

SPring-8/SACL A

INFORMATION 利用者情報



ISSN 1341-9668 SPring-8 Document D2018-009

Vol.23 No.3
Aug. 2018

SPring-8/SACLA Information

目次

CONTENTS

理事長室から – 科学技術の実践指針 “Think globally, act locally” –

Message from President - A Guideline on Social Applications of Advanced Technology “Think globally, act locally” -

(公財) 高輝度光科学研究センター 理事長

土肥 義治

President of JASRI

DOI Yoshiharu

201

1. 最近の研究から / FROM LATEST RESEARCH

長期利用課題報告 1

ナノ X 線顕微分光法を利用した分子環境地球化学的アプローチによるサステナブル科学の推進

Development of Sustainable Science by Molecular Geochemistry Approach using Advanced Nano X-ray Spectroscopy

東京大学大学院 理学系研究科

高橋 嘉夫

Graduate School of Science, The University of Tokyo

TAKAHASHI Yoshio

202

長期利用課題報告 2

ゲノム編集ツール Cas9 エンドヌクレアーゼの X 線結晶構造

Crystallographic Analysis of CRISPR-Cas Genome Editor Nucleases

東京大学大学院 理学系研究科

西増 弘志

Graduate School of Science, The University of Tokyo

NISHIMASU Hiroshi

濡木 理

NUREKI Osamu

210

長期利用課題報告 3

巨大球状金属錯体の自己集合と単結晶 X 線構造解析

Self-Assembly of Giant Molecular Complexes and Their Single Crystal X-ray Diffraction Analysis

東京大学大学院 工学系研究科

藤田 大士

Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

FUJITA Daishi

藤田 誠

FUJITA Makoto

215

Long-term Proposal Report 4

Magnetic Compton Scattering Studies of Electronic Structure and Spin and Orbital Moments in High Magnetic Fields

Department of Physics, University of Warwick

Jonathan Duffy

Daniel O'Neill

H. H. Wills Physics Laboratory, University of Bristol

Stephen Dugdale

School of Physics and Astronomy, Cardiff University

Sean Giblin

DMSC - European Spallation Source

Jonathan Taylor

219

Long-term Proposal Report 5

Laryngeal Function: Supporting the Transition from a Fetus to Spontaneously Breathing Newborn using Phase Contrast X-ray Imaging

The Ritchie Centre, Hudson Institute of Medical Research / Department of Obstetrics and Gynaecology, Monash University

Erin V. McGillick

Jessica R. Crawshaw

Emily J. Phillips

Stuart B. Hooper

School of Physics and Astronomy, Monash University

Marcus J. Kitchen

223

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

第 17 回 APS-ESRF-SPring-8-DESY 三極ワークショップ報告

Report on the 17th APS-ESRF-SPring-8-DESY Three-way Meeting

(公財) 高輝度光科学研究センター 光源基盤部門

後藤 俊治

Light Source Division, JASRI

GOTO Shunji

(国) 理化学研究所 放射光科学研究センター XFEL 研究開発部門

井上 伊知郎

XFEL Research and Development Division, RIKEN SPring-8 Center

INOUE Ichiro

玉作 賢治

TAMASAKU Kenji

(公財) 高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室

矢橋 牧名

XFEL Utilization Division, JASRI

YABASHI Makina

227

三極 X 線光学ワークショップ報告

Report on 3-way X-ray Optics Workshop (3WXOW) XI

(公財) 高輝度光科学研究センター 光源基盤部門

大橋 治彦

Light Source Division, JASRI

OHASHI Haruhiko

233

第 13 回放射光装置技術国際会議 (SRI2018) 報告

The 13th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI2018) Report

(公財) 高輝度光科学研究センター 光源基盤部門

Light Source Division, JASRI

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門

Research & Utilization Division, JASRI

(公財) 高輝度光科学研究センター タンパク質結晶解析推進室

Protein Crystal Analysis Division, JASRI

(国) 理化学研究所 放射光科学研究センター XFEL 研究開発部門

XFEL Research and Development Division, RIKEN SPring-8 Center

仙波 泰徳

SENBA Yasunori

安田 伸広

YASUDA Nobuhiro

小谷 佳範

KOTANI Yoshinori

馬場 清喜

BABA Seiki

井上 伊知郎

INOUE Ichiro

大坂 泰斗

OSAKA Taiko

238

第 18 回 SPring-8 夏の学校を終えて

The 18th SPring-8 Summer School

SPring-8 夏の学校実行委員会 委員長

SPring-8 Summer School Executive Committee, Chair

八木 直人

YAGI Naoto

246

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

2015A 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 2015A -1-

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部

User Administration Division, JASRI

250

2016A 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 2016A -1-

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部

User Administration Division, JASRI

254

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

256

論文発表の現状

Statistics on Publications Resulting from Work at SPring-8

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部

User Administration Division, JASRI

258

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

262

SPring-8/SACLA 研究成果公表 論文サイテーション数調査 -2018-

Statistical Analysis on Publications and Citations at SPring-8/SACLA 2018

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部

User Administration Division, JASRI

285

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

The Revenue Results of the Fees for Beamline Use of SPring-8/SACLA /

Fees for Beamline Use: Beamtime Fees for Proprietary Research & Program Fees for Non-Proprietary Grant Aided Proposal

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部

User Administration Division, JASRI

290

「専用ビームラインの再契約」について

Renewal of Contract Beamline Agreement

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部

User Administration Division, JASRI

293

4. 告知板/ANNOUNCEMENTS

SPring-8 シンポジウム 2018 動き出した「将来への取り組み」

SPring-8 Symposium 2018 301

第 2 回 SPring-8 秋の学校 開催のご案内

SPring-8 Autumn School 2018 302

CCP4 School and Workshop 2018 at SPring-8 303

科学技術の実践指針 “Think globally, act locally”

公益財団法人高輝度光科学研究センター
理事長 土肥 義治

今回は、先進技術の社会受容における課題を論じたいと思う。科学技術の社会受容性を検討する概念として、テクノロジーアセスメントがある。テクノロジーアセスメントとは、現行の法制度に準拠することが困難な先進技術に対して、その技術発展の早い段階で将来の社会的影響を予期することで、技術と社会とのあり方について問題提起する活動である。先進技術は、社会に大きな便益をもたらす一方でリスクを伴うことも多い。先進技術が社会に受け入れられるためには、安全性や倫理面の懸念を取り除くことが必要不可欠である。

技術のリスク管理は、遺伝子組換え技術、医療技術、ナノ技術、情報技術、原子力技術などの分野において社会的に強く求められている。諸々のリスクの中で未知リスクと恐怖リスクが人々を心理学的に最も不安にさせる。したがって、先進技術におけるリスクを誠実に認知し、そのリスクを定量化し、科学的な評価に基づいて管理することが重要である。さらに、技術の社会的な信頼を得るために、リスク意識の分析とリスクコミュニケーションを通して地域の人々の安心を形成する必要がある。人々に十分な情報を提供して問題に対する理解を深めてもらうリスクコミュニケーションは、医療分野におけるインフォームドコンセントの考え方に近い。

技術の社会受容のためには、自然科学と人文社会科学、とくに倫理学との連携が必要である。20世紀後半に米国で進展した生命倫理学は、自己決定という単純かつ明快な考え方を基礎としており、その論理は自由主義、個人主義の社会哲学と親和性が高い。米国の国家研究法によって政府助成を受けた医療研究は、施設内倫理審査委員会（IRB）の承認を受けることと、患者へのインフォームドコンセントが義務付けられている。米国では、医療技術におけるリスク管理を

IRBが責任実行する体制にあり、争いがあれば裁判所の判断に委ねられている。一方で日本や欧州では、生命倫理に公序や連帯という概念が付け加えられ、医療技術のリスク管理を法制化する道を選んだ。

環境倫理学は、様々な地球環境問題が発生した20世紀後半に米国を中心に研究され、生物種に生存する権利、未来世代に生存する権利、地球全体主義などの主張を掲げている。環境倫理は一種の全体主義であり、個人主義の生命倫理と対照的である。環境倫理学に基づき国連気候変動枠組条約が締結され、パリ協定によってわが国では2050年までに二酸化炭素排出量を80%削減することを決めた。世界各国は倫理的に地球環境の保全を選択し、その数値目標を実現するために技術開発を進めている。さらに、生物多様性条約が締結され、カルタヘナ議定書の批准によって遺伝子組換え生物の安全性審査を行う国内法が成立した。この法律によって、わが国では遺伝子組換え作物の100種以上が一般使用（栽培、流通、加工など）の承認を受けているが、国内で商業栽培されているのは「青いバラ」のみである。食料や飼料となる遺伝子組換え作物の栽培は、わが国において未だ社会的に受容されていない。

“Think globally, act locally”（地球規模で考えて、地域で行動しよう）は、1970年代に環境問題を解決しようとする市民運動のなか米国で使用され始めた標語である。普遍性、客観性、合理性を旨とする科学に基づく技術は、地球規模で考えて進展させる必要がある。しかしながら、実践は場所的、時間的であり、ある限定された場所と時間において行われるものである。先進技術を実践する地域の文化、歴史を考慮しながらリスクコミュニケーションを行い、社会から確かな信頼を得ることが社会実装のための前提である。このように、科学技術と哲学、倫理学との連携は極めて重要である。

長期利用課題報告 1

ナノ X 線顕微分光法を利用した 分子環境地球化学的アプローチによるサステナブル科学の推進

東京大学大学院 理学系研究科
高橋 嘉夫

Abstract

SPring-8 において利用可能な幅広いエネルギー範囲での大強度な X 線光源を利用した X 線分光法は、環境試料中の様々な元素の挙動とその影響の解明（環境化学）や有用元素の濃集過程の解明（資源化学）に寄与する。特に X 線分光による原子・分子レベルの化学的素過程の解明は、個々の原子の性質に基づく物質循環の理解や、それに基づく環境影響の将来予測に大きく貢献する。ここでは、関連試料への X 線分光の利用の基盤技術（試料調製、X 線分光の高度化、試料損傷低減への工夫など）を開発すると共に、サステナブル社会の実現に寄与する大気化学、資源化学、土壌化学などの分野での最新の研究にこれらを応用することで、応用上の実際的な問題を解決すると共に、この分野における放射光 X 線分光法の有用性を示した。

1. はじめに

サステナブル (Sustainable) 社会の実現は、人類にとって必須の課題であり、多くの研究者が、それぞれの専門の立場からサステナブル科学（ここでは、「サステナブル社会実現のための基礎科学」と定義）を推進している。特に地球・環境科学においては、現状の地球環境問題の実態解明と対策や、新たな資源開発によるエネルギー・資源の長期的利用への貢献が重要となる。このような中で我々のグループでは、化学素過程の解明を基に地球表層で起きている物質循環・元素の挙動に関する研究を進めている。こうした化学素過程の解明は、有害元素の挙動（環境問題）、有用元素の濃集現象（資源科学）、地球温暖化問題などの多くの問題の理解・解決の基盤となる。我々は、天然試料の分析や室内模擬実験などの様々な系に対して SPring-8 の種々の X 線分光法を利活用することで、地球表層で起きる化学素過程の解明に基づく環境化学・物質循環・資源化学の研究を進めており、このような分野を「分子地球化学」と呼んでいる。

一方 SPring-8 では、絶え間のない技術革新の末、硬 X 線では世界最高レベルの 100 nm オーダーの微小 X 線ビーム（ナノビーム）を利用した蛍光 X 線分析 (XRF) や顕微 X 線吸収微細構造 (XAFS) 分析

(BL37XU) が可能となってきた。このような大強度で超微小ビームの利用は、nm オーダーでの微量元素の分布状態を解明できるだけでなく、十分な光子数を必要とする蛍光分光 XAFS 分析の微小領域への応用も可能にする (BL37XU)。さらに BL37XU では、2次元 (2D) および 3次元 (3D) の Full-field 顕微イメージングも開発が進行中であり、3D 走査型顕微 XRF-XAFS 分析の開発も検討されつつある。さらに近年では、4 keV 以下の軟 X 線領域の XAFS・顕微 XAFS の利用も進んでいる (BL27SU)。

これらを背景にし、本課題の目的は、分子地球化学的に重要な研究対象に対して、最先端ナノ X 線顕微分光法により化学素過程を解明し、サステナブル科学の進展に寄与することである。

2. 本研究の概要

本課題では、環境試料中の微量元素の化学種を解明するために必要な微小領域の X 線分光法の高度化を進めると共に、これを基盤にして、サステナブル科学（気候変動、資源化学、環境化学）を推進してきた。その概要を図 1 に示す。この中で、図 1 の左上に示した手法の高度化とその応用について、当初の計画通りの成果が得られた。またこの手法的発展の成果を図 1

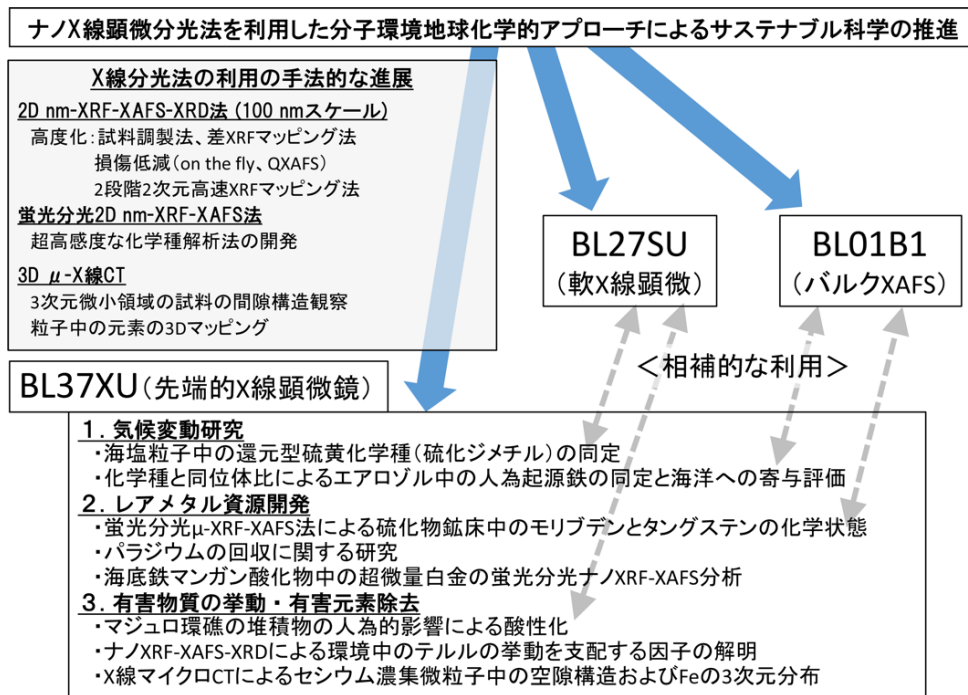


図1 本課題の概要

の下に示した様々な研究に応用した。こうした応用的研究は、高度化した手法を実験に適用し、その問題点を洗い出す意味もあり、より多くの研究者が微小領域 X 線分光法を活用する上でも、大きな貢献をすると考えている。

3. ナノ XRF-XAFS 法の高度化

従来から X 線を用いた顕微分光の主流となっている Kirkpatrick-Baez (K-B) ミラー集光による硬 X 線領域での 2 次元の μ (マイクロ) -XRF-XAFS 法において、BL37XU では、高度な K-B 技術により、100–300 nm 程度のビームが利用できるようになっている。このようなビームの特徴を最大限に活かすため、以下の高度化を進めた。

3-1 試料調製・保持方法の高度化

XRF マッピング像は厚み方向の信号の和となるため、例えば 100 nm レベルの顕微計測の場合、試料厚みがミクロンオーダーになると、XRF マッピング像はぼやけたものになる。そのため、本課題で対象とするエアロゾル試料に対して、100 nm 顕微計測用試料の調整法を最適化した。エアロゾルは、試料自体がサブミクロン～数ミクロンレベルの大きさであり、これら

を TEM 用グリッドに採取し、それを直接分析試料として分析する手法を確立した。その際、特にサブミクロンスケールの粒子のみを分離するため、インパクトと呼ばれる粒径分画サンプラーの各段に TEM グリッドを置き、1 時間程度のサンプリングを行うことで、粒子の重なりなく試料を採取することができた。これらにより、エアロゾル試料の個別粒子中の各元素のナノ XRF-XAFS 分析から、化学種解析を行うことが可能になった。

3-2 測定目的場所の迅速探索法の高度化

ビーム径が小さくなると、目的とする試料位置の特定が困難になる。そこで、広エリア (例えば 100 μm 角) に対し、ミクロンサイズ集光ビームを用いた XRF マッピングをまず行い、目的場所のおおよその位置を決定し、その後で選択した狭エリアを 100 nm 集光ビームを用いて 2 次元ナノ XRF マッピングを行う「2 段階 2 次元高速 XRF マッピング法」を確立した。例えば、K-B ミラーを用いて焦点位置で 100 nm 程度となっているビームを、広エリア走査用にミクロンサイズのビームにするには、元素マッピングの際、試料を X 線の入射方向の下流側に 2 mm 程度動かして焦点をずらせばよいことが分かった。また、この手法を実

際の天然試料へ応用し、有効に機能することを確かめた。これにより、100 nm のビームを用いた際でも、広域のマッピングとサブミクロン領域のマッピングの両方を短時間で観察することが可能になった。

3-3 放射光照射による試料損傷低減法の高度化

100 nm の X 線ビームを用いた場合、面積当たりの光子数は増加するため、試料損傷をより低減する必要がある。このために、2次元で試料を走査する際に on the fly 計測を行うシステムを導入した。また XAFS 測定では、計測時間を短縮するために、クイック XAFS 計測システムが利用できるようにした。これにより、試料に照射する総光子数を減らし、試料損傷の低減に寄与することができる。

4. ナノ XRF-XAFS 法の最適化と応用研究

3 に示した高度化されたナノ XRF-XAFS 法などを様々な研究対象に応用することでその最適化を図ると共に、この方法を利用して具体的にどのような成果が得られるかを示すために、以下に示す応用研究を活発に展開した。

4-1 化学種と同位体比分析によるエアロゾル中の人為起源鉄の同定と海洋への寄与評価^{1,2}

北太平洋などの高栄養塩・低クロロフィル (HNLC) 海域における生物一次生産の制限要因として溶存鉄の不足が挙げられる (Martin and Fitzwater, 1988)。この鉄供給による光合成の増減は、気候変動を支配する要因となる。この海洋への鉄の供給源として重要視されているのがエアロゾルである。特に現在の環境では、人為起源エアロゾル中の鉄 (Fe) は自然起源の鉄と比べて水への溶解性が高く、注目されている (Takahashi *et al.*, 2013)。この人為起源鉄について、鉄安定同位体比 ($\delta^{56}\text{Fe}(\%) = 1000 \times [({}^{56}\text{Fe}/{}^{54}\text{Fe})_{\text{試料}} / ({}^{56}\text{Fe}/{}^{54}\text{Fe})_{\text{STD}} - 1]$) や化学種の観点からなされた研究は少ない。そこで本研究では粒径を 7 分画して採取したエアロゾルに対して、XAFS 法により明らかにした化学種 (起源や沈着後の水溶解性と関連) と $\delta^{56}\text{Fe}$ の 2 つの視点から分析を行い、自然起源と人為起源の鉄の化学種や $\delta^{56}\text{Fe}$ の差を明確にし、さらに海洋表層への影響評価を行うことを目的とした。

BL01B1 ではバルクの平均的な鉄化学種の決定を行い、BL37XU ではエアロゾル中の個別粒子の化学種をナノ XRF-XAFS 法により決定した。バルクの XAFS 解析の結果から、粗大粒子側ほどケイ酸塩鉱物である biotite の割合が増え、微小粒子側ほど酸化鉄である hematite の割合が増えた。これは鉄が燃焼過程由来であることを示唆している。さらに、本課題で確立した個別粒子のナノ XRF-XAFS 分析からも、同様の化学種解析の結果が得られた。バルクと個別粒子の化学種解析結果が整合的であったことから、本研究の化学種同定は確からしいといえる。また、鉄安定同位体比の分析を行った結果、全分解試料は、粗大粒子側では地殻物質に近い $\delta^{56}\text{Fe}$ 値 (+0.20%前後) を示したが、微小粒子側では -0.5 ~ -2% 程度と低い値を示した。これは前述の XAFS を用いた化学種の同定結果により合理的に説明可能な結果である。

本研究で得られた $\delta^{56}\text{Fe}$ 値と化学種は、HNLC 海域の鉄の供給源として人為起源エアロゾルの寄与が大きいことを示し、今後人為起源鉄の供給が生物一次生産を増加させ、地球寒冷化に寄与する可能性を示している。また、本研究は、エアロゾルなどの微小粒子への顕微 X 線分光技術に関する実験手法の確立に貢献すると共に、化学種と同位体比を複合的に利用した研究例として重要である。

4-2 海塩粒子中の還元型硫黄化学種 (硫化ジメチル) の同定

4-1 の研究に引き続き、海洋エアロゾルの気候変動に与える重要な因子として、海洋表層の微生物が生成する硫化ジメチル (DMS) とその酸化物 (Barnes *et al.*, 2006) についても研究を進めた。先行研究により提唱されている気候変動モデルでは、海塩粒子による DMS やその酸化物の除去が、大気中の DMS 濃度を変化させる項として含まれているが、この項に関する直接的な証拠は少ない。そこで本研究では、南極海および赤道太平洋上のエアロゾルの硫黄化学種解析を行った。また海水の主成分であるナトリウム (Na) や、海塩粒子の化学的特性を変化させると予想される炭素 (C) も対象とし、海洋エアロゾル中の還元型硫黄化学種の酸化反応抑制機構を解明した。

粒径を 7 分画したエアロゾルは白鳳丸研究航海

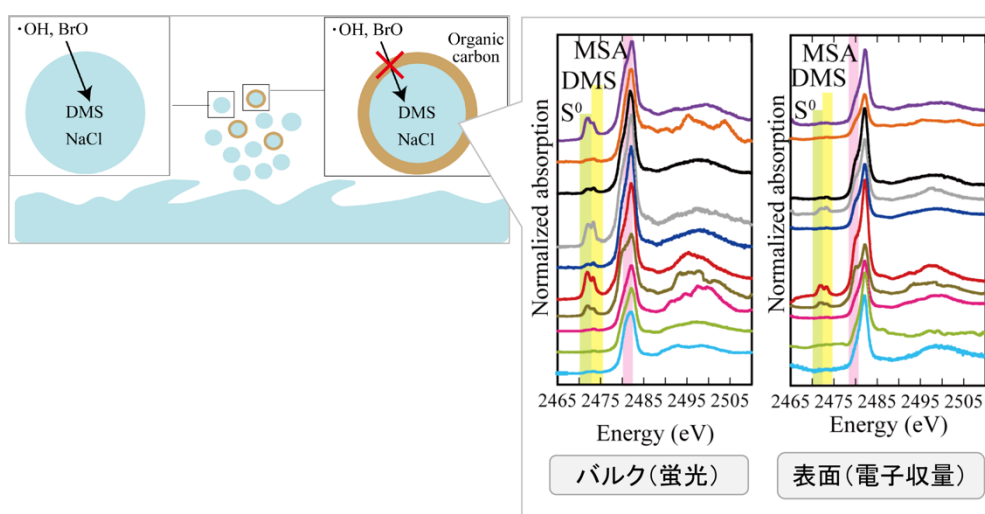


図2 エアロゾル中の硫黄の K 端 XANES の蛍光法と電子収量法の比較。海塩粒子内部に不安定な還元型硫黄化学種があることが分かる。

KH-14-6にて、南極海（高栄養塩）および赤道太平洋（貧栄養塩）を選んだ。硫黄やナトリウムの化学種解析は、BL27XUにおける μ -XAFS分析で明らかにした。

南極海および赤道太平洋共に、サブミクロンの粒子において、 $S(0)$ やDMSが検出された一方で、これらは粗大粒子では検出されなかった。また、蛍光法と電子収量法との比較から、DMSなどの還元型硫黄化学種は粒子内部に濃集していることが分かった(図2)。また別途、軟X線顕微鏡を用いて炭素の局所化学種解析を行った結果、海塩粒子の表面にカルボキシル基と炭酸として存在していた。また、カルボキシル基の一部は不飽和脂肪酸類であるオレイン酸Naとして存在していることがNaの化学種解析から示唆された。粒子表面に不飽和脂肪酸のNa塩が存在した場合、界面活性剤として機能し、海塩粒子の吸湿性（雲生成による地球寒冷化と関係）を軽減させる。さらに、こうした不飽和脂肪酸のNa塩は、粒子内部に存在し、通常大気中で容易に酸化され易いDMSを酸化反応から守る役割を果たしており(図2の右の粒子)、その結果、通常大気中で不安定なDMSが、海塩粒子内部に検出されたと考えられる。DMSは通常大気中で酸化を受けて硫酸塩になり、これが雲を形成することで、寒冷化に寄与すると考えられているので、このような被覆の効果も、エアロゾルの地球寒冷化効果を低減する方向に働く。

4-3 蛍光分光ナノXRF-XAFS法による硫化物鉱床のモリブデンとタングステンの化学状態^{13,41}

モリブデン(Mo)とタングステン(W)は同族元素で、いずれもレアメタルと呼ばれる貴重な金属資源である。その生産の殆どは中国により独占され、英国地質調査所の金属資源のリスク評価では、Wが2位、Moが5位で、MoとWはいずれも貴重な金属資源である。これらの元素の供給源として、硫化物鉱床が考えられる。本研究では貧酸素な海洋環境で堆積した黒色頁岩中のMoとWのナノXRF-XAFS測定による化学種解析を行うことで、これらの元素の還元的環境での濃集機構について考察を行った。

ナノXAFS分析には、研磨薄片試料を用いた。BL37XUでの高エネルギー領域(> 20 keV)および低エネルギー領域(< 15 keV)でのナノXRF-XAFS法を用いて、MoとWの試料中での濃集相と存在状態を調べた。Moについては、通常のナノXRF-XAFS測定により、硫化物中の分布とXAFSを得られたが、Wでは有意なシグナルを得られなかった。これは、本試料には亜鉛、ニッケルなどが高濃度に含まれ、通常の蛍光XAFS測定では、W $L\alpha$ 線(8.398 keV)に対してNi $K\beta$ 線(8.265 keV)、Zn $K\alpha$ 線(8.632 keV)が干渉するためと考えられる。そこで本研究では、蛍光X線測定に用いる半導体検出器と試料の間に湾曲したSi結晶を用いたラウエ型分光結晶(Bent Crystal Laue Analyzer; BCLA; Oxford Danfysik社製)を導

入し、干渉する X 線を低減させた。さらに、入射光として 300 nm オーダーの微小 X 線を用い、蛍光 X 線を BCLA で分光測定しながら試料を 2 次元で走査し、W の濃集部を探索した (図 3)。またバルク試料の Mo および W の平均的な化学種も、BL01B1 で調べた。

得られた分布像とナノ XAFS スペクトルから、Mo は試料中で硫化物相に高濃度に濃集しており (> 50000 ppm)、モリブデナイト (MoS₂) と類似したスペクトルが得られ、この結果から、黒色頁岩中で Mo は硫化物相へ濃集し、その後のモリブデナイトへの続成変成が起きたことが示唆された。W は Mo と比べて濃度が低く (約 30 ppm)、Ni や Zn と比較すると 1000 分の 1 程度であったが、BCLA の使用で W の分布と XAFS が得られ (図 3)、W は硫黄配位と酸素配位の 2 種類の形態で存在していることが分かった。この存在状態の違いは、還元環境における W の堆積物への濃集過程が Mo と異なることを示す。これらの結果は、海水から金属元素を濃集した海水起源の硫化物鉱床で W の含有量が少なく、Mo 濃度が高くなる機構を明らかにした。

なお、ここで用いた蛍光分光ナノ XRF-XAFS 法は、世界的にも実施例がなく、本研究課題の先端性を示す。得られた結果は、Mo や W の資源探査を進める上で、重要な物理化学的根拠を与える。

4-4 蛍光分光 μ -XRF-XAFS 法による鉄マンガン酸化物中の白金などの化学状態^{15,6)}

白金は最も重要なレアメタルであり、その需要は増加傾向にあるが、2050 年に現有埋蔵量をほぼ使い切ると予想されている。白金は、現在は南アフリカなどに産出する陸上の白金族鉱床が主な供給源であるが、太平洋などの幅広い地域の深海底に存在する鉄マンガン酸化物 (マンガンクラスト・団塊) は、白金を数 ppm 程度 (=地殻平均濃度の 100 倍以上) に濃縮する上、広大な海域に存在するため、将来の白金資源として注目を集めている。この鉄マンガン酸化物への白金濃集メカニズムを解明できれば、一般的にどのような環境で白金濃集が見出せるかなどの手がかりとなり、白金の資源探査において重要な知見となる。そのため本研究では、マンガンクラスト中の白金の化学状態を調べるために、4 でも示した蛍光分光 XAFS 法を適用し、目的とする蛍光 X 線を分光結晶で分離抽出し、バックグラウンドに対する目的の蛍光 X 線の強度比を高めて蛍光 XAFS を測定した。今回対象とするマンガンクラストでは、(i) 主成分である鉄やマンガンの信号で蛍光 X 線を測定する半導体検出器が飽和する、(ii) 白金より 1000 倍程度多く含まれている亜鉛 (2000 ppm 程度) の蛍光 X 線 ($K\beta$ 線: 9.57 keV) と白金の $L\alpha$ 線 (9.4 keV) が干渉する、などから、

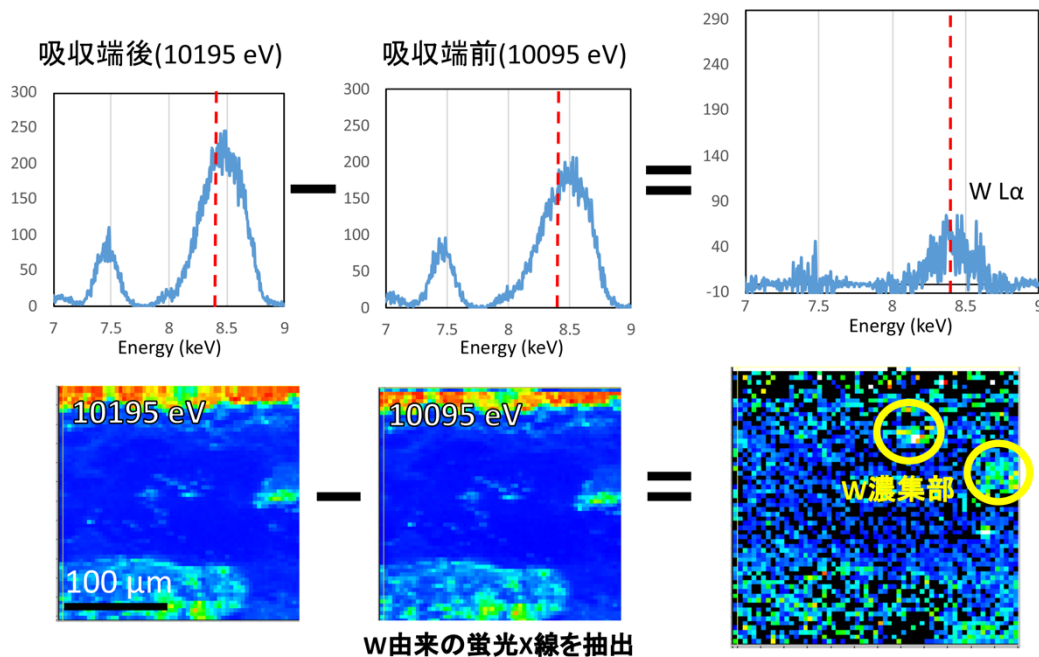


図 3 蛍光分光ナノ XRF-XAFS 法による黒色頁岩中の W 濃集部の探索。W L_3 吸収端前後でマッピングを得て、その差から W 濃集部を探索。

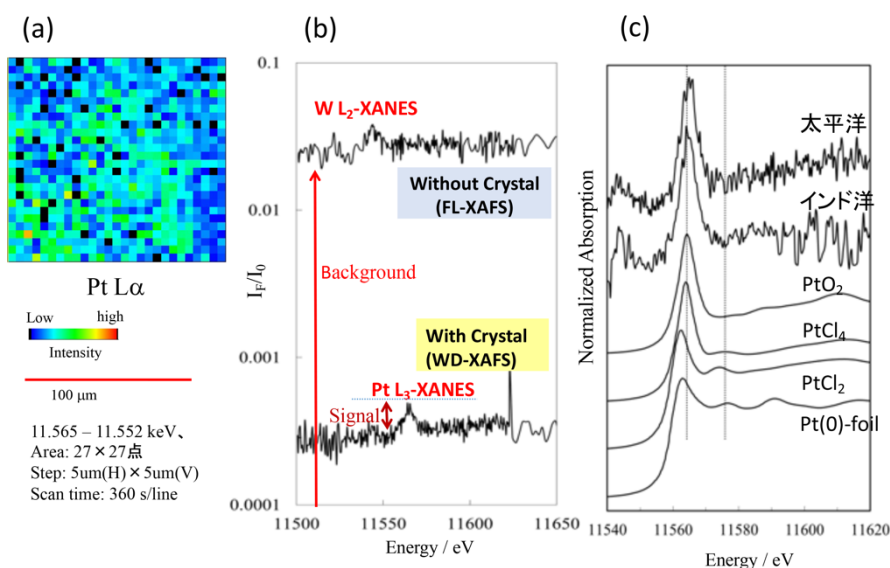


図4 蛍光分光ナノ XRF-XAFS 法によるマンガン団塊中の Pt 濃集部(a)の探索と、分光結晶を使用しない場合の Pt L_3 端 XANES(b)、および使用した場合の Pt L_3 端 XANES(c)。

蛍光分光ナノ XRF-XAFS 法が有効である。

試料として、インド洋東部（水深 3,548 m）で採取されたマンガンクラストの分析を行った。実験は、BL37XU で行い、 $800 \times 800 \text{ nm}^2$ 程度の X 線を用いた。分光結晶として、BCLA (Oxford Danfysik 社製) を用いた。

マンガンクラストは、マンガン酸化物と水酸化鉄を主成分とし、Ni や Zn が 1000 ppm 程度含まれる一方、この試料中の Pt 濃度は 1.73 ppm であった。BCLA を使用しない場合、有意な Pt L_3 吸収端を観測することはできなかった。そこで、BCLA を Pt $L\alpha$ 線に最適化した結果、蛍光 X 線で Zn $K\beta$ 線の強度が低下し、バックグラウンド強度が 1% 程度に低下した。試料を走査して、Pt $L\alpha$ 線を目的とした分光による蛍光 X 線マッピングを得ると共に、白金の濃集部において蛍光分光ナノ XAFS スペクトルを得た (図 4)。その結果から、マンガンクラスト中で Pt は 4 価であり、またその化学形は海水中の主要化学種である塩化物錯陰イオンから酸化物形に変化することが分かった。これは、マンガン酸化物により Pt(II) が Pt(IV) に酸化され、マンガン酸化物中の酸素と直接結合することを示唆しており、天然試料の直接観察からマンガンクラストに白金が酸化を受けて濃縮することを示した結果として重要である。

4-5 高エネルギーナノ XRF-XAFS-XRD を用いた土壌中のテルルなどの有害元素の化学種解析^{17,81}

テルル (Te) は最も毒性の強い元素の 1 つである一方、先端産業に利用される希少元素 (レアメタル) であるが、その地球表層での挙動には不明な点が多い。微量元素の挙動解析に有効な化学種解析法である XAFS 法をテルルに適用する場合、30 keV 以上の高エネルギー X 線の利用が必要であり、天然試料への XAFS の適用例は殆どない。本研究では、Te 鉱床周辺の土壌に対してナノ XRF-XAFS-XRD 法を用いることで、Te の挙動を支配する化学素過程を解明すると共に、同族のセレンと比較し、Te の地球化学的挙動の特徴を明らかにした。

土壌試料は、かつて Te を生産した河津鉱山 (静岡県下田市) の坑口付近の土壌を坑口からの距離・深度別に採取した。土壌粒子の薄片を作成し、BL37XU でナノ XRF-XAFS-XRD 分析を行い、微小領域の Te、Se、鉄 (Fe) などの分布 (XRF)、化学種解析 (XAFS)、鉱物解析 (XRD) を行った。また同定された鉱物 (goethite, ferrihydrite, illite) に対する Se・Te の吸着分配実験や EXAFS による吸着種 (内圏/外圏錯体) の解析を行った (図 5)。

土壌中の濃度分析および水抽出実験から、Te は Se に比べて著しく水に溶けにくいことが分かった。ナノ

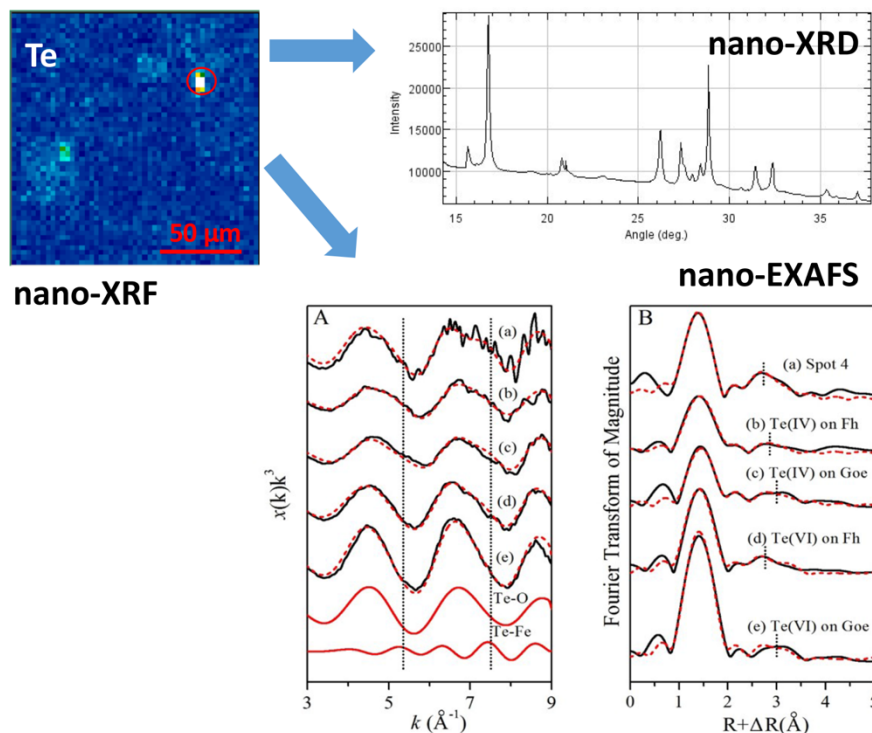


図5 ナノ XRF-XAFS-XRD 法による土壤中のテルルの分布 (ナノ XRF)、ホスト相 (ナノ XRD)、原子レベルの局所構造 (ナノ EXAFS) の解明。

XRF-XAFS-XRD の結果から、Se は土壤中で亜セレン酸 (Se(IV)) の状態で(水)酸化鉄に吸着されるのに対して、Te では Te(VI)と Te(IV)が共存し、(水)酸化鉄および雲母鉱物に分配されることが分かった。一部の Te 濃集部位では Te の K 吸収端 EXAFS が得られ、Te 化学種は(水)酸化鉄に対する内圏錯体であった。さらに、Te・Se のイオンのうち、セレン酸のみが(水)酸化鉄に対して外圏錯体を形成し、他のイオンでは内圏錯体を形成することが分かり、Te に比べて Se の水溶解性が高いと考えられた。Linear free energy relationshipによれば、Te や Se などのようにプロトン解離をするイオンが示す(水)酸化鉄への分配係数は、イオンの pKa と比例関係にあると共に、pKa が大きい場合に内圏錯体をし易い。この結果から、類似のオキソ酸の吸着種が内圏錯体を形成する場合、その結合状態は bidentate であるため、単一の pKa (pKa1 or pKa2) よりも 2 つの pKa の平均値 (= (pKa1 + pKa2)/2) が、内圏錯体の生成のし易さを反映することが分かった。これらは、オキソアニオンの水溶解性や固相への濃集過程を予測する上で重要な手がかりとなる。なお、本研究は SPring-8 の特徴である高エ

ネルギー領域のナノ XRF-XAFS-XRD 法を利用した成果として注目される。テルルの XAFS 関連研究として初のものであり、プレスリリースされるなどした (日経新聞掲載)。

4-6 その他

その他の成果として、X 線マイクロ CT⁹⁾、有害元素の挙動や除去¹⁰⁻¹²⁾、環境中での鉱物の生成過程に関する研究^{13,14)}などを多数行った。後者では、特に硫酸バリウムによるセレンやヒ素の除去に関して多岐に渡る実験を行い、応用的な手法開発では特許 1 件を出願するに至り、本実験は、産業基盤技術の向上にも寄与している。

5. おわりに

これらの成果から、環境試料・地球科学試料にナノ X 線分光的手法を応用する上での試料調製や分析手法について新たな知見を得ることができた。またここで確立した手法を我々が進める様々な環境化学・資源化学的な研究に適用することで、これらの手法の有用性が示せたのではと考えている。これらをより多くの

研究者に利用して頂くことで、地球化学・環境化学分野において放射光を利用した科学がさらに発展し、それがサステナブル社会の構築に貢献することを期待したい。

今後、X線分光分野では、3次元のXAFS-CT分析、さらに高感度な蛍光XAFS法の開発、タイコグラフィ法の適用など、さらなる手法発展が望まれる。さらに本研究でも課題としていたように、これら手法発展において多くの場合必須である大強度な光の利用が試料に与える影響を低減するために、機械学習的な手法を利用して、照射するX線の光子数をなるべく低く抑えるなどの工夫も必要になってくる。

謝辞

本長期利用課題を利用した研究において多大なご協力を頂いた SPring-8 の寺田靖子博士、新田清文博士、関澤央輝博士、宇留賀朋哉博士、為則雄祐博士、伊奈稔哲博士に心から感謝致します。

参考文献

- [1] M. Kurisu, Y. Takahashi, T. Iizuka, M. Uematsu: *J. Geophys. Res. Atmos.* **121** (2016) 11119-11136.
- [2] K. Sakata, A. Sakaguchi, Y. Yokoyama, Y. Terada, Y. Takahashi: *Geochem. J.* **51** (2017) 215-225.
- [3] Y. Watanabe, T. Kashiwabara, J. Ishibashi, O. Sekizawa, K. Nitta, T. Uruga, Y. Takahashi: *Chem. Geol.* **471** (2017) 38-51.
- [4] T. Kashiwabara, S. Kubo, M. Tanaka, R. Senda, T. Iizuka, M. Tanimizu, Y. Takahashi: *Geochim. Cosmochim. Acta* **204** (2017) 52-67.
- [5] Y. Takahashi, Y. Hayasaka, K. Morita, T. Kashiwabara, R. Nakada, M. A. Marcus, K. Kato, K. Tanaka, H. Shimizu: *Geochem. J.* **49** (2015) 653-664.
- [6] K. Tanaka, M. Tanaka, N. Watanabe, K. Tokunaga, Y. Takahashi: *Chem. Geol.* **450** (2017) 130-137.
- [7] K. Fukushi, M. Sakai, T. Munemoto, Y. Yokoyama, Y. Takahashi: *J. Hazardous Mat.* **304** (2016) 110-117.
- [8] H.-B. Qin, Y. Takeichi, H. Nitani, Y. Terada, Y. Takahashi: *Environ. Sci. Technol.* **51** (2007) 6027-6035.
- [9] L. Ito, T. Omori, M. Yoneda, T. Yamaguchi, R. Kobayashi, Y. Takahashi: *Chemosphere* **202** (2018) 65-75.
- [10] K. Tokunaga and Y. Takahashi: *Environ. Sci. Technol.* **51** (2017) 9194-9201.
- [11] K. Tokunaga, T. Uruga, K. Nitta, Y. Terada, O. Sekizawa, S. Kawaguchi, Y. Takahashi: *Chem. Geol.* **447** (2016) 59-69.
- [12] Y. Takahashi, Q. Fan, H. Suga, K. Tanaka, A. Sakaguchi, Y. Takeichi, K. Ono, K. Mase, K. Kato, V. V. Kanivets: *Sci. Rep.* **7** (2017) 12407.
- [13] K. Fukushi, Y. Suzuki, J. Kawano, T. Ohno, M. Ogawa, T. Yaji, Y. Takahashi: *Geochim. Cosmochim. Acta* **213** (2017) 457-474.
- [14] S. Kikuchi, H. Makita, U. Konno, F. Shiraishi, A. Ijiri, K. Takai, M. Maeda, Y. Takahashi: *Geobiology* **4** (2016) 374-389.

