶縁体の表面伝導機構など、様々な魅力的な物性起源の解明に必要なものである。ARPES測定を高効率かつ高精度に測定するには、光電子を高スループットで高エネルギー分解能かつ高角度分解能で検出可能な光電子アナライザーだけでなく、ビーム性能としても、高フラックス、高エネルギー分解能、高空間分解能が必要である。

2. BL06Uの概要

NanoTerasu 共用ビームラインは量子科学技術研究開発機構（QST）と高輝度光科学研究センター（JASRI）が共同で運営を行っており、2025年3月3日より共用利用が開始された^[3]。そのうちの1つである、軟X線ナノ角度分解光電子分光ビームラインBL06Uは50～1000 eVの真空紫外から軟X線領域の幅広いエネルギー領域でARPES計測が可能でビームラインである^[4]。光源として、Apple-II型アンジュレータが用いられており、水平・垂直直線偏光、および左右円偏光を利用可能である。

図2にBL06Uのビームラインレイアウトを示す。本ビームラインには、共用実験に供されているBブランチと2026年度の共用開始が計画されている100 nm程度の集光ビームの利用を目指したナノARPES

装置を有するAブランチがある。本稿では、ビームライン光学系、およびBブランチ最下流に配置されているマイクロARPES装置に焦点を絞って紹介する。

BL06Uでは、分光器として等刻線間隔平面回折格子を用いた可変偏角平行化分光器が採用されており、ビームの縦方向の角度発散を自由自在に制御可能である。これにより、エネルギー分解能を優先させるモード（高発散角モード）と試料位置でのフラックスを優先させるモード（低発散角モード）といった異なる性格のモードを全エネルギー領域で使い分けることが可能である。回折格子としては1200本/mmと600本/mmの刻線本数のものを備えている。回折格子で分散されたビームはM3ミラーでAまたはBブランチに振り分けられ、各々の出射スリット（S2）位置に集光される。ビームのエネルギー分解能は、S2の縦スリット開口幅に依存する。例えば、ビームエネルギー $E = 65\text{ eV}$ で1200本/mmの回折格子のときに、S2縦開口幅を $30\text{ }\mu\text{m}$ に設定することで、ビームのエネルギー分解能 $\Delta E \sim 1.1\text{ meV}$ （つまり、 $E/\Delta E \sim 60000$ ）と非常に高分解能なビーム性能が達成されている。S2で分光されたビームはARPES装置の直前に設置されたMonolithic Wolter型ミラー（M4）で集光され、試料に照射される。M4ミラーによるビームサイズの縮小比は約1/10である。すなわち、S2開口が $100\text{ }\mu\text{m}$ （縦） $\times 100\text{ }\mu\text{m}$ （横）のとき、試料位置では $10\text{ }\mu\text{m}$ 角程度の集光ビームが得られる。一方、薄膜試料など、ビームサイズに拘りが無い場合は、S2横開口を広げることで、ビームエネルギー分解能は維持した状態で高強度のビームを利用した効率良い測定も可能である。

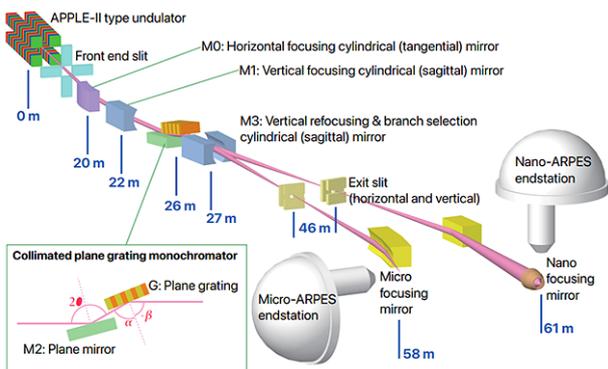


図2：BL06Uのビームラインレイアウト^[4]。

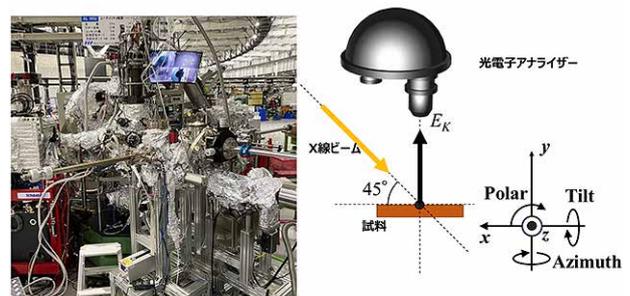


図3：マイクロARPES装置の写真と試料周りの座標系。本装置にはR4000光電子アナライザーと6軸試料マニピュレータを搭載している。

図3にマイクロARPES装置の写真、および試料周りの配置構成を示す。本装置にはX、Y、Z、Polar (θ)、Tilt、Azimuthの6軸電動マニピュレータ（ただし、Azimuthは手動）とシエントオミクロン社製のR4000光電子アナライザーが備わっている。本装置は、元々は広島大学HiSORで低エネルギーレーザーを用いたARPES研究に利用されていた装置であり、本アナライザーの高エネルギー分解能、高角度分解能を活かして、数々の先端研究がなされていた^[5]。さらに、NanoTerasuに移設後、試料マニピュレータには、世界的に見ても数少ない電流電圧印加によるオペランド測定が可能な四端子電圧印加機構が搭載された。試料は液体ヘリウムフローにより冷却可能であり、試料最低温度は約15Kである。試料の表面処理として測定槽での劈開のほか、試料準備槽で、アニール処理が可能である。アニール処理にはセラミックヒーターによる背面輻射加熱 ($\leq 600^{\circ}\text{C}$) と試料通電加熱 ($\leq 10\text{A}$) の2種類がある。

なお、光電子アナライザーは、2026A期にシエントオミクロン社のDA30アナライザーにアップグレードされる予定である。このDA30アナライザーは、R4000アナライザーには無い、ディフレクター機能を有することが特徴である。広い波数空間の電子状態を調べるためには、広い角度範囲の光電子を検出する必要がある。R4000アナライザーでは、アナライザースリットと平行方向の約 $\pm 15^{\circ}$ の電子を取り込むことが可能であるが、アナライザースリットと垂直方向は取り込み角度が小さいため、広い角度範囲の光電子を検出するには、その方向に試料を回転させる必要がある（BL06UではTilt方向）。一方で、DA30アナライザーの場合はディフレクター機構により、試料を回転せずとも、アナライザースリットと垂直方向に関して約 $\pm 15^{\circ}$ の広い角度範囲の光電子を取得可能である。この機能はマイクロ集光ビームを用いた局所測定を行っているときに非常に効果的である。特に、試料に不均一なドメイン構造がある場合、試料を回転させることでX線照射位置がずれ、ドメイン間にまたがった測定となってしまう恐れがあるが、DA30であれば、試料位置は固定のため、単一ドメインでの測定を容易に実施可能である。なお、DA30アップグレード後には、さ

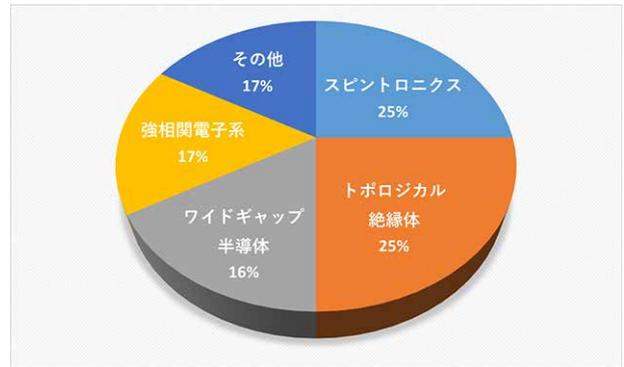


図4：2025A期のユーザー層割合。

らに光電子の持つスピン自由度を分解可能なスピン検出器が導入される予定である。

2025A期におけるユーザー実験の研究分野の割合を図4に示す。トポロジカル絶縁体、スピントロニクス材料、ワイドギャップ半導体、強相関電子系が大部分を占めている。ただし、それらの境界線は曖昧であり、あくまでも参考程度としていただきたい。

3. ユーザビリティ向上・試料環境整備のための高性能化

我々JASRIスタッフは主にユーザー成果の最大化を目的とし、ユーザー実験の利便性向上や測定可能試料の広範化などに主眼を置いて、ARPES装置の高性能化を行っている。これまでに我々は、1. 光学系制御・ARPES測定連動ソフトウェア、2. ビーム同軸観察ミラー機構、3. 四端子電圧印加ホルダーの開発を行った。

3.1 光学系制御・ARPES測定連動ソフトウェア

これまで述べたとおり、幅広い3次元波数空間の電子状態を調べるためには、試料をTilt回転させてARPES測定を行う k_x - k_y 面内スキャン、および入射光ビームエネルギーを変えて測定を行う k_z スキャンを行う必要がある。これには、それぞれ、試料マニピュレータ駆動機構の制御、ビームライン光学系機器の制御と光電子アナライザーの制御を連動させる必要がある。

NanoTerasu BL06UとSPring-8 BL09XU (HAXPES I ビームライン) では、ビームのエネルギー領域が大きく異なるものの、光電子測定手法には多くの

共通点がある。例えば、SPring-8 BL09XUでは、SPring-8パートナーユーザー課題の下で、軟X線領域では盛んにおこなわれている共鳴光電子分光計測を硬X線領域に拡張した共鳴HAXPES計測手法の開発が行われた^[6-8]。その手法は、元素吸収端付近のエネルギー領域でビームエネルギーを掃引しながら、光電子測定を行うというものであり、 k_z スキャンと必要な技術要素は同じである。また、SPring-8 BL09XUでは1 μ m角のマイクロ集光ビームを利用した3次元空間分解電子状態解析も行われており、試料位置を走査しながら光電子強度を取得するソフトウェアの整備を行っている。また、どちらのビームラインでも、光学系制御にBL-774、光電子アナライザー制御にシエンタオミクロン社のアナライザーが利用されているという共通点がある。そこで、SPring-8 BL09XUおよびBL46XU (HAXPES II) で利用しているビームライン制御用Webアプリケーションソフトウェア^[9]（以降、単にビームライン制御ソフトウェアと呼ぶ）をNanoTerasu BL06U用に改造し導入した。SPring-8 BL09XUのユーザー層とNanoTerasu BL06Uのそれは大きく重なるため、ソフトウェアの共通化は、ビームライン・施設間の横断利用の促進に繋がると考える。

導入したビームライン制御ソフトウェアは以下のものである。

i. Sequence Measurement Control (図5)

光電子測定と各種光学系機器および試料マニピュレータの制御を連動したシーケンシャルな自動測定を行う。3次元波数空間のバンドマッピング測定などに利用される。

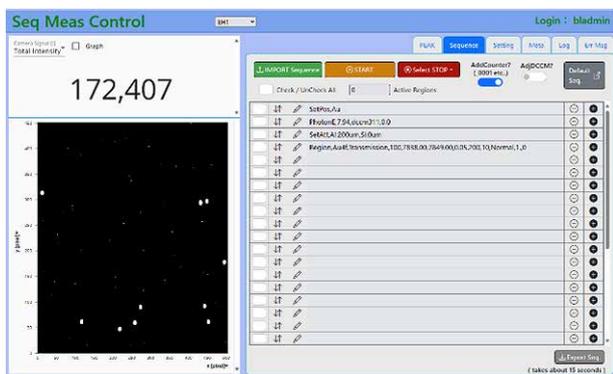


図5：光学系制御とAPRES測定の連動Webアプリケーション“Sequence Measurement Control”の画面。

ii. 2D Mapping

試料表面方向に2次的に走査しながら光電子強度を取得する。試料中の測定位置決めを利用する。

iii. Control optics

測定に利用するビームエネルギーに応じて、アンジュレータギャップ幅、M2・回折格子の角度などの光学系機器を制御する。

iv. Stage scan

光電子強度やビーム強度を利用して、光学系機器、試料位置を調整するために使用する。

v. Energy scan

全電子収量法による吸収測定を行うために使用する。

さらに、ソフトウェア導入に先だってアナライザー制御ソフトウェアをSPring-8 BL09XUで利用されているシエンタオミクロン社製のPEAKソフトウェアに更新した。これは従来使用されていたシエンタオミクロン社のSESソフトウェアには無い光電子測定と外部機器との連携機能を持つものである。

移植・導入されたビームライン制御ソフトウェアは、これまでにSPring-8でユーザー利用されてきたもので、主要なトラブルは修正してきたため、NanoTerasu BL06Uへの導入において、大きな障害は無いであろうと甘く考えていたが、光学系制御機器が異なることや、ネットワーク・PC環境の違いにより、大きな修正が必要であることが判明した。そのため、様々な最新技術を導入することで、ソフトウェアの安定化を図った。その結果、ソフトウェアのインターフェイスはほぼ同じであるが、中身はより進化したものになっている。進化した技術はBL09XUのソフトウェアにも相互にフィードバックされる予定である。さらに、試料マニピュレータ制御ソフトウェアや、各種光学系機器の状態監視ソフトウェアなども独自開発している。

3.2 ビーム同軸観察ミラー機構

試料内の元素や組成に不均一がある試料や、単結晶試料であっても劈開や破断により得られた表面、デバイス構造を有する薄膜試料などでは、電子状態に空間的なドメイン構造ができる。測定したい

ドメインが非常に小さい場合、測定希望箇所にピンポイントにビームを照射する必要がある。マイクロARPES装置における試料位置出しの際に、試料観察のためのカメラが光電子アナライザー側に設置されたものしか無く、アナライザースリット越しに観察するため、不鮮明な像しか得られないことから、試料位置出しに多くの時間を要していた。いくら高フラックスビームを利用でき短時間に測定を完了できるとしても、試料の位置出しに多くの時間を割いてしまうようであれば、効率の良い実験はできない。そこで試料位置出しの高速化に繋がる高性能化を行った。

SPring-8 BL09XU（および統合前のBL47XU）において、同じ困難を克服するために、ビーム同軸から試料表面を観察する機構を開発した^[10]。この機構は、ビーム軸に45°傾けた穴あきミラーを配置し、ビーム軸と垂直方向から穴あきミラーを通して試料表面を長作動距離顕微鏡により観察するものである。ビームはミラーの穴の中を通して試料に照射される。ユーザー試料の位置出しの前に、X線照射により発光するCe:YAGなどの物質を使ってビーム位置を記録しておけば、ユーザー試料の測定希望箇所をその位置に配置することで、ビームを照射することが可能である。その後、ビーム光軸方向に走査し、アナライザーレンズ軸に試料を位置させれば試料の位置出しが完了する。長作動距離顕微鏡の分解能は数十 μm のため、より詳細な位置出しには、3.1章の2D Mappingソフトウェアが必要であるが、位置出しに要する時間は大幅に短縮される（BL09XUでは約4時間要していたものが30分に短縮された例がある）とともに、その信頼性は大きく向上する。本機構は2025B期からの利用開始予定である。

3.3 四端子電圧印加ホルダー

上述のとおり、BL06Uの試料マニピュレータには四端子電流電圧印加機構が搭載されている。これにより、デバイス動作下のバンド分散解析が可能である。例えば、グラフェン試料に電圧を印加することで、電子を注入しディラックコーンの位置を変化させ、表面電気伝導を変化させることができるが、その時のバンド構造変化を直接観測した先行研究が

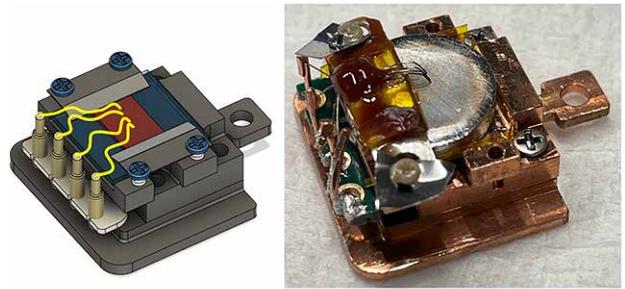


図6：四端子電圧印加ホルダーの模型図と写真。

ある^[11]。これまで、共用ユーザー向けの四端子試料ホルダーが無かったため、その開発を行った。そのプロトタイプの実験図、および写真を図6に示す。ホルダー下部の電極がホルダー内の端子台と繋がっており、そこから試料に配線することで、試料に電流/電圧を印加可能である。このホルダーを用いた予備測定を実施しており、四端子法を用いた電流電圧測定を行いながら、ARPES測定を行うことに成功している。さらに、本試料ホルダーを用いれば、全電子収量法によるX線吸収分光測定も可能である。今後も予備測定を通して試料ホルダーの改良を続けていき、ユーザー共用に繋げる。

4. 今後の展望

NanoTerasu 共用ビームラインBL06Uの現状について紹介した。本年2025年3月に共用を開始して、本稿執筆時点で4か月ほど経過しており、いくつかの成果について論文投稿されている。新しいビームラインが稼働し始めて初期ということもあり、多くのトラブルが起り、ユーザーの皆様にはご迷惑をおかけしているが、徐々にトラブルの頻度も収まってきている。今後も、QSTスタッフの皆様と情報共有をより密にし、連携して、不具合事象の修正や高性能化を進めていきたい。BL06Uでは、今後も大きな改造・高度化が実施される予定である。2026年度からは、Aブランチで100nm程度のナノ集光ビームの利用を目指したナノARPES装置が共用開始される予定である。ビームの集光にゾンプレートではなくミラーを用いる予定であり、非常に明るいナノ集光ビームを利用した局所ARPES解析が可能となる。また、試料の搬送の自動化やスピン検出器の導入も予定されている。一方、Bブランチ

のマイクロARPES装置は上述の通り、DA30アナライザーへの更新やスピン検出器の導入が予定されている。また、試料準備槽の機能充実も予定されている。今後も多くの皆様のご利用を期待している。

謝辞

本稿の執筆にあたり、QST NanoTerasuセンターの北村未歩 博士、岩澤英明 博士、西野史 博士、堀場弘司 グループリーダーから専門的・技術的コメントをいただきました。原稿の全体構成についてはJASRIナノテラス事業推進室の本間徹生 グループリーダーと大石泰生 室長から多くのアドバイスをいただきました。ビームライン制御ソフトウェアの改造・導入につきましてはJASRI分光・イメージング推進室の藤保友希 様のご尽力をいただきました。ここに深く御礼申し上げます。また、マイクロARPES装置の開発にご尽力いただいた広島大学HiSORの方々には感謝いたします。

参考文献

- [1] S. Huefner: "*Photoelectron Spectroscopy, Principles and Applications, 3rd ed.*" (Springer Verlag, Berlin, 2003).
- [2] 高桑雄二 編著: X線光電子分光法 (講談社サイエンティフィック, 2018) .
- [3] 宮脇淳 他、放射光、**37(2)** (2024) 95.
- [4] K. Horiba *et al.*: *J. Phys.: Conf. Ser.* **2380** (2022) 012034.
- [5] H. Iwasawa *et al.*: *Ultramicroscopy*, **182** (2017) 85-91.
- [6] A. Yasui *et al.*: *J. Synchrotron Rad.*, **30** (2023) 1013.
- [7] 三村功次郎 他、SPring-8/SACLA 利用者情報、**28(1)** (2023) 12.
- [8] E. Ikenaga *et al.*: *Sync. Rad. News*, **31** (2018) 10.
- [9] A. Yasui *et al.*: *SPring-8/SACLA Annual Report FY2023* (2024) 33.
- [10] A. Yasui and Y. Takagi, *SPring-8/SACLA Annual Report FY2017* (2018) 90.
- [11] 例えば、F. Joucken *et al.*: *Nano Lett.* **19** (2019) 2682.

保井 晃 YASUI Akira

(公財) 高輝度光科学研究センター
ナノテラス事業推進室 利用研究推進グループ
〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉468-1
[兼] 分光・イメージング推進室 光電子分光計測チーム
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
TEL : 050-3496-8842
e-mail : a-yasui@jasri.jp

神田 龍彦 KANDA Tatsuhiko

(公財) 高輝度光科学研究センター
ナノテラス事業推進室 利用研究推進グループ
〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉468-1
TEL : 050-3502-6481
e-mail : tatsuhiko.kanda@jasri.jp

NanoTerasu 共用ビームライン BL13U について

公益財団法人高輝度光科学研究センター
ナノテラス事業推進室

脇田 高德

Abstract

NanoTerasu では、3本の軟X線ビームライン (BL02U、BL06U、BL13U) が共用ビームラインとして建設され、本年3月から共用利用が開始された。軟X線吸収分光のビームラインであるBL13Uは、世界的にみても屈指の特色を有する。本稿では、利用者がそのようなビームラインの特色を十分に活かして、共用課題申請や共同課題実験を実施していただけるよう、BL13Uが持っているその特筆すべき特徴と、現状および将来計画について紹介させていただく。

1. はじめに

X線吸収分光 (XAS) は、前世紀半ばに放射光による分光測定を試みが始まった当初から、放射光を利用した測定技法の主要な柱の一つで有り続けている。使用されるエネルギーは軟X線から硬X線までに及ぶ。この手法では元素選択的に部分状態密度や局所構造について情報を抽出できる。さらに、外部磁場を印可して吸収強度の磁気円二色性 (MCD) を測定することで、強磁性体の軌道およびスピン磁気モーメントを定量解析することも可能である。また、強磁性体のMCDや反強磁性体の磁気線二色性 (MLD) の顕微分光測定から強磁性磁区構造や反強磁性磁区構造を可視化することもできる。

このようなX線吸収分光を主要な測定手法とする軟X線ビームラインであるBL13Uは、後述するように、世界的にみても屈指の特色を有しており^[1-3]、その特徴と現状および将来計画について以下に紹介させていただく。

2. BL13Uの特徴

BL13Uは、令和2年3月の次世代放射光施設利用研究検討委員会の報告書においてビームラインの概形がその形を現し、量子科学技術研究開発機構 (QST) においてさらに検討が進められて令和4年度から現地建設作業が開始された。加速器やIDの設置が進み、令和5年初めからビームライン光学系装置の設置作業が開始され、令和5年の12月に1st

ビームを観測、令和5年度末に完成し、令和6年度の試験的共用を経て、本年3月から共用利用が開始された。

BL13Uの特徴を端的に表す点として、二つだけを特に挙げるとすれば、それは、

1. 軟X線領域における偏光の高速スイッチングが可能な光源を有すること
2. 180 eVから3000 eVまでにおよぶ広いエネルギー範囲での高強度のX線が利用できること

の二点である。この節では、この二点について少々詳しく紹介する。なお、この第2節で紹介させていただくBL13Uの設計および建設・整備は、QSTにより実施されたものである。高輝度光科学研究センター (JASRI) は、昨年4月より登録施設利用推進機関として共用利用に関わる業務を担当しており、JASRIの関わった整備については第3節以降に適宜紹介させていただく。

2.1 高速偏光スイッチングの実現

スピントロニクス材料開発の最前線では、MCDやMLDの微小なシグナルを顕微分光測定する必要がしばしば生じる。そのような測定を高精度かつハイスループットで実現するには、高速での偏光スイッチングが必須となる。

高速偏光スイッチングは、可視光領域や硬X線領域では適切な偏光子の利用により容易に実現されている。一方で、軟X線領域では、X線と電子との

相互作用が強く、X線が簡単に吸収されてしまうため、透過型の素子の開発は困難である。一方、反射型の素子としては特殊な多層膜が開発されているが、現在のところ特定のエネルギーでの利用に限られている。そうした軟X線領域において、任意のエネルギーにおける任意の偏光を利用する手段としては、現状では放射光の利用が唯一の解となっている。とりわけ、アンジュレーターは、磁石列を適切に選ぶことで各種の偏光を自在に生み出すことができる。中でも、APPLE II型アンジュレーターは、上下二組ずつの計4つの磁石列から構成され、その相対位置を変えることで、任意の角度の直線偏光や左右円偏光、楕円偏光を一台のアンジュレーターにて生成できる。当然、スイッチングへの利用も試みられており、SPring-8のBL23SUにおいて、APPLE II型アンジュレーターの磁石列の機械駆動による偏光スイッチング（～0.1Hz）が実現された^[4]。しかしながら、このような機械駆動では、偏光スイッチングのスピードを上げることが難しい。

放射光の偏光を高速でスイッチングする方式の一つとして、これまでに「直列2台」のアンジュレーター（蓄積リングの直線部を2台のアンジュレーターで分割している、という意味で「分割アン

ジュレーター（Segmented Undulator）」とよばれることがある）とキッカーマグネットを利用する方法がいくつか考え出されている^[5]。例えば、SPring-8のBL25SUでは、直列2台のヘリカルアンジュレーターをそれぞれ右円偏光と左円偏光に設定し、2台のアンジュレーターの前後及び中間に設置された計5つのキッカーマグネットにより、アンジュレーター内の軌道を交互に変調させることで、どちらか一方の放射光のみを交互に取り出すことを可能にし、それによって高速スイッチングが実現されている^[6]。上述のSPring-8のBL23SUにおいても現在はこの方式が採用されている。しかしながら、第4世代の蓄積リングでは、低エミッタンスの実現とキッカーマグネットによる電子軌道の大きな変調とを両立させることができない。

2台の分割アンジュレーターを使って偏光スイッチングを実現する、まったく別の方式としては、分割クロス・アンジュレーター（Segmented Cross Undulator）の提案がある^[7]。分割クロス・アンジュレーターとは、直列2台のアンジュレーターを、水平偏光と垂直偏光にそれぞれ設定し、各アンジュレーターから生成される直交する二つの直線偏光を、例えば90°（ $\pi/2$ ）あるいは-90°（ $-\pi/2$ ）の位相差で

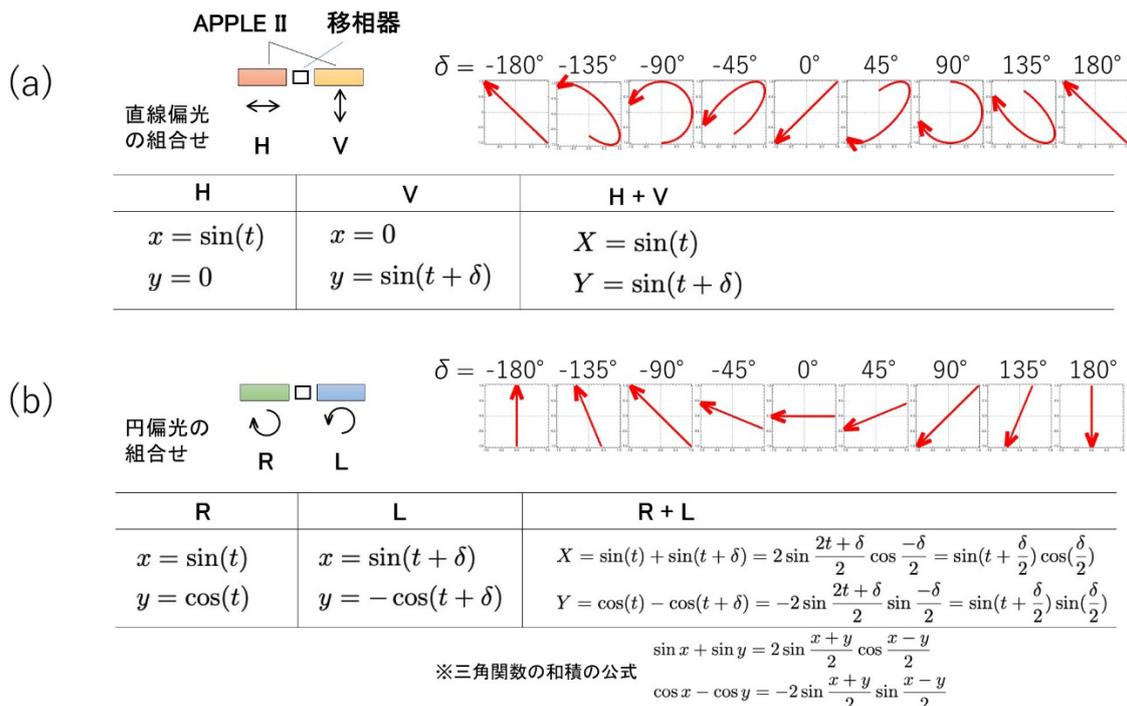


図1 分割クロス・アンジュレーターの (a) 直線偏光の重ね合わせ、及び (b) 円偏光の重ね合わせ。

		IDの設定	使用ID	3次光の利用	利用可能なエネルギー範囲	高速スイッチングの利用	移相器により生成する位相差	偏光度
円偏光	右 (R)	Segmented U R R R R	ID1~4	不可	185 - 1450 eV	不可	0, 0, 0	100 %
		Segmented Cross U L R L R	ID2	不可	185 - 1450 eV	不可	0, 0, 0	100 %
		Segmented Cross U V H V H	ID1~4	可	260 - 3000 eV	可	$\pi/2, -\pi/2, \pi/2$	FEスリット幅に依存
	左 (L)	Segmented U L L L L	ID1~4	不可	185 - 1450 eV	不可	0, 0, 0	100 %
		Segmented Cross U L R L R	ID3	不可	185 - 1450 eV	不可	0, 0, 0	100 %
		Segmented Cross U V H V H	ID1~4	可	260 - 3000 eV	可	$-\pi/2, \pi/2, -\pi/2$	FEスリット幅に依存
直線偏光	水平 (H)	Segmented U H H H H	ID1~4	可	180 - 3000 eV	不可	0, 0, 0	100 %
		Segmented Cross U V H V H	ID2	可	180 - 3000 eV	不可	0, 0, 0	100 %
		Segmented Cross U L R L R	ID1~4	不可	185 - 1450 eV	可	0, 0, 0	FEスリット幅に依存
	垂直 (V)	Segmented U V V V V	ID1~4	可	260 - 3000 eV	不可	0, 0, 0	100 %
		Segmented Cross U V H V H	ID3	可	260 - 3000 eV	不可	0, 0, 0	100 %
		Segmented Cross U L R L R	ID1~4	不可	185 - 1450 eV	可	$\pi, -\pi, \pi$	FEスリット幅に依存

表1 4台の分割アンジュレーターの設定とその特徴のまとめ

重ね合わせることで右あるいは左円偏光を生成する、というシンプルなアイデアに基礎をおく方式である (図1 (a))。任意の偏光の生成およびそのスイッチングを実現するには位相差をどのように制御するのがポイントとなる。二つのアンジュレーターで生成される放射光の偏光の位相差は、アンジュレーター内の電子のアンジュレーション軌道の位相差に対応する。そこで、アンジュレーター間に短い蛇行軌道をつくる移相器 (電磁石) を挿入すると、電流値を適切に設定することで任意の位相差を設定することが可能となる。あとは、移相器の電流値の高速制御を実装することで、高速スイッチングが実現することになる。加えて、もしも直列2台のアンジュレーターを直線偏光ではなく、左右円偏光に設定するならば、左右円偏光を任意の位相差で重ね合わせることで、任意の方向の直線偏光を生成することも可能となる (図1 (b))。このような移相器を用いるスイッチングは、キッカーマグネットを使用する場合と比較して、蓄積リングの電子軌道への擾乱が大きく改善される。

ただし、2台の分割クロス・アンジュレーターの放射光の重ね合わせで作られる円偏光 (および直線偏光) の偏光度は残念ながら高くない^[7]。しかしな

がら、分割クロス・アンジュレーターの数直列を増やしていくと、偏光度が大きく改善されることが報告されており^[8]、しかも、分割クロス・アンジュレーターを2セット、すなわち4台のアンジュレーターを使用するだけでも十分な改善が見出されている^[9]。

そこで、BL13Uではナノテラスの蓄積リングの直線部の長さを考慮し、4台のAPPLE II型アンジュレーターが導入されている^[1-3]。分割クロス・アンジュレーターの先行事例としては、SPring-8のBL07LSUにおいて熱負荷低減のため採用された8の字アンジュレーター (水平・垂直直線偏光を生成できる) を8台用いた分割クロス・アンジュレーターが既に実現されており、スイッチングのスピードは13 Hz (77 ms周期) が達成されている^[10]。このような移相器によるスイッチング方式は、30 Hz以上 (33 ms周期) でも機能可能であるとの報告もあり^[11]、より高速でのスイッチングの実現性も高い。

なお、分割クロス・アンジュレーターから生成される円偏光や直線偏光では、強度分布の中心付近の偏光度が高く、そこから外れると偏光度が低下する。4台の分割アンジュレーターの場合、このような偏光度についてのシミュレーションから、最上流のフロントエンド (FE) スリットの幅をある程度狭

く（ビームプロファイルの 4σ の75%）設定することにより、強度はやや犠牲になるものの、1次光の偏光度を90%以上（3次光（円偏光）では85%以上）に保てること示されている^[9]。

2.2 広エネルギー範囲・高強度の実現

軟X線吸収分光では、偏光の利用とともに、どのようなエネルギー範囲のX線が利用できるのかが重要である。例えば、岩石中の生体細胞の分布を調べたいとき、生体以外の化合物としても自然界に豊富に存在している炭素（C K端～280eV）や窒素（N K端～400eV）の分布に加え、リン（P K端～2150eV）や硫黄（S K端～2470eV）の分布を同時に測定できれば、分布の重なり合ったところに生体が存在している可能性が高いと判断できる。従って、このような場合には、これらの広いエネルギー範囲に存在する吸収端を同時に測定できることが、極めて大きなメリットとなる。

BL13UのAPPLE II型アンジュレーターは、56 mm × 10周期の磁石列を有し、水平（垂直）直線偏光の設定では1次光および3次光を利用することで180-3000 eV（260-3000 eV）の非常に広いエネルギー範囲の光源として利用可能である。一方、左右円偏光の設定では高次光が中心軸から外れて放射されるため3次光が利用出来ず、185-1450 eVの光源として利用可能である。しかしながら、分割クロス・アンジュレーターにて直線偏光の重ね合わせで円偏光を生成すれば、260-3000 eVのエネルギー範囲が利用可能となる。BL13Uにおける各種偏光を利用する際の分割アンジュレーターのそれぞれの設定およびそのエネルギー範囲等の特徴を、表1にまとめた（現状で使用可能な設定および今後の整備予定については3.1節および4.1節を参照されたい）。

このように、BL13Uの分割アンジュレーターか

らは、180-3000 eVの広いエネルギー範囲のX線が生成される。しかしながら、実際にエンドステーションにおいて、それらのX線を高強度で利用可能とするためには、それ相応の工夫が必要となる。鍵となるのは、ビームラインを構成する各光学素子（図2）の反射率を当該エネルギー範囲において高く保つことである。その目的を達成するため、前置集光鏡（M0、M1）、ブランチ切り替え用平面鏡（M3）、後置集光鏡（M4）は、すべて入射角（反射角）が 89° に設定されている。また、分光器を構成する平面鏡（M2）および回折格子（G）は、偏角（入射角 α と反射角 β の和）が可変であり、 $\cos\alpha/\cos\beta$ の比（ c_H ）を一定とすることでエネルギー収差を低減するとともに、高エネルギー側で偏角がより大きな値をとるため、反射率の低下防止に役立っている。

加えて、M1およびM2の表面は、(1) 素地のSiが露出しているところ、(2) Auコーティングされているところ、(3) Pdコーティングされているところの3つに分かれており、ミラーの位置を光軸に垂直な方向に沿って変位させることで、反射面の元素が選べるようになっている。M3では、Si面とPd面の二つから選択可能である。Si面は低エネルギー領域、Pd面は高エネルギー領域、Au面はその中間のエネルギー領域でそれぞれ相対的に高い反射率を有するため、使用するエネルギー領域に応じて反射面を選択することで、全エネルギー範囲で十分な反射率を設定することができる（なお、光軸と垂直な方向に曲率をもつM0および二つのM4（ウォルターミラーとトロイダルミラー）については、それぞれAu、Pd、Auの単一のコート面が採用されており、選択性は付与されていない）。

