

# SPring-8/SACL A

INFORMATION 利用者情報



ISSN 1341-9668 SPring-8 Document D2019-005

**Vol.24 No.2**  
May 2019

## SPring-8/SACLA Information

### 目次

### CONTENTS

理事長室から ー相対化の時代における研究開発型公益法人 JASRI のあり方ー			
Message from President - Mission and Management of Research Institute JASRI on Relativistic Era -	(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	91
1. 最近の研究から/ FROM LATEST RESEARCH			
専用ビームラインの研究から ～BL03XU (フロンティアソフトマター開発専用ビームライン産学連合体) ～			
斜入射異常小角 X 線散乱による多成分高分子薄膜の構造解析			
Analysis of Multi-Component Polymer Thin Film by Anomalous Grazing-Incidence Small-Angle X-ray Scattering	名古屋工業大学 大学院工学研究科	山本 勝宏	
	Department of Life Science and Applied Chemistry, Nagoya Institute of Technology	YAMAMOTO Katsuhito	
		濱本 博己	
		HAMAMOTO Hiroki	92
2014 年度指定パートナーユーザー活動報告			
スピントロニクスデバイスを基盤としたナノ磁気計測技術の開発と物質・材料研究への展開			
Development of Nano-Magnetic Characterization Based on Spintronics and toward Material Science	大阪大学 大学院工学研究科	白土 優	
	Graduate School of Engineering, Osaka University	SHIRATSUCHI Yu	98
Long-term Proposal Report 1			
Energy Scanning X-ray Diffraction Study of Extraterrestrial Materials Using Synchrotron Radiation	NASA Johnson Space Center	Michael Zolensky	
	Research & Utilization Division, JASRI	Kazumasa Ohsumi	
	School of Science, The University of Tokyo	Takashi Mikouchi	
	Graduate School of Life Science, University of Hyogo	Kenji Hagiya	
	Protein Crystal Analysis Division, JASRI	Naoto Yagi	
	Research & Utilization Division, JASRI	Yasuko Terada	
	The Graduate University for Advanced Studies, SOKENDAI	Mutsumi Komatsu	104
長期利用課題報告 2			
普遍元素を用いる高機能触媒の創製：先端放射光技術の包括的利用に立脚した触媒元素戦略の実現			
Innovation of Mechanistic Study on Homogeneous Iron-Complex-Catalyzed Organic Reactions Based on XAS	京都大学化学研究所 附属元素科学国際研究センター	高谷 光	
	Institute for Chemical Research, Kyoto University	TAKAYA Hikaru	112
長期利用課題報告 3			
サイト選択原子イメージングを基盤技術とした蛍光 X 線・光電子ホログラフィーの相乗利用研究領域の開拓・創成			
Exploring of Synergetic Researches of X-ray Fluorescence and Photoelectron Holography Based on Site Selective Atomic Images	名古屋工業大学 大学院工学研究科	林 好一	
	Department of Physical Science and Engineering, Nagoya Institute of Technology	HAYASHI Koichi	
	自然科学研究機構 分子科学研究所	松井 文彦	
	Institute for Molecular Science, National Institutes of Natural Sciences	MATSUI Fumihiko	117
2. 研究会等報告/ WORKSHOP AND COMMITTEE REPORT			
第 36 回 SPring-8 先端利用技術ワークショップ			
「強磁場中顕微赤外分光と高輝度放射光施設における赤外ビームラインの展望」報告			
The 36th Workshop on Advanced Techniques and Applications at SPring-8 /			
Infrared Microspectroscopy under High Magnetic Field and the Prospect of Infrared Beamline at High Brilliance Synchrotron Facility	(公財) 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 分光・イメージング推進室	池本 夕佳	
	Spectroscopy and Imaging Division, Center for Synchrotron Radiation Research, JASRI	IKEMOTO Yuka	
	徳島大学 大学院社会産業理工学研究部	岡村 英一	
	Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University	OKAMURA Hidekazu	123
第 5 回大型実験施設とスーパーコンピュータとの連携利用シンポジウム報告			
The 5th Symposium Report about Cooperative Use of Quantum Beam Facilities and Super Computer	(公財) 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 分光・イメージング推進室	水牧 仁一朗	
	Spectroscopy and Imaging Division, Center for Synchrotron Radiation Research, JASRI	MIZUMAKI Masaichiro	126
SPRUC 第 1 回 BLs アップグレード検討ワークショップ報告			
Brief Report of SPRUC 1st Workshop on BLs Upgrade	SPring-8 ユーザー協団体 (SPRUC) 行幸幹事/兵庫県立大学 大学院物質理学研究科	田中 義人	
	Graduate School of Material Science, University of Hyogo	TANAKA Yoshihito	128

3. SPring-8/SACLA 通信/SPring-8/SACLA COMMUNICATIONS		
2019B 期 SPring-8 利用研究課題募集について		
Call for 2019B SPring-8 Research Proposals	登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター Registered Institution for Facilities Use Promotion, JASRI	135
2019B 期 SACLA 利用研究課題の募集について		
Call for 2019B SACLA Research Proposals	登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター Registered Institution for Facilities Use Promotion, JASRI	136
SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて		
Report on the PRC (Proposal Review Committee) of SPring-8	SPring-8 利用研究課題審査委員会 委員長/東京大学 大学院新領域創成科学研究科 Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo	雨宮 慶幸 AMEMIYA Yoshiyuki
		137
SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて 分科会主査報告 1 -生命科学分科会-		
Proposal Review Committee (PRC) Report by Subcommittee Chair - Life Science -	SPring-8 利用研究課題審査委員会 生命科学分科会主査/横浜市立大学 大学院生命医科学研究科 Graduate School of Medical Life Science, Yokohama City University	佐藤 衛 SATO Mamoru
		139
SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて 分科会主査報告 2 -散乱回折分科会-		
Proposal Review Committee (PRC) Report by Subcommittee Chair - Diffraction and Scattering -	SPring-8 利用研究課題審査委員会 散乱回折分科会主査/広島大学 大学院理学研究科 Graduate School of Science, Hiroshima University	黒岩 芳弘 KUROIWA Yoshihiro
		142
SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて 分科会主査報告 3 -XAFS・蛍光分析分科会-		
Proposal Review Committee (PRC) Report by Subcommittee Chair - XAFS and Fluorescence Analysis -	SPring-8 利用研究課題審査委員会 XAFS・蛍光分析分科会主査/ (公財) 佐賀県地域産業支援センター 九州シンクロトロン光研究センター Saga Prefectural Regional Industry Support Center, Kyushu Synchrotron Light Research Center	岡島 敏浩 OKAJIMA Toshihiro
		145
SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて 分科会主査報告 4 -分光分科会-		
Proposal Review Committee (PRC) Report by Subcommittee Chair - Spectroscopy -	SPring-8 利用研究課題審査委員会 分光分科会主査/早稲田大学 先進理工学部 School of Advanced Science and Engineering, Waseda University	溝川 貴司 MIZOKAWA Takashi
		146
SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて 分科会主査報告 5 -産業利用分科会-		
Proposal Review Committee (PRC) Report by Subcommittee Chair - Industrial Application -	SPring-8 利用研究課題審査委員会 産業利用分科会主査/ (公益) 科学技術交流財団 あいちシンクロトロン光センター Aichi Synchrotron Radiation Center, Aichi Science and Technology Foundation	渡辺 義夫 WATANABE Yoshio
		147
SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて 分科会主査報告 6 -社会・文化利用分科会-		
Proposal Review Committee (PRC) Report by Subcommittee Chair - Social Interest -	SPring-8 利用研究課題審査委員会 社会・文化利用分科会主査/(公財) 特殊無機材料研究所 Advanced Institute of Materials Science	鈴木 謙爾 SUZUKI Kenji
		149
SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて 分科会主査報告 7 -長期利用分科会-		
Proposal Review Committee (PRC) Report by Subcommittee Chair - Long-term -	SPring-8 利用研究課題審査委員会 長期利用分科会主査/関西学院大学 理工学部 School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University	藤原 明比古 FUJIWARA Akihiko
		150
第 43 回 (2019A) SPring-8 利用研究課題の採択について		
The Proposals Approved for Beamtime in the 43th Research Term 2019A	登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI	152
2019 年度に指定されたパートナーユーザーの紹介		
A Newly Designated Partner User FY 2019	(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI	157
2019 年度に指定期間が延長されたパートナーユーザーの紹介		
The Duration of the Designation Period of Partner Users Extended in FY2019	(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI	160
2019A 期 採択長期利用課題の紹介		
Brief Description of Long-term Proposals Approved for 2019A	(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI	163

第 42 回共同利用期間（2018B）において実施された SPring-8 利用研究課題 2018B Proposal and User Statistics 登録施設利用促進機関（公財）高輝度光科学研究センター 利用推進部 Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI	167
2014 年度指定パートナーユーザー事後評価報告 - 2 - Post-Project Review of Partner Users Designated in FY2014 -2- （公財）高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI	173
2014B 期 採択長期利用課題の事後評価について - 2 - Post-Project Review of Long-term Proposals Starting in 2014B -2- （公財）高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI	174
2015A 期 採択長期利用課題の事後評価について - 4 - Post-Project Review of Long-term Proposals Starting in 2015A -4- （公財）高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI	175
SACLA 利用研究課題審査委員会を終えて Report on the PRC (Proposal Review Committee) of SACLA SACLA 利用研究課題審査委員会 委員長／大阪大学 蛋白質研究所 Institute for Protein Research, Osaka University	中川 敦史 NAKAGAWA Atsushi 179
2019A 期 SACLA 利用研究課題の採択について The SACLA Public Proposals Approved for Beamtime in 2019A Research Term 登録施設利用促進機関（公財）高輝度光科学研究センター 利用推進部 Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI	181
2018B 期において実施された SACLA 利用研究課題（共用課題）について The SACLA Public Proposals and User Statistics in 2018B Research Term 登録施設利用促進機関（公財）高輝度光科学研究センター 利用推進部 Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI	183
SPring-8/SACLA 利用者選定に係る 2017-2018 年度委員会の委員名簿の公表 List of SPring-8/SACLA User Selection-Related Committee/Subcommittee Members for FY2017-2018 Term 登録施設利用促進機関（公財）高輝度光科学研究センター 利用推進部 Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI	184
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	189
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	191
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	195
2018B 期における SPring-8/SACLA ユーザー要望等について SPring-8/SACLA User Requests in 2018B 登録施設利用促進機関（公財）高輝度光科学研究センター 利用推進部 Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI	219
消耗品実費負担制度の一部変更について Notice on Partial Change of User Fee System （公財）高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI	221
放射光利用研究基盤センターの発足 Organization of a New Center for Synchrotron Radiation Research （公財）高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター長 Director of Center for Synchrotron Radiation Research, JASRI	田中 良太郎 TANAKA Ryotaro 222
利用系グループ活動報告 産業利用推進室 産業利用支援グループ Activity Reports - Industrial User Support Group, Industrial Application Division （公財）高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 産業利用推進室 Industrial Application Division, Center for Synchrotron Radiation Research, JASRI	佐藤 眞直 SATO Masugu 223

4. 談話室・ユーザー便り／USER LOUNGE・LETTERS FROM USERS		
欧州放射光施設訪問 (Diamond Light Source・ESRF・MAX IV・SOLEIL)		
Visiting Report on Synchrotron Radiation Facilities in Europe		
(公財) 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 産業利用推進室	小金澤 智之	
Industrial Application Division, Center for Synchrotron Radiation Research, JASRI	KOGANEZAWA Tomoyuki	
(公財) 高輝度光科学研究センター 光源基盤部門	仙波 泰徳	
Light Source Division, JASRI	SENBA Yasunori	228
ヨーロッパ放射光施設視察報告 (SLS, PETRA-III, MAX-IV)		
Visiting Report on Synchrotron Radiation Facilities in Europe (SLS, PETRA-III, MAX-IV)		
(公財) 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 回折・散乱推進室	筒井 智嗣	
Diffraction and Scattering Division, Center for Synchrotron Radiation Research, JASRI	TSUTSUI Satoshi	
	今井 康彦	
	IMAI Yasuhiko	233
北米放射光施設のビームラインを視察して		
Report on Visiting Beamlines at North American Synchrotron Facilities		
(公財) 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター 分光・イメージング推進室	鈴木 基寛	
Spectroscopy and Imaging Division, Center for Synchrotron Radiation Research, JASRI	SUZUKI Motohiro	
(公財) 高輝度光科学研究センター 放射光利用研究基盤センター タンパク質結晶解析推進室	長谷川 和也	
Protein Crystal Analysis Division, Center for Synchrotron Radiation Research, JASRI	HASEGAWA Kazuya	239
SPring-8 ユーザー協団体 (SPRUC) 四季報		
SPRUC Communications		
SPring-8 ユーザー協団体 (SPRUC) 会長／関西学院大学 理工学部	水木 純一郎	
School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University	MIZUKI Jun'ichiro	244
5. 告知板／ANNOUNCEMENTS		
「SPRUC 2019 Young Scientist Award」の実施について		
SPRUC 2019 Young Scientist Award – Call for Nominations –		246
SPring-8 シンポジウム 2019 次の 20 年に向けての一步		
SPring-8 Symposium 2019		247
第 3 回 SPRing-8 秋の学校 開催のご案内		
SPring-8 Autumn School 2019		248

## 相対化の時代における研究開発型公益法人 JASRI のあり方

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

「相対化の時代」は、国際政治学者の坂本義和教授が著した岩波新書の表題である。20 世紀は、国家イデオロギーが優先する絶対化の時代であったという。20 世紀前半の帝国主義と全体主義の対立による世界戦争、そして後半の民主主義と共産主義の対立による冷戦の時代において、イデオロギーの絶対化が国家対立の軸を構成した。冷戦終了までの絶対化の時代において、わが国の企業、大学、研究所など多くの組織は国策に従って船団を形成して行動した。

1991 年のソ連崩壊により米国の一極化が進むと、米国自身の世界への関心が低下し、内向き政治という後退現象が起こった。その結果、国家や民族においてイデオロギーの相対化と多元化が進み、世界の各地域で文明の衝突が起こるようになった。21 世紀に入ると市場経済の世界化が一気に進み、国家や組織の相対化を加速した。資本主義市場経済の世界化が、企業、大学、研究所などの組織に自立を促し、その自律的發展に必要な秩序維持的役割を国家に求めた。

競争的な社会環境となり、高輝度光科学研究センター (JASRI) は 2007 年に放射光利用研究促進機構の国指定が解除され、登録施設利用促進機関として再出発し、必然的に組織の自立と自律的な経営が必須となった。相対化の時代においてこそ法人を再定義して、その普遍的な原点を強化する必要がある。原点を喪失した組織は漂流して、この時代を生き抜くことは困難であろう。JASRI の原点は、一人ひとりの研究員、技術員が真実一路の科学者精神を大切にして、科学的知見をもとに新しい技術を開発することである。この科学者精神が、ヴェーバーのいう価値合理性の追求である。目的合理性が支配する経済社会において、経営者は科学者精神を発揮するよう研究員、技術員を励ますとともに、法人 JASRI の組織力を強化して社会的使命を着実に実行し、共用施設の利用研究成果を最大化するシステムを構築すべきと考えた。

6 年前に JASRI 理事長に就任するにあたり、理事長室からの記事に次の経営方針を述べた。JASRI 経営の基本は、第一に公正で透明性の高い組織運営を実行すること、第二に放射光科学における高い技術力と調査能力を維持して学術と産業の発展に貢献すること、第三に利用者から信頼される SPring-8/SACLA の供用業務を行うこと、第四に JASRI の職員がやる気を出して元気に活動する労働環境を整備すること、そして時代の変化に的確かつ柔軟に対応する組織運営を行うことを方針に掲げた。上記の方針を実現するために役職員とともに努力を続けてきたが、SPring-8/SACLA の利用者の方々の全幅の信頼を得るには道半ばであり、JASRI 理事長として自省することが多い。これまでの 6 年間、ご支援とご協力をいただいた多くの関係各位に心より感謝し御礼を申し上げたい。

最後に、私事を述べることをご海容いただきたい。研究室を主宰し学生の教育に責任を持ち始めた 30 代後半から、海洋や土壌のなかで生分解するバイオプラスチックの研究を独自に進めた。20 年余り東京工業大学と理化学研究所において、大学院生や研究員らとともにバイオプラスチックに関する研究を進展させた。研究室から多くの若い研究者が巣立ち、国内外の大学に 20 人以上が教授や准教授として赴任して研究室を立ち上げている。50 代後半に研究現場から離れて研究所経営が本務となり、理研と JASRI において 15 年間その責務を継続してきた。自ずと科学論文を読むよりも、万葉集や歴史・哲学関連の書籍に親しむ時間が増えた。10 年程前より、自然、旅、日常、仕事、芸術、科学などを素材として毎月 10 首以上の短歌を詠んできた。詠み積み増した短歌のうち 548 首を選び収めた歌集「学問の香」を角川書店より 4 月に上梓した。研究所経営者として働いてきた期間の感慨と足跡を歌集として残すことができたことは誠に幸いであった。

専用ビームラインの研究から

～BL03XU（フロンティアソフトマター開発専用ビームライン産学連合体）～

## 斜入射異常小角 X 線散乱による多成分高分子薄膜の構造解析

名古屋工業大学 大学院工学研究科

山本 勝宏、濱本 博己

### Abstract

二元ブロック共重合体（二成分の高分子からなる共重合体）と第三成分であるホモポリマーをブレンドした薄膜を作成し、この多成分系薄膜が形成するマイクロ相分離構造の構造解析として、斜入射小角 X 線散乱 (GISAXS) 法および異常小角散乱法を組み合わせた手法を紹介する。ホモポリマーには臭素化高分子を用いて、臭素 K 吸収端付近のエネルギーを用いた異常斜入射小角 X 線散乱 (AGISAXS) によって、ブロック共重合体/ホモポリマーブレンド薄膜中のマイクロ相分離構造における臭素化ホモポリマー分布状態を明らかにした。さらに薄膜中の厚み方向に対する構造の不均一性についても明らかになった。

### 1. はじめに

軽量で柔軟な特徴を持つ有機薄膜は、太陽電池やナノリソグラフィ、ナノ分離膜など、多くの分野で新規機能性材料として注目を集めている。多くの場合、これらの機能は薄膜内部および表面・基板近傍のナノメートルスケールの構造と相関する。ナノ構造を制御する方法の一つとして、ブロックコポリマーの自己組織化を利用した研究があるが、それは、ブロック共重合体のナノメートルスケールで様々な形態のマイクロ相分離構造を形成するためである。特殊な構造形成やその配向制御のために、ブロック共重合体のみではなく、さらに別の成分を添加した多成分系（ポリマーブレンド、ナノコンポジット）での様々な方法が試みられている。薄膜のナノスケールの構造解析には X 線散乱法として、斜入射小角 X 線散乱法が用いられるが、多成分からなる構造は解析が複雑化する。多成分系において、例えばある成分にマーカー元素を結合させ、その元素の吸収端近傍の X 線エネルギーを利用する手法（異常散乱<sup>1-4)</sup>）を用いることで、マーカー元素の結合している成分のみを適切に抽出し、その成分の分布状態や構造を読み取ることが可能となる。

本報告では、薄膜系の構造解析として GISAXS と ASAXS を組み合わせた手法により、ブロック共重合体にブレンドしたホモポリマーの分布状態を解析する例を紹介する。また薄膜における薄膜厚み方向に対

する構造の不均一性についても異常分散効果を利用することで議論できることを示す。

### 2. 実験

#### 2.1 試料作製

アニオン重合により合成した polystyrene-*b*-poly(4-*tert*-butoxystyrene) を加水分解することにより、Polystyrene-*b*-poly(4-hydroxystyrene) (PS-PHS) を得た。この PS-PHS をトルエン溶液中に 10 wt.% の濃度で分散させた。また、brominated poly(4-hydroxystyrene) (Br-PHS, Sigma Aldrich) を THF に 50 wt.% の濃度で溶解させた後、トルエンを徐々に滴下し 12 wt.% の溶液とした。この Br-PHS 溶液を体積分率 PS : PHS : Br-PHS = 75 : 12.2 : 12.8 となるように PS-PHS 溶液に滴下し、PS-PHS/Br-PHS ブレンド溶液を作製した。その後、超音波処理を 30 分行い、24 h 攪拌を行った。

作製した PHS/Br-PHS ブレンド溶液をシリコン基板上にスピんキャスト (3000 rpm, 30 s) した。その後すべての成分に対して良溶媒である THF を用いて溶媒アニールを行った。ポリプロピレン製の容器に 5 mm の高さまで THF を注ぎ、液面から 2 cm の高さに薄膜を置いて 6 h、THF 蒸気に曝露した。その後、室温で十分乾燥させた。得られた薄膜の厚みは光干渉計 (Ocean Optics) より約 2 μm であった。

## 2.2 AGISAXS 測定

BL03XU<sup>15-8)</sup>において入射 X 線のエネルギーは、13.2、13.4、13.45、13.47 keV を使用した。GISAXS において、入射角（試料表面と X 線のなす角とする）は 0.13° 固定で行った。入射 X 線のエネルギーを変化させることによって検出器の各ピクセルにおける散乱ベクトル  $q$  の値が変化する。これを補正するために AGISAXS のすべてのデータは 3 次スプライン曲線を用いて内挿した。

元素の吸収端近傍で散乱実験を行う際、次の効果を利用する。原子散乱因子  $f$  には補正項が加わり、以下の式で与えられる。

$$f(E) = f_0 + f'(E) + if''(E) \dots (1)$$

ここで  $f_0$  は散乱角のみに依存する値であるが、特に小角領域においてはその散乱角依存性は小さく、その原子が持つ電子数に近似できる。 $f'(E)$  と  $f''(E)$  は異常分散効果による補正項の実部と虚部である。吸収端よりも低エネルギー側において  $f''(E)$  は比較的小さな値をとるが、 $f'(E)$  は吸収端近傍で強いエネルギー依存性を示し、大きく負の値をとる。

SAXS の散乱強度は形状因子  $P(q)$ 、構造因子  $S(q)$  を用いて以下の式で与えられる。

$$I(q) = NP(q)S(q) \dots (2)$$

ここで  $N$  は単位体積当たりの粒子数である。共鳴する原子が粒子内に局在しており、且つ、その吸収端近傍のエネルギーを用いて SAXS 測定を行ったとき形状因子  $P(q)$  は以下の式で計算される。

$$P(q, E) = F(q, E)F^*(q, E) \dots (3)$$

$$F(q, E) = F_0(q) + [f'(q, E) + if''(q, E)]V(q) \dots (4)$$

ここで  $F(q, E)$  は散乱振幅、 $F^*(q, E)$  はその複素共役系である。また、 $V(q)$  は共鳴原子からの散乱振幅である。これらの式から散乱強度  $I(q, E)$  は以下の式で与えられる。

$$I(q, E) = NS(q)\{F_0^2(q) + 2f'(q, E)F_0(q)V(q) + [f'^2(q, E) + f''^2(q, E)]V^2(q)\} \dots (5)$$

この式における第 1 項はエネルギーに依存しない項、第 3 項は共鳴原子の空間分布を示す項であり、第 2 項はそれらのクロスタームである。吸収端近傍の異

なる 3 つのエネルギーで測定した  $I(q, E)$  を用いて、第 3 項について連立方程式を解けば共鳴原子の空間的分布を示す散乱関数  $I_{reso}(q)$  を得る。

$$I_{reso}(q) = NS(q)V^2(q) = \frac{1}{K} \left[ \frac{\Delta I(q, E_1, E_2)}{f'(q, E_1) - f'(q, E_2)} - \frac{\Delta I(q, E_1, E_3)}{f'(q, E_1) - f'(q, E_3)} \right] \dots (6)$$

$$K = f'(q, E_2) - f'(q, E_3) + \frac{f''^2(q, E_1) - f''^2(q, E_2)}{f'(q, E_1) - f'(q, E_2)} - \frac{f''^2(q, E_1) - f''^2(q, E_3)}{f'(q, E_1) - f'(q, E_3)} \dots (7)$$

## 3. 結果と考察

PS-PHS/Br-PHS 溶液をシリコン基板上にスピんキャストし、THF アニールを行うことで得た薄膜の 13.4 keV での GISAXS プロファイルを図 1 に示す。散乱ベクトル  $q_z$  は、試料表面に垂直方向、 $q_y$  は、 $q_z$  に垂直、ビーム進行方向に対して垂直方向を表す（すなわち試料表面に平行）。

面内方向 ( $q_z = 0.3 \text{ nm}^{-1}$ ) に強い回折スポットが観測され、それらのピーク位置から六方最密充填シリンダー構造が基板に対して垂直に配向していることが確認できる。また、 $(q_y, q_z) = (0.18 \text{ nm}^{-1}, 0.45 \text{ nm}^{-1})$  に回折スポットが観測され、回折スポット位置から計算により水平配向シリンダー構造の(11)面に対応するピークであることが分かった。薄膜中でのシリンダー

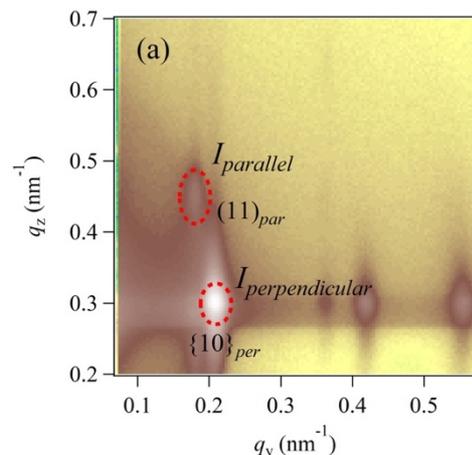


図 1 13.4 keV で測定した GISAXS パターン

構造の垂直配向には球構造からシリンダー構造への相転移が重要であることが知られている<sup>9,10</sup>。PS-PHS/Br-PHS ブレンドミセルをシリコン基板の上にスピんキャストしたとき、溶媒の急速な蒸発によって球構造が無秩序状態で薄膜内部に保持される。これらの球構造は非平衡状態であるが、高いガラス転移温度を有するためにマイクロブラウン運動は抑制され、平衡状態へ転移することはできない。この薄膜をすべての高分子に対して良溶媒である THF の蒸気に曝すことで溶媒分子は高分子の分子運動性を向上させ、球構造から平衡状態であるシリンダー構造への転移を促す。このとき、球構造からシリンダー構造への転移は THF 蒸気の浸透方向に沿って進行し、垂直配向シリンダー構造が形成される。しかし、高分子/空気界面では表面自由エネルギーの小さい成分が偏析することにより、水平配向が支配的になることが知られている。このことから、図 1 における水平配向シリンダー構造のピークは表面近傍で形成された構造由来であると考えられる。

図 1 からは配向の異なる構造が存在することを示唆する結果であった。通常 GISAXS 測定においては全反射臨界角以上の入射角度では、2 ミクロン程度の膜厚においては膜全体の構造を観測する条件となる。本実験系では臭素が結合した成分が含まれる系であること、さらにその吸収端近傍の X 線を利用していることから X 線の吸収による X 線の膜に対する侵入深さに影響を与える。GISAXS 測定において、X 線の膜表面からの侵入深度 (X 線強度が 1/e になる位置)  $\Lambda$  は次式で表される。

$$\Lambda = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{2}{\sqrt{(\alpha_i^2 - 2\delta)^2 + 4\beta^2} - (\alpha_i^2 - 2\delta)}} \dots (8)$$

ここで  $\alpha_i$  は入射角、 $\delta$  は屈折率の 1 からのずれ、 $\beta$  は複素屈折率の虚部である。 $\delta$  と  $\beta$  は以下の式で与えられる。

$$\delta = (r_e \lambda^2 N_A / 2\pi) \rho_M \frac{\sum_Z w_Z (f_{0Z} + f'_Z(E))}{\sum_Z w_Z A_Z} \dots (9)$$

$$\beta = (r_e \lambda^2 N_A / 2\pi) \rho_M \frac{\sum_Z w_Z f''_Z(E)}{\sum_Z w_Z A_Z} \dots (10)$$

$r_e$  は古典電子半径 ( $2.82 \times 10^{-5}$  Å)、 $N_A$  はアボガドロ数、 $\rho_M$  は質量密度、 $w_Z$  は原子 Z の数分率、 $A_Z$  は原子量である。吸収端近傍のエネルギーを用いた

GISAXS では、吸収端で  $\beta$  の値が大きく増加するため、侵入深度  $\Lambda$  が著しく減少する。図 2 に PS-PHS/Br-PHS ブレンド系での侵入深度のエネルギー依存性を示す ( $\alpha_i = 0.13^\circ$ )。ここで炭素、水素、酸素の  $f'_Z(E)$ 、 $f''_Z(E)$  には理論値を用い、臭素には実測した値を用いた。膜厚が 2  $\mu\text{m}$  であったことを考慮すると、入射 X 線のエネルギーが吸収端以下であるときには X 線は膜全体に行き渡っている。一方で、吸収端以上であるときには侵入深度は 1  $\mu\text{m}$  程度まで減少する。このことより、吸収端およびそれ以上のエネルギーで GISAXS 測定を行ったとき、表面近傍の構造からの散乱 X 線の強度が相対的に強く観測されると考えられる。

入射 X 線エネルギーの変化による侵入深度の変化が散乱強度に及ぼす影響について考えるため、GISAXS プロファイル (図 1) の水平配向シリンダー構造の (11) 面のピーク強度 ( $I_{\text{parallel}}$ ) と垂直配向シリンダー構造の (10) 面のピーク強度 ( $I_{\text{perpendicular}}$ ) の比 ( $I_{\text{parallel}}/I_{\text{perpendicular}}$ ) を侵入深度  $\Lambda$  に対して図 3 にプロットした。

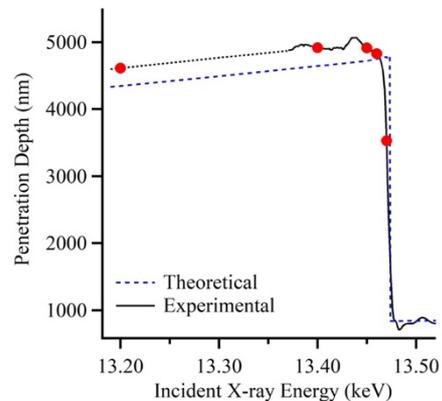


図 2 PS-PHS/Br-PHS ブレンド薄膜系における計算による侵入深度  $\Lambda$ 。青破線は理論計算、黒実線は実験により得られた値。黒点線は目安として引いた。

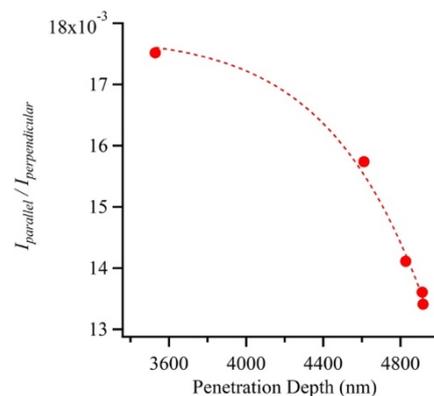


図 3 見かけの侵入深度  $\Lambda$  に対する垂直成分に対する水平成分の散乱強度変化

膜厚は2 μm であるため、すべての測定に対しては、X線は膜全体に到達しているが、侵入深度の浅い方向に対して水平成分からの散乱強度が大きくなることから分かる。即ち水平配向成分が表面近傍に存在していることを裏付ける結果である。

次に各エネルギーでの *in-plane* 方向の 1 次元 GISAXS プロファイルを図 4 に示す。各ピーク位置は、 $q^*$ ,  $3^{1/2}q^*$ ,  $2q^*$ ,  $7^{1/2}q^*$ ,  $3q^*$  であり、六方最密充填シリンダー構造に帰属される。 $q_y = 0.18 \text{ nm}^{-1}$  のシリンダーピークは水平配向シリンダー構造の(10)面の影響である。また、挿入図に  $q = 0.3 \sim 0.7 \text{ nm}^{-1}$  の散乱プロファイルを示す。ここでは比較のために小角側から 4 番目のピークの強度をそろえてプロットした。

2 番目、3 番目のピーク強度が入射 X 線のエネルギーに応じて大きく減少していることが分かる。Br-PHS がシリンダー構造内に均一に分散しているのであれば全体の散乱強度が同じピーク強度比を有しながら減少するのみである。一方で、Br-PHS がシリンダー構造内で不均一に存在している場合 (e.g. コア-シェル構造)、異常分散効果によって Br-PHS が分散している領域の散乱コントラストが変わるため、形状因子がシフトする。このとき、形状因子の極大と極小の位置によって特定の構造因子のピーク強度比が変化する。つまり、この GISAXS プロファイルの特徴的なエネルギー依存性は Br-PHS がシリンダー構造内で不均一に分散しており、コア-シェル構造を形成していることを示唆している。

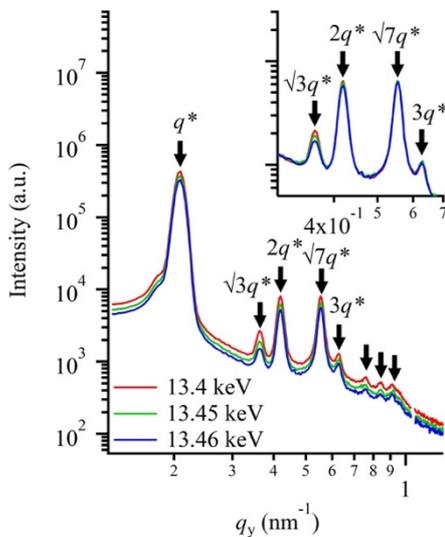


図 4 *in-plane* GISAXS プロファイルの散乱強度の入射 X 線エネルギー依存性

得られた GISAXS プロファイルから(6)式、(7)式の計算で得られた  $I_{reso}(q)$  を図 5 に示した。合わせて 13.4 keV 観測のプロファイルも載せた。図中のドットで示すものが実験データであり、実線が計算によるプロファイルである。計算プロファイルに用いたモデルは図 6 に示す通りのコアシェルシリンダー構造とした。

計算に際し、薄膜中で垂直配向したコア-シェルシリンダー構造の形状因子は以下の式で与えられる。

$$F_{cylinder}^2(q) = \left\{ (\rho_{e_{core}} - \rho_{e_{shell}}) V_c \frac{2J_1(qR_c)}{qR_c} \exp\left(-\frac{q^2\sigma_{core}^2}{2}\right) + (\rho_{e_{shell}} - \rho_{e_0}) V_s \frac{2J_1(qR_s)}{qR_s} \exp\left(-\frac{q^2\sigma_{shell}^2}{2}\right) \right\}^2 \dots (11)$$

ここで、 $V_c$  と  $V_s$  はコアの体積とシリンダー全体の体積、 $R_c$  と  $R_s$  はシリンダーコアと全体の半径である。また、 $\rho_{e_{core}}$ ,  $\rho_{e_{shell}}$ ,  $\rho_{e_0}$  はそれぞれコア、シェル、マトリックスの電子密度である。 $J_1$  は第一種のベッセル関数、 $\sigma_{core}$  および  $\sigma_{shell}$  はそれぞれコア/シェル界面、シェル/マトリックス界面の厚みである。基板に対して垂直に配向したシリンダー構造の *in-plane* 方向の理論散乱強度は次式で計算される。

$$I(q) = \int \left\{ \langle |F_{cylinder}^2(q)| \rangle + |F_{cylinder}(q)|^2 (S(q) - 1) \right\} D(R_c) dR_c \dots (12)$$

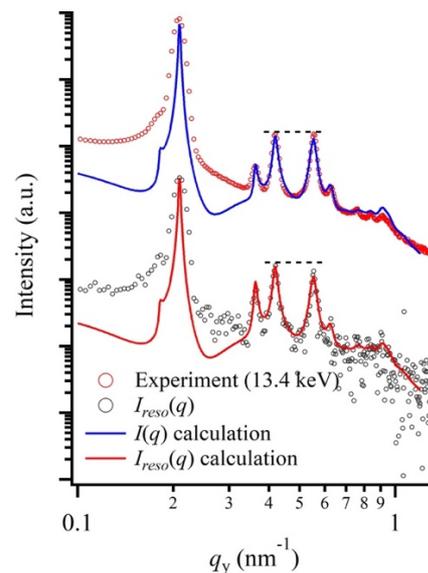


図 5 13.4 keV で観測した *in-plane* GISAXS プロファイル (上) と共鳴項  $I_{reso}(q)$ 。実線は計算プロファイル

ここで、 $S(q)$ は構造因子、 $D(R_c)$ はガウス分布関数である。 $I(q)$ はパラクリスタル理論を用いて計算を行った。

13.4 keV での実験散乱曲線では 3rd ピーク 4th ピークの散乱強度はほとんど同じであるが、算出した  $I_{reso}(q)$  では 3rd ピークが最も高い強度を示した。この  $I_{reso}(q)$  に対して図 6 のモデルを用い実験散乱プロファイルのフィッティングを行った。ここで  $I_{reso}(q)$  の散乱コントラストは Br の数密度に依存するため、図 6 に示すようにシェル領域のみが観測されていることとなる。言い換えれば、コアの散乱長とマトリックスの散乱長が一致し、形状因子は小角側へシフトする。このモデルの形状因子の変化により、散乱コントラストを変えるのみ（構造パラメータ不変）で  $I_{reso}(q)$  を再現することができた。ここには示さないが、エネルギーに依存したピーク強度変化もすべて説明できることをつけ加えておく。

#### 4. 最後に

本研究では、臭素の K 吸収端を利用した異常小角 X 線散乱法 (ASAXS) と斜入射小角 X 線異常散乱法 (AGISAXS) によって、ブレンド薄膜の構造解析を行った。薄膜中では、主に基板に対して垂直に配向したシリンダー構造が形成されていることが GISAXS に

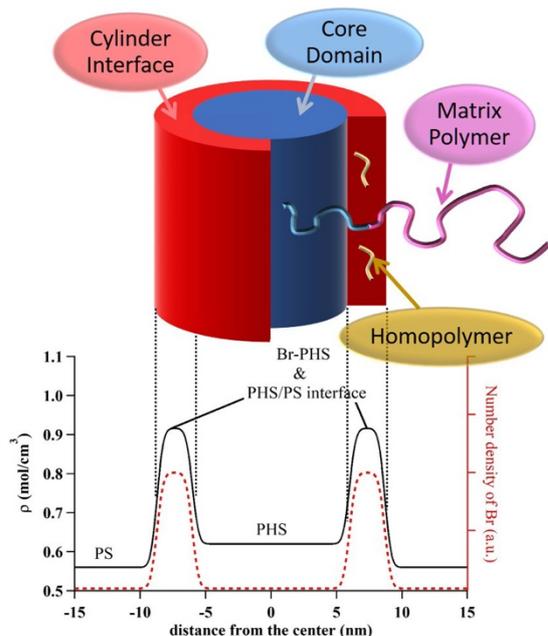


図 6 計算に用いたモデルの散乱コントラストプロファイル。13.4 keV での電子密度プロファイル (黒線) および Br-PHS の分布 (赤点線)。

より確認された。GISAXS において入射 X 線のエネルギーを変化させると、臭素の吸収端で複素屈折率の虚部が跳ね上がることによって、X 線の侵入深度が大きく変化する。各エネルギーでの平行配向成分と垂直配向成分のピーク強度比より、定量評価は困難であるが、表面領域には平行配向シリンダー構造が多く存在していることが明らかとなった。また、X 線侵入深度の差が無視できるほど小さいエネルギー範囲では、面内方向の 1D プロファイルにおける Bragg ピークの強度比が入射 X 線エネルギーと共に変化した。このエネルギー依存性は臭素による異常分散効果に伴うシリンダー形状因子のシフトによって解釈される。Paracrystal 理論とコア-シェルシリンダーモデルを用いた垂直配向シリンダーの面内方向 1D プロファイルのモデル計算によって Br-PHS は PS/PHS 界面領域に偏析していることが明らかになり、このモデルによって実験散乱強度のエネルギー依存性および、Br-PHS の分散状態のみを反映した散乱関数  $I_{reso}(q)$  を再現できることを確認した。

この PS-PHS/Br-PHS ブレンド系薄膜での複雑なマイクロ相分離構造は、単一エネルギーを用いた GISAXS で解析することは困難であり、そのエネルギー依存性を解析することによって明確に明らかにできるものである。

#### 参考文献

- [1] C. Revenant: *J. Appl. Cryst.* **45** (2012) 324-328.
- [2] T.-W. Huang, K.-L. Yu, Y.-F. Liao *et al.*: *J. Appl. Cryst.* **40** (2007) s480-s484.
- [3] B. Lee, S. Seifert, S. J. Riley *et al.*: *J. Chem. Phys.* **123** (2005) 074701.
- [4] F. Leroy, G. Renaud, A. Létoublon *et al.*: *Phys. Rev. B* **77** (2005) 235429.
- [5] H. Ogawa, H. Masunaga, S. Sasaki, S. Goto, T. Tanaka *et al.*: *Polym. J.* **45** (2013) 109-115.
- [6] H. Masunaga, H. Ogawa, T. Takano, S. Sasaki, K. Sakurai *et al.*: *Polym. J.* **43** (2011) 471-477.
- [7] 特集号“Application of Quantum Beams to Polymer Science and Engineering” *Polym. J.* **45** (2013).
- [8] 特集号“Cutting Edge of Scattering from Soft Materials” *Polym. J.* **51** (2019).

- [9] S. Sakurai, H. Bando, H. Yoshida, R. Fukuoka, K. Yamamoto *et al.*: *Macromolecules* **42** (2009) 2115-2121.  
[10] G. Cui, S. Ohya, T. Matsutani, S. Nagano, K. Yamamoto *et al.*: *Nanoscale* **5** (2013) 6713-6719.

山本 勝宏 YAMAMOTO Katsuhiko

名古屋工業大学 大学院工学研究科  
〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町  
TEL : 052-735-5277  
e-mail : yamamoto.katsuhiko@nitech.ac.jp

濱本 博己 HAMAMOTO Hiroki

名古屋工業大学 大学院工学研究科  
〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町  
TEL : 052-735-5277  
e-mail : hiroki10092@gmail.com

フロンティアソフトマター開発専用ビームライン産学連  
合体のホームページ  
<http://fsbl.spring8.or.jp/>

2014 年度指定パートナーユーザー活動報告

スピントロニクスデバイスを基盤としたナノ磁気計測技術の開発と  
物質・材料研究への展開

大阪大学 大学院工学研究科

白土 優

(1)

指定時 PU 課題番号/ビームライン	2014A0079/BL25SU								
PU 氏名 (所属)	白土 優 (大阪大学)								
研究テーマ	スピントロニクスデバイスを基盤としたナノ計測技術の開発と物質・材料研究への展開								
高度化	軟 X 線ナノビームラインの整備と先導的活用								
利用研究支援	当該装置を用いた利用実験の支援								
利用期	14A	14B	15A	15B	16A	16B	17A	17B	合計
PU 課題実施シフト数	6	56.625	50.5	32.875	29.875	29.75	24	20.25	249.875
支援課題数	0	0	0	0	0	2	0	0	2

(2) PU 活動概要

本パートナーユーザー (以下、PU) 課題は、共用ビームラインの一つである BL25SU (軟 X 線固体分光) において、軟 X 線ナノビームを用いたナノ磁気計測技術の開発ならびに、開発する計測技術を先端的な成果の創出が可能なレベルにまで高度化することを目的として 2014 年度に発足した。BL25SU における軟 X 線ナノビームを用いたナノ磁気解析は、主として永久磁石材料の元素戦略プロジェクト推進の柱である磁石材料の組織別磁気解析を実施するために整備されたものであるが、軟 X 線ナノビームを用いたナノ磁気計測技術は本 PU グループが研究対象としているスピントロニクス分野においても、期待の大きい放射光計測技術である。本稿では、本 PU 課題で実施した内容の一部として、特に下記の点について述べる。

- A) フレネルゾーンプレート (Fresnel Zone Plate: FZP) を用いた軟 X 線ナノビームの生成
- B) 軟 X 線ナノビームを用いた磁気円二色性 (X-ray Magnetic Circular Dichroism: XMCD) 計測に基づく元素選択磁区構造観察・局所 XMCD スペクトル・局所磁化曲線測定

C) 微細加工素子に対する電圧駆動反強磁性磁壁移動

A) フレネルゾーンプレート (Fresnel Zone Plate: FZP) を用いた軟 X 線ナノビームの生成

PU 課題発足時は、BL25SU の高度化計画として 100 nm 径ナノビームの開発を進め、2016 年度以降は新規 FZP を用いた更なる微小化を目指して 50 nm 系ナノビーム生成にトライした。FZP を用いた集光光学系の模式図を、図 1 に示す。センタービームストッパー (CBS) を通った放射光は FZP で回折された後、オーダーソーティングアパーチャー (OSA) によって

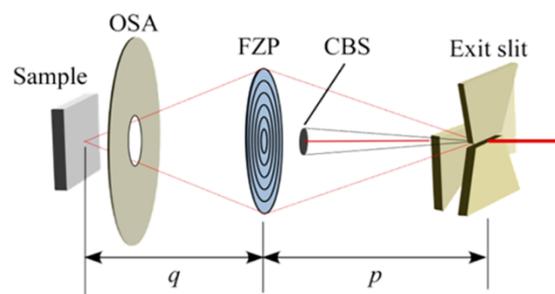


図 1 FZP を用いた集光光学系の模式図 (JASRI 中村哲也主席研究員、小谷佳範博士ご提供)

最も小さいサイズに集光される 1 次回折光のみを取り出し試料上に集光させる。FZP による集光サイズ  $\delta_m$  は理論的に次式で表される。

$$\delta_m = \sqrt{\left(\frac{1.22\Delta r}{m}\right)^2 + \left(\sigma\frac{q}{p}\right)^2 + \left(2r\frac{\Delta E}{E}\right)^2} \cdots (1)$$

$\Delta r$ : FZP の最外リング径、 $m$ : 回折次数、 $\sigma$ : 光源サイズ  
 $q$ : ZP の焦点距離、 $p$ : 光源-ZP 間距離、 $r$ : ZP 半径  
 $E/\Delta E$ : エネルギー分解能

2014A 期の PU 課題開始当初は、ビームラインの立ち上げ・フィージビリティスタディから開始したため、開始当初は光学系の振動の問題などから FZP の仕様から期待される最高性能を達成することは困難であったが、光学系を設置するステージの改良などにより、2014 年度中には約  $80 \text{ nm}@E/\Delta E = 9000$  の軟 X 線ナノビームの生成を達成し、現在でもエネルギー分解能に応じて、 $100 \text{ nm}$  径軟 X 線ナノビームの定常的な利用が可能になっている。また、2016 年度に JASRI によって導入された新型の FZP を用いることにより、現在では、約  $60 \text{ nm}$  にまで集光することも可能である。

集光サイズは、海外放射光施設を始めとする他のビームラインで達成されている集光サイズ ( $\sim 20 \text{ nm}$ ) と比較すると大きい。一方、他のビームラインでは上記の微小サイズに起因して放射光のフラックスが著しく低下することから、計測方法が透過法に限られること、焦点深度が極めて浅いことからラフネスの大きい試料には適用が難しいことなどの課題がある。BL25SU では、冒頭に述べたように永久磁石に対する磁区構造観察が一つの主眼となっており、本試料においては比較的ラフネスの大きい試料に対して広範囲に磁区構造を観察する必要がある。さらに、PU グループで主眼としているスピントロニクス材料においては、微細加工された実素子に対する計測が一つのターゲットになっている。BL25SU における軟 X 線ナノビーム径の制限は、これらの要請をもとに、FZP を焦点深度が深く、また、試料構造に制限の少ない計測法である全電子収量 (TEY) 法による計測が可能でフラックス密度を確保できる設計にしたことによっている。

B) 軟 X 線ナノビームを用いた XMCD 計測に基づく  
 元素選択磁区構造観察・局所 XMCD スペクトル・  
 局所磁化曲線測定

BL25SU は、元来、ツインヘリカルアンジュレータを用いて左右円偏光を独立に生成・試料照射することが可能なビームラインであり、この特性を生かして、磁性材料に対する XMCD 測定に関する多数の実績を有している。前節で示した軟 X 線ナノビームにおいても、入射する軟 X 線を円偏光とすることで、局所領域 (集光領域) での XMCD 計測が可能である。試料表面に円偏光された軟 X 線を集光し、試料を  $x$ - $y$  平面内で 2 次元に走査 (スキャン) することで、軟 X 線吸収強度の面内分布を得ることができる。この 2 次元イメージングを左右円偏光に対して独立に実施し、その差分像から XMCD 像 (磁区構造に対応)、平均像から吸収分布 (組成分布) を得ることができる。また、放射光の特性を生かした計測として、入射する軟 X 線を特定の元素の吸収端とすることで、上記のイメージを元素選択的に得ることが可能である。さらに、外部磁場と組み合わせることで、磁性材料の磁化過程、局所 XMCD スペクトル、局所磁化曲線測定などに展開することも可能とした。以下に、PU グループで得られた主な成果の一つである強磁性 (Co) / 反強磁性 ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) 垂直交換バイアス膜に対して、上記の計測を実施した結果の概要を述べる。

図 2 に、Pt/Co/ $\text{Cr}_2\text{O}_3$ /Pt 積層膜に対して、左右円偏光 ( $\mu_+$ ,  $\mu_-$ ) に対して測定した軟 X 線吸収強度の 2 次元分布像 (図 2(a), 2(b)) および、その加算 ( $\mu_+ + \mu_-$ )、図 2(c) および、吸収強度で規格化された差分 ( $(\mu_+ - \mu_-)/(\mu_+ + \mu_-)$ )、図 2(d)) を示す [Y. Shiratsuchi *et al.*: *AIMS Mater. Sci.* **2** (2015) 484-496.: 成果リスト [3]]。左右円偏光を固定した場合に観察される像は、同様のパターンを示すがコントラストが反転している。これらの像を加算して得られる吸収像 (図 2(c)) には、若干のコントラスト (試料表面でのコンタミネーションの付着による吸収強度の低下による) が観察されるが、概ね均一な像となる。一方、両者の差分から得られる XMCD 像には明確なコントラストが観察される。図 2(d) に示した XMCD 像は同一試料に対する Kerr 顕微鏡像と概ね一致しており、磁区構造に対応している。

なお、上記の XMCD 像の取得時間は、開発当初は 2 時間程度を要していたが、現在はスキャン方式の変更などによって 1 画像 (60  $\mu\text{m}$   $\times$  60  $\mu\text{m}$ ) 当たり 15 分以下での取得が可能になっている。

以上の結果は、入射 X 線のエネルギーを固定して空間的に走査した結果であるが、軟 X 線ナノビームを試料上の定点に固定し光子エネルギーを変化させることで、局所領域での軟 X 線吸収/XMCD スペクトル(XAS/XMCD スペクトル)を得ることができる。FZP を用いた X 線の集光においては、フォーカス位置が光子エネルギーに依存するため、局所 XAS/XMCD スペクトルの測定には光子エネルギーに FZP、OSA、試料位置を同期させる技術が必要になる。図 3 に、本開発技術により測定した局所領域での XAS/XMCD スペクトルを示す。測定位置は、図 2(d)の A、B 点とした。図から分かるように、XMCD 像において逆符号のコントラストを生成する領域においては、XMCD スペクトルの符号が反転しており、この結果からも図 2(d)に示した結果は XMCD の空間分布に対応していることが分かる。

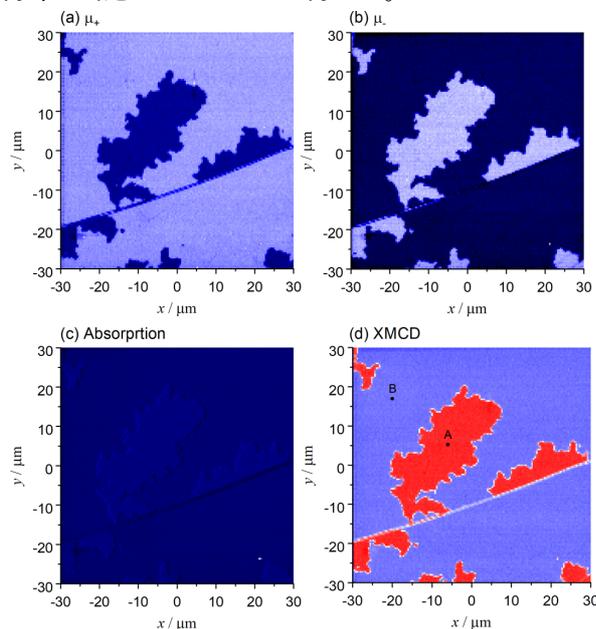


図 2 (a),(b) 左右の円偏光を固定して測定した軟 X 線吸収強度の 2 次元分布像。(c) (a),(b)の加算による軟 X 線吸収強度の 2 次元分布像。(d) (a),(b)の差分による XMCD 強度の 2 次元分布像。測定試料は Pt/Co/Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Pt 積層膜であり、入射 X 線の光子エネルギーは、Co L<sub>2,3</sub>吸収端とした。測定温度は室温である [Y. Shiratsuchi *et al.*: *AIMS Mater. Sci.* 2 (2015) 484-496. : 成果リスト[3]]。

図 2 に示した結果は、入射 X 線のエネルギーを Co L<sub>2,3</sub>吸収端 (778 eV) として観察した結果であり、つまり、図 2(d)に示した結果は、Co スピンの向きの空間分布に対応する。一方、放射光の特長の一つは入射 X 線のエネルギーの選択による元素選択性にあり、例えば、我々が用いた強磁性/反強磁性積層膜においては、強磁性磁区と反強磁性磁区の独立観察が可能であることを意味する。特に、交換バイアス膜においては、強磁性磁区と反強磁性磁区の空間的な対応は、現在においても第一線の研究トピックスである。

図 4 に、Pt/Co/Au/Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Pt 垂直交換バイアス膜に対して、光子エネルギーを Co L<sub>2,3</sub>吸収端(図 4(a))あるいは Cr L<sub>2,3</sub>吸収端(図 4(b))として観察した XMCD 像を示す。反強磁性 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からの XMCD シグナルは、主として界面非補償 Cr スピンによる [Y. Shiratsuchi *et al.*: *Phys. Rev. Lett.* **109** (2012) 077902.]。両 XMCD 像は空間的に類似しており、強磁性 Co の磁区構造と界面非補償 Cr スピンの空間分布が一致している。

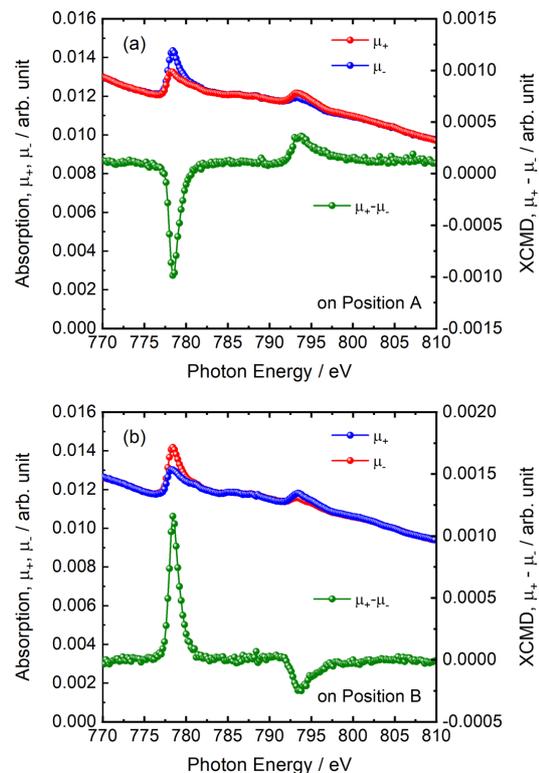


図 3 試料表面に軟 X 線を集光させ、光子エネルギーを変化させて測定した局所 XAS/XMCD スペクトル。測定位置は、図 2(d)の A、B とした [Y. Shiratsuchi *et al.*: *AIMS Mater. Sci.* 2 (2015) 484-496. : 成果リスト[3]]。

両 XMCD 像において、XMCD シグナルの符号が反転していることが分かる。これは、Co と界面 Cr スピンが反強磁性的に交換結合しているためである。Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のスピン配列は、c 軸方向に平行に collinear であるため、界面 Cr スピンの向きは薄膜内部（界面から内部に向かった部分）の反強磁性磁区と対応していると考えられ、このことから、図 4 に示した結果は強磁性磁区と反強磁性磁区の空間的なマッチングを表しているものと考えられる。さらに、図 4(c-1)の図中に X、Y で示した点に集光軟 X 線を固定し、磁場を掃引することで測定した局所元素選択磁化曲線を図 4(c-2)に示す。XMCD の符号が反転した磁区上での局所磁化曲線においては、同程度の保磁力を示すが交換バイアスの極性が反転している。上述した強磁性磁区と反強磁性磁区のマッチングと合わせると、この結果は、垂直交換バイアスの極性は反強磁性ドメインの向き（反強磁性オーダーパラメータの符号）によって決定されていることを意味している。なお、図 4 に示した結果は、285 K における観察結果であり、交換バイアス発現温度での XMCD 像観察のために、観察ステージの低温化技術（最低温度 205 K）も同時に開発したことを付記する。

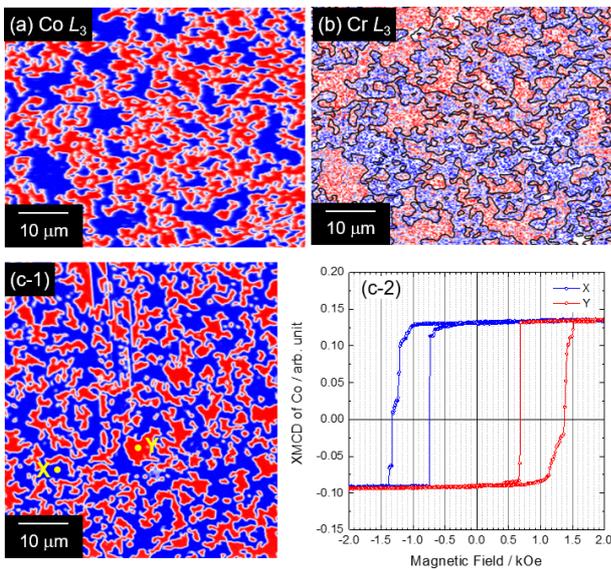


図 4 (a) Co  $L_{III}$  吸収端、(b) Cr  $L_{III}$  吸収端で測定した XMCD シグナルの 2 次元分布像。それぞれは、強磁性磁区、界面非補償反強磁性スピンの分布に対応する。(c-1),(c-2) 強磁性ドメイン上で測定した Co の局所領域での元素選択磁化曲線 [Y. Shiratsuchi *et al.* *Appl. Phys. Lett.* **113** (2018) 242404. : 成果リスト[11]]。

### C) 微細加工素子に対する電圧駆動反強磁性磁壁移動

前節で示したように、Pt/Co/(Au)/Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Pt 系薄膜における交換バイアスの極性は、界面反強磁性スピン（反強磁性オーダーパラメータの符号）によって決定されている。Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は電気磁気効果を示す典型的な物質であり、その反強磁性オーダーパラメータは電場と磁場によって制御することができる。すなわち、この系における垂直交換バイアスの極性は、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層の電気磁気効果を利用することで等温可逆的に制御することができる [例えば、T. V. A. Nguyen, Y. Shiratsuchi *et al.*: *J. Appl. Phys.* **122** (2017) 073905.]。本 PU 課題では、前節までに示した成果（計測技術）と、上述の PU 代表者の垂直交換バイアス極性制御技術を組み合わせることで、電気磁気効果を駆動力とする反強磁性磁区の反転プロセスを可視化することを試みた [Y. Shiratsuchi *et al.*: *APL Mater.* **6** (2018) 121104., *Appl. Phys. Lett.* **113** (2018) 242404. : 成果リスト[10],[11]]。本計測のために、作製した薄膜を図 5 に示す形状に微細加工し、走査型 XMCD 顕微鏡に設置した。反強磁性磁壁の駆動方法、外場（電場、磁場）印加方法、XMCD 像取得方法などの詳細は、成果リスト[10],[11]を参照されたい。

図 6 に、磁場 (+4 T で固定) と電場 (-753 kV/cm から +1,200 kV/cm で可変) 印加の反転過程における磁区構造のうち、代表的な磁区構造を示す。本測定において印加した磁場履歴は +4 T - 0 T の正磁場のみであり、負方向への磁場印加を行っていない。すなわち、+4 T から 0 T への磁場の除去過程での磁化反転は正の交換バイアスによってのみ生じるため、観察された磁区構造の変化は、反強磁性磁区の反転による交換バイアスの極性変化に対応する。図には、電気磁気

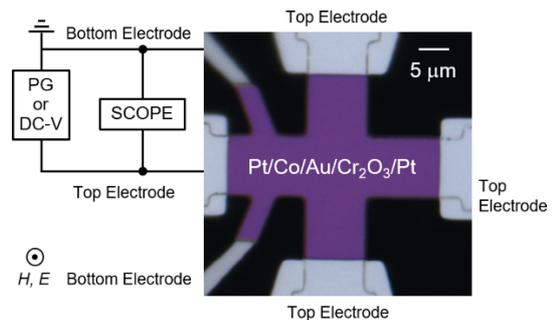


図 5 XMCD イメージング用ホール素子と電界印加回路の等価回路。

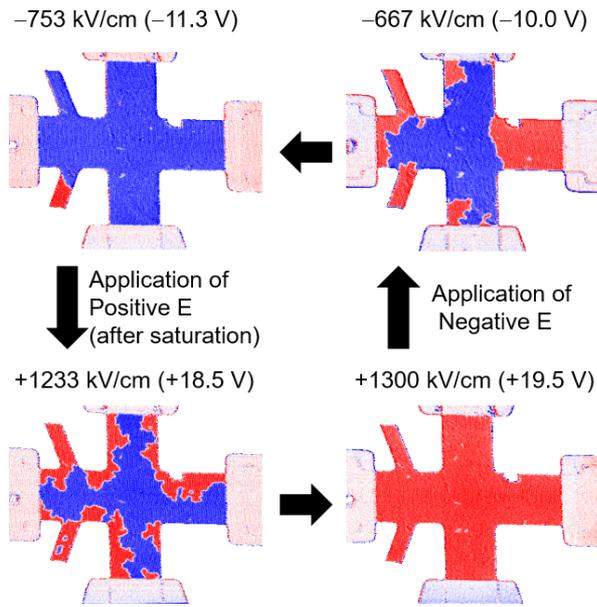


図6 磁場 (+4 T) と DC 電場 (図中に表記の値) を印加した後、残留状態 (磁場、電場共にゼロ) での XMCD 像。光子エネルギーは、Co  $L_{2,3}$  吸収端とした。測定温度は 285 K である [Y. Shiratsuchi *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **113** (2018) 242404. : 成果リスト[11]より一部抜粋]。

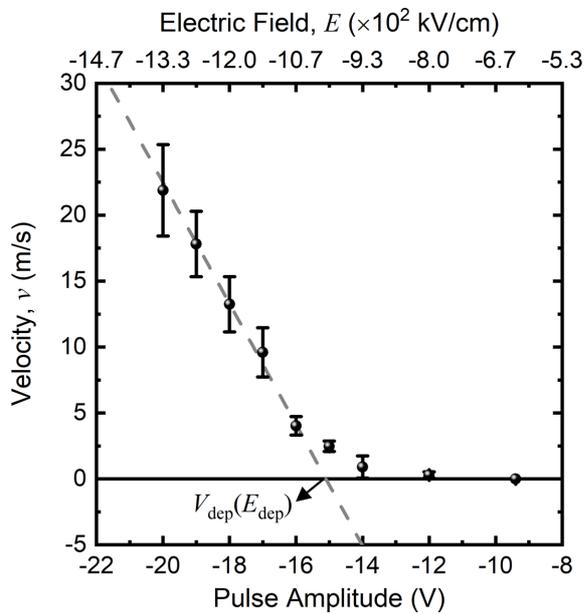


図7 磁場 (+4 T) とパルス電場印可後の XMCD 像から算出した反強磁性磁壁の移動速度の電界強度依存性。図中の点線は、直線領域のフィッティング結果を表し、 $V_{dep}$  ( $E_{dep}$ ) は磁壁のデピンング電圧 (電場) を表す [Y. Shiratsuchi *et al.*: *APL Mater.* **6** (2018) 121104. : 成果リスト[10]より一部抜粋]。

効果に起因する明確な磁区構造の変化が観察されており、また、磁化反転が通常の強磁性体と同様にデバイスのエッジ部分から進展していることが分かる。図6に示した結果は、DC 電場と DC 磁場印加後の磁区構造変化であるが、印加する電場をパルス電場とすることで、反強磁性磁壁の動的な移動速度の検討も可能になる。図7に、印加したパルス電圧 (電場) の強度に対する磁壁移動速度の変化を示す。磁壁移動速度は、電圧の上昇とともに指数関数的に上昇することから、磁壁移動はクリープ領域にあることが示唆される。また、直線領域における傾きから算出したダンピング定数は、 $Cr_2O_3$  層上の強磁性層である Pt/Co 層のダンピング定数と類似しており、このことから、反強磁性磁壁の移動速度が、強磁性層との交換結合によって律速されている可能性が示唆される。

ここに示した成果の他、2017B 期までに、8 T までの強磁場下での元素選択 XMCD イメージングなど、永久磁石・スピントロニクス材料に対するナノ磁気計測技術の基盤部分の開発が完了している。本技術は、広義には円偏光軟 X 線ナノビームによる計測であるため、磁性分野のみならず広いユーザーへの展開が期待される。時分割測定や磁場の任意方向への印加など残された課題もあるが、これらに関しては、ビームライン担当者との共同のもと、今後も引き続き先導的成果の創出を目指したい。

#### 謝辞

本稿で示した PU 実施内容と成果 (装置開発も含む) は、JASRI 中村哲也主席研究員、小谷佳範博士、豊木研太郎博士との共同研究の結果である。本稿に示した結果以外にも、本 PU グループメンバー (名古屋大学 加藤剛志准教授、大阪大学 鈴木義茂教授、三輪真嗣准教授 (現東京大学)、産業技術総合研究所 野崎隆行博士、島根大学 荒河一渡准教授) には、多数のご議論を頂き、また、成果の創出・発信頂いた。ここに深く謝意を示す。

#### (3) 成果リスト (査読付き論文)

SPring-8 利用研究成果登録データベースに登録済みで、PU 課題番号が関連づけられた査読付き論文のみを掲載します。(その他、PU として支援した一般課題の

発表論文やポスター発表、受賞歴など多数の成果がありますが、掲載スペースの都合上割愛しています。)

- [ 1 ] SPring-8 Publication ID = 28878  
K. Toyoki *et al.*: “Magnetoelectric Switching of Perpendicular Exchange Bias in Pt/Co/a-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Pt Stacked Films” *Applied Physics Letters* **106** (2015) 162404.
- [ 2 ] SPring-8 Publication ID = 29948  
S. Miwa *et al.*: “Voltage-Controlled Magnetic Anisotropy in Fe/MgO Tunnel Junctions Studied by X-ray Absorption Spectroscopy” *Applied Physics Letters* **107** (2015) 162402.
- [ 3 ] SPring-8 Publication ID = 30031  
Y. Shiratsuchi *et al.*: “Direct Observations of Ferromagnetic and Antiferromagnetic Domains in Pt/Co/Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Pt Perpendicular Exchange Biased Film” *AIMS Materials Science* **2** (2015) 484-496.
- [ 4 ] SPring-8 Publication ID = 32015  
Y. Shiratsuchi *et al.*: “Perpendicular Exchange Bias and Magneto-Electric Control Using Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001) Thin Film” *Materials Transactions* **57** (2016) 781-788.
- [ 5 ] SPring-8 Publication ID = 33198  
Y. Shiratsuchi *et al.*: “Simultaneous Achievement of High Perpendicular Exchange Bias and Low Coercivity by Controlling Ferromagnetic/Antiferromagnetic Interfacial Magnetic Anisotropy” *Journal of Applied Physics* **121** (2017) 073902.
- [ 6 ] SPring-8 Publication ID = 33670  
T. Tsukahara *et al.*: “Characterization of the Magnetic Moments of Ultrathin Fe Film in an External Electric Field via High-Precision X-ray Magnetic Circular Dichroism Spectroscopy” *Japanese Journal of Applied Physics* **56** (2017) 060304.
- [ 7 ] SPring-8 Publication ID = 33962  
S. Miwa *et al.*: “Voltage Controlled Interfacial Magnetism through Platinum Orbits” *Nature Communications* **8** (2017) 15848.
- [ 8 ] SPring-8 Publication ID = 36725  
Y. Kotani *et al.*: “Realization of Scanning Soft X-ray Microscope for Magnetic Imaging under High Magnetic Fields” *Journal of Synchrotron Radiation* **25** (2018) 1444-1449.
- [ 9 ] SPring-8 Publication ID = 37008  
T. Kawabe *et al.*: “Electric-Field-Induced Changes of Magnetic Moments and Magnetocrystalline Anisotropy in Ultrathin Cobalt Films” *Physical Review B* **96** (2017) 220412(R).

- [10] SPring-8 Publication ID = 37641  
Y. Shiratsuchi *et al.*: “Antiferromagnetic Domain Wall Creep Driven by Magnetoelectric Effect” *APL Materials* **6** (2018) 121104.
- [11] SPring-8 Publication ID = 37642  
Y. Shiratsuchi *et al.*: “Observation of the Magnetoelectric Reversal Process of the Antiferromagnetic Domain” *Applied Physics Letter* **113** (2018) 242404.
- [12] SPring-8 Publication ID = 37643  
Y. Shiratsuchi *et al.*: “Magnetoelectric control of antiferromagnetic domain state of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin film toward spintronic application” *Journal of Magnetism Society of Japan* **42** (2018) 119.

白土 優 SHIRATSUCHI Yu

大阪大学 大学院工学研究科  
〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1  
TEL : 06-6879-7489  
e-mail : shiratsuchi@mat.eng.osaka-u.ac.jp

# Long-term Proposal Report 1

## Energy Scanning X-ray Diffraction Study of Extraterrestrial Materials Using Synchrotron Radiation

Michael Zolensky<sup>1</sup>, Kazumasa Ohsumi<sup>2</sup>, Takashi Mikouchi<sup>3</sup>, Kenji Hagiya<sup>4</sup>, Naoto Yagi<sup>5</sup>  
Yasuko Terada<sup>2</sup>, Mutsumi Komatsu<sup>6</sup>

<sup>1</sup>NASA Johnson Space Center, Houston, TX, USA

<sup>2</sup>Research & Utilization Division, JASRI, Hyogo, Japan

<sup>3</sup>School of Science, The University of Tokyo, Tokyo, Japan

<sup>4</sup>Graduate School of Life Science, University of Hyogo, Hyogo, Japan

<sup>5</sup>Protein Crystal Analysis Division, JASRI, Hyogo, Japan

<sup>6</sup>The Graduate University for Advanced Studies, SOKENDAI, Tokyo, Japan

### Introduction

In order to understand the birth and early evolution of the solar system, it is essential to analyze extraterrestrial materials such as meteorites, interplanetary dust particles (IDP), lunar samples, cometary dust, and the samples of primitive asteroids such as Itokawa (which was sampled by JAXA's Hayabusa spacecraft). Because many of these samples were formed under extreme conditions quite different from the present earth, they often contain interesting minerals rarely found on the earth, but which are critical indicators of physico-chemical conditions in the early solar system. However, these extraterrestrial samples are usually available only in sub-microgram quantities, which makes it difficult to fully characterize these rare minerals by standard techniques. The analysis of extraterrestrial materials has recently focused on chemical characteristics such as chemical and isotope compositions, and unfortunately, crystallographic data of these extraterrestrial materials are lacking in many cases. This situation arises from the fact that these rare minerals are small and it is difficult to obtain diffraction data. However, such rare and small minerals carry critical and unique records of formation conditions in the early solar system, and the chemical and physical evolution of this most primitive material into protoplanets which eventually evolved into the planets. Whereas the initial formation of solid material in the solar system involved fairly simple gas-solid

reactions, the resultant dust grains were almost universally altered through a combination of heat and pressure (thermal metamorphism), impact shock, and aqueous alteration (from liquid water that resulted from heating of water ice). Thus, we require a complete understanding of thermal, shock and aqueous alteration history. This goal is only achievable through detailed mineralogic characterization of surviving extraterrestrial materials. For example, some minerals can be present as one of several polymorphs formed at particular P-T conditions, and thus the particular crystal structure assumed by the phase is a record of the particular pressure and thermal history of that mineral. Thus it is essential that the crystal structures of these phases should be adequately characterized so that the thermal and pressure conditions can be properly "read". In understanding the aqueous alteration of primitive materials, we are also learning in what form water and organics, the seeds of life, arrived at Earth and other terrestrial planets. Since no one protoplanetary body records the full early history of the solar system, we must read the record in a wide cross section of available materials.

In our project the most primitive materials were represented by comet samples, which include chondritic interplanetary dust particles, the comet Wild 2 samples returned by NASA's Stardust spacecraft, and meteorites that sample C- and S-type asteroid regolith. Metamorphosed and shocked materials are

represented by the ordinary chondrite meteorites, some chondritic interplanetary dust particles, and the asteroid Itokawa samples collected by JAXA's Hayabusa spacecraft. The aqueously altered samples are represented by the carbonaceous chondrite meteorites and the salt from two ordinary chondrites which we were fortunate to have recognized a decade ago, and carefully preserved for this current investigation.

There were three main goals of our research. Goal 1: Characterizing the crystal structures of minerals in the primitive asteroid and comet regolith samples – reveals formation conditions and early solar system small body evolution. For this work we analyzed the following samples: Carbonaceous chondrite meteorites, Asteroid Itokawa samples from the Hayabusa Mission, and Comet Wild 2 samples from the Stardust Mission. Goal 2: Characterizing the effects of impact shock on asteroid and comet regolith samples, to reveal how fluids and solids migrated through the early solar system. For this work we analyzed the following samples: Carbonaceous chondrite meteorites, and the Asteroid Itokawa samples. Goal 3: Determining the origin and early history of aqueous fluids in the early solar system. For this work we analyzed the following samples: Water bearing primitive meteorites, and hydrovolcanic products preserved within two very special ordinary chondrite meteorites – Zag and Monahans.

Here are the investigations we made during the proposal runs:

1. We analyzed the crystal structures and/or deformation of pyroxene, olivine and albite crystals in regolith particles from asteroid Itokawa, returned by JAXA's Hayabusa spacecraft.
2. Structures of deformed phases in chondritic interplanetary dust particles.
3. Crystal structure of olivine crystals replacing matrix phyllosilicates, and associated sulfides in carbonaceous chondrite meteorites.
4. Crystal structures of carbon crystals in two ordinary chondrite meteorites, due apparently to repeated parent body shock metamorphic events, possibly related to the impact that formed earth's moon.
5. Structures of shock-deformed olivine and calcium phosphates in five ordinary chondrite meteorites.
6. Measurement of cell dimensions of olivine in the coarse-grained terminal particles of coma grains returned from comet Wild 2 by NASA's Stardust spacecraft.
7. Crystal structure of calcium carbonates from the meteor crater in Arizona.
8. Crystal structures of mineral grains separated from within salt crystals found in an ordinary chondrite meteorites (Zag and Monahans), which must come from the mantle of a hydrovolcanically-active early solar system body (possibly Ceres).