高橋 嘉夫 *TAKAHASHI Yoshio*

東京大学大学院 理学系研究科
〒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 2

ゲノム編集ツール Cas9 エンドヌクレアーゼの X 線結晶構造

東京大学大学院 理学系研究科

西増 弘志、濡木 理

Abstract

原核生物のもつ CRISPR-Cas 獲得免疫機構に関する RNA 依存性 DNA ヌクレアーゼ Cas9 はガイド RNA と相補的な 2 本鎖 DNA を選択的に切断する性質をもつ。近年、Cas9 を利用したゲノム編集技術は基礎研究から臨床応用にいたる幅広い分野において急速に普及した。本長期利用課題では異なる細菌に由来する多様な CRISPR-Cas 酵素の結晶構造を決定し、その RNA 依存性 DNA 切断機構を原子レベルで明らかにすることに成功した。さらに、構造情報を基にした新規のゲノム編集ツールの開発にも成功した。

1. CRISPR-Cas 系

原核生物は外来核酸に対する防御機構として CRISPR-Cas (clustered regularly interspaced short palindromic repeat-CRISPR-associated) とよばれる獲得免疫機構をもつ¹⁾。CRISPR-Cas 系では Cas (CRISPR-associated) タンパク質と crRNA (CRISPR RNA) が複合体を形成し、crRNA のガイド配列と相補的な外来核酸を認識・切断する。CRISPR-Cas 系は 2 つのクラスに分類される^{2,3)}。クラス 1 の CRISPR-Cas 系には複数の Cas タンパク質からなる Cas-crRNA 複合体が関与する。一方、クラス 2 の CRISPR-Cas 系では単一の Cas タンパク質が外来核酸を切断する。クラス 2 の CRISPR-Cas 系は II 型、V 型、VI 型に分類される。II 型 CRISPR-Cas 系においては RNA 依存性ヌクレアーゼ Cas9 が crRNA および tracrRNA (*trans*-activating crRNA) と複合体を形成し、crRNA

のガイド配列と相補的な 2 本鎖 DNA を切断する^{4,5)} (図 1)。Cas9 は 2 つのヌクレアーゼドメイン (RuvC と HNH) をもち、HNH ドメインはガイド RNA と相補的な DNA 鎖 (相補鎖) を切断する一方、RuvC ドメインはもう一方の DNA 鎖 (非相補鎖) を切断する。Cas9 による DNA 認識にはガイド RNA との相補性に加え、PAM (protospacer adjacent motif) とよばれる特定の塩基配列が必要である。crRNA と tracrRNA を人工的に連結した sgRNA (single-guide RNA) も同様の機能をもち⁶⁾、20 塩基のガイド配列は自由に変更できるため、Cas9-sgRNA 複合体を用いることにより、ゲノム DNA の狙った位置を特異的に切断することが可能である。したがって、2013 年以降、Cas9 は革新的なゲノム編集ツールとして広く普及した⁶⁾。

2014 年、本研究グループはゲノム編集に広く利用されている *Streptococcus pyogenes* 由来 Cas9 (SpCas9) に着目し、SpCas9-sgRNA-DNA 複合体の結晶構造を世界にさきがけて決定し、Cas9 による RNA 依存性 DNA 切断の分子機構を明らかにした⁷⁾。さらに、他の研究グループにより報告された SpCas9 単体⁸⁾、SpCas9-sgRNA 複合体⁹⁾、SpCas9-sgRNA-標的 DNA 複合体^{10,11)}の結晶構造から、Cas9 による DNA 切断機構が明らかになってきた。しかし、異なる細菌に由来する Cas9 のアミノ酸配列の相同性は低く、ガイド RNA や PAM の塩基配列は大きく異なるため、Cas9 の作動機構には不明な点が残されていた。SpCas9 は NGG という配列を PAM として認識する

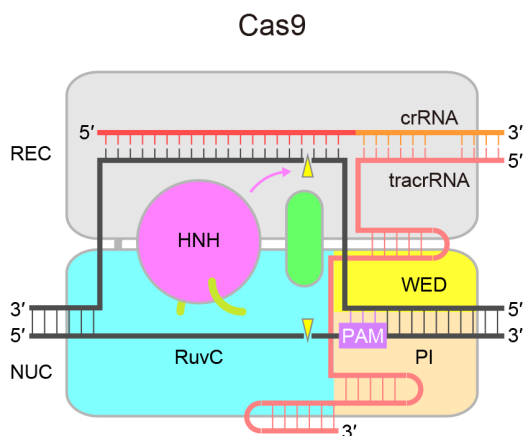


図 1 Cas9 による DNA 切断機構

一方、*Staphylococcus aureus* 由来 Cas9 (SaCas9)、*Francisella novicida* 由来 Cas9 (FnCas9)、*Campylobacter jejuni* 由来 Cas9 (CjCas9) はそれぞれ NNGRRT (R は A または G)、NGG、NNNVRYAC (V は A、G または C、Y は T または C) という配列を PAM として認識する^{[12][13]}。さらに、2015 年には V 型 CRISPR-Cas 酵素である Cpf1 (Cas12a) が発見された^[14]。Cpf1 は Cas9 と同様に RNA 依存的に 2 本鎖 DNA を切断するが、(1) tracrRNA を必要としない、(2) TTTV という配列を PAM として認識する、(3) PAM から離れた位置で DNA を切断する、(4) HNH ドメインをもたない、などの特徴をもつため、*Acidaminococcus sp.* 由来 Cpf1 (AsCpf1) や *Lachnospiraceae bacterium* 由来 Cpf1 (LbCpf1) は Cas9 と相補的なゲノム編集ツールとして利用されている。

本長期利用課題では異なる細菌に由来する CRISPR-Cas 酵素の結晶構造を決定することにより、その多様な RNA 認識機構、PAM 認識機構、DNA 切断機構を明らかにすることに成功した。

2. SaCas9 の結晶構造

SaCas9 (1053 残基) は SpCas9 (1368 残基) よりもサイズが小さいため、ウイルスベクターへの導入効率の高いゲノム編集ツールとして利用されている^[12]。SaCas9 の作動機構の理解を目指し、SaCas9-sgRNA-DNA 複合体を結晶化し、BL41XU において X 線回折データを収集し、SeMet 置換体を用いた SAD 法により結晶構造を決定した^[15] (図 2)。結晶構造から、SaCas9 は SpCas9 と同様に、REC ロープと NUC ロ

ープからなる構造をもつことがわかった。NUC ロープは RuvC ドメイン、HNH ドメイン、WED ドメイン、PI ドメインから構成されていた。WED ドメインは新規フォールドをもつことが明らかとなった。sgRNA のガイド配列は標的 DNA と RNA : DNA ヘテロ 2 本鎖を形成し、2 つのローブの間に結合していた。SaCas9 と SpCas9 の REC ドメインおよび WED ドメインは構造が異なり、それぞれの sgRNA を特異的に認識していた。PAM (TTGAAT) は 2 本鎖を形成し WED ドメインと PI ドメインの間に結合していた。PAM の 1 文字目、2 文字目の T 塩基 (T1 と T2) は SaCas9 と相互作用していなかった。一方、PAM の 3 文字目が G であることと一致して、G3 は Arg1015 と 2 本の水素結合を形成していた。A4 は Asn985 と水素結合し、A5 は Asn985、Asn986、Arg991 と水分子を介した水素結合により認識されていた。したがって、SaCas9 は A と G に共通の N7 と相互作用することにより、PAM (NNGRRT) の 4 文字目および 5 文字目の R (A または G) を認識していることが明らかになった。さらに、PAM の 6 文字目の T に対する嗜好性と一致して、T6 は Arg991 と水素結合していた。PAM 認識残基を変異させると、DNA 切断活性が低下したことから、これらの相互作用の重要性が確認された。配列相性は低いにもかかわらず、SaCas9 と SpCas9 の PI ドメインは類似の構造をもっていた。しかし、PAM 認識残基は異なっており、SpCas9 では Arg1333 と Arg1335 が PAM (NGG) を認識していた。これらの構造比較から、SaCas9 と SpCas9 が異なる配列を PAM として認識する分子機構が明らかになった。

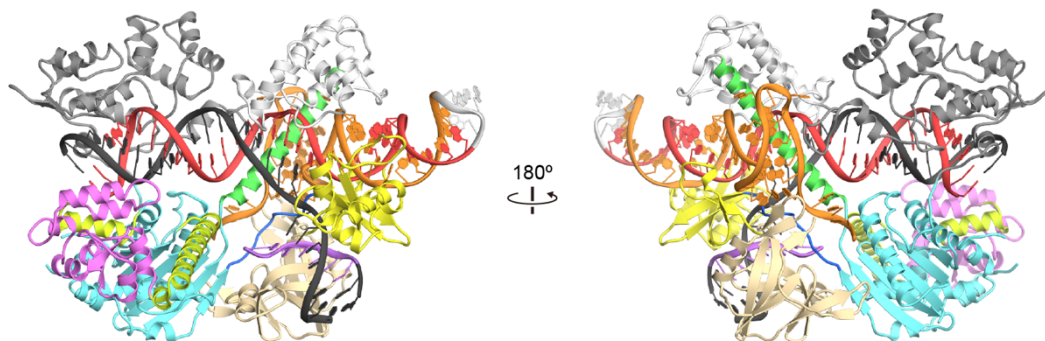


図 2 SaCas9-sgRNA-DNA 複合体の結晶構造

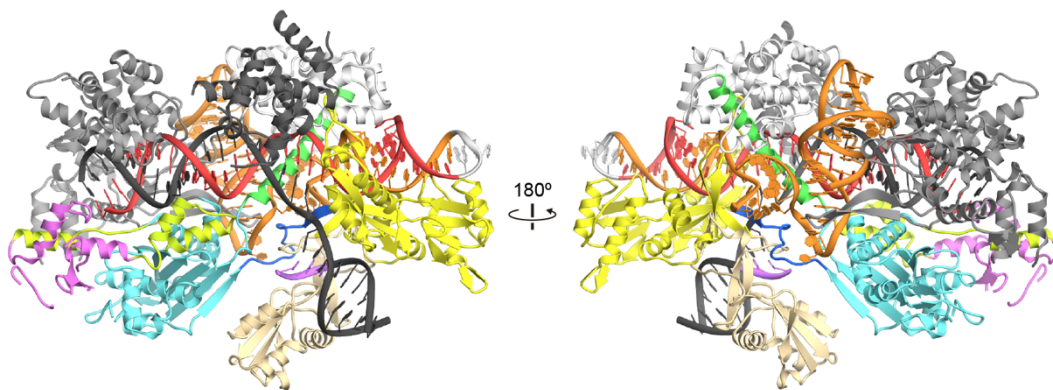


図3 FnCas9-sgRNA-DNA 複合体の結晶構造

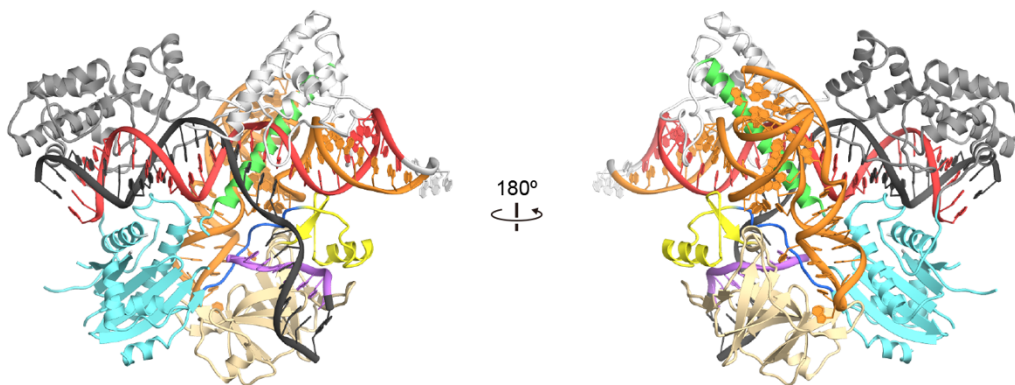


図4 CjCas9-sgRNA-DNA 複合体の結晶構造

3. FnCas9 の結晶構造

FnCas9 は 1629 残基からなり、Cas9 の中でも最もサイズが大きく、SpCas9 や SaCas9 との配列相同性が低い。FnCas9 の作動機構の理解を目指し、FnCas9-sgRNA-DNA 複合体を結晶化し、BL41XU において X 線回折データを収集し、SeMet 置換体を用いた SAD 法により結晶構造を決定した^[16] (図 3)。FnCas9 は RuvC ドメイン、REC1 ドメイン、REC2 ドメイン、REC3 ドメイン、HNH ドメイン、WED ドメイン、PI ドメインの 7 つのドメインから構成されていた。FnCas9 の RuvC ドメインおよび HNH ドメインは SpCas9 や SaCas9 と同様の構造をとっていた。一方、REC ドメインおよび WED ドメインは新規フォールドをもっていた。SpCas9、SaCas9、FnCas9 の構造比較から、これらの 3 種の Cas9 の間の配列相同性は低いにもかかわらず、DNA 切断機構は保存されていることが明らかになった。一方、3 種の Cas9 の間で sgRNA の構造は大きく異なっており、それぞれ特徴的な構造をもつ REC ドメインと WED ドメインによ

り特異的に認識されていた。結晶構造から、FnCas9 が NGG という配列を PAM として認識する分子基盤も明らかになった。T1 は FnCas9 と相互作用していなかった一方、G2 と G3 は Arg1585 と Arg1556 とそれぞれ水素結合していた。さらに、得られた構造情報を基に変異を導入し、NGG ではなく YG という配列を PAM として認識する FnCas9 改変体の作製に成功した。

4. CjCas9 の結晶構造

CjCas9 は 984 残基からなる最小の Cas9 であるため、小型のゲノム編集ツールとして注目されている^[13]。CjCas9 の作動機構の理解を目指し、CjCas9-sgRNA-DNA 複合体を結晶化し、BL41XU にて X 線回折データを収集し、SeMet 置換体を用いた SAD 法により結晶構造を決定した^[17] (図 4)。結晶構造から、CjCas9 は他の Cas9 と同様に、2 つのローブからなることが確かめられた。REC ローブは REC1 ドメインと REC2 ドメインから構成される一方、NUC ローブは RuvC

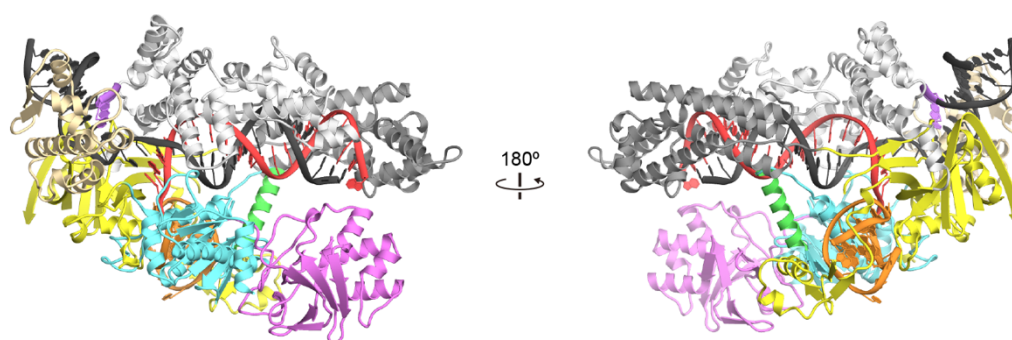


図5 AsCpf1-crRNA-DNA 複合体の結晶構造

ドメイン、WED ドメイン、および、PI ドメインから構成されていた。CjCas9 は SpCas9 よりも小さな REC1 ドメインと PI ドメインをもち、さらに、SaCas9 よりも小さな WED ドメインをもっていた。これらの構造比較から CjCas9 の小型化の分子基盤が明らかになった。結晶構造から、CjCas9 の sgRNA は他の Cas9 の sgRNA と異なり、予想外の 3 重らせん構造をもつことが明らかになった。さらに、他の Cas9 は非相補鎖の塩基を PAM として認識するのに対し、CjCas9 は相補鎖と非相補鎖の両方の塩基と水素結合を形成することにより PAM (NNNVRYAC) を認識していることが明らかになった。

5. Cpf1 の結晶構造

Cpf1 の作動機構の理解を目指し、AsCpf1-crRNA-DNA 複合体を結晶化し、BL41XU において X 線回折データを測定し、SeMet 置換体を用いた SAD 法により結晶構造を決定した^[18] (図 5)。結晶構造から、Cpf1 は 2 つのローブ (REC と NUC) からなることが明らかになった。REC ローブは REC1 ドメインと REC2 ドメインから構成され、NUC ローブは RuvC ドメイン、WED ドメイン、PI ドメイン、Nuc ドメインから構成されていた。RuvC ドメインを除く 5 つのドメインは新規フォールドをもっていた。crRNA のガイド配列は標的 DNA と 20 塩基の RNA : DNA ヘテロ 2 本鎖を形成し、REC ローブと NUC ローブの間に結合していた。一方、crRNA の他の領域は予想外のシュードノット構造を形成し、WED ドメインと RuvC ドメインによって認識されていた。PAM (TTTA) は歪んだ 2 重らせん構造をとり、WED ドメイン、REC1 ドメイン、PI ドメインと相互作用していた。PAM の連

続した T 塩基は PI ドメインの Lys607 と水素結合していた。結晶構造と変異体解析の結果、Nuc ドメインは DNA 切断に関与することが示唆された。Cas9 と Cpf1 の構造比較から 2 つの CRISPR-Cas 酵素の間の機能的な収斂が明らかになった。さらに、LbCpf1-crRNA-DNA 複合体^[19] および AsCpf1 改変体-crRNA-DNA 複合体^[20] の結晶構造を決定し、Cpf1 の PAM 認識機構の詳細を明らかにした。

謝辞

X 線回折実験は、SPring-8 の BL41XU (課題番号: 2015A0119) において行った。本研究は、JST 戦略的創造研究推進事業 (さきがけ)、JSPS、文部科学省および国立研究開発法人日本医療研究開発機構、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) の支援を受けて行った。

参考文献

- [1] R. Barrangou *et al.*: *Science* **315** (2007) 1709-1712.
- [2] K. S. Makarova *et al.*: *Nat Rev Microbiol* **13** (2015) 722-736.
- [3] H. Nishimasu and O. Nureki: *Curr Opin Struct Biol* **43** (2017) 68-78.
- [4] G. Gasiunas, R. Barrangou, P. Horvath and V. Siksnys: *Proc Natl Acad Sci USA* **109** (2012) E2579-2586.
- [5] M. Jinek *et al.*: *Science* **337** (2012) 816-821.
- [6] L. Cong *et al.*: *Science* **339** (2013) 819-823.
- [7] H. Nishimasu *et al.*: *Cell* **156** (2014) 935-949.
- [8] M. Jinek *et al.*: *Science* **343** (2014) 1247-997.
- [9] F. Jiang, K. Zhou, L. Ma, S. Gressel and J. A. Doudna: *Science* **348** (2015) 1477-1481.
- [10] C. Anders, O. Niewoehner, A. Duerst and M. Jinek: *Nature* **513** (2014) 569-573.

- [11] F. Jiang *et al.*: *Science* **351** (2016) 867-871.
- [12] F. A. Ran *et al.*: *Nature* **520** (2015) 186-191.
- [13] E. Kim *et al.*: *Nature Commun* **8** (2017) 14500.
- [14] B. Zetsche *et al.*: *Cell* **163** (2015) 759-771.
- [15] H. Nishimasu *et al.*: *Cell* **162** (2015) 1113-1126.
- [16] H. Hirano *et al.*: *Cell* **164** (2016) 950-961.
- [17] M. Yamada *et al.*: *Mol Cell* **65** (2017) 1109-1121.
- [18] T. Yamano *et al.*: *Cell* **165** (2016) 949-962.
- [19] T. Yamano *et al.*: *Mol Cell* **67** (2017) 633-645.
- [20] H. Nishimasu *et al.*: *Mol Cell* **67** (2017) 139-147.

西増 弘志 NISHIMASU Hiroshi

東京大学大学院 理学系研究科
〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1
TEL : 03-5841-4391
e-mail : nisimasu@bs.s.u-tokyo.ac.jp

滯木 理 NUREKI Osamu

東京大学大学院 理学系研究科
〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1
TEL : 03-5841-4391
e-mail : nureki@bs.s.u-tokyo.ac.jp

長期利用課題報告 3

巨大球状金属錯体の自己集合と単結晶 X 線構造解析

東京大学大学院 工学系研究科
藤田 大士、藤田 誠

Abstract

複数の分子が自律的に複合体を形成し、高次構造を構築する現象を「自己集合」と呼ぶ。自然界では、例えばウイルスのカプシド構造に代表されるように、数百成分のサブユニットが関わる高度な自己集合の例が多数存在する。しかし人工系における分子の自己集合は、未だその足元にすら及んでいない。我々は、自然界の自己集合系に少しでも迫るため、多成分系の自己集合の方法論や設計指針の確立を目指す研究を行ってきた。先長期利用課題¹⁾においては、単結晶 X 線構造解析によって得られた予想外の自己集合構造から、数学的な規則性を見出すことにより、多成分系における分子自己集合の新たな設計指針を見出すことができた。

1. はじめに

我々のグループは、金属イオンと有機分子の配位結合生成を駆動力とする有機-金属錯体の自己集合、およびその機能デザインに長年取り組んできた。特に関心を持っているのは、内部に原子レベルで精密に制御されたナノサイズの空隙、空間を有する構造体である。我々はこれらを孤立ナノ空間と名付け、各種の特異な物質変換、新物性の発現、分子ナノ環境の構築、巨大分子のカプセル化などをこれまでに達成してきた^{2,3)}。

こうした孤立ナノ空間は、その空間サイズに応じて異なる性質を示し、必然的に応用先も異なってくる。しかし、1-2 nm サイズの空隙・空間は無数の合成報告例があり、その性質の研究が進む一方、例えば 5 nm を超えるような大きさの空隙・空間は未踏領域として

手付かずのままであった。これはひとえに、分子サイズが大きくなるほどその化学合成が指数関数的に困難になることに由来する。内部に空間・空隙を有する中空分子は一般に、有機合成の手法により事前合成した低分子をサブユニットとし、これを複数分子、分子の自己集合により組み上げることで合成する。しかし、化学者が正確な制御のもと取り扱える成分数は多くは未だ 10 成分以下、過去に報告された最大例としてもその数倍程度に留まる。

その一方、例えば図 1 に示す 900 個のタンパク質サブユニットの自己集合からなるブルータングウイルスの外骨格（カプシド）のように、自然界には数百成分を超える自己集合例が多数存在する。これら多成分系の自己集合は、化学者にとって手の届かない難題

Bluetongue Virus

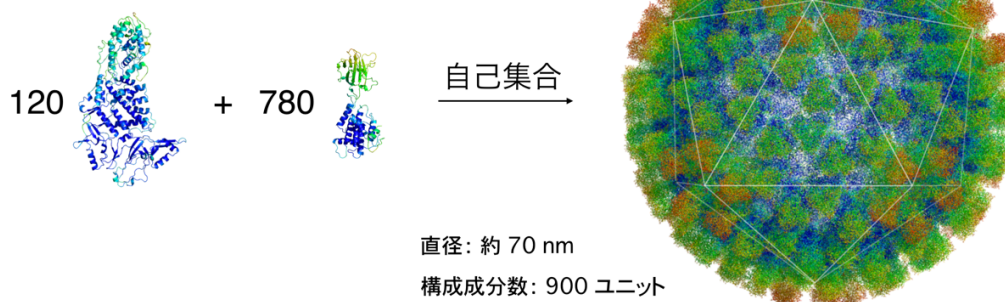


図 1 ブルータングウイルスの外骨格（カプシド）の自己集合。900 個のサブユニットが、一つの狂いもなく、正確に正二十面体の対称性で全体構造を形作る。

であった。自然界における自己集合に迫るほど多成分の精密自己集合を達成すること、そしてその方法論や設計指針を示すことは、基礎科学的な興味に留まらず、巨大かつ精密に構造制御された界面構造を利用した合成反応への応用、生体高分子との複合利用、さらにはナノ粒子との複合による産業的利用へと展開する上で重要な基盤となる。

2. 研究のアプローチ

多成分系の自己集合を設計する上で最大の課題は、いかに分散なく狙った構造を正確に組み上げるかである。ミセルやベシクルしかり、高分子の重合しかり、一般に多数の分子を集合させる場合、その構成成分数の分散、すなわち構造の分散は避けられない。構造の分散は、精密な機能を設計・実現する上で大きな障害となる。しかし生体系は何らかの方法で、一成分の狂いすらない正確な自己集合を実現している (図 1)。ここで我々は、ウイルス骨格の多くが正二十面体の対称性を持っている事実に着目した。幾何学の知見として、面や頂点形状の合同性などを制約条件に選ぶと、条件を満たす多面体が著しく限定されることが知られている (例えば、正多面体は 5 種、半正多面体は 13 種のみしか存在し得ない)。この事実を上手く分子設計に組み込むことができれば、構成成分数、ひいてはサイズ・形状が、離散的な値しか取り得ない系、すなわち構造分散のない系を設計できるのでは、という仮説である。

仮説の検証にあたっては、次に示す金属錯体の自己集合系を用いた。折れ曲がり角度を有するビピリジル二座配位子(L)と、平面四配位をとる Pd^{2+} イオン(M)とを混合すると、 M_nL_{2n} 組成の中空球状錯体が自己集合する (図 2a)。金属イオン位置を「頂点」、有機配位子を「辺」とみなした場合、過去に報告された構造はいずれも半正多面体の構造を有していると解釈可能である。実は、頂点の結合次数が 4 (Pd^{2+} イオンが平面四配位を取ることに由来) の条件を満たす半正多面体は、他には二十・十二面体と斜方二十・十二面体の 2 つに限定される。この事実に基づき、多面体の形状に沿うように有機分子の折れ曲がり角度を緻密に設計するなどを行った結果、仮説通り、二十・十二面体の構造を有する構造体 ($\text{M}_{30}\text{L}_{60}$) を選択的に自己集合させることに成功した¹⁴⁾ (図 2b)。合成した構造体は、成分数が 90、直径が 8.2 nm と、分子量が正確に定まった合成分子としては群を抜く巨大さであった。

3. さらなる展開

上述した二十・十二面体構造の分子 ($\text{M}_{30}\text{L}_{60}$) の合成を目指す過程において、当初の予想にはなかった幾何構造を有する分子が偶然得られてきた。詳細は後述するが、結論から述べると、実はこの予想外の幾何構造の生成には、自己集合の本質に迫る興味深い幾何学的な含蓄のあることがわかった。我々はこれら知見を元に、自己集合現象を一般化する理論を構築、実際に理論から予想された構造を合成することにも成功した。

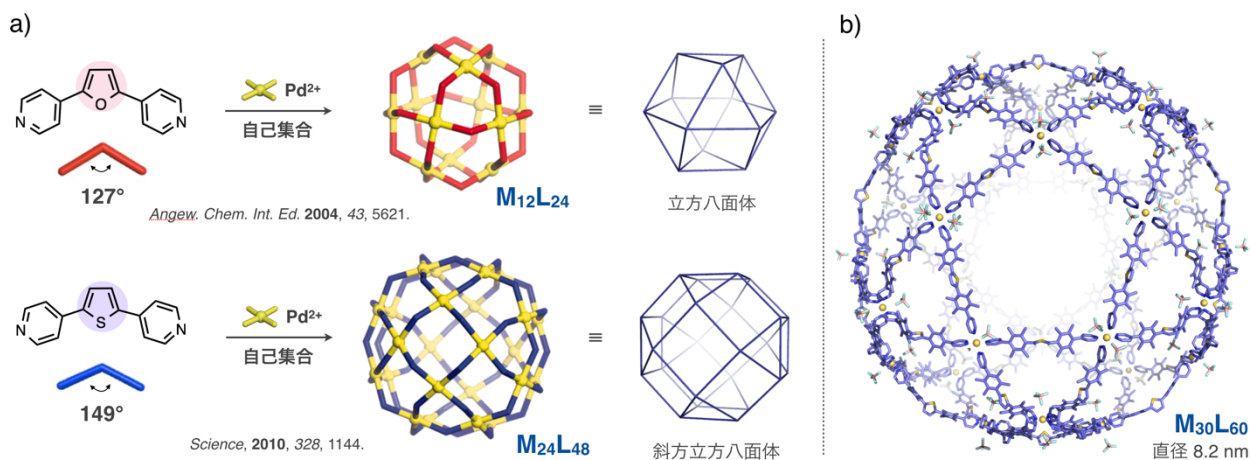


図 2 a) M_nL_{2n} 球状錯体の自己集合。 Pd^{2+} イオンと有機二座配位子を混合し加熱攪拌すると、単一の生成物を与える。配位子の折れ曲がり角度に応じ、異なる多面体構造に収束することが知られている。 b) 二十・十二面体の対称性を有する金属錯体。30 個の Pd^{2+} イオンと、60 個の有機配位子から成る。

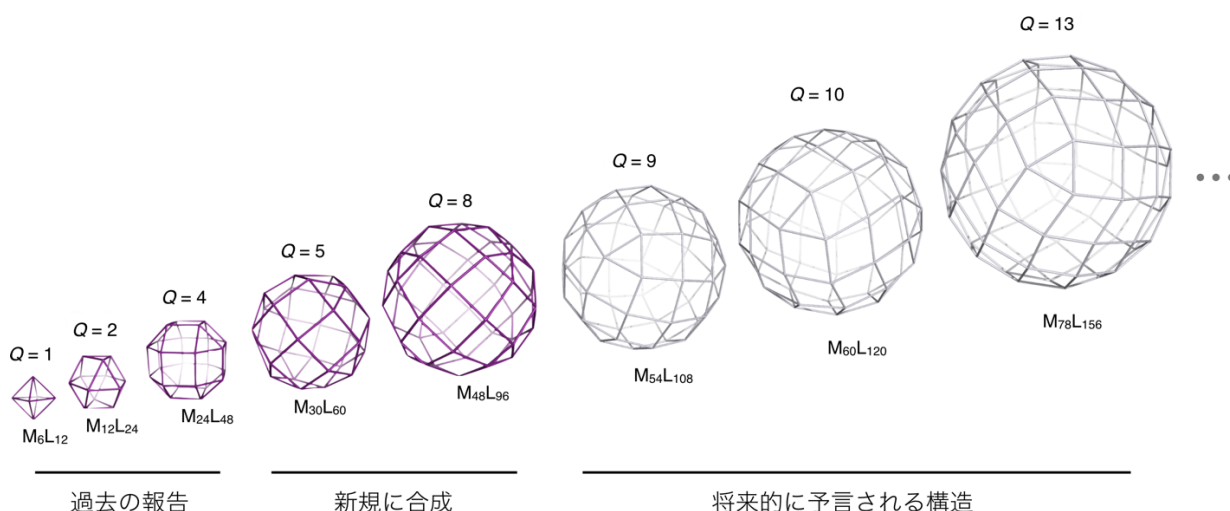


図3 Q 値によって、規定される多面体群。合成可能なサイズに特定の上限点は存在せず、また その構造は単純なグラフの議論により規定される。

これら結果をまとめた論文^[5]は、化学分野に留まらない大きな反響を受けた。

より具体的には次の通りである。今回、これまでで最大の折れ曲がり角度 (152°) を有するセレノフェンを中心骨格とする配位子を合成し、 $n \geq 30$ のより大きな球状錯体の合成を試みた。しかし単結晶 X 線回折による分析の結果、このセレノフェン配位子に由来する自己集合生成物は組成こそ $M_{30}L_{60}$ であるものの、二十・十二面体とはまったく異なる幾何構造を有することが確認された (図3)。この $M_{30}L_{60}$ 錯体は、ねじれた平面を有するため古典的な意味での「多面体」ではない。またその構造はキラルであり、右手型と左手型が存在する特徴がある。そこで本研究では、このキラル $M_{30}L_{60}$ 錯体の生成を合理的に説明する数学的考察を試み、化学の要請から以下の3点を仮定した。1) 多面体を構成する面は四角形または三角形を取る。2) 4つの面が一つの頂点で交わる。3) 正六面体の対称性を持つ。そして $F(h, k)$ ($h, k = \text{自然数}$) という指数と、その代表値として Q 値 ($Q = h^2 + k^2$) を定義した。すると、 $F(h, k)$ 指数により新たに定義された多面体系列は、我々がこれまで対象としてきた M_nL_{2n} 錯体の自己集合を明確に説明できることがわかった。 Q 値は、その定義から、 $Q = 1, 2, 4, 5, 8, 9, 10 \dots$ と非連続的な値をとる。そしてこれら Q 値の一つずつが、それぞれ一つの多面体に対応する (図3)。我々が過去に報告してきた錯体は、 $Q = 1 (M_6L_{12})$ 、 $Q = 2 (M_{12}L_{24})$ 、

$Q = 4 (M_{24}L_{48})$ であり、今回得た $M_{30}L_{60}$ 錯体が $Q = 5 (M_{30}L_{60})$ となる。すなわち本考察は、これまでに報告してきた多面体型錯体を綺麗に説明できている。そこで本研究では、上記式により予言される $Q = 8 (M_{48}L_{96})$ の合成を試みた。結果、144成分から成る巨大な錯体が、予想とまったく同一の幾何形状で生成していることが実験的にも確かめられた。

4. まとめ

これら M_nL_{2n} 型巨大中空構造体の合成研究は、放射光を用いた X 線構造解析抜きには語る事ができない。 M_nL_{2n} 型巨大中空構造体は、通常の有機/金属小分子結晶とは異なるいくつかの特徴がある。一つは、分子直径が5-10 nm、分子量は数万に及ぶなど合成分子としては極めて大きな構造を有する点、もう一つは、真球に近い分子外形とその中空構造から、単結晶の溶媒含有率が最大80-90%と高い点である。これらにより M_nL_{2n} 型巨大中空構造体の単結晶は、10 nm 程度の軸長の単位格子を有し、加えて結晶溶媒の乱れに起因した散乱角増加に対する著しい回折強度減少が見られる。これらの特徴は、タンパク質結晶と類似している。実際に M_nL_{2n} 型巨大中空構造体の単結晶は、構造生物学研究と同様に実験室系の単結晶 X 線回折装置では構造解析を行うためのデータ収集が極めて困難であった。そのため我々は、 M_nL_{2n} 型巨大中空構造体の構造学研究の大部分について放射光 X 線を利

用して推進してきた。先研究課題¹⁾で対象とした単結晶群は、従来にない溶媒含有量の高さから、溶媒揮発を抑えたまま結晶試料を回折装置にマウントする手順や低温 X 線回折実験のための冷却・凍結方法など、測定に至るまでの条件が、グループで取り扱ってきた従来の結晶よりもより繊細になっており、測定のための条件確立が必要であった。そのためビームラインスタッフとの協力を重ね、測定試料準備からデータ収集完了までの最適化を行い、結果、小さくて放射線損傷を受けやすい錯体試料からも、何とか解析可能なデータを収集できるようになった。近年、我々と類似した分子の合成（および構造解析）を報告するグループは少しずつ現れてき始めたが、それらは我々がおよそ 10 年前に扱っていたサイズ・成分数の分子であり、その意味において我々のノウハウは 10 年先んじているとも言える。本研究成果は、これまで設計指針すら立っていなかった自己集合に基づく分子集合体の合成法に、新たな指針を示す成果である。提案手法は、未知構造の予測やその新規構造合成に有用であり、今後、当該分野の加速度的な発展を支える礎となることが期待される。

藤田 誠 FUJITA Makoto

東京大学大学院 工学系研究科
〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1
TEL : 03-5841-7256
e-mail : mfujita@appchem.t.u-tokyo.ac.jp

参考文献

- [1] 課題番号：2015A0120～2017B0120 (BL38B1)、2016A0129～2017B0129 (BL41XU)
- [2] M. Yoshizawa, J. K. Klosterman, M. Fujita: *Angew. Chem. Int. Ed.* **48** (2009) 3418-3438.
- [3] K. Harris, D. Fujita, M. Fujita: *Chem. Commun.* **49** (2013) 6703-6712.
- [4] D. Fujita, Y. Ueda, S. Sato, H. Yokoyama, N. Mizuno, T. Kumasaka, M. Fujita: *Chem* **1** (2016) 91-101.
- [5] D. Fujita, Y. Ueda, S. Sato, N. Mizuno, T. Kumasaka, M. Fujita: *Nature* **540** (2016) 563-566.

藤田 大士 FUJITA Daishi

東京大学大学院 工学系研究科
〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1
(現所属)
京都大学高等研究院 物質-細胞統合システム拠点 (iCeMS)
〒606-8501 京都市左京区吉田本町
TEL : 075-753-9854
e-mail : dfujita@icems.kyoto-u.ac.jp

Long-term Proposal Report 4

Magnetic Compton Scattering Studies of Electronic Structure and Spin and Orbital Moments in High Magnetic Fields

Jonathan Duffy¹, Daniel O'Neill¹, Stephen Dugdale², Sean Giblin³, Jonathan Taylor⁴

¹Department of Physics, University of Warwick, Coventry CV4 7AL, United Kingdom

²H. H. Wills Physics Laboratory, University of Bristol, Tyndall Avenue, Bristol BS8 1TL, United Kingdom

³School of Physics and Astronomy, Cardiff University, Cardiff, CF24 3AA, United Kingdom

⁴DMSC - European Spallation Source, Universitetsparken 1, Copenhagen 2100, Denmark

Abstract

We report on our recent long term project at SPring-8 to perform magnetic Compton scattering studies exploiting our “Spectromag” cryomagnet on beamline BL08W. Magnetic Compton scattering probes the ground state spin density in magnetic materials, and via interpretation with electronic structure calculations can reveal details about the underlying physics. The cryomagnet enables a sample environment with magnetic fields up to 9 T and temperatures down to 1.5 K. Our project combined refinement of the experimental technique as we try to measure more difficult materials, such as small crystals or those with small magnetic moments. In this article, we will demonstrate the value of magnetic Compton scattering, with some examples of our recent long term project research performed using our magnet on BL08W, including studies of the magnetism in the quantum critical system $\text{Sr}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$ and in the iridate system $\text{Nd}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$.

1. Introduction

Magnetic Compton scattering is an established experimental technique, used extensively on beamline BL08W at SPring-8. The objective of this long term project was to perform experiments using our “Spectromag” cryomagnet sample environment, which is capable of applying magnetic fields up to 9 T, and temperatures down to 1.5 K. Previously, we had commissioned this cryomagnet for use on BL08W via long term project 2012B0045.

The magnetic Compton scattering experimental technique enables the study of the spin resolved electron momentum density of a magnetic material via measurements of the inelastic scattering of high energy circularly polarised X-rays. The interpretation of the results typically requires electronic structure calculations, and hence, the technique provides insight into the underlying electronic structure of the material studied. The method is suitable for materials with a net magnetic moment: ferromagnets and ferrimagnets, and also other

systems where the applied magnetic field induces a moment.

The experiments utilise non-resonant inelastic, or “Compton”, scattering of monochromatic high energy (typically 175 keV) photons from the sample. Figure 1 depicts the experimental geometry. The high scattering angle, of 175° is used to optimise the magnetic signal and the experimental resolution. When the X-rays are inelastically scattered by the electrons in the sample, the photon energy distribution measured at a set scattering angle is Doppler broadened because of the electrons’ momentum distribution. A measurement of the

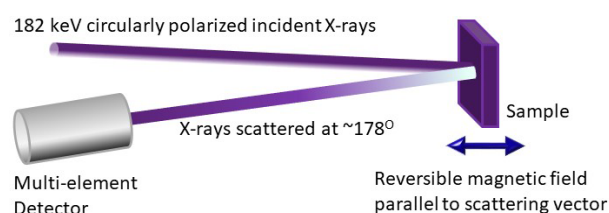


Figure 1 A schematic representation of the geometry adopted for magnetic Compton scattering experiments.

photon energy spectrum can be directly related to a 1-dimensional projection of the electron momentum distribution of the sample. In order to make the spin-resolved measurements, circularly polarised photons are required, and a reversible magnetic field is applied to the sample. This permits a spin-dependent term in the scattering cross-section to be exploited. A measurement involves reversing the applied field and taking the difference between the two spectra collected. The charge scattering cancels out, leaving the spin contribution. Hence the resultant measurement, or magnetic Compton profile (MCP), represents the electron momentum density of only those electrons that contribute to the spin magnetic moment of the sample.

2. Interpretation and Application of magnetic Compton scattering

Because only those electrons that contribute to the spin moment of the sample contribute to the MCP, the sample's spin magnetic moment can be determined. Such measurements can provide valuable information in systems where the spin and orbital moments contributions to a known bulk magnetic moment are unknown or not fully understood. For example, in many 5d and 5f compounds the crystalline electric field and spin-orbit coupling contributions to the ground state are finely balanced, leading to complex electronic structures and competing magnetic states. One consequence of this delicate balance is a high sensitivity of the values of the spin and orbital moments to the details of the electronic structure. Magnetic Compton scattering has an important role to play here as it permits the determination of the ground state spin and orbital magnetic moments (when combined with bulk magnetisation measurements); for example see^[1]. In this report we demonstrate this for the 5d system $\text{Nd}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$.

In order to interpret measured MCPs, electronic structure calculations are often used. A number of theoretical approaches are possible typically using density function theory (DFT) in the local spin density or generalised gradient approximations. The effects of the Fermi surface are often observed in metallic materials, and such calculations can help give an understanding of the underlying electronic properties. The electronic structure calculations can be used as the basis for fitting to the data to

reveal the physics, rather than relying on a purely *ab initio* approach. For example, see our previous work based on measurements on BL08W, where the method reveals ferrimagnetism rather than ferromagnetism in the Fe-rich NbFe_2 ^[2]. In this article we will give a progress report on our work on the itinerant metamagnet $\text{Sr}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$, where we used the ‘Elk’ electronic structure code^[3].

3. Experimental Details

3.1 The experimental set up

Monochromatic circularly polarised X-rays of energy 182 keV were used for these experiments, which are available on beamline BL08W. The beamline's helical wiggler was used to obtain the required circular polarisation. The scattering geometry adopted is the standard approach, and is based on that depicted in figure 1. The scattering angle is approximately 172 degrees, and the experiments use the beamline's own 10-element solid state Ge detector to measure the energy spectrum of the scattered X-rays. The known scattering cross-section is then used to obtain the electron momentum density as resolved along the X-ray scattering vector. Because of the high energy photons, and the requirements for being able to gain sufficient statistical accuracy, typical sample sizes are around 8 mm³, although smaller samples are feasible.

3.2 Experimental Procedure

As discussed above, obtaining an MCP requires a difference measurement to be made. To do this, the magnetic field is reversed and data collected for fields parallel and anti-parallel to the X-ray scattering vector. The magnetic signal is often less than 0.5% of the charge scattering, and hence very good normalisation is crucial. The procedure adopted is the ‘ABBA’ method, where A and B represent the two magnetic field directions. The counting times between field reversals are set according to the field required, and can be as long as 30 minutes. In our previous long term project, we were able to show that very good normalisation is feasible even for such long counting times. Our further refinements during this project have shown us that this is actually limited by the magnitude of the signal. For systems with very small signals, which are defined in terms of *ratio* of the spin moment to the number of electrons per

formula unit, we found that the normalisation became unachievable because of some (very small) instabilities in the counting chain over long times.

4. Results and Discussion

During the course of the long term project a number of materials have been studied. In this article, we discuss two of our investigations, in order to illustrate how magnetic Compton scattering can be utilised to contribute to our understanding of magnetic materials.

4.1 The itinerant metamagnet $Sr_3Ru_2O_7$

$Sr_3Ru_2O_7$ is considered to be a system that exhibits quantum criticality (for example, see^[4] and references therein). It has a low temperature metamagnetic transition which may be related to a change in the topology of the Fermi surface. The recent observation of spin-density wave (SDW) order^[5] appears to support earlier ideas connecting the shape of the Fermi surface with the electronic instability^[6,7]. It is proposed that, as the magnetisation changes through the metamagnetic transition, the underlying Fermi surface itself changes, going through an “electronic topological transition”. The objective of our experiment was to use the sensitivity of magnetic Compton scattering to the electronic structure and Fermi surface effects as a tool to determine the correct theoretical description of the metamagnetic state.

For our study, we have combined experimental measurements along three high-symmetry crystallographic directions with electronic structure calculations. The experimental data for one crystallographic direction shown in figure 2, together with the results of one of our calculations. The experimental value of the spin moment determined from our measurement at temperature $T = 1.5$ K and in an applied magnetic field of $B = 6$ T is small ($0.71 \pm 0.02 \mu_B$). Since $Sr_3Ru_2O_7$ is metamagnetic it is non-magnetic in zero applied field: consistently with this, *ab initio* calculations do not predict exchange splitting of the electronic bands and hence predict there to be no magnetic moment. For our calculation shown in figure 2, we fixed the spin moment to agree with the experimental value in order to simulate the metamagnetic phase. It is clear that the predicted profile does follow the

overall shape of the experimental data, but there are important differences, especially between 0.5 - 1.5 a.u. (atomic units). As will be discussed elsewhere, we have performed several calculations where the spin moment (and hence the spin splitting of the electron bands) is fixed at different values higher than the experimental moment: whilst such calculations by definition give the wrong signal size, they show a much improved shape. We intend to make field-dependent Fermi surface measurements on this system, if we are successful in obtaining the UK funding for our new research project: for example our current measurements are in the metamagnetic phase, but we wish to study the transition itself to look for evidence of the proposed electronic topological transition.

4.2 Spin and orbital moments in $Nd_2Ir_2O_7$

The iridate compounds are particularly interesting because the crystalline electric field and spin-orbit coupling contributions to the ground state are finely balanced for the magnetically-active 5d electrons, leading to complex electronic structures and competing magnetic states. In the case of $Nd_2Ir_2O_7$, Muon spectroscopy papers from two groups suggest differing magnetic properties: in one case^[8,9], there is a low temperature Ir moment, but no ordered Nd moment; in the other^[10],

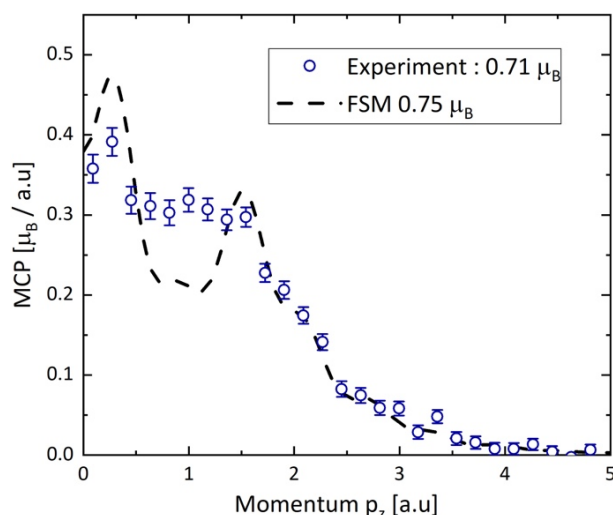


Figure 2 MCP for $Sr_3Ru_2O_7$ measured at 1.5 K in an applied field of 6 T, for the [100] crystallographic direction. “FSM” stands for the “fixed spin moment” values used in the calculation presented. Particular features can be observed at the origin and at $p_z = 1$ a.u., where there are clear discrepancies between the experiment and the calculation.

the Ir orders at $T = 30$ K and the Nd at $T = 9$ K. New theoretical^[11] and muon work^[12], both concerning the magnetic moments, which we can address. $\text{Nd}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$ is metallic above $T \sim 33$ K, at which temperature it undergoes a metal-insulator transition (MIT). A giant magnetoresistance (GMR) of up to 3000% has been found^[13]. Such a high GMR only occurs for the Nd member of the series: a large anisotropic 4f moment appears crucial.

We have used magnetic Compton scattering in conjunction with GAMESS molecular orbital calculations to study the origin of the magnetisation. GAMESS gives a guide to the Compton profile contributions of the Nd 4f and Ir 5d orbitals. We have studied the temperature dependence in detail, collecting data across the proposed electronic transitions.

We have made measurements in a magnetic field of 5 T and at temperatures from 2.0 K up to 60 K. We have found that the Nd 4f moment persists at all temperatures. However, as shown in figure 3, the spin moment and the *ratio* of the spin to orbital moments appear to exhibit different temperature dependencies. It appears that the spin moment drops above 10 K, with no change in the spin/orbit ratio, probably dominated by the reduction of Nd 4f moment with increasing temperature. There is also a distinct change in the ratio at around 30~40 K, together with a possible small increase in the spin moment, near the proposed MIT. We are now developing a model in order to analyse the Ir contribution, which we expect will complete our interpretation.

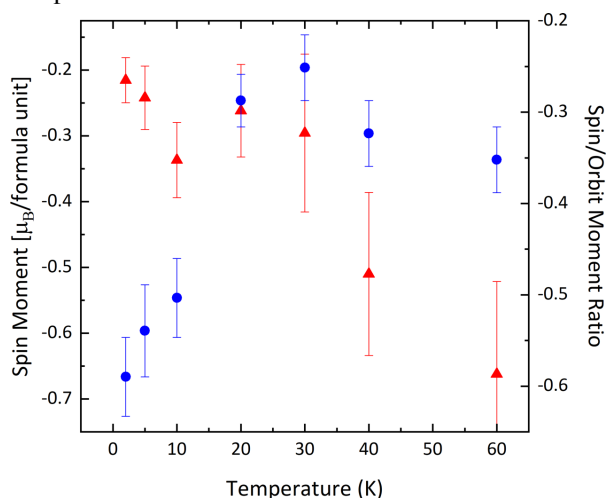


Figure 3 Temperature dependence of the spin moment (blue circles) and *ratio* of the spin to orbital moments (red triangles) in $\text{Nd}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$. A large change appears in the spin moment at $T = 10\sim 20$ K but in the *ratio* at $T = 30\sim 40$ K.

5. Summary

Magnetic Compton scattering experiments provide a considerable amount of information in magnetic materials. It is particularly useful to investigate the spin contribution in systems where both spin and orbital contributions may exist. Furthermore, its sensitivity to the underlying electronic structure can be invaluable when investigating the electronic properties of materials and how these lead to the materials' properties. Our cryomagnet sample environment is capable of providing magnetic fields up to 9 T and temperatures down to 1.5 K. Anyone who is interested in exploiting magnetic Compton scattering as part of their research is very welcome to use our magnet for their experiments at SPring-8.

Acknowledgments

We gratefully acknowledge the provision of beam time at SPring-8 by JASRI (Proposal number 2016A0131). We would also like to thank N. Tsuji, M. Itou, Y. Sakurai and the staff for their support and assistance.

References

- [1] M. W. Butchers *et al.*: *Phys. Rev. B* **92** (2015) 121107(R).
- [2] T. D. Haynes *et al.*: *Phys. Rev. B* **85** (2012) 115137.
- [3] D. Ernsting *et al.*: *J. Phys. Condens. Matter* **26** (2014) 495501.
- [4] Y. Tokiwa *et al.*: *Phys. Rev. Lett* **116** (2016) 226402.
- [5] C. Lester *et al.*: *Nature Materials* **14** (2015) 373-378.
- [6] L. Capogna *et al.*: *Phys. Rev. B* **67** (2003) 012504.
- [7] S. Ramos *et al.*: *Physica B* **403** (2008) 1270-1272.
- [8] K. Matsuhira *et al.*: *JPSJ* **82** (2013) 023706.
- [9] S. M. Disseler *et al.*: *Phys. Rev. B* **85** (2012) 174441.
- [10] S. M. Disseler *et al.*: *Phys. Rev. B* **87** (2013) 060403(R).
- [11] H. Zhang *et al.*: *Phys. Rev. Lett* **118** (2017) 026404.
- [12] R. Asih *et al.*: *JPSJ* **86** (2017) 024705.
- [13] H. Guo *et al.*: *Phys. Rev. B* **88** (2013) 060411(R).

