

SPring-8/SACL A

INFORMATION 利用者情報



ISSN 1341-9668 SPring-8 Document D2023-006

Vol.28 No.2
Spring 2023

SPring-8/SACLA Information

目次 CONTENTS

理事長室から 帰納法と演繹法—ChatGPT と新たなアイドル—

Message from President Induction and Deduction – ChatGPT and the New Idol -

(公財) 高輝度光科学研究センター 理事長
President of JASRI

雨宮 慶幸
AMEMIYA Yoshiyuki 103

1. 最近の研究から / FROM LATEST RESEARCH

In situ XAFS と質量分析の同時測定による金-アミノ酸錯体からの担持金ナノ粒子生成過程の解析

Studies on Formation Process of Supported Au Nanoparticles from Au-Amino Acid Complex by Combination of in situ Au L_{III}-edge XAFS and Mass Spectroscopy

九州大学 大学院理学研究院 化学部門
Faculty of Science, Kyushu University

村山 美乃
MURAYAMA Haruno 104

SACLA BL1 における軟 X 線 FEL 集光・結像システムの開発

Development of Focusing/Imaging System at SACLA BL1

東京大学 先端科学技術研究センター
Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo

本山 央人
MOTOYAMA Hiroto

江川 悟

EGAWA Satoru

(国) 理化学研究所 放射光科学研究センター 利用システム開発研究部門
SACLA ビームライン基盤グループ ビームライン開発チーム

RIKEN SPring-8 Center

東京大学 物性研究所

Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo

東京大学 先端科学技術研究センター

Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo

山口 豪太

YAMAGUCHI Gota

木村 隆志

KIMURA Takashi

三村 秀和

MIMURA Hidekazu 108

SACLA で捉えたフラビンタンパク質中の逐次的電子・プロトン移動の動的制御

Dynamic Control of Sequential Electron and Proton Transfer Events in a Flavoenzyme Captured at SACLA

大阪大学 大学院基礎工学研究科

Graduate School of Engineering Science, Osaka University

Academia Sinica, Taiwan / Department of Chemistry, National Taiwan University

Department of Chemistry, Philipps University Marburg, Germany

Institute of Biological Chemistry, Academia Sinica, Taiwan

Academia Sinica, Taiwan / (国) 理化学研究所 放射光科学研究センター / 東京大学 大学院農学生命科学研究科

Academia Sinica, Taiwan / RIKEN SPring-8 Center / Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

山元 淳平

YAMAMOTO Junpei

Manuel MAESTRE-REYNA

Lars-Oliver ESSEN

Ming-Daw TSAI

別所 義隆

BESSHO Yoshitaka 113

長期利用課題報告 1

放射光 X 線を用いた巨大な自己集合中空錯体群の構造解明と機能創出

Structure Elucidation and Functionalization of Self-Assembled Gigantic Hollow Complexes by Single-Crystal Synchrotron X-ray Study

東京大学 大学院工学系研究科 応用化学専攻

Department of Applied Chemistry, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

中間 貴寛

NAKAMA Takahiro

東京工業大学 科学技術創成研究院 化学生命科学研究科

Institute of Innovative Research, Tokyo Institute of Technology

堂本 悠也

DOMOTO Yuya

藤田 誠

FUJITA Makoto

澤田 知久

SAWADA Tomohisa 119

長期利用課題報告 2

高強度金属材料の超高サイクル疲労における内部微小き裂の発生・進展挙動

Initiation and Propagation Behaviors of Small Internal Cracks in High-Strength Metals in Very High Cycle Fatigue Regime

北海道大学 大学院工学研究院 機械・宇宙航空工学部門

Division of Mechanical and Aerospace Engineering, Hokkaido University

中村 孝

NAKAMURA Takashi

藤村 奈央

FUJIMURA Nao

北海道大学 大学院工学院 機械宇宙工学専攻

Division of Mechanical and Space Engineering, Hokkaido University

薛 高格

GaoGE XUE

北海道大学 大学院工学研究院 機械・宇宙航空工学部門

Division of Mechanical and Aerospace Engineering, Hokkaido University

高橋 航圭

TAKAHASHI Kosuke

(公財) 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 散乱・イメージング推進室

Scattering and Imaging Division, Center for Synchrotron Radiation Research, JASRI

竹内 晃久

TAKEUCHI Akihisa

上杉 真之

UESUGI Masayuki

上杉 健太郎

UESUGI Kentaro 124

長期利用課題報告 3

宇宙地球化学試料のマイクロ/ナノ XRF-XAFS 研究の新展開：高エネルギー領域への展開や超伝導転移端検出器の導入

Development of Micro-XRF-XAFS Study for Geo- and Cosmo-Chemical Samples: Extension to Higher Energy Region and Introduction of Transition-Edge Sensor Detector

東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻

Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

高橋 嘉夫

TAKAHASHI Yoshio 129

長期利用課題報告 4

ミリ秒時間分解能マルチビーム 4DX 線トモグラフィの開発とその応用

Development and Application of Millisecond Temporal-Resolution Multibeam 4D X-ray Tomography

東北大学 国際放射光イノベーション・スマート研究センター/東北大学 多元物質科学研究所/
東京大学 大学院工学系研究科
International Center for Synchrotron Radiation Innovation Smart (SRIS), Tohoku University/
Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials (IMRAM), Tohoku University/
School of Engineering, the University of Tokyo

矢代 航
YASHIRO Wataru 139

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

SACLA Users' Meeting 2023

Report on SACLA Users' Meeting 2023

(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

大和田 成起
OWADA Shigeki 144

SPRUC 第 5 回 BLs アップグレード検討ワークショップ報告

Brief Report of SPRUC 5th Workshop on BLs Upgrade

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 行事幹事/近畿大学 理工学部 理学科 化学コース
Department of Chemistry, Faculty of Science and Engineering, Kindai University

杉本 邦久
SUGIMOTO Kumihsa 146

3. SPring-8/SACLA 通信/SPring-8/SACLA COMMUNICATIONS

2023B 期 SPring-8 利用研究課題募集について

Call for 2023B SPring-8 Research Proposals

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

..... 151

2023B 期 SACLA 利用研究課題の募集について

Call for 2023B SACLA Research Proposals

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

..... 152

2023B 期 SACLA 試験利用の募集について

Call for Proposals for 2023B SACLA Feasibility Study Program

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

..... 153

SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて

Report on the Proposal Review Committee (PRC) of SPring-8

SPring-8 利用研究課題審査委員会 委員長/関西学院大学 工学部
School of Engineering, Kwansai Gakuin University

藤原 明比古
FUJIWARA Akihiko 154

SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて 分科会主査報告

Proposal Review Committee (PRC) Report by Subcommittee Chairs

SPring-8 利用研究課題審査委員会 小角・広角散乱分科会主査/京都大学 化学研究所
Institute for Chemical Research, Kyoto University

竹中 幹人
TAKENAKA Mikihito

SPring-8 利用研究課題審査委員会 X 線回折 (単結晶) 分科会主査/筑波大学 数理物質系
Faculty of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba

守友 浩
MORITOMO Yutaka

SPring-8 利用研究課題審査委員会 X 線回折 (粉末) 分科会主査/東京工業大学 理学院
School of Science, Tokyo Institute of Technology

植草 秀裕
UEKUSA Hidehiro

SPring-8 利用研究課題審査委員会 X 線回折 (汎用・構造評価) 分科会主査/千葉大学 大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Chiba University

中村 将志
NAKAMURA Masashi

SPring-8 利用研究課題審査委員会 X 線回折 (高圧) 分科会主査/東京大学 物性研究所
The Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo

上床 美也
UWATOKO Yoshiya

SPring-8 利用研究課題審査委員会 汎用 XAFS・汎用 MCD 分科会主査/慶應義塾大学 理工学部
Faculty of Science and Technology, Keio University

近藤 寛
KONDOH Hiroshi

SPring-8 利用研究課題審査委員会 先端 X 線分光分科会主査/東北大学 多元物質科学研究所
Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University

雨澤 浩史
AMEZAWA Koji

SPring-8 利用研究課題審査委員会 光電子分光分科会主査/東京理科大学 先進工学部
Faculty of Advanced Engineering, Tokyo University of Science

齋藤 智彦
SAITOH Tomohiko

SPring-8 利用研究課題審査委員会 赤外分光分科会主査/東北大学 金属材料研究所
Institute for Materials Research, Tohoku University

佐々木 孝彦
SASAKI Takahiko

SPring-8 利用研究課題審査委員会 イメージング分科会主査/
北海道大学 大学院工学研究科 機械・宇宙航空工学部門

中村 孝
NAKAMURA Takashi

SPring-8 利用研究課題審査委員会 非弾性散乱分科会主査/名古屋工業大学 大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

壬生 攻
MIBU Ko

SPring-8 利用研究課題審査委員会 構造生物学分科会主査/岡山大学 学術研究院医歯薬学域
Faculty of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences, Okayama University

山下 敦子
YAMASHITA Atsuko

SPring-8 利用研究課題審査委員会 産業利用分科会主査/
(公財) 佐賀県産業振興機構 九州シンクロトン光研究センター

妹尾 与志木
SENO Yoshiaki

SPring-8 利用研究課題審査委員会 人文・社会科学分科会主査/山陽学園大学/林原美術館
Sanyo Gakuen University / Hayashibara Museum of Art

谷一 尚
TANIICHI Takashi

SPring-8 利用研究課題審査委員会 長期利用分科会主査/東京大学 大学院新領域創成科学研究科
Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

有馬 孝尚
ARIMA Taka-hisa 156

第 50 回 (2023A) SPring-8 利用研究課題の採択について

The Proposals Approved for Beamtime in the 50th Research Term 2023A

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

..... 168

第 49 回共同利用期間 (2022B) において実施された SPring-8 利用研究課題 2022B Proposal and User Statistics 登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI	173
2020A 期 採択長期利用課題の事後評価について - 1 - Post-Project Review of Long-term Proposals Starting in 2020A -1- (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI	178
SACLA 利用研究課題審査委員会を終えて Report on the Proposal Review Committee (PRC) of SACLA SACLA 利用研究課題審査委員会 委員長/電気通信大学 レーザー新世代研究センター Institute for Laser Science, The University of Electro-Communications 米田 仁紀 YONEDA Hitoki	183
2022B 期において実施された SACLA 利用研究課題 (共用課題) について The SACLA Public Proposals and User Statistics in 2022B Research Term 登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI	185
SPring-8/SACLA 利用者選定に係る 2021-2022 年度委員会の委員名簿の公表 List of SPring-8/SACLA User Selection-Related Committee/Subcommittee Members for FY2021-2022 Term 登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI	186
SPring-8 運転・利用状況 SPring-8 Operational Status (国) 理化学研究所 放射光科学研究センター RIKEN SPring-8 Center	193
論文発表の現状 Statistics on Publications Resulting from Work at SPring-8/SACLA (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI	195
最近 SPring-8 もしくは SACLA 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	199
2022B 期における SPring-8/SACLA ユーザー要望等について SPring-8/SACLA User Requests in 2022B 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	220
利用系活動報告 放射光利用研究基盤センター 散乱・イメージング推進室 時分割小角・広角散乱チーム Activity Reports - Time-resolved Scattering Team, Scattering and Imaging Division (公財) 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 散乱・イメージング推進室 Scattering and Imaging Division, Center for Synchrotron Radiation Research, JASRI 関口 博史 SEKIGUCHI Hiroshi	222
4. 談話室・ユーザー便り/USER LOUNGE・LETTERS FROM USERS SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 四季報 SPRUC Communications SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 会長/筑波大学 数理解物系物理学域 エネルギー物質科学研究センター Faculty of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba 西堀 英治 NISHIBORI Eiji	226
5. 告知板/ANNOUNCEMENTS 「12th SPRUC Young Scientist Award」の実施について 12th SPRUC Young Scientist Award - Call for Nominations -	227
第 7 回 SPring-8 秋の学校 開催のご案内 SPring-8 Autumn School 2023	228
第 31 回 SPring-8/SACLA 施設公開のご案内 Announcement of SPring-8 & SACLA Open House	229
SPring-8 シンポジウム 2023 SPring-8 Symposium 2023	230

帰納法と演繹法 —ChatGPT と新たなイドラ—

公益財団法人高輝度光科学研究センター
理事長 雨宮 慶幸

真理探究における帰納法の重要性を説いたのは、イギリス経験論の祖であるベーコン（1561-1626）で、彼は「知は力なり」という有名な言葉を残した。帰納法とは、観察・実験をもとにした個々のデータを集積し、その集積から法則・原理・真理を発見することができるという考え方である。一方、大陸合理論の祖であるデカルト（1596-1650）は、真理探究における演繹法の重要性を説き、「われ思う、故にわれあり」という有名な言葉を残し、これを哲学の第一原理とした。演繹法とは、1つの基本原理から出発して個々の事例を論証していく考え方であり、彼は方法論的懐疑によって、疑うことが可能な物事を全て虚偽のものと仮定して真理から除外していった。帰納法と演繹法は近代科学の方法論の両輪であり、近代科学の信頼性の根拠は、帰納法によって保証される実証性と演繹法によって保証される論理性であると考えている。

近年の発展がめざましいデータサイエンスは、AIや統計学の種々の手法を駆使して、ビッグデータを解析・分析する研究分野であり、基本的には帰納法がその信頼性の根拠になっていると私は考えている。従って、ベーコンはデータサイエンスの祖であるといってもよく、また、昨今話題のChatGPTは、ビッグデータとAIを駆使したデータサイエンスの最先端の応用事例だといえる。

ところで、ベーコンは、観察・実験を通してデータを得る重要性を説くと同時に、観察・実験の眼を歪める4つのイドラ（偏見・先入観・錯覚）を排さなければならないと説いた。1つ目は、人間が本来持っている精神や感覚の誤りである「種族のイドラ」。例えば、人間の眼は可視光という限られた波長領域のしかも3つの波長のみで自然界を観測しているのだから、自然を正しく観察できていない。2つ目は、洞窟に閉じ込められた囚人のように、個々人の資質や環境に応じて

身につけた個人的な偏見である「洞窟のイドラ」。例えば、五感を通じた観察・実験は、五感には個人差があり、個々人の受け止め方には大きなバラツキが伴う。群盲象を評す、もこれに相当する。3つ目は、人間どうしの交わりの中で言葉の不適当な使用から生じる「市場のイドラ」。事実・実験に基づいていても、言葉の定義や実験条件が曖昧であったり、情報伝達が伝言ゲームのような場合に生じる。4つ目は、権威を無批判に受容する「劇場のイドラ」。観察・実験の結果を、権威ある学説に沿って無意識のうちに解釈したり、想定してしない事実を見落とすことがこれに相当する。

放射光科学は帰納法を軸とする実験科学に属し、イドラを排することの重要性は広く認識されていて、上記の4つのイドラは克服されていると確信している。近年、光源や計測機器の発展によって、高精度なマルチスケール計測・マルチプローブ計測・operando計測・時間空間分割計測等の計測科学が大きく進展し、これに情報科学の種々の手法が組み合わされ、放射光「計測情報科学」とよばれる計測科学×情報科学、帰納法×演繹法の融合分野が立ち上がり、放射光科学の更なるレベルアップが進展している。

昨今話題のChatGPTは、帰納法に基づくAI技術だと理解しているが、ビッグデータの中に含まれる不正確な、または偽りのデータが新型「市場のイドラ」を作り出すリスク、真偽の検証が不可能な新たな権威を無批判に受容するという、新型「劇場のイドラ」を作り出すリスクを含んでいるのではないかと危惧している。今、ベーコンとデカルトが生きていたら、ChatGPTをどのように評するであろうか？

近代科学の祖とよばれる2人の巨人、ベーコンとデカルトの考えを聞きたいという思いに駆られる。

In situ XAFS と質量分析の同時測定による 金-アミノ酸錯体からの担持金ナノ粒子生成過程の解析

九州大学 大学院理学研究院 化学部門
村山 美乃

Abstract

日本酒の劣化臭の原因となる硫黄化合物、1,3-ジメチルトリスルファン (DMTS) を選択的に除去するシリカ担持金ナノ粒子吸着剤の調製法として、種々のアミノ酸を配位子とした金錯体を合成し、これを前駆体とした含浸法を用いた。これまで報告してきた金- β -アラニン錯体よりも、空気中での安定性が高く、取り扱いが容易な金-トリプトファン錯体を前駆体とした際の焼成過程において、in situ Au L_{III}-edge XAFS と質量分析を同時測定し、焼成ガス雰囲気、焼成温度などの調製条件を最適化した。空気下焼成では、金錯体の還元は 350°C、また配位子の分解除去に 400°C 以上を必要としたが、水素/窒素混合ガス下とすると、300°C 以下で金錯体の還元、分解が完了した。得られた金粒子径は 1.7 nm \pm 0.6 nm となり、粒子径増大の抑制と配位子分解除去の両方が達成されたことで、高い DMTS 吸着性能を得ることができた。

1. はじめに

ナノテクノロジーの進化によって、貴金属ナノ粒子の特性が様々に応用されている。著者らはこれまでに、日本酒の品質保持に役立つ技術としてシリカ担持金ナノ粒子による劣化臭の選択的吸着除去を報告してきた^[1,2]。火入れによって発酵を止めた日本酒を貯蔵する際に、老香 (ひねか) という劣化臭が発生することがある。その原因物質は、含硫黄アミノ酸などから生成する 1,3-ジメチルトリスルファン (DMTS) であることが明らかにされている^[3,4]。DMTS の検知閾値は非常に低濃度であるため、わずかでも DMTS が生成すると日本酒中の良い香り (吟醸香) は感じられなくなってしまう、日本酒の品質を大きく損なってしまうという課題があった。そこで、吟醸香に寄与するエステル類の濃度はそのままに、DMTS などの硫黄化合物を選択的に除去する吸着剤としてシリカ担持金ナノ粒子を開発した。

吸着等温線による検討から、金ナノ粒子上への DMTS 吸着メカニズムは Langmuir 式で解析でき、表面露出 Au 原子数/S 原子数比 = 1/1 の単分子層吸着であることがわかった^[1,5]。このことから、表面に露出した金原子数の割合が多い、つまり、粒子径のできるだけ小さい金ナノ粒子が、高い吸着性能を示すといえる。ところが、水溶性の金化合物として一般的に用いられる塩化金酸を前駆体に用い、シリカ上に金ナノ粒

子を含浸法によって固定化しようとする、塩化物イオンの影響により金原子の凝集が促進されてしまい、粒子径が大きくなってしまふことが知られている^[6]。これに対し、著者らは塩化金酸に代わる塩化物イオンフリーで水溶性の高い金前駆体として、アミノ酸を配位子とした金錯体 (金-アミノ酸錯体) を新たに合成した。アミノ酸として β -アラニン (β -ala) を用いた金- β -アラニン (Au- β -ala) 錯体からは、空気下での 300°C 焼成によって、シリカ上に 2.8 nm \pm 0.8 nm という微小な金ナノ粒子を固定化できることを報告した^[7]。さらに、金-アミノ酸錯体では種々の天然アミノ酸を配位子とすることが可能であり、特にトリプトファン (Trp) を配位子とした Au-Trp 錯体は空気中での安定性が高く、取り扱いが容易という点で優れていた。そこで、本研究では Au L_{III}-edge X 線吸収微細構造 (XAFS) と質量分析の同時測定により、Au-Trp 錯体を前駆体としたシリカ担持金ナノ粒子調製条件を最適化した。

2. 実験方法

既報^[7]に従い、所定量のアミノ酸と塩化金酸のエタノール水溶液を塩基性条件下で混合し、冷凍庫に静置して得られた沈殿をろ過、洗浄することで、金-アミノ酸錯体を合成した。金-アミノ酸錯体を少量の水に再溶解させて、担持量 1 wt% でシリカ (CARIACT Q-15、

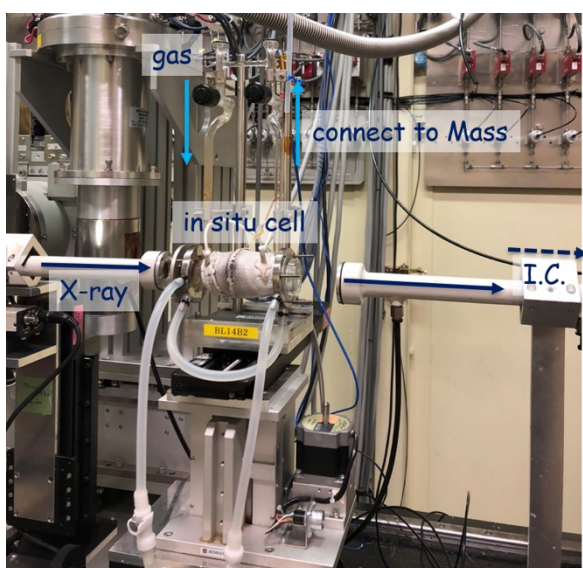


図1 SPring-8 BL14B2でのin situ 透過法XAFSと質量分析同時測定装置の概観。

富士シリシア化学製)に含浸し、Au L_{III} -edge 透過法XAFS測定試料とした。所定量の測定試料をin situ測定用ガラスセルにセットして、ガス流通下で室温から昇温速度 $50^{\circ}\text{C}/\text{min}$ で 500°C まで昇温し、さらに30分間、 500°C を保持して焼成した。

Au L_{III} -edge XAFS測定は、SPring-8 BL14B2にてSi 311二結晶モノクロメータを用い、クイックスキャンにより1スペクトルの測定時間を約3.5分とした。

XAFSスペクトルの解析には、Athenaを用いた。また、in situ測定用ガラスセルの下流にBL14B2所有の四重極質量分析計を接続し、金-アミノ酸錯体の分解、還元によって気相中に生成する NH_3 、 H_2O 、 CO_2 のフラグメントとして、 $m/z=17, 18, 44$ をXAFSと同時に測定した。測定装置の全体像を図1に示す。

3. 結果と考察

合成したAu- β -ala錯体の構造については、Au L_{III} -edge XAFSスペクトルのカーブフィッティング解析と熱重量・示差熱(TG-DTA)パターンの解析から3価Auを中心として2座配位した β -アラニン1分子とヒドロキシ基2分子からなる平面4配位構造と報告している⁷⁾。図2(a)に示す通りAu- β -ala錯体のXANESスペクトルでは、 Au_2O_3 と同程度に鋭いホワイトラインが観測されていたが、Au-Trp錯体ではホワイトライン強度が小さくなっており、3価Auと1価Auの混合状態であることが示唆された。また、Au- β -ala錯体とAu-Trp錯体でEXAFS振動(図2(b))の周期はほぼ一致していたが、動径構造関数(図2(c))で0.1 nmから0.2 nmに観測されたAu-O配位に帰属されるピーク強度は、Au-Trp錯体の方が弱く、このことからAu-Trp錯体には3価Auの平面4配位構造だけでなく、1価Auを中心とした直線2配位構造が含まれると推察される。

次に、シリカに含浸したAu-Trp錯体を空気下で 300°C 焼成したところ、粉末X線回折でAu(111)面に由来するピークが観測された。この回折ピークにシェラー式を適用し、結晶子サイズを算出したところ、3.4 nmの金ナノ粒子がシリカに担持されていた。しかし、このシリカ担持金ナノ粒子は、Au- β -ala錯体から調製した場合と比較して、DMTS吸着量が約50%も少なく、粒子径から見積られる表面露出Au原子数だけでは、説明できない吸着を阻害する要因があると考えられた。そこで、図3に示すように同時測定したAu L_{III} -edge XAFSと質量分析の結果と実験室で測定したTGデータにより、空気焼成中におけるAu-Trp錯体

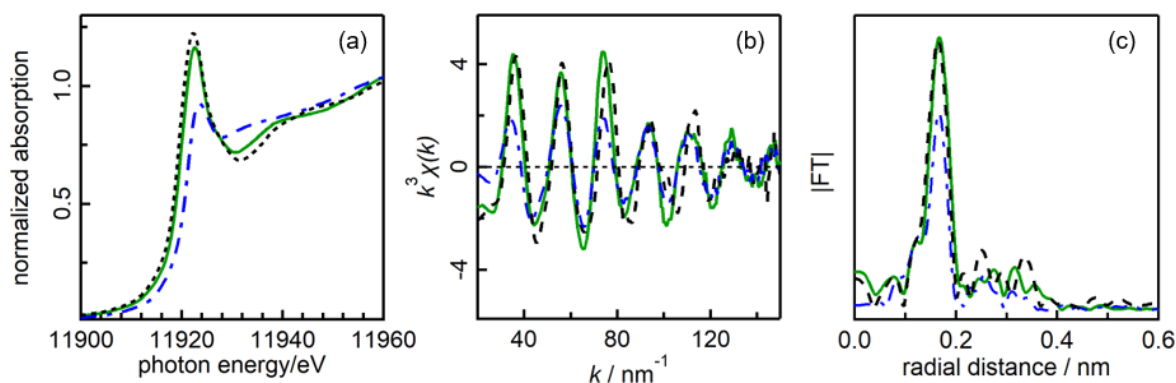


図2 (a)Au L_{III} -edge XANESスペクトル、(b)EXAFS振動、(c)動径構造関数。一点破線(青)：Au-Trp錯体、実線(緑)：Au- β -ala錯体、破線(黒)： Au_2O_3 。

の分解・還元挙動を検討した。まず、昇温開始から 200°C までにみられた約 10% の重量減少は、 $m/z = 18$ が同時に観測されたことから、試料に含まれた水分が除去されたことに由来しているとみられる (図 3 (a))。次に、200°C から 400°C にかけて、3 段階の大きな重量減少があり、 $m/z = 18, 44$ が同時に観測された。また、試料の XANES スペクトルが Au foil と同じスペクトルとなった温度を還元温度として解析したところ、Au-Trp 錯体の還元温度は 350°C であり、Au- β -ala 錯体の還元温度よりも 130°C も高温であることがわかった (図 3 (b))。さらに、400°C から 500°C にも $m/z = 44$ の大きなピークが観測され、Au-Trp 錯体の還元完了後にも配位子の分解に由来する CO_2 生成があると考えられる。

これらの検討結果より、Au-Trp 錯体は空気下 300°C 焼成では還元が不十分で、一部は 0 価金ナノ粒子となっていなかったこと、金ナノ粒子の近傍に未分

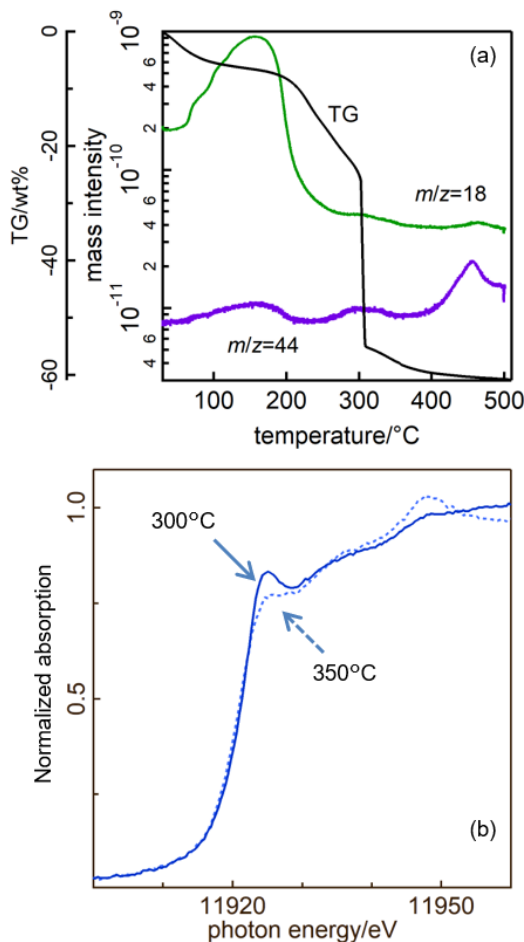


図 3 シリカに含浸した Au-Trp 錯体の空気焼成下における、(a)TG と質量分析、(b)in situ Au L_{III} -edge XANES スペクトル。

解の配位子が残存していることが推察された。すなわち、DMTS が吸着する 0 価金ナノ粒子の割合が仕込み量よりも少なかったこと、残存している配位子が DMTS 吸着サイトを被覆してしまっていたことが、Au- β -ala 錯体から調製した場合と比較して、DMTS 吸着量が約 50% も少ない原因と思われた。

そこで、Au-Trp 錯体の還元を促進させるため、水素/窒素混合ガス雰囲気下で焼成し、シリカ担持金ナノ粒子を調製した。空気下の場合と同様に Au L_{III} -edge XAFS と質量分析を同時測定したところ、試料の XANES スペクトルは 245°C で Au foil と同じスペクトルになり、大幅に還元温度を下げる事ができた (図 4(b))。また、質量分析では $m/z = 18, 44$ どちらのピークも約 300°C 以下にあり、配位子の分解も促進されたことがわかった (図 4(a))。本法で調製されたシリカ上の金粒子径は、透過電子顕微鏡観察より $1.7 \text{ nm} \pm 0.6 \text{ nm}$ であった。表面露出 Au 原子数の割合

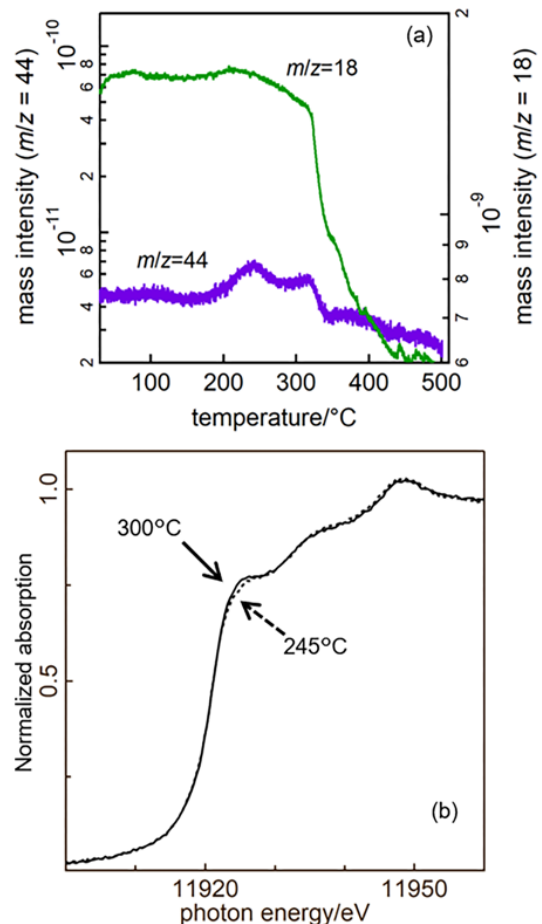


図 4 シリカに含浸した Au-Trp 錯体の水素/窒素混合ガス雰囲気下での焼成における、(a)質量分析、(b)in situ Au L_{III} -edge XANES スペクトル。

は約60%と見積もられ、表面露出 Au 原子の割合が約40%であった従来の吸着剤のよりも高い吸着性能が実現された。

4. まとめと今後の展望

金は、室温付近でも0価が最安定であるため、空気下で加熱するだけで還元され、金属ナノ粒子が得られる。そのため、一般的な金属種の還元のように水素ガス下で昇温反応して還元温度を測定する手法 (H_2 -TPR) などの適用例は多くない。また、電子顕微鏡観察などで、ナノ粒子の形成がみられたとしても、すべての金が還元されているとは限らず、著者らの研究でも *N*-ヘテロサイクリックカルベンが配位した金錯体で、同様に部分的な還元状態を観測したことがあった。本研究では、ガス流通下での焼成過程において、*in situ* XAFS と質量分析を同時測定し、金-アミノ酸錯体の還元・分解挙動を明らかにすることができた。

最近、シリカ担持金ナノ粒子は DMTS に限らず、様々な硫黄化合物を吸着することがわかってきている。例えば、本格焼酎には日本酒の数10倍、数100倍の濃度で、数種類の有機硫黄化合物が含まれており、これらの匂いが原因で苦手を感じる人も多いとみられる。シリカ担持金ナノ粒子は、本格焼酎中の硫黄化合物も選択的に吸着除去することができ、よい香りに寄与するフェネチルアルコール（バラのような香り）やリナロール（ラベンダーやベルガモットのような香り）の濃度は変化させないという結果も得られている。この場合には、もともと含まれている硫黄濃度が高いために、1-2分間でわずかに吸着除去するだけで、誰でもすぐに気づくほどに劇的な香りの変化が感じられる。

今後、日本酒の品質保持への貢献や新しい香りの酒類の開発などへの利用を目指して、実用化に向けた検討も進めていきたいと考えている。本技術を実用化し製品とするまでには、まだいくつかの課題があるが、そのひとつに金の価格(2023年4月の相場で約9,500円/g)が挙げられ、吸着剤の原価の約75%を占めている。一般的に活性炭などの吸着剤は使用後には廃棄されるが、シリカ担持金ナノ粒子は、ろ過分離して、空気下で焼成すると吸着能を復活することができる²⁾。また、焼成による再利用を繰り返すと徐々に粒子径が増大して、飽和吸着量が低下してしまうが、吸着剤から金を抽出して、塩化金酸へと再生する工程を試薬メー

カーに委託し、金をリサイクルすることも検討している。次に、吸着剤調製のスケーラップも段階的に進めてきており、研究初期には吸着剤は1回に1gずつ調製していたが、焼成炉の設計、製作などの試行錯誤を経て、現在では1回に100gを調製することができるようになった。最後に、食品を対象とする法令等への対応についても、税務署や保健所へ問い合わせ準備を進めている。数年後には吸着処理したお酒で乾杯できるよう、これらの課題をひとつずつクリアしていきたい。

謝辞

SPring-8 における実験は、BL14B2 (課題番号: 2019A1800、2020A1638、2020A1769) において実施されました。

本研究は科研費(19K05214)、公益財団法人日本食品化学研究振興財団、豊田理研スカラー、公益財団法人池谷科学技術振興財団の助成を受けたものです。

最後に、九州大学 徳永信教授、公益財団法人高輝度光科学研究センター 本間徹生博士、東京都立大学 石田玉青准教授、独立行政法人 酒類総合研究所 磯谷敦子博士、九州大学理学府 高木真由氏をはじめとした共同研究者のみなさまに感謝いたします。

参考文献

- [1] H. Murayama *et al.*: *Sci. Rep.* **8** (2018) 16064.
- [2] 磯谷敦子、村山美乃他: 日本醸造協会誌 **114** (2019) 779-786.
- [3] 磯谷敦子、宇都宮仁他: 日本醸造協会誌 **101** (2006) 125-131.
- [4] 宇都宮仁、磯谷敦子他: 日本醸造協会誌 **105** (2010) 106-115.
- [5] 村山美乃、徳永信他: 放射光 **33** (2020) 222-230.
- [6] M. Haruta *et al.*: *J. Catal.* **144** (1993) 175-192.
- [7] H. Murayama *et al.*: *J. Catal.* **353** (2017) 74-80.

村山 美乃 MURAYAMA Haruno

九州大学 大学院理学研究院 化学部門
〒819-0367 福岡市西区元岡 744
TEL : 092-802-4141
e-mail : haruno9@chem.kyushu-univ.jp

SACLA BL1 における軟 X 線 FEL 集光・結像システムの開発

東京大学 先端科学技術研究センター 本山 央人、江川 悟
 国立研究開発法人理化学研究所 放射光科学研究センター
 利用システム開発研究部門 SACLA ビームライン基盤グループ
 ビームライン開発チーム 山口 豪太
 東京大学 物性研究所 木村 隆志
 東京大学 先端科学技術研究センター 三村 秀和

Abstract

ウォルターミラーは、ハイスルーポットかつ色収差なく軟 X 線ナノ集光・結像が可能な光学素子である。従来作製困難とされてきたウォルターミラーの製造プロセスを確立し、軟 X 線ナノ集光・結像システムを SACLA BL1 に整備した。集光システムでは $330 \times 540 \text{ nm}$ の領域に集光することで 10^{16} W/cm^2 を超える軟 X 線高強度場を生成し、非線形光学現象の観測を可能としている。結像システムではシングルショット撮影による空間分解能 500 nm の透過像撮影が可能である。本稿では、集光・結像装置の概要と性能について報告する。

1. 緒言

光利用技術の発展は光学素子の進歩によって支えられてきた。高精度に研磨加工された光学素子が利用可能となったことで、超解像顕微鏡や重力波干渉計など、緻密な波面制御を要する先端光技術が実現された。当然、光の波長が軟 X 線領域に及んでも光学素子の重要性は変わらない。軟 X 線領域では、高い透過率と屈折率を両立する材料が存在しないため、集光素子としてミラーが広く用いられている。

軟 X 線領域の優れた集光素子として、回転楕円ミラーが古くから知られている^[1]。楕円曲線を長軸に関して 1 回転させた回転体形状の内面を軟 X 線が反射する。短手方向に高湾曲な形状を実現できるため、焦点距離の短い (=高 NA) 設計が可能となる。硬 X 線と比べて波長の長い軟 X 線領域においては、ナノ集光を実現する唯一の光学素子であると言える^[2]。発表された当時は加工・計測技術が律速となり、ナノ集光素子として実用化には至っていなかったが、近年、三村らによって開発されたナノ精度形状転写プロセスにより、ミラー製造に関する課題が克服された^[3,4]。同技術をもって製造されたニッケル製の回転楕円ミラーは、全体形状精度 50 nm 程度を達成し、照射領域のみに注目すると形状精度は 20 nm を上回る。SPRING-8 や SACLA の軟 X 線ビームラインに導入され、軟 X 線非線形光

学現象の観測や磁区構造の高分解能走査型顕微鏡などに利用されている^[5-7]。回転体ミラーの軟 X 線領域における利用は徐々に拡大しており、その有用性が広く認知されるに至っている。

同様の技術を用いて、ウォルターミラーが製作される (図 1)。ウォルターミラーは楕円面と双曲面から構成される 2 回反射光学素子であり、楕円ミラーとは異なりアッベの結像条件を近似的に満たすことが知られている^[8]。結像条件を満たすことはすなわち、集光においてもアライメント時に要求される入射角度精度が格段に緩和されることを意味する。SACLA BL1 用に設計された集光ミラーを例にとると、回転楕円ミ



図 1 ナノ精度転写プロセスで作製された回転体ウォルターミラー。

ラーの場合は約10 μrad の角度精度が必要であるが、ウォルターミラーの場合は数mradの設置角度が良い⁹⁾。集光調整が容易になることで実験前のミラーアライメント調整時間を大幅に短縮することが可能であり、ユーザータイム中の実験効率の向上に寄与する。

ウォルターミラーを用いることで得られる恩恵は集光の容易さだけではない。ウォルターミラーは、元々X線天文学分野において利用可能な斜入射結像光学系として考案された。すなわち、顕微鏡における対物レンズとして機能する。集光用ウォルターミラーで試料を照明し、透過光を試料の下流側に設置した結像用ウォルターミラーで反射させることで、2次元検出器上に透過光強度分布を結像させることができる。軟X線の短波長性と回転体ウォルターミラーの高NAを組み合わせることにより、高空間分解能な軟X線顕微鏡が実現される。

以上のように、回転体ウォルターミラーは、軟X線FELビームラインにおいて、集光・結像装置を構築するためのキーデバイスであるといえる。集光・結像の両技術は、最も基礎的であるが故に、その適用範囲も幅広く、共用施設において汎用的なナノ集光/結像装置を開発することの意義は大きい。多くのユーザーが容易に軟X線FELナノ集光・結像技術を用いることで、非線形軟X線光学や磁性材料開発、構造生物学を始めとした多岐にわたる分野において、研究領域の拡大が期待される。

本稿では、当研究グループがSACLA BL1においてこれまでに実施してきた、ウォルターミラーを利用した集光・結像装置の開発について紹介する。

2. 集光装置開発

SACLA BL1において、ウォルターミラーを用いた集光装置開発を進めている。BL1で発振する基本波、およびその3倍波の利用を想定して光学設計を行った。ミラー材料には、ナノ精度転写プロセスにおいて良好な形状精度が得られるニッケルを採用した。BL1で発振する基本波とその3倍波の利用を想定し、全帯域にわたりおおよそ50%以上のスループットとなるように斜入射角度を決定した。回折限界集光サイズはおおよそ300 nm程度であり、プロトタイプとして開発した回転楕円ミラーによる集光装置と遜色のない値が得られるよう設計した。波動光学計算により、許容角度調整誤差は、数mrad程度であると見積もられた。本光学系で受光可能な最大ビームサイズは直径3 mmである。BL1の実験ハッチ入射時のビームサイズは直径10 mm以上であるが、常設集光装置のKBミラーを用いて焦点距離2 mで集光し、そこから500 mm下流にウォルターミラーを設置している。そのため、ウォルターミラー到達時のビームサイズは約1/4に縮小され直径2.5 mm程度となる。したがって、入射ビームを取りこぼすことなくウォルターミラーで反射・集光することができる。

集光装置は、ウォルターミラー、ミラー角度調整機構、ナイフエッジ、スクリーンから構成される。ウォルターミラーは、前述のナノ精度転写プロセスにより製造される。ウォルターミラーの角度調整は真空対応のステッピングモータ駆動ステージで行われ、おおよそ20 μrad の角度分解能で調整することができる。集光調整は、集光点にはシリコン製のナイフエッジを挿入した際に現れるフーコー像の強度パターンに基づいて行われる。透過光の強度分布は、蛍光スクリー

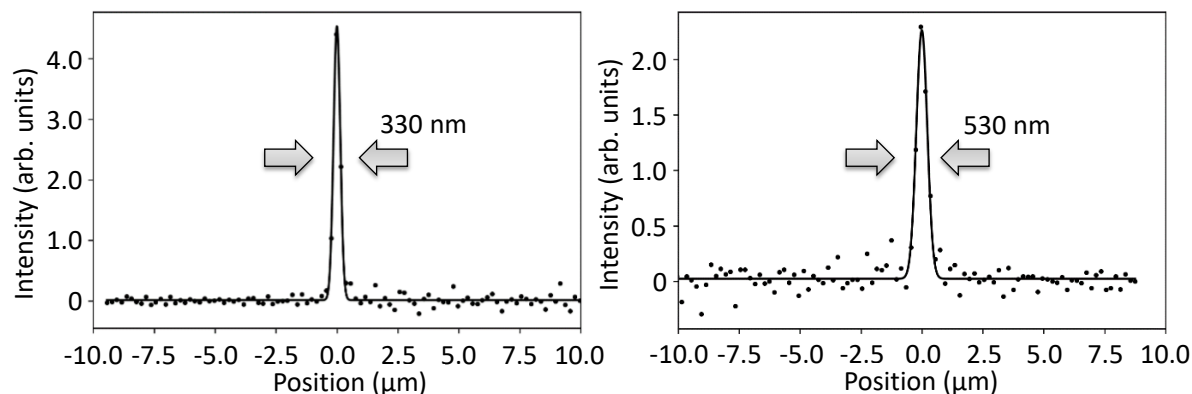


図2 計測された軟X線FEL集光プロファイル (光子エネルギー120 eV)。

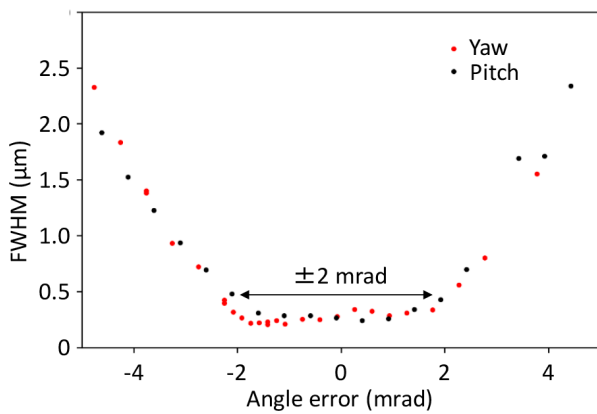


図3 ミラーの設置角度誤差の集光サイズの関係。

ン付きのMCPを用いて計測する。集光サイズは、ビーム入射時のMCP電流を強度として、ナイフエッジスキャン法により計測する。集光装置の制御、および強度分布情報の取得は、BL1の制御用PCから統合的に行うことができるよう整備した。

集光サイズの計測例を示す(図2)。鉛直方向に330 nm、水平方向に530 nmの集光サイズが計測され、回折限界に近い集光サイズが得られた。入射ビーム強度を10 μJ、パルス幅を50 fsと仮定すると、瞬時ピーク強度は10¹⁷ W/cm²程度であると見積もられる。非線形軟X線光学研究に十分利用可能な強度が得られた。また、ミラーの設置角度誤差と集光サイズの関係(図3)より、±2 mradの許容角度誤差があることが読み取れる。ウォルターミラーの必要アライメント精度がmradレベルであることが、実験的にも確かめられた。

3. 結像装置開発

SACLA BL1ではウォルターミラーを用いた透過型結像顕微鏡の開発も進めている^[10, 11]。軟X線FELの

高強度・短パルス性を生かすことで、本顕微鏡は高速現象の可視化はもちろん、軟X線照射ダメージの大きな有機試料の破壊前観察、高強度軟X線に誘起される非線形光学現象の観察といった特色ある観察が可能となる。図4に結像顕微鏡の模式図を示す。結像顕微鏡には照明用と結像用の二つのウォルターミラーを利用する。照明用ウォルターミラーは常設のKBミラーによって集光・発散した軟X線を再度収束して試料面に導く。入射ビーム径が小さいため、ビームは両ウォルターミラーの一部を反射する。試料面でのビーム強度を重視する場合は集光位置近傍に試料を配置し、広い視野を求める場合は集光点から十分デフォーカスした位置に試料を配置する。結像用ウォルターミラーは透過光を捉え、撮像素子面に像を形成する。

2枚のウォルターミラーのパラメータを以下に述べる。両ミラーともに作動距離は10mmである。両ミラーの開口数は0.32、瞳の内径と外径の比で与えられる開口比は0.75である。SACLA BL1のビームサイズは直径10 mmほどと大きいですが、KBミラーによる集光とウォルターミラーの大開口な設計により、照明ビーム全体を取り込むことができる。照明用ウォルターミラーの縮小倍率は13.3倍、光源点-集光点間距離は500 mmである。結像用ウォルターミラーの結像倍率は165倍、試料面から像面までの距離は5000 mmである。CCDの面積と結像倍率で決まる視野は52 μm × 52 μmである。ウォルターミラーの主面は双曲面と楕円面の境界付近に位置し必然的に焦点距離が長くなるため、大きな結像倍率を得るには数メートルの結像光路長が必要となる。基本波でシングルショット撮影ができるのはもちろん、強度が2, 3桁落ちる3次高調波を照明に用いても薄い試料であればシングルショット撮影が可能である。高調波集光する

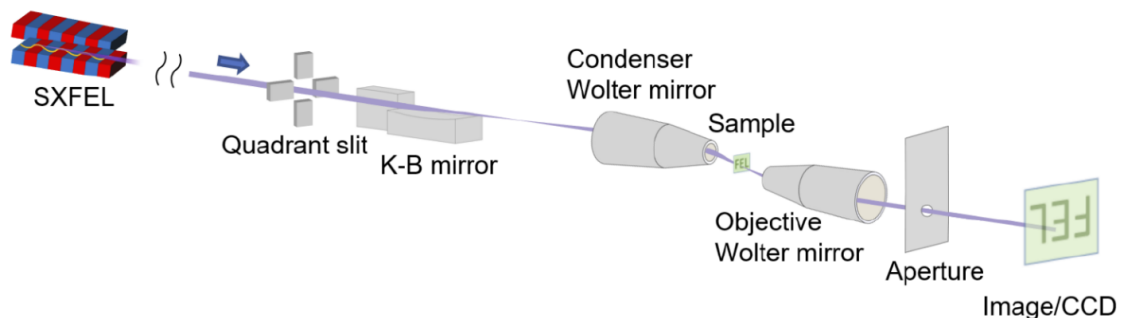


図4 軟X線FELとウォルターミラーを用いた透過型結像顕微鏡の模式図。

文献10より許可を得て転載。©The Optical Society

ことで 10^{14} W/cm² の軟 X 線を試料に照射することができ、非線形光学現象や破壊現象を引き起こしてその様子を観察することができる。

テストチャートの撮影例を図 5 に示す。分解された構造の最小の周期は光子エネルギー 360 eV で垂直方向 250 nm × 水平方向 500 nm であった。ここで、垂直方向はウォルターミラーの円周方向稜線の、水平方向はウォルターミラーの長手方向稜線の投影にあたる方向である。水平方向の試料の明部に強度むらが見て取れるが、これはテストチャートの透過率むらではなく、両ウォルターミラーの形状誤差によって生じた干渉縞が照明光の強度分布を変調した結果である。試料を退避して取得した照明光強度分布で像を割り算して照明強度を規格化することで、この強度むらはある程度補正できる。観察事例として、グラファイト粉末を観察した例を図 6 に示す。グラファイト片の厚さのカタログ値は 10-300 nm であるが、炭素吸収端 (~294 eV) を上回る 360 eV で観察したため面内寸法 1 μm を下回る微小な細片も含めてコントラスト良く観察できている。

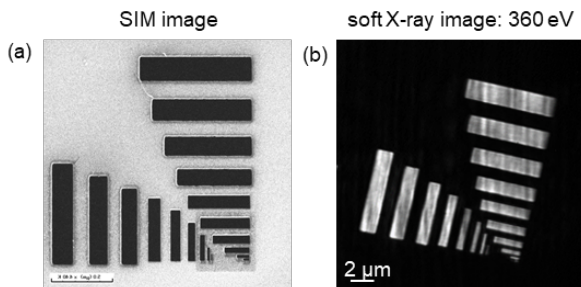


図 5 テストチャートの(a)SIM 像と(b)軟 X 線像。文献 10 より許可を得て編集の上転載。© The Optical Society

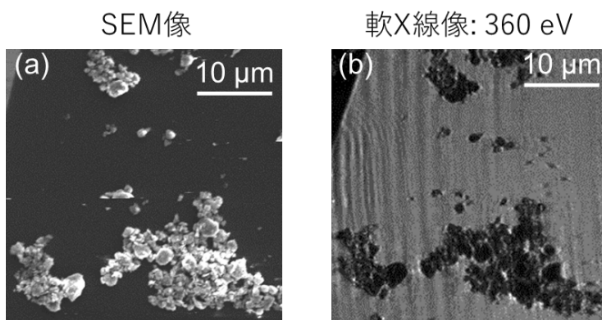


図 6 グラファイト粉末の(a)SEM 像と(b)軟 X 線像。文献 11 より許可を得て編集の上転載。

4. 結言

SACLA BLI で開発した集光・結像システムについて解説した。高い集光強度や SXFEL の超短パルス性を活かして物性物理学や生物学の分野で特色ある研究への展開が始まっている。引き続きミラーの形状精度の向上やシステムの改善に努め、より多くの研究者に利用可能な体制を築きたい。

謝辞

本研究開発は、SACLA 大学院生研究支援プログラム、SACLA/SPring-8 基盤開発プログラムから多大な支援を受け、また、多くの研究者の方との共同で推進されてきたものです。理化学研究所の矢橋牧名博士、高輝度光科学研究センターの大和田成起博士、登野健介博士、犬伏雄一博士、小山貴久博士、大橋治彦博士、夏目光学株式会社の久米健大博士、SACLA エンジニアリングチームの方々に深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] J. Voss *et al.*: *J. X-Ray Sci. Technol.* **3** (1992) 85-108.
- [2] H. Motoyama, T. Saito and H. Mimura: *Jpn. J. Appl. Phys.* **53** (2014) 022503.
- [3] H. Mimura *et al.*: *Rev. Sci. Instrum.* **89** (2018) 093104.
- [4] T. Kume *et al.*: *Rev. Sci. Instrum.* **90** (2019) 021718.
- [5] H. Motoyama *et al.*: *J. Synchrotron Radiat.* **26** (2019) 1406-1411.
- [6] Y. Kubota *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **117** (2020) 042405.
- [7] Y. Takeo *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **116** (2020) 121102.
- [8] H. Wolter: *Ann. Phys.* **445** (1952) 94-114.
- [9] S. Egawa *et al.*: in *Advances in X-Ray/EUV Optics and Components XIV 11108* (SPIE, 2019) 1110804.
- [10] S. Egawa *et al.*: *Opt. Express* **27** (2019) 33889-33897.
- [11] 江川悟: *光学* **51** (2022) 369-374.

本山 央人 *MOTOYAMA Hiroto*

東京大学 先端科学技術研究センター
〒153-8904 東京都目黒区駒場 4-6-1
TEL : 03-5452-5187
E-mail : motoyama@upm.rcast.u-tokyo.ac.jp

江川 悟 *EGAWA Satoru*

東京大学 先端科学技術研究センター

〒153-8904 東京都目黒区駒場 4-6-1
TEL : 03-5452-5187
E-mail : egawa@upm.rcast.u-tokyo.ac.jp

山口 豪太 YAMAGUCHI Gota

(国) 理化学研究所 放射光科学研究センター
利用システム開発研究部門 SACLA ビームライン基盤グループ ビームライン開発チーム
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0802 (内線 7934)
E-mail : g-yamaguchi@spring8.or.jp

木村 隆志 KIMURA Takashi

東京大学 物性研究所
〒277-8581 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
TEL : 04-7136-3400
E-mail : tkimura@issp.u-tokyo.ac.jp

三村 秀和 MIMURA Hidekazu

東京大学 先端科学技術研究センター
〒153-8904 東京都目黒区駒場 4-6-1
TEL : 03-5452-5189
E-mail : mimura@upm.rcast.u-tokyo.ac.jp

SACLA で捉えた フラビントタンパク質中の逐次的電子・プロトン移動の動的制御

大阪大学 大学院基礎工学研究科

山元 淳平

Academia Sinica, Taiwan

National Taiwan University

Manuel MAESTRE-REYNA

Philipps University Marburg, Germany

Lars-Oliver ESSEN

Academia Sinica, Taiwan

Ming-Daw TSAI

Academia Sinica, Taiwan

国立研究開発法人 理化学研究所 放射光科学研究センター

東京大学 大学院農学生命科学研究科

別所 義隆

Abstract

フラビン補酵素はさまざまな生体内酸化還元反応において普遍的に用いられている。フラビンアデニンジヌクレオチド (FAD) を有する DNA 光回復酵素は、DNA 修復反応および FAD の光還元反応に青色光を用いる。後者の反応では、FAD への 2 回の電子移動反応およびプロトン化が起こることで、DNA 修復活性を有する酵素状態が形成される。本研究では、光還元における電子移動反応に続くナノ秒〜マイクロ秒における FAD および周辺アミノ酸側鎖の動きを記述するため、SACLA にて時分割シリアルフェムト秒 X 線結晶構造解析を実施した。その結果、光回復酵素・クリプトクロムスーパーファミリーが持つ FAD 近傍に存在する Asn 側鎖および Arg-Asp 塩橋が、FAD 還元反応に伴う構造変化およびプロトン化を制御することを見出した。

1. フラビンと光回復酵素

光合成や好気呼吸に代表されるように、全ての細胞システムは電子伝達鎖に依存している^[1]。シトクロムや鉄硫黄タンパク質のような電子伝達タンパク質群は一電子移動を行う一方で、電子伝達鎖が触媒する反応サイクルではドナー・アクセプター間で計 2 電子の移動が行われる。この一見した矛盾は、キノン類分子もしくはフラビン系分子の存在によって解決される。これらの分子種は 1 電子ないし 2 電子を受け取ることができるため、酸化型 (キノン)、半還元型 (セミキノン)、ならび還元型 (ヒドロキノン) の 3 つの酸化還元状態で存在する。フラビンアデニンジヌクレオチド (FAD) における複数の電子移動反応の一例として、DNA 修復を担うフラビントタンパク質である DNA 光回復酵素における FAD 光還元反応が挙げられる。光還元反応とは、サブナノ秒で起こる光誘起電子移動を起点として、触媒不活性な酸化型 FAD (FAD_{ox}) からラジカルセミキノン FAD[•] およびそのプロトン化体

FADH[•] を経て、光回復酵素の DNA 修復活性に必要なヒドロキノン FADH₂ を光依存的に生成する過程である (図 1A) ^[2]。この反応の電子伝達鎖はタンパク質内部に存在する 3 つないし 4 つの Trp 側鎖であり、最終的に外部環境から電子を獲得することができる^[3]。活性化された光回復酵素は、光励起状態の FADH[•] から紫外線によって形成される損傷 DNA であるシクロブタン型ピリミジンダイマーへ青色光依存的に電子移動が起こることで、元の塩基構造へと戻ることができる^[4]。

過去 30 年以上にわたり、光回復酵素の FAD 光還元反応は分光学や計算科学によって研究されてきた。しかし、ナノ秒〜マイクロ秒に起こる電子移動後のフラビン化学種がどのように周辺アミノ酸側鎖によって安定化されるのか、依然として情報が不足している。さらに、分光学測定ではフラビン化学種や電子伝達鎖の電子遷移に限定した情報を与えるため、タンパク質環境やフラビンの構造変化に関する情報は得られない。

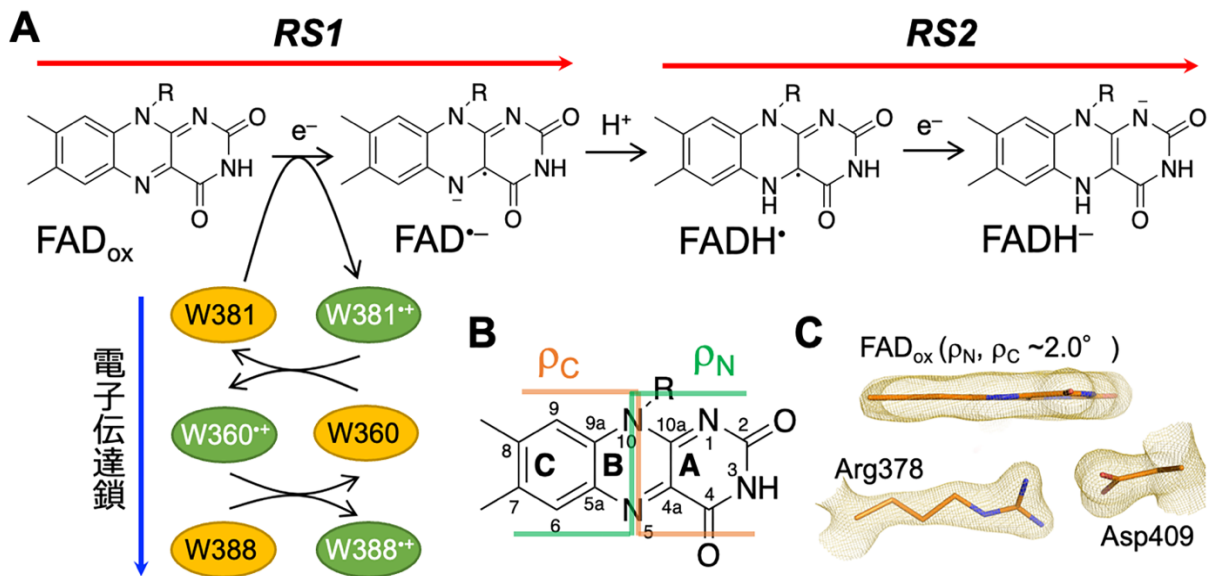


図1 光回復酵素中のFADについて。(A) FAD光活性化過程。光回復酵素中に高度に保存された3つのTrp (W) 側鎖から光依存的に電子を獲得することで、酸化型FAD (FAD_{ox}) からアニオンラジカル型FAD ($FAD^{\bullet-}$) へと変化し、さらにプロトン化が進行することで中性セミキノン型FAD ($FADH^{\bullet}$) が生じる。 $FADH^{\bullet}$ が同様の反応を経ることで、2電子還元型FAD ($FADH^-$) が生じる。(B) FADの構造変化を記述する二面角。C9-N10-N5-C4を ρ_C 、C6-N5-N10-N1を ρ_N と定義する。(C) FAD_{ox} を有するMmCPDIIのSFX構造と2Fo-2Fc電子密度マップ。

従来のX線結晶構造解析では、短寿命なフラビンラジカル類を含めた過渡的な立体構造の捕捉は困難であり、さらに放射線損傷の影響により単一の酸化還元状態にある構造さえも解析することは難しい。

本研究では、*Methanosarcina mazei*由来クラスII DNA光回復酵素(MmCPDII)の光還元反応に着目し、FAD酸化還元状態の変化、および過渡的な立体構造変化をSACLAにおける時分割シリアルフェムト秒X線結晶構造解析(TR-SFX)により解析した。本研究により、フラビンラジカル類ならびに過渡生成化学種がどのように安定化されるかを明らかにした^[9]。

2. 実験概要と構造命名ルール

光回復酵素の光還元反応では、1段階目の還元反応(RS1)として FAD_{ox} から $FAD^{\bullet-}$ の形成を経て $FADH^{\bullet}$ が、また2段階目の反応(RS2)では $FADH^{\bullet}$ から $FADH^-$ の形成が起こる。RS1において、 $FAD^{\bullet-}$ のプロトン化が起こらない限り、RS2は起こらない。そこで、 FAD_{ox} 、 $FADH^{\bullet}$ ならびに $FADH^-$ を有する酵素を各々調製し、RS1とRS2を別々に追跡した。得られた酵素の構造は E_{XY} と表し、Xは反応前のFAD酸化還元状態(ox: FAD_{ox} 、semi: $FADH^{\bullet}$ 、red: $FADH^-$)を、またYは

データ収集条件(sync: シンクロトロン、ss: 定常状態SFX、dark: TR-SFXにおける暗状態構造、時間: TR-SFXにおける遅延時間)とする。

また、FAD中のイソアロキサジン環の構造変化を記述するため、2つの二面角 ρ_C および ρ_N を導入する(図1B)。一般に、FADの還元に伴って、A環面とC環面間の角度 α が小さくなるバタフライ構造をとることが知られている。しかし、角度 α は長軸側のねじれ構造と水平方向の曲がりや短軸側のバタフライ構造を区別することができない。二面角の導入により、これらを区別することができる。