さらに、回折格子の表面においても回折効率の低下を避けるための二つの工夫が施されている。一つは、広いエネルギー範囲で高い回折効率を示すラ

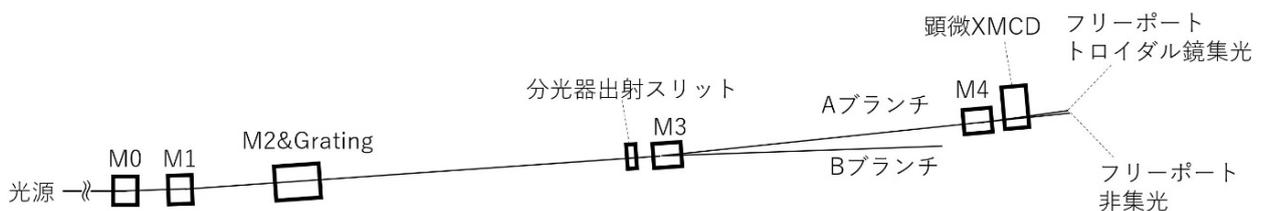


図2 BL13Uを構成する光学素子の配置の模式図。

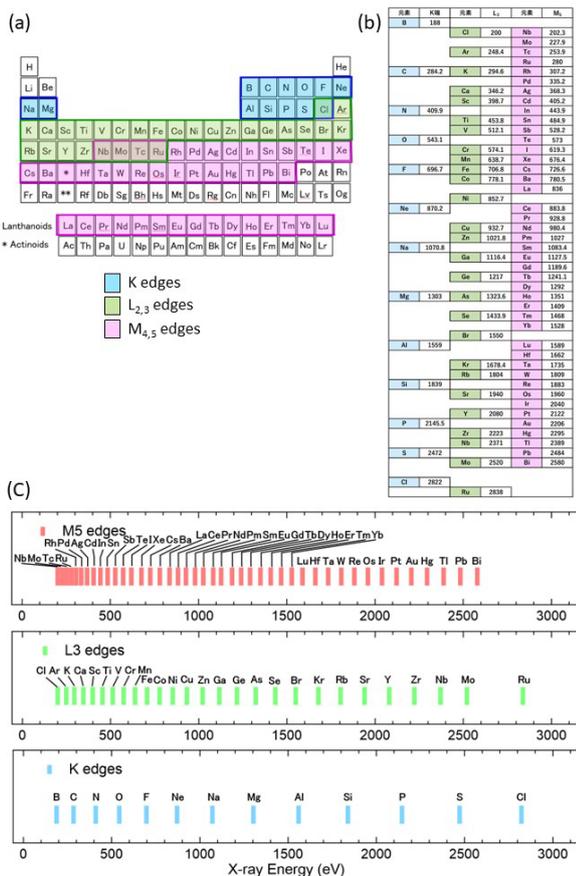


図3 180eV～3000eVの範囲にて(a)測定可能な吸収端を有する元素、(b)吸収端のエネルギー値の一覧、および(c)そのプロット。

ミナー型の刻線形状が選択されている。二つ目には、刻線深さ10nmのAuコート面、刻線深さ10nmのPdコート面、刻線深さ20nmのPdコート面の3種類が、一つの回折格子に平行に加工されており、光軸に対して垂直な方向の変位によって、そのうちの一つを選択できるようになっている。これらの工夫、および前述の偏角が可変であるという特徴、さらには小さな光源点であることにより光学素子上で放射光が有効領域をはみ出さないような入射角の範囲を広く設定できることによって、BL13Uでは180-3000eVの広いエネルギー領域を、一つの回折格子(中心刻線密度600本/mm)によってカバーすることが可能となっている。既存の多くの軟X線のビームラインでは、使用するエネルギー領域に応じて複数の回折格子を使い分けたり、高エネルギー側では結晶分光器を併用したりする方式が採用されてきた。そうした中において、BL13Uにおいては、180-3000eVの広いエネルギー範囲を一つの回折格

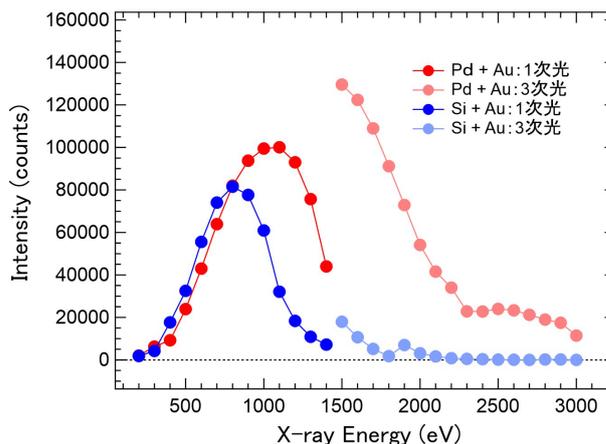


図4 X線強度のX線エネルギー依存性。偏光は水平直線偏光。

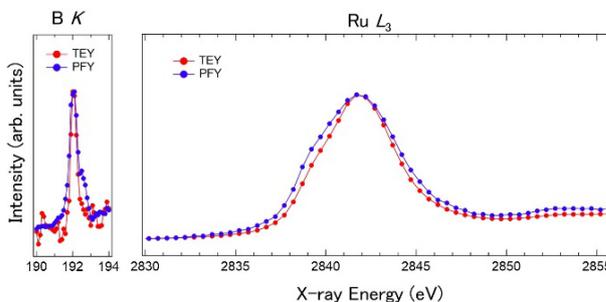


図5 BN粉末のB K端近傍のX線吸収スペクトルおよびRuO₂粉末のRu L₃端近傍のX線吸収スペクトル。それぞれTEYおよびPFYにて測定。ピーク強度にて規格化して示している。

子により利用可能とする特徴は、特筆すべき点である。この特徴により、光軸調整が極めて簡便になるとともに、本年3月から開始された共用実験においても、ユーザーに対して非常に高い利便性を提供している。

180-3000eVの放射光が利用可能であることにより、図3に示したような広範な各種吸収端について測定を実施することが可能である。各吸収端のエネルギー値は文献^[12]の値を記載している。なお、放射性同位体のみ存在する元素は測定することができないため、除外している。また、実際に試料を持ち込んで実験を行うことが可能か否かについては、当該試料の状態、毒性、放射性等の諸要素を考慮する必要がある。そのため、図3に記載された元素が、必ずしも実験対象として受け入れ可能であるとは限らない点に留意されたい。

図4は、実際に放射光の強度のX線エネルギー依存性を水平直線偏光の場合について測定した結果で

ある。主としてPd面と若干のAu面を用いた設定(高エネルギー側で強い強度が得られる)と、主としてSi面と若干のAu面を混ぜた設定(低エネルギー側で強い強度が得られる)における測定結果を比較している。コート面選択の参考にご利用いただきたい。なお、主としてSi面を用いる設定は、2000eV以上の高次光の除去にも活用できる。

図5は、後述の汎用XAS装置にて試験測定した際のBN粉末のBK端スペクトルと、RuO₂粉末のRuL₃端スペクトルである。BL13Uで使用可能なエネルギー範囲の両端付近で、全電子収量(TEY)および部分蛍光収量(PFY)が、ともに十分な強度での測定ができていことが見て取れる(BN粉末は導電性が低いためBK端のTEYはS/N比が不十分であるが、繰り返し測定により高S/N比での測定が可能である)。TEYとPFYの各スペクトル構造に見られる差異は、後述の表面成分とバルク成分の違いを反映していると考えられる。

エネルギー分解能の設計値は、全エネルギー領域でE/ΔE = 10000と計算されており、実際、窒素ガスのイオン収量測定から、400eV前後においてE/ΔE~11000であることが確認されている^[1]。また、分光後のフラックスについては、500-1000eVの範囲で10¹² photons/s以上と計算されており、それ以外のほとんどのエネルギー領域では10¹¹ photons/s以上と計算されている(3000eV近傍では10¹¹ photons/sをわずかに下回る)^[2]。

次節では、分割アンジュレーターおよびエンドステーションの現在の状況について述べる。

3. BL13Uの現在

3.1 分割アンジュレーター

分割クロス・アンジュレーターと移相器を用いた偏光スイッチングは、蓄積リングの電子軌道へ与える影響が小さいとはいえ、第四世代の蓄積リングの一部として調和させるには、やはり様々な要素技術の開発が必要となる。すなわち、

- 電磁石移相器高速制御システムの開発
- スwitchング時の電子ビーム軌道への影響の低減
- アンジュレーターのギャップ値と移相器の電流値を適切に同期させる方法の確立

がそれぞれ完遂されねばならない。現在、BL13Uでは~10Hzの高速スイッチングの早期実現を目指してQSTによる開発が進められている。現状では4台のアンジュレーターをクロス・アンジュレーターの配置に設定して(高速スイッチングはせずに)任意のギャップ値で使用できるところまで整備が進んでいる。

一方で、ギャップ値と移相器の電流値を適切に同期させるプログラムは現在も開発中である。そのため、現在の運用では4台あるアンジュレーターの内、1台のアンジュレーターのみを使用する形態にて共用実験を実施している。これは、アンジュレーター1台でも十分に強い放射光強度が得られていること

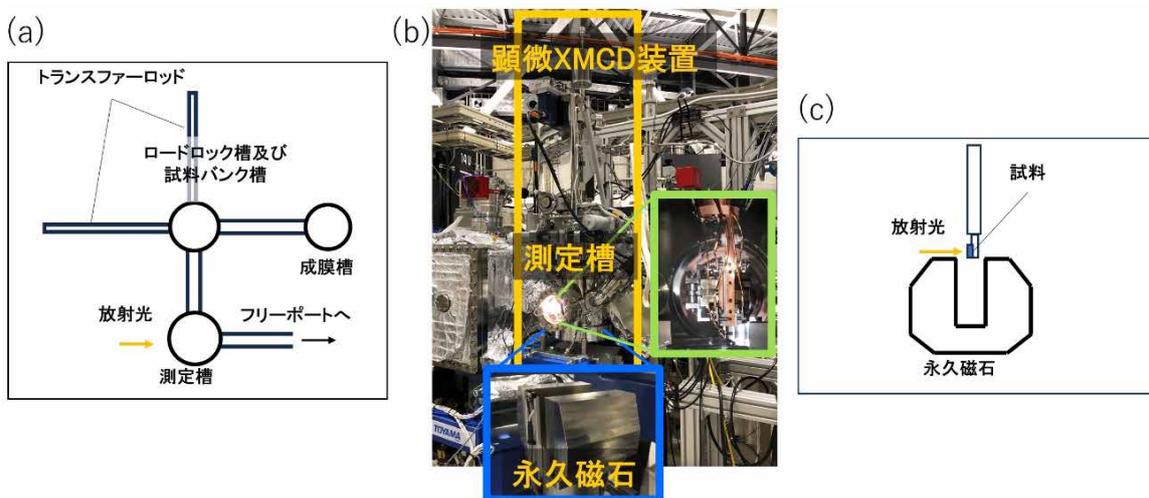


図6 (a) 顕微XMCD (μXMCD) 装置全体を上から見たときの模式図、(b) 測定槽、(c) 磁場印可時の永久磁石の配置の模式図

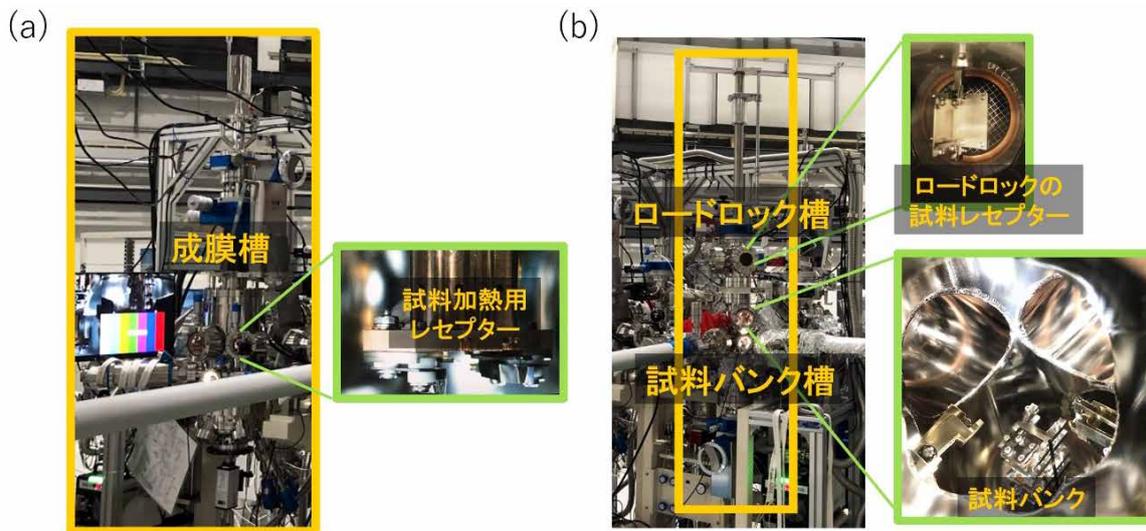


図7 (a) 成膜槽、(b) ロードロック槽及び試料バンク槽

に加え、1台で使用することで偏光度が最も高い条件で放射光を利用できることによる。偏光としては左右円偏光および水平・垂直直線偏光が利用できる。円偏光（直線偏光）を用いる際は、2番目のアンジュレーターにより右円偏光（水平直線偏光）を使用し、3番目のアンジュレーターにより左円偏光（垂直直線偏光）を使用する。使用しないアンジュレーターは、ギャップを最大値（Full open）に設定する。これにより、他のアンジュレーターからのX線が混ざることによる偏光度の低下を防止している。2番目と3番目のアンジュレーターを使用する理由は、ビームライン設計上の光源点が2番目と3番目のアンジュレーターの間点に設定されており、実際の光源点とのズレによる設計値からのズレが相対的に小さいと期待されることによる。なお、この運用は暫定的なものであり、いずれは4台すべてを活用して実験が実施できるよう整備される予定である（表1および4.1節参照）。

3.2 顕微XMCD (μ XMCD) 装置

Aブランチには、常設の測定装置として顕微XMCD(μ XMCD)装置がQSTにより整備されている。この装置はロードロック槽と超高真空環境 (10^{-7} ~ 10^{-8} Pa) の測定槽、試料バンク槽および成膜槽から構成され、試料は各真空槽間を真空環境下にて移送可能である。(図6 (a))。測定槽 (図6 (b)) は、2つある後置集光鏡 (M4) の内、ウォルターミラー

の集光点に設置されている。このウォルターミラーは幾何光学の範囲にて、集光点においてX線のサイズを分光器の出射スリットのサイズの1/20に縮小できる設計となっている。実際に観測される最小サイズは、集光点において $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 程度である。また、測定槽内では永久磁石により160mTの磁場を試料に印可できる (図6 (c))。磁場の印可方向は水平面内で自由に設定可能である。

試料はいわゆるオミクロンプレートと呼ばれる試料キャリア (図8 (a)) 上に設置・固定した状態でロードロック槽に封入する (この試料キャリアの規格はBL02U、BL06Uと共通となっている。後述の通電加熱用試料キャリアはBL06Uと共通である)。ロードロック槽 (図7 (b)) には、4つまで試料を封入することができる。また、ロードロック槽直下の試料バンク槽 (図7 (b)) には、10個まで試料キャリアを保持できる。試料バンク槽には成膜槽 (図7 (a)) が併設されており、この成膜槽を

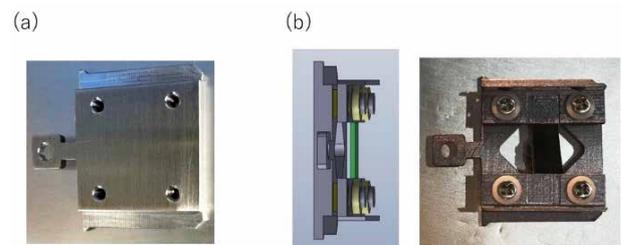


図8 (a) オミクロンプレート型試料キャリアー。
(b) 通電加熱用の試料キャリアー (中央にXEOL測定用の穴が開いている)。

用いると金属膜の作製や通電加熱による試料加熱ができる。なお、通電加熱には専用の試料キャリアを使用する(図8(b))。通電加熱は、測定槽でも実施可能であり、加えて電流を流しながら、あるいは電圧を印可しながらの測定も実施可能である。試料は液体窒素による冷やし切りにより、160Kまで冷却することができる。

ロードロック槽への試料封入後は、試料からのガス放出の程度に応じて、1~2時間程度の真空引き後、 10^{-5} Pa台の前半に到達したところで、測定槽への試料の移送を開始している。

測定手法としては、TEY、PFY、X線励起可視発光(XEOL)収量によるXAS測定が可能である。TEYでは試料電流計測器を用いて計測し、PFYではシリコンドリフト検出器(SDD)、XEOL収量ではフォトダイオードを用いて、それぞれ計測する。

SDDによるPFY測定では、専用ソフトウェアを用いて、まず蛍光スペクトルを測定し、そのスペクトルの中から特定の元素に対応する注目エネルギー領域(ROI)を最大4つまで設定する。設定したROIの範囲で積分した信号強度(PFY)を特定の吸収端近傍でX線のエネルギーを変化させながら計測することで、X線吸収スペクトルが得られる。同時に、各測定点のエネルギーと、その測定点での蛍光スペクトルとのマトリクスファイルも保存される(このマトリクスを使用することで、蛍光スペクトルの確認や、改めてROIを設定して対応するX線吸収スペクトルを得ることもできる)。このPFYの信号はTEYの信号と同時に計測することができる。加えて、特定のエネルギーのX線照射下で計測される各ROIの積分信号強度を、試料位置について二次元走査することで、各ROIに対応する元素の二次元分布のマッピングデータも取得できる。

ところで、TEYとPFYでは検出深さが異なっており、TEYでは測定する吸収端以降のX線エネルギーで励起されるオージェ電子の脱出深さ(~数nm)に主として依存する。一方、PFYでは、蛍光X線の脱出深さ(~ μm)に依存する。したがって、TEYスペクトルの方が表面の情報(表面成分)をより多く有し、PFYスペクトルの方が試料内部(バルク)の情報(バルク成分)をより多く有する。

TEYとPFYが同時計測できることにより、エネルギー的に分離している表面成分とバルク成分については、両者の相対強度の変化からそれぞれを区別することが可能となる。

ただし、PFYでは、測定したい元素の試料中の濃度が高い場合や、試料の厚さが厚い場合には、いわゆる自己吸収効果によるスペクトルの歪みが生じる^[13]。もしも、そのような試料を、元素や濃度に依存して決まる粒径(数十nm~数百nm)以下のサイズの粒子に粉末化することができれば、例えば、そのような粉末をカーボンテープ上にうっすらと塗布することで、実質的な濃度を下げ、スペクトルの歪みを避けることが可能である。あるいは、やはり元素や濃度に依存して決まる膜厚(数十nm~数百nm)以下の厚さでの薄膜化が可能である場合には、同様にスペクトルの歪みを避けることができる。

また、酸素よりも原子番号の大きい元素の酸化物では、高濃度の場合や厚さが厚い場合においても、歪みのないX線吸収スペクトルを得る方法が知られている^[14]。酸素の結合相手の元素の吸収端において酸素のPFYを計測すると、結合相手の吸収が強くなる吸収端以上のエネルギー領域において、酸素のPFYの減少が観測される。このとき、酸素のPFYを入射光の強度で規格化した後に逆数をとると、酸素の結合相手の元素の歪みのないX線吸収スペクトルが得られることが見出され、逆PFY(Inverse partial fluorescence yield, IPFY)法と呼ばれている。IPFY測定も、同時計測が可能である。

XEOL収量によるXAS測定とは、X線励起により可視発光する基板上に作成された薄膜試料系において、薄膜試料を透過したX線により基板内でXEOLが生じることを利用する手法であり、その収量から透過型のX線吸収スペクトルが得られる。顕微XMCD装置の測定槽では、XEOL収量を測定するため、マニピュレーター先端に設置した試料の裏面側にフォトダイオードが装着できるようになっている。また、あらかじめ中央に穴の開いた試料キャリア上に試料を設置することで、基板で生じたXEOLのシグナルが裏面のフォトダイオードにより検出できる仕組みとなっている。XEOL収量のシグナルも、TEYおよびPFYのシグナルと同時計測す

ることができる。十分なXEOL収量が得られる基板の選定 (MgOやGd₃Ga₅O₁₂ (GGG) など) と、透過型測定に最適な膜厚についての制限はあるものの、条件を満たす試料については、バルクの情報を得る手法として活用が期待される。

これらのXAS測定および二次元マッピング測定では、試料位置をいくつか変えながら一連のXAS測定を実施したり、あるいはX線のエネルギーを吸収端の前後でいくつか変えながら一連の二次元マッピング測定を実施したりする場合がある。BL13Uではそのような一連の測定を自動化するシーケンスプログラムをJASRIが開発し、ユーザー利用課題に提供している。このプログラムを活用してもらうことで、昼間に実験条件を確定し、夜間に長時間の自動測定を実施するような実験の遂行が可能となっている。

3.3 汎用XAS装置 (トロイダルミラーの集光光軸上のフリーポート)

Aブランチの顕微XMCD装置の下流側は、フリーポートが二つ準備されている。一つは、後置鏡のトロイダルミラーにより集光したX線が利用可能なポートであり、もう一つは、S2スリット後の非集光の状態のX線がそのまま利用可能なポートである。

トロイダルミラーは、幾何光学の範囲において、X線のサイズを集光点で分光器の出射スリットの

サイズの1/4に縮小できる設計となっている。実際に観測される最小サイズは、集光点において17 μ m (H) \times 10 μ m (V) 程度である。前節で紹介した顕微XMCD装置は超高真空装置であるが、天然鉱物や生体試料など、超高真空環境下での測定にはなじまない試料についての研究需要も少なくない。そのような需要に対応するため、より圧力の高い環境下においても測定できる装置 (汎用XAS装置) を、トロイダルミラーの集光光軸上のフリーポートにJASRIが製作・設置し、本年3月~4月にかけて立ち上げを行った (図9)。5月からは共同利用での運用も始まっている。この装置は、上流側に Φ 5mmのオリフィスが2か所に直列に設置された差動排気システムを装備し、10⁻⁴Pa台の圧力でも上流側に影響を与えることなく実験を実施できる環境となっている。同装置ではTEY測定ができるとともに、SDDも装備しており、TEYとPFYの同時計測が可能となっている。また、顕微XMCD装置同様、試料位置をいくつか変えながらの一連のXAS測定の実施や、X線のエネルギーをいくつか変えながらの一連の二次元マッピング測定の実施を自動化するシーケンスプログラムを開発し、ユーザー利用課題に提供している。

汎用XAS装置における試料の導入については、現在のところ、測定槽をベントしてマンピュレーターの先端に多数の試料を並べた試料プレート (図

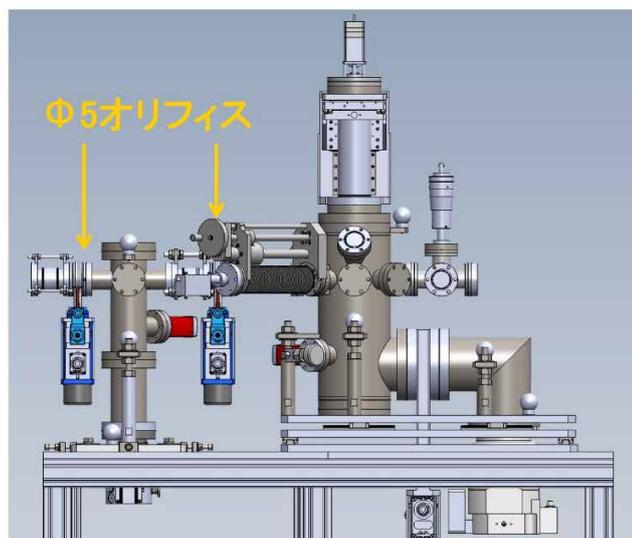
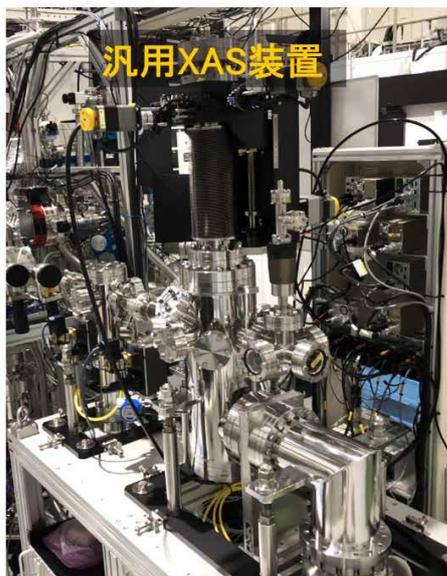


図9 汎用XAS装置

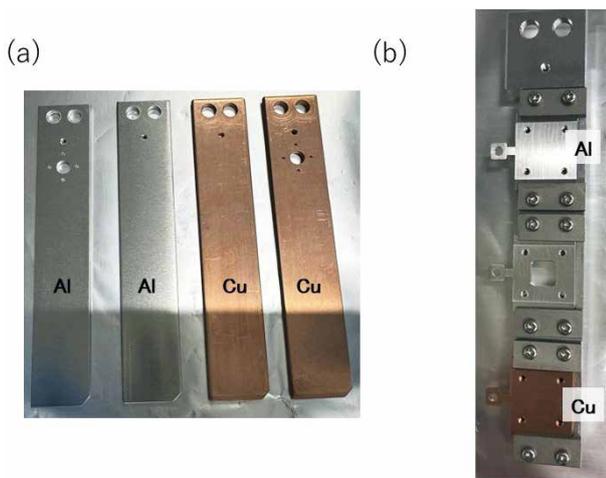


図10 (a) 汎用XAS用の試料プレート。一度に10個程度の試料を載せることが可能。(b) オミクロンプレートとそのレセプター。ロードロックが整備された際に使用予定。顕微XMCDで測定した試料をそのまま測定する用途にも使用できる。

10 (a)) を取り付け、真空引き開始後、 10^{-4} Pa 台まで圧力が下がったところで実験を開始する形で運用している。今後は、ロードロック槽を追加し、測定槽をベントすることなく実験が開始できる方式も整備していく予定である (図10 (b) および4.3節参照)。

3.4 事前試料導入準備槽 (オフライン) 及びグローブボックス

測定する試料によっては、ガス放出が多く、超高真空環境を保持できない場合もある。そのような場合には、事前に試料を真空引きして、ある程度の低圧にまでガス放出を抑えられる状態になってから

超高真空槽への移送を行うことが考えられる。そのような目的で使用する真空槽装置 (事前試料導入準備槽) をJASRIが整備した (図11 (a))。また、BL02Uの紹介記事にも記載されていたように、グローブボックス (図11 (b)) もJASRIで整備しており、嫌気性の試料の準備を実施することが可能となった。グローブボックスから大気にさらさずに測定槽に移送するためのスーツケースの利用は今後整備される予定である。

3.5 データ解析

BL13Uでは、測定した複数のデータをその場ですぐに比較したり、二次元マッピングのデータから測定したい試料位置を読み取ったりするため、市販の解析用のソフトウェアにおいてデータを迅速にその場で解析するためのマクロをJASRIで準備し、利用者に提供している。利用者はこのマクロのファイルをデータとともにコピーして持ち帰ることができる。また解析結果をテキストファイルに変換して保存し、持ち帰ることも可能となっている。

次節では、分割アンジュレーターおよびエンドステーションの今後の整備予定について述べる。

4. BL13Uでの今後の整備予定

4.1 分割アンジュレーターの整備

現在、偏光スイッチングの実現を最優先とする整備がQSTにより進められており、今年度から来年

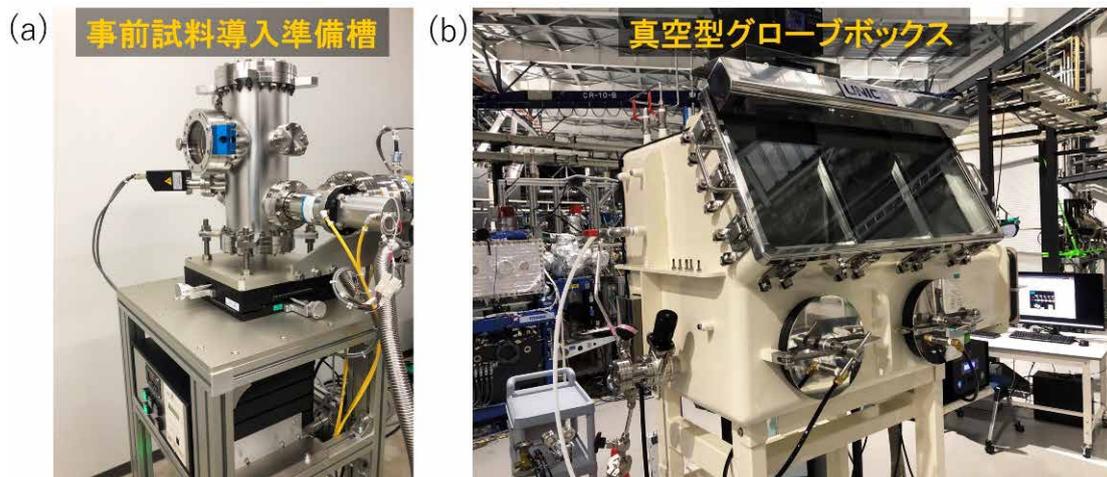


図11 (a) 事前試料導入準備槽、(b) グローブボックス

度にかけての期間内で、偏光スイッチングの利用開始を目指している。計画では、まずは4台の分割クロス・アンジュレーターを同時使用した数Hzでのスイッチングにて運用し、近い将来10Hzの実現を目指すことが予定されている。偏光スイッチングでは、直線偏光の重ね合わせにより円偏光を生成するため、直線偏光の3次光を利用して3000eVまでの円偏光が利用できるようになる。一方、円偏光の重ね合わせにより生成する直線偏光（スイッチングが可能）では、利用可能なエネルギーの上限が1450eVまでとなる（表1参照）。

4.2 顕微XMCD装置の整備

今年度あるいは来年度に予定されている整備としては、全蛍光収量測定（TFY）の整備がQSTにより予定されている。これは、SDDによるPFYではロックインアンプ測定に対応できないことから、蛍光収量法におけるロックインアンプ測定の需要に対応するためである。また、XAS測定のOn the fly測定や4台の分割クロス・アンジュレーターにおける任意の偏光の利用に向けて、対応する計測プログラムをQSTとJASRIが協力して整備していく予定である。試料周りに関しては、温度調整（液体He冷却と温調）の実装がQSTにより予定されている。

4.3 汎用XAS装置の整備

計測プログラムの整備は、上述の顕微XMCD装置と同様である。ここでは、今年度あるいは来年度にJASRIによって予定されているハードウェアの整備について述べる。現状では試料の導入は測定槽をベントしてマニピュレーター先端の試料プレートを付け替える形で実施しているが、測定槽をベントすること無く試料が導入できれば、試料導入に要するロスタイムを短縮することができる。そこで、オミクロンプレート型試料キャリアのレセプターを装備したロードロック槽を増設する予定である。また、試料の鉛直軸周りの回転角度を任意に変更するため、モーター駆動可能な差動排気付き回転導入器（differentially pumped rotary feedthrough, DPRF）をマニピュレーター上部に装備する予定である。

4.4 高磁場XMCD装置の整備

Aブランチの下流では、非集光フリーポートの延伸および超伝導電磁石による高磁場XMCD測定用ステーションの建設がQSTにより予定されている。2026A期から試験運用を開始し、早期のユーザー利用開始に向けた整備が進められる予定である。

4.5 Bブランチの整備

Bブランチでは、QSTによるフレネルゾーンプレートによる集光系を有する透過型のXAS測定実験ステーションの製作が予定されている。この装置では10nmの空間分解能の実現を目標としており、早期のユーザー利用開始に向けた整備が進められる予定である。

4.6 第一原理計算に取り組む利用者への支援

測定されたX線吸収スペクトルやXMCDスペクトルを、第一原理計算を用いて解析することで、より詳細な電子状態や局所構造の情報を得ることができる。これまでに多くの計算手法や計算コードが開発されており、理論計算を専門とする研究者ではなくても計算ソフトウェアに接することができる機会が増えてきている。しかしながら、そのような第一原理計算のソフトウェアを適切に使いこなすには専門家からの助言が欠かせない。そこで、JASRIでは、第一原理計算に取り組む非専門家の利用者に対し、希望があれば第一原理計算の専門家からの助言が得られる支援環境の整備を進めている。このような支援は、測定結果の研究的価値を高め、成果創出に直結し易くする効果を持つと共に、新規ユーザーが軟X線吸収分光へ参入する際の障壁を下げる効果ももたらすと期待される。

5. まとめと展望

ここまで紹介させていただいたように、BL13Uは、分割アンジュレーターによる高速偏光スイッチングと180–3000eVの放射光を高エネルギー分解能・高強度で利用できるという特筆すべき特徴を有するビームラインである。そのような放射光を活用するエンドステーションとして、現在、Aブランチには常設の顕微XMCD装置（QST）およびフリー

ポートの汎用XAS装置 (JASRI) が製作され、共用実験にて運用されるとともに、それぞれの装置については、高機能化の整備も進められている状況にある。今後も、Aブランチの下流には超伝導電磁石による高磁場XMCD装置の製作 (QST) が予定され、Bブランチにはフレネルゾーンプレートによるナノ集光X線を用いた透過型XAS装置の製作 (QST) が予定されている。また、第一原理計算に取り組む非専門家の利用者への支援環境の整備 (JASRI) も進めている。

これらの既定の整備・開発に加えて、大気圧環境下でのXAS測定システムの整備、あるいは偏光スイッチングを活用した複素誘電率測定^[15]や分割アンジュレーターを活用したベクトルビームの生成^[16]なども、BL13Uの可能性を最大限に引き出すという視点において、今後の重要な検討課題である。

なお、エンドステーションの整備状況は、課題公募時に公開されるビームライン情報の中に反映され更新されていく予定である。利用者の方々には注視していただきたい。ビームラインの共同利用は今春より始まったばかりであり、様々な追加整備が現在進行形であるが、今後BL13Uが世界の軟X線ビームラインの中で確固とした地位を築き、放射光科学の発展に大きく寄与していく姿を皆様に見ていただけたらと願っている。

6. 謝辞

これまで、BL13Uの設計・建設・立ち上げ・運用に関わってこられたQST、JASRIの関係者の方々をはじめとする、すべての方々に深く感謝申し上げます。とりわけ、QST NanoTerasuセンターの大坪嘉之博士、稲葉健斗博士、JASRIナノテラス事業推進室の本間徹生博士、小谷佳範博士、菅大暉博士、河合敬宏博士、小出明広博士、高垣昌史博士、横町和俊氏には本稿の作成において大変お世話になった。改めて心より御礼申し上げます。最後にNanoTerasuの運転・維持・管理に関わられているすべての方々に感謝の意を表する。

参考文献

- [1] Y. Ohtsubo *et al.*: *J. Phys.: Conf. Series* **2380** (2022) 012037.
- [2] 宮脇淳, 堀場弘司, 大坪嘉之, 放射光 **37**, (2024) 95-103.
- [3] Y. Ohtsubo *et al.*: *J. Phys.: Conf. Series* **3010** (2025) 012079.
- [4] A. Agui *et al.*: *Rev. Sci. Instrum.* **72** (2001) 3191-3197.
- [5] G. Ingold *et al.*: *Proceedings of EPAC 2000*, Vienna, Austria (2000) 222-226.
- [6] T. Hara *et al.*: *J. Synchrotron Rad.*, **5** (1998) 426-427.
- [7] J. Bahrtdt *et al.*: *Rev. Sci. Instrum.* **63** (1992) 339-342.
- [8] T. Tanaka and H. Kitamura, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A* **490** (2002) 583-591.
- [9] I. Matsuda *et al.*: *e-J. Surf. Sci. Nanotechnol.* **17** (2019) 41-48.
- [10] S. Yamamoto *et al.*: *J. Synchrotron Rad.* **21** (2014) 352-365.
- [11] I. Matsuda *et al.*: *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A* **767** (2014) 296.
- [12] A. C. Thompson *et al.*: *X-ray data booklet* (Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, Berkeley, CA 2009) chap.1, 2-7.
- [13] 高橋嘉夫, 岩石鉱物科学 **45** (2016) 93-98.
- [14] A. J. Achkar *et al.*: *Phys. Rev. B* **83** (R) (2011) 081106.
- [15] Y. Kubota *et al.*: *Phys. Rev. B* **96** (2017) 214417.
- [16] S. Matsuba *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **113** (2018) 021106.

