

SPring-8/SACL A

INFORMATION 利用者情報



ISSN 1341-9668 SPring-8 Document D2018-003

Vol.23 No.1

Feb. 2018

SPring-8/SACLA Information

目次

CONTENTS

理事長室から ー学際研究にて知る日本人の起源と混成構造ー

Message from President - Origin and Structure of the Japanese People and Language Elucidated by Interdisciplinary Research -

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

土肥 義治
DOI Yoshiharu

1

1. 最近の研究から / FROM LATEST RESEARCH

専用ビームラインの研究から ～BL16B2/16XU (産業用専用ビームライン建設利用共同体) ～

IoT 市場向け強誘電体メモリにおける PLZT 薄膜の結晶化メカニズム

Crystallization Mechanism of PLZT Thin Film in Ferroelectric Memory for IoT Market

^[1] (株) 富士通研究所 デバイス&マテリアル研究所
Devices & Materials Laboratory, Fujitsu Laboratories Ltd.
^[2] 富士通セミコンダクター (株) システムメモリカンパニー
System Memory Company, Fujitsu Semiconductor Ltd.

山口 秀史^[1]
YAMAGUCHI Hideshi
恵下 隆^[2]
ESHITA Takashi

野村 健二^[1]
NOMURA Kenji
王 文生^[2]
WANG Wensheng
中村 亘^[2]
NAKAMURA Ko
彦坂 幸信^[2]
HIKOSAKA Yukinobu
片岡 祐治^[1]

KATAOKA Yuji 2

(SPRUC 2017 Young Scientist Award 受賞 研究報告)

放射光分光による電圧スピントロニクスデバイスの研究

Voltage Spintronics Devices Studied by Synchrotron X-ray Spectroscopy

大阪大学 大学院基礎工学研究科
Graduate School of Engineering Science, Osaka University

三輪 真嗣
MIWA Shinji

8

(SPRUC 2017 Young Scientist Award 受賞 研究報告)

放射光 X 線で探る地球深部：地球の核組成の制約に向けて

Study for Earth's Interior using Synchrotron X-ray : Constraints on Earth's Inner Core Composition

東北大学 大学院理学研究科
Graduate School of Science, Tohoku University

坂巻 竜也
SAKAMAKI Tatsuya

14

長期利用課題報告 1

次世代エンジン開発への X 線光学技法の適用：超高速燃料噴霧の形成メカニズム解明及び理論モデル構築

Application of X-ray Optical Techniques for Development of Next-Generation Engines:

Unraveling the Spray Formation Mechanism and Development of Universal Spray Models

(国) 産業技術総合研究所 省エネルギー研究部門
Research Institute for Energy Conservation, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

文 石洙
MOON Seoksu

18

長期利用課題報告 2

メガバール超高压物質科学の展開

Frontier Study of Material Science at Mbar Pressure

大阪大学 基礎工学研究科附属極限科学センター 超高压研究部門
Center for Science and Technology under Extreme Conditions, Graduate School of Engineering Science, Osaka University

清水 克哉
SHIMIZU Katsuya

23

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

24th International Congress on X-ray Optics and Microanalysis (ICXOM24) 報告

Conference Report on 24th International Congress on X-ray Optics and Microanalysis (ICXOM24)

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門
Research & Utilization Division, JASRI

今井 康彦
IMAI Yasuhiko

27

9th International Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy using Accelerator-based Sources

(WIRMS) 2017 報告

Report on WIRMS2017

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門
Research & Utilization Division, JASRI

池本 夕佳
IKEMOTO Yuka

32

第 16 回加速器と大規模物理実験制御システムに関する国際会議 (ICALEPCS2017) 報告

Report on ICALEPCS2017 (The 16th International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems)

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

増田 剛正
MASUDA Takemasa
岡田 謙介
OKADA Kensuke

(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

35

3. SPring-8/SACLA 通信/SPring-8/SACLA COMMUNICATIONS			
公益財団法人高輝度光科学研究センター (JASRI) への第 3 回科学技術助言委員会の提言内容 The 3rd JASRI Advisory Committee on Science and Technology			39
2014B 期 採択長期利用課題の事後評価について - 1 - Post-Project Review of Long-term Proposals Starting in 2014B -1-	(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI		43
SPring-8 運転・利用状況 SPring-8 Operational Status	(国) 理化学研究所 放射光科学総合研究センター RIKEN SPring-8 Center		45
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		47
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		51
「専用ビームライン 中間評価と再契約等」について Interim Review Results of Contract Beamlines and Renewal of Agreements	(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI		76
SACLA ステータスレポートについて Status of SACLA	(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI		81
4. 談話室・ユーザー便り/USER LOUNGE・LETTERS FROM USERS			
SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 活動報告 SPRUC Activity Reports	SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 庶務幹事/(国) 理化学研究所 放射光科学総合研究センター RIKEN SPring-8 Center	杉本 宏 SUGIMOTO Hiroshi	82
ヨーロッパ高輝度放射光施設訪問 Visiting Report on High Brilliant Synchrotron Radiation Facilities in Europe	(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 (兼) 利用研究促進部門 User Administration / Research & Utilization Division, JASRI	木下 豊彦 KINOSHITA Toyohiko	84
5. 告知板/ANNOUNCEMENTS			
第 26 回 SPring-8/SACLA 施設公開のご案内 Announcement of SPring-8 & SACLA Open House			91

学際研究にて知る日本人の起源と混成構造

公益財団法人高輝度光科学研究センター
理事長 土肥 義治



近年、学問領域や研究分野における閉鎖的な細分化、いわゆる蝸壺化が科学の進展と人材の育成を阻害していると指摘されている。文理連携の学際研究によって、日本人の起源と民族構造が明らかになりつつある。ここでは、学際

研究の重要性とデータベースの有用性を紹介したい。

日本人の起源は、これまで考古学、人類学、言語学の研究者によって論じられてきた。考古学や人類学の研究成果によって、約4万年前に日本列島に新人が住み始め、1万5千年前に縄文時代に入り、3千年前より農耕技術をもった人々が戦乱を逃れて朝鮮や華中から北九州に漸次渡来して新しい弥生文化を広めたことが明らかにされている。現代日本人は、狩猟採集民の先住縄文人と稲作農耕民の渡来弥生人とが混血した民族であるという二重構造説が提案された。この二重構造説は、分子遺伝学者らの研究によって実証されつつある。

1980年頃から分子生物学の技術を用いて、世界各国で現代人のDNA解析が開始され、それらの解析データは国際的な活動によってバンク化された。比較的に塩基配列の少ないミトコンドリアDNA（約1万6,500塩基対）が最初に研究対象となった。ミトコンドリアDNAは、母親のDNAのみが子供に受け継がれる母性遺伝のものであり、母方のルーツを調べることができる。進化の過程でDNAは突然変異するため、その塩基配列に差異が生じる。類似のDNA配列構造をもつ人たちの集団を分類したところ、ミトコンドリアDNAには世界各地に数十もの系統があり、それらの集団の系統関係と分岐年代が解明された。新人の祖先は15万年程前にアフリカで発生し、7万年前

にMとNの2系統集団がアフリカを出てアジア大陸の南ルートと北ルートを通して世界各地に進出した。日本列島には、Mから分岐した3系統が、またNから分岐した4系統など多様な人々が辿り着き混成したことが明らかとなった。このように、日本は多様な民の共存する島国である。

2000年代になるとDNA解析技術が進歩し、長い塩基配列をもつ核DNAの解析も可能となった。Y染色体は父性遺伝する男の遺伝子であり、そのDNA（約5千万塩基対）解析データは世界各地で蓄積・バンク化され、18系統に分類されて系統関係も明らかとなった。父方のY染色体DNAの系統図からも、新人は7万年前にアフリカを出て世界に分散し、日本にはC、D、Oの3系統の人々が来て現在も共存していることが判明した。さらに、北ルートを通して4万年前より日本列島に辿り着いたD系統の縄文人と、南ルートを通して大陸から渡来したO系統の弥生人とが混血して日本民族となり、混合言語の日本語を生み出したことも解明されたのである。現代日本人男性の5割が弥生人の遺伝子を、そして4割が縄文人の遺伝子を有している。

昨年9月4日午後からSPRING-8シンポジウムが広島大学において開催された。前日に北朝鮮が核実験を強行したこともあり、4日午前には原爆ドームを訪れて平和の維持と民族の共存を祈念しつつ情景を歌に詠み、急ぎシンポジウムの会場に向かった。

核実験せし明くる日に原爆のドームを訪ね

思ひてみたり

薄日差す空に立ちみる原爆のドームにあまた

赤蜻蛉とぶ

専用ビームラインの研究から

～BL16B2/16XU（産業用専用ビームライン建設利用共同体）～

IoT市場向け強誘電体メモリにおけるPLZT薄膜の結晶化メカニズム

野村 健二^[1]、王 文生^[2]、山口 秀史^[1]、

中村 亘^[2]、恵下 隆^[2]、彦坂 幸信^[2]、片岡 祐治^[1]

^[1]株式会社富士通研究所 デバイス&マテリアル研究所

^[2]富士通セミコンダクター株式会社 システムメモリカンパニー

Abstract

強誘電体 La-doped Pb(Zr,Ti)O₃ 薄膜を用いた IoT エッジデバイス用メモリ技術を確立することに成功した。その開発において、我々は、La-doped Pb(Zr,Ti)O₃ の結晶化アニール時に、Ar に 2% の O₂ を含ませた雰囲気とすることで、分極特性の向上を通じて強誘電体メモリの製造歩留りが大きく向上することを見出した。結晶構造解析を行った結果、最適な O₂; 2% では膜表面のランダム配向結晶が消失していることが明らかになった。その消失理由を明らかにするために、Ar/O₂ 濃度比による結晶成長過程の違いを調べた結果、準安定パイロクロア相から安定ペロブスカイト相への相転移速度が、Ar 雰囲気では速く O₂ 雰囲気では遅いことが明らかになった。最適な O₂; 2% では、膜表面から供給された O₂ により、膜厚方向に O₂ 濃度分布が生じた結果、膜表面のランダム配向結晶の形成が抑制され、下部電極から成長する配向成分のみが優先的に形成されたと考えられる。

1. はじめに

1.1 背景

低消費電力、高速書き換え、多書き換え回数等の優れた特徴を備えた強誘電体メモリ (FRAM: Ferroelectric Random Access Memory) ^[1] は、スマートカードや認証デバイスに加えて、近年注目されているモノのインターネット (IoT: Internet of Things) 市場向けへの利用拡大が進んでいる。富士通グループでは、1999 年に世界に先駆けて FRAM の量産を開始し、現在、設計寸法 0.18 μm、動作電圧 1.8 V、集積度 8 Mb の製品化に成功している^[2]。

FRAM に用いられる強誘電体材料には、チタン酸ジルコン酸鉛 (PZT: Pb(Zr,Ti)O₃) 系、タンタル酸ビスマスストロンチウム (SBT: SrBi₂Ta₂O₉) 系、ビスマスフェライト (BFO: BiFeO₃) 系、酸化ハフニウム (HfO₂) 系等の各種材料が提案されている。一方、製品化されている FRAM においては、ほとんどの場合、大きな分極と低い動作電圧を兼ね備えた PZT 系の材料が採用されている。図 1 に、強誘電体として PZT 系材料を使用した FRAM の構造及び動作原理を示す。本材料を用いた FRAM では、Zr/Ti イオンが

結晶の中心位置からシフトすることで分極が発生する。Zr/Ti イオンは 2 つの安定点を持ち、外部電界によってその位置を変えることが可能となっている。一度どちらかの安定点に位置すると電界を取り去っても位置は変化しないため、2 つの安定点、即ち、+分極と -分極を「0」「1」データとして記憶させることで、不揮発性メモリとして用いることができる。

1.2 研究目的

今回、強誘電体材料としてランタン添加チタン酸ジルコン酸鉛 (PLZT: La-doped Pb(Zr,Ti)O₃) を用いた FRAM の開発を行った。その開発において、我々は、PLZT の結晶化アニール時にアルゴン (Ar) に 2% の酸素 (O₂) を含ませた雰囲気 (O₂; 2%) とすることで、分極特性の向上 (図 2) を通じて、FRAM の

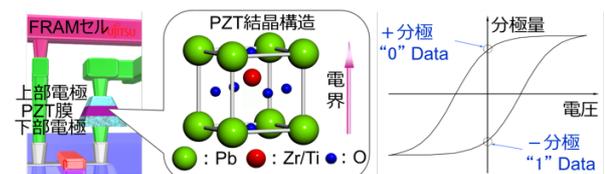


図1 強誘電体として PZT 系材料を用いた FRAM の構造及び動作原理。

製造歩留りが大きく向上することを見出した³⁾。その理由を明らかにし、高歩留り安定量産化及び、さらなる高性能化を図ることを目的として、X線回折(XRD: X-ray diffraction)及び、走査型電子顕微鏡(SEM: Scanning Electron Microscope)を用いて、結晶構造解析及び結晶成長過程の観測を行った。本稿においては、製造歩留りが向上する理由並びに、PLZTの結晶成長メカニズムについて述べる。

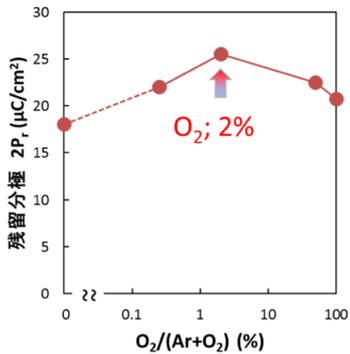


図2 結晶化アニール時のO₂濃度と分極値の関係。

2. 実験

2.1 サンプル

本実験で使用したサンプルの膜構造を図3に示す。SiO₂/Si基板に、下部電極としてPt/Tiを成膜し、さらに、スパッタリング法でPLZTを成膜した。PLZTの組成は、Zr/Ti比が0.4/0.6で、Laの添加量は2.0 mol%である。

アモルファス PLZT 膜を結晶化するために、表1に示した条件で、高速加熱処理 (RTA: Rapid Thermal Annealing) 法により結晶化アニールを行い、測定に用いた。

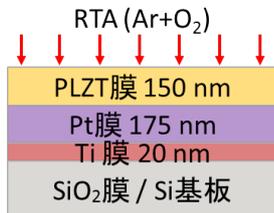


図3 サンプルの膜構造。

表1 結晶化アニール条件

O ₂ /(Ar+O ₂) (%)	PLZT 結晶化アニール時間 (秒)		
0	-		
0.25	10	30	60
2			
50			
100	-		

2.2 測定

XRD 測定では、主に Huber 社製 8 軸 X 線回折装置を使用した (使用ビームライン: BL16XU、課題番号: 2016A5110、2016B5110)。X 線のエネルギーは 20 keV を選択し、検出器には 2 次元検出器 PILATUS 100k を用いた。また、逆格子マッピング測定では、Huber 社製 6 軸 X 線回折装置を使用した (使用ビームライン: BL16B2、課題番号: 2016A5410、2016B5410)。X 線のエネルギーは 15 keV を選択し、検出器には同じ 2 次元検出器を用いた。上記 2 測定 of X 線波長が異なるため、見やすいように全て CuK α 線に波長を換算してグラフ化した。

3. 結果及び考察

3.1 製造歩留り向上の理由

図4に、 $2\theta/\omega-\chi$ 法で測定した逆格子マッピングの測定結果を示す。表1に示した90秒の結晶化アニ

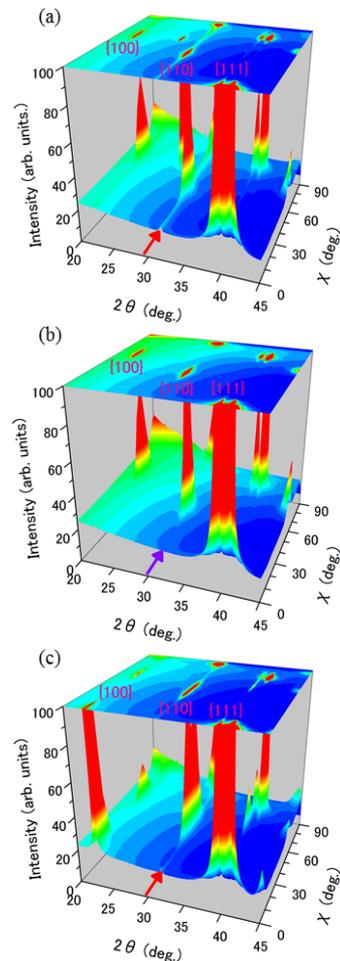


図4 $2\theta/\omega-\chi$ 法で得られた逆格子マッピング。
(a) O₂; 0%、(b) O₂; 2%、(c) O₂; 100%。

ールを行った3サンプルを用いた。図4(a)はAr条件 (O_2 ; 0%)、図4(b)は最適条件 (O_2 ; 2%)、図4(c)は O_2 条件 (O_2 ; 100%)の結果である。

Ar条件 (O_2 ; 0%)では、PLZT{111}配向成分に加えて、ランダム成分(矢印で示した PLZT{110})は配向成分ではなくランダム成分が観測されている。 O_2 条件 (O_2 ; 100%)では、それらに加えて、PLZT{100}配向成分も観測されている。一方、最適条件 (O_2 ; 2%)では、PLZT{111}配向成分のみが観測されており、Ar条件 (O_2 ; 0%)や O_2 条件 (O_2 ; 100%)で観測されたランダム成分は消失している。

表1に示した90秒の結晶化アニールを実施した5サンプルについて、 $2\theta/\omega$ 法で測定を行い、PLZT{100}、PLZT{110}、PLZT{111}の回折強度とAr/ O_2 濃度比の関係性を求めた。結果を図5に示す。最適条件 (O_2 ; 2%)では、特異的にランダム成分が消失している。

ランダム成分の存在箇所を特定するために、図6に示したSEM観察を行った。図6(a)はAr条件 (O_2 ; 0%)、図6(b)は最適条件 (O_2 ; 2%)の結果である。

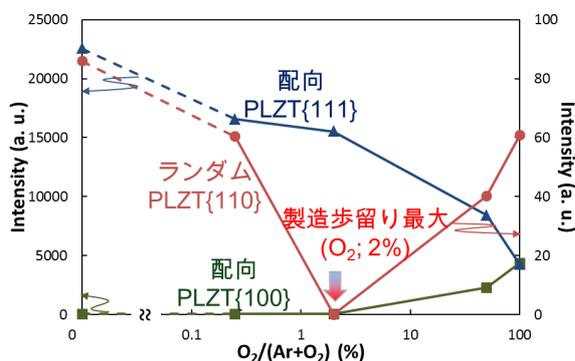


図5 結晶化アニール時の O_2 濃度と X線回折強度の関係。

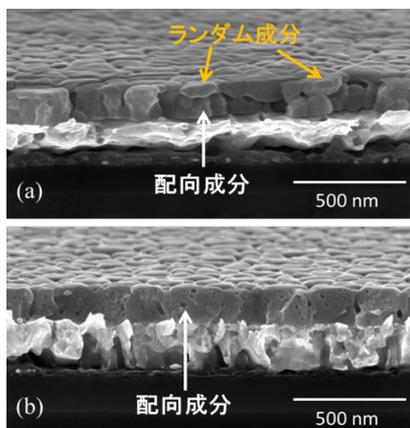


図6 SEM観察結果。(a) O_2 ; 0%、(b) O_2 ; 2%。

Ar条件 (O_2 ; 0%)では、下部電極から結晶成長したと考えられる配向成分に加えて、PLZT表面にランダム成分が形成されている。一方、最適条件 (O_2 ; 2%)では、図4及び図5のXRDの結果と同様に、配向成分のみが観測されている。本結果は、最適条件 (O_2 ; 2%)において製造歩留りが向上した理由は、PLZT表面におけるランダム成分の消失であることを示唆する。

3.2 結晶成長メカニズム及びランダム成分消失理由

最適条件 (O_2 ; 2%)において、PLZT表面のランダム成分が特異的に消失する理由を明らかにするために、結晶化アニール時の結晶成長過程の観測を行った。図7は結晶化アニールの温度履歴を示している。成膜時はアモルファス相であり、昇温過程において準安定相であるパイロクロア相に相転移している^[4]ことは、別途XRD測定及び、X線吸収微細構造(XAFS: X-ray Absorption Fine Structure)測定により確認した。

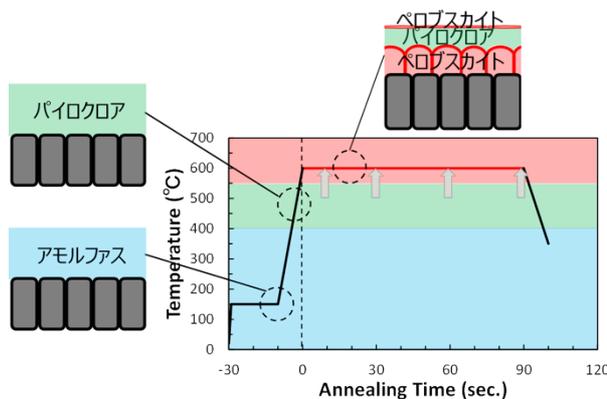


図7 結晶化アニールの温度履歴。

表1に示した、Ar条件 (O_2 ; 0.25%)、最適条件 (O_2 ; 2%)、 O_2 条件 (O_2 ; 50%)の3種類のAr/ O_2 条件のそれぞれに対して、結晶化アニール時間が10、30、60、90秒のサンプルを用いて結晶成長過程の観測を行った。結果を図8に示す。図8(a)はAr条件 (O_2 ; 0.25%)、図8(b)は最適条件 (O_2 ; 2%)、図8(c)は O_2 条件 (O_2 ; 50%)の結果である。 O_2 ; 0.25%では、10秒で既に配向成分もランダム成分も、ペロブスカイトへの相転移が進んでいる。 O_2 ; 50%では、10秒時点でペロブスカイトへの相転移は、配向成分、ランダム成分共に全く起こっていない。即ち、アニール中の雰囲気

気によって、ペロブスカイトへの相転移速度が異なっており、 O_2 雰囲気では Ar 雰囲気よりも遅い。一方、 O_2 ; 2% では、10 秒時点において、配向成分に関しては O_2 ; 0.25% と同程度のペロブスカイト化が進んでいるのに対して、ランダム成分に関しては O_2 ; 50% と同様にペロブスカイト化は全く起こっていない。即ち、 O_2 ; 0.25% や O_2 ; 50% とは異なり、下部電極近傍と PLZT 表面において、ペロブスカイト化の速度に違いが観測されている。

図 8 の結晶成長過程の観測結果を図 9 に模式図と

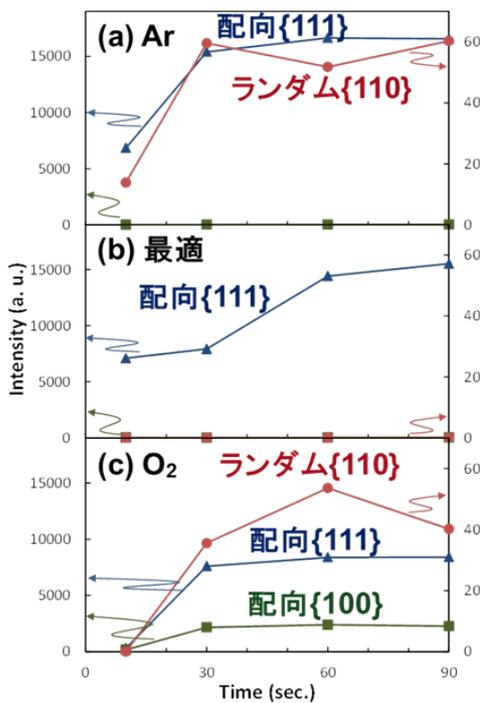


図 8 PLZT の結晶成長過程の観測結果。
(a) O_2 ; 0.25%、(b) O_2 ; 2%、(c) O_2 ; 50%。

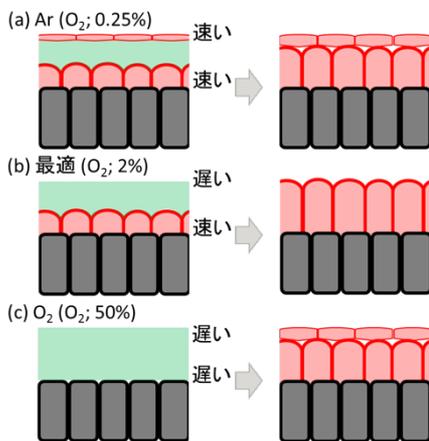


図 9 パイロクロアからペロブスカイトへの相転移。
(a) O_2 ; 0.25%、(b) O_2 ; 2%、(c) O_2 ; 50%。

して示す。図 8(a) 及び図 9(a) に示した O_2 ; 0.25% では、下部電極からの配向成分も PLZT 表面のランダム成分もどちらもペロブスカイト化が同程度に非常に速く、最終的に表面にランダム成分が形成されている。図 8(c) 及び図 9(c) に示した O_2 ; 50% では、配向成分もランダム成分もどちらもペロブスカイト化が同程度に非常に遅いため、最終的に表面にランダム成分が形成されている。それに対して、図 8(b) 及び図 9(b) に示した O_2 ; 2% では、配向成分は速く、ランダム成分は遅いため、配向成分のみが優先的に形成され、最終的には PLZT 表面のランダム成分が消失している。

Ar 条件 (O_2 ; 0.25%) と O_2 条件 (O_2 ; 50%) におけるペロブスカイト化の速度の違いが何に起因するかを明らかにするために、準安定相であるパイロクロア相に着目し、結晶化アニール時の消失過程の観測を行った。結果を図 10 に示す。 O_2 条件 (O_2 ; 50%) では、90 秒後においても残留パイロクロア相が観測されている。本結果は、パイロクロア相は Ar 雰囲気よりも O_2 雰囲気でもより安定であることを示唆する^[5]。

以上の結果を基に、図 11 及び図 12 を用いて、PLZT の結晶成長メカニズムを説明する。図 11 は、パイロクロア相からペロブスカイト相への相転移における O_2 の役割を模式図として示したものである。結晶化アニール時の O_2 は、準安定相であるパイロクロア相から安定相であるペロブスカイト相への相転移の障壁を上げる役割を担っており、その結果、障壁が低い Ar 条件ではペロブスカイト化が速く (図 11 紫線)、障壁が高い O_2 条件ではペロブスカイト化が遅くなり (図 11 赤線)、両者のペロブスカイト化の速度の違いが生じたと考えられる。

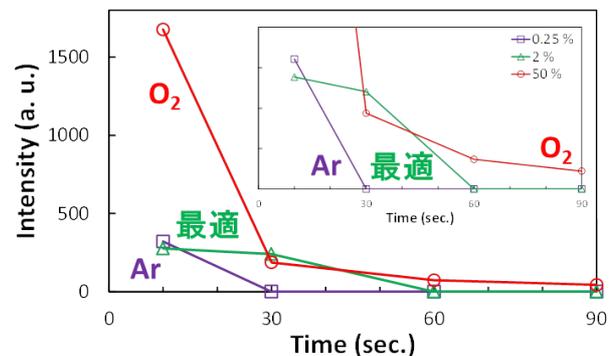


図 10 O_2 ; 0.25%、 O_2 ; 2%、 O_2 ; 50% における、準安定パイロクロア相の消失過程の観測。

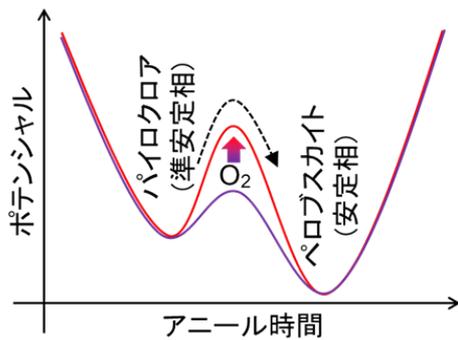


図 11 パイロクロアからペロブスカイトへの相転移における O₂ の役割。
Ar 条件：紫線、O₂ 条件：赤線。

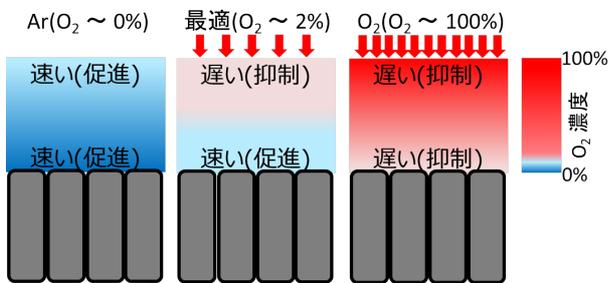


図 12 結晶化アニール時の膜厚方向の O₂ 濃度分布。

図 12 は、結晶化アニール時の PLZT の膜厚方向の O₂ 濃度分布を模式図として表したものである。Ar 条件では、膜厚方向に一樣に O₂ 濃度が低く、従って、下部電極近傍も PLZT 表面も一樣に障壁が低くペロブスカイト化が速い。それとは反対に、O₂ 条件では、膜厚方向に一樣に O₂ 濃度が高く、従って、下部電極近傍も PLZT 表面も一樣に障壁が高くペロブスカイト化が遅い。一方、最適条件 (O₂; 2%) において、下部電極から成長する配向成分と PLZT 表面のランダム成分でペロブスカイト化の速度に違いが生じた理由は、結晶化アニール時に PLZT 表面から供給した O₂ により、PLZT の膜厚方向に O₂ 濃度分布が発生したためであると考えられる⁶⁾。即ち、PLZT 表面から供給したわずかな O₂ (O₂; 2%) は、PLZT 表面の障壁を上げてペロブスカイト化を抑制し、障壁が低い下部電極近傍のペロブスカイト化のみを促進したと考えられる。

ここで、図 8(b) に示した最適条件 (O₂; 2%) のペロブスカイト化の過程では、10 秒から 30 秒まではペロブスカイト化の速度の鈍化が観測されている。

また、同様に、図 10 に示した最適条件 (O₂; 2%) のパイロクロア消失過程においても、10 秒から 30 秒まではパイロクロア相の消失速度の鈍化が観測されている。このように、今回我々が見出した最適条件 (O₂; 2%) では、2 段階結晶成長という特徴的な挙動を示している。この理由は、最適条件 (O₂; 2%) においては、下部電極近傍は障壁が低いために Ar 条件のようにペロブスカイト化が促進されるが、ある程度ペロブスカイト化が進むと、必ず PLZT 表面近傍に存在する障壁が高い領域に突入し、その結果、O₂ 条件のようにペロブスカイト化が抑制されるためであると考えられる。即ち、最適条件 (O₂; 2%) で観測された 2 段階結晶成長は、我々が示した PLZT の結晶成長メカニズムを強く支持する。

4. まとめ

本研究により、強誘電体膜 PLZT の結晶化アニール時の雰囲気をもっとも最適な O₂; 2% にした場合に FRAM の製造歩留りが大きく向上する理由が、PLZT 表面のランダム配向 PLZT の形成を抑制したためであることが明らかになった。また、最適な O₂; 2% でランダム配向 PLZT が消失した理由は、PLZT 表面から供給したわずかな O₂ が、表面近傍のみにおいてパイロクロア相からペロブスカイト相への相転移の障壁を上げる役割を担うことにより、下部電極からの配向 PLZT を優先的にペロブスカイト化させたためであることが明らかになった。本課題で得られた成果を、今後の FRAM の高歩留り安定量産及び、さらなる高性能 FRAM の開発の指針として活用することを予定している。

参考文献

- [1] J.F. Scott: *Ferroelectric Memories*, Advanced Microelectronics Series Vol.3 (Springer, Berlin, 2000).
- [2] T. Eshita, W. Wang, K. Nakamura, S. Ozawa, Y. Okita *et al.*: *J. Phys. Sci. Appl.* **5** (2015) 29-32.
- [3] W. Wang, K. Nomura, H. Yamaguchi, K. Nakamura, T. Eshita *et al.*: *Jpn. J. Appl. Phys.* **56** (2017) 10PF14.
- [4] E. S. Lee, H. W. Chung, S. H. Lim and S. Y. Lee: *J. Vac. Sci. Technol.* **A23** (2005) 773.

[5] G. R. Fox and S. B. Krupanidhi: *J. Mater. Res.* **9** (1994) 699-711.

[6] R. Wang and P. C. McIntyre: *J. Appl. Phys.* **97** (2005) 023508.

野村 健二 NOMURA Kenji

(株) 富士通研究所 デバイス&マテリアル研究所
〒243-0197 神奈川県厚木市森の里若宮 10-1
TEL : 046-250-8266
e-mail : nomura.kenji@jp.fujitsu.com

王 文生 WANG Wensheng

富士通セミコンダクター (株) システムメモリカンパニー
〒965-8502 福島県会津若松市門田町工業団地 6 番
TEL : 0242-38-2722
e-mail : wangws@jp.fujitsu.com

山口 秀史 YAMAGUCHI Hideshi

(株) 富士通研究所 デバイス&マテリアル研究所
〒243-0197 神奈川県厚木市森の里若宮 10-1
TEL : 046-250-8266
e-mail : yamagu@jp.fujitsu.com

中村 亘 NAKAMURA Ko

富士通セミコンダクター (株) システムメモリカンパニー
〒965-8502 福島県会津若松市門田町工業団地 6 番
TEL : 0242-38-2722
e-mail : kou@jp.fujitsu.com

恵下 隆 ESHITA Takashi

富士通セミコンダクター (株) システムメモリカンパニー
〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜 3-9-18
TEL : 045-755-7042
e-mail : eshita@jp.fujitsu.com

彦坂 幸信 HIKOSAKA Yukinobu

富士通セミコンダクター (株) システムメモリカンパニー
〒965-8502 福島県会津若松市門田町工業団地 6 番
TEL : 0242-38-2722
e-mail : hikosaka.yukino@jp.fujitsu.com

片岡 祐治 KATAOKA Yuji

(株) 富士通研究所 デバイス&マテリアル研究所
〒243-0197 神奈川県厚木市森の里若宮 10-1
TEL : 046-250-8266
e-mail : y.kataoka@jp.fujitsu.com

産業用専用ビームライン建設利用共同体 (サンビーム共同体) 及びビームライン (BL16XU、BL16B2) に関する詳細は、サンビーム公式ウェブサイトをご覧ください。
<https://sunbeam.spring8.or.jp/>
お問い合わせはサンビーム共同体事務局までお願い致します。
sunbeam@spring8.or.jp

(SPRUC 2017 Young Scientist Award 受賞 研究報告)

放射光分光による電圧スピントロニクスデバイスの研究

大阪大学 大学院基礎工学研究科

三輪 真嗣

Abstract

ナノ磁性体を含有するスピントロニクスデバイスは磁化方向により電気抵抗を変える磁気抵抗効果を示す。この効果は既にハードディスクドライブの磁場センサーとして応用され、記録素子応用へ向けた研究開発も盛んに行われている。最近では、より省エネルギー化を目指した素子開発が行われており、電流を流さずに電圧をかけて磁性体表面を帯電させるだけで磁化反転を行う研究が行われている。本研究ではこの電圧効果の起源を解明するために、 Li_0 -FePt/MgO トンネル接合を用いてPt吸収端のX線磁気円二色性分光を行った。その結果、印加電圧に対応してPt原子の T_2 項（電気四極子並びに原子内部のスピンドensity非対称性に由来する項）が変化することを見出した。理論解析からは誘起された T_2 項がスピン反転励起を通じて、系の磁気異方性エネルギーを大きく変えることがわかった。本稿では強磁性金属薄膜における電圧誘起磁気異方性変化及びその微視的物理解像を紹介する。

1. 序論

強磁性体の磁極（N極S極）は古代では方位磁針として使われ、近代からは電磁誘導を用いてエネルギー変換手法として利用されてきた。現代では磁極はハード磁気ディスクドライブに代表される磁気記録媒体として用いられている。一方で強磁性体を含有するスピントロニクスデバイスは磁極方向により電気抵抗を変える磁気抵抗効果を示す。従って磁極の方向を高効率に電気制御できれば、省エネルギーメモリデバイスとして応用できる。2000年にスピン流磁化反転が実証され^[1]、電磁誘導を用いずに電氣的に直接磁極方向を変えられるようになった。このスピン流磁化反転は電磁誘導よりスケールに優れ、磁気メモリMRAM (magnetic random access memory) の駆動原理として期待されている^[2]。しかし、スピン流磁化反転も電流を必要とし、磁化反転に必要な最小エネルギー（Landauer 限界）の10,000,000倍以上のエネルギーを消費する。そこで最近では電流を流さず、電圧をかけて強磁性体表面を帯電させるだけで磁化を反転する研究が行われている。この電圧磁化制御法の一つが電圧誘起磁気異方性変化である^[3-5]。特にFeやCoを用いる強磁性金属薄膜の電圧誘起磁気異方性変化^[4,5]は室温で生じるため、スピントロニクスデバイスの新たな駆動原理として注目されている。

強磁性金属薄膜の電界誘起磁気異方性変化は、2007年に電解液に浸した厚さ数nmのFePt及びFePd薄膜で発見され^[6]、その後Fe/MgO等の室温固体素子における実証により脚光を浴びた^[9]。これまでに報告されている電圧効果には2種類ある。一つは金属と誘電体界面近傍での酸素イオンの移動に由来する電気化学反応である。この電圧誘起酸化還元反応は、FeCoO₃/MgO接合で発見され^[6]、その後、Fe/BaTiO₃接合^[7]やFePt/イオンゲル接合^[8]で同様の効果が見出された。特にイオン伝導度の大きな誘電体を用いたCo/Gd₂O₃接合^[9,10]ではより顕著な電圧誘起酸化還元反応が起き、単位電界辺りの界面磁気異方性エネルギー（電圧誘起磁気異方性変化の大きさ）は、10,000 fJ/m²÷V/mを超える。もう一つは純粋に強磁性金属表面の電荷増減及び再配列で生じる効果^[11]である。後者の電圧誘起磁気異方性変化は高々100 fJ/Vmであり、前者と比べて小さな値が報告されている。

2種類の電圧効果のうち、前者の電気化学反応は大きな効果が魅力的であるものの、化学反応であるため熱活性過程が必要である。従って動作速度がサブミリ秒と遅く、メモリ動作に必要な繰り返し動作耐性を担保できない。一方で後者の電界効果はサブナノ秒以下の高速応答性^[12-15]及び繰り返し耐性を有する。従って後者の電圧効果を大きくすればMRAMをはじめとし

たスピントロニクスデバイスの駆動原理として利用可能であり、スピン流磁化反転に替わる新規スピン操作方法になり得る。一方で、現在報告されている後者の電圧誘起磁気異方性変化は高々100 fJ/Vmであり、メインメモリ応用に必要な1,000 fJ/Vmより小さい。そこで本研究では放射光を用いた X 線磁気円二色性分光 (XMCD) 実験を行い、後者の強磁性金属表面の電荷増減及び再配列で生じる電圧誘起磁気異方性変化の機構を明らかにし、巨大効果を示す新物質材料設計指針獲得を試みた。

2. 実験手法

本研究では、Fe/MgO 界面に Pt を単原子層 (0.2 nm) 挿入した Fe/Pt/MgO 系を採用した。電圧誘起磁気異方性変化は電圧による界面磁気異方性エネルギーの変調である。界面磁気異方性はスピン軌道相互作用と密接な関係があるため、スピン軌道相互作用が大きな材料の利用が有望である。そこで単原子層の Pt を Fe/MgO 界面に用意した。通常の Pt は常磁性体であるが、本研究で用いた単原子層 Pt は強磁性体の Fe と接しているため、誘導磁気モーメントを有する強磁性体である。

図 1 は素子構造及び実験概要である。fcc-Pd(001) 下地の上に、 $L1_0$ -FePt(001) 超薄膜を用意し、fcc-MgO(001) とポリイミド絶縁膜を通して外部から電界を Pt/MgO 界面に印加した。Pt L 吸収端の XMCD 分

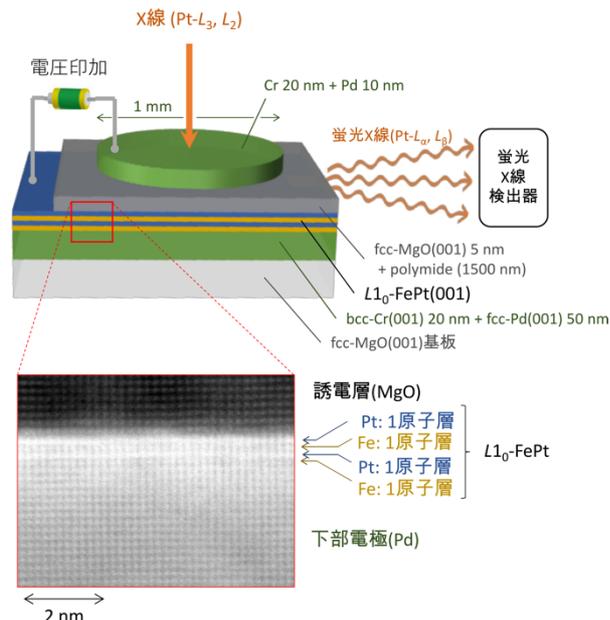


図 1 素子構造及び実験概要

光では硬 X 線 (10 keV 超) を用いる。硬 X 線は比較的厚い誘電体を透過するため、X 線照射面積を大きく取るために MgO (5 nm) とポリイミド (1,500 nm) の 2 層誘電体を用いた。実験では Pt/MgO 界面を有する $L1_0$ -FePt(001)/fcc-MgO(001) 接合を用いた。FePt は Fe 原子層 (0.14 nm) と Pt 原子層 (0.20 nm) を交互に電子線蒸着法で積層させて成膜した。図 1 の電子顕微鏡写真において白く輝く原子が Pt であり、MgO との界面に確かに 1 原子層の Pt が存在することがわかる。本研究の参照実験として Pt/MgO 界面を有する FePt/MgO と Fe/MgO 界面を有する FePt/MgO、それぞれの電圧誘起磁気異方性変化を評価した。結果として Fe/Pt/MgO 系は Fe/MgO 系の 30 fJ/Vm^[11] よりも大きな 140 fJ/Vm の電圧磁気異方性変化を示すことがわかった。

3. 結果と考察

FePt/MgO 接合の電圧磁気異方変化を Pt- L_3 吸収端の XMCD 信号で評価した (図 2)。図 2 の横軸は膜面垂直方向の外部磁場強度、縦軸は Pt- L_3 吸収端の XMCD 強度である。XMCD 強度は膜面垂直方向の磁化の大きさに比例する。このグラフから負電圧下の磁化曲線は磁場掃引方向で結果が異なるヒステリシスを示すのに対し、正電圧下の磁化曲線ではヒステリシスが消失することがわかる。これは FePt/MgO 膜の垂直磁気異方性が電圧で変化したことを意味する。なお、 ± 200 V は MgO 絶縁体中の ± 0.7 V/nm に相当する。電圧印加時に Pt/MgO 界面に電子が蓄積される方向を正電圧と定義した。