### X-ray Diffraction at SPring-8

We have been working for the past three years on synchrotron radiation X-ray diffraction (SXRDX) studies at SPring-8 beamline BL37XU (Proposal 2014B0113 - 2017A0113), employing a micro-beam diameter as small as 1  $\mu\text{m}$ . SXRDX is most useful when combined with other analytical techniques such as synchrotron X-ray fluorescence (SXRF) and synchrotron based X-ray computed microtomography (SXRCT), determining chemical compositions and physical properties at the nano scale. We use a stationary sample method and polychromatic X-rays because the irradiated area of the sample is always the same and fixed, meaning that all diffraction spots occur from the same area of the sample. This aspect is essential for nanogram-sized samples. In beamline BL37XU an undulator is installed and its radiation is further monochromatized using a Si(111) double-crystal monochromator. The X-ray energy is automatically adjusted by changing the undulator gap and the angle of a monochromator. A Kirkpatrick and Baez mirror is situated upstream of the sample giving a beam size of  $0.7(\text{V}) \times 2(\text{H}) \text{ mm}^2$  at the sample position. Diffraction patterns are collected on a two-dimensional detector (CMOS Flat panel detector, Hamamatsu Photonics K.K.). The samples are attached to an XYZ-stage, and the target micro area in the sample was adjusted on the micro-beam position under an optical microscope. We applied energies from 30 to 20 keV ( $\lambda = 0.4133 - 0.6199 \text{ \AA}$ ) at increments of 40 eV with each exposure time being 0.5 seconds. In total we used 72 shifts over the three-year period 2014 - 2017.

Results of Indexing (49-2-3)

N	h	k	l	N	h	k	l
1	1	-3	1	18	1	-7	0
2	2	-4	2	19	2	-8	1
3	2	-3	2	20	2	-7	1
4	3	-3	3	21	3	-8	2
5	3	-2	3	22	3	-7	2
6	3	-1	3	23	4	-7	3
7	3	0	3	24	4	-6	3
8	4	1	4	25	2	-10	0
9	3	1	3	26	3	-10	1
10	4	2	4	27	4	-10	2
11	3	2	3	28	0	-8	-2
12	4	3	4	29	-1	-5	-3
13	3	3	3	30	-1	-4	-3
14	3	4	3	31	-1	-1	-2
15	2	7	2	32	-1	1	-2
16	1	5	1	33	-1	4	-2
17	1	6	1	34	0	8	-1

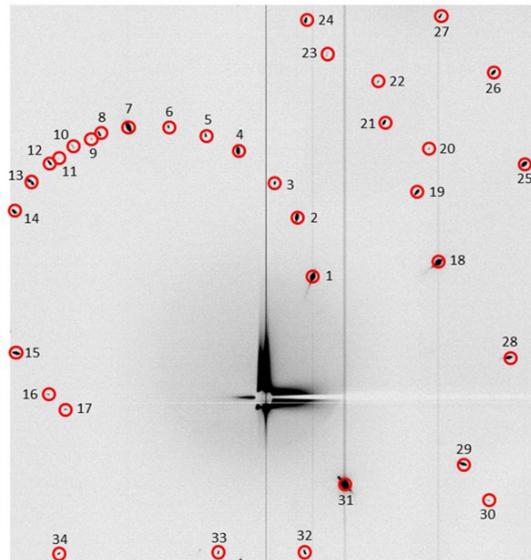


Figure 1 Indexed single crystal X-ray diffraction pattern of Hayabusa sample RA-QD02-0049-02.

### Hayabusa Mission Samples from Asteroid Itokawa

We analyzed the crystal structure of pyroxene, olivine and albite crystals in 8 asteroid Itokawa particles returned to Earth by the Hayabusa spacecraft<sup>[1-10]</sup>. One research goal was to determine the thermal metamorphic peak equilibration temperature witnessed by the asteroid using the low-calcium pyroxene structure, and albite structures. Another critical goal was to understand the range of impact shocks experienced by the regolith of Itokawa after it reaccreted (Itokawa is a second generation asteroid, which formed, was disrupted, and then partially reaccreted). The results from our study of Itokawa samples will permit shock effects to be understood from similarly micron-sized grains which will soon be returned from asteroids Ryugu and Bennu<sup>[11,12]</sup> by the Hayabusa2 and OSIRIS-Rex spacecraft, respectively. The results from our study of Itokawa sample 49-1 are very interesting, since this particular sample was essentially unshocked, despite the fact that the vast majority of the returned Itokawa samples have a record of moderate shock deformation. Only continued investigation will reveal whether this one sample is unique, or a member of a previously unrecognized grain population in the Itokawa regolith. In general we found that individual, nanogram-sized Itokawa regolith grains recorded individual shock levels below that for the bulk regolith. This means that studies of the samples that will be returned by the Hayabusa2 and OSIRIS-Rex spacecraft will have to be carefully performed to avoid

underestimating the shock history of the target asteroids.

We also invalidated an earlier report that impact shock changes the cell dimensions of olivine. See Figures 1 and 2. Analysis of Itokawa sample RA-QD02-0049-02 olivine, which had been moderately shocked, revealed that cell constants were not measurably changed by this process. Figure 1 shows the indexed single crystal X-ray diffraction pattern and Figure 2 shows the graphical comparison of the derived unit cell constants with the “ideal” ones calculated using Vegard’s law<sup>[7-10]</sup>.

### Interplanetary Dust Particles (IDPs)

IDPs are asteroid and comet dust collected in Earth’s stratosphere by a NASA program managed by Zolensky<sup>[1]</sup>. We attempted to make crystallographic analyses of silicates and

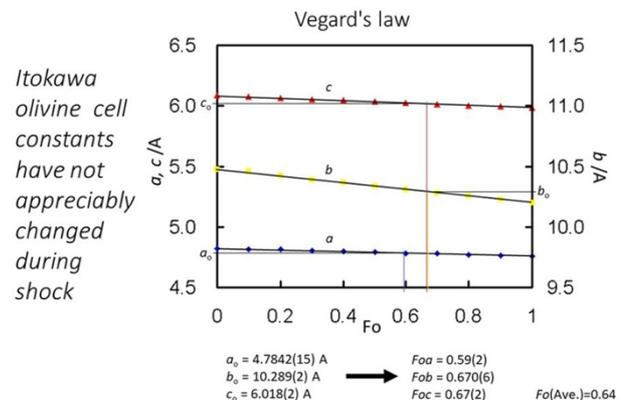


Figure 2 Graphical comparison of the derived unit cell constants of moderately-shocked olivine from Hayabusa sample RA-QD02-0049-02 with the “ideal” cell constants calculated using Vegard’s law<sup>[7-10]</sup>.

sulfide minerals in IDPs, especially those that are believed to drive from Comet Grigg-Skjellerup and Comet Giacobini-Zinner. Unfortunately, the samples proved to be mounted in such a manner that precluded analyses by this technique. We believe that our experience will permit future studies of these samples to be more successful.

### C-Type Asteroid Regolith Samples

We made measurements of the crystal structures and cell parameters of secondary alteration minerals in unusual xenoliths in the Allende CV meteorite. The phases were revealed to be olivine, formed probably by the thermal degradation and recrystallization of phyllosilicates<sup>[6,14-22]</sup>. This material is now proposed to be the most abundant phase on asteroids Ryugu, the target of JAXA's Hayabusa2 mission.

We analyzed the crystal structures of secondary minerals in brecciated meteorites from C-complex asteroids, including Jbilet Winselwan, Sutter's Mill and most recently the Kaidun breccia of (principally) C and E chondrites<sup>[13,14]</sup>. The latter meteorite contains the best samples we have of hydrous, very reduced extraterrestrial materials, giving us a unique ability to determine the physico-chemical conditions of aqueous alteration on primitive asteroids. We determined that olivine crystals replaced matrix phyllosilicates in the Jbilet Winselwan, and Sutter's Mill meteorites, due apparently to parent body (asteroidal) shock metamorphism. Again, we expect to see these meteorites among the material that will be returned from Asteroid Ryugu by the Hayabusa2 Spacecraft, based on

spectroscopy of that asteroid already performed by Hayabusa2 spectrometers.

We also collected crystallographic data on the mineral tochilinite, a coherently interstratified iron-nickel-magnesium sulfide hydroxide, which may be a common phase on Ryugu. Tochilinite has an incommensurate structure and is a useful cosmo-thermometer of early solar system, post-aqueous alteration metamorphism: Crystal structures of secondary minerals resulting from late-stage high-temperature aqueous alteration (common as small cognate clasts in otherwise hydrous meteorites) will inform us about the end-stages of C-complex asteroid metamorphism. These analyses are critical to understanding the results of the aforementioned missions to asteroids Ceres, Bennu, and Ryugu.

We continued our examination of the crystal structure of Fe sulfides in CM chondrites (a very abundant type of carbonaceous chondrite meteorites) with different cosmic ray space exposure ages<sup>[22,24]</sup>. Cosmic ray exposure ages date the amount of time a small sample has been traveling in space – i.e. the time since it was removed from its parent asteroid or comet. We have seen that the CM chondrite meteorites exposure ages that define at least three discreet groups, possibly indicating separate parent asteroids. We have found that these three groups have different phyllosilicate compositions, and this suggested that the sulfides present may also have different crystal structures.

We performed an XRD analysis of indialite in the Y-82094 ungrouped carbonaceous chondrite<sup>[17]</sup> (Figure 3).

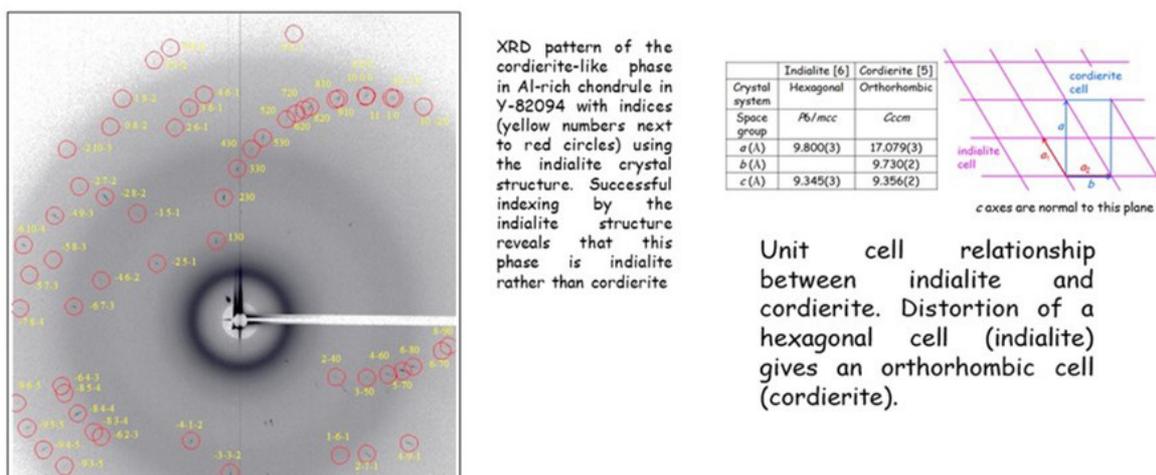


Figure 3 Indexed single crystal XRD pattern of indialite, and derived unit cell relationship between this phase and the structurally related mineral cordierite<sup>[17]</sup>.

### Carbon in Asteroid Impact Melts

We determined the crystal structures of carbon crystals in two ordinary chondrite meteorites, apparently formed by repeated parent body shock metamorphic events<sup>[12,23,24]</sup>. We are hypothesizing that these samples derived from the impact that disrupted the proto-earth and created earth's moon. We determined that this particular carbon was a well-crystalline form of graphite. Now we are making O isotope measurements of these samples to further test our theory for their origin.

### Shock Recorded by Ordinary Chondrite Meteorites Compared to Itokawa Regolith Grains

The Itokawa samples returned by the Hayabusa Spacecraft are almost identical to the LL ordinary chondrite meteorites<sup>[4-10,13,25,26]</sup>. However, during our earlier investigation (and as mentioned above) we found that there was a significant difference in the apparent shock history of the Itokawa samples as recovered by mineral optical properties and those recorded by the fine-scale crystal state of the samples as revealed by electron back-scattered diffraction (EBSD)<sup>[2]</sup> (Figure 4). To resolve the nature of this phenomenon we examined four LL chondrite meteorites, which record the same shock histories, in addition to seven Itokawa samples (which are not available in large numbers –

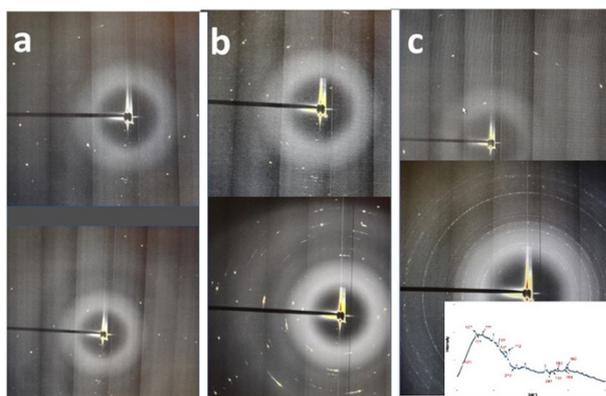


Figure 4 Single crystal XRD patterns of two olivine grains from each of (a) the Semarkona LL3 ordinary chondrite meteorite, with relatively condensed diffraction spots indicative of low degree (S2) of impact shock effects; (b) the Kilabo L6, ordinary chondrite meteorite, with diffuse diffraction spots indicative of a moderate degree (S3) of impact shock effects; and (c) the Chelyabinsk LL5 ordinary chondrite meteorite, with very diffuse (essentially polycrystalline) diffraction spots indicative of a relatively high degree (S4) of impact shock effects. The measured diffraction profile of one of these XRD patterns is shown at lower right.

only 5 may be allocated to an investigator at a time). We completed our examination the shocked olivine (the most abundant phase) in the Semarkona, Chainpur, Kilabo and Chelyabinsk meteorites, which belong to the same meteorite class as the asteroid Itokawa samples, and span the probable shock impact record of that asteroid's regolith since reaccretion. In the course of this work we examine both the unit cell parameters as well as aberrations in the diffraction spot shapes. We are now using the degree of spot broadening to develop a new shock index scale for particulates such as those returned from asteroid regoliths by the Hayabusa and Hayabusa2 missions.

We then collected similar diffraction patterns for seven Itokawa olivine grains: RA-QD02-0103, RB-CV-0024, RA-QD02-0138, RA-QD02-0028, RA-QD02-0179, RA-QD02-0127, and RA-QD02-0097 (Figure 5). Very surprisingly, the diffraction maxima peak sharpness of these patterns matched the low shock level Semarkona patterns (Figure 4a), rather than the moderate shock pattern of Kilabo olivine, despite abundant other evidence that Itokawa suffered moderate shock levels. This surprising result reveals that the single crystal diffraction patterns of regolith grains do *not* faithfully record the actual shock level experienced by an asteroid.

We also made an unsuccessful search for high-pressure calcium phosphates within the Chelyabinsk meteorite, formed during repeated high-energy impacts to the parent asteroid.

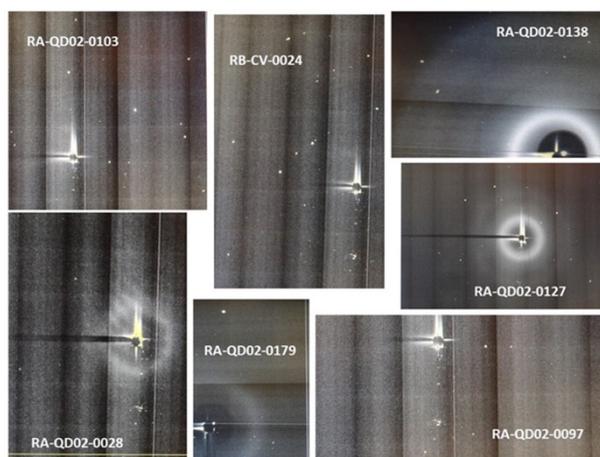


Figure 5 Single crystal XRD patterns of one representative olivine crystal from each of seven different Itokawa regolith grains. In general the diffraction maxima are relatively sharp, best resembling relatively condensed diffraction spots indicative of low degree (S2) of impact shock effects.

These have recently been reported, but we were unable to verify these claims.

We also performed an associated analysis of the cooling history and redox state of the NWA 8694 chassignite<sup>[13,26]</sup>, a meteorite from Mars.

#### Stardust Mission Samples from the Coma of Comet Wild 2

We measured cell dimensions of olivine in the coarse-grained terminal particles of Wild 2 aerogel tracks and a comprehensive dataset of analogous olivine grains (5 - 30  $\mu\text{m}$ ) isolated in chondrite matrix<sup>[4]</sup>. This tested a proposal that olivine cell dimensions were somehow altered by shock. We found this assertion to be incorrect.

#### Shocked Carbonates from a Terrestrial Meteorite Crater

We attempted to determine the crystal structures of carbonates from the rim of meteor crater in Arizona. The goal was to determine whether impacted carbonates can form carbonate glasses. We found that amorphous carbonate phases are not present, which was counter to the proposal by the scientist who provided the samples (Fred Horz, NASA JSC). This information is critical to understanding the samples that will be returned by Hayabusa2 from C-class asteroid Ryugu, which is likely to include shocked carbonates.

#### Samples of Early Solar System Hydrovolcanism

We attempted to determine the crystal structures of mineral grains separated from within salt crystals found in ordinary chondrite meteorites Zag and Monahans<sup>[11,25,27-29]</sup>. These are derived from the mantle of a hydrovolcanically active early solar system body - possibly asteroid 1/Ceres. These analyses will be critical to understanding the results of NASA's Dawn Mission to Ceres, and are our only samples of hydrous volcanism. Thus far we have been able to determine cell dimensions of olivine and low-Ca pyroxene and assess the shock state of the solids erupted along with the brine fluids. We have proposed that these phases formed on the large asteroid Ceres during diverse parent body reactions, followed by hydrovolcanism. Our efforts to characterize additional, non-silicate phases were unsuccessful.

#### Summary of Our Results

The main goal of our research was to characterize the crystal structures of minerals in the primitive asteroid and comet regolith samples maintained by NASA and JAXA, to better reveal formation conditions and early evolution of small bodies in the early solar system. For this work we mainly analyzed carbonaceous chondrite and ordinary chondrite meteorites, Asteroid Itokawa samples, and Comet Wild 2 samples. Our analysis of the effects of impact shock on asteroid and comet regolith samples revealed new details about the origin and early history of aqueous fluids in the early solar system and how these fluids migrated through the early solar system. We also determined that the shock impact history of asteroids could be revealed by study of individual regolith grains, which will greatly expand the usefulness of the asteroid Ryugu and Bennu samples that will be returned to Earth by JAXA and NASA spacecraft over the next five years.

#### Acknowledgements

We thank SPring-8 for supporting this work and providing an excellent environment for research. We thank JAXA for the Hayabusa samples from asteroid Itokawa, and NASA for Stardust mission samples from Comet Wild 2, and for providing the stratospheric samples. Three anonymous reviews resulted in a greatly improved manuscript.

#### References

- [ 1 ] Hagiya K., Mikouchi T., Ohsumi K., Terada Y., Yagi N., Komatsu M., Yamaguchi S., Hirata A., Kurokawa A., Zolensky M.: "Crystallographic Characterization of Extraterrestrial Materials by Energy-Scanning X-ray Diffraction." (2015) *SPring-8 Symposium*, Abstracts.
- [ 2 ] Zolensky M., Mikouchi T., Hagiya K., Ohsumi K., Martinez J., Komatsu M., Chan Q., Sitzman S.: "Measurements of shock effects recorded by Hayabusa samples." (2015) *Hayabusa Symposium*, Abstracts.
- [ 3 ] Hagiya K., Ohsumi K., Komatsu M., Mikouchi T., Zolensky M., Hirata A., Yamaguchi A., Kurokawa Y.: "Crystallographic study of Itokawa particle, RA-QD02-0127 by using energy-scanning the X-ray diffraction

- method with synchrotron radiation.” (2016) *79th Annual Meeting of the Meteoritical Society*, Abstracts.
- [ 4 ] Hagiya K., Mikouchi T., Ohsumi K., Terada Y., Yagi N., Komatsu M., Yamaguchi S., Hirata A., Kurokawa A., Zolensky M.: “Crystallographic characterization of extraterrestrial materials by energy-Scanning X-ray diffraction.” (2016) *SPring-8 Symposium*, Abstracts.
- [ 5 ] Zolensky M., Mikouchi T., Hagiya K., Ohsumi K., Martinez J., Komatsu M., Chan Q., Sitzman S., Takata M., Terada Y., Yagi N., Yamaguchi S., Hirata A., Kurokawa A.: “Shock effects recorded by Itokawa samples.” (2016) *Hayabusa Symposium*, Abstracts.
- [ 6 ] Hagiya K., Mikouchi T., Ohsumi K., Terada Y., Yagi N., Komatsu M., Ozawa H., Taki Y., Yamatsuta Y., Takenouchi A., Hasegawa H., Ono H., Higashi K., Zolensky M.: “Crystallographic characterization of fine-grained astromaterials by energy-scanning X-ray diffraction.” (2017) *SPring-8 Symposium*, Abstracts.
- [ 7 ] Zolensky M., Mikouchi T., Hagiya K., Ohsumi K., Martinez J., Sitzman S., Terada Y., Yagi N., Komatsu M., Ozawa H., Taki Y., Yamatsuta Y., Takenouchi A., Hasegawa H., Ono H., Higashi K., Takata M., Hirata A., Kurokawa A., Yamaguchi S.: “Measuring Shock Stage of Itokawa Regolith Grains by Electron Back-Scattered Diffraction and Synchrotron X-ray Diffraction.” (2017) *Hayabusa Symposium*, Abstracts.
- [ 8 ] Zolensky M., Martinez J., Sitzman S., Mikouchi T., Hagiya K., Ohsumi K., Terada Y., Yagi N., Komatsu M., Ozawa H., Taki Y., Yamatsuta Y., Takenouchi A., Hasegawa H., Ono H., Higashi K., Takata M., Hirata A., Kurokawa A., Yamaguchi S.: “Measuring the shock stage of asteroid regolith grains by electron back-scattered diffraction.” (2018) *49th Lunar and Planetary Science Conference*, Abstracts.
- [ 9 ] Zolensky M., Martinez J., Sitzman S., Mikouchi T., Hagiya K., Ohsumi K., Terada Y., Yagi N., Komatsu M., Ozawa H., Taki Y., Yamatsuta Y., Takenouchi A., Hasegawa H., Ono H., Higashi K., Takata M., Hirata A., Kurokawa A., Yamaguchi S.: “Measuring Shock Stage of Itokawa and Other Asteroid Regolith Grains by Electron Back-Scattered Diffraction.” (2018) *Hayabusa Symposium*, Abstracts.
- [10] Zolensky M., Martinez J., Sitzman S., Mikouchi T., Hagiya K., Ohsumi K., Terada Y., Yagi N., Komatsu M., Ozawa H., Taki Y., Yamatsuta Y., Takenouchi A., Hasegawa H., Ono H., Higashi K., Takata M., Hirata A., Kurokawa A., Yamaguchi S.: “Measuring Shock Stage of Itokawa and Other Asteroid Regolith Grains by Electron Back-Scattered Diffraction and Synchrotron X-ray Diffraction.” *Meteoritics and Planetary Science*, submitted.
- [11] Zolensky M., Fries M., Chan Q. H.-S., Kebukawa Y., Bodnar R., Burton A., Callahan M., Steele A., Sandford S.: “Survival of organic materials in ancient cryovolcanically-produced halite crystals.” (2015) *Workshop on the Potential for Finding Life in a Europa Plume*, Abstracts.
- [12] Joy K., Channon V., Zolensky M., Mikouchi T., Hagiya K., Ohsumi K., Kring D.: “Identification of Magnetite in Lunar Regolith Breccia 60016: evidence for oxidised conditions at the lunar surface.” *GCA*, in press.
- [13] Takenouchi A., Mikouchi T., Yamaguchi A., Zolensky M.: “Mineralogical comparison of olivine in shergottites and a shocked L chondrite: Implications for shock histories of brown olivine.” (2015) *46th Lunar and Planetary Science Conference*, Abstract.
- [14] Zolensky M., Mikouchi T., Hagiya K., Ohsumi K., Komatsu M., Le L.: “Evidence for impact shock melting in CM and CI chondrite regolith samples.” (2015) *46th Lunar and Planetary Science Conference*, Abstract.
- [15] Komatsu M., Fagan T., Petaev M., Mikouchi T., Zolensky M.: “LIME silicates in amoeboid olivine aggregates: Indicator of nebular and asteroidal processes.” *MAPS*, in press.
- [16] Komatsu M., Fagan T., Yamaguchi A., Mikouchi T., Zolensky M., Yasutake M.: “Raman Spectroscopy and Petrology of Antarctic CR chondrites: Comparison with other carbonaceous chondrites.” (2015) *NIPR Symposium on Antarctic Meteorites*, Abstract.
- [17] Mikouchi T., Hagiya K., Sawa N., Kimura M., Ohsumi K., Komatsu M., Zolensky M.: “Synchrotron radiation XRD analysis of indialite in Y-82094 ungrouped carbonaceous chondrite.” (2016) *47th Lunar and Planetary Science Conference*, Abstract.
- [18] Zolensky M., Mikouchi T., Hagiya K., Ohsumi K., Komatsu M., Chan Q., Le L., Kring D., Cato M., Fagan A., Gross J., Tanaka A., Takegawa D., Hoshikawa T., Yoshida T., Sawa N.: “Unique view of C asteroid regolith from the Jbilet Winselwan CM chondrite.” (2016) *47th Lunar and Planetary Science Conference*, Abstract.

- [19] Komatsu M., Fagan T., Yamaguchi A., Mikouchi T., Yasutake M., Zolensky M.: “Ultra-refractory calcium-aluminum-rich inclusion in an AOA in CR chondrite Yamato-793261.” (2017) *48th Lunar and Planetary Science Conference*, Abstract.
- [20] Buchanan P., Zolensky M., Weisberg M., Hagiya K., Mikouchi T., Takenouchi A., Hasegawa H., Ono H., Higashi K., Ohsumi K.: “Oriented mineral transformation in a dark inclusion from the Leoville meteorite.” (2017) *48th Lunar and Planetary Science Conference*, Abstract.
- [21] Higashi K., Hasegawa H., Mikouchi T., Zolensky M.: “Brachinite-like clast in the Kaidun meteorite: first report of primitive achondrite material.” (2017) *48th Lunar and Planetary Science Conference*, Abstract.
- [22] Zolensky M., Takenouchi A., Gregory T., Nishiizumi K., Caffee M., Velbel M., Ross K., Zolensky A., Le L., Imae N., Yamaguchi A., Mikouchi T.: “The relationship between cosmic-ray exposure ages and mixing of CM chondrite lithologies.” (2017) *48th Lunar and Planetary Science Conference*, Abstract.
- [23] Johnson, J., Zolensky M., Chan Q, Kring D.: “Striking Graphite Bearing Clasts Found in Two Ordinary Chondrite Samples; NWA6169 & NWA8330.” (2015) *Northeast GSA*, Abstracts.
- [24] Joy K., Messenger S., Zolensky M., Frank D., Kring D.: “An asteroidal source of lunar volatiles detected in Apollo regolith sample 12027.” *Nature Geoscience*, submitted.
- [25] Johnson J., Michael E. Zolensky M., Chan Q., Kring D.: “Intriguing dehydrated phyllosilicates found in an unusual clast in the LL3.15 chondrite NWA6925.” (2016) *47th Lunar and Planetary Science Conference*, Abstract.
- [26] Mikouchi T., Takenouchi A., Zolensky M.: “Cooling history and redox state of NWA 8694 chassignite: Comparison with Chassigny and NWA 2737.” (2016) *Goldschmidt Conference*, Abstract.
- [27] Zolensky M., Fries M., Chan Q. H.-S., Kebukawa Y., Steele A., Bodnar R.: “The mineralogy Of Ceres\* (\*Or something an awful lot like it).” (2015) *78th Annual Meeting of the Meteoritical Society*, Abstracts.
- [28] Zolensky M.: “Analysis of direct samples of extraterrestrial, organic-bearing, aqueous fluids.” (2016) *Origins of Life Gordon Conference*, Abstract.
- [29] Zolensky M., Le L.: “Asteroid pond mineralogy: View from a cognate clast in LL3 NWA 8330.” (2017) *80th Annual Meeting of the Meteoritical Society*, Abstracts.

## 長期利用課題報告 2

### 普遍元素を用いる高機能触媒の創製： 先端放射光技術の包括的利用に立脚した触媒元素戦略の実現

京都大学化学研究所

附属元素科学国際研究センター 高谷 光

#### Abstract

我々の研究グループでは触媒元素戦略にのっとり、現在の物質創製プロセスで多用されている貴金属触媒 (Pd, Ru, Rh, Pt) を、地殻含有量が大きく資源性に優れた Fe を始めとする普遍性の高い 3d 遷移金属元素 (Mn, Co, Ni, Cu) 等へ置き換える触媒科学における元素代替の実現を目的とした研究を行ってきた。3d 遷移金属は一般に常磁性を示し、従来まで均一系触媒研究に用いられてきた溶液 NMR において、ピークの異常シフトや広幅化のため触媒中間体の同定分析や構造決定ができないという問題があり、触媒研究の遂行上大きな問題となっている。そこで本長期利用課題では、BL14B2 および BL27SU での XAS を用いた反応溶液中での常磁性触媒種の酸化数、電子状態および分子構造決定および XAS によって同定された触媒中間体の精密な分子構造の決定を、BL02B1 および BL40XU での微小単結晶 X 線結晶解析によって行うという放射光の包括的利用に立脚した方法論の開拓に取り組んだ。

#### 1. はじめに

現行の有機工業化学 (ワッカー法、酢酸合成、オキソ法) や自動車排ガス処理あるいは燃料電池等では、Pd, Pt, Rh, Ru 等が多用されているが、いずれも地殻含有量が  $10^9$  オーダーの高価な貴金属元素であるだけでなく、地域遍在性が高く政治的な要因による供給困難、価格高騰等の問題を避けられない高リスク元素である。我が国の産業の持続的な安定成長のためには、地殻含有量が高く経済的、地政学的なリスクのない普遍元素 (Fe, Mg, Al 等) や生元素あるいは卑金属と言われる 3d 金属元素 (Mn, Co, Ni, Cu 等) を用いて、従来までの貴金属触媒システムを代替・置換できる新しい触媒システムの開発が急務であり、触媒元素戦略の要として最重要視されている。ところが、Fe を始めとする上記の 3d 遷移金属錯体触媒は一般に常磁性を示し、従来まで均一系触媒研究に用いられてきた溶液 NMR において、ピークの異常シフトや広幅化のため、触媒中間体の同定分析や構造決定ができないという問題がある。また、スピン状態の複雑さが DFT 等の理論計算を利用した立体・電子構造解析や反応機構解析を著しく困難にするため、高度触媒開発に

関する研究が遅れている。実際に、1980 年代からの研究成果が結実したノーベル化学賞の受賞対象の触媒反応が、2001 年 Ti(IV), Ru(II), Rh(I), 2005 年 Ru(II), Mo(VI), W(VI), 2010 年 Pd(0), Pd(II) というように偶数個の d 電子を有し、磁性を示さず、NMR を用いた反応機構研究が容易な金属を中心として発展したことは、Fe 触媒研究の難しさを如実に表すものと我々は考えている。

このような背景のもと、我々は、下記の 1) ~3) に示した先端放射光測定技術の多角利用に基づく触媒元素戦略の実現に取り組んだ。具体的には、反応溶液中の触媒活性種や触媒中間体の酸化数、電子状態および分子構造を、1) BL14B2 での溶液 X 線吸収分光 (硬 X 線 XAS) によって同定、構造決定する。さらに、これらによって決定された触媒中間体を、反応溶液から単離・精製、結晶化して、2) BL02B1 および BL40XU での微小単結晶 X 線結晶解析を利用して精密分子構造決定を行う。また、3) 反応機構研究に重要な 3d 軌道の電子状態の解析のための BL27SU における溶液軟 X 線吸収分光 (軟 X 線 XAS) である。尚、3d 金属の軟 X 線 XAS で得られる L 端スペクトルは基質や配

位子との結合に用いられる 3d 軌道への遷移に由来するため、触媒の設計指針を確立するのに重要な情報が得られる。以上、我々は様々な放射光分析の包括利用に基づく均一系触媒開発に取り組んだので、本稿においてその概要を紹介したい。

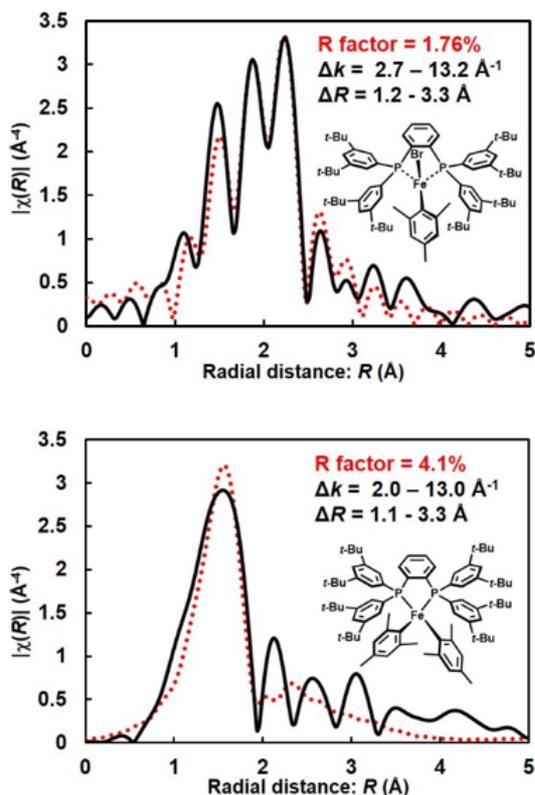


図1 溶液 XAFS による Fe クロスカップリング反応の触媒中間体の構造決定

## 2. 溶液 XAS による鉄触媒クロスカップリング反応の機構研究

我々は、測定試料の状態を選ばず(溶液、固体、気体)、複雑なスピン状態、常磁性体を示す錯体触媒の構造解析に優れた手法である XAS に着目し、溶液 XAS を基盤とする Fe クロスカップリング反応の反応機構研究に取り組んだ<sup>[1-5]</sup>。本研究では、Fe 触媒中心金属に関する情報を硬 X 線 XAS (BL14B2) で、触媒活性発現に必須の有機配位子に関する情報を軟 X 線 XAS (BL27SU) で取得し、さらに微小単結晶 X 線構造解析および DFT 計算を活用した解析法によって定量的かつ高精度に溶液中分子構造の決定を行う手法を確立した。

Fe クロスカップリング機構研究の代表的な成果として、二座のリン配位子を有する鉄錯体触媒 FeX<sub>2</sub>SciOPP (X = aryl or halogen) の THF 溶液中の分子構造の決定に基づく鉄クロスカップリング反応の機構決定が挙げられる。本研究では、溶液 XAFS を用いて 45 年以上議論が続いていた鉄クロスカップリング反応について、図 1 に示すように溶液中分子構造の XAFS 分析による触媒中間体の構造決定に成功し、国内外で高い評価を得た<sup>[1-4]</sup>。上記の成果により、申請者らの放射光多角利用に基づく触媒研究の優位性が明らかとなり、鉄触媒のみならず様々な均一系錯体触媒の XAFS に基づく機構研究が行われるなど、大きな波及効果があったと考えている<sup>[6-11]</sup>。

### 脱離基Xを必要としないC-H直接アミノ化反応



### 分散力補正DFT計算(B3LYP-D)によるC-H直接アミノ化機構の再考察

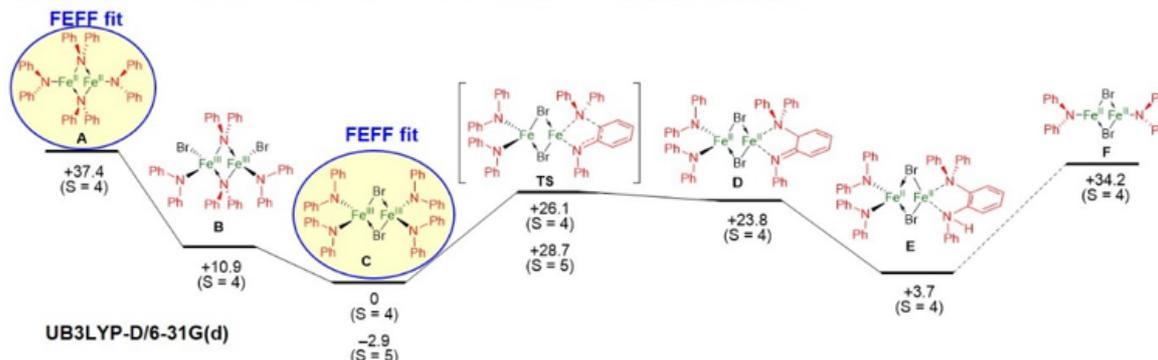
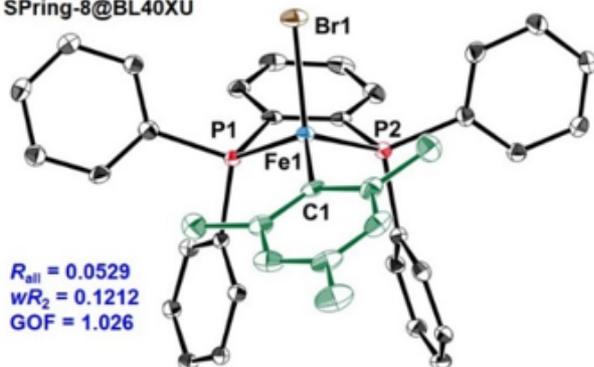


図2 DFT-XAS (FEFF) ハイブリッド法による Fe 触媒 C-H アミノ化反応機構解析

### 3. 新奇な Fe 触媒 C-H アミノ化反応の DFT-XAFS (FEFF) による機構解析

筆者の所属する中村研究室で見出された新奇な Fe 触媒による C-H アミノ化反応の機構解析において、DFT 計算から予測した反応機構と溶液 EXAFS のフィッティングから触媒中間体の同定や構造解析に成功した。本反応はホール輸送層として重要なポリ芳香族アミン類を安価にかつ高純度に合成できる手法として注目を集めており、機構解析によって実用化研究に弾みがつくものと期待されている。図2に示すように、DFT 計算から得られた Fe 二核中間体の同定と構造解析による反応機構の解明に成功した。本法の成功は、XAFS スペクトルを拘束条件として DFT 計算を行い、分子構造を最適化(精密化)する XAFS-DFT ハイブリッド構造最適化法の開発へとつながった。

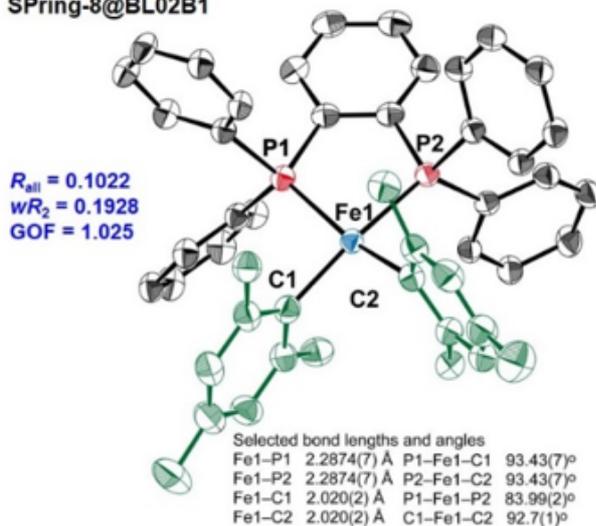
SPring-8@BL40XU



Selected bond lengths and angles

Fe1-Br1	2.4182(5) Å	P1-Fe1-C1	124.86(8)°	P1-Fe1-P2	78.33(2)°
Fe1-P1	2.4575(8) Å	P2-Fe1-C1	119.72(8)°	C1-Fe1-Br1	125.38(8)°
Fe1-P2	2.4430(7) Å	P1-Fe1-Br1	96.97(2)°		
Fe1-C1	2.046(3) Å	P2-Fe1-Br1	100.19(2)°		

SPring-8@BL02B1



Selected bond lengths and angles

Fe1-P1	2.2874(7) Å	P1-Fe1-C1	93.43(7)°
Fe1-P2	2.2874(7) Å	P2-Fe1-C2	93.43(7)°
Fe1-C1	2.020(2) Å	P1-Fe1-P2	83.99(2)°
Fe1-C2	2.020(2) Å	C1-Fe1-C2	92.7(1)°

図3 微小単結晶 X 線構造解析による Fe クロスカップリング反応中間体の分子構造

### 4. 不安定 Fe 触媒中間体の微小単結晶迅速 X 線構造解析

BL02B1 および BL40XU では、溶液 XAS によって同定、構造決定した触媒中間体や触媒活性種を単離・精製・結晶化して得られる単結晶の X 線構造解析を行った。Fe を始めとする 3d 金属は貴金属に比べてイオン化傾向が高いため、これらの錯体触媒は一般に水分や酸素に対して反応性が高く、空気下では容易に分解する。また、有機溶媒への高い溶解性から十分なサイズの単結晶を得ることが困難であり、薄片や繊維状の異方性の高い  $\mu\text{m}$  サイズの微小結晶を与える。そこで、実施課題では、これらの不安定な微小結晶を BL02B1 および BL40XU の高強度 X 線を用いて、液体窒素あるいは液体ヘリウム気流下の低温・不活性ガス下で結晶構造解析を行った。その結果、図3に示すように、 $10 \times 10 \times 1 \mu\text{m}$  (厚み) 程度の結晶から詳細な分子構造を決定することに成功した。さらに、ここで得られた結晶構造の原子座標を用いて、溶液 EXAFS スペクトルの FEFF フィッティングを行い、これらの触媒中間体が結晶相、溶液相でほぼ同一の分子構造をとることを明らかにした。一般に、均一系触媒反応では溶媒の配位等で触媒の構造が変化することが知られている。従って、結晶-溶液両相の構造の違いを比較検討することは機構研究において重要な課題であるが、従来の NMR 分析では錯体の精密な立体構造の決定は困難であり、この点において触媒研究における XAS 法の優位性が改めて確認されたこととなる。

### 5. 溶液軟 X 線 XAS セルの開発と 3d 金属触媒の L 端 XAS 測定

BL27SU では、高強度の軟 X 線を用いて Fe 錯体触媒を始めとする 3d 遷移金属錯体触媒の L 端の溶液 XAS 測定法の開発と、これらを利用した d 電子状態解析について取組んだ。3d 遷移金属の L 端 XAS は 2p-3d の許容電子遷移に基づくスペクトルであり、配位子との結合軌道である 3d 軌道の電子構造情報や高スピン/低スピン等のスピン多重度に関する情報が得られ、錯体触媒の設計に極めて有用な情報を与える。しかしながら、軟 X 線領域ではガスの吸収が極端に大きいいため、真空下での測定が前提であり有機溶媒のように揮発性の高い液体サンプルの測定は困難とされ

ていた。本研究では、為則博士が開発した透過率の低い窒化ケイ素薄膜 (150 nm) の窓材を備えた溶液軟 X 線 XAS 専用のフローセルとチャンバー (図 4) <sup>[12]</sup> を用いて有機溶媒中に溶解した不安定な Fe 触媒中間体の L 端測定に初めて成功し、異なるスピン状態の識別が可能であること、フローセルを用いることで軟 X 線特有のサンプルダメージを相当低減できることを明らかとした。

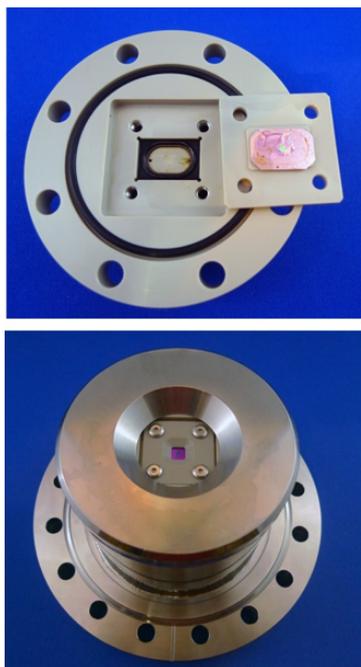


図 4 BL27SU で開発した不安定 Fe 触媒中間体の溶液軟 X 線 XAS 測定用フローセル

## 6. 安定・難結晶性 Fe-Phthalocyanine-Porphyrin 触媒中間体の構造解析

名古屋大学の田中、山田らによってメタンやエタン等の重要炭素資源の酸化変換に高い活性を示す Fe-フタロシアニン-ポルフィリン触媒について、酸化活性種と考えられる Fe-O-Fe 種の XAFS による同定と構造解析を行った (図 5) <sup>[13,14]</sup>。この触媒は、フタロシアニンおよびポルフィリンという 2 つの触媒部位がロタキサンの架橋された柔らかい分子構造を有している。この柔軟な構造が、酵素触媒に見られるような induced-fit 型の基質取込みや、allosteric な効果によって、酸化活性を劇的に向上させるユニークなメカニズムが考えられている。しかしながら、非常に柔軟な分子構造であること、反応性が極めて高く不安定な活性種であることから、単結晶 X 線構造解析が困難であり、DFT 計算と XAFS を組み合わせた構造解析を行い、想定活性種の生成を確認した。現在、in situ XAFS によってメタン等の酸化反応中における触媒動態の解析に取り組んでいる。

## 7. おわりに

ここまで述べてきたように、本長期利用課題では、これまで均一系触媒領域、特に有機金属錯体触媒を用いる合成化学分野では利用されることがほとんどなかった XAS に着目し、触媒中心金属の電子・局所構

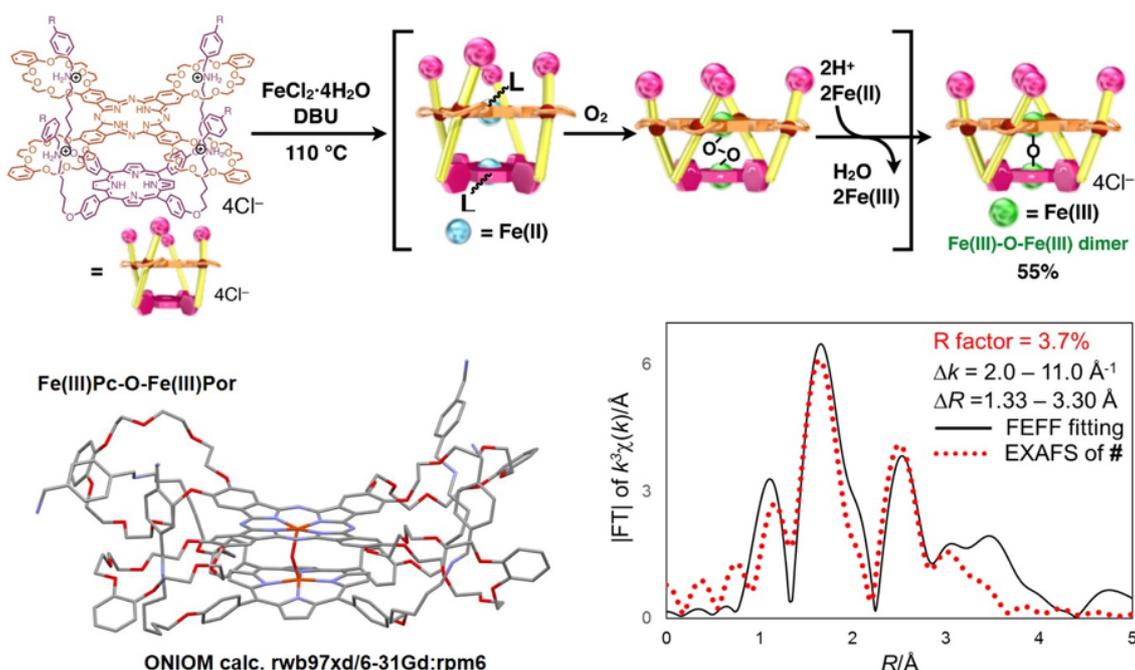


図 5 不安定・難結晶性 Fe-Porphyrin 触媒中間体の構造解析

造に関する情報を BL14B2 の硬 X 線 XAS で、配位子に関する情報を BL27SU の軟 X 線 XAS で取得し、これら XAS 分析を基に触媒中間体の同定・構造決定に成功した。また、BL02B1、BL40XU における微小単結晶の迅速 X 線構造解析を利用して、不安定な Fe 触媒中間体の分子構造決定を行い、得られた構造情報を基に DFT-FEPP ハイブリッド解析を行うことによって、溶液 XAS スペクトルから定量的かつ高精度に反応溶液中における触媒種の分子構造決定を行う手法を確立した。本成果は、異なるビームラインを横断利用に基づく先端放射光技術の包括的利用によって初めて達成されるものであり、均一系触媒、有機合成分野における XAS 利用および包括的な放射光利用が研究の進展の飛躍的な発展に寄与することを示すものであると考えている。

最後になるが、物理の苦手な有機合成化学者が放射光を活用できたのは、あらゆる場面において献身的なご助力を下さったビームラインの先生方の存在が不可欠であった。この場を借りて、多くの共同研究者を代表して深謝を捧げたい。

#### 参考文献

- [1] H. Takaya, S. Nakajima, N. Nakagawa, K. Isozaki, T. Iwamoto, R. Imayoshi, N. Gower, L. Adak, T. Hatakeyama, T. Honma, M. Takagaki, Y. Sunada, H. Nagashima, D. Hashizume, O. Takahashi, M. Nakamura: *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **88** (2015) 410-418.
- [2] S. Nakajima, H. Takaya, M. Nakamura: *Chem. Lett.* **46** (2017) 711-714.
- [3] R. Agata, H. Takaya, H. Matsuda, N. Nakatani, K. Takeuchi, T. Iwamoto, T. Hatakeyama, M. Nakamura: *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **92** (2019) 381-390.
- [4] R. Agata, T. Iwamoto, N. Nakagawa, K. Isozaki, T. Hatakeyama, H. Takaya, M. Nakamura: *Synthesis* **47** (2015) 1733-1740.
- [5] Y. Aoki, R. Imayoshi, T. Hatakeyama, H. Takaya, M. Nakamura: *Heterocycles* **90** (2015) 893-900.
- [6] K. Nomura, T. Mitsudome, A. Igarashi, G. Nagai, K. Tsutsumi, T. Ina, T. Omiya, H. Takaya, S. Yamazoe: *Organometallics* **36** (2017) 530-542.
- [7] K. Nomura, M. Oshima, T. Mitsudome, H. Harakawa, P. Hao, K. Tsutsumi, G. Nagai, T. Ina, H. Takaya, W.-H. Sun, S. Yamazoe: *ACS Omega* **2** (2017) 8660-8673.
- [8] M. Hirano, K. Sano, Y. Kanazawa, N. Komine, Z. Maeno, T. Mitsudome, H. Takaya: *ACS Catal.* **8** (2018) 5827-5841.
- [9] H. Takaya, T. Yokoi, R. Yoshida, K. Isozaki, T. Kawakami, T. Takenaka, M. Nakamura: *Chem. Lett.* **46** (2017) 665-668.
- [10] R. Yoshida, K. Isozaki, T. Yokoi, N. Yasuda, K. Sadakane, T. Iwamoto, H. Takaya, M. Nakamura: *Org. Biomol. Chem.* **14** (2016) 7468-7479.
- [11] K. Isozaki, T. Yokoi, R. Yoshida, K. Ogata, D. Hashizume, N. Yasuda, K. Sadakane, H. Takaya, M. Nakamura: *Chem. Asian J.* **11** (2016) 1076-1091.
- [12] カルレッツパッキンおよび Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 窓材は理研 BL17SU 開発と同じ仕様: *Mol. Sci.* **9** (2015) A0077 および引用文献参考
- [13] N. Mihara, Y. Yamada, H. Takaya, Y. Kitagawa, K. Igawa, K. Tomooka, H. Fujii, K. Tanaka: *Chem. Eur. J.* **25** (2019) 3369-3375.
- [14] N. Mihara, Y. Yamada, H. Takaya, Y. Kitagawa, S. Aoyama, K. Igawa, K. Tomooka, K. Tanaka: *Chem. Eur. J.* **23** (2017) 7508-7514.

#### 高谷 光 TAKAYA Hikaru

京都大学化学研究所 附属元素科学国際研究センター  
〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄  
TEL : 0774-38-3182  
e-mail : takaya@scl.kyoto-u.ac.jp

## 長期利用課題報告 3

## サイト選択原子イメージングを基盤技術とした 蛍光 X 線・光電子ホログラフィーの相乗利用研究領域の開拓・創成

名古屋工業大学 大学院工学研究科 林 好一  
自然科学研究機構 分子科学研究所 松井 文彦

### Abstract

特定元素周辺の原子配列を再生できる原子分解能ホログラフィーには、原子を励起するための量子ビームや検出に用いる二次放射線の種類によって、いくつもの種類が存在する。中でも、放射光を用いる蛍光 X 線ホログラフィーと光電子ホログラフィーは最も歴史が長く、技術的な蓄積も多い。しかしながら、個別に発展してきた経緯があり、両手法を有機的に組み合わせるといった試みは行われてこなかった。本長期利用課題では、サイト選択性という高度化と、応用利用の観点から蛍光 X 線・光電子ホログラフィーの相乗的利用という目標を掲げた。いくつかの共通試料を観測した結果、表面・バルクという物質全体の構造評価という有効性に加え、構造精密化を行う上で両手法がお互いの利点と欠点を補い合う重要な役割を果たし得ることが分かった。

### 1. 研究の目的

機能材料には、物質が機能を発現するための原子サイト、すなわち「活性サイト」が存在する。半導体中のドーパントや触媒の反応サイトなどがその例である。「活性サイト」の原子配置を理解することで、既存材料の飛躍的な機能向上、さらには新規材料のデザインが可能になる。従って、3次元的に「活性サイト」を可視化する測定技術は、材料科学の発展にとって必要不可欠なものと言える。この点、蛍光 X 線ホログラフィーや光電子ホログラフィーなどの原子分解能ホログラフィーは、特定元素を狙い撃ちし、その周辺の3次元原子像を表示できる。従って、3次元局所構造解析という材料分析のニーズに最も適った手法と言える。また、原子分解能ホログラフィーの応用研究は日本が群を抜いて多く、技術的にも世界トップにある。一方、バルク測定に向く蛍光 X 線ホログラフィーと表面観測に向く光電子ホログラフィーは、中距離構造解析技術としての類似性があるにも関わらず、本長期利用課題が始まる以前は、各々の計測に適した測定試料を選んで研究されてきた経緯がある。このような歴史的背景は、日本のグループが主導し、本格的に「原子分解能ホログラフィー」を開始した当初来、光電子・蛍光 X 線それぞれの手法の特性を出しやすいデモン

ストレーション的な実験に留まっていた事情があり、原子分解能ホログラフィーのさらなる展開を阻んできた。そこで、本長期利用課題では、材料開発の立場に立ち、真に知りたい構造情報を、蛍光 X 線ホログラフィー<sup>[1]</sup>、そして光電子ホログラフィー<sup>[2]</sup>の両者を駆使することによって導き出すことを第一義の目標とした。

原子分解能ホログラフィーは、元々、元素選択的な構造解析法であるが、この相乗利用を推し進める上で、サイト選択的な解析も重要なポイントである。高機能材料の多くが複雑な構造を持ち、機能を司るドーパントも複数の状態を持ち得る場合がある。このような対象に対しても的確に局所構造解析を行うためのサイト選択ホログラフィー技術の開発も、本長期利用課題の目標の一つとした。特に課題の前半では、このサイト選択技術の開発に主眼を置いている。

### 2. サイト選択技術の開発

#### 2.1 新型蛍光 X 線ホログラフィー装置開発と LPSO Mg 合金の測定

先端材料やバイオ系試料は、mm サイズの単結晶試料を得ることが困難なものも多く、その測定のためにはマイクロビームと光軸調整技術が必要となる。BL39XU や BL13XU で蛍光 X 線ホログラフィー測定

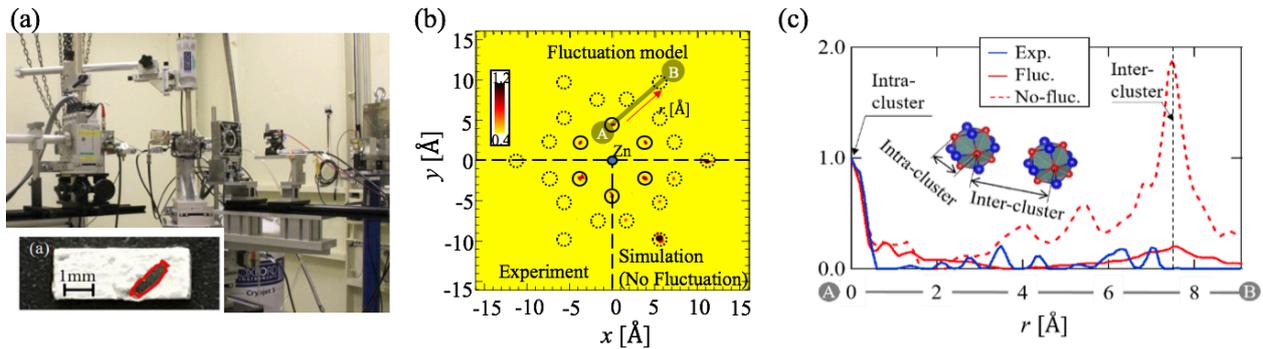


図1 (a) 新型蛍光 X 線ホログラフィー装置及び LPSO Mg 合金の写真。(b) Zn 周辺の原子像。(左: 実験値、右: 理論値)。(c) 原子像強度の実験値及び理論値の比較。

する場合、K-B ミラーや屈折レンズによる集光で、数  $\mu\text{m}$  程度のビームを利用することが可能である。新型蛍光 X 線ホログラフィーには、試料位置微調整用の小型 3 軸ステージが実装されている。さらに、高解像度カメラ (ARTRAY 社、1000MI-WOM) を実装し、マクロズームレンズと組み合わせることで  $5 \mu\text{m}$  程度の分解能で、試料表面を観察可能となり、タンパク質結晶や  $20 \mu\text{m}$  程度のスピンドバイスの測定も可能となった<sup>9)</sup>。図 1(a)に示す本装置を用いた応用研究の一つとして、長周期積層秩序 (LPSO) 構造 Mg 合金の測定を行った。純 Mg は強度に乏しいが、少量の Zn と Y の添加により、同程度の延性を確保しつつ、強度が大きく向上する。本材料における興味の対象は、LPSO 相における Zn 及び Y が形成するクラスター構造である。本試料は単結晶を育成することができず、組織の中の 1 グレイン ( $0.2 \times 1.5 \text{ mm}^2$ ) に X 線を照射し、Zn からの蛍光 X 線を測定することによってホログラム測定を行った。再生像からはクラスター内の原子像

は観測されたが、クラスター間の原子像は観測されなかった (図 1(b))。また、図 1(c)に示す強度の評価から、クラスター間に  $0.33 \text{ \AA}$  ものゆらぎがあることが判明した。これより、ZnY クラスター自体は強固であるが、クラスター間の秩序はそれほど高くなく、力学特性などに影響していることを示唆している<sup>14)</sup>。

## 2.2 イットリウム炭酸化物薄膜のサイト選択蛍光 X 線ホログラフィー

固相イットリウム酸化物は  $\text{Y}_2\text{O}_3$  が最安定相で強固な絶縁性を示す。一方、単酸化物である YO の合成についての報告は皆無であった。東北大学の福村教授らは、パルスレーザー体積法を用い、固相 YO のエピタキシャル膜の合成に初めて成功した。YO 薄膜は  $\text{Y}_2\text{O}_3$  と異なり高い電気伝導性を示す。YO 薄膜の構造は XRD によって岩塩構造であることが示唆されているが、決定打とはなっていなかった。また、YO 薄膜の表層には安定相である  $\text{Y}_2\text{O}_3$  が必ず存在し、TEM の薄片試

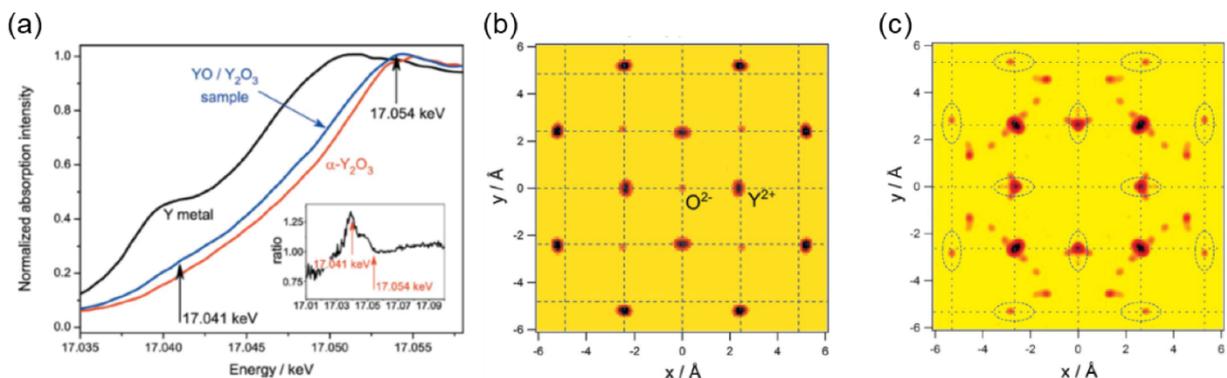


図2 イットリウム単酸化物薄膜の吸収端を利用したホログラム測定。(a) XANES スペクトル。(b) 17.071 keV の X 線で測定したホログラムより再生した(002)面の原子像。(c) 17.084 keV 及び 17.071 keV で測定したホログラムの差分より得た  $\text{Y}^{3+}$  周辺の原子像。

料作製時においても容易にそれが形成され、YO 相自体のキャラクタリゼーションを困難にしていた。我々は YO 薄膜と標準試料  $Y_2O_3$  薄膜の XANES を測定し、図 2(a) に示すように、確かに YO 薄膜特有の化学シフトがあることを確認した。また、この化学シフトを利用して、YO 相のみに起因するホログラムの測定を行った。図 2(b) にその結果を示すが、これは入射 X 線エネルギー 17.071 keV で測定したホログラムから再生した原子像である。アーティファクトも少なく、確かに fcc 位置に Y と思われる原子像が強く再生されている。また、図 2(c) は、17.071 keV 及び 17.084 keV の差分ホログラムから再生した原子像であり、 $Y^{3+}$  周辺の原子像を表現している。岩塩構造の YO に比べ  $Y_2O_3$  は複雑な結晶構造を有しているため、原子像も複雑なものとなっているが、標準試料である  $Y_2O_3$  薄膜のホログラムの結果と良い一致を示した<sup>[5]</sup>。

### 2.3 高エネルギー分解能阻止電場型電子エネルギー分析器の開発

(BL25SU) 高エネルギー分解能阻止電場型電子エネルギー分析器 (RFA) の開発を行った。図 3(a) に示すように、グリッド型の電極を積層させた 2 次元表示型電子エネルギー分析器であり、エネルギー分解能を向上させるための構造や配置についての最適設計を行った。装置エネルギー分解能については実測値で  $E/\Delta E = 1,100$  を達成した<sup>[6]</sup>。本装置については、現在、特許を出願中である。これに関して利用面からの装置開発とその評価を行った。その後  $MoS_2$  や  $TaS_2$  などの層状物質に適用し、性能の確認などを行いつつ、ユーザー利用できるまで、整備を進めた。本分析器を用いて、実際に利用研究が既に行われており、高エネルギー分解能で測定できることから、今後、サイト選択的な測定に利用できると考えている。

## 3. 融合研究

### 3.1 超伝導グラファイト層間化合物

グラファイトに K を挿入すると 136 mK で超伝導転移するが、Ca を僅かにでも挿入すると 10 K を超える超伝導転移温度を示す。XRD 測定からは、 $KC_8$  に僅かに Ca を混ぜても  $KC_8$  構造が保たれることが分かっている。しかしながら、興味深いことに超伝導転移

温度は急激に上昇するのである。2 元金属挿入 GIC 超伝導体 ( $Ca_xK_{1-x}C_8$ ) の劈開面で光電子ホログラムを測定したところ、回折模様が現れる場合には Ca が表面で検出されないことが分かった。これは Ca 原子がグラフェン層と強く結合し、濃度のムラで Ca がほぼない層が選択的に劈開されるようである。図 4 に示すように、ホログラフィーによる構造解析結果から  $KC_8$  の表面第 1 層のグラファイト層間距離は  $0.57 \pm 0.03$  nm と見積もられた。理論計算と比べ、僅かに大きめに出る傾向が分かった<sup>[7]</sup>。

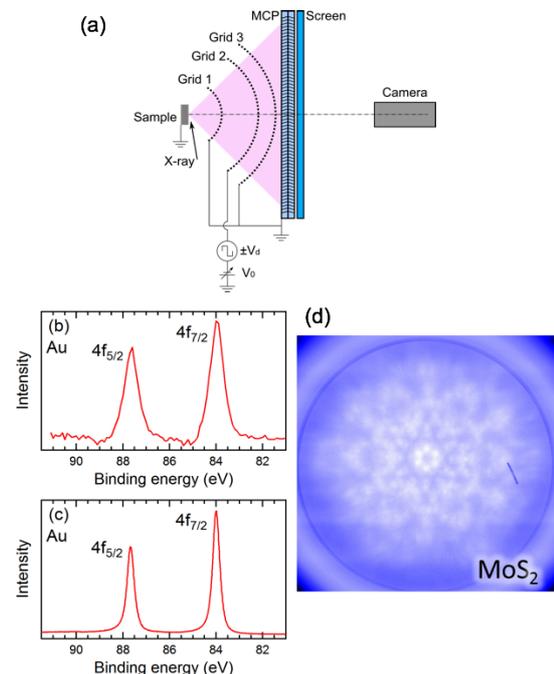


図 3 (a) RFA 装置概略図。(b) RFA のエネルギー分解能。(c) 市販電子エネルギー分析器の分解能。(d)  $MoS_2$  の 4p の光電子ホログラム。

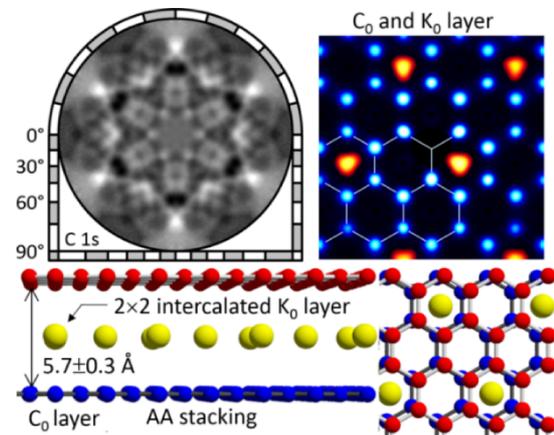


図 4 CaK 合金を挿入した黒鉛からの光電子ホログラムと原子再生像。原子構造モデルを合わせて示した。Ca のない部分が選択的に劈開される<sup>[7]</sup>。

上述のように、光電子ホログラフィーではCaの検出ができなかったため、同試料の蛍光X線ホログラムの測定を行った。光電子ホログラフィーの測定は高真空下で行われるため問題にはならなかったが、大気暴露によって試料酸化が進行する。このため、グローブボックス内でカプトン膜による試料のシールを行い、Ca及びKの蛍光X線ホログラムの測定を行った。 $KC_8$ と $CaC_6$ の結晶構造には大きな違いがあるため、どちらの構造を有しているかに興味を持たれている。図5(a)にCa-K $\alpha$  XFHより再生した中心元素Caを含む(001)面の原子像を示す。図中には $CaC_6$ 構造で予想される位置を○で示した。比較的強いアーティファクトも観測されるが近接原子は一致しており、Ca周辺の構造は $CaC_6$ 構造を形成していることが判明した。図5(b)に、K-K $\alpha$  XFHより再生した中心元素Kを含む(001)面の原子像を示す。 $KC_8$ 構造の場合に予想される位置を○で示している。第1近接のK原子はほとんど観測されないが、それより遠方には○内に原子像が見られ、K周辺の構造は $KC_8$ 構造となっていると考えられる。この結果は光電子ホログラフィーの結果と一致する。CaはKとランダムに置換しているのではなく、ある程度偏って存在していることが予想される。

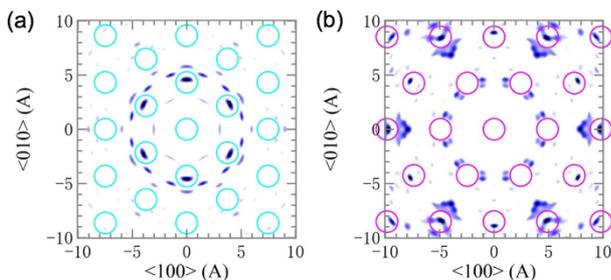


図5 (a) Ca-K $\alpha$  XFHの再生像。 $CaC_6$ におけるCa元素の位置を○で示した。(c) Ca-K $\alpha$  XFHの再生像。 $KC_8$ におけるK元素の位置を○で示した。

### 3.2 トポロジカル絶縁体Agドープ $Bi_2Se_3$

$Ag:Bi_2Se_3$ は、トポロジカル絶縁体の一種であり、Ag添加によるホールドープ効果によってフェルミ準位を制御可能である<sup>8)</sup>。これは、 $Ag^+$ が $Bi^{3+}$ に置換することが前提とされているが、AgがSe-Se層間に侵入した方が安定であるともされている。また、ある程度の濃度以上でフェルミ準位や電気抵抗に変化がないことも分かっており、置換以外のサイトも存在することが想定される。そこで、光電子ホログラフィーと蛍光X線ホログラフィーを駆使し、Agの局所構造について議論する。ここでは共通試料としてAg 5%の $Ag:Bi_2Se_3$ を用いた。

光電子ホログラフィーの実験を行うために、試料を劈開する必要があるが、真空劈開を行ったサンプルでは、大気劈開したサンプルに比べてAg 3dのピーク強度が1桁ほど小さくなった。これは、真空下では、Ag濃度が低い層で劈開されやすいためと考えられ、ホログラム測定にも影響を与えることが想定される。図6に、(a) Bi、(b) Se、(c) Agの光電子ホログラム模様を示す。Agのパターンには、置換先と考えられるBiサイトからの前方収束ピークも観測されており、ある程度のAgはBiと置換していることが確認された。一方で、強く観測されるライン状のパターンは置換モデルでは説明できず、Se-Se層間侵入が強く示唆される。この侵入サイトには、6配位サイトと4配位サイトが存在するが、(d)に示すように、シミュレーションを行った結果、4配位サイト構造モデルによって実験結果がある程度再現されることが分かった。

次に、蛍光X線ホログラフィーの結果を図7に示す。AgがBiと置換している場合、 $z = 0.0 \text{ \AA}$ の再生面の所定の位置に原子像が現れるはずであるが、ほとんど観測されず、Ag周辺は大きく格子が歪んでいる

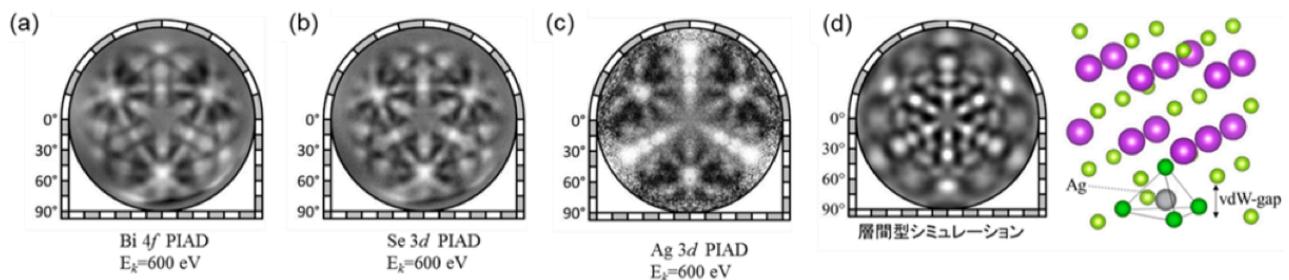


図6  $Ag:Bi_2Se_3$ からの(a) Bi 4f、(b) Se 3d、(c) Ag 3dの光電子ホログラム。(d) 4配位サイトのシミュレーション。

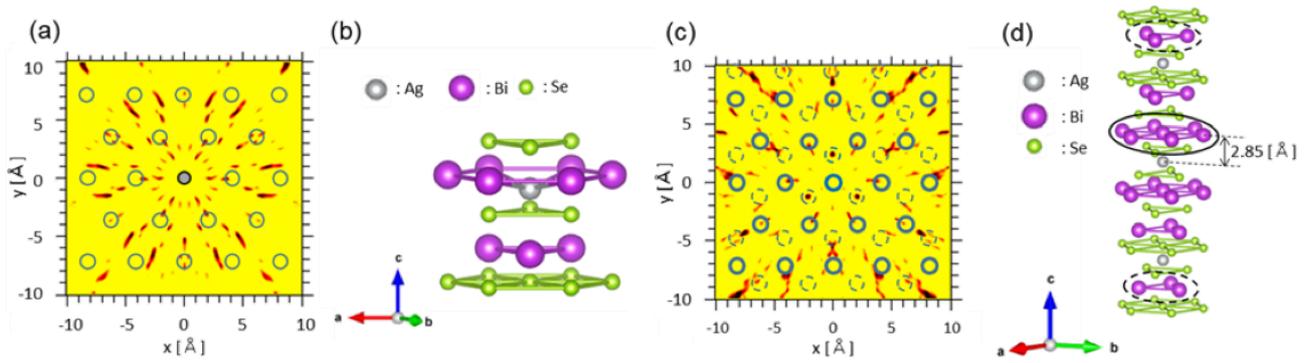


図7 (a)  $z = 0.7 \text{ \AA}$  の原子像、及び、(b) 想定される置換型原子配列。(c)  $z = 2.9 \text{ \AA}$  の原子像、及び、(d) 想定される侵入型原子配列。

ことが示唆される。むしろ、図7(a)に示すように、高さのやや異なる  $z = 0.7 \text{ \AA}$  の位置にそれらしき像が現れた。この結果は図7(b)に示すように、AgはBiに対して  $c$  軸方向に僅かにずれて置換していることを示している。また、Agが図7(d)のようにSe-Se層間に侵入している場合、 $z = 2.9 \text{ \AA}$  付近の面に原子像が現れると考えられる(置換型であれば原子像は存在しない筈である)。図7(c)から、光電子ホログラフィーから予測された4配位サイトだけではなく、6配位サイトを想定した場所にも原子像が観測されることが分かる。6配位サイトについては、 $\text{Mn:Bi}_2\text{Te}_3$  におけるMnの侵入サイトにおいても観測されている。

### 3.3 トポロジカル絶縁体 In ドープ $\text{Bi}_2\text{Se}_3$

$\text{In:Bi}_2\text{Se}_3$  も同様にトポロジカル絶縁体であるが、Inの添加量を変えることによってトポロジカル相転移が生じる。トポロジカル相転移とは、バルクのギャップが一度閉じてバンド反転した後に再びギャップが開く現象であり、 $\text{In}_x\text{Bi}_{2-x}\text{Se}_3$  では、 $x \approx 3\text{--}7\%$  でトポロジカル相転移が起こることが実験的に確認されている。一方、第一原理計算に基づいたトポロジカル相転移点の見積もりは、 $x \approx 12.5\%$  となっており、実験値

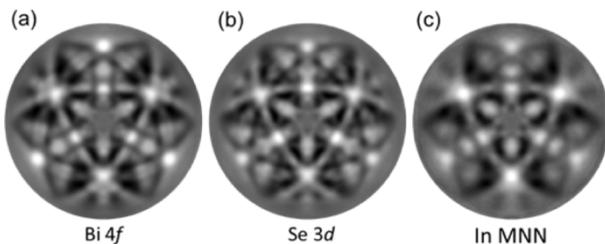


図8  $\text{In:Bi}_2\text{Se}_3$  からの光電子ホログラム。(a) Bi 4f、(b) Se 3d、(c) In MNN。

と大きく異なっている。計算は、InがBiとランダムに置換していると仮定しているが、Inの占有サイトには偏りがあることが想定される。

Inを16%添加した試料に対し光電子ホログラフィーで測定した結果を、図8に示す。Bi、Se、Inのホログラムパターンはいずれも酷似しており、カチオンであるInはBiサイトに置換されていることが示唆される。また、 $\text{Ag:Bi}_2\text{Se}_3$  のケースと異なり、層間サイトなどにほとんど侵入しないことも分かった。

一方、Inを18%添加した試料に対して、蛍光X線ホログラフィーによって得られた原子像を図9に示す。理論計算には明瞭に再生されている近接のBi原子像は、実験データには観測されない。このため、In周辺の局所構造は、本来の $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ の格子から大きく変調していると考えられる。また、Inは分散して置換するより、隣り合って置換する方がエネルギー的に安定

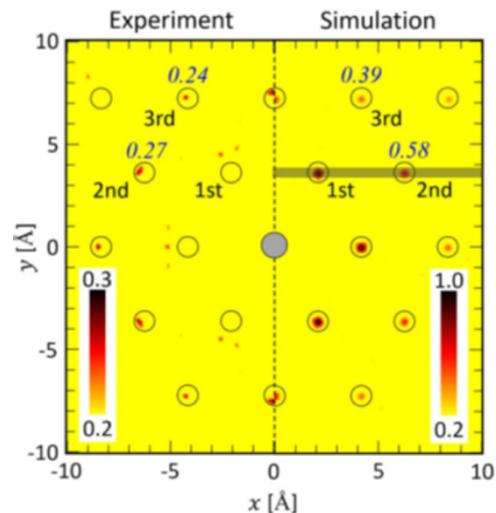


図9 蛍光X線ホログラフィーから得られたIn周辺の原子像。(左) 実験値。(右) 計算値。

であることが第一原理計算によって予測されている。もし、そのような状態になっているのであれば、Bi よりも原子番号の小さな In の像は弱く再生されるため、本結果は、そのような状態を反映している可能性がある<sup>9)</sup>。

#### 4. まとめ

本長期利用課題（2015A0116～2017B0116、2015A0124～2017B0124、2016A0128～2017B0128）では、原子分解能ホログラフィーのサイト選択性という高度化に取り組み、特に後半期には、蛍光 X 線ホログラフィーと光電子ホログラフィーの相乗研究を推し進めた。本稿では特に、超伝導グラファイト層間化合物、トポロジカル絶縁体のドーパントの解析結果について紹介した。当初は、蛍光 X 線ホログラフィーはバルク敏感、光電子ホログラフィーは表面敏感という特徴を相補的に利用するというアイデアしかなかった。しかしながら、同一試料の測定から、両ホログラムに含まれる物理情報の性格は大きく異なり、有効に相互利用することにより正しく構造を導けることが分かった。例えば、大きな格子歪みを有するトポロジカル絶縁体は、原子ゆらぎに敏感な蛍光 X 線ホログラフィーのみでは、鮮明な原子像が得られないため構造決定が困難である。そこに、光電子ホログラフィーの結果が適切なガイド役を果たすことよって、正確な局所構造の描像が見えてくる。この点は、本連携研究の大きな収穫であったと言える。一方で、開発したサイト選択技術をうまく相乗研究に乗せられると良かった。この取り組みには、もう少し時間が必要と感じる。

#### 謝辞

本長期利用課題研究を遂行するにあたり非常に多くの研究者の協力を得た。特に本稿の成果を上げる上で、奈良先端科学技術大学院大学 大門寛氏、JASRI 松下智裕氏、同 室隆桂之氏、同 田尻寛男氏、同 鈴木基寛氏、同 水牧仁一朗氏、同 中村哲也氏、広島市立大学 八方直久氏、熊本大学 細川伸也氏、名古屋工業大学 木村耕治氏、ドイツ放射光施設 Jens St€allhorn 氏には、放射光実験及び解析において協力を得た。また、岡山大学 久保園芳博氏、東北大学 福村知昭氏、モスクワ州立大学 Lada V. Yashina 氏には、最先端の試料を提供して頂いた。

#### 参考文献

- [ 1 ] K. Hayashi and P. Korecki: *J. Phys. Soc. Jpn.* **87** (2018) 061003.
- [ 2 ] F. Matsui *et al.*: *Catalyst & Catalysis* **59** (2017) 76-81.
- [ 3 ] N. Happo *et al.*: *Jpn. J. Appl. Phys.* **57** (2018) 058006.
- [ 4 ] T. Nishioka *et al.*: *Materialia* **3** (2018) 256-259.
- [ 5 ] J. R. St€allhorn *et al.*: *J. Appl. Cryst.* **50** (2017) 1583-1589.
- [ 6 ] T. Muro *et al.*: *Rev. Sci. Instrum.* **88** (2017) 123106.
- [ 7 ] F. Matsui *et al.*: *Sci. Rep.* **6** (2016) 36258.
- [ 8 ] T. He *et al.*: *Phys. Rev. B* **97** (2018) 104503.
- [ 9 ] K. Kimura *et al.*: *Surf. Interface Anal.* **51** (2019) 51-55.