脇田 高德 WAKITA Takanori

(公財) 高輝度光科学研究センター
 ナノテラス事業推進室 利用研究推進グループ
 〒980-8572 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉468-1-209室
 TEL : 050-3502-6477
 e-mail : wakita.takanori@jasri.jp

利用系グループ活動報告

JASRI 回折・散乱推進室 回折構造生物チーム

(公財) 高輝度光科学研究センター

回折・散乱推進室 回折構造生物チーム 長谷川 和也、馬場 清喜

Abstract

回折・散乱推進室 回折構造生物チームは、共用の生体高分子結晶解析ビームラインBL41XUの高性能化・利用支援と、理研ビームラインBL26B1の共用枠の利用支援を行っている。同じく生体高分子結晶解析ビームラインであるBL45XUが自動測定に特化しているのに対し、BL41XUでは、自動測定を含む通常のデータ測定に加え、遠隔実験、室温での測定や顕微分光と組み合わせた回折実験など、自動では難しい実験を行うことができる。ビームラインの高性能化として、室温構造解析と時分割構造解析を中心に、タンパク質の構造ダイナミクスに関わる回折データ測定のための技術開発を進めている。時分割構造解析では、SACLAと相補的に利用できる環境の構築が重要であり、SACLAと連携して整備を進めている。

1. はじめに

回折・散乱推進室 回折構造生物チームは、共用ビームラインBL41XUの利用支援と理研ビームラインBL26B1の共用枠の利用支援を行っている。また、高性能化においては、近年多岐にわたる生体高分子の構造研究のニーズの中で、室温構造解析と時分割構造解析の2つに対して重点的に測定技術の開発を進めている。本稿では、これらのビームラインの運用と高性能化について紹介する。

2. ビームラインの運用・利用支援

BL41XUには実験ハッチが2つあり、下流側にある実験ハッチ2は波長0.7~1.9 ÅのX線を用いた回折実験（通常モード）に、また上流の実験ハッチ1は波長0.35~0.6 ÅのX線を用いた回折実験（高エネルギーモード）に利用されている。通常モードでは最小5 μmのマクロビームが利用でき、数 μmの微小結晶からの回折データ測定も可能である。自動測定・遠隔実験を含む凍結結晶を用いた通常のデータ測定に加え、室温での測定や紫外可視顕微分光法と組み合わせた回折実験など、自動では難しい回折実験を行うことができる（図1）。高エネルギーモードでは、この領域に吸収端をもつ元素の位置の決定や、分解能0.8 Åを超えるような超高分解能での構造解析^{[1][2]}などに利用されている。このような高エ

ネルギーX線を用いた回折実験ができる生体高分子結晶解析ビームライン（MXビームライン）は国内ではBL41XUだけであり、世界的にも珍しい。



図1 BL41XU実験ハッチ2の回折計

BL26B1では、偏向電磁石BLの自由度を活かし、室温測定や汎用的な高分解能測定などに対応している。活性部位の化学状態を同定するための紫外可視顕微分光法と組み合わせた回折実験も可能である。また、我々の技術開発にも利用されており、後段で紹介する紫外可視顕微分光装置やプレート回折装置^[3]はここで開発され、BL41XUに導入された。

これらビームラインの性能諸元は次のサイトを参照されたい。

http://stbio.spring8.or.jp/ja/blinfo/SPring8_PX_beamlines.pdf

3. ビームラインの高性能化

放射光ビームラインにおけるタンパク質結晶の回折データ測定は、多くの場合、X線照射損傷を低減するために結晶を100 Kの極低温に冷やし、凍結状態で行う^[4]。しかしながら、タンパク質によっては凍結状態と非凍結状態で活性部位の構造が異なるという報告もされており^[5]、ここ十年来、室温での構造解析が注目されている。また、結晶構造解析で得られる構造は、タンパク質の働く過程で存在する状態のうちの一つを捉えたものであることが多い。実際には生体中ではタンパク質は大きく構造変化しており、その変化（構造ダイナミクス）が機能発現に重要である。そこで、このような構造ダイナミクスに関わる構造解析を行う環境をBL41XUに構築するため、室温構造解析と時分割構造解析を中心に高性能化を進めている。

(1) 室温構造解析

室温での測定では、環境変化に敏感な非凍結状態の結晶を、データ測定中にいかに品質を保持するかが重要になる。そのための手法として、Humid Air and Glue-coating method (HAG法)の開発を進めてきた^[6]。この手法は、ポリビニルアルコール (PVA) などの水溶性ポリマー溶液で包埋した結晶に調湿気流を吹き付けることで非凍結状態で回折実験を行う我々独自の手法である。この手法を用いた癌関連タンパク質H-Rasの室温構造解析では、閉じた状態のH-Rasの結晶の湿度を変えたところ開いた構造が捉えられている^[7]。また、気流の湿度を保ちながら温度を変えることも可能であり、様々な温度で回折データを測定することができる^[8] (図2)。このような手法はMulti-temperature crystallographyと呼ばれ、温度変化に伴う平衡状態の遷移で現れる新たな構造を捉えることが可能である^{[9][10]}。現在、さらに別の物理パラメータを変えながら回折実験を行う技術開発も進めており、ユニークな技術として新規ユーザーを取り込むことが期待される。

室温測定のもう一つの手法として、プレート回折法の高性能化も進めている。プレート回折法は、タンパク質の結晶を析出させた結晶化プレートに入ったままX線を照射し、回折データを測定する手法

である^[3]。室温での構造解析という目的に加えて、ループで扱うという結晶ハンドリングがない利点を生かした回折実験の効率化・自動化のために開発を進めてきた。2025A期にBL41XUへのプレート回折計の実装が完了し、現在、関連構造生物チームと連携して本手法の自動化を進めている。

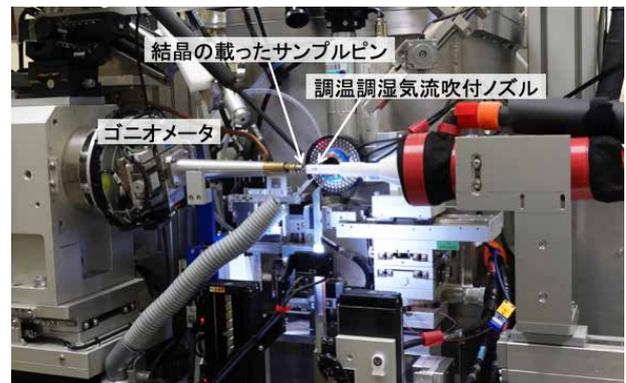


図2 HAG法を用いた室温での回折実験

(2) シリアル結晶解析法による時分割構造解析

シリアル結晶解析法は、X線上に逐次搬送される微小結晶にX線を照射して回折データを取得する方法であり、SACLAなどのXFEL施設で開発された。その成功を受けて、放射光のMXビームラインでも行われるようになり、Serial Synchrotron Crystallography (SSX) と呼ばれている^[11]。BL41XUでも Serial Synchrotron Rotation Crystallography (SSROX) や、それをHAG法と組み合わせたHAG-SSROXなど、微小結晶解析法の改良を進めてきた^{[12][13]}。ここで培った測定技術を発展させる形で、2種類のシリアル結晶解析法による時分割構造解析環境の構築を進めている。

一つはXFEL施設のSerial Femtosecond Crystallography (SFX) で使われているインジェクターを用いる方法である。インジェクターから射出される微小結晶にX線を照射して回折データを測定する手法であり、反応を開始する励起レーザーと組み合わせることで時分割測定を行う。放射光では露光時間がミリ秒オーダーになることからSerial Millisecond Crystallography (SMX) と呼ばれ、海外ではSFXと組み合わせた構造解析も行われている^[14]。我々もSACLAのSFX実験で実績のある高粘度媒体インジェクター^[15]をBL41XUに導入し、

東北大学の南後教授のグループと連携して立ち上げを進めている。既に励起レーザーの整備やタイミング制御系の構築は終わり、光受容タンパク質の時分割測定を進めており、構造変化を捉えつつある。

もう一つは固定ターゲット法である。この方法では、テーパ状の穴が数万個あいたシリコン製のサンプルチップに結晶をトラップし、あらかじめ計算した穴の位置を高速でX線光軸上に逐次移動しながら回折データを取得する^[16]。サンプルチップへの微小結晶の搭載手順の確立や、高速で移動しながら結晶にX線を照射するための制御系の準備が完了し、静的な実験ではあるものの試験的なユーザー利用を開始した(図3)。反応のトリガーとして、タンパク質と反応する化合物(基質)を結晶に添加する方法の開発を進めており、これまでにサンプルチップの動きに同期してインクジェットで基質の液滴を添加しながら回折データ測定を行う技術を確認している。2025B期に標準試料の結晶に基質を添加する実験を行う予定である。

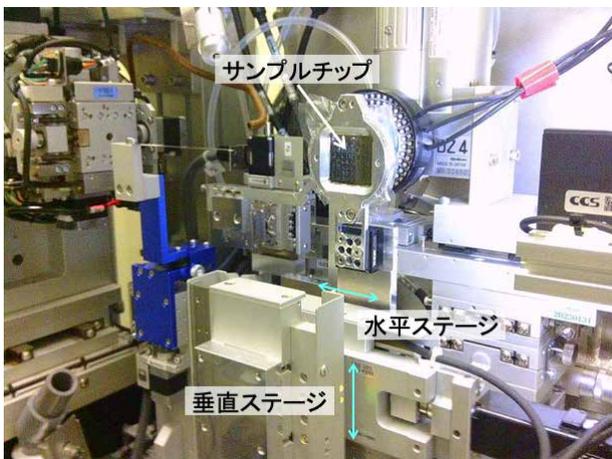


図3 固定ターゲット法による回折実験

(3) 測定試料準備室の整備

ここまで、室温構造解析・時分割構造解析に向けた高性能化について述べてきたが、従来の凍結法による構造解析も構造ダイナミクス研究において有効である。外場からの摂動もしくは反応開始のトリガーを与えた後、一定のディレイ時間後に結晶を凍結することで変化を起こしたタンパク質の構造を固定することができる。そのために、BL41XUのハッチの後方にプレハブ試料準備室を整備し、ワンク

リックで、レーザー照射、結晶の凍結、サンプルカセット(UniPuck)への試料の収納までを行うシステムを構築している。こうして準備した凍結結晶試料は、自動測定で回折実験を行うことができる。

また、この試料準備室には紫外可視顕微分光装置を整備し、結晶中のタンパク質の状態を分光学的に決定できるようにしている。これを使うことで、反応開始後の構造変化のタイムスケールの見積もりや、外場変化で生じる状態の決定を分光学的に行うことができる。なお、この顕微分光装置は非常にコンパクトに設計されており、BL41XUの回折計にも設置でき、回折実験を行いながら結晶中のタンパク質の状態を確認することにも使える。

4. 今後の展開

SPring-8-IIへのアップグレードが近づく中で、BL41XUではピンクビームを用いるためのビームラインの改造を提案している。これが実現すると、サブミリ秒の時間分解能の時分割構造解析も行えるようになりSACLAと相補的に利用する環境が整う。それに向けてこれまで以上にSACLAとの連携を強めて高性能化を進めてゆきたい。

構造生物研究を取り巻く環境は、クライオ電子顕微鏡(CryoTEM)による構造解析の普及や高精度構造予測プログラムの出現により10年前と様変わりしている。SPring-8キャンパスにもCryoTEMが導入され、結晶化の難しい膜タンパク質や超分子複合体など、いわゆる高難度試料の構造解析に利用されている。このような中で、良質な結晶が得られれば高い分解能で迅速に構造を決めることができることや、室温でも構造解析ができるという放射光X線結晶解析法の利点を生かした整備がMXビームラインには求められている。CryoTEMや自動化に特化したBL45XUを担当する相関構造生物チームと連携し、今後もSPring-8キャンパスの構造生物学研究に貢献していきたい。

謝辞

BL41XUへのSACLA高粘度媒体インジェクターやレーザーなどの導入にあたっては東北大学の南後恵理子博士、JASRIの登野健介博士、大和田成起博

士、理化学研究所の鈴木則広氏にご協力いただきました。固定ターゲット法の立ち上げにあたってはDiamond Light SourceのRobin Owen博士とSofia Jaho博士に大変お世話になりました。心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] K. Takaba *et al.*: *IUCrJ* **6** (2019) 387-400.
- [2] Y. Fukuda *et al.*: *Biochemistry* **63** (2024) 339-347.
- [3] H. Okumura *et al.*: *Acta Cryst. F* **78** (2022) 241-251.
- [4] J. W. Pflugrath: *Acta Cryst. F* **71** (2015) 622-642.
- [5] J. S. Fraser *et al.*: *Nature* **462** (2009) 669-673.
- [6] S. Baba *et al.*: *Acta Cryst. D* **69** (2013) 1839-1849.
- [7] S. Matsumoto *et al.*: *Sci. Rep.* **6** (2016) 25931.
- [8] S. Baba *et al.*: *J. Appl. Crystallogr.* **52** (2019) 699-705.
- [9] M. C. Thompson: *Methods Enzymol.* **688** (2023) 255-305.
- [10] T. Murakawa *et al.*: *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **116** (2019) 135-140.
- [11] C. Gati *et al.*: *IUCrJ* **1** (2014) 87-94.
- [12] K. Hasegawa *et al.*: *J. Synchrotron Radiat.* **24** (2017) 29-41.
- [13] K. Hasegawa *et al.*: *Acta Cryst. D* **77** (2021) 300-312.
- [14] T. Weinert *et al.*: *Science* **365** (2019) 61-65.
- [15] Y. Shimazu *et al.*: *J. Appl. Crystallogr.* **52** (2019) 1280-1288.
- [16] A. Ebrahim *et al.*: *Acta Cryst. D* **75** (2019) 151-159.

長谷川 和也 HASEGAWA Kazuya

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

馬場 清喜 BABA Seiki

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

12th Hard X-ray FEL Collaboration Meeting

公益財団法人高輝度光科学研究センター

XFEL利用研究推進室 先端光源利用研究グループ 籾内俊毅

1. はじめに

12th Hard X-ray FEL Collaboration Meeting が2025年5月19日から21日の日程でスイスのシュトースで開催された。この会議は、日本、アメリカ、ドイツの3拠点の硬X線自由電子レーザー（XFEL）関係者によって2007年に初めて開催されたものである。当時はXFELの稼働前であり、XFELの加速器技術と利用技術に関する共通課題の解決に向けた協力や、人材の交流によるXFEL科学技術の推進を目的として企画された。現在でも、XFEL施設間の科学的または実践的な情報共有と協力関係の維持発展が本会議の主な目的である。

近年では、2019年にアメリカLCLSが主催した第10回の会議の後、新型コロナウイルス感染症の影響を受けてしばらく開催が見送られていたが、2023年にEuropean XFELの主催で再開された。第12回目の開催となる今回の会議には、現在稼働中のLCLS、SACLA、PAL XFEL、European XFEL、SwissFELの5つのXFEL施設に加え、中国上海に建設中のSHINEの関係者が参加した。主催機関であるSwissFEL（PSI）と隣国のEuropean XFEL/DESY以外の機関からは各機関10名程度が参加し、

SwissFELの30名、European XFELの20名とあわせて全参加者は90名程度であった。

なお、対面での会議開催が見送られていた期間においても、European XFEL/DESYが中心となって、オンラインで“Virtual Hard X-ray Collaboration Meeting”が毎月のように開催されていた。ここでは各回1時間程度の講演の他、各施設の運転・整備や技術開発の状況が短く報告されるなど、対面での交流が難しい状況においても情報交換や交流はある程度維持されていた。ただ、やはりオンラインと対面とでは得られる情報には違いがあることを今回も実感した。

本会議は、同時並行で行われる加速器技術のセッションとX線計測・利用技術のセッションの他、各施設の最新情報の報告と、加速器及びビームラインの双方に関係する話題について議論するための全体セッションで構成されている。また、40名程度の希望者に対しては、会議後にPSI（SwissFELとSLS）の見学ツアーが開催された。

2. 会議内容

会議の冒頭では、主催機関であるSwissFELから、開催にあたっての挨拶と会議の全体像の説明が行われた。それに続く形で各機関からの施設報告が行われた。ここでは、各施設から利用運転や最新の高度化の状況と将来計画などが報告されたが、今回もっともインパクトがあったのはEuropean XFELからの報告であったと思う。LCLSに続いて2番目に行われた彼らの施設報告では、昨年新しくディレクターになったThomas Feurer氏が登壇した。ただ、筆者が会期を通して最も聴衆の注目を集めたと感じる彼らのXFEL-O（XFEL Oscillator）プロジェクトの最新の進展に関する2ページのスライドについては、直接実務者から報告がなされた。このプロジェ



図1 会議場の様子（オープニングセッション）

クトはアンジュレーターを挟んでダイヤモンドの結晶を使って共振器を組み、X線増幅を目指す研究開発である。稼働中のXFEL施設としてはEuropean XFELでのみ実用可能なMHzの繰り返し電子バンチを活用している。今回の報告は、会議の前日の実験において、この共振器型のXFELにおけるエネルギー増幅が初めて確認されたというものであり、参加者から非常に強い関心を集めた。ところで、今回LCLSの施設報告ではLCLS-IIの現在の運転状況(33 kHzの繰り返し周波数で、400-1000 eVの光子エネルギー帯において最大500 μ J程度のパルスエネルギーを達成)や、引き続き計画されているLCLS-II-HEへのアップグレード計画について報告がなされていた。実はLCLS-IIの最初の光が確認されたのは、前回この会議がドイツで開催されている最中であつた。当時、LCLSの速報を聞いて参加者から拍手が起こつたと記憶している。このような、まさに最新の情報の共有の場に立ち会えることは純粋に面白い。

この報告に次いで目立ったトピックとしては、アト秒XFELの生成と評価が挙げられる。LCLS、European XFEL、SACLA、SwissFELにおいて、軟X線や硬X線のアト秒FELの発生と特性の診断に関する研究が精力的に行われている。このトピックの注目度と目覚ましい進展具合は、最終日の全体セッションのタイトルが当初予定の「Short pulses」から「Very Short pulses」に急遽変更された様子からも見て取れる。PAL XFELや建設中のSHINEにおいては、まだ実験や検証には至っていないものの、すでにシミュレーションなどの検討が開始されているということであり、サブフェムト秒パルスの開発と利用に向けた取り組みが今後一層活発になることを感じさせた。

ところで、ある機関の施設報告においては、高電圧モジュレーターの不具合とそれによって引き起こされたインシデントが、その後の対応とともに具体的に紹介されていた。本稿の冒頭で紹介したVirtual Collaboration Meetingにおいても、いくつかの機関から冷却水や電気関係の事故、装置の不具合などが何度か紹介され共有されていた。このような、いわば「目立った成果」ではないものも含めて情報共有

される場所は、この会議が一般的な科学的な会議と趣が異なっていることを実感させられるところである。

施設報告の後は、2日目の夕方まで加速器技術とX線計測・利用技術の両分野に関するセッションが平行に開催された。今回の会議では各分野で以下の3つのセッションテーマが設定された。

【加速器技術】

- Setup and quality assurance procedures
- Coherence enhancement
- FEL timing and synchronization

【X線計測・利用技術】

- X-ray optics and diagnostics
- Applications of AI
- Large data handling

なお、この会議では、セッションごとに1-2名のコンビーナー（主には主催機関に所属する研究者）が割り当てられる。各機関の参加者らは、コンビーナーから各セッションで共有、議論するトピックを会議開催前に案内され、セッションでの報告の依頼を受ける。当日のセッション構成や流れはコンビーナー次第である。各施設の参加者が順に発表して発表毎に質疑が行われる一般的な学会に近い形式の場合もあれば、各施設から提出された資料を取りまとめてコンビーナーが発表し、その他の時間を議論に充てる形式が取られる場合もある。いずれにしても情報共有や議論の満足感が、コンビーナーの事前準備と当日の采配に大きく依存するのが実情である。

今回、筆者はX線計測・利用技術側の3セッションに参加した。以下ではこれらのセッションで報告、議論されたことのうち、特に筆者の印象に残ったことを紹介する。

超伝導加速器を用いるLCLS-IIが動き始めたこともあって、高繰り返しX線パルスによる光学素子への熱負荷やパルス毎の特性評価技術に関する話題がやや目立ってきているように感じた。また、極限集光ビームの実現とその評価については、引き続きSACLAに優位性があり、信頼性の高い波面計測技術とそれを活用した自動調整技術などについて共同研究の可能性も含めて議論が行われた。反射系光学素子ではなく、屈折レンズを用いたX線集光に関連

して、ダイヤモンドレンズの開発状況や評価結果が DESY との共同研究として European XFEL から紹介された。ベリリウムレンズの入手が困難になっている現状を踏まえると、今後の動向を注視したいトピックである。一方で、1つのセッションでここに記した以外のトピックについても各機関が取り上げていたため、個々のトピックについて深く議論されなかったことが惜まれる。

人工知能 (AI) を活用した自動調整の利活用の事例は、X線計測・利用技術側の枠での開催にも関わらず、加速器運転に関連したものが目立っていた。機械学習 (ML) を用いた加速器運転は、SACLA では日々の調整と運転に使用されており、X線パルスの特性最適化や安定運用に大きく貢献している。一方、LCLS と European XFEL より自動調整用ソフトウェアの共同開発の取り組みなどが紹介されたものの、実際の運転に AI/ML がどの程度うまく活用されているかという点では施設間で大きな差があるように感じた。X線特性診断に AI をどのように活用できるかについては、主に SwissFEL から取り組みが紹介されたが、まだかなり初期の試験段階であるように見受けられた。しかし、SACLA の加速器やビームライン調整、極限集光調整にも様々な自動調整がうまく利用されている状況を踏まえると、AI/ML にどのような活用法があるかは継続して検討すべきであろう。

これらのパラレルセッションの議論のサマリーについては、閉会前の最後の全体セッションで、各セッションのコンピーナーから簡単に報告された。それによると、加速器側のセッションでも AI/ML 技術の活用やソフトウェアの開発について議論がなされたとのことであった。また、Coherence enhancement のセッションでは、先に紹介した European XFEL の XFEL-O について詳細が報告されたということであった。なお、このサマリーセッションの前には、全体セッションとして前述したアト秒 XFEL に関する情報共有とパネルディスカッションが行われた。

3. 施設見学 (PSI)

会議終了後には、PSI にて SwissFEL と SLS を見

学するツアーが希望者向けに開催された。あいにく会議2日目から連日天候がすぐれなかったため、時折強く雨が降る中での見学となった。

ツアーでは、まず回折限界リングとしてアップグレードが行われた SLS2.0 の蓄積リング収納部内と3つのビームラインを見学した。ビームラインの立ち上げを行なっている最中であつたにもかかわらず、この日の午前中は見学のために運転を中断させていたようである。見学したビームラインの1つである物質科学関連の回折実験ビームライン (ADDAMS: ADvanced Diffraction for Materials Science) は、ちょうど見学に前後してファーストビームの導入が計画されていたらしく、見学前日に初めて光がハッチまで導入されたことをビームライン担当研究員がやや興奮気味に教えてくれた。

続いて訪れた SwissFEL では実験ホール側から入室し、加速器の最下流部付近までを歩いてさかのぼって見学することができた。時間が限られる中ではあつたが、5つの全エンドステーションを見学することができた。SLS ではタンパク質の結晶構造解析の自動測定システムを詳細に見せてもらったが、それと同じ装置が SwissFEL にも導入されており、本格的に運用されればハイスループット化に大きく貢献しそうである。SwissFEL の実験ハッチは比較的広く、各ハッチにポンプ・プローブ実験用の光学レーザーが設置されている割には、スペースに余裕があるように感じられた。そのような環境において、大型の装置でも比較的簡便に置き換えられる

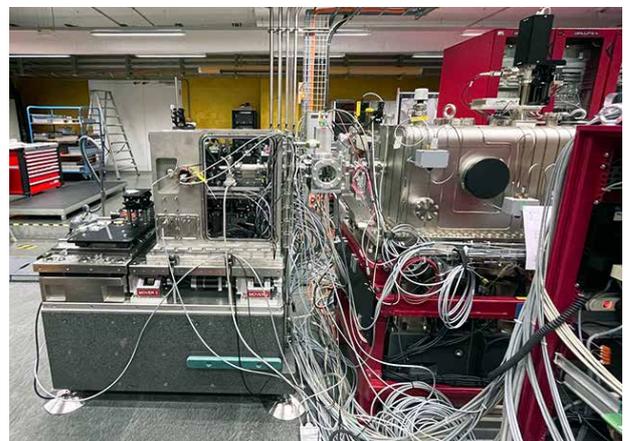


図2 SwissFEL の Cristallina エンドステーションに設置されたリアルフェムト秒結晶構造解析のセットアップ

ように考慮して設計されている点、定型実験を効率的に行えるようにハードとソフトの両面の工夫されている点は大変参考になった。

4. おわりに

本会議は世界のXFEL施設の関係者が一堂に会して行われるものであり、各施設の最新の動向を一度に知ることができる貴重な機会である。また、数日間わたって参加者らとセッション外でも交流できる機会があることで、施設間の共同研究につながるような議論が行えるところも有益である。

なお、次回の会議が2026年9月に韓国においてPAL主催で開催される予定であることが本会議の最後に案内された。今後SHINEの整備が順調に進めば、次々回は中国での開催となる見込みである。

藪内 俊毅 YABUUCHI Toshinori

(公財) 高輝度光科学研究センター
XFEL利用研究推進室 先端光源利用研究グループ
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 050-3502-4815
e-mail : tyabuuchi@spring8.or.jp

「第25回 SPring-8 夏の学校」実施報告

SPring-8夏の学校実行委員会
委員長 木村 滋 (JASRI)

1. SPring-8夏の学校概要

「第25回 SPring-8 夏の学校」は2025年7月6日(日)～7月9日(水)の4日間の日程で、日本国内の25大学から83名の学生の参加を得て、放射光普及棟およびSPring-8蓄積リング棟を会場として開校されました。SPring-8夏の学校は、次世代の放射光利用研究者の発掘と育成を目的として、SPring-8を教育の場として活用している大学とSPring-8および関係諸機関(理化学研究所 放射光科学研究センター、日本原子力研究開発機構 物質科学研究センター、量子科学技術研究開発機構 関西光量子科学研究所、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、大阪大学蛋白質研究所・核物理研究センター・理化学研究所科学技術融合研究センター、茨城大学大学院理工学研究科、東京大学シンクロトロン放射光連携研究機構、島根大学、(公財)高輝度光科学研究センター(JASRI))が主催し、ビームラインの使用機会や講師等を供出しあって開催しています。校長は兵庫県立大学の田中義人教授にお願いしました。実行委員会は主催団体のスタッフで構成され、事務局はJASRI 利用推進部普及情報課が行いました。なお、主催大学の中には

SPring-8夏の学校への参加を講義として単位認定しているところもあります。

2. カリキュラムについて

SPring-8夏の学校では通例として、初日に3講義、2日目に4講義を行い、その後の2日間は、各自が希望するテーマの中から2テーマの実習をビームラインで行っています。また、SACLAとSPring-8の実験ホールの見学、さらにはSPring-8蓄積リングの電磁石や挿入光源の見学を行いました。今年の実施スケジュールを図1に示します。

講義の題目および講師(敬称略)は以下の通りです。

- 講義1. 放射光発生の基礎 - 正木 満博 (JASRI)
- 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～ - 湯本 博勝 (JASRI)
- 講義3. X線検出器の基礎 - 今井 康彦 (JASRI/理化学研究所)
- 講義4. X線自由電子レーザー入門 - 井上 伊知郎 (東京大学/理化学研究所)
- 講義5. X線イメージング - 籠島 靖(兵庫県立大学)
- 講義6. X線回折入門 - 高橋 功 (関西学院大学)
- 講義7. XAFSの基礎 - 田淵 雅夫 (名古屋大学)

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
7/6 (日)	9:00~ 受付 SPring-8	9:30~ 9:50 開校式 ガイダンス	9:50 - 11:20 「講義1」 放射光発生の基礎 正木 満博 (JASRI) [普及棟]	11:20 - 12:30 昼食	12:30 - 14:00 「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～ 湯本 博勝 (JASRI) [普及棟]	14:15 - 15:45 「講義3」 X線検出器の基礎 今井 康彦 (JASRI/理化学研究所) [普及棟]	15分 集合 写真	16:00 - 17:30 参加者自己紹介 [普及棟]	17:30 移動 Check-In	18:00~ 懇親会 (Welcome Party)		
7/7 (月)	9:00 - 10:30 「講義4」 X線自由電子レーザー入門 井上 伊知郎(東京大学/理化学研究所) [普及棟]	10:30 移動	10:50-11:20 SACLA見学	11:20 - 12:30 昼食	12:30 - 14:00 「講義5」 X線イメージング 籠島 靖 (兵庫県立大学) [普及棟]	14:15 - 15:45 「講義6」 X線回折入門 高橋 功 (関西学院大学) [普及棟]	15分 15分	16:00 - 17:30 「講義7」 XAFSの基礎 田淵 雅夫 (名古屋大学) [普及棟]	17:30-18:30 夕食	18:30 - 20:30 SPring-8実験棟へ入館		
7/8 (火)	9:30 各自で 実習棟へ 移動				9:30 - 17:00 BL実習1 [集合:各実習棟]				17:00 - 18:30 SPring-8蓄積リング (放射光完全者館)見学	18:30~ 懇親会 (BBQ)		
7/9 (水)	9:30 各自で 実習棟へ 移動				9:30 - 17:00 BL実習2 [集合:各実習棟]				17:00~ 移動 閉校式 [中実習棟1階 上野記念学 講義]			

図1 第25回 SPring-8夏の学校日程表



図2 講義の様子

図2に講義の様子を示します。講義後には質疑応答も活発に行われました。なお、今回の講義4を担当された井上先生は、第11回のSPRING-8夏の学校を修了されています。

ビームライン実習は26ビームラインで行われました。実習のテーマと使用したビームラインおよび担当者（敬称略）は以下の通りです。

- 開発機構/関西学院大学)
- BL13XU : サブミクロン集光放射光ビームによる局所領域回折実験 - 隅谷 和嗣 (JASRI)
- BL14B2 : XAFS分析の基礎 - 大淵 博宣・渡辺 剛 (JASRI)
- BL17SU : 光電子顕微鏡 ~ナノ分解能で見る元素分布と磁気構造~ - 濱本 諭 (理化学研究所)・大河内 拓雄 (兵庫県立大学)
- BL19B2 : 粉末X線回折 - 大坂 恵一、仲谷 友孝 (JASRI)
- BL20B2 : 放射光X線マイクロCTを用いた3次元画像計測の基礎 - 星野 真人、安東 航太、竹田 裕介 (JASRI)
- BL22XU : X線回折法を利用した金属材料応力・ひずみ評価 - 菖蒲 敬久・富永 亜希 (日本原子力研究開発機構)
- BL25SU : 軟X線光電子分光を用いた電子状態解析 - 大槻 太毅(岡山大学)、山神 光平(JASRI)
- BL26B1 : 単結晶回折(タンパク質) - 上野 剛 (理化学研究所)・河村 高志 (JASRI)
- BL31LEP : GeV光ビームの生成と物質との相互作用 - 石川 貴嗣・水谷 圭吾・小早川 亮・桂川 仁志・田中 慎太郎・橋本 敏和(大阪大学)
- BL35XU : 核共鳴散乱前方散乱を利用した電子状態解析 - 永澤 延元・依田 芳卓 (JASRI)
- BL37XU : 走査型顕微分光法の基礎 - 新田 清文・関澤 央輝 (JASRI)
- BL38B1 : BioSAXSによるタンパク質分子の溶液構造解析 - 関口 博史・長尾 聡 (JASRI)
- BL39XU : 高エネルギー分解能蛍光X線検出X線吸収分光法による電子状態解析の基礎 - 東 晃太郎・河村 直己 (JASRI)
- BL41XU : 単結晶回折(タンパク質) - 長谷川 和也・坂井 直樹・水野 伸宏 (JASRI)
- BL43LXU : X線非弾性散乱による原子振動測定 - 石川 大介・福井 宏之・萬條 太駿 (JASRI)
- BL44XU : 単結晶回折(タンパク質) - 中川 敦史 (JASRI/大阪大学)・山下 栄樹 (大阪大学)・山口 峻英 (茨城大学)
- BL46XU : 硬X線光電子分光 - 安野 聡・Seo Okkyun・高木 康多 (JASRI)
- BL01B1 : "その場" XAFS計測 - 加藤 和男・片山 真祥 (JASRI)
- BL02B1 : 単結晶構造解析の入門 - 野上 由夫(岡山大学)・中村 唯我・一柳 光平 (JASRI)
- BL02B2 : 粉末X線構造解析の基礎 - 河口 彰吾・小林 慎太郎・森 祐紀 (JASRI)
- BL04B1 : 大容量高圧プレスによる高圧誘起相転移その場観察実験 - 肥後 祐司 (JASRI/茨城大学)・柿澤 翔・辻野 典秀 (JASRI)
- BL04B2 : 高エネルギーX線を用いたガラス・液体の構造解析 - 尾原 幸治・廣井 慧 (島根大学/JASRI)・山田 大貴・下野 聖矢(JASRI)
- BL07LSU : タイコグラフィによる軟X線顕微イメージング - 木村 隆志 (東京大学)
- BL08W : コンプトン散乱イメージング - 辻 成希、水野 勇希 (JASRI)
- BL10XU : ダイヤモンドアンビルセルを用いた高圧X線回折実験 - 門林 宏和・平尾 直久 (JASRI)
- BL11XU : 共鳴非弾性X線散乱・X線発光分光による白金微粒子酸化還元その場計測 - 石井 賢司 (量子科学技術研究開発機構/岡山大学)・松村 大樹 (日本原子力研究



図3 実習の様子

参加者は上記テーマの中から希望を考慮して決定された2テーマの実習を1日1テーマずつ実施しました(図3)。

前述の講義、実習の他、2日目にSACLAの見学とSPring-8実験ホールの見学、3日目にSPring-8蓄積リングの見学があります。普段あまり見ることのできない装置の見学ができることもSPring-8夏の学校の魅力になっています(図4)。

その他、1日目の夕方にはスライド1枚を使って1人1分で行う自己紹介の時間を設けています。また、1日目と3日目の夜には、懇親会(参加希望者のみ)も実施しています。これらは、SPring-8夏の学校に早くなじんでもらうためだけでなく、他大学の多くの学生との交流を通じて、将来的にも何らかのネットワークが形成されることも期待しています。懇親会は実費を徴収していますが、多くの学生が参加し、学生同士や講師の先生、実習担当者らと交流



図4 SPring-8蓄積リング見学の様子

を深めていました。

3. おわりに

SPring-8夏の学校は2001年度から始まり、今回で25回目を迎えました。コロナ禍も規模は縮小しましたが、開校してきました。毎回ほとんどの参加者から、「参加して良かった」との声を聞かせてもらっています。最近では毎回80名を超える参加希望者があり、これまでにのべ1,502名が参加しています。初期の参加者の中には大学で教授になっている方々もいます。また、多くの参加者が大学卒業後や大学院修了後も、大学や企業の研究者としてSPring-8を利用されています。この記事を読んで興味を持った大学院生の皆様、来年以降の参加をお待ちしています。

最後に集合写真を図5に示します。



図5 集合写真

謝辞

丁寧でわかりやすい講義をしていただいた講師の先生方、2日間熱心に指導していただいた実習担当の皆様、わかりやすい説明で参加者の興味を引きつけてくださった見学引率者の皆様、SPring 8蓄積リングの見学を実施していただいたJASRI加速器部門の方々、SACLAの見学にご尽力いただいた理化学研究所およびJASRI関係者の方々に感謝します。また、事務局として開催にご尽力いただいたJASRI事務局担当者の方々にも感謝します。

木村 滋 KIMURA Shigeru

(公財) 高輝度光科学研究センター
産学総合支援室 シニアコーディネーター
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 050-3496-8997
e-mail : kimuras@jasri.jp

第25回SPring-8 夏の学校に参加して

東京大学大学院 理学系研究科 太田 和可乃

この夏、第25回SPring-8 夏の学校に参加し、私は放射光科学の奥深さと、研究者という仕事の魅力を再認識することができました。私は、これまでは主に大学が所有する実験装置を用いた研究を行っており、放射光という世界最先端の光源を使った実験は未経験でした。しかし、将来的に自分の研究を深めていくためには、放射光という強力なツールが不可欠であると考えており、この夏の学校は、その第一歩として、放射光の基礎から応用、そして実際の利用方法までを体系的に学ぶ絶好の機会だと考え、参加を決意しました。