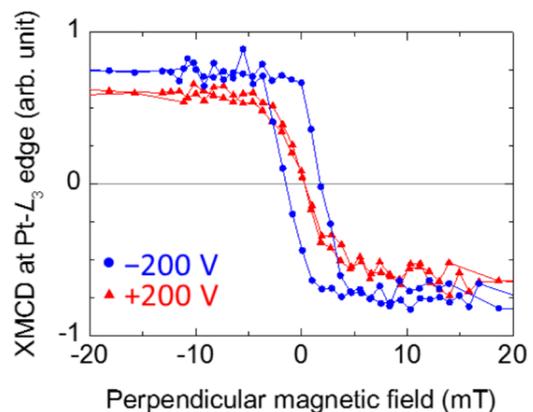


図 2 Fe/Pt/MgO 系の電圧磁気異方性変化

Pt 吸収端の X 線吸収 (XAS) 及び XMCD スペクトルを図 3 に示す。±200 V の外部電圧下で測定し、それぞれ赤及び青で示した。実験中は外部磁場 60 mT を膜面垂直に印加し、磁化を飽和させている。XAS difference は、-200 V の XAS から、+200 V の XAS 信号を差し引いたものである。XAS difference を注視すると、外部電圧により Pt の電子状態が変化していることがわかる。例えば黒矢印は 2*p* から 5*d* への遷移に相当する。選択則から *L*₃ 端遷移は 2*p*_{3/2} → 5*d*_{3/2} 及び 2*p*_{3/2} → 5*d*_{5/2} を含むのに対し、*L*₂ 端遷移は 2*p*_{1/2} → 5*d*_{3/2} を含むことがわかる。XAS difference の黒矢印部分は *L*₃ 端でのみ顕著であるため、負電圧が 5*d*_{5/2} 準位の電子を欠乏させ、空状態の状態密度を大きくしたと考えられる。Pt に電界を印加すると静電遮蔽によ

り Pt 原子の電子は欠乏するため、5*d* 軌道の電子欠乏はこのことと一致する。なお赤矢印は 2*p* から 6*s* への遷移を示す^[15]。実験結果からは 5*d* 軌道と異なり 6*s* 軌道には電子が充填されていることがわかる。これは Pt 原子が静電遮蔽を起こすために電気双極子を *s-p* 混成軌道から生成し、結果として *p* 軌道から *s* 軌道に電子が移動するためであると考えられる。XMCD integral は実験的に得た XMCD スペクトルの数値積分である。負電圧を印加すると *L*₃ 端 *L*₂ 端ともに XMCD 信号強度が増大することがわかった。

XMCD のスペクトルの強度を解析すると、磁気モーメントの情報を得られることが知られている。これをサムルール解析^[16,17]というが、本研究でもこの解析により Pt の磁気モーメント及び磁気モーメントの電圧変化を求めた。電圧を印加しない時、Pt 原子における垂直磁場下の有効スピン磁気モーメント ($m_{\text{eff}} = m_s - 7m_T$) は 0.30 μ_B 、軌道磁気モーメント (m_L) は 0.055 μ_B 、5*d* 軌道のホール数 (n_{5d}) は 1.76 であった。ここで m_s 、 m_T 、 μ_B はそれぞれスピン磁気モーメント、電気四極子並びに原子内部のスピン密度非対称性と関連する磁気双極子モーメント、ボア磁子である。各磁気モーメントは、 $m_s = -2 \mu_B \langle S_\alpha \rangle / \hbar$ 、 $m_L = -\mu_B \langle L_\alpha \rangle / \hbar$ 、 $m_T = \mu_B \langle T_\alpha \rangle / \hbar$ の関係を持つ。 $\langle S_\alpha \rangle$ 、 $\langle L_\alpha \rangle$ 、 $\langle T_\alpha \rangle$ はスピン角運動量、軌道角運動量、磁気双極子演算子の α 方向成分期待値である。スピン軌道相互作用が $\langle T_\alpha \rangle$ に及ぼす影響を無視できる時、磁気双極子演算子は、 $\mathbf{T} = \mathbf{S} - 3\mathbf{r}(\mathbf{r} \cdot \mathbf{S}) \sim -2\mathbf{Q} \cdot \mathbf{S} / 7$ と記述できる。ここで \mathbf{r} と \mathbf{Q} は位置ベクトル及び電気四重極子テンソルである。系が C_{4v} 対称性を有する系の場合、 \mathbf{T} は単純に式 1 で表される。

$$\mathbf{T} \approx \frac{Q_{zz}}{7} \begin{pmatrix} S_x \\ S_y \\ -2S_z \end{pmatrix} \dots \dots (1)$$

z 方向を膜面垂直方向とした。

次に電圧による磁気モーメント及びホール数の変化を議論したい。負電圧印加時の有効スピン磁気モーメントは正電圧印加時のそれと比較すると 13% 増大することがわかった。一方で軌道磁気モーメントの変化量は観測限界以下 (<7%) であった。一方でホール数は正電圧を印加すると 0.019 (~1%) 増大した。有

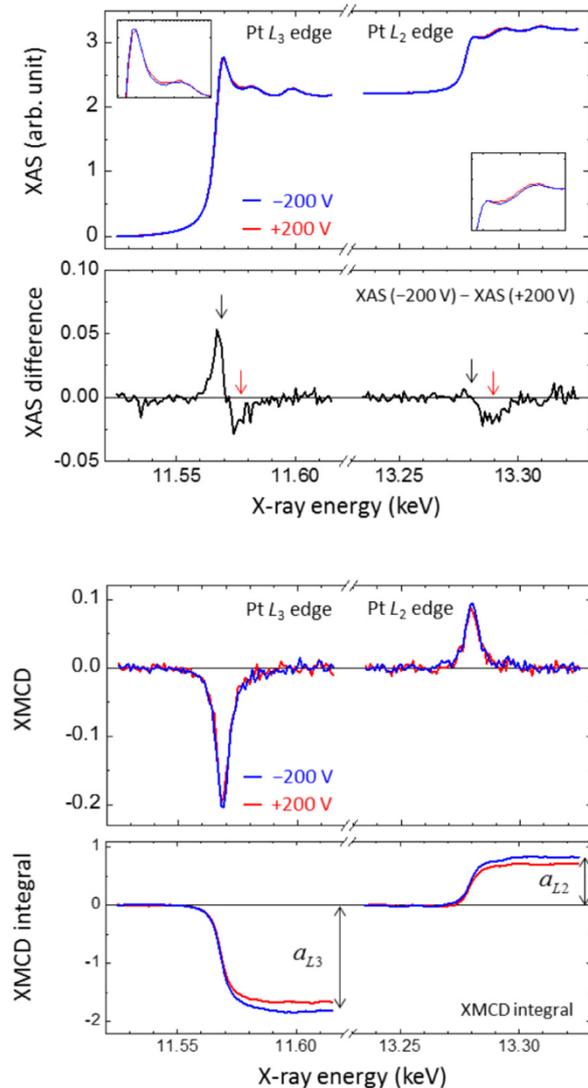


図 3 Pt 吸収端での XMCD 分光結果

効スピン磁気モーメントの変化量 (13%) はホール数の変化量 (1%) よりも非常に大きく、Pt の価電子数を大きく変える電気化学反応ではなく純粋に Pt 原子の磁性を担う 5d 軌道の電子再配列により有効スピン磁気モーメントの変化が起きていることがわかる。

有効スピン磁気モーメント (m_{eff}) はスピン磁気モーメント (m_s) と m_T 項の和である。一般的に正方晶・界面・薄膜等の対称性が低い系では原子の電子分布は電気四極子を有する。この時、電子がスピン偏極していると電気四重極子は原子内部のスピン分布異方性を与える。これが m_T 項である^[18]。式 1 から m_T 項に磁化角度依存性があることがわかる。一方でスピン磁気モーメントは磁化方向に依存しない。我々の実験では電圧をかけない状態では m_T 項がほぼゼロであった ($< 0.01 \mu_B$)。一方で負電圧を印加すると正の m_T 項が発現した。そして m_T 項の電圧誘起は垂直磁化でのみ顕著であった。これらのことから、13%もの有効スピン磁気モーメントの増大は主に m_T 項に由来すると結論できる。我々の検討結果は m_{eff} の電圧変化量における 70%以上が m_s でなく m_T に起因することを示している。

次にこの FePt/MgO 系の磁気異方性及び磁気異方性変化の起源を議論する。磁気異方性エネルギーを ts カップリングのスピン軌道相互作用係数に対する 2 次摂動で考えると式 2 で表される^[18]。

$$\Delta E \cong \frac{\lambda'}{4\mu_B} (\Delta m_{L,\downarrow} - \Delta m_{L,\uparrow}) - \frac{21}{2\mu_B} \frac{\lambda'^2}{E_{\text{ex}}} \Delta m_T \dots (2)$$

垂直磁気異方性エネルギー (ΔE) の定義は垂直磁化と面内磁化の磁気異方性エネルギー差である。 λ' は d バンドの有効スピン軌道相互作用係数である。 $\Delta m_{L,\uparrow(\downarrow)}$ は少数 (多数) スピンバンド由来の軌道磁気モーメントの磁化角度異方性 (垂直磁化と面内磁化の差) である。なお、測定で得られる軌道磁気モーメントは $m_L = m_{L,\downarrow} + m_{L,\uparrow}$ であり、注意が必要である。式 2 の第一項は軌道磁気モーメント由来の磁気異方性である。多数スピンバンドが埋まると仮定して $m_{L,\uparrow}$ を無視すると垂直磁気異方性エネルギーは m_L に比例し、表面界面磁性の分野で著名な Bruno の式と一致する^[19]。しかし、Pt は交換相互作用が Fe や Co 等の 3d 遷移金属強磁性体と比べて小さく、 $m_{L,\uparrow}$ を無視できない。

第二項は m_T 項由来の磁気異方性である^[18]。これは交換相互作用 (E_{ex}) で分離された多数スピンバンドと少数スピンバンド間のスピン反転励起過程に起因する。従って大きな λ' 及び小さな E_{ex} の時に有限な値を持つ。本研究のように 5d 遷移金属の Pt はこの条件を満たす。

次に第一原理計算による検討を行った。計算では、式 2 において「(第一項) : (第二項) = -0.91 : 1.00」であることがわかった。これは第二項の寄与が大きいこと、そして実験で得た電圧誘起磁気異方性変化 140 fJ/Vm は第一項と第二項が相殺され、第二項の寄与が一部残った結果であることがわかる。従って 2 つの機構の寄与を調節すれば応用レベルの 1,000 fJ/Vm を超える巨大電圧効果を現実的に得る可能性が十分にあることがわかった。

最後に電圧磁気異方性変化の物理描像を説明したい。強磁性金属の電界誘起磁気異方性変化は前述の式 2 で表せる。式 2 の第一項は ts カップリングの L_z 項由来のエネルギーとも言える。これは ts カップリングをスピンが保存した波動関数で挟んだ時に得られる

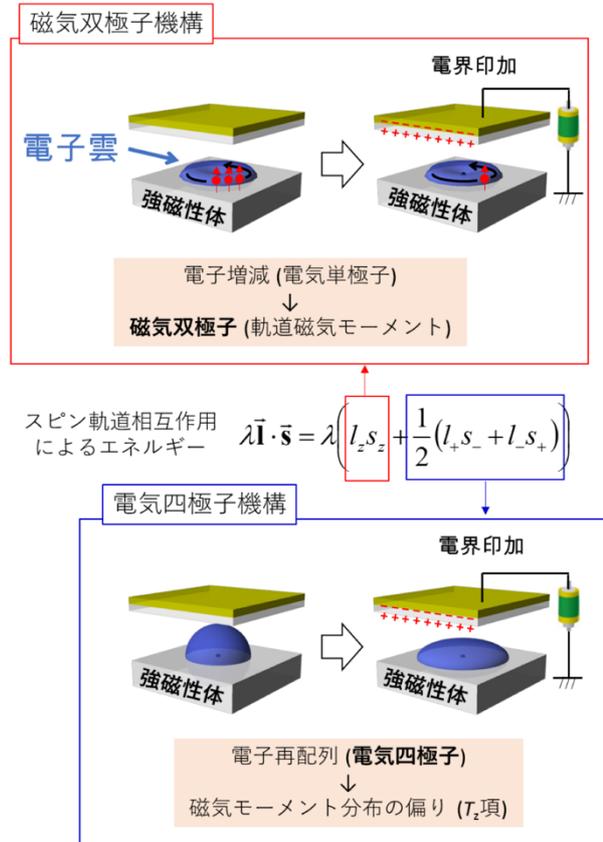


図 4 電圧磁気異方性変化の機構

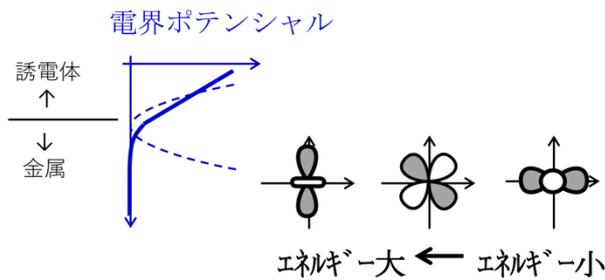


図5 電気四極子の発生原理

エネルギーである。別の言い方をすると電界により金属原子の電子数が変化し、その結果として軌道磁気（双極子）モーメントが発生した結果である（図4上図）。一方で式2の第二項は I_s カップリングの ($I_s + I_s$) 項由来のエネルギーである。これは I_s カップリングをスピンの反転した波動関数で挟んだ時に得られるエネルギーであり、電界により金属原子の電子雲が歪んで（電子の再配列が起きて）電気四極子が発生し、結果として磁気モーメント分布が異方的になった結果であると言える（図4下図）。

電界により電気四極子が発生するのはなぜだろうか。金属界面では静電遮蔽のために電界は不均一になる。半導体や絶縁体中の線形な均一電界と異なり、この不均一な電界は2次の項を含む。この2次の項は物質中の電気四極子と相互作用するため、異なる電気四極子を有する各 d 軌道のエネルギーを分裂させる（図5）。半導体や誘電体の電界効果が電子増減や電気双極子に由来することに対し、金属の電界効果は電子増減に加えて電気四極子に由来する。これは今後新たな物性研究を切り開く可能性があり非常に興味深い。このように金属の電界効果を考える時は電界誘起の多極子自由度を理解することが大事である。

4. 結論

本研究では良質な FePt/MgO 接合デバイスを作製して XMCD 分光を行い、電圧誘起磁気異方性変化の機構解明を目指した。結果として電界により Pt 原子に電気四極子が発生し、 T_z 項の変化が生じることを実験的に見出した。本研究により電圧誘起磁気異方性変化の描像が明らかになり、今後の電圧スピントロニクスデバイスの材料研究の指針が明確になった。本研究の詳細は文献[20]に記載されている。

謝辞

本研究は大阪大学の Frédéric Bonell 氏、松田健彰氏、塚原拓也氏、鈴木義茂氏、縄岡孝平氏、後藤穰氏、産業技術総合研究所の野崎隆行氏、湯浅新治氏、高輝度光科学研究センターの鈴木基寛氏、中村哲也氏、小谷佳範氏、そして東北大学の辻川雅人氏、白井正文氏らとの共同研究成果である。そして本研究の一部は革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)、科研費新学術領域研究「ナノスピン変換科学」及び若手研究 (A) の支援により行われた。XAS/XMCD 測定は SPring-8 の BL39XU 及び BL25SU で行われた（課題番号 2014B1007、2015A1003、2015A1572、2015B0079、2015B1020、2015B1250、2016A0079、2016A1122、2016A1314、2016B1017）。

参考文献

- [1] J. A. Katine, F. J. Albert, R. A. Buhrman, E. B. Myers and D. C. Ralph: *Phys. Rev. Lett.* **84** (2000) 3149.
- [2] K. Ando, S. Fujita, J. Ito, S. Yuasa, Y. Suzuki, Y. Nakatani, T. Miyazaki and H. Yoda: *J. Appl. Phys.* **115** (2014) 172607.
- [3] D. Chiba, M. Yamanouchi, F. Matsukura and H. Ohno: *Science* **301** (2003) 943-945.
- [4] M. Weisheit, S. Fähler, A. Marty, Y. Souche, C. Poinsignon and D. Givord: *Science* **315** (2007) 349-351.
- [5] T. Maruyama, Y. Shiota, T. Nozaki, K. Ohta, N. Toda, M. Mizuguchi, A. A. Tulapurkar, T. Shinjo, M. Shiraishi, S. Mizukami, Y. Ando and Y. Suzuki: *Nat. Nanotechnol.* **4** (2009) 158-161.
- [6] F. Bonell, Y. T. Takahashi, D. D. Lam, S. Yoshida, Y. Shiota, S. Miwa, T. Nakamura and Y. Suzuki: *Appl. Phys. Lett.* **102** (2013) 152401.
- [7] G. Radaelli, D. Petti, E. Plekhanov, I. Fina, P. Torelli, B. R. Salles, M. Cantoni, C. Rinaldi, D. Gutiérrez, G. Panaccione, M. Varela, S. Picozzi, J. Fontcuberta and R. Bertacco: *Nat. Commun.* **5** (2014) 3404.
- [8] K. Leistner, J. Wunderwald, N. Lange, S. Oswald, M. Richter, H. Zhang, L. Schultz and S. Fähler: *Phys. Rev. B* **87** (2013) 224411.
- [9] C. Bi, Y. Liu, T. Newhouse-Illige, M. Xu, M. Rosales, J. W. Freeland, O. Mryasov, S. Zhang, S. G. E. Velthuis and W. G. Wang: *Phys. Rev. Lett.* **113** (2014) 267202.

- [10] U. Bauer, L. Yao, A. J. Tan, P. Agrawal, S. Emori, H. L. Tuller, S. Dijken and G. S. D. Beach: *Nat. Mater.* **14** (2015) 174-181.
- [11] S. Miwa, K. Matsuda, K. Tanaka, Y. Kotani, M. Goto, T. Nakamura and Y. Suzuki: *Appl. Phys. Lett.* **107** (2015) 162402.
- [12] Y. Shiota, T. Nozaki, F. Bonell, S. Murakami, T. Shinjo and Y. Suzuki: *Nat. Mater.* **11** (2012) 39-43.
- [13] S. Kanai, M. Yamanouchi, S. Ikeda, Y. Nakatani, F. Matsukura and H. Ohno: *Appl. Phys. Lett.* **101** (2012) 122403.
- [14] T. Nozaki, Y. Shiota, S. Miwa, S. Murakami, F. Bonell, S. Ishibashi, H. Kubota, K. Yakushiji, T. Saruya, A. Fukushima, S. Yuasa, T. Shinjo and Y. Suzuki: *Nat. Phys.* **8** (2012) 491-496.
- [15] E. Tamura, J. van Ek, M. Fröba and J. Wong: *Phys. Rev. Lett.* **74** (1995) 4899.
- [16] B. T. Thole, P. Carra, F. Sette and G. van der Laan: *Phys. Rev. Lett.* **68** (1992) 1943.
- [17] P. Carra, B. T. Thole, M. Altarelli and X. Wang: *Phys. Rev. Lett.* **70** (1993) 694.
- [18] G. van der Laan: *J. Phys: Condens. Matter.* **10** (1998) 3239.
- [19] P. Bruno: *Phys. Rev. B* **39** (1989) 865(R).
- [20] S. Miwa, M. Suzuki, M. Tsujikawa, K. Matsuda, T. Nozaki, K. Tanaka, T. Tsukahara, K. Nawaoka, M. Goto, Y. Kotani, T. Ohkubo, F. Bonell, E. Tamura, K. Hono, T. Nakamura, M. Shirai, S. Yuasa and Y. Suzuki: *Nat. Commun.* **8** (2017) 15848.

三輪 真嗣 MIWA Shinji

大阪大学 大学院基礎工学研究科
〒560-8531 大阪府豊中市待兼山町 1-3
TEL : 06-6850-6426
e-mail : miwa@mp.es.osaka-u.ac.jp

(SPRUC 2017 Young Scientist Award 受賞 研究報告)

放射光 X 線で探る地球深部：地球の核組成の制約に向けて

東北大学 大学院理学研究科

坂巻 竜也

Abstract

地球の最中心に位置する内核の化学組成を推定することは、地球の形成・進化を解明する上で極めて重要である。本研究では、X線非弾性散乱のビームライン内にレーザー加熱システムを構築し、ダイヤモンドアンビル高圧発生装置と組み合わせることで、地球内部を再現した高温高圧条件下での地球核の主成分である鉄の音速測定に成功した。本実験結果と地球物理的観測を比較、また地球化学的見地を踏まえることで、地球内核中には水素・珪素・硫黄が含まれている可能性が高いことを明らかにした。

1. 地球の内部構造

地球内部の化学組成を明らかにすることは、地球の形成・進化過程を探ることに繋がる。つまり、地球がどうやって作られ、どのように変化していったのかを知ることができるため、人類にとっての大きな知的探求対象の1つと考えることができる。ただし、人類未開の地である地球の内部から直接試料を取ってくることは現状不可能であるため、様々な手法によって調べられている。特に有力な手段は地震を利用したものになる。地震によって発生する波は地下を通過して、地表の地震計で観測される。地震の波は、通過した物質の情報を保持しているため、それを調べることによって、地球内部構造が明らかになりつつある¹⁾。

地球の内部は大きく3つに分けることができる(図1)。人類が活動している地表は地殻と呼ばれており、極めて薄い層である。地殻の下から深さ約2,900 kmまでの領域をマントルと呼び、ここまでは岩石で構成されている。また、中心部は核と呼ばれており、主に金属(鉄)からできている。現在の地球内部の成層構造の正確な理解は地球の進化を紐解く鍵である。初期地球は集積エネルギーなどによって大規模な溶融を経験している。その中で相対的に重い金属融体が重力的な分化によって地球深部に集積し、現在の核を形成した。溶融金属が落下する中で周囲のマントルとの化学平衡に達していたと考えられるため、核の組成は初期地球のマントル環境を反映している。

図1に示すように核は2つに分けることができ、液体の外核(2,900 km~5,150 km)と固体の内核(5,150 km~6,400 km)から成る。液体である外核は対流しており、方位磁針が北を向くような磁場を現在形成している。磁場の役割は非常に重要で、人類を含む生命を太陽風から守るバリアの働きをしている。外核対流のトリガーの1つとして、内核結晶化の潜熱による外核底部の加熱が挙げられる。また、結晶化に伴う固液間の元素分配が起き、軽い元素の選択的な外核への配分が示唆されており、それによって外核底部で浮力が発生することも考えられている。このような現在の核

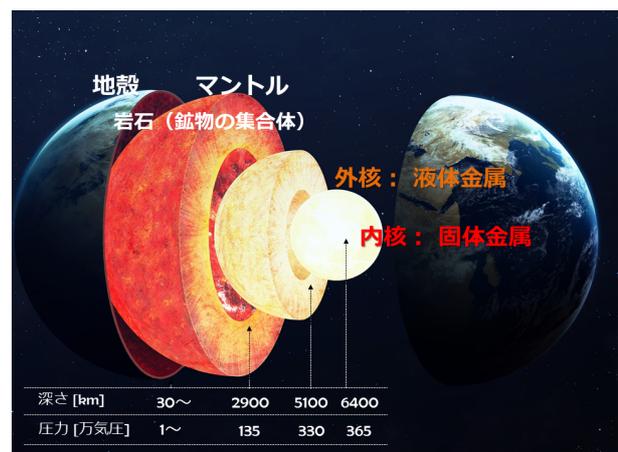


図1 地球の内部構造

地表から岩石質の地殻、マントル、金属の核の三層を構成。さらに核は液体の外核と固体の内核に分類。地球内部の温度と圧力は地表よりも大きく、深くなるほど温度・圧力共に増加。

の活動を理解する上で内核の組成を制約することは極めて重要である。地球の冷却に伴い、外核は深部から固化をしており、内核は少しずつ成長している。つまり、内核の組成を制約できると初期の地球から現在の地球までの進化過程などを知ることも可能となる。しかしながら、内核は地球の最深部に位置しており、直接物質を採取して調べることが不可能であるため、化学組成も未だ明らかになっていない。核の組成は初期の地球から現在の地球までの変遷を反映しているため、内核の化学組成を調べることは地球の歴史を読み解く上で極めて重要な研究であると言える。

2. 地球内部の物性

地震学的に内核中の地震波伝播速度（縦波・横波速度）が観測されており、密度などの弾性的な性質も分かっている。そのため、主成分である鉄の弾性波速度や密度を測定して比較することが重要である。

地表に比べて、地球内部では上に積み重なっている岩石などの重さにより、大きな圧力がかかっている。その圧力は深くなればなるほど大きくなり、地球の最深部である内核の中心だと 360 万気圧に達する。この圧力は地表の圧力の 360 万倍にもなる大きなものである。また、温度も中心ほど高くなっていき、地球の核では 5,000 K~6,000 K になると考えられており、その温度は太陽の表面温度に匹敵する高温である。そのような極限環境において、物質は当然地表とは異なる振る舞いをする。つまり、地球内部物質の物性を調べるためには、地球内部条件を再現した高温高压実験が不可欠となる。

弾性波の伝播速度は物質の性質を知る良い指標であり、物質の化学組成などの違いによってその速度も異なった値を示す。つまり、2つの物質間での弾性波の伝播速度の違いは、それらの化学組成の違いを反映している。本研究では、鉄と地球の内核の弾性波速度の違いを正確に把握することで地球最深部の化学組成を推定しようと試みた。つまり、地球内部と同じ環境下、すなわち超高压高温状態を作り出した中に鉄を置き、実験的に弾性波速度と密度を同時に測定し、地震波観測によって提案されている内核の弾性波速度-密度関係と比較することで、手元に取り出せない地球の内核の化学組成の推定を行った。

3. 高温高压下での X 線非弾性散乱実験

地球内部のような高い圧力条件を再現するために、ダイヤモンドアンビル高压発生装置が有用である（図 2）。ダイヤモンドは地球上で最も硬い物質であり、宝石として有名な鉱物の 1 つである。高压実験ではブリルアンカットされたダイヤモンドを 2 個 1 対で使用し、2 個のダイヤモンドの先端に挟まれた非常に小さな空間（数十 μm サイズ）に地球内部と同じ超高压を発生させることが可能である。

鉄の音速を測定する上で X 線非弾性散乱を利用し、鉄の分散関係を明らかにすることが有効である。これは音響フォノンが長波長極限で弾性波となるからである。つまり、X 線非弾性散乱で得られる音響フォノンのエネルギーと運動量からフォノンの速度が得られるが、 Γ 点近傍で測定することで音速を決定することができる。ただし、 Γ 点に近いと弾性散乱のピークに埋もれてしまうため、実際の測定ではフォノンの分散をサイン関数で近似することにより原点付近での傾きを求めている。SPRING-8 の BL35XU では meV のエネルギー分解能かつ KB ミラーを用いた集光ビーム (<20 μm) で測定が可能である²⁾。また、アナライザ結晶が 3 行×4 列で配置されており、異なる移行運動量でのスペクトルを同時に取得することが可能である。つまり、一度の測定で試料の分散曲線を描くことが可能であり、その曲線の原点付近の傾きから音速を決定できる。我々はダイヤモンドアンビル高压発生装置を利用した高压下での鉄の X 線

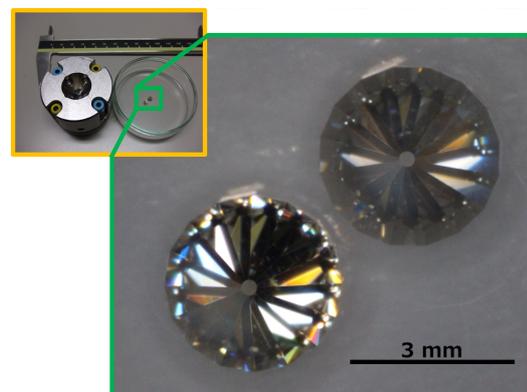


図 2 ダイヤモンドアンビル高压発生装置
ダイヤモンドアンビル高压発生装置と内部にセットされているダイヤモンド。2 個 1 対で使用し、先端の平坦な部分で試料を挟むことで地球内部に相当する高压条件を発生させる。

非弾性散乱実験に成功した^[3]。地球内部との比較のためには高温条件下での測定が不可欠であるため、世界に先駆けてレーザー加熱システムを構築して、ビームラインに導入することに成功した^[4]。そして、超高压下に置かれた鉄試料を導入したレーザー加熱システムで高温状態にして、163 万気圧、3,000 K の極限条件下で X 線非弾性散乱実験をすることに成功

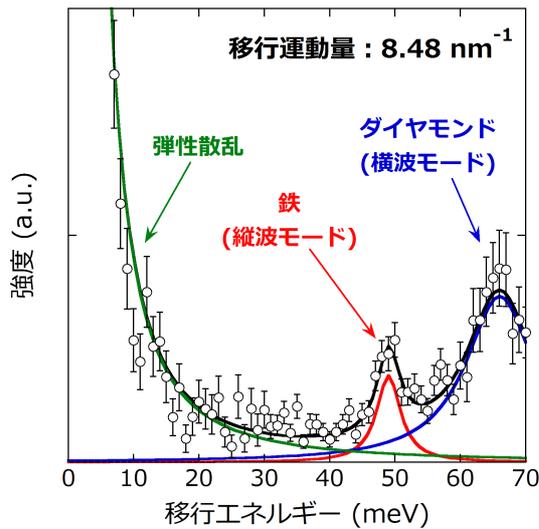


図3 X 非弾性散乱で得られるスペクトル例
圧力 163 万気圧、温度 3,000 K の条件下で得られた鉄のスペクトル (赤) の一例である。弾性散乱 (緑) と高压発生装置で使われているダイヤモンド (青) のピークも確認できる。

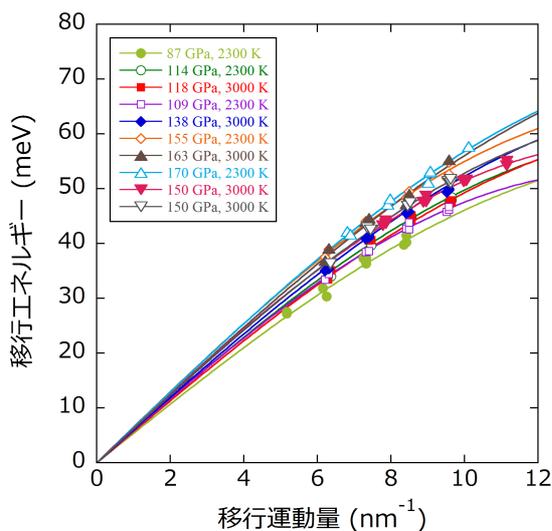


図4 高温高压下での鉄の分散曲線
運動量-エネルギーの関係をサイン関数で近似し、原点付近の傾きを算出することで、音速を決定する。

した (図 3、4)。また、同条件下で 2 次元検出器を用いた X 線回折測定を行い、試料体積を決定することで密度も求めている。

4. 地球の内核組成の制約

本研究で得られた結果を地震学的モデルと直接比較することで、地球内核条件での鉄の弾性波速度と密度が、実際の地球内核より高い値を示すことを明らかにした。つまり、内核中に含まれている鉄以外の元素は、鉄の弾性波速度と密度を共に減少させる効果を持つことになる。これは地球内核の組成に制約を与える上で極めて重要な研究成果である。さらに地球化学的な知見と組み合わせることで、地球内核に含まれる軽元素としては、水素・珪素・硫黄である可能性が高いことを突き止めた (図5)。本研究によって、地球の内核を構成する化学組成の推定に必要な構成元素の候補を絞り込むことができ、現在の地球の内核構造の描像へ繋がった (図6)。地球深部の内核の構成元素が分かると、外核まで含めた核全体の組成の見積もりや昔の地球内部環境の予測も可能となるため、本研究成果は、地球の形成や進化を解き明かすための重要な 1 歩であると言える^[5]。

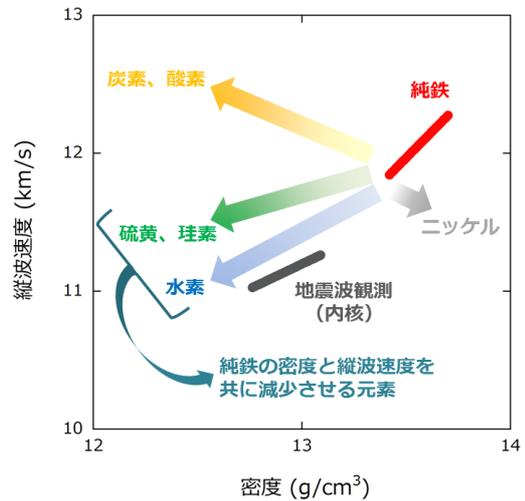


図5 純鉄と地球の内核との物性比較
横軸は密度、縦軸は地震波が伝わる速さ。純鉄の密度と地震波が伝わる速さ (赤線) は共に地球の内核 (黒線) より大きい。つまり、内核の組成は純鉄ではなく、他の成分が入っていることが示唆される。赤線の純鉄を黒線の内核に重ねることを探れば、密度と地震波速度を減少させる効果 (左下方向の矢印) を示す元素、水素・硫黄・珪素が含まれることが有力である。

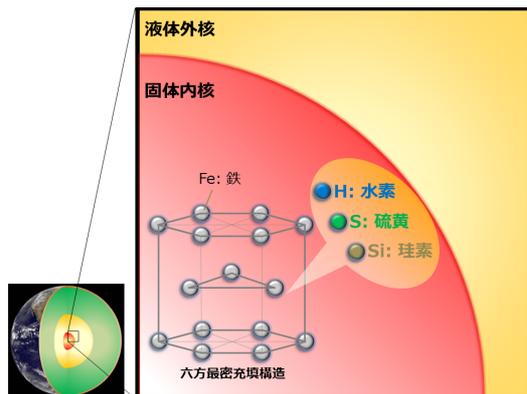


図6 地球の内核の構造と組成

地球の内核の温度・圧力条件では、鉄結晶は六方最密充填構造をとる。その中に水素・硫黄・珪素が入っているものが地球の内核であると考えられる。

謝辞

兵庫県立大学福井宏之博士、理化学研究所バロン・アルフレッド博士、東北大学大谷栄治名誉教授をはじめとする共同研究者に深く感謝します。本研究は、SPRING-8内のBL35XUにて実施した（課題番号2012A1255、2012B1439、2013A1377、2013A1492、2013B1078、2013B1094、2014A1100、2014B1269、2014B1465）。また本研究は、JSPS科研費JP22000002、JP15H05748、JP24840004、JP25800292の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] A. M. Dziewonski and D. L. Anderson: *Physics of the Earth and Planetary Interiors* **25** (1981) 297-356.
- [2] A. Q. R. Baron *et al.*: *Journal of Physics and Chemistry of Solids* **61** (2000) 461-465.
- [3] E. Ohtani *et al.*: *Geophysical Research Letters* **40** (2013) 5089-5094.
- [4] H. Fukui *et al.*: *Review of Scientific Instruments* **84** (2013) 113902.
- [5] T. Sakamaki *et al.*: *Science Advances* **2** (2016) e1500802.

坂巻 竜也 SAKAMAKI Tatsuya

東北大学 大学院理学研究科
 〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3
 TEL : 022-795-6666
 e-mail : sakamaki@m.tohoku.ac.jp

長期利用課題報告 1

次世代エンジン開発への X 線光学技法の適用：
超高速燃料噴霧の形成メカニズム解明及び理論モデル構築国立研究開発法人産業技術総合研究所
省エネルギー研究部門 文 石 洙

Abstract

SPring8 の BL40XU で行われた本長期利用課題（2014B0111～2017A0111）において、地球温暖化の抑制に資するエンジン超高効率に貢献することを目指し、これまで光学技法では計測できなかった高圧燃料噴射ノズル内部および近傍流動の詳細解析を行った。3 年の研究期間で、ノズル内部および近傍流動の定量解析を可能とする新たな X 線計測技法を開発しつつ、燃料噴霧の形成を支配する様々な物理因子の影響に関する新たな知見と理論モデルを研究社会に提示してきた。本稿では、これまで構築してきた代表的な X 線噴霧計測技法と、評価可能なノズル内部および近傍流動の計測項目について紹介する。また、X 線噴霧計測技法から生み出された研究成果と産業技術開発への貢献について紹介する。

1. はじめに

熱機関は、中・長期的にも他の動力源とは代替し難く、引き続きエネルギー変換機として重要な位置を占めると予測されることから、これらの高効率化・クリーン化が地球温暖化の抑制にもたらす効果は大きい。熱機関の高度化には、燃料と空気を混合する燃料噴射技術が非常に重要であるが、燃料噴射に関わる物理現象のメカニズムには未解明部分が多い。特に、ノズル内部や近傍の初期流動については、超高速で密集度が高く可視光や紫外線などの光源を激しく吸収・散乱するため、これまでの光学技法では正確な情報を得ることが難しく、それが究極の噴射制御および高精度エンジン数値解析の大きな障害になっていた。

以上の背景のもと、本研究グループ（産業技術総合研究所-マツダ株式会社-神戸大学）は、初期流動のメカニズム解明および理論モデルの構築を目指し、更には次世代エンジン開発への貢献を目標とし、様々な新燃料の物性、ノズル形状因子、噴射・雰囲気条件が燃料噴霧の初期発達に及ぼす影響に関する X 線計測を行ってきた。本研究では X 線位相コントラスト画像法（密度が異なる物質同士の境界面において現れる干渉パターンを撮影する技法）を適用し

ており、SPring-8 の X 線の高いエネルギー（短い波長）は噴霧基部の高密度領域の解析を、短いパルス幅は超高速噴霧流の可視化と解析をそれぞれ可能とする¹⁾。

詳細な実験データに基づいた噴霧形成過程の物理的理解と理論モデルの構築は、現象モデリングの高度化といった学術的な意味と、次世代エンジン開発への貢献といった技術的な意味を両方持つ。特に、地球温暖化の抑制を目指し、世界中の研究者の間で目標とされている 50% のエンジン熱効率を達成するためには、究極の噴霧・燃焼制御が必須であり、その根幹になる初期噴霧形成過程に関する物理的理解は重要な課題である。

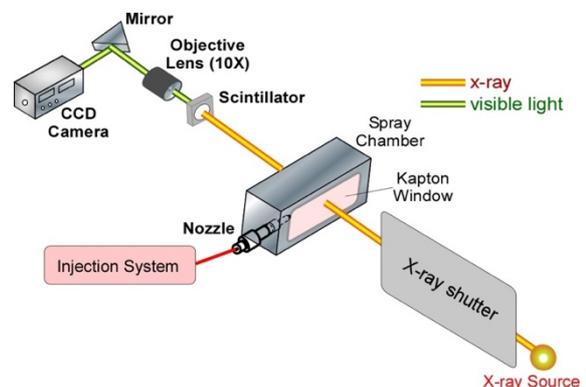


図1 SPring-8 の X 線噴霧撮影装置

2. X線噴霧可視化装置

図1に、本研究グループにてSpring-8のBL40XUに立ち上げたX線位相コントラスト画像装置の概略図を示す^{11,12)}。X線からの熱負荷による実験装置の損傷を防ぐため、X線シャッターを用いて熱負荷を減少させた。X線が流動を通過した後、位相コントラストX線画像をシンチレータ(LuAg:Ce)により535nmの可視光に変換し、傾き角45度のミラーで反射させ高速度カメラを用いて撮影した。燃料に対するX線の屈折率が1に近い場合、液体噴霧からカメラまでの距離が短過ぎると干渉縞が現れなく、また離れ過ぎると干渉縞が大き過ぎるため、鮮明な画像が取得できない。そのため、シンチレータとカメラは液体流動から最適化された距離(35cm程度)に設置した。液体噴霧に入射する前と通過後のX線強度を極力損失しないように、噴射容器の窓としてはX線通過率が95%以上のカプトン(kapton)膜を用いて実験を行った。

3. X線噴霧計測項目および技法

図2にX線噴霧計測の項目および技法の概略を示す。X線を用いた主な解析項目は、ノズル内部流(①)、ノズル近傍の流動微粒化(②)および流動ダイナミクス(③)である。高圧・高速噴射条件におけるノズル内部流特性やノズル近傍の噴霧微粒化を解析す

るためには、100ps以下のX線パルス幅を有するHモードのシングルバンチパルスを用いて単一露光画像を取得した。初期流動分裂により生成される粒子の径や形状情報を解析するため、単一露光画像に最適の閾値を与え、原本画像を二値化した。その後、二値化された画像に粒子探索アルゴリズムを適用し、ある領域に存在する粒子の個数、粒径、真円度などの様々な形状情報を定量解析した¹¹⁻¹³⁾。流動ダイナミクスを解析するためには、165.2nsの周期を持つCモードの3つのパルスを受光して3重露光画像を取得し、その画像のある関心領域に相関解析を行うことで、流動の変位および速度ベクトルを算出した¹¹⁻¹³⁾。

開発したそれぞれの計測技法は、日本初のものであり、世界的にも実現した例が少ない独自性の高いものである。

4. 研究の実施条件

本長期利用課題では、燃料噴霧の形成を支配する五つの因子(ノズル形状、噴射圧、燃料、雰囲気密度、燃料温度)を選定し、膨大な実験データベースを構築した。ノズル形状の影響を調べるため、噴孔径、噴孔長、噴孔角などの異なる12種類のノズルを選定し研究に用いた。一方、噴射圧としては現代のガソリン直噴エンジンに適用されている7MPaから20MPaの範囲を、燃料としては密度、粘度、表面張力の異なる5種類を、雰囲気密度としては実機エンジンの雰囲気条件を模擬した1から20kg/m³の範囲を、燃料温度としては実機エンジン内の燃料温度変動を模擬した常温から85°Cの範囲を適用して研究を行った。

5. 主な研究成果

上述の実験条件と計測項目に対する結果を基に、ノズル内部や近傍の初期噴霧形成に関するこれまで理解できなかった物理現象を解明し、エンジン数値解析や開発に活用できる新たな知見と予測モデルを研究社会に提示してきた。様々なパラメトリックスターディの結果を用いて公表した研究成果も多数あるが、その中で研究社会に一番認められているのは、図3に示す新たな噴霧構造モデルの構築である。本研究にて提示した噴霧構造モデルは、噴霧支配因