#### 林 好一 HAYASHI Koichi

名古屋工業大学 大学院工学研究科  
〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町  
TEL : 052-735-5308  
e-mail : khayashi@nitech.ac.jp

#### 松井 文彦 MATSUI Fumihiko

自然科学研究機構 分子科学研究所  
〒444-8585 愛知県岡崎市明大寺町字西郷中 38  
TEL : 0564-55-7201  
e-mail : matui@ims.ac.jp

## 第36回 SPring-8 先端利用技術ワークショップ

## 「強磁場中顕微赤外分光と 高輝度放射光施設における赤外ビームラインの展望」報告

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター  
分光・イメージング推進室 池本 夕佳  
徳島大学 大学院社会産業理工学研究部  
岡村 英一

## 1. はじめに

平成31年1月12日、博多バスターミナルビルにおいて、第36回 SPring-8 先端利用技術ワークショップ「強磁場中の顕微赤外分光と高輝度放射光施設における赤外ビームラインの展望」が開催された。会議は、公益財団法人高輝度光科学研究センターと SPring-8 ユーザー協団体 (SPRUC) 放射光赤外研究会の主催で開催された。参加者は、大学・研究機関・企業から計34名であった。図1に会議の様子を撮影した写真を示す。ワークショップは2部構成で、SPring-8 赤外物性ビームライン BL43IR における強磁場中顕微赤外分光に関する議論をセッション1で行い、高輝度放射光施設における赤外ビームラインの展望に関する議論をセッション2で行った。それぞれのセッションについて、以下に詳述する。

## 2. セッション1 強磁場中の顕微赤外分光

SPring-8 の赤外ビームライン BL43IR では、赤外放射光の高輝度性を活かした顕微分光を行うため、以下



図1 会場の様子

の3つの実験ステーションが稼働している。

- ・長作動距離赤外顕微鏡ステーション
- ・高空間分解赤外顕微鏡ステーション
- ・磁気光学顕微鏡ステーション

これらのうち、磁気光学ステーションは最高14 Tの強磁場の下で赤外顕微分光を行うために設置されたが、2016-2017年度にかけて、パートナーユーザーである佐々木孝彦氏（東北大学）と JASRI によって新たに装置開発が行われた。その結果、測定領域が従来よりも低波数領域へ拡張されると共に、ユーザーにとってより使いやすい実験ステーションになった。本ワークショップでは、この機会に強磁場中での赤外物性研究に関して現状と今後の可能性を議論することで、磁気光学ステーションの新たな利用研究の展開や、新たなユーザー開拓へとつなげることを意図して企画された。

セッション1では、以下の5件の講演が行われた。

まず、佐々木孝彦氏の講演では、磁気光学ステーションの再装置開発の内容が具体的に説明された。特に以下の改善があったことが説明された。

- ・測定領域が従来の中赤外までから、より低波数の遠赤外まで（ $150\text{ cm}^{-1}$ まで）拡張された。
- ・光学系の改造により光軸調整が以前より容易になり、実験準備に必要な時間が短縮され、半日程度の準備で実験開始できるようになった。
- ・低温実験の際に使用するクライオスタットの液体ヘリウム消費が、改造前に比べて大幅に少なくなった。また、佐々木氏自身が磁気光学ステーションで行っ

た実験例の中から、分子導体における $\pi$ -d電子結合系での結果が紹介された。

続いて、徳島大学の岡村英一氏の講演では、過去に行われた強磁場での赤外分光研究について、巨大磁気抵抗物質やビスマスに対する結果が紹介された。また磁気光学ステーションで最近得られた、黒リンにおけるランダウ準位形成をバンド間遷移スペクトルで観測したデータを示し、赤外分光によるバンド間遷移の実験は、ランダウ準位を観測するための有力な手段でありサイクロトロン共鳴と相補的情報を与えること、他の様々な半導体、半金属にも応用できること、特にビスマスは有望な対象であり、BL43IRでの実験が適していることが紹介された。また光磁気カー効果(MOKE)など、磁場下の円偏光利用実験の可能性が議論された。現状ではBL43IRの円偏光度は高くないため、1/4波長板やPEM(光弾性変調器)などの光学素子を追加する必要があることが説明された。

東京大学の徳永将史氏の講演では、磁場下のビスマスに対する研究結果が報告された。すなわちパルス磁場下において電気抵抗、磁化率、磁歪、超音波吸収などで観測された量子振動の解析から、ビスマスの特異な電子状態、特にディラック電子系としての電子状態や、磁場による完全バレー分極の結果が報告された。またビスマスに関する過去の磁場中赤外分光実験の結果が紹介され、最新の装置や試料で赤外領域のバンド間遷移の観測を行い、量子振動のデータと比較することにより、ビスマスの電子状態に関する理解が一層進展するはずであるとの提案がなされた。

東京大学の松田康弘氏の講演では、パルス強磁場を用いた様々な物質の研究結果が紹介された。まず量子スピン系、固体酸素、強相関d電子系、近藤絶縁体に対する磁化測定の結果や、価数転移を示すf電子系に対するX線吸収分光の結果が紹介された。また希釈磁性半導体に対するサイクロトロン共鳴の研究結果が紹介された。そしてBL43IRにおける定常磁場下のブロードバンド赤外分光実験は、パルス磁場下で単色レーザー光を用いて行われた実験と相補的な情報を与えるはずとの指摘があった。また磁場と圧力を加えることによる研究拡大の可能性が提案された。

セッション1最後の講演で、東北大学の大串研也氏からは、まず鉄イオンの梯子形ネットワークを持つ物

質BaFe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>の物性、特に高圧力下で観測される超伝導などに関する結果が紹介された。また最近BL43IRで測定された、高圧下における赤外反射分光の結果が報告され、圧力印加と共に電子状態の次元性がクロスオーバーすること、そしてこのクロスオーバーが高圧下の超伝導と関連している可能性が説明された。その後、磁場中での赤外分光で興味深い結果が期待される系として、磁性体における磁気励起や量子スピン液体における新奇な準粒子励起に伴う赤外吸収などが提案された。

第1部の討論においては、磁気光学ステーションの測定配置について、現在は反射配置に限定されているが、透過配置での測定の必要性が指摘された。また、利用者開拓の方法として、強磁場研究のコミュニティである「強磁場フォーラム」に参加してビームラインの情報発信を強化する方策などが提案された。

### 3. セッション 2 高輝度光源における赤外ビームラインの可能性

近年新たな建設や計画が進んでいる次世代放射光施設は、電子ビームのエミッタンスを現行施設よりも一桁程度下げた低エミッタンスリングで、更に高輝度な放射光光源を目指している。しかし、この次世代放射光施設では、赤外線領域の光の利用は極めて深刻な状況であると指摘されている。低エミッタンスリングでは、真空ダクト直径が小さく、またMBA(multi bend achromat)ラティス構造をとるために磁石等のコンポーネントが狭い間隔で多数設置される。赤外線領域の放射光は、鉛直方向の発散角が大きく、取り出しミラーの立体角は大きくなければならないが、低エミッタンスリングでは困難で、光強度の減少が予想されている。この問題は深刻で、世界各地の赤外ビームラインを有する放射光施設において、次世代施設でいかに赤外ビームラインを維持するかが問題になり、議論されている。SPRING-8の将来計画である「SPRING-8-II」でもこの問題が予想されており、今回の研究会では、次世代の高輝度放射光源における赤外ビームラインの可能性を定量性も含めて議論された。

講演は2件で、最初は、SOLEILのPaul Dumas氏が講演を行った。従来赤外光を取り出している偏向電磁石放射ではなく、磁石の端で生じる「エッジ放射」

を積極的に活用する事、また放射光取り出し部の真空チャンバーを改造して空間を大きくする事が主要な提案である。ブラジルの SIRIUS など海外の放射光施設や SPring-8-II の実際のリング・デザイン案に基づいた計算結果も示された。SPring-8-II を仮定した計算結果では、現状の BL43IR と比べて、光強度が大きく減少しない設計も可能である事が示された。

次は理化学研究所の田中隆次氏の講演で、まず磁石の偏向部やエッジから生じる赤外放射光の基本特性が解説された。その中で、2つの隣り合う偏向電磁石からのエッジ放射は、逆位相で重なり合うため、単独のエッジ放射よりも強度が弱まるという計算結果が示された。また、講演では様々な加速エネルギーを持つ放射光施設の電流値などを比較検討して、1~2 GeV の加速エネルギーのリングが赤外利用に最も適している事が示された。また、レーザーを蓄積リングの挿入光源に入射し、レーザーの電場によって電子を変調して赤外光を放射させる、新たな赤外放射光源の可能性が提案された。放射される赤外光は、エネルギー幅が 0.1%、フラックスは偏向電磁石放射よりも 2~3 桁高く、レーザーの波長によって中赤外領域を広くカバーする新たな光源の提案で、非常に興味深く感じた。

第2部の討論では、放射光以外の様々な赤外光源がカバーするスペクトル領域が示され、特に最近性能の向上が著しいブロードバンド赤外レーザー（「Super Continuum」）などと比較して、赤外放射光の立ち位置に関する意見交換があった。現状では、中赤外領域と遠赤外領域の間にレーザーがカバーしないギャップ領域があり、赤外放射光の優位性が指摘された。ただし、レーザーの技術的進展のスピードは早く、動向を注視する必要がある。

次世代放射光光源の計画が進む中で、赤外線領域の放射光を利用するグループが選択できる道は、エッジ放射の活用やチャンバー改造などの方策を施して新たな放射光施設にも赤外ビームラインを建設するか、あるいは、既存の低エネルギーリングを活用するかの2つである。国内の赤外放射光利用をほとんどSPring-8のBL43IRが担っている現状を考えると、たとえ低エネルギーリングを活用するとしても、ビームラインを新たに整備あるいは建設することとなり、まとまった

費用が必要である。Paul Dumas氏は施設の責任者との対話が最も重要であると指摘した。この点は同意するが、並行して、多くの利用者との密接なコミュニケーションも重要であると考えている。

池本 夕佳 IKEMOTO Yuka

(公財) 高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター 分光・イメージング推進室  
旧：(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 : 0791-58-0833  
e-mail : ikemoto@spring8.or.jp

岡村 英一 OKAMURA Hidekazu

徳島大学 大学院社会産業理工学研究部  
〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1  
TEL : 088-656-9444  
e-mail : ho@tokushima-u.ac.jp

## 第5回大型実験施設とスーパーコンピュータとの連携利用 シンポジウム報告

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター  
分光・イメージング推進室 水牧 仁一朗

### 1. はじめに

2019年3月25日に東京秋葉原UDXにて、「大型実験施設とスーパーコンピュータとの連携利用シンポジウム-熱電材料-」が、公益財団法人高輝度光科学研究センター（JASRI）、一般財団法人総合科学研究機構（CROSS）、一般財団法人高度情報科学技術研究機構（RIST）の主催により開催された。本シンポジウムは、大型実験施設であるSPRING-8/SACLA（JASRI）、J-PARC MLF（CROSS）と「京」（RIST）をはじめとするスーパーコンピュータとの連携利用を行うことで、実験的手法と数値シミュレーション手法の特性を活かした新しい研究成果の創出を目的として開催されており、今年度で5回目となった。今回は、熱電材料研究における実験と計算科学との連携利用をテーマとして、最新の研究に関する講演とパネルディスカッションを行った。参加者総数は82名で、プログラムは下記のものであった。

- ・開会挨拶  
（CROSS・横溝英明、JASRI・土肥義治）
- ・施設紹介  
（JASRI・櫻井吉晴、CROSS・金谷利治、RIST・奥田基）
- ・フォノンエンジニアリング・プラットフォーム（実験×数値シミュレーション）を活用した熱電材料研究  
（東京大学・塩見淳一郎）
- ・電子-格子間非平衡状態を活用した熱電変換特性の向上  
（日立製作所・藪内真）
- ・熱電変換材料としての金属酸化物の可能性  
（北海道大学・太田裕道）
- ・トンネル構造を有したジントル化合物系熱電材料の

### 開拓と評価

（東北大学・山田高広）

- ・IV族半導体微細加工による熱電材料の機能発現と物性評価  
（明治大学・横川凌）
- ・大振幅原子振動を活用した熱電材料の開発  
（九州大学・末國晃一郎）
- ・パネルディスカッション「大型実験施設と計算機を用いた熱電材料の研究開発の現状とこれから」

### 2. 会議報告

冒頭に主催者を代表してCROSS、JASRIから開会挨拶が行われ、続いて施設紹介とそれぞれの施設での最新の研究成果の例が示された。

第1セッションでは、主にハイパフォーマンスコンピュータやスーパーコンピュータを利用した研究事例に関する講演が2件行われた。1件目は、東京大学・塩見淳一郎教授から、時間的・空間的に高効率な熱アロケーションを達成するナノ材料開発に資する研究事例の発表や、海外の例を元に、計算と実験の一層の連携推進には各施設の専門家が1つの場所に集まる機会があると良いのではないかという提案があった。

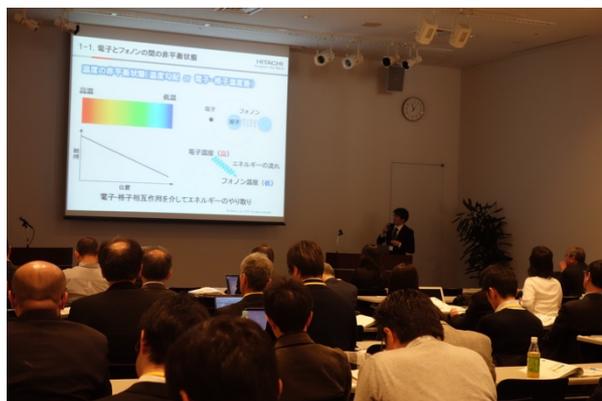


図1 シンポジウム会場の様子

2 件目の「電子-格子間非平衡状態を活用した熱電変換特性の向上」では、株式会社日立製作所・藪内真氏より、原子中の電子と格子（フォノン）に温度差があり、この熱非平衡状態を積極的に活用した熱電変換特性向上のための研究事例が発表された。

第2セッションでは、主に中性子線活用事例の側面から2件の講演が行われた。1件目の「熱電変換材料としての金属酸化物の可能性」では、北海道大学・太田裕道教授より、人体に安全、資源量が豊富（低コスト）、かつ熱的に安定した、高い熱電変換特性を有する金属酸化物の探索に係る研究事例が発表された。2件目の「トンネル構造を有したジントル化合物系熱電材料の開拓と評価」では、東北大学・山田高広准教授より、約3分の2が大気中等に捨てられている1次エネルギーの有効活用を目指したトンネル構造化合物系熱電材料の開発に資する研究事例が発表された。

第3セッションでは、主に放射光活用事例の側面から2件の講演が行われた。1件目の「IV族半導体微細加工による熱電材料の機能発現と物性評価」では、明治大学・横川凌氏より、環境発電、すなわち“電力の自給自足”を目指した高熱変性能電極材料開発のうち、微細化されたSiナノワイヤの物性理解に資する研究事例が発表された。2件目の「大振幅原子振動を活用した熱電材料の開発」では、九州大学・末國晃一郎准教授より、ラットリングと呼ばれる大振幅原子振動による低熱伝導率の物質として知られるクラスレート化合物等のダイナミクスの理解を目指した研究事例の発表があった。

次に「大型実験施設と計算機を用いた熱電材料の研究開発の現状とこれから」をテーマにしたパネル・ディスカッションが行われた。第1セッション講演者の塩見氏がモデレータを務め、第1から第3セッションの講演者である藪内氏、太田氏、山田氏、横川氏、末國氏の5名がパネリストを務めた。内容は、1) 施設利用の現状、2) 連携利用について、3) 今後の課題の3点であった。1) に関して、様々な意見が出されたが、成果を出すだけでなく、教育の場としての役割も大いにあるとの意見が出た。2) に関しては、各施設の高度な技術を持った人がいて、それらを利用したい人（ユーザー）がいるが、各施設間やユーザーと施設間の有機的かつ組織的なつながりを牽引すること

ができる人がいないことが問題であるとの意見が出た。また制度としては、一つの課題申請でSPring-8、J-PARC、「京」の利用可能なものがあると良いとの意見があった。3) において、2) でも議論になったが、ユーザーと3つの施設がざっくばらんな会合を定期的に開催されるとより有機的なつながりを持つてのではないかと意見があった。

### 3. おわりに

本シンポジウムでは、熱電材料の研究開発において第一線でご活躍の先生方に、ご講演頂いた。またパネルディスカッションにおいても活発な議論が展開され、有意義なシンポジウムとなった。参加者に対して行われたアンケートで、シンポジウム全体として「満足」と「やや満足」を合わせて9割というコメントを頂いた。主催者としては非常にうれしい結果であった。本シンポジウムをきっかけに大型実験施設と大型計算機施設とユーザーの三者が有機的につながったコミュニティを形成し、連携利用による発展がなされることを期待したい。

水牧 仁一朗 MIZUMAKI Masaichiro

(公財) 高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター 分光・イメージング推進室  
旧：(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 3870  
e-mail : mizumaki@spring8.or.jp

## SPRUC 第 1 回 BLs アップグレード検討ワークショップ報告

SPring-8 ユーザー協団体 (SPRUC) 行事幹事  
兵庫県立大学 大学院物質理学研究科

田中 義人

### 1. 概要

SPRUC 第 1 回 BLs アップグレード検討ワークショップが、2019 年 3 月 25 日から 26 日の 2 日間、SPring-8 普及棟にて開催された。年度末にも関わらず 192 名の参加者 (SPRUC 会員 85 名、施設者 104 名、招待者・文部科学省 3 名) で普及棟大講堂が埋めつくされた。以下、プログラムの順番に沿って本ワークショップの様子を報告する。

### 2. 初日

初日は午後から始まった。まず主催者側として、水木純一郎 SPring-8 ユーザー協団体 (SPRUC) 会長、石川哲也理化学研究所放射光科学研究センター (RSC) センター長、土肥義治高輝度光科学研究センター (JASRI) 理事長の挨拶に引き続き、ご来賓の文部科学省研究開発基盤課量子研究推進室の大榎直樹室長補佐から挨拶をいただいた。

#### 2.1 SPring-8 の現状と展望

総合セッション 1 では、まず、「会長からのメッセージ」として、水木会長より SPRUC の活動方針と具体的な SPring-8 アップグレードに向けた取り組み、すなわち、三者懇談やワークショップ等で施設と協働してビームライン (BL) のスクラップ&ビルドやその仕組みについて議論していくことが示された。引き続き、藤原明比古氏 (SPRUC 庶務幹事) より、

「ワークショップ開催に至る経緯と論点の整理」と題して、SPring-8 の沿革と施設を取り巻く状況と、それに対応した SPRUC の活動状況が示された。特に、ここ数年のアップグレードに対する取り組みとして、2017 年 SPring-8 シンポジウムで SPring-8 の目指す将来、2018 年 SPring-8 シンポジウムでは、動き出した「将来への取り組み」について、岡山大学で開催予定の 2019 年 SPring-8 シンポジウムでは、さらに議論を深化させる流れの説明があった。取り巻く環境の重要な 2 項目として、(1) 3 GeV 級光源の建設が推進されること、(2) SPring-8 の中間評価があったことが挙げられ、本ワークショップでは、施設者側より中間評価やそれに対する取り組み、方針案等についての情報を提供していただくことを目的とする旨が示された。

これを受けて施設側から、矢橋牧名氏 (理研) および田中良太郎氏 (JASRI) より、中間評価の概要とそれに対する検討例が示された。矢橋氏からは、中間評価の中でも特に SPring-8 に関する今後の重点的な課題および推進方策について、(1) SPring-8、SACLA の政策的位置づけと発展の方向性 (2) 研究成果の最大化 (3) 産学官共用 (4) 人材育成の 4 点について、ソフトウェア面を中心に説明がなされた。

(1) については、海外の 6-8 GeV 施設のアップグレードや建設の様子 (APS-U、ESRF-EBS、PETRA IV、HEPS、USSR-4) と比較しながら、SPring-8 のアップグレードについては、ユピキタス・ナノ次元相関解析、顕微と時分割解析、30-100 keV の高エネルギー領域を意識したものになり、高度化の位置づけとしては、老朽化してきた施設を更新して、運転コストを削減することであること、また、この高度化については、議論が必要な部分と、今すぐにでも始められることに分類でき、前者は加速器を含む全体



写真 1 会場の様子

の高度化で、2024年度以降に1年間くらいのシャットダウンで行われる内容、後者はBLの高度化で、将来へのステップとしてメリットの先取りを行うという位置づけで行うとの話があった。(2)の研究成果の最大化について、専用ビームラインや大口利用者の目的としては、本来ビームタイムをストックすることではなく、使いたい時に使えることが重要であるため、利用料を投入することによって使用できるフロー形態を検討中とのこと。課金制度の検討例として、現在行われている成果専有を対象とした出口での課金に加えて、入口、すなわち、課題選定の段階での課金制度の整備が示された。(3)産学官共用については、SPRUCとSPring-8利用推進協議会の統合と、利用者への利便性を図るべきとのことであった。(4)の人材育成については、施設の高度化やビームラインの改廃等の計画に関連させて、その機会に人材育成するのが効果的であろうとのことであった。SPring-8の多様性をもってして全体として一つに見えるようにするために、集中と分散のバランスが重要とまとめられた。

また、JASRIとして田中氏より、共用ビームライン改廃の際に必要な評価指標について検討されていることが報告された。この指標について、論文数、課題数に加えて利用料収入、シフト数を解析したところ、これら2つについてはある程度の相関があったとのことである。また利用制度として、先端的技術課題、産業利用のための試行実験課題を行えるよう、2019Aより、それぞれ「先進技術活用による産業応用課題」、「産業利用準備課題」が設けられたことが報告された。人材育成については、人材を生むのは大学で、育成をJASRI等が担うという考えのもとに、連携大学院協定等を積極的に結んでいく方向性が示された。

引き続き行われた自由討論では、人材育成や産学官連携について、クロスアポイントメント活用の可能性やコーディネーターの重要性、産業利用における評価指標についての困難さについて指摘があった。また、利用料における入口での課金制度について検討されている内容についての質問があった。

## 2.2 ハードウェアの高度化と拓かれる科学

集合写真撮影と小休憩をはさんで、総合セッション

2として、「ハードウェアの高度化と拓かれる科学」と題して、SPring-8のハードウェアを中心とした報告が行われた。まずは、後藤俊治氏(JASRI)より、加速器・光源の高度化計画についてその検討状況の報告があった。加速器は6 GeVで、100 pmrad程度のエミッタンスをもつ5BAのMBAリングが検討されているとのことである。特に低エミッタンスだけ追求するのではなく、安定性、信頼性も売りにしたいとのこと。これらの性能のバランスについては、ESRFのアップグレードの様子を見ながら検討を進めていくとのことである。また、2020年度にはSACLAの加速器からの電子ビームの直接入射を本格運用する予定で進められていることが報告された。光源は、6 GeVに対応させて、従来32 mmであった周期を22 mmに短周期化して長さも4.5 mから3.6 mに変更して実試験を開始したとのことである。光源サイズが、318  $\mu\text{m}$ (H) $\times$ 4.9  $\mu\text{m}$ (V)から28  $\mu\text{m}$ (H) $\times$ 5.6  $\mu\text{m}$ (V)になることにより、輝度が向上し、スペクトルのプロファイルも変化する。これに対応して、より安定な結晶分光器としてチャンネルカット分光器、ピンクビームを利用できるための多層膜分光器、プリズム型分光器を検討中とのことである。多層膜の分光器については、例えば、Mn/Siであれば、バンド幅1%、W/Cのものは約3.5%が得られるとのことである。会場からは、「ESRFの様子を見ながら」という意味についての質問や、実際の高エネルギーにおけるフラックスについての質問があった。

続いて櫻井吉晴氏(JASRI)より、ビームライン・エンドステーションの高度化計画についての進め方についての説明があった。対象は共用ビームラインであるが、理研や専用ビームラインに比べてID-BLの割合が小さいのが特徴で問題でもあるようだ。ビームラインを(1)汎用的、(2)先端的、(3)革新的の3つに分類・再定義して検討していることが報告された。例えば、HAXPESについては集約を、非弾性X線散乱については、共用・理研・専用ビームラインの連携による利用機会の拡大を図ることが考えられている。また、SPring-8は産業連携の場として重要であり、実材料電池にCT-XAFSを適用するなど、材料の内部破壊初期過程の研究等を意識していきたいとのこと。高度化の方向性としては、高エネルギー

ーX線利用強化、高フラックス化、自動化、コヒーレンス利用を軸に進めていきたいとのことであった。会場からは、構造と機能との相関を明らかにするPhysicsの重要性が再確認できたとのコメントや、材料分野において、高エネルギーX線利用が今でも必要か、すなわち、ミクロンの解像度でひずみが観測できているのかなど、現状についての質問があった。また、産業利用報告会へのアカデミアの参加が少ないのは何故かなど、産学連携についての難しさのポイントについての質問やコメントがあった。

次に、初井宇記氏（理研）より、SPring-8 発の検出器とその展開についての話があった。次世代光源に対して求められる検出器性能は、高速で高いダイナミックレンジ（高い S/N）をもち、高精細（ピクセル数）でかつ高光子エネルギーも対象とできるものとのこと。SPring-8 では、MPCCD、SOPHIAS、間接型ビームモニター、CITIUS が開発・運用されているが、ここでは、特に CITIUS を中心に紹介された。CITIUS は積分型の検出器で、高速（17 kHz）かつ、高いダイナミックレンジ（ $>30$  Mcounts/s/pixel）をもち、サイズ  $70\ \mu\text{m}$  の  $20\ \text{M}$  のピクセルにより、 $32\ \text{cm}$  四方の面積をカバーするという高性能なものである。2020 年秋ごろより段階的にコミッショニングが行われる計画のようである。エネルギー分解計測もできるなど、実に魅力的だが、一方で、その膨大なデータ量の処理系に対する対策が必至とのことである。生データを吸い上げるのではなく、前置回路による演算モードを利用することによってデータ量を軽減させるなど、対応策が考えられているようである。会場からは、高エネルギーに対する開発についてのコメントを求める質問があった。

SPRUC の産業利用者からのインプットとして、岸本浩通氏（住友ゴム工業）より、会社内の構造も例にして、問題点や改善点などについての話があった。企業内での本当のニーズは分析部門にあり、開発部門では、個々に分析が行われているが、必ずしも分析が専門ではないため、放射光利用へのハードルは高いと思われるとのことである。施設への要望と並行して、企業側も変わるべき時代になっているのではというコメントであった。すなわち、これからは自前の装置で計測を行うだけでなく、公共の世界

最先端の装置で計測することの重要性を指摘された。ポイントとして、トライアルユース等の施策、ビームラインの横断的利用、共同研究の体制構築による産業成果の創出、人材育成における産業界と施設の連携の重要性が示された。共同研究・人材育成については、J-PARC での例が示された。また、SPRUC と SPring-8 利用推進協議会が一緒になることを検討してはどうかという意見があった。

最後に藤原明比古氏より、研究会からのアンケート結果の概要とそのポイントについて説明があった。アンケートの回答に対し、加速器に関するものとしては、バンチモード、フラックス、 $8\ \text{GeV}$  の可能性などのキーワードが、光学系については、ピンクビームとモノクロビームなどエネルギー分解能に関するもの、基盤については、自動化、極限計測、検出器、データの扱いに関するもの、その他、スタッフ・コーディネーション、研究交流施設についての内容があったとのことである。また、ビームラインの再定義として、汎用・先端・挑戦の3つが考えられているが、汎用であっても先端ビームラインでなくてはならないので、この定義についても十分に相互理解される必要があるとのコメントがあった。

### 3. 意見交換会とランプセッション

意見交換会として、70 名以上が SPring-8 の食堂に集った（写真 2）。高尾正敏氏（SPRUC 企画委員長）の司会で、顧問の月原富武先生（兵庫県立大）、福山秀敏先生（東京理科大）の挨拶で始まった会は、フランクに情報交換をする場となった。

再び会場を普及棟に戻し、19 時過ぎより始まったランプセッションでは、型破りな自由な雰囲気でのフリーディスカッションが行われた。夜にも関わらず、昼間のセッションとほぼ同じくらいの人数で会



写真 2 意見交換会

場は埋めつくされていて、その関心の高さに驚いた。高尾企画委員長司会のもと、8名の方（原田氏／東大物性研、西原氏／新日鉄住金、河野氏／愛媛大、関山氏／阪大、林氏／豊田中研、和達氏／東大物性研（現兵庫県立大）、田尻氏／JASRI、池本氏／JASRI）のプレゼンテーションと、それに対する質問や意見が終了時間21時間際まで交わされた。施設では、その取扱いの特徴により、軟X線、テンダーX線、硬X線用とビームラインを分類するが、物性科学等の学問分野にとっては、そのような区別に意味はないという発言もあり、当然のこととは思いますが、アップグレードやBLポートフォリオを検討しているこの時期に再認識するという意味では大変重要で印象的であった。ここではデリケートな意見交換も多々あり、記録はしにくいですが、産業利用についてのコーディネーションの難しさ、人材不足の要因、具体的な分野についてのビームライン再編についての意見、施設の姿勢について等、ランプセッションならではの(?)率直でかつ激しい内容が交わされ、本音が垣間見えた貴重なセッションであった。

## 4.2 日目

### 4.1 計測手法ごとのアップグレード展望

2日目の午前中は、坂田修身氏（SPRUC 副会長）の独特で切れのある司会のもと、施設での計測手法ごとの検討状況報告と意見交換が行われた。まず、櫻井氏により、BL検討会についての説明があり、BLポートフォリオ、スクラップ&ビルドのたたき台を作成し、中期的なBL高度化を検討したとのことである。ただし、検討対象のビームラインとしては、「汎用・先端」ビームラインで、「挑戦」は除外したとのこと。また、検討分野としては、分光、イメージング・SAXS、回折・散乱の3つであり、それ以外の分野は今回対象外とのことであった。ここでも坂田副会長より、「それ以外」の分野の方からのインプットも重要とのこと、施設に対する要望等意見が促された。

鈴木基寛氏（JASRI）より、分光BLについての検討状況が示された。分光関連のビームラインとしては、X線分光実験、XAFS、HAXPESの3つに分類できるが、今回は、XAFSとHAXPESに絞って検討を行ったとのことである。Real system（汚い系）、

Real process（一過性）、Real condition（in situ、オペランド）を扱えるものが先端ビームラインと考えているとのこと。現在、共用のXAFS-BLとしては、汎用XAFS-BLが3本、先端XAFS-BLが2本あるが、これを再編成して、汎用1本、先端3.5本にすることを検討したとのことである。汎用BLはベンディング（BM）-BLを想定し、高スループットで複合解析ができるBLである。一方、先端BLの1つ目は、QXAFSやDXAFSが行えて、高い時間分解能での計測が可能なBLであり、BL36XUがモデルである。テーパーアンジュレータを光源とし、ピンクビームを扱えるのが特徴である。需要も考えて、さらに1本をイメージングBLとの相乗りで設定を考える。2つ目は、顕微分光もできるBLで、現在のBL37XUに対応する。走査型、投影型、結像型全てが想定されている。もう1本は高エネルギー分解能で発光、吸収分光測定が行えるBLであり、現在のBL39XUがそのモデルである。磁気分光を主な対象とし、4d遷移金属をカバーする3-20 keVの範囲の光子エネルギーが利用できるようにする。一方、HAXPESについての調査では、SPRING-8全体で関連BLは8本もあるものの、全てが相乗りであり、利用率は高いがリソースが分散しているという特徴をもつことが判った。共用ビームラインとしては現在BL09XUとBL47XUがある。アップグレードの方向性として、1本目は、学術利用を指向したHAXPES-BLで、実験ステーション3つから成り、ステーションの3つ目は、ユーザー持ち込み装置用とする。2本目は、産業利用に特化したHAXPES-BLで、試料環境を重視し、エネルギー範囲も3-20 keVを網羅するBLとすることが検討されている。また、SPRING-8が高エネルギーX線利用を特徴とする意味で、新たに検討されている手法として、高エネルギーラマン散乱によるXAFSが紹介された。新規の計測法として、詳細検討の余地はあるものの、たいへん魅力的でインパクトのある提案であった。質疑応答では、テーパーアンジュレータのもつスペクトルの空間分布の問題（PETRA III）や、複数の波長の同時利用（SOLEIL）についてコメントや要望があったり、テンダー領域の話が多いのではという指摘があったりと、とても活発であった。また、HAXPESでは溶液を対象とし

た計測では、膜を薄くする必要があり、解決策として、アナライザー開発の必要性に加えて、高エネルギービームの利用を検討してもよいのではとの意見もあった。産業界からも微細領域を大面積で観測したいので、大いに期待しているとのコメントがあった。

続いて、上杉健太郎氏 (JASRI) により、イメージング実験の現状と今後についての分析・検討状況の報告があった。現状では、BL20XU、BL20B2、BL28B2、BL47XU、BL29XU で種々の測定法との組み合わせで各々の BL で行われているとのこと。空間分解能は、100 nm から 50  $\mu\text{m}$ 、時間分解能は 1 ms から 1 min、FZP を用いたナノ CT でのエネルギー範囲は 6-30 keV、検出器の分解能で行うマイクロ CT では 7-60 keV で行われている。最近の動向としては、CT 測定での動的観測が増加傾向にあり、材料系の研究が増加しているとのこと。100 keV、200 keV の高エネルギー CT もニーズがあるようだ。また最近では、タイコグラフィによる大面積イメージングや KB 集光によるサブミクロンでの XAFS なども行われるようになったとのこと、さらには、縦横集光を駆使して、位相差分と吸収を同時に取得できる手法の紹介もあった。引き続き、増永啓康氏 (JASRI) より小角散乱分野の BL の現状と今後についての報告がなされた。小角散乱は、物質・材料系、生命科学系に関わらず広く用いられており、SPring-8 でも約 12 本の BL で実施されている。20 年前は、均一系を対象とした精密構造評価が中心だったが、10 年ほど前から、検出器性能の向上で複雑系を対象とした計測が盛んに行われるようになった。海外と比較すると、コヒーレンスを活かした計測、すなわち、コヒーレント系の小角散乱で、特に溶液に特化した実験において遅れをとっている印象があるとのこと。SPring-8 としては、装置を持ち込める大きなハッチを用意して、30 keV 以上のエネルギーで高フラックスビームを用いた計測や、XPCS を現状の秒オーダーの計測から、マイクロ秒の計測を推進したいとのことである。必要な BL として、先端 ID-BL2 本、汎用 BM-BL2 本、中広角用 BL1 本を適当として検討が進められているようだ。質疑応答でも、材料の破壊過程に必要な分解能についての質問や、60-100 keV の高エネルギー

X 線での電池のイメージングの可能性などについて活発な質問があった。イメージングについては、特に高エネルギー X 線を利用した材料科学への応用が強く期待されている印象をもった。

このセッションの最後に今井康彦氏 (JASRI) により、回折・散乱 BL の検討状況の報告がなされた。利用ニーズ・測定手法項目としては、時間分解、空間分解、試料環境、高スループットが挙げられるとのこと。現状では関連 BL は 23 本あり、単結晶回折、粉末回折、高圧環境、PDF 解析、時分割、トポグラフィ等が行われている。アップグレード案と利用モデルとして、BL02B1 と BL40XU の特徴、すなわち高エネルギーと高フラックスを併せ持つアンジュレータビームラインにて、8-60 keV の範囲で、自動化も取り入れて高時間分解能で微小単結晶の解析を対象とする BL を検討中とのこと。また、粉末構造解析の BL でもキャピラリへの試料詰めを自動化すること、大容量プレス高圧計測白色 BL を高エネルギーアンジュレータ BL に移行すること、全散乱 PDF 解析を、高エネルギー単色 X 線の計測とピンクビームで行えるようにして、非晶質の迅速解析を目指す計画が検討されているようだ。質疑応答では、多くの研究会から意見が出された。高圧 BL やオペランド測定では、大きな作動距離をもつ集光系が必要であることが指摘された。核共鳴散乱については、バンチ構造について配慮して欲しいとの要望があったが、これに対し、施設からは、輝度とのトレードオフで時間構造は設定可能とのことであった。APS ではバンチモードが選べないとの情報から、むしろ差別化して SPring-8 ではセベラルバンチが設定できることも重視されているようだ。また、将来的な利用として、高エネルギーでの偏光利用や two-color による複合測定などについての要望もあった。

#### 4.2 放射光科学とインフォマティクス

午後は、放射光科学とインフォマティクスと題したセッションが行われた。まず、水木 SPRUC 会長から、「放射光科学におけるインフォマティクスへの期待」と題して、SPRUC としても現在分野融合で行っている課題に加えて、マテリアルズインフォマティクス、すなわち、物性理論、放射光実験、計算科学、

情報科学の融合できる分野も検討したいとのことであった。スパースモデリングやベイズ的機械学習によって、高次元データの背後に潜むルールや法則が抽出できる、すなわち、データマイニングに期待したいとのこと、さらには、これらインフォマティクスを介して、XFELとも融合できるのではとの話があった。

招待講演として、石井信氏(京都大学)による「計測と情報科学の融合による新しいサイエンスの展望」と題した講演があった。講演では、最初に統計的画像処理について、順光学と逆光学を例に統計的推定とは何かということの説明、ならびに、ベイズ超画像、ベイズCTの紹介があった。また深層学習と微分同相変形法が統合した手法が、ヒトの核磁気共鳴図でのセグメンテーションに活用されている例が紹介された。マテリアルズインフォマティクスにおけるベイズ計測については、スペクトル分解を例に、ベイズ的モデル選択を行うことにより、ピーク数を推定しながら決定していく過程が示された。最後に、機械学習等は内挿型であり、外挿型の研究はまだこれからであること、攻撃型(機械学習、AI)と防御型(統計科学)の研究者がバランスよく推し進めていくことが望ましいと締めくくられた。なお、計測科学、自然科学と、情報科学、手法科学との融合によるインフォマティクスの世界に関わるのには決死の覚悟が必要のようだ。

続いて、実際にインフォマティクスにチャレンジされている水牧仁一朗氏(JASRI)による「データ駆動科学を活用した放射光計測データの解釈」と題した講演が行われた。情報科学と融合することによって、間接測定される物理量の精度評価や、理論研究へのフィードバックを行うことが目標とのことである。X線光電子分光スペクトルの解析を例に、ハミルトニアンを自動選択して、物理量パラメータを自動チューニングさせることにより、有効な模型を知ることができる過程の説明と、これにより、ハミルトニアンを選択でき、物理量を誤差付きで評価できたとの報告があった。計算科学、データ科学、理論、実験のそれぞれの特徴や役割、すなわち、演繹的、帰納的、仮定・推論、検証を意識して、研究を推進することの重要性に触れられた。

このセッション最後は、城地保昌氏(JASRI/理研)により、「DAQ インフラの整備と展望」と題してSPRING-8におけるデータの取り扱いについての計画や見通しについての話があった。開発中の検出器CITIUSを例にとり、これから取り扱うデータ量が膨大になっていくことが示された。ある意味先行して実施されているSACLAでのデータの取り扱い方、すなわち、ネットワークはDAQ-LAN、DAQ-USER-LAN、HPC-LANで構成され、計算機システム上のAPIにてHDF5形式でデータの受け渡しができるようになっていくこと、また、SACLAでのデータ量は6 Gbpsに相当するものであり、データ管理期限を3年とするなど、現在の運用方法が紹介された。これらを鑑みて、SPRING-8でのデータ管理方法についても、ユーザーが生データを個々に持ち帰る現行方法には限界があるため、施設としてデータを管理し、利活用できるインフラを整備する方向で進めることを検討されているようだ。そのために、ネットワーク基盤、データ収集基盤、管理基盤、解析基盤を構築し、ユーザーが個別のアプリケーションソフトで解析も可能な環境の構築が検討・準備されている。既にSPRING-8内でデータ中継点や解析インフラの整備に向けた試験が行われているとのことである。今後、データポリシーの策定に向けても情報が開示されていく予定のようだ。

最後のラップアップセッションでは、本間穂高氏(SPRUC 副会長)の司会のもと、SPRUC顧問の先生方よりコメントをいただいた。松井先生からは、もう一度、SPRING-8シンポジウムの機会に大学と企業・産業界との交流を深めるような企画をしてはどうかとの提案があった。月原先生からは、若手研究者の育成についての状況と原因についてのコメントをいただいた。福山先生からは、何のためのアップグレードかを考え、問題点を浮き彫りにし、それを克服するためのBL検討会を行うことの重要性と、放射光に限らず情報交換をするプラットフォームが大切であるとのコメントをいただいた。最後に、水木会長より、今後ともアップグレード計画については、ユーザーも施設と一緒に考えていきたいとのこと。今後のより一層の協力を求められ、本ワークショップはお開きとなった。

5. おわりに

今回のワークショップは、施設からの情報を提供していただく機会という位置づけで行われ、かなり多くの情報を受け取ることができた。年度末の忙しい中、施設側の準備に心より感謝したい。アップグレードの方向性については、低エミッタンスよりも、高エネルギーX線利用の方に印象づけられた感がある。

また、具体性のある検討状況や準備内容についても開示していただいた。今後 SPRUC としても施設と密に情報交換をしながら、将来の良きアップグレードに貢献できるよう、知恵を絞って要望や意見を出していこうという雰囲気が感じられた。次の SPring-8 シンポジウムに繋がることを期待しつつ。



写真3 集合写真

プログラム

3月25日(月)	
13:00-13:15	開会式(主催者挨拶、文科省からの来賓ご挨拶)
【総合セッション1】SPring-8の現状と展望(司会:田中行事幹事)	
13:15-13:50	<今後に向けたSPRUCの役割> 1. 会長からのメッセージ(水木会長) 2. 経緯と論点整理 (SP8シンポ2018PDモデレータ 藤原庶務幹事)
13:50-14:20	<SPring-8施設の現状と課題> 1. SPring-8中間評価の概要 (理研 矢橋牧名・JASRI 田中良太郎)
14:20-14:45	<BL再定義、アップグレードにむけた施設と利用者の相互理解> 1. SPRUC、SPring-8の状況を踏まえた自由討論
14:45-15:00	休憩
【総合セッション2】ハードウェアの高度化と拓かれる科学 (司会:藤原庶務幹事)	
15:00-17:00	<SPring-8のハードウェアとサイエンス> 1. 加速器・光源の高度化計画(JASRI 後藤俊治) 2. ビームライン・エンドステーションの高度化計画 (JASRI 櫻井吉晴) 3. SPring-8発の検出器とその展開(理研 初井宇記) 4. SPRUCの産業利用者からのインプット (住友ゴム工業 岸本浩通) 5. 研究会からのアンケート結果の概要と自由討論
17:00-17:30	チェックイン・休憩
17:30-19:00	<意見交換会(有料)>(食堂)
【ランプセッション】フリーディスカッション (司会:高尾企画委員長)	
19:15-21:00	1. 産業界や専用施設からの自由な発言など

3月26日(火)	
【計測手法ごとのアップグレード展望】(司会:坂田副会長)	
09:00-10:00	<分光> 1. 施設での検討状況(JASRI 鈴木基寛) 2. 自由討論(研究会からの提案含)
10:00-11:00	<イメージング・SAXS> 1. 施設での検討状況(JASRI 上杉健太郎・増永啓康) 2. 自由討論(研究会からの提案含)
11:00-12:00	<回折・散乱> 1. 施設での検討状況(JASRI 今井康彦) 2. 自由討論(研究会からの提案含)
12:00-13:00	昼食休憩
【放射光科学とインフォマティクス】(司会:原田利用幹事)	
13:00-13:10	放射光科学におけるインフォマティクスへの期待 (水木会長)
13:10-14:00	招待講演:計測と情報科学の融合による新しいサイエンスの展望 (京都大学 石井信)
14:00-14:30	データ駆動科学を活用した放射光計測データの解釈 (JASRI 水牧仁一朗)
14:30-14:55	DAQインフラの整備と展望(JASRI/理研 城地保昌)
【ラップアップ】(司会:本間副会長)	
14:55-15:10	1. 顧問からのコメント 2. まとめと研究会への依頼(水木会長)

田中 義人 TANAKA Yoshihito

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

## 2019B 期 SPring-8 利用研究課題募集について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター

2019B 期 SPring-8 利用研究課題の募集を開始しました。募集対象の課題種や申請の際の注意事項等の詳細につきましては、SPring-8 公式 HP 上の「現在募集中の SPring-8 利用研究課題」([http://www.spring8.or.jp/ja/users/proposals/call\\_for/](http://www.spring8.or.jp/ja/users/proposals/call_for/)) よりご確認ください。

- 2019B SPring-8 利用研究課題募集要項
- 2019B 生命科学／タンパク質結晶構造解析分野の課題の運用について
- 2019B SPring-8 における“SACLA、J-PARC MLF または「京」と連携した利用を行う課題”の募集について
- 2019B 成果公開優先利用課題の募集について  
応募締切：2019 年 6 月 6 日（木）午前 10:00JST（提出完了時刻）
- 2019B 一般課題／一般課題（産業利用分野）の募集について  
応募締切：2019 年 6 月 20 日（木）午前 10:00JST（提出完了時刻）
- 2019B 大学院生提案型課題の募集について  
応募締切：2019 年 6 月 20 日（木）午前 10:00JST（提出完了時刻）
- 2019B 放射光施設横断産業利用課題の募集について  
応募締切：2019 年 6 月 20 日（木）午前 10:00JST（提出完了時刻）
- 2019B 先進技術活用による産業応用課題の募集について  
応募締切：2019 年 6 月 20 日（木）午前 10:00JST（提出完了時刻）

### <特記>

1. 緊急課題、成果専有時期指定課題、測定代行課題および産業利用準備課題（測定代行課題および産業利用準備課題は一部共用ビームラインのみ対象）は、随時募集しています。

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

### ■ SPring-8 利用研究課題募集の概要

([http://www.spring8.or.jp/ja/users/proposals/call\\_for/summary](http://www.spring8.or.jp/ja/users/proposals/call_for/summary))

申請にあたり、ご不明な点がございましたら下記までお問い合わせください。

[問い合わせ先] 〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用推進部 共用推進課  
TEL : 0791-58-0961 FAX : 0791-58-0965  
e-mail : sp8jasri@spring8.or.jp

## 2019B 期 SACLA 利用研究課題の募集について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター

2019B 期 SACLA 利用研究課題の募集を開始しました。

■ 一般課題（成果非専有利用）

応募締切：2019 年 5 月 24 日（金）午前 10:00 JST（提出完了時刻）

■ 一般課題（成果専有利用）

応募締切：2019 年 5 月 24 日（金）午前 10:00 JST（提出完了時刻）

課題の申請や、申請の際の注意事項等の詳細につきましては、SACLA Web サイト (SACLA User Information) 上の、SACLA 利用案内 > 利用制度／募集案内 > 現在募集中の利用研究課題の「2019B 期における SACLA 利用研究課題の募集について」(<http://sacla.xfel.jp/?p=1517>) よりご確認ください。

<特記事項>

○成果公開について

過去に SACLA を利用した申請者は、課題申請書に「SACLA を利用して得られた主な成果の発表状況」をご記載ください。特に査読付き論文の実績は、申請課題を審査するうえで重要な情報になりますので、もれなく記載してください。なお、SACLA での実験結果を主とする直接的な利用成果とその他の関連成果が明確に区別できるかたちで記載してください。

なお、SPring-8/SACLA の利用者（成果専有利用を除く）には、課題実施期終了後 3 年以内の成果公開が義務づけられています。

<2019B 期からの新規事項>

○2019B 期から JASRI による海外機関の一般課題（成果非専有利用）消耗品実費支援は、終了いたします。利用に係る料金の詳細につきましては、募集ページの「5. 利用に係る料金」(<http://sacla.xfel.jp/?p=1517#ch5>) をご参照ください。

なお、成果を公表しない成果専有利用のうち、定期的な募集の締切によらず応募・受付される時期指定課題の申請も随時受け付けています ([http://sacla.xfel.jp/?page\\_id=10937](http://sacla.xfel.jp/?page_id=10937))。

申請された時期指定課題は順次迅速に審査されます(ビーム使用料は通常の成果専有利用の5割増しとなります)。

申請にあたり、ご不明な点がございましたら下記までお問い合わせください。

[問い合わせ先] 〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用推進部 共用推進課  
TEL : 0791-58-0961 FAX : 0791-58-0965  
e-mail : [sacla.jasri@spring8.or.jp](mailto:sacla.jasri@spring8.or.jp)

## SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて

SPring-8 利用研究課題審査委員会 委員長

東京大学 大学院新領域創成科学研究科 雨宮 慶幸

### 1. はじめに

平成 29 年 (2017 年) 4 月～31 年 (2019 年) 3 月の 2 年間、SPring-8 利用研究課題審査委員会 (以後、本委員会) の委員長を務め、2017B、2018A、2018B、2019A の 4 期の課題選定を担当しました。以下に、この 2 年を振り返り、感想を簡単に述べたいと思います。

### 2. 本委員会での審査に関して

#### 2-1. 審査方法に関して

SPring-8 の供用が開始されて 20 年が経過し、利用研究課題の審査方法はほぼ確立しており、総じて順調に審査が行われていると感じます。レフェリー審査、分科会審査、本委員会審査の 3 段階で審査が行われています。レフェリー審査は課題あたり 4 名。分科会は、生命科学 3 分科、散乱回折 6 分科、XAFS・蛍光分析分科、分光 2 分科、産業利用分科、重点課題分科、長期利用分科から構成されています。本委員会は各分科の主査および施設側委員から構成されていて、各分科で議論された内容に関する情報を共有すると共に、最終的なビームタイム配分案を決定します。分科とビームラインは一対一に対応していないので、ビームライン毎に責任分科をアサインして、その分科が当該ビームラインに関わる他の分科での評価を含めてビームライン毎の案を纏め、その案をもとに本委員会で議論を行い、最終案として纏める作業を行っています。

上記の 3 段階審査で最も重要な位置を占めるのが第 1 段階のレフェリー審査だと思います。今後、この第 1 段階のレフェリー審査におけるレフェリーに対する設問設定の記述において、多少、改善の余地があるのではないか、と感じましたので、少し述べたいと思います。レフェリーへの設問は、1) 科学技術的妥当性 (絶対評価)、2) SPring-8 の必要性 (絶対評価)、

3) 総合評価 (相対評価) の 3 項目です。

1) 「科学技術的妥当性」は、所謂、研究価値に対する評価になりますが、その評価軸には、科学技術的価値に加えて、学術的価値、社会的価値等の軸があるので、どの評価軸でレフェリーが採点を行ったのかが、分科会委員に適切に伝わる設問設定が望ましいと思います。

2) 「SPring-8 の必要性」は、長時間測定が必須である photon hungry な視点なのか、high-throughput の視点なのか、それとも、光特性 (パルス性、偏光性、エネルギー領域) の視点なのかを区分してレフェリーが評価するような設問設定をすることにより、レフェリーから分科会委員へのメッセージ性がより明確になると思います。特に、レフェリーの点数がばらついた場合や、コメント無しで評価点を記入するレフェリーの評価に対して、分科会での議論がより適切に行われるようになるのでは、と思います。

SPring-8 の利用が多様化する中で、先端計測が必要な研究と裾野の広い汎用的な測定が必要な研究のバランス、長時間測定が必要な研究と high-throughput な測定が必要な研究のバランス、基礎研究と応用研究のバランス等々、SPring-8 の研究成果を最大化する上で、レフェリー審査と分科会審査の間でのより緊密な情報伝達の工夫の余地があると感じます。具体的な改善案の検討が行われることを期待します。

#### 2-2. 重点課題に関して

2019A から 2020B までの 2 年間の予定で、領域指定型重点課題である「先進技術活用による産業応用課題」が始まりました。この課題の主旨は、産業応用を志向するユーザーに対して、利用経験がない測定手法を新たに提供し、先進技術の利活用による高度な課題解決に資することです。これにより、異なる複数の測

定手法を駆使した産業応用研究が活性化されることを期待します。

### 3. おわりに

最近の5年間において、各期あたりの課題申請数は約800課題とほぼ一定の傾向にありますが、内訳を見ると、国内の大学からの課題が減少傾向（約10%減）にあり、海外からの課題が増加傾向にあります。国内の大学からの課題の減少傾向の原因がどこにあるのか、今後検討が必要だと思えます。

SPring-8の課題選定作業は、SPring-8からの研究成果を最大化する上で、重要な役割を担っていて、本委員会の役割は非常に大きいと感じています。科学ジャーナルの学術レベルは、レフェリーのレベルと強い相関があると云われています。同様に、課題選定作業にあたるレフェリーを含めた分科会、及び本委員会のレベルが、SPring-8から創出される研究成果のレベルと相関があると思われます。

レフェリーを始めとする分科会、及び本委員会の委員の皆様のご尽力に感謝すると共に、引き続きのご協力を心からよろしくお願い申し上げます。

雨宮 慶幸 AMEMIYA Yoshiyuki

東京大学 大学院新領域創成科学研究科  
〒277-8561 千葉県柏市柏の葉 5-1-5  
TEL : 04-7136-3750  
e-mail : amemiya@k.u-tokyo.ac.jp

# SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて 分科会主査報告 1

## — 生命科学分科会 —

SPring-8 利用研究課題審査委員会 生命科学分科会主査  
横浜市立大学 大学院生命医科学研究科 佐藤 衛

### 1. はじめに

生命科学分科会は、3つの小分科 (L1、L2、L3) に分かれ、それぞれ、L1: 蛋白質結晶構造解析、L2: 生物試料回折散乱、L3: バイオメディカルイメージング・医学研究一般の課題審査を担当している。

以下の報告は、平成 29 年 4 月から平成 31 年 3 月までの任期 (2017B 期-2019A 期) において、佐藤が L1 小分科を担当し、L2 小分科と L3 小分科はそれぞれ秋山修志先生 (自然科学研究機構 分子科学研究所) と松本健志先生 (徳島大学) に担当をお願いした。

### 2. L1 小分科: 蛋白質結晶構造解析

L1 小分科は、蛋白質および蛋白質複合体の X 線結晶構造解析に関する課題を審査する。しかしながら、近年になり、

- ・国内外の他の放射光施設において、蛋白質および蛋白質複合体の X 線結晶構造解析の自動化が急速に進んだこと
- ・測定対象とする蛋白質の結晶化が困難になり、たとえ結晶が得られたとしてもそれが高分解能の構造解析に適した良質な結晶であるかを早急に評価する必要があること

などから、これまで半年毎に行われる課題審査を経てビームタイムが配分されてきた従来の方式を、2015A 期から課題有効期間を 1 年とし、ビームタイムの配分を年に 4~5 回に分けて決定するという方式に変更した。具体的には、本小分科ではまずレフェリーによる評価点に基づいた配分の優先順位を決定し、その後で年 4~5 回の配分希望調査を行って 5 つの蛋白質結晶構造解析用のビームラインとそのシフト数を決定する。従って、課題申請のときはビームラインを指定しないで、希望ビームラインは「PX-BL」として行うこ

とにしている。このように変更することで、結晶が得られたら直ちに回折強度データの収集ができ、従来の方式だと半年先に確保したビームタイムが直前にキャンセルされることも回避できるようになる。さらに、高速二次元検出器の利用および解析用計算機の充実、共通化された測定制御インターフェースの導入などによって測定の効率が著しく向上したことから、1 シフト (8 時間) でも BL41XU を使って回折強度データの収集を行いたいというユーザーの声も反映させることができる。このように申請および審査方式を変更することによって 2015A 期から 2016B 期にはビームタイムの効率的な運用が可能となり、申請課題数が増加してユーザー全体の研究成果の向上に大きく貢献した。

当該報告は、それを引き継ぐ期間 (2017A 期-2018B 期) の報告になるが、この時期に来ると予想外にも申請課題数の増加傾向が一転して減少傾向になった。この傾向は一過性のものかもしれないが、運用ルール変更後のビームラインの使い方がある程度定まり、より多くのユーザーが共用アンジュレータとピクセルアレイ型検出器が利用できる機会が増え、データ収集の効率化と高速化が図れたことが影響しているかもしれない。また、クライオ EM (低温電子顕微鏡) による蛋白質の構造解析に対して、2017 年にノーベル化学賞が授与されたことも少なからず影響している可能性も指摘されている。この辺は今後継続的にその傾向をしっかりと把握して対応していく必要があるが、その底辺には現在の構造解析の対象となる蛋白質が高等生物由来 (医薬品開発を目指すならばヒト由来) の蛋白質に代表されるように高分解能の X 線結晶構造解析に必要な良質な結晶が得られないものに移行していることも影響していると思われる。同じ

機能を有する蛋白質でも高等生物（ヒトなど）由来の蛋白質は下等生物（バクテリアなど）由来のものに比べて分子の運動性（柔軟性）が大きく、それが高等生物由来の蛋白質に非常に高度に制御された機能を与えているのであるが、この運動性は結晶化には不向きである。しかしながら、インパクトの高い研究成果を出すためにはヒト由来の蛋白質をターゲットにする必要があり、そのために結晶化の必要のないクライオ EM による構造解析に大きな期待が寄せられていると思われる。

医薬品開発を主眼としたものの多くはこのような運動性の大きいヒト由来の蛋白質であるが、それでも良質の結晶が得られるものについてはクライオ EM による構造解析は必要ないが、新たな問題点も浮上してきた。このような医薬品開発を主眼とした申請はわずかに構造の異なる低分子量リガンド（リード化合物）を系統的に合成し、それを蛋白質に結合させてルーチンの構造解析を行うものであるが、このような申請は産業応用的には重要であっても学問的な評価はそれほど高くなく、評価点が低いケースが散見される。このような問題は他の放射光施設でも浮上しており、PF では異なる課題カテゴリーで審査している。ただ、現状は日本医療研究開発機構（AMED）が5年を限度に2017年4月1日に「創薬等ライフサイエンス研究支援基盤事業」の一環として「創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム（BINDS）」を立ち上げ、医薬品開発のルーチ的な構造解析研究も支援しているため、このようなルーチ的な構造解析研究の申請課題はそれほど多くない。しかしながら、ポスト BINDS に向けて検討していく必要があると思われる。

### 3. L2 小分科：生物試料回折散乱

L2 小分科の審査対象は、非結晶状態にある生体関連物質からの小角散乱・回折・反射に関する研究課題である。2017B 期から 2019A 期までの統計としては、申請課題総数が 100 課題、採択課題総数が 79 課題であり、申請・採択ともほぼ例年通りであった。

BL40XU では、高輝度 X 線マイクロビームを用いた生物試料からの X 線回折、X 線 1 分子追跡法による標的 1 分子の動態観察、などを対象とした一定数の課題が申請されており、ビームラインと研究者コミュニ

ニティをまたぐ連携がうまくなされている印象を受けた。BL40B2 および BL45XU では、タンパク質分子の溶液散乱、X 線繊維回折、その他、ドラッグデリバリーシステム、脂質膜、皮膚などを対象とした質の高い研究課題が定常的に集まっている。ゲル濾過クロマトグラフィー連結型 X 線小角散乱に関する課題も増えつつあるようで、測定の高効率化や解析・制御系の高効率化を通じて、更なるユーザー層の拡大が期待される。その他にも、BL09XU および BL19LXU では金属酵素の核共鳴振動分光、BL39XU では生物・有機・無機材料の X 線回折による高速動態解析などが展開されつつある。

Ab initio での溶液構造解析が簡便に実施できるようになったこともあり、タンパク質分子の溶液散乱に関する申請課題が一定数を占める傾向にあったが、近年はやや減少傾向にある。実験室測定系や他施設への移行、溶液散乱以外の計測手法（電子顕微鏡や液中高速 AFM など）への移行などが理由として挙げられるが、それらに加えて、研究対象が単分散状態にある一種類のタンパク質分子から、多数の分子が相互作用する複雑系へシフトしつつある点も影響している。新規ユーザー参入を促すためにも、変化し続ける分野動向や利用者コミュニティを意識しつつ、装置やユーザーサポート体制を更新・強化していくことが必要であるように思われる。

### 4. L3 小分科：バイオメディカルイメージング・医学研究一般

L3 小分科の審査対象は医学・生物学全般である。計測対象はヒトを含めた動物、植物と幅広く、分子、細胞から組織、個体スケールまで多岐にわたる。2017B–2019A 期に申請された課題総数は 112 課題（2017B 期 28 課題、2018A 期 30 課題、2018B 期 27 課題、2019A 期 27 課題）、うち海外施設からの申請は 17 課題、大学院生提案型課題は 9 課題であった。利用希望の多かったビームラインは、BL20B2 (52 課題)、次いで BL28B2 (17 課題)、BL37XU (15 課題)、BL20XU (14 課題) であった。2015B–2017A 期の課題申請は 144 課題で 33 課題の減少であったが、特に BL37XU の利用を希望する課題申請の減少 (16 課題↓) が目立った。

この2年間の申請課題のうち、イメージング/CTを手法とする課題（主にBL20B2/20XU/28B2）は8割近くに上る。その中でも生体の組織や器官の構造・機能解析を目的とする課題が半数以上を占め、これに分子・細胞イメージングをターゲットにした課題、手法の開発に関する課題が続いている。残りの2割程度は、蛍光X線/XAFS分析など、分光分析による生体中の微量元素や成分、タンパク質の検出、動態解析に関する課題（主にBL37XU）である。この傾向は先の2年間とほぼ同様であった。

イメージング/CTでは、位相（屈折）に基づく手法の利用が2割程度まで増加した。従来は重元素標識しなければコントラスト不足で検出が困難であった脳や軟骨、血管など、軟組織の構造解析への応用が広まりつつある。呼吸や心拍動、歩行などに起因する反復的な組織変動の計測では、位相差を利用した4次元CT（空間+時間）も散見する。一方、SPring-8放射光イメージングの特徴（広視野、長時間・高空間分解能）を生かした微小血管や肺気管などのダイナミック・in vivo イメージングの課題も着実に成果を残しているが、この2年間では全課題の1割ほどと低調であった。

近年はラボ用のX線・光イメージング機器が高度化され、解析・評価までもアウトプットする計測装置も出回るようになった。大学・研究機関では機関内部や相互間で高度計測機器の共同利用化が進み、また、民間より低価格な受託解析サービスの提供も始まっている。分光分析を得意とするBL37XUの利用減少にはこうした背景があるかもしれない。本分野の課題申請の減少に歯止めをかけ増加に転じるには、ラボでは到底困難な放射光ならではの尖った計測に加え、ユーザー目線の計測インフラが必要なかもしれない。また、レフェリー評点に基づく課題選定は概ね上手く機能していると思うが、当然ながら一人のレフェリーの厳しい評点に課題の採択は大きく左右される。新規の申請者や大学院生の課題申請については、PRC委員による一本釣りなど、思い切った策を導入し、ユーザーの裾野を拡大するのも一計と考える。

佐藤 衛 SATO Mamoru

横浜市立大学 大学院生命医科学研究科  
〒230-0045 神奈川県横浜市鶴見区末広町 1-7-29  
TEL : 045-508-7225  
e-mail : msato@yokohama-cu.ac.jp

## SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて 分科会主査報告 2 — 散乱回折分科会 —

SPring-8 利用研究課題審査委員会 散乱回折分科会主査  
広島大学 大学院理学研究科 黒岩 芳弘

散乱回折分科会では、放射光 X 線の散乱や回折を利用した研究課題の提案に対して、課題採択とビームタイムの配分を行っている。分科会が扱う研究分野が幅広く、多岐にわたるために、D1 から D6 までの 6 つの小分科を設置し、それぞれの小分科の審査委員により審査を行っている。本報告では、D1：無機系結晶、有機・分子系結晶、D2：高圧物性、地球惑星科学、D3：材料イメージング (CT、トポグラフィ等)、D4：非弾性散乱 (コンプトン散乱、核共鳴散乱、高分解能 X 線散乱)、D5：高分子 (蛋白質を除く)、D6：非晶質 (準結晶、アモルファス、液体等)、低次元系、表面界面構造、ナノ構造、機能性界面・薄膜材料等、ホログラフィーの各小分科を担当した審査員に分科概要を分筆していただいた。

D1 小分科では、無機系結晶や有機・分子系結晶に対して、X 線回折および散乱という手法が広い範囲にわたって応用された構造物性に関わる課題を審査している。係わるビームラインは、BL02B1 単結晶構造解析ビームラインと BL02B2 粉末構造解析ビームラインを中心に、10 以上のビームラインで様々な実験手法が提案されている。無機系結晶に関する申請数は有機・分子系結晶の約 2 倍であり、BL02B1 では有機・分子系結晶に関する申請が多く、BL02B2 ではほとんどが無機系結晶についての申請である。有機なら単結晶ビームライン、無機なら粉末ビームライン、という選択が顕著になっている。類似の試料に対して両方のビームラインに課題申請しているグループがあり、単結晶実験と粉末実験を相補的に利用しようというユーザーが今後増えると予想される。また、外国人、特に中国系のユーザーの申請が増えてきたことが最近の傾向としてある。

BL02B1 での採択の競争率が低い状態が続いている。ピクセルカウンターが導入される前と比べると申請数は増えているが、計測効率が上がり単結晶実験にもかかわらず 3 シフト以下の実験で十分なユーザーが増えたために採択の競争率が低くなっている。低温高圧単結晶実験のような特殊環境下で実験ができるようになれば申請数の増加につながるのではないかという印象を持った。計測効率の向上と関連して、3 シフト未満のビームタイムを無駄なく配分できる実施体制を検討する時期にあるのではないかと思われる。これは、BL02B1 に限ったことではなく、同様に計測効率の向上した BL02B2 にも言えることである。うまくいけば課題申請数の増加に直結すると期待される。その際、非常に多くのビームタイムを使って成果を出そうとする申請と 1 シフト程度のビームタイムでよい申請では 1 本の論文に対するビームタイムの効率が違うので、レフェリーの評価点の違いだけで単純に一律に課題採択のための評価をしていいのかという問題点があると考えられる。

D2 小分科では、高温高圧 (BL04B1) および高圧構造物性 (BL10XU) のビームラインで行われる課題を中心に審査している。申請課題数は多く活発な状況で、全体の 4 割程度が海外からの申請である。しかし、精力的なパートナーユーザーや長期利用課題へのビームタイムの提供のため、一般課題へ供されるビームタイムが制限されており競争は激しい。また、極端条件での実験が汎用的になりつつあるといえるが、一方で新規または挑戦的な課題の数はやや減少している傾向にある。

BL04B1 では大容量高圧プレスを使った高温高圧実験が行われている。国内からの申請課題では、高圧

下の密度測定と超音波速度測定による地球内部物質の弾性定数の決定に関する課題が増加している。この他に高温高圧下 X 線回折実験による状態方程式の決定や、高温高圧下の変形実験などの高圧地球科学の課題が主である。海外からは特定の国に限らず様々な国から課題が申請されている傾向がある。

BL10XU では、ダイヤモンドアンビルセルとレーザー加熱を組み合わせた高温高圧実験、冷凍機を組み合わせた低温高圧実験、さらに、ラマン散乱、放射光メスバウア分光を組み合わせた複合測定が可能で、高圧力下での多重環境下の複合測定を行えるユニークなビームラインとなっている。BL10XU では、海外からの申請が増加しており、2019A 期では特に北京高圧科学研究中心 HPSTAR からの申請数が激増した。一方で国内からの申請数は減少傾向にあり、新規の申請数は 2 件に留まった。

高圧を中心とした極端条件で様々な先進的な計測が可能になってきた一方で、新規の課題や独創的・挑戦的な課題を開拓していくためのサポートやエンカレッジができるような審査方法を検討する時期に来ていると感じられる。

D3 小分科では、トポグラフィー (BL28B2)、投影イメージング・CT (課題によっては+位相コントラスト)、結像顕微鏡 (課題によっては+CT)、マイクロビーム分析などによる X 線イメージング (BL20B2・BL20XU・BL47XU) の課題が主であり、これらのイメージング法の高度化を意図した X 線光学系の開発課題の申請もある。概ね視野の大きさ and/or 空間分解能で、BL20B2 (大視野) と BL20XU・BL47XU (高空間分解能) の棲み分けがなされている。BL47XU は硬 X 線光電子分光 (HAXPES) と共用であり、以前は競争率が高かったが、2017B-2019A 期においては随分と減った。

D3 小分科に限れば、申請数は増加傾向で推移した後 2016B 期以降は落ち着いている。BL20B2 と BL20XU では概ねユーザーが固定化していることと強くリンクしていると思われる。新規ユーザーもいるが、試料を置くだけで測れるという試料オリエンティッドの課題が多い。BL20XU は常時競争率が高く、申請書の質そのものが採否にとって重要であると言え