夏の学校における全4日間の充実したカリキュラムは、私の事前の予想を遥かに超えるものでした。前半2日間の講義では、放射光がいかにして生み出されるかという根源的な仕組みから、電子を周回させる蓄積リングの精巧な構造、多岐にわたるビームラインの機能、そして様々な種類の検出器の動作原理に至るまで、各分野の専門家から直接、体系的な説明を受けることができました。特に、これまでの研究でほとんど触れる機会がなかったX線光電子分光(XPS)や、その名前だけを知っていたX線自由電子レーザー(SACLA)といった測定法

の原理についても、その本質から理解を深められたのは、極めて大きな収穫でした。講義で得た知識は、2日目と3日目に実施された施設見学を通じてさらに深まりました。とりわけ、放射光の発生原理に関する講義を受けた直後に、SPring-8蓄積リングを自身の目で確かめられたことは、非常に感動的な体験でした。講義で紹介された最先端技術の理論が、まさにその場で実現されている様子を、知識が新鮮なうちに実物で確認できたのです。見学を通して巨大な加速器が作り出す放射光が、いかに緻密な技術と人々の管理によって成り立っているかを直接自分の目で見て感じることができ、制御室でモニターを管理する方々の姿は、世界最高峰の装置を動かすプロフェッショナルとしての姿を物語っており、これからの自身の研究生活における大きな刺激となりました。

後半2日間の主要プログラムである実習では、私はBL43LXUにてX線非弾性散乱を用いた原子振動測定を、そしてBL10XUにてダイヤモンドアンビルセルを用いた高圧X線回折実験をしました。これらの実習では、測定原理から具体的な操作方法、そして得られたデータの解析に至るまで、担当の方々から手厚い指導を受け

ながら実践的に学びました。他の参加者との協力体制で測定や課題に取り組めた点は、非常に記憶に残る経験でした。普段放射光施設を利用する機会がない私にとって、測定の合間などに、他の参加者が日常的にどのように放射光施設を使いこなしているのかを直接耳にすることもでき、貴重な情報収集の場となりました（図6）。

さらに、懇親会などの交流の場では、様々な大学や研究分野に所属する同世代の研究者たち



図6 BL実習の様子

と、研究の話からプライベートなことまで、多くのことを語り合うことができました。自分と同じように研究に情熱を傾ける同世代が全国にいることを知り、心強く感じるとともに大きな刺激をもらいました。この夏の学校で出会った人々とは、今後も連絡を取り合い、学会などで再会できることを願っています。

今回の夏の学校は、放射光科学の原理から応用までを網羅的に学ぶだけでなく、全国の若手研究者と深く交流できる、他にはない貴重な機会でした。第25回 SPring-8夏の学校を企画・運営して下さった実行委員会の皆様、わかりやすい講義をして下さった講師の皆様、そして丁寧な実習指導をして下さったビームライン担当者の皆様、SACLA実験ホール・蓄積リング内部の見学を引率して下さった皆様に、心から感謝申し上げます。今回の経験を糧に、より一層研究に邁進して参ります。本当にありがとうございました。

大学院生提案型課題（長期型）の事後評価について

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

大学院生提案型課題（長期型）は、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、2022A期から運用しています。厳正な審査を経て採択された大学院生は、博士後期課程の期間と連動するかたちで複数年の安定かつ計画的なビームタイムを確保することができます。

大学院生提案型課題（長期型）は、実施期間終了後に利用研究課題の実施結果に対して大学院生利用審査委員会による事後評価を行うこととされており、事後評価に合わせて、大学院生をエンカレッジすることを目的として、優れた成果/取り組みと行ったと認められた大学院生に対して「SPring-8大学院生課題優秀研究賞」を授与することとしています。

今回は、第12回大学院生利用審査委員会（2025年2月28日開催）において、2024B期に実施期間が終了した2022A期に採択された大学院生提案型課題（長期型）のうち2課題と、2023B期に採択された大学院生提案型課題（長期型）のうち1課題について、事後評価が行われました。

事後評価は、実験責任者である大学院生が研究課題の実施結果の発表を行った後、質疑応答を行う形で実施されました。事後評価の着眼点は、「独創的、挑戦的、意欲的な研究成果であること」、「実験責任者として、研究立案、遂行を主体的に行ったこと」、「優れた成果/取り組みと認められること」とされています。質疑応答においては、育成の観点も含めた様々な視点で質問がなされるなど、大学院生利用審査委員会が大学院生に求める水準が非常に高いと感じられる場面もありましたが、総じて独創的で挑戦的な課題を遂行し、優れた博士論文が創出されたと評価されました。また、この評価結果を受け、各課題の実験責任者である原武史氏、森悠一郎氏、夏井文凜氏の3名には、公益財団法人高輝度光科学研究センターより「SPring-8大学院生課題優秀研究賞」

が授与されました。

以下に各課題の評価結果を示します。研究内容については本誌の「最近の研究から」に実験責任者による紹介記事を掲載しています。

課題名	強相関分子性導体の物性解明を目指した価電子密度解析手法の確立
実験責任者（所属）	原武史（名古屋大学）
採択時課題番号	2022A0304
ビームライン	BL02B1
利用時間/配分総シフト	2022A～2024B/72シフト

[評価結果]

コア差フーリエ合成法は、実験的に価電子密度分布を可視化する手法として注目されている。本研究課題では、強相関分子性導体の物性を価電子密度分布の解析によって明らかにすることを目指し、この手法を発展させる試みとして放射光結晶回折実験の高精度測定ならびに量子化学計算を導入した電子密度分布解析の高度化が実施された。

申請時の評価では、コア差フーリエ合成法は概ね完成しており、技術的な挑戦でなく単なる適用に終わるのでは、という審査員の懸念があった。しかし、課題実施初期に適用試料の測定データ取得において技術的な困難に直面した。具体的には、原子の熱振動による分解能低下やピクセルアレイ検出器による回折強度測定精度の問題である。これらの問題を、低温測定環境整備による振動の抑制や、数え落としの問題を回避するための測定法およびデータ解析法の導入によって克服した。その結果、軽元素のみからなる有機低分子である glycine および cytidine の結晶構造において、価電子密度の可視化に成功した。

特筆すべき点として、この解析でノードの検出が

可能となるほどの精密な密度分布を明らかにしたことが挙げられる。この結果は、量子化学計算と直接比較が可能となるレベルの実験結果が取得できたことといえ、高く評価できる。一方、手法の高度化に時間を要したため、当初の計画の到達点は変更せざるを得ず、課題名にある強相関分子性導体等の機能性分子材料結晶に関する解析の詳細は述べられていない。しかし、機能性分子材料結晶の解析にも着手しており、将来の展開が期待できる。

以上の点から、本課題の実験責任者である原氏には研究者としての資質が強く感じられ、放射光科学、物性科学における今後のさらなる活躍が期待される。また、定期的にSPring-8の利用機会を確保できる長期課題の利点を有効に活用した成果と言える。

[成果リスト]

(査読付き論文)

- [1] SPring-8 publication ID = 48734
原武史: “Research on Molecular Crystals by Precise Valence Electron Density Analysis Using Synchrotron X-ray Diffraction”
名古屋大学博士論文
- [2] SPring-8 publication ID = 47317
T. Hara *et al.*: “Pseudo-one-dimensional Ribbon Chain Cluster Realized under High Pressure in 1 [itlc] T [/itlc] – VSe[sbsc]2[/sbsc]” *Physical Review B* **110** No2. (2024) L020103
- [3] SPring-8 publication ID = 47995
T. Hara *et al.*: “Diffuse Scattering and Low-Temperature Crystal Structure of τ -Type Molecular Conductor” *Journal of the Physical Society of Japan* **94** No2. (2025) 024602
- [4] SPring-8 publication ID = 48411
T. Hara *et al.*: “Unveiling the Nature of Chemical Bonds in Real Space” *Journal of the American Chemical Society* **146** No34. (2024) 23825-23830
- [5] SPring-8 publication ID = 45510
N. Katayama and T. Hara *et al.*: “Observation of Local Atomic Displacements Intrinsic to the Double Zigzag Chain Structure of 1 [itlc] T [/itlc] – [itlc] M [/itlc] Te [sbsc] 2 [/sbsc] ([itlc] M [/itlc]

= V, Nb, Ta)” *Physical Review B* **107** No24. (2023) 245113

課題名	地球核の組成解明を目指したFe-H-Si三成分系の相図の推定並びに水素誘起体積膨張係数の決定
実験責任者 (所属)	森悠一郎 (東京大学)
採択時課題番号	2022A0314
ビームライン	BL04B1
利用時間/配分総シフト	2022A~2024B/54シフト

[評価結果]

当初の目的は、地球に多量に存在する元素である水素、ケイ素が地球核の主成分である鉄に入った際の密度変化を調べる事で、地球形成過程などに繋がる情報を得ようとする課題であった。実施段階で試料側の相共存による困難のため三元の相関係を探る方向は早期にあきらめ、もう一つの主題であった水素による体積膨張係数の決定に集中して課題を実施した。水素の固溶による鉄の格子定数の増大は、少量のケイ素を固溶させた際に顕著になり、地球核中の水素濃度に関する従来の見積りに対して見直しを迫るような知見を与えたことは評価に値する。

地球惑星科学の観点では重要な成果を挙げたと評価できるが、鉄の水素誘起体積膨張に関する温度・圧力・磁歪・組成効果の研究においては、物性物理学的な観点からの議論が求められる。体積変化の背景にある物理的な起源についての検討が、水素化・磁歪両方において不十分であった点はやや残念であった。

今後、更に物理的な検討を進め、一層の成果を期待したい。

[成果リスト]

(査読付き論文)

- [1] SPring-8 publication ID = 48739
森悠一郎: “Effects of Hydrogen on Elastic Properties of the Deep Earth’s Materials”
東京大学博士論文
- [2] SPring-8 publication ID = 46868

Y. Mori *et al.*: “Hydrogenation of Silicon-bearing Hexagonal Close-packed Iron and its Implications for Density Deficits in the Inner Core” *Earth and Planetary Science Letters* **634** (2024) 118673

[3] SPring-8 publication ID = 48067

Y. Mori *et al.*: “Unusual Thermal Expansion and Curie Temperature Variation in dhcp-iron Hydride under High Pressure” *arXiv* (2025) 2501.08937

課題名	大規模S波低速度領域の結晶方位選択配向発達の理解へ向けたLLSVP構成候補鉱物の下部マントル圧力条件下での高温高压大歪変形実験
実験責任者（所属）	夏井文凜（東京科学大学）
採択時課題番号	2023B0312
ビームライン	BL10XU/BL47XU
利用時間/配分総シフト	2023B~2024B/36シフト

[評価結果]

本課題は、地球下部マントルの大規模S波低速度領域（LLSVP）の構成候補鉱物について、高压下での変形による結晶方位選択配向の発達と地震波異方性との関連、ならびに鉄のスピン転移が変形特性へ与える影響の解明を目的として実施された。SPring-8においては、回転式ダイヤモンドアンビルセル（rDAC）を用いてフェロペリクレース [(Mg, Fe)O] およびブリッジマナイト [(Mg, Fe, Al)SiO₃] のX線回折測定が行われた。rDACにより地球の最下部マントルの高温高压環境を再現するとともに試料に剪断応力を印加し、変形中の鉱物のその場観察に成功している。課題申請の段階では技術的課題となっていた高温での測定も実現しており、課題を解決しながら計画された実験を着実に行った点が特に高く評価された。実験結果は、下部マントルで支配的な結晶面すべり系について貴重な知見を与えるもので、地球科学研究において重要な成果である。

一連の実験で貴重なデータが得られているので、解析と結果の解釈についても、さらなる検討と発展を期待したい。複雑な応力環境の影響も考慮して結果を整理することで、得られた実験結果とLLSVP

との関連について考察がさらに進むと思われる。また、そういった考察の結果、より適切な実験条件の探索や装置の改善点など、今後の研究を進展させるための課題が明確になるとと思われる。

上記のように今後に向けた課題は残っているものの、申請者はrDACを用いた独創的で挑戦的な研究を主体的に行い、地球科学的に重要なデータを得ることに成功した。したがって、研究目的は達成され、十分な研究成果があったと評価された。

[成果リスト]

(査読付き論文)

[1] SPring-8 publication ID = 48746

夏井文凜: “Large-strain deformation experiments on the Earth’s lower mantle minerals in situ at high pressure–temperature conditions: Towards understanding the origin of seismic anisotropy in Large Low Shear Velocity Provinces”
東京科学大学博士論文

[2] SPring-8 publication ID = 48688

B. Natsui *et al.*: “Crystallographic Preferred Orientation of (Mg,Fe) O up to 125 GPa Inferred from Torsional Deformation Experiments using a Rotational Diamond Anvil Cell” *Physics of the Earth and Planetary Interiors* **366** (2025) 107392



写真1 右から、JASRI 両宮慶幸 理事長、原武史 氏、JASRI 中村唯我 研究員 (BL02B1 担当)、久保田康成 利用推進部長、JASRI 井上哲也 常務理事。なお、都合により、森 氏、夏井 氏については直接授与することが叶わず、賞状とクリスタルを送付しています。

最近 SPring-8、SACLA または NanoTerasu から発表された成果リスト

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、SACLA または NanoTerasu において実施された研究課題等の成果が公表された場合は JASRI の成果登録データベースに登録していただくことになっており、その内容は以下の URL (SPring-8 論文データベース検索ページ) で検索できます。

http://www.spring8.or.jp/ja/science/publication_database/

このデータベースに登録された原著論文の内、2025年4月～2025年6月に登録されたものを以下に紹介します。論文の情報(主著者、巻、発行年、ページ、タイトル)に加え、データベースの登録番号(研究成果番号)を掲載していますので、詳細は上記検索ページの検索結果画面でご覧いただくことができます。また実施された課題の情報(課題番号、ビームライン、実験責任者名)も掲載しています。課題番号は最初の4文字が「year」、次の1文字が「term」、後ろの4文字が「proposal no.」となっていますので、この情報から以下の URL で公表している、各課題の英文利用報告書(SPring-8 User Experiment Report)を探してご覧いただくことができます。

http://www.spring8.or.jp/ja/news_publications/publications/user_exp_report/

今後も利用者情報には発行月の2ヶ月前の月末締めで、前号掲載分以降に登録された論文情報を掲載していく予定です。なお、データベースは毎日更新されていますので、最新情報は SPring-8 論文データベース検索ページでご確認ください。なお、実験責任者のかたには、成果が公表されましたら速やかに登録いただきますようお願いいたします。

SPring-8 研究成果登録データベースに2025年4月～6月に登録された論文が掲載された主な雑誌と掲載論文数

掲載雑誌	登録論文数	掲載雑誌	登録論文数
Physical Review B	12	Scientific Reports	5
Journal of the American Chemical Society	11	Angewandte Chemie International Edition	4
ACS Catalysis	9	Applied Physics Letters	4
Nature Communications	9	Communications Materials	4
ACS Applied Materials & Interfaces	5	Electrochemistry	4
Chemistry of Materials	5	The Journal of Physical Chemistry C	4
Japanese Journal of Applied Physics	5	Journal of Physics: Conference Series	4
The Journal of Physical Chemistry Letters	5	Pediatric Research	4

他全171誌、計313報

(注意) グループ課題として設定されている課題群については、その論文がグループ課題の中の複数の課題の成果である場合でも、代表課題となっている課題番号のみ表示しています。グループ課題に複数のビームラインの課題が含まれる場合、代表課題が複数のビームラインで実施されたように表示されています。

課題の成果として登録された論文

Physical Review B

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48274	Xuan Liang	111 (2025) 094432	2023B1676	BL02B2	山浦 一成	Ca ₂ CuWO ₆ : A Triclinically Distorted Double Perovskite with Low-dimensional Magnetic Behavior
			2024B1825	BL02B2	Belik Alexei	
48297	Daisuke Takegami	111 (2025) 165101	2024A4250	BL12XU	武上 大介	Valence, Charge Transfer, and Orbital-dependent Correlation in Bilayer Nickelates Nd ₃ Ni ₂ O ₇
			2023B4255	BL12XU	武上 大介	
48371	Kazuki Sumida	108 (2023) L241101	2021A3811	BL23SU	藤森 伸一	Role of on-site Coulomb Interactions in the Half-metallic Weyl Ferromagnet Candidate Thin-film Co ₂ FeSi
			2022A3811	BL23SU	藤森 伸一	
48372	Kazuki Sumida	106 (2022) 195421	2021A3811	BL23SU	藤森 伸一	Formation of Monolayer V ₅ Se ₈ from Multilayer VSe ₂ Films via V- and Se-desorption
48443	Taisei Kubo	109 (2024) 104115	2022B1570	BL19B2	片山 尚幸	Metastable Ordered States Induced by Low-temperature Annealing of δ - Ag _{2/3} V ₂ O ₅
			2022B1130	BL04B2	片山 尚幸	
			2023A1110	BL04B2	片山 尚幸	
			2023A1869	BL02B2	片山 尚幸	
48474	Takeo Ohsawa	111 (2025) 165153	2014B4604	BL15XU	大澤 健男	Changes in the Electronic Structure of BaTiO ₃ Due to Ferroelectric Phase Transition Investigated via Polarization-Dependent Hard X-ray Photoemission Spectroscopy
			2015A4603	BL15XU	大澤 健男	
			2015B4604	BL15XU	大澤 健男	
			2016B4603	BL15XU	大澤 健男	
			2019A4602	BL15XU	大澤 健男	
2019B4603	BL15XU	大澤 健男				
48506	Ikuto Kawasaki	105 (2022) 195122	2020A3811	BL23SU	藤森 伸一	Evolution of the Electronic Structure and Correlations Accompanied by Suppression of Itinerant Ferromagnetism in Sr _{1-x} (La _{0.5} K _{0.5}) _x RuO ₃
48600	Daisuke Takegami	111 (2025) 195155	2024B4261	BL12XU	武上 大介	Experimental Determination of Tetramer Molecular Orbital States in Lacunar Spinel GaNb ₄ Se ₈ via Hard X-ray Photoemission Spectroscopy
48606	Daiki Ootsuki	111 (2025) 235107	2015B1462	BL47XU	吉田 鉄平	Investigating the Insulator-metal Transition in Ca ₂ RuO ₄ via Temperature and Electric Current: Insights from Hard X-ray Photoemission Spectroscopy
			2016A1652	BL47XU	柴田 大輔	
			2016B1695	BL47XU	柴田 大輔	
			2017B1718	BL47XU	柴田 大輔	
			2018A1656	BL09XU	柴田 大輔	
			2018A7571	BL07LSU	吉田 鉄平	
			2018A7572	BL07LSU	吉田 鉄平	
			2018B1692	BL09XU	柴田 大輔	
			2019A1587	BL47XU	吉田 鉄平	
			2019A7598	BL07LSU	吉田 鉄平	
2019B1467	BL47XU	吉田 鉄平				
2020A1318	BL47XU	吉田 鉄平				
48612	Yukako Fujishiro	110 (2024) L220401	2023A1438	BL10XU	藤代 有絵子	Pressure-induced Quantum Melting of Chiral Spin Order and Subsequent Transition to a Degenerate Semiconductor State in FeGe
48646	Nathan Giles-Donovan	111 (2025) 224103	2023B1501	BL35XU	Giles-Donovan Nathan	First-order Preemptive Ising-nematic Transition in K ₅ Fe ₄ Ag ₆ Te ₁₀
48728	Tsubasa Ohashi	111 (2025) 224114	2023B1921	BL02B1	小島 慶太	Reexamination of the Charge-ordered Dimer Pattern in the Spinel Compound CuL ₂ S ₄ using Single-crystal Synchrotron X-ray Diffraction
			2022A1098	BL04B2	片山 尚幸	
			2022B1130	BL04B2	片山 尚幸	
			2023A1110	BL04B2	片山 尚幸	
			2023A1869	BL02B2	片山 尚幸	
			2023B0304	BL02B1	原 武史	
			2023B1114	BL10XU	片山 尚幸	
			2023B1147	BL04B2	片山 尚幸	
			2024A1151	BL10XU	片山 尚幸	
2024A1704	BL02B1	片山 尚幸				

Journal of the American Chemical Society

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48309	Sota Oguma	147 (2025) 9098-9102	2023B2549	BL41XU	佐藤 宗太	Helical Sense Control of Metal-Peptide Torus Frameworks Leading to the Folding and Assembly of a Ag ₂₁ L ₁₄ Braided Peptide Nanotube
48335	Shunsuke Kitou	147 (2025) 13642-13648	2022A0304	BL02B1	原 武史	Piezoelectric Transition in a Nonpyroelectric Gyroidal Metal-Organic Framework
48384	Jie Zhang	147 (2025) 12644-12651	2023B1575	BL02B2	Pan Zhao	Realization of Intrinsic Colossal Magnetoresistance in Pb(Pb _{1/3} Hg _{2/3}) ₂ Mn ₄ O ₁₂ : An A Site-Ordered Quadruple Perovskite Oxide
48411	Takeshi Hara	146 (2024) 23825-23830	2019A0070	BL02B1	澤 博	Unveiling the Nature of Chemical Bonds in Real Space
			2022A0304	BL02B1	原 武史	
48481	Jonas Ruby Sandemann	145 (2023) 21053-21065	2014A0078	BL02B1	Iversen Bo	Benchmark Crystal Structure of Defect-Free Spinel ZnFe ₂ O ₄
			2022B0508	BL02B1	Iversen Bo	
			理研	BL44B2		
48519	Po-Hsun Wang	147 (2025) 16084-16098	2022B8038	BL2	山元 淳平	Redox-State-Dependent Structural Changes within a Prokaryotic 6-4 Photolyase
48532	Peipei Xiao	146 (2024) 31969-31981	2023A1738	BL01B1	大須賀 遼太	Revealing Active Sites and Reaction Pathways in Direct Oxidation of Methane over Fe-Containing CHA Zeolites Affected by the Al Arrangement
			2022B1784	BL01B1	西堀 麻衣子	
48553	Qiaoling Fan	146 (2024) 30349-30360	2023B8059	BL3	Schriber Elyse	Nucleophilic Displacement Reactions of Silver-Based Metal-Organic Chalcogenolates
			2024A8043	BL2	Hohman James	
48658	Masaya Fujioka	146 (2024) 34324-34332	2022B3682	BL14B1	藤岡 正弥	Hydrogen-Assisted Mg Intercalation into 2H-TaS ₂
			2023A3682	BL14B1	藤岡 正弥	
48684	Zhu Bing	147 (2025) 11250-11256	2023A3626	BL14B1	Wu Dongshuang	Stabilizing the Unstable: Enhancing OER Durability with 3d-Orbital Transition Metal Multielemental Alloy Nanoparticles by Atomically Dispersed 4d-Orbital Pd for a 100-Fold Extended Lifetime
			2023B3626	BL14B1	Wu Dongshuang	
			2022A1780	BL46XU	Seo Okkyun	
			2022B1601	BL46XU	Seo Okkyun	
			2023A1892	BL46XU	Seo Okkyun	
			2023B1840	BL46XU	Seo Okkyun	
48730	Satoshi Yoshida	147 (2025) 23917-23922	2023B2053	BL09XU	Wu Dongshuang	Micro Crystalline Sponge Method Combined with Small-Wedge Synchrotron Crystallography for Nanogram Scale Molecular Structure Elucidation
			2020A0747	BL45XU	佐藤 宗太	
			2021A1315	BL45XU	佐藤 宗太	
			2021B1517	BL45XU	佐藤 宗太	
			2021B2556	BL41XU	佐藤 宗太	
			2022A1572	BL45XU	佐藤 宗太	
			2022B1320	BL45XU	佐藤 宗太	
			2022B2546	BL41XU	佐藤 宗太	
			2023A1419	BL45XU	佐藤 宗太	
			2023B1367	BL45XU	佐藤 宗太	
			2023B2549	BL41XU	佐藤 宗太	
			2024A1262	BL45XU	佐藤 宗太	
2024B1448	BL45XU	佐藤 宗太				
2024B2545	BL41XU	佐藤 宗太				

ACS Catalysis-1

48435	Keita Omura	12 (2022) 11108-11117	2021A2759	BL45XU	杉本 宏	A P450 Harboring Manganese Protoporphyrin IX Generates a Manganese Analogue of Compound I by Activating Dioxygen
48475	Junya Ohyama	15 (2025) 697-705	2024B1225	BL39XU	大山 順也	ABO ₄ as an Active Catalyst Structure for Direct Partial CH ₄ Oxidation as Identified through Screening of Supported Catalysts
48476	Mizuki Sato	15 (2025) 6466-6472	2022B4253	BL12XU	大山 順也	Rh K-Edge High-Energy-Resolution Fluorescence-Detected X-ray Absorption Near-Edge Structure Spectroscopy Reveals Deactivated RhAlO _x Structure in Aged Rh/γ-Al ₂ O ₃ Catalyst
			2022A4256	BL12XU	大山 順也	
			2023A4263	BL12XU	大山 順也	
48477	Zhiqing Feng	14 (2024) 7416-7425	2022A1020	BL39XU	今井 英人	Structural Effects of FeN ₄ Active Sites Surrounded by Fourteen-Membered Ring Ligands on Oxygen Reduction Reaction Activity and Durability

ACS Catalysis-2

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48497	Masaru Kato	15 (2025) 7710-7719	2021A3736	BL22XU	八木 一三	Electrocatalytic Nitrous Oxide Reduction Reaction at Sn-Modified Pd–Pt Single Crystalline Electrodes in Acidic Media
			2021B3736	BL22XU	八木 一三	
			2022A3736	BL22XU	八木 一三	
			2022B3736	BL22XU	八木 一三	
2023A3736	BL22XU	八木 一三				
48594	Kohsuke Mori	14 (2024) 18861-18871	2023A1668	BL01B1	森 浩亮	Heterogeneous Tandem Catalysis Strategy for Additive-Free CO ₂ Hydrogenation into Formic Acid in Water: Crystal Plane Effect of Co ₃ O ₄ Cocatalyst
			2023B1805	BL01B1	森 浩亮	
48597	Hiroko Ariga-Miwa	15 (2025) 9856-9869	2018B7801	BL36XU	岩澤 康裕	Cyclic Voltammetry–Synchronized Operando HERFD-XANES and RIXS Analyses of Adsorbed Structures and Bonding States of Active Oxygen Species on Pt Nanoparticle Electrocatalysts in PEFC
			2019A7803	BL36XU	岩澤 康裕	
			2019B7803	BL36XU	岩澤 康裕	
48628	Peipei Xiao	14 (2024) 17434-17444	2022B1784	BL01B1	西堀 麻衣子	Roles of Acidic Proton for Fe-Containing Zeolite in Direct Oxidation of Methane
			2023A1738	BL01B1	大須賀 遼太	
48631	Peipei Xiao	13 (2023) 16168-16178	2022B1784	BL01B1	西堀 麻衣子	One-Pot Synthesized Fe-AEI Zeolite Catalysts Contribute to Direct Oxidation of Methane

Nature Communications

48278	Ziyang Yuan	16 (2025) 3096	2020A1101	BL09XU	Kong Xiangjin	Nuclear Phase Retrieval Spectroscopy using Resonant X-ray Scattering
			2021B1522	BL35XU	Kong Xiangjin	
48410	Xubin Ye	16 (2025) 3746	2023B1575	BL02B2	Pan Zhao	High-temperature Ferrimagnetic Order Triggered Metal-to-Insulator Transition in CaCu ₃ Ni ₂ Os ₂ O ₁₂
			2024A1506	BL02B2	Pan Zhao	
48461	Longjian Xie	16 (2025) 3239	2023A1109	BL04B1	Xie Longjian	Low Melt Viscosity Enables Melt Doublets above the 410-km Discontinuity
			2024A1175	BL04B1	Xie Longjian	
48473	Dan Kozome	15 (2024) 3227	2022A2769	BL45XU	神初 弾	Remote Loop Evolution Reveals a Complex Biological Function for Chitinase Enzymes beyond the Active Site
			2022A2769	BL41XU	神初 弾	
48491	Haoyue Li	16 (2025) 257	2022B0528	BL14B2	Yan Ning	Chemical Looping Synthesis of Amines from N ₂ via Iron Nitride as a Mediator
			2023A1533	BL01B1	Yan Ning	
48555	Basudev Maity	15 (2024) 5518	2019A8052	BL2	岩田 想	Real-time Observation of a Metal Complex-driven Reaction Intermediate using a Porous Protein Crystal and Serial Femtosecond Crystallography
			2019B8029	BL2	岩田 想	
			2019B8053	BL2	上野 隆史	
			2020A8034	BL2	上野 隆史	
			2021B8024	BL2	上野 隆史	
			2022B8005	BL2	上野 隆史	
2023B8003	BL2	Wang Jianguyun				
2023B8062	BL2	上野 隆史				
48562	Sharon Berkowicz	15 (2024) 10610	2022B8033	BL3	Perakis Foivos	Supercritical Density Fluctuations and Structural Heterogeneity in Supercooled Water-glycerol Microdroplets
48593	Hyojin Kim	16 (2025) 2697	2022B1807	BL01B1	森 浩亮	Layered Na ₂ Ti ₃ O ₇ -supported Ru Catalyst for Ambient CO ₂ Methanation
			2023A1668	BL01B1	森 浩亮	

ACS Applied Materials & Interfaces

48300	Mohammad Kassem	17 (2025) 17075-17095	2022B1471	BL04B2	Bychkov Evgeny	Atomic Structure, Dynamics, Changes in Chemical Bonding and Semiconductor-Metal Transition in Sb ₂ Se ₃ : A Remarkable Material for Quantum Networks and Energy Applications
			2023B1475	BL04B2	Bychkov Evgeny	
48455	Morino Yusuke	17 (2025) 23786-23794	2024A1048	BL20XU	越谷 直樹	In-Situ Internal Observation of Silicon Composite Anode in All-Solid-State Battery Using X-ray CT
48464	Takehiro Yamada	17 (2025) 25267-25277	2023A1676	BL01B1	桑原 泰隆	Contiguous Mo Species and SMSI Effect in MoO _x Reinforce Catalytic Performance in Reverse Water-Gas Shift Reaction
			2024B1857	BL01B1	桑原 泰隆	
48601	Minori Saito	16 (2024) 67545-67552	2022B1252	BL37XU	井口 翔之	Electro-Epoxidation of Propylene in the Gas Phase with Solid-Polymer-Electrolyte Water Electrolysis
48620	Yusei Matsumura	17 (2025) 20261-20269	2022B1934	BL19B2	高島 義徳	Light Stimuli-Responsive Degradable and Tough Polymeric Materials with Movable Cross-Links
			2023A1329	BL40B2	小西 隆士	
			2023A1286	BL40B2	小西 隆士	
			2023B1407	BL40B2	小西 隆士	

Chemistry of Materials

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48357	Qiumin Liu	37 (2025) 3305-3310	2022A1312	BL09XU	東 正樹	Colossal Thermal Expansion in Ca-Substituted PbCrO ₃
			2024A1037	BL13XU	東 正樹	
			2024A1549	BL02B2	西久保 匠	
			2024A1798	BL09XU	劉 丘民	
48398	Takeshi Uyama	37 (2025) 3327-3342	2019A7034	BL33XU	野中 敬正	Role of Chloride Ions in the Heat Treatment of β -FeOOH(Cl) Catalysts to Enhance the Oxygen Evolution Reaction Activity
			2023B7038	BL33XU	坂本 直柔	
48424	Duyen K. Tran	34 (2022) 9644-9655	2018A1744	BL46XU	小金澤 智之	Unified Understanding of Molecular Weight Dependence of Electron Transport in Naphthalene Diimide-Based n-Type Semiconducting Polymers
			2018B1772	BL46XU	小金澤 智之	
			2021B1947	BL46XU	小金澤 智之	
			2022A2063	BL19B2	小金澤 智之	
48545	Toshiki Higashino	36 (2024) 848-859	2021B8018	BL3	米倉 功治	Effects of Thiophene-Fused Isomer on High-Layered Crystallinity in π -Extended and Alkylated Organic Semiconductors

Japanese Journal of Applied Physics

48304	Shinya Tsukada	62 (2023) 106501	2019A3761	BL22XU	大和田 謙二	Temperature-gradient Investigation of Phase Transitions in Ferroelectrics using Cooling and Heating Stage
48320	Kenji Ohwada	63 (2024) 09SP15	2023B3761	BL22XU	大和田 謙二	Observation of Ferroelectric Domains in BaTiO ₃ by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction Topography
			2024A3761	BL22XU	大和田 謙二	
48478	Kayoko Sakaguchi	63 (2024) 08SP14	2022B1598	BL13XU	黒岩 芳弘	Two Types of Cubic Components Coexisting in the Paraelectric Phase of Relaxor Ferroelectric Pb(Mg _{1/3} Nb _{2/3})O ₃ Revealed by Synchrotron Radiation X-ray Diffraction
			2023A1499	BL13XU	黒岩 芳弘	
			2023B1611	BL13XU	黒岩 芳弘	
			2023B1938	BL13XU	黒岩 芳弘	
			2024A1707	BL13XU	黒岩 芳弘	
48533	Masaki Nakamura	64 (2025) 055505	2023A3231	BL24XU	住田 弘祐	In situ Formation and Characterization of Oxygen vacancies in SnO ₂ and WO ₃ in Near-ambient Pressure Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy
			2023B3231	BL24XU	住田 弘祐	
48622	Tomoyuki Horikawa	64 (2025) 045502	2015B3265	BL24XU	堀川 智之	Analyses of Oxygen Precipitates in CZ-Si by X-ray Diffuse Scattering using Parallel X-ray Beam
			2016A3265	BL24XU	堀川 智之	
			2017B3265	BL24XU	堀川 智之	

The Journal of Physical Chemistry Letters

48512	Hiroyuki S. Kato	15 (2024) 10769-10776	2019A3832	BL23SU	垣内 拓大	Electron Transfer Capability in Atomic Hydrogen Reactions for Imidazole Groups Bound to the Insulating Alkanethiolate Layer on Au(111)
			2019B3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2021A3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2022A3801	BL23SU	吉越 章隆	
48514	Takuya Kurihara	16 (2025) 4683-4688	2022B1836	BL02B2	栗原 拓也	Determination of Locations and Dynamics of Adsorbed CO ₂ in MIL-53(Al) Using Solid-State Nuclear Magnetic Resonance Analysis and Theoretical Calculations
48575	Isabel Bogacz	16 (2025) 3778-3787	2023B8068	BL3	Yano Junko	X-Ray Absorption Spectroscopy of Dilute Metalloenzymes at X-Ray Free-Electron Lasers in a Shot-by-Shot Mode
48641	Yohei Uemura	16 (2025) 6138-6145	2022A8063	BL3	上村 洋平	Electronic and Structural Relaxation of Photoexcited WO ₃ Observed by Femtosecond Resonant X-ray Emission Spectra
48651	Keke Chai	16 (2025) 5091-5100	2022A1402	BL40B2	真田 雄介	Z-Bonds in Choline Chloride/Water Deep Eutectic Solvent: X-ray/Neutron Scattering and Density Functional Theory Calculations
			2023B1478	BL40B2	真田 雄介	