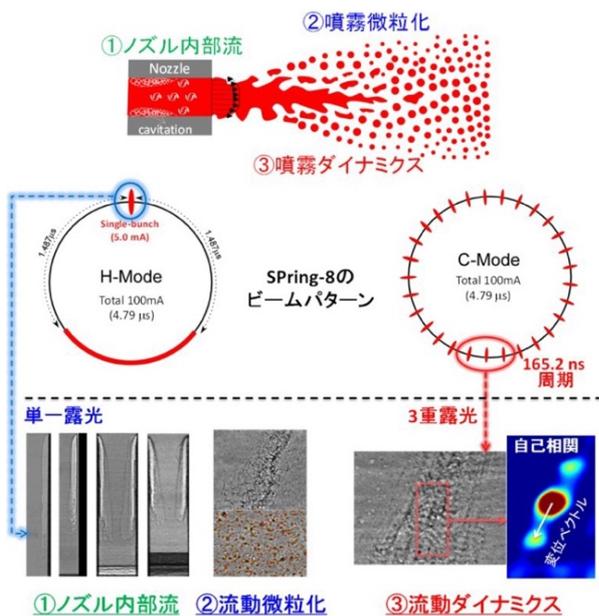


図2 X線噴霧計測項目および技法

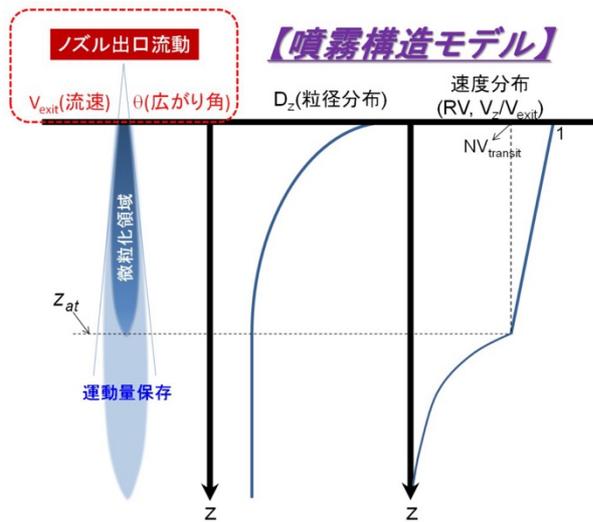


図3 噴霧構造モデルの概要

子によって変化するノズル出口の流動速度および広がり角 (V_{exit} , θ) を入力値とし、ノズル近傍の相対速度分布 (RV : relative velocity)、粒径分布 (D_z)、微粒化長さ (z_{at})などを予測するものである。続く節では、本研究にて構築した噴霧構造モデルの基になる代表的な研究成果について紹介し、それらの学術・技術的な価値と波及効果について説明する。

5.1 噴霧ダイナミクス構造の解明とモデル化

図4aに噴霧ダイナミクスと微粒化特性を表現するために定義した様々な因子を、図4bに噴霧ダイナミクス構造の解明に関する研究成果を概略して示す。噴霧ダイナミクスのメカニズムを解明するため、膨大な実験条件に対する噴霧軸の相対速度結果 ($RV = V_z/V_{exit}$) を無次元化した特性距離 (z^+) に対してまとめた。ここで特性距離は、燃料と周辺気体が一体として動くこと (ガスジェット) を想定し、ガスジェットの運動量保存則に基づいて燃料密度 (ρ_f)、雰囲気密度 (ρ_a)、初期流動広がり角 (θ)、噴孔径 (d) の関数で定義されたものである (図4b参照)。結果より、 RV を z^+ に対してまとめると、噴射条件に関わらず90%程度の相関率を持つてほぼ同じ線上 (式(1)参照) に収斂することがわかった^[4]。

$$V_z/V_{exit} = -0.167 \cdot z^+ + 1 \quad \dots\dots (1)$$

この結果は、実機エンジン噴霧のダイナミクス構造を伝統的なガスジェット理論で用いられた物理因

子を用いてスケーリングできることを示唆する。しかし、実機エンジン噴霧のダイナミクス構造は、ガスジェット理論に基づく予測結果と定量的には一致しないことがわかった。これは、噴射された液体燃料が微粒化する噴霧基部において生じる燃料と周辺気体のせん断応力が、従来のガスジェット理論においては考慮されていないためである。従って、噴霧のダイナミクス構造は、ノズル近傍の運動量保存則に従わない領域と、噴霧下流の運動量保存則に従う (ガスジェット) 領域の2つに分けてモデル化する必要があることに気づき、そのモデルの切り替え点を微粒化長さ (z_{at}) と定義した (図3参照)。この z_{at} の予測法については、5.2節の噴霧微粒化結果と合わせて議論する。

本研究にて構築した噴霧ダイナミクスモデルは、エンジン噴霧数値解析のサブモデルとして活用できると共に、エンジン燃焼室内の燃料と空気分布の高度制御にその活用性が高いものといえる。

5.2 噴霧微粒化の解明とモデル化

噴霧微粒化のメカニズムを明らかにするため、様々な噴射条件における噴霧軸の平均粒径 (D_z) を Weber 数 (We) に対してまとめた (図4c参照)。ここで We 数は、燃料の慣性と表面張力の相関関係を示す指標であり、噴霧の微粒化に密接に関連すると議論されている。膨大なデータベースから、実機インジェクタ噴霧の微粒化は We 数との相関性が高いことが示され、ある臨界 We 数を超えると噴霧の微粒化が飽和されることがわかった。噴霧の微粒化が飽和される臨界条件は、ノズル形状によって変化する θ に支配され、 θ が大きいほどその臨界 We 数が小さくなることがわかった^[5]。

噴霧微粒化に関する以上の知見は、エンジン開発における噴射系の設計指針を提示できる。例えば、ある燃料やノズルに対する初期流動の θ が分かれば、微粒化が飽和される臨界の噴射圧力条件を特定することができ、高圧を生成するために動力を無駄にせずエンジン動力に活用することが可能になるなど、エンジン高効率化に繋がる様々な噴射戦略が設けられる。

一方、上述した噴霧微粒化長さ (z_{at}) に影響を及ぼ

す因子を解明しモデル化するため、噴霧軸の粒径分布を噴霧相対速度分布に照らし合せ、周辺空気と燃料のせん断応力が消滅し、微粒化が終了する微粒化長さ (z_{at})、あるいはガスジェットの原点を求めた。その結果、燃料や噴射条件に関わらず、 z_{at} は $RV = 0.72$ の位置で現れることが判明した。従って、図4bの噴霧ダイナミクス結果を元に、 z_{at} は式(2)のように表現できることがわかった。

$$z_{at} = \frac{1.68d}{\tan(\theta/2)} \cdot \sqrt{\frac{\rho_f}{\rho_a}} \dots\dots (2)$$

提示された噴霧微粒化長さの予測モデルは、エンジン噴霧数値解析のサブモデルとして活用できる。また、濃厚燃料領域が伸びる距離を予測することができ、現代エンジンの大きな問題となっているシリンダーやピストンへの壁面燃料付着の評価と防止策の構築にその活用性が高いものである。

5.3 エンジン数値解析ツールの正しい使い方の確立

上述した噴霧構造モデルの構築に関わる学術的な研究以外に、本研究グループは、マツダ株式会社を中心とし、得られた初期流動の定量情報を次世代エンジン開発に活用している。得られた計測結果を数値解析の入力値として活用すると同時に、結果に基づいて従来噴霧解析ツールの正しい使い方を確立することで、エンジン数値解析の精度がかなり改善でき、また効率性も高まっている。これより、従来のエンジン開発における試行錯誤を減らすことができ、自動車メーカーのエンジン開発の効率性を大幅改善できることが判明した。

6. おわりに

本長期利用課題(2014B0111~2017A0111)では、産業技術総合研究所-マツダ株式会社-神戸大学の連携研究体制を構築し、新たに構築した X 線噴霧計測技法を生かした燃料噴霧の詳細解析とモデル化に関する研究を行ってきた。ノズル形状、燃料物性、噴射・雰囲気条件などの噴霧形成を支配する代表的な因子を選定し、それらがノズル近傍の噴霧微粒化およびダイナミクス構造におよぼす影響を解析することで、噴霧形成を支配するメカニズムを明らかにすると同時に、新たな噴霧予測モデルを研究社会に提示してきた。現在自動車業界は X 線計測から得られたデータベースと知見をエンジン数値解析の精度改善および次世代エンジン開発に活用しており、当研究の有り難さが大きく評価されている。

しかし、ノズル内部や近傍流動の現象解明とモデル化に重要な物理因子の中には、まだ計測・解析で

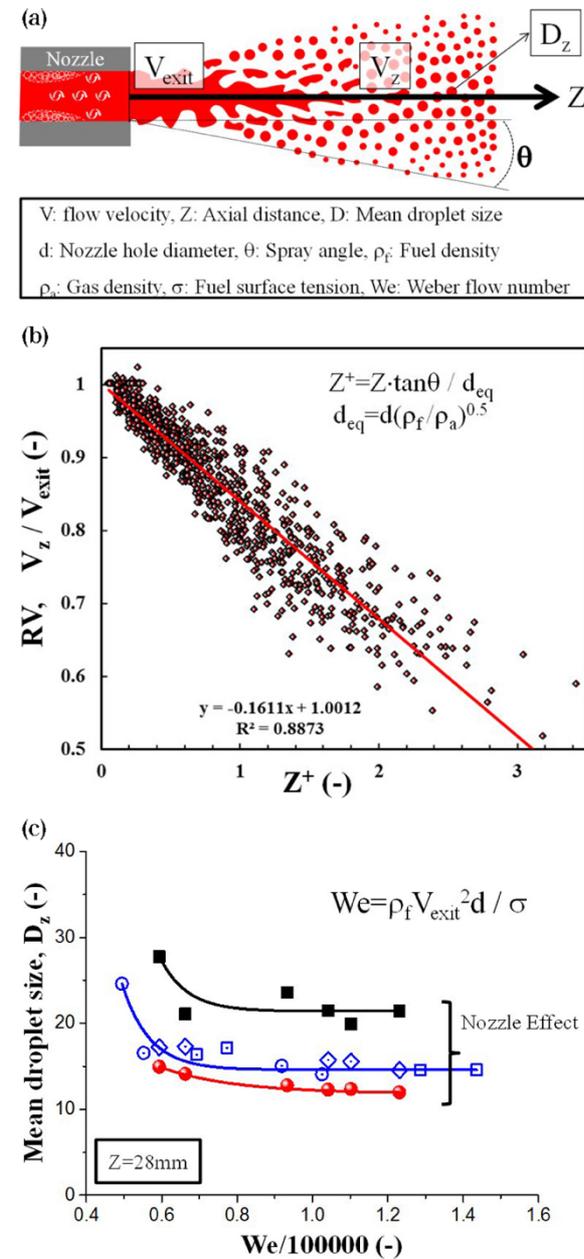


図4 噴霧ダイナミクス構造および微粒化に関する研究成果：(a) 主な解析因子、(b) ノズル近傍噴霧ダイナミクスのスケーリング結果、(c) 噴霧微粒化特性と We 数の相関解析結果

きていないものも多く存在する。特にノズル出口の初期流動特性を支配するノズル内部流（渦流、乱流、キャビテーションなど）特性と、それがノズル出口流動（ V_{exit} , θ 等）に及ぼす影響に関する理解が不十分であり、今後それらの計測を可能とする X 線計測技法の開発と現象解明に関する研究を続けていく。

参考文献

- [1] S. Moon, K. Komada, K. Sato, H. Yokohata, Y. Wada and N. Yasuda: *Exp. Therm. Fluid. Sci.* **68** (2015) 68-81.
- [2] J. Jeon and S. Moon: *Fuel* **211** (2018) 572-581.
- [3] K. Komada and S. Moon: *Fuel* **181** (2016) 964-972.
- [4] T. Li, S. Moon, K. Sato and H. Yokohata: *Fuel* **190** (2017) 292-302.
- [5] S. Moon, T. Li, K. Sato and H. Yokohata: *Energy* **127** (2017) 89-100.

文 石洙 MOON Seoksu

(国) 産業技術総合研究所 省エネルギー研究部門
〒305-0044 茨城県つくば市並木 1-2-1
TEL : 029-861-3083
e-mail : ss.moon@aist.go.jp

長期利用課題報告 2

メガバール超高压物質科学の展開

大阪大学 基礎工学研究科附属極限科学センター
超高压研究部門 清水 克哉

Abstract

本研究は、メガバール (= 1 Mbar は、 10^6 気圧 = 100 GPa) を超える高压力の領域における物質科学を新展開させ、それによりこれまで為し得なかった物質創造に挑戦することを目指したものである。メガバールの超高压力は、物質内の原子間隔を単純に縮めることによる効果にとどまらず、電子軌道を変化させ、その結果ネットワークを組み替え、物性を大きく変化させる。このような操作はいわば、「超高压化学」=「メガバールケミストリー」とよべる圧力の領域といえる。本研究は、このような超高压力下における物質科学を、科学研究費補助金（特別推進研究）「超高压力下の新物質科学：メガバールケミストリーの開拓」（H26～30）の援助を得て、長期利用課題（課題番号：2014B0112～2017A0112）を通じて展開したものである。

1. はじめに

筆者のグループは超高压下の物性測定法の開発を通じて、これまでに常圧力下では非金属である物質が高压下で金属化する圧力誘起金属化や、非超伝導体が超伝導体化するなどの効果を様々な物質において明らかにしてきた。しかし、より高い圧力領域～メガバールの圧力領域では、新現象や新物質が次々と現れてきた。たとえば、典型的な金属と考えられてきたアルカリ金属のリチウムはメガバールの圧力で絶縁体化して¹⁾、その構造は対称性が低いものであった。そしてさらに加圧すると再度金属化した。このような電気的性質や構造変化はこれまでにほとんど観測されたことのないものであった。

このような背景のもと、特別推進研究を実施し、その実施計画にもとづき、長期利用課題として実施することにした。なお、課題における研究対象はシンプルなシステムにおける機能性物質として、3項目の具体的な目標をもとに行った。

- ・項目 A 「水素をはじめとしたシンプルなシステムの超高压物性」
 - (1) 液体水素の金属相の探索
 - (2) 軽ハロゲンの超伝導探索
 - (3) 超高压下構造の理論的研究へのデータ供与
- ・項目 B 「超高压合成による機能性物質のフロンティア」

- (1) 炭素の金属化探査
 - (2) ダイヤモンドフィルムの作成
 - (3) 高温超伝導などの機能性材料の創製
- ・項目 C 「革新的な高压実験技術および理論計算手法の開拓」
 - (1) 4メガバールを超える超高压技術開発
 - (2) 高温高压力下の X 線、電気抵抗およびラマン分光の同時計測の開発
 - (3) 第一原理電子状態計算を用いたコンピュータ・シミュレーションへのデータ供与

2. 主な研究成果

上述の3項目における3年間の成果からいくつかをピックアップして示す。

- ・項目 A 「水素をはじめとしたシンプルなシステムの超高压物性」
 - (A-1) 液体水素の金属相の探索

水素は宇宙に最も豊富に存在する元素とされ、太陽などの恒星や、木星をはじめ土星などのガス惑星の主成分である。このようなガス惑星の内部では水素は高密度に圧縮されて存在し、その状態は金属的であるとされる。これは木星や土星で強力な磁場が観測されたことから、惑星内部には高い電気伝導性を持つ高密度高温流体の存在が必要と考えられるからである。しかし、ガス惑星の表面から金属状態である内部に至るよ

うな広範な温度圧力状態において、水素の状態がどうなっているのかは、実験的には十分に解明されていない。それは、金属流体水素の安定圧力温度領域を実験室で再現することの難しさにある。たとえば、水素は拡散性・反応性が非常に高い元素であるため、高温高压発生装置の内部に安定して保持し続けることが困難である。つまり圧力容器から漏れ出してしまう。ガスガンを用いた衝撃圧縮実験²⁾の例があるが、実験室において静的に高温高压水素を実現することが難しいことが、高温高压水素の研究を阻む大きな要因となっていた。

我々はこれまでに、ダイヤモンドアンビルセル内部に、水素を高温高压力下においても周囲の物質との化学反応なく安定に保持するための技術開発を行った。そして、100 GPa を超える高压力下において、2,000 K 以上の高温を発生して水素の高温高压実験を可能にしてきた。図 1 のようなセッティングによってこれまでに、レーザーによる加熱効率の測定から、高密度流体水素のプラズマ相転移を検出した。その境界は理論計算によって報告されているものと良い一致を示している³⁾。ここで、加熱前後において金などの水素の周囲の物質との反応(水素化物の形成)などがないことを

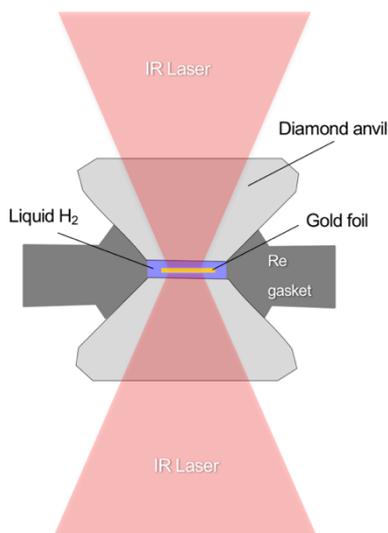


図 1 ダイヤモンドアンビル内における水素の高温高压状態の生成の模式図。レーザー吸収体の金箔とともに水素をダイヤモンドアンビルセル内に封入し 100 GPa 程度まで加圧する。両ダイヤモンドアンビルを通して YAG レーザーを照射し金箔を両面から加熱する。金箔に接する水素は間接的に加熱され、その温度は輻射スペクトルから算出される。

SPring-8 の放射光による構造解析およびビームラインに設置したラマン分光装置により確認した。このプラズマ相転移は水素の絶縁体-金属転移とも密接に関連していると考えられる。

図 1 のセッティングにさらに伝導度を計測するための電極を加え、加熱された金からの輻射光から温度を測定し、加えた金電極間の電気抵抗を同時測定した。図には示していないが、熱流出を抑制するために、ダイヤモンドアンビルの表面にアルミナ絶縁膜を作成している。レーザーパワーを増していくと、前述のプラズマ相転移を観測した温度圧力条件において、電気抵抗の急激な減少が観測された。またその時の電気抵抗率は、衝撃圧縮実験で示された流体金属のもの²⁾とオーダーで一致した。水素を充填しない対照実験を行い、観測された電気抵抗の変化が水素由来であることを確認している。水素のプラズマ相転移に伴う流体金属水素の電気伝導性の変化を直接的に観測したと考えている。

このように流体水素の金属状態を光学的に観測するだけでなく、より直接的にその物性に迫ることが、SPring-8 を用いて可能になった。さらに、この水素を対象としたメガバール実験のための技術的開発は、以下に述べる水素化物などの研究をはじめ、水素関連物質を扱う研究への技術的基盤を為すことになった。

(A-2) 軽ハロゲンの超伝導探索

臭素は、同族のヨウ素と類似した圧力誘起構造相転移をされると考えられる。つまり、分子相 (I 相) から特徴的な非整合中間相 (V 相) を経て単原子相 (II 相) への相転移が期待されていた。変調構造を持つ V 相を含め、それぞれの単相の粉末 X 線回折像を得ることに成功した。これらの相転移圧力を、ヨウ素の実験結果および第一原理計算による予測など比較し、ほぼヨウ素と同じ相転移系列を示すことが分かったが、その一方で臭素特有の構造の出現も示唆する結果を得た。

・項目 B 「超高压合成による機能性物質のフロンティア」

(B-3) 高温超伝導などの機能性材料の創製

2015 年に Eremets らが報告した 200 K を超える高温超伝導⁴⁾は、高压力下ではあるものの、20 年間以上

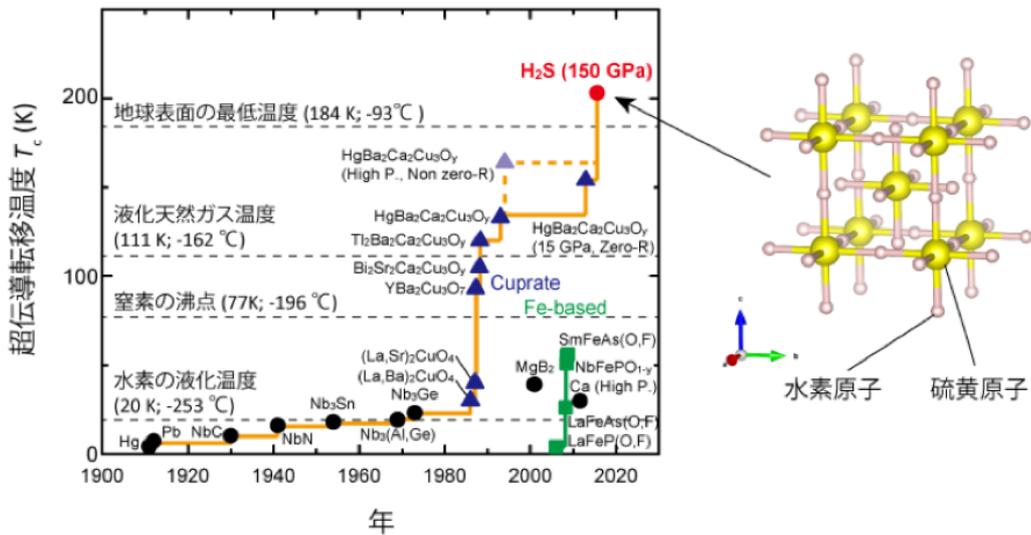


図2 左：超伝導転移温度の推移。オレンジ色の線は最高温度の物質をつないだもの。硫化水素 (H₂S) を 150 GPa まで加圧して得られた転移温度を赤丸で示す。
右：200 K を越す高温超伝導相 (立方晶構造の H₃S) の結晶構造。

停滞していた超伝導転移温度の最高温度の記録を大幅に更新した。この硫化水素の加圧によって得られた超伝導の、①正体 (化学組成や結晶構造) は何なのか、②そもそもこのデータが本物なのか、を明らかにすべく、再現実験が求められてきた。その一方で、理論計算による研究は発見の前後から非常に盛んになり、高圧力下の結晶構造や超伝導転移温度の精度の高い提案が多く出されてきた。実際に、硫化水素の実験結果を精度良く再現している¹⁵⁻¹⁷。室温にせまる、または超えるような高温超伝導は水素を高密度に圧縮した固体金属水素において理論予測されてきたが、実験的にはその生成に必要な超高压力は達成されていない。その一方で水素を多く含有する、いわゆる水素リッチな物質である水素吸蔵合金や炭化水素などを高密度に圧縮すれば、内在する水素由来の超伝導性が期待できるのではと考えられてきた。この硫化水素はまさに水素リッチシステムの一つと考えることもできる。

我々は、これまでに 3 つの実験を行った。(1) Eremets らがセットした試料の入った高圧装置を、阪大の冷凍機および電気抵抗測定装置を用いて電気抵抗の温度依存性を測定して、文献[4]と同様な結果を得た。これにより、②の問いには YES と答えることができた。(2) この Eremets らの試料を用いて、BL10XU において室温および低温で結晶構造を測定した結果

を図3に示す。結晶構造は、Cui らの理論計算から予測された結晶構造¹⁸を再現しており、硫黄原子が体心立方で配置する構造であることが分かった¹⁹。これにより、①に対して、200 K 級の超伝導を示す物質は H₂S が高圧下で相転移して生成した H₃S であることが明らかになった。(3) 我々が独自にセットした試料においてもややブロードながら約 180 K のオンセットを持つ超伝導転移と同じ X 線回折パターンが得られた。以上の実験により①②に対して答えを得た。

・項目 C 「革新的な高圧実験技術および理論計算手法の開拓」

(C-1) 4 メガバールを超える超高压技術開発

トロイダル形状のアンビルを FIB (Focused Ion Beam) によって加工し、加圧試験を行った。加圧時の圧力分布およびアンビルの形状変化をガスケットの Re の X 線回折および透過強度によりそれぞれ測定した。数種類の形状を試験したが、最高圧力は 280 GPa にとどまった。ガスケットの初期厚みが薄いことが原因の一つである可能性が高い。同時にアンビル面上の圧力分布およびアンビルの変形の情報を提供して有限要素法を用いた解析を行ったところ、先端部ではなく、アンビル周辺への応力配分に改善の余地があることが分かった。

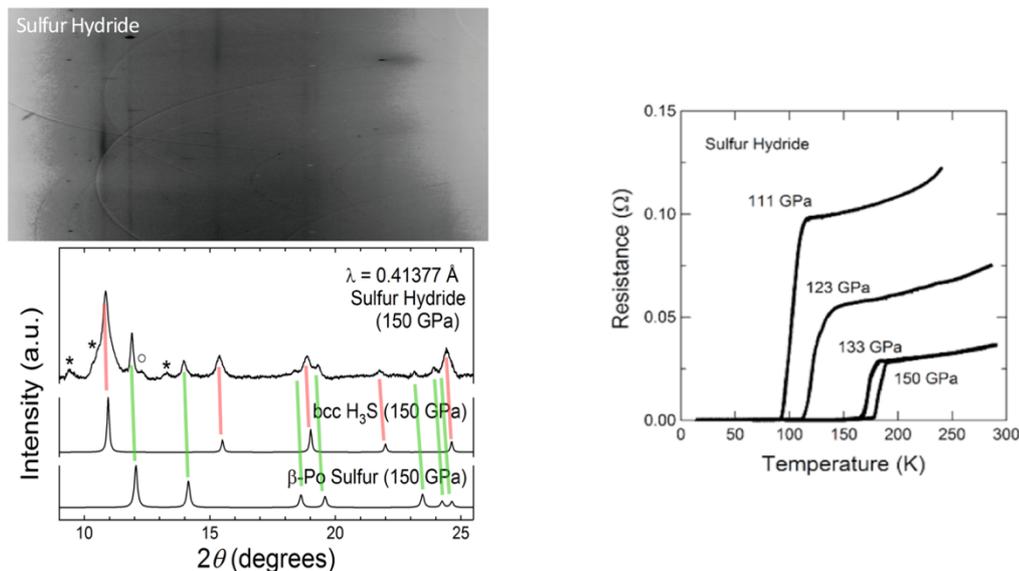


図3 左：150 GPa に加圧した硫化水素からの 2 次元回折像とその強度を一次元化したもの。図2右のように硫黄が bcc (体心立方) 位置に配置した場合のピーク位置 (赤) と単体硫黄の高圧相 (β -Po 相) のピーク位置 (緑) の重ね合わせで説明できる。右：X 線回折実験を行った試料をそのまま冷却して得られた硫化水素の超伝導転移。150 GPa から 111 GPa まで減圧して測定した。

2 段階マイクロアンビルによる超高压力発生を試みた。およそ 270 GPa まで発生したが、1 段階目の圧力の制御をさらに調整する必要が明らかになった。

4. 残された課題

項目 A 「水素をはじめとしたシンプルなシステムの超高压物性」においては、高压流体金属相を他の研究グループでは行われていない電気抵抗測定によって検出した。しかし、その公表には未だ温度の確定と圧力値やそれらの追加実験が必要である。項目 B 「超高压合成による機能性物質のフロンティア」においては、200 K の高温超伝導を示す物質が、硫化水素 (H_2S) が分子解離して生じた立方晶 H_3S であることを発見した。世界的に実験および理論研究において水素化物の高温超伝導探索を加速させた。しかし、ドーピングによる超伝導温度の向上、分子解離過程の詳細な構造解析が必要である。項目 C 「革新的な高压実験技術および理論計算手法の開拓」においては、固体水素の金属化を目指して 400 GPa 超の発生圧力を目標値として、ダイヤモンドアンビルセルによる 2 種類の新たなアンビル形状による加圧方法の開発に挑戦した。しかし目標値には未だ届いていない。圧力形状の最適化が必要である。

謝辞

本研究は科学研究費補助金 特別推進研究 (26000006) の助成を受け、SPRING-8/BL10XU において長期利用課題 (2014B0112、2015A0112、2015B0112、2016A0112、2016B0112、2017A0112) により行ったものである。

参考文献

- [1] T. Matsuoka and K. Shimizu: *Nature* **458** (2009) 186-189.
- [2] S. Weir *et al.*: *Phys. Rev. Lett.* **76** (1996) 1860.
- [3] K. Ohta *et al.*: *Nature* **534** (2016) 95-98.
- [4] A. Drozdov *et al.*: *Nature* **525** (2015) 73-76.
- [5] Y. Wang *et al.*: *J. Chem. Phys.* **140** (2014) 040901.
- [6] I. Errea *et al.*: *Phys. Rev. Lett.* **114** (2015) 157004.
- [7] D. Duan *et al.*: *Sci. Reports* **4** (2014) 6968.
- [8] M. Einaga *et al.*: *Nature Physics* **12** (2016) 835-838.

清水 克哉 *SHIMIZU Katsuya*

大阪大学 基礎工学研究科附属極限科学センター
超高压研究部門
〒560-8531 大阪府豊中市待兼山町 1-3
TEL : 06-6850-6675
e-mail : shimizu@stec.es.osaka-u.ac.jp

24th International Congress on X-ray Optics and Microanalysis (ICXOM24) 報告

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用研究促進部門 今井 康彦

24th International Congress on X-ray Optics and Microanalysis (ICXOM24) という国際会議が、2017年9月26日から29日にかけて4日間の日程でイタリアのトリエステにおいて開催された。ICXOMは1956年に第1回がケンブリッジ・イギリスで開催され、3年もしくは2年毎（現在では2年毎）に開催されてきた歴史のある会議である。当初は電子線やX線を使った顕微測定を行っていた研究者間の情報交換の場として始まった会議であるが、最近ではほぼX線だけになり、中でも放射光X線を利用した研究の発表が主流となっている。実験室系の装置開発などもwelcomeとされており、実際に今回の会議でもX線発生装置を使った発表も何割かを占めていた。会議の開催時期は9月で、ここ10年では、京都・日本(19th, 2007年)、カールスルーエ・ドイツ(20th, 2009年)、カンピナス・ブラジル(21st, 2011年)、ハンブルグ・ドイツ(22nd, 2013年)、ニューヨーク・アメリカ(23rd, 2015年)と続いてきた。ICXOMの歴史に関しては、ICXOM20のProceedingsに、“A brief history of 50 years of ICXOM”という記事がある^[1]。トリエステには、1993年から運転を行っている、2/2.4 GeVの第3世代放射光施設Elettraと自由電子レーザー施設FERMIがあり、会議のホストとなっていた。これらの施設については、見学ツアーが行われたので、後で簡単に述べる。



図1 会場前で撮影された集合写真^[2]。

本会議に先立ってチュートリアルとサテライトワークショップ Macro X-ray fluorescence (MA-XRF) scanning がそれぞれ1日ずつ開催された。チュートリアルは、本会議の会場からバスで20分程の距離にある International Centre for Theoretical Physics (ICTP) において、蛍光X線分析の基礎となるX線物理、大容量(数10GB)のスペクトルデータをPyMCAなどのソフトウェアを使って解析する方法のレクチャーなどが行われた。ワークショップMA-XRFでは、本会議と同じ会場 The Congress Center Trieste において、放射光と共に実験室のX線発生装置を使った絵画の絵具や文化財の評価に関する研究発表が行われた。装置メーカーから専用の測定装置が市販されており、貴重な絵画などを美術館から持ち出さなくても分析できるようになっている。ワークショップには文化財の分野からの研究者が多く参加していた。また、ワークショップの参加者145名の内、女性の割合が3~4割あり、発表者ではほぼ半数が女性であった。分野に依るのかもしれないが、男女比の偏りが少ない点は日本との違いを感じた。

ICXOM24本会議には、24カ国から210名の参加者があり、78件の口頭発表(内12件が招待講演、30件が若手研究者もしくは博士課程の学生による発表)、86件のポスター発表が行われた。ワークショップと合わせた参加者数は270名で、これは主催者想定に近い人数だったようである。過去に筆者が参加した2009年のICXOM20では150名(23カ国)の参加者数であった。会議のプログラムや概要はWebで公開されているので、詳細をお知りになりたい方はそちらを参照していただきたい^[3]。ここでは、招待講演を中心に主要な幾つかの講演をピックアップして報告する。

オープニングには、イタリアの放射光施設 Elettra の Director and President の Alfonso Franciosi 氏の登壇が予定されていたが、関係当局との重要な予算関係の会議が入ったとのことで、代理の方から ICXOM の歴史や Elettra、自由電子レーザー施設 FERMI の紹介などが行われた。引き続き、Nature Communications の Associate Editor の一人 Zachary Lapin 氏より編集のプロセスや Tips についての話があった。同氏はこの雑誌への X 線イメージング関係の論文を増やすことを目的としてこの会議に参加されていた。現在は 70 名の Editor がおり、2016 年には 31,000 件の投稿があったこと、blind peer review option などの紹介が行われた。



図2 会場の様子^[4]。

本会議初日は、午前 X 線顕微鏡のセッションが 2 つ、午後検出器と装置関係のセッションが 2 つあった。2 日目と 3 日目は、2 つの会場を使ったパラレルセッションが計 11 枠、4 日目最終日はシングルセッションが 2 つというスケジュールであった。セッション毎のテーマは以下の通りである。

- X-ray Microscopy
- Detectors
- Tomography
- Tomography and materials science
- Detectors and instrumentation
- X-ray Optics
- Data Analysis for XRF and CT
- Ptychography
- Life science
- Life science and environment

- Optics and FEL
- Optics systems
- Full field and tomography
- Cultural heritage

最初の X 線顕微鏡のセッションは招待講演を含む 4 件の発表があった。最初は、Burkhard Kaulich 氏による Diamond Light Source (DLS) の I08-SXM における走査型 X 線顕微鏡についての招待講演である。DLS は過去 45 年でイギリスの単独の施設としては最大の予算投入がなされた施設であり、2016 年には 1,026 課題が実施されている。施設内にはユーザー用に電子顕微鏡施設 (ePSIC) が備えられており、バイオ実験用の設備も用意されている。I08 では Apple II 型の挿入光源からの 250~4,400 eV の軟 X 線が利用できる。近年では制御ソフトウェアと DAQ システムの大規模なアップグレードを行い、効率的な測定が実現された。ステッピングモーターとピエゾモーターをレーザー干渉計によるフィードバックと組み合わせ、試料を走査する on-the fly 測定が可能となった。また、raster scan 中にオンラインで XRF データのフィッティング結果が表示可能となっており、近いうちにはタイコグラフィデータのオンライン再構成イメージの表示も可能となることであった。これらのアップグレードは、15 名以上のエンジニアと開発者で行われており、ソフトウェア開発に大きな力を入れ、それがきちんと結果に結びついていることが分かった。

POSTECH の Hyunjoon Shin 氏からは、Pohang Light Source (PLS) における走査型軟 X 線顕微鏡についての講演があった。Scanning transmission X-ray microscope (STXM: 発音はスティックセムと聞こえる) で 200~1,500 eV の軟 X 線を使って元素・化学状態・磁気モーメントの分布の測定が行われている。装置は Canadian Light Source や Advanced Light Source、UVSOR と同じ Bruker 製である。最外殻輪体幅 25 nm のゾンプレートを使って約 30 nm の分解能が得られていた (250~850 eV)。また、厚い試料に対しては蛍光 X 線を利用し、約 50 nm の分解能が得られていた。更に、10 nm を切る分解能を目指したタイコグラフィ測定システムも整備済み。実験

結果はたくさん出ているがpublishは未だとのことであった。POSTECHからは3名が参加していた。

Brookhaven National Laboratory (BNL) の Yong S. Chu 氏からは、NSLS-II の Hard X-ray Nanoprobe (HXN) を使ったナノスケールマルチモーダルイメージングについての講演があった。マルチレイヤー Laue レンズ (MLL) を使って、 $12 \times 13 \text{ nm}^2$ の集光が実現されており、蛍光・回折・differential phase-contrast (DPS) ・タイコグラフィー・x-ray beam induced current (XBIC) を組み合わせた同時測定が可能となっている。BNL にはナノポジショニングを専門とするチームがあり、HXN では、6 nrad (V)、17 nrad (H) 程度の角度安定性が実現されているとのことであった。使っている MLL は市販はされておらず、12 keV での集光 X 線 ($12 \times 13 \text{ nm}^2$) のフラックスは 10^9 ph/s 。wedged MLL を使った $8.8 \times 6.4 \text{ nm}^2$ にも成功しており論文投稿済み。20 nm の voxel size でのトモグラフィーも行っているが、測定に 30 時間かかっており、試料へのダメージがある。ある測定では X 線の強度としては 1 点あたり 6 ms で十分だが、DAQ が律速となり 100 ms かかっているとの話もあった。SRI2015 の施設見学で見た時には、まだ装置の立上げ中であったが、着実に進んでいるという印象を受けた。

BNL の Juergen Thieme 氏からは、NSLS-II の 5-ID Sub-micron Resolution X-ray Spectroscopy (SRX) beamline における高空間分解能 XRF イメージングとスペクトロスコピーについての招待講演があった。このビームラインでは 4~25 keV の X 線が利用でき、集光位置におけるフラックスは $10^{11} \sim 10^{12} \text{ ph/s}$ であり、384 素子の Maia 検出器が利用できる。この Maia 検出器は、エネルギー分解能のある 384 個の素子からなり、中心に X 線を通すための穴が空いている。そのため、試料に近づけて、背面 Laue 写真撮影のような配置にすることで、広い立体角を見込むことができる。高速信号処理システムのおかげで弾性散乱が検出器に入っても大丈夫なようである。会場から、なぜモノクロを通さないピンクビームを使わないのか?との質問があった。蛍光 X 線の測定だけであれば、ピンクビームの方が高いフラックスが得られ、ビームの安定性も向上すると期待されるからである。質問へ

の回答は、スペクトロスコピーを考えてビームラインを設計したためピンクビームは使えるようになっていないから、という消極的なものであった。

検出器と装置関係のセッションでの招待講演は、BNL 検出器開発グループの D. Peter Sideons 氏からで、放射光用の monolithic multi-element Ge 検出器についてであった。この検出器はドイツの the Forschungszentrum Julich で開発されたセンサーアレイと BNL で開発した ASICs を組み合わせたものであり、配線はワイヤーボンディングである。element 数は 64 から 384 のものまでが開発済みであり、NSLS-II と APS で使われている。センサーは 90 K に冷却されており、122 keV でのエネルギー分解能は 770 eV と報告されていた。

2 日目はパラレルに合計 6 つのセッションがあり、夕方のポスターセッションを挟んで、Conference dinner があった。

ESRF の Marco di Michiel 氏からは、“Time resolved X-ray diffraction computed tomography for studying real systems under operando conditions” というタイトルの招待講演があった。ESRF の ID15A では、150 keV までの高エネルギー X 線と PILATUS X CdTe 2M を使い、触媒や電池などの化学反応中の中間生成物の分布を on-the-fly XRD-CT 測定している例が紹介された。速く測るとその分角度刻みが荒くなるため空間分解能が犠牲となるが、データにはなるとのことである。5次元 chemical imaging という言葉が印象に残った。

検出器と装置のセッションでは、Paul Scherrer Institut (PSI) の A. Bergamaschi 氏から、“Advances in hybrid pixel detectors for photon science” というタイトルの招待講演があった。XFEL 用に開発されている電荷積分型のピクセル検出器 JUNGFRÄU と、低いフラックス用のエネルギー分解能のある 2 次元検出器 MÖNCH が紹介された。JUNGFRÄU は $75 \times 75 \mu\text{m}^2$ のピクセルサイズ、12 keV において 1 フレームあたり 10^4 のダイナミックレンジ、2 kHz のフレームレートで、EIGER の 10 倍のフラックスまで使える検出器である。この検出器は、放射光においても、高いフラックスを活かした実験に使えるのではないかと

との提案があった。一方、MÖNCH は積分型ではあるが、1 光子の分解能をもつ 2 次元カラー検出器である。シリコンのセンサー、 $25 \times 25 \mu\text{m}^2$ のピクセルサイズ、RMS で 120 eV のノイズ、低い方で 600 eV の軟 X 線まで 1 光子の分解能をもっている。空間分解能は内挿することで、ミクロンレベルまで高めることができるということであった。XRF や Laue 反射、RIXS での利用が考えられている。既存の大型放射光施設のアップグレードでピンクビームを使うことを考えると、それなりのエネルギー分解能があり、1 光子の感度をもつこのような 2 次元検出器が必要となることが考えられる。

3 日目は、午前中のセッションの後 15:00 から放射光施設 Elettra と自由電子レーザー施設 FERMI、アンジュレータ開発製造メーカー Kyma の見学ツアーが順に行われた。Kyma は隣国のスロベニアにあるため、必要な人はパスポートをもってくるようにとの指示があった。放射光施設 Elettra は市中心部から東へバスで 30 分弱の距離の山の上であり、周長 259.2 m、エネルギーと蓄積電流 2 GeV、300 mA (75%) / 2.4 GeV、140 mA (25%)、エミッタンス 7/9.7 nm·rad で、トップアップ入射で運転されている。見学した日は運転中でユーザー実験が行われていた。ビームラインは軟 X 線が中心なためか、SPRING-8 のような大きなハッチは目立たなかった。もちろん、偏向電磁石を光源とする硬 X 線のビームラインもあり、医学イメージング (マンモグラフィ) なども行われていた。病院の装置では診断が難しい患者さんが年間 70 名ほど来所して診断を受けている。施設全体がコンパクトで天井が低いためか、測定装置も含めて全体がコンパクトにまとまっているという印象を受けた。一方、自由電子レーザー施設 FERMI の実験ホールは天井が高く装置も大きいためインパクトがあった。FERMI は UV から軟 X 線を出すことができる。また、Seeded FEL であるためモノクロの必要がないという特徴がある。見学ではコヒーレント回折イメージングの装置が紹介された。壁に食事の出前メニューが貼られていた (食事をとりに外へ出る時間を惜しんで研究に取り組んでいる、ということであろうか?)。

最終日の 4 日目は午前中に 2 つのセッションがあり、Chair の Alessandra Gianoncelli 氏による Concluding remarks で締めくくられた。次回 2019 年の開催地の発表はなかったが、一部の参加者からは今度はアジア地域で開いて欲しいという声が聞かれた。



図 3 放射光施設 Elettra 見学の様子。

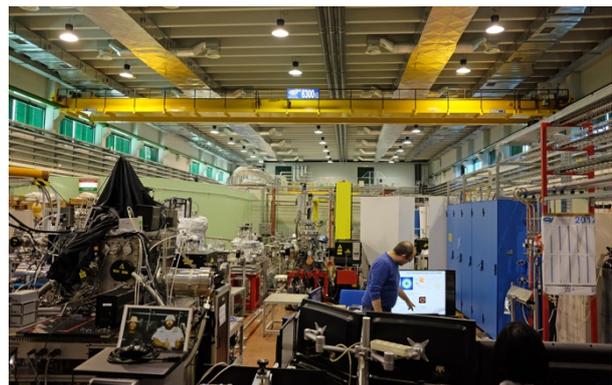


図 4 自由電子レーザー施設 FERMI 見学の様子。

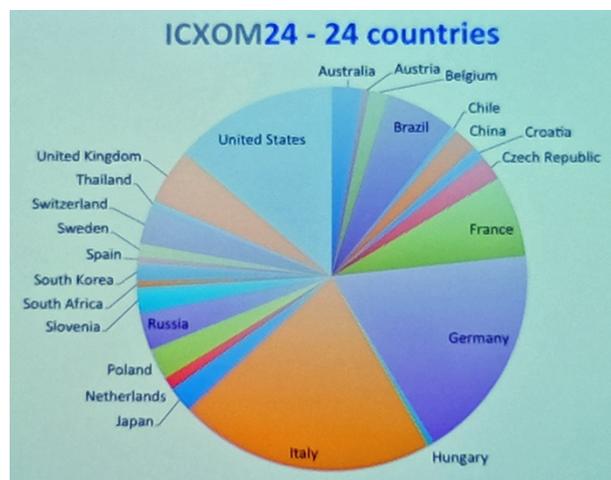


図 5 参加者の所属国別の割合。日本からは 4 名。

参考文献

- [1] K. Janssens: *AIP Conf. Proc.* **1221** (2010) 1-6.
- [2] Alessandra Gianoncelli: private communication.
- [3] <http://www.icxom24.it/Main/Program>
- [4] <https://www.elettra.trieste.it/comunicazione/events/icxom24.html>