る。BL28B2 では白色・ピンクビーム、100 keV を越える高エネルギーを用いる、大強度・高い透過力が必要とされる課題が増えている。白色・ピンクビームの利用は、X 線イメージング分野に圧縮センシングなど数理科学的アプローチを導入する潮流とリンクしている。

SACLA ではできない、偏向電磁石ではフラックスが不足する高位置分解能非破壊分析の受け皿として、BL20XU の存在意義は大きい。競争力を維持するためには、新しい手法の開発など施設主導の強化策を講ずる必要があるのではないだろうか。

化石、古生物、文化財など社会・文化利用課題で育ったテーマが顕在化しつつあり、JASRI の取り組みの成果と言えよう。宇宙関係課題は評価が高く、社会への SPring-8 のアピールに繋げて欲しい。レフェリーコメントで、「実験室でも可能」との指摘が相変わらず散見される。「SPring-8 の必要性」を定量的に記述させるべきではないかと思う。

D4 小分科では、非弾性散乱をキーワードとする課題を審査している。関係するビームラインは、BL08W、BL09XU、BL35XU などであった。それぞれコンプトン散乱法、核共鳴散乱法、高分解能非弾性 X 線散乱法をベースとするビームライン群である。高エネルギー X 線を必要とするコンプトン散乱法の BL08W は世界的にみても特徴のあるビームラインであり、海外からの申請が半数を占めている。強相関物質群の電子軌道状態や、極端条件下での物質電子状態研究といった基礎科学から、実蓄電デバイスの operando イメージングなどの応用分野への展開も進みつつある。BL09XU が展開している核共鳴散乱法も第三世代放射光源によって発展してきた手法であるが、近年、磁性材料から生物試料に至る幅の広い応用研究が展開されてきている。2018 年度から生物応用の長期利用課題が 2 件採択され、HAXPES の実験もビームラインとして受け入れているため、競争が激しい状況であった。BL35XU が展開する高分解能非弾性 X 線散乱法も第三世代放射光源によって発展してきた手法である。超伝導物質群をはじめとする強相関電子系物質群、液体・ランダム系の格子振動観測、そして地球科学で代表される高圧下での物質群を中心に基礎科学分野で

広い応用研究が展開されている。ここ数年の継続的な国内外からの新規ユーザーによる申請により、ユーザー動向が変化しつつある。

D5 小分科では、これまでと同様に高分子溶液構造、高分子固体構造、集合体構造（会合体、ミセルなど）のテーマが大部分を占めている。表面・界面に関する実験、マイクロビームの実験、短波長 X 線を利用したアモルファス構造解析実験、異常小角 X 線散乱実験も数は多くなかったが提案されていた。ビームラインとしては、BL40B2、BL40XU、BL45XU の利用がほとんどであり、小角散乱実験が多いが、広角散乱を併用することもすでに当たり前になってきている。申請全体として見た場合には、内容的にチャレンジングな課題が少なく、一応の成果が期待できるものが多かった。ユーザーがビームラインの使い方を習熟して成果が出る実験をこなすようになったためと思われるが、一方では、SPring-8 ならではの挑戦的なテーマが出てくることを期待する。2019A 期では、D5 小分科ではあまり見られなかった蜘蛛の糸や生分解性ポリエステル構造、食品科学などの申請が目についたが、これは理研の小角・広角散乱ビームライン (BL45XU) がタンパク結晶構造解析専用の共用ビームラインになったためではないかと推察された。

D6 小分科では、非周期系（液体、アモルファス等）と、不均一系（表面界面構造、薄膜、ナノ構造等）に関する課題を審査している。前者は BL04B2、後者は BL13XU が主に使われるビームラインであるが、非周期系・不均一系が幅広い測定対象にわたることを反映して、BL40B2 における小角散乱をはじめ、さまざまなビームラインを用いる申請が含まれる。さらに、科研費・新学術領域「3D 活性サイト科学」の平成 26 年度採択にともなって急速に増加した蛍光 X 線ホログラフィー、表面界面ホログラフィー、光電子ホログラフィーの課題は、本分科でまとめて審査することになっている。全体的に、申請課題の傾向に大きな変化は見られなかった。BL13XU においては、表面回折、異常分散回折、蛍光 X 線ホログラフィー、マイクロ回折など、多種多様な測定手法が並立する状況が続いている。各分野の課題数は、申請段階ではばらついている

が、基本的にレフェリー評価点に基づく採択結果は、分野間でバランスのとれたものになることが多かった。表面回折の課題は、申請数は少ないものの、採択率は概して高い傾向があった。課題採択率に関連して議論になったのは、短期的な要因による非常に大きな変動が見られることである。たとえば、BL04B2 では、新型検出器の導入など測定が高度化された結果、測定効率が向上し、1 課題あたりの必要シフト数が減少したことにより、競争率が一時期かなり低い水準となったが、1 年程度で元の競争率に復帰した。BL13XU では、BL37XU、BL39XU とともに、蛍光 X 線ホログラフィーの課題が多数応募されることによって、著しく競争率が上昇した。このような課題採択率の短期的な変動は、いわゆるボーダーライン付近の課題採択に与える影響が大きい。特に、将来のパラダイム革新につながりうる萌芽的な課題は、レフェリーや分科委員間でも評価が分かれることが予想され、行き過ぎた競争率の上昇は、これら「本質的」かもしれない課題を誤って不採択にしてしまうことにつながるのではないかと危惧する意見があった。

分筆いただいた、D2 小分科の清水克哉先生（大阪大学）、D3 小分科の籠島靖先生（兵庫県立大学）、D4 小分科の櫻井浩先生（群馬大学）、D5 小分科の金谷利治先生（高エネルギー加速器研究機構）、D6 小分科の高橋正光先生（量子科学技術研究開発機構）の各先生方に感謝いたします。なお、黒岩が D1 小分科を分筆し、全体をとりまとめました。最後に、他の小分科会委員やレフェリーの方々、そして JASRI の関係者に深く感謝いたします。

黒岩 芳弘 KUROIWA Yoshihiro

広島大学 大学院理学研究科  
〒739-8526 広島県東広島市鏡山 1-3-1  
TEL : 082-424-7397  
e-mail : kuroiwa@sci.hiroshima-u.ac.jp

## SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて 分科会主査報告 3 —XAFS・蛍光分析分科会—

SPring-8 利用研究課題審査委員会 XAFS・蛍光分析分科会主査

公益財団法人佐賀県地域産業支援センター 九州シンクロトロン光研究センター  
岡島 敏浩

平成 29～30 年度 (2017B～2019A 期) の XAFS・蛍光分析分科会主査を仰せつかり、この期間微力ながら今井英人先生 (日産アーク)、鈴木基寛先生 (JASRI) と共に務めさせていただきました。本分科会が関係するビームラインは、従来からの 6 本のビームラインに加え、この期間中に顕微蛍光 X 線分析や X 線顕微分光を行うビームライン BL05XU (課題募集当初は BL05SS という名称であったかと記憶しています) が新たに加わり、7 本のビームラインにまたがる課題の審査を行いました。ビームライン毎の採択率はビームラインによって大きく異なり、汎用的な XAFS 測定を行うビームラインでは比較的高く、多くの有用な課題を拾い上げられたと思います。一方、顕微分光や軟 X 線分光のビームラインでは半分程度の課題しか採択することができませんでした。これは、顕微分光や軟 X 線分光の実験では光学調整などの実験準備に時間を要し、また最近では in-situ 測定や operand 測定などの測定試料の環境を制御しながらの測定など、実験の特性に係わることもあるかと思えます。その分、実験の意義や目的、目的を達成するための手段や手順などをレフェリーに分かり易く、かつ助長でない読み易い申請書の作成がより求められます。

分科会の議論の中で一番頭を悩ませたのが採否のボーダーライン上にある課題のうち、どの課題を採択し、どの課題を採択しないか、といった判断です。判断の基準には、各分科会のレフェリーの先生方の評価やコメントを参考にさせていただくのですが、ボーダーライン上の課題に限って評価が大きく分かれ、また、レフェリーコメントの記載がない課題も少なからずあり、分科会での議論に時間を要しました。レフェリーの先生方も忙しい通常の業務の時間を割いて審査

をしていただいております、無理も言えないのですが、将来ご自身が委員になる可能性もあることを考慮していただき、可能な限りコメントの記載に協力をいただければと思います。利用研究課題審査委員会 (PRC) では、レフェリーや委員の負担を如何に減らし、かつ有用な課題を採択するための方策や「本質的な課題の見極め」についての議論が相当な時間をかけて行われました。このような議論を続けていくことにより、より良い課題選定の方針が定められていくものと期待しています。

つい先日、NSLS-II を訪問する機会がありました。NSLS-II は誰もが知っているアメリカを代表する放射光施設です。そこでは先端的なビームラインや計測装置を見学させていただいたのですが、案内していただいた研究員に、「アメリカは 4 つの放射光施設に集中して先端的な研究を行っているのに、なぜ日本には先端的ではない多くの放射光施設を作るのか？」といった質問を受けました。SPring-8 は誰もが認める世界最先端の放射光施設です。一方、報告者が所属する SAGA-LS はここを利用する利用者にとってなくてはならない施設です。そしてそれぞれの施設で設置目的や目標が異なります。SPring-8 は常に世界最先端の放射光施設として、ハード面だけでなく課題選定などのソフト面での役割も果たしていくことを期待します。

岡島 敏浩 OKAJIMA Toshihiro

(公財) 佐賀県地域産業支援センター  
九州シンクロトロン光研究センター  
〒841-0005 佐賀県鳥栖市弥生が丘 8-7  
TEL : 0942-83-5017  
e-mail : okajima@saga-ls.jp

## SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて 分科会主査報告 4 — 分光分科会 —

SPring-8 利用研究課題審査委員会 分光分科会主査  
早稲田大学 先進理工学部 溝川 貴司

平成 29 および 30 年度の SPring-8 利用研究課題審査委員会 (PRC) におきまして、分光分科会の S3 の主査を務めさせていただきました。任期中には 2017B、2018A、2018B、2019A の各期に S1 と S3 の合同で分科会が開催され、一般課題のシフト配分の作業に従事いたしました。S1 は光電子分光物性、赤外物性、光化学、S3 は磁気円二色性 (MCD) という分類になっておりますが、特に軟 X 線ビームラインでは光電子分光と MCD の課題が混在しますので、S1 と S3 が合同で作業することは必須です。分光分科会では S1 分科主査の横谷尚睦先生 (岡山大学)、委員の関山明先生 (大阪大学)、松田巖先生 (東京大学物性研究所)、為則雄祐先生 (JASRI)、池本夕佳先生 (JASRI) には大変お世話になりまして、この場をお借りして深く御礼申し上げます。また、各分科会での議論を受けて、全ての分科の主査が集って開催される PRC では、他分科の課題申請の動向や問題点について拝聴することができて大変勉強になりました。

分光分科では、硬 X 線光電子分光の申請課題に対して配分可能なシフト数が大幅に不足する状況が慢性的に続いております。また、軟 X 線領域では、スピン物性・トポロジカル物性研究の隆盛によって角度分解光電子分光および XMCD の課題数が増加しており、BL25SU のビームタイム獲得競争が激化しています。さらに 2019A 期では、BL43IR の赤外分光でも優れた課題にビームタイムが配分できないという状況でした。競争が激しすぎる場合、採択されれば着実な研究成果が期待できる平均的な課題が排除されてしまい、論文数の減少につながる恐れがあります。一方で、激しい競争下でも採択され得る挑戦的な課題は、必ずしも成果が論文の形で発表されるに至らない場合もあるのではないかと思います。

最先端の放射光を駆使した研究によって革新的な

材料が開発され、環境問題の解決や経済発展に寄与することになれば、目に見える素晴らしい成果となります。一方で、すぐには目に見えないのですが、放射光施設の教育面での役割も大変重要です。研究者を目指す大学院生にとっての教育効果のみならず、研究者を目指しているわけではない学部生や大学院生にとりましても、シフトを組んで共同で測定を進め、計画通りに進まない場合にはチームで議論して善後策を探るといった経験は貴重ですし、成長する糧になります。しかも、実験室では不可能な高度な計測を行って卒論や修論を書く機会が得られるわけです。教育機関である大学に籍を置く教員にとって、学生と共に放射光施設で実験を行う機会は大変貴重です。

高度化したビームラインを整備する一方で、標準的な測定のための汎用的なビームラインも維持していただければ、過度な競争を緩和しながら住み分けができるのではないかと感じております。例えば、硬 X 線光電子分光であれば、エネルギー可変で位置分解測定を備えた高度なビームラインに加えて標準的なビームラインが並行して稼働していれば、着実な課題や教育的効果もある課題を後者で吸収できないかと思う次第です。様々な課題はあるのですが、具体的な解決策を提言することができないまま、2 年間で過ぎてしまいました。最後に、お忙しいところ課題の評点をつけてくださったレフェリーの先生方、膨大なデータを整理して分かり易い資料をご準備くださった利用推進部のスタッフの皆様へ深く感謝申し上げます。

溝川 貴司 MIZOKAWA Takashi

早稲田大学 先進理工学部  
〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1  
TEL : 03-5286-3230  
e-mail : mizokawa@waseda.jp

## SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて 分科会主査報告 5 — 産業利用分科会 —

SPring-8 利用研究課題審査委員会 産業利用分科会主査

公益財団法人科学技術交流財団 あいちシンクロトロン光センター  
渡辺 義夫

SPring-8 利用研究課題審査委員会産業利用分科会は、2017A 第 2 期から 2019A 第 1 期までの 2 年間、主査：渡辺義夫、委員：木村正雄、妹尾与志木、鈴木淳市、佐野則道の 5 名により産業利用分野の研究課題審査を行いました。以下に、当分科会の活動経過とその活動の中で気付いた事項を報告します。

当分科会では、成果非専有を前提とする産業利用分野の「一般課題」、「大学院生提案型課題」、さらに領域指定型の重点研究課題の審査を行いました。まず始めに、この期間中に 2 つの大きな動きがあったことを報告します。1 つは、2018A 期からは産業利用に特化した 3 本のビームライン BL14B2、BL19B2 及び BL46XU については、A 期、B 期共に、それぞれの期毎に 2 回の課題募集から 3 回の課題募集になりました。産業界の利用者の主な利用形態が、成果非専有課題から、申請から実施までの期間が短い測定代行課題や成果専有時期指定課題へと移行していること、また、放射光の適時の利用への要望が強まっていることから、3 回/期に踏み切ったと聞いています。その一方で、2017A 期、2017B 期それぞれ第 2 期の課題募集後に、2017A 期では BL14B2 と BL19B2、2017B 期では 3 本のビームライン BL14B2、BL19B2 及び BL46XU でそれぞれ追加募集をしています。即ち、ほぼ実質的に 2017A 期から 3 回/期の課題募集をしていたこととなります。この 1 つの要因として、民間企業に所属する実験責任者の課題の応募件数が年々減少していることが考えられます(最後に再度指摘)。このような現実から、課題申請から実験実施までの期間短縮と多くの利用機会を提供する 3 回/期の課題募集形態は開始されたばかりですが、産業界の利用者にマッチした利用制度を常に模索する努力は今後も必

要であると思います。もう 1 つは、領域指定型の重点研究課題についてですが、「産業新分野支援課題」が 2017B 第 2 期で終了となり、2018A 第 1 期からは、「放射光施設横断産業利用課題」の募集になりました。既に、当分科会の前任主査が分科会主査報告において、「産業新分野支援課題」については、新分野が形成され、「一般課題」の募集分野への移行が進んでいることを指摘しています。また、「放射光施設横断産業利用課題」については、産業界の利用を目指した放射光施設が国内に複数設置され、産業界による放射光利用機会も大きく拡大・普及したことから、それぞれの施設の性能や利用制度の特徴を活かした放射光利用実験によって得られる利用成果の深化・拡大を目的として、その課題募集が始まりました。新設の本課題募集への応募件数が振るわないことから、現状では利用者への理解度・認知度共にそれほど高くないと思われます。産業界の利用成果を最大化する上で極めて有効な施策であると期待されるため、放射光施設連携を推進する光ビームプラットフォームを始めとしたチャンネルを利用するなど、まずは幅広く広報活動を行う必要があると思います。

その他の動きとして、2017A 第 1 期からの変更として、領域指定型の重点研究課題である「産業新分野支援課題」の申請要件に、産業利用分野の「一般課題」と同様、「実験責任者または共同実験者に、民間企業または産業界に準ずる機関等に所属する者を含む」という要件が加わりました。勿論、2018A 第 1 期から開始の領域指定型の重点研究課題である「放射光施設横断産業利用課題」の募集についても上記の要件は当てはまります。また、BL19B2 の配分ビームタイムの変更について、ビームタイムの 5% を測定代行枠として

運用（試行）することになりました。即ち、BL19B2では、公募するビームタイムは80%から75%に縮小されることになりました。この2つの変更については、先に報告した3回/期の課題募集との絡みで課題応募への影響がどの程度あるかなど、その推移を注視する必要があります。

最後に、上述したことでもありますが、民間企業に所属する実験責任者の課題の応募件数に関して、少し述べたいと思います。現状、3回/年の課題募集をしている産業利用に特化した3本のビームラインでは、民間企業に所属する実験責任者の課題数の割合が低迷し、3割前後で推移しています。産業界からの応募数を増やす施策を模索する必要があるかどうかは、当分科会の範疇外である測定代行を含めた成果専有課題の実験責任者も調査して、初めて議論できる事項であると思います。是非、そのような調査・分析をJASRIで進めていただき、産業利用に特化した3本のビームラインの今後の利用制度や高度化について、JASRI内外を問わず議論されることを期待したいと思います。

この2年間、課題審査にご尽力いただきました審査委員並びにご支援をいただきました産業利用推進室及び利用推進部のスタッフの皆様に心より感謝申し上げます。

渡辺 義夫 WATANABE Yoshio

(公財)科学技術交流財団 あいちシンクロトロン光センター  
〒489-0965 愛知県瀬戸市南山口町 250-3  
TEL : 0561-76-8344  
e-mail : watanabe@astf.or.jp

# SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて 分科会主査報告 6 — 社会・文化利用分科会 —

SPring-8 利用研究課題審査委員会 社会・文化利用分科会主査  
公益財団法人特殊無機材料研究所 鈴木 謙爾

社会・文化利用分科会は 2015A 期から 2018B 期まで 8 期にわたり領域指定型重点領域に指定されましたが、今回は後半の 3 期(2017B 期、2018A 期、2018B 期) の課題審査について報告します。

### 1. 申請課題数と採択課題数

下表に示しますように、申請課題数も採択課題数も一定していますが、前半の 5 期に比して約 20%落ち込んでいます。しかし、表中の ( ) に示す一般課題として採択された課題数はむしろ増加しています。

期	申請課題数	採択課題数
2017B	17	17 (4)
2018A	17	17 (2)
2018B	18	18 (3)

### 2. 分野、測定手法、ビームライン

申請課題の分野とその比率は凡そ下記のように大別されます。

- ・歴史的人工物としての文化財（絵画、刀剣、佛像、土器、陶器、ガラス、古代鉄、・・・）：70%
- ・社会生活に関連が深い分野（健康、安全、環境、福島原発放射能汚染、・・・）：10%
- ・自然造形物（生命進化、古生物化石、骨、古代米、・・・）：20%

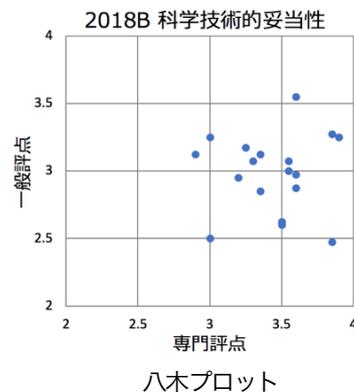
希望の測定手法の主なもの CT、XRF、XAFS、XRD 等であり、使用されたビームラインは BL01B1、BL02B2、BL08W、BL20B2、BL20XU、BL27SU、BL28B2、BL37XU、BL43IR、BL47XU です。

### 3. 審査の問題点

一般課題審査における平均評価点は年々着実に向上していますが、最終の 2018B 期においても一般課題として採択レベルに達している課題はようやく 50%であり、少なくとも 70~80%に上がるまでは重点領域指定の継続が望まれます。

一般課題レフェリー審査においてしばしば低い評点が付けられる理由の一つに、文化財を測定する価値は認めるが緊急性を要しないので、ビームタイムの余裕があるときに採択すればよいという考え方があります。

2018B 期の専門分野レフェリーと一般課題レフェリーによる科学技術的妥当性の評価点の相関を調べた八木プロットから、両者の評価には殆ど相関が無く、かつ一般評価点が専門評価点よりも 4.0 満点で凡そ 0.5 低い傾向が読み取れます。現状の専門分野レフェリーと一般課題レフェリーの 2 本立て審査が果たして合理的に機能しているか否かは注意深く検討する必要があります。



### 4. コメント

申請書の記述不備、一部ユーザーの固定化、成果の国際的発信の不足等々の問題点が顕在化しているので、可能なところから有効かつ速やかな改善策を講ずることが必要でしょう。

鈴木 謙爾 SUZUKI Kenji

(公財) 特殊無機材料研究所  
東北大学 名誉教授  
〒982-0252 仙台市太白区茂庭台 2-6-8  
TEL : 022-281-0572  
e-mail : k.suzuki@aims.or.jp

## SPring-8 利用研究課題審査委員会を終えて 分科会主査報告 7 — 長期利用分科会 —

SPring-8 利用研究課題審査委員会 長期利用分科会主査  
関西学院大学 理工学部 藤原 明比古

2017、2018 年度の 2 年間にわたり、長期利用分科会の主査を担当しました。本分科会での審査の概要を報告いたします。

長期利用課題は、現在、4 期 2 年間有効の課題です。一般課題よりも課題期間が長いので、一般課題の審査基準に加えて、

- (1) 長期の研究目標、研究計画が明確に定められていること。
- (2) SPring-8 を長期的、計画的に利用することによって、以下のいずれかが期待できること。
  - 1) 科学技術分野において傑出した成果
  - 2) 新しい研究領域および研究手法の開拓
  - 3) 産業基盤技術の著しい向上

の 2 つの点が審査で考慮されます。申請課題の審査は、書類審査と面接審査の 2 段階で行われ、採択された課題は実施後に事後評価を行っています。

本分科会は、今期、施設外委員 7 名と施設内委員 4 名の全 11 名の委員からなり、課題選定の書類審査、面接審査と実施課題の事後評価に加え、実施中課題のビームタイム (BT) 配分を担当しました。

本分科会の担当項目はいずれも重要ですが、課題採択は、SPring-8 の目玉となる成果創出にかかわる案件であるうえ、長期間 (2 年間) にわたり一定の BT を配分することから、一般課題へ提供できる BT にも影響するため、特に慎重な議論が必要な案件です。SPring-8 の利用状況を見ると、近年、利用ニーズが一層増加し、また、計測手法の発展や新手法の開発も進み、多くのビームライン (BL) で BT の逼迫が顕在化してきております。このため、本分科会では、今期、それぞれの BL の状況を踏まえたうえで、長期利用課題の必要性のみならず、質の高い一般課題への BT 確保も考慮して、慎重に課題採択について検討しました。

採択された課題に対する BT 配分に関しては、長期的、計画的に実施されている課題であることから、計画に変更が起らないよう、できる限り申請 BT を尊重して配分しました。その議論を経て、今期 2 年間で採択した長期利用課題と利用 BL は以下の通りです。

### [2018A 期採択課題]

脇原 徹 課題	BL04B2
清水 克哉 課題	BL10XU
Hooper Stuart 課題	BL20B2
高橋 嘉夫 課題	BL37XU、BL01B1
藤田 誠 課題	BL38B1、BL41XU
文 石洙 課題	BL40XU
豊島 近 課題	BL41XU
濡木 理 課題	BL41XU

### [2019A 期採択課題]

西堀 英治 課題	BL02B1
土山 明 課題	BL20XU、BL47XU
高橋 幸生 課題	BL27SU

課題実施後の研究成果と事後評価に関しては、それぞれ、課題責任者による報告と本分科会による事後評価報告が SPring-8/SACLA 利用者情報に掲載されているので、詳細はそれらを参照していただきたいと思っております。全般的には、長期的、計画的に BT を活用することによってはじめて得られる成果が達成されていきました。ただし、課題によっては、研究の時間スケールと課題期間の時間スケールの違いから、成果発表が十分ではないと評価されたものもありました。長期利用課題には、科学技術分野において傑出した成果、新しい研究領域および研究手法の開拓、産業基盤技術

の著しい向上が求められていますので、インパクトのある成果発表と情報発信を期待します。

今期の2年間は、課題期間が3年から2年間へ短縮されたり、募集時期が年2回から年1回に減ったりした影響が出てくる期間となり、課題審査が集中し、一度に多くの課題を審査する必要がありました。このような状況で、申請課題に対する書類審査と面接審査、BT 配分から事後評価まで、長期利用課題のあるべき姿と SPring-8 における BT 配分に対する位置づけを踏まえて慎重に議論していただいた10名の委員に感謝いたします。また、委員会の議事がスムーズに進むように万全の事前準備をしていただいた事務局に感謝いたします。

藤原 明比古 FUJIWARA Akihiko

関西学院大学 理工学部  
〒669-1337 兵庫県三田市学園2丁目1番地  
TEL : 079-565-9752  
e-mail : akihiko.fujiwara@kwansei.ac.jp

## 第43回(2019A)SPring-8利用研究課題の採択について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用推進部

公益財団法人高輝度光科学研究センター(JASRI)では、SPring-8利用研究課題審査委員会(PCR)においてSPring-8の利用研究課題を審査した結果を受け、SPring-8選定委員会の意見を聴き、以下のように第43回共同利用期間(2019年4月1日~7月30日(放射光利用279シフト、1シフト=8時間))における利用研究課題を採択しました。ただし、産業利用I、IIおよびIIIビームライン(BL19B2、BL14B2およびBL46XU)は2019Aを3期に分けて募集しており、これらのビームラインについては第1期の2019年4月1日~5月31日(132シフト)における課題を採択しました。表1に利用研究課題公募履歴を示します。

### 1. 募集、審査および採択の日程

#### 【募集案内公開と応募締切】

- 2018年10月29日SPring-8ホームページで主要課題の募集案内公開  
(利用者情報2018年11月号に募集案内記事を掲載)
- 11月22日成果公開優先利用課題、長期利用課題応募締切
- 12月6日一般課題、大学院生提案型課題および領域指定型重点研究課題(放射光施設横断産業利用課題および先進技術活用による産業応用課題)応募締切

#### 【課題審査、選定、採択および通知】

- 12月13日、14日  
長期利用分科会による課題審査
- 2019年1月16日~29日  
各分科会による課題審査(長期利用以外)
- 1月30日SPring-8利用研究課題審査委員会(PCR)による課題審査
- 2月7日SPring-8選定委員会の意見を聴取
- 2月7日JASRIとして採択決定し、応募者に審査結果を通知

### 2. 応募および採択状況

2019A期の特記事項は下記の通りです。

#### ○「先進技術活用による産業応用課題」の設定

SPring-8における産業利用は、様々な産業分野に普及するとともに、利用方法も一般課題による利用から測定代行を始めとした有償利用へと展開されており、産業界において重要な測定・分析手段として定着した。一方で、産業利用ニーズにおける技術

的課題の中には、より高度な内容も含まれており、それらの課題解決のためには、SPring-8の各ビームラインが有する特徴的且つ先進的な測定技術の利活用が有益である。そこで、産業応用を志向するユーザーに対して、利用経験が無い測定手法を新たに提供し、先進技術の利活用による高度な課題解決に資することを目的として、2019A期より領域指定型重点研究課題として、「先進技術活用による産業応用課題」を設定した。

#### ○BL45XUの共用PX-BL化について

近年、創薬研究を中心に、膜タンパク質やタンパク質複合体など微量結晶サンプルへの解析要求が急速な高まりを見せる中、SPring-8では微量結晶構造解析へのビームタイム要求に対して十分に 대응することが出来ない状況にあったが、理研構造生物学Iビームライン(BL45XU・小角散乱/中角散乱)をタンパク微量結晶構造解析用ビームライン(PX-BL)として高度化改修し、共用ビームライン(構造生物学III)として整備することとした。

2019Aの新規応募課題数は822、採択課題数は562でした(パートナーユーザーが行う課題および既に採択されている長期利用課題の2期目以降の課題等を除く)。表2に2019A期の利用研究課題の課題種別の応募課題数および採択課題数と採択率(%)を示します。2-1に決定課題種別の統計を示します(重点課題として応募された課題のうち一般課題として採択された課題の課題種は一般課題として整理)。2-2に放射光施設横断産業利用課題および先進技術活用による産業応用課題の応募数と採択数を示します。また、表3に成果非専有課題としての科学技術的妥当性の審査対象となる課題(成果非専有一般課題、大学院生提案型課題、放射光施設横断産業利用課題、先進技術活用による産業応用課題および長期利用課題)への応募

767 件について、ビームラインごとの応募課題数、採択課題数、採択率および配分シフト数、並びに採択された課題の 1 課題あたりの平均配分シフト数を示します。表 4 には全応募 822 課題について、申請者の所属機関分類と課題の研究分野分類の統計を示します。このうち、所属機関および研究分野について全体に対する割合をそれぞれ図 1 および図 2 に示します。SPring-8 と SACLA、J-PARC の MLF、または「京」と連携して利用する課題として、SPring-8 には 4 件の応募があり、うち 4 件が採択されました。なお本記事の統計には、産業利用ビームラインの第 2 期および第 3 期分、並びに期中に随時募集する成果専有時期指

定課題（測定代行課題含む）等は含まれていません。

### 3. 採択課題

2019A 期の採択課題の一覧は、SPring-8 ホームページに掲載しています。以下をご覧ください。

ホーム > 利用案内 > 研究課題 > 採択・実施課題一覧  
<http://www.spring8.or.jp/ja/users/proposals/list/>

なお、2019A 期に新規で採択された長期利用課題、また、新規で指定または指定期間が延長されたパートナーユーザー（か行う課題を含む）の紹介を本誌に掲載しています。

表 1 利用研究課題 公募履歴

利用期	利用期間	ユーザー 利用シフト*	応募締切日**	応募課題数	採択課題数
第 1 回：1997B	1997 年 10 月-1998 年 03 月	168	1997 年 01 月 10 日	198	134
第 2 回：1998A	1998 年 04 月-1998 年 10 月	204	1998 年 01 月 06 日	305	229
第 3 回：1999A	1998 年 11 月-1999 年 06 月	250	1998 年 07 月 12 日	392	258
第 4 回：1999B	1999 年 09 月-1999 年 12 月	140	1999 年 06 月 19 日	431	246
第 5 回：2000A	2000 年 02 月-2000 年 06 月	204	1999 年 10 月 16 日	424	326
第 6 回：2000B	2000 年 10 月-2001 年 01 月	156	2000 年 06 月 17 日	582	380
第 7 回：2001A	2001 年 02 月-2001 年 06 月	238	2000 年 10 月 21 日	502	409
第 8 回：2001B	2001 年 09 月-2002 年 02 月	190	2001 年 05 月 26 日	619	457
第 9 回：2002A	2002 年 02 月-2002 年 07 月	226	2001 年 10 月 27 日	643	520
第 10 回：2002B	2002 年 09 月-2003 年 02 月	190	2002 年 06 月 03 日	751	472
第 11 回：2003A	2003 年 02 月-2003 年 07 月	228	2002 年 10 月 28 日	733	563
第 12 回：2003B	2003 年 09 月-2004 年 02 月	202	2003 年 06 月 16 日	938	621
第 13 回：2004A	2004 年 02 月-2004 年 07 月	211	2003 年 11 月 04 日	772	595
第 14 回：2004B	2004 年 09 月-2004 年 12 月	203	2004 年 06 月 09 日	886	562
第 15 回：2005A	2005 年 04 月-2005 年 08 月	188	2005 年 01 月 05 日	878	547
第 16 回：2005B	2005 年 09 月-2005 年 12 月	182	2005 年 06 月 07 日	973	624
第 17 回：2006A	2006 年 03 月-2006 年 07 月	220	2005 年 11 月 15 日	916	699
第 18 回：2006B	2006 年 09 月-2006 年 12 月	159	2006 年 05 月 25 日	867	555
第 19 回：2007A	2007 年 03 月-2007 年 07 月	246	2006 年 11 月 16 日	1099	761
第 20 回：2007B	2007 年 09 月-2008 年 02 月	216	2007 年 06 月 07 日	1007	721
第 21 回：2008A	2008 年 04 月-2008 年 07 月	225	2007 年 12 月 13 日	1009	749
第 22 回：2008B	2008 年 10 月-2009 年 03 月	189	2008 年 06 月 26 日	1163	659
第 23 回：2009A	2009 年 04 月-2009 年 07 月	195	2008 年 12 月 11 日	979	654
第 24 回：2009B	2009 年 10 月-2010 年 02 月	210	2009 年 06 月 25 日	1076	709
第 25 回：2010A	2010 年 04 月-2010 年 07 月	201	2009 年 12 月 17 日	919	665
第 26 回：2010B	2010 年 10 月-2011 年 02 月	210	2010 年 07 月 01 日	1022	728
第 27 回：2011A	2011 年 04 月-2011 年 07 月	215	2010 年 12 月 09 日	1024	731
第 28 回：2011B	2011 年 10 月-2012 年 02 月	195	2011 年 06 月 30 日	1077	724
第 29 回：2012A	2012 年 04 月-2012 年 07 月	201	2011 年 12 月 08 日	816	621
第 30 回：2012B	2012 年 10 月-2013 年 02 月	222	2012 年 06 月 28 日	965	757
第 31 回：2013A	2013 年 04 月-2013 年 07 月	186	2012 年 12 月 13 日	880	609
第 32 回：2013B	2013 年 10 月-2013 年 12 月	159	2013 年 06 月 20 日	905	594
第 33 回：2014A	2014 年 04 月-2014 年 07 月	177	2013 年 12 月 12 日	874	606
第 34 回：2014B	2014 年 10 月-2015 年 02 月	230	2014 年 06 月 19 日	1030	848
第 35 回：2015A	2015 年 04 月-2015 年 07 月	207	2014 年 12 月 11 日	1030	685
第 36 回：2015B	2015 年 09 月-2015 年 12 月	198	2015 年 06 月 11 日	974	632
第 37 回：2016A	2016 年 04 月-2016 年 07 月	216	2015 年 12 月 10 日	907	699
第 38 回：2016B	2016 年 09 月-2016 年 12 月	198	2016 年 06 月 02 日	977	637
第 39 回：2017A	2017 年 04 月-2017 年 07 月	210	2016 年 12 月 08 日	947	678
第 40 回：2017B	2017 年 10 月-2018 年 02 月	240	2017 年 06 月 08 日	1000	761
第 41 回：2018A	2018 年 04 月-2018 年 08 月	228	2017 年 12 月 07 日	931	719
第 42 回：2018B	2018 年 10 月-2019 年 02 月	234	2018 年 06 月 07 日	982	744
第 43 回：2019A	2019 年 04 月-2019 年 07 月	222	2018 年 12 月 06 日	(822)	(562)

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

\*\*一般課題の応募締め切り日

応募・採択課題数について：2006B 以前は応募締め切り日\*\*の値である。

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

2019A は今後、産業利用ビームラインの第 2・3 期分、期中随時募集の成果専有時期指定課題等があるため現在の値は括弧内に示す。

表2 2019A SPring-8 利用研究課題の課題種別応募および採択課題数と採択率

2-1

決定課題種*	応募課題数	採択課題数	採択率 (%)	採択課題のシフト充足率 (%) ****
一般課題 (成果非専有) **	691	472	68.3	91.4
一般課題 (成果専有)	28	27	96.4	83.7
大学院生提案型課題*	57	26	45.6	93.3
(重点) 放射光施設横断産業利用課題*	1	1	100.0	100.0
(重点) 先進技術活用による産業応用課題*	9	5	55.6	100.0
成果公開優先利用課題	27	27	100.0	99.9
長期利用課題	9	4	44.4	97.1
総計	822	562	68.4	91.9
科学審査対象課題**のみの合計	767	508	66.2	91.7

\*重点課題で応募のうえ一般課題として採択されたものは、それぞれ決定した課題種で応募数を表示。  
 \*\*一般課題等のうち SACLA、J-PARC/MLF または「京」を連携して利用する課題は、SPring-8 では応募 4 課題のうち 4 課題を採択。  
 \*\*\*成果専有課題と優先利用課題を除いた課題。  
 \*\*\*\*PX-BL 課題 (期中に配分シフトを決定する生命科学/タンパク質結晶構造解析分野関係課題) を除く。

2-2

応募課題種	応募課題数	重点課題としての採択課題数	一般課題としての採択課題数	重点課題としての採択率 (%)	課題採択率 (%)
(重点) 放射光施設横断産業利用課題	1	1	0	100.0	100.0
(重点) 先進技術活用による産業応用課題	11	5	2	45.5	63.6

表3 2019A ビームラインごとの審査対象課題\*の採択状況

ビームライン	応募課題数計	採択課題計	採択率 (%)	配分シフト数計**	1 課題あたり平均配分シフト**
BL01B1: XAFS	60	32	53.3	190	5.9
BL02B1: 単結晶構造解析	22	21	95.5	171	8.1
BL02B2: 粉末結晶構造解析	48	34	70.8	165	4.9
BL04B1: 高温高圧	18	9	50.0	102	11.3
BL04B2: 高エネルギー X 線回折	26	20	76.9	156	7.8
BL05XU: 施設開発 ID	-	-	-	-	-
BL08W: 高エネルギー非弾性散乱	22	13	59.1	192	14.8
BL09XU: 核共鳴散乱	26	11	42.3	177	16.1
BL10XU: 高圧構造物性	42	18	42.9	126	7.0
BL13XU: 表面界面構造解析	27	18	66.7	201	11.2
BL14B2: 産業利用 II	18	12	66.7	62	5.2
BL17SU: 理研 物理学 III	9	7	77.8	51	7.3
BL19B2: 産業利用 I	10	8	80.0	39	4.9
BL19LXU: 理研 物理学 II	6	3	50.0	57	19.0
BL20B2: 医学・イメージング I	24	21	87.5	170	8.1
BL20XU: 医学・イメージング II	35	18	51.4	165	9.2
BL25SU: 軟 X 線固体分光	36	15	41.7	168	11.2
BL26B1: 理研 構造ゲノム I***	2	2	100.0	6	3.0
BL26B2: 理研 構造ゲノム II**	-	-	-	-	-
BL27SU: 軟 X 線光化学	26	13	50.0	156	12.0
BL28B2: 白色 X 線回折	20	13	65.0	183	14.1
BL29XU: 理研 物理学 I	-	-	-	-	-
BL32XU: 理研 ターゲットタンパク****	-	-	-	-	-
BL35XU: 高分解能非弾性散乱	17	16	94.1	222	13.9
BL37XU: 分光分析	29	14	48.3	144	10.3
BL38B1: 理研 構造生物学 I	-	-	-	-	-
BL39XU: 磁性材料	25	14	56.0	192	13.7
BL40B2: 構造生物学 II	51	32	62.7	210	6.6
BL40XU: 高フラックス	29	23	79.3	178	7.7
BL41XU: 構造生物学 I***	-	-	-	-	-
BL43IR: 赤外物性	25	21	84.0	186	8.9
BL44B2: 理研 物質科学	1	1	100.0	12	12.0
BL45XU: 構造生物学 III**	-	-	-	-	-
BL46XU: 産業利用 III	14	10	71.4	72	7.2
BL47XU: 光電子分光・マイクロ CT	27	18	66.7	153	8.5
PX-BL (BL41XU, 45XU, 26B1, 26B2, 32XU)	72	71	98.6	-	-
総計	767	508	66.2	3,906	7.7

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

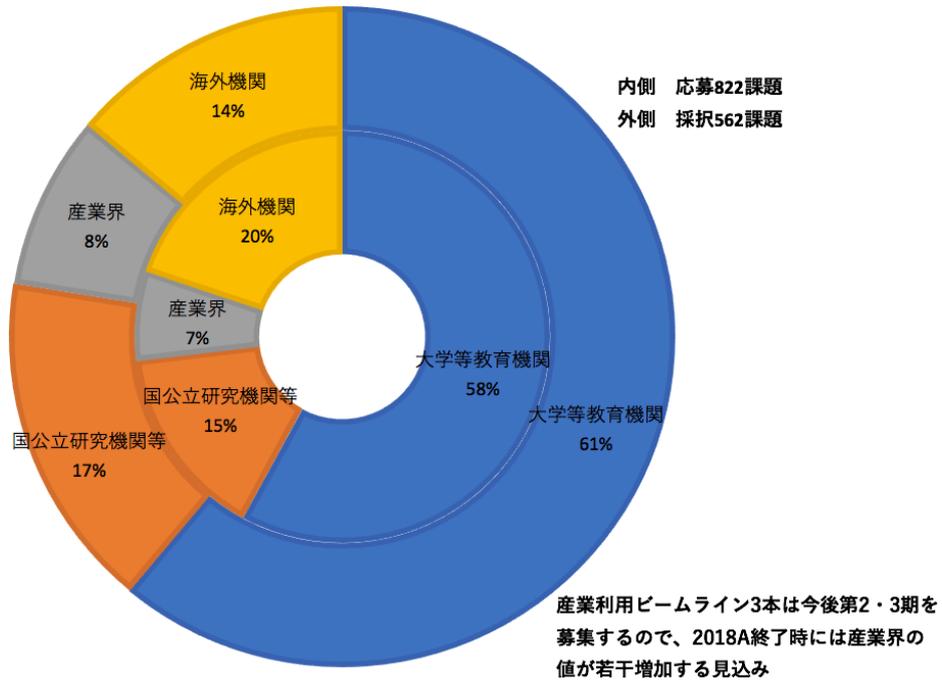


図1 2019A 所属機関別 応募/採択課題数割合

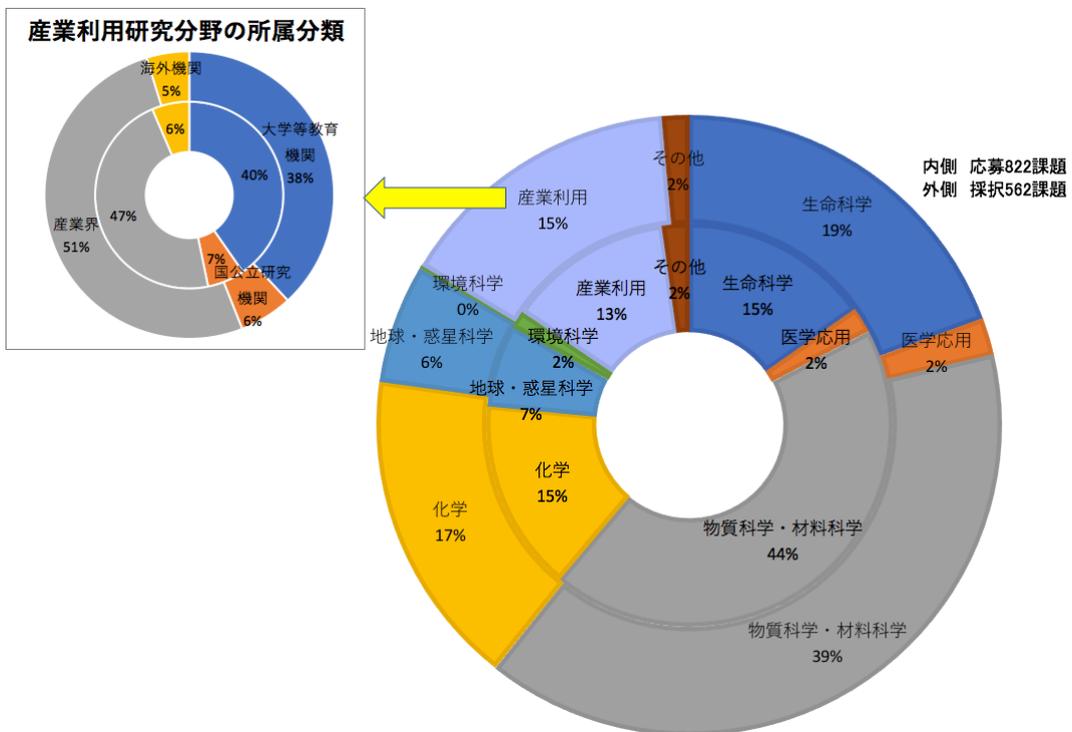


図2 2019A 研究分野別 応募/採択課題数割合

表4 SPring-8 2019A 応募・採択結果の機関および研究分野分類

機関分類	課題分類		生命科学		医学応用		物質科学・材料科学		化学		地球・惑星科学		環境科学		産業利用		その他*		総計		採択率 (%)
	決定課題種	課題数/シフト数	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	
大学等教育機関	一般課題(非専有)	課題数	68	62	5	4	189	128	85	65	21	15	3	0	30	22	3	1	404	297	73.5
		シフト数	240	162	51	30	1640	1149	564	415	243	153	27	0	171	123	33	6	2969	2038	68.6
	大学院生提案型課題	課題数	1	1	3	1	20	11	9	3			1	0	10	7	2	0	46	23	50.0
		シフト数	12	6	27	12	147	90	45	12			9	0	68	42	12	0	320	162	50.6
	放射光施設横断産業利用課題	課題数													1	1			1	1	100.0
		シフト数													7	7			7	7	100.0
	先端技術活用による産業応用課題	課題数													1	0			1	0	0.0
		シフト数													12	0			12	0	0.0
	成果公開優先利用課題	課題数			1	1	3	3	11	11					2	2	1	1	18	18	100.0
		シフト数			6	6	21	21	87	87					18	18	6	6	138	138	100.0
長期利用課題	課題数					3	1			2	2					1	1	6	4	66.7	
	シフト数					114	45			48	42					15	15	177	102	57.6	
合計	課題数	69	63	9	6	215	143	105	79	23	17	4	0	44	32	7	3	476	343	72.1	
	シフト数	252	168	84	48	1922	1305	696	514	291	195	36	0	276	190	66	27	3623	2447	67.5	
国立研究機関等	一般課題(非専有)	課題数	15	15	6	4	49	37	9	6	14	12	5	1	6	4	11	5	115	84	73.0
		シフト数	78	54	78	42	552	396	105	63	141	99	36	6	51	31	86	54	1127	745	66.1
	一般課題(専有)	課題数	1	1															1	1	100.0
		シフト数																			0.0
	大学院生提案型課題	課題数					1	0											1	0	0.0
		シフト数					6	0											6	0	0.0
	成果公開優先利用課題	課題数	2	2			5	5							1	1			8	8	100.0
シフト数		37	36.75			39	39							9	9			85	84.75	99.7	
合計	課題数	18	18	6	4	55	42	9	6	14	12	5	1	7	5	11	5	125	93	74.4	
シフト数	115	90.75	78	42	597	435	105	63	141	99	36	6	60	40	86	54	1218	829.75	68.1		
産業界	一般課題(非専有)	課題数			1	0	2	1							20	16			23	17	73.9
		シフト数			15	0	15	6							172	135			202	141	69.8
	一般課題(専有)	課題数	3	3			1	1							22	21			26	25	96.2
		シフト数					2	2							91	75			93	77	82.8
	先端技術活用による産業応用課題	課題数													8	5			8	5	62.5
		シフト数													78	48			78	48	61.5
	成果公開優先利用課題	課題数													1	1			1	1	100.0
シフト数														2	2			2	2	100.0	
合計	課題数	3	3	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0	51	43	0	0	58	48	82.8	
シフト数	0	0	15	0	17	8	0	0	0	0	0	0	0	343	260	0	0	375	268	71.5	
海外機関	一般課題(非専有)	課題数	31	24	1	1	80	32	12	7	16	6	3	0	6	4			149	74	49.7
		シフト数	317	114	12	12	975.5	312	153	78	256	63	87	0	54	36			1854.5	615	33.2
	一般課題(専有)	課題数	1	1															1	1	100.0
		シフト数																			0.0
	大学院生提案型課題	課題数					7	2	1	1	1	0			1	0			10	3	30.0
		シフト数					128	30	18	18	12	0			20	0			178	48	27.0
	長期利用課題	課題数	3	0															3	0	3
シフト数		73.5	0															73.5	0	73.5	
合計	課題数	35	25	1	1	87	34	13	8	17	6	3	0	7	4	0	0	163	78	47.9	
シフト数	390.5	114	12	12	1103.5	342	171	96	268	63	87	0	74	36	0	0	2106	663	31.5		
合計	課題数	125	109	17	11	360	221	127	93	54	35	12	1	109	84	18	8	822	562	68.4	
シフト数	757.5	372.75	189	102	3639.5	2090	972	673	700	357	159	6	753	526	152	81	7322	4207.75	57.5		
採択率 (%)	課題数	87.2		64.7		61.4		73.2		64.8		8.3		77.1		44.4		68.4			
	シフト数	49.2		54.0		57.4		69.2		51.0		3.8		69.9		53.3		57.5			

\*ビームライン技術、素粒子・原子核科学、考古学、鑑識科学、安全管理

## 2019 年度に指定されたパートナーユーザーの紹介

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用推進部

2013 年度まで運用していた「パワーユーザー」制度について、2014 年度より名称および一部運用を変更し、「パートナーユーザー」（以下「PU」という）として運用を開始しました。2019 年度は、4 名の応募があり、PU 審査委員会による審査の結果、4 名が指定されました。指定された PU および PU 審査委員会からの審査結果を以下に示します。

### PU の概要

- ・PU は、2013 年度までの「パワーユーザー」の名称および一部運用を変更したものです。
- ・2014 年度以降の PU は、共用ビームラインおよび測定技術を熟知し、放射光科学・技術の学術分野の開拓が期待できる研究者で、
  - 1) ビームライン実験設備の開発および高度化への協力
  - 2) 上記高度化等に関連した、先導的な放射光利用の実施および当該利用分野の拡大・推進
  - 3) 上記高度化等に関連した利用者支援のいずれも満たすユーザーを指す。
- ・PU の指定期間は原則 2 年間（PU 審査委員会が必要と認めた場合には延長可。最長 5 年間。ただし、2019 年度以降に新規指定された場合は最長 4 年間）。

### [指定期間]

2019 年 4 月 1 日から 2021 年 3 月 31 日まで  
(2 年間)

### [指定された PU]

#### 1. 池永 英司 (名古屋大学)

##### (1) 実施内容

研究テーマ：固液界面現象解明のための液体電子状態探索と大気圧溶液セル開発の高度化  
高度化：化学反応状態解析のための実環境下反応セル開発による HAXPES 測定技術の高度化  
利用研究支援：当該装置を用いた利用実験の支援

##### (2) ビームライン：BL47XU

### (3) 審査コメント

本 PU 申請課題は、申請者が開発してきた硬 X 線光電子分光 (HAXPES) 装置と大気圧溶液セルを組み合わせることで大気圧湿潤環境下の試料に対する電子状態観測を可能とする測定技術を開発し、これにより固液界面現象に関する研究の進展を目指す課題である。測定装置の高度化として、光電子透過窓材の高導電化、パルス電圧印加可能な機構開発、温度制御可能な機構開発、時分割計測開発高度化、高真空状態復旧時間の緩和システムの開発を行う計画である。当面の研究対象としては、Li イオン二次電池開発における陽極担持 Li 酸化金属粒子と電解液界面での劣化研究と DNA 修飾 Au ナノ粒子コロイドを用いた一塩基変異体分析を挙げている。

本申請課題による高度化は、施設の BL 高度化計画に合致している。また、差動排気アナライザーを用いた装置では難しい大気圧下での測定を可能にするため、固液界面現象における電子状態研究という研究分野の拡大・推進につながることを期待される。安定なオペランド計測技術はユーザー側としての期待が大きく利用拡大が望める。新規ユーザー開拓についての具体策が示されていない点が気になるものの、ユーザーの実験の遂行には PU グループの支援が不可欠と考えられ、実際に支援を期待することができると考えられる。これらの点から、本申請課題は PU 課題の趣旨にあっており採択に相応しいと判断される。

申請グループには本課題を通じた BL の高度化を進め、当該研究で世界を先導する成果をあげていただきたい。また、特徴のある実験技術を活かして、新たな研究テーマの創出にも期待したい。ただし、技術開発を独立で行っていることは自身の研究のアイデンティティーを保つ上では重要と思われるが、類似の技術開発について情報収集を行うことにより開発時間の短期化が見込め、また、PU メンバーによる類似課題

が新分野創成利用課題で採択されている状況でもある。これらの点を考慮し、SPring-8 全体のマシンタイムの効率化の観点から申請された 45 シフトに対して配分シフトを 33 シフトとした。

## 2. 森吉 千佳子 (広島大学)

### (1) 実施内容

研究テーマ：外場変化物質科学研究を実現する高エネルギー X 線多目的一次元回折

高度化：外場変化物質科学研究を実現する高エネルギー粉末 X 線回折の多角化

利用研究支援：当該装置を用いた利用実験の支援

### (2) ビームライン：BL02B2

### (3) 審査コメント

本パートナーユーザー申請は新規課題であるが、申請者は 2015 年度よりパートナーユーザー課題の代表者を務めており実質的には継続課題と考えられる。前回の 4 年間の課題期間では、MYTHEN 検出器を利用した高速化と蛍光抑制、ガス・溶媒を外場とする構造解析等に取り組み当該ビームラインの高度化に貢献するとともに、その技術を数多くの利用者の支援へとつなげ、成果の輩出に多いに貢献してきた。

今回の申請では、自動試料交換におけるマウント試料数の増加、測定自動化、ビーム集光と可変ビームサイズ機構の導入、温度制御の温度範囲拡張など、さまざまな目標が掲げられている。これらの目標は、当該ビームラインを利用する多くのユーザーからの個別の希望に沿ったものであり、利用研究支援の観点から SPring-8 の運営への協力が期待できる。したがって、本委員会としてはこの課題を採択するという結論に達した。

一方で、本申請課題については、パートナーユーザーグループ自体がこの期間内に主体的に行おうとする研究の中身については、あまり評価が高くない。また、ビームの集光、高エネルギー回折パターンの pdf 解析などが果たしてベンディングのビームラインの特徴を活かしたものになっているかどうかは疑問である。その他、ビームライン担当者が行うべき業務との切り分けなども含めて、ビームライン担当者とともに再度検討すべきであろう。

## 3. 河野 義生 (愛媛大学)

### (1) 実施内容

研究テーマ：大容量プレスを活用した動的地球深部科学の開拓

高度化：高圧下ダイナミクス測定に向けた時分割測定基盤の整備

利用研究支援：当該装置を用いた利用実験の支援

### (2) ビームライン：BL04B1

### (3) 審査コメント

本申請は、BL04B1 の基幹計測となる大容量プレス内試料の X 線回折、X 線イメージング、超音波測定において、多種計測を同期した自動計測システムの開発を通して、短時間で起こる現象のその場観察を目指すものである。さらに、構築したシステムを活用し、地震発生素過程の理解から液体・ガラスなどの非晶質物質の構造・物性解明への展開を計画している。

ビームライン実験設備の開発および高度化に関しては、計測手法変更に伴うスリット切り替えを自動化することにより、実験効率の飛躍的向上を達成し、ビームタイムの有効活用という量的改善のみならず、測定タイムラグの解消により時分割測定を可能とし、質的に意義深いデータ取得を可能とするもので評価できる。また、これらを用いた先導的な放射光利用研究では、高圧地球科学の先端的研究を担ってきた申請者グループが、これまでの静的地球深部科学から動的地球深部科学を切り拓く実験を推進することが期待される。

利用分野の拡大・推進に関しては、申請者グループの組織によるパワーユーザー課題、パートナーユーザー課題の実施において利用分野の拡大が期待されたが、材料系の利用者開拓は限定的であった。本申請においては、実験責任者の材料科学のバックグラウンドや所属組織での新分野開拓と連携を活用して、更なる展開を期待する。

以上より、本申請は、パートナーユーザーとしての選定が適当であると判断する。

## 4. 澤 博 (名古屋大学)

### (1) 実施内容

研究テーマ：オペランド計測を含めた精密電子密度解析による軌道物理の研究

高度化：オペランド計測を目指した精密電子密度解析の高性能化

利用研究支援：当該装置を用いた利用実験の支援

(2) ビームライン：BL02B1

(3) 審査コメント

本課題は、従来のイメージングプレートに代わって導入された高エネルギーX線対応の二次元検出器であるCdTeピラタス検出器を活用することにより、高精度かつハイスループットな単結晶構造解析基盤を確立することを目的としている。そのための第一段階として、ピラタス特有の受光素子構造や不感時間の存在による回折強度の数え落としの影響を評価するとともに、物性的に興味深い複数の試料に対して精密構造解析を実際におこなうことで、ピラタス検出器の検証をおこなう。これらの結果をふまえ、第二段階では、AIの援用を含む測定自動化の推進、大量に得られる高品質回折データの解析ソフトウェアの整備をおこなうこととしている。以上の研究計画は、BL02B1で進められているオペランド計測を目指した精密電子密度解析の高性能化の方向性と完全に整合するものである。

ピラタス検出器は、イメージングプレートに比べ、強度データの読み出し時間の大幅な短縮や、高いS/N比など、測定の高度化および高精度化に有用な利点を有していることは疑いない。このような性能を十二分に活用するためには、検出器の性能を多方面から系統的に検証することが重要であるのは明らかで、本申請のねらいはきわめて適切である。それにより得られる成果は、当該ビームラインを利用するユーザーのほとんどすべてにとって有益であり、パートナーユーザー課題としてふさわしい。

一方で、測定や解析の自動化のためのAIの導入は、一般ユーザーの受ける便益も大きく、期待も高いが、本申請においてどこまでの開発を実施する計画なのか、不明確な点がみられる。各期の課題申請においては、具体的な実施内容や到達目標を明確にすることを求めたい。

申請者は、単結晶構造解析分野において多くの実績があり、当該施設におけるパワーユーザーの経験もあ

ることから、課題遂行そのものに不安要素はないが、本申請の共同実験者が比較的少数であることは、ユーザー層拡大の観点から懸念が残る。パートナーユーザーとして、一般ユーザー支援はもちろんであるが、新規ユーザー開拓も強く意識したうえでの活動を期待したい。

また、目的・検証項目において明確に区別されるが、ピラタス検出器の検証を内容とする別グループによる長期利用課題が採択されていることにも留意が必要である。本PU課題の実施にあたっては、長期利用課題との重複が生じないように、施設側を介した十分な情報共有が求められる。

結論として、本申請は、パートナーユーザー課題として適切であり、採択と判断するが、実施にあたっては、上述した事項を十分に検討することが望まれる。

以上

## 2019 年度に指定期間が延長されたパートナーユーザーの紹介

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用推進部

2013 年度まで運用していた「パワーユーザー」制度について、2014 年度より名称および一部運用を変更し、「パートナーユーザー」（以下「PU」という）として運用を開始しました。2019 年度は、3 名の指定期間延長申請があり、PU 審査委員会による審査の結果、3 名の指定期間が延長されました。延長された PU および PU 審査委員会からの審査結果を以下に示します。

### PU の概要

- ・PU は、2013 年度までの「パワーユーザー」の名称および一部運用を変更したものです。
- ・2014 年度以降の PU は、共用ビームラインおよび測定技術を熟知し、放射光科学・技術の学術分野の開拓が期待できる研究者で、
  - 1) ビームライン実験設備の開発および高度化への協力
  - 2) 上記高度化等に関連した、先導的な放射光利用の実施および当該利用分野の拡大・推進
  - 3) 上記高度化等に関連した利用者支援のいずれも満たすユーザーを指す。
- ・PU の指定期間は原則 2 年間（PU 審査委員会が必要と認めた場合には延長可。最長 5 年間。ただし、2019 年度以降に新規指定された場合は最長 4 年間）。

### [延長指定された PU]

#### 1. 三村 功次郎（大阪府立大学）

##### (1) 延長後の指定期間

2017 年 1 月 11 日に指定した期間（2017A 期から 2018B 期までの 2 年間）を、2017A 期から 2020B 期までの 4 年間に延長する。

##### (2) 実施内容

研究テーマ：強相関電子系における量子臨界現象解明のための共鳴硬 X 線光電子分光および共鳴発光分光の複合計測技術の構築  
高度化：共鳴硬 X 線光電子分光計測技術の基盤開発  
利用研究支援：当該装置を用いた利用実験の支援

##### (3) ビームライン：BL09XU

#### (4) 審査コメント

本パートナーユーザー課題は HAXPES 領域の共鳴光電子分光 (rHAXPES) を用いた希土類化合物などの強電子相関物質の研究を行う為、技術開発と実験ステーションの整備を目指したものである。延長申請であり、前回の申請内容と比べると、共鳴発光分光 (XES) の測定系整備と複合計測が新たに追加されている。

これまでの成果としては、高度化に関してはナローギャップのチャンネルカット結晶を設計・導入し、rHAXPES に必要な光学系と分析器の同期制御を実現している。さらに Excel のマクロで実験条件リストを記述し、自動測定できるようにした。また、解析プログラムを構築し、ユーザーが利用できるようにすると共に、プログラムの公開も予定している。上記により、新規ユーザーの敷居を下げる努力を行っている。

本課題の利用実験としては、開発した計測システムを利用して、Yb 系強電子相関物質の物理パラメータ Ufd 値の決定を行っている。PU 支援課題数は昨年度から順次増えてきており、上記の開発を行った成果だと考えられる。延長申請では希土類にとどまらず、ステンレスや TiO<sub>2</sub> 光触媒への応用も考えられており、広がりを見せつつある。

本延長申請では XES の導入が記載されており、意欲的な内容となっている。しかしながら、XES は元の申請内容と比べると大きな変更である。また、BL39XU で利用されなくなった装置の転用であり、性能問題や rHAXPES との同時測定の物理的意味については、更に検討するべき余地がある。また装置の転用については関係者への調整も丁寧に行う必要がある。

以上より、委員会としては実施された PU 活動を評価し、期間の延長を承認する。ただし、本計画中の XES 装置に関するビームタイムは承認できない。この XES 導入に関しては別途、新たに課題申請するのが望まし

い。XES に使うシフト数を考慮すると、申請シフトの約半分の 24 シフトを承認する。rHAXPES は PETRA III や SOLEIL でも装置の整備が進んでおり、SPring-8 において整備を進めることは意義がある。日本には強電子相関物質の研究者は多く存在しており、rHAXPES の利用を進めつつ、さらなる利用分野の拡大とユーザー開拓に注力をお願いしたい。

## 2. 廣瀬 敬 (東京工業大学)

### (1) 延長後の指定期間

2017 年 1 月 11 日に指定した期間 (2017A 期から 2018B 期までの 2 年間) を、2017A 期から 2020B 期までの 4 年間に延長する。

### (2) 実施内容

研究テーマ：超高压高温ダイヤモンドセル実験の新展開

高度化：極限環境下における X 線回折複合計測技術の高度化

利用研究支援：当該装置を用いた利用実験の支援

### (3) ビームライン：BL10XU

### (4) 審査コメント

高压構造物性ビームライン (BL10XU) は、短周期型真空封止ハイブリッドアンジュレータを光源とし、高輝度・高エネルギー単色 X 線を利用した高压極限環境下のその場 X 線回折測定をユーザーに提供している。主たる研究分野は、高压物性、高压材料科学および地球惑星深部科学である。ダイヤモンドアンビルセル (DAC) 高压発生装置と粉末 X 線回折法を組み合わせた研究手法により、数百万気圧に至る圧力領域における結晶構造解析が行われている。

申請者のグループは、長年にわたり、BL10XU のビームライン担当者と協力しながら超高压高温環境下での物質構造解析の技術開発に取り組み、世界の先端を行く技術を構築するとともに、地球深部科学の研究においてハイインパクトな成果を継続的に創出してきた。また、申請者が代表を務める科研費・特別推進研究のもと、新型アンジュレータを BL10XU に導入するなど SPring-8 の高度化においても大きな貢献をしている。

2017 年 4 月に、研究テーマ「超高压高温ダイヤモンドセル実験の新展開」でパートナーユーザーの指定を受け、BL10XU の高度化と利用実験を行ってきた。高度化として、超高压 DAC と X 線回折測定を組み合わせたシステムを定常的に高性能化するとともに、高压材料科学分野における利用開拓を進めるために、極限環境下での複合計測化を行ってきた。複合計測として、放射光メスbauer分光、ラミノグラフィー法、X 線吸収分光が含まれている。さらに、試料温度 3,700 K を達成するレーザー加熱装置の光学系の改良を行っている。利用実験として、液体鉄の密度測定、地球コアを模擬した電気抵抗率・熱伝導率の測定、Fe-H 系の相図の決定、マントルコア間の水素分配、金属鉄中の軽元素の測定を行い、地球深部科学の研究を着実に進めている。

本課題は地球深部科学の発展を目指しているが、物質・材料科学に対しても展開が期待できる。申請者が進める利用実験においてもハイインパクトな成果が期待できるデータが得られており、パートナーユーザーの指定を延長すべきと判断した。

## 3. 戸田 裕之 (九州大学)

### (1) 延長後の指定期間

2017 年 1 月 11 日に指定した期間 (2015A 期から 2018B 期までの 4 年間) を、2015A 期から 2019B 期までの 5 年間に延長する。

### (2) 実施内容

研究テーマ：構造材料の高エネルギー 4D イメージング技術の完成およびその X 線回折との連成

高度化：マイクロ CT の多元イメージング化並びにマルチスケール化

利用研究支援：当該装置を用いた利用実験の支援

### (3) ビームライン：BL20XU

### (4) 審査コメント

本パートナーユーザーは、これまで SPring-8 の高エネルギー X 線マイクロ CT 技術を用いて、金属材料の変形・破壊等の問題に関する研究を行ってきた。本

PU 課題においては、これまでの研究を更に発展させると共に、疲労・引張・圧縮試験機、高温用材料試験機を用いて疲労破壊のその場観察を行う 4D イメージングの実験・解析技術を、施設側と共同して開発することを目的としてきた。

これまで 4 年間の研究においては、(1) 新型材料試験機を用いた引張試験・疲労試験中のその場観察による 4D-CT の実現、(2) X 線 CT と細束 X 線ビームを用いた回折コントラストトモグラフィーによる多結晶イメージング、(3) 定量解析技術や画像応用解析技術の開発、の 3 つのテーマを中心に行われてきた。(1) については、新型試験機を利用して鉄鋼、チタン、アルミニウムなど各種合金の疲労破壊のその場観察が行われており、一般利用者にも利用され成果が得られている。(2) についても、鉄鋼やアルミニウム合金において 3D 結晶方位分布が得られており、研究成果があがっている。(3) では位相回復等の 4D 解析に必要なソフトウェアを開発、整備し、他利用者にも提供し利用支援を行っている。これらの実績から、PU の役割は十分に果たされていると判断できる。

今後 1 年間の実施計画の中心課題として、フレネルゾーンプレートを用いた結像顕微鏡の高度化が挙げられている。これは中尺ビームラインの特長を活かして超高倍率を狙うものであり、SPring-8 にとって最も重要な開発テーマのひとつである。現状でも高分解能画像が得られているが、金属材料における微少な密度差を可視化するためのコントラストが不足しており、その改善を試みる。またマイクロビーム X 線回折においても、1 ミクロン程度のさらなる細束化による実用材料組織への対応と計測の高速化を目指している。これらが達成され、成果を広く利用者にアピールすれば、本ビームラインの大幅な利用拡大が期待できることから、更なる 1 年間の期間延長は妥当であると判断される。

以 上

## 2019A 期 採択長期利用課題の紹介

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用推進部

2019A 期は 8 件の長期利用課題の応募があり、3 件が採択されました。採択された課題の審査結果および実験責任者による研究概要を以下に示します。

### － 採択課題 1 －

課題名	高エネルギーX線 2次元検出器を用いた高度物質構造科学研究
実験責任者名(所属)	西堀 英治(筑波大学)
採択時の課題番号	2019A0159
ビームライン	BL02B1
審査結果	採択する

#### [審査コメント]

本課題は、高エネルギーX線と CdTe-PILATUS 二次元検出器を利用して結晶の回折実験を行い、精密な構造解析を行うことが提案されている。研究内容としては、超精密電子密度解析、時分割測定、高圧下の構造解析、三次元 PDF の 4 通りが提案されている。

これまで利用されてきた大型湾曲イメージングプレートではなく CdTe-PILATUS を利用することで、読み取り時間の大幅な短縮とノイズレベルの減少によるダイナミックレンジの実質的な向上が期待できる。一方で、これまでの試験的な利用でいくつかの問題点も見出されており、それに対する対応策を含めた検出器の性能の検証から行うことが予定されている。この点は今後本検出器を利用するにあたって大変重要な問題であり、長期利用課題としてきちんと取り組む価値がある。ただし、同じビームラインで 2019A 期より開始が予定されているパートナーユーザー (PU) 課題でも同様の課題に取り組むことが想定されている。したがって、両課題の間での実施項目の調整が必要である。

研究内容としては、3次元 PDF 解析は新規性もあり、CdTe-PILATUS 二次元検出器の高速読み取りとの相性も良いため、本長期利用課題で取り組んでいただくことが適当である。一方で、提案されている 4 種の測定方法については、それぞれが個別の研究課題のよ

うに思われ、すべてを本長期利用課題で行うべきかどうかについては大いに疑問である。高エネルギーX線と CdTe-PILATUS 二次元検出器の特性が活かせる研究項目に絞るべきではないだろうか。

なお、本グループは、これまで PU 課題を通じて本ビームラインの運営に協力してきた。また、結晶構造解析分野での実績も十分に有する。したがって、本長期利用課題を遂行する能力は十分に認められる。

結論として、本申請は、長期利用課題として選定すべきものと判断するが、実施にあたっては、上述した事項を十分に検討することが望ましい。

#### [実験責任者による研究概要]

本研究では、これまでに PU として BL02B1 で単結晶構造解析、時分割実験、高圧実験を進めてきた研究グループが、本年度から納入された CdTe-PILATUS 検出器と大型湾曲 IP カメラの両者を効率的に利用し、構造研究の成果を上げつつ利用方法を各方面で高度化する。APS、PETRA-III での当該検出器の利用経験を有するデンマークオーフス大学のグループから海外での利用状況の情報も取り入れつつ高度利用を行う。BL02B1 での 2次元検出器を利用した高エネルギー利用実験として、これまで PU で進めてきた、精密電子密度計測、時分割測定、高圧構造物性研究に加えて 3次元 PDF 測定を行う。

PILATUS を始めとしたピクセル検出器が放射光施設や実験室で広範に利用されるようになってきた。感度が高いこれらの検出器を利用し、単結晶、粉末、小角 X 線回折など幅広い研究が進められている。一方、精密電子密度計測など 30 keV 以上の高エネルギーX線が必要な研究には、これらの検出器はセンサーが Si

であり検出効率が不十分なため、ほとんど用いられてこなかった。最近になって APS、ESRF、PETRA-III、Diamond など世界の高エネルギー X 線放射光施設に相次いで納入された CdTe-PILATUS 検出器は、高エネルギー X 線を用いた研究の高度化をもたらす 2 次元検出器として期待されている。この検出器の高エネルギー X 線を利用した先端研究による性能評価と利用方法の開拓は、今後の世界の高エネルギー光科学の重要な課題であり、既存から未開拓領域にわたる幅広い領域への貢献を目指した包括的な研究は意義が高く重要である。

本研究の特色は、CdTe-PILATUS 検出器の利用研究を APS、PETRA-III でも進めている海外グループをメンバーとし、他施設での知見も含めて国際的な視野で効果的な利用法を開拓しつつ先端研究を進める点にある。これまでの PU 実験や、APS、PETRA-III での実験により、CdTe-PILATUS 検出器は、通常の原子配列を決定する構造解析への利用には問題のないこと、CCD 検出器などと比較してノイズレベルが低いこと、100 万カウントの大強度まで観測可能なことが判明している。

一方、もとより懸念されていた不感ピクセルの問題や、長時間使用の安定性だけでなく、検出フレーム間に入射した際の線状の広がった強度領域の発生や、大強度が入射したピクセルの強度が減衰せずに次の測定でも検出され続けるなど複数の問題が判明している。しかも、現状、この 2 つの問題のうち、フレーム間への入射の問題は必ず起こるわけではないため発生の条件を抑えきれてはいない。また高エネルギー領域の利用範囲は 30~70 keV 以上と広いため、フラットフィールド補正もエネルギー毎に行うことが必須なことも PETRA-III でのメンバーのオーフス大グループの利用から判明している。こうした問題に複数の先端利用研究の知見集約によって立ち向かうところに本研究の特徴がある。

— 採択課題 2 —

課題名	テンダー X 線タイコグラフィの基盤技術開発とその応用展開
実験責任者名 (所属)	高橋 幸生 (東北大学)
採択時の課題番号	2019A0164
ビームライン	BL27SU
審査結果	採択する

[審査コメント]

本長期利用課題は、テンダー X 線領域における X 線タイコグラフィ技術を開発し、これによりナノイメージングに関する学術研究と応用研究を行う研究基盤を構築することを目的として行われる。応用研究としては、タイヤゴムにおいて物性に大きく影響するシリカ界面の構造および化学状態変化を観測することを提案している。

本研究の目的は、テンダー X 線領域におけるより高い X 線散乱断面積と吸収断面積を活用し、物質・生命の機能発現に重要な硫黄やリンなどの化学状態をナノスケールで分析できる技術開発を行うことであり、テンダー X 線領域のタイコグラフィ研究の世界的な先駆けとなりうる研究である。高い科学技術的妥当性が認められる。テンダー領域のコヒーレント X 線を用いるという点で SPring-8 の必要性も明快である。また、新しい研究基盤技術の開発という点で長期利用課題としての妥当性も認められる。X 線タイコグラフィ-XAFS 技術の第一人者がビームライン担当者とタイヤゴム研究者と共同で申請しており、これまで申請者が開発してきた硬 X 線タイコグラフィ-XAFS 技術をテンダー X 線領域に拡張するもので、実験技術としての実現性は極めて高いと考えられる。基盤技術開発のみならず成果創出も期待できる。タイヤゴムの研究については、試料の放射線ダメージの程度やその対処法についての検討がされていないなど十分に計画が練られていない印象を受けるものの、実験を試みないとわからない面もあり、タイヤの経年劣化過程の端緒が得られれば成功といえよう。

これらの理由により、本審査委員会は本課題が長期利用課題としてふさわしいと判断する。

[実験責任者による研究概要]

実用機能性材料は、ナノメートルからサブミクロンスケールでのドメイン構造を有する不均質・複雑系であり、ナノ・メソスケールでの反応・劣化プロセスを理解することが、新しい材料を設計・開発する際に不可欠である。X 線タイコグラフィは、バルク材料の構造をナノスケールの空間分解能で可視化可能であり、上述の課題を解決するツールとして有望である。そして、X 線タイコグラフィを軽元素バルク材料のイメージ

ジング研究へと展開する際、高い X 線散乱断面積と吸収断面積を活用できるテンダー X 線領域での実験が最適である。また、テンダー X 線領域には、硫黄やリンといった物質・生命の機能の発現に重要な役割を果たす元素の K 吸収端があり、X 線タイコグラフィと X 線吸収分光法を組み合わせることでこれら元素のナノスケール化学状態可視化も可能である。

