

# SPring-8/SACL A

INFORMATION 利用者情報



ISSN 1341-9668 SPring-8 Document D2019-009

**Vol.24 No.3**  
Aug. 2019

## SPring-8/SACLA Information

### 目次

### CONTENTS

理事長室から ー理事長に就任してー

Message from President - Greetings from President of JASRI -

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

雨宮 慶幸  
AMEMIYA Yoshiyuki ..... 249

#### 1. 最近の研究から/ FROM LATEST RESEARCH

専用ビームラインの研究から ～BL28XU (京都大学)～  
水系亜鉛二次電池の課題と性能劣化原因の解析

Study on Performance Deterioration Mechanism of Water-Based Zinc Secondary Battery

京都大学 産官学連携本部  
Office of Society-Academia Collaboration for Innovation (SACI), Kyoto University

木内 久雄  
KIUCHI Hisao

中田 明良  
NAKATA Akiyoshi  
森田 将史  
MORITA Masahito  
福田 勝利  
FUKUDA Katsutoshi

京都大学 大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Kyoto University

安部 武志  
ABE Takeshi ..... 250

専用ビームラインの研究から ～BL36XU (電気通信大学)～

オペランド大気圧硬 X 線光電子分光による固体高分子形燃料電池の劣化・被毒機構追跡

Investigations on Degradation and Poisoning Mechanisms in Polymer Electrolyte Fuel Cells Studied by Operando Ambient Pressure Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy

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  
Institute for Molecular Science, National Institutes of Natural Sciences

高木 康多  
TAKAGI Yasumasa

横山 利彦  
YOKOYAMA Toshihiko

名古屋大学 大学院理学研究科  
Graduate School of Science, Nagoya University

中村 高大  
NAKAMURA Takahiro

電気通信大学 燃料電池イノベーション研究センター  
Innovation Research Center for Fuel Cells, The University of Electro-Communications

唯 美津木  
TADA Mizuki

宇留賀 朋哉  
URUGA Tomoya

岩澤 康裕  
IWASAWA Yasuhiro ..... 257

新分野創成利用課題報告

固液界面構造解明

Observation of Solid and Liquid Interfaces by X-ray

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 分野融合研究 (実用) グループ  
Practical Application Research Group, SPRUC

高尾 正敏  
TAKAO Masatoshi

..... 263

#### 2. ビームライン/ BEAMLINES

DARUMA によるデータ収集・計測システムの現状

Current Status of Measurement and Data Collection System for Experimental Stations using DARUMA

(公財) 高輝度光科学研究センター 情報処理推進室  
Information-technology Promotion Division, JASRI

松本 崇博  
MATSUMOTO Takahiro

中田 謙吾  
NAKADA Kengo

古川 行人  
FURUKAWA Yukio

平岡 裕治  
HIRAOKA Yuji

松下 智裕  
MATSUSHITA Tomohiro

..... 269

新しい共用タンパク質結晶解析ビームライン BL45XU の現状と運用計画

Current Status and Operation Plan of the New Public Protein Crystallography Beamline BL45XU

(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  
Protein Crystal Analysis Division, Center for Synchrotron Radiation Research, JASRI

水野 伸宏  
MIZUNO Nobuhiro

馬場 清喜  
BABA Seiki

仲村 勇樹  
NAKAMURA Yuki

長谷川 和也  
HASEGAWA Kazuya

熊坂 崇  
KUMASAKA Takashi

(公財) 高輝度光科学研究センター 光源基盤部門  
Light Source Division, JASRI

湯本 博勝  
YUMOTO Hirokatsu

竹内 智之  
TAKEUCHI Tomoyuki

山崎 裕史  
YAMAZAKI Hiroshi

仙波 泰徳  
SENBA Yasumori

大橋 治彦  
OHASHI Haruhiko

後藤 俊治  
GOTO Shunji

(国) 理化学研究所 放射光科学研究センター  
RIKEN SPring-8 Center

山下 恵太郎  
YAMASHITA Keitaro

平田 邦生  
HIRATA Kunio

坂井 直樹  
SAKAI Naoki

山本 雅貴  
YAMAMOTO Masaki

..... 279

3. 研究会等報告/WORKSHOP AND COMMITTEE REPORT			
第10回国際粒子加速器会議 (IPAC2019) 報告			
Report on the 10th International Particle Accelerator Conference (IPAC2019)	(公財) 高輝度光科学研究センター 光源基盤部門 Light Source Division, JASRI	渡部 貴宏 WATANABE Takahiro	284
Mediterranean Conference on the Applications of Mössbauer Effect (MECAME2019) 報告			
Report on Mediterranean Conference on the Applications of Mössbauer Effect (MECAME2019)	(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 Diffraction and Scattering Division, Center for Synchrotron Radiation Research, JASRI	筒井 智嗣 TSUTSUI Satoshi	288
日本地球惑星科学連合 2019 年大会参加報告			
Report on the Japan Geoscience Union Meeting 2019 (JpGU2019)	(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 Diffraction and Scattering Division, Center for Synchrotron Radiation Research, JASRI	丹下 慶範 TANGE Yoshinori	291
8 <sup>th</sup> International Conference on Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy (HAXPES 2019) 会議報告			
Report on the 8 <sup>th</sup> International Conference on Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy (HAXPES 2019)	(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 Spectroscopy and Imaging Division, Center for Synchrotron Radiation Research, JASRI	保井 晃 YASUI Akira	294
第40回真空紫外およびX線物理学国際会議報告			
Report on 40th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics; VUVX2019	(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 Spectroscopy and Imaging Division, Center for Synchrotron Radiation Research, JASRI	木下 豊彦 KINOSHITA Toyohiko	298
第19回SPring-8夏の学校を終えて			
The 19th SPring-8 Summer School	Spring-8 夏の学校実行委員会 委員長 Spring-8 Summer School Executive Committee, Chair	八木 直人 YAGI Naoto	301
4. SPring-8/SACLA 通信/SPring-8/SACLA COMMUNICATIONS			
2016B 期 採択「新分野創成利用」研究グループの事後評価について			
Post-Project Review of Epoch-Making Initiatives Projects Starting in 2016B	(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI		305
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		307
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		309
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		313
SPring-8/SACLA 研究成果公表 論文サイテーション数調査 -2019-			
Statistical Analysis on Publications and Citations at SPring-8/SACLA 2019	(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI		342
SPring-8/SACLA 有償利用料収入の実績 有償利用：成果専有と公開優先			
The Revenue Results of the Fees for Beamline Use of SPring-8/SACLA / Fees for Beamline Use: Beamtime Fees for Proprietary Research & Program Fees for Non-Proprietary Grant Aided Proposal	(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI		347
「専用ビームラインの再契約」について			
Renewal of Contract Beamline Agreement	(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI		350
利用系グループ活動報告			
放射光利用研究基盤センター 回折・散乱推進室 回折・散乱Iグループ			
Activity Reports - Diffraction and Scattering Group I, Diffraction and Scattering 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 回折・散乱推進室 Diffraction and Scattering Division, Center for Synchrotron Radiation Research, JASRI	大石 泰生 OHISHI Yasuo 関口 博史 SEKIGUCHI Hiroshi	355
5. 談話室・ユーザー便り/USER LOUNGE・LETTERS FROM USERS			
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 研究創発センター Center of Research Initiative, Kwansai Gakuin University	水木 純一郎 MIZUKI Jun'ichiro	360
6. 告知板/ANNOUNCEMENTS			
SPring-8 シンポジウム 2019 次の20年に向けての一步			
SPring-8 Symposium 2019			362
第3回 SPring-8 秋の学校 開催のご案内			
SPring-8 Autumn School 2019			363

## 理事長に就任して

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
理事長 雨宮 慶幸



2019年6月18日付で、土肥義治前理事長からバトンを引き継ぎ、JASRI 理事長に就任しました。SPring-8 が1997年に稼働を開始して以来、私はユーザーとして SPring-8 を利用して研究活動を行ってきました。今後は立場が変わりますが、ユーザーを支援し、良き研究課題を選定するという JASRI に与えられたミッションを通して、SPring-8/SACLA における研究活動の発展に尽力したいと考えています。

私のこれまでの SPring-8 との関わりを振り返ってみました。2011年には SPring-8 利用者懇談会の会長、2012～2013年には SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) の初代会長を務めました。その間、ユーザーコミュニティが、コミュニティ内における情報共有を密にすること、対 JASRI/理研との関係において情報共有を密にして緊張ある協力関係を築くこと、それを通して SPring-8 における研究推進に資すること、を意識して、ユーザーの立場から SPring-8 に関わりました。2015、2016、2017年には、JASRI 科学技術助言委員会の委員長を務め、ユーザーというよりは第三者の立場で、JASRI の運営や体制に対して助言を行う機会を与えられました。2018年には文科省の量子ビーム利用推進小委員会の主査として、同じく第三者の立場で、5年毎に行われる SPring-8/SACLA の中間評価に携わりました。また、SPring-8 選定委員会の委員を6年間、SACLA 選定委員会の委員を8年間務めました。

職歴に関して、私は14年間、Photon Factory の研究スタッフを勤め、その後、東京大学・新領域において21年間、教員を勤めました。大学においては、研究、教育、運営という3つの事柄をバランス良く遂行

することが求められ、それは挑戦的な課題でした。それと同じく、放射光施設の研究スタッフに求められるユーザー支援、共同研究、独自の研究開発の3つの事柄をバランス良く遂行することは挑戦的な課題で、そのことを Photon Factory 研究スタッフとして身をもって実感しました。今後は、これらの経験を最大限に活かして、JASRI の運営に取り組み、世界のトップランナーである SPring-8/SACLA における研究の更なる推進に尽力したいと思います。

差し当たり、以下のことに注力したいと考えています。

1. JASRI の研究スタッフが、SPring-8/SACLA での研究成果創出に向けて、高いモチベーションと誇りを持って、ユーザー支援、共同研究、各自の研究開発を推進できるための環境作り。
2. JASRI、SPRUC、RIKEN の三者 (JSR) 間の情報共有と SPring-8 アップグレードに向けた更なる議論の活発化。
3. 建設が決まった軟 X 線向け高輝度 3 GeV 放射光施設を始めとする他の放射光施設との緊張ある協力関係の構築。

地球上に現れた多くの生物種の中で、取るに足らない種であったホモサピエンスが何故このように地球上で繁栄しているのか？言語を習得し、その結果として、お互いの協力関係を築くことができたことが大きな要因であったと言われていています。協力関係を構築できる能力、すなわち、collaboration できる能力こそ、放射光科学に限らず科学技術の今後の発展、より良き社会・文化の構築にとって、最も重要な人類に与えられた能力だと考えます。ホモサピエンスに与えられた collaboration できる能力を最大限に発揮できる運営に努めたいと考えています。皆様のご協力をよろしくお願いいたします。

専用ビームラインの研究から  
 ～BL28XU (京都大学)～

## 水系亜鉛二次電池の課題と性能劣化原因の解析

京都大学 産官学連携本部

中田 明良、木内 久雄、森田 将史、福田 勝利  
 京都大学 大学院工学研究科 安部 武志

### Abstract

近年、次世代二次電池候補として亜鉛空気電池をはじめとする水系亜鉛二次電池が再注目されている。亜鉛負極は水系電解液中で作動する多価金属電極であり、高容量・高エネルギー密度のキーマテリアルであるため、1970年代から精力的に二次電池化の研究が進められてきた。しかしながら、亜鉛負極の様々な劣化モードが課題となり、現在に至るまで実用に耐えうる安定性能を満たすほどには十分に克服出来ていない。ここでは亜鉛負極の課題と性能劣化に関して、BL28XU (RISING2 (京都大学) ビームライン) から得られた最新の知見を紹介する。

### 1. はじめに：水系亜鉛二次電池の様式

近年の蓄電池の高容量化・高エネルギー密度化にあつて安全性の高い水系電解液が改めて見直されている。亜鉛 (Zn) は水系電池系の中でもとりわけ卑な電極電位： $E_0 = -1.25 \text{ V vs. 標準水素電極 (SHE)}$  および高い比容量： $820 \text{ Ah kg}^{-1}$  を有する多価金属負極であり (図 1)、アルカリ乾電池をはじめとする水系一次電池に広く利用されてきた。亜鉛極の水素発生過電圧は水銀に続いて高く、これにより水素発生電位から約  $0.4 \text{ V}$  も卑な電位でありながら水素発生を抑えて水系電解液での作動が可能となっている。また、自己放電やイオン伝導度の観点から通常電解液には中性～アルカリ水溶液が選択されており、特に酸化亜鉛 (ZnO) を飽和溶解した高濃度水酸化カリウム (KOH) 水溶液が頻繁に用いられている。

その他の特長として低コスト、平坦な放電電圧など複数の利点をあわせ持つため、水系亜鉛二次電池は比較的古くから開発が進められた。中でも亜鉛空気電池は、正極活物質として空気中の酸素 ( $\text{O}_2$ ) を用いる電池系であり実質的に電池内部には亜鉛活物質のみを詰め込むことが出来る。そのため、1930年代から航路標識や通信機器用大型電源として一次電池の商用化がはじまり、補聴器、携帯電話用など人に近い小型電源として普及してきた。二次電池化についても車載用など大容量電源をターゲットとして 1970～90年代を中心に研究開発がなされ、近年においてもリチウムイオン電池 (LIB) をはじめとする現行電池系の理論エネルギー密度を凌駕する  $1350 \text{ Wh kg}^{-1}$  が見積もられるため、次世代二次電池候補としてその重要性が改めて見直されている<sup>[1]</sup>。水系亜鉛二次電池の充電法として上記大容量電源用途の背景もあり、大きく分けて二方式によって検討されてきた。

一つにはメカニカルチャージ (機械的充電) 方式がある<sup>[2]</sup>。これは主として車載用電池としての考えから、ガソリンスタンドのように亜鉛供給が可能な市中設備で放電後の ZnO (および電解液) を取り出し、Zn 金属を再充填するという極めて燃料電池に近い方式である。

二つ目に従来二次電池同様の電氣的充電方式があげられる。特に、車載用および電力貯蔵用としてフロー式亜鉛二次電池が考案されてきた<sup>[3]</sup>。亜鉛粒子また

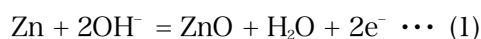
負極	理論比容量		電極電位 vs. SHE
	重量当	体積当	
Li	$3862 \text{ Ah kg}^{-1}$	$2066 \text{ Ah L}^{-1}$	-3.04 V
Mg	$2205 \text{ Ah kg}^{-1}$	$3832 \text{ Ah L}^{-1}$	-2.37 V
Al	$2981 \text{ Ah kg}^{-1}$	$8049 \text{ Ah L}^{-1}$	-1.69 V
水系電解液の利用限界 (二次電池)			
Zn	<b><math>820 \text{ Ah kg}^{-1}</math></b>	<b><math>5855 \text{ Ah L}^{-1}</math></b>	<b>-1.25 V</b>
Fe	$960 \text{ Ah kg}^{-1}$	$7559 \text{ Ah L}^{-1}$	-0.89 V
(H <sub>2</sub> )	$\text{H}_2 + 2\text{OH}^- = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$		-0.83 V
Cd	$477 \text{ Ah kg}^{-1}$	$4126 \text{ Ah L}^{-1}$	-0.82 V
Pb	$259 \text{ Ah kg}^{-1}$	$2937 \text{ Ah L}^{-1}$	-0.58 V

図 1 金属負極の理論容量と電極電位 (アルカリ電解液)

は電解液をポンプ循環することによって電解液の対流を促し、充放電効率およびサイクル特性が向上する。しかしながら、ポンプや流路など大きな補機・設備類を要するため、エネルギー密度が制限される。つまり、非フロー式で充放電可能な亜鉛二次電池がエネルギー密度を最も理論値に近づけることが出来るが、近年においてもこのような非フロー式二次電池の製品化は定着しておらず、実用化への根深い課題が考えられる。

## 2. 亜鉛極の二次電池化への課題

亜鉛極のアルカリ電解液における半電池反応式は、下記(1)式のように表現出来る。



しかしながら、実際は下記(2)、(3)式で構成されており、電気化学反応(2)により生成する亜鉛酸イオン ( $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ ) によって電位が決定され、後続の化学反応(3)によって最終放電生成物である  $\text{ZnO}$  が析出するとされている。ただし、放電条件によっては  $\text{ZnO}$  飽和溶解度 ( $8 \text{ mol dm}^{-3}$  (M)  $\text{KOH}$  中に約  $1 \text{ M ZnO}$  が溶解) の数倍以上も溶解する過飽和亜鉛溶解が進行する。過飽和亜鉛溶解種は非平衡状態にあるため、最終的に(3)式の分解反応が進行して熱力学的に平衡状態にある飽和溶解度に落ち着くが、これには月単位の時間を要する。



このように、亜鉛の充放電反応は非常に複雑な反応経路を經由しており、電解液中に過剰な亜鉛溶解種を含む溶解析出反応系である。そのため、充放電サイクル中長期において、電池内の様々な場所で亜鉛活物質が不均一に析出し、充放電に好ましくない結果を引き起こす。亜鉛極の二次電池開発例として亜鉛ニッケル電池があげられるが、実際に製品化されながらも主に下記二点の形状課題により安定供給が困難にあった。

- ・デンドライト成長
- ・シェイプチェンジ (形状変化)

これらの課題は、McLarnon らが 1991 年に報告した Review で良くまとめられている<sup>14)</sup>。一方で、劣化メカニズムについては解体観察や間接的評価法にもとづく議論が中心であり、近年 LIB にみられるような“その場”測定法による評価例はほとんどみられない。

我々は劣化メカニズムを正確に把握することによりサイクル特性改善へと還元出来るものと考え、半世紀前には困難であった *in situ* ならびに *operando* なその場測定法を取り入れて、水系亜鉛二次電池の真の劣化メカニズムを究明する試みを行っている。本稿では、革新型蓄電池先端科学基礎研究 (RISING) 事業および革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発 (RISING2) 事業で運用されている BL28XU を主に用いて得られた成果について紹介する。

## 3. SPring-8 の BL28XU の特徴

BL28XU は、2009 年から 2016 年まで行われた RISING 事業の中核研究機関である京都大学が高度解析技術の一つとして、2011 年より SPring-8 に建設したビームラインである<sup>15)</sup>。RISING 事業では、“Begin with the basic”の理念のもと、放射光分析技術による蓄電池内の反応の理解を、硬 X 線を用いた回折・分光手法による“その場”観察技術開発を通して行ってきた。2016 年からは RISING2 事業として、実用化を見越した電池系の開発へフィードバックすることを目指し運用している。

BL28XU は、テーパ付真空封入型アンジュレータを光源として、4 枚のミラーと 2 つのコンパクトチャネルカット分光器 (Si(111)と Si(220)) で構成され、4.5 keV から 50 keV までの幅広いエネルギー帯の X 線が利用可能である。3 mm 幅のコンパクトチャネルカット分光器の採用により、エネルギー変更にとまらぬ X 線出射位置変化が非常に小さいため、X 線回折 (XRD) と X 線吸収分光 (XAS) を同時に実施出来るように整備された世界的に見ても数少ないビームラインである。これまでにエネルギー走査型 XRD<sup>16)</sup>、X 線回折分光手法<sup>17)</sup>、および粉末回折異常微細構造<sup>18)</sup>など蓄電池専用ビームラインならではの新しい分析法を生み出してきた。また、ビームラインの測定技術と電池の充放電装置を連携させて *operando* なその場測定技術を実現させるだけでなく (4-1、4-3 参照)、ビームライン脇の側室にサイクル劣化試験装置を常設することで、従来時間的な制約で難しかった、1 つの電池が数百時間かけて劣化していく際の劣化メカニズムも実験的に調べることを可能とした (4-2 参照)。まさに今回の水系亜鉛二次電池の研究では、技術開発はもとよりビームラインそばに専用施設を用意したことが成功に繋がっている。

#### 4. 亜鉛極劣化モードの解析

##### 4-1 亜鉛 dendroライト成長の解析

dendroライト成長は、溶解析出反応によって成立する金属活物質において最もメジャーな形状トラブルとして知られている。これらは短絡（ショート）または不活性化（デッド金属）によって容量低下が進行する。リチウム dendroライトはウィスカー状結晶と報告されるが<sup>9)</sup>、亜鉛 dendroライトは一般的に樹枝状（または葉状）の亜鉛結晶が課題とされる場合が多い。我々はこの樹枝状亜鉛 dendroライトの充放電可逆性について改めて検討を行った。低率放電（10 時間率）においては効率良く亜鉛 dendroライトが酸化溶解する一方で、高率放電（1 時間率）においては中空の樹枝状 ZnO として電極上に残存することが X 線 CT 観察などから明らかとなった。また、透過力の観点から 30 keV の X 線を用いた *Operando* X 線回折測定（XRD）を行ったところ、この生成された樹枝状 ZnO の反応性が非常に高く、次サイクル充電反応開始直後から迅速に消費され、Zn 金属が還元析出することが明らかとなった（図 2）。さらに、走査型電子顕微鏡（SEM）観察により、充放電サイクルにともなって樹枝状亜鉛 dendroライトが苔状（モッシー）へと次第に形態が変化し、充放電効率も向上することが明らかとなった（図 3）。これは放電時に生成した ZnO の溶解速度が非常に速く、中間溶解種である  $Zn(OH)_4^{2-}$  として迅速に(2)式の電気化学反応に寄与しているものと考えられる<sup>10)</sup>。以上の結果より、測定した範囲においては樹枝状亜鉛 dendroライトの充放電サイクル特性は優れており、顕著な容量低下は認められなかった。一方で、数十  $\mu\text{m}$  の葉状結晶が孔径数十 nm の微多孔膜セパレータを直接的に貫通・短絡するとも考えづらく、むしろ低率充電（低過電圧）で生成する紐状析出物の集合体であるモッシー状亜鉛が短絡ならびに容量低下につながるものと現在考えている。

##### 4-2 亜鉛極シェイプチェンジ成長のメカニズム解析

亜鉛極のシェイプチェンジ（形状変化）は長期充放電サイクルにおける劣化機構として報告されている。これは、充放電サイクルが進行するにつれて、電極活物質が電極中央部に徐々に集合し緻密化することによって亜鉛極空隙率が減少する。つまり、電極/電解液における接触面積が減少し、亜鉛活物質の利用率が

落ち込む劣化モードとして考えられている。代表的なシェイプチェンジの成長メカニズムとして、McBreen らによる報告があげられる。彼ら是对極を分割して亜鉛極の電流（反応）分布を可視化する分割電極法を用いることにより、亜鉛極の活物質が“Zn 金属”として電極中央部に集中するものと推察している<sup>11)</sup>。我々は、シェイプチェンジの組成分布を直接的に評価するために、横 1.0 mm × 縦 0.4 mm のビームサイズに成形した X 線（透過力を考慮し 30.0 keV）を用いて、電極面内の *in situ* XRD マッピングの検討を行った<sup>12)</sup>。

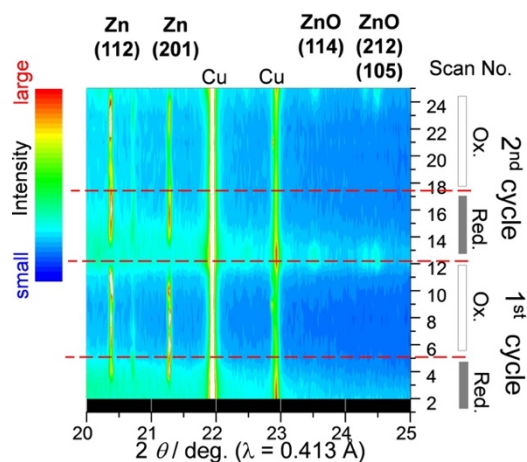


図 2 *Operando* XRD における樹枝状亜鉛 dendroライトの析出溶解挙動（～2 サイクル放電まで）。Copyright (2015), reproduced with permission from Elsevier.

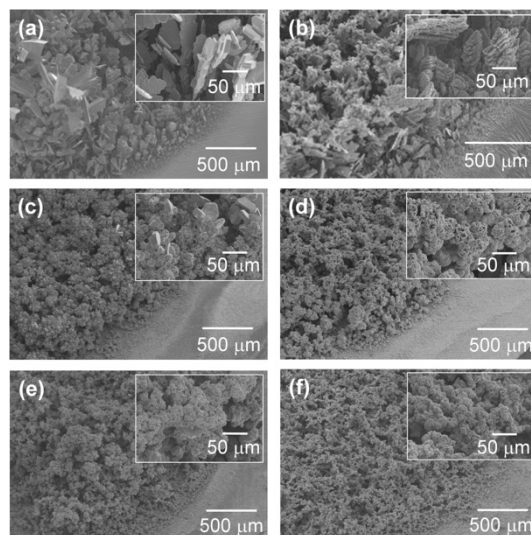


図 3 1 時間率の充放電にともなう樹枝状亜鉛 dendroライトの SEM による形態観察。(a) 1 充電後、(b) 1 放電後、(c) 2 充電後、(d) 2 放電後、(e) 5 充電後、(f) 5 放電後。Copyright (2015), reproduced with permission from Elsevier.

図4に透過配置XRD光学系と専用の亜鉛ニッケル電池の構成を示した。図5(a)のXRDパターンに示すように、透過配置のため亜鉛極のZn、ZnO以外にも水酸化ニッケル正極(Ni(OH)<sub>2</sub>)や銅集電体(Cu)なども観察された。各測定点におけるZn 1 0 2およびZnO 1 1 0回折線の強度を用いて、電極面内のXRDマッピング像を作成した(図5(b))。マッピング領域はそのまま亜鉛極サイズ(横18 mm × 縦20 mm)を反映しており、ZnOが電極面内に一様に分布していることから試験前電極の完全放電状態が再現された。3時間率、33%利用率にて充放電を行い、5サイクル充電後においてXRDマッピングを行ったところ、電極中央部のZnOを囲むようにZnが電極端付近で偏析することが明らかとなった。これは100サイクル充電後においても同様の傾向を示した(図6(a), (d))。一方、100サイクル放電後においては、ドーナツ状に偏析したZnが消失し電極中心部分のZnOが成長するこ

とが充放電間の強度差分マッピングによって明らかとなった(図6(e), (f))。これは亜鉛利用率が深い50%試験でより顕著な傾向を示しており<sup>[13]</sup>、シェイプチェンジが充電時“Zn金属”ではなく放電時“ZnO”として電極中央部において成長することが明らかとなった。これは放電により生成した過飽和亜鉛種がZnO上で分解し、電極厚み方向へ成長しているものと現在考えている。

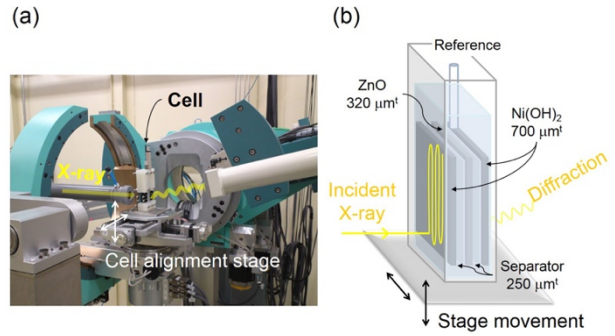


図4 (a) 透過配置XRD光学系、(b) 専用亜鉛ニッケル電池構成。

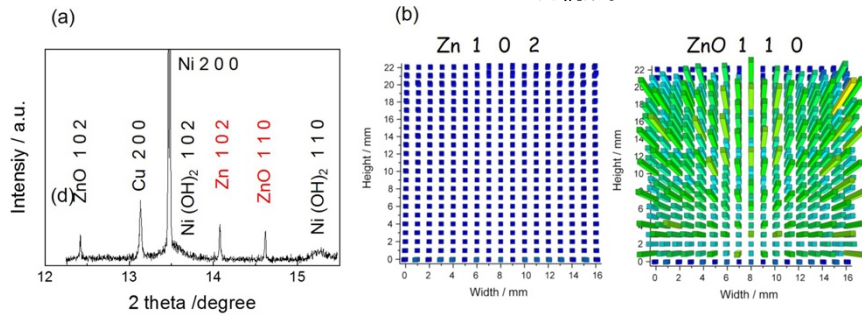


図5 (a) 亜鉛ニッケル電池の透過配置XRDパターン例、(b) 試験前電極の *in situ* XRDマッピング、(左) Zn 1 0 2、(右) ZnO 1 1 0。

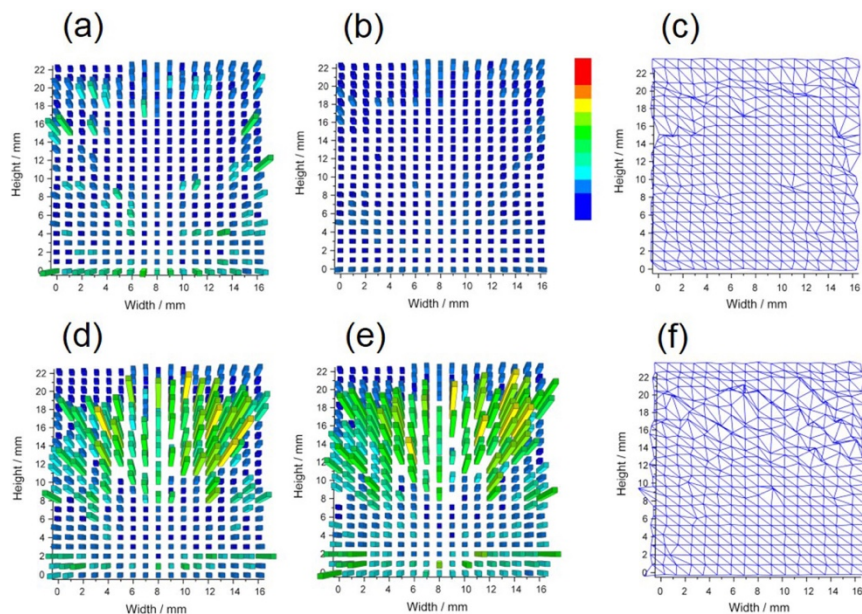


図6 *in situ* XRDマッピング。(a)-(c) Zn 1 0 2、(d)-(f) ZnO 1 1 0、(a),(d) 100 充電後、(b),(e) 100 放電後、(c),(f) 100 充放電間の強度差分。



一方、シェイプチェンジ成長とサイクル容量劣化との直接的な関係性については、いまだ十分な説明が出来ていない。現在、シェイプチェンジに至るプロセス上の何が原因で容量減少に繋がっているのか？という“容量減少の理由”に焦点を当てて、サイクル劣化真因の究明を行っている<sup>[13]</sup>。上記の *in situ* XRD マッピングによる結果もあわせて考慮すると、サイクルにともない電極中の ZnO が単調減少するのに対して Zn 金属が徐々に残存・蓄積する傾向が明らかとなってきた。今後、電極内部の 3 次元的な組成分布情報が重要になるものと考えている。

#### 4-3 亜鉛極/電解液界面の反応分布イメージング

デンドライト成長およびシェイプチェンジのメカニズム解明には、反応分布の観点からさらなる詳細な検討が必要である。ここまでは電極そのものに目を向けたが、実際の亜鉛極の充放電反応は前記(2)式の通り中間体である亜鉛溶解種が還元、酸化することにより作動する。つまり、電極界面では亜鉛溶解種をはじめとする電解液との相互作用が起きており、反応分布を捉えるためには電解液の挙動を直接的に観察することが望ましい。我々はその手法の 1 つに *Operando* 蛍光 X 線イメージング法が有効であると考えている<sup>[14]</sup>。蛍光 X 線イメージングは元素ラベリングに加えて、亜鉛極反応に適合したミリメートルスケールの広い視野および適切な空間・時間分解能を満たすことが可能である。図 7 に界面観察用に作製したモデルセルの構成図を示す<sup>[15]</sup>。作用極 (W.E.) および対極 (C.E.) には幅 10 mm、奥行き 1 mm の銅板、亜鉛板の各端面を用い、セル内壁上で極間 10 mm にて対向配置した。Zn *K* 吸収端に近い 9.800 keV の放射光 X 線をセル壁面に対して 0.25° で斜入射し、電極幅方向に 10 mm、電極/電解液方向に約 1 mm の照射領域を得た。検出器には素子上にガラスコーメータを被覆した CCD

を用い、セルに近接させ反射配置にて蛍光 X 線像を取得した。1 イメージあたり積算時間を 5 秒に固定して連続観察を行った。

本検討では模擬的に作用極上に樹枝状亜鉛デンドライトの溶解析出を行い、これを亜鉛極の充放電反応とした。まず充電反応として、樹枝状デンドライト成長が報告されている、-0.24 V vs. Zn/Zn<sup>2+</sup>にて定電位充電を行った。図 8 に充電時間に対する蛍光 X 線イメージ変化をスナップ写真で示した。蛍光 X 線強度を 256 階調のグレースケールで表現しており、256 カウント (cnt) を超える強度を赤色とした。充電前において電解液は約 30 cnt の一様な白い像となって表れており、これはあらかじめ電解液中に溶存した 0.25 M の亜鉛酸イオン (Zn(OH)<sub>4</sub><sup>2-</sup>) に相当するものと考えられる。充電開始後、亜鉛極界面近傍における強度が増加しており、亜鉛極/電解液界面への亜鉛酸イオンの拡散ならびに亜鉛金属の析出が示唆された。また、気泡を反映する円形状の陰影も観察されており、樹枝状亜鉛デンドライト成長の副反応として報告される水素ガス発生によるものと考えられる。さらに充電が進むにつれて、樹枝状亜鉛デンドライトと考えられる約 250 cnt 相当の析出物の成長が観察され、充電末までに析出物の数が増加することが観察された。また、析出物周囲においても約 70 cnt の亜鉛種の濃縮が観測されており亜鉛溶解種の濃度勾配が生じているものと考えられる。

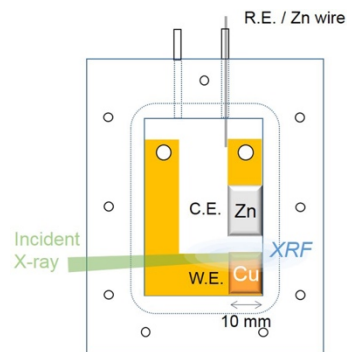


図 7 *Operando* 蛍光 X 線イメージング専用セル

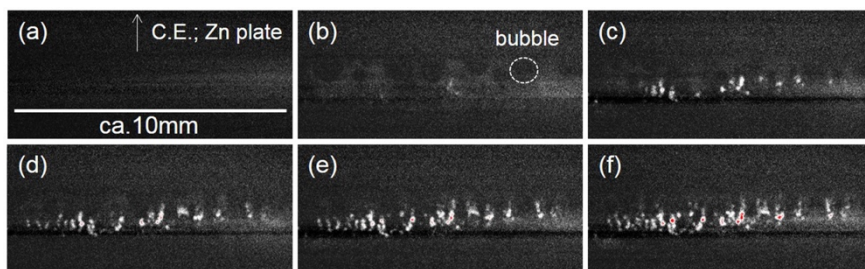


図 8 充電中における亜鉛極/電解液界面の蛍光 X 線イメージ。充電時間: (a) 0 秒、(b) 325 秒、(c) 650 秒、(d) 975 秒、(e) 1300 秒、(f) 1600 秒

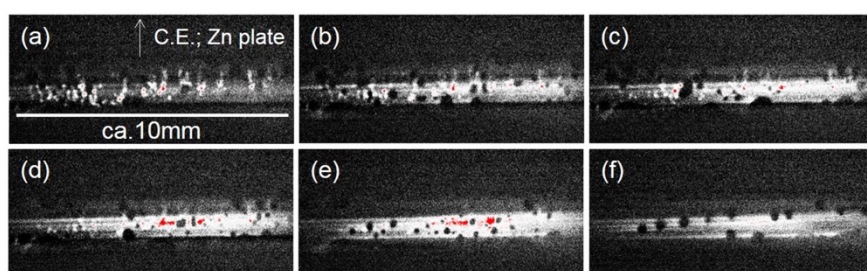


図9 放電中における亜鉛極/電解液界面の蛍光X線イメージ。放電時間：(a) 0秒、(b) 500秒、(c) 1000秒、(d) 1500秒、(e) 2000秒、(f) 2500秒

次に、図9には1時間率定電流放電(10 mA)における蛍光X線イメージを示した。放電開始後、経過時間とともに dendrite 析出物の形状が消失しつつ、亜鉛極/電解液近傍の強度が一様に増加する傾向が観察された。高強度領域内において気泡の移動ならびに強度分布のゆらぎが観測されるため、これが液相であり dendrite の酸化溶解にともなう亜鉛酸イオンの生成を示すものと考えられる。また、一部領域においては赤色で示され、飽和濃度を越える過飽和亜鉛溶解種であることが示唆された。以上のように、模擬的な実験系において亜鉛極/電解液界面近傍の亜鉛分布観察に成功した。実電極は厚みがあり観察に工夫が必要だが、亜鉛極シェイプチェンジにともなう電極中および電解液中における亜鉛分布を総合的に観察することにより、反応分布および劣化メカニズムの全体描像が見えてくるものと期待される。

## 5. 今後の展望

RISING 事業および RISING2 事業では、車載用次世代電池として  $500 \text{ Wh kg}^{-1}$  を目指した高エネルギー密度亜鉛空気二次電池の開発を進めている。試算より亜鉛極のさらなる高容量化、高利用率が必要となりミリメートルを超える電極厚みとなる見通しである。そのため、電極構造の設計により反応分布・劣化モードに影響を与えるものと予想される。また、正極である空気極についても当然ながら諸課題が存在する。素反応である空気極触媒の酸素還元・発生反応は高エネルギー密度化に直接的に関わる重要な課題であるが、空気極耐久性に関してもカーボン担体の劣化、フラグメンテーション、電解液漏液、空気極目詰まりなど3次元構造に関連する課題が存在する。

亜鉛空気電池に限ることではないが、電極/電解液界面における素反応を追うには薄膜化されたモデル

反応系が理想的であるが、一方で実電池は3次元にまで拡張された反応系であり、多孔内の電解液輸送を含む非常に複雑なシステムである。立体的に入り組む固液共存内の反応分布を解析するためには、やはり3次元にまで拡張された時分割イメージング手法が鍵になると考える。また、明確な情報が得られやすい電極と比較して、電解液については解析事例が極めて少ない。水系亜鉛二次電池のように電解液が活物質の一部を受け持つこともあり二次電池の性能を大きく左右する。そのため、電解液の挙動に着目して今後検討する必要があり、液体の分析技術の開発も重要となってくる。

放射光 X 線をはじめ近年の解析技術の発展は目覚ましい。しかし、単なる分析技術の登場だけでは、実用化を見越した研究開発の救世主になりえない。特に蓄電池では、用途に応じた使い方によって良し悪しが決まる分野である。エネルギーを貯めるということは、耐久テストや繰り返し性能など、時間がかかる測定が必要であることは自明である。「短い時間で測定出来る」ことをウリにしているビームラインで、長期間測定するのは非現実的である。産業界に多いこのような要望に対しても、随時測定出来るなど体制を整えることで、放射光施設と連動した研究開発が加速されるものと思われる。今後プロダクトを作る側、そして、使う側と一体になった、人・組織を横断した解析プラットフォーム作りが益々大事になってくるであろう。

## 謝辞

本研究は、BL28XU の課題番号 2012A7602、2015A7602、BL47XU の課題番号 2012A1027 のもとで行われたものであり、NEDO の「革新型蓄電池先端科学基礎研究 (RISING) 事業」および「革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発 (RISING2) 事業」ならびに関係各位に深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- [ 1 ] D. Bresser, K. Hosoi, D. Howell, H. Li, H. Zeisel, K. Amine and S. Passerini: *J. Power Sources* **382** (2018) 176-178.
- [ 2 ] J. Goldstein, I. Brown and B. Koretz: *J. Power Sources* **80** (1999) 171-179.
- [ 3 ] G. Savaskan, T. Huh and J. W. Evans: *J. Appl. Electrochem.* **22** (1992) 909-915.
- [ 4 ] F. R. McLarnon and E. J. Cairns: *J. Electrochem. Soc.* **138** (1991) 645-664.
- [ 5 ] H. Tanida, K. Fukuda, H. Murayama, Y. Orikasa, H. Arai, Y. Uchimoto, E. Matsubara, T. Uruga, K. Takeshita, S. Takahashi, M. Sano, H. Aoyagi, A. Watanabe, N. Nariyama, H. Ohashi, H. Yumoto, T. Koyama, Y. Senba, T. Takeuchi, Y. Furukawa, T. Ohata, T. Matsushita, Y. Ishizawa, T. Kudo, H. Kimura, H. Yamazaki, T. Tanaka, T. Bizen, T. Seike, S. Goto, H. Ohno, M. Takata, H. Kitamura, T. Ishikawa, T. Ohta and Z. Ogumi: *J. Synchrotron. Rad.* **21** (2014) 268-272.
- [ 6 ] H. Murayama, K. Kitada, K. Fukuda, A. Mitsui, K. Ohara, H. Arai, Y. Uchimoto, Z. Ogumi and E. Matsubara: *The Journal of Physical Chemistry C* **118** (2014) 20750-20755.
- [ 7 ] K. Tokuda, T. Kawaguchi, K. Fukuda, T. Ichitsuho and E. Matsubara: *APL Materials* **2** (2014) 070701.
- [ 8 ] T. Kawaguchi, K. Fukuda and E. Matsubara: *Journal of Physics: Condensed Matter* **29** (2017) 113002.
- [ 9 ] J-i. Yamaki, S-i. Tobishima, K. Hayashi, K. Saito, Y. Nemoto and M. Arakawa: *J. Power Sources* **74** (1998) 219-227.
- [10] A. Nakata, H. Murayama, K. Fukuda, T. Yamane, H. Arai, T. Hirai, Y. Uchimoto, J-i. Yamaki and Z. Ogumi: *Electrochim. Acta* **166** (2015) 82-87. (<https://doi.org/10.1016/j.electacta.2015.03.076>)
- [11] J. McBreen: *J. Electrochem. Soc.* **119** (1972) 1620-1628.
- [12] A. Nakata, H. Arai, H. Murayama, K. Fukuda, T. Yamane, T. Hirai, Y. Uchimoto, J-i. Yamaki and Z. Ogumi: *APL Materials* **6** (2018) 047703. (<https://doi.org/10.1063/1.5011272>)
- [13] 中田明良, 荒井創, 西尾晃治, 小久見善八, 松原英一郎: *電池技術* **31** (2019) in press.
- [14] H. Eba and K. Sakurai: *Photon Factory Activity Report 2002* **20** (2003) 173.
- [15] A. Nakata, K. Fukuda, H. Murayama, H. Tanida, T. Yamane, H. Arai, Y. Uchimoto, K. Sakurai and Z. Ogumi: *Electrochemistry* **83** (2015) 849-851. (<https://doi.org/10.5796/electrochemistry.83.849>)

中田 明良 NAKATA Akiyoshi

京都大学 産官学連携本部  
〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄  
TEL : 0774-38-4981  
e-mail : nakata@saci.kyoto-u.ac.jp

木内 久雄 KIUCHI Hisao

京都大学 産官学連携本部  
〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄  
TEL : 0774-38-4981  
e-mail : h-kiuchi@saci.kyoto-u.ac.jp

森田 将史 MORITA Masahito

京都大学 産官学連携本部  
〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町  
TEL : 075-753-7574  
e-mail : m-morita@saci.kyoto-u.ac.jp

福田 勝利 FUKUDA Katsutoshi

京都大学 産官学連携本部  
〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町  
TEL : 075-753-7596  
e-mail : k-fukuda@saci.kyoto-u.ac.jp

安部 武志 ABE Takeshi

京都大学 大学院工学研究科  
〒615-8520 京都府京都市西京区京都大学桂  
TEL : 075-383-2487  
e-mail : abe@elech.kuic.kyoto-u.ac.jp

BL28XU の概要は以下をご覧ください。  
[http://www.spring8.or.jp/wkg/BL28XU/instrument/lang/INS-0000001545/instrument\\_summary\\_view](http://www.spring8.or.jp/wkg/BL28XU/instrument/lang/INS-0000001545/instrument_summary_view)

専用ビームラインの研究から  
 ～BL36XU（電気通信大学）～

## オペランド大気圧硬 X 線光電子分光による固体高分子形燃料電池の劣化・被毒機構追跡

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  
 横山 利彦、高木 康多、中村 高大  
 名古屋大学 大学院理学研究科 唯 美津木  
 電気通信大学 燃料電池イノベーション研究センター  
 宇留賀 朋哉、岩澤 康裕

### Abstract

固体高分子形燃料電池の劣化・被毒機構の解明を目的とした先端触媒構造反応リアルタイム計測ビームライン BL36XU に設置した雰囲気制御硬 X 線光電子分光装置について、最近の成果概要を 2 件ほど紹介する。第一は、完全大気圧下での光電子分光測定に成功した成果である。完全大気圧下光電子分光測定の実現は SPring-8 アンジュレータからの高輝度硬 X 線マイクロビームが利用できたことが成功の第一義的要因であるといえる。第二は、本装置を用いて、一般には不可能とされる電気化学セルの電解質電位が容易に計測できることを明示したことである。さらに、この各相電位計測法を通して、固体高分子形燃料電池中の硫黄不純物の挙動を追跡するために、観測された各硫黄含有化学種の電位を光電子分光で測定し、その化学種が正極・負極・電解質のいずれの相に存在するかを決定できるという新たな方法論を提唱できた。

### 1. はじめに

固体高分子形燃料電池 (Polymer Electrolyte Fuel Cell, PEFC) は、クリーンでポータブルな特徴を有し、大規模な利用が期待されるエネルギー源であり、世界に先駆けてトヨタミライが量産燃料電池車として販売され、現在ではホンダからクラリティも生産・販売されている。今後の大量生産のためには電極触媒である貴金属 Pt の飛躍的低減が必須の案件であり、PEFC の一層の高性能・高耐久性を目標とした、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 「固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発」プロジェクトが遂行中である。このプロジェクトにおいて、PEFC の長期劣化機構や被毒機構の解明を主たる研究目的に据えた研究開発テーマ「時空間分解 X 線吸収微細構造 (XAFS) 等による触媒構造反応解析」の一環として、先端触媒構造反応リアルタイム計測ビームライン BL36XU が建設された。本ビームラインは、電気通信大・名大・分子研が中心となり、理研・JASRI の協

力のもと構築された高時空間分解能をもつ専用 XAFS 計測ステーション<sup>1)</sup>であり、ここに硬 X 線光電子分光測定装置<sup>2)</sup>も設置され、現在まで安定に運用されている。

本稿では、世界初の完全大気圧下での光電子分光測定が可能となった硬 X 線光電子分光測定装置の開発<sup>3)</sup>と、これを用いた PEFC 電極触媒の硫黄被毒追跡<sup>4)</sup>に関する最新の研究成果を紹介する。燃料電池に限らず、一般に電池は正極・電解質・負極の 3 相からなり、動作下ではそれぞれの相の電位が異なる。光電子分光は、化学種の同定に加えて、その化学種を含む相の電位を計測できる点で、電池や電圧印加中の各種素子の動作下での解析に有効であることを強調したい。

### 2. 大気圧硬 X 線光電子分光

光電子分光法は、電子の運動エネルギーや運動量を精度よく測定する分光法であるから、通常は(超)高真空下での計測が求められる。しかしながら、たとえば触媒表面反応では反応気体存在下と真空下では触媒

表面状態が明らかに異なっているはずであり、反応機構の詳細な理解のためには、実際に反応が起きているその場をそのまま観測したいという要望が強く、最近の飛躍的な装置的性能向上のおかげで、漸く気体中での計測も可能となってきた段階である<sup>[5,6]</sup>。気体中での光電子分光計測で重要なことは、なんとと言っても光電子の平均自由行程を長くすることであり、そのためには光電子の運動エネルギーを大きくするのがよい。たとえば、60  $\mu\text{m}$  長の空気中では、100 eV の光電子は圧力 2,000 Pa (約 0.02 気圧) 程度で強度 5% まで減衰してしまうが、10,000 eV の光電子では強度 5% まで減衰するときの圧力は 100,000 Pa (約 1 気圧) である<sup>[6]</sup>。我々は、BL36XU で X 線エネルギーを 8,000 eV 程度とし (通常の軟 X 線光電子分光は 1,000 eV 程度を用いる)、大気圧までの光電子分光測定を目指した。

図 1 に用いた電子分光器 Scienta-Omicron HiPP-2<sup>[7]</sup> の概要図を示した。左端の試料から放出された光電子

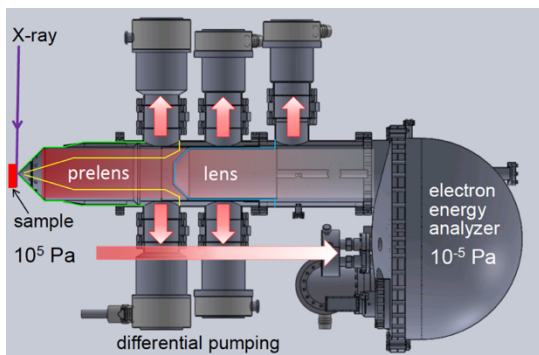


図 1 BL36XU 設置の雰囲気制御電子分光器 Scienta Omicron Hipp-2 の概要図<sup>[7,8]</sup>。

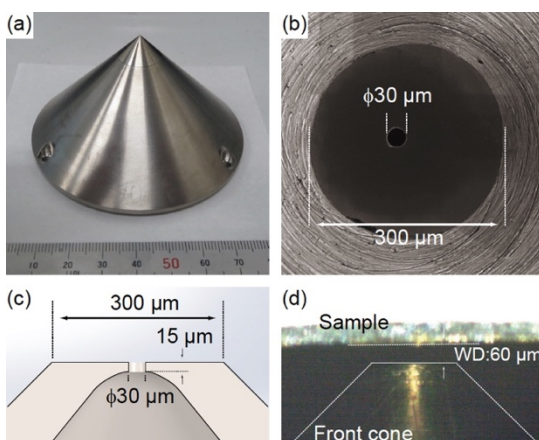


図 2 (a) 電子分光器先端円錐。(b) 先端電子入口穴 (直径 30  $\mu\text{m}$ ) の走査電子顕微鏡像。(c) 先端の円錐部分断面模式図。(d) 試料と電子分光器先端の円錐部の写真<sup>[3,7]</sup>。

はプリレンズ・レンズを通して半球型の電子エネルギー分析器に入り、半円を描いて検出器に到達する。半球型部分は(超)高真空が必須となる。試料雰囲気圧  $10^5$  Pa から窓なしで 6 台のターボ分子ポンプを用いて差動排気して計測可能条件を満足させている。

図 2 は大気圧光電子分光計測のために作成したプリレンズ・電子分光器先端部の写真で、図 2(d)における配置では、試料との距離を 60  $\mu\text{m}$  としている。これを達成するため、BL36XU の光電子分光測定位置で X 線ビームサイズを 20  $\mu\text{m}$  にまで集光し、また、試料位置調整機構も  $\mu\text{m}$  レベルの高精度のものとした。市販品電子分光器先端入口穴の最小直径は 300  $\mu\text{m}$  であったが、これでは電子分光器内の高真空が保てないため 30  $\mu\text{m}$  のものを自作した。先端円錐の頂点に 30  $\mu\text{m}$  の穴を開けることは意外と難しく、分子研のナノ加工技術 (分子科学研究所・装置開発室と機器センター) が役に立った。試料との距離を 60  $\mu\text{m}$  より有意に短くすると、光電子強度は稼げるが、電子分光器が試料周りの気体を吸引し、表面圧力が低下してしまう。60  $\mu\text{m}$  が流体力学的にも妥当な間隔であるといえる。

図 3 は、これらの条件のもとで測定された Au(111) 単結晶を試料とした評価測定結果で、世界初の完全大気圧光電子スペクトルである。X 線エネルギーは 7.94 keV とした。(c) のスペクトルを得るのに 30 分程度要した。(b) は光電子強度の圧力依存性 (片対数) で、これが直線であることは表示圧力が試料表面の圧力に一致することを示唆し、直線の傾きから求めた光電子の散乱

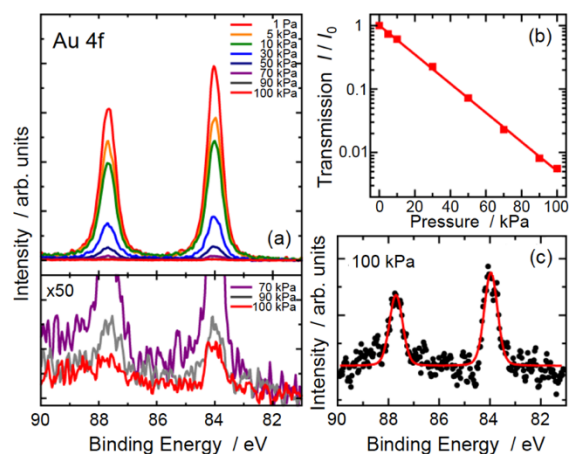


図 3 (a) Au(111) 単結晶 Au 4f 光電子スペクトル ( $h\nu = 7.94$  keV) の雰囲気空気圧依存性。下は縦軸拡大図。(b) 光電子強度の圧力依存性。(c) 大気圧 ( $10^5$  Pa) 下での Au 4f 光電子スペクトル<sup>[3,7]</sup>。

断面積 $(3.5 \pm 0.1) \times 10^{21} \text{ m}^2$ は文献値 $3.6 \times 10^{21} \text{ m}^2$ <sup>[9]</sup>とよく一致し、横軸の圧力が定量的に正しいことを証明している。このことが世界初の完全大気圧光電子スペクトルであることの根拠となっている。

### 3. PEFC 動作下での電解質電位測定と被毒硫黄吸着

PEFC の詳細は文献[2,3,4,7,11]を参照していただくことにするが、図4にPEFCの概念図を示した。ここで用いたPEFCは、正負極とも2~3 nmのPtナノ粒子を導電性炭素担体電極上に分散担持させたもので、H<sup>+</sup>を輸送する正負極間の電解質はNafionと呼ばれるスルホン基(-SO<sub>3</sub>H)を大量に含有する固体高分子フィルムである。さらに、Pt/C電極と電解質の接触をよくするため、ionomerと呼ばれる糊状のNafionも添加している。H<sup>+</sup>輸送には十分な湿度が必須であり、発電時は、正極に湿った酸素、負極に湿った水素を導入する。電解質Nafionフィルムは正極酸素と負極水素が混ざらないように仕切り板の役割も有していて、光電子分光計測でも正負極の雰囲気との隔離に大変好都合である。

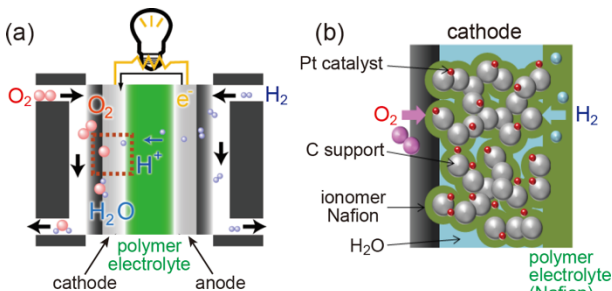


図4 (a) PEFC 概念図。負極 (anode) に燃料 (水素)、正極 (cathode) に酸素が導入され、生じる水の生成熱を電気エネルギーに変換する。(b) cathode 概要図。電極は Pt ナノ粒子/C 担体、H<sup>+</sup>を伝導する電解質は水を含む固体高分子 Nafion。