今井 康彦 IMAI Yasuhiko

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0802 ext 3478
e-mail : imai@spring8.or.jp

9th International Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy using Accelerator-based Sources (WIRMS) 2017 報告

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用研究促進部門 池本 夕佳

9th International Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy using Accelerator-based Sources (WIRMS2017) が2017年9月25日から28日の日程で、イギリス、オックスフォードのWorcester Collegeで開催された。加速器をベースとした赤外光源とその利用に関する会議で、2年に一度開催される。会議の様子を報告する。

会議のセッション構成は、“Facilities Update”、“Biomedical Applications”、“Physics, Chemistry & Materials”、“Technical Development”、“Near-Field IR”、“THz Research”、“Multidisciplinary Applications”からなっていた。

“Facilities Update”のセッションでは、NSLS (アメリカ)、LNLS (ブラジル)、SPring-8 (日本)、ALS (アメリカ)、FELIX (オランダ)、TeraFERMI (イタリア)、Indus-1 (インド)、ALBA (スペイン) から報告があった。SSRF (中国) からの報告は事情により当日キャンセルとなった。FELIX と TeraFERMI は、赤外 FEL 施設であり、現状の施設報告であった。NSLS は、施設アップグレードで NSLS-II となり赤外ビームラインが途絶えているが、赤外光を取り出すためにリングの工夫は施してあるため、建設に向けて特に財政面で努力しているとの報告であった。ALS は、現在赤外ビームラインが2本稼働しているが、さらにもう1本追加するとの報告であった。Indus-1 と ALBA は、赤外ビームラインが最近稼働を始め、データが出始めたとの報告であった。SPring-8 については、筆者からの報告で、国内放射光施設の現状と、SPring-8-II を含む次世代エミッタリングにおいては赤外光の強度は低下が避けられないこと、既設の赤外ビームラインにおける利用の最大化や低エネルギーリングの活用を目指すことなどを報告した。一方、ブラジルの LNLS は、赤外ビームラインが1本稼働しているが、現在建

設中の SIRIUS においても、赤外ビームラインが first phase で建設される計画で進んでいるとの報告であった。SIRIUS は、3 GeV、5 Bend Achromat lattice の低エミッタリングで、次世代放射光光源において赤外ビームラインの建設を見込んで進んでいるのは SIRIUS のみである。赤外光の取り出しに関する詳細な説明は今回の講演ではなかったが、前回 WIRMS 会議において報告していた内容を参考にすると、蓄積リング真空チャンバーの部分的な改造と、edge radiation を含む光の取り出しにより、THz 領域まで十分な強度で取り出せるとのことであった。しかし、SPring-8-II や他の国内次期放射光光源計画においては、この方策だけでは利用に耐える強度の赤外光を取り出すことは困難である。SIRIUS における赤外ビームラインの動向が注目される。

“Biomedical Applications”のセッションでは、赤外放射光の高輝度特性を利用して、生物試料の顕微分光を行った事例が報告された。海外の放射光施設における赤外ビームラインでは、生物分野の利用が非常に多い。会議では、n-アルカンの分布を指標とした進行性糸球体腎炎の早期診断や、神経膠腫細胞に対する放射線照射の影響、急性骨髄性白血病細胞に対する新薬の影響、分化した IPS 細胞とターゲット細胞の性質が同じであるかどうかの検証、変性した大動脈弁の組成分布解析、アルツハイマー病の発症にも関係するアミロイド凝集体の分析など、医学関連の研究が多い。この他、単一の真核細胞を対象として測定した代謝ダイナミクスや、赤外分光による金属タンパク質の酸化還元反応の解析などの講演があった。このセッションで報告された研究の多くは室温・大気環境における顕微分光だが、一部、赤外分光用の水溶液セルを利用したり、試料に電圧をかけて in situ で測定した研究もあった。

“Physics, Chemistry & Materials”のセッションでは、カーボンナノチューブや一次元細孔を持つアルミノシリケートの細孔中における水分子の挙動を調べた研究が報告されていた。細孔表面をアルキル基で修飾したり、試料環境の湿度を変化させたりして水素結合のネットワークが変化する様子を調べる研究であった。また、metal-organic framework (MOF) やゼオライトなどマイクロポーラス物質に吸着された様々な分子の構造を、放射光を利用した赤外分光の他、X線回折・NMR・中性子など多様なプローブを用いて解析する研究の報告もあった。これは、イギリス、Cardiff University の Dr. C. L. Jones の研究で、赤外分光は DIAMOND の赤外ビームラインで行っており、中性子実験は DIAMOND に隣接する ISIS で行っている。地の利を活かした研究であると感じた。中性子実験は、非弾性散乱を利用した molecular vibration spectroscopy で、赤外分光との相補利用として興味深かった。MOF を対象とした研究として、骨格構造の振動に着目して遠赤外分光を行った研究の報告もあった。このセッションは、招待講演 3 件を含む 8 件の講演で構成されているが、そのうち 3 件が microporous material を扱っている点が興味深かった。この他、 H_2S の超電導状態を調べる報告や、高圧実験を行った研究の報告があった。

“Near-Field IR”のセッションは、ALS (アメリカ)、PTB (ドイツ) のグループからの報告であった。この他、“Facilities Update”のセッションで、LNLS (ブラジル) の現状報告として近接場分光の紹介に時間を割いていた。これらの装置は、AFM プローブに赤外光を集光し散乱光に含まれる近接場信号を観測する s-SNOM (scattering scanning near-field optical microscope) である。前回の WIRMS では、これとは測定原理が異なる photothermal nanospectroscopy に関する講演が SOLEIL から報告され、興味を引いた。しかし、今回の会議では、photothermal nanospectroscopy に関する報告はなかった。この測定は、AFM プローブを近接させた試料に赤外光を照射し、試料の熱膨張を AFM プローブで感知する手法で、100 nm 以下の空間分解能で赤外スペクトルを測定できる。また、ドイツの赤外 FEL 施設である FELBE と TELBE を利用した近接場分光の報告があったが、これも s-SNOM であった。FELBE

は、2007 年に日本で開催された WIRMS において、photothermal nanospectroscopy の実験を世界に先駆けて報告した。その際講演を行った Dr. S. C. Kehr が、FELBE を利用した s-SNOM を報告しており、興味深かった。Photothermal nanospectroscopy は、赤外光照射により膨張した試料が AFM のプローブ振動を励起してから緩和する過程を解析するため、照射光は比較的長時間間隔が広いパルス光である必要がある。また、測定試料は熱膨張しやすい柔らかい試料がターゲットとなる。これらの特性が装置の開発に影響を与えていることが考えられる。

“THz Research”のセッションでは、InGaAs を用いた室温で動作する THz 検出器の講演があった他、coherent synchrotron radiation (CSR) を利用した縦方向のバンチダイナミクスの観測、THz 領域の undulator radiation に関する研究などが報告された。“Multidisciplinary Applications”のセッションでは、絵画に使われた絵の具の解析の他、隕石に含まれる水や有機物由来成分の分布状態を調べる研究や、タイタン (土星の衛星) の大気状態を模倣した環境を用意し、タイタンで存在が指摘されている窒素化合物の遠赤外スペクトルを測定する研究などが報告された。

“Technique Development”のセッションでは、focal plane array detector (多素子 MCT 検出器) を搭載した赤外顕微鏡において、FTIR 装置前段においた deformable mirror を利用して顕微鏡焦点位置におけるビームプロファイルを整形する講演が目をつけた。DIAMOND と Australian Synchrotron の研究者が報告していた。顕微鏡視野のより広い領域に均一に放射光を照射するための工夫である。講演では触れられていなかったが、この取り組みは、Wisconsin University の Synchrotron Radiation Center で 2013 年に報告された 3D 赤外トモグラフィ測定を念頭において行っているのではないかとと思われる。Wisconsin University の Synchrotron Radiation Center の赤外ビームラインはユニークな設計で、bending magnet から放射される光を 12 個のミラーで受けて下流に導く。顕微鏡上では、フラットトップで広い視野範囲に放射光が集光される。3D 赤外トモグラフィ測定のためにはこのようなビームプロファイルが必須であると考えられる。Wisconsin University の Synchrotron

Radiation Center は 2014 年に閉鎖され、それ以降、他施設から 3D 赤外トモグラフィ測定の例は報告されていない。“Technique Development”のセッションで、もう 1 点、非常に興味深かったのは、SOLEIL の赤外ビームライン研究者である Dr. F. Borondics からの講演で、最近注目されている supercontinuum laser を光源とした顕微分光の紹介であった。Supercontinuum laser は、femtosecond laser を種光として、非線形光学現象を引き起こす photonic crystal fiber によってスペクトル領域を拡張したレーザーである。講演で使用したレーザーは NOVAE が販売しているレーザーで、1.9~3.9 μm を波長掃引することなく single shot でカバーする。帯域が広く、FTIR を使った分光測定の光源として利用可能である。平均パワーは 1.5 W で、この帯域だけ考えると赤外域の放射光よりもはるかに強度が高い。講演では、このレーザーを利用した顕微分光と、放射光光源によるものとを比較しており、空間分解能・スペクトルのクオリティともに区別がつかない結果であった。NOVAE は会議のスポンサーとして出席しており、また、同種のレーザーを取り扱う NKT Photonics の企業展示もあった。この他、quantum cascade laser (QCL) を扱う LASER2000 のブースもあった。ポスターセッションでは、ドイツの Dr. K. F. Mak が、Ho:YAG の femtosecond laser を種光とした frequency comb で、4.5~20 μm の帯域をカバーするレーザーを開発した研究を報告していた。今回の会議は、加速器をベースとしないレーザー光源が目立つ会議であった。赤外領域の放射光は近赤外から遠赤外まで（波長ではサブ μm からサブ mm まで）カバーするため、帯域の観点から言えば、放射光の方が広い。しかし、レーザーの開発スピードは非常に早いため、今後の動向を注視する必要がある。

池本 夕佳 IKEMOTO Yuka

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0830
e-mail : ikemoto@spring8.or.jp

第16回加速器と大規模物理実験制御システムに関する国際会議 (ICALEPCS2017) 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 増田 剛正、岡田 謙介
情報処理推進室 松本 崇博

ICALEPCS2017 (16th International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems) が、2017年10月9日から13日まで、スペインのバルセロナで開催された。ICALEPCSはその名前の通り加速器と大規模物理実験の制御システムに関する国際会議である。隔年でヨーロッパ、アメリカ、アジア(含むオセアニア)地域を巡回して開催されていて、今回はALBA Synchrotron主催で開催された。素粒子物理学実験施設を始め、放射光、中性子源、核融合、電波望遠鏡などの施設から607名の参加があった。会議は以下に示す14のプログラムトラックで構成され、プレナリー、パラレルの両セッションを合わせて全部で111の口頭発表が行われた。前回のICALEPCSから新たに14番目のData Analyticsのトラックが追加されたことを言及しておく。

1. Experiment Control
2. Functional Safety and Machine Protection
3. Software Technology Evolution
4. User Interfaces and User eXperience (UX)
5. Project Status Reports
6. Control Systems Upgrades
7. Data Management and Processing
8. Integrating Diverse Systems
9. IT Infrastructure for Control Systems
10. Feedback Control and Process Tuning
11. Hardware Technology
12. Timing and Synchronization
13. Systems Engineering, Collaborations and Project Management
14. Data Analytics



図1 会場となったカタロニアコンgresセンター

また会議に先立ち、10月8日、9日の両日に制御に関する特定の話題について深く議論するための場としてプレワークショップが開催された。HDF5 data format、Control System Cyber-security、Motion Controlなど10件のプレワークショップに延べ560名の参加があった。

会議の内容は多岐にわたり、かつ専門的であるため、ここでは放射光実験と放射光施設に関わる話題を中心に報告する。既にICALEPCS2017のWebサイト¹⁾に発表資料やプロシーディングスが公開されているので、ご興味がおありの方はそちらを参照していただきたい。なお、SPring-8/SACLAからは4件の口頭発表(理研:福井、JASRI:岡田、松本、増田)、1件のミニオーラル付きポスター発表(JASRI:松本)および3件のポスター発表(JASRI:細田、石井、清道)が行われ、会議には5名(理研:福井、JASRI:松下、岡田、松本、増田)が参加した。

今回の ICALEPCS におけるキーワードを挙げると、“Collaboration”、“Open Source”、“Open Hardware”であったと思う。制御の世界では、以前より施設間での“Collaboration”による制御システムの開発が積極的に行われているが、その傾向が益々強まっているように感じられた。口頭発表の多くが Collaboration によって進めているプロジェクトを含んでいたり、あるいはその成果物を活用したものであった。

“Collaboration”によって進められているプロジェクトの代表例が TANGO^[2]と EPICS^[3]である。これらは SPring-8 で使用されている MADOCA^[4]同様、大規模な制御システムにおいて複雑な通信レイヤを隠蔽し、ソフトウェア同士あるいはソフトウェア～ハードウェア間の橋渡しを行う“制御フレームワーク”と呼ばれるソフトウェアである。9月に初めてのユーザー実験がスタートしたという報告があった European XFEL のように独自の制御フレームワークを利用している施設もあるが（ただし EPICS への接続は可能）、加速器施設や電波望遠鏡、核融合施設など、その多くで TANGO や EPICS を活用している。特に TANGO のプロジェクトの広がり際立っていた。これはその中心地であるヨーロッパが開催地だったことも一因と思われるが、それ以上に公開資料の整備やメンテナンス、サポートなどに人員を割くマネジメントの一貫性によるところが大きいと感じた。近年は産業利用への展開も広がっている。著者の一人（岡田）が、よく使われる制御のパターンを共通化して開発の手間を省こうという Sardana^[5]と名付けられた TANGO ベースの制御パッケージのプレワークショップに参加したが、もともと ALBA 所内のプロジェクトだったものを、コミュニティに広げていくためには始めのハードルを越えるのに相応の努力がいるのだとワークショップ主催者が述べていた。

実験制御においても、多くは TANGO や EPICS を活用しており、それらとリンクが取れるようなソフトウェア構成となっている発表が多く見られた。第4世代放射光光源として2016年6月に始動した MAX IV や ESRF の次期計画である EBS でも TANGO が制御フレームワークとして活用されている。このような次世代の放射光施設では、簡易にプログラム構築が可能

な Python スクリプトの活用とともに、Web ベースでの制御へと移行が進んでいるのが印象的であった。実験ステーション向けの汎用ツールも spec を発展させた BLISS や、2次元検出器用フレームワーク（areaDetector^[6]、LIMA^[7]）などの開発が進んでいた。

実験データ蓄積のためのデータフォーマットとしては、階層構造をもつデータを管理できる HDF5 が多くの施設で活用されていた。大容量データを効率的に扱うための各種技術要素開発やデータ解析ツールの整備が進展し、最近ではクラウドでの利用も実現できるようになってきている。

また実験制御については、筆者の一人（松本）が MADOCA を用いた X 線実験のデータ収集および制御フレームワークである DARUMA について発表を行っている。DARUMA は現在、SPring-8 での幾つかの実験ステーションに導入することで放射光実験の支援を進めているが、今後、他の放射光施設とも連携し、HDF5 などの標準技術の活用や、様々な汎用ツールと連携していくことが重要になると感じた。

“Collaboration”によって進められるプロジェクトはこれまではソフトウェアが中心であり、それらは“Open Source”として公開され誰でも利用することができる。この考え方をハードウェアにまで広げたのが“Open Hardware”である。各種 I/O ボードを始めとするハードウェアの開発に必要な各種データをすべて公開するという取り組みであり、10年ほど前から Open Hardware Repository^[8]として CERN を中心に“Collaboration”によって進められていた。今回その成果物を利用した事例が多く報告されており、その取り組みがようやく実を結んできたと言える。Open Hardware の流れを作った CERN の Javier Serrano が、今回 ICALEPCS の Lifetime Achievement Award を受賞したのはその象徴であろう。

“Open Hardware”の成果の代表例が White Rabbit^[9]で、これはネットワークを介してサブナノ秒以下の高精度で時刻同期が行える技術である。White Rabbit をタイミングシステムとして採用していたり（CERN、GSI など）、あるいは採用を予定している発表（Square Kilometer Array（SKA）、Cherenkov

Telescope Array (CTA)、Extreme Light Infrastructure (ELI) など) が幾つか見られた。SuperKEKB、ESS、SwissFEL など市販品の Micro Research Finland のタイミングシステムを採用している施設も幾つかあったことを追記しておく。

中でも EBS のタイミングシステムとして White Rabbit を採用するという発表はインパクトがあった。White Rabbit を用いて加速器の RF 信号を Ethernet で伝送 (RF over Ethernet) するとのことであった。柔軟性や拡張性に優れ、加速器だけでなくビームラインへも加速器由来のタイミング信号が正確なタイムスタンプとともに配布できることが White Rabbit の採用理由であるとのことであった。

ALBA と MAX IV との Collaboration で、“Open Hardware”を活用した Electrometer の開発の発表があった。ハードウェア、ゲートウェア、およびソフトウェアの各種インターフェースを open standard で設計していて、入力レンジは 1 mA から 100 pA まで、0.5 Hz から 3,200 Hz のローパスフィルタでフィルタリングしている。同一入力レンジで比較すると、Keithley 6517B よりもノイズ電流密度が最大で 32 dB 優れているという報告があった。タッチパネルを用いたローカル制御、Web アクセスによる簡単な監視や制御も可能で使い勝手も良さそうである。データにはタイムスタンプが付けられる。

今回新設の Data Analytics のトラックにおいて、機械学習を利用した加速器機器の異常検知の紹介があった。数千点に及ぶモニターセンサーからの時系列データを人の目で監視するのは不可能なので、機械学習のアルゴリズムを適用して、普段と違う動き、仲間と違う動きを捉える。データの分散処理のインフラを整えた上での分析である。今どきのビッグデータ解析の潮流で、次回以降このトラックは伸びてくるかもしれない。

会議の最終日には ALBA Synchrotron の施設見学が行われた。ALBA は外観の美しい写真が印象的であったが、実際に建屋内部に入っても外観同様に非常に美しい施設であった。周長 270 m の加速器トンネル内部を半周ほどと、ビームライン実験ステーションを

2 本ほど見学することができた。ビームラインは現在 8 本が稼働中ということで実験ホールには所々にまだ広いスペースがあり、天井から外光が積極的に取り入れられていることもあって明るく開放的に感じられた。



図2 ALBA Synchrotron の実験ホール

バルセロナがあるカタルーニャ州では、10月1日にスペインからのカタルーニャ州独立の是非を問う住民投票が行われたばかりで、ある程度の混乱があるのではないかと心配していた。カタルーニャ州の旗を振りながら車やバイクに乗っている人々や、マンションの窓からカタルーニャ州の旗を出して大騒ぎをしている人々の姿をま見することはあったが、心配していたような大きな混乱はなかった。地下鉄などの案内にはスペイン語とともにカタルーニャ語による表記があり、今回の独立運動の背景の一端を感じることができた。

次回 2019 年の ICALEPCS は BNL 主催で New York において、また 2021 年の ICALEPCS は SSRF 主催で上海において開催される予定である。

参考文献

- [1] <http://icalepcs2017.org>
- [2] <http://www.tango-controls.org>
- [3] <http://www.aps.anl.gov/epics>
- [4] 古川行人 他:SPRING-8/SACLA 利用者情報 19(2014) 392-395.

- [5] <http://sardana-controls.org/en/latest>
- [6] <http://cars.uchicago.edu/software/epics/areaDetector.html>
- [7] <http://lima.blissgarden.org>
- [8] <https://www.ohwr.org>
- [9] <https://www.ohwr.org/projects/white-rabbit>

増田 剛正 MASUDA Takemasa

(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 : masuda@spring8.or.jp

岡田 謙介 OKADA Kensuke

(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 : k.okada@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
e-mail : matumot@spring8.or.jp

公益財団法人高輝度光科学研究センター（JASRI）への 第3回科学技術助言委員会の提言内容

（概要）

財団 JASRI の役割は、SPring-8 と SACLA の共用施設を理研とともに効率的に運転・高度化し、登録機関として共用ビームライン利用者の公正な選定と効果的な支援を行い、利用研究成果を最大化することにある。とくに、利用者の方々が学術的にも産業的にもインパクトのある研究成果を創出されるよう効果的な支援と技術開発を実行することが JASRI の重要な使命である。

利用支援業務（研究開発、技術支援、情報支援等）の最適化のため、その業務の実施状況、技術開発の現状と将来計画を報告して有識者の助言を受けることを目的に、2015 年、科学技術助言委員会（委員長：雨宮慶幸東京大学教授）が設置された。これまでの 2015 年 9 月の第 1 回委員会、2016 年 8 月の第 2 回委員会に引き続き、下記の有識者 18 人により構成される第 3 回委員会が、2017 年 9 月 14 日から 15 日の 2 日間にわたり、SPring-8 キャンパスにて開催された。

第 3 回委員会では、始めに、土肥義治理事長から JASRI の現状と課題、田中良太郎常務理事から研究系の取り組みについて説明があった後、光源基盤部門（後藤俊治部門長）から施設の現状について報告があった。

ついで、利用支援業務に関して、利用研究促進部門（櫻井吉晴部門長）、産業利用推進室（廣沢一郎室長）、タンパク質結晶解析推進室（熊坂崇室長）、XFEL 利用研究推進室（矢橋牧名室長）、情報処理推進室（松下智裕室長）、そして利用推進部（木下豊彦部長）から、これまでの委員会からの助言への対応の他、各部門・室の活動の方向性、課題等について発表があった。なお、前述の光源基盤部門及び情報処理推進室は、従来の加速器部門、制御・情報部門、光源・光学系部門の 3 部署を改組し、2017 年 4 月に新たに組織された部署である。

このたび、委員会の雨宮委員長より理事長あてに下記の助言を頂いたので、その提言内容を本誌に公表して、利用者各位に報告する次第である。

（第 3 回科学技術助言委員会 委員名簿 2017 年 9 月）
（委員長）

雨宮 慶幸 東京大学大学院 特任教授

（副委員長）

下村 理 高エネルギー加速器研究機構 名誉教授

石川 哲也 理化学研究所 放射光科学総合研究センター センター長

岩田 忠久 東京大学 大学院農学生命科学研究科 教授

上田 潔 東北大学 多元物質科学研究所 教授

佐々木 園 京都工芸繊維大学 繊維学系 教授

佐野 雄二 内閣府 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) プログラム・マネージャー

高尾 正敏 元 大阪大学 特任教授／パナソニック (株)

高原 淳 九州大学 先導物質化学研究所 教授

月原 富武 兵庫県立大学 特任教授／大阪大学 名誉教授

中川 敦史 大阪大学 蛋白質研究所 教授

中瀬古広三郎 住友ゴム工業 (株) 技監

沼子 千弥 千葉大学 大学院理学研究院 准教授

濱 広幸 東北大学 電子光理学研究センター センター長・教授

平井 康晴 佐賀県地域産業支援センター 九州シンクロトン光研究センター 所長

古川 和朗 高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設 加速器第 5 研究系 研究主幹・教授

古屋 和彦 富士フイルム (株) 嘱託

松原英一郎 京都大学 大学院工学研究科 教授

第3回 JASRI への科学技術に関する助言

第3回科学技術助言委員会

2017年11月10日

1. はじめに

SPring-8 と SACLA における利用支援（技術支援と研究開発）を担う JASRI が、SPring-8/SACLA の利用研究（基礎・応用）成果の最大化のために、引き続き、効率的にその役割を果たすための助言を行うことを目的として、昨年度の第2回に続き、第3回科学技術助言委員会を2017年9月14日、15日の2日間にわたって開催した。

今回は JASRI の将来を見据えつつ、より安定的な経営基盤の上で SPring-8 及び SACLA の利用促進業務が実施されることが放射光科学・技術を推進する上で重要であるという考えのもとで、各研究部門・室における個々の科学技術に係る助言に留まらず、JASRI 全体としての運営方針についても重点を置き助言の取り纏めを行った。

2. JASRI の活動報告に関する助言

市場化テスト（総務省）の指摘に基づいて行われた基本収入、受託業務及び職員数の推移、研究・事務組織体制や人事制度の見直しに関する説明があった。いずれの推移も右肩下がりではあるが、それにも関わらず、JASRI の果たすべき役割の重要さは、日本の放射光科学・技術を推進する上で今まで以上に増していることを自覚した運営・経営が強く期待されている。

そのためには、設置者である理研とこれまで以上の綿密な連携・協力関係を築いて、人的・物的・情報資源の最大活用を行う運営が必要である。このことは、近い将来に理研が SPring-8-II 計画を実現させるための必要条件でもある。SPring-8-II 計画をタイムリーに実現できるか否かが、日本が世界の放射光科学・技術を今後も牽引することができるか否かの試金石になると考える。ESRF、APS 等の世界の放射光施設の動

向及び国内の他の放射光施設の動向も勘案して、理研と共に将来の放射光科学の Roadmap を描く姿勢・気概を現場の研究者、職員と共有する運営・経営を強く期待する。JASRI のビジョンを内外に示すことにより、JASRI スタッフが誇りを持って仕事をできる環境作りが必要である。

成果については TOP1%論文数の着実な増加は評価できるが、産業利用などで求められるように、SPring-8 独自の評価軸を模索することも必要である。利用研究成果の最大化のためには、理研、SPRUC との密接な連携を取って、共用ビームライン、専用ビームライン、理研ビームラインを含めた SPring-8 のビームライン全体のポートフォリオ*を作りビームライン全体の最適化を図る時期に来ている。

現場（グループリーダー：GL、チームリーダー：TL）とのヒアリングの結果は、部門長、室長と議論して、今後の展開に繋げてほしい。ヒアリングによって執行部と現場の情報共有がどの程度深まったのか、また、現場の志気の高揚にどの程度プラスになったかが、見えてこなかった。現場にやる気を起こさせる魅力あるリーダー像とは何か、考える必要がある。

3. 利用促進①に関する助言

3-1 利用研究促進部門

TL 会議、GL 会議の定期的な開催による現場での情報共有への努力が行われている。

外部資金獲得額・論文発表数が増加していることは評価できるが、約 50 名の内部スタッフの論文数が年間 20-30 報であることについては議論が必要である。

オープンサイエンスに関して、ワーキンググループで検討が行われた結果、BL20XU をパイロットケースとしている。ただ、オープンデータ、オープンアクセ

* 本書では、共用ビームライン、専用ビームライン、理研ビームラインの全体について「様々な視点から俯瞰・分析・戦略作成ができる一覧表群・マップ群」の意味

スについては研究分野で大きく異なるので、SPRUCを含めた SPring-8+SACLA 全体としての基本的概念をまず確立しておくことが肝要で、さもなければ分野ごとに異なるシステムになることが危惧される。

X線検出器、大容量データ処理・解析技術、解析 platform 構築は、SPRUC、理研と協議をして開発や導入（＝購入）に関するより明確な方向性を出すことが必要である。同時に、SPring-8 と SACLA との間での情報共有を行いながら進めることが必要である。

極低エミッタンス、高エネルギーX線光源を最大限に活用する方針の基に高性能化が行われていることは評価できる。

高エネルギーX線を用いた広い Q 領域の PDF 測定・解析は異常散乱効果を利用した元素識別と相まって、非晶質材料の原子レベルの構造解析に大きな威力を持つ手法であり、推進すべき方向性である。ただし、これらの手法は長年取り組まれてきた手法であるので、SPring-8 ならではの特徴や、SPring-8-II 計画で実現される特徴も踏まえ、これまででない新しい PDF 解析技術が開発されることを強く期待する。

中尺ビームラインとガウス型 FZP を組み合わせて実現した高エネルギー nanoCT の開発は高く評価できる。研究成果を外部に積極的に広報すれば、潜在ユーザーが多数いるので、多くの新たなユーザーが使いにくるであろう。また、構造材料の場合、材料組織制御と破壊との関係などに注力したアピールが有効であると考えられる。

3-2 産業利用推進室

瞬冷凍の氷のイメージングなど、食品等の新規分野での利用開拓が実を結びつつある。

産業利用の観点で SPring-8 全体のポートフォリオを視野に入れた推進が必要である。また、企業のニーズを吸い上げるための情報収集の努力が引き続き必要である。分析会社の参画は産業利用に関するビジョンを共有した上で、進めるべきである。

産業利用の評価軸は、尖った技術と標準技術で分けて考えることも一例であり、また、リピート率も一つの指標ではあるが、SPring-8 での実績を基に議論してほしい。

4. 利用促進②に関する助言

4-1 タンパク質結晶解析推進室

タンパク質結晶解析推進室では理研ビームライン、阪大ビームライン、NSRRC と連携して共用ビームラインを運用しているため、課題数及び成果が増加する傾向にあり、評価できる。

AMED・創薬等ライフサイエンス研究支援基盤事業（2017年～2021年）をきっかけとした時空間階層構造解析の積極的な推進は重要であり、それに伴った中期計画が明確化されている。

SPring-8 と SACLA が連携して SPring-8-II 計画を視野に入れつつ微小結晶測定技術の開発（SSX）、高エネルギーX線（20～35 keV）を用いた測定システムの高性能化、キャピラリーレス調温調湿下試料測定環境の整備、試料交換ロボットの高速度化、自動測定基盤の開発などが行われている。また、BM-BL の高強度化なども含めて、短期的課題、中期的（構造的）課題を明確に認識した運営がなされている。前回の助言に対応するべく、新規ユーザー取り込み、ユーザーとの共同研究が積極的に実施されている。

今後は更に、CryoEM など他の技術の進展を見据えながら、スタティックだけではなくダイナミックな構造解析への挑戦を一層進めて行くべきである。また、同一結晶による回折（構造）と分光（ダイナミクス）の同時測定などのユーザーの意見を取り入れた高度化も進めて頂きたい。

4-2 XFEL 利用研究推進室

ミッションを明確にして、理研との連携を密にした運営・開発がなされており、論文成果も順調に増加している。物質科学、高エネルギー密度科学に対する実験プラットフォームの構築に取り組んでおり、ピンクビームの利用、ハーモニクセパレータ等の新しい概念のテストが開始されている。

SCSS 試験加速器の移設による BL1（軟X線 FEL）の高度化、BL2 と BL3 の振り分け運転に関わるコヒーレント放射（CSR）の問題点を克服するための新しいラティスの導入が行われ、2017B 期から本格的な共用が始まっている。時間分解 SFX プラットフォームや高感度 X 線検出器（MPCCD phaseIII）が導入された。バクテリオロドプシンの動的構造を可視化するこ

とに成功している。また、産業利用の振興にも注力している。今後は光励起以外の過渡現象もできるようになることが必要となる。

マテリアルにおける SACLA の強みは、フェムト秒光レーザー励起に伴う電子励起効果を熱的効果と区別して、構造ダイナミクスを精密に見積もることができることであるので、このような物質のターゲットを見つけ出す努力が必要である。

マテリアルにおける一般的な課題は、

① ポンププローブ手法を用いた測定においては、フェムト秒光レーザー以外の XFEL の時間分解能に見合う時間分解能で、外場のトリガーの時間的始点と、絶対値の時間変化を読み取れる技術の確立

② 不可逆的過程の測定 (repetition rate) の実現であろう。

SACLA で培った時分割測定技術や検出器開発などの要素技術開発は、その結果のみならずそのプロセスが SPring-8-II 計画にマッチした測定系を構築する上で重要であり、どのように繋げていくかについて引き続き検討して頂きたい。

4-3 情報処理推進室

近年の情報処理技術 (高速 NW、人工知能、クラウド、ビッグデータ) の発展を意識した施設の整備を行う必要がある、という認識の下、開発が行われている。具体的には、DARUMA (汎用データ取得用ソフトウェア群)、データリポジトリと遠隔制御の開発、ユーザー認証システムの強化、UI サイトの強化、セキュリティの強化に取り組んでおり、そのタイムテーブルも含めて活動の方向性は、妥当であると評価できる。施設の基本インフラであることから、施設からの恒常的な支援が必要である。

4-4 利用推進部

昨年度の 32 名体制から本年度は 20 名体制になり、合理化された体制で業務に取り組んでいる。新しい体制下で、昨年 of 助言 (次期 UI システムの取り組み、SPring-8 評価基準、普及啓発活動) への対応に取り組んでいる。特に、普及啓発活動に関しては、研究会合、研修会・講習会、スクール、展示ブース等の開催、

SPring-8 利用推進協議会関連イベントの開催、SPRUC との連携による普及啓発活動に取り組んでいる。

また、SPring-8 の評価基準については、科学技術・学術政策研究所 (NISTEP) などと引き続き検討を続けてもらいたい。

5. まとめ

JASRI が果たすべき役割は、SPring-8-II 計画も含め、日本全体の放射光科学・技術の推進に寄与することであることを十分に理解し、JASRI の経営陣とスタッフが丸となり、将来を見据えた研究開発、利用支援をより一層進めて頂きたい。

最後に、本委員会の助言を契機に、JASRI が理研、ユーザーとともに将来の放射光科学について議論・検討することで、SPring-8 及び SACLA からの利用研究成果を最大化するとともに、今後の SPring-8-II 計画の実現に期待する。

2014B 期 採択長期利用課題の事後評価について - 1 -

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

2014B 期に採択された長期利用課題について、2017A 期に 3 年間の実施期間が終了したことを受け、第 62 回 SPring-8 利用研究課題審査委員会長期利用分科会（2017 年 12 月 12 日および 15 日開催）による事後評価が行われました。

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

なお、2014B 期に採択された長期利用課題 3 課題のうち残り 1 課題の評価結果は次号以降に掲載する予定です。

- 課題 1 -

課題名	クリーン・高効率次世代エンジン開発への X 線光学技法の適用：超高速燃料噴霧の形成メカニズム解明及び理論モデル構築
実験責任者(所属)	文 石 洙 (産業技術総合研究所)
採択時課題番号	2014B0111
ビームライン	BL40XU
利用期間/配分総シフト	2014B~2017A/216 シフト

[評価結果]

本課題は、自動車エンジン内における燃料噴霧の形成メカニズムを解明することによるエンジンの高効率化・クリーン化の推進に向け、エンジン燃焼室内への燃料噴射の超高速噴霧流の X 線による可視化技術を確立し、噴霧形成過程の物理的な理解と次世代エンジンの高度数値解析に資するユニバーサルな噴霧モデルを構築することを目的としている。

申請者らは BL40XU において X 線チョッパーと X 線位相コントラスト法を用いた高速・高空間分解能イメージング技術を確立し、複数回露光した画像の自己

相関から噴霧ダイナミクスを解析する手法も開発した。SPring-8 の放射光の特徴を活用したこれらの技術を用いて系統的な実験を行い、燃料の噴霧軸の相対速度は特性距離と強い相関があること、燃料の微粒子化が完了する微粒子化長さにおける相対速度は燃料や噴射条件によらず 0.72 であることを見出した。これらの知見に基づいて構築された新規の噴霧構造モデルは高い実用性を有することも示されていることから、産学官の緊密な連携と適切な役割分担によって遂行された長期利用課題から優れた成果が得られたと判断できる。

論文誌を通じた情報発信も行われているが、社会的にも高い波及効果が期待できる成果であるため、非専門家も対象にした一層の情報発信をお願いしたい。また、内燃機関開発に有用なデータが多数得られていることが期待されるため、この分野の技術開発を促進するために一次データの公開についても積極的に検討していただきたい。

[成果リスト]

(査読付き論文)

[1] SPring-8 publication ID = 29996

A. Sou *et al.*: “X-Ray Visualization of Cavitation in Nozzles with Various Sizes” *Proceedings of ICLASS 2015* (2015).

[2] SPring-8 publication ID = 33555

K. Komada and S. Moon: “Transient Needle Motion of an Outwardly Opening GDI Injector and its Effects on Initial Spray Formation” *Fuel* **181** (2016) 964-972.

[3] SPring-8 publication ID = 33556

T. Li *et al.*: “A Comprehensive Study on the Factors Affecting Near-Nozzle Spray Dynamics of Multi-Hole GDI Injectors” *Fuel* **190** (2017) 292-302.

[4] SPring-8 publication ID = 33557

S. Moon *et al.*: “Governing Parameters and Dynamics of Turbulent Spray Atomization from Modern GDI Injectors” *Energy* **127** (2017) 89-100.

[5] SPring-8 publication ID = 34864

J. Jeon and S. Moon: “Ambient Density Effects on Initial Flow Breakup and Droplet Size Distribution of Hollow-Cone Sprays from Outwardly-Opening GDI Injector” *Fuel* **211** (2018) 572-581.

— 課題2 —

課題名	メガバール超高压物質科学の展開
実験責任者(所属)	清水 克哉 (大阪大学)
採択時課題番号	2014B0112
ビームライン	BL10XU
利用期間/配分総シフト	2014B~2017A/204 シフト

[評価結果]

本研究は、メガバール (100 万気圧) を超える圧力領域の物質科学を新展開させると同時に、これまで為し得なかった物質創造の研究推進に不可欠な超高压下の構造科学の推進を目的とする課題である。研究項目としては、(A) 水素をはじめとしたシンプルなシステムの超高压物性、(B) 超高压合成による機能性物質のフロンティア、(C) 革新的な高压実験技術および理論計算手法の開拓を掲げていた。すべての研究項目に対して目標が達成されているわけではないが、液体水素の金属相を電気抵抗によるその場観測により検出するとともに、200 K の超伝導転移温度が報告された硫化水素超伝導体の電気抵抗と結晶構造の同時測定から高温超伝導体の結晶構造を明らかにするなど顕著な成果を上げており、目標を概ね達成したとみなすことができる。

液体水素の研究過程で得た材料選択の知見や開発した封止技術が硫化水素高温超伝導体の構造決定につながったことは、長期にわたり着実な実験技術の積み重ねの可能な長期利用課題の強みがうまく活用された例であろう。未踏の圧力領域における物性測定の実現は物質科学の最前線である。その拠点としての SPring-8 の重要性を示し、加えて、インパクトファクターの高い雑誌への掲載やプレス発表により SPring-8 からの情報発信にも貢献した。長期利用課題として成功したと判断される。

[成果リスト]

(査読付き論文)

[1] SPring-8 publication ID = 30509

K. Ohta *et al.*: “Phase Boundary of Hot Dense Fluid Hydrogen” *Scientific Reports* **5** (2015) 16560.

[2] SPring-8 publication ID = 34831

M. Sakata *et al.*: “Structural Phase Transition of Potassium under High-Pressure and Low-Temperature Condition” *Journal of Physics: Conference Series* **950** (2017) 042020.

[3] SPring-8 publication ID = 34889

M. Einaga *et al.*: “Crystal Structure of the Superconducting Phase of Sulfur Hydride” *Nature Physics* **12** (2016) 835-838.

[4] SPring-8 publication ID = 34890

M. Einaga *et al.*: “Two-Year Progress in Experimental Investigation on High-Temperature Superconductivity of Sulfur Hydride” *Japanese Journal of Applied Physics* **56** (2017) 05FA13.

[5] SPring-8 publication ID = 34892

T. Ishikawa *et al.*: “Superconducting H₃S₂ Phase in Sulfur-Hydrogen System under High-Pressure” *Scientific Reports* **6** (2016) 23160.

