

SPring-8/SACLA

INFORMATION 利用者情報



ISSN 1341-9668 SPring-8 Document D2017-014

Vol.22 No.4
Nov. 2017

SPring-8/SACLA Information

目次

CONTENTS

理事長室から 一心の哲学と科学技術の連携ー

Message from President - Cooperation of Science and Technology with Philosophy -

(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 296

1. 最近の研究から / FROM LATEST RESEARCH

From the Research of Contract Beamline ~BL12B2/12XU (NSRRC) ~

Developed *in-situ* X-ray Spectroscopy to Investigate the Catalyst System toward Oxygen Evolution Reaction

Department of Chemistry, National Taiwan University

Hao Ming Chen
Chia-Shuo Hsu 297

専用ビームラインの研究から ~BL11XU (量子科学技術研究開発機構) ~

その場 X 線回折による窒化物半導体薄膜の結晶成長観察

Observation of Crystal Growth Dynamics in Nitride Semiconductors by *in situ* X-ray Diffraction

(国) 量子科学技術研究開発機構 放射光科学研究センター

Synchrotron Radiation Research Center, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

佐々木 拓生
SASAKI Takuo
高橋 正光
TAKAHASHI Masamitu 306

専用ビームラインの研究から ~BL14B1 (量子科学技術研究開発機構) ~

高温高圧プレス装置による水素化合物合成

Syntheses of Hydrides using High-Pressure and High-Temperature Press Apparatus

(国) 量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学研究部門

Quantum Beam Science Research Directorate, National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

東北大学 金属材料研究所

Institute for Materials Research, Tohoku University

佐藤 豊人

SATO Toyoto

東北大学 金属材料研究所 / 材料科学高等研究所

Institute for Materials Research / WPI-Advanced Institute for Materials Research, Tohoku University

齋藤 寛之
SAITOH Hiroyuki
高木 成幸
TAKAGI Shigeyuki
飯島 祐樹
IJIMA Yuki
折茂 慎一
ORIMO Shin-ichi 310

長期利用課題報告 1

放射光メスバウア法と X 線粉末回折による下部マントルおよび核構成物質の高温高圧物性の研究

High Pressure and Temperature Studies on the Lower Mantle and Core Materials by using Synchrotron

Mossbauer Spectroscopy and *In situ* X-ray Diffraction

東北大学大学院 理学研究科

Graduate School of Science, Tohoku University

大谷 栄治
OHTANI Eiji 316

長期利用課題報告 2

グリーンナノエレクトロニクスのための材料・プロセスインテグレーション ー超低消費電力次世代トランジスタ開発ー

Materials and Process Integration for Advanced Low-Power-Consumption Transistors

- Development of Advanced Low-Power-Consumption Transistors -

名古屋大学大学院 工学研究科

Graduate School of Engineering, Nagoya University

宮崎 誠一
MIYAZAKI Seichi 321

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

38th International Free Electron Laser Conference 会議報告

Report on FEL'17 (38th International Free Electron Laser Conference)

(国) 理化学研究所 先端光源開発研究部門

Innovative Light Sources Division, RIKEN Spring-8 Center

金城 良太
KINJO Ryota 327

第 15 回 SPring-8 先端利用技術ワークショップ

「生体システムを利用した新しい機能性材料とその起源」報告

The 15th Workshop on Advanced Techniques and Application at Spring-8 /

Investigation and Utilization of Bio-Based Technology for New Functional Materials

(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

関口 博史
SEKIGUCHI Hiroshi 331

大阪大学蛋白質研究所セミナー / 第 17 回 SPring-8 先端利用技術ワークショップ

「Spring-8 における蛋白質構造生物学研究の現状と将来」開催報告

Report on the Joint IPR-Spring-8 Seminar on Present Status and Prospects of Protein Structural Biology in Spring-8

大阪大学 蛋白質研究所

Institute for Protein Research, Osaka University

(公財) 高輝度光科学研究センター タンパク質結晶解析推進室

Protein Crystal Analysis Division, JASRI

中川 敦史
NAKAGAWA Atsushi
熊坂 崇
KUMASAKA Takashi 334

第 14 回 SPring-8 産業利用報告会

The 14th Joint Conference on Industrial Applications of Spring-8

(公財) 高輝度光科学研究センター 産業利用推進室

Industrial Application Division, JASRI

佐藤 眞直
SATO Masugu 336

SPring-8 シンポジウム 2017 報告

SPring-8 Symposium 2017 Report

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 行事幹事 / 広島大学大学院 理学研究科

Graduate School of Sciences, Hiroshima University

九州大学大学院 総合理工学研究院

Faculty of Engineering Sciences, Kyusyu University

木村 昭夫
KIMURA Akio
西堀 麻子
NISHIBORI Maiko 340

4 th Conference on X-ray and Neutron Phase Imaging with Grating (XNPIG2017) 会議報告 Conference Report on 4th Conference on X-ray and Neutron Phase Imaging with Grating (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	星野 真人 HOSHINO Masato	349
第 1 回 SPring-8 秋の学校を終えて The 1st SPring-8 Autumn School SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 企画委員長/筑波大学 数理工学系 SPring-8 Users Community, Project Supervisor / Faculty of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba	西堀 英治 NISHIBORI Eiji	354
3. SPring-8/SACLA 通信/SPring-8/SACLA COMMUNICATIONS 2018A 期 SPring-8 利用研究課題募集について Call for 2018A SPring-8 Research Proposals 登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター Registered Institution for Facilities Use Promotion, JASRI		357
2018A 期 SACLA 利用研究課題の募集について Call for 2018A SACLA Research Proposals 登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター Registered Institution for Facilities Use Promotion, JASRI		358
第 40 回 (2017B) SPring-8 利用研究課題の採択について The Proposals Approved for Beamtime in the 40th Research Term 2017B 登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI		359
2017B 期 採択「新分野創成利用」研究グループの紹介 2017B Newly Approved Research Groups for SPring-8 Epoch-Making Initiatives Projects (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI		364
第 39 回共同利用期間 (2017A) において実施された SPring-8 利用研究課題 2017A Proposal and User Statistics 登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI		366
2013B 期 採択長期利用課題の事後評価について - 2 - Post-Project Review of Long-term Proposals Starting in 2013B -2- (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI		371
2014A 期 採択長期利用課題の事後評価について Post-Project Review of Long-term Proposals Starting in 2014A (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI		373
2017B 期 SACLA 利用研究課題の採択について The SACLA Public Proposals Approved for Beamtime in 2017B Research Term 登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI		375
2017A 期において実施された SACLA 利用研究課題 (共用課題) について The SACLA Public Proposals and User Statistics in 2017A Research Term 登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI		377
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		378
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		380
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		384
2017A 期における SPring-8/SACLA ユーザー要望等について SPring-8/SACLA User Requests in 2017A 登録施設利用促進機関 (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 Registered Institution for Facilities Use Promotion, User Administration Division, JASRI		409
SPring-8/SACLA 有償利用料収入の実績 有償利用: 成果専有と公開優先 The Revenue Results of the Fees for Beamline Use of SPring-8/SACLA / Fees for Beamline Use : Beamtime Fees for Proprietary Research & Program Fees for Non-Proprietary Grant Aided Proposal (公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI		411
4. 談話室・ユーザー便り/USER LOUNGE・LETTERS FROM USERS ヨーロッパの放射光タンパク質結晶解析ビームラインを視察して Report on Visiting Protein Crystallography Beamlines at European Synchrotron Facilities (公財) 高輝度光科学研究センター タンパク質結晶解析推進室 Protein Crystal Analysis Division, JASRI	長谷川 和也 HASEGAWA Kazuya	414

心の哲学と科学技術の連携

公益財団法人高輝度光科学研究センター
理事長 土肥 義治

今回は、心の哲学と科学技術の連携を論じたいと思う。心が身体とは独立に存在するか否かは、ギリシャの時代から哲学における存在論上の難題であった。17世紀に近代科学の基礎をつくったデカルトは、2千年近くも自然の認識論において支配的であったアリストテレスの経験論を退けて、精神には生得的な数学的観念があり、その合理論的認識によって自然界の必然的法則を解明できるとした。そして、身体の構造と機能も物理的対象であり、科学の原理によって機械論的に理解できるとした。しかしながら、思惟する私の心は身体から独立した非空間的な実体であり、心の理解は哲学によるべきとして、心身の実体二元論を提唱した。この心身二元論は、感覚を知覚・知識へと認識する心身の合一をいかに説明するかという難問を抱えた。また、心的活動と身体的活動の対応関係をどのように説明するかという心身問題も提起した。

近年の脳神経科学の急速な進展によって、心身一元論が米国において優勢となっている。科学主義的唯物論に立てば、心は脳という物質の産物であり、神経細胞ネットワークの活動によって生じる随伴現象として心の活動を純粋に物理的に理解することになる。物質である脳からいかに心が生まれるかという解きたい難問は残るが、心身問題は解消される。しかしながら、心の活動が物理的法則に従うとする唯物論は、基本的人権としての思想的自由さらには他者の心の存在を否定することになり、自由民主を旨とする憲法と対立することとなる。歴史的にも、唯物論的政策は人間の「心の自由」を認めない全体主義へと導いたことを指摘しておきたい。

さて、人間の心の能力は知性、感情、意志の知・情・意に区分され、それらは認識上の真、美学上の美、倫理上の善の真・美・善という普遍的価値を生み出す。科学研究は対象の知覚的性質や価値的意味を捨象し

て数量化する作業であり、得られた科学の知識(真理)には客観性と進歩性がある。他方、美学上の美や倫理上の善は、対象の知覚的性質や価値的意味を追求するものであり、主観的であり相対的である。科学の対象とならない自然の美を感知するために、人間は心と身体を一体化して自然環境に向かい、身体の手を介して色や音や香りなどの知覚性質を感覚し芸術作品をつくる。また、心と身体を一体化して他者に向かい、価値的意味を考えて倫理上の善や正義を追求する。このような真・美・善の哲学を理解しつつ科学技術研究を進めることが、自然環境と調和した豊かな現代社会をつくるために極めて重要と考える。