3. RS1における構造変化

RS1の初期状態である $E_{ox/ss}$ の無損傷SFX測定の結果、シンクロトロン構造 $E_{ox/sync}$ ^[9]と比較して、同様の全体構造をとっていることを確認した。しかし、 $E_{ox/sync}$ におけるイソアロキサジン二面角($\rho_C \sim 7.6^\circ$, $\rho_N \sim 8.7^\circ$)と比較して、 $E_{ox/ss}$ はよりフラットな構造($\rho_C, \rho_N \sim 2.0^\circ$)を有することがわかった(図1C)。このことから、 $E_{ox/ss}$ はほぼ完全に FAD_{ox} を持つ一方で、 $E_{ox/sync}$ は放射線損傷を受け、部分的に還元されていることが示唆された。また、 $E_{ox/dark}$ は $E_{ox/ss}$ とほぼ同一の構造であ

ったことから、TR-SFX 測定のコントロールとなることがわかった。

FAD_{ox} を有する酵素結晶を 408 nm にて励起後、10 ns から 5 ms までの 9 点の遅延時間にて、RS1 の電子移動後に起こる構造変化を追跡した (図 2A)。その結果、イソアロキサジン環や周辺環境における構造変化が見られた一方で、電子伝達鎖である Trp には変化が見られなかった。この結果は本酵素の電子移動そのものは 1 ns 以下にて完了するという分光学による知見と一致する。

まず、FAD 構造の変化について記述する。FAD_{ox} から FAD⁻ の遷移に伴い、 ρ_C が 10 ns から 10 μ s にかけて約 30° まで増加した (図 2A)。 ρ_N についても同様の傾向を示したが、その変化は緩やかであった。一方、2 つの二面角は 125 μ s から 400 μ s にかけて元の角度へと戻った。これは過渡的に形成されたトリプトファンラジカルと FAD⁻ の間で電荷再結合することで暗状態へと戻っていることを示唆している。

FAD の近傍に、Arg378 と Asp409 で形成される塩橋があり、この Arg378 において構造変化が認められた。 $E_{ox/1\mu s} - E_{ox/ss}$ の差マップを解析したところ、Arg378 の N ϵ 原子の上部に正の電子密度ピークが観測された (図 2B)。このピーク強度は 250 ns から 1 μ s にかけて増大し、その後 1–5 ms にかけて元の状態に緩和した⁵⁾。このことから、Arg378 のイソアロキサジン N5 原子への接近は、FAD⁻ の折れ曲がりと同時に起こっていることが示唆された。興味深いことに、Arg378 の N ϵ が N5 へ接近する一方で、Arg378–Asp409 塩橋には変化が観測されなかった。

上記 N5 の近傍には、Asn403 が位置している。 $E_{ox/ss}$ 構造では、Asn アミド基 N δ はイソアロキサジン O4 と水素結合距離に位置している一方で、RS1 の進行に伴いアミド基が回転し、N δ はイソアロキサジン N5 に接近する様子が観測された (図 2C)。

4. RS1 後の $E_{semi/ss}$ 構造

RS1 の後、FAD⁻ がプロトンを獲得すると、FADH⁻ が形成される。RS1 の TR-SFX 測定では、10 μ s 以降暗状態への電荷再結合が観測されていたため、FADH⁻ 形成過程を捉えることはできなかった。そこで、RS2 の初期状態である $E_{semi/ss}$ の無損傷 SFX 測定を行った。

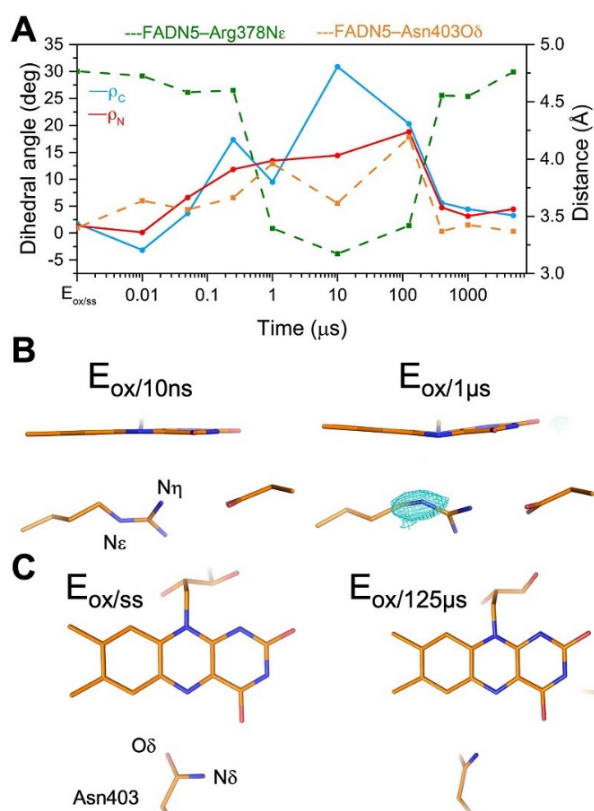


図 2 RS1 における FAD および近傍アミノ酸の構造変化。(A) FAD および Arg378–Asp409 塩橋の構造変化。青色は $E_{ox/1\mu s} - E_{ox/ss}$ の電子密度差マップ (3 σ) の正の変化を表している。(B) FAD および Asn403 の構造変化。(C) RS1 における FAD 構造変化 (実線: ρ_C と ρ_N) および周辺アミノ酸との距離の変化 (点線)。

$E_{semi/ss}$ のイソアロキサジンは比較的フラット (ρ_C , $\rho_N \sim 5^\circ$) であり、FADH⁻ の構造は FAD_{ox} のそれと類似点が見られた (図 3A)。一方で、その近傍に存在する Arg378–Asp409 塩橋には変化が見られた。Asp409 の構造は大きな変化がなかった一方で、Arg378 のグアニジン部位は回転しており、もはや Arg–Asp 側鎖間で塩橋は形成していないことが観測された (図 3A)。この結果および周辺環境にプロトンドナーとなりうるアミノ酸側鎖や水分子が存在しないことから、Arg378 が FAD⁻ から FADH⁻ へのプロトンドナーを担っていることが示唆される。実際、19,524 種の光回復酵素・クリプトクロムスーパーファミリタンパク質のアミノ酸配列を調査すると、わずかに 9 種を除く大多数がこの塩橋を保有しており、高度に保存されている塩橋が機能に非常に重要である

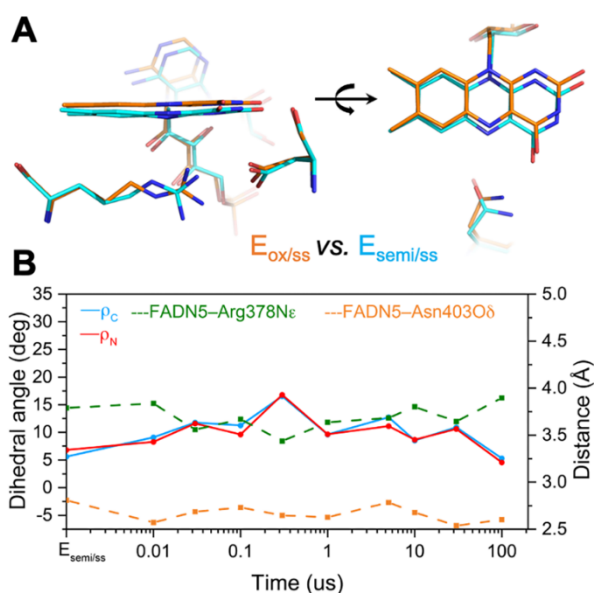


図3 RS2におけるFADおよび近傍アミノ酸の構造変化。(A) RS2の初期状態である $E_{\text{semi/ss}}$ の構造(シアン)。比較のため、RS1の初期状態である $E_{\text{ox/ss}}$ の構造(オレンジ)についても示している。(B) RS2におけるFAD構造変化(実線： ρ_C と ρ_N)および周辺アミノ酸との距離の変化(点線)。

ことが示唆される。

溶液中におけるFADH'の pK_a は8.5程度であることから、塩基性側鎖($pK_a \sim 12.5$)を持つArgからのプロトン化は起こらないことが考えられる。しかし、フラボドキシン中のFMNH'の pK_a は、タンパク質主鎖のカルボニル基との水素結合形成により、13程度まで上昇することが報告されている^[7]。今回、同様のことがMmCPDIIでも起こっていると考えられる。 $E_{\text{ox/ss}}$ におけるAsn403のO δ 原子は、イソアロキサジンN5原子の近傍に位置しているが、FAD $^{\cdot-}$ の形成に伴い回転し、N5から遠ざかる様子が観測されていた(図2C)。プロトン化が起こった後の $E_{\text{semi/ss}}$ では、Asn403側鎖は再び回転し、N5-Hの近傍に位置していた(図3A)。このことから、Asn403がFADH'の pK_a の向上に寄与すると考えられる。

5. RS2における構造変化

次に、FADH'からFADHへの光還元反応(RS2)の追跡のため、FADH'を有する酵素微結晶を408 nmで励起後、10 nsから100 μ sまでの9点の遅延時間にて構造解析を行なった。二面角 ρ_C と ρ_N は300 nsま

で一様に増加し、16.5°および16.8°まで変化した(図3B)。この値は、 $E_{\text{red/ss}}$ における二面角の値(14.3°と14.5°)とよい相関を示す。しかし、これらの値は100 μ sにかけて5°程度戻ることから、部分的に電荷再結合が進行していることが示唆された。

RS2では、イソアロキサジン二面角が最も大きくなる300 nsまで、イソアロキサジンN5とArg378のN ϵ 原子間距離が短くなる様子が観測された。一方で、Arg378側鎖の位置そのものはRS1での観測と同様に、大きな変化は観測されなかった。つまり、この接近はイソアロキサジン環の折れ曲がり由来のものであると考えられる。Asp409の位置も $E_{\text{semi/ss}}$ から大きな変化はみられなかった。また、Asn403のO δ はイソアロキサジンN5-Hからやや遠位にシフトしたものの、RS2の過程で大きく変化していなかった。

6. 光回復酵素の光還元反応機構

今回のTR-SFX測定で捉えたRS1とRS2におけるナノ秒からマイクロ秒で起こる構造変化、ならびFADの各酸化還元状態のSFX構造から、光還元反応の全反応機構について総括する(図4)。

光励起後のFAD $_{\text{ox}}$ は電子伝達鎖のTrp側鎖から電子を獲得し、FAD $^{\cdot-}$ が過渡的に形成する。FADの電子状態の変化に伴って、Asn403のO δ は静電反発により回転しイソアロキサジンN5から離れる一方で、Asn403のN δ および正電荷を持つArg378側鎖が静電相互作用によって引き付けられる。結果、1 μ sから125 μ sの間でイソアロキサジンN5とArg378のN η 間の距離が最も短く、またAsn403のO δ との距離が最も離れ、イソアロキサジンN5のプロトン化に備える。

Arg378側鎖がイソアロキサジンN5に最も近づいた後、プロトン移動が起こる。これにより生成するFADH'およびArg378は中性電荷であり、相互作用の弱体化に伴ってArg378はイソアロキサジンおよびAsp409から離れる。この状態では、Arg378-Asp409はもはや塩橋ではなく、1本の水素結合で結ばれている。プロトン移動の駆動力はAsn403のO δ とN5-Hとの水素結合であり、これが中性セミキノン状態における主要な安定化要因となる。

RS2では、Asn403のO δ がイソアロキサジンか

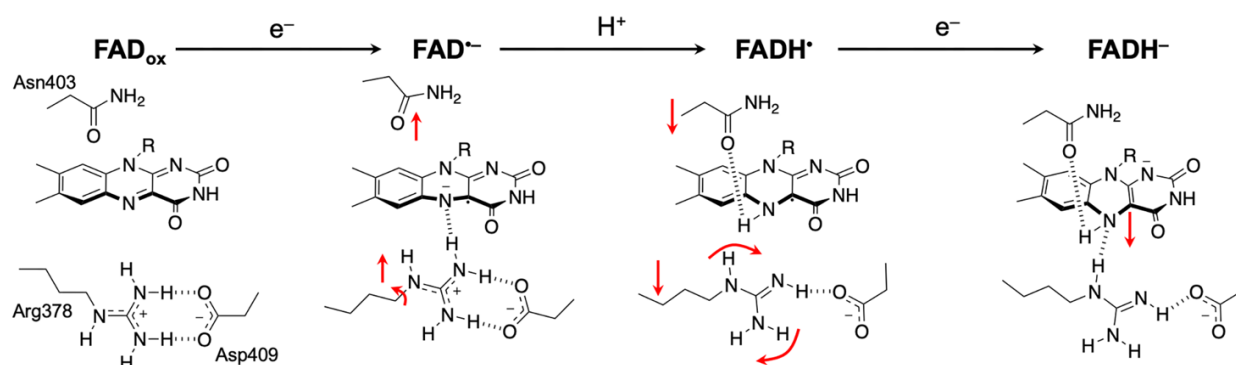


図4 TR-SFX 測定で捉えた FAD および酸化還元センサーである Arg-Asp 塩橋ならび Asn の構造変化。

らやや遠ざかるものの、N5-H との水素結合を維持しつつ、100 ns から 1 μ s にかけて起こるイソアロキサジンの折れ曲がりによって、N5 原子が Arg378 の N ϵ へと接近する。これによって、還元状態 FADH⁻ の構造とほぼ同様の状態になる。この際、上記 2 種類の水素結合が FADH⁻ の安定化に寄与するものと考えられる。

これらのことから、イソアロキサジン近傍に存在する Asn および Arg-Asp 塩橋は、FAD の酸化還元センサーとして機能し、プロトン化で分断されたキノン類の 2 電子還元反応を制御していることがわかった。

7. 総括と今後の展開

本研究で見つかった Asn/Arg-Asp センサーについて、Arg-Asp(Glu)対をイソアロキサジン環近傍に持つフラビントタンパク質群を構造ベースで探索したところ、光回復酵素・クリプトクロムスーパーファミリーのみが持つことがわかり^[6]、本タンパク質ファミリーの特徴的な役割を果たすことが示唆された。興味深いことに、Asn については酵素活性を持つ光回復酵素にのみ保存されていることが知られている。植物由来の光受容クリプトクロムでは Asp を、また昆虫型クリプトクロムでは Cys を Asn の代わりに持ち、それぞれ光還元反応において FADH⁻ および FAD^{•-} 状態を安定化することが知られている^[8]。つまり、オルタナティブな酸化還元センサーによってフラビンの酸化還元反応が大幅に制御されることから、本センサーの重要性を窺い知ることができる。

光回復酵素の分子内電子移動反応は、光合成反応中心における光駆動電荷分離過程と同等の最も単純なモデル系であると認識されてきた。Q_B キノン電子受容

体での電子供給は、電子移動-プロトン移動-電子移動-プロトン移動のスキームを取ることが知られており、酸化還元状態に依存した Q_B 分子の移動を伴う。今回、Arg 側鎖がフラビンのプロトン化に関与するという予期せぬ観測結果から、今後光合成反応中心のような複雑生命系における酸化還元反応の TR-SFX 測定を行うことで、これらの中で起こる酸化還元反応に伴うプロトン化過程を明らかにできることが期待される。

謝辞

本研究は、SACLA の BL2 (課題番号 2017A8019、2017B8052、2018A8008、2018B8031、2019A8014、2019B8005) にて実施されました。本研究の一部は科研費 (16K01942、21K06042) の助成を受けて行われました。

参考文献

- [1] I. Belevich, D. A. Bloch, N. Belevich, M. Wilström and M. I. Verkhovskiy: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **104** (2007) 2685-2690.
- [2] C. Aubert, M. H. Vos, P. Mathis, A.P. Eker and K. Brettel: *Nature* **405** (2000) 586-590.
- [3] K. Brettel and M. Byrdin: *Curr. Opin. Struct. Biol.* **20** (2010) 693-701.
- [4] A. Sancar: *Chem. Rev.* **103** (2003) 2203-2238.
- [5] M. Maestre-Reyna *et al.*: *Nat. Chem.* **14** (2022) 677-685.
- [6] S. Kiontke *et al.*: *EMBO J.* **30** (2011) 4437-4449.
- [7] M. L. Ludwig, L. M. Schopfer, A. L. Metzger, K. A. Patridge and V. Massey: *Biochemistry* **29** (1990) 10364-10375.
- [8] I. Chaves *et al.*: *Annu. Rev. Plant Biol.* **62** (2011) 335-364.

山元 淳平 YAMAMOTO Junpei

大阪大学 大学院基礎工学研究科
〒560-8531 大阪府豊中市待兼山町 1-3
TEL : 06-6850-6240
e-mail : yamamoto.junpei.es@osaka-u.ac.jp

Manuel MAESTRE-REYNA

Academia Sinica, Taiwan
Department of Chemistry, National Taiwan University
e-mail : mmaestre@ntu.edu.tw

Lars-Oliver ESSEN

Department of Chemistry, Philipps University Marburg,
Germany
e-mail : essen@chemie.uni-marburg.de

Ming-Daw TSAI

Institute of Biological Chemistry, Academia Sinica,
Taiwan
e-mail : mdtsai@gate.sinica.edu.tw

別所 義隆 BESSHO Yoshitaka

Academia Sinica, Taiwan
(国) 理化学研究所 放射光科学研究センター
東京大学 大学院農学生命科学研究科
〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1
TEL : 03-5841-3069
e-mail : bessho@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

長期利用課題報告 1

放射光 X 線を用いた巨大な自己集合中空錯体群の 構造解明と機能創出

東京大学 大学院工学系研究科 応用化学専攻

堂本 悠也、中間 貴寛、藤田 誠

東京工業大学 科学技術創成研究院 化学生命科学研究所 澤田 知久

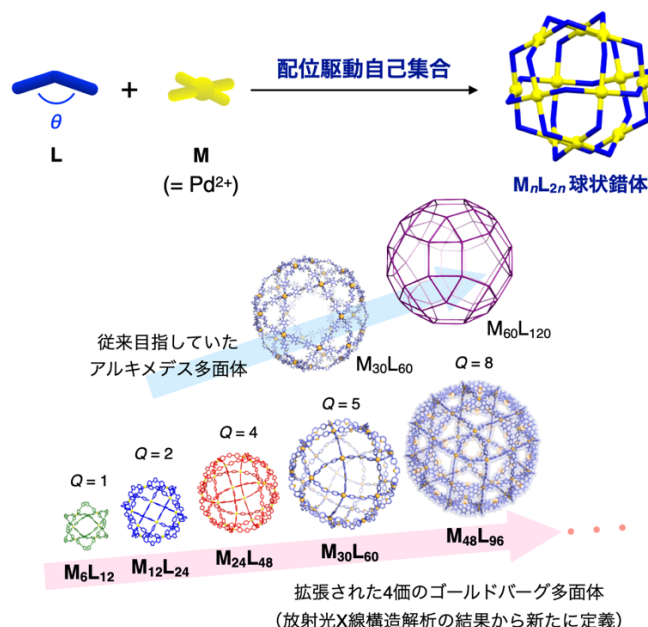
Abstract

我々のグループでは、金属イオン (M) と有機分子 (L) の配位結合形成に基づく、配位駆動自己集合によるナノサイズ中空構造のデザインと機能創出を探究してきた。本稿では最近の成果から、(i)我々が開拓してきた M_nL_{2n} 型球状錯体を用いたタンパク質の 1 分子閉じ込めへの応用、(ii)ペプチドのフォールディング集合を操ることで実現した種々のトポロジーを示す巨大空孔性構造の創出、および(iii)複数の配位結合協働による新たなナノサイズ空孔構築を取り上げ、未踏構造・機能の創出に向けた進展について紹介する。

1. はじめに

複数の分子やイオンが自律的に集まることで一定の秩序をもった構造を形成する現象を「自己集合」と呼ぶ。自然界においては、コラーゲンの三重らせん形成による堅牢な繊維状構造から、100 以上のタンパク質からなる数十ナノメートル径の球状ウイルス殻構造に至るまで、可逆的な分子間相互作用の集積により多様な自己集合システムが形成・機能している。一方、我々のグループでは人工系において、金属イオンと有機分子の配位結合形成を駆動力とした自己集合に基

づく、様々な一義構造を有するナノサイズ中空錯体の構築とその機能発現を推進してきた。とりわけ、金属イオン (M) まわりの配位様式と有機配位子 (L) の構造が示す幾何学的性質に着目することで、自己集合構造の合理的な設計と化学合成が可能となることを示してきた。その最たる例として、 M_nL_{2n} 型球状錯体の構築について紹介する (図 1)。平面 4 配位構造をとる Pd^{2+} と折れ曲がった構造の二座配位子を溶液中において混合することで、配位結合形成に駆動された、一義的な多面体構造をもつ中空錯体の形成が観測さ



れた。当初得られた $M_{12}L_{24}$ 錯体は 36 個もの構成分子からなる直径 5 nm 近くに及ぶ立方八面体構造を示し、この時点で従来知られていた人工系自己集合の概念を飛び越えるものであった。しかしさらに、二座配位子の折れ曲がり角度 θ や配位子の構造柔軟性を調節することで、アルキメデスの立体 (半正多面体) を考えることで予想される、より多くの構成分子からなる錯体群 ($n=24, 30$) も実際に合成された^{11,2)}。さらには、幾何学的な制約から存在し得る構造があとひとつ ($n=60$) で完結するということここで、これまで知られていないタイプの多面体構造をもつ $M_{30}L_{60}$ および $M_{48}L_{96}$ 錯体の構築が見出された³⁾。これらの構造は拡張された 4 価ゴールドバグ多面体 (無限のバリエーションが予想される) として新たに定義され、合成化学を超えた成果への波及をもたらした。こうした中空錯体の開拓はまた、従来のホスト分子とは異次元の巨大な内部空間の利用により、ナノ粒子の鋳型形成や特異な反応場などへ応用されており^{11,3)}、次に述べるタンパク質の 1 分子閉じ込めへの実現にも繋がった。

2. 巨大中空錯体へのタンパク質の 1 分子閉じ込め

タンパク質の機能発現は固有のアミノ酸配列に起因する高次フォールディング構造のみならず、周囲の物理的・化学的環境にも大きく影響されることが明らかとなってきている。そこで、複雑な立体構造を保ったまま限られた空間内に「1 分子閉じ込め」を行うことができれば、未知の性質や機能、およびそれらの発現過程についての構造情報を各種解析手法により取得可能な場を形成できると期待される。我々は現在、 $Pd_{12}L_{24}$ 錯体をベースとしたタンパク質を捕捉可能なケージ群を種々開発し、タンパク質の包接による性質や機能の改変、さらには未踏のタンパク質構造の解析について研究を進めている。

図 2a に示すように、タンパク質の N 末端アミノ基との選択的縮合反応が可能な配位子を設計し、 $Pd_{12}L_{24}$ 錯体内にクチナーゼ様酵素 (CLE) を包接した。その結果、有機溶媒であるアセトニトリル中における失活に対し、凝集沈殿が抑制されることにより CLE 単独の場合と比べて 1,000 倍以上の安定化効果が得られた⁴⁾。さらに、長時間経過後に部分的に失活した包接体の溶液を水に溶媒交換したところ、高次構造の復元

による酵素活性の再生 (リフォールディング現象、図 2b) が観測された。このような分子シャペロンに類似した空間捕捉効果の発現はケージ内への 1 分子包接がなせる技であり、これまで観測困難であったタンパク質の動的構造や機能の解明がさらに期待できる。例えばごく最近、 1H - ^{15}N HSQC をはじめとする NMR 手法を用いた CLE 包接体のさらなる詳細解析を行った⁵⁾。その結果、アセトニトリル/水混合溶媒におけるアセトニトリルの比率を徐々に増すことでアンフォールディング過程における途中段階のスナップショット観察が可能となり、これにより比率が 83% 付近において極めて鋭い応答を示すことが明らかとなった。

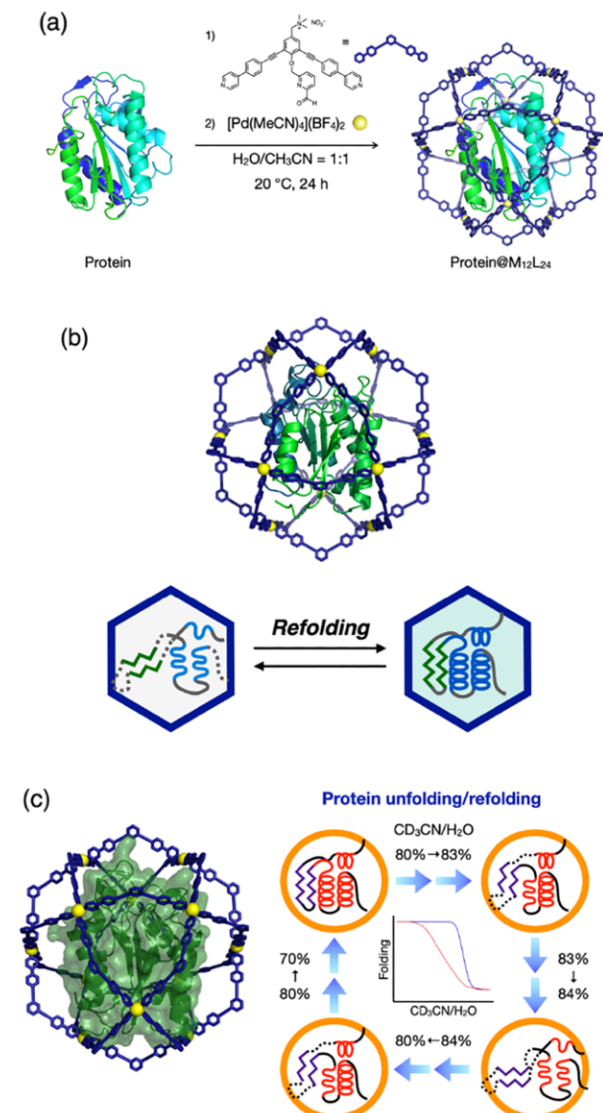


図 2 (a)タンパク質の空間捕捉、(b)リフォールディング現象の発現、(c)包接タンパク質のアンフォールディング/リフォールディングにおけるヒステリシス挙動。

さらには、再び水の比率を増やすことでリフォールディングを起こす過程において、従来知られていなかったヒステリシスの存在が観測された (図 2c)。

Pd₁₂L₂₄ 錯体の単結晶作製については我々のグループですでに確立されており、種々のタンパク質を閉じ込めた複合体においても類似の条件において良好な単結晶の作製が可能である。そこで本手法を X 線結晶構造解析と組み合わせる取り組みについても、SPRING-8 での継続的な放射光実験を通じてタンパク質適用範囲の拡大や配列制御手法について知見を蓄積しつつあり、今後さらに開発を進める予定である。

3. ペプチドのフォールディング集合による巨大空孔構造の創出

我々のグループでは、金属イオンと数残基のペプチド配位子の自己集合により、ペプチド鎖を特定の配座へとフォールディングさせる過程、およびこれらの 3 次元的配置を精密制御する過程を協奏的に行う戦略 (フォールディング集合) を開拓してきた (図 3)。これまでに、初めて人工的に合成された β-バレルやウイルスキャプシドに類似した巨大中空状の [6] カテナン⁶⁾をはじめ、多様なトポロジーをもつ巨大ナノ構造の構築に成功している⁷⁾。

最近の成果として、二重らせんがドーナツ状に閉じた「トーラス結び目構造」の自在構築を報告している。はじめに、グリシンの 3 残基配列の両末端に 3-ピリジル配位部位を導入したペプチド配位子と銀イオンの自己集合により、図 4a に示すような 7 交点トーラス結び目と呼ばれるトポロジーをもった錯体の形成が確認された⁸⁾。また対アニオンを変えることで、8 交点結び目の錯体も結晶化解析を行うことができ、両者

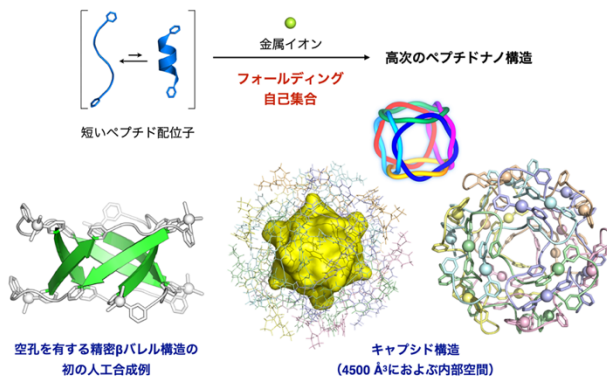


図 3 ペプチドと金属イオンによるフォールディング集合。

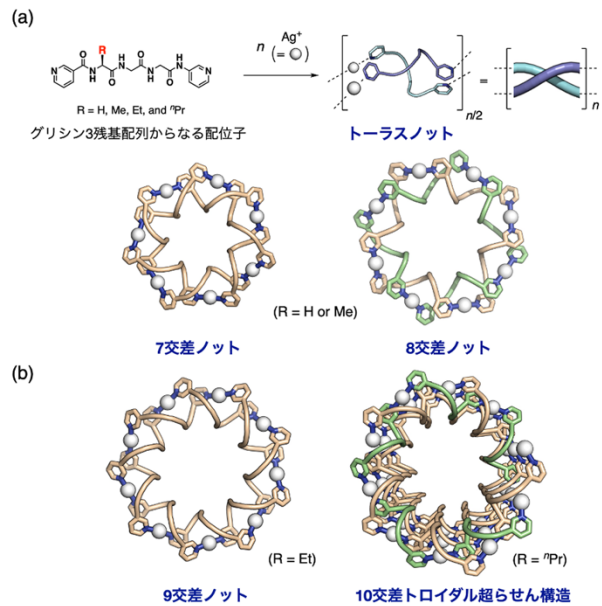


図 4 トーラス結び目構造の構築。

が溶液中においては平衡状態にあることが明らかとなった。さらには、トーラス構造が内部空孔をもつことに着目し、空孔内を向いたペプチド側鎖の立体障害を利用することで、9 交点構造体への拡張に成功するとともに、10 交点トーラス結び目構造の1ヶ所が開裂して無限に連なったトロイダル超らせん構造が形成することが突き止められた (図 4b)⁹⁾。このようなトロイダル構造は、DNA における遺伝子の発現制御とも関わっていることが知られており、人工的な構築制御の進展による機能創出に期待がもたれる。

ごく最近の SPRING-8 BL26B1 および BL41XU を用いた単結晶構造解析では、さらなる巨大多面体型ディスクリット構造の構築や、βシートの人工的な配列構築に関する新たな機序も見出されており、現在論文投稿中である。

4. 配位駆動の多様性：複数配位の協働による多面体型空孔の新たな構築法

配位自己集合によって構築可能な中空錯体のサイズやバリエーションは近年大きく拡大する一方で、近年は空孔の対称性や部分構造の改変にも関心が集まりつつある。高度な秩序性を保ちながら、より複雑な構造を構築制御することは、タンパク質をはじめ自然界における精緻な分子システムに学ぶという観点からも進展が期待される。我々のグループでは最近、金属…アセチレン間にはたらく π 配位相互作用が従来

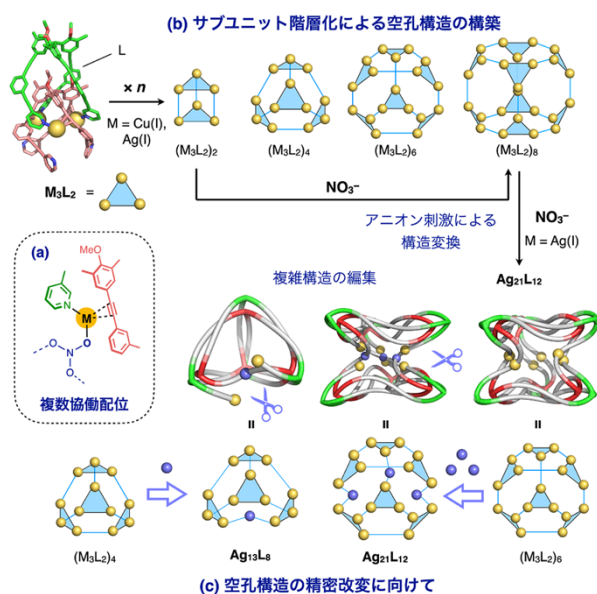


図5 高度に絡まった3次元空孔錯体の動的変換構築。

のピリジル配位と協働する現象(図5a)をもとに、新たな巨大空孔構造の構築を報告している^[10]。この系では、2つのプロペラ型三座配位子Lが金属イオン(M = Cu^I, Ag^I)との錯形成により形式的なサブユニット(M₃L₂)を形成し、これが金属…アセチレン配位によって安定化される。さらにサブユニットが階層的にオリゴマー化することで、一連の(M₃L₂)_n型空孔性錯体が構築された(図5b)。直径は最大で5 nm程度、分子量は約2万と巨大な一義構造であるとともに、その骨格は3次元的な分子絡まり構造を系統的に含んでいることがわかった^[11]。また、この特異なトポロジーに基づくらせん不斉の高度制御にも成功している^[12]。最近はさらに、金属…アセチレンの協働配位を二元系から三元系へと拡張することで、さらに巨大構造の改変へと展開している。すなわち、いったん形成された(M₃L₂)₈錯体(M = Ag^I)に対して、さらに硝酸イオンを添加することで骨格への形式的な挿入が起り、凹多面体型のAg₂₁L₁₂錯体が得られた(図5c右)。また類似の方法によって得られたAg₁₃L₈錯体の骨格と併せて考えると、(M₃L₂)_nでみられた絡まった構造の部分改変が起こっていることがわかる(現在、論文投稿中)。このような多面体骨格およびそこに内在する絡まった構造の一部改変は、アセチレンπ配位の示す高い構造許容性・柔軟性によるところが大きいと考えられる。一連の成果は、巨大空孔構造の精密改変と機能発展に向けた知見として今後の展開が期待される。

なおこれら新規錯体の構造解明は、SPRING-8 BL26B1/BL41XU(長期利用課題2020A0168-2022A0168、2020A0179-2022A0179)において整備された単結晶回折用の設備類を利用した試行錯誤を通じて達成できたことを付記しておく。例えばAg₂₁L₁₂錯体の構造解析についてはX線照射による損傷を抑えるためヘリカルスキャン測定を行い、またAg₁₃L₈錯体ではガラスキャピラリー中に導入した複数個の結晶について測定を行い、これらの回折データを統合することで解析可能なデータを得ることができた。日頃から快適かつ高度な実験環境の実現に尽力されている構造生物学ビームラインスタッフの方々に、改めて感謝したい。

5. 今後の展望

本稿にて紹介した最近の成果はいずれも、放射光施設における実験技術の高度化が物質科学の基礎から応用までを大きく発展させる駆動力となっている好例といえる。一方でより一層の進歩が望まれる技術的課題もあり、藤田研究室と共同で研究を進める佐藤宗太 特任教授(東大・社会連携講座)らにより、タンパク質構造解析に用いられる多数の微小結晶に対するデータ取得とKAMOによる解析^[13]や、プレート測定の高度化利用といった最新の機能や解析手法を活用した取り組みが行われつつある。これらの展開と合わせて今後も我々のグループでは、純粋科学としての配位自己集合および未踏機能への応用展開の両者を追究してゆく所存である。

参考文献

- [1] K. Harris, D. Fujita and M. Fujita: *Chem. Commun.* **49** (2013) 6703-6712.
- [2] D. Fujita, Y. Ueda, S. Sato, N. Mizuno, T. Kumasaka and M. Fujita: *Nature* **540** (2016) 563-566.
- [3] Y. Ueda, H. Ito, D. Fujita and M. Fujita: *J. Am. Chem. Soc.* **139** (2017) 6090-6093.
- [4] D. Fujita, R. Suzuki, Y. Fujii, M. Yamada, T. Nakama, A. Matsugami, F. Hayashi, J.-K. Weng, M. Yagi-Utsumi and M. Fujita: *Chem* **7** (2021) 2672-2683.
- [5] T. Nakama, A. Rossen, R. Ebihara, M. Yagi-Utsumi, D. Fujita, K. Kato, S. Sato and M. Fujita: *Chem. Sci.* **14**

- (2023) 2910-2914.
- [6] T. Sawada, Y. Inomata, K. Shimokawa and M. Fujita: *Nat. Commun.* **10** (2019) 5687.
- [7] T. Sawada and M. Fujita: *Chem* **6** (2020) 1861-1876.
- [8] Y. Inomata, T. Sawada and M. Fujita: *Chem* **6** (2020) 294-303.
- [9] Y. Inomata, T. Sawada and M. Fujita: *J. Am. Chem. Soc.* **143** (2021) 16734-16739.
- [10] Y. Domoto and M. Fujita: *Coord. Chem. Rev.* **466** (2022) 214605.
- [11] Y. Domoto, M. Abe and M. Fujita: *J. Am. Chem. Soc.* **143** (2021) 8578-8582.
- [12] Y. Domoto, K. Yamamoto, S. Horie, Z. Yu and M. Fujita: *Chem. Sci.* **13** (2022) 4372-4376.
- [13] K. Yamashita, K. Hirata and M. Yamamoto: *Acta Cryst.* **D74** (2018) 441-449.

堂本 悠也 DOMOTO Yuya

(現所属) 群馬大学 大学院理工学府 分子科学部門
 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1
 TEL : 0277-30-1311
 e-mail : domoto@gunma-u.ac.jp

中間 貴寛 NAKAMA Takahiro

東京大学 大学院工学系研究科 応用化学専攻
 〒277-0882 千葉県柏市柏の葉 6-6-2 三井リンクラボ柏の葉 1
 TEL : 04-7131-0801
 e-mail : nakama@appchem.t.u-tokyo.ac.jp

藤田 誠 FUJITA Makoto

東京大学 大学院工学系研究科 応用化学専攻
 (分子科学研究所 特別研究部門 兼任)
 〒277-0882 千葉県柏市柏の葉 6-6-2 三井リンクラボ柏の葉 1
 TEL : 04-7131-0801
 e-mail : mfujita@appchem.t.u-tokyo.ac.jp

澤田 知久 SAWADA Tomohisa

東京工業大学 科学技術創成研究院 化学生命科学研究所
 (JST さきがけ研究者 兼任)
 〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259
 TEL : 045-924-5230
 e-mail : sawada.t.ak@m.titech.ac.jp

長期利用課題報告 2

高強度金属材料の超高サイクル疲労における 内部微小き裂の発生・進展挙動

北海道大学 大学院工学研究院 機械・宇宙航空工学部門

中村 孝、藤村 奈央

北海道大学 大学院工学院 機械宇宙工学専攻

薛 高格

北海道大学 大学院工学研究院 機械・宇宙航空工学部門

高橋 航圭

公益財団法人高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター

散乱・イメージング推進室 竹内 晃久、上相 真之、上杉 健太郎

Abstract

本研究は、高強度金属材料における超高サイクル疲労の支配因子である材料内部に発生する微小き裂の非破壊観察を目的とした。ビームライン BL20XU に設置できるその場疲労試験システムを開発し、2 相チタン合金 ($(\alpha+\beta)$ 型 Ti-6Al-4V)、単相チタン合金 (β 型 Ti-22V-4Al) および超高張力鋼 (SUS630) を対象として、疲労試験とマルチスケール X 線 CT (マイクロ CT およびナノ CT) による撮像を繰り返した。その結果、3 種類の材料すべてに関して、数〜数十 μm の内部微小き裂を検出し、その発生位置の特定や進展速度の計測に成功した。特にチタン合金では、き裂の発生・進展過程と基体組織との関係を明らかにした。超高張力鋼では、X 線透過率の制限によりマイクロ CT のみによる観察を行ったが、き裂が材料内部の数 μm の非金属介在物から発生し、負荷方向に対して垂直に開口形で進展する様子を明瞭に捉えることができた。

1. はじめに

超高張力鋼やチタン合金等の高強度金属において、 10^7 回程度以上の繰返し数で疲労強度が大幅に低下する特異現象、いわゆる超高サイクル疲労が近年広く知られるようになった^[1,2]。これは材料内部を起点とするき裂の発生・進展により生じる。しかし、X 線や超音波を用いた通常の非破壊検査技術では、超高サイクル疲労で問題となる数〜数十 μm の大きさの内部き裂の検出は極めて困難であり、超高サイクル疲労強度評価法は確立していない。近年では機械の高速化・高経年化が年々加速しており、超高サイクル領域における材料や部品の健全性確保は重要な検討課題である。

以上を背景として、本研究では SPring-8 のビームライン BL20XU におけるマルチスケール X 線 CT (マイクロ CT およびナノ CT) を活用し、200 nm を超える空間分解能で内部微小き裂の発生・進展過程を非破壊で観察した。ビームライン上での疲労試験を可能

とするその場 (in-situ) 疲労試験システムを開発し、材料内に生じたき裂を確認しつつ、その進展や開閉口挙動をリアルタイムで計測する技術を構築した。そして、このシステムを用いて繰返し負荷下で高強度金属材料に生じた微小き裂の進展挙動を観察した。対象材料は、実用上重要であり、かつ内部破壊を生じる高強度金属材料の代表として、 $(\alpha+\beta)$ チタン合金、 β チタン合金、析出硬化型マルテンサイト系ステンレス鋼の 3 種類である。具体的には、 $(\alpha+\beta)$ 型 Ti-6Al-4V、 β 型 Ti-22V-4Al、SUS630 をそれぞれ 2 相チタン合金、単相チタン合金、超高張力鋼の代表として選定した。

2. その場疲労試験システムの開発

2.1. In-situ 高速疲労試験機

開発した in-situ 高速疲労試験システム^[3,4]を図 1 に示す。本機は、試験片に引張・圧縮の軸荷重を与える piezoアクチュエータ、ロードセル、X 線を透過させ

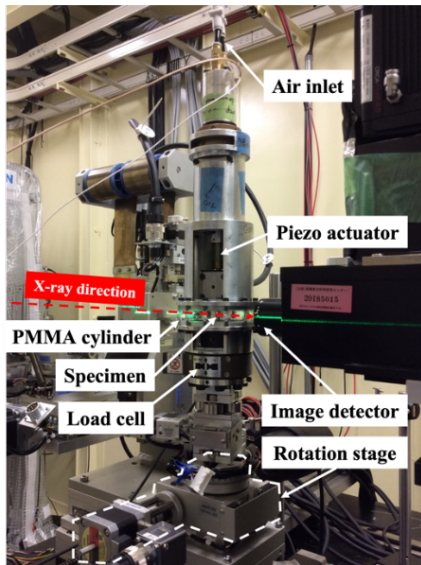


図1 in-situ 高速疲労試験システム。

るためのアクリル製透過管などからなり、BL20XUの第1ハッチ回転台の上に設置できるよう軽量(2.6 kg)に設計された。これによって、試験片を取り外さずにビームライン上で疲労試験とCT観察を繰り返すことができる。定格容量は ± 1 kNであり、デジタルコントローラ(島津、4830)を用いたPIDフィードバック制御により、静荷重 ~ 300 Hz程度までの任意波形の荷重を $\pm 1\%$ 以上の精度で試験片に負荷することができる。なお、試験中の piezoアクチュエータの過熱を防ぐため、装置上部から圧縮空気による冷却を行っている。試験機のアライメントは、アクリル製透過管とその上部にある試験機ハウジングの間にシムを挟むことで調整した。本研究では、周方向に4枚のひずみゲージを貼った直径3 mmの調芯用試験片を試験機に取付け、生じる曲げひずみを $10 \mu\text{ST}$ 以下に抑えた。これによって、信頼性の高い疲労試験を実施できる。

2.2. X線CT用小径疲労試験片

マルチスケールX線CTで材料内部に発生したき裂を捉えるためには、材料を透過したX線が十分な強度を保っている必要があり、明瞭なCT像を得るためには約20%程度のX線透過率を得ることが望ましい。例えば、X線エネルギーを30.0 keVとした場合、本研究で用いるチタン合金においてこの透過率を確保するためには試験片直径を0.6~0.7 mm程度にする必要がある。また、チタン合金に比べ密度の高い超高張力鋼SUS630において同程度の透過率を得るには、

表1 各供試材の試験片におけるX線エネルギー、試験片直径、X線透過率。

Material	X-ray energy [keV]	Specimen diameter [mm]	X-ray transmittance [%]
Ti-6Al-4V	30.0	0.7	21.4
Ti-22V-4Al	30.0	0.6	23.3
SUS630	37.7	0.6	11.4

試験片直径をさらに細くしなければならない。一方、試験片は切削によって製作するため、あまりにも細かい試験片を精度よく加工することは難しい。疲労試験機にセッティングする際の取扱いや試験実施の観点からも、試験片直径はできるだけ太い方が望ましい。そこで本研究では、これらのバランスを考慮して、X線エネルギーと各供試材の試験片直径を表1のように設定した。なお、SUS630に適用するX線エネルギー37.7 keVはBL20XUで通常設定できる最大のエネルギー値である。このように高輝度・高エネルギーの放射光X線を用いた場合でも、鉄鋼材料では十分な透過率を確保することは難しく、チタン合金に比べ観察の難易度が高い。

本研究では、表1に示した小径の平行部を持つ疲労試験部とこれを試験機側で把持する部分(把持部)を別々の部品で構成する組立式の砂時計型試験片を開発した^[3-5]。本試験片では、組立時、専用の組立治具を用いて試験部と把持部のアライメントを整えた。これによって、軸方向に精度よく繰返し荷重を負荷することができる。

2.3. 放射光マルチスケールX線CT

BL20XUでは、比較的広い視野(約 $1 \times 1 \text{ mm}^2$)で $1 \mu\text{m}$ 程度の空間分解能を有する投影型(マイクロCT)と視野は狭い(約 $0.06 \times 0.06 \text{ mm}^2$)が200 nmを超える空間分解能を有する位相コントラスト結像型CT(ナノCT)を随時切り替えて使用することができる^[6,7]。なお、CT撮像におけるボクセルサイズは、マイクロCT: $0.5 \mu\text{m}/\text{voxel}$ 、ナノCT: $0.03 \sim 0.08 \mu\text{m}/\text{voxel}$ である。本研究では、主にマイクロCTで試験片全体を調べ、き裂が検出された場合は、その詳細をナノCTで観察した。ただし、SUS630についてはマイクロCTによる観察のみとした。

3. 高強度金属における微小き裂の発生・進展挙動

3.1. $(\alpha+\beta)$ チタン合金^[5, 8]

図2にマイクロCTで得られた内部疲労き裂の画像を示す。これは最大応力 $\sigma_{max} = 650$ MPa の繰返し負荷を応力比 (=最小応力/最大応力) $R = 0.1$ で加えた結果であり、負荷の繰返し数 $N = 1.10 \times 10^7$ 回から $N = 1.12 \times 10^7$ 回の間き裂進展を表している。本供試材は α 相と $\alpha+\beta$ 相の2相組織から成るが、図中の暗い領域が α 相、明るい領域が $\alpha+\beta$ 相であり、き裂が組織のどこをどのように進展しているかが捉えられている。特に、図2(b)では、図2(a)のき裂の右側先端が α 相の中を荷重軸に対して斜めに進展した様子が確認される。図3はこの進展の様子をナノCTで観察したものである。組織とき裂の対応がさらに明瞭に観察され、き裂は荷重軸方向に対してほぼ45度の角

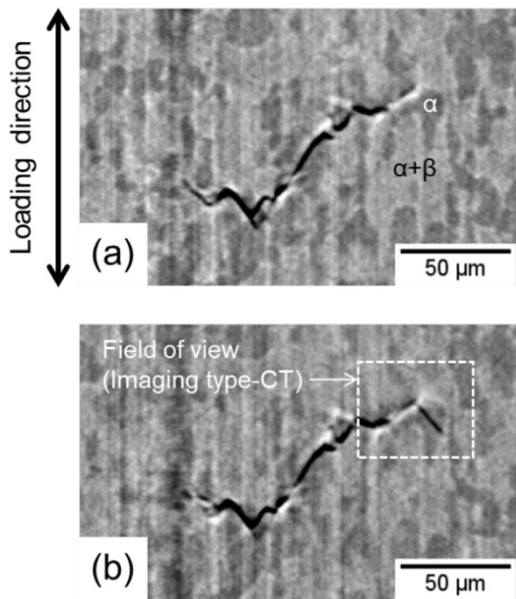


図2 $(\alpha+\beta)$ チタン合金に観察された内部き裂(マイクロCT)、(a) $N = 1.10 \times 10^7$ 、(b) $N = 1.12 \times 10^7$ 。

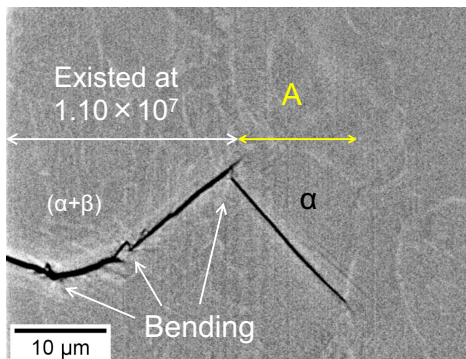


図3 図2中白点線枠内の拡大図(ナノCT)、A部はき裂進展領域。

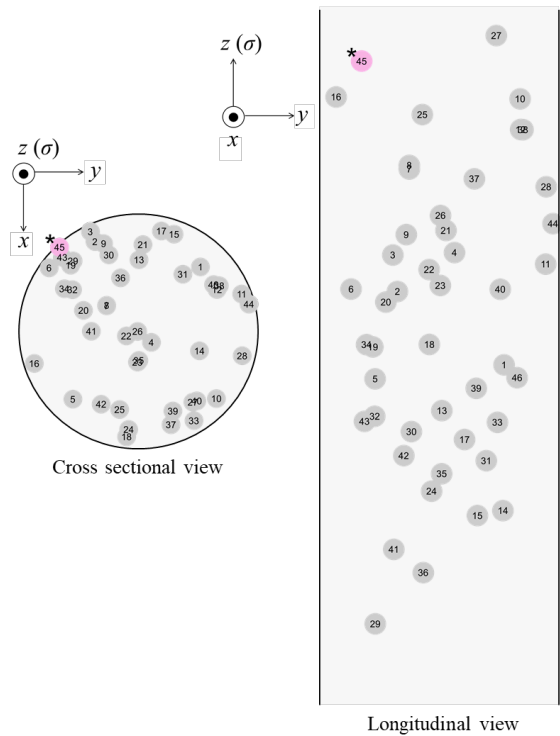


図4 $(\alpha+\beta)$ チタン合金の試験片内に観察されたき裂の空間分布 ($R = 0.1$ 、 $\sigma_{max} = 750$ MPa)。

度で α 相内を進展し (A 部)、 $\alpha+\beta$ 相との粒界で止まったことが示されている。き裂は最大せん断応力方向に優先的に進展していることから、 α 相のすべりがき裂進展の駆動力になったと判断される。

一方、このような微小き裂は試験片内にひとつではなく、極めて多数形成されていたこともマイクロCTによる観察を通じて明らかとなった。図4に検査体積 ($\phi 0.7 \times 1.9$ mm) 内に発生した微小き裂の空間分布を示す。同図中の数字はき裂発生の順番を示している。この試験片には合計46個のき裂が発生しており、そのうち45個が内部き裂であった。なお、*印は1個のみ観察された表面き裂の発生位置である。一つの試験片にこのような多数の内部き裂が低応力域で発生していることは、これまでの金属疲労の常識と異なる結果であり、SPring-8を用いた非破壊観察により初めて明らかにされた知見である。 $(\alpha+\beta)$ チタン合金の疲労強度は超高サイクル域で急激に低下するが、この現象はこのような多数のき裂の発生と競合によってもたらされた可能性がある。この結果はき裂発生寿命や発生位置が本質的に統計量として捉えられるべきものであることを示している^[8, 9]。

3.2. β チタン合金^{3,4)}

図5に最大応力 $\sigma_{\max} = 1050$ MPa の繰返し負荷を応力比 $R = 0.1$ で加えた際にマイクロ CT で観察した内部き裂の進展過程を示す。同図は荷重軸と垂直方向に投影したき裂の画像であり、繰返し数 $N = 4.00 \times 10^5$ 回で初めて検出されたき裂が進展を続け、 $N = 5.21 \times 10^5$ 回で表面に達して表面き裂に遷移した様子が捉えられている。この一連の画像を解析することで、本材料における内部き裂の進展速度を明らかにすることができた⁴⁾。本供試材は時効処理された β の単相組織から成るが、ナノ CT を用いた観察から、き裂の発生および初期進展は時効 β 粒において荷重軸方向とほぼ 45 度の角度で生じたことがわかっている。これは $(\alpha+\beta)$ チタン合金における内部き裂が α 相のすべりにより発生した現象と類似している。しかし、 β チタン合金では $(\alpha+\beta)$ チタン合金のように多数の内部き裂は検出されず、試験片はひとつのき裂の進展により破断に至った。このことは、超高サイクル疲労特性が基地組織の違いに著しく影響を受けることを示しており、今後の強度評価手法の構築にとって重要な知見が得られた。

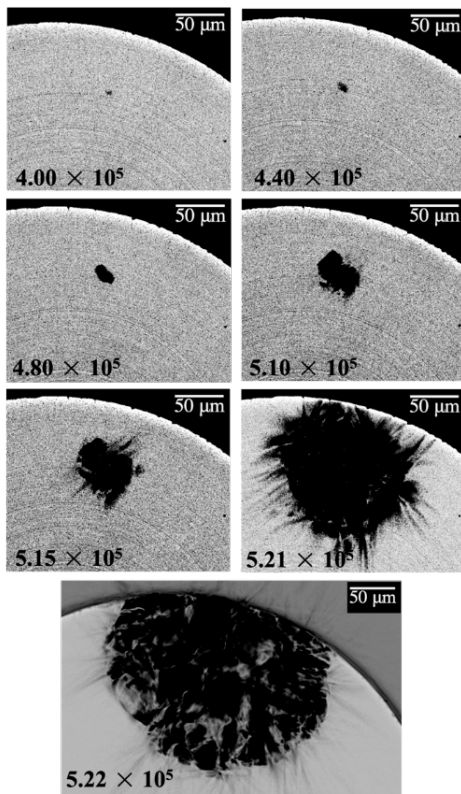


図5 β チタン合金に観察された内部き裂の進展挙動 ($R = 0.1$, $\sigma_{\max} = 1050$ MPa)。

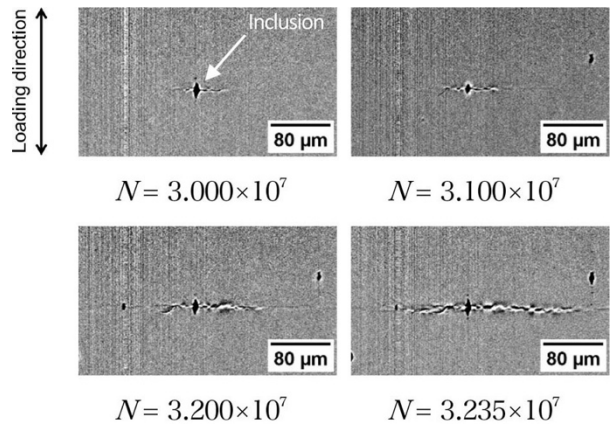


図6 析出硬化型マルテンサイト系ステンレス鋼に観察された内部き裂の進展挙動 ($R = -1$, $\sigma_{\max} = 675$ MPa)。

3.3. 析出硬化型マルテンサイト系ステンレス鋼¹⁰⁾

図6に最大応力 $\sigma_{\max} = 675$ MPa の繰返し負荷を応力比 $R = -1$ で加えた際にマイクロ CT で検出された内部き裂の挙動を示す。同図は内部き裂の仮想断面であり、上下方向が荷重軸方向である。内部き裂は試験片内の数 μm 程度の非金属介在物から発生し、発生直後から荷重軸方向と垂直に開口形の進展を生じたことが明らかとなった。この点は結晶粒の粒内すべりを起点とする $(\alpha+\beta)$ チタン合金や β チタン合金と大きく異なり、内部き裂の進展挙動に基地組織が強く影響することを示している。本供試材においても図6の情報から内部き裂の進展速度を明らかにすることができた¹⁰⁾。超高張力鋼の内部き裂を検出した例は、著者らが知る限り国内外で発表されておらず、本分野の発展に寄与する成果が得られた。

4. おわりに

本研究では、in-situ 高速疲労試験システムを開発し、SPring-8 の BL20XU におけるマルチスケール X 線 CT を用いて、 $(\alpha+\beta)$ チタン合金、 β チタン合金および超高張力鋼における内部微小疲労き裂の検出に成功した。チタン合金に関しては、疲労き裂と基地組織を同時に観察することで、微小き裂の発生位置や進展速度と組織との関係を明らかにした。超高張力鋼では、材料内部の非金属介在物からき裂が発生し、これが荷重軸方向に垂直に進展する様子を捉えることができた。一方、超高張力鋼については X 線透過率の制限に

よりマイクロ CT のみによる観察となり、き裂と材料組織との関係は明らかになっていない。そのため、今後は、ナノ CT を鋼系材料に適用する技術開発が極めて重要となる。また、 $(\alpha + \beta)$ チタン合金の結果より、き裂の発生寿命や発生位置は統計量として捉えられるべきものであることが示されたことから、き裂の発生・進展・停留などの情報を基に、超高サイクル疲労過程を推定するモデルの開発に取り組む⁹⁾。このモデルが構築されれば、材料の疲労寿命推定に適用できることが期待される。

参考文献

- [1] B. Pyttel, D. Schwerdt and C. Berger: *Int J Fatigue* **33** (2011) 49-58.
- [2] T. Sakai: *Fatigue Fract Eng Mater Struct* **46** (2023) 1217-1255.
- [3] G. Xue, T. Nakamura, N. Fujimura, K. Takahashi, H. Oguma *et al.*: *Eng Fract Mech* **263** (2022) 108308.
- [4] G. Xue, T. Nakamura, N. Fujimura, K. Takahashi, H. Oguma *et al.*: *Int J Fatigue* **170** (2023) 107571.
- [5] G. Xue Y. Tomoda, T. Nakamura, N. Fujimura, K. Takahashi *et al.*: *Fatigue Fract Eng Mater Struct* **45** (2022) 2693-2702.
- [6] A. Takeuchi and Y. Suzuki: *Microscopy* **69** (2020) 259-279.
- [7] A. Takeuchi, K. Uesugi, M. Uesugi, F. Yoshinaka and T. Nakamura: *Microsc Microanal* **24** (2018) 106-107.
- [8] F. Yoshinaka, T. Nakamura, H. Oguma, N. Fujimura, A. Takeuchi *et al.*: *Fatigue Fract Eng Mater Struct* (2023) 13957.
- [9] 森下弘法、中村孝、藤村奈央、高橋航圭：材料 **71** (2022) 997-1004.
- [10] V. Verma, G. Xue, G. Igarashi, N. Fujimura, T. Nakamura *et al.*: *Proceedings of the 35th Symposium on Fatigue* (2022) 101-104.