本長期利用課題では、世界でも他に例のないテンダー X 線を用いたコヒーレント散乱による X 線タイコグラフィ技術を産学施設連携で開発し、ゴム材料をはじめとする軽元素材料のイメージングに関する学術研究に加え応用研究（産業利用含む）を推進する基盤を構築し、SPring-8 の軟 X 線ビームラインの基幹技術とすることが目的である。また、本研究は、次世代放射光施設における X 線タイコグラフィの本格的なユーザー利用研究に向けた R&D としても位置付けることができ、放射光科学の発展に大きく貢献するものである。そして、本研究課題終了後も様々な分野のユーザー利用により、多くの成果創出を期待できる。

－ 採択課題 3 －

課題名	はやぶさ 2 サンプルの X 線 CT を用いた初期分析：技術開発、分析手法評価と分析
実験責任者名 (所属)	土山 明 (立命館大学)
採択時の課題番号	2019A0165 (BL20XU)、 2019A0166 (BL47XU)
ビームライン	BL20XU、BL47XU (併用)
審査結果	採択する

[審査コメント]

本課題は、はやぶさ 2 探査機が、小惑星リュウグウから持ち帰るサンプルに対し、放射光を用いた種々の X 線 CT 手法を組み合わせた統合的な非破壊三次元分析を行い、その成分を特定することが最終目的である。成功すれば、太陽系の起源と進化、あるいは生命の原材料物質などの解明につながる、非常に重要な成果が期待される。この目的を達成するために、迅速で高精度な分析を実現する装置開発、及び本番に向けての基盤技術の確立が計画されている。具体的には、大きい粒子に対しては、BL20XU におけるマルチモード/マルチスケール CT・XRD と計測ソフトの開発、小さい

粒子に対しては、BL47XU における結像 CT-DET・SIXM 等の開発が計画されており、実現すれば、地球外物質の初期分析の今後のスタンダードになり得る画期的なものである。はやぶさ 2 が持ち帰るサンプルの解析結果は、一般社会にも強いインパクトを与えることが期待されるだけに、ぜひとも成功させてほしい課題である。また、はやぶさ 2 の帰還に合わせて、入念な準備をするとともに、迅速な初期分析のビームタイムを確保する目的から、本課題は長期利用課題に相応しいと判断する。本研究グループは、はやぶさの持ち帰ったサンプルの分析から、非常にインパクトの高い成果をあげた実績があり、その経験を活かすことで、本課題も大いなる成功が期待できる。

しかし、2020 年 12 月に予定されているはやぶさ 2 の帰還に不確定要素があることが懸念される。上述のような準備期間における装置開発は、単独で長期利用課題に相応しいかどうか、必ずしも明確ではない。さらに、課題後半で計画されているはやぶさ 2 の持ち帰り試料の測定が実現しなかった場合の本課題のインパクトの落差は非常に大きい。以上より、はやぶさ 2 試料が将来測定できないことが判明した場合には、その後のシフト数について大幅な見直しがあり得ることを含み置いたうえで、本課題を選定とする。

[実験責任者による研究概要]

「はやぶさ 2」計画は、S 型小惑星イトカワのサンプルを持ち帰った「はやぶさ」計画に次ぐ JAXA の小惑星探査計画で、C 型小惑星リュウグウからのサンプルリターンを目指している。探査機は 2018 年 6 月にリュウグウに到着し、小惑星が独楽のような形状をもち岩だらけの表面からなるという、予想していなかった興味深いリュウグウの姿を明らかにした。2019 年 2 月に表面からのサンプリングに成功し、2020 年 12 月には地球帰還予定である。リュウグウ表面の反射スペクトルから、サンプルは炭素質コンドライト隕石あるいはそれに類似した物質であると考えられている。このような物質は、鉱物に加えて水（含水鉱物中の OH 基あるいは H<sub>2</sub>O 分子として）や有機物から成り、それぞれ固体地球、海洋、生命の原材料とみなすことができる。サンプルは、大学コンソーシアムによる初期分析チームとフェーズ 2 と呼ばれる SPring-8 など国内研

研究所の合同チームに配分される。

本研究では、このようなはやぶさ2サンプルについて、放射光を用いた種々のX線CT手法を組み合わせた統合的な非破壊3次元分析のための準備を行うとともに、期間内に配分が始まれば、はやぶさ2サンプルの分析を行う。サンプルとしては数10  $\mu\text{m}$ ~10 mmサイズの粒子が想定されており、大きな粒子(数100  $\mu\text{m}$ ~10 mm)と小さな粒子(数10  $\mu\text{m}$ ~数100  $\mu\text{m}$ )について、それぞれBL20XUおよびBL47XUにおいて分析を行う。

BL20XUにおいては、高エネルギー(20~30 keV)で異なる視野と空間分解能を持つ投影型吸収CT(画素サイズ:3  $\mu\text{m}$ 、250 nm)とX線回折(XRD)-CTを組み合わせた統合CTシステムが整備されている。さらに同ビームラインでは、近年高エネルギーでの高分解能結像CT法が開発され(画素サイズ:50 nm)、これらにより関心領域での詳細な3次元構造(局所CT、結像CT)および構成鉱物の空間分布(XRD-CT)が得られる。

BL47XUにおいては、低エネルギー(7~15 keV)で高空間分解能(画素サイズ:40~100 nm)を有する結像型吸収CTおよび走査結像X線CT(Scanning Imaging X-ray Microscopy: SIXM)装置が整備されている。結像型吸収CTでは、FeのK吸収端(7.11 keV)を挟んだ2つのエネルギーでの撮影により、多くの鉱物の識別が可能となる(Dual-Energy Tomography: DET)。一方、SIXMにより位相・吸収CT像が同時に取得可能であり、位相コントラストからは軽元素からなる物質(水や有機物)の識別も可能で、DET法とSIXMを組み合わせることにより、様々な鉱物や有機物(あるいは水)が区別できる。また、比較的大型粒子(数100  $\mu\text{m}$ )のための広視野SIXM装置の開発を行い、BL20XUとBL47XUの間のサンプルサイズのギャップを埋める。

サンプル分析の準備として、サンプルハンドリング(特に大気非暴露容器)の技術開発、サンプル(特に有機物)の汚染やX線照射ダメージの評価、X線CT手法統合に必要なソフトウェア開発を行う。これらの手法により、はやぶさ2サンプルの候補である炭素質コンドライト隕石粒子を用いて、リハーサルを行う。さらに期間内に配分が始まれば、はやぶさ2サンプル

の分析を行う。これにより、サンプル粒子の3次元構造(構成物質とその3次元組織)を求め、既知の隕石(様々な種類の炭素質コンドライト)との比較により、持ち帰られたサンプルがどのような物質であるかを特定する。さらに、明らかにされた鉱物や有機物の3次元分布より、後の破壊分析(鉱物や有機物の元素・同位体分析や有機物の官能基分析など)を効率良く行うための分析デザインを策定し、実施する。この時、水質変成により生成されたと考えられる鉱物粒子から、46億年前に水質変成をもたらした始原的な液体としての水の探索を行う。また、サンプル粒子の3次元外形や表面構造を明らかにし、小天体衝突や宇宙線照射による宇宙風化など、大気を持たない小天体表面での進化プロセスの解明を目指す。

これにより、サンプルと既知の隕石(炭素質コンドライト)との関係を明らかにするとともに、サンプルの成因と進化、さらに小惑星表面の進化プロセスの理解を最終的に目指す。

## 第 42 回共同利用期間 (2018B) において実施された SPring-8 利用研究課題

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用推進部

第 42 回共同利用期間 (2018B) における SPring-8 の共同利用は、2018 年 10 月から 2019 年 2 月にかけて実施されました。この期間の放射光利用は、ビームライン 1 本あたり 291 シフト [1 シフト=8 時間] でした。

2018B では 26 本の共用ビームライン (共用施設) と、9 本の理研ビームラインにおけるビームタイムの一部が共用に供されました。産業利用に特化した 3 本の共用ビームライン BL14B2、BL19B2 および BL46XU は、2018B 第 1 期 (2018 年 10 月~11 月上旬)、第 2 期 (同年 11 月中旬~12 月) および第 3 期 (2019 年 1 月~2 月) と、利用期を 3 期に分けて課題募集・選定が行われました。専用ビームライン (専用施設) については、2018B 期の稼働数は前期より引

き続き 19 本でした。

表 1 に、SPring-8 共用施設の 2018B 課題種別の課題数と実施シフト数を示します。表 2 に、SPring-8 専用施設の 2018B 実施課題数とシフト数を示します。表 3 に、2018B に SPring-8 共用施設で実施された利用研究課題の課題数とシフト数について実験責任者の所属機関分類および研究分野分類を示します。表 4 に、1997B-2018B 課題種別実施課題数の推移を示します。

表 2 SPring-8 専用施設の 2018B 実施課題数とシフト数

課題種	実施課題数合計	実施シフト数合計
専用ビームライン (成果非専有)	322	4169.5
専用ビームライン (成果専有)	39	107.75
合計	361	4277.25

表 1 SPring-8 共用施設<sup>(注1)</sup> の 2018B 課題種別の課題数と実施シフト数

課題種	応募課題数	採択課題数	課題採択率 (%)	採択課題の実施数	非応募課題 <sup>(注2)</sup> の実施数	実施課題数合計	実施シフト数合計
一般課題 (成果非専有)	683	489	71.6	480	57	537	4371.25
一般課題 (成果専有)	49	49	100.0	46		46	161.25
大学院生提案型課題 <sup>(注4)</sup>	99	56	56.6	56	2	58	416.5
時期指定課題	18	18	100.0	16		16	53.125
測定代行課題 <sup>(注3)</sup>	61	61	100.0	60		60	27.5
放射光施設横断産業利用課題	4	3	75.0	3		3	15
社会・文化利用課題 <sup>(注4)</sup>	13	13	100.0	13		13	92.75
成果公開優先利用課題	43	43	100.0	43		43	322.125
長期利用課題	(2018B 期は新規公募なし)				14	14	258.5
重点パートナーユーザー課題	(2018B 期は新規公募なし)				7	7	299.375
新分野創成利用課題 (新分野創成を行おうとする 研究グループによる課題)	12	12	100.0	12	13	25	216.625
合計	982	744	75.8	729	93	822	6234

(注 1) 理研ビームラインからの一部共用供出ビームタイムの利用を含む。

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

(注 3) BL14B2、BL19B2、BL38B1、BL46XU で実施。

(注 4) 大学院生提案型課題かつ社会・文化利用課題は、大学院生提案型課題に分類。

表3 2018BにSPring-8共用施設<sup>(注1)</sup>で実施された利用研究課題の所属機関分類および研究分野分類

機関分類	課題分類	課題数/ シフト数	研究分野							計	
			生命科学	医学応用	物質科学・ 材料科学	化学	地球・惑星 科学	環境科学	産業利用		その他 <sup>(注2)</sup>
大学 等 教育 機関	一般課題（成果非専有）	課題数	68	6	145	71	20	1	48	5	364
		シフト数	429.75	43.625	1248.875	460.25	263.75	12	262.25	54	2774.5
	大学院生提案型課題	課題数	5	1	27	5	2		12	2	54
		シフト数	15	6	202.875	33	17.875		73.75	15	363.5
	測定代行課題	課題数							3		3
		シフト数							1		1
	放射光施設横断産業利用 課題	課題数							3		3
		シフト数							15		15
	社会・文化利用課題	課題数			1		2	1		5	9
		シフト数			9		12	11.875		23.875	56.75
	成果公開優先利用課題	課題数		1	8	11			8	1	29
		シフト数		5.875	62	94.5			41.125	5.875	209.375
	長期利用課題	課題数	2		2	2		2	1		9
		シフト数	19.875		59.625	10		33	17.5		140
重点パートナーユーザー 課題	課題数			4		2				6	
	シフト数			156.5		94.875				251.375	
新分野創成利用課題	課題数			14	7					21	
	シフト数			136.125	53.625					189.75	
計	課題数	75	8	201	96	26	4	75	13	498	
	シフト数	464.625	55.5	1875	651.375	388.5	56.875	410.625	98.75	4001.25	
国 公 立 研 究 機 関 等	一般課題（成果非専有）	課題数	16	5	32	3	6	5	11	11	89
		シフト数	179.125	38.5	325.75	52.75	74.5	35.125	63.25	103.375	872.375
	一般課題（成果専有）	課題数	1			1			3		5
		シフト数	9			1			3		13
	時期指定課題	課題数			1					5	6
		シフト数			13					11	24
	測定代行課題	課題数							5		5
		シフト数							6.75		6.75
	社会・文化利用課題	課題数		1						3	4
		シフト数		12						24	36
成果公開優先利用課題	課題数	3		5	1			3		12	
	シフト数	37.375		38.875	3			22		101.25	
長期利用課題	課題数							1		1	
	シフト数							27.375		27.375	
計	課題数	20	6	38	5	6	5	23	19	122	
	シフト数	225.5	50.5	377.625	56.75	74.5	35.125	122.375	138.375	1080.75	
産 業 界	一般課題（成果非専有）	課題数			3				28		31
		シフト数			27				210		237
	一般課題（成果専有）	課題数	2		3				35		40
		シフト数	2.5		8.625				119.25		130.375
	大学院生提案型課題	課題数				1			1		2
		シフト数				8.625			6		14.625
	時期指定課題	課題数			1				8	1	10
		シフト数			3				25.5	0.625	29.125
	測定代行課題	課題数							51		51
		シフト数							19.5		19.5
成果公開優先利用課題	課題数			1				1		2	
	シフト数			3				8.5		11.5	
新分野創成利用課題	課題数							4		4	
	シフト数							26.875		26.875	
計	課題数	2		8	1			128	1	140	
	シフト数	2.5		41.625	8.625			415.625	0.625	469	
海 外 機 関	一般課題（成果非専有）	課題数	18	1	22	5	3	2	2		53
		シフト数	129.875	15	197.5	61.75	38.875	14.875	29.5		487.375
	一般課題（成果専有）	課題数							1		1
		シフト数							17.875		17.875
	大学院生提案型課題	課題数			2						2
		シフト数			38.375						38.375
	測定代行課題	課題数							1		1
		シフト数							0.25		0.25
	長期利用課題	課題数	2	1					1		4
		シフト数	44.625	18					28.5		91.125
重点パートナーユーザー 課題	課題数			1						1	
	シフト数			48						48	
計	課題数	20	2	25	5	3	2	5		62	
	シフト数	174.5	33	283.875	61.75	38.875	14.875	76.125		683	
課題数合計		117	16	272	107	35	11	231	33	822	
シフト数合計		867.125	139	2578.125	778.5	501.875	106.875	1024.75	237.75	6234	

(注1) 理研ビームラインからの一部共用供出ビームタイムの利用を含む

(注2) 素粒子・原子核科学、考古学、ビームライン技術他

2018B の延べ利用者数は、共用施設 5,468 人、専用施設 3,303 人でした。表 5 に、SPring-8 共用施設および専用施設利用実績の推移を示します。表 5 の値を利用シフト数合計と共に示したものが図 1 です。利用シフト数合計は、表 5 の「利用時間」に利用した共用・専用ビームラインの数（理研ビームラインの一部共用への供出分を含む。但し、理研ビームラインは共用供出割合で換算）を掛けた数値となっています。図 2 には、SPring-8 共用施設の利用研究課題の応募・採択数の推移実績を採択率と共に示します。応募・採択課題数は、2006B 以前は一般課題締め切り時、2007A 以降は期の途中で申請・採択される成果専有時期指定課題、測定代行課題および産業利用ビームラインの第

2 期および第 3 期申請分を含めた、期の終わりの値を示します。利用シフト数合計は、上記と同様に表 5 の「利用時間」に利用した共用ビームラインの数を掛けた数値となっています。

図 3 に年度ごとのユニーク利用者数を示します。ユニーク数の算出方法は、2012 年度の SACLA 供用開始に伴い、2012 年度以降については延べ利用者数よりユニーク数を算出（2011 年度までは放射線業務従事者登録データより算出）しています。また、過去 5 年間に於いて 1 度も施設利用のための来所がない利用者新規と定義（2011 年度までは過去 1 度も放射線業務従事者登録がない場合を新規と定義）しています。

表 4 SPring-8 1997B-2018B 課題種別実施課題数の推移

課題種	1997B~2010B	2011A	2011B	2012A	2012B	2013A	2013B	2014A	2014B	2015A	2015B	2016A	2016B	2017A	2017B	2018A	2018B	合計
一般課題 (成果非専有)	9873	379	384	430	516	440	384	444	611	457	476	489	459	502	570	524	537	17475
緊急課題	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
一般課題 (成果専有)	470	36	72	38	51	34	55	34	55	36	37	42	47	35	48	41	46	1177
時期指定課題 (除く測定代行)	169	4	8	4	15	6	4	4	2	8	8	6	10	7	16	6	16	293
測定代行 (時期指定課題の一環)	136	31	37	35	48	49	47	41	54	37	46	32	48	29	46	37	60	813
長期利用課題	182	12	17	15	14	14	16	13	13	26	23	28	25	28	25	13	14	478
被災量子ビーム施設ユーザー支援課題		91	3															94
大学院生提案型課題 (旧名称：萌芽的研究支援課題 [~2015B])	237	14	14	32	40	27	32	38	58	45	54	65	52	29	53	53	58	901
成果公開優先利用課題	214	41	44	33	33	18	27	24	30	18	28	35	37	39	52	34	43	750
重点タンパク 500 課題 (タンパク 3000)	489																	489
重点ナノテクノロジー支援課題	859	37	32															928
重点産業トライアルユース課題	112																	112
SPring-8 戦略活用プログラム課題	332																	332
重点産業利用課題	825	86	89															1000
重点産業化対応課題				13	19	13	13											58
産業新分野支援課題								10	14	12	14	11	4	6	4			75
放射光施設構築新産業利用課題																5	3	8
重点メディカルバイオ・トライアルユース課題	57																	57
重点拡張メディカルバイオ課題	51																	51
重点グリーンライフ・イノベーション推進課題			21	29	27	24	24											125
スマート放射光活用イノベーション戦略推進課題								12	17	18	14							61
社会・文化利用課題										11	16	17	19	19	14	14	13	123
重点戦略課題 (12 条戦略課題)	57	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
重点パートナーユーザー課題	83	7	7	7	7	7	7	1	1									127
重点パートナーユーザー課題								3	3	6	6	7	7	8	8	7	7	62
新分野創成利用課題											4	6	11	16	21	21	25	104
合計	14181	740	730	637	771	633	610	624	858	674	726	738	719	718	857	755	822	25793

備考 長期利用課題は BL ごとに 1 課題としてカウント。  
空白は制度なし。

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

<http://www.spring8.or.jp/ja/users/proposals/list/>  
成果非専有課題の利用課題実験報告書 (SPring-8

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

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

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

表5 SPring-8 共用施設および専用施設利用実績の推移

利用期間			利用時間	共用施設		専用施設	
				実施課題数	延べ利用者数	実施課題数	延べ利用者数
第1回	1997B	1997年10月-1998年03月	1,286	94	681	-	-
第2回	1998A	1998年04月-1998年10月	1,702	234	1,252	7	-
第3回	1999A	1998年11月-1999年06月	2,585	274	1,542	33	467
第4回	1999B	1999年09月-1999年12月	1,371	242	1,631	65	427
第5回	2000A	2000年02月-2000年06月	2,051	365	2,486	100	794
第6回	2000B	2000年10月-2001年01月	1,522	383	2,370	88	620
第7回	2001A	2001年02月-2001年06月	2,313	474	2,915	102	766
第8回	2001B	2001年09月-2002年02月	1,867	488	3,277	114	977
第9回	2002A	2002年02月-2002年07月	2,093	545	3,246	110	1,043
第10回	2002B	2002年09月-2003年02月	1,867	540	3,508	142	1,046
第11回	2003A	2003年02月-2003年07月	2,246	634	3,777	164	1,347
第12回	2003B	2003年09月-2004年02月	1,844	549	3,428	154	1,264
第13回	2004A	2004年02月-2004年07月	2,095	569	3,756	161	1,269
第14回	2004B	2004年09月-2004年12月	1,971	555	3,546	146	1,154
第15回	2005A	2005年04月-2005年08月	1,880	560	3,741	146	1,185
第16回	2005B	2005年09月-2005年12月	1,818	620	4,032	187	1,379
第17回	2006A	2006年03月-2006年07月	2,202	724	4,809	226	1,831
第18回	2006B	2006年09月-2006年12月	1,587	550	3,513	199	1,487
第19回	2007A	2007年03月-2007年07月	2,448	781	4,999	260	2,282
第20回	2007B	2007年09月-2008年02月	2,140	739	4,814	225	1,938
第21回	2008A	2008年04月-2008年07月	2,231	769	4,840	232	1,891
第22回	2008B	2008年10月-2009年03月	1,879	672	4,325	217	1,630
第23回	2009A	2009年04月-2009年07月	1,927	669	4,240	238	1,761
第24回	2009B	2009年10月-2010年02月	2,087	722	4,793	275	2,144
第25回	2010A	2010年04月-2010年07月	1,977	685	4,329	293	2,483
第26回	2010B	2010年10月-2011年02月	2,094	744	4,872	325	2,812
第27回	2011A	2011年04月-2011年07月	2,131	740	4,640	309	2,773
第28回	2011B	2011年10月-2012年02月	1,927	730	4,576	319	2,769
第29回	2012A	2012年04月-2012年07月	1,972	637	4,304	285	2,692
第30回	2012B	2012年10月-2013年02月	2,184	771	5,072	314	3,181
第31回	2013A	2013年04月-2013年07月	1,837	633	4,053	275	2,835
第32回	2013B	2013年10月-2013年12月	1,571	610	3,770	286	2,723
第33回	2014A	2014年04月-2014年07月	1,768	624	4,129	292	2,710
第34回	2014B	2014年10月-2015年02月	2,290	858	5,766	331	3,573
第35回	2015A	2015年04月-2015年07月	2,053	674	4,560	271	2,960
第36回	2015B	2015年09月-2015年12月	1,981	726	4,863	281	2,898
第37回	2016A	2016年04月-2016年07月	2,150	738	5,174	301	3,130
第38回	2016B	2016年09月-2016年12月	1,976	719	4,824	298	2,985
第39回	2017A	2017年04月-2017年07月	2,101	718	4,835	326	3,228
第40回	2017B	2017年10月-2018年02月	2,377	857	5,885	355	3,659
第41回	2018A	2018年04月-2018年08月	2,254	755	5,009	323	3,231
第42回	2018B	2019年10月-2019年02月	2,306	822	5,468	361	3,303
合 計			83,961	25,793	167,650	9,136	82,647

註：長期利用課題をビームラインごとに1課題とカウント（2008.7）  
共用施設には理研ビームライン等からの供出ビームタイムの利用者を含む

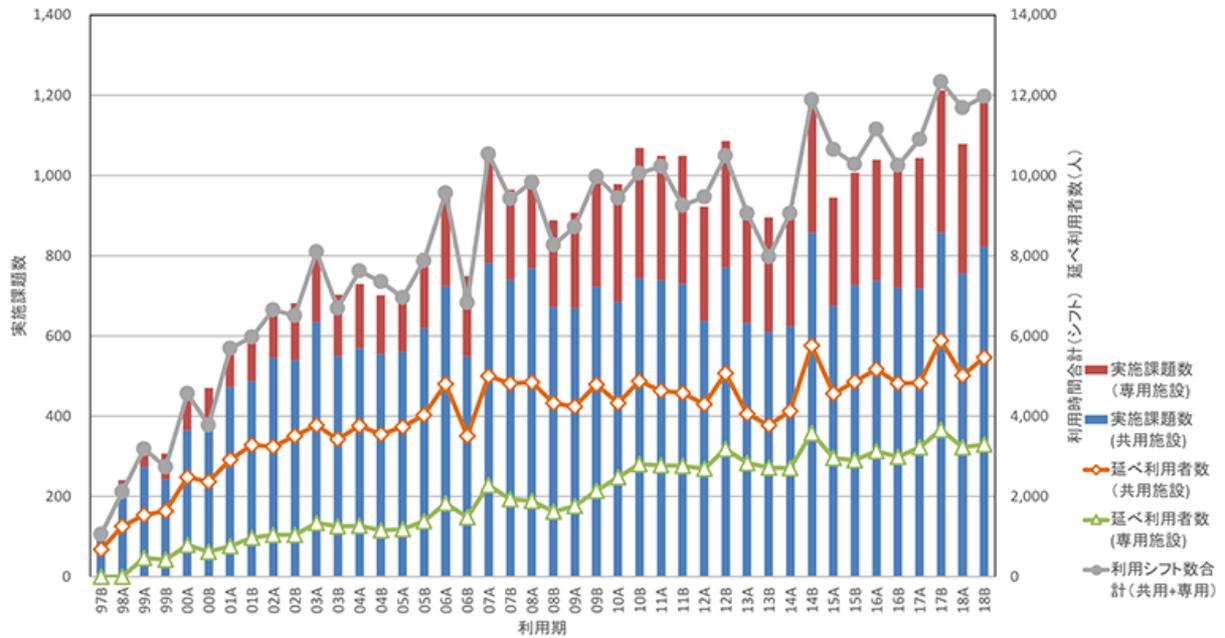


図1 SPring-8 共用施設および専用施設の利用実績の推移

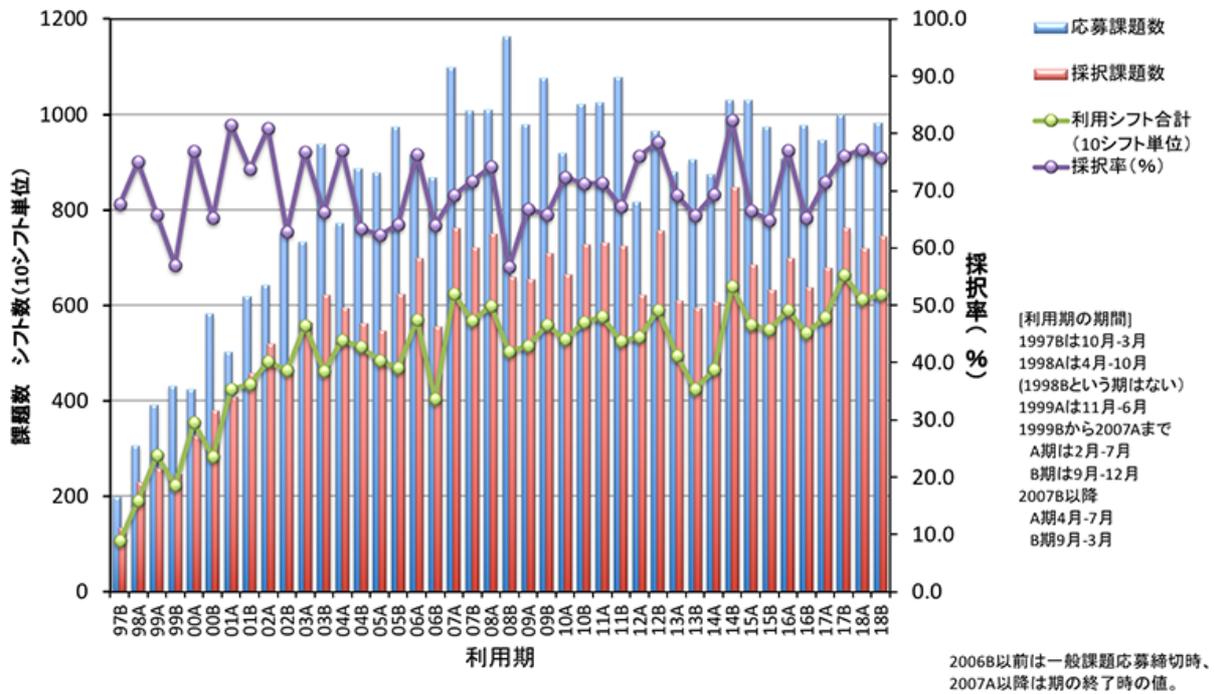


図2 SPring-8 共用施設の応募・採択課題数の推移実績

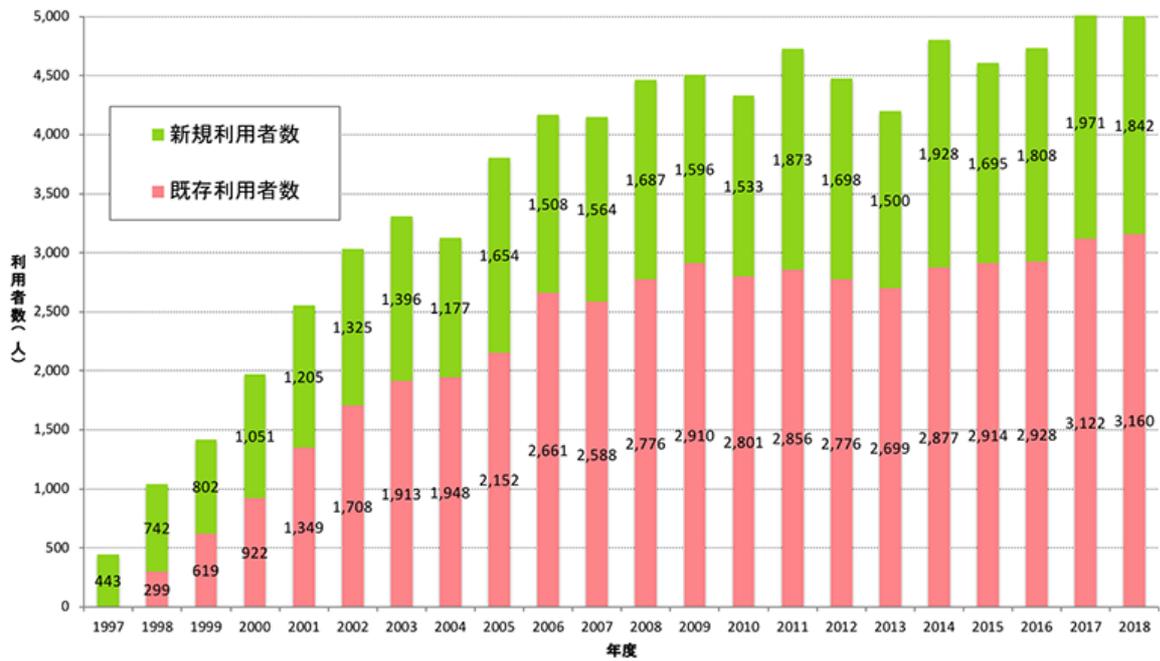


図3 SPring-8の年度ごとのユニーク利用者数

## 2014 年度指定パートナーユーザー事後評価報告 - 2 -

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用推進部

パートナーユーザー制度は、SPRING-8 の共同利用ビームラインの更なる高度化および優れた成果の創出を推進するために、2014 年度より運用しています。パートナーユーザー（以下「PU」という）は、公募・審査を経て指定されます。

PU の事後評価は、PU 審査委員会において、あらかじめ提出された PU 活動終了報告書に基づいた PU による発表と質疑応答により行われます。事後評価の着目点は、PU としての (1) 目標達成度、(2) 活動成果（装置整備・高度化への協力、科学技術的価値および波及効果、ユーザー開拓および支援、情報発信）です。今回は、2014 年度指定の PU1 名（指定期間：2014 年 4 月 1 日から 2018 年 3 月 31 日まで）について、事後評価（2018 年 12 月 4 日開催）を行いました。

以下に PU 審査委員会がとりまとめた評価結果等を示します。研究内容については本誌の「最近の研究から」に PU による紹介記事を掲載しています。

## 1. 白土 優（大阪大学）

## (1) 実施内容

研究テーマ：スピントロニクスデバイスを基盤としたナノ計測技術の開発と物質・材料研究への展開

高度化：軟 X 線ナノビームラインの整備と先導的活用

利用研究支援：当該装置を用いた利用実験の支援

## (2) ビームライン：BL25SU

## (3) 評価コメント

本 PU 申請テーマは、軟 X 線ナノビームの生成、それを利用した XMCD 計測技術の開発、スピントロニクス材料への応用を目標としたもの、すなわち磁性材料を対象とした物性や構造を局所的にとらえて可視化する技術を確立し、それをスピントロニクス分野に

新展開をもたらすものであった。これらを通して、BL25SU を広く材料科学・物質科学に適用可能な計測プラットフォームとして整備することも目標とした。また、BL コミッショニングから発足した PU であり、そのため BL 建設、立ち上げに多大の寄与があったことを初めに評価しておく。

軟 X 線ナノビームを利用した計測システムの開発としては、測定試料の高精度ポジショニングシステムの構築、磁場、電場などの外場印加下や低温下、温度変化に対応できるスキニング技術を伴った XMCD 測定技術、50 nm 径のナノビーム化とその利用技術の構築などである。これらの技術開発は、ほぼ満足のいく程度にまで完成した。これらは、本 PU が BL 担当者と緊密な協力関係を構築していったことが成果に結びついたものと評価できる。

開発された計測技術を利用した研究成果として、垂直交換バイアス機構解明、電気磁気効果として電界誘起反強磁性ドメイン反転の観測とその可視化、電界誘起反強磁性磁壁ダイナミックスの観測、ビットパターンメディア反転時分布の観測などが特出される。しかし、申請書の中で元素選択スピンドイナミックスの観測が計画されていたが、このテーマに関しては未達成である。ドメイン反転移動の観測に成功はしているが、これは時分割測定ではなく、申請者の今後の研究発展の中で上記ダイナミックス測定技術の開発と、それを利用した元素選択スピンドイナミックス観測の成功を期待したい。

本 PU によって開発された測定技術は、外部ユーザーにも開放されており、新しいユーザー開拓にも十分な成果が見られる。

これらのことから、本 PU は十分な成果を創出したと高く評価される。

## 2014B 期 採択長期利用課題の事後評価について - 2 -

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用推進部

2014B 期に採択された長期利用課題について、2017A 期に3年間の実施期間が終了したことを受け、第 64 回 SPring-8 利用研究課題審査委員会長期利用分科会（2018 年 12 月 13 日および 14 日開催）による事後評価が行われました。

事後評価は、長期利用分科会が実験責任者に対しヒアリングを行った後、評価を行うという形式で実施し、SPring-8 利用研究課題審査委員会で評価結果を取りまとめました。以下に評価を受けた課題の評価結果を示します。研究内容については本誌の「最近の研究から」に実験責任者による紹介記事を掲載しています。

なお、2014B 期に採択された長期利用課題 3 課題のうち残り 2 課題の評価結果は、「SPring-8/SACLA 利用者情報」Vol.23 No.1（2018 年 2 月号）に掲載済みです。

課題名	Energy scanning X-ray diffraction study of extraterrestrial materials using synchrotron radiation
実験責任者(所属)	Michael Zolensky (NASA)
採択時課題番号	2014B0113
ビームライン	BL37XU
利用期間/配分総シフト	2014B~2017A/54 シフト

### [評価結果]

This long-term project has attempted to characterize the crystal structures of minerals in the primitive asteroid and comet regolith samples and the effects of impact shock on asteroid and comet regolith samples, and to determine the origin and early history of aqueous fluids in the early solar system. For these works, the project leader has proposed an energy scanning X-ray diffraction technique at BL37XU, in which the x-ray energy is adjusted by changing the undulator gap and the angle of the monochromator, and diffraction patterns are collected on a two-dimensional detector. This approach to extraterrestrial fine particle is unique and needs

continuing investigations to reach the final goal of understanding the birth and early evolution of the solar system.

For the project period, the project team has measured several samples, including the comet Wild-2 samples, asteroid Itokawa samples, and demonstrated that the energy scanning X-ray diffraction is successfully applicable to crystallographic characterization of extraterrestrial minerals. They have reported the results regularly in related conferences and meetings.

The committee appreciates their attempts, and found that some experimental results show a significant piece of information in planetary science. On the other hand, publication in a journal is delayed. The committee encourages the project team to publish the research results in order to share the information in the science community.

### [成果リスト]

(査読付き論文)

[ 1 ] SPring-8 publication ID = 31999

Q. Chan *et al.*: “Magnetite Plaquettes are Naturally Asymmetric Materials in Meteorites” *American Mineralogist* **101** (2016) 2041-2050.

[ 2 ] SPring-8 publication ID = 37205

K. Joy *et al.*: “Identification of Magnetite in Lunar Regolith Breccia 60016: Evidence for Oxidized Conditions at the Lunar Surface” *Meteoritics and Planetary Science* **50** (2015) 1157-1172.

## 2015A 期 採択長期利用課題の事後評価について - 4 -

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、第 64 回 SPring-8 利用研究課題審査委員会長期利用分科会 (2018 年 12 月 13、14 日開催) による事後評価が行われました。

事後評価は、長期利用分科会が実験責任者に対しヒアリングを行った後、評価を行うという形式で実施し、SPring-8 利用研究課題審査委員会で評価結果を取りまとめました。以下に評価を受けた課題の評価結果を示します。研究内容については本誌の「最近の研究から」に実験責任者による紹介記事を掲載しています。

なお、2015A 期に採択された長期利用課題 7 課題のうち 5 課題の評価結果は、「SPring-8/SACLA 利用者情報」Vol.23 No.3 (2018 年 8 月号) および Vol.23 No.4 (2018 年 11 月号)、Vol.24 No.1 (2019 年 2 月号) に掲載済みです。

## - 課題 1 -

課題名	普遍元素を用いる高機能触媒の創製：先端放射光技術の包括的利用に立脚した触媒元素戦略の実現
実験責任者(所属)	高谷 光 (京都大学)
採択時課題番号	2015A0114
ビームライン	BL02B1、BL14B2、BL27SU、BL40XU
利用期間/配分総シフト	2015A~2017B/231シフト (BL02B1: 33シフト、BL14B2:90シフト、BL27SU: 54シフト、BL40XU: 54シフト)

## [評価結果]

当該課題は、貴金属触媒を利用する現行の化学プロセスを Fe、Mn、Co、Ni、Cu 等の 3d 金属元素で代替する新しい触媒システム創製をめざし、Fe 触媒の分子構造、電子状態等の XAFS と単結晶 X 線回折による精密分析に基づいて触媒機構研究を行うもので、元素戦略の視点からも意義深い課題である。

中間生成物の XAFS 測定を可能とするために、送液

速度や液温の制御が可能で、かつ、高い有機溶剤耐性を備えたフローセルシステムを開発した。この開発により、NMR による構造解析が困難な Fe を含む複数の中間生成物の分子構造を BL14B2 及び BL27SU での XAFS 測定により明らかにした。また、BL02B1 と BL40XU での単結晶構造解析で決定した分子構造にもとづいて DFT 計算により定量的な XAFS スペクトルの検討を行ったことは、液中に溶解した分子の構造研究における XAFS の有用性への認知度向上に大きく貢献できたと認められる。

本課題実施以降に、掲載された論文 20 編、投稿中論文 6 編をはじめ、多数の学会発表も行われているように、得られた成果の発信に積極的に取り組んだ姿勢は高く評価できる。

当初計画と比較すると十分に達成できなかった事項も一部あるが、以上のように本課題の実施によって多数の成果が得られた上に、積極的な情報発信によって共同研究等を通じた放射光利用の拡大も認められることから、本課題は目的の大幅な達成に成功したものと高く評価する。

## [成果リスト]

(査読付き論文)

- [ 1 ] SPring-8 publication ID = 31106  
T. Katayama *et al.*: “Two-Step Synthesis of Boron-Fused Double Helicenes” *Journal of the American Chemical Society* **138** (2016) 5210-5213.
- [ 2 ] SPring-8 publication ID = 31335  
Y. Bando *et al.*: “Ion-Pairing Assemblies Based on Pentacyano-Substituted Cyclopentadienide as a  $\pi$ -Electronic Anion” *Chemistry - A European Journal* **22** (2016) 7843-7850.
- [ 3 ] SPring-8 publication ID = 31815  
W. Naito *et al.*: “Doubly *N*-Methylated Porphyrinoids” *Organic Letters* **18** (2016) 3006-3009.

- [ 4 ] SPring-8 publication ID = 32098  
K. Isozaki *et al.*: “Synthesis and Applications of (ONOPincer)Ruthenium-Complex-Bound Norvalines” *Chemistry - An Asian Journal* **11** (2016) 1076-1091.
- [ 5 ] SPring-8 publication ID = 32099  
R. Yoshida *et al.*: “ONO-Pincer Ruthenium Complex-Bound Norvaline for Efficient Catalytic Oxidation of Methoxybenzenes with Hydrogen Peroxide” *Organic & Biomolecular Chemistry* **14** (2016) 7468-7479.
- [ 6 ] SPring-8 publication ID = 32100  
K. Isozaki *et al.*: “Synthesis of Gold Nanoparticles Bearing Supramolecular Interface for Highly Efficient Catalysts” *62nd Symposium on Organometallic Chemistry, Japan* **62** (2015) 119.
- [ 7 ] SPring-8 publication ID = 32103  
R. Agata *et al.*: “Iron Fluoride/N-Heterocyclic Carbene Catalyzed Cross Coupling-between Deactivated Aryl Chlorides and Alkyl Grignard Reagents with or without  $\beta$ -Hydrogens” *Synthesis* **47** (2015) 1733-1740.
- [ 8 ] SPring-8 publication ID = 32104  
S. Nakajima *et al.*: “Synthesis, Structure and Reactivity of Aryliron Intermediates in Iron-Catalyzed Cross-Coupling Reaction” *62nd Symposium on Organometallic Chemistry, Japan* **62** (2015) 160.
- [ 9 ] SPring-8 publication ID = 32105  
S. Saito *et al.*: “Iron-Catalyzed Enantioselective Carbometalation of Azabicyclic Alkenes with Organozinc Reagents” *62nd Symposium on Organometallic Chemistry, Japan* **62** (2015) 164.
- [10] SPring-8 publication ID = 32106  
Y. Aoki *et al.*: “Iron-Catalyzed C-H Amination of Aniline Derivatives” *63rd Symposium on Organometallic Chemistry, Japan* **63** (2017) 147.
- [11] SPring-8 publication ID = 32108  
H. Takaya *et al.*: “Solution-Phase Structure Analysis of Molecular Catalysts Based on X-ray Absorption Spectroscopy” *化学と工業 (Chemistry and Chemical Industry)* **69** (2016) 391-393.
- [12] SPring-8 publication ID = 32114  
Y. Haketa *et al.*: “Dipyrrolylpyrimidines as Anion-Responsive  $\pi$ -electronic Systems” *Organic & Biomolecular Chemistry* **14** (2016) 8035-8038.
- [13] SPring-8 publication ID = 33309  
S. Nakatsuka *et al.*: “Divergent Synthesis of Heteroatom-Centered 4,8,12-Triazatriangulenes” *Angewandte Chemie International Edition* **56** (2017) 5087-5090.
- [14] SPring-8 publication ID = 33587  
V. Lakshmi *et al.*: “Dimension-Controlled Assemblies of Anion-Responsive  $\pi$ -electronic Systems Bearing Aryl Substituents with Fan-Shaped Geometries” *Chemical Communications* **53** (2017) 3834-3837.
- [15] SPring-8 publication ID = 33589  
R. Yamakado *et al.*: “Cooperatively Interlocked [2+1]-Type  $\pi$ -System-Anion Complexes” *Chemistry - A European Journal* **23** (2017) 4160-4168.
- [16] SPring-8 publication ID = 33597  
Y. Sasano *et al.*: “Negatively Charged  $\pi$ -Electronic Systems by Deprotonation of Hydroxy-Substituted Dipyrrolyldiketone Boron Complexes” *Chemistry - An Asian Journal* **11** (2016) 3423-3429.
- [17] SPring-8 publication ID = 33872  
H. Takaya *et al.*: “Synthesis and Structural Analysis of Ruthenium-bound Norvaline Peptides” *Chemistry Letters* **46** (2017) 665-668.
- [18] SPring-8 publication ID = 34939  
K. Matsui *et al.*: “One-Shot Multiple Borylation toward BN-Doped Nanographenes” *Journal of the American Chemical Society* **140** (2018) 1195-1198.
- [19] SPring-8 publication ID = 35411  
A. Kuno *et al.*: “Conjunction of Pyrrole and Amide Moieties: Highly Anion-Responsive  $\pi$ -Electronic Molecules Forming Ion-Free and Ion-Pairing Assemblies” *Chemistry - A European Journal* **23** (2017) 11357-11365.
- [20] SPring-8 publication ID = 36465  
Y. Sasano *et al.*: “Deprotonated *meso*-hydroxyporphyrin as a Stable  $\pi$ -Electronic Anion: the Building Unit of an Ion-Pairing Assembly” *Dalton Transactions* **46** (2017) 8924-8928.
- [21] SPring-8 publication ID = 36861  
H. Maeda *et al.*: “Ion-Pairing Assemblies of  $\pi$ -Electronic Anions Formed by Intramolecular Hydrogen Bonding” *Chemistry - A European Journal* **24** (2018) 8910-8916.

- [22] SPring-8 publication ID = 36862  
 S. Kaname *et al.*: “Cyclic Anion-Responsive  $\pi$ -Electronic Molecules That Overcome Energy Losses Induced by Conformation Changes” *Organic Letters* **20** (2018) 3268-3272.
- [23] SPring-8 publication ID = 37216  
 K. Isozaki *et al.*: “Rebust Surface Plasmon Resonance Chips for Repetitive and Accurate Analysis of Lignin-Peptide Interactions” *ACS Omega* **3** (2018) 7483-7493.
- [24] SPring-8 publication ID = 37217  
 M. Hirano *et al.*: “Mechanistic Insights on Pd/Cu-Catalyzed Dehydrogenative Coupling of Dimethyl Phthalate” *ACS Catalysis* **8** (2018) 5827-5841.
- [25] SPring-8 publication ID = 37218  
 A. Yamaguchi *et al.*: “Discovery of 12-mer Peptides that Bind to Wood Lignin” *Scientific Reports* **6** (2016) 21833.
- [26] SPring-8 publication ID = 37219  
 S. Nakajima *et al.*: “Iron-Catalyzed Methylation of Arylboron Compounds with Iodomethane” *Chemistry Letters* **46** (2017) 711-714.
- [27] SPring-8 publication ID = 37220  
 S. Nakajima: “Mechanistic and Synthetic Studies on Iron-Bisphosphine-Catalyzed Cross-Coupling Reactions of Alkyl Halides” *Doctoral Thesis (Kyoto University)* (2017).
- [28] SPring-8 publication ID = 37221  
 R. Yoshida: “Development of Metalated Amino Acids and Peptides as Oxidation Catalysts and Application of Those to Selective Lignin Degradation” *Doctoral Thesis (Kyoto University)* (2018).

－ 課題2 －

課題名	サイト選択原子イメージングを基盤技術とした蛍光X線・光電子ホログラフィーの相乗利用研究領域の開拓・創成
実験責任者(所属)	林 好一 (名古屋工業大学)
採択時課題番号	2015A0116
ビームライン	BL13XU、BL25SU、BL39XU
利用期間/配分総シフト	2015A~2017B/238シフト (BL13XU: 126シフト、BL25SU: 61シフト、BL39XU: 51シフト)

【評価結果】

本課題においては、バルク測定に有効な蛍光X線ホログラフィーと表面観測に有効な光電子ホログラフィーという相補的な二つの手法を、装置開発から技術の確立まで成功させた。このような研究基盤の整備に貢献したことは、まさに長期利用課題の成果に相応しいと考えられる。また、同時に進行していた新学術領域科費「3D 活性サイト」の存在は、装置開発のサポートになっただけでなく、多くの招待講演という形で、成果発信にもつながり、本課題の進展を大きく加速したと思われる。この点で、非常にタイムリーな課題であった。

一方、中間評価の際に指摘された、二つの手法の相乗効果を示すという問題についても、これを克服するいくつかの成果を示した。グラファイト層間化合物KC<sub>8</sub>に、わずかなCaドーピングすることにより、急激に超伝導転移温度が上がるメカニズムを解明した成果や、トポロジカル絶縁体のトポロジカル・非トポロジカル転移のメカニズムを解明する成果等である。特に、トポロジカル絶縁体は、現在ホットなトピックスであるとともに、表面とバルクの性質の違いが特徴的な物質であるため、本課題で確立した二つの手法を適用するのに非常に好適な対象である。この点で、今後の波及効果も十分期待できる。

上述のように、バルク測定のためのX線ホログラフィーと表面観測のための光電子ホログラフィーという二つの手法を確立するとともに、その相乗効果としての研究成果もあげており、本課題の目標は十分に達成されたと思われる。新しい研究基盤の整備に貢献したことから、長期利用課題の成果として高く評価できる。ただし、相乗効果による成果は、まだ出始めたばかりという感もあり、今後も一般課題等で継続していただくとともに、他の研究グループへの波及にも努めていただき、よりインパクトの高い成果の達成に期待したい。

【成果リスト】

(査読付き論文)

- [1] SPring-8 publication ID = 30591  
 K. Sugita *et al.*: “Development of Micro-Photoelectron Diffraction at SPring-8 BL25SU” *e-Journal of Surface Science and Nanotechnology* **14** (2016) 59-62.

- [ 2 ] SPring-8 publication ID = 32027  
K. Kaminaga *et al.*: “A Divalent Rare Earth Oxide Semiconductor: Yttrium Monoxide” *Applied Physics Letters* **108** (2016) 122102.
- [ 3 ] SPring-8 publication ID = 32404  
F. Matui *et al.*: “Photoelectron Holographic Atomic Arrangement Imaging of Cleaved Bimetal-intercalated Graphite Superconductor Surface” *Scientific Reports* **6** (2016) 36258.
- [ 4 ] SPring-8 publication ID = 33752  
K. Kimura *et al.*: “In-Plane Positional Fluctuations of Zinc Atoms in Single Crystal  $Mg_{8x}Zn_6Y_9$  Alloy Studied by X-ray Fluorescence Holography” *Materials Transactions* **58** (2017) 539-542.
- [ 5 ] SPring-8 publication ID = 34011  
S. Fukami *et al.*: “Correlation Between High Gas Sensitivity and Dopant Structure in W-doped ZnO” *Physical Review Applied* **7** (2017) 064029.
- [ 6 ] SPring-8 publication ID = 35746  
T. He *et al.*: “Pressure-Induced Superconductivity in  $Ag_xBi_{2-x}Se_3$ ” *Physical Review B* **97** (2018) 104503.
- [ 7 ] SPring-8 publication ID = 35772  
F. Matui *et al.*: “Photoelectron Holography and Photoelectron Diffraction Microscopy” *触媒 (Catalysts & Catalysis)* **59** (2017) 76-81.
- [ 8 ] SPring-8 publication ID = 35980  
N. Happo *et al.*: “Improvement of Graphite Crystal Analyzer for Light Elements on X-ray Fluorescence Holography Measurement” *Japanese Journal of Applied Physics* **57** (2018) 058006.
- [ 9 ] SPring-8 publication ID = 36067  
T. Fujiwara *et al.*: “Heteroepitaxial Barium-Doped  $NaTaO_3$  Films on  $SrTiO_3(001)$  Substrate” *Thin Solid Films* **658** (2018) 66-72.
- [10] SPring-8 publication ID = 37118  
T. Nishioka *et al.*: “In-Plane Positional Correlations among Dopants in 10H Type Long Period Stacking Ordered  $Mg_{75}Zn_{10}Y_{15}$  Alloy Studied by X-ray Fluorescence Holography” *Materialia* **3** (2018) 256-259.
- [11] SPring-8 publication ID = 37140  
J. Stellhorn *et al.*: “Application of X-ray Fluorescence Holography to the Analysis of the Interior and Surface of an Yttrium Oxide Thin Film” *Surface and Interface Analysis* **51** (2019) 70-73.
- [12] SPring-8 publication ID = 37141  
J. Stellhorn *et al.*: “A Valence-Selective X-ray Fluorescence Holography Study of an Yttrium Oxide Thin Film” *Journal of Applied Crystallography* **50** (2017) 1583-1589.
- [13] SPring-8 publication ID = 37186  
K. Kimura *et al.*: “Local Structural Analysis of In-Doped  $Bi_2Se_3$  Topological Insulator using X-ray Fluorescence Holography” *Surface and Interface Analysis* **51** (2019) 51-55.
- [14] SPring-8 publication ID = 37263  
Y. Fujita *et al.*: “Mapping Nanometer and Micrometer-Scale Structures at Graphite Surface by Photoelectron Diffraction” *Surface and Interface Analysis* **51** (2019) 74-78.

## SACLA 利用研究課題審査委員会を終えて

SACLA 利用研究課題審査委員会 委員長  
大阪大学 蛋白質研究所 中川 敦史

### 1. はじめに

2017年4月～2019年3月の2年間、雨宮慶幸前委員長から引き継いで、SACLA 利用研究課題審査委員会（2017B期～2019A期の審査委員会）の委員長を務めさせていただきました。何かと不慣れな点もあったことから、JASRI 利用推進部の方々には、色々とお手数をお掛けしました。本委員会委員の皆様や関係者の方々のご協力が無事任を終えることができ、皆様に感謝申し上げます。以下に、この2年間の審査を振り返っての簡単な感想を述べさせていただきますと思います。

### 2. 本委員会での審査に関して

#### 2.1 審査方法に関して

審査は、第3期（2015年4月～2017年3月）における審査方法をほぼ踏襲して行いました。以下にその骨子をまとめます。

1. 使用できるビームラインが3本（BL1、BL2、BL3）であること、応募課題総数は100程度であることから、分科会に分けるより審査委員会で総合的に議論の方が効率的であると考え、SPring-8で行っているレフェリー・分科会・審査委員会の3段階の審査と異なり、SACLAでは分科会に分けず、レフェリー・審査委員会の2段階で行う。
2. 原則として、本委員会委員が全ての応募課題の審査を行い、本委員会で調整の上、選定案を決定する。
3. 年間ビームタイム設定は、SPring-8と同様、24時間連続運転、および、同時期を想定する。ただし、1シフトは12時間とする。

#### 2.2 レフェリーに関して

本委員会の施設外委員は、レフェリーとして、応募課題の、1) 科学技術的妥当性（絶対評価）、2) SACLA

の必要性（絶対評価）、3) 総合評価（相対評価）に関する審査を1課題あたり5名程度で事前に行い、施設側委員は、4) 実施可能性評価（絶対評価）、5) 奨励シフト数評価、6) 安全評価（絶対評価）の審査を事前に行い、本委員会に臨みました。

#### 2.3 本委員会での主な議論のポイント

本委員会では、上記のレフェリーによる審査の結果を踏まえて、総合的に課題の採否に関して議論を行いました。特に、供給できるビームタイムの制約との関係で、レフェリー審査結果が採否のボーダーラインの近傍にある課題に関して詳細に議論を行いました。その際、以下の点に留意しました。

- ① 委員（＝レフェリー）間の評価結果のバラツキの程度：採否ボーダーライン前後の課題について、個別に各委員間の評価のバラツキを吟味。
- ② 科学技術的意義およびSACLAの必要性（いずれも絶対評価）と総合評価の相関：上記ボーダーライン前後の課題について、科学技術的意義およびSACLAの必要性和総合相対評価との相関を吟味。
- ③ 利用機会：申請者の多様性（申請者の重複、所属機関、国内外、産学、等）を確保するための配慮。
- ④ これまでに本申請に関連したSACLA実施課題がある申請者は、課題申請時に進捗報告書を記入し、当該申請課題は、審査時の参考資料とする。

また、本委員会での議論の結果、不採択となった課題の申請者に伝える情報の中に、不採択課題の中での評価結果が上位、中位、下位のどの位置にあったかの情報を盛り込むとともに、SACLA 産業利用の一層の促進の観点から、産業界所属者が実験責任者の不採択課題については、個別の不採択理由等のコメントをつけることとしました。また、2019A期の審査からは、

次回以降の申請につなげていただくために、不採択課題については、個別事前審査において各課題に付された審査コメントをとりまとめ、課題申請者にフィードバックすることとしました。

### 3. 審査結果の概要

2017B 期 (BL1: 54 シフト、BL2: 72.5 シフト、BL3: 117 シフト、延べ 243.5 シフト) では、応募 85 課題に対して 50 課題を採択しました (採択率=59%)。採択された 50 課題におけるシフト配分率 (=配分シフト数/要求シフト数) は 49%でした。

2018A 期 (BL1: 51 シフト、BL2: 79.5 シフト、BL3: 127 シフト、延べ 257.5 シフト) では、応募 79 課題に対して 55 課題を採択しました (採択率=70%)。採択された 55 課題におけるシフト配分率は 52%でした。

2018B 期 (BL1: 51 シフト、BL2: 75 シフト、BL3: 139 シフト、延べ 265 シフト) では、応募 94 課題に対して 56 課題を採択しました (採択率=60%)。採択された 56 課題におけるシフト配分率は 47%でした。また、成果専有利用制度である時期指定課題においては、1 課題/0.17 シフト (2 時間) を採択しました。

2019A 期 (BL1: 45 シフト、BL2: 86 シフト、BL3: 131 シフト、延べ 262 シフト) では、応募 93 課題に対して 55 課題を採択しました (採択率=59%)。採択された 55 課題におけるシフト配分率は 49%でした。

3本のビームラインは効率良く利用されていますが、何れの期においても、採択率およびシフト配分率は SPRING-8 の場合に比べて低くなっています。

### 4. 申請書の書き方について

委員会の議論の中で、学生等に代筆させたとと思われるような稚拙な文章や、文章の整合性が取れておらず、過去の申請書の切り貼りと思われる文章が、いくつか指摘されました。さらに、適切な引用がされていない、あるいは引用文献の内容と違う論理で新規性を謳ったと疑われるような内容の申請書があるのではないかと議論もありました。こちらについては、委員間での判断が分かれる微妙なものでしたが、もし故意に書かれたのであれば研究者倫理にもとるものであると言わざるを得ません。

近年の国の厳しい財政事情から、常に競争的資金を獲得するために多くの申請書を書かなければならず、また、大学等の運営面でも多くの書類を書くことに忙殺されていることは十分に理解できますが、本委員会からは、本記事を通して、申請者の皆様に、SACLA の貴重なビームタイムを利用するということは、多くの研究資金を獲得するという同じであるということに改めて理解した上で、適切な審査ができるような申請書の作成を心掛けていただきたいと思いますというメッセージを送らせていただくことになりました。

### 5. まとめと今後の課題

SACLA は、2012A 期の共用開始から 5 年以上経過し、立ち上げフェーズから安定利用のフェーズに移行してきたと言えます。そのような状況下で、社会からは最先端の X 線光源から最大限のアウトプットを引き出し、新しいサイエンスを開拓していくことが強く求められてきています。そのような要請の下に、いかに「良い」課題を選んでいくかということが、本委員会での審査に益々求められてきています。一方で課題数が 100 に近づき、今後もさらに増えてくると予想されます。また、新しい分野への更なる展開も期待されています。そのような中で、公平性と透明性を担保した課題審査を行っていくことの重要性も痛感しています。

最後になりましたが、より良い課題を選定するという熱い思いで多くの申請書を細部にわたって熟読しさらに長時間にわたって活発な議論をいただきました、本委員会の委員の皆様へ深く感謝いたします。また、委員会を支えていただきました JASRI スタッフの皆様への御尽力に敬意を表すとともに心より感謝申し上げます。

中川 敦史 *NAKAGAWA Atsushi*

大阪大学 蛋白質研究所  
〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 3-2  
TEL : 06-6879-4313  
e-mail : atsushi@protein.osaka-u.ac.jp

## 2019A 期 SACLA 利用研究課題の採択について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター

利用推進部

高輝度光科学研究センター（JASRI）の SACLA 利用研究課題審査委員会（SACLA PRC）において、SACLA の供用運転開始以降第 15 期目に当たる 2019A 期（2019 年 3 月～7 月）の利用研究課題応募 93 課題を審査しました。

さらに、当該審査結果について SACLA 選定委員会の意見を聴き、JASRI として 55 課題を採択しました。

### 1. 募集、審査及び採択等の日程

2019A 期の課題募集、審査及び採択は、以下のスケジュールを経て行われました。

（2018 年）

10 月 1 日 ホームページで募集案内公開

11 月 9 日 応募締切

～この間、審査基準に即した各課題の個別審査を実施～

12 月 25 日 第 16 回 SACLA PRC（総合審査）

（2019 年）

1 月 18 日 第 18 回 SACLA 選定委員会（審査結果の意見聴取）

1 月 24 日 JASRI として採否決定、結果通知

3 月 5 日 2019A 期利用開始

### 2. 応募、採択及びビームタイム配分状況

2019A 期の応募課題数は 93、採択課題数は 55 でした。また応募課題は全て一般課題／成果非専有利用でした。ビームライン別・申請者所属別の応募・採択課題数を表 1 に、採択された課題の要求シフト数および配分シフト数を表 2 に示します。

採択 55 課題に対し、ビームタイムは計 262 シフト（1 シフト＝12 時間）が配分されました。配分シフト数を含む採択 55 課題の一覧は、以下の Web サイトに掲載しています。

#### ◆ SACLA User Information

> SACLA 利用案内 > 採択課題／実施課題

> 採択課題一覧 > 2019A

[http://sacla.xfel.jp/wp-content/uploads/sacla\\_approved\\_proposal\\_2019a\\_j.pdf](http://sacla.xfel.jp/wp-content/uploads/sacla_approved_proposal_2019a_j.pdf)

表 1

（単位：課題数）

ビームライン	産業界		大学等 教育機関		国公立試験 研究機関等		海外機関		合計		採択率
	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	
BL1			6	5	3	1			9	6	
BL2/BL3	3	3	18	10	10	9	53	27	84	49	
合計	3	3	24	15	13	10	53	27	93	55	59%

表 2

（単位：シフト数）

課題種	A	B	C	C/A	C/B
	応募課題 (93 課題) の 全要求シフト数	採択課題 (55 課題) の 全要求シフト数	採択課題 (55 課題) の 全配分シフト数	配分率 (採択配分/ 応募要求)	配分率 (採択配分/ 採択要求)
一般課題 (成果非専有)	533	314	262	49%	83%
一般課題 (成果専有)	-	-	-	-	-
合計	533	314	262	49%	83%

なお、成果を公表しない成果専有課題のうち、定期的な募集の締切によらず随時応募・受付される時期指定課題利用制度を 2016B 期より導入しました。当該課題は基本的に利用期中に申請・審査のうえ実施されることから、申請・実施があった場合は、利用期終了後に結果として応募課題数・採択課題数に追加されません。

公益財団法人  
高輝度光科学研究センター 利用推進部  
TEL : 0791-58-0961  
e-mail : sacla.jasri@spring8.or.jp

## 2018B 期において実施された SACLA 利用研究課題（共用課題） について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用推進部

2012年3月より供用運転が開始された SACLA では、第14回目の利用期である2018B期の利用研究課題（共用課題）が、2018年10月9日から2019年3月1日にかけて実施されました。この期間において、ビームライン BL1、BL2 または BL3 にて計57の利用研究課題が実施され、ビームタイムは計263.59シフト（1シフト＝12時間。成果専有利用は0.17シフト＝2時間単位）が利用されました。

実施課題は、一般課題（成果非専有利用）および時期指定課題（成果専有利用）の2種類あり、それぞれ表1のとおり国内外機関所属の実験責任者により実施されました。成果専有利用制度である時期指定課題においては、1課題/0.17シフト（2時間）が配分のうえ利用されました。

なお、これらのほか、同ビームラインにおいて JASRI スタッフによるインハウス課題が計3課題実施され、ビームタイムは計19シフトが利用されました。

実施課題の課題名は、以下の Web サイトに掲載しています。

### ◆ SACLA User Information

> SACLA 利用案内 > 採択課題/実施課題

> 実施課題一覧 > 2018B

[http://sacla.xfel.jp/wp-content/uploads/sacla\\_performed\\_proposal\\_2018b\\_j.pdf](http://sacla.xfel.jp/wp-content/uploads/sacla_performed_proposal_2018b_j.pdf)

※ 2018B 期の実施課題は、2019年5月14日に公開。

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

### ◆ SACLA User Information

> 成果等検索 > 利用課題実験報告書検索

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

※ 2018B 期の報告書は、2019年5月14日に公開。

成果は、課題実施期終了後3年以内に、査読付き原著論文等で公開されます。

公益財団法人

高輝度光科学研究センター 利用推進部

TEL：0791-58-0961

e-mail：sacla.jasri@spring8.or.jp

表1 2018B 期 SACLA 利用研究実施課題

課題種	産業界		大学等教育機関		国立試験研究機関等		海外機関		合計	
	実施課題数	実施シフト数	実施課題数	実施シフト数	実施課題数	実施シフト数	実施課題数	実施シフト数	実施課題数	実施シフト数
一般課題										
（成果非専有利用）	3	11	19	95	12	56.17	22	101.25	56	263.42
（成果専有利用）										
時期指定課題（成果専有利用）	1	0.17							1	0.17
合計	4	11.17	19	95	12	56.17	22	101.25	57	263.59

○実施課題を実験責任者の所属（産学官 海外）で区分。

○延べ来所者数は計653人。

## SPring-8/SACLA 利用者選定に係る 2017-2018 年度委員会の委員名簿の公表

登録施設利用促進機関  
公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用推進部

2017-2018 年度の SPring-8/SACLA 利用者選定のために設置した委員会委員名を公表します。一部の委員会は審査の公正性を保つため任務中は非公開としており、審査の透明性の確保の観点から任務終了後に公表することとしています。

### ○ 2017-2018 年度 SPring-8 選定委員会

(委員長)

佐々木 聡 国立大学法人東京工業大学 名誉教授

(委員長代理)

雨宮 慶幸 国立大学法人東京大学 特任教授

(委員)

岸本 浩通 住友ゴム工業株式会社 研究開発本部分析センター 課長

栗原 和枝 国立大学法人東北大学 未来科学技術共同研究センター 教授

島川 祐一 国立大学法人京都大学 化学研究所 教授

妹尾与志木 公益財団法人佐賀県地域産業支援センター九州シンクロナン光研究センター 副所長

谷一 尚 山陽学園大学 副学長・教授

月原 富武 公立大学法人兵庫県立大学 特任教授

野村 昌治 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 ダイヤモンドフェロー

藤原明比古 関西学院大学 教授

山縣ゆり子 国立大学法人熊本大学 名誉教授

横溝 英明 一般財団法人総合科学研究機構 (CROSS) 中性子科学センター 理事長・センター長

渡辺 義夫 公益財団法人科学技術交流財団あいちシンクロナン光センター リエゾン (副所長格)

### ○ 2017-2018 年度 SACLA 選定委員会

(委員長)

雨宮 慶幸 国立大学法人東京大学 特任教授

(委員長代理)

中川 敦史 国立大学法人大阪大学 蛋白質研究所 所長・教授

(委員)

旭 良司 株式会社豊田中央研究所 スマート材料デザイン研究領域 領域リーダー

岩井伸一郎 国立大学法人東北大学 教授

上村みどり 帝人ファーマ株式会社 生物医学総合研究所 上席研究員

濡木 理 国立大学法人東京大学 教授

宮永 憲明 国立大学法人大阪大学 レーザー技術総合研究所 特別研究員 (研究総括) / 国立大学法人大阪大学 名誉教授

村上 洋一 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 教授

米田 仁紀 国立大学法人電気通信大学 レーザー新世代研究センター 教授

### ○ 2017-2018 年度 専用施設審査委員会

(委員長)

村上 洋一 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 教授

(委員長代理)

渡辺 義夫 公益財団法人科学技術交流財団あいちシンクロナン光センター リエゾン (副所長格)

(委員)

石川 哲也 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 センター長

岡島 敏浩 公益財団法人佐賀県地域産業支援センター九州シンクロナン光研究センター グループ長

金谷 利治	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 特別教授/J-PARC MLF デイビジョン長
熊坂 崇	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長
後藤 俊治	公益財団法人高輝度光科学研究センター 光源基盤部門長
櫻井 吉晴	公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門長
澤 博	国立大学法人名古屋大学 教授
花木 博文	公益財団法人高輝度光科学研究センター 安全管理室長
平谷 篤也	国立大学法人広島大学 教授
廣沢 一郎	公益財団法人高輝度光科学研究センター 産業利用推進室長
松下 智裕	公益財団法人高輝度光科学研究センター 情報処理推進室長
八木 直人	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/利用研究促進部門 コーディネーター

**○ 2017-2018 年度 SPring-8 利用研究課題審査委員会**

(委員長)

雨宮 慶幸 国立大学法人東京大学 特任教授

(委員)

秋山 修志	大学共同利用機関法人自然科学研究機構 分子科学研究所 教授
岡島 敏浩	公益財団法人佐賀県地域産業支援センター 九州シンクロトロン光研究センター グループ長
籠島 靖	公立大学法人兵庫県立大学 教授
金谷 利治	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 特別教授/J-PARC MLF デイビジョン長
熊坂 崇	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長
黒岩 芳弘	国立大学法人広島大学 教授
後藤 俊治	公益財団法人高輝度光科学研究センター 光源基盤部門長
櫻井 浩	国立大学法人群馬大学 教授
櫻井 吉晴	公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門長
佐藤 衛	公立大学法人横浜市立大学 教授
清水 克哉	国立大学法人大阪大学 基礎工学研究科附属 極限科学センター 教授
鈴木 謙爾	公益財団法人特殊無機材料研究所 代表理事
高橋 正光	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学研究部門 グループリーダー

花木 博文	公益財団法人高輝度光科学研究センター 安全管理室長
廣沢 一郎	公益財団法人高輝度光科学研究センター 産業利用推進室長
藤原明比古	関西学院大学 教授
松下 智裕	公益財団法人高輝度光科学研究センター 情報処理推進室長
松本 健志	国立大学法人徳島大学 教授
溝川 貴司	早稲田大学 教授
八木 直人	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/利用研究促進部門 コーディネーター
横谷 尚睦	国立大学法人岡山大学 異分野基礎科学研究所 教授
渡辺 義夫	公益財団法人科学技術交流財団あいちシンクロトロン光センター リエゾン (副所長格)

**○ 2017-2018 年度 SACLA 利用研究課題審査委員会**

(委員長)

中川 敦史 国立大学法人大阪大学 蛋白質研究所 所長・教授

(委員長代理)

足立 伸一 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 教授

(委員)

雨宮 健太	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 教授 (2018.4 から)
有馬 孝尚	国立大学法人東京大学 教授
井上 豪	国立大学法人大阪大学 教授
近藤 公伯	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学研究部門 部長
酒井 広文	国立大学法人東京大学 教授
坂田 修身	国立研究開発法人物質・材料研究機構 技術開発・共用部門 高輝度放射光ステーション長
佐藤 衛	公立大学法人横浜市立大学 教授
千田 俊哉	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 構造生物学研究センター 教授・センター長
津本 浩平	国立大学法人東京大学 教授
登野 健介	公益財団法人高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室 先端光源利用研究グループリーダー
中堤 基彰	European XFEL, GmbH Senior Scientist
西野 吉則	国立大学法人北海道大学 電子科学研究所 教授

西堀 英治 国立大学法人筑波大学 教授  
 濡木 理 国立大学法人東京大学 教授  
 初井 宇記 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
 XFEL 利用研究推進室 先端計測・解析技術グループリーダー  
 花木 博文 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
 安全管理室長  
 菱川 明栄 国立大学法人名古屋大学 物質科学国際研究  
 センター 教授  
 平井 康晴 公益財団法人佐賀県地域産業支援センター  
 九州シンクロトロン光研究センター 所長  
 (2018.3 まで)  
 松田 巖 国立大学法人東京大学 物性研究所 准教授  
 矢橋 牧名 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
 XFEL 利用研究推進室長  
 米田 仁紀 国立大学法人電気通信大学 レーザー新世代  
 研究センター 教授

○ 2017-2018 年度 SPring-8 課題審査委員会

分科会委員

◎分科会主査 ○小分科主査

[生命科学分科会]

〈分科会 1 (蛋白質結晶構造解析)〉

◎○佐藤 衛 公立大学法人横浜市立大学 教授  
 熊坂 崇 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長  
 杉本 宏 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 専任研究員

〈分科会 2 (生物試料回折散乱 (非結晶))〉

○秋山 修志 大学共同利用機関法人自然科学研究機  
 構 分子科学研究所 教授  
 岩本 裕之 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
 利用研究推進部門 特別嘱託研究員  
 藤澤 哲郎 国立大学法人岐阜大学 教授

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

○松本 健志 国立大学法人徳島大学 教授  
 毛利 聡 川崎医科大学 教授  
 八木 直人 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/利用研究  
 推進部門 コーディネーター

[散乱回折分科会]

〈分科会 1 (無機系結晶、有機・分子系結晶)〉

◎○黒岩 芳弘 国立大学法人広島大学 教授  
 木村 滋 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
 利用研究推進部門 副部門長  
 西堀 英治 国立大学法人筑波大学 教授

〈分科会 2 (高圧物性、地球惑星科学)〉

○清水 克哉 国立大学法人大阪大学 基礎工学研究  
 科附属極限科学センター 教授  
 大石 泰生 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
 利用研究推進部門 グループリーダー  
 舟越 賢一 一般財団法人総合科学研究機構  
 (CROSS) 中性子科学センター 次長

〈分科会 3 (材料イメージング (CT、トポグラフィー  
 等))〉

○籠島 靖 公立大学法人兵庫県立大学 教授  
 上杉健太郎 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
 利用研究推進部門 チームリーダー  
 安田 秀幸 国立大学法人京都大学 教授

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

○櫻井 浩 国立大学法人群馬大学 教授  
 筒井 智嗣 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
 利用研究推進部門 チームリーダー  
 平岡 望 台湾國家同步輻射研究中心 (NSRRC)  
 グループリーダー

〈分科会 5 (高分子 (蛋白質を除く))〉

○金谷 利治 大学共同利用機関法人高エネルギー加  
 速器研究機構 物質構造科学研究所  
 特別教授/J-PARC MLF デイビジョ  
 ン長  
 関口 博史 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
 利用研究推進部門 チームリーダー  
 松葉 豪 国立大学法人山形大学 准教授

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

○高橋 正光 国立研究開発法人量子科学技術研究開  
 発機構 量子ビーム科学研究部門 グ  
 ループリーダー  
 今井 康彦 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
 利用研究推進部門 チームリーダー  
 若林 裕助 国立大学法人大阪大学 准教授

[XAFS・蛍光分析分科会]

(XAFS、蛍光 X 線分析、微量分析)

- ◎岡島 敏浩 公益財団法人佐賀県地域産業支援センター 九州シンクロトロン光研究センター グループ長
- 今井 英人 株式会社日産アーク デバイス機能解析部 部長
- 鈴木 基寛 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 チームリーダー

[分光分科会]

<分科会 1 (固体光電子分光物性、赤外物性、光化学)>

- 横谷 尚陸 国立大学法人岡山大学 異分野基礎科学研究所 教授
- 池本 夕佳 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 チームリーダー
- 松田 巖 国立大学法人東京大学 物性研究所 准教授

<分科会 2 (MCD (軟 X 線、硬 X 線))>

- ◎○溝川 貴司 早稲田大学 教授
- 関山 明 国立大学法人大阪大学 教授
- 為則 雄祐 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 グループリーダー

[産業利用分科会]