ところで、科学技術は客観的な科学的真理と主観的な目的や価値との総合であり、言うまでもなく科学技術の進展が社会経済や医療福祉の発展に大いに貢献してきた。しかしながら、自然の美や生態系に特別な配慮を置かない一面的な科学技術の進展は、これまでに多くの地球環境問題を引き起こしてきた。また、倫理上の善を軽視した医療技術の進展は人権問題を引き起こした。人と環境に優しい科学技術の発展には、科学の着実な進歩とともに、美・善の価値を追求する心の哲学との連携が必要と思う。

18世紀末にカントは、真理の合法則性、美の合目的性、善の究極目的を認識するための体系と方法を有名な三批判書で論じた。カント以来、科学の画期的な進歩によって存在論的諸問題は個別の科学で扱われるようになり、哲学の主要な役割は存在論ではなく認識論に移った。今後いかに科学が進歩しても、美とは何か、善とは何か、正義とは何かという問題を科学のみでは答えることができないと思う。科学技術は、心の哲学との連携によってこそ人類のための正道を歩むものと確信している。

From the Research of Contract Beamline

~BL12B2/12XU (NSRRC) ~

Developed *in-situ* X-ray Spectroscopy to Investigate the Catalyst System toward Oxygen Evolution Reaction

Chia-Shuo Hsu and Hao Ming Chen*

Department of Chemistry, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan

Abstract

Oxygen evolution reaction (OER) is a half reaction of water splitting. Toward this end, transition-metal oxides have been demonstrated to act as electrocatalysts for OER. Among various transition-metal oxides, 3d transition metals with spinel structures were widely used for being active electrocatalysts toward this reaction. Nevertheless, spinel is a complex structure, in which two oxidation state of metal ions as well as two different crystallographic sites are present in this structure. To investigate the behavior of spinel structure during OER, we have developed both *in-situ* X-ray absorption spectroscopy and *in-situ* grazing-angle X-ray diffraction manner, while various well-designed samples were prepared to figure out the dominated factors step by step. First, we have modified the electrocatalysts with surface reversibly adapting layer to improve the resulting stability. Second, we choose the spinel structure with bimetallic system of NiCo_2O_4 to reveal the active cite between these two metals. Furthermore, the non-active metals were employed to substitute for the divalent and trivalent metal ions in spinel to point out the active centers. The effects of crystallographic sites were verified by a model system of inverse spinel Fe_3O_4 with replacing by Co, Ni, and Zn divalent metal ions. As a result, we can clarify that the divalent metal ions are the active center for OER in the spinel structure, while a phase transformation to metal oxyhydroxide which act as the real active phase is needed to achieve a higher performance. From the result of understanding spinel behavior toward OER, we can realize that the *in-situ* X-ray spectroscopy is a useful technique, and believed that this technique can be used not only in spinel structure but other catalyst for other reactions.

Introduction

People have relied on carbon-based fuel to produce electricity for many year, but these carbon-based fuels will run out within years^[1]. On the other hand, carbon dioxide which is a main factor for inducing the greenhouse effect is a by-product during burning of carbon-based fuel^[2]. Therefore, finding renewable sources to replace fossil fuel has become the most imperative thing. There are various alternatives to approach this goal such as solar energy, hydrogen through solar water-splitting, tidal energy, and wind power. Among these renewable energy, solar water-splitting is highly desired direction because its high efficiency to convert solar energy into hydrogen gas and oxygen gas^[3-5].

Water splitting reaction is combined by two half reactions including the hydrogen evolution reaction (HER, $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$) and the oxygen evolution reaction (OER, $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+$)^[6]. Although only hydrogen gas generated at the cathode is energy storage substance, oxygen gas generated at the anode still need to be remarkably considered.

Because OER is the kinetic barrier for driving water splitting reaction, which contains a four-electron transfer process while HER involves a two-electron transfer^[7]. Accordingly, the OER requires a higher overpotential to overcome the kinetic barrier for completing the oxygen evolution. In recent years, variety of metal oxides were used as electrocatalysts for OER. Among these catalysts, RuO_2 and IrO_2 can perform the lowest overpotentials

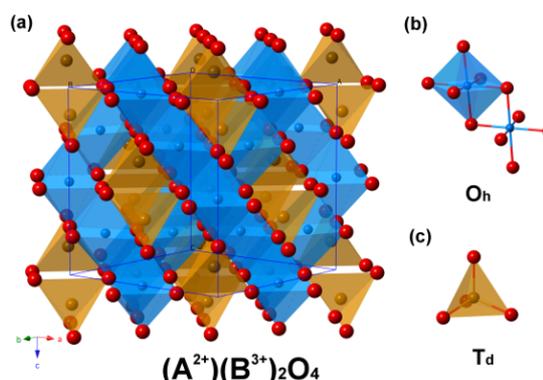


Figure 1 Crystal structure of inverse spinel AB_2O_4 and corresponding octahedral site (O_h) and tetrahedral site (T_d).

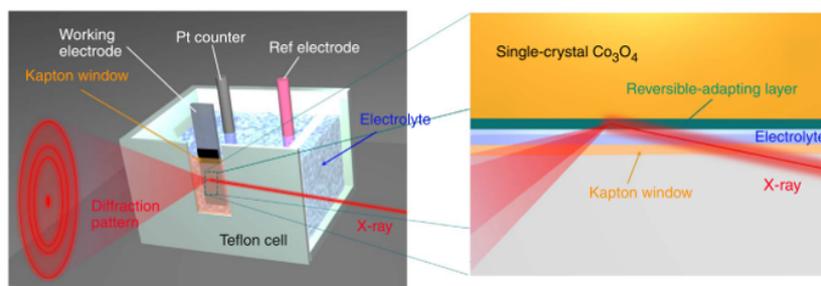


Figure 2 Schematic representation of the *in-situ* grazing-angle X-ray diffraction apparatus applied to a liquid electrochemical cell.

with the values of 0.36 V and 0.4 V and showed Tafel slopes of 55 and 91 mV/dec, respectively^[8]. However, these two oxides are made of precious metals and unstable in the alkaline condition. As a consequence, many research groups are developing the earth-abundant materials with 3d transition metal oxides to achieve the goals of both stability and activity toward the OER^[9,10].

Within 3d transition metal oxides, spinel-type metal oxides have exhibited highly potential toward OER due to its high conductivity and stability in alkaline condition. The spinel with a formula of AB_2O_4 ^[11] is a complex system, where one divalent (A^{2+}) metal ions and the other two metals with trivalent (B^{3+}) character are present. A and B atoms can be group 2, group 13, and first-row transition metals, while two crystallographic site, octahedral (O_h) and tetrahedral (T_d) sites, are in this structure (Figure 1). Moreover, there are two possible combinations, in which one is normal spinel ($A^{2+}_{Td}(B^{3+}_{Oh})_2O_4$ (divalent cation A^{2+} in tetrahedral site) and the other one is inverted spinel ($A^{2+}_{Oh}(B^{3+}_{Td})(B^{3+}_{Oh})O_4$ (divalent cation A^{2+} in octahedral site). With the aim of realizing the key factors for active electrocatalysts toward OER in spinel system, it's essential to significantly consider both chemically oxidation state (divalent and trivalent) and two crystallographic sites in the structure. For these reasons, it's great challenge to recognize the role of metal ions upon the activity toward OER in spinel system.

Zhang *et al.* have used an *in-situ* FTIR (Fourier-Transform Infrared Spectrometer) experiment to reveal that -OOH group would be formed on the surface of spinel Co_3O_4 during OER^[12]. It has pointed out a fact that the surface condition is much different from that of inner part of catalyst. And the surface should be a key toward the activity during OER^[13]. Additionally, the -OOH group can be observed only during the reaction undergoing. Thus, it is necessary to develop an *in-situ* technique for fully understanding how the electrocatalysts work during the reaction.

Methodology

Since X-ray technique is a powerful method for characterizing the nature of materials. We designed a liquid cell made of Teflon for collecting the X-ray elastic/inelastic scattering with applying a voltage at the same time. A liquid cell as show in Figure 2 was designed for *in-situ* X-ray absorption spectroscopy (XAS). The X-ray-light source aimed at the working electrode, and the Lytle detector was collect the fluorescence signal at the location of 90 degrees. It is really a useful method to characterize the nature of materials by XAS. By utilizing the *in-situ* set up, it will become more helpful to realize the alternative of oxidation states and the change of the coordination shell. In the case of *in-situ* X-ray diffraction, we created a window on the liquid cell to collect the diffraction patterns by using a Kapton tap to prevent the liquid from flowing out, in which a three-electrode system is performed for electrochemical testing and the FTO (Fluorine-doped Tin Oxide) acts as substrate of work electrode. Because the reaction should occur at the interface between the electrocatalysts and electrolyte, more information can be obtained at the top of side which load samples. Otherwise, it's well-known that the reactions

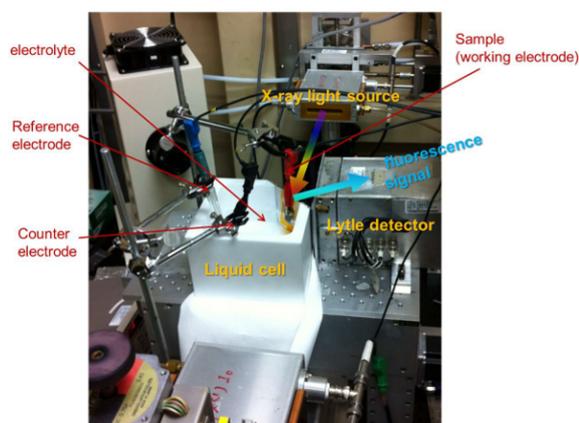


Figure 3 Digital photograph of a hand-made chemical cell for use *in-situ* X-ray absorption measurement.

happened only on the surface of electrocatalyst, we utilized a grazing-angle X-ray diffraction to maximize the contribution from the surface of electrocatalysts (as shown in Figure 3)^[14]. Both *in-situ* X-ray absorption and X-ray diffraction experiments were collected at BL12B2, and recently we also conducted this set up at BL12XU of SPring-8.