Scientific Reports

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48276	Hung-Yu Wu	15 (2025) 7666	2024A4132	BL12B2	Kao Li-Cheng	Potential Geological Risks from Mud Diatremes in the Orogen Regime of Southwestern Taiwan
48440	Julia Kitadokoro	15 (2025) 11876	2021B6700	BL44XU	中川 敦史	Structural Analysis Shows the Mode of Inhibition for <i>Staphylococcus aureus</i> Lipase by Antipsychotic Penfluridol
			2022A6700	BL44XU	中川 敦史	
			2022B6700	BL44XU	中川 敦史	
			2023A6700	BL44XU	中川 敦史	
			2023B6700	BL44XU	中川 敦史	
			2019A6912	BL44XU	北所 健悟	
			2019B6912	BL44XU	北所 健悟	
			2020A6512	BL44XU	北所 健悟	
			2021A6611	BL44XU	北所 健悟	
			2021B6611	BL44XU	北所 健悟	
			2022A6710	BL44XU	北所 健悟	
			2022B6710	BL44XU	北所 健悟	
2023A6809	BL44XU	北所 健悟				
2024A6908	BL44XU	北所 健悟				
48458	Ryota Takeda	14 (2024) 22832	2021A2753	BL41XU	竹田 一旗	Structural Characterization of Green Fluorescent Protein in the I-state
			2022B2555	BL41XU	竹田 一旗	
48482	Yajun Li	15 (2025) 8366	2022B1735	BL25SU	片岡 範行	Local-structure Insight into the Improved Superconducting Properties of Pb-substituted La(O, F) BiS ₂ : a Photoelectron Holography Study
			2022A1362	BL25SU	横谷 尚睦	
			2022A3845	BL23SU	横谷 尚睦	
			2021B3845	BL23SU	横谷 尚睦	
2021B1027	BL25SU	横谷 尚睦				
48508	Keisuke Omosako	15 (2025) 14477	2022B1844	BL14B2	神野 伊策	In-situ XAFS Measurements of Amorphous Li ₃ PO ₄ -doped V ₂ O ₅ Cathode for All-solid-state Thin-film Li-ion Batteries

Angewandte Chemie International Edition

48325	Taito Hashimoto	64 (2025) e202419992	2023A1264	BL40XU	久木 一朗	Single Crystalline, Non-Stoichiometric Hydrogen-Bonded Organic Frameworks Showing Versatile Fluorescence Depending on Composition Ratios and Distributions
			2024A1208	BL40XU	久木 一朗	
			2024B1717	BL40XU	橋本 泰利	
48348	Jiali Wang	63 (2024) e202403333	2024B4126	BL12B2	Tung Ching-wei	Light-Induced Dynamic Activation of Copper/Silicon Interface for Highly Selective Carbon Dioxide Reduction
			2024B4253	BL12XU	Tung Ching-wei	
48460	Min Fey Chek	64 (2025) e202504626	2019A2516	BL41XU	森 智行	Structures of Polyhydroxyalkanoate Synthase PhaC from <i>Aeromonas caviae</i> , Producing Biodegradable Plastics
			2019A6955	BL44XU	森 智行	
			2019B2727	BL41XU	Chek Min Fey	
			2019B6955	BL44XU	森 智行	
			2020A2559	BL45XU	Chek Min Fey	
			2021B2520	BL45XU	Chek Min Fey	
			2022A2721	BL45XU	Chek Min Fey	
			2023B2757	BL45XU	Chek Min Fey	
			2024B2538	BL45XU	Chek Min Fey	
			2018A2503	BL32XU	森 智行	
			2018A2529	BL41XU	村瀬 浩司	
			2018A2540	BL41XU	平野 良憲	
			2018A6855	BL44XU	森 智行	
2018B6855	BL44XU	森 智行				
2019A2576	BL45XU	平野 良憲				
48483	Julien Mahin	64 (2025) e202502552	2023A1739	BL01B1	北川 宏	All Iron-Group and Platinum-Group Elements Metal High-Entropy Alloy Nanoparticles
			2022B0509	BL01B1	草田 康平	
			2024A1755	BL13XU	北川 宏	

Applied Physics Letters

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48378	Kohdai Inagaki	124 (2024) 021602	2022A3841	BL23SU	小林 正起	Allotropic Transition of Dirac Semimetal α -Sn to Superconductor β -Sn Induced by Focused-ion-beam Irradiation
48447	Takuya Minowa	126 (2025) 072103	2024A1797	BL46XU	伊藤 佑太	Evaluation of Bias-dependent Band Structure Changes in Metal-oxide-semiconductor Structures with Varying Doping Concentrations using Laboratory Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy
48685	Goro Shibata	126 (2025) 241902	2018A1013	BL09XU	齋藤 智彦	Hard X-ray Photoemission Study of Bulk Single-crystalline InGaZnO ₄
			2018B1049	BL47XU	大川 万里生	
			2018B1025	BL09XU	齋藤 智彦	
			2019A1433	BL47XU	大川 万里生	
			2019B1013	BL09XU	齋藤 智彦	
			2020A1258	BL09XU	齋藤 智彦	
			2020A1008	BL09XU	齋藤 智彦	
			2021A1415	BL47XU	齋藤 智彦	
48693	Haruka Matsumoto	126 (2025) 253903	2024B2007	BL02B2	小島 慶太	Cubic ReSTe as a High-performance Thermoelectric Material
			2024A1528	BL13XU	片山 尚幸	

Communications Materials

48275	Mohamed Oudar	6 (2025) 58	2022B4256	BL12XU	武上 大介	Charge-entropy-stabilized Selenide Ag _x Sn _{1-x} Se
			2023A4250	BL12XU	武上 大介	
48280	Yan Chong	6 (2025) 50	2022A1007	BL13XU	辻 伸泰	Mechanistic Origin of Grain Size and Oxygen Interstitial Effects on Strain-induced α'' Martensitic Transformation in Ti-12Mo Alloy
48414	Takeshi Sakai	6 (2025) 68	2018B1380	BL10XU	境 毅	The Equations of State of Nine Materials up to 0.43 TPa for Extreme Pressure Science
			2019B1521	BL37XU	石松 直樹	
			2019B1528	BL37XU	境 毅	
			2020A1510	BL10XU	境 毅	
			2020A1560	BL37XU	境 毅	
			2021A1532	BL10XU	境 毅	
48613	Takeshi Nakagawa	6 (2025) 98	2023A4139	BL12B2	中川 剛志	Narrowing Band Gap Chemically and Physically: Conductive Dense Hydrocarbon

Electrochemistry

48615	Yasushi Idemoto	93 (2025) 063005	2023B2051	BL19B2	井手本 康	Cathode Properties, Average and Electronic Structures of α Li ₂ MnO ₃ -(1- α)Li(Mn _{10/24} Ni _{7/24} Co _{7/24})O ₂ in Li-ion Batteries with TiNb ₂ O ₇ Anode
			2024B1607	BL19B2	井手本 康	
			2023A1699	BL19B2	井手本 康	
48636	Aika Takezawa	93 (2025) 067004	2022A1019	BL37XU	今井 英人	Operando X-ray Fluorescence Analysis of Through-plane Cerium Ion Radical Quencher Migration in Polymer Electrolyte Fuel Cells
			2022B1011	BL37XU	今井 英人	
			2022B1197	BL37XU	折笠 有基	
			2023A1012	BL37XU	今井 英人	
			2023B1189	BL37XU	折笠 有基	
			2023B1194	BL37XU	折笠 有基	
			2024A1201	BL37XU	折笠 有基	
			2024A1010	BL37XU	今井 英人	
			2024B1018	BL37XU	今井 英人	
48637	Daisuke Shibata	93 (2025) 063016	2023B1233	BL47XU	折笠 有基	Analysis of Degradation Mechanisms in LiNi _{0.8} Mn _{0.1} Co _{0.1} O ₂ Lithium-ion Battery Cathodes During High-Rate Charge-Discharge Cycling
			2024A1866	BL46XU	折笠 有基	
			2024A1015	BL27SU	折笠 有基	
			2024A1576	BL46XU	折笠 有基	
			2024B1831	BL46XU	折笠 有基	
48643	Naoto Kitamura	93 (2025) 063010	2023A1699	BL19B2	井手本 康	Effects of Metal Composition and Preparation Process on Negative Electrode Properties and Crystal Structure of Ga-Substituted TiNb ₂ O ₇
			2023B1046	BL14B2	正井 博和	
			2023A1216	BL04B2	北村 尚斗	

Journal of Physics: Conference Series

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48682	Mamoru Kitaura	3029 (2025) 012018	2022B1534	BL25SU	北浦 守	Local Structure Analyses of Oxygen Impurities and Vacancy-type Defects in Oxygen Doped CrN Epitaxial Films
			2022A1008	BL01B1	正井 博和	
48706	Seiki Baba	3010 (2025) 012082	2019A2548	BL45XU	馬場 清喜	Upgrade for Non-cryogenic Crystallography of MX Beamline BL41XU at SPring-8
			2020A2041	BL45XU	馬場 清喜	
			2020A2082	BL45XU	馬場 清喜	
			2020A2525	BL26B1	馬場 清喜	
			2021B2102	BL45XU	馬場 清喜	
			2021B2528	BL26B1	馬場 清喜	
			2022B2104	BL41XU	馬場 清喜	
			2022B2540	BL41XU	馬場 清喜	
			2023B2522	BL41XU	馬場 清喜	
			2021A2725	BL41XU	長谷川 和也	
			2021B2105	BL41XU	長谷川 和也	
			2022A2745	BL41XU	長谷川 和也	
			2021A1004	BL41XU	山本 雅貴	
			2021B1002	BL41XU	山本 雅貴	
			2022B1028	BL41XU	山本 雅貴	
			2023A0205	BL41XU	山本 雅貴	
2024A0211	BL41XU	山本 雅貴				
2022A2752	BL41XU	奥村 英夫				
2023A2741	BL41XU	奥村 英夫				
2024A2749	BL41XU	矢野 直峰				
48707	Nobuhiro Mizuno	3010 (2025) 012090	2018B2090	BL41XU	水野 伸宏	Beamline Alignment Software BOSS (Beamline Operation Scheduling Software) for Structural Biology Beamlines at SPring-8
			2019A2072	BL41XU	水野 伸宏	
			2019B2096	BL41XU	水野 伸宏	
			2019B2097	BL45XU	水野 伸宏	
			2020A2030	BL45XU	水野 伸宏	
			2020A2586	BL45XU	水野 伸宏	
			2021A2082	BL45XU	水野 伸宏	
			2022A2079	BL45XU	水野 伸宏	
			2022B2117	BL45XU	水野 伸宏	
			2022B1027	BL45XU	山本 雅貴	
			2022B1028	BL41XU	山本 雅貴	
			2023A0205	BL41XU	山本 雅貴	
			2023A0205	BL45XU	山本 雅貴	
2024A0211	BL41XU	山本 雅貴				
2024A0211	BL45XU	山本 雅貴				
48710	Masaki Yamamoto	3010 (2025) 012123	2022B1027	BL45XU	山本 雅貴	Beamline Automation Opens up Cutting Edges of Macromolecular Crystallography
			2022B1028	BL41XU	山本 雅貴	
			2023A0205	BL41XU	山本 雅貴	
			2024A0211	BL41XU	山本 雅貴	

Journal of The Electrochemical Society

48293	Kazuma Shinozaki	172 (2025) 024505	2021B7040	BL33XU	北野 直紀	In Situ 2D-XAS Imaging and Modeling Analysis of Cerium Migration in Proton Exchange Membrane Fuel Cells
			2022A7040	BL33XU	北野 直紀	
			2021A7040	BL33XU	北野 直紀	
48587	Ikkei Ban	172 (2025) 054505	2023B1599	BL19B2	渡部 弘達	Operando X-Ray Diffraction Analysis and DFT Calculations of Ni Cathode Oxidation during Electrochemical CO ₂ Reduction
			2024B1674	BL19B2	渡部 弘達	
48639	Yuya Sakka	171 (2024) 070536	2021A1005	BL20XU	折笠 有基	Investigating Plastic Deformation Between Silicon and Solid Electrolyte in All-Solid-State Batteries Using Operando X-ray Tomography
			2021A1539	BL20XU	山重 寿夫	
			2021B1053	BL20XU	山重 寿夫	
			2021B1724	BL20XU	折笠 有基	
			2022A1047	BL20XU	山重 寿夫	
			2022B1201	BL20XU	折笠 有基	
2022B1082	BL20XU	山重 寿夫				
48733	Yumi Katasho	172 (2025) 062505	2021B1384	BL28B2	片所 優宇美	In Situ X-ray Diffraction/Fluorescence and Crystal Orientation Analysis for Nd-Ni Electrochemical Alloying and Dealloying in Molten Salt
			2023A1471	BL28B2	片所 優宇美	

Pediatric Research

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48526	Lauren Hadley	95 (2024) 660-667	2018A0150	BL20B2	Hooper Stuart	Sustained Inflation Improves Initial Lung Aeration in Newborn Rabbits with a Diaphragmatic Hernia
			2016A0132	BL20B2	Hooper Stuart	
48527	Kristel L. A. M. Kuypers	97 (2025) 723-728	2009A0022	BL20B2	Lewis Robert	Slowing Lung Deflation by Increasing the Expiratory Resistance Enhances FRC in Preterm Rabbits
48528	Sophie J. E. Cramer	96 (2024) 325-331	2018A0150	BL20B2	Hooper Stuart	The Effect of Vibrotactile Stimulation on Hypoxia-induced Irregular Breathing and Apnea in Preterm Rabbits
			2016A0132	BL46XU	Hooper Stuart	
48530	Ebony R. Cannata	(2025) Online published 18 Jan. 2025	2018A0150	BL20B2	Hooper Stuart	Optimising CPAP and Oxygen Levels to Support Spontaneous Breathing in Ppreterm Rabbits

Applied Surface Science

48504	Koki Hayashida	669 (2024) 160475	2023B3801	BL23SU	吉越 章隆	Dissociative Adsorption of Supersonic CH ₃ Cl on Cu Oxide Surfaces: Cu ₂ O(111) and Bulk Cu ₂ O Precursor "29"-Structure on Cu(111)
			2023A3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2022B3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2022A3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2021B3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2021A3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2020A3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2019B3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2019A3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2018B3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2018A3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2017B3801	BL23SU	吉越 章隆	
48510	Takamasa Makino	642 (2024) 158568	2017A3801	BL23SU	吉越 章隆	CH ₃ Cl Dissociation, CH ₃ Abstraction, and Cl Adsorption from the Dissociative Scattering of Supersonic CH ₃ Cl on Cu(111) and Cu(410)
			2017B3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2018A3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2018A3831	BL23SU	岡田 美智雄	
			2018B3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2018B3831	BL23SU	岡田 美智雄	
			2019A3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2019A3831	BL23SU	岡田 美智雄	
			2019B3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2020A3801	BL23SU	吉越 章隆	
48586	Hiroshi Shinotsuka	685 (2025) 162001	2012A3808	BL23SU	小川 修一	Bayesian Estimation Analysis of X-ray Photoelectron Spectra: Application to Si 2p Spectrum Analysis of Oxidized Silicon Surfaces

Biochemical and Biophysical Research Communications

48319	Yuichiro Takekawa	761 (2025) 151737	2024A2726	BL45XU	尾瀬 農之	Chain-length Preference of Trans-acting Enoylreductases Involved in the Biosynthesis of Fungal Polyhydroxy Polyketides
48415	Rara Fukui	758 (2025) 151655	2021A2750	BL45XU	入江 一浩	Identification of the Binding Site and Immunoreactivity of Anti-A β Antibody 11A1: Comparison with the Toxic Conformation-specific TxCo-1 Antibody
48469	Ryosuke Nakamura	754 (2025) 151497	2022B6734	BL44XU	藤城 貴史	Visualizing Thiazolidine Ring Formation in the Reaction of D-cysteine and Pyridoxal-5'-phosphate within L-cysteine Desulfurase SufS
			2021A6639	BL44XU	藤城 貴史	
			2020A6545	BL44XU	藤城 貴史	
			2019A6945	BL44XU	藤城 貴史	

bioRxiv

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48290	Yoshihiko Furuike	(2024) 584087	2021B6602	BL44XU	古池 美彦	The Priming Phosphorylation of KaiC is Activated by the Release of its Autokinase Autoinhibition
			2023B6842	BL44XU	古池 美彦	
			2024B6930	BL44XU	古池 美彦	
48291	Atsushi Mukaiyama	(2024) 604570	2021B6602	BL44XU	古池 美彦	Evolutionary Origins of Self-sustained Kai Protein Circadian Oscillators
			2023B6842	BL44XU	古池 美彦	
			2024B6930	BL44XU	古池 美彦	
48691	Saacnicteh Toledo-Patiño	(2022) 491946	2021B2562	BL41XU	落合 佳樹	Insertions and Deletions Mediated Functional Divergence of Rossmann Fold Enzymes
			2021A2735	BL32XU	Toledo Patino Saacnicteh	
			2021B2524	BL32XU	Toledo Patino Saacnicteh	

Chemical Communications

48577	Peiyuan Yang	61 (2025) 7847-7850	2024A1851	BL02B1	吾郷 友宏	Dicationic Dibenzo[1,4]azaborine with an Open-shell Electronic Structure
			2024A1857	BL02B1	中村 貴志	
48638	Tatsumi Suzuki	61 (2025) 2953-2956	2024A1576	BL46XU	折笠 有基	Enhanced Charge Transfer Kinetics at the Electrode/Electrolyte Interface in Acetonitrile Solvent for Lithium-ion Battery Cathodes
			2024A1866	BL46XU	折笠 有基	
48649	Shu Ashimura	61 (2025) 6775-6778	2024B1694	BL01B1	吉田 真明	<i>In situ</i> SEIRAS Analysis of Enhanced Photocatalytic Carrier Transfer to a Pt Cocatalyst Induced by Sacrificial Reagents
			2023B1636	BL01B1	吉田 真明	

Inorganic Chemistry

48323	Pingping Huang	62 (2023) 1135-1140	2021B1233	BL02B1	吉田 幸大	Isomerization-Controlled Proton–Electron Coupling in a π -Planar Metal Complex
48448	Shion Tsujimura	64 (2025) 5755-5763	2024A1730	BL02B1	秋吉 亮平	Chirality and Polarity Modulation in Semiconductive Zinc(II) Coordination Polymers Containing Thiolate-Based Ligands
			2023A1528	BL02B1	田中 大輔	
			2023B1612	BL02B1	秋吉 亮平	
			2023B1861	BL02B1	田中 大輔	
			2023B2015	BL02B1	田中 大輔	
			2024B1281	BL04B2	田中 大輔	
			2024A1222	BL04B2	田中 大輔	
2023B1247	BL04B2	田中 大輔				
48729	Xuan Liang	64 (2025) 10467-10477	2023B1676	BL02B2	山浦 一成	Negative Magnetization Phenomena in A-Site Columnar-Ordered Quadruple Perovskites $\text{Ce}_2\text{MnM}(\text{Mn}_2\text{Sb}_2)\text{O}_{12}$ with $\text{M} = \text{Mn}$ and Zn

Journal of Materials Chemistry C

48422	Q. Eynaud	11 (2023) 9657-9669	2021B1947	BL46XU	小金澤 智之	Towards Efficient NFA-based Selective Near-infrared Organic Photodetectors: Impact of Thermal Annealing of Polymer Blends
			2022A2069	BL13XU	小金澤 智之	
			2022A2063	BL19B2	小金澤 智之	
48425	Y. A. Quiroz Avalos	12 (2024) 4130-4141	2021B1947	BL46XU	小金澤 智之	Insights into the Relationship between Molecular and Order-dependent Photostability of ITIC Derivatives for the Production of Photochemically Stable Blends
			2022A2069	BL13XU	小金澤 智之	
			2022A2063	BL19B2	小金澤 智之	
48484	Thomas Bjørn Egede Grønbech	11 (2023) 12922-12932	2022B0508	BL02B1	Iversen Bo	Elucidating the Superexchange Mechanisms in Magnetic Coordination Polymer $[\text{Co}(\text{HCOO})_2(\text{H}_2\text{O})_2]_{\infty}$ through Chemical Bonding Analysis

The Journal of Physical Chemistry C

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48486	Taiki Uno	128 (2024) 11802-11816	2022B1156	BL04B2	大窪 貴洋	Understanding the Carbonation Phenomenon of C-S-H through Layer Structure Changes and Water Exchange
48660	Toyoto Sato	129 (2025) 2865-2873	2021B3694	BL14B1	佐藤 豊人	Synthesis, Crystal Structure, and Hydrogen Storage Properties of an AB ₃ -Based Alloy Synthesized by Disproportionation Reactions of AB ₂ -Based Alloys
			2022A3694	BL14B1	佐藤 豊人	
			2022B3694	BL14B1	佐藤 豊人	
48705	Miki Yamamoto	129 (2025) 11831-11837	2019A7616	BL28XU	安部 武志	Changes in Structure and Valence of Iron-Based Positive Electrodes in All-Solid-State Fluoride Batteries
			2019B7616	BL28XU	安部 武志	
			2020A7616	BL28XU	安部 武志	
			2021B7618	BL28XU	安部 武志	

Journal of the Physical Society of Japan

48489	Fuki Sato	93 (2024) 093601	2022B1260	BL10XU	青山 拓也	Structural and Electronic Properties of RuX ₃ (X = Br and I) under High Pressure
48599	Katsuya Shimizu	89 (2020) 051005	2018B1677	BL10XU	中尾 敏臣	Investigation of Superconductivity in Hydrogen-rich Systems
48681	Shigenori Ueda	94 (2025) 074703	2019B4606	BL15XU	上田 茂典	Polarization-dependent Bulk-sensitive Valence Band Photoemission Spectroscopy and Density Functional Theory Calculations: Part IV. 4f Rare-earths

Macromolecules

48513	Xueyu Li	58 (2025) 2984-2995	2022B1589	BL19B2	黒川 孝幸	Mechanical Performance of Polyampholyte Hydrogels Influenced by Ionic Bond Strength under Isochoric Conditions
48650	Kenji Sakanaya	58 (2025) 5456-5464	2021A1419	BL40B2	真田 雄介	Hydrophobic Collapse of a Poly(ethylene Oxide)-Poly(propylene Oxide) Alternating Multiblock Copolymer in Water
48713	Shota Usukawa	58 (2025) 5738-5746	2022B1235	BL40B2	鈴木 祥仁	Exceptionally High Melting Temperature of Polymer Crystal with Fully Extended Chains Prepared via Topochemical Polymerization and Its Analysis Based on Nonlinear Modified Hoffman-Weeks Approach
			2024A1328	BL40B2	鈴木 祥仁	
			2024B1415	BL40B2	鈴木 祥仁	

Molecules

48388	Shinnosuke Usuda	30 (2025) 1361	2022A1200	BL02B1	箕浦 真生	A Disila[2]ferrocenophane with a Bridging 9,9'-Bi-9H-9-Silafluorene Moiety
			2022A1354	BL02B1	村田 理尚	
			2022A1584	BL02B1	森迫 祥吾	
			2022A1705	BL02B1	成田 皓樹	
			2022B0552	BL02B1	村田 理尚	
			2022B0589	BL02B1	森迫 祥吾	
			2022B1626	BL02B1	村田 理尚	
			2023A1539	BL02B1	森 達哉	
			2023A1771	BL02B1	菅又 功	
			2023A1785	BL02B1	森 達哉	
			2023A1794	BL02B1	高橋 聡史	
			2023A1859	BL02B1	村田 理尚	
			2023A1925	BL02B1	菅又 功	
			2023B1675	BL02B1	菅又 功	
			2023B1806	BL02B1	村田 理尚	
			2023B1878	BL02B1	菅又 功	
			2024A1633	BL02B1	高橋 聡史	
2024A1699	BL02B1	森 達哉				
2024A1851	BL02B1	吾郷 友宏				
2024A1857	BL02B1	中村 貴志				
2024B2033	BL02B1	薄葉 純一				
48446	Satomi Inaba-Inoue	30 (2025) 1793	2018A1051	BL40B2	稲葉 理美	Plasticity and Co-Factor-Dependent Structural Changes in the RecA Nucleoprotein Filament Studied by Small-Angle X-Ray Scattering (SAXS) Measurements and Molecular Modeling
			2018B1051	BL40B2	稲葉 理美	
			2019A2024	BL40B2	稲葉 理美	
48471	Alexei A. Belik	30 (2025) 1749	2024B1825	BL02B2	Belik Alexei	A Site-Ordered Quadruple Perovskites, RMn ₃ Ni ₂ Mn ₂ O ₁₂ with R = Bi, Ce, and Ho, with Different Degrees of B Site Ordering

Physical Review Materials

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48279	Susumu Hirata	9 (2025) 025002	2024A1876	BL09XU	前里 光彦	Efficient Electron Doping into KTaO_3 by Hydrogen Ion Beam
48377	Kazuaki Iwasa	7 (2023) 014201	2018B3811	BL23SU	藤森 伸一	Weyl-Kondo Semimetal Behavior in the Chiral Structure Phase of $\text{Ce}_3\text{Rh}_4\text{Sn}_{13}$
48480	Kristoffer Andreas Holm Støckler	8 (2024) 034409	2014A0078	BL02B1	Iversen Bo	Models of Polaron Fluctuations in LuFe_2O_4
			2019A0159	BL02B1	西堀 英治	

Polymer

48397	Yuki Matsumoto	327 (2025) 128417	2023A1111	BL40B2	寺尾 憲	Dimensional and Conformational Properties of Pullulan Tris(alkylcarbamate)s in Tetrahydrofuran
			2023A1112	BL40B2	寺尾 憲	
			2024B1209	BL40B2	高橋 倫太郎	
48581	Ayaka Takazawa	313 (2024) 127683	2022B1731	BL40XU	高澤 彩香	Oriented Crystalline Structure in Melt-drawn Ultrahigh-molecular-weight Polyethylene Induced by Entanglement Networks
			2021B1263	BL40XU	上原 宏樹	
48584	Ryohei Fuse	332 (2025) 128558	2021B1746	BL19B2	富澤 鍊	<i>In situ</i> Analysis of Hierarchal Structure Changes to the Tensile Breakage of Poly(ethylene terephthalate) Fiber
			2021B1868	BL19B2	富澤 鍊	
			2022B1580	BL19B2	富澤 鍊	
			2023A1847	BL19B2	富澤 鍊	
			2023B7261	BL03XU	中田 克	

Science Advances

48332	Noriyuki Isobe	11 (2025) eads2426	2021B1682	BL40B2	磯部 紀之	Fully Circular Shapable Transparent Paperboard with Closed-loop Recyclability and Marine Biodegradability across Shallow to Deep Sea
48521	Manuel Maestre-Reyna	11 (2025) eadu7247	2023A8024	BL2	山元 淳平	Capturing Structural Intermediates in an Animal-like Cryptochrome Photoreceptor by Time-resolved Crystallography
			2021B8051	BL2	別所 義隆	
			2021A8035	BL2	別所 義隆	
			2020A8055	BL2	別所 義隆	
			2019A8014	BL2	別所 義隆	
			2018B8031	BL2	別所 義隆	
48603	Xiaokang Feng	11 (2025) eads3139	2021A8642	BL3	Yang Wenge	Nanosecond Structural Evolution in Shocked Coesite
			2021A8017	BL3	尾崎 典雅	

Acta Materialia

48385	Gustavo Alberto Rosales-Sosa	292 (2025) 120973	2019B1364	BL04B1	山田 明寛	Indentation Stress Fields in Brittle Materials: A Micro-photoelastic Investigation in Silicate Glasses
			2021B1368	BL04B1	山田 明寛	
48420	Hiroshi Akamine	292 (2025) 121054	2020A1197	BL02B1	赤嶺 大志	Successive Stress-induced Phase Transformations with Large Stress-strain Hysteresis in Single Crystal Cu-Al-Mn Shape Memory Alloys
			2021B1270	BL02B1	赤嶺 大志	
			2021B3740	BL22XU	赤嶺 大志	

Advanced Materials

48316	Ziheng Gao	(2025) Online published 27 Mar. 2025	2023B1376	BL44B2	Zhang Jiawei	Tunable Vacancy Order and Emergent Functionalities in Half-Heusler Crystals
48349	You-Chiuan Chu	36 (2024) 2400640	2024B4126	BL12B2	Tung Ching-wei	Dynamic (Sub)surface-Oxygen Enables Highly Efficient Carbonyl-Coupling for Electrochemical Carbon Dioxide Reduction
			2024B4253	BL12XU	Tung Ching-wei	

Applied Catalysis B

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48450	Lingcong Li	339 (2023) 123151	2022A1827	BL14B2	宮崎 眞太	Continuous Direct Air Capture and Methanation using Combined System of Membrane-based CO ₂ Capture and Ni-Ca Based Dual Functional Materials
48644	Qi-An Huang	373 (2025) 125351	2021A1543	BL14B2	石田 玉青	Active and Stable Au/ZrO ₂ Catalysts for Isomerization of Allylic Esters: A Practical Application of Heterogeneous Gold Catalysis
			2021B1949	BL14B2	村山 美乃	

Asian Journal of Organic Chemistry

48328	Yuzuru Kanetada	14 (2025) e202500288	2024A1208	BL40XU	久木 一朗	Hydrogen-Bonded Framework with Low-Density Hexagonal Network Structure Formed by Diethynylterphenyl-Bridged Macrocyclic Hexacarboxylic Acid
			2024B1142	BL41XU	佐々木 俊之	
48419	Tetsuo Okujima	14 (2025) e202500342	2015B1234	BL38B1	佐々木 俊之	Synthesis of [34]Octaphyrin(1.0.1.0.1.0.1.0)

Biophysics and Physicobiology

48292	Yoshihiko Furuike	21 (2024) e210001	2021B6602	BL44XU	古池 美彦	Structure-function Relationship of KaiC around Dawn
			2023B6842	BL44XU	古池 美彦	
			2024B6930	BL44XU	古池 美彦	
48598	Fumiya Kondo	22 (2025) e220009	2022B2529	BL38B1	織田 昌幸	Structure-activity Relationship of PET-degrading Cutinase Regulated by Weak Ca ²⁺ Binding and Temperature
			2023B2524	BL38B1	織田 昌幸	
			2023A2728	BL38B1	織田 昌幸	

Cellulose

48633	Soichi Tanaka	32 (2025) 5989-6001	2023B1470	BL40B2	田中 聡一	Uniform Silver Nanoparticles Synthesized on the Surface of the TEMPO-oxidized Cellulose Nanofibers
			2024B1389	BL40B2	田中 聡一	
48642	Yangyang Zhang	32 (2025) 2337-2351	2023B1402	BL40B2	小林 加代子	Comparative Analysis of the Structures and Properties of Cellulose Hydrogels Prepared using Different Solvent Systems

Chemical Engineering Journal

48277	Xinhang Cai	509 (2025) 161388	2023A1825	BL02B2	柴山 直之	Bilateral Energy Level Tuning for Efficient Inverted Perovskite Solar Cells
			2024A1567	BL19B2	柴山 直之	
48451	Lingcong Li	477 (2023) 147199	2022A1827	BL14B2	宮崎 眞太	Rb-Ni/Al ₂ O ₃ as Dual Functional Material for Continuous CO ₂ Capture and Selective Hydrogenation to CO

Chemical Science

48329	Mitsuo Shoji	13 (2022) 10923-10938	2021B6606	BL44XU	岡島 俊英	Molecular Mechanism of a Large Conformational Change of the Quinone Cofactor in the Semiquinone Intermediate of Bacterial Copper Amine Oxidase
			2020A6507	BL44XU	岡島 俊英	
			2007B6904	BL44XU	岡島 俊英	
			2007A6904	BL44XU	岡島 俊英	
			2006B6809	BL44XU	岡島 俊英	
48390	Akihiro Nomoto	15 (2024) 20509-20514	2023A1539	BL02B1	森 達哉	Bis(methylene)-λ ⁵ -phosphane Anions
			2023A1771	BL02B1	菅又 功	
			2023A1785	BL02B1	森 達哉	
			2023A1794	BL02B1	高橋 聡史	
			2023A1859	BL02B1	村田 理尚	
			2023A1925	BL02B1	菅又 功	
			2023B1675	BL02B1	菅又 功	
			2023B1806	BL02B1	村田 理尚	
			2023B1878	BL02B1	菅又 功	
2024A1857	BL02B1	中村 貴志				

Chemistry - A European Journal

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48596	Gissi Novientri	31 (2025) e202404736	2022B2525	BL45XU	廣田 俊	Construction of a Cyclic Regular-Triangle Trimer of Cytochrome c_{555} with a Central Hole Using Sortase A
			2023B2523	BL45XU	廣田 俊	
48632	Ryohei Akiyoshi	30 (2024) e202400618	2022B1584	BL02B2	田中 大輔	Polymorphism of Two-Dimensional Semiconducting Coordination Polymers: Impact of a Lead-Sulfur Network on Photoconductivity
			2023A1528	BL02B1	田中 大輔	
			2023B1622	BL02B2	田中 大輔	

Chemistry Letters

48324	Yuto Ohmura	53 (2024) upae140	2023A1264	BL40XU	久木 一朗	Synthesis, Solid-state Structures, and Properties of Linear and Tripodal Flexible Molecules with Pyrazinopyrazine Moieties
			2023B1142	BL40XU	久木 一朗	
48655	Mina Tanigawa	53 (2024) upae211	2022A1123	BL40B2	櫻木 美菜	Highly Efficient Transdermal Delivery of Rutin via Microemulsions Containing Deep Eutectic Solvents Composed of Choline Chloride-polyethylene Glycol
			2022B1196	BL40XU	櫻木 美菜	

Dalton Transactions

48389	Togo Anzai	54 (2025) 1360-1364	2023A1539	BL02B1	森 達哉	Monomeric Tri-coordinated Bis(ferrocenyl)haloaluminanes
			2023A1771	BL02B1	菅又 功	
			2023A1785	BL02B1	森 達哉	
			2023A1794	BL02B1	高橋 聡史	
			2023A1859	BL02B1	村田 理尚	
			2023A1925	BL02B1	菅又 功	
			2023B1806	BL02B1	村田 理尚	
			2023B1878	BL02B1	菅又 功	
48394	Yusuke Kataoka	54 (2025) 3047-3056	2022A1857	BL02B1	中村 貴志	Paddlewheel-type and Half-paddlewheel-type Diruthenium(II,II) Complexes with 1,8-naphthyridine-2-carboxylate
			2022B1647	BL02B1	片岡 祐介	
			2023A1741	BL02B1	片岡 祐介	
			2023B1829	BL02B1	片岡 祐介	
			2024A1713	BL02B1	片岡 祐介	

e-Journal of Surface Science and Nanotechnology

48472	Akitaka Yoshigoe	23 (2025) 16-21	2018B1189	BL17SU	吉越 章隆	Synchrotron Radiation Photoemission Electron Microscopy Study on Radioactive Cesium-bearing Microparticle Collected in Fukushima
			2022A3731	BL17SU	小島 雅明	
			2022B3731	BL22XU	小島 雅明	
48501	Junichiro Kamiya	22 (2024) 316-326	2022B3801	BL23SU	吉越 章隆	SRPES and XPS Analysis of Activation and Deterioration Processes for Ti-Zr-V NEG Coating
			2023A3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2023B3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2024A3801	BL23SU	吉越 章隆	

ISIJ International

48610	Mitsuharu Yonemura	65 (2025) 1192-1200	2019B8004	BL3	米村 光治	Dislocation Density and Reverse Transformation Kinetics in Martensitic Steel Under Cyclic Ultrafast Heating and Cooling
			2020A8001	BL3	米村 光治	
48662	Tomohiko Hojo	65 (2025) 284-296	2018B3681	BL14B1	北條 智彦	Stress and Plastic Strain Partitioning Behaviors and Those Contributions to Martensitic Transformation of Retained Austenite in Medium Manganese and Transformation-Induced Plasticity-Aided Bainitic Ferrite Steels
			2020A3681	BL14B1	北條 智彦	
			2021B3681	BL14B1	北條 智彦	

Journal of Applied Crystallography

48616	Mizuki Kishimoto	58 (2025) 879-885	2017A7215	BL03XU	三田 一樹	Strain-induced Density Fluctuations in Linear Low-density Polyethylene
			2017B7267	BL03XU	三田 一樹	
			2018A7217	BL03XU	内田 公典	
			2018B7267	BL03XU	内田 公典	
			2019A7215	BL03XU	内田 公典	
48618	Masato Arakawa	58 (2025) 886-896	2019B7264	BL03XU	内田 公典	Differences in Hierarchical Structural Changes between Unoriented P(3HB) and P(3HB-co-3HH) under Stretching
			2022B7263	BL03XU	内田 公典	
			2023A7214	BL03XU	内田 公典	
			2023B7263	BL03XU	内田 公典	