- ◎渡辺 義夫 公益財団法人科学技術交流財団あいちシンクロトロン光センター リエゾン (副所長格)
- 木村 正雄 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 教授
- 佐野 則道 公益財団法人高輝度光科学研究センター 産業利用推進室 コーディネーター
- 鈴木 淳市 一般財団法人総合科学研究所 (CROSS) 中性子科学センター 部長
- 妹尾与志木 公益財団法人佐賀県地域産業支援センター 九州シンクロトロン光研究センター 副所長

[社会・文化利用分科会]

- ◎鈴木 謙爾 公益財団法人特殊無機材料研究所 代表理事
- 谷一 尚 山陽学園大学 副学長・教授
- 寺田 靖子 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 主幹研究員
- 八木 直人 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/利用研究促進部門 コーディネーター

[先進技術産業応用分科会]

- ◎野村 昌治 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 ダイアモンドフェロー
- 宇留賀朋哉 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 副部門長
- 菖蒲 敬久 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究主幹
- 竹田 美和 公益財団法人科学技術交流財団あいちシンクロトロン光センター 所長
- 藤田 大介 国立研究開発法人物質・材料研究機構 先端材料回析研究拠点 拠点長

[長期利用分科会]

- ◎藤原明比古 関西学院大学 教授
- 有馬 孝尚 国立大学法人東京大学 教授
- 熊坂 崇 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長
- 坂井 徹 公立大学法人兵庫県立大学 教授
- 櫻井 吉晴 公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門長
- 高橋 正光 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学研究部門 グループリーダー
- 中川 敦史 国立大学法人大阪大学 蛋白質研究所 所長・教授
- 廣沢 一郎 公益財団法人高輝度光科学研究センター 産業利用推進室長
- 水木純一郎 関西学院大学 教授
- 八木 直人 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/利用研究促進部門 コーディネーター
- 横谷 尚陸 国立大学法人岡山大学 異分野基礎科学研究所 教授

○ 2017-2018 年度 パートナーユーザー審査委員会

(委員長)

藤原明比古 関西学院大学 教授

(委員)

- 有馬 孝尚 国立大学法人東京大学 教授
- 熊坂 崇 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長
- 後藤 俊治 公益財団法人高輝度光科学研究センター 光源基盤部門長
- 坂井 徹 公立大学法人兵庫県立大学 教授
- 櫻井 吉晴 公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門長

高橋 正光 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構  
量子ビーム科学研究部門 グループリーダー  
中川 敦史 国立大学法人大阪大学 蛋白質研究所 所  
長・教授  
廣沢 一郎 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
産業利用推進室長  
松下 智裕 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
情報処理推進室  
水木純一郎 関西学院大学 教授  
八木 直人 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/利用研究促進部  
門 コーディネーター  
横谷 尚睦 国立大学法人岡山大学 異分野基礎科学研  
究所 教授

黒岩 芳弘 国立大学法人広島大学 教授  
櫻井 吉晴 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用研究促進部門長  
杉本 宏 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 専任研究員  
巽 修平 川崎重工株式会社 技術研究所 テクニカ  
ルアドバイザー  
野田 健治 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
名誉フェロー  
廣沢 一郎 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
産業利用推進室長  
藤原明比古 関西学院大学 教授  
松田 巖 国立大学法人東京大学 物性研究所 准教授  
矢板 毅 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
物質科学研究センター ディビジョン長  
八木 直人 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/利用研究促進部  
門 コーディネーター  
矢橋 牧名 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
XFEL 利用研究推進室長

### ○ 2017-2018年度 新分野創成利用審査委員会

#### (委員長)

下村 理 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研  
究機構 名誉教授

#### (委員)

足立 伸一 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研  
究機構 物質構造科学研究所 教授  
熊坂 崇 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長  
後藤 俊治 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
光源基盤部門長  
櫻井 吉晴 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用研究促進部門長  
佐藤 勝昭 国立研究開発法人科学技術振興機構 研究広  
報主監  
並河 一道 国立大学法人東京学芸大学 名誉教授  
西 敏夫 国立大学法人東京大学/国立大学法人東京工  
業大学 名誉教授  
廣沢 一郎 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
産業利用推進室長  
水木純一郎 関西学院大学 教授 (2018.3 まで)  
八木 直人 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/利用研究促進部  
門 コーディネーター

(所属・役職は 2019 年 3 月時点又は退任時のもの)

### ○ 2017-2018年度 SPing-8/SACLA 成果審査

#### 委員会

#### (委員長)

坂田 誠 国立大学法人名古屋大学 名誉教授

#### (委員)

熊坂 崇 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長

## 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

### ◎2019年1～2月の運転実績

SPRing-8は1月15日から2月14日までセベラルバンチ運転で第7サイクルの運転を実施した。第7サイクルではSR B L1系冷却水流量低下（長直線部四極電磁石入側冷却水ホース損傷及び冷却水漏れ）によるビームアポートがあったが、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7サイクルは約0.6%であった。

#### 1. 装置運転関係

##### (1) 運転期間

第7サイクル（1/15（火）～2/14（木））

##### (2) 運転時間の内訳

第7サイクル

運転時間総計 約721時間

①装置の調整およびマシンスタディ等 約97時間

②放射光利用運転時間 約620時間

③故障等による down time 約4時間

④フィリング変更時間 約1時間

総放射光利用運転時間（ユーザータイム = ② + ③ + ④）に対する down time の割合（\*1） 約0.6%

##### (3) 運転スペック等

第7サイクル（セベラルバンチ運転）

・11/29-filling + 1 bunch (H)

・203 bunches (A)

・1/14-filling + 12 bunches (F)

・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

・SR B L1系冷却水流量低下によるアポート

#### 2. 利用関係（JASRI 利用推進部 集計）

##### (1) 放射光利用実験期間

第7サイクル（1/17（木）～2/13（水））

##### (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7サイクル（暫定値）

共同利用研究実験数 352件

共同利用研究者数 1,469名

専用施設利用研究実験数 249件

専用施設利用研究者数 921名

##### ◎2019年2～3月の運転実績（停止期間）

SPRing-8は2月15日から3月26日まで年度末点検調整期間とし、加速器やビームラインに係わる機器の改造・点検作業、電気・冷却設備等の機器の点検作業を行った。

（年度末点検調整期間中の主な作業）

##### (1) 線型加速器関係

・RF エージング

・クライストロン交換

・その他作業及び定期点検

##### (2) シンクロトロン関係

・RF エージング

・SSBT-BH4 新規電源設置及び出力試験

・その他作業及び定期点検

(3) 蓄積リング関係

- ・RF エージング
- ・既設電磁石改造・保守点検、真空系点検
- ・低電力 RF 系及びインターロック系更新、RF 点検
- ・新規 ID/FE 改造・保守点検
- ・ネットワーク機器更新、光ファイバー敷設
- ・BL 建設/改造 (BL45XU)
- ・BL 制御系更新、BL インターロック改造及び更新
- ・その他作業及び点検

(4) ユーティリティ関係

- ・電気設備保守点検
- ・冷却水設備保守定期点検
- ・空調用設備保守点検
- ・その他作業及び点検

(5) 安全管理関係

- ・安全系インターロック自主検査
- ・放射線監視設備定期点検
- ・特例区域設置
- ・その他作業及び点検

(6) その他

- ・蓄積リング棟 LED 化更新  
(蓄積リング棟外周廊下、収納部及び保守通路)
- ・蓄積リング棟実験ホール塗床改修  
(夏期、冬期、年度末停止期間にて実施)
- ・蓄積リング棟 C/D ブロック高圧分岐盤更新
- ・蓄積リング棟 C/D ブロック屋根及び外壁塗装
- ・RI 実験棟、マシン実験棟エアコン更新 他

◎2019 年度 SPring-8 運転計画

SPring-8 では 2019 年度の運転を以下のように計画している。

(1) 運転計画予定表

SPring-8 の WWW にて公開している。

(2) 運転計画の内訳

①運転時間 (総計/加速器の運転時間)

約 5,280 時間の運転を予定している。

②運転時間 (総放射光利用運転時間)

4,584 時間の運転を予定している。

③サイクル数

合計 7 サイクルの運転を予定している。

④運転スペック等

各サイクルの詳細な運転スペック (バンチ運転、フィリング等) については、決定され次第、すみやかに SPring-8 の WWW 等で報告する。

(\*1) down time の割合に④フィリング変更時間は含まない。

◎2019 年 3~5 月の運転予定

- (1) SPring-8 は 3 月 27 日から 4 月 26 日までセベラルバンチ運転で第 1 サイクルの運転を予定している。
- (2) 4 月 27 日から 5 月 7 日までは春の点検調整期間とし、加速器やビームラインに係わる機器の改造・点検作業、電気・冷却設備等の機器の点検作業等を予定している。
- (3) 春の点検調整期間後の運転再開は 5 月 8 日からの予定で 5 月 31 日まで第 2 サイクルの運転を予定している。第 1~2 サイクルの運転実績については次号にて掲載する。

# 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 (2019年3月31日現在)

SPring-8

Beamline Name		Public Use Since	~2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total	
Public Beamlines	BL01B1	XAFS	1997.10	357	58	76	65	74	92	75	86	89	66	11	1049
		Technical Journal				1									1
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	1997.10	121	19	12	18	36	42	36	42	36	29	6	397
	BL02B2	Powder Diffraction	1999.9	438	67	82	59	96	71	81	94	78	70	14	1150
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	1997.10	153	21	22	16	20	19	16	16	15	15	3	316
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	1999.9	166	28	23	28	28	33	37	43	28	32	8	454
		Technical Journal					1								1
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	1997.10	116	12	20	19	15	13	19	15	16	14	3	262
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	1997.10	101	9	13	13	15	15	18	16	19	25	4	248
	BL10XU	High Pressure Research	1997.10	260	35	32	28	21	30	29	29	28	18	3	513
	BL13XU	Surface and Interface Structure	2001.9	121	18	27	6	16	21	24	36	27	30	8	334
	BL14B2	Engineering Science Research II	2007.9	18	25	32	36	53	53	61	52	58	56	17	461
		Technical Journal					1	1	1						3
	BL19B2	Engineering Science Research I	2001.11	125	18	35	53	58	62	63	62	62	55	12	605
		Technical Journal					1	1	1	2			2		7
	BL20B2	Medical and Imaging I	1999.9	165	17	24	35	28	25	35	25	27	27	6	414
	BL20XU	Medical and Imaging II	2001.9	102	36	27	21	40	44	43	37	28	24	5	407
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	1998.4	261	21	25	22	24	31	20	19	25	19	6	473
		Technical Journal					2								2
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	1998.5	258	24	31	18	41	35	25	36	27	21	3	519
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	1999.9	86	9	15	10	21	18	21	19	25	16	5	245
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	2001.9	66	9	12	8	14	13	16	15	15	14	2	184
	BL37XU	Trace Element Analysis	2002.11	74	22	23	13	32	28	35	28	28	22	1	306
		Technical Journal							1						1
	BL38B1	Structural Biology III	2000.10	281	48	48	60	59	48	65	60	36	27	10	742
	BL39XU	Magnetic Materials	1997.10	158	15	19	21	20	25	19	24	29	18	4	352
	BL40B2	Structural Biology II	1999.9	292	44	42	43	70	54	55	59	53	54	14	780
		Technical Journal						1		1					2
	BL40XU	High Flux	2000.4	78	11	13	18	37	21	31	41	30	27	6	313
	BL41XU	Structural Biology I	1997.10	524	66	66	53	65	55	60	67	54	40	8	1058
BL43IR	Infrared Materials Science	2000.4	63	6	8	11	8	11	17	15	23	10	5	177	
BL46XU	Engineering Science Research III	2000.11	80	20	22	15	37	28	52	49	42	30	12	387	
	Technical Journal									1	1			2	
BL47XU	HXPES・MCT	1997.10	200	27	31	17	36	36	30	29	33	27	8	474	
	Technical Journal										1			1	
Public Use at Other Beamlines	BL05XU	RIKEN Diagnosis Beamline I	2017.4										1	1	
	BL11XU	QST Quantum Dynamics I	1999.3	13										13	
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II	1998.4	41	3	2	1		1					48	
	BL15XU	WEBRAM	2002.9	31	1	1	1		1					35	
	BL17SU	RIKEN Coherent Soft X-ray Spectroscopy	2005.9	7	1	7	6	11	12	5	2	3	5	5	64
	BL19LXU	RIKEN SR Physics	2002.9	5					1	1	2	5	6		20
	BL22XU	JAEA Actinide Science I	2004.9	5				1							6
	BL23SU	JAEA Actinide Science II	1998.6	44	2		2	3	2						53
	BL26B1	RIKEN Structural Genomics I	2009.4			3	8	2	9	6	14	15	19	5	81
	BL26B2	RIKEN Structural Genomics II	2009.4		1		5	3	5	7	10	8	9	4	52
		Technical Journal									1				1
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics	2002.9	13					1				1		15
	BL32XU	RIKEN Targeted Proteins	2010.10			5	5	8	9	16	8	13	14	5	83
	BL44B2	RIKEN Materials Science	1998.5	14							6	3	1		24
BL45XU	RIKEN Structural Biology I	1997.10	76	8	9	6	7	9	13	20	10	5	4	167	
Subtotal			4913	701	807	740	999	973	1031	1076	988	847	207	13282	

Beamline Name		Public Use Since	~2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total	
Contract Beamlines	BL03XU	Advanced Softmaterials	2009.11		1	5	8	24	21	14	17	20	9	6	125
		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	19	18	15	5	104
		Technical Journal								1					1
	BL08B2	Hyogo Prefecture BM	2005.9		1	1	3	7	9	5	5	9	1	2	43
		Technical Journal					7	1	18	7	4	4	1	1	43
	BL11XU	QST Quantum Dynamics I		67	9	6	13	16	14	8	20	19	13	2	187
	BL12B2	NSRRC BM	2001.9	103	28	13	25	22	21	28	29	28	19	4	320
	BL12XU	NSRRC ID	2003.2	31	15	10	14	11	16	19	17	24	13	2	172
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II		93	18	16	11	10	15	19	17	23	20	3	245
	BL15XU	WEBRAM	2001.4	113	35	51	41	61	57	48	60	56	39	10	571
	BL16B2	Sunbeam BM	1999.9	37	8	6	4	3	6	4	10	8	5		91
		Technical Journal		2			18	15	14	8	15	21	12	4	109
	BL16XU	Sunbeam ID	1999.9	32	6	2	2	2	3	4	11	8	9	2	81
		Technical Journal					20	19	14	14	21	18	12	4	122
	BL22XU	JAEA Actinide Science I		46	15	10	10	14	19	15	14	15	26	2	186
	BL23SU	JAEA Actinide Science II		138	15	22	20	17	28	19	25	16	21	8	329
	BL24XU	Hyogo Prefecture ID	1998.10	126	5	6	7	8	5	4	5	5	6		177
		Technical Journal					11	3	10	3	1	4			32
	BL28XU	RISING II	2012.4					3	9	5	5	5	2	3	32
	BL31LEP	Laser-Electron Photon II	2013.10						1		3	2			6
	BL32B2	Pharmaceutical Industry (2002.9 - 2012.3)		22	2	3				1					28
	BL33LEP	Laser-Electron Photon	2000.10	35	8	4	4	4	4	2	2	3	2		68
	BL33XU	Toyota	2009.5			3	5	2	8	4	10	16	6	2	56
		Technical Journal				2	5	4	5	3	4	1			24
	BL36XU	Catalytic Reaction Dynamics for Fuel Cell	2013.1					1	7	6	7	12	13	1	47
BL44XU	Macromolecular Assemblies	2000.2	174	21	49	59	59	50	64	52	58	36	10	632	
Subtotal			1017	188	212	232	274	306	281	328	345	255	62	3500	

RIKEN Beamlines	BL17SU	Coherent Soft X-ray Spectroscopy		51	12	10	14	3	8	5	8	5			116
	BL19LXU	SR Physics		70	7	9	11	12	13	9	5	6	1	1	144
	BL26B1	Structural Genomics I		136	15	7	8	7	4	5	4	4	1		191
	BL26B2	Structural Genomics II		51	19	18	19	13	4	3	7	10	2		146
	BL29XU	Coherent X-ray Optics		140	16	8	16	15	9	10	14	9	8		245
	BL32XU	Targeted Proteins				2	9	8	8	7	13	4	2		53
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics						1		1	1				3
	BL44B2	Materials Science		192	9	13	11	14	14	17	16	11	3		300
	BL45XU	Structural Biology I		173	8	9	9	11	9	13	13	8	2		255
	Subtotal			813	86	76	97	84	69	70	81	57	19	1	1453

SACLA

Public Beamlines	Beamline Name		Public Use Since	~2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
	BL1	SXFEL	2016.3											7	1
BL2/BL3	XFEL2/XFEL1	2012.3				1	13	28	37	46	40	29	4		198

Hardware / Software R & D	411	39	37	56	67	12	33	43	52	30	4				784
---------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	--	--	--	-----

NET Sum Total	6117	885	961	928	1193	1095	1180	1259	1190	925	229				15962
Technical Journal	2		2	89	80	97	68	74	70	23	7				512

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 2019 年 3 月 31 日までに登録されたデータに基づいており、今後変更される可能性があります。

・SPring-8 または SACLA での成果を論文等にする場合は必ず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 (2019年3月31日現在)

SPring-8

Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total	
Public Beamlines	BL01B1	XAFS	1997.10	1050	66	86	1202
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	1997.10	397	14	31	442
	BL02B2	Powder Diffraction	1999.9	1150	41	83	1274
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	1997.10	316	7	48	371
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	1999.9	455	13	52	520
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	1997.10	262	10	47	319
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	1997.10	248	15	33	296
	BL10XU	High Pressure Research	1997.10	513	22	61	596
	BL13XU	Surface and Interface Structure	2001.9	334	18	35	387
	BL14B2	Engineering Science Research II	2007.9	464	10	33	507
	BL19B2	Engineering Science Research I	2001.11	612	45	90	747
	BL20B2	Medical and Imaging I	1999.9	414	88	87	589
	BL20XU	Medical and Imaging II	2001.9	407	104	121	632
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	1998.4	475	15	61	551
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	1998.5	519	21	36	576
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	1999.9	245	16	22	283
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	2001.9	184	5	12	201
	BL37XU	Trace Element Analysis	2002.11	307	24	45	376
	BL38B1	Structural Biology III	2000.10	742	11	64	817
	BL39XU	Magnetic Materials	1997.10	352	17	78	447
	BL40B2	Structural Biology II	1999.9	782	13	115	910
	BL40XU	High Flux	2000.4	313	20	69	402
	BL41XU	Structural Biology I	1997.10	1058	4	97	1159
	BL43IR	Infrared Materials Science	2000.4	177	14	59	250
	BL46XU	Engineering Science Research III	2000.11	389	18	35	442
	BL47XU	HXPES・MCT	1997.10	475	93	122	690
Public Use at Other Beamlines	BL05XU	RIKEN Diagnosis Beamline I	2017.4	1			1
	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	64	1	29	94
	BL19LXU	RIKEN SR Physics	2002.9	20		3	23
	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	81		8	89
	BL26B2	RIKEN Structural Genomics II	2009.4	53		10	63
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics	2002.9	15		1	16
	BL32XU	RIKEN Targeted Proteins	2010.10	83		3	86
	BL44B2	RIKEN Materials Science	1998.5	24		3	27
	BL45XU	RIKEN Structural Biology I	1997.10	167	5	19	191
Subtotal			13303	756	1733	15792	

Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total	
Contract Beamlines	BL03XU	Advanced Softmaterials	2009.11	340		13	353
	BL07LSU	The University-of-Tokyo Outstation Beamline for Materials Science	2009.11	105		9	114
	BL08B2	Hyogo Prefecture BM	2005.9	86			86
	BL11XU	QST Quantum Dynamics I		187	8	36	231
	BL12B2	NSRRC BM	2001.9	320	1	2	323
	BL12XU	NSRRC ID	2003.2	172	7	4	183
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II		245	12	69	326
	BL15XU	WEBRAM	2001.4	571	11	46	628
	BL16B2	Sunbeam BM	1999.9	200	12	70	282
	BL16XU	Sunbeam ID	1999.9	203	8	54	265
	BL22XU	JAEA Actinide Science I		186	4	42	232
	BL23SU	JAEA Actinide Science II		329	44	108	481
	BL24XU	Hyogo Prefecture ID	1998.10	209	19	61	289
	BL28XU	RISING II	2012.4	32			32
	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	80	5	26	111
	BL36XU	Catalytic Reaction Dynamics for Fuel Cell	2013.1	47		3	50
	BL44XU	Macromolecular Assemblies	2000.2	632		42	674
Subtotal			4046	154	591	4791	
RIKEN Beamlines	BL17SU	Coherent Soft X-ray Spectroscopy		116	4	13	133
	BL19LXU	SR Physics		144	8	27	179
	BL26B1	Structural Genomics I		191	2	19	212
	BL26B2	Structural Genomics II		146	1	13	160
	BL29XU	Coherent X-ray Optics		245	14	37	296
	BL32XU	Targeted Proteins		53		3	56
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics		3			3
	BL44B2	Materials Science		300	2	16	318
	BL45XU	Structural Biology I		255	5	45	305
	Subtotal			1453	36	173	1662

SACLA

Public Beamlines	Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total
	BL1	SXFEL	2016.3	8			8
BL2/BL3	XFEL2/XFEL1	2012.3	198	4	14	216	

Hardware / Software R & D	784	514	464	1762
---------------------------	-----	-----	-----	------

NET Sum Total	16474	1310	2293	20077
---------------	-------	------	------	-------

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/](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、2019 年 1 月～3 月に登録されたものを以下に紹介します。論文の情報（主著者、巻、発行年、ページ、タイトル）に加え、データベースの登録番号（研究成果番号）を掲載していますので、詳細は上記検索ページの検索結果画面でご覧いただくことができます。また実施された課題の情報（課題番号、ビームライン、実験責任者名）も掲載しています。課題番号は最初の 4 文字が「year」、次の 1 文字が「term」、後ろの 4 文字が「proposal no.」となっていますので、この情報から以下の URL で公表している、各課題の英文利用報告書 (SPring-8 User Experiment Report) を探してご覧いただくことができます。

[http://www.spring8.or.jp/ja/news\\_publications/publications/user\\_exp\\_report/](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 2019 年 1 月～3 月に登録された論文が掲載された主な雑誌と掲載論文数

掲載雑誌	登録論文数	掲載雑誌	登録論文数
Physical Review B	12	ACS Catalysis	4
Nature Communications	9	Chemistry - An Asian Journal	4
Scientific Reports	9	Chemistry Letters	4
AIP Conference Proceedings	7	Inorganic Chemistry	4
Journal of Applied Physics	7	Journal of Synchrotron Radiation	4
Journal of Materials Chemistry A	6	Polymer Journal	4
Chemical Communications	5	The Journal of Physical Chemistry C	4
Japanese Journal of Applied Physics	5		

他全 170 誌、計 291 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
37364	Tsubasa Yoshino	95 (2017) 075151	2016B1005	BL09XU	溝川 貴司	Unusual Valence State and Metal-Insulator Transition in BaV <sub>10</sub> O <sub>15</sub> Probed by Hard X-ray Photoemission Spectroscopy
37365	S. Dash	95 (2017) 195116	2016B1005	BL09XU	溝川 貴司	Electronic Properties of Ba <sub>1-x</sub> Sr <sub>x</sub> V <sub>13</sub> O <sub>18</sub> (x = 0, 0.2, 1) Studied using Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy
37366	S. Dash	97 (2018) 165116	2017A1015	BL09XU	溝川 貴司	Anomalous Metallic State with Strong Charge Fluctuations in Ba <sub>x</sub> Ti <sub>6</sub> O <sub>16+δ</sub> Revealed by Hard X-ray Photoemission Spectroscopy
37367	S. Dash	99 (2019) 035122	2016B1005	BL09XU	溝川 貴司	Temperature-Dependent Valence State within the Metallic Phase of BaV <sub>10</sub> O <sub>15</sub> Probed by Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy
37376	Motohiko Murakami	99 (2019) 045153	2013B1217	BL10XU	村上 元彦	Ultrahigh-Pressure Form of SiO <sub>2</sub> Glass with Dense Pyrite-Type Crystalline Homology
			2011B1153	BL10XU	村上 元彦	
			2011B1159	BL04B2	村上 元彦	
			2011A1239	BL10XU	村上 元彦	
			2010B1092	BL10XU	村上 元彦	
			2010A1048	BL10XU	村上 元彦	
2009A1064	BL10XU	小原 真司				
37385	Yangfan Lu	95 (2017) 125117	2016A4704	BL15XU	戸田 喜丈	Interlayer States Arising from Anionic Electrons in the Honeycomb-Lattice-Based Compounds AeAlSi (Ae = Ca, Sr, Ba)
			2016B4703	BL15XU	戸田 喜丈	
37434	R. D. Johnson	99 (2019) 024107	2018A4501	BL15XU	山浦 一成	Displacive Structural Phase Transitions and the Magnetic Ground State of Quadruple Perovskite YMn <sub>7</sub> O <sub>12</sub>
37471	Shunsuke Kitou	99 (2019) 081111(F)	2016B1270	BL02B1	小林 慎太郎	Honeycomb Lattice Type Charge Density Wave Associated with Interlayer Cu Ions Ordering in 1T-Cu <sub>x</sub> TiSe <sub>2</sub>
			2017A1081	BL02B1	小林 慎太郎	
			2017B1733	BL02B1	鬼頭 俊介	
37533	Shin-ichi Fujimori	99 (2019) 035109	2014B3820	BL23SU	藤森 伸一	Manifestation of Electron Correlation Effect in 5f States of Uranium Compounds Revealed by 4d-5f Resonant Photoelectron Spectroscopy
			2015A3820	BL23SU	藤森 伸一	
			2015B3820	BL23SU	藤森 伸一	
			2016A3810	BL23SU	藤森 伸一	
			2016B3811	BL23SU	藤森 伸一	
37572	Tetsuro Shirasawa	99 (2019) 100502(F)	2017B1459	BL13XU	白澤 徹郎	Structure Determination of the Si(111)-√7 × √3-In Atomic-Layer Superconductor
37672	Shunsuke Kitou	99 (2019) 104109	2009A0083	BL02B1	澤 博	Effect of Cu Intercalation and Pressure on Excitonic Interaction in 1T-TiSe <sub>2</sub>
			2016B1270	BL02B1	小林 慎太郎	
			2016B3783	BL22XU	澤 博	
			2017B1733	BL02B1	鬼頭 俊介	

Nature Communications-1

37292	Atsushi Kodan	10 (2019) 88	2013B1277	BL41XU	小段 篤史	Inward- and Outward-Facing X-ray Crystal Structures of Homodimeric P-glycoprotein CmABCB1
			2014A1163	BL41XU	小段 篤史	
			2014B1001	BL41XU	小段 篤史	
			2014B1772	BL32XU	廣兼 諒	
			2015A1039	BL41XU	小段 篤史	
37363	Do Hoon Kwon	9 (2018) 3291	2017A6775	BL44XU	Song HyunKyu	Insights into Degradation Mechanism of N-end Rule Substrates by p62/SQSTM1 Autophagy Adapter
			2017B6775	BL44XU	Song HyunKyu	
37413	Martijn Zwama	9 (2018) 124	2014B6934	BL44XU	中島 良介	Multiple Entry Pathways within the Efflux Transporter AcrB Contribute to Multidrug Recognition
			2015A6527	BL44XU	中島 良介	
			2015B6527	BL44XU	中島 良介	
			2016A6627	BL44XU	中島 良介	
37488	Yasuhiro Arimura	10 (2019) 576	2010A1206	BL41XU	胡桃坂 仁志	The CENP-A Centromere Targeting Domain Facilitates H4K20 Monomethylation in the Nucleosome by Structural Polymorphism
			2017A2558	BL41XU	胡桃坂 仁志	
37522	Satoshi Watanabe	10 (2019) 603	2015B6558	BL44XU	渡部 聡	Zinc Regulates ERp44-Dependent Protein Quality Control in the Early Secretory Pathway
			2016A6656	BL44XU	渡部 聡	
			2016B6656	BL44XU	渡部 聡	
			2014A6904	BL44XU	稲葉 謙次	
			2014B6904	BL44XU	稲葉 謙次	

Nature Communications-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
37534	M. Güttler	10 (2019) 796	2016A3810	BL23SU	藤森 伸一	Divalent EuRh <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> as a Reference for the Luttinger Theorem and Antiferromagnetism in Trivalent Heavy-Fermion YbRh <sub>2</sub> Si <sub>2</sub>
			2018B3811	BL23SU	藤森 伸一	
37547	Stefan Schramm	10 (2019) 997	2018A1235	BL43IR	Ahmed Ejaz	Thermochemiluminescent Peroxide Crystals
37619	Go-ichiro Uramoto	10 (2019) 400	2015B1218	BL47XU	諸野 祐樹	Significant Contribution of Subseafloor Microparticles to the Global Manganese Budget
			2015B1487	BL20B2	諸野 祐樹	
			2014A1239	BL20B2	諸野 祐樹	
			2014B1367	BL20XU	諸野 祐樹	
			2014B1372	BL20B2	諸野 祐樹	
			2015B1168	BL20XU	和穎 朗太	
			2016A1339	BL20B2	諸野 祐樹	
			2017A1103	BL20B2	諸野 祐樹	
			2017A1104	BL47XU	諸野 祐樹	
			2017B1239	BL20XU	諸野 祐樹	
			2017B1240	BL47XU	諸野 祐樹	
37634	Max J. Hülsley	10 (2019) 1330	2017A1256	BL01B1	朝倉 博行	In situ Spectroscopy-Guided Engineering of Rhodium Single-Atom Catalysts for CO Oxidation
			2018B0938	BL14B2	若林 裕助	

Scientific Reports

37359	Nobutaka Shioya	9 (2019) 579	2017B1831	BL46XU	尾坂 格	Alternative Face-on Thin Film Structure of Pentacene
37387	Koji Yamamoto	8 (2018) 16835	2017A6764	BL44XU	山本 幸治	Characterization of a Diazinon-Metabolising Glutathione S-Transferase in the Silkworm <i>Bombyx mori</i> by X-ray Crystallography and Genome Editing Analysis
			2017B6764	BL44XU	山本 幸治	
37412	Suguru Yamasaki	9 (2019) 177	2012B6730	BL44XU	中島 良介	Crystal Structure of the Multidrug Resistance Regulator RamR Complexed with Bile Acids
			2016B6627	BL44XU	中島 良介	
			2017B6731	BL44XU	中島 良介	
37549	Rolf Follath	9 (2019) 2029	2015B8067	BL3	小山 貴久	X-ray Induced Damage of B <sub>4</sub> C-coated Bilayer Materials under Various Irradiation Conditions
37568	Atsushi Sakaki	9 (2019) 3733	2015B5080	BL16XU	榊 篤史	Impact of Microscopic In Fluctuations on the Optical Properties of In <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> N Blue Light-Emitting Diodes Assessed by Low-Energy X-ray Fluorescence Mapping using Synchrotron Radiation
			2016A5080	BL16XU	榊 篤史	
			2016B5080	BL16XU	榊 篤史	
37573	Hideki Okamoto	9 (2019) 4009	2017A4138	BL12B2	久保園 芳博	Synthesis of the Extended Phenacene Molecules, [10]phenacene and [11]phenacene, and Their Performance in a Field-Effect Transistor
			2017B4133	BL12B2	久保園 芳博	
37584	Okkyun Seo	9 (2019) 4304	2018B4905	BL15XU	松田 晃史	Tuning of Structural, Optical Band Gap, and Electrical Properties of Room-Temperature-Grown Epitaxial Thin Films through the Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :NiO Ratio
			2018A4900	BL15XU	松田 晃史	
			2018A1258	BL01B1	坂田 修身	
			2017B1018	BL01B1	坂田 修身	
			2017A1027	BL01B1	坂田 修身	
37616	Takahiro Nakatani	9 (2019) 4722	2014A1085	BL41XU	山下 敦子	Specific Modification at the C-Terminal Lysine Residue of the Green Fluorescent Protein Variant, GFPuv, Expressed in <i>Escherichia Coli</i>
			2014A1859	BL26B2	山下 敦子	
37648	A. M. Shikin	9 (2019) 4813	2018B3842	BL23SU	木村 昭夫	Dirac Gap Opening and Dirac-Fermion-Mediated Magnetic Coupling in Antiferromagnetic Gd-Doped Topological Insulators and their Manipulation by Synchrotron Radiation

AIP Conference Proceedings-1

37316	Yasuhiko Imai	2054 (2019) 050004	2012B1433	BL13XU	今井 康彦	Current Status of Nanobeam X-ray Diffraction Station at SPRING-8
			2013A1332	BL13XU	今井 康彦	
			2013B1326	BL13XU	今井 康彦	
			2015B1996	BL13XU	木村 滋	
			2015B1997	BL13XU	木村 滋	
			2016A1849	BL13XU	今井 康彦	
			2016B1962	BL13XU	木村 滋	
			2016B1965	BL13XU	今井 康彦	
			2017B1979	BL13XU	木村 滋	
37326	Kentaro Fujii	2054 (2019) 040005	2016B3852	BL23SU	藤井 健太郎	XANES Spectral Changes of Hydrated Deoxyribose Induced by K-Shell Ionization of Oxygen
			2015B3812	BL23SU	藤井 健太郎	

AIP Conference Proceedings-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
37356	Seiki Baba	2054 (2019) 060008	2011B2084	BL38B1	馬場 清喜	Upgrade of Bending Magnet MX Beamline BL38B1 at SPring-8
			2014A1850	BL38B1	馬場 清喜	
			2014A1899	BL38B1	水野 伸宏	
			2014B1390	BL38B1	熊坂 崇	
			2014B1965	BL38B1	馬場 清喜	
			2014B1994	BL26B2	長谷川 和也	
			2014B2004	BL26B1	長谷川 和也	
			2014B2024	BL26B1	長谷川 和也	
			2014B2029	BL26B2	長谷川 和也	
			2015A1078	BL38B1	熊坂 崇	
			2015A1994	BL38B1	馬場 清喜	
			2015B1979	BL38B1	馬場 清喜	
			2016A1825	BL38B1	馬場 清喜	
			2016A2515	BL38B1	熊坂 崇	
			2016B1976	BL38B1	馬場 清喜	
			2017A1854	BL38B1	馬場 清喜	
2017A2562	BL38B1	馬場 清喜				
2018A2537	BL38B1	馬場 清喜				
37405	Keichi Osaka	2054 (2019) 050008	2012A1755	BL19B2	大坂 恵一	Versatile High-Throughput Diffractometer for Industrial Use at BL19B2 in SPring-8
			2012B1395	BL19B2	大坂 恵一	
			2012B1883	BL19B2	大坂 恵一	
			2013A1328	BL19B2	大坂 恵一	
			2014A1894	BL14B2	大坂 恵一	
			2014B1604	BL14B2	大坂 恵一	
			2014B1910	BL14B2	大坂 恵一	
			2015A1703	BL14B2	大坂 恵一	
			2015A1968	BL14B2	大坂 恵一	
			2016A1763	BL14B2	大坂 恵一	
			2017B1821	BL19B2	大坂 恵一	
			2017B1883	BL19B2	大坂 恵一	
2017B1884	BL19B2	大坂 恵一				
2017B1885	BL19B2	大坂 恵一				
37470	Yoshihito Tanaka	2054 (2019) 040009	2016B1155	BL40XU	田中 義人	Time-Resolved Optical Spectroscopy of a GaAs Single Crystal Irradiated by SR X-ray Pulses
			2017A1260	BL40XU	田中 義人	
			2018A1076	BL40XU	田中 義人	
			理研	BL19LXU		
37489	Masahiko Tanaka	2054 (2019) 050011	2017A4500	BL15XU	田中 雅彦	A Trial for Distinguish of Mn <sup>3+</sup> and Mn <sup>2+</sup> Ions in LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> by Anomalous Powder X-ray Diffraction with Focused Beam Flat Sample Method
			2017B4500	BL15XU	田中 雅彦	
			2016A4500	BL15XU	田中 雅彦	
37511	Shinji Kitao	2054 (2019) 050013	2015A1652	BL09XU	北尾 真司	Nuclear Resonant Small-Angle Scattering for Investigation of Microstructures in Electronic States
			2015B1416	BL09XU	北尾 真司	
			2014B1496	BL09XU	北尾 真司	

Journal of Applied Physics-1

37369	Alvaro Sanchez-Gonzalez	122 (2017) 203105	2016A8032	BL3	van Thor Jasper	Coincidence Timing of Femtosecond Optical Pulses in an X-ray Free Electron Laser
37441	Charlotte Zborowski	124 (2018) 085115	2016A4910	BL15XU	Renault Olivier	Quantitative Determination of Elemental Diffusion from Deeply Buried Layers by Photoelectron Spectroscopy
37455	Yosuke Fujii	125 (2019) 035105	2014B1334	BL02B2	小菅 厚子	Structure and Thermoelectric Transport Analysis of Defect-Containing CuGaTe <sub>2</sub> Prepared by Room-Temperature High-Pressure Treatment
			2014A1206	BL02B2	山田 幾也	
37539	Yuichi Akahama	125 (2019) 075901	2015B1384	BL10XU	赤浜 裕一	Pressure-Induced Reentrant Structural Transition and Equation of State of Indium
			2017A1088	BL10XU	赤浜 裕一	
			2017B1123	BL10XU	赤浜 裕一	
			2018A1160	BL10XU	赤浜 裕一	
37550	Sakyo Hirose	125 (2019) 095301	2016A4903	BL15XU	廣瀬 左京	Effect of Aging on the Current Transport Properties at Gold/Niobium-Doped Strontium Titanate Schottky Junctions
			2017A4911	BL15XU	廣瀬 左京	
			2015B4604	BL15XU	大澤 健男	
			2015A4603	BL15XU	大澤 健男	
			2014A4602	BL15XU	大橋 直樹	
			2014A4501	BL15XU	大橋 直樹	

Journal of Applied Physics-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
37600	Masataka Imura	123 (2018) 095701	2011B4602	BL15XU	井村 将隆	Surface and Bulk Electronic Structures of Unintentionally and Mg-doped In <sub>0.7</sub> Ga <sub>0.3</sub> N Epilayer by Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy
			2012A4608	BL15XU	井村 将隆	
			2011A4612	BL15XU	長田 貴弘	
			2010B4603	BL15XU	井村 将隆	
			2010A4607	BL15XU	井村 将隆	
37640	Tomohiro Nozaki	125 (2019) 113903	2015B1006	BL39XU	佐橋 政司	Identifying Valency and Occupation Sites of Ir Dopants in Antiferromagnetic $\alpha$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Thin Films with X-ray Absorption Fine Structure and Mössbauer Spectroscopy
			2016A1030	BL39XU	佐橋 政司	

Journal of Materials Chemistry A

37457	Kazuhiro Shikinaka	6 (2018) 837-839	2016A1175	BL40B2	敷中 一洋	A Small Amount of Nanoparticulated Plant Biomass, Lignin, Enhances the Heat Tolerance of Poly(ethylene carbonate)
37504	Koichiro Suekuni	7 (2019) 228-235	2015A0074	BL02B2	森吉 千佳子	Atomic-Scale Phonon Scatterers in Thermoelectric Colusites with a Tetrahedral Framework Structure
37525	Haibo Yin	7 (2019) 3783-3789	2017A1063	BL01B1	桑原 泰隆	Plasmonic Ru/Hydrogen Molybdenum Bronzes with Tunable Oxygen Vacancies for Light-Driven Reduction of <i>p</i> -Nitrophenol
			2018B1185	BL01B1	桑原 泰隆	
37548	Takashi Nakamura	7 (2019) 5009-5019	2016B1143	BL01B1	中村 崇司	Defect Chemical Studies on Oxygen Release from the Li-Rich Cathode Material Li <sub>1.2</sub> Mn <sub>0.6</sub> Ni <sub>0.2</sub> O <sub>2-<math>\delta</math></sub>
			2017A1417	BL01B1	中村 崇司	
			2016B1210	BL27SU	雨澤 浩史	
37644	Yasutaka Kuwahara	7 (2019) 7221-7231	2018A1089	BL01B1	桑原 泰隆	Hollow Titanosilicate Nanospheres Encapsulating PdAu Alloy Nanoparticles as Reusable High-Performance Catalysts for a H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -mediated One-Pot Oxidation Reaction
37659	Wen-Hua Li	7 (2019) 10431-10438	2018B1728	BL14B2	荻原 直希	Conductive Metal-Organic Framework Nanowire Arrays for Electrocatalytic Oxygen Evolution

Japanese Journal of Applied Physics

37296	Nobutaka Tanigaki	57 (2018) 02CA06	2015A1689	BL46XU	宮寺 哲彦	Oriented Thin Films of Mixture of a Low-Bandgap Polymer and a Fullerene Derivative Prepared by Friction-Transfer Method
			2015B1600	BL46XU	宮寺 哲彦	
37300	Yuuki Akiyama	57 (2018) 08RE09	2015B1891	BL46XU	宮寺 哲彦	Effects of Solvent Vapor Annealing on Organic Photovoltaics with a New Type of Solution-Processable Oligothiophene-Based Electronic Donor Material
			2015B1600	BL46XU	宮寺 哲彦	
			2016A1514	BL46XU	宮寺 哲彦	
			2016B1861	BL46XU	宮寺 哲彦	
37304	Takuo Ohkouchi	58 (2019) 023001	2014B1264	BL25SU	大河内 拓雄	Real-Space and Pulse-by-Pulse Analysis of Domain Wall Creep Induced by Spin-Hall Torque
			2015A2037	BL25SU	大河内 拓雄	
37524	Takanori Mimura	58 (2019) SBBB09	2016A4702	BL15XU	舟窪 浩	Effects of Heat Treatment and in situ High-Temperature X-ray Diffraction Study on the Formation of Ferroelectric Epitaxial Y-doped HfO <sub>2</sub> Film
			2016B4701	BL15XU	舟窪 浩	
37556	Takuma Doi	58 (2019) SBBD05	2017B1353	BL47XU	竹内 和歌奈	Effect of Carbon in Si Oxide Interlayers of the Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /4H-SiC Structure on Interfacial Reaction by Oxygen Radical Treatment
			2018A1509	BL47XU	竹内 和歌奈	

ACS Catalysis

37410	Shilpi Ghosh	8 (2018) 11979-11986	2016A7840	BL36XU	岩澤 康裕	Confined Single Alkali Metal Ion Platform in a Zeolite Pore for Concerted Benzene C-H Activation to Phenol Catalysis
			2017A7840	BL36XU	岩澤 康裕	
			2018A7840	BL36XU	岩澤 康裕	
37526	Yasutaka Kuwahara	9 (2019) 1993-2006	2018A1089	BL01B1	桑原 泰隆	Pd Nanoparticles and Aminopolymers Confined in Hollow Silica Spheres as Efficient and Reusable Heterogeneous Catalysts for Semihydrogenation of Alkynes
37655	Kah Wei Ting	9 (2019) 3685-3693	2018A1757	BL14B2	鳥屋尾 隆	Low-Temperature Hydrogenation of CO <sub>2</sub> to Methanol over Heterogeneous TiO <sub>2</sub> -Supported Re Catalysts
37656	Sharmin Sultana Poly	8 (2018) 11330-11341	2017B1382	BL01B1	神田 康晴	Acceptorless Dehydrogenative Synthesis of Pyrimidines from Alcohols and Amidines Catalyzed by Supported Platinum Nanoparticles

### 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
37314	Daiki Hayashi	55 (2019) 921-924	2015A1520	BL02B2	吉成 信人	Conversion of 12-Membered D <sub>3</sub> - and L <sub>3</sub> -Co <sup>III</sup> Cd <sup>II</sup> <sub>3</sub> Metallorings into a 24-Membered D <sub>3</sub> L <sub>3</sub> -Co <sup>III</sup> <sub>6</sub> Cd <sup>II</sup> <sub>6</sub> Metalloring
37320	Yusuke Isaka	54 (2018) 9270-9273	2017B1081	BL01B1	桑原 泰隆	Photocatalytic Production of Hydrogen Peroxide through Selective Two-Electron Reduction of Dioxygen Utilizing Amine-Functionalized MIL-125 Deposited with Nickel Oxide Nanoparticles
			2017B1084	BL01B1	森 浩亮	
37513	Naoto Kitamura	55 (2019) 2517-2520	2018B1260	BL04B2	井手本 康	The Atomic Structure of a MgCo <sub>2</sub> O <sub>4</sub> Nanoparticle for a Positive Electrode of a Mg Rechargeable Battery
37681	Biao Zhou	55 (2019) 3327-3330	2015A0074	BL02B2	森吉 千佳子	Single-Component Molecular Conductor [Pt(dmdt) <sub>2</sub> ]-a Three-Dimensional Ambient-Pressure Molecular Dirac Electron System
			2014A0078	BL02B1	Iversen Bo	

### Chemistry Letters

37478	Naohiko Ikuma	47 (2018) 736-739	2017A1396	BL02B1	焼山 佑美	Internal-Peripheral Dirosylation of Sumanene Overcoming the Dearomatization Hurdle by the Distortion of the Curved π-System
37500	Yasuharu Kanda	48 (2019) 471-474	2015B1246	BL01B1	神田 康晴	Catalytic Activity of Rhodium Phosphide for Selective Hydrodeoxygenation of Phenol
			2017B1382	BL01B1	神田 康晴	
37536	Kazuhiro Hikima	48 (2019) 192-195	2013A3617	BL14B1	菅野 了次	Thin Film All-solid-state Battery Using Li <sub>2</sub> MnO <sub>3</sub> Epitaxial Film Electrode
			2014A1573	BL46XU	菅野 了次	
			2014A1575	BL46XU	菅野 了次	
			2015A1846	BL46XU	引間 和浩	
			2016A1675	BL46XU	引間 和浩	
2016B1768	BL46XU	引間 和浩				
37657	Takashi Toyao	47 (2018) 1036-1039	2018A1757	BL14B2	鳥屋尾 隆	Catalytic NO-CO Reactions over La-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Supported Pd: Promotion Effect of La

### The Journal of Physical Chemistry C

37322	Morihisa Saeki	123 (2019) 817-824	2017B3655	BL14B1	佐伯 盛久	In Situ Time-Resolved XAFS Studies on Laser-Induced Particle Formation of Palladium Metal in an Aqueous/EtOH Solution
37324	Soichi Kikkawa	122 (2018) 21132-21139	2016A1638	BL01B1	吉川 聡一	Development of Rh-Doped Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Photocatalysts for Reduction of CO <sub>2</sub> by H <sub>2</sub> O as an Electron Donor at a More than 300 nm Wavelength
37394	Liwei Yu	123 (2019) 603-611	2017B7810	BL36XU	横山 利彦	Operando Observation of Sulfur Species Poisoning Polymer Electrolyte Fuel Cell Studied by Near Ambient Pressure Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy
			2017B7811	BL36XU	横山 利彦	
			2016A7810	BL36XU	横山 利彦	
			2016A7811	BL36XU	横山 利彦	
			2016B7810	BL36XU	横山 利彦	
			2016B7811	BL36XU	横山 利彦	
			2017A7810	BL36XU	横山 利彦	
			2017A7811	BL36XU	横山 利彦	
			2018A7810	BL36XU	横山 利彦	
2018A7811	BL36XU	横山 利彦				
37515	Kenichi Ozawa	123 (2019) 4388-4395	2016A7503	BL07LSU	小澤 健一	Enhanced Photoresponsivity of Fullerene in the Presence of Phthalocyanine: A Time-Resolved X-ray Photoelectron Spectroscopy Study of Phthalocyanine/C <sub>60</sub> /TiO <sub>2</sub> (110)
			2017A7533	BL07LSU	小澤 健一	

### Polymer Journal

37462	Yi Liu	51 (2019) 189-198	2017B1086	BL40B2	檜垣 勇次	Smectic Ordered Structure and Water Repellency of a Poly(fluoroalkyl acrylate) with a Carbamate Linker
			2018A1177	BL40B2	檜垣 勇次	
37492	Kiminori Uchida	51 (2019) 183-188	2013A7218	BL03XU	三田 一樹	Lamellar Orientation in Isotactic Polypropylene Thin Films: a Complement Study via Grazing Incidence X-ray Diffraction and Surface/Cross-Sectional Imaging
			2013B7266	BL03XU	三田 一樹	
			2015A7216	BL03XU	三田 一樹	
			2015B7267	BL03XU	三田 一樹	
			2016A7217	BL03XU	三田 一樹	
2017B7267	BL03XU	三田 一樹				
37494	Ren Tomisawa	51 (2019) 211-219	2016A7213	BL03XU	中田 克	Ultra-SAXS Observation of Fibril-Sized Structure Formation after the Necking of Poly(ethylene terephthalate) and Poly(phenylene sulfide) Fibers
37611	Atsushi Izumi	51 (2019) 155-160	2017A7209	BL03XU	和泉 篤士	Network Structure Evolution of a Hexamethylenetetramine-Cured Phenolic Resin
			2017B7261	BL03XU	和泉 篤士	

13th European SOFC & SOE Forum 2018

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
37416	Koji Amezawa	(2018) 68-76	2015B1424	BL37XU	雨澤 浩史	Impact of Triple Phase Boundary Reaction in SOFC Mixed Conducting Cathodes
			2016A1315	BL37XU	雨澤 浩史	
			2016B1195	BL37XU	雨澤 浩史	
			2017A1487	BL37XU	雨澤 浩史	
37417	Koji Amezawa	(2018) 77-82	2016B1195	BL37XU	雨澤 浩史	Investigation of Electrode Reaction in Proton Conducting Ceramic Fuel Cell by Using Patterned Thin Film Model Electrode
			2017A1487	BL37XU	雨澤 浩史	
			2017B1502	BL37XU	雨澤 浩史	
37418	Koji Amezawa	(2018) 51-58	2016B1195	BL37XU	雨澤 浩史	Influence of Electrode Reaction on Cr-Poisoning in SOFC MIEC Cathodes
			2017A1487	BL37XU	雨澤 浩史	

ACS Applied Materials & Interfaces

37295	Seichi Furukawa	10 (2018) 42756-42765	2016B1118	BL40B2	相澤 直矢	High-Crystallinity $\pi$ -Conjugated Small Molecules Based on Thierylene-Vinylyene-Thierylene: Critical Role of Self-Organization in Photovoltaic, Charge-Transport, and Morphological Properties
			2017A1119	BL40B2	相澤 直矢	
37299	Takuro N. Murakami	9 (2017) 36708-36714	2016A1514	BL46XU	宮寺 哲彦	Adjustment of Conduction Band Edge of Compact TiO <sub>2</sub> Layer in Perovskite Solar Cells Through TiCl <sub>4</sub> Treatment
37393	Donglin Han	11 (2019) 3990-4000	2018A1782	BL19B2	韓 東麟	Correlation between Phase Behavior and Electrical Conductivity of 10 mol% Y-Doped BaZrO <sub>3</sub> : An Anomalous Dispersion Effect-Aided Synchrotron Radiation XRD Study Combined with TEM Observation and Electrochemical Analysis

Angewandte Chemie International Edition

37435	Shinichiro Kawano	57 (2018) 14827-14831	2016B1144	BL02B1	河野 慎一郎	Specific and Oriented Encapsulation of Fullerene C <sub>70</sub> into a Supramolecular Double-Decker Cage Composed of Shape-Persistent Macrocycles
37473	Bo Huang	58 (2019) 2230-2235	2015B1467	BL02B2	小林 浩和	A CO Adsorption Site Change Induced by Copper Substitution in a Ruthenium Catalyst for Enhanced CO Oxidation Activity
37544	Takeaki Iwamoto	58 (2019) 4371-4375	2013B1492	BL02B1	岩本 武明	A Tetrasilicon Analogue of Bicyclo[1.1.0]but-1(3)-ene Containing a Si=Si Double Bond with an Inverted Geometry

Applied Catalysis A: General

37567	Masashi Kikugawa	576 (2019) 32-38	2016A7001	BL33XU	高木 秀樹	Silver Sulfate Catalyst for Soot Oxidation with High Resistance to Sulfur Poisoning
			2016B7001	BL33XU	高木 秀樹	
			2017B7001	BL33XU	高木 秀樹	
37570	Satoshi Kameoka	569 (2019) 101-109	2017B4907	BL15XU	亀岡 聡	Highly Selective Semi-Hydrogenation of Acetylene over Porous Gold with Twin Boundary Defects
			2016A4905	BL15XU	小廣 和哉	
			2016B4907	BL15XU	亀岡 聡	
			2017A4908	BL15XU	小廣 和哉	
			2018A4907	BL15XU	藤田 伸尚	
37576	Satoshi Ishikawa	575 (2019) 87-92	2017A1822	BL14B2	前川 佳史	Well-Controlled Radical-Based Epoxidation Catalyzed by Copper Complex Immobilized on Bipyridine-Periodic Mesoporous Organosilica
			2017B1633	BL14B2	前川 佳史	

Applied Physics Letters

37450	Takayuki Nagai	113 (2018) 212902	2017B1698	BL02B2	永井 隆之	Systematic Tuning of the Photo-Dielectric Effect in Ba(Al <sub>1-x</sub> Zn <sub>x</sub> ) <sub>2</sub> O <sub>4-δ</sub>
37559	Masahiro Saito	114 (2019) 072404	2012A1076	BL17SU	小嗣 真人	Fabrication of L1 <sub>0</sub> -FeNi by Pulsed-Laser Deposition
			2012B1214	BL17SU	小嗣 真人	
			2013A1366	BL17SU	小嗣 真人	
			2013B1222	BL17SU	小嗣 真人	
			2014A1280	BL17SU	小嗣 真人	
			2014B1503	BL17SU	小嗣 真人	
			2015A1516	BL17SU	小嗣 真人	
			2015B1304	BL17SU	小嗣 真人	
			2016A1156	BL17SU	小嗣 真人	
			2016B1185	BL17SU	小嗣 真人	
			2017A1078	BL17SU	小嗣 真人	
			2017A1600	BL46XU	水口 将輝	
			2017A1784	BL46XU	水口 将輝	
37642	Yu Shiratsuchi	113 (2018) 242404	2017B1588	BL46XU	小嗣 真人	Observation of the Magnetoelectric Reversal Process of the Antiferromagnetic Domain
			2017B1814	BL46XU	小嗣 真人	

### ChemCatChem

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
37321	Junqing Yan	10 (2018) 3424-3428	2017B1081	BL01B1	桑原 泰隆	Black Phosphorus-Based Compound with Few Layers for Photocatalytic Water Oxidation
			2017B1084	BL01B1	森 浩亮	
37440	Koshiro Nakamura	10 (2018) 3806-3812	2018A1075	BL01B1	奥村 和	Direct Methylation of Benzene with Methane Catalyzed by Co/MFI Zeolite
37501	Ryusei Azuma	10 (2018) 2378-2382	2015B1246	BL01B1	神田 康晴	Solution Synthesis of <i>N,N</i> -Dimethylformamide-Stabilized Iron-Oxide Nanoparticles as an Efficient and Recyclable Catalyst for Alkene Hydrosilylation

### Chemistry - An Asian Journal

37318	Yuxiao Zhang	14 (2019) 278-285	2018A1089	BL01B1	桑原 泰隆	Defect Engineering of MoS <sub>2</sub> and Its Impacts on Electrocatalytic and Photocatalytic Behavior in Hydrogen Evolution Reactions
			2018A1144	BL01B1	森 浩亮	
37479	Yumi Yakiyama	(2019) Online published 15 Jan. 2019	2017A1396	BL02B1	焼山 佑美	Generation of "Sumanenyliene": A Ground-State Triplet Carbene on a Curved $\pi$ -Conjugated Periphery
			2017B1569	BL02B1	焼山 佑美	
37497	Susumu Oda	(2019) Online published 4 Jan. 2019	2016A1052	BL40XU	畠山 琢次	Synthesis of Tetracoordinate Boron-Fused Benzoaceanthrylene Analogs via Tandem Electrophilic C-H Borylation
			2016B1059	BL40XU	畠山 琢次	
			2017A1132	BL40XU	畠山 琢次	
			2017B1073	BL40XU	畠山 琢次	
			2018A1114	BL40XU	畠山 琢次	

### Inorganic Chemistry

37406	Yoshiyuki Inaguma	57 (2018) 15462-15473	2016A1412	BL02B2	森 大輔	High-Pressure Synthesis, Crystal Structure, Chemical Bonding, and Ferroelectricity of LiNbO <sub>3</sub> -Type LiSbO <sub>3</sub>
			2013A1697	BL02B2	森 大輔	
37461	Fumitaka Takeiri	57 (2018) 6686-6691	2016B1297	BL01B1	山本 隆文	AgFeOF <sub>2</sub> : A Fluorine-Rich Perovskite Oxyfluoride
37484	Hajime Yamamoto	58 (2019) 2755-2760	2017B1697	BL02B2	山本 孟	Stability of Polar Structure in Filling-Controlled Giant Tetragonal Perovskite Oxide PbVO <sub>3</sub>

### Journal of Solid State Chemistry

37374	Wenze Huang	270 (2019) 487-492	2016B1778	BL19B2	大工原 秀吾	Superionic Lithium Conductor with a Cubic Argyrodite-Type Structure in the Li-Al-Si-S System
37577	Jie Chen	272 (2019) 182-188	2018A4501	BL15XU	山浦 一成	High-Pressure Synthesis, Crystal Structure, and Magnetic Properties of Hexagonal Ba <sub>3</sub> CuOs <sub>2</sub> O <sub>9</sub>
			2018B4502	BL15XU	Belik Alexei	
			2017B4502	BL15XU	辻本 吉廣	
			2017A4503	BL15XU	Belik Alexei	
37582	Seiya Shimono	273 (2019) 37-44	2015A0074	BL02B2	森吉 千佳子	Phase Transitions with Extremely Small Tetragonal Distortion in Substitution Systems of CoV <sub>2</sub> O <sub>4</sub> by High-Angular-Resolution Synchrotron Powder Diffraction
			2017B1973	BL02B2	河口 彰吾	

### Journal of the American Chemical Society

37390	Takeshi Arai	139 (2017) 17175-17180	2017A4702	BL15XU	戸田 喜文	Chemical Design and Example of Transparent Bipolar Semiconductors
			2017B4703	BL15XU	戸田 喜文	
37527	Ichiro Hisaki	141 (2019) 2111-2121	2017B1322	BL38B1	久木 一朗	Acid Responsive Hydrogen-Bonded Organic Frameworks
			2018A1327	BL38B1	久木 一朗	
			2017B1325	BL02B2	久木 一朗	
			2018A1238	BL02B2	久木 一朗	
37614	Yang Wang	141 (2019) 3566-3575	2018A1001	BL40B2	松本 英俊	Significant Improvement of Unipolar n-Type Transistor Performances by Manipulating the Coplanar Backbone Conformation of Electron-Deficient Polymers via Hydrogen Bonding

### Journal of the Electrochemical Society

37290	Tomonari Takeuchi	166 (2019) A5231-A5236	2016A7601	BL28XU	小久見 善八	Improvement of Cycle Capability of Fe-Substituted Li <sub>2</sub> S-Based Positive Electrode Materials by Doping with Lithium Iodide
			2016B7606	BL28XU	松原 英一郎	
			2017A7606	BL28XU	松原 英一郎	
			2017B7606	BL28XU	松原 英一郎	
			2018A7606	BL28XU	松原 英一郎	
37291	Morihiro Saito	166 (2019) A5174-A5183	2017B7610	BL28XU	松原 英一郎	Effective Bulk Activation and Interphase Stabilization of Silicon Negative Electrode by Lithium Pre-Doping for Next-Generation Batteries
			2018A7610	BL28XU	松原 英一郎	
37529	K. D. R. N. Kalubowila	166 (2019) D113-D119	2017B1539	BL04B2	Jayathilaka Charith	Effect of Bath pH on Electronic and Morphological Properties of Electrodeposited Cu <sub>2</sub> O Thin Films

### Langmuir

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
37302	Toshihiko Oka	34 (2018) 15462-15469	2016A1174	BL40B2	岡 俊彦	Polar-Nonpolar Interfaces of Inverse Bicontinuous Cubic Phases in Phytantriol/Water System are Parallel to Triply Periodic Minimal Surfaces
			2016B1339	BL40B2	岡 俊彦	
			2017A1352	BL40B2	岡 俊彦	
37329	Linlin Li	34 (2018) 13361-13367	2018A1177	BL40B2	檜垣 勇次	Organic-Inorganic Hybrid Thin Films Fabricated by Layer-by-Layer Assembly of the Phosphorylated Cellulose Nanocrystal and Imogolite Nanotubes
37395	Shotaro Miwa	34 (2018) 7813-7820	2017A1414	BL40B2	櫻井 和朗	Core-Shell-Corona Micelles from a Polyether-Based Triblock Terpolymer: Investigation of the pH-Dependent Micellar Structure
			2017A1238	BL40B2	秋葉 勇	
			2016B1481	BL40B2	櫻井 和朗	

### Nature Chemical Biology

37307	Kazushi Morimoto	15 (2019) 8-10	2017A2524	BL32XU	岩田 想	Crystal Structure of the Endogenous Agonist- Bound Prostanoid Receptor EP3
37308	Ryoji Suno	14 (2018) 1150-1158	2013A1379	BL32XU	島村 達郎	Structural Insights into the Subtype-Selective Antagonist Binding to the M <sub>2</sub> Muscarinic Receptor
			2013B1092	BL32XU	浅田 秀基	
			2013B1184	BL32XU	島村 達郎	
			2014A1301	BL32XU	島村 達郎	
			2014B1273	BL32XU	島村 達郎	
			2014B1355	BL32XU	浅田 秀基	
			2015A1044	BL32XU	浅田 秀基	
37312	Yosuke Toyoda	15 (2019) 18-26	2013A1379	BL32XU	島村 達郎	Ligand Binding to Human Prostaglandin E Receptor EP <sub>4</sub> at the Lipid-Bilayer Interface
			2013B1184	BL32XU	島村 達郎	
			2013B1092	BL32XU	浅田 秀基	
			2014A1301	BL32XU	島村 達郎	
			2014B1355	BL32XU	浅田 秀基	
			2014B1273	BL32XU	島村 達郎	
			2015A1080	BL32XU	島村 達郎	
			2015A1044	BL32XU	浅田 秀基	

### ACS Applied Nano Materials

37311	Toshiki Akiyama	1 (2018) 6950-6958	2018A1793	BL14B2	秋山 敏毅	Reusable Immobilized Iron(II) Nanoparticle Precatalysts for Ligand-Free Kumada Coupling
			2017B1732	BL27SU	秋山 敏毅	
			2017B1931	BL14B2	秋山 敏毅	
			2017A1793	BL14B2	秋山 敏毅	
37469	Harutaka Mekar	2 (2019) 479-488	2016A3801	BL23SU	吉越 章隆	Biodegradability of Disulfide-Organosilica Nanoparticles Evaluated by Soft X-ray Photoelectron Spectroscopy: Cancer Therapy Implications
			2016B3834	BL23SU	銘苅 春隆	
			2017B3801	BL23SU	吉越 章隆	

### ACS Applied Polymer Materials

37613	Tsukasa Hasegawa	1 (2019) 542-551	2015B1690	BL45XU	長谷川 司	p- and n-Channel Photothermoelectric Conversion Based on Ultralong Near-Infrared Wavelengths Absorbing Polymers
37638	Tomoya Higashihara	1 (2019) 315-320	2015B1633	BL46XU	東原 知哉	Synthesis and Deformable Hierarchical Nanostructure of Intrinsically Stretchable ABA Triblock Copolymer Composed of Poly(3-hexylthiophene) and Polyisobutylene Segments
			2016B1572	BL46XU	東原 知哉	

### Acta Crystallographica Section F

37414	Yasuhiro Arimura	74 (2018) 385-390	2017A2558	BL41XU	胡桃坂 仁志	Structural Polymorphism of the <i>Escherichia coli</i> Poly- $\alpha$ -L-glutamate Synthetase RimK
			2016A2537	BL41XU	胡桃坂 仁志	
			2014B1125	BL41XU	胡桃坂 仁志	
			2013A1036	BL41XU	胡桃坂 仁志	
			2012B1048	BL41XU	胡桃坂 仁志	
37532	Kumpei Yamanishi	75 (2019) 116-122	2014A1035	BL38B1	柴田 直樹	High-Resolution Structure of a Y27W Mutant of the Dishevelled2 DIX Domain
			2017A2538	BL26B1	柴田 直樹	
			2017A6723	BL44XU	柴田 直樹	
			2017B6723	BL44XU	柴田 直樹	
			2017A2538	BL38B1	柴田 直樹	

**APL Materials**

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
37641	Yu Shiratsuchi	6 (2018) 121104	2014A0079	BL25SU	白土 優	Antiferromagnetic Domain Wall Creep Driven by Magnetoelectric Effect
37652	Naoyuki Shibayama	7 (2019) 031117	2018B1855	BL46XU	柴山 直之	Design of BCP Buffer Layer for Inverted Perovskite Solar Cells using Ideal Factor
			2018B1809	BL19B2	中村 唯我	
			2018B1862	BL19B2	中村 唯我	
			2018B1868	BL46XU	柴山 直之	

**The Chemical Record**

37409	Xiao Zhao	(2018) Online publication 19 Oct. 2018	2016A7800	BL36XU	岩澤 康裕	Key Factors for Simultaneous Improvements of Performance and Durability of Core-Shell Pt <sub>3</sub> Ni/Carbon Electrocatalysts Toward Superior Polymer Electrolyte Fuel Cell
			2016B7800	BL36XU	岩澤 康裕	
			2016B7806	BL36XU	岩澤 康裕	
			2017A7800	BL36XU	岩澤 康裕	
			2017A7803	BL36XU	岩澤 康裕	
			2017A7806	BL36XU	岩澤 康裕	
			2017B7800	BL36XU	岩澤 康裕	
			2017B7806	BL36XU	岩澤 康裕	
37635	Hiroyuki Asakura	(2019) Online published 21 Jan. 2019	2015A1470	BL01B1	河村 直己	Local Structure Study of Lanthanide Elements by X-ray Absorption Near Edge Structure Spectroscopy
			2015B1260	BL39XU	朝倉 博行	
			2016A1159	BL39XU	朝倉 博行	
			2016A1837	BL39XU	河村 直己	

**Chemical Science**

37286	Nobuto Yoshinari	10 (2019) 587-593	2015B1237	BL02B1	吉成 信人	Mobility of Hydrated Alkali Metal Ions in Metallo-supramolecular Ionic Crystals
			2015B1241	BL02B2	吉成 信人	
			2016A1073	BL02B2	吉成 信人	
37448	Hirokazu Kobayashi	10 (2019) 3289-3294	2018A1753	BL14B2	荻原 直希	Charge Transfer Dependence on CO <sub>2</sub> Hydrogenation Activity to Methanol in Cu Nanoparticles Covered with Metal-Organic Framework Systems

**Communications Biology**

37591	Everly Conway de Macario	2 (2019) 103	2015B1195	BL40XU	養王田 正文	Bridging Human Chaperonopathies and Microbial Chaperonins
37615	Wen Ching Wang	2 (2019) 105	2013B4013	BL12B2	Wang Wen Ching	Mutations in the PKM2 Exon-10 Region are Associated with Reduced Allostery and Increased Nuclear Translocation
			2013A4005	BL12B2	Wang Wen Ching	
			2014B4000	BL12B2	Wang Wen Ching	

**Comptes Rendus Geoscience**

37389	Suguru Takahashi	(2019) Available online 14 Jan. 2019	2016A1180	BL35XU	坂巻 竜也	Sound Velocity of Fe <sub>3</sub> C at High Pressure and High Temperature Determined by Inelastic X-ray Scattering
			2016B1112	BL35XU	坂巻 竜也	
			2014B1269	BL35XU	坂巻 竜也	
			2014B1465	BL35XU	大谷 栄治	
			2015A1539	BL35XU	大谷 栄治	
			2015A1627	BL35XU	坂巻 竜也	
			2015B1202	BL35XU	坂巻 竜也	
			2015B1334	BL35XU	大谷 栄治	
			2016A1171	BL35XU	大谷 栄治	
			2016B1419	BL35XU	大谷 栄治	
			2017B1214	BL35XU	大谷 栄治	
37392	Hidenori Terasaki	(2018) Available online 12 Nov. 2018	2011B1278	BL20B2	寺崎 英紀	Sound Velocity and Density of Liquid Ni <sub>88</sub> S <sub>32</sub> under Pressure using Ultrasonic and X-ray Absorption with Tomography Methods
			2011B1355	BL20B2	浦川 啓	
			2012A1481	BL20B2	寺崎 英紀	
			2013A1072	BL20XU	寺崎 英紀	
			2014B1319	BL04B1	寺崎 英紀	

**International Journal of Microgravity Science and Application**

37379	Takayoshi Kinoshita	36 (2019) 360102	2016A6616	BL44XU	木下 誉富	A Microgravity Environment Improves Structural Resolution and Endows Cues for Specific Inhibition of Mitogen-Activated Protein Kinase Kinase 7
			2016B6616	BL44XU	木下 誉富	
37436	Teruya Nakamura	36 (2019) 360103	2017A6761	BL44XU	山縣 ゆり子	X-ray Structure Analysis of Human Oxidized Nucleotide Hydrolase MTH1 using Crystals Obtained under Microgravity

Journal of Physics: Condensed Matter

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
37459	Takahiro Matsuoka	31 (2019) 185501	2015B4252	BL12XU	松岡 岳洋	Plasmons in Li under Compression
			2014A4264	BL12XU	松岡 岳洋	
			2015A4251	BL12XU	松岡 岳洋	
37485	Ryohei Tsuruta	31 (2019) 154001	2016A1676	BL19B2	水野 裕太	Evolution of Crystallinity at a Well-Defined Molecular Interface of Epitaxial C <sub>60</sub> on the Single Crystal Rubrene
			2016B1612	BL46XU	中山 泰生	
			2017A1570	BL46XU	中山 泰生	
			2017A1815	BL19B2	中山 泰生	

Journal of Power Sources

37543	Jun Maruyama	324 (2016) 521-527	2014A1021	BL14B2	内本 喜晴	Carbonaceous Thin Films Coating with Fe-N <sub>4</sub> Site for Enhancement of Dioxovanadium Ion Reduction
			2015B1809	BL01B1	折笠 有基	
37565	Takamasa Nonaka	419 (2019) 203-207	2016A7008	BL33XU	野中 敬正	In situ X-ray Raman Scattering Spectroscopy of a Graphite Electrode for Lithium-Ion Batteries
			2016B7008	BL33XU	野中 敬正	
			2017A7008	BL33XU	野中 敬正	
			2017B7008	BL33XU	野中 敬正	

Macromolecules

37437	Hiroki Ogawa	51 (2018) 10040-10051	2017B7283	BL03XU	竹中 幹人	Order-Order Transition Processes of Thin-Film Symmetric and Asymmetric PS- <i>b</i> -P2VP during Spin Coating
			2017B1949	BL03XU	小川 紘樹	
			2016B1934	BL03XU	小川 紘樹	
			理研	BL45XU		
37575	Haruko Miyase	50 (2017) 979-986	2015B1539	BL40XU	高野 敦志	Kaleidoscopic Tiling Patterns with Large Unit Cells from ABC Star-Shaped Terpolymer/Diblock Copolymer Blends with Hydrogen Bonding Interaction
			2014A1446	BL40XU	高野 敦志	

Materials Transactions

37428	Kazufumi Sato	60 (2019) 254-262	2014B1597	BL40XU	松本 克史	Mechanical Properties and Nanostructure of Multi-Layered Al-Zn-Mg Alloy with Compositional Gradient
			2015A1684	BL40XU	松本 克史	
			2015B1597	BL40XU	松本 克史	
			2016B1580	BL40XU	松本 克史	
			2017A1597	BL40XU	松本 克史	
37467	Ryunosuke Soma	60 (2019) 476-478	2015A1255	BL17SU	松井 利之	Directional Magnetic Modification of Iron Rhodium Compound by Ion Irradiation and Annealing
			2012B1413	BL25SU	松井 利之	

Nano Energy

37510	Yusuke Ide	59 (2019) 162-168	2015B1084	BL04B2	富中 悟史	Microporous Materials Formed via Intercalation of Ultrathin Coordination Polymers in a Layered Silicate
			2016A1841	BL04B2	尾原 幸治	
37538	Yanyan Zheng	59 (2019) 311-320	2015A0074	BL02B2	森吉 千佳子	Extraordinary Thermoelectric Performance in MgAgSb Alloy with Ultralow Thermal Conductivity

Organic Letters

37287	Rei Tomifuji	20 (2018) 7474-7477	2017B1748	BL14B2	富藤 玲	FeCl <sub>3</sub> as an Ion-Pairing Lewis Acid Catalyst. Formation of Highly Lewis Acidic FeCl <sub>2</sub> <sup>+</sup> and Thermodynamically Stable FeCl <sub>4</sub> <sup>-</sup> To Catalyze the Aza-Diels-Alder Reaction with High Turnover Frequency
			2017A1700	BL14B2	前田 和輝	
			2016B1766	BL14B2	高橋 俊文	
			2016A1680	BL14B2	前田 和輝	
			2015B1770	BL14B2	黒田 大樹	
			2016A1549	BL14B2	倉橋 拓也	
			2018A1690	BL14B2	高橋 俊文	
37420	Hiroyuki Shimogawa	20 (2018) 5135-5138	2015B1074	BL40XU	笹森 貴裕	NIR-Absorbing Dye Based on BF <sub>2</sub> -Bridged Azafulvene Dimer as a Strong Electron-Accepting Unit
			2014B1556	BL38B1	若宮 淳志	
			2014A1403	BL38B1	若宮 淳志	

Physical Review A

37468	Edwin Kukkk	99 (2019) 023411	2017B8050	BL1	Kukkk Edwin	Coulomb Implosion of Tetrabromothiophene Observed under Multiphoton Ionization by Free-Electron-Laser Soft-X-ray Pulses
37552	Tao Xiong	98 (2018) 042509	2017A4263	BL12XU	Zhu LinFan	Optical Oscillator Strengths of the Vibronic Excitations of Molecular Deuterium Determined by the Dipole (γ, γ) Method
			2017B4253	BL12XU	Zhu LinFan	

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

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
37381	Takeshi Murakawa	116 (2019) 135-140	2015A1065	BL38B1	村川 武志	<i>In crystallo</i> Thermodynamic Analysis of Conformational Change of the Topaquinone Cofactor in Bacterial Copper Amine Oxidase
			2014B1148	BL38B1	村川 武志	
			2016A2522	BL38B1	村川 武志	
			2017A2544	BL38B1	村川 武志	
			2018A2513	BL38B1	村川 武志	
			2014A1850	BL38B1	馬場 清喜	
			2014B1965	BL38B1	馬場 清喜	
			2015A1994	BL38B1	馬場 清喜	
			2015B1979	BL38B1	馬場 清喜	
			2016A1825	BL38B1	馬場 清喜	
			2016B1976	BL38B1	馬場 清喜	
			2017A1854	BL38B1	馬場 清喜	
			2017A2562	BL38B1	馬場 清喜	
			2017A2562	BL26B1	馬場 清喜	
2018A2537	BL38B1	馬場 清喜				
2018A2537	BL26B1	馬場 清喜				
37407	Naoki Tsunekawa	115 (2018) 12722-12727	2018A0144 2016A0133	BL41XU BL41XU	豊島 近 豊島 近	Mechanism of the E2 to E1 Transition in Ca <sup>2+</sup> Pump Revealed by Crystal Structures of Gating Residue Mutants