Result

In first case, we designed single crystal Co_3O_4 nanocubes to investigate the behavior during OER. Single crystal can significantly rule out the influence of defects and avoid self-oxidizing. Furthermore, we reduced the surface Co_3O_4 into CoO with sodium borohydride ($\text{Co}_3\text{O}_4@\text{CoO}$)^[14] because of a higher activity of rock salt CoO than that of spinel during the OER^[15]. In terms of the electrochemical performance, metal oxides were tested by linear scanning voltammetry (LSV) with corresponding Tafel plots. $\text{Co}_3\text{O}_4@\text{CoO}$ sample shown a comparable performance as compared to that of RuO_2 and IrO_2 that performed low overpotentials as we mentioned above. The activity of OER usually compares at a current density of 10 mA/cm^2 ,

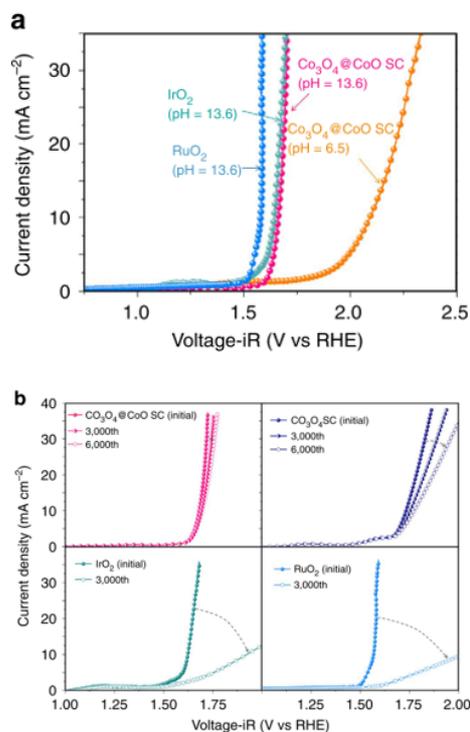


Figure 4 (a) LSV curves of $\text{Co}_3\text{O}_4@\text{CoO}$ in alkaline (0.5 M KOH; pH = 13.6) and neutral (0.5 M Na_2SO_4 ; pH = 6.5) conditions, commercial RuO_2 catalysts (0.5 M KOH; pH = 13.6), and IrO_2 catalysts (0.5 M KOH; pH = 13.6). (b) LSV curves of $\text{Co}_3\text{O}_4@\text{CoO}$, Co_3O_4 , IrO_2 , and RuO_2 catalysts subjected to continual potential cycling between 1.0 and 2.0 V (versus RHE) in 0.5 M KOH for 3,000 (and 6,000) cycle measurements.

because this value represented a 10% efficiency of solar-to-fuel conversion. $\text{Co}_3\text{O}_4@\text{CoO}$ samples reached this current density at 0.430 V, while RuO_2 and IrO_2 with the value of 0.411 V and 0.358 V, respectively. It showed that $\text{Co}_3\text{O}_4@\text{CoO}$ sample performed almost the same value to these two catalyst. Although the Tafel slope of $\text{Co}_3\text{O}_4@\text{CoO}$ sample is not the lowest one among 3d transition metal oxides, it can also present high activity at neutral condition, as shown in Figure 4.

For the *in-situ* XAS experiment result (Figure 5), we can observe several coordination shells in $\text{Co}_3\text{O}_4@\text{CoO}$ sample. In the low potential we applied (below +1.7 V versus RHE; Reversible Hydrogen Electrode), three shells can be obtained in the extended X-ray absorption fine structure spectra (EXAFS). First shell appeared at $\sim 1.5 \text{ \AA}$, second and third shells were at ~ 2.5 and 3.1 \AA , respectively. For the spinel structure, the first shell is the scattering with the closest oxygen (Co-O), the second and third ones are both the scattering with two cobalt (Co-Co). The second shell with the Co-Co distance at $\sim 2.5 \text{ \AA}$ can be referred to Co(III)-Co bond with octahedrally coordinated Co atoms in a normal spinel structure. The third shell represented Co(II)-Co bonds with tetrahedrally coordinated Co atoms. However, the most interesting thing was at $\sim 3.8 \text{ \AA}$ once we applied higher potential (over +1.7 V versus RHE). There is a new peak can be observed, this peak could be a new Co-O scattering path which can be attributed to the formation of cobalt oxyhydroxide. Thus, we can suggest that the CoO on the surface of Co_3O_4 should transfer to cobalt oxyhydroxide during OER.

The result of *in-situ* grazing-angle X-ray diffraction (Figure 6) showed that the characteristic peaks of spinel structure, and no CoO phase can be observed. Once we applied higher voltage, we can notice that the $\beta\text{-CoOOH}$ formed at the lower

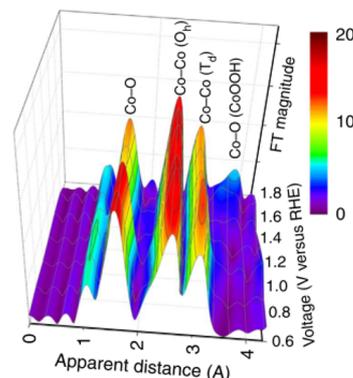


Figure 5 Voltage-dependence Fourier transform extended X-ray absorption fine structure spectra of a $\text{Co}_3\text{O}_4@\text{CoO}$ in an alkaline aqueous solution containing 0.5 M KOH (pH = 13.6) and in an *in-situ* liquid cell.

angle ($Q = 1.4 \text{ \AA}^{-1}$)^[16]. Once a higher voltage was applied, another phase, α -CoOOH, would also generate. Apparently, this behavior happened both in alkaline and neutral environments. This is the first direct evidence to prove the formation of metal oxyhydroxide during oxygen evolution. To combine with results of XAS, we can confirm that the CoO layer on the surface would transfer into an active phase (metal oxyhydroxide). Furthermore, in the case of a cycled potential between +2 V and +0.1 V versus RHE, metal oxyhydroxide,

the active phase, appeared at high voltage and disappear at low voltage (Figure 6b). It was worth to find that metal oxyhydroxide would produce again when the voltage increased to the higher one, which referred to a fact that the CoO layer as a junction layer that could alter this structure reversibly between amorphous and metal oxyhydroxide. Due to the presence of this junction layer, it can protect the inner structure and adapt to the environment with bias for providing a more stable electrocatalyst for oxygen evolution reaction^[14].

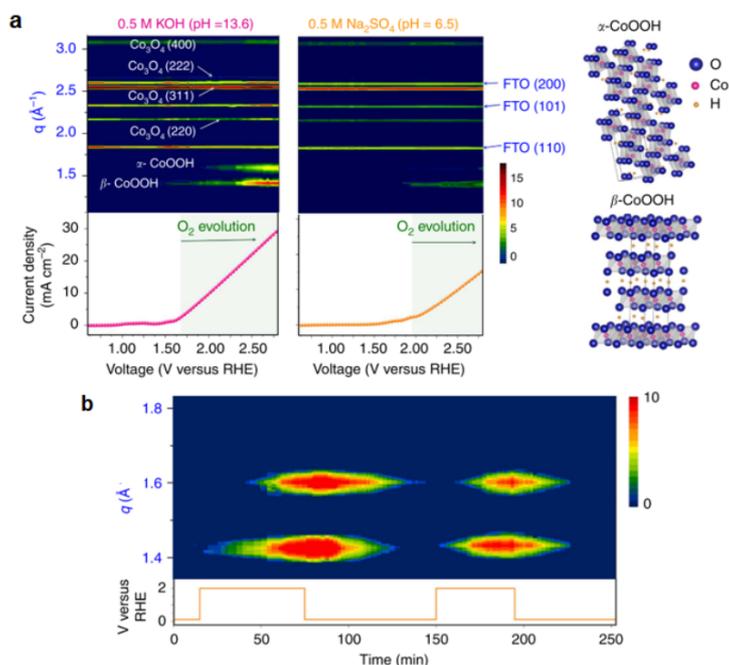


Figure 6 (a) Contour plots of *in-situ* grazing-angle X-ray diffraction signals of a Co_3O_4 @CoO in an aqueous solution containing 0.5 M KOH (pH = 13.6) and 0.5 M Na_2SO_4 (pH = 6.5). The images show the diffraction intensity (colour coded) as a function of voltage, and data collection was performed at the NSRRC synchrotron facility by using 12 keV of energy. The lower curves show the measured current density in both cases. (b) Contour plots of *in-situ* grazing-angle X-ray diffraction signals of a Co_3O_4 @CoO in an alkaline aqueous solution under switching of voltage (between 2.0 and 0.1 V versus RHE), and data collection was performed at the synchrotron facility by using 10 keV of energy to achieve better position distinguishability.

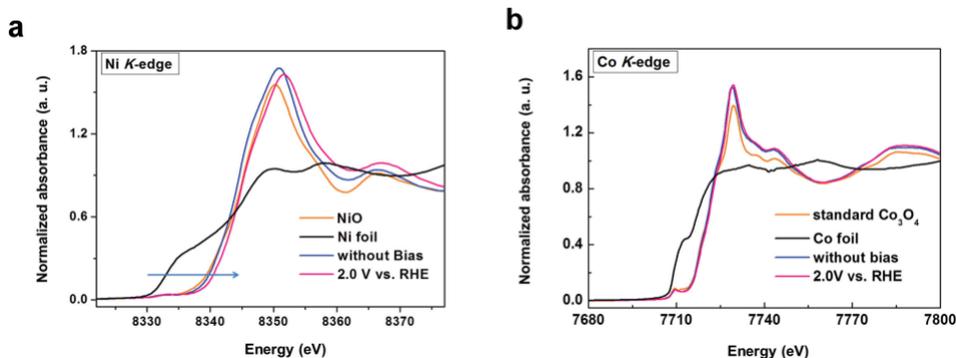


Figure 7 Normalized *in-situ* (a) Ni K-edge and (b) Co K-edge XANES spectra for NiCo_2O_4 electrode with and without applied bias in 1 M NaOH.