中村 孝 NAKAMURA Takashi

北海道大学 大学院工学研究院 機械・宇宙航空工学部門
 〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目
 TEL : 011-706-6419
 e-mail : nakamut@eng.hokudai.ac.jp

藤村 奈央 FUJIMURA Nao

北海道大学 大学院工学研究院 機械・宇宙航空工学部門
 〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目
 TEL : 011-706-6421
 e-mail : fujimura@eng.hokudai.ac.jp

薛 高格 XUE Gaoqe

北海道大学 大学院工学院 機械宇宙工学専攻
 〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目
 TEL : 011-706-6422
 e-mail : setsu_xue@eis.hokudai.ac.jp

高橋 航圭 TAKAHASHI Kosuke

北海道大学 大学院工学研究院 機械・宇宙航空工学部門
 〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目
 TEL : 011-706-6420
 e-mail : ktakahashi@eng.hokudai.ac.jp

竹内 晃久 TAKEUCHI Akihisa

(公財) 高輝度光科学研究センター
 放射光利用研究基盤センター 散乱・イメージング推進室
 〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
 TEL : 0791-58-0833
 e-mail : take@spring8.or.jp

上楯 真之 UESUGI Masayuki

(公財) 高輝度光科学研究センター
 放射光利用研究基盤センター 散乱・イメージング推進室
 〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
 TEL : 0791-58-0833
 e-mail : uesugi@spring8.or.jp

上杉 健太郎 UESUGI Kentaro

(公財) 高輝度光科学研究センター
 放射光利用研究基盤センター 散乱・イメージング推進室
 〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
 TEL : 0791-58-0833
 e-mail : ueken@spring8.or.jp

長期利用課題報告 3

宇宙地球化学試料のマイクロ/ナノ XRF-XAFS 研究の新展開：
高エネルギー領域への展開や超伝導転移端検出器の導入

東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻

高橋 嘉夫

Abstract

蛍光 X 線 (XRF) 分析や X 線吸収微細構造 (XAFS) 分析をマイクロ/ナノメートルのサイズに集光した X 線ビームを用いて行う μ -XRF-XAFS 法は、宇宙地球化学試料中の微量元素マッピングや局所化学種分析法として重要な位置を占めている。しかし、依然問題なのが計測目的である極微量元素の微弱 XRF に対するそれ以外の元素などからの背景 X 線 (XRF や散乱 X 線) の妨害である。本課題ではこの解決のため、(i)高エネルギー対応の集光光学系、(ii)これまで硬 X 線領域での XRF 法や蛍光 XAFS 法への本格利用がなかった高エネルギー分解能を持つ超伝導転移端検出器 (TES)、の 2 つの革新的技術を用いて、極微量元素の超高感度 μ -XRF-XAFS 法を実現し、新規性の高い宇宙地球化学研究を推進した。また TES を用いた蛍光分光分析による高エネルギー分解能蛍光検出 (HERFD) -XANES などが今後可能であることも示した。そして、その応用によりリュウグウ試料や隕石試料の分析などの「夢」のある研究と、希土類元素 (REE) 資源の形成過程や福島第一原発事故で放出された放射性セシウムの環境挙動解明などの資源・環境分野における「役に立つ」研究の両方に貢献する成果を得た。

1. はじめに

蛍光 X 線 (XRF) 分析や X 線吸収微細構造 (XAFS) 分析をマイクロ/ナノメートルのサイズに集光した X 線ビームを用いて行う μ -XRF-XAFS 法は、様々な種類がある、X 線を用いた顕微鏡の中でも代表的な手法である^{1),2)}。この手法では試料をスキャンして分析するため比較的時間がかかる一方で、多元素の同時マッピングが可能であると共に、XRF 検出の特徴である微量元素まで対象にできる点で、他の X 線顕微鏡に対する優位性がある。さらに興味ある試料位置で目的元素の XAFS を測定することで、元素の化学種解析ができる点は、走査型電子顕微鏡などにはない特徴である。

この手法のさらなる発展のためには、通常用いられるシリコンドリフト型検出器 (SDD) で分離できない XRF をいかに測定するかがカギになる。従って、この XRF 検出の部分をもより高度化することで、 μ -XRF-XAFS 法のさらなる発展が見込める。既に筆者らは、ラウエ型の分光結晶 (BCLA) を用いることによる高感度な μ -XRF-XAFS 法の利用などを進めてきたが³⁾、この方法のエネルギー分解能は 80 eV 程度であり、

より高い分解能を持つ検出系を用いれば、 μ -XRF-XAFS 法や蛍光 XAFS 法に大きな変革をもたらすと期待できる。一方、希土類元素 (REE) などでは、L 端・L 線を用いた場合に遷移金属元素の K 端・K 線による妨害が問題になるので、高エネルギー領域の μ -XRF-XAFS 法を用いることで、新たな展開が見込める。

以上のことから本課題では、40 keV を超える高エネルギー領域での μ -XRF-XAFS 法の応用を進めると共に、非常に高いエネルギー分解能を持つ超伝導転移端検出器 (TES) 導入による超高感度計測の実現による新しい μ -XRF-XAFS 法に取り組んだ。そしてそれを、持続可能な社会の実現に関わる REE 資源の形成過程の解明や、人類の夢に関わる「はやぶさ 2」で採取された小惑星リュウグウ試料の分析などの応用研究に展開した。

2. 本研究で発展させた手法の概要

[研究 1. 高エネルギー領域 μ -XRF-XAFS 法の確立と応用]

μ -XRF-XAFS 法で問題となる妨害を克服するため、

本研究で高エネルギーX線を用いた高エネルギー領域(HE)- μ -XRF-XAFS分析を推進した。我々は、2019年にBL37XUに導入された40 keV以上のX線を最小50 nmまで集光できるKirkpatrick-Baez (KB) mirrorで得たマイクロ/ナノビームを用いて、主に天然試料中のREEのK線によるHE- μ -XRF-XAFS法に取り組んだ。ここで対象になる33 keV (Laの $L\alpha_1$ 線)以上のエネルギー範囲と使用する試料厚さ(300ミクロン以下)では、マトリクス元素による入射X線やREEのK線の吸収効果が無視できるため、適切な標準試料と比較することで、XRFによるREE定量が容易に可能である。この手法が確立されれば、従来の微量元素局所分析法であるレーザーアブレーション(LA)-誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)法や二次イオン質量分析(SIMS)法に比べて空間分解能が高く、試料損傷が小さく、局所化学種解析が可能という利点があり、新規微量元素局所分析法として重要である。

[研究2. TES- μ -XRF-XAFS法の確立と応用]

TESは、超伝導-常伝導の相転移点近傍の急峻な抵抗-温度特性を利用して光子入射による微妙な温度上昇を精密に測定することで、高いエネルギー分解能が得られる光子検出器である。ここでは、このTESの高いエネルギー分解能(6 keVでの分解能が5 eV程度)を利用し、SDDやGe半導体検出器(Ge-SSD)では困難であったREEを含むSn~Uの元素の弱いL線に近接するK~Srの強いK線を分離できることを確認した。さらにHe置換槽などの開発も含めて、4-20 keVの範囲で μ -XRF-XAFS法が対象にできる天然試料中の元素数の拡大を図った。

[研究3. TESによる蛍光分光法およびXAFS法の利用]

TES-XRF/蛍光XAFS測定は、計測エネルギー範囲にある全元素のXRFを高エネルギー分解能で検出でき、例えば10 eV程度しか離れていない遷移金属の $K\beta_{1,3}$ 線や $K\beta$ 線が一度に分離計測できるため、XRFのエネルギーシフトや強度比を用いた化学種解析にも併用できる可能性がある。 μ -XRFマッピング取得時に、XRFのエネルギーシフトや面積比を計測すれば、着目する吸収端元素だけでなく、多元素の化学種別マッピ

ングが得られると期待される。さらにXANES測定時に特定のXRFを高エネルギー分解能で分光計測することにより、高分解能蛍光検出(HERFD)-XANESをTESで測定することも試みた。通常、HERFD-XANESは分光結晶を用いる波長分散型の検出器(エネルギー分解能:1-2 eV程度)で測定されるが、元素ごとに結晶を切替えるため、その調整に時間を要する。また試料の見込み角が小さく検出効率が低い場合、高濃度試料への適用が多い。一方TES(エネルギー分解能:6 keVで5 eV程度)は波長分散型と比較するとエネルギー分解能は劣るが、カウントレートを超えない限り、試料から数cmまでの距離に近づけることが可能である。また、多種のXRFを同時に測定できるため、異なるXRFを使ったHERFD-XANESを比較できる点も重要である。これらのことから、本研究でTESを用いたHERFD-XANESの実現可能性を検討した。

[研究4. 様々な応用研究]

これら手法を用いて、持続可能な社会構築に寄与する研究(REE資源、福島第一原発事故・廃炉関連・放射性廃棄物関連研究)や夢のある研究(リュウグウや隕石試料)を進めた。特に廃炉・放射性廃棄物関連研究で重要なウラン微粒子の分析については、微粒子に対して質の良いXANESを測定するために、各エネルギーで2次元マッピングをとり、位置補正をした上で吸収スペクトルを得るというEnergy Stack XANES法も適用した。

3. 応用研究

3.1. 研究1: HE- μ -XRF-XAFS法の確立と応用

3.1.1. HE- μ -XRF-XAFSによるREE分析⁴⁾

(序) BL37XUに導入された40 keV以上のX線を最小50 nmまで集光できるKBミラーを用いて得たマイクロ/ナノビームを用いて、REEのK線によるXRFマッピング・XAFS・局所定量分析を行った。

(実験) 試料として、地質調査総合センター発行の標準岩石JMn-1(マンガン団塊)と、滋賀県田上山で採取された風化花崗岩の両面研磨薄片を作成し、分析に用いた。HE- μ -XRF-XAFS法でREEの局所分布を調べると共に、その化学種をXAFSスペクトルから推定した。その際、放射光から得られるX線をSi(111)面

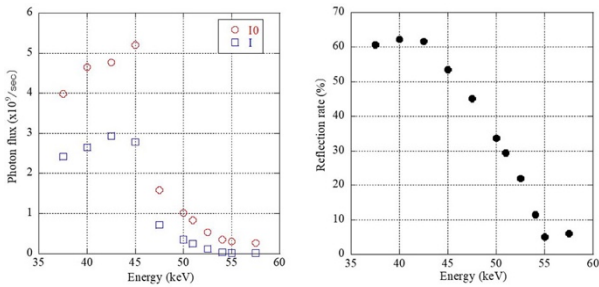


図1 BL37XUの高エネルギー用KBミラーを用いた時の光子数およびKBミラーの反射率のエネルギー依存性。IOとIは、KBミラーより上流および下流側の検出器を示す。

を用いた二結晶分光器で分光し、KBミラーで集光することにより、500-1000 nm 程度のX線マイクロ/ナノビームを得た。この時、37 keV以上の入射光には、Si(111)で反射される3次光を用いた。KBミラーの反射率は43 keV以上で低下し、また入射光強度も45 keV以上で低下した(図1)。そのため、K吸収端が45 keV以上にあるPr以降の元素では感度が低下する。特に54 keV以上では反射率が低く、天然試料中のREEの濃度もさらに低下する。NIST610(多元素混合ガラス標準試料)の結果の分析などから、本法で天然試料に対して十分な計数率が得られるのは54 keVで励起できるDy(K吸収端: 53.789 keV)までと判断した。

試料を2次元走査し、多元素のXRFマッピングを得た(図2)。原理的にこの方法では、REE濃度を適切な参照試料で規格化して得られるREEパターンを任意の部位で得られる。実際には興味ある部位で積算

して得たXRFスペクトル(図3)からREEパターン(図4)とμ-EXAFSスペクトルを得た(図5)。各一方、REEの宿主相を解析する上で、鉄などの主成分元素の化学種同定は有効である。そのため、同じセットアップでSi(111)の1次光を用いた15 keV以下のμ-XRF-XAFS分析を同時に行った。その際、高次光除

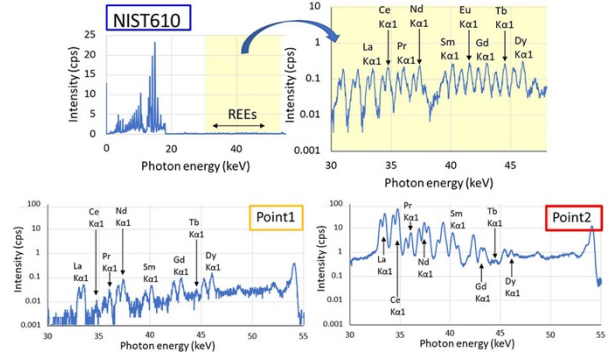


図3 微量元素ガラス標準試料(NIST610、微量元素濃度約500 ppm)および風化花崗岩試料中のPoint-1およびPoint-2のXRFスペクトル(54 keV励起)。

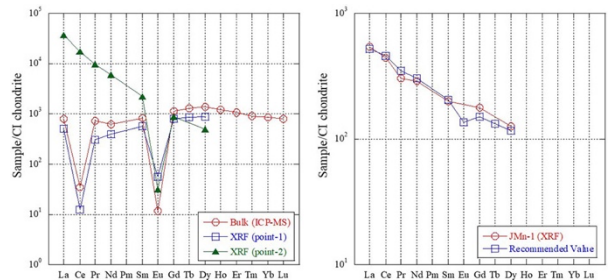


図4 高エネルギーXRF分析による(a)風化花崗岩試料中のPoint-1およびPoint-2のREEパターンとバルクのREEパターンの比較および(b)マンガン団塊標準試料JMN-1のXRFで求めた濃度と推奨値の比較。

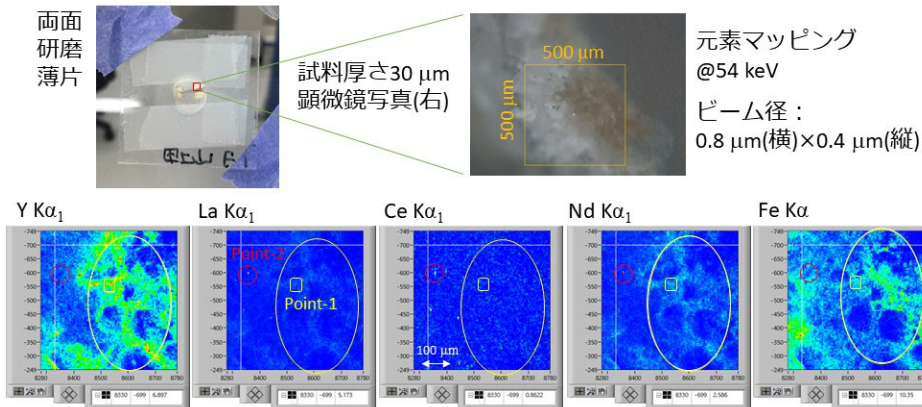


図2 風化花崗岩の両面研磨薄片試料中のXRF元素マッピング。得られたREE濃集部のうち、Point-1は鉄を含む粘土鉱物とCe以外のREE濃度が相関し(負のCe異常を示唆)、イオン吸着型鉱床の特徴を持つ。Point-2は、局所的なREE濃集で、Feの濃集の程度は低く、Ce異常はなく、リン酸塩鉱物(CaとPの存在も確認)である可能性が高い。

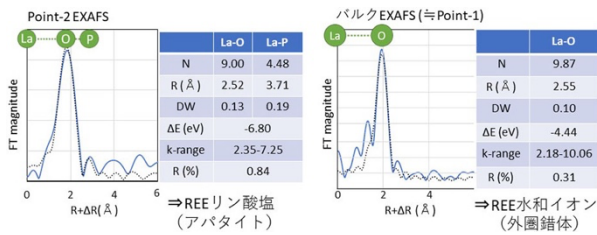


図5 Point-2のLa K吸収端のμ-EXAFSおよびPoint-1と類似と考えられるバルク試料のLa K吸収端EXAFSの解析結果。実線は測定値、点線はEXAFS公式によるフィッティング結果を表す。

去は分光結晶のdetuneで行い、その場合でもビーム位置の変化は0.5 μm以内に保たれることを確認した。このことは、7-54 keVという広域のエネルギーにおいて同じセットアップでμ-XRF-XAFSが適用できることを示しており、その特徴を活かし、同じREE濃集部位のFeのXAFSから、REE濃集部の鉄の化学種(鉄を含む鉱物種)を同定した(図は省略)。

(結果と考察) 54 keVの励起光でのマッピングにより、Yに対してLaの濃度が相対的に高いPoint-1と低いPoint-2が見いだされ、XRFとEXAFS解析から、前者はリン酸塩粒子であり、後者はREEが外圍錯体として粘土鉱物に吸着された化学種であると考えられた。宿主相同定は、REEイオン吸着型鉱床の特徴を知る上で重要であり、放射光を駆使した分析でこの点が明らかにできた点は重要である。その他資源関連として、マンガン団塊との比較やSc資源に関する研究も同様の手法で進めた^{[5],[6]}。

本手法の利点として、1次光利用の低エネルギー側の設定と3次光利用の高エネルギー側の設定を同一設定で使用することで、7-54 keVという広いエネルギー領域をKBミラーなどの再調整をすることなくカバーできることにある。その際、detuneを用いることで、低エネルギー側測定に必要な高次光除去ミラーを使用する必要がない。この高次光除去ミラーの挿入はビームの高さを変えKBミラーの再調整を伴うため、低エネルギー側と高エネルギー側の実験を別々に実施する必要が生じ、高エネルギー領域でREE分布やXAFSを取得しても、その宿主相の特徴をFe K吸収端から調べることができない。そのため、幅広いエネルギーにおいて同じ設定でμ-XRF-XAFS実験ができる点は重要である。

3.1.2. HE-μ-XRF-XAFS法による隕石・リュウグウ試料中のCAIの同定

(序) Ca-Al-rich Inclusion (CAI)は、CaやAlを主成分とする太陽系最古の物質であり、CAIの元素・鉱物・同位体組成には、原始惑星系円盤中心部の高温プロセスによる元素分別や同位体分別、凝縮の物理化学条件などが保存され、CAIは初期太陽系の形成を記録した重要な物質である。一方、リュウグウのようなCIコンドライトに類似した試料中ではCAIの存在度は低くその特定には困難が予想された。そこでここでは、HE-μ-XRF法でCAIに高濃度に含まれると予想されるREEやBaを検出することで、その特定を試みた。

(結果と考察) 一般に非破壊での3次元の物質同定にはX線CT分析が有効であるが、上記に示したCa、Al、Ba、REEを対象にした場合、(i)CaやAlのK吸収端は5 keV以下であり1 mmサイズのCT分析は困難、(ii)BaやREEはCAI中濃度が5-20 ppm程度と微量であり透過CT分析は困難、という状況にある。そこで、HE-μ-XRF-XAFS法を40 keV以上の高エネルギーX線を用いて、例としてMurchison隕石から分離したCAI粒子のXRFスペクトルを得た。この結果から、BaやREEのK線を用いた場合、そのエネルギーは30 keV以上で十分な透過力を有するため、1 mm程度のリュウグウ粒子中に含まれる0.01-0.1 mm程度のCAIを同定できる可能性が示された。実験方法としては、試料を0度と90度に回転させて、高エネルギーX線の高い透過力を利用したXRFマッピングによりテスト的に測定した隕石試料中のCAIの位置を3次元的に特定した。実際のリュウグウ試料ではCAIを見つけられなかった(他の研究でもリュウグウ中にはCAIが少ないことが報告されている)が、隕石試料ではこの方法の有効性が確かめられた。

3.2. 研究2: TES-μ-XRF-XAFS法の確立と応用

(序) ここでは、硬X線領域で初めてTESを用いた様々なX線分光法(蛍光XAFS法、μ-XRF-XAFS法、HERFD-XANES法など)を推進した。用いたTESは、山田真也博士(立大理)らが管理するNISTの240素子(素子:Bi)のTESである。TESの蛍光XAFSへの利用は本課題が始まる前の2019年度に着手し、引き続き本課題において2回(2021年7月および2022

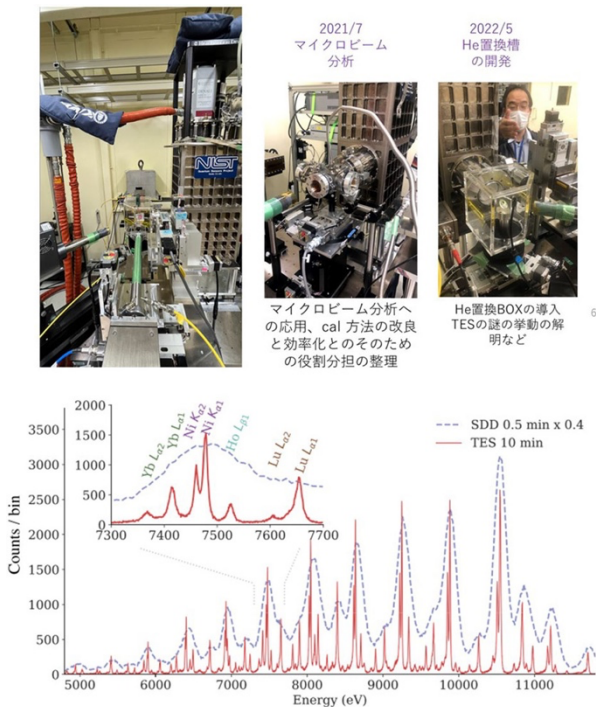


図6 BL37XUにおけるTES利用実験の様子(上図)およびTESおよびSDDを用いた14 keV励起のNIST 610のXRFスペクトル(下図)。

年5月)の利用を行った。和光市の理研からSPring-8へのTESの運搬・立上げ・ソフト開発・運転・データ解析には、現状では多くのエフォートが必要で、各回とも共同実験者数は20名を超え、1週間以上の大がかりな実験であった。まずバルク試料に対して硬X線領域で初のTESを用いた蛍光XAFS分析を得ることに成功した⁷⁾。その後、マイクロビーム分析への応用やエネルギー校正法の改良と効率化や「He置換BOXの導入による軟X線領域への適用の推進」を行った(図6)。そしてこれらを基盤にして、以下の2つのテーマやTESを用いたCeのL端XANESの高感度分析を行った⁸⁾。

3.2.1. TESを用いたウランの環境地球化学

(背景)ウラン(U)は原子力発電の燃料となる元素であり、世界的なエネルギー危機の中で原発の利用が依然継続される中で、放射性廃棄物に含まれるUなどの元素の動態解明は、原子力発電の安全性向上に資する研究である。特に高速増殖炉を中核とする核燃料サイクルの実現が困難な場合、放射性廃棄物に占めるUの割合は増加する。Uは様々な価数を取り、それに応じて易動性も変化するため、XAFS法などによるU

の化学種の解明は、その環境同位体研究で重要なテーマである。旧U鉱床である人形峠では、層状ケイ酸塩鉱物である黒雲母がUのホスト相の1つと報じられている。しかし、黒雲母がUを保持する詳細なメカニズムは未解明であり、この解明には黒雲母中でのUの分布を正確に把握する手法が必要である。この研究は、U鉱床の成因解明に資するだけでなく、放射性廃棄物の処分場として有望視される花崗岩(黒雲母を主要鉱物として含む)中のUの挙動予測においても重要になる。とりわけ μ -XRF-XAFS法は、環境試料に含まれた微量元素の分布を μm レベルの高い空間分解能で把握するために有効な方法であるが、黒雲母にはUのXRF分析時に測定妨害となるルビジウム(Rb)が共存し、黒雲母中のUの分布を正確に把握することはSDDでは困難であった。そこで本課題では、TESをXRF分析用の検出器とし、黒雲母に含まれたUの分布を正確に把握する方法を確立した。また関連して、ウランの L_{III} 吸収端のHERFD-XANES分析によるU(V)の検出に関する研究も進めた⁹⁾。

(実験)TESを μ -XRF-XANES用の検出器として用いる手法を確立し、Rbが共存する黒雲母中でUとRbの分布を正確に把握した。

(結果と考察)人工風化黒雲母にU(VI)を吸着させてXANESスペクトルを取得し、線形結合フィッティングにより解析したところ、約30%がU(IV)に還元された。未風化の黒雲母を使用した場合U(IV)の生成はみられなかったため、黒雲母の風化処理がUの還元を促進することが分かった。またpH6よりpH4で還元種が多いことが分かり、雲母の端面ではなく、風化により膨潤した層間でU(VI)の還元が進行することを示している。さらに薄片化した人工風化黒雲母の μ -XRF-XANESによるへき開部分の分析でU(IV)の割合は43%~89%となったことも、この推論を支持する。次に人形峠コア試料より採取した黒雲母をTES- μ -XRF-XANESで分析した結果、約30%のU(IV)の存在が確認され、風化した黒雲母がUを還元・保持していることが天然試料分析からも分かった。このU価数分析では、より多量なRbの $K\alpha$ 線と、Uの $L\alpha$ 線のエネルギーが近接するため、SDDでは分離検出が困難であったが、TES利用によりこれらを分離しUとRbの分布を正しく捉え、Uの L_{III} 吸収端XANES測定

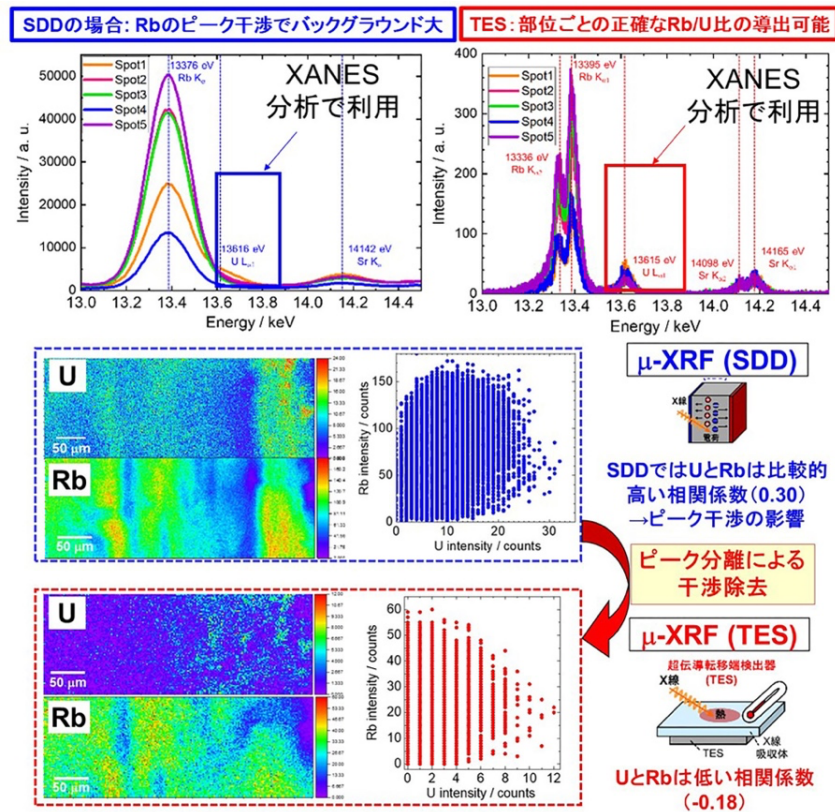


図7 TESでRbの妨害を除いたUのXRF検出。これによりRbが多量に含まれる系でもUの正確な分布やUのL_{II}端XANESによる化学種が把握可能になった。

も可能になった(図7)。これらから、U(VI)の還元は風化の進行に伴い膨潤した風化雲母層間で生じると考えられ、このことは2:1型粘土鉱物によるU(VI)の還元も層間で主に起きること^[10]とも整合的である。これらの成果は、砂岩型U鉱床における黒雲母へのU濃集機構の理解や、放射性廃棄物地層処分における緩衝材として利用されるモンモリロナイトへのUの還元による固定の検討において、重要な貢献をする知見である。

3.2.2. TES-μ-XRF-XAFSによるCs濃集粒子中のCsの分布・化学状態

(序) 福島第一原発(FDNPP)事故で原発から放出された放射性セシウム(Cs)が濃集された粒子(CsMP)は、事故時の原子炉内の物理化学状態を反映する物質として、また環境中に沈着後の放射性Csのホストとなる物質として重要であり、多くの研究がなされている^[11]。特に放射能の大部分を担う放射性CsのCsMP内部での化学状態や分布は、今後のCsMP由来の放射性Csの環境挙動を探る上で重要である。CsMPは、

それぞれ2号機および1号機由来のType-A(大きさ数μmの球形粒子)とType-B(50μm以上、様々な形状)に主に分けられる。このうちType-Bは、カルシウム(Ca)やチタン(Ti)などの難揮発性元素を多く含み、炉内で生じたケイ酸塩溶融体が冷却したものと考えられている。CsMP中のCsの分布や化学状態を知る上では、電子顕微鏡、μ-XRF、蛍光XAFSなどの手法が有効である。しかし、SDD(エネルギー分解能:130eV程度)でXRFを検出する方法では、微量なCsのL線と主成分であるCaやTiのK線が妨害し、Csの同定が困難であった。

(実験) 本研究では、TES-μ-XRF-XAFS法により、Type-B粒子中のCsの化学状態や分布状態を調べた。FDNPPから北北西に約4km地点の道路粉塵から分離した大きさ約500μmのType-B CsMP粒子を分析に用いた^[12,13]。

(結果と考察) μ-X線CT分析から、この粒子は内部に直径100μm以上の空孔を複数持つことが分かった。この空孔は、CsMPのメルトが冷却する過程で、メルトから気体が分離して形成されたと考えられる。

次に TES を用いて XRF スペクトルを測定したところ、この粒子中の Cs の $L\alpha$ 線を明瞭に検出できた。そこで、バルクの Cs L_{III} 吸収端の蛍光 XANES スペクトルを取得し、参照試料と比較した結果、Cs は平均的にはケイ酸塩ガラスに溶解して存在することが示唆された。

この粒子の薄片試料を作成し、 μ -XRF-XAFS 法による多元素の分布状態および局所化学状態を調べた。その結果、Cs は主に CsMP 内部の空孔の外周部に濃集していることが分かった (図 8)。これは、メルトが高温時に気体として存在していた Cs が、冷却と共に空隙円周部に沈着したためと考えられる。この濃集部の Cs L_{III} 吸収端の TES- μ -XANES から Cs はヨウ化セシウム (CsI) であると推定された。これは炉内大気中の Cs の化学状態として、CsI が重要であることを示す。この円周部から離れたマトリクス中の TES- μ -XANES は、ガラス中の Cs と類似した特徴を示し、バルクの蛍光 XANES と整合的である。これらから、事故時の

1 号機中の Cs は、熔融したケイ酸塩中の Cs や気体の CsI として存在していたことが示唆される。また空孔内に CsI があった場合、水が浸透すると Cs が溶解する可能性があるため、二次的な移行を議論する上で重要になる。このように気泡に CsI などのガスとして取込まれた Cs が空孔内に濃集し、CsMP 内で元素の沸点による分別が起きていたと考えられる。

これらの結果は、CsMP 生成過程と関連がある。ここで示された通り、CsMP 中 Cs の化学種には、マトリクスの SiO_2 ガラスに溶解したメルトに Cs が溶解・冷却したものと、気体 (CsI) が冷却時に塩として固化したものがあり、2 号機では後者が優勢で、1 号機では両者が共存すると考えられる。これらは、2 号機では CsMP は Cs などの揮発性元素を多く含むガスが大気中で凝結してできたが、1 号機では核燃料が周辺材料を取り込んでできたメルトが冷却し、水素爆発により放出された、というこれまでの推定と整合する。

3.3. 研究 3 : TES による蛍光分光法および XAFS 法の利用

非常に高いエネルギー分解能を持つ TES を利用することで、これまで波長分散型の検出系でのみで可能であった XRF を利用した手法に大きな変革をもたらす可能性がある。そのためには、TES のエネルギー分解能も現在の 5 eV 程度からさらに 1 eV 程度まで向上させる必要があるが、こうした検出器開発を加速させるためにも、TES を用いた蛍光分光法や蛍光 XAFS 法で得られた本研究の成果は重要な契機となる。

3.3.1. TES を用いた蛍光分光法の新展開

(序) 様々な元素の多様な XRF のエネルギーシフトや相対強度比は、対象元素の化学状態を反映する指標として利用されてきた。ここではこれらの例として、Cs の L 線に着目した検討を行った。Cs は、福島第一原発事故などからも分かる通り、U の核分裂反応において最も多量にできる放射性核種 (^{137}Cs 、 ^{134}Cs) を含む元素であり、環境放射化学的に最も重要な元素である。その Cs は、環境中に放出された場合、粘土鉱物層間で内圏錯体を形成して吸着されるが、なぜ本来水に溶けやすいアルカリイオンである Cs^+ がこのような内圏錯体を形成するかについては不明な点が多い。そ

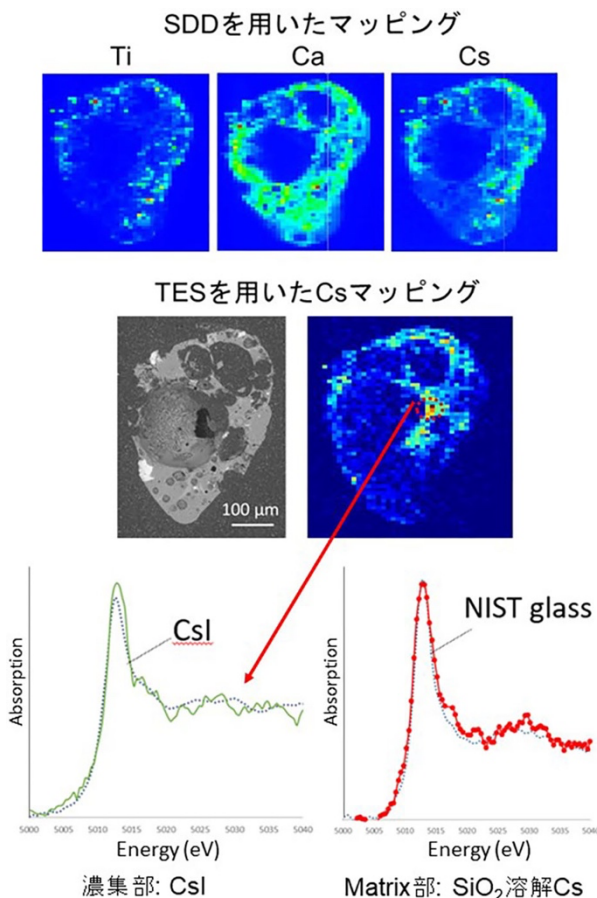


図 8 Type-B の CsMP 中の TES- μ -XRF マッピングと Cs の TES- μ -XAFS 分析 (得られたスペクトルとフィッティング結果)。

のため、我々は TES を用いた XRF スペクトルや HERFD-XANES 測定により Cs の化学状態について新たな情報が得られないかを調べた。Cs⁺と粘土鉱物間には共有結合的な相互作用が関わるという報告¹⁴⁾もあり、この点について議論を行うことを目的とした。

(実験) 共有結合性が異なると予想される Cs の塩である CsNO₃、Cs₂SO₄、CsBr、CsI およびバーミキュライトへの Cs の吸着態を試料として用いた。XRF の測定は TES で行った。

(結果と考察) TES 利用はエネルギー分散型の測定であるため、XAFS 測定を測定する際には、多種の XRF やその相互の強度比が同時に得られる。なおこの際使う XRF は、入射光エネルギーが 5359±2 eV である場合のスペクトルを用いた。実際には TES を用いると、XAFS を測定する際の各エネルギーにおいて XRF をエネルギー分解能よく測定できているため、入射光エネルギーと蛍光エネルギーを X 軸と Y 軸にとり、その蛍光強度を Z 軸にとった共鳴非弾性散乱(RIXS) マップを容易に示すことができる。この結果から得られる Lβ₁線と Lα 線の強度比と、様々な金属配位子のソフト性を定量的に示す求核性定数 (En) との間に相関があることが分かった。このように XRF に化学種の情報が含まれた場合、TES-μ-XRF-XAFS で元素マッピングを得る際に、同時に TES から化学種の情報が得られている可能性がある。マッピングの各測定では、TES による XRF の検出が同時に行われているため、そこに現れる Lβ₁/Lα 強度比の変化 (10%程度の変化) に着目すれば、共有結合性の異なる化合物の相対的な分布が、各ポイントでの XAFS 測定を実施することなく得られる。このような TES-μ-XRF 分析による化学種マッピング法はこれまで例が無く、今後の発展が見込まれる。なお本研究の TES は、3000 cps 程度が総計数率の上限であり、様々なピークが同時に測定されることを考えると、Lβ₁/Lα 強度比の分析に使われる X 線の光子数は十分ではなく、本法の実施のためには今後より計数率の高い TES を開発していく必要がある。

3.3.2. TES を用いた HERFD-XANES 測定

(序) HERFD-XANES は、寿命幅の制約を受けて微細構造が明瞭でなかった XANES をその制約から解放

し、詳細な電子状態・価数情報の抽出を可能にするため、対象とする吸収端によっては全く新しい分光法になり得る。しかし、波長分散型の手法をとる場合、適切な分光結晶が必要で、測定準備に時間・エフォートを要し、特定の元素しか狙えないという難点がある。TES 利用は、これらを一挙に解決できる潜在力がある。

(結果と考察) CsNO₃を対象とした XRF スペクトルと蛍光 XAFS スペクトルを得た。TES 分析では XRF の半値幅は 5.8 eV であり、結晶分光の場合の 3.6 eV よりやや悪かった。その結果、HERFD-XANES では XRF ピークのごく狭いエネルギー範囲での信号を取得したいが、TES ではそれが不十分で、HERFD-XANES も結晶分光に比べると、ブロードな XANES スペクトルになった。しかし、TES で得た HERFD-XANES は、SDD で測定したスペクトルよりシャープなピークを与え、世界初のエネルギー分散型検出による HERFD-XANES が測定されたと考えられる。このように TES は、エネルギー分散型検出器としては初めて、詳細な XRF の特徴の議論や HERFD-XANES 計測に利用できる検出器であると考えられ、今後さらに XRF や XAFS に適した開発を行うことで、X線発光分光 (XES) 分野に新たな展開をもたらすと期待される。

3.4. 研究 4：様々な応用研究

3.4.1. リュウグウに対する μ-XRF-XAFS 分析¹⁵⁾

(序) リュウグウ試料は、Yokoyama et al.¹⁶⁾で述べられているように CI コンドライト (Orgueil 隕石など) と殆ど同じ組成をもつため、同じ母天体由来と考えられている。またその鉱物組成は、いずれも Fe を含む層状ケイ酸塩であることが分かっている。これまでの地球での研究などから、Fe(II)を主体とする層状ケイ酸塩である蛇紋石やサポナイト (スメクタイトの一種) は、強い還元作用を持ち水素を発生する (Fischer-Tropsch 型反応) ため、CO₂を還元して脂肪族有機物を生成することが示されている¹⁷⁾。一方で、隕石は地球上に落下し長時間経過しており、初期的に含まれる Fe(II)は Fe(III)に酸化してしまっている。そのため、もしリュウグウ試料で Fe(II)を主体とする蛇紋石やスメクタイトが存在すれば、それはかつてリュウグウに水があった時に強い還元反応を引き起こした可能性がある。

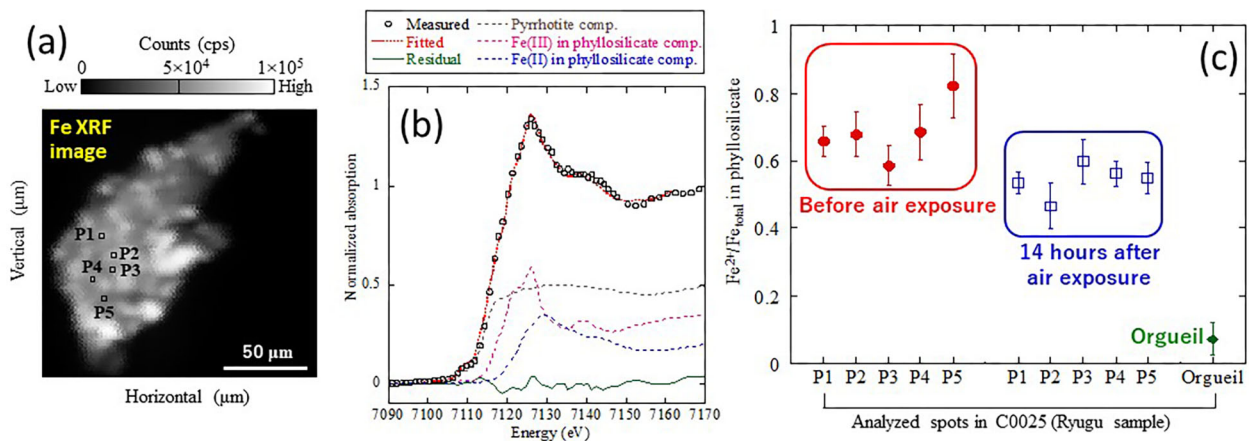


図9 μ -XRF-XAFS法によるリュウグウ試料(微粒子(a))中のFe K吸収端XANESによる鉄の価数分析(b)。大気非曝露と暴露14時間後のFe(II)の割合およびClコンドライト(Orgueil)のFe(II)の割合との比較(c)。

(実験) BL37XUにおいて、酸素に触れないように酸素不透過膜に封入したリュウグウ微粒子に対して鉄やヒ素の μ -XRF-XAFSによる局所価数分析を行った。

(結果と考察) 嫌気を保ったままのリュウグウ試料について、Feが最も濃集している磁鉄鉱部分は避け、層状ケイ酸塩が主体と考えられるマトリクス部分で μ -XRF-XAFS分析を行った(図9)。その結果、およそpyrrhotite(FeS)が75%で、残りはFe(II)の層状ケイ酸塩15%、Fe(III)の層状ケイ酸塩10%であり、ferrihydriteなどは見られなかった。Orgueilの同様の分析では、Fe(III)の層状ケイ酸塩55%と磁鉄鉱45%が主体であった。このことは、FeSの酸化で磁鉄鉱が生じるというBoursiquot et al.^[18]の報告、およびFe(II)層状ケイ酸塩の酸化でFe(III)層状ケイ酸塩が生成すること、を考えると合理的に説明可能であり、隕石中のFe(II)が地球落下後に酸化されたことを示唆する。さらにリュウグウ試料を14時間大気中に放置して、再度 μ -XRF-XAFS分析を行ったところ、10-20%程度Fe(III)の割合が増加していた。これはFe(II)を含む物質中に酸化されやすい成分があることを示唆する。また本課題の対象外であるため詳細な説明は省くが、我々が進めている走査型透過X線顕微(STXM)分析(=軟X線領域での透過型の μ -XAFSで、30 nm程度の高い空間分解能を持つ)では、サポナイト中のFe(II)の割合を、Gorski et al.^[19]が提案しているサポナイト中のFe(II)の割合とEh(水素電極標準)の関係から検討すると、リュウグウのEh環境は-0.45 V程度であることが推定された。そこで次に、X線CTで

アパタイトと同定された粒子について、ヒ素(As)のK吸収端 μ -XRF-XAFS分析を行ったところ、Asの価数は+3価であることが分かった。このことと上記のEh環境とを組み合わせると、リュウグウに存在した水環境のpHは9以上のアルカリ環境であったことが示唆された^[15]。海洋地殻における水素生成でも、非常に還元的かつアルカリ環境である場合が多く、Fe(II)を多く保持している粘土鉱物の存在も含めて、リュウグウは(温度以外では)Fischer-Tropsch反応による有機物合成が起きる条件がそろった環境を保持する小惑星であることが分かる。なお同様の惑星における水質研究を火星隕石に対しても行った^[20]。

3.4.2. その他の研究

これ以外でも、有害元素の挙動や除去に関する研究^[21-23]、大気中のエアロゾル中の元素の化学種解析に関する研究^[24, 25]なども行ったが、紙面の制限のためここでは触れない。手法的には、Energy Stack 蛍光XANES法は微細な粒子中の微量元素の μ -XRF-XAFS分析法として有用で新規性が高く、今後の発展が望まれる。

4. まとめ

XRF法や蛍光XAFS法は、宇宙地球化学で様々な応用されているが、その感度や様々な応用における限界は、目的とするXRFが他の元素からのXRFや散乱X線により妨害される場合に生じる。本研究では、特にXRF法、蛍光XAFS法、 μ -XRF-XAFS法の適用範

圏の高度化を進めるため、幅広いエネルギーを同じセットアップで扱える HE- μ -XRF-XAFS 法や、非常に高いエネルギー分解能を持つ TES を用いた蛍光 XAFS 法や XRF 法・XES 法などを発展させた。特に TES については、(i)XRF の特徴把握による化学種推定の可能性やマイクロビーム分析への応用、(ii)XANES の新しい分光法ともいえる HERFD-XANES への適用、などを進めた。そして、これらを応用することで、以下の成果を得た。

- TES を用いた硬 X 線領域での蛍光 XAFS 分析を世界で初めて実施 (プレスリリース)。
- 福島第一原発事故由来のセシウム濃集粒子の特徴を様々な X 線分光法を利用して解明 (プレスリリース)。
- リュウグウ中の元素の化学種解析からリュウグウが高 pH・強還元な水環境になったことを示した (プレスリリース)。
- 新しいレアアース分析法を開発し、多元素の影響を受けない分析法を開発。
- イオン吸着型鉱床やマンガン団塊中のレアアースの化学種を解明し、その抽出率との関係を解明。
- ウランの還元反応が風化した黒雲母鉱物によって起きることを解明。

これらはいずれも、人類の「夢」と「安全安心」に関わる 21 世紀に必要な研究であり、手法開発の成果と共に、それは様々な分野の発展の基盤となると期待される。

謝辞

本長期利用課題 (2020A0174~2022A0174、2020A0180~2022A0180) における研究の実施において多大なるご協力を頂いた JASRI の新田清文博士、関澤央輝博士、菅大暉博士に心から感謝致します。

参考文献

- [1] 日本 XAFS 研究会: XAFS の基礎と応用、講談社 (2017).
- [2] 高橋嘉夫: 分子地球化学、名大出版会 (2021).
- [3] Y. Takahashi *et al.*: *Anal. Chim. Acta* **558** (2006) 332-336.
- [4] M. Nagasawa, Y. Takahashi *et al.*: *Minerals*, submitted.

- [5] H. B. Qin, Y. Takahashi *et al.*: *Geochim. Cosmochim. Acta* **294** (2021) 255-272.
- [6] M. Nagasawa, Y. Takahashi *et al.*: *Chem. Lett.* **48** (2020) 909-911.
- [7] S. Yamada, Y. Takahashi *et al.*: *Rev. Sci. Instr.* **92** (2021) 013103.
- [8] W. Li, Y. Takahashi *et al.*: *Anal. Chim. Acta* **1240** (2023) 340755.
- [9] T. Yomogida, Y. Takahashi *et al.*: *Inorg. Chem.* **61** (2022) 20206-20210.
- [10] A. Satpathy *et al.*: *Environ. Sci. Technol.* **56** (2022) 4111-4120.
- [11] Y. Igarashi, Y. Takahashi *et al.*: *J. Environ. Radioactivity* **205-206** (2019) 101-118.
- [12] H. Miura, Y. Takahashi *et al.*: *Sci. Rep.* **10** (2020) 11421.
- [13] H. Miura, Y. Takahashi *et al.*: *Sci. Rep.* **11** (2021) 5664.
- [14] T. Ikeda *et al.*: *J. Phys. Chem. A* **119** (2015) 8369-8375.
- [15] T. Nakamura, Y. Takahashi *et al.*: *Science* **379** (2023) eabn8671.
- [16] T. Yokoyama *et al.*: *Science* **379** (2023) eabn7850.
- [17] M. Andreani *et al.*: *Lithos* **178** (2013) 70-83.
- [18] S. Boursiquot *et al.*: *Phys. Chem. Min.* **28** (2001) 600-611.
- [19] C. Gorski *et al.*: *Environ. Sci. Technol.* **47** (2013) 13477-12485.
- [20] H. Suga, Y. Takahashi *et al.*: *Minerals* **11** (2021) 514.
- [21] A. Yamaguchi, Y. Takahashi *et al.*: *iScience* **25** (2022) 104763.
- [22] B. Gankhurel, Y. Takahashi *et al.*: *ACS Earth Space Chem.* **4** (2020) 1064-1077.
- [23] A. Minoda, Y. Takahashi *et al.*: *J. Haz. Mat.* **432** (2022) 128576.
- [24] S. Natori, Y. Takahashi *et al.*: *Minerals* **12** (2022) 536.
- [25] S. Natori, Y. Takahashi *et al.*: *Atmos. Environ.* **294** (2023) 119504.

高橋 嘉夫 *TAKAHASHI Yoshio*

東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻
 〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1
 TEL : 03-5841-4517
 e-mail : ytakaha@eps.s.u-tokyo.ac.jp

長期利用課題報告 4

ミリ秒時間分解能マルチビーム 4DX 線トモグラフィの開発と その応用

東北大学 国際放射光イノベーション・スマート研究センター
 東北大学 多元物質科学研究所
 東京大学 大学院工学系研究科 矢代 航

Abstract

ミリ秒オーダー時間分解能、10 μm オーダーの空間分解能の時空間領域は、ニーズにマッチしているにもかかわらず、これまで未開拓の領域であった。本稿では、我々が最近開発した放射光マルチビーム光学系による試料回転なしミリ秒時間分解能 X 線 CT の現状について紹介する。SPring-8 BL28B2 の偏向電磁石から生じる白色放射光用に開発した π 偏光型マルチビーム光学系により、時間分解能 0.5 ms の 4DX 線 CT の原理実証に成功した。 σ 偏光型のマルチビーム光学系についても開発を進めた結果、マイクロ秒オーダーのマルチビーム CT や XAFS CT も視野に入ってきた。本稿の技術の応用は多岐にわたり、材料破壊、液体や粘弾性体の挙動、昆虫などの生きた生物（バイオメティクス）、機械加工、摩耗・摩擦など、学術研究から産業応用まで様々な展開が期待されている。

1. はじめに

非平衡系の内部には様々な未知の高速現象が存在すると考えられる。我々は、X 線のマルチビーム化と最先端のデータサイエンス技術により、試料を回転することなく、前人未踏の ms オーダーの時間分解能、10 μm の空間分解能の 4D (3D+時間) X 線 CT を

実現するための基盤技術の確立、およびその応用展開を目指してきた。将来的には、生きた生物内部の現象や材料の破壊過程など、繰り返しが不可能な非平衡系のダイナミクスをそのまま観察できるという特長を活かして、生命・材料科学における新規現象の発見から、材料開発や動的バイオメティクスなどへの応用

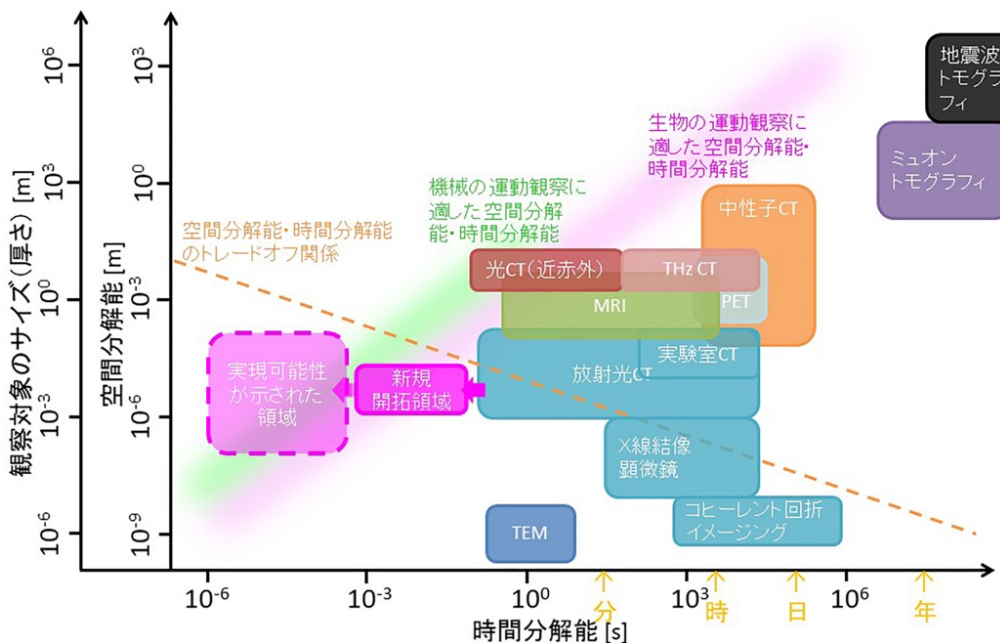


図 1 試料内部を三次元的に非破壊で可視化する技術の時間分解能・空間分解能と、我々が開拓した領域^[1]。

まで、基礎研究から新規イノベーション創出に至る広い分野に应用展開できると期待している。

図1は、試料内部を三次元的に非破壊で可視化する技術の時間分解能・空間分解能と、最近、我々が開拓に成功した領域を示している^[1]。新たに開拓した時空間領域はブルーオーシャンで、かつ学術・産業応用上極めてニーズの高い領域にあるが、我々の最近の研究・開発により、将来的にはさらに1~100 μ s時間分解能（時間分解能を犠牲にすれば、サブ μ m空間分解能）の試料回転なし4DX線CTの実現可能性もみえてきており、さらなるフロンティア開拓の可能性が拓けた。

2. π 偏光型マルチビーム光学系

我々はこれまで、SPring-8 BL28B2の偏向電磁石からの白色放射光を用いて、ミリ秒オーダーの時間分解能、数10 μ m程度の空間分解能の試料高速回転X線CTの開発を進めてきた^[2,6]。しかしながら、例えば1msの時間分解能でのX線CTを実現するには、試料を30,000rpmで高速回転する必要がある。そのため、試料まわりの環境制御が困難であったり、流動性のある試料には適用できなかつたり、といった問題があった。そこで、試料を回転することなく、X線CTを実現する方法として、図2に示すような放射光をマルチビーム化する方法を考案した^[7,8]。この光学系（以下では「 π 偏光型」と呼ぶ）は、偏向電磁石からの横長の白色放射光を有効利用したもので、三段型にすることにより、 $\pm 70^\circ$ の投影方向をカバーできる（投影数は30強）。さらに、各ビームの投影像を同時に取得するため、有効画素サイズ10 μ mのマルチビームX線画像検出器^[9]系を構築し（図3）、露光時間0.5msで、

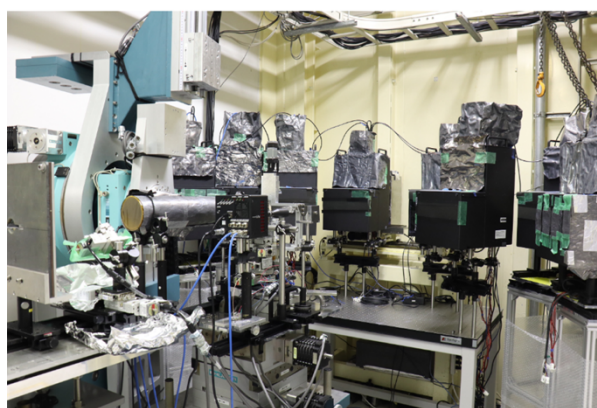
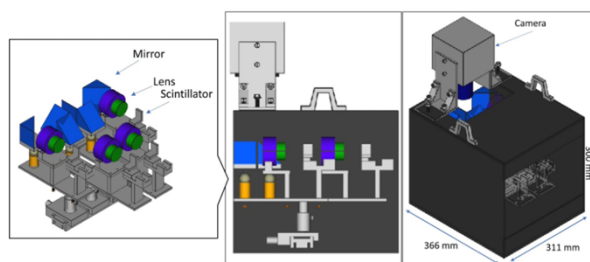


図3 可搬型のレンズカップリング系のデザイン（上）^[9]と、SPring-8 BL28B2のエンドステーションに構築したマルチビーム画像検出光学系の写真（下）。

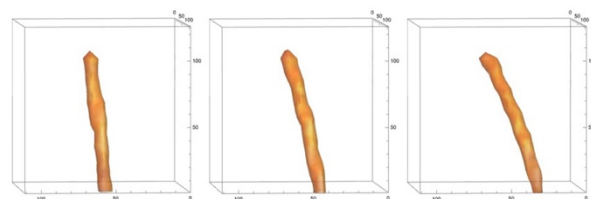


図4 画素サイズ10 μ m、時間分解能0.5msで4DX線CTの原理実証に成功した結果の例（直径50 μ m タングステンワイヤーを曲げている様子；200msおきの3D再構成画像）。

試料を回転することなく4DX線CTが可能であることを実証した^[10]（図4）。

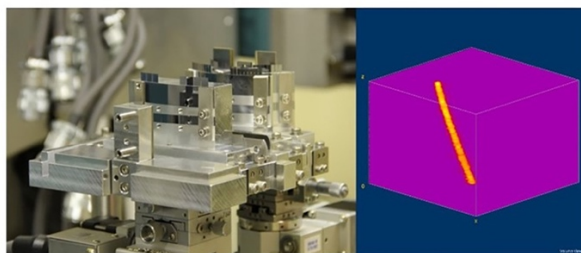
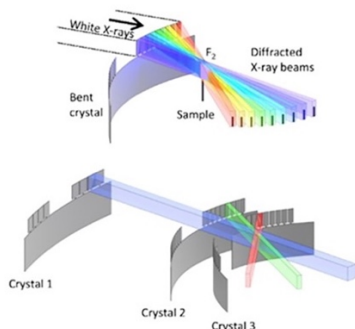


図2 π 偏光型マルチビーム光学素子の原理（左）、写真（中）、および直径50 μ m タングステンワイヤーによるCT再構成原理実証（右）^[7]。

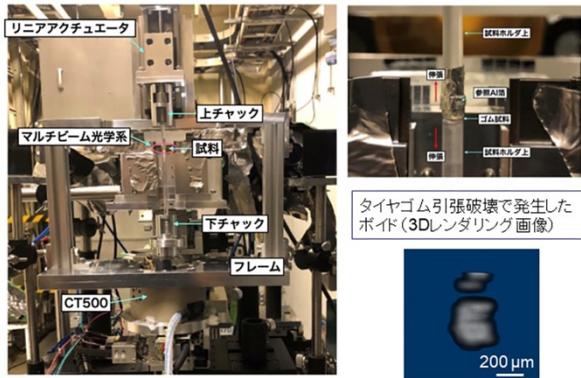


図5 開発した引張圧縮試験機を π 偏光型マルチビーム光学系に導入した写真(左)、試料(タイヤゴム)部分の拡大写真(右上)、およびタイヤゴムの引張破壊の過程で発生したボイドの CT 再構成像(右下)。

図5は、この光学系を用いた応用研究の例を示している。図5左図は π 偏光型マルチビーム光学系の試料位置に合わせて、引張破壊試験器を組み込んだ際の写真である。図5右上図に試料位置の拡大写真を示す。試料はタイヤゴムとした。タイヤゴムについては、試料高速回転 X 線 CT により、10 ms の時間分解能で引張破壊過程の 4DX 線 CT 撮影にすでに成功していたが^{5,6}、回転速度をさらに速くすると、遠心力により試料が変形してしまい、CT 再構成が困難になることが分かっている。マルチビーム光学系では、試料を回転する必要がないため、さらに高時間分解能で 4DX 線 CT が可能である。図5右下図は、時間分解能 8 ms で引張破壊過程において発生したボイドを捉えた結果であり、試料高速回転 X 線 CT よりも高い時間分解能で 4DX 線 CT が実現できることが実証された。

3. σ 偏光型マルチビーム光学系

SPring-8 BL28B2 に構築したマルチビーム光学系は、横長のビームを複数に分けて、水平面内において多くの方向から試料の投影像を撮影する配置であった。各ビームの生成には単結晶の Bragg 反射を利用したが、入射ビームは水平偏光であるため (π 偏光反射であるため)、散乱角が 90° に近くなると、反射強度がゼロに近づいてしまうという問題があった。 σ 偏光反射(散乱面が偏光方向に垂直な反射)であれば、散乱角 90° 近くの反射ビームも使用できる。我々は、そのような σ 偏光型のマルチビーム光学系の開発も行った¹¹⁾。

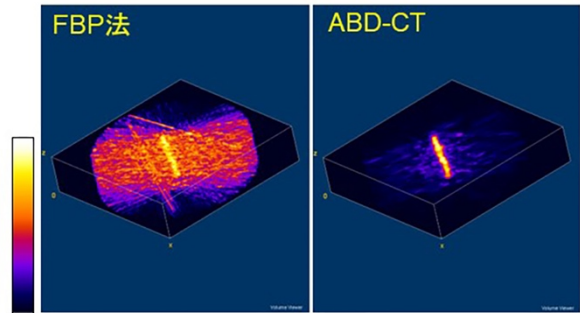


図6 白色放射光用 σ 偏光型マルチビーム光学系の写真¹¹⁾(上)と、この光学系により取得された CT 再構成結果(下)(試料:直径 $50 \mu\text{m}$ タングステンワイヤー)。下図左は、古典的な Filtered BackProjection (FBP) 法による再構成結果、下図右は ABD-CT 法 (Abnormal Data Detected (異常データ検知) CT 再構成法) による再構成結果。

図6上図は開発した σ 偏向型マルチビーム光学系の写真である。写真の上下方向に長いビームに対して、スキュー反射を利用しているため、正確にはほぼ σ 偏光反射であるが、この光学系の実現可能性について SPring-8 BL28B2 の白色放射光でテストした。その際、BL28B2 で σ 偏光型光学系を構成するには、鉛直面内に X 線画像検出器を配置する必要があるため、コストの問題が発生した。そのため、CT 再構成の原理実証だけは、鉛直偏光の白色放射光が利用可能である Photon Factory の BL-14C の縦型ウィグラーを用いて行った。図6下図は、図2、図4と同じ直径 $50 \mu\text{m}$ のタングステンワイヤーの CT 再構成結果であり(撮影時間 1 ms)、左は従来から広く用いられてきた Filtered BackProjection (FBP) 法、右は異常値検知 CT 再構成法による再構成結果である。 σ 偏光型では、試料まわりが π 偏光型にくらべて 5~10 倍程度広く確保できるメリットがあり、コストの問題が解決できれば、SPring-8 BL28B2 の高輝度白色放射光を用いてさらに S/N の高い実験ができること期待される。

4. まとめ

図7は、高速X線CTの時間分解能・空間分解能の国内外グループの成果との比較を示している。我々が国際的にも突出していることが分かる。本研究で開発した方法のハイスループット性は、マテリアルズ・インフォマティクス(MI)などとの整合性も高いことから、非平衡系MIなど、学術・産業界に様々な形で波及していくと期待される。

本稿では、偏向電磁石からの横長の白色放射光ビームなどのためのマルチビーム光学系について紹介したが、結晶をタンデムに数多く並べるアンジュレータ準単色(± 100 eV以内)ビーム用のマルチビーム光学系も開発できており^[12]、CT再構成の原理実証にも成功している。タンデム型は、European XFEL用のマルチビーム光学系により1 μ s時間分解能の実現を目指すHorizon Europeプロジェクト(2022年6月〜)にも接続しており^[13]、さらなる開拓領域もみえてきた。マルチビーム光学系の各ビームのエネルギーが異なることを積極的に利用するCT再構成アルゴリズムも開発が進んでいる。我々が開発したマルチビーム系で試料を回転すれば、マルチエネルギーCTが可能であるが^[14]、ワンショットで試料を回転することなく各ビームのエネルギーに対応するCT再構成画像を取得するアルゴリズムも開発済みで、組成ごとのCT再構成画像を取得することも可能になっている。このアルゴリズムをアンジュレータ準単色ビーム用のマルチビーム光学系に用いれば、ワンショットXAFS CTの実現も期待される。本稿で紹介したマルチビームCTの応用については、材料破壊、液体や粘弾性体の挙動、

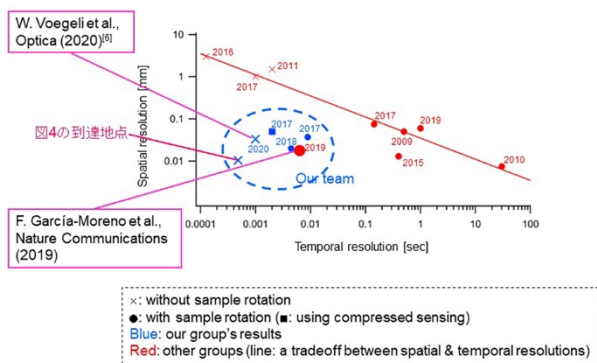


図7 高速X線CTの時間・空間分解能の国内外他グループとの比較(青マーカー:本グループ、赤マーカー:他グループ)。

昆虫などの生きた生物(バイオメティクス)、機械加工、摩耗・摩擦など、多岐にわたり、学術研究から産業応用まで様々な展開が期待されている。

謝辞

本研究はJST CREST(JPMJCR1765)、住友ゴム工業株式会社、科学研究費補助金(15H03590、21H04530)の支援により実施されました。特に、JST CREST「計測技術と高度情報処理の融合によるインテリジェント計測・解析手法の開発と応用」領域では、雨宮慶幸研究総括((公財)高輝度光科学研究センター理事長、東京大学名誉教授)、北川源二郎副研究総括、さらには西野吉則アドバイザー、故高尾正敏アドバイザー、その他の皆さまから数々の貴重なご助言を賜りました。実験はSPRING-8 BL28B2で実施しました(長期利用課題:2020A0176)。共同実験者である東北大学の梁暁宇助教、虻川匡司教授、東京学芸大学のヴォルフガング・フォグリ准教授、荒川悦雄教授、(国)産業技術総合研究所の白澤徹郎博士、住友ゴム工業株式会社の間下亮博士、(公財)高輝度光科学研究センターの梶原堅太郎博士、その他スタッフ・学生の皆様には実験の現場でご協力いただきました。不完全投影データCT再構成については筑波大学の工藤博幸教授、藤井克哉博士、橋本康博士(現東北大学ナレッジキャスト株式会社)にご協力いただきました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] W. Yashiro, W. Voegeli and H. Kudo: *Appl. Sci.* **11** (2021) 8868.
- [2] W. Yashiro, D. Noda and K. Kajiwara: *Appl. Phys. Express* **10** (2017) 052501.
- [3] W. Yashiro, C. Kamezawa, D. Noda and K. Kajiwara: *Appl. Phys. Express* **11** (2018) 122501.
- [4] W. Yashiro, R. Ueda, K. Kajiwara, D. Noda and H. Kudo: *Jpn. J. Appl. Phys.* **56** (2017) 112503.
- [5] R. Mashita, W. Yashiro, D. Kaneko, Y. Bito and H. Kishimoto: *J. Synchrotron Rad.* **28** (2021) 322.
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=4D2RLSmY0kg>
- [7] W. Voegeli, K. Kajiwara, H. Kudo, T. Shirasawa, X. Liang and W. Yashiro: *Optica* **7** (2020) 514.