Science Advances

37398	Takayuki Kojima	4 (2018) eaat6063	2017B4905	BL15XU	小嶋 隆幸	Catalysis-Tunable Heusler Alloys in Selective Hydrogenation of Alkynes: A New Potential for Old Materials
37340	Tsuyoshi Oshima	5 (2019) eaau9060	2015A6518	BL44XU	木下 誉富	Cell-Based Screen Identifies a New Potent and Highly Selective CK2 Inhibitor for Modulation of Circadian Rhythms and Cancer Cell Growth

Semiconductor Science and Technology

37430	Kazuki Shida	33 (2018) 124005	2017B1681	BL13XU	志田 和己	Depth-Resolved Analysis of Lattice Distortions in High-Ge-Content SiGe/Compositionally Graded SiGe Films using Nanobeam X-ray Diffraction
			2018A1657	BL13XU	志田 和己	
			2014B1549	BL13XU	酒井 朗	
			2017A1341	BL13XU	竹内 正太郎	
37444	Ryo Nagai	33 (2018) 124021	2017B1540	BL47XU	宮崎 誠一	Characterization of Electron Charging and Transport Properties of Si-QDs with Phosphorus Doped Ge Core

Solid State Ionics

37349	Kazuki Chiba	333 (2019) 9-15	2017B1807	BL19B2	井手本 康	A Novel Synthetic Route of Micrometer-Sized LiCoMnO <sub>4</sub> as 5V Cathode Material for Advanced Lithium Ion Batteries
37603	Yusuke Daiko	335 (2019) 151-155	2015A1446	BL04B2	大幸 裕介	Dynamics of Proton Infiltration into Binary MO-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (M=Ca, Sr) Phosphate Glasses

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

37466	Takashi Doi	83 (2019) 54-58	2013A1160	BL28B2	土井 教史	<i>In-Situ</i> Measurement of the Internal Stress Distribution Change of TT600 by Energy-Dispersive X-ray Diffraction with White X-ray Micro Beam
			2012B1207	BL28B2	土井 教史	
			2016A1543	BL28B2	土井 教史	
			2016B1570	BL28B2	土井 教史	
37671	Wataru Ogawa	83 (2019) 128-135	2017B1599	BL19B2	小川 涉	Effect of Metal Structure on Damping Characteristics of Cymbals

ACS Applied Bio Materials

37626	Hiroki Kawauchi	2 (2019) 1652-1659	2018B1370	BL45XU	櫻井 和朗	Encapsulation of Albumin in Organic Nanotube Channel: Structural Investigation by Small-Angle X-ray Scattering
			2017B1354	BL45XU	櫻井 和朗	
			2017B7282	BL03XU	高橋 倫太郎	

ACS Omega

37388	Dinesh Bhalothia	3 (2018) 8733-8744	2016A4133	BL12B2	Chen Tsan Yao	Programming ORR Activity of Ni/NiO <sub>x</sub> @Pd Electrocatalysts via Controlling Depth of Surface-Decorated Atomic Pt Clusters
-------	------------------	-----------------------	-----------	--------	---------------	--

Acta Crystallographica Section B

37503	Eiji Nishibori	74 (2018) 651-659	2015A0074	BL02B2	森吉 千佳子	Structure Factors and Charge-Density Study of Diamond at 800 K
-------	----------------	----------------------	-----------	--------	--------	--

### Acta Crystallographica Section D

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
37658	Naoki Saka	74 (2018) 1115-1123	2015A1052	BL26B1	三上 文三	Elucidation of the Mechanism of Interaction between <i>Klebsiella pneumoniae</i> Pullulanase and Cyclodextrin
			2015B6539	BL44XU	三上 文三	
			2016A2540	BL26B1	三上 文三	
			2016B6640	BL44XU	三上 文三	
			2017A2546	BL26B1	三上 文三	
2017A2547	BL26B1	三上 文三				

### Advanced Materials

37601	Yuichiro Watanabe	(2019) Online published 7 Mar. 2019	2015B1633	BL46XU	東原 知哉	Control of Molecular Orientation in Organic Semiconductor Films using Weak Hydrogen Bonds
			2015B1904	BL46XU	尾坂 格	
			2017B1744	BL46XU	宮根 聡	

### AIP Advances

37325	Yusuke Hirose	8 (2018) 115017	2016B1961	BL39XU	河村 直己	Electronic States of CeT <sub>2</sub> X <sub>20</sub> (T: Transition Metal, X=Zn and Cd)
			2017A1857	BL39XU	河村 直己	
			2017B1066	BL39XU	河村 直己	
			2018A1047	BL39XU	河村 直己	

### Applied Physics Express

37384	Takahiro Ogata	12 (2019) 023005	2017B1381	BL02B2	岡 研吾	Negative Thermal Expansion in Electron Doped PbVO <sub>3-x</sub> F <sub>x</sub>
			2018A1642	BL02B2	尾形 昂洋	

### Applied Sciences

37425	Martin Kubli	9 (2019) 525	2016A8021	BL3	Johnson Steven	Kinetics of a Phonon-Mediated Laser-Driven Structural Phase Transition in Sn <sub>2</sub> P <sub>2</sub> Se <sub>6</sub>
-------	--------------	-----------------	-----------	-----	----------------	--

### Applied Surface Science

37574	Jiayi Tang	480 (2019) 419-426	2017A3835	BL23SU	唐 佳芸	Mass Transport in the PdCu Phase Structures during Hydrogen Adsorption and Absorption Studied by XPS under Hydrogen Atmosphere
			2017A3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2017B3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2016B7401	BL07LSU	吉信 淳	
			2017A7401	BL07LSU	吉信 淳	
			2017B7401	BL07LSU	吉信 淳	
2018A7557	BL07LSU	唐 佳芸				

### The Astrophysical Journal Supplement Series

37555	Ya Wei Liu	238 (2018) 26	2016A4265	BL12XU	Zhu LinFan	Oscillator Strengths and Integral Cross Sections of the Valence-Shell Excitations of the Oxygen Molecule Studied by Fast Electron and Inelastic X-Ray Scattering
-------	------------	------------------	-----------	--------	------------	--

### Autophagy

37362	Byeong-Won Kim	14 (2018) 2104-2116	2017A6775	BL44XU	Song HyunKyu	The C-terminal Region of ATG101 Bridges ULK1 and PtdIns3K Complex in Autophagy Initiation
			2017B6775	BL44XU	Song HyunKyu	

### Biochemistry

37476	Tsutomu Kouyama	57 (2018) 6013-6026	2017B2737	BL26B1	神山 勉	Three-Step Isomerization of the Retinal Chromophore during the Anion Pumping Cycle of Halorhodopsin
			2016B2703	BL26B1	神山 勉	

### Biomaterials Science

37378	Shigeo Takeda	7 (2019) 1617-1622	2017A1241	BL40B2	西村 智貴	Synthesis and Function of Amphiphilic Glucan Dendrimers as Nanocarriers for Protein Delivery
			2017B1089	BL40B2	西村 智貴	

### Biomechanics and Modeling in Mechanobiology

37592	Toshihiro Sera	18 (2019) 375-385	2014A1642	BL20B2	小林 宏明	The Disuse Effect on Canal Network Structure and Oxygen Supply in the Cortical Bones of Rats
-------	----------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

### Bulletin of the Chemical Society of Japan

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
37463	Hiroki Miura	91 (2018) 1397-1401	2011A1598	BL04B2	三浦 大樹	Generation of Active Ruthenium Catalysts for Hydroarylation of C-C Multiple Bonds from Isolated Ru(IV)=O Species Supported on CeO <sub>2</sub>
			2015A1411	BL01B1	和田 健司	
			2015B1478	BL28B2	山添 誠司	

### Cell

37602	Liang Liu	168 (2017) 121-134	2016B2731	BL41XU	Wang Yanli	Two Distant Catalytic Sites Are Responsible for C2c2 RNase Activities
-------	-----------	-----------------------	-----------	--------	------------	---

### Cell Chemical Biology

37315	Amit Shraga	26 (2019) 98-108	2017A6717	BL44XU	木下 誉富	Covalent Docking Identifies a Potent and Selective MKK7 Inhibitor
-------	-------------	---------------------	-----------	--------	-------	---

### ChemBioChem

37458	Wei-Cheng Huang	20 (2019) 140-146	2017A2576	BL32XU	別所 義隆	Binding and Enhanced Binding between Key Immunity Proteins TRAF6 and TIFA
			2018A2514	BL32XU	別所 義隆	

### Chemical Engineering Transactions

37383	Ramesh Chitrakar	24 (2011) 1495-1500	2010A1334	BL01B1	山本 孝	Selective Uptake of Phosphate Ions on Nanocomposite of ZrO <sub>2</sub> and Layered Double Hydroxide
-------	------------------	------------------------	-----------	--------	------	--

### Chemical Geology

37620	Satoshi Mitsunobu	501 (2018) 51-57	2015B1452	BL01B1	光延 聖	μXAFS and TEM Studies of Fe(III) Oxides Precipitated on Submarine Basaltic Glass from South Pacific Gyre
			2014A1493	BL01B1	光延 聖	
			2014B1267	BL01B1	光延 聖	

### Chemistry - A European Journal

37377	Hayder D. J. Arkawazi	25 (2019) 1353-1362	2017B1203	BL02B2	吉成 信人	Complex Phase Behaviour and Structural Transformations of Metal-Organic Frameworks with Mixed Rigid and Flexible Bridging Ligands
-------	-----------------------	------------------------	-----------	--------	-------	---

### ChemPhysChem

37528	Joshua D. Butson	20 (2019) 745-751	2017A3784	BL22XU	Kim Hyunjeong	Interrogation of the Effect of Polymorphism of a Metal-Organic Framework Host on the Structure of Embedded Pd Guest Nanoparticles
			2017A3751	BL22XU	町田 晃彦	

### Construction and Building Materials

37380	Hayato Takahashi	203 (2019) 579-588	2012B1282	BL28B2	杉山 隆文	Application of Non-Destructive Integrated CT-XRD Method to Investigate Alteration of Cementitious Materials Subjected to High Temperature and Pure Water
			2013B1511	BL28B2	杉山 隆文	
			2014A1559	BL28B2	杉山 隆文	
			2014B1010	BL28B2	杉山 隆文	
			2015A1002	BL28B2	杉山 隆文	
			2015B1569	BL28B2	杉山 隆文	
			2016A1532	BL28B2	杉山 隆文	
			2017A1009	BL28B2	杉山 隆文	
			2017B1021	BL28B2	杉山 隆文	
			2018A1565	BL28B2	人見 尚	
			2018A1691	BL28B2	高橋 駿人	
2018B1017	BL28B2	杉山 隆文				

### Contributions of Mineralogy and Petrology

37433	Tomohiro Ohuchi	173 (2018) 88	2017B1184	BL04B1	大内 智博	Semi-Brittle Behavior of Wet Olivine Aggregates: the Role of Aqueous Fluid in Faulting at Upper Mantle Pressures
			2015A0075	BL04B1	入船 徹男	

### Crystal Growth & Design

37298	Hiroki Mitsuta	17 (2017) 4622-4627	2016A1514	BL46XU	宮寺 哲彦	Epitaxial Growth of C <sub>60</sub> on Rubrene Single Crystals for a Highly Ordered Organic Donor/Acceptor Interface
			2016B1861	BL46XU	宮寺 哲彦	

### ECS Transactions

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
37427	Yuki Takahashi	86 (2018) 329-336	2016A1529	BL19B2	小椋 厚志	Evaluation of Anisotropic Three-Dimensional Strain Relaxation in Stripe-Shaped Ge <sub>1-x</sub> Sn <sub>x</sub> Mesa Structure
			2017A1702	BL19B2	須田 耕平	
			2017B1843	BL19B2	横川 凌	
			2017B1930	BL19B2	横川 凌	
			2018A1796	BL19B2	横川 凌	
2018A1694	BL19B2	横川 凌				

### EMBO Reports

37622	Vladimir A. Meshcheryakov	20 (2019) e46340	2014B1341	BL38B1	Meshcheryakov Vladimir	High-Resolution Archaelum Structure Reveals a Conserved Metal-Binding Site
-------	---------------------------	---------------------	-----------	--------	------------------------	--

### eXPRESS Polymer Letters

37284	Kenichi Ozawa	13 (2019) 214-222	2015B1578	BL47XU	小澤 健一	Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy Study of Thermal Effect on Chemical State of Sulfur in Rubber Compound
			2015A1663	BL47XU	小澤 健一	

### The FEBS Journal

37502	Kengo Kitadokoro	(2019) Online published 14 Feb. 2019	2018A6813	BL44XU	北所 健悟	Structural Insights into the Unique Poly(lactate)-Degrading Mechanism of <i>Thermobifida alba</i> Cutinase
			2018B6813	BL44XU	北所 健悟	
			2017A6716	BL44XU	北所 健悟	
			2017B6716	BL44XU	北所 健悟	
			2016A6615	BL44XU	北所 健悟	
			2016B6615	BL44XU	北所 健悟	
			2015A6516	BL44XU	北所 健悟	
2015B6516	BL44XU	北所 健悟				

### Ferroelectrics

37472	Kenji Ohwada	532 (2018) 100-110	2012A3713	BL22XU	大和田 謙二	Polarization Rotation Associated with Phonon Dynamics in Monoclinic C Phase Near Morphotropic Phase Boundary Studied by Diffuse and Inelastic X-ray Scattering from a Ti-Composition-Gradient Pb[(Mg <sub>1/3</sub> Nb <sub>2/3</sub> ) <sub>1-x</sub> Ti <sub>x</sub> ]O <sub>3</sub> Single Crystal
			2012B1658	BL35XU	清水 大輔	
			2013A3713	BL22XU	大和田 謙二	

### Frontiers in Pharmacology

37309	Yukiko Miyazaki	9 (2018) 997	2017A6722	BL44XU	志波 智生	Selective Cytotoxicity of Dihydroorotate Dehydrogenase Inhibitors to Human Cancer Cells Under Hypoxia and Nutrient-Deprived Conditions
			2015A6535	BL44XU	原田 繁春	
			2015B6535	BL44XU	原田 繁春	
			2016A6635	BL44XU	原田 繁春	
			2016B6635	BL44XU	原田 繁春	
2017B6722	BL44XU	志波 智生				

### Gels

37301	Kyoko Yamamoto	5 (2019) 3	2018B1362	BL40B2	湯口 宣明	Local Structure of Ca <sup>2+</sup> Alginate Hydrogels Gelled via Competitive Ligand Exchange and Measured by Small Angle X-ray Scattering
			2017B1249	BL40B2	湯口 宣明	

### Geological Society, London, Special Publications

37323	Masao Uyama	482 (2019) Online publication 14 Jan. 2019	2014A1512	BL28B2	人見 尚	Analysis of Corrosion Mechanisms of Carbon Steel in Contact with FEBEX Bentonite
			2014A1517	BL19B2	人見 尚	
			2014B1606	BL28B2	人見 尚	
			2014B1607	BL19B2	人見 尚	
			2015A1709	BL28B2	人見 尚	
			2015A1711	BL19B2	人見 尚	
			2015B1623	BL28B2	人見 尚	
			2016A1531	BL28B2	鶴山 雅夫	
			2016B1614	BL28B2	人見 尚	
			2017B1627	BL28B2	人見 尚	

### Historical Biology

37631	Junyong Wang	(2019) Published online 22 Mar. 2019	2018B1543	BL20B2	Kundrat Martin	Bone Tissue Histology of the Early Cretaceous Bird <i>Yanornis</i> : Evidence for a Diphyletic Origin of Modern Avian Growth Strategies within Ornithomorphs
-------	--------------	--------------------------------------	-----------	--------	----------------	--

### International Journal of Biological Macromolecules

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
37579	Hiroataka Tajima	130 (2019) 765-777	2016A1069	BL40B2	今井 友也	Observation of <i>in vitro</i> Cellulose Synthesis by Bacterial Cellulose Synthase with Time-Resolved Small Angle X-ray Scattering
			2017A1049	BL40B2	今井 友也	
			2017B1094	BL40B2	今井 友也	

### International Journal of Refrigeration

37327	Rika Kobayashi	99 (2019) 94-100	2014A1788	BL19B2	鈴木 徹	Effect of Supercooling Accompanying the Freezing Process on Ice Crystals and the Quality of Frozen Strawberry Tissue
-------	----------------	---------------------	-----------	--------	------	--

### Journal of Alloys and Compounds

37382	Masafumi Matsushita	784 (2019) 1284-1289	2017B1274	BL04B1	松下 正史	Ultrafine Spherulite Mg Alloy with High Yield Strength
-------	---------------------	-------------------------	-----------	--------	-------	--

### Journal of Bacteriology

37535	Yohei Takahashi	(2019) Online publication 11 Feb. 2019	2012B1462	BL41XU	今田 勝巳	Calcium Ions Modulate Amino Acid Sensing of the Chemoreceptor Mlp24 of <i>Vibrio cholerae</i>
			2013A1406	BL41XU	今田 勝巳	
			2015A1097	BL41XU	今田 勝巳	

### Journal of Biological Chemistry

37636	Atsushi Furukawa	292 (2017) 21128-21136	2011B1411	BL41XU	尾瀬 農之	Structural and Thermodynamic Analyses Reveal Critical Features of Glycopeptide Recognition by the Human PILRa Immune Cell Receptor
-------	------------------	---------------------------	-----------	--------	-------	--

### Journal of Catalysis

37654	Md. A. R. Jamil	371 (2019) 47-56	2018A1757	BL14B2	鳥屋尾 隆	N-Methylation of Amines and Nitroarenes with Methanol using Heterogeneous Platinum Catalysts
-------	-----------------	---------------------	-----------	--------	-------	--

### The Journal of Chemical Physics

37554	Ya Wei Liu	150 (2019) 094302	2016A4265	BL12XU	Zhu LinFan	Generalized Oscillator Strengths of the Low-Lying Valence-Shell Excitations of N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , and C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Studied by Fast Electron and Inelastic X-ray Scattering
-------	------------	----------------------	-----------	--------	------------	--

### Journal of Crystal Growth

37523	Takuo Sasaki	512 (2019) 33-36	2015B3503	BL11XU	佐々木 拓生	Real-Time Structural Analysis of InGaAs/InAs/GaAs(111)A Interfaces by <i>in situ</i> Synchrotron X-ray Reciprocal Space Mapping
			2016B3553	BL11XU	佐々木 拓生	

### Journal of Electronic Materials

37460	Chanwook Kim	48 (2019) 1456-1460	2017A1064	BL08W	Kim Chanwook	Measurements of the Spin-Selective Magnetic Hysteresis Curve in Fe-3 wt.% Si Alloy Using Magnetic Compton Scattering
-------	--------------	------------------------	-----------	-------	--------------	--

### Journal of Energy Storage

37293	Tomoyuki Matsuda	21 (2019) 665-671	2013A1234	BL46XU	今井 英人	Investigation of the Influence of Temperature on the Degradation Mechanism of Commercial Nickel Manganese Cobalt Oxide-Type Lithium-Ion Cells during Long-Term Cycle Tests
			2014A1558	BL46XU	今井 英人	
			2014B1015	BL46XU	今村 大地	
			2014B1594	BL46XU	今井 英人	
			2014B1903	BL46XU	今井 英人	

### Journal of Food Science

37451	Ken Morishima	84 (2019) 59-64	2014A1522	BL40B2	中村 典子	Formation of Clusters in Whiskies During the Maturation Process
			2013A1075	BL40B2	中村 典子	

### Journal of Forensic Sciences

37651	Yoshinori Nishiwaki	(2018) Online published 10 Dec. 2018	2013B1300	BL08W	西脇 芳典	Forensic Comparison of Automotive Aluminum Wheel Fragments Using Synchrotron Radiation X-ray Fluorescence with 18- and 116-keV Excitation X-rays
			2012B1182	BL08W	西脇 芳典	

### Journal of Medicinal Chemistry

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
37633	Koushi Hidaka	61 (2018) 5138-5153	2014B1313	BL38B1	安達 基泰	Identification of Highly Potent Human Immunodeficiency Virus Type-1 Protease Inhibitors against Lopinavir and Darunavir Resistant Viruses from Allophenylborstinate-Based Peptidomimetics with P2 Tetrahydrofuranlyglycine
			2011A1124	BL41XU	玉田 太郎	

### Journal of Molecular Biology

37361	Leehyeon Kim	430 (2018) 2843-2856	2017A6775	BL44XU	Song HyunKyu	Structural and Biochemical Study of the Mono-ADP-Ribosyltransferase Domain of SdeA, a Ubiquitylating/Deubiquitylating Enzyme from <i>Legionella pneumophila</i>
			2017B6775	BL44XU	Song HyunKyu	

### Journal of Nanoscience and Nanotechnology

37297	Toshiko Mizokuro	18 (2018) 2702-2710	2014B1614	BL46XU	宮寺 哲彦	Organic Photovoltaic Devices Based on Oriented <i>n</i> -Type Molecular Films Deposited on Oriented Polythiophene Films
-------	------------------	------------------------	-----------	--------	-------	---

### Journal of Non-Crystalline Solids: X

37496	Masanori Inui	1 (2019) 100006	2012B1343	BL35XU	乾 雅祝	Dynamical Sound Speed and Structural Inhomogeneity in Liquid Te Studied by Inelastic X-ray Scattering
			2015B1178	BL35XU	乾 雅祝	

### Journal of Oleo Science

37541	Hiroshi Takahashi	68 (2019) 273-280	2016B1577	BL43IR	高橋 浩	Synchrotron FTIR Micro-Spectroscopy Studies Demonstrate the Release of Ceramide Molecules from a Ceramide-Containing UV-Curable Acrylic Adhesive Resin
			2015B1581	BL43IR	高橋 浩	
			2016A1511	BL43IR	高橋 浩	

### The Journal of Organic Chemistry

37612	Zhe Sun	84 (2019) 3500-3507	2016B1489	BL38B1	佐藤 宗太	Synthesis, Structures, and Assembly of Geodesic Phenine Frameworks with Isorecticular Networks of [η]Cyclo- <i>para</i> -phenylenes
			2017A1439	BL38B1	佐藤 宗太	
			2017B1263	BL38B1	佐藤 宗太	

### The Journal of Physical Chemistry Letters

37486	Yasuo Nakayama	10 (2019) 1312-1318	2016A1676	BL19B2	水野 裕太	Widely Dispersed Intermolecular Valence Bands of Epitaxially Grown Perfluoropentacene on Pentacene Single Crystals
-------	----------------	------------------------	-----------	--------	-------	--

### Journal of Physics Communications

37454	Shinichirou Minemoto	2 (2018) 115015	2017B8011	BL1	峰本 紳一郎	Time-Resolved Photoelectron Angular Distributions from Nonadiabatically Aligned CO <sub>2</sub> Molecules with SX-FEL at SACLA
-------	----------------------	--------------------	-----------	-----	--------	--

### The Journal of Supercritical Fluids

37680	Tomoki Fujita	147 (2019) 172-178	2014A0078	BL02B1	Iversen Bo	Hydrothermal Reactor for in-situ Synchrotron Radiation Powder Diffraction at SPing-8 BL02B2 for Quantitative Design for Nanoparticle
-------	---------------	-----------------------	-----------	--------	------------	--

### Journal of Surface Analysis

37684	Koji Nakanishi	25 (2018) 90-102	2015A1407	BL27SU	中西 康次	Investigation of Charge Compensation Mechanism of LiNi <sub>1/3</sub> Co <sub>1/3</sub> Mn <sub>1/3</sub> O <sub>2</sub> Positive Electrode during Initial Charge Process by <i>Operando</i> Soft X-ray XAFS Measurement
			2015A1408	BL27SU	中西 康次	
			2015B1015	BL27SU	小久見 善八	

### Journal of Synchrotron Radiation

37583	Hiroo Tajiri	(2019) Online published 17 Apr. 2019	2011B1042	BL13XU	田尻 寛男	A Middle Energy-Bandwidth X-ray Monochromator for High-Flux Synchrotron Diffraction: Revisiting Asymmetrically Cut Silicon Crystals
			2012B1296	BL13XU	田尻 寛男	
			2014A1904	BL13XU	田尻 寛男	
			2014B1102	BL13XU	坂田 修身	
			2014B1946	BL13XU	田尻 寛男	
			2017A1868	BL13XU	田尻 寛男	
2017B1975	BL13XU	田尻 寛男				

### Journal of the American Ceramic Society

37537	Naoki Matsui	102 (2018) 3228-3235	2017A1792	BL19B2	松井 直喜	Ambient Pressure Synthesis of La <sub>2</sub> LiHO <sub>3</sub> as a Solid Electrolyte for a Hydrogen Electrochemical Cell
			2017B1840	BL19B2	松井 直喜	

### Journal of the Physical Society of Japan

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
37508	Akihisa Koizumi	88 (2019) 034714	2013A1193	BL08W	芳賀 芳範	Electronic Structure in Heavy Fermion Compound UPd <sub>2</sub> Al <sub>3</sub> through Directional Compton Profile Measurement

### Journal of Thermal Science and Technology

37487	Ryosuke Matsumoto	13 (2018) JTST0014	2016B1476	BL20B2	松本 亮介	Three-Dimensional Microstructure of Frost Layer Measured by using X-ray $\mu$ CT
-------	-------------------	-----------------------	-----------	--------	-------	--

### JPS Conference Proceedings

37474	Hidenori Toyokawa	24 (2019) 011015	2016B3655	BL14B1	城 鮎美	Development of CdTe Pixel Detectors for Energy-Resolved X-ray Diffractions
			2017A1855	BL04B2	尾原 幸治	
			2017A3653	BL14B1	安田 良	
			2017B3653	BL14B1	安田 良	

### Macromolecular Chemistry and Physics

37328	Ken Kojio	220 (2019) 1800371	2015A1582	BL40XU	高原 淳	Effect of Blend Composition on Scratch Behavior of Polystyrene/Poly(2,6-dimethyl-1,4-phenyleneoxide) Blends
			2015A1514	BL40XU	小椎尾 謙	
			2015B1325	BL40XU	小椎尾 謙	
			2016A1012	BL40XU	高原 淳	
			2016B1032	BL40XU	高原 淳	
			2016B1436	BL40XU	小椎尾 謙	
2016A1414	BL40XU	小椎尾 謙				

### Materials Characterization

37490	Yutaka Yoshida	146 (2018) 121-126	2014B1621	BL28B2	柴野 純一	Crystal Rotation and Microstructures in an Aluminum Single-Slip System under Tensile Loading
-------	----------------	-----------------------	-----------	--------	-------	--

### Materials Research Proceedings

37285	Kenji Suzuki	6 (2018) 69-74	2017A3737	BL22XU	鈴木 賢治	Stress Measurements of Coarse Grain Materials using Double Exposure Method with Hard Synchrotron X-Rays
			2018B3684	BL14B1	鈴木 賢治	

### Materials Science Forum

37294	Mutsumi Sano	941 (2018) 2024-2029	2017B1357	BL02B1	佐野 睦	Dislocation Densities in Dispersion-Strengthened Copper with Aluminum Oxide from X-Ray Line Profile Analysis
-------	--------------	-------------------------	-----------	--------	------	--

### Measurement Science and Technology

37442	Leise Borg	28 (2017) 124004	2015A1147	BL20XU	Yang Yi	Reduction of Variable-Truncation Artifacts from Beam Occlusion during <i>in situ</i> X-ray Tomography
-------	------------	---------------------	-----------	--------	---------	---

### Microscopy

37560	Daisuke Yamauchi	68 (2019) 92-97	2011A1414	BL20XU	峰雪 芳宣	Use of Ionic Liquid for X-ray Micro-CT Specimen Preparation of Imbibed Seeds
			2012B1119	BL20B2	唐原 一郎	
			2012B1158	BL20B2	山内 大輔	
			2014A1265	BL20XU	峰雪 芳宣	
			2014A1306	BL20B2	山内 大輔	
			2014B1225	BL20B2	唐原 一郎	
			2015B1556	BL20B2	唐原 一郎	
			2016A1390	BL47XU	峰雪 芳宣	
			2016B1371	BL20B2	山内 大輔	
2017B1225	BL20B2	山内 大輔				

### Microscopy and Microanalysis

37408	Kotaro Higashi	24 (2018) 442-443	2015A7805	BL36XU	岩澤 康裕	<i>In-situ</i> 3D CT-XAFS Imaging of Pt/C Cathode Catalysts in Polymer Electrolyte Fuel Cell during Degradation Processes by Anode Gas Exchange Cycles
			2015B7805	BL36XU	岩澤 康裕	
			2016A7805	BL36XU	岩澤 康裕	
			2016B7805	BL36XU	岩澤 康裕	
			2017A7805	BL36XU	岩澤 康裕	
			2017A7840	BL36XU	岩澤 康裕	
2017B7840	BL36XU	岩澤 康裕				

### Mineral Engineering

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
37491	Tatsuya Kato	134 (2019) 365-371	2018A1798	BL14B2	加藤 達也	Mechanism and Kinetics of Enhancement of Cerium Dissolution from Weathered Residual Rare Earth Ore by Planetary Ball Milling

### Molecular Biology and Physiology

37604	Norihiro Takekawa	10 (2019) e00292-19	2015A1084	BL41XU	今田 勝巳	Structure of <i>Vibrio</i> FilL, a New Stomatin-like Protein That Assists the Bacterial Flagellar Motor Function
			2016A2541	BL41XU	今田 勝巳	
			2017A2588	BL41XU	今田 勝巳	

### Molecular Cell

37512	Shintaro Iwasaki	73 (2019) 738-748	2017B2727	BL41XU	伊藤 拓宏	The Translation Inhibitor Rocaglamide Targets a Bimolecular Cavity between eIF4A and Polypurine RNA
			2017A2581	BL41XU	伊藤 拓宏	

### Molecules

37505	Tsukasa Usuki	24 (2019) 521	2015A0074	BL02B2	森吉 千佳子	Effects of Substituents on the Blue Luminescence of Disilane-Linked Donor-Acceptor-Donor Triads
-------	---------------	------------------	-----------	--------	--------	---

### Nanoscale

37391	I-Li Chen	7 (2015) 15450-15461	2014B4137	BL12B2	Chen Tsan Yao	Local Structure Distortion Induced by Ti Dopants Boosting the Pseudocapacitance of RuO <sub>2</sub> -Based Supercapacitors
-------	-----------	-------------------------	-----------	--------	---------------	--

### Nanoscale Advances

37551	Chulho Song	1 (2019) 546-553	2017A1034	BL04B2	坂田 修身	Correlation between the Electronic/Local Structure and CO-Oxidation Activity of Pd <sub>2</sub> Ru <sub>1-x</sub> Alloy Nanoparticles
			2016B1033	BL01B1	坂田 修身	
			2012B4907	BL15XU	北川 宏	
			2016B4910	BL15XU	草田 康平	
			2017A4910	BL15XU	草田 康平	
			2016A1028	BL04B2	坂田 修身	
			2016B0134	BL04B2	小原 真司	

### Nature Photonics

37679	Ichiro Inoue	13 (2019) 319-322	2018A8040	BL3	井上 伊知郎	Generation of Narrow-Band X-ray Free-Electron Laser via Reflection Self-Seeding
-------	--------------	----------------------	-----------	-----	--------	---

### Nature Structural and Molecular Biology

37597	Kanakano Terakado Kimura	26 (2019) 121-128	2017A2524	BL32XU	岩田 想	Structures of the 5-HT <sub>2A</sub> Receptor in Complex with the Antipsychotics Risperidone and Zotepine
			2013A1379	BL32XU	島村 達郎	
			2013B1184	BL32XU	島村 達郎	
			2014A1301	BL32XU	島村 達郎	
			2014B1273	BL32XU	島村 達郎	
			2015A1044	BL32XU	浅田 秀基	
			2015A1080	BL32XU	島村 達郎	

### Organic Process Research & Development

37319	Takeharu Yoshii	22 (2018) 1580-1585	2017B1081	BL01B1	桑原 泰隆	Effects of Carbon Support Nanostructures on the Reactivity of a Ru Nanoparticle Catalyst in a Hydrogen Transfer Reaction
			2017B1084	BL01B1	森 浩亮	
			2018A1144	BL01B1	森 浩亮	

### Peptide Science 2018

37589	Keiichi Hasegawa	(2019) 35	2013A1528	BL41XU	永田 宏次	Expression, Purification, Crystallization and Preliminary X-ray Crystallographic Studies of FsrC, the Cell Surface Receptor of the Cyclic Peptide Quorumone GBAP
			2013B1491	BL41XU	永田 宏次	
			2014A1479	BL41XU	永田 宏次	
			2014A6935	BL44XU	永田 宏次	
			2014B1179	BL41XU	永田 宏次	
			2016A2509	BL41XU	永田 宏次	
			2016A6628	BL44XU	永田 宏次	
			2016B6628	BL44XU	永田 宏次	
			2017B6733	BL44XU	永田 宏次	

### Physica 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
37358	Kazuo Soda	558 (2019) 54-58	2015A1164	BL43IR	曾田 一雄	Infrared Spectroscopy on Electronic Structures of Platinum-Group Metal Perinitrides $MN_2$ ( $M = Ru, Rh, Ir, \text{ and } Pt$ )
			2016A1074	BL43IR	曾田 一雄	
			2017A1147	BL43IR	曾田 一雄	

### Physica Status Solidi - Rapid Research Letters

37453	Tooru Wakamatsu	11 (2017) 1700009	2017B1182	BL02B2	谷口 博基	Improper Ferroelectrics as High-Efficiency Energy Conversion Materials
-------	-----------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

### Physica Status Solidi B

37283	Tsubasa Tobase	255 (2018) 1800090	2014B1043	BL04B2	吉朝 朗	Pre-Transitional Behavior in Tetragonal to Cubic Phase Transition in $HfO_2$ Revealed by High Temperature Diffraction Experiments
-------	----------------	-----------------------	-----------	--------	------	---

### Physical Chemistry Chemical Physics

37396	Kenta Yoshida	19 (2017) 24445-24447	2016B1481	BL40B2	櫻井 和朗	Cross-Sectional Structures of a Molecular Monolayer Nanotube Explored with SAXS: Evidence for the Parallel Orientation of the Headgroups in Asymmetric Bolaamphiphiles
			2016A1242	BL40B2	櫻井 和朗	

### Physical Review Letters

37372	James Harries	121 (2018) 263201	2017A8012	BL1	Harries James	Superfluorescence, Free-Induction Decay, and Four-Wave Mixing: Propagation of Free-Electron Laser Pulses through a Dense Sample of Helium Ions
			2017B8083	BL1	岩山 洋士	
			2018A8013	BL1	Harries James	

### Physical Review Materials

37618	Yoshifumi Sakaguchi	3 (2019) 035601	2016B1414	BL04B2	坂口 佳史	Structural Transformation in $Ge_xS_{100-x}$ ( $10 \leq x \leq 40$ ) Network Glasses: Structural Varieties in Short-Range, Medium-Range, and Nanoscopic Scale
-------	---------------------	--------------------	-----------	--------	-------	---

### PLoS Biology

37310	Yasuyuki Matoba	16 (2018) e3000077	2013A1078	BL38B1	的場 康幸	Catalytic Mechanism of the Tyrosinase Reaction toward the Tyr <sup>66</sup> Residue in the Caddie Protein
-------	-----------------	-----------------------	-----------	--------	-------	---

### Polymer

37495	Ren Tomisawa	164 (2019) 163-173	2017A7212	BL03XU	中田 克	Effects of Dimensions and Regularity on the Mechanical Properties of the Smectic Phase Formed during Orientation-Induced Crystallization of Poly(ethylene terephthalate)
			2015B7263	BL03XU	中田 克	

### Polymers

37530	Yusuke Akino	11 (2019) 382	2015B1760	BL40B2	金澤 諭史	Effect of Hydration in Corona Layer on Structural Change of Thermo-Responsive Polymer Micelles
			2016A1626	BL40B2	金澤 諭史	
			2016A1354	BL40B2	秋葉 勇	
			2016B1274	BL40B2	秋葉 勇	
			2017A1238	BL40B2	秋葉 勇	
			2017A1246	BL40B2	秋葉 勇	

### Proceedings of SPIE

37596	Kurumi Saito	10953 (2019) 109530G	2018B1662	BL20B2	齊藤 くるみ	Pulmonary Blood Vessels Extraction from Dual-Energy CT Images using a Synchrotron Radiation Micro-CT
			2018B1005	BL20B2	仁木 登	
			2018A1002	BL20B2	仁木 登	
			2017A1568	BL20B2	守本 達郎	

### Proceedings of The Third International Anammox Symposium

37621	Daisuke Hira	(2015) 56-57	2015A1123	BL26B1	平 大輔	Structure and Function of Copper-Containing Nitrite Reductase and its Electron Donor Protein from the Anammox Bacterium KSU-1
-------	--------------	-----------------	-----------	--------	------	---

### Progress in Nuclear Science and Technology

37521	Masahiko Nakase	5 (2018) 56-60	2016B3508	BL11XU	中瀬 正彦	Extended X-ray Absorption Fine Structure Study on Gel/Liquid Extraction of f-block Elements
-------	-----------------	-------------------	-----------	--------	-------	---

### Protein Science

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
37313	Masatsugu Ono	27 (2018) 1038-1046	2016A2570	BL41XU	野村 紀通	Structural Basis for Tumor Necrosis Factor Blockade with the Therapeutic Antibody Golimumab
			2017A2579	BL41XU	野村 紀通	

### Review of Scientific Instruments

37480	Haruhiko Ohashi	90 (2019) 021704	2015B2009	BL25SU	仙波 泰徳	Effective Protocol for Realizing Contamination-Free X-ray Reflective Optics
			2016B1969	BL25SU	仙波 泰徳	
			2017A1873	BL25SU	仙波 泰徳	
			2018A2063	BL25SU	小谷 佳範	

### Science

37373	Zhe Sun	363 (2019) 151-155	2018A1064	BL38B1	佐藤 宗太	Finite Pherine Nanotubes with Periodic Vacancy Defects
			2018A1257	BL38B1	佐藤 宗太	

### SIAM Journal on Imaging Sciences

37443	Leise Borg	11 (2018) 2786-2814	2015A1147	BL20XU	Yang Yi	Analyzing Reconstruction Artifacts from Arbitrary Incomplete X-ray CT Data
-------	------------	------------------------	-----------	--------	---------	--

### Solvent Extraction and Ion Exchange

37520	Masahiko Nakase	36 (2018) 633-646	2016A3504	BL11XU	塩飽 秀啓	Relationship Between Structure and Coordination Strength of <i>N</i> and <i>N,O</i> -Hybrid Donor Ligands with Trivalent Lanthanides
			2014B3504	BL11XU	塩飽 秀啓	
			2015A3504	BL11XU	塩飽 秀啓	
			2015B3504	BL11XU	塩飽 秀啓	

### Structural Chemistry

37317	Masahito Uchikoshi	30 (2019) 61-74	2008A1941	BL14B2	打越 雅仁	Determination of Structures of Cupric-Chloro Complexes in Hydrochloric Acid Solutions by UV-Vis and X-ray Absorption Spectroscopy
-------	--------------------	--------------------	-----------	--------	-------	---

### Surface Science

37545	Munetaka Taguchi	683 (2019) 53-56	2010A1468	BL25SU	大門 寛	Disorder and Mixed Valence Properties of Sr <sub>2</sub> FeMoO <sub>6</sub> Studied by Photoelectron Diffraction and X-ray Absorption Spectroscopy
			2013A1627	BL27SU	北川 哲	

### Thin Solid Films

37360	Kazutaka Tomita	665 (2018) 85-90	2017B1831	BL46XU	尾坂 格	Structure Control of a Zinc Tetraphenylporphyrin Thin Film by Vapor Annealing using Fluorine Containing Solvent
-------	-----------------	---------------------	-----------	--------	------	---

### Translational Psychiatry

37475	Ryuta Mizutani	9 (2019) 85	2011A0034	BL20XU	水谷 隆太	Three-Dimensional Alteration of Neurites in Schizophrenia
			2011A0034	BL47XU	水谷 隆太	
			2014A1057	BL37XU	水谷 隆太	
			2015A1160	BL20XU	水谷 隆太	
			2015B1101	BL20XU	水谷 隆太	
			2017A1143	BL37XU	水谷 隆太	
			2018A1164	BL20XU	水谷 隆太	
			2018B1187	BL37XU	水谷 隆太	

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

37683	Koji Nakanishi	50 (2019) 299-311	2015A7601	BL28XU	小久見 善八	Development of Spectro-Electrochemical Cell for Operando XAFS of All-Solid-State Batteries
			2016B7605	BL28XU	松原 英一郎	
			2017A7605	BL28XU	松原 英一郎	
			2017B7605	BL28XU	松原 英一郎	
			2018A7605	BL28XU	松原 英一郎	
			2018B7605	BL28XU	松原 英一郎	

### 軽金属 (Journal of Japan Institute of Light Metals)

37375	Tomohiko Hojo	68 (2018) 630-634	2015B1079	BL20XU	北條 智彦	Size and Distribution of Micropores and Voids in 5052 Aluminum Alloys during Tensile Deformation
-------	---------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

高分子論文集 (Japanese Journal of Polymer Science and Technology)

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
37357	Masaki Kinoshita	76 (2019) 68-73	2015B1760	BL40B2	金澤 諭史	Study on the Anomalous Small-Angle X-Ray Scattering on Structural Change in pH-Responsive Polymer Micelles
			2015B1486	BL40B2	秋葉 勇	
			2016A1626	BL40B2	金澤 諭史	
			2016A1354	BL40B2	秋葉 勇	

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

37598	Kun Li	68 (2019) 6-12	2015A1237	BL45XU	松葉 豪	The Molecular Weight Dependence of Crystal Growth Process of Isotactic Polypropylene under Shear Flow
			2016A1257	BL40B2	松葉 豪	

繊維学会誌 (Journal of the Society of Fiber Science and Technology, Japan)

37493	Tatsuya Himeno	71 (2015) 310-316	2013B1080	BL40B2	大越 豊	Laser-Heated Drawing of Syndiotactic Polystyrene Fiber
-------	----------------	----------------------	-----------	--------	------	--

鉄と鋼 (Tetsu to Hagane)

37546	Yutaro Ameniya	105 (2019) 314-323	2015B1619	BL28B2	中田 伸生	Dynamic Accommodation of Internal Stress and Selection of Crystallographic Orientation Relationship in Pearlite
-------	----------------	-----------------------	-----------	--------	-------	---

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

37303	Yasushi Idemoto	65 (2018) 756-760	2011A1853	BL19B2	井手本 康	Crystal and Electronic Structures, and Oxide-Ion Conduction Path of $\text{Pr}_{1+x}\text{Sr}_{1-x}\text{Ga}_3\text{O}_{7+x/2}$
-------	-----------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

粉体工学会誌 (Journal of the Society of Powder Technology, Japan)

37595	Tatsuya Kato	56 (2019) 136-141	2018A1696	BL14B2	所 千晴	Quantitative Modeling Incorporating Surface Complexation for Zinc Removal Using Leaf Mold
-------	--------------	----------------------	-----------	--------	------	---

博士論文 (大阪大学)

37415	Katsuhiko Hayashi	(2017)	2014A6934	BL44XU	中島 良介	Structural Analysis of RND-type Multidrug Efflux System in Functional Status
			2015A6527	BL44XU	中島 良介	
			2017A6731	BL44XU	中島 良介	
37623	Akiyuki Ryoki	(2019)	2013A1046	BL40B2	寺尾 憲	Solution Properties and Chiral Separation Ability of Cyclic Amylose Carbamates
			2013B1647	BL40B2	近藤 優壮	
			2014B1087	BL40B2	寺尾 憲	
			2014B1715	BL40B2	高橋 倫太郎	
			2015A1179	BL40B2	寺尾 憲	
			2015B1100	BL40B2	寺尾 憲	
			2016A1053	BL40B2	寺尾 憲	
			2016B1088	BL40B2	寺尾 憲	
2017B1062	BL40B2	寺尾 憲				

博士論文 (山形大学)

37594	Satoshi Miyane	(2019)	2017B1744	BL46XU	宮根 聡	Development of Stretchable Semiconducting Polymer with All- $\pi$ -conjugated Backbone
37599	Kun Li	(2019)	2015A1237	BL45XU	松葉 豪	Structure Evolution of Polymers in Shear Flow
			2016A1257	BL40B2	松葉 豪	
			2017B1108	BL40B2	松葉 豪	
			2015A1738	BL19B2	松葉 豪	

博士論文 (Karlsruher Institut für Technologie)

37465	Elisa Kornemann	41 (2019)	2017A1513	BL13XU	Last Arndt	Entwicklung einer Röntgenzoomlinse (Development of an X-ray Zoom Lens)
-------	-----------------	-----------	-----------	--------	------------	--

博士論文 (愛媛大学)

37514	Sho Kakizawa	(2019)	2015B1995	BL04B1	肥後 祐司	Water in the Earth's Lower Mantle: Chemical, Physical, and Mineralogical Properties of Hydrous Bridgmanite
-------	--------------	--------	-----------	--------	-------	--

博士論文 (大阪市立大学)

37649	Shota Akai	(2019)	2017A2694	BL26B1	赤井 翔太	Catalytic Mechanism of Homoserine Dehydrogenase and Substrate Recognition Mechanism of Serine Hydroxymethyltransferase
			2018A2697	BL26B2	赤井 翔太	

博士論文 (大阪府立大学)

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
37682	Seiya Shimono	(2019)	2014A1429	BL02B2	久保田 佳基	Phase Transitions and Orbital Order in Vanadium Spinel Oxide CoV <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
			2014B1521	BL02B2	久保田 佳基	
			2014B1759	BL02B2	河口 彰吾	
			2015A0074	BL02B2	森吉 千佳子	
			2017B1973	BL02B2	河口 彰吾	

博士論文 (金沢大学)

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
37569	Hikaru Sawai	(2016)	2015B1677	BL27SU	澤井 光	Development of Recycling Technology for Industrial Waste Based on Metal Separation by Chemical-Assisted Extraction Technique

博士論文 (九州大学)

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
37411	Masahiro Imamura	(2018)	2015B1545	BL04B1	久保 友明	Experimental Study on Rheological Properties of Mantle Minerals: Implication for Subducting Slab and the Lower Mantle
			2016A1467	BL04B1	久保 友明	
			2016B1358	BL04B1	久保 友明	
			2017A1535	BL04B1	久保 友明	

博士論文 (東京藝術大学)

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
37542	Yuka Ohashi	(2019)	2015B1838	BL27SU	大橋 有佳	Study of "Mame-nori" Japanese Traditional Adhesive for Manuscripts

博士論文 (奈良先端大学院大学)

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
37590	Shun Fukami	(2019)	2016A1303	BL13XU	田口 宗孝	Development of High Energy-Resolution Display-type Ellipsoidal Mesh Analyzer "DELMA" and Observation of Local Atomic Structural Change of Ultra-thin Oxide Film
			2016B1507	BL13XU	田口 宗孝	
			2018A7569	BL07LSU	大門 寛	

博士論文 (明治大学)

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
37439	Kazunori Kurishima	(2019)	2015B1777	BL14B2	栗島 一徳	A Study on New InO <sub>x</sub> -based Channel Material for Thin-film Transistor Controlled Oxygen-vacancy in Consideration by Oxygen Bond Dissociation Energy

課題以外の成果として登録された論文

Journal of Synchrotron Radiation

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	タイトル
37585	Kensuke Tono	26 (2019) 595-602		装置&技術 BL3	Multiple-Beamline Operation of SACLA
				装置&技術 BL2	
37586	Toshinori Yabuuchi	26 (2019) 585-594		XFEL	An Experimental Platform using High-Power, High-Intensity Optical Lasers with the Hard X-ray Free-Electron Laser at SACLA
37587	Sanghoon Song	26 (2019) 320-327		XFEL	Measurement of the Absolute Number of Photons of the Hard X-ray Beamline at the Linac Coherent Light Source

ACS Applied Energy Materials

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	タイトル
37368	Naoka Nagamura	1 (2018) 3084-3092		BL07LSU	Electronic States of Quinones for Organic Energy Devices: The Effect of Molecular Structure on Electrochemical Characteristics

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	タイトル
37674	Masaaki Sadakiyo	52 (2016) 8385-8388	理研	BL44B2	A New Approach for the Facile Preparation of Metal-Organic Framework Composites Directly Contacting with Metal Nanoparticles through Arc Plasma Deposition

Chemistry - An Asian Journal

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	タイトル
37661	George Akiyama	9 (2014) 2772-2777	理研	BL44B2	Catalytic Glucose Isomerization by Porous Coordination Polymers with Open Metal Sites

### Inorganic Chemistry

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
37676	Jaejun Kim	56 (2017) 8735-8738	理研	BL44B2	Structural Investigation of Chemiresistive Sensing Mechanism in Redox-Active Porous Coordination Network

### Inorganic Chemistry Frontiers

37678	Henrik L. Anderson	4 (2017) 456-467	理研	BL44B2	Structural Stability and Thermoelectric Properties of Cation- and Anion-Doped $Mg_2Si_{0.4}Sn_{0.6}$
-------	--------------------	---------------------	----	--------	--

### IUCrJ

37677	Espen Eikeland	4 (2017) 476-485	理研	BL44B2	Crystal Structure across the $\beta$ to $\alpha$ Phase Transition in Thermoelectric $Cu_{2-x}Se$
-------	----------------	---------------------	----	--------	--

### The Journal of Chemical Physics

37432	Naoya Kurahashi	140 (2014) 174506	理研	BL17SU	Photoelectron Spectroscopy of Aqueous Solutions: Streaming Potentials of NaX (X = Cl, Br, and I) Solutions and Electron Binding Energies of Liquid Water and X <sup>-</sup>
-------	-----------------	----------------------	----	--------	---

### Materials Today Physics

37675	Kunpeng Zhao	1 (2017) 14-23	理研	BL44B2	Ultrahigh Thermoelectric Performance in $Cu_{2-y}Se_{0.5}S_{0.5}$ Liquid-Like Materials
-------	--------------	-------------------	----	--------	---

### Physical Chemistry Chemical Physics

37289	Alexander Späh	21 (2019) 26-31		XFEL	Apparent Power-Law Behavior of Water's Isothermal Compressibility and Correlation Length upon Supercooling
-------	----------------	--------------------	--	------	--

### Physical Review A

37429	Maria Piancastelli	95 (2017) 061402(R)	理研	BL29XU	X-ray Versus Auger Emission Following Xe 1 <sub>s</sub> Photoionization
-------	--------------------	------------------------	----	--------	---

### Physical Review B

37431	Masaharu Matsunami	96 (2017) 241102(R)	理研	BL17SU	Direct Observation of Heterogeneous Valence State in Yb-Based Quasicrystalline Approximants
			理研	BL19LXU	

### Science of Advanced Materials

37660	Hao Yin	3 (2011) 592-595	理研	BL44B2	Effect of Mg-Doping on the Thermal Stability of Thermoelectric $Zn_4Sb_3$
-------	---------	---------------------	----	--------	---

### レーザー研究 (The Review of Laser Engineering)

37588	Kento Katagiri	47 (2019) 47-51		XFEL	レーザー超高速圧縮によるロンズデーライト生成のXFEL観察
-------	----------------	--------------------	--	------	-------------------------------

# 2018B 期における SPring-8/SACLA ユーザー要望等について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用推進部

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

2018B 期における要望等の状況は下記のとおりです。これら要望等と、それに対する施設側の回答（内容により、必ずしも全てではありません）につきましては、User Information で公開されています。

## 1. 2018B 期 要望等全体概要

2018B 期	実施課題数	利用実験数 (報告書数)	うち、要望等コメントがある*1 報告書数		
			技術的 要望等	施設他 要望等	その他 (お礼)
SPring-8 共用 BL	822	1,297	47	59	126
SACLA 共用 BL	57	64	11		

\*1 「なし」「None」等のコメントを除く。

<SPring-8 共用 BL 技術的要望等 (計 47 件) の研究分野/手法\*2 別内訳>

分野 手法	生命科学 医学応用	物質科学 材料科学	化学	地球・ 惑星化学	環境科学	産業利用
X線回折	6	1	9	1		3
X線散乱		1	1			2
X線非弾性散乱		1				1
X線・軟 X線吸 収分光	1	5	1			2
光電子分光		2	1		1	2
X線イメージ ング	2	2		1		1

\*2 課題申請時の利用者申告ベース。

## 2. 2018B 期 要望等の内容 (一部抜粋)

### (1) 技術的要望等

○今回初めて Eiger を使用させて頂きました。測定が 15 分程ではやく終了するため、今までは測定を諦めていたようなサンプルも構造を確認することができました。センタリングおよび解析をいかにスムーズに進めるかが、迅速に測定を進められるようになった Eiger を活かしより多くの測定を行うかの鍵になると思います。今回は APEX3 も使

うことができ、解析がスムーズにできました。今後とも使用することができれば、測定から解析までがスムーズになり、より効率がよくなると思います。

### 【化学/X線回折】

○BL46XU の HAXPES 装置にサイズの大きい試料 (例えば 10 × 10 × 10 mm など) が導入できると、測定できる自動車部品の幅が広がり大変ありがたいです。ご検討頂ければ幸いです。よろしくお願い致します。

### 【産業利用/光電子分光】

○operando EXAFS 測定後、逐次粉末 XRD 測定ができる就非常助かります。従って回折計が導入されるとより成果促進につながると思います。

### 【物質科学・材料科学/X線・軟 X線吸収分光】

○2015 年 B 期研究では CT 装置の回析格子拡大により 4.7 cm の心臓試料を用いて実験を行い、画素サイズを 25.1 μm/pixel と拡大した。今回はサンプルケース拡大によりさらに大きな標本への対象拡大が行え、複数標本の同時計測など実験効率が向上した。今後とも、より大きな試料の撮像が可能となることを期待します。

### 【生命科学/X線イメージング】

○現状、サンプルホルダーには、エネルギー構成用 Au 板と共に最大 5 つしかサンプルをセットすることができないので、サブチャンバーに複数個のサンプルホルダーをセットできるようにして、真空を破らず、効率良く、複数個のサンプルを交換できるようにしていただくと助かります。

### 【産業利用/X線・光電子分光】

○データを保存するサーバーへのアクセスが混んでいるとデータ変換などの作業に時間を取られてしまい、肝心の測定に使用できる時間が減ってしまうので、アクセス能力を向上していただきたい。

### 【産業利用/X線イメージング】

○サンプルの位置確認用のカメラの倍率が高倍率化

できると測定位置の大まかな位置合わせがより簡便になるためカメラの高精度化を検討していただけると助かります。ビームラインの近くに共用の実体顕微鏡があると助かります。

【産業利用/X線回折】

(2) 施設その他要望等

- 共用自転車のタイヤの空気が少ない物があって、使いにくかったです。定期的にメンテナンスをして頂くか、どこかに空気入れをおいて頂きたいです。よろしく願いいたします。

- 広い敷地の中に建物が分散しているため、車がない研究者は不便を感じていると思います。ユーザーカード、バッジの返却場所について、ご検討いただけるとありがたいです。例えば中央管理棟、バス停 (SPring-8) 付近など。

- 交流施設のドライバーが弱い。交流施設のトイレにウォシュレットを付けて欲しい。

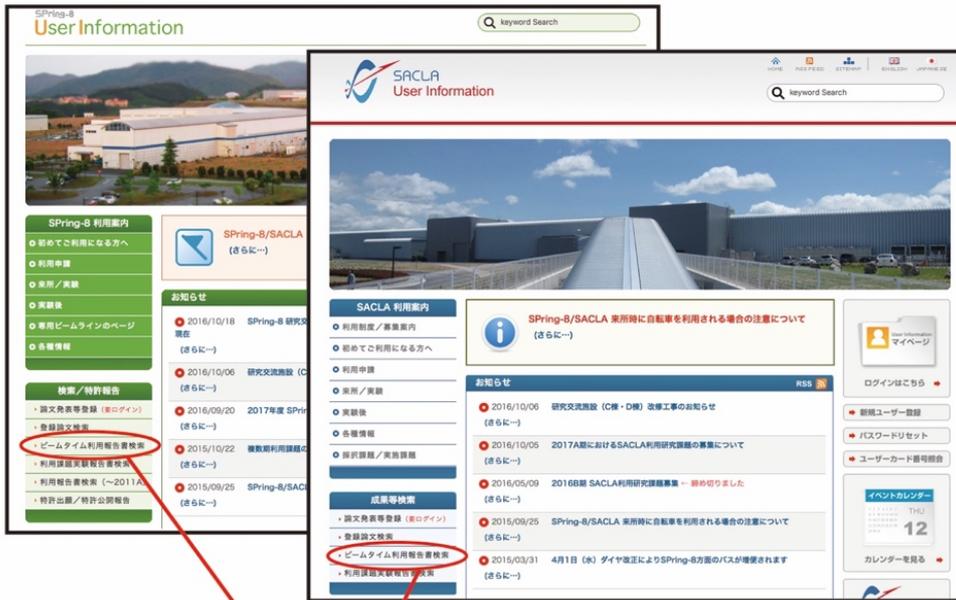
- 交流施設の利用について、A、B、C棟が埋まってしまった場合、D棟に1人の利用でも宿泊できるよう、改善を求める。

3. 要望等及び施設側回答の公開場所

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

【検索・閲覧手順】

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



期	サイクル	利用施設	ビームライン	FX実用ビームライン	キーワード
2016					
表示件数 25 / 25 件を表示					
期	サイクル	利用施設	ビームライン	FX実用ビームライン	キーワード
2016	BL40XU				
2016	FX-BL				
2016	BL35XU				

## 消耗品実費負担制度の一部変更について

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用推進部

平素より SPring-8、SACLA のご利用にあたり、ご理解とご協力を賜り御礼申し上げます。さて、下記の通り消耗品実費負担制度について、2019B 期実施課題より一部見直しをすることとなりましたのでお知らせいたします。

### 1. 消耗品実費負担定額分の価格変更について

2019 年 10 月に予定されている消費税率引き上げに伴い、SPring-8 及び SACLA の消耗品実費負担定額分の単価を下記の通り改定いたします。

〈現行〉

SPring-8 10,560 円/シフト

SACLA 15,840 円/シフト

〈改定後 (2019 年 10 月 1 日以降)〉

SPring-8 10,720 円/シフト

SACLA 16,080 円/シフト

### 2. 消耗品実費負担免除課題の変更について

従来、大学院生提案型課題、重点パートナーユーザー課題、海外機関による利用研究課題（成果非専有課題）につきましては、JASRI が負担することにより、利用者が直接消耗品費を支払う必要のない課題（支払い免除課題）として取り扱って参りました。

このうち、海外機関による利用研究課題（成果非専有課題）については、国際的な科学技術の発展への貢献を目的として行って参りましたが、近年の状況を鑑み、財団として一定の責任を果たしたと判断できる状況となりました。

加えて、昨今の国際情勢の影響により消耗品の一部であるヘリウムが高騰するとともに、入手困難な状況となっており、消耗品実費負担免除課題をこれまで通り継続することが難しい状況となりました。

こうした状況を受けて、安定的な運営を続けるために海外機関による利用研究課題（成果非専有課題）に

係る消耗品費については、以下の通り利用者にてご負担いただくことといたします。

〈変更点〉

海外機関による利用研究課題（成果非専有課題）（海外機関所属の大学院生提案型課題を含む）の消耗品実費負担の免除を終了し、国内機関所属の利用者と同様にご負担いただきます。

定額分：利用者別に分割できない消耗品費相当

SPring-8 10,720 円/シフト\*

SACLA 16,080 円/シフト\*

\*2019 年 10 月 1 日の消費税率引き上げ後の価格

従量分（液体ヘリウム）：使用に応じて算定

なお、2019B 期の日本国内の大学院に所属するユーザーの大学院生提案型課題、重点パートナーユーザー課題については、従来通り利用者が直接消耗品費を支払う必要のない課題（支払い免除課題）として JASRI の予算の範囲内で継続いたします（但し、従量分を大量に使用される場合は支援できないことがあります）。

本件は、SPring-8 User Information ホームページ (<https://user.spring8.or.jp/?p=17920>) にも掲載しております。

ご理解とご協力をよろしくお願いいたします。

## 放射光利用研究基盤センターの発足

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター長 田中 良太郎

### 1. 新組織発足

(公財)高輝度光科学研究センター(JASRI)利用研究促進部門は2019年3月31日をもって発展的に解消され、部門の6グループ12チームは、2室+1グループに再編され(分光・イメージング推進室、回折・散乱推進室、技術支援グループ)、これに既存の産業利用推進室、タンパク質結晶解析推進室を加えて、4室+1グループとして4月1日付けで放射光利用研究基盤センターが発足しました。

### 2. 背景と構成

利用研究促進部門は、共用ビームライン26本のうち21本を担当し、これまで利用研究を促進し、ユーザー利用実験の支援を行ってきました。部門の組織構造は、手法別型(回折散乱Iグループ、分光解析Iグループなど)となっていました。

時代のニーズに呼応する形で、利用研究促進部門の内部構造は変遷がありましたが、SPring-8の共用ビームライン26本を担う利用系の組織は、学術研究を中心とした利用研究促進部門、産業利用を中心とした産業利用推進室、そしてタンパク質結晶解析推進室という3つの組織に分かれていました。分担所掌という構造は、それぞれの組織単位が担当している領域に特化して、最適な対応がしやすいという利点がありますが、ともすれば、閉鎖的であったり、非効率であったり、情報の共有が上手く出来ないなどの組織構造に由来するマイナス面が出てくることがあります。

今日の産業利用においては、高度な技術開発には先端的な実験計測手法が必要であり、学術系との連携が求められています。ハイスループットを目指した自動化システムも、タンパク質結晶構造解析だけに求められる測定方法ではなく、より広いアプリケーションがこれを必要とするようになってきました。また、SPring-8は1997年の供用開始から既に20年以上が過ぎ、老朽化が懸念される一方、諸外国において、放射光施設の新規計画があり、既存の第3世代放射光施設

設も6 GeV級低エミッタンスリングへとアップグレードされていきます(ESRFはすでにシャットダウンしてEBSへと改造中)。ビームラインの光源・光学系、エンドステーションも次世代を見据えて変革が求められる時勢となってきました。

SPring-8においても、次期計画を視野に入れて、加速器のアップグレードに加えて、新型検出器導入、大容量実験データ収集、遠隔実験の拡大、さらなる自動化など、共用ビームラインの今後を考えていかなければならない状況となってきました。

このような諸情勢と近未来予測のもと、放射光分野の今後の発展性・方向性を踏まえて、SPring-8の共用ビームラインのエンドステーションを担当する1部門+2室の3組織を再編した上で、これをセンターとして組織化し、JASRI研究担当理事をセンター長とする組織体制へと編成することになりました。新センターは4室+1グループ構成になっています。これは学術と産業の各領域に適した対応が出来るよう4つの室を設けてフラットな配置とし、技術支援を担当するグループをセンター直属にして、横断的な技術支援が出来るようにしたものです。これによって、全ての共用ビームラインを一元的に俯瞰する運営体制をとることが出来るようになりました。また、絶え間なく進歩する利用技術をセンターで共通基盤技術として共有し、部署間での装置運用および人員の協調が強化出来ます。今後、未来を見据えて成果創出の促進に向けて、新組織が機能するように運営を行っていきます。

田中 良太郎 TANAKA Ryoutarou

(公財)高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター長  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-0950  
e-mail : tanakar@spring8.or.jp

利用系グループ活動報告

産業利用推進室  
産業利用支援グループ

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター  
産業利用推進室 佐藤 真直

1. はじめに

産業利用支援グループは SPring-8 の産業利用の拡大を目的として、2000 年に前身の産業応用・利用支援グループとしてスタートし、2005 年度の産業利用推進室発足時に現在の形となった。そのミッションとしては、(1) 産業利用用の 3 本の共用ビームライン（産業利用 BL/偏向電磁石光源ビームライン 2 本：BL19B2 (I)、BL14B2 (II)、アンジュレータ光源ビームライン 1 本：BL46XU (III)）の維持管理及びその利用者支援、(2) 産業界の利用開拓を目的とした SPring-8 の利用技術の開発及び利用支援施策の現場運用である。本稿ではこれまでの SPring-8 の産業利用の動向を振り返り、最近の活動状況について紹介する。

2. 現在の産業利用の動向

SPring-8 の産業利用分野における利用状況を概観する。図 1 に企業ユーザーが実験責任者の課題数とそ

の全課題数に対する比率の利用年度推移を示す。SPring-8 の供用開始後、企業ユーザーの利用も順調に伸び、2007 年ごろにはその全課題数に対する課題数比率が約 20%に達した。その後、その水準をキープしてきたが、近年若干減少傾向にあり、課題数比率も 2017 年度で約 17%である。この傾向の背景には、利用の拡大期にユーザーとして定着した企業の個別の課題解決が一段落したことが考えられる。これは新規開拓による産業ユーザー層の新陳代謝の活性化が急務であることを意味する。ただし、その新規開拓の方法にも日本の産業界の構造の変化に合わせた方針転換が必要である。図 2 の企業ユーザーの分野構成比の推移が示すように、2007 年ごろには企業ユーザーの約 30%を占めるボリュームゾーンを構成していた電気機器業界がリーマンショック以後の業績不振のあおりを受けて大きく利用を減らして昨年度には約 15%程度になっており、現在の日本の産業構造を反映

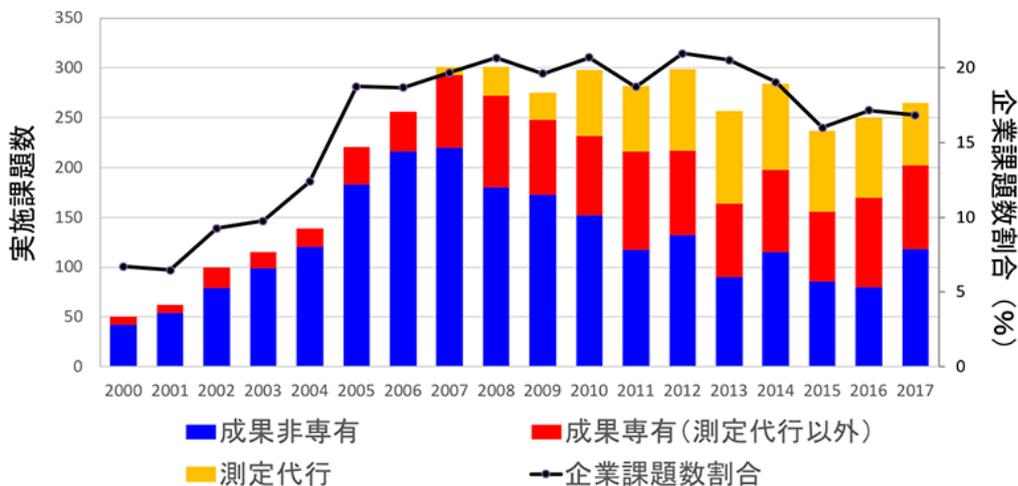


図 1 企業ユーザーの実施課題数及び課題数割合の年度推移

して多様な分野によるユーザー層が構成されていることがわかる。つまり、この多様性にどう対応するかが今後の重要な課題である。そのためには、まず利用技術の開発方針としては、個別の課題のニーズに対応するための柔軟なカスタマイズ力が重要となる。さらに、予測が困難な産業界の変化に対応するために、新規分野の利用開拓は今後ますます活性化する必要がある。

また、利用の形態にも大きな変化がみられる。図1に示している課題種による企業ユーザーの課題数推移をみると2007年ごろから有償の成果専有型利用が増え始め、現状では全産業利用課題数に対する成果専有型利用の課題数比率は約60%に達している。これはSPring-8の産業利用が進展して、企業にSPring-8の活用方法とその有用性が認知されたことを反映していると考えられる。この利用コストに対するハードルを下げる駆動力の一つに、2007年から運用がスタートした測定代行が挙げられる。現状では成果専有型利用の約半数の課題が測定代行で実施されている。また、図2で示されているように分析会社の利用が拡大していることから、利用のアウトソーシング化も進んでいることが推察される。

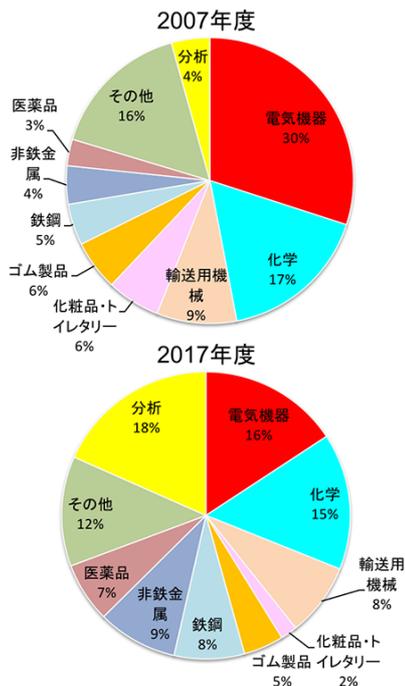


図2 企業実施課題の実験責任者所属の分野構成比の2007年度と2017年度の比較

### 3. 活動状況

以上の状況を踏まえた最近の産業利用支援グループの活動について、マーケットリサーチとそれに基づく利用技術開発による新規利用開拓と、産業界の成果専有利用のニーズ増大に応えるための利用環境整備の2つに分類して紹介する。

#### (1) 新規利用開発

まず、新規利用開拓活動について、それを目的とした利用技術開発事例を中心に3例を紹介する。1つ目は半導体デバイス用薄膜の結晶構造評価を目的としてBL46XUで実施した、エピタキシャル薄膜のX線回折プロファイル3次元逆格子空間マッピング測定技術の整備について紹介する<sup>1)</sup>。本技術は有機エレクトロニクスデバイスの有機薄膜の評価等で活用してきた2次元検出器を用いた微小角入射X線回折測定技術を発展応用したものである。図3で示すように薄膜試料基板の表面に微小な入射角でX線を照射し、試料表面法線に平行な回転軸で試料を360°回転させながら各回転角での試料表面の薄膜からのX線回折パターンを2次元検出器PILATUS300Kで取得する。得られた多数の回折パターンイメージを逆格子空間に座標変換することで、エピタキシャル薄膜の回折パ

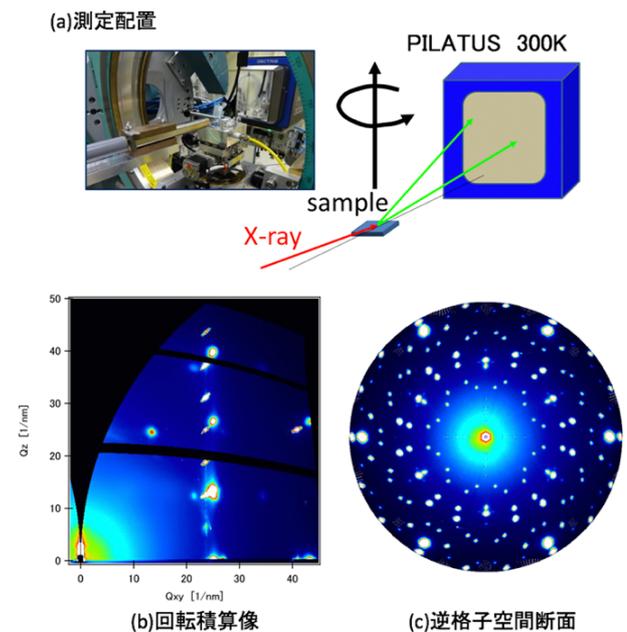


図3 2次元検出器を用いたエピタキシャル薄膜のX線回折プロファイル3次元逆格子空間マッピング測定技術の概念図

ロファイルの3次元逆格子マップを高効率で取得することが可能となる。本技術のターゲットは、輸送機器の電動化で注目されているパワー半導体のような次世代エレクトロニクスデバイスの開発研究である。例えば、パワー半導体用のワイドギャップ半導体デバイスでは、電極-半導体界面での電力損失を抑えるための界面結晶状態の制御が成膜プロセス開発で求められている。薄膜界面近傍の結晶構造の詳細な情報を高効率で取得可能な本技術は同分野の分析ニーズを刺激する技術であり、関連学会でアピールを進めている。

次に紹介するのは、最近開発要求が高まってきた複数の利用技術を組み合わせた複合技術開発である。材料の合成過程や機能中の反応メカニズムを解明するには多角的な分析が必要である。例えば、化学状態解析を行う分光と構造解析を行う回折・散乱というように、複数の分析から得られる情報を組み合わせて現象を解釈する必要がある。反応プロセスのその場観察においても同様のアプローチが望まれるが、それぞれの分析技術で得た情報が同じ「その場」を見ていることを保証するには、それらを同時に測定する複合技術の構築が望ましい。そこで、この反応その場観察のニーズ開拓を目的として本技術開発に着手した。その一つとして小角X線散乱(SAXS)-XAFS複合測定技術の開発事例を紹介する<sup>[2]</sup>。これは山梨大犬飼グループとの共同研究で実施したもので、同グループが進めている燃料電池用のPtCoナノ粒子触媒の粒径と結晶構造の観点から劣化試験中の反応プロセスを検討することを目的としたものである。実験は図4のようにBL19B2のSAXS装置にXAFS測定系を持ち込んで

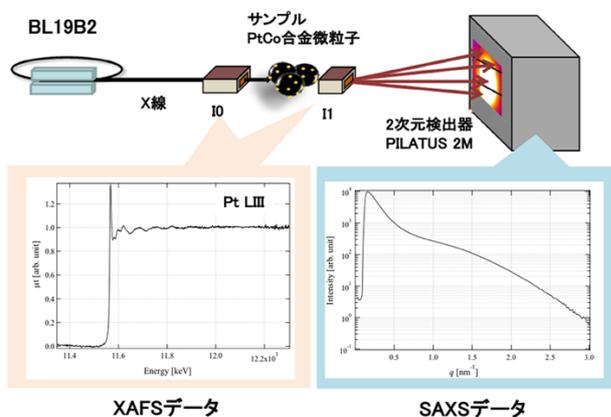


図4 BL19B2のSAXS装置において構築したSAXS-XAFS複合測定のレイアウト

実施した。この複合技術開発で留意すべきは、利用ニーズが潜在する多様な分野の個別の課題に対応するため、装置開発：ハードウェアよりも柔軟な利用技術のカスタマイズ力(組み合わせる測定技術の選択、導入する試料環境制御システムの構築)：ソフトウェアを重視する必要があるという点である。

3例目は新規分野の利用開拓活動について紹介する。前項でも説明したように近年の企業利用課題数の減少傾向は、産業利用拡大期に定着したユーザー層の利用ニーズ：課題解決が一段落したことによるものと考えられ、そのために新しいニーズを持つユーザー層の開拓が急務となっている。そこで、これまであまり利用がなかった分野の開拓を目的とした利用施策として、新産業分野支援課題を2014年度より実施した。これと並行して具体的な候補として食品分野をターゲットとし、学会参加等によるニーズ調査を進めた。その結果、潜在する放射光に適した分析ニーズとして冷凍食品の凍結組織形態の非破壊観察への放射光X線CTの応用技術を検討した。これは、密度差が小さいため実験室のX線CT装置では難しい凍結組織中の水と食材の識別を、放射光の高輝度単色X線を光源として用いてCTイメージのコントラストを向上することにより可能とすることを企図したものである。まず、実験技術として、BL19B2のX線CT装置上に冷凍食品試料を凍結保持するための液体窒素吹付試料冷凍装置(図5(a)参照)を開発した(現在、本装置はBL14B2に移設され共同利用で運用中)。この装置を用いて観察した冷凍マグロの断層像の事例を図5(b)に示す<sup>[3]</sup>。この検証結果を関連学会で紹介し、新産業

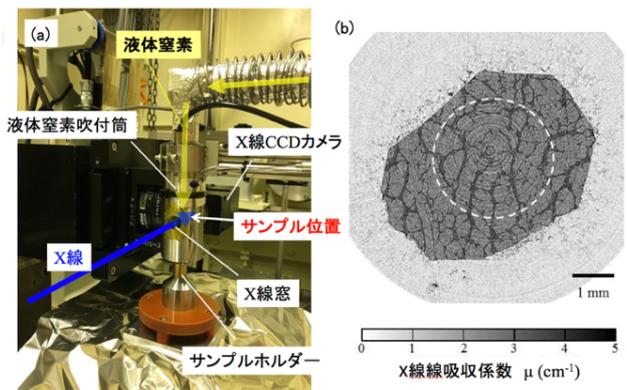


図5 凍結試料のX線CT測定用液体窒素吹付試料冷却装置(a)とそれを用いて測定した冷凍マグロの断層像(b)

分野支援課題の利用を促したところ、同分野のユーザーとして大学4グループ、企業3グループの利用を獲得できた。このように、ターゲットを絞った利用施策の運用と技術開発の組み合わせは、新規開拓において有効であると考えられる。

(2) 成果専有利用の利用環境整備

企業の研究開発において、分析に要求される要件はタイムリーな実施とコストダウンである。確実な実施を期するためには有償でマシンタイムを確保できる成果専有利用が望ましいし、さらに随時募集で分析ニーズが発生した時にタイムリーに申し込むことが可能な測定代行は理想的といえる。この有償というコストを払っても成果専有課題の利用が増えてきているということは、前述の通り SPring-8 の利用価値の認識が産業界で広がってきている証左と考えてよいだろう。今後、この動きを促進するにはこのコストに対するパフォーマンスの向上努力を行う必要がある。

現在、産業利用 BL では測定代行をルーティン測定のメニューを設定可能な利用技術に限って実施している。この運用を可能としている技術の一つが試料交換の自動化技術である。BL14B2 の XAFS、BL19B2 の粉末回折及び SAXS では、試料自動交換ロボットを整備することによって、単純なルーティン測定に関して試料交換にかかるマシンタイムロスを軽減し、有償利用のコストパフォーマンスの向上を実現している。しかしながら、粉末回折については測定手順において測定装置のデバイセラーカメラにおいて検出器に用いているイメージングプレートに記録されたデータをリーダーで読み出す手間が測定効率の向上を妨げていた。そこで 2013 年度からこのデバイセラーカメ

ラに代わる新しい回折計 POLARIS の開発を行った<sup>14)</sup>。本回折計は、オンライン 1 次元検出器 MYTHEN を粉末回折プロファイル測定用の検出器として採用しており、上記の問題を克服している。POLARIS は 2014 年度から BL14B2 においてオンビームでの立上調整を行い、2017 年度末に BL19B2 に移設し、2018 年度から正式に共同利用で粉末回折実験の運用を開始している。オンライン検出器を採用することで、データ読み出しにかかるマシンタイムロスをなくすことができただけでなく、1 回の自動測定で連続で測定できる試料数の上限を試料交換ロボットが搭載可能な試料数 100 個まで拡張することができた。さらに時分割測定に対応ができることで、ルーティン測定だけでなく、その場測定などの実験に應用を拡張可能となった (図 6)。

またコストパフォーマンスを向上するには、コストを下げるだけではなく、パフォーマンスを上げる努力も必要である。企業が求めるパフォーマンスは課題解

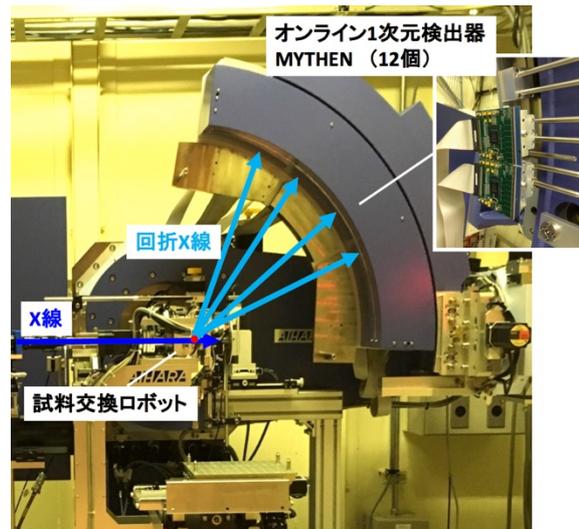


図 6 検出器にオンライン 1 次元検出器 MYTHEN を採用した新回折計 POLARIS の外観

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Vr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	L	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pr	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	A															
		L	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
		A	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
		...	...K edge	...	...K & L edge	...	...L edge	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...unavailable

図 7 XAFS 標準試料データベースに登録済みの化合物の主元素 (色つき)

決に対する回答であり、そのために管理しやすい定量的な数値データである。このパフォーマンスを実現できて初めて、SPRING-8 は企業にとって実用的な分析装置たり得る。そのために必要なものとして、得られたデータの解析環境の整備が挙げられる。この活動を 2 例紹介する。

1 つ目は BL14B2 で進めている標準試料の XAFS データベースの整備である<sup>[5]</sup>。現在、図 7 の周期律表上で色つきで示した 26 元素の化合物 441 種について 923 個のスペクトルデータを登録済みで、WEB 上で閲覧及びダウンロードが可能なデータベース閲覧システムを情報処理推進室の協力のもとに整備している。この標準試料データベースは現在 BL46XU の HAXPES でも整備に着手している。

2 つ目は、BL46XU の HAXPES で進めている、材料組成定量評価のためのスペクトル信号強度の相対感度係数評価技術開発について紹介する。これは HAXPES の測定データの内核励起ピークの強度の比較から各化学種の元素の存在比を評価するために必要なパラメータであるが、HAXPES についてはその評価方法についての検討が進んでいないため、本手法による定量評価の成果があまり出ていないのが現状である。そこで、まず Wagner 達が提唱している相対感度係数の評価方法<sup>[6]</sup>をもとに、様々な元素の酸化物標準試料について測定したスペクトルデータから各元素の内核励起ピーク強度の O 1s ピーク強度に対する相対感度係数の結合エネルギー依存性を評価し、光

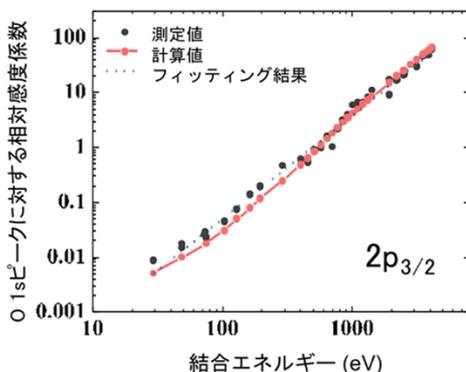


図 8 酸化物標準試料の HAXPES 測定データから求めた O 1s ピーク強度に対する各元素の  $2p_{3/2}$  ピークの相対感度係数の結合エネルギー依存性とその計算値との比較 (元素のリストは参考文献[7]の Table 1 を参照)

イオン化断面積と光電子の平均自由行程の理論計算値から見積もった相対感度係数の計算値との比較によってその妥当性を検証した<sup>[7]</sup>。その 1 例として図 8 に励起エネルギー 7.92 keV で測定した  $2p_{3/2}$  ピークについて検討した結果を示す。見てわかるようにおおむね傾向の良い一致が見られ、この測定条件ではこの手法の適用が妥当であることが示されている。放射光を用いた HAXPES の利点は励起エネルギーの自由度と測定する内核励起ピークを選択の広さにあり、その測定条件は幅広い。現在、この相対感度係数の励起エネルギー依存性及び内核励起ピーク依存性の検討を継続しており、ユーザーに提供するためのデータベースの整備を進めている。

#### 4. おわりに

産業利用支援において重要な点は、多様な産業ユーザーの利用ニーズへの柔軟な対応である。これは利用技術だけではなく利用形態においても同様である。このような多様性に応えるには、個々のユーザーの課題を理解し、それに対する解決方法を柔軟に提案することができるスタッフの人材育成が必要である。今後ますます多様性を深めていく産業界の状況を鑑みても、この点はますます重要になるであろうと考える。

#### 参考文献

- [1] 小金澤智之 他: 薄膜材料デバイス研究会第 14 回研究集會予稿集 (2017) 148-151.
- [2] 渡辺剛 他: 電気化学会第 86 回大会 (2019) 2B08.
- [3] M. Sato et al.: *Jpn. J. Food Eng.* **17** (2016) 83.
- [4] K. Osaka et al.: *AIP Conference Proceedings (SRI2018)* **2054** (2019) 050008.
- [5] 大淵博宣 他: 第 20 回 XAFS 討論会 (2017) P-05.
- [6] C. D. Wagner et al.: *Surf. Interface Anal.* **3** (1981) 211.
- [7] S. Yasuno et al.: *Surf. Interface Anal.* **50** (2018) 1191.