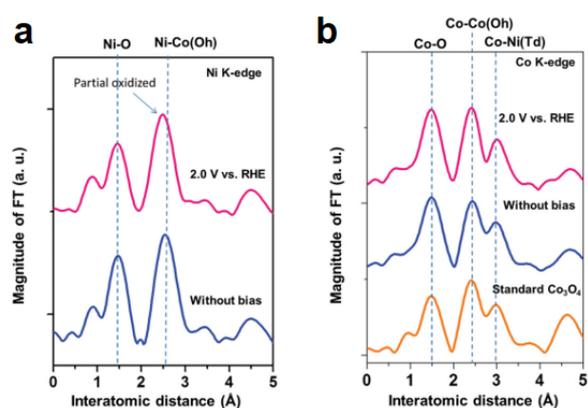


Figure 8 EXAFS oscillations extracted from *in-situ* (a) Ni K-edge and (b) Co K-edge EXAFS spectra for NiCo_2O_4 with and without applied bias in 1 M NaOH.

As we mentioned above, the spinel system is a complex system, where both $\text{Co}_3\text{O}_4@/\text{CoO}$ and Co_3O_4 are metal oxides with single metal element. It will be necessary to design the electrocatalysts that can individually study the roles of metal ions. According this, we introduced nickel ions into spinel structure to obtain the NiCo_2O_4 for investigating the active site of spinel structure. Nickel(II) is the most stable state in common metal oxides, so it can substitute for the Co(II) in the Co_3O_4 structure while the NiO is also a good electrocatalyst for OER^[17]. NiCo_2O_4 is a normal spinel structure, which means that Ni located at tetrahedral site of spinel structure. In this case, the individual role of metal ions can be much easier clarified the factor toward OER between two metal ions. As a consequence, to realize the active site in NiCo_2O_4 structure, *in-situ* XAS is a good manner to achieve the goal that individually investigate the behaviors of Co and Ni ions through studying the corresponding X-ray absorption spectra. For the result of *in-situ* X-ray absorption near edge structure (XANES), the spectra of Ni K-edge changed with increasing the applied potential in 1

M NaOH (Figure 7). Initially, the energy position of absorption-edge is located in 8,350.2 eV. After increasing the applied voltage, the energy shifted to a higher value of 8,350.7 eV with continuously decreasing the intensity of white line. It indicated that the oxidation state increased during OER, and this increase in oxidation state could be referred to the formation of NiOOH. On the other hand, the energy position of Co K-edge presented a constant value ($\sim 7,729.3$ eV) as illustrated in Figure 7b during the water oxidation. It suggested that the environment of Co ions did not change during the reaction. For EXAFS spectra of Ni ions (Figure 8), the first path is the Ni-O scattering path, and the distance of Ni-O path is around 1.5 Å. The second path with the distance of 2.5 Å is the Ni-Co(O_h) scattering. Notably, the second path decreased once the bias was applied. It could be the oxidation from Ni²⁺ to Ni³⁺, which led to a decrease in the radii of Ni ions. Besides, the EXAFS spectra of Co ions showed three paths at 1.5 Å, 2.5 Å, and 3.0 Å. Three paths could be attributed to the Co-O, Co-Co(O_h), and Co-Ni(T_d), respectively. The only path that referred to Ni ions has changed as showed in Figure 8b. Consequently, the Ni ions might be the active site in NiCo_2O_4 , while the Co ions in this structure seem to be the minor roles toward the catalytic reaction. Thus, we can realize that various metal atoms might act as different roles during OER. But there is still something unclear, it need to confirm that either the structural site or the oxidation state dominate the activity of OER^[18].

To recognize the influence from oxidation state, both Zn(II) and Al(III) ions that were well-known as non-active metal ions for OER were employed to replace the Co(II) and the Co(III) in Co_3O_4 , respectively. For the activity of OER, cobalt oxide and substituted cobalt oxides were tested by both cyclic voltammetry (CV) and to obtain the Tafel plots. CV curves showed that the activity of CoAl_2O_4 was similar to that of Co_3O_4

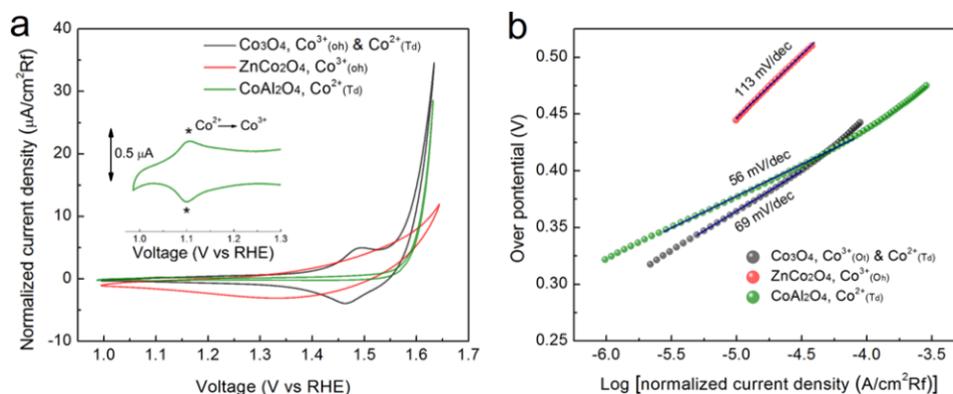


Figure 9 Electrochemical performance toward OER. (a) Cycling voltammetry curves and (b) corresponding Tafel slopes for Co_3O_4 , ZnCo_2O_4 , and CoAl_2O_4 .

and ZnCo_2O_4 was much different from the others (Figure 9a). This behavior also performed a similar trend in Tafel slope. The Tafel value of ZnCo_2O_4 was 113 mV/dec which was higher than that of both CoAl_2O_4 and Co_3O_4 (around 60 mV/dec). The result from electrochemistry indicated that the metal ions with oxidation state of +2 were going to dominate the performance. CoAl_2O_4 containing Co(II) can perform a higher activity as compared with ZnCo_2O_4 and was similar to that of Co_3O_4 . In contrast, ZnCo_2O_4 lacks of Co(II) and leads to a lower activity than the others. Additionally, the *in-situ* XAS clarified a similar trend to the observations from electrochemistry. The first difference recognized from EXAFS spectra was only two

coordination shells in CoAl_2O_4 while there are three coordination shells in both ZnAl_2O_4 and Co_3O_4 (Figure 10a-c). The first shell with a distance of 1.5 Å should be the Co-O scattering path, and the second path (2.5 Å) which CoAl_2O_4 sample lacked was the scattering path of Co-Co(O_b). The last one was the paths of Co-Co(T_d), Co-Zn(T_d), and Co(T_d)-Al. It verified that all of these samples were normal spinel, where the metal ions with oxidation state of +2 occupied the tetrahedral site in the structure. Once the voltage was applied, the first shell of both CoAl_2O_4 and Co_3O_4 that contained Co(II) ions has changed while the ZnCo_2O_4 stayed in the same place during the reaction (Figure 10d). The XANES also reveal a different

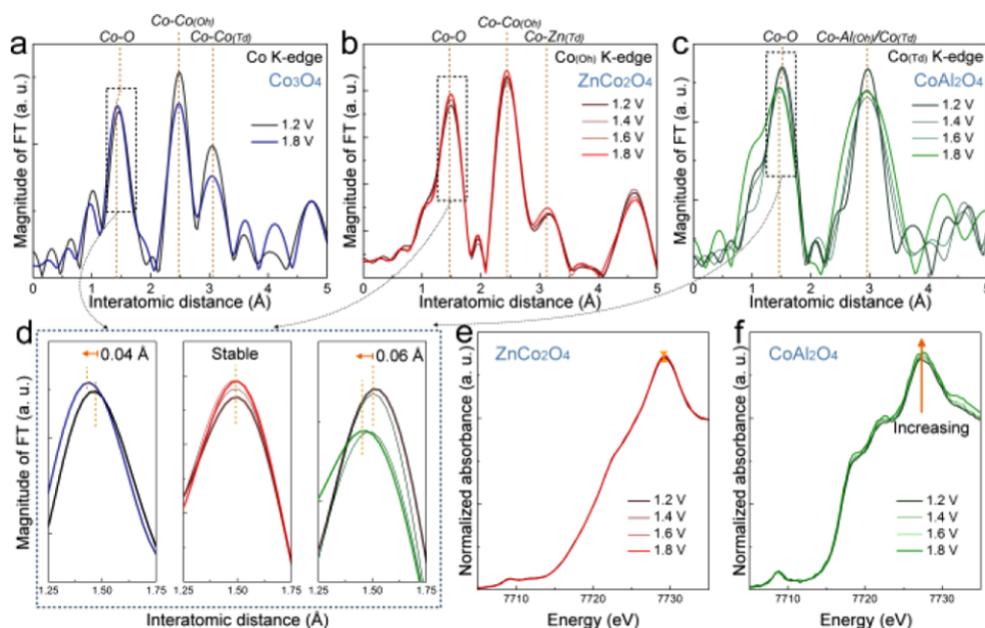


Figure 10 *In-situ* X-ray absorption spectroscopy. (a-c) Co K-edge EXAFS spectra for Co_3O_4 , ZnCo_2O_4 , and CoAl_2O_4 , where the applied voltage is referenced to RHE. (d) Enlarged Co K-edge EXAFS spectra Co-O interatomic distance for Co_3O_4 (blue), ZnCo_2O_4 (red), and CoAl_2O_4 (green). (e and f) Normalized in operando Co K-edge XANES spectra for ZnCo_2O_4 and CoAl_2O_4 .