- [8] W. Yashiro, W. Voegeli, T. Wada, H. Kato and K. Kajiwara: *Jpn. J. Appl. Phys.* **59** (2020) 092001.
- [9] T. Shirasawa, X. Liang, W. Voegeli, E. Arakawa, K. Kajiwara and W. Yashiro: *Appl. Phys. Express* **13** (2020) 077002.
- [10] W. Yashiro, X. Liang, W. Voegeli, E. Arakawa, T. Shirasawa, K. Kajiwara, K. Fujii, K. Hashimoto and H. Kudo: *J. Phys.: Conf. Ser.* **2380** (2022) 012121.
- [11] W. Voegeli, X. Liang, T. Shirasawa, E. Arakawa, K. Kajiwara, K. Hyodo, H. Kudo and W. Yashiro: *J. Phys.: Conf. Ser.* **2380** (2022) 012063.
- [12] 特許 (出願) EP21200564.9.
- [13] <https://tomoscopy.eu/>
- [14] W. Voegeli, T. Shirasawa, E. Arakawa, K. Kajiwara, X. Liang and W. Yashiro: *Jpn. J. Appl. Phys.* **61** (2022) 098002.

矢代 航 *YASHIRO Wataru*

東北大学 国際放射光イノベーション・スマート研究センター

東北大学 多元物質科学研究所

東京大学 大学院工学系研究科

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1

TEL : 022-217-5184

e-mail : wyashiro@tohoku.ac.jp

SACLA Users' Meeting 2023

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 大和田 成起

1. はじめに

2023年3月2日、3日の2日間にわたり、SACLA Users' Meeting 2023が開催された。今年度も「Zoom」を利用したオンラインのみでの開催ではあったが、最新のSACLAの性能に関する情報共有や、XFEL利用研究の将来のあり方について、施設と利用者および利用者同士での活発な議論が行われた。

2. 会議の内容

まず、米田仁紀教授（電気通信大学、SPRUC XFEL 利用研究会代表）および石川哲也 RSC センター長による開会挨拶をもって、本年のミーティングがスタートした。まず初めに行われた“Facility Session”では、SPRING-8/SACLA を取り巻く国内外の情勢、そしてSACLA の利用研究や施設高度化の現状について、概要が報告された。“Technical Updates”セッションでは、硬 X 線 FEL ビームライン (BL2・BL3)、軟 X 線 FEL ビームライン (BL1)、光学レーザー、ハイパワー光学レーザーそして X 線検出器のアップグレードに関する詳細な報告が行われた。BL3 におけるセルフシーードなどの高度な FEL 運転モードや、新型インラインスペクトロメーターなど最新のビームライン機器、実験プラットフォーム等について、それぞれの施設担当者より紹介が行われた。前回および前々回のユーザーズミーティングでは、詳細な施設全般の報告はオンラインでのポスターセッションのみであり、担当者からの口頭発表による施設報告は実に3年ぶりとなり、近年のビームライン高度化を総括する意味でも利用者の関心も高かったように思う。

続いて2022年度のSACLA/SPRING-8基盤開発プログラムに関するセッションがあり、2022年度に採択された課題のうち、SACLAに関連する7件について、それぞれの開発状況の進捗報告が行われた。軟 X 線 FEL に関する採択課題からは3件の報告があり、

江川悟博士（理化学研究所）からは、KB ミラーと回転体ミラーを組み合わせた軟 X 線サブマイクロメートル集光装置開発と、それをを用いた軟 X 線顕微鏡の開発に関する報告があった。また、岩山洋士博士（分子科学研究所）による講演では、BL1 における FEL 高次光を利用した分光実験や、液体セル・超薄膜フラットジェットを用いた試料導入装置の開発など、軟 X 線分光計測環境の構築に関する報告が行われた。宮脇淳博士（量子科学技術研究開発機構）からは、広ダイナミックレンジ・高速読み出し軟 X 線用 CMOS 検出器の開発状況について報告がなされた。続いて、硬 X 線 FEL に関する開発4件の報告が行われ、岩田想教授（京都大学）からは構造生物学実験プラットフォーム開発状況の報告がなされた。また、山田純平助教（大阪大学）からは、シングルグレーチング干渉計を用いたナノ集光自動調整システムおよび、sub-10 nm 集光 XFEL ビーム評価法の開発についての講演が行われた。また、池田暁彦助教（電気通信大学）からは、XFEL 施設としては世界最高レベルとなる77テスラに達する超強磁場発生装置 PINK の開発状況が報告され、続く Albertazzi Bruno 博士（LULI / CNRS / Ecole Polytechnique）の講演では、凝縮系物質などにおける磁化過程の観測に向けた、ハイパワーレーザーと高強度磁場発生装置を組み合わせた実験プラットフォームについての報告があった。いずれの採択課題においても、他の XFEL 施設では類を見ない SACLA 独自の実験基盤装置の開発が進められており、今後の共用化によってユニークな研究成果の創出につながることを期待される。本プログラムは毎年度12月から1月ごろに募集が行われているので、興味を持たれた読者は応募を検討していただけると幸いである。

第1日目午後と第2日目午前にわたって行われた“Scientific Talk”セッションでは、SACLAの主要な利用研究分野を代表して、別所義隆博士（東京大学）、中

堤基彰博士 (European XFEL)、山本航平博士 (分子科学研究所)、Uwe Bergmann 博士 (Wisconsin-Madison 大学) の 4 名の研究者による招待講演が行われ、SACLA の独自性を生かした最新の利用研究成果に関する講演と議論が行われた。

第 2 日目午前にはブレイクアウトセッションとして、EH2、EH3、EH4c、EH4a で利用可能な光学レーザーに関するセッション A “Experimental Capabilities with Synchronized Laser System” と EH5 で利用可能なハイパワーレーザーに関するセッション B “Experimental Capabilities with High-power Nanosecond Laser System” が同時に開催された。セッション A では、SACLA および LCLS のビームライン担当者からそれぞれの施設で利用可能なレーザー光源に関する紹介があったのち、原子・分子・光科学、構造生物学、物質科学の 3 分野を代表する利用者から最新の研究成果と施設への要望に関する講演が行われた。利用者からの要望は、新規のレーザー光源利用や、安定した実験が可能となる実験基盤開発に関するものが中心であった。特に、XFEL 施設でも近年利用が盛んになりつつある、高強度テラヘルツや近赤外数サイクルパルスといった光源について、利用者からの関心が高かったように思われた。セッション B では、ハイパワーレーザー利用者による新しい実験の試みと、ハイパワーナノ秒レーザーの安定化および計測系の拡張について報告と議論が行われた。

第 2 日目午後は、「SDGs への SACLA の貢献」と題する特別セッションが開催された。本セッションは、今日、科学技術分野においても極めて重要なテーマとなっている SDGs の達成のために SACLA や SPring-8 が果たす役割に関して、将来を見据えた議論を SACLA の利用者コミュニティ全体で進めるために開催された。主に産業利用の観点から、これまでの SDGs に関連する取り組みと将来の構想などを、企業および大学に所属している 3 名の講演者から紹介いただいた後、SDGs の実現に向けた道筋に関して活発な議論が行われた。最後の“Summary and Closing”セッションでは、全参加者で本会議にて議論された情報を共有し、米田仁紀代表の挨拶をもって本会議は閉会となった。

3. まとめ

SACLA Users' Meeting は、一般的な学術発表のための会議ではなく、利用者と施設および利用者間の情報共有と意見交換を主な目的として開催され、今回で通算 8 回目の開催となる。前回に続き対面での開催はかなわずオンラインのみとなったが、各セッションにおける議論などを通じて、その目的は果たせたように思える。本ミーティングでの利用者からの要望に対する施設側の対応や、施設側からの情報を活かした SACLA 利用研究の展開などの情報は、ホームページなどで随時公開される予定である。また、本ミーティングで施設担当者より報告のあったビームライン高度化に関する講演資料は、下記ホームページで公開されている。

<http://xfel.riken.jp/usersmeeting2023/program.html>

2023 年度以降も、SACLA Users' Meeting は開催される予定となっている。次回については詳細が決まり次第、SACLA のホームページ (<http://xfel.riken.jp>) などで情報が公開される予定である。

今回の SACLA Users' Meeting も盛況のうちに終わることができたのも、国内外の多くの利用者の方々の参加と活発な議論をしていただいたことに尽きると思われる。ここに SACLA Users' Meeting 2023 に関わった皆様に厚く御礼を申し上げる。

大和田 成起 *OWADA Shigeki*

(公財) 高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1

TEL : 0791-58-0992

e-mail : osigeki@spring8.or.jp

SPRUC 第5回 BLs アップグレード検討ワークショップ報告

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 行事幹事

近畿大学 理工学部 理学科 化学コース 杉本 邦久

1. 概要

SPRUC 第5回 BLs アップグレード検討ワークショップが、2023年3月10日にSPring-8放射光普及棟大講堂における講演とZoomを利用したオンラインとのハイブリッドにて開催されました。本ワークショップ(WS)の目的は、第4回までのWSやSPring-8シンポジウム2019、2020、2021、2022での議論を踏まえ、それ以降の技術開発動向やビームライン(BL)アップグレードの具体的なプラン、さらには、検討事項を共有するとともに、今後の継続的なBLアップグレードに向けた議論を行うことです。289名(現地:42名、オンライン:247名)が参加しました。引き続き、新型コロナウイルス感染を懸念されるユーザーが多かったせいか、多くのユーザーがオンライン参加となりました。

2. オープニング

最初に、SPRUC 西堀英治会長(写真1)より挨拶が行われ、本WSの役割及び今回のWSの概要とその目標を説明されました。その後、今回のWSの全体のスケジュールについて述べられ、共同主催者の高輝度光科学研究センター(JASRI)、理化学研究所(理研)への謝辞を述べて、挨拶を終えられました。

続いて、JASRI 雨宮慶幸理事長(写真2)より挨拶が行われました。JASRIの研究支援活動においては、SPRUCの研究会からのフィードバックを通して、さらに先鋭化させていくことが重要であり、ユーザーと

施設との双方向のコミュニケーションが大事であることを改めて示されました。

次に、文部科学省 科学技術・学術政策局 研究環境課 林周平様(写真3)より、来賓の挨拶をいただきました。まず、国の大型研究施設をめぐる状況について説明があり、SDGsに向けての放射光施設への期待について述べられました。SPring-8は、共用開始から25年が経過し、老朽化対策が必要なこと、令和4年度は電気代の高騰に対して補正予算により運転時間を確保することができたが、令和5年度も財政的には厳しい状況が続くことが予想され、SPring-8の効率的な運営が求められていることを説明されました。現在、仙台に建設中のNanoTerasuとの連携に期待しているとの意見を述べられました。最後に、SPring-8として変化、進化を続けていくことを期待するとして挨拶を終えられました。

本セッションの最初の講演として、理研/JASRI 矢橋牧名グループディレクター(写真4)より近況サマリー及び今後の展望について報告がありました。近況サマリーにおいて、国内外の情勢として国内では2024年に3 GeV放射光施設NanoTerasuが稼働し、国外においては、世界の大型放射光施設は第4世代へ国力維持・発展のために必須のリサーチ・インフラストラクチャーとして、国を挙げて整備に取り組んでいることが示されました。一方、SPring-8においては、電気代高騰、加速器関連の設備の老朽化が進行してお



写真1 SPRUC 西堀英治会長



写真2 JASRI 雨宮慶幸理事長



写真3 文部科学省 科学技術・学術政策局 研究環境課 林周平様



写真4 理研/JASRI
矢橋牧名グループディレクター



写真5 JASRI 放射光利用研究基盤センター
坂田修身副センター長



写真6 JASRI 利用推進部
木村滋部長

り、対策としてSPring-8-IIへのアップグレードを早期に実現すべく、関係各所と協議中であることが説明されました。また、BLのアップグレードを2018年より実施しており、各BLのポートフォリオを意識した共用BLの再編・高度化、理研BLの拡充・機能強化を進めていることが報告されました。最後に、SPring-8-IIへのアップグレードについては、光源・加速器開発が進められており、永久磁石を利用した分割型の偏向磁石システムを開発し、超低エミッタンスと安定性で世界トップ性能を狙い、かつ電力消費も大幅に削減し、確実な目標の達成を目指しているとのことでした。

次に、共用BL再編の概要について、JASRI放射光利用研究基盤センター 坂田修身副センター長（写真5）より講演がありました。再編にかかわる共用BLの現状について報告がありました。最初に、再編のコンセプトの狙いとして、基盤的な分析装置群の高性能化や産学連携のさらなる促進、オペランド構造解析のニーズへの対応、SPring-8-IIを意識した重複装置の集約や配置最適化、硬X線領域の重点化、さらに、BL・計測制御系を共通化や産学を問わず、研究に最適な装置を容易に利用可能にすることによって、ユーザーの利便性の向上を意識していることが説明されました。次に、直近に整備が完了したBLとして、BL13XUとBL28B2について報告がありました。BL13XUでは、再編により、高分解能粉末回折装置、回折計測汎用フレームが設置され、挿入光源を活用することにより、強度増強、測定時間の短縮、実験室の装置が持ち込み可能になりました。BL28B2では、X線マイクロCT自動測定装置を整備することにより、X線分析の専門家ではないユーザーに対する利便性拡大に資する測定代行が可能になったとの説明がありました。整備が進行中のBLとして、BL04B2では、ハイスループットPDFの整備による測定時間の短縮、BL08Wでは、ハッチタンデ

ム化による装置切り替えの時間短縮について紹介されました。また、BL46XUでは、2台のHAXPES装置を整備することにより、自動計測によるハイスループット及び実環境計測を実現し、さらに既存のBL09XUと合わせて拡大するユーザーからのHAXPESのニーズに貢献するとのことでした。最後に、整備を準備しているBLとして、BL39XUでのX線発光分光器の光学系高性能化及びハッチの増設について説明がありました。BL整備を推進するにあたり、ユーザー利用の拡大、要望を反映させるため、引き続き、ユーザーからの積極的な意見を募りたいとのことでした。

次に、利用制度について、JASRI木村滋利用推進部長（写真6）より報告がありました。まず、利用制度改正の実施状況が報告されました。次に、長期間有効な利用課題の概要において、大学院生提案型課題（長期型）と成果公開優先利用課題（1年課題）が説明されました。最後に、利用制度改正に関わる周知事項として、一般課題、大学院生提案型課題のためのビームタイムをBLの1本全体の1/3以上確保する運用について、常設装置を対象と変更したことについて、及び年2回募集と年6回募集の区分の異なるBLを組合せて課題申請する場合の注意点について述べられました。

3. アップグレードを完了したBL関連の研究会からのフィードバック

セッション2として、アップグレードを完了したBL関連の研究会からのフィードバックが行われました。最初に、HAXPESI（BL09XU）について、JASRI保井晃氏（写真7）からBL09XUアップグレードのポイントが報告されました。次に関連の固体分光研究会の吉田鉄平氏（写真8）より、アップグレード後の高分解能HAXPESにおいて、薄膜、バルク試料の内殻、



写真7 JASRI 保井晃氏



写真8 京都大学 吉田鉄平氏



写真9 JASRI 散乱・イメージング推進室
登野健介室長



写真10 JASRI 依田芳卓氏



写真11 弘前大学 増田亮氏

価電子帯測定により、S/N 比の良い結果が得られ、効率的に実験を行えば、3 日間で約 15 種の組成を観察することが可能であること、さらに高温超伝導体の内殻シフトの精密測定により、Au フェルミ準位のエネルギーシフト（時間依存）を観測できたことを報告されました。次に、医学・イメージング I (BL20B2) について、JASRI 登野健介散乱・イメージング推進室長（写真 9）より BL20B2 高度化の概要として、高エネルギー用多層膜ミラー分光器の導入について報告されました。次に関連の高分解能 X 線イメージング研究会から土持裕胤氏が、アップグレード後の In vivo 放射光微小血管機能イメージングに関する研究について報告しました。また、血管造影は、二次元画像であるため、血管同士の前後関係がわかりにくいと、各個体で三次元情報を簡便に取得できると便利であるとの要望が寄せられました。最後に、非弾性・核共鳴散乱 (BL35XU) について、JASRI 依田芳卓氏（写真 10）から、移設前よりも 2~3 倍の高い強度の X 線が得られるようになり、ほとんどの核共鳴散乱の実験において、大きな改善となったことが報告されました。次に、関連の核共鳴散乱研究会の増田亮氏（写真 11）からエネルギー領域放射光メスbauer分光法、核共鳴振動分光法、 γ 線準弾性散乱法において、高エネルギーとバンチモードの両立を保持した X 線の強度向上により、起動時間の短縮及び信号強度の向上が確認されており、さらなる成果創出が期待できるとのことでした。

4. BL 再編の進捗状況

セッション 3、4 として、JASRI の各推進室長より

BL 再編の進捗状況の報告が行われました。最初に理研/JASRI 玉作賢治回折・散乱推進室長（写真 12）より回折・散乱 BL 群のアップグレードに関する報告がありました。回折・散乱関連では、BL13XU の再編が完了し、BL04B2 において、ハイスループット PDF 計測装置の開発中であることと、BL08W のハッチの改造が行われていることが紹介されました。また、今後の再編予定として、単結晶構造解析ステーション整備の方向性及び BL04B1 に設置されている大容量プレス装置に関する検討事項が示されました。次に、JASRI 熊坂崇構造生物学推進室長（写真 13）よりタンパク構造解析 BL 群のアップグレードについて報告がありました。透過型クライオ電子顕微鏡などの付帯設備を含む SPring-8 における最近の構造生物学研究の環境を紹介されました。タンパク構造解析 BL 群の今後の方向性として最先端の生命科学研究の推進のため共用構造解析研究基盤の高性能化を推進し、SPring-8、SACLA、CryoTEM を活用した正確かつダイナミクスを含む構造情報の提供と蓄積、各要素技術の先鋭化、相関構造解析基盤技術の統合と利用支援の拡充



写真12 理研/JASRI
回折・散乱推進室
玉作賢治室長



写真13 JASRI
構造生物学推進室
熊坂崇室長

を行うことが示されました。次に、分光BL群、BL39XUのアップグレードについて、JASRI 為則雄祐分光推進室長（写真14）から報告がありました。HAXPES BL再編においては、BL09XU (EH1/EH2) と BL46XU (EH1/EH2) の4装置に集約・再編、BL46XUにおいて、全自動HAXPESと環境制御HAXPESを整備中、運用方法の見直し、測定環境の共通化なども合わせて実施中であることが紹介されました。また、先端分光BLの再編においては、X線発光分光器を中心機器としてBL39XUを再編、X線発光分光器専用ハッチを増設し、光学系も最新の機器を導入、低エネルギー領域（4 keV以下）もカバーするBLとして整備予定であることが報告されました。イメージング・SAXS BL群、BL40XUのアップグレードについて、JASRI 登野健介散乱・イメージング推進室長から報告がありました。共用イメージングBLsのアップグレード進捗として、BL28B2マイクロX線CT自動測定装置について紹介されました。次に、小角散乱BL群の再編について、SPRING-8アップグレード計画を見据え、顕在化した課題克服に向けて段階的にBLの再編成を実施することが示されました。また、BL40XUの改造計画では、BL基幹部も含めた改造を2024年12月から実施し、精密回折計を移設することによって小角・広角散乱専用BLとして整備することが報告されました。最後に、SPRING-8データセンター構想について、理研/JASRI 初井宇記チームリーダー（写真15）より、類型化と課題、施設側で検討中の機能として、大量高精細データ（少数試料）に対応したオンサイトのデータセンター（新設）と富岳等スーパーコンピュータとの連携、使いやすいツールの開発について紹介されました。また、多数試料に対応するために、国が進めている研究DXと歩調を合わせた整備、国立情報学研究所（NII）のGakuNin RDMとの接続、物質・材料研究機構（NIMS）のDxMT拠点との連携、量子ビーム施



写真14 JASRI
分光推進室
為則雄祐室長



写真15 理研/JASRI
初井宇記チームリーダー

設間の連携について報告されました。また、データの流通基盤として、情報科学研究者との共同研究の促進と成果の共有、データの流通基盤、データ前処理などの企業ユーザーのニーズに対応し、2023年夏からデータセンターの共用を段階的に開始することが示されました。

5. 総合討論

セッション5では、最初に自動化関連のトピックスとアップグレード予定のBLに関連する研究会からの要望について議論されました。最初に自動化関連のトピックス提供として、JASRI 坂田修身副センター長が粉末自動装填装置とXAFS試料自動調製装置について、現在、試行運用中であり、オペレーションなどについて、検討が必要であることを報告されました。また、自動測定装置については、BL28B2に設置されているX線マイクロCT自動測定装置において測定代行を開始し、BL40B2に設置されている液体試料チェンジャーについては、測定代行を検討中であることが示されました。回折、散乱、高圧関連のBL群BL02B1、BL04B1、BL40XU、(BL08W)に関係の深い各研究会からの要望が代表者から示されました。構造物性研究会の東正樹氏（写真16）から、単結晶構造解析ビームラインに対する要望として、散漫散乱を用いた3D- Δ PDF、微小単結晶解析、集光ビーム光学系、低温実験に関する希望が述べられました。結晶化学研究会の橋爪大輔氏（写真17）からは、単結晶構造解析に対して、不安定なサブミクロン結晶への対応、高強度X線



写真16 東京工業大学
東正樹氏



写真17 理研
橋爪大輔氏



河野義生（愛媛大学）
写真18 愛媛大学 河野義生氏

ビーム、結晶方位可変なゴニオメーター、大面積&広ダイナミックレンジを有する検出器、サブミクロン結晶ハンドリング装置、白色ラウエ法への対応のみならず、全散乱測定による単分子反応、固-液、液-液反応の構造解析、有機薄膜の構造解析、小角散乱による超分子の構造解析など多岐に渡る BL のアップグレードへの期待について示されました。次に、地球惑星科学研究会の河野義生氏 (写真 18) から BL04B1 のアップグレードに対する要望として、白色 X 線を用いた大容量高圧プレス実験下での構造・物性複合測定の発展的継続と挿入光源を用いた高強度の高エネルギーピンクビームを用いた高圧その場環境下での高速 X 線回折・イメージング測定の開発について示されました。また、軟 X 線関連の BL 群 (BL01B1、BL17SU、BL25SU、BL27SU) のトピックス提供・要望として JASRI 為則雄祐室長から報告がありました。SPRING-8-II 用 ID の仕様の確定、BL27SU のアクティビティは、BL17SU に統合することを念頭に BL17SU/BL25SU/BL27SU を合わせた再編の検討を行い、2 本 (BL17SU/BL25SU) を維持、重複する装置を整理して、継続するものは機能強化して再編、真空/低温/周辺環境などの視点から、周辺環境と合わせて装置の集約・整理を検討、硬 X 線 BL と合わせてテンダーの利用環境も残す方向を検討中、回折限界光源の利用を見据えた環境 (フリーポート) の確保などの軟 X 線 BL 再編の検討状況について示されました。最後に、その他の要望として、各研究会の代表から意見が述べられました。コンプトン散乱研究会の櫻井浩氏からは、BL08W のハッチ改造によってセットアップの時間が短縮されたことは歓迎しているが、BL の計測機器の老朽化などへの対応について意見が述べられました。高圧物質科学研究会の石松直樹氏からは、複合計測とリモート測定へのニーズ、課題申請への意見が示されました。残留応力と強度評価研究会の菖蒲敬久氏からは、実験後の解析方法の紹介、解析システムの充実化、結果の解釈など実験後のデータ解析に対する基盤整備についての意見が述べられました。顕微ナノ材料科学研究会の吹留博一氏からは、サブ分子レベルでの高信頼・高速解析法や時空間的に X 線を大面積に均一に照射する技術の開発への要望が示されました。原子分解能ホログラフィー研究会と不規則系機能性材料研究会

の松下智裕氏からは、利用制度の観点からユーザーの持ち込み装置に対する要望が示されました。本セッションでは、多くの研究会からの意見が述べられたため、限られた時間内に総括することはできませんでした。今後、研究会からの率直な意見を施設側と議論できる場を設けることが期待されます。

6. クロージング

最後のクロージングセッションでは、理研 放射光科学研究センター 石川哲也センター長 (写真 19) よりまとめとして閉会の挨拶をいただきました。共用 BL の再編は順調に進んでおり、今後もユーザーからの要望を受け入れていき、継続的な BL のアップグレードを行なっていくことを述べられました。また、プロダクション BL では、簡便に大量の試料を測定できるだけでなく、新たなサイエンスへの展開を期待したいとの話をされました。また、仙台に建設中の NanoTerasu と連携や棲み分けについても、今後しっかりと議論していく必要があるとのことでした。

以上、丸 1 日の WS でしたが、実際にアップグレードが進められる中で、研究会からも活発な意見が見られる有意義な場であったと思います。



写真 19 理研 放射光科学研究センター
石川哲也センター長

SPRUC 第 5 回 BLs アップグレード検討ワークショップ プログラム

http://www.spring8.or.jp/ext/ja/spruc/pdf/5th_blsup_ws_program.pdf

杉本 邦久 *SUGIMOTO Kunihisa*

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

2023B 期 SPring-8 利用研究課題募集について

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

2023B 期 SPring-8 利用研究課題の募集を開始しました。募集対象の課題種や申請の際の注意事項等の詳細につきましては、下記、SPring-8 User Information HP 上の「現在募集中の SPring-8 利用研究課題」よりご確認ください。2023B 期に関しましても、ビームタイムキャンセルの影響を軽減するための運用が適用されますので、「2023B 期における利用研究課題及びビームタイムの運用について」(<https://user.spring8.or.jp/?p=43573>) もご確認ください。

- 現在募集中の SPring-8 利用研究課題
(<https://user.spring8.or.jp/?p=22799>)

2023B 期 SPring-8 利用研究課題の各課題種の応募締め切りは次の通りです。

- ・ 成果公開優先利用課題、成果専有課題
2023 年 5 月 31 日 (水) 午前 10:00 JST (提出完了時刻)
- ・ 一般課題、大学院生提案型課題
2023 年 6 月 15 日 (木) 午前 10:00 JST (提出完了時刻)

<特記>

1. 緊急・特別課題、成果専有時期指定課題 (時間単位利用を含む)、測定代行課題は、随時募集しています。
2. 年 6 回募集ビームライン (BL01B1、BL02B1、BL02B2、BL09XU、BL13XU、BL14B2、BL19B2、BL46XU、BL47XU) の 2023B 第 II 期および第 III 期の課題募集は HP 上 (<https://user.spring8.or.jp/?p=22799>) で適時ご案内します。
3. 次回の成果公開優先利用課題の 1 年課題は 2024A 期に募集予定です。

初めて SPring-8 の利用をお考えの方は、申請の前に以下の Web サイトをご確認ください。

- 初めて利用申請を考えている方へ
(<https://user.spring8.or.jp/?p=18832>)

申請にあたり、ご不明な点がございましたら下記までお問い合わせください。

[問い合わせ先] 〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
公益財団法人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 FAX : 0791-58-0965
e-mail : sp8jasri@spring8.or.jp

2023B 期 SACLA 利用研究課題の募集について

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

2023B 期 SACLA 利用研究課題の募集を開始しました。

■ 一般課題（成果非専有利用、成果専有利用とも）

応募締切：2023 年 5 月 25 日（木）午前 10:00 JST（提出完了時刻）

課題の申請や、申請の際の注意事項等の詳細につきましては、SACLA Web サイト (SACLA User Information) 上の、SACLA Guide > 利用制度／募集案内 > 現在募集中の利用研究課題等 (<https://sacra.xfel.jp/?p=10944>) よりご確認ください。

なお、成果を公表しない成果専有利用のうち、定期的な募集の締切によらず応募・受付される時期指定課題の申請も随時受け付けています。申請された時期指定課題は順次迅速に審査されます（ビーム使用料は通常の成果専有利用の 5 割増しとなります）。

また、緊急課題の申請も随時受け付けています。

各々詳細につきましては、上記リンクよりご確認ください。

申請にあたり、ご不明な点がございましたら下記までお問い合わせください。

[問い合わせ先] 〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
公益財団法人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 FAX : 0791-58-0965
e-mail : sacra.jasri@spring8.or.jp

2023B 期 SACLA 試験利用の募集について

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

2023B 期 SACLA 試験利用の募集を開始しました。SACLA 試験利用は、今後の科学的価値の高い実験の実施を目指して、予め SACLA を試験的に利用していただくものです。

応募締切：2023 年 5 月 25 日（木）午前 10:00 JST（提出完了時刻）

SACLA 試験利用の申請や、申請の際の注意事項等の詳細につきましては、SACLA Web サイト（SACLA User Information）上の、SACLA Guide > 利用制度／募集案内 > 現在募集中の利用研究課題等 (<https://sacra.xfel.jp/?p=10944>) よりご確認ください。

なお、SACLA 試験利用は、利用研究課題との併願も可能です。

申請にあたり、ご不明な点がございましたら下記までお問い合わせください。

[問い合わせ先] 〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
公益財団法人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 FAX : 0791-58-0965
e-mail : sacra.jasri@spring8.or.jp

Spring-8 利用研究課題審査委員会を終えて

Spring-8 利用研究課題審査委員会 委員長
関西学院大学 工学部 藤原 明比古

1. はじめに

令和3年(2021年)4月～令和5年(2023年)3月の2年間、Spring-8 利用研究課題審査委員会(Proposal Review Committee、通称PRC)の委員長を務め、2021B期～2023A期の課題審査を担当させていただきました。以下に、この2年間の審査を振り返り、概要と感想を簡単に述べます。

2. PRC での審査に関して

2-1. PRC の役割

PRCは、Spring-8 選定委員会のもとに設置された4つの委員会(専用施設審査委員会、PRC、大学院生利用審査委員会、Spring-8/SACLA 成果審査委員会)の一つで、一般利用研究課題の課題審査を担っております^[1,2]。近年では、1期あたり800以上の応募課題を審査し、600程度の選定課題候補を決定してきております。応募課題数が多いことに加え、応募内容の研究分野、対象、手法が非常に多岐にわたるため、初めに学識者によるレフェリー審査が行われ、その結果を踏まえて分科会ごとのビームタイム配分素案が作成され、PRCで全体のビームタイム配分案が決定されるという3段階で審査が行われます。このような審査過程を経て決定された課題選定案をSpring-8 選定委員会に上程するのがPRCの役割です。

2-2. PRC での課題審査

PRCでの審査過程は以下の通りです。申請課題は、主に科学技術的価値や成果創出への期待度の視点で、1課題あたり原則4名のレフェリーによって審査されます。分科会は今期2年の期間中に再編されました。2021B期までは生命科学分科会、散乱・回折分科会、XAFS・蛍光分析分科会、分光分科会、人文・社会科学分科会、産業利用分科会、長期利用分科会で構成されておりました。2022A期以降は、近年の申請状況に合わせ、審査分野(散乱回折、分光・分光イメージン

グ、イメージング、非弾性散乱、構造生物学、産業利用、人文・社会科学、その他)に基づく分科会の構成になりました^[3]。分科会ではレフェリー審査の結果をふまえ、各専門分野で総合的な審査を行います。PRCは各分科会の主査および施設側委員から構成されており、各分科会で議論された内容に関する情報を共有すると共に、ビームタイム配分案を決定します。

PRCでは、当該期間のビームタイム配分案を決定するのが最も重要な任務ですが、その課題審査を通して、より良い課題を選定するために、研究動向や審査システムのあるべき姿についても議論します。以下、今期2年間で取り組んだ主な点について触れます。

2-3. 様々な改編の下での審査

今期2年の期間中、利用制度の変更がありました。大きな変更の一つは、上記の通り分科の再編でした。さらに、2022B期からは年6回募集のビームライン(BL)が3本から9本へと増加しました^[4]。これら利用制度の大きな変更に加え、Spring-8の施設自体(ハードウェア)の変更、すなわち、装置群の再編・集約や新規装置の導入もありました。短期間でのハードウェアとソフトウェアの大きな変更は、課題審査に大きな影響を与えうるものでした。

実際、おおよそ想定されたものから想定外のものまで、これまでの「定常運転」とは異なる案件が顕在化しました。しかしながら、これまで継続的に行われてきた研究動向や審査システムについての議論の蓄積とそれに伴って養われた対応力が、これらの影響を最小限に抑え、課題審査が実施されたと理解しております。

このように、今期2年間は、様々な環境変化の下で、対処すべき案件の整理とフィードバックを繰り返しながら、あるべき透明性と公平性を担保した課題審査を目指してきました。その中で、改めて、採択率や採否のボーダーラインとなる評価値が分科やBLによら

ない環境整備の重要性を確認しました。

2-4. より良い申請のためのフィードバック

不採択課題へのフィードバックをどのようにするかは長い間議論となっています。現在、審査結果については分科会からコメントを付記されますが、全ての申請に対して採否理由の詳細まで触れているわけではありません。不採択理由の詳細を伝えることは、次の申請の改善に非常に有用であり、ひいては、申請課題全体の質の向上を通して、SPring-8 の成果最大化へとつながるものだと信じています。現在、具体的なフィードバック方法について、技術的な点まで踏み込んだ議論も進んでおります。近い将来、次回申請に有用な情報となるフィードバックができることを期待しています。

2-5. 補欠課題

2020 年以降世界中で猛威を振るい、国内の産官学の研究開発にも大きな影響を与えた新型コロナウイルス感染症によって、ユーザー利用期間中に多くの実験のキャンセルがありました。このような状況を受け、キャンセルされたビームタイムを補欠課題で実施するなどの新しい取り組みも行われました。また、この補欠課題システムは、電気料金高騰など様々な理由によって変動するビームタイムを吸収する機能としても威力を発揮しています。今後のビームタイムの有効活用の一つの機能として継続されることを期待します。

3. おわりに

SPring-8 利用研究課題審査委員会は、透明性と公平性を担保し、SPring-8 からの研究成果を最大化するための成熟したシステムが構築されていると感じます。数多くの課題を審査することや今期のような変革の中で審査することは非常に大変な作業ですが、このような基盤があることで、ビームタイム配分案を作成するにとどまらず、より良い課題を選定するためには何が必要かを議論することができることを実感しました。

紙面の都合上、分科会および PRC での議論の一部のみを紹介しましたが、より良い課題審査のために

様々な議論が行われています。一方で、分科会や PRC の独立性と統一性・継続性のバランスについても検証し続けることも重要で、成熟した基盤の中で守るべきことは継続しながら硬直化することなく進化していくことが大切です。今後、一層飛躍が求められる SPring-8 において、委員会の柔軟かつ迅速な対応への期待は一層増していくものと考えられます。

最後に、レフェリー、分科会および PRC の委員の皆様、JASRI スタッフの皆様のご尽力に敬意を表すとともに、心より感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] <https://user.spring8.or.jp/?p=16542>
- [2] <https://user.spring8.or.jp/?p=26047>
- [3] SPring-8/SACLA 利用者情報 26 (2021) 274.
- [4] <https://user.spring8.or.jp/?p=34896>

藤原 明比古 FUJIWARA Akihiko

関西学院大学 工学部
〒669-1330 兵庫県三田市学園上ヶ原 1 番
TEL : 079-565-9752
e-mail : akihiko.fujiwara@kwansei.ac.jp

SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて 分科会主査報告

SPring-8 利用研究課題審査委員会

小角・広角散乱分科会主査/京都大学 化学研究所	竹中 幹人
X線回折(単結晶)分科会主査/筑波大学 数理物質系	守友 浩
X線回折(粉末)分科会主査/東京工業大学 理学院	植草 秀裕
X線回折(汎用・構造評価)分科会主査/千葉大学 大学院工学研究院	中村 将志
X線回折(高圧)分科会主査/東京大学 物性研究所	上床 美也
汎用 XAFS・汎用 MCD 分科会主査/慶應義塾大学 理工学部	近藤 寛
先端 X線分光分科会主査/東北大学 多元物質科学研究所	雨澤 浩史
光電子分光分科会主査/東京理科大学 先進工学部	齋藤 智彦
赤外分光分科会主査/東北大学 金属材料研究所	佐々木 孝彦
イメージング分科会主査/ 北海道大学 大学院工学研究院 機械・宇宙航空工学部門	中村 孝
非弾性散乱分科会主査/名古屋工業大学 大学院工学研究科	壬生 攻
構造生物学分科会主査/岡山大学 学術研究院医歯薬学域	山下 敦子
産業利用分科会主査/ 公益財団法人佐賀県産業振興機構 九州シンクロトン光研究センター	妹尾 与志木
人文・社会科学分科会主査/山陽学園大学/林原美術館	谷一 尚
長期利用分科会主査/東京大学 大学院新領域創成科学研究科	有馬 孝尚

1. 小角・広角散乱分科会

小角・広角散乱分科会では、高分子系、生物系、液晶、ミセル、金属、液体・ガラスなどの小角散乱測定
の課題が、大部分を占めているが、SDGsの潮流に伴い、木材、セルロース関連の課題が増えてきている。さらに、今までにない分野から(歯科材料や植物細胞など)の応募も多く見られ、分野の多様性が顕著になってきている。この傾向のため、いままで小角散乱を使ってこなかった研究者からの応募が増加している傾向が見られてきている。これらの傾向はこの小角散乱の分野の広がりを示すものであると思われる。また、申請数も増加傾向であり、BL40XUでは採択率が大きく低下した。BL40XUではイメージング分野の実験も行われてきており、イメージングにおける1課題あた

りのビームタイムが比較的多いことを考えると、今後、お互いのビームタイムを圧迫することが十分に考えられる。現在の小角散乱分野の申請数の増加を考慮すると、小角散乱ビームラインの再編においてIDの小角散乱装置の拡充が必要であると思われる。審査において、いくつかの申請書で問題点が散見された。特定の実験条件を満たすためにどのような手段を講じるのかなどの実験の詳細についての記述が不正確であるために、実験の実現性に乏しいとされて落とされているものがあつた。この実験記述の不備については、申請者が施設担当者にコンタクトせずに提出をしていることも一因であるかと思われる。申請前に施設担当者へのコンタクトを行い、実験の実施について議論することを、申請者に奨励する必要があると思われる。

また、実験の目的自体が、明確に示されていないものもいくつか見られた。最近の申請書では目的などを明確に記述できるように工夫がなされているのにも関わらず、うまく記述されていないこともあり、その点についても、できるだけ施設担当者にコンタクトをとってもらい、その際に、色々とアドバイスできるようにするのも、一つの方法かと考えられる。

(小角・広角散乱分科会主査 竹中 幹人)

2. X線回折(単結晶)分科会

2-1. 分科会再編

各ビームラインにおける高度化や測定手法の多様化に対応して、また、10年以上にわたり分科会の編成が変更されていないことから、2022Aより分科会が再編されました。再編のポイントは、1)分科会とビームラインとの一致を可能な限り実現、2)分科会とJASRIの組織との一致を考慮、3)原則、測定手法をベースとした編成、4)分科会選択のためのサイエンス・キーワードを設定、です。利用課題申請書の審査分野区分(結晶回折、分光・分光イメージング、イメージング、非弾性散乱、構造生物学、産業利用、人文・社会科学、その他)に沿った形で、分科会の再編がなされました。

2-2. DS2分科会

DS2分科会は審査分野—X線回折(単結晶)—に該当します。主なビームラインはBL02B1およびBL40XUです。また、サイエンス・キーワードは、有機系結晶、無機系結晶、金属錯体、MOF等です。実際、審査課題の9割以上がBL02B1への申請課題でした。BL02B1への申請課題では、MOFや超分子を測定対象とする課題の件数が大部分を占めていました。これは、放射光X線構造解析が、複雑な構造をもつ物質開発における必須のツールであること、を反映しています。

2-3. BL02B1の年6回募集

2022B期から、BL02B1ビームラインは年6回募集対象ビームラインになりました。募集回数の増加は、ユーザーがSPring-8の利用機会を増やすだけでなく、試料合成→構造決定→成果報告のサイクルの加速に

つながります。年6回募集が始まってあまり時間が経っていませんが、①申請数が減少(BL02B1では、課題の採択率が高くなっている)、②第2希望ビームラインの選択の不可、③レフェリーの負担増大、といった影響が見受けられました。分科会では、こうした影響を注視しつつ、課題審査を進めることとなります。

2-4. 大学院生提案型課題

DS2分科会では、大学院生提案型課題も審査しました。大学院生提案型課題の申請書の中には、SPring-8への課題申請書として適切に記載されていないものが少なからずありました。そういった課題申請書は、レフェリーの評価も低く、結果、不採択になったものが少なくありません。分科会では、放射光分野の若手研究者育成の観点からも、レフェリーの評価コメントの開示は有効であろう、という意見が出されています。

(X線回折(単結晶)分科会主査 守友 浩)

3. X線回折(粉末)分科会

3-1. はじめに

2022A期から分科会が再編され、散乱回折分科会は、単結晶、粉末、汎用・構造評価と3つに分かれることとなった。X線回折(粉末)分科会はBL02B2、BL19B2、BL13XUを担当し、粉末結晶によるX線回折強度測定を行う研究提案に対して課題選定とビームタイム配分を行っている。

3-2. 分科会の特徴

担当するBL02B2は伝統ある粉末構造解析ビームラインで、一次元半導体検出器の多連装型回折計を利用した迅速測定が特徴となっている。BL19B2でも同様の測定が可能であり、2022B期からは当分科会が担当に加わった。BL13XUは挿入光源による特に高輝度な放射光を利用でき、第3ハッチの高分解能多連装型粉末回折装置による、微量試料からのミリ秒単位の時間分解測定が特徴である。

研究提案は、ビームラインの特徴を生かした先端的なものが多い。特に試料環境変化を行うことで、物質が反応する過程をその場観察する研究はSPring-8からの成果発信が期待される。例えば、多孔性材料であるMOF、PCPの粉末結晶試料をキャピラリーに封入

し、ガスを導入した状態で測定できる環境が整備されており、高い時分割回折強度測定・解析により、ガス吸着過程を粉末構造解析する研究がある。

3-3. 審査について

多様な研究を多数採択し幅広い研究に寄与することを目指したが評点やビームタイムの都合で審査はいつも難しい。BL13XUの短い時分割能などの特徴を生かした高度な測定を希望する提案が非常に多く、採択数が限られている。このような挿入光源を使った最新の粉末回折装置を増やすことが急務である。また研究によっては短時間の測定で十分な成果が得られる場合もあるので、例えば1-2時間のビームタイム配分を行い、採択数を増やすことで、成果発信増加につながるだろう。

2022B期より年6回募集が開始された。一般に試料準備後はできるだけ早期に放射光測定を行い構造解析することが望ましい。年6回募集では約2ヶ月ごとに募集が行われ、この期待に応えられる利点がある。一方、短期間で応募を繰り返し、通期利用するグループがないか、第I期の解析が終わらないうちに第II期に応募するケースがないかなどの不安はあったが、現時点では問題なくポジティブな結果と言える。

(X線回折(粉末)分科会主査 植草 秀裕)

4. X線回折(汎用・構造評価)分科会

分科会が再編された2022A期より2023A第I期までX線回折(汎用・構造評価)分科会(DS4分科会)の主査を拝命しました。主なビームラインとしてはBL04B2およびBL13XUですが、同等のエネルギーをカバーしており、同種の回折計や検出器が設置されているBL08WやBL19B2の申請課題も審査しました。BL04B2およびBL08Wは主に高エネルギーX線を用いた全散乱測定の申請が多くを占めていました。アモルファスなどの非周期系や結晶PDF解析は、新規に応募される申請者も多く、物質科学において重要性が増していると感じました。また、BL13XUは界面や薄膜構造、引張応力やナノビームを用いたX線回折測定に関する課題が中心であり、電池材料やトライポロジーに関する申請も増えています。高輝度なID光源を駆使した申請が多い印象です。

回折ビームラインの再編によりBL13XUにはDS3分科会が担当する粉末X線回折の申請が半数を占めることとなり、DS4の採択課題数が大きく減少しました。とくに2022B期以降は、配分可能なビームタイムも限られており、できるだけ多くの方に使っていただきたく分科会委員も非常に頭を悩ませる会議が続きました。また、BL13XUは年6回の課題募集となりましたが、いずれの課題募集においても採択率は低く、不採択が続いた申請者へのフィードバックが必要であると感じています。ビームライン再編後の過渡期がありますが、PRC委員長にも現状を憂慮していることを伝え、施設側も問題点を理解されています。今後、適切な対応をされていくと思いますが、分野やビームラインによる偏りが少ない課題審査システムになることを切に希望いたします。最後に、申請課題審査において丁寧なコメントをいただいたレフェリーの皆様、円滑な分科会進行にご協力いただいた脇原委員および小金澤委員に感謝申し上げます。

(X線回折(汎用・構造評価)分科会主査 中村 将志)

5. X線回折(高圧)分科会

5-1. はじめに

2021年4月~2023年3月の2年間、SPring-8利用研究課題審査委員会のX線回折(高圧)(DS5)分科会主査として、2021B期~2023A期の課題審査を担当いたしました。コロナ禍および分科会の再編が行われた2年間の審査を振り返り、状況と感想を簡単に記載します。

5-2. 課題審査

分科の改変が2022年度に行われ、担当がD2(散乱・回折分科の高圧物性、地球科学小分科)からDS5へと改革されました。最初の課題審査は2021B期でD2としての課題審査でした。コロナ禍ということもあり、申請件数が減るのでは?との懸念もありましたが、懸念されたほどの影響はなく多くの申請があり、やむを得ず不採択となる課題も多く、SPring-8の重要性と皆さんの期待が伺えました。D2分科では申請内容がD2担当装置と合致していない申請が数多く見られ、複数レフェリーでの評価点数の開きが大きく採択に苦慮する申請が複数ありました。分科会の再編は、

このような事態の回避も目的の 1 つとして行われたと思います。2022 年 A 期からは分科会改変後の DS5 分科での課題審査を行いました。DS5 担当装置に不相当と思われる課題や、レフェリー評価点数が極端に開く申請も少なくなり、分科会再編が上手く機能している事が伺われました。申請件数は、コロナ禍の影響が僅かに残りコロナ禍前と同様とは言えませんが、95%程度回復しています。今後は通常に戻っていくと期待しています。採択基準としては、実績もさることながら、新しい科学が生まれる申請をできるだけ拾う様に心がけたつもりですが、私の能力の限界もあり希望に添えなかった申請者には申し訳ありませんでした。申請課題の中には目的を理解するのに苦しむ場合もあり、研究内容(文章)を読みやすく書く事も採択に繋がるコツかもしれません。また課題審査での不採択にせざる得ない理由として、施設担当者(コーディネーター)との連絡不足があります。課題研究の成果を最大限引き出すためにも利用相談することをおすすめします。利用相談により研究内容のさらなる発展も期待できるのではないのでしょうか?

5-3. おわりに

SPring-8 利用研究課題審査を行い、最先端の研究課題を審査する重要な仕事である事を痛感しました。審査は、毎回、丸一日がかりの大変な仕事でしたが、比較的スムーズに審査が行えたとも思います。ひとえに、大石さん、肥後さんをはじめとしたビームライン担当者および分科会委員の見識の高さと献身的なサポートの結果であり、ここに深く感謝いたします。また、DS5 (D2) 分科からの要望の多くが採用され、審査が問題なく行える様に常に気を配って頂いた事務局スタッフの皆様にも心より感謝いたします。

(X線回折(高圧)分科会主査 上床 美也)

6. 汎用 XAFS・汎用 MCD 分科会

汎用 XAFS・汎用 MCD 分科会の主査を仰せつかりまして、鈴木基寛先生(関西学院大学)と加藤和男氏(JASRI)とご一緒に 2022A から 2023A の利用研究課題審査に携わらせていただきました。この期間には分科の再編と担当分科の年 6 回募集への変更があり、審査にも大小さまざまな変化がありましたが、ご一緒

したお二人の委員の真摯なご協力のお蔭によりまして、滞りなく審査を行うことができましたことをまずは感謝申し上げたいと思います。

当分科会は BL01B1 および BL14B2 を始め、XAFS および XMCD が関わる 8 本のビームラインの課題審査を担当しています。XAFS 分野では、In situ/operando 計測の申請が増える一方、複数の試料に対して標準的な XAFS 解析を行って比較する課題は相対的に減る傾向がみられました。磁性分野では MCD 関連の申請が硬 X 線を中心に減る傾向がある一方で、ナノビームを利用する顕微関連の課題は着実に増えています。SPring-8 のように最先端の研究課題が集まる施設への申請は、その時代の研究の流れを敏感に反映することが感じられました。

課題審査は、基本的にレフェリー評点に基づき、評点が僅差の課題はレフェリーコメントを参考にして慎重に進めました。不採択が続く課題に対して、審査委員会から特別に何か支援することはできないのですが、熱意をもってやりたいと思う研究課題が採択に向けて後押しされるような効果的な制度が設けられたらよいなと思いました。

2022B から BL01B1 は年 2 回募集から年 6 回募集に変わりました。そのため申請件数が一旦大きく増加しましたが、回を追うごとに減少して、2023A では元の水準に落ち着いたように見えます。申請の機会が増えることはユーザーにとって大きなメリットがあると思います。それがメリットになるためには、信頼できる審査制度が土台として必要です。これまで、審査に関わられてこられた多くの皆様の多大なるご尽力でそのような信頼関係が築かれていると思います。そのような活動に加わらせていただいたことを感謝すると共に、今後も、審査を含め増々魅力的な先端放射光施設として発展し続けることを心よりお祈りしております。

(汎用 XAFS・汎用 MCD 分科会主査 近藤 寛)

7. 先端 X 線分光分科会

令和 3 年~令和 4 年度(2021B~2023A 期)の先端 X 線分光分科会の主査を仰せつかり、微力ながら、水口 将輝先生(名古屋大学)、河村 直己先生(JASRI)と共に、その重責を務めさせて頂きました。今期間か

ら分科会が再編成され、本分科会では、XAFS や XRF に代表される X 線分光を用いた先端計測を扱うことになり、採択課題、ビームラインおよびシフト配分の決定、評価点および申請者への審査コメントの作成を行いました。

近年では、X 線分光は、材料科学、化学、エネルギー、エレクトロニクス、医学、地質・地学など多く研究分野において、なくてはならないツールの一つとなりつつあります。またその対象も、金属、セラミックス、半導体、高分子、生体試料など、非常に多岐に渡るようになっていきます。特にこの分科会で審査された課題には、特殊環境やデバイス動作下でのオペランド計測、複数手法の複合計測、顕微分光計測、イメージング分光計測など、正に「先端 X 線分光」を名乗るに相応しいものが多く見られました。そのため、レフェリーの評点も概して高く、拮抗する傾向があり、採択課題の選定が難航することもありました。そのような際には、レフェリーからの詳細な評価コメントが大変参考になりました。採択課題としては、触媒や蓄電池、燃料電池、地学・地質関連の課題が多く、基本的にはこれまでと同様の傾向が続いている印象でした。ただそのような中でも、多次元分光、高分解能計測、テングダー X 線利用など、新しい挑戦的研究の潮流も見られ、X 線先端分光の今後のさらなる発展・展開が感じられました。一方で、コロナ禍の影響を考えると致し方ないところはあったと思いますが、海外研究者による申請が少ない傾向であったのは、施設の国際化を考えると残念でした。

今年の後半からは、いよいよ NanoTerasu も稼働が始まります。SPring-8 がこれからも世界最先端の放射光施設であり続けることに変わりはないと思いますが、今後は、国内の各放射光施設が、それぞれの得手不得手を踏まえ、役割分担していくことがより一層求められるようになるでしょう。課題募集や選定においても、そのような配慮がなされることを期待します。

(先端 X 線分光分科会主査 雨澤 浩史)

8. 光電子分光分科会

私は 2021 および 2022 年度 (2021B-2023A 期課題審査) の SPring-8 利用研究課題審査委員会 (PRC) におきまして、分光分科 S1 小分科会、続いて光電子

分光 (SP3) 分科会の主査を務めさせて頂きました。本稿ではその簡単な報告をさせて頂きます。

任期中は、二つの大きな改革がありました。一つは 2021B 期と 2022A 期の間で行われた、分科再編です。元々、分光分科は、光電子分光、赤外物性、光化学をカバーする S1 小分科と MCD の S3 小分科から成り立っており、2021B 期の S1 分科会は、組頭広志先生 (東北大)、佐々木孝彦先生 (東北大)、松波雅治先生 (豊田工業大)、池本夕佳先生 (JASRI)、高木康多先生 (JASRI) と私の 6 名、S3 分科会は水口将輝先生 (主査:名古屋大)、鈴木基寛先生 (関西学院大)、河村直己先生 (JASRI) の 3 名で構成されており、この 9 名で SIS3 合同審査会を開きました。当然、分野も広範で課題数も多く、様々な研究を知る良い機会になった一方で、審査会はかなりの時間がかかりました。しかしこの再編により、2022A 期から S1 分科は光電子分光分科 (SP3) と赤外分光分科 (SP4) に分かれ、SP3 は組頭先生、高木先生、私の 3 名構成となりました。その結果、審査課題数も減って、より綿密な審査が行えるようになったと感じています。

もう一つは、2022B 期から始まった BL09XU の年 6 回募集制です。これにより、硬 X 線光電子分光ビームラインは、既に年 6 回制だった産業利用の BL46XU と併せて、完全な年 6 回制となりました。利用者への効果は今後を注視する必要がありますが、BL09XU は大学ユーザーがメインなので、少なくとも短期的には、大学が忙しい A-I 期 (4 月から 5 月中旬頃) では競争率が下がる可能性があります。一方、分科会としては、会議数は増えましたが、1 回当たりの申請数は (特に、BL17SU、25SU の申請のない II 期 III 期は) さらに減ったので、全体の負担はそれほど増していないと感じています。またコロナ禍以降、オンライン会議が一般的になったこともあり、以前よりも審査会委員の負担は減っているのではないかと思います。

以上のような大きな改革以外にも、PRC は細かな事柄も含めて、常に改善・改良を行ってきており、いわば改善委員会でもあります。審査委員・主査の仕事は、その不断の努力を体感することができ、さらには施設・審査側の立場をより深く知ること、施設利用の全体像を理解する貴重な機会となるものであった、と今感じる次第です。今後の委員となる皆様にも、きつ

とそのような「成果」があるものと思います。どうぞご尽力いただければと思います。

最後に、分科会を運営して下さった利用推進部スタッフの皆様、そしてご多忙の中課題を審査して下さいましたレフェリーの先生方に深く感謝申し上げます。

(光電子分光分科会主査 齋藤 智彦)

9. 赤外分光分科会

2021-2022 年度の SPring-8 利用研究課題審査委員会 (PRC) の赤外分光分科会 (SP4) 主査を務め、赤外物性ビームライン (BL43IR) 利用研究の申請課題審査に携わらせていただきました。SP4 分科会の委員は、私のほかに松波雅治先生 (豊田工業大学) と池本夕佳氏 (JASRI) に担当いただきました。

2021B 期までの 1 年間は、分光分科 S1 小分科 (固体光電子分光物性、赤外物性、光化学) 内に赤外分光が含まれており合同で審査が行われていました。2022A 期課題審査より分科の再編が行われ赤外分光に関しては、独立の SP4 赤外分光分科会となりました。このため課題審査に関連するビームラインは、BL43IR のみとなりました。あわせてレフェリーが審査する個々の申請課題もほぼ BL43IR を利用する申請のみとなりました。これにより、レフェリーが申請課題を評価して相対的評点をつける際に、分科再編以前は研究内容や研究方法が相当異なる課題間での相対評価を行わないといけなかったケースが多々あり、評点付与の判断に困難さが伴っていたのですが、これがかなり緩和されたと思います。レフェリーによる相対評価の精度向上は、分科会での審査においても公平で効率的な審査につながっていると感じました。これは、各課題に対するレフェリーによる評価のばらつきが再編以前に比べて少なくなっていることに現れています。特にビームタイム配分の制約による採択のボーダーライン前後での採否に対してより適切な判断が行えたと感じています。

BL43IR 利用に対して申請、実施された課題では、長期利用課題や重点課題等の優先的なシフト配分を必要とする課題はありませんでしたので、ほぼすべてをレフェリーによる評価点とコメントによる一般課題シフト枠での採択とビームタイム配分を行いました。原則的には各課題の採否はレフェリーによる相対

評価点数が高い順に順位をつけた資料をもとに審査が進められました。またビームライン担当者による安全審査と技術審査が行われ、装置の状況に合わせて各課題の実験が確実かつ安全に実施できるかも検討しました。BL43IR の利用申請においては、ビームライン担当者の努力によりほぼすべての課題申請に対して事前打合せや予備の実験が行われていたので、安全審査、技術審査が採否の判断において問題になることはありませんでした。申請課題によってはレフェリーの評点が分かれていることもありましたが、分科再編により各課題に対してのレフェリーコメントがより適切になったことで、委員間での議論や判断に大変役立つものになったと思います。一方で、研究目的や研究内容的には優れていると考えられる申請に対しても、シフト数が限られていたことから残念ながら採択に至らない課題や要望通りのビームタイムを配分することができなかった申請が少数ながらありました。BL43IR の利用申請における採択率は他のビームラインと比較して高いため、不採択となる申請はあまり多くありませんが、不採択課題に対しては申請書における問題点などをビームライン担当者と共有し、課題申請者と次期申請での検討をしていただけるようなフィードバックを分科会としてお願いしています。

このたび、SPring-8 の課題審査という重要な役目を担わせていただきました。コロナ禍において利用実験の実施やスケジュール調整などの実際のビームライン運用ではビームライン担当者のご苦労は多大なものがあつたかと思ひます。担当者と併走して課題審査を無事終えることができたのは、ご協力をいただいた分科会委員、丁寧に査読をしていただいたレフェリー、そして献身的にご尽力いただいた JASRI ビームライン担当者をはじめとする関係職員の方のおかげです。この場をお借りして厚く感謝申し上げます。本報告を執筆している 2023 年 3 月中旬時点で、コロナ禍による各種制限の緩和が徐々に進んでいます。2023A 期からより正常化が進み活発な利用研究が進むことを期待しています。

(赤外分光分科会主査 佐々木 孝彦)

10. イメージング分科会

2021 年度～2022 年度の 2 年間、イメージングに

関わる分科会の主査を務めさせていただいた。2021年度までは散乱・回折分科におけるD3分科会（材料イメージング）に、また分科会再編が行われた2022年度はイメージング分科会に所属した。この間、同分科会委員である小林正和先生（豊橋技術科学大学）、世良俊博先生（九州大学）、上杉健太郎氏（JASRI）とともに申請課題の審査に携わった。

初年度は自身の研究分野が構造材料に関わることもあり、比較的専門に近い審査課題に触れることが多かったように思う。しかし、分科会再編後は、イメージングという範疇で材料を問わず様々な課題を扱うことになり、審査に戸惑う場面にもしばしば遭遇した。そのような場合、レフェリーコメントが極めて参考になった。レフェリー各位のご尽力により、ここ数年の短い期間でも審査コメントがより詳しく充実してきたと感じているが、時には意見が大きく割れることもある。そのような場合、委員の間で喧々諤々の議論が始まり、申請書をさらに詳しく読み込んで評点を決定することになる。正当に評価したつもりではあるが、競争率の高いビームラインでは止む無く不採択とした課題も多い。このような課題に対して適切なフィードバックを行う試みは順調に進展していると思われるが、分科会の仕事はつくづく心臓に悪いものだと感じた2年間であった。

申請者の立場から審査を統括する立場に変わり、SPring-8における研究開発の仕組みが関係者のご尽力により支えられていることを知ることとなった。特に分科会委員の皆様をはじめ、レフェリーの皆様、JASRI 職員の皆様には多大なるご協力をいただいた。この場を借りて御礼を申し上げる。今後もSPring-8の研究開発体制や申請者への支援体制が益々充実し、優れた成果が次々に産み出されていくことを願っている。

（イメージング分科会主査 中村 孝）

11. 非弾性散乱分科会

2022A期の分科会再編を挟んで、2021B期D4分科、2022A～2023A期IXS分科の主査を務めさせていただきました。当分科が担当する申請課題は、コンプトン散乱関連課題（@BL08W）、X線非弾性散乱関連課題（@BL35XU、BL43LXU）、核共鳴散乱関連課題

（@BL35XU、BL19LXU）で、私自身は核共鳴散乱関連のビームラインユーザーであります。主たるビームラインはBL08WとBL35XUで、これらのビームラインへの他分科経由の申請との調整も入ります。分科会委員の経験もない中、いきなり主査の大役を拝命しましたが、分科会では、現場のビームライン事情に精通したA. Q. R. Baron委員、審査結果集計システムへの入力を担当いただいた石井賢司委員、コンプトン散乱関連課題に詳しい小林義彦委員のサポートを受け、2年間の任期を無事務め上げることができました。