佐藤 眞直 SATO Masugu

(公財) 高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター 産業利用推進室  
旧: (公財) 高輝度光科学研究センター 産業利用推進室  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL: 0791-58-0924  
e-mail: msato@spring8.or.jp

## 欧州放射光施設訪問 (Diamond Light Source・ESRF・MAX IV・SOLEIL)

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター 産業利用推進室  
小金澤 智之  
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

### 1. はじめに

2019年2月中旬から3月上旬にかけて、欧州放射光施設4カ所(Diamond Light Source、ESRF、MAX IV、SOLEIL)を訪問する機会を得た。各施設の受入れ担当者には筆者らの見学希望(光学系の計測ラボ、超高分解能軟X線ビームライン、ナノ集光ビームライン、産業利用の状況、X線回折・散乱ビームラインなど)を事前に伝え、訪問スケジュールをアレンジしていただいた。本稿では今回見学させていただいた施設やビームラインについて報告する。

### 2. Diamond Light Source

Diamond Light Source<sup>1)</sup>(以下、Diamond)は、イギリス・ロンドンの西80km程にあり、ロンドン・ヒースロー空港から電車とバスを乗り継ぎ、2時間程度の距離である。Diamondはハーウェル・サイエンス・アンド・イノベーション・キャンパス<sup>2)</sup>内にあり、このキャンパスにはISIS中性子施設や欧州宇宙機構、企業研究所など約240の組織があるリサーチコンプレックスとなっている。またオックスフォード大学からも近い。

Diamondは、Daresbury研究所の第2世代光源SRSの後継機として建設された第3世代の3GeV光源(周長562m)で2007年に利用が開始されている。建設は現在Phase IIIまで進められており、コミッション中のものを含めてビームライン数は33本で全て共用である。電子エネルギー変更(3→3.5GeV)を伴うラティスのMBA(Multi-Bend Achromat)化による第4世代光源へのアップグレード計画を検討中である。

訪問に際しては、SPRING-8のビームライン担当のご経験のある井上勝晶博士と荒木暢博士に受入れをお願いし、以下の訪問スケジュールを組んでいただいた。

○2/18(Mon) PM

- ・施設全体見学
- ・Discussion with Drs. K. Inoue and T. Araki

○2/19(Tue) AM

- ・I07 (Surface and Interface Diffraction)  
Dr. F. Carla
- ・I08 (Scanning X-ray Microscopy)  
Dr. T. Araki
- ・B21 (Solution State SAXS)  
Dr. K. Inoue

○2/19(Tue) PM

- ・I12 (Joint Engineering, Environmental and Processing (JEEP))  
Dr. T. Connolly
- ・I14 (Hard X-Ray Nanoprobe)  
Dr. J. Parker
- ・B16 (Test Beamline)  
Dr. J. Sutter
- ・Discussion with Dr. K. Inoue

今回訪問した他施設にも共通しているが、液体窒素供給ラインが整備されているため光学素子冷却用の液体窒素冷凍機はなく、また輸送系の真空はイオンポンプで維持されているためターボ分子ポンプやバックポンプは停止しており、実験ホール内はSPRING-8と比べて非常に“静か”だった。また、各ビームライン

に関連するものは全てキャビンと呼ばれる小部屋に収納されており、実験ホール内で目に入るのはそのキャビンと遮蔽ハッチ、いくつかの装置だけで非常にシンプルで整理整頓されていた。ユーザーは各ビームラインにあるキャビン内で実験を行い制御ラックなども専用のキャビンに収納されており、SPRING-8のようなデスクや椅子、制御PCやラックなどは目に入らない。遮蔽ハッチが必要とされない軟 X 線ビームラインでも同様で、光学コンポーネントや実験装置など全てキャビンに収納されていた。ハッチやキャビンで実験ホールから隔離することにより、それぞれ必要とされる温度管理や清浄度、静粛性を実現しているようだ。いくつかの実験ハッチやキャビンでは土足禁止とすることで清浄度の保持にも努めていた。また、長尺のナノ集光ビームライン（別棟）では温度や湿度変動の低減、吸音を目的として実験ハッチがコンクリート製であった。また床を厚いコンクリートとすることで振動低減が図られていた。それぞれのビームラインで、必要とされる環境（振動レベルや清浄度、温度安定性など）を満足するよう対策されている印象であった。

Diamondでは5台のクライオ電子顕微鏡が共用装置として導入されており、英国全体でも約60台（各大学へ配備）の導入が計画されているとのことで、国を挙げて構造生物学に注力している様子が窺えた。

産業利用は Industrial Liaison が担当しており、Beamtime Only、Remote Access、Mail-in Data Collection、Full Service、Collaboration とサービスの種類は豊富である。これまで日本を含めた17カ国



図1 DiamondのI08のキャビン内風景。正面の扉の向こうがエンドステーション、右が実験ホールへの扉。

約135社の利用があり、その内約75%が製薬会社（タンパク質構造解析）である。

### 3. ESRF

ESRF (European Synchrotron Radiation Facility)<sup>3)</sup>は、フランス南東部に位置するグルノーブル郊外にある。リヨン・サンテグジュペリ国際空港からグルノーブル駅までバスで約1時間、グルノーブル駅からESRFまではトラムで10分程度の距離である。雪化粧した岩山とイザール川に囲まれた風光明媚な場所である。ESRFはEuropean Photon & Neutron Science Campus<sup>4)</sup>内にあり、キャンパスにはESRFのほかEMBL (European Molecular Biology Laboratory)、ILL (Institut Laue-Langevin) などの研究所がある。

ESRFは1994年に利用が開始された初めての第3世代6 GeV光源（周長844 m）である。2018年12月より低エミッタンス（150 pm・rad）光源ESRF-EBS (Extremely Brilliant Source) へ向けたアップグレードが行われており、2019年12月には加速器のコミッションングが、2020年にはユーザー利用が開始される予定である。

訪問に際してはX-ray OpticsグループのグループリーダーであるRaymond Barrett博士に受入れをお願いし、以下の訪問スケジュールを組んでいただいた。

#### ○2/21(Thu) AM

- X-ray Optics Group Labs (Multilayer Lab, Crystal Lab, Crystal Analyzer Lab) + BM05
- Dr. R. Barrett

#### ○2/21(Thu) PM

- Seminar (Senba, Koganezawa)
- General Discussion
- ID32 (Soft X-ray Spectroscopy)
- Dr. K. Kummer
- ID01 (Microdiffraction Imaging)
- Dr. S. Leake
- ID02 (Time-Resolved Ultra Small-Angle X-ray Scattering)
- Dr. N. Theyencheri
- ID10 (Soft Interfaces and Coherent Scattering Beamline)
- Dr. O. Konovalov

○2/22(Fri) AM

・ X-ray Optics Group Labs (Mirror and Metrology Lab)

Dr. A. Vivo

・ Discussion with C. Pazos (Business Development Office, Marketing Officer)

・ ID16B (Nano-Analysis Beamline)

Dr. J. Segura

現在まさに EBS へ向けたダークタイム中で、蓄積リングの撤去作業は予定通り進んでおり訪問時には全 32 セル中 6 セルを残すのみであった。全部門のテクニシャンが招集されてこの作業に当たっているようだ。ビームラインサイエンティストはこのダークタイム中には装置の改修のほか他施設での実験、サバティカルを行っているようだ。もちろん実験ホールにユーザーの姿はなかったが、拡張ホールにはインストールを待つ磁石列がずらりと並び壮観な眺めであった。この拡張ホールには EBS 化の後に新設ビームラインが 2 本建設される予定である。

EBS に合わせて建設されたナノ分析ビームラインは実験ハッチが別の建物となる長尺ビームラインで敷地の端ぎりぎりに立地しており、すぐ隣を高速道路が通っていた。車の振動など、高周波数成分に対しては床の分厚いコンクリートや石架台の採用などで対応し、低周波数成分 (ESRF は川の中州にあり水位の変位による影響もあるとのこと) に関しては、高精度傾斜計を用いたフィードバックで対応するようだ。



図 2 ESRF の拡張ホール内でインストールを待つアライメント済み磁石列。

産業利用は Business Development Office が担当している。この部署には Scientific Staff と Administration 以外に Marketing を担当しているスタッフと学生がおり、彼らは研究者や技術者ではなく、大学で Marketing を専門としていたそうである。ミーティングやワークショップなどの企画や学会や展示会でのブース、企業訪問などを担当している。

#### 4. MAX IV

MAX IV<sup>TM</sup>は、スウェーデン南部に位置するルンド市郊外にある。アクセスは隣国デンマーク王国のコペンハーゲン空港から良く、コペンハーゲン空港からルンド市駅までは電車で約 40 分、駅から MAX IV まではバスで 15 分程度の距離である。近くにはルンド大学、Ideon Science Park<sup>TM</sup> (ルンド大学と市で運営されているサイエンスパーク、約 400 の企業)、建設中の ESS (European Spallation Source、中性子施設)がある。また MAX IV と ESS を中心とする Science Village Scandinavia<sup>TM</sup>建設が進行中で、2023 年に完成予定である。訪問時にはルンド駅から ESS までのトラムも建設中であり、おそらくこの先数年で研究都市として様変わりするのであろう。MAX IV はルンド大学内の MAX IV Laboratory という位置づけで、スタッフは大学の職員である。

MAX IV は MAX Laboratory の MAX III の後継機として建設された世界初の第 4 世代リングであり、2016 年に利用が開始された。Linac、1.5 GeV リング (R1)、3 GeV リング (R3) からなり、7BA (Seven Bend Achromat) の 3 GeV リング (周長 528 m) では低エミッタンス 330 pm・rad が達成されている。

訪問に際しては SPring-8 にも在籍されていた徳島高博士に受入れをお願いし、以下の訪問スケジュールを組んでいただいた。

○2/25(Mon) AM

・ Seminar (Senba, Koganezawa)

・ Round tour of MAX IV

Dr. T. Tokushima

○2/25(Mon) PM

・ Meetings with Industrial Relations Office

・ Veritas (RIXS, open port branch)

Dr. C. Sathe

○2/26(Tue) AM

- ・ Bloch (high resolution photoelectron spectroscopy)  
Dr. B. Thiagarajan
- ・ NanoMAX (hard X-ray nanoprobe)  
Dr. S. Kalbfleisch
- ・ 収納部など見学  
Dr. T. Tokushima

2つのリングR1、R3ともに偏向磁石ビームラインはなく全て挿入光源ビームラインで、R1では5本がコミッシュニング中、R3では3本が供用開始され2本がコミッシュニング中、建設中が5本という状況であった。訪問時の蓄積電流は250 mA（設計値500 mA）で30分ごとにTop-up入射されていた。ビームライン、加速器ともに立上げ、調整が予定より遅れている模様である。

MAX IVは粘土質の地盤の上に建設されているが、施設全体が一体の厚いコンクリート上に建設されており、あたかも海に浮かぶ船内のように光源、光学系、実験装置の相対的な位置が変わらない。さらに、MAX IVの外観のイラストや航空写真で目を引く施設周辺に放射状にデザインされた築山も単なる飾りではなく周辺から伝わってくる振動を拡散してくれる振動対策の一つとのことである。また、実験ホールの床は全周にわたりSACLA加速器の床と同様の研磨されたコンクリートとなっている。これは振動対策およびエアパッドによる容易な機器移動のためである。実験ホールの空調吹き出し口は温度ムラや局所的な風を防ぐために布製ダクトを採用している。さらには、様々な機器を収納する制御ラックにそれ

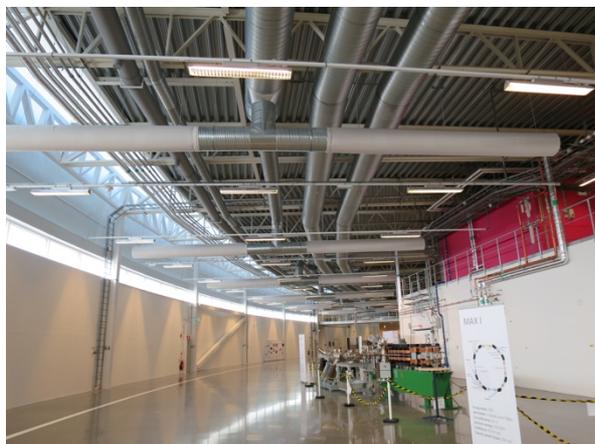


図3 MAX IV 実験ホールの研磨されたコンクリート床と天井の布製空調吹き出しダクト。

ぞれ水冷のクーラーが装備されており、実験ホール内に可能な限り放熱させないよう考えられていた。こういった振動対策や恒温化には施設全体で共通に取り組まれているようだ。

産業利用関係ではIndustrial Relations OfficeのDr. M. Larsson (Head of Industrial Relations)とDr. S. Maric (Industrial Relations Officer)と議論する時間をいただいた。現在のところIndustrial Relations Officeのスタッフはこの2人であり、まだ稼働中のビームラインも少ないことから活動を模索中のようなであった。スウェーデンでは林業・製鉄業・製薬・食品の企業が多く、これらの企業が使いに来てくれるのはどのような分析手法を提供すれば良いか?と質問を受けた。製鉄業や食品分野はSPRING-8でも分野拡大を図ってきた業種であり今後も情報交換を図っていきたい。稼働ビームラインが増加し、周辺が研究都市として整備されれば自ずと産業利用が増加することが予想できる。

## 5. SOLEIL

SOLEIL<sup>®</sup>は、フランス・パリの南西約20 kmに位置し、パリ中心部から電車とバスで約50分の距離である。SOLEILはフランス国立科学研究センター(CNRS)とフランス原子力庁(CEA)により設立されたPublic Company、“Synchrotron SOLEIL”により運営されており、職員数は約350人である。

SOLEILはDiamondとほぼ同時期に建設された第3世代2.75 GeV光源(周長354 m)で2008年に利用が開始された。ビームラインは全て共用で、現在は29本(新設4本を含む)が利用されている。MBA化による第4世代光源へのアップグレード計画も検討されている。

訪問に際してはResearch Director-Life SciencesであるAndrew Thompson博士に受入れをお願いし、以下の訪問スケジュールを組んでいただいた。

○2/28(Thu) AM

- ・ Optics Lab  
Dr. F. Polack
- ・ Metrology  
Dr. P. Da Silva
- ・ Pleiades  
Dr. J. Bozek
- ・ Nanoscopium  
Dr. A. Somogyi

○2/28(Thu) PM

- ・ Sirius  
Dr. P. Fontaine
- ・ Diffabs  
Dr. D. Thiaudiere
- ・ Discussion with Dr. A. Thompson and Dr. H. Chevreau (Industrial Liaison)

当初は 2 日間の訪問を希望していたが、訪問希望期間がスクールホリデー期間中の週末であったため、対応していただける職員が限られるということで 1 日の訪問となった。施設訪問の際には、祝日やスクールホリデーに注意が必要である（フランスのスクールホリデーは国内を 3 つのゾーンに分けて日程が少しずつずれている）。

前身の Super-ACO (LURE) からの流れだと思われるが、VUV/SX 領域の分光ビームラインが全体の約 1/3 を占めている。他施設と比べて若干低い電子エネルギーが VUV/SX と HX のどちらもカバーすることを可能としている。より高エネルギーの HX を利用したい場合は同じフランス国内に ESRF が利用可能なため、エネルギーによるすみわけもできている。全てのビームラインは共用で、ユーザータイムの配分は Academic use:65%、In-house & Maintenance:20%、Industry use:10%、Rapid Access:5%と一律に決められている。内部枠やユーザーがつかなかった時間に関してはビームラインサイエンティストが差配することができるそうだ。

産業利用は Industrial Relations Office が担当して



図 4 採光用の窓で明るい SOLEIL の実験ホール。遮蔽ハッチとキャビンが並んでいる。

いる。前述した各ビームライン Industry use 枠 10% の上限は、タンパク質構造解析ビームラインの 2 本を含め、約半数のビームラインで上限近くまで達しており企業利用は順調に増加しているようである。また有料のオプションであるが測定だけでなく、データ処理・解析・報告書作成などのサービスも提供している。

## 6. おわりに

今回訪問した欧州放射光施設 4 ヵ所について特に印象に残ったことを紹介させていただいた。紙面の都合上紹介できなかったことも多いがお許しいただきたい。今回の訪問は平成 30 年度「研究活動強化・事業推進経費」で実施されました。このような貴重な機会を与えていただきました関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

訪問にあたっては Diamond の井上勝晶博士と荒木暢博士、ESRF の Raymond Barrett 博士、MAX IV の徳島高博士、SOLEIL の Andrew Thompson 博士に各施設の見学をアレンジしていただきました。ご多忙の中でご対応いただき感謝いたします。

## 参考文献

- [ 1 ] <https://www.diamond.ac.uk/Home.html>
- [ 2 ] <https://www.harwellcampus.com/>
- [ 3 ] <https://www.esrf.eu/>
- [ 4 ] <http://www.epn-campus.eu/>
- [ 5 ] <https://www.maxiv.lu.se/>
- [ 6 ] <https://ideon.se/>
- [ 7 ] <https://sciencevillage.com/en/>
- [ 8 ] <https://www.synchrotron-soleil.fr/en>

## 小金澤 智之 KOGANEZAWA Tomoyuki

(公財) 高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター 産業利用推進室  
旧:(公財) 高輝度光科学研究センター 産業利用推進室  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL: 0791-58-0802 ext 3377  
e-mail: koganeza@spring8.or.jp

## 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

## ヨーロッパ放射光施設視察報告 (SLS、PETRA-III、MAX-IV)

公益財団法人高輝度光科学研究センター

放射光利用研究基盤センター 回折・散乱推進室

筒井 智嗣、今井 康彦

### 1. はじめに

2018B 期運転終了後、約 2 週間他施設のビームラインの運用状況に関する情報収集をする目的で Swiss Light Source (SLS)、PETRA-III、MAX-IV の施設を訪問した。本稿では、それぞれの施設で見聞きしたことについて報告する。

### 2. Swiss Light Source (SLS) <sup>[1]</sup>

Swiss Light Source (SLS) は、スイス最大の都市チューリッヒから電車とバスを乗り継いで 2 時間ほどにある Paul Scherrer Institut (PSI) の中の 1 つの施設である<sup>[2]</sup>。PSI の敷地内には、SLS のほかに、ミューオン (Swiss Muon Source:  $\mu$ S) <sup>[3]</sup> と中性子 (Swiss Spallation Neutron Source: SINQ) <sup>[4]</sup> の実験施設が存在する。さらに、我々が訪問する前週よりユーザー運転を始めた自由電子レーザー (SwissFEL) も併設されている<sup>[5]</sup>。この訪問では、cSAXS (コヒーレント小角散乱) の beamline scientist である Ana Diaz 氏のおかげで 2 日間の短期間の滞在で上記の全ての施設の見学に加えて、今井のセミナーや検出器グループの研究室訪問など分刻みのスケジュールながら、充実した滞在期間を過ごすことができた (図 1)。



図 1 SLS 施設内を見学中の筆者。筆者らが立つ真下を電子ビームが走っている。実験ホールの屋根を支える構造材は木製。

SLS の各ビームラインの運営は、人員配置も様々であり、各ビームラインでの実験内容や研究分野の文化を反映したように見えた。このため、beamline scientist が各ステーションに 1 人 (博士研究員を除く) の ADDRESS (共鳴 X 線非弾性散乱と角度分解光電子分光) もあれば、3 人の beamline scientist が配置された cSAXS もある。各ビームラインには専属ではないものの、制御プログラムだけでなく解析プログラムも支援するエンジニアが施設内でのプログラムに関する支援を行っている。このほかにも、構成は各ビームラインで異なるが、各ビームラインを支援する専属のスタッフを加えた形で運用がなされている。

見学した SLS のビームラインの 1 つである ADDRESS は軟 X 線を用いた磁気励起や電荷励起などの素励起の分散関係を調べる共鳴 X 線非弾性散乱 (RIXS) 実験ステーションを有する。共鳴 X 線非弾性散乱は現在各施設がその性能にしのぎを削っている非弾性散乱分野では世界的に最も活発な研究活動が行われている分野の 1 つであり、ADDRESS の実験ステーションはその先駆けとなるビームラインである。現在多くのユーザーがその利用を希望しており、



図 2 RIXS 分光器の極めて“シンプルな”散乱角の基準となるエンコーダー (写真中央部)。

担当の Thorsten Schmitt 氏によれば競争率は4倍程度である。この分光器を用いて分散関係を調べるという意味では、この分光器の散乱角  $2\theta$  のエンコーダーは中枢の装置である。ところが、見せていただいた RIXS 分光器のエンコーダーは図2のとおり、極めてシンプルな仕掛けであることに驚かされた。45°毎に実験ホールの床に埋め込まれた金属製のマーカーと分光器のアームから垂らされたおもり、これが最先端設備のエンコーダーである。このエンコーダーは日本と違って地震もない安定な地盤を持つスイスならではの仕掛けであるとともに、何がどこまではっきりとわかれば良いという意思表示のようにも見えた。

SLS ではいくつかユニークな課題選定が行われていたので、そのうち2つほど紹介したい。1つは、SLSが隣に中性子散乱施設 (SINQ) があるという立地を活かした課題選定の取組みである。この取組みは現在粉末回折実験だけに限って運用されているが、1枚の申請書で中性子と放射光 X 線の回折実験を行って、構造解析に関する研究が行える課題選定である。もう1つは、タンパク構造解析に関するものである。通常、タンパク構造解析においては、ユーザーの各研究室で作成できた試料を施設に持ち込んで実験を行う。それに対して現在 SLS で進められている取組みは、ビームラインのすぐ隣でユーザーの試料育成を行い、できたものから順に測定するというものである。このシステムでは、試料の育成状況については各ユーザーが確認できるようになっている。



図3 SwissFEL に向かう小路から SwissFEL 実験施設を臨む。写真中央部が実験ホールの屋根に当たる部分ですが、わかりますか？

見学した SLS 以外の施設に関する状況についても少し述べたい。SINQ は来年まで、SpS は6月まで設備の改修・改造のため停止しており、各ビームラインを見学することができた。残念ながら、SINQ は大規模な改修のため、一部分光器が更新のため分解または解体されていた。SINQ の案内をしていただいた Steven van Peregem 氏によると、「この停止期間は、忙しい beamline scientist にとっては論文を書く良い機会となっている。」ということであった。また、SwissFEL は SLS、SINQ や SpS のあるキャンパスと川を隔てた対岸の森の中に設置されていた。環境保全のため、緑地を一定面積確保する都合上、施設は半地下で、遠目からは実験施設とはわかりにくい構造になっていた (図3)。施設の内部は我々が訪れる前の週に初めてのユーザー運転がようやく始まったばかりで、ビームラインはこれから徐々に整備されていくような印象を受けた。

### 3. PETRA-III<sup>6)</sup>

PETRA-III は、ドイツ・ハンブルク市の中心からほぼ西に位置し、Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY) の中の1つの施設である<sup>7)</sup>。DESY の敷地内は所狭しと放射光実験だけではなく、素粒子実験も含めた加速器の施設が配置されている。このため PETRA-III はその周長が SPring-8 よりも長い 2.3 km でありながら、実験ホールはリングの一部分だけに設置されている。この訪問では核共鳴散乱ステーションの beamline scientist である Ilya Sergeev 氏に DESY 内にある放射光実験関連施設の見学やスタッフとの議論の時間をアレンジしていただいた。

PETRA-III の実験ハッチは、リングの曲率が小さいために非常に手狭な印象を受け、またハッチ間の間隔も非常に狭い (図4)。このため、どのビームラインも光源から試料位置までの距離が 100 m 程度である。各ビームラインは、PETRA-III が直接運営する形態や Max-Planck 研究所 (MPI) が運営する形態や実験ステーション、各大学の研究グループが設置した実験ステーションを PETRA-III の beamline scientist が管理する形態など多様な方法で運営されている。それぞれのビームラインは beamline scientist のほかに SLS 同様に実験ステーションの支援をするスタッフ



図4 PETRA-IIIの実験ホールの内部。実験ハッチが隙間なく設置されているように見える。

と、ソフトウェアやデータ取扱いに関する支援を行うスタッフで実際の運用が行われている。分業化はかなり進んでおり、ビームラインの制御に関わる基本的なインフラの部分は後述のITグループが構築したシステム上に、ビームラインで実際に行う測定に必要なソフトウェアを beamline scientist が作成することでユーザー実験が行われている。

ダイヤモンド・アンビル・セルを用いた高圧実験については、ビームライン横断的な協力体制が確立されていた。主として極端条件下実験ビームラインである P02 において高圧実験に関するインフラが整備され、現時点では高圧実験が活発に行われている核共鳴散乱や磁気散乱実験との共同研究による利用実験が行われている。前述の SLS で実施されている粉末構造解析における 1 枚の申請書で複数のビームライン（施設）にまたがる実験ができるような仕組みにはなっていないが、ビームライン間の連携を考慮した課題採択が行われている。

見学させていただいた P01 の核共鳴散乱ステーションの Ilya Sergeev 氏によれば、このステーションの担当者がいずれも ESRF の博士研究員を経て現職に着任したという背景もあり、ESRF の核共鳴散乱ビームラインと多くの点で共通化が図られ、ヨーロッパを中心とした核共鳴散乱ユーザーの利便性を優先した運用がなされている。例えば、データ取得のフォーマットを共通化することで、ESRF を使用したことがあるユーザーであれば、ESRF の実験で利用した解析プログラムなどがそのまま利用できて、ユーザーの省力

化を可能にしている。また、一部光学素子、具体的には利用する核種毎に設計しなくてはならない高分解能モノクロメータの貸し借りを行って、beamline scientist の負担の軽減やその光学素子を利用することによる人的交流を行っている。ヨーロッパで核共鳴散乱が行われている施設が ESRF と PETRA の 2 施設だけであることを考えると、この運用は理にかなったものであるとともに我々のような他施設のスタッフから見ればこの協力体制は脅威であると言える。

データの取扱いについては、PETRA-III の施設内で一元化されたシステムが構築されていた。システムは加速器研究所としての DESY のインフラを活用した形になっており、加速器制御とビームラインでの機器の制御やデータ取扱いに対して IT グループとして明確な区別がない印象を受けた。また、ビームラインにおいてデータを取得しながら、ビームラインで行った解析結果を含めて施設側でデータをバックアップするシステムが構築され、ビームライン側でデータ保管に関する心配をすることなく運営できるようになっている。このため、EU の進めるオープン・データが実施されれば、すぐにでも対応できる状態であると担当者の Andre Rothkirch 氏は教えてくださった。

PETRA-III 滞在最終日には、EUROPEAN XFEL 施設も訪問する機会を得た<sup>8)</sup>。EUROPEAN XFEL の施設は全て地下に建設され、加速器の上流こそ DESY の敷地内にあるが、3 km あまり先にある実験ホールは既にハンブルク市の隣町に設置されている。写真は DESY キャンパス内の加速器上流部に建設された建屋で、その前に加速器のトンネルの実物大模型が展示されている（図 5）。筆者らの身長が約 180 cm



図5 EURO-XFEL 施設の入り口前（DESY サイト内）の XFEL 加速器トンネルの実物大模型と筆者。

であることをお伝えすれば、トンネルの大きさをご理解いただけるものと思う。

PETRA-III には 3 日間滞在したが、滞在初日は思いがけない視察となった。それは、HASY Labo で核共鳴散乱の研究を開始され、訪問中のホストである Ilya Sergeev 氏の博士研究員時代の上司で近々 ESRF の核共鳴散乱ビームラインの beamline scientist を引退される Rudolf Ruffer 氏も同行していただいたことである。彼のキャリアのスタートであるハンブルクで核共鳴散乱実験草創期を含めた昔話を聞きながら、施設の見学を行うことができたことは大変有意義であった (図 6)。

#### 4. MAX-IV<sup>9)</sup>

MAX-IV は、スウェーデン南部のルンド市の郊外にあり、MAX-IV のスタッフの居室スペースとなっている建屋の最上階から眺めると建設中の中性子施設 (European Spallation Source: ESS) を臨むことができる (図 7)<sup>10)</sup>。今回の訪問では、最初にこの眺望を紹介されたあと、施設の見学やスタッフとの議論を行った。訪問時のスケジュールについては、MAX-IV の各ビームラインでの試料環境の整備に従事されている Stefan Carlson 氏に施設の見学やスタッフとの議論に関するアレンジをしていただいた。

MAX-IV は、共通の線形加速器に 1 GeV と 3 GeV のリングが併設されている。先行して建設された 1 GeV リングは多くのビームラインが既に稼働していた。一方、最新の 3 GeV リングについては 8 本のビームラインが設置されているものの、現在ユーザー運転に供しているビームラインは 3 本であり、実験

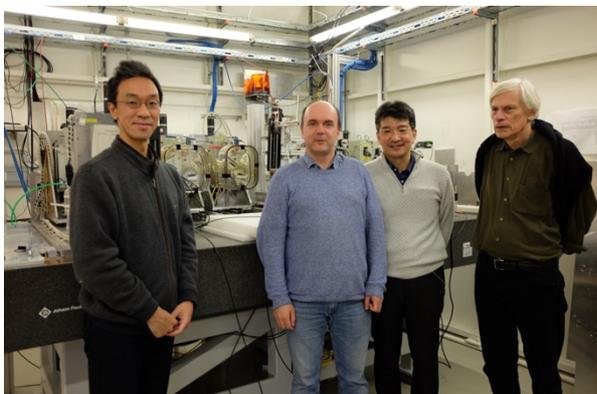


図 6 PETRA-III の P01 実験ハッチにて。左から、今井、Sergeev 氏、筒井、Ruffer 氏。



図 7 MAX-IV の居室スペース最上階より ESS を臨む。MAX-IV の外側に幾何学的に配置された“丘”。写真中央部の遠くに見えるのは建設中の ESS。

ホールもまだまだ多くの未使用スペースが見られた。施設は基本的にスウェーデンの研究予算で運営されているが、隣国のデンマーク、フィンランド、エストニアの予算で運営されているビームラインも存在する。3 GeV リングは低エミッタンス光源であることを反映して、実験ホールの床は 5 m 近い特殊なコンクリートが施され、建屋の外側には振動抑制のために小さな丘が幾何学的に配置されていた。

ビームラインは前述の PETRA-III と同様に複数人数の beamline scientist と実験ステーションの支援をするスタッフとソフトウェアやデータ取扱いに関する支援を行うスタッフで実際の運用が行われている。ソフトウェアや取得したデータに関する取扱いは施設の IT グループが行っている。その IT グループのスタッフ数は 40 人で、施設全体で働く技術系・事務系を含む総スタッフ数の約 1/6 に相当することには驚かされた。

見学した Nano-MAX は、世界に先駆けて稼働を始めた multi-bend achromat storage ring の低エミッタンスという特徴を活かして、回折限界 10 nm 集光を目指した Nanoprobe のビームラインである。現状では、第 2 実験ハッチにおいて J\_TECH 製の K-B ミラーにより 100 mm のワーキングディスタンスで、集光ビームサイズ  $35 \times 39 \text{ nm}^2$  (24.2 keV)  $\sim 89 \times 93 \text{ nm}^2$  (9.5 keV) が達成されており、蛍光 X 線マッピングやコヒーレント回折イメージング、Ptychography が行われていた。高角の回折線は、市販の工業用ロボットアーム (図 8 の写真の右に写っ

ているオレンジ色のアーム)に取り付けられたピクセル検出器で測定できるようになっていた。また、実験ハッチの壁がコンクリートで作られているのは特徴的であった。その理由を訪ねたところ、鉄を使っていない理由は、コンクリートの方がコストが安いことに加え、振動し難い・断熱性が高い、とのことであった。Nano-MAXでは将来的に第1実験ハッチで、ゾーンプレートによる集光ビームで、Ptychography のトモグラフィーなども計画しており、振動の抑制や温度の安定性に特に気を配っている様子がうかがわれた。

また、SPring-8の実験ホール内の移動手段と言えば、現在自転車が利用されているが、訪問した3施設全てで実験ホール内の移動手段としてキックボードが使用されていた。中でもMAX-IVでは、人の移動手段だけではなく、少し大型の機器を運ぶ手段としてもキックボードが利用されており、写真のようなキックボードが整備されていた(図9)。

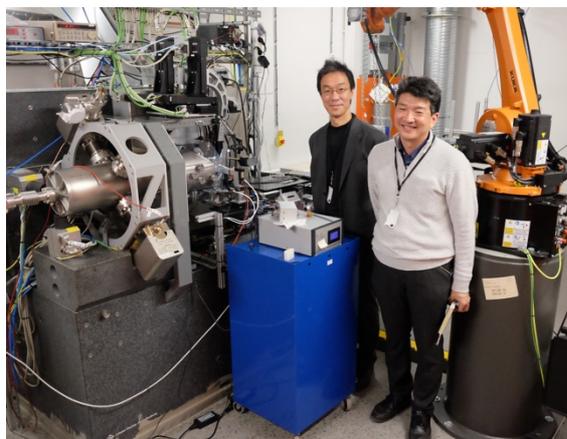


図8 Nano-MAX ビームラインを訪問中の筆者。



図9 荷物運搬用キックボード集積場の様子。このほかに、人の移動専用のキックボードが備えられていた。

## 5. おわりに

今回ヨーロッパにある3つの施設を訪問し、各施設で多くの beamline scientist とビームラインの日頃の運営において抱えている問題などを議論できる機会を得られたことは大変有意義であった。また、訪問したそれぞれの施設はそれぞれの国で運営されているながらも、例外なく文化も習慣も異なる様々な国籍を持った beamline scientist 達で日々の研究活動や施設の運営が行われている。その中で意外なコメントを複数の beamline scientist から聞くことができたので、そのコメントを最後に紹介したい。それは、「母国語でのコミュニケーションほど、言葉が通じるために意思疎通が曖昧になりがちだ。」ということである。この言葉は、そこで働く多くのスタッフにとっての母国語である日本語で日々のコミュニケーションが行われている SPring-8 において、今後検証すべき課題ではないかと考えさせられる一言であった。

## 謝辞

本視察は、研究活動強化・事業推進経費の下で実施されたものである。また、今回の視察は訪問した各施設で非常に多くの方の協力なしでは遂行できなかった。その中には、事前のAppointmentなしでこちらからの突然の問い合わせに快く対応していただいた方もいらっしゃった。今回の訪問が、先方施設の多大なご協力の下で有意義な視察となったことに誠に感謝したい。特に、我々の2~3日という短い訪問スケジュールに合わせて、見学を行う複数のビームラインに加えて、隣接する施設の研究者や情報関係の職員と議論ができるスケジュールを調整していただいた Swiss Light Source の Ana Diaz、PETRA-III の Ilya Sergeev、MAX-IV の Stefan Carlson 各氏の協力には改めて謝意を表したい。

## 参考文献

- [1] <https://www.psi.ch/sls/>
- [2] <https://www.psi.ch/>
- [3] <https://www.psi.ch/smus/ss-swiss-muon-source>
- [4] <https://www.psi.ch/sinq/sinq>
- [5] <https://www.psi.ch/swissfel/swissfel>

[ 6 ] [http://photon-science.desy.de/facilities/petra\\_iii/index\\_eng.html](http://photon-science.desy.de/facilities/petra_iii/index_eng.html)

[ 7 ] <http://www.desy.de/>

[ 8 ] <https://www.xfel.eu/>

[ 9 ] <https://www.maxiv.lu.se/>

[10] <https://europeanspallationsource.se/>

筒井 智嗣 *TSUTSUI Satoshi*

(公財) 高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター 回折・散乱推進室  
旧：(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  
e-mail : [satoshi@spring8.or.jp](mailto:satoshi@spring8.or.jp)

今井 康彦 *IMAI Yasuhiko*

(公財) 高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター 回折・散乱推進室  
旧：(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  
e-mail : [imai@spring8.or.jp](mailto:imai@spring8.or.jp)

## 北米放射光施設のビームラインを視察して

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター

分光・イメージング推進室 鈴木 基寛  
タンパク質結晶解析推進室 長谷川 和也

### 1. はじめに

SPring-8 ビームラインの高性能化・運用などに関する情報収集を行うことを目的として、2月20～25日にかけて3ヶ所の北米放射光施設(NSLS-II、APS、ALS)を訪れ、鈴木がX線吸収分光・X線非弾性散乱・コヒーレントイメージング・ナノプローブなどのビームラインを、長谷川はタンパク質結晶解析(以後、MX)ビームラインを中心に見学を行った。本稿では、今回見学した施設について報告する。

### 2. NSLS-II

NSLS-IIは2014年に稼働を開始した最新の放射光施設であり、世界で初めて1 nm.radを切るエミッタンスを実現した。高輝度、コヒーレンス特性を活かしたX線非弾性散乱、ナノプローブ、コヒーレントイメージングのビームラインは光源特性を活かすユニークな装置設計となっている。SIX(軟X線非弾性散乱)ビームラインでは15 mの検出器アームを持つ発光分光器が壮観であった(図1)。散乱X線を回折格子へ入射するための低収差光学系に関して、唯一仕様を満たせる技術を持つジェイテック製の非球面ミラーが採用されているが、目標性能を達成するためにミラーを作り直しているとのこと。超高真空チェンバー内の試料ステージや、連続的に検出器アームを動かすための機構も改良中であり、装置を利用しながら完成形を目指している印象であった。

HXN(硬X線ナノプローブ)は、マルチレイヤラウエレンズが実測定用に稼働している世界唯一のビームラインである。ちょうど走査型トモグラフィーのビームタイム中であったため、15 nmの空間分解能で投影像が得られる様子を生で目にすることができた。レーザー干渉計による位置フィードバック

を採用しているが、回転ステージの偏心精度が一番の問題で、位置合わせのために試料内にマーカーとなる構造が必要とのことである。CSX(軟X線コヒーレントイメージング)では軟X線領域の共鳴コヒーレントブラッグ回折用の真空チェンバーが稼働している。フーリエ変換ホログラフィー測定専用のチェンバーを立ち上げ中であり、時分割コヒーレントイメージングによる磁気ダイナミクス測定を計画しているとのことであった。

高輝度放射光の利用を主眼とするNSLS-IIだが、実験ホールの床振動や温度安定性に関して無頓着とも言える建屋設計となっているのが意外であった。実験ホールの最外周には歩行者や3輪自転車のための通路があるが、ビームライン機器が設置されている床との間には振動防止のためのアイソレートジョイント(溝)などはなく、直接床がつながっている。また壁には大きな窓があり、ガラス一枚を隔てて実験ホールが外気に面している。NSLS-IIを訪れた日の気温は-4℃と寒く、窓から侵入する冷気が気になる

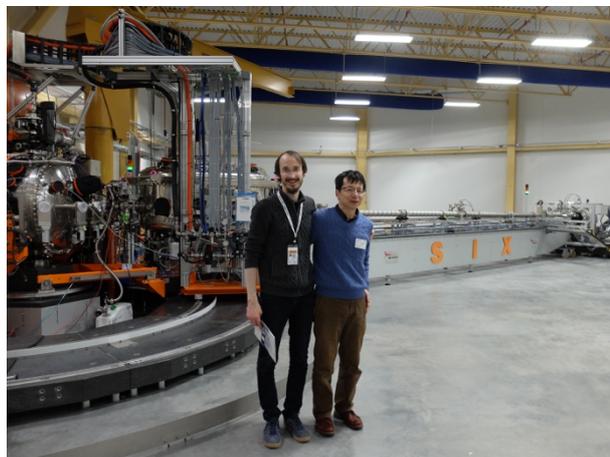


図1 NSLS-II SIXビームラインの軟X線非弾性散乱装置。案内していただいたIgnace Jarrige博士とともに。

ほどの影響が感じられた。ただし、上述のSIXやHXNといった振動や温度安定性が重要となるビームラインは、蓄積リング建屋の外側にある専用の建屋に設置されている。その建屋では土台基礎から振動対策や恒温対策が注意深く行われている。メイン建屋のビームラインと比べて測定室のスペースも広く、快適な実験環境が整備されていた。

NSLS-IIには、AMX、FMXとNYXの3本のMXビームラインが建設されている。AMXの名はHighly Automated Macromolecular Crystallographyに由来するが、その名の通りデータ測定・データ処理の自動化が進んでいる。一方、FMXの名前はFrontier Microfocusing Macromolecular Crystallographyに由来し、多数の微小結晶から微小ビームを用いて回折データ測定を行うシリアル測定など先端的な測定方法の開発が進んでいる。最先端の低エミッタンスリングの特性を活かし、FMXでは $1 \times 1 \mu\text{m}^2$  (レンズで拡大して、 $10 \times 10 \mu\text{m}^2$  ビームを使用可能)、AMXでは $7 \times 5 \mu\text{m}^2$ の高輝度微小ビームを提供しているが、大きな結晶の場合には逆に使い勝手が悪いのではないかと気になった。もう1本のNYXは、異常分散を用いた構造解析に最適化したビームラインを目指し、エネルギー分解能の高い分光器を導入しているということであったが、まだユーザー利用のフェーズになっていないようであった。

この他に構造生物学関連のビームラインとして溶液散乱ビームライン LiXを見学した。ここでは複数のピクセルアレイ検出器を組み合わせて小角散乱と中広角散乱を同時に計測する装置が備わっており、タンパク質の溶液散乱やscanning micro-diffraction法による生体組織のイメージングが行われていた。また、クライオ電子顕微鏡の整備も進み、蓄積リングと同じ建屋には既にスクリーニング用の装置が入っている上に、ハイエンドの電子顕微鏡を設置する新しい建屋の建設も進んでいる。構造生物学関連ビームライン (AMX、FMX、NYX、LiX) と電子顕微鏡、さらにスタッフの居室はすぐ近くにあり、様々な手法を組み合わせた構造生物学研究が進めやすい体制が整いつつあるように思われた。

見学を行った日はユーザータイム中であったが、ビームライン担当者が主役として活躍している印象

を強く受けた。また、研究者、エンジニア、事務方の区別なくスタッフ同士がとてもフレンドリーであり、良い雰囲気であった。NSLS-IIの弱点を1つだけあげるとすれば、所内カフェテリアの料理が今どきびっくりするほど低水準なことである。NSLS-IIの周辺には飲食店がないのでカフェテリアを利用せざるを得ないのだが、多くのスタッフはそれに抵抗してお弁当を持参しているほどである。

### 3. APS

APSは1996年に運転を開始した第3世代の放射光施設である。SPring-8と同様に施設として成熟しているが、その裏返しとして、やや停滞した印象を受けた。MXビームラインでは検出器やデータ測定ソフトウェアは更新されているものの、それ以外はあまり改修された様子はなかった。分光やイメージングのビームラインでも、2010年頃の装置刷新から目立った改編は見られない。

その一方で、スタッフの仕事の比重はAPS-Uアップグレード計画へと移行しているようである。そのAPS-U計画は2018年末に(CD-2 = critical decision 2)と呼ばれるDOEの承認を受けた。これにより、技術開発要素、予算規模、行程が認められたことになる。予算総額は815 M\$で、2022~23年に加速器のシャットダウンを予定している。蓄積リングのエネルギーは現状の7 GeVから6 GeVに変更となり、エミッタンス35 pm.radを目標としている。蓄積リングのアップグレードに加えて、ビームライン9本を新設し、既存ビームラインの改装 (refurbish) も行う計画である。

新設ビームラインの1つであるPOLARビームラインは、テンダーから硬X線までの広い領域での偏光可変ビームラインであり、集光ビームによる極限環境下でのX線吸収分光や共鳴X線回折が主なアプリケーションとなる。ダイヤモンド移相子は用いず、偏光可変の超伝導アンジュレータによって3 keVから30 keVの波長域で高フラックスの円偏光を得る。左右円偏光を発生する2台のアンジュレータをタンデムに配置し、ギャップ開閉もしくは補助コイルによる磁場変化によってアンジュレータ放射のエネルギーをずらし、片方の偏光だけを分光器下流に導く

ことで、高速な (~10 Hz) 偏光スイッチングを行う新方式を開発するとのことであった。低エネルギー領域での Si 111 モノクロ (3 keV 付近ではブラッグ角が 45° となり、直線偏光子として働く) による円偏光度の低下の問題については、格子定数が Si とは異なる SiC 結晶を併用することで対応するとのことであった。硬 X 線領域での偏光制御では結晶移相子が確立された技術となっており、挿入光源を使う方法が復活するとは考えてもみなかったが、彼らは本気のようなのである。POLAR ビームラインでの偏光制御以外にも、APS-U では On-axis 入射や超伝導アンジュレータなどチャレンジングな技術が満載であり、技術開発のハードルは高い。実際に話を聞いて、彼らの熱意に感心しつつも成功するかどうか心配にもなった。今後の開発状況を注視していきたい。

APS の MX ビームラインは 7 つのグループにより運営され、X-ray Science Division (XSD) が運営している GMCA 以外は大学などがメンバーとなった Collaborative Access Team (CAT) が運営母体である。例えば NE-CAT ではコロンビア大、コーネル大、ハーバード大などがメンバーになっている。各グループは 1~3 本のビームラインを運用し、研究者・エンジニア・ソフトウェアエンジニアを抱え、実験装置の整備やソフトウェアの開発を行っている。APS 訪問にあたりホストをしていただいた Venugopalan 博士の所属する GMCA では、タンパク質結晶学者が 4 名、エンジニアが 4 名、ソフトウェアエンジニアが 4 名の体制で 2 本の ID ビームラインを運営していた。しかし開発にあたってはグループ間での連携はほとんどなく、似たような機能を持つ装置やソフトウェアをそれぞれ独自開発しており、Venugopalan 博士曰く APS 全体で見ると非効率な点もあるとのことであった。

ユーザー対応もそれぞれであり、GMCA ではビームライン対応は当番制であった。訪れた当日は Venugopalan 博士が当番であり、朝の 2 時間をビームタイムを使用してビーム位置やエネルギー較正を行っていた (これら調整は一部を除き自動化されている)。一方で、隣接する NE-CAT でも同様に朝の 1~2 時間を調整に使っていたが、こちらはスタッフ総出で作業を行っている感があり賑やかであった。いずれも遠隔

実験が主流であり、ビームラインの調整が完了した後に試料の入ったカセットをサンプルチェンジャーにセットし、ユーザーに電話などで連絡を取った後に実験が始まる。実験が早めに終了した場合は、ビームタイムを有効に使うために、既に試料の届いている別のユーザーが実験を始めることもあるとのことである。

産業利用については、Merk、Pfizer、Novartis がメンバーとなっている IMCA-CAT、Eli Lilly が単独で運用している LRL-CAT が使われており、それ以外のビームラインでは製薬会社による利用が少ないということである。

APS のビームライン担当者に話を聞いて興味深かったのは、ユーザーの成果もスタッフの業績評価の対象であり、キャリアアップにも考慮されるということであった。極端に言えば、利用支援によって成果の輩出を促す代わりに、担当者自身に主体的な論文成果を求めないともとれる。研究活動に対する考え方やスタンスは様々だと思うが、ユーザー支援の重要性をそのような形で共有することで、担当者のモチベーションは向上するだろう。

#### 4. ALS

ALS は、今回視察した中で最も小型の施設であり、電子ビームのエネルギーは 1.9 GeV である。軟 X 線の利用が中心であるが、superbend 光源からの硬 X 線を利用した MX や SAXS のビームラインも数多く整備されている。

軟 X 線領域のイメージングに力を入れており、軟 X 線走査顕微鏡 (STXM) のビームラインが 4 本、結像型の軟 X 線透過顕微鏡 (TXM) のビームラインが 2 本、そして軟 X 線光電子顕微鏡 (PEEM) のビームラインが 1 本ある。STXM のビームラインではそれぞれ無機材料、磁性材料、環境試料、生体試料など異なるアプリケーションを展開している。高周波や外場の印加、ヘリウムガス雰囲気での大気圧環境下の測定などで差別化することでニッチな利用の開拓に成功している。また、透過電子顕微鏡と互換性のある試料ホルダー (図 2) を採用しており相補的な観察が行える。

BL7.0.1 Coherent Scattering and Microscopy では、STXM 測定とともにタイコグラフィーイメージ

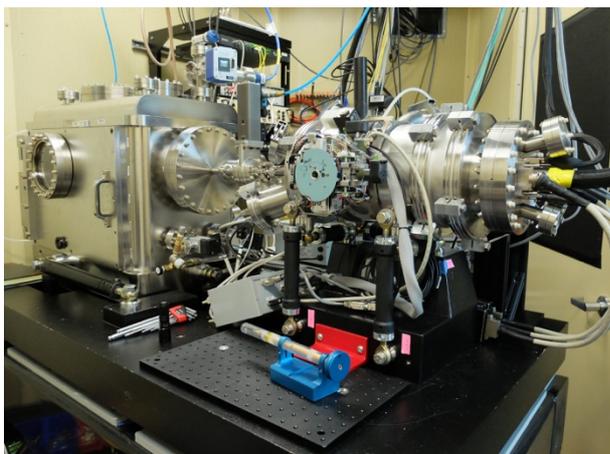


図2 ALSビームライン7.0.1のSTXM装置。中央下の青い台に乗っているのは透過電子顕微鏡と共用できる試料ホルダー。

ングが可能であり、最新の結果である空間分解能 30 nm での磁気イメージングがポスターで掲示されていた。

BL11.0.1.1 は、長い歴史を持つ光電子顕微鏡 (PEEM) のビームラインである。継続的に装置のアップグレードや改良が行われており、最新の PEEM3 顕微鏡では取差補正による 10 nm 空間分解能が達成されている。全自動の試料交換システムが整備されており、超高真空中マニピレーターによる 3 段階の搬送を経て試料が正しくマウントされることに感銘を受けた。

ALS では 7 本の MX ビームラインがある。今回訪問した他の 2 つの施設と比べコンパクトな施設であること、また 1 つの光源を分けて複数のビームラインで使用していることから隣接するビームラインの間が狭い。そのため実験ハッチの外から試料のセットを行うミニハッチを採用しているビームラインが複数あった (図3)。

これら 7 本の MX ビームラインのうち 5 本を Berkeley Center for Structural Biology (BCSB) が運営し、その他の 2 本はそれぞれカリフォルニア大と Molecular Biology Consortium (MBC) が運営している。装置や測定ソフトウェアは組織ごとにそれぞれ独自のものを使用しているが、ホストの Allaire 博士によると APS と異なり組織を超えた連携はあるということであった。実際ユーザーのデータのアー

カイブ化や測定方法の教育などで連携があるようである。また、ALS で 2018 年 3 月までに構造決定された 6,974 個のタンパク質のリボンモデルのポスターがホール内に貼り出されていることから横のつながりを感じた。

ユニークなのは BCSB の 5 本のビームラインの運用の仕方である。4 名のエンジニアのうち 1 名が朝 5 時に、2 名が朝 9 時、残りの 1 名が夕方 5 時に出勤し、朝 5 時から深夜 12 時まで 5 本のビームラインのユーザーをサポートしている。深夜 12 時から朝 5 時まではユーザー対応 (緊急時を含む) を行わないとのことであったが、もしこの間に問題があった場合は翌日の空きスロットに入れるなどで柔軟に対応するということであった。また、研究者およびエンジニアの間でユーザー情報を共有するための web サイトも設け、スタッフが連携しながら効率の良い運用を行っていると感じられた。

また、小角散乱 (SAXS) ビームライン SIBYLS の運用も独特であった。ユーザー利用は全てメールインで行っており、それを利用するにあたっては proposal を書き scientific review を受ける必要はなく、随時受け付けているということである。その測定は自動化されており、オペレーションは全てテクニシャンが行っている。ビームライン担当者の Hammel 博士によるとメールインシステムは、成果の増大に貢献しているだけでなく、そのお陰で自身の研究を行う時間も取れるようになったということであった。

ALS でも 2025 年の改修を目処にアップグレード計画が進行中である。蓄積リングは現在の 3BA から



図3 ALSビームライン8.2.2のミニハッチ。

9BA に置き換えられ、電子ビームエネルギーも 1.9 GeV から 2.0 GeV へとアップする。カップリングを調整し、水平 50 × 垂直 50 pm という極小エミッタンスのラウンドビームを目標としている。ビームラインに関しては 新設 2 本、アップグレード 2 本の予定であり、蓄積リングの改修に伴い全てのビームラインを再アライメントする必要があるとのことである。ALS のあるサンフランシスコは地震の多い土地であるためその対策にも力を入れており、1.5 G の揺れに耐えられる装置マウント法の R&D が進行中であった。ビームラインのスクラップアンドビルドに関しては、今回視察した APS、ALS のような成熟した施設でも数本の BL が改装中であり、ビームラインの新陳代謝を常に意識しているという印象を持った。

## 5. おわりに

約 1 週間の間に 3 ヶ所の北米放射光ビームラインを見学したことで、北米における動向を感じることができた。NSLS-II はまだ運用が始まってから数年しか経っておらず建設フェーズの名残がまだ残っているためか、いずれのビームラインにも活気が感じられた。一方で APS では実験装置などがやや古い印象であったことは否めなかったが、施設全体が APS-U 計画を念頭に動いているようであり、加速器の改修に合わせて大きく変わるように思われる。ALS は他と比べて光の性能はやや劣るものの、運用方法や利用制度に工夫を凝らし成果を出しているように感じた。

また本視察にあたり、オープンデータに関する各施設の取り組みについて情報を集めよとのミッションが与えられたが、我々が訪れた北米 3 施設ではオープンデータに関してあまり積極的ではなく、施設としてもまた個々のビームラインとしても組織的に動いている様子はなかった。帰国後にヨーロッパの施設を視察したグループと議論を行ったが、オープンデータの体制が整いつつある欧州施設との違いに驚かされた。

最後になりますが、視察にあたってホストとして私たちを出迎えていただいた、Martin Fuchs 博士 (NSLS-II)、Ignace Jarrige 博士 (NSLS-II)、Nagarajan Venugopalan 博士 (APS)、Daniel Haskel

博士 (APS)、Marc Allaire 博士 (ALS)、Hendrik Ohldag 博士 (ALS)、およびビームラインの見学にご対応いただいた多くの方々に感謝いたします。また、本視察は JASRI の「研究活動強化・事業推進経費」によって実施されました。

### 鈴木 基寛 SUZUKI Motohiro

(公財) 高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター 分光・イメージング推進室  
旧：(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 : 0791-58-0833  
e-mail : m-suzuki@spring8.or.jp

### 長谷川 和也 HASEGAWA Kazuya

(公財) 高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター タンパク質結晶解析推進室  
旧：(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 : kazuya@spring8.or.jp

## SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 四季報

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 会長  
 関西学院大学 理工学部

水木 純一郎

前回の SPRUC 四季報以降、施設や今後の SPRUC の活動にも大きくかわるイベントとして、SPRUC 第1回 BLs アップグレード検討ワークショップ (WS) を開催しました。今号では、本 WS を中心に記述いたします。

### 1. WS の趣旨

SPring-8 はこれまでに世界のフロントランナーとして放射光科学を牽引する役割を果たしてきてだけでなく、近年は産業界が抱える課題解決に繋がる成果も増加し、社会貢献においても重要な役割を担っています。また、昨年から今年2月にかけて、SPring-8 の中間評価が行われました。一方、国内に目を向けると、次世代放射光施設として軟 X 線向け高輝度 3 GeV 級放射光源の建設がいよいよ動き出しました。このような状況を背景に、SPring-8 シンポジウム 2017、2018、及び、BL 高性能化検討作業部会で SPring-8 で BL の在り方について議論され、既存の分類にとらわれず、(1) 既存計測の自動化・汎用化、(2) 既存計測の技術の高性能化による科学・技術の連続的発展、(3) 既存技術では実現できない新しい計測技術による革新的な理工学の開拓、の 3 つの視点での検討が始まったことは、すでに第1回目の SPRUC 四季報で書きました。SPring-8 でカバーすべき研究対象についても具体的に検討する段階となり、施設側では SPring-8-II も見据えながら、共用・理研・専用施設を含む BL 全体の再編の議論が始まっています。SPRUC としては、技術開発動向を十分理解したうえで、ユーザーの要望を施設側に伝える必要があります。一方、施設側としても利用者の総意をまとめられる SPRUC からのニーズのインプットを必要としています。このため、SPRUC 会員全体で施設側の情報を共有し、議論の場を設けることを目的として WS

を開催いたしました。今回は、SPring-8 の施設側から検討状況や関連施設の動向の情報提供を受け、深い議論に必要な情報交換を行うことを主目的といたしましたが、SPRUC としてもユーザーが今後の研究のために必要としている技術や要望をまとめるために事前アンケートを実施し各研究会にまとめていただきました。アンケートの内容は、(ア) 今後、新たに導入すべき計測技術、計測手法等とそれを必要とする理由、(イ) 新しい光源を用いて実施できる新しいサイエンスの展望とそれに必要な BL についての提案です。各研究会がまとめられたアンケート内容は、WS ホームページ (<http://www.spring8.or.jp/ja/science/meetings/2019/190325/>) で公開しています。

### 2. プログラム内容

プログラムの詳細や当日の具体的な討論内容は、田中義人行事幹事 (兵庫県立大) からの報告がありますのでそれをご覧いただきたいと思います。ここでは、分野融合研究に関連してプログラムの一部をご紹介します。現在、分野融合研究は 2 つ進行していますが、もう少し増やせないものかと思案しています。将来の SPring-8 での研究を考えるこの WS においても分野融合研究を考える足掛かりとするためにプログラムの中に、「放射光科学とインフォマティクス」をテーマとするブロックを設け、石井信教授 (京都大) から、「計測と情報科学の融合による新しいサイエンスの展望」と題する招待講演をしていただきました。さらに、SPring-8 で本テーマに関して研究を実施されている水牧仁一朗氏 (JASRI) からのご講演をいただきました。これらの講演とその後の質疑応答を通して、私個人としましては、SPring-8、SACLA の先端計測技術と情報科学・統計数理が連携・融合することによって新しいサイエン

スが展開されていくものと確信いたしました。

WS 期間中には顧問会議も開催しましたので報告いたします。WS には、松井純爾氏（放射光ナノテクセンター）、月原富武氏（兵庫県立大）、福山秀敏氏（東京理科大）の3名の顧問の先生方がご参加くださいました。すでに総会等でご報告していますが、2018年度から利用委員会の顧問の先生方の学識を SPRUC 全体のために生かしていただくために会長の諮問機関として新しく顧問会議を設置いたしました。会議の中で、学术界、産業界の区別なく研究テーマベースの研究会や意見交換の場をつくることが世界に誇る成果創出には必要で、そのような機会をつくるのが SPRUC の役割であるとのアドバイスを受けました。J-PARC ではそのようなことを目的として、手法とサイエンスの縦糸と横糸を整理して意見交換の場をつくるサイエンス・プロモーション・ボードが設置されたことが紹介されました。SPRUC としても考えてみたいと思います。またこれと関連して、現在別々に開催されている SPring-8 シンポジウムと SPring-8 産業利用報告会の合同開催の可能性が議論されました。これは、最近、文科省ホームページで公開された「大型放射光施設 (SPring-8) 及び X線自由電子レーザー施設 (SACLA) 中間評価報告書」([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/089/shiryu/\\_icsFiles/afieldfile/2019/02/18/1413644\\_001.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/089/shiryu/_icsFiles/afieldfile/2019/02/18/1413644_001.pdf)) において、「4. 今後の重点的な課題及び推進方策」の中で、「SPRUC と SPring-8 利用推進協議会の統合を含むユーザーコミュニティを有効活用する仕組みを導入する。」と記述されている課題とも関係していると考えています。

水木 純一郎 MIZUKI Jun'ichiro

関西学院大学 理工学部  
〒669-1337 兵庫県三田市学園2丁目1番  
TEL : 079-565-7433  
e-mail : mastery@kwansei.ac.jp

## 「SPRUC 2019 Young Scientist Award」の実施について

SPring-8ユーザー協同体(SPRUC)では今年度で8回目となる「SPRUC 2019 Young Scientist Award」を実施いたします。

つきましては、以下の募集要項にてご推薦いただきますようよろしくお願いいたします。

### 記

#### SPRUC 2019 Young Scientist Award 募集要項

1. 目的：将来の放射光科学を担う優秀な若手会員の研究を奨励し、SPring-8 ユーザー協同体をより活性化するために本賞を設ける。  
※募集にあたっての選考委員会からのコメント  
本賞は、SPring-8/SACLA の利用法や解析手法の開発に顕著な成果を創出した若手研究者、あるいは測定手法や解析手法は確立された方法であったとしても、SPring-8/SACLA の特徴を活用し測定対象の分野にとって顕著な成果を創出した若手研究者に与えられる賞である。なお、学術以外に、事業化や製品化につながる成果や産業応用に資する成果も対象とする。
2. 人数：2名以内
3. 対象：SPring-8/SACLA を利活用し、2019年3月31日までの間に優れた研究成果をあげた原則35歳以下(2019年4月1日現在)の個人会員(グループでの応募は不可)。  
産業界からの積極的なご推薦もお待ちしております。
4. 募集期間：2019年4月1日(月)から2019年5月21日(火)まで
5. 推薦要領：推薦(自薦)理由書と業績(以下HP別紙記載事項参照)をe-mailで送付してください。
6. 書類送付先：SPring-8 ユーザー協同体事務局 (users@spring8.or.jp)
7. 選考方法：SPring-8 ユーザー協同体に選考委員会を設け、厳正な審査と選考を行います。
8. 発表等：7月中旬頃に受賞者の公表及び通知を行い、SPring-8 シンポジウム2019(2019年8月30日～31日、岡山大学)において本賞の表彰式および受賞講演を行います。
9. 担当幹事：行事幹事 横谷尚睦  
応募に際してご質問等あれば事務局までお願いします。

詳細(過去の受賞者情報含む)は以下のSPRUCのHPをご覧ください。

[http://www.spring8.or.jp/ext/ja/spruc/YSA\\_SPRUC\\_2019.html](http://www.spring8.or.jp/ext/ja/spruc/YSA_SPRUC_2019.html)

[問い合わせ先] SPring-8 ユーザー協同体事務局  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1  
TEL: 0791-58-0970 FAX: 0791-58-0928  
e-mail: users@spring8.or.jp  
<http://www.spring8.or.jp/ext/ja/spruc/>

## SPring-8 シンポジウム 2019 次の 20 年に向けての一步

### 【趣旨抜粋】

第 8 回目となった本年のシンポジウムは、岡山大学との共同主催となり、岡山大学創立五十周年記念会館にて開催されます。昨年の討論では、SPring-8 を取り巻く環境の大きな変化の中で、供用開始後 20 年を経た SPring-8 の現状の課題解決に向けた方針が示されました。今年のシンポジウムでは、SPring-8 が次の 20 年で利用者にとってさらに魅力的な放射光施設となるための具体的な取り組みや仕組みについて示すことがテーマです。世界中で放射光施設の建設とアップグレードが実施、あるいは計画され、放射光利用が進んでいる現代において、学术界および産業界の研究者や技術者に参加いただき、SPring-8 の現在と進むべき将来について掘り下げた議論ができることを期待しています。

### 【主 催】 SPring-8 ユーザー協同体

(公財) 高輝度光科学研究センター  
理化学研究所 放射光科学研究センター  
岡山大学

### 【開催期間】 2019 年 8 月 30 日 (金) ~ 31 日 (土)

### 【会 場】 シンポジウム会場：岡山大学創立五十周年記念会館 (金光ホール)

〒700-0082 岡山市北区津島中 1 丁目 1

<https://www.okayama-u.ac.jp/tp/profile/kinenkan-index.html>

懇親会場：キャンパス内ピーチユニオン (予定)

〒700-0082 岡山市北区津島中 2 丁目 1-1

<https://www.okadai.coop/site/facility/peach.html>

### 【詳細情報】 <http://www.spring8.or.jp/ja/ja/science/meetings/2019/sp8sympo2019/>

プログラム等随時更新します。参加申込は 6 月頃開始予定。

### 【問い合わせ先】 SPring-8 シンポジウム 2019 事務局

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部

TEL : 0791-58-2785 FAX : 0791-58-2786

e-mail : [sp8sympo2019@spring8.or.jp](mailto:sp8sympo2019@spring8.or.jp)



## 第3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と育成を目的として、SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) と高輝度光科学研究センター (JASRI) が中心となり、大学や関係諸機関と協力して開催するものです。夏の学校とは異なり、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。講義とグループ講習は、大学3年生が十分に理解できる水準に設定されており、卒業研究や大学院進学を控えた方々が進路を考える最適な機会になります。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**：2019年9月8日(日)～11日(水)

**場所**：大型放射光施設 SPring-8 (兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1)

**カリキュラム概要**：基礎講義／グループ講習

**募集定員**：60名程度 (受入れ予定人数を超える応募があった場合は参加登録の内容をもとに選考を行う)

**参加費**：20,000円 (但し学生は免除、宿泊費・交通費等は自己負担)

**対象**：■ SPring-8 を用いた研究に関心を持つ者  
(但し理系大学3年生レベルの講義内容を理解できること)  
■ 放射線従事者登録は必要なし

**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・後援につきましては関係諸機関への依頼を準備中 (4月12日時点)

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/as2019/](http://www.spring8.or.jp/ja/science/meetings/seminar/sp8autumn_school/as2019/)

## 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	分光・イメージング推進室
	河口 彰吾	回折・散乱推進室
	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	富松 亮介	利用推進部
	平山 明香	利用推進部
	山本 律	利用推進部

## **SPring-8/SACLA 利用者情報**

Vol.24 No.2 May 2019

### **SPring-8/SACLA Information**

発行日 2019年 5月 15日

編集 SPring-8/SACLA 利用者情報編集委員会

発行所 公益財団法人高輝度光科学研究センター  
TEL 0791-58-0961 FAX 0791-58-0965

(禁無断転載)



うらかな春の門衛、薄黄の衣を颯爽と着こなして

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<sup>こうと</sup>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/>