Long-term Proposal Report 5

Laryngeal Function: Supporting the Transition from a Fetus to Spontaneously Breathing Newborn using Phase Contrast X-ray Imaging

Erin V. McGillick^{1,2}, Marcus J. Kitchen³, Jessica R. Crawshaw^{1,2}, Emily J. Phillips^{1,2}, Stuart B. Hooper^{1,2}

¹The Ritchie Centre, Hudson Institute of Medical Research, Melbourne, Australia

²Department of Obstetrics and Gynaecology, Monash University, Melbourne, Australia

³School of Physics and Astronomy, Monash University, Melbourne, Australia

Abstract

Premature newborns commonly receive non-invasive respiratory support, such as continuous positive airway pressure (CPAP), delivered by a face mask in the delivery room. This requires the infant to breathe for itself, but if it does not, positive pressure ventilation (PPV) is applied. However, this approach has a high failure rate, necessitating premature newborns to be invasively intubated and mechanically ventilated. Importantly, CPAP has been implemented into clinical practice without any understanding for how it interacts with the changing physiology at birth.

Before birth, the fetus closes its larynx when it is not making breathing movements (is apneic), which blocks anything from entering or leaving the lungs, and only opens the larynx when it makes breathing movements. We hypothesised, if the newborn is not breathing, it will close its larynx and prevent air from entering the lung. Using phase contrast X-ray imaging, we imaged the larynx of premature newborn rabbits to determine whether the fetal pattern of larynx closure persists after birth. We showed that immediately after birth the larynx is predominantly closed and only opens during a breath, preventing PPV from ventilating the lung. Once the newborn had aerated its lungs and established a stable breathing pattern, the larynx remained predominantly open, allowing PPV to ventilate the lung. These findings provided first understanding for why CPAP can fail in premature newborns in the delivery room.

To understand why the larynx switches from mostly closed into a predominantly open state after birth, we investigated the role of oxygenation. We showed that hypoxia is a potent inhibitor of spontaneous breathing and causes the larynx to close, whereas oxygen stimulates breathing and opens the larynx. Our ongoing work is aimed at generating the evidence required to target interventions that improve the success of non-invasive respiratory support for premature newborns in the delivery room.

Premature newborns have difficulty aerating their lungs and so most require respiratory support in the delivery room. Although the majority of premature newborns breathe at birth, their breathing is often weak and insufficient to adequately aerate the lung^[1]. Lung aeration is the key mechanism underpinning the transition to newborn life as it initiates the changes essential for independent life, including the onset of pulmonary gas exchange and a major re-organization of the circulation. Thus, targeting mechanisms that promote lung aeration will improve outcomes for premature newborns.

Historically, premature newborns were given invasive respiratory support with endotracheal intubation and mechanical ventilation, which is associated with a high risk of lung and brain injury. More recently, clinical practice has moved towards a less invasive approach involving continuous positive airway pressure (CPAP) delivered via a face mask to support spontaneous breathing. CPAP assists with inspiration and provides a distending pressure to the lung during expiration to prevent collapse of the airways between breaths. If CPAP is insufficient, intermittent positive pressure ventilation (iPPV)

also delivered via a face mask, is used as a “back-up” for CPAP to provide artificial breaths to the newborn. However, non-invasive respiratory support has a high failure rate and often is unable to meet the respiratory needs of premature newborns. This places them at higher risk of mortality and morbidity and often necessitates the escalation of treatment that involves endotracheal intubation and mechanical positive pressure ventilation (PPV)²¹. These methods have been implemented into clinical practice without any understanding for how it interacts with the infants changing physiology at birth during its transition from fetus to newborn.

In the delivery room, mask leak or airway obstruction (caused by incorrect face mask or head positioning) were thought to be major causes of CPAP failure to ventilate the lung. However, it was observed that when premature newborns were given a sustained inflation at birth (a long and slow first breath to improve lung aeration), air only entered the lung if the infant took a breath, indicating that the upper airway may be involved in obstructing the air flow³¹. Using propagation-based phase contrast X-ray imaging at the SPring-8 synchrotron in Hutch 3 of BL20B2 (long-term proposal 2016A0132) we focused our attention on non-invasive ventilation and simultaneous imaging of the lung and the larynx in spontaneously breathing premature newborn rabbits. A Si(111) monochromator was used to produce high intensity, monochromatic X-rays (24 keV). Immediately after being delivered by caesarean section (29 days gestational age, term = 32 days), premature rabbit

pups were placed inside the experimental hutch approximately 210 m from the BL20B2 bending magnet. A further 2 m distance separated the pup from the detector to achieve phase contrast to image the lung and upper airway. This project aimed to understand why non-invasive respiratory support, in the form of both CPAP and PPV, often fails to meet the respiratory needs of premature newborns.

Newborn rabbit pups had an oesophageal tube inserted to measure breathing pattern and were fitted with a face mask to provide non-invasive respiratory support with either CPAP or PPV similar to that received clinically by newborns. Pups were imaged immediately after delivery and at 1 hour after birth which enabled investigation of the relationship between larynx function (% time open or closed) and breathing effort⁴¹. Immediately after birth, we found that the larynx was predominantly closed in premature newborns and only opened during a breath, making non-invasive respiratory support ineffective. When the larynx (composed of the glottis and epiglottis) was closed while the newborn was receiving CPAP, the pharynx distended and air entered the oesophagus, a characteristic observation in newborns whereby the air fills the stomach resulting in “CPAP belly” (Fig 1A). When the larynx was open, CPAP was able to ventilate the lung (Fig 1B). Immediately after birth, in newborns with an unstable breathing pattern (intermittent breaths of varying rate and amplitude; Fig 2C) the larynx remained predominantly closed (only open $25.5\% \pm 1.1\%$ of the time; Fig 2E) inhibiting lung aeration

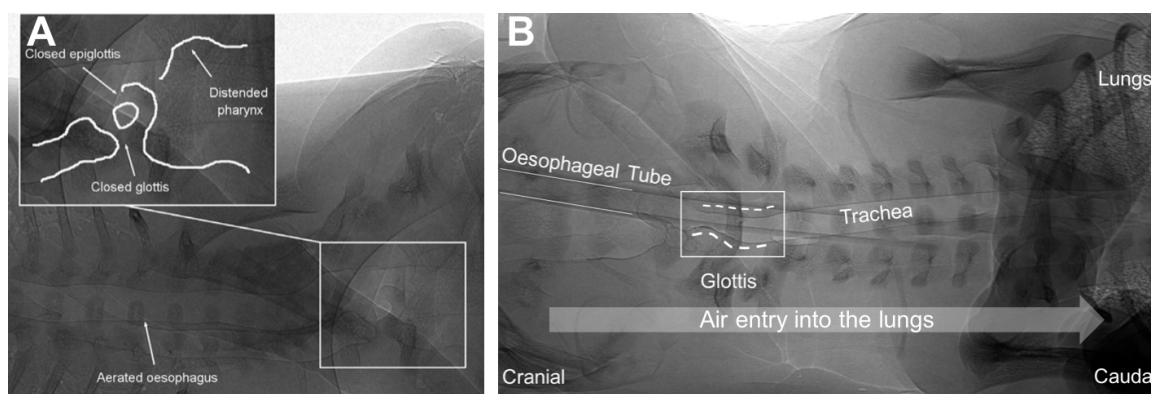


Figure 1 Phase contrast X-ray images visualising the larynx (composed of the epiglottis and glottis in the upper airway). In premature newborn rabbits receiving non-invasive respiratory support, a closed larynx results in a distended pharynx and air is directed towards the stomach via the oesophagus (A) and when the larynx is open air is able to enter the lungs (B).

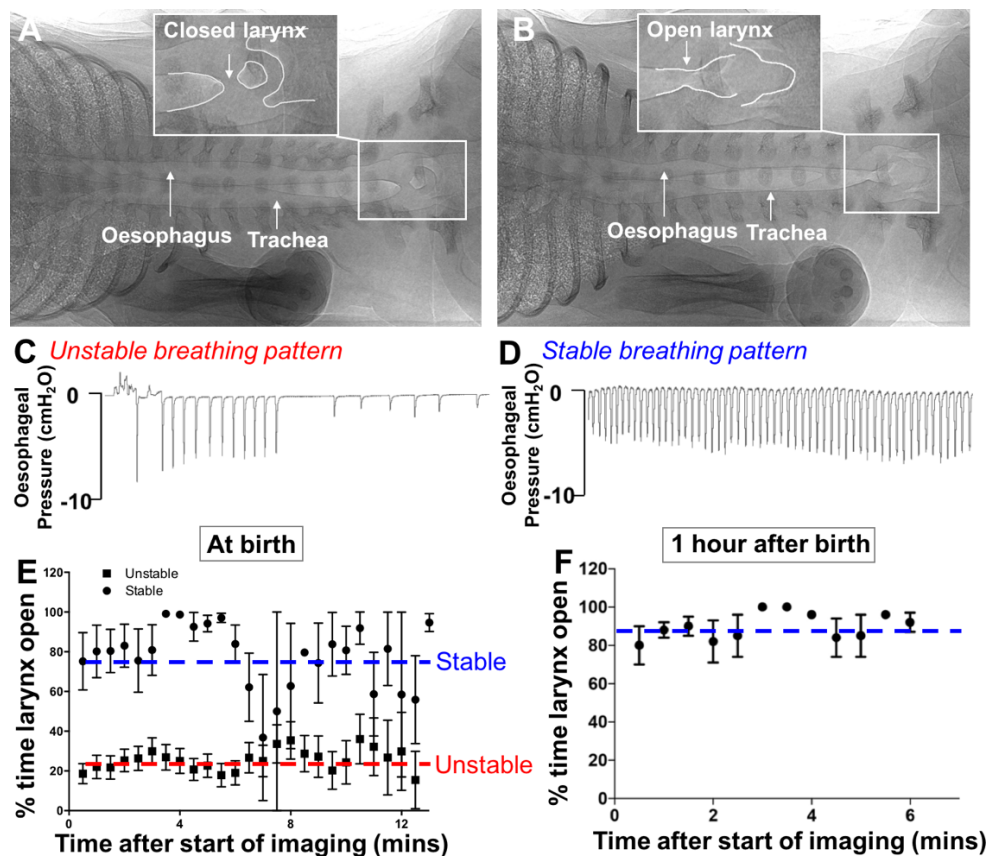


Figure 2 Representative phase contrast X-ray images of newborn rabbit pups demonstrating a closed larynx (A) and open larynx (B). Characteristic oesophageal pressure recording for newborn rabbit pup with an unstable breathing pattern (intermittent breaths of varying amplitude; C) and stable breathing pattern (regular breaths of similar amplitude; D). Quantification of larynx function (% time open, mean \pm SEM) in newborn rabbit pups with an unstable (square) and stable (circles) breathing pattern immediately after birth (E) and at 1 hour after birth (F).

during CPAP, while in newborns with a stable breathing pattern (regular breaths of similar amplitude; Fig 2D) the larynx was predominantly open (76.8% \pm 3.7% of the time; Fig 2E). Similarly, PPV (used when CPAP fails) was ineffective at aerating or ventilating the lung (*i*) when the newborn was not breathing as air entry was blocked by a closed larynx and (*ii*) when the pressure applied during non-invasive ventilation was too great it inhibited breathing. However, by 1 hour after birth when all newborns had aerated their lungs and established a stable breathing pattern the larynx was predominantly open (90.5% \pm 1.9% of the time; Fig 2F). Taken together, these findings provide the first physiological evidence for why face mask ventilation is often not successful in non-breathing premature newborns, who then usually require intubation and mechanical ventilation.

To optimise non-invasive respiratory support in premature newborns, we need to identify mechanisms that promote spontaneous breathing as this will ensure that the larynx is open and will facilitate lung aeration. We have investigated 3 key areas regulating spontaneous breathing, and as such larynx function, including: (*i*) administration of the respiratory stimulant caffeine at birth, which is known to be safe and is currently the primary treatment for apnea (temporary cessation of breathing) of prematurity in neonatal medicine, but is currently only given hours after birth; (*ii*) tactile stimulation to reduce apnea; and (*iii*) supplemental oxygen that reduces hypoxia-induced apnea. We have shown that compared to pharmacologic agents, oxygenation and physical stimulation are the superior mechanisms to promote spontaneous breathing in premature newborns.

We determined the role of oxygenation on laryngeal function and breathing pattern in spontaneously breathing premature newborns receiving CPAP using synchrotron phase contrast X-ray imaging. Newborn pups initially received CPAP with air (21% oxygen), were then switched to CPAP with 100% oxygen to stimulate breathing, to CPAP with 100% nitrogen to make them hypoxic and inhibit breathing, and finally back to CPAP with 100% oxygen. Laryngeal function was measured throughout and was found to be open $15.0 \pm 5.2\%$ of the time in air, $51 \pm 24.0\%$ of time in 100% oxygen, was predominantly closed when pups were hypoxic and spontaneous breathing decreased (only open $8.0 \pm 3.7\%$ of the time) and completely closed when breathing ceased and the pups became apneic. In the final oxygen rescue phase following hypoxia, all pups required significant physical stimulation in 100% oxygen to recommence breathing. However, with the recommencement of spontaneous breathing the larynx remained mostly open ($42.1 \pm 13.5\%$ of the time). These findings highlight the key relationship between laryngeal function and spontaneous breathing and confirms that hypoxia is a potent inhibitor of spontaneous breathing, which causes the larynx to close. On the other hand, oxygen stimulates spontaneous breathing in the newborn, which promotes a predominantly open larynx, thereby allowing the lung to be ventilated with CPAP and PPV.

Our findings highlight the importance of targeting interventions to support the complex physiological transition from a fetus to a newborn in the delivery room. Overall, our research is working towards providing pre-clinical evidence for the most effective approaches that can be implemented into clinical trials to support laryngeal function and improve success of non-invasive ventilation for premature newborns.

References

- [1] *The global burden of preterm birth*. The Lancet, 2009, Elsevier.
- [2] Dargaville, P. A., *et al.*: *Incidence and outcome of CPAP failure in preterm infants*. Pediatrics, 2016, **138**(1): e20153985.
- [3] van Vonderen, J. J., *et al.*: *Effects of a sustained inflation in preterm infants at birth*. The Journal of Pediatrics, 2014, **165**(5): 903-908 e1.

- [4] Crawshaw, J. R., *et al.*: *Laryngeal closure impedes non-invasive ventilation at birth*. Archives of Disease in Childhood-Fetal and Neonatal Edition, 2018, **103**(2): F112-F119.

第 17 回 APS-ESRF-SPring-8-DESY 三極ワークショップ報告

公益財団法人高輝度光科学研究センター

光源基盤部門

後藤 俊治

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

XFEL 研究開発部門

井上 伊知郎、玉作 賢治

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

矢橋 牧名

1. はじめに

ESRF-APS-SPring-8 三極ワークショップは、1994 年に ESRF にて第一回が開催されて以来、ほぼ 1 年半の間隔で行われ今回で 17 回目となる。2010 年からは DESY も加わり表題でもわかるように 4 施設にて行われている。今回は APS がホストとなり 2018 年 5 月 3 日、4 日の 2 日間の日程で開催された。高エネルギーの大型放射光施設としての各施設の現状を報告するとともに、共通して抱える課題、今後の方向性などを議論する場となっている。今回の三極ミーティングは、4 施設の現状と、それぞれのアップグレードの実施/検討状況を俯瞰するのに大変に良い機会となった。図 1 に参加者の集合写真を示す。また、プログラムを末尾に示す。

2. 施設の現状とアップグレード

各施設とも年間 5,000 時間程度で、概ね安定に運転が行われている。なかでも、SPring-8 はトップアップの電流の安定さ 0.03%、平均故障間隔約 200 時間であり、いずれも最も高いレベルで運転されている。サイエンスのトピックスとして ESRF、PETRA III、APS から共鳴非弾性散乱 (RIXS) の結果が紹介された。ESRF では、アップグレードフェーズ I で整備されたビームライン ID32 (Nano-magnetism & Spectroscopy) における $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_6$ のマグノンの観察結果が取り上げられた。また、PETRA III では、ビームライン P01 (Intermediate X-ray energy RIXS) におけるエネルギー 2.5~3.5 keV のテングー X 線領域の RIXS の例として Ru 系物質の結果が示された。ESRF、PETRA III、SPring-8 から報告されたようにクライオ電子顕微

鏡が整備され、タンパク質の構造解析において放射光との相補利用が始まっている。

4 施設ともにフェーズは異なるものの、6 GeV でエミッタンス 100 pm.rad か、それ以下へのアップグレード計画を有している。各施設 1 時間の持ち時間で、マシン、ビームライン、サイエンスなどについての報告が行われた。

ESRF-EBS: ESRF は参加加盟 11 カ国で建設を開始してから今年で 30 周年を迎えた。アップグレードに関しても ESRF が一歩先行している。すでにアップグレードのフェーズ I (2009~2015 年) を完了し、戦略的にビームラインの再編も行われている。現在、アップグレードのフェーズ II (2015~2022 年) が進行している。ハイブリッド 7 bend achromat (BA) のラティスにより、エミッタンスはおよそ 100 pm.rad を目指している。すでに加速器コンポーネントの調達などが具体的に進行している。調達率は 80%程度となっている。シャットダウンを今年の 12 月に控え、準備は着々と進んでいる。2019 年 11 月末に加速器のインストールが完了し、その後コミッショニングが開始される予定となっている。

PETRA III~IV: 現状の PETRA III では、当初の Max-von-Laue ホールに加え、拡充された Paul P. Ewald ホール、Ada Yonath ホールへの最終 12 本のビームラインの建設が進められている。現在 Paul P. Ewald ホールは 2 本、Ada Yonath ホールは 1 本のビームラインがすでに稼働中となっている。PETRA IV へのアップグレード計画では、ESRF-EBS のハイブリッド 7BA ラティスを踏襲し、周長 2 km の優位性を生かすことにより、少なくとも紙の上では、4 施

設中で最も小さいエミッタンス 20 pm.rad を目指している。2019 年 4 月に Conceptual design report、2020 年 12 月に Technical design report に設計が取りまとめられ、2024 年に建設を行い、2026 年に運転開始する計画となっている。

SPring-8-II: まずは後藤から 5BA、100 pm.rad のアップグレード計画の概要と R&D の状況を紹介した。矢橋からミラーを用いた安定な X 線光学系、プリズムとミラーを利用したピンクビームの利用などアップグレード光源において適用されるビームライン光学系について、また、玉作から 3 次元イメージングなどを中心にして期待されるサイエンスの展望を示した。

APS-U: ESRF-EBS、PETRA IV 同様のハイブリッド 7BA ラティスに加え longitudinal gradient bend と reverse bend を適用し、42 pm.rad を得る計画である。2022~2023 年にシャットダウンしてマシンを建設、2023 年から利用再開を目指している。偏向電磁石ビームラインも含め現ビームライン光軸を維持する境界条件での設計が行われている。各種電磁石、真空システム、ビームモニター、超伝導アンジュレータなど要素技術の R&D が進められている。各施設のアップグレード時期を列挙するスライドでは、なぜか SPring-8-II の開始が 2027 年となっており、PETRA IV や中国の HEPS に続き最後尾に配置されていた。

3. パラレルセッション

3-1 Strategies for time-resolved studies at storage ring sources

時分割の平行セッションでは、まず、SR と XFEL とのすみ分け・相補利用が議論された。主な内容は次の通りである。①XFEL が専ら破壊実験を行うのに対し、SR では非破壊型の実験、特に「ポンプ・プローブ・プローブ・プローブ…」型、若しくは、自発的な揺らぎをみる「プローブ・プローブ・プローブ…」型の計測が適している、②プローブの時間間隔に関して、将来 MHz 繰り返しの超伝導 XFEL が登場した際にも、SR は原理的にはより細かいステップで刻むことができる、③高エネルギー領域 (例えば 30 keV 以上) は、専ら SR のみでしかアクセスできない。一方で、フェムト秒に至る究極の時間分解能を達成しようとする XFEL の独壇場である。SR でもピコ秒

領域のポンプ・プローブ計測は行われてはいるものの (例: PETRA III における銅錯体の計測)、SR 単独で閉じた研究というよりは、XFEL の予備実験という位置づけがなされている場合が多い。

非破壊型の実験の場合、高速カメラとの組み合わせが重要になる。APS では、フレームレート 50 kHz の Photron 製の検出器を使って、レーザーを使った金属 3D プリンタ (粉末床溶融結合法) の加工過程の観察が行われている。また、Dynamic Compression Sector ビームラインでは、イメージインテンシファイヤを備えたカメラ 4 台を使って、24 バンチモード (154 ns 間隔) の連続 4 バンチを撮像するシステムを構築し、スラッパ起爆式雷管に用いる高速フライヤの観察を行っている。島津製の 10 Mfps の超高速カメラもいくつかの施設で用いられ始めている。

バンチ純度 (メインバンチとその近傍のバンチの電子数の比) は、核共鳴実験等においてデータの品質を決める重要な要素であるが、蓄積リングの運転中に徐々に悪化していくという報告が複数の施設からなされた (例: PETRA III ではメインバンチの 5 桁下)。このような現象は SPring-8 ではみられていない。

さらに、将来の Multi bend achromat (MBA) における時分割計測の展望について議論が行われた。高輝度化による各種顕微法へのメリットは大きく、またピンクビームの活用も有望である。一方で、MBA 光源ではバンチモードの制約が厳しくなる。特に、Swap-out 方式を採用する APS-U では、技術的な制約からハイブリッドモードは不可となり、等間隔・均等チャージモードのみとなる。APS-U では、タイミングモード (48 バンチ、77 ns 間隔) と高輝度モード (324 バンチ) の 2 種類が検討されている。いずれも 3rd ハーモニックキャビティを用いて、バンチ長を 200 ps (FWHM) 程度まで伸ばす。タイミングモードでも、バンチ間の時間間隔は現行の 24 バンチモードの半分となり、時間領域のメスバウワー分光などに制約が出てくるという指摘がなされた。

全体の印象として、XFEL の認知・普及が進み、全体としてそれなりに合理的なすみ分けができつつあると感じた。しかしながら、例えば APS や ESRF は、XFEL 施設とは地理的に遠いこともあり、無理をしても XFEL 向けの実験を取り込もうとしている部分

もまだある。一方で、SACLA を隣接して持つ SPring-8 は、2つの施設を一体として考えることで時分割研究のポートフォリオの最適化を図ることができる。また、高速検出器・高エネルギーX線を使った時分割計測は、産業を含む広範な対象に適用可能であり、SPring-8 でも今後重点的に推進すべきテーマであろう。

3-2 High energy ($E > 30$ keV) beamlines and their science drivers

30 keV 以上の高エネルギーX線利用についてのパラレルセッションでは、各施設における研究ハイライトや建設中のビームラインなどが紹介された。参加者の内訳は、APS の関係者が 20 人程度、ESRF、PETRA III からそれぞれ 5 人程度であった。SPring-8 からは理研の井上が参加した。以下、各発表の概要について述べる。

ESRF からは Harald Reichert が、“An overview on the high energy beamlines”と題して、Pair Distribution Function (PDF) 解析と CT との複合利用や原人の骨の位相イメージングといった ESRF での高エネルギーX線の利用実験のハイライトを紹介した。ESRF では 60 keV 以上を高エネルギーX線と呼んでおり、全体のビームラインのうち 15%程度が高エネルギーX線用のビームラインである (30 keV 以上が使用できるビームラインは全体の 30%程度)。ESRF-EBS での将来計画として、(i) Coherent X-ray dynamics and imaging application、(ii) Serial macromolecular crystallography、(iii) Hard x-ray diffraction microscopy、(iv) High throughput large field phase-contrast tomography の 4つのビームラインをパイロットビームラインと定めて優先的に開発する予定である。このうちの (ii) を除く 3つが 30 keV 以上の高エネルギーX線を使用するビームラインである。これらのビームラインは、ESRF-EBS へとアップグレードする前から段階的に高度化を進め、光源がアップグレードされた際にスムーズに利用実験を開始できるようにする。施設が高エネルギーX線利用を明確に推進している印象を受けた。

続いて、PETRA III から、現在建設中の 2つのビームライン: Swedish materials science beamline (P21) と大容量プレスを使用する高圧ビームライン (P61B)

の紹介があった。P21 は、標準的なアンジュレータビームラインであり、スウェーデンが建設費用と運転費用を負担している。Si 結晶 (平板結晶 1 枚、二結晶分光器、double Laue など様々なバリエーションがある) をモノクロメータとして用いて、40 keV から 150 keV の範囲の単色 X 線を生成し、物質系材料の各種回折実験 (PDF 解析や単結晶構造解析、広角散乱、小角散乱) に使用する予定である。このビームラインは 2018 年の春から実験ハッチに X 線を導き、装置のコミッショニングを開始する予定である。

P61B は、電子ビームのエミッタンスを下げるために設置されているダンピングウィグラーを光源としたユニークな高圧ビームラインである。光子数は実験ハッチにおける、1 mm × 1 mm のアパーチャーの条件下で $10^{11} \sim 10^{12}$ ph/s/0.1%b.w.と、同様の高圧ビームラインである SPring-8 の BL04B1 と比較して約 1 桁高い光子数を実現できる予定である。フロントエンド部の建設は 2018 年夏に終了する見込みで、実験ハッチに光がやってくるのは 2018 年の 12 月ごろを予定している。ラジオグラフィと X 線回折が主な計測手法であるが、光子数が大きいためにシリコンドリフト検出器を使ったエネルギー分散型の回折実験をする際には X 線強度を弱める必要があるだろうとの発表者からのコメントがあった。

APS からは、ESRF と同様に最近の研究ハイライトの紹介があった。APS では、現在 30 keV 以上が使用できるビームラインは全体の 30%程度であり、アップグレード後もこの比率が維持される見込みである。新しい試みとして、2019 年から PDF 解析のメールインサービスを始めるとのことであった。ただし、APS-U へのアップグレード時に各ビームラインをどのように高度化するかのロードマップはまだ定まっていない印象を受けた。

SPring-8 からは、電子ビームの低エミッタンス化によってアンジュレータの on-axis 放射のスペクトル幅が現在の第 3 世代放射光源と比較して劇的に狭くなることと、プリズムを使ってアンジュレータの特定次数を取り出す光学手法 (X 線ハーモニックセパレーター、Inoue *et al.*, *J. Synchrotron Rad.* **25** (2018) 346) についての紹介を行った。目新しい話題だったため概ね関心を持って捉えてもらったようであった。

高エネルギーX線の利用は6 GeVの電子ビームを用いる高エネルギー次世代放射光源での中心的なアクティビティになることが期待されている。どのようにビームラインを作っていく／高度化していくのかは、各施設で検討が始まったところである。それぞれの施設の方針を注視しつつ、SPRing-8も方向性を定めしていくことが必要になるだろう。また、各発表で話題になっていたが、高エネルギーX線の集光光学系や高繰り返し検出器といった要素技術は発展途上であり、次世代光源の性能を活かすためにはさらなる進化が必要になる。さらにアンジュレータビームを単色化することなくピンクビームとして使用する場合には、ビームラインの各光学機器の熱負荷対策も課題になる。これらの要素技術の開発は、次世代光源の光源性能を十分に活かすために今後重点的に推進すべきテーマであろう。

3-3 User Trends and Demands

ESRF: European Molecular Biology Laboratory および Institut de Biologie Structurale (バイオロジー関係)、Institut de Recherche Technologique Nanoelec (ナノテク関係)などの周辺施設との連携によりユーザープラットフォーム、インハウス研究基盤、および地域シナジーが構築されている。これらを活用することにより ESRF の放射光ユーザーの試料準備、解析など多方面での利便性向上が図られている。

DESY: ナノラボと計算機インフラに関する2件の話題が提供された。1) ナノラボ: PETRA III、FLASH、XFELのユーザーおよびインハウススタッフがナノラボのオフライン装置 (SEM、FIB、XRD、XPS など) を利用することが可能で、大型施設の限られたビームタイムを有効に利用できるような支援環境が整えられている。2) 計算機インフラ: DESY 内に High performance computing infrastructure、データストレージなどの共通インフラが整備され、ユーザーにも利用環境が提供されている。なお、データの保存期間は ESRF、DESY では10年間を目安にしている。

APS: 電気化学、高圧試料、光学素子計測・製作などの各種ラボ、検出器プール、計算機インフラなど APS/ANL におけるユーザーおよびインハウススタッフの利用支援環境が紹介された。

SPRing-8: 京を含む計算機インフラ、タンパク試料準備環境、クライオ電子顕微鏡などの SPRing-8 におけるユーザー利用環境について紹介された。また、将来の放射光ユーザー像を想定し、学術利用～産業利用、初心者～上級者の2軸の分類から、ビームラインを汎用～エキスパート用の軸で3段階に再編するアイデアが示された。

計算機、データストレージ、IT インフラに関しては、性能・仕様の差はあれ、各施設とも相当のものが整備されており、さらなる増強も計画されている。セッションの最後の議論では、特に今後の計測技術の発展において急速にデータ容量が増加すると予想される (すでに増加している) ユーザーのデータの取り扱いについて議論が集中した。データは誰のものか、何年間のどのようなフォーマットのデータを保存すべきか、保存の責任は誰にあるのかなど、このセッション内だけでは当然明確な結論は出ないままではあるが、今後も運用を進めながら議論をすべき課題である。

4. Coordinating Strategies

Edgar Wecker (DESY) より、欧州の16の放射光/FEL施設のメンバー (放射光: 13施設、FEL: 6施設)から構成される League of European Accelerator-based Photon Sources (LEAPS) Program の概要が紹介された。現在、チェアは DESY の Helmut Dosch 所長が務めている。基礎・応用科学および産業利用における研究の質やインパクトを向上させ、欧州の科学技術や社会に対して利益をもたらすことを基本目標としている。このプログラムで光源、光学系、検出器開発などの放射光技術の開発戦略が議論されるとともに、若手人材育成に関しても取り組みが行われている。2035年までのロードマップの作成が進められている。

Stephen Streiffer (APS) からは、Basic Energy Sciences 関連施設の運営に関する DOE の基本戦略が紹介された。これまでの施設のアップグレードについて、多くの議論を経て優先順位を決定し、一つずつ予算化、実現させていく道筋が示された。2000年から2019年のアップグレード予算の推移を示すグラフでは、多少の年次のオーバーラップを持たせながら、Spallation Neutron Source、LCLS、NSLS-II、LCLS-

II、APS-U の順番で予算がつけられていることがわかる。APS-U もその路線に乗り、アップグレード計画が具体的に進み始めている。また、ALS、APS、NSLS-II、SSRL、LCLS の 5 つの光源施設の間で 5 極ミーティングが開催され、APS-U 建設・運転停止時の協力の仕方などが議論されている。

後藤からは、現在日本では新しい 3 GeV 放射光施設建設が最優先事項となっており、実現に向けて様々な検討が進められていることを報告した。また、次世代光源建設のための加速器技術開発の戦略として、入射器としての C バンドライナックの安定化/高度化開発と、蓄積リングへの低振幅ビーム入射技術開発の 2 件について紹介した。

5. おわりに

5月2日に行われたサテライトの Optics Workshop と、パラレルセッションのサマリーが報告され、議論が行われた。最後は、パラレルセッション User Trends and Demands のサマリーを受け、データポリシーなどの話で再び盛り上がった。現状で各施設の抱える最もホットな話題の一つということなのであろう。

今回は本来 SPring-8 の順番であるが、1 年半後がちょうど ESRF-EBS のマシンのインストールが完了する 2019 年 11 月末にあたることから、ESRF がホストとなることが決まった。



図 1 参加者の集合写真

Agenda of 17th 3-Way Meeting (May 3-4, 2018)

May 3, 2018

- 8:00 **Welcome and facility reports** (Chair: *Dennis Mills*)
 - Welcome address (*Dennis Mills*)
 - Status Report ESRF (*Francesco Sette*)

- Status Report PETRA III (*Edgar Weckert*)
- Status Report SPring-8 (*Tetsuya Ishikawa* → *Makina Yabashi*)
- Status Report APS (*Stephen Streiffer*)

- 9:30 **ESRF Talks** (Chair: *Francesco Sette*)
 - EBS Accelerator Project (*Pantaleo Raimondi*)
 - EBS Science/Beamlines (*Jean Susini*)
 - EBS Enabling Technologies (*Michael Krisch*)

- 11:00 **PETRA III Talks** (Chair: *Edgar Weckert*)
 - PETRA III Extension (*Wolfgang Drube*)
 - PETRA IV Science Scope/Science Case (*Christian Schroer*)
 - PETRA IV Status of the Conceptual Design (*Rainer Wanzenberg*)

- 12:00 **SPring-8 Talks** (Chair: *Dennis Mills*)
 - SPring-8-II Light Source (*Shunji Goto*)
 - SPring-8-II Beamlines (*Makina Yabashi*)
 - SPring-8-II Sciences (*Kenji Tamasaku*)

(Lunch)

- 14:00 **APS Talks** (Chair: *Stephen Streiffer*)
 - APS-U Project Update (*Bob Hettel*)
 - Beamlines for the APS-U Project (*Dean Haeffner*)

(Break)

- 15:15 **Parallel sessions 1: Strategies for time-resolved studies at storage ring sources** (Chair: *Kenji Tamasaku*)
 - An overview of X-ray time-resolved experiments at the ESRF (*Alexander Rack*)
 - Pump-Probe Experiments at PETRA III (*Oliver Seeck*)
 - Timing mode applications at PETRA III and PETRA IV (*Ralf Röehlsberger*)
 - Time resolved applications at SPring-8 campus (*Makina Yabashi*)
 - The APS Strategy for TR Programs pre- and post- APS-U (*Stefan Vogt*)

- 15:15 **Parallel sessions 2: High energy (E > 30 keV) beamlines and their science drivers** (Chair: *Dean Haeffner*)
 - An overview on the high energy beamlines (*Harald Reichert*)
 - The Swedish high-energy materials science beamlines (*Ulrich Lienert*)
 - The large volume press beamline for ED diffraction and radiography at extreme conditions (*Robert Farla*)

High energy pink beam line (*Ichiro Inoue*)
Supply and Demand for HE Beamlines at the APS (*Jon Almer*)

15:15 **Parallel sessions 3: User Trends and Demands** (Chair: *George Strajer*)

Infrastructure integration (inter-institute) (*Jean Susini*)
DESY NanoLab (*Vedran Vonk*)
Big data and scientific computing strategy at DESY (*Steve Aplin*)
APS and ANL User Support Facilities (*Patricia Fernandez*)

井上 伊知郎 INOUE Ichiro

(国) 理化学研究所 放射光科学研究センター
XFEL 研究開発部門
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0802
e-mail : inoue@spring8.or.jp

五作 賢治 TAMASAKU Kenji

(国) 理化学研究所 放射光科学研究センター
XFEL 研究開発部門
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-2806
e-mail : tamasaku@spring8.or.jp

May 4, 2018

8:00 **Parallel sessions 1: Strategies for time-resolved studies at storage ring sources**

Discussion

8:00 **Parallel sessions 2: High energy (E > 30 keV) beamlines and their science drivers**

Discussion

8:00 **Parallel sessions 3: User Trends and Demands**

User trends and facility responses (*Tetsuya Ishikawa*)
Discussion

10:30 **Coordinating Strategies** (Chair: *Dennis Mills*)

The LEAPS Program (*Edgar Weckert*)
DOE Coordinating Strategies (*Stephen Streiffer*)
Japanese Coordinating Strategies (*Shunji Goto*)

(Lunch)

13:00 **Summaries** (Chair: *Jean Susini*)

Summary - Optics Workshop (*Lahsen Assoufid*)
Summary - Parallel Session Time Resolved (*Stefan Vogt*)
Summary - Parallel Session High Energy (*Jon Almer*)
Summary - Parallel Session User Trends (*Patricia Fernandez*)
Summary Discussions

後藤 俊治 GOTO Shunji

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

矢橋 牧名 YABASHI Makina

(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 : 0791-58-2869
e-mail : yabashi@spring8.or.jp

三極 X 線光学ワークショップ報告

公益財団法人高輝度光科学研究センター
光源基盤部門 大橋 治彦

三極 X 線光学ワークショップ (3-way X-ray Optics Workshop: 3WXOW) が 2018 年 5 月 2 日に米国、アルゴンヌ国立研究所 (ANL) の放射光施設 APS において開催された。このワークショップは、2001 年 11 月に仏国グルノーブルの ESRF で行われた三極ワークショップからサテライトミーティングとなり、本体会合に先立って実施されてきた。類似の技術的要請と目標を共有する大型放射光施設間で、光学設計や製作において、情報や経験の交換や共同研究の奨励を行うインフォーマルな会合と位置づけられている。

第 1 回 3WXOW の主催者の一人である Dennis Mills (APS Deputy Director for X-ray Science) は、Welcome address でこのワークショップの歴史を振り返った。欧州・北米・亜細亜の三極持ち回りで 4 巡目に入るところで、前回は 2016 年 9 月に初めて PETRA III が会場となった。今回はサテライトとなってから 11 回目となり、APS では 2013 年 7 月以来である。以下、印象に残った講演について、プログラムに沿って散漫ではあるが簡単に紹介する。本稿執筆にあたり、出席者の矢橋牧名氏、玉作賢治氏にコメントを頂戴した。なお、各施設の将来計画も随所で触れられたが本体会議にて詳細があるため本報告では重複を避け割愛する。

Horst Schulte-Schrepping (PETRA III) は、DESY における 3 つの施設 (FLASH、PETRA III、PETRA III Extension) の現況を紹介した。約 1 年半前の開催当時、Extension ホールはハッチ建設直後であったが、新設のビームライン P21、22、23、24、61 が稼働し始めつつある。例えば、P21 はスウェーデンの材料科学ビームラインであるが、P21a はベントラウエ分光器で 49–107 keV までを Si(111)、(220)、(311) でカバーする。自国内の MAX IV と相補的となるように、高エネルギー領域に重点をおいた仕様である。DESY では、APS や ESRF と同様にシリコン結晶加工のラボ

を運営しており、高熱負荷結晶、高分解能結晶分光器、アナライザ結晶の製作に取り組んでいる。二結晶分光器 (DCM) の安定化については最近の共通テーマの一つであるが、P09 の DCM では標準偏差で 120 nrad であったが、更新後、200 Hz 以上の振動が抑制され、40 nrad にまで改善した。コヒーレント散乱ビームライン用のチャンネルカット結晶では 50 nrad であり、必ずしもメカだけで決まらない振動レベルに至っているのかもしれない。

Ray Barrett (ESRF) は、ESRF-EBS (Extremely Brilliant Source) に伴うビームラインと施設更新を概観した。Metrology Lab では、Fizeau Stitching Tool による $L300 \times W70 \text{ mm}^2$ の平面ミラーの 3 次元計測と従来の Long Trace Profiler (LTP) と比較し、1 nm 以下の形状誤差で計測可能であることを示した。Eurostarts project として、1.5 m 走査可能なエアースライド上に Shack-Hartmann 波面センサ (15×11 のマイクロレンズで、 $18 \times 13.2 \text{ mm}^2$ のサブアパーチャ) を搭載した SH-LTP の開発も進んでいる。Slope accuracy 50 nradRMS 以下で、空間分解能 1.2 mm を達成した。結晶アナライザのラボ (Crystal Analyzer Lab: CAL) では、 120 m^2 の空間に研削機、ダイシング、陽極接合機、UV オゾンクリーナーやスピコーターなどを装備し、 $\phi 100 \text{ mm}$ のアナライザ結晶の製作を可能としている。ID09 では 16 枚のアナライザ結晶 ($R = 0.5 \text{ m}$ の円筒基盤上) を搭載し、120 eV の範囲を走査なく測定可能な Von Hamos Spectrometer による XES の測定結果が例示された。次世代の DCM について、真空内のエンコーダーやリアルタイムに干渉計でフィードバックする仕組みなどを取り入れ、走査エネルギー範囲においてサブ 50 nrad の安定性を目指し、2018 年第三四半期に ID21 で 1 号機の試験を行う計画である。ID16A の 2 組の KB ミラー集光システムにより、2016 年 4 月までに、

17 keV と 33.6 keV でそれぞれ $23 \times 37 \text{ nm}^2$ ($7 \times 10^{11} \text{ ph/s}$) と $25 \times 20 \text{ nm}^2$ ($6 \times 10^{10} \text{ ph/s}$) を実現しており、2017 年にはナイフエッジ測定では、 $25 \times 20 \text{ nm}^2$ だが、Ptychography 評価では、34 keV にて $14 \times 14 \text{ nm}^2$ まで確認した。

筆者からは、SPring-8 の標準型二結晶分光器の高安定化が進み、Be 窓やミラーなど光学素子そのものやその表面の汚染によるイメージの劣化が目立つようになり、その改善例を紹介した。ミラーの形状誤差が 10 mm 周辺の間空間周波数領域において 0.1 nmRMS 未満が要請されている。およそ 5 年前にはこの帯域の形状誤差としては高精度と言えた 0.13~0.25 nmRMS のミラーがインストールされているが、このたび、現在の技術限界に近い 0.08~0.09 nmRMS に修正加工を施し、顕著な改善結果を示した。なお、より高周波数の表面粗さは加工前後で変わらず 0.1 nmRMS 以下である。当然ながら入射角・使用エネルギー及び観測点までの距離に依存するのだが、SPring-8 の現実的な実験配置で 0.1 nm 未満の間空間周波数帯域が必要となっている。また、設置環境で導入されがちな数十 μm 程度のパーティクルからのスペックルも顕在化しており、これらの除去と定量化に取り組んでいる現状を示した。新たな光学素子開発として、ML (Multi-Layer) コートした KB ミラーシステム、高フルエンス集光 (300 exaW/cm^2) ミラーシステムや Wolter ミラー、東京大学と開発を進めている回転体ミラーによる Ptychography の試験結果を示した。Cr/C による ML コート KB ミラーシステムは SACLA で Coherent Diffractive Imaging (CDI) に最適化されたミラー及び試料調整機構である。ミラー形状計測・仕上げ加工、コーティングともに所内で開発された。2017 年度には SPring-8 キャンパス内に点在していた光学系開発の 3 ヶ所のクリーンルームを 1 つの建屋に集約し、次世代光源に向けた光学素子開発・評価環境の整備が進んでおり、その現況をまとめた。この中で、SPring-8/SACLA におけるコーティングラボについてあわせて紹介した。

Lahsen Assoufid (APS) は、高効率集光素子と波面補償光学素子に注力していることを述べた。年 150 件程度の結晶加工の要請があり、分光結晶、アナライザ結晶などの設計、製作、評価を 3 名の技術スタッフ

で対応している。共鳴非弾性散乱分光 (RIXS) アナライザ用の Quartz の結晶は東京電波から入手したほぼ完全な合成石英をもとに、高品質な球面アナライザ結晶の加工に成功している。これを用いて、Ir L3 の吸収端である 11.215 keV で 10.53 meV の高エネルギー分解能を達成した。また 27-ID では、従来 Si(844) で 25 meV であった分解能を、Quartz の新しいスペクトロメータにより 9.7 meV まで達成し、近い将来 5.5 meV も計画している。光学評価のためのビームライン 1-BM では、Al Macrander らが、Multilayer Laue Lens (MLL) や Zone Plate (ZP) を用いた簡易パッケージの顕微鏡システムの試験を行っている。ごく短時間で焦点距離の組替えが可能なものとして特許品である。

Andreas Schropp (PETRA III) は、PETRA III のナノ集光ビームライン P06 (試料点 98 m 程度) における光学素子開発から応用までを幅広く紹介した。検出器 Eiger X4M により 200 Hz の高速で、11 万点以上の蛍光スペクトルと回折パターンを一挙に計測可能としている。燃料電池触媒の劣化の様子を試料ステージ走査を止めない on the fly で Ptychography 測定している。3次元のデータセットは 166 TB にも達する。Fe、Ni、Ti、Cu、Ga の分布をスライスで示した。Be レンズ (Be-CRL) や Si ナノ集光レンズ (NFL) の特性をロンキーテストによりシミュレーションと実測を比較し、効果的な焦点位置の探し方を提示した。Be-CRL の収差の定量化を試み、波面誤差を 0.23 $\lambda \text{ rms}$ から 0.06 $\lambda \text{ rms}$ まで向上させた。位相誤差の補正前後で集光径は同じだが裾がなくなり効率が改善された。将来に向けて、NFL の他、Adiabatically Focusing Lens (AFL) や Refractive Lamellar Lens (RLL) の開発にも精力的に取り組んでいる。また、これらの光学素子を用いて、高空間分解能、高感度、2D・3D イメージング、その場観察 (in situ & operando) を目的にした Ptychographic Nano-Analytical Microscope (PtyNAMi) 装置の X 線イメージング装置を示した。対象は、触媒、バッテリー、太陽電池セル、マイクロチップなどを対象としている。Clunio-Larva の眼の断面の XRF で Ca や Zn の分布がきれいに映し出された。

S. D. Shastri (APS) は、高エネルギー集光用の Saw-

tooth 型あるいは Kinoform 型のレンズについて報告した。I-ID では、非対称のベントラウエモノクロと、高エネルギーモノクロが直列に配置されていて、40~140 keV の光エネルギーを光源から 60 m 及び 70 m のハッチに輸送する。高エネルギーモノクロ (50~150 keV で $\Delta E/E$ で 10^{-4} ~ 10^{-5}) の前後に、平行化及び集光のレンズを配置し、試料点で、1.3-20 μm FWHM を達成した。Pt、Au、Pb、Bi などの K 吸収端付近での共鳴吸収や、ブラッグコヒーレント回折などの利用がある。Saw-tooth lens は長い焦点距離を実現でき、Si の 0.2 mm teeth の素子により 100 keV で、18 μm の集光サイズを 30 m を超えるような焦点距離で実現可能である。また、1.6 m と 1.2 m の短い焦点距離により、 $13 \times 1.4 \mu\text{m}^2$ の集光を実現している。Si の Saw-tooth レンズの作り方は、窒化ケイ素のマスクと KOH の異方性エッチングを基本としている。一方、Kinoform レンズはレジスト膜と Cr 膜をマスクとして、100 μm の深さを deep RIE により Si を加工する。これらは BNL との共同研究である。Kinoform レンズでは、51.2 と 102.4 keV でそれぞれ 230 nm、660 nm FWHM を実現している。効率は設計値 64% に対して 17% であるので改善の余地がありそうだ。60 段の Kinoform レンズも試されており、71.7 keV では 1.2 μm の集光サイズが示された。50 keV 以上の高エネルギー領域においてもサブミクロンから 100 nm クラスの集光がすでに実現されている。

Thomas Roth (ESRF) は、3D printing による 2 次元集光可能な Kinoform レンズの評価を紹介した。SU-8 ポリマー類似の印刷樹脂を用いてステップ高さ 23 μm で R80 μm のレンズを PSI の Freder Koch らが試作し、7.5 keV で試験したが設計より数倍大きな集光径 5 μm に止まっている。ESRF 内の Al プレスによるレンズや Water-jet assisted laser cutting による 1 次元ダイヤモンドレンズについても紹介した。プレス時の温度があがりグレインが成長する様子も観察していた。

Hans-Christian Wille (PETRA III) は、Ru L3 エッジ 2.8 keV 付近の中程度分解能の RIXS と、Ir 73 keV の核共鳴 (NRS)、Sb、Te の 37 や 35 keV 付近の非弾性散乱 (IXS) のビームライン P01 の全容を述