2021B期には、BL09XUから移行された核共鳴散乱実験がBL35XUで本格運用開始されたことに伴い、X線非弾性散乱関連と核共鳴散乱関連の採択課題数のバランスが懸念されましたが、分科会開催に先立ち、両宮慶幸理事長、木下豊彦利用推進部長（当時）より、両関連課題のバランスをとりつつ、あくまでも科学的評価に基づいて審査を進めるよう、要請を受けました。蓋を開けてみると、メリハリをつけた採点分布が求められるレフェリー審査システムと、レフェリーの適切な割当方法のお陰で、両関連課題にバランスがとれたレフェリー審査結果となり、2023A期に至るまでバランスの取れた採択を継続することができました。一方、2022A期の分科再編の影響はほとんど受けず、他分科との調整についても大きな問題は起こりませんでした。

X線非弾性散乱関連課題に関しては、2021B期より、BL35XUへの申請が自動的に理研ビームラインBL43LXUに併願申請されるようにシステム設計されており、ビームライン担当者がBL43LXUでの実施がより適切と判断した若干の課題をBL43LXUで採択しました。核共鳴散乱関連課題に関しても、施設側の協力を得て、2022A期よりBL35XUへの申請が自動的に理研ビームラインBL19LXUに併願申請されるシステムを導入し、BL19LXUで実施可能な若干の課題をBL19LXUで採択しました。これにより、BL35XUとBL19LXUのボーダーライン格差が解消されました。今後もこれらの併願システムの継続的な運用が望ましいと思われます。

コンプトン散乱関連、X線非弾性散乱関連、核共鳴散乱関連の申請課題件数は、それぞれ15→13→11→13課題、12→14→17→17課題、15→14→9→15課

題と推移しました。2022B 期には一時的に海外からの核共鳴散乱関連課題申請がゼロになりましたが、2023A 期には復活し、ここ 2 年の申請件数はほぼ横ばい傾向となっています。

1 課題あたりのビームタイムが比較的長いこともあり、採択圏内に常連の申請者が目立つ結果となっていますが、このことがこの分科のさらなる発展に対する課題であると思います。

(非弾性散乱分科会主査 壬生 攻)

12. 構造生物学分科会

2021 年 4 月から 2023 年 3 月まで、構造生物学分科会の主査を担当いたしました。2021 年度までは、生命科学分科会という名称のもと、L1：蛋白質結晶構造解析、L2：生物試料小角散乱（非結晶）、L3：バイオメディカルイメージング・医学研究一般の 3 つの小分科に分かれ審査が行われてきましたが、2021 年度より L2 小分科で取り扱われてきた BL38B1 を利用する bioSAXS が L1 小分科に加わるとともに、SPRING-8 サイトにおいてクライオ電子顕微鏡 (CryoTEM) の共用も開始され、CryoTEM 利用課題も L1 小分科の担当となりました。さらに、2022 年度からの分科会再編に伴い、従来の L1 小分科は構造生物学 (SB) 分科会と名称を変え、蛋白質結晶構造解析、溶液散乱解析から、クライオ電子顕微鏡単粒子解析までを網羅する、「相関構造解析」という多様な手法で生命現象の理解を目指す構造生物学の潮流にのっとった分野構成となりました。

分科会の応募状況そのものについては、以前と大きな変化はなく、採択率も高い水準での維持となりました。蛋白質結晶構造解析課題については、測定の迅速化と自動化により、短時間の利用が増え、特に自動測定への高い希望が見られました。また、CryoTEM については、本施設の特性上、CryoTEM 利用のみの課題申請を認めず、放射光 X 線を併用する実施内容を求めましたが、現在の構造生物学における CryoTEM の重要性を反映するように、会を重ねるごとに希望課題数および希望マシンタイム数の増加が見られ、マシンタイムが逼迫しかねない状況も見られるようになってきました。このような状況については、施設の方々のご尽力により、効率的なビームタイム・マシンタイ

ム配分が工夫され、なるべく多くのユーザーにタイムリーな実験環境が提供できるような運営をいただきました。

一方、課題審査においては、特に放射光・CryoTEM 併用課題において、両者の準備状況の違いからレフェリー間で評価が割れるケースや、放射光利用において短時間利用が増えたこととも関連し、相互に科学的関連性の薄い内容をまとめて申請する包括的な申請課題が見られ、やはりレフェリーの評価が下がるケースなどがありました。これらも含め、申請書の記載内容が不十分な課題については、低い評価となるケースが多く見られました。課題申請においては、実験内容について丁寧な記載をいただけると、よりユーザーの実験を適切に評価できることを、主査になり改めて実感しました。

最後に、ユーザーの方々の研究のご発展をお祈りするとともに、分科会委員の先生方、レフェリーの先生方、JASRI の関係者の方々に、この場を借りて心より御礼申し上げます。

(構造生物学分科会主査 山下 敦子)

13. 産業利用分科会

13-1. 分科会の概要

本記事の対象となる分科会の概要は以下の通りです。
期間：2021A 第 II 期より 2023A 第 I 期までの 2 年間
主査：妹尾与志木、委員：木村正雄、宮崎司、岡島敏浩、堂前和彦の 5 名が担当
募集：全期間を通じ年 6 回募集

13-2. ビームライン再編と利用制度変更

ビームラインの再編と利用制度の変更が以前より議論されていましたが、2022B 第 I 期より以下のように変更が実施されました。

- 当分科の利用に特化していた 3 ビームライン (BL14B2、BL19B2 および BL46XU) の利用可能分科が拡大され、それぞれ 2~4 分科で利用可能とされた
- 当分科のみの制度であった年 6 回募集が当分科を含む 7 つの分科に拡大された

13-3. 今期間の分科会の特徴

当分科では、産業を直接担う企業が自らの手で企画・実施する課題を推奨しており、提案者の中に最低1名の民間企業所属のメンバーを入れることが提案の条件になっています。当分科に特化していた3ビームラインにはスループットの能力にも配慮があり、企業利用を意識したものになっています。申請される課題は、電子材料、電池、食品など非常に多岐の産業分野にわたるのが当分科の特徴で、その点は過去から変わっていません。一方で、民間企業所属の方が課題責任者を務めておられる提案が少ない、企業からの提案者が1名のみ等の課題が多い等の問題も抱えていました。当分科の前主査が「申請課題の質の低下を感じています」と記されていますが、提案内容に十分な記述が無いと感じられるものもあり、良くない意味での「慣れ」も出てきているように思われます。

今期間には以下のような採択基準を考えました。試料の記述は結果を論文に掲載することを想定し、それに足るだけの情報量が記されていること、参加企業についてはその業務内容と提案の内容に大きな乖離が無いこと等です。2項に記した制度変更に伴い、さらに企業と学術機関が共同提案する場合、各機関間の役割分担を明らかにすることの条件も付加しました。2022B第I期からの制度変更の結果、申請課題に以下のような大きな変化がありました。

○希望ビームラインの種類が大きく広がった

○申請課題数が減った

当分科へ特化したビームラインの設定は、産業利用への利便性を考慮したものだったと考えますが、時間経過とともに逆に足かせになっていく部分もあったのかもしれませんが。従来3ビームラインの利用や年6回募集への応募を目的として当分科に応募していた課題が、制度変更により他の適切な分科に分散した要素もあるでしょう。もっとも注目すべき変化点は、

○民間企業所属の課題責任者の比率が増加したことでした。最後の2023A第I期に顕著でした。

13-4. 今後に向けて

企業の成果専有利用が増えたことは近年の大きな特徴ですが、SPring-8を利用する企業の裾野をさらに広げる余地はまだあるように感じています。すで

にSPring-8では、講習会などを通じて新しい利用者開拓に積極的に取り組まれています。ビームラインのスタッフと利用者の方が十分な交流を持つ機会として、さらに利用相談などを積極的に利用していただきたいと考えます。その結果として自らの手でSPring-8を利用する実験を企画・実施する力を持つ企業も増えてくると思います。スタッフの皆様の今後のご努力に期待いたします。

(産業利用分科会主査 妹尾 与志木)

14. 人文・社会科学分科会

14-1. 申請課題数と申請動向

・2021B期募集 2件

・2022A期募集 1件

・2022B期募集 1件

・2023A期募集 4件

論文登録も成果発表延期手続きもなく、課題が出せなくなっている研究者は8人で、課題ごとに数えると17課題にのぼる。全体での成果発表率は60%程度で、他の分野と比べ特段に低いわけではない。公開延期中の研究者は論文化を目指していると思われるが、成果発表が重荷になっている可能性もある。コロナ禍ではあるが、オンライン成果発表会などを積極的に実施し、利用成果集への投稿を奨励するなど、とりあえずの成果発表と見なされる要件を拡充し、これを積極的に促す必要性を痛感する。

大学院生提案型課題が2021B期に1件提案されたが、これをもっと奨励すべきと考える。有効期間を1年から3年に延長する長期型の制度、SPring-8への国内旅費の支給(国内の大学に所属する方のみ)などの特典の周知を目指す必要性あり。

コロナ禍もあり、2022A期、2022B期はともに申請課題数が1件のみであったが、2023A期は4課題の申請(提出数4、採択数4)と多少の進展があった。新しいタイプの課題も提案されているので、うまく成果につながり、今後も継続して取り組んでほしい。担当者のサポートも重要な要素である。

XRFやイメージング技術を使用する課題が主だが、これらについて、試料の前処理からデータ処理まで公開していただきたい。それにより、他のユーザーの参入が容易になると考えられる。日本刀の分析に関しては、放

射光 X 線 CT 測定により着実に成果が現れているので、このまま継続していただきたいと考えるが、こういった刀剣ばかりでなく、仏像など木製品における樹種の識別、漆器などで使用された漆の分析、ガラス製品の分析などは、多くの研究者が取り組んでおり、これらの計測技術であるイメージング・蛍光 X 線分析の拡充が期待される。

14.2. 分野、測定手法、ビームライン

歴史的な人工物としての文化財は、日本刀、三彩陶器、三彩瓦、曜変天目碗、和紙上の墨、考古遺物ではイラン初期農耕遺跡出土の幼児頭蓋骨と歯。

希望測定手法は、X 線 CT、蛍光 X 線、顕微 XAFS イメージング。

希望ビームラインは、BL20B2、BL20XU、BL28B2、BL37XU。

14.3. 審査の問題点

申請課題数が少ない傾向が続いており、効果的な宣伝活動を行うべきと考える。例えば、国内の文化財の分析を広く取り扱っている奈良文化財研究所や、遺跡の宝庫である奈良県の文化財の分析を扱っている奈良県立橿原考古学研究所などとの共同研究のような形を取れないか、SPRUC 研究会との連携、日本文化財科学会での活動継続といったことなども検討課題としたい。分析技術に明るくない利用希望者のためのアドバイザー人員配置なども検討すべきであろう。

14.4. コメント

文化財や考古遺物の長期間に亘る系統的で組織的な測定は不可欠であり、貴重な文化遺産を引き継ぎ、研究を深め、次世代に継承するために、SPring-8 の役割は極めて大きいと考えられる。その意味でも、本分科会における研究活動の更なる充実、活性化を期待するところ大である。

(人文・社会科学分科会主査 谷一 尚)

15. 長期利用分科会

2021、2022 年度の 2 年間にわたり、長期利用分科会の主査を担当しました。本分科会の主な役割は、課題選定の審査、実施中課題のビームタイム配分、実施

課題の事後評価となります。今期の分科会は、施設外委員 6 名、施設内委員 6 名の計 12 名の委員から構成されており、主にオンラインでの審議を行いました。

長期利用課題は、2 年間有効の課題であることから、課題の選定においては、一般課題における審査の基準に加えて、「長期の研究目標及び研究計画が明確に定められていること」と「SPring-8 を長期的かつ計画的に利用する必要があること」の 2 点が考慮されます。2021B 期から開始される長期利用課題については、7 件の申請がありました。これらについて、慎重に検討を行った結果、下記の 2 件の課題を採択しました。研究内容等については SPring-8/SACLA 利用者情報 Vol.26 No.4 をご覧ください。

[2021B 期採択課題]

－ 採択課題 1 －

課題名	超高压下における鉄合金の特性とコアの軽元素組成の制約
実験責任者名 (所属)	廣瀬 敬 (東京大学)
ビームライン	BL10XU

－ 採択課題 2 －

課題名	はやぶさ 2 リターンサンプルの X 線 CT を用いた初期分析と詳細分析
実験責任者名 (所属)	松本 恵 (東北大学)
ビームライン	BL20XU、BL47XU (併用)

2020 年より始まった COVID-19 パンデミックによって、長期利用課題についても主に実施が遅れるなどの大きな影響を受けました。その結果、2018A 期、2019A 期、2020A 期から開始された実施済み課題に関する評価をこの 2 年間で行いました。全体として、COVID-19 パンデミックの影響を受けて当初計画の変更を余儀なくされた課題が多かったにもかかわらず、長期利用課題ならではのインパクトの高い成果が得られていました。個々の課題の成果については、SPring-8/SACLA 利用者情報をご覧ください。

さて、SPring-8 の利用制度は、利用者層の拡大がもたらした多様なニーズを踏まえる形で拡充されてきました。この点に関して、2018 年度に行われた国の中間評価において提言が出されたことから、理研と JASRI のメンバーで構成する「利用制度改正作業部会」が設置され、現行の利用制度の分析と利用制度の改正

に関する検討が進められてきました。長期間有効な利用課題の制度に関しては、2021年6月に開催されたパートナーユーザー審査委員会において、意見交換が行われました。なお、パートナーユーザー審査委員会は長期利用分科会とは異なる会議体ですが、今期のパートナーユーザー審査委員会の外部委員は、長期利用分科会の施設外委員と全く同じ構成になっています。これらの意見交換を踏まえて、長期利用課題、パートナーユーザー課題、及び新分野開拓利用課題に関しては発展的に解消する方向性が打ち出されました。2022B期より、大学院生提案型課題（長期型）が設定されたほか、2023A期からは、成果公開優先利用課題において有効期間を1年とする1年課題の制度も開始されます。この利用制度の改正に伴い、長期利用課題については2021B期の募集が最後となり、2022Bの募集はいたしませんでした。

最後になりましたが、11名の委員の皆様には、今期の2年間、提案課題に関する慎重な採択審査はもちろんのこと、従前と比べて多くの実施課題の事後評価を行っていただき、さらには、利用制度改正に関してSPring-8のこれからの発展につながるものとなるように活発にご議論いただきました。心より感謝申し上げます。また、委員会の議事が円滑に進むように万全の事前準備をしていただいた事務局に感謝いたします。

(長期利用分科会主査 有馬 孝尚)

竹中 幹人 TAKENAKA Mikihito

京都大学 化学研究所
〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄
TEL : 0774-38-3140
e-mail : takenaka@scl.kyoto-u.ac.jp

守友 浩 MORITOMO Yutaka

筑波大学 数理物質系
〒305-8571 茨城県つくば市天王台 1-1-1
TEL : 029-853-4337
e-mail : moritomo.yutaka.gf@u.tsukuba.ac.jp

植草 秀裕 UEKUSA Hidehiro

東京工業大学 理学院
〒152-8551 東京都目黒区大岡山 2-12-1
TEL : 03-5734-3529

e-mail : uekusa@chem.titech.ac.jp

中村 将志 NAKAMURA Masashi

千葉大学 大学院工学研究院
〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33
TEL : 043-290-3382
e-mail : mnakamura@faculty.chiba-u.jp

上床 美也 UWATOKO Yoshiya

東京大学 物性研究所
〒277-8581 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
TEL : 04-7136-3330
e-mail : uwatoko@issp.u-tokyo.ac.jp

近藤 寛 KONDOH Hiroshi

慶應義塾大学 理工学部
〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1
TEL : 045-566-1701
e-mail : kondoh@chem.keio.ac.jp

雨澤 浩史 AMEZAWA Koji

東北大学 多元物質科学研究所
〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1
TEL : 022-217-5340
e-mail : koji.amezawa.b3@tohoku.ac.jp

齋藤 智彦 SAITOH Tomohiko

東京理科大学 先進工学部
〒125-8585 東京都葛飾区新宿 6-3-1
TEL : 03-5876-1717 ex 1760
e-mail : t-saitoh@rs.tus.ac.jp

佐々木 孝彦 SASAKI Takahiko

東北大学 金属材料研究所
〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1
TEL : 022-215-2025
e-mail : takahiko.sasaki.d3@tohoku.ac.jp

中村 孝 NAKAMURA Takashi

北海道大学 大学院工学研究院 機械・宇宙航空工学部門
〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目
TEL : 011-706-6419
e-mail : nakamut@eng.hokudai.ac.jp

壬生 攻 MIBU Ko

名古屋工業大学 大学院工学研究科
〒466-8555 愛知県名古屋市中昭和区御器所町
TEL : 052-735-7904
e-mail : k_mibu@nitech.ac.jp

山下 敦子 YAMASHITA Atsuko

岡山大学 学術研究院医歯薬学域

〒700-8530 岡山県岡山市北区津島中 1-1-1
TEL : 086-251-7974
e-mail : a_yama@okayama-u.ac.jp

妹尾 与志木 *SENO Yoshiki*

公益財団法人佐賀県産業振興機構
九州シンクロトロン光研究センター
〒841-0005 佐賀県鳥栖市弥生が丘 8-7
TEL : 0942-83-5017
e-mail : seno@saga-ls.jp

谷一 尚 *TANIICHI Takashi*

山陽学園大学 副学長・教授
〒703-8501 岡山県岡山市中区平井 1-14-1
TEL : 086-272-6254
e-mail : takashi_taniichi@sguc.ac.jp
林原美術館 館長
〒700-0823 岡山県岡山市北区丸の内 2-7-15
TEL : 086-223-1733
e-mail : taniichi@hayashibara-museumofart.jp

有馬 孝尚 *ARIMA Taka-hisa*

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
〒277-8561 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
TEL : 04-7136-3805
e-mail : arima@k.u-tokyo.ac.jp

第 50 回 (2023A) SPring-8 利用研究課題の採択について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

公益財団法人高輝度光科学研究センター (JASRI) では、SPring-8 利用研究課題審査委員会 (PRC) において SPring-8 の利用研究課題を審査した結果を受け、SPring-8 選定委員会の意見を聴き、以下のように第 50 回共同利用期間 (2023 年 4 月 10 日～2023 年 8 月 1 日 (放射光利用 267 シフト、1 シフト＝8 時間)) における利用研究課題を採択しました。ただし、年 6 回募集のビームライン (BL01B1、BL02B1、BL02B2、BL09XU、BL13XU、BL14B2、BL19B2、BL46XU および BL47XU) は 2023A を 3 期に分けて募集しており、これらのビームラインについては第 1 期の 2023 年 4 月 10 日～5 月 22 日 (84 シフト) における課題を採択しました。表 1 に利用研究課題公募履歴を示します。

1. 募集、審査および採択の日程

[募集案内公開と応募締切]

2022 年 11 月 2 日 SPring-8 ホームページで主要課題の募集案内公開

(利用者情報 2022 年秋号に募集案内記事を掲載)

11 月 17 日 成果公開優先利用課題、成果専有課題応募締切

12 月 8 日 一般課題、大学院生提案型課題応募締切

[課題審査、選定、採択および通知]

2023 年 1 月 13 日～20 日

各分科会による課題審査

1 月 23 日 SPring-8 利用研究課題審査委員会 (PRC) による課題審査

2 月 9 日 SPring-8 選定委員会の意見を聴取

2 月 9 日 JASRI として採択決定し、応募者に審査結果を通知

2. 応募および採択状況

2023A の新規応募課題数は 722、採択課題数は 509 でした。表 2 に 2023A 期の利用研究課題の課題種別の応募課題数および採択課題数と採択率 (%) を示します。また、表 3 に成果非専有課題としての科学審査

の対象となる課題 (成果非専有一般課題、大学院生提案型課題) への応募 632 件について、ビームラインごとの応募課題数、採択課題数、採択率および配分シフト数、並びに採択された課題の 1 課題あたりの平均配分シフト数を示します。表 4 には全応募 722 課題について、申請者の所属機関分類と課題の研究分野分類の統計を示します。このうち、所属機関および研究分野について全体に対する割合をそれぞれ図 1 および図 2 に示します。SPring-8 における“SACLA、J-PARC MLF または「京」/「富岳」を含む HPCI と連携した利用を行う課題”として、SPring-8 には 13 件の応募があり、うち 9 件が採択されました。なお本記事の統計には、年 6 回募集のビームラインの第 2 期および第 3 期分、並びに期中に随時募集する成果専有時期指定課題 (測定代行課題含む) 等は含まれていません。

3. 採択課題

2023A 期の採択課題の一覧は、SPring-8 User Information ホームページに掲載しています。以下をご覧ください。

ホーム > SPring-8 利用申請 > 課題募集 > 採択・実施課題一覧

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

表 1 利用研究課題 公募履歴

利用期	利用期間	ユーザー 利用シフト*	応募締め切り**	応募課題数	採択課題数
第 1 回：1997B	1997 年 10 月-1998 年 03 月	168	1997 年 01 月 10 日	198	134
第 2 回：1998A	1998 年 04 月-1998 年 10 月	204	1998 年 01 月 06 日	305	229
第 3 回：1999A	1998 年 11 月-1999 年 06 月	250	1998 年 07 月 12 日	392	258
第 4 回：1999B	1999 年 09 月-1999 年 12 月	140	1999 年 06 月 19 日	431	246
第 5 回：2000A	2000 年 02 月-2000 年 06 月	204	1999 年 10 月 16 日	424	326
第 6 回：2000B	2000 年 10 月-2001 年 01 月	156	2000 年 06 月 17 日	582	380
第 7 回：2001A	2001 年 02 月-2001 年 06 月	238	2000 年 10 月 21 日	502	409
第 8 回：2001B	2001 年 09 月-2002 年 02 月	190	2001 年 05 月 26 日	619	457
第 9 回：2002A	2002 年 02 月-2002 年 07 月	226	2001 年 10 月 27 日	643	520
第 10 回：2002B	2002 年 09 月-2003 年 02 月	190	2002 年 06 月 03 日	751	472
第 11 回：2003A	2003 年 02 月-2003 年 07 月	228	2002 年 10 月 28 日	733	563
第 12 回：2003B	2003 年 09 月-2004 年 02 月	202	2003 年 06 月 16 日	938	621
第 13 回：2004A	2004 年 02 月-2004 年 07 月	211	2003 年 11 月 04 日	772	595
第 14 回：2004B	2004 年 09 月-2004 年 12 月	203	2004 年 06 月 09 日	886	562
第 15 回：2005A	2005 年 04 月-2005 年 08 月	188	2005 年 01 月 05 日	878	547
第 16 回：2005B	2005 年 09 月-2005 年 12 月	182	2005 年 06 月 07 日	973	624
第 17 回：2006A	2006 年 03 月-2006 年 07 月	220	2005 年 11 月 15 日	916	699
第 18 回：2006B	2006 年 09 月-2006 年 12 月	159	2006 年 05 月 25 日	867	555
第 19 回：2007A	2007 年 03 月-2007 年 07 月	246	2006 年 11 月 16 日	1099	761
第 20 回：2007B	2007 年 09 月-2008 年 02 月	216	2007 年 06 月 07 日	1007	721
第 21 回：2008A	2008 年 04 月-2008 年 07 月	225	2007 年 12 月 13 日	1009	749
第 22 回：2008B	2008 年 10 月-2009 年 03 月	189	2008 年 06 月 26 日	1163	659
第 23 回：2009A	2009 年 04 月-2009 年 07 月	195	2008 年 12 月 11 日	979	654
第 24 回：2009B	2009 年 10 月-2010 年 02 月	210	2009 年 06 月 25 日	1076	709
第 25 回：2010A	2010 年 04 月-2010 年 07 月	201	2009 年 12 月 17 日	919	665
第 26 回：2010B	2010 年 10 月-2011 年 02 月	210	2010 年 07 月 01 日	1022	728
第 27 回：2011A	2011 年 04 月-2011 年 07 月	215	2010 年 12 月 09 日	1024	731
第 28 回：2011B	2011 年 10 月-2012 年 02 月	195	2011 年 06 月 30 日	1077	724
第 29 回：2012A	2012 年 04 月-2012 年 07 月	201	2011 年 12 月 08 日	816	621
第 30 回：2012B	2012 年 10 月-2013 年 02 月	222	2012 年 06 月 28 日	965	757
第 31 回：2013A	2013 年 04 月-2013 年 07 月	186	2012 年 12 月 13 日	880	609
第 32 回：2013B	2013 年 10 月-2013 年 12 月	159	2013 年 06 月 20 日	905	594
第 33 回：2014A	2014 年 04 月-2014 年 07 月	177	2013 年 12 月 12 日	874	606
第 34 回：2014B	2014 年 10 月-2015 年 02 月	230	2014 年 06 月 19 日	1030	848
第 35 回：2015A	2015 年 04 月-2015 年 07 月	207	2014 年 12 月 11 日	1030	685
第 36 回：2015B	2015 年 09 月-2015 年 12 月	198	2015 年 06 月 11 日	974	632
第 37 回：2016A	2016 年 04 月-2016 年 07 月	216	2015 年 12 月 10 日	907	699
第 38 回：2016B	2016 年 09 月-2016 年 12 月	198	2016 年 06 月 02 日	977	637
第 39 回：2017A	2017 年 04 月-2017 年 07 月	210	2016 年 12 月 08 日	947	678
第 40 回：2017B	2017 年 10 月-2018 年 02 月	240	2017 年 06 月 08 日	1000	761
第 41 回：2018A	2018 年 04 月-2018 年 08 月	228	2017 年 12 月 07 日	931	719
第 42 回：2018B	2018 年 10 月-2019 年 02 月	234	2018 年 06 月 07 日	982	744
第 43 回：2019A	2019 年 04 月-2019 年 07 月	222	2018 年 12 月 06 日	957	681
第 44 回：2019B	2019 年 09 月-2020 年 02 月	234	2019 年 06 月 21 日	1011	729
第 45 回：2020A	2020 年 04 月-2021 年 02 月	336	2019 年 12 月 05 日	1460	1044
第 46 回：2021A	2021 年 04 月-2021 年 07 月	216	2020 年 12 月 08 日	838	687
第 47 回：2021B	2021 年 09 月-2022 年 02 月	228	2021 年 06 月 10 日	1105	797
第 48 回：2022A	2022 年 04 月-2022 年 08 月	216	2021 年 12 月 01 日	957	708
第 49 回：2022B	2022 年 10 月-2023 年 02 月	228	2022 年 06 月 14 日	1272	878
第 50 回：2023A	2023 年 04 月-2023 年 08 月	213	2022 年 12 月 08 日	(722)	(509)

*ユーザー利用へ供出するシフト (1 シフト=8 時間) で全チームタイムの 80%

**一般課題の応募締め切り日

応募・採択課題数について：2006B 以前は応募締め切り日**の値である。

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

2023A は今後、年 6 回募集チームラインの第 2・3 期分、期中随時募集の成果専有時期指定課題等があるため現在の値は括弧内に示す。

表2 2023A SPring-8 利用研究課題の課題種別応募および採択課題数と採択率

決定課題種	応募課題数	採択課題数	採択率 (%)	採択課題のシフト充足率 (%) ***
一般課題*	564	387	68.6	95.4
成果専有課題	36	36	100.0	94.7
大学院生提案型課題	68	32	47.1	92.5
成果公開優先利用課題	46	46	100.0	100.2
成果公開優先利用課題 (一年利用)	8	8	100.0	100.0
総計	722	509	70.5	95.9
科学審査対象課題*のみの合計	632	419	66.3	95.2

*一般課題等のうちSPring-8におけるSACLA, JPARC MLFまたは「京」/「富岳」を含むHPCIと連携した利用を行う課題は、SPring-8では応募13課題のうち9課題を採択。
 **成果専有課題と優先利用課題を除いた課題。
 ***PX-BL 課題 (期中に配分シフトを決定する生命科学/タンパク質結晶構造解析分野関係課題) を除く。

表3 2023A ビームラインごとの審査対象課題*の採択状況

ビームライン	応募課題数計	採択課題数計	採択率 (%)	配分シフト数計**	1 課題あたり平均配分シフト**
BL01B1: XAFS I****	15	7	46.7	50	7.1
BL02B1: 単結晶構造解析***	16	12	75.0	62	5.2
BL02B2: 粉末結晶構造解析***	24	16	66.7	66	4.1
BL04B1: 高温高圧	23	20	87.0	213	10.7
BL04B2: 高エネルギーX線回折	37	17	45.9	138	8.1
BL05XU: 理研 施設開発ID	4	4	100.0	12	3.0
BL08W: 高エネルギー非弾性散乱	22	11	50.0	154	14.0
BL09XU: HAXPES I****	7	6	85.7	42	7.0
BL10XU: 高圧構造物性	34	22	64.7	171	7.8
BL13XU: X線回折・散乱 I****	23	6	26.1	42	7.0
BL14B2: XAFS II****	13	10	76.9	51	5.1
BL17SU: 理研 物理科学 III	10	5	50.0	51	10.2
BL19B2: X線回折・散乱 II****	12	11	91.7	58	5.3
BL19LXU: 理研 物理科学 II	3	2	66.7	36	18.0
BL20B2: 医学・イメージング I	30	21	70.0	206	9.8
BL20XU: 医学・イメージング II	24	12	50.0	93	7.8
BL25SU: 軟X線固体分光	29	16	55.2	192	12.0
BL26B1: 理研 構造ゲノム I***	4	4	100.0	30	7.5
BL26B2: 理研 構造ゲノム II***	-	-	-	-	-
BL27SU: 軟X線光化学	20	14	70.0	174	12.4
BL28B2: 白色X線回折	10	10	100.0	111	11.1
BL29XU: 理研 物理科学 I	-	-	-	-	-
BL32XU: 理研 ターゲットタンパク***	-	-	-	-	-
BL35XU: 非弾性・核共鳴散乱	25	13	52.0	213	16.4
BL36XU: 理研 物質科学 II	4	3	75.0	24	8.0
BL37XU: 分光分析	22	16	72.7	174	10.9
BL38B1: 理研 構造生物学 I***	-	-	-	-	-
BL39XU: 磁性材料	19	10	52.6	110	11.0
BL40B2: SAXS BM	52	38	73.1	201	5.3
BL40XU: 高フラックス	33	17	51.5	162	9.5
BL41XU: 生体高分子結晶解析 I***	1	0	0.0	0	-
BL43R: 赤外物性	21	21	100.0	213	10.1
BL43LXU: 理研 量子ナノダイナミクス	4	4	100.0	39	9.8
BL44B2: 理研 物質科学 I	3	3	100.0	12	4.0
BL45XU: 生体高分子結晶解析 II***	1	1	100.0	8	8.0
BL46XU: HAXPES II****	-	-	-	-	-
BL47XU: マイクロCT****	35	16	45.7	158	9.9
PX-BL (BL41XU, 45XU, 26B1, 26B2, 32XU, 38B1)	52	51	98.1	-	-
総計	632	419	66.3	3266	7.8

*成果非専有一般課題、大学院生提案型課題
 **1シフト=8時間
 ***PX-BL 対象BL (PX-BL 運用以外の対象課題の課題数およびシフト数)
 ****年6回募集ビームラインの第2・3期募集分等は含まず。

表 4 SPring-8 2023A 応募・採択結果の機関および研究分野分類

機関分類	課題分類		生命科学		医学応用		物質科学・材料科学		化学		地球・惑星科学		環境科学		産業利用		その他*		総計		採択率 (%)
	決定課題種	課題数/シフト数	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	
大学等教育機関	一般課題	課題数	65	57	7	5	169	113	81	59	29	25	3	2	11	6	6	4	371	271	73.0
		シフト数	216	152	63	39	1504	1001	565	423	285	246	36	19	83	42	60	42	2812	1964	69.8
	成果専有課題	課題数					1	1											1	1	100.0
		シフト数					1	1											1	1	100.0
	大学院生提案型課題	課題数	6	4	2	1	30	13	14	8	3	1	1	1	2				58	28	48.3
		シフト数	15	3	15	9	213	77	83	46	24	9	3	2	12				365	146	40.0
	成果公開優先利用課題	課題数					12	12	8	8			1	1	1	1			22	22	100.0
シフト数						93	95	60	58			3	3	6	6			162	162	100.0	
合計	課題数	71	61	9	6	212	139	103	75	32	26	5	4	14	7	6	4	452	322	71.2	
	シフト数	231	155	78	48	1811	1174	708	527	309	255	42	24	101	48	60	42	3340	2273	68.1	
国公立研究機関等	一般課題	課題数	10	7	3	3	40	27	10	7	6	4	3	1	5	3	12	9	89	61	68.5
		シフト数	36	15	33	33	414	277	102	72	66	45	36	12	25	15	126	102	838	571	68.1
	成果専有課題	課題数	2	2			1	1											3	3	100.0
		シフト数					3	3											3	3	100.0
	成果公開優先利用課題	課題数			2	2	7	7											9	9	100.0
		シフト数			18	18	33	34											51	52	102.0
	成果公開優先利用課題 (一年利用)	課題数	4	4					4	4									8	8	100.0
シフト数		133	133					42	42									175	175	100.0	
合計	課題数	16	13	5	5	48	35	14	11	6	4	3	1	5	3	12	9	109	81	74.3	
	シフト数	169	148	51	51	450	314	144	114	66	45	36	12	25	15	126	102	1067	801	75.1	
産業界	一般課題	課題数					1							14	11	3		18	11	61.1	
		シフト数					6							147	111	33		186	111	59.7	
	成果専有課題	課題数	2	2			3	3						23	23			28	28	100.0	
		シフト数					13	13						96	90			109	103	94.5	
	成果公開優先利用課題	課題数							5	5				10	10			15	15	100.0	
シフト数								72	72				90	90			162	162	100.0		
合計	課題数	2	2			4	3	5	5				47	44	3		61	54	88.5		
	シフト数					19	13	72	72				333	291	33		457	376	82.3		
海外機関	一般課題	課題数	9	6	2	2	52	23	11	4	11	8					1	1	86	44	51.2
		シフト数	137	75	30	30	543.5	210	117	33	157	81					6	6	990.5	435	43.9
	成果専有課題	課題数	4	4															4	4	100.0
		シフト数																			
	大学院生提案型課題	課題数					8	3	2	1									10	4	40.0
シフト数						107	33	10	6									117	39	33.3	
合計	課題数	13	10	2	2	60	26	13	5	11	8						1	1	100	52	52.0
	シフト数	137	75	30	30	650.5	243	127	39	157	81						6	6	1107.5	474	42.8
合計	課題数	102	86	16	13	324	203	135	96	49	38	8	5	66	54	22	14	722	509	70.5	
	シフト数	537	378	159	129	2930.5	1744	1051	752	532	381	78	36	459	354	225	150	5971.5	3924	65.7	
採択率 (%)	課題数	84.3		81.3		62.7		71.1		77.6		62.5		81.8		63.6		70.5			
	シフト数	70.4		81.1		59.5		71.6		71.6		46.2		77.1		66.7		65.7			

*ビームライン技術、素粒子・原子核科学、考古学、鑑識科学、安全管理

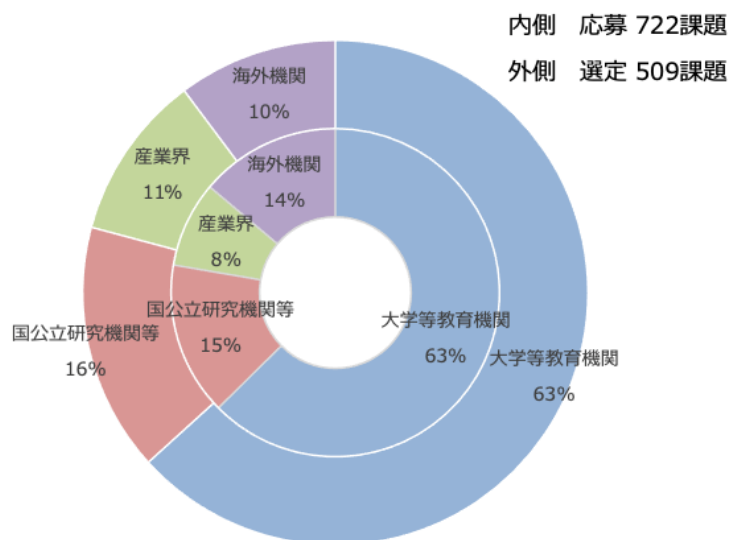


図1 2023A 所属機関別 応募/採択課題数割合

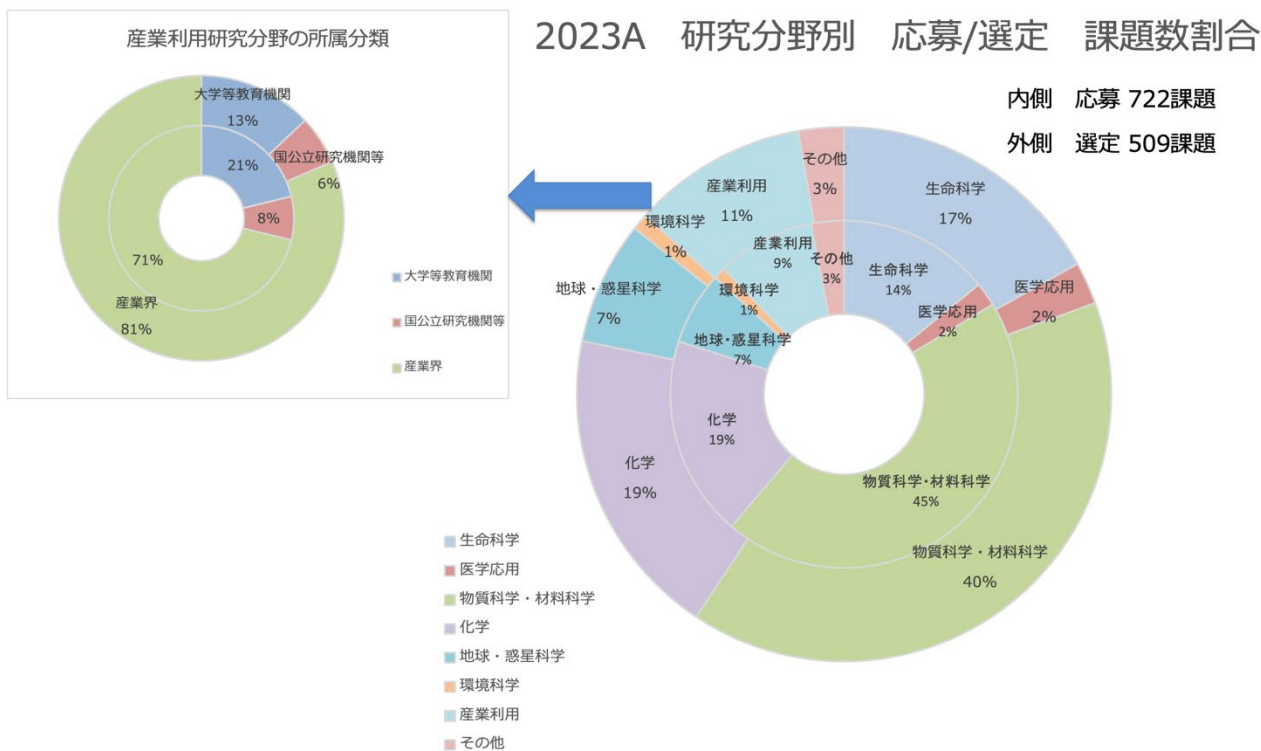


図2 2023A 研究分野別 応募/採択課題数割合

第 49 回共同利用期間（2022B）において実施された SPring-8 利用研究課題

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

第 49 回共同利用期間（2022B）における SPring-8 の共同利用は、2022 年 10 月から 2023 年 2 月にかけて実施されました。この期間の放射光利用は、ビームライン 1 本あたり 285 シフト [1 シフト=8 時間] でした。

2022B では 26 本の共用ビームライン（共用施設）と、11 本の理研ビームラインにおけるビームタイムの一部が共用に供されました。9 本の共用ビームライン BL01B1、BL02B1、BL02B2、BL09XU、BL13XU、BL14B2、BL19B2、BL46XU および BL47XU は、2022B 第 I 期（2022 年 10 月～11 月中旬）、第 II 期（同年 11 月中旬～12 月中旬）および第 III 期（2023 年 1 月中旬～2 月上旬）と、利用期を 3 期に分けて課題募集・選定が行われました。専用ビームライン（専用施設）については、2022B 期の稼働数は 15 本でした。

表 1 に、SPring-8 共用施設の 2022B 課題種別の課題数と実施シフト数を示します。表 2 に、SPring-8 専用施設の 2022B 実施課題数とシフト数を示します。表 3 に、SPring-8 年 6 回募集対象ビームラインにおける科

学審査対象課題の 2022B 採択状況を示します。表 4 に、2022B に SPring-8 共用施設で実施された利用研究課題の課題数とシフト数について実験責任者の所属機関分類および研究分野分類を示します。表 5 に、1997B～2022B 課題種別実施課題数の推移を示します。

表 2 SPring-8 専用施設の 2022B 実施課題数とシフト数

課題種	実施課題数合計	実施シフト数合計
専用ビームライン（成果非専有）	207	2968.5
専用ビームライン（成果専有）	45	212
合計	252	3180.5

表 3 SPring-8 6 回募集対象ビームラインにおける審査対象課題^(注1)の 2022B 採択状況（II 期 III 期分を含む）

ビームライン	応募課題数	採択課題数	課題採択率 (%)
BL01B1 : XAFS I	59	29	49.2
BL02B1 : 単結晶構造解析	66	43	65.2
BL02B2 : 粉末結晶構造解析	86	47	54.7
BL09XU : HAXPES I	25	21	84.0
BL13XU : X 線回折・散乱 I	70	22	31.4
BL14B2 : XAFS II	55	33	60.0
BL19B2 : X 線回折・散乱 II	55	29	52.7
BL46XU : HAXPES II	21	14	66.7
BL47XU : マイクロ CT	49	16	32.7

(注1) 一般課題、大学院生提案型課題

表 1 SPring-8 共用施設^(注1)の 2022B 課題種別の課題数と実施シフト数

課題種	応募課題数	採択課題数	課題採択率 (%)	採択課題の実施数	非応募課題 ^(注2) の実施数	実施課題合計	実施シフト数合計
一般課題	872	541	62.0	528	36	564	4560.875
成果専有一般課題	101	100	99.0	92	7	99	425.375
大学院生提案型課題	108	51	47.2	51	3	54	340.5
大学院生提案型課題（長期型）	6	3	50.0	3	3	6	47.5
時期指定課題	35	35	100.0	35	-	35	56.625
測定代行課題 ^(注3)	61	61	100.0	61	-	61	34.375
成果公開優先利用課題	89	87	97.8	87	-	87	694.625
長期利用課題	2022B 期は募集なし				3	3	80.25
合計	1272	878	69.0	857	52	909	6240.125

(注1) 理研ビームラインからの一部共用供出ビームタイムの利用を含む。

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

(注3) BL14B2、BL19B2、BL28B2、BL46XU で実施。

表4 2022BにSPring-8共用施設^(注1)で実施された利用研究課題の所属機関分類および研究分野分類

機関分類	課題分類	課題数/ シフト数	研究分野							計	
			生命科学	医学応用	物質科学・ 材料科学	化学	地球・惑星 科学	環境科学	産業利用		その他 ^(注2)
大学 等 教育 機関	一般課題	課題数	60	7	204	120	25	5	18	5	444
		シフト数	441.875	40.5	1645.625	764	257.375	40	123.25	53.875	3366.5
	成果専有一般課題	課題数			2	1			3		6
		シフト数			3	6			4		13
	大学院生提案型課題	課題数	5	1	32	10	3		2		53
		シフト数	34.5	6	189.375	65.875	24		8.75		328.5
	大学院生提案型課題 (長期型)	課題数			3	2	1				6
		シフト数			18	17.625	11.875				47.5
	時期指定課題	課題数			4				1		5
		シフト数			4				2		6
測定代行課題	課題数			2	1			3		6	
	シフト数			1	0.25			1.5		2.75	
成果公開優先利用課題	課題数	2		20	14			7		43	
	シフト数	24		97.875	91.875			28.375		242.125	
長期利用課題	課題数					3				3	
	シフト数					80.25				80.25	
計	課題数	67	8	267	148	32	5	34	5	566	
	シフト数	500.375	46.5	1958.875	945.625	373.5	40	167.875	53.875	4086.625	
国 公 立 研 究 機 関 等	一般課題	課題数	11	2	31	5	5	1	4	10	69
		シフト数	126.875	29.875	280.625	37.875	65.75	6	49.875	101.75	698.625
	成果専有一般課題	課題数	3		1	1			1		6
		シフト数	68.75		3	2			4		77.75
	時期指定課題	課題数			1						1
		シフト数			2.875						2.875
	測定代行課題	課題数							3		3
		シフト数							3		3
	成果公開優先利用課題	課題数	4	2	17	3			1		27
		シフト数	119	14.875	96.5	32.875			1		264.25
計	課題数	18	4	50	9	5	1	9	10	106	
	シフト数	314.625	44.75	383	72.75	65.75	6	57.875	101.75	1046.5	
産 業 界	一般課題	課題数			4				15	1	20
		シフト数			26.625				152.375	14.875	193.875
	成果専有一般課題	課題数	8		12	2			61		83
		シフト数	42		43.5	5			200.375		290.875
	時期指定課題	課題数	2		2	2			22		28
		シフト数	1.75		4	8.875			32.125		46.75
	測定代行課題	課題数							46		46
		シフト数							25.625		25.625
	成果公開優先利用課題	課題数				4			12	1	17
		シフト数				54			128.25	6	188.25
計	課題数	10		18	8			156	2	194	
	シフト数	43.75		74.125	67.875			538.75	20.875	745.375	
海 外 機 関	一般課題	課題数	3	2	16	5	3	2			31
		シフト数	16.5	30	170.375	34	30	21			301.875
	成果専有一般課題	課題数	2		1				1		4
		シフト数	33		2				8.75		43.75
	大学院生提案型課題	課題数				1					1
		シフト数				12					12
	時期指定課題	課題数			1						1
		シフト数			1						1
	測定代行課題	課題数							6		6
		シフト数							3		3
計	課題数	5	2	18	6	3	2	7	0	43	
	シフト数	49.5	30	173.375	46	30	21	11.75	0	361.625	
課題数合計			100	14	353	171	40	8	206	17	909
シフト数合計			908.25	121.25	2589.375	1132.25	469.25	67	776.25	176.5	6240.125

(注1) 理研ビームラインからの一部共用供出ビームタイムの利用を含む。

(注2) 素粒子・原子核科学、考古学、ビームライン技術他。

表5 SPring-8 1997B-2022B 課題種別実施課題数の推移

課題種	1997B~2013B	2014A	2014B	2015A	2015B	2016A	2016B	2017A	2017B	2018A	2018B	2019A	2019B	2020A	2021A	2021B	2022A	2022B	合計
一般課題	12406	444	611	457	476	489	459	502	570	524	537	507	563	661	470	536	515	564	21291
緊急課題	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	40
成果専有一般課題	756	34	55	36	37	42	47	35	48	41	46	38	52	88	36	67	54	99	1611
時期指定課題 (除く測定代行)	210	4	2	8	8	6	10	7	16	6	16	8	20	17	14	25	14	35	426
測定代行 (長期指定課題の一環)	383	41	54	37	46	32	48	29	46	37	60	29	40	65	42	43	41	61	1134
産業利用準備課題												3	10	5	6	3			27
長期利用課題	270	13	13	26	23	28	25	28	25	13	14	15	14	11	10	9	10	3	550
被災量子ビーム施設ユーザー支援課題	94																		94
大学院生提案型課題 (旧名称：萌芽的研究支援課題 [~2015B])	396	38	58	45	54	65	52	29	53	53	58	41	52	53	43	52	46	54	1242
大学院生提案型課題 (長期型)																	3	6	9
産業公開優先利用課題	410	24	30	18	28	35	37	39	52	34	43	33	33	53	52	71	58	87	1137
重点タンパク 500 課題 (タンパク 3000)	489																		489
重点ナノテクノロジー支援課題	928																		928
重点産業トライアルユース課題	112																		112
SPring-8 戦略活用プログラム課題	332																		332
重点産業利用課題	1000																		1000
重点産業化促進課題	58																		58
産業新分野支援課題		10	14	12	14	11	4	6	4										75
放射光施設機新産業利用課題										5	3	6	4						18
先進技術活用による産業応用課題												5	4	8					17
重点メディカルバイオ・トライアルユース課題	57																		57
重点拡張メディカルバイオ課題	51																		51
重点グリーン/ライフ・イノベーション推進課題	125																		125
スマート放射光活用イノベーション推進課題		12	17	18	14														61
社会・文化利用課題				11	16	17	19	19	14	14	13								123
重点戦略課題 (12 条戦略課題)	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
重点パワーユーザー課題	125	1	1																127
重点パートナーユーザー課題		3	3	6	6	7	7	8	8	7	7	8	8	11	5	0	0		94
新分野創成利用課題					4	6	11	16	21	21	25	24	9	8	0	0	0		145
合計	18302	624	858	674	726	738	719	718	857	755	822	717	809	984	678	807	741	909	31438

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

2022B の延べ利用者数は、共用施設 5,398 人、専用施設 2,556 人でした。表 6 に、SPring-8 共用施設および専用施設利用実績の推移を示します。表 6 の値を利用シフト数合計と共に示したものが図 1 です。利用シフト数合計は、表 6 の「利用時間」に利用した共用・専用ビームラインの数（理研ビームラインの一部共用への供出分を含む。但し、理研ビームラインは共用供出割合で換算）を掛けた数値となっています。図 2 には、SPring-8 共用施設の利用研究課題の応募・採

択数の推移実績を採択率と共に示します。応募・採択課題数は、2006B 以前は一般課題締め切り時、2007A 以降は期の途中で申請・採択される成果専有時期指定課題、測定代行課題および産業利用ビームラインの第 II 期および第 III 期申請分を含めた、期の終わりの値を示します。利用シフト数合計は、上記と同様に表 6 の「利用時間」に利用した共用ビームラインの数を掛けた数値となっています。

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

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

成果非専有課題の利用課題実験報告書 (SPring-8

Experiment Summary Report) は以下の URL で閲
覧できます。

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

成果は、3年以内に、論文またはSPring-8/SACLA

利用研究成果集等で公開されます。

表 6 SPring-8 共用施設および専用施設利用実績の推移

利用期間			利用時間	共用施設		専用施設	
				実施課題数	延べ利用者数	実施課題数	延べ利用者数
第 1 回	1997B	1997 年 10 月-1998 年 03 月	1,286	94	681	-	-
第 2 回	1998A	1998 年 04 月-1998 年 10 月	1,702	234	1,252	7	-
第 3 回	1999A	1998 年 11 月-1999 年 06 月	2,585	274	1,542	33	467
第 4 回	1999B	1999 年 09 月-1999 年 12 月	1,371	242	1,631	65	427
第 5 回	2000A	2000 年 02 月-2000 年 06 月	2,051	365	2,486	100	794
第 6 回	2000B	2000 年 10 月-2001 年 01 月	1,522	383	2,370	88	620
第 7 回	2001A	2001 年 02 月-2001 年 06 月	2,313	474	2,915	102	766
第 8 回	2001B	2001 年 09 月-2002 年 02 月	1,867	488	3,277	114	977
第 9 回	2002A	2002 年 02 月-2002 年 07 月	2,093	545	3,246	110	1,043
第 10 回	2002B	2002 年 09 月-2003 年 02 月	1,867	540	3,508	142	1,046
第 11 回	2003A	2003 年 02 月-2003 年 07 月	2,246	634	3,777	164	1,347
第 12 回	2003B	2003 年 09 月-2004 年 02 月	1,844	549	3,428	154	1,264
第 13 回	2004A	2004 年 02 月-2004 年 07 月	2,095	569	3,756	161	1,269
第 14 回	2004B	2004 年 09 月-2004 年 12 月	1,971	555	3,546	146	1,154
第 15 回	2005A	2005 年 04 月-2005 年 08 月	1,880	560	3,741	146	1,185
第 16 回	2005B	2005 年 09 月-2005 年 12 月	1,818	620	4,032	187	1,379
第 17 回	2006A	2006 年 03 月-2006 年 07 月	2,202	724	4,809	226	1,831
第 18 回	2006B	2006 年 09 月-2006 年 12 月	1,587	550	3,513	199	1,487
第 19 回	2007A	2007 年 03 月-2007 年 07 月	2,448	781	4,999	260	2,282
第 20 回	2007B	2007 年 09 月-2008 年 02 月	2,140	739	4,814	225	1,938
第 21 回	2008A	2008 年 04 月-2008 年 07 月	2,231	769	4,840	232	1,891
第 22 回	2008B	2008 年 10 月-2009 年 03 月	1,879	672	4,325	217	1,630
第 23 回	2009A	2009 年 04 月-2009 年 07 月	1,927	669	4,240	238	1,761
第 24 回	2009B	2009 年 10 月-2010 年 02 月	2,087	722	4,793	275	2,144
第 25 回	2010A	2010 年 04 月-2010 年 07 月	1,977	685	4,329	293	2,483
第 26 回	2010B	2010 年 10 月-2011 年 02 月	2,094	744	4,872	325	2,812
第 27 回	2011A	2011 年 04 月-2011 年 07 月	2,131	740	4,640	309	2,773
第 28 回	2011B	2011 年 10 月-2012 年 02 月	1,927	730	4,576	319	2,769
第 29 回	2012A	2012 年 04 月-2012 年 07 月	1,972	637	4,304	285	2,692
第 30 回	2012B	2012 年 10 月-2013 年 02 月	2,184	771	5,072	314	3,181
第 31 回	2013A	2013 年 04 月-2013 年 07 月	1,837	633	4,053	275	2,835
第 32 回	2013B	2013 年 10 月-2013 年 12 月	1,571	610	3,770	286	2,723
第 33 回	2014A	2014 年 04 月-2014 年 07 月	1,768	624	4,129	292	2,710
第 34 回	2014B	2014 年 10 月-2015 年 02 月	2,290	858	5,766	331	3,573
第 35 回	2015A	2015 年 04 月-2015 年 07 月	2,053	674	4,560	271	2,960
第 36 回	2015B	2015 年 09 月-2015 年 12 月	1,981	726	4,863	281	2,898
第 37 回	2016A	2016 年 04 月-2016 年 07 月	2,150	738	5,174	301	3,130
第 38 回	2016B	2016 年 09 月-2016 年 12 月	1,976	719	4,824	298	2,985
第 39 回	2017A	2017 年 04 月-2017 年 07 月	2,101	718	4,835	326	3,228
第 40 回	2017B	2017 年 10 月-2018 年 02 月	2,377	857	5,885	355	3,659
第 41 回	2018A	2018 年 04 月-2018 年 08 月	2,254	755	5,009	323	3,231
第 42 回	2018B	2018 年 10 月-2019 年 02 月	2,306	822	5,468	361	3,303
第 43 回	2019A	2019 年 04 月-2019 年 07 月	2,205	717	4,579	331	2,911
第 44 回	2019B	2019 年 09 月-2020 年 02 月	2,333	809	5,378	344	3,102
第 45 回	2020A	2020 年 04 月-2021 年 02 月	4,309	984	5,906	337	3,265
第 46 回	2021A	2021 年 04 月-2021 年 07 月	2,155	678	4,156	241	1,877
第 47 回	2021B	2021 年 09 月-2022 年 02 月	2,272	807	5,134	270	2,313
第 48 回	2022A	2022 年 04 月-2022 年 08 月	2,147	741	4,609	241	2,231
第 49 回	2022B	2022 年 10 月-2023 年 02 月	2,269	909	5,398	252	2,556
合 計			101,651	31,438	202,810	11,152	100,902

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

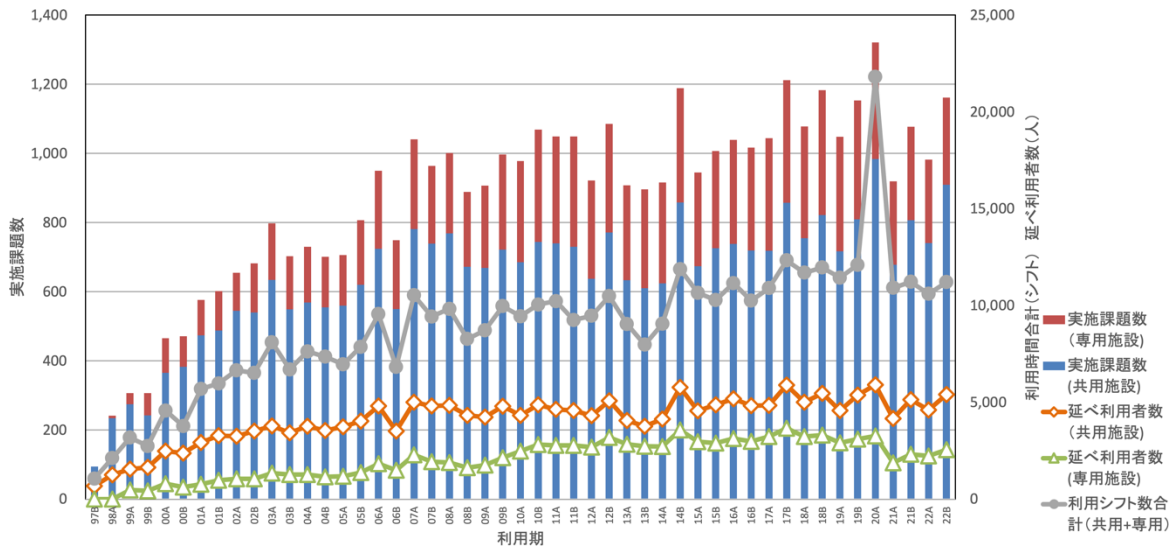


図1 SPring-8 共用施設および専用施設の利用実績の推移

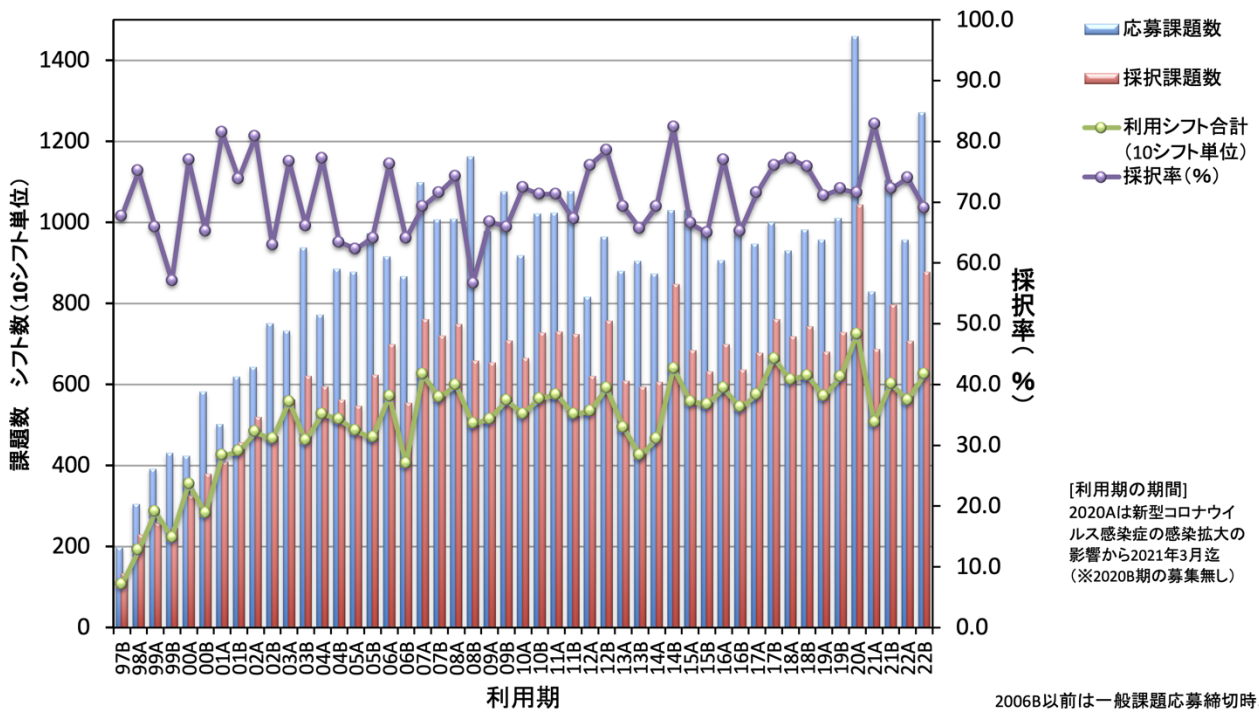


図2 SPring-8 共用施設の応募・採択課題数の推移実績

2020A 期 採択長期利用課題の事後評価について - 1 -

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

2020A 期に採択された長期利用課題について、2022A 期に2年間の実施期間が終了したことを受け、第73、74回 SPring-8 利用研究課題審査委員会長期利用分科会（2022年12月13日、12月19日開催）による事後評価が行われました。

事後評価は、長期利用分科会が実験責任者に対しヒアリングを行った後、評価を行うという形式で実施し、SPring-8 利用研究課題審査委員会で評価結果を取りまとめました。以下に評価を受けた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。

なお、2020A 期に採択された長期利用課題5課題のうち1課題の評価結果は2023夏号に掲載する予定です。

- 課題1 -

課題名	放射光 X 線を用いた巨大な自己集合中空錯体群の構造解明と機能創出
実験責任者(所属)	藤田 誠 (東京大学)
採択時課題番号	2020A0168
ビームライン	BL26B1, BL41XU
利用期間/配分総シフト	2020A~2022A/38シフト

[評価結果]

本長期利用課題では、自己集合中空錯体の結晶構造解析が実施された。この種の錯体は溶媒から隔離された内部空間を有する構造体を構築でき、その空間サイズは蛋白質をも内包できる規模に及ぶ。この特徴的な空間を活用した物質変換や分子のカプセル化等を既の実現しており、さらに多様な構造構築とそれに基づいた機能獲得が期待されている。当課題期間内の目標として以下の3件が掲げられた：(1) 合成有機分子を配位子とする既存の構築原理に基づく M_nL_{2n} 型巨大中空錯体 (M: 金属、L: 配位子) のさらなる拡張、(2) タンパク質内包錯体の構造解析、(3) ペプチド等を配

位子とする新規な巨大中空錯体の開発と構造解析。前者2件は当初より高難度な試みであることが想定されたが、それでも(1)において新規の大型錯体の結晶が得られたこと、(2)においては多種類のタンパク質分子の内包と有機溶媒中での構造安定化および錯体の結晶化に成功していることなどの進捗が見られている。(3)にあたるペプチドを配位子とする巨大中空錯体の研究においては大きな進展があり、新規 $M_{60}L_{60}$ 組成の超分子の調製と結晶構造決定に成功、新たな構築原理に基づく巨大中空分子集合体の合成が実現された。以上のように当該長期利用課題で得られた成果として5報の論文が掲載され、多数の口頭発表も実施されていることから、全体としてその目標を達成していると評価され、本長期利用課題の実施は成果創出に意義があったと認められる。

なお、成果の一部は発表準備段階にあり、今後の情報発信が待たれる。また、これらの成果は現時点でいずれも基礎研究の段階にあり、具体的な化学・生物学分野への波及効果や応用には、長期的な試みがさらに必要となると想定される。今後の進展を期待したい。

[成果リスト]

(査読付き論文)

[1] SPring-8 publication ID = 40590

Y. Domoto *et al.*: ““Eggs in Egg Cartons”: Co-crystallization to Embed Molecular Cages into Crystalline Lattices” *Chemical Science* **11** (2020) 10457-10460.