[6] SPring-8 publication ID = 34941

K. Shimizu: “Superconductivity from Insulating Elements under High Pressure” *Physica C* **514** (2015) 46-49.

Spring-8 運転・利用状況

国立研究開発法人理化学研究所
放射光科学総合研究センター

◎平成 29 年 9～11 月の運転実績

Spring-8 は 9 月 25 日から 10 月 27 日までセベラルバンチ運転で第 5 サイクルの運転を行い、10 月 30 日から 11 月 24 日までセベラルバンチ運転で第 6 サイクルの運転を実施した。第 5～6 サイクルでは RF Ast.トラブル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 5 サイクルは約 1.0%、第 6 サイクルは 0.0%であった。

1. 装置運転関係

(1) 運転期間

第 5 サイクル (9/25 (月) ～10/27 (金))

第 6 サイクル (10/30 (月) ～11/24 (金))

(2) 運転時間の内訳

第 5 サイクル

運転時間総計 約 768 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 594 時間

③故障等による down time 約 6 時間

④フィリング変更時間 約 1 時間

総放射光利用運転時間（ユーザータイム = ② + ③

+ ④）に対する down time の割合（*1） 約 1.0%

第 6 サイクル

運転時間総計 約 600 時間

①装置の調整およびマシンスタディ等 約 48 時間

②放射光利用運転時間 552 時間

③故障等による down time 0 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（*1） 0.0%

(3) 運転スペック等

第 5 サイクル（セベラルバンチ運転）

・ 1/14-filling + 12 bunches (F) (*2)

・ 203 bunches (A)

・ 4 bunch train × 84 (B)

第 6 サイクル（セベラルバンチ運転）

・ 4/58-filling + 53 bunches (G)

・ 11/29-filling + 1 bunch (H)

・ 入射は電流値優先モード（2～3 分毎（マルチバンチ時）もしくは 20～40 秒毎（セベラルバンチ時）

の Top-Up モードで実施。

・ 蓄積電流 8 GeV、～100 mA

(4) 主な down time の原因

・ SR RF Ast.トラブルによるアポート

2. 利用関係（JASRI 利用推進部 集計）

(1) 放射光利用実験期間

第 5 サイクル (10/1 (日) ～10/27 (金))

第 6 サイクル (10/31 (火) ～11/24 (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 11 本

第 5 サイクル（暫定値）

共同利用研究実験数 306 件

共同利用研究者数 1,374 名

専用施設利用研究実験数 205 件

専用施設利用研究者数 908 名

第6 サイクル (暫定値)

共同利用研究実験数	301 件
共同利用研究者数	1,465 名
専用施設利用研究実験数	208 件
専用施設利用研究者数	858 名

◎平成 29 年 11～12 月の運転予定

SPring-8 は 11 月 27 日から 12 月 22 日までセベラルバンチ運転で第 7 サイクルの運転を予定している。

第 7 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

12 月 23 日から 1 月 14 日まで冬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、各種検査等を行い、1 月 15 日から 2 月 18 日までセベラルバンチ運転で第 8 サイクルの運転を予定している。

(*1) down time の割合に④フィリング変更時間は含まない。

(*2) SR RF Ast.トラブルにより 10 月 4 日～10 月 15 日の間は蓄積電流値 70 mA での Top-Up 運転を実施。(10 月 9 日～10 月 15 日の間は、シングルバンチ部の電流値を 1.1 mA で運転)

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 (2017年12月31日現在)

SPring-8

Beamline Name		Public Use Since	~2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total	
Public Beamlines	BL01B1	XAFS	1997.10	244	54	59	58	75	65	74	92	74	80	73	948
		Technical Journal							1						1
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	1997.10	98	10	13	19	12	18	36	42	36	39	26	349
	BL02B2	Powder Diffraction	1999.9	307	66	65	67	82	59	96	71	80	90	59	1042
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	1997.10	118	14	21	21	22	16	20	19	16	16	8	291
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	1999.9	123	17	26	28	23	28	28	33	36	40	28	410
		Technical Journal								1					1
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	1997.10	95	9	12	12	20	19	15	13	19	14	14	242
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	1997.10	80	12	9	9	13	13	15	15	18	15	13	212
	BL10XU	High Pressure Research	1997.10	203	33	24	35	32	28	21	30	28	29	24	487
	BL13XU	Surface and Interface Structure	2001.9	77	28	16	18	27	6	16	20	23	33	20	284
	BL14B2	Engineering Science Research II	2007.9		2	16	25	32	36	53	53	60	46	52	375
		Technical Journal							1	1	1				3
	BL19B2	Engineering Science Research I	2001.11	83	22	20	18	35	53	57	61	63	62	58	532
		Technical Journal							1	1	1	2			5
	BL20B2	Medical and Imaging I	1999.9	124	26	15	17	24	35	28	25	34	22	21	371
	BL20XU	Medical and Imaging II	2001.9	54	24	24	36	27	21	40	44	37	36	20	363
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	1998.4	216	24	21	21	25	22	24	31	20	19	18	441
		Technical Journal							2						2
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	1998.5	207	36	15	24	31	18	41	35	24	35	22	488
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	1999.9	56	16	14	9	15	10	21	18	21	18	21	219
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	2001.9	42	19	5	9	12	8	14	13	15	14	14	165
	BL37XU	Trace Element Analysis	2002.11	49	13	12	22	23	13	32	28	32	25	21	270
		Technical Journal									1				1
	BL38B1	Structural Biology III	2000.10	183	45	53	48	48	60	58	48	65	58	34	700
	BL39XU	Magnetic Materials	1997.10	115	15	28	15	19	21	20	25	19	22	27	326
	BL40B2	Structural Biology II	1999.9	235	25	31	44	42	43	70	54	53	57	49	703
		Technical Journal								1		1			2
	BL40XU	High Flux	2000.4	56	9	13	11	13	18	37	21	30	38	23	269
	BL41XU	Structural Biology I	1997.10	385	61	78	66	66	53	65	55	58	62	40	989
BL43IR	Infrared Materials Science	2000.4	40	13	10	6	8	11	8	11	17	15	20	159	
BL46XU	Engineering Science Research III	2000.11	47	19	14	20	22	15	37	28	52	47	32	333	
	Technical Journal										1	1		2	
BL47XU	HXPES・MCT	1997.10	149	24	27	27	31	17	36	36	26	27	29	429	
	Technical Journal												1	1	
Public Use at Other Beamlines	BL11XU	QST Quantum Dynamics I	1999.3	9	4									13	
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II	1998.4	35	3	3	3	2	1		1			48	
	BL15XU	WEBRAM	2002.9	24	5	2	1	1	1		1			35	
	BL17SU	RIKEN Coherent Soft X-ray Spectroscopy	2005.9	1	4	2	1	7	6	11	12	5	2	3	54
	BL19LXU	RIKEN SR Physics	2002.9	5							1	1	2	1	10
	BL22XU	JAEA Actinide Science I	2004.9	4	1					1					6
	BL23SU	JAEA Actinide Science II	1998.6	38	4	2	2		2	3	2				53
	BL26B1	RIKEN Structural Genomics I	2009.4					3	8	2	8	5	14	11	51
	BL26B2	RIKEN Structural Genomics II	2009.4				1		5	3	4	7	10	7	37
		Technical Journal											1		1
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics	2002.9	8	4	1					1				14
	BL32XU	RIKEN Targeted Proteins	2010.10					5	5	8	9	15	8	12	62
	BL44B2	RIKEN Materials Science	1998.5	13	1								6	3	23
BL45XU	RIKEN Structural Biology I	1997.10	61	4	11	8	9	6	7	9	12	20	9	156	
Subtotal				3584	666	662	701	806	740	997	969	1001	1021	812	11959

Beamline Name		Public Use Since	~2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total	
Contract Beamlines	BL03XU	Advanced Softmaterials	2009.11				1	5	8	24	21	14	17	15	105
		Technical Journal							35	42	39	36	33		185
	BL07LSU	The University-of-Tokyo Outstation Beamline for Materials Science	2009.11				1	5	6	10	13	12	18	13	78
	BL08B2	Hyogo Prefecture BM	2005.9				1	1	3	6	7	5	5	7	35
		Technical Journal							7	1	18	7	4	3	40
	BL11XU	QST Quantum Dynamics I		53	7	7	9	6	13	16	14	8	17	15	165
	BL12B2	NSRRC BM	2001.9	87	9	7	28	13	25	22	21	26	27	18	283
	BL12XU	NSRRC ID	2003.2	18	8	5	15	10	14	11	16	19	15	18	149
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II		59	18	16	18	16	11	10	15	19	16	17	215
	BL15XU	WEBRAM	2001.4	66	17	30	35	51	41	61	56	47	58	35	497
		Technical Journal								18	17	14	11	16	91
	BL16B2	Sunbeam BM	1999.9	28	3	6	8	6	4	3	6	4	10	6	84
		Technical Journal			2					21	21	18	18	15	103
	BL16XU	Sunbeam ID	1999.9	25	1	6	6	2	2	2	3	4	11	6	68
		Technical Journal								21	21	18	18	15	103
	BL22XU	JAEA Actinide Science I		32	6	8	15	10	10	14	19	15	14	11	154
	BL23SU	JAEA Actinide Science II		89	26	23	15	22	20	17	27	19	23	13	294
	BL24XU	Hyogo Prefecture ID	1998.10	111	7	8	5	6	7	8	5	4	5	3	169
		Technical Journal								11	3	10	3	1	31
	BL28XU	RISING II	2012.4							3	9	5	5	1	23
BL31LEP	Laser-Electron Photon II	2013.10								1		2	1	4	
BL32B2	Pharmaceutical Industry (2002.9 - 2012.3)		15	6	1	2	3				1			28	
BL33LEP	Laser-Electron Photon	2000.10	27	3	5	8	4	4	4	4	2	2	1	64	
BL33XU	Toyota	2009.5					3	5	2	8	4	10	14	46	
	Technical Journal						2	5	4	5	3	4	1	24	
BL36XU	Catalytic Reaction Dynamics for Fuel Cell	2013.1							1	7	6	7	10	31	
BL44XU	Macromolecular Assemblies	2000.2	122	22	30	21	48	57	58	47	56	47	38	546	
Subtotal			732	133	152	188	211	230	272	299	270	309	242	3038	
RIKEN Beamlines	BL17SU	Coherent Soft X-ray Spectroscopy		20	18	13	12	10	13	3	7	5	8		109
	BL19LXU	SR Physics		54	5	11	7	9	11	12	13	9	4	2	137
	BL26B1	Structural Genomics I		100	23	13	15	7	8	7	4	5	4	1	187
	BL26B2	Structural Genomics II		26	19	6	19	18	19	13	4	3	6	8	141
	BL29XU	Coherent X-ray Optics		115	16	9	16	8	16	15	9	10	14	6	234
	BL32XU	Targeted Proteins						2	9	8	8	7	13	1	48
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics								1		1	1		3
	BL44B2	Materials Science		167	15	10	9	12	11	14	13	17	14	2	284
	BL45XU	Structural Biology I		147	17	9	8	9	9	11	9	13	12	1	245
	Subtotal			629	113	71	86	75	96	84	67	70	76	21	1388

SACLA

Public Beamlines	Beamline Name		Public Use Since	~2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
	BL2/BL3	XFEL2/XFEL1	2012.3							1	13	27	37	46	33
Hardware / Software R & D			357	22	32	39	35	56	67	12	33	43	52	748	
NET Sum Total			4505	805	806	885	957	926	1189	1083	1147	1197	930	14430	
Technical Journal				2			2	90	84	100	73	69	26	446	

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 2017 年 12 月 31 日までに登録されたデータに基づいており、今後変更される可能性があります。

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

成果発表出版形式別登録数 (2017年12月31日現在)

SPring-8

Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total		
Public Beamlines	BL01B1	XAFS	1997.10	949	66	86	1101	
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	1997.10	349	14	31	394	
	BL02B2	Powder Diffraction	1999.9	1042	40	82	1164	
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	1997.10	291	7	48	346	
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	1999.9	411	13	50	474	
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	1997.10	242	10	43	295	
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	1997.10	212	15	33	260	
	BL10XU	High Pressure Research	1997.10	487	22	60	569	
	BL13XU	Surface and Interface Structure	2001.9	284	18	34	336	
	BL14B2	Engineering Science Research II	2007.9	378	10	33	421	
	BL19B2	Engineering Science Research I	2001.11	537	45	88	670	
	BL20B2	Medical and Imaging I	1999.9	371	87	87	545	
	BL20XU	Medical and Imaging II	2001.9	363	104	120	587	
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	1998.4	443	15	60	518	
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	1998.5	488	21	35	544	
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	1999.9	219	16	22	257	
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	2001.9	165	5	12	182	
	BL37XU	Trace Element Analysis	2002.11	271	24	45	340	
	BL38B1	Structural Biology III	2000.10	700	11	59	770	
	BL39XU	Magnetic Materials	1997.10	326	17	77	420	
	BL40B2	Structural Biology II	1999.9	705	13	110	828	
	BL40XU	High Flux	2000.4	269	20	68	357	
	BL41XU	Structural Biology I	1997.10	989	4	97	1090	
	BL43IR	Infrared Materials Science	2000.4	159	14	53	226	
	BL46XU	Engineering Science Research III	2000.11	335	18	33	386	
	BL47XU	HXPES・MCT	1997.10	430	93	120	643	
	Public Use at Other Beamlines	BL11XU	QST Quantum Dynamics I	1999.3	13	2	2	17
		BL14B1	QST Quantum Dynamics II	1998.4	48	1	11	60
BL15XU		WEBRAM	2002.9	35	19	7	61	
BL17SU		RIKEN Coherent Soft X-ray Spectroscopy	2005.9	54	1	29	84	
BL19LXU		RIKEN SR Physics	2002.9	10		2	12	
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	51		4	55	
BL26B2		RIKEN Structural Genomics II	2009.4	38		8	46	
BL29XU		RIKEN Coherent X-ray Optics	2002.9	14		1	15	
BL32XU		RIKEN Targeted Proteins	2010.10	62		3	65	
BL44B2		RIKEN Materials Science	1998.5	23		3	26	
BL45XU		RIKEN Structural Biology I	1997.10	156	5	18	179	
Subtotal			11978	754	1689	14421		

Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total	
Contract Beamlines	BL03XU	Advanced Softmaterials	2009.11	290		11	301
	BL07LSU	The University-of-Tokyo Outstation Beamline for Materials Science	2009.11	78		7	85
	BL08B2	Hyogo Prefecture BM	2005.9	75			75
	BL11XU	QST Quantum Dynamics I		165	8	33	206
	BL12B2	NSRRC BM	2001.9	283	1	2	286
	BL12XU	NSRRC ID	2003.2	149	7	4	160
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II		215	12	63	290
	BL15XU	WEBRAM	2001.4	497	11	42	550
	BL16B2	Sunbeam BM	1999.9	175	12	68	255
	BL16XU	Sunbeam ID	1999.9	171	8	52	231
	BL22XU	JAEA Actinide Science I		154	1	37	192
	BL23SU	JAEA Actinide Science II		294	44	102	440
	BL24XU	Hyogo Prefecture ID	1998.10	200	19	58	277
	BL28XU	RISING II	2012.4	23			23
	BL31LEP	Laser-Electron Photon II	2013.10	4			4
	BL32B2	Pharmaceutical Industry (2002.9 - 2012.3)		28		3	31
	BL33LEP	Laser-Electron Photon	2000.10	64	23	3	90
	BL33XU	Toyota	2009.5	70	5	23	98
	BL36XU	Catalytic Reaction Dynamics for Fuel Cell	2013.1	31		1	32
	BL44XU	Macromolecular Assemblies	2000.2	546		39	585
Subtotal			3512	151	548	4211	
RIKEN Beamlines	BL17SU	Coherent Soft X-ray Spectroscopy		109	4	13	126
	BL19LXU	SR Physics		137	8	26	171
	BL26B1	Structural Genomics I		187	2	19	208
	BL26B2	Structural Genomics II		141	1	13	155
	BL29XU	Coherent X-ray Optics		234	14	36	284
	BL32XU	Targeted Proteins		48		3	51
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics		3			3
	BL44B2	Materials Science		284	2	15	301
	BL45XU	Structural Biology I		245	5	44	294
	Subtotal			1388	36	169	1593

SACLA

Public Beamlines	Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total
	BL2/BL3	XFEL2/XFEL1	2012.3	157	4	9	170

Hardware / Software R & D	748	514	455	1717
---------------------------	-----	-----	-----	------

NET Sum Total	14876	1305	2209	18390
---------------	-------	------	------	-------

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

Proceedings : 査読なしのプロシーディング

Other Publications : 発表形式が出版で、上記の二つに当てはまらないもの (総説、単行本、賞、その他として登録されたもの)

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

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

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

最近 SPring-8 もしくは SACLA から発表された成果リスト

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

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

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

このデータベースに登録された原著論文の内、平成 29 年 10 月～12 月に登録されたものを以下に紹介します。論文の情報（著者、巻、発行年、ページ、タイトル）に加え、データベースの登録番号（研究成果番号）を掲載していますので、詳細は上記検索ページの検索結果画面でご覧いただくことができます。また実施された課題の情報（課題番号、ビームライン、実験責任者名）も掲載しています。課題番号は最初の 4 文字が「year」、次の 1 文字が「term」、後ろの 4 文字が「proposal no.」となっていますので、この情報から以下の URL で公表している、各課題の英文利用報告書 (SPring-8 User Experiment Report) を探してご覧いただくことができます。

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

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

SPring-8 研究成果登録データベースに 2017 年 10 月～12 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
Scientific Reports	16	ACS Applied Materials & Interfaces	5
Journal of the Physical Society of Japan	11	American Mineralogist	5
レーザー研究 (The Review of Laser Engineering)	11	Journal of Physics: Conference Series	5
Japanese Journal of Applied Physics	8	Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A	5
Angewandte Chemie International Edition	6		
Inorganic Chemistry	6	The Journal of Physical Chemistry C	5
Chemical Communications	6	高圧力の科学と技術 (The Review of High Pressure Science and Technology)	5
Physical Review B	6		

他全 176 誌、計 331 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

Scientific Reports

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34628	Makina Saito	7 (2017) 12558	2015A1224	BL09XU	瀬戸 誠	Synchrotron Radiation-Based Quasi-Elastic Scattering using Time-Domain Interferometry with Multi-Line Gamma Rays
			2015B1185	BL09XU	瀬戸 誠	
			2016A1084	BL09XU	瀬戸 誠	
34653	Fumiya Maeda	7 (2017) 40602	2013B0104	BL10XU	大谷 栄治	Diamond Formation in the Deep Lower Mantle: a High-Pressure Reaction of MgCO ₃ and SiO ₂
34675	Shinnosuke Tanaka	7 (2017) 8776	2013B1874	BL26B2	角田 佳充	Structural Basis for the Broad Substrate Specificity of the Human Tyrosylprotein Sulfotransferase-1
			2014A1221	BL38B1	角田 佳充	
			2015A1121	BL38B1	角田 佳充	
			2010B2018	BL32XU	角田 佳充	
			2011A1234	BL32XU	角田 佳充	
2015A1121	BL41XU	角田 佳充				
34688	Takashi Yamamoto	7 (2017) 12930	2012B1263	BL43IR	山本 貴	Charge and Lattice Fluctuations in Molecule-Based Spin Liquids
34695	Nozomu Hiraoka	7 (2017) 565	2010A4258	BL12XU	平岡 望	Electron Momentum Densities Near Dirac Cones: Anisotropic Umklapp Scattering and Momentum Broadening
34786	Rosantha Kumara	7 (2017) 14606	2014A1321	BL04B2	坂田 修身	Hydrogen Storage and Stability Properties of Pd-Pt Solid-Solution Nanoparticles Revealed via Atomic and Electronic Structure
			2014B1210	BL04B2	Kumara Rosantha	
			2014B1239	BL01B1	小原 真司	
			2015B1245	BL04B2	坂田 修身	
			2016A0130	BL01B1	小原 真司	
			2014A4904	BL15XU	吉本 護	
			2014B4906	BL15XU	北川 宏	
			2015A4903	BL15XU	北川 宏	
34828	Tomoo Mizugaki	7 (2017) 14007	2017A1582	BL14B2	金田 清臣	New Routes for Refinery of Biogenic Platform Chemicals Catalyzed by Cerium Oxide-supported Ruthenium Nanoparticles in Water
			2016B1851	BL14B2	金田 清臣	
			2016B1546	BL14B2	金田 清臣	
			2016A1525	BL14B2	金田 清臣	
			2016A1103	BL01B1	金田 清臣	
2015B1571	BL14B2	金田 清臣				
34892	Takahiro Ishikawa	6 (2016) 23160	2014B0112	BL10XU	清水 克哉	Superconducting H ₂ S ₂ Phase in Sulfur-Hydrogen System under High-Pressure
34972	Yoshio Takahashi	7 (2017) 12407	2014B1307	BL37XU	高橋 嘉夫	Comparison of Solid-Water Partitions of Radiocesium in River Waters in Fukushima and Chernobyl Areas
			2015A0118	BL37XU	高橋 嘉夫	
34979	Marcus J. Kitchen	7 (2017) 15953	2014B1522	BL20B2	Kitchen Marcus	CT Dose Reduction Factors in the Thousands using X-ray Phase Contrast
			2012B0047	BL20B2	Hooper Stuart	
35145	Shinya Tsukada	7 (2017) 17508	2013B3713	BL22XU	大和田 謙二	Relation between Fractal Inhomogeneity and In/Nb-Arrangement in Pb(In _{1/2} Nb _{1/2})O ₃
35164	Yoshihiro Kubozono	6 (2016) 38535	2011A1938	BL02B2	久保園 芳博	Transistor Properties of 2,7-Dialkyl-Substituted Phenanthro[2,1-b:7,8-b']dithiophene
35185	James T. Pearson	7 (2017) 18108	2011B1588	BL28B2	Pearson James	Widespread Coronary Dysfunction in the Absence of HDL Receptor SR-B1 in an Ischemic Cardiomyopathy Mouse Model
			2012A1674	BL28B2	Pearson James	

Journal of the Physical Society of Japan-1

34692	Kouhei Nagasaka	86 (2017) 074701	2016B1078	BL02B2	水口 佳一	Intrinsic Phase Diagram of Superconductivity in the BiCh ₂ -Based System Without In-Plane Disorder
34693	Yudai Hijikata	86 (2017) 054711	2016B1078	BL02B2	水口 佳一	Bi Substitution Effects on Superconductivity of Valence-Skip Superconductor AgSnSe ₂
34797	Takeshi Matsumura	86 (2017) 124702	2015B3711	BL22XU	稲見 俊哉	Chiral Soliton Lattice Formation in Monoaxial Helimagnet Yb(Ni _{1-x} Cu _x) ₃ Al ₉
			2016A3761	BL22XU	稲見 俊哉	
			2016B3762	BL22XU	稲見 俊哉	
			2017A3787	BL22XU	松村 武	
34827	Shigenori Ueda	86 (2017) 124706	2012A4603	BL15XU	上田 茂典	Polarization Dependent Bulk-Sensitive Valence Band Photoemission Spectroscopy and Density Functional Theory Calculations: Part I. 3d Transition Metals
			2013B4604	BL15XU	大橋 直樹	
			2014B4606	BL15XU	上田 茂典	

Journal of the Physical Society of Japan-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
34859	Koji Kimura	86 (2017) 124703	2013B1070	BL08W	松田 和博	X-ray Compton Scattering Study of Liquid Germanium and Tin
			2010A1095	BL08W	松田 和博	
			2010B1170	BL08W	乾 雅祝	
			2015A1168	BL08W	松田 和博	
			2015B1229	BL08W	松田 和博	
			2016A1188	BL08W	松田 和博	
34932	Takateru Kawakami	86 (2017) 124716	2011A1135	BL39XU	川上 隆輝	Effect of Fe-site Substitution on Pressure-induced Spin Transition in SrFeO ₂
			2014A1644	BL10XU	徳道 敬太	
			2016B1672	BL10XU	風間 宣克	
35067	Toshihiko Ishiga	83 (2014) 094717	2009B1705	BL25SU	吉田 力矢	Electronic Structures of CeM ₂ Al ₁₀ (M = Fe, Ru, and Os) Studied by Soft X-ray Resonant and High-Resolution Photoemission Spectroscopies
			2009B1757	BL27SU	横谷 尚睦	
35082	Yoshinao Hasegawa	86 (2017) 123709	2016B1763	BL43IR	長谷川 慶直	Two-Phonon Absorption Spectra in the Layered Honeycomb Compound α-RuCl ₃
			2015A1537	BL43IR	大串 研也	
			2015B1442	BL43IR	大串 研也	
			2016A1251	BL43IR	大串 研也	
35152	Takaya Mitsui	85 (2016) 123707	2012A3501	BL11XU	三井 隆也	High-Pressure-Hydrogen-Induced Spin Reconfiguration in GdFe ₂ Observed by ⁵⁷ Fe-Polarized Synchrotron Radiation Mössbauer Spectroscopy with Nuclear Bragg Monochromator
			2012B3501	BL11XU	三井 隆也	
			2013A3501	BL11XU	三井 隆也	
			2013B3501	BL11XU	三井 隆也	
			2014A3501	BL11XU	三井 隆也	
			2016A3551	BL11XU	三井 隆也	
35161	Hiroshi Ota	87 (2018) 013601	2012B1794	BL25SU	下村 勝	Separation of Surface- and Bulk-Specific Ti L-edge XANES Spectra of Rutile (110) Surface
			2015B1401	BL25SU	松井 文彦	

Japanese Journal of Applied Physics

34644	Wensheng Wang	56 (2017) 10PF14	2016A5110	BL16XU	淡路 直樹	Control of La-doped Pb(Zr,Ti)O ₃ Crystalline Orientation and its Influence on the Properties of Ferroelectric Random Access Memory
			2016B5110	BL16XU	淡路 直樹	
			2016A5410	BL16B2	淡路 直樹	
			2016B5410	BL16B2	淡路 直樹	
34679	Yasuhiro Yoneda	55 (2016) 10TC04	2015A1173	BL04B2	米田 安宏	Local Structure Analysis of NaNbO ₃ and AgNbO ₃ Modified by Li Substitution
			2016A1049	BL04B2	米田 安宏	
			2015B3607	BL14B1	米田 安宏	
			2016A3607	BL14B1	米田 安宏	
34687	Murugesan Mariappan	56 (2017) 04CC08	2014A0109	BL47XU	宮崎 誠一	Improving the Barrier Ability of Ti in Cu through-Silicon vias through Vacuum Annealing
34719	Shoichi Takeda	56 (2017) 10PB10	2015A0074	BL02B2	森吉 千佳子	Structure Fluctuation in Gd- and Mg-Substituted BaTiO ₃ with Cubic Structure
			2009A0084	BL02B2	久保田 佳基	
			2014B1468	BL02B2	黒岩 芳弘	
			2014A1684	BL02B2	帆足 宏一	
			2014B1771	BL02B1	竹田 翔一	
34890	Mari Einaga	56 (2017) 05FA13	2014B0112	BL10XU	清水 克哉	Two-Year Progress in Experimental Investigation on High-Temperature Superconductivity of Sulfur Hydride
34946	Wataru Yashiro	55 (2016) 048003	2015B1255	BL20XU	矢代 航	X-ray Phase Imaging using a Gd-Based Absorption Grating Fabricated by Imprinting Technique
34948	Wataru Yashiro	56 (2017) 112503	2015B1263	BL28B2	矢代 航	Millisecond-Order X-ray Phase Tomography with Compressed Sensing
			2016A1258	BL28B2	矢代 航	
			2016B1229	BL28B2	矢代 航	
			2017A1438	BL28B2	矢代 航	
34996	Yasuhiro Yoneda	56 (2017) 10PB07	2016A1049	BL04B2	米田 安宏	Local Structure Analysis of (Na _{0.5} K _{0.45} Li _{0.05})NbO ₃ Synthesized by Malic Acid Complex Solution Method
			2016A3607	BL14B1	米田 安宏	
			2017A3607	BL14B1	米田 安宏	
			2017A1069	BL04B2	米田 安宏	

Angewandte Chemie International Edition-1

34622	Tsukasa Futagoishi	56 (2017) 4261-4265	2013B1138	BL38B1	若宮 淳志	A Stable, Soluble, and Crystalline Supramolecular System with a Triplet Ground State
34624	Suning Wang	54 (2015) 15074-15078	2014B1556	BL38B1	若宮 淳志	In Situ Solid-State Generation of (BN) ₂ -Pyrenes and Electroluminescent Devices
			2014A1403	BL38B1	若宮 淳志	
34625	Tsukasa Futagoishi	54 (2015) 14791-14794	2013A1489	BL38B1	若宮 淳志	Trapping N ₂ and CO ₂ on the Sub-Nano Scale in the Confined Internal Spaces of Open-Cage C ₆₀ Derivatives: Isolation and Structural Characterization of the Host-Guest Complexes

Angewandte Chemie International Edition-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
34770	Masahiro Kouno	56 (2017) 13762-13766	2015B1237	BL02B1	吉成 信人	Valence Interconversion of Octahedral Nickel(II/III/IV) Centers
			2016A1485	BL02B1	小島 達弘	
34860	Taisuke Matsuno	56 (2017) 15020-15024	2015B1102	BL38B1	佐藤 宗太	Assembly, Thermodynamics, and Structure of a Two-Wheeled Composite of a Dumbbell-Shaped Molecule and Cylindrical Molecules with Different Edges
			2016B1175	BL38B1	佐藤 宗太	
34997	Ichiro Hisaki	56 (2017) 15294-15298	2016A1121	BL38B1	久木 一朗	A Hydrogen-Bonded Hexagonal Buckybowl Framework
			2016B1151	BL38B1	久木 一朗	

ACS Applied Materials & Interfaces

34771	Eman Al-Naamani	9 (2017) 37702-37711	2015A1696	BL46XU	尾坂 格	Exploring Alkyl Chains in Benzobisthiazole-Naphthobisthiadiazole Polymers: Impact on Solar-Cell Performance, Crystalline Structures, and Optoelectronics
			2016A1768	BL46XU	尾坂 格	
			2016B1875	BL46XU	尾坂 格	
			2017A1771	BL46XU	尾坂 格	
34784	Masakoto Kanezashi	9 (2017) 24625-24633	2015A0115	BL04B2	脇原 徹	Preparation and Gas Permeation Properties of Fluorine-Silica Membranes with Controlled Amorphous Silica Structures: Effect of Fluorine Source and Calcination Temperature on Network Size
35002	Shotaro Hiraiide	9 (2017) 41066-41077	2016A1614	BL02B2	平出 翔太郎	Intrinsic Thermal Management Capabilities of Flexible Metal-Organic Frameworks for Carbon Dioxide Separation and Capture
			2015B1543	BL02B2	田中 秀樹	
			2016A1481	BL02B2	田中 秀樹	
			2016B1683	BL02B2	平出 翔太郎	
35074	Hisayoshi Daicho	9 (2017) 41405-41412	2016A1620	BL02B2	中埜 彰俊	Nanocomposite Phosphor Consisting of $\text{Ca}_2\text{Eu}^{2+}$ Single Nanocrystals Embedded in Crystalline SiO_2
35095	Ming-Jay Deng	9 (2017) 479-486	2016A4131	BL12B2	Deng Ming-Jay	Cheap, High-Performance, and Wearable Mn Oxide Supercapacitors with Urea- LiClO_4 Based Gel Electrolytes
			2017A4136	BL12B2	Deng Ming-Jay	
			2016A4127	BL12B2	Deng Ming-Jay	

American Mineralogist

34654	Fumiya Maeda	102 (2017) 2106-2112	2013B0104	BL10XU	大谷 栄治	Spin State and Electronic Environment of Iron in Basaltic Glass in the Lower Mantle
			2014A3516	BL11XU	大谷 栄治	
			2014B3519	BL11XU	大谷 栄治	
34672	Sergey Rashchenko	101 (2016) 2564-2569	2013B0104	BL10XU	大谷 栄治	In situ X-ray Observation of 10 Å Phase Stability at High Pressure
34799	Yuto Kidokoro	102 (2017) 2230-2234	2014A0080	BL10XU	廣瀬 敬	Phase Transition in SiC from Zinc-Blende to Rock-Salt Structure and Implications for Carbon-Rich Extrasolar Planets
34805	Takayuki Ishii	102 (2017) 1947-1952	2014A0080	BL10XU	廣瀬 敬	Synthesis and Crystal Structure of LiNbO_3 -type $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$: A Possible Indicator of Shock Conditions of Meteorites
			2016A1172	BL04B1	石井 貴之	
35088	Jeffrey Allwardt	92 (2007) 1093-1104	2004B0647	BL04B1	寺崎 英紀	Effect of Structural Transitions on Properties of High-Pressure Silicate Melts: ^{27}Al NMR, Glass Densities, and Melt Viscosities

Inorganic Chemistry

34681	Koji Fujita	56 (2017) 11113-11122	2014A1683	BL02B2	河本 崇博	Perovskite-Type InCoO_3 with Low-Spin Co^{3+} : Effect of In-O Covalency on Structural Stabilization in Comparison with Rare-Earth Series
			2014B1726	BL02B2	河本 崇博	
			2016A1308	BL02B2	藤田 晃司	
34682	Anselm Hahn	56 (2017) 8203-8211	2016A7506	BL07LSU	Van Kuiken Benjamin	Measurement of the Ligand Field Spectra of Ferrous and Ferric Iron Chlorides Using 2p3d RIXS
			2016B1567	BL14B2	植田 和茂	
34728	Kazushige Ueda	56 (2017) 12625-12630	2009A1804	BL14B2	植田 和茂	Luminescence and Valence of Tb Ions in Alkaline Earth Stannates and Zirconates Examined by X-ray Absorption Fine Structures
			2014B1360	BL02B2	陰山 洋	
34807	Fumitaka Takeiri	56 (2017) 13035-13040	2013B1117	BL02B2	陰山 洋	Promoted Hydride/Oxide Exchange in SrTiO_3 by Introduction of Anion Vacancy via Alivalent Cation Substitution
			2016A1050	BL02B2	陰山 洋	
			2014A0078	BL02B1	Iversen Bo	
34819	Satomi Ogura	55 (2016) 7709-7716	2014A0078	BL02B1	Iversen Bo	Antiferromagnetic Ordering in the Single-Component Molecular Conductor $[\text{Pd}(\text{tmdt})_2]$

The Journal of Physical Chemistry C-1

34716	Gosuke Oyama	120 (2016) 23323-23328	2014B7403	BL07LSU	原田 慈久	Combined Experimental and Computational Analyses on the Electronic Structure of Alluaudite-Type Sodium Iron Sulfate
			2015A7403	BL07LSU	原田 慈久	
34717	Daisuke Kajiya	120 (2016) 23351-23357	2014B1629	BL19B2	齋藤 健一	Enhancement of Out-of-Plane Mobilities of Three Poly(3-alkylthiophene)s and Associated Mechanism
			2015B1630	BL19B2	齋藤 健一	

The Journal of Physical Chemistry C-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
34743	Kenta Fujii	121 (2017) 22720-22726	2015B1429	BL04B2	藤井 健太	Long-Range Ion-Ordering in Salt-Concentrated Lithium-Ion Battery Electrolytes: A Combined High-Energy X-ray Total Scattering and Molecular Dynamics Simulation Study
			2016A1375	BL04B2	上野 和英	
34937	Haibo Yin	121 (2017) 23531-23540	2017A1063	BL01B1	桑原 泰隆	Localized Surface Plasmon Resonances in Plasmonic Molybdenum Tungsten Oxide Hybrid for Visible-Light-Enhanced Catalytic Reaction
			2016A1057	BL01B1	桑原 泰隆	
35065	Ayaka Fujimoto	121 (2017) 21272-21280	2015B1901	BL19B2	藤井 孝太郎	New Oxide-Ion Conductor SrYbInO ₄ with Partially Cation-Disordered CaFe ₂ O ₄ -Type Structure
			2014A1510	BL19B2	伊藤 孝憲	
			2014B1660	BL19B2	藤井 孝太郎	
			2014B1922	BL19B2	藤井 孝太郎	
			2015B1596	BL19B2	藤井 孝太郎	
			2015A1674	BL19B2	藤井 孝太郎	
2016A1616	BL02B2	日比野 圭佑				

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A

34722	Natsuki Tomida	766 (2014) 283-287	2013B6001	BL33LEP	堀田 智明	Large Strip RPCs for the LEPS2 TOF System
			2013A6001	BL33LEP	堀田 智明	
			2012B6001	BL33LEP	堀田 智明	
			2012A6001	BL33LEP	堀田 智明	
34723	Takeshi Ohta	664 (2012) 347-352	2010A6001	BL33LEP	堀田 智明	Distillation of Hydrogen Isotopes for Polarized HD Targets
			2010B6001	BL33LEP	堀田 智明	
			2011A6001	BL33LEP	堀田 智明	
			2011B6001	BL33LEP	堀田 智明	
34724	Takeshi Ohta	640 (2011) 241-246	2010A6001	BL33LEP	堀田 智明	HD Gas Analysis with Gas Chromatography and Quadrupole Mass Spectrometer
			2010B6001	BL33LEP	堀田 智明	
			2011A6001	BL33LEP	堀田 智明	
			2011B6001	BL33LEP	堀田 智明	
34725	Takeshi Ohta	633 (2011) 46-50	2010A6001	BL33LEP	堀田 智明	Development of Portable NMR Polarimeter System for Polarized HD Target
			2010B6001	BL33LEP	堀田 智明	
34838	Keisuke Inoue	880 (2018) 87-91	2012A1384	BL09XU	岸本 俊二	Measurement of Nuclear Resonant Scattering on ⁶¹ Ni with Fast Scintillation Detector using Propotional-Mode Silicon Avalanche Photodiode
			2015B1378	BL09XU	岸本 俊二	

Applied Physics Letters

34629	Keisuke Ikeda	111 (2017) 142402	2014A1158	BL39XU	藤森 淳	Magnetic Anisotropy of L1 ₀ -ordered FePt Thin Films Studied by Fe and Pt L _{2,3} -edges X-ray Magnetic Circular Dichroism
			2015B1461	BL39XU	藤森 淳	
34861	Tao Wang	109 (2016) 181901	2016A1060	BL44B2	Xing Xianran	Tunable Thermal Expansion and Magnetism in Zr-Doped ScF ₃
35174	Daisuke Mori	111 (2017) 201603	2015B1651	BL25SU	森 大輔	Local Structural Determination of N at SiO ₂ /SiC(000 $\bar{1}$) Interfaces by Photoelectron Diffraction
35175	Okkyun Seo	111 (2017) 253101	2013B1207	BL04B2	Kumara Rosantha	Stacking Fault Density and Bond Orientational Order of fcc Ruthenium Nanoparticles
			2014A1321	BL04B2	坂田 修身	
			2014B1210	BL04B2	Kumara Rosantha	
			2015B1245	BL04B2	坂田 修身	
2016B4500	BL15XU	坂田 修身				

Chemistry Letters

34621	Hiroyuki Shimogawa	46 (2017) 715-718	2012B1319	BL38B1	若宮 淳志	D- π -A Dyes with Diketopyrrolopyrrole and Boryl-substituted Thierylthiazole Units for Dye-sensitized Solar Cells with High J _{sc} Values
34649	Hongcheng Ruan	46 (2017) 1304-1307	2016A1435	BL28B2	西堀 麻衣子	Effect of Thermal Conductivity of Catalytic Materials on Soot Sensing Performance Based on a Combustion-type Sensor
			2016B1302	BL28B2	西堀 麻衣子	
			2014B1477	BL28B2	西堀 麻衣子	
34755	Hikaru Saito	46 (2017) 1646-1649	2017A1755	BL14B2	関根 泰	Non-Oxidative Ethane Dehydroaromatization on Co/H-ZSM-5 Catalyst
34767	Masahiro Kouno	46 (2017) 1542-1545	2015B1241	BL02B2	吉成 信人	3-Aminopropanethiol versus 2-Aminoethanethiol Leading to Different S-bridged Multinuclear Structures Composed of Rhodium(III) Octahedrons

Journal of Materials Chemistry A

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
34691	Akira Miura	5 (2017) 14270-14277	2016B1078	BL02B2	水口 佳一	Synthesis, Structure and Photocatalytic Activity of Layered LaOInS ₂
34710	Yuto Tamura	4 (2016) 15333-15342	2015A1388	BL40XU	高谷 光	Fullerene-Linked Tetrabenzoporphyrins for Solution-Processed Organic Photovoltaics: Flexible vs. Rigid Linkers
34714	Chek-Hai Lim	5 (2017) 21536-21541	2016A4128	BL12B2	Wu Nae-Lih	Insight into Microstructural and Phase Transformations in Electrochemical Sodiation-Desodiation of a Bismuth Particulate Anode
			2016B4127	BL12B2	Wu Nae-Lih	
			2017A4129	BL12B2	Wu Nae-Lih	
35054	Taame-Abraha Berhe	5 (2017) 21002-21015	2016A4132	BL12B2	Hwang Bing Joe	Identification of the Physical Origin behind Disorder, Heterogeneity, and Reconstruction and Their Correlation with the Photoluminescence Lifetime in Hybrid Perovskite Thin Films
			2016B4128	BL12B2	Hwang Bing Joe	

Journal of Physics: Conference Series

34618	Takeshi Mito	868 (2017) 012008	2014A1233	BL39XU	水戸 毅	Electronic States in the Pressure-Induced Magnetically Ordered Phase in SmB ₆
34821	Hisao Kobayashi	950 (2017) 042035	2004B0726	BL10XU	小林 寿夫	Charge Ordering in Sm ₄ Bi ₃ under Pressure
			2008B1398	BL09XU	小林 寿夫	
			2010B1517	BL10XU	小林 寿夫	
			2004A0514	BL10XU	小林 寿夫	
34831	Masafumi Sakata	950 (2017) 042020	2011B1357	BL10XU	中本 有紀	Structural Phase Transition of Potassium under High-Pressure and Low-Temperature Condition
			2012A1112	BL10XU	中本 有紀	
			2014B0112	BL10XU	清水 克哉	
34835	Yuichi Akahama	950 (2017) 042060	2013A1086	BL10XU	赤浜 裕一	Raman Scattering and X-ray Diffraction Studies on Phase III of Solid Hydrogen
			2013B1172	BL10XU	赤浜 裕一	
			2014A1245	BL10XU	赤浜 裕一	
			2014B1124	BL10XU	赤浜 裕一	
			2015A1297	BL10XU	赤浜 裕一	

Nature Communications

34752	Alexander Gorel	8 (2017) 1170	2015B8045	BL3	Barends Thomas	Multi-Wavelength Anomalous Diffraction de novo Phasing using a Two-Colour X-ray Free-Electron Laser with Wide Tunability
34803	Ui Okada	8 (2017) 1336	2012A6746	BL44XU	村上 聡	Crystal Structure of Tripartite-type ABC Transporter MacB from <i>Acinetobacter baumannii</i>
			2012B6746	BL44XU	村上 聡	
			2013A6855	BL44XU	村上 聡	
			2013B6855	BL44XU	村上 聡	
			2013B6700	BL44XU	大野 美恵	
			2014A6954	BL44XU	村上 聡	
			2014A6700	BL44XU	大野 美恵	
			2015A6700	BL44XU	中川 敦史	
35027	Takehiko Toshi	8 (2017) 1585	2015B8042	BL3	岩田 想	Capturing an Initial Intermediate during the P450 _{nor} Enzymatic Reaction using Time-Resolved XFEL Crystallography and Caged-Substrate
			2016A8052	BL3	久保 稔	
			2016A8043	BL3	南後 恵理子	
			2016B8068	BL3	久保 稔	
			2017A8047	BL3	久保 稔	
			2014B1528	BL41XU	當舎 武彦	
			理研	BL26B2		
			2015B1247	BL43IR	久保 稔	
			2016A1346	BL43IR	久保 稔	
			2016B1146	BL43IR	久保 稔	
			2017A1170	BL43IR	久保 稔	
			2015A1122	BL26B1	當舎 武彦	
2015A1122	BL41XU	當舎 武彦				
2016A2555	BL32XU	當舎 武彦				
35159	Meirong Chen	8 (2017) 1521	2015B1024	BL41XU	姚 閔	Structural Basis for tRNA-dependent Cysteine Biosynthesis

RSC Advances

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34634	Hongcheng Ruan	7 (2017) 43789-43797	2015B2007	BL28B2	加藤 和男	Soot Oxidation Performance with a HZSM-5 Supported Ag Nanoparticles Catalyst and the Characterization of Ag Species
			2016B1468	BL28B2	加藤 和男	
			2016A1435	BL28B2	西堀 麻衣子	
			2016B1302	BL28B2	西堀 麻衣子	
34732	Weigang Cao	6 (2016) 96275-96280	2015B1127	BL44B2	Lin Kun	Phase Transition and Negative Thermal Expansion in Orthorhombic Dy ₂ W ₃ O ₁₂
			2016A1060	BL44B2	Xing Xianran	
34862	Masaya Miyagawa	6 (2016) 104560-104565	2015B1068	BL01B1	奥村 和	Precious Metal-Like Oxide-Free Copper Nanoparticles: High Oxidation Resistance and Geometric Structure
34975	Qingquan Lin	7 (2017) 38780-38783	2016A1521	BL14B2	村山 美乃	Remarkable Enhancement of Fe-V-O _x Composite Metal Oxide to Gold Catalyst for CO Oxidation in the Simulated Atmosphere of CO ₂ Laser