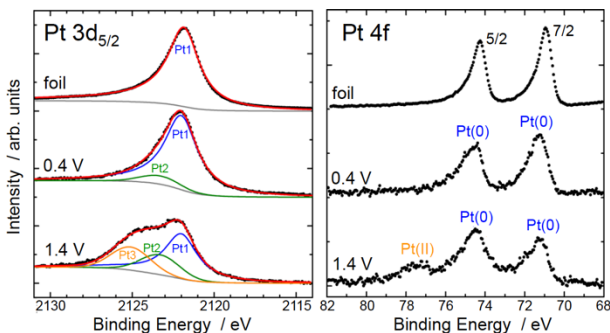


図5 PEFC 動作下 (試料温度 $\sim 40^\circ\text{C}$ ) での正極 Pt 3d<sub>5/2</sub>、4f 光電子スペクトル ( $h\nu = 7.94 \text{ keV}$ ) の正負極間電圧依存性<sup>[10]</sup>。

図5にPEFC動作下での正極 Pt 3d<sub>5/2</sub>、4f 光電子スペクトルの正負極間電圧依存性を示した。正極には4,000 Paの水蒸気のみを導入し酸素は導入せず、負極には十分湿った水素1気圧を導入した。したがって、電流は流れないが、正負極間電圧を外部ポテンシostat電源により一定に制御することで、PEFCが発電時に正負極間電圧が0.4、1.4 Vになったときの電極状態を観測していることに相当する。0.4 Vでは、金属Pt[Pt(0)]が支配的で、表面吸着等によってやや酸化されたPt(形式的にPt(I)と記載)が存在するのみである。一方、1.4 Vになると、Pt(II)が現れ、その割合はナノ粒子表面のPtがほぼすべて2価まで酸化したとすると説明できる量である。

我々は、このような動作下での系中に含まれる硫黄の挙動を検討した。図6に図5と同様の条件で観測したS 1s光電子スペクトルを示した。本測定では正極を常に接地しており、横軸の結合エネルギーも接地基準で与えられている (電子分光器も常に接地されている)。図6でS1と記したピークはNafionスルホン基(6価S)であるが、この測定時に意図的には含硫黄物質を導入しておらず、S1以外のS2、S3、S4の存在はまったく自明ではなく、PEFC動作にとっておそらく好ましくない化学種の存在と思われる。

図6で、S1 (電解質Nafion)の結合エネルギーは、正負極間電圧の増大とともに低エネルギー側にシフトしている。正極は接地されており常に電位0 Vである。また、接地されたNafionのS 1s光電子スペクトルは別途測定しているので、これらから正負極各電圧

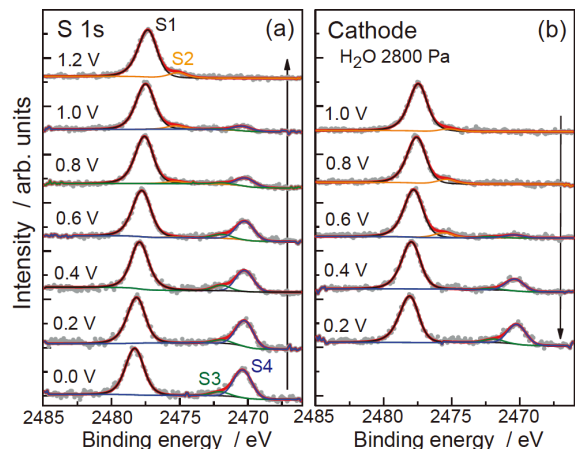


図6 PEFC 動作中の正極 S 1s 光電子スペクトル。動作条件は図5とほぼ同じ。記載電圧は正負極間電位。(a)は正負間電圧上昇時、(b)は下降時<sup>[4]</sup>。

印加状態での電解質 Nafion の電位を決定できる（詳細は図 9 にて後述する）。一般に正負間電圧 0 V でも、電解質と電極間には電気二重層が生じ得るので、電解質電位は 0 V にはならないことに留意する必要がある。一方、図 6 の S4 の結合エネルギーは正負間電圧に依らず一定である。すなわち、S4 は正極に位置し、結合エネルギーから硫化物的な硫黄であるといえ、結局、Pt 電極表面に吸着した S と結論できる。

図 7 には負極の S 1s 光電子スペクトルを示した。負極の電位は、正極が接地されているので、正負間電圧だけ負電位であることは自明である。負極では正極とは逆に正負間電圧が大きくなるほどより還元雰囲気となるため、高電圧側で Pt 吸着 S が出現してきている。まとめとして、図 8 に各 S 含有化学種の結合エネルギーの正負間電圧依存性を示した。この図から、S3、S4 は電極に吸着した硫黄成分といえ、その結合エネルギーから S4 は Pt 吸着 S に相違なく、S3 は不確実性が残るものの電極に吸着した 0 価程度の硫黄と推定される（詳細は文献[4]参照）。電極に吸着した 0 価程度の硫黄の起源としては、担体 C にもともと含有されていた不純物 S（チオエーテル）か、何らかの副次的反応で動作中に生じた担体 C に吸着した硫黄が考えられる。

図 6、7 から Pt 吸着 S (S4) がかなり大量に存在することが明らかになった。粗い見積りで、S4 の寄与が大きいときは表面第 1 層 Pt の 1/3~1/4 程度も S が吸

着していることになる。S 被毒による PEFC の性能低下が起きていると推察できる。また、特に注目したい硫黄化学種は S2 である。S2 は結合エネルギーから 4 価の S に帰属でき、図 8 の正負間電圧依存性から電解質に位置することがわかる。すなわち、電解質の水に溶解した亜硫酸イオン  $\text{SO}_3^{2-}$  と推定できる。 $\text{SO}_3^{2-}$  は Pt 吸着 S の減少と連動して出現しているの、正負間電圧が高くなることで、正極 Pt 電極に吸着した S が酸化され  $\text{SO}_3^{2-}$  として脱離していると結論できる。以上のように、光電子分光により各化学種の電位を測定することで、その化学種がどの相に存在しているかを明

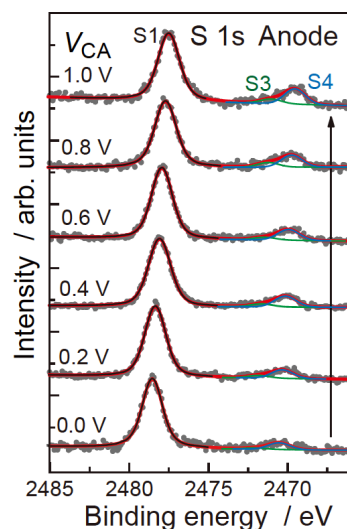


図 7 PEFC 動作中の S 1s 光電子スペクトル。動作条件は図 6 とほぼ同じ。記載電圧は正負極間電圧<sup>[4]</sup>。

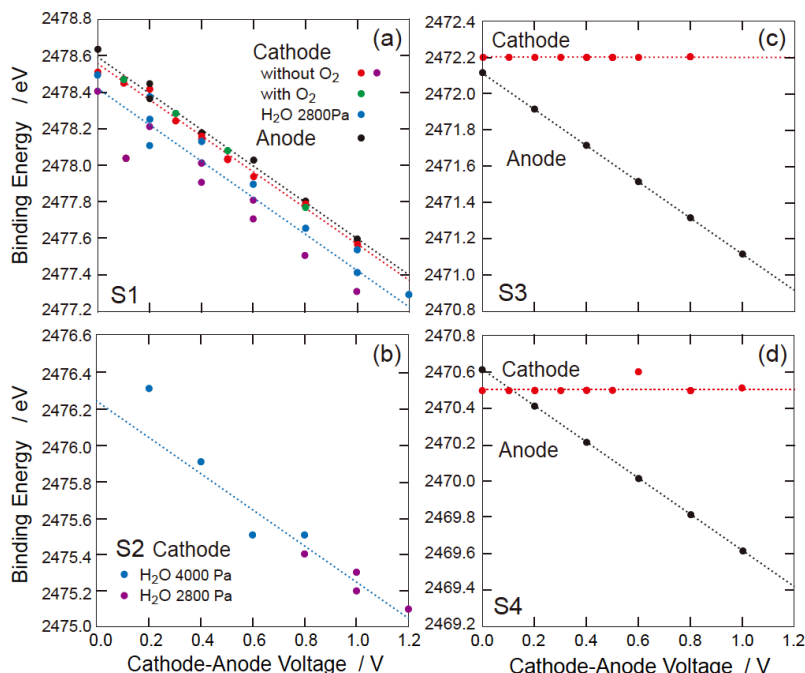


図 8 各 S 含有化学種の結合エネルギーの正負極間電圧依存性<sup>[4]</sup>。

確に決定でき、このことは(準)大気圧光電子分光法の新しい有効な手法の特徴を提言するものである。

電解質の電位はテスター等の電極を接触させても測定できるものではない。なぜなら、動作可能な電池・電気化学セルの電解質に新たなテスター電極を挿入・接触させると、テスター電極と電解質の界面にも電気二重層が形成され、電解質とテスター電極間に電位差が生じるためである。したがって、テスター電極を接触させることなく電解質の電位が計測できる点も(準)大気圧光電子分光法の有用な特徴といえる。

本計測で得られた電位ダイアグラムを図9に示した。まず注目したいのは、負極(図右側)であり、負極自体の電位が0 Vから-1 Vまで大きく変わっても電気二重層の電圧(電解質と負極間の電位の飛び)がほとんど変化していないことである。PEFCの負極は電極がPt(ナノ粒子)|H<sup>+</sup>(Nafion)/H<sub>2</sub>(gas)で形成され、標準水素電極に近い。標準電極には、正負間電圧が変化しても標準電極-電解質間電圧が変化しないことが期待される。正極電気化学反応を検討する場合、テスターで測定可能な正極-標準電極間電圧の関数として正しく理解できるようにするためである。図9の結果は、本系がその理想に近い状態であることを

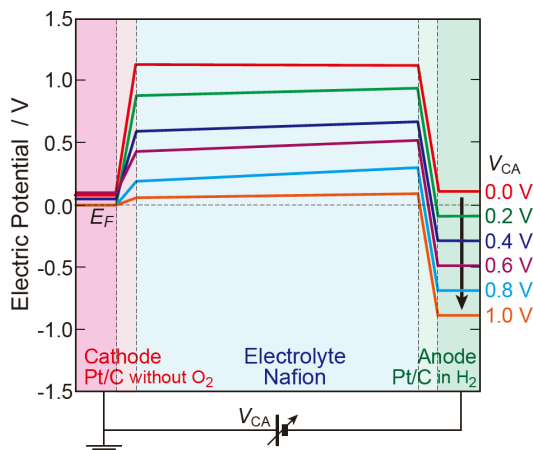


図9 S 1s 光電子分光測定により決定された PEFC 正極・電解質・負極電位<sup>[4]</sup>。

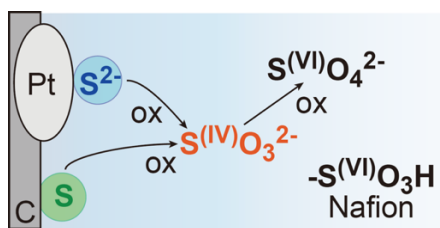


図10 正極における S 含有化学種の吸着と反応性脱離モデル<sup>[4]</sup>。

示しており、参照極を導入せず負極のみで PEFC 性能評価が行える根拠になっている。

本節のまとめとして、図10にSの関わる電極反応模式図を示した。Pt吸着SやC吸着S(あるいはC中のチオエーテル)は、正負間電圧の上昇とともに酸化され、一旦SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>として電解質に溶け出す。その後安定なSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>まで酸化される。この研究で未解決の点は、そもそもの硫黄の起源である。PEFCには大量のスルホン基を有するNafionが電解質として存在するので、まず、これが還元雰囲気下でPtと接触することで還元される可能性が考えられる。また、電極担体Cにもともと含まれるチオエーテル系の含有硫黄が溶出する可能性もあり得る。前者は安定な6価の硫黄が果たして2価まで還元され得るのか(4価の硫黄が比較的容易に2価まで還元されることはよく知られている)、後者はもともと硫黄含有量が低いC担体を用いているにも関わらずこれほど大量の硫黄が溶け出せるのかという疑問が残り、解決すべき今後の課題である。

#### 4. まとめ

固体高分子形燃料電池の劣化・被毒機構解明のための XAFS 測定を主目的として建設された先端触媒構造反応リアルタイム計測ビームライン BL36XU に設置した雰囲気制御硬 X 線光電子分光装置について、その成果概要を紹介した。一つ目は、世界初の完全大気圧下での光電子分光測定に成功したことである。もう一つは、本雰囲気制御硬 X 線光電子分光装置を用いることで、一般には不可能とされる電気化学セルの電解質電位が計測可能であることを明示できた。さらに、PEFC 中の硫黄不純物の挙動を追跡するために、各化学種の電位を光電子分光で測定することにより、その化学種がどの相に存在するかを決定できる新たな方法論を提唱することに成功した。

本稿では、大気圧あるいは気体存在下の光電子分光法の燃料電池への応用について述べたが、本手法は極めて多岐にわたる分野への応用が可能である。特に固液界面等、相ごとに異なる電位を有するシステムの状態解析における有効性を強調したい。触媒等の表面反応追跡、動作中の蓄電池・太陽電池、濡れた状態の生体試料などへの活用が期待される。



謝辞

本研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業において実施され、使用したビームラインはすべて BL36XU である。課題番号は、2014A7810、2014A7811、2014B7810、2014B7811、2015A7810、2015B7810、2016A7810、2016A7811、2016B7810、2016B7811、2017A7810、2017B7811、2018A7810、2018A7811 である。また、高木は、日本学術振興会 (JSPS) から科学研究費補助金若手研究 (A) (15H05489) の支援を受けた。最後に、一連の本研究における共同研究者の方々 [Yu Liwei, Heng Wang, Suwilai Chaveanghong, 上村洋平、正岡重行 (分子研)、池永英司、大橋治彦、仙波泰徳、湯本博勝、山崎裕史、後藤俊治 (JASRI)、関澤央輝、坂田智裕、Gabor Samjeské (電通大) (所属はいずれも原著論文発表時)] に感謝を表す。

参考文献

- [ 1 ] O. Sekizawa, T. Uruga, Y. Takagi, K. Nitta, K. Kato *et al.*: *J. Phys.: Conf. Ser.* **712** (2016) 012142.
- [ 2 ] Y. Takagi, H. Wang, Y. Uemura, E. Ikenaga, O. Sekizawa *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **105** (2014) 131602.
- [ 3 ] Y. Takagi, T. Nakamura, L. Yu, S. Chaveanghong, O. Sekizawa *et al.*: *Appl. Phys. Express* **10** (2017) 076603.
- [ 4 ] L. Yu, Y. Takagi, T. Nakamura, T. Sakata, T. Uruga *et al.*: *J. Phys. Chem. C* **123** (2019) 603-611.
- [ 5 ] D. E. Starr, Z. Liu, M. Hävecker, A. Knop-Gericke and H. Bluhm: *Chem. Soc. Rev.* **42** (2013) 5833-5857.
- [ 6 ] H. J. Ruppender, M. Grunze, C. W. Kong and M. Wilmers: *Surf. Interface Anal.* **15** (1990) 245-253.
- [ 7 ] Y. Takagi, T. Uruga, M. Tada, Y. Iwasawa and T. Yokoyama: *Acc. Chem. Res.* **51** (2018) 719-727.
- [ 8 ] Scienta Omicron GmbH, Taunusstein. Electron Spectroscopy HAXPES-Lab.: <http://www.scientaomicron.com/en/products/354/1179>.
- [ 9 ] A. Jain and K. L. Baluja: *Phys. Rev. A* **45** (1992) 202.
- [ 10 ] Y. Takagi, H. Wang, Y. Uemura, T. Nakamura, L. Yu *et al.*: *Phys. Chem. Chem. Phys.* **19** (2017) 6013-6021.
- [ 11 ] L. Yu, Y. Takagi, T. Nakamura, O. Sekizawa, T. Sakata *et al.*: *Phys. Chem. Chem. Phys.* **19** (2017) 30798-30803.

横山 利彦 YOKOYAMA Toshihiko

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  
〒444-8585 愛知県岡崎市明大寺町字西郷中 38  
TEL : 0564-55-7345  
e-mail : yokoyama@ims.ac.jp

高木 康多 TAKAGI Yasumasa

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  
(現所属)  
(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  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0803 ext 3722  
e-mail : ytakagi@spring8.or.jp

中村 高大 NAKAMURA Takahiro

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  
〒444-8585 愛知県岡崎市明大寺町字西郷中 38  
TEL : 0564-55-7345  
e-mail : t-nakamura@ims.ac.jp

唯 美津木 TADA Mizuki

名古屋大学 大学院理学研究科  
〒464-8602 名古屋市千種区不老町  
TEL : 052-788-6200  
e-mail : mtada@chem.nagoya-u.ac.jp

宇留賀 朋哉 URUGA Tomoya

電気通信大学 燃料電池イノベーション研究センター  
(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  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1 丁目 1-1  
TEL : 0791-58-0803 ext 3836  
e-mail : urugat@spring8.or.jp

岩澤 康裕 IWASAWA Yasuhiro

電気通信大学 燃料電池イノベーション研究センター  
〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1 丁目 5-1  
TEL : 042-443-5921  
e-mail : iwasawa@pc.uec.ac.jp

BL36XU (電通大ビームライン) のホームページ。  
<http://www.spring8.or.jp/wkg/BL36XU/instrument/lang/INS-0000001554>  
<http://www.icfc.uec.ac.jp/>

# 新分野創成利用課題報告

## 固液界面構造解明

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC)

分野融合研究 (実用) グループ 高尾 正敏

### Abstract

SPring-8 を取り巻く多様な研究者間の横のつながりを強化することを目的に設置された「SPRUC 分野融合型研究グループ」の一つである「実用」の理念を体現するため、2016B-2018A 期の 4 期・2 年にわたり、新分野創成利用課題「固液界面構造解明と可視化および構成物質間のダイナミクス」を実施した。トップダウン式の課題設定と研究者間の密接な情報交換を両輪に、5 つの研究グループが複数のビームラインで、実用材料・デバイスの固液界面のうち主に液体側の現象解明を目的とした課題設定と放射光利活用研究が推進された。各グループはアカデミア中心のもの、企業中心のものがあり、当初はそれぞれで研究が始まったが、測定データの共有、課題解決手段の理解が深まった結果、時間が経るにつれ、自然発生的に産学連携を含むグループ間の協力体制が進化してきた。特に既に上市されて実用されている先端材料や伝統的な材料に潜在する、未知の現象、未解明の課題をバックキャストで解決することを目指して、SPRUC の分野融合の取り組みが効果を発している。システムとしても自然な産学連携が実現している。

### 1. はじめに

本報告は、SPring-8 ユーザー協同体 (以下、SPRUC) の顧問会などで発議され、評議員会で設置が決定された、分野融合研究 (実用) グループ活動の出口として 2015 年度より新たに設定された新分野創成利用課題に採択された課題に関するものである。検討が始まったのは、SPring-8 の供用が開始されてから 20 年になるうとしており、また具体的なアップグレードの検討が始まろうとしていた時期である。ユーザー組織を改編し、SPRUC が設立されたのも、ユーザー側も呼応して課題の整理・検討をする必要があったからである。

複数の課題の中で、(1) 測定技術の進化・深耕中心の利活用から、物質・材料や医用関連の課題解決型の利活用の割合を増やす、(2) 供用開始時はユーザー全員が新規であったものが、20 年経つとユーザーの固定化が危惧されるので、広い学術・工学分野あるいは産業界から新たなユーザー (New Comer) の利用参加を促す、さらに (3) 発展的に SPRUC の研究会へと進化させる、という観点で (1)、(2) および (3) を満たす具体的研究プログラム活動として分野融合という概念が提案された。当初は 4 つの領域が設定され、そのうちのひとつが本研究プロジェクト「実用」である。領域設定後約 2 年間の調査準備期間を経て

2016 年後半からプロジェクトを開始した。

一方、施設側でも、同じ課題認識に基づき、新たな利用制度「新分野創成利用課題」を 2015 年度に設定してくださったので、SPRUC の「実用」プロジェクトとして、課題名「固液界面構造解明と可視化および構成物質間のダイナミクス」として 2016 年度に応募し採択された【補足 1、2 参照】。

### 2. 研究テーマ設定

「実用」研究グループでは、実用材料の開発加速に向けて、実用上未解明の技術ボトルネックに真正面から取り組むために、背景のサイエンスをきちんと研究解明すること。そのために最先端の放射光施設を徹底的に使うことを基本精神とした研究者コミュニティ作りを行う。活動内容はいくつかのテーマ候補の中から、キーワードである「実用」を鑑みて、社会的なインパクトが大きい「創・蓄・省エネルギーデバイスおよび製造プロセス」について、近年、重要度が高まってきた「上市済みの製品の高度化や、既存インフラ設備の寿命改良」に注目することとした。これらには、既に社会実装が進んでおり、百年以上の歴史のある基盤デバイスや、高度成長時代に作られた構造物が含まれている。物質・材料は日々進化しており、従っ

て素材・デバイスの特性も進化してきているので、伝統的なものであっても、解決しなければならない課題も減ることはなく、増加してきている。これらの素材・デバイスは、単独の材料より成り立っているわけではなく、様々な材料・デバイスを組み合わせた所謂摺り合わせに基づくシステムとして稼働している。材料間や環境との摺り合わせの接点の一つである界面・表面での物質移動、化学反応については、すべて解明されているわけではない。そこで、放射光を利活用して、固液界面を中心とする界面近傍での物質移動、化学反応を解明できるかについて、調査検討を行い、併せて、SPRING-8での新分野創成についても検討を行った。

### 3. 課題認識

二次電池の界面現象については、様々なモデルが提唱され、その検証のために放射光を利用して多数の実験がなされてきている。しかし、特に電気化学反応を伴う過程については、ミクロな反応素過程とマクロなエネルギー（ギブスの自由エネルギー）蓄積変化移動が一對一で紐付けされているとは言えない。今までは、物質材料の観測・計測については、実験手段が豊富で、実験結果の解析が結晶の周期性を活用できる固体電極側に偏りがちであったし、今後も当分の傾向が続くと思われる。システム的には二次電池の場合の固液界面の一方である電解質溶液内での、イオンや溶媒、あるいは添加物の挙動については観測手段が手軽に利用できないこともあり、大局観があり、説得性のあるデータが得られていないのが現状である。

一方、近年、電解質や電極表面などの現象解明については、スーパーコンピュータの性能の進化とともに、第一原理計算を用いたシミュレーションが威力を発揮しつつある。今のところ、計算領域（セル）は大きいとは言えないが、それでも溶媒分子を数千個取り扱うことが可能になってきており、計測手段を工夫すれば、メゾスコピック領域で実験と計算を比較することができるまで来ている。今後は、分子動力学や第一原理計算に加え、物理イメージを高めるための、研究者の直感と整合性のある物理モデル構築が重要となってくる。試料準備、計測、シミュレーション・理論の協働作業が今まで以上に重要である。

固液界面との関連で、溶媒とイオンの相互作用であ

る溶媒和と脱溶媒和が、デバイスの性能に影響を与えることが知られている。電解液を構成する溶媒分子は、陽イオン（Li<sup>+</sup>など）の周囲を取り囲むことにより、局所構造が安定化される（溶媒和）。二次電池の場合には、電解液から正負電極へイオンが移動する時に脱溶媒和がおこる。また、イオンが電解液中を移動する時には、溶媒の衣を着ているので、イオン伝導度に関しては、溶媒和構造が大きく影響すると考えられている。これらのことから溶媒和、脱溶媒和のダイナミクスを調べることも重要である。溶媒としては、水系、非水系あるいはイオン液体のような熔融塩などのバラエティがある。最近のトピックスとしては、電解液全体で溶媒和して、自由溶媒分子が極度に少ない高いイオン濃度下でのイオン伝導の増大が興味を持たれている。この状況はおそらく、溶媒分子はすべて陽イオンの周囲を囲んでいて、自由な溶媒分子が存在しない状況と推定されているので、電解液の化学反応性やイオン伝導機構が、希薄イオン濃度と異なっていると推定できる。高イオン濃度電解液の構造と輸送現象の関係は全固体電池への展開可能性もあることを実験的に確かめる必要がある。これらは、比較的緊急性のある課題であり、企業研究者を含む物づくりをよく理解しているメンバー、放射光利用に長けたメンバー、理論およびシミュレーションを実行できるメンバーが分野融合を目指して一同に会するような体制を構築することが必要である。

上記では、主に二次電池を想定しての議論であったが、固液界面現象は他のデバイスや構造材でも重要な役割がある。例えば、本多・藤島効果で代表される光による水素発生、人工光合成、電解・無電解メッキ、腐食、電気化学センサー、固体触媒での液相でのダイナミクス解明が求められている（不均一触媒）などである。これらも固液界面である。

本プロジェクトは、現実に利活用されている材料デバイスから「バックキャスト」される様々な課題群の科学的説明を目指しての活動である【補足3】。さらに、ガソリン自動車の排ガス処理 3 元触媒に代表される、固体と気体の界面（固気界面）の気体側の物質ダイナミクスも重要であるが、気体の密度が液体のそれよりも、3桁以上小さいことを考慮すると、計測がかなり難しい。この分野の計測についても、継続して調査検討する。

#### 4. 新分野創成利用課題実施体制

新分野創成利用課題を行うために編成した当初メンバーは図1に示すとおりである。アカデミアと企業研究者の混成チームとなっている。また実験分担者はできるだけ若手中心で組織し、実験の機動性の確保と実質化を図っている。また、SPring-8の利用とは直接関係ないが、物理モデル構築を目指す意味で、理論・シミュレーションの専門家にも参画して貰っている。

詳細は省略するが、このメンバーで、2016年以前の準備を含め、年数回のミーティングを開催し、課題の共有化、メンバー間の共同研究の整備などを行ってきた。特に2018年度は、2016B期に当実用グループより申請した新分野創成利用課題（固液界面）が2018A期で終了となるため、実験検討と今後の方向を考える非公開ミーティングと成果報告のためのSPRUC内公開ミーティングを、また、SPring-8新分野創成利用課題（固液界面）が、メンバーの交代はあ

**当初** 実験実施体制

**SPring-8 新分野創成利用**  
「固液界面構造解明と可視化および構成物質間のダイナミクス」

代表責任者: 高尾 正敏(物理、大阪大)  
アドバイザー: 福山秀敏(物理:東京理科大)、松井純爾(物理:兵庫県)、永島英夫(化学:九州大)、田中庸裕(京大、元素戦略)、藤原明比古(開学大)

分担責任者: ①若林裕助(X線回折、大阪大)、②土井教史(腐食、新日鐵住金)  
③長澤 裕(光化学、立命館大)、④中島淳一(メッキ、日産化学工業)  
⑤山添誠司(化学、元素戦略) ⑥原田慈久(X線分光、東京大)

共同実験者 特 に 理論・シミュレーション: 館山佳尚(物理 物材機構、元素戦略)  
松浦弘泰(物理、東京大)  
宮崎晃平(化学、特に電池 京大)、高谷 光(化学、京大)

共同実験者は、本研究の趣旨に則り、共同研究者が、互いに共同実験者に加わるほか、SPRUCの会員で趣旨に賛同して下さる方をメンバーに加えるなど、研究の進捗につれて適宜増減する

若手中心、シニアとベテランが見守る体制  
新分野創成、分野融合から新しい研究者コミュニティ形成

図1 新分野創成利用課題実施体制

**2年間4期で見えてきたもの**

**固液界面の多様性**

- 電池だけではない
- 一見関係なさそうな対象でも整理すれば関連が見えてくる
- メンバー・テーマの多様性のお陰
- 電気化学定番を元に

**プラスαとして**

- 溶液(電解液)と微粒子・クラスター界面で起こっていること
- 電子移動・配置 **速い**
- 溶液(電解液)とバルク固体界面で起こっていること
- 化学反応論、物質(分子・イオン)移動、化学吸着
- 比較的ゆっくり ミリ秒 反応の時系列追跡**

**物理モデル**

- 電子・物質の界面(液体側)での挙動
- ミクロ と マクロの つなぎ 固体物理の経験活用
- マクロ方程式と第1原理計算をどう繋いでいくか?

実用材料課題からのバックキャスト

- 二次電池
- 腐食
- 溶媒中の触媒形成とその反応
- 基板上の分子配列
- 機能性有機薄膜形成

電気化学に加えて共通のコンセプトが  
ありそう

図2 2016B~2018A期での実験で見えてきたもの

ったが、実質的第2期が2018B期から採択されたため、2019年2月28日に実験検討と今後の方向を考える第2回の非公開ミーティングを開催し、グループ内の実験結果の検討研究課題の共有化を図った。

#### 5. 実験で見えてきたもの

2016B~2018A期での実験で見えてきたものをまとめて図2に箇条書きで示す。「固液界面の多様性」の再認識とプラスα、および物理モデルの構築が大括りのカテゴリーである。実験開始後暫くはコンセプト形成すら危ぶまれたが、状況把握することが2年間にできたので、今後の進化につなげられると考えている。伝統的な現象論、経験からの巨視的な理解と、放射光などのプローブを用いた、原子・分子レベルの微視的描像を繋ぐ物理モデルの構築を目指せそうであることが認識できた。

#### 6. 新分野創成利用課題実験経過

SPRUC実用グループより、新分野創成研究として課題申請したビームライン毎のビームタイム配分状況は以下表1のとおりである。固液界面研究は、課題解決型の故、複数のビームラインの使用が許可されている。2016B期に採択され実験を始め、2018A期で第1期は終了した。課題番号は稿末に示す。実験開始時は各実験分担者の課題意識を基に実験を実行したために、バラバラ感が拭えなかったが、データ共有を図ることにより、以下に述べる3つの大括りのテーマに再編した。

表1 BLおよび配分シフト数

新分野創成課題の実施状況	シフト数@BL				固液界面
	2016B	2017A	2017B	2018A	
BL01B1 (XAFS)	12	21	21	18	
BL04B2 (PDF)	-	9	-	-	
BL08W (磁気散乱)	-	-	6	-	
BL09XU (HXPES)	-	-	-	-	
BL13XU (表面回折)	6	6	12	12	
BL17SU (PEEM)	-	-	-	-	
BL25XU (SX-MCD)	-	-	-	-	
BL27SU (SX-XAFS)	18	21	14	21	
BL28B2 (D-XAFS)	-	-	12	-	
BL37XU (XAFS)	-	-	9	15	
BL39XU (XAFS)	-	-	-	9	
BL47XU (HXPES)	-	9	9	9	
計(シフト)	36	66	92	84	

7. サブテーマの括り直し

上記の整理を経て、物理イメージをより明確にするために新たな分類を、①界面(表面)規則構造堆積物、②不均一触媒、③腐食の3点に再構成した。関連の測定課題と実験分担を整理したものを表2に示す。

8. Before and after から時間軸導入へ

放射光をプローブとする測定では、時間変化を追いかけるのは普通は難しい。オペランド計測も可能ではあるが、物理現象あるいは反応時間と同期していないと、なかなか計測はできて本質を議論するには至らない。多くの固液界面現象の計測は、オペランド/in situ 計測で上記の同期条件を満たしているかの検討が十分でないように見える。測定でデータが得られても、結果として Before and after となって、中間の過渡的な状態が本当に見えているか危惧される。

表2 2年間の実験で見えてきたものをベースに、実験の測定課題を見直し整理

再検討後の測定課題と実験分担		
サブ課題	分担	固液界面 サブ課題
1 界面(表面)規則構造堆積物	若林	二次電池電解液の電位窓拡大機構
	原田	・自己組織化液晶高分子薄膜に閉じ込められた水の水素結合構造 ・トレハロース溶液の界面不均一性
2 不均一触媒	山添	1. 水素吸着による高分子保護金クラスターの電子状態可逆変調 2. 異種金属ドーブによる高分子保護金クラスターの水素化触媒 3. 金属クラスター助触媒による高活性水分解光触媒の創製 他
	中島	1. 複合体におけるPdナノ粒子表面の結合状態 2. 複合体の熱的安定性 3. めっきの析出過程と複合体の状態変化
3 腐食	土井	鉄さび形成過程における鋼材添加元素の作用解明
	若林	鉄・SUS表面への不動態形成過程
	原田	電圧印加下における鉄の電気化学的な腐食過程の研究

物理モデル	松浦	固液界面伝導の物理モデル
-------	----	--------------

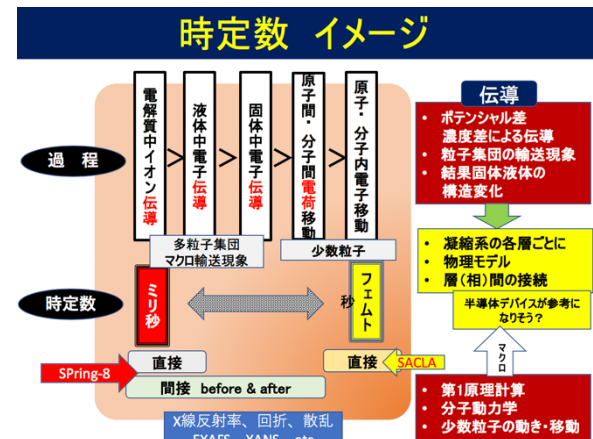


図3 固液界面の電子状態変化・原子・分子・イオン輸送現象の時定数イメージ

図3にイメージを示すように、基本的に電荷移動を含む電子状態の変化は速く、フェムト秒やピコ秒のオーダーである。一方、原子・分子・イオンの移動を伴う輸送現象はそれらより桁違いに遅く、殆どがミリ秒のオーダーである。これらの時定数(緩和時間)のオーダーを見積もった上での計測実験を計画することが必要である。以下に述べるように、本プロジェクトでは、鉄鋼材料と空気が溶け込んだ液体の反応がミリ秒の時間スケールで進むことが確認された。詳細はこれからであるが、変化の時定数が見積もられたので、今後の実験条件に一定の制限を与える条件が得られたのが成果である。

9. SPring-8 ならではのデータ

3つの大括りサブ課題と分担者毎のサブ課題の成果については、本稿執筆時点で、成果報告を準備中、または投稿中のものが大半であるので、まとめの大まかな研究項目毎のリストを【補足4】の表補1に示す。

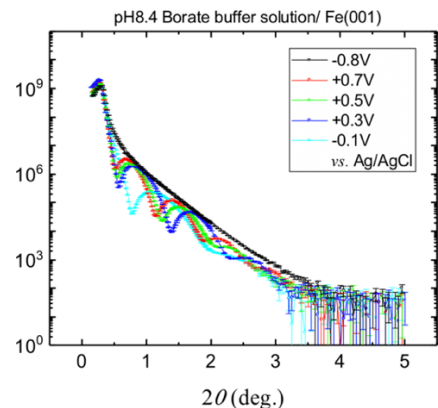


図4 様々な電位での鉄の定常状態での反射率スペクトル。pHが異なる。

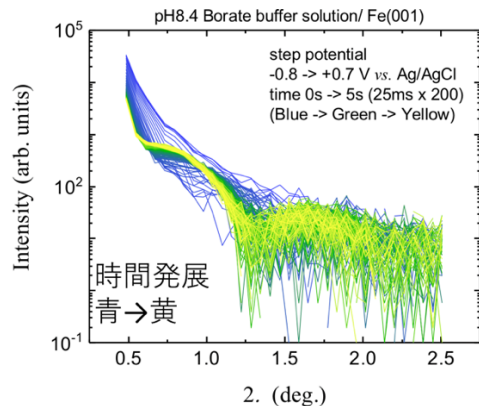


図5 鉄の反射率の時間発展。青線が電位ステップ直後の結果で、25 ms 毎に測定。時間経過とともに線の色を黄色に変化。

個別の成果は順次適切な媒体で今後継続して公表していくので、詳細はそちらを参照願いたい。あるいは、必要に応じて本誌でも紹介していきたい。

本項では、先に述べた鉄鋼の③腐食に関する若林と土井によるモデル実験を紹介する。鉄および Fe-Cr ステンレス合金 (SUS) の電解液中の固液界面での初期反応過程を放射光 X 線の反射率変化を追跡し、興味ある結果が得られている。図 4 はそのうち鉄の固液界面の電位依存性である。横軸回折角  $2\theta$ 、縦軸は対数表示の反射強度である。図 5 は同じく鉄について計測時間間隔を 25 ms 毎に測定した結果で、ミリ秒のオーダーで反応が進んでいることが見て取れるので、イオン輸送が寄与していることが推定できる。詳細は文献 [1] を参照されたい。①界面 (表面) 規則構造堆積物、②不均一触媒、に関しては文献 [2] と [3] を参照されたい。

### 10. おわりに

SPring-8 新分野創成利用課題制度を利用して、様々な実用上重要な材料・デバイスの固液界面のうち、液体側に注目し、その構造・現象解析を目指す取り組みを実施した。緒についたばかりであるが、難しいテーマにもかかわらず、放射光利用ならではの解明のきっかけを得た。さらに、New Comer の参入を期待する。

課題番号リスト：

新分野創成利用課題 2016B~2018A 通期

2016B0908, 2016B0909, 2016B0910, 2016B0911, 2017A0908, 2017A0909, 2017A0910, 2017A0911, 2017A0912, 2017A0913, 2017A0914, 2017A0915, 2017A0916, 2017B0908, 2017B0909, 2017B0910, 2017B0912, 2017B0913, 2017B0914, 2017B0916, 2017B0918, 2017B0919, 2017B0920, 2018A0908, 2018A0909, 2018A0910, 2018A0913, 2018A0914, 2018A0916, 2018A0919, 2018A0932, 2018A0933, 2018A0934

### 謝辞

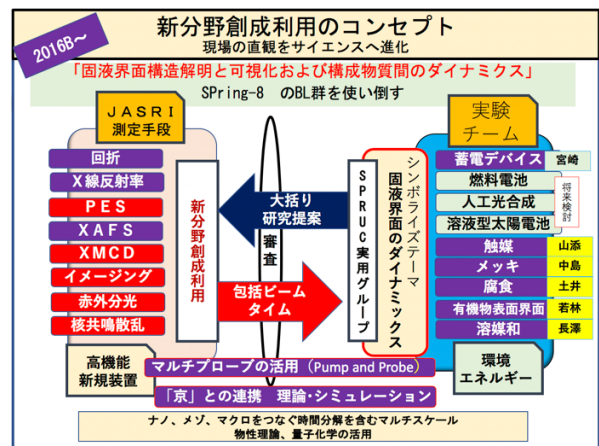
本研究プロジェクト推進にあたり SPRUC 執行部、顧問会議の先生方、分野融合研究のアドバイザーの先生方より適切な運営上・研究上の助言を頂いたことに感謝する。さらに、新分野創成利用課題の実施に関して、JASRI の為則雄祐氏には窓口として BL・BT の調整に尽力頂いたことに感謝する。

### 参考文献

- [1] H. Fujii, Y. Wakabayashi and T. Doi: *J. Electrochem. Soc.* **166** (2019) E212-E216. (BL13XU)
- [2] 塚田智幸、澁谷孝、日野克彦、三宅章子、崔芸涛、赤田圭史、宮脇淳、原田慈久：第 31 回日本放射光学会年会、軟 X 線発光分光によるトレハロース溶液中の水の電子状態評価、2018 年 1 月 9 日 (JSR2018 学生発表賞受賞) (BL07LSU, BL47XU)
- [3] S. Hasegawa, S. Takano, S. Yamazoe and T. Tsukuda: *Chem. Commun.* **54** (2018) 5915-5918. (BL01B1, BL37XU)

### 【補足 1】

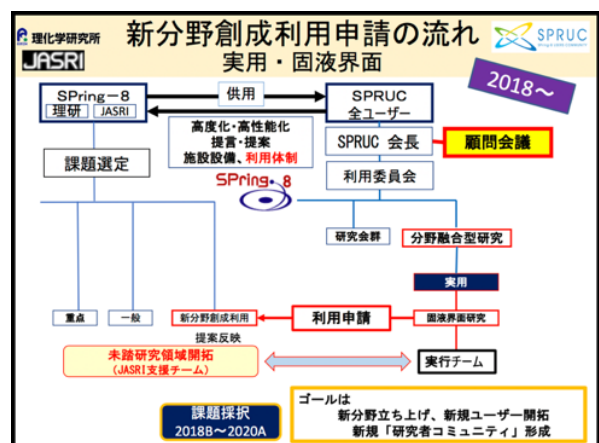
新分野創成利用のコンセプトを図補 1 に示す。施設側とユーザー側、および新分野創成利用課題と分野融合研究の関係を図補 1 にポンチ絵で示す。



図補 1 新分野創成利用のコンセプト

### 【補足 2】

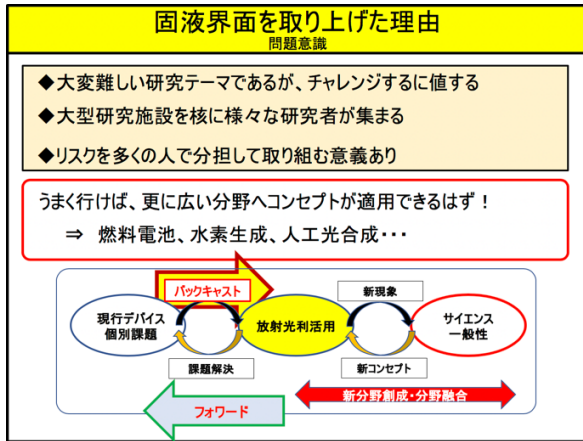
新分野創成利用と SPRUC 新分野創成の体制を図補 2 に示す。それぞれの責任と権限関係を明確にしておくことが、プロジェクト遂行上必要である。



図補 2 新分野創成利用と SPRUC 新分野創成

【補足 3】

本研究テーマの位置づけを図補3に示す。重要なキーワードは、バックキャストからの学理解明と、さらなるフォワードである。



図補3 研究テーマの位置づけ

【補足 4】

3つの大括りサブ課題と分担者毎のサブ課題と成果のまとめ。本稿執筆時点で、成果報告を準備中、または投稿中のものが大半であるので、大まかなリストを表補1に示す。

高尾 正敏 TAKAO Masatoshi

SPring-8 ユーザー協団体 (SPRUC)  
 分野融合研究 (実用) グループ  
 〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
 TEL : 0791-58-0970  
 e-mail : takaoma@bu.ij4u.or.jp

表補1 分担者毎のサブ課題と成果

サブ課題と成果まとめ				
再検討後のサブ課題	分担	サブ課題	おもな成果	
1 界面(表面)規則構造堆積物	若林	二次電位窓拡大機構	電池電解液の種類と電位によって、電極表面の構造が変わる信号を検出	
	原田	・液晶高分子薄膜中水の構造 ・トレハロース溶液の界面不均一性	1. 水フィルター機能に関わる水の電子状態を解明 2. トレハロースが低濃度で特異的に固液界面に偏析する様子を観測。飽和濃度でガラス化する説を支持	
2 不均一触媒	山添	1. 水素吸着による高分子保護金クラスターの電子状態可逆的変調 2. 異種金属ドーピングによる高分子保護金クラスターの水素化触媒作用の向上 3. 金属クラスター助触媒による高活性水分解光触媒の創製 4. Operando XAFSによる三元触媒反応中のRh/Al2O3触媒の動的挙動解析	水素吸着による金クラスターの電子状態の可逆的変調を解明。金クラスターへの異種金属1原子ドーピングが水素化反応に及ぼす効果の解明。 水分解光触媒作用に対する金クラスターの助触媒効果の解明。 排気ガス中の酸素濃度が担持Rh触媒の状態に及ぼす効果を解明。	
	中島	1. Pdナノ粒子表面の結合状態 2. 複合体の熱的安定性 3. めっき析出過程と複合体の状態変化	Pdナノ粒子表面のClの存在可能性を示唆する観測。 加熱による分解過程(分解開始→凝集→酸化)の解明。 室温におけるめっき反応時のNiの還元及びPdナノ粒子表面の化学状態変化の観測。	
3 腐食	土井	鉄さび形成過程における鋼材添加元素	1) 鉄さび形成過程のSnの作用について、鉄溶解からさび沈殿まで間でのFe XASスペクトル変化を見出した。 2) 電気化学制御したFe薄膜の酸化還元過程のXASスペクトル取得を可能とした。	
	若林	鉄・SUS表面への不動態形成過程	不動態形成初期の1秒以内の時間発展の観測 鉄不動態の二層構造を観測	
	原田	電圧印加下における鉄の腐食過程	鉄の電気化学的な腐食過程の観測 鉄薄膜の酸化と剥がれの問題を原因究明中	
番外	理論シミュレーション	松浦	固液界面伝導の物理モデル	第1原理計算と実験を繋ぐマクロ界面伝導モデル

## DARUMA によるデータ収集・計測システムの現状

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

中田 謙吾、松本 崇博

古川 行人、平岡 裕治、松下 智裕

### Abstract

我々は、DARUMA (Data collection And control system for X-Ray stations Using MADOCA) と呼ばれるビームライン (BL) 向けのデータ収集・実験計測システムのパッケージ開発をしている。このパッケージは、SPring-8 加速器制御で活用されている分散制御フレームワーク MADOCA<sup>[1]</sup>を基盤としており、SPring-8 で標準的に使われる可読性が高いテキスト (SVOC 文型) によるメッセージ通信を用いている。DARUMA を活用することで、得られるメリットとしては、1) 機器制御のプログラムとユーザインタフェースのプログラムを分離して開発できるようになる、2) SVOC による機器制御の抽象化によるプログラムの可搬性の向上、3) 画像処理など機器制御以外のプログラムも SVOC の枠組みで部品化できる、4) 実験計測時に測定条件などの付加情報 (メタ情報) の収集が使える、など様々な特徴が挙げられる。これらの機能のため、実験セットアップ時の装置の組み替えにも柔軟に対応でき、既存の spec<sup>[2]</sup>や LabVIEW<sup>[3,4]</sup>、Visual BASIC などを用いた制御系に容易に組み込むことが可能となる。DARUMA は、BL 向けに整備されたフレームワークの提供のみならず、開発のための様々な支援ツールやプログラムも提供している。さらに、実際に BL で使われている多くの汎用の機器制御プログラムの提供から、これらと連携するビューアなどの汎用的なインタフェース、様々な画像処理機能を持ったプログラム群なども提供している。現在、常設でないものを含めれば、BL01B1、BL02B1、BL03XU、BL04B2、BL08W、BL10XU、BL13XU、BL14B2、BL19B2、BL35XU、BL36XU、BL37XU、BL40B2、BL46XU において実験計測に活用されている。

### 1. はじめに

SPring-8 における BL での実験は、数多くの機器の制御を組み合わせることで成り立っている。ステージやスリット、多軸回折系を動かすモーター制御から、電圧値の測定、温調の制御、二次元検出器など、多種多様な機器の制御と計測の組み合わせから構成されている。そして、制御するプログラムはそれぞれの BL や実験に応じて独自に作成されていることが多く、基本、これらの実験のプログラムは、ほぼ全てモノリシックに設計されている。ここでいうモノリシックの意味は、図 1 に示すように、一つのアプリケーションに、インタフェース、実験手順、データ管理、機器制御を書いていることを意味している。たとえば、モーターの制御と一つの検出器の制御などの小規模な利用であれば、一つのモノリシックなプログラムは十分に実用的であるとも言える。むしろ開発者が 1 人であり、小規模であれば、きめの細かいシステムの開発が可能であるとも言える。だが、問題は、制御する機器が増加した

時、制御するプログラムを別の実験や別の BL に持つて行く時、プログラムの開発当初に想定していなかった機器の制御をプログラムに組み込む時などである。設計が不十分であれば、プログラムのほとんどを書き直す必要があり、ごく一部のハードウェア部分の変更が、計測プログラム全体に影響を与えることは想像に難くない。そして多くの BL でのユーザ実験の場合、全てのケースを事前に想定してモノリシックに設計するのは困難である。モノリシックであることは、プログラム開発においては利点と欠点の両方を含む。

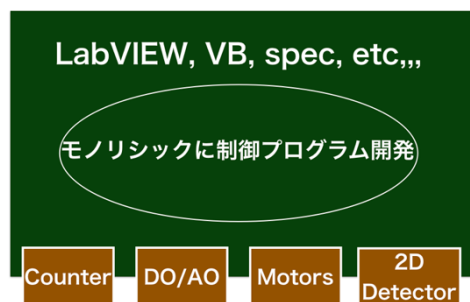


図 1 モノリシックな制御プログラムのモデル図



一般的には、モノリシック構造であれば、同時に他の部品の相関関係を考慮して関連部品のアプリケーションを更新する必要がある。特に複数の機器を Socket で直接制御する場合には通信に関する細心の注意が必要となる。そのため、測定システムを再構成することは容易ではなくなる。当然、プログラムのコーディングスタイルはそのプログラムを作成した人によってそれぞれ異なり、開発言語も異なることが多い。同じ機器を制御するからといって、隣の BL で開発されたプログラムを持ってきても、ほとんどの場合は再開発が必要となる。開発したプログラムを共有化・水平展開しにくい理由の一つは、それぞれの開発者の情報共有の問題よりもむしろアプリケーションの開発モデルに理由の一つがある。これらを解決する方法として、分散型の制御が加速器などの大規模なシステムでは古くから採用されている。

DARUMA では加速器などの大規模なシステムで用いられている一般的な開発スタイルである「分散型の制御フレームワーク」を用いることでこれらの問題に対処している。制御フレームワークとは、制御システムのソフトウェアを構築するためのライブラリ、分散のアーキテクチャを支えるための通信ミドルウェア及びそれらを管理するためのツール類からなるソフトウェア群である。放射光関係の制御フレームワークとして代表的なものは、EPICS<sup>5)</sup>や TANGO<sup>6)</sup>などがよく知られている。MADDOCA を含むこれらの制御フレームワークに共通する特徴は、ネットワークを介した分散制御系という点にある。DARUMA では通信の基本となる部分に MADDOCA II フレームワークを用いている。MADDOCA とは Message And Database Oriented Control Architecture の略で、SPRING-8 の加速器制御と BL の分光器系の制御などに用いられている。本稿では、DARUMA ソフトウェアのフレームワークを報告し、DARUMA が実験ステーションでの実験計測にどのように役立つかを示す。実装における DARUMA の詳細な側面は、後に詳しく説明を行う。

## 2. DARUMA フレームワーク

DARUMA は前節で説明した要求を満たすために開発された。DARUMA は Data collection And control system for X-Ray stations Using MADDOCA の略であ

り、BL 向けのデータ収集・実験計測システムのパッケージである。DARUMA の基本ポリシーは以下となる。

- BL 用機器の分散制御に MADDOCA を採用
- BL 向けに MADDOCA を使いやすくするためのライブラリ/ミドルウェア/ツール群を用意
- データ収集や画像処理などの一般的なソフトウェアツールも用意

SPRING-8 では MADDOCA が加速器と BL の分光器系の制御のために実装されているので、我々は特に苦労することなく、コストをかけずに、既存のシステムを用いるだけで、高い信頼性と高い安定性を持った分散制御を実験ステーションで行うことができる。これにより、加速器や分光器などで用いられている MADDOCA との協調制御ができるメリットも生まれる。さらに、我々自身の手で MADDOCA II フレームワークのメンテナンスを行っているため、BL 制御用に必要な機能を取り込むことが容易であるという利点もある。そのため、我々は分散制御の基本プログラムとして MADDOCA II を選択している。これらの詳細は後の節にて説明する。MADDOCA II では、Windows のサポート、LabVIEW<sup>7)</sup>や Python とのインタフェース、.NET Framework (C#, Visual BASIC) とのインタフェース、画像データなどの可変長データにも対応しており、これら MADDOCA II のいくつかの新機能は BL での計測に役立つものであると言える。

## 3. DARUMA を用いた実験ステーション制御

まず始めに、SPRING-8 加速器制御で用いている MADDOCA を用いた制御と、DARUMA を用いた制御の運用面における大きな違いについて述べる。DARUMA では、SPRING-8 の加速器制御のように中央制御室に BL の制御を束ねるわけではない点に注意して欲しい。DARUMA は、あくまで、それぞれの BL 毎

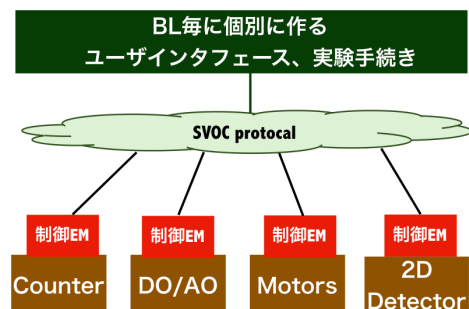


図2 分散型の制御プログラムのモデル図

に、それぞれの機器毎に閉じたネットワークでの運用となる。つまり、従来通りに、個別の BL 内での個別の機器の制御となる。そのため、BL の判断で自由に、実験毎に、DARUMA 機器の接続・追加・削除などを行える。DARUMA による開発・運用とは分散型の制御・開発モデルを BL に持ち込むことにある。DARUMA で採用されている分散型のモデルを図 2 に示す。DARUMA では、従来型のモノリシックなアプリケーション内の各機能を、異なるそれぞれ別の制御プログラム（ソフトウェアコンポーネント）に分離してある。誤解しないで欲しいのは、一つの単一のプログラム（ソースコード内）で、ライブラリなどで機能を分離しているわけではない点である。それぞれの機能は完全に独立したアプリケーションであり、単独の実行プログラムである。そのため個別のプログラムで機能は完結している。この点がライブラリの提供よりも動作安定性や再利用性が高くなる理由である。DARUMA のソフトウェアコンポーネントは、検出器などの機器制御のコンポーネントのみならず、データ収集のためのコンポーネント、画像処理のためのコンポーネント、画像ビューアもこれらのコンポーネントに含まれる。これらのコンポーネントのうち機器制御を行うコンポーネントを特に機器マネージャ (EM) と呼ぶ。これらのソフトウェアコンポーネントは、ネットワークを介して MADOCA のメッセージングから制御することが可能となる。ここで言うメッセージングは SVOC 文型を用いたテキストメッセージによる制御のことであり、次節にて詳しく説明する。当然、MADOCA を使用して分光器系の制御と組み合わせることも可能である。それぞれの機能を分散したソフトウェアモデルを持つ DARUMA を採用することは、以下のようないくつかのメリットを生み出す。

- ・ユーザインタフェースと実験手順に集中してアプリケーションを作成できるため、測定アプリケーションの準備にかかる時間とコストが削減される
- ・他の BL で作成した機器制御コンポーネントをそのまま持って来ることができる
- ・様々な画像処理やファイル処理などを制御系と組み合わせることが非常に容易になる
- ・既存の制御系に、DARUMA のソフトウェアコンポーネントを組み込むことが容易である

表 1 DARUMA 対応機器一覧 (2019.06)

種別	装置	コメント
二次元検出器	PILATUS	100K, 300K (CdTe), 1M, 2M
	PerkinElmer XRD	(Opt-I/F) XRD1611 XRD1621 (Ethernet-I/F) XRD0822
	Andor Zyla	SDK3
	Andor iKonL	SDK2
	浜松ホトニクス HiPic	CCD/FPD
	Rigaku HyPix	HyPix 3000 HyPix 4000 HyPix 9000
ADC	PXI-NI-4492	DAQmx C-I/F
	PXI-NI-6612	
	NI-USB6000/6003	
Motor	tuji-PM16C-04XDL/16	
	tuji-PM2C-01	USB-serial
	SIGMA TECH FC-111	
	IMS MDRIVE Motor	for scatter less slit (開発中)
Counter	tuji-NCT0801B	
	tuji-CT0801E	
	MITUTOYO KA12, 200	リニアスケール用
DMM	Keithley 2701	
	ADC7352A	
温調	Cryo-con Model 24C	
FPGA	NI-9269	(Socket-base)
	NI-9239	
	NI-9403	
	NI-9260	

表 2 DARUMA 対応機器一覧 (BL14B2 制作)