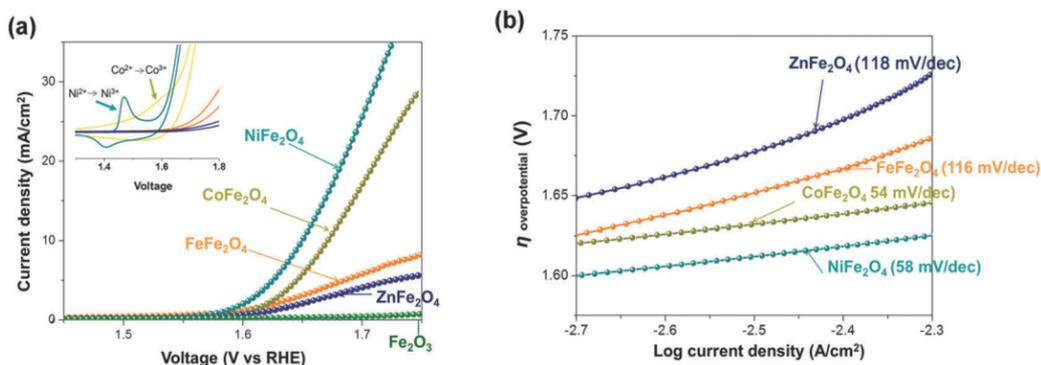


Figure 11 Electrochemical performance and gas evolution for a series sample of $M\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($M = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Zn}$). (a) LSV curves were performed in alkaline electrolyte (0.5 M KOH). Insert: Cyclic voltammogram of each sample. (b) Steady-state Tafel (overpotential vs log current) measurements in alkaline electrolyte (0.5 M KOH).

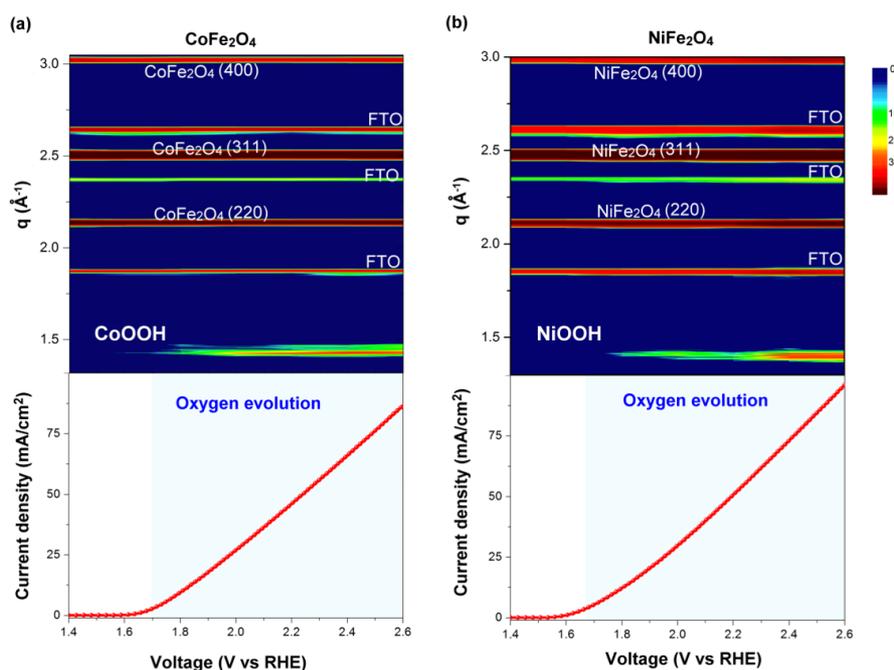


Figure 12 Contour plots of *in-situ* grazing angle X-ray diffraction signals of CoFe_2O_4 and NiFe_2O_4 samples in an aqueous solution containing 0.5 M KOH, and corresponding measured current density as function of applied voltage in both cases. The images show the diffraction intensity (color-coded) as a function of voltage, and data collection was performed by using 12 KeV of energy.

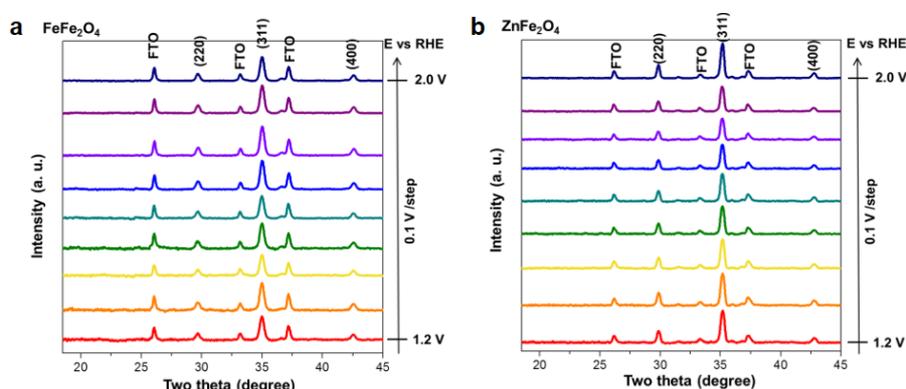


Figure 13 *In-situ* XRD spectra of (a) FeFe_2O_4 (b) ZnFe_2O_4 samples, a KOH electrolyte of 0.5 M was employed and all measurements with a potential range from 1.2 to 2.0 V vs RHE were operated potentiostatically.

behavior between ZnCo_2O_4 and CoAl_2O_4 samples (Figure 10e and f). The white line intensity of CoAl_2O_4 sample would change when voltage was applied. As mentioned above, the peak shift could refer to the oxidation of metal. The Co(II) within both CoAl_2O_4 and Co_3O_4 samples would form CoOOH . That's the reason why a higher performance of CoAl_2O_4 and Co_3O_4 than that of ZnCo_2O_4 . As a result, the active site in the spinel structure can be clarified as the divalent metal ions. The divalent metal of CoAl_2O_4 and Co_3O_4 was Co(II), while the divalent metal ions of ZnCo_2O_4 was Zn(II) that has been reveal to be inactive for OER^[19].

On the other hand, the effects of different crystallographic sites need to be further confirmed. Toward this end, Fe_3O_4 with an inverse spinel structure has been utilized as a model system. The electronic configuration of iron is d^5 , and the energy difference is small between octahedral site and tetrahedral site. So the iron ions can possibly occupy both two sites. Based on the crystal-field theory and linear muffin tin orbital (LMTO) calculation, most of the divalent M^{2+} ions prefer occupying octahedral sites rather than tetrahedral positions^[20]. Co, Ni, and Zn ions substituted for the divalent metal ions in the Fe_3O_4 . For the electrochemical result, LSV results showed that both

CoFe₂O₄ and NiFe₂O₄ have a higher performance than the others (Figure 11a). The oxidation peak can be only observed in CoFe₂O₄ and NiFe₂O₄ samples (Figure 11a, insert), while Tafel slope can separate into two groups, CoFe₂O₄ and NiFe₂O₄ were the first group with the value around 55 mV/dec, Fe₃O₄ and ZnFe₂O₄ were the second group with a value around 115 mV/dec (Figure 11b).

Therefore, it seemed that the divalent metal is still the active site for OER, while the crystallographic sites should be the minor effect toward the performance. However, the divalent metal ions were placed at the different environments in the structure, indicating that the behavior would be different in the normal spinel structure. Furthermore, *in-situ* grazing-angle X-ray diffraction was used to figure out this issue. When the OER is beginning, both CoFe₂O₄ and NiFe₂O₄ exhibited a new peak at $Q = 1.4 \text{ \AA}^{-1}$ with increasing the applied voltage (Figure 12), indicating that the formation of metal oxyhydroxide was a similar behavior to that of Co₃O₄^[21]. In contrast to these two samples, Fe₃O₄ and ZnFe₂O₄ lacked of any new feature peak or any shift in position at higher voltage (Figure 13), which can explicate the different behavior from the electrochemical observation. The CV curves reveal the oxidation peaks should be referred to the phase transformation into metal oxyhydroxide, and the observations from Tafel slope suggested that the activity of electrocatalysts should refer to this structural transformation. As a result, the occurrence of present structural transformation toward metal oxyhydroxide is the key to dominate the activity of OER. In the cases of both CoFe₂O₄ and NiFe₂O₄, the divalent metal ions onto the surface will transform into metal oxyhydroxide, and then the metal oxyhydroxide on the surface will act as the main active phase for OER^[22].

Conclusion

In summary, we have provided several systems to understand the operating of spinel structure metal oxides during OER, and have demonstrated the *in-situ* XAS and *in-situ* grazing-angle X-ray diffraction to achieve this goal. First, CoO-modified Co₃O₄ with reversible junction layer results in a fact that the phase transformation becomes easier and make the electrocatalysts more stable. Second, NiCo₂O₄ was utilized as a model to realize the active site within the structure for bimetallic spinel oxide, in which Ni is the main active center while Co might not contribute to the reaction. For the influence upon the oxidation state of electrocatalysts toward OER, two metal ions, Zn and Al, well-known as non-active metal for OER were

employed to substitute for the different oxidation states (i.e., Co²⁺ and Co³⁺) in spinel structure. The result can reveal that the divalent metal ions are the active metal. For the effect of crystallographic site, we choose Fe₃O₄ with inverse spinel system as a model to address this issue, in which the replacement of the Fe(II) with a series of divalent metal ions to clarify the activities at octahedral site. At the end, we can further confirm that the divalent metal ion is the active site regardless of crystallographic sites. The most importantly, to achieve the excellent activity toward OER, the divalent metal ion has to be transformed into metal oxyhydroxide that is the active phase for OER.

Acknowledgments

Beam time (BL12B2 and BL12XU) at SPring-8 was provided by NSRRC under Proposal 2016A4129, 2016B4129, 2017A4127, 2017A4132, 2017A4140, and 2017B4259. Financial support for this research was provided by MOST (104-2113-M-002-011-MY2).