[2] SPring-8 publication ID = 41919

Y. Domoto *et al.*: “A Highly Entangled $(M_3L_2)_8$ Truncated Cube from the Anion-Controlled Oligomerization of a π -Coordinated M_3L_2 Subunit” *Journal of the American Chemical Society* **143** (2021) 8578-8582.

[3] SPring-8 publication ID = 43207

Y.Domoto *et al.*: “Amplification of Weak Chiral Inductions for Excellent Control over the Helical Orientation of Discrete Topologically Chiral (M₃L₂)_n Polyhedra” *Chemical Science* **13** (2022) 4372-4376.

－ 課題2 －

課題名	高強度金属材料の超高サイクル疲労における内部微小き裂発生・進展機構
実験責任者(所属)	中村 孝 (北海道大学)
採択時課題番号	2020A0172
ビームライン	BL20XU
利用期間/配分総シフト	2020A~2022A/69シフト

[評価結果]

本長期利用課題は、従来は破壊につながらないと考えられていた小さな歪が、107回を超えて繰り返されることによって発生する超高サイクル疲労破壊の機構を解明するため、超高張力鋼やチタン合金等の高強度金属の疲労における内部微小き裂の発生および進展を、位相コントラスト結像型 X 線 CT を活用し、200 nm を越える空間分解能で、数~数十ミクロンの大きさの内部き裂を可視化することを主たる目的として実施された研究である。

ビームライン内で疲労試験を可能とする in-situ 試験システムを開発し、対象とするき裂の確認に成功するとともに、その進展や開閉口挙動をリアルタイムで計測することにも成功した。その結果、内部疲労き裂の発生寿命および進展速度を解明することができた。さらに、疲労き裂と基地組織を同時に観察する CT 観測技術の確立にも成功するとともに、き裂の発生・進展・停留に及ぼす周辺組織の影響も明らかにすることができた。また、モンテカルロ法を用いた超高サイクル疲労を評価する計算手法も開発した。

研究成果については、これまでに 3 報の学術論文と 8 報の国際会議プロシーディングスが発表されている。また、開発された高速疲労試験システムやき裂の CT 観測技術は、本研究で対象とした金属疲労分野のみならず、広範な材料研究にも利用できることから、高精度な材料評価技術の確立に大きく貢献していると考えられる。今後は、本研究で得られた膨大なデータについて、様々な視点からの更なる解析を期待したい。

以上の通り、本課題は当初目的とした各項目におい

て十分な進捗が認められるのみならず、他分野への波及効果も認められることから、長期利用課題として期待通りの成果が挙げられたものと判断される。

[成果リスト]

(査読付き論文)

[1] SPring-8 publication ID = 43031

G. Xue *et al.*: “Initiation and Propagation of Small Fatigue Crack in Beta Titanium Alloy Observed through Synchrotron Radiation Multiscale Computed Tomography” *Engineering Fracture Mechanics* **263** (2022) 108308.

[2] SPring-8 publication ID = 44537

T. Nakamura: “In situ Observation of Small Fatigue Cracks in High-strength Metals using Synchrotron Radiation Micro and Nano Computed Tomography” *Proceedings of the 7th International Conference on Advanced Steels, ICAS 2022* (2022) 184-187.

[3] SPring-8 publication ID = 44553

K. Setsu *et al.*: “Three-dimensional Observation of Small Fatigue Cracks Growth Process in a Beta Titanium Alloy Ti-22V-4Al using Multiscale Synchrotron Radiation Computed Tomography” *Proceedings of the 7th International Conference on Advanced Steels, ICAS 2022* (2022) 132-135.

[4] SPring-8 publication ID = 44554

T. Yamazaki *et al.*: “The Formation Process of Multiple Facets in Internal Fatigue Fractures of (α+β) Ti-6Al-4V” *Proceedings of the 7th International Conference on Advanced Steels, ICAS 2022* (2022) 136-139.

[5] SPring-8 publication ID = 44555

K. Setsu *et al.*: “Initiation and Propagation Process of Small Fatigue Crack in Beta Titanium Alloy via Multiscale Synchrotron Radiation Computed Tomography” *Final Brief Paper of the Eighth International Conference on Very High Cycle Fatigue, VHCF8* (2021) Paper No. 2B11.

[6] SPring-8 publication ID = 44556

S. Modi *et al.*: “A Trial for Detecting Small Fatigue Cracks Initiating from Non-metallic Inclusions in Precipitation-hardened Stainless Steel” *Final Brief Paper of the Eighth International Conference on Very High Cycle Fatigue, VHCF8* (2021) Paper No. 2B12.

- [7] SPring-8 publication ID = 44557
 H. Morishita *et al.*: “Analysis of Fatigue Life Distribution of Ti-6Al-4V Based on the Initiation and Propagation Behaviors of Small Internal Cracks” Final Brief Paper of the Eighth International Conference on Very High Cycle Fatigue, VHCF8 (2021) Paper No. 5A03.
- [8] SPring-8 publication ID = 44561
 T. Yamazaki *et al.*: “Classification of Internal Fatigue Crack Growth Stages of ($\alpha+\beta$) Ti-6Al-4V by Fractographic Analysis Focusing on Multiple Facet Formation” Final Brief Paper of the Eighth International Conference on Very High Cycle Fatigue, VHCF8 (2021) Paper No. 4B10.
- [9] SPring-8 publication ID = 44833
 F. Yoshinaka *et al.*: “Characterization of Internal Fatigue Crack Initiation in Ti-6Al-4V Alloy via Synchrotron Radiation X-ray Computed Tomography” *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures* (2023) Online published 03 Feb. 2023.
- [10] SPring-8 publication ID = 44834
 H. Morishita *et al.*: “Fatigue Life Distribution Analysis of $\alpha+\beta$ Titanium Alloy Based on the Initiation and Propagation Behaviors of Small Internal Cracks” *材料 (Journal of the Society of Materials Science, Japan)* **71** (2022) 997-1004.

— 課題3 —

課題名	宇宙地球化学試料のマイクロ XRF-XAFS 研究の新展開: 高エネルギー領域への展開や超伝導転移端検出器の導入
実験責任者(所属)	高橋 嘉夫 (東京大学)
採択時課題番号	2020A0174
ビームライン	BL01B1, BL37XU
利用期間/配分総シフト	2020A~2022A/117 シフト

[評価結果]

本長期利用課題は、天然鉱物中の希土類元素の局所分析精度を向上させるため、蛍光 X 線分析を中心とした X 線分光計測において障害となってきた、妨害元素の影響を低減させる手法の開発を目的としている。また、開発された手法は地球惑星科学および環境分野の様々な研究に適用され、希土類元素の精緻な分析を通じて新たな知見が得られている。

微量な希土類元素の分析感度を向上させる方法として、実験責任者のこれまでの研究を進展させる形で 2 種類の手法が導入され、それぞれ以下の成果が得られている。

① 40 keV 以上の高エネルギー X 線を利用した K 端ナノ分析

近年 BL37XU に整備された高エネルギー X 線用ナノ集光光学系を活用し、遷移金属など主成分元素由来の信号強度が小さくなる、40 keV 以上の希土類 K 端分光ナノ計測が試みられた。分光器のデチューンやハイパスフィルタを合わせて利用することで、幅広いエネルギー帯に吸収端を持つ元素を Si の結晶面を変えずに分析することに成功している。本手法により、新たな希土類鉱床として期待される粘土鉱物中の希土類元素の存在形態や、リュウグウ試料の分析による太陽系始原物質の生成過程に関する新しい知見が得られている。

② 超伝導転移端検出器 (TES) を用いた高分解能 L 端計測

産業技術総合研究所が所有する TES を BL37XU に持ち込み、TES の高いエネルギー分解能 (~ 5 eV) を利用することで、従来の半導体検出器では分離検出できなかった微量な希土類元素の L 線を利用した、蛍光 X 線分析や高分解能 XAFS 計測に成功している。本手法の導入により、福島原発由来の放射性セシウムを含んだ微粒子の生成過程や、地中でのウランの環境動態などにおいて、新たな知見が得られている。

一連の研究の結果、10 報以上の学術論文が発表されるとともに、多数の招待講演や 3 件のプレスリリースが実施され、活発な情報発信も行われている。

本課題は、微量な希土類元素を精緻に分析する新たな手法の導入によって、社会的関心も高い地球惑星科学および環境分野の研究を進展させ、個々には波及効果も期待できる成果が数多く得られている。一方で、課題全体を俯瞰すると極めて総花的であり、長期利用課題がどのように有効に活用されたのかが必ずしも明瞭ではないが、総合的には当初の目標はほぼ達成されている。

[成果リスト]

(査読付き論文)

[1] SPring-8 publication ID = 41933
 H. Suga *et al.*: “A New Constraint on the Physicochemical Condition of Mars Surface during the Amazonian Epoch Based on Chemical Speciation for Secondary Minerals in Martian Nakhilites” *Minerals* **11** (2021) 514.

[2] SPring-8 publication ID = 41936
 S. Yamada *et al.*: “Broadband High-energy Resolution Hard X-ray Spectroscopy using Transition Edge Sensors at SPring-8” *Review of Scientific Instruments* **92** (2021) 013103.

[3] SPring-8 publication ID = 41937
 B. Gankhurel *et al.*: “Comparison of Chemical Speciation of Lead, Arsenic, and Cadmium in Contaminated Soils from a Historical Mining Site: Implications for Different Mobilities of Heavy Metals” *ACS Earth and Space Chemistry* **4** (2020) 1064-1077.

[4] SPring-8 publication ID = 41939
 M. Nagasawa *et al.*: “Local Structure of Rare Earth Elements (REE) in Marine Ferromanganese Oxides by Extended X-ray Absorption Fine Structure and Its Comparison with REE in Ion-adsorption Type Deposits” *Chemistry Letters* **49** (2020) 909-911.

[5] SPring-8 publication ID = 43741
 B. Gankhurel *et al.*: “Arsenic and Uranium Contamination of Orog Lake in the Valley of Gobi Lakes, Mongolia: Field Evidence of Conservative Accumulation of U in an Alkaline, Closed-basin Lake during Evaporation” *Journal of Hazardous Materials* **436** (2022) 129017.

[6] SPring-8 publication ID = 43742
 S. Natori *et al.*: “High-Energy Resolution Fluorescence Detected X-ray Absorption Spectroscopy for the Speciation of Fe in Aerosol Samples” *Minerals* **12** (2022) 536.

[7] SPring-8 publication ID = 43743
 A. Minoda *et al.*: “Cell Population Behavior of the Unicellular Red Alga *Galdieria sulphuraria* during Precious Metal Biosorption” *Journal of Hazardous Materials* **432** (2022) 128576.

[8] SPring-8 publication ID = 43745
 J. Sun *et al.*: “New Insights into the Distribution and

Speciation of Nickel in a Myanmar Laterite” *Chemical Geology* **604** (2022) 120943.

[9] SPring-8 publication ID = 43746
 Y. Yokoyama *et al.*: “The Uptake of Selenite in Calcite Revealed by X-ray Absorption Spectroscopy and Quantum Chemical Calculations” *Science of The Total Environment* **802** (2022) 149221.

[10] SPring-8 publication ID = 43748
 H. Qin *et al.*: “Scandium Immobilization by Goethite: Surface Adsorption versus Structural Incorporation” *Geochimica et Cosmochimica Acta* **294** (2021) 255-272.

[11] SPring-8 publication ID = 44588
 A. Yamaguchi *et al.*: “Extended X-ray Absorption Fine Structure Spectroscopy Measurements and *ab initio* Molecular Dynamics Simulations Reveal the Hydration Structure of the Radium(II) Ion” *iScience* **25** (2022) 104763.

－ 課題4 －

課題名	ミリ秒時間分解能マルチビーム 4DX線トモグラフィの開発とその応用
実験責任者(所属)	矢代 航 (東北大学)
採択時課題番号	2020A0176
ビームライン	BL28B2
利用期間/配分総シフト	2020A~2022A/117シフト

[評価結果]

本課題は、白色 X 線ビームを回折によりマルチビーム化し、試料の回転を伴わない高効率な CT 測定技術を確立したうえで、応用研究を展開することを目指したものである。この技術は、ミリ秒オーダーの高い時間分解能と 10 μm の空間分解能を目標としており、既存の X 線 CT 技術を大きく凌駕するものとなる。実現されれば、空間 3 次元に時間軸を加えた 4 次元 X 線 CT として、広く学術・産業への応用展開が期待できる。また、マルチビーム技術の派生技術の有効性の検証も目的の一つとされた。

具体的には、検出器の画素サイズを 20 μm から 10 μm に高度化するとともに、マルチビーム結晶に起因するドリフトの問題を解決した。また、π 偏光マルチビームで問題となる高散乱角のビームイメージの S/N 比の向上に関しても、光学系・検出器・解析技術のそれぞれの面から高度化が図られた。最終的に 0.5

ミリ秒の時間分解能、14 μm 程度の空間分解能に到達しており、技術開発に関する目標は十分に達成できたと認められた。限定的ではあるが応用実験も行われており、結果の解析と成果発表が期待される。さらに、開発したマルチビーム技術を元素・価数識別 CT 技術へ展開する可能性についても実証されている。

本課題の成果は、4次元 CT 技術そのものの先進性に加え、基礎研究にとどまらず、産業基盤技術の向上にも資するという意味でも重要である。4次元 CT には広い応用が想定され、多様な試料への適用が実現すれば、大きな波及効果を生むことができる。また、開発された光学系や解析手法などの要素技術についても、様々な X 線分析技術への展開が見込まれる。技術開発に重きが置かれているため論文数は少ないが、多くの学術的会合等で積極的に発表しており、今後も成果の発信が期待できる。特に応用面での研究成果の発表が技術の普及のために有効であるため、積極的な取り組みが求められる。

以上のように、本課題では高いレベルで研究目標が達成され、時空間分解能の高い 4次元 CT 観測技術の確立に向けて大きな成果を挙げたと高く評価された。応用事例はまだ十分とは認められないが、2年の実施期間で応用までを目指す計画は非常に挑戦的なものであり、総合的な評価を大きく下げることは無かった。今後、応用研究が進んで成果が発表されると、より高いインパクトをもたらすことが期待できる。

[成果リスト]

(査読付き論文)

- [1] SPring-8 publication ID = 40564
W. Yashiro *et al.*: “Fabrication of Multi-Blade Crystals for Hard-X-ray Multi-Beam Imaging System” *Japanese Journal of Applied Physics* **59** (2020) 092001.
- [2] SPring-8 publication ID = 42673
S. Harasse *et al.*: “Regularized Phase Shift Estimation in X-ray Grating Interferometry” *OSA Continuum* **4** (2021) 2813-2820.
- [3] SPring-8 publication ID = 42674
W. Yashiro *et al.*: “Exploring Frontiers of 4D X-ray Tomography” *Applied Sciences* **11** (2021) 8868.
- [4] SPring-8 publication ID = 44564
W. Voegeli *et al.*: “Sub-second Multi-energy X-ray Tomography using a Multi-beam Optical System and Detector” *Japanese Journal of Applied Physics* **61** (2022) 098002.
- [5] SPring-8 publication ID = 44565
H. Kudo *et al.*: “Fundamental and Trend of Tomographic Image Reconstruction: from Analytical Reconstruction Method, through Compressed Sensing, to Deep Learning” までりあ (*Materia Japan*) **61** (2022) 7-14.
- [6] SPring-8 publication ID = 44566
W. Yashiro: “Millisecond-Order X-ray Tomography Using Synchrotron Radiation” 計測と制御 (*Journal of the Society of Instrument and Control Engineers*) **60** (2021) 192-196.
- [7] SPring-8 publication ID = 44698
W. Voegeli *et al.*: “Development of Multi-beam Optics for Time-resolved X-ray Tomography: from π -polarization to σ -polarization” *Journal of Physics: Conference Series* **2380** (2022) 012063.
- [8] SPring-8 publication ID = 44699
W. Yashiro *et al.*: “Millisecond-Order Temporal-Resolution Synchrotron X-ray Tomography without Sample Rotation” *Journal of Physics: Conference Series* **2380** (2022) 012121.

SACLA 利用研究課題審査委員会を終えて

SACLA 利用研究課題審査委員会 委員長

電気通信大学 レーザー新世代研究センター

米田 仁紀

1. はじめに

X線自由電子レーザー施設 SACLA は、SPring-8 などの多数の実験ハッチを同時に運用できる放射光とは異なり、基本的に1ビーム・1ユーザーグループとなる。もちろん実験課題としては、マテリアルサイエンス (MAT)、バイオサイエンス (BIO)、高エネルギー密度科学 (HEDS)、手法・装置開発分野 (MI)、化学 (CHM)、原子分子物理学 (AMO)、X線光学 (XOP)、産業利用分野 (IND) など様々な研究が行われる (図1)。これを利用研究課題審査委員会 (PRC) はその提案から選考までを行う必要があり、自ずと選考委員には幅広い視野が必要になる。また、すでにX線自由電子レーザーは、SACLA が誕生した時の世界で2か所しかない状況から、5か所で運用が始まり、今後さらに増えていく。その中でSACLAで行われている研究が独創性を持ち、他ではできない科学も行われているようにしなければならず、委員は自分の分野だけでなく、世界のXFELの現状も知らなければならない。これが、SACLA-PRCの特徴であり、面白いことでもある。また、選考には海外研究者の意見も重要になる。海外レフェリーの中には、他施設での選考に関わる人

がいるし、それら施設の状況もよく知っている場合が多い。それだけでなく、PRCで委員の評価・意見を聞いていると、場合によって国内・国外で意見が分かれる時が少なくない。それらを理解し、SACLAでの科学を選考できる喜びが、この委員会にはある。

2. 特徴的な審査体制

2-1. 本審査委員会での議論

PRC委員はあらかじめ担当する20~30の課題について評点付け、審査コメントを記入してもらう。それを点数でソートし並べ、上から採択を決めていけば本審査委員会は何もすることがなく機械的に決まるはずである。しかし、このPRCではそうはならない。一つは評点が1~4の範囲で均等につけることを要求されるために、自分が担当している課題がいい課題が多いと、いい提案だと思っけていても点数を低くしなければならぬ。もう一つの議論要因は、点数のばらつきである。委員会では、特にボーダー近傍の提案に対して、その評点理由を述べてもらい、それを基に評価を上げるか下げるかも議論する。海外レフェリーは、本審査委員会には出席しないので、その部分は審査コメントを委員が読み、なぜ評点がこうなったかを議論する。このあたり、単純な議論にはならない。例えば、興味深い研究課題であるが、先にLCLSなど他のXFEL施設で実験が行われている場合、追加実験がSACLAを使って大きく発展できると判断できれば高い側に、単なる追従に近いと低い側に移る。これらに加え、最近では、採否履歴も委員会資料に明示するようにし、ずっと借敗している場合には、それを加味して判断をすることになる。

SACLAの実験ステーションは、いまだ手法が確立されていないものもある。また課題提案者は、SACLAにある施設のパフォーマンスを少し超えたところで実験を提案してくることもある。この場合、施設側の技術を理解している人と科学的な内容を理解できて

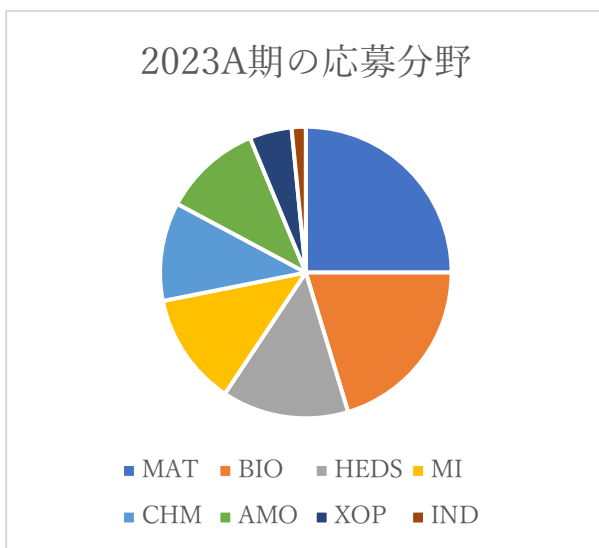


図1 SACLAの応募された研究分野分布

いる PRC 委員が議論をする必要が出てくる。例えば、ポンプレーザーの特性が少し足らなかつたら、この実験は成立するのか？現在の分解能を少しだけ向上できたとして、この実験は意味あるレベルまで上がるのか？などの議論をする必要がある。これを全体の PRC で行くと、サブの部屋をいくつも作ってそこで議論する必要があるが、この PRC では、事前にその討論会を行い、関係者に集まってもらってそこでの結論を出していただいている。

2-2. コメントフィードバック

提案者にとって、審査員のコメントは例え採択されたとしても重要な suggestion になる。ましてや不採択となった場合には、何が不足し、何を改善すれば採択に至ることができるのかわからないと、毎回不採択となり、そのうち SACLA への興味も薄れてしまうかもしれない。そのために、審査コメントのフィードバックも PRC の重要な仕事となっている。課題により担当している委員が、他の審査員のコメントを含めてまとめ、フィードバックコメントを作成、それを委員長がチェックする。なるべく生の声を伝えるように努力をしている点でもある。

2-3. 海外レフェリーへの報告

数年前から海外の方も審査に携わっていただくことにしている。ただ、SACLA の PRC では、時間の制約もあって、海外レフェリーには出席を求めている。このような状況でいいレフェリーをどうやって維持していくかは、PRC としては重要な課題であった。単に評点を付けて何も無いのでは、いずれこの海外レフェリーも離れて行ってしまう。そこで、本 PRC では、自分が審査した課題がどの位置に来たのか、またどのようなフィードバックコメントを PRC が出しているのかを伝えるようにしている。

3. まとめとして

以上は、実は PRC でこれまで議論して変えてきている一部分である。この PRC も発展している途上であり、多くの意見を考えながら進めてきているところである。現在は、不採択になる方の数も少なからずいるが、その人たちへも SACLA へ課題提案をしてため

になったと思われるようにしないと、あっという間に固定客の研究課題だらけになってしまう。新しいサイエンスを生み出すには、このような PRC の役割も大きいのは当然で、委員の方々には難しい議論や全く異分野の議論もきちんと聞いていただき、その分野の研究トレンドも理解していただけるように心がけている。引き続き、SACLA の支援をお願いしたいと思っています。

米田 仁紀 YONEDA Hitoki

電気通信大学 レーザー新世代研究センター

〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

TEL : 042-443-5711

e-mail : yoneda@ils.uec.ac.jp

2022B 期において実施された SACLA 利用研究課題（共用課題）について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

第 21 回目の利用期である 2022B 期の利用研究課題（共用課題）が、2022 年 10 月 7 日から 2023 年 2 月 23 日にかけて実施されました。

この期間において、ビームライン BL1、BL2 または BL3 にて計 50 の利用研究課題が実施され、ビームタイムは計 258.5 シフト（1 シフト＝12 時間）が利用されました。

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

なお、これらのほか、同ビームラインにおいて JASRI スタッフによるインハウス課題が計 3 課題実施され、ビームタイムは計 16 シフトが利用されました。

実施課題の課題名は、以下の Web サイトに掲載しています。

◆ SACLA User Information

> SACLA Guide > 採択課題／実施課題

> 実施課題一覧 > 2022B

https://sacra.xfel.jp/wp-content/uploads/sacra_performed_proposal_2022b_j.pdf

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

◆ SACLA User Information

> 成果等検索 > 利用課題実験報告書検索

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

成果は、課題実施期終了後 3 年以内に、査読付き原著論文等で公開されます。

公益財団法人

高輝度光科学研究センター 利用推進部

TEL：0791-58-0961

e-mail：sacra.jasri@spring8.or.jp

表 1 2022B 期 SACLA 利用研究実施課題

課題種	産業界		大学等教育機関		国公立試験研究機関等		海外機関		合計		
	実施課題数	実施シフト数	実施課題数	実施シフト数	実施課題数	実施シフト数	実施課題数	実施シフト数	実施課題数	実施シフト数	
一般課題	(成果非専有利用)	1	4	23	118	11	63	15	73.5	50	258.5
	(成果専有利用)										
時期指定課題（成果専有利用）											
緊急課題											
合計		1	4	23	118	11	63	15	73.5	50	258.5

○実施課題を実験責任者の所属（産学官 海外）で区分。

○延べ利用者数は計 588 人。

SPring-8/SACLA 利用者選定に係る 2021-2022 年度委員会の委員名簿の公表

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

2021-2022 年度の SPring-8/SACLA 利用者選定のために設置した委員会委員名を公表します。一部の委員会は審査の公正性を保つため任務中は非公開としており、審査の透明性の確保の観点から任務終了後に公表することとしています。

○ 2021-2022 年度 SPring-8 選定委員会*1

(委員長)

野村 昌治 高エネルギー加速器研究機構 名誉教授

(委員長代理)

藤原明比古 関西学院大学 教授

(委員)

足立 伸一 高エネルギー加速器研究機構 理事

内海 渉 量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学部門 次世代放射光施設整備開発センターセンター長

金谷 利治 京都大学 名誉教授

上村みどり CBI研究機構 量子構造生命科学研究所 所長

岸本 浩通 住友ゴム工業株式会社 研究開発本部 分析センター センター長

木村 昭夫 広島大学 教授

柴山 充弘 総合科学研究機構 中性子科学センター センター長

島川 祐一 京都大学 教授

妹尾与志木 佐賀県産業振興機構 九州シンクロトロン光研究センター 所長

竹田 美和 科学技術交流財団 あいちシンクロトロン光センター 特別フェロー

月原 富武 兵庫県立大学 特任教授

山縣ゆり子 尚綱大学・尚綱大学短期大学部 学長

○ 2021-2022 年度 SACLA 選定委員会*1

(委員長)

中川 敦史 大阪大学 教授

(委員長代理)

米田 仁紀 電気通信大学 教授

(委員)

岩井伸一郎 東北大学 教授

河内 哲哉 量子科学技術研究開発機構 関西光科学研究所 所長

木村 剛 東京大学 教授

佐野 雄二 自然科学研究機構 分子科学研究所 プログラム・マネージャー

高橋 瑞稀 第一三共 RD ノバーレ株式会社 主任研究員

濡木 理 東京大学 教授

山重 寿夫 トヨタ自動車株式会社 主幹

○ 2021-2022 年度 専用施設審査委員会*1

(委員長)

金谷 利治 京都大学 名誉教授

(委員長代理)

渡辺 義夫 科学技術交流財団 あいちシンクロトロン光センター 主席研究員

(委員)

石川 哲也 理化学研究所 放射光科学研究センター センター長

大石 泰生 高輝度光科学研究センター 安全管理室長

木村 滋 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室長 (2021年9月まで)

熊坂 崇 高輝度光科学研究センター 構造生物学推進室長

後藤 俊治 高輝度光科学研究センター 光源基盤部門長 (2022年3月まで)

坂田 修身 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 副センター長
 佐治 超爾 高輝度光科学研究センター 情報技術推進室長
 島田 賢也 広島大学 放射光科学研究センター センター長/教授
 妹尾与志木 佐賀県産業振興機構 九州シンクロトロン光研究センター 所長
 田中 均 理化学研究所 放射光科学研究センター 副センター長
 田中良太郎 高輝度光科学研究センター 常務理事/放射光利用研究基盤センター長
 玉作 賢治 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室長 (2021年10月から)
 為則 雄祐 高輝度光科学研究センター 分光推進室長
 登野 健介 高輝度光科学研究センター 散乱・イメージング推進室長 (2022年4月から)
 西堀 英治 筑波大学 教授
 藤田 全基 東北大学 教授
 八木 直人 高輝度光科学研究センター 構造生物学推進室シニアコーディネーター (2022年6月まで)
 矢橋 牧名 理化学研究所 物理・化学系ビームライン基盤グループ グループディレクター
 山口 章 高輝度光科学研究センター 常務理事/産業利用・産学連携推進室長

佐藤 眞直 高輝度光科学研究センター 産業利用・産学連携推進室長代理
 妹尾与志木 佐賀県産業振興機構 九州シンクロトロン光研究センター 所長
 世良 俊博 九州大学 准教授
 竹中 幹人 京都大学 教授
 谷一 尚 林原美術館 館長/山陽学園大学 副学長
 玉作 賢治 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室長 (2021年10月から)
 為則 雄祐 高輝度光科学研究センター 分光推進室長
 中村 孝 北海道大学 教授
 Baron Alfred 高輝度光科学研究センター 精密分光推進室長
 松下 智裕 奈良先端科学技術大学院大学 教授
 水口 将輝 名古屋大学 教授
 壬生 攻 名古屋工業大学 教授
 守友 浩 筑波大学 教授
 八木 直人 高輝度光科学研究センター タンパク質結晶解析推進室 コーディネーター
 山下 敦子 岡山大学 教授

分科会再編後^{*1}

(委員長)

藤原明比古 関西学院大学 教授

(委員)

雨澤 浩史 東北大学 教授
 有馬 孝尚 東京大学 教授
 植草 秀裕 東京工業大学 准教授
 上床 美也 東京大学 教授
 大石 泰生 高輝度光科学研究センター 安全管理室長
 熊坂 崇 高輝度光科学研究センター 構造生物学推進室長
 後藤 俊治 高輝度光科学研究センター 光源基盤部門長 (2022年3月まで)
 近藤 寛 慶應義塾大学 教授
 齋藤 智彦 東京理科大学 教授
 坂田 修身 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 副センター長
 佐々木孝彦 東北大学 教授
 佐治 超爾 高輝度光科学研究センター 情報技術推進室長
 佐藤 眞直 高輝度光科学研究センター 産業利用・産学連携推進室長代理
 妹尾与志木 佐賀県産業振興機構 九州シンクロトロン光研究センター 所長
 竹中 幹人 京都大学 教授

○ 2021-2022 年度 SPring-8 利用研究課題審査

委員会

分科会再編前^{*2}

(委員長)

藤原明比古 関西学院大学 教授

(委員)

雨澤 浩史 東北大学 教授
 有馬 孝尚 東京大学 教授
 上床 美也 東京大学 教授
 大石 泰生 高輝度光科学研究センター 安全管理室長
 岡 俊彦 静岡大学 准教授
 木村 滋 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室長 (2021年9月まで)
 熊坂 崇 高輝度光科学研究センター タンパク質結晶解析推進室長
 後藤 俊治 高輝度光科学研究センター 光源基盤部門長
 齋藤 智彦 東京理科大学 教授
 坂田 修身 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 副センター長
 佐治 超爾 高輝度光科学研究センター 情報処理推進室長

谷一 尚 林原美術館 館長/山陽学園大学 副学長
 玉作 賢治 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室長
 為則 雄祐 高輝度光科学研究センター 分光推進室長
 登野 健介 高輝度光科学研究センター 散乱・イメージング推進室長 (2022年4月から)
 中村 孝 北海道大学 教授
 中村 将志 千葉大学 准教授
 Baron Alfred 高輝度光科学研究センター 精密分光推進室長
 松下 智裕 奈良先端科学技術大学院大学 教授
 壬生 攻 名古屋工業大学 教授
 守友 浩 筑波大学 教授
 八木 直人 高輝度光科学研究センター 構造生物学推進室 シニアコーディネーター (2022年6月まで)
 山下 敦子 岡山大学 教授

○ 2021-2022 年度 SACLA 利用研究課題審査委員会*1

(委員長)

米田 仁紀 電気通信大学 教授

(委員長代理)

西野 吉則 北海道大学 教授

(委員)

足立 伸一 高エネルギー加速器研究機構 理事
 有馬 孝尚 東京大学 教授
 井上 豪 大阪大学 教授
 大石 泰生 高輝度光科学研究センター 安全管理室長
 神門 正城 量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学部門 上席研究員
 佐藤 堯洋 Linac Coherent Light Source, SLAC National Accelerator Laboratory Staff Scientist
 佐藤 衛 横浜市立大学 名誉教授
 篠原 佑也 Oak Ridge National Laboratory R&D Associate
 清水 敏之 東京大学 教授
 千田 俊哉 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 センター長/教授
 高橋 幸生 東北大学 教授
 唯 美津木 名古屋大学 教授
 津本 浩平 東京大学 教授
 登野 健介 高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室 チームリーダー
 中堤 基彰 European XFEL, GmbH Staff Scientist

西堀 英治 筑波大学 教授
 初井 宇記 高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室 グループリーダー
 菱川 明栄 名古屋大学 教授
 藤岡 慎介 大阪大学 教授
 松田 巖 東京大学 教授
 矢橋 牧名 高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室長
 簀内 俊毅 高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室 グループリーダー

○ 2021-2022 年度 SPing-8 課題審査委員会

分科会委員

分科会再編前*2

◎分科会主査 ○小分科主査

[生命科学分科会]

<分科会 1 (蛋白質結晶構造解析)>

◎○山下 敦子 岡山大学 教授
 井上 豪 大阪大学 教授
 熊坂 崇 高輝度光科学研究センター タンパク質結晶解析推進室長

<分科会 2 (生物試料回折散乱 (非結晶))>

○岡 俊彦 静岡大学 准教授
 関口 博史 高輝度光科学研究センター 散乱・イメージング推進室 チームリーダー
 八木 直人 高輝度光科学研究センター タンパク質結晶解析推進室 コーディネーター

<分科会 3 (バイオメディカルイメージング、医学研究一般 (元素分析、X線散乱、放射線効果 等))>

○世良 俊博 九州大学 准教授
 上杉健太郎 高輝度光科学研究センター 散乱・イメージング推進室 主席研究員
 八木 直人 高輝度光科学研究センター タンパク質結晶解析推進室 コーディネーター

[散乱・回折分科会]

<分科会 1 (無機系結晶、有機・分子系結晶)>

○守友 浩 筑波大学 教授
 青柳 忍 名古屋市立大学 教授
 植草 秀裕 東京工業大学 准教授
 河野 正規 東京工業大学 教授

杉本 邦久 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室 チームリーダー
安田 伸広 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室 研究員

〈分科会 2 (高圧物性、地球惑星科学)〉

◎上床 美也 東京大学 教授
奥地 拓生 京都大学 教授
中野 智志 物質・材料研究機構 主幹研究員
肥後 祐司 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室 主幹研究員

〈分科会 3 (材料イメージング(CT、トポグラフィ等))〉

○中村 孝 北海道大学 教授
上杉健太郎 高輝度光科学研究センター 散乱・イメージング推進室 主席研究員
小林 正和 豊橋技術科学大学 准教授

〈分科会 4 (非弾性散乱 (コンプトン散乱、核共鳴散乱、高分解能 X 線散乱))〉

○壬生 攻 名古屋工業大学 教授
石井 賢司 量子科学技術研究開発機構 量子科学研究部門 研究統括
小林 義彦 東京医科大学 講師
Baron Alfred 高輝度光科学研究センター 精密分光推進室長

〈分科会 5 (高分子 (蛋白質を除く))〉

○竹中 幹人 京都大学 教授
秋葉 勇 北九州市立大学 教授
関口 博史 高輝度光科学研究センター 散乱・イメージング推進室 チームリーダー

〈分科会 6 (非晶質 (準結晶、アモルファス、液体 等)、低次元系、表面界面構造、ナノ構造、機能性界面・薄膜材料 等、ホログラフィー)〉

○松下 智裕 奈良先端科学技術大学院大学 教授
小西 健久 千葉大学 准教授
小金澤智之 高輝度光科学研究センター 産業利用・産学連携推進室 チームリーダー
田尻 寛男 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室 主幹研究員
中村 将志 千葉大学 准教授
脇原 徹 東京大学 教授

[XAFS・蛍光分析分科会]

(XAFS、蛍光 X 線分析、微量分析)

◎雨澤 浩史 東北大学 教授
加藤 和男 高輝度光科学研究センター 分光推進室 主幹研究員
近藤 寛 慶應義塾大学 教授

[分光分科会]

〈分科会 1 (固体光電子分光物性、赤外物性、光化学)〉

◎齋藤 智彦 東京理科大学 教授
池本 夕佳 高輝度光科学研究センター 分光推進室 主幹研究員
組頭 広志 東北大学 教授
佐々木孝彦 東北大学 教授
高木 康多 高輝度光科学研究センター 分光推進室 主幹研究員
松波 雅治 豊田工業大学 准教授

〈分科会 2 (MCD (軟 X 線、硬 X 線))〉

○水口 将輝 名古屋大学 教授
鈴木 基寛 関西学院大学 教授
河村 直己 高輝度光科学研究センター 分光推進室 チームリーダー

[産業利用分科会]

◎妹尾与志木 佐賀県産業振興機構 九州シンクロトン光研究センター 所長
岡島 敏浩 科学技術交流財団 あいちシンクロトン光センター 副所長
木村 正雄 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 教授
堂前 和彦 高輝度光科学研究センター 産業利用基盤開発推進室 コーディネーター
宮崎 司 京都大学 特定教授

[人文・社会科学分科会]

◎谷一 尚 林原美術館 館長/山陽学園大学 副学長
奥山 誠義 榎原考古学研究所 指導研究員
中井 泉 東京理科大学 名誉教授
八木 直人 高輝度光科学研究センター タンパク質結晶解析推進室 コーディネーター

[長期利用分科会]

- ◎有馬 孝尚 東京大学 教授
 秋山 修志 自然科学研究機構 分子科学研究所 教授
 岩田 忠久 東京大学 教授
 木村 滋 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室長 (2021年9月まで)
 熊坂 崇 高輝度光科学研究センター タンパク質結晶解析推進室長
 坂田 修身 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 副センター長
 佐藤 眞直 高輝度光科学研究センター 産業利用・産学連携推進室長代理
 高橋 正光 量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学部門 上席研究員
 玉作 賢治 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室長 (2021年10月から)
 為則 雄祐 高輝度光科学研究センター 分光推進室長
 中島 健次 日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 副センター長
 八木 直人 高輝度光科学研究センター タンパク質結晶解析推進室 コーディネーター
 横谷 尚睦 岡山大学 教授

分科会再編後*

◎分科会主査

[小角・広角散乱分科会 (DS1)]

- ◎竹中 幹人 京都大学 教授
 秋葉 勇 北九州市立大学 教授
 岡 俊彦 静岡大学 准教授
 関口 博史 高輝度光科学研究センター 散乱・イメージング推進室 チームリーダー

[X線回折 (単結晶) 分科会 (DS2)]

- ◎守友 浩 筑波大学 教授
 河野 正規 東京工業大学 教授
 安田 伸広 高輝度光科学研究センター ビームライン技術推進室 研究員

[X線回折 (粉末) 分科会 (DS3)]

- ◎植草 秀裕 東京工業大学 准教授
 青柳 忍 名古屋市立大学 教授
 杉本 邦久 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室 チームリーダー (2022年3月まで)
 今井 康彦 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室 チームリーダー (2022年4月から)

[X線回折 (汎用・構造評価) 分科会 (DS4)]

- ◎中村 将志 千葉大学 准教授
 小金澤智之 高輝度光科学研究センター 産業利用・産学連携推進室 チームリーダー
 脇原 徹 東京大学 教授

[X線回折 (高圧) 分科会 (DS5)]

- ◎上床 美也 東京大学 教授
 奥地 拓生 京都大学 教授
 中野 智志 物質・材料研究機構 主幹研究員
 肥後 祐司 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室 チームリーダー

[汎用 XAFS、汎用 MCD 分科会 (SP1)]

- ◎近藤 寛 慶應義塾大学 教授
 加藤 和男 高輝度光科学研究センター 分光推進室 主幹研究員
 鈴木 基寛 関西学院大学 教授

[先端 X線分光分科会 (SP2)]

- ◎雨澤 浩史 東北大学 教授
 河村 直己 高輝度光科学研究センター 分光推進室 チームリーダー
 水口 将輝 名古屋大学 教授

[光電子分光分科会 (SP3)]

- ◎齋藤 智彦 東京理科大学 教授
 組頭 広志 東北大学 教授
 高木 康多 高輝度光科学研究センター 分光推進室 主幹研究員

[赤外分光分科会 (SP4)]

- ◎佐々木孝彦 東北大学 教授
 池本 夕佳 高輝度光科学研究センター 分光推進室 主幹研究員
 松波 雅治 豊田工業大学 准教授

[イメージング分科会 (IMG)]

- ◎中村 孝 北海道大学 教授
 上杉健太郎 高輝度光科学研究センター 散乱・イメージング推進室 主席研究員
 小林 正和 豊橋技術科学大学 准教授
 世良 俊博 九州大学 准教授

[非弾性散乱分科会 (IXS)]

- ◎壬生 攻 名古屋工業大学 教授
 石井 賢司 量子科学技術研究開発機構 量子科学研究部門 研究統括
 小林 義彦 東京医科大学 講師
 Baron Alfred 高輝度光科学研究センター 精密分光推進室長

[構造生物学分科会 (SB)]

- ◎山下 敦子 岡山大学 教授
 井上 豪 大阪大学 教授
 熊坂 崇 高輝度光科学研究センター 構造生物学推進室長

[産業利用分科会 (IND)]

- ◎妹尾与志木 佐賀県産業振興機構 九州シンクロtron光研究センター 所長
 岡島 敏浩 科学技術交流財団 あいちシンクロtron光センター 副所長
 木村 正雄 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 教授
 堂前 和彦 高輝度光科学研究センター 産業利用基盤開発推進室 コーディネーター
 宮崎 司 京都大学 特定教授

[人文・社会科学分科会 (HSS)]

- ◎谷一 尚 林原美術館 館長/山陽学園大学 副学長
 上杉健太郎 高輝度光科学研究センター 散乱・イメージング推進室 主席研究員 (2022年7月から)
 奥山 誠義 檀原考古学研究所 総括研究員
 中井 泉 東京理科大学 名誉教授
 八木 直人 高輝度光科学研究センター 構造生物学推進室 シニアコーディネーター (2022年6月まで)

[長期利用分科会]

- ◎有馬 孝尚 東京大学 教授
 秋山 修志 自然科学研究機構 分子科学研究所 教授
 岩田 忠久 東京大学 教授
 木村 滋 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室長 (2021年9月まで)
 熊坂 崇 高輝度光科学研究センター 構造生物学推進室長
 坂田 修身 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 副センター長

- 佐藤 眞直 高輝度光科学研究センター 産業利用・産学連携推進室長代理
 高橋 正光 量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学部門 次長
 玉作 賢治 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室長
 為則 雄祐 高輝度光科学研究センター 分光推進室長
 登野 健介 高輝度光科学研究センター 散乱・イメージング推進室長 (2022年4月から)
 中島 健次 日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 副センター長
 八木 直人 高輝度光科学研究センター 構造生物学推進室 シニアコーディネーター (2022年6月まで)
 横谷 尚睦 岡山大学 教授

○ 2021-2022 年度 パートナーユーザー審査委員会*

(委員長)

- 有馬 孝尚 東京大学 教授

(委員長代理)

- 高橋 正光 量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学部門 次長

(委員)

- 秋山 修志 自然科学研究機構 分子科学研究所 教授
 岩田 忠久 東京大学 教授
 木村 滋 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室長 (2021年9月まで)
 熊坂 崇 高輝度光科学研究センター 構造生物学推進室長
 後藤 俊治 高輝度光科学研究センター 光源基盤部門長 (2022年3月まで)
 坂田 修身 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 副センター長
 佐治 超爾 高輝度光科学研究センター 情報技術推進室長
 佐藤 眞直 高輝度光科学研究センター 産業利用・産学連携推進室長代理
 玉作 賢治 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室長 (2021年10月から)
 為則 雄祐 高輝度光科学研究センター 分光推進室長
 登野 健介 高輝度光科学研究センター 散乱・イメージング推進室長 (2022年4月から)
 中島 健次 日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門 副センター長
 八木 直人 高輝度光科学研究センター 構造生物学推進室 シニアコーディネーター (2022年6月まで)
 横谷 尚睦 岡山大学 教授

○ 2021 年度 新分野開拓利用審査委員会 (2021 年度で終了)^{*3}

(委員長)

下村 理 高エネルギー加速器研究機構 名誉教授

(委員)

足立 伸一 高エネルギー加速器研究機構 理事
 木村 滋 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室長 (2021年9月まで)
 熊坂 崇 高輝度光科学研究センター タンパク質結晶解析推進室長
 栗栖 源嗣 大阪大学 教授
 後藤 俊治 高輝度光科学研究センター 光源基盤部門長
 坂田 修身 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 副センター長
 佐藤 勝昭 東京農工大学 名誉教授
 佐藤 眞直 高輝度光科学研究センター 産業利用・産学連携推進室長代理
 玉作 賢治 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室長 (2021年10月から)
 為則 雄祐 高輝度光科学研究センター 分光推進室長
 並河 一道 東京学芸大学 名誉教授
 西 敏夫 東京大学/東京工業大学 名誉教授
 八木 直人 高輝度光科学研究センター タンパク質結晶解析推進室 シニアコーディネーター

○ 2021-2022 年度 大学院生利用審査委員会^{*1}

(委員長)

朝倉 清高 北海道大学 教授

(委員)

今田 勝巳 大阪大学 教授
 熊坂 崇 高輝度光科学研究センター 構造生物学推進室長
 坂田 修身 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 副センター長
 佐藤 眞直 高輝度光科学研究センター 産業利用・産学連携推進室長代理
 瀬戸 誠 京都大学 教授
 竹中 幹人 京都大学 教授
 玉作 賢治 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室長 (2021年10月から)
 為則 雄祐 高輝度光科学研究センター 分光推進室長
 登野 健介 高輝度光科学研究センター 散乱・イメージング推進室長 (2022年4月から)

松本 健志 徳島大学 教授
 若林 裕助 東北大学 教授

○ 2021-2022 年度 SPing-8/SACLA 成果審査委員会^{*1}

(委員長)

佐々木 聡 東京工業大学 名誉教授

(委員)

木村 滋 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室長 (2021年9月まで)
 木下 豊彦 高輝度光科学研究センター コーディネーター (2022年4月から)
 熊坂 崇 高輝度光科学研究センター 構造生物学推進室長
 黒岩 芳弘 広島大学 教授
 坂田 修身 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 副センター長
 佐藤 眞直 高輝度光科学研究センター 産業利用・産学連携推進室長代理
 田中良太郎 高輝度光科学研究センター 常務理事/放射光利用研究基盤センター長
 玉作 賢治 高輝度光科学研究センター 回折・散乱推進室長 (2021年10月から)
 為則 雄祐 高輝度光科学研究センター 分光推進室長
 登野 健介 高輝度光科学研究センター 散乱・イメージング推進室長 (2022年4月から)
 野田 健治 高輝度光科学研究センター 名誉フェロー (2022年3月まで)
 舟越 賢一 総合科学研究機構 研究開発部 次長
 本間 穂高 日本製鉄株式会社 技術開発本部 部長代理
 森吉千佳子 広島大学 教授
 八木 直人 高輝度光科学研究センター 構造生物学推進室 シニアコーディネーター (2022年6月まで)
 矢橋 牧名 高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室長
 山下 敦子 岡山大学 教授
 横山 和司 ひょうご科学技術協会 放射光研究センターセンター長
 綿貫 徹 量子科学技術研究開発機構 放射光科学研究センター センター長

^{*1} 所属・役職は2023年3月時点又は退任時のもの

^{*2} 所属・役職は2021年4月時点又は就任時のもの

^{*3} 所属・役職は2021年12月時点又は退任時のもの

SPring-8 運転・利用状況

国立研究開発法人理化学研究所
放射光科学研究センター

◎2023 年 1～2 月の運転実績

SPring-8 は 1 月 13 日から 2 月 17 日までセベラルバンチ運転で第 5 サイクルの運転を実施した。

第 5 サイクルでは、火災報知器鳴動（積雪の影響による誤作動）により、非常停止ボタン押下による加速器緊急停止等があったが、全体としては順調な運転であった。総放射光利用運転時間（ユーザータイム）内での故障等による停止時間（down time）は、第 5 サイクルは約 0.6%であった。

1. 装置運転関係

(1) 運転期間

第 5 サイクル (1/13 (金) ～2/17 (金))

(2) 運転時間の内訳

第 5 サイクル

運転時間総計 約 841 時間

①装置の調整及びマシンスタディ等 約 121 時間

②放射光利用運転時間 約 715 時間

③故障等による down time 約 4 時間

④フィリング変更時間 約 1 時間

総放射光利用運転時間（ユーザータイム = ② + ③

+ ④）に対する down time の割合（*1）約 0.6%

(3) 運転スペック等

第 5 サイクル（セベラルバンチ運転）

- ・ 406 × 11/29-bunches + 1 bunch (H)
- ・ 203 bunches (A)
- ・ 203 bunches (A)
- ・ 406 × 11/29-bunches + 1 bunch (H)
- ・ 203 bunches (A)

・入射は電流値優先モード（2～3 分毎（マルチバンチ時）もしくは 20～40 秒毎（セベラルバンチ時））の SACLA 入射、Top-Up モードで実施。

・蓄積電流 8 GeV、～100 mA

(4) 主な down time の原因

- ・火災報知器鳴動（誤報）による加速器停止
- ・バンパ電磁石 4 の誤爆によるアボート
- ・SR RF Bst.Kly ドライバーアンプ OFF による RF Down（ビーム軌道変動によるアボート）

2. 利用関係（JASRI 利用推進部 集計）

(1) 放射光利用実験期間

第 5 サイクル (1/16 (月) ～2/16 (木))

(2) ビームライン利用状況

稼働ビームライン

共用ビームライン 26 本

専用ビームライン 15 本

理研ビームライン 13 本

第 5 サイクル（暫定値）

共同利用研究実験数 442 件

共同利用研究者数 1,627 名

専用施設利用研究実験数 242 件

専用施設利用研究者数 874 名

◎2023 年 2～3 月の運転実績（停止期間）

SPring-8 は 2 月 18 日から 4 月 4 日まで年度末点検調整期間とし、加速器やビームラインに係わる機器の改造・点検作業、電気・冷却設備等の機器の点検作業を行った。

（年度末点検調整期間中の主な作業（計画及び実績））

(1) 蓄積リング関係

- ・電磁石運転前連続通電作業（3/30～）
- ・電磁石、電磁石電源等定期点検
- ・ヘッダーホース交換絶縁改良（Q2、Q9）
- ・入射用バンパ電源 1～3 SH コンデンサ交換
- ・真空系作業及び点検、交換作業
- ・クロッチアブソーバ交換（C14、16、17）

- ・真空制御系ケーブル補修工事
- ・RF コンディショニング運転（運転開始前）
- ・クライストロン出力窓冷却水配管付け替え
- ・クライストロン電源冷却水（熱交換器）改修
- ・ドライバーアンプファン交換
- ・トリガーモジュール改修
- ・RF 基準周波数カウンタ更新
- ・テストスタンド用冷却塔増強
- ・テストスタンド直流高圧盤 碍子交換
- ・モニター系定期点検及び保守作業
- ・MTCA.4 トリガーモジュール改修
- ・光ケーブル敷設（保守通路-中央制御室間）
- ・DCCT1-DCCT2 配線入替（校正作業）
- ・バンチ純度モニターGUI改修
- ・制御計算機、データベース関連作業
- ・無線 LAN 基地局増設
- ・入退カードリーダー取替（組立搬入室）
- ・MTCA.4 ファームウェア更新
- ・BH4 電磁石監視削除に伴う安全 ILK 改修
- ・ID 関連作業／スパイラル管交換（ID12、44）
- ・ID 搬出入及び移動作業
- ・FE 関連作業（定期検査、保守作業）
- ・FE 運転前検査（全周）及び駆動系検査
- ・XBPM 暗電流対策（BL39XU、46XU）
- ・BM-BL／ABS シリンダー交換
- ・BL インターロック改修（BL08W、40XU、46XU）
- ・BL インターロック検査（後期）
- ・BL 再編工事関係
（BL08W、15XU、39XU、40XU、46XU）
- ・光学系・輸送チャンネル関係作業
- ・CE タンク設置（蓄積リング棟内周）
- ・液体窒素断熱配管設置（保守通路）
- ・その他作業及び定期点検等
- (2) ユーティリティ関係
 - ・電気設備保守点検及び整備作業
 - ・冷却水設備保守定期点検及び整備作業
 - ・空調用設備保守点検及び整備作業
 - ・天井クレーン月次点検作業
- (3) 安全管理関係
 - ・運転停止後の残留サーベイ（2/17）
 - ・特例区域設置（2/18～3/31）

- ・SPring-8/XSBT_ILK 自主検査（後期）
- ・放射線モニタ更新工事
- (4) その他
 - ・空調機等間引き運転（長期停止期間節電対策）
 - ・装置冷却水の停止（長期停止期間節電対策）
 - ・施設建屋、外構関連小工事等
 - ・施設建屋及び外周道路 LED 化工事
 - ・長尺ビームライン実験施設非常用発電機更新
 - ・Sy 棟マシン系 200V 動力盤修繕工事
 - ・パッケージエアコン更新（基盤機器、上坪記念講堂）
 - ・空冷ヒートポンプエアコン更新工事（II 期）
 - ・中央設備監視システム等の更新

◎2023 年 4～5 月の運転予定

- (1) SPring-8 は 4 月 5 日から 4 月 28 日までセベラルバンチ運転で第 1 サイクルの運転を予定している。
- (2) 4 月 29 日から 5 月 9 日まで春の点検調整期間とし、加速器やビームラインに係わる機器の改造・点検作業、電気・冷却設備等の機器の点検作業等を予定している。
- (3) 春の停止期間後の運転再開は 5 月 10 日からの予定で 7 月 7 日まで第 2 サイクルの運転を予定している。第 1～2 サイクルの運転実績については次号にて掲載する。

◎2023 年度 SPring-8 運転計画

SPring-8 では 2023 年度の運転計画を以下のように計画している。

- (1) 運転計画予定表
 - SPring-8 の WWW にて公開している。
 - (2) 運転計画の内訳
 - ①運転時間（統計/加速器の運転時間）
約 5,184 時間の運転を予定している。
 - ②運転時間（総放射光利用運転時間）
約 4,464 時間の運転を予定している。
 - ③サイクル数
合計 5 サイクルの運転を予定している。
 - (3) その他
 - 運転計画は、電力事情等により変更する場合があります。
- (*1) down time の割合に④フィリング変更時間は含まない。

論文発表の現状

公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用推進部

年別査読有り論文発表等登録数 (2023年3月31日現在)

SPring-8

Beamline Name		Public Use Since	~2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total	
Public Beamlines	BL01B1	XAFS I	1997.10	630	92	75	87	94	82	86	105	90	74	14	1429
		Technical Journal		1											1
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	1997.10	206	42	36	44	40	30	48	55	58	39	8	606
	BL02B2	Powder Diffraction	1999.9	742	71	82	95	80	75	80	112	73	83	15	1508
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	1997.10	232	19	16	16	15	17	19	13	12	9	1	369
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	1999.9	273	33	38	43	30	42	41	60	32	48	8	648
		Technical Journal		1							1				2
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	1997.10	182	13	19	16	16	14	11	18	25	15	3	332
	BL09XU	HAXPES I	1997.10	151	15	18	16	19	28	14	11	14	13	6	305
	BL10XU	High Pressure Research	1997.10	376	30	28	30	28	26	33	33	23	25	4	636
	BL13XU	X-ray Diffraction and Scattering I	2001.9	188	21	24	36	27	32	34	32	24	23	5	446
	BL14B2	XAFS II	2007.9	164	53	61	53	58	67	81	88	72	57	22	776
		Technical Journal		2	1						1	3			7
	BL19B2	X-ray Diffraction and Scattering II	2001.11	290	63	66	64	69	60	58	61	57	29	11	828
		Technical Journal		2	1	2			2	1	1				9
	BL20B2	Medical and Imaging I	1999.9	269	25	35	26	28	32	29	40	25	26	3	538
	BL20XU	Medical and Imaging II	2001.9	225	45	45	37	34	31	44	34	43	27	9	574
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	1998.4	353	32	20	19	25	20	24	30	22	19	6	570
		Technical Journal		2											2
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	1998.5	372	35	25	36	27	26	16	41	17	18	5	618
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	1999.9	142	18	21	19	25	20	16	26	15	16	4	322
	BL35XU	Inelastic and Nuclear Resonant Scattering	2001.9	109	13	16	15	15	14	8	21	17	12	5	245
	BL37XU	Trace Element Analysis	2002.11	165	28	35	29	29	29	24	34	21	18	3	415
		Technical Journal			1										1
	BL38B1	Structural Biology III	2000.10	550	48	65	59	38	31	31	29	30	12	2	895
	BL39XU	Magnetic Materials	1997.10	233	25	19	24	30	20	19	29	22	15	6	442
	BL40B2	SAXS BM	1999.9	495	55	55	60	54	55	64	53	67	53	10	1021
	BL40XU	High Flux	2000.4	157	21	32	42	30	35	52	30	39	30	7	475
		Technical Journal								1					1
	BL41XU	Macromolecular Crystallography I	1997.10	891	71	62	68	58	51	41	46	36	17	1	1342
BL43IR	Infrared Materials Science	2000.4	98	11	17	14	23	10	21	29	21	21	3	268	
BL46XU	HAXPES II	2000.11	175	28	56	51	50	45	56	45	62	38	5	611	
	Technical Journal					1	1			1				3	
BL47XU	Micro-CT	1997.10	311	36	31	29	37	28	33	33	21	21	3	583	
	Technical Journal						1							1	
Public Use at Other Beamlines	BL05XU	R&D-ID	2017.4						3	7	9	9	2	1	31
	BL11XU	QST Quantum Dynamics I (1999.3 - 2012.2)		13											13
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II (1998.4 - 2012.2)		47	1										48
	BL15XU	WEBRAM (2002.9 - 2012.2)		34	1										35
	BL17SU	RIKEN Coherent Soft X-ray Spectroscopy	2005.9	32	12	5	2	3	5	8	6	4	4	1	82
	BL19LXU	RIKEN SR Physics	2002.9	5	1	1	2	5	7	2	3	8	1	3	38
	BL22XU	JAEA Actinide Science I (2004.9 - 2012.2)		6											6
	BL23SU	JAEA Actinide Science II (1998.6 - 2012.2)		51	2						1	1			55
	BL26B1	RIKEN Structural Genomics I	2009.4	14	9	6	17	15	27	30	35	24	18	1	196
	BL26B2	RIKEN Structural Genomics II	2009.4	10	5	7	11	8	7	9	7	1	3		68
		Technical Journal					1								1
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics	2002.9	13	1	1	2	2	3		1			1	24
	BL32XU	RIKEN Targeted Proteins	2010.10	18	11	16	8	15	16	14	13	8	6	1	126
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics	2020.8										1		1
	BL44B2	RIKEN Materials Science I	1998.5	14			6	5	2	6	6	3	2		44
BL45XU	RIKEN Structural Biology I	1997.10	106	9	13	20	10	7	16	20	25	17	2	245	
Subtotal				8342	995	1046	1096	1042	997	1075	1209	1021	812	179	17814

Beamline Name		Public Use Since	~2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total	
Contract Beamlines	BL03XU	Advanced Softmaterial	2009.11	38	21	14	17	23	9	19	20	12	8	1	182
		Technical Journal		77	39	36	33	31	28	28	34	24	26		356
	BL07LSU	The University-of-Tokyo Outstation Beamline for Materials Science (2009.11 - 2022.8)		22	13	12	19	19	16	21	13	15	17	3	170
		Technical Journal								1	2				3
	BL08B2	Hyogo BM	2005.9	12	9	5	6	11	5	7	11	10	10		86
		Technical Journal		8	18	7	4	4	1	3		1	1		47
	BL11XU	QST Quantum Dynamics I		111	14	8	20	20	16	20	14	20	10	5	258
	BL12B2	NSRRC BM	2001.9	191	21	29	38	34	37	48	33	27	13	1	472
	BL12XU	NSRRC ID	2003.2	81	18	19	18	25	19	27	30	15	16	1	269
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II		148	15	19	17	23	21	21	26	27	24	5	346
	BL15XU	WEBRAM (2001.4 - 2021.9)		301	57	48	63	57	54	49	55	39	27	8	758
	BL16B2	SUNBEAM BM	1999.9	58	6	4	10	9	6	10	12	21	18	4	158
		Technical Journal		35	14	8	15	21	15	11	8	7	4	3	141
	BL16XU	SUNBEAM ID	1999.9	44	3	4	11	9	9	17	20	22	19	6	164
		Technical Journal		39	14	14	21	18	12	8	10	6	4	1	147
	BL22XU	JAEA Actinide Science I		95	19	15	14	15	26	25	18	27	26	5	285
		Technical Journal											1		1
	BL23SU	JAEA Actinide Science II		212	29	19	26	16	24	23	28	18	14	1	410
	BL24XU	Hyogo ID	1998.10	153	5	4	5	6	8	2	13	12	12		220
		Technical Journal		14	10	3	1	4		1	1	1			35
BL28XU	Advanced Batteries	2012.4	3	9	5	5	6	4	8	11	7	4		62	
	Technical Journal									1				1	
BL31LEP	Laser-Electron Photon II	2013.10		1		3	2	1	3	2		1		13	
BL32B2	Pharmaceutical Industry (2002.9 - 2012.3)		27		1					1				29	
BL33LEP	Laser-Electron Photon	2000.10	55	4	2	2	3	5	2	1	1			75	
BL33XU	TOYOTA	2009.5	10	8	4	10	16	6	9	19	17	12	3	114	
	Technical Journal		11	5	3	4	1							24	
BL36XU	Catalytic Reaction Dynamics for Fuel Cell (2013.1 - 2020.3)		1	7	6	7	12	15	8	11	4	7	2	80	
BL44XU	Macromolecular Assemblies	2000.2	409	52	66	54	61	47	59	65	54	34	6	907	
Subtotal			1971	311	284	345	367	328	378	403	348	272	51	5058	
RIKEN Beamlines	BL05XU	R&D-ID		4		1					1	2		8	
	BL17SU	Coherent Soft X-ray Spectroscopy		90	8	5	8	5		1	8	4	1	2	132
	BL19LXU	SR Physics		109	13	9	5	6	1	4	1	2		2	152
	BL26B1	Structural Genomics I		186	13	8	6	4	1		1	1	1		221
	BL26B2	Structural Genomics II		132	10	3	7	10	2	2	2		2	1	171
	BL29XU	Coherent X-ray Optics		195	9	10	15	9	8	4	7	4			261
	BL32XU	Targeted Proteins		25	9	7	13	5	3	1	3	3	1		70
	BL38B2	Diagnosis Beamline		2											2
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics		1		1	1				2				5
	BL44B2	Materials Science I		254	16	20	16	18	14	10	3	2	2	2	357
	BL45XU	Structural Biology I		211	9	13	13	8	5	2	5	4			270
	Subtotal			1209	87	77	84	65	34	24	32	21	9	7	1649