種別	装置
イオンチャンバーガス混合器	アイデン M37-4209-01
カレントアンプ	Keithley 428
19SSD 用 DSP	テクノエーピー APN504
カメラシステム	キーエンス CV5500
DIO	コンテック DIO 1616In-fit
高温セル用温調器	チノー KP1000C
四重極型質量分析計	PFEIFFER GSD301
モノクロエンコーダーボード	Heidenhain IK220

表3 DARUMA の画像処理などの機器制御を行わないソフトウェアコンポーネント

汎用EM	機能
画像積算	ROIによる領域積算 最大値および座標取得 ある座標のピクセル値取得 連続積算 (for QXAFS)
円環積分	円環積分を行う
画像結合	複数の画像を結合し、PILATUSなどのモジュール間ギャップを補完する
画像ヘッダ処理	TIFF ヘッダに好きなメタ情報を書き込み、読み込みする
画像転送	画像を転送し、対応ビューアで表示する
二次元画像対応の指数演算	a, b, c, $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ が既知の時に HKL マップを計算 (ビューアと組み合わせ撮像画像と重ねるなど)

DARUMA を BL における実験計測用に用いるには、DARUMA のソフトウェアコンポーネントを充実させることが重要となる。表1にDARUMA化がなされた機器リストの例を示す。我々は、BLのスタッフからの要求に基づいて、様々なBLのためにこれらのEM開発を進めている。これらのEMは可搬性が高く、一度作成すればどのBLでも利用可能となる。また、我々との共同開発により、BL14B2のスタッフなどが作成したEM群も別途ある(表2)。これらは、基本的には、他のBLでもそのまま使うことが可能である。特に、BLにおけるDARUMAの開発では、機器制御以外の画像処理などのソフトウェアコンポーネントの整備も行っているのも特徴となる(表3)。

無論、現時点で開発されているEMは、様々なBLにおける多種多様な機器を網羅するには至っていない。しかし、EMを構築するためのLabVIEWやPython、及びC言語などの様々な言語のインタフェースがある。要求に応じて、サポートされるEMの数を柔軟に増やすことが可能である。必要とあれば我々の開発ツールを用いて、BLのスタッフ自身が機器制御のデバイスをDARUMAのソフトウェアコンポーネントの形に整備することは容易である。DARUMA化を行えば、自身のBL以外でも作成したプログラムの水平展開が簡単になるメリットがある。

#### 4. MADOCA によるメッセージングの詳細

DARUMAでは測定メッセージ管理にMADOCAを採用している。ここでは、実験計測システムにおけるMADOCAメッセージングコントロールの利点について説明する。MADOCAでは、コントロールのメッセージは、主語/動詞/目的語/補語(S/V/O/C)構文のテキストメッセージで構成されている。「S」は、フレームワークによって自動的に定義され、主にメッセージを送信するプログラムの情報を含む。「V」は、コマンドのアクションを表現する。「put」または「get」が主に用いられる。「O」は、メッセージのターゲットを識別するオブジェクト名となる。「C」は、アクションパラメータである。たとえば、V/O/Cとして「put/bl\_03in\_st1\_detector\_1/start」というメッセージを送信し(Sは上記のように省略される)、メッセージが「O」が登録されているEMに送信され、応答が返される。S/V/O/Cフォーマットのメッセージングでは、メッセージコマンドは抽象化されている。人間がコントロールの内容についてメッセージコマンドを容易に理解できるように設計するため、特定のデバイス情報は含まれないようにデザインするのが一般的である。

このようなメッセージコマンドの抽象化はEM毎に行われる。これには様々な利点がある。たとえば、ある機器が故障をした時、その機器を新しい装置に入れ替えた例を考えてみる。この時、最新の機器を制御するEMが、以前の古い機器と同じメッセージコマンドで応答するようにEMを準備すれば、クライアントアプリケーションを更新する必要はない。MADOCAの抽象化されたメッセージコマンドにおけるこのような方針のために、実験に用いる機器の再構成を柔軟に実行することができる。

#### 5. BL03XUへの適用

我々は、まず始めに、ソフトマター向けの小角散乱用BLであるBL03XUにDARUMAを適用した。BL03XU用のDARUMAを使用した測定システムの概略図を図3に示す。実験には、イオンチェンバー内の電流とフォトダイオード内の電圧の監視、ステージのモーター制御、slitの制御、タイミング信号、PILATUS検出器、浜松ホトニクス社のCCDとFFDなどの各機器を制御する必要がある。測定システムには

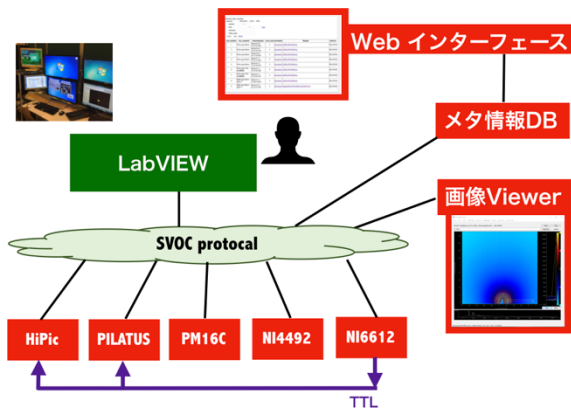


図3 BL03XU における DARUMA 対応 (赤は DARUMA のソフトウェアコンポーネント)

約 10 台のコンピュータが使用されている。DARUMA を実装するために、各機器向けにそれぞれの機器の EM を作成した。浜松ホトニクス の CCD、FPD は、HiPic を制御する EM を実装することで実現した。

それら DARUMA ソフトウェアコンポーネントにより、MADUCA のメッセージコマンド (SVOC) を用いて、各機器の制御から計測まで行える。SVOC の手順には、保存データの場所、カメラとトリガーの設定、測定 の操作などの初期化が含まれる。これらの SVOC 命令系は、汎用的なカメラの操作 SVOC 体系、モーター用の SVOC 体系などとして規定し、他の BL でも用いることができるように一般化している。たとえば、二次元検出器の制御 EM では、Perkin Elmer 検出器や Rigaku HyPix 検出器、Andor CMOS、CCD 検出器用のものを作成しているが、基本的には同じ SVOC 命令体系で検出器の操作ができるように設計している。そのため、PILATUS 向けに作成した実験制御系アプリケーションは、DARUMA のほとんどのコンポーネントでわずかな修正のみで動作する。このように、開発したコマンド手順は他の BL での測定にも柔軟に適用可能となる。

BL03XU における 1 回の測定では、二次元検出器を用いて、およそ数千枚程度の画像が撮像される。PILATUS-1M においては、典型的なデータ収集レートは約 10 Hz である。複数の検出器があるため、測定はトリガーのタイミングと同期して実行される。測定データはファイルとして保存サーバに保存され、二次元検出器の場合では 1 測定 1 ファイルの TIFF 画像として出力される。二次元検出器以外の各計測データにつ

いても、トリガーで同期され、複数の計測機器の個別データが、それぞれのストレージにファイルの形で分散保存される。そのため解析を行う場合は、個別にデータを探す必要がある。その際、検索の手助けとなるのは、フォルダ名に含められた測定条件などの情報とファイルの生成時間だけである。このため、特定のトリガーにおける撮像データと、それと同期している他の機器の計測データをリンクして参照するにはそれなりに手間がかかる。それらに対して、検索の柔軟性を向上させるために、DARUMA は測定 のメタ情報を NoSQL データベース、Elasticsearch<sup>®</sup> に保存する機能を有している。測定に紐付けられた測定条件などの付加情報はその測定 のメタ情報と呼ばれる。Elasticsearch には、REST API インタフェースを備えた Lucene に基づく検索エンジンがある。Elasticsearch はスキーマフリーの JSON ドキュメントを使用してデータを管理できるため、実験計測における様々なメタ情報を管理することが可能である。このメタ情報に対して、我々は、tomado<sup>®</sup> と呼ばれる Web フレームワークを用いて、簡便な Web インタフェースを開発した。これにより、検索、閲覧、計測ファイルのダウンロードを一元的に行うことを可能としている。このように DARUMA ではメタ情報収集機能を EM として実装可能な枠組みを用意しており、比較的容易にデータ収集機能を実現できる。

画像処理用のソフトウェアツールも開発を行った。DARUMA では、画像データを管理するために EM を用いることができる。MADUCA II は SVOC のテキストメッセージ以外にも、画像などのバイナリデータ (可変長データ) の送受信も行うことができる。そのため、画像データの転送にも EM を利用することができる。EM による画像処理を分離することで、図 3 の例のように、リモートコンピュータ上に自由に画像を表示することができる。画像データのデータフォーマットは MessagePack<sup>®</sup> で一般化されているため、LabVIEW などの言語で BL スタッフが自身の測定系に組み込むこともできる。無論、DARUMA が提供するソフトウェアコンポーネントであるビューアを用いてもよい。ビューアの各機能は、BL スタッフの意見で随時アップデートされている。このビューアは PyQt<sup>®</sup> で作成されており、Windows/Linux のどちらでも動作する。当

然、画像転送EMを用いないシステムでも最低限動作するように完全に単独でも動作するビューアとしても使える。

これら一連のシステムを作り上げ、BL03XUでの実験測定でDARUMAを使った動作テストは行われた。実際のユーザ実験で用いられる測定アプリケーション用に約20のGUIがあり、これらをDARUMAに置き換えることはまだ進行中である。

### 6. 産業利用BL (BL14B2、BL19B2、BL46XU) への適用

DARUMAは、既存の計測システムにそのまま追加できる柔軟性を持っている。通常のMADCOCA IIのメッセージング以外にも、Socketを介したSVOC通信ができる機能を提供している。そのため、Socket通信ができる制御系からは自由にDARUMAのソフトウェアコンポーネントを用いることができる。この機能は、Windowsマシン上でも動作するため、BLにおける既存のシステムへのビルドインが非常に容易にできる。

たとえば、DARUMAでは画像処理などのソフトウェアコンポーネントを提供している(表3)。BL19B2/BL46XUにおいては、X線回折の実験ではspecが主な制御系として用いられている。ここでは、既存のspecを用いた計測システムの変更をほぼせずに、DARUMAによる画像処理を追加し、システム全体の高性能化・高速化を行った例を紹介する。DARUMAのソフトウェアコンポーネントには、PILATUSの撮像画像からモジュール間ギャップを補完する機能、画像ファイルに自由にメタ情報を読み書き・追記する機能、関心領域の積算、最大のピクセル値、最大値を持つ座標、指定座標のピクセル値などを取り出す機能、様々な画像処理機能がある。既存の測定系に対して、これらの画像処理に係わるソフトウェアコンポーネントの追加は、わずか数行のspecのマクロ変更で実現される(図4)。これらは機器制御を行わないDARUMAのソフトウェアコンポーネント利用の活用例である。

また、産業利用推進室のXAFSビームラインであるBL14B2では遠隔実験対応のためにBLの制御系の多くをDARUMAに置き換えてある。そのため、ほとんどの測定機能がSVOCで制御可能であり、DARUMA

のコンポーネントの連携性が非常に高い。たとえば最近我々は、BL14B2へのユーザ持ち込み機器とBL14B2のQXAFS測定系を容易に結合できるような簡便なシステムを提供した(図5)。これは、NI-DAQ機器制御をDARUMAのコンポーネント化することで実現した。たとえば、TTL信号を受信してSVOC命令を発する機能や、SVOC信号を受信して、TTL信号を発する機能などである。このコンポーネントによりTTL信号とSVOCを相互に結びつけることができる。ユーザ持ち込み装置側でDARUMAによるソフトウェア開発をせずに、DARUMA機器と連携した測定が可能になる。たとえば、ユーザ持ち込み装置からのTTL送信をトリガーとしてSVOCを発することでQXAFS測定をスタートすることができる。そして、測定終了後のSVOCを受けることでユーザ持ち込み装置側にTTL送信し、持ち込み装置側でQXAFS後の処理をスタートすることができる。これにより、ユーザ持ち込み装置での前処理・後処理とQXAFSの測定が無駄な

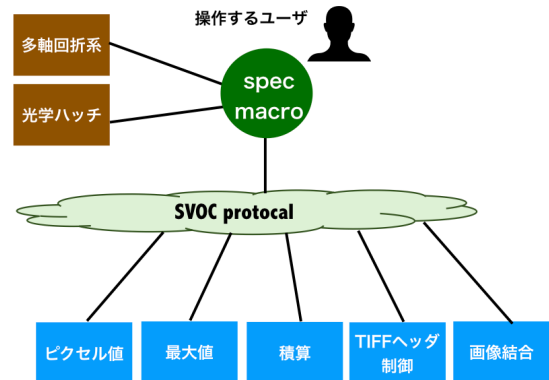


図4 BL19B2、BL46XUにおけるDARUMA (青はDARUMAの提供する画像処理に係わるソフトウェアコンポーネントを示す)

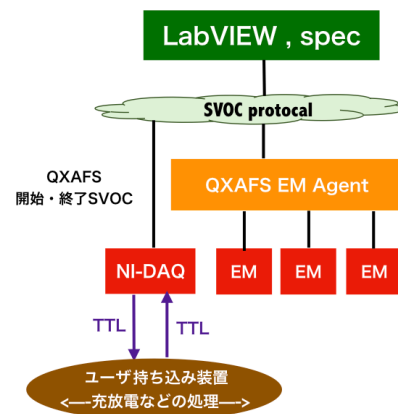


図5 BL14B2におけるDARUMAの活用例

くリンクし、自動化も可能となった。ユーザ側に MADOCA の SVOC 送受信を行うプログラムを作成する必要はなく、汎用的な TTL で SVOC が制御できるメリットは、ユーザ持ち込み装置と BL 側との連携向上に大きな役割を果たす。NI-DAQ による TTL と SVOC の連携は、BL36XU におけるユーザ実験にも利用された。DARUMA では、このように簡便かつ柔軟にユーザの持ち込み装置を、BL の測定系に結合できるスキームを提供している。

### 7. BL04B2, BL08W (BL01B1, BL36XU, BL37XU) における DARUMA の適用

前述までの説明の通り、DARUMA による機器の制御は、1) 機器制御プログラムを独立したソフトウェアコンポーネントに押し込んでいる、2) コンポーネントへの通信は SVOC 命令で抽象化されている、という特徴を持つ。そのため、実験毎のシステムの変更が容易である。特に、検出器メーカーから C 言語でのみ制御が提供されている PerkinElmer 検出器のような機器の DARUMA 化は、迅速かつ柔軟な BL への対応には有益である。通常ならば、C 言語で作成した制御プログラムを、それぞれの BL で制御に用いている様々なプログラム言語から読み出せるようにする必要がある。それは、制御プログラムの実装を複雑にする。当然 BL の測定系毎にこれらは作る必要がある。しかし、一度 DARUMA 化を行えば、LabVIEW や Visual BASIC から SVOC テキストのわずか数行の追加・変更のみで、機器の変更から組み合わせまで変更できる。それぞれの BL 毎や実験固有のセットアップ毎の変更はわずか数行の改変で終了する。

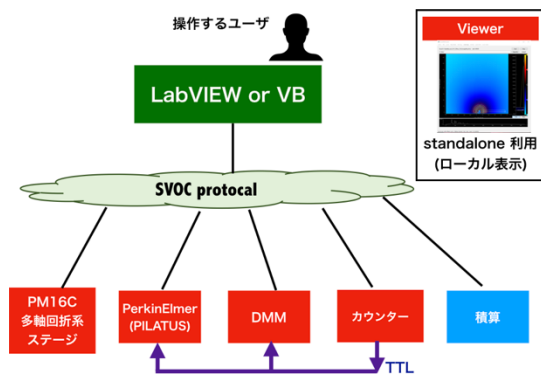


図6 BL01B1, BL04B2, BL08W, BL36XU, BL37XU で用いられた DARUMA の構成例

BL04B2 で用いられている二次元検出器を用いた非晶質 PDF 解析用の測定システムは、実験の度に BL08W を始め様々な BL へ運ばれ、様々なセットアップで実験されることが多い。PerkinElmer, PILATUS などの二次元検出器、Keithley 2701 などの DMM から、カウンター、PM16C を用いたステージの制御、19 軸多軸回折系の制御、カウンターからの TTL による時分割測定などの様々なセットアップが必要となる。これを実験毎に組み直して、それぞれの BL に移動し、必要に応じてそれぞれの BL の制御系と連携させる。DARUMA 化することにより、これらの制御系の開発が容易になることは実証されている<sup>[2]</sup> (現時点では、TTL 同期による時分割の実験はまだ行われていない)。実際の開発では、BL スタッフ及びテクニカルスタッフなどによって比較的短時間で、SVOC の送受信による制御プログラムの構築が行われた (図 6 はセットアップの一例を示す)。これは、DARUMA によるソフトウェアコンポーネント化と SVOC の抽象化の成果であるが、我々のコンポーネント開発と、BL 側の開発の連携がうまく機能した例でもある。

### 8. BL13XU における DARUMA の実装

DARUMA は、SVOC 命令により機器の制御が抽象化されている。異なる機器でも同じ SVOC 命令で操作が可能となるため、実験制御を行うクライアントアプリケーションの変更なしに、装置を操作することが可能である。特に、BL13XU では、PILATUS と Rigaku HyPix などの検出器の入れ替えが多く、機器変更を行っても、同じ spec のマクロ体系での制御が望まれていた。DARUMA は、異なる二次元検出器であっても SVOC の操作体系はほぼ一般化されており、概ね同じ

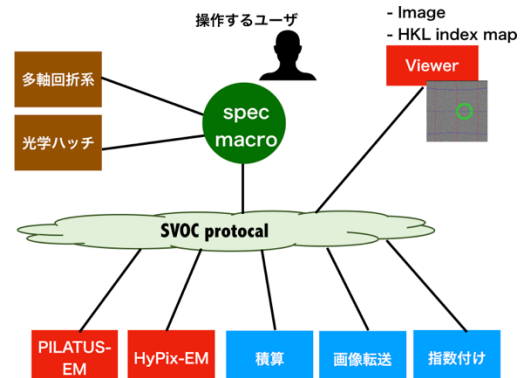


図7 BL13XU における DARUMA の活用例

spec のマクロで制御可能である。我々は、BL13XU の既存の制御系を変更することなく、機器の入れ替えが柔軟にできるシステムとして、DARUMA を適用した。さらに、BL13XU では、DARUMA の画像処理コンポーネントの組み合わせを spec から制御し、検出器制御などと合わせて有機的に連携するように構築している (図7)。画像ビューア、画像転送機能、関心領域での画像の積算機能、画像中の最大ピクセル値の座標取得、指数付け計算などである。特に、指数付け計算を行い、その結果を二次元検出器による撮像画像と共に表示する機能は、SES との共同開発で進めた (現時点では、ユーザ実験投入のための最終調整中である)。また、Rigaku の HyPix の検出器側が提供するプリミティブな制御は Socket であるが、データ Socket とコントロール Socket の2本の Socket を協調して制御する必要がある。そのため、機器の制御プログラムそれ自体が非常に煩雑になる。これらを実験制御系プログラムに簡便に組み込むには、DARUMA による抽象化された SVOC 体系で制御できるソフトウェアコンポーネント化は有益である。ここで開発した HyPix の制御の DARUMA のソフトウェアコンポーネントは、BL08B2 への導入を行う予定である。

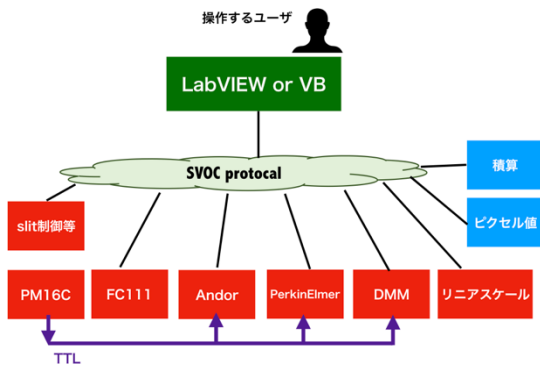


図8 BL10XUにおけるDARUMAの活用例

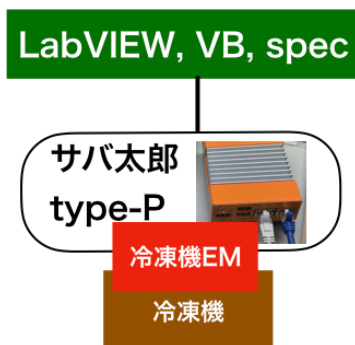


図9 冷凍機の制御におけるDARUMAの活用

## 9. BL10XUにおけるDARUMAの実装

DARUMA を用いた、Andor 検出器と PerkinElmer 検出器を用いた実験計測システムを構築した (図8)。どちらも、メーカーからは C/C++ 言語による制御のみ提供が行われており、前述のように、DARUMA によるコンポーネント化が特に有効な例である。その他、BL10XU では、SIGMATECH のフィードバック型ステージコントローラの制御や、ツジ電子の USB 接続型のモーターコントローラ PM2C-01、ミットヨのリニアスケール用カウンター、DMM の ADC7352A など様々な機器の DARUMA 化を進めた。これらの装置を用い、モーターコントローラのパルスに連動する TTL 信号同期の fly by 撮像システムなどが構築されている。この DARUMA 化により、BL のスタッフが LabVIEW などで、短時間で、その場で、ユーザの要望に合うような測定システムをビルドできるようになったと言える。また、PerkinElmer 検出器などのコンポーネントの多くは BL04B2 での開発から水平展開をすることで最小の労力で開発を進めることができています。

## 10. BL01B1, BL02B1, BL02B2, BL08W, BL09XU, BL10XU, BL35XU 及び BL39XU における冷凍機制御の DARUMA 化

冷凍機 (Cryon-24 Model) をユーザ実験毎に BL01B1, BL02B1, BL02B2, BL08W, BL09XU, BL10XU, BL35XU, BL39XU などの各 BL へ持ち込み、それぞれの BL 独自の制御系 (LabVIEW, Visual BASIC, spec) に組み込むためのシステムの構築に DARUMA を用いた。様々な言語を用いた独自のシステムと短時間で連携させるのは、DARUMA の利用が適切である。このシステムでは冷凍機の DARUMA 制御コンポーネントをまるごと持ち運びしやすいように、専用のマイクロサーバを用いたシステムを構築した (図9)。これにより、BL 側では DARUMA のサーバなどの用意は一切必要なくなり、さらに可搬性が上がることになった。サーバには冷凍機とペアで持ち運びしやすいこと、計測の邪魔にならないファンレスであること、2つの Ethernet I/F があり冷凍機との中継器になること、など様々な理由から、DARUMA のソフトウェアコンポーネントを載せるサーバとして、「サーバ太郎」<sup>13)</sup>をチョイスした。同様のサーバ太郎を用いた DARUMA のサーバ運用は、

BL19B2での運用実績がある。冷凍機と共にこれらの機器を持ち運ぶことで、BL 担当者は、定型の SVOC を Socket で送るだけで冷凍機の制御を行うことができる。このシステムは最初から多くの BL での運用が前提であるが、まだ投入したばかりであるため、現時点では BL08W のみの実績である。

## 11. その他の BL における DARUMA の適用

BL02B1 において、PerkinElmer 検出器と多軸回折系を連携させる実験のために、DARUMA のコンポーネントを用いた。BL02B1 の主制御系である spec と、PerkinElmer 検出器対応の DARUMA コンポーネント、DARUMA 対応の画像ビューア及びいくつかの画像処理支援ツールを連携させた。使用された PerkinElmer 検出器は XRD0822 及び XRD1621 であり、それぞれ Ethernet-I/F 及び、Opt-I/F+グラバーボードを用いた構成となる。そのため、XRD0822 と XRD1621 は通信のハードウェアレイヤーは大きく異なる。しかし、DARUMA のコンポーネントを用いることでまったく同じ SVOC で制御できるようにしている。

BL40B2 においては、機器制御としての DARUMA コンポーネントではなく、画像の自動解析として DARUMA が用いられている。円環積分の DARUMA コンポーネントを、検出器による撮像がある度に（ファイルの更新がある度に）バックグラウンドで自動的に動かしている。これにより、自動的に円環積分を行い、結果を出力し続ける仕組みを実装している。他にも、DARUMA 関連のソフトウェアとして、様々な画像変換ツールも用意しており、HDF5 から TIFF などの変換など、多種多様の画像周りのツールを充実させている。これらは、ユーザ実験や BL の要望に合わせて随時追加更新を進めている。

## 12. まとめ

BL におけるデータ収集と制御のために DARUMA の開発を行っている。DARUMA は、SPring-8 の実験計測に分散制御、及び開発スキームを持ち込むことに成功している。メッセージングには MADOCA II を用いている。BL における実験計測のそれぞれの機能は、機器制御マネージャ (EM)、データ収集、画像処理などのソフトウェアコンポーネントに分けられ、これら

は MADOCA のメッセージングコマンドで制御することが可能となる。DARUMA を用いると、測定アプリケーションの迅速な準備とソフトウェアの再利用、BL 間でプログラムの水平展開を容易に促進できる。現時点では、常設でないものを含めれば、BL01B1、BL02B1、BL03XU、BL04B2、BL08W、BL10XU、BL13XU、BL14B2、BL19B2、BL35XU、BL36XU、BL37XU、BL40B2、BL46XU では運用実績が積まれている。DARUMA のドキュメント化及びソースコードの公開体制、共同開発体制は随時進められており (<http://daruma.spring8.or.jp/>)、画像処理の様々なソフトウェアコンポーネントや各種ツールの改善、文書やインストーラーの充実などは BL スタッフやユーザの声と共に進められている。

## 参考文献

- [1] T. Matsumoto *et al.*: *Proc. ICALEPCS2013, Proc. ICALEPCS2015, Proc. ICALEPCS2017.*
- [2] spec (<https://certif.com/spec.html>)
- [3] LabVIEW (<http://www.ni.com/labview>)
- [4] T. Matsushita *et al.*: *SPring-8/SACLA Info.* **20** (2015) 116-119. (<https://user.spring8.or.jp/sp8info/?p=32203>)
- [5] EPICS (<http://www.aps.anl.gov/epics/>)
- [6] TANGO (<http://www.tango-controls.org/>)
- [7] Y. Furukawa *et al.*: *Proc. ICALEPCS2013.*
- [8] Elasticsearch (<https://www.elastic.co/products/elasticsearch/>)
- [9] tornado (<https://www.tornadoweb.org>)
- [10] MsgPack (<http://msgpack.org/>)
- [11] PyQt (<https://riverbankcomputing.com/>)
- [12] K. Ohara *et al.*: *J. Synchrotron Rad.* **25** (2018) 1627-1633.
- [13] サバ太郎 (<http://www.pinon-pc.co.jp/>)

### 中田 謙吾 NAKADA Kenjo

(公財) 高輝度光科学研究センター 情報処理推進室  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0980 ext 3536  
e-mail : kengo.nakada@spring8.or.jp

### 松本 崇博 MATSUMOTO Takahiro

(公財) 高輝度光科学研究センター 情報処理推進室  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0980 ext 3270  
e-mail : matumot@spring8.or.jp



古川 行人 FURUKAWA Yukito

(公財) 高輝度光科学研究センター 情報処理推進室  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-1026  
e-mail : furukawa@spring8.or.jp

平岡 裕治 HIRAOKA Yuji

(公財) 高輝度光科学研究センター 情報処理推進室  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0980 ext 3758  
e-mail : hiraokay@spring8.or.jp

松下 智裕 MATSUSHITA Tomohiro

(公財) 高輝度光科学研究センター 情報処理推進室  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0930  
e-mail : matusita@spring8.or.jp

## 新しい共用タンパク質結晶解析ビームライン BL45XU の 現状と運用計画

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 タンパク質結晶解析推進室

馬場 清喜、水野 伸宏

仲村 勇樹、長谷川 和也、熊坂 崇

公益財団法人高輝度光科学研究センター 光源基盤部門

竹内 智之、湯本 博勝、山崎 裕史

仙波 泰徳、大橋 治彦、後藤 俊治

国立研究開発法人理化学研究所 放射光科学研究センター

平田 邦生、山下 恵太郎、坂井 直樹、山本 雅貴

### Abstract

BL45XU は、 $5.7 \times 10^{12} \sim 1.7 \times 10^{13}$  photons/sec@12.4 keV の高強度ビームを用いた自動での回折実験ができるタンパク質結晶解析ビームラインです。膜タンパク質を含む  $10 \mu\text{m}$  から数百  $\mu\text{m}$  までの様々な大きさの凍結結晶を対象試料とし、ビームサイズを  $5(\text{H}) \times 5(\text{V}) \sim 50(\text{H}) \times 50(\text{V}) \mu\text{m}^2$  の範囲で切り替えて、試料の交換・X線照射位置の決定・データ測定・データ処理を自動化した高効率な回折実験に対応します。

### 1. はじめに

SPring-8 には兼用も含めて 7 本のタンパク質結晶解析ビームライン (Macromolecular Crystallography (MX) ビームライン) がありますが、このうちの 2 本が共用ビームラインで、JASRI タンパク質結晶解析推進室が高度化・維持管理およびユーザー支援を行っています。共用 MX ビームラインは、国内のアカデミックユーザーに加え、海外のユーザー・産業利用 (成果専有) など幅広いユーザーに利用していただいている特徴があります。

近年、創薬ターゲットとなる膜タンパク質の結晶は、Lipidic Cubic Phase (LCP) 法<sup>1)</sup>により得られることもあって微小化しており、1 辺が数  $\mu\text{m}$ ~数十  $\mu\text{m}$  の結晶の測定が増えています。このような微小結晶からの回折データ収集は、複数 (何十~数百) の結晶からそれぞれ数度~10 度分程度の微小角での回折データを収集し、それらを統計学的に融合することで可能と

なりました。一方、これまでも一般的に行われてきた可溶性タンパク質の結晶構造解析では、創薬ターゲットに対するスクリーニング実験の増加だけでなく、機能解明のために様々な条件 (pH、基質結合など) で多様な構造変化 (構造多形) を明らかにすることが必要となってきました。こうした解析を実現するためには、大量の凍結結晶の回折データ取得からデータの解析までを自動化し、解析のスピードを加速することも重要となってきました。

こうした背景から、偏向電磁石ビームライン BL38B1 が担ってきた 1 辺が  $100 \mu\text{m}$  以上のサイズを測定の対象としたルーチン的なデータ測定をさらに発展させ、数  $\mu\text{m}$ ~数十  $\mu\text{m}$  の結晶から自動でデータ測定とデータ処理を可能とするために、この共用ビームラインをアンジュレータビームライン BL45XU へ変更しました。本稿では、2019 年から共用として運用を開始した BL45XU について報告します。

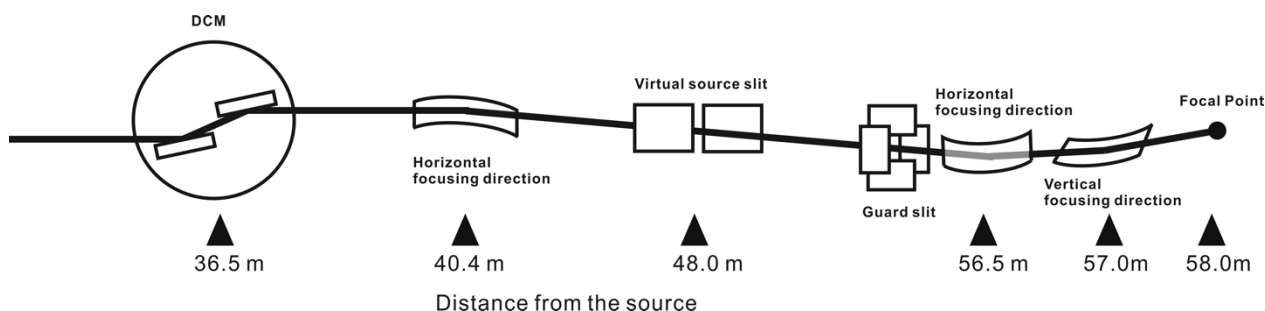


図1 BL45XUの光学配置

## 2. ビームラインの概要

BL45XUは、微小結晶・低品質結晶などの難易度の高い試料の測定が可能なアンジュレータビームライン BL41XU、BL32XU を基に設計されました<sup>12,3)</sup> (図1、表1)。真空封止型アンジュレータを光源とし、液体窒素冷却方式のシリコン2結晶分光器 (DCM、光源から36.5 m) を用いてビームを単色化します。さらに水平方向の集光ミラー (40.4 m) で1次集光 (48.0 m) し、実験ハッチ内に設置したKB配置の楕円筒ミラー (56.5 and 57.0 m) で試料位置 (58.0 m) へ集光します。1次集光位置に設置された仮想光源スリット (48.0 m) の開口サイズとKBミラーを調整することで、ビームサイズは、5(H) × 5(V) ~ 100(H) × 100(V)  $\mu\text{m}^2$  の範囲で変更することができる設計です。利用可能なX線のエネルギー範囲は、6.5~16 keVです。

回折計はX線ミラーによるビームサイズ変更で生じる集光位置の変化に追従可能な設計としました。試料交換ロボットとして、自動測定を効率化するためにBL41XUに実装されたSPACE (SPRING-8 Precise Automatic Cryo-sample Exchanger)<sup>14)</sup>の改良型である高速タイプのSPACE IIを導入し、検出器はDectris社製PILATUS3 6Mを搭載しました (図2)。

表1 典型的なビーム性能

エネルギー (波長) 範囲	6.5~16 keV (1.9~0.77 Å)
ビーム発散角	< 1 mrad
ビームサイズ	5(H) × 5(V) $\mu\text{m}^2$ ~ 100(H) × 100(V) $\mu\text{m}^2$
ビーム強度	$10^{12}$ ~ $10^{13}$ (photons/sec@12.4 keV)

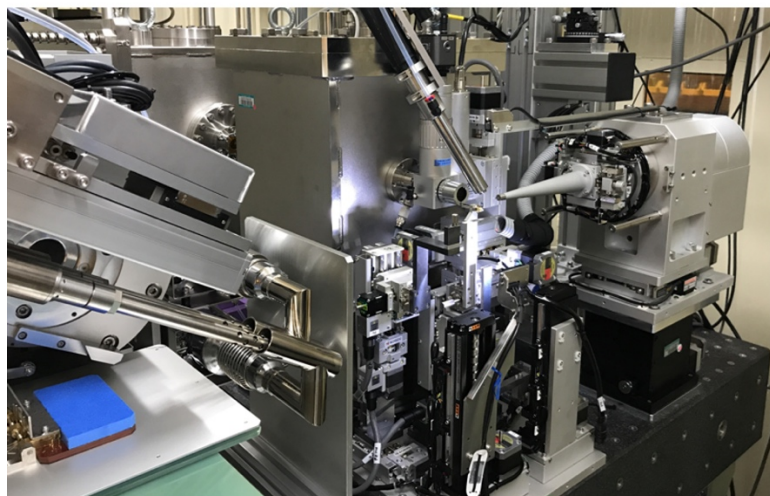


図2 BL45XUに設置された回折計 (左: 試料周辺環境、右: 装置へのアクセス部)

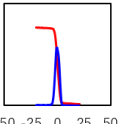
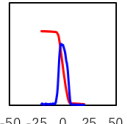
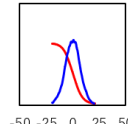
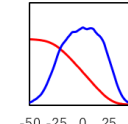
試料位置 ビームサイズ (FWHM, H × V)	5 × 5 μm <sup>2</sup>	10 × 10 μm <sup>2</sup>	16 × 20 μm <sup>2</sup>	50 × 50 μm <sup>2</sup>
Photon flux (photons/sec)	5.70 × 10 <sup>12</sup>	1.03 × 10 <sup>13</sup>	1.73 × 10 <sup>13</sup>	1.75 × 10 <sup>13</sup>
水平方向 ワイヤースキャン(赤) とビーム形状(青) @試料位置(μm)				

図3 試料位置でのビーム性状 (E = 12.4 keV)

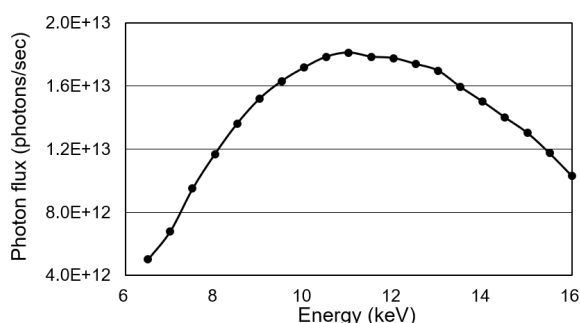


図4 各エネルギーに対する Photon flux (ビームサイズ 16(H) μm × 20(V) μm 設定)

立ち上げ調整は 2018 年度末から開始し、2019 年 5 月より共用を開始しました。ビームサイズは、5(H) × 5(V)~50(H) × 50(V) μm<sup>2</sup>の範囲で使用しており、利用可能な X 線のエネルギー範囲は、6.5~16 keV (1.9~0.77 Å)、ユーザーが最も利用するエネルギー 12.4 keV (波長 1 Å、ビームサイズ 16(H) × 20(V) μm<sup>2</sup>)での Flux は、1.73 × 10<sup>13</sup> (photons/sec)となっています(図3、4)。

### 3. 結晶回折自動測定

本ビームラインの最大の特徴である自動測定を実現するために、理研ビームライン BL32XU で開発された自動データ収集/データ処理システム ZOO<sup>®</sup>を導入しました。ZOO システムでは、(1) SPACE による試料の自動交換、(2) X 線を用いた結晶位置の探索、(3) 重篤な放射線損傷を回避したデータ収集、(4) データ処理 KAMO の機能<sup>®</sup>を統合し、自動かつシーケンシャルに測定が行われます。データ収集においては、1 ヶ所で測定する「位置固定データ収集」、2 点間を移動しながら測定する「ヘリカルデータ収集」、複数の結晶から数度~10 度分程度の微小角で測定する「複数部分データ集積法」などが結晶の形状により選

択可能です。この自動測定では、結晶を収容する共通規格トレイ UNIPUCK (16 試料収容) の 1 トレイの測定を 1.5~2 時間で完了します。したがって、SPACE には UNIPUCK を 8 個搭載可能なので、最大で 128 試料を 12~16 時間でデータ収集ができることになります。現在さらに UNIPUCK 自動交換システムを準備中ですので、さらに多くの試料を自動で効率的に測定することができるようになる予定です。2019A 期に行われた実験の例として、成果専有一般課題の測定結果を表 2 に示します。

表 2 ある自動測定の例

測定条件	
- 試料数	78 試料/7 UNIPUCKs
- 全測定時間	6 時間 49 分
- 試料あたり平均測定時間	5 分 15 秒
- ビームサイズ	16 μm × 20 μm
- ビーム強度	1.73 × 10 <sup>13</sup> photons/sec@12.4keV
- 結晶サイズ	200 μm 長
• ZOO による自動測定	
- ラスタースキャン: 78 試料 (ピン)	
• スキャンエリア: 250 × 200 あるいは 400 × 300 μm	
• 露光時間 = 0.02 秒/フレーム	
• ビーム強度: 上記の 10%	
• カメラ距離 = 180 mm	
- データ収集: 77 試料	
• Δφ = 0.1°/フレーム、全振動角 = 360°	
• 線量 = 10 MGy	
• 露光時間 = 0.02 秒/フレーム	
• カメラ距離 = 250 mm	
• KAMO による自動処理	
- 全処理数: 77 セット、うち 76 セットで完全性 (得られるべき回折点に対して測定で得られた回折点) 90%以上のデータを取得	
- 2.5 Å 以上: 36 セット、3.5 Å 以上: 71 セット、5 セットは 12.4~3.8 Å	

また、これらを用いた自動測定の運用を当ビームラインにて 2019B 期からスタートします。UNIPUCK をドライシッパーに収容して SPring-8 に宅配便でお送りいただき、サンプル情報（測定条件など）をお知らせいただくことで、来所せずに自動測定を実施、測定後に試料と共に測定データと自動データ処理結果をお返しします。是非ご利用ください。

#### 謝辞

BL45XU の挿入光源の入れ替え、立ち上げには光源基盤部門挿入光源・フロントエンド G 田中隆次氏、光学系の立ち上げに際しては、光源基盤部門の皆様にご支援・ご協力をいただきました。機器制御システムの更新にあたっては光源基盤部門制御 G 古川行人氏にご支援・ご協力をいただきました。ビームラインの改造では竹下邦和 BL 装置責任者、光源基盤部門基盤技術 G 成山展昭氏、制御 G 石澤康秀氏にご支援・ご協力をいただきました。放射光利用研究基盤センター技術支援 G の皆様には実験ハッチの機器設置・立ち上げの全般にわたりご支援・ご協力をいただきました。BL45XU の自動測定の高性能化については、2019A2548 の課題を利用しました。

#### 参考文献

- [ 1 ] M. Caffrey: *Curr Opin Struct Biol.* **10** (2000) 486-497. (doi: 10.1016/S0959-440X(00)00119-6)
- [ 2 ] K. Hirata, Y. Kawano, G. Ueno, K. Hashimoto, H. Murakami, K. Hasegawa, T. Hikima, T. Kumasaka, M. Yamamoto: *J. Phys. Conf. Ser.* **425** (2013) 012002. (doi: 10.1088/1742-6596/425/1/012002)
- [ 3 ] K. Hasegawa, N. Shimizu, H. Okumura, N. Mizuno, S. Baba, K. Hirata, T. Takeuchi, H. Yamazaki, Y. Senba, H. Ohashi, M. Yamamoto, T. Kumasaka: *J. Synchrotron Radiat.* **20** (2013) 910-913. (doi: 10.1107/S0909049513022176)
- [ 4 ] H. Murakami, G. Ueno, N. Shimizu, T. Kumasaka, M. Yamamoto: *J. Appl. Cryst.* **45** (2012) 234-238. (doi: 10.1107/S0021889812003585)
- [ 5 ] K. Hirata, K. Yamashita, G. Ueno, Y. Kawano, K. Hasegawa, T. Kumasaka, M. Yamamoto: *Acta Cryst.* **D75** (2019) 138-150. (doi: 10.1107/S2059798318017795)
- [ 6 ] K. Yamashita, K. Hirata, M. Yamamoto: *Acta Cryst.* **D74** (2018) 441-449. (doi: 10.1107/S2059798318004576)

#### 馬場 清喜 BABA Seiki

(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  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0833  
e-mail : baba@spring8.or.jp

#### 水野 伸宏 MIZUNO Nobuhiro

(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  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0833  
e-mail : nmizuno@spring8.or.jp

#### 仲村 勇樹 NAKAMURA Yuki

(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  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0833  
e-mail : y-nakamu@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  
〒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

#### 熊坂 崇 KUMASAKA Takashi

(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  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0833  
e-mail : kumasaka@spring8.or.jp

#### 竹内 智之 TAKEUCHI Tomoyuki

(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 : takeuch@spring8.or.jp

湯本 博勝 YUMOTO Hirokatsu

(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 : yumoto@spring8.or.jp

山本 雅貴 YAMAMOTO Masaki

(国) 理化学研究所 放射光科学研究センター  
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-2839  
e-mail : yamamoto@riken.jp

山崎 裕史 YAMAZAKI Hiroshi

(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 : yamazaki@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

大橋 治彦 OHASHI Haruhiko

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

後藤 俊治 GOTO Shunji

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

平田 邦生 HIRATA Kunio

(国) 理化学研究所 放射光科学研究センター  
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-2839  
e-mail : kunio.hirata@riken.jp

山下 恵太郎 YAMASHITA Keitaro

(国) 理化学研究所 放射光科学研究センター  
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-2839  
e-mail : keitaro.yamashita@riken.jp

坂井 直樹 SAKAI Naoki

(国) 理化学研究所 放射光科学研究センター  
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-2839  
e-mail : naoki.sakai@riken.jp

## 第10回 国際粒子加速器会議 (IPAC2019) 報告

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
光源基盤部門 渡部 貴宏

## 1. はじめに

2019年5月19~24日、第10回国際粒子加速器会議 (10th International Particle Accelerator Conference 2019; IPAC2019) がオーストラリア・メルボルンで開催された<sup>1)</sup>。IPACは、加速器関連の会合の中では最も大きい学会で、近年は1000人以上が参加する大規模なものとなっている。毎年1回開催され、アジア→ヨーロッパ→アメリカ→アジア…という順で3地域が持ち回りで開催している。今回はアジア・ラウンドとしてオーストラリアで開催された(図1、2)。学会の対象分野は広く、高エネルギー物理学のためのコライダー関連、SPRING-8をはじめとする放射光源関連、レーザープラズマ加速やUED (Ultrafast Electron Diffraction)をはじめとする新規加速器技術関連、産業利用関連など、様々であるが、近年は、放射光源関連(蓄積リング型放射光源、FEL、小型光源、他)の規模が大きくなってきている。今回の報告では、この放射光源関連に絞り、その中から興味深かった発表をいくつかピックアップするとともに、IPAC2019でも大いに議論された世界の次世代放射光計画に関する現況を、補足説明も交えて示す。筆者の現在の専門上、特にリング型放射光源に関することを主に紹介し、続けてFEL関係やその他についても簡単に紹介する。



図1 会場内の様子。Suzie Sheehy氏(Royal Society University Research Fellow、University of Oxford)によるOpening talk。

## 2. 興味深かった発表と世界の放射光計画の現況

今回、放射光源関連の招待講演の1つは、MAX-IV計画<sup>2)</sup>の進捗報告であった。次世代放射光源の先駆けとして注目を浴びた本計画は、2015年夏に「コミッションング」と呼ばれる加速器調整を開始し、その後、2016年末から2017年初頭にかけて利用運転へ移行してきたが、4年近く経った今も、目標としている管の蓄積電流500 mAには届かず、250 mAで利用運転を行っている。これら様々な事情もあり、MAX-IVのこれまでの進捗は加速器界でも多に注目され、今回の招待講演に至った。その結果、「250 mAで運転しているのは、高周波装置が完備されていないことが理由だが、予算上完備していないだけであり、利用者側からもこれ以上電流を増やす要望は出ていない」といったことが説明され、ここまでに至る問題や残された課題についてあまり多くを発表しなかったという印象を筆者は得た。

その他にも、次世代放射光計画に関する発表が多く行われた。ESRFは、現在光源をシャットダウンし、アップグレードとなるESRF-EBS<sup>3)</sup>の準備が進められており、これに関する発表がいくつかあった。例えば、ESRF-EBSの装置が準備出来次第スタートするコミッションングの準備のため、ESRFがシャットダウン



図2 ポスター会場の様子。

する前に、敢えてビームを見失った状態（加速器的に言うと、ステアリング磁石を全て Off にし、他のパラメータも若干ずれた状態）からビームを蓄積するまでの試験を行った旨、発表があった。ただし、現在、ESRF-EBS の準備が忙しいのか、若干発表が少なかった印象を得た。同じ理由からか、現在建設が最終段階に来ているもう 1 つの次世代光源 SIRIUS（ブラジル）についても発表は少なかった。

野心的な目標を立てていることで知られるアメリカ Lawrence Berkeley National Laboratory、Advance Light Source (ALS) のアップグレード計画 ALS-U<sup>4)</sup>では、その挑戦的な加速器設計を成立させるべく、蓄積リングの内周側に Accumulator Ring と呼ばれる別の大型リングを構築する必要がある。そこで、シャットダウンによる利用者への影響を最小限にするため、現リング ALS が動いている段階から停止期間などを利用して少しずつ Accumulator Ring を構築していき、37 ヶ月かけて完成させる長期的な計画について紹介があった。現段階において、本計画の実現には様々な課題があり、今後の開発の動向が注目される。同じくアメリカでは、2014 年にアップグレードを終えた NSLS-II<sup>5)</sup>が、現状の約 1 nm.rad というエミッタンスを 1/10 以下にするようなアップグレード計画を模索している旨、何件か発表があった。例えば、極力最小限のアップグレードで済ますことを念頭に、加速器における偏向磁石と呼ばれる電子軌道を曲げる磁石のみ特殊なものに置換する案であるとか、磁石のほぼ全てを置換する案などが示されていた。ただ、これらは現段階ではすぐに現実味を帯びたものではない。むしろ印象深かったのは、現 NSLS-II において、ここ数ヶ月間にわたり、“Mysterious”な長期軌道変動が見られ、その原因の追求に何ヶ月も要したという報告であった。結果的に、加速器担当者の誰も知らなかったユーティリティ用の地下トンネル (Steam tunnel) があり、その機器故障によって地下の温度が急激に上がったことが原因であったそうである。また、高周波機器のトラブルによって現在、蓄積電流を半減させて運転しているという情報も得た。今回、例えばイタリアの放射光源 Elettra など現状のリングの状態、および将来光源計画の発表を行ったが、現 Elettra の利用率は 97%、Mean-time-between-failures (MTBF)

は約 60 時間となっており（参考：SPRING-8 のここ 5 年間の平均利用率は 99.3%、MTBF は 192 時間）、電源、高周波系、冷却系といった装置群を故障なく維持することの難しさは当然のことながら万国共通の課題となっている。

筆者の印象では、今回の IPAC において注目を浴びた将来計画は、アジアにおける 3 つの計画であった。まず 1 つは、中国 IHEP (中国科学院高能物理研究所: Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Science) の新規 6 GeV 計画 HEPS<sup>6)</sup>である。周長約 1300 m で、エミッタンスは 60 pm.rad 程度を目標とする本計画は、最近の中国の状況をよく反映し、多くの若い世代が、野心的な設計や詳細かつ広範囲にわたる開発を精力的に行っており、多くの発表がなされた。なお、現在中国では HEPS 計画の他に、USTC (中国科学技術大学: University of Science and Technology of China) などによる新規 3 GeV 計画も検討・準備が着々と進められており、FEL も含めた多くの計画が並行して精力的に進められている印象を改めて得た。

意外にも HEPS 計画よりも注目を浴びていたのが、タイの新規 3 GeV 放射光計画 SPS-II (Siam Photon Source-II) であった。本計画は、周長 321 m とコンパクトながら、“Double-triple bend achromat”と呼ばれる日本の 3 GeV 計画のラティス (磁石配列) に似たラティスによってエミッタンス 0.9 nm.rad を目指し、セル長 22.95 m のうち、通常直線部が 5.02 m 長、短直線部が 3.10 m 長という、直線部の長さを取ることに重きをおいた構成となっている (その定量的効果は別途議論が必要として)。現在稼働中の 1.2 GeV 放射光施設<sup>7)</sup>がスワンナプーム国際空港から北東に位置するのに対し、新規 3 GeV リングは、南東の方向に新規建設予定で、既に予算が Approve されているとのことであった。今後、2019~2020 年度に R&D を行い、2023 年度末までの 3 年間で建屋を建設しながら 2024 年度中盤まで最終設計および量産を行った後、2025 年度にコミッションングを行う計画となっている。タイの現放射光施設は、現段階では技術的・知見的に発展途上な部分もあり、また、タイ国内のメーカーの技術力の底上げなど様々な課題があるが、海外で経験を積んだ若い世代が学位取得後タイ



に帰国し、現リングの高度化、および SPS-II に向けた検討・開発を積極的に進めており、ASEAN の中心的な存在として今後の発展が期待される。なお、最終日に行われた Closing Plenary 講演の 1 つとして「Overview of Light Source Developments in Asia」という発表が、中国科学院上海応用物理研究所 (Shanghai Institute of Applied Physics, Chinese Academy of Sciences) の Dong Wang 氏によって行われ、この発表では、SPRING-8、SPRING-8-II、SACLA など、日本の放射光源について多くの時間が割かれて説明が行われたが、将来の展望として、SPS-II を強調したスライドで発表が終わったこともあり、SPS-II が広く知れ渡った学会となった。

Wang 氏の発表などを通してもう 1 つ印象深かったのは、東北の 3 GeV 計画であった。今回の IPAC において、東北の 3 GeV 計画に関する発表は、全体を紹介したポスターなどいくらか行われたが、最終日に Wang 氏が強調して発表したことにより、学会参加者に広く知れ渡ることとなった。なお、Wang 氏の発表の中で、東北の 3 GeV 計画は、SPRING-8-II のために開発されてきたノウハウをベースに準備が進められている旨、紹介があった。その他にも SPRING-8-II に関する発表はいくつか行われており、当然、SPRING-8-II 計画も注目を浴びている計画の 1 つとなっている。

将来計画だけではなく、現状の放射光源の高度化に関しても多くの発表があった。その中でも昨今の注目の高さを感じたのは、AI (Artificial Intelligence)、Machine learning などに代表される研究であった。例えば、挿入光源の駆動によって電子ビームの軌道やエンベロープが変化してしまう現象を Machine learning によって制御する手法などが各所で提案、試験されており、今回の IPAC でも多数報告されていた。

さて、ここまでは蓄積リング型光源の話であるが、ここから簡単に FEL についても紹介する。今回は、アジア・ラウンドだったこともあり、XFEL に関する招待講演は、韓国の PAL-XFEL の全体報告、および SACLA のシード FEL に関する報告が行われた。前者は、コミッションングから SASE の発振、更にはシード FEL までの過程が迅速に行われたこと、および FEL 光と外部レーザーとの同期が非常に高精度 (~10 fs オーダー) で行われたことが報告され、XFEL 関係者

にとっては馴染みのある報告となった。後者は、理化学研究所の井上伊知郎氏によるシード FEL に関する報告であった。本発表では、spectral brightness が制限される透過型セルフシード FEL のみでなく、チャンネルカット結晶を用いた反射型セルフシード FEL も SACLA にて実践されていることが報告され、SACLA において安定かつ明るい FEL が利用者に供給され、今後も更に開発が進んでいくことが伝わる良い発表であった。現在、FEL 業界はシード化や高繰り返し化に向けた大きな流れがあり、今回の学会でもこれらに関する多くの発表が各研究所から行われた。今後当分の間、光源性能の向上に向けた開発が各所で続けられることが期待される。

### 3. その他

リング型放射光源や FEL 以外にも、興味深い発表が多くあった。現在、アメリカのコネル大学と Brookhaven National Laboratory が共同で、CBETA (Cornell University Brookhaven National Laboratory Electron Energy Recovery Test Accelerator) と呼ばれる ERL (エネルギー回収型線型加速器) のコミッションングを行っている。本計画は、ERL の試験加速器であるだけでなく、加速器全体にわたり永久磁石を並べて、4 つの電子エネルギーを 1 種類の磁場設定によって全て回そうといった特徴があり、現在、1 周目の調整が行われている旨、報告があった。この他にも、近年の IPAC では永久磁石に関する発表が多く行われており、今回も多く行われた。SPRING-8-II 計画においても、(i) 消費電力の抑制、(ii) 電源や冷却水系トラブルの回避、といった特長を持つ永久磁石の導入を目指した研究開発が進められており、今後の加速器開発において 1 つの注目点となっている。

近年、IPAC ではスマートフォンのアプリが多いに活用されている (図 3)。プログラムの管理や検索機能に加え、予め登録しておいた発表のリマインダーなど、紙媒体では出来ない便利な機能が多いに役に立っている。更に今回の IPAC では、新たな機能が導入された。それは、会場からの質問をアプリを通して行うというものである。この 1 つの目的として、「英語を母国語としない参加者も質問しやすい」ということが利点であると発言した英語のネイティブスピーカーも