べた。MPI-Stuttgart (Max Plank Institute Stuttgart) が資金と人を出し、DESY は人と装置を提供するという枠組みで進められている。Ru L3 エッジに特化した高分解能モノクロと KB ミラー及び RIXS 観測系が構築されている。Huber の回折計と、SiO₂ のアナライザ結晶により、全エネルギー幅 140 meV を実現している。Cu の L3 端ならば 40 meV、Ir の L3 端なら 25 meV となる。4-bounce モノクロメータにより入射ビームのバンド幅を 60 meV とするなどアップグレードが計画されている。一方、光エネルギー 73 keV に対しては、2 枚の非対称シリコン結晶により、バンド幅 158 meV が実現できている。この新しい装置はユーザーオペレーションが行われている。

Ichiro Inoue (SPring-8/SACLA) は、マイクロチャンネルカットとハーモニクセパレータについて報告した。SACLA の概要を丁寧に説明し、マイクロチャンネルカットを用いた新しいシード発振のスキームを述べ、反射型結晶による初めての XFEL シード発振の成果を示した。マイクロチャンネルカットの表面仕上げには大阪大学のプラズマジェット法が用いられている。XFEL や特に次世代放射光で期待されるハーモニクセパレータの考え方と試験結果がクリアに示された。高エネルギー側はミラーで落とす上で、プリズムにより低次を選択する。適切なスリットを配置するだけで 1 次、2 次、3 次と選択可能であり、水平エミッタンスが小さくなる次世代光源ではスペクトルが対称となるのでピンクビームの切り出しに好適なデバイスである。グラッシーカーボンのプリズムでは、SACLA で 1 次から 3 次光までを明瞭かつスペックルなく分離できている様子を示した。また、小型のハーモニクセパレータの提案も示しており、SPring-8-II における重要なデバイスの一つとなると期待される。

Hiroshi Yamazaki (SPring-8) は、これまでの SPring-8 の標準型 DCM 安定化の技術革新を振り返り、振動レベルに関しては 50 nrad 以下を当面の目標とし、現状を報告した。2008 年にすでにピンポスト結晶を用いた DCM で 56 nrad とほぼ目標値を達成していた。これは水冷であるため、ポンプからの脈動や配管内面をポリウレタンチューブにより滑らかにすることで達成した。2011 年以降は液体窒素冷却

DCM が標準となっており、一旦は悪化した但其の3年ごとに技術革新を重ね、現在の55~100 nradの振動レベルに至っている。この3年の主な改良点は、液体窒素・耐放射線対応の低振動フレキシブルチューブ ClearFlowFlex の一層の低振動化、チルトステージの高剛性化、流路の変更による。また、412 W の入熱に対して、2017 年度末には 208 nrad の揺れであったが、2018 年度始めには 109 nrad まで改善に成功している。使用エネルギー領域を 6.5~16 keV に限定することでステージの簡素化を図った新しい DCM の改造に取り組んでおり、2019 年に利用を計画していることも紹介した。

Christian Morawe (ESRF) は、2014 年の ESRF upgrade 以降 DMM (Double Multilayer Monochromator) が ID01、15A、19、31 で使用されていることを示した。バンド幅は 0.4~10% で、8~70 keV と多様である。このうち、ID15A の DMM は平面ミラーで 600 W を水冷で受けている。d-spacing をミラー長手方向で変え、発散ビームから収束ビームを形成する。2色の $\text{Ni}_{93}\text{V}_7/\text{B}_4\text{C}$ を 500 層として、0.36% のバンド幅にて 8 keV で 75% 以上の反射率を達成している。ID16A/B は 185 m の長いビームラインで、16A はナノイメージング、16B はナノ分析用に新たに光学配置された。ID16A には 3 色塗り分けの ML コーティングされたミラーがあり、水平方向は 50 μm の仮想光源に集光し、最終段に 33.6 keV に対応した ML-KB ミラーを配置する。12.0 \times 12.6 nm^2 の集光サイズで、6 \times 10⁹ ph/s を実現している。

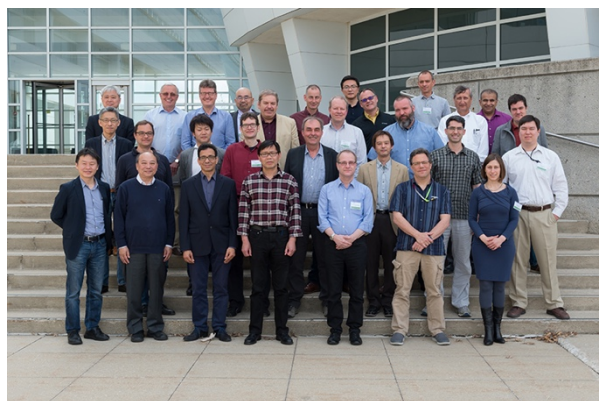
Ray Conley (APS) は、2016 年 12 月から試験運転が始まった Modular Deposition System (MDS) について報告した。装置全長 6.7 m で、最大 1.5 m のミラー長に対応する。5つの 75 mm 径と、3つの 250 mm のカソードを取付け可能としている。MoSi₂/B₄C の 700 層の ML では、反射率 75%、バンド幅 0.33% が達成されている。塗り分けの DMM を成膜し、18-ID に導入されている。12 keV でバンド幅 0.52% にて 83.3% の反射率を確認している。MDS では高精度のリニアモーションに工夫を凝らし、速度エラー 0.0025% 以下を目指す。真空内ブラシレス DC モーターとエンコーダーにより 3 m の移動に対して、速度エラーは 0.017% PV まで確認している。これにより、

より精密に傾斜厚さ変化を有する ML コート KB の実現が可能となっている。

昼食時の全体討論では、共同研究の領域について議論され、屈折光学素子、波面計測・補正、光学計測、高熱負荷素子、光学機械、Quartz や Sapphire のような結晶の加工などがあげられるとともに、成膜技術ではスタッフの相互訪問も話題となった。また、それぞれの施設のアップグレードに際して長期停止期間中のテストビームラインの可能性まで議論が広がった。

3WXOW の Lab Tour への参加者は少人数で、お互いにほぼ顔見知りであるので技術的に突っ込んだ生々しい話題も気兼ねなくやりとりできる貴重なひとときとなった。さらに、今回は、3WXOW とは独立であるが、LN₂供給設備と、3種類の異なる DCM の現状をそれぞれの実務担当者と現場で打合せできるよう L. Assoufid 氏に調整をお願いして、個別に時間を作ってもらうことができた。

全体を通じて、どの施設も、次世代計画に向けての技術開発と、とりわけ高エネルギー領域に注力している様子が見て取れ、我々も取り組みを一層加速する必要がある。高熱負荷、耐放射線の点で SPring-8 は他施設よりも厳しい技術要件を有する場面があるが、SPring-8-II を目指して技術課題の絞り込みを改めて考える好機となった。



参加者の集合写真

三極 X 線光学ワークショッププログラム

X-ray Optics Workshop

Wednesday, May 2, 2018

Welcome Address

Dennis Mills (APS Deputy Director for X-ray Science)

Session 1: Optics Overviews (8:00-10:00)

Overview of x-ray optics activities at PETRA III

Horst Schulte-Schrepping (PETRA III)

Overview of x-ray optics activities at the ESRF

Ray Barrett (ESRF)

Overview of x-ray optics activities at SPring-8

Haruhiko Ohashi (SPring-8)

Overview of x-ray optics activities at the APS

Lahsen Assoufid (APS)

Session 2: Focusing Optics (10:30-12:30)

Nanofocusing optics developments at PETRA-III

Andreas Schropp (PETRA-III)

High-energy x-ray focusing with saw-tooth and kinoform lenses

Sarvjit Shastri (APS)

Zone plates development of APS-U

Michael Wojcik (APS)

Refractive lens developments and characterization at the ESRF

Thomas Roth (ESRF)

Session 3: Crystal Optics (13:30-15:30)

Intermediate and high-energy resolution optics at P01

Hans-Christian Wille (PETRA-III)

Optics developments at SACLA: harmonic separator and μ -channel cut crystal

Ichiro Inoue (SPring-8)

Progress in Polishing of Channel-cut Crystal Monochromators

Elina Kasman (APS)

Stabilization of a standard DCM at SPring-8

Hiroshi Yamazaki (SPring-8)

Session 4: Thin Film & Mirrors Optics (16:00-17:00)

Developments in the ESRF multilayer laboratory

Christian Morawe (ESRF)

Update on the APS thin film coating activities and the Modular Deposition System

Ray Conley (APS)

Lab Tours

大橋 治彦 OHASHI Haruhiko

(公財) 高輝度光科学研究センター 光源基盤部門

〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1

TEL : 0791-58-0831

e-mail : hohashi@spring8.or.jp

第13回放射光装置技術国際会議 (SRI2018) 報告

公益財団法人高輝度光科学研究センター

光源基盤部門

仙波 泰徳

公益財団法人高輝度光科学研究センター

利用研究促進部門

小谷 佳範、安田 伸広

公益財団法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

馬場 清喜

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

XFEL 研究開発部門

井上 伊知郎、大坂 泰斗

1. はじめに

2018年6月11日(月)～15日(金)の期間に台湾・台北市で The 13th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI 2018) が National Synchrotron Radiation Research Center (NSRRC) をホストとして開催された。この会議はシンクロトロン放射光・X線自由電子レーザーに関連した新しいコンセプトや利用技術、装置開発などに関する国際会議で3年毎に開催されており、2015年にアメリカ・New Yorkで開催されたSRI2015に続くものである。前回、前々回ともに7月だった開催時期は、今回は台風シーズンを外すため6月となった

そうだ。会場は建設当時に世界一の高さを誇った台北101のすぐそばのTaipei International Convention Center (TICC)であった。

Opening ceremony では台湾副総統によるスピーチがあり、放射光科学に対して国を挙げて取り組む姿勢が示されたように思う。学会会場入り口でセキュリティチェック(金属探知ゲートと持ち物検査)を受けるのが初めてだったのは筆者だけではなかっただろう。会議への参加者は850名以上(25カ国)で、国別では多い順に台湾204名、ドイツ160名、日本125名、アメリカ98名、中国60名と報告された。

Plenary session は、1～3日目の朝8:30～10:00と5日目の13:30～14:30にそれぞれ2、3件(計10件)の講演があった。Tetsuya Ishikawa(理研)は、放射光科学全般におけるこれまでの開発史の詳細をレビューし、今後の展望について報告した。Christoph Quitmannは、2017年に利用を開始しているMAX



写真1 会場 TICC (左側) と台北 101



写真2 Opening ceremonyの様子

IVのリングやビームラインの現状について報告した。Pantaleo Raimondi (ESRF)からは、今年の冬に控えているアップグレードに関し、現在の準備状況や工程などの報告があった。シャットダウン期間は2018年12月~2020年8月で、そのうちの1年間はリングの改修に、残りの9ヶ月が加速器とビームラインのコミッショニングにあてられると報告された。

Poster session (約380件)は1~3日目の10:30~12:30に、Taiwan Photon Source (TPS) サイトツアーが3日目の午後であり、残りの時間は4会場に分かれたParallel session (226件、うち招待講演135件)という日程であった。以下にParallel session名を示す。

- SR Facility
- XAS
- Coherent techniques I, II
- X-ray optics I, II, III
- Novel ID's
- IXS, emission and RIXS I, II
- Facility updates
- Structural biology techniques
- FEL facilities I, II
- Time resolved spectroscopy
- Imaging I, II, III
- BL innovation I, II, III
- BL diagnosis I, II
- Photoemission
- Crystallography & scattering
- Detectors I, II
- Integrated facilities & novel ID
- Scanning imaging & magnetism
- Data acquisition I, II
- High-pressure
- Sample environment & delivery systems
- Industrial applications
- Bioimaging
- IR & imaging

多数の分野の発表が4会場で行われて進められたため全ての分野を網羅できていないことをお断りし、以下に筆者らが分担した会議報告を記す。

(仙波)

2. Crystallography & scattering

回折や散乱を主題としたセッションは3日目の午後に行われ、“Crystallography & scattering”というタイトルになっている。口頭発表者は7名で、以下に簡単に紹介する。詳細に関しては予稿やプロシーディングを参照いただきたい。

Björn Wehinger (University of Geneva) は、ESRFを利用した散漫散乱測定によって鉱物試料の弾性テンソルを決定した手法について報告した。

Takashi Tomizaki (PSI) は、超音波によって浮遊させたタンパク質結晶を含む液滴を利用した結晶解析法について報告した。Nigel Kirby (Australian Synchrotron) は、タンパク質溶液の小角X線散乱測定の際のX線損傷を軽減するためin-line SEC-SAXS法を利用できるようにし、その効果について報告した。また、その有用性についてPETRA IIIでの実験を行っている。Dmitry I Svergun (EMBL) から、PETRA IIIでのタンパク質溶液による小角X線散乱を利用した研究の紹介がなされた。

Timothy Spain (Diamond Light Source)からは、Diamond Light SourceでのPair Distribution Function (PDF) 解析に関して報告がされ、non-expertユーザーのための自動測定技術に関する紹介がなされた。

BL13XU担当者であるYasuhiko Imai (JASRI)からは、BL13XUに新しく建設された実験ハッチでのナノビームの性能や最近の成果に関する紹介がなされた。最後の講演者であるWei-Tsung Chuang (NSRRC)からは、dendron-jacketed block copolymers (DJBCPs)と言われる高分子材料のSACS/WAXS測定をTaiwan Light Source (TLS)で行ったことが紹介された。

本セッションでは台湾、日本が1名ずつであるが、その他はヨーロッパの放射光施設の実験結果が報告されている (Australian SynchrotronのNigel KirbyもPETRA IIIでの実験結果を一部紹介している)。また、利用している検出器に関しても、5名が同一メーカーのフォトンカウンティング型の検出器を利用していた。ヨーロッパの放射光施設は検出器のメーカーとの共同開発も多く、ランチミーティング中に新しい検出器の発表も行われており、検出器に関するポスターも多く見られた。SPring-8においても現在検出器に

関してはフォトンカウンティング 2 次元検出器の導入が活発になっており、光源のアップグレードも見据え、目となる検出器や検出方法の研究開発をより精力的に行う必要があると思われた。

(安田)

3. Sample environment & delivery systems

試料環境や取り扱いに関することを主題に、“Sample environment & delivery systems”のセッションが5日目の午前に行われ、4名の口頭発表がなされた。

Sebastian Goede (European XFEL) からは、液体水素ジェットの FEL による観察結果について紹介がなされた。Chris Benmore (Argonne National Laboratory) からは、APS で行われている放射性物質 (UO_2) のガス浮遊状態でのレーザー加熱による溶融状態の PDF 解析結果とともに、放射性物質を安全に取り扱うための機器に関する発表がなされた。また、Wladek Minor (University of Virginia) からは、タンパク質構造解析における問題点に関する研究とともに測定効率に関する指摘が講演の中でなされている。最後に Tim van Driel (SLAC National Accelerator Laboratory) からは、レーザーによる時間分解測定を液体散乱によって解析した結果について講演がなされた。

本セッションで一番興味深いと感じた講演は放射性物質の溶融状態の解析であった。 UO_2 のような放射性物質の測定については SPring-8 でも行われているが、それを溶融させて測定を行っているのは非常に興

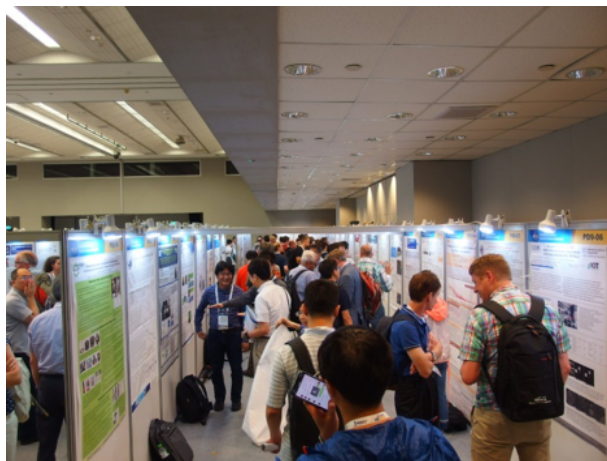


写真3 ポスター会場の様子

味深い。 PuO_2 の測定も行うとのことであり、放射性物質とまではいかなくても、このような高度な試料の取り扱い手法や測定環境に関する開発を進めていく必要性を感じる講演であった。

(安田)

4. タンパク質結晶解析

タンパク質結晶構造解析関連の発表は、複数のセッションに分かれていた。今回の報告では、発表された次世代光源のビームラインの計画、最新の測定技術などについて報告する。

次世代光源でのビームラインの計画について、Robert Fischetti (APS) は、ビームサイズの微小化、pink beam を利用した serial millisecond crystallography (SMX) を、Thomas Ursby (MAX IV) は、multi-bend achromat storage ring の wide bandpass beam を用いた Serial Crystallography について報告していた。また、Antoine Royant (ESRF) も、ビームサイズの微小化、pink beam を利用したビームラインの計画を報告していた。

最新の測定技術として、微小結晶からのデータ収集／解析の高速化、高効率化についての発表が多数あった。Masaki Yamamoto (理研) は、SPring-8 で開発された high-throughput data collection パイプライン“ZOO システム” (高速高精度な X 線を用いた結晶位置のスキャン測定と結晶のサイズに合わせた測定手法、取得データの自動処理を組み合わせた高難度 (微小) 結晶からの自動測定) などについて発表した。シンクロトロン、XFEL ともに微小結晶からの結晶構造解析においては、複数結晶から取得した微小回転角度分もしくは静止の回折像から同型性の高いデータを選択して処理を行う必要がある。他の施設の発表でもこれらの自動解析の実用例が発表されていた。

Adam Round (European XFEL) は、2017年に立ち上げたビームラインでの Injector による試料搬送システムと光励起によるポンププローブ実験の実験環境構築と実験を開始している事例を報告した。この XFEL の serial femtosecond crystallography (SFX) に対して、シンクロトロンでは SMX に向けた技術開発として SFX 用に開発された Injector システムの利用のみでなく、試料を X 線に照射する手段、試料搬送

装置の開発が報告されていた。Gleb P. Bourenkov (PETRA III) は、室温環境下での Serial, in-situ-, time-resolved のための測定手法、装置について報告しており、Chia-Ying Huang (PSI) は、In meso in situ serial crystallography (IMISX) について発表していた。また、Aina Cohen (SSRL) は、SSRL と LCLS で開発されている結晶を照射位置に配置するための独自開発の装置類、試料を搬送する MESH injector について発表した。Takashi Tomizaki (PSI) は、ultrasonic acoustic levitation を用いたタンパク質結晶のタイムラプス測定手法の開発成果を報告した。

Armin Wagner (Diamond) は、低エネルギー領域を利用可能であるビームライン I23 の利用事例を発表した。試料周辺を真空にする独自の技術を導入することで空気による減衰、バックグラウンドの低減を実現していた。2.1 から 11.5 keV までのエネルギーが利用可能となることで、phosphorus、sulfur、potassium、calcium の吸収端での測定が可能となり、SAD 法による位相決定のみでなく、金属の種類も同定に利用できることが報告された。

(馬場)

5. Scanning imaging & magnetism

Scanning imaging & magnetism のセッションでは、4 日目の午前中に 6 件の口頭発表 (招待講演 2 件を含む) が行われた。また、関連性の高いポスターセッションとして Scanning image/microscopy というタイトルでその前日に 8 件の発表が行われた。

Rachid Belkhou (SOLEIL) が、集光ビームを利用した走査型透過 X 線顕微鏡 (STXM) と平行ビームを利用する光電子顕微鏡 (XPEEM) の 2 タイプのイメージング装置を紹介した。ともに HERMES ビームライン上に設置され、空間分解能 20 nm 以下を目指している。STXM 開発では最外輪帯幅 8.8 nm のゾーンプレートを製作していることから集光性を追求した設計と見える。XPEEM の研究例では試料の上部に張ったワイヤーのシャドウ部で MCD コントラストが得られるという報告があった。

SPring-8 BL25SU 担当者である Tetsuya Nakamura (JASRI) からは、XMCD 研究としては世界最大磁場と過 40 T パルス磁場型 XMCD 装置の

紹介があった。加えて、ナノ集光 XMCD 装置によるイメージング技術の報告も行われた。

Yao-Jui Chan (National Sun Yat-sen University) による直交ダブルウェッジ形成した Fe/Co 薄膜のキラル磁性ドメインに関する研究発表があった。これは台湾の NSRRC で実施されたものである。Fe/Co 二重層ではスピン再配向転移 (SRT) による強磁性結合が主であるが、それに加えてネール磁壁とブロッホ磁壁の競合によって発生するキラルバブルドメインが観察され、これは各々の膜厚で制御できるという報告であった。

Hiromichi Adachi (信州大学) は、共鳴磁気 X 線散乱を偏光分光法に適用するために、磁化反転時の相対的強度変化の理論式は、共鳴が結晶場の介在しない電気双極子遷移のモデルによって導出することを示し、共鳴磁気散乱偏光計の展望について議論した。

Paul Steadman (Diamond Light Source) が、XMCD 計測のための 14 T クライオマグネットの開発について報告した。これは軟 X 線ビームライン BLADE (400 eV~1.6 keV) のエンドステーション用の超伝導スプリットペアコイルである。完全磁場反転に要する時間は 60 分と、十分に実用的な変更速度と言える。測定環境としては試料冷却が可能で、X 線吸収は全電子取量法と蛍光取量法が利用できると報告した。磁化曲線でダブルステップが観測された DyFe₂/YFe₂ 多層膜を研究例として示した。

Patrick Zeller (Elettra) は、アンビエント光電子分光によるイメージング装置を報告した。ゾーンプレート集光によってビームサイズを縮小可能であるため、高い空間分解能で試料のマッピングができること (Resolution < 50 nm)、また、微小領域からの local-XPS 測定が可能であること (Resolution ~120 nm) が特徴である。さらに、数 100 μm 径のピンホールを介して試料槽と測定槽が隔たれているために 0.1~1 mbar の圧力差も許容できるとした。これらの機能を満たす試料セルの概形図は予稿集に掲載されているので確認していただきたい。アンビエント測定を活かした銅の酸化条件下の研究を紹介した。

全体を通して、放射光施設におけるイメージング装置は数 10 nm 程度の空間分解能を有していることはスタンダードであり、これにどのような付加機能を設

けられるかが各個装置の特徴となり、さらには研究分野の選択となるようである。一方で、さらなる空間分解能の向上にはミラー集光や FZP 集光では頭打ちとなり、別の手法、例えばコヒーレント回折イメージングなどが有力な候補となるだろう。近い将来 Scanning imaging & magnetism のセッションでも盛んに議論される兆しを感じた。

(小谷)

6. Optics、ビームライン関連

Saša Bajt (DESY) は、Multilayer Laue Lens (MLL) の開発状況について報告した。多層膜形成時にマスクの半影を利用して傾斜をつけた MLL を作成し、タイコグラフィ法を用いてサブ 10 nm の 2 次元集光が実現されていることが示された。

Kawal Sawhney (Diamond Light Source) は、集光光学系の波面補正を refractive compensator で行うことを提案した。多段屈折レンズや KB ミラーの集光波面誤差を透過型の refractive structure により補正することで集光サイズの微小化および増大化が達成されることが報告された。

Yi-Wei Tsai (NSRRC) は、“interference - monochromator”として Fabry Perot 干渉計と 2 結晶分光器を組み合わせた新しい高エネルギー分解能分光器について発表した。測定結果として、単色化された X 線 (14.439 keV) のエネルギー幅 3.45 meV が示された。温度を 300~360 K の間で変化させることにより、取り出されるエネルギー範囲を 2 eV 程度変えることが可能とのことである。

高エネルギー X 線 (40 keV 以上) 用の光学素子として、Kenneth Evans-Lutterodt (Brookhaven National Labs) は、シリコン Kinoform Lens でサブミクロン集光が実現されていることを報告した。また、John Patrick Sutter (Diamond Light Source) は、1 m 長の多層膜形状可変ミラーを用いて 80%以上の反射率で 10 μm 程度の集光を達成していることを示した。

Jumpei Yamada (大阪大学) は、SPRING-8 で行っている凹面と凸面のミラーを組み合わせた imaging mirror の開発状況について、Hidekazu Mimura (東京大学) は、SACLA での KB ミラーと回転楕円ミラ

ーを組み合わせた SX 用 2 段集光系について、Yasunori Senba (JASRI) は、SPRING-8 BL25SU 用のモノリシック Wolter タイプ集光鏡について、それぞれ報告した。

Hongchang Wang (Diamond Light Source) は、集光調整自動化のためのスペックル観測による波面計測について発表した。この手法を KB ミラーの入射角度調整やバイモルフミラーの形状最適化に用いることで、従来のナイフエッジを用いた調整に比べてより高精度な調整が短時間で実現できることを報告した。

Hirokatsu Yumoto (JASRI) は、coherent diffractive imaging システムの開発について発表した。多層膜ミラーを用いることで大強度サブミクロン集光ビームを形成し、金ナノ粒子のイメージの回復に成功していることが示された。

Haruhiko Ohashi (JASRI) は、SPRING-8 標準型液体窒素冷却 2 結晶分光器の安定化に関して報告した。結晶の振動を抑制するために液体窒素配管の低振動化やステージの高剛性化、液体窒素の高精度温調により角度振動量は 6 年前の 1/10 となっていることが紹介された。

今回の SRI では驚くような技術的進歩は見受けられなかったように思われるが、多くの施設でサブミクロン・数 10 nm の集光ビームが安定にユーザー利用に供されているという印象を受けた。また、従来のナイフエッジ法だけでなくタイコグラフィ法などを用いた素子の評価や集光調整も一般的になりつつあるようだ。

(仙波)

7. XFEL

7-1 施設報告

XFEL は 2 つのセッションが設けられており (FEL facilities I, II)、そのうちの 1 つのセッションでは各 XFEL 施設のオーバービューがあった。Robert Feidenhansl (European XFEL) からは、レーザー発振から 4 ヶ月で利用実験を開始したことが報告された。利用実験の採択率が 20%程度と非常に競争率が高く、来年末までにさらに 2 本のアンジュレータを稼働させて軟 X 線から硬 X 線まで広い波長範囲をカバー

するようである。パルスの繰り返し設計値 (2,700 バンクトレイン@10 Hz) にまだ届いていないものの、1 秒間あたり 300 パルスを超えるような高繰り返し FEL が既に実現されている。また、パルスエネルギーも 1 mJ 程度と既存の FEL 施設と同程度の値が得られている。

Ki Bong Lee (PAL-XFEL) からは、加速器やビームラインの R&D が一段落し、2018 年 3 月から通常のユーザー運転に入ったことが紹介された (それまでは early user experiment と呼んでいたそう)。典型的なパルスエネルギーは 500 μ J 程度で、ごく最近ダイヤモンドを利用したセルフシードによって単色の XFEL 発振にトライしていることが紹介された。

Luc Patthey (SwissFEL) は、3 keV までの光子エネルギーの FEL 発振に成功したことを報告した。光子エネルギーが硬 X 線領域に届いていないのは、モジュレータ関係のトラブルによって電子ビームのエネルギーが 2.7 GeV までしか達成できていないためである。2018 年の 10 月までに硬 X 線領域の FEL が実現される見通しだそうである。

SACLA からは、Toru Hara (理研) が現状報告を行った。振り分け電磁石を用いたビーム振り分けによって 2 つのビームラインで同時に XFEL 利用ができるようになったことや、大きく波長が異なった 2 色 XFEL の発振技術について紹介した。

7-2 光源・光学系

European XFEL からセルフシード用に作成された 35 μ m 厚のダイヤモンド結晶とその駆動機構についての報告があった。高繰り返し XFEL マシンである European XFEL では X 線照射による結晶の温度上昇が無視できないほど大きいため (European XFEL のバーストモードの 2,700 パルストレインの最初と最後のパルスで結晶の温度が 24°C 異なるそうだ)、結晶の角度を動かすことで温度上昇による結晶の格子定数の変化を補償するそうである。

Ichiro Inoue (理研) からは、Si チャンネルカット結晶を利用したセルフシード技術について報告した。ダイヤモンドの forward Bragg diffraction を利用した従来のセルフシードと比較して、本手法ではより効率よく強いシード光を得られることができる。この手法

を利用することで、SACLA において通常の運転モードのスペクトル密度を超える高強度の狭帯域 XFEL が実現できたことを紹介した。

Diling Zhu (LCLS) からは、Si(220)のチャンネルカット結晶のみで構成された硬 X 線分割遅延光学系の報告があった。一方の刃のエッジ部を利用して硬 X 線パルスを波面分割可能なチャンネルカット結晶 2 個と、分割パルス間の遅延時間を制御するための非対称チャンネルカット結晶 2 個とで構成されており、遅延時間を約 10 ps の範囲で連続的に走査した際でも、集光位置の変動を約 1 μ m 以下に抑えることに成功している。チャンネルカット結晶内壁部に残存するダメージによる波面の乱れ、非対称反射の影響による波面の傾き等、課題は多く残っているものの、安定性が問題となっている分割遅延光学系に対する新たなアプローチとして興味深い。

Taito Osaka (理研) は、SACLA における分割遅延光学系の開発状況について報告した。試作機で問題となっていた遅延時間変更時の角度変化を、剛性の高い直進ステージを利用し、さらに小さな移動量でも遅延時間変化の大きな配置を採用することで改善する。また、BL3 の光学ハッチに常設することで、事前調整の短縮や実験手法の拡大が可能になることを紹介した。

7-3 新規な実験手法

Henry Chapman と Ralf Rohlsberger (DESY) から、高次コヒーレンス計測による量子イメージング・構造解析の発表があった。強度干渉などの高次コヒーレンス現象を観測する場合には、光のコヒーレンス時間とパルス幅 (または、検出器の応答時間) が同程度である必要がある。FEL の登場によって短パルス X 線が利用可能になり高次コヒーレンス現象が比較的簡単に観測できるようになったため、このような研究が行われるようになったのであろう。可視光領域で、量子イメージングや非古典光の生成法の研究が最近流行していることを考えると、X 線領域での高次コヒーレンス現象の開拓は非常に面白い研究テーマになり得るだろう。

Stefan Eisebitt (MBI) の発表では、FEL 利用におけるショット毎の特性診断の重要性を強調し、中でもサンプル上での集光ビームのフルエンス分布の評

価に関して報告があった。周期が2次元的に分布した回折格子上に試料を配置することで、試料からの散乱を取得しつつ、 ± 1 次の回折ピークの形状からサンプル上のビームプロファイルが分かる。また、正負の回折ピークの違いを解析することで、光軸方向にプロファイルの変化しているビームに対しても適用可能だとのこと。空間分解能は回折格子周期の約10倍となるようで、ナノビームの評価には至っていないが、測定と診断とを同時に行えるという点で興味深い。

(井上、大坂)

8. サイトツアー

NSRRCの敷地内には1994年から利用されている1.5 GeVリングTaiwan Light Source (TLS)と2016年に利用開始された3 GeVリングTaiwan Photon Source (TPS)が併設されており、会議4日目の午後にTPSのサイトツアーが開催された。学会会場からNSRRCのある新竹市へバスで約1時間移動し、昼食ののちに加速器収納部内のツアーやビームラインのツアーが一定時間毎に行われた。収納部ツアーでは、見学に合わせたのかもしれないが、コンポーネントの入れ替え作業が行われており、収納部上部の屋根を外してツアーに参加しない人も上部から見学ができるようになっていた。また、挿入光源などの説明も各所で行われており、興味深そうにコンポーネントを見ている写真がクロージングで紹介されていた。ビームラインツアーでは、Phase-Iで建設された7本のビームラインを含む計9本のビームラインが公開された。

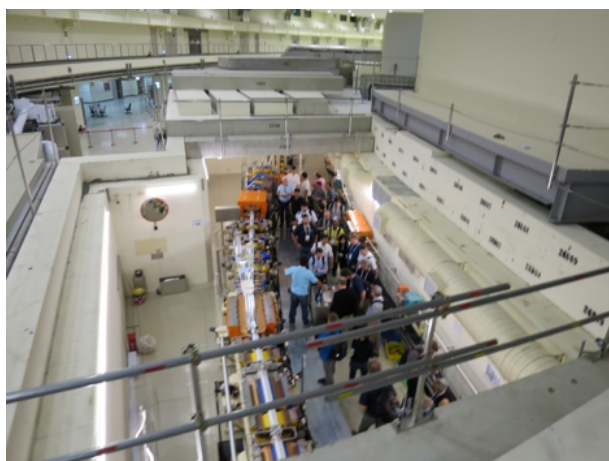


写真4 TPS サイトツアーの様子 (加速器収納部を上から)

Temporally Coherent X-ray Diffraction (09A)ではX線回折による時間分解計測をターゲットにしており、高精度粉末回折計や多軸回折計、高精度モノクロメータ用架台が所狭しと並べられていた。また、ハッチ下流にはレーザーブースが設けられており、レーザーを利用したポンププローブ実験ができるとのことである。また、X-ray Nanodiffraction (21A)では巨大な真空チャンバーがハッチに設置され、特注のラウエ回折用ハイブリッド検出器のコントローラがぶら下がっているという迫力のある光景が見られた。チャンバー内に回折用の検出器の他にも蛍光X線やSEMが入れられており、ナノビームを利用した同時測定が可能になっていた。



写真5 TPS サイトツアーの様子 (実験ハッチ 09A)

軟X線ビームラインは3本公開されており、うち2本のアンジュレータビームライン(41A、45A)では、分光器としてC. T. Chenが開発したDragon型分光器の発展版であるActive Grating Monochromator (AGM)が採用されていた。不等刻線間隔回折格子を25個のアクチュエータにより形状制御することで収差を低減しエネルギー分解能数万が達成されており、2000年台初頭から開発を続けてきた技術が高い水準に到達していることが示された。RIXS エンドステーション(41A)ではスペクトロメータとしてもAGMが採用されており、酸素K-edgeでトータルエネルギー分解能20,000以上を達

成しているとのことであった。各光学素子の架台や実験装置架台にはヘキサポッドステージが組み込まれており、このステージが共通基盤として採用され安定に運用されている様子をうかがうことができた。

(仙波、安田)

9. おわりに

Closing session では Kai Siegbahn 賞、SRI Young Engineer/Scientist 賞、SRI Poster 賞、Photonics Poster 賞の授賞式が催された。Makoto Hirose (大阪大学) が、SPring-8 での成果の発表“Development and application of hard X-ray spectroptochography using Kirkpatrick-Baez mirrors”で見事ポスター賞を受賞されたことを報告しておく。

終わってみればあつという間の 5 日間で非常に内容の濃い会議であった。会場の雰囲気は気温に負けず熱く活気にあふれていたと思う。次回の SRI2021 は DESY と European XFEL をホストにハンブルクで 2021 年 8 月 31 日～9 月 3 日に開催されることが報告された。ハンブルクは記念すべき第 1 回目の SRI1982 が開催された都市であり、39 年ぶりとなる第 14 回 SRI も盛り上がることを期待したい。

仙波 泰徳 SENBA Yasunori

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

小谷 佳範 KOTANI Yoshinori

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0802 ext 3361
e-mail : ykotani@spring8.or.jp

安田 伸広 YASUDA Nobuhiro

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0802 ext 3106
e-mail : nyasuda@spring8.or.jp

馬場 清喜 BABA Seiki

(公財) 高輝度光科学研究センター タンパク質結晶解析推進室
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0833
e-mail : baba@spring8.or.jp

井上 伊知郎 INOUE Ichiro

(国) 理化学研究所 放射光科学研究センター
XFEL 研究開発部門
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0802 ext 9705
e-mail : inoue@spring8.or.jp

大坂 泰斗 OSAKA Taito

(国) 理化学研究所 放射光科学研究センター
XFEL 研究開発部門
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0802 ext 7866
e-mail : osaka@spring8.or.jp

第 18 回 SPring-8 夏の学校を終えて

SPring-8 夏の学校実行委員会
委員長 八木 直人 (JASRI)

夏の学校の概要

「第 18 回 SPring-8 夏の学校」は、2018 年 7 月 8 日 (日) ~7 月 11 日 (水) の 3 泊 4 日の日程で、全国 21 校から 60 名の学生の参加を得て、放射光普及棟および SPring-8 蓄積リング棟を会場として開校されました。この夏の学校は、SPring-8 サイトに施設を持つ各機関 ((公財) 高輝度光科学研究センター (JASRI)、理化学研究所放射光科学研究センター、日本原子力研究開発機構・物質科学研究センター、量子科学技術研究開発機構・放射光科学研究センター) と、これらの機関と連携大学院協定を持つ大学 (兵庫県立大学大学院物質理学研究科・生命理学研究科/産学連携・研究推進機構 放射光ナノテクセンター、関西学院大学大学院理工学研究科、岡山大学大学院自然科学研究科) および SPring-8 サイトにビームラインを持ちそこで教育を行っている大学 (東京大学放射光分野融合国際卓越拠点、大阪大学・未来戦略光科学連携センター・蛋白質研究所・核物理研究センター) が主催して、ビームタイムや教官を供出し合って行ったものです。校長は東京大学大学院新領域創成科学研究科の雨宮慶幸先生にお願いしました。実行委員会は主催団体のスタッフで構成され、事務局は JASRI 利用推進

部が行いました。なお、主催大学の中には夏の学校への参加を講義として単位認定しているところもあります。

カリキュラムについて

夏の学校では通例として、初日に 3 講座、2 日目に 4 講座の講義を行い、その後の 2 日間に 2 テーマの実習を行っています。また、SACLA と SPring-8 実験ホールの見学、さらには SPring-8 蓄積リング加速器収納部の見学が行われました。参加者間の交流を深めるため、自己紹介や懇親会も行っています。今年のスケジュールは以下の通りでした。



図 1 講義風景

第 18 回 SPring-8 夏の学校 日程表 – 2018 年 7 月 8 日 (日) ~11 日 (水)

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
7/8 (日)	9:00-9:30 受付	9:30- 開校式	10:10-11:30 ≪講義1≫ ビームライン 山崎 裕史	11:30-13:00 昼食	13:00-14:20 ≪講義2≫ X線検出器の基礎 雨宮 慶幸	14:30-15:30 ≪講義3≫ X線イメージング 電島 靖	16:00-17:30 ≪講義4≫ X線検出器の基礎 山崎 裕史	17:30- 移動	18:00-19:30 懇親会			
7/9 (月)	9:00-10:20 ≪講義4≫ 放射光発生基礎 金城 良太	10:30-11:50 ≪講義5≫ X線自由電子レーザー入門 井上 伊知郎	11:50-12:40 昼食	13:00-14:10 SACLA見学	14:30-15:50 ≪講義6≫ X線回折入門 (初級編・中級編) 熊坂 崇・高橋 功	16:00-17:20 ≪講義7≫ XAFS 西畑 保建	17:20-18:30 夕食	18:30-20:30 SPring-8実験ホール見学				
7/10 (火)	移動	9:30-17:00 ビームライン実習1						17:30-18:45 SPring-8蓄積リング 加速器収納部見学	18:45-20:00 懇親会			
7/11 (水)	移動	9:30-17:00 ビームライン実習2						17:30-18:00 移動	18:00- 閉校式			

ビームライン実習について

実習のテーマと使用したビームラインおよび担当者（敬称略）は以下の通りです。

- BL01B1 “その場”XAFS 計測
(加藤和男・伊奈稔哲・宇留賀朋哉 (JASRI))
- BL02B1 単結晶構造解析の入門
(野上由夫 (岡山大学)・杉本邦久・安田伸広 (JASRI))
- BL04B1 大容量高圧プレスと白色X線を用いたX線回折実験
(肥後祐司 (JASRI))
- BL04B2 高エネルギーX線を用いたガラス・液体の構造解析
(尾原幸治 (JASRI)・廣井慧 (NIMS))
- BL07LSU 推理の放射光元素分析
(松田巖・原田慈久・和達大樹 (東京大学))
- BL08B2 XAFS による担持試料酸化及び還元反応のその場観察
(李雷・籠島靖・横山和司 (兵庫県立大学))
- BL13XU サブミクロン集光放射光ビームによる局所領域回折実験
(木村滋 (JASRI/岡山大学)・隅谷和嗣 (JASRI))
- BL14B1 放射光を利用した高温高圧合成
(齋藤寛之・城鮎美 (QST))
- BL14B2 XAFS 分析の基礎
(本間徹生・大淵博宣 (JASRI)、廣沢一郎 (JASRI/岡山大学))
- BL19B2 粉末X線回折
(大坂恵一 (JASRI)、廣沢一郎 (JASRI/岡山大学))
- BL19LXU 放射光時間分解X線回折法
(田中義人 (兵庫県立大学))
- BL20B2 放射光X線画像計測の基礎
(星野真人・上相真之 (JASRI))
- BL23SU 放射光光電子分光による物質の電子状態分析
(川崎郁斗・藤森伸一 (JAEA))
- BL25SU 高分解能軟X線光電子分光
(横谷尚睦 (岡山大学)、室隆桂之 (JASRI))
- BL33LEP GeV 光ビームと物質の相互作用
(與曾井優・郡英輝・堀田智明・中野貴志 (大阪大学))
- BL38B1 単結晶回折 (タンパク質)
(熊坂崇 (JASRI/関西学院大学)・馬場清喜・河村高志 (JASRI))

- BL39XU 硬X線磁気円二色性分光による磁性体試料の解析
(鈴木基寛・河村直己・水牧仁一朗 (JASRI))

- BL40B2/BL45XU X線小角散乱法を用いたタンパク質分子の構造解析
(八木直人・関口博史 (JASRI)・引間孝明 (理研))

- BL43IR 顕微赤外分光による種々の組成分布解析
(池本夕佳・森脇太郎 (JASRI))

- BL44XU 単結晶回折 (タンパク質)
(山下栄樹・高木賢治 (大阪大学))

- BL46XU 硬X線光電子分光
(小金澤智之・安野聡 (JASRI)、廣沢一郎 (JASRI/岡山大学))



図2 実習風景

今年は豪雨の影響で交通機関が止まったため、初日の講義に間に合わない学生も多く、参加キャンセルもありました。しかし初日の夕方には参加者が全員揃って、自己紹介と懇親会にのぞむことができました。

今回は、夏の学校では初めてSACLAの収納部を見学させていただきました。最新鋭の加速器やアンジュレータを見て、参加者からは、「圧巻だった」、「さすが日本の技術」などの感想が聞かれ、学生に科学技術の最先端に触れてもらうことの重要性を再認識しました。

2016年、2017年と、夏の学校は参加申込みが100名以上あり、苦勞して減らして参加者を90名程度に絞っていたのですが、今年は参加申込みが70名程度しかなく、最終的にキャンセル等で60名での開催となりました。そのため実習も少人数で行うことがで

き、教育効果という面では充実しており、また事務局も個々の参加者の把握が容易で安心して運営が行えたというメリットがありました。しかし、参加希望者の減少が大学での SPring-8 への関心の低下によるものであるならば、重大な問題です。今回の夏の学校では参加大学数は参加者数とほぼ比例して減少していますが、その分布が東は筑波大学から西は九州大学までの範囲となっており、地方大学からの参加が減少している傾向が見受けられます。来年度はこの点を考慮して夏の学校の企画を進める必要があると思われま

謝辞

熱意のこもった講義をしていただいた講師の先生方、2日間にわたる実習を熱心に指導していただいた実習担当の皆様、分かりやすい説明で参加者の興味を引きつけてくださった見学引率者の皆様、特に大人数の参加者に SPring-8 蓄積リング加速器収納部の見学を可能にしていただいた JASRI 光源基盤部門の方々、SACLA 収納部の見学にご尽力いただいた理研の井上伊知郎氏および関係者の方々に感謝致します。また、事務局としてウェブ作成から懇親会・バーベキューのお世話までご努力いただいた JASRI 事務局担当者の方々にも感謝したいと思います。

八木 直人 YAGI Naoto

(公財) 高輝度光科学研究センター
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-2750
e-mail : yagi@spring8.or.jp

第 18 回 SPring-8 夏の学校に参加して

東京大学 新領域創成科学研究科
石原 正輝

私の所属する研究室は、SPring-8 にて実験を行う機会が多くあります。私自身は今年修士1年として入学したばかりということもあり、SPring-8 での実験どころか、その場所にさえ行ったことがないという状況でした。そこで、今後 SPring-8 を利用することが多くなることも見据え、第 18 回 SPring-8 夏の学校に参加しました。

SPring-8 夏の学校は主に、講義と実習、実験施設見学、そして SPring-8 の研究員、他の参加者の方々と交流会から構成されます。まず、講義では放射光や SPring-8 に関する基礎知識とその応用などを学びました。講師の方々は、放射光を主に扱っているという点では共通する部分があるものの、様々な研究テーマを持っており、各講義で自分の研究分野に即した応用的な事柄も説明してくださいました。放射光についての基礎知識はもちろんですが、実際の研究も交えた講義は非常に勉強になりました。

実習では、BL40B2 (X 線小角散乱法を用いたタンパク質分子の構造解析) と、BL19LXU (放射光時間分解 X 線回折法) を選択しました。BL40B2 では X 線溶液散乱法を用いたタンパク質の構造評価などを行いました。普段の私の研究テーマと似ていたこともあり、これから私が行う研究にもプラスになるようなことを、技術的、そして理論的側面の両方から学ぶことができました。BL19LXU では、パルスレーザーと X 線を用いた時間分解ポンプ・プローブ測定を行いました。自分の専門分野ではないものの、わかりやすい説明をしていただいたおかげで興味を持ち、積極的に実習に取り組むことができました。X 線を使用している点は同じでも、普段の研究とは違う分野にも触れることができるのは、この実習の非常に良い点だと感じました。

また、施設見学では、2日目に SACLA と SPring-8 実験ホール、3日目には加速器収納部へ行かせていただきました。引率者の方が実験装置やそこで行ってい

る実験について丁寧に説明していただき、講義で学んだ内容と相まって理解がさらに深まりました。特に印象的だったのは、加速器収納部見学です。というのも、単に SPring-8 を訪れたり実験したりするだけでは気づけない、SPring-8 の舞台裏を覗くことができたからです。さらに、そこで働いている技術者の方々から SPring-8 の構造や歴史などを聞くことができ、得難い経験をさせていただきました。

夏の学校では SPring-8 の研究員の方々や他の参加者たちと交流する機会も多くありました。1日目には自己紹介プレゼンと懇親会、3日目にはバーベキューが行われました。夏の学校の参加者のバックグラウンドは多様で、出身大学が異なるのはもちろんのこと、学年や研究分野も人それぞれです。中には、放射光は普段使わないという人さえいました。このような参加者たちと自分のやっている研究について情報交換することは非常に良い刺激になり、今の研究のモチベーションにも繋がっています。私が夏の学校に参加して一番良かったと感じる点は、こうした交流会を通して、

同年代の学生と親睦を深めることができ、交友関係を大きく広げることができたことです。

最後に、夏の学校という、研究と親睦の両面を深める機会を与えてくださった運営の方々に感謝申し上げます。開校前日は大雨のため開校が危ぶまれましたが、結果的にスムーズに予定が進行したのは運営の方々のフォローによるところが大きかったと思います。また、講師やビームライン担当者の方々にも大変お世話になりました。ここに改めて感謝申し上げます。



図3 懇親会風景



図4 記念写真

2015A 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

2015A 期に採択された長期利用課題について、2017B 期に 3 年間の実施期間が終了したことを受け、SPring-8 利用研究課題審査委員会長期利用分科会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すが、同一研究テーマの課題が 2018A 期からの長期利用課題として新たに申請されたため、その面接審査と同時に最終期 (2017B 期) 終了前に当該課題のヒアリングを第 62 回長期利用分科会 (2017 年 12 月 12 日および 15 日開催) において行いました。その後、当該課題の最終期 (2017B 期) が終了し、実験責任者より改めて提出された、全期間の研究成果をまとめた最終版の「長期利用課題終了報告書」およびヒアリングの結果を踏まえ、長期利用分科会による最終的な評価結果がとりまとめられました。

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、2015A 期に採択された長期利用課題 7 課題のうち残り 4 課題の評価結果は次号以降に掲載する予定です。

- 課題 1 -

課題名	ナノ X 線顕微分光法を利用した分子環境地球化学的アプローチによるサステナブル科学の推進
実験責任者(所属)	高橋 嘉夫 (東京大学)
採択時課題番号	2015A0118
ビームライン	BL01B1、BL27SU、BL37XU
利用期間/配分総シフト	2015A~2017B/234シフト (BL01B1:54シフト、BL27SU:30シフト、BL37XU:150シフト)

[評価結果]

本長期利用課題は、サステナブル社会の実現を目指し、地球環境問題の実態解明や、その対策の指針を得ることを目的としている。そのために、BL37XU の X 線顕微鏡を用いたナノ XRF-XAFS 法を中心に、BL27XU における軟 X 線顕微鏡や補足的に BL01B1 におけるバルク試料評価を利用しつつ、主として微量環境元素の化学種や化学状態の解明を行っている。このように、本課題の特徴は、さまざまな分光法を地球環境科学という観点から活用し、高度化を行っていることにある。微量元素を対象とするため、試料が非常に微小である、対象元素の濃度が非常に低い、などの技術的困難があるが、高度な分析技術を用いて測定に成功している。

これまでの長期利用課題の期間に得られた成果としては、(i) マクロ XAFS 法を用いた、エアロゾル中の人為起源鉄の同定と海洋への寄与評価や、海塩粒子中の還元型硫黄化学種の同定、(ii) 蛍光分光ナノ XRF-XAFS 法による硫化物鉱床のモリブデンとタングステンの化学状態の解明や、鉄マンガン酸化物中の白金の化学状態分析、(iii) 高エネルギーナノ XRF-XAFS-XRD を用いた土壤中テルルの挙動の解明、などが挙げられる。測定技術としては、(i) 試料調製・保持法の高度化、(ii) 粗いマッピングを先に行うことによる試料中目的場所の迅速探索法の開発、(iii) on-the-fly 測定法による試料の X 線損傷低減化、などを行っており、地球環境科学のみならず、放射光分析化学全般に大きく貢献している。実験開始後 3 年で 17 報の英文査読付き論文を発表していることは高く評価できる。また招待講演等も多く、社会的意義の高い研究成果を挙げていることが認められる。

このように実験責任者らは本課題において放射光分析技術を駆使し、微量環境元素の分析に取り組み、人類が直面する多くの環境問題の解決に向けた成果を挙げている。本委員会はこの点を高く評価したい。

[成果リスト]

(査読付き論文)

- [1] SPring-8 publication ID = 30869
 Y. Takahashi *et al.*: “Transfer of Rare Earth Elements (REE) from Manganese Oxides to Phosphates during Early Diagenesis in Pelagic Sediments Inferred from REE Patterns, X-ray Absorption Spectroscopy, and Chemical Leaching Method” *Geochemical Journal* **49** (2015) 653-674.
- [2] SPring-8 publication ID = 30908
 S. Kikuchi *et al.*: “Limited Reduction of Ferrihydrite Encrusted by Goethite in Freshwater Sediment” *Geobiology* **14** (2016) 374-389.
- [3] SPring-8 publication ID = 32084
 M. Kurisu *et al.*: “Variation of Iron Isotope Ratios in Anthropogenic Materials Emitted through Combustion Processes” *Chemistry Letters* **45** (2016) 970-972.
- [4] SPring-8 publication ID = 32085
 K. Fukushi *et al.*: “Arsenate Sorption on Monohydrocalcite by Coprecipitation during Transformation to Aragonite” *Journal of Hazardous Materials* **304** (2016) 110-117.
- [5] SPring-8 publication ID = 32494
 M. Kurisu *et al.*: “Very Low Isotope Ratio of Iron in Fine Aerosols Related to Its Contribution to the Surface Ocean” *Journal of Geophysical Research* **121** (2016) 11119-11136.
- [6] SPring-8 publication ID = 32620
 K. Tokunaga *et al.*: “Application of Arsenic in Barite as a Redox Indicator for Suboxic/Anoxic Redox Condition” *Chemical Geology* **447** (2016) 59-69.
- [7] SPring-8 publication ID = 34157
 K. Tanaka *et al.*: “Ligand Exchange Adsorption and Coordination Structure of Pd on δ -MnO₂ in NaCl Solution” *Chemical Geology* **460** (2017) 130-137.
- [8] SPring-8 publication ID = 34760
 H. Qin *et al.*: “Tellurium Distribution and Speciation in Contaminated Soils from Abandoned Mine Tailings: Comparison with Selenium” *Environmental Science & Technology* **51** (2017) 6027-6035.
- [9] SPring-8 publication ID = 34960
 K. Sakata *et al.*: “Lead Speciation Studies on Coarse and Fine Aerosol Particles by Bulk and Micro X-ray Absorption Fine Structure Spectroscopy” *Geochemical Journal* **51** (2017) 215-225.
- [10] SPring-8 publication ID = 34962
 K. Tokunaga and Y. Takahashi: “Effective Removal of Selenite and Selenate Ions from Aqueous Solution by Barite” *Environmental Science & Technology* **51** (2017) 9194-9201.
- [11] SPring-8 publication ID = 34966
 Y. Watanabe *et al.*: “Different Partitioning Behaviors of Molybdenum and Tungsten in a Sediment-Water System under Various Redox Conditions” *Chemical Geology* **471** (2017) 38-51.
- [12] SPring-8 publication ID = 34972
 Y. Takahashi *et al.*: “Comparison of Solid-Water Partitions of Radiocesium in River Waters in Fukushima and Chernobyl Areas” *Scientific Reports* **7** (2017) 12407.
- [13] SPring-8 publication ID = 34976
 K. Fukushi *et al.*: “Speciation of Magnesium in Monohydrocalcite: XANES, *ab initio* and Geochemical Modeling” *Geochimica et Cosmochimica Acta* **213** (2017) 457-474.
- [14] SPring-8 publication ID = 35853
 L. Ito *et al.*: “Origin and Migration of Trace Elements in the Surface Sediments of Majuro Atoll, Marshall Islands” *Chemosphere* **202** (2018) 65-75.
- [15] SPring-8 publication ID = 35950
 L. Ito *et al.*: “Influence of Acidification on Carbonate Sediments of Majuro Atoll, Marshall Islands” *Chemistry Letters* **47** (2018) 566-569.