Bulletin of the Chemical Society of Japan

34769	Takuma Itai	90 (2017) 1273-1275	2017A1282	BL02B2	吉成 信人	Stepwise Synthesis and Crystal Structure of an Au ₄ Co ^{II} ₂ Hexanuclear Complex with D-Penicillamine and Bis(dicyclohexylphosphino)ethane
34952	Anirban Das	88 (2015) 341-345	2012B1564	BL37XU	高橋 嘉夫	Application of X-ray Absorption Fine Structure (XAFS) Spectroscopy to Speciation of Lead (Pb) Contaminants in Plastics
			2009A1170	BL01B1	高橋 嘉夫	
35014	Hikari Watanabe	89 (2016) 965-972	2012B1447	BL04B2	貞包 浩一朗	Raman Spectroscopic Speciation Analyses and Liquid Structures by High-Energy X-ray Total Scattering and Molecular Dynamics Simulations for <i>N</i> -methylimidazolium-Based Protic Ionic Liquids
			2012B1709	BL04B2	土井 寛之	
			2012A1682	BL04B2	上野 和英	
			2012A1669	BL04B2	梅林 泰宏	
			2012A1571	BL04B2	土井 寛之	
			2011A1373	BL35XU	梅林 泰宏	

Chemical Communications

34768	Lidan Deng	53 (2017) 6937-6940	2011B1393	BL01B1	穴戸 哲也	Strong Metal-Support Interaction between Pt and SiO ₂ Following High-Temperature Reduction: a Catalytic Interface for Propane Dehydrogenation
			2011B1403	BL28B2	穴戸 哲也	
			2012A1297	BL01B1	穴戸 哲也	
34782	Jie Zhu	53 (2017) 6796-6799	2015A0115	BL04B2	脇原 徹	Ultrafast Synthesis of High-Silica Erionite Zeolites with Improved Hydrothermal Stability
35129	H. Daicho	54 (2018) 884-887	2016A1267	BL02B1	澤 博	A Novel Red-Emitting K ₂ Ca(PO ₄)F:Eu ²⁺ Phosphor with a Large Stokes Shift
			2016A1620	BL02B2	中埜 彰俊	
			2016B1737	BL02B1	中埜 彰俊	
			2017A1327	BL02B1	澤 博	

Chemical Geology

34662	Eiji Ohtani	418 (2015) 6-15	2013B0104	BL10XU	大谷 栄治	Hydrous Minerals and the Storage of Water in the Deep Mantle
34910	Norikatsu Akizawa	475 (2017) 87-104	2009A1603	BL37XU	仙田 量子	Metasomatic PGE Mobilization by Carbonatitic Melt in the Mantle: Evidence from Sub- μ m-Scale Sulfide-Carbonaceous Glass Inclusion in Tahitian Harzburgite Xenolith
			2011B1294	BL37XU	寺田 靖子	
			2014B1464	BL47XU	竹内 晃久	
			2014B1839	BL20XU	上杉 健太郎	
34966	Yuusuke Watanabe	471 (2017) 38-51	2015A0118	BL01B1	高橋 嘉夫	Different Partitioning Behaviors of Molybdenum and Tungsten in a Sediment-Water System under Various Redox Conditions
			2015A0118	BL27SU	高橋 嘉夫	
			2015A0118	BL37XU	高橋 嘉夫	

Chemistry - A European Journal

34623	Hiroyuki Shimogawa	23 (2017) 3784-3791	2013A1489	BL38B1	若宮 淳志	4,7-Bis[3-(dimesitylboryl)thien-2-yl]benzothiadiazole: Solvato-, Thermo-, and Mechanochromism Based on the Reversible Formation of an Intramolecular B-N Bond
			2012B1319	BL38B1	若宮 淳志	
34938	Takuma Itai	23 (2017) 16438-16441	2016A1485	BL02B1	小島 達弘	Creation of Optically Pure Crystals from a Meso-Type Gold(I) Metalloligand with D- and L-Amino Acids: A Coordination Trick
35083	Ryohei Yamakado	23 (2017) 9244-9248	2016B1311	BL40B2	山門 陵平	Photo-Responsive Soft Ionic Crystals: Ion-Pairing Assemblies of Azobenzene Carboxylates
			2016B1498	BL40B2	羽毛田 洋平	
			2017A1305	BL40B2	前田 大光	
			2017A1408	BL40B2	羽毛田 洋平	

Hyperfine Interactions

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
35075	Makina Saito	238 (2017) 99	2014B3366	BL08B2	岸本 浩通	Effect of Silica Nanoparticle Filler on Microscopic Polymer α -Relaxation Dynamics
			2015A1397	BL09XU	金谷 利治	
			2015B1185	BL09XU	瀬戸 誠	
			2015A3366	BL08B2	岸本 浩通	
			2015B3366	BL08B2	岸本 浩通	
35076	Satoshi Tsutsui	238 (2017) 100	2015A2036	BL35XU	筒井 智嗣	Sm Valence States and Magnetic Properties in SmBe_{13} and $\text{SmTi}_2\text{Al}_{20}$ Investigated by Sm Synchrotron-Radiation-Based Mössbauer Spectroscopy
			2015B1947	BL09XU	筒井 智嗣	
			2016A1281	BL35XU	筒井 智嗣	
			2016B1057	BL09XU	筒井 智嗣	
			2016B1967	BL09XU	依田 芳卓	
2017A1060	BL09XU	筒井 智嗣				
35172	Ko Mibu	238 (2017) 92	2015B0901	BL09XU	千葉 大地	Thickness Dependence of Morin Transition Temperature in Iridium-Doped Hematite Layers Studied through Nuclear Resonant Scattering

Journal of the American Chemical Society

34796	Zhao Pan	139 (2017) 14865-14868	2015B1127	BL44B2	Lin Kun	Colossal Volume Contraction in Strong Polar Perovskites of $\text{Pb}(\text{Ti},\text{V})\text{O}_3$
			2016A1060	BL44B2	Xing Xianran	
			2016B1850	BL19B2	東 正樹	
34939	Kohei Matsui	140 (2018) 1195-1198	2014B1815	BL40XU	高谷 光	One-Shot Multiple Borylation toward BN-Doped Nanographenes
			2015A1320	BL40XU	畠山 琢次	
			2015A0114	BL40XU	高谷 光	
			2016A1052	BL40XU	畠山 琢次	
			2016B1059	BL40XU	畠山 琢次	
35130	Yoshinori Kuno	138 (2016) 15950-15955	2015B1110	BL02B2	陰山 洋	ZnTaO_2N : Stabilized High-Temperature LiNbO_3 -type Structure
			2015B1111	BL02B2	山本 隆文	
			2015B1472	BL02B2	陰山 洋	

Journal of the Ceramic Society of Japan

34651	Gou Sajiki	125 (2017) 760-765	2014B1732	BL13XU	棧敷 剛	Structural Analyses and Reverse Monte Carlo Modeling of Niobium Oxide Amorphous Film Prepared by Sputtering Method
			2014A1631	BL01B1	棧敷 剛	
			2014A1694	BL46XU	棧敷 剛	
			2013B1657	BL04B2	棧敷 剛	
34658	Isuru Withanage	125 (2017) 776-778	2016B1163	BL02B2	熊田 伸弘	Synthesis and Crystal Structure of Pyrochlore-Type Silver Niobate and Tantalate
35079	Kotaro Fujii	125 (2017) 808-810	2016A1616	BL02B2	日比野 圭佑	Crystal-Structure and Electron-Density Analyses of the Perovskite-Type Oxynitrides BaNbO_2N and SrNbO_2N through Synchrotron X-ray Powder Diffraction

Langmuir

34822	Toshihiko Oka	33 (2017) 12487-12496	2016A1192	BL40B2	山崎 昌一	Low-pH-Induced Lamellar to Bicontinuous Primitive Cubic Phase Transition in Dioleoylphosphatidylserine/Monoolein Membranes
			2016B1413	BL40B2	山崎 昌一	
			2017A1385	BL40B2	山崎 昌一	
34995	Ken Morishima	33 (2017) 6084-6091	2016A7210	BL03XU	和泉 篤士	Structure and Rheology of Wormlike Micelles Formed by Fluorocarbon-Hydrocarbon-Type Hybrid Gemini Surfactant in Aqueous Solution
35168	Satoshi Muratsugu	33 (2017) 10271-10282	2016A7822	BL36XU	松井 公佑	Size Regulation and Stability Enhancement of Pt Nanoparticle Catalyst via Polypyrrole Functionalization of Carbon-Nanotube-Supported Pt Tetranuclear Complex

Physical Review B

34633	Binbin Yue	96 (2017) 125118	2015A4265	BL12XU	Yue Binbin	High-Energy Electronic Excitations in a Bulk MoS_2 Single Crystal
35004	Yuki Ohuchi	91 (2015) 245115	2014B1845	BL39XU	打田 正輝	Topological Hall Effect in Thin Films of the Heisenberg Ferromagnet EuO
35189	Shinya Hosokawa	96 (2017) 214207	2013B1275	BL09XU	細川 伸也	Impurity Position and Lattice Distortion in a Mn-Doped Bi_2Te_3 Topological Insulator Investigated by X-ray Fluorescence Holography and X-ray Absorption Fine Structure
			2014A1065	BL09XU	細川 伸也	
			2013B4125	BL12B2	細川 伸也	
			2014B4125	BL12B2	細川 伸也	
			2015A4134	BL12B2	細川 伸也	

Analytical Sciences

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34832	Hirokazu Narita	33 (2017) 1305-1309	2014A3517	BL11XU	成田 弘一	Comparison of the Extractabilities of Tetrachloro- and Tetrabromopalladate(II) Ions with a Thiodiglycolamide Compound
			2014B3518	BL11XU	成田 弘一	
35123	Fumiyuki Takasaki	33 (2017) 1007-1012	2010B1961	BL14B2	高崎 史進	Ligand Exchange Reactions of a Monomeric Zirconium Carbonate Complex with Carboxylic Acids Studied by Extended X-ray Absorption Fine Structure, UV Absorption and Raman Spectrophotometry
			2011B1826	BL14B2	高崎 史進	
			2012A1777	BL14B2	高崎 史進	

Applied Physics Express

34947	Wataru Yashiro	10 (2017) 052501	2015B1263	BL28B2	矢代 航	Sub-10-ms X-ray Tomography using a Grating Interferometer
			2016A1258	BL28B2	矢代 航	
			2016B1229	BL28B2	矢代 航	
34998	Kouichi Takase	10 (2017) 123001	2011B1432	BL02B2	高瀬 浩一	Charge-Density Study on Layered Oxyarsenides (LaO)MAs (M = Mn, Fe, Ni, Zn)
			2016A1230	BL02B2	高瀬 浩一	
			2009B1263	BL02B2	高瀬 浩一	
			2008B1557	BL02B2	高瀬 浩一	

Biochemical and Biophysical Research Communications

34659	Takayoshi Kinoshita	493 (2017) 313-317	2016A6616	BL44XU	木下 誉富	High-Resolution Structure Discloses the Potential for Allosteric Regulation of Mitogen-Activated Protein Kinase Kinase 7
			2016B6616	BL44XU	木下 誉富	
34750	Kanate Temtrirath	493 (2017) 1095-1101	2011B2055	BL41XU	橋本 涉	Binding Mode of Metal Ions to the Bacterial Iron Import Protein EfeO
			2012A1317	BL38B1	橋本 涉	
			2012B1265	BL38B1	橋本 涉	
			2013B1260	BL38B1	橋本 涉	
			2016A2574	BL38B1	橋本 涉	

Biochemistry

34730	Ko-Hsin Chin	54 (2015) 4936-4951	2014B4007	BL12B2	Tsai MingDaw	Structural Insights into the Distinct Binding Mode of Cyclic Di-AMP with SaCpaA_RCK
34940	Eric Sheng-Wen Chen	56 (2017) 5112-5124	2016A2507	BL41XU	別所 義隆	Phospho-Priming Confers Functionally Relevant Specificities for Rad53 Kinase Autophosphorylation

Biomacromolecules

35122	Tomoki Nishimura	18 (2017) 3913-3923	2017A1241	BL40B2	西村 智貴	Self-Assembled Polypeptide Nanogels with Enzymatically Transformable Surface as a Small Interfering RNA Delivery Platform
35156	Taiyo Yoshioka	18 (2017) 3892-3903	2014B1027	BL40B2	吉岡 太陽	Transformation of Coiled α -Helices into <i>Cross</i> - β -Sheets Superstructure
			2014B1487	BL40XU	田代 孝二	
			2016A1440	BL40B2	吉岡 太陽	

Chemistry of Materials

34652	Yuta Saito	29 (2017) 7440-7449	2014B1134	BL47XU	齊藤 雄太	Electronic Structure of Transition-Metal Based Cu ₂ GeTe ₃ Phase Change Material: Revealing the Key Role of Cu <i>d</i> Electrons
34798	Yuzhu Song	29 (2017) 7078-7082	2016A1060	BL44B2	Xing Xianran	Structure, Magnetism, and Tunable Negative Thermal Expansion in (Hf,Nb)Fe ₂ Alloys

Environmental Science & Technology

34760	Haibo Qin	51 (2017) 6027-6035	2015A0118	BL01B1	高橋 嘉夫	Tellurium Distribution and Speciation in Contaminated Soils from Abandoned Mine Tailing: Comparison with Selenium
			2015A0118	BL37XU	高橋 嘉夫	
34962	Kouhei Tokunaga	51 (2017) 9194-9201	2015A0118	BL01B1	高橋 嘉夫	Effective Removal of Selenite and Selenate Ions from Aqueous Solution by Barite

Geochemical Journal

34960	Kouhei Sakata	51 (2017) 215-225	2012B1564	BL37XU	高橋 嘉夫	Lead Speciation Studies on Coarse and Fine Aerosol Particles by Bulk and Micro X-ray Absorption Fine Structure Spectroscopy
			2013A1290	BL37XU	高橋 嘉夫	
			2014B1307	BL37XU	高橋 嘉夫	
			2015A0118	BL37XU	高橋 嘉夫	
35120	Motoko Igisu	51 (2017) 589-594	2016A1699	BL43IR	伊規須 素子	Studying Microscale Distributions of Aliphatic C-H Bonds in Neoproterozoic Prokaryotic Fossils using SR Micro-FTIR

Geochimica et Cosmochimica Acta

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
34842	Ryoichi Nakada	218 (2017) 273-290	2013B1658	BL01B1	中田 亮一	Aqueous Speciation is Likely to Control the Stable Isotopic Fractionation of Cerium at Varying pH
			2015A1305	BL01B1	中田 亮一	
34976	Keisuke Fukushi	213 (2017) 457-474	2015A0118	BL37XU	高橋 嘉夫	Speciation of Magnesium in Monohydrocalcite: XANES, <i>ab initio</i> and Geochemical Modeling
				BL27SU	高橋 嘉夫	
				BL01B1	高橋 嘉夫	

High Pressure Research

34804	Takayuki Ishii	37 (2017) 507-515	2015B1319	BL04B1	山崎 大輔	Pressure Generation to 65 GPa in a Kawai-Type Multi-Anvil Apparatus with Tungsten Carbide Anvils
			2015B1504	BL04B1	辻野 典秀	
			2015B1761	BL04B1	徐 放	
			2016A1172	BL04B1	石井 貴之	
			2016A1434	BL04B1	劉 兆東	
34848	Shintaro Azuma	38 (2018) 23-31	2017A1149	BL47XU	野村 龍一	Anvil Design for Slip-Free High Pressure Deformation Experiments in a Rotational Diamond Anvil Cell

IEEE Transactions on Magnetics

34772	Nobuaki Kikuchi	54 (2018) 6100106	2016A1400	BL39XU	大沢 仁志	Time- and Spatially Resolved Hard X-ray MCD Measurement on a Co/Pt Multilayer Dot Excited by Pulsed RF Field
			2016B1958	BL39XU	大沢 仁志	
35000	Akinobu Yamaguchi	53 (2017) 8108504	2013B1735	BL25SU	山口 明啓	Control of Domain Structure in Artificial Ni Wires Fabricated on an LiNbO ₃ Structure
			2014B1398	BL25SU	山口 明啓	
			2016A1252	BL17SU	山口 明啓	
			2016B1305	BL17SU	山口 明啓	

Journal of Alloys and Compounds

35081	Norihiro Okamoto	732 (2018) 52-63	2014B1228	BL02B1	乾 晴行	Crystal Structure Refinement of the Γ - and Γ_1 -phase Compounds in the Fe-Zn System and Orientation Relationships among α -Fe, Γ and Γ_1 Phases in the Coating Layer of Galvannealed Steel
			2015A1468	BL02B1	乾 晴行	
			2016B1096	BL02B1	岡本 範彦	
			2017A1243	BL02B1	岡本 範彦	
35128	Masatoshi Kanazawa	736 (2018) 314-321	2013B1062	BL04B1	関根 ちひろ	High-Pressure and High-Temperature Synthesis of Heavy Lanthanide Sesquisulfides Ln_2S_3 ($Ln=Yb$, and Lu)

Journal of Applied Physiology

34943	Erin V. McGillick	123 (2017) 1204-1213	2016A0132	BL20B2	Hooper Stuart	Elevated Airway Liquid Volumes at Birth: a Potential Cause of Transient Tachypnea of the Newborn
34951	Jessica Crawshaw	121 (2016) 750-759	2009A0022	BL20B2	Lewis Robert	Effect of Betamethasone, Surfactant, and Positive End-Expiratory Pressures on Lung Aeration at Birth in Preterm Rabbits
			2008A0002	BL20B2	Lewis Robert	

Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena

34780	Naomi Kawamura	220 (2017) 81-85	2001A0404	BL39XU	河村 直己	Magnetic Circular Dichroism of X-ray Spectroscopy for Spinel-Type Ferrites in Hard X-ray Region: X-ray Absorption, X-ray Emission, and X-ray Photoemission
			2010A1963	BL39XU	河村 直己	
			2010B2060	BL39XU	河村 直己	
			2010B1227	BL39XU	河村 直己	
			2010B4265	BL12XU	河村 直己	
			2011A2057	BL39XU	河村 直己	
			2011A4265	BL12XU	河村 直己	
			2013A1899	BL39XU	河村 直己	
			2014B1126	BL47XU	水牧 仁一朗	
			2015A1182	BL47XU	河村 直己	
			2015A1470	BL01B1	河村 直己	
2015B1975	BL09XU	池永 英司				
35151	Yuya Kubota	220 (2017) 17-20	2014A7401	BL07LSU	松田 巖	Polarization Dependence of Resonant Magneto-Optical Kerr Effect Measured by Two Types of Figure-8 Undulators
			2014B7401	BL07LSU	松田 巖	
			2014B7473	BL07LSU	松田 巖	
			2015A7401	BL07LSU	松田 巖	

The Journal of Organic Chemistry

34620	Hidetaka Nishimura	82 (2017) 5242-5249	2013A1489	BL38B1	若宮 淳志	Oxygen-Bridged Diphenylamine as a Scaffold for Full-Color Circularly Polarized Luminescent Materials
35119	Hiroshi Okada	82 (2017) 5868-5872	2013A0100	BL02B1	青柳 忍	Crystallographic Structure Determination of Both [5,6]- and [6,6]-Isomers of Lithium-Ion-Containing Diphenylmethano[60]fullerene

Journal of Physics: Condensed Matter

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34777	Hitoshi Yamaoka	29 (2017) 475502	2012A4265	BL12XU	辻井 直人	Electronic Structure of Ferromagnetic Heavy Fermion, YbPdSi, YbPdGe, and YbPtGe Studied by Photoelectron Spectroscopy, X-ray Emission Spectroscopy, and DFT + DMFT Calculations
35194	Kazuhiro Fuchizaki	30 (2018) 045401	2014B3621	BL14B1	淵崎 眞弘	Pressure-induced Structural Change in Liquid Ge ₄

Journal of Solid State Chemistry

34824	Hiroaki Konishi	258 (2018) 225-231	2014A3622	BL14B1	平野 辰巳	Mechanisms Responsible for Two Possible Electrochemical Reactions in Li _{1.2} Ni _{0.13} Mn _{0.54} Co _{0.13} O ₂ Used for Lithium Ion Batteries
35184	Takanori Itoh	258 (2018) 702-711	2011A1703	BL14B2	伊藤 孝憲	Local Structure Change around Co and Fe Ions in (La _{0.6} Sr _{0.4})(Co _{0.2} Fe _{0.8})O _{3-δ} as Revealed by <i>in-situ</i> X-ray Absorption Spectroscopy and First-Principles Calculation
			2011B1764	BL14B2	伊藤 孝憲	
			2011B1765	BL19B2	伊藤 孝憲	

Journal of Synchrotron Radiation

34648	Minoru Kubo	24 (2017) 1086-1091	2016B8063	BL3	南後 恵理子	Nanosecond Pump-Probe Device for Time-Resolved Serial Femtosecond Crystallography Developed at SACLA
			2017A8018	BL3	南後 恵理子	
35087	Alexander Bagger	24 (2017) 296-301	2015A4256	BL12XU	De Groot Frank	1s _{2p} Resonant Inelastic X-ray Scattering Combined Dipole and Quadrupole Analysis Method

Journal of the Electrochemical Society

34703	Yoshinari Makimura	164 (2017) A2853-A2860	2015A7008	BL33XU	野中 敬正	Rechargeable Capacities and Polarizations of Li ₂ Ni _{0.75} Co _{0.15} Al _{0.05} Mg _{0.05} O _{2-δ} versus Li ₂ Ni _{0.8} Co _{0.15} Al _{0.05} O _{2-δ} for Lithium-Ion Batteries
35063	Masahiro Shiraiwa	164 (2017) F1392-F1399	2015A1674	BL19B2	藤井 孝太郎	Crystal Structure and Oxide-Ion Conductivity of Ba _{1-x} Nd _{1-x} InO _{4+x/2}
			2015B1596	BL19B2	藤井 孝太郎	
			2015B1901	BL19B2	藤井 孝太郎	
			2016A1616	BL02B2	日比野 圭佑	

Journal of Virology

35157	Mitsuhiro Nishimura	91 (2017) e01121-17	2016A2566	BL38B1	西村 光広	Crystal Structure of the DNA-Binding Domain of Human Herpesvirus 6A Immediate Early Protein 2
35160	Keisuke Komoda	91 (2017) e01002-17	2012A1494	BL41XU	田中 勲	Asymmetric Trimeric Ring Structure of the Nucleocapsid Protein of <i>Tospovirus</i>
			2017A2545	BL41XU	姚 閱	

Nature

34851	Yoshiyuki Norimatsu	545 (2017) 193-198	2012B1486	BL41XU	豊島 近	Protein-Phospholipid Interplay Revealed with Crystals of a Calcium Pump
			2016A0133	BL41XU	豊島 近	
			2009B0025	BL41XU	豊島 近	
			2013A0049	BL41XU	豊島 近	
35086	Gaojie Song	546 (2017) 312-315	2016B2724	BL41XU	Stevens Raymond	Human GLP-1 Receptor Transmembrane Domain Structure in Complex with Allosteric Modulators
			2016B2708	BL41XU	Liu Zhi-Jie	

Nature Physics

34889	Mari Einaga	12 (2016) 835-838	2014B0112	BL10XU	清水 克哉	Crystal Structure of the Superconducting Phase of Sulfur Hydride
35032	Aleksandr I. Chumakov	(2017) Published online 20 Nov. 2017	2014B8025	BL3	Chumakov Aleksandr	Superradiance of an Ensemble of Nuclei Excited by a Free Electron Laser

Physical Review Letters

34616	Toshiya Inami	119 (2017) 137203	2015B3711	BL22XU	稲見 俊哉	Magnetic Circular Dichroism in X-Ray Emission from Ferromagnets
			2016A3761	BL22XU	稲見 俊哉	
			2016B3762	BL22XU	稲見 俊哉	
34959	Fan Zhu	119 (2017) 215501	2013A1539	BL04B2	陳 明偉	Correlation between Local Structure Order and Spatial Heterogeneity in a Metallic Glass
			2013B1197	BL01B1	陳 明偉	

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
34656	Satoru Sasaki	357 (2017) 1381-1385	2014B1340	BL43IR	橋本 颯一郎	Crystallization and Vitrification of Electrons in a Glass-Forming Charge Liquid
			2014B1752	BL43IR	佐々木 智	
			2015A1777	BL43IR	佐々木 智	
			2015B1752	BL43IR	佐々木 智	
			2016A0073	BL43IR	佐々木 孝彦	
34837	Haruhiko Ehara	357 (2017) 921-924	2014B1265	BL41XU	関根 俊一	Structure of the Complete Elongation Complex of RNA Polymerase II with Basal Factors
			2015B2040	BL41XU	関根 俊一	
			2016A2526	BL41XU	関根 俊一	

高圧力の科学と技術 (The Review of High Pressure Science and Technology)

35051	Norimasa Ozaki	27 (2017) 129-136	2013B8063	BL3	尾崎 典雅	Exploring Warm Dense Matter with Laser Shock Wave
			2014A8045	BL3	尾崎 典雅	
			2015A8066	BL3	尾崎 典雅	
35052	Takeshi Matsuoka	27 (2017) 109-118	2013B8062	BL3	佐野 智一	Development and Operation of a Sub Pico-Second X-Ray Diffraction Experimental Station for High-Pressure Science
			2013B8063	BL3	尾崎 典雅	
			2014A8045	BL3	尾崎 典雅	
			2014B8016	BL3	佐野 雄二	
			2014B8068	BL3	尾崎 典雅	
			2015A8023	BL3	Harmand Marion	
			2015A8066	BL3	尾崎 典雅	
			2015B8014	BL3	Harmand Marion	
			2015B8063	BL3	尾崎 典雅	
			2016A8065	BL3	尾崎 典雅	
			2016B8044	BL3	Hartley Nicholas	
2016B8083	BL3	奥地 拓生				
2016B8084	BL3	尾崎 典雅				

鉄と鋼 (Tetsu to Hagane)

35084	Iori Uwabe	103 (2017) 678-687	2014B1532	BL20XU	安田 秀幸	<i>In-situ</i> Measurement of Solute Partition Coefficient in Fe-Cr-Ni-Mo Alloys by using X-ray Imaging and X-ray Florescence Analysis
			2015A1608	BL20B2	安田 秀幸	
			2015B1466	BL20B2	安田 秀幸	
			2016A1331	BL20B2	安田 秀幸	
35132	Tomoya Nagira	103 (2017) 668-677	2014B1090	BL20XU	柳楽 知也	<i>In situ</i> Observations of Tensile and Compressive Deformations in Semi Solid Metallic Alloys using Time-Resolved X-ray Imaging
			2015A1318	BL20XU	柳楽 知也	
			2015B1055	BL20B2	柳楽 知也	
			2016B1084	BL20B2	柳楽 知也	

ACS NANO

34764	Kazuki Fukao	11 (2017) 12103-12110	2016A1254	BL40B2	野々山 貴行	Anisotropic Growth of Hydroxyapatite in Stretched Double Network Hydrogel
			2015B1140	BL40B2	中島 祐	

ACS Omega

34853	Masashi Ozaki	2 (2017) 7016-7021	2017A1703	BL19B2	浦野 年由	Solvent-Coordinated Tin Halide Complexes as Purified Precursors for Tin-Based Perovskites
-------	---------------	-----------------------	-----------	--------	-------	---

Acta Crystallographica Section B

35073	Tsunetomo Yamada	73 (2017) 1125-1141	2013A3786	BL22XU	山田 庸公	Atomic Structures of Ternary Yb-Cd-Mg Icosahedral Quasicrystals and a 1/1 Approximant
-------	------------------	------------------------	-----------	--------	-------	---

Acta Crystallographica Section F

34705	Kazuya Hasegawa	73 (2017) 568-573	2011B2106	BL41XU	長谷川 和也	Crystallization and X-ray Analysis of 23 nm Virus-Like Particles from <i>Norovirus</i> Chiba Strain
			2011A2067	BL41XU	長谷川 和也	
			2011A2004	BL41XU	長谷川 和也	
			2012A1832	BL41XU	長谷川 和也	
			2012B1984	BL41XU	奥村 英夫	

Advanced 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
34855	Masahiro Nakano	29 (2017) 1602893	2014A1530	BL46XU	尾坂 格	Control of Major Carriers in an Ambipolar Polymer Semiconductor by Self-Assembled Monolayers

AIP Advances

35080	Masato Hoshino	7 (2017) 105122	2014B1859	BL28B2	四角 隆二	High-energy, High-resolution X-ray Imaging for Metallic Cultural Heritages
			2015B1829	BL28B2	四角 隆二	
			2016A1707	BL28B2	四角 隆二	
			2016B1815	BL28B2	四角 隆二	
			2017A1730	BL28B2	四角 隆二	
			2017B1762	BL28B2	四角 隆二	

American Geophysical Union Monograph

34671	Eiji Ohtani	217 (2016) 265-275	2013B0104	BL10XU	大谷 栄治	Stability of Hydrous Minerals and Water Reservoirs in the Deep Earth Interior
-------	-------------	-----------------------	-----------	--------	-------	---

Applied Catalysis B

35116	Toshitaka Tanabe	105 (2011) 41-49	2010A7001	BL33XU	長井 康貴	Operando X-ray Absorption Spectroscopy Study of Supported Pt Catalysts during NO Reduction by Hydrocarbon
-------	------------------	---------------------	-----------	--------	-------	---

Applied Sciences

35036	Shingo Yamamoto	7 (2017) 662	2014A7401	BL07LSU	松田 巖	Measurement of the Resonant Magneto-Optical Kerr Effect Using a Free Electron Laser
			2014B7401	BL07LSU	松田 巖	
			2014B7473	BL07LSU	松田 巖	
			2015A7401	BL07LSU	松田 巖	
			2015B7401	BL07LSU	松田 巖	
				XFEL		

Archives of Disease in Childhood-Fetal and Neonatal Edition

34958	Jessica R. Crawshaw	(2017) Online published Oct. 20, 2017	2012B0047	BL20B2	Hooper Stuart	Laryngeal Closure Impedes Non-Invasive Ventilation at Birth
-------	---------------------	---------------------------------------	-----------	--------	---------------	---

ASME Proceedings

34843	Hiroyuki Tsuritani	(2017) IPACK2017-74177	2015B1566	BL20XU	岡本 佳之	<i>In-Situ</i> Monitoring via Synchrotron Radiation Laminography of Thermal Fatigue Cracks at Die-Attached Joints under Cyclic Energization Loading
			2016B1568	BL20XU	岡本 佳之	
			2017A1556	BL20XU	岡本 佳之	

Canadian Journal of Chemistry

35118	Masahiko Iyoda	95 (2017) 315-319	2013A0100	BL02B1	青柳 忍	Structures and Properties of Saturn-like Complexes Composed of Oligothiophene Macrocyclic with Methano[60]fullerene and [70]fullerene
-------	----------------	----------------------	-----------	--------	------	---

Catalysis Today

35125	Haruka Mitani	281 (2017) 669-676	2013A4501	BL15XU	増田 卓也	Catalytic Properties of Ni-Fe-Mg Alloy Nanoparticle Catalysts for Methanol Decomposition
			2014A4907	BL15XU	藤田 伸尚	
			2015B4901	BL15XU	田邊 豊和	

Cell Reports

34802	Tadayuki Ogawa	20 (2017) 2626-2638	2015A1048	BL41XU	小川 寛之	Mechanism of Catalytic Microtubule Depolymerization via KIF2-Tubulin Transitional Conformation
			2015A1048	BL32XU	小川 寛之	

Cell Research

35163	Go Kasuya	26 (2016) 1288-1301	2014A1091	BL41XU	石谷 隆一郎	Crystal Structures of the TRIC Trimeric Intracellular Cation Channel Orthologues
			2014A1061	BL32XU	服部 素之	
			2014A1093	BL32XU	瀧木 理	
			2014A1116	BL32XU	西澤 知宏	
			2014B1194	BL41XU	服部 素之	

ChemCatChem

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
35013	Kohsuke Mori	9 (2017) 3456-3462	2015B1083	BL01B1	森 浩亮	Palladium Copper Chromium Ternary Nanoparticles Constructed In situ within a Basic Resin: Enhanced Activity in the Dehydrogenation of Formic Acid
			2016A1095	BL01B1	森 浩亮	

Chemical Engineering Journal

34747	Satoru Katoh	324 (2017) 370-379	2014B5370	BL16B2	山口 聡	Characterization of Secondary Pores in Washcoat Layers and Their Effect on Effective Gas Transport Properties
			2015A5370	BL16B2	山口 聡	
			2015A7012	BL33XU	木村 英彦	
			2015B7112	BL33XU	山口 聡	
			2016A7112	BL33XU	山本 敏生	

Chemical Engineering Transactions

34749	Satoru Katoh	57 (2017) 1237-1242	2014B5370	BL16B2	山口 聡	Analyzing Gas Transport Phenomena in Secondary Pore of Washcoat Layer Determined by X-ray CT and Modeling
			2015A5370	BL16B2	山口 聡	
			2015A5371	BL16B2	山口 聡	
			2015A7012	BL33XU	木村 英彦	
			2015B7112	BL33XU	山口 聡	
			2016A7112	BL33XU	山本 敏生	
			2016B7031	BL33XU	堂前 和彦	

Chemical Science

34830	Kang Qian	6 (2015) 4587-4593	2014A0078	BL02B1	Iversen Bo	Does the Thermal Evolution of Molecular Structures Critically Affect the Magnetic Anisotropy?
-------	-----------	-----------------------	-----------	--------	------------	---

ChemSusChem

34854	Tamao Ishida	9 (2016) 3441-3447	2013B1598	BL14B2	大橋 弘範	Efficient Decarbonylation of Furfural to Furan Catalyzed by Zirconia-Supported Palladium Clusters with Low Atomcity
			2014A1534	BL14B2	大橋 弘範	
			2014B1897	BL14B2	大橋 弘範	
			2015A1702	BL14B2	大橋 弘範	

Chinese Journal of Catalysis

34974	Ayako Taketoshi	38 (2017) 1888-1898	2015B1781	BL14B2	村山 美乃	Preparation of Gold Clusters on Metal Oxides by Deposition-Precipitation with Microwave Drying and Their Catalytic Performance for CO and Sulfide Oxidation
			2015B1883	BL14B2	石田 玉青	
			2016A1521	BL14B2	村山 美乃	

Contributions to Mineralogy and Petrology

34615	Tomohiro Ohuchi	172 (2017) 65	2015A0075	BL04B1	入船 徹男	Flow Behavior and Microstructures of Hydrous Olivine Aggregates at Upper Mantle Pressures and Temperatures
			2010A0082	BL04B1	入船 徹男	

CrystEngComm

34657	Tetsushi Ohmura	19 (2017) 5173-5177	2016B3784	BL22XU	大村 哲陽	Supramolecular Porphyrin-Based Metal-Organic Frameworks: Cu(II) Naphthoate-Cu(II) Tetrapyrrolyl Porphine Structures Exhibiting Selective CO ₂ /N ₂ Separation
-------	-----------------	------------------------	-----------	--------	-------	---

Dalton Transactions

35064	Keisuke Hibino	46 (2017) 14947-14956	2015B1596	BL19B2	藤井 孝太郎	Structures, Electron Density and Characterization of Novel Photocatalysts, (BaTaO ₂ N) _{1-x} (SrWO ₂ N) _x Solid Solutions
			2014A1510	BL19B2	伊藤 孝憲	
			2014B1660	BL19B2	藤井 孝太郎	
			2015A1674	BL19B2	藤井 孝太郎	
			2015B1901	BL19B2	藤井 孝太郎	
			2016A1616	BL02B2	日比野 圭佑	
			2014B1922	BL19B2	藤井 孝太郎	

Drugs in R&D

34650	Kenji Egusa	17 (2017) 413-418	2013B1521	BL19B2	岡崎 文秋	Identification of Polymorphic Forms of Active Pharmaceutical Ingredient in Low-Concentration Dry Powder Formulations by Synchrotron X-Ray Powder Diffraction
			2012B1838	BL19B2	岡崎 文秋	
			2011B2028	BL19B2	江草 健司	

The Early Earth: Accretion and Differentiation

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
34801	Stéphane Labrosse	(2015) 123-142	2014A0080	BL10XU	廣瀬 敬	Fractional Melting and Freezing in the Deep Mantle and Implications for the Formation of a Basal Magma Ocean

Earth and Planetary Science Letters

34800	Yuko Mori	464 (2017) 135-141	2014A0080	BL10XU	廣瀬 敬	Melting Experiments on Fe-Fe ₃ S System to 254 GPa
-------	-----------	-----------------------	-----------	--------	------	---

Electrochemistry

34711	Yasushi Idemoto	85 (2017) 660-666	2013A1283	BL02B2	井手本 康	Change of Average, Local Structures for 0.5Li ₂ MnO ₃ -0.5LiMn _{5/12} Ni _{5/12} Co _{1/6} O ₂ by Heat-Treatment under Vacuum
			2013B1120	BL02B2	井手本 康	
			2014B1473	BL04B2	井手本 康	
			2013B1549	BL14B2	井手本 康	

eLife

34704	Manabu Aoki	6 (2017) e28020	2014A1001	BL41XU	山本 雅貴	A Novel Central Nervous System-Penetrating Protease Inhibitor Overcomes Human Immunodeficiency Virus 1 Resistance with Unprecedented aM to pM Potency
-------	-------------	--------------------	-----------	--------	-------	---

Evergreen

34720	Hongcheng Ruan	4 (2017) 7-11	2016B1591	BL14B2	西堀 麻衣子	Soot Oxidation Activity of Ag/HZSM-5 (Si/Al=40) Catalyst
			2016B1302	BL28B2	西堀 麻衣子	
			2015A1613	BL28B2	西堀 麻衣子	

Food Structure

34619	Yayoi Miyagawa	11 (2017) 8-15	2015B1626	BL19B2	中川 究也	Thermal and Structural Changes of Rapeseed Oil during Isothermal Storage at Low Temperature
-------	----------------	-------------------	-----------	--------	-------	---

Fuel

34864	Jeeyeon Jeon	211 (2018) 572-581	2014B0111	BL40XU	文 石洙	Ambient Density Effects on Initial Flow Breakup and Droplet Size Distribution of Hollow-Cone Sprays from Outwardly-Opening GDI Injector
-------	--------------	-----------------------	-----------	--------	------	---

Genes Cells

34778	Masako Koyama	22 (2017) 861-875	2012B1291	BL41XU	松浦 能行	Crystal Structure of the Xpo1p Nuclear Export Complex Bound to the SxFG/PxFG Repeats of the Nucleoporin Nup42p
-------	---------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

Inorganics

35090	Yusuke Sunada	5 (2017) 84	2016A1118	BL02B1	砂田 祐輔	Construction of a Planar Tetrapalladium Cluster by the Reaction of Palladium(0) Bis(isocyanide) with Cyclic Tetrasilane
			2016B1392	BL02B1	砂田 祐輔	
			2017A1400	BL02B1	砂田 祐輔	

ISIJ International

35093	Tao Li	56 (2016) 1989-1995	2011B1395	BL20XU	谷口 尚司	Three-dimensional Observation of Nonmetallic Inclusion Clusters in Solid Metal by X-ray Micro-CT
			2012B1448	BL20XU	谷口 尚司	

Journal of Applied Physics

34647	Shogo Mochizuki	122 (2017) 135705	2014A1329	BL13XU	酒井 朗	Quantification of Local Strain Distributions in Nanoscale Strained SiGe FinFET Structures
			2014B1549	BL13XU	酒井 朗	

The Journal of Biochemistry

35026	Tutomu Nakamura	162 (2017) 415-422	2016A2524	BL38B1	中村 努	Alteration of Molecular Assembly by Peroxiredoxins from Hyperthermophilic Archaea
			2016A6603	BL44XU	上垣 浩一	
			2016B6603	BL44XU	上垣 浩一	

The Journal of Biological 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
34630	Ai Kaneko	292 (2017) 15681-15690	2015B2058	BL38B1	橋本 渉	A Solute-Binding Protein in the Closed Conformation Induces ATP Hydrolysis in a Bacterial ATP-Binding Cassette Transporter Involved in the Import of Alginate
			2014B1137	BL38B1	橋本 渉	
			2014A1148	BL38B1	橋本 渉	
			2013B1260	BL38B1	橋本 渉	
			2013A1106	BL38B1	橋本 渉	

Journal of Computer Chemistry, Japan

34884	Taiga Suenaga	16 (2017) 108-109	2015A1127	BL04B2	高橋 修	Vibration Spectrum Calculation Method for Solid Organic Crystals by Spectral Analysis Method
			2015B1198	BL10XU	高橋 修	
			2016A4268	BL12XU	高橋 修	

Journal of Crystal Growth

34689	Takuma Nakamura	477 (2017) 123-126	2013B1592	BL14B2	黒田 眞司	Structural and Magnetic Properties of (Zn,Fe)Te Thin Films Grown by MBE under Zn-Rich Flux Condition
			2014A1556	BL14B2	黒田 眞司	
			2014B1611	BL14B2	黒田 眞司	

Journal of Dental Research

34757	Kiyota Ganeko	94 (2015) 1684-1690	2014A1019	BL20B2	細川 隆司	Bone Aging by Advanced Glycation End Products: A Multiscale Mechanical Analysis
-------	---------------	------------------------	-----------	--------	-------	---

Journal of Electronic Materials

35127	Yosuke Fujii	(2017) online published 21 Nov. 2017	2014B1334	BL02B2	小菅 厚子	High-Temperature Formation Phase and Crystal Structure of Hot-Pressed Thermoelectric CuGaTe ₂ with Chalcopyrite-Type Structure
			2015A1363	BL02B2	小菅 厚子	
			2015B1377	BL02B2	小菅 厚子	

Journal of Geophysical Research

34663	Izumi Mashino	121 (2016) 595-609	2013B0104	BL10XU	大谷 栄治	Sound Velocities of δ -AlOOH up to Core-Mantle Boundary Pressures with Implications for the Seismic Anomalies in the Deep Mantle
-------	---------------	-----------------------	-----------	--------	-------	---

Journal of Molecular Liquids

34809	Kazuhisa Yano	248 (2017) 468-472	2015A1175	BL35XU	矢野 一久	Investigation of Collective Dynamics of Solvent Molecules in Nanofluids by Inelastic X-ray Scattering
			2015B1272	BL35XU	矢野 一久	

Journal of Oleo Science

34994	Junji Matsuoka	66 (2017) 1285-1291	2014B7260	BL03XU	権藤 聡	Structure of the Microemulsion of Polyglycerol Polyricinoleate Encapsulating Vitamin E
			2014A1815	BL19B2	笠間 勇輝	

Journal of Paleontology

34683	Sachiko Agematsu	91 (2017) 1220-1227	2014B1442	BL20B2	上松 佐知子	Reconstruction of the Multielement Apparatus of the Earliest Triassic Conodont, <i>Hindeodus parvus</i> , using Synchrotron Radiation X-ray Micro-Tomography
-------	------------------	------------------------	-----------	--------	--------	--