いたが、個人的にはそれよりも、匿名による質問という新たな一面を感じた。学会中、これを如実に表すシーンがあった。現在、高エネルギー業界では、LHC (Large Hadron Collider) に続く将来の衝突型リング加速器として、FCC (Future Circular Collider)<sup>[8]</sup>と呼ばれる周長 100 km に及ぶ大型加速器の検討が進められているが、中国でも、基本的に同じ目的の CEPC (Circular Electron-Positron Collider)<sup>[9]</sup>が検討されている。この CEPC の発表に対し、上述のアプリを用いた質問が会場からなされ、「FCC と基本概念になにか違いがあるのか？」という質問が行われた。当然、こういった質問も口頭で直接すれば良いし、匿名の質問をアプリを通して行うことについて必ずしも大歓迎ではないという見解も多々あると思うが、新しい試みではあった。なお、今回は、会場からアプリによって質問が出ると、座長の手元にあるタブレット端末にその質問があらわれ、座長は、発表者の発表を聞きながらこれらの質問をチェックし、発表が終わり次第、先にアプリによる質問を読み上げて皆の前で発表者に(代行)質問するか、会場からの挙手による口頭質問を優先するか、あるいはアプリによる質問は採用しないか決める、というやり方が取られた。筆者はセッションの座長を行い、これらのやり方については当日聞かされたのだが、特に英語のネイティブスピーカーではない筆者のような者が座長をする場合において、それなりに技量を求められる場面ではあった。今後も採用されていくか否かについて見守りたい。



図3 IPACのスマートフォン用アプリのホーム画面。

#### 4. おわりに

本報告書の主旨は、放射光将来計画各々の目標性能を比較することではないため、各将来計画が示した目標性能を詳しく書くことは敢えて控えた。詳細な仕様については、参考文献に示したウェブサイトや、その他のウェブサイトを検索して参照していただきたい。

IPACに限らず近年の会合を通して実感することの1つは、昨今の研究は様々な国によって行われはじめており、昔のイメージから想像する限られた国だけが先を走っているのではない、ということである。光源施設においても、様々な国が精力的に取り組み、おそらく、良い光源を構築した国とその周辺には、良いサイエンスが続き、良い産業が育っていく。別の表現で言えば、例えば学会における招待講演、口頭発表の「アジア枠」なるものがあるとした場合、以前は日本を含めた1、2カ国の中の話であったものが、徐々に多国化していくことは避けられない。これは大変に結構なことだが、研究者が自ら(あるいは自らの組織・国)のプレゼンスを維持・向上させるには、こういった学会を通して情報を取得・発信し、先をいく研究、独自の研究、緻密な研究といったことをどのように計画し、実践していくか、考えていく必要があると改めて感じた。

#### 参考文献

- [1] <https://ipac19.org>
- [2] <https://www.maxiv.lu.se>
- [3] <https://www.esrf.eu/about/upgrade>
- [4] <https://als.lbl.gov/als-u/overview/>
- [5] <https://www.bnl.gov/ps/nsls2/about-NSLS-II.php>
- [6] <http://english.ihep.cas.cn/doc/2639.html>
- [7] <https://www.slri.or.th/en/>
- [8] <https://home.cern/science/accelerators/future-circular-collider>
- [9] <http://cepc.ihep.ac.cn>

#### 渡部 貴宏 WATANABE Takahiro

(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 : 0791-58-0803 ext 3352  
e-mail : twatanabe@spring8.or.jp

## Mediterranean Conference on the Applications of Mössbauer Effect (MECAME2019) 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  
回折・散乱推進室 筒井 智嗣

### 1. はじめに

5月19日から23日までフランス南部モンペリエで開催された Mediterranean Conference on the Applications of Mössbauer Effect (MECAME2019) について報告する<sup>1)</sup>。

今回の会議は、国際会議である MECAME としての初めての試みで、フランス語圏のメスbauer分光に関する会議 (Workshop of the French speaking Group of Mössbauer Spectroscopy, GFSM) との共催として開催された。このため、本会議の正式な略称は MECAME-GFSM2019 であることをあらかじめお断りしておく。MECAME はメスbauer分光の会議としては比較的新しく、2015年の第1回のザダル(クロアチア)に始まり、ツァブタット(クロアチア)、エルサレム(イスラエル)、ザダル(クロアチア)と会議の名前のとおり毎年地中海で開催され、今回が5回目である。会議の規模としては50名から100名足らずとそれほど大きな会議ではないが、ヨーロッパを拠点に研究活動を行う研究者が主に参加する会議である。その一方で、この会議にはヨーロッパから遠い日

本の研究者が招待講演者を含めて毎回10名前後参加している。今回も全参加者の約1割にあたる10名ほどの日本人が参加した(図1)。

過去4度開催されてきた MECAME はクロアチアの首都ザグレブにある Ruder Bošković Institute の Mira Ristić 氏のイニシアチブの下で開催されてきた。しかしながら、会議の1ヶ月前にこの会議を先導してきた Mira Ristić 氏が急逝されたという訃報が届いた。急逝された彼女に代わって彼女の元上司であった Svetozar Musić 氏が急遽組織委員に加わることになった。直前までプログラムの公表が無いなど会議の運営に若干の混乱があったようであるが、会議は無事に開催された。

MECAME という会議は、若手への測定技術の継承や encourage という目的が比較的ゆったりした会議のスケジュールや運営方法の中に垣間見られる。今回は MECAME と同様の趣旨で運営されるフランス語圏のメスbauer分光に関する会議 (GFSM) からのオファーを受ける形で開催されたと、前述の Svetozar Musić 氏から開催の経緯をお聞きした。GFSM の歴史



図1 学会会場玄関での集合写真

の経緯については、Jose F. Marco 氏の講演中に示された。GFSM はそもそもフランス国内の会議ではあったが、フランス国内のメスbauer分光研究に関する研究規模が縮小していく過程でフランス語を話す隣国のベルギーやフランス語のコミュニティがあるポルトガル、アフリカ諸国、最近ではカナダのケベック州などを取り込む形で現在の形となってきた。また、GFSM の会議の特徴の一つ興味深かったこととして、毎回参加者の一定数以上の研究に大きな関わりがある他の手法を専門とする研究者が必ず招待講演者として招聘されることである。その目的として、Jose F. Marco 氏は「メスbauer分光の長所をよりよく若手に知ってもらうためである」と話されており、今回は主催者である Montpellier 大学の Pierre-Emmanuel Lippens 氏のグループが精力的に研究を進めているリチウム電池について光電子分光で研究されている Pau 大学の Rémi Dedryvère 氏が招待講演者として招かれた。

## 2. 会議報告

会議に関する前置きが少し長くなったが、今回の会議そのものについて報告する。MECAME も GFSM もメスbauer分光という手法の会議であるため、メスbauer分光に関わる新たな手法開発に関わるものだけではなく、対象となる物質群は多岐にわたる。無機化学、錯体化学、固体物理や産業利用まで様々である。本会議の主催者である Pierre-Emmanuel Lippens 氏がリチウム電池に関する研究を精力的に進めていることもあって、今回の MECAME においてはリチウム電池に関する講演が多い印象も受けた。また、実験室の装置を用いた放射線源による研究が多く、数少ない企業からの参加者である Saint-Gabain 社の Julien Fourcade 氏による同社の研究所におけるメスbauer分光研究の活動紹介に関する招待講演等で  $^{119}\text{Sn}$  や  $^{121}\text{Sb}$  核を用いた研究紹介などいくつかの講演を除けば、ほとんどはメスbauer分光研究として最もよく知られた  $^{57}\text{Fe}$  核を用いた研究による発表であった。放射線源を用いた研究で恐らく参加者の多くが様々な点で興味を持って聴講したであろう講演は、Johannes Gutenberg 大学の Philipp Gütlich 氏による Göstar Klingelhöfer 氏の追悼講演であろう(図2)。

Klingelöler 氏の大きな功績は火星に送り込んだ探査用ローバーに搭載されたメスbauer分光器を用いて水が存在したことを証明するのに鉄ミョウバンを発見したことである。その際に役立つ分光器のレプリカが会場に回覧される形で講演が行われた(図3)。しかしながら、メスbauer分光が元素選択的測定ということで、同じく元素選択的手法である XAFS はメスbauer分光の研究者には馴染みやすい実験手法である。このため、フランスの SOLEIL やイギリスの DIAMOND で行った結果もメスbauer分光の結果とともに発表されていた。

本会議の開催地が ESRF のあるグルノーブルから陸路で4~5時間であり、現在同施設は改修工事でユーザー運転がないことから、今回の会議に参加するに当たって ESRF の核共鳴散乱グループの研究者による参加をある程度予想していた。しかしながら、実際には ESRF からの参加者は無く、放射光を用いたメスbauer分光である核共鳴散乱に関する講演は ESRF 以外の施設を主として利用している研究者による3件の



図2 Philipp Gütlich 氏による講演の様子



図3 講演中に会場に回覧された火星に“派遣された”メスbauer分光器のレプリカ

招待講演だけであった。1件はドイツのPETRA-IIIを中心に研究が進められている Kaiserslautern 工科大学の Volker Schünemann 氏による“Novel Approaches to Study Spin Crossover Systems and Single Molecule Magnets”と題する生化学分野への応用に関する講演を行い、もう1件はかつてベルギーのルーバンやドイツのユーリッヒを拠点に活動していたアメリカの Oak Ridge 国立研究所の Raphael Hermann 氏が“The Spin Structure in Iron Oxide Nanoparticles as Seen by Neutron and Nuclear Resonance Scattering”と題するスピントロニクス分野への応用に関する講演を行った。最後の1件は自身の講演で、放射光を用いてエネルギー分散型のスペクトルが得られる放射光メスバウアー分光と元素を特定したフォノン・スペクトルが得られる核共鳴散乱を希土類化合物に適応した“Electronic and Atomic Dynamics in Sm and Eu Cage-Structured Intermetallics”と題する講演を行った。

前述のGFSMに関する歴史的背景を述べた Jose F. Marco 氏の講演にもあったが、参加者にとって放射光を用いる核共鳴散乱は今後是非とも利用したい実験手法であるということを講演後の質問や会議中の休憩時間やバンケット等での会話の中で強く感じた。それは以前の同会議で一緒にドイツの Paderborn 大学(当時)の Gehard Woltmann 氏からお聞きしたことであるが、東日本大震災を経緯として日本から遠く離れたヨーロッパにおいて放射性同位体を利用できる施設の閉鎖によりこの分野の研究者の活動の場が制限されているという切実な事情も影響しているように思える。一方で、この会議においてはロシアを含む旧東欧圏の若手の研究者の活発な活動が垣間見られ、従来の核共鳴散乱のユーザーに加えてこれまで放射線源を用いた研究に従事してきた若手の研究者にとっても放射光を用いたメスバウアー分光である核共鳴散乱の重要度が増してくる印象を受けた。

### 3. おわりに

本会議の参加者の一部には14年前に同じモンペリエで開催されたメスバウアー分光や核共鳴散乱を用いた研究分野の最大の会議である International Conference on the Applications of Mössbauer

Effect の参加者も含まれていた。14年前の会議に参加したことのある参加者は、参加者同士または組織委員の方々との挨拶の際、口々に「前回の会議では会議のプログラムの変更が必要なほどのひどい大雨だったよね」と話をしていた。会期中の気温は例年より少し高めであったものの晴天続きで、会議場内での活発な研究に関わる議論に加えて、日も長いこともあって会議後にヨーロッパの初夏を楽しむこともできた。今回の MECAME は、6月頃にギリシャのアテネで開催されることが次回の議長である Ioannis Sanakis 氏より報告された。

### 参考文献

[1] <https://mecame-gfsm2019.irb.hr/>

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  
〒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)

## 日本地球惑星科学連合 2019 年大会参加報告

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  
回折・散乱推進室 丹下 慶範

2019 年 5 月 26 日 (日) から 5 月 30 日 (木) の 5 日間にわたる日程で、千葉県の幕張メッセ国際会議場、国際展示場ホール 8 および東京ベイ幕張ホールを会場とし、『日本地球惑星科学連合 2019 年大会 (Japan Geoscience Union Meeting 2019, JpGU2019)』が開催された<sup>1)</sup>。日本地球惑星科学連合大会は、例年 30 を越す国と地域からの海外参加者を含む約 8000 名の参加者が集う国内最大級の研究集会の一つで、口頭発表、ポスター発表ともに 2000 件を優に超す、計 5000 件程度の発表が行われている。セッションは、研究者以外の一般参加者も対象としたパブリックセッションから専門的なセッションまで、合わせて 200 以上が開催される。それぞれのセッションはおおむね数件〜十数件の発表で構成されるが、2019 年大会では、パブリックセッションが 8、宇宙惑星科学が 25、大気水圏科学が 45、地球人間圏科学が 33、固体地球科学が 60、地球生命科学が 8、教育・アウトリーチ関連が 3、領域外・複数領域にまたがるものが 50、さらに全分野に関するテーマを扱う特別なセッションであるユニオンセッションが 8 の合計 240 セッションが開催された。また分野毎にややばらつきがあるものの、セッション合計の 4 割近くに相当する 88 のセッションが、言語を英語とする国際セッションであった。国際セッションへの外国人研究者の参加数もとても多く、国内学会でありながら国際学会のような様相を呈していた。会場は先述したとおりだが、そのうちの幕張メッセ国際会議場と東京ベイ幕張ホールが口頭発表の会場として利用され、240 ものセッションを 5 日間で開催することから、幕張メッセ国際会議場では 17、東京ベイ幕張ホールでは 10 もの会議室で並行してセッションが開催されるという、大変規模の大きな会議であった。

そのような大規模な連合大会において、今回筆者は

岡山大学惑星物質研究所副所長で SPRUC 地球惑星科学研究会の会長でもある芳野極教授と、現在 BL04B1 「高温高圧」大容量プレスビームラインでパートナーユーザー課題を代表として実施している、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センターの河野義生准教授らと、コンビーナーとしてユニオンセッションを開催する機会に恵まれた。JpGU2019 のセッション提案期間は昨年 2018 年の 9 月 3 日からの 1 ヶ月あまりであったが、その直前 8 月 24~26 日に開催された SPring-8 シンポジウムや SPRUC 研究会のサテライト研究会の内外で行われていた議論を基礎とし、放射光を利用する地球惑星科学関連研究の将来の方向性を議論する場を設けることを目的として提案がなされた。我々の提案セッションは固体地球科学にやや関連が強いものではあったが、他の分野からも広く聴衆を求めたいという希望のもと、全分野が関係するユニオンセッションとしての開催を提案し、それが受理されたものである。

今年度の大会ではユニオンは 8 セッションが開催され、それぞれタイトルは「JpGU-AGU-EGU Great Debate: Impact of research assessment and going forward」「地球惑星科学分野のダイバーシティ推進状況：国際的な視点から」「地球惑星科学における学術出版の将来」「地球惑星科学の進むべき道 9：大型研究計画とマスタープラン 2020」「100 周年を迎える IUGG への日本の貢献」「連合の環境・災害への対応—予期せぬ地質災害の衝撃に備える—」「日本地球惑星科学連合の将来に向けた大会参加者からの意見と提言」といった、非常に幅広い視点からなるものであった。そのような中、我々が開催したセッションは「地球惑星科学における高速過程を捉える」というタイトルで、放射光を利用してこれまで観察できなかった高速現象を実験的に可視化する、ということを中心とし、

地震の発生や火山の噴火、隕石や天体の衝突といった幅広い地球科学現象を扱う研究者を招待してセッションを構成した。プログラムは以下のとおりである<sup>2)</sup>。

「地球惑星科学における高速過程を捉える」

招待講演 (12 件)

- ・地球惑星科学における高速過程 研究組織の構築に向けて 芳野極 (岡山大学)
- ・粉碎岩のフラクタル特性と岩石の動的粉碎 武藤潤 (東北大学)
- ・滑りの不安定化における普遍的加速過程 波多野恭弘 (大阪大学)
- ・Semi-brittle flow in dunite and harzburgite at upper mantle pressures 大内智博 (愛媛大学)
- ・微視的構造解析から迫るマグマ破碎メカニズム: 爆発的火山噴火の発生原因の解明へ向けて 奥村聡 (東北大)
- ・火山噴出物の解析にもとづく噴火物理パラメータの推定 - 噴火ダイナミクスの理解進展に向けて - 前野深 (東北大)
- ・衝突蒸気雲内化学反応が結びつける小惑星リュウグウと地球初期進化 杉田精司 (東京大学)
- ・Time-resolved synchrotron X-ray observations of mineral transformations under static pressures: applications to non-equilibrium behaviors in shocked meteorites 久保友明 (九州大学)
- ・Ultrafast pump-probe experiments for planetary materials using high-power lasers and XFEL 尾崎典雅 (大阪大学)
- ・X線自由電子レーザーで捉える動的過程 片山哲夫 (JASRI)
- ・放射光 X 線を用いた高速度計測 上杉健太郎 (JASRI)
- ・大容量プレスを活用した動的地球科学研究の開拓: 特に液体の高圧放射光 X 線実験について 河野義生 (愛媛大学)

ポスター発表 (2 件)

- ・X線吸収分光法を利用した SPring-8 における時間分解計測の現状 新田清文 (JASRI)
- ・Ultrafast time-resolved XFEL diffraction study on shock-compressed corundum 丹下慶範 (JASRI)

発表は実験的な研究、天然の試料や現象を取り扱うもの、放射光を用いた先端計測手法の紹介が織り交ぜられ、それまで面識のなかった講演者間でも刺激的な議論が繰り広げられた (写真 1)。セッション終了後のオープンディスカッションや懇親会では、今回のセッションの講演内容を軸とした新たな研究分野の共創について活発な議論が行われ、今後の研究活動の進展に大きな期待が感じられた。特に懇親会で印象的だったのは、ほぼ一気圧での岩石や液体の破壊、大容量プレスを用いた数万気圧~数十万気圧における岩石の粘弾性変形、マイクロ地震の発生や断層形成、一千万気圧にわたるまでのレーザー誘起衝撃圧縮など、それぞれ異なる手法を用い、大きく範囲の異なる温度圧力場で異なる対象を研究している研究者達が、嬉々としてお互いの研究内容について議論し合い情報交換している姿であった。今回の焦点は地球惑星科学で研究対象は主に岩石や鉱物などの脆性材料であったが、一般にはあまり馴染みのない液体 (岩石が溶融したマグマの液相部) の破壊も含まれていた。SPring-8 では上記物質はもちろんのこと、今回のセッションには含まれなかった金属材料や高分子化合物についても、破壊をはじめとした動的なその場観察が行われている。将来的には本セッションを起点として創出される研究分野を核として、あらゆる物質の破壊をさまざまなスケールで網羅するような学術分野の展開が期待される。SPring-8/SACLA はその中で欠かすことのできない重要な役割を果たすであろう。

今回筆者はポスターでの発表を行ったが、ポスター会場は国際展示場ホールで、その広大さは写真をご覧

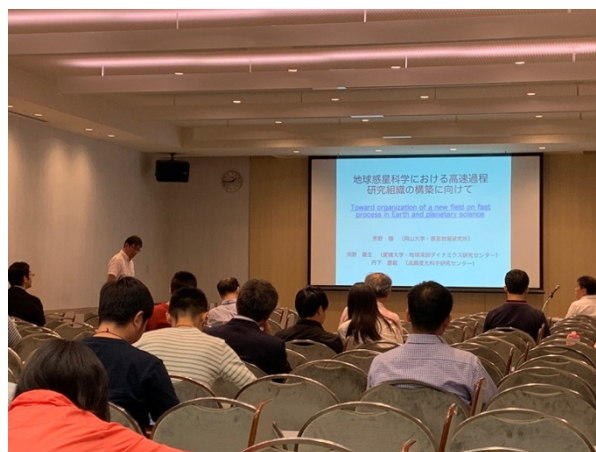


写真 1 セッション中の様子。

いただくのが一番であろう(写真2)。掲載ポスターの数や人の多さもさることながら、それぞれ趣向が凝らされた、熱の入ったブース展示が印象的であった。一般展示、書籍や関連商品の販売、パネル展示、パンフレットデスクを合わせると、その数は120を越え<sup>1)</sup>、国内で行われている地球惑星科学関連研究の大枠や現状は展示類から十分把握できるほどに感じられた。展示は宇宙航空研究開発機構(JAXA)や海洋研究開発機構(JAMSTEC)といった研究所や、大学・大学院の専攻や付置研、新学術領域研究などのプロジェクト研究、関連計測機器を取り扱う企業や学協会など様々であったが、今回、JASRIとして初めて利用推進部普及情報課よりブースを出展した。直接的にすぐさま多くの新規ユーザーが得られるわけではないであろうが、数多くの研究者やその卵の皆さんの目につく場で展示等の普及啓発活動を行い、放射光が限られた研究者だけが使える特殊なプローブでなく、JASRIはそれを広く有効活用してもらうために存在しているのだと表現することには、非常に大きな意義があると思われる。

普及情報課にブース出展の話を持ちかけたのは、SPring-8ユーザーである知人との会話の中で、「自分のいる分野にはSPring-8を使っている研究者はほとんどいない。JpGUでブースでも出して宣伝したらいいのに」という言葉を聞いたのがきっかけであった。一方で『*SPring-8 Research Frontiers*』には「Earth & Planetary Science」というセクションが独立して設けられている<sup>2)</sup>ことから利用者数が多いようにも感じられ、身近にいるユーザーからは、「SPring-8はもうみんな知っているからブースなんて出さなくてもいいのではないか」というお言葉もいただいた。しかしながら、それはごく限られた範囲での印象でしかない。JpGU2019の講演要旨を“synchrotron”で検索してみるとその事実は明らかだ(JpGUでは英語要旨が必須)。全5000件にもものぼる発表のうち、放射光を利用した研究は50数件しかなく、そのうちの41件がSPring-8/SACLAで実施されたものであった。内訳は、半数を越える25件が固体地球科学・極限環境科学研究のもので、イメージングが10件ほど、分光解析はわずか3件であった(我々のセッションを含む)。分光解析に関しては国内ではごく限られたグループ

にしか利用されておらず、ポテンシャルユーザーはまだまだ多くいるのではないかという印象を持った。今大会で再会した友人知人を呼び込むなど、身近なところから草の根普及活動を進めたい。

筆者が今回JpGUへ参加したのは、実は8年ぶりであった。その間に学会の規模がとてつもなく大きくなったことに戸惑いを感じたが、自身の発表や関連分野のセッション聴講を通じ大きな刺激を受けた。ここで受けた刺激を多方面に生かしていきたい。来年はアメリカ地球物理学連合(AGU)との共催で、さらに規模が大きくなるそうである。引き続き研究発表や情報収集、普及啓発の場として活用していきたい。



写真2 ポスター発表、ブース展示会場の様子。手前側が一般展示ブースで右手奥がポスター発表会場。

#### 参考文献

- [1] [http://www.jpгу.org/meeting\\_2019/index.php](http://www.jpгу.org/meeting_2019/index.php)
- [2] [http://www.jpгу.org/meeting\\_2019/SessionList\\_jp/detail/U-04.html](http://www.jpгу.org/meeting_2019/SessionList_jp/detail/U-04.html)
- [3] [http://www.jpгу.org/meeting\\_2019/exhibition.php](http://www.jpгу.org/meeting_2019/exhibition.php)
- [4] [http://www.spring8.or.jp/ja/news\\_publications/publications/research\\_frontiers/html/rf17](http://www.spring8.or.jp/ja/news_publications/publications/research_frontiers/html/rf17)

#### 丹下 慶範 TANGE Yoshinori

(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  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0802 ext 3773  
e-mail : yoshinori.tange@spring8.or.jp



## 8<sup>th</sup> International Conference on Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy (HAXPES 2019) 会議報告

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター

分光・イメージング推進室 保井 晃

### 1. はじめに

2019年6月2日～7日にフランスのパリ中心部にあるソルボンヌ大学にて開催された、硬X線光電子分光 (HARD X-ray PhotoElectron Spectroscopy、HAXPES) の国際会議、8<sup>th</sup> International Conference on Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy (HAXPES 2019) について報告する<sup>[1]</sup> (図1)。HAXPESは物質の電子状態を調べる上で重要な実験手法であり、基礎物性のみならず、デバイス開発などの産業応用においても必要不可欠な研究ツールとして認識されている。その特徴はバルク敏感性が高いことである。従来の真空紫外領域や軟X線領域の光電子分光では調べることができなかった、深さ数十nmまで(8keVのとき約20nm)の深さ方向の電子状態分布を調べることができる。また、電場などの外場を加えることができることから、更なる利用拡大が期待されている。そのような背景の中、HAXPESのワークショップは2003年にグルノーブルにて開催され、その後、第6回のハンブルグのDESYでの開催から国際会議に昇格し、今回は8回目の開催であった。

### 2. 会議内容の概略

ここでは、Plenary talkを中心にその概要と関連トピックについて報告する。内容が偏ったものになっているかもしれないが、ご了承いただきたい。

初日最初の講演はUniversity of California, DavisのC. Fadley氏の講演の予定であったが、急遽参加不可となり、Temple UniversityのA. X. Gray氏が代理で発表した。内容は、X線定在波法を用いた深さ分解解析に関するものであった。定在波光電子分光は、試料結晶のブラッグ条件付近でX線の入射角を走査することで、入射波と回折波の干渉で作られる定在波

による試料深さ方向のX線強度変調を利用して、光電子放出位置を高精度に決定できる手法である。LaCrO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub>積層膜において、軟X線領域で定在波光電子測定を行い、それを理論計算と比較することにより、走査型透過電子顕微鏡による電子エネルギー損失分光法：STEM-EELS、および、高角度環状暗視



図1 HAXPESの会場写真。上は講演会場である。200名程度が聴講できる会場であった。下はポスターセッションの他、Registration、Welcome receptionが行われた、講演会場横の中庭である。

野像：HAADF で得られた元素分布を再現することに成功した。さらに、STEM-EELS では得られない  $\text{LaCrO}_3/\text{SrTiO}_3$  界面の 2 オングストローム領域の価数状態を明らかにした。また、トポロジカル絶縁体  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  の原子層別の価電子帯スペクトルの抽出を行っていた。本物質は、Bi 単原子層と Se 単原子層が交互に積層した構造を有しており、定在波法を用いることで、各層での価電子帯を分離していた。Gray 氏自身の招待講演でも、常磁性体  $\text{LaNiO}_3$  / 反強磁性  $\text{CaMnO}_3$  界面に発現する強磁性状態について、定在波法を用いて調べた結果を紹介していた。 $\text{Mn}^{4+}$  と  $\text{Mn}^{3+}$  の間の強磁性的な二重交換相互作用、 $\text{Ni}^{2+}$  と  $\text{Mn}^{4+}$  の O サイトを介した超交換相互作用が起こっていることを明らかにした。

このように、定在波法を利用した HAXPES 計測は、非常に高精度な試料深さ方向の化学結合状態解析を可能にする。しかしながら、適応試料は、超格子構造を有するものに限られるのが欠点である。一方、光電子の放出角度依存性を調べれば、超格子構造を持たない系であっても深さプロファイルを調べることが可能である。特に、SPring-8 BL47XU の HAXPES 装置は、取り込み立体角が 64 度の広角対物レンズを有しており、試料を動かすことなく試料表面から約 20 nm までの深さ情報を一度に取得することが可能である。ただし、光電子非弾性平均自由行程 (IMFP) を事前に知っておく必要があるなど、角度情報から深さ情報への変換が難しいという問題がある。

一方で、本会議の中で、NIMS の S. Ueda 氏は、全反射を利用することにより、実効的な IMFP をコントロールする方法を紹介していた。上記の角度分解計測による深さ分解解析では、試料表面すれすれで出射される光電子強度が非常に弱く、精度の良い取得に時間がかかるという問題がある。全反射を利用することで、表面感受性を高めることが可能であり、かつ、強度の大きなロスなく試料表面近傍の情報を取得可能であることを示していた。通常の角度分解測定約 10 倍程度の効率で計測できるとのことであった。ただし、全反射条件は物質により異なることから、多層膜試料の解析は困難である。

Cambridge University の B. Yildiz 氏は、HAXPES と他の X 線分光、走査型透過顕微鏡 (STM) を組み合

わせて、固体燃料電池に必要な界面化学状態を調べた研究を紹介していた。 $\text{Nd}_2\text{NiO}_4/\text{LaSrCoO}_3$  の界面構造は、STM により温度上昇で境界が曖昧になることが分かっていたが、角度分解 HAXPES により、2 層間の酸素移動がその原因であることを示していた。このように、HAXPES が得意とする異種界面の電子状態を調べた研究紹介は非常に多く、その中でも抵抗変化型メモリ (ReRAM)、強誘電体メモリ (FeRAM)、電界効果トランジスタ (MOSFET) など、次世代電子デバイスに関するものが多く見られた。

蓄電池研究の第一人者である Collège de France / フランス電気化学エネルギーデバイス研究ネットワーク (RS2E) の J.-M. Tarascon 氏は、蓄電池の高容量化につながる正極での酸素アニオンの可逆的酸化還元反応について調べた例を挙げ、蓄電池研究において、HAXPES 解析技術に期待する課題事象について紹介した。他に電池関係の研究では、JASRI の Y. Takagi 氏が、準大気圧下での計測が可能な BL36XU の差動排気型光電子分光装置の紹介と、それを用いて固体高分子形燃料電池 (PEFC) の陰極電極と電解質の界面の電気二重層が印加電圧に応じて変化する様子を調べた研究について紹介した。本会議の主トピックはオペランド計測であったため、この他にも、ガス雰囲気下計測、電圧印加計測、磁場印加計測、レーザー照射下など、外場と HAXPES 計測を組み合わせた計測例の紹介が多くみられた。

理化学研究所の T. Ishikawa 氏は SPring-8 と SACLA の加速器・光学系の現状、および、開発について紹介した。また、SACLA の時分割計測時に問題となるスペースチャージ効果について調べた研究について紹介した。一方、DESY の R. Röhlberger 氏は SACLA の SASE (Self-Amplified Spontaneous Emission) 方式とは異なる動作原理の X-ray free-electron laser oscillator (XFEL) の紹介を行っていた。高輝度の電子バンチを利用した実験が可能であるとのことであった。今後、これらの自由電子レーザーを用いた HAXPES 計測が広く利用されることが期待される。また、Sorbonne University の T. Marchenko 氏や理化学研究所の M. Oura 氏は、自由電子レーザーや X 線チョッパーを使うのではなく、内殻準位の電子励起により生じる内殻正孔の寿命を利用した時分割

計測法について紹介していた。一般的に励起内殻準位の束縛エネルギーが高いほど、内殻正孔の寿命が短い。従って、励起内殻を選択することにより、フェムト秒からアト秒までの異なる時間スケールでの電子状態を調べることができる。この“core-hole clock method”と呼ばれる方法を用いて、Marchenko 氏は SOLEIL の GALAXIES ビームラインにおいて、ガス試料の電子励起状態の緩和ダイナミクスを調べていた。

Centre de Physique Théorique の S. Biermann 氏は、第一原理バンド計算に動的平均場理論を組み合わせた計算手法の紹介と、それを用いて  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$  の (軟 X 線) 角度分解光電子分光スペクトルを解析した結果について紹介していた。本物質の場合、Ir 原子間の強い反強磁性揺らぎによる原子間自己エネルギーの考慮が必要であるとのことであった。このほか、理論研究の発表も多く見られた。これまで、光電子分光過程を理論的に扱う場合、1) 固体内での光電子発生、2) 光電子の固体内での移動、3) 光電子の表面からの放出の 3 つの過程に分けて考えられてきた (3 ステップモデル)。しかしながら、University of West Bohemia の J. Minar 氏はこの 3 ステップモデルでは、光電子過程の終状態効果や、角度分解計測において重要な光電子回折効果などが考慮されないことを指摘した。これらの効果を取り入れた多重散乱グリーン関数法を用いた 1 ステップモデルの重要性を示していた。また、光電子スペクトル解析において重要な、バックグラウンド解析、光電子イオン化断面積や光電子放出角度依存性のパラメータに関する理論についても紹介された。

各放射光施設における HAXPES 装置の紹介も行われた。特に、興味を持ったのは、PETRA III の P22 ビームラインである。本ビームラインは Phoibos 225HV アナライザーを持つ通常の HAXPES 計測、硬 X 線領域の光電子顕微鏡計測 (HAXPEEM)、飛行時間 (ToF) 型のモーメンタムマイクロスコープ計測、差動排気型アナライザーを用いた準大気圧下計測の 4 つの実験セットアップがタンデムに配置されている。その中で、ToF 型のモーメンタムマイクロスコープ装置について、Johannes Gutenberg-Universität Mainz の K. Medjanik 氏が紹介した。モーメンタムマイクロスコープは、PEEM レンズ系と光電子アナライザーを組み合わせることにより、元素軌道を選別した実空間

2次元像計測 (HAXPEEM) や幅広い波数空間のバンドマッピングが可能である。また、PEEM レンズ系を用いることで、光電子アナライザー単体時の光電子取得角度に比べ、はるかに大きい角度範囲をカバーできることから、非常に検出効率が大きいという特徴を有している。Re 試料に対し、6 keV の入射光を用いて測定することで、約 30 個のブリルアンゾーンをカバーする角度分解計測の例を示していた。これにより、光電子遷移選択則による、バンド強度の変調効果を平均化し、真のバンド強度を得ることができる。一方で、光電子回折効果も合わせて観測されることから、解析には注意が必要である。しかしながら、その光電子回折効果を利用することで、非常に精密な構造解析が可能である。Gray 氏は、モーメンタムマイクロスコープのように一度に非常に多くのデータが得られる上で、ビックデータの解析法を早急に検討することが重要であるとコメントしていた。本ビームラインには、光電子装置以外にも、2組のチャンネルカットで構成される超高分解能モノクロメーター (DCCM) と偏光用ダイヤモンド移相子を組み合わせられた装置など、先端的な光学系装置が配置されていた。DCCM は、現在、SPRING-8 BL09XU でパートナーユーザー課題の下で開発を進めている共鳴 HAXPES 計測において必要な要素技術であり、導入に向けた検討の参考になった。

発表では、放射光施設を利用した成果の他、実験室光源を利用した装置、および、その利用成果の紹介も多く見られた。Physical Electronics の J. E. Mann 氏は、ULVAC-PHI 社の PHI Quantes という実験室 HAXPES 装置の紹介をした。本装置は、 $\text{Al K}\alpha$  ( $h\nu = 1486.6 \text{ eV}$ ) と  $\text{Cr K}\alpha$  ( $h\nu = 5414.9 \text{ eV}$ ) の軟 X 線、硬 X 線領域の 2 種類の入射光を利用できる。また、SEM の電子ビームのように、それぞれの入射 X 線の照射領域を 2 次元スキャンすることが可能である。従って、表面と固体内部の電子状態を分けて、それぞれ 2 次元マッピングを行うことができる。また、IMEC/MCA の C. Zborowski 氏は、シエンタオミクロン社の HAXPES-Lab の紹介をしていた。その装置の特徴は、 $\text{Ga K}\alpha$  線源を利用した 9.25 keV 励起を用いることにより、従来の実験室光源利用に比べ、より深部の情報の取得が可能になる点である。一方で、深部からの情報取得になることで、スペクトルにおける

バックグラウンド解析が重要になる。同氏はバックグラウンド解析法のうち、SESSA 法と Tougaard 法の概要について述べていた。

会期 5 日目の 6 月 6 日の午後には、バスで 1 時間程度の距離にある SOLEIL の施設見学があり、HAXPES 装置のある GALAXIES ビームラインを含め、いくつかのビームラインを見学した (図 2)。GALAXIES ビームラインは 2.3 keV から 12 keV までの入射光を利用でき、HAXPES の他、Resonant inelastic X-ray scattering (RIXS) の装置が最下流に配置されている。上述のとおり、本ビームラインの HAXPES 装置では、固体試料だけでなく、ガス試料の計測に力を入れており、複数の導入ガス種を 1 か所で管理できる装置があり、利用・管理が容易になるよう工夫されていた。施設は、SPring-8 と同様に郊外に位置し、自然が豊かな環境の中にある。施設外装におい



図 2 SOLEIL の施設内外の写真。上はエントランス部、下は実験ホール内の 2 階からの写真である。天井には 7.7 t のクレーンが配置されている。

て木を用いており、環境と調和していた。施設内は屋根に木が使われており、また、外光が入るため、開放的な印象を受けた。

### 3. おわりに

本会議の口頭発表件数は、Plenary talk が 6 件、Invited talk が 16 件、Contributed talk が 30 件で、会期中、常に密度の濃いものであった。また、Poster presentation は 30 件であった。内容は、強相関電子系物性や原子分子物理などの基礎物性にとどまらず、半導体や電池などの応用材料、さらに、化学系、理論、新手法と多岐にわたるものであった。

本会議の参加者の総計は 143 名であった。国別参加者数のトップは、開催国のフランスで 35 名であった。次いで、ドイツの 29 名で日本は 3 番目に多い 21 名であった。

次の開催国は日本であり、2021 年の 11 月 1 日～5 日 (予定) にて姫路の姫路コンベンションセンター (建設中) で行われることが決定した。HAXPES 研究が益々発展している中、世界一の HAXPES 研究者数を誇る日本での開催であるため、非常に多くの参加が期待される。

### 参考文献

[ 1 ] <https://www.synchrotron-soleil.fr/en/events/haxpes-2019>

### 保井 晃 YASUI Akira

(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  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0833  
e-mail : a-yasui@spring8.or.jp

## 第40回真空紫外およびX線物理学国際会議報告

公益財団法人高輝度光科学研究センター

放射光利用研究基盤センター

分光・イメージング推進室

木下 豊彦

6月30日から7月5日にかけて、第40回真空紫外およびX線物理学国際会議(VUVX)<sup>1)</sup>が、アメリカ合衆国、サンフランシスコ市ユニオンスクエア近くのWestin St. Francis Hotelで開催された(図1)。会議のChairpersonsは、Elke Arenholz(Cornell High Energy Synchrotron Source, CHESS)とHendrik Ohldag(Lawrence Berkeley National Laboratory)のドイツ出身の2人である。Arenholz女史は会議の準備期間中はBerkeleyに所属していたが、会議開始前にはCHESSに異動したようで、会期中はその姿が見えず、Ohldagが、あらゆる準備を一人でこなし見ていてかわいそうなほど奮闘していた。Ohldagは、筆者が1993年から94年にかけてデュッセルドルフ大学に所属していた時から旧知の間柄で、当時は研究室の学部学生であり、その後アメリカでXMCD(磁気円二色性)やPEEM(軟X線光電子顕微鏡)などによる磁性研究の分野でキャリアを積んで世界的な研究者に成長して、本会議のオーガナイズを任されるまでになった人である。



図1 会場のユニオンスクエア前のホテル。サンフランシスコを訪れる要人はこのホテルを利用することで、エリザベス女王やアイゼンハワー、レーガン大統領などの写真が飾られていた。

以前報告したように<sup>2),3)</sup>、本会議は、これまで独立に開催されていた、真空紫外線物理に関する国際会議(VUV)とX線物理に関する国際会議(X-series)を統合する形で開催されている。バンクーバーで開催された2010年の会議<sup>2)</sup>からこの形式が定着し、その後2013年合肥<sup>4)</sup>、2016年チューリッヒ<sup>3)</sup>で開催されたのち、今回の開催となった。真空紫外線よりも高いエネルギーの光を用いた分光に関する最大の国際会議である。特に放射光による分光を行っている研究者にとっては、もっとも重要な会議のひとつとなっている。最近では放射光の高輝度低エミッタンス化、自由電子レーザーの利用などが進み、会議で議論される内容も、単なる分光にとどまらずコヒーレンスを利用したイメージング、構造解析や時間分解測定などにそのトレンドが変化してきている。また、レーザーの高調波を利用した時間分解光電子分光、吸収分光の進歩も著しい。

会議の参加者(7月1日段階での登録者)の内訳は、表1にまとめたとおりである。以前のバンクーバーやチューリッヒでの会議に比べると参加者はかなり減少している。日本からは前回80名を超える参加者があったのに比べると半減しており、特にHiSOR関係のアクティビティの報告が少なくなったのはやや寂しい感があった。DIAMONDのような大きな施設を抱えている英国からの参加者もなく、これまでの存在感がなくなっていた。前回、前々回の会議まで、国際諮問委員を務めていたような研究者もあまり姿を見せおらず、世界的に世代交代が進み、また研究分野のトレンドも移り変わっている感を強く感じた。本VUVX会議の翌々週、強相関関係の光電子分光の国際会議がオックスフォードで開催されることになっており、HiSORをはじめとする日本の光電子分光分野の研究者やイギリスの研究者はそちらへの参加を優

先させたものと推察される。また、台湾からの参加も目立っていたが、大陸中国の参加者はほとんど見られず、登録があったものの参加には至っていなかった人もいた。招待講演者といえどもアメリカ大使館での面接でVISAが下りずに渡航ができなかったようであり、昨今の米中摩擦の影響がここにも表れていた。純粋な科学の発展を目指した国際会議の場でもこのようなことが起きているのは非常に残念なことである。また、開催国のアメリカからの出席者を含め、この分野での、ドイツ人の存在感は非常に大きく、会場のあちこちでドイツ語の会話が交わされていた。

会議は Plenary、Invite、Oral、Poster の形式の発表で構成された。月曜日の朝から金曜日の夕方まで、フルにこれらの講演プログラムが配置され、非常に盛りだくさんの内容となった。バンケットは開催されたものの Excursion は計画されずに、サイエンスの議論に集中する構成となっていた。ポスターは、初日と2日目の午前午後、合わせて4つのセッションで、1セッション当たり30余りのポスターで、90分の時間がとってあったため比較的じっくり議論ができた。会場の様子を図2に示す。

興味深かった講演は、初日の Plenary で報告された SLAC の Taisia Gorkhover によるホログラフィー実



図2 会場の様子。

験である。ウィルスの高分解能実空間を観察しようとする試みであるが、参照波を作るために、ナノクラスターとサンプルのウィルスをジェットで同時に噴射し、コヒーレントな自由電子レーザー光によってホログラムを取得し、クラスターの大きさや距離などをパラメータとしながらも、ウィルスの像再生に成功していた。これまで放射光で実施されていたホログラフィーでは参照物質もしくはアパチャーとサンプルを近くに配置する工夫で実現していたものが、サンプルを固定することなく実現していた。In flight ホログラフィーと呼んでいるようである。Ptychography の発表もいくつかあったが、日本からの光電子ホログラフィー及び蛍光 X 線ホログラフィーの発表が数件あり注目を浴びていた。光電子分光の発表も相変わらず多かったが、RIXS (共鳴 X 線非弾性散乱) の実験が世界各地で盛んになってきた印象を強くした。特に分解能の向上は著しく、電荷移動、電荷秩序などの話のほか、マグノンやフォノンなどの素励起に絡んだ研究が数多くあった。

ここ数年、関係者が動向を注目している MAX IV からの報告もあったが、まだ実際のデータを用いたサイエンスの発表には至っていない。ただ、高分解能 RIXS のビームラインではエンドステーションでの調整が進み、設計値よりはやや劣るものの実際の光が使えるようになってきた状況が報告されていた。光源関係の発表では、Zhentang Zhao によって、世界の自由電子レーザーの現状と開発状況について報告があったほか、高調波レーザーの開発や時間分解分光の様子についての発表がいくつかあった。また、東北の 3 GeV

表1 会議参加者数の国別地域別内訳

Europe	The Americas	Asia	Total
Austria	1 USA	119 Taiwan	12
Belgium	1 Canada	4 South Korea	8
Czech Republic	1 Brazil	3 Japan	43
Denmark	1	China	4
Finland	1		
France	6		
Germany	46		
Italy	4		
The Netherlands	2		
Slovenia	2		
Spain	2		
Sweden	10		
Switzerland	9		
Total	86	126	67
			279

計画のほか、スイスの SLS の次期計画についてのポスター発表があった。スイスでも MAX IV 同様 MBA (Multi-Bend Achromat) ラティスを用いた改造計画をスタートさせるようで、2025 年の完成を目指して 500 pm·rad のエミッタンスを実現しようとするものである。3 年前の会議で注目を浴びた ELI (Extreme Light Infrastructure) 施設についての報告もあった。レーザーの高調波発生を中心に大強度の真空紫外から X 線領域のコヒーレント光を出そうとするもので、東ヨーロッパの研究者たちが中心に建設が進んでいる。APS のアップグレード計画に関しては Director の Streiffer 自身が発表した。アップグレードの予備段階の実験結果も報告し、放射光励起の STM (走査型トンネル顕微鏡) の現状やイメージングなど、軟 X 線領域でも APS の持つ優位性を生かした実験について報告したのち、アップグレードについて紹介していた。

本会議では VUVX awards も設定されており、AMO (原子・分子・光学物理) 分野では、ウプサラ大学の Tatiana Marchenko が、硬～軟 X 線領域で主に RIXS を使った Core-hole-clock spectroscopies (分子の光励起の挙動をフェムト秒以下の時間スケールで解明するために寿命フリーの RIXS を利用する手法) の功績で表彰された。本人は VISA が取得できず会議に参加できなかったが、代わりに研究室の PI である Maria Novella. Piancastelli 教授が研究の紹介を行った。AMO 分野の学生賞はカンザス州立大学の Travis Severt が、水分子の乖離ダイナミクスの研究で受賞した。固体物理分野の学生賞はコロラド大学の Wenjing You のレーザー高調波を用いた時間角度分解光電子分光により、磁気相転移や CDW (電荷密度波) 遷移を起こす物質の研究の功績に対して授与された。固体物理分野の本賞は、ALS の Wanli Yang の軟 X 線分光による電池研究に関する功績に対し授与された。吸収分光、RIXS に理論計算なども組み合わせた研究が評価された。

7 月 3 日の夜には会場ホテルの最上階 (32 階) でバンケットが催された。サンフランシスコ市内を一望できる絶景の中、参加者は食事を楽しんだのち、NASA の Thomas Bristow による講演が行われた。火星の鉱物と X 線構造解析に関する話題で会場からは数多くの質問があった。

今回初めての試みとして、7 月 4 日の朝のセッションでは Student Plenary Presentation が開催された。2 光子光電子分光、XMCD、時間分解分光など質の高い発表が 7 件あった。学生さんたちには貴重な機会となったと思うが、会場の聴衆は独立記念日であったためか、60~70 名余りで少し寂しかった。

会期中はさわやかな天候に恵まれ、気温も 20 度前後で日本の高温多湿の環境に比べると過ごしやすかった。今回の会議は 2022 年 8 月 22 日からブラジルのアルマサン・ドス・ブージオス (リオデジャネイロからバスで 2 時間半くらいとのこと) で Arnaldo Naves de Brito、Turio Rocha 両博士がオーガナイザーとなって開催される予定である。そのころには建設中の次世代光源 SIRIUS のビームラインも 10 本程度は稼働しているのではないかとのこと。SIRIUS はサンパウロの北のほうに位置し、地球の裏側にある国で、しかもブラジル国内の移動も大変そうであるが、日本からの多くの参加を期待しているとのことであった。空港から会場へのシャトルバスの準備も進めるとのことであった。

#### 参考文献

- [1] <https://vuvx.lbl.gov/>
- [2] 木下豊彦: SPring-8/SACLA 利用者情報 **15** (2010) 264-266. <https://user.spring8.or.jp/sp8info/?p=3236>
- [3] 木下豊彦: 放射光 **29** (2016) 265-267. <http://www.jssr.jp/journal/pdf/29/p265.pdf>
- [4] 山根宏之: 放射光 **26** (2013) 291-292. <http://www.jssr.jp/journal/pdf/26/p291.pdf>

木下 豊彦 KINOSHITA Toyohiko

(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  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0802 ext 3129  
e-mail : toyohiko@spring8.or.jp

## 第19回 SPring-8 夏の学校を終えて

SPring-8 夏の学校実行委員会  
委員長 八木 直人 (JASRI)

### 夏の学校の概要

「第19回 SPring-8 夏の学校」は、2019年7月7日(日)～7月10日(水)の4日間の日程で、全国31校から90名の学生の参加を得て、放射光普及棟およびSPring-8蓄積リング棟、SACLA実験研究棟を会場として開校されました。この夏の学校は、SPring-8サイトに施設を持つ各機関((公財)高輝度光科学研究センター(JASRI)、理化学研究所・放射光科学研究センター、日本原子力研究開発機構・物質科学研究センター、量子科学技術研究開発機構・放射光科学研究センター)と、これらの機関と連携大学院協定を持つ大学(兵庫県立大学大学院物質理学研究科・生命理学研究科、関西学院大学大学院理工学研究科、岡山大学大学院自然科学研究科)およびSPring-8サイトにビームラインを持ち、そこで教育を行っている大学(東京大学放射光分野融合国際卓越拠点、大阪大学・未来戦略光科学連携センター・蛋白質研究所・核物理研究センター)が主催して、ビームタイムや教官を供出し合って行ったものです。校長はJASRI理事長で東京大学名誉教授の雨宮慶幸先生にお願いしました。実行委員会は主催団体のスタッフで構成され、事務局はJASRI利用推進部が行いました。なお、主催大学の中

には夏の学校への参加を講義として単位認定しているところもあります。

### カリキュラムについて

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



図1 講義風景

第19回 SPring-8 夏の学校 日程表 – 2019年7月7日(日)～10日(水)

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
7/7 (日)	9:00~ 受付 SPring-8	9:30~ 開校式 ガイダンス	9:50-11:20 ≪講座1≫ 放射光発生基礎	11:20-12:30 昼食	12:30-14:00 ≪講座2≫ ビームライン ～光源と実験空間～	14:15-15:45 ≪講座3≫ X線検出器基礎	15:45-16:00 休憩 15分	16:00-17:30 ≪講座4≫ X線検出器基礎	17:30-18:00 休憩 15分	18:00-19:30 参加者自己紹介	19:30-20:00 懇親会	
7/8 (月)	9:10-10:30 ≪講座4≫ X線自由電子レーザー入門	10:40-11:10 休憩 15分	11:20-12:30 ≪講座5≫ SACLA 見学	12:30-14:00 ≪講座6≫ ビームライン X線イメージング	14:15-15:45 ≪講座7≫ 回折・散乱の基礎と構造解析への応用	15:45-16:00 休憩 15分	16:00-17:30 ≪講座8≫ XAFS基礎	17:30-18:30 夕食	18:30-20:30 SPring-8実験ホール見学			
7/9 (火)					9:30-17:00 BL実習1					17:30-18:45 SPring-8加速器収納部見学	18:45-20:00 懇親会	
7/10 (水)					9:30-17:00 BL実習2					17:30- 開校式		



ビームライン実習について

実習のテーマと使用したビームラインおよび担当者（敬称略）は以下の通りです。

- BL01B1 “その場”XAFS 計測  
(加藤和男・伊奈稔哲・宇留賀朋哉 (JASRI))
- BL02B1 単結晶構造解析の入門  
(野上由夫 (岡山大学)、安田伸広 (JASRI))
- BL04B1 大容量高圧プレスと白色X線を用いたX線回折実験  
(肥後祐司 (JASRI))
- BL04B2 高エネルギーX線を用いたガラス・液体の構造解析  
(尾原幸治 (JASRI)、廣井慧 (NIMS))
- BL07LSU 推理の放射光元素分析  
(松田巖・原田慈久 (東京大学))
- BL13XU サブミクロン集光放射光ビームによる局所領域回折実験  
(木村滋 (JASRI/岡山大学)、隅谷和嗣 (JASRI))
- BL14B1 放射光を利用した高温高圧合成  
(齋藤寛之 (QST))
- BL14B2 XAFS 分析の基礎  
(渡辺剛・大淵博宣 (JASRI)、廣沢一郎 (JASRI/岡山大学))
- BL19B2 粉末X線回折  
(大坂恵一 (JASRI)、廣沢一郎 (JASRI/岡山大学))
- BL20B2 放射光X線画像計測の基礎  
(星野真人・上杉健太郎 (JASRI))
- BL22XU XAFSによる溶液内イオンの光酸化還元挙動解明  
(小林徹・藤森伸一 (JAEA))
- BL24XU X線“レンズ”による結像の基礎とソフトマテリアルの顕微CT  
(高山裕貴・籠島靖 (兵庫県立大学)、漆原良昌 (放射光ナノテクセンター))
- BL25SU 高分解能軟X線光電子分光  
(横谷尚陸 (岡山大学)、室隆桂之・小谷佳範 (JASRI))
- BL26B1 単結晶回折 (タンパク質)  
(熊坂崇 (JASRI/関西学院大学)、馬場清喜・河村高志 (JASRI))
- BL29XU 走査型蛍光X線分析  
(香村芳樹 (理化学研究所)、志村まり (国立国際医療研究センター))

- BL33LEP GeV 光ビームの生成と粒子・反粒子対の測定  
(村松憲仁・宮部学・時安敦史 (東北大学)、與曾井優 (大阪大学))
- BL39XU 硬X線磁気円二色性分光による磁性体試料の解析  
(鈴木基寛・河村直己・水牧仁一朗・大沢仁志 (JASRI))
- BL40B2 X線小角散乱法を用いたタンパク質分子の構造解析  
(八木直人・関口博史 (JASRI))
- BL43IR 顕微赤外分光による種々の組成分布解析  
(森脇太郎・池本夕佳 (JASRI))
- BL44XU 単結晶回折 (タンパク質)  
(中川敦史・櫻井啓介 (大阪大学)、山下栄樹 (JASRI))
- BL46XU X線反射率  
(小金澤智之・安野聡 (JASRI)、廣沢一郎 (JASRI/岡山大学))

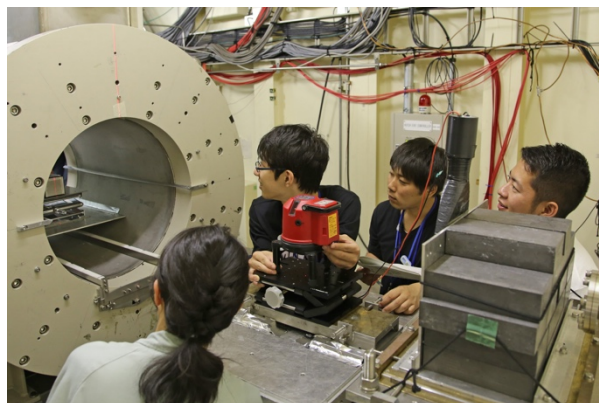


図2 実習風景

昨年は、それまで 100 名以上あった参加申込みが 70 名程度しかなく、原因が分からず大いに悩みました。しかし今回は茨城大学からの 10 名以上の参加もあって、97 名の参加申込みの中から 90 名での開催となりました。参加大学数も昨年の 21 から 31 に増えています。今年度は昨年参加のなかった大学にポスターを送付するなど広報に力を入れており、その効果があったのかも知れません。

また、昨年は豪雨の影響で参加キャンセルもありましたが、今年はバーベキューが雨に見舞われた以外は天候にも恵まれ、事故もなく終了することができました。参加者のアンケートでも回答者全員が「夏の学校

に参加して良かった」と回答しており、充実した4日間だったようです。

#### 謝辞

熱意のこもった講義をしていただいた講師の先生方、2日間にわたる実習を熱心に指導していただいた実習担当の皆様、分かりやすい説明で参加者の興味を引きつけてくださった見学引率者の皆様、特に大人数の参加者に SPring-8 蓄積リング加速器収納部の見学を可能にいただいた JASRI 光源基盤部門の方々、SACLA 収納部の見学にご尽力いただいた理研および JASRI 関係者の方々に感謝致します。また、事務局としてウェブ作成から懇親会・バーベキューの世話まで努力された JASRI 事務局担当者の方々にも感謝したいと思います。特にバーベキューにおいては、量子科学技術研究開発機構・放射光科学研究センターの皆様にお世話になりました。ここで御礼申し上げます。

#### 八木 直人 YAGI Naoto

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

#### 第 19 回 SPring-8 夏の学校に参加して

山形大学 大学院有機材料システム研究科  
間瀬 元太

今回 SPring-8 夏の学校に参加して、とても楽しく充実した4日間を過ごすことができました。私は、今まで大型放射光施設は Photon Factory しか利用したことがなく、参加前の気持ちとしては不安ではあるものの日本一大きな放射光施設を見て回れる機会に胸を躍らせていました。1日目、2日目は放射光発生の原理や検出器など基礎的なものから、X線イメージングや構造解析への応用までと色々な講義を聞きました。実際に講義を受けてみて、自分の知っている基礎の復習になり、少し応用した専門性の高い内容をそれぞれ分野の異なる多くの参加者にも分かりやすく教えていただきました。分からなかった部分もありましたが、質問すると丁寧に教えていただけました。また、論文でしか目にするのでできなかった方々の講義を受け、質問できる機会はとても有意義な時間になりました。中でも自分の専門に近い講義は、自分の研究にどう結びつくのかを考えながら聞くことでよりためになると感じました。一方、利用したことのない装置の原理も知識として知ることができたので大変勉強になりました。また、講義ばかりではなく2日目の朝には XFEL (SACLA)、夜には SPring-8 蓄積リング棟実験ホール、3日目夕方には SPring-8 リング棟加速器収納部の見学もさせていただきました。講義で教わったばかりの放射光発生に関わる装置を実際に見て回り細かな説明をしてもらうことでより理解も深まりました。日頃立ち入ることのできない場所なので、とても良い経験になりました。

実習は、BL33LEP (GeV 光ビームの生成と粒子・反粒子対の測定) と BL13XU (サブミクロン集光放射光ビームによる局所領域回折) を選択しました。私は X 線によるプラスチックの構造解析を行っております。しかし、折角夏の学校に来たので SPring-8 でしかできない新しいことを学んでみたいと思い  $\gamma$  線のことを学ぶことができる BL33LEP の実習を選択しました。本実習では低エネルギー光子を高エネルギー電

子で 180 度後方散乱させるレーザー逆コンプトン散乱を用いることで $\gamma$ 線を発生させていました。 $\gamma$ 線は原子核を研究するのに用いることができ、日ごろ結晶ラメラ領域での電子密度の粗密から構造解析をする私には新鮮に感じられました。丁寧に $\gamma$ 線の基礎から教えていただき、初めての実験に対して考察をしながら測定を行いました。将来的に直接 $\gamma$ 線を利用するかは未定ですが、初めての場所で、新しいことを学び、そこからどのような結果になるのか考察する経験は今後の実験にもとても役立つと思いました。

夏の学校の醍醐味である同世代の違う分野の方との交流は、非常に楽しく刺激的なものになりました。1日目の懇親会で仲良くなった友達とは懇親会のない2日目の夜も集まって研究の話やたわいのない話をして楽しい時間を過ごしました。3日目のバーベキューでは、みんなの仲も深まり、美味しいお肉を食べながらの夏の学校最後の夜は大いに盛り上がりました。交流の中でも、同世代の頑張っている研究の話や、学校

生活に関して多くの人と話したことはとても刺激になりました。またこのような仲間と楽しく学び、過ごしたこの4日間は今の研究のモチベーションに繋がっています。

最後に、第19回SPRING-8夏の学校の期間中は実行委員の方や講師の先生、ビームライン担当者の方々に大変お世話になりました。改めて感謝申し上げます。



図3 懇親会風景



図4 記念写真

## 2016B 期 採択「新分野創成利用」における 研究グループの事後評価について

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用推進部

「新分野創成利用」は、SPring-8 の利用研究成果創出を質的・量的に飛躍させるために、既存の研究分野の枠を超えた複合・融合領域等における未踏分野の開拓・創成およびそれに伴う利用の裾野を拡大することを目的として、2015B 期より運用しています。採択された研究グループは、代表責任者の裁量により有効期間（2 年間）内に各分担責任者が複数ビームラインで「新分野創成利用課題」を実施することも可能となり、また、ビームタイムも認められた範囲内で期ごとに任意に配分（但し審査あり）することができます。

「新分野創成利用」における研究グループの事後評価は、新分野創成利用審査委員会における研究グループ終了報告書に基づいた代表責任者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、研究グループとしての 1) 目標達成度、2) 研究成果（①科学技術的価値、新しい研究領域・手法の開拓、産業基盤技術の向上、②科学技術的波及効果、③情報発信）、3) 「新分野創成利用」の趣旨との合致性（①新分野が創生され今後もその分野の発展が期待できるか、②実施にあたってマネージメントは妥当であったか）です。

今回は、2016B 期に採択された研究グループ（有効期間：2016B～2018A 期）について、事後評価（2018 年 11 月 30 日開催）を行いました。

以下に新分野創成利用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「新分野創成利用」研究グループによる紹介記事を掲載しています。

プロジェクト名	固液界面構造解明と可視化および構成物質間のダイナミクス
代表責任者(所属)	高尾 正敏 (大阪大学)
分担責任者(所属)	若林 裕助 (大阪大学) 土井 教史 (新日鐵住金 (株)) 長澤 裕 (立命館大学) 中島 淳一 (日産化学工業 (株)) 山添 誠司 (東京大学) 原田 慈久 (東京大学)

課題番号	2016B0908 ほか
ビームライン	BL01B1、BL04B2、BL08W、BL13XU、BL27SU、BL28B2、BL37XU、BL39XU、BL47XU
利用期間/配分総シフト	2016B～2018A/278 シフト (BL27SU：74 シフト、BL01B1：72 シフト、BL13XU：36 シフト、BL47XU：27 シフト、BL37XU：24 シフト、BL04B2：18 シフト、BL28B2：12 シフト、BL39XU：9 シフト、BL08W：6 シフト)

※所属は申請時

### 【評価結果】

#### 1) 目標達成度

固液界面化学の分野が拓かれつつあり、次期プロジェクトに繋げることが出来た点は評価できる。目標達成の途上にあるが、固液界面における構造と輸送現象の分野では十分な進展が見られ、期待以上の成果がでている。

#### 2) 研究成果

①科学技術的価値、新しい研究領域・手法の開拓、産業基盤技術の向上

新規性の高い技術は見当たらないが、固液界面を研究している多方面の研究者の垣根を取り払った点は評価できる。次期プロジェクトで新しい計測技術の発展を期待する。

#### ②波及効果

成果を発信していくことにより波及効果が見えてくると思われる。メゾスコピック系の観察技術や時分割反射計測の利用展開などにおいて効果が期待される。

#### ③情報発信

計測結果が出つつある段階なので、成果発表はサブ分野ごとに偏りがある。今後期待する。

3) 「新分野創成利用」の趣旨との合致性

①新分野創成と発展

メゾスコピック階層としての界面層の概念を提起して、界面層における構造と輸送現象の科学を創成するとしているが、まだ判断できるタイミングにはない。しかし、固液界面化学の新展開が期待でき、時分割反射率計測を中心に新分野の発展が期待できる。

②マネージメント

知財と資金に対する明確な考えを持ってプロジェクトを遂行していることは評価できる。代表責任者の強力なリーダーシップもあり、分野の異なる人々をまとめて推進しており、若手を前面に出したマネージメントは評価できる。4-

総合評価

研究の性格上、確立された測定技術と観察手法を固液界面の分野に広く適用する方法をとっているため、新しい測定技術の創成があったとはいえないが、それらを未知の領域に展開して成果を上げている。新しいサイエンスを発展させるきっかけが得られ、新分野創成に向け着実な進展があったといえる。固液界面の液体側からの反応についての研究が広がり、個別分野で大きな成果がでつつある。新分野創成に向け、今後の展開を期待する。

[成果リスト]

(査読付き論文)

[ 1 ] SPring-8 publication ID = 33687

R.Ishida *et al.*: “Hydrogen-Mediated Electron Doping of Gold Clusters As Revealed by In Situ X-ray and UV-vis Absorption Spectroscopy” *The Journal of Physical Chemistry Letters* **8** (2017) 2368-2372.