- 課題 2 -

課題名	ゲノム編集ツール Cas9 エンドヌクレアーゼの X 線結晶構造解析
実験責任者(所属)	瀧木 理 (東京大学)
採択時課題番号	2015A0119
ビームライン	BL41XU
利用期間/配分総シフト	2015A~2017B/69 シフト

[評価結果]

本長期利用課題は、現在多くの注目を集め、またその応用に関して激しい競争が繰り広げられているゲノム

編集ツールである Cas9 エンドヌクレアーゼの X 線結晶構造解析を行い、詳細な構造情報を基にさらなる高効率で使いやすいツールの作製を目指して研究を進めた。

そのために、様々なオルソログの構造解析に挑戦し、小型の SaCas9、Cas9 オルソログ中で最大の FnCas9 および最小の CjCas9、いずれも sgRNA-DNA との複合体の解析に世界に先駆けて成功し、CRISPR-Cas9 の作動機構の理解につながる成果を挙げた。さらにこれらの立体構造情報に基づいて、SaCas9 および FnCas9 の改変を行い、新たなゲノム編集ツールの開発につながった。

これら Cas9 オルソログの構造解析に加えて、当初計画にはなかった V 型 CRISPR-Cas 系に関わる RNA 依存性 DNA エンドヌクレアーゼ Cpf1 の結晶構造解析にも成功し、CRISPR-Cpf1 の作動機構の解明を行うとともに、PAM 特性の異なる Cas9 変異体および Cpf1 変異体の結晶構造を決定し、それらの PAM 認識機構を解明した。

また、これらの成果は、生命科学系のトップジャーナルである Cell 誌 2 報などに報告している。

以上のように、本長期利用課題期間中に、当初目標以上の成果を上げており、長期利用課題の利点を活かして優れた成果を挙げたと判断する。

[成果リスト]

(査読付き論文)

[1] SPring-8 publication ID = 32883

H. Nishimasu *et al.*: “Crystal Structure of *Staphylococcus aureus* Cas9” *Cell* **162** (2015) 1113-1126.

[2] SPring-8 publication ID = 32884

H. Hirano *et al.*: “Structure and Engineering of *Francisella novicida* Cas9” *Cell* **164** (2016) 950-961.

[3] SPring-8 publication ID = 32885

S. Hirano *et al.*: “Structural Basis for the Altered PAM Specificities of Engineered CRISPR-Cas9” *Molecular Cell* **61** (2016) 886-894.

[4] SPring-8 publication ID = 36051

M. Yamada *et al.*: “Crystal Structure of the Minimal Cas9 from *Campylobacter jejuni* Reveals the Molecular Diversity in the CRISPR-Cas9 Systems” *Molecular Cell* **65** (2017) 1109-1121.

— 課題 3 —

課題名	自己組織化巨大球状錯体分子群の単結晶 X 線構造解析とタンパク質構造解析への展開
実験責任者(所属)	藤田 誠 (東京大学)
採択時課題番号	2015A0120
ビームライン	BL38B1、BL41XU
利用期間/配分総シフト	2015A~2017B/58 シフト (BL38B1 : 54 シフト、BL41XU : 4 シフト)

[評価結果]

実験責任者のグループは、一貫して、金属イオンと有機分子の配位結合に基づく有機-金属錯体ハイブリッドの自己組織化と、それにより形成される構造体の内部に生じる空間を活用した機能デザインに取り組んでいる。本長期利用課題では、90 成分以上の球状錯体群の作製・構造解析と、内部にたんぱく質を包摂させることによるたんぱく構造解析を目標としていた。

2 年半の活動の結果、正五角形と正三角形からなる頂点が 30 で辺が 60 の巨大な球状錯体 ($M_{30}L_{60}$) の作製と構造解析に成功した。さらに、頂点と辺の数が同じ $M_{30}L_{60}$ でありながら、正方形と正三角形からなる球状擬似多面体錯体の発見にも成功した。この発見を機に、幾何学のグラフ理論が球状擬似多面体の分類を可能にすることを発見し、球状擬似多面体錯体よりもさらに大きな球状擬似多面体構造の提唱につながった。実際にも、より巨大な球状擬似多面体錯体 $M_{48}L_{96}$ を作製し、構造解析に成功している。

たんぱく包摂に関しても、有機分子にたんぱく N 端との結合部位を入れることによる変異のないたんぱくの包摂や、酵素たんぱくの包摂を実現している。

さらに、当初目的とは別に、オリゴペプチドが銀イオンに配位する際に Ω ループ型の配位構造を取ることに注目して新たな方向性を打ち出している。具体的には、 Ω ループ型配位に基づいて 4 つの等価なリングからなる高次カテナンの作製と構造解析という新たな成果が見られる。

これらの成果は、それぞれが学術的に世界的に高く評価できるものであり、実際に論文発表につながっている。さらに、測定技術の観点からも、内部空間に溶媒が含まれることによる困難を乗り越えて構造解析を

行っており、長期利用課題として極めて高く評価できる。

[成果リスト]

(査読付き論文)

[1] SPring-8 publication ID = 32201

D.Fujita *et al.*: “Self-Assembly of M_3L_6 Icosidodecahedron”
Chem **1** (2016) 91-101.

[2] SPring-8 publication ID = 32690

D.Fujita *et al.*: “Self-Assembly of Tetravalent Goldberg
Polyhedra from 144 Small Components” *Nature* **540**
(2016) 563-566.

2016A 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

2016A 期に採択された長期利用課題について、2017B 期に 2 年間の実施期間が終了したことを受け、SPRING-8 利用研究課題審査委員会長期利用分科会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すが、同一研究テーマの課題が 2018A 期からの長期利用課題として新たに申請されたため、その面接審査と同時に最終期 (2017B 期) 終了前に当該課題のヒアリングを第 62 回長期利用分科会 (2017 年 12 月 12 日および 15 日開催) において行いました。その後、当該課題の最終期 (2017B 期) が終了し、実験責任者より改めて提出された、全期間の研究結果をまとめた最終版の「長期利用課題終了報告書」およびヒアリングの結果を踏まえ、長期利用分科会による最終的な評価結果がとりまとめられました。

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、2016A 期に採択された長期利用課題 4 課題のうち残り 2 課題の評価結果は次号以降に掲載する予定です。

— 課題 1 —

課題名	Magnetic Compton scattering and Fermiology studies in high magnetic fields
実験責任者(所属)	Duffy Jonathan (University of Warwick)
採択時課題番号	2016A0131
ビームライン	BL08W
利用期間/配分総シフト	2016A~2017B/96 シフト

[評価結果]

The project leader established the system of a magnetic Compton scattering with high magnetic field at 1.5 K. Since

this is one of the purposes of the present Long-Term Proposal, the committee appreciates this point. Also, the committee appreciates that the project leader allowed to use the high field magnet, which was developed by the leader, for a common-use (a general-use).

Regarding the experimental results, some of the data on the proposed samples were taken as scheduled, but some of them were not scheduled in the proposed plan. It is a little bit disappointing that the data quality has not been improved significantly in comparison with conventional data.

Although the Long-Term Proposal proposed by the present leader was adopted in 2012, no original papers have been published up to now. The committee strongly suggests that the project leader should publish exciting original papers based on the results taken in not only the previous, but also the present Long-Term Proposal as soon as possible.

[成果リスト]

登録なし

— 課題 2 —

課題名	Examination of glottis function at birth with multi-view phase-contrast imaging
実験責任者(所属)	Hooper Stuart (Monash University)
採択時課題番号	2016A0132
ビームライン	BL20B2
利用期間/配分総シフト	2016A~2017B/72 シフト

[評価結果]

The group led by Prof. Hooper has conducted investigations on the relationships among glottis function, spontaneous breathing, and lung aeration, during the past and this Long-Term Proposal by fully utilizing the phase-contrast imaging technique. The research is quite unique not only as an application of synchrotron radiation but also as a pre-

clinical research. The project group has offered many valuable information for improving resuscitation of neonates based on the results of the Long-Term Proposal.

In this Long-Term Proposal, the research target was mainly focused on glottis function at birth. The factors that regulate glottis function at birth and switch it from a closed “fetal” state to an open newborn state to enable air to enter the lung were specifically investigated for clarifying why non-invasive ventilatory support often fails in premature newborns. The results showed the vital role of oxygen and physical stimulation, while pharmacologic agents were found to be less effective. In addition, the first evidence was provided that elevated airway liquid volume predisposes infants to newborn respiratory complications. Along with applications of imaging techniques to visualization of key factors of transition to air-breathing in premature newborns, development and optimization of phase-contrast computed tomography have been also continued. These can provide detailed and more accurate answers for the biomedical questions than any other techniques.

These findings have been published in 20 papers during the Long-Term Proposal and 28 invited talks were presented at conferences and seminars in this term.

Judging from its influences and publications, the project can be not only considered highly successful but also regarded as one of the most unique scientific activities with full utilization of SPring-8 characteristics.

[成果リスト]

(査読付き論文)

[1] SPring-8 publication ID = 34943

E. McGillick *et al.*: “Elevated Airway Liquid Volumes at Birth: a Potential Cause of Transient Tachypnea of the Newborn” *Journal of Applied Physiology* **123** (2017) 1204-1213.

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

◎平成 30 年 4～6 月の運転実績

SPring-8 は 4 月 2 日から 4 月 27 日までセベラルバンチ運転で第 1 サイクルの運転を行い、5 月 8 日から 6 月 1 日までセベラルバンチ運転で第 2 サイクルの運転を実施した。第 1～2 サイクルでは冷却水流量低下（機器保護インターロック）によるビームアポート等があったが、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 1 サイクルは約 0.2%、第 2 サイクルは約 0.9%であった。

1. 装置運転関係

(1) 運転期間

第 1 サイクル (4/2 (月) ～4/27 (金))
第 2 サイクル (5/8 (火) ～6/1 (金))

(2) 運転時間の内訳

第 1 サイクル
 運転時間総計 約 600 時間
 ①装置の調整およびマシンスタディ等 約 144 時間
 ②放射光利用運転時間 約 454 時間
 ③故障等による down time 約 1 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 0.2%

第 2 サイクル
 運転時間総計 約 576 時間
 ①装置の調整およびマシンスタディ等 約 48 時間
 ②放射光利用運転時間 約 523 時間
 ③故障等による down time 約 5 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 0.9%

(3) 運転スペック等

第 1 サイクル（セベラルバンチ運転）
 ・ 203 bunches (A)
 ・ 11/29-filling + 1 bunch (H)

第 2 サイクル（セベラルバンチ運転）
 ・ 203 bunches (A)
 ・ 1/7-filling + 5 bunches (D)
 ・ 11 bunch train × 29 (C)

・ 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 Top-Up モードで実施。
 ・ 蓄積電流 8 GeV、～100 mA

(4) 主な down time の原因

・ 冷却水流量低下によるビームアポート
 ・ 地震によるビームアポート

2. 利用関係（JASRI 利用推進部 集計）

(1) 放射光利用実験期間

第 1 サイクル (4/7 (土) ～4/26 (木))
 第 2 サイクル (5/9 (水) ～6/1 (金))

(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	19 本
理研ビームライン	12 本

第 1 サイクル（暫定値）

共同利用研究実験数	204 件
共同利用研究者数	970 名
専用施設利用研究実験数	165 件

専用施設利用研究者数	580名
第2サイクル(暫定値)	
共同利用研究実験数	271件
共同利用研究者数	1,103名
専用施設利用研究実験数	173件
専用施設利用研究者数	676名

◎平成30年6～8月の運転予定

SPring-8は6月4日から7月6日までセベラルバンチ運転で第3サイクルの運転を行い、停止期間をはさみ、7月9日から8月7日までセベラルバンチ運転で第4サイクルの運転を予定している。

第3～4サイクルの運転実績については次号にて掲載する。

◎今後の予定

8月8日から9月26日まで夏期点検調整期間とし、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う予定である。

(*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 (2018年6月30日現在)

SPring-8

Beamline Name		Public Use Since	~2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total	
Public Beamlines	BL01B1	XAFS	1997.10	298	59	58	75	65	74	92	75	83	85	29	993
		Technical Journal					1								1
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	1997.10	108	13	19	12	18	36	42	36	41	33	12	370
	BL02B2	Powder Diffraction	1999.9	373	65	67	82	59	96	71	80	93	75	36	1097
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	1997.10	132	21	21	22	16	20	19	16	16	14	7	304
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	1999.9	140	26	28	23	28	28	33	37	43	28	16	430
		Technical Journal						1							1
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	1997.10	104	12	12	20	19	15	13	19	14	16	4	248
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	1997.10	92	9	9	13	13	15	15	18	16	13	9	222
	BL10XU	High Pressure Research	1997.10	236	24	35	32	28	21	30	29	29	28	12	504
	BL13XU	Surface and Interface Structure	2001.9	105	16	18	27	6	16	21	24	36	25	17	311
	BL14B2	Engineering Science Research II	2007.9	2	16	25	32	36	53	53	60	49	55	23	404
		Technical Journal						1	1	1					3
	BL19B2	Engineering Science Research I	2001.11	105	20	18	35	53	58	62	63	62	62	24	562
		Technical Journal						1	1	1	2			1	6
	BL20B2	Medical and Imaging I	1999.9	150	15	17	24	35	28	25	34	25	26	6	385
	BL20XU	Medical and Imaging II	2001.9	78	24	36	27	21	40	44	40	37	26	5	378
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	1998.4	240	21	21	25	22	24	31	20	19	22	8	453
		Technical Journal						2							2
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	1998.5	243	15	24	31	18	41	35	25	35	25	12	504
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	1999.9	72	14	9	15	10	21	18	21	19	25	7	231
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	2001.9	61	5	9	12	8	14	13	16	15	15	7	175
	BL37XU	Trace Element Analysis	2002.11	62	12	22	23	13	32	28	32	27	28	6	285
		Technical Journal								1					1
	BL38B1	Structural Biology III	2000.10	228	53	48	48	60	58	48	65	59	35	15	717
	BL39XU	Magnetic Materials	1997.10	130	28	15	19	21	20	25	19	24	29	9	339
	BL40B2	Structural Biology II	1999.9	260	31	44	42	43	70	54	54	58	50	28	734
		Technical Journal							1		1				2
	BL40XU	High Flux	2000.4	65	13	11	13	18	37	21	31	40	24	13	286
	BL41XU	Structural Biology I	1997.10	446	78	66	66	53	65	55	60	64	49	19	1021
BL43IR	Infrared Materials Science	2000.4	53	10	6	8	11	8	11	17	15	21	5	165	
BL46XU	Engineering Science Research III	2000.11	66	14	20	22	15	37	28	52	49	39	11	353	
	Technical Journal										1	1		2	
BL47XU	HXPES・MCT	1997.10	173	27	27	31	17	36	36	28	28	31	12	446	
	Technical Journal											1		1	
Public Use at Other Beamlines	BL11XU	QST Quantum Dynamics I	1999.3	13											13
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II	1998.4	38	3	3	2	1		1					48
	BL15XU	WEBRAM	2002.9	29	2	1	1	1		1					35
	BL17SU	RIKEN Coherent Soft X-ray Spectroscopy	2005.9	5	2	1	7	6	11	12	5	2	3	4	58
	BL19LXU	RIKEN SR Physics	2002.9	5						1	1	2	1	1	11
	BL22XU	JAEA Actinide Science I	2004.9	5					1						6
	BL23SU	JAEA Actinide Science II	1998.6	42	2	2		2	3	2					53
	BL26B1	RIKEN Structural Genomics I	2009.4				3	8	2	9	5	14	14	6	61
	BL26B2	RIKEN Structural Genomics II	2009.4			1		5	3	5	7	10	8	7	46
		Technical Journal										1			1
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics	2002.9	12	1					1				1	15
	BL32XU	RIKEN Targeted Proteins	2010.10				5	5	8	9	16	8	13	9	73
	BL44B2	RIKEN Materials Science	1998.5	14								6	3	1	24
BL45XU	RIKEN Structural Biology I	1997.10	65		8	9	6	7	9	13	20	9	4	161	
Subtotal			4250	662	701	806	740	998	973	1018	1058	930	385	12521	

Beamline Name		Public Use Since	~2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total	
BL03XU	Advanced Softmaterials	2009.11			1	5	8	24	21	14	17	18	5	113	
	Technical Journal						35	42	39	36	33	30		215	
BL07LSU	The University-of-Tokyo Outstation Beamline for Materials Science	2009.11			1	5	6	10	13	12	18	18	6	89	
BL08B2	Hyogo Prefecture BM	2005.9			1	1	3	7	9	5	5	8	1	40	
	Technical Journal						7	1	18	7	4	4	1	42	
BL11XU	QST Quantum Dynamics I		60	7	9	6	13	16	14	8	18	18	5	174	
BL12B2	NSRRC BM	2001.9	96	7	28	13	25	22	21	27	29	24	7	299	
BL12XU	NSRRC ID	2003.2	26	5	15	10	14	11	16	19	17	22	6	161	
BL14B1	QST Quantum Dynamics II		77	16	18	16	11	10	15	19	16	19	9	226	
BL15XU	WEBRAM	2001.4	83	30	35	51	41	61	57	47	60	54	23	542	
	Technical Journal		2				18	15	14	8	15	21	6	99	
BL16B2	Sunbeam BM	1999.9	31	6	8	6	4	3	6	4	10	8	2	88	
	Technical Journal		26	6	6	2	2	2	3	4	11	8	3	73	
BL16XU	Sunbeam ID	1999.9	26	6	6	2	2	2	3	4	11	8	3	73	
Technical Journal						20	19	14	14	21	17	4	109		
BL22XU	JAEA Actinide Science I		38	8	15	10	10	14	19	15	14	14	10	167	
BL23SU	JAEA Actinide Science II		115	23	15	22	20	17	28	19	23	15	10	307	
BL24XU	Hyogo Prefecture ID	1998.10	118	8	5	6	7	8	5	4	5	3	4	173	
	Technical Journal						11	3	10	3	1	4		32	
BL28XU	RISING II	2012.4						3	9	5	5	4	1	27	
BL31LEP	Laser-Electron Photon II	2013.10							1		3	2		6	
BL32B2	Pharmaceutical Industry (2002.9 - 2012.3)		21	1	2	3				1				28	
BL33LEP	Laser-Electron Photon	2000.10	30	5	8	4	4	4	4	2	2	3	2	68	
BL33XU	Toyota	2009.5				3	5	2	8	4	10	16	3	51	
	Technical Journal					2	5	4	5	3	4	1		24	
BL36XU	Catalytic Reaction Dynamics for Fuel Cell	2013.1						1	7	6	7	12	3	36	
BL44XU	Macromolecular Assemblies	2000.2	144	30	21	49	59	59	50	64	52	57	16	601	
Subtotal			865	152	188	212	232	274	306	279	322	323	116	3269	
RIKEN Beamlines	BL17SU	Coherent Soft X-ray Spectroscopy		38	13	12	10	13	3	7	5	8	3	112	
	BL19LXU	SR Physics		59	11	7	9	11	12	13	9	5	3	140	
	BL26B1	Structural Genomics I		123	13	15	7	8	7	4	5	4	4	191	
	BL26B2	Structural Genomics II		45	6	19	18	19	13	4	3	7	10	2	146
	BL29XU	Coherent X-ray Optics		131	9	16	8	16	15	9	10	14	6	6	240
	BL32XU	Targeted Proteins					2	9	8	8	7	13	3	2	52
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics							1		1	1			3
	BL44B2	Materials Science		182	10	9	12	11	14	13	17	15	4		287
	BL45XU	Structural Biology I		164	9	8	9	9	11	9	13	13	4		249
	Subtotal			742	71	86	75	96	84	67	70	80	37	12	1420

SACLA

Public Beamlines	Beamline Name		Public Use Since	~2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total
	BL1	SXFEL	2016.3												3
BL2/BL3	XFEL2/XFEL1	2012.3					1	13	27	37	46	37	12	173	

Hardware / Software R & D	379	32	39	37	56	67	12	33	43	53	20	771
---------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

NET Sum Total	5310	806	885	959	928	1192	1092	1170	1240	1111	413	15106
Technical Journal	2			2	89	80	97	67	74	69	9	489

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ビームラインでカウントした。

このデータは論文発表等登録データベース (<http://user.spring8.or.jp/?p=748&lang=ja>) に 2018 年 6 月 30 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ビームライン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 (2018年6月30日現在)

SPring-8

Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total	
Public Beamlines	BL01B1	XAFS	1997.10	994	66	86	1146
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	1997.10	370	14	31	415
	BL02B2	Powder Diffraction	1999.9	1097	40	83	1220
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	1997.10	304	7	48	359
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	1999.9	431	13	51	495
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	1997.10	248	10	44	302
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	1997.10	222	15	33	270
	BL10XU	High Pressure Research	1997.10	504	22	60	586
	BL13XU	Surface and Interface Structure	2001.9	311	18	35	364
	BL14B2	Engineering Science Research II	2007.9	407	10	33	450
	BL19B2	Engineering Science Research I	2001.11	568	45	89	702
	BL20B2	Medical and Imaging I	1999.9	385	87	87	559
	BL20XU	Medical and Imaging II	2001.9	378	104	120	602
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	1998.4	455	15	60	530
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	1998.5	504	21	35	560
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	1999.9	231	16	22	269
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	2001.9	175	5	12	192
	BL37XU	Trace Element Analysis	2002.11	286	24	45	355
	BL38B1	Structural Biology III	2000.10	717	11	63	791
	BL39XU	Magnetic Materials	1997.10	339	17	77	433
	BL40B2	Structural Biology II	1999.9	736	13	112	861
	BL40XU	High Flux	2000.4	286	20	69	375
	BL41XU	Structural Biology I	1997.10	1021	4	97	1122
	BL43IR	Infrared Materials Science	2000.4	165	14	53	232
	BL46XU	Engineering Science Research III	2000.11	355	18	35	408
	BL47XU	HXPES・MCT	1997.10	447	93	121	661
Public Use at Other Beamlines	BL11XU	QST Quantum Dynamics I	1999.3	13	2	2	17
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II	1998.4	48	1	11	60
	BL15XU	WEBRAM	2002.9	35	19	7	61
	BL17SU	RIKEN Coherent Soft X-ray Spectroscopy	2005.9	58	1	29	88
	BL19LXU	RIKEN SR Physics	2002.9	11		2	13
	BL22XU	JAEA Actinide Science I	2004.9	6			6
	BL23SU	JAEA Actinide Science II	1998.6	53	4	15	72
	BL26B1	RIKEN Structural Genomics I	2009.4	61		7	68
	BL26B2	RIKEN Structural Genomics II	2009.4	47		9	56
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics	2002.9	15		1	16
	BL32XU	RIKEN Targeted Proteins	2010.10	73		3	76
	BL44B2	RIKEN Materials Science	1998.5	24		3	27
	BL45XU	RIKEN Structural Biology I	1997.10	161	5	18	184
Subtotal			12541	754	1708	15003	

Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total	
Contract Beamlines	BL03XU	Advanced Softmaterials	2009.11	328		11	339
	BL07LSU	The University-of-Tokyo Outstation Beamline for Materials Science	2009.11	89		8	97
	BL08B2	Hyogo Prefecture BM	2005.9	82			82
	BL11XU	QST Quantum Dynamics I		174	8	33	215
	BL12B2	NSRRC BM	2001.9	299	1	2	302
	BL12XU	NSRRC ID	2003.2	161	7	4	172
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II		226	12	63	301
	BL15XU	WEBRAM	2001.4	542	11	45	598
	BL16B2	Sunbeam BM	1999.9	187	12	68	267
	BL16XU	Sunbeam ID	1999.9	182	8	53	243
	BL22XU	JAEA Actinide Science I		167	1	38	206
	BL23SU	JAEA Actinide Science II		307	44	102	453
	BL24XU	Hyogo Prefecture ID	1998.10	205	19	58	282
	BL28XU	RISING II	2012.4	27			27
	BL31LEP	Laser-Electron Photon II	2013.10	6			6
	BL32B2	Pharmaceutical Industry (2002.9 - 2012.3)		28		3	31
	BL33LEP	Laser-Electron Photon	2000.10	68	23	3	94
	BL33XU	Toyota	2009.5	75	5	26	106
	BL36XU	Catalytic Reaction Dynamics for Fuel Cell	2013.1	36		1	37
	BL44XU	Macromolecular Assemblies	2000.2	601		40	641
Subtotal			3790	151	558	4499	
RIKEN Beamlines	BL17SU	Coherent Soft X-ray Spectroscopy		112	4	13	129
	BL19LXU	SR Physics		140	8	26	174
	BL26B1	Structural Genomics I		191	2	19	212
	BL26B2	Structural Genomics II		146	1	13	160
	BL29XU	Coherent X-ray Optics		240	14	37	291
	BL32XU	Targeted Proteins		52		3	55
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics		3			3
	BL44B2	Materials Science		287	2	16	305
	BL45XU	Structural Biology I		249	5	45	299
Subtotal			1420	36	172	1628	

SACLA

Public Beamlines	Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total
	BL1	SXFEL	2016.3	3			3
BL2/BL3	XFEL2/XFEL1	2012.3	173	4	9	186	

Hardware / Software R & D	771	514	461	1746
---------------------------	-----	-----	-----	------

NET Sum Total	15595	1305	2234	19134
---------------	-------	------	------	-------

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、上記の二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ビームラインでカウントした。

・SPring-8 または SACLA での成果を論文等にする場合は必ずビームライン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、平成 30 年 4 月～6 月に登録されたものを以下に紹介します。論文の情報（主著者、巻、発行年、ページ、タイトル）に加え、データベースの登録番号（研究成果番号）を掲載していますので、詳細は上記検索ページの検索結果画面でご覧いただくことができます。また実施された課題の情報（課題番号、ビームライン、実験責任者名）も掲載しています。課題番号は最初の 4 文字が「year」、次の 1 文字が「term」、後ろの 4 文字が「proposal no.」となっていますので、この情報から以下の URL で公表している、各課題の英文利用報告書 (SPring-8 User Experiment Report) を探してご覧いただくことができます。

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

今後も利用者情報には発行月の 2 ヶ月前の月末締めで、前号掲載分以降に登録された論文情報を掲載していく予定です。なお、データベースは毎日更新されていますので、最新情報は SPring-8 論文データベース検索ページでご確認ください。なお、実験責任者の方には、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 2018 年 4 月～6 月に登録された論文が掲載された主な雑誌と掲載論文数

掲載雑誌	登録論文数	掲載雑誌	登録論文数
Physical Review B	9	Angewandte Chemie International Edition	4
Scientific Reports	9	Applied Physics Express	4
Acta Crystallographica Section F	7	Chemical Communications	4
Japanese Journal of Applied Physics	6	Journal of the Ceramic Society of Japan	4
Physical Review Letters	6	Journal of the Physical Society of Japan	4
Inorganic Chemistry	5	Nature	4
Nature Communications	5	Physical Chemistry Chemical Physics	4

他全 170 誌、計 275 報

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

課題の成果として登録された論文

Physical Review B

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
35870	Yuki Wakabayashi	96 (2017) 104410	2016A3831	BL23SU	藤森 淳	Electronic Structure and Magnetic Properties of Magnetically Dead Layers in Epitaxial CoFe ₂ O ₄ /Al ₂ O ₃ /Si(111) Films Studied by X-ray Magnetic Circular Dichroism
36024	A. Keqi	97 (2018) 155149	2009A4906	BL15XU	Fadley Charles	Electronic Structure of the Dilute Magnetic Semiconductor Ga _{1-x} Mn _x P from Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy and Angle-Resolved Photoemission
			2010A4902	BL15XU	Fadley Charles	
			2010B4800	BL15XU	小林 啓介	
36044	Masanori Inui	97 (2018) 174203	2013B1269	BL35XU	乾 雅祝	Peculiar Atomic Dynamics in Liquid GeTe with Asymmetrical Bonding: Observation by Inelastic X-ray Scattering
			2013B1268	BL04B2	乾 雅祝	
			2012A1354	BL35XU	梶原 行夫	
36057	Yuya Kubota	96 (2017) 134432	2014A7401	BL07LSU	松田 巖	L-edge Resonant Magneto-Optical Kerr Effect of a Buried Fe Nanofilm
			2014B7401	BL07LSU	松田 巖	
			2014B7473	BL07LSU	松田 巖	
			2015A7401	BL07LSU	松田 巖	
36058	Yuya Kubota	96 (2017) 214417	2014A7401	BL07LSU	松田 巖	Determination of the Element-Specific Complex Permittivity using a Soft X-ray Phase Modulator
			2014B7401	BL07LSU	松田 巖	
			2014B7473	BL07LSU	松田 巖	
			2015A7401	BL07LSU	松田 巖	
			2015B7401	BL07LSU	松田 巖	
			2016A7403	BL07LSU	和達 大樹	
			2016A7504	BL07LSU	田久保 耕	
2016B7403	BL07LSU	和達 大樹				
36266	Akira Chikamatsu	97 (2018) 235101	2016A1221	BL47XU	近松 彰	Spectroscopic and Theoretical Investigation of the Electronic States of Layered Perovskite Oxyluoride Sr ₂ RuO ₃ F ₂ Thin Films
			2015B1799	BL47XU	近松 彰	
36270	Naoya Emi	97 (2018) 161116(R)	2014B1564	BL39XU	水戸 毅	Kondo-like Behavior Near the Magnetic Instability in SmB ₆ : Temperature and Pressure Dependences of the Sm Valence
			2014A1233	BL39XU	水戸 毅	
			2014B2041	BL39XU	河村 直己	
36391	Masato Goto	97 (2018) 224421	2017A1081	BL02B1	小林 慎太郎	In-Plane Spin Canting and 1/3-Magnetization-Plateau-like Behavior in S = 3/2 Cr ³⁺ Kagome Lattice Antiferromagnets Cs ₂ KCr ₃ F ₁₂ and Cs ₂ NaCr ₃ F ₁₂
36395	Yukiharu Takeda	97 (2018) 184414	2011B3825	BL23SU	竹田 幸治	Element-Specific Observation of the Ferromagnetic Ordering Process in UCoAl via Soft X-ray Magnetic Circular Dichroism
			2014A3821	BL23SU	竹田 幸治	
			2014B3821	BL23SU	竹田 幸治	
			2015A3820	BL23SU	藤森 伸一	
			2015B3820	BL23SU	藤森 伸一	
2017A3811	BL23SU	藤森 伸一				

Scientific Reports-1

35874	Yoshitake Sakae	7 (2017) 13780	2015B6511	BL44XU	加藤 晃一	Conformational Effects of N-glycan Core Fucosylation of Immunoglobulin G Fc Region on Its Interaction with Fcγ Receptor IIIa
35875	Tadashi Satoh	7 (2017) 12142	2017A6712	BL44XU	加藤 晃一	Visualisation of a Flexible Modular Structure of the ER Folding-Sensor Enzyme UGGT
35887	Kohei Yoshimatsu	7 (2017) 12544	2015B4700	BL15XU	吉松 公平	Superconductivity in Ti ₄ O ₇ and γ-Ti ₂ O ₅ Films
			2016A4700	BL15XU	吉松 公平	
35992	Takayuki Ishii	8 (2018) 6358	2003A0087	BL04B1	桂 智男	Complete Agreement of the Post-Spinel Transition with the 660-km Seismic Discontinuity
			2003B0638	BL04B1	桂 智男	
			2004A0368	BL04B1	桂 智男	
			2004B0497	BL04B1	桂 智男	
			2015A1359	BL04B1	桂 智男	
			2015B1196	BL04B1	桂 智男	
			2016A1172	BL04B1	石井 貴之	
			2016A1274	BL04B1	桂 智男	
			2016A1434	BL04B1	劉 兆東	
			2016B1094	BL04B1	劉 兆東	
2017A1150	BL04B1	桂 智男				

Scientific Reports-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
35993	Sho Goto	7 (2017) 13216	2013A1637	BL46XU	水口 将輝	Synthesis of Single-Phase $L1_0$ -FeNi Magnet Powder by Nitrogen Insertion and Topotactic Extraction
			2013A1832	BL46XU	水口 将輝	
			2013A4903	BL15XU	水口 将輝	
			2013B1590	BL46XU	水口 将輝	
			2014A1568	BL46XU	水口 将輝	
			2014A1809	BL46XU	水口 将輝	
			2014A4906	BL15XU	水口 将輝	
			2015A1976	BL46XU	水口 将輝	
			2015B1625	BL46XU	水口 将輝	
			2016A1544	BL46XU	水口 将輝	
			2016A1771	BL46XU	水口 将輝	
			2016B1596	BL46XU	水口 将輝	
			2017A1600	BL46XU	水口 将輝	
2017A1784	BL46XU	水口 将輝				
2015B0901	BL13XU	千葉 大地				
36177	Yoshitaka Ebara	7 (2017) 9641	2012B4904	BL15XU	舟窪 浩	<i>In-situ</i> Observation of Ultrafast 90° Domain Switching under Application of an Electric Field in (100)/(001)-oriented Tetragonal Epitaxial $Pb(Zr_{0.4}Ti_{0.6})O_3$ Thin Films
			2014B4909	BL15XU	舟窪 浩	
			2012B1034	BL13XU	Valanoor Nagarajan	
			2012B1656	BL13XU	江原 祥隆	
			2013A4713	BL15XU	大橋 直樹	
36402	Seiji Negoro	8 (2018) 9725	2012A6721	BL44XU	柴田 直樹	Structural Basis of the Correct Subunit Assembly, Aggregation, and Intracellular Degradation of Nylon Hydrolase
			2012B6721	BL44XU	柴田 直樹	
			2014A6925	BL44XU	柴田 直樹	
			2014B6925	BL44XU	柴田 直樹	

Acta Crystallographica Section F

35913	Ratana Charoenwattanasatien	74 (2018) 86-91	2017A6500	BL44XU	山下 栄樹	X-ray Crystallographic and High-Speed AFM Studies of Peroxiredoxin 1 from <i>Chlamydomonas reinhardtii</i>
			2016B6500	BL44XU	山下 栄樹	
35918	Kanako Shinmura	68 (2012) 324-327	2011B6500	BL44XU	山下 栄樹	Crystallization and Preliminary X-ray Studies of an Electron-Transfer Complex of Ferredoxin and Ferredoxin-Dependent Glutamate Synthase from the Cyanobacterium <i>Leptolyngbya boyana</i>
35931	Saehae Choi	69 (2013) 1049-1051	2011A6500	BL44XU	山下 栄樹	Crystallization and Preliminary X-ray Diffraction Analysis of Human Importin β -Snail Zinc Finger Domain Complex
			2011B6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2012A6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2012B6500	BL44XU	山下 栄樹	
35984	Masato Tsuyuguchi	74 (2018) 288-293	2015A6518	BL44XU	木下 誉富	Crystal Structures of Human CK2 α 2 in New Crystal Forms Arising from a Subtle Difference in Salt Concentration
			2015B6518	BL44XU	木下 誉富	
			理研	BL32XU		
36267	Fangjia Luo	74 (2018) 92-98	2014A6500	BL44XU	山下 栄樹	Structure of Bovine Cytochrome <i>c</i> Oxidase in the Ligand-Free Reduced State at Neutral pH
			2014B6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2015A6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2015B6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2014A1860	BL26B2	島田 敦広	
36268	Fangjia Luo	73 (2017) 416-422	2014A6500	BL44XU	山下 栄樹	Structure of Bovine Cytochrome <i>c</i> Oxidase Crystallized at a Neutral pH using a Fluorinated Detergent
			2014B6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2015A6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2015B6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2014A1860	BL26B2	島田 敦広	

Physical Review Letters-1

35977	Kihiro Yamada	120 (2018) 157203	2015B0901	BL39XU	千葉 大地	Microscopic Investigation into the Electric Field Effect on Proximity-Induced Magnetism in Pt
			2015A0117	BL39XU	小野 輝男	
36061	Yuichi Yokoyama	120 (2018) 206402	2016A7501	BL07LSU	山崎 裕一	Tensile-Strain-Dependent Spin States in Epitaxial $LaCoO_3$ Thin Films
			2016B7515	BL07LSU	山崎 裕一	
36227	Yoshiaki Kumagai	120 (2018) 223201	2014A8040	BL3	上田 潔	Radiation-Induced Chemical Dynamics in Ar Clusters Exposed to Strong X-Ray Pulses
36315	Hiroshi Uchiyama	120 (2018) 235901	2015A2030	BL35XU	内山 裕士	Phonon Lifetime Observation in Epitaxial ScN Film with Inelastic X-Ray Scattering Spectroscopy
			2015B1980	BL35XU	内山 裕士	
			2016B1495	BL35XU	内山 裕士	

Physical Review Letters-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
36334	Shingo Yamamoto	120 (2018) 223902	2016B8078	BL1	松田 巖	Element Selectivity in Second-Harmonic Generation of GaFeO ₃ by a Soft-X-Ray Free-Electron Laser
36389	Masafumi Horio	120 (2018) 257001	2015B1699	BL47XU	堀尾 眞史	Electronic Structure of Ce-Doped and -Undoped Nd ₂ CuO ₄
			2015B1793	BL47XU	和達 大樹	Superconducting Thin Films Studied by Hard X-Ray
			2015B7401	BL07LSU	松田 巖	Photoemission and Soft X-Ray Absorption Spectroscopy

Inorganic Chemistry

36020	Hamdi Ben Yahia	53 (2014) 365-374	2012B1598	BL19B2	奥村 豊旗	Synthesis and Characterization of the Crystal and Magnetic Structures and Properties of the Hydroxyfluorides Fe(OH)F and Co(OH)F
36040	Yu Su	57 (2018) 5615-5623	2016B4504	BL15XU	山浦 一成	Synthesis, Crystal Structure, and Optical Properties of Layered Perovskite Scandium Oxychlorides: Sr ₂ ScO ₃ Cl, Sr ₃ Sc ₂ O ₅ Cl ₂ , and Ba ₃ Sc ₂ O ₅ Cl ₂
			2017A4503	BL15XU	Belik Alexei	
36099	Alexei Belik	56 (2017) 12272-12281	2016B4504	BL15XU	山浦 一成	Complex Structural Behavior of BiMn ₇ O ₁₂ Quadruple Perovskite
			2017A4503	BL15XU	Belik Alexei	
36101	Lei Zhang	57 (2018) 5987-5998	2016B4504	BL15XU	山浦 一成	High-Pressure Synthesis, Structures, and Properties of Trivalent A-Site-Ordered Quadruple Perovskites RMn ₇ O ₁₂ (R = Sm, Eu, Gd, and Tb)
36132	Akira Miura	57 (2018) 5364-5370	2017B1211	BL02B2	三浦 章	Crystal Structure and Superconductivity of Tetragonal and Monoclinic Ce _{1-x} Pr _x OBiS ₂
			2017B1283	BL02B2	後藤 陽介	

Japanese Journal of Applied Physics

35939	Masamitsu Takahashi	57 (2018) 050101	2008B3503	BL11XU	高橋 正光	In situ Synchrotron X-ray Diffraction Study on Epitaxial-Growth Dynamics of III-V Semiconductors
			2010B3503	BL11XU	高橋 正光	
			2010B3574	BL11XU	大下 祥雄	
			2011A3503	BL11XU	高橋 正光	
			2011B3503	BL11XU	高橋 正光	
			2012A3503	BL11XU	高橋 正光	
			2012B3503	BL11XU	高橋 正光	
			2014A3503	BL11XU	佐々木 拓生	
			2014B3503	BL11XU	佐々木 拓生	
2015A3503	BL11XU	佐々木 拓生				
35966	Masahiro Nagano	52 (2013) 04CP09	2015A3321	BL08B2	鎌田 功穂	Plan-View and Cross-Sectional Photoluminescence Imaging Analyses of Threading Dislocations in 4H-SiC Epilayers
35980	Naohisa Happo	57 (2018) 058006	2014B1189	BL13XU	八方 直久	Improvement of Graphite Crystal Analyzer for Light Elements on X-ray Fluorescence Holography Measurement
36378	Hidekazu Okamura	56 (2017) 05FA11	2009A0089	BL43IR	岡村 英一	Infrared Spectroscopy Techniques for Studying the Electronic Structures of Materials under High Pressure
36380	Yusaku Yoshiike	57 (2018) 075701	2015A1191	BL13XU	平山 博之	X-ray Structural Analysis of an Epitaxially Grown Ag Film/Si(111) _{√3} × _{√3} -B Substrate Interface
			2014A1297	BL13XU	平山 博之	

Applied Physics Express

35884	Hikaru Nomura	10 (2017) 123004	2016B1018	BL25SU	野村 光	Controlling Operation Timing and Data Flow Direction between Nanomagnet Logic Elements with Spatially Uniform Clock Fields
			2017A1014	BL25SU	野村 光	
35968	Norihiro Hoshino	7 (2014) 065502	2016A3321	BL08B2	鎌田 功穂	High-Speed, High-Quality Crystal Growth of 4H-SiC by High-Temperature Gas Source Method
36023	Takumi Nishikubo	11 (2018) 061102	2014B1731	BL02B2	中野 紀穂	Optimized Negative Thermal Expansion Induced by Gradual Intermetallic Charge Transfer in Bi _{1-x} Sb _x NiO ₃
			2015B4905	BL15XU	東 正樹	
			2016A3753	BL22XU	町田 晃彦	
			2016A1641	BL02B2	西久保 匠	
36358	Shinya Hosokawa	11 (2018) 071402	2016B1192	BL13XU	細川 伸也	Seeds of L ₁₂ Clusters in Amorphous Mg ₉₅ Zn ₅ Y ₉ Alloy Observed via Anomalous X-ray Scattering
			2017B1201	BL13XU	細川 伸也	