References

- [1] Rogner, H. H.: *Annu. Rev. Energy Environ.* **22** (1997) 217-262.
- [2] Bert, G. D. a.; Miquel, A. G.-M.; Steve, P. L.: *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* **48** (1997) 609-639.
- [3] Khan, S. U. M.; Al-Shahry, M.; Ingler, W. B.: *Science* **297** (2002) 2243-2245.
- [4] Kudo, A.; Miseki, Y.: *Chem. Soc. Rev.* **38** (2009) 253-278.
- [5] Bard, A. J.; Fox, M. A.: *Acc. Chem. Res.* **28** (1995) 141-145.
- [6] Walter, M. G.; Warren, E. L.; McKone, J. R.; Boettcher, S. W.; Mi, Q.; Santori, E. A.; Lewis, N. S.: *Chem. Rev.* **110** (2010) 6446-6473.
- [7] Suen, N. T.; Hung, S. F.; Quan, Q.; Zhang, N.; Xu, Y. J.; Chen, H. M.: *Chem. Soc. Rev.* **46** (2017) 337-365.
- [8] Lee, Y.; Suntivich, J.; May, K. J.; Perry, E. E.; Shao-Horn, Y.: *J. Phys. Chem. Lett.* **3** (2012) 399-404.
- [9] McCrory, C. C. L.; Jung, S.; Peters, J. C.; Jaramillo, T. F.: *J. Am. Chem. Soc.* **135** (2013) 16977-16987.
- [10] Suntivich, J.; May, K. J.; Gasteiger, H. A.; Goodenough, J. B.; Shao-Horn, Y.: *Science* **334** (2011) 1383-1385.
- [11] Sickafus, K. E.; Wills, J. M.; Grimes, N. W.: *J. Am. Chem. Soc.* **82** (1999) 3279-3292.
- [12] Zhang, M.; de Respinis, M.; Frei, H.: *Nat. Chem.* **6** (2014) 362-367.
- [13] Man, I. C.; Su, H.-Y.; Calle-Vallejo, F.; Hansen, H. A.; Martínez, J. I.; Inoglu, N. G.; Kitchin, J.; Jaramillo, T. F.;

- Nørskov, J. K.; Rossmeisl, J.: *Chem. Cat. Chem.* **3** (2011) 1159-1165.
- [14] Tung, C.-W.; Hsu, Y.-Y.; Shen, Y.-P.; Zheng, Y.; Chan, T.-S.; Sheu, H.-S.; Cheng, Y.-C.; Chen, H. M.: *Nat. Comm.* **6** (2015) 8106.
- [15] Trotochaud, L.; Ranney, J. K.; Williams, K. N.; Boettcher, S. W.: *J. Am. Chem. Soc.* **134** (2012) 17253-17261.
- [16] Butel, M.; Gautier, L.; Delmas, C.: *Solid State Ionics* **122** (1999) 271-284.
- [17] Subbaraman, R.; Tripkovic, D.; Chang, K. C.; Strmcnik, D.; Paulikas, A. P.; Hirunsit, P.; Chan, M.; Greeley, J.; Stamenkovic, V.; Markovic, N. M.: *Nat. Mater.* **11** (2012) 550-557.
- [18] Wang, H. Y.; Hsu, Y. Y.; Chen, R.; Chan, T. S.; Chen, H. M.; Liu, B.: *Adv. Energy Mater.* **5** (2015) 1500091.
- [19] Wang, H.-Y.; Hung, S.-F.; Chen, H.-Y.; Chan, T.-S.; Chen, H. M.; Liu, B.: *J. Am. Chem. Soc.* **138** (2016) 36-39.
- [20] Szotek, Z.; Temmerman, W. M.; Ködderitzsch, D.; Svane, A.; Petit, L.; Winter, H.: *Phys. Rev. B* **74** (2006) 174431.
- [21] Van der Ven, A.; Morgan, D.; Meng, Y. S.; Ceder, G.: *J. Electro. Soc.* **153** (2006) A210-A215.
- [22] Hsu, C. S.; Suen, N. T.; Hsu, Y. Y.; Lin, H. Y.; Tung, C. W.; Liao, Y. F.; Chan, T. S.; Sheu, H. S.; Chen, S. Y.; Chen, H. M.: *Phys Chem Chem Phys* **19** (2017) 8681-8693.

BL12XU and B2 are opened for international users. Scientists who have been interested in the experiments described in this article may consider a submission of proposals to NSRRC, Taiwan (<http://www.nsrc.org.tw>). Proposal calls are made three times a year, typically, June, October, and February. It is welcome to discuss the availability of experiments prior to the submission.

Contacts :

Nozomu Hiraoka, (NSRRC)
XU Spokesperson
hiraoka@spring8.or.jp

Hirofumi Ishii, (NSRRC)
B2 Spokesperson
h_ishii@spring8.or.jp

Yen-Fa Liao, (NSRRC)
B2 Operation manager
liao.yenfa@nsrc.org.tw

Masato Yoshimura, (NSRRC)
XU Operation manager
yoshimur@spring8.or.jp

専用ビームラインの研究から
 ～BL11XU（量子科学技術研究開発機構）～

その場 X 線回折による窒化物半導体薄膜の結晶成長観察

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 放射光科学研究センター
 佐々木 拓生、高橋 正光

Abstract

窒化ガリウム (GaN) 薄膜の成長初期にのみ発現する特異な格子変形現象を報告する。SPRING-8、量研 (QST) 専用ビームラインBL11XUでは、結晶成長装置とX線回折計が一体化した独自のその場測定装置を有している。本研究は、GaN薄膜成長中のその場X線回折を原子層オーダーの膜厚分解能で測定し、GaNの面内および面内垂直方向の格子間隔の変化を詳細に調べた。その結果、膜厚数ナノメートルの成長初期にのみ、従来の弾性変形とは異なる特異な格子変形を見出した。この現象を理解するため、従来の弾性ひずみに加えて、点欠陥の混入による単位格子の膨張効果を取り入れた格子変形モデルを構築し、実験結果を良く再現することができた。このことから、GaN薄膜は基板との格子不整合によって生じる弾性ひずみがきっかけとなり、置換型の点欠陥（アンチサイト欠陥）が形成されやすいことを示唆した。これまで見過ごされていた成長初期の点欠陥の混入は、GaNベースの発光および電子デバイスの構造設計において重要な知見を与えるものと考えられる。

1. はじめに

窒化ガリウム (GaN) に代表される窒化物半導体は LED やレーザといった発光デバイスだけでなく、高周波・パワーデバイスとしても研究開発が盛んであり、応用範囲の拡大がなお一層期待されている。さらに、GaN は絶縁破壊電界および飽和電子速度が高く、従来のシリコン (Si) やガリウムヒ素 (GaAs) では成し得なかった消費電力の大幅な削減が期待でき、省エネルギー社会の実現に向けてもさらなる普及が求められている。

GaN は 1994 年の高輝度青色 LED^[1]が発表されて以降、比較的短期間で普及に至ったという経緯がある。それはこれまでの Si や GaAs で培ってきたデバイスプロセスを踏襲したことによる要因が大きい。しかし、ここに至り、GaN 本来の優れた物性値をデバイス性能として最大限引き出すには、欠陥やひずみといった結晶成長の基礎を十分に理解し、上手く制御することの重要性が再認識されている。GaN の薄膜を例にとると、基板材料の選定や極性面の相性に依りて、Si や GaAs には現れない特異な欠陥構造^[2-4]が存在するなど明らかにすべき課題は多い。さらに、評価手法が極めて限定されることから、膜厚数ナノ

メートルという成長初期の欠陥やひずみの状態は明らかになっていない。

我々は実験室クラスの X 線では検出が困難とされてきた薄膜成長初期の状態を、高輝度の放射光 X 線を用いることで評価できると考えた。さらに、放射光 X 線を用いた評価を、薄膜成長中に行うことができれば、成長初期の欠陥やひずみが成長の進行とともにどのように変化し、最終状態に至るのか、つまり、結晶成長のダイナミクスが解明できると考えた。

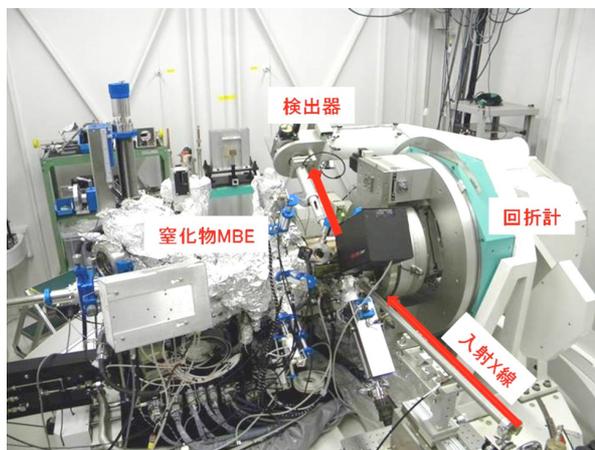


図1 SPRING-8/BL11XU 実験ハッチ 3 に設置した結晶成長その場 X 線回折装置。

これら知見は、GaN 薄膜の欠陥やひずみの制御に極めて有用であることから、我々は SPring-8、量研 (QST) 専用ビームライン BL11XU に結晶成長その場 X 線回折装置を独自に開発した^[6]。その場 X 線回折は、同じその場測定である反射高速電子線回折 (RHEED)^[6,7]と比較して、GaN 結晶の面内および面内垂直方向の格子間隔を抽出できるため、成長初期の薄膜の状態の解明に極めて有用である。本稿では、結晶成長その場 X 線回折装置を用いて新たに見出された GaN 薄膜の成長初期にのみ発現する、点欠陥を含んだ特異な格子変形現象を報告する^[8]。