[ 2 ] SPring-8 publication ID = 36262

R.Tanaka *et al.*: “Gold Ultrathin Nanorods with Controlled Aspect Ratios and Surface Modifications: Formation Mechanism and Localized Surface Plasmon Resonance” *Journal of the American Chemical Society* **140** (2018) 6640-6647.

[ 3 ] SPring-8 publication ID = 36885

S.Hayashi *et al.*: “Doping a Single Palladium Atom

into Gold Superatoms Stabilized by PVP: Emergence of Hydrogenation Catalysis” *Topics in Catalysis* **61** (2018) 136-141.

[ 4 ] SPring-8 publication ID = 36887

W.Kurashige *et al.*: “Au<sub>5</sub>-Loaded BaLaTiO<sub>5</sub> Water-Splitting Photocatalyst with Enhanced Activity and Durability Produced Using New Chromium Oxide Shell Formation Method” *The Journal of Physical Chemistry C* **122** (2018) 13669-13681.

[ 5 ] SPring-8 publication ID = 36888

S.Hasegawa *et al.*: “Prominent Hydrogenation Catalysis of a PVP-Stabilized Au<sub>3</sub> Superatom Provided by Doping a Single Rh Atom” *Chemical Communications* **54** (2018) 5915-5918.

[ 6 ] SPring-8 publication ID = 36889

T.Omoda *et al.*: “An Au<sub>5</sub>(SR)<sub>5</sub> Cluster with a Face-Centered Cubic Core” *The Journal of Physical Chemistry C* **122** (2018) 13199-13204.

[ 7 ] SPring-8 publication ID = 37840

H.Fujii *et al.*: “Kinetics of Iron Passivation Studied by Sub-Second Resolution Realtime X-ray Reflectivity Technique” *Journal of the Electrochemical Society* **166** (2019) E212-E216.

## 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3～5月の運転実績

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サイクルの運転を行い、春の点検調整期間をはさみ、5月8日から5月31日までセベラルバンチ運転で第2サイクルの運転を実施した。第1～2サイクルでは瞬時電圧低下(\*1)によるビームアポート等があったが、全体としては順調な運転であった。総放射光利用運転時間(ユーザータイム)内での故障等による停止時間(down time)は、第1サイクルは約0.2%、第2サイクルは約3.4%であった。

#### 1. 装置運転関係

##### (1) 運転期間

第1サイクル (3/27 (水) ~4/26 (金))  
第2サイクル (5/8 (水) ~5/31 (金))

##### (2) 運転時間の内訳

第1サイクル  
運転時間総計 約720時間  
①装置の調整およびマシンスタディ等 約168時間  
②放射光利用運転時間 約550時間  
③故障等による down time 約1時間  
④フィリング変更時間 約1時間  
総放射光利用運転時間(ユーザータイム = ② + ③ + ④)に対する down time の割合(\*2) 約0.2%

第2サイクル  
運転時間総計 約555時間  
①装置の調整およびマシンスタディ等 約51時間  
②放射光利用運転時間 約487時間  
③故障等による down time 約17時間  
④フィリング変更時間 0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(\*2) 約3.4%

##### (3) 運転スペック等

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

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

・入射は電流値優先モード(2~3分毎(マルチバンチ時)もしくは20~40秒毎(セベラルバンチ時))のTop-Upモードで実施。  
・蓄積電流 8 GeV、~100 mA

##### (4) 主な down time の原因

・瞬時電圧低下によるビームアポート  
・SR RF Dst.サーキュレータアークによるアポート

#### 2. 利用関係 (JASRI 利用推進部 集計)

##### (1) 放射光利用実験期間

第1サイクル (4/1 (月) ~4/25 (木))  
第2サイクル (5/9 (木) ~5/31 (金))

##### (2) ビームライン利用状況

稼働ビームライン  
共用ビームライン 26本  
専用ビームライン 19本  
理研ビームライン 12本  
第1サイクル(暫定値)  
共同利用研究実験数 231件  
共同利用研究者数 950名

専用施設利用研究実験数	174 件
専用施設利用研究者数	562 名
第2サイクル (暫定値)	
共同利用研究実験数	227 件
共同利用研究者数	934 名
専用施設利用研究実験数	180 件
専用施設利用研究者数	593 名

◎2019年6～7月の運転予定

SPring-8は6月3日から7月5日までセベラルバンチ運転で第3サイクルの運転を行い、停止期間をはさみ、7月8日から7月31日までセベラルバンチ運転で第4サイクルの運転を予定している。

第3～4サイクルの運転実績については次号にて掲載する。

◎今後の予定

8月1日から9月24日まで夏期点検調整期間とし、加速器やビームラインに係わる機器の改造・点検作業、電気・冷却設備等の機器の点検作業を行う予定である。

- (\*1) 落雷による瞬時電圧低下 (5/23) により、加速器電磁石、RF 機器などほぼ全ての機器がダウンし、安全インターロックの発報、各ビームラインでアラームレベル7の発報、施設冷却系の停止が発生した。これにより、約1.5シフトのdown timeとなった。
- (\*2) down time の割合に④フィリング変更時間は含まない。

# 論文発表の現状

公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用推進部

年別査読有り論文発表等登録数 (2019年6月30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	91	67	27	1068
		Technical Journal				1								1	
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	1997.10	121	19	12	18	36	42	36	43	37	28	18	410
	BL02B2	Powder Diffraction	1999.9	438	67	82	59	96	71	81	95	78	69	30	1166
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	1997.10	153	21	22	16	20	19	16	16	15	14	7	319
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	1999.9	166	28	23	28	28	33	37	43	28	33	15	462
		Technical Journal					1								1
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	1997.10	116	12	20	19	15	13	19	15	16	13	5	263
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	1997.10	101	9	13	13	15	15	18	16	19	27	8	254
	BL10XU	High Pressure Research	1997.10	260	35	32	28	21	30	29	30	28	19	9	521
	BL13XU	Surface and Interface Structure	2001.9	121	18	27	6	16	21	24	36	27	31	18	345
	BL14B2	Engineering Science Research II	2007.9	18	25	32	36	53	53	61	52	58	60	31	479
		Technical Journal				1	1	1							3
	BL19B2	Engineering Science Research I	2001.11	125	18	35	53	58	63	65	64	65	54	22	622
		Technical Journal				1	1	1	2				2		7
	BL20B2	Medical and Imaging I	1999.9	165	17	24	35	28	25	35	25	28	29	18	429
	BL20XU	Medical and Imaging II	2001.9	102	36	27	21	40	44	43	37	32	29	16	427
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	1998.4	261	21	25	22	24	31	20	19	25	19	11	478
		Technical Journal				2									2
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	1998.5	258	24	31	18	41	35	25	36	27	22	8	525
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	1999.9	86	9	15	10	21	18	21	19	25	17	6	247
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	2001.9	66	9	12	8	14	13	16	15	15	14	4	186
	BL37XU	Trace Element Analysis	2002.11	74	22	23	13	32	28	35	29	29	23	4	312
		Technical Journal							1						1
	BL38B1	Structural Biology III	2000.10	281	48	48	60	59	48	65	60	36	28	15	748
	BL39XU	Magnetic Materials	1997.10	158	15	19	21	20	25	19	24	29	19	9	358
	BL40B2	Structural Biology II	1999.9	292	44	42	43	70	54	55	59	53	55	34	801
		Technical Journal					1		1						2
	BL40XU	High Flux	2000.4	78	11	13	18	37	21	32	41	30	32	14	327
	BL41XU	Structural Biology I	1997.10	524	66	66	53	65	55	60	67	55	42	15	1068
BL43IR	Infrared Materials Science	2000.4	63	6	8	11	9	11	17	15	23	10	5	178	
BL46XU	Engineering Science Research III	2000.11	80	20	22	15	37	28	55	51	49	44	22	423	
	Technical Journal								1	1				2	
BL47XU	HXPES・MCT	1997.10	200	27	31	17	36	36	30	29	33	27	15	481	
	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	6	65
	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	8	84
	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	5	2	2	29
BL45XU	RIKEN Structural Biology I	1997.10	76	8	9	6	7	9	13	20	10	5	5	168	
Subtotal				4913	701	807	740	1000	974	1037	1084	1010	887	416	13569



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	14	133
		Technical Journal					35	42	39	36	33	31	28		244
	BL07LSU	The University-of-Tokyo Outstation Beamline for Materials Science	2009.11		1	5	6	10	13	12	19	18	15	8	107
		Technical Journal								1					1
	BL08B2	Hyogo Prefecture BM	2005.9		1	1	3	7	9	5	5	9	1	3	44
		Technical Journal					7	1	18	7	4	4	1	1	43
	BL11XU	QST Quantum Dynamics I		67	9	6	13	16	14	8	20	20	13	8	194
	BL12B2	NSRRC BM	2001.9	103	28	13	25	22	21	28	29	28	20	7	324
	BL12XU	NSRRC ID	2003.2	31	15	10	14	11	16	19	17	24	13	5	175
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II		93	18	16	11	10	15	19	17	23	20	8	250
	BL15XU	WEBRAM	2001.4	113	35	51	41	61	57	48	63	56	43	21	589
	BL16B2	Sunbeam BM	1999.9	37	8	6	4	3	6	4	10	9	5	4	96
		Technical Journal		2			18	15	14	8	15	21	14	8	115
	BL16XU	Sunbeam ID	1999.9	32	6	2	2	2	3	4	11	9	9	3	83
		Technical Journal					20	19	14	14	21	18	12	6	124
	BL22XU	JAEA Actinide Science I		46	15	10	10	14	19	15	14	15	25	5	188
	BL23SU	JAEA Actinide Science II		138	15	22	20	17	28	19	25	16	22	13	335
	BL24XU	Hyogo Prefecture ID	1998.10	126	5	6	7	8	5	4	5	5	6	1	178
		Technical Journal					11	3	10	3	1	4			32
	BL28XU	RISING II	2012.4					3	9	5	5	5	4	3	34
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	4	58	
	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	3	49	
BL44XU	Macromolecular Assemblies	2000.2	174	21	49	59	59	50	64	52	59	38	19	644	
Subtotal			1017	188	212	232	274	306	281	331	349	264	129	3583	

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	2	247
	BL32XU	Targeted Proteins				2	9	8	8	7	13	4	3		54
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics						1		1	1				3
	BL44B2	Materials Science		192	10	13	13	19	16	20	16	17	13	2	331
	BL45XU	Structural Biology I		173	8	9	9	11	9	13	13	8	2		255
	Subtotal			813	87	76	99	89	71	73	81	63	30	5	1487

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	47	42	32	14		214

Hardware / Software R & D	411	39	37	56	67	12	33	43	52	42	12				804
---------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	--	--	--	-----

NET Sum Total	6117	886	961	930	1199	1098	1188	1268	1221	988	472				16328
Technical Journal	2		2	89	80	97	68	74	71	53	13				549

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 6 月 30 日までに登録されたデータに基づいており、今後変更される可能性があります。

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

成果発表出版形式別登録数 (2019年6月30日現在)

SPring-8

Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total	
Public Beamlines	BL01B1	XAFS	1997.10	1069	66	86	1221
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	1997.10	410	14	31	455
	BL02B2	Powder Diffraction	1999.9	1166	41	83	1290
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	1997.10	319	7	48	374
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	1999.9	463	13	52	528
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	1997.10	263	10	47	320
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	1997.10	254	15	33	302
	BL10XU	High Pressure Research	1997.10	521	22	61	604
	BL13XU	Surface and Interface Structure	2001.9	345	18	36	399
	BL14B2	Engineering Science Research II	2007.9	482	10	33	525
	BL19B2	Engineering Science Research I	2001.11	629	45	90	764
	BL20B2	Medical and Imaging I	1999.9	429	88	87	604
	BL20XU	Medical and Imaging II	2001.9	427	104	121	652
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	1998.4	480	15	61	556
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	1998.5	525	21	36	582
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	1999.9	247	16	23	286
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	2001.9	186	5	12	203
	BL37XU	Trace Element Analysis	2002.11	313	24	45	382
	BL38B1	Structural Biology III	2000.10	748	11	65	824
	BL39XU	Magnetic Materials	1997.10	358	17	78	453
	BL40B2	Structural Biology II	1999.9	803	13	116	932
	BL40XU	High Flux	2000.4	327	21	69	417
	BL41XU	Structural Biology I	1997.10	1068	4	97	1169
	BL43IR	Infrared Materials Science	2000.4	178	14	60	252
	BL46XU	Engineering Science Research III	2000.11	425	18	35	478
	BL47XU	HXPES・MCT	1997.10	482	93	123	698
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	65	1	29	95
	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	84		8	92
	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		4	87
	BL44B2	RIKEN Materials Science	1998.5	29		3	32
	BL45XU	RIKEN Structural Biology I	1997.10	168	5	19	192
Subtotal			13590	757	1740	16087	

Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total	
Contract Beamlines	BL03XU	Advanced Softmaterials	2009.11	377		14	391
	BL07LSU	The University-of-Tokyo Outstation Beamline for Materials Science	2009.11	108		9	117
	BL08B2	Hyogo Prefecture BM	2005.9	87			87
	BL11XU	QST Quantum Dynamics I		194	8	36	238
	BL12B2	NSRRC BM	2001.9	324	1	2	327
	BL12XU	NSRRC ID	2003.2	175	7	4	186
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II		250	12	69	331
	BL15XU	WEBRAM	2001.4	589	11	46	646
	BL16B2	Sunbeam BM	1999.9	211	12	69	292
	BL16XU	Sunbeam ID	1999.9	207	8	53	268
	BL22XU	JAEA Actinide Science I		188	4	42	234
	BL23SU	JAEA Actinide Science II		335	44	108	487
	BL24XU	Hyogo Prefecture ID	1998.10	210	19	61	290
	BL28XU	RISING II	2012.4	34			34
	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	82	5	26	113
	BL36XU	Catalytic Reaction Dynamics for Fuel Cell	2013.1	49		3	52
	BL44XU	Macromolecular Assemblies	2000.2	644		43	687
Subtotal			4166	154	591	4911	
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		247	14	37	298
	BL32XU	Targeted Proteins		54		3	57
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics		3			3
	BL44B2	Materials Science		331	2	16	349
	BL45XU	Structural Biology I		255	5	45	305
	Subtotal			1487	36	173	1696

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	214	4	14	232

Hardware / Software R & D	804	516	463	1783
---------------------------	-----	-----	-----	------

NET Sum Total	16877	1313	2298	20488
---------------	-------	------	------	-------

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

[http://www.spring8.or.jp/ja/news\\_publications/publications/user\\_exp\\_report/](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 4 月～6 月に登録された論文が掲載された主な雑誌と掲載論文数

掲載雑誌	登録論文数	掲載雑誌	登録論文数
Chemical Communications	11	Chemistry of Materials	6
Physical Review B	11	Japanese Journal of Applied Physics	6
Chemistry - A European Journal	10	Nature Communications	6
Inorganic Chemistry	9	Scientific Reports	6
Polymer Journal	9	ACS Applied Materials & Interfaces	5
Macromolecules	8	Journal of Materials Chemistry A	5
		Journal of the Physical Society of Japan	5

他全 199 誌、計 364 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
37709	Tomohiro Takayama	99 (2019) 125127	2017A4253	BL12XU	高山 知弘	Pressure-Induced Collapse of the Spin-Orbital Mott State in the Hyperhoneycomb Iridate $\beta$ -Li <sub>2</sub> IrO <sub>3</sub>
			2017B4262	BL12XU	高山 知弘	
			2018A4260	BL12XU	高山 知弘	
37763	Sheng Chieh Liao	99 (2019) 075110	2017B4258	BL12XU	Chen Jin-Ming	Valence-State and Spin-State Transition of Co in LaCo <sub>0.5</sub> Rh <sub>0.5</sub> O <sub>3</sub>
37768	Rie Y. Umetsu	99 (2019) 134414	2013A7447	BL07LSU	菅 滋正	Half-Metallicity of the Ferrimagnet Mn <sub>2</sub> VAl Revealed by Resonant Inelastic Soft X-ray Scattering in a Magnetic Field
			2013B7459	BL07LSU	菅 滋正	
			2014B7478	BL07LSU	藤原 秀紀	
			2016B7512	BL07LSU	梅津 理恵	
37800	Takahiro Matsuoka	99 (2019) 144511	2015A1256	BL10XU	松岡 岳洋	Superconductivity of Platinum Hydride
			2015B1235	BL10XU	松岡 岳洋	
			2017B1492	BL10XU	松岡 岳洋	
37807	Mao Ye	99 (2019) 144413	2015A3880	BL23SU	木村 昭夫	Negative Te Spin Polarization Responsible for Ferromagnetic Order in the Doped Topological Insulator V <sub>0.04</sub> (Sb <sub>1-x</sub> Bi <sub>x</sub> ) <sub>1.96</sub> Te <sub>3</sub>
			2015B3880	BL23SU	木村 昭夫	
			2016A3830	BL23SU	木村 昭夫	
37950	Hans Tomatzky	99 (2019) 144309	2017B1738	BL35XU	Tomatzky Hans	Phonon Dispersion in MoS <sub>2</sub>
37954	Shinji Miwa	99 (2019) 184421	2017A1013	BL39XU	鈴木 義茂	Microscopic Origin of Large Perpendicular Magnetic Anisotropy in an FeIr/MgO System
			2017A1162	BL39XU	鈴木 基寛	
			2017A1201	BL25SU	三輪 真嗣	
			2017B1003	BL25SU	鈴木 義茂	
37973	Yooun Heo	99 (2019) 174420	2018A1273	BL13XU	菅 大介	Correlations between Oxygen Octahedral Distortions and Magnetic and Transport Properties in Strained La <sub>0.5</sub> Sr <sub>0.5</sub> CoO <sub>3</sub>
38059	Mariano Trigo	99 (2019) 104111	2014A8030	BL3	Trigo Mariano	Coherent Order Parameter Dynamics in SmTe <sub>2</sub>
38109	Kohei Yoshimatsu	99 (2019) 235129	2017B3843	BL23SU	和達 大樹	

Polymer Journal-1

37720	Hideo Kurihara	51 (2019) 199-209	2015A7218	BL03XU	北出 慎一	Elongation Induced $\beta$ - to $\alpha$ -crystalline Transformation and Microvoided Formation in Isotactic Polypropylene as Revealed by Time-Resolved WAXS/SAXS
			2015B7269	BL03XU	北出 慎一	
			2016A7218	BL03XU	北出 慎一	
			2016B7268	BL03XU	北出 慎一	
37858	Mizuki Kishimoto	51 (2019) 173-182	2013B7266	BL03XU	三田 一樹	A Study on the Isothermal Crystallization of Poly(3-methylbutene-1)
			2014A7217	BL03XU	三田 一樹	
			2014B7266	BL03XU	三田 一樹	
			2015B7267	BL03XU	三田 一樹	
			2016A7217	BL03XU	三田 一樹	
			2016B7266	BL03XU	三田 一樹	
38008	Kohji Tashiro	51 (2019) 131-141	2011A7214	BL03XU	村瀬 浩貴	Relationship between Twisting Phenomenon and Structural Discontinuity of Stacked Lamellae in the Spherulite of Poly(ethylene adipate) as Studied by the Synchrotron X-ray Microbeam Technique
			2012A7202	BL03XU	佐藤 春実	
			2013A7214	BL03XU	船城 健一	
			2013B7262	BL03XU	船城 健一	
			2014B7262	BL03XU	船城 健一	
38085	Hiroki Uehara	51 (2019) 319-325	2018B1232	BL40B2	上原 宏樹	Development of Highly Functional Membranes through Structural Control of Crystalline/Amorphous Phases
38126	Yuji Kitamura	51 (2019) 221-226	2014A7216	BL03XU	北村 祐二	Role of Strain Rate in the Strain-Induced Crystallization (SIC) of Natural and Synthetic Isoprene Rubber
			2014B7265	BL03XU	北村 祐二	
			2015A7215	BL03XU	北村 祐二	
			2015B7266	BL03XU	北村 祐二	

Polymer Journal-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
38127	Kentaro Yamamoto	51 (2019) 247-255	2016A7217	BL03XU	三田 一樹	Aggregation States of Poly(4-methylpentene-1) at a Solid Interface
38128	Jian Shen	51 (2019) 256-263	2015A7210	BL03XU	和泉 篤士	Fabrication and Characterization of Elastomeric Semiconductive Thiophene Polymers by Peroxide Crosslinking
			2015B7260	BL03XU	和泉 篤士	
			2016A7210	BL03XU	和泉 篤士	
			2016B7260	BL03XU	和泉 篤士	
38130	Yudai Fukunaga	51 (2019) 275-281	2016A7206	BL03XU	浅田 光則	Dispersion State of Carbon Black in Polystyrene Produced with Different Dispersion Media and Its Effects on Composite Rheological Properties
			2016B7256	BL03XU	浅田 光則	
			2017A7205	BL03XU	浅田 光則	
			2017B7257	BL03XU	浅田 光則	
38149	Kohsuke Kawabata	49 (2017) 169-176	2014B1915	BL46XU	尾坂 格	Effects of Branching Position of Alkyl Side Chains on Ordering Structure and Charge Transport Property in Thienothiophenedione- and Quinacridone-Based Semiconducting Polymers
			2015A1696	BL46XU	尾坂 格	

Chemical Communications

37715	Shin-ichiro Kawano	55 (2019) 2992-2995	2017A1071	BL02B1	河野 慎一郎	Near-Infrared Absorption by Intramolecular Charge-Transfer Transition in 5,10,15,20-Tetra( <i>N</i> -carbazolyl)porphyrin through Protonation
37773	Hayato Ohwaki	55 (2019) 3402-3405	2016A1432	BL02B1	吉成 信人	Crystal-to-Crystal Interconversion of Open and Closed Dicopper(II) Paddle Wheels in a Heterotrimetallic Coordination Polymer
			2016B1076	BL02B2	吉成 信人	
			2016B1007	BL02B1	今野 巧	
			2017A1282	BL02B2	吉成 信人	
			2017B1203	BL02B2	吉成 信人	
37795	Kristina Lekin	52 (2016) 13877-13880	2016A1279	BL10XU	Tse John	Pushing $T_c$ to 27.5 K in a Heavy Atom Radical Ferromagnet
37890	Nacki Ogiwara	55 (2019) 5906-5909	2018B1728	BL14B2	荻原 直希	The Effect of Amorphization on the Molecular Motion of the 2-Methylimidazolate Linkers in ZIF-8
37918	Keisuke Awaya	55 (2019) 4586-4588	2018B4604	BL15XU	谷口 貴章	Photoelectrochemical Properties of a Well-Structured 1.3 nm-Thick pn Junction Crystal
38066	Ryohei Yamakado	55 (2019) 326-329	2017A1676	BL02B1	笹野 力史	Ion-Pairing Assemblies Based on $\pi$ -Extended Dipyrrolyquinoxalines
			2015A0114	BL40XU	高谷 光	
			2017B1443	BL40XU	前田 大光	
			2016A1360	BL40B2	前田 大光	
			2017A1248	BL40B2	山門 陵平	
			2018A1679	BL40B2	笹野 力史	
38095	Ge Yin	54 (2018) 3947-3950	2015A4602	BL15XU	阿部 英樹	A Cu-Zn Nanoparticle Promoter for Selective Carbon Dioxide Reduction and Its Application in Visible-Light-Active Z-Scheme Systems Using Water as an Electron Donor
			2015B4602	BL15XU	阿部 英樹	
38197	Yu Su	55 (2019) 7239-7242	2018B4502	BL15XU	Belik Alexei	Stepwise Topochemical Fluorination of SrCrO <sub>3</sub> Perovskite via a Super-Structured Oxide
			2018A4501	BL15XU	山浦 一成	
			2017B4502	BL15XU	辻本 吉廣	

Inorganic Chemistry-1

37760	Shintaro Kobayashi	(2019) Online publication 9 Apr. 2019	2016B1270	BL02B1	小林 慎太郎	Linear Trimer Formation with Antiferromagnetic Ordering in 1T-CrSe <sub>2</sub> Originating from Peierls-like Instabilities and Interlayer Se-Se Interactions
			2016A1620	BL02B2	中埜 彰俊	
			2016B1437	BL02B2	澤 博	
			2017A1081	BL02B1	小林 慎太郎	
37796	Kristina Lekin	57 (2018) 4757-4770	2017B1144	BL10XU	Tse John	Benzoquinone Bridged Heterocyclic Zwitterions as Building Blocks for Molecular Semiconductors and Metals
37812	Hiroshi Itahara	58 (2019) 5406-5409	2016A5071	BL16XU	高橋 直子	Na-Melt Synthesis of Fine Ni <sub>3</sub> Si Powders as a Hydrogenation Catalyst
			2016B5070	BL16XU	小坂 悟	
37874	Takahiro Takei	57 (2018) 13097-13103	2017A1772	BL14B2	中島 靖	Circumstances of La, Eu, Dy, and Yb Cations Intercalated via Ion Exchange in $\gamma$ -Zirconium Phosphate
			2017B1898	BL14B2	中島 靖	
			2013A1299	BL02B2	武井 貴弘	
37894	Jinyu Hu	58 (2019) 5401-5405	2018A1210	BL44B2	Lin Kun	Adjustable Magnetic Phase Transition Inducing Unusual Zero Thermal Expansion in Cubic RCo <sub>2</sub> -Based Intermetallic Compounds (R = Rare Earth)
			2018B1515	BL44B2	Lin Kun	
37898	Yasushi Idemoto	58 (2019) 5664-5670	2014B1457	BL02B2	井手本 康	Synthesis, Crystal Structure Analysis, and Electrochemical Properties of Rock-Salt Type Mg <sub>3</sub> Ni <sub>2</sub> Co <sub>2</sub> O <sub>2</sub> as a Cathode Material for Mg Rechargeable Batteries
			2015A1541	BL02B2	井手本 康	
			2016A1509	BL19B2	井手本 康	

### Inorganic Chemistry-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
37932	Md Saiduzzaman	58 (2019) 1759-1763	2017B1343	BL02B2	熊田 伸弘	Hydrothermal Synthesis of Pyrochlore-Type Pentavalent Bismuthates $\text{Ca}_2\text{Bi}_2\text{O}_7$ and $\text{Sr}_2\text{Bi}_2\text{O}_7$
38099	Kenta Sudo	58 (2019) 7628-7633	2018B1246	BL02B2	後藤 陽介	Doping-Induced Polymorph and Carrier Polarity Changes in Thermoelectric

### Chemistry - A European Journal

37801	Kingo Uchida	25 (2019) 7874-7880	2014B1213	BL40B2	内田 欣吾	Photosalient Effect of Diarylethene Crystals of Thiazoyl and Thieryl Derivatives
			2015A1240	BL40B2	内田 欣吾	
			2015B1215	BL40B2	内田 欣吾	
			2018A1104	BL02B1	内田 欣吾	
			2018A1208	BL40XU	内田 欣吾	
			2018B1091	BL02B1	内田 欣吾	
			2018B1092	BL40XU	内田 欣吾	
2018B1674	BL02B1	西村 涼				
37887	Malte Fugel	25 (2019) 6523-6532	2015B1331	BL02B1	Grabowsky Simon	Revisiting a Historical Concept by Using Quantum Crystallography: Are Phosphate, Sulfate and Perchlorate Anions Hypervalent?
37944	Yuta Miyauchi	21 (2015) 18900-18904	2014B1562	BL40XU	安田 伸広	Concise Synthesis and Facile Nanotube Assembly of a Symmetrically Multifunctionalized Cycloparaphenylene
37990	Rei Tomifuji	25 (2019) 8987-8991	2018B1594	BL14B2	倉橋 拓也	Asymmetric Aza-Diels-Alder Reaction with Ion-Paired-Iron Lewis Acid-Brønsted Acid Catalyst
			2016A1549	BL14B2	倉橋 拓也	
			2018A1690	BL14B2	高橋 俊文	
			2017B1748	BL14B2	富藤 玲	
			2017A1700	BL14B2	前田 和輝	
			2016B1766	BL14B2	高橋 俊文	
			2016A1680	BL14B2	前田 和輝	
2015B1770	BL14B2	黒田 大樹				
38147	Tsubasa Mikie	24 (2018) 19228-19235	2018A1568	BL46XU	尾坂 格	Selective Synthesis and Properties of Electron-Deficient Hybrid Naphthalene-Based $\pi$ -Conjugated Systems
38201	Yoshifumi Sasano	25 (2019) 6712-6717	2018B1823	BL02B1	笹野 力史	Peripheral Modifications of <i>meso</i> -Hydroxyprophyrins: Formation of $\pi$ -Electronic Anions and Ion-Pairing Assemblies
			2018B1247	BL38B1	久木 一朗	
			2018A1173	BL40XU	高谷 光	
			2018B1563	BL40XU	前田 大光	
38203	Hiromitsu Maeda	24 (2018) 16176-16182	2015A0114	BL40XU	高谷 光	Pyrrole-Based Zwitterionic $\pi$ -Electronic Systems That Form Self-Assembled Dimers
			2017B1443	BL40XU	前田 大光	
			2017A1322	BL40XU	前田 大光	

### Macromolecules

37933	Hirokazu Hasegawa	52 (2019) 3158-3164	2017A1082	BL40B2	寺尾 憲	Lyotropic Liquid Crystallinity of Linear and Star Poly(quinoxaline-2,3-diyl)s: Isotropic-Liquid Crystal Phase Equilibria in Tetrahydrofuran
			2017B1062	BL40B2	寺尾 憲	
38148	Tsubasa Mikie	52 (2019) 3909-3917	2018A1568	BL46XU	尾坂 格	Ester-Functionalized Naphthobispyrazine as an Acceptor Building Unit for Semiconducting Polymers: Synthesis, Properties, and Photovoltaic Performance
38162	Jianming Huang	50 (2017) 3557-3564	2016A1542	BL46XU	尾坂 格	$\pi$ -Conjugation Effects of Oligo(thienylenevinylene) Side Chain in Semiconducting Polymers on Photovoltaic Performance
			2016B1875	BL46XU	尾坂 格	
			2013B1719	BL19B2	尾坂 格	
38178	Hiroki Mori	51 (2018) 5473-5484	2015B1904	BL46XU	尾坂 格	Alkoxy-Substituted Anthra[1,2-c:5,6-c']bis[(1,2,5)thiadiazole] (ATz): A New Electron-Acceptor Unit in the Semiconducting Polymers for Organic Electronics
			2016B1875	BL46XU	尾坂 格	
38181	Hiroki Mori	51 (2018) 1357-1369	2015B1904	BL46XU	尾坂 格	Phenanthrodithiophene (PDT)-Difluorobenzothiadiazole (DFBT) Copolymers: Effect on Molecular Orientation and Solar Cell Performance of Alkyl Substitution onto a PDT Core
			2016A1542	BL46XU	尾坂 格	
			2016A1768	BL46XU	尾坂 格	
			2016B1875	BL46XU	尾坂 格	
38182	Hiroki Mori	50 (2017) 4639-4648	2016A1542	BL46XU	尾坂 格	Solar Cell Performance of Phenanthrodithiophene-Isoindigo Copolymers Depends on Their Thin-Film Structure and Molecular Weight
			2016B1875	BL46XU	尾坂 格	
38184	Shuhei Nishinaga	48 (2015) 2875-2885	2014A1530	BL46XU	尾坂 格	Phenanthrodithiophene-Isoindigo Copolymers: Effect of Side Chains on Their Molecular Order and Solar Cell Performance
			2014B1583	BL19B2	尾坂 格	

Japanese Journal of Applied Physics

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
37863	Yoshiyuki Yamashita	58 (2019) SDDC01	2015B4600	BL15XU	山下 良之	Reaction Mechanism of ZrO <sub>x</sub> Metal Resists with Extreme Ultraviolet Irradiation
37899	Satoshi Yamaguchi	58 (2019) 060901	2011B5370	BL16B2	山口 聡	High-Resolution X-ray Topography of Threading Edge Dislocations in 4H-SiC Using a Novel Nuclear Emulsion Film Improved Special Resolution and Sensitivity
			2012A5370	BL16B2	山口 聡	
			2013B5370	BL16B2	山口 聡	
			2014A5370	BL16B2	山口 聡	
			2014B5371	BL16B2	山口 聡	
			2015A5371	BL16B2	山口 聡	
2015B5370	BL16B2	山口 聡				
37952	Jihee Jeon	57 (2018) 121303	2016A1492	BL09XU	財満 鎮明	Growth and Electrical Properties of in situ Sb-doped Ge <sub>1-x</sub> Sn <sub>x</sub> Epitaxial Layers for Source/Drain Stressor of Strained-Ge Transistors
38060	Takahiro Nagata	58 (2019) SDDG06	2016A4602	BL15XU	長田 貴弘	Photoelectron Spectroscopic Study of Electronic States and Surface Structure of an in situ Cleaved In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (111) Single Crystal
			2012B4606	BL15XU	長田 貴弘	
			2015A4601	BL15XU	長田 貴弘	
			2013B4603	BL15XU	長田 貴弘	
38074	Masakazu Kanechika	58 (2019) SCCD22	2017B5370	BL16B2	山口 聡	Evaluation of Dislocations under the Electrodes of GaN pn Diodes by X-ray Topography
			2018A5370	BL16B2	山口 聡	
			2018B1023	BL20B2	兼近 将一	
38171	Murugesan Mariappan	58 (2019) SBBC05	2017B1136	BL47XU	Mariappan Murugesan	X-ray Computed Tomography Studies on Directed Self-Assembly Formed Vertical Nanocylinders Containing Metals for 3D LSI Applications—Characterization Technique-Dependent Reliability Issues

Scientific Reports

37762	Chih-Wei Hu	9 (2019) 1299	2015A4132	BL12B2	Chen Jin-Ming	Cyclability Evaluation on Si Based Negative Electrode in Lithium Ion Battery by Graphene Phase Evolution: an <i>Operando</i> X-ray Diffraction Study
			2017A4128	BL12B2	Chen Jin-Ming	
37906	Atsushi Sakuda	8 (2018) 15086	2015A7601	BL28XU	小久見 善八	A Reversible Rocksalt to Amorphous Phase Transition Involving Anion Redox
			2016A7602	BL28XU	小久見 善八	
			2016B7606	BL28XU	松原 英一郎	
			2017A7606	BL28XU	松原 英一郎	
38004	Arif Salleh	7 (2017) 40010	2014B1620	BL20XU	野北 和宏	In situ Imaging of Microstructure Formation in Electronic Interconnections
			2015A1675	BL20XU	野北 和宏	
38075	Petra Edlund	6 (2016) 35279	2014B8050	BL3	岩田 想	The Room Temperature Crystal Structure of a Bacterial Phytochrome Determined by Serial Femtosecond Crystallography
38150	Goon Tan	9 (2019) 7309	2017A1553	BL19B2	神野 伊策	Crystallographic Contributions to Piezoelectric Properties in PZT Thin Films
			2017B1604	BL19B2	神野 伊策	
			2018A1562	BL46XU	神野 伊策	
38159	Seichiro Izawa	8 (2018) 481	2015A1952	BL46XU	尾坂 格	Crystallization and Polymorphism of Organic Semiconductor in Thin Film Induced by Surface Segregated Monolayers
			2015A1696	BL46XU	尾坂 格	
			2015B1904	BL46XU	尾坂 格	

ACS Applied Materials & Interfaces

38146	Masahiko Saito	10 (2018) 32420-32425	2015A1952	BL46XU	尾坂 格	Correlation between Distribution of Polymer Orientation and Cell Structure in Organic Photovoltaics
			2015B1904	BL46XU	尾坂 格	
38157	Fanji Wang	10 (2018) 8901-8908	2015A1696	BL46XU	尾坂 格	Effects of Chain Orientation in Self-Organized Buffer Layers Based on Poly(3-alkylthiophene)s for Organic Photovoltaics
38161	Jing Yang	9 (2017) 44070-44078	2016B1875	BL46XU	尾坂 格	Effects of Inserting Thiophene as a $\pi$ -Bridge on the Properties of Naphthalene Diimide-alt-Fused Thiophene Copolymers
38165	Peihong Chen	9 (2017) 4758-4768	2015A1952	BL46XU	尾坂 格	Organic Solar Cells with Controlled Nanostructures Based on Microphase Separation of Fullerene-Attached Thiophene-Selenophene Heteroblock Copolymers
			2015A1696	BL46XU	尾坂 格	
			2015B1904	BL46XU	尾坂 格	
38192	Yang Wang	11 (2019) 22583-22594	2018B1001	BL40B2	松本 英俊	Dual Imide-Functionalized Unit-Based Regioregular D-A <sub>1</sub> -D-A <sub>2</sub> Polymers for Efficient Unipolar n-Channel Organic Transistors and All-Polymer Solar Cells



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
37980	Kazutaka Kudo	88 (2019) 063704	2015B1431	BL13XU	工藤 一貴	Impact of Local Atomic Fluctuations on Superconductivity of Pr-Substituted CaFe <sub>2</sub> As <sub>2</sub> Studied by X-ray Fluorescence Holography
			2016A1302	BL13XU	工藤 一貴	
			2016B1376	BL13XU	工藤 一貴	
38018	Akihiro Yoshida	88 (2019) 064710	2014B1777	BL39XU	吉田 明弘	Indirect Magnetic Coupling through the Nonmagnetic Au Layer in the Fe/Au/CoO Trilayer Investigated by Resonant X-ray Magnetic Scattering at the Co K Absorption Edge
38080	Kenji Ishii	88 (2019) 075001	2013B3502	BL11XU	石井 賢司	Charge Excitations in Hf <sub>2-x</sub> Ce <sub>x</sub> CuO <sub>4</sub> Observed with Resonant Inelastic X-ray Scattering: Comparison of Cu K-edge with Cu L <sub>3</sub> -edge
			2014A3502	BL11XU	石井 賢司	
38110	Kenta Takahashi	88 (2019) 074701	2014B1011	BL47XU	齋藤 智彦	Electronic Structure of a Delafossite Oxide CuAlO <sub>2</sub> in Comparison with CuCrO <sub>2</sub>
			2015A1008	BL09XU	齋藤 智彦	
			2015B1019	BL47XU	齋藤 智彦	
			2016A1013	BL09XU	齋藤 智彦	
			2016A1142	BL09XU	齋藤 智彦	
38195	Yoshiya Yamamoto	88 (2019) 074704	2016B4264	BL12XU	水木 純一郎	Origin of the Pressure-Induced Second Superconducting Phase of (NH <sub>4</sub> ) <sub>y</sub> Cs <sub>0.4</sub> FeSe with Double-Dome Superconductivity
			2015B4260	BL12XU	水木 純一郎	

Chemistry of Materials

37970	Mohammad Kassem	31 (2019) 4103-4112	2014B1197	BL04B2	Bychkov Evgeny	Bent HgI <sub>2</sub> Molecules in the Melt and Sulfide Glasses: Implications for Nonlinear Optics
			2013A1520	BL04B2	Bychkov Evgeny	
			2013B1473	BL04B2	Bychkov Evgeny	
38154	Fanji Wang	31 (2019) 2097-2105	2018A1568	BL46XU	尾坂 格	Phytol-Derived Alkyl Side Chains for π-Conjugated Semiconducting Polymers
			2018B1595	BL46XU	尾坂 格	
38163	Johan Hamonnet	29 (2017) 9618-9622	2016A1542	BL46XU	尾坂 格	Bis(naphthothiophene diimide)indacenodithiophenes as Acceptors for Organic Photovoltaics
38196	Yoshihiro Tsujimoto	30 (2018) 6486-6493	2018A4501	BL15XU	山浦 一成	Function of Tetrahedral ZnS <sub>3</sub> O Building Blocks in the Formation of SrZn <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O: A Phase Matchable Polar Oxyulfide with a Large Second Harmonic Generation Response

Nature Communications

37794	Shun Nakamura	10 (2019) 816	2016A2697	BL41XU	中村 駿	Morphologic Determinant of Tight Junctions Revealed by Claudin-3 Structures
			2015A1090	BL41XU	入江 克雅	
			2015B1042	BL41XU	入江 克雅	
			2016B2721	BL41XU	入江 克雅	
37886	Taiyo Yoshioka	10 (2019) 1469	2015B1184	BL40B2	吉岡 太陽	A Study of the Extraordinarily Strong and Tough Silk Produced by Bagworms
			2016A1440	BL40B2	吉岡 太陽	
37962	Benoit Mortemard de Boisse	10 (2019) 2185	2015A1503	BL02B2	西村 真一	Coulombic Self-Ordering upon Charging a Large-Capacity Layered Cathode Material for Rechargeable Batteries
37976	Hironobu Fukuzawa	10 (2019) 2186	2013B8058	BL3	上田 潔	Real-Time Observation of X-ray-Induced Intramolecular and Interatomic Electronic Decay in CH <sub>2</sub> I <sub>2</sub>
			2015A8056	BL3	上田 潔	
			2015B8057	BL3	上田 潔	

Acta Materialia

37902	J. Wang	166 (2019) 413-423	2017A1869	BL25SU	小谷 佳範	Impact of Carbon Segregant on Microstructure and Magnetic Properties of FePt-C Nanogranular Films on MgO (001) Substrate
			2017A1872	BL01B1	伊奈 稔哲	
			2017B1983	BL01B1	伊奈 稔哲	
			2017A1868	BL13XU	田尻 寛男	
37998	Te-Cheng Su	163 (2019) 208-225	2017B1523	BL20B2	Gourlay Christopher	Semi-Solid Deformation of Al-Cu Alloys: A Quantitative Comparison between Real-Time Imaging and Coupled LBM-DEM Simulations
			2015A1318	BL20XU	柳楽 知也	
37999	Ning Hou	149 (2018) 119-131	2015B1611	BL20XU	Gourlay Christopher	Competition between Stable and Metastable Eutectic Growth in Sn-Ni Alloys
			2015A1675	BL20XU	野北 和宏	

Angewandte Chemie International Edition

37946	Kosuke Ono	57 (2018) 3113-3117	2016B1292	BL40XU	安田 伸広	Dynamic Interconversion between Boroxine Cages Based on Pyridine Ligation
37975	Kanako Kogashi	58 (2019) 7385-7389	2018A1061	BL38B1	松野 太輔	Narrowing Segments of Helical Carbon Nanotubes with Curved Aromatic Panels
38156	Chao Wang	57 (2018) 7034-7039	2016B1875	BL46XU	尾坂 格	Intermolecular Arrangement of Fullerene Acceptors Proximal to Semiconducting Polymers in Mixed Bulk Heterojunctions
			2017A1771	BL46XU	尾坂 格	

### Chemistry Letters

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
38067	Takayuki Yamamoto	48 (2019) 746-748	2015B1488	BL10XU	北川 宏	High-Pressure Effect on a Proton-Conducting Metal-Organic Framework, $\text{LaCr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
38131	Hayato Moriyama	(2019) Online published 5 Jun. 2019	2016A1361	BL02B1	北川 宏	A Novel Platinum(III)-Platinum(III) Neutral Dimer Complex, $\text{Pt}_2(\text{cdtb})_4\text{l}_2$ (cdtb: 4-Cyanodithiobenzoate)
			2016B1438	BL02B1	北川 宏	
			2018B1430	BL02B1	北川 宏	
38185	Shuhei Nishinaga	44 (2015) 998-1000	2014B1915	BL46XU	尾坂 格	Impact of Alkyl Side Chains on Thin-Film Transistor Performances in Phenanthrothiophene-Isoindigo Copolymers

### Comptes Rendus Geoscience

37909	Kenji Ohta	351 (2019) 147-153	2017A0072	BL10XU	廣瀬 敬	Electrical Resistivity of <i>fcc</i> Phase Iron Hydrides at High Pressures and Temperatures
37910	Seiji Kamada	351 (2019) 236-242	2016B1313	BL35XU	米田 明	Elastic Constants of Single Crystal Pt Measured up to 20 GPa Based on Inelastic X-ray Scattering: Implication for the Establishment of an Equation of State
			2017A1266	BL35XU	米田 明	
38176	Daisuke Yamazaki	351 (2019) 253-259	2016B1486	BL04B1	山崎 大輔	High-Pressure Generation in the Kawai-type Multianvil Apparatus Equipped with Tungsten-Carbide Anvils and Sintered-Diamond Anvils, and X-ray Observation on $\text{CaSnO}_3$ and $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$
			2017B1324	BL04B1	山崎 大輔	
			2014B1424	BL04B1	山崎 大輔	
			2015B1319	BL04B1	山崎 大輔	

### Dalton Transactions

37904	Daisuke Tanaka	48 (2019) 7074-7079	2011A1462	BL13XU	田中 大輔	Facile Preparation of Hybrid Thin Films Composed of Spin-Crossover Nanoparticles and Carbon Nanotubes for Electrical Memory Devices
37912	Takashi Fujishiro	48 (2019) 6083-6090	2017B2705	BL26B1	藤城 貴史	Structure of Sirohydrochlorin Ferrochelatase SirB: the Last of the Structures of the Class II Chelatase Family
			2016B2704	BL26B1	藤城 貴史	
38083	Keishiro Tahara	48 (2019) 7367-7377	2018A1151	BL02B1	田原 圭志朗	New $\pi$ -extended Catecholato Complexes of Pt(II) and Pd(II) Containing a Benzothienobenzothiophene (BTBT) Moiety: Synthesis, Electrochemical Behavior and Charge Transfer Properties
			2018B1134	BL02B1	田原 圭志朗	

### Inorganic Chemistry Frontiers

37731	Fei Han	4 (2017) 343-347	2016A1060	BL44B2	Xing Xianran	Local Structure and Controllable Thermal Expansion in the Solid Solution $(\text{Mn}_{1-x}\text{Ni}_x)\text{ZrF}_6$
37775	Tao Yang	6 (2019) 1068-1072	2018A1210	BL44B2	Lin Kun	Tunable Thermal Expansion and High Hardness of $(0.9-x)\text{PbTiO}_3-x\text{CaTiO}_3-0.1\text{Bi}(\text{Zn}_{2/3}\text{Tl}_{1/3})\text{O}_3$ Ceramics
37870	Zhao Pan	5 (2018) 1277-1281	2016A1060	BL44B2	Xing Xianran	Large Spontaneous Polarization in Polar Perovskites of $\text{PbTiO}_3$ - $\text{Bi}(\text{Zn}_{1/2}\text{Tl}_{1/2})\text{O}_3$

### Journal of Applied Physics

37688	Yoshiyuki Tsusaka	125 (2019) 125105	2015B3202	BL24XU	津坂 佳幸	Identification of Dislocation Characteristics in Na-Flux-Grown GaN Substrates Using Bright-Field X-ray Topography under Multiple-Diffraction Conditions
			2016A3202	BL24XU	津坂 佳幸	
			2016B3202	BL24XU	津坂 佳幸	
			2017A3202	BL24XU	津坂 佳幸	
37757	Shuichi Ogawa	125 (2019) 144303	2017A3836	BL23SU	小川 修一	Band Alignment Determination of Bulk <i>h</i> -BN and Graphene/ <i>h</i> -BN Laminates Using Photoelectron Emission Microscopy
38012	Masaaki Niwa	125 (2019) 203903	2015B0901	BL47XU	千葉 大地	Change in Chemical Bonding State by Thermal Treatment in MgO-based Magnetic Tunnel Junction Observed by Angle-Resolved Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy

### Journal of Materials Chemistry A

38155	Fanji Wang	6 (2018) 22889-22898	2015A1952	BL46XU	尾坂 格	Effects of End-on Oriented Polymer Chains at the Donor/Acceptor Interface in Organic Solar Cells
			2015A1696	BL46XU	尾坂 格	
			2015B1904	BL46XU	尾坂 格	
38167	Yufei Zhong	4 (2016) 3335-3341	2013B1719	BL19B2	尾坂 格	Interface-Induced Crystallization and Nanostructure Formation of [6,6]-Phenyl-C <sub>61</sub> -butyric Acid Methyl Ester (PCBM) in Polymer Blend Films and Its Application in Photovoltaics
			2015A1696	BL46XU	尾坂 格	
38168	Yanfeng Geng	3 (2015) 22325-22331	2014B1583	BL19B2	尾坂 格	Fullerene-Free Organic Photovoltaics Based on Unconventional Material Combination: a Molecular Donor and Polymeric Acceptors