Journal of Physics and Chemistry of Solids

35092	Kousuke Nishimura	75 (2014) 710-712	2008A1725	BL02B2	西村 浩輔	High-Pressure Synthesis of BaVO ₃ : A New Cubic Perovskite
-------	-------------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

Journal of Physics D: Applied Physics

35155	Takashi Suemasu	50 (2017) 023001	2014A4902	BL15XU	木村 昭夫	Exploring the Potential of Semiconducting BaSi ₂ for Thin-Film Solar Cell Applications
			2015A4907	BL15XU	木村 昭夫	
			2015B4906	BL15XU	木村 昭夫	

The Journal of Physiology

34954	Justin A. R. Lang	595 (2017) 1593-1606	2012B0047	BL20B2	Hooper Stuart	Vagal Denervation Inhibits the Increase in Pulmonary Blood Flow during Partial Lung Aeration at Birth
-------	-------------------	-------------------------	-----------	--------	---------------	---

Journal of Power Sources

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
35188	Yasushi Idemoto	378 (2018) 198-208	2014B1932	BL14B2	井手本 康	Effect of Operating Temperature on Local Structure during First Discharge of 0.4Li ₂ MnO ₃ -0.6LiMn _{1/3} Ni _{1/3} Co _{1/3} O ₂ Electrodes
			2015A1544	BL04B2	井手本 康	
			2015B1280	BL04B2	井手本 康	
			2015B1576	BL14B2	井手本 康	

Journal of Real-Time Image Processing

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34980	Muhammad Islam	12 (2016) 43-54	2012A1322	BL20B2	Kitchen Marcus	GPU Accelerated Regional Lung Air Volume Measurements from Phase Contrast X-ray Images
			2012B0047	BL20B2	Hooper Stuart	

Journal of Surface Analysis

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
35191	Satoshi Yasuno	24 (2017) 136-140	2014B1640	BL46XU	安野 聡	Evaluation of Potential Distribution in Channel Region of Amorphous InGaZnO Thin Film Transistor by Bias Applied Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy
			2013A1320	BL46XU	小金澤 智之	
			2015B1602	BL46XU	安野 聡	
			2016A1517	BL46XU	安野 聡	
			2016A1762	BL46XU	安野 聡	
			2016B1555	BL46XU	安野 聡	

Journal of the American Ceramic 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
35069	Fumio Kawamura	101 (2018) 949-956	2012A1158	BL10XU	遊佐 斉	Synthesis of Hexagonal Phases of WN and W _{2.25} N ₃ by High-Pressure Metathesis Reaction
			2012A1136	BL04B2	遊佐 斉	
			2017A1285	BL10XU	遊佐 斉	

JPS Conference Proceedings

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
34726	Masayuki Niyama	13 (2017) 020009	2015B6101	BL31LEP	村松 憲仁	Status and Prospects of LEPS2 Solenoid Spectrometer
			2015A6101	BL31LEP	村松 憲仁	
			2014B6101	BL31LEP	村松 憲仁	
			2014A6101	BL31LEP	村松 憲仁	
			2016A6101	BL31LEP	村松 憲仁	

Macromolecules

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34734	Hiroshi Danjo	50 (2017) 8028-8032	2016A1104	BL38B1	檀上 博史	Proton-Induced Assembly-Disassembly Modulation of Spiroborate Twin-Bowl Polymers Bearing Pyridyl Groups

MATEC Web of Conference

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
34850	Makoto Kasai	130 (2017) 03004	2015A1992	BL14B2	笠井 誠	Synthesis and Evaluation of Zeolite Surface-Modified Perlite
			2015B1595	BL14B2	笠井 誠	
			2016A1540	BL14B2	笠井 誠	

Materials Research Express

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
34820	Akane Agui	4 (2017) 106108	2016B1327	BL08W	安居院 あかね	Magnetic Compton Profile Evaluation of Magnetization Process of Tb _x Co _{100-x} Films
			2016A1111	BL08W	安居院 あかね	
			2015B1136	BL08W	安居院 あかね	
			2015B1138	BL39XU	安居院 あかね	

Materials Science Forum

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34893	Yujiro Hayashi	905 (2017) 157-164	2014B7002	BL33XU	林 雄二郎	Scanning Three-Dimensional X-Ray Diffraction Microscopy with a High-Energy Microbeam at SPring-8
			2015A7002	BL33XU	林 雄二郎	
			2015B7002	BL33XU	林 雄二郎	

Medical 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
35134	Nobuteru Nariyama	44 (2017) 6654-6660	2014A1068	BL28B2	成山 展照	Scanning of Parallel-Plate Ionization Chamber and Diamond Detector for Measurements of Water-Dose Profiles in the Vicinity of a Narrow X-ray Microbeam
			2015A1923	BL28B2	成山 展照	
			2016A1721	BL28B2	成山 展照	

Micron

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
34945	Rino Saiga	105 (2018) 64-69	2008B1261	BL47XU	水谷 隆太	Method for Estimating Modulation Transfer Function from Sample Images
			2017A1143	BL37XU	水谷 隆太	

Microporous and Mesoporous 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
34783	Ce Peng	255 (2018) 192-199	2015A0115	BL04B2	脇原 徹	Preparation of Nanosized SSZ-13 Zeolite with Enhanced Hydrothermal Stability by a Two-Stage Synthetic Method

Mineralogical Magazine

35089	Akio Suzuki	73 (2009) 479-485	2006A1464	BL04B1	鈴木 昭夫	Compressibility of the High-Pressure Polymorph of AlOOH to 17 GPa
-------	-------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

Molecular Crystals and Liquid Crystals

35001	Ichiro Hirose	654 (2017) 47-52	2012A1748	BL46XU	小金澤 智之	Molecular Alignments of σ Phase in Co-evaporated Pentacene and Perfluoropentacene Film on SiO ₂ Studied by Grazing-Incidence X-ray Diffraction
-------	---------------	---------------------	-----------	--------	--------	--

Molecules

34865	Siti Nor Hasmah Ishak	22 (2017) 1574	2013A6864	BL44XU	Raja Abd Rahman Raja Noor Zailha	Molecular Dynamic Simulation of Space and Earth-Grown Crystal Structures of Thermostable T1 Lipase <i>Geobacillus zailhae</i> Revealed a Better Structure
-------	-----------------------	-------------------	-----------	--------	----------------------------------	---

Nano Letters

35195	Kazuo Tsutsui	17 (2017) 7533-7538	2014B1819	BL25SU	筒井 一生	Individual Atomic Imaging of Multiple Dopant Sites in As-Doped Si Using Spectro-Photoelectron Holography
			2016A1261	BL25SU	筒井 一生	

Nanoscale

35121	Hsin-Yi Tiffany Chen	9 (2017) 7207-7216	2017A4134	BL12B2	Chen Tsan Yao	Heterogeneous Cu-Pd Binary Interface Boosts Stability and Mass Activity of Atomic Pt Clusters in the Oxygen Reduction Reaction
			2017B4137	BL12B2	Chen Tsan Yao	

Nature Geoscience

34614	Tomohiro Ohuchi	10 (2017) 771-776	2015A0075	BL04B1	入船 徹男	Intermediate-Depth Earthquakes Linked to Localized Heating in Dunite and Harzburgite
-------	-----------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

Nature Structural and Molecular Biology

34911	Yusuke Sato	24 (2017) 911-919	2016A2567	BL41XU	深井 周也	Structural Basis for Specific Cleavage of Lys6-Linked Polyubiquitin Chains by USP30
-------	-------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

Nucleic Acids Research

34617	Ying-Ren Wang	45 (2017) 10861-10871	2014A4008	BL12B2	Chan Nei Li	Producing Irreversible Topoisomerase II-Mediated DNA Breaks by Site-Specific Pt(II)-Methionine Coordination Chemistry
-------	---------------	--------------------------	-----------	--------	-------------	---

Optical Materials

34886	Aya Torimoto	73 (2017) 517-522	2016A0130	BL01B1	小原 真司	Emission Properties of Ce-Doped Alkaline Earth Borate Glasses for Scintillator Applications
-------	--------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

Optics Express

34982	Freda Werdiger	24 (2016) 10620-10634	2014B1522	BL20B2	Kitchen Marcus	Generalised Cornu Spirals: an Experimental Study using Hard X-rays
			2012B0047	BL20B2	Hooper Stuart	

Optics Letters

35071	Yu-Hsin Wu	42 (2017) 2575-2578	2015B4259	BL12XU	Chang Shih Lin	High-Resolution Monochromator using a High-Efficiency Single-Mode X-ray Resonator at Laue Incidence
			2016A4263	BL12XU	Chang Shih Lin	
			2017A4261	BL12XU	Chang Shih Lin	

Pediatric Research

34955	Andreas W. Flemmer	82 (2017) 536-543	2012B0047	BL20B2	Hooper Stuart	Lung Hypoplasia in Newborn Rabbits with a Diaphragmatic Hernia Affects Pulmonary Ventilation but not Perfusion
-------	--------------------	----------------------	-----------	--------	---------------	--

Physica B

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
35078	Satoshi Tsutsui	(2017) Available online 22 Sep. 2017	2016A1281	BL35XU	筒井 智嗣	Inelastic X-ray Scattering of RTA_3 ($R = \text{La, Ce, T} = \text{Cu, Au}$)
			2015B1550	BL35XU	筒井 智嗣	
			2015A1235	BL35XU	筒井 智嗣	
			2014B1052	BL35XU	筒井 智嗣	
			2013A1903	BL35XU	筒井 智嗣	
2016A1413	BL09XU	筒井 智嗣				

Physica C

34941	Katsuya Shimizu	514 (2015) 46-49	2014B0112	BL10XU	清水 克哉	Superconductivity from Insulating Elements under High Pressure
-------	-----------------	------------------	-----------	--------	-------	--

Physical Chemistry Chemical Physics

34739	Felix Lehmkuhler	19 (2017) 28470-28475	2016B1303	BL08W	Lehmkuehler Felix	Temperature Dependence of the Hydrogen Bond Network in Trimethylamine <i>N</i> -oxide and Guanidine Hydrochloride-Water Solutions
-------	------------------	-----------------------	-----------	-------	-------------------	---

Physical Review A

35028	Dongdong Ni	96 (2017) 012518	2016A4265	BL12XU	Zhu LinFan	Comparative Study of the Low-Lying Valence Electronic States of Carbon Dioxide by High-Resolution Inelastic X-ray and Electron Scattering
-------	-------------	------------------	-----------	--------	------------	---

Physical Review Applied

35131	Yusaku Maeda	7 (2017) 034012	2014B1468	BL02B2	黒岩 芳弘	Improper Ferroelectricity in Studied Aluminate Sodalite for Pyroelectric Energy Harvesting
			2015A1425	BL02B2	谷口 博基	
			2015A0074	BL02B2	森吉 千佳子	

Physics of Particles and Nuclai

34733	Hideki Kohri	48 (2017) 63-68	2015A6001	BL33LEP	堀田 智明	Comparison between $\bar{u}u$ and $\bar{d}d$ Productions by the $\gamma p \rightarrow \pi^+ \Delta^{++}$ and $\pi^+ \Delta^0$ Reactions at Forward π Angles at $E_\gamma = 1.5\text{-}3.0$ GeV
			2014B6001	BL33LEP	堀田 智明	
			2014A6001	BL33LEP	堀田 智明	
			2013B6001	BL33LEP	堀田 智明	
			2013A6001	BL33LEP	堀田 智明	
			2012B6001	BL33LEP	堀田 智明	
			2012A6001	BL33LEP	堀田 智明	
			2011B6001	BL33LEP	堀田 智明	
2011A6001	BL33LEP	堀田 智明				

Physics of the Earth and Planetary Interiors

34661	Kosui Watanabe	237 (2014) 65-72	2013B0104	BL10XU	大谷 栄治	The Abundance of Potassium in the Earth's Core
-------	----------------	------------------	-----------	--------	-------	--

Plant Physiology and Biochemistry

34856	Bodin Mongkhonsin	109 (2016) 549-560	2010A1368	BL37XU	保倉 明子	Phenolic Compounds Responding to Zinc and/or Cadmium Treatments in <i>Gynura pseudochina</i> (L.) DC. Extracts and Biomass
			2010A1673	BL37XU	中井 泉	

Plasma and Fusion Research

35094	Hitoki Yoneda	12 (2017) 1301046	2011B1354	BL08W	米田 仁紀	Compton Scattering Measurement to Detect Momentum Distribution of Electrons in Warm Dense Matter
			2012B1507	BL08W	米田 仁紀	
			2013A1504	BL08W	米田 仁紀	
			2013B1450	BL08W	米田 仁紀	

Polymer

34706	Kei Mito	128 (2017) 373-378	2015B1140	BL40B2	中島 祐	Supramolecular Hydrogels with Multi-Cylindrical Lamellar Bilayers: Swelling-Induced Contraction and Anisotropic Molecular Diffusion
-------	----------	--------------------	-----------	--------	------	---

Polymer Journal

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34690	Toshiji Kanaya	49 (2017) 831-837	2013A1408	BL40B2	金谷 利治	Role of Molecular Weight in Shish-Kebab Formation during Drawing by Small-Angle Neutron and X-ray Scattering
			2013B1345	BL40B2	金谷 利治	
			2014B1256	BL40B2	金谷 利治	

Powder Diffraction

34646	Vadim Efimov	32 (2017) S151-S154	2015B1176	BL01B1	Sikolenko Vadim	Anomalous Behavior of Displacement Correlation Function and Strain in Lanthanum Cobalt Oxide Analyzed Both from X-ray Powder Diffraction and EXAFS Data
-------	--------------	------------------------	-----------	--------	-----------------	---

Proceedings of the 6th Decennial International Conference on Solidification Processing

35085	Hideyuki Yasuda	(2017) 431-433	2015A1642	BL20B2	安田 秀幸	Massive-Like Transformation in Fe-Cr-Ni Alloys: In-situ and Time-Resolved Observation
			2016A1367	BL20XU	安田 秀幸	

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

34781	Zhendong Liu	113 (2016) 14267-14271	2015A0115	BL04B2	脇原 徹	Continuous Flow Synthesis of ZSM-5 Zeolite on the Order of Seconds
-------	--------------	---------------------------	-----------	--------	------	--

Progress in Earth and Planetary Science

34673	Takanori Sakairi	4 (2017) 10-21	2013B0104	BL10XU	大谷 栄治	Melting Relations in the Fe-S-Si System at High Pressure and Temperature: Implications for the Planetary Core
			2016B1494	BL10XU	大谷 栄治	

Proteins: Structure, Function, and Bioinformatics

35091	Youichi Naoe	85 (2017) 2217-2230	2014A1394	BL41XU	杉本 宏	Structural Basis for Binding and Transfer of Heme in Bacterial Heme-Acquisition Systems
			2014B1389	BL41XU	杉本 宏	
			2015A1120	BL32XU	杉本 宏	
			2017A2575	BL41XU	杉本 宏	
			理研	BL26B2		
理研	BL26B1					

Review of Scientific Instruments

34718	Longjian Xie	88 (2017) 093904	2015A1771	BL04B1	Xie Longjian	Synthesis of Boron-Doped Diamond and its Application as a Heating Material in a Multi-Anvil High-Pressure Apparatus
			2016A1651	BL04B1	Xie Longjian	
			2016B1686	BL04B1	Xie Longjian	

SAE Technical Paper

35006	Daisuke Hayashi	(2017) 2017-01-1188	2015B7112	BL33XU	山口 聡	Synchrotron X-Ray Visualization and Simulation for Operating Fuel Cell Diffusion Layers
			2015A7109	BL33XU	鈴木 孝尚	
			2015B7109	BL33XU	鈴木 孝尚	
			2014B7109	BL33XU	鈴木 孝尚	
			2016B7031	BL33XU	堂前 和彦	

Structural Dynamics

34751	Sascha Epp	4 (2017) 054308	2016A8036	BL3	Miller Dwayne	Time Zero Determination for FEL Pump-Probe Studies Based on Ultrafast Melting of Bismuth
			2016B8052	BL3	Miller Dwayne	

Structure

34627	Kai-En Chen	23 (2015) 653-664	2014A4003	BL12B2	Wang Andrew	Substrate Specificity and Plasticity of FERM-Containing Protein Tyrosine Phosphatases
-------	-------------	----------------------	-----------	--------	-------------	---

Thin Solid Films

34949	Junichi Nomoto	644 (2017) 33-40	2016B1588	BL19B2	野本 淳一	Characteristics of the Orientation Distribution and Carrier Transport of Polycrystalline Al-doped ZnO Films Prepared by Direct Current Magnetron Sputtering
-------	----------------	---------------------	-----------	--------	-------	---

Toxicology and Applied Pharmacology

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
34863	Kentaro Nishida	337 (2017) 76-84	2013B1730	BL37XU	石田 竜弘	Liposomalization of Oxaliplatin Induces Skin Accumulation of it, but Negligible Skin Toxicity
			2014A1707	BL37XU	石田 竜弘	
			2014B1810	BL37XU	石田 竜弘	
			2014B1813	BL40B2	石田 竜弘	
			2015A1860	BL37XU	石田 竜弘	
			2015A1876	BL40B2	石田 竜弘	
			2015B1811	BL37XU	石田 竜弘	
2016A1307	BL37XU	石田 竜弘				

Vacuum

35124	Kuniyuki Kakushima	140 (2017) 14-18	2006A0195	BL47XU	吉丸 正樹	Infrared Spectroscopic Analysis of Reactively Formed La-Silicate Interface Layer at La ₂ O ₃ /Si Substrates
-------	--------------------	---------------------	-----------	--------	-------	---

固体物理 (Solid State Physics)

34748	Shinichi Nakamura	52 (2017) 551-558	2016B3561	BL11XU	中村 真一	Crystal-Site-Selective Spectrum Obtained by Synchrotron Mössbauer Diffraction
-------	-------------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

電気学会論文誌A (IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials)

34999	Akinobu Yamaguchi	137 (2017) 487-488	2013B1735	BL25SU	山口 明啓	Magnetoresistance of NiCu Micro-Wires Fabricated on a LiNbO ₃ Substrate
			2014B1398	BL25SU	山口 明啓	
			2016A1252	BL17SU	山口 明啓	
			2016B1305	BL17SU	山口 明啓	

銅と銅合金 (Journal of Japan Institute of Copper)

35068	Michio Okada	56 (2017) 232-236	2015B3870	BL23SU	岡田 美智雄	Oxidation Processes of Copper-Gold Alloy Surface Induced by Supersonic Oxygen Molecular Beam
			2016A3820	BL23SU	岡田 美智雄	
			2016A3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2016B3831	BL23SU	岡田 美智雄	
			2016B3801	BL23SU	吉越 章隆	

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

34857	Yoshitomo Kamiura	81 (2017) 510-515	2010B3806	BL23SU	上浦 良友	Characterization of Polycrystalline Tungsten Surfaces Irradiated with Nitrogen Ions by X-ray Photoelectron Spectroscopy
-------	-------------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

日本化粧品技術者会誌 (Journal of Society of Cosmetic Chemists of Japan)

34678	Tomomitsu Kawai	51 (2017) 230-236	2012B1366	BL20XU	井上 敬文	Imaging of Photo-Damaged Hair with a Differential Phase Scanning X-Ray Microscopy
-------	-----------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

日本結晶学会誌 (Journal of the Crystallographic Society of Japan)

35066	Shinya Tsukada	59 (2017) 205-206	2016A3620	BL14B1	塚田 真也	Dynamics of Inhomogeneity on BaTiO ₃
-------	----------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

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

34756	Yoshimasa Yamamoto	90 (2017) 470-474	2013B1550	BL19B2	河原 成元	Dispersed Structure of Filler and Properties of Vulcanized Natural Rubber, Isoprene Rubber and Deproteinized Natural Rubber Filled with Carbon Black
-------	--------------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

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

34674	Naoto Kitamura	64 (2017) 489-494	2011A1853	BL19B2	井手本 康	Defect-Distribution Simulation of Crystalline Oxide by Neutron and Synchrotron X-Ray Total Scattering Measurements
			2013B1167	BL04B2	井手本 康	

博士論文 (大阪大学)

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
34712	Xinyue Jiang	(2017)	2014B1087	BL40B2	寺尾 憲	Conformation and Dynamics of Cellulosic and Amylosic Chains in Solution
			2015A1179	BL40B2	寺尾 憲	
			2015B1100	BL40B2	寺尾 憲	
			2015B1674	BL40B2	高橋 倫太郎	
			2016A1053	BL40B2	寺尾 憲	
34713	Yan Li	(2017)	2015B1674	BL40B2	高橋 倫太郎	Conformations of Globular Protein-Surfactant Complexes Formed in Aqueous Solution
			2016A1053	BL40B2	寺尾 憲	

博士論文 (University of New South Wales)

34753	Yi Zhang	(2016)	2014A1026	BL35XU	Conibeer Gavin	Study on III-V Materials for Hot Carrier Solar Cell Absorbers
-------	----------	--------	-----------	--------	----------------	---

博士論文 (東京大学)

34858	Kosuke Yamazoe	(2017)	2017A7538	BL07LSU	山添 康介	Hydrogen-bonding Configuration of Water in Polyelectrolyte Brushes Studied by Soft X-ray Emission Spectroscopy
			2016A7507	BL07LSU	田中 賢	
			2015B7403	BL07LSU	原田 慈久	

博士論文 (名古屋大学)

35003	Satoru Katoh	(2017)	2014B5370	BL16B2	山口 聡	Gas Transport Phenomena in Automotive Catalytic Converter
			2015A5370	BL16B2	山口 聡	
			2015A5371	BL16B2	山口 聡	
			2015A7012	BL33XU	木村 英彦	
			2015B7112	BL33XU	山口 聡	
			2016A7112	BL33XU	山本 敏生	
			2016B7031	BL33XU	堂前 和彦	

博士論文 (横浜国立大学)

35154	Toshihiro Takekawa	(2016)	2014B5091	BL16XU	渡邊 学	Research on Electrolyte Materials Applicable to High Capacity Secondary Batteries using Si Anode
			2015A5390	BL16XU	高尾 直樹	
			2015B5091	BL16XU	竹川 寿弘	

課題以外の成果として登録された論文

レーザー研究 (The Review of Laser Engineering)

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
35038	Ryo Hazama	45 (2017) 513-517	装置&技術	SACLA	Anomalous Uniaxial Compression of Interlayer Distance in Highly Oriented Pyrolytic Graphite
35039	Yoshinori Nishino	45 (2017) 508-512	装置&技術	SACLA	Nano-Imaging under Controlled Environment Using SACLA
35040	Hitoki Yoneda	45 (2017) 503-507	装置&技術	SACLA	Development of the Shortest Wavelength Atomic State Lasers
35041	Hironobu Fukuzawa	45 (2017) 498-502	装置&技術	SACLA	Novel Phenomena in Clusters Irradiated by Short-Wavelength Free-Electron Lasers
35042	Mizuho Fushitani	45 (2017) 493-497	装置&技術	SACLA	Ultrafast Multiphoton Manipulation of Quantum States by Intense Laser Pulses
35043	Takayuki Yamazaki	45 (2017) 488-492	装置&技術	SACLA	Vacuum Physics Using X-Ray Free Electron Laser
35044	Norimasa Ozaki	45 (2017) 480-487	装置&技術	SACLA	High Pressure Researches Using High-Power Lasers and XFELs
35045	Michihiro Suga	45 (2017) 475-479	装置&技術	SACLA	Atomic Structure and Water-splitting Reaction Mechanism of Photosystem II Revealed by X-ray Free Electron Laser
35047	Shunsuke Nozawa	45 (2017) 470-474	装置&技術	SACLA	Direct Observation of the Forming Process of Chemical Bonds by a Short Pulse of XFEL
35048	Yoshikazu Tanaka	45 (2017) 465-469	装置&技術	SACLA	Ultrafast Observation of Magnetic Material Sr ₂ IrO ₄ with Short-Pulse X-ray Free-Electron Laser
35049	Yuichi Inubushi	45 (2017) 345-350	装置&技術	SACLA	XFEL Nano-Focusing and Its Applications at SACLA

Physical Review B

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
35059	A. K. Efimenko	96 (2017) 195112		BL12XU	Electronic Signature of the Vacancy Ordering in NbO(Nb ₂ O ₃)
35062	Yuki Utsumi	96 (2017) 155130		BL12XU	Bulk and Surface Electronic Properties of SmB ₆ : A Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy Study
35190	M. Toufarová	96 (2017) 214101	SCSS		Contrasting Behavior of Covalent and Molecular Carbon Allotropes Exposed to Extreme Ultraviolet and Soft X-ray Free-Electron Laser Radiation

Proceedings of SPIE

34736	Kentaro Uesugi	9967 (2016) 99670V	装置&技術	BL20B2	Development of Micro-Tomography System for Materials Science at SPring-8
34844	Taro Sakao	9963 (2016) 99630L	装置&技術	BL29XU	Progress in Precision Wolter Mirrors for Soft X-ray Observations of the Sun
35034	Hiroto Motoyama	10386 (2017) 1038609	光源光学	SACLA	Optical Design of a Sub-1- μ m Focusing System for Soft X-ray Free Electron Lasers

Scientific Reports

34741	Hiroki Omura	6 (2016) 34756	理研	BL32XU	Structural and Functional Analysis of DDX41: a Bispecific Immune Receptor for DNA and Cyclic Dinucleotide
35031	Nozomu Hiraoka	7 (2017) 15494	その他	BL12XU	Electron Momentum Densities Near Dirac Cones: Anisotropic Umklapp Scattering and Momentum Broadening
35166	Hirokatsu Yumoto	7 (2017) 16408	XFEL		Ellipsoidal Mirror for Two-Dimensional 100-nm Focusing in Hard X-ray Region
			光学系	BL29XU	

高圧力の科学と技術 (The Review of High Pressure Science and Technology)

35037	Yuichi Inubushi	27 (2017) 102-108	一般	SACLA	Current Status of SACLA
35050	Kohei Miyanishi	27 (2017) 137-143		SACLA	Phase Transitions and Melting in Magnesium Oxide
35053	Toshimori Sekine	27 (2017) 94-101		SACLA	Principles for Shock Compression and Ultrahigh Pressure Behaviors of Earth and Planetary Materials

Chemical Physics

34680	T. Ouchi	482 (2017) 244-248		BL27SU	Interatomic Coulombic Decay and Electron-Transfer-Mediated Decay Following Triple Ionization of N ₂ and NeAr
34731	T. Ouchi	482 (2017) 178-184		BL27SU	Ion Pair Formation in the NeAr Dimer Irradiated by Monochromatic Soft X-rays

Nature Communications

35162	Zhen Chen	7 (2016) 13640	理研	BL45XU	A Design Principle of Polymers Processable into 2D Homeotropic Order
35186	Takeshi Yajima	7 (2016) 13809		BL01B1	Selective and Low Temperature Transition Metal Intercalation in Layered Tellurides
				BL02B2	

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

34758	Eriko Nango	30 (2017) 218-227	XFEL		A Three-Dimensional Movie of Structural Changes in Bacteriorhodopsin Captured by X-ray Free Electron Lasers
34759	Michihiro Suga	30 (2017) 228-234	装置&技術		Intermediate Structure and Oxygen-Evolving Mechanism of Photosystem II Revealed by Serial Femtosecond Crystallography

Acta Crystallographica Section A

35183	Yukio Takahashi	74 (2018) 66-70	装置&技術	BL29XU	Multislice Imaging of Integrated Circuits by Precession X-ray Ptychography
-------	-----------------	--------------------	-------	--------	--

Applied Sciences

35033	Toshiaki Inada	7 (2017) 671	装置&技術	SACLA	Probing Physics in Vacuum using an X-ray Free-Electron Laser, a High-Power Laser, and a High-Field Magnet
			理研	BL19LXU	

Applied Surface Science

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
34826	Mykhailo Vorokhta	396 (2017) 278-283		BL15XU	PLD Prepared Nanostructured Pt-CeO ₂ Thin Films Containing Ionic Platinum

Biochemical and Biophysical Research Communications

34709	Kazue Terakawa	479 (2016) 489-495	理研	BL26B2	Lysosome-Associated Membrane Proteins-1 and -2 (LAMP-1 and LAMP-2) Assemble via Distinct Modes
-------	----------------	-----------------------	----	--------	--

Chemistry - A European Journal

34742	Yuta Takaki	22 (2016) 16760-16764	理研	BL45XU	Synthesis and Self-Assembly of Cyclic 2,7-Anthrylene Ethynylene 1,3-Phenylene Ethynylene Trimer with a Planar Conformation
-------	-------------	--------------------------	----	--------	--

The European Physical Journal - Special Topics

35060	Chang-Yang Kuo	226 (2017) 2445-2456		BL12XU	Challenges from Experiment: Electronic Structure of NiO
-------	----------------	-------------------------	--	--------	---

Inorganic Chemistry

35061	Olga Sichevych	56 (2017) 9343-9352		BL12XU	Intermediate-Valence Ytterbium Compound Yb ₄ Ga ₂₄ Pt ₆ : Synthesis, Crystal Structure, and Physical Properties
-------	----------------	------------------------	--	--------	--

IUCrJ

35035	Taito Osaka	4 (2017) 728-733	XFEL		Characterization of Temporal Coherence of Hard X-ray Free-Electron Laser Pulses with Single-Shot Interferograms
			理研	BL29XU	

Journal of Crystal Growth

34823	Natsuo Tatsumi	458 (2017) 27-30	理研	BL29XU	Behavior of Crystal Defects in Synthetic Type-IIa Single-Crystalline Diamond at High Temperatures under Normal Pressure
-------	----------------	---------------------	----	--------	---

Journal of Luminescence

35187	Ho Van Tuyen	184 (2017) 83-88		BL33XU	Fluorescence Properties of Valence-Controlled Eu ²⁺ and Mn ²⁺ Ions in Aluminosilicate Glasses
-------	--------------	---------------------	--	--------	---

Journal of Magnetism and Magnetic Materials

35056	Ashish Chhaganlal Gandhi	424 (2017) 221-225		BL12B2	Exchange Bias in Finite Sized NiO Nanoparticles with Ni Clusters
-------	--------------------------	-----------------------	--	--------	--

Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics

35072	James Harries	46 (2013) 164021	SCSS		Towards Coherent Control of SASE Pulses using Propagation through Helium Gas at Wavelengths Corresponding to Double Excitation
-------	---------------	---------------------	------	--	--

Journal of Physics: Condensed Matter

35055	Ashish Chhaganlal Ganghi	29 (2017) 175802		BL12B2	Magnetocrystalline Two-Fold Symmetry in CaFe ₂ O ₄ Single Crystal
-------	--------------------------	---------------------	--	--------	---

Journal of Physics: Conference Series

35058	Martin Sundermann	807 (2017) 022001		BL12XU	Ce 3p Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy Study of the Topological Kondo Insulator CeRu ₄ Sn ₆
-------	-------------------	----------------------	--	--------	--

Journal of Solid State Chemistry

34735	Keiji Itoh	246 (2017) 372-378		BL04B2	Structure of Se-Te Glasses Studied using Neutron, X-ray Diffraction and Reverse Monte Carlo Modelling
-------	------------	-----------------------	--	--------	---

Journal of the Ceramic Society of Japan

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
34761	Shinji Kohara	125 (2017) 799-807	装置&技術	BL01B1	Atomistic and Electronic Structures of Functional Disordered Materials Revealed by a Combination of Quantum-Beam Measurements and Computer Simulations
			装置&技術	BL04B2	
			装置&技術	BL02B1	
			装置&技術	BL08W	

Journal of the European Optical Society-Rapid Publications

35153	Kiyofumi Matsuda	12 (2016) 25		BL20XU	A Microscope using Zernike's Phase Contrast Method and a Hard X-ray Gabor Hologram
-------	------------------	-----------------	--	--------	--

Journal of the Physical Society of Japan

35070	Chiaki Ohae	85 (2016) 034301	SCSS		Simultaneous Measurements of Superradiance at Multiple Wavelength from Helium Excited States: II. Analysis
-------	-------------	---------------------	------	--	--

Langmuir

34715	Satoshi Aya	32 (2016) 10545-10550	理研	BL45XU	Thermodynamically Anchoring-Frustrated Surface to Trigger Bulk Discontinuous Orientational Transition
-------	-------------	--------------------------	----	--------	---

Light: Science & Applications

35165	Le Wang	5 (2016) e16155		BL37XU	Ca _{1-x} Li _x Al _{1-x} Si _{1+x} N ₃ :Eu ²⁺ Solid Solutions as Broadband, Color-Tunable and Thermally Robust Red Phosphors for Superior Color Rendition White Light-Emitting Diodes
-------	---------	--------------------	--	--------	--

Materials

35057	You-Yun Li	10 (2017) 380		BL12B2	Investigation of the Defect Structure of Congruent and Fe-Doped LiNbO ₃ Powders Synthesized by the Combustion Method
-------	------------	------------------	--	--------	---

Materials Transactions

34836	Yasushi Enokido	57 (2016) 1960-1965		BL02B2	Effects of Grain Boundary Phase on Coercivity of Dysprosium-Free Rare Earth Magnet
-------	-----------------	------------------------	--	--------	--

Neuroscience Research

35176	Yuko Tsukamoto	117 (2017) 48-53		BL28B2	Cilostazol Protects against Microvascular Brain Injury in a Rat Model of Type 2 Diabetes
-------	----------------	---------------------	--	--------	--

Optics Letters

34839	Takahiro Tanaka	42 (2017) 4776-4779	フロントエンド	BL1	Compact Bolometric Radiometer for Free-Electron Lasers in Wavelength Range from Extreme-Ultraviolet to X-rays
-------	-----------------	------------------------	---------	-----	---

Polymer

34766	Yuan Yuan	105 (2016) 88-95		BL40B2	Preparation of Poly(3-butylthiophene) Form II Crystal by Low-Temperature Aging and a Proposal for Form II-to-Form I Transition Mechanism
-------	-----------	---------------------	--	--------	--

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

34825	Xin Jiang	113 (2016) 12420-12425	理研	BL32XU	Crystal Structure of a LacY-Nanobody Complex in a Periplasmic-Open Conformation
-------	-----------	---------------------------	----	--------	---

Protein Science

34779	Masako Koyama	26 (2017) 1870-1877	理研	BL26B2	Crystal Structure of Human WBSCR16, an RCC1-like Protein in Mitochondria
-------	---------------	------------------------	----	--------	--

「専用ビームライン 中間評価と再契約等」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」に基づき中間評価、次期計画審査等を実施し、その結果は SPring-8 選定委員会で審議されます。平成 30 年 2 月に開催しました SPring-8 選定委員会において、下記の 3 件について、専用施設審査委員会（平成 29 年 10 月開催）での評価・審査結果等を審議しましたので報告します。

記

再提出次期計画の確認

- ・兵庫県 ID ビームライン (BL24XU)
(設置者：兵庫県)

中間評価

- ・レーザー電子光ビームライン (BL33LEP)
(設置者：国立大学法人大阪大学核物理研究センター)

利用状況等評価/次期計画審査

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

上記のうち、兵庫県 ID ビームライン (BL24XU) の再提出次期計画の確認については、前回の専用施設審査委員会（平成 29 年 6 月開催）の次期計画の審査結果（SPring-8/SACLA 利用者情報 Vol.22, No.3 Pages 291-293 参照）において、利用成果の創出促進について、具体的な施策や目標設定が不明瞭であり、高度化計画についても技術的検討が不足している点等の指摘があり、再提出を求めたものです。再提出された次期計画書では、計画の実効性や成果創出について、過去の実績より向上が見込まれる計画となったことから承認されました。

レーザー電子光ビームライン (BL33LEP) の中間評価については、稼働から 17 年が経過した 3 期目での中間評価であり、結果は、今後 3 年間のビームラインの運用を「継続」することは承認されましたが、成果の早期公開と安全面での改善を求めることとなりました。

(詳細は以下、「レーザー電子光ビームライン (BL33LEP) 専用施設中間評価報告書」をご参照ください。)

サンビーム BM・ID ビームライン (BL16B2・16XU) は、稼働から 18 年が経過しており、設置者より第 3 期に向けて再契約の意思表示があったことから、利用状況の評価と提出された次期計画の審査を実施しました。結果は、再契約は承認するものの、利用成果については、実施課題がほとんど成果非専有課題であったにも関わらず、論文発表数などは産業用の共用ビームラインと比較しても期待された水準に達していない。次期計画における 2019 年以降の中期的な計画について具体性に乏しい等の指摘があったことから、これら指摘に対する具体的な改善策や中期的な計画について再提示を求めることとし、次回の中間評価は 3 年後を目処に実施することが適切であると判断されました。

(詳細は以下、「サンビーム BM・ID ビームライン (BL16B2・16XU) 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」をご参照ください。)

レーザー電子光ビームライン (BL33LEP) 専用施設中間評価報告書

レーザー電子光ビームライン (BL33LEP) は、国立大学法人大阪大学核物理研究センター (RCNP) が、SPring-8 に設置した 1 本目のレーザー電子光利用のための専用ビームラインである。この LEPS 実験施設は、GeV 領域の高エネルギーガンマ線を、逆コンプトン散乱法により生成する極めてユニークな施設として 2000 年より実験を開始し、第 1 期 (10 年)、第 2 期 (6 年) を経て、現在、第 3 期 (6 年) に入っている。その研究の目的は、物質の基本粒子であるバリオン及びメソンの構造とそれらの間に働く力を、その構成要素であるクォークのレベルで理解することである。

一方、これと並行して更なるビーム強度の増強と検出器アクセプタンスの改善を目指して、新しいビームライン (BL31LEP) と大立体角電磁カロリメーター (BGOegg) の建設も LEPS2 プロジェクトとして進められ、2013 年にビームラインと装置が完成し、翌年から物理実験が開始されている。また、大型ソレノイド・スペクトロメーターも建設中である。

専用施設審査委員会は、この 2 つの専用ビームラインの運営に責任を持つ、国立大学法人大阪大学核物理研究センターおよび国立大学法人東北大学電子光理学研究センターから本委員会に提出された「レーザー電子光ビームライン (BL33LEP) 第 3 期中間報告書」と、平成 29 年 10 月 24 日に開催された委員会での報告および討議に基づき、第 3 期後半 3 年間の当該ビームラインの設置と運用について、下記のような提言を付けた上で、「継続」することが妥当であると判断した。

以下に、各項目に関する評価結果と提言を記す。

1. 「装置の構成と性能」に対する評価

入射ガンマ線ビームの性能向上に向けて、1) 深紫外の波長 266 nm のレーザーを整備することにより、従前のエネルギー上限 2.4 GeV を 2.9 GeV までに高エネルギー領域に拡張したこと、及び、2) パルスレーザーと蓄積電子ビームのバンチ周期の同期化によ

る強度増強の技術開発などが着実な成果をあげていることは高く評価できる。特に前者は、2015～2016 年に本格的に利用されるようになり、これを使ってゆ中間子生成に関し新たな知見が得られつつある。ガンマ線の発生源となるレーザーと電子ビームとのマッチングの調整は、計測精度を左右する基盤的なものであり、引き続きシステムの性能向上について取り組むべきであろう。

①探索の S/N 向上を目指してスタートカウンターの広立体角化の改良と、利用実験への適用が進められ、既に新しい条件での実験データを取得して解析中であることは評価できる。

偏極 HD 標的の開発には遅れが見られる。2015 年には水素の偏極度 44% で緩和時間が約 8 ヶ月を達成したものの、まだ完成には至っていない。

2. 「施設運用及び利用体制」に対する評価

全般的な安全面での対応に関しては、安全管理責任者およびレーザー管理責任者を置き、連絡体制を整備するなど、組織として従来よりも真剣に取り組み、改善がみられる状況にある。しかしながら、軽微な事故・トラブルが 2 件発生したことは遺憾であり、安全教育、管理体制の強化などを含め、安全管理には十分留意願いたい。この問題は、専用施設側の安全管理基準が、SPring-8 側が考える安全管理基準と大きく乖離していることから生じているとも考えられ、当該施設安全管理関係者との共通認識の確立が必要と考える。その上で、安全について以下のように提案する。

- －専用施設安全管理担当者と SPring-8 側が共有できる管理基準を確立すること。
- －専用施設は、教員や学生への放射線・レーザー以外の安全教育を定期的実施すること。
- －専用施設は、当該施設および関連施設の安全衛生パトロールを年 1、2 回実施すること。

また、整理整頓、実験環境の改善に関して、

- －可燃物・不要物品の撤去、
 - －転倒・打撲等による負傷の原因への対策 (床上のケーブルなど)、
 - －過電流や漏電を起こさない適切な電源利用 (壁コンセントの適切使用など)、
- などを指摘する。当該専用施設は教育機関でもあり、

実験に参加する学生への安全教育の観点からも適正化を図っていただきたい。

本専用施設は大阪大学核物理研究センターのみならず、東北大学電子光物理学研究センターなど複数の組織により共同で実験がなされているので、BL31LEPも併せ、その管理、責任体制をより明確にし、常に施設者SPring-8側と連携し運用に努めていただきたい。

3. 「研究課題、内容、成果」に対する評価

この3年間での研究成果として、 ϕ 中間子の閾値近傍での陽子からの光生成反応機構としてポメロン効果が大きいという実験的示唆が得られたことが挙げられる。重陽子標的、ヘリウム4標的からの ϕ 中間子生成反応の解析も進んでおり興味深い。 ϕ 中間子生成と $\Lambda(1520)$ ハイペロン共鳴生成との干渉効果の研究も行われたが、確定した結論を導くには至っていない。この他、各種ハイペロン共鳴の光生成反応の研究やK-pp束縛状態の探索などが行われた。

Θ^+ の探索において、スタートカウンターの改良により重陽子標的の内陽子からの寄与を除去する改善が行われた。データ取得はすでに終了し、データ解析の段階にある。速やかにLEPSでの測定の最終まとめとして結果を公表すべきである。加えて、LEPS2の大型ソレノイド・スペクトロメーターを早期に完成させ、LEPS2スペクトロメーターと相補的な大散乱角領域での Θ^+ 生成の測定結果を、時機を失することなく取得することが喫緊かつ主要な課題と考える。

LEPS2を建設しながらLEPSの実験を継続するということもあり、従来より、成果とりまとめに時間を要しているように見受けられる。これまで得られた実験結果に関しては、確実にデータ解析を進め、研究成果として公表されることを期待する。また、新しい測定器の開発・製作についても積極的な成果発表を考えて欲しい。

4. 「今後の計画」に対する評価

当初計画では、LEPS2でのBGOeggを利用する実験を終了させ、LEPSへ移設して実験を続ける計画であったが、移設の予算的目処が立っておらず、BGOegg移設は困難な状況である。

そのような状況の中で、中間評価後の残り3年間に

関して、偏極HD標的を用いた測定を中心として進めることが提案されている。この方針は妥当だと考えられるものの、偏極HD標的に関しては当初計画よりも実用化が遅れており、その完成時期と最終性能には、まだ不安が残る。3年間という限られた期間での具体的実行計画は、より綿密に立案し実施することが望まれる。実験テーマについても、核子中でのss成分の研究など、 ϕ 中間子やハイペロン共鳴の生成反応におけるスピン観測の測定を活かして、確実な成果の出る実験テーマについて更に検討し、時期的にも焦点を絞ってテーマを設定すべきである。