2. 結晶成長その場 X 線回折装置

BL11XU 実験ハッチ 3 では、分子線エピタキシー (MBE) 装置と X 線回折計 (XRD) が一体化した MBE-XRD システムを有しており、これまでに GaAs 系半導体のその場 X 線回折を行ってきた^[9]。そして、欠陥やストレス、表面・界面の挙動を多角的に明らかにしてきた。これまでは、GaAs 系半導体に特化していたが、今回、文部科学省ナノテクノロジープラットフォームの研究支援の一環として、窒化物半導体用の MBE 装置を導入した。そして、2014 年には X 線回折計と接続し (図 1)、2015 年から本格稼働している。装置構成の詳細は参考文献[5]を参照していただきたい。

3. 実験

実験は図 2 に示す測定配置で、6H-SiC(0001)基板上に GaN 薄膜を結晶成長しながら、X 線回折測定を実施した。成長温度は 675°C、Ga と N の原料供給比 (Ga/N) は 1.5 である。X 線のエネルギーは 20 keV、ビームサイズは $0.1 \times 0.1 \text{ mm}^2$ である。測定は SiC-103 ブラッグ反射付近の逆格子マップ (H-L 面) を測定した。1 測定あたりの時間は 7 秒で、これは GaN の膜厚に換算すると約 0.25 nm に対応する。GaN は 1 原子層あたり約 0.5 nm であるため、今回の測定では、およそ半原子層成長するたびに、データを取得しており、原子層オーダーでの結晶成長ダイナミクスを評価していることになる。回折 X 線はピクセルアレイ検出器 (PILATUS 100K) を用いた。H および L 方向における角度分解能は 0.014° である。

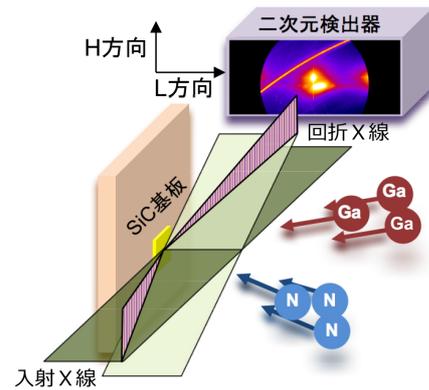


図 2 その場 X 線回折の測定配置。炭化ケイ素 (SiC) 基板上に GaN 薄膜を結晶成長し、同時に X 線回折を測定した。

4. 結果

図 3 に GaN 薄膜の成長初期 10 nm までの逆格子マップを示す。横軸は面内方向[100]に対応する H 方向、縦軸は面内垂直方向[001]に対応する L 方向である。GaN 成長前は基板の SiC-103 回折ピークのみが観測されるが、膜厚が 0.8 nm を超えると、GaN-101 回折ピークが現れた。このことは、放射光 X 線を用いることで、わずか 2 原子層程度の薄膜でも格子変形の様子を定量的に捉えられることを意味する。

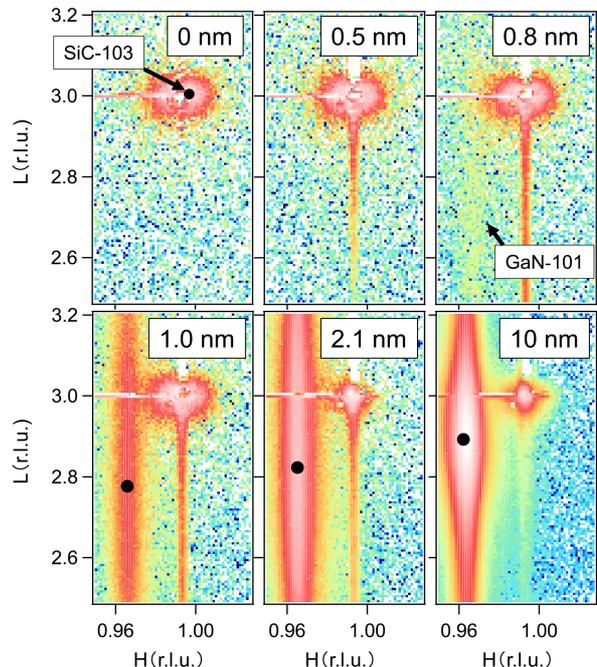


図 3 GaN 薄膜成長中の逆格子マップの変化。GaN の膜厚の増加とともに、GaN-101 回折ピークの出現やピーク位置が変化していることがわかる。

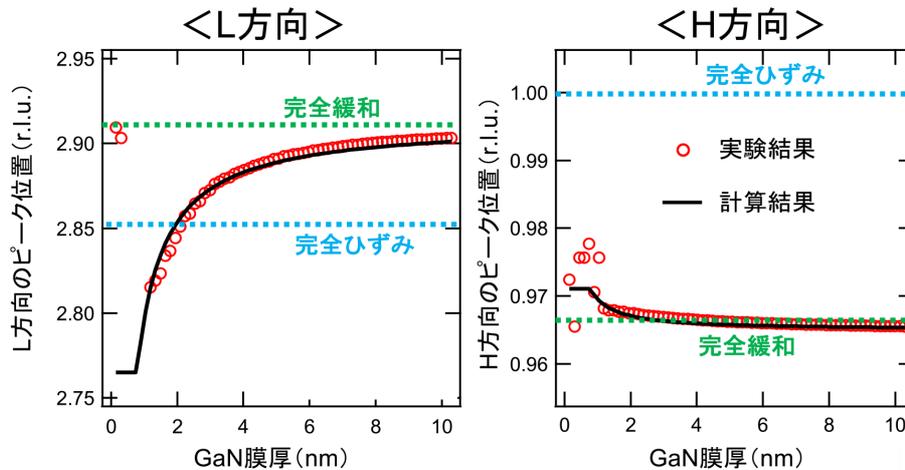


図4 GaN 薄膜成長中の回折ピーク位置の変化。単位 r.l.u.は、reciprocal lattice units の略で逆格子の単位である。値が大きい (小さい) ほど、GaN の格子間隔は小さい (大きい) ことに対応する。

図4は GaN の格子間隔を反映する回折ピークの位置を L 方向と H 方向でそれぞれプロットしたものである。基板である SiC に対して、GaN の格子定数は大きいため、従来の常識とされている弾性変形の場合は、L 方向の格子間隔が小さくなる分だけ、H 方向の格子間隔が大きくなるように、両方向が連動して完全ひずみから完全緩和の状態に格子変形すると考えられてきた。しかし、実験結果を見てみると、H 方向はほとんど変化しないのに対して、L 方向では著しく格子間隔が小さくなり、従来の弾性変形とは明らかに異なる挙動を示すことがわかった。ただし、膜厚が 10 nm 程度にまで達すると、H 方向、L 方向ともに完全緩和に対応するところに回折ピークが移動することから、この特異な格子変形は膜厚数ナノメートルの成長初期にのみ発現することがわかった。

この格子変形を理解するため、従来の弾性ひずみ (格子不整合 GaN/SiC の場合は圧縮ひずみ) に加えて、N サイトに Ga 原子が置き換わる置換型の点欠陥 (Ga アンチサイト) による単位格子の膨張効果を考慮した (図5)。その理由として、GaN は Ga と N の原子半径の差が大きいため、圧縮ひずみによってアンチサイト欠陥ができやすいという報告がある^[2]。さらに、今回の GaN 薄膜の成長条件は、Ga/N 供給比が 1 よりも大きい Ga 過剰条件であるため、Ga アンチサイトができやすいと考えた。そして、従来の圧

縮ひずみと Ga アンチサイトによる体積膨張の2種類の格子変形を考慮することで、図4の計算結果に示すように実験結果を良く再現できた。その際にパラメータとして用いた Ga アンチサイトの密度は成長開始時には 10^{20} cm^{-3} オーダーと非常に高く、膜厚の増加とともに減少することがわかった^[8]。つまり、膜厚の増加とともに、ひずみ緩和によって圧縮ひずみも減少していくが、それに伴って Ga アンチサイトによる体積膨張の効果も弱まっていくことが予想される。そして、結晶成長が進行し、膜厚が 10 nm 程度まで達すると、Ga アンチサイトによる体積膨張の効果は消滅し、従来の弾性的な格子変形を示すと考えられる。

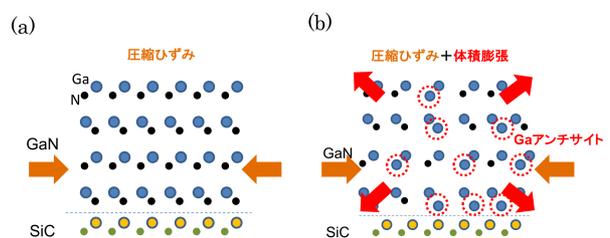


図5 SiC 基板上の GaN 薄膜の格子変形の様子。従来の常識は、弾性的な圧縮ひずみによる格子変形 (a) であるが、本研究では圧縮ひずみと Ga アンチサイトによる体積膨張の複合的な格子変形 (b) を提案した。

5. まとめ

結晶成長その場 X 線回折装置を用いて、GaN 薄膜成長中の格子変形の様子をリアルタイム観察した。その結果、GaN 薄膜は成長初期にかぎって、アンチサイト欠陥を含んだ特異な格子変形を示すことがわかった。さらに、本研究で提案する格子変形モデルから、アンチサイト欠陥の密度を定量評価することができた。将来的には、これらの知見をもとに GaN 薄膜の成長条件を最適化し、点欠陥の混入を抑制した高品質薄膜を作製することが可能になると期待する。

謝辞

本研究は愛媛大学の石川史太郎准教授との共同研究で実施したもので、実験データは、SPring-8 の量研(QST)専用ビームライン BL11XU にて測定した。課題番号は、2014B3503、2015A3503 である。

参考文献

- [1] S. Nakamura, T. Mukai and M. Senoh: *Appl. Phys. Lett.* **64** (1994) 1687.
- [2] C. Kisielowski, J. Krüger, S. Ruvimov, T. Suski, J. W. Ager III, E. Jones, Z. Liliental-Weber, M. Rubin, E. R. Weber, M. D. Bremser and R. F. Davis: *Phys. Rev. B* **54** (1996) 17745.
- [3] K. Shojiki, T. Hanada, T. Tanikawa, Y. Imai, S. Kimura, R. Nonoda, S. Kuboya, R. Katayama and T. Matsuoka: *Jpn. J. Appl. Phys.* **55** (2016) 05FA09.
- [4] H. Miyake, G. Nishio, S. Suzuki, K. Hiramatsu, H. Fukuyama, J. Kaur and N. Kuwano: *Appl. Phys. Express* **9** (2016) 025501.
- [5] T. Sasaki, F. Ishikawa, T. Yamaguchi and M. Takahasi: *Jpn. J. Appl. Phys.* **55** (2016) 05FB05.
- [6] G. Koblmüller, R. Averbeck, H. Riechert, Y.-J. Hyun and P. Pongratz: *Appl. Phys. Lett.* **93** (2008) 243105.
- [7] E. Bellet-Amalric, C. Adelman, E. Sarigiannidou, J. L. Rouvière, G. Feuillet, E. Monroy and B. Daudin: *J. Appl. Phys.* **95** (2004) 1127.
- [8] T. Sasaki, F. Ishikawa and M. Takahasi: *Appl. Phys. Lett.* **108** (2016) 012102.
- [9] M. Takahasi: *J. Phys. Soc. Jpn.* **82** (2013) 021011.