Journal of Applied Physics

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48578	Tomoki Nagase	137 (2025) 055702	2018A3584	BL11XU	荒木 努	Misfit Accommodation in a Single Interface Atomic Layer at a Highly Lattice-mismatched InN/GaN
			2019A3586	BL11XU	荒木 努	
			2017A3588	BL11XU	荒木 努	
48608	Ryotaro Nakazawa	135 (2024) 085301	2020A1824	BL46XU	東海林 弘	Reliable Measurement of the Density of States Including Occupied in-gap States of an Amorphous In-Ga-Zn-O Thin Film via Photoemission Spectroscopies: Direct Observation of Light-induced in-gap States

Journal of Materials Chemistry A

48417	Ching Kit Tommy Wun	12 (2024) 25442-25448	2018A1253	BL44B2	Tang Chiu	Investigating Synergistic Cooperativity of Metal-Brønsted Acid Site Pair in MFI-type Zeolites by Synchrotron X-ray Powder Diffraction
			2022B0545	BL02B2	Lo Benedict	
			2023B1665	BL01B1	Lo Benedict	
			2023B1666	BL13XU	Lo Benedict	
48635	Kenji Arai	13 (2025) 21472-21479	2019B1776	BL02B2	新井 健司	Thermally Stable Proton-conducting Oxyhydroxides Synthesized in Concentrated Water Vapor

Journal of Materials Research and Technology

48535	Dongdong Xu	35 (2025) 4779-4791	2021A3740	BL22XU	魏 代修	Heterogeneous Nucleation of Ni ₃ Ti by Mo-enriched Particles Enhances Strength and Fracture Toughness of Maraging Steel
48549	Lu Cao	36 (2025) 272-283	2023B1117	BL08W	Jiang Haoran	Effect of Quenching Temperature on the Structure and Properties of Cu-Zr-Al Glassy Ribbons

Journal of Physics: Condensed Matter

48299	Abulikemu Aierxidng	37 (2025) 185201	2022B1284	BL08W	桜井 浩	Investigation of First-cycle Voltage Hysteresis in Li-rich Cathode Materials by Magnetic Compton Scattering Experiments
			2023A1656	BL02B2	内本 喜晴	
			2023B1466	BL08W	桜井 浩	
48699	D. A. Kukusta	37 (2025) 255501	2016A3552	BL11XU	石井 賢司	Electronic Structure and Resonant Inelastic X-ray Scattering in Ta ₂ NiSe ₅
			2016B3552	BL11XU	石井 賢司	

Journal of the American Ceramic Society

48494	Abudushalamu Aiji	105 (2022) 6924-6937	2021A1118	BL13XU	Geng Guoqing	Micro X-ray Diffraction and Elemental Study on Al-tobermorite Formation in Aged Modern Concrete
48704	Shingo Taniguchi	108 (2025) e70040	2023B1116	BL04B2	山田 明寛	Synthesis and Structure of Anisotropic Borosilicate Glasses under Differential Stress at High Pressure and Temperature

Journal of the Ceramic Society of Japan

48605	Mamoru Kitaura	(2025) Online published May 23, 2025	2023A1287	BL39XU	北浦 守	Effect of Zn Doping on p-type Conduction of γ -CuI Studied by X-ray Fluorescence Holography and Positron Annihilation Spectroscopy
			2024A1092	BL25SU	北浦 守	
48634	Kengo Oka	133 (2025) 246-249	2022B1830	BL02B2	岡 研吾	Rapid Fluorination using Polyvinylidene-difluoride (PVDF) for the Synthesis of Oxyfluoride Bi ₂ VO ₅ F _{1-x}

Nano Letters

48507	Yue Wang	22 (2022) 9964-9971	2020A3842	BL23SU	和達 大樹	Layer-Number-Independent Two-Dimensional Ferromagnetism in Cr ₃ Te ₄
48689	Ziyan Liu	25 (2025) 6218-6226	2024B1697	BL19B2	柴山 直之	Nickel Chlorophyll-Derived Hole Transport Materials for Stable and Efficient Inverted Perovskite Solar Cells
			2024A1567	BL19B2	柴山 直之	
			2024B1916	BL19B2	柴山 直之	

Organic & Biomolecular Chemistry

48579	Kazusa Kuyama	23 (2025) 4927-4933	2024A1194	BL26B1	棚谷 綾	An Aromatic Layered Foldamer Based on a (<i>cis</i> , <i>cis</i>)-Squaramide: Chiral Induction and Absolute Structure
48702	Katsumasa Sakoda	23 (2025) 2638-2644	2024B1602	BL01B1	山口 渉	Reductive Amination of Triglycerides to Fatty Amines over a Titanium Oxide-supported Pt-Mo Catalyst

Physics of the Earth and Planetary Interiors

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48358	Kenji Ohta	363 (2025) 107351	2017A0072	BL10XU	廣瀬 敬	Electrical and Thermal Conductivities of Fe–Ni–Si Alloy under Core Conditions: A Reevaluation
			2021B0181	BL10XU	廣瀬 敬	
			2023B1280	BL10XU	太田 健二	
			2024A1244	BL10XU	太田 健二	
48688	Bunrin Natsui	366 (2025) 107392	2022A1459	BL47XU	安武 正展	Crystallographic Preferred Orientation of (Mg,Fe)O up to 125 GPa Inferred from Torsional Deformation Experiments using a Rotational Diamond Anvil Cell
			2022A1496	BL47XU	岡崎 啓史	
			2022B1410	BL47XU	東 真太郎	
			2022B1408	BL47XU	岡崎 啓史	
			2023A1359	BL47XU	岡崎 啓史	
			2023A1314	BL47XU	東 真太郎	
			2023B0312	BL10XU	夏井 文凜	
			2023B1392	BL47XU	安武 正展	
			2023B1462	BL47XU	東 真太郎	
			2024A1496	BL47XU	岡崎 啓史	
			2024A1392	BL47XU	東 真太郎	
			2024B1426	BL47XU	東 真太郎	
2023B0312	BL47XU	夏井 文凜				

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America

48493	Shun Nakamura	122 (2025) e2413465122	2024A2753	BL45XU	中村 駿	Structure-guided Engineering of a Mutation-tolerant Inhibitor Peptide against Variable SARS-CoV-2 Spikes
			2023A2724	BL45XU	中村 駿	
			2022A2746	BL45XU	中村 駿	
			2021B2751	BL45XU	中村 駿	
			2019B2721	BL41XU	中村 駿	
48538	Rachel Bolton	121 (2024) e2308478121	2022A8002	BL2	Hough Michael	A Redox Switch Allows Binding of Fe(II) and Fe(III) Ions in the Cyanobacterial Iron-binding Protein FutA from <i>Prochlorococcus</i>
			2022B8041	BL2	Hough Michael	

Quantum Beam Science

48465	Kenji Suzuki	9 (2025) 15	2023A3684	BL14B1	鈴木 賢治	Residual Stresses of Small-Bore Butt-Welded Piping Measured by Quantum Beam Hybrid Method
			2024B3684	BL14B1	鈴木 賢治	
			2023B5051	BL16XU	野口 真一	
48607	Hiroshi Sekiguchi	9 (2025) 19	2018A1315	BL40XU	関口 博史	Diffracted X-Ray Tracking for Analysis of Heterogeneity of Hydrogels
			2019B1334	BL40B2	秋葉 勇	
			2020A1158	BL40B2	秋葉 勇	
			2020A1161	BL40B2	秋葉 勇	
			2019B1625	BL40XU	関口 博史	
			2019B1335	BL40XU	秋葉 勇	
			2020A1159	BL40XU	秋葉 勇	
			2021B1579	BL40XU	関口 博史	

RSC Advances

48534	Hirokazu Narita	13 (2023) 17001-17007	2013B3518	BL11XU	成田 弘一	Extraction of Se(IV) and Se(VI) from Aqueous HCl Solution by using a Diamide-containing Tertiary Amine
48592	Erika Saito	13 (2023) 32039-32044	2022B1944	BL02B1	松永 周	Formation of Charge-transfer Complexes in Ionic Crystals Composed of 1,3-bis(dicyanomethylidene) indan Anion and Viologens Bearing Alkyl Chains

粉体および粉末冶金 (Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy)

48376	Hayato Nakasawa	72 (2025) S997-S1001	2022B3726	BL22XU	菫蒲 敬久	Strain Analysis of Thermoelectric Materials using High-resolution Synchrotron X-ray Diffraction Data
			2023A3721	BL22XU	菫蒲 敬久	
			2023B3722	BL22XU	菫蒲 敬久	
48588	Kazushi Hayashi	72 (2025) S1167-S1173	2022A5320	BL16B2	福田 一徳	Application of Warm Isostatic Pressing to Densification of All Solid-State Composite Cathode Electrodes in All Solid-State Lithium-Ion Batteries
			2022B5320	BL16B2	福田 一徳	
			2021A5320	BL16B2	横溝 臣智	
			2021B5320	BL16B2	横溝 臣智	
			2023A5320	BL16B2	林 和志	
2023B5320	BL16B2	林 和志				

ACS Applied Energy Materials

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48731	Kousuke Beppu	8 (2025) 1683-1688	2023B1913	BL14B2	別府 孝介	Unraveling Vibrational Energies of Chemical Bonds in Silver-Containing Chalcopyrite Compounds (Ag,Cu) InSe ₂ and Ag(In,Ga)Se ₂ by Low-Temperature EXAFS Analysis
			2018B1448	BL01B1	別府 孝介	
			2019B1605	BL01B1	別府 孝介	
			2021A1230	BL01B1	別府 孝介	
			2022B0590	BL01B1	別府 孝介	
			2019B1622	BL37XU	山添 誠司	

ACS Applied Engineering Materials

48624	Quan Zou	3 (2025) 1200-1209	2022B1061	BL01B1	西堀 麻衣子	Cu-Doped TiO ₂ Nanoparticle-Based Thin Films Obtained via the Mist-Deposition Method and Their Photocatalytic Antibacterial Properties
			2021B1712	BL19B2	蟹江 澄志	

ACS Applied Nano Materials

48595	Kohsuke Mori	7 (2024) 28649-28658	2023A1668	BL01B1	森 浩亮	Entropy-Stabilized Isolated Active Pd Species within a High-Entropy Fluorite Oxide Matrix for CO ₂ Hydrogenation to Formic Acid
			2023B1805	BL01B1	森 浩亮	

ACS Applied Polymer Materials

48468	Namie Ikeda	7 (2025) 5546-5555	2023A1289	BL04B2	藤井 健太	Unusual Polyether Dissolution in Salt-Concentrated Ionic Liquid Electrolytes: Application to High-Performance Ion Gels for Lithium-Ion Batteries
			2023B1359	BL04B2	直井 勝彦	
			2023B1328	BL04B2	藤田 正博	
			2024B1501	BL04B2	澤山 沙希	
			2022A1688	BL04B2	上山 祐史	

ACS ES&T Engineering

48359	Daichi Takami	5 (2025) 864-873	2022A1171	BL01B1	桑原 泰隆	Photothermal Approach on Chemical Looping Method for Reverse Water Gas Shift Reaction using Defective Molybdenum Oxide
			2023A1676	BL01B1	桑原 泰隆	

ACS Nano

48467	Andrés Burgos-Caminal	19 (2025) 21950-21961	2021B8047	BL3	Gawelda Wojciech	Selective Tracking of Charge Carrier Dynamics in CuInS ₂ Quantum Dots
-------	-----------------------	--------------------------	-----------	-----	------------------	--

ACS Nanoscience Au

48492	Masashi Nakamura	5 (2025) 196-207	2024B1844	BL13XU	北川 宏	Unraveling Element-Selective Local Structures in Multielement Alloy Nanoparticles with EXAFS
			2023A1739	BL01B1	北川 宏	
			2023B1588	BL01B1	北川 宏	
			2023B1988	BL14B2	北川 宏	

ACS Omega

48591	Tamaki Matsumura	10 (2025) 10060-10070	2023B1039	BL01B1	松本 太	The Relationship between the Electronic State of Pt in Pt-Based Nanoparticle Catalysts and Their Electrochemical Catalytic Activity in the Oxidation of Small Organic Compounds
			2023B1944	BL01B1	松本 太	

ACS Sustainable Chemistry & Engineering

48701	Taiki Kawakami	13 (2025) 7994-8002	2023B1646	BL14B2	水垣 共雄	Mild and Selective Hydrogenation of Furfural and Its Derivatives to Tetrahydrofurfuryl Compounds Catalyzed by Aluminum Oxide-supported Nickel Carbide Nanoparticles
			2024A1548	BL01B1	山口 渉	
			2023A1896	BL01B1	山口 渉	

Acta Crystallographica Section B

48490	Emilie Skytte Vosegaard	79 (2023) 380-391	2022B0508	BL02B1	Iversen Bo	Comparative Study of Conventional and Synchrotron X-ray Electron Densities on Molecular Crystals
-------	-------------------------	----------------------	-----------	--------	------------	--

Acta Crystallographica Section D

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48307	Hiroyuki Iwamoto	81 (2025) 196-206	2007A1190	BL45XU	岩本 裕之	Restoration of the 3D Structure of Insect Flight Muscle from a Rotationally Averaged 2D X-ray Diffraction Pattern

Advanced Functional Materials

48354	Keiju Wachi	34 (2025) 2425452	2024A1718	BL01B1	宍戸 哲也	Oxygen Defect Engineering of Hexagonal Perovskite Oxides to Boost Catalytic Performance for Aerobic Oxidation of Sulfides to Sulfones
			2024B1631	BL01B1	和知 慶樹	

Advanced Physics Research

48331	Fumiaki Kato	3 (2024) 2400063	2022B1825	BL02B1	中埜 彰俊	Enhanced Cryogenic Thermoelectricity in Semimetal Ta ₂ PdSe ₅ through Non-Fermi Liquid-Like Charge and Heat Transport
-------	--------------	---------------------	-----------	--------	-------	---

Antimicrobial Agents and Chemotherapy

48434	Shigehiro Enkai	67 (2023) 01428-22	2022A6714	BL44XU	志波 智生	Killing Two Birds with One Stone: Discovery of Dual Inhibitors of Oxygen and Fumarate Respiration in Zoonotic Parasite, <i>Echinococcus multilocularis</i>
-------	-----------------	-----------------------	-----------	--------	-------	--

Applied Clay Science

48466	Shingo Machida	242 (2023) 107025	2022B1125	BL20XU	町田 慎悟	A Three-dimensional Image Reflecting the Dispersion State of Ceramic Platelets in Solvent: Observation of Montmorillonite Dispersed in Silica Gel by Synchrotron X-ray Multiscale Tomography
-------	----------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

Applied Materials Today

48361	Rei Okuno	44 (2025) 102710	2022B1363	BL04B2	橋本 英樹	Amorphous Alumina: an Ideal Material for Advancing Pentacoordinated Aluminum Chemistry and Verifying its Catalytic Properties
			2023B1237	BL04B2	橋本 英樹	
			2024B1527	BL04B2	橋本 英樹	

Applied Physics Express

48609	Kohei Shimizu	15 (2022) 094002	2020A1824	BL46XU	東海林 弘	Study of the Effect of Density of States Distribution on Carrier Injection at Organic/Electrode Interface through High-sensitivity Photoemission Spectroscopy and Injection Simulation
-------	---------------	---------------------	-----------	--------	-------	--

Applied Sciences

48496	Takahiro Matsumoto	15 (2025) 3931	2023A1009	BL04B2	今井 英人	FC-BENTEN: Synchrotron X-Ray Experimental Database for Polymer-Electrolyte Fuel-Cell Material Analysis
			2023B1014	BL04B2	今井 英人	
			2022B1967	BL09XU	今井 英人	
			2023A1040	BL09XU	今井 英人	
			2023A1651	BL09XU	今井 英人	
			2023A1819	BL09XU	今井 英人	
			2023B1939	BL09XU	今井 英人	
			2021B1849	BL14B2	今井 英人	
			2021B1913	BL14B2	今井 英人	
			2022B1049	BL14B2	今井 英人	
			2022B1968	BL19B2	今井 英人	
			2023A1041	BL19B2	今井 英人	
			2023A1652	BL19B2	今井 英人	
			2023A1820	BL19B2	今井 英人	
			2023A1019	BL04B2	今井 英人	
			2021B1046	BL46XU	今井 英人	
			2022B1051	BL46XU	今井 英人	
	理研	BL36XU				

Atmospheric Chemistry and Physics

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48735	Kohei Sakata	22 (2022) 9461-9482	2015A1809	BL27SU	坂田 昂平	Iron (Fe) Speciation in Size-fractionated Aerosol Particles in the Pacific Ocean: The Role of Organic Complexation of Fe with Humic-like Substances in Controlling Fe Solubility
			2016A1642	BL27SU	坂田 昂平	

Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters

48520	Seigo Yumura	125-126 (2025) 130277	2023B6810	BL44XU	木下 誉富	The Discrepancies in Amino Acid Sequence of the Phosphate-binding Loop Lead to Distinctive Binding Modes of a Covalent Inhibitor for MAP2K1 and MAP2K6: Structural Insights for Producing Selective Inhibitors
-------	--------------	--------------------------	-----------	--------	-------	--

Biophysical Journal

48387	Yusuke Asagoe	124 (2025) 129A-130A	2024A1111	BL28B2	清水 啓史	BPS2025 - Twisting Motion of a Single-KcsA Channel in Response to Sequential Chemical Stimuli
			2024B1116	BL28B2	清水 啓史	
			2022A1431	BL28B2	清水 啓史	
			2022B1771	BL28B2	清水 啓史	
			2023A1133	BL28B2	清水 啓史	
			2023B1314	BL28B2	清水 啓史	

Bioscience, Biotechnology and Biochemistry

48502	Miyu Akagashi	89 (2025) 733-742	2024B2524	BL45XU	渡辺 誠也	Crystal Structure of L-2-keto-3-deoxyrhamnonate 4-dehydrogenase Involved in the Non-phosphorylating Pathway of L-rhamnose Metabolism by Bacteria
-------	---------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

Bulletin of the Chemical Society of Japan

48326	Ayano Fujiwara	98 (2025) uoaf013	2023A1264	BL40XU	久木 一朗	A Robust Layer-motif Composed of Binaphthyl Dibenzoic Acid Derivatives in Inclusion Crystals
			2023B1142	BL40XU	久木 一朗	
			2024A1208	BL40XU	久木 一朗	

Cell

48590	Xin Jiang	183 (2020) 258-268	2019B2717	BL32XU	Yan Nieng	Structural Basis for Blocking Sugar Uptake into the Malaria Parasite <i>Plasmodium falciparum</i>
-------	-----------	-----------------------	-----------	--------	-----------	---

Chem

48453	Yuuki Inomata	(2025) Online published May 1, 2025	2020A0168	BL26B1	藤田 誠	An M ₆₀ L ₆₀ Metal-peptide Capsid with a 60-crossing Woven Network
			2021B2556	BL41XU	佐藤 宗太	
			2022A1572	BL45XU	佐藤 宗太	
			2022B1308	BL26B1	佐藤 宗太	

The Chemical Record

48645	Haruno Murayama	23 (2023) e202300148	2012A1454	BL14B2	大橋 弘範	Supported Noble Metal Catalysts and Adsorbents with Soft Lewis Acid Functions
			2012B1075	BL14B2	大橋 弘範	
			2013A1820	BL14B2	大橋 弘範	
			2013B1598	BL14B2	大橋 弘範	
			2014A1534	BL14B2	大橋 弘範	
			2016A1521	BL14B2	村山 美乃	
			2017A1576	BL14B2	村山 美乃	
			2017B1827	BL14B2	村山 美乃	
			2018A1736	BL14B2	村山 美乃	

Chemistry - An Asian Journal

48648	Min-Hua Huang	20 (2025) e202401171	2022B1609	BL01B1	吉田 真明	Carbon-Supported Nano-Dispersed Metallic Copper Derived From Carbonization of MOF-199 for Electrocatalytic CO ₂ Reduction
-------	---------------	-------------------------	-----------	--------	-------	--

Chemistry Europe

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48334	Tasuki Tsurumi	3 (2025) e202500069	2023B2549	BL41XU	佐藤 宗太	Self-Assembly of Silver Nanoclusters by Cooperative Acetylene Bonding with Mutual Pyridyl Coordination
			2023A1118	BL26B1	堂本 悠也	
			2024A1123	BL26B1	堂本 悠也	
			2023A1371	BL36XU	足立 精宏	

ChemistrySelect

48647	Arisu Sakai	10 (2025) e00885	2024B1694	BL01B1	吉田 真明	Development of a Mn ₂ O ₃ -based Water Oxidation Electrocatalyst From a Naturally Occurring Bixbyite Ore
			2023B1636	BL01B1	吉田 真明	
			2022B1609	BL01B1	吉田 真明	
			2021B1168	BL01B1	吉田 真明	

ChemSusChem

48565	Keitaro Ohashi	18 (2025) e202402576	2023A1690	BL01B1	神谷 和秀	Size-Dependency of Electrochemically Grown Copper Nanoclusters Derived from Single Copper Atoms for the CO Reduction Reaction
			2023A1934	BL01B1	大橋 圭太郎	
			2023B2081	BL14B2	原田 隆史	
			2023B2097	BL01B1	大橋 圭太郎	
			2024A1940	BL01B1	大橋 圭太郎	

Coatings

48360	Roshan Sanjeewa Fernando Watoru Thanthrige	15 (2025) 467	2021B1761	BL19B2	Jayathilaka Charith	Facile Synthesis of Sponge-like Microstructured CuO Anode Material for Rechargeable Lithium-Ion Batteries
			2022B1658	BL19B2	Kumara L. S.	
			2023A1541	BL19B2	Kumara L. S.	
			2019A1762	BL19B2	大坂 恵一	
			2019B1893	BL19B2	大坂 恵一	
			2019B1725	BL19B2	大坂 恵一	

Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects

48640	Muhamad Diki Permana	720 (2025) 137110	2024A1789	BL02B2	武井 貴弘	The Synergistic Effect of Fe ₃ O ₄ /g-C ₃ N ₄ for Persulfate Activation in Sulfate Radical Photo-Fenton
-------	----------------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

Communications Chemistry

48509	Mungo Frost	8 (2025) 128	2024A1404	BL10XU	Pena-Alvarez Miriam	Implications of High-pressure Oxygen Hydrates on Radiolytic Oxygen in Jovian Icy Moons
			2024A1415	BL10XU	Howie Ross	

Communications Earth & Environment

48711	Motohiko Murakami	6 (2025) 406	2020A0593	BL10XU	村上 元彦	The Texture of the Post-perovskite Phase Controls the Characteristics of the D" Seismic Discontinuity
			2017A1870	BL10XU	平尾 直久	

Communications Physics

48306	Shinya Tsukada	6 (2023) 107	2012A3713	BL22XU	大和田 謙二	Polarization Behavior in a Compositionally Graded Relaxor-ferroelectric Crystal Visualized by Angle-resolved Polarized Raman Mapping
			2013A3713	BL22XU	大和田 謙二	

Composites Part A: Applied Science and Manufacturing

48653	Kosuke Takahashi	198 (2025) 109060	2022A1026	BL20XU	高橋 航圭	Influence of Irradiation with Synchrotron Radiation X-ray on Nano-Scale CT for Carbon Fibers and Epoxy Matrix
-------	------------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

Composites Science and Technology

48427	Go Yamamoto	265 (2025) 111137	2023A1258	BL20XU	山本 剛	Unravelling the Role of inter CNT Yarn-Yarn Interactions in Governing the Failure Behavior in a Unidirectional CNT Yarn-reinforced Plastic Composite
-------	-------------	----------------------	-----------	--------	------	--

Crystal Growth & Design

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48327	Namiki Tanaka	25 (2025) 1851-1859	2023A1264	BL40XU	久木 一朗	Hydrogen-Bonded Ladder Frameworks Composed of Low Symmetric Tricarboxylic Acids
			2024A1208	BL40XU	久木 一朗	
			2024B1717	BL40XU	橋本 泰利	

Crystals

48454	Alexey Rulev	15 (2025) 440	2022A1406	BL35XU	Braun Artur	¹¹⁹ Sn Element-Specific Phonon Density of States of BaSnO ₃
			2023B1095	BL35XU	Braun Artur	

Electronics

48423	Quentin Eynaud	13 (2024) 1752	2021B1947	BL46XU	小金澤 智之	Ternary Polymer Solar Cells: Impact of Non-Fullerene Acceptors on Optical and Morphological Properties
			2022A2069	BL13XU	小金澤 智之	
			2022A2063	BL19B2	小金澤 智之	

eLife

48433	Takayuki Yamaguchi	(2025) Online published Mar. 12, 2025	2021B2542	EM02CT	深井 周也	Structural Insights into Heterohexameric Assembly of Epilepsy-related Ligand-receptor Complex LGI1-ADAM22
			2022B2543	EM01CT	深井 周也	

Energy & Fuels

48449	Shinta Miyazaki	37 (2023) 7945-7957	2022A1827	BL14B2	宮崎 眞太	Chemical Looping Dry Reforming of Methane over Ni-Modified WO ₃ /ZrO ₂ : Cooperative Work of Dispersed Tungstate Species and Ni over the ZrO ₂ Surface
			2020A1695	BL14B2	井 元	

European Journal of Inorganic Chemistry

48392	Keisuke Iijima	27 (2024) e202400198	2023A1539	BL02B1	森 達哉	Bis(ferrocenyl)stannylene
			2023A1785	BL02B1	森 達哉	
			2023A1859	BL02B1	村田 理尚	
			2023B1675	BL02B1	菅又 功	

Friction

48456	Naoko Takeuchi- Takahashi	13 (2025) 9441040	2018A5071	BL16XU	高橋 直子	Friction and Wear Characteristics of Acidic Phosphate Ester Boundary Layers Analyzed by Near-edge X-ray Absorption Fine Structure
			2018B5071	BL16XU	高橋 直子	

Frontiers in Molecular Biosciences

48429	Augustin Tshibaka Kabongo	10 (2023) 1095026	2022A6714	BL44XU	志波 智生	Biochemical Characterization and Identification of Ferulenol and Embelin as Potent Inhibitors of Malate:Quinone Oxidoreductase from <i>Campylobacter jejuni</i>
			2021A6616	BL44XU	志波 智生	
			2021B6616	BL44XU	志波 智生	

Frontiers in Pediatrics

48529	Cailin Diedericks	12 (2024) 1526603	2022B1246	BL20B2	Hooper Stuart	External Negative Pressure Improves Lung Aeration in Near-term Rabbit Kittens at Risk of Developing Respiratory Distress
-------	----------------------	----------------------	-----------	--------	---------------	--

Geophysical Research Letters

48500	Tomohiro Ohuchi	52 (2025) e2025GL114960	2023B1229	BL04B1	大内 智博	A Stress Memory Effect in Olivine at Upper Mantle Pressures and Temperatures
			2023A1213	BL04B1	大内 智博	
			2022B1183	BL04B1	大内 智博	

Inorganica Chimica Acta

48582	Yusuke Ikeda	550 (2023) 121434	2021B3624	BL14B1	大越 慎一	Crystal Structure, Photomagnetic and Dielectric Properties of a Cyanido-bridged Cu-Mo Assembly Film
			2022B3624	BL14B1	大越 慎一	

Inorganics

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48273	Alexei Belik	13 (2025) 91	2021A1334	BL02B2	Belik Alexei	The Conversion Polymorphism of Perovskite Phases in the BiCrO ₃ -BiFeO ₃ System

International Journal of Hydrogen Energy

48353	Hirohisa Tanaka	141 (2025) 1088-1097	2021A3609	BL14B1	松村 大樹	Experimental Verification to Developing Safety Technology for Liquefied Hydrogen in the Project "STACY"
			2021B3609	BL14B1	松村 大樹	
			2022A3609	BL14B1	松村 大樹	
			2022B3609	BL14B1	松村 大樹	
			2022B3630	BL14B1	田中 裕久	
			2023A3630	BL14B1	田中 裕久	
			2023B3630	BL14B1	田中 裕久	

JACS Au

48442	Yuki Nakaya	5 (2025) 1956-1964	2022A0302	BL01B1	中谷 勇希	Distorted Surface Ensembles in Platinum–Antimony for the Durable Catalytic Dehydrogenation of Methylcyclohexane
			2024B2022	BL01B1	古川 森也	

Journal of Alloys and Compounds

48625	Zheyuan Liang	1025 (2025) 180158	2022B1506	BL27SU	二宮 翔	Chemical Interactions in Cu-Al-Mn Shape-memory Alloy during Low-temperature Aging Treatment: XAS and DFT Study
			2023A1490	BL27SU	二宮 翔	

The Journal of Biological Chemistry

48355	Yasunori Watanabe	301 (2025) 108507	2020A2572	BL32XU	渡邊 康紀	Structural Basis for Phosphatidylcholine Synthesis by Bacterial Phospholipid N-methyltransferases
			2021A2762	BL45XU	渡邊 康紀	

Journal of Colloid and Interface Science

48350	Ruina Li	674 (2024) 326-335	2024B4126	BL12B2	Tung Ching-wei	d-band Center Engineering of Single Cu Atom and Atomic Ni Clusters for Enhancing Electrochemical CO ₂ Reduction to CO
			2024B4253	BL12XU	Tung Ching-wei	

Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena

48313	Saki Imada	280 (2025) 147538	2021A1301	BL27SU	今田 早紀	Geometry-dependent Analysis of 2p3d- and 2p3s-partial Fluorescence Yield Spectra for High-spin 3d ⁵ Systems
			2021A1289	BL27SU	今田 早紀	
			2021B1536	BL27SU	今田 早紀	
			2022A1149	BL27SU	今田 早紀	
			2022A1150	BL27SU	今田 早紀	

Journal of Electronic Materials

48375	Yukimasa Fukada	54 (2025) 686-692	2019A3801	BL23SU	吉越 章隆	Synthesis of Carbon Nanowalls using Plasma-Irradiated Solid Carbon and Absorption of Cs in Water
			2019B3801	BL23SU	吉越 章隆	

Journal of Magnetism and Magnetic Materials

48657	Akane Agui	629 (2025) 173248	2017A1083	BL08W	安居院 あかね	Four Compensation Points in Tb _x Co _{100-x} Amorphous Films
			2017B1115	BL08W	安居院 あかね	
			2018A1090	BL08W	安居院 あかね	
			2019A1322	BL08W	安居院 あかね	
			2019A1324	BL37XU	安居院 あかね	
			2019B1211	BL08W	安居院 あかね	

Journal of Materials Science

48602	Hiroshi Nakajima	60 (2025) 9197-9207	2022A1085	BL04B2	中島 宏	Characteristic Ferroelectric Domains and Their Dynamic Behavior in Ordered Pb(Sc _{1/2} Nb _{1/2})O ₃
-------	------------------	------------------------	-----------	--------	------	---

Journal of Materials Science & Technology

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48439	Yi Shuang	210 (2025) 246-253	2022A1575	BL09XU	齊藤 雄太	Amorphous-to-crystalline Transition-induced Two-step Thin Film Growth of Quasi-one-dimensional Penta-telluride ZrTe ₅

The Journal of Physical Chemistry B

48444	Ward Wakileh	129 (2025) 2461-2470	2022B2094	BL40XU	関口 博史	Investigation of Cubosome Interactions with Liposomal Membranes Based on Time-Resolved Small-Angle X-ray Scattering and Laurdan Fluorescence Spectroscopy
			2022B0301	BL40XU	Ward Wakileh	
			2022B0301	BL40B2	Ward Wakileh	

Journal of Physics and Chemistry of Solids

48614	Takeshi Nakagawa	175 (2023) 111202	2019A4132	BL12B2	Ding Yang	Pressure-induced Valence Fluctuation in CsEuF ₃ : From Divalent Eu Valence to Trivalent Eu Valence State
			2020A4260	BL12XU	平岡 望	

Journal of Synchrotron Radiation

48426	Yuichi Inubushi	32 (2025) 534-538	2021A8064	BL2	犬伏 雄一	Development of Portable Nanofocusing Optics for X-ray Free-electron Laser Pulses
			2022A8074	BL2	犬伏 雄一	
			2022B8071	BL3	犬伏 雄一	
			2023A8020	BL2	犬伏 雄一	
			2023A8067	BL3	犬伏 雄一	

Luminescence

48441	Ryo Sasai	40 (2025) e70174	2019A0068	BL02B2	森吉 千佳子	Mechanism Responsible for Changes in the Luminescence Properties of Terbium (III)-Doped Layered Double Hydroxides During Carbonate/Chloride Exchange
			2022A1162	BL02B2	笹井 亮	
			2022A1175	BL02B2	岡田 友彦	
			2022B0573	BL02B2	森吉 千佳子	
			2022B1643	BL02B2	原 孝佳	

Materials Characterization

48318	Kartik Prasad	218 (2024) 114573	2021B1858	BL46XU	鳥塚 史郎	On the Dislocation Storage Capacity of Additively Manufactured Hastelloy X: In situ Synchrotron Diffraction Study
			2021B1921	BL19B2	鳥塚 史郎	
			2022A1598	BL13XU	鳥塚 史郎	
			2022A1760	BL19B2	鳥塚 史郎	
			2022B1672	BL19B2	鳥塚 史郎	
			2022B1975	BL13XU	鳥塚 史郎	

Materials Today Physics

48536	J. Bi	28 (2022) 100840	2021A1172	BL10XU	Zhu Jinlong	Stabilization of Superconductive La-Y Alloy Superhydride with T _c above 90 K at Megabar Pressure
			2021B1407	BL10XU	Zhu Jinlong	

Materials Transactions

48487	Shota Tsuchiya	66 (2025) 895-902	2021B1124	BL20XU	清水 一行	Analysis of Void Formation and Crack Propagation at Grain Boundaries in Al-Zn-Mg-Cu Alloy
			2022A1113	BL20XU	清水 一行	
			2022B1377	BL20XU	清水 一行	

Materials Science and Engineering: A

48563	Yuxiang Zhang	939 (2025) 148493	2024B1606	BL13XU	王 延緒	Texture-induced Anisotropic Elastic Properties and Their Temperature Dependences in Hot-rolled Ti-24Nb-4Zr-8Sn Alloy
-------	---------------	----------------------	-----------	--------	------	--

Materials Science in Semiconductor Processing

48511	Takuma Kobayashi	175 (2024) 108251	2021A3833	BL23SU	渡部 平司	Characterization of Nitrided SiC(1100) MOS Structures by Means of Electrical Measurements and X-ray Photoelectron Spectroscopy
			2021B3833	BL23SU	渡部 平司	

Materials Today Communications

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48703	Shin-ichi Inoue	47 (2025) 113098	2024A1761	BL19B2	Kumara L. S.	Effects of Beryllium Segregation along Grain Boundaries of Y ₂ O ₃ Film in Mg–Zn–Y Alloy on Nonflammability and Oxidation Resistance
			2024B1883	BL19B2	井上 晋一	

The Minerals, Metals and Materials Series (Light Metals 2025)

48712	Keitaro Horikawa	(2025) 134-143	2024A1147	BL20B2	堀川 敬太郎	Evaluation of Hydrogen-Induced Pores in Ni–P-Plated Al–Zn–Mg Alloys Using Synchrotron X-Ray Computed Tomography and Hydrogen Analysis
			2024B1139	BL20B2	堀川 敬太郎	

MLF Annual Report 2023

48330	Takeshi Murakawa	24 (2025) 7-9	2021B6606	BL44XU	岡島 俊英	Neutron Crystallography of a Semiquinone Radical Intermediate of Copper Amine Oxidase
-------	------------------	------------------	-----------	--------	-------	---

Nano Research

48690	Masaki Saruyama	18 (2025) 94907284	2024A1255	BL40B2	猿山 雅亮	One-step Preparation of Three-dimensional Superlattices during Nanoparticle Synthesis
			2024B1498	BL40B2	猿山 雅亮	

New Physics: Sae Mulli

48505	Hidenori Fujiwara	73 (2023) 1062-1066	2014B3882	BL23SU	関山 明	Polarization Dependence of Soft X-ray Absorption Spectroscopy on the Heavy Fermion Superconductor CeNi ₂ Ge ₂
			2013B3882	BL23SU	関山 明	
			2014A1023	BL27SU	関山 明	
			2014B1299	BL27SU	関山 明	

Optica

48428	Ichiro Inoue	12 (2025) 530-533	2023A8051	BL3	井上 伊知郎	High-intensity X-ray Pump-monochromatic X-ray Probe Technique across Time Zero
			2023B8002	BL3	井上 伊知郎	
			2024A8045	BL3	井上 伊知郎	