**The Journal of Physical Chemistry C**

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
37772	Michiru Sogawa	123 (2019) 8699-8708	2017B1547	BL04B2	藤井 健太	Role of Solvent Size in Ordered Ionic Structure Formation in Concentrated Electrolytes for Lithium-Ion Batteries
			2018B1472	BL04B2	藤井 健太	
37931	Takashi Tsuchiya	123 (2019) 10487-10493	2017A4606	BL15XU	土屋 敬志	In Situ Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy of Space Charge Layer in a ZnO-Based All-Solid-State Electric Double-Layer Transistor
			2017B4600	BL15XU	土屋 敬志	
			2014A4604	BL15XU	土屋 敬志	
			2012B4602	BL15XU	土屋 敬志	
37943	Kezheng Chen	123 (2019) 3292-3298	2016A1019	BL37XU	内本 喜晴	Morphological Effect on Reaction Distribution Influenced by Binder Materials in Composite Electrodes for Sheet-type All-Solid-State Lithium-Ion Batteries with the Sulfide-based Solid Electrolyte
			2016B1022	BL37XU	内本 喜晴	

**Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry**

38179	Hiroki Mori	56 (2018) 2646-2655	2016A1768	BL46XU	尾坂 格	Development of a Phenanthrothiophene-Difluorobenzoxadiazole Copolymer Exhibiting High Open-Circuit Voltage in Organic Solar Cells
			2016B1875	BL46XU	尾坂 格	
38180	Hiroki Mori	56 (2018) 1757-1767	2015B1904	BL46XU	尾坂 格	Effect of Substitution Positions of Alkyl Side Chains in Phenanthrothiophene-Isoidigo Copolymers: The Enhancement of Crystallinity and Control of Molecular Orders
			2016A1542	BL46XU	尾坂 格	
38186	Hiroki Mori	53 (2015) 709-718	2014A1530	BL46XU	尾坂 格	Synthesis, Characterization, and Solar Cell and Transistor Applications of Phenanthro[1,2- <i>b</i> :8,7- <i>b'</i> ]dithiophene-Diketopyrrolopyrrole Semiconducting Polymers

**Organic Letters**

37716	Satoru Teranishi	21 (2019) 2593-2596	2018B1594	BL14B2	倉橋 拓也	Diastereoselective Synthesis of 1,3-Oxazolidines via Cationic Iron Porphyrin-catalyzed Cycloaddition of Aziridines with Aldehydes
			2016A1549	BL14B2	倉橋 拓也	
			2018A1690	BL14B2	高橋 俊文	
			2017B1748	BL14B2	冨藤 玲	
			2017A1700	BL14B2	前田 和輝	
			2016B1766	BL14B2	高橋 俊文	
			2016A1680	BL14B2	前田 和輝	
37817	Asami Yoshii	21 (2019) 2759-2762	2017A1459	BL38B1	佐藤 宗太	Periphery Design of Macrocyclic Materials for Organic Light-Emitting Devices with a Blue Phosphorescent Emitter
37897	Rei Tomifuji	21 (2019) 3834-3837	2016A1680	BL14B2	前田 和輝	Cationic Cobalt Porphyrin-Catalyzed Allylation of Aldehydes with Allyltrimethylsilanes
			2016B1766	BL14B2	高橋 俊文	
			2017A1700	BL14B2	前田 和輝	
			2017B1748	BL14B2	冨藤 玲	
			2018A1690	BL14B2	高橋 俊文	
			2018B1594	BL14B2	倉橋 拓也	
			2016A1549	BL14B2	倉橋 拓也	

**Proceedings of the 6th Decennial International Conference on Solidification Processing**

38001	Te-Cheng Su	(2017)	2017B1523	BL20B2	Gourlay Christopher	Exploring Semi-solid Deformation with the Discrete Element Method and Synchrotron Radiography
38002	Jingwei Xian	(2017)	2015B1611	BL20XU	Gourlay Christopher	Faceted and Nonfaceted Growth of Cu <sub>6</sub> Sn <sub>5</sub> Crystals
38003	Guang Zeng	(2017)	2017B1478	BL20XU	Gourlay Christopher	Solidification of Al <sub>3</sub> Mn <sub>5</sub> in Mg-Al-Zn-Mn Alloys

**ACS Applied Energy Materials**

38112	Nanami Takeda	2 (2019) 1629-1633	2017B1218	BL02B2	藪内 直明	Improved Electrode Performance of Lithium-Excess Molybdenum Oxyfluoride: Titanium Substitution with Concentrated Electrolyte
38204	Masanobu Izaki	2 (2019) 4833-4840	2017A1326	BL20XU	小林 正和	Defect Structure and Photovoltaic Characteristics of Internally Stacked CuO/Cu <sub>2</sub> O Photoactive Layer Prepared by Electrodeposition and Heating
			2016B1243	BL47XU	小林 正和	

### ACS Applied Nano 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
37746	Masahito Morita	1 (2018) 355-363	2012B1892	BL14B2	森田 将史	Controlled Synthesis of Gold Nanoparticles on Fluorescent Nanodiamond via Electron-Beam-Induced Reduction Method for Dual-Modal Optical and Electron Bioimaging
38174	Masayoshi Miyazaki	2 (2019) 3307-3314	2018A1681	BL01B1	宮崎 雅義	Surface Modification of PdZn Nanoparticles via Galvanic Replacement for the Selective Hydrogenation of Terminal Alkynes
			2018A1507	BL01B1	高山 大鑑	
			2018B1700	BL01B1	宮崎 雅義	

### ACS Macro Letters

37802	Shogo Kuriyama	8 (2019) 479-485	2017A1132	BL40XU	畠山 琢次	Telechelic Helical Poly(quinoxaline-2,3-diyl)s Containing a Structurally Defined, Circularly Polarized Luminescent Terquinoxaline Core: Synthesis by Core-Initiated Bidirectional Living Polymerization
			2018A1114	BL40XU	畠山 琢次	
			2018B1125	BL40XU	畠山 琢次	
38169	Erjun Zhou	3 (2014) 872-875	2013A1634	BL19B2	尾坂 格	All-Polymer Solar Cell with High Near-Infrared Response Based on a Naphthodithiophene Diimide (NDTI) Copolymer

### ACS Omega

37828	Haru Hirai	4 (2019) 7070-7075	2018A1055	BL01B1	高野 慎二郎	Synthesis of Trimetallic (HPd@M <sub>2</sub> Au <sub>8</sub> ) <sup>3+</sup> Superatoms (M = Ag, Cu) via Hydride-Mediated Regioselective Doping to (Pd@Au <sub>8</sub> ) <sup>2+</sup>
			2018B1123	BL01B1	高野 慎二郎	
38091	Yuko Okamoto	4 (2019) 8693-8700	2017B1216	BL40B2	櫻木 美菜	Preparation, Characterization, and in Vitro/in Vivo Evaluation of Paclitaxel-Bound Albumin-Encapsulated Liposomes for the Treatment of Pancreatic Cancer

### ACS Sustainable Chemistry & Engineering

37767	Rui Pang	7 (2019) 2083-2090	2018A1670	BL01B1	庞 瑞	Effect of Thickness of Chromium Hydroxide Layer on Ag Cocatalyst Surface for Highly Selective Photocatalytic Conversion of CO <sub>2</sub> by H <sub>2</sub> O
38102	Takehiro Asano	7 (2019) 9610-9612	2017B1839	BL14B2	浅野 壮宏	Structure and Mechanism of Titania-Supported Platinum-Molybdenum Catalyst for Hydrodeoxygenation of 2-Furancarboxylic Acid to Valeric Acid
			2018A1754	BL14B2	浅野 壮宏	
			2018B1805	BL14B2	田村 正純	

### Advanced Materials

37908	Hua-Jun Qiu	31 (2019) 1900843	2017A1872	BL01B1	伊奈 稔哲	Metal and Nonmetal Codoped 3D Nanoporous Graphene for Efficient Bifunctional Electrocatalysis and Rechargeable Zn-Air Batteries
			2017B1983	BL01B1	伊奈 稔哲	
38096	Kosuke Matsuzaki	30 (2018) 1801968	2014A4702	BL15XU	吉松 公平	High-Mobility p-Type and n-Type Copper Nitride Semiconductors by Direct Nitriding Synthesis and In Silico Doping Design
			2015A4704	BL15XU	神谷 利夫	
			2015B4701	BL15XU	神谷 利夫	

### AIP Conference Proceedings

37821	Nobuhiro Yasuda	2054 (2019) 050007	2016A1437	BL40XU	安田 伸広	Rapid Single Crystal Structure Analysis Using High-Flux Synchrotron Radiation of SPring-8
			2016B1292	BL40XU	安田 伸広	
			2017B1121	BL40XU	安田 伸広	
			2018A1223	BL40XU	安田 伸広	
38068	Chi Feng Huang	2054 (2019) 050006	2017A8006	BL2	西野 吉則	Simulation of Single Bio Particles in XFEL Coherent Diffraction-Master Curve for Photon Counts Estimation
			2016B8065	BL3	西野 吉則	
			2016A8049	BL3	西野 吉則	
			2015B8050	BL3	西野 吉則	
			2015A8052	BL3	西野 吉則	
2014B8053	BL3	西野 吉則				

### American Mineralogist

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
37712	Noriyoshi Tsujino	104 (2019) 588-594	2012B1437	BL04B1	辻野 典秀	Phase Transition of Wadsleyite-Ringwoodite in the Mg <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> -Fe <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> System
			2013A1475	BL04B1	辻野 典秀	
			2013B1434	BL04B1	辻野 典秀	
			2014A1431	BL04B1	辻野 典秀	
			2014B1400	BL04B1	辻野 典秀	
			2015A1600	BL04B1	辻野 典秀	
			2015B1504	BL04B1	辻野 典秀	
			2017A1525	BL04B1	辻野 典秀	
2017B1329	BL04B1	辻野 典秀				
2018A1457	BL04B1	辻野 典秀				
38114	Shigehiko Tateno	104 (2019) 718-723	2009A0087	BL10XU	廣瀬 敬	Static Compression of B2 KCl to 230 GPa and Its P-V-T Equation of State

### Angewandte Chemie

37723	Katsuya Ichihashi	131 (2019) 4213-4216	2014A1645	BL02B2	河口 彰吾	Selective Ion Exchange in Supramolecular Channels in the Crystalline State
			2014B2049	BL02B2	河口 彰吾	
37934	Qilong Gao	129 (2017) 9151-9156	2016A1060	BL44B2	Xing Xianran	Switching Between Giant Positive and Negative Thermal Expansions of a YFe(CN) <sub>6</sub> -based Prussian Blue Analogue Induced by Guest Species

### Applied Physics Express

37724	Hideharu Niwa	12 (2019) 052005	2016B3563	BL11XU	丹羽 秀治	High-Energy-Resolution XANES of Layered Oxides for Sodium-Ion Battery
			2017A3584	BL11XU	丹羽 秀治	
38205	Hiroshi Okuda	12 (2019) 075503	2016A1408	BL27SU	奥田 浩司	Two Dimensional Anomalous Small-Angle Scattering Measurements at the Mg K Absorption Edge for Nanostructure Analysis in Concentrated Al-Mg Alloys
			2015B1438	BL27SU	奥田 浩司	
			2017A1183	BL27SU	奥田 浩司	

### Applied Physics Letters

38086	Yuta Saito	114 (2019) 132102	2014A1342	BL01B1	Fons Paul	Origin of Resistivity Contrast in Interfacial Phase-Change Memory: The Crucial Role of Ge/Sb Intermixing
			2012B1303	BL01B1	Kolobov Alexander	
38098	Kentaro Nakamura	108 (2016) 211605	2016A4700	BL15XU	吉松 公平	Impact of Built-in Potential across LaFeO <sub>3</sub> /SrTiO <sub>3</sub> Heterojunctions on Photocatalytic Activity

### Applied Sciences

38144	Masahiko Saito	9 (2019) 451	2015B1904	BL46XU	尾坂 格	A Thiazolothiazole-Based Semiconducting Polymer with Well-Balanced Hole and Electron Mobilities
37948	Yuichi Nakamura	9 (2019) 1738	2015A1169	BL39XU	中村 雄一	Development of Heat Dissipation Multilayer Media for Volumetric Magnetic Hologram Memory

### ChemCatChem

37710	Alemayehu Dubale Duma	10 (2018) 1155-1165	2015B4126	BL12B2	Hwang Bing Joe	In Situ Confined Synthesis of Ti <sub>4</sub> O <sub>7</sub> Supported Platinum Electrocatalysts with Enhanced Activity and Stability for the Oxygen Reduction Reaction
			2015B4132	BL12B2	Hwang Bing Joe	
38016	Lin Yu	11 (2019) 1472-1479	2015A1534	BL01B1	佐藤 勝俊	Rh/Ce <sub>0.25</sub> Zr <sub>0.75</sub> O <sub>2</sub> Catalyst for Steam Reforming of Propane at Low Temperature
			2018B1711	BL01B1	西田 吉秀	

### Chemistry - An Asian Journal

38153	Tanwistha Ghosh	14 (2019) 963-967	2015A1952	BL46XU	尾坂 格	Preferential Face-on and Edge-on Orientation of Thiophene Oligomers by Rational Molecular Design
38202	Hiroki Tanaka	14 (2019) 2129-2137	2017A1322	BL40XU	前田 大光	Substitution-Pattern- and Counteranion-Depending Ion-Pairing Assemblies Based on Electron-Deficient Porphyrin-Au <sup>III</sup> Complexes
			2017A1676	BL02B1	笹野 力史	
			2017B1443	BL40XU	前田 大光	
			2017B1728	BL02B1	笹野 力史	
			2017B1504	BL40XU	平田 剛輝	
			2018A1678	BL02B1	笹野 力史	
			2018B1563	BL40XU	前田 大光	
2018B1823	BL02B1	笹野 力史				

### CrystEngComm

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
37693	Jaemyung Kim	21 (2019) 2281-2285	2017B4505	BL15XU	Kim Jaemyung	Lattice-Plane Bending Angle Modulation of Mg-Doped GaN Homoepitaxial Observed by X-ray Diffraction Topography
			2018B4505	BL15XU	坂田 修身	
			2016B1028	BL20B2	坂田 修身	
			2017A1030	BL20B2	坂田 修身	
			2017B1029	BL20B2	坂田 修身	
			2017B1030	BL28B2	坂田 修身	
37947	Akiko Sekine	20 (2018) 6061-6069	2017B1121	BL40XU	安田 伸広	<i>In situ</i> Control of Photochromic Behavior through Dual Photo-Isomerization Using Cobaloxime Complexes with a Spiropyran Derivative and 2-Cyanoethyl Ligands

### The FEBS Journal

37737	JeeEun Kim	286 (2019) 1287-1304	2017B6745	BL44XU	福田 庸太	Crystal Structure of Kumaglobin: a Hexacoordinated Heme Protein from an Anhydrobiotic Tardigrade, <i>Ramazzottius variematus</i>
			2018A6844	BL44XU	福田 庸太	
37810	Ryota Hidese	284 (2017) 3684-3701	2016A6644	BL44XU	溝端 栄一	Active Site Geometry of a Novel Aminopropyltransferase for Biosynthesis of Hyperthermophile-Specific Branched-Chain Polyamine

### FEBS Letters

37764	Yurina Miyashita	593 (2019) 242-250	2017A2584	BL26B1	沼本 修孝	Dual Conformation of the Ligand Induces the Partial Agonistic Activity of Retinoid X Receptor $\alpha$ (RXR $\alpha$ )
37892	Masakazu Sugishima	593 (2019) 868-875	2016B6622	BL44XU	杉島 正一	Crystal Structure of a NADPH-cytochrome P450 Oxidoreductase (CYPOR) and Heme Oxygenase 1 Fusion Protein Implies a Conformational Change in CYPOR upon NADPH/NADP <sup>+</sup> Binding
			2016A6622	BL44XU	杉島 正一	
			2016A6700	BL44XU	中川 敦史	
			2017B6725	BL44XU	杉島 正一	
			2017A6765	BL44XU	和田 啓	
			2017B6765	BL44XU	和田 啓	
			2017A6766	BL44XU	和田 啓	
			2018A6700	BL44XU	中川 敦史	
2018B6700	BL44XU	中川 敦史				

### IOP Conference Series: Materials Science and Engineering

38116	Hideyuki Yasuda	529 (2019) 012013	2017B1463	BL20XU	安田 秀幸	Investigation Using 4D-CT of Massive-like Transformation from the $\delta$ to $\gamma$ Phase during and after $\delta$ -Solidification in Carbon Steels
			2018A1380	BL20XU	安田 秀幸	
			2017A1336	BL20XU	安田 秀幸	
			2016B1458	BL20XU	安田 秀幸	
			2016A1454	BL20B2	安田 秀幸	
38117	Hideyuki Yasuda	529 (2019) 012023	2017B1463	BL20XU	安田 秀幸	Characterization of Dendritic Growth in Fe-C System Using Time-Resolved X-ray Tomography and Physics-Based Filtering
			2018A1380	BL20XU	安田 秀幸	
			2017A1336	BL20XU	安田 秀幸	
			2016B1458	BL20XU	安田 秀幸	
			2016A1454	BL20B2	安田 秀幸	

### ISIJ International

37722	Yasutaka Mugita	59 (2019) 1362-1368	2016B1416	BL20XU	古君 修	Void Nucleation, and Growth during Tensile Deformation of Nanoscale Precipitated Steel and Bainitic Steel
			2017B1088	BL20XU	尾崎 由紀子	
37939	Tomohiro Nishimura	59 (2019) 459-465	2018A1380	BL20XU	安田 秀幸	Selection of the Massive-like $\delta$ - $\gamma$ Transformation due to Nucleation of Metastable $\delta$ Phase in Fe-18 Mass%Cr-Ni Alloys with Ni Contents of 8, 11, 14 and 20 Mass%
			2016B1458	BL20XU	安田 秀幸	
			2015A1642	BL20B2	安田 秀幸	
			2014B1449	BL20B2	安田 秀幸	
			2014A1379	BL20B2	安田 秀幸	

IUCrJ

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
37888	Kiyofumi Takaba	6 (2019) 387-400	2015B2033	BL41XU	竹田 一旗	Subatomic Resolution X-ray Structures of Green Fluorescent Protein
			2015B1037	BL41XU	竹田 一旗	
			2016A6624	BL44XU	竹田 一旗	
			2016A2536	BL41XU	竹田 一旗	
			2017A6728	BL44XU	竹田 一旗	
			2017A2542	BL41XU	竹田 一旗	
			2018A6827	BL44XU	竹田 一旗	
			2018B2705	BL41XU	竹田 一旗	
			2016A1856	BL41XU	水野 伸宏	
			2016A2533	BL41XU	長谷川 和也	
37942	Ali Ebrahim	6 (2019) 543-551	2018A8005	BL2	Hough Michael	Dose-resolved Serial Synchrotron and XFEL Structures of Radiation-Sensitive Metalloproteins
			2017B8014	BL2	Hough Michael	

Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena

37691	Hidetoshi Miyazaki	232 (2019) 1-4	2014A1160	BL47XU	曾田 一雄	Direct Observation of Pseudo-Gap Electronic Structure in the Heusler-Type Fe <sub>2</sub> VAl Thin Film
38025	Keishi Akada	233 (2019) 64-68	2015B7402	BL07LSU	尾嶋 正治	<i>Operando</i> Measurement of Single Crystalline Li <sub>4</sub> Ti <sub>5</sub> O <sub>12</sub> with Octahedral-like Morphology by Microscopic X-ray Photoelectron Spectroscopy
			2016A7402	BL07LSU	尾嶋 正治	
			2016B7402	BL07LSU	尾嶋 正治	
			2017A7402	BL07LSU	尾嶋 正治	
			2017B7402	BL07LSU	尾嶋 正治	
			2018A7563	BL07LSU	赤田 圭史	
			2018A7567	BL07LSU	細野 英司	

Journal of Materials Chemistry C

38145	Masahiko Saito	6 (2018) 3668-3674	2016B1875	BL46XU	尾坂 格	Impact of Side Chain Placement on Thermal Stability of Solar Cells in Thiophene-Thiazolothiazole Polymers
38177	Yuya Asanuma	7 (2019) 905-916	2017A1771	BL46XU	尾坂 格	Vinylene-Bridged Difluorobenzod[ <i>cj</i> ][1,2,5]-thiadiazole (FBTzE): a New Electron-Deficient Building Block for High-Performance Semiconducting Polymers in Organic Electronics
			2017B1831	BL46XU	尾坂 格	

The Journal of Physical Chemistry B

37884	Mitsuhiro Hirai	123 (2019) 3421-3429	2016A1487	BL40B2	平井 光博	Structure of Ultrafine Bubbles and Their Effects on Protein and Lipid Membrane Structures Studied by Small- and Wide-Angle X-ray Scattering
			2017A1435	BL40B2	平井 光博	
37969	Kei Hashimoto	123 (2019) 4098-4107	2016B1710	BL04B2	小林 優美	Solvation Structure of Poly(benzyl methacrylate) in a Solvate Ionic Liquid: Preferential Solvation of Li-Glyme Complex Cation

Journal of Power Sources

38081	Yusaku Nishimura	434 (2019) 226721	2014B1574	BL39XU	西村 友作	Hard X-ray Spectroscopic Methods Using Emitted X-ray to Understand Charge Compensation in Positive Electrode Materials for Lithium-Ion Batteries
			2014B1582	BL27SU	西村 友作	
38118	Ryota Yuge	434 (2019) 226746	2018B3405	BL08B2	弓削 亮太	Surface Modification Using Sm-oxide of Fe- and Ni-substituted Li <sub>2</sub> MnO <sub>3</sub> Cathodes
			2015A3346	BL08B2	戸田 昭夫	
			2015B3346	BL08B2	戸田 昭夫	
			2016A3346	BL08B2	戸田 昭夫	
			2016B3346	BL08B2	戸田 昭夫	
			2016B1624	BL46XU	弓削 亮太	
			2015A1966	BL46XU	弓削 亮太	
2016A1518	BL46XU	弓削 亮太				

Journal of Structural Biology

37719	Tomohiko Matsuzawa	205 (2019) 84-90	2016A6657	BL44XU	渡邊 真宏	Crystal Structure and Substrate Recognition Mechanism of <i>Aspergillus oryzae</i> Isoprimeverose-Producing Enzyme
			2016B6657	BL44XU	渡邊 真宏	
			2017A6767	BL44XU	渡邊 真宏	
			2017B6767	BL44XU	渡邊 真宏	
37805	Tatsuhito Matsuo	205 (2019) 196-205	2014A1309	BL45XU	藤原 悟	Effects of the Cardiomyopathy-Causing E244D Mutation of Troponin T on the Structures of Cardiac Thin Filaments Studied by Small-Angle X-ray Scattering

### 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	実験責任者	タイトル
37900	Tetsuo Katayama	26 (2019) 333-338	2018A8080	BL3	片山 哲夫	X-ray Optics for Advanced Ultrafast Pump-Probe X-ray Experiments at SACLA
38133	Yoko Takeo	26 (2019) 756-761	2015A1148	BL25SU	三村 秀和	Probing the Spatial Coherence of Wide X-ray Beams with Fresnel Mirrors at BL25SU of SPring-8

### Journal of the American Chemical Society

37945	Takaumi Morita	140 (2018) 2995-3007	2014B1827	BL40XU	橋本 敬	Comparison of the Magnetic Anisotropy and Spin Relaxation Phenomenon of Dinuclear Terbium(III) Phthalocyaninato Single-Molecule Magnets Using the Geometric Spin Arrangement
38090	Xiao Zhao	141 (2019) 8516-8526	2016A7800	BL36XU	岩澤 康裕	An Integrated Single-Electrode Method Reveals the Template Roles of Atomic Steps: Disturb Interfacial Water Networks and Thus Affect the Reactivity of Electrocatalysts
			2016B7800	BL36XU	岩澤 康裕	
			2017A7803	BL36XU	岩澤 康裕	
			2016B7806	BL36XU	岩澤 康裕	
			2017A7800	BL36XU	岩澤 康裕	
			2017A7806	BL36XU	岩澤 康裕	
			2017B7800	BL36XU	岩澤 康裕	
			2017B7806	BL36XU	岩澤 康裕	
2018A7800	BL36XU	岩澤 康裕				

### Physical Chemistry Chemical Physics

37953	Zen Maeno	21 (2019) 13415-13427	2018B1568	BL14B2	前野 禅	Experimental and Theoretical Study of Multinuclear Indium-oxo Clusters in CHA Zeolite for CH <sub>4</sub> Activation at Room Temperature
			2018B1126	BL01B1	鳥屋尾 隆	
38061	Saki Sawayama	21 (2019) 11435-11443	2017B1547	BL04B2	藤井 健太	Fluorinated Alkyl-Phosphate-Based Electrolytes with Controlled Lithium-Ion Coordination Structure
			2018B1472	BL04B2	藤井 健太	
			2018B1658	BL04B2	鶴村 達也	

### Polymers

37911	Hiromitsu Nakazawa	11 (2019) 829	2015A1406	BL40B2	中沢 寛光	Simultaneous Measurements of Structure and Water Permeability in an Isolated Human Skin Stratum Corneum Sheet
			2016A1193	BL40B2	中沢 寛光	
			2016B1485	BL40B2	中沢 寛光	
			2017A1537	BL40B2	中沢 寛光	
			2017B1057	BL40B2	中沢 寛光	
			2015A7203	BL03XU	中沢 寛光	
			2015B7253	BL03XU	中沢 寛光	
			2016A7203	BL03XU	中沢 寛光	
38100	Ryosuke Kusumi	10 (2018) 653	2014B1413	BL40B2	河井 貴彦	Crystal Orientation of Poly(L-Lactic Acid) Induced by Magnetic Alignment of a Nucleating Agent
			2015A1282	BL40B2	河井 貴彦	

### RSC Advances

37725	Tsukasa Hasegawa	9 (2019) 10807-10813	2018B1001	BL11XU	松本 英俊	Fluorination and Chlorination Effects on Quinoxalineimides as an Electron-Deficient Building Block for n-Channel Organic Semiconductors
38151	Kenta Aoshima	8 (2018) 30201-30206	2017A1771	BL46XU	尾坂 格	Organic Photovoltaics of Diketopyrrolopyrrole Copolymers with Unsymmetric and Regiorandom Configuration of the Side Units
			2016A1542	BL46XU	尾坂 格	

### Science

37769	Jan M. Scheller	363 (2019) 257-260	2017B6500	BL44XU	山下 栄樹	Structural Adaptations of Photosynthetic Complex I Enable Ferredoxin-Dependent Electron Transfer
37896	Kazuhiro Kashiwagi	364 (2019) 495-499	2014A1347	BL41XU	伊藤 拓宏	Structural Basis for eIF2B Inhibition in Integrated Stress Response
			2014B1566	BL41XU	伊藤 拓宏	
			2015B2050	BL41XU	伊藤 拓宏	
			2016A2545	BL41XU	伊藤 拓宏	
			2017A2581	BL41XU	伊藤 拓宏	



### Thin Solid Films

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
37893	Aya Yoshii	677 (2019) 77-82	2015A1845	BL46XU	渡邊 光	Fabrication of Ionic Liquid Polycrystalline Nano Thin Films and Their Ion Conducting Properties Accompanied by Solid-Liquid Phase Transition
			2016A1672	BL46XU	鳥屋部 果穂	
			2016B1784	BL46XU	鳥屋部 果穂	
			2017A0136	BL46XU	宮寺 哲彦	
38097	Haochun Tang	614 (2016) 73-78	2014B4702	BL15XU	神谷 利夫	Effects of Thermal Annealing on Elimination of Deep Defects in Amorphous In-Ga-Zn-O Thin-Film Transistors
			2015A4704	BL15XU	神谷 利夫	

### Transactions of the Materials Research Society of Japan

37714	Yoshihiro Ebisu	44 (2019) 75-78	2013B1368	BL09XU	尾崎 徹	Cluster Size Effect of X-ray Fluorescence Hologram Simulation Using $\text{Sr}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{TiO}_3$
38062	Yasuhiro Yoneda	44 (2019) 61-64	2018B3607	BL14B1	米田 安宏	Observation of Simulated Fuel Debris Using Synchrotron Radiation

### 29th International Symposium on Space Technology and Science

37697	Yuichiro Ogata	(2013) 2013-r-51p	2011B1512	BL43IR	藪田 ひかる	Hypervelocity Capture of Murchison Meteorite Particles in Aerogel: Ground-based Experiment for the Cosmic Dusts Capture at the International Space Station
-------	----------------	----------------------	-----------	--------	--------	--

### ACS Applied Electronic Materials

38022	Dongho Yoo	1 (2019) 764-771	2018B1001	BL40B2	松本 英俊	n-Type Organic Field-Effect Transistors Based on Bisthienoisatin Derivatives
-------	------------	---------------------	-----------	--------	-------	--

### ACS Central Science

37881	Hulei Yu	5 (2019) 683-687	2017B1053	BL10XU	Chen Yue	Unveiling a Novel, Cation-Rich Compound in a High-Pressure Pb-Te Binary System
-------	----------	---------------------	-----------	--------	----------	--

### ACS Chemical Biology

37694	Chia-Lin Chen	12 (2017) 1335-1345	2015A1075	BL41XU	Ma Che	Crystal Structure of a Homogeneous IgG-Fc Glycoform with the N-Glycan Designed to Maximize the Antibody-Dependent Cellular Cytotoxicity
			2014B1432	BL41XU	Ma Che	

### Acta Crystallographica Section B

38021	Ryosuke S. S. Maki	75 (2019) 442-448	2016A1782	BL19B2	牧 涼介	A Further Investigation of the Complex M3 Murataite Structure Using Hf Substitution and STEM-EELS Techniques
-------	--------------------	----------------------	-----------	--------	------	--

### Advanced Functional Materials

38160	Ailing Tang	28 (2017) 1704507	2016B1875	BL46XU	尾坂 格	Simultaneously Achieved High Open-Circuit Voltage and Efficient Charge Generation by Fine-Tuning Charge-Transfer Driving Force in Nonfullerene Polymer Solar Cells
-------	-------------	----------------------	-----------	--------	------	--

### AIP Advances

37864	Efi Dwi Indari	9 (2019) 045002	2017B4604	BL15XU	山下 良之	Relationship between Band-Offset, Gate Leakage Current, and Interface States Density at $\text{SiO}_2/\text{4H-SiC}$ (000-1) Interface
-------	----------------	--------------------	-----------	--------	-------	--

### Applied Catalysis B

37971	Zhenzhong Zhang	246 (2019) 100-110	2014B1897	BL14B2	大橋 弘範	Direct Transformation of Terminal Alkenes with $\text{H}_2$ into Primary Alcohols over Metal Oxide-Supported Pd Catalysts
			2016A1521	BL14B2	村山 美乃	
			2017A1780	BL14B2	村山 美乃	

### Applied Physics A

37751	Yuki Katamune	125 (2019) 295	2014B1714	BL47XU	片宗 優貴	Electrical Properties of Boron-Incorporated Ultrananocrystalline Diamond/Hydrogenated Amorphous Carbon Composite Films
-------	---------------	-------------------	-----------	--------	-------	--

### Archives of Oral Biology

37850	Tomoko Tanaka	101 (2019) 135-141	2014B1803	BL27SU	小林 隆嗣	Phosphoryl Oligosaccharides of Calcium Enhance Mineral Availability and Fluorapatite Formation
			2018B1591	BL27SU	田中 智子	

### Biochemistry

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
37689	Takehiro Ohta	57 (2018) 6649-6652	2015B1148	BL09XU	太田 雄大	A Nuclear Resonance Vibrational Spectroscopic Study of Oxy Myoglobins Reconstituted with Chemically Modified Heme Cofactors: Insights into the Fe-O <sub>2</sub> Bonding and Internal Dynamics of the Protein
			2015A1433	BL09XU	太田 雄大	

### Biochimica et Biophysica Acta - General Subjects

37770	Kazunori Sugiura	1863 (2019) 1098-1107	2017B6500	BL44XU	山下 栄樹	Multicolor Redox Sensor Proteins can Visualize Redox Changes in Various Compartments of the Living Cell
-------	------------------	--------------------------	-----------	--------	-------	---

### Bulletin of the Chemical Society of Japan

38172	Seiji Yamazoe	92 (2019) 193-204	2013A1411	BL04B2	山添 誠司	X-ray Absorption Spectroscopy on Atomically Precise Metal Clusters
			2013B1421	BL01B1	山添 誠司	
			2014A1458	BL01B1	山添 誠司	
			2014B1430	BL01B1	山添 誠司	
			2015A1258	BL04B2	山添 誠司	
			2015A1590	BL01B1	山添 誠司	
			2015B1308	BL01B1	山添 誠司	
			2016A1436	BL01B1	山添 誠司	
			2016B1493	BL01B1	山添 誠司	
2017A1492	BL01B1	山添 誠司				

### Catalysis Science & Technology

37819	Yasutaka Nagai	9 (2019) 1103-1107	2017A7001	BL33XU	高木 秀樹	Mechanistic Insights into a NO <sub>x</sub> Storage-Reduction (NSR)
			2017B7001	BL33XU	高木 秀樹	Catalyst by Spatiotemporal <i>Operando</i> X-ray Absorption Spectroscopy
			2018A7001	BL33XU	岩崎 正興	

### Cell

37825	Bing Zhang	176 (2019) 636-648	2017B2726	BL41XU	Rao Zhe	Crystal Structures of Membrane Transporter MmpL3, an Anti-TB Drug Target
			2018A2505	BL41XU	Rao Zhe	

### ChemBioChem

37707	Wen-Yih Jeng	20 (2019) 295-307	2015A4008	BL12B2	Jeng Wen-Yih	Crystal Structures of the C-Terminally Truncated Endoglucanase Cel9Q from <i>Clostridium thermocellum</i> Complexed with Cellodextrins and Tris
			2015B4006	BL12B2	Jeng Wen-Yih	

### Chemical Science

37860	Quan Zhang	10 (2019) 5133-5137	2018B1728	BL14B2	荻原 直希	Solid-Solution Alloy Nanoparticles of a Combination of Immiscible Au and Ru with a Large Gap of Reduction Potential and Their Enhanced Oxygen Evolution Reaction Performance
			2015A1319	BL02B2	北川 宏	
			2015B1339	BL02B2	北川 宏	
			2016A1483	BL02B2	草田 康平	

### ChemPlusChem

38015	Katsutoshi Sato	84 (2019) 447-456	2015A1487	BL01B1	永岡 勝俊	Co Alloy Nanoparticles on a $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Support: Synergistic Effect between Isolated Electron-Rich Pt and Co for Automotive Exhaust Purification
			2016A1378	BL01B1	佐藤 勝俊	

### ChemSusChem

38108	Hiroshi Onishi	12 (2019) 1825-1834	2016B1107	BL13XU	大西 洋	Sodium Tantalate Photocatalysts Doped with Metal Cations: Why Are They Active for Water Splitting?
			2017A1079	BL13XU	大西 洋	
			2018A1180	BL13XU	大西 洋	

### Communications Chemistry

37977	Yanna Chen	1 (2018) 61	2014B4906	BL15XU	北川 宏	Electronic Origin of Hydrogen Storage in MOF-Covered Palladium Nanocubes Investigated by Synchrotron X-rays
			2016B4910	BL15XU	草田 康平	
			2017A4910	BL15XU	草田 康平	

### Current Opinion in Electrochemistry

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
38111	Masashi Nakamura	14 (2019) 200-205	2012B1126	BL13XU	中村 将志	New Insights on Structural Dynamics of Electrochemical Interface by Time-Resolved Surface X-ray Diffraction
			2013A1116	BL13XU	中村 将志	
			2013B1210	BL13XU	中村 将志	
			2014A1175	BL13XU	中村 将志	
			2015A1213	BL13XU	中村 将志	

### E-Journal of Advanced Maintenance

37880	Kenji Suzuki	10 (2019) 9-17	2008A1766	BL02B1	田中 良彦	Intergranular Strains of Plastically Deformed Austenitic Stainless Steel
-------	--------------	-------------------	-----------	--------	-------	--

### e-Journal of Surface Science and Nanotechnology

37883	Susumu Yamamoto	17 (2019) 49-55	2018A7565	BL07LSU	加藤 浩之	Direct Evidence of Interfacial Hydrogen Bonding in Protein-Electron Concerted 2D Organic Bilayer on Au Substrate
-------	-----------------	--------------------	-----------	---------	-------	--

### Electrochimica Acta

37905	Akimitsu Ishihara	283 (2018) 1779-1788	2017B1968	BL37XU	尾原 幸治	Factors Affecting Oxygen Reduction Activity of Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Doped TiO <sub>2</sub> Using Carbon Nanotubes as Support in Acidic Solution
-------	-------------------	-------------------------	-----------	--------	-------	--

### Environmental Science & Technology

38143	Kosuke Yamamoto	52 (2018) 13270-13278	2016B1565	BL14B2	橋本 洋平	Speciation of Phosphorus Zinc and Copper in Soil and Water-Dispersible Colloid Affected by a Long-Term Application of Swine Manure Compost
			2016B1181	BL01B1	橋本 洋平	

### Euro PM2018 Congress Proceedings

38134	Yukiko Ozaki	(2018)	2017B1088	BL20XU	尾崎 由紀子	Four-dimensional Observation of Ductile Fracture in Sintered Iron Using Synchrotron X-ray Laminography
-------	--------------	--------	-----------	--------	--------	--

### Ferroelectrics

38063	Yasuhiro Yoneda	538 (2019) 57-62	2018A3607	BL14B1	米田 安宏	Local Structure Analysis of PbTiO <sub>3</sub> in High-Temperature Cubic Phase
-------	-----------------	---------------------	-----------	--------	-------	--

### Frontiers in Earth Science

38023	Toshihiro Yoshimura	7 (2019) 124	2015B1525	BL27SU	吉村 寿紘	Partitioning and Chemical Environments of Minor Elements in Individual Large Benthic Foraminifera Cultured in Temperature-Controlled Tanks
			2015B1526	BL27SU	川幡 穂高	
			2016A1462	BL27SU	吉村 寿紘	

### Fuel

37766	Jeeyeon Jeon	232 (2018) 308-316	2014B0111	BL40XU	文 石洙	Near-nozzle Spray Dynamics of 6-hole GDI Injector under Subcooled and Superheated Conditions
-------	--------------	-----------------------	-----------	--------	------	--

### Geochimica et Cosmochimica Acta

38129	Sakiko Kikuchi	251 (2019) 1-14	2017A1093	BL01B1	菊池 早希子	Molecular-scale Insights into Differences in the Adsorption of Cesium and Selenium on Biogenic and Abiogenic Ferrihydrite
			2016A1350	BL01B1	菊池 早希子	

### High Energy Density Physics

38024	Nicholas Hartley	32 (2019) 63-69	2017B8075	BL3	Hartley Nicholas	Ultrafast Anisotropic Disorder in Graphite Driven by Intense Hard X-ray Pulses
			2018A8056	BL3	Hartley Nicholas	

### Intermetallics

38000	Jingwei Xian	102 (2018) 34-45	2015B1611	BL20XU	Gourlay Christopher	Influence of Ni on the Refinement and Twinning of Primary Cu <sub>6</sub> Sn <sub>5</sub> in Sn-0.7Cu-0.05Ni
			2014B1620	BL20XU	野北 和宏	
			2015A1675	BL20XU	野北 和宏	
			2016B1319	BL20B2	野北 和宏	
			2017B1519	BL20XU	Salleh Arif	

**iScience**

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
38200	Yohei Haketa	14 (2019) 241-256	2015B1397	BL38B1	久木 一朗	Liquid Crystals Comprising $\pi$ -Electronic Ions from Porphyrin-Au <sup>III</sup> Complexes
			2015A0114	BL40XU	高谷 光	
			2016A1121	BL38B1	久木 一朗	
			2016A1360	BL40B2	前田 大光	
			2016B1311	BL40B2	山門 陵平	
			2016B1498	BL40B2	羽毛田 洋平	
2017B1559	BL40B2	羽毛田 洋平				

**JOM**

37997	Liuqing Peng	71 (2019) 2235-2244	2017B1478	BL20XU	Gourlay Christopher	Al <sub>6</sub> Mn <sub>5</sub> Particle Settling and Interactions with Oxide Films in Liquid AZ <sub>91</sub> Magnesium Alloys
-------	--------------	------------------------	-----------	--------	---------------------	---

**Journal of Alloys and Compounds**

37774	Akhil Tayal	791 (2019) 1263-1269	2014B1210	BL04B2	Kumara Rosantha	Effects of Interfacial Structure of Pd-Pt Nanoparticles on Hydrogen Solubility
			2015B1245	BL04B2	坂田 修身	
			2016A1028	BL04B2	坂田 修身	
			2016A0130	BL01B1	小原 真司	
			2016A0130	BL04B2	小原 真司	
			2017B1018	BL01B1	坂田 修身	
2018A1258	BL01B1	坂田 修身				

**Journal of Applied Crystallography**

38084	Yoshinori Ohmasa	52 (2019) 652-664	2008B1426	BL40B2	千葉 文野	Diffuse + Bragg Double Scattering and Specular Reflection Observed in the Small-Angle X-ray Scattering from Highly Oriented Pyrolytic Graphite
			2009B1229	BL40B2	千葉 文野	

**Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems**

38138	Kazunori Asakura	5 (2019) 035002	2018A1368	BL20B2	林田 清	X-ray Imaging Polarimetry with a 2.5- $\mu$ m Pixel CMOS Sensor for Visible Light at Room Temperature
			2018B1235	BL20B2	林田 清	

**The Journal of Biochemistry**

37816	Mayuko Sakuma	(2019) Online published 15 Apr. 2019	2014A1388	BL41XU	今田 勝巳	Structure of the Periplasmic Domain of SflA Involved in Spatial Regulation of the Flagellar Biogenesis of <i>Vibrio</i> Reveals a TPR/SLR-like Fold
			2015A1084	BL41XU	今田 勝巳	

**Journal of Biological Chemistry**

37718	Yusuke Nakamichi	294 (2019) 4065-4078	2017B6767	BL44XU	渡邊 真宏	Structural and Functional Characterization of a Bifunctional GH30-7 Xylanase B from the Filamentous Fungus <i>Talaromyces cellulolyticus</i>
			2018A6863	BL44XU	渡邊 真宏	

**Journal of Catalysis**

37972	Tamao Ishida	374 (2019) 320-327	2016A1521	BL14B2	村山 美乃	Pd-Catalyzed Decarbonylation of Furfural: Elucidation of Support Effect on Pd Size and Catalytic Activity Using in-situ XAFS
			2017A1780	BL14B2	村山 美乃	

**The Journal of Chemical Physics**

37901	Hironobu Fukuzawa	150 (2019) 174306	2007A1394	BL27SU	上田 潔	Probing Molecular Bond-Length Using Molecular-Frame Photoelectron Angular Distributions
			2007A1602	BL27SU	森下 雄一郎	

**Journal of Chromatography A**

38094	Akiyuki Ryoki	1599 (2019) 144-151	2017B1062	BL40B2	寺尾 憲	Does Local Chain Conformation Affect the Chiral Recognition Ability of an Amylose Derivative? Comparison between Linear and Cyclic Amylose Tris(3,5-dimethylphenylcarbamate)
-------	---------------	------------------------	-----------	--------	------	--

**Journal of Crystal Growth**

37798	Masatomo Sumiya	511 (2019) 15-18	2017A4603	BL15XU	角谷 正友	Structural Disorder and In-Gap States of Mg-Implanted GaN Films Evaluated by Photothermal Deflection Spectroscopy
			2018A4603	BL15XU	角谷 正友	
			2018B4602	BL15XU	角谷 正友	

### Journal of Electroanalytical 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
37915	Shuntaro Takahashi	842 (2019) 1-7	2016B7905	BL36XU	轟 直人	Effective Surface Termination with Au on PtCo@Pt Core-Shell Nanoparticle: Microstructural Investigations and Oxygen Reduction Reaction Properties
			2017B7905	BL36XU	轟 直人	

### Journal of Magnetism and Magnetic Materials

37813	Akane Agui	484 (2019) 207-211	2017B1115	BL08W	安居院 あかね	Temperature Dependence of the Microscopic Magnetization Process of Tb <sub>12</sub> Co <sub>88</sub> Using Magnetic Compton Scattering
			2017A1083	BL08W	安居院 あかね	
			2018A1090	BL08W	安居院 あかね	
			2018A1195	BL08W	安居院 あかね	

### Journal of Materials Science

37771	Naoko Oono	54 (2019) 8786-8799	2015A1669	BL19B2	大野 直子	Precipitation of Various Oxides in ODS Ferritic Steels
-------	------------	------------------------	-----------	--------	-------	--

### Journal of Medicinal Chemistry

38057	Tsung-Sheng Wu	62 (2019) 3940-3957	2015B4008	BL12B2	Wu Suying	Discovery of Conformational Control Inhibitors Switching off the Activated c-KIT and Targeting a Broad Range of Clinically Relevant c-KIT Mutants
-------	----------------	------------------------	-----------	--------	-----------	---

### Journal of Molecular Liquids

37941	Shiho Yada	284 (2019) 586-591	2017B1696	BL40B2	矢田 詩歩	Adsorption and Aggregation Properties of Alkoxy-Group-Modified Homogeneous Polyoxyethylene Alkyl Ether Nonionic Surfactants
-------	------------	-----------------------	-----------	--------	-------	---

### Journal of Nuclear Materials

37940	Daisuke Akiyama	520 (2019) 27-33	2016A1693	BL01B1	佐藤 修彰	Phase Analysis of Uranium Oxides after Reaction with Stainless Steel Components and ZrO <sub>2</sub> at High Temperature by XRD, XAFS, and SEM/EDX
			2016B1805	BL01B1	佐藤 修彰	

### The Journal of Organic Chemistry

37690	Takaki Habuchi	84 (2019) 1430-1439	2014A6902	BL44XU	青山 浩	Hybridization and Mismatch Discrimination Abilities of 2',4'-Bridged Nucleic Acids Bearing 2-Thiothymine or 2-Selenothymine Nucleobase
-------	----------------	------------------------	-----------	--------	------	--

### Journal of Pharmaceutical Sciences

38065	Kouhei Matsumoto	108 (2019) 2086-2093	2017B1864	BL37XU	岩尾 康範	Mechanism of Drug Release From Temperature-Sensitive Formulations Composed of Low-Melting-Point Microcrystalline Wax
-------	------------------	-------------------------	-----------	--------	-------	--

### Journal of Photopolymer Science and Technology

38198	Tomoya Higashihara	32 (2019) 741-746	2016B1572	BL46XU	東原 知哉	Morphological Study of Blend Thin Films of Poly(3-hexylthiophene)-block-polyisobutylene-block-poly(3-hexylthiophene):poly(3-hexylthiophene) and Their Application to Photovoltaics
			2017A1767	BL46XU	東原 知哉	

### The Journal of Physical Chemistry Letters

38152	Ryosuke Nishikubo	9 (2018) 5392-5399	2017B1831	BL46XU	尾坂 格	Solution-Processed Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub> Photoresistor Film To Mitigate a Trade-off between Morphology and Electronic Properties
-------	-------------------	-----------------------	-----------	--------	------	---

### Journal of Solid State Chemistry

37838	Nobuhiro Miyata	275 (2019) 83-87	2014A5420	BL16B2	児島 淳子	Spin States Investigation of Delafossite Oxides by Means of X-ray Absorption and Photoemission Spectroscopy
-------	-----------------	---------------------	-----------	--------	-------	---

### Journal of the Ceramic Society of Japan

38064	Tomoya Kaneko	127 (2019) 378-382	2016B1882	BL19B2	内山 智貴	Oxygen Sorption-Desorption Properties and Order-Disorder Transition on La-Sr-Co-Fe Perovskite-type Oxides
-------	---------------	-----------------------	-----------	--------	-------	---

**Journal of the Electrochemical Society**

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
37840	Hiromasa Fujii	166 (2019) E212-E216	2016B0908	BL13XU	若林 裕助	Kinetics of Iron Passivation Studied by Sub-Second Resolution Realtime X-ray Reflectivity Technique
			2018A1135	BL13XU	若林 裕助	
			2018B0938	BL13XU	若林 裕助	

**Langmuir**

37974	Yuki Karneyama	35 (2019) 6719-6726	2014B1087	BL40B2	寺尾 憲	Self-Assembly of Amphiphilic Amylose Derivatives in Aqueous Media
			2014B1715	BL40B2	高橋 倫太郎	
			2015A1179	BL40B2	寺尾 憲	
			2015B1100	BL40B2	寺尾 憲	
			2016B1088	BL40B2	寺尾 憲	

**Macromolecular Symposia**

38190	Katsuhiko Yamamoto	385 (2019) 1800181	2012A1741	BL19B2	山本 勝宏	SAXS and SANS Studies on the Phase-Separated Network Structure of Amphiphilic Copolymer Composed of Poly(dimethyl siloxane) and Poly(N,N-dimethyl acrylamide) Gels Swollen in Water and a Water/Methanol Mixture
			2013A1418	BL40B2	山本 勝宏	

**Materials**

38056	Chao Zhou	12 (2019) 1755	2006A4500	BL15XU	Ren Xiaobing	Thermal Expansion and Magnetostriction of Laves-Phase Alloys: Fingerprints of Ferrimagnetic Phase Transitions
			2006B4502	BL15XU	Ren Xiaobing	
			2007A4505	BL15XU	Ren Xiaobing	
			2007B4800	BL15XU	小林 啓介	
			2008A4501	BL15XU	Ren Xiaobing	
			2008B4800	BL15XU	小林 啓介	
			2009A4503	BL15XU	Ren Xiaobing	
			2009B4503	BL15XU	Ren Xiaobing	
			2010A4504	BL15XU	Ren Xiaobing	
			2010B4508	BL15XU	Ren Xiaobing	
			2011B4513	BL15XU	Ren Xiaobing	

**Materials Characterization**

38189	Masakazu Kobayashi	154 (2019) 424-436	2015A1231	BL47XU	小林 正和	Three-Dimensional Structure of High-Performance Heat Insulator Produced with Micro and Nano Particle Alumina
			2016B1244	BL47XU	小林 正和	

**Materials Chemistry Frontiers**

38019	Ikuya Yamada	3 (2019) 1208-1217	2017B1076	BL04B1	山田 幾也	High-Pressure Synthesis of Highly Oxidized Ba <sub>0.5</sub> Sr <sub>0.5</sub> Co <sub>0.8</sub> Fe <sub>0.2</sub> O <sub>3-δ</sub> Cubic Perovskite
			2017B1900	BL14B2	山田 幾也	
			2018A1077	BL02B2	山田 幾也	
			2018B1769	BL14B2	山田 幾也	

**Materials Letter**

38188	Masashi Harada	253 (2019) 102-104	2005B0296	BL40B2	原田 雅史	Nano-Structure of Organic-Inorganic Layered Hybrids Characterized by Small-Angle Scattering of X-rays and Neutrons
-------	----------------	-----------------------	-----------	--------	-------	--

**Materials Research Bulletin**

37797	Nobuhiro Kumada	115 (2019) 170-175	2017B1619	BL14B2	熊田 伸弘	Hydrothermal Synthesis and Crystal Structure of New Red Phosphors, KNaMF <sub>7</sub> :Mn <sup>2+</sup> (M: Nb, Ta)
-------	-----------------	-----------------------	-----------	--------	-------	---

**Metals**

37914	Yoshinobu Shimamura	9 (2019) 527	2014B3723	BL22XU	秋田 貢一	Feasibility Study on Application of Synchrotron Radiation $\mu$ CT Imaging to Alloy Steel for Non-Destructive Inspection of Inclusions
			2015A3723	BL22XU	秋田 貢一	
			2016B3722	BL22XU	秋田 貢一	

**Minerals**

37895	Tatsuya Kato	9 (2019) 267	2018A1696	BL14B2	所 千晴	Structural Change Analysis of Cerianite in Weathered Residual Rare Earth Ore by Mechanochemical Reduction Using X-ray Absorption Fine Structure
			2018A1798	BL14B2	加藤 達也	

### Molecules

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
37869	Guoshen Yang	24 (2019) 976	2016B1510	BL02B2	武井 貴弘	Enhanced Supercapacitor Performance Based on CoAl Layered Double Hydroxide-Polyaniline Hybrid Electrodes Manufactured Using Hydrothermal-Electrodeposition Technology

### Nanomaterials

37857	Shogo Kusano	9 (2019) 642	2012B3506	BL11XU	松村 大樹	Electrochemical Adsorption on Pt Nanoparticles in Alkaline Solution Observed Using In Situ High Energy Resolution X-ray Absorption Spectroscopy
			2013A3506	BL11XU	松村 大樹	
			2014A3506	BL11XU	松村 大樹	
			2014B3506	BL11XU	松村 大樹	
			2015B3506	BL11XU	松村 大樹	
			2016A3556	BL11XU	松村 大樹	

### Nature

37907	Bing Li	567 (2019) 506-510	2018B1095	BL04B2	Li Bing	Colossal Barocaloric Effects in Plastic Crystals
			2018A2061	BL02B2	河口 彰吾	

### Nature Microbiology

37896	Kuan-Ying A. Huang	4 (2019) 306-315	2016A2564	BL41XU	Ma Che	Structure-Function Analysis of Neutralizing Antibodies to H7N9 Influenza from Naturally Infected Humans
-------	--------------------	---------------------	-----------	--------	--------	---

### Nature Nanotechnology

37917	Peng Mi	11 (2016) 724-730	2013B1778	BL37XU	Cabral Horacio	A pH-Activatable Nanoparticle with Signal-Amplification Capabilities for Non-Invasive Imaging of Tumour Malignancy
-------	---------	----------------------	-----------	--------	----------------	--

### Nature Structural and Molecular Biology

38101	Hidenori Hirai	26 (2019) 372-379	2017B6500	BL44XU	山下 栄樹	Crystal Structure of a Mammalian Wnt-frizzled Complex
-------	----------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

### Optics Express

38194	Dohyung Cho	27 (2019) 19573-19582	2015B8031	BL3	Song Changyong	Comparing the Spatial Coherence of the Natural and Focused X-rays from a Free Electron Laser
-------	-------------	--------------------------	-----------	-----	----------------	--

### Optics Letters

37936	Takashi Kameshima	44 (2019) 1403	2016A1850	BL20XU	亀島 敬	Development of an X-ray Imaging Detector to Resolve 200 nm Line-and-Space Patterns by Using Transparent Ceramics Layers Bonded by Solid-State Diffusion
-------	-------------------	-------------------	-----------	--------	------	---

### Organic & Biomolecular Chemistry

38199	Wakana Naito	17 (2019) 1163-1168	2015A0114	BL40XU	高谷 光	Quadruply <i>N</i> -Methylated Octaphyrin: a Helical Macrocyclic Exhibiting Chiroptical Properties and Dynamic Conformation Changes Correlated with Helical and Inner <i>N</i> -Methyl Orientations
-------	--------------	------------------------	-----------	--------	------	---

### Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology

38142	Satoshi Takahashi	516 (2019) 384-399	2013B1658	BL01B1	中田 亮一	Iron Depleted Pelagic Water at the End-Permian Mass Extinction Inferred from Chemical Species of Iron and Molybdenum in Deep-Sea Sedimentary Rocks
			2014A1277	BL01B1	高橋 嘉夫	
			2014B1307	BL37XU	高橋 嘉夫	
			2015A0118	BL01B1	高橋 嘉夫	
			2015A0118	BL37XU	高橋 嘉夫	

### Philosophical Transactions of the Royal Society A

37862	Yue Cao	377 (2019) 20170480	2016A8025	BL3	Dean Mark	Ultrafast Dynamics of Spin and Orbital Correlations in Quantum Materials: an Energy- and Momentum-Resolved Perspective
			2015B8023	BL3	Dean Mark	