SACLA

Public Beamlines	Beamline Name		Public Use Since	~2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total
	BL1	SXFEL	2016.3							7	6	9	9	5	1
BL2/BL3	XFEL2/XFEL1	2012.3	14	28	37	48	42	34	50	60	55	45	8	421	
Hardware / Software R & D				612	13	33	46	53	49	35	26	15	11		893
NET Sum Total				10329	1139	1200	1293	1268	1143	1245	1353	1158	916	181	21225
Technical Journal				173	97	67	74	71	54	49	53	34	35	3	710

査読有り論文発表等：査読有りの原著論文、査読有りのプロシーディングと博士論文、SPRING-8/SACLA 利用研究成果集

Technical Journal：JASRI が認定した企業等の公開技術報告書

NET Sum Total：実際に登録されている件数（本表に表示していない実験以外に関する文献を含む）

複数ビームライン（BL）からの成果からなる論文はそれぞれの BL でカウントした。

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。BL15XU、BL32B2、BL36XU、BL38B1（以上、現 理研BL）、BL45XU（現 共用BL）

このデータは論文発表等登録データベース（<https://user.spring8.or.jp/uisearch/publication2/>）に 2023 年 3 月 31 日までに登録されたデータに基づいており、今後変更される可能性があります。

・SPRING-8 または SACLA での成果を論文等にする場合は必ず BL 名および課題番号の記述を入れて下さい。

成果発表出版形式別登録数 (2023 年 3 月 31 日現在)

SPring-8

Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total	
Public Beamlines	BL01B1	XAFS I	1997.10	1430	66	89	1585
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	1997.10	606	14	32	652
	BL02B2	Powder Diffraction	1999. 9	1508	41	86	1635
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	1997.10	369	7	49	425
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	1999. 9	650	13	62	725
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	1997.10	332	10	48	390
	BL09XU	HAXPES I	1997.10	305	15	37	357
	BL10XU	High Pressure Research	1997.10	636	22	61	719
	BL13XU	X-ray Diffraction and Scattering I	2001. 9	446	19	40	505
	BL14B2	XAFS II	2007. 9	783	11	39	833
	BL19B2	X-ray Diffraction and Scattering II	2001.11	837	47	94	978
	BL20B2	Medical and Imaging I	1999. 9	538	91	89	718
	BL20XU	Medical and Imaging II	2001. 9	574	106	151	831
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	1998. 4	572	15	61	648
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	1998. 5	618	21	39	678
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	1999. 9	322	17	25	364
	BL35XU	Inelastic and Nuclear Resonant Scattering	2001. 9	245	5	13	263
	BL37XU	Trace Element Analysis	2002.11	416	24	52	492
	BL38B1	Structural Biology III	2000.10	895	11	66	972
	BL39XU	Magnetic Materials	1997.10	442	17	80	539
	BL40B2	SAXS BM	1999. 9	1024	15	122	1161
	BL40XU	High Flux	2000. 4	476	25	71	572
	BL41XU	Macromolecular Crystallography I	1997.10	1342	4	102	1448
	BL43R	Infrared Materials Science	2000. 4	268	15	64	347
	BL46XU	HAXPES II	2000.11	614	20	45	679
	BL47XU	Micro-CT	1997.10	584	93	136	813
Public Use at Other Beamlines	BL05XU	R&D-ID	2017. 4	31			31
	BL11XU	QST Quantum Dynamics I (1999. 3 - 2012. 2)		13	2	2	17
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II (1998. 4 - 2012. 2)		48	1	11	60
	BL15XU	WEBRAM (2002. 9 - 2012. 2)		35	19	7	61
	BL17SU	RIKEN Coherent Soft X-ray Spectroscopy	2005. 9	82	1	29	112
	BL19LXU	RIKEN SR Physics	2002. 9	38		5	43
	BL22XU	JAEA Actinide Science I (2004. 9 - 2012. 2)		6			6
	BL23SU	JAEA Actinide Science II (1998. 6 - 2012. 2)		55	4	15	74
	BL26B1	RIKEN Structural Genomics I	2009. 4	196		9	205
	BL26B2	RIKEN Structural Genomics II	2009. 4	69		11	80
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics	2002. 9	24		1	25
	BL32XU	RIKEN Targeted Proteins	2010.10	126		5	131
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics	2020. 8	1			1
	BL44B2	RIKEN Materials Science I	1998. 5	44		3	47
	BL45XU	RIKEN Structural Biology I	1997.10	245	5	20	270
Subtotal			17845	776	1871	20492	

Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total	
Contract Beamlines	BL03XU	Advanced Softmaterial	2009.11	538		18	556
	BL07LSU	The University-of-Tokyo Outstation Beamline for Materials Science (2009.11 - 2022.8)		173		11	184
	BL08B2	Hyogo BM	2005. 9	133			133
	BL11XU	QST Quantum Dynamics I		258	8	44	310
	BL12B2	NSRRC BM	2001. 9	472	1	2	475
	BL12XU	NSRRC ID	2003. 2	269	7	6	282
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II		346	19	88	453
	BL15XU	WEBRAM (2001. 4 - 2021. 9)		758	14	60	832
	BL16B2	SUNBEAM BM	1999. 9	299	12	75	386
	BL16XU	SUNBEAM ID	1999. 9	311	8	61	380
	BL22XU	JAEA Actinide Science I		286	4	47	337
	BL23SU	JAEA Actinide Science II		410	45	110	565
	BL24XU	Hyogo ID	1998.10	255	19	63	337
	BL28XU	Advanced Batteries	2012. 4	63		1	64
	BL31LEP	Laser-Electron Photon II	2013.10	13			13
	BL32B2	Pharmaceutical Industry (2002. 9 - 2012. 3)		29		3	32
	BL33LEP	Laser-Electron Photon	2000.10	75	23	3	101
	BL33XU	TOYOTA	2009. 5	138	5	37	180
	BL36XU	Catalytic Reaction Dynamics for Fuel Cell (2013. 1 - 2020. 3)		80		6	86
	BL44XU	Macromolecular Assemblies	2000. 2	907		45	952
Subtotal			5813	165	680	6658	

RIKEN Beamlines	BL05XU	R&D-ID		8	6		14
	BL17SU	Coherent Soft X-ray Spectroscopy		132	4	13	149
	BL19LXU	SR Physics		152	8	27	187
	BL26B1	Structural Genomics I		221	2	19	242
	BL26B2	Structural Genomics II		171	1	13	185
	BL29XU	Coherent X-ray Optics		261	14	37	312
	BL32XU	Targeted Proteins		70		4	74
	BL38B2	Diagnosis Beamline		2	6		8
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics		5			5
	BL44B2	Materials Science I		357	2	16	375
	BL45XU	Structural Biology I		270	5	45	320
	Subtotal			1649	48	174	1871

SACLA

Public Beamlines	Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total
	BL1	SXFEL	2016. 3	37			37
	BL2/BL3	XFEL2/XFEL1	2012. 3	421	4	17	442

Hardware / Software R & D			893	554	474	1921
---------------------------	--	--	-----	-----	-----	------

NET Sum Total			21935	1374	2477	25786
---------------	--	--	-------	------	------	-------

Refereed Papers : 査読有りの原著論文、査読有りのプロシーディングと博士論文、SPring-8/SACLA 利用研究成果集、公開技術報告書

Proceedings : 査読なしのプロシーディング

Other Publications : 発表形式が出版で、上記の2つに当てはまらないもの(総説、単行本、賞、その他として登録されたもの)

NET Sum Total : 実際に登録されている件数(本表に表示していない実験以外に関する文献を含む)

複数ビームライン (BL) からの成果からなる論文等はそれぞれのBLでカウントした。

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。BL15XU、BL32B2、BL36XU、BL38B1 (以上、現理研BL)、BL45XU (現共用BL)

・SPring-8またはSACLAでの成果を論文等にする場合は必ずBL名および課題番号の記述を入れて下さい。

最近 Spring-8 もしくは SACLA 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 もしくは SACLA 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、2023 年 1 月～3 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、実験責任者の方には、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 2023 年 1 月～3 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
Acta Crystallographica Section D	9	ACS Applied Energy Materials	5
Materials Transactions	9	Chemistry of Materials	4
Biochemical and Biophysical Research Communications	8	Inorganic Chemistry	4
		Journal of the Physical Society of Japan	4
Journal of Alloys and Compounds	6	Materials	4
The Journal of Biological Chemistry	6	Nature Communications	4
Physical Review B	6	Scientific Reports	4

他全 143 誌、計 249 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ピームラインの課題が含まれる場合、代表課題が複数のピ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

Materials Transactions

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ピームライン	実験責任者	タイトル
44716	Ikuya Yamada	(2023) Online published 10 Jan. 2023	2022A1493	BL02B2	山田 幾也	A Novel Diamagnetic Insulating Quadruple Perovskite Oxide $YCusRh_4O_{12}$
			2022B1619	BL14B2	山田 幾也	
44758	Serina Tanaka	64 (2023) 458-466	2021A1585	BL27SU	田中 芹奈	Soft X-ray XAFS Analysis of Cluster Formation Process during 353 K Aging in Al-Mg-Si Alloys
44893	Hiroshi Okuda	64 (2023) 780-784	2019A1235	BL40B2	奥田 浩司	Microstructure Evolution in $Mg_{98.6}Y_{1.4}Zn_{0.4}$ Alloys and the Development by Hot Deformation Examined by Synchrotron Radiation Small- and Wide-Angle Scattering
			2019B1298	BL40B2	奥田 浩司	
			2022A1327	BL40B2	奥田 浩司	
44905	Amane Morimura	(2023) Online published 17 Feb. 2023	2022A1493	BL02B2	山田 幾也	Pressure-Induced Order-Disorder Transition in the Double Perovskite Oxide La_2CoRuO_6
			2022B1619	BL14B2	山田 幾也	
			2022B1816	BL19B2	山田 幾也	
44923	Yuta Kato	(2023) Online published 3 Mar. 2023	2022A1493	BL02B2	山田 幾也	High-Pressure Synthesis of a Novel Quadruple Perovskite Oxide $AgCu_3Cr_4O_{12}$
			2022B1619	BL14B2	山田 幾也	
44991	Atsushi Tanaka	(2023) Online published 17 Mar. 2023	2020A583	BL02B2	山田 幾也	High-Pressure Synthesis and Magnetic Property of a Novel Ferrimagnetic Quadruple Perovskite $YMn_3Co_4O_{12}$
			2020A1735	BL14B2	山田 幾也	
45064	Koji Kimura	64 (2023) 750-755	2022A1112	BL39XU	江草 大佑	Local Structural Analysis around Solute-Element in Annealed $Mg_{99.2}Zn_{0.2}Y_{0.6}$ Alloy Using X-ray Fluorescence Holography
			2021B1480	BL13XU	木村 耕治	
			2021B1481	BL39XU	木村 耕治	
			2021A1328	BL13XU	木村 耕治	
			2021A1331	BL39XU	木村 耕治	
			2020A1355	BL37XU	木村 耕治	
45067	Hiro Fujihara	63 (2022) 1406-1415	2020A1531	BL20XU	清水 一行	Suppression of Hydrogen Embrittlement due to Local Partitioning of Hydrogen to Dispersed Intermetallic Compound Particles in Al-Zn-Mg-Cu Alloys
			2015A0076	BL20XU	戸田 裕之	
45068	Ryoichi Oikawa	63 (2022) 1607-1616	2020A1531	BL20XU	清水 一行	Influence of Hydrogen on the Damage Behavior of IMC Particles in Al-Zn-Mg-Cu Alloys
			2021A1002	BL20XU	戸田 裕之	
			2021B1123	BL20XU	戸田 裕之	
			2021B1124	BL20XU	清水 一行	
			2020A1084	BL20XU	戸田 裕之	

Journal of Alloys and Compounds

44840	Alexei Belik	932 (2023) 167727	2019A4501	BL15XU	辻本 吉廣	Spin-glass to Long-range Order to Spin-glass Evolution of Magnetic Properties with the Composition in $Sm_2MnZnMn_{4-x}Ti_xO_{12}$ ($x = 1, 2, \text{ and } 3$) Perovskites
			2019B4500	BL15XU	山浦 一成	
44845	Yu.Yu. Dikhtyar	908 (2022) 164521	2020A4501	BL15XU	Belik Alexei	Site Occupancy, Luminescence and Dielectric Properties of $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ -type $\text{Ca}_5\text{ZnLn}(\text{PO}_4)_7$ Host Materials
44869	Okkyun Seo	945 (2023) 169177	2018A4900	BL15XU	松田 晃史	Control of Atomic Ordering of LiNiO_2 Thin Films on a Sapphire Substrate from Rock-salt to Layered Structure using Uniaxial Compression
			2018B4904	BL15XU	唐 佳藝	
			2018B4905	BL15XU	松田 晃史	
			2019A4904	BL15XU	唐 佳藝	
			2019B1607	BL25SU	唐 佳藝	
			2019B4900	BL15XU	唐 佳藝	
			2019B4902	BL15XU	松田 晃史	
			2020A4901	BL15XU	松田 晃史	
2020A4553	BL15XU	Seo Okkyun				
44888	Yujun Zhang	921 (2022) 166080	2019B1165	BL09XU	Zhang Yujun	Synchrotron X-ray Spectroscopic Study of the Antiferromagnetic-ferromagnetic Transition in Ni-doped FeRh Epitaxial Thin Films
44928	Keita Ito	946 (2023) 169450	2019A1802	BL46XU	伊藤 啓太	Fabrication of $L1_0$ -ordered FeNi Films by Denitriding $\text{FeNiN}(001)$ and $\text{FeNiN}(110)$ Films
			2019B1890	BL46XU	伊藤 啓太	
			2021A1675	BL46XU	西尾 隆宏	
			2021B1924	BL46XU	西尾 隆宏	
2022B1682	BL13XU	西尾 隆宏				
44944	Kenji Iwase	946 (2023) 169380	2017A3784	BL22XU	Kim Hyunjeong	Crystal and Local Structures of $\text{La}_2\text{Co}_7\text{H}_x$ Obtained by Synchrotron X-ray Diffraction and Total Scattering

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
44732	Tatsuhiko Ishida	107 (2023) 045116	2017A1406	BL47XU	吉田 鉄平	Electronic Structure and Anharmonic Phonon Mode in BaIr_2Ge_7 with Two-dimensional Ba-Ge Networks Studied by Photoemission Spectroscopy
			2022A1579	BL09XU	吉田 鉄平	
44737	Hiromu Tamatsukuri	107 (2023) 024303	2016A1198	BL35XU	水牧 仁一朗	Investigation of the Phonon Dispersion Associated with Superlattice Reflections in the BiS_2 -based Superconductor $\text{LaBiS}_2\text{O}_{0.5}\text{F}_{0.5}$
			2016B1184	BL35XU	水牧 仁一朗	
			2017A1098	BL35XU	青木 勇二	
			2017B1266	BL35XU	筒井 智嗣	
2018A1357	BL35XU	筒井 智嗣				
44742	Ryo Nakamura	106 (2022) 195104	2022A4250	BL12XU	吉村 政人	Electronic Structure Reconstruction by Trimer Formation in CsW_2O_6 Studied by X-ray Photoelectron Spectroscopy
44772	Hidekazu Okamura	107 (2023) 045141	2013A1085	BL43IR	溝川 貴司	Pressure Suppression of the Excitonic Insulator State in Ta_2NiSe_5 Observed by Optical Conductivity
			2015B1698	BL43IR	松本 光亮	
			2016A1166	BL43IR	岡村 英一	
			2017A1163	BL43IR	岡村 英一	
2017A1164	BL43IR	岡村 英一				
44831	Keita Kojima	107 (2023) L020101	2018B1128	BL04B2	片山 尚幸	Short-range Order and Increased Transition Temperature in LiVO_2 with Weakened Trimer Frustration
			2019A1218	BL04B2	片山 尚幸	
			2021A1112	BL04B2	片山 尚幸	
			2021B1119	BL04B2	片山 尚幸	
45037	Takashi Miyoshino	107 (2023) 115145	2022B4256	BL12XU	武上 大介	Intra c -axis Dimer Hybridization and Mixed Valency in Mg-doped Ti_2O_3
			2022A4250	BL12XU	吉村 政人	

ACS Applied Energy Materials

44730	Katsuhiro Wakamatsu	(2023) Online published 14 Jan. 2023	2022A3634	BL14B1	吉川 浩史	Electron Storage Performance of Metal–Organic Frameworks Based on Tetrathiafulvalene–Tetrabenzoate as Cathode Active Materials in Lithium- and Sodium-Ion Batteries
			2022B3634	BL14B1	吉川 浩史	
44767	Kohsuke Mori	4 (2021) 11634-11642	2020A0523	BL01B1	森 浩亮	Photoreduction of Carbon Dioxide to Formic Acid with Fe-Based MOFs: The Promotional Effects of Heteroatom Doping and Alloy Nanoparticle Confinement
			2020A1062	BL01B1	森 浩亮	
44899	Tomoaki Takayama	6 (2023) 2793-2803	2021A1512	BL01B1	高山 大鑑	Durable Electrocatalytic CO_2 Reduction Using Intermetallic Compound PdIn Nanoparticles and Their Application to a Solar Energy Harvesting System
			2018A1507	BL01B1	高山 大鑑	
44998	Yoshinari Makimura	5 (2022) 12239-12251	2016B7008	BL33XU	野中 敬正	Improved Kinetics in Spinel-Related 5 V Positive Electrode Materials by Changing Lithium Insertion Schemes for Lithium-Ion Batteries
			2017B7008	BL33XU	野中 敬正	

Chemistry of Materials-1

44783	Yuichi Okazaki	34 (2022) 10973-10981	2022A1828	BL14B2	岡崎 湧一	Composition-Designed Multielement Perovskite Oxides for Oxygen Evolution Catalysis
			2022A1493	BL02B2	山田 幾也	
			2021B1902	BL14B2	岡崎 湧一	
44914	Yuki Sakai	35 (2023) 1008-1015	2019A1805	BL19B2	東 正樹	Two Types of Negative Thermal Expansion Observed in $\text{PbCr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$
			2019B1783	BL02B2	西久保 匠	
			2019B1896	BL19B2	東 正樹	
			2020A1737	BL19B2	東 正樹	
			2020A1773	BL19B2	東 正樹	
			2020A1890	BL19B2	東 正樹	
			2021A1156	BL02B2	Pan Zhao	
			2021A1282	BL02B2	東 正樹	
			2022A1775	BL19B2	東 正樹	
			2022B1852	BL02B2	西久保 匠	
2022B1868	BL19B2	東 正樹				

Chemistry of Materials-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
44926	Takumi Nishikubo	35 (2023) 870-878	2022A1567	BL10XU	西久保 匠	Polar-Nonpolar Transition-Type Negative Thermal Expansion with 11.1% Volume Shrinkage by Design
			2018A1636	BL02B2	西久保 匠	
			2018A1667	BL09XU	西久保 匠	
			2018B1860	BL19B2	西久保 匠	
			2019A1045	BL02B2	Pan Zhao	
			2019A1251	BL47XU	酒井 雄樹	
			2019A1688	BL02B2	西久保 匠	
			2019A1805	BL19B2	東 正樹	
			2020A1773	BL19B2	東 正樹	
			2020A1646	BL02B2	福田 真幸	
			2020A3761	BL22XU	大和田 謙二	
2020A3762	BL22XU	押田 典宏				
2022A1250	BL02B2	酒井 雄樹				
45026	Yanchang Wang	34 (2022) 10631-10638	2020A1011	BL37XU	内本 喜晴	Oxyfluoride Cathode for All-Solid-State Fluoride-Ion Batteries with Small Volume Change Using Three-Dimensional Diffusion Paths
			2021A1022	BL27SU	内本 喜晴	
			2021A1028	BL02B2	内本 喜晴	
			2020A0748	BL27SU	内本 喜晴	

Journal of the Physical Society of Japan

44876	Ryuji Higashinaka	92 (2023) 034601	2012B1538	BL01B1	東中 隆二	Possible Partially Disordered Sm State Coexisting with Heavy Quasiparticles in SmAu ₃ Al ₇
			2014B1139	BL01B1	東中 隆二	
			2012B1226	BL35XU	筒井 智嗣	
44903	Satoru Hayami	92 (2023) 033702	2022A1462	BL35XU	筒井 智嗣	Cluster Toroidal Multipoles Formed by Electric-Quadrupole and Magnetic-Octupole Trimers: A Possible Scenario for Hidden Orders in CaIr ₃ O ₁₂
44939	Fuminori Honda	92 (2023) 044702	2020A0740	BL10XU	本多 史憲	Pressure-induced Structural Phase Transition and New Superconducting Phase in UTe ₂
			2021A1527	BL39XU	本多 史憲	
			2020A0741	BL39XU	本多 史憲	
45053	Osamu Ikeda	92 (2023) 043702	2020A3584	BL11XU	坂巻 竜也	Magnetic Spin-Flop Transition of ε-FeOOH at 8 GPa
			2021A3584	BL11XU	坂巻 竜也	

Materials

44839	Alexei Belik	15 (2022) 8306	2019A4501	BL15XU	辻本 吉廣	Dielectric and Spin-Glass Magnetic Properties of the A-Site Columnar-Ordered Quadruple Perovskite Sm ₂ CuMn(MnTi ₃)O ₁₂
			2019B4500	BL15XU	山浦 一成	
44841	Dmitry Spassky	16 (2023) 971	2020A4501	BL15XU	Belik Alexei	Decay Kinetics of Gd ₃ Al ₂ Ga ₃ O ₁₂ :Ce ³⁺ Luminescence under Dense Laser Irradiation
44842	Elena V. Sipina	16 (2023) 1383	2018B4502	BL15XU	Belik Alexei	Abnormal Eu ³⁺ → Eu ²⁺ Reduction in Ca _{9-x} Mn _x Eu(PO ₄) ₇ Phosphors: Structure and Luminescent Properties
			2020A4501	BL15XU	Belik Alexei	
44843	Alexei Belik	16 (2023) 1506	2018B4502	BL15XU	Belik Alexei	Ferrimagnetic Ordering and Spin-Glass State in Diluted GdFeO ₃ -Type Perovskites (Lu _{0.5} Mn _{0.5})(Mn _{1-x} Ti _x)O ₃ with x = 0.25, 0.50, and 0.75
			2019B4500	BL15XU	山浦 一成	
			2020A4501	BL15XU	Belik Alexei	

Nature Communications

44721	Tomohiro Ohuchi	13 (2022) 5213	2019B1115	BL04B1	大内 智博	In situ X-ray and Acoustic Observations of Deep Seismic Faulting upon Phase Transitions in Olivine
			2018B1052	BL04B1	大内 智博	
			2021B1240	BL04B1	大内 智博	
44749	Daisuke Takimoto	14 (2023) 19	2019B1028	BL14B2	今井 英人	Platinum Nanosheets Synthesized via Topotactic Reduction of Single-layer Platinum Oxide Nanosheets for Electrocatalysis
44766	Kohsuke Mori	12 (2021) 3884	2019A1048	BL01B1	森 浩亮	Hydrogen Spillover-driven Synthesis of High-entropy Alloy Nanoparticles as a Robust Catalyst for CO ₂ Hydrogenation
			2019B1091	BL01B1	森 浩亮	
44795	Nai Chi Chen	14 (2023) 545	2016A6600	BL44XU	Chen Chun Jung	Structures of Honeybee-infecting Lake Sinai Virus Reveal Domain Functions and Capsid Assembly with Dynamic Motions
			2016B6600	BL44XU	Chen Chun Jung	
			2017A6600	BL44XU	Chen Chun Jung	
			2017B6600	BL44XU	Chen Chun Jung	
			2017B6769	BL44XU	Chen Chun Jung	

Review of Scientific Instruments-1

44708	Shunya Yokomae	94 (2023) 015106	2021A1607	BL25SU	横前 俊也	Abrasive Slurry Jet Machining System using Polyurethane@silica Core-shell Particles for Internal Surfaces of Axisymmetric X-ray Mirrors
			2021B1823	BL25SU	横前 俊也	

Review of Scientific Instruments-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
44910	Kazuhiro Fuchizaki	92 (2021) 025117	2019B1423	BL04B1	松下 正史	A Unique Multianvil 6-6 Assembly for a Cubic-type Multianvil Apparatus
44921	Hiroyuki Ohsumi	94 (2023) 033701	2019A1295	BL25SU	大隅 寛幸	Post-acquisition Upsampling Method for Scanning X-ray Microscopy
			2019B1366	BL25SU	大隅 寛幸	
45018	Hiroshi Sawada	94 (2023) 033511	2019A8002	BL2	澤田 寛	Ultrafast Time-resolved 2D Imaging of Laser-driven Fast Electron Transport in Solid Density Matter using an X-ray Free Electron Laser

Applied Physics Letters

44822	Yoshitaka Ehara	121 (2022) 262901	2018B4900	BL15XU	舟窪 浩	Film Thickness Dependence of In-Plane Ferroelastic Domain Structure in Constrained Tetragonal PbTiO ₃ Films Induced by Isotropic Tensile Strain
			2019B4905	BL15XU	舟窪 浩	
			2020A4950	BL15XU	小寺 正徳	
			2021A1160	BL13XU	白石 貴久	
44906	Yuya Kubota	122 (2023) 092201	2022B1768	BL19B2	石濱 圭佑	Suppression of Atomic Displacive Excitation in Photo-induced A _{1g} Phonon Mode of Bismuth Unveiled by Low-temperature Time-resolved X-ray Diffraction
			2022A8072	BL3	富樫 格	
			2021B8054	BL3	久保田 雄也	
			2021A8061	BL3	久保田 雄也	
			2020A8070	BL3	富樫 格	
			2019B8045	BL3	久保田 雄也	
			2019A8065	BL3	久保田 雄也	
2018B8011	BL3	久保田 雄也				
45005	Yongzhao Yao	121 (2022) 012105	2022B3055	BL24XU	姚 永昭	Large-area Total-thickness Imaging and Burgers Vector Analysis of Dislocations in β -Ga ₂ O ₃ using Bright-field X-ray Topography Based on Anomalous Transmission

Chemical Science

44757	Shintaro Kato	14 (2023) 613-620	2020A1426	BL01B1	原田 隆史	Selective and High-rate CO ₂ Electroreduction by Metal-doped Covalent Triazine Frameworks: a Computational and Experimental Hybrid Approach
			2021A1294	BL01B1	神谷 和秀	
			2021B1204	BL01B1	神谷 和秀	
			2022A1165	BL01B1	神谷 和秀	
44768	Kazuki Shun	13 (2022) 8137-8147	2020A1062	BL01B1	森 浩亮	Revealing Hydrogen Spillover Pathways in Reducible Metal Oxides
			2020A0523	BL01B1	森 浩亮	
44945	Tetsuo Katayama	14 (2023) 2572-2584	2018B8062	BL3	片山 哲夫	Atomic-scale Observation of Solvent Reorganization Influencing Photoinduced Structural Dynamics in a Copper Complex Photosensitizer

Inorganic Chemistry

44701	Yu-Ting Tseng	62 (2023) 769-781	2020A1450	BL19LXU	Lauterbach Lars	Substrate-Gated Transformation of a Pre-Catalyst into an Iron-Hydride Intermediate [(NO) ₂ (CO)Fe(μ -H)Fe(CO)(NO) ₂] ⁻ for Catalytic Dehydrogenation of Dimethylamine Borane
44810	Xin Zheng	62 (2023) 1257-1263	2016B3631	BL14B1	加藤 優	Composite with a Glassy Nonporous Coordination Polymer Enhances Gas Adsorption Selectivity
			2017A3631	BL14B1	加藤 優	
44830	Kazushige Ueda	62 (2023) 2146-2152	2021A1672	BL14B2	植田 和茂	Effects of Codoping on Site-Dependent Eu ³⁺ Luminescence in Perovskite-Type Calcium Zirconate and Hafnate

Journal of Physics: Conference Series

44707	Yoshiyuki Ohtsubo	2380 (2022) 012037	2021B1322	BL25SU	大坪 嘉之	Design of Nano-spintronics Beamline at 3-GeV Next-generation Synchrotron Radiation Facility, NanoTerasu
44779	Kentaro Uesugi	2380 (2022) 012120	2021B1474	BL20B2	上杉 健大朗	Demonstration of the X-ray Imaging Capabilities of the Newly Installed Multilayer Monochromator at SPRING-8 BL20B2
			2018B2040	BL20B2	上杉 健大朗	
			2021A2084	BL20B2	上杉 健大朗	
45027	Shinji Kitao	2380 (2022) 012136	2019B1491	BL09XU	北尾 真司	Development of Time- and Energy-Resolved Synchrotron-Radiation-Based Mössbauer Spectroscopy
			2019B3581	BL11XU	瀬戸 誠	
			2020A1583	BL09XU	北尾 真司	
			2021B1699	BL35XU	北尾 真司	

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
44816	Kentaro Yoshiwara	13 (2023) 1920	2022B2534	BL45XU	渡辺 誠也	Molecular Evolutionary Insight of Structural Zinc Atom in Yeast Xylitol Dehydrogenases and its Application in Bioethanol Production by Lignocellulosic Biomass
44892	Elisabetta Nocerino	12 (2022) 21657	2019B1792	BL02B2	Nocerino Elisabetta	Nuclear and Magnetic Spin Structure of the Antiferromagnetic Triangular Lattice Compound LiCrTe ₂ Investigated by μ^+ SR, Neutron and X-ray Diffraction
44895	Satoshi Abe	12 (2022) 16031	2019A2561	BL32XU	安部 聡	Cell-free Protein Crystallization for Nanocrystal Structure Determination
			2020A2541	BL32XU	安部 聡	
			2021B2744	BL32XU	安部 聡	

ACS Applied Materials & Interfaces

44870	Yuji Yoshiyama	15 (2023) 5293-5300	2019B1845	BL14B2	細川 三郎	Reactivity of Lattice Oxygen in Ti-Site-Substituted SrTiO ₃ Perovskite Catalysts
			2021B1369	BL01B1	細川 三郎	
			2022A1328	BL01B1	細川 三郎	
45062	Kazuhiko Mukai	15 (2023) 15605-15615	2020A7037	BL33XU	宇山 健	Toward Improving the Thermal Stability of Negative Electrode Materials: Differential Scanning Calorimetry and In Situ High-Temperature X-ray Diffraction/X-ray Absorption Spectroscopy Studies of Li ₂ ZnTi ₃ O ₈ and Related Compounds

ACS Catalysis

44770	Yoshifumi Kondo	12 (2022) 14825-14835	2021B1090	BL01B1	桑原 泰隆	Boosting Photocatalytic Hydrogen Peroxide Production from Oxygen and Water Using a Hafnium-Based Metal–Organic Framework with Missing-Linker Defects and Nickel Single Atoms
			2021B1096	BL01B1	森 浩亮	
44793	Haifeng Wang	11 (2021) 8576-8584	2019A1522	BL01B1	穴戸 哲也	Ag Size/Structure-Dependent Effect on Low-Temperature Selective Catalytic Oxidation of NH ₃ over Ag/MnO ₂

ACS Omega

44800	Takahiro Iwai	8 (2023) 4285-4293	2019B1279	BL43IR	瀬戸 康雄	Forensic Discrimination of Drug Powder Based on Drug Mixing Condition Determined Using Micro Fourier Transform Infrared Spectroscopy
			2020A1326	BL43IR	瀬戸 康雄	
			2021A1247	BL43IR	瀬戸 康雄	
			2021B1328	BL43IR	瀬戸 康雄	
			2022A1208	BL43IR	瀬戸 康雄	
45033	Takahiro Sawahara	8 (2023) 11288-11292	2022A1697	BL25SU	片岡 範行	Synthesis and Characterization of a Trigonal Layered Compound AgInS ₂

Acta Crystallographica Section D

44782	Shipeng Wang	70 (2014) 196-202	2011A1915	BL32XU	田之倉 優	A Novel Mode of Ferric Ion Coordination by the Periplasmic Ferric Ion-binding Subunit FbpA of an ABC-type Iron Transporter from <i>Thermus thermophilus</i> HB8
44794	Phimonphan Chuankhayon	79 (2023) 154-167	2017B6600	BL44XU	Chen Chun Jung	Structural Insight into the Hydrolase and Synthase Activities of an Alkaline α -galactosidase from <i>Arabidopsis</i> from Complexes with Substrate/Product
			2017B6769	BL44XU	Chen Chun Jung	
			2018A6600	BL44XU	Chen Chun Jung	
			2018A6864	BL44XU	Chen Chun Jung	
			2018B6600	BL44XU	Chen Chun Jung	
			2018B6864	BL44XU	Chen Chun Jung	
			2019A6600	BL44XU	Chen Chun Jung	
			2019B6600	BL44XU	Chen Chun Jung	
2019B6971	BL44XU	Chen Chun Jung				

Acta Materialia

44868	Shunsuke Kitou	247 (2023) 118738	2019A0070	BL02B1	澤 博	Room-temperature Plastic Deformation Modes of Cubic ZnS Crystals
44943	Kouji Sakaki	234 (2022) 118055	2013A3703	BL22XU	町田 晃彦	Displacement of Hydrogen Position in Di-hydride of V-Ti-Cr Solid Solution Alloys
			2013B3783	BL22XU	Kim Hyunjeong	
			2015B3703	BL22XU	町田 晃彦	
			2015B3786	BL22XU	Kim Hyunjeong	
			2016B3751	BL22XU	町田 晃彦	
			2017A3784	BL22XU	Kim Hyunjeong	
2013B3703	BL22XU	町田 晃彦				

Angewandte Chemie International Edition

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
44896	Satoshi Abe	60 (2021) 12341-12345	2017B2566	BL32XU	安部 聡	Design of an In-Cell Protein Crystal for the Environmentally Responsive Construction of a Supramolecular Filament
			2018A2525	BL32XU	安部 聡	
			2019A2561	BL32XU	安部 聡	
44902	Mohd Taher	61 (2022) e202116623	2019A2563	BL45XU	安部 聡	Controlled Uptake of an Iridium Complex inside Engineered apo-Ferritin Nanocages: Study of Structure and Catalysis

Applied Catalysis B

44769	Kohsuke Mori	320 (2023) 122022	2020A1062	BL01B1	森 浩亮	Interplay of Pd Ensemble Sites Induced by GaO _x Modification in Boosting CO ₂ Hydrogenation to Formic Acid
			2021A1095	BL01B1	森 浩亮	
45004	Kiyoshi Yamazaki	325 (2023) 122352	2018A7036	BL33XU	山崎 清	NH ₃ Decomposition over Ru/CeO ₂ -PrO _x Catalyst under High Space Velocity Conditions for an on-site H ₂ Fueling Station

ChemElectroChem

44751	Stephanie F. Linnell	9 (2022) e202200929	2019B1604	BL27SU	Duda Laurent	Effect of Ti-Substitution on the Properties of P3 Structure Na ₂₃ Mn ₁₀ Li ₁₀ O ₂ Showing a Ribbon Superlattice
44753	Stephanie F. Linnell	9 (2022) e202200240	2021A1425	BL27SU	Duda Laurent	Enhanced Cycling Stability in the Anion Redox Material P3-Type Zn-Substituted Sodium Manganese Oxide

Chemical Communications

44785	Yu Kitamura	58 (2022) 11426-11429	2020A0554	BL02B1	田中 大輔	Data-driven Efficient Synthetic Exploration of Anionic Lanthanide-based Metal-organic Frameworks
			2020A1350	BL02B1	田中 大輔	
			2021A1140	BL02B1	田中 大輔	
			2021B1255	BL02B1	田中 大輔	
			2022A1164	BL02B1	田中 大輔	
45002	Yoshihiro Goto	58 (2022) 3210-3213	2021A7039	BL33XU	山崎 清	Enhanced Ammonia Synthesis Activity of Ru-supported Cerium-lanthanum Oxide Induced by Ti Substitution Forming Mesopores

Chemical Engineering Journal

44710	Can He	455 (2023) 140932	2018B1847	BL14B2	武田 隆史	Powder Synthesis and Luminescence of a Novel Yellow-emitting Ba ₅ Si ₁₁ Al ₇ N ₂₅ : Eu ²⁺ Phosphor Discovered by a Single-Particle-Diagnosis Approach for Warm w-LEDs
44880	Rio Akbar Yuwono	456 (2023) 141065	2019B4136	BL12B2	Wang Fu-Ming	Evaluation of LiNiO ₂ with Minimal Cation Mixing as a Cathode for Li-ion Batteries

CrystEngComm

44729	Wenxiong Zhang	25 (2023) 183-188	2017B7541	BL07LSU	朝倉 大輔	Facet-dependent Electrochemical Performance and Electronic Structure of LiCoO ₂ Polyhedral Particles Revealed by Microscopic Resonant X-ray Photoelectron Spectroscopy
			2019A7594	BL07LSU	細野 英司	
			2019B7462	BL07LSU	朝倉 大輔	
			2019B7470	BL07LSU	細野 英司	
			2020A7471	BL07LSU	細野 英司	
44844	Svetlana M. Posokhova	25 (2023) 835-847	2020A4501	BL15XU	Belik Alexei	K ₅ Eu(MoO ₄) ₄ Red Phosphor for Solid State Lighting Applications, Prepared by Different Techniques

Dalton Transactions

44911	Shingo Hattori	51 (2022) 15830-15841	2019A0159	BL02B1	西堀 英治	Luminescence Color Change of [3,4-difluoro-2,6-bis(5-methyl-2-pyridyl)phenyl-k ³ N,C ¹ ,N ¹] cyanidoplatinum(II) by Aggregation
			2021B1140	BL02B1	西堀 英治	
			2019A0068	BL02B2	森吉 千佳子	
44912	Kenichiro Omoto	51 (2022) 17967-17972	2015A0074	BL02B2	森吉 千佳子	Thermally Responsive Morphological Changes of Layered Coordination Polymers Induced by Disorder/Ordering of Flexible Alkyl Chains
			2019A0159	BL02B1	西堀 英治	
			2019A0068	BL02B2	森吉 千佳子	

EES Catalysis

44756	Asato Inoue	1 (2023) 9-16	2020A1426	BL01B1	原田 隆史	Ultra-high-rate CO ₂ Reduction Reactions to Multicarbon Products with a Current Density of 1.7 A cm ⁻² in Neutral Electrolytes
			2021A1294	BL01B1	神谷 和秀	
			2021B1204	BL01B1	神谷 和秀	
			2022A1165	BL01B1	神谷 和秀	
44771	Kohsuke Mori	1 (2023) 84-93	2021B1096	BL01B1	森 浩亮	Boosting the Activity of PdAg Alloy Nanoparticles during H ₂ Production from Formic Acid Induced by CrO _x as an Inorganic Interface Modifier
			2022A1076	BL01B1	森 浩亮	
			2020A0523	BL01B1	森 浩亮	
			2020A1062	BL01B1	森 浩亮	

IUCrJ

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
44702	Ji Sung Koo	9 (2022) 625-631	2019B6972	BL44XU	Lee Bong Jin	The <i>Haemophilus influenzae</i> HipBA Toxin-antitoxin System Adopts an Unusual Three-component Regulatory Mechanism
44722	Lise Joost Stockler	10 (2023) 103-117	2018B8050	BL3	笠井 秀隆	Towards Pump-probe Single-crystal XFEL Refinements for Small-unit-cell Systems
			2019B8038	BL3	Iversen Bo	
			2021A8011	BL3	Iversen Bo	

Japanese Journal of Applied Physics

44762	Kentaro Kuga	62 (2023) SD1014	2019A1370	BL09XU	久我 健太郎	Valence Fluctuation in Yb ₃ Si ₅ Probed by Synchrotron X-ray Photoemission Spectroscopy
			2019B1440	BL09XU	藤原 秀紀	
			2020A0730	BL09XU	久我 健太郎	
			2020A1462	BL09XU	藤原 秀紀	
			2021B1346	BL09XU	藤原 秀紀	
			2022A1518	BL09XU	久我 健太郎	
			2022B1654	BL09XU	久我 健太郎	
			2022B1693	BL09XU	藤原 秀紀	
44805	Ryosuke Ueda	62 (2023) 016501	2019A1396	BL28B2	呉 彦霖	Dynamical X-ray Phase Imaging of Polymer Materials under Laser Engraving
			2020A0683	BL28B2	百生 敦	
			2021A1261	BL28B2	百生 敦	

The Journal of Biochemistry

44727	Keito Hiragi	173 (2023) 317-326	2016B6643	BL44XU	水島 恒裕	Structural Insight into the Recognition of the Linear Ubiquitin Assembly Complex by <i>Shigella</i> E3 Ligase IpaH1.4/2.5
			2017A6753	BL44XU	水島 恒裕	
			2017B6753	BL44XU	水島 恒裕	
			2018A6849	BL44XU	水島 恒裕	
			2018B6849	BL44XU	水島 恒裕	
			2019A6949	BL44XU	水島 恒裕	
			2019B6949	BL44XU	水島 恒裕	
			2020A6549	BL44XU	水島 恒裕	
			2021A6640	BL44XU	水島 恒裕	
			2021B6640	BL44XU	水島 恒裕	
2022A6735	BL44XU	水島 恒裕				
44879	Tsukimi Iida	(2023) Online published 10 Feb. 2023	2015B1419	BL40B2	乾 隆	Thermodynamic Stability of Human Lipocalin-type Prostaglandin D Synthase under Various pH Conditions

The Journal of Physical Chemistry C

44872	Hankun Xu	126 (2022) 14735-14741	2021A1145	BL44B2	Lin Kun	Local Structure Manipulates Nonlinear Optical Properties in Non-stoichiometric Lithium Niobate
			2021A1129	BL08W	Lin Kun	
44908	Satoshi Hiroi	127 (2023) 4792-4798	2019B1813	BL08W	宇都野 太	Local Structural Analysis of Sulfide Polymer Electrolytes Prepared via I ₂ -Induced Polymerization of Li ₃ PS ₄
			2020A0704	BL08W	尾原 幸治	
			2020A1702	BL08W	宇都野 太	
			2020A1703	BL04B2	宇都野 太	
			2020A2053	BL04B2	尾原 幸治	
2021A2073	BL04B2	尾原 幸治				

Journal of Power Sources-1

44933	Kiyoshi Betsuyaku	565 (2023) 232893	2015B1800	BL17SU	小林 剛	Fading Analyses of Commercial Lithium-ion Batteries with Blended Cathodes using Synchrotron X-ray Diffraction Measurement and Discharge Curve Analysis
			2016A1446	BL17SU	小林 剛	
			2016A1567	BL14B2	小林 剛	
			2019A1581	BL17SU	小林 剛	
			2018B1469	BL27SU	小林 剛	
			2019A5350	BL16B2	野口 真一	
			2019B5350	BL16B2	野口 真一	
			2020A1327	BL27SU	小林 剛	
			2020A5350	BL16B2	野口 真一	
			2021B5051	BL16XU	野口 真一	
			2021B5351	BL16B2	野口 真一	

Journal of Power Sources-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
45055	Naoki Yamamoto	557 (2023) 232508	2019B3508	BL11XU	松村 大樹	Investigation of Hydrogen Superoxide Adsorption during ORR on Pt/C Catalyst in Acidic Solution for PEFC by <i>in-situ</i> High Energy Resolution XAFS
			2019A3508	BL11XU	松村 大樹	
			2020A3508	BL11XU	松村 大樹	
			2021A3508	BL11XU	松村 大樹	
			2021B3508	BL11XU	松村 大樹	
			2022A3508	BL11XU	松村 大樹	
			2022B3508	BL11XU	松村 大樹	
2022B3597	BL11XU	田中 裕久				

Journal of Synchrotron Radiation

44887	Masato Hoshino	30 (2023) 400-406	2019B1303	BL28B2	星野 真人	High-energy X-ray Micro-laminography to Visualize Microstructures in Dense Planar Objects
			2019B1304	BL20B2	星野 真人	
			2021A1262	BL20B2	星野 真人	
			2021B1398	BL20B2	星野 真人	
45025	Artoni Ang	30 (2023) 368-378	2015A1071	BL38B1	梅名 泰史	Development of Serial X-ray Fluorescence Holography for Radiation-sensitive Protein Crystals
			2016A2514	BL38B1	梅名 泰史	
			2017A2529	BL38B1	梅名 泰史	
			2018A1097	BL39XU	梅名 泰史	
			2017B1355	BL39XU	梅名 泰史	
			2018A2519	BL38B1	梅名 泰史	
			2018B1153	BL39XU	梅名 泰史	
			2019A1230	BL39XU	梅名 泰史	
			2019B1149	BL39XU	梅名 泰史	
			2019B1151	BL39XU	梅名 泰史	
			2016A1391	BL39XU	佐々木 裕次	
			2016B1328	BL39XU	佐々木 裕次	
2017A1137	BL39XU	佐々木 裕次				

Journal of the American Ceramic Society

44790	Takayuki Nakane	106 (2023) 2317-2325	2017A4508	BL15XU	名嘉 節	Influence of Fabrication Conditions on the Structural Characteristics and the Magnetic Properties of FeAl ₂ O ₄
44950	Masahide Kaneko	(2023) Online published 3 Mar. 2023	2020A1885	BL14B2	金子 雅英	Enhanced Li-ion Conductivity of Strontium Doped Li-excess Garnet-type Li _{7+x} La _{3-x} Sr _x Zr ₂ O ₁₂
			2021A1642	BL14B2	金子 雅英	

Journal of the American Chemical Society

44907	Yuki Nakaya	145 (2023) 2985-2998	2022A0302	BL01B1	中谷 勇希	Interstitial Carbon Dopant in Palladium-Gold Alloy Boosting the Catalytic Performance in Vinyl Acetate Monomer Synthesis
			2021A1571	BL01B1	中谷 勇希	
			2021B1795	BL01B1	中谷 勇希	
			2020A1609	BL14B2	古川 森也	
			2021B1962	BL14B2	Xing Feilong	
45072	Zheng Yin	144 (2022) 13021-13025	2019A1528	BL04B2	山室 修	Synergistic Stimulation of Metal-Organic Frameworks for Stable Super-cooled Liquid and Quenched Glass

Nucleic Acids Research

44700	Do-Hee Kim	50 (2022) 2319-2333	2019A6972	BL44XU	Lee Bong Jin	Role of PemI in the <i>Staphylococcus aureus</i> PemI K Toxin-Antitoxin Complex: PemI Controls PemK by Acting as a PemK Loop Mimic
44789	Kan Kobayashi	42 (2014) 12295-12305	2012B1146	BL32XU	塚崎 智也	The Non-canonical Hydroxylase Structure of YfcM Reveals a Metal Ion-coordination Motif Required for EF-P Hydroxylation
			2012B1161	BL41XU	石谷 隆一郎	

Optics Express

44712	Yasuhiko Shimotsuma	31 (2023) 1594-1603	2019A1060	BL13XU	下間 靖彦	Formation of NV Centers in Diamond by a Femtosecond Laser Single Pulse
44804	Takashi Kimura	30 (2022) 26220-26228	2021A7402	BL07LSU	木村 隆志	Soft X-ray Ptychography System using a Wolter Mirror for Achromatic Illumination Optics
			2021B7402	BL07LSU	木村 隆志	
			2022A7402	BL07LSU	木村 隆志	

Physical Review 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
44877	Yukio Kajihara	5 (2023) 013120	2008B1108	BL35XU	乾 雅祝	Experimental Observation of Mesoscopic Fluctuations to Identify Origin of Thermodynamic Anomalies of Ambient Liquid Water
45016	Yoshiki Kohmura	5 (2023) L012043	2018A1169	BL29XU	大和田 謙二	X-ray Two-beam Topography for Quantitative Derivation of Phase Shift by Crystalline Dislocations

Progress in Earth and Planetary Science

44725	Hisako Hirai	10 (2023) 3	2016A1660	BL10XU	門林 宏和	Significance of the High-pressure Properties and Structural Evolution of Gas Hydrates for Inferring the Interior of Icy Bodies
44818	Tomoaki Kubo	9 (2022) 21	2016B1358	BL04B1	久保 友明	Back-transformation Processes in High-pressure Minerals: Implications for Planetary Collisions and Diamond Transportation from the Deep Earth
			2018B1363	BL04B1	久保 友明	
			2019A1487	BL04B1	久保 友明	

RSC Advances

44802	Kosuke Watanabe	12 (2022) 24465-24470	2021B1050	BL14B2	関根 泰	Catalytic Selective Ethane Dehydrogenation at Low-temperature with Low Coke Formation
44803	Kaho Nagakawa	12 (2022) 25565-25569	2021A1617	BL14B2	関根 泰	Evaluating the Effects of OH-groups on the Ni Surface on Low-temperature Steam Reforming in an Electric Field
			2022A1802	BL14B2	関根 泰	

Small

44930	Aufandra C. Wardhana	(2023) Online published 20 Feb. 2023	2022A1669	BL14B2	足立 精宏	Direct Interfacial Excitation from TiO ₂ to Cu(II) Nanoclusters Enables Cathodic Photoresponse for Hydrogen Evolution under Visible-Light Irradiation
45017	Yingyao Zhang	19 (2023) 2206233	2022A1654	BL19B2	柴山 直之	Revealing the Enhanced Thermoelectric Properties of Controllably Doped Donor-Acceptor Copolymer: The Impact of Regioregularity
			2022A1777	BL19B2	柴山 直之	
			2022A1822	BL19B2	柴山 直之	

Accounts of Materials & Surface Research

44886	Shiho Yada	4 (2019) 69-80	2018A1688	BL40B2	矢田 詩歩	Development of Novel Nonionic Surfactants with the Aim of Environmental Load Reduction
			2017B1696	BL40B2	矢田 詩歩	
			2016A1669	BL40B2	矢田 詩歩	
			2015A1987	BL19B2	矢田 詩歩	
			2014B1767	BL40B2	矢田 詩歩	

ACS Macro Letters

44801	Takashi Konishi	12 (2023) 208-214	2022B1376	BL40B2	小西 隆士	Crystallization with Nodular Aggregation near the Glass Transition Temperature for Syndiotactic Polypropylene
			2021A1413	BL40B2	小西 隆士	
			2020A1113	BL40B2	小西 隆士	
			2020A1111	BL40B2	小西 隆士	
			2019B1318	BL40B2	小西 隆士	

Advanced Engineering Materials

44925	Gaku Okuma	(2023) Online published 21 Feb. 2023	2022A1115	BL20XU	大熊 学	3D Visualization of Morphological Evolution of Large Defects during Spark Plasma Sintering of Alumina Granules
			2021B1243	BL20XU	大熊 学	
			2020A0521	BL20XU	大熊 学	
			2019A1306	BL20XU	大熊 学	

Advanced Materials

44917	Sangwook Kim	35 (2023) 2208717	2021B1311	BL02B2	Kim Sangwook	Piezoelectric Actuation Mechanism Involving Extrinsic Nanodomain Dynamics in Lead-Free Piezoelectrics
			2022A1133	BL02B2	Kim Sangwook	
			2022B1842	BL02B2	Kim Sangwook	

Advanced Theory and Simulations

44942	Keishu Utimula	6 (2023) 2200613	2017B1634	BL02B2	矢野 正雄	Feature Space of XRD Patterns Constructed by an Autoencoder
-------	----------------	---------------------	-----------	--------	-------	---

Analytical Sciences

45011	Toshio Yamaguchi	(2023) Online published 1 Mar. 2023	2019B1656	BL08W	山口 敏男	In situ Raman and X-ray Scattering of a Single Supersaturated Aqueous Mg(NO ₃) ₂ Droplet Ultrasonically Levitated
			2019A1603	BL08W	山口 敏男	
			2020A0771	BL08W	山口 敏男	

APL 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
44924	Rajkumar Modak	9 (2021) 031105	2020A4604	BL15XU	桜庭 裕弥	Combinatorial Tuning of Electronic Structure and Thermoelectric Properties in $\text{Co}_2\text{MnAl}_{1-x}\text{Si}_x$ Weyl Semimetals
			2020A4606	BL15XU	上田 茂典	
			2019B4604	BL15XU	桜庭 裕弥	

Applied Biochemistry and Biotechnology

44878	Misumi Kataoka	174 (2014) 1599-1612	2012A6704	BL44XU	石川 一彦	Crystal Structure of <i>Talaromyces cellulolyticus</i> (Formerly Known as <i>Acremonium cellulolyticus</i>) GH Family 11 Xylanase
-------	----------------	-------------------------	-----------	--------	-------	--

Applied Sciences

44832	Yoshiaki Kumagai	13 (2023) 2176	2014A8040	BL3	上田 潔	Ionization of Xenon Clusters by a Hard X-ray Laser Pulse
-------	------------------	-------------------	-----------	-----	------	--

Asian Journal of Organic Chemistry

44759	Sota Kuroyanagi	11 (2022) e202200423	2021A1345	BL40XU	山門 陵平	Synthesis of 3-(Phenylcarbonyl)-1 <i>H</i> -indazole Derivatives through Intramolecular Cyclization under Mild Conditions
-------	-----------------	-------------------------	-----------	--------	-------	---

Batteries and Supercaps

44960	Riki Kataoka	6 (2023) e202200462	2022A3781	BL22XU	片岡 理樹	Improving Electrochemical Activity of P2-type $\text{Na}_{23}\text{Mn}_{23}\text{Ni}_{13}\text{O}_2$ by Controlling its Crystallinity
			2022A2015	BL14B2	片岡 理樹	

Biochemical and Biophysical Research Communications

44890	Daisuke Hira	526 (2020) 654-660	2019B6940	BL44XU	平 大輔	Unique Hexameric Structure of Copper-containing Nitrite Reductase of an Anammox Bacterium KSU-1
			2015A1123	BL26B1	平 大輔	

Biomacromolecules

44720	Tero Kämäräinen	24 (2023) 225-237	2021A1659	BL19B2	Tse Jun Yee	Tuning the Phytoglycogen Size and Aggregate Structure with Solvent Quality: Influence of Water-Ethanol Mixtures Revealed by X-ray and Light Scattering Techniques
-------	-----------------	----------------------	-----------	--------	-------------	---

Biomaterials Science

44897	Mariko Kojima	11 (2023) 1350-1357	2019A2561	BL32XU	安部 聡	Engineering of an In-cell Protein Crystal for Fastening a Metastable Conformation of a Target Mini-protein
			2020A2541	BL32XU	安部 聡	

Bulletin of the Chemical Society of Japan

44961	Kiyohiro Adachi	(2023) Online published 16 Mar. 2023	2021B1856	BL14B2	中村 龍平	Hybrid Structure Analysis: Accurate and Precise Determination of the Structure Parameters of Mono- and Bimetallic Spinels by Iterative and Alternating Refinements of Powder X-ray Diffraction and X-ray Absorption Fine Structure
			2021B1892	BL14B2	足立 精宏	
			理研	BL44B2		

Chemical Geology

44936	Satoshi Okumura	621 (2023) 121372	2020A1433	BL20XU	奥村 聡	Molecular-scale Structural Changes of Silicate Melts under Tension Revealed by Time-resolved X-ray Diffraction
			2021A1081	BL47XU	奥村 聡	
			2021B1201	BL47XU	奥村 聡	
			2022A1259	BL47XU	奥村 聡	

Chemistry Letters

44826	Mamoru Kitaura	52 (2023) 190-193	2018A1085	BL01B1	北浦 守	Valence and Local Structure Analyses of Eu and Dy Ions in $\text{Sr}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$:Eu, Dy Long Persistent Phosphorescence Phosphors Synthesized by Solid State Reaction
			2021A1167	BL39XU	北浦 守	

Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects

44837	Keishi Akada	658 (2023) 130727	2020A7485	BL07LSU	赤田 圭史	Anisotropic Flocculation in Shear Thickening Colloid-polymer Suspension via Simultaneous Observation of Rheology and X-ray Scattering
			2021A1030	BL40XU	大久保 総一郎	
			2021B1044	BL40XU	大久保 総一郎	
			2021B1857	BL19B2	大久保 総一郎	
			2022A1032	BL40XU	大久保 総一郎	
			2022A1759	BL19B2	大久保 総一郎	

Communications Biology

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
44920	Hiroyuki Kajiura	4 (2021) 215	2017A6748	BL44XU	松村 浩由	Structure-function Studies of Ultrahigh Molecular Weight Isoprenes Provide Key Insights into Their Biosynthesis
			2017A2570	BL26B1	松村 浩由	
			2017B6748	BL44XU	松村 浩由	
			2018A2719	BL32XU	吉澤 拓也	
			2018A6859	BL44XU	吉澤 拓也	

Communications Physics

44915	Min-Cheol Lee	5 (2022) 335	2019B8023	BL3	Li Jiarui	Ultrafast Signatures of Spin and Orbital Order in Antiferromagnetic α - Sr_2CrO_4
-------	---------------	-----------------	-----------	-----	-----------	--

Crystal Growth & Design

44958	Laura Bayés-García	28 (2023) 2870-2881	2022A1283	BL40B2	深尾 浩次	Crystallization and Transformation Behavior of Triacylglycerol Binary Mixtures Forming Molecular Compounds of POP/OPO, POP/ <i>rac</i> -PPO, and POP/ <i>sn</i> -PPO
			2022B1322	BL40B2	深尾 浩次	
			2020A1078	BL40B2	田口 健	
			2020A1111	BL40B2	小西 隆士	
			2020A1348	BL40B2	深尾 浩次	
			2021B1190	BL40B2	田口 健	
			2022B1548	BL40B2	田口 健	

e-journal of Surface Science and Nanotechnology

44901	Junya Kogo	20 (2022) 243-247	2019B1199	BL39XU	朝倉 清高	Angular Dependence of Multi-atom Resonant X-ray Raman Scattering
-------	------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

ECS Transactions

45007	Zhuo Diao	103 (2021) 1745	2017B1562	BL05XU	八代 圭司	Evaluation of Reaction Mechanism of PCFC Composite Cathodes by Utilizing Patterned Thin Film Model Electrodes
-------	-----------	--------------------	-----------	--------	-------	---

Electrochemistry

44761	Junji Iihara	91 (2023) 027001	2017A5330	BL16B2	徳田 一弥	XAFS Analysis of Sulfuric Acid Solution Related to the Effect of Bi in Suppressing the Disproportionation Reaction of Mn^{3+} in Mn/Ti Redox Flow Cells
-------	--------------	---------------------	-----------	--------	-------	--

eLife

44932	Nanako Atsumi	(2023) Online published 28 Feb. 2023	2016A2534	BL41XU	山下 敦子	Chloride Ions Evoke Taste Sensations by Binding to the Extracellular Ligand-binding Domain of Sweet/Umami Taste Receptors
-------	---------------	--	-----------	--------	-------	---

Energy & Environmental Materials

44938	Hiroki Yamada	(2023) Online published 2 Mar. 2023	2018B1301	BL08W	Temleitner László	Lithium Ion Transport Environment by Molecular Vibrations in Ion-conducting Glasses
			2019A1371	BL04B2	増田 卓也	
			2020A0704	BL08W	尾原 幸治	
			2020A2053	BL04B2	尾原 幸治	
			2020A2135	BL04B2	尾原 幸治	
			2021A2073	BL04B2	尾原 幸治	
			2021B1362	BL04B2	尾原 幸治	

Energy & Fuels

44754	Charifa Hakim	36 (2022) 4015-4025	2019A1459	BL27SU	Duda Laurent	Anionic Redox and Electrochemical Kinetics of the $\text{Na}_2\text{Mn}_3\text{O}_7$ Cathode Material for Sodium-Ion Batteries
-------	---------------	------------------------	-----------	--------	--------------	--

Faraday Discussions

44781	Casey Van Stappen	(2023) Online published 31 Jan. 2023	2020A1413	BL19LXU	Van Stappen Casey	Structural Correlations of Nitrogenase Active Sites using Nuclear Resonance Vibrational Spectroscopy and QM/MM Calculations
			2019A1700	BL19LXU	Van Stappen Casey	

Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures

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
44833	Fumiyoshi Yoshinaka	(2023) Online published 3 Feb. 2023	2020A0172	BL20XU	中村 孝	Characterization of Internal Fatigue Crack Initiation in Ti-6Al-4V Alloy via Synchrotron Radiation X-ray Computed Tomography
			2014A1020	BL20XU	中村 孝	
			2017B1421	BL20XU	中村 孝	
			2014A1459	BL20XU	中村 孝	

FEBS 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
45013	Teruya Nakamura	(2023) Online published 13 Mar. 2023	2015B6551	BL44XU	山縣 ゆり子	Protonation States of Asp Residues in the Human Nudix Hydrolase MTH1 Contribute to its Broad Substrate Recognition
			2016B6650	BL44XU	山縣 ゆり子	
			2017A6761	BL44XU	山縣 ゆり子	