Optical Materials

48470	F. D. Fedyunin	164 (2025) 117022	2019B4500	BL15XU	山浦 一成	Towards Enhancement of Energy Transfer Efficiency to Ce ³⁺ in Gd ₃ (Al,Ga,Sc) ₅ O ₁₂ :Ce Crystals
			2020A4501	BL15XU	Belik Alexei	

Patterns

48347	Yasuhiro Iba	6 (2025) 101210	2018A1703	BL20B2	竹田 裕介	Nature Visible only Digitally
			2021B1810	BL20B2	池上 森	

Photosynthesis Research

48558	Uwe Bergmann	162 (2024) 371-384	2017B8066	BL3	Bergmann Uwe	Stimulated X-ray Emission Spectroscopy
-------	--------------	-----------------------	-----------	-----	--------------	--

Physical Review Research

48503	Ludovic Rapp	6 (2024) 023101	2018A3738	BL22XU	松岡 健之	Observation of High-pressure Polymorphs in Bulk Silicon Formed at Relativistic Laser Intensities
-------	--------------	--------------------	-----------	--------	-------	--

Physics and Chemistry of Minerals

48457	Yuhei Umeda	52 (2025) 20	2018B8039	BL3	奥地 拓生	In situ Observation of Shock-induced Structural Evolution of Calcite
			2018B8061	BL3	佐藤 友子	
			2018B8069	BL3	尾崎 典雅	
			2021B8644	BL3	梅田 悠平	
			2021B8067	BL3	尾崎 典雅	
			2021B8045	BL3	奥地 拓生	
2021B8659	BL3	佐藤 友子				

Progress in Nuclear Science and Technology

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48459	Naoki Kanno	7 (2025) 154-160	2022A3625	BL14B1	中瀬 正彦	Valence Separation of Fe and Removal of Sn ²⁺ by Solvent Extraction as a Potential Method to Determine Fe ²⁺ in Glass Containing Sn ²⁺
			2020A3738	BL22XU	中瀬 正彦	

Polymer Degradation and Stability

48617	Daisuke Takaya	240 (2025) 111431	2019B2020	BL03XU	加部 泰三	Biodegradation Rate Control with Blends of Poly(butylene succinate) and Poly(butylene succinate-co-adipate)
			2022B1330	BL40B2	甘 弘毅	

Polymer Journal

48568	Shin Takano	55 (2023) 1387-1391	2022B1713	BL40B2	高野 心	A Surprisingly Narrow Particle Size Distribution for Polyacrylic Acid Nanospheres Produced by Precipitation Polymerization and Revealed by Small-angle X-ray Scattering
			2022B1277	BL40B2	櫻井 和朗	
			2022A1106	BL40B2	櫻井 和朗	

Review of Scientific Instruments

48315	Ahmed Gadelmawla	96 (2025) 035107	2022B1392	BL39XU	木村 耕治	Application of X-ray Fluorescence Holography to a Single Grain in Polycrystalline Ferroelectric Ceramics
			2022A1011	BL39XU	木村 耕治	
			2021B1381	BL37XU	林 好一	
			2021A1376	BL37XU	林 好一	
			2020A1546	BL13XU	林 好一	
			2019B1388	BL13XU	林 好一	

RSC Applied Polymers

48418	Naoya Nozaki	2 (2024) 163-171	2021B1106	BL40B2	松本 英俊	Thienoisindigo-based Recyclable Conjugated Polymers for Organic Electronics
			2022B1474	BL40B2	松本 英俊	

Separation and Purification Technology

48396	Wei-Han Wei	360 (2025) 131129	2021B1168	BL01B1	吉田 真明	Mn-MIL-100 Derived MnO ₂ @carbon for the Photo-induced Thermal Catalytic HCHO Oxidation
-------	-------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

Small Structures

48412	Ebru Destan	6 (2025) 2400680	2023B8058	BL2	當舎 武彦	Experimental and Computational Insights into the Structural Dynamics of the Fc Fragment of IgG1 Subtype from Biosimilar VEGF-Trap
			2023A2761	BL32XU	當舎 武彦	

Structural Dynamics

48540	Adams Vallejos	11 (2024) 044302	2019A8077	BL2	Neutze Richard	Appraising Protein Conformational Changes by Resampling Time-resolved Serial X-ray Crystallography Data
-------	----------------	---------------------	-----------	-----	----------------	---

Structure

48437	Kazuki Kawahara	33 (2025) 1040-1050	2021B2538	EM01CT	中村 昇太	High-resolution Cryo-EM Analysis Visualizes Hydrated Type I and IV Pilus Structures from Enterotoxigenic <i>Escherichia coli</i>
			2022A2747	EM01CT	中村 昇太	
			2023A2738	EM01CT	中村 昇太	

Surfaces and Interfaces

48295	Sue Ying Tan	56 (2025) 105683	2021B1738	BL14B2	Wong WaiYin	Template-free Modulation of MOF-derived Atomically Dispersed Fe-N-C Catalyst for Enhanced Oxygen Reduction Reaction and Durability in Acidic Medium
-------	--------------	---------------------	-----------	--------	-------------	---

Vacuum

48548	Lin-Zhi Xu	239 (2025) 114373	2023B1117	BL08W	Jiang Haoran	Role of Se Addition on the Glass Formation and Crystallization of Cu-Zr Glassy Alloy
-------	------------	----------------------	-----------	-------	--------------	--

Zeitschrift für Anorganische und Allgemeine Chemie

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48391	Koichi Sato	650 (2024) e202400115	2023A1539	BL02B1	森 達哉	Synthesis of 2,2,3,3-Tetraphenyl-5,5,6,6,7,7,8,8-octamethyl-2,3,5,6,7,8-hexasilabicyclo[2.2.2]octane – a Phenyl-substituted Silicon-containing Cage
			2023A1785	BL02B1	森 達哉	
			2023A1859	BL02B1	村田 理尚	
			2023B1675	BL02B1	菅又 功	

X線分析の進歩 (Advances in X-ray Chemical Analysis, Japan)

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48463	Ryotaro Sato	54 (2023) 193-201	2022A3558	BL11XU	上原 章寛	High Energy Resolution Fluorescence Detected X-ray Absorption Fine Structure (HERFD-XAFS) Measurements for Rubidium Compounds to Prepare Estimation Methods for Chemical Form of Uranium in Biological System
			2022B3558	BL11XU	上原 章寛	

コンクリート工学年次論文集 (Proceedings of the Japan Concrete Institute)

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48700	Takashi Hitomi	47 (2025) 696-701	2017B1627	BL28B2	人見 尚	Development of New Binder with Chemical Reactivity Imparted by Grinding Treatment
			2018A1565	BL28B2	人見 尚	
			2018A1783	BL46XU	人見 尚	
			2018B1602	BL28B2	人見 尚	
			2018B2068	BL19B2	人見 尚	
			2019A1659	BL28B2	人見 尚	
			2019A1780	BL19B2	人見 尚	
			2019B1712	BL28B2	人見 尚	
			2019B1895	BL46XU	人見 尚	
			2020A1622	BL28B2	人見 尚	
			2021B1917	BL46XU	人見 尚	
			2022B1774	BL28B2	人見 尚	
2023A1813	BL28B2	人見 尚				

材料 (Journal of the Society of Materials Science, Japan)

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48413	Kenji Suzuki	74 (2025) 251-257	2023B1568	BL19B2	北脇 高太郎	Residual Stresses of Aluminum Alloy Blank Disk for Hard Disk Drive

しょうとつ (原子衝突学会誌, Journal of Atomic Collision Research)

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48551	Shinichirou Minemoto	21 (2024) R005	2018B8045	BL1	峰本 紳一郎	X線自由電子レーザーを利用した超高速分子構造決定法の開発

成形加工 (Journal of the Japan Society of Polymer Processing)

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48619	Mizuki Kishimoto	37 (2024) 27-29	2017A7215	BL03XU	三田 一樹	Correlation between Submicron Structures and Mechanical Properties of Polyethylene
			2017B7267	BL03XU	三田 一樹	
			2018A7217	BL03XU	内田 公典	
			2018B7267	BL03XU	内田 公典	
			2019A7215	BL03XU	内田 公典	
2019B7264	BL03XU	内田 公典				

日本ゴム協会誌 (Journal of the Society of Rubber Science and Technology, Japan)

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48452	Satoshi Sawada	97 (2024) 119-124	2021B7700	BL28XU	竹中 幹人	Time-resolved XAFS Study on Formation Behavior of Zinc Compounds during Vulcanization in Rubbers with Different Vulcanization Systems
			2022A7700	BL28XU	竹中 幹人	
			2022B7700	BL28XU	竹中 幹人	
			2023A7700	BL28XU	竹中 幹人	
			2023B7700	BL28XU	竹中 幹人	

表面と真空 (Vacuum and Surface Science)

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48517	Daiki Katsube	65 (2022) 526-530	2017A3801	BL23SU	吉越 章隆	Restoration of Oxygen Vacancies on an Anatase TiO ₂ (001) Surface with Supersonic Seeded Oxygen Molecular Beam
			2017A3832	BL23SU	大野 真也	
			2017B3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2017B3832	BL23SU	大野 真也	
			2018A3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2018A3832	BL23SU	阿部 真之	
			2018B3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2018B3838	BL23SU	阿部 真之	
			2019A3838	BL23SU	阿部 真之	
2020A3838	BL23SU	阿部 真之				
2021A3838	BL23SU	阿部 真之				

保全学 (Maintenology)

48580	Lina Yu	23 (2025) 77-84	2023B1991	BL19B2	Yu Lina	A Study on Residual Stresses of Multilayer Welded SUS316 Steel with Surface Machining using Double Exposure Method
-------	---------	--------------------	-----------	--------	---------	--

博士論文 (University of Oxford)

48541	James Francis Unwin	(2024)	2022B8043	BL1	Allum Felix	Characterising the Photodissociation Dynamics of Few-atom Systems via X-ray Coulomb Explosion Imaging
48542	Tiffany Rae Walmsley	(2024)	2021A8038	BL1	Forbes Ruaridh	Coulomb Explosion Imaging and Covariance Analysis of Concurrent Fragmentation Mechanisms
48560	Joseph W. McManus	(2024)	2022B8048	BL1	Warne Emily	Studies of Photoinduced Molecular Dynamics using Ion Imaging and Correlation Analysis

博士論文 (京都大学)

48281	Jongbin Go	(2024)	2021B1049	BL46XU	辻 伸泰	Effect of Twinning and De-twinning on Macroscopic and Microscopic Deformation in AZ31 Magnesium Alloy
			2021B1911	BL46XU	辻 伸泰	
			2022B1056	BL13XU	辻 伸泰	
			2022B1785	BL13XU	辻 伸泰	
			2023A1038	BL13XU	辻 伸泰	
			2023B1762	BL13XU	辻 伸泰	
			2021A1039	BL46XU	辻 伸泰	
			2021A1618	BL46XU	辻 伸泰	
			2021B1853	BL46XU	辻 伸泰	
			2022A1007	BL13XU	辻 伸泰	
2023A1823	BL13XU	辻 伸泰				
48416	Yuka Matsushima	(2025)	2021A2750	BL45XU	入江 一浩	Structure-Function Analysis of Conformationally Fixed Analogs of Amyloid β 42 and Development of Antibodies against the Toxic Conformer
48659	Hiroyuki Yamashita	(2025)	2022B3581	BL11XU	瀬戸 誠	Development of Measuring Method of Gamma-ray Waveform Transmitted through Vibrating Nuclear Resonant Absorber for Study of Quantum Applications
			2023A3581	BL11XU	瀬戸 誠	

博士論文 (東京大学)

48272	Masami Nirei	(2022)	2018A1500	BL04B2	山室 修	Thermodynamic and X-ray/Neutron Scattering Study on High Entropy Molecular Liquids
			2018B1489	BL04B2	山室 修	
			2018B1717	BL04B2	楡井 真実	
			2019B1771	BL04B2	楡井 真実	
48436	Yosuke Arai	(2023)	2022A1714	BL35XU	新井 陽介	Electronic Structure of Low-carrier Rare Earth Compounds Cerium Monopnictides Investigated by Angle-resolved Photoemission Spectroscopy
48438	Keisuke Ozawa	(2023)	2022A1701	BL39XU	小澤 佳祐	Compression Behaviors of Elements in Basaltic Glass Revealed by High-pressure XAFS Measurements

博士論文 (東北大学)

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
48314	Satoshi Matsuno	(2025)	2023B2108	BL19B2	松野 哲士	Data-Driven Analyses of Element Transfer within Oceanic Crust During Fluid-Rock Interactions at Seafloor and Subduction Plate Interface
			2024B1937	BL19B2	松野 哲士	
48585	Peiao Xie	(2024)	2023A3657	BL14B1	石井 賢司	Research on the Electronic States of 214-type T* Phase Cuprates using Quantum Beam Spectroscopy
			2023B3657	BL14B1	石井 賢司	
			2024A3657	BL14B1	石井 賢司	

名古屋大学 (Nagoya University)

48692	Shuto Asano	(2024)	2022B1718	BL10XU	浅野 秀斗	Ultra-High Pressure Synthesis and Crystal Chemistry of Early Transition Metal Nitrides
			2021A1602	BL10XU	浅野 秀斗	
48734	Takeshi Hara	(2025)	2022A0304	BL02B1	原 武史	Research on Molecular Crystals by Precise Valence Electron Density Analysis Using Synchrotron X-ray Diffraction

博士論文 (Hanyang University)

48661	Sumin Im	(2025)	2019A3784	BL22XU	裴 晟哲	Multiscale Studies on Thermo-Treated Calcium Silicate Hydrates: Its Potential for CO ₂ Sequestration
			2020A3782	BL22XU	裴 晟哲	

博士論文 (University of Basel)

48554	Melissa Carrillo	(2024)	2019A8007	BL2	Schmidt Marius	Polymer Fixed-targets for Time-resolved Serial Protein Crystallography at XFELs and Synchrotrons
-------	------------------	--------	-----------	-----	----------------	--

博士論文 (University of Essex)

48556	Peter Smyth	(2024)	2022A8002	BL2	Hough Michael	Serial and Time-resolved Crystallography of Metalloproteins
			2022B8041	BL2	Hough Michael	

博士論文 (Stanford University)

48547	Priyanka Muhunthan	(2024)	2022B8017	BL3	Ihme Werner	Investigating the Structure and Dynamics of Supercritical Fluids using X-ray Techniques and Atomistic-scale Simulations
-------	--------------------	--------	-----------	-----	-------------	---

博士論文 (The University of Edinburgh)

48539	Kyle Lewis Barlow	(2024)	2021B8001	BL3	Johansson Johan	Application of Ultrafast Spectroscopic Techniques to Single-molecule Magnets
-------	-------------------	--------	-----------	-----	-----------------	--

博士論文 (大阪大学)

48566	Shintaro Kato	(2024)	2021A1294	BL01B1	神谷 和秀	Study on Electrochemical Upgrading Reactions of Gaseous Substrates at High-Current Density
			2021B1204	BL01B1	神谷 和秀	
			2022A1165	BL01B1	神谷 和秀	
			2022B0566	BL01B1	神谷 和秀	
			2023A1690	BL01B1	神谷 和秀	
			2023B2081	BL14B2	原田 隆史	
			2023A1934	BL01B1	大橋 圭太郎	

博士論文 (東京科学大学)

48356	Eito Hirai	(2025)	2023B1703	BL35XU	平井 英人	Experimental Study on Surface Energy and Elasticity of Organic Materials on Titan
			2024A1609	BL35XU	平井 英人	

課題以外の成果として登録された論文

Chemical Reviews

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	タイトル
48544	Lin Chen	124 (2024) 5421-5469	装置 & 技術	SACLA	Deciphering Photoinduced Catalytic Reaction Mechanisms in Natural and Artificial Photosynthetic Systems on Multiple Temporal and Spatial Scales Using X-ray Probes

The Journal of Physical Chemistry C

48683	Yuhei Sasaki	129 (2025) 10624-10632	装置 & 技術	BL29XU	Development of <i>Operando</i> Hard X-ray Ptychography: Application to Thin-Film All-Solid-State Lithium-Ion Batteries
-------	--------------	---------------------------	---------	--------	--

Nature Communications

48559	Quentin Bertrand	15 (2024) 10278	装置 & 技術	SACLA	Structural Effects of High Laser Power Densities on an Early Bacteriorhodopsin Photocycle Intermediate
-------	------------------	--------------------	---------	-------	--

Proceedings of the 32nd Linear Accelerator Conference

48561	T. Inagaki	(2024) 747-750	加速器	SACLA	Studies on High Repetition Rate Operation of SACLA with X-band Normal Conducting Accelerator
-------	------------	-------------------	-----	-------	--

Review of Scientific Instruments

48557	Kazuaki Togawa	95 (2024) 043304	装置 & 技術	SACLA	Slice Emittance Measurements using a Slit-grid System and a Fast Wall-current Monitor
-------	----------------	---------------------	---------	-------	---

Science and Technology of Advanced Materials

48546	Tatsuo Hasegawa	25 (2024) 2418282	装置 & 技術	SACLA	Exploration and Development of Molecule-based Printed Electronics Materials: an Integrated Approach using Experimental, Computational, and Data Sciences
-------	-----------------	----------------------	---------	-------	--

放射光 (Journal of the Japanese Society for Synchrotron Radiation Research)

48550	Eito Iwai	37 (2024) 253-259	加速器	SACLA	Automatic Accelerator Tuning using Machine Learning Method at SACLA
-------	-----------	----------------------	-----	-------	---

博士論文 (大阪大学)

48552	Shotaro Matsumura	(2024)	装置 & 技術	SACLA	微小間隙における高精度プラズマエッチングとそのX線結晶光学素子への応用
-------	-------------------	--------	---------	-------	-------------------------------------

SPring-8/SACLA 研究成果公表 論文サイテーション数調査 - 2025 -

公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用推進部

1. SPring-8/SACLA 利用研究者が発表した論文の総数と被引用数

●集計対象論文：SPring-8/SACLA 成果登録DBに登録された成果中、サイテーション値の取得が可能な論文について集計した。

調査日：2025/04/03

SPring-8	1989-2025*2 (総累積)			2014-2024 (11年間累積)			2023 (2年経過値)		
	累積論文数	累積被引用数	平均被引用数	累積論文数	累積被引用数	平均被引用数	年間総論文数	累積被引用数	平均被引用数
全SPring-8 [net]*1	18,542	611,862	33.0	9,691	226,348	23.4	639	3,423	5.4
共用BL*3*4	12,945	438,780	33.9	6,737	157,776	23.4	460	2,496	5.4
専用BL*3*4	4,515	133,348	29.5	2,724	59,633	21.9	173	847	4.9
理研BL*3*4	2,321	92,068	39.7	1,113	29,696	26.7	64	237	3.7
その他 (技術開発等)	179	2,876	16.1	19	46	2.4	1	0	0.0

SACLA	2006-2025*2 (総累積)			2014-2024 (11年間累積)			2023 (2年経過値)		
	累積論文数	累積被引用数	平均被引用数	累積論文数	累積被引用数	平均被引用数	年間総論文数	累積被引用数	平均被引用数
全SACLA [net]*1	601	19,682	32.7	492	14,557	29.6	49	406	8.3
BL1, 2, 3	418	15,179	36.3	396	12,651	31.9	42	379	9.0
その他 (技術開発等)	194	6,352	32.7	102	2,070	20.3	7	27	3.9

●集計対象BL*3

共用BL — 計26本

BL01B1 BL02B1 BL02B2 BL04B1 BL04B2 BL08W BL09XU BL10XU BL13XU BL14B2 BL19B2
BL20XU BL20B2 BL25SU BL27SU BL28B2 BL35XU BL37XU BL38B1*4 BL39XU BL40XU BL40B2
BL41XU BL43IR BL46XU BL47XU

専用BL — 計20本

BL03XU*4 BL07LSU*4 BL08B2*4 BL11XU BL12XU BL12B2 BL14B1 BL15XU*4 BL16XU*4 BL16B2*4 BL22XU
BL23SU BL24XU*4 BL28XU BL31LEP BL32B2*4 BL33XU BL33LEP*4 BL36XU*4 BL44XU

理研BL — 計11本

BL05XU BL17SU BL19LXU BL26B1 BL26B2 BL29XU BL32XU BL38B2 BL43LXU BL44B2 BL45XU*4

●備考

- *1：成果登録DBに登録された原著論文／博士論文／査読付きプロシーディングで、Clarivate Analytics社 InCites Benchmarkingを用い、ドキュメントタイプArticleとReviewを集計対象論文とした。
- *2：2025年は、2025年1月1日から2025年3月31日までに発行された論文を集計対象とした。それ以外は、各年1月1日から12月31日までに発行された論文を集計対象とした。
- *3：複数のBLに関連する成果は、それぞれの集計値に重複して集計した。
- *4：共用・専用・理研の変更があった次のBLについては、変更前のカテゴリに含めた。
BL03XU、BL07LSU、BL08B2、BL15XU、BL16XU、BL16B2、BL24XU、BL32B2、BL33LEP、BL36XU、BL38B1 (以上、現理研BL)、BL45XU (現共用BL)

2. SPring-8/SACLA利用の総論文数とそれら被引用状況（トップ10%、トップ1%論文割合）

●集計対象論文：SPring-8/SACLA 成果登録DBに登録された成果中、サイテーション値の取得が可能な論文について集計した。

調査日：2025/04/03

SPring-8	1989-2025 *2 (総累積)			2014-2024 (11年間累積)			2023 (2年経過値)		
	論文数	TOP10%論文割合	TOP1%論文割合	論文数	TOP10%論文割合	TOP1%論文割合	論文数	TOP10%論文割合	TOP1%論文割合
全SPring-8 [net] *1	18,542	10.6%	1.5%	9,691	9.6%	1.6%	639	7.2%	0.9%
共用BL *3*4	12,945	11.2%	1.6%	6,737	10.1%	1.6%	460	7.6%	0.9%
専用BL *3*4	4,515	8.3%	1.5%	2,724	7.2%	1.7%	173	4.6%	1.2%
理研BL *3*4	2,321	12.3%	1.3%	1,113	12.0%	1.3%	64	6.3%	0.0%

SACLA	2006-2025 *2 (総累積)			2014-2024 (11年間累積)			2023 (2年経過値)		
	論文数	TOP10%論文割合	TOP1%論文割合	論文数	TOP10%論文割合	TOP1%論文割合	論文数	TOP10%論文割合	TOP1%論文割合
全SACLA [net] *1	601	15.6%	2.7%	492	16.5%	2.4%	49	20.4%	4.1%
BL1, 2, 3	418	18.9%	3.1%	396	18.4%	2.8%	42	21.4%	4.8%

●集計対象BL *3

共用BL — 計26本

BL01B1 BL02B1 BL02B2 BL04B1 BL04B2 BL08W BL09XU BL10XU BL13XU BL14B2 BL19B2
 BL20XU BL20B2 BL25SU BL27SU BL28B2 BL35XU BL37XU BL38B1 *4 BL39XU BL40XU BL40B2
 BL41XU BL43IR BL46XU BL47XU

専用BL — 計20本

BL03XU *4 BL07LSU *4 BL08B2 *4 BL11XU BL12XU BL12B2 BL14B1 BL15XU *4 BL16XU *4 BL16B2 *4 BL22XU
 BL23SU BL24XU *4 BL28XU BL31LEP BL32B2 *4 BL33XU BL33LEP *4 BL36XU *4 BL44XU

理研BL — 計11本

BL05XU BL17SU BL19LXU BL26B1 BL26B2 BL29XU BL32XU BL38B2 BL43LXU BL44B2 BL45XU *4

●備考

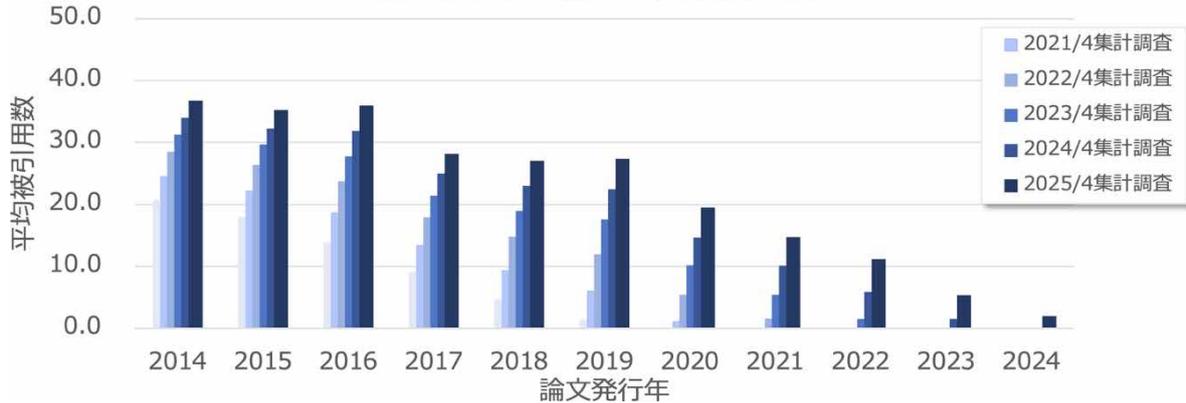
- *1：成果登録DBに登録された原著論文／博士論文／査読付きプロシーディングで、Clarivate Analytics社 InCites Benchmarking を用い、ドキュメントタイプArticleとReviewを集計対象論文とした。
- *2：2025年は、2025年1月1日から2025年3月31日までに発行された論文を集計対象とした。それ以外は、各年1月1日から12月31日までに発行された論文を集計対象とした。
- *3：複数のBLに関連する成果は、それぞれの集計値に重複して集計した。
- *4：共用・専用・理研の変更があった次のBLについては、変更前のカテゴリに含めた。
 BL03XU、BL07LSU、BL08B2、BL15XU、BL16XU、BL16B2、BL24XU、BL32B2、BL33LEP、BL36XU、BL38B1（以上、現理研BL）、
 BL45XU（現共用BL）

3. SPring-8利用の年別発行総論文数と2025年4月における平均被引用数（2014-2024）

調査日：2025/04/03

SPring-8	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
年別発行論文数*1	880	878	1000	986	893	1004	1061	903	806	643	648
累積被引用数*2	32,338	30,947	35,959	27,749	24,171	27,476	20,684	13,332	9,028	3,437	1,267
平均被引用数 [累積被引用数/年別発行論文数]	36.7	35.2	36.0	28.1	27.1	27.4	19.5	14.8	11.2	5.3	2.0

論文発行年別平均被引用数



●備考

*1：成果登録DBに登録された原著論文／博士論文／査読付きプロシーディングで、Clarivate Analytics社 InCites Benchmarking を用い、ドキュメントタイプ Article と Review を集計対象論文とした。

*2：被引用数確認は、Clarivate Analytics社 InCites Benchmarking を用いた。

4. SACLA利用の年別発行総論文数と2025年4月における平均被引用数（2014-2024）

調査日：2025/04/03

SACLA	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
年別発行論文数*1	24	48	53	47	41	57	57	51	38	49	27
累積被引用数*2	1541	4,208	1,877	1,854	1,031	1,417	1036	771	346	406	70
平均被引用数 [累積被引用数/年別発行論文数]	64.2	87.7	35.4	39.4	25.1	24.9	18.2	15.1	9.1	8.3	2.6

論文発行年別平均被引用数

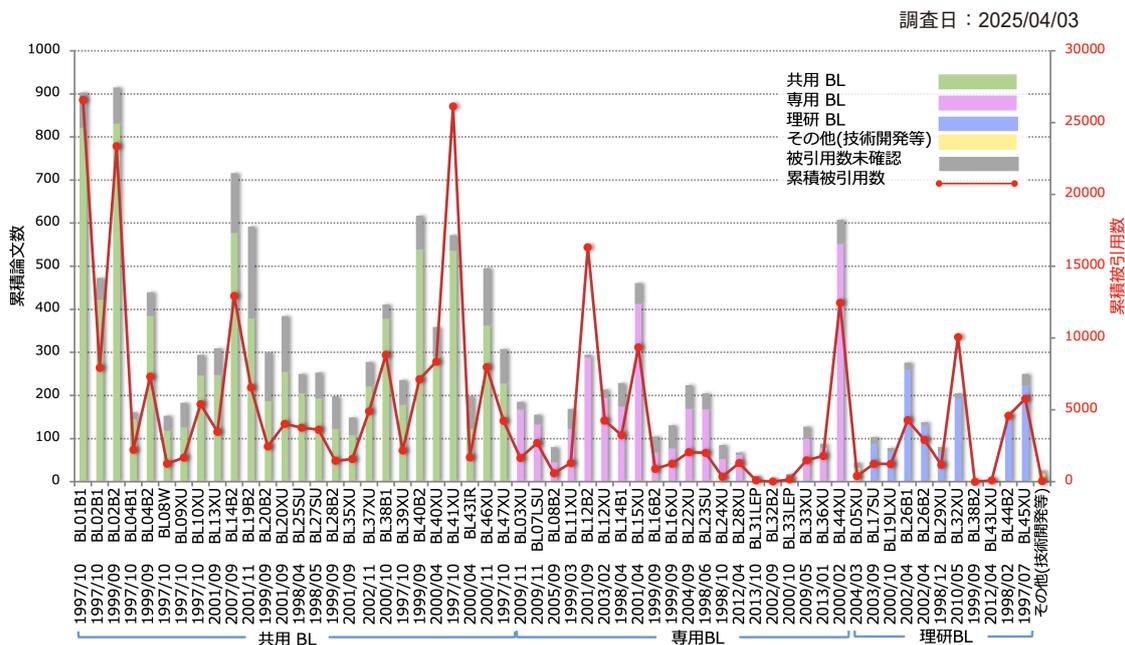


●備考

*1：成果登録DBに登録された原著論文／博士論文／査読付きプロシーディングで、Clarivate Analytics社 InCites Benchmarking を用い、ドキュメントタイプ Article と Review を集計対象論文とした。

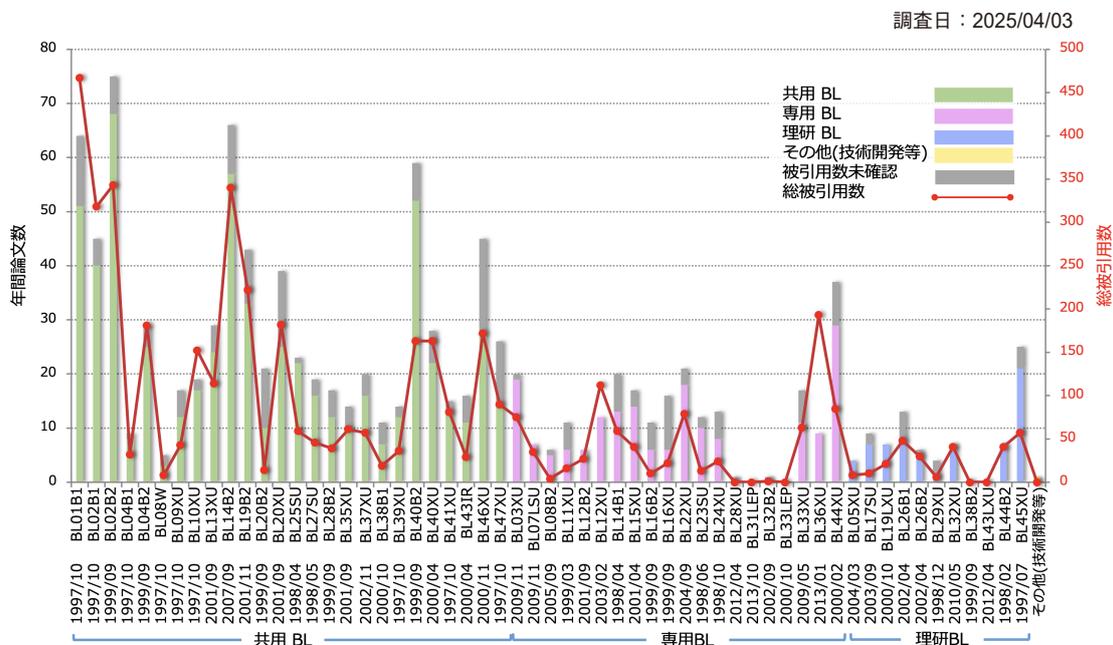
*2：被引用数確認は、Clarivate Analytics社 InCites Benchmarking を用いた。

5. SPring-8のBL別累積論文数と累積被引用数の比較 (2014-2024)



- * 1：成果登録DBに登録された原著論文／博士論文／査読付きプロシーディングおよび、SPring-8/SACLA利用研究成果集を対象とし、累積被引用数はClarivate Analytics社 InCites Benchmarking を用いて集計した。
- * 2：検索DB (Clarivate Analytics Web of Science) 未登録のため、被引用数が確認出来ない論文は「被引用数未確認」に計上する。
- * 3：一つの論文が異なる複数のBLに関わる共通の成果とみなせる場合、各BLそれぞれに計上する。
- * 4：共用・専用・理研の変更があった次のBLについては、変更前のカテゴリに含めた。
BL03XU、BL07LSU、BL08B2、BL15XU、BL16XU、BL16B2、BL24XU、BL32B2、BL33LEP、BL36XU、BL38B1 (以上、現 理研BL)、BL45XU (現 共用BL)

6. SPring-8のBL別年間総論文数と総被引用数の比較 (2023年の発表論文)



- * 1：成果登録DBに登録された原著論文／博士論文／査読付きプロシーディングおよび、SPring-8/SACLA利用研究成果集を対象とし、累積被引用数はClarivate Analytics社 InCites Benchmarking を用いて集計した。
- * 2：検索DB (Clarivate Analytics Web of Science) 未登録のため、被引用数が確認出来ない論文は「被引用数未確認」に計上する。
- * 3：一つの論文が異なる複数のBLに関わる共通の成果とみなせる場合、各BLそれぞれに計上する。
- * 4：共用・専用・理研の変更があった次のBLについては、変更前のカテゴリに含めた。
BL03XU、BL07LSU、BL08B2、BL15XU、BL16XU、BL16B2、BL24XU、BL32B2、BL33LEP、BL36XU、BL38B1 (以上、現 理研BL)、BL45XU (現 共用BL)

7. 2023年発行論文の被引用数トップ10

SPring-8/SACLA利用関連論文の被引用数トップ10 (2023)

調査日：2025/04/03

	回数	BL	実験責任者	タイトル	主著者	所属	投稿先ジャーナル名
1	140	BL36XU	—	Pd–PdO Nanodomains on Amorphous Ru Metallene Oxide for High-Performance Multifunctional Electrocatalysis	Viet-Hung Do	Nanyang Technological University	Advanced Materials
2	85	BL40XU 他	Takuji Hatakeyama	Sequential Multiple Borylation Toward an Ultrapure Green Thermally Activated Delayed Fluorescence Material	Shigetada Uemura	Kyoto University, Kwansai Gakuin University	Journal of the American Chemical Society
3	76	BL2	Junko Yano	Structural Evidence for Intermediates during O ₂ Formation in Photosystem II	Asmit Bhowmick	Lawrence Berkeley National Laboratory	Nature
3	76	BL10XU	Katsuya Shimizu 他	Stoichiometric Ternary Superhydride LaBeH ₈ as a New Template for High-Temperature Superconductivity at 110 K under 80 GPa	Yinggang Song	Jilin University	Physical Review Letters
5	74	BL12XU	Nozomu Hiraoka	A Tin-Based Tandem Electrocatalyst for CO ₂ Reduction to Ethanol with 80% Selectivity	Jie Ding	Chinese Academy of Sciences, City University of Hong Kong	Nature Energy
6	72	BL47XU	Akira Tsuchiyama 他	A Dehydrated Space-Weathered Skin Cloaking the Hydrated Interior of Ryugu	Takaaki Noguchi	Kyoto University	Nature Astronomy
7	61	BL01B1 他	Seiji Yamazoe 他	Surface-Exposed Silver Nanoclusters inside Molecular Metal Oxide Cavities	Kentaro Yonesato	The University of Tokyo	Nature Chemistry
8	56	BL3	Gebhard Schertler	Ultrafast Structural Changes Direct the First Molecular Events of Vision	Thomas Gruhl	Paul Scherrer Institute	Nature
9	52	BL01B1	Tokuhiwa Kawawaki	Metal Single-Atom Cocatalyst on Carbon Nitride for the Photocatalytic Hydrogen Evolution Reaction: Effects of Metal Species	Yuki Akinaga	Tokyo University of Science	Advanced Functional Materials
10	49	BL02B2 他	Susumu Kitagawa	Fine Pore-Structure Engineering by Ligand Conformational Control of Naphthalene Diimide-Based Semiconducting Porous Coordination Polymers for Efficient Chemiresistive Gas Sensing	Ziqian Xue	Kyoto University	Angewandte Chemie International Edition