Chemical 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
35823	Yoshihiro Goto	54 (2018) 3528-3531	2017A7001	BL33XU	高木 秀樹	Enhanced Oxygen Storage Capacity of Cation-Ordered Cerium-Zirconium Oxide Induced by Titanium Substitution
36007	Hashiru Negishi	54 (2018) 1988-1991	2015B1044	BL32XU	上野 隆史	Supramolecular Protein Cages Constructed from a Crystalline Protein Matrix
			2016A2551	BL32XU	上野 隆史	
36122	Kenichiro Omoto	54 (2018) 7290-7293	2016B1264	BL45XU	細野 暢彦	Paraffinic Metal-Organic Polyhedrons: Solution-Processable Porous Modules Exhibiting Three-Dimensional Molecular Order
36242	Zhanning Liu	54 (2018) 5712-5715	2017A1174	BL44B2	Lin Kun	3D Negative Thermal Expansion in Orthorhombic MIL-68(In)

Journal of the Ceramic Society of Japan

35821	Toyoki Okumura	125 (2017) 276-280	2013A1509	BL19B2	奥村 豊旗	Enhancement of Lithium-Ion Conductivity for $\text{Li}_{22}\text{Co}_8\text{B}_{20}\text{O}_{73}$ by Spark Plasma Sintering
			2015B1873	BL19B2	小林 弘典	
			2016A1409	BL47XU	奥村 豊旗	
35991	Keigo Nakamura	126 (2018) 292-299	2015B1596	BL19B2	藤井 孝太郎	Crystal Structure and Electrical Conductivity of BaRZnO_5 ($R = \text{Sm, Gd, Dy, Ho, and Er}$)-A New Structure Family of Oxide-Ion Conductors
			2016A1616	BL02B2	日比野 圭佑	
36106	Yuya Hattori	126 (2018) 306-310	2017B1516	BL02B2	上野 慎太郎	Synthesis of $\text{LaNiO}_3\text{-(Bi}_{1/2}\text{K}_{1/2})\text{TiO}_3$ Core-Shell Nanoparticles with Epitaxial Interfaces by the Hydrothermal Method for Use in Boundary Layer Capacitors
36246	Sangwook Kim	126 (2018) 316-320	2017A1660	BL02B2	Kim Sangwook	In-situ Electric Field Induced Lattice Strain Response Observation in $\text{BiFeO}_3\text{-BaTiO}_3$ Lead-Free Piezoelectric Ceramics
			2016B1537	BL02B2	和田 智志	
			2016A1401	BL02B2	和田 智志	

Journal of the Physical Society of Japan

35922	Yoshikazu Mizuguchi	87 (2018) 023704	2017B1211	BL02B2	三浦 章	Evolution of Anisotropic Displacement Parameters and Superconductivity with Chemical Pressure in BiS_2 -Based $\text{REO}_{0.5}\text{F}_{0.5}\text{BiS}_2$ ($\text{RE} = \text{La, Ce, Pr, and Nd}$)
35957	Ayana Sato-Tornita	87 (2018) 061015	2012B1546	BL20XU	関口 博史	Progression of 3D Protein Structure and Dynamics Measurements
			2012A1469	BL20XU	関口 博史	
			2012B1377	BL40XU	佐々木 裕次	
			2013A1306	BL40XU	佐々木 裕次	
			2012A1464	BL40XU	関口 博史	
			2012A1399	BL40XU	佐々木 裕次	
			2011B1910	BL40XU	八木 直人	
			2011B1368	BL40XU	養王田 正文	
			2011A1776	BL40XU	八木 直人	
			2010B1865	BL40XU	八木 直人	
			2010B1130	BL40XU	養王田 正文	
			2009B1934	BL40XU	八木 直人	
2008B1999	BL40XU	八木 直人				
2008A1857	BL40XU	佐々木 裕次				
36019	Akihisa Koizumi	87 (2018) 064703	2011A1499	BL08W	本山 岳	How the Electronic Structure in URu_2Si_2 Changes with Temperature: A High-Resolution Compton Scattering Study
			2012A1373	BL08W	小泉 昭久	
			2012B1422	BL08W	小泉 昭久	
36126	Yusuke Wakabayashi	87 (2018) 061010	2010B1739	BL13XU	若林 裕助	Observation of Structure of Surfaces and Interfaces by Synchrotron X-ray Diffraction: Atomic-Scale Imaging and Time-Resolved Measurements
			2011A1625	BL13XU	若林 裕助	
			2011B1726	BL13XU	若林 裕助	

Nature-1

35837	Haonan Zhang	546 (2017) 259-264	2016A2518	BL41XU	Wu Beili	Structure of the Full-Length Glucagon Class B G-protein-coupled Receptor
			2016A2517	BL41XU	Zhao Qiang	
35838	Haonan Zhang	553 (2018) 106-110	2016A2518	BL41XU	Wu Beili	Structure of the Glucagon Receptor in Complex with a Glucagon Analogue
			2016A2517	BL41XU	Zhao Qiang	
			2017A2506	BL41XU	Wu Beili	
			2017A2505	BL41XU	Zhao Qiang	
35886	Kazuhiro Abe	556 (2018) 214-218	2011B1240	BL41XU	入江 克雅	Crystal Structures of the Gastric Proton Pump
			2014A1248	BL41XU	入江 克雅	
			2014B1165	BL41XU	入江 克雅	
			2015B1042	BL41XU	入江 克雅	
			2016B2721	BL32XU	入江 克雅	
			2017B2701	BL41XU	阿部 一啓	
2016B1001	BL41XU	山本 雅貴				

Nature-2

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
36355	Zhenlin Yang	556 (2018) 520-524	2015A1026	BL41XU	Wu Beili	Structural Basis of Ligand Binding Modes at the Neuropeptide Y Y ₁ Receptor
			2015A1027	BL41XU	Zhao Qiang	
			2016A2518	BL41XU	Wu Beili	
			2016A2517	BL41XU	Zhao Qiang	

Nature Communications

35914	Ana Karina Hochmal	7 (2016) 11847	2015B6500	BL44XU	山下 栄樹	Calredoxin Represents a Novel Type of Calcium-Dependent Sensor-Responder Connected to Redox Regulation in the Chloroplast
35990	Atsushi Yamagata	9 (2018) 1546	2015A1107	BL41XU	深井 周也	Structural Basis of Epilepsy-Related Ligand-Receptor Complex LG11-ADAM22
			2016A2556	BL41XU	深井 周也	
			2017A2582	BL41XU	深井 周也	
36238	Sanghoon Kim	9 (2018) 1648	2015A0117	BL25SU	小野 輝男	Correlation of the Dzyaloshinskii-Moriya Interaction with Heisenberg Exchange and Orbital Asphericity
36328	Ryuhei Nagata	9 (2018) 1765	2016A2743	BL38B1	藤橋 雅宏	Identification of a Pyrophosphate-Dependent Kinase and Its Donor Selectivity Determinants
			2016B2723	BL26B1	藤橋 雅宏	

Physical Chemistry Chemical Physics

35822	Toyoki Okumura	18 (2016) 17827-17830	2012B1935	BL14B2	小林 弘典	X-ray Absorption Near-Edge Structures of LiMn ₂ O ₄ and LiNi _{0.5} Mn _{1.5} O ₄ Spinel Oxides for Lithium-Ion Batteries: the First-Principles Calculation Study
			2014B1238	BL01B1	奥村 豊旗	
36006	Satoshi Abe	20 (2018) 2986-2989	2015B1044	BL32XU	上野 隆史	Structure of in Cell Protein Crystals Containing Organometallic Complexes
			2016A2551	BL32XU	上野 隆史	
36011	Shunsuke Sato	20 (2018) 11342-11346	2013A1014	BL47XU	森川 健志	Band Bending and Dipole Effect at Interface of Metal-Nanoparticles and TiO ₂ Directly Observed by Angular-Resolved Hard X-ray Photoemission Spectroscopy
36290	Chulho Song	20 (2018) 15183-15191	2013A4908	BL15XU	北川 宏	Size Effects on Rhodium Nanoparticles Related to Hydrogen-Storage Capability
			2016A1292	BL04B2	坂田 修身	
			2016B1033	BL01B1	坂田 修身	

Angewandte Chemie International Edition

35852	Fenglong Wang	57 (2018) 4505-4509	2015A1319	BL02B2	北川 宏	Solid-Solution Alloy Nanoparticles of the Immiscible Iridium-Copper System with a Wide Composition Range for Enhanced Electrocatalytic Applications
			2015B1339	BL02B2	北川 宏	
35926	Noriaki Ozaki	56 (2017) 11196-11202	2016A1036	BL02B2	坂本 裕俊	Electrically Activated Conductivity and White Light Emission of a Hydrocarbon Nanoring-Iodine Assembly
			2016B1220	BL02B2	坂本 裕俊	
			2015A1490	BL02B2	坂本 裕俊	
			2016B1272	BL02B2	尾崎 仁亮	
36401	Naoki Shibata	57 (2018) 7830-7835	2009B6920	BL44XU	柴田 直樹	Direct Participation of a Peripheral Side Chain of a Corrin Ring in Coenzyme B ₁₂ Catalysis
			2011B1060	BL38B1	柴田 直樹	
			2012A6721	BL44XU	柴田 直樹	
			2012B6721	BL44XU	柴田 直樹	
			2014A6925	BL44XU	柴田 直樹	
			2014B6925	BL44XU	柴田 直樹	
			2017A2538	BL26B1	柴田 直樹	
2017A2538	BL41XU	柴田 直樹				

Journal of Alloys and Compounds

35921	Natsuomi Takahashi	750 (2018) 409-413	2017B1211	BL02B2	三浦 章	Synthesis, Crystal Structure and Optical Absorption of NaInS _{2-x} Se _x
35951	Kouji Sakaki	750 (2018) 33-41	2014A3785	BL22XU	Kim Hyunjeong	Interstitial-Atom-Induced Phase Transformation upon Hydrogenation in Vanadium
35994	Takayuki Tashiro	750 (2018) 164-170	2015A1976	BL46XU	水口 将輝	Fabrication of L1 ₀ -FeNi Phase by Sputtering with Rapid Thermal Annealing
			2015B1625	BL46XU	水口 将輝	
			2016A1544	BL46XU	水口 将輝	
			2016A1771	BL46XU	水口 将輝	
			2016B1596	BL46XU	水口 将輝	
			2017A1600	BL46XU	水口 将輝	
			2017A1784	BL46XU	水口 将輝	
2015B0901	BL13XU	千葉 大地				

Journal of Applied Physics

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
35888	Hikaru Kurokawa	122 (2017) 055302	2015B4700	BL15XU	吉松 公平	Effects of Phase Fraction on Superconductivity of Low-Valence Eutectic Titanate Films
			2016A4700	BL15XU	吉松 公平	
			2016B4700	BL15XU	吉松 公平	
36123	Takashi Hanada	123 (2018) 205305	2014B1463	BL13XU	花田 貴	Characterization of the ScAlMgO ₄ Cleaving Layer by X-ray Crystal Truncation Rod Scattering
36245	Sangwook Kim	122 (2017) 164105	2017A1660	BL02B2	Kim Sangwook	Structural and Electrical Characteristics of Potential Candidate Lead-Free BiFeO ₃ -BaTiO ₃ Piezoelectric Ceramics
			2016B1537	BL02B2	和田 智志	
			2016B0074	BL02B2	森吉 千佳子	
			2016A1401	BL02B2	和田 智志	

The Journal of Biochemistry

35847	Hiroyuki Uchida	163 (2018) 321-328	2014B1321	BL26B1	三上 文三	Crystal Structure of an Aldehyde Oxidase from <i>Methylobacillus</i> sp. KY4400
			2014B6948	BL44XU	三上 文三	
			2015A6539	BL44XU	三上 文三	
			2015B6539	BL44XU	三上 文三	
			2004B0851	BL38B1	三上 文三	
35919	Yukiko Sakakibara	151 (2012) 483-492	2011B6500	BL44XU	山下 栄樹	A New Structural Insight into Differential Interaction of Cyanobacterial and Plant Ferredoxins with Nitrite Reductase as Revealed by NMR and X-ray Crystallographic Studies
35936	Jinsue Song	158 (2015) 181-188	2013A6500	BL44XU	山下 栄樹	Low pH-Driven Folding of WW45-SARAH Domain Leads to Stabilization of the WW45-Mst2 Complex
			2013B6500	BL44XU	山下 栄樹	

Journal of Materials Chemistry A

35816	Shinichi Nishimura	5 (2017) 25025-25030	2014A1196	BL02B2	西村 真一	The Crystal Structure and Sodium Disorder of High-Temperature Polymorph β -Na ₃ PS ₄
36107	Atsushi Kondo	6 (2018) 5910-5918	2013B1240	BL02B2	近藤 篤	Selective Molecular-Gating Adsorption in a Novel Copper-Based Metal-Organic Framework
			2014A1317	BL02B2	近藤 篤	
			2014B1110	BL02B2	近藤 篤	
			2016A1181	BL02B2	近藤 篤	
36360	Soo Won Heo	5 (2017) 10347-10354	2016B1875	BL46XU	尾坂 格	Cumulative Gain in Organic Solar Cells by using Multiple Optical Nanopatterns

Journal of Physics: Condensed Matter

36060	Yuya Kubota	29 (2017) 055002	2014B7473	BL07LSU	松田 巖	Interface Electronic Structure at the Topological Insulator-Ferromagnetic Insulator Junction
			2015B7401	BL07LSU	松田 巖	
			2015A7401	BL07LSU	松田 巖	
			2014B7401	BL07LSU	松田 巖	
			2014A7401	BL07LSU	松田 巖	
36100	Lei Zhang	30 (2018) 074003	2016B4504	BL15XU	山浦 一成	Charge and Orbital Orders and Structural Instability in High-Pressure Quadruple Perovskite CeCuMn ₅ O ₁₂
36390	Masanori Inui	30 (2018) 28LT02	2012A1156	BL35XU	乾 雅祝	Viscoelastic Anomaly Accompanying Anti-Crossing Behaviour in Liquid As ₂ Se ₃
			2012A1155	BL28B2	乾 雅祝	
			2012A1154	BL04B2	乾 雅祝	
			2009B1286	BL35XU	乾 雅祝	
			2005B0414	BL04B2	乾 雅祝	

Physica B

35865	Satoshi Ajito	(2018) Available online 23 Mar. 2018	2015A1557	BL40B2	平井 光博	Protective Action of Trehalose and Glucose on Protein Hydration Shell Clarified by using X-ray and Neutron Scattering
			2017A1435	BL40B2	平井 光博	
35975	Momoko Oura	536 (2018) 162-164	2015B1301	BL10XU	小林 寿夫	Valence Fluctuating Compound α -YbAlB ₄ Studied by ¹⁷⁴ Yb Mössbauer Spectroscopy and X-ray Diffraction using Synchrotron Radiation
			2015A1458	BL09XU	小林 寿夫	
			2016A1363	BL09XU	小林 寿夫	
35978	Takayuki Tajiri	536 (2018) 111-114	2014B1117	BL02B2	田尻 恭之	Magnetic Properties of GdMnO ₃ Nanoparticles Embedded in Mesoporous Silica

2015 IEEE 65th Electronic Components and Technology Conference (ECTC)

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
36280	Yuka Ito	(2015) 336-341	2014B1446	BL13XU	Mariappan Murugesan	Development of Highly-Reliable Microbump Bonding Technology using Self-Assembly of NCF-Covered KGDs and Multi-Layer 3D Stacking Challenges
36293	Makoto Motoyoshi	(2015) 1365-1370	2014B1467	BL20XU	Mariappan Murugesan	Three-dimensional Integration Technology for Sensor Application using 5- μ m-pitch Au Cone Bump Connections

ACS Applied Energy Materials

36243	Masaru Kato	1 (2018) 2358-2364	2016B3631	BL14B1	加藤 優	Incorporation of Multinuclear Copper Active Sites into Nitrogen-Doped Graphene for Electrochemical Oxygen Reduction
			2017A3631	BL14B1	加藤 優	
36264	Kazuhiko Maeda	1 (2018) 1734-1741	2017B1265	BL02B2	藤井 孝太郎	New Precursor Route Using a Compositionally Flexible Layered Oxide and Nanosheets for Improved Nitrogen Doping and Photocatalytic Activity

Acta Crystallographica Section D

35932	Saehae Choi	70 (2014) 1050-1060	2011A6500	BL44XU	山下 栄樹	Structural Basis for the Selective Nuclear Import of the C2H2 Zinc-Finger Protein Snail by Importin β
			2011B6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2012A6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2012B6500	BL44XU	山下 栄樹	
35934	Jinsue Song	71 (2015) 473-483	2012B6500	BL44XU	山下 栄樹	Structural and Functional Analysis of Hikeshi, a New Nuclear Transport Receptor of Hsp70s
			2013A6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2013B6500	BL44XU	山下 栄樹	

Acta Materialia

36216	Naruki Tsuji	154 (2018) 25-32	2011B1333	BL02B2	辻 成希	Temperature Dependence of the Crystal Structures and Phase Fractions of Secondary Phases in a Nd-Fe-B Sintered Magnet
			2013A1011	BL02B2	廣澤 哲	
			2013A1894	BL02B2	辻 成希	
			2013B1012	BL02B2	廣澤 哲	
			2014A1017	BL02B2	廣澤 哲	
			2014B1009	BL02B2	廣澤 哲	
			2015A1225	BL04B2	中村 哲也	
36278	Songtian Li	142 (2018) 49-57	2015B0901	BL13XU	千葉 大地	Enhancement of Current-Perpendicular-to-Plane Giant Magnetoresistive Outputs by Improving B2-order in Polycrystalline $\text{Co}_2(\text{Mn}_{0.6}\text{Fe}_{0.4})\text{Ge}$ Heusler Alloy Films with the Insertion of Amorphous CoFeBTa Underlayer
			2016A1158	BL13XU	桜庭 裕弥	

Applied Physics Letters

35861	Makoto Takayanagi	112 (2018) 133106	2013A4605	BL15XU	土屋 敬志	Unexpected Metal-Insulator Transition in Thick $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{VO}_3$ Film on SrTiO_3 (100) Single Crystal
			2012A4600	BL15XU	寺部 一弥	
			2013B4605	BL15XU	土屋 敬志	
			2016B4605	BL15XU	土屋 敬志	
36263	Daisuke Mori	112 (2018) 131603	2016A1578	BL25SU	森 大輔	Atomic Characterization of Nano-Facet Nitridation at $\text{SiC}(1\bar{1}00)$ Surface
			2016B1652	BL25SU	森 大輔	
			2017A1631	BL25SU	森 大輔	

Bioorganic and Medicinal Chemistry

35933	Yasuhiro Shimamoto	23 (2015) 876-890	2012B6700	BL44XU	大野 美恵	Fused-Ring Structure of Decahydroisoquinolin as a Novel Scaffold for SARS 3CL Protease Inhibitors
			2013A6700	BL44XU	大野 美恵	
			2013B6700	BL44XU	大野 美恵	
			2012A6500	BL44XU	山下 栄樹	
35937	Yasunao Hattori	23 (2015) 5626-5640	2012B6700	BL44XU	大野 美恵	Evaluation of Transition-State Mimics in a Superior BACE1 Cleavage Sequence as Peptide-Mimetic BACE1 Inhibitors
			2013A6700	BL44XU	大野 美恵	
			2013B6700	BL44XU	大野 美恵	

Chemical Science-1

36327	Masahiro Fujihashi	9 (2018) 3754-3758	2016A2743	BL38B1	藤橋 雅宏	Crystal Structure and Functional Analysis of Large-Terpene Synthases Belonging to a Newly Found Subclass
			2016B2723	BL26B1	藤橋 雅宏	

Chemical Science-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
35974	Panpan Su	9 (2018) 3941-3947	2017B1171	BL01B1	神谷 和秀	Covalent Triazine Framework Modified with Coordinatively-Unsaturated Co or Ni Atoms for CO ₂ Electrochemical Reduction
			2016B1098	BL01B1	神谷 和秀	
			2017A1790	BL14B2	岩瀬 和至	
			2016B1696	BL01B1	岩瀬 和至	
			2016A1464	BL01B1	神谷 和秀	
2016A1120	BL01B1	神谷 和秀				

Chemistry - A European Journal

36045	Minoru Waki	24 (2018) 3846-3853	2015A1717	BL14B2	前川 佳史	Re(bpy)(CO) ₃ Cl Immobilized on Bipyridine-Periodic Mesoporous Organosilica for Photocatalytic CO ₂ Reduction
			2015B1636	BL14B2	前川 佳史	
			2016B1617	BL14B2	脇 稔	
36387	Hong Li	24 (2018) 8875-8882	2017B1309	BL02B2	Sun Hong-Tao	Transformation of Perovskite BaBiO ₃ into Layered BaBiO _{2.5} Crystals Featuring Unusual Chemical Bonding and Luminescence

Chemistry Letters

35839	Kazuki Maeda	47 (2018) 532-535	2016A1549	BL14B2	倉橋 拓也	Ligand-Controlled Behavior of Ag(I)-π Complex as σ -Lewis Acid
			2015B1770	BL14B2	黒田 大樹	
			2016A1680	BL14B2	前田 和輝	
			2016B1766	BL14B2	高橋 俊文	
			2017A1700	BL14B2	前田 和輝	
35950	Lisa Ito	47 (2018) 566-569	2017B1748	BL14B2	富藤 玲	Influence of Acidification on Carbonate Sediments of Majuro Atoll, Marshall Islands
			2015A0118	BL01B1	高橋 嘉夫	
			2015A0118	BL27SU	高橋 嘉夫	
			2015A0118	BL37XU	高橋 嘉夫	

CrystEngComm

35964	Fumiko Kimura	20 (2018) 861-872	2014A1640	BL38B1	津久井 秀	Magnetically Textured Powders—an Alternative to Single-Crystal and Powder X-ray Diffraction Methods
			2014B1735	BL38B1	津久井 秀	
			2015A1651	BL38B1	木村 恒久	
			2014B1992	BL26B2	木村 恒久	
			2017B4001	BL12B2	木村 恒久	
36074	Yanfang Lou	20 (2018) 2861-2867	2017B4140	BL12B2	木村 恒久	Synchrotron X-ray Diffraction Characterization of the Inheritance of GaN Homoepitaxial Thin Films Grown on Selective Growth Substrates
			2016B4502	BL15XU	坂田 修身	
			2017A4504	BL15XU	Lou Yanfang	
			2016B1027	BL28B2	坂田 修身	
			2016B1028	BL20B2	坂田 修身	
			2016B1031	BL13XU	坂田 修身	
			2017A1030	BL20B2	坂田 修身	
2017A1033	BL13XU	坂田 修身				
2017B1029	BL20B2	坂田 修身				

Environmental Pollution

36050	Haibo Qin	225 (2017) 361-369	2014A1416	BL37XU	高橋 嘉夫	Selenium Speciation in Seleniferous Agricultural Soils under Different Cropping Systems using Sequential Extraction and X-ray Absorption Spectroscopy
36239	Yohey Hashimoto	238 (2018) 617-623	2016B1181	BL01B1	橋本 洋平	Redox Changes in Speciation and Solubility of Arsenic in Paddy Soils as Affected by Sulfur Concentrations

Gels

36069	Norio Murase	4 (2018) 44	2015A1852	BL46XU	村勢 則郎	Frozen State of Sephadex® Gels of Different Crosslink Density Analyzed by X-ray Computed Tomography and X-ray Diffraction
			2015B1924	BL46XU	村勢 則郎	
			2016A1784	BL46XU	村勢 則郎	
			2015B1782	BL19B2	入江 謙太郎	
			2016A1811	BL19B2	入江 謙太郎	
36396	Kyoko Yamamoto	4 (2018) 57	2015B1489	BL40B2	平井 光博	Gelation and Structural Formation of Amylose by In Situ Neutralization as Observed by Small-Angle X-ray Scattering
			2011A1159	BL40B2	湯口 宣明	
			2011B1277	BL40B2	湯口 宣明	
			2012A1236	BL40B2	湯口 宣明	
2017B1249	BL40B2	湯口 宣明				

Journal of Archaeological Science: 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
35842	Yoshinari Abe	17 (2018) 212-219	2013A1864	BL08W	八木 直人	Ancient Glassware Travelled the Silk Road: Nondestructive X-ray Fluorescence Analysis of Tiny Glass Fragments Believed to be Sampled from Glassware Excavated from Niizawa Senzuka Tumulus No. 126, Japan
			2013B1865	BL08W	八木 直人	
			2014B1493	BL08W	中井 泉	
			2015A1898	BL08W	中井 泉	
36151	Yoshinari Abe	20 (2018) 362-368	2016A1708	BL08W	阿部 善也	Ancient Glassware Travelled the Silk Road: Nondestructive X-ray Fluorescence Analysis of a Fragment of a Facet-Cut Glass Vessel Collected at Kamigamo Shrine in Kyoto, Japan
			2014B1493	BL08W	中井 泉	
			2016B1810	BL08W	阿部 善也	
			2017A1727	BL08W	阿部 善也	
			2017B1766	BL08W	阿部 善也	

Journal of Molecular Biology

35915	Yosuke Nishikawa	428 (2016) 1886-1896	2015B6500	BL44XU	山下 栄樹	Structural Change in the Dynein Stalk Region Associated with Two Different Affinities for the Microtubule
35917	Yosuke Nishikawa	426 (2014) 3232-3245	2014A6500	BL44XU	山下 栄樹	Structure of the Entire Stalk Region of the Dynein Motor Domain

The Journal of Physical Chemistry C

35910	Ryota Hayashi	122 (2018) 7795-7800	2015A4911	BL15XU	中村 将志	Potential Dependence of the Buckling Structure of the Interfacial Water Bilayer on a Graphene Electrode
			2015B4903	BL15XU	中村 将志	
36000	Kenichi Ozawa	122 (2018) 9562-9569	2012A7426	BL07LSU	小澤 健一	Correlation between Photocatalytic Activity and Carrier Lifetime: Acetic Acid on Single-Crystal Surfaces of Anatase and Rutile TiO ₂
			2012B7433	BL07LSU	小澤 健一	
			2013A7444	BL07LSU	小澤 健一	
			2014A7463	BL07LSU	小澤 健一	
			2015A7487	BL07LSU	小澤 健一	

Journal of Solid State Chemistry

35930	Hiroaki Konishi	262 (2018) 294-300	2014A3622	BL14B1	平野 辰巳	Electrochemical Reaction Mechanisms under Various Charge-Discharge Operating Conditions for Li _{1.2} Ni _{0.13} Mn _{0.54} Co _{0.13} O ₂ in a Lithium-Ion Battery
36398	Yui Ishii	265 (2018) 314-318	2016B1366	BL02B2	河口 彰吾	Incommensurate Phase of the Stuffed Tridymite Derivative BaSrFe ₄ O ₈
			2017A1277	BL02B2	河口 彰吾	

Journal of the American Chemical Society

35820	Tsunetomo Yamada	140 (2018) 3838-3841	2017B4907	BL15XU	亀岡 聡	Probing Single Pt Atoms in Complex Intermetallic Al ₁₃ Fe ₄
			2016B4907	BL15XU	亀岡 聡	
36262	Ryo Takahata	140 (2018) 6640-6647	2013B1659	BL01B1	高畑 遼	Gold Ultrathin Nanorods with Controlled Aspect Ratios and Surface Modifications: Formation Mechanism and Localized Surface Plasmon Resonance
			2012B1527	BL28B2	山添 誠司	
			2013A1411	BL04B2	山添 誠司	
			2016B0908	BL01B1	若林 裕助	

Journal of the Electrochemical Society

36039	Taisei Kobayashi	165 (2018) F342-F349	2017B1288	BL01B1	青木 芳尚	Analysis of the Anode Reaction of Solid Oxide Electrolyzer Cells with BaZr _{0.4} Ce _{0.4} Y _{0.2} O _{3-δ} Electrolytes and Sm _{0.5} Sr _{0.5} CoO _{3-δ} Anodes
36108	WenWen Zhao	165 (2018) A1357-A1362	2017B1218	BL02B2	藪内 直明	Li ₄₃ Ni ₁₃ Mo ₁₃ O ₂ - LiNi ₁₂ Mn ₁₂ O ₂ Binary System as High Capacity Positive Electrode Materials for Rechargeable Lithium Batteries

Molecular Cell

35935	Hidekazu Tsutsui	58 (2015) 186-193	2011B6500	BL44XU	山下 栄樹	A Diffraction-Quality Protein Crystal Processed as an Autophagic Cargo
36051	Mari Yamada	65 (2017) 1109-1121	2015A0119	BL41XU	濡木 理	Crystal Structure of the Minimal Cas9 from <i>Campylobacter jejuni</i> Reveals the Molecular Diversity in the CRISPR-Cas9 Systems
			理研	BL32XU		

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

35956	Yusuke Tamenori	31 (2018) 93-101	2010A1104	BL27SU	為則 雄祐	Expanding the Frontier of Soft X-ray Science by Diversified Sample Environment
			2010B1198	BL27SU	為則 雄祐	
			2011A1780	BL27SU	為則 雄祐	
36164	Hiroyuki Ohsumi	29 (2016) 143-149	2009A1607	BL39XU	大隅 寛幸	Multiscale Structural Study using Scanning X-ray Microscope
			2009B1586	BL39XU	大隅 寛幸	
			理研	BL19LXU		

2014 IEEE International Electron Devices Meeting

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
36281	K. W. Lee	(2015) 28.6.1-28.6.4	2014B1467	BL20XU	Mariappan Murugesan	Highly Dependable 3-D Stacked Multicore Processor System Module Fabricated using Reconfigured Multichip-on-Wafer 3-D Integration Technology

2014 International 3D Systems Integration Conference (3DIC)

36296	Murugesan Mariappan	(2014) 1-4	2013B1763	BL13XU	Mariappan Murugesan	Micro-XRD Investigation of Fine-Pitch Cu-TSV Induced Thermo-Mechanical Stress in High-Density 3D-LSI
-------	------------------------	---------------	-----------	--------	------------------------	--

2016 27th Annual SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference (ASME)

36294	Murugesan Mariappan	(2016) 466-471	2014B1446	BL13XU	Mariappan Murugesan	Non-Conductive Film Underfill for 3D Integration of 20 μm-Thick LSI Wafers with Fine Cu-TSVs
-------	------------------------	-------------------	-----------	--------	------------------------	--

ACS Applied Materials and Interfaces

36221	Ya-Meng Chen	10 (2018) 15905-15912	2016B1205	BL02B2	Sun Hong-Tao	Cs ₄ PbBr ₈ /CsPbBr ₃ Perovskite Composites with Near-Unity Luminescence Quantum Yield: Large-Scale Synthesis, Luminescence and Formation Mechanism, and White Light-Emitting Diode Application
-------	-----------------	--------------------------	-----------	--------	--------------	--

ACS Catalysis

36046	Satoshi Ishikawa	8 (2018) 4160-4169	2017A1822	BL14B2	前川 佳史	Immobilization of a Molybdenum Complex on Bipyridine-Based Periodic Mesoporous Organosilica and Its Catalytic Activity for Epoxidation of Olefins
			2017B1633	BL14B2	前川 佳史	

ACS Chemical Biology

36326	Ryuhei Nagata	12 (2017) 1514-1523	2016A2743	BL38B1	藤橋 雅宏	Structural Study on the Reaction Mechanism of a Free Serine Kinase Involved in Cysteine Biosynthesis
			2016B2723	BL26B1	藤橋 雅宏	

ACS Combinatorial Science

35818	Mohammed Naimuddin	18 (2016) 117-129	2014B1344	BL40XU	久保 泰	A High Performance Platform Based on cDNA Display for Efficient Synthesis of Protein Fusions and Accelerated Directed Evolution
-------	-----------------------	----------------------	-----------	--------	------	---

Advanced Biosystems

36056	Mariah B. Al-Handawi	2 (2018) 1700176	2017A4912	BL15XU	Commins Patrick	Encapsulation of Plant Viral Particles in Calcite Crystals
-------	-------------------------	---------------------	-----------	--------	--------------------	--

Advanced Functional Materials

36240	Suguru Yoshida	28 (2018) 1801856	2016A1308	BL02B2	藤田 晃司	Ferroelectric Sr ₃ Zr ₂ O ₇ : Competition between Hybrid Improper Ferroelectric and Antiferroelectric Mechanisms
			2016B1269	BL02B2	藤田 晃司	
			2017A1357	BL02B2	藤田 晃司	

Advanced Materials

36275	Xiaobo Shang	29 (2017) 1605828	2015B1241	BL02B2	吉成 信人	Supramolecular Nanostructures of Chiral Perylene Diimides with Amplified Chirality for High-Performance Chiroptical Sensing
-------	-----------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

Advanced Materials Interfaces

35958	Yasuo Nakayama	5 (2018) 1800084	2015A1685	BL46XU	中山 泰生	Temperature Dependent Epitaxial Growth of C ₆₀ Overlayers on Single Crystal Pentacene
			2015B1624	BL46XU	中山 泰生	

Advances in Bioscience and Biotechnology

36222	Kengo Kitadokoro	09 (2018) 84925	2016B6615	BL44XU	北所 健悟	Expression, Purification and Crystallization of Thermostable Mutant of Cutinase Est1 from <i>Thermobifida alba</i>
			2016A6615	BL44XU	北所 健悟	
			2015A6516	BL44XU	北所 健悟	
			2015B6516	BL44XU	北所 健悟	
			2017A6716	BL44XU	北所 健悟	

AIP Advances

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
36241	Osamu Takahashi	8 (2018) 025107	2013A1466	BL04B2	土山 明	XANES Spectra of Forsterite in Crystal, Surface, and Amorphous States
			2014B2055	BL27SU	為則 雄祐	
			2015A2039	BL27SU	為則 雄祐	
			2015B1984	BL27SU	為則 雄祐	
			2016B1133	BL27SU	為則 雄祐	
			2017B1140	BL27SU	為則 雄祐	

AIP Conference Proceedings

36152	Masahiko Tanaka	1741 (2016) 050019	2013A4500	BL15XU	田中 雅彦	Rietvelt Analysis using Powder Diffraction Data with Anomalous Scattering Effect Obtained by Focused Beam Flat Sample Method
			2012B4504	BL15XU	田中 雅彦	

Biochemistry

35916	Risa Mutoh	54 (2015) 6052-6061	2015A6500	BL44XU	山下 栄樹	X-ray Structure and Nuclear Magnetic Resonance Analysis of the Interaction Sites of the Ga-Substituted Cyanobacterial Ferredoxin
-------	------------	------------------------	-----------	--------	-------	--

Biochimica et Biophysica Acta

35848	Masayuki Oda	1866 (2018) 415-425	2004A0715	BL41XU	三上 文三	Structural and Thermodynamic Characterization of Endo-1,3-β-glucanase: Insights into the Substrate Recognition Mechanism
			2004B0285	BL38B1	三上 文三	

Biophysical Reviews

35912	Akiyuki Toda	10 (2018) 677-686	2017A6500	BL44XU	山下 栄樹	Structural Atlas of Dynein Motors at Atomic Resolution
-------	--------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

Biophysics and Physicobiology

35986	Hiroyuki Iwamoto	15 (2018) 111-120	2004A0583	BL45XU	岩本 裕之	Effects of Myosin Inhibitors on the X-ray Diffraction Patterns of Relaxed and Calcium-Activated Rabbit Skeletal Muscle Fibers
			2005B0267	BL45XU	岩本 裕之	
			2006A1427	BL45XU	岩本 裕之	
			2013A1431	BL45XU	岩本 裕之	
			2013B1333	BL45XU	岩本 裕之	
			2017A1214	BL45XU	岩本 裕之	
			2017B1212	BL45XU	岩本 裕之	

Carbohydrate Polymers

35873	Paavo Penttila	190 (2018) 95-102	2015B1096	BL40B2	Penttila Paavo	Enzymatic Hydrolysis of Biomimetic Bacterial Cellulose-Hemicellulose Composites
-------	----------------	----------------------	-----------	--------	----------------	---

Catalysis Letters

36125	Nozomu Ishiguro	148 (2018) 1597-1609	2005A0451	BL01B1	唯 美津木	Structural Kinetics of Cathode Events on Polymer Electrolyte Fuel Cell Catalysis Studied by <i>Operando</i> Time-Resolved XAFS
			2010B1014	BL01B1	岩澤 康裕	
			2010B1017	BL40XU	岩澤 康裕	
			2011A1031	BL01B1	岩澤 康裕	
			2011A1033	BL40XU	岩澤 康裕	
			2011B1015	BL01B1	横山 利彦	
			2011B1017	BL40XU	横山 利彦	
			2012A1013	BL40XU	横山 利彦	
			2012A1014	BL01B1	横山 利彦	
			2013A7820	BL36XU	唯 美津木	
			2013B7820	BL36XU	唯 美津木	
			2013B7821	BL36XU	唯 美津木	
			2014A7820	BL36XU	唯 美津木	
			2014B7820	BL36XU	唯 美津木	
			2015A7820	BL36XU	唯 美津木	
2015B7820	BL36XU	唯 美津木				

Catalysis Science & Technology

35889	Yasutaka Kuwahara	8 (2018) 1905-1914	2017B1081	BL01B1	桑原 泰隆	Catalytic Combustion of Diesel Soot over Fe and Ag-doped Manganese Oxides: Role of Heteroatoms in the Catalytic Performances
-------	-------------------	-----------------------	-----------	--------	-------	--

Catalysts

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
36038	Yuki Wakisaka	8 (2018) 204	2016B7902	BL36XU	朝倉 清高	A Demonstration of Pt L ₃ -Edge EXAFS Free from Au L ₃ -Edge Using Log-Spiral Bent Crystal Laue Analyzers
			2016A7902	BL36XU	朝倉 清高	

Cell Reports

36104	Hiroaki Fujita	23 (2018) 1192-1204	2015A1072	BL41XU	大木 出	Cooperative Domain Formation by Homologous Motifs in HOIL-1L and SHARPIN Plays A Crucial Role in LUBAC Stabilization
			2017A6707	BL44XU	大木 出	
			2017B6707	BL44XU	大木 出	

Ceramics International

35876	Shao-Chieh Weng	43 (2017) 4873-4879	2014B4141	BL12B2	Chang Chia-Chin	Synthesis of MnOx/Reduced Graphene Oxide Nanocomposite as an Anode Electrode for Lithium-Ion Batteries
-------	-----------------	------------------------	-----------	--------	-----------------	--

Chemistry - An Asian Journal

35969	Akiya Oda	13 (2018) 964-967	2015B1030	BL38B1	長尾 聡	Construction of a Triangle-Shaped Trimer and a Tetrahedron Using an α -Helix-Inserted Circular Permutant of Cytochrome C ₅₅₅
-------	-----------	----------------------	-----------	--------	------	--

Chemosphere

35853	Lisa Ito	202 (2018) 65-75	2015A1809	BL27SU	坂田 昂平	Origin and Migration of Trace Elements in the Surface Sediments of Majuro Atoll, Marshall Islands
			2016A1642	BL27SU	坂田 昂平	
			2015A0118	BL01B1	高橋 嘉夫	

ChemPhysChem

35953	Daisuke Asakura	19 (2018) 988-992	2015B1503	BL27SU	朝倉 大輔	Large Charge-Transfer Energy in LiFePO ₄ Revealed by Full-Multiplet Calculation for the Fe L ₃ -edge Soft X-ray Emission Spectra
			2015A1365	BL27SU	朝倉 大輔	
			2014B1353	BL27SU	朝倉 大輔	

Comptes Rendus Geoscience

36331	Yusaku Takubo	(2018) Available online 18 May 2018	2016A3787	BL22XU	寺崎 英紀	Development of Density Measurement for Metals at High Pressures and High Temperatures using X-ray Absorption Imaging Combined with Externally Heated Diamond Anvil Cell
			2017B3782	BL22XU	寺崎 英紀	

Crystals

36072	Shigesaburo Ogawa	7 (2017) 356	2015B7254	BL03XU	高橋 功	Structural Characterization of Perpendicularly Aligned Submicrometer-Thick Synthetic Glycolipid Polycrystalline Films Using Conventional X-ray Diffraction
-------	-------------------	-----------------	-----------	--------	------	--

Dalton Transactions

36399	Misaki Shiga	47 (2018) 7656-7662	2017A1856	BL02B2	河口 彰吾	Chemo-Chromism in an Orthogonal Dabco-Based Co(II) Network Assembled by Methanol-Coordination and Hydrogen Bond Formation
-------	--------------	------------------------	-----------	--------	-------	---

e-Journal of Surface Science and Nanotechnology

35890	Hiromasa Fujii	16 (2018) 76-78	2015A1167	BL13XU	若林 裕助	Structural Switching of Self-Assembled Monolayer by External Electric Field
			2014B1091	BL13XU	若林 裕助	

ECS Transactions

36166	Asami Omachi	75 (2017) 67-72	2016A4505	BL15XU	近藤 敏啓	Structural Study of Electrochemically Lithiated Si
			2016B4503	BL15XU	野口 秀典	

Electrochimica Acta

36211	Hiroshi Uemachi	281 (2018) 99-108	2012A1653	BL27SU	上町 裕史	X-ray Absorption Near Edge Structure Analysis of the Charge-Discharge Mechanisms of Dithiobiuret Polymer Used as a High-Capacity Cathode Material for Lithium-Ion Batteries
			2012B1811	BL27SU	上町 裕史	

eLife

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
35940	Saori Maki-Yonekura	7 (2018) e35419	2016A2530	BL41XU	米倉 功治	Hexameric and Pentameric Complexes of the ExbBD Energizer in the Ton System
			2012B1061	BL41XU	米倉 功治	
			2013B1085	BL32XU	米倉 功治	
			2014B1045	BL32XU	米倉 功治	
			2015A1021	BL32XU	米倉 功治	
			2016A2530	BL32XU	米倉 功治	
			2015A1021	BL41XU	米倉 功治	

Endocrinology

35985	James T. Pearson	159 (2018) 1763-1773	2015A1136	BL28B2	Schwenke Daryl	Ghrelin Preserves Ischemia-Induced Vasodilation of Male Rat Coronary Vessels Following β -Adrenergic Receptor Blockade
-------	------------------	-------------------------	-----------	--------	----------------	--

Environmental Science & Technology

35871	Paul Clarence M. Francisco	52 (2018) 4817-4826	2016A3504	BL11XU	塩飽 秀啓	Mechanisms of Se(IV) Co-precipitation with Ferrihydrite at Acidic and Alkaline Conditions and Its Behavior during Aging
			2015B3504	BL11XU	塩飽 秀啓	

EPJ Web of Conferences

36393	Yukio Kajihara	151 (2017) 06003	2015B1178	BL35XU	乾 雅祝	Inelastic X-ray Scattering Measurements of Liquid Water/glycerol Mixtures
-------	----------------	---------------------	-----------	--------	------	---

FEBS Letters

36330	Yuika Kunishige	592 (2018) 1378-1388	2014B1763	BL38B1	掃部 正浩	Crystal Structure of Exo-PHannogalacturonan Lyase from <i>Penicillium chrysogenum</i> as a Member of Polysaccharide Lyase Family 26
			2014B1085	BL38B1	西村 重徳	
			2015A1099	BL38B1	西村 重徳	
			2015B1099	BL40B2	小幡 誉子	
			2016A2516	BL26B2	阪本 龍司	
			2016A2516	BL38B1	阪本 龍司	
			2016A2561	BL38B1	炭谷 順一	
			2016A2699	BL38B1	大谷 拓也	
			2017A2504	BL38B1	炭谷 順一	
2017A2696	BL38B1	近藤 辰哉				

Frontiers in Physiology

36277	Rajesh Katare	9 (2018) 696	2015B1388	BL28B2	Katara Rajesh	Progressive Decrease in Coronary Vascular Function Associated With Type 2 Diabetic Heart Disease
			2015B1366	BL28B2	Schwenke Daryl	

High Pressure Research

35970	Haruka Ozawa	38 (2018) 120-135	2016A1228	BL10XU	小澤 春香	Boron-Doped Diamond as a New Heating Element for Internal-Resistive Heated Diamond-Anvil Cell
			2016A1411	BL10XU	館野 繁彦	

IEEE Transactions on Magnetics

36357	Yoshiyuki Nakagawa	(2018) online publication 12 June 2018	2010B1982	BL39XU	加藤 龍太郎	Large Improvement in Magnetic Properties of Hot-Deformed HREE-Free Nd-Fe-B Magnets Using the Rapid Heating Technique of the Powder
-------	--------------------	--	-----------	--------	--------	--

International Journal of Fatigue

36008	Rong Jiang	114 (2018) 22-33	2016A1278	BL20XU	Sinclair Ian	Strain Accumulation and Fatigue Crack Initiation at Pores and Carbides in a SX Superalloy at Room Temperature
-------	------------	---------------------	-----------	--------	--------------	---

International Journal of Molecular Sciences

35891	Norifumi Muraki	17 (2016) 829	2015A6548	BL44XU	村木 則文	Structural Characterization of Heme Environmental Mutants of CgHmuT that Shuttles Heme Molecules to Heme Transporters
-------	-----------------	------------------	-----------	--------	-------	---

International Journal of Pharmaceutics

36349	Masataka Ito	547 (2018) 258-264	2016B1421	BL02B1	伊藤 雅隆	Phase Transitions of Antibiotic Clarithromycin Forms I, IV and New Form VII Crystals
-------	--------------	-----------------------	-----------	--------	-------	--

Journal of Analytical Atomic Spectrometry

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
35845	Takashi Yamamoto	33 (2018) 585-592	2013A1732	BL01B1	山本 孝	Discrepancy in the Quantitative Oxidation-State Analysis of Eu Species in Sulfide Phosphors by K-, L1- and L3-edge XANES Spectrometry: Choice of Absorption Edge and Measurement Mode

Journal of Biological Chemistry

36269	Naomine Yano	291 (2016) 23882-23894	2006B6500	BL44XU	山下 栄樹	The Mg ²⁺ -containing Water Cluster of Mammalian Cytochrome c Oxidase Collects Four Pumping Proton Equivalents in Each Catalytic Cycle
			2008A6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2008B6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2009A6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2009B6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2010A6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2008B1001	BL41XU	山本 雅貴	
			2008B1015	BL41XU	山本 雅貴	
			2009A1013	BL41XU	山本 雅貴	
			2009B1001	BL41XU	山本 雅貴	
2009B1031	BL41XU	山本 雅貴				

Journal of Catalysis

35824	Masaaki Iwasaki	359 (2018) 55-67	2011B7001	BL33XU	長井 康貴	Experimental Assessment of the Bifunctional NH ₃ -SCR Pathway and the Structural and Acid-Base Properties of WO ₃ Dispersed on CeO ₂ Catalysts
-------	-----------------	---------------------	-----------	--------	-------	---

The Journal of Chemical Physics

36003	Yohei Nakanishi	148 (2018) 124902	2014B1469	BL40B2	石毛 亮平	USAXS Analysis of Concentration-Dependent Self-Assembling of Polymer-Brush-Modified Nanoparticles in Ionic Liquid: [I] Concentrated-Brush Regime
			2014B1648	BL19B2	石毛 亮平	
			2015A1718	BL19B2	石毛 亮平	
			2017A1845	BL03XU	小川 紘樹	
			2017A7213	BL03XU	宮崎 司	

Journal of Cosmetic Science

36345	Maki Fukuda	69 (2018) 121-130	2012B1388	BL40XU	丸橋 佑基	Structural Analysis of Macrofibrils in a Human Permanent Waved Hair by Scanning Microbeam Small-Angle X-ray Scattering Measurements
-------	-------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

Journal of Crystal Growth

35967	Hidekazu Tsuchida	402 (2014) 260-266	2015B3321	BL08B2	鎌田 功穂	Deflection of Threading Dislocations in Patterned 4H-SiC Epitaxial Growth
-------	-------------------	-----------------------	-----------	--------	-------	---

Journal of Fertilization

36015	Upekha Basnayaka	4 (2016) 1000169	2012B1353	BL20B2	星野 真人	Synchrotron Imaging of Ovaries <i>Ex Vivo</i>
-------	------------------	---------------------	-----------	--------	-------	---