### Physical Review A

37758	Hironobu Fukuzawa	99 (2019) 042505	2014B1769	BL17SU	高梨 司	Low-Energy-Electron Production after <i>2p</i> Ionization of Argon Clusters
-------	-------------------	---------------------	-----------	--------	------	---

### Physical Review Materials

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
38115	Hirofumi Akamatsu	3 (2019) 065001	2016B1269	BL02B2	藤田 晃司	A-site Cation Size Effect on Oxygen Octahedral Rotations in Acentric Ruddlesden-Popper Alkali Rare-Earth Titanates
			2018B1400	BL02B2	藤田 晃司	
			2018A1152	BL02B2	赤松 寛文	

### Polymer

38170	Takahiko Kawai	178 (2019) 121523	2014A1178	BL13XU	河井 貴彦	Deformation Induced Void Formation and Growth in $\beta$ Nucleated Isotactic Polypropylene
			2014B1413	BL40B2	河井 貴彦	
			2015A1282	BL40B2	河井 貴彦	
			2015B1227	BL40B2	河井 貴彦	
			2016A1005	BL40B2	河井 貴彦	

### Polymer Chemistry

38183	Hiroki Mori	7 (2016) 1549-1558	2014A1530	BL46XU	尾坂 格	Highly Crystalline, Low Band-Gap Semiconducting Polymers Based on Phenanthrothiophene-benzothiadiazole for Solar Cells and Transistors
			2014B1583	BL19B2	尾坂 格	

### Powder Metallurgy

37721	Yukiko Ozaki	62 (2019) 146-154	2017B1088	BL20XU	尾崎 由紀子	Four-Dimensional Observation of Ductile Fracture in Sintered Iron Using Synchrotron X-ray Laminography
-------	--------------	----------------------	-----------	--------	--------	--

### Proceedings of SPIE

37846	Akio Hoshino	10397 (2017) 103970E	2016A1864	BL01B1	伊奈 稔哲	The Evaluation of the Hitomi (Astro-H)/SXS Spare Beryllium Window in 3.8-30 keV
-------	--------------	-------------------------	-----------	--------	-------	---

### Proceedings of the 11th International Conference on Zinc and Zinc Alloy Coated Steel Sheet, GALVATECH 2017

38120	Sho Katsura	(2017) A-5-4	2016B1595	BL20XU	桂 翔生	<i>In-Situ</i> Observation of the Crystallization and Growth Behavior of Fe <sub>2</sub> Al <sub>5</sub> Intermetallic Compound ("Top Dress") in the Molten Zinc Using X-ray Transmission Imaging Method
-------	-------------	-----------------	-----------	--------	------	--

### Proceedings of the 4th International Conference of Welding and Failure Analysis of Engineering Materials

37713	Daisuke Yamashita	(2018) W-3	2016A1092	BL20XU	柳楽 知也	<i>In-situ</i> Observation of Solidification Cracking during TIG Welding by X-ray Imaging
			2016B1083	BL20XU	柳楽 知也	
			2017B1117	BL20XU	柳楽 知也	
			2018A1110	BL20XU	柳楽 知也	
			2018A1111	BL20XU	柳楽 知也	
			2018B1132	BL20XU	柳楽 知也	
			2017A1110	BL20B2	柳楽 知也	
			2017B1116	BL20B2	柳楽 知也	

### Proceedings on Solidification and Gravity

37938	Hideyuki Yasuda	VII (2018) 75-81	2017A1336	BL20XU	安田 秀幸	Observation of Dendrite Evolution in Fe-C System by Using Time-Resolved X-ray Tomography
			2016A1454	BL20B2	安田 秀幸	
			2017B1520	BL28B2	安田 秀幸	

### Pure and Applied Chemistry

38087	Yuta Saito	(2019) Online published 23 Mar. 2019	2014B1220	BL13XU	Fons Paul	Chalcogenide van der Waals Superlattices: a Case Example of Interfacial Phase-Change Memory
-------	------------	--------------------------------------	-----------	--------	-----------	---

### Radiation Protection Dosimetry

37708	Takuya Kojima	183 (2019) 32-35	2015B3810	BL23SU	横谷 明徳	Novel Analytical Study for Reaction Intermediates in the Primary Radiation Interaction of DNA Using a Synchrotron Radiation-Induced Luminescence Spectroscopy
			2016A3850	BL23SU	横谷 明徳	
			2016B3851	BL23SU	横谷 明徳	
			2017A3851	BL23SU	横谷 明徳	



### Review of Scientific Instruments

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
37951	Yoshihisa Suzuki	90 (2019) 054101	2016B2727	BL38B1	鈴木 良尚	A Novel Handling-Free Method of Mounting Single Protein Crystals for Synchrotron Structure Analyses at Room Temperature

### Royal Society Open Science

38158	Inori Onishi	5 (2018) 172025	2014B1583	BL19B2	尾坂 格	Synthesis of Diketopyrrolopyrrole-based Polymers with Polydimethylsiloxane Side Chains and Their Application in Organic Field-Effect Transistors
			2014B1915	BL46XU	尾坂 格	

### Solid State Ionics

37921	Tomonari Takeuchi	320 (2018) 387-391	2015A7601	BL28XU	小久見 善八	Structure Analysis of Fe-Substituted Li <sub>2</sub> S-based Positive Electrode Materials for Li-S Batteries
			2016A7602	BL28XU	小久見 善八	
			2016B7606	BL28XU	松原 英一郎	
			2017A7606	BL28XU	松原 英一郎	

### Solid State Phenomena

37913	Dongdong Qu	273 (2018) 101-106	2010B1195	BL04B2	野北 和宏	Effect of Trace Elements on the Liquid Structure of Sn-Cu Alloys Investigated by High Energy X-ray Diffraction
-------	-------------	-----------------------	-----------	--------	-------	--

### Solvent Extraction Research and Development, Japan

37988	Tomoya Suzuki	26 (2019) 11-19	2017B3531	BL11XU	鈴木 智也	Mechanism of Palladium(II) Adsorption from Nitric Acid Solutions by a Styrene-Divinylbenzene Copolymer Functionalized with <i>N,N,N</i> -Trimethylglycine
-------	---------------	--------------------	-----------	--------	-------	---

### Structural Chemistry

37930	Masahito Uchikoshi	30 (2019) 945-954	2008A1941	BL14B2	打越 雅仁	Determination of Structures of Cobalt(II)-Chloro Complexes in Hydrochloric Acid Solutions by X-ray Absorption Spectroscopy at 298 K
-------	--------------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

### Structural Dynamics

37793	Hosung Ki	6 (2019) 024303	2017B8024	BL3	Ihee Hyotcherl	SVD-aided Non-orthogonal Decomposition (SANOD) Method to Exploit Prior Knowledge of Spectral Components in the Analysis of Time-Resolved Data
-------	-----------	--------------------	-----------	-----	----------------	---

### Structure

37878	Yumi Inoue	27 (2019) 956-976	2016A2544	BL26B1	今田 勝巳	Structural Insights into the Substrate Specificity Switch Mechanism of the Type III Protein Export Apparatus
			2017A2591	BL41XU	今田 勝巳	

### Superconductor Science and Technology

37803	Yojiro Oba	32 (2019) 055011	2016B1790	BL19B2	佐々木 宏和	Characterization of BaZrO <sub>3</sub> Nanocolumns in Zr-added (Gd, Y)Ba <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>x</sub> Superconductor Tape by Anomalous Small-Angle X-ray Scattering
-------	------------	---------------------	-----------	--------	--------	--

### Sustainable Energy & Fuels

38191	Bart Vermang	(2019) Online published 14 Jun. 2019	2016B4601	BL15XU	松田 朝彦	Wide Band Gap Kesterite Absorbers for Thin Film Solar Cells: Potential and Challenges for Their Deployment in Tandem Devices
			2017A4604	BL15XU	松田 朝彦	

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

37686	Izumi Nakai	50 (2019) 261-269	2015B1986	BL20B2	上杉 健太郎	X-ray Transmission Imaging of Painting by Synchrotron Absorption Edge Radiography
-------	-------------	----------------------	-----------	--------	--------	---

### 化学工学論文集 (Kagaku Kogaku Ronbunshu)

37949	Takeshi Ogata	43 (2017) 185-192	2016A3512	BL11XU	成田 弘一	Adsorption of Arsenic from Alkaline Solutions
			2016B3512	BL11XU	成田 弘一	

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
37924	Yuki Higuchi	76 (219) 196-206	2017A7033	BL33XU	原田 雅史	Analysis of Crack Initiation Sites of Fuel Cell Catalyst Layers
			2017B7033	BL33XU	原田 雅史	
			2018A7033	BL33XU	原田 雅史	
			2018A7035	BL33XU	原田 雅史	

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

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
37879	Kenji Suzuki	68 (2019) 312-317	2017A3737	BL22XU	鈴木 賢治	Stress Measurement of Coarse Grains Using Double Exposure Method
			2018A3653	BL14B1	城 鮎美	
			2018B3653	BL14B1	城 鮎美	
			2018B3684	BL14B1	鈴木 賢治	

錯体化学会誌 (Bulletin of Japan Society of Coordination 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
37994	Jian-Ren Shen	72 (2018) 3-14	2009A1295	BL41XU	沈 建仁	Mechanism of Light-Induced Water-Oxidation/Oxygen Evolution Catalyzed by Photosystem II in Photosynthesis
			2009B1971	BL41XU	沈 建仁	
			2010A1139	BL41XU	沈 建仁	
			2010B1249	BL41XU	沈 建仁	
			2010B1158	BL38B1	川上 恵典	
			2009A6916	BL41XU	神谷 信夫	
			2009B6916	BL41XU	神谷 信夫	
			2010B6916	BL41XU	神谷 信夫	
			2012A8011	BL3	吾郷 日出夫	
			2012B8040	BL3	吾郷 日出夫	
			2013A8047	BL3	吾郷 日出夫	
			2013B8052	BL3	吾郷 日出夫	
2014A8036	BL3	吾郷 日出夫				

作物研究 (Journal of Crop Research)

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
38193	Naofumi Minabe	64 (2019) 37-42	2015B1816	BL20B2	稲村 達也	Grain Size and Shattering Habit of Unhulled Rice in the Rice Seed Aggregate Excavated from the Remains in the Yayoi Period. - Case of Karako-Kagi Remains and Daifuku Remains -
			2016B1797	BL20B2	稲村 達也	

チタン (Titanium 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
38077	Tokujiro Yamamoto	66 (2018) 36-42	2017A1369	BL13XU	山本 篤史郎	Analysis of Local Structure Near $\beta$ -stabilizing Elements in Ti-Nb and Ti-V Binary Alloys by Using X-ray Fluorescence Holography
			2017B1384	BL13XU	山本 篤史郎	
			2018A1190	BL13XU	山本 篤史郎	
			2015B1081	BL13XU	山本 篤史郎	

鉄と鋼 (Tetsu to Hagane)

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
37937	Tomohiro Nishimura	105 (2019) 290-298	2018A1380	BL20XU	安田 秀幸	Time-resolved and <i>In-situ</i> Observation of $\delta$ - $\gamma$ Transformation during Unidirectional Solidification in Fe-C Alloys
			2017A1337	BL20XU	安田 秀幸	
			2016B1458	BL20XU	安田 秀幸	
			2017B1466	BL20B2	杉山 明	

日本ゴム協会誌 (Journal of the Society of Rubber Industry, 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
37956	Masatoshi Tosaka	92 (2019) 171-173	2018A1741	BL46XU	登阪 雅聡	Multiple Structural Changes Found around Crack Tip of Carbon Black-filled Natural Rubber Vulcanizate

日本セラミックス協会学術論文誌 (Journal of the Ceramic 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
37849	Isuru Withanage	126 (2018) 784-788	2017B1898	BL14B2	中島 靖	Hydrothermal Doping of Ag into Three Types of Potassium Niobates

表面と真空 (Vacuum and Surface Science)

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
38089	Shuichi Ogawa	62 (2019) 350-355	2017A3836	BL23SU	小川 修一	Simultaneous Observation of Si Oxidation Rate and Oxidation-induced Strain Using XPS
			2017B3836	BL23SU	小川 修一	
			2018A3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2018B3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2018A3836	BL23SU	小川 修一	
			2018B3836	BL23SU	小川 修一	

分析化学 (Bunseki Kagaku)

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
37885	Satoshi Ajito	68 (2019) 43-49	2017A1435	BL40B2	平井 光博	Recovery Effect of Trehalose on Acid Denaturation/Aggregation of Proteins

粉体工学会誌 (Journal of the Society of Powder Technology, Japan)

37814	Tatsuya Kato	56 (2019) 174-180	2018A1798	BL14B2	加藤 達也	Evaluation of Acids onto the Light Rare Earth Elements Dissolution from Weathered Residual Rare Earth Ore Activated by Mechanochemical Treatment by Grinding
-------	--------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

冷凍 (Refrigeration)

38020	Mariko Matsumoto	94 (2019) 9-12	2015A1963	BL19B2	上原 康	Household Refrigerator Using Supercooling
			2015A5431	BL16B2	上原 康	
			2015B5431	BL16B2	上原 康	

博士論文 (大阪大学)

37783	Takuma Itai	(2017)	2013B1036	BL02B1	吉成 信人	Coordination Behavior of Penicillaminato Digold (I) Metalloligands with Sterically Constrained Diphosphines
			2014B1391	BL02B1	今野 巧	
			2014B1021	BL02B1	今野 巧	
			2016A1015	BL02B1	今野 巧	
			2016A1485	BL02B1	小島 達弘	
2016B1007	BL02B1	今野 巧				
37785	Kosuke Igawa	(2017)	2014B1022	BL19B2	今野 巧	Development of Functional Multinuclear Gold (I) Complexes with Bis(diphenylphosphine) Ligands
37792	Sireenart Surinwong	(2016)	2015B1001	BL02B1	今野 巧	Construction of Metallosupramolecular Frameworks Based on an Anionic Pentanuclear Complex with D-Penicillamate
			2015A1520	BL02B2	吉成 信人	
			2015A1506	BL02B2	今野 巧	
			2014B1021	BL02B1	今野 巧	
			2016A1015	BL02B1	今野 巧	
2016A1432	BL02B1	吉成 信人				
2016A1073	BL02B2	吉成 信人				
37861	Harushige Nakao	(2019)	2017B1711	BL10XU	中尾 敏臣	High-Temperature Superconductivity of H <sub>3</sub> S Synthesized from Elemental Sulfur and Hydrogen

博士論文 (Charles University of Prague)

37811	Martin Dubau	(2016)	2016A4601	BL15XU	森 利之	Preparation and Characterization of Porous Cerium Oxide/Carbon Bilayers on Silicon Substrates
-------	--------------	--------	-----------	--------	------	---

博士論文 (University of Gothenburg)

37996	Petra Edlund	(2018)	2016B8005	BL3	Schmidt Marius	Structural Features of Bacteriophytochromes. Photoactivated Proteins Studied by Serial Femtosecond Crystallography
-------	--------------	--------	-----------	-----	----------------	--

博士論文 (岡山大学)

37703	Kosuke Fujiwara	(2019)	2015B3511	BL11XU	池田 直	Determination of Charge Order Structure on YbFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> and Its New Phase with Short Range Spin Order
-------	-----------------	--------	-----------	--------	------	---

博士論文 (金沢大学)

38103	Takuya Imai	(2019) 207pp	2017A1708	BL20B2	今井 拓哉	New Evidence on the Early Cretaceous Fossil Avifauna in the Eastern Margin of Asia from the Kitadani Formation of the Tetori Group
			2017B1756	BL20B2	今井 拓哉	

博士論文 (関西学院大学)

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
37823	Shogo Kusano	(2019)	2017A3556	BL11XU	石井 賢司	Oxygen Reduction Reaction Studied by in-situ Synchrotron Radiation X-ray Spectroscopies
			2012B3506	BL11XU	松村 大樹	
			2013A3506	BL11XU	松村 大樹	
			2014A3506	BL11XU	松村 大樹	
			2014B3506	BL11XU	松村 大樹	
			2015B3506	BL11XU	松村 大樹	
			2016A3556	BL11XU	松村 大樹	
			2016B3506	BL11XU	松村 大樹	
			2017B3508	BL11XU	松村 大樹	
			2018A3508	BL11XU	松村 大樹	
			2018B3508	BL11XU	松村 大樹	
			2012B3609	BL14B1	松村 大樹	
			2013A3610	BL14B1	松村 大樹	
			2014A3609	BL14B1	松村 大樹	
			2014B3609	BL14B1	松村 大樹	
			2015A3609	BL14B1	松村 大樹	
			2015B3609	BL14B1	松村 大樹	
2016A3609	BL14B1	松村 大樹				
2016B3609	BL14B1	松村 大樹				
2017A3609	BL14B1	松村 大樹				
2017B3609	BL14B1	松村 大樹				

博士論文 (京都大学)

37717	Masashi Hattori	(2018)	2015B1013	BL27SU	小久見 善八	Elucidation of Anode Reaction of Magnesium Rechargeable Batteries by operando Soft X-ray Absorption Spectroscopy
-------	-----------------	--------	-----------	--------	--------	--

博士論文 (慶應義塾大学)

37995	Amane Kobayashi	(2018)	2012A8022	BL3	山本 雅貴	Development of Measurement Techniques in Coherent X-ray Diffraction Imaging Utilizing XFEL and Its Application for Imaging Biological Cells
			2012B8037	BL3	中迫 雅由	
			2013A8043	BL3	中迫 雅由	
			2013B8049	BL3	中迫 雅由	
			2014A8033	BL3	中迫 雅由	
			2014B8052	BL3	中迫 雅由	
			2015A8051	BL3	中迫 雅由	
			2015B8049	BL3	中迫 雅由	
			2016A8048	BL3	中迫 雅由	
			2016B8064	BL3	中迫 雅由	
2017A8015	BL3	中迫 雅由				

博士論文 (筑波大学)

37832	Ryosuke Maki	(2017)	2016A1782	BL19B2	牧 涼介	Structural Analysis and Electrical Properties of Synthetic Murataite Series
-------	--------------	--------	-----------	--------	------	---

博士論文 (東京大学)

37778	Yuusuke Watanabe	(2017)	2016A1623	BL01B1	渡辺 勇輔	Distribution Behaviors of Molybdenum and Tungsten in Marine Sediment-Water System under Various Redox Conditions
			2015A0118	BL37XU	高橋 嘉夫	

博士論文 (東京工業大学)

37955	Kazuhiro Hikima	(2019) 1-225	2012B1286	BL13XU	菅野 了次	Reaction Mechanism of the Li-Rich Layered Rock Salt-Type Oxide, Li <sub>2</sub> MnO <sub>3</sub>
			2014B3623	BL14B1	菅野 了次	
			2015A3623	BL14B1	菅野 了次	
			2017B3635	BL14B1	菅野 了次	

博士論文 (東北大学)

38187	Hiromasa Yasumura	(2019)	2014B1512	BL25SU	鳴海 康雄	Development of Pulsed High Magnetic Field X-ray Magnetic Circular Dichroism for Low Temperature Experiments and Its Application for Magnetic-Field-Induced Valence Transition
-------	-------------------	--------	-----------	--------	-------	---

博士論文 (広島大学)

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
37820	Katsuya Ichihashi	(2019)	2014A1645	BL02B2	河口 彰吾	Physical Properties of [Ni(dmit) <sub>2</sub> ] Salts Controlled by Utilizing Ion Channels
			2014B2049	BL02B2	河口 彰吾	

博士論文 (広島工業大学)

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
38076	Yoshihiro Ebisu	(2019)	2016A1618	BL01B1	戎 佳宏	Study on the Local Structure of Lanthanum-Doped Strontium Titanate by Means of X-ray Fluorescence Holography
			2013B1368	BL09XU	尾崎 徹	

博士論文 (北海道大学)

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
38014	Fumiyooshi Yoshinaka	(2018)	2016B1701	BL20XU	吉中 奎貴	Experimental Study of Very High Cycle Fatigue in Titanium Alloy Using Synchrotron Radiation CT
			2017B1680	BL20XU	吉中 奎貴	
			2014A1020	BL20XU	中村 孝	
			2014A1459	BL20XU	中村 孝	
			2017B1421	BL20XU	中村 孝	

博士論文 (山口大学)

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
37699	Eiji Kobayashi	(2018)	2015B3885	BL23SU	山本 哲也	Silicon Heterojunction Solar Cells with High Fill Factors

課題以外の成果として登録された論文

Chemical Communications

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
37733	Shotaro Yoshimaru	53 (2017) 6720-6723	理研	BL44B2	Modulation of the Catalytic Activity of Pt Nanoparticles through Charge-Transfer Interactions with Metal-Organic Frameworks
37748	Jiho Shin	50 (2014) 1956-1958	理研	BL44B2	Framework Al Zoning in Zeolite ECR-1
37749	J. C. Ribierre	51 (2015) 5836-5839	理研	BL44B2	Ambipolar Organic Field-Effect Transistors Based on Solution-Processed Single Crystal Microwires of a Quinoidal Oligothiophene Derivative

Chemistry - A European Journal

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
37730	Go Hamasaka	23 (2017) 1291-1298	理研	BL44B2	Detailed Structural Analysis of a Self-Assembled Vesicular Amphiphilic NCN-Pincer Palladium Complex by Using Wide-Angle X-ray Scattering and Molecular Dynamics Calculations
37866	Amalia Rapakousiou	23 (2017) 8443-8449	理研	BL44B2	Liquid/Liquid Interfacial Synthesis of a Click Nanosheet
37868	Taro Nagano	24 (2018) 14075-14078	理研	BL44B2	Functionalization of Azapentabenzocorannulenes by Fivefold C-H Borylation and Cross-Coupling Arylation : Application to Columnar Liquid-Crystalline Materials

Chemistry of Materials

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
37734	Steinar Birgisson	30 (2018) 6636-6645	理研	BL44B2	Exploration of Phase Compositions, Crystal Structures, and Electrochemical Properties of Na <sub>x</sub> Fe <sub>1-x</sub> Mn <sub>1-x</sub> O <sub>2</sub> Sodium Ion Battery Materials
37743	Kirsten M. Ø. Jensen	25 (2013) 2282-2290	理研	BL44B2	Defects in Hydrothermally Synthesized LiFePO <sub>4</sub> and LiFe <sub>1-x</sub> Mn <sub>x</sub> PO <sub>4</sub> Cathode Materials

Journal of Materials Chemistry A

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
37736	Lasse Rabøl Jørgensen	6 (2018) 17171-17176	理研	BL44B2	Thermal Stability of Mg <sub>3</sub> Sb <sub>1.475</sub> Bi <sub>0.475</sub> Te <sub>0.05</sub> High Performance n-Type Thermoelectric Investigated through Powder X-ray Diffraction and Pair Distribution Function Analysis
37873	Weikai Xiang	6 (2018) 23366-23377	理研	BL44B2	Palladium Single Atoms Supported by Interwoven Carbon Nanotube and Manganese Oxide Nanowire Networks for Enhanced Electrocatalysis

### Journal of Synchrotron Radiation

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
37891	Kenichi Kato	26 (2019) 762-773	理研	BL44B2	A Statistical Approach to Correct X-ray Response Non-Uniformity in Microstrip Detectors for High-Accuracy and High-Resolution Total-Scattering Measurements
37978	Shigeki Owada	26 (2019) 887-890	装置&技術	BL1	Arrival Timing Diagnostics at a Soft X-ray Free-Electron Laser Beamline of SACLA BL1

### Journal of the American Chemical Society

37739	Olga Lopez-Acevedo	132 (2010) 8210-8218	理研	BL44B2	Chirality and Electronic Structure of the Thiolate-Protected Au <sub>38</sub>
38013	Alex Rojas	135 (2013) 11975-11984	理研	BL44B2	Synthesis, Structure, and Optical Activity of HPM-1, a Pure Silica Chiral Zeolite

### Nature Communications

37876	Jiawei Zhang	9 (2018) 4716	理研	BL44B2	Chemical Bonding Origin of the Unexpected Isotropic Physical Properties in Thermoelectric Mg <sub>3</sub> Sb <sub>2</sub> and Related Materials
38069	Yungok Ihm	10 (2019) 2411	装置&技術	BL3	Direct Observation of Picosecond Melting and Disintegration of Metallic Nanoparticles

### Proceedings of the 29th Linear Accelerator Conference

37983	H. Maesaka	(2018) 988-993	加速器		Pulse-by-Pulse Beam Parameter Switching of High-Quality Beams for Multi-Beamline Operation at SACLA
37984	Yuji Otake	(2018) 889-892	加速器		90 kW Solid-State RF Amplifier with a TE011-Mode Cavity Power-Combiner at 476 MHz

### Proceedings of the International Conference on Accelerator and Large Experimental Control Systems

37986	Kensuke Okada	(2018) 201-205	制御		Database Scheme for Unified Operation of SACLA/SPRING-8
			制御		
37987	Miho Ishii	(2018) 751-754	制御		Next Generation Control System Using the EtherCAT Technology
			制御		

### X-ray Free Electron Lasers

37992	Sebastien Boutet	(2018) 1-21	XFEL		X-ray Free Electron Lasers and Their Applications
37993	Raymond Sierra	(2018) 109-184	装置&技術		Sample Delivery Techniques for Serial Crystallography

### Acta Crystallographica Section A

37761	S. Christensen	71 (2015) 9-19	理研	BL44B2	Nuclear-Weighted X-ray Maximum Entropy Method - NXMEM
-------	----------------	-------------------	----	--------	---

### AIP Conference Proceedings

38072	Tetsuya Ishikawa	2054 (2019) 020001	装置&技術		Synchrotron Radiation Research: Retrospective View and Prospective Considerations
-------	------------------	-----------------------	-------	--	---

### Angewandte Chemie International Edition

37872	Keisuke Wada	57 (2018) 8886-8890	理研	BL44B2	Multielectron-Transfer-Based Rechargeable Energy Storage of Two-Dimensional Coordination Frameworks with Non-Innocent Ligands
-------	--------------	------------------------	----	--------	---

### Biophysical Reviews

37989	Eiichi Mizohata	10 (2018) 209-218	装置&技術		Serial Femtosecond Crystallography at the SACLA: Breakthrough to Dynamic Structural Biology
-------	-----------------	----------------------	-------	--	---

### Chemistry Letters

37732	Masaaki Sadakiyo	46 (2017) 1004-1006	理研	BL44B2	Introduction of an Amino Group on Zeolitic Imidazolate Framework through a Ligand-Exchange Reaction
-------	------------------	------------------------	----	--------	---

### Communications Chemistry

37882	Makoto Hirose	2 (2019) 50	理研	BL29XU	Oxygen-Diffusion-Driven Oxidation Behavior and Tracking Areas Visualized by X-ray Spectro-Ptychography with Unsupervised Learning
-------	---------------	----------------	----	--------	---

### CrystEngComm

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
37741	Han-Hui Xie	14 (2012) 4467-4471	理研	BL44B2	Interrelation between Atomic Switching Disorder and Thermoelectric Properties of ZrNiSn Half-Heusler Compounds

### Current Opinion in Structural Biology

37991	Andrii Ishchenko	51 (2018) 44-52	装置&技術		Structural Biology of G Protein-Coupled Receptors: New Opportunities from XFELs and cryoEM
			XFEL		

### Dalton Transactions

37744	Nina Lock	42 (2013) 9555-9564	理研	BL44B2	Copper Doped TiO <sub>2</sub> Nanoparticles Characterized by X-ray Absorption Spectroscopy, Total Scattering, and Powder Diffraction - a Benchmark Structure-Property Study
-------	-----------	------------------------	----	--------	---

### Electochemistry

37750	Eiji Nishibori	83 (2015) 840-842	理研	BL44B2	Bonding Nature of LiCoO <sub>2</sub> by Topological Analysis of Electron Density from X-ray Diffraction
-------	----------------	----------------------	----	--------	---

### Inorganic Chemistry

37935	Espen Eikeland	53 (2014) 10178-10188	理研	BL44B2	Alkali Metal Ion Templated Transition Metal Formate Framework Materials: Synthesis, Crystal Structures, Ion Migration, and Magnetism
-------	----------------	--------------------------	----	--------	--

### Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena

38071	Hikaru Kitamura	232 (2019) 45-52	装置&技術		Thermalization Dynamics of Primary and Secondary Electrons in Metals
-------	-----------------	---------------------	-------	--	--

### Journal of Electronic Materials

37742	T. Dasgupta	42 (2013) 1988-1991	理研	BL44B2	Thermal Instability of $\beta$ -Zn <sub>4</sub> Sb <sub>3</sub> : Insights from Transport and Structural Measurements
-------	-------------	------------------------	----	--------	---

### Journal of Materials Science

37747	Martin Søndergaard	48 (2013) 2002-2008	理研	BL44B2	Thermal Stability and Thermoelectric Properties of Mg <sub>2</sub> Si <sub>0.4</sub> Sn <sub>0.6</sub> and Mg <sub>2</sub> Si <sub>0.6</sub> Sn <sub>0.4</sub>
-------	--------------------	------------------------	----	--------	--

### The Journal of Physical Chemistry B

37865	Vikas S. Padalkar	121 (2017) 10407-10416	理研	BL44B2	Optical and Structural Properties of ESIPT Inspired HBT-Fluorene Molecular Aggregates and Liquid Crystals
-------	-------------------	---------------------------	----	--------	---

### The Journal of Physical Chemistry C

37735	Lasse R. Jørgensen	122 (2018) 5317-5324	理研	BL44B2	Is SrZn <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> a Realistic Candidate for High-Temperature Thermoelectric Applications?
-------	--------------------	-------------------------	----	--------	--

### Journal of the Electrochemical Society

37740	Andreas Laumann	159 (2012) A166-A171	理研	BL44B2	Rapid Green Continuous Flow Supercritical Synthesis of High Performance Li <sub>4</sub> Ti <sub>5</sub> O <sub>12</sub> Nanocrystals for Li Ion Battery Applications
-------	-----------------	-------------------------	----	--------	--

### Macromolecules

37867	Tsuneaki Sakurai	50 (2017) 9265-9275	理研	BL44B2	Donor/Acceptor Segregated $\pi$ -Stacking Arrays by Use of Shish-kebab-Type Polymeric Backbones: Highly Conductive Discotic Blends of Phthalocyaninatopolysiloxanes and Peryleneimides
-------	------------------	------------------------	----	--------	--

### Materials Chemistry Frontiers

37871	Tsuneaki Sakurai	2 (2018) 718-729	理研	BL44B2	Electron Transporting Foldable Alternating Copolymers of Peryleneimide and Flexible Macromolecular Chains
-------	------------------	---------------------	----	--------	---

### Nonlinear Dynamics and Collective Effects in Particle Beam Physics

38073	Toru Hara	(2019) 165-168	装置&技術	BL2	Suppression of CSR Effects at the Dogleg Beam Transport of SACLA
-------	-----------	-------------------	-------	-----	--

### Optics Express

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
38070	Jumpei Yamada	37 (2019) 3429-3438	光学系	BL29XU	Compact Reflective Imaging Optics in Hard X-ray Region Based on Concave and Convex Mirrors
			光学系		

### Physical Chemistry Chemical Physics

37877	Lirong Song	21 (2019) 4295-4305	理研	BL44B2	Thermal Stability of p-Type Ag-Doped Mg <sub>3</sub> Sb <sub>2</sub> Thermoelectric Materials Investigated by Powder X-ray Diffraction
-------	-------------	------------------------	----	--------	--

### Physical Review Letters

37981	Teruhiko Bizen	121 (2018) 124801	加速器		Enhancing the Radiation Resistance of Undulator Permanent Magnets by Tilting the Easy Axis of Magnetization
-------	----------------	----------------------	-----	--	---

### Proceedings of the 38th International Free Electron Laser Conference

37985	Toru Hara	(2018) 216-218	光学系	BL3	Suppression of the CSR Effects at a Dogleg Beam Transport Using DBA Lattice
			光学系	BL2	

### Proceedings of the 9th International Particle Accelerator Conference

37826	Toru Hara	(2018) 1740-1744	XFEL		Pulse-by-Pulse Multi-XFEL Beamline Operation with Ultra-Short Laser Pulses
-------	-----------	---------------------	------	--	--

### Proceedings of SPIE

37979	Sanghoon Song	11038 (2019) 1103810	加速器		Pulse Power Measurements and Attenuator Characterization of the Hard X-ray Beamline at the Linac Coherent Light Source
-------	---------------	-------------------------	-----	--	--

### Review of Scientific Instruments

37919	Kenji Fukami	90 (2019) 054703	加速器		Performance Verification of a Precise Vibrating-Wire Magnet Alignment Technique for Next-Generation Light Sources
-------	--------------	---------------------	-----	--	---

### Science

37875	Hiroshi Yamagishi	361 (2018) 1242-1246	理研	BL44B2	Self-Assembly of Lattices with High Structural Complexity from a Geometrically Simple Molecule
-------	-------------------	-------------------------	----	--------	--

### Synchrotron Radiation News

37982	Haruhiko Ohashi	31 (2018) 33-37	光学系	BL39XU	Stabilization of X-ray Beamline Optics towards Tens of Nanoradian Levels at SPring-8/SACLA
			光学系	BL41XU	
			光学系	BL3	
			光学系	BL2	
			光学系	BL1	
			光学系	BL32XU	

### Vacuum

37903	Andrey K. Orlov	150 (2018) 186-195	理研	BL44B2	Synchrotron Analysis of Structure Transformations in V and V/Ag Thin Films
-------	-----------------	-----------------------	----	--------	--



## SPring-8/SACLA 研究成果公表 論文サイテーション数調査 -2019-

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用推進部 普及情報課

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

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

調査日：2019/04/01

SPring-8	1994-2019 <sup>2</sup> (総累積)			2008-2018 (11年間累積)			2017 (2年経過値)		
	累積 論文数	累積 被引用数	平均 被引用数	累積 論文数	累積 被引用数	平均 被引用数	年間 総論文数	累積 被引用数	平均 被引用数
全 SPring-8 [net] <sup>1</sup>	12,710	298,655	23.5	8,681	160,164	18.4	866	4,107	4.7
共用 BL <sup>3,5</sup>	8,915	216,655	24.3	6,147	120,985	19.7	584	2,975	5.1
専用 BL <sup>3,4</sup>	2,885	57,111	19.8	2,157	32,299	15.0	261	1,106	4.2
理研 BL <sup>3</sup>	1,659	51,466	31.0	1,024	21,631	21.1	92	720	7.8
その他 (技術開発等)	154	2,091	13.6	25	92	3.7	2	0	0.0

SACLA	2008-2019 <sup>2</sup> (総累積)			2008-2018 (11年間累積)			2017 (2年経過値)		
	累積 論文数	累積 被引用数	平均 被引用数	累積 論文数	累積 被引用数	平均 被引用数	年間 総論文数	累積 被引用数	平均 被引用数
全 SACLA [net] <sup>1</sup>	311	6,838	22.0	308	6,838	22.2	46	348	7.6
BL3	163	4,497	27.6	162	4,497	27.8	30	270	9.0
その他 (技術開発等)	145	3,301	22.8	144	3,301	22.9	15	78	5.2

●集計対象 BL<sup>3</sup>

共用 BL — 計 26 本

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

専用 BL — 計 20 本

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

理研 BL — 計 10 本

BL05XU BL45XU BL44B2 BL29XU BL19LXU BL26B1 BL26B2 BL17SU BL32XU BL43LXU

●備考

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

\*2：2019 年は、2019 年 1 月 1 日から 2019 年 3 月 31 日までに発行された論文を集計対象とした。それ以外は、各年 1 月 1 日から 12 月 31 日までに発行された論文を集計対象とした。

\*3：複数の BL に関連する成果は、それぞれの集計値に重複して集計した。

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

\*5：調査時における供用開始から 2 年以内の BL は対象外とした。

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

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

調査日：2019/04/01

SPring-8	1994-2019 <sup>2</sup> (総累積)			2008-2018 (11 年間累積)			2017 (2 年経過値)		
	論文数	TOP10% 論文割合	TOP1% 論文割合	論文数	TOP10% 論文割合	TOP1% 論文割合	論文数	TOP10% 論文割合	TOP1% 論文割合
全 SPring-8 [net] <sup>1</sup>	12,710	11.2	1.5	8,681	11.6	1.6	866	9.2	0.9
共用 BL <sup>3,5</sup>	8,915	12.0	1.7	6,147	12.6	1.8	584	9.8	1.2
専用 BL <sup>3,4</sup>	2,885	8.7	1.0	2,157	8.7	0.9	261	8.4	0.4
理研 BL <sup>3</sup>	1,659	13.1	1.6	1,024	14.1	1.8	92	16.3	3.3

SACLA	2008-2019 <sup>2</sup> (総累積)			2008-2018 (11 年間累積)			2017 (2 年経過値)		
	論文数	TOP10% 論文割合	TOP1% 論文割合	論文数	TOP10% 論文割合	TOP1% 論文割合	論文数	TOP10% 論文割合	TOP1% 論文割合
全 SACLA [net] <sup>1</sup>	311	17.7	3.5	308	17.9	3.6	46	10.9	4.3
BL3	163	23.9	4.9	162	24.1	4.9	30	13.3	6.7

●集計対象 BL<sup>3</sup>

共用 BL —— 計 26 本

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

専用 BL —— 計 20 本

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

理研 BL —— 計 10 本

BL05XU BL45XU BL44B2 BL29XU BL19LXU BL26B1 BL26B2 BL17SU BL32XU BL43LXU

●備考

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

\*2：2019 年は、2019 年 1 月 1 日から 2019 年 3 月 31 日までに発行された論文を集計対象とした。それ以外は、各年 1 月 1 日から 12 月 31 日までに発行された論文を集計対象とした。

\*3：複数の BL に関連する成果は、それぞれの集計値に重複して集計した。

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

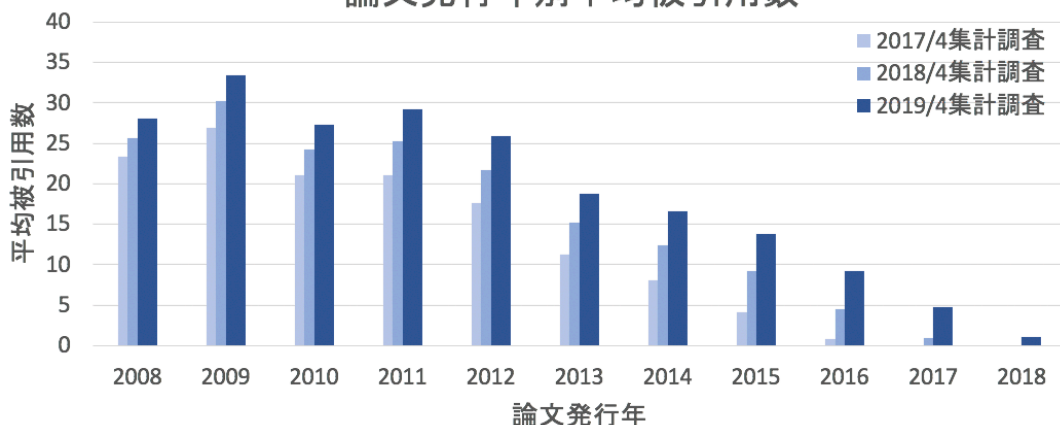
\*5：調査時における供用開始から 2 年以内の BL は対象外とした。

3. SPring-8 利用の年別発行総論文数と 2019/4/1 における平均被引用数 (2008-2018)

調査日：2019/04/01

SPring-8	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
年別発行論文数 <sup>1</sup>	707	667	696	790	773	918	838	830	943	866	653
累積被引用数 <sup>2</sup>	19,801	22,309	18,954	23,070	19,991	17,223	13,905	11,410	8,694	4,107	700
平均被引用数 [累積被引用数/年別発行論文数]	28.0	33.5	27.2	29.2	25.9	18.9	16.6	13.8	9.2	4.7	1.1

論文発行年別平均被引用数



●備考

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

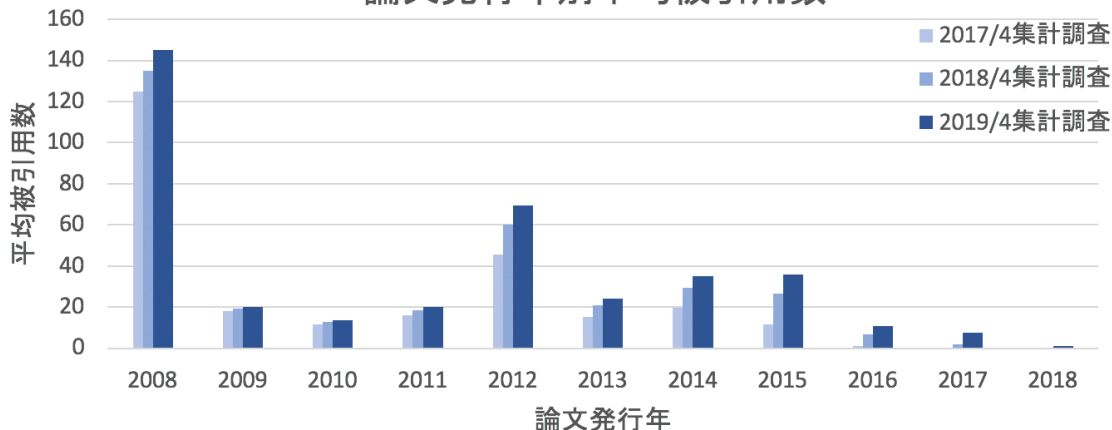
\*2：被引用数確認は、Clarivate Analytics 社 InCites Benchmarking を用いた。

4. SACLA 利用の年別発行総論文数と 2019/4/1 における平均被引用数 (2008-2018)

調査日：2019/04/01

SACLA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
年別発行論文数 <sup>1</sup>	4	14	13	19	14	39	24	48	50	46	37
累積被引用数 <sup>2</sup>	580	282	178	381	975	942	843	1730	534	348	45
平均被引用数 [累積被引用数/年別発行論文数]	145.0	20.1	13.7	20.1	69.6	24.2	35.1	36.0	10.7	7.6	1.2

論文発行年別平均被引用数



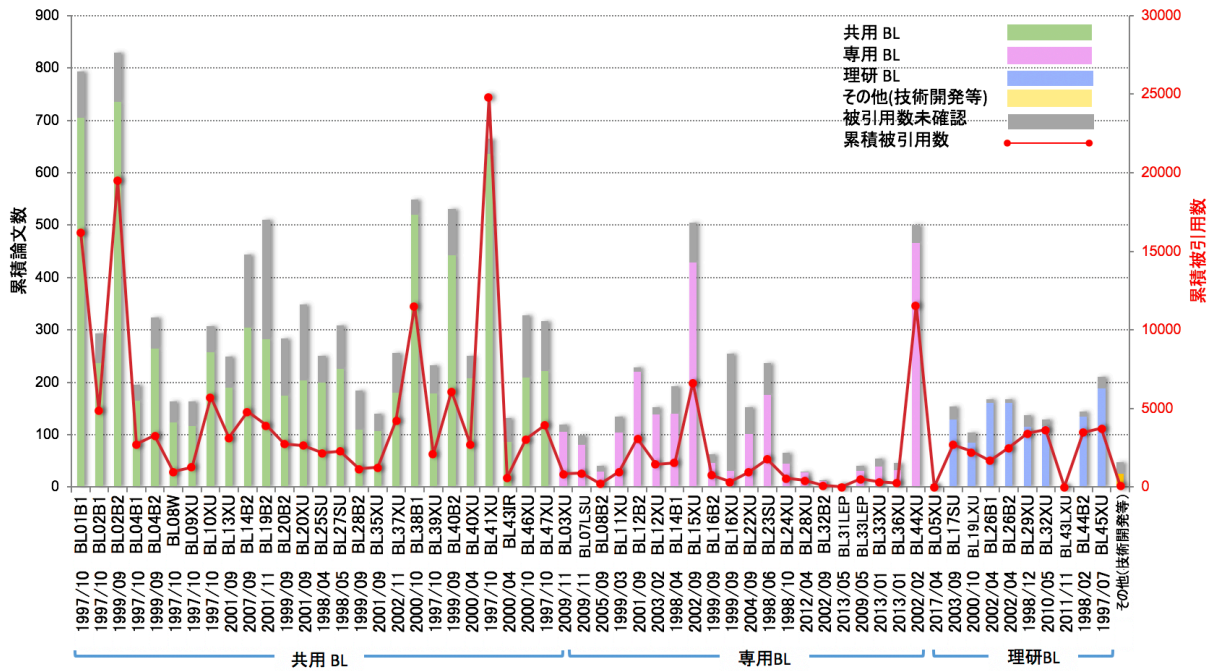
●備考

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

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

5. SPring-8 の BL 別累積論文数と累積被引用数の比較 (2008-2018)

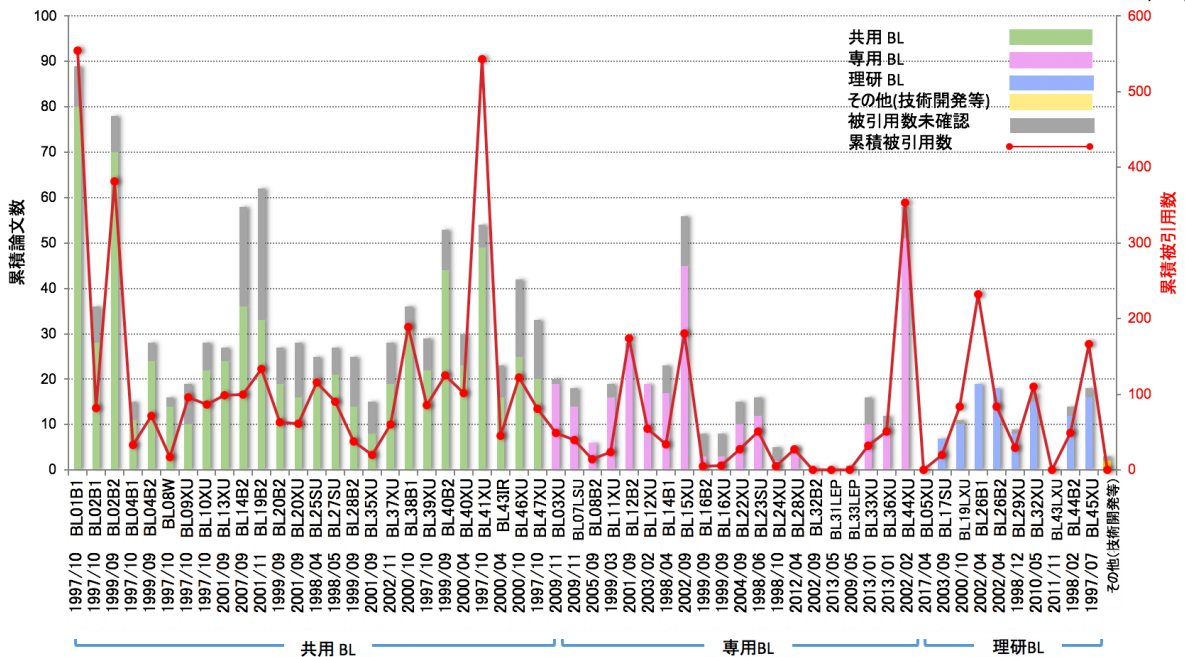
調査日：2019/04/01



- \*1：成果登録 DB に登録された原著論文／博士論文／査読付きプロシーディングおよび、SPring-8/SACLA 利用研究成果集を対象とし、累積被引用数は Clarivate Analytics 社 InCites Benchmarking を用いて集計した。
- \*2：検索 DB (Clarivate Analytics Web of Science) 未登録のため、被引用数が確認出来ない論文は「被引用数未確認」に計上する。
- \*3：一つの論文が異なる複数の BL に関わる共通の成果とみなせる場合、各 BL それぞれに計上する。

6. SPring-8 の BL 別年間総論文数と総被引用数の比較 (2017 年の発表論文)

調査日：2019/04/01



- \*1：成果登録 DB に登録された原著論文／博士論文／査読付きプロシーディングおよび、SPring-8/SACLA 利用研究成果集を対象とし、累積被引用数は Clarivate Analytics 社 InCites Benchmarking を用いて集計した。
- \*2：検索 DB (Clarivate Analytics Web of Science) 未登録のため、被引用数が確認出来ない論文は「被引用数未確認」に計上する。
- \*3：一つの論文が異なる複数の BL に関わる共通の成果とみなせる場合、各 BL それぞれに計上する。

7. 2017 年発行論文の被引用数ベスト 10

SPring-8/SACLA 利用関連論文の被引用数ベスト 10 (2017)

調査日：2019/04/01

	回数	BL	実験責任者	タイトル	主著者	所属	投稿先ジャーナル名
1	124	BL41XU	Jian-Ren Shen	Light-Induced Structural Changes and the Site of O=O Bond Formation in PSII Caught by XFEL	Michihiro Suga	Okayama University	Nature
2	76	BL45XU	-	Crystalline Graphdiyne Nanosheets Produced at a Gas/Liquid or Liquid/Liquid Interface	Ryota Matsuoka	The University of Tokyo	Journal of the American Chemical Society
3	51	BL41XU	Belli Wu	Structure of the Full-Length Glucagon Class B G-protein-coupled Receptor	Haonan Zhang	Chinese Academy of Sciences, China University of Chinese Academy of Sciences	Nature
4	49	BL09XU	Cramer Stephen	Direct Observation of an Iron-Bound Terminal Hydride in [FeFe]-Hydrogenase by Nuclear Resonance Vibrational Spectroscopy	Edward J. Reijerse	Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion	Journal of the American Chemical Society
5	45	BL41XU	Yanli Wang	Two Distant Catalytic Sites Are Responsible for C2c2 RNase Activities	Liang Liu	Chinese Academy of Sciences	Cell
6	42	BL01B1	Kohsuke Mori	Plasmonic Au@Pd Nanoparticles Supported on a Basic Metal-Organic Framework: Synergic Boosting of H <sub>2</sub> Production from Formic Acid	Meicheng Wen	Osaka University	ACS Energy Letters
7	39	BL41XU	Reymond Stevens	Human GLP-1 Receptor Transmembrane Domain Structure in Complex with Allosteric Modulators	Gaojie Song	ShanghaiTech University	Nature
8	35	BL01B1	Yasutaka Kuwahara	Catalytic Transfer Hydrogenation of Biomass-derived Levulinic Acid and Its Esters to $\gamma$ -valerolactone over Sulfonic Acid-functionalized UiO-66	Yasutaka Kuwahara	Osaka University, Kyoto University	ACS Sustainable Chemistry & Engineering
8	35	BL3 (SACLA)	Harshad Pathak	Maxima in the Thermodynamic Response and Correlation Functions of Deeply Supercooled Water	KyungHwan Kim	Stockholm University	Science
10	31	BL02B2	Shogo Kawaguchi	High-Throughput Powder Diffraction Measurement System Consisting of Multiple MYTHEN Detectors at Beamline BL02B2 of SPring-8	Shogo Kawaguchi	JASRI	Review of Scientific Instruments

●備考

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

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

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

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用推進部

### 1. SPring-8/SACLA 有償利用（成果専有と公開優先）の実績

1997B 期（供用開始）から 2018B 期までに実施された有償利用にかかる利用料の実績について集計した。

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

SPring-8 については、総累積、10 年間累積、及び 2018 年度（1 年間）の実績について、それぞれに総計、共用 BL、専用 BL、及び共用供出理研 BL ごとに集計した。

SACLA については、2012 年の供用開始から 2018 年までの総累積、及び 2018 年度（1 年間）の実績を集計した。

調査日：2019/04/01  
(単位：千円)

SPring-8	1997-2018 (総累積)			2009-2018 (10 年間累積)			2018 (1 年間)		
	有償利用料 収入	うち 成果専有	うち 公開優先	有償利用料 収入	うち 成果専有	うち 公開優先	有償利用料 収入	うち 成果専有	うち 公開優先
総 計	4,298,791	3,542,119	756,672	2,995,352	2,300,774	694,578	353,244	279,917	73,327
共用 BL	3,481,128	2,733,217	747,911	2,552,193	1,864,411	687,782	271,237	197,910	73,327
専用 BL <sup>1</sup>	676,602	676,602	—	304,063	304,063	—	48,497	48,497	—
理研 BL <sup>2</sup>	141,061	132,300	8,761	139,096	132,300	6,796	33,510	33,510	—

(単位：千円)

SACLA	2012-2018 (総累積)	2018 (1 年間)
	有償利用料収入	有償利用料収入
BL1-3	5,490	1,647

●SPring-8 集計対象 BL

共用 BL — 計 26 本

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

専用 BL<sup>1</sup> — 計 20 本

BL14B1 BL23SU BL24XU BL11XU BL16XU BL16B2 BL44XU BL33LEP BL12B2 BL15XU BL32B2<sup>1</sup>  
BL12XU BL22XU BL08B2 BL33XU BL03XU BL07LSU BL28XU BL36XU BL31LEP

理研 BL<sup>2</sup> — 計 11 本

BL17SU BL26B1 BL26B2 BL29XU BL32XU BL45XU BL05XU BL19LXU BL44B2 BL43LXU<sup>2</sup> BL38B2<sup>2</sup>

●備考

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

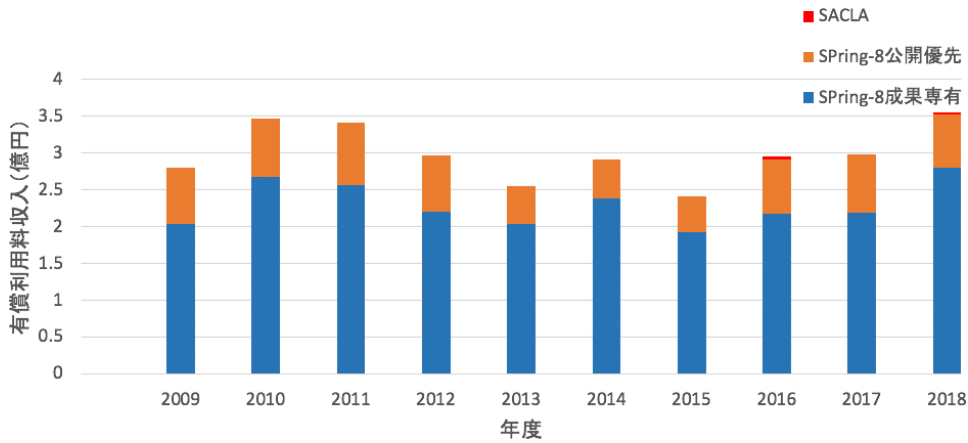
\*2：理研 BL のうち BL38B2 及び BL43LXU は、2018B 期時点でビームタイムを共用に供していない。

2. SPring-8/SACLA 有償利用料収入の年次推移

2009 年度から 2018 年度までの SPring-8/SACLA における有償利用料収入の年次推移について集計した。

調査日：2019/04/01  
(単位：億円)

年度	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
SPring-8	2.80	3.47	3.41	2.97	2.55	2.91	2.41	2.91	2.98	3.53
SACLA*	—	—	—	—	—	—	—	0.04	—	0.02