Forensic Chemistry

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
44873	Shimpei Watanabe	33 (2023) 100480	2021A1275	BL02B1	渡邊 慎平	Single Crystal X-ray Analysis using the Crystalline Sponge Method for Direct Structure Determination of New and Earlier Synthetic Cannabinoids Including OXIZIDs, AKB48, and JWH-424 from a Trace Sample
			2021B1617	BL02B1	渡邊 慎平	
			2022A1198	BL02B1	渡邊 慎平	
			2022B1590	BL02B1	渡邊 慎平	

Frontiers in Plant 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
44719	Yasunori Saitoh	13 (2022) 982068	2021B6618	BL44XU	菅 倫寛	Structure and Function of a Silicic Acid Channel Lsi1
			2022A2717	BL41XU	菅 倫寛	

Fuel

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
44823	Weidi Huang	341 (2023) 127696	2021B1334	BL40XU	黄 魏迪	Spray Dynamics of Synthetic Dimethyl Carbonate and its Blends with Gasoline
			2022B1372	BL40XU	黄 魏迪	

Geophysical Research 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
44918	Masayuki Nishi	49 (2022) e2022GL098231	2021A1086	BL02B2	西 真之	Bridgmanite Freezing in Shocked Meteorites Due To Amorphization-Induced Stress

Hyperfine Interactions

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
44750	Ryo Masuda	244 (2023) 5	2021B3581	BL11XU	瀬戸 誠	Energy Domain Synchrotron-radiation-based Mössbauer Spectroscopy of EuH ₂ under a Few GPa Pressure
			2022A3581	BL11XU	瀬戸 誠	

IEEE Transactions on Magnetics

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
45071	Toshiya Inami	59 (2023) 6000406	2019B3556	BL11XU	稲見 俊哉	Observation of Buried Magnetic Domains in Grain-Oriented Electrical Steel
			2019B3585	BL11XU	中田 崇寛	

International Journal of Cosmetic 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
44709	Makoto Uyama	45 (2023) 246-254	2021B1710	BL43IR	宇山 允人	Promotion of Glyoxylic Acid Penetration into Human Hair by Glycolic Acid
			2020A1636	BL43IR	宇山 允人	
			2019B1682	BL43IR	宇山 允人	

International Journal of Fatigue

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
44882	Isshin Ando	171 (2023) 107557	2019B1399	BL20XU	尾崎 由紀子	Quantitative Estimation of Contribution of Pore Size and the Distance between Nearest Neighbour Pores on High Cycle Fatigue (HCF) Crack Initiation in Ti-6Al-4V MIM-sintered Materials

International Journal of Hydrogen Energy

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
45032	Rama Srinivas Varanasi	48 (2023) 10081-10088	2020A3691	BL14B1	小山 元道	Phase Transformations and Microstructure Evolutions during Depressurization of Hydrogenated Fe-Mn-Si-Cr Alloy
			2021A3691	BL14B1	小山 元道	

International Journal of Molecular Sciences

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
44931	Yasushi Imamoto	24 (2023) 4963	2020A1371	BL40B2	今元 泰	Role of Monomer/Tetramer Equilibrium of Rod Visual Arrestin in the Interaction with Phosphorylated Rhodopsin
			2021A1287	BL40B2	今元 泰	
			2021B1337	BL40B2	今元 泰	
			2012B1307	BL40B2	今元 泰	
			2013A1136	BL40B2	今元 泰	
			2014B1219	BL40B2	今元 泰	

IOP Conference Series: Materials Science and Engineering

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
44957	Taka Narumi	1274 (2023) 012053	2019B1478	BL20XU	安田 秀幸	Observation of Grain Motion during Semisolid Deformation by using 4D-CT and 3DXRD
			2020A0737	BL20XU	鳴海 大翔	
			2020A1558	BL20XU	鳴海 大翔	

iScience

44726	Kohei Tsuji	25 (2022) 105365	2021A2725	BL41XU	長谷川 和也	Potent and Biostable Inhibitors of the Main Protease of SARS-CoV-2
-------	-------------	---------------------	-----------	--------	--------	--

Journal of Applied Physics

44741	Tatsuo Fukuda	132 (2022) 245102	2020A3723	BL22XU	菫浦 敬久	Direct Energy Conversion using Ni/SiC Schottky Junction in ²³⁷ Np and ²⁴¹ Am Gamma Ray Regions
			2021A3721	BL22XU	菫浦 敬久	
			2021A3722	BL22XU	菫浦 敬久	
			2021A3731	BL22XU	小島 雅明	
			2021B3731	BL22XU	小島 雅明	
			2021B3732	BL22XU	福田 竜生	

Journal of Asian Ceramic Societies

44940	Keito Makise	11 (2023) 170-177	2018A1189	BL02B2	熊田 伸弘	Crystal Structure and Ion-exchange Property of a Lepidocrocite-like Sodium Titanate
-------	--------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

The Journal of Biological Chemistry

44718	Yoshiki Nakajima	298 (2022) 102668	2022A2717	BL41XU	菅 倫寛	Crystal Structures of Photosystem II from a Cyanobacterium Expressing <i>psbA₂</i> in Comparison to <i>psbA₃</i> Reveal Differences in the D1 Subunit
			2021B6618	BL44XU	菅 倫寛	
			2015B6522	BL44XU	菅 倫寛	
			2017A6724	BL44XU	菅 倫寛	
			2017B6724	BL44XU	菅 倫寛	
			2018B6822	BL44XU	菅 倫寛	

Journal of Catalysis

45003	Masashi Kikugawa	413 (2022) 934-942	2021B7039	BL33XU	山崎 清	Efficient Ammonia Synthesis over Ru/CeO ₂ -PrO _x Catalysts with Controlled Ru Dispersion by Ru-Pr Interaction
-------	------------------	-----------------------	-----------	--------	------	---

Journal of Crystal Growth

44733	Hiroshi Takatsu	593 (2022) 126752	2020A0628	BL01B1	高津 浩	Single-crystal Thin Film Growth of the Mott Insulator EuVO ₃ under Biaxial Substrate Strain
			2019B1084	BL01B1	高津 浩	
			2019A1304	BL01B1	高津 浩	

Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena

45035	Takehisa Konishi	264 (2023) 147314	2018B4910	BL15XU	小西 健久	Quantitative Analysis of Energy Loss Processes for the Core Level Intensities in Hard X-ray Photoemission
-------	------------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

Journal of Material Cycles and Waste Management

44992	Masaki Takaoka	(2023) Online published 17 Mar. 2023	2019B1019	BL37XU	高岡 昌輝	Microscopic Synchrotron X-ray Analysis of Mercury Waste in Simulated Landfill Experiments
-------	----------------	--	-----------	--------	-------	---

Journal of Materials Chemistry A

44755	Stephanie Linnell	10 (2022) 9941-9953	2021A1425	BL27SU	Duda Laurent	Enhanced Oxygen Redox Reversibility and Capacity Retention of Titanium-substituted Na ₄₇ [□ ₁₇ Ti ₁₇ Mn ₅₇]O ₂ in Sodium-ion Batteries
-------	-------------------	------------------------	-----------	--------	--------------	--

Journal of Materials Chemistry C

45012	Mohammad Kassem	11 (2023) 4654-4673	2017B1771	BL04B2	Bychkov Evgeny	Glassy and Liquid Sb ₂ S ₃ : Insight into the Structure and Dynamics of a Promising Functional Material
			2022B1471	BL04B2	Bychkov Evgeny	

Journal of Physics 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
44791	Takashi Naka	6 (2022) 055001	2015B4505	BL15XU	名嘉 節	Slow Spin Dynamics in a CoM ₂ O ₄ A-site Spinel (M=Al, Ga, and Rh)
			2016B4505	BL15XU	名嘉 節	
			2018A4507	BL15XU	名嘉 節	

Journal of Physics: Condensed Matter

44748	Takumi Hasegawa	35 (2023) 114002	2006B1089	BL35XU	高畠 敏郎	Phonon Dispersion Curves in the Type-I Crystalline and Molten Clathrate Compound Eu ₈ Ga ₁₆ Ge ₃₀
			2016B1116	BL04B2	乾 雅祝	
			2016B1117	BL35XU	乾 雅祝	
			2017B1205	BL04B2	乾 雅祝	
			2017B1206	BL35XU	乾 雅祝	
			2018A1181	BL35XU	乾 雅祝	
			2019A1194	BL39XU	乾 雅祝	

Journal of Physics: Energy

44752	Stephanie Linnell	4 (2022) 044006	2021A1425	BL27SU	Duda Laurent	Effect of Cu Substitution on Anion Redox Behaviour in P3-type Sodium Manganese Oxides
-------	-------------------	--------------------	-----------	--------	--------------	---

Journal of the Japan Petroleum Institute

44792	Katsutoshi Nomoto	65 (2022) 161-170	2017B1245	BL01B1	穴戸 哲也	Production of Hydrogen by the Autothermal Reforming of Methanol over Cu/ZnO/Al ₂ O ₃ -based Catalysts: Improved Durability and Self-activation Ability upon Pd-doping
			2019A1522	BL01B1	穴戸 哲也	

Langmuir

44765	Naoki Hashimoto	37 (2021) 5376-5384	2019B1091	BL01B1	森 浩亮	How the Morphology of NiO _x -Decorated CeO ₂ Nanostructures Affects Catalytic Properties in CO ₂ Methanation
			2019A1048	BL01B1	森 浩亮	

Macromolecules

44875	Noboru Osaka	56 (2023) 1419-1433	2019B1602	BL40B2	大坂 昇	Miscibility, Hierarchical Structures, and Enhanced Mechanical Properties of Acrylic Rubber by the Formation of a Chemically and Physically Crosslinked Partially Miscible Interpenetrating Polymer Network with Poly(vinylidene fluoride)
			2017A1192	BL40B2	大坂 昇	

Materials Advances

44900	Yanyan Zheng	4 (2023) 1005-1010	2019A0068	BL02B2	森吉 千佳子	<i>In situ</i> Observation of a Mechanically Induced Self-sustaining Reaction for Synthesis of Silver
			2021B1630	BL02B2	笠井 秀隆	
			2021B1775	BL02B2	藤田 知樹	
			2021B1783	BL02B2	Zheng Yanyan	
			2022A1231	BL02B2	笠井 秀隆	

Molecular Pharmacology

44999	Wataru Koizumi	103 (2023) Online published 22 Mar. 2023	2017A2514	BL26B1	伊原 誠	Determinants of Subtype-selectivity of the Anthelmintic Paraherquamide A on <i>Caenorhabditis elegans</i> Nicotinic Acetylcholine Receptors
			2018B2566	BL26B1	伊原 誠	

Molecules

44941	Toyoto Sato	28 (2023) 1256	2021B3694	BL14B1	佐藤 豊人	Hydrogen Absorption Reactions of Hydrogen Storage Alloy LaNi ₅ under High Pressure
			2022A3694	BL14B1	佐藤 豊人	
			2022B3694	BL14B1	佐藤 豊人	

Nano Letters

44959	Mami N. Fujii	23 (2023) 1189-1194	2021B1091	BL25SU	藤井 茉美	Atomic Imaging of Interface Defects in an Insulating Film on Diamond
			2020A634	BL25SU	藤井 茉美	

Natural Product Research

44913	Thu Thi Minh Quach	19 (2023) 498-506	2014B1937	BL19B2	湯口 宣明	Structure, Anticoagulant and Cytotoxic Activity of a Sulfated Polysaccharide from Green Seaweed <i>Chaetomorpha linum</i>
-------	--------------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

Nature

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
45028	Thomas Gruhl	615 (2023) 939-944	2015B8043	BL3	Schertler Gebhard	Ultrafast Structural Changes Direct the First Molecular Events of Vision
			2018A8066	BL3	Schertler Gebhard	

Nature Chemical Biology

44780	Giorgio Caserta	19 (2023) 498-506	2019A1700	BL19LXU	Van Stappen Casey	Stepwise Assembly of the Active Site of [NiFe]-hydrogenase
			2019A1201	BL09XU	Caserta Giorgio	

Nature Materials

44889	Linglong Li	21 (2022) 1246-1251	2019B1201	BL17SU	Yu Pu	Manipulating the Insulator-metal Transition through Tip-induced Hydrogenation
			2019A1307	BL17SU	Yu Pu	

Organic & Biomolecular Chemistry

44937	Hang Xu	21 (2023) 1404-1410	2021B1176	BL01B1	満留 敬人	A Copper Nitride Nanocube Catalyst for Highly Efficient Hydroboration of Alkynes
			2022A1772	BL14B2	水垣 共雄	
			2021B1898	BL14B2	水垣 共雄	

Physical Chemistry Chemical Physics

44715	Hideshi Uematsu	25 (2023) 3867-3874	2021A1483	BL36XU	石黒 志	Nanoscale Domain Imaging of Li-rich Disordered Rocksalt-type Cathode Materials with X-ray Spectroscopic Ptychography
			2021B1566	BL37XU	石黒 志	

Physical Review A

44894	Mizuho Fushitani	107 (2023) L021101	2019B8046	BL1	伏谷 瑞穂	Capturing Transient Core-to-core Resonances in Kr in Intense Extreme-ultraviolet Laser Fields by Electron-ion Coincidence Spectroscopy
			2021A8052	BL1	伏谷 瑞穂	
			2021B8072	BL1	伏谷 瑞穂	

Physical Review Materials

44814	Naoki Ishimatsu	7 (2023) 024401	2018A1269	BL39XU	石松 直樹	Ferrimagnetic Coupling between Cobalt and Light Rare-earth Samarium Induced by Dense Hydrogenation of SmCo ₅ Permanent Magnet under High Pressures
			2019A1530	BL39XU	石松 直樹	
			2019B1514	BL39XU	石松 直樹	
			2020A1540	BL10XU	石松 直樹	
			2020A1486	BL39XU	石松 直樹	
			2021B1574	BL10XU	石松 直樹	

Physics and Chemistry of Minerals

44714	Gen-ichiro Yamamoto	50 (2023) 5	2021A3737	BL22XU	興野 純	Structural Variations of Amorphous Magnesium Carbonate during Nucleation, Crystallization, and Decomposition of Nesquehonite MgCO ₃ ·3H ₂ O
-------	---------------------	----------------	-----------	--------	------	---

Polymers

45022	Tasuku Nakajima	15 (2023) 1624	2019B1520	BL05XU	中島 祐	Mechanical Model for Super-Anisotropic Swelling of the Multi-Cylindrical PDGI/PAAm Gels
-------	-----------------	-------------------	-----------	--------	------	---

Procedia Structural Integrity

44728	Yoshikazu Nakai	43 (2023) 221-227	2021B1887	BL46XU	中井 善一	Misorientation Measurement in Tensile Test of Bimodal Harmonic Structured Stainless Steel by Diffraction Contrast Tomography Using Ultrabright Synchrotron Radiation X-ray
			2020A1620	BL46XU	牧野 泰三	
			2019B1728	BL46XU	中井 善一	
			2019A1643	BL46XU	中井 善一	
			2018B1597	BL46XU	中井 善一	

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

44881	BongHeon Kim	119 (2022) e2209597119	2019B6973	BL44XU	Song HyunKyu	Crystal Structure of the Ate1 Arginyl-tRNA-protein Transferase and Arginylation of N-degron Substrates
			2020A6573	BL44XU	Song HyunKyu	

Progress in Nuclear Science and Technology

44935	Tohru Kobayashi	5 (2018) 74-77	2014B3504	BL11XU	塩飽 秀啓	Lanthanides Complexation Properties of O, N-hetero Donor Ligand PTA
			2015B3613	BL14B1	小林 徹	
			2016A3613	BL14B1	小林 徹	

Science

研究成果番号	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
44922	Hisao Kobayashi	379 (2023) 908-912	2011A1450	BL09XU	小林 寿夫	Observation of a Critical Charge Mode in a Strange Metal
			2012B1521	BL09XU	小林 寿夫	
			2013B1393	BL09XU	小林 寿夫	
			2015A1458	BL09XU	小林 寿夫	
			2016A1363	BL09XU	小林 寿夫	
			2019B1597	BL09XU	小林 寿夫	
			2020A1553	BL09XU	小林 寿夫	
	理研	BL19LXU				

Soft Matter

研究成果番号	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
44747	Maasa Yokomori	18 (2022) 6954-6964	2020A0809	BL40B2	田川 美穂	DNA-functionalized Colloidal Crystals for Macromolecular Encapsulation
			2021A1518	BL40B2	田川 美穂	
			2021B1615	BL40B2	田川 美穂	

軽金属 (Journal of Japan Institute of Light Metals)

研究成果番号	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
45069	Ryoichi Oikawa	72 (2022) 411-419	2020A1531	BL20XU	清水 一行	Influence of Hydrogen on the Damage Behavior of IMC Particles in Al-Zn-Mg-Cu Alloys
			2020A1084	BL20XU	戸田 裕之	
			2021A1002	BL20XU	戸田 裕之	
			2021B1123	BL20XU	戸田 裕之	
			2021B1124	BL20XU	清水 一行	

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

研究成果番号	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
44834	Hironori Morishita	71 (2022) 997-1004	2014A1020	BL20XU	中村 孝	Fatigue Life Distribution Analysis of α + β Titanium Alloy Based on the Initiation and Propagation Behaviors of Small Internal Cracks
			2014A1459	BL20XU	中村 孝	
			2020A0172	BL20XU	中村 孝	

セラミックス (Ceramics Japan)

研究成果番号	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
44821	Satoru Fujita	58 (2023) 91-94	2021A7024	BL33XU	藤田 悟	SOFC Reliability Assurance by Quantum Beam Measurement Techniques (XAFS and μ XRD)
			2020A7024	BL33XU	藤田 悟	
			2019B7024	BL33XU	藤田 悟	
			2019A7024	BL33XU	藤田 悟	
			2018B7024	BL33XU	藤田 悟	
			2018A7024	BL33XU	藤田 悟	
			2017A7024	BL33XU	松尾 秀仁	
			2016B7024	BL33XU	藤田 悟	

溶射 (Journal of Japan Thermal Spray Society)

研究成果番号	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
44809	Yasuhiro Yamazaki	60 (2023) 3-10	2020A1605	BL02B1	山崎 泰広	Internal Stress Distribution in Suspension Plasma Sprayed Thermal Barrier Coating Subjected to In-Plane Tensile Loading
			2021B1716	BL02B1	山崎 泰広	

博士論文 (大阪大学)

研究成果番号	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
44711	Kengo Kasama	(2022)	2021B1905	BL14B2	笠間 建吾	固体触媒を活用した高光学純度の軸不斉ピアロール類不斉合成法の開発
44927	Le Zhai	(2023)	2018A6830	BL44XU	中島 良介	Structure-based Analysis and Evolution of a Monomerized Red-colored Chromoprotein from the <i>Olinidias formosa</i> Jellyfish for Bioimaging
			2018B6830	BL44XU	中島 良介	
			2019A6928	BL44XU	中島 良介	
			2021B6624	BL44XU	中島 良介	
45074	Masato Ota	(2022)	2019B8071	BL2	坂和 洋一	Ultrafast Diagnostics for Relativistic Laser-Plasma Interaction
			2018B8047	BL2	坂和 洋一	
			2021A8036	BL2	坂和 洋一	

博士論文 (東京大学)

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
45000	Kiyohiro Adachi	(2023)	2021A2013	BL14B2	足立 精宏	Hybrid Structure Analysis: Precise Structure Determination of Metal Oxide Electrocatalysts by the Combination of X-ray Diffraction, Absorption, and Scattering
			2021A1664	BL14B2	中村 龍平	
			2021B1856	BL14B2	中村 龍平	
			2021B1892	BL14B2	足立 精宏	
			2021B1920	BL14B2	中村 龍平	
			2022A1045	BL14B2	中村 龍平	
			2022A1669	BL14B2	足立 精宏	
			2022A1761	BL14B2	中村 龍平	
			2022A1776	BL14B2	足立 精宏	
			2022B1667	BL14B2	足立 精宏	
				理研	BL44B2	
	理研	BL17SU				
45038	Ryusuke Misawa	(2023)	2021B7430	BL07LSU	木村 剛	Detection and Domain Observation of Orderings in Antiferromagnets by Resonant Diffraction using Circularly Polarized X rays

博士論文 (関西学院大学)

44990	Endah Kinarya Palupi	(2023)	2014B1806	BL27SU	塚越 一仁	Structural and Electronic Properties of Solution-Processed Amorphous Indium-Silicon-Oxide for High Performance Thin Film Transistors
			2014B1842	BL28B2	藤原 明比古	
			2015A1884	BL04B2	塚越 一仁	
			2015A1885	BL01B1	塚越 一仁	
			2016A1216	BL04B2	藤原 明比古	
			2016A1222	BL01B1	藤原 明比古	
			2016A1224	BL27SU	藤原 明比古	
			2016B1238	BL27SU	藤原 明比古	

博士論文 (京都大学)

45073	Kazuhiro Goto	(2023)	2020A5330	BL16B2	後藤 和宏	Changes of Fe Precipitates by Wire Drawing in Dilute Cu-Fe Alloys
			2019B5331	BL16B2	後藤 和宏	
			2018A5330	BL16B2	後藤 和宏	
			2017B5330	BL16B2	後藤 和宏	
			2022A2026	BL19B2	後藤 和宏	

課題以外の成果として登録された論文

Acta Crystallographica Section D

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
44704	In-Gyun Lee	78 (2022) 424-434		BL44XU	Structural and Functional Analysis of the D-alanyl Carrier Protein Ligase DltA from <i>Staphylococcus aureus</i> Mu50
44731	Kudigana J. Pampa	70 (2014) 994-1004	理研	BL26B1	The First Crystal Structure of NAD-dependent 3-dehydro-2-deoxy-D-gluconate Dehydrogenase from <i>Thermus thermophilus</i> HB8
44735	Yoshitaka Kanoh	70 (2014) 1271-1280	理研	BL26B1	Structural Insight into Glucose Dehydrogenase from the Thermoacidophilic Archaeon <i>Thermoplasma volcanium</i>
44760	Do-Hee Kim	70 (2014) 3273-3289	理研	BL26B1	β -Arm Flexibility of HU from <i>Staphylococcus aureus</i> Dictates the DNA-binding and Recognition Mechanism
44811	Vladimir Timofeev	70 (2014) 1155-1165		BL41XU	3'-Azidothymidine in the Active Site of <i>Escherichia coli</i> Thymidine Phosphorylase: the Peculiarity of the Binding on the Basis of X-ray Study
44815	Eun Hye Lee	70 (2014) 922-931	理研	BL26B1	Structural Characterization and Comparison of the Large Subunits of IPM Isomerase and Homoaconitase from <i>Methanococcus jannaschii</i>
			理研	BL26B2	
44817	Truc Kim	70 (2014) 694-707		BL41XU	Structural Insights into the Molecular Mechanism of <i>Escherichia coli</i> SdiA, a Quorum-sensing Receptor

Biochemical and Biophysical Research Communications

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
44703	Hyun-Jong Eun	616 (2022) 19-25		BL44XU	The Structural and Functional Investigation of the VapBC43 Complex from <i>Mycobacterium tuberculosis</i>
44724	Yoko Kimata-Ariga	434 (2013) 867-872		BL44XU	Concentration-dependent Oligomerization of Cross-linked Complexes between Ferredoxin and Ferredoxin-NADP ⁺ Reductase
44736	Viswanathan Thiruselvam	446 (2014) 945-951	理研	BL26B1	Crystal Structure of the Single-stranded RNA Binding Protein HutP from <i>Geobacillus thermodenitrificans</i>
44777	Viswanathan Thiruselvam	453 (2014) 636-641	理研	BL26B2	Revelation of Endogenously Bound Fe ²⁺ Ions in the Crystal Structure of Ferritin from <i>Escherichia coli</i>
44824	Xusheng Kang	446 (2014) 965-970		BL41XU	Crystal Structure and Biochemical Studies of <i>Brucella melitensis</i> 5'-methylthioadenosine/S-adenosylhomocysteine Nucleosidase
44835	Daohua Jiang	450 (2014) 929-935		BL41XU	Atomic Resolution Structure of the <i>E. coli</i> YajR Transporter YAM Domain
44909	Andrew Mugo	456 (2015) 35-40	理研	BL26B1	Crystal Structure of 5-formyl-3-hydroxy-2-methylpyridine 4-carboxylic Acid 5-dehydrogenase, an NAD ⁺ -dependent Dismutase from <i>Mesorhizobium loti</i>

The Journal of Biological Chemistry

44723	Nobutaka Fujieda	288 (2013) 22128-22140		BL44XU	Crystal Structures of Copper-depleted and Copper-bound Fungal Pro-tyrosinase Insights into Endogenous Cysteine-Dependent Copper Incorporation
44774	Shao-Chen Lee	289 (2014) 20170-20181	理研	BL26B2	Endocytotic Routes of Cobra Cardiotoxins Depend on Spatial Distribution of Positively Charged and Hydrophobic Domains to Target Distinct Types of Sulfated Glycoconjugates on Cell Surface
44812	Takayoshi Tagami	290 (2014) 1796-1803		BL41XU	Structural Advantage of Sugar Beet α -Glucosidase to Stabilize the Michaelis Complex with Long-chain Substrate
44813	Yumi Hayashi	289 (2014) 10530-10539		BL41XU	Roles of the Protruding Loop of Factor B Essential for the Localization of Lipoproteins (LoLB) in the Anchoring of Bacterial Triacylated Proteins to the Outer Membrane
44871	Kazuhiro Ohara	289 (2014) 24499-24510		BL44XU	Structural Insights into the Low pH Adaptation of a Unique Carboxylesterase from <i>Ferroplasma</i> Altering the pH Optima of Two Carboxylesterases

FEBS Open Bio

44734	Trung Thanh Thach	4 (2014) 672-682	理研	BL26B1	Adenylate Kinase from <i>Streptococcus pneumoniae</i> is Essential for Growth through its Catalytic Activity
44776	Yasuyuki Matoba	4 (2014) 834-847	理研	BL26B2	An Alternative Allosteric Regulation Mechanism of an Acidophilic L-lactate Dehydrogenase from <i>Enterococcus mundtii</i> 15-1A

Genes to Cells

44806	Tomoyuki Mori	19 (2014) 603-619		BL41XU	Structural Basis of DDB1-and-Cullin 4-associated Factor 1 (DCAF1) Recognition by Merlin/NF2 and its Implication in Tumorigenesis by CD44-mediated Inhibition of Merlin Suppression of DCAF1 Function
44819	Masahiro Nakagawa	19 (2014) 386-404		BL41XU	Mechanism of High-affinity Abscisic Acid Binding to PYL9/RCAR1

ACS Applied Energy Materials

44797	Preetha Chandrasekharan Meenu	5 (2022) 503-515	理研	BL36XU	Electro-Oxidation Reaction of Methanol over La _{2-x} Sr _x NiO _{4+δ} Ruddlesden-Popper Oxides
-------	-------------------------------	---------------------	----	--------	---

ACS Medicinal Chemistry Letters

44838	Shingo Tojo	5 (2014) 1119-1123		BL41XU	Crystal Structures and Structure-Activity Relationships of Imidazothiazole Derivatives as IDO1 Inhibitors
-------	-------------	-----------------------	--	--------	---

ACS Synthetic Biology

44874	Kento Koketsu	4 (2015) 383-392		BL44XU	Refined Regio- and Stereoselective Hydroxylation of L-Pipecolic Acid by Protein Engineering of L-Proline cis-4-Hydroxylase Based on the X-ray Crystal Structure
-------	---------------	---------------------	--	--------	---

Acta Crystallographica Section F

44743	Trung Thanh Thach	70 (2014) 1468-1471	理研	BL26B1	New Crystal Structures of Adenylate Kinase from <i>Streptococcus pneumoniae</i> D39 in Two Conformations
-------	-------------------	------------------------	----	--------	--

Advanced Materials

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
44799	Viet-Hung Do	35 (2023) 2208860	理研	BL36XU	Pd-PdO Nanodomains on Amorphous Ru Metallene Oxide for High-Performance Multifunctional Electrocatalysis

Bioorganic and Medicinal Chemistry

44825	Tomoaki Hasui	22 (2014) 5428-5445		BL41XU	Discovery of 6-[5-(4-fluorophenyl)-3-methyl-pyrazol-4-yl]-benzoxazin-3-one Derivatives as Novel Selective Nonsteroidal Mineralocorticoid Receptor Antagonists
-------	---------------	------------------------	--	--------	---

Biophysical Chemistry

44808	K. Dhanalakshmi	293 (2023) 106946	理研	BL26B2	Crystal Structure Analysis of Pyrrolidone Carboxyl Peptidase from <i>Thermus thermophilus</i>
-------	-----------------	----------------------	----	--------	---

Enzyme and Microbial Technology

44929	Jae-Woo Ahn	77 (2015) 29-37	理研	BL26B1	Crystal Structure of 1'-OH-carotenoid 3,4-desaturase from <i>Nonlabens dokdonensis</i> DSW-6
-------	-------------	--------------------	----	--------	--

The FEBS Journal

44904	Jiro Arima	283 (2016) 337-349	理研	BL26B1	Crystal Structure of D-stereospecific Amidohydrolase from <i>Streptomyces</i> sp. 82F2 – Insight into the Structural Factors for Substrate Specificity
-------	------------	-----------------------	----	--------	--

FEBS Letters

44828	Luc Bonnefond	588 (2014) 4478-4486		BL41XU	Crystal Structures of <i>Entamoeba histolytica</i> Lysyl-tRNA Synthetase Reveal Conformational Changes upon Lysine Binding and a Specific Helix Bundle Domain
-------	---------------	-------------------------	--	--------	---

Inorganic Chemistry

44796	Takefumi Yoshida	61 (2022) 14067-14074		BL02B2	Hydrogen Bonding Propagated Phase Separation in Quasi-Epitaxial Single Crystals: A Pd-Br Molecular Insulator
-------	------------------	--------------------------	--	--------	--

International Journal of Biological Macromolecules

44778	Sangwoo Kim	68 (2014) 151-157	理研	BL26B2	Crystal Structure and Thermodynamic Properties of D-lactate Dehydrogenase from <i>Lactobacillus jensenii</i>
-------	-------------	----------------------	----	--------	--

Journal of Medicinal Chemistry

44820	Jun Kunitomo	57 (2014) 9627-9643		BL41XU	Discovery of 1-[2-Fluoro-4-(1 <i>H</i> -pyrazol-1-yl)phenyl]-5-methoxy-3-(1-phenyl-1 <i>H</i> -pyrazol-5-yl)pyridazin-4(1 <i>H</i>)-one (TAK-063), a Highly Potent, Selective, and Orally Active Phosphodiesterase 10A (PDE10A) Inhibitor
-------	--------------	------------------------	--	--------	--

The Journal of Physical Chemistry C

44798	Takefumi Yoshida	126 (2022) 7973-7979	理研	BL36XU	Hidden Heterometallic Interaction Emerging from Resonant Inelastic X-ray Scattering in Luminescent Tb-Pt Molecules
-------	------------------	-------------------------	----	--------	--

The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology

44836	Hiroshi Saitoh	148 (2015) 27-30		BL41XU	Synthesis and Biological Activities of Vitamin D ₃ Derivatives with Cyanoalkyl Side Chain at C-2 Position
-------	----------------	---------------------	--	--------	--

Journal of Virology

44934	Jingshan Ren	89 (2015) 10500-10511		BL41XU	Structures of Coxsackievirus A16 Capsids with Native Antigenicity: Implications for Particle Expansion, Receptor Binding, and Immunogenicity
			理研	BL26B1	

Molecular Cancer Therapeutics

44916	Yangmi Lim	15 (2016) 251-263	理研	BL26B1	GC1118, an Anti-EGFR Antibody with a Distinct Binding Epitope and Superior Inhibitory Activity against High-Affinity EGFR Ligands
-------	------------	----------------------	----	--------	---

Molecular Pharmacology

44775	Makoto Ihara	86 (2014) 736-746	理研	BL26B2	Studies on an Acetylcholine Binding Protein Identify a Basic Residue in Loop G on the β_1 Strand as a New Structural Determinant of Neonicotinoid Actions
-------	--------------	----------------------	----	--------	---

Molecules and Cells

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
44744	Eun Hyuk Jang	37 (2014) 719-726	理研	BL26B1	Kinetic and Structural Characterization for Cofactor Preference of Succinic Semialdehyde Dehydrogenase from <i>Streptococcus pyogenes</i>

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

44827	Kimiko Kuroki	111 (2014) 8877-8882		BL41XU	Structural Basis for Simultaneous Recognition of an <i>O</i> -glycan and its Attached Peptide of Mucin Family by Immune Receptor PILR α
-------	---------------	-------------------------	--	--------	--

Protein & Cell

44738	Minghao Dang	5 (2014) 692-703	理研	BL26B1	Molecular Mechanism of SCARB2-mediated Attachment and Uncoating of EV71
-------	--------------	---------------------	----	--------	---

Science

44784	Hiroshi Suzuki	344 (2014) 304-307	理研	BL32XU	Crystal Structure of a Claudin Provides Insight into the Architecture of Tight Junctions
-------	----------------	-----------------------	----	--------	--

Scientific Reports

44807	Yasumitsu Sakamoto	4 (2014) 4977		BL41XU	S46 Peptidases are the First Exopeptidases to be Members of Clan PA
-------	--------------------	------------------	--	--------	---

2022B 期における SPring-8/SACLA ユーザー要望等について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

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

2022B 期における要望等の状況は下記のとおりです。これら要望等と、それに対する施設側の回答（内容により、必ずしも全てではありません）につきましては、User Information で公開されています。

1. 2022B 期 要望等全体概要

2022B 期	実施課題数	利用実験数 (報告書数)	うち、要望等コメントがある ^{*1} 報告書数		
			技術的 要望等	施設他 要望等	その他 (お礼)
SPring-8 共用BL	909	1,380	35	41	118
SACLA 共用BL	50	53	6		

*1 「なし」「None」等のコメントを除く。

<SPring-8 共用 BL 技術的要望等 (計 35 件) の研究分野/手法^{*2} 別内訳>

分野 手法	生命科学 医学応用	物質科学 材料科学	化学	地球・ 惑星科学	産業利用	ビーム ライン技術
小角・広角散乱		3				
X線回折 (単結晶)		3	2			
X線回折 (粉末)		2				
X線回折 (高圧)		2	1	1		
汎用 XAFS・ 汎用 MCD						2
光電子分光		4				
赤外分光		1				
イメージング					1	
非弾性散乱		1				
構造生物学	2					
産業利用					1	
その他 (持込 装置利用)		1				
成果専有等		4	2		2	

*2 課題申請時の利用者申告ベース。

2. 2022B 期 要望等の内容 (一部抜粋)

(1) 技術的要望等

○ヘリウムを使用して非常に良いデータを効率よく収集することができました。ありがとうございます。現在使用できるビームは 50(v) × 20(h) μm² が最大ですが、高分解能のデータ収集では大きめ

の結晶を使用する関係で、100 × 20 μm²あるいはさらに広いビームサイズが利用できると大変ありがたいです。ご検討よろしくお願いたします。

【生命科学/構造生物学】

○試料スキャンが二次元で可能になったため、有効な試料位置の探索が非常に効率よくできるようになった。嬉しい悲鳴のようなものであるが、測定者にとっては試料準備が間に合わないほどの効率で測定できている。(要望・提案ではなく感想です)

【物質科学・材料科学/小角・広角散乱】

○液体ヘリウム価格の高騰にともない研究費が圧迫されています。回収設備を構築するか、振動を抑えた循環型のクライオスタットに置き換える等の対策を講じていただき、あらゆるユーザーにフレンドリーなビームラインになることを切に願っています。このままヘリウムの価格が研究費を圧迫するようになると、折角 SPring-8 で立ち上げてきた共鳴 HAXPES 計測が先細りしてしまいそうで危機感を覚えています。

【物質科学・材料科学/光電子分光】

(2) 施設その他要望等

- 交流施設 A 棟はコンセントの位置 (ポット用のコンセントが床置きのみ) や数 (机まわりにコンセントがなく、デスクワークができない、充電ができない) が足りないと感じました。
- 研究交流施設にまたテレビを設置してほしい。食堂のメニューが年々劣化してきているように感じるので改善してもらいたい。コンビニでおにぎりなどの品数が少なく、夕方頃に行くと全て売切れてしまっているの、改善してもらいたい。
- He 代の高騰と予定にない価格変更のため予算計画が圧迫されてしまいました。BL09XU の高エネルギー分解能測定を実施するためには低温測定が必須です。再凝縮器 (液化機) や He 回収ライン、さらには将来的な低温センターの整備について、是非ご検討いただけますと幸いです。

3. 要望等及び施設側回答の公開場所

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

[検索・閲覧手順]

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

The screenshots illustrate the following steps:

- Home Page:** The '情報' (Information) icon in the bottom navigation bar is highlighted with a red box.
- Information Page:** The 'ビームタイム終了届 (ビームタイム利用報告書) (要望・回答) 検索' link in the 'ユーザーからの成果報告' (User Reports) section is highlighted with a red box.
- Search Form:** The search criteria for 'ビームタイム利用報告書検索' (Beam Time Report Search) are shown, including fields for '期' (Period) and 'ビームライン' (Beamline).
- Search Results:** A table of search results with columns for '期' (Period), 'ビームライン' (Beamline), and 'SPRING/SACLA 申込内容' (Application Content).

利用系活動報告

放射光利用研究基盤センター 散乱・イメージング推進室 時分割小角・広角散乱チーム

公益財団法人高輝度光科学研究センター

放射光利用研究基盤センター 散乱・イメージング推進室

関口 博史

1. はじめに

時分割小角・広角散乱チームは、共同利用ビームラインのBL40XU（高フラックス）、BL40B2（SAXS BM）において、主に生体高分子や有機高分子等のいわゆるソフトマテリアルを対象とした小角 X 線散乱（SAXS）・広角 X 線散乱（WAXS）実験のサポートおよび関連技術開発を行っています。また、2022 年度から、ユーザーの多様なニーズに対応するために、BL47XU の実験ハッチ 2 をオープンハッチ化し、持ち込み装置を利用した実験への対応を始めました。さらに、理化学研究所・SAXS ビームライン BL38B1 の共同利用枠におけるタンパク質溶液 X 散乱計測のサポートを始めました。本稿では、これらのビームラインの運用と、ユーザー支援に資する測定技術開発について紹介します。

2. ビームラインの運用・高度化の状況

本チームでは、原子スケールからサブミクロンスケールまでの階層構造およびそのダイナミクスの研究をターゲットとしています。生物やソフトマターの分野では、多くの試料が階層構造を持ち、各階層間の構造相関がその機能と密接に関わるため、SAXS/WAXS の時間分解計測による評価法が特に利用されています。利用者の観察したい構造スケールや時間スケール、サンプルの素性を精査して、ビームラインを使い分けいただいています。

2.1. BL40XU

BL40XU は、ヘリカルアンジュレータを光源とし、分光器を使用せずに 2 枚の全反射ミラーでビームを集

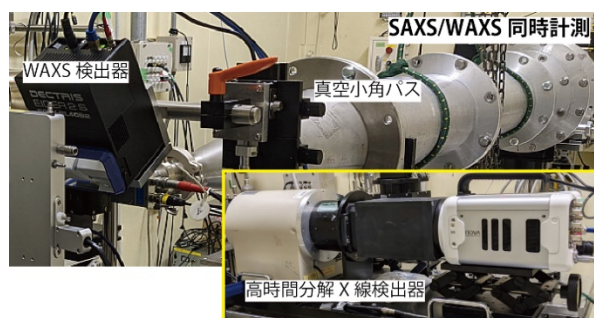


図 1 SAXS/WAXS 同時計測 (BL40XU)。

光することにより、準単色の高輝度 X 線ビーム (ex. 10^{15} photons/sec, 12 keV, $\Delta E/E = 0.02$) が利用可能なビームラインです。このビーム特性を活かして、サブミリ秒といった高時間分解の SAXS（真空バスは最大で 3.5 m）/WAXS 実験や、マイクロビーム回折・散乱実験などを実験ハッチ 1 にてサポートしています（図 1）。X 線検出器としては、フォトンカウンティング型検出器（PILATUS3 X 100K-A、EIGER2 S 500K（DECTRIS Ltd., Switzerland））や、サブミリ秒分解といった高時間分解計測^{1,2}を実現するための低残光型・X 線イメージインテンシファイア（V7339P、浜松ホトニクス、Japan）³・高速 CMOS カメラ（FASTCAM Nova S16、Photron, Japan）（図 1 黄色枠）を利用できます。

高フラックス・ビームによるサンプル損傷を最低限に抑えるため、高速・X 線シャッター（0.6 ms 以内での開閉動作）と遅延信号発生器を用いて同期をとり、不要な X 線ビーム照射を回避します。

溶液混合反応や溶液条件（pH、塩濃度、etc.）がジャンプする際の経時変化を高速追跡するために溶液の高速ミキシングが可能なストップフロー装置が必須

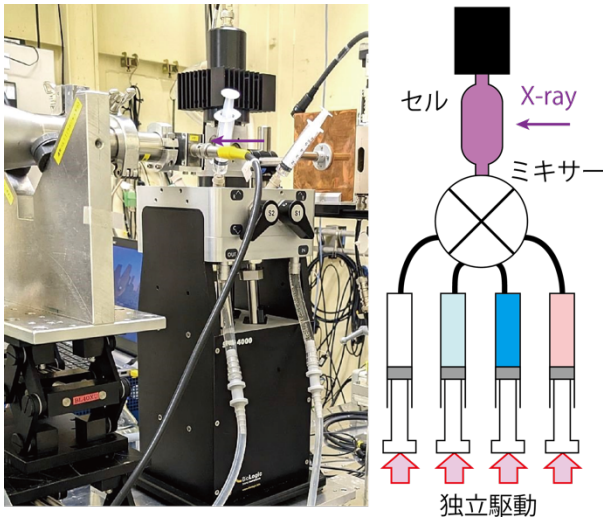


図2 ストップフロー装置 (BL40XU)。

となります。従来はユーザーによる持ち込み装置などで対応していましたが、2022年末、4シリンジ独立駆動のストップフロー装置 (SFM-4000、Biologic、France) (図 2) を導入し、2023B 期の共用供出に向けて整備中です。導入した装置では、4 つのシリンジを独立駆動可能なため、実験試料のほかに参照試料や洗浄液も含めて、ミキシング操作や混合比の設定などを遠隔で行うことが可能です。このため、効率的かつ確実な運用が見込まれます。

また、階層構造のダイナミクス計測の発展的手法として、散乱と透過イメージングの同時計測が可能なユニットを整備中です (図 3)。本ユニットは、可視光変換型 X 線イメージングシステムをベースとし、薄型シンチレータ (Ce : YAG, 12.4 keV X 線透過率 : 90%) と穴あきプリズム (4 mmΦ) を導入して改造したユニットです。X 線透過像はシンチレータおよび

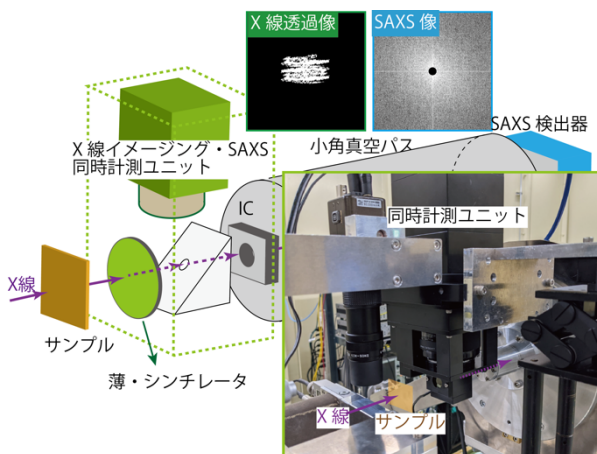


図3 散乱・イメージング同時計測ユニット (BL40XU)。

プリズムを介して観察し、サンプルからの散乱シグナルは (シンチレータからの散乱と併せて) プリズム穴を通して取得します。現状で、2 μm 程度の分解能の透過 X 線像 (0.3 mm \times 0.1 mm 程度の視野) を取得しつつ、SAXS および WAXS の同時計測が可能です。このユニットを活用することで、たとえば、高分子材料の引張試験時にナノボイドやその前駆体構造が成長して破壊に至る現象を実空間および逆空間で評価することが可能となります。

2.2. BL40B2

BL40B2 は、タンパク質、合成高分子、脂質などのソフトマテリアルを対象とした SAXS 計測ができるビームラインで、数Åから 600 nm スケールの構造解析が可能です。真空パスの長さは、0.25 m から 6 m の範囲で設置可能であり、X 線検出器は主として、フォトンカウンティング型大型 2 次元検出器 (PILATUS3 S 2M、DECTRIS Ltd.、Switzerland) が利用されています。

広範囲の構造スケールの情報を短時間で簡単にアクセスするために、SAXS 用真空パス内に WAXS 検出器を組み込んだシステムを整備しました (図 4)。真空パスは、直径 60 cm、幅 50 cm の寸法を有し、この中に 4 軸自動ステージ (X、Y、Z、 θ) に搭載された WAXS 用検出器 (EIGER2 S 500K LRW、DECTRIS Ltd.、Switzerland) を配置することで SAXS/WAXS の切り替えが 5 秒以内で完了します。SAXS/WAXS 同時計測においては、WAXS 検出器の位置と角度を実験ハッチ外から調整することで、幅広い空間スケールにわたる時間測定実験が可能となります。

BL40B2 では、液体サンプルを対象とした散乱実験

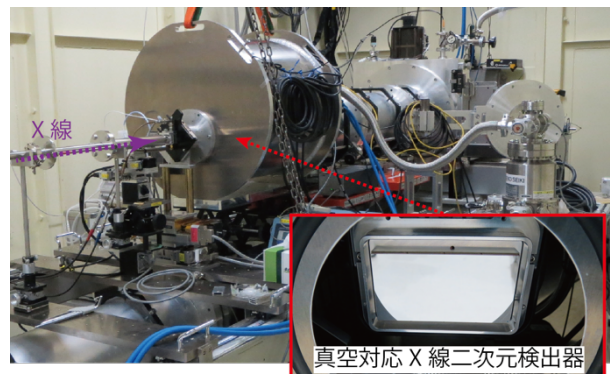


図4 真空対応 WAXS 検出器 (BL40B2)。

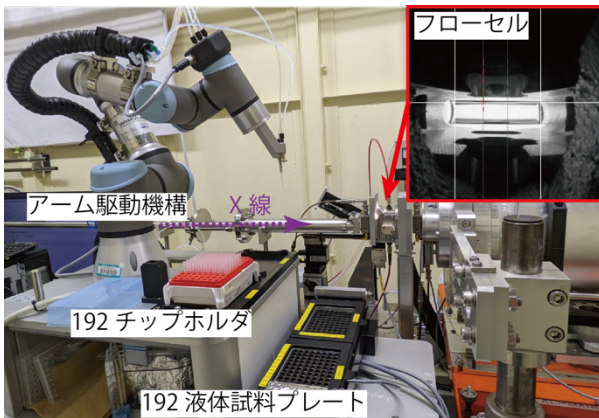


図5 溶液試料交換システム (BL40B2)。

が増えてきており、申請課題の半数近くを占めています。溶液散乱実験では、溶媒と溶液それぞれからの散乱プロファイルを取得し、その差分を取って解析します。X線散乱能の低い試料が多く、試料以外の要因で生じる差分を極力減らすため、同一の試料セルを使い液体試料のみを入れ替えて実験します。従来、試料セルの汚染や溶液・溶媒サンプル交換に細心の注意を払いながら、ユーザーによる手動操作によって実験は行われていました。2022B期からは、利用者の負担を軽減する目的で、液体試料交換用のアーム駆動機構 (Xenocs Inc., France) を導入し、供用を開始しました (図5)。導入された溶液試料交換システムでは、従来、ユーザーが手動で行っていた、サンプル充填、測定 (X線、UV/VIS)、セル洗浄 (洗浄液、純水)、セル乾燥といった一連の作業を電動の駆動機構によって再現させています。本装置の詳細については、利用者情報を参照していただきたい⁴⁾。現状で、192試料 (96 well PCR プレート 2 セット) の連続測定が可能です。直径 1.1 mm~2 mm のキャピラリー管を使用しており、溶液の標準量は 7 μ l~15 μ l です。将来的には本システムを利用した測定代行などへの発展も検討されていますが、現在のところは、SPring-8 に来所いただいた上での自動連続測定あるいはマニュアル操作測定に限られることに留意していただきたい。

さらに、溶液試料交換システム・フローセルに、サイズ排除クロマトグラフィー (Size-exclusion chromatography : SEC) を連結させた SEC-SAXS システムを整備中です。同様の装置は、理化学研究所

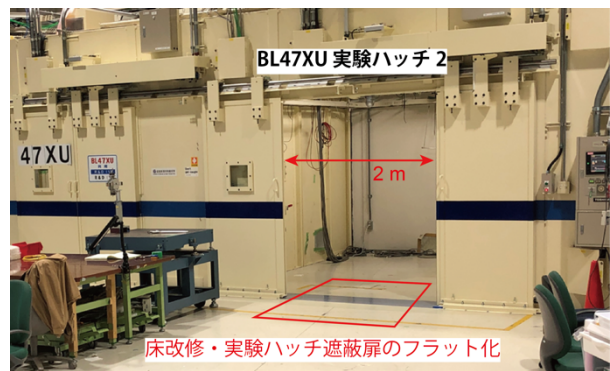


図6 実験ハッチ遮蔽扉フラット化 (BL47XU EH2)。

SAXS ビームライン・BL38B1 にて、タンパク質溶液散乱実験においてもスタンダードな手法として運用されています。BL40B2 ではさらにカラム溶出後に UV/VIS 検出器とともに示差屈折率検出器 (屈折率計) を配置し、UV/VIS 領域に吸収のない試料においても、溶出タイミングをモニターしながら、溶液散乱測定が可能となる見込みです。

2.3. BL47XU

BL47XU はマイクロトモグラフィー (X線 CT) 実験装置が常設されていますが、実験ハッチ 2 をオープンスペースとして、各種持ち込み装置、あるいは BL47XU 付属装置を設置して行う実験にも対応しています。2021 年度に、床改修と装置搬入路のフラット化を実施し (図6)、2022A 期から持ち込み装置の設置が容易になりました。蛍光 X線ホログラフィーや X線異常散乱複合計測装置などが持ち込まれ利用されています。

装置の持ち込みにあたっては、課題申請前にビームライン担当者と相談いただくようお願いいたします。

3. 今後の展開

SPring-8 のビームラインの再編が進む中、SAXS 関連ビームラインについても、ユーザーコミュニティからのフィードバックをいただきながら、再編計画を策定しています。BL40XU は、2023 年 3 月 10 日に開催された SPRUC 第 5 回 BLs アップグレード検討ワークショップにおいて報告したように、ビームライン基幹部も含めた改修を行い、以降は SAXS 専用ビームラインとして運用することが予定されています (2024 年

12月にビームライン閉鎖をし、2025B期からユーザー利用再開予定)。現状の高フラックス X 線を利用したアクティビティを発展させつつ、アンジュレータ光を用いたスタンダードな SAXS および WAXS 計測も可能とする予定です。また、SPring-8 サイトで開発中の積分型 X 線検出器 CITIUS を活用した高時間分解の SAXS・WAXS 同時計測に加えて、マイクロビーム利用、X 線光子相関分光法 (X-ray Photon Correlation Spectroscopy : XPCS) や超小角 X 線散乱法 (USAXS、カメラ長 8m 程度) のシステム整備も計画されています。将来的には、SPring-8 内の複数のビームラインに分散されていた SAXS のアクティビティの多くは、ハイスループット化、低ノイズ化を進める BL40B2 と改造後の BL40XU に集約されることとなります。

参考文献

- [1] H. Iwamoto: *Scientific Reports* **7** (2017) 42272.
- [2] H. Sekiguchi *et al.*: *Japanese Journal of Applied Physics* **58** (2019) 120501.
- [3] N. Yagi *et al.*: *Journal of Instrumentation* **10** (2015) T01002.
- [4] 太田昇: SPring-8/SACLA 利用者情報誌 **27** (2022) 280.

関口 博史 *SEKIGUCHI Hiroshi*

(公財) 高輝度光科学研究センター
放射光利用研究基盤センター 散乱・イメージング推進室
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0833
e-mail : sekiguchi@spring8.or.jp

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 四季報

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 会長

筑波大学 数理工質系物理学域 エネルギー物質科学研究センター

西堀 英治

1. 第5回 BLs アップグレード検討ワークショップ

SPRUC 第5回 BLs アップグレード検討ワークショップは、2023年3月10日(金)に、SPring-8 放射光普及棟大講堂とオンラインのハイブリッドにより開催されました。前日からの入念な準備と当日の運営を担当いただいた杉本行事幹事をはじめとする実行委員の皆様へ感謝の意を表します。詳細については杉本行事幹事による報告を参照してください。

会場の様子と、私が感じたことについて記述します。現地では、内部スタッフや発表者を中心とした数十名が参加していました。少しずつですが、現地参加者が増えている印象です。初めて直接会って名刺交換する姿もいくつか見られましたので、これまでとは状況が変わりつつあることが感じられました。

BLs アップグレードワークショップも5回目を迎えすでにアップグレード済みのビームラインや現在実施中のビームラインも増えてきました。現実が見えてきたことにより、ユーザーからの要望や意見も具体的なものが増え、活発になってきている印象を受けました。今回、研究会からの意見をパネルディスカッションで設け、各研究会に発言を求めたところ、ワークショップ開催前2週間程度の間には15件を超える研究会が開催され、装置、光源、利用の様々な方面からの意見が得られました。これからはこうした機会をもっととれるよう時間を長くしたりして会のプログラム編成を考え直さなければならないと強く感じました。

施設側からは、将来のためのアンジュレータの設置など、SPring-8-II を強く意識した報告が多数見られました。タイムテーブルには SPring-8-II 実現の時期も示されており、いよいよだなと感じました。今後、数年は NanoTerasu の稼働、SPring-8 のシャットダウン、SPring-8-II の稼働と放射光科学の分野における変

革が連続して起こりそうでワクワクしました。

2. 第12回 SPring-8 ユーザー協同体 評議員選挙

SPring-8 ユーザー協同体 2023年3月末で任期を迎える評議員15名の改選選挙が2022年12月1日(木)から同年12月21日(水)の日程でWeb投票により開催されました。選挙結果については SPRUC の Web ページに記載されていますのでご覧ください。

西堀 英治 NISHIBORI Eiji

筑波大学 数理工質系物理学域
エネルギー物質科学研究センター
〒305-8571 茨城県つくば市天王台 1-1-1
TEL : 029-853-6118
e-mail : nishibori.eiji.ga@u.tsukuba.ac.jp

「12th SPRUC Young Scientist Award」の実施について

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) では今年度で 12 回目となる「12th SPRUC Young Scientist Award」を実施いたします。

つきましては、以下の募集要項にてご推薦いただきますようよろしくお願いいたします。

記

12th SPRUC Young Scientist Award 募集要項

1. 目的：将来の放射光科学を担う優秀な若手会員の研究を奨励し、SPring-8 ユーザー協同体をより活性化するために本賞を設ける。
※募集にあたっての選考委員会からのコメント
本賞は、SPring-8 または SACLA の利用法や解析手法の開発に顕著な成果を創出した若手研究者、あるいは測定手法や解析手法は確立された方法であったとしても、SPring-8 または SACLA の特徴を活用し測定対象の分野にとって顕著な成果を創出した若手研究者に与えられる賞である。なお、学術以外に、事業化や製品化につながる成果や産業応用に資する成果も対象とする。
2. 人数：各年、原則 2 名以内とする。
3. 対象：SPring-8 または SACLA を利活用し、2023 年 3 月 31 日までの間に優れた研究成果をあげた 35 歳以下 (2023 年 4 月 1 日現在) の個人会員 (グループでの応募は不可)。ただし、性別を問わず、出産・育児・介護等による休業期間等がある場合は、その期間を年齢の年限から除外することとする。産業界からの積極的な推薦もお待ちしております。
4. 募集期間：2023 年 4 月 3 日 (月) から 6 月 2 日 (金) まで
5. 推薦要領：推薦 (自薦) 理由書に被推薦者自身の自己アピールを必ず記載し、業績 (以下 HP 別紙記載事項参照) と合わせて e-mail で送付してください。
6. 書類送付先：SPring-8 ユーザー協同体事務局 (users@spring8.or.jp)
7. 選考方法：SPring-8 ユーザー協同体に選考委員会を設け、厳正な審査と選考を行います。
8. 発表等：7 月下旬頃に受賞者の公表及び通知を行い、SPring-8 シンポジウム 2023 (2023 年 9 月 26 日～27 日、大阪大学会館にて開催予定) において本賞の表彰式および受賞講演を行います。
9. 担当幹事：行事幹事 杉本邦久
応募に際してご質問等あれば事務局までお願いします。

詳細 (過去の受賞者情報含む) は以下の SPRUC の HP をご覧ください。

http://www.spring8.or.jp/ext/ja/spruc/12th_YSA_SPRUC.html

[問い合わせ先] SPring-8 ユーザー協同体事務局
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0970 FAX : 0791-58-0928
e-mail : users@spring8.or.jp
<http://www.spring8.or.jp/ext/ja/spruc/>

第7回 SPring-8 秋の学校 開催のご案内

SPring-8 秋の学校 趣意：

SPring-8 秋の学校は、これからの放射光科学に貢献する人材の発掘と育成を目的として、SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) と高輝度光科学研究センター (JASRI) が中心となり、大学や関係諸機関と協力して開催するものです。夏の学校とは異なり、放射線業務従事者登録を必要としないことが最大の特徴です。SPring-8 で活躍する最前線の研究者による基礎講義と、個別テーマについてのビームライン見学・原理説明・模擬実習からなる少人数でのグループ講習を組み合わせることで、放射光の原理と利用研究の基礎を学ぶと共に、実験手法やデータ解析を体験できるようにカリキュラムが準備されています。また、SPring-8 のキャンパス内に設置されている X 線自由電子レーザー施設 SACLA についても学ぶことができます。基礎講義とグループ講習は、大学3年生が十分に理解できる水準に設定されており、卒業研究や大学院進学を控えた方々が進路を考える最適な機会になります。これから放射光利用を考えている大学院生や企業研究者の方々にも強くお勧めできます。もちろん、すでに SPring-8 や放射光施設の利用経験があり、一層の理解を望まれる方の参加も大いに歓迎します。

開催日：2023年9月10日(日)～13日(水)

場所：大型放射光施設 SPring-8 (兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1)

カリキュラム概要：基礎講義／グループ講習

募集定員：80名程度 (受入れ予定人数を超える応募があった場合は参加登録の内容をもとに選考を行う)

参加費：20,000円 (但し学生は免除、宿泊費・交通費等は自己負担)

対象：SPring-8 を用いた研究に関心を持つ者
(但し理系大学3年生レベルの講義内容を理解できること)
※ 放射線業務従事者登録は必要なし

主催：SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC)
(公財) 高輝度光科学研究センター (JASRI)

※ 後援等につきましては関係諸機関への依頼を準備中

以上

第31回 SPring-8/SACLA 施設公開のご案内

これまでには春に開催していましたが、2023年は秋に開催します。事前予約制を導入し、4年ぶりに現地に参加者を招いての開催を予定しています。詳細は決まり次第ホームページ等でお知らせします。

第31回 SPring-8/SACLA 施設公開日：2023年9月23日（土・秋分の日）

※事前予約制



SPring-8 シンポジウム 2023

【趣旨抜粋】

SPring-8 シンポジウム 2023 では「最先端光源とデータサイエンス」をテーマとしました。供用開始から四半世紀以上が経過した SPring-8 ですが、この間、世界最大の放射光リングから得られる光とそれを受け止める測定系、そしてそこから得られるサイエンス、それぞれが連携して常に進化を続け、世界のフロントランナーとして放射光科学を牽引してきました。そのような中で、SPring-8 の進歩とともに爆発的に増えてきているビッグデータをどのように扱い、どのような新しいサイエンスを生み出していくかについての議論を通して、次世代の放射光科学の将来ビジョンを描いて行くことを期待します。

【主 催】 SPring-8 ユーザー協同体

(公財) 高輝度光科学研究センター
理化学研究所 放射光科学研究センター

【開催期間】 2023 年 9 月 26 日 (火) ~ 27 日 (水)

【会 場】 対面開催を基本として検討中

【問い合わせ先】 SPring-8 シンポジウム 2023 事務局

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部
TEL : 0791-58-2785 FAX : 0791-58-2786
e-mail : sp8sympo2023@spring8.or.jp

SPring-8/SACLA 利用者情報 編集委員会

委員長	木村 滋	利用推進部
委員	池端 宏之	利用推進部
	大和田成起	XFEL 利用研究推進室
	小川 浩平	企画室
	重松 秀樹	構造生物学推進室
	田村 和宏	加速器部門
	辻 成希	回折・散乱推進室
	辻本 繁樹	利用推進部
	南後恵理子	SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 編集幹事 (東北大学)
	平岡 裕治	情報技術推進室
	福井 宏之	精密分光推進室
	本間 徹生	産業利用・産学連携推進室
	森脇 太郎	分光推進室
	安武 正展	散乱・イメージング推進室
	山崎 裕史	ビームライン技術推進室
	(以上、敬称略五十音順)	
事務局	富松 亮介	利用推進部
	坂尻佐和子	利用推進部
	青木 智子	利用推進部

SPring-8/SACLA 利用者情報

Vol.28 No.2 Spring 2023

SPring-8/SACLA Information

発行日 2023年5月15日

編集 SPring-8/SACLA 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 FAX 0791-58-0965

(禁無断転載)



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^{こうと}1-1-1
[研究支援部] TEL 0791-58-0950 FAX 0791-58-0955
[利用推進部] TEL 0791-58-0961 FAX 0791-58-0965
e-mail : sp8jasri@spring8.or.jp
SPring-8 Web Site : <http://www.spring8.or.jp/>