Journal of Fluorine Chemistry

35947	Tetsuhiro Katsumata	209 (2018) 65-72	2014B1077	BL02B2	勝又 哲裕	Phase Transitions and Dielectric Properties of Perovskite-type Oxyfluorides (1-x)KNbO ₃ -xKMgF ₃
			2016B3636	BL14B1	勝又 哲裕	

Journal of Instrumentation

36291	Takayoshi Katsuragawa	12 (2017) T04002	2013A1391	BL37XU	中 竜大	New Readout System for Submicron Tracks with Nuclear Emulsion
			2013B1461	BL37XU	中 竜大	
			2014A1352	BL37XU	中 竜大	
			2014B1415	BL37XU	中 竜大	

Journal of Molecular Liquids

36002	Tatsuya Tsurumura	261 (2018) 468-472	2016A1684	BL19B2	鶴村 達也	Local Structures of Titanium-Ion Complexes in Redox Flow Battery Electrolytes as Revealed by X-ray Scattering with Difference Analysis
			2016B1897	BL19B2	鶴村 達也	
			2017A1704	BL19B2	鶴村 達也	
			2017A1786	BL19B2	鶴村 達也	

Journal of Physics D: Applied Physics

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
35867	Akihiro Kirihiro	51 (2018) 154002	2015A1670	BL14B2	桐原 明宏	Annealing-Temperature-Dependent Voltage-Sign Reversal in All-Oxide Spin Seebeck Devices using RuO ₂

Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry

36047	Kazuya Matsui	55 (2017) 3090-3096	2016A7208	BL03XU	濱松 浩	A Study of ADMET Polyethylene with 21-carbon Branches on Every 15th Compared to Every 19th Carbon: What a Difference Four Extra Backbone Methylenes Make
-------	---------------	------------------------	-----------	--------	------	--

Journal of Power Sources

36022	Hamdi Ben Yahia	244 (2013) 87-93	2011A1795	BL19B2	辰巳 国昭	New Fluorophosphate Li _{2-x} Na _x Fe[PO ₄]F as Cathode Material for Lithium Ion Battery
-------	-----------------	---------------------	-----------	--------	-------	---

Journal of Research Updates in Polymer Science

36010	Takuya Tanaka	7 (2018) 1-6	2015A1560	BL40B2	大越 研人	Effect of Side Chain Length on Segregation of Squalane between Smectic Layers Formed by Rod-Like Polysilanes
			2015B1233	BL40B2	大越 研人	
			2017B1220	BL40B2	大越 研人	

Journal of the American Ceramic Society

36043	Sungchul Bae	101 (2018) 408-418	2017A3782	BL22XU	裴 晟哲	Pair Distribution Function Analysis of Nanostructural Deformation of Calcium Silicate Hydrate under Compressive Stress
			2015B3784	BL22XU	裴 晟哲	

Journal of the American Oil Chemists' Society

35909	Shimpei Watanabe	95 (2018) 447-460	2015B1926	BL19B2	吉川 真一	Polymorphism and Mixing Phase Behavior in Ternary Mixture Systems of SOS-SSO-OSO: Formation of Molecular Compound Crystals
-------	------------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

Journal of Synchrotron Radiation

36404	Yuki Takayama	25 (2018) 1229-1237	2016A3200	BL24XU	籠島 靖	Atmospheric Coherent X-ray Diffraction Imaging for <i>in situ</i> Structural Analysis at SPring-8 Hyogo Beamline BL24XU
			2016B3201	BL24XU	高山 裕貴	

KEK Proceedings

36030	Shigenori Ueda	5 (2017) 490-511	2008A4906	BL15XU	Fadley Charles	Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy: ARPES, MCD, XSW
			2008B4800	BL15XU	小林 啓介	
			2009A4906	BL15XU	Fadley Charles	
			2016B4606	BL15XU	上田 茂典	

Lunar and Planetary Science XLVI

35996	Toru Yada	(2015) 1850	2015A1643	BL47XU	矢田 達	Three Dimensional Structures and Detail Morphologies of Aggregate-Type Itokawa Particles Analyzed by Dual-Energy Synchrotron Radiation Computed Tomography and Field Emission Secondary Electron Microscope
-------	-----------	----------------	-----------	--------	------	---

MATEC Web of Conferences

36397	Yoshikazu Nakai	165 (2018) 11002	2017A1581	BL46XU	牧野 泰三	Observation of Flaking Process in Rolling Contact Fatigue by Laminography Using Ultra-Bright Synchrotron Radiation
			2017B1610	BL46XU	牧野 泰三	
			2017B1908	BL46XU	牧野 泰三	

Materials Research Bulletin

36102	Bogdan I. Lazoryak	104 (2018) 20-26	2015A4502	BL15XU	Belik Alexei	Luminescence, Structure and Antiferroelectric-Type Phase Transition in Ca ₈ ZnEu(PO ₄) ₇
-------	--------------------	---------------------	-----------	--------	--------------	--

Materials Research Proceedings

35959	Mutsumi Sano	4 (2018) 37-42	2016A1335	BL02B1	佐野 睦	Dislocation Density of Oxygen Free Copper with Compressive Strain Applied at High Temperature
-------	--------------	-------------------	-----------	--------	------	---

Materials Science Forum

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
36371	Hideyuki Yasuda	925 (2018) 104-109	2016B1409	BL20B2	安田 秀幸	X-Ray Imaging of Formation and Growth of Spheroidal Graphite in Ductile Cast Iron
			2017B1466	BL20B2	杉山 明	
			2015A1524	BL20B2	杉山 明	
			2015B1465	BL20B2	杉山 明	

Microporous and Mesoporous Materials

36105	Kazu Okumura	268 (2018) 285-292	2017A1106	BL01B1	奥村 和	Direct Inclusion of Phosphine Derivatives in the Pores of Zeolite β
			2017B1158	BL01B1	奥村 和	

Minerals

36273	Billy C. Nzogang	8 (2018) 153	2010A0082	BL04B1	入船 徹男	Application of Scanning Precession Electron Diffraction in the Transmission Electron Microscope to the Characterization of Deformation in Wadsleyite and Ringwoodite
-------	------------------	-----------------	-----------	--------	-------	--

MRS Advances

36329	Litian Chew	(2018) Published online 08 June 2018	2014A1244	BL01B1	Simpson Robert	Electric Field Effects in Chalcogenides
-------	-------------	--	-----------	--------	----------------	---

Nano Energy

36049	Yuan Huang	41 (2017) 426-433	2016A1039	BL27SU	Chen Yongsheng	Revisiting the Origin of Cycling Enhanced Capacity of Fe_3O_4 Based Nanostructured Electrode for Lithium Ion Batteries
-------	------------	----------------------	-----------	--------	----------------	--

Nature Chemical Biology

35976	Toru Sengoku	14 (2018) 368-374	2017A2587	BL41XU	横山 茂之	Structural Basis of Protein Arginine Rhamnosylation by Glycosyltransferase EarP
			理研	BL32XU		
			理研	BL26B2		

Nature Plants

35911	Hisako Kubota-Kawai	4 (2018) 218-224	2012A6500	BL44XU	山下 栄樹	X-ray Structure of an Asymmetrical Trimeric Ferredoxin-Photosystem I Complex
-------	---------------------	---------------------	-----------	--------	-------	--

Nature Structural & Molecular Biology

36356	Can Cao	25 (2018) 488-495	2014B1057	BL41XU	Zhao Qiang	Structural Basis for Signal Recognition and Transduction by Platelet-Activating-Factor Receptor
			2015A1026	BL41XU	Wu Beili	
			2015A1027	BL41XU	Zhao Qiang	

New Journal of Chemistry

36350	Shuhei Ogata	41 (2017) 6385-6394	2017A1648	BL02B2	尾形 周平	Water-Soluble Lanthanide Complexes with a Helical Ligand Modified for Strong Luminescence in a Wide pH Region
			2016B1342	BL02B2	石井 あゆみ	
			2016B1706	BL02B2	尾形 周平	
			2016A1336	BL02B2	長谷川 美貴	
			2016A1333	BL02B2	石井 あゆみ	
			2014B1316	BL02B2	長谷川 美貴	
			2013B1776	BL02B2	長谷川 美貴	
			2013B1679	BL02B2	土屋垣内 絢子	
2013A1020	BL02B2	長谷川 美貴				

NPG Asia Materials

36001	Ken-ichi Sakai	8 (2016) e252	2015A1375	BL02B1	竹谷 純一	The Emergence of Charge Coherence in Soft Molecular Organic Semiconductors via the Suppression of Thermal Fluctuations
-------	----------------	------------------	-----------	--------	-------	--

Physical Review A

35920	Long Quan Xu	97 (2018) 032503	2016B4253	BL12XU	Zhu LinFan	Comparative Study of Inelastic Squared Form Factors of the Vibronic States of $B^1\Sigma_u^+$, $C^1\Pi_u$, and $E^1\Sigma_g^+$ for Molecular Hydrogen: Inelastic X-ray and Electron Scattering
			2012A4256	BL12XU	Zhu LinFan	

Physical Review Materials

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
35997	Shintaro Kobayashi	2 (2018) 054402	2016A1620	BL02B2	中埜 彰俊	Anomalous Double-Stripe Charge Ordering in β - NaFe_2O_3 with Double Triangular Layers Consisting of Almost Perfect Regular Fe_4 Tetrahedra
			2016B1437	BL02B2	澤 博	

Physics and Chemistry of Minerals

36400	Eleonora Kulik	(2018) Online publication 2 May 2018	2015A2058	BL02B2	河口 彰吾	Thermal Expansion of Coesite Determined by Synchrotron Powder X-ray Diffraction
-------	----------------	--	-----------	--------	-------	---

Polymer International

35855	Kazuhiro Shikinaka	67 (2018) 495-499	2015A1280	BL40B2	敷中 一洋	Stiff and Hierarchical Chain Nature of Atactic and Stereoregular Poly(substituted methylene)s
-------	--------------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

Polymer Journal

35836	Chih-Chien Hung	48 (2016) 439-449	2014B4260	BL12XU	Hsu I Jui	Novel Highly Sensitive and Reversible Electrospun Nanofibrous Chemosensor-Filters Composed of Poly(HEMA-co-MNA) and bpy-F-bpy with Metal-Ion-Modulated Multicolor Fluorescence Emission
-------	-----------------	----------------------	-----------	--------	-----------	---

Powder Diffraction

36307	Kunihisa Sugimoto	32 (2017) S19-S26	2014A1908	BL02B2	杉本 邦久	Structural Characterization of Caffeine-Oxalic Acid Co-Crystals from the Powder Diffraction Pattern at the SPring-8 BL02B2 Beamline
			2015A2058	BL02B2	河口 彰吾	
			2015B1988	BL02B2	河口 彰吾	

Proceedings of SPIE

35869	Kentaro Uesugi	10391 (2017) 103911D	2015A2040	BL20B2	上杉 健太郎	Development of High Energy Micro-Tomography System at SPring-8
			2015A2041	BL20XU	上杉 健太郎	
			2015A1421	BL20B2	星野 真人	
			2013A1441	BL20B2	上杉 健太郎	

Proceedings of the 5th International Symposium on Steel Science (ISSS 2017)

36369	Yojiro Oba	(2018) 151-154	2016A1688	BL46XU	大場 洋次郎	Characterization of Microstructure using Bragg Edge and Energy-Resolved Small-Angle Neutron Scattering
-------	------------	-------------------	-----------	--------	--------	--

QST Takasaki Annual Report

36376	Kenta Kakitani	QST-M-8 (2017) 36	2017B3654	BL14B1	八巻 徹也	How Does Ion-Beam-Irradiated Carbon Support Improve the Activity of Platinum Nanoparticle Catalysts?
-------	----------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

Rare Metals

36368	Atsuko Kosuga	37 (2018) 360-368	2014B1334	BL02B2	小菅 厚子	High-Temperature Formation Phases and Crystal Structure of Hot-Pressed Thermoelectric Compounds with Chalcopyrite-Type Structure
			2015A1363	BL02B2	小菅 厚子	
			2015B1377	BL02B2	小菅 厚子	

Review of Scientific Instruments

36218	Takato Inoue	89 (2018) 043106	2016A8010	BL3	山内 和人	Systematic-Error-Free Wavefront Measurement using an X-ray Single-Grating Interferometer
			2016B8017	BL3	山内 和人	
			2017A8033	BL3	山内 和人	
			理研	BL29XU		

RSC Advances

36359	Wasusate Soontomchaiyakul	7 (2017) 21790-21795	2014B1744	BL02B2	Soontomchaiyakul Wasusate	Effects of Rh-doping on the Photooxidative Degradation Activity of Titanate Nanosheets
-------	---------------------------	-------------------------	-----------	--------	---------------------------	--

Skin Research Science and Technology

35987	Tomonori Suzuki	(2018) Online published 29 Apr. 2018	2015A1387	BL40B2	内野 智信	Evaluation of the Molecular Lipid Organization in Millimeter-Sized Stratum Corneum by Synchrotron X-ray Diffraction
			2015B1197	BL40B2	内野 智信	

Small Methods

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
36109	WenWen Zhao	(2018) First published 2 May 2018	2017B1218	BL02B2	藪内 直明	Influence of Synthesis Conditions on Electrochemical Properties of P2-Type $\text{Na}_{23}\text{Fe}_{23}\text{Mn}_{13}\text{O}_2$ for Rechargeable Na Batteries

Solid State Ionics

36379	Kazuki Ise	320 (2018) 7-15	2016B5360	BL16B2	吉木 昌彦	Large Lithium Storage in Highly Crystalline TiNb_2O_7 Nanoparticles Synthesized by a Hydrothermal Method as Anodes for Lithium-Ion Batteries
			2017A5360	BL16B2	吉木 昌彦	

Structure

35885	Arata Furukawa	26 (2018) 485-489	2016A2532	BL32XU	塚崎 智也	Remote Coupled Drastic β -Barrel to β -Sheet Transition of the Protein Translocation Motor
			2015A1061	BL32XU	塚崎 智也	

Surface and Interface Analysis

36042	Satoshi Yasuno	ECASIA Special Issue Paper (2018) Version of Record online: 23 Mar. 2018	2016A1762	BL46XU	安野 聡	Relative Sensitivity Factors in Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy
			2016B1555	BL46XU	安野 聡	
			2016B1870	BL46XU	安野 聡	
			2017A1562	BL46XU	安野 聡	
			2017A1768	BL46XU	安野 聡	
			2017B1600	BL46XU	安野 聡	

Thin Solid Films

36067	Tomoya Fujiwara	658 (2018) 66-72	2016B1107	BL13XU	大西 洋	Heteroepitaxial Barium-Doped NaTaO_3 Films on $\text{SrTiO}_3(001)$ Substrate
			2015A0116	BL13XU	林 好一	

Toxin and Drug Discovery

35817	Tai Kubo	(2016) 1-24	2014B1344	BL40XU	久保 泰	Random Peptide Library for Ligand and Drug Discovery
-------	----------	----------------	-----------	--------	------	--

Transactions of the Magnetics Society of Japan

35863	Tomohiko Ikeda	1 (2017) 10-13	2015A1867	BL25SU	劉 小晰	Domain Configuration in Magnetic Wire with Transversal Magnetic Anisotropy
-------	----------------	-------------------	-----------	--------	------	--

X-Ray Spectrometry

35843	Kenji Terada	47 (2018) 137-143	2015B1834	BL37XU	中井 泉	Investigation of Cadmium Accumulation Mechanism in Hepatopancreas of <i>Patinopecten yessoensis</i> by Synchrotron Radiation X-ray Absorption Fine Structure and Synchrotron Radiation X-ray Fluorescence Analyses
			2015B1832	BL01B1	中井 泉	

X-ray Spectroscopy

36388	Kyoko Okada	(2018) Online published 21 June 2018	2012A1238	BL09XU	長嶋 廉仁	Vibrations and Chemical States of Iron Ions in Soda-Lime Glasses Determined by Element-Specific X-ray Analysis
			2012B1602	BL09XU	岡田 京子	
			2014A1581	BL09XU	岡田 京子	
			2014B1663	BL09XU	岡田 京子	
			2015A2054	BL09XU	岡田 京子	
			2013A1640	BL14B2	白木 康一	

Zeitschrift für Kristallographie - Crystalline Materials

36021	Hamdi Ben Yahia	232 (2017) 349-356	2011A1795	BL19B2	辰巳 国昭	The Novel Stairs-Like Layered Compound $\text{Co}_3(\text{OH})_8(\text{H}_2\text{O})_2[\text{SO}_3]_2$
-------	-----------------	-----------------------	-----------	--------	-------	--

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

36070	Hitoshi Yusa	67 (2018) 527-532	2012A4264	BL12XU	遊佐 斉	High-Pressure Structural Research using DAC: XRD and XES Measurements of Transition Metal Difluorides under High Pressure
			2012B4258	BL12XU	遊佐 斉	
			2013B4262	BL12XU	遊佐 斉	
			2012B1186	BL10XU	遊佐 斉	
			2014B1232	BL10XU	遊佐 斉	

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

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
35893	Aya Tanimura	30 (2018) 81-86	2013B7262	BL03XU	船城 健一	Structural Characterization of PET Film by X-ray Scattering by Near Melting Point Stretching

日本金属学会誌 (The Journal of the Japan Institute of Metals and Materials)

36274	Hifumi Nagai	81 (2017) 178-185	2013B3518	BL11XU	成田 弘一	Recovery of Ruthenium from a Solution Containing Platinum Group Metals
			2015B3514	BL11XU	成田 弘一	

非破壊検査 (Journal of JSNDI)

36071	Manako Tanaka	67 (2018) 233-240	2015A1606	BL08W	田中 真奈子	Non-Destructive Study of Iron Artifacts using Synchrotron X-ray and Neutron to Clarify their Material Characteristics and Manufacturing Techniques
			2012B1493	BL08W	田中 真奈子	
			2015B1826	BL08W	田中 真奈子	
			2016B1798	BL28B2	田中 真奈子	
			2016B1799	BL20B2	田中 真奈子	
			2017B1760	BL28B2	田中 真奈子	

分析化学 (Bunseki Kagaku)

36161	Hiroki Uehara	67 (2018) 145-151	2017A1613	BL40XU	上原 宏樹	Combination of DSC and <i>in-situ</i> XRD for Analysis of Melting Behavior of Polymeric Materials
			2017B1202	BL40B2	上原 宏樹	

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

36332	Peng Xiong	65 (2018) 269-273	2016A1353	BL47XU	島川 祐一	High Pressure Synthesis and Physical Properties of $\text{Sr}_{0.5-x}\text{Ca}_x\text{Bi}_{0.5}\text{FeO}_3$
			2015A1647	BL02B2	齊藤 高志	
			2016A1622	BL02B2	保坂 祥輝	
			2016A1650	BL02B2	熊 鵬	
			2017B1736	BL02B2	熊 鵬	

まてりあ (Materia Japan)

35862	Norihiro Okamoto	57 (2018) 169-175	2014B1228	BL02B1	乾 晴行	Crystal Structures and Mechanical Properties of the Intermetallic Compounds in the Fe-Zn System Comprising the Coating of Galvannealed Steel Sheets
			2015A1468	BL02B1	乾 晴行	
			2016B1096	BL02B1	岡本 範彦	
			2017A1243	BL02B1	岡本 範彦	

博士論文 (大阪大学)

35835	Hirokazu Hasegawa	(2018)	2014B1087	BL40B2	寺尾 憲	Solution Properties of Linear and Star Poly(quinoxaline-2,3-diyl) Derivatives with Rigid Helical Backbones
			2015A1179	BL40B2	寺尾 憲	
			2015B1100	BL40B2	寺尾 憲	
			2016B1088	BL40B2	寺尾 憲	
35954	Yasuhiro Nakatani	(2018)	2013B3882	BL23SU	関山 明	Strongly Correlated Electronic Structures of Ce-based Heavy Fermion Systems Probed by Polarization-Dependent X-ray Electron Spectroscopy
			2014B3882	BL23SU	関山 明	
			2012A3834	BL23SU	斎藤 祐児	
			2012B3834	BL23SU	斎藤 祐児	
			2014A1023	BL27SU	関山 明	
35955	Kohei Yamagami	(2018)	2014A1023	BL27SU	関山 明	Local 3d Electronic States of Strongly Correlated Transition-Metal Oxides and Complexes Probed by High-energy Electron Spectroscopy
			2014B1299	BL27SU	関山 明	

博士論文 (京都大学)

35819	Takayuki Uchida	(2018)	2014B4903	BL15XU	金子 健太郎	Study of Corundum-Structured Gallium Oxides for Device Applications
36004	Yohei Nakanishi	(2018)	2014B1648	BL19B2	石毛 亮平	Fundamental and Applied Studies on Self-Assembling of Polymer-Brush-Modified Nanoparticles in Ionic Liquid
			2015A1718	BL19B2	石毛 亮平	
			2014B1469	BL40B2	石毛 亮平	
36048	Atsushi Funatsuki	(2017)	2005B0439	BL01B1	高岡 昌輝	Development of Forensic Identification Method with X-Ray Absorption Fine Structure Analysis
			2010A1372	BL01B1	高岡 昌輝	
			2011A1205	BL01B1	高岡 昌輝	
			2012B1108	BL14B2	船附 淳志	
			2013A1733	BL01B1	船附 淳志	
			2014A1133	BL27SU	船附 淳志	

博士論文 (筑波大学)

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
35965	Keita Ito	(2014)	2010B3877	BL23SU	木村 昭夫	Magnetic Properties of Anti-Perovskite Type Transition Metal Ferromagnetic Nitrides
			2011A3872	BL23SU	木村 昭夫	
			2012B3840	BL23SU	木村 昭夫	
			2010A3877	BL23SU	木村 昭夫	
			2013B3880	BL23SU	木村 昭夫	
			2011B4804	BL15XU	木村 昭夫	
			2012A4806	BL15XU	木村 昭夫	
2013A3880	BL23SU	木村 昭夫				
36353	Ryota Takabe	(2018)	2014A4902	BL15XU	木村 昭夫	Surface Passivation and Epitaxial Growth of High-Quality BaSi ₂ Films
			2015A4907	BL15XU	木村 昭夫	
			2015B4906	BL15XU	木村 昭夫	
36354	Masakazu Baba	(2016)	2012B4908	BL15XU	木村 昭夫	Study of Grain Boundaries in BaSi ₂ Epitaxial Films

博士論文 (東京大学)

35973	Tohma Watanabe	(2018)	2012A1693	BL13XU	杉山 正和	Selective Area Growth of InGaAs on Si for Integrated Infrared Photodiodes
			2013A1025	BL13XU	杉山 正和	
36059	Yuya Kubota	(2017)	2014B7473	BL07LSU	松田 巖	Magnetism of Buried Layers Studied by Soft X-ray Resonant Magneto-Optical Effect using Polarization Modulation
			2015B7401	BL07LSU	松田 巖	
			2015A7401	BL07LSU	松田 巖	
			2014B7401	BL07LSU	松田 巖	
			2014A7401	BL07LSU	松田 巖	
			2016A7403	BL07LSU	和達 大樹	
			2016A7504	BL07LSU	田久保 耕	
2016B7403	BL07LSU	和達 大樹				

博士論文 (Monash University)

36036	Yi Ching Chen	(2016)	2014B1800	BL28B2	Pearson James	Application of Synchrotron Microangiography to Functional Imaging of Coronary Vessels in vivo
-------	---------------	--------	-----------	--------	---------------	---

博士論文 (大阪府立大学)

35952	Katsuya Ichiki	(2018)	2012A4801	BL15XU	佐藤 仁	硬 X 線光電子分光による価数転移系 Eu 化合物の電子状態の研究
			2012B4802	BL15XU	佐藤 仁	
			2013A4801	BL15XU	佐藤 仁	
			2013A4802	BL15XU	佐藤 仁	
			2013B4800	BL15XU	佐藤 仁	
			2013B4904	BL15XU	三村 功次郎	
			2015A4800	BL15XU	佐藤 仁	
			2015A4906	BL15XU	三村 功次郎	
			2015B4801	BL15XU	佐藤 仁	
			2015B4908	BL15XU	三村 功次郎	
			2017B4800	BL15XU	佐藤 仁	
			2017B4906	BL15XU	三村 功次郎	
2014B1848	BL39XU	三村 功次郎				

博士論文 (岡山大学)

36009	Fang Xu	(2017)	2014B1778	BL04B1	徐 放	Experimental Study on Rheology of Deep Mantle Minerals
			2015B1761	BL04B1	徐 放	
			2016A1629	BL04B1	徐 放	

博士論文 (千歳科学技術大学)

36066	Takuya Tanaka	(2018)	2015A1560	BL40B2	大越 研人	Study on Smectic LC Phases Formed in Polysilane and Their Application for Metal Nanopatterning
			2015B1233	BL40B2	大越 研人	
			2017B1220	BL40B2	大越 研人	

博士論文 (東京工業大学)

35868	Yusaku Yoshiike	(2018)	2015A1191	BL13XU	平山 博之	X-ray Diffraction Study on the Ag/Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -B Interface Structure
-------	-----------------	--------	-----------	--------	-------	---

博士論文 (東北大学)

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
35979	Satoshi Shindo	(2018)	2016B1240	BL27SU	Fons Paul	Contact Resistance of Metal/Cu ₂ GeTe ₃ and its Influence on Electrical Conduction of Phase-Change Memory Device
			2017A1383	BL01B1	Fons Paul	
			2015B1204	BL47XU	須藤 祐司	
			2017B1462	BL27SU	Fons Paul	

博士論文 (広島大学)

36131	Rousuli Awabaikeli	(2017)	2014B4800	BL15XU	佐藤 仁	Electronic Structure of Kondo Insulator Yb _{1-x} Zr _x B ₁₂ and Kondo Lattice Yb ₂ Pt ₆ X ₁₅ (X=Al, Ga) Studied by Photoemission Spectroscopy
			2014B4902	BL15XU	三村 功次郎	
			2015A4800	BL15XU	佐藤 仁	
			2015A4906	BL15XU	三村 功次郎	
			2015B4801	BL15XU	佐藤 仁	
			2015B4908	BL15XU	三村 功次郎	
			2016A4802	BL15XU	佐藤 仁	
			2016A4906	BL15XU	三村 功次郎	
			2016B4801	BL15XU	佐藤 仁	
			2016B4908	BL15XU	三村 功次郎	
			2017A4800	BL15XU	佐藤 仁	
2017A4907	BL15XU	三村 功次郎				

博士論文 (北陸先端科学技術大学院大学)

36103	Yuuki Yoshimoto	(2018)	2016B1398	BL04B2	李 金望	Solid Conversion Behaviors of Indium Oxide Gel Comprising of Hybrid Clusters with Thermal- and/or Ultraviolet-Treatments for Low Temperature Processing
			2017A1409	BL04B2	李 金望	

課題以外の成果として登録された論文

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
35846	Takahiro Tanaka	894 (2018) 107-110	装置&技術	BL1	Absolute Laser-Intensity Measurement and Online Monitor Calibration using a Calorimeter at a Soft X-ray Free-Electron Laser Beamline in SACLA
36217	Hironobu Fukuzawa	(2018) Available online 16 Mar. 2018	XFEL		Advances in Instrumentation for Gas-Phase Spectroscopy and Diffraction with Short-Wavelength Free Electron Lasers
			装置&技術	SACLA	

Physical Review Special Topics - Accelerators and Beams

36219	Toru Hara	21 (2018) 040701	加速器	SACLA	High Peak Current Operation of X-ray Free-Electron Laser Multiple Beam Lines by Suppressing Coherent Synchrotron Radiation Effects
36337	Hirokazu Maesaka	21 (2018) 050703	加速器	SACLA	Brightness Analysis of an Electron Beam with a Complex Profile

Scientific Reports

36139	Eriko Nango	6 (2016) 25745	理研	BL45XU	Taste Substance Binding Elicits Conformational Change of Taste Receptor T1r Heterodimer Extracellular Domains
36336	Nikita Medvedev	8 (2018) 5284	装置&技術	SACLA	Multistep Transition of Diamond to Warm Dense Matter State Revealed by Femtosecond X-ray Diffraction

Acta Crystallographica Section F

35942	K. J. Pampa	73 (2017) 706-712	理研	BL26B1	Crystal Structure of SAM-dependent Methyltransferase from <i>Pyrococcus horikoshii</i>
-------	-------------	----------------------	----	--------	--

Angewandte Chemie International Edition

35941	Makoto Hirose	130 (2018) 1490-1495	理研	BL29XU	Visualization of Heterogeneous Oxygen Storage Behavior in Platinum-Supported Cerium-Zirconium Oxide Three-Way Catalyst Particles by Hard X-ray Spectro-Ptychography
-------	---------------	-------------------------	----	--------	---

Biochemical and Biophysical Research Communications

36055	Young Jin Lee	486 (2017) 470-475	理研	BL26B1	Crystal Structure of the Catalytic Domain of <i>Clostridium perfringens</i> Neuraminidase in Complex with a Non-Carbohydrate-Based Inhibitor, 2-(cyclohexylamino)ethanesulfonic Acid
-------	---------------	-----------------------	----	--------	--

ChemCatChem

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
35943	Jon del Arco	10 (2018) 439-448	理研	BL26B1	Enzymatic Production of Non-Natural Nucleoside-5'-Monophosphates by a Thermostable Uracil Phosphoribosyltransferase

Crystallography Reports

36289	V. Kh. Akparov	62 (2017) 249-253		BL41XU	Three-Dimensional Structure of Porcine Pancreatic Carboxypeptidase B with an Acetate Ion and Two Zinc Atoms in the Active Site
-------	----------------	----------------------	--	--------	--

eLife

35983	Yosuke Yoneyama	7 (2018) e32893	理研	BL26B2	IRS-1 Acts as an Endocytic Regulator of IGF-1 Receptor to Facilitate Sustained IGF Signaling
-------	-----------------	--------------------	----	--------	--

Japanese Journal of Applied Physics

36283	Choong Shik Yoo	56 (2017) 05FA04		BL10XU	Phase Diagram of Carbonyl Sulfide: An Analogy to Carbon Dioxide and Carbon Disulfide
-------	-----------------	---------------------	--	--------	--

Journal of the American Chemical Society

36121	Bo Huang	139 (2017) 4643-4646		BL02B2	Solid-Solution Alloying of Immiscible Ru and Cu with Enhanced CO Oxidation Activity
-------	----------	-------------------------	--	--------	---

Nature Communications

36335	Wojciech Roseker	9 (2018) 1704	装置&技術	SACLA	Towards Ultrafast Dynamics with Split-Pulse X-ray Photon Correlation Spectroscopy at Free Electron Laser Sources
-------	------------------	------------------	-------	-------	--

Physical Review A

36265	Aviad Schori	97 (2018) 063804	理研	BL19LXU	Ghost Imaging with Paired X-ray Photons
-------	--------------	---------------------	----	---------	---

PLoS One

36276	Noriko Inoguchi	12 (2017) e0174921		BL41XU	Alteration of the $\alpha_1\beta_2/\alpha_2\beta_1$ Subunit Interface Contributes to the Increased Hemoglobin-Oxygen Affinity of High-Altitude Deer Mice
-------	-----------------	-----------------------	--	--------	--

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

36333	Kozo Hamada	114 (2017) 4661-4666	理研	BL26B1	IP ₃ -Mediated Gating Mechanism of the IP ₃ Receptor Revealed by Mutagenesis and X-ray Crystallography
			理研	BL32XU	
			理研	BL26B2	

Review of Scientific Instruments

36403	Chikara Kondo	89 (2018) 064704	XFEL		A Stable Pulsed Power Supply for Multi-Beamline XFEL Operations
			装置&技術	BL2 / BL3	

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

35989	Hiroki Wadati	49 (2018)	装置&技術	SACLA	4f系化合物のX線吸収分光と時間分解測定への道
-------	---------------	-----------	-------	-------	-------------------------

生物物理 (Biophysics)

36220	So Iwata	58 (2018) 017-021	装置&技術	SACLA	Time Resolved Crystallography Using X-ray Free Electron Laser on Photoreactive Membrane Proteins
-------	----------	----------------------	-------	-------	--

ナノ学会会報 (The Bulletin of the Nano Science and Technology)

36160	Kenichi Kato	14 (2016) 77-81		BL02B2	Visualizing Electrostatic Interactions in Nano Space by Synchrotron X-ray Diffraction
			理研	BL44B2	

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

36163	Kenichi Kato	30 (2017) 13-20	理研	BL44B2	Explorations into Superionic Conduction in a Layered Oxide by a Gas-Flow Capillary for High-Energy Powder Diffraction
-------	--------------	--------------------	----	--------	---

SPring-8/SACLA 研究成果公表 論文サイテーション数調査 -2018-

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部 普及情報課

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

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

調査日：2018/04/01

SPring-8	1994-2018 ² (総累積)			2007-2017 (11 年間累積)			2016 (2 年経過値)		
	累積 論文数	累積 被引用数	平均 被引用数	累積 論文数	累積 被引用数	平均 被引用数	年間 総論文数	累積 被引用数	平均 被引用数
全 SPring-8 [net] ¹	11835	259101	21.9	8545	145628	17.0	910	4087	4.5
共用 BL ^{3,5}	8325	187193	22.5	6080	109978	18.1	626	3038	4.9
専用 BL ^{3,4}	2643	50029	18.9	2059	28537	13.9	245	897	3.7
理研 BL ³	1528	44788	29.3	1006	19811	19.7	116	426	3.7
その他 (技術開発等)	152	1989	13.1	24	85	3.5	2	1	0.5

SACLA	2008-2018 ² (総累積)			2016 (2 年経過値)		
	累積 論文数	累積 被引用数	平均 被引用数	年間 総論文数	累積 被引用数	平均 被引用数
全 SACLA [net] ¹	273	5366	19.7	49	335	6.8
BL3	144	3406	23.7	38	305	8.0
その他 (技術開発等)	132	2783	21.1	10	28	2.8

●集計対象 BL³

共用 BL — 計 26 本

BL01B1 BL02B1 BL04B1 BL08W BL09XU BL10XU BL39XU BL41XU BL47XU BL25SU BL27SU
BL02B2 BL04B2 BL20B2 BL28B2 BL40B2 BL40XU BL43R BL38B1 BL46XU BL13XU BL20XU
BL35XU BL19B2 BL37XU BL14B2

専用 BL — 計 20 本

BL14B1 BL23SU BL24XU BL11XU BL16XU BL16B2 BL44XU BL33LEP BL12B2 BL15XU BL32B2⁴
BL12XU BL22XU BL08B2 BL33XU BL03XU BL07LSU BL28XU BL36XU BL31LEP

理研 BL — 計 10 本

BL05XU⁶ BL45XU BL44B2 BL29XU BL19LXU BL26B1 BL26B2 BL17SU BL32XU BL43LXU

●備考

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

*2：2018 年は、2018 年 1 月 1 日から 2018 年 3 月 31 日までに発行された論文を集計対象とした。それ以外は、各年 1 月 1 日から 12 月 31 日までに発行された論文を集計対象とした。

*3：複数の BL に関連する成果は、それぞれの集計値に重複して集計した。

*4：BL32B2 (創薬産業 BL) は、専用 BL に含めた (2012/3/29 に設置期間終了)。

*5：調査時における供用開始から 2 年以内の BL は対象外とした。

*6：BL05SS として登録されている論文を対象とした。

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

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

調査日：2018/04/01

SPring-8	1994-2018 ² (総累積)			2007-2017 (11年間累積)			2016 (2年経過値)		
	論文数	TOP10% 論文割合	TOP1% 論文割合	論文数	TOP10% 論文割合	TOP1% 論文割合	論文数	TOP10% 論文割合	TOP1% 論文割合
全 SPring-8 [net] ¹	11835	11.1	1.5	8545	11.3	1.6	910	9.5	1.9
共用 BL ^{3,5}	8325	12.0	1.7	6080	12.3	1.8	626	10.1	2.2
専用 BL ^{3,4}	2643	8.6	1.3	2059	8.4	1.1	245	6.9	1.2
理研 BL ³	1528	12.4	1.9	1006	12.6	1.7	116	8.6	0.9

SACLA	2008-2018 ² (総累積)			2016 (2年経過値)		
	論文数	TOP10% 論文割合	TOP1% 論文割合	論文数	TOP10% 論文割合	TOP1% 論文割合
全 SACLA [net] ¹	273	22.7	4.8	49	24.5	4.1
BL3	144	33.3	6.9	38	29.0	5.3

●集計対象 BL³

共用 BL — 計 26 本

BL01B1 BL02B1 BL04B1 BL08W BL09XU BL10XU BL39XU BL41XU BL47XU BL25SU BL27SU
 BL02B2 BL04B2 BL20B2 BL28B2 BL40B2 BL40XU BL43R BL38B1 BL46XU BL13XU BL20XU
 BL35XU BL19B2 BL37XU BL14B2

専用 BL — 計 20 本

BL14B1 BL23SU BL24XU BL11XU BL16XU BL16B2 BL44XU BL33LEP BL12B2 BL15XU BL32B2⁴
 BL12XU BL22XU BL08B2 BL33XU BL03XU BL07LSU BL28XU BL36XU BL31LEP

理研 BL — 計 10 本

BL05XU⁶ BL45XU BL44B2 BL29XU BL19LXU BL26B1 BL26B2 BL17SU BL32XU BL43LXU

●備考

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

*2：2018 年は、2018 年 1 月 1 日から 2018 年 3 月 31 日までに発行された論文を集計対象とした。それ以外は、各年 1 月 1 日から 12 月 31 日までに発行された論文を集計対象とした。

*3：複数の BL に関連する成果は、それぞれの集計値に重複して集計した。

*4：BL32B2（創薬産業 BL）は、専用 BL に含めた（2012/3/29 に設置期間終了）。

*5：調査時における供用開始から 2 年以内の BL は対象外とした。

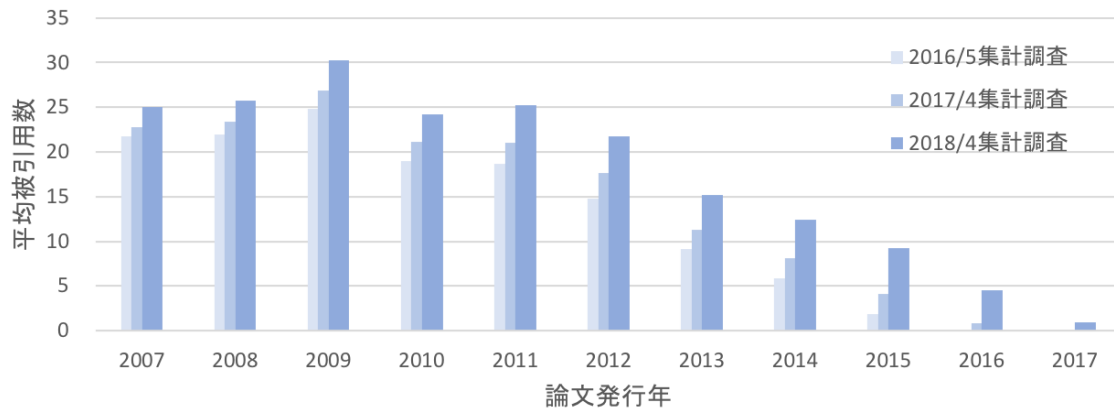
*6：BL05SS として登録されている論文を対象とした。

3. SPring-8 利用の年別発行総論文数と 2018/4/1 における平均被引用数 (2007-2017)

調査日：2018/04/01

SPring-8	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
年別発行論文数 ¹	696	706	666	696	789	771	913	831	819	910	748
累積被引用数 ²	17432	18176	20133	16819	19865	16750	13855	10325	7519	4087	667
平均被引用数 [累積被引用数/年別発行論文数]	25.0	25.7	30.2	24.2	25.2	21.7	15.2	12.4	9.2	4.5	0.9

論文発行年別平均被引用数



●備考

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

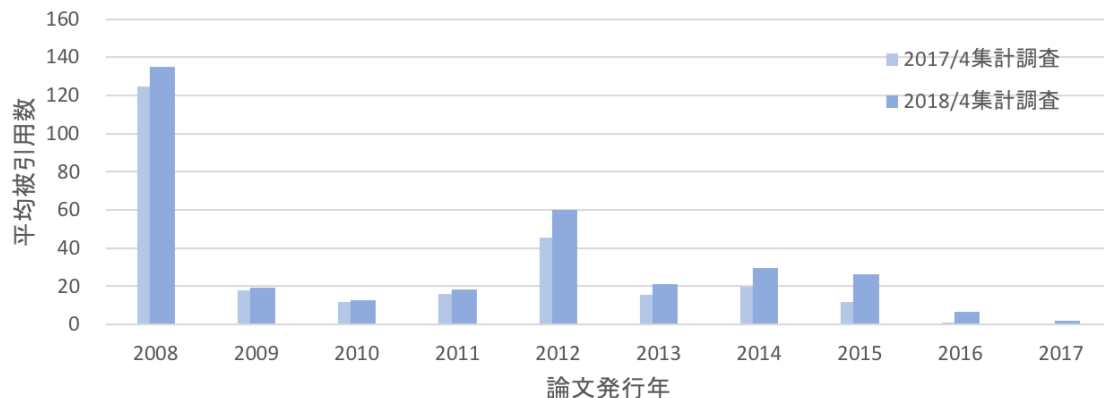
*2：被引用数確認は、Clarivate Analytics 社 InCites Benchmarking を用いた。

4. SACLA 利用の年別発行総論文数と 2018/4/1 における平均被引用数 (2008-2017)

調査日：2018/04/01

SACLA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
年別発行論文数 ¹	4	14	13	18	14	39	24	48	49	44
累積被引用数 ²	540	272	166	332	840	815	708	1268	335	90
平均被引用数 [累積被引用数/年別発行論文数]	135	19.4	12.8	18.4	60	20.9	29.5	26.4	6.8	2.0

論文発行年別平均被引用数



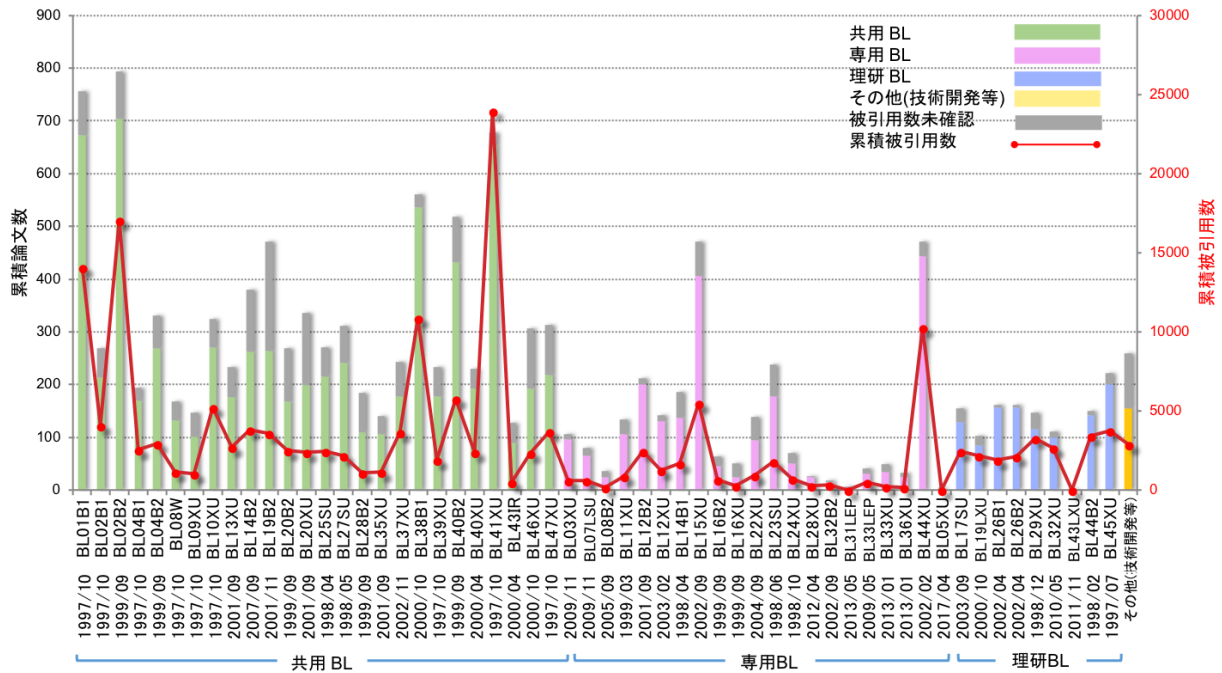
●備考

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

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

5. SPring-8 の BL 別累積論文数と累積被引用数の比較 (2007-2017)

調査日: 2018/04/01



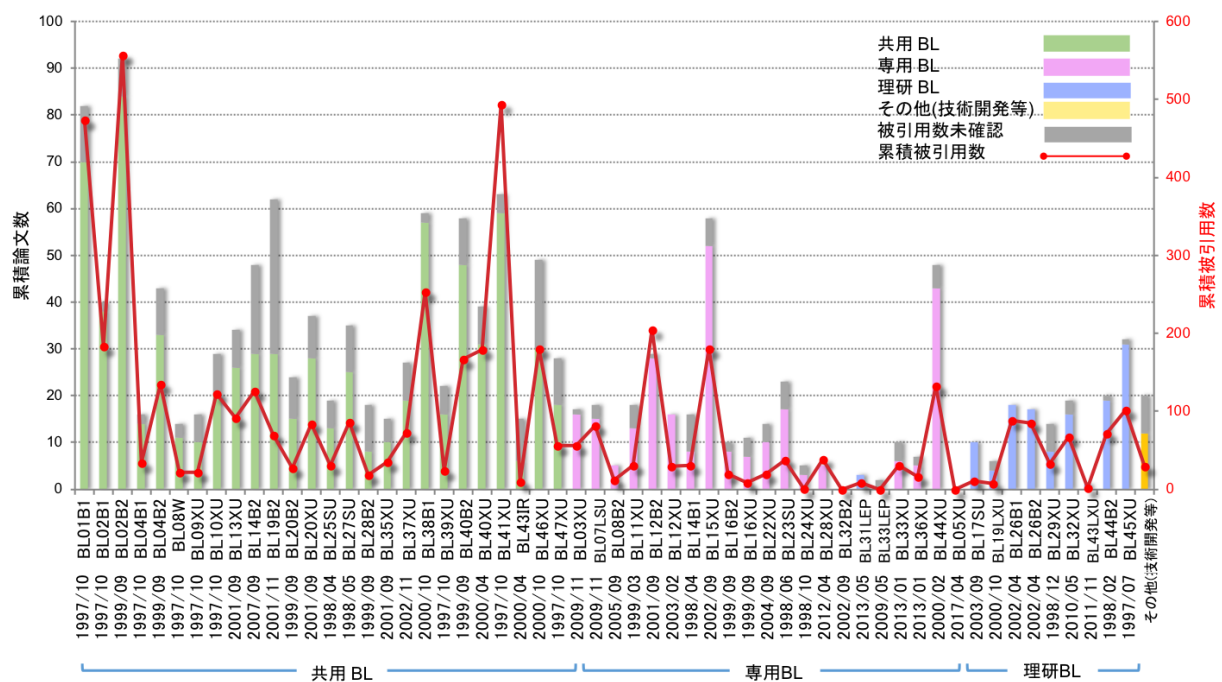
*1: 成果登録 DB に登録された原著論文/博士論文/査読付きプロシーディングおよび、SPring-8/SACLA 利用研究成果集を対象とし、累積被引用数は Clarivate Analytics 社 InCites Benchmarking を用いて集計した。

*2: 検索 DB (Clarivate Analytics Web of Science) 未登録のため、被引用数が確認出来ない論文は「被引用数未確認」に計上する。

*3: 一つの論文が異なる複数の BL に関わる共通の成果とみなせる場合、各 BL それぞれに計上する。

6. SPring-8 の BL 別年間総論文数と総被引用数の比較 (2016 年の発表論文)

調査日: 2018/04/01



*1: 成果登録 DB に登録された原著論文/博士論文/査読付きプロシーディングおよび、SPring-8/SACLA 利用研究成果集を対象とし、累積被引用数は Clarivate Analytics 社 InCites Benchmarking を用いて集計した。