以上

サンビームBM・IDビームライン (BL16B2・16XU) 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

設置者である産業用専用ビームライン建設利用共同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、10月24日に開催した第26回専用施設審査委員会で評価・審査を行った。その結果、第2期の施設運用は順調であり、機器整備は計画通りに進んでいるが、利用成果の公開が必ずしも十分とは言えず、提案された次期計画では利用成果創出の実現に懸念がある。また、前回の評価で指摘した利用成果についての情報発信の強化の取り組みには特段の進捗が見られていない。より一層の取り組みが必要である。加えて、産業利用を標榜するビームラインとして成果専有課題、成果非専有課題を適切に判断したうえで実施することが必要である。このため、これら成果公開と情報発信の在り方、及び運用体制の改善と中期的な機器整備に関する具体的な計画の提示を求めることとし、3年後を目処に中間評価を行うことを勧告することとする。

以下、項目毎の評価・審査結果の詳細を記載する。

○ビームラインとステーションの構成と性能

サンビームは相互に隣り合って設置された挿入光

源のBL16XUと偏向電磁石光源のBL16B2から成り、多様な放射光利用実験を同じエリアで実施することが可能で放射光の産業利用を能率よく行うことができる極めて優れた構成になっている。

挿入光源のBL16XUは、第2期の開始とともに二結晶分光器を液体窒素循環間接冷却式に更新することで更なる高輝度化を実現している。また、ダイヤモンド位相子やSiチャンネルカットモノクロメーターを設置するなど、共用ビームラインなどの他ビームラインで実績ある設備を積極的に導入している。BL16XUの実験ハッチでは第1期より稼働しているマイクロビーム形成装置や蛍光X線分析装置に加えて、第2期においてはX線回折装置の更新や硬X線光電子分光装置(HAXPES装置)を新規導入し順調に稼働している。

偏向電磁石光源のBL16B2では、第1期から引き続き設置されているXAFS装置をイメージング実験と共用して使用するために架台が更新されている。またBL16XUと同様に回折装置の更新も実施されている。第1期に他ビームラインに先駆けてXAFS用に導入されたガス設備をBL16XUでの回折実験に使用できるように改造するなど、既存設備の効果的な利用に向けての機器整備は評価に値する。この他、試料加熱装置や光子検出型ピクセル検出器の導入など共用ビームライン等での実績を踏まえて設備・機器の更新や新規導入を積極的に行ってきた実績は十分な評価に値する。BL16XU、BL16B2が保有する設備・機器はいずれも標準的なもので新奇性が高いものではないが、産業利用を対象としたビームラインで成果を挙げるべく、「世界最高の各種汎用測定」を念頭に着実に機器整備を行ってきたことは評価に値する。今後は、さらに一歩踏み出して、Spring-8の産業利用の牽引役を内外に自負できるよう、他ビームラインに導入され得るサンビーム発祥の技術例が提示されることを期待する。

○施設運用及び利用体制

第1期以来、サンビームに参画する13社が皆平等な立場でビームラインの運営を行っている。業種の異なる13社が共同して運営する世界的にも稀な利用体制であるが、安全衛生、利用計画及び装置ごとにサブ

グループを設置する等の工夫で共同運営が円滑に行われている。特に、安全衛生への取り組みは他ビームラインへの模範になり得るほどに充実していることは高く評価できる。これまでに参画企業の一部入れ替えがあったものの20年にわたり一貫した方針でビームラインを運営してきたことは驚嘆に値する。この運営体制のもとに13社が相互に協力することで、単独の企業で実施することが難しい高額な機器・設備の導入や新規技術の修得が可能になっていることから、ビームライン全体の技術水準向上に大きく貢献したものと認められる。また、緊急利用枠を設定するなど、中間評価時に指摘があったビームタイムの有効活用に向けての努力も認められる。以上のように現在の運営体制には大きな利点があり成果創出促進への努力が行われているものの、新規技術の迅速な導入とそれによる成果創出の促進とは相容れない可能性があることも懸念される。このため、ビームタイム利用方法の更なる検討を継続的に行うことも必要と考えられる。

○利用成果

白色LED用半導体材料、高出力高周波デバイス半導体材料、天然ガス火力発電用ガスタービンのNi基合金、鋼板表面の金属酸化層、自動車用燃料電池、排気ガス浄化触媒、タングステンリサイクル、冷蔵庫高機能化等、サンビームに参画する各社の事業との関係が深い技術分野で一定の成果を挙げている。これらは産業分野における放射光利用技術の有用性がうまく示されたサンビームに相応しい成果事例であり、いずれの事例も高く評価できる。しかし、優れた成果であるにもかかわらずサンビームにおける産業利用の成果として広く認知されているとは言い難い。利用成果の幅広い認知に向けての一層の努力が必要と考えられる。

サンビーム年報・成果集の刊行や論文誌掲載促進による利用成果公開への努力が認められる。特に、論文誌掲載促進への取り組みは一定の成果を挙げつつあることは評価に値するが、ほとんど全ての課題が成果非専有で実施されていることを考慮すると期待される水準には達していない。論文誌掲載による成果公開促進に向けて更なる取り組みが必要である。

参画企業間の協力・協働に加えて大学等、第3者の研究機関との連携は利用技術や利用分野の幅を広げるために有効な取り組みと思われるが、残念ながら第3者連携によって得られた具体的成果が認められない。この取り組みは非競争領域でのオープンイノベーションの具体例でもあることから妥当な活動と考えられるが、その一方で競争領域での活動状況が明確になっていない。企業活動の競争領域を対象とした課題は成果専有で実施されるものと一般的に認識されるにもかかわらず、成果専有課題が殆ど実施されていないことは利用成果の公開に対する姿勢や運用方法が不適切との懸念を強く抱かせるものである。適切な成果公開が行われているのであれば、参画企業の事業活動との関連が深い競争領域での課題が一切行われていないことを意味するため、産業利用を標榜するビームラインとしては研究課題のテーマ設定に適切さを欠くことにならざるを得ない。成果専有課題、成果非専有課題の適切な実施が強く求められる。

○次期計画

次期計画においては、サンビーム共同体以外の組織や他ビームラインとの技術的交流の促進、サンビーム年報・成果集の内容の充実、掲載論文増加への取り組みが提案されている。いずれも成果創出促進に一定の効果があることが期待できるが、これらは皆、これまでの活動の延長線上にあるため、大きな成果をもたらすことを期待することが難しい。利用成果創出促進に本格的に取り組むのであれば、過去20年にわたって実施してきた各社平等の費用負担とビームタイム配分の運用方針の適否検討も含め思い切った運用体制の見直しが必要なのかも知れない。成果創出の促進に向けて運営体制、運営方針の最適化に向けた検討を今後も継続的に行うことが必要と考えられる。なお、掲載論文増への取り組みは一定の成果を挙げつつあるが十分な水準ではない。1ビームラインあたり年間平均で20報程度の論文が掲載されていることを考慮した、より一層の努力が求められる。また、前回の中間評価でも指摘した通り、産業分野での放射光利用の有用性の認知度を高める活動も強く期待されるため、一般社会を対象とした情報発信へのより一層の取り組みを期待する。

成果専有課題で実施されると思われる事業競争領域での利用についての方針が次期計画で具体的に示されていないことは適切とは言えない。産業分野での放射光利用の成果創出促進のためには成果専有課題の実施も大いに有効と考えられるため、成果専有課題の適切な実施が強く求められる。

なお、2018年度にスパイラルスリットやグローブボックスなど複数の新規設備・機器導入が提案されているが、予算計画も含めて十分な検討が行われているものと認められる。その一方で2019年以降の整備計画は具体性に乏しいため、中期的な機器整備に関する具体的な計画の提示を求めたい。

以上のように、成果公開と情報発信の在り方、及び運用体制と中期的な計画については、懸念もあることから、再契約は承認するものの、これらの改善策や中期的な計画については再提示を求めることとし、次回の中間評価は3年後を目処に実施することが適切であると本委員会は判断する。

以上

SACLA ステータスレポートについて

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

SACLA のステータスレポートについては以下の URL をご覧ください。

■ Status of SACLA (2017)

http://fel2017.jacow.de/talks/mod03_talk.pdf

■ Suppression of the CSR effects at a dogleg beam transport using DBA lattice

<http://fel2017.jacow.de/papers/tua04.pdf>

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 活動報告

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 庶務幹事

国立研究開発法人理化学研究所 放射光科学総合研究センター

杉本 宏

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) は中川敦史会長 (大阪大学) の執行部体制のもと、様々な活動を行ってきました。2017 年 9 月に広島で開催した「SPring-8 シンポジウム 2017」や今年からスタートした「SPring-8 秋の学校」については 2017 年 11 月発行の利用者情報 (22 巻 4 号) に報告していますので、本稿ではその他の最近の SPRUC の活動状況と今後の体制についてご紹介します。

1. 次期会長が決定

2018 年 1 月 9 日につくばで開催された評議員会において、評議員の互選により次期会長として水木純一郎教授 (関西学院大学) が選出されました。任期は 2018-2019 年度の 2 年間です。同日の午後開催された特別総会でも本結果が報告されました。

2. ビームライン高性能化検討作業部会の活動：中間報告を提出

SPRUC では、藤原明比古教授 (関西学院大学) を代表として 2016 年 12 月から「ビームライン高性能化検討作業部会」を設置しています。この作業部会は、各共用ビームラインの現状の整備状況を把握した上で、SPring-8 のアップグレード計画として提案されている加速器光源の利用を想定した検出器や測定システムの開発に関して本格的な議論をすすめ、ユーザーの立場から今後の課題について提言をまとめることを目指しています。2017 年に行った 2 回の研究会代表などへのアンケート調査により各研究会での今後の高性能化に対する見解・提案の意見を聴取するとともに、SPring-8 シンポジウムにおいて報告と情報共有を行ってきました。これまでの本作業部会の活動と今後の方針を中間報告としてまとめ、2018 年 1 月からホームページにて SPRUC 会員に閲

覧可能としています。会員の皆様の今後の SPring-8 のビームラインの高性能化や次期計画へ向けた取り組みのためにご活用いただくことを切に願います。

(http://www.spring8.or.jp/ext/ja/spruc/WG_SPRUC_info/WG_advanced_research.html)

3. 三者会合

昨年より、SPRUC・理研・JASRI の各組織からそれぞれ約 4 名ずつの代表で構成する会議を始めました。SPring-8 の将来を見据えて現状の問題点を整理し、解決策を探るための議論の場と位置付けています。6 月からスタートしてこの半年で 4 回の会合を重ねました。形式にとらわれないで、ざっくばらんに協議を行っています。これまでの主な議題としては、SPring-8 シンポジウムをより有意義な構成にするための企画、パネルディスカッションの総括、将来計画やビームライン整備計画の情報共有、SPRUC の活動内容についての意見交換などです。2018 年は SPring-8 のアップグレード計画に向けての取り組みを加速していくために大事な時期となることから、この会議は前項で紹介したビームライン高性能化検討作業部会とも繋がりを持たせながら、一層重要な議論の場としていきます。

4. 分野融合型研究グループの活動について

将来重要となる未踏分野における SPring-8 の利用を掘り起こすために、2015 年度より分野融合型研究グループが発足しました。

「ナノデバイス科学」の研究グループでは、実用スピントロニクス創成を目指して、種々の放射光ツールを駆使した包括的なアプローチでナノスケールの解析を行っています。2017 年度からはプログラムオフィサー (PO) が大野英男教授 (東北大学) か

ら小野輝男教授（京都大学）へとバトンタッチされました。定期的にワークショップを開催し、SPring-8 利用実験や新しいナノデバイス創成に向けたアイデアを議論しています。これまでの構成メンバーは専門家からなるメンバーに限られていましたが、来年度からは全ての会員にも本研究グループの活動に参加できるような形態に展開する方針です。今後フラッグシップ的な研究会へと発展していくものと期待しています。

(http://www.spring8.or.jp/ext/ja/spruc/SG_SPRUC_info/nano_device.html)

「実用」の研究グループは、高尾正敏氏（元パナソニック）がPOを務めています。固液界面に関する課題を共有し、新たな学理を究明して開発現場にフィードバックすることを目指しています。2016年にスタートし、SPring-8での実験も開始しています。今年も色々な学術分野や企業の研究者・技術者が集まることで多様な視点が集まるような形で会合を開催していきます。

(http://www.spring8.or.jp/ext/ja/spruc/SG_SPRUC_info/practical_app.html)

「原子分子生命科学」および「分子機能性材料」の研究グループについては、残念ながら当初の計画どおりに立ち上げることができていない状態です。今後のロードマップや体制の在り方を詰めていく必要があります。

5. 第7回SPring-8ユーザー協同体 評議員選挙

SPRUCの活動・運営について掌握するSPRUC評議員は2年任期、1年毎の半数改選となっています。候補者はSPRUCの各代表機関から推薦されています。2018年3月末で任期満了を迎える評議員の改選選挙が2017年12月4～20日の日程で行われた結果、学術機関所属の10名と産業機関所属の5名が選出されました。

(http://www.spring8.or.jp/ext/ja/spruc/elected_person_7th.html)

6. 研究会の設置申請

現在の2016–2017年度(第3期)は合計30の「研究会」があります。SPRUC会員の約46%が何らかの研究会に登録しています。研究会は研究分野毎の情報交換の場の提供という役割のみならず、各分野の世界的動向におけるSPring-8の位置付けを把握した上で、戦略的な提言を施設に対して行えるような組織となることが期待されています。SPRUCでは2年毎に見直しを行っていることから、継続する場合でも設置申請をする必要があります。2018年3月19日(月)が応募締め切りとなっています。

7. SPring-8シンポジウム2018の開催

これまでのSPring-8シンポジウムは、多くのユーザーを有する各地の大学において毎年開催してきました。第7回目となる次回のシンポジウムは、SPring-8の地元に戻り兵庫県立大学の協力のもと、姫路市民会館での開催を予定しています。日程は2018年8月25日(土)～26日(日)です。皆様ぜひとも御参加ください。

杉本 宏 *SUGIMOTO Hiroshi*

SPring-8ユーザー協同体 (SPRUC) 庶務幹事/
 (国)理化学研究所 放射光科学総合研究センター
 〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
 TEL : 0791-58-2839
 e-mail : sugimoto@spring8.or.jp

ヨーロッパ高輝度放射光施設訪問

公益財団法人高輝度光科学研究センター

利用推進部 (兼) 利用研究促進部門 木下 豊彦

1. はじめに

2016年から2017年にかけて、ヨーロッパの数カ所の放射光施設を訪問する機会を得た。我が国の放射光施設、さらに SPring-8 の今後を考える上でいろいろと参考になった。せっかくの機会なので、個人的な感想を交えながら状況を紹介させていただく。

2014年度より科学研究費補助金の新学術領域で、奈良先端科学技術大学院大学の大門寛教授を領域代表とした「3D 活性サイト科学」が進行している^[1]。筆者は計画研究のうち、光電子ホログラフィー班の研究代表として参画しており、2015年度からは、3D 活性サイト科学の海外拠点・国際ネットワーク構築のための国際共同研究加速基金の支援も得ている。領域で推進している光電子ホログラフィーや蛍光 X線ホログラフィーは、日本が優位に立っている分野であり、新しい可能性を秘めている。若手研究者の交流や国際共同研究の推進などが推奨される中、ヨーロッパの中でもっとも新しい放射光施設である、スウェーデン、LUNDにある MAX IV^[2]を拠点として、共同研究を進めるために、領域では2017年の10月2~3日にかけて、LUND大学で合同研究会を開催した。幸い、筆者と旧知の間柄である、MAX IVの Quitmann 所長を始め、先方のスタッフには多くの協力をいただき、2016年から進めた会議の準備期間中も、3月に開催されたユーザーミーティングへの出席を含め、合計3回ほど施設訪問の機会を得た。

一方、合同研究会の2週間後に、同じLUND大学で、日本-スウェーデンの交流を目指す Mirai プロジェクト^[3] (日本学術振興会、およびスウェーデンのカウンターパートにあたる The Swedish Foundation for International Cooperation in Research and Higher Education, STINT が支援) のセミナーが開催されることになり、両国を代表する放射光、中性子の大型研究施設である、SPring-8、J-PARC、MAX

IV、ESS (The European Spallation Source)^[4]を用いた共同研究、研究交流の議論をしたいとのことで、筆者も参加する機会を得た。

これらの会議の間の時間を利用し、さらには2016年の合同研究の準備のための訪欧の機会を利用して、MAX IV以外のヨーロッパの放射光施設を訪問した。訪れたのは、SOLARIS^[5] (ポーランド)、ALBA^[6] (スペイン)、ESRF^[7]、SOLEIL^[8] (フランス)、DIAMOND^[9] (イギリス) である。

2. MAX IV

MAX IVは、1 nradを下回る低エミッタンスリングからの高輝度放射光を利用すべくデザインされた、世界でも最先端の放射光施設である。将来のFEL利用も見据えた入射LINAC、比較的低エネルギーの放射光利用を目指す1.5 GeVリングと3 GeVリングで構成されている。初代のMAXが、1986年6月に運転を開始し、その30年後にMAX IVの開所式が行われたことになる。その最初のユーザーミーティングが3月に開催され出席した。ビームラインでの一部ユーザー利用が開始されてから初めての会議であり、300名ほどの参加者が出席していた。また、産業利用を目指したワークショップなど、いくつかのサテライト会議も平行して開催されていた。

MAX IVの加速器そのものの立ち上がりは、真空の問題やビームの不安定性はあるものの、3 GeVリングの方は最大で200 mAの蓄積に成功し、トップアップ運転での160 mAの24時間運転も可能になってきたとのことであった。また、数 mA 程度の運転時ではあるものの、エミッタンス 340 pm・rad を達成している。5つの挿入光源も導入されたとのことである。シングルバンチ運転も最大で8.5 mA 蓄積可能で、定常的には2.8 mA とのことであった。1.5 GeVリングでも、最大 150 mA、トップアップ運転では

135 mA を実現したとのことである。将来的には現在の7バンドアクロマトから19バンドのラティスも視野に入れており、その際には16 pm・radのエミッタンスを目指すようである。真空の問題、ビームの不安定性を解消するための改造が2017年の10～11月に行われ、現在はそのコミッショニング、調整運転が進行しているようである。

ビームラインの方では、NanoMAXとBiOMAXの2本の硬X線ビームラインが稼働しており、すでに最初のユーザーがデータを報告していた。すでに外部ユーザーの課題を受け入れている。軟X線ビームラインでは、共鳴非弾性X線散乱(RIXS)と、準大気圧下での光電子分光ビームラインの立ち上げが先行しており、光電子分光のビームラインでの課題も受付が始まった。RIXSビームラインは、第2分光器として回転する10mのアーム長の物を備えており、高分解能を狙っている。専用ラインの運営方針も固まってきたようで、50%は共用に解放が義務付けられているとのことである。すでに建設の決まっている1本に加え、もう1本デンマークのビームラインの建設が計画されているようである。その他、フィンランドやエストニアなども専用ライン建設を行っている。建物の中には他の施設で見られる大型のクレーンはなく、各ビームラインにローカルなクレーンやチェーンブロックが設置されているだけである。大型装置の移動にはエアベアリングを使うとのことである。

今後年間3,000名のユーザーを受け入れ、500本の論文を創出し、100名近い博士取得者を輩出した

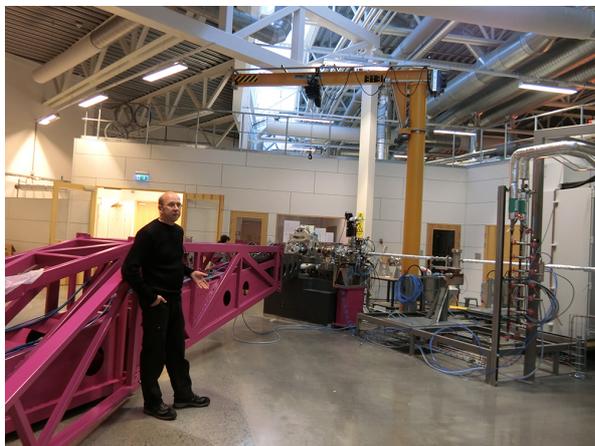


図1 MAX IVの3 GeVリングに建設されているRIXSビームライン。

いと目標が示されていた。また、線型加速器を用いたXFELの開発も進行している。現在、14本のビームライン建設が予算化されているが、その後22本まではいろいろ計画の議論が始まっている。一時絶望視されていた赤外ビームラインも1.5 GeVリングでの建設計画が出てきていた。現在、ユーザー団体が赤外ビームライン建設のための署名活動を展開している。硬X線光電子分光(HAXPES)も今後の計画には入っている。

ユーザーオフィスは少人数で悪戦苦闘している様子であり、いろいろな研究者が実際の協力をして業務が実施されている。9月には最初に21部屋のゲストハウスができる予定とのことである。

近接して建設の進んでいる中性子施設(ESS)の報告もあり、2020年に加速器が完成、23年に最初のユーザー利用、25年に完成、というスケジュールである。またESSでは、比較的長いパルス幅での安定的な中性子ビーム供給への期待が示された。中性子の発生源として日本のJ-PARCの水銀とは異なり、タングステンの利用が計画されており、トラブルの少ない運用の観点からも期待が示された。ビームラインの長さを大きくとることができ、Time of Flightの分解能が良くなるため、長いパルス幅での測定も可能で、その分冷却システムの信頼性も上がるとのことである。

産業利用産学共同のためのスタッフが、1名ではあるが活動を始め、企業とともにワークショップを行っていた。いろいろ手探りのようではあるが、コーディネーター的な役割をする企業も立ち上がり、ワークショップに参加していた。

MAX IVの特徴は、LUND大学との強い連携である。スタッフがLUND大学の教官を兼ねているケースが多くあり、特に、大学内のナノテクセンターであるNanoLUNDと呼ばれるグループと、MAX IVの放射光部隊は相互に兼務を持っている。ESSとMAX IVの間に建設される産学関係拠点であるスカンジナビア村に近々移動予定であるとのことである。走査型トンネル顕微鏡(STM)やレーザー、マイクロアプリケーションの装置や様々なグレードのクリーンルームを持っており、移動後はより強力に研究が進むことが期待され、最終的にMAX IVやESS

への測定に持ち込んで結果を得たいとのことであった。これらの拠点を集めることで、研究が活性化することが期待されていて印象深かった。

3. SOLARIS

SOLARIS は、ポーランドのクラコフ市郊外に建設された大学所属の放射光施設である。大学に所属する Pawel Korecki 教授にいろいろご説明をいただいた。この大学の卒業生の中で有名なのはコペルニクスで、また第 2 次大戦中にはユダヤ人を保護したシンドラーのホーロー工場が近くにあることでも有名である。MAX IV の 1.5 GeV リングと全く同じデザインでの建設が進んでおり、こちらはすでに 200 mA の蓄積電流を達成している。2本のビームラインを含む建設費が 50 億円程度とのことである。MAX IV の研究者も何名か手伝いに来ており作業が進んでいた。先行ビームライン 2 本はすでに建設がほぼ完了しており、それぞれ、8~100 eV での角度分解光電子分光装置と、1,000 eV 以下（ただし、偏向電磁石からの光）での光電子顕微鏡を行うことになっているビームラインである。3 本目のビームラインで、挿入光源を利用した 1,000 eV 程度までをカバーするビームラインが計画されているものの、まだ予算化されておらず、また、電子ビームの入射もライナックの建設費不足がフルエネルギー入射ができず（現状 600 MeV）、苦戦している。財政状況が厳しい中での運用を余儀なくされており、その分諸外国との協力を待ち望んでいる雰囲気であった。



図2 SOLARIS の実験フロア。右奥の 2 本のビームラインだけが建設されている。

4. ALBA

ALBA は、まだ建設後間もない施設であるが、外からはスペインらしい洒落たデザインの建物が目を引いた。Caterina Biscari 所長、科学部門のディレクター Miguel Aranda 氏、ユーザーオフィスの代表者 Inmaculada Ramos 氏に対応いただき、ALBA の運営や現状について話を伺い、SPring-8 の現状もお話しすることで情報交換を行った。ALBA の運営は、スペイン政府とカタルーニャ州政府が半半ずつ予算を持つことで運営されている。ちょうどカタルーニャ独立の選挙の最中であり、不確定要素を抱えながらも説明をしていただいた。諸外国の予算も少し入っているらしいが、どちらも政府の予算に組み入れられた後、配分されているとのことである。現在、放射光施設の建設計画があるイランがその対象の一つであり、イランのユーザーを特別枠で受け入れているとのことであった。ユーザーは SPring-8 の 10 分の 1 以下の年間 1,400 名程度であり、8 本のビームラインが動いており、3 本がコミッション中である。1 本は放射線の問題で、まだ調整ができていないとのことであった。年間 6,000 時間の運転を実施しており、200 mA でのトップアップ運転が行われている。産業利用の割合は 1% 程度であるが、産学関係という観点では 25% 程度になるということである。200 名程度の施設スタッフがあり、ユーザーオフィスは 3 名、ビームラインと実験の面倒を見るグループが 65 名、加速器が 30 名、コンピュータ部門 50 名、エンジニア部門 35 名、事務 15 名とのことである。5 週間おきに短いシャットダウン期間がある代わりに、冬以外は長期シャットダウンがない。年間 140 本程度の論文が報告されている。タンパク構造解析利用は年 1 回の受付で、その中から 7 割強のビームタイムを割り付けておき、残りは随時ビームタイムを配分するなどフレキシブルな対応を行っているとのことである。ユーザーミーティングは 2 年に 1 回で、2017 年はマドリードで開催された。密閉サンプルといえども RI は受け付けないなど、いろいろ国柄の違いも印象深かった。ユーザーポータルサイトは非常に良く作られており、SPring-8 も参考にすべきことが多々あると感じた。ヨーロッパの中で、ユーザーオフィスのネットワークができており、そのノ

ウハウの良いところ取りをした結果できあがったシステムのようなものである。当然ユーザーオフィスがやるべき仕事は上述の3名ではできず、研究系、技術系スタッフがその部分を補っている。

施設見学もさせていただいたが、実験室の雰囲気はSLSを参考にしたとのことでそっくりであった。分光器もSLS同様、BESSYの技術が導入されていた。



図3 ALBAの正門。全てのスタッフやユーザーはこの右側の守衛所の中から施設内に立ち入る。

5. ESRF

ESRFでは、軟X線分光分野で旧知のNick Brooks氏にホストをお願いし、いろいろ見学や議論の時間をとっていただいた。研究部門のdirectorであるJean Susini氏、加速器部門長のPantaleo Raimondi氏や、ユーザーオフィスの長であるJoanne Mccarthy氏などが情報交換に応じてくれた。ESRFには、11年前に訪問したことがあったが、upgrade計画のPhase Iが終わったところで、同じ施設とは思えないぐらい様変わりをしていた。特に軟X線のビームラインに関しては、高エネルギーリングでありながら、非常に高い評価を受けており、Extensionホールに新たなビームラインが建設されていた。世界最高性能のRIXSのデータが出始めたことは去年の国際会議で承知していたが、実際にその巨大な分光器が動いている様子を見ると圧巻であった。新たなビームラインでは、様々な評価装置を備えたX線磁気円二色性(XMCD)装置が稼働しており、これも実験スペースが大きく物をいって、高いアクティビティを誇っている。軟X線ビームライン1本以外は全て硬X線のビームラインである。非常に厳し

い議論を経た後に計画がまとめられ、椅子取りゲームの要領で順次評価を進め、移設(というよりは完全なupgrade)が進められていったようである。訪問のちょうど3日前には赤外分光ステーションが閉鎖され、またstanding waveを利用した表面構造解析ビームラインもすでに淘汰されていた。このあおりを受け、HAXPESのアクティビティもすでになくなっていく。ヨーロッパには数多くの2~3 GeVクラスの高輝度リングがあり、さらに高いエネルギー領域ではPETRA IIIが稼働している。この条件を加味した計画になっているようである。来年後半から2年近くにわたる加速器改造のupgradeが予定されており、すでに一つのアーク部分の組立調整がExtensionホールのビームライン未建設エリアで進行していた。7バンドアクロマートのうちの4つの偏向磁石にはSmCoの永久磁石方式が採用されている。同じ物を2018年末までに32組建設予定で、組立調整を行うためマンパワーなどのやりくりで苦労している。2019年には、ビームラインや測定部門のテクニカルスタッフは全て加速器建設に投入されることになっており、その間研究系スタッフはサバティカルのようなスタイルで他の施設の研究スタッフと共同研究を行うとのことである。最初のコミッショニング期間は放射線レベルも上がるものと想定されており、通常は管理区域ではない実験フロアは、スタッフといえども立入禁止になるとのことである。リングの内周より内側の空間に、建物をいくつか建設し、組み上がった部分をそちらで建設までに保管しておく予定である。こうしたupgradeの様子を目の



図4 ESRFで進んでいる次期計画加速器の1/32周分の調整の様子。

当たりになると、SPRING-8 や日本(特に軟 X 線領域)の立ち後れを実感した。

ESRF のアクティビティが高く、論文出版数も多いことは良く知られている。いろいろ議論をしてみたが、特別なことをしている様子はなく、ユーザー性善説に立ってはいても、論文を書かないと研究者としての将来はないという文化がしっかり定着していることが一番大きそうである。ただし、課題審査は、過去のアクティビティなども加味し、しかも 1 回の実験で論文が出るための十分な時間を配分するための配慮をしているとのことで、そこは参考にするべきではないかと思った。また、専用ビームラインに関しては、参加の各国主導でいくつか建設されているが、共用への提供率は 30%、ユーザー支援は専用ラインのスタッフによるとのことである。興味深かったのは、フランス所有の専用ラインについては、共用供出分以外の審査は SOLEIL の審査と共通に行っているとのことであった。

タンパク構造解析ビームラインでは、自由電子レーザーでトレンドとなっている連続フェムト秒結晶構造解析 (SFX) の技術を導入しようという試みがあり、SPRING-8 で実現しているチョッパーシステムについても興味を持っているようである。

6. SOLEIL

SOLEIL では、Scientific director の Amina Taleb-Ibrahimi 氏、ユーザーオフィスの Frederique Fraissard 氏、ユーザーポータルサイトの担当のコンピュータ情報部門の Idrissou Chad 氏、産業利用コーディネーターの Philippe Deblay 氏と Celine Lory 氏、時間分解分光の Mathieu Silly 氏、加速器部門ヘッドの長岡氏らと情報交換を行った。

SOLEIL はフランス独自のコミュニティと考え方に基づいて運営されていると強く感じた。Lure にあった ACO や Super ACO のユーザーが依然コミュニティの中で強い影響力を持っているとともに、ユーザーの新陳代謝も一定割合で起こっている。原子分子の研究者たちは、日本同様、FEL に研究の中心を移しているが、コヒーレンスが邪魔な分光実験も多く、またパルスよりも CW 利用が重要なテーマも多い。また、近隣に ESRF や PETRA III といった高性能の硬 X 線光源がある。

このような状況で、2.75 GeV という微妙なエネルギー設定に落ち着いたようである。実際赤外ビームラインの他、直入射分光器による VUV ビームラインも 1 本ずつ存在して低エネルギー領域の光科学をカバーしている。顕微分光や角度分解光電子分光などの軟 X 線領域の分光ビームラインが主力であるが、硬 X 線ビームラインの運用も順調である。ESRF のビームラインに比べると圧倒されるような物はなかったが、オペランド測定や時間分解測定などいろいろな工夫で特徴ある実験装置が数多く備えられていた。現在建設中も含めて 29 本のビームラインが存在し、その他加速器診断ビームラインがある。42 本の建設スペースがあるものの、現在の 29 本まででこれ以上は建設しない、ということである。次のターゲットは加速器も含めた upgrade や、ビームラインの再配置で、ESRF を意識した物を考え出している。稼働開始から 10 年あまりの比較的若い施設であるが、世界の MBA (Multi-Bend Achromat) リングの潮流には乗り遅れられないということで、加速器部門はいろいろな検討を始めている。DBA (Double-Bend Achromat) 加速器としては最先端ではあったものの、もはや世の中の進歩を無視できないということで、急ピッチでの検討を始めたということである。MBA にする代わりに強い影響力を持つ低エネルギーユーザーをどうするのか、特有の問題を抱えており、それをどう解決するかスタッフが知恵を絞っている状況である。

産業利用も SPRING-8 に比べると少ないものの、順



図 5 SOLEIL の加速器収納部。レーザーとの同期実験が盛んな施設であるため、収納部の天井にレーザーの移送パイプや反射鏡が設置されている。

調に実施されているようである。主に製薬会社や中小企業を相手にしているようであるが、ロレアル、シャネルやランコムなど、フランスの有名化粧品会社も利用しているようである。

ユーザーオフィスは、ポータルサイトの運営改造を除くと4名で動いている。うち2名が19本ずつのビームラインの面倒を見ているとのことである。ヨーロッパの施設のユーザーオフィスの会議の話がここでも出て、今後情報交換などを引き続いて行っていくことになった。できれば、今後の会議に参加してくれればありがたいというお誘いもいただいた。成果専有利用では、我々も参考にすべき点があり、特にユーザーに対する支援を行った際には時間だけでなく人件費、解析や解釈まで行った際にはさらなる請求を行っているとのことである。

7. DIAMOND

DIAMOND では、かつて ESRF で HAXPES を行っていた Jörg Zegenhagen 氏にホストをお願いした。ユーザーオフィスの Carina Lobley 氏や XFEL HUB の Allen Orville 氏、ユーザー対応責任者の Andy Dent 氏、加速器の Riccardo Bartolini 氏、生命科学担当の Martin Walsh 氏、産業利用担当の Elizabeth Shotton 氏、施設内にオックスフォード大学の拠点を作っている Angus Kirkland 氏などの他、多くのビームラインサイエンティストと discussion を行った。DIAMOND は、国の予算で建設された施設ではあるが、完全に民営化されており、産業利用や大学からの収入も多く、他の放射光施設に比べてかなり特徴ある運営をしているようである。ユーザーへの旅費や宿泊費もサポートされ、スタッフの数も600名を超える。ビームラインあたりにすると SPring-8 の倍近くのスタッフを抱えている。一方ユーザーオフィスは4名で運営されている。ただし、論文登録、図書管理、イベントや広報、ユーザーポータルサイトは別のグループが運営を協力して行っており、これらを合わせると13名ほどになる。年間1,500課題の審査が行われ、約半数の課題が採択される。専用ビームラインは存在せず、全てのビームラインは DIAMOND のスタッフによって支援が行われている。ただし、マンチェスター大学やオックスフォード大

学は、ビームラインや装置の建設に関与しており、そのために優先的なビームタイムの配分枠を確保している。成果専有課題の数は多く、製薬会社が大きな割合を占めている。利用料は1シフトあたり5,000ポンドであるが、解析や解釈のサポートを必要とする場合は7,000ポンドほどに単価が上がる。約2億円程度の成果専有の収入があるとのことである。成果の登録を促進する特別な方法や罰則はないが、課題採択時に過去の論文発表実績を念入りにレビューする方式がとられているのは他のヨーロッパの施設と同様である。SOLEIL でも同じ話を伺ったが、成果登録の催促に自動発信メールはあまり有効ではないため、個人個人が催促メールを送る努力をしているようである。また、他の施設とは異なり、ORCID に登録しており、課題番号を施設が登録することで、論文がpublishされたことをORCIDが探知するとすぐに Library に通知が来て登録される仕組みになっている。ここも、ヨーロッパ各施設のユーザーオフィスの合同ミーティングに参加している(ちなみに Way for Light は情報提供や宣伝には有効だが、各施設で選定の仕組みが異なるため実際にはあまりをワークしておらず、その問題も議論の対象になっているようである)。ゲストハウスは123部屋で全てシングルルームである。

オックスフォード大学は施設内に拠点を持っており、長尺ビームラインにナノフォーカスのビームラインと6台の電子顕微鏡を併設している。オックスフォード大学は4名、DIAMOND は2名のスタッフがほぼ同じような Duty と Skill を持ってユーザーサ

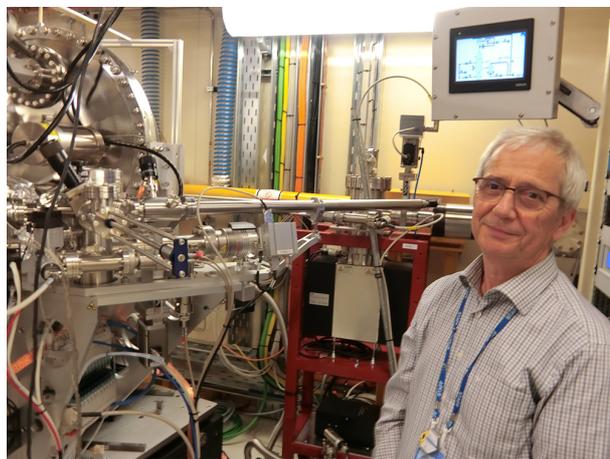


図6 Zegenhagen 氏と光電子分光ステーション。

ポートに当たるようにしているということで、SPRING-8の専用施設とは違う運営の仕方が興味深かった。また、イギリスはFEL施設が存在しないが、そのためにOrville氏が世界中のFEL施設にイギリスの研究者を導くためのHUBの役割を果たしており、研究者たちの課題が採択されて、諸外国の研究施設へ出かけていくための予算もDIAMONDが負担しているとのこと非常に興味深かった。彼らはSFXの構造解析装置をさらに発展させて放射光施設、あるいは放射光とFELとの同時照射実験のようなことも考えている。

実験装置はESRFのビームライン同様圧倒される物が多く危機感を抱いた。RIXSは世界最長アームの分光器が稼働を始め、すでにESRFと並んで世界最高の30 mVの分解能を達成している。角度分解光電子分光も順調に稼働しており、他の施設同様日本に比べるとサンプルをin situで準備するための装置や、側室の充実している様子に目を奪われた。ナノビームを用いた角度分解光電子分光もまもなく稼働を始める。

DIAMONDもSOLEIL同様稼働を始めて10年あまりの若い施設であるが、ここも世界の潮流であるMBAラティスによる低エミッタンスリング(70 pmrad)の検討を始めている。産業利用のこともあるので、目指す性能のバランスは議論になると思われる。DIAMONDでは、直線部の数を倍に増やす4BA × 2 (= 8 BA)のラティスを検討している。

ヨーロッパではオープンデータの話が進んでいるとのことでその話も伺おうとしたが、DIAMONDではESRFほどには議論が進んでいないようである。データのストレージは行ってきており、メタデータも含めて公開することは難しくないが、議論には時間がかかるであろうとのことであった。むしろ、類似手法の測定制御ソフトウェアの共通化、解析ソフトの開発、ユーザーポータルサイトの維持やupgradeを30名近いチームで組織的に運営しているのが印象に残った。

8. おわりに

以上、最近完成した、あるいは改造が進んでいるヨーロッパの放射光施設について、私見を交えなが

ら紹介させていただいた。先方のスタッフには忙しい中貴重な時間を割いて対応していただき、感謝を申し上げたい。また、日本の若い研究者も是非、世界の情勢を自分の目で確かめて、今後の研究活動に役立てていただきたい。

参考 Web サイト

- [1] <http://www.3d-activesite.jp/home>
- [2] <https://www.maxiv.lu.se/>
- [3] <http://www.mirai.nu/about-mirai/>
- [4] <https://europeanspallationsource.se/>
- [5] http://www.synchrotron.uj.edu.pl/en_GB/
- [6] <https://www.cells.es/en>
- [7] <http://www.esrf.eu/>
- [8] <https://www.synchrotron-soleil.fr/en/>
- [9] <http://www.diamond.ac.uk/Home.html>

木下 豊彦 *KINOSHITA Toyohiko*

(公財) 高輝度光科学研究センター
 利用推進部 (兼) 利用研究促進部門
 〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
 TEL : 0791-58-0961
 e-mail : toyohiko@spring8.or.jp

第 26 回 SPring-8/SACLA 施設公開のご案内

理化学研究所 放射光科学総合研究センターは、播磨キャンパス内で今年も「施設公開」を下記のとおり開催いたします。この施設公開は、一般のみなさまに施設とその成果を通して、研究活動について理解を深めていただくために、科学技術週間にちなんで毎年4月下旬に開催しているものです。

「Meet the Scientists」をテーマに、様々な科学授業を企画しています。大型放射光施設 SPring-8 で働いている科学者と会話し、ポイントラリーを楽しみながら SPring-8 を 1 周まると見学することができます。施設の概要や研究成果の紹介、講演会等を行っております。

みなさまのご来場をお待ちしております。

記

- ◎日 時：平成 30 年 4 月 29 日 (日)
9 時 30 分～16 時 30 分 (受付は 15 時 30 分まで)
- ◎場 所：理化学研究所 播磨キャンパス
- ◎内 容：施設の公開、講演会、研究成果紹介、科学授業 等
- ◎入 場 料：無料

【問い合わせ先】

理化学研究所 放射光科学総合研究センター
TEL : 0791-58-0909 FAX : 0791-58-2898
e-mail : opensite@spring8.or.jp



前回の施設公開の様子

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	池本 夕佳	利用研究促進部門
	岡田 行彦	企画室
	河口 彰吾	利用研究促進部門
	久保田康成	利用推進部
	小金澤智之	産業利用推進室
	小西 盛也	利用推進部
	高野 史郎	光源基盤部門
	竹下 邦和	光源基盤部門
	田中 義人	SPring-8ユーザー協同体 (SPRUC) 編集幹事 (兵庫県立大学)
	馬場 清喜	タンパク質結晶解析推進室
	松下 智裕	情報処理推進室
	松原 伸一	XFEL利用研究推進室
	松本 悠史	安全管理室
		(以上、敬称略五十音順)
事務局	小南 篤史	利用推進部
	富松 亮介	利用推進部
	山本 律	利用推進部

SPring-8/SACLA 利用者情報

Vol.23 No.1 February 2018

SPring-8/SACLA Information

発行日 平成30年(2018年)2月15日

編集 SPring-8/SACLA 利用者情報編集委員会

発行所 公益財団法人 高輝度光科学研究センター
TEL 0791-58-0961 FAX 0791-58-0965

(禁無断転載)



凜とした冬の寒さ切りさく朝焼けのビーム

JASRI

公益財団法人 **高輝度光科学研究センター**
Japan Synchrotron Radiation Research Institute

〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都^{こうと}1-1-1
[研究支援部] TEL 0791-58-0950 FAX 0791-58-0955
[利用推進部] TEL 0791-58-0961 FAX 0791-58-0965
e-mail : sp8jasri@spring8.or.jp
SPring-8 Web Site : <http://www.spring8.or.jp/>