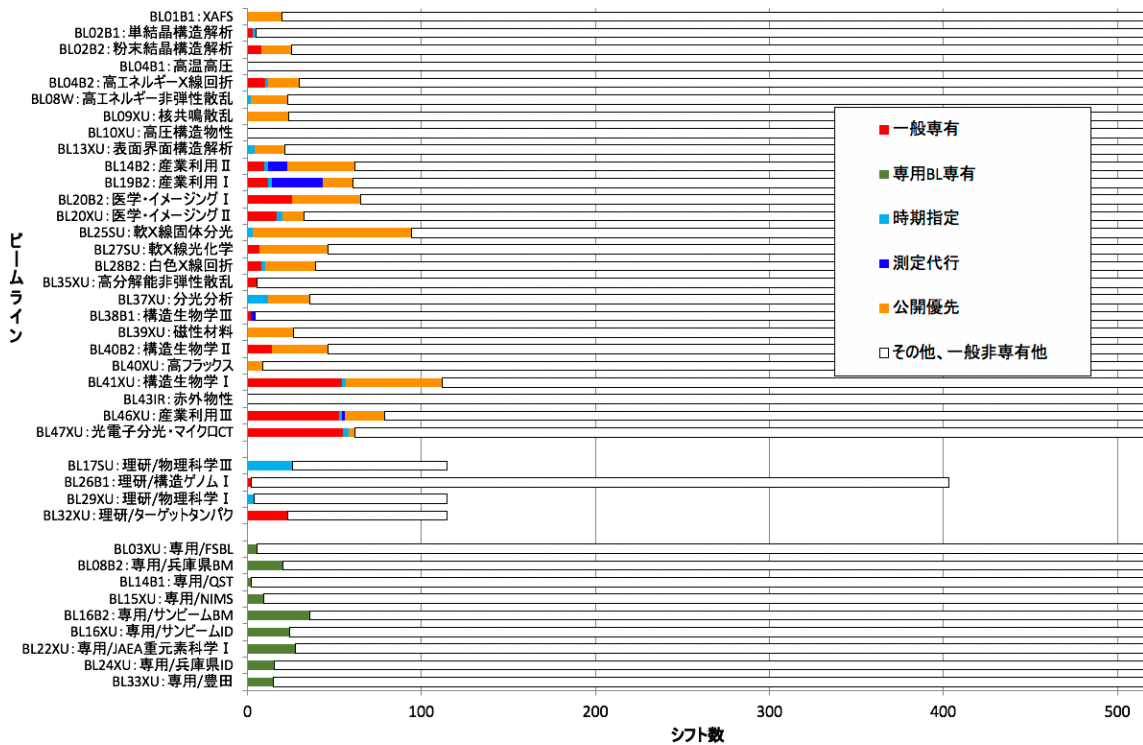


●備考  
\*SACLA の供用開始は 2012A 期より。

3. 2018 年度の SPring-8 有償利用の状況 (シフト数)

2018 年度の SPring-8 有償利用の状況について、ビームライン (BL) ごとにシフト数を集計した。共用 BL は 26 本について全て表示、専用 BL 及び共用供出理研 BL は有償利用実績があった BL のみ表示している。

調査日：2019/04/01

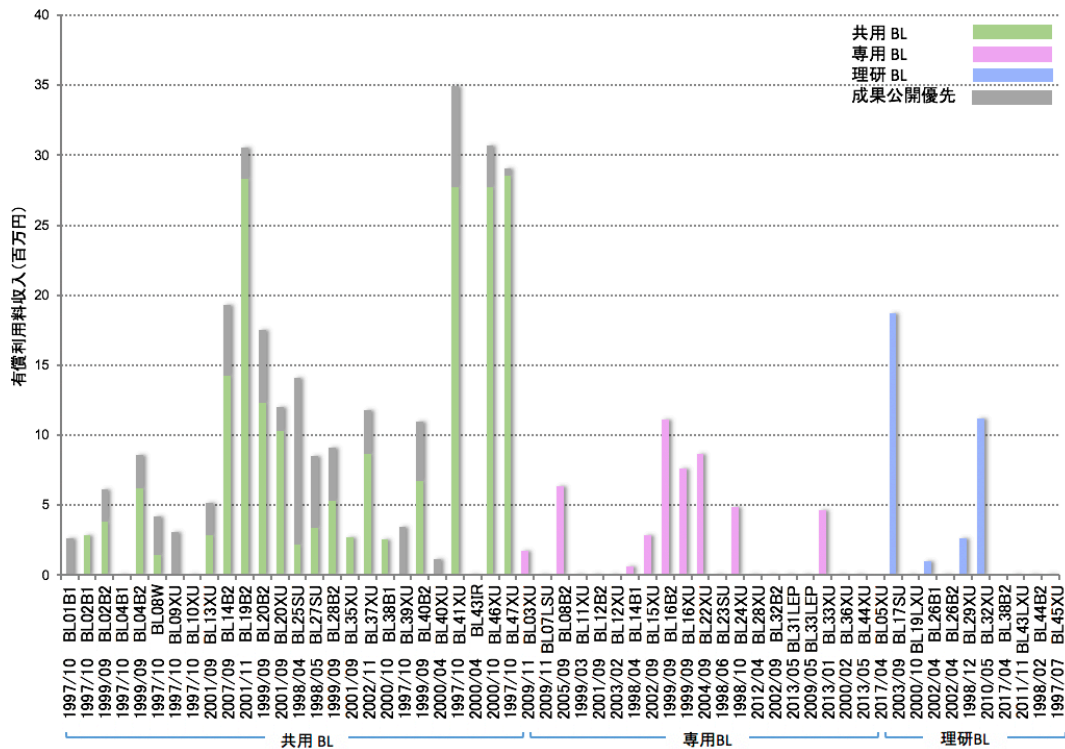


●共用 BL26 本は全表示。共用供出理研 BL および専用 BL は、有償利用実績があった BL のみ表示。

#### 4. SPring-8 の BL 別の年間有償利用料収入 (2018 年度)

2018 年度における SPring-8 の年間有償利用料収入の実績を BL ごとに集計した。

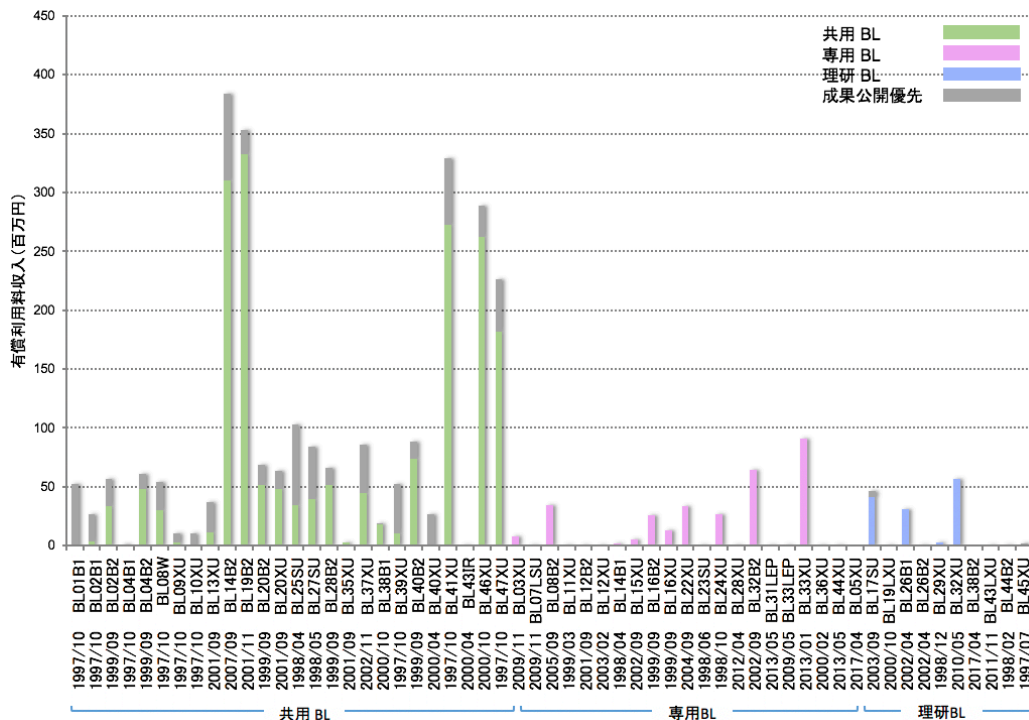
調査日：2019/04/01



#### 5. SPring-8 の BL 別の 10 年間累積有償利用料収入 (2009-2018 年度)

2009 年度から 2018 年度までの 10 年間における SPring-8 の年間有償利用料収入の累積による実績を BL ごとに集計した。

調査日：2019/04/01





## 「専用ビームラインの再契約」について

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
利用推進部

SPring-8 に設置されている専用ビームラインは、登録施設利用促進機関である JASRI の専用施設審査委員会において、「放射光専用施設の設置計画の選定に関する基本的考え方」に基づき、評価・審査等を実施し、その結果は SPring-8 選定委員会で審議されます。2019 年 8 月に開催しました SPring-8 選定委員会において、以下の 2 件について、2019 年 6 月に開催した専用施設審査委員会（以下、本委員会という）での評価・審査結果等を審議し、承認されましたので報告します。

### 利用状況等評価／次期計画審査

- ・広エネルギー帯域先端材料解析ビームライン (BL15XU)  
(設置者：物質・材料研究機構)
- ・フロンティアソフトマター開発産学連合ビームライン (BL03XU)  
(設置者：フロンティアソフトマター開発専用ビームライン産学連合体)

物質・材料研究機構が設置した「広エネルギー帯域先端材料解析ビームライン (BL15XU)」、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が設置した「フロンティアソフトマター開発産学連合ビームライン (BL03XU)」は、いずれも契約上の設置期間満了前に「再契約」の意思表示があったことから、本委員会で利用状況等評価および次期計画審査を実施しました。

評価・審査の結果は、ともに 6 年間の再契約は承認するものの、3 年後を目処に中間評価を行うことが妥当との判断となりました。特にフロンティアソフトマター開発専用ビームライン産学連合体には、成果管理や安全管理についての運営体制等の改善を求めることとなりました。

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

広エネルギー帯域先端材料解析ビームライン  
(BL15XU) 契約期間満了に伴う  
利用状況等評価・次期計画審査報告書

設置者である国立研究開発法人物質・材料研究機構（以下、NIMS）から提出された利用状況等報告書、次期計画書及び口頭による報告発表にもとづき、ビームラインとステーションの構成と性能、施設運用及び利用体制、利用成果、及び次期計画について、6月12日に開催した第29回専用施設審査委員会で評価・審査を行った。その結果、施設運用に特段の不安はなく、利用状況及び利用成果も十分なビームタイムの活用と論文発表等がなされていることが確認された。次期計画については、NIMSのミッションに沿った計画がされており、今後の利用成果創出についても十分期待できることから、申請どおり契約期間は6年間とし、3年後を目処に中間評価を行うことが妥当であると判断する。

以下、項目毎の評価・審査結果の詳細を記載する。

1. ビームラインとステーションの構成と性能に対する評価

本ビームラインは、円偏光用磁石列と水平偏光用磁石列の切り替えが可能な全長 4.5 m のリボルバー型アンジュレータを光源とし、光学ハッチに二結晶分光器とさらにその下流に切替式高分解能モノクロメータを配置し、2.2 keV から 36 keV までの幅広いエネルギー領域において、単色 X 線の利用を可能にしている。硬 X 線光電子分光測定用には集光ミラーが設置され、試料位置で縦 25  $\mu\text{m}$  × 横 35  $\mu\text{m}$  のビームサイズを達成している。測定装置としては、高分解能粉末 X 線回折測定装置、PDF 測定装置、薄膜構造解析用 6 軸精密回折装置、硬 X 線光電子分光装置、試料自動交換・自動測定型硬 X 線光電子分光測定装置が整備され、物質や材料の原子構造解析や電子状態解析に利用されている。このように材料評価に必要な装置群を効率的に整備している点は評価できる。また、運営の主体である NIMS における材料評価・開発研究の方針のもと、運用が順調な装置は現状維持に努め、無人復旧システム、MOSTAB 導入など確立された技術を活用して、利用環境の効率化、高性能化を進めている点は高く評価できる。

2. 施設運用及び利用体制に対する評価

物質・材料科学を牽引するNIMSは、基礎研究および基盤的研究開発、国家的・社会的な課題解決に貢献することを目的として、本ビームラインを運営している。同機構は本ビームラインに10名+ $\alpha$ の常駐スタッフを配し、装置利用のみならず、課題申請から論文執筆に至るまで幅広く利用者の支援を行っている点は非常に高く評価できる。また、広報活動や課題申請相談を実施し、「元素戦略」など国家的課題への関わりやNIMS以外のユーザーを積極的に取り込むなど、戦略的な運営を行っている。利用者へのきめ細やか、かつ、柔軟な対応を実施しており、このことが利用者からの高い評価を得て、成果創出につながっていると考えられる。機構内での連携も示され、本ビームラインへの機構内での評価と期待が高いことも伺える。一方で、本ビームラインだけで物質・材料科学研究全体をカバーすることは難しいと思われる。同機構の可能性を最大限に引き出しつつ広く材料研究を展開する観点からは、他のビームラインとの相互利用連携を検討されることを期待する。

安全確保に関しては、同機構およびSPRING-8のガイドラインに沿って対策が施されており、高く評価できる。本ビームラインでは、安全管理を重要していることを報告書に明記しており、独自の電気保安検査や安全教育の実施等を行っている。また昨年度行った専用ビームラインの安全管理状況調査結果を見ても、管理状況は上位である。特に問題はみられず、安全管理に関して模範的なビームラインの一つと言える。

3. 利用成果に対する評価

NIMS内の研究に留まらず、機構外利用者に対しても広報活動を積極的に行い、ナノテクノロジープラットフォーム事業、東工大元素戦略拠点事業による共同研究を推進し、国際的レベルの成果創出につながっていることは特筆に値する。また、整備された装置からバランス良く成果が出ており、論文数においても専用ビームラインでは最上位にある。この成果創出の背景には、上記の装置構成、および利用者支援に対する一貫したコンセプトが組織で共有され実行されていること、現状の体制を鑑み、利用分野を硬X線光電子分光測定とX線回折測定等に集約していることなどが、

有効に働いていると考えられる。本ビームラインの設置目的に照らして、研究の方向性、成果としての論文の質および量の水準は高く評価できる。

#### 4. 次期計画の審査

NIMSのミッションと運営方針に沿って、本ビームラインの今後の計画が適切に検討されていると判断できる。次期計画では、より高いエネルギーのX線の利用によるPDF解析、2次元波数空間イメージング型スピン分解光電子分光装置の新規導入、測定系の自動化・高度化を行い、高輝度放射光を用いた原子配列構造および電子構造の解析・評価を通じ、機構内研究者が進める電池材料、磁性材料、構造材料などに対象を拡大し、その開発・創成のための基盤研究の成果最大化を目指すという戦略は評価できる。

本ビームラインには平均構造を測定する装置群が整備されているが、実構造を観察するX線イメージング装置は整備されていない。特に、メゾスケールの実構造観察は材料の機能発現の解明に有用であり、同機構内の潜在的利用者は多いと予想される。潜在的利用者の開拓は、放射光を用いた材料科学の新分野開拓に結びつくものと期待されるため、共用ビームライン等のX線イメージング技術との連携利用を進めることも望まれる。

ナノテクノロジープラットフォーム事業のセンター機関として、機構外利用者、すなわち産、学、国立研究開発法人などによる共用利用を積極的に促進することは評価できる。また機構が進めるデータ駆動型の物質・材料研究については、統合型材料開発・情報基盤部門 (MaDIS) とSPring-8から得られる原子・電子構造データとの連携を推進し、データベース化の取り組みを進めていることは高く評価できる。

今後、SPring-8-IIや3 GeV高輝度光源が建設されることも視野に入れ、リボルバーアンジュレータの更新、他の施設との連携、共用ビームラインとの棲み分けおよび連携、特色あるスピン分解光電子分光装置の有効活用についても積極的に取り組むことを期待する。

安全管理については、これまでも積極的に取り組んでおり、次期計画においてもレベルの高い安全管理が期待できる。

以上のことから、再契約は申請どおり、6年間を承認した上で、次回の中間評価は3年後を目処に実施することが妥当であると本委員会は判断する。

以上

### フロンティアソフトマター開発産学連合ビームライン (BL03XU) 契約期間満了に伴う 利用状況等評価・次期計画審査報告書

設置者である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 (以下、連合体) から提出された利用状況等報告書、次期計画書及び口頭による報告にもとづき、ビームラインとステーションの構成と性能、施設運用及び利用体制、利用成果、及び次期計画について、6月12日に開催した第29回専用施設審査委員会で評価・審査を行った。その結果、当初計画された機器整備は計画通りに進行し、利用成果も着実に積み重ねられていることは評価できる。引き続きフロンティアソフトマター開発産学連合ビームライン (以下、FSBL) の特色を活かした利用成果の創出が期待できることから、再契約は妥当であると判断する。ただし、運営体制には成果管理や安全管理の面で一体性や主体性を欠いている点が見られることから、連合体内ならびに業務支援を受託しているJASRI等と十分な協議の上、改善することが必要である。また、将来計画においては長期的な計画が示されておらず、SPring-8の将来計画を踏まえた長期計画を検討することが必要である。そのため、次期計画の契約期間は6年間で承認するものの、3年を目処に運営体制や、その後の将来計画を中心に中間評価を行い、契約継続の是非を見極めることが妥当であると判断する。

以下、項目毎の評価・審査結果の詳細を記載する。

#### 1. ビームラインとステーションの構成と性能に対する評価

本ビームラインは、高分子の動的構造物性の解明及び次世代高分子材料開発を目的として、ソフトマター開発に特化してビームラインがデザインされている。SPring-8標準型真空封止アンジュレータを光源とし

て、液体窒素冷却方式二結晶単色器ならびに Kirkpatrick-Baez 方式の集光ミラーが光学ハッチに設置されている。実験ハッチは、目的に応じて材料表面と試料本体（透過）の測定ができるよう、2つの実験ハッチが設置されている。薄膜構造物性を対象とする第一実験ハッチには、斜入射小角／広角X線散乱測定、斜入射X線回折測定、X線反射率測定システムが整備され、動的ナノ・メソ広域構造物性を対象とする第二ハッチには、小角・広角X線散乱測定、極小角X線散乱測定、マイクロビーム形成システムが整備されている。

ビームラインの建設は当初の計画の通りに進行し、1  $\mu\text{m}$ 以下のX線ビームを用いた実験技術、異常散乱を利用した小角散乱や斜入射回折実験技術、1  $\mu\text{m}$ 以上の構造まで観測可能な極小角散乱・斜入射極小角散乱技術などを達成している。初期に目標とした性能は十分に達成されるとともに、一部には、初期の計画より高い性能を達成している点は評価できる。特に、大型の製造装置を設置するスペースを確保することで、製造プロセスのin-situ測定を可能としたことは本ビームラインのユニークな特徴である。本仕様は産業界にとって重要であり、実際にこれらの技術が工業材料のプロセス研究に活用され、研究成果を挙げている点は特筆すべきである。さらに、その後も大型の公的外部競争的資金の獲得などを重ね、新たな検出器の導入やX線光子相関法といった新規手法を積極的に導入するなど、将来に向けた整備計画が継続して進められている。

## 2. 施設運用及び利用体制に対する評価

本ビームラインの建設・運営予算は、産学連合体を構成する19の企業グループ（途中で合併が生じたため、2017年以降は18の企業グループ）により等分出資されている。産学連合体の運営は、共同研究関係にある企業と学術研究者が1対1でグループを構成し、両者が協力しつつビームライン利用のための技術開発、ならびにその利用研究を実施している。熱硬化研究分科会のような、グループ間連携による課題解決の取り組みも行われている。多数の企業と大学が産学連携して大型研究施設を主体的に利用する点において、FSBLは一つのモデルケースを明示したものと評価できる。

運用においては、各種委員会を設置することでFSBLの運営を円滑に進める仕組みが構築されている

が、本審査においては、複数機関の寄り合いである連合体運営の難しさも垣間見えた。例えば、安全管理全体については、FSBLは他の専用施設と比べても特段劣っている様子は見られず、むしろ大学の専用施設よりは充実した安全管理が行われている一方で、実験における安全確認、あるいは安全教育の一部が各機関ごとに行われているため、連合体としてこれらの安全管理が十分に行われているかどうか把握していない。また、成果発表についても各グループに任されている部分が多く、各実験課題における成果非専有／専有利用の基準が不透明であり、一体的な取り組みに欠けている。

特に、安全対策については寄り合いであるからこそ連携を重視した安全管理体制が必要である。利用状況の報告において安全に関してほとんど説明できていなかったことは、連合体という組織内で安全管理の重要性の認識が共有されていないことを危惧させる。また、業務支援を受託しているJASRI等とのコミュニケーションも不足しており、互いに相手任せで安全管理が行われている現状では、思わぬ重大事故の発生や不適切な事故対応を招く危険性をより高くする。利用成果の扱いや安全対策などにおいては、連合体内ならびにJASRI等とのコミュニケーションを改善するとともに、一体の連合体として内外に対して運営の透明性を確保することを求める。

## 3. 利用成果に対する評価

平均して年間約20報の学術論文が発表されるとともに、中間評価以降130件の特許申請が行われている。論文発表数はSPring-8の他ビームラインと比較して平均的であるものの、特許数が多いことは産学連合体であるFSBLの特徴であり、一定の利用成果は得られているものと判断する。特に、エコタイヤやCFRPの成果などは、産学連合体を組織したことによる大きな成果であり、国内産業への貢献も大きく、ビームラインの設置目的を達成している成果として評価できる。企業連合体である特徴を活かして学生の企業就職に貢献している他、受賞件数も多く、人材育成についても交流が進んでいる。

一方、利用状況報告書の添付資料によると、学術誌に公開された成果の中で、SPring-8に成果登録がなされていない論文が多くみられた。また、成果の取扱が

各グループに一任されているために、成果の非専有利用と専有利用の基準が不透明である。特に、登録されている特許数から推察すると成果専有利用に対する原則が正しく守られていないことが懸念される。施設者とも連携して成果発表の基準や原則を明確にし、産学連合体として成果の取扱についても透明性を確保することを求める。

#### 4. 次期計画の審査

次期計画においては、新規機能性高分子材料の迅速な創成を目標に掲げ、計算科学との協奏に主眼を置いたものとなっている。情報科学との融合に必要な不可欠であるビッグデータの取得にむけて、装置の切替効率の向上を中心としたビームラインのハイスループット化が計画されている。高分子製造プロセスにおける動的な階層構造を理解する上で、幅広い時空間スケールでの構造変化や、微少な構造ゆらぎの解明は不可欠である。これまでに開発した測定機器のスループットを向上させ、計算科学との協奏により利用成果の創出を目指すことは適切な計画であると考えられる。ビームライン利用はこれまでの活動の延長線上にあることから、際だった新規性は見られないものの、計算科学と積極的に融合することで、成果創出に一定の効果があることは期待できる。ただし、提示された研究計画では情報科学がどのように利用されるのか、その具体的な内容が示されなかったため、更なる計画の具体化に向けて今後も継続的な検討が行われることを期待する。また、XPCSなど、開発要素が強い測定手法の実用化については、学术界の先導的役割を期待したい。その実現にはCITIUS検出器や大型計算機など、施設が持つ基盤資源の有効利用が不可欠であり、施設者を交えて利用のスキームを検討する必要がある。他機関との情報交換や技術交流は、SPRing-8全体の技術水準の向上や成果創出に対しても重要な課題であり、これまで以上に積極的に取り組んでいただきたい。

成果創出の促進に向けて、運営体制の見直しも継続的に行うことが必要である。新規企業の参入、過去20年にわたって実施してきた各社平等の費用負担、ビームタイム配分の運用方針の適否などといった根幹の部分についても、状況を常に分析し、最善な運営体制の模索を続けていただきたい。また、安全管理や成果

公開基準の遵守など、産学連合体として一元的な運用が求められる点についても、運営体制の見直しが必要である。特に、安全管理については、次期計画資料には改善等について具体的に言及されていないことから、各機関に任されている安全管理（実験の安全確認や教育等）は、各機関任せを止めるか、もしくはFSBL参加機関共通の最低限の管理水準を定めるなど、どの機関であっても継続的に高レベルの安全管理水準を維持できる工夫を行うことを勧告する。また、継続して業務支援の一部を外部に委託する場合は、受託者とのコミュニケーションを密に行い、委託範囲を明確にすることが必要である。特に安全管理については、基本的に安全管理責任は連合体にあることを自覚し、連合体としての安全管理に対する考え方を明確にしていきたい。成果の創出のさらなる促進においては、成果専有課題と成果非専有課題が適切かつ厳格に運用され、透明性が確保されていることが前提である。このことを十分に認識した上で、利用成果の拡大に向けて今後も継続的に努力していただきたい。

以上のように、これまでの機器整備や技術開発を活かし、今後も継続的に特徴ある成果が創出されることが期待されるため、再契約は妥当であると判断する。しかし、SPRing-8-IIを踏まえた設備の更新計画が示されなかったとともに、高度化を支える大型外部資金の期間が2021年度までとなっており、申請期間全体の計画が示されていない。また、成果公開基準の透明化や安全対策については、産学連合体として一体的な取り組みが行われるよう改善が必要である。したがって、次期計画の契約期間は6年間で承認するものの、3年を目処に運営体制や、その後の将来計画を中心に中間評価を行い、契約継続の是非を見極めることが妥当であると本委員会は判断する。

以上

利用系グループ活動報告

放射光利用研究基盤センター  
回折・散乱推進室 回折・散乱I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 回折・散乱推進室

大石 泰生、関口 博史、杉本 邦久

1. はじめに

回折・散乱Iグループでは、SPring-8の優れた光源特性を最大限に活用したX線回折・散乱装置・手法を提供し、物質の性質・機能の起源となる構造的特徴解明のためにユーザー支援を行いつつ、極端条件を含む試料環境制御技術やオペランド計測技術の開発、精密構造解析技術等に関する高性能化を推進している。

本グループが手段とするのは、結晶格子から中・長距離構造に対するX線回折とX線小角散乱による、原子(電子)の周期的配列による干渉性弾性散乱の空間分布計測から導かれる構造解析である。放射光X線高度利用による入射系や計測系技術をベースとして、対象物質の空間スケール軸と構造変化の時間発展軸、これに試料環境制御軸を加えた多次元計測が展開される。X線回折・散乱は既に完成された手法ではあるが、上記の全てを単一のビームラインによって網羅することは困難である。したがって、本グループが担当するのは、精密X線結晶構造解析、小角・広角散乱測定、極限環境制御、高フラックスX線利用による短

時間計測などの特徴を有するビームライン群となっている。

本グループは3つのチームで構成され、結晶構造物性チーム(BL02B1、BL02B2、BL40XU)では超微小結晶構造解析、相転移等の物質のダイナミクスや物性起源の電子密度レベルでの解明を行う結晶学的研究を、極限構造物性チーム(BL04B1、BL10XU)では超高压・高温・極低温といった極限環境下での構造物性研究を、動的機能構造チーム(BL40B2、BL40XU)ではバイオソフトマテリアルを対象とした時間発展を伴う階層構造形成の動的解析研究を行っている。回折・散乱Iグループが担当する各ビームラインの特徴と利用形態、整備されている装置群等を以下の表にまとめている。

本グループはX線回折・散乱計測を共通項とするので、ビームラインに跨る効率的な機器開発と導入、相互利用が可能である。横断的なアプローチによって、高エネルギーX線マイクロビームやイメージング光学系開発、高機能X線検出器利用による高精度測定や

BL	光源	オプティクス	名称	主要分野	線種 (keV)	手法	測定装置	試料環境
02B1	BM	DCモノクロ/ 全反射ミラー2	単結晶 構造解析	構造物性 結晶化学	単 8-115	単結晶 回折	PILATUS CdTe 1M, 大型 湾曲IPカメラ, その他	低/高温ガス吹付, 冷凍機, 電場印加, UVランプ
02B2	BM	DC/全1	粉末結晶 構造解析	構造物性 その場観察	単 12-35	粉末回折	MYTHEN, 大型ハイ シエラカメラ	低/高温ガス吹付, ガス/ 溶媒雰囲気, Xeランプ
04B1	BM	白色 DC/-	高温高压	地球科学 高压物性	白 <150 単 30-60	粉末回折 イメージング	Ge-SSD, MAR-CCD, ORCA-Flash	超高压高温 大型プレス
10XU	真空封止 ハイブリッド	LNDC/ CRL	高压構造物性	地球深部科学 高压物性	単 7-61	粉末回折	IP, FPD	超高压高/低温 LHDAC
40XU	真空封止 ヘリカル	-/KB2	高フラックス	高速時分割	準単8-17	回折散乱 (極微小結晶)	EIGER X 1M, PILATUS 100k, FPD, Xray-II	YAGレーザー 低温ガス吹付
40B2	BM	DC/ シリンダカル1	構造生物学II	生体高分子 合成高分子	単 7-17	SAXS, SAXS/ WAXS, GISAXS	PILATUS3S 2M, IP, FPD	ペルチェ型/液体窒素ヒー ター型温度制御, DSC

時分割測定技術の開発、温度・圧力・雰囲気等の試料環境制御技術に対する高性能化を行っている。一方、各個別ビームラインにおいては、極限環境発生や短時間計測・微小結晶計測、精密結晶構造解析等の先鋭的な高性能化によって、世界レベルでの挑戦を続けている。また、将来の回折限界光源によって得られるコヒーレント特性や低エミッタンス特性の利用にフォーカスした高性能化を検討することに加えて、回折・散乱関連ビームラインの効率的な再編についての提案を検討している。

以下、各チームとそこで担当するビームラインの概要、及び最近のアクティビティについて記す。

## 2. 結晶構造物性チーム

結晶構造物性チームでは、単結晶・粉末試料を対象とし、BL02B1、BL02B2 での高分解能 X 線回折や BL40XU での微小試料 X 線回折等、測定装置の維持管理・高性能化を推進し、オペランド計測や精密結晶構造解析による相転移等の物質のダイナミクスや物性起源解明のための構造物性研究を行っている。

単結晶構造解析ビームライン BL02B1 では、高エネルギーを用いた精密構造解析を主眼とした高性能化を遂行している。2018 年度には、迅速な精密構造解析を可能とする CdTe 半導体を用いたハイブリッド光子計数型 2 次元検出器を導入した (図 1)。本検出器は、500 Hz のフレームレートだけでなく、高エネルギー X 線領域でも高い検出効率による回折実験が可能となった。また、この高速検出器で実現可能なシャッターレス測定では、各回折イメージを測定する際にシャッターの開閉、回折計のポジショニング、及び

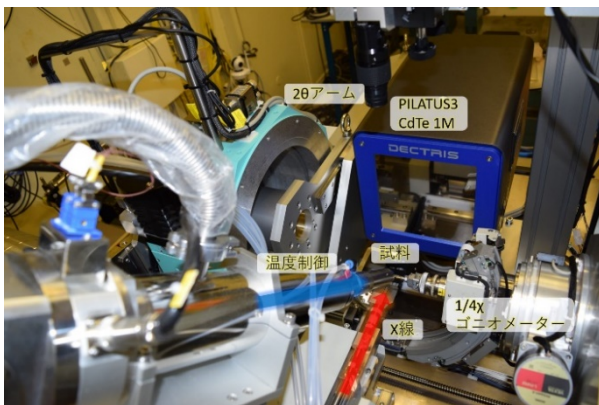


図1 ハイブリッド光子計数型 2 次元検出器 PILATUS3 X CdTe 1M の回折計システム

イメージ読み取りのタクトタイムが不要であり、目的の 1 つであるデータ計測時間を既存の装置と比較して 1/10 以下に短縮することが可能になった。さらに、10 倍以上高効率な時間分解計測により、今後、電子密度分布レベルでの構造ダイナミクス解析の実験計画の立案も視野にいれることが可能となった。

粉末結晶構造解析 BL02B2 では、以下のような開発を進めてきた。

- (1) サンプルチェンジャーと 1 次元半導体検出器を用いた全自動粉末構造計測環境の整備<sup>1)</sup>：2015 年度から 6 連装の 1 次元半導体検出器を整備し、2016 年にはサンプルチェンジャーの導入、温度制御関連のステージの電動化が整備された。現在では、90 K~1100 K までの高精度な粉末 XRD 計測の自動測定システムが構築されている。
- (2) ガス・溶媒蒸気雰囲気下での高精度その場粉末構造計測環境の整備 (2016 年~2017 年)：多種多様な材料に対してその場計測や 1 次元半導体検出器を利用したミリ秒~秒オーダーでの時間分解計測が展開されている。
- (3) 実験機器切替機構の整備 (2018 年)：機器切替機構によるプラグインシステムと BL 機器自動調整システムが整備され、全自動測定とその場・オペランド計測用の実験機器切替の時間が大幅に短縮された。

一方、高フラックスビームラインである BL40XU では、アンジュレタによる強力な X 線を利用した以下のような開発を進めている。

- (1) 極微小単結晶 X 線構造解析法の開発：アンジュレタからの高輝度放射光をゾンプレートにより集光し、通常粉末 X 線回折で測定されるミクロン~サブミクロンサイズの微小結晶 1 粒からの単結晶構造解析手法を開発している<sup>2,3)</sup>。
- (2) 超迅速 X 線構造解析法の開発：2018A 期より最大 3000 Hz で読み出し可能な検出器 (DECTRIS EIGER X 1M) を導入しており<sup>4)</sup>、この高フレームレートと BL40XU の高輝度 X 線を組み合わせたサブミリ秒での X 線回折測定の開発を進めている。現状では 60 ミリ秒の測定データによる構造解析とサブミリ秒での回折像測定 (図 2) に成功している<sup>5)</sup>。

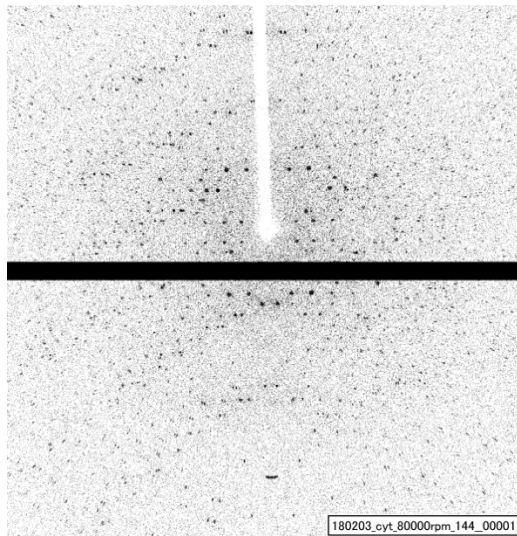


図2 サブミリ秒での X 線回折像 (試料: シチジン、 $\Delta\omega$ : 180°、露光時間: 375  $\mu\text{sec}$ )

- (3) 時間分解 X 線回折法の開発: X 線パルスと広帯域パルスレーザー光を同期させ、分光学的手法を用いて X 線パルス励起による電子物性の時間分解測定法を開発している。
- (4) 単一ナノ粒子の試料保持法の開発: 光トラップを利用した非接触式試料保持機構とゾーンプレートを利用した X 線マイクロビームとを組み合わせることにより、非接触に保持したナノ粒子 1 粒の X 線回折像の測定技術を開発している<sup>6)</sup>。現状では、ナノ粒子 1 粒 (粒径約 200 ナノメートル) からのデバイリングを取得し、構造や結晶子サイズの算出に成功している。

これまで結晶構造物性チームが取り組んできた高性能化を踏まえ、今後は、担当する単結晶・粉末構造解析ビームラインの横断的利用による物質のダイナミクス・物性起源解明のアプリケーションについても検討していく予定である。

### 3. 極限構造物性チーム

極限構造物性チームでは 2 本の共同利用ビームライン BL04B1 と BL10XU において、X 線回折による高圧力下での物質のその場結晶構造解析を主な手法とし、高圧構造物性と地球・惑星科学を中心的な研究分野とした共同利用支援、及び高エネルギー X 線利用や高圧を中心とした試料環境制御、X 線計測技術に関する高性能化・開発とその利用研究が行われている。

BL04B1 では、偏向電磁石光源による白色 X 線をそのまま利用できるほか、Si (111) の二結晶分光器も備えており、30~60 keV の高エネルギー単色 X 線も併用可能となっている。本ビームラインの特徴である 2 台の大型高圧発生装置 (SPEED-1500、SPEED-Mk2: 最大荷重 1500 トン) がタンデムに設置されており、mmサイズの試料を静的に約 100 GPa まで加圧することができる。さらに SPEED-Mk2 は差動ラム (油圧シリンダー内のピストン) を有する変形機構を備えており、高圧環境下での精密な変形実験が可能となっている。計測機器として、高圧セル内の試料形状を観察するための X 線ビームモニターと高速高分解能カメラを 4 台設置しているほか、エネルギー分散型の X 線回折測定のために高精度ゴニオメータステージ上に高計数率 Ge-SSD が設置されている。2017 年度には I-TRP プリアンプと高速 MCA を組み合わせた高計数率 Ge-SSD システムを導入した (図 3)。

また、大面積 X 線 CCD カメラ (検出面直径 200 mm) によって、高エネルギー単色 X 線による角度分散型 X 線回折の迅速測定が可能である。今後は他の物性値 (例えば弾性波速度、電気伝導率など) との同時測定や高速時分割測定のための自動計測基盤を整備するとともに<sup>7)</sup>、試料に照射する X 線フラックスの向上のため集光光学系の整備を進めていく。

BL10XU は、真空封止アンジュレータを光源とする単色 X 線 (エネルギー範囲: 7~61 keV) を利用した高圧 X 線回折計測が可能で共有ビームラインである。圧力発生装置としてダイヤモンドアンビルセルを使用し、冷凍機または近赤外線レーザー加熱を組み合わせることによって、1 万気圧から数百万気圧の圧力領域において極低温から数千度での多重極限環境下に

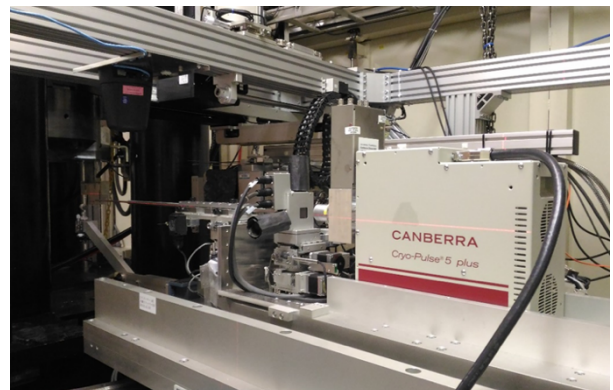


図3 高計数率 Ge-SSD システム (BL04B1)



おけるその場結晶構造解析が可能である。BL10XUは1997年のSPring-8供用開始当初から稼働するビームラインの一つであり、地球科学分野でのマントル最下部に当たるD層での鉱物<sup>8)</sup>や地球中心核条件下での鉄合金の結晶構造解明<sup>9)</sup>、高温超伝導物質の結晶構造解析<sup>10)</sup>等に見られるような、学術上重要で先端的且つマイルストーン的な研究成果が創出されてきた。

BL10XUでは「多重極限環境下でのX線回折・複合同時測定」による構造解析の高性能化が推進されている。その主な装置技術項目は、以下の通りである。

- (1) 両面加熱レーザー (100 W ファイバーレーザー × 2組)・輻射温度計測装置 (図4) や極低温冷凍機等の多重極限環境制御装置の整備・開発
- (2) ラマン散乱、電気抵抗同時測定、エネルギードメインメスバウアー分光、X線イメージング、X線吸収分光等との複合同時測定手法の導入・開発
- (3) 上記に対応可能なマイクロX線ビーム集光光学系の整備と高エネルギーX線対応フラットパネルX線検出器 (CsI シンチレータ、フレームレート 25 Hz) の導入

X線集光光学系については、複数の複合X線屈折レンズを多段式に組み合わせた集光システムを独自に開発した。X線集光用屈折レンズは、2006年度に整備したグラッシーカーボン製放物面型屈折レンズに加えて、2008年度以降に導入したX線LIGA技術により製作されるSU8製屈折レンズが用いられている。上記多段式集光光学系を用いて、サブマイクロビーム (ビーム径0.8 μm、X線フラックス~10<sup>9</sup> photons/sec) からサブミリビーム (同100 μm、~10<sup>12</sup> photons/sec)

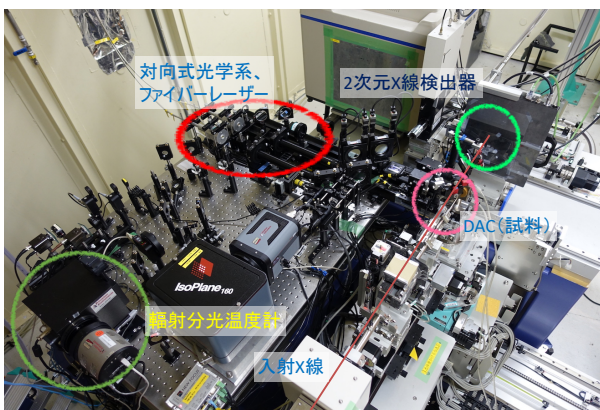


図4 BL10XUのレーザー加熱X線回折装置まで入射X線を調整可能であり、それらの光軸が同軸

上に保持されるため、利用者は目的に応じて実験中自在に選択可能である。また水平な光軸が確保されているので、精密なレーザー加熱光学系や重い冷凍機やX線検出器のアライメント精度が格段に向上している。同光学系は30 keVの単色入射X線利用をベースに開発されてきたが、2018年度にアルミニウム製X線屈折レンズを整備したことにより60 keVまでの高エネルギーX線についても概ね適応可能となり、最近増加しつつある高圧下におけるPDF (atomic Pair Distribution Function) 解析やアモルファス・液体などの非晶質物質に関する高圧X線回折実験の利用ニーズに対応できる計測環境の整備に取り組んでいる。

#### 4. 動的機能構造チーム

本チームでは、主に共同利用ビームラインのBL40XU (高フラックス) とBL40B2 (構造生物学II) において、生体高分子や有機高分子等のいわゆるバイオソフトマテリアルを対象とする非結晶小角散乱・回折実験のサポート、装置の維持・高度化、外部機関研究者との共同による先導的研究を行っている。

BL40XUはヘリカルアンジュレータを光源とし、分光器を使用せずに2枚の全反射ミラーで集光することにより、準単色 ( $\Delta E/E = 2\%$ 程度) の高輝度X線ビーム (ビームサイズ0.04 mm × 0.25 mm、10<sup>15</sup> photons/sec (12 keV)) を利用できるビームラインである。多種多様な測定環境やカメラ長 (~3000 mm)、同期測定に対応できるような体制を整えており、高輝度X線ビームを利用した高時間分解能の回折散乱実験<sup>11)</sup>や、3 μm径程度までのマイクロビーム回折・散乱実験、エネルギー幅の広さを利用した回折斑点追跡実験<sup>12)</sup>等に利用されている。検出器として、それぞれ特徴のあるX線光子計数型2次元検出器 (薄型/高精細/高フレームレート)、X線イメージング intensifiedファイア-高速CMOSカメラ検出器を整備し、多様な用途・目的に応じて選択できる。今後は、マイクロビーム小角散乱実験の行える唯一の共用ビームラインである特徴を強化するため、サブマイクロビーム集光系の整備、コヒーレンスを利用した散乱実験が行える測定環境を整備したい。

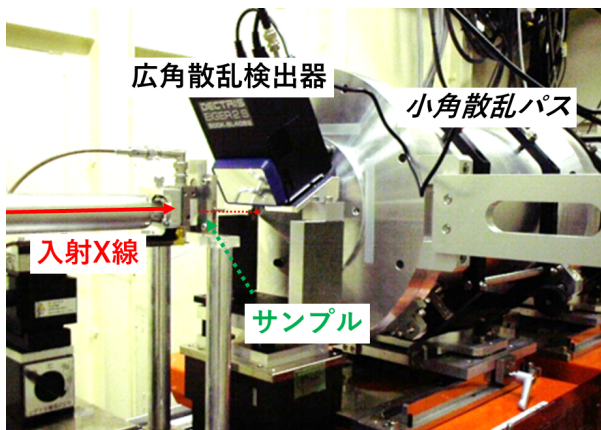


図5 小角・広角散乱同時計測システム (BL40B2)

BL40B2は偏光電磁石を光源とし、ソフトマテリアルを対象としたX線小角散乱法利用を主軸としたビームラインである。計測できる構造体はおよそ0.15 nmから600 nmの範囲と広範囲の構造情報を、試料から検出器までの距離(～6000 mm)とX線エネルギー(6.5 keV～17.5 keV)を適切に選択することで取得できる。微小角入射X線散乱回折法による高分子薄膜の解析も行われている。2017年度に小角散乱検出器として大面積・X線光子計数型2次元検出器(253.7 mm × 288.8 mm、25 Hz)を、2018年度に広角散乱検出器として高精細X線光子計数型2次元検出器(ピクセルサイズ0.075 mm角)を導入し、幅広い時間および空間領域を網羅する小角・広角散乱同時計測環境を整えつつある(図5)。今後、迅速なサンプル交換システムや、高集光光学系、解析環境を整備したハイスループットのビームライン整備に取り組む。

#### 参考文献

- [1] S. Kawaguchi and K. Sugimoto *et al.*: *Rev. Sci. Instrum.* **88** (2017) 085111.
- [2] N. Yasuda *et al.*: *J. Sync. Rad.* **16** (2009) 352-357.
- [3] N. Yasuda *et al.*: *AIP Conf. Proc. (SRI2009)* **1234** (2010) 147-150.
- [4] 今井ら: SPring-8/SACLA 利用者情報 **23** (2018) 110-120.
- [5] N. Yasuda *et al.*: *AIP Conf. Proc. (SRI2018)* **2054** (2019) 050007.

- [6] Y. Fukuyama *et al.*: *J. Phys. Soc. Jpn.* **82** (2013) 114608.
- [7] Y. Higo *et al.*: *Rev. Sci. Instrum.* **89** (2018) 014501.
- [8] M. Murakami *et al.*: *Science* **304** (2004) 855-858.
- [9] S. Tateno *et al.*: *Science* **330** (2010) 359-361.
- [10] M. Einaga *et al.*: *Nat. Phys.* **12** (2016) 835-838.
- [11] H. Iwamoto: *Sci. Rep.* **7** (2017) 42272.
- [12] H. Sekiguchi *et al.*: *Sci. Rep.* **4** (2014) 6384.

#### 大石 泰生 OHISHI Yasuo

(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  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0802  
e-mail : ohishi@spring8.or.jp

#### 関口 博史 SEKIGUCHI Hiroshi

(公財) 高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター 回折・散乱推進室  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0802  
e-mail : sekiguchi@spring8.or.jp

#### 杉本 邦久 SUGIMOTO Kunihisa

(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  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0802  
e-mail : ksugimoto@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 研究創発センター

水木 純一郎

前回の SPRUC 四季報では、3 月末に開催しました SPRUC 第 1 回 BLs アップグレード検討ワークショップ (WS) について報告しました。今号では、その後開催されました第 12 回理研・JASRI・SPRUC 三者会談 (6 月 18 日に開催) を中心に記述します。

### 1. 新理事長との懇談

三者会談に先立ち、17 日に就任された雨宮慶幸新理事長と懇談を持ちました。ご存知のように雨宮理事長は、初代 SPRUC 会長でもあり、また SPRUC の顧問会議の座長でもあることから組織、活動に関してはこちらから説明する必要はなく、SPRUC に関する情報共有はスムーズであると確信しています。懇談では、Science Promotion Board (SPB) の設置について説明し、ご意見をいただきました。SPB は、3 月の WS 開催時に時間を設けた顧問との懇談で、研究活性化に向けて設置の提案があったものです。SPRUC としては施設外の利用者組織に設置し、例えば、分野融合など新しい研究の創出に向けた取り組みにつなげたい旨を説明しました。雨宮理事長は、SPB の目的の一つに分野融合テーマの提案などの具体的なものを掲げて議論することは有意義であるのご意見をいただきました。この SPB については、今後幹事の間での議論を進め、今年度中に組織していきたいと考えています。

### 2. 三者会談

#### 1. 報告事項

第 11 回理研・JASRI・SPRUC 三者会談から、約 4 ヶ月経過していることから、各組織での状況について報告・情報共有をしました。SPRUC からは、理事長との懇談内容でもあった SPB の設置を考えていることの他に、SPring-8 利用推進協議会 (推進協) と

の連携について検討している状況を報告しました。推進協との連携に関しては、それぞれの組織のミッションの方向性は異なるものの、それぞれが開催するシンポジウムや報告会に互いの組織からの発表をプログラムするなどの交流から始めていることを報告しました。8 月 30 日から開催されます SPring-8 シンポジウム 2019、9 月 5 日から開催されます第 16 回 SPring-8 産業利用報告会ではそれぞれのプログラムにこれらが反映されています。

JASRI からは、雨宮慶幸新理事長が就任し、新体制が始まったことが報告されました。また、三者会談に関しては、田中良太郎常務理事がメンバーに加わり、雨宮理事長も可能な範囲で出席する意向が示されました。

理研からは、理研、JASRI を合わせてアドバイザーカウンシルの評価を受けたことが報告されました。さらに今後、ビームライン (BL) のレビューが計画されていく予定であることが報告されました。来年度の予算に関しては、様々な予算獲得に努め、施設整備、アップグレードに備えていく状況が報告されました。

#### II. 懇談事項

##### (1) SPRUC BLs アップグレード検討ワークショップ

SPring-8/SACLA 利用者情報 (Vol.24 No.2) に掲載された SPRUC 田中行事幹事による報告書をもとに、当該ワークショップにより、施設の検討事項が利用者に伝わり、利用者からも率直な意見が施設側に示され、SPring-8 アップグレードに向けた施設と利用者の相互理解が深化し、より具体的な取り組みにスムーズに展開できる機会となったことを懇談しました。また、今年度も引き続き開催することの重要性を共通認識としました。

## (2) SPring-8 シンポジウム 2019

SPring-8 シンポジウム 2019 の開催に向けた組織委員会、プログラム委員会、実行委員会の取り組みを受け、開催趣旨とプログラムの進捗状況について SPRUC 田中行事幹事から報告しました。サブタイトル「次の 20 年に向けての一步」について、過去 2 回の開催成果からの展開になっているので「一步」はおかしいのではないかという指摘もありましたが、これまで各組織からの代表を迎えての組織委員会での決定、その後の各機会でも議論を積み上げて決定したことでもあり、また利用者目線で込めた思いを鑑みてサブタイトルは変更なしとしました。

プログラムに関しては、産業界との連携強化を目的としたセッションの設定を進めています。

パネルディスカッションの内容については、一昨年のパネルディスカッションでの BL の在り方についての議論の開始、昨年のパネルディスカッションでの BL スクラップ・アンド・ビルドに向けた BL の再定義の議論、さらには 3 月に開催しました WS での BL 整備に向けた施設側の計画と利用者の見解の意見交換の場を踏まえてこれらの展開として、BL の整備状況を論点としたものが適切であろうと考えています。

## (3) その他

施設で取り組み始めている BL の整備状況について、取りまとめている矢橋グループディレクター、櫻井副センター長から報告がありました。今年 3 月開催の WS で研究手法ごとにグループ分けをして進めてきた検討について、特に、HAXPES に関しては、SPRUC 研究会において、6 月 17 日に利用者と施設側の懇談もあり、それを踏まえての検討状況が示されました。今後、施設側と利用者側のメンバーで構成されるワーキンググループでより具体的な検討に移る計画であることが示されました。

水木 純一郎 MIZUKI Jun'ichiro

関西学院大学 研究創発センター

〒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

## 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 ユーザー協団体

(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

〒700-0082 岡山市北区津島中 2 丁目 1-1

<https://www.okadai.coop/site/facility/peach.html>

【参加費】 ◎SPRUC 会員・主催団体・協賛学協会会員

通常料金 2,500 円

(早期割引は終了いたしました。お支払い方法に関係なく一律料金となります。)

◎上記以外の一般参加者

通常料金 2,500 円 (お支払い方法に関係なく一律料金となります。)

・学生は、参加費無料です。(懇親会参加費は有料)

【参加申込およびプログラム等詳細】

<http://www.spring8.or.jp/ja/ja/science/meetings/2019/sp8sympo2019/>

【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

**SPring-8  
シンポジウム2019**  
次の20年に向けての一步

**開催日** 2019年8月30日(金)・31日(土)

**場 所** 岡山大学 創立五十周年記念館 金光ホール 他  
〒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>

**30日実施**  
SPring-8 20周年  
10周年記念シンポジウム  
SPRUC 会員・YSA 卒業講演、講演式  
SPRUC 会員・YSA 卒業講演、講演式

**31日実施**  
シンポジウム  
懇親会

**参加費** (参加費別表) / 早期割引期間 8月2日(金)

参加者	通常	早期 <sup>1)</sup>
シンポジウム	2,500円	2,000円
懇親会 <sup>2)</sup>	4,000円	3,500円

1) 早期割引：講演式参加費は、講演式に参加しない場合は適用されません。  
2) 懇親会：懇親会参加費は、懇親会に参加しない場合は適用されません。

◎SPRUC 会員・主催団体・協賛学協会会員  
通常料金 2,500 円  
(早期割引は終了いたしました。お支払い方法に関係なく一律料金となります。)

◎上記以外の一般参加者  
通常料金 2,500 円 (お支払い方法に関係なく一律料金となります。)  
・学生は、参加費無料です。(懇親会参加費は有料)

お問い合わせ  
SPring-8 シンポジウム 2019 事務局  
E-mail: sp8sympo2019@spring8.or.jp

WEB  
<http://www.spring8.or.jp/ja/science/meetings/2019/sp8sympo2019/>  
QRコードはQRコードリーダーで読み取ってください。

## 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 (必須：7科目) / グループ講習 (3テーマを選択)

**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

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/)

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

**共催**：理化学研究所 放射光科学研究センター

**協賛**：日本放射光学会

**後援**：兵庫県立大学理学部 / 大学院物質理学研究科・生命理学研究科  
関西学院大学工学部 / 大学院理工学研究科  
光ビームプラットフォーム  
SPring-8 利用推進協議会  
PF-ユーザーアソシエーション  
あいちシンクロトロン光センター

## 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)
	大河内拓雄	分光・イメージング推進室
	大和田成起	XFEL 利用研究推進室
	奥村 英夫	タンパク質結晶解析推進室
	坂尻佐和子	利用推進部
	関口 博史	回折・散乱推進室
	西川 健一	利用推進部
	本間 徹生	産業利用推進室
	松本 崇博	情報処理推進室
	松本 悠史	安全管理室
	山鹿 光裕	光源基盤部門
	山口 由紀	企画室
	渡部 貴宏	光源基盤部門

(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.3 August 2019

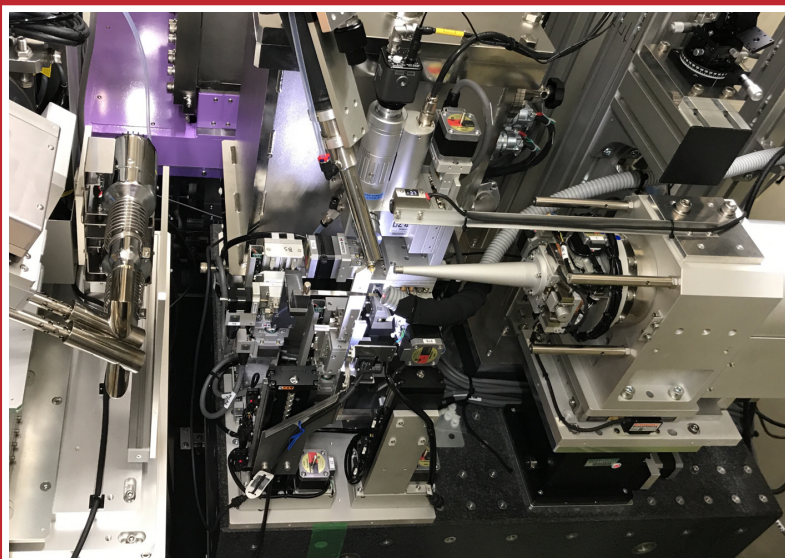
### **SPring-8/SACLA Information**

発行日 2019年 8月 9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)



BL45XUにおける自動X線回折測定の様子

JASRI

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

〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1  
[研究支援部] TEL 0791-58-0950 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/>