*2: 検索 DB (Clarivate Analytics Web of Science) 未登録のため、被引用数が確認出来ない論文は「被引用数未確認」に計上する。

*3: 一つの論文が異なる複数の BL に関わる共通の成果とみなせる場合、各 BL それぞれに計上する。

7. 2016 年発行論文の被引用数ベスト 10

SPring-8/SACLA 利用関連論文の被引用数ベスト 10 (2016)

調査日：2018/04/01

	回数	BL	実験責任者	タイトル	主著者	所属	投稿先ジャーナル名
1	150	BL02B2	Ryoji Kanno	High-Power All-Solid-State Batteries using Sulfide Superionic Conductors	Yuki Kato	Toyota Motor Corporation, Tokyo Institute of Technology	Nature Energy
2	79	BL12B2	Chen Hao-Ming	In Operando Identification of Geometrical-Site-Dependent Water Oxidation Activity of Spinel Co ₃ O ₄	Wang Hsin-Yi	Nanyang Technological University	Journal of the American Chemical Society
3	68	BL40XU	Takuji Hatakeyama	Ultrapure Blue Thermally Activated Delayed Fluorescence Molecules: Efficient HOMO-LUMO Separation by the Multiple Resonance Effect	Takuji Hatakeyama	Kwansei Gakuin University	Advanced Materials
4	64	BL46XU	Itaru Osaka	Implication of Fluorine Atom on Electronic Properties, Ordering Structures, and Photovoltaic Performance in Naphthobisthiadiazole-Based Semiconducting Polymers	Kazuaki Kawashima	Hiroshima University, RIKEN	Journal of the American Chemical Society
5	56	BL41XU	Osamu Nureki	Structure and Engineering of Francisella novicida Cas9	Hisato Hirano	The University of Tokyo	Cell
6	50	BL01B1	Kohsuke Mori	Ru and Ru-Ni Nanoparticles on TiO ₂ Support as Extremely Active Catalysts for Hydrogen Production from Ammonia-Borane	Kohsuke Mori	Osaka University, Kyoto University	ACS Catalysis
7	49	BL10XU	Katsuya Shimizu	Crystal Structure of the Superconducting Phase of Sulfur Hydride	Mari Einaga	Osaka University	Nature Physics
8	45	BL41XU	Liu Zhi-Jie	Crystal Structure of the Human Cannabinoid Receptor CB ₁	Hua Tian	ShanghaiTech University, Chinese Academy of Sciences	Cell
9	40	BL01B1	Hiroyuki Asakura	Stabilizing a Platinum ₁ Single-Atom Catalyst on Supported Phosphomolybdic Acid without Compromising Hydrogenation Activity	Zhang Bin	National University of Singapore	Angewandte Chemie International Edition
9	40	BL3 (SACLA)	Eriko Nango	A Three-Dimensional Movie of Structural Changes in Bacteriorhodopsin	Eriko Nango	SPring-8/RIKEN, Kyoto University	Science

●備考

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

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

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

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

1. SPring-8/SACLA 有償利用（成果専有と公開優先）の実績

1997B 期（供用開始）から 2017B 期までに実施された有償利用にかかる利用料の実績について集計した。

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

SPring-8 については、総累積、10 年間累積、及び 2017 年度（1 年間）の実績について、それぞれに総計、共用 BL、専用 BL、及び共用供出理研 BL ごとに集計した。

SACLA については、2012 年の供用開始から 2017 年までの総累積、及び 2017 年度（1 年間）の実績を集計した。

調査日：2018/04/01
(単位：千円)

SPring-8	1997-2017 (総累積)			2008-2017 (10 年間累積)			2017 (1 年間)		
	有償利用料 収入	うち 成果専有	うち 公開優先	有償利用料 収入	うち 成果専有	うち 公開優先	有償利用料 収入	うち 成果専有	うち 公開優先
総計	3,945,547	3,262,202	683,345	2,908,940	2,251,926	657,014	297,564	218,898	78,666
共用 BL	3,209,891	2,535,307	674,584	2,513,038	1,862,820	650,218	252,210	174,330	77,880
専用 BL ¹	628,105	628,105	—	290,316	290,316	—	21,138	21,138	—
理研 BL ²	107,551	98,790	8,761	105,586	98,790	6,796	24,216	23,430	786

(単位：千円)

SACLA	2012-2017 (総累積)	2017 (1 年間)
	有償利用料収入	有償利用料収入
BL1-3	3,843	—

●SPring-8 集計対象 BL

共用 BL — 計 26 本

BL01B1 BL02B1 BL04B1 BL08W BL09XU BL10XU BL39XU BL41XU BL47XU BL25SU BL27SU
BL02B2 BL04B2 BL20B2 BL28B2 BL40B2 BL40XU BL43R BL38B1 BL46XU BL13XU BL20XU
BL35XU BL19B2 BL37XU BL14B2

専用 BL¹ — 計 20 本

BL14B1 BL23SU BL24XU BL11XU BL16XU BL16B2 BL44XU BL33LEP BL12B2 BL15XU BL32B2¹
BL12XU BL22XU BL08B2 BL33XU BL03XU BL07LSU BL28XU BL36XU BL31LEP

理研 BL² — 計 10 本

BL17SU BL26B1 BL26B2 BL29XU BL32XU BL45XU BL05XU BL19LXU BL44B2 BL43LXU²

●備考

*1：BL32B2（創薬産業 BL）は、専用 BL に含めた（2012/3/29 に設置期間終了）。

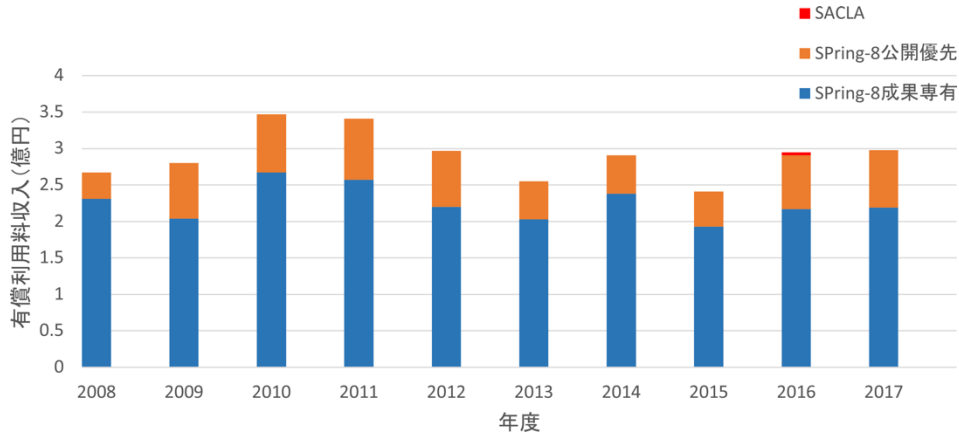
*2：理研 BL のうち BL43LXU は、2017B 期時点でビームタイムを共用に供していない。

2. SPring-8/SACLA 有償利用料収入の年次推移

2008 年度から 2017 年度までの SPring-8/SACLA における有償利用料収入の年次推移について集計した。

調査日：2018/04/01
(単位：億円)

年度	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
SPring-8	2.67	2.80	3.47	3.41	2.97	2.55	2.91	2.41	2.91	2.98
SACLA*	—	—	—	—	—	—	—	—	0.04	—

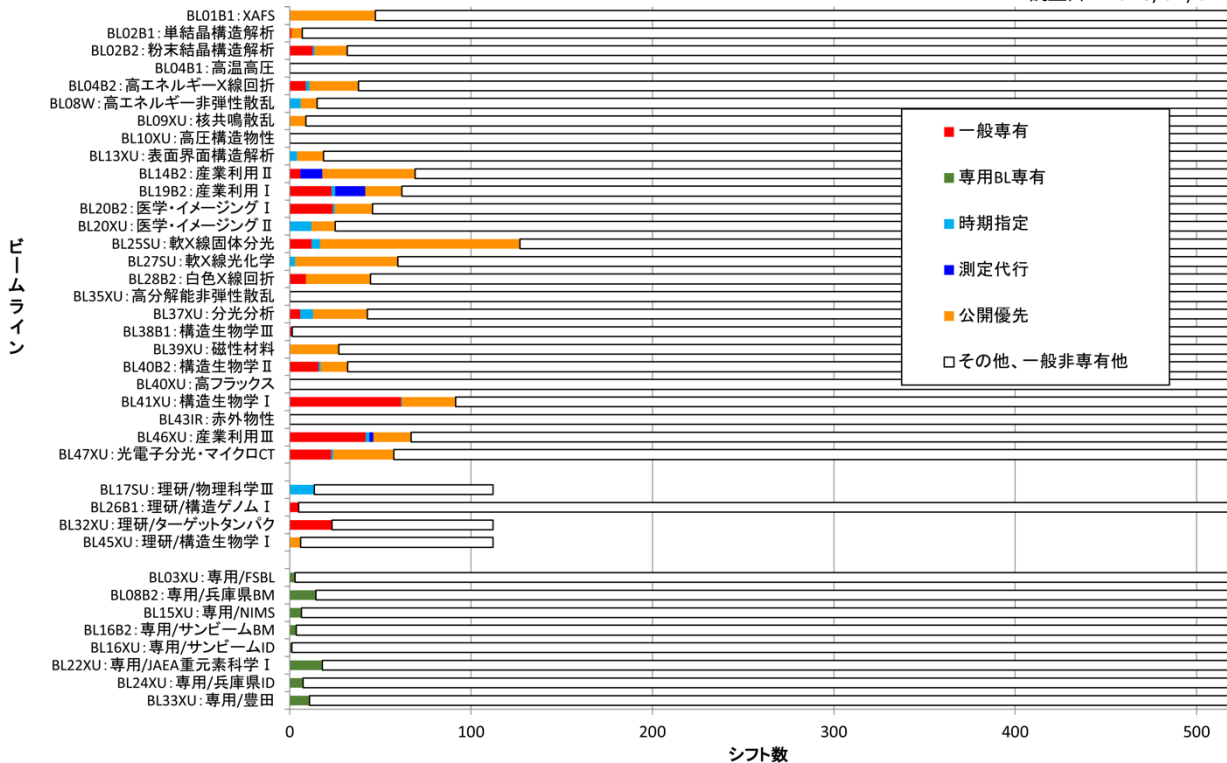


●備考
*SACLA の供用開始は 2012A 期より。

3. 2017 年度の SPring-8 有償利用の状況 (シフト数)

2017 年度の SPring-8 有償利用の状況について、ビームライン (BL) ごとにシフト数を集計した。共用 BL は 26 本について全て表示、専用 BL 及び共用供出理研 BL は有償利用実績があった BL のみ表示している。

調査日：2018/04/01

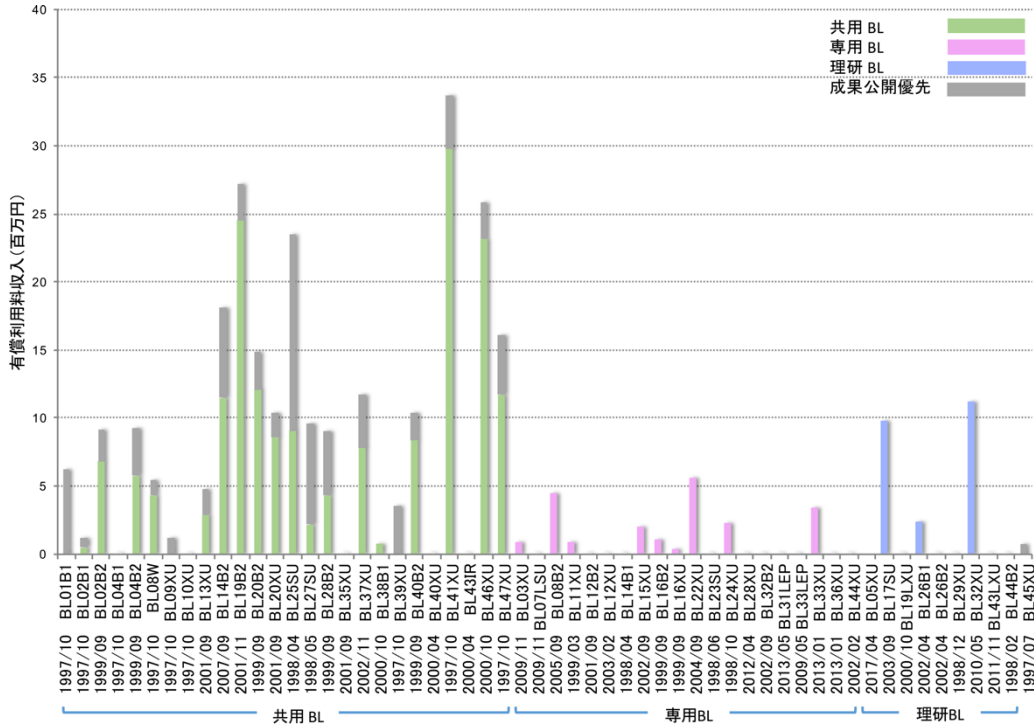


●共用 BL26 本は全表示。共用供出理研 BL および専用 BL は、有償利用実績があった BL のみ表示。

4. SPring-8 の BL 別の年間有償利用料収入 (2017 年度)

2017 年度における SPring-8 の年間有償利用料収入の実績を BL ごとに集計した。

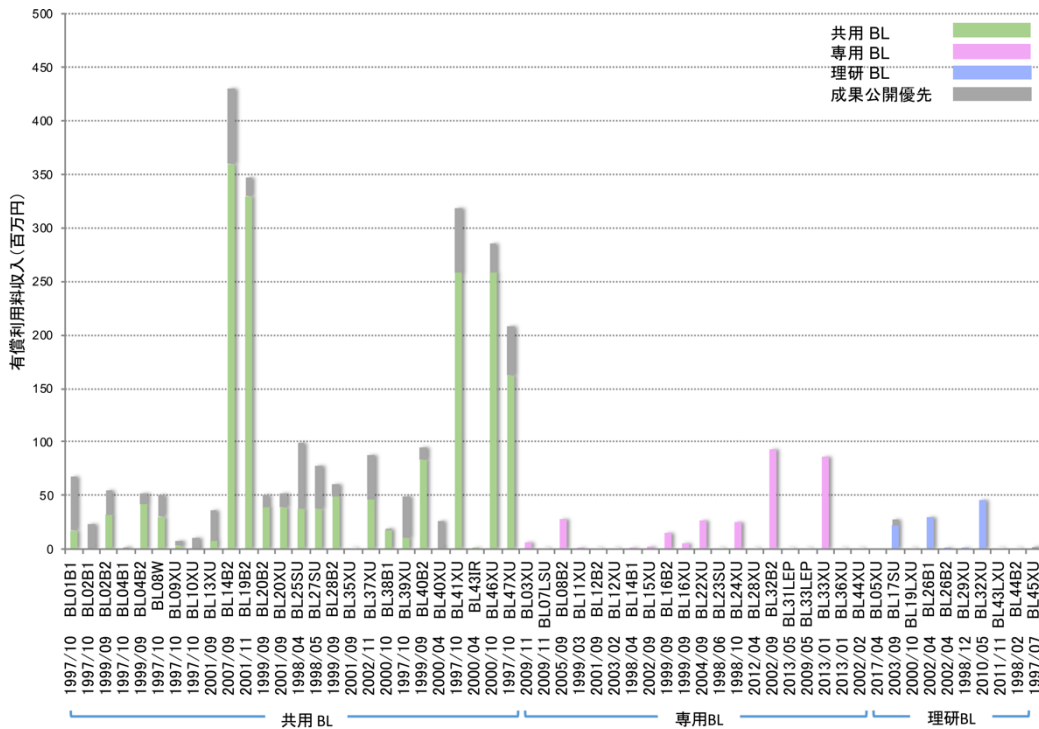
調査日：2018/04/01



5. SPring-8 の BL 別の 10 年間累積有償利用料収入 (2008-2017 年度)

2008 年度から 2017 年度までの 10 年間における SPring-8 の年間有償利用料収入の累積による実績を BL ごとに集計した。

調査日：2018/04/01



「専用ビームラインの再契約」について

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 に設置されている専用ビームラインは、登録施設利用促進機関である JASRI の専用施設審査委員会において、「放射光専用施設の設置計画の選定に関する基本的考え方」に基づき、評価・審査等を実施し、その結果は SPring-8 選定委員会で審議されます。平成 30 年 7 月に開催しました SPring-8 選定委員会において、以下の 4 件について、平成 30 年 5 月に開催した専用施設審査委員会（以下、本委員会という）での評価・審査結果等を審議し、承認されましたので報告します。

記

再提出次期計画の確認

- ・サンビーム BM・ID ビームライン (BL16B2・16XU)
(設置者：産業用専用ビームライン建設利用共同体)

利用状況等評価／次期計画審査

- ・生体超分子複合体構造解析ビームライン (BL44XU)
(設置者：大阪大学蛋白質研究所)
- ・豊田ビームライン (BL33XU)
(設置者：豊田中央研究所)
- ・東京大学放射光アウトステーション物質科学ビームライン (BL07LSU)
(設置者：東京大学)

上記の内、産業用専用ビームライン建設利用共同体が設置したサンビーム BM・ID ビームライン (BL16B2・16XU) については、前回の本委員会（平成 29 年 10 月 24 日開催）にて利用状況等評価・次期計画審査を実施した際、再契約は承認するものの、提案された次期計画では、成果創出の実現に懸念が残り、利用成果の情報発信の強化についての取り組みについても進捗が見えない。加えて産業利用を標榜するビームラインとして、競争領域における成果専有課題に対する組織的な方針、および 2019 年以降の整備計画も具体性が乏しいとの指摘があり、次期計画の再提出を要請しておりました。

今回、再提出された次期計画書では、上記の指摘に対し、改めて現状の客観的な分析と具体的な対応が検討されており、他の施設・大学・メーカーを含めた情報交流と積極的な情報発信の実施、査読論文掲載目標、成果専有利用拡大に向けた運用方法の導入、中期的な機器整備等について改訂されており、本委員会としてはこれを承認した上で 3 年後を目処に中間評価を実施することとなりました。

大阪大学蛋白質研究所が設置した「生体超分子複合体構造解析ビームライン (BL44XU)」、豊田中央研究所が設置した「豊田ビームライン (BL33XU)」および、東京大学（放射光分野融合国際卓越拠点）が設置管理する「東京大学放射光アウトステーション物質科学ビームライン (BL07LSU)」は、いずれも契約上の設置期間満了前に「再契約」の意思表示があったことから、本委員会で利用状況等評価および次期計画審査を実施しました。

評価・審査の結果は、ともに再契約は承認するものの、放射光施設をとりまく環境の変化や該当分野の研究進展が早く長期的な見通しが立てにくいこと等の理由から、契約期間を 6 年間として認めた上で、3 年後を目処に中間評価を行うことを勧告することとしました。また、大阪大学蛋白質研究所と東京大学に対しては安全管理体制について懸念があり確認若しくは早急な対応を求めることとなりました。

詳細については、以下、各施設の「契約期間満了に伴う利用状況等評価・次期計画審査報告書」を参照ください。

生体超分子複合体構造解析ビームライン
(BL44XU) 契約期間満了に伴う
利用状況等評価・次期計画審査報告書

設置者である大阪大学蛋白質研究所から提出された利用状況等報告書、次期計画書及び口頭による報告発表にもとづき、ビームラインとステーションの構成と性能、施設運用及び利用体制、利用成果、及び次期計画について、5月29日に開催した第27回専用施設審査委員会で評価・審査を行った。その結果、第2期の施設運用は順調であり、機器整備もほぼ計画通りで、利用成果の公開も進んでおり、提案された次期計画での利用成果創出についても十分期待できる。しかし、当該分野の研究の進展は早く、年限が定められている外部資金と連動した高度化を進めているため、申請のあった設置期間10年は実態に合っておらず、次期計画は6年間の設置期間として認め、3年後を目処に中間評価を行うことを勧告する。

以下、項目毎の評価・審査結果の詳細を記載する。

○ビームラインとステーションの構成と性能

生体超分子複合体構造解析ビームラインは挿入光源のBL44XUから成る。SPring-8にはタンパク質結晶回折実験に用いることができるビームラインが他に6本(共用BL38B1、BL41XU、理研BL26B1、BL26B2、BL32XU、台湾BL12B2)あり、それぞれが特徴的な対象試料をターゲットとしており、棲み分けが進んでいる。他方、ユーザーインターフェースは理研・JASRIにて開発されたシステムが導入され、設置機器の違いはあるものの全体としてよく統一されており、目的に応じてビームラインを使い分けることに支障がない環境を提供している。

本ビームラインは当初よりタンパク質のなかでも巨大な分子(超分子複合体)を標的とし、回折点間隔が狭くなる大きな単位格子を有する結晶に適用するため、ビーム発散角が小さい平行度の高いビームを提供できる設定になっている。横集光ミラーのみを使用し、集光比を小さくした結果、flux densityは他の類似のビームラインと比べて小さくなる。このため、微小結晶への適用はやや困難で、露光時間も長くなる傾向があり、従来使用していたImaging Plate検出器と

相まって、標準的な測定時間は1時間半ほどであった。

しかし、2014年に行われた第2期中間評価を踏まえ、モノクロメータの低振動化対策に加え、新たに縦集光ミラーを導入して5倍程度flux densityを高め、 $20 \times 50 \mu\text{m}$ のビームサイズで $\sim 10^{12}$ ph/sを実現した。また、2012年のCCD検出器(Rayonics MX-300 HE)導入で測定時間が約20分、そして2018年のPAD(Dectris Eiger X 16M)の導入により測定時間が3-4分と大幅な短縮に成功した。2016年にはサンプル交換ロボットの大容量化(32結晶 > 128結晶)を行い、効率的な実験環境を実現した。また、長格子長結晶からの回折データ測定において、データの完全度を高めるため、低角反射の測定に適したビームストッパーの可動化により、 $d_{\text{max}} = 400 \text{ \AA}$ を超える低角反射の高精度測定を実現するとともに、検出器傾斜架台の導入で $2,000 \text{ \AA}$ の長格子結晶でも 3.7 \AA 分解能での取得を実現した。このように、前回中間評価の指摘事項を実施し、従来の特徴を発展させ、かつ特徴を損なわずに高性能化を達成することに成功している。

○施設運用及び利用体制

ビームタイムの運用については、基本的にタンパク質研究共同利用・共同研究拠点の理念に基づいた共同利用課題を受け付けるスタイルを採用し、国内外のアカデミアの利用者に広く門戸を開いている。この枠として50%のビームタイムを用意し、課題審査を実施する。指摘のあった台湾NSRRCとの連携協定の下での利用については、同研究所の専門部会で審査を行う形に変更して対処し、現在は10%程度のビームタイムが台湾ユーザーの利用となっている。

また、第1期以来のユニークな運用として、タンパク質結晶解析の中でも生体超分子複合体に関する課題の採択に有利となる制度を設け、当該領域の研究の推進を行っている。該当する課題は、年数件程度に留まるものの、他では見られない特徴的な成果の創出にも貢献している。一方、産業界からの利用については、高性能化に伴ってニーズが高まりつつあり、利用制度の整備も含めた対応は今後の課題の一つといえる。

利用状況については、前述の通り検出器等の高速化に伴って測定効率化が進み、採択課題数は年間80件を超えるようになり、2011年以前と比べて倍増し

ている。

運用に関する組織面では、責任者である中川教授 1 名のほか、SPring-8 サイトに常駐するスタッフ 3 名（准教授 1 名、助教 1 名、博士研究員 1 名）でビームラインでの運用を行ってきた。また、理研および JASRI、台湾ビームラインとの連携により、研究開発や機器設置に関する協力が得られる状況にある。ただし、今年度よりスタッフ 1 名が減員となっている。上述の通り、測定の高速度が進む中で、実験課題数が増加しており、今後の支援体制の強化が望まれる。

安全衛生面については、提出された資料には数行の記述しかなく、最低限の安全管理にとどまっている印象で、安全への高い意識は読み取れなかった。過去にビームラインにおける事故の報告は無いが、安全管理が重要な実験も行われ、かつ教育機関として実験に未熟な学生も多く参加していることを考えると、設置者が安全管理に主体的に取り組む姿勢は重要であり、利用者には、SPring-8 施設者や所属機関での教育の他、装置操作等に必要十分な安全教育が実施されているか確認を求めたい。

○利用成果

大阪大学蛋白質研究所内からの研究成果として、細胞分裂蛋白質複合体、電位依存性プロトンチャンネル、時計タンパク質、アルツハイマー病防御因子、光合成効率調節タンパク質など、本ビームラインの設置の目的の一つである複合体形成によって機能を発揮する蛋白質群の解析で優れた成果を挙げている。

また、共同利用においても、巨大な多剤排出膜蛋白質複合体や光合成関連膜蛋白質複合体など、当該ビームラインの特長（2,000 Å を超える長格子対応、および $d_{\max} = 400 \text{ \AA}$ を超える低角反射の高精度測定）を活かした数多くの優れた成果を挙げている。発表論文数においても、CCD 検出器が導入されて課題数が倍増した 2011–2012 年を境に大きく伸び、年間 50 報前後の原著論文が発表されている。インパクトファクターの高い学術誌に、解析高難度の超分子複合体や膜蛋白質の成果も多く報告されている。この成果は、SPring-8 の他のタンパク質結晶解析ビームラインと比較しても遜色なく、当該ビームラインの特長を活かした成果と相まって、その研究成果は高く評価できる。

○次期計画

大型外部資金 AMED-BINDS が 2017 年度から導入されたこともあり、計画案はその時点で立案され、実行が始まっている。昨年度末に導入された PAD による大面積かつ高速のデータ測定を整備していくとともに、共用ビームラインに導入済みのサンプル交換ロボット SPACE の改良型を導入して試料交換速度を短縮する。また、多軸ゴニオメータ SmarGon の導入により、長格子結晶や異常分散測定において結晶方位の軸立てを実施することで、完全度の高い高精度データの取得を目指している。これらの取り組みは、機能的な棲み分けを進めてきた SPring-8 の複数あるタンパク質結晶回折実験ステーションの中でもユニークな本ビームラインの特長をより伸ばしていく点で評価できる。ただし、高度化を支える大型外部資金の期間が 2021 年度までとなっており、その後の計画については不透明な部分が残っているほか、高性能化に対する定量的な目標設定がみられないことは残念であった。

これらのビームライン高性能化を踏まえ、それを生かした大阪大学蛋白質研究所ならではの取り組みも提案された。タンパク質の構造科学的理解は多方面に進んでいるが、本ビームラインの特長を生かした超分子複合体の解析をさらに展開し、動的な離合集散的複合体形成に基づく分子ネットワークの理解に取り組む試みは、次世代の構造生命科学研究を見据えた提案であると評価できる。例えば、植物の光エネルギー変換システムでは、光エネルギーを受容して化学エネルギーに変化する Light Harvesting Complex や Photosystem と、そのエネルギー変換を制御する Cytochrome bf、エネルギーを使う ATP 合成酵素などを標的として、それらの細胞膜中での解離会合メカニズムの解明を目指している。こうした複合体の理解においては、X 線結晶解析法のみならず、核磁気共鳴法やクライオ電子顕微鏡法など複数の手法を組み合わせたマルチスケールなハイブリッド解析が必要となってくる。同研究所内でこれらの手法に取り組む研究室間の連携関係を再構築することが謳われている。また、同研究所の機能である大学共同利用施設として、これらの普及に取り組むことが盛り込まれていることも評価できる。さらに、大学が設置するビームライ

ンとして、後進の育成にも取り組んでいただくことを期待したい。

なお、安全管理については、利用状況等報告同様、次期計画資料には改善等について何も言及されていない。しかしこの施設では、安全管理が特に重要となるウィルスなど感染性試料の実験が行われる可能性もあるため、安全管理の体制について、改めて確認を求め、万全の体制を立てていただきたい。

以上のように、全般的な取り組みは高く評価できる。ただし、運用の体制や安全への取り組みと長期計画については懸念もある。したがって、再契約は承認するものの、安全管理体制について改めて確認を求めるとし、次回の中間評価は3年後を目処に実施することが適切であると本委員会は判断する。

以上

豊田ビームライン (BL33XU) 契約期間満了に伴う 利用状況等評価・次期計画審査報告書

提出された豊田ビームライン (BL33XU) の利用状況等報告書・次期計画書と口頭による報告発表にもとづき、ビームラインとステーションの構成と性能、施設運用及び利用体制、利用成果、及び次期計画の4項目について5月29日に開催した第27回専用施設審査委員会で評価・審査を行った。その結果、特徴ある機器整備が適切に行われ成果もみとめられることから再契約は妥当であると判断する。なお、次期計画は2028年までの10年間で提案されているが、SPring-8の次期計画等の進捗に応じた見直しが必要と考えられることから契約期間は6年とし3年後を目処に中間評価を行うことを勧告する。

以下、項目毎の評価・審査結果の詳細を記載する。

○ビームラインとステーションの構成と性能

長年に亘り国内外の放射光施設を利用して研究を行ってきた経験を活かし、共用ビームラインでの実施が難しい、(1) 排ガス触媒や二次電池、燃料電池等の機能性材料のオペランド解析と、(2) 金属や複合材料の非破壊内部構造解析の二つを研究目的の中心に据

え、それらの目的に適したビームライン、実験法の整備を着実に進めている。

(1) は、SPring-8で初めてテーパーアンジュレータを光源として導入し、コンパクト結晶分光器や高速測定に対応出来る電離箱、信号処理系の開発・導入により最短10ms間隔でのXAFSスペクトル測定を実現している。テーパーアンジュレータとコンパクト結晶分光器の組み合わせはBL28XUやBL36XUなどのSPring-8内の専用ビームラインに導入されたばかりでなく、PETRA III P64にも採用されるなど高速XAFS測定の世界的標準型のひとつになっている。また、自動車用排ガス処理触媒をはじめとする反応をオペランド条件下で測定するために、独立した実験棟を建設し、設定した各種のパラメータに基づき雰囲気等を自動的に制御出来る高速ガス反応解析システムを独自に開発し設置している。独立した実験棟を建設したことにより、高圧ガス規制法の要求を満たし、かつ安全を確保しながら、実験に各種のガスを使用することを容易にしている。

(2) は、多結晶材料中における結晶方位分布を非破壊で3次元的に観察する手法として他に類を見ない走査型3次元X線回折顕微鏡 (Scanning 3DXRD microscopy) 技術を完成させたことは特筆に値する。更に、スパイラルスリットを用いた局所歪測定技術や樹脂成型過程の広角・小角散乱測定など特徴ある測定技術・機器が整備されるなど、大学等の研究機関との共同研究を通じて先進的な技術や機器の整備を積極的に実施していることは高く評価できる。

当初予定していたXMCD実験装置やエンジンベンチについては社内の技術動向を考慮して整備を見送っているが、(1)と(2)に集中して活動したことにより、結果的には充実した技術開発と機器整備が行われている。

以上のように、社内技術動向に柔軟に対応した技術開発と機器整備が行われ、当初の計画を十分に達成していると判断する。

○施設運用及び利用体制

一社専用のビームラインであり、社内の設備としてきちんと位置付けて安全管理され、常駐者も配置されている。2010年度以降のユニーク利用者数は常に60

人を超え実験の実施と運用に十分な人員が充てられていると考えられる。更に、課題ごとに安全担当者を配置し、課題実験開始時に1時間の実験引継ぎ、実験責任者やヘビーユーザーによる安全活動を実施し、新規利用者への教育を行うなど、実験安全確保に対する手厚い体制が整備され、高いレベルにあると評価できる。

共用ビームラインと同様に半期ごとに課題実施計画を立案しているが、各期の課題実施時間から推定するとビームタイムに多少の余裕があると思われる。短いビームタイムで緊急の課題を実施するなど、専用ビームラインの特徴を活かした運用が望まれる。また、トヨタグループ各社の利用などは委託業務または共同研究のみを受け入れている。これらを含む利用研究課題は研究分野ごとに編成されたチームによる利用実験を半期1課題として運用しているが、実施サイクルごとに細分化するなどして、より具体化した利用計画のもとに実施されることが望まれる。

○利用成果

BL33XU の特徴のひとつである高速オペランド XAFS を利用して、排ガス触媒、二次電池、燃料電池を対象とした研究では自動車技術会賞技術開発賞、触媒学会学会賞、日本セラミックス協会賞技術賞など学協会賞を複数受賞していることが示すように優れた成果が得られている。走査型3次元X線回折顕微鏡についても Gordon Conference 2017 に招待されるなど高く評価されている。イメージングや広角・小角散乱についても受賞や複数の論文が登録されており、BL33XU に整備された全ての機器・装置が有効に活用され特徴ある成果が創出されている。更に中間評価で指摘があった特許等の知的財産についても把握する体制が整えられたことも評価に値する。

以上のように成果非専有課題については、各種学術雑誌に発表されている他、SPring-8 産業利用報告会の中でも報告され、そのプロシーディングスは JASRI より公開技術報告書として認定されているように、利用成果公開に向けた努力が認められる。2016 年以降はすべての成果非専有課題の成果公開を論文掲載で行う方針への転換は歓迎すべきものであり、その姿勢は高く評価できる。しかしながら、成果登録された論文

の中には実施された課題との関連性を読み取ることが難しいものも散見される。成果非専有課題の実実施計画の具体化と論文等による成果公開の促進、及び成果専有課題と成果非専有課題の適切な運用に更なる努力が求められる。

○次期計画

1) 非破壊3次元構造解析の飛躍、2) オペランド測定深化、3) AI 利用によるデータ解析の革新の3項目が研究開発方針として提案されている。1) 非破壊3次元構造解析の飛躍においては、機械部品の信頼性向上に向けて、これまでに技術開発を行ってきた高精細ラミノグラフィ、回転2次元スリット(スパイラルスリット)を用いた局所歪測定、走査型3次元X線回折顕微鏡、結像型CTの利用と高性能化、2) オペランド解析技術の深化では、XAFS や回折・散乱とイメージングの組み合わせによるマルチプローブ化の進展、時間・空間分解能の向上、複数試料の同時オペランド測定によるスループット向上が提案されている。いずれも、これまでに開発した技術の更なる性能向上と複合化による利用成果の創出を目指した適切な計画と考える。特に、従来の手法では難しい軽元素を対象としたオペランド解析を実現するためにX線ラマン散乱が提案されているが、BL33XU の柱のひとつであるオペランド解析の一層の充実に向けて新しい手法に貪欲に挑戦する姿勢は敬服する。3) AI 利用によるデータ解析の革新は大いに期待されるが、更なる具体化に向けて今後も継続的な検討が行われることを期待している。

従来の体制に要素研究企画・推進室を新たに加えた運用・利用体制が提案され、前年度成果やアウトプット計画を課題選定に考慮するなど更なる成果創出に向けての努力が認められる。すべての成果非専有課題は論文掲載により成果公開を行うとの方針は大歓迎である。しかしこれには成果専有課題と成果非専有課題が適切かつ厳格に運用されていることが前提である。このことを十分に認識した上で、利用成果の最大化に向けて今後も継続的に努力していただきたい。

また、JASRI をはじめとした SPring-8 内の他機関との情報交換や技術交流は SPring-8 全体の技術水準の向上や成果創出に有効と思われるので、これまでで

上に積極的に取り組んでいただきたい。

以上のように、これまでの機器整備や技術開発を活かし、今後も継続的に特徴ある成果が創出されることが期待されるため、再契約が妥当であることに疑いはない。しかし、SPring-8の次期計画等の進捗によっては整備計画の再検討が必要になることも十分考えられる。このため、契約期間を6年とし3年後を目途に中間評価を行うことを勧告する。

以上

**東京大学放射光アウトステーション
物質科学ビームライン (BL07LSU) 契約期間満了
に伴う利用状況等評価・次期計画審査報告書**

設置者である東京大学放射光分野融合国際卓越拠点から提出された利用状況等報告書、次期計画書及び口頭による報告発表にもとづき、ビームラインとステーションの構成と性能、施設運用及び利用体制、利用成果、及び次期計画について、5月29日に開催した第27回専用施設審査委員会で評価・審査を行った。その結果、第1期の施設運用は順調であり、機器整備もほぼ計画通りで、利用成果の公開も進んでおり、提案された次期計画での利用成果創出についても十分期待できることから再契約は妥当であると判断する。ただし、次期計画は10年間で提案されているが、長期的な計画は不透明であり、将来的な見直しも想定されることなどから契約期間は6年とし、3年後を目処に中間評価を行うことを勧告する。

以下、項目毎の評価・審査結果の詳細を記載する。

○ビームラインとステーションの構成と性能

本施設を構成するアンジュレータ光源は、30 m 長直線部に水平および垂直偏光を発生する 8 の字アンジュレータを交互に 8 セグメント配置することにより、偏光面が水平あるいは鉛直の直線偏光だけでなく任意角度の直線偏光、左右円偏光の発生と円偏光度の切り替えが可能な仕様となっており、SPring-8 初となるだけでなく世界的にも唯一の高輝度・高機能アンジュレータ光源である。高輝度の長尺アンジュレータと

スリットレスの高性能軟 X 線分光器をあわせた光源の構成は高輝度と高分解能を同時に実現するものとして高く評価できる。さらに、中間評価時点では開発が遅れていた高速偏光スイッチングを実現し、世界的に見ても本ビームラインでのみ可能となる実験に成功したことは特筆に値する。

実験ステーションとしては、時間分解軟 X 線分光実験、フリーポート、三次元走査型光電子顕微鏡、超高分解能軟 X 線発光の 4 つが整備されている。時間分解軟 X 線分光実験ステーションは遠赤外-真空紫外超短パルスレーザーと組み合わせることにより、時間分解能 50 ピコ秒での時間分解軟 X 線光電子分光測定が可能となっている。フリーポートに設置された後置鏡による設計集光スポットサイズは水平 50 m、鉛直 10 m を達成している。三次元走査型光電子顕微鏡ステーションでは高輝度放射光をフレネルゾーンプレートでスポットサイズは 70 nm まで集光したナノビームによって、高空間分解能の二次元マッピング光電子スペクトルを得ることが可能となっている。さらに、スペクトルの放出角度依存性を利用した深さ方向の分析を加えた三次元空間解析を実現している。超高分解能軟 X 線発光ステーションでは、8,000 以上のエネルギー分解能を達成し、固体試料に加えて液体、気体試料の測定が可能であり、電池のような複合材料についても高分解能軟 X 線発光のその場観察が可能となっている。以上のように、世界最高の性能目標を掲げて建設を進めてきた専用目的の実験ステーションについて、すべて目標を達成し、利用実験を進めていることは高く評価できる。

○施設運用及び利用体制

共同利用に対する取り組みについては、2016 年に行われた放射光連携研究機構から放射光分野融合国際卓越拠点への管理・運営組織の変更後も、審査や成果公開の体制が整備された全国共同利用への提供が進められていることは高く評価できる。ただし、中間評価段階で共同利用課題の採択率 50% という競争的な環境を維持した外部ユーザー利用の確保が高く評価されたこととは逆に、今回の報告で明らかとなった施設設置組織構成員も含めた一律の全国共同利用体制については、専用施設としての目的達成に対する設

置組織の責任を担保する観点から改善（変更）を要するとの意見があったことを付言しておく。安全管理に関しては、安全衛生パトロール結果でいくつかの不備が指摘されたことから、施設研究者の安全意識が十分ではなかったことが危惧される。

○利用成果

時間分解軟 X 線分光実験ステーションでは、高繰り返しレーザーが導入され、従来と比較して約 200 倍の測定効率改善に成功し、微小なスペクトル変化の観測が可能となった。また、波長可変光パラメトリック増幅器の導入によるレーザー波長範囲の拡張やパルス加熱法の導入による試料温度の高温への拡張も行われた。これらの整備を活かして、TiO₂表面における光励起キャリアのダイナミクスや酸化物へテロ界面における光起電力制御などに関する研究成果が得られている。フリーポートでは、偏光の高速スイッチングを活用した XMCD とカー回転の同時測定、レーザー励起後の電子状態の時間分解測定、ガス雰囲気中光電子分光測定などの研究成果を得ている。三次元走査型光電子顕微鏡ステーションでは、動作中デバイスの電位分布測定を始めとして、異なる機能を持つ多様なナノデバイスの電子状態の観測に成功している。超高分解能軟 X 線発光装置では、チタン酸化物の電子格子相互作用、磁性体の RIX-MCD、銅酸化物超伝導体の電荷励起状態、振動準位を分離した水の RIX、電池材料のオペランド分析など、多様な試料系について多くの研究成果が得られている。

以上のように、本施設での研究成果はいずれも長尺アンジュレータの高輝度性を活かした、極めて高い水準のものである。特に、中間評価時点では遅れていた高速円偏光スイッチングを実現し、光源から実験装置まで含めて本施設のみが成しえる研究成果が得られたことは高く評価できる。

成果の公開についても、2014 年から 2017 年までの学術雑誌への発表論文数が著名な学術雑誌を含めて 66 報であることは評価できる。さらに、同時期における学会賞などの受賞件数 41 件、招待公演数 180 件、新聞発表件数 32 件は他の専用ビームラインと比較して格段に優れている。教育への貢献という点でも、本施設の利用研究を元にした博士論文 10 報、修士論

文 18 報が有ることや、放射光科学に関する学部教育を設置組織構成員が継続的に行ってきたことは高く評価できる。

○次期計画

研究に関する次期計画は 4 つの常設ステーションを軸に提案されている。時間分解雰囲気光電子分光に集光 X 線を組み合わせた時空間分解雰囲気光電子分光は空間不均一性を持つ触媒の反応機構解明に不可欠となる革新的な実験手法である。時間分解軟 X 線回折・イメージングステーションでの共鳴軟 X 線小角散乱測定は、元素選択的かつ高時空間分解能でのスピンドダイナミクスの観測を可能とする。オペランドナノ顕微分光ステーションの集光システムの改良は nano-XAFS、RPES、ARPES を可能とするものである。共鳴非弾性散乱 X 線散乱・回折ステーションで計画されている共鳴非弾性 X 線回折実験は構造選別した電子状態観測を可能とし、試料のジェット化は X 線損傷が大きい生体分子を含む広範な溶液系に研究対象を拡大するものである。以上の常設ステーションにおける次期計画はいずれも妥当なものであり、計画通り実現してもらいたい。

本施設の大きな特徴である高輝度で偏光可変のアンジュレータ光源については、高速円偏光スイッチングを活かしたインパクトのあるオリジナルな研究を展開することを期待する。これと関連して、円偏光高速スイッチングが十二分に活かされる研究課題であり、端緒的ではあるが重要な成果が得られている軟 X 線共鳴磁気光学効果の研究についても、次期計画に明記願いたい。

設備に関する次期計画として提案されている入射光エネルギーによる集光位置の変化がないミラー集光、およびアンジュレータと光学ステージの連動機構による試料位置へのフレネルゾーンプレート集光は、いずれも本施設の実験ステーションの性能を格段に向上し得るものである。また、実験ステーションごとに提案されている試料環境やデータ収集・解析システムの高度化も、妥当なものである。ただし、提出された次期計画は概括的で定量性と具体性に欠けており、設備全体と各計画についての目標値と長期的なロードマップが示されていないため計画実現性に疑問が

残る。

運用体制及び利用体制については、国内外の研究者による共同利用を維持しつつも専用施設としての目標達成の責を負う設置組織の利用強化を期待する。安全管理については、直近で深刻な事態になり兼ねない事案もあったことから、同ビームライン関係者の安全意識や利用者への安全教育を含む安全管理体制の見直しを行い、事故再発防止を徹底した安全管理計画の提出を求める。

予算計画については、施設運営の元となる大学運営費はもとより、第1期で獲得したようなJST、NEDO、科研費などの公的外部資金、民間企業との共同研究資金などについても、本施設設置者である放射光分野融合国際卓越拠点を中心となって、これまで以上の獲得に努められることを期待する。

以上のように、全般的には高く評価できる内容であるものの、安全面、運用面での管理計画、および評価の指針となる具体的な目標値等については指摘もあり、長期的な計画も不透明なことから、再契約は6年で承認した上で、安全管理計画については早急な対応を求めるとともに、次回の中間評価は3年後を目処に実施することが妥当であると本委員会は判断する。

以 上

第2回 SPring-8 秋の学校 開催のご案内

SPring-8 秋の学校は、次世代の放射光科学に貢献する人材の発掘を目的として、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。

SPring-8 で活躍する最前線の研究者による講義と、個別テーマについての見学・原理説明・模擬実習からなる少人数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、実際の実験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。

夏の学校とは異なり、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、施設停止期間中で放射線従事者登録も不要のため、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。また、放射光に興味があり、これから利用を考えている大学院生や企業研究者の方々にも適しています。もちろん、すでに利用経験がある大学院生の参加も歓迎します。

開催日：2018年9月17日(月・祝)～20日(木)

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：基礎講座／グループ講習

募集定員：60名程度

参加費：無料 (但し宿泊費・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)
■ 放射線従事者登録は必要なし

詳しくは SPring-8 ウェブサイトをご覧ください。

http://www.spring8.or.jp/ja/science/meetings/seminar/sp8autumn_school/as2018/

主催：SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC)
高輝度光科学研究センター

共催：理化学研究所 放射光科学研究センター
関西学院大学

CCP4 School and Workshop 2018 at SPring-8

【趣旨抜粋】

この CCP4 School and Workshop はタンパク質結晶構造解析用プログラムパッケージである CCP4 プログラムの使い方を開発者から学び、参加者が主に結晶構造解析で困っている問題を開発者らとともに解決していくことを目的とした実践的講習会です。1 週間程度の合宿形式で、日々は午前中に座学 (CC プログラム開発者から講義)、午後はプログラムを実際に使用した解析実習となります。実習は講師の方々の密着指導のため、定員が 25 名と限定されております。

【主催】 CCP4 group および 理化学研究所放射光科学研究センター

【日時】 会期：2018 年 10 月 1 日 (月) ~10 月 6 日 (土)

【会場】 SPring-8 キャンパス
兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1

【宿泊】 先着順で CAST の利用が可能
詳細は登録後に担当者と相談してください。

【参加費】 無料
ただし旅費・宿泊費・食事は参加者負担

【定員】 25 名
定員オーバーの場合には申請内容から審査を行い可否の連絡をいたします。この場合、同じ研究室からの参加者数を限定させて頂く可能性がありますので予めご了承ください。

【参加申し込みサイト】

以下のサイトから登録フォームへ進んでください。
<http://www.ccp4.ac.uk/schools/Japan-2018/application.php>

【締切】 2018 年 8 月 24 日 (金) 《学生の方は指導者の方の承諾が必要》

【School の情報】 <http://www.ccp4.ac.uk/schools/Japan-2018/index.php>

【問い合わせ先】 CCP4 School & Workshop 担当：平田 邦生
理研・放射光科学研究センター
TEL : 0791-58-0803 (PHS : 3922)
e-mail : kunio.hirata@riken.jp

SPring-8/SACLA 利用者情報 編集委員会

委員長	木下 豊彦	利用推進部
委員	吾郷日出夫	SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 編集幹事 (理化学研究所)
	岡田 行彦	企画室
	奥村 英夫	タンパク質結晶解析推進室
	加藤 和男	利用研究促進部門
	河口 彰吾	利用研究促進部門
	坂尻佐和子	利用推進部
	高野 史郎	光源基盤部門
	竹下 邦和	光源基盤部門
	西川 健一	利用推進部
	本間 徹生	産業利用推進室
	松下 智裕	情報処理推進室
	松原 伸一	XFEL 利用研究推進室
	松本 悠史	安全管理室

(以上、敬称略五十音順)

事務局	小南 篤史	利用推進部
	冨松 亮介	利用推進部
	山本 律	利用推進部

SPring-8/SACLA 利用者情報

Vol.23 No.3 August 2018

SPring-8/SACLA Information

発行日 平成 30 年 (2018 年) 8 月 10 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)



風とまり、波斯菊は夏の熱れを一身に受けて

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/>