●備考

* 1：成果登録DBに登録された原著論文／博士論文／査読付きプロシーディングで、Clarivate Analytics社 InCites Benchmarking を用い、ドキュメントタイプ Article と Review を集計対象論文とした。

* 2：被引用数確認は、Clarivate Analytics社 InCites Benchmarking を用いた。

Spring-8/SACLA 有償利用料収入の実績 有償利用：成果専有と公開優先

公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用推進部

1. Spring-8/SACLA 有償利用（成果専有と公開優先）の実績

1997B 期（供用開始）から 2024B 期までに実施された有償利用にかかる利用料の実績について集計した。

共用ビームライン（共用 BL）、専用ビームライン（専用 BL）、及び一部共用にビームタイムを供している理研ビームライン（共用供出理研 BL）において実施された成果専有利用（一般課題、時期指定課題 [測定代行課題及び産業利用準備課題を含む]）、成果公開優先利用を対象としている。

Spring-8 については、総累計、10 年間累計、及び 2024 年度（1 年間）の実績について、それぞれに総計、共用 BL、専用 BL、及び共用供出理研 BL ごとに集計した。

SACLA については、2012 年の供用開始から 2024 年までの総累計、及び 2024 年度（1 年間）の実績を集計した。

調査日：2025/04/01
(単位：千円)

Spring-8	1997-2024（総累計）			2015-2024（10 年間累計）			2024（1 年間）		
	有償利用料収入	うち成果専有	うち公開優先	有償利用料収入	うち成果専有	うち公開優先	有償利用料収入	うち成果専有	うち公開優先
総計	7,376,507	5,954,926	1,421,581	4,260,877	3,321,899	938,978	645,979	499,068	146,911
共用 BL	5,996,672	4,590,517	1,406,155	3,511,287	2,579,760	931,527	588,262	442,530	145,732
専用 BL ^{*1}	1,110,879	1,110,879	—	535,619	535,619	—	38,778	38,778	—
理研 BL ^{*2}	268,956	253,530	15,426	213,971	206,520	7,451	18,939	17,760	1,179

(単位：千円)

SACLA	2012-2024（総累計）	2024（1 年間）
	有償利用料収入	有償利用料収入
BL1-3	9,333	2,196

● Spring-8 集計対象 BL

共用 BL — 計 26 本及び CryoTEM2 台

BL01B1 BL02B1 BL02B2 BL04B1 BL04B2 BL08W BL09XU BL10XU BL13XU BL14B2 BL19B2
BL20XU BL20B2 BL25SU BL27SU BL28B2 BL35XU BL37XU BL39XU BL40XU BL40B2 BL41XU
BL43IR BL45XU BL46XU BL47XU EM01CT^{*3} EM02CT^{*2}

専用 BL^{*1} — 計 12 本

BL08B2 BL11XU BL12XU BL12B2 BL14B1 BL22XU BL23SU BL24XU BL28XU BL31LEP BL33XU
BL44XU

理研 BL^{*2} — 計 18 本

BL03XU^{*2} BL05XU BL07LSU^{*1} BL15XU^{*1} BL16XU^{*1} BL16B2^{*1} BL17SU BL19LXU BL26B1 BL26B2 BL29XU
BL32XU BL32B2^{*1} BL33LEP^{*1} BL36XU^{*1} BL38B1 BL38B2^{*2} BL43LXU BL44B2 EM03CT^{*3} EM04CT^{*3}

● 備考

* 1：BL32B2 は専用 BL に含めた（2012/03/29 に設置期間終了）。BL36XU は専用 BL に含めた（2020/04/01 より理研 BL）。BL15XU は専用 BL に含めた（2021/10/01 より理研 BL）。BL07LSU は専用 BL に含めた（2023/04/01 より理研 BL）。BL33LEP は専用 BL に含めた（2023/04/01 より理研 BL）。BL16XU、BL16B2 は専用 BL に含めた（2024/04/01 より理研 BL）。

* 2：理研 BL のうち BL03XU、BL38B2 は、2024B 期時点でビームタイムを共用に供していない。

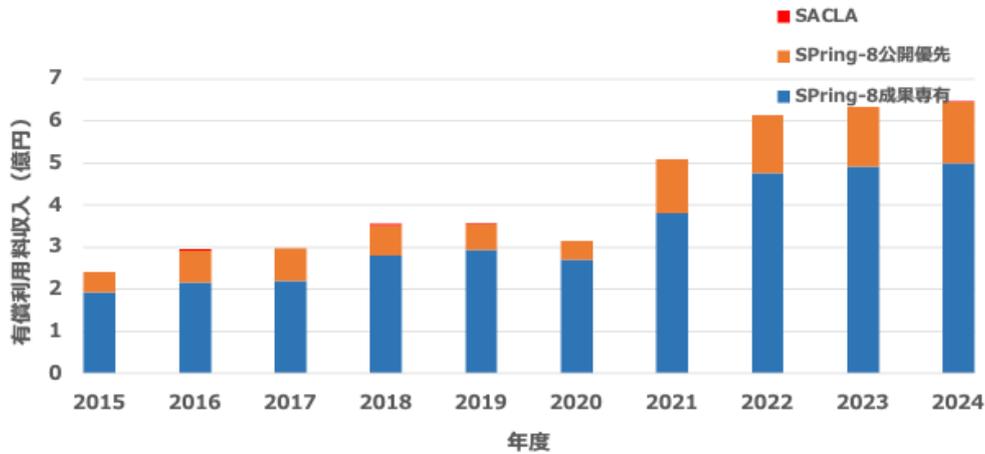
* 3：EM01CT、EM02CT は共用 BL 付帯設備、EM03CT、EM04CT は理研 BL 付帯設備としての取扱い。

2. SPring-8/SACLA 有償利用料収入の年次推移

2015年度から2024年度までのSPring-8/SACLAにおける有償利用料収入の年次推移について集計した。

調査日：2025/04/01
(単位：億円)

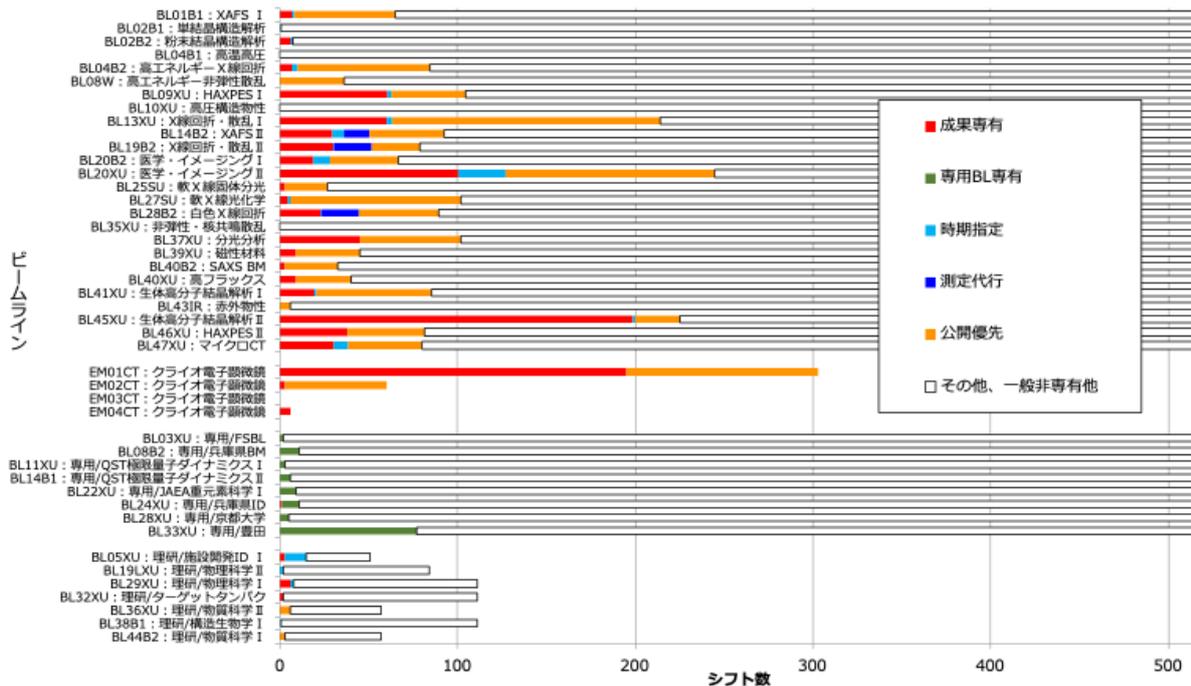
年度	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
SPring-8	2.41	2.91	2.98	3.53	3.57	3.17	5.09	6.15	6.34	6.46
SACLA	—	0.04	—	0.02	0.02	—	—	—	—	0.02



3. 2024年度のSPring-8有償利用の状況 (シフト数)

2024年度のSPring-8有償利用の状況について、ビームライン (BL) ごとにシフト数を集計した。共用BLは26本について全て表示、専用BL及び共用供出理研BLは有償利用実績があったBLのみ表示している。

調査日：2025/04/01

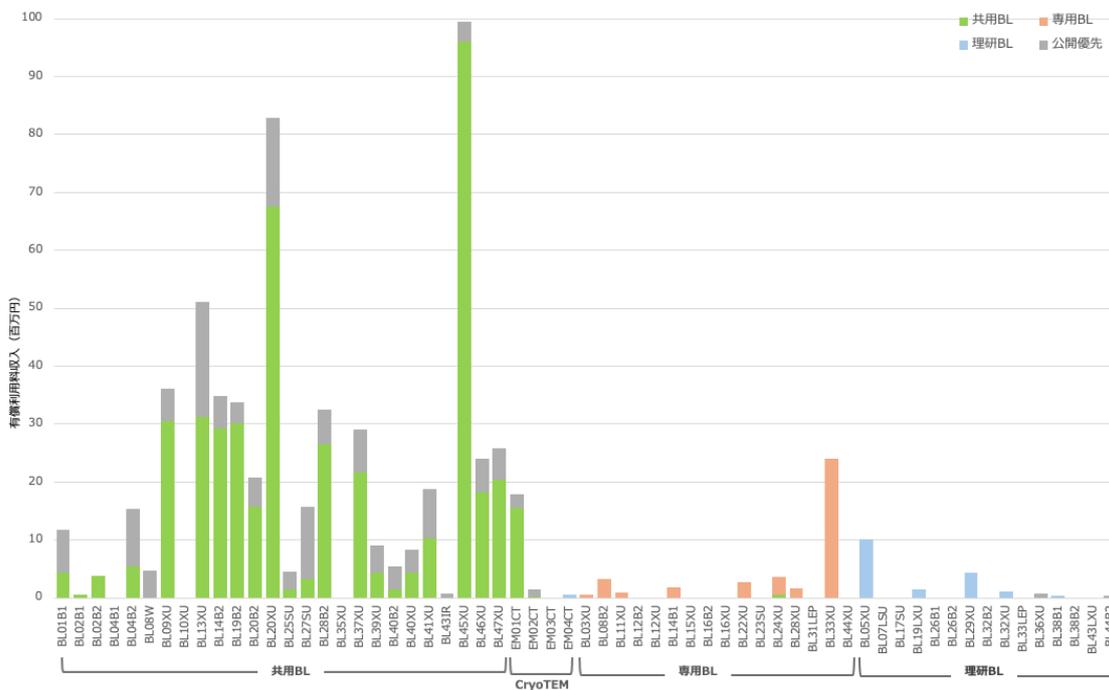


●共用BL26本は全表示。専用BL及び共用供出理研BLは、有償利用実績があったBLのみ表示。

4. SPring-8のBL別の年間有償利用料収入（2024年度）

2024年度におけるSPring-8の年間有償利用料収入の実績をBLごとに集計した。

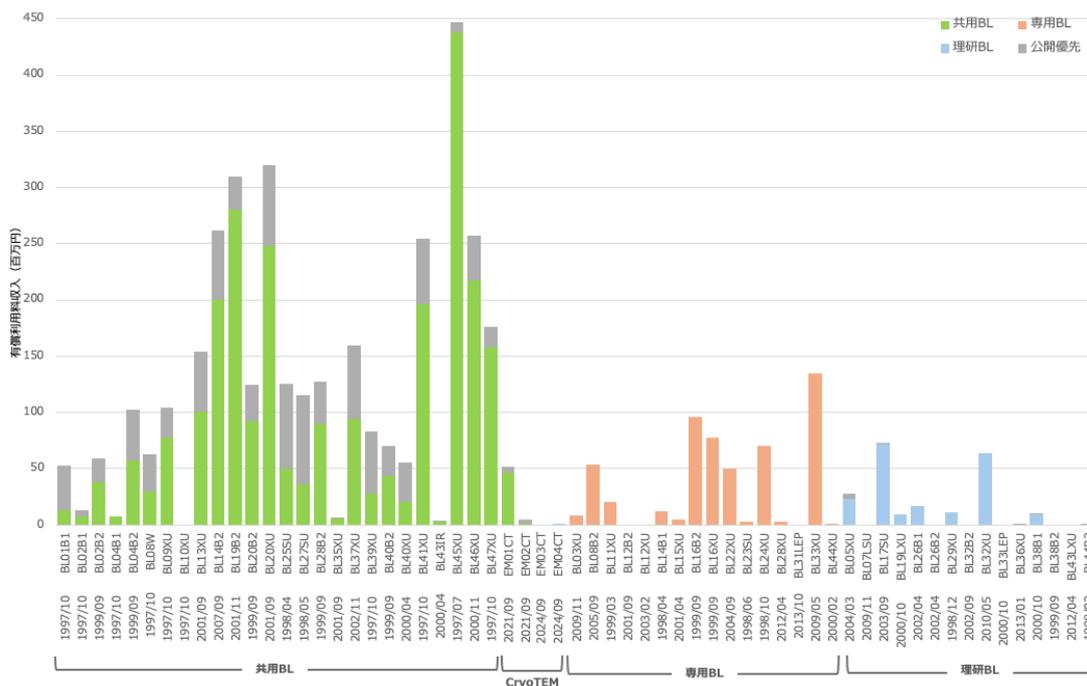
調査日：2025/04/01



5. SPring-8のBL別の10年間累計有償利用料収入（2015-2024年度）

2015年度から2024年度までの10年間におけるSPring-8の年間有償利用料収入の累計による実績をBLごとに集計した。

調査日：2025/04/01



専用ビームラインにおける評価・審査の結果について

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専用施設審査委員会において、以下の各専用ビームラインについて2025年2月及び6月に事後評価及び延長評価を行い、それらの結果を2025年8月開催のSPring-8選定委員会に諮り、承認されましたので報告いたします。

記

事後評価

- 兵庫県ビームライン (BL24XU, BL08B2)
(設置者：兵庫県)

事後評価

- フロンティアソフトマター開発産学連合ビームライン (BL03XU)
(設置者：フロンティアソフトマター開発ビームライン産学連合体)

延長評価

- JAEA 重元素科学I、IIビームライン (BL22XU, BL23SU)
(設置者：日本原子力研究開発機構)

詳細は、以下に示す各施設の評価報告書をご覧ください。

兵庫県ビームライン (BL24XU, BL08B2) の
契約期間満了に伴う専用施設事後評価報告書

兵庫県は、SPring-8創設間もない1998年度よりX線マイクロビームの生成とその応用技術を核としたBL24XU、さらに2005年度より汎用性の高いX線吸収分光、粉末X線回折、単色X線トポグラフィ、イメージングなどの機能を担うBL08B2の運用を開始し、企業ユーザーに専用ビームライン独自の運用体制（フレキシブルなマシンタイム配分、迅速かつ手厚い利用支援）でそのニーズに合わせた放射光利用を提供し、放射光の産業利用に貢献してきた。2015年4月よりBL08B2の第2期計画が、また2017年11月よりBL24XUの第3期計画が開始され、2021年2月に両ビームライン計画に対する統合的な中間評価結果が示された。BL24XUの第3期計画において「放射光を利用したことがない地元中小企業などを支援」等の新たな方針も示されており、中間評価以降もそれに沿って運営を続けてきたが、2025年4月をもってビームラインの運営を終了したい旨の申し出があり、2月に事後評価が実施された。評価の対象はBL08B2の第2期計画およびBL24XUの第3期計画である。結果として、先進的および汎用性も考慮した機器整備や測定手法の開発、論文数・成果専有利用料・勉強会の開催数などの成果指標に対しては十分な成果があったと認められるが、地元中小企業の支援等の観点からは問題の残る結果であったと結論づけられた。

なお、今回の事後評価の対象外であるものの、評価委員会では、ビームライン運営終了後の今後の活動の方向性に対しても意見が出されたので、参考として付記する。

◎BL08B2第2期計画およびBL24XU第3期計画に対する評価

ビームラインの機器や機能には以下のようなものが追加されている。○分光器の液体窒素冷却化と最適位置への移動、○検出器EIGER-1Mの導入、○多波回折明視野X線トポグラフィ法の開発（以上BL24XU）、○試料自動交換ロボットの整備、○検出器PILATUS-1Mの導入、光学系機器自動アライ

メント機能の追加、○金属試料向けの加熱・引張試験・腐食加速等の機器整備（以上BL08B2）。また付随する実験室機器としてのHAXPES-Labの導入の整備もある。このように、先進的な装置だけでなく、産業利用の裾野拡大を意識したものまで幅広く整備され、先端性と汎用性を両立させる取り組みがなされてきた。さらに、実験機器の拡充や高度化も適切に実施されており、ビームラインと実験ステーションの構成と性能については、当初計画を達成できていたと評価された。

代表的な成果として、株式会社コベルコ科研とのリチウム二次電池に関する応用研究、マツダ株式会社と兵庫県立大学との自動車の各部品に関する応用研究の他、兵庫県手延素麺協同組合に協力した素麺の解析などが挙げられている。これらの活動の成果の指標として、2021年の中間評価以降、1) 毎年度20報の論文、2) 毎年度12,000千円の成果専有料、のほかに3) 毎年度12回以上の講演会、勉強会開催が目標とされ、1) は概ね達成、2) 3) は目標を大きく上回る成果があげられている。1) については目標そのものも決して多い数とは言えないが、産業界からの利用者が多い現状を鑑みると妥当な成果と考えられる。2) については目標の1.5～2倍の収入、3) については目標の2倍以上の開催数を数えている。人材育成の観点からは、兵庫県立大学大学院生の実習に利用して放射光人材育成に貢献しているほか、企業の利用者に対する研修会も行われており、成果があげられていると判断される。

一方でBL24XU第3期計画における新たな基本方針が設定されており、兵庫県ビームライン運営会議の設置、管理運営の委託先として兵庫県立大学から公益財団法人ひょうご科学技術協会への変更などを通して放射光未経験ユーザーへの利用支援や新分野のユーザー獲得などを志向することが謳われている。とくに県内の中小企業への利用拡大が意識されたと考えるが、素麺の解析などの事例はあるものの、報告からは「十分な成果があげられた」とは言い難い状況と判断された。この点は、目標未達よりもむしろ目標設定そのもの、すなわち対象とする企業群の選定やそれら企業からのニーズ把握そのものに問題があったのではないかと意見が委員会内で出され

た。この他にも、上記のような先進的な実験環境の整備が、中小企業も含めた幅広い潜在利用者のニーズにマッチしていたかについて、疑問が呈された。先端技術開発をアカデミアが主導した建設当初の運営体制は、もう少し早い段階で見直しが必要であったのではないかとの意見が出された。また、今回のビームライン運営終了の主因と考えられる、兵庫県ビームラインの独自の産業利用に向けた運用体制を支えてきた利用支援や技術相談を担う人員が十分に確保できなかった点も残念である。これは、過去の評価委員会でも指摘されていた、正規雇用研究員の確保等による安定的な運用体制が実現できなかったことに起因すると思われるが、できなかった理由について兵庫県から「別途行われる県の本ビームライン運用に関わる事業計画の見直しに対応するため、長期的な雇用の実現は難しかった」とコメントがあった。共用ビームラインとは異なる独自の運用体制で放射光利用を提供できる点は専用ビームラインの強みであるが、その運用体制を放射光施設運用を専門としない団体がいかに維持するかについては専用ビームラインに共通する課題かと思われる。安全確保の取り組みについては、これまでに重篤な事故も無く、過去に問題が指摘された部分については改善されており、適切であったと判定された。

今後兵庫県においては、ビームラインの運営そのものは理化学研究所にその任を移管し、利用者の立場から産業利用を含めた放射光利用の活動を継続されることとあり、本事後評価に至っている。BL08B2の第2期およびBL24XUの第3期の活動については、成果指標とされている論文数、成果専有使用料等の面においては妥当な成果があり、また講習会等を通じた人材育成の面でも十分な成果があったと評価できる。しかし一方で、新たな利用ニーズの掘り起こし、中小企業者・地場産業への貢献等の面では多くの課題の残る結果であったと評価される。

◎活動方針に対するコメント

評価委員会では兵庫県の活動方針に対して委員から多くの意見が出された。中には今後の方針に関するもので、本委員会の責務を超えるものもあったが、参考のためそういった意見も含めて本報告書に記し

ておきたい。

BL24XUは先進的なマイクロビーム利用技術を有することで広く知られていた。今期の報告においても、多波回折明視野X線トポグラフィ法、金属材料のその場測定技術、X線タイコグラフィ法などの技術開発が報告されている。これらを産業応用に資するためには、これらが駆使できる技術力を有する企業の選定、それが有用に活用できる技術課題の探索など非常な労力が必要である。一方で新たな活動方針として未利用者からのニーズの掘り起こしや中小企業・地場産業への貢献などが目標とされており、これらに必要な労力は前記とずいぶん方向性が異なる。前述の通り、人員の確保の問題は、以前の評価委員会からも指摘を受けており、この保有技術と目標との乖離によってこの問題がますます顕著になったと考えられる。

今期の活動報告には、前述の人材育成や、マテリアルインフォマティクスに関する数多くの講習会など、現在兵庫県が有している先進技術を多くの機関が活用するための地固めの活動が地道に行われていることが記されている。しかしながら上記の乖離を埋めるための量的、質的な人材の確保は容易ではなかったと想像される。今後は、どこか他の機関と共同で役割分担のようなことを考えることも可能性としてあるのではないかと考える。

BL24XUの活動開始以来、兵庫県は非常に高い放射光活用技術を開発し、活用して来られた。今後もそのような技術が活かされる形での活動の継続を期待するものである。

以上

フロンティアソフトマター開発産学連合ビームライン (BL03XU) の運営終了に伴う事後評価報告書

フロンティアソフトマター開発産学連合ビームライン (BL03XU) (以下、本ビームライン) は、学術と企業の研究者がSPring-8の高度な光源性能を駆使してソフトマター (高分子材料) 新素材の「ものづくり」を進めるという理念により、2008年に発足したソフトマター製造企業と大学の対からなる

研究グループで構成されるフロンティアソフトマター開発専用ビームライン産学連合体により建設され2010年から本格的に運用が開始された。同産学連合体は基本的に、先端放射光計測技術を用いたソフトマター分野の「ものづくり」の共通課題解決に、企業が大学と1対1のペアの研究グループ単位で活動する産学連携体制で取り組むことを目的とした共同体であり、企業単独で運営している専用ビームラインと比較すると学術寄りの部分を担っている特色がある。

19研究グループで構成される体制でスタートした第一期（2009年9月～2019年9月）の後、第二期（2019年9月～2025年3月）では15研究グループの体制で運用された。この第二期は本来2025年9月までであったが、期中の2025年3月までで専用施設としてのビームラインの利用を終了する旨申し出があった。これに基づき2025年6月30日に第二期の事後評価を行った。

第一期で掲げられ、遂行された研究目標の高分子材料の動的、極小・局所領域の構造と物性の相関解析、変形機構・整形加工過程の解明について、第二期ではその更なる成果拡大のためにこれら研究活動における計測のハイスループット化、データ活用促進が目標として掲げられた。その結果として、各種実験の調整作業の効率化・自動化が実現され、ビームタイムの有効活用化、省力化が達成された。これにより、データ取得の大幅なハイスループット化は図られたが、データ解析のハイスループット化やビッグデータへの対応等のデータ活用促進には遅れが見られた。そのため、データ取得のハイスループット化の恩恵を論文等の成果拡大に有効に活かすきれていないと思われる。しかしながら、「学」が牽引する先端的な計測技術開発を「産」が提示するソフトマターの多様な「ものづくり」の課題に結びつけ、幅広い応用成果を創出したことは、特定の材料分野に目的を特化して産学連携体制で活用するという世界に類を見ない形態で運用された本ビームラインであればこそ成し得た成果であると言える。このような産業応用への大型研究施設の活用形態のモデルケースを示せたことは高く評価できる。

以下、項目ごとの評価結果の詳細を記載する。

1. 「BLとステーションの構成と性能」に対する評価
本ビームラインは薄膜解析用の斜入射小角・広角X線散乱 (GISAXS/WAXS) 装置、X線反射率 (XRR) 測定装置を整備した第1実験ハッチと、幅広いqレンジに対応でき大型の高分子製造装置も試料部分に設置できるWAXS、SAXS装置を整備した第2実験ハッチにより構成されている。第二期では第1実験ハッチのGISAXS/WAXS、XRRの利用が減少したことを受け、ハイスループット化の一環として、ハッチ切り替えに要するビームライン調整時間の削減のため、XRRは閉鎖、GISAXS/WAXSは第2ハッチでの実施に統合し、第1ハッチは利用ニーズが高まった超小角X線散乱 (USAXS) の実験環境整備で要求される入射側スリット系のスリット間距離を確保するために利用された。第2ハッチのSAXS装置ではカメラ長変更の自動化、試料周りレイアウト、マイクロビーム光学系調整の省力化が実現され、結果として実験レイアウト変更・調整に要する時間の約300時間程度削減というハイスループット化に成功している。このような分析ニーズの変化に合わせて最適化した効率的な実験実施環境を柔軟に構築できたのは、測定技術ではなく分析対象とする材料分野に特化した専用ビームラインというコンセプトが効果的であったと評価できる。また、実験手法としては各種散乱実験に加えてCTやXPCS計測が整備され、ダイナミクスを含めたソフトマターの構造、物性研究を推進可能な実験環境が整えられた。

2. 「施設運用及び利用体制」に対する評価

第一期終了時の利用状況評価では、安全管理や成果管理において一体性や主体性を欠いている点が見られるという指摘がなされていた。まず安全管理については、実験における安全確認、あるいは安全教育の一部が連合体を構成する機関ごとに行われているため、連合体としてこれらの安全管理が十分に行われているかどうか把握されていない、という指摘に対して、第一期から設置されている安全委員会による管理体制が見直され、定期安全点検実施等の活動結果の情報は運営委員会での報告により連合体全体で共有するとともにJASRIの利用推進部、安全衛生委員会とも共有するなど改善が図られていた。ま

た第二期に発生したコロナ禍に対しても適切な安全対策が図られ、ハイスループット化による実験自動化で実現可能になったメールインサービス運用の導入によってビームライン利用を維持するなどの対策がなされた。

次に成果管理については、各グループに任されている部分が多く、各実験課題における成果非専有／専有利用の基準が不透明であり、一体的な取り組みに欠けている、という指摘がされたが、第二期では連合体内に設置された広報委員会により本ビームラインの研究成果の取り扱いの管理、広報・啓蒙活動を行う体制に改善されている。

3. 「利用成果」に対する評価

第一期に引き続いて年間約20報の学術論文発表のペースが維持できている（第二期計116報）。しかし、特許に関しては第一期の183件に対し29件と減少している。この原因として、ソフトマターへの放射光SAXS応用が汎用化し、企業の事業における本ビームライン利用の位置付けが特許の基本データ取得目的よりも製品の品質管理・改良のための分析手法へとシフトしたことによるのではないかと報告の中で分析している。また、論文発表のペースの維持は評価されるべきではあるが、第二期で実現した実験のハイスループット化によるデータ取得効率向上を考えると、論文数の更なる拡大が期待される。それが実現していない理由としては、第二期で掲げていたもう一つの目標であるデータ活用促進の遅れによるものと考えられ、この点が惜しまれる。

しかしながら、本ビームラインの最大の特徴である産学連携体制により、「学」によって牽引されたXPCS、異常分散X線小角散乱、超小角X線散乱、SAXS-CTなどの先端計測技術の開発を応用して、モビリティ（タイヤゴム等）、ライフサイエンス、環境、エネルギーといった「ものづくり」の課題解決に向けた多様な産業応用研究成果が創出されたことは評価に値する。

また、このような研究成果だけでなく、ワークショップや講習会など教育を目的とした活動にも連合体として取り組まれており、参画機関の大学から企業への学生の就職に結びつくなど、ソフトマター

分野の人材育成にも貢献している。

4. 総合評価

以上のように、産学連携体制でソフトマター分野の材料開発研究に取り組むことに目的を特化したビームラインとして、本分野の多様な研究成果創出したことは評価に値する。今後はビームラインを理化学研究所に返還し、ビームラインを持たない研究共同体として活動を継続されるとのことであるが、ソフトマター材料開発の共通課題に取り組む産学連携連合体として更なる発展を期待したい。今後の連合体の組織改変として、これまで企業・大学が1対1で研究グループを構成していたのに対し、このペアの垣根をなくしてテーマ、解析手法でグループを構成することが可能な体制も検討されているとのことであるが、これによって、より多様な研究成果が創出されることを期待する。惜しむらくは第二期に実現したハイスループット化をデータ活用促進の遅れによって活かしきれなかったことであるが、データ活用を促進するにはその道の専門家と協力することが重要であると思われるので、今後の活動においてはデータ科学分野の研究者もメンバーに加えることを検討されるのが良いかと考える。

以上

JAEA 重元素科学I、II ビームライン (BL22XU, BL23SU) 延長評価報告書

2025年6月30日に開催された第43回専用施設審査委員会にて、日本原子力研究開発機構（JAEA）が設置した重元素科学Iビームライン（BL22XU）及び重元素科学IIビームライン（BL23SU）の延長計画に対する審査を行った。審査では、利用状況等報告書、延長理由・延長計画書、及び口頭による報告にもとづき、ビームライン（BL）とステーションの構成と性能、施設運用及び利用体制、利用成果、及び延長理由・延長計画の各項目について評価を行った。その結果、第2期の施設運営が中間評価以降に大きく改善され、延長計画も妥当であることから、2025年10月1日の設置期間満了より5年間の

延長が承認された。

以下、項目毎の評価結果の詳細を記載する。

1. BLとステーションの構成と性能

前回の中間評価での指摘に真摯に対応して実験ステーションの構成と性能を大きく改善し、JAEAのミッションに直結した研究に資源を集中したことが高く評価された。特に高評価であったのは、RI実験棟での核燃料物質使用の体制を整え、福島第一原子力発電所からの燃料デブリの分析実験を実現した点である。既に相当なビームタイムを割当てて実験が行われているようであり、社会的にもインパクトのある成果が期待できる。他にもJAEAのミッションに合致した研究開発が重点化項目として設定され、それらに合わせたステーション整備が進められている。また、BL22XUに設置されていた量子科学技術研究開発機構（QST）所有の装置の移設も進み、JAEAの重点化項目に集中できる環境が整いつつある。以上のように多くの点で改善が進んだものの、BL23SUの上流側アンジュレーターの故障が深刻な問題として残っており、早期の解決が望まれる。

2. 施設運用及び利用体制

この評価項目についても中間評価での指摘に適切に対応していることが認められ、問題のない運用及び利用体制と判定された。施設運用については、JAEAのミッションにもとづく目標を明確に定め、福島第一原子力発電所廃炉に貢献する研究を集中的に実施するなど、JAEAの特徴を活かした研究活動を重点化していることが高く評価された。利用体制についても評価は高く、4つのチームからなる1グループ体制に研究及び技術系組織が改編され、柔軟かつ集中的に重点課題に取り組むための体制となっている。また、ミッションにもとづく研究活動とその他の研究開発の位置付けを明確化し、それぞれの位置付けに応じて外部資金も取り入れながら運用されており、合理的な体制が構築されている。安全管理についても、RI実験棟で核燃料物質を使用するための体制が整えられ、問題ないと判定された。

3. 研究課題、内容、成果

JAEA専用ビームラインでは、福島第一原子力発電所の燃料デブリ分析、アクチノイド基礎科学、環境・エネルギー材料に関する研究が重点化され、RI実験棟を活用した独自性ある成果が挙げられている。特に、燃料デブリに対する世界初の放射光分析は、JAEAならではの成果として高く評価された。前回の中間評価を受けて、組織改変とともに研究課題の選定が進み、研究の方向性がより明確になったことも評価でき、研究チームの役割分担と重点化された研究体制により、成果の質と一貫性が向上した点は注目に値する。一方で、新材料開発など一部の研究テーマでは、JAEAの専用施設で実施する必然性やミッションとの関係をより明確にされることが望まれる。また、BL23SUの装置故障等による制約も研究の展開に一定の影響を与えており、継続的な整備が求められる。総じて、社会的意義と技術的先進性を備えた研究が進展しており、今後も専用施設としての特色をより明確にして、戦略的に成果を発信していくことを期待する。

4. 今後の計画

今後の計画では、原子力と再生可能エネルギーの融合、廃炉支援、資源循環などJAEAのミッションに即した研究課題に注力し、RI実験棟を中核とする体制のもとで継続的な利用と成果創出が目指されている。SPring-8-IIへの対応として、装置群の整備方針や実施体制が提示されており、妥当な延長理由と計画であると評価された。外部施設との連携活用や柔軟な研究展開も視野に入れており、長期的なビジョンを持つ計画である点も評価ポイントとなっている。また、組織体制の整備により研究の推進体制が改善されつつあることも確認された。一方で、継続的な装置整備や予算確保、専用ビームラインとしての研究課題の選別と差別化は今後も検討事項として残る。特に、BL23SUの光源修復計画の明確化が求められる。前回の中間評価で指摘を受けて改善された研究計画は、全体として独自性が認められるものであり、戦略的な運営と明確なビジョンのもと、実験ステーションの高度化と成果の継続的創出が期待される。

以上

専用施設の設置計画趣意書承認について

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

2025年度に新たに提案があった以下の専用施設設置計画について、設置計画趣意書の審査を行った結果、設置計画の趣意が認められました。

ビームライン名称：水素エネルギーマテリアル・マルチモーダル計測ビームライン（仮）

提案者：京都大学 今井 英人

今後の課題募集一覧

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、2026A期における利用課題の募集を下記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。

記

施設名	課題名	応募締切	
SPring-8	大学院生提案型課題（長期型）	2025年11月上旬	
	成果公開優先利用課題、成果専有課題、測定代行課題（定期募集）	2025年11月中旬	
	一般課題、大学院生提案型課題	2025年12月上旬	
	【URL】 https://user.spring8.or.jp/?p=22799 （10月上旬頃公開予定）		
SACLA	一般課題（成果非専有利用、成果専有利用とも）	2025年11月上旬	
	試験利用		
	【URL】 https://sacla.xfel.jp/?p=10944 （9月下旬頃公開予定）		
NanoTerasu	共用ビームライン	一般課題（成果非専有利用）	2025年11月中旬
	コアリションビームライン	一般課題（成果非専有利用）	
		高度化研究開発課題（成果非専有利用）	
	【URL】 https://user.nanoterasu.jp/project-apply/52/#i-5 （10月上旬頃公開予定）		

【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

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

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

NanoTerasu e-mail : 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 ナノテラス事業推進室 研究業務課

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同体 (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	ナノテラス事業推進室
	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 Information

SPring-8/SACLA/NanoTerasu 利用者情報

SPring-8/SACLA/NanoTerasu Information Vol.1 No.2 SEPTEMBER 2025

発行日 2025年9月17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/>