佐々木 拓生 SASAKI Takuo

(国) 量子科学技術研究開発機構 放射光科学研究センター
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-1047
e-mail : sasaki.takuo@qst.go.jp

高橋 正光 TAKAHASHI Masamitsu

(国) 量子科学技術研究開発機構 放射光科学研究センター
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0821
e-mail : takahashi.masamitsu@qst.go.jp

BL11XU、BL14B1、BL22XU に設置の QST 放射光実験装置のご利用を希望される方は、QST 微細構造解析プラットフォーム事務局 (ml-qst-nanoinfo[at]qst.go.jp) に御相談ください。
利用相談は随時無料で受け付けています。
装置の概要や利用方法については、JAEA・QST 微細構造解析プラットフォームの専用ウェブサイトをご覧ください。
<http://www.kansai.qst.go.jp/nano/>

専用ビームラインの研究から

～BL14B1（量子科学技術研究開発機構）～

高温高压プレス装置による水素化物合成

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学研究部門

齋藤 寛之

東北大学 金属材料研究所 高木 成幸、佐藤 豊人、飯島 祐樹

東北大学 金属材料研究所、東北大学 材料科学高等研究所 折茂 慎一

Abstract

機能性材料実現をめざして新規水素化物の探索研究を進めている。第一原理計算による理論予測をもとに、放射光その場観察技術を援用し、新規水素化物合成を行った結果を紹介する。高エネルギー密度の水素貯蔵を目的に、資源量豊富な鉄をベースとする水素化物合成を試みた。これまで報告例のなかった 3d 遷移金属の水素錯体とリチウムの組み合わせからなる Li_4FeH_6 、および、H イオンと水素錯体が共存する $\text{Li}_3\text{AlFeH}_8$ の合成に成功した。また後者の合成条件探索の過程で別の新規水素化物 LiAlFeH_6 の合成にも成功した。

1. はじめに

機能性材料実現をめざして新規水素化物の探索研究が世界各国で進められている。水素エネルギー社会実現のために、水素のエネルギー密度を高める目的で水素貯蔵材料が研究されている。この水素貯蔵の目的以外にも、水素化物の機能性の発現とその理解・応用を目的として、高速イオン伝導材料の開発、高温超伝導の探索などの研究が進められている。近年の合成、理論計算、計測に関する技術の進歩によって、新しい合成指針にもとづく水素化物が次々と報告されている。

気体と固体が反応して固体が生成する反応では、平衡温度と圧力の関係を以下に示すファンツホッフの関係式で記述することができる。

$$\ln(f/P_0) = \Delta H/RT - \Delta S/R$$

ここで、 f 、 P_0 、 T 、 R 、 ΔH 、 ΔS は気体のフガシテイ（常圧近傍では気体の圧力）、標準圧力、温度、気体定数、気体 1 mol あたり生成物の標準生成エンタルピー、反応によるエントロピー変化である。反応によるエントロピー変化は、その大部分が気体分子の解離によるものと近似でき、気体の種類によってほぼ一定の値をとると考えることができる。従って、反応の平衡温度圧力の関係は生成エンタルピーのみで記述できる。このファンツホッフの関係式から、負の生成エンタルピーをもつ生成

物については、平衡温度が圧力に対して単調増加することが分かる。負の生成エンタルピーをもつ物質が、常温常圧近傍では熱力学的に不安定で合成できない場合でも、圧力を加えることで熱力学的に安定となり、合成可能になる。また常温常圧近傍で熱力学的に安定ながら分解温度が低い場合反応が進行しないような系も存在する。そのような系については、圧力を加えることで分解温度を上昇させ、反応が進行できる十分に高い温度で合成を行うことが可能となる。以上の理由から、高温高压法は気相-固相反応による固相の合成において非常に強力な手法であるといえる。実際に新規酸化物や窒化物が高温高压法により数多く合成されている。本稿では上記の考えにもとづき、高温高压下で新規水素化物合成を行った成果について紹介する。

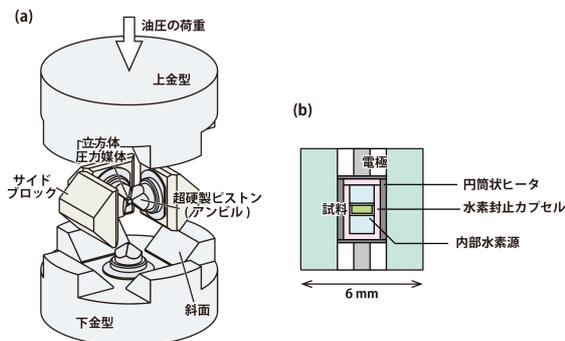


図1 (a) キュービック型マルチアンビルプレス装置の模式図。(b) 本研究で用いた高压セルの模式図。

2. 高温高压下での金属の水素化

高温高压発生にはキュービック型マルチアンビルプレス装置を用いた。その模式図を図 1(a)に示す。油圧によって上金型に下向きの荷重を加える。上金型と固定された下金型は 45°の斜面を 4 個有しており、この上下金型の斜面によって作られる隙間の間に 4 個のサイドブロックと呼ばれるくさび形金属ブロックを挟みこむ。上金型が下方向に押し込まれると、くさびの効果でサイドブロックが装置の仮想中心に向かって進む。このようにして油圧によって発生された 1 軸の荷重を直交する 3 方向の力に変換する。6 個の超硬製ピストン（以下、アンビルと呼ぶ）は同期して高压装置の仮想中心に向かって押し込まれる。高压装置の仮想中心には試料を含む立方体形状の圧力媒体をセットする。圧力媒体が 6 個のアンビルによって圧縮されることで、試料位置に超高压が発生する。立方体圧力媒体の一边の長さはアンビル先端のそれよりも 50%程度大きくなっている。アンビルが加圧と共に高压装置の仮想中心に向かって進行すると、圧力媒体の一部がアンビルとアンビルの隙間に入りガasketの役割を果たす。

立方体圧力媒体中には加熱や金属の水素化に必要なパーツ類一式を組み込んであり、それらをまとめて高压セルと呼ぶ。本研究で用いた高压セルの模式図を図 1(b)に示す。立方体圧力媒体中に穴を空け、そこに円筒状のヒーターをセットし、内熱方式による加熱を行った。

高温高压下での金属の水素化には深井らによって開発された方法を用いた¹⁾。高温高压下で金属の水素化を行う上では、どのように試料を高温高压の水素雰囲気下に保持するかがポイントとなる。深井らの手法では高温高压下で水素を封じ込めるために岩塩で作製した水素封止カプセルを用いる。この水素封止カプセル中に試料と共に、高压下で加熱されると水素を放出する化合物からなる内部水素源をセットする。本研究では内部水素源としてアルミニウム水素化物 (AlH_3) を使用した。高压下で加熱により放出された水素は水素封止カプセル中に閉じ込められ、試料と水素の直接反応が実現する。試料は水素のみを透過する窒化ホウ素製のカプセルに封じておく。これにより内部水素源が水素を放出した後に残る副生成物と試料との接触が避けられ、水素化反応以外の化学反応を抑制することができる。

この分野の研究は、深井らの先駆的な研究から発展してきた。深井らは上述の数 GPa 領域で金属を水素化する

手法を開発し、放射光その場観察による金属-水素系の高温高压相図の決定や水素誘起の超多量空孔生成について報告をしている²⁾。この手法を用いた金属水素化物合成研究は国内外の複数の研究グループによっても進められてきており、これまでに多くの新規水素化物合成の報告がなされている³⁻⁵⁾。

高温高压下での水素化物の合成反応過程を調べるため、粉末 X 線回折法によるその場観察を行った⁶⁾。実験は BL14B1 で実施した。その場観察の模式図を図 2 に示す。偏向電磁石より発生した白色 X 線を試料に照射し、試料から生じる回折 X 線をエネルギー分散型検出器で測定することで、粉末 X 線回折法による高温高压その場観察を実現した。圧力発生に用いるアンビルは炭化タングステン製で X 線を透過しない。アンビルとアンビルの隙間（アンビルギャップ）にはガasketの役割を果たす立方体圧力媒体の一部が必ず存在しており、超高压下でも 200 μm 程度の隙間が存在する。この隙間を入射および回折 X 線を通すことで、X 線回折測定が可能となる。検出器の前には開口 200 μm のコリメータが設置されており、試料以外のセルパーツからの回折 X 線が検出されないようになっている。

3. 新規鉄錯体水素化物 Li_4FeH_6 の合成⁷⁾

遷移金属は 3 から 5 族の金属元素が高い水素親和性を示し単体で金属水素化物を形成するのに対し、6 族より周期表で右側に位置する元素は水素親和性が低く、常圧近傍では単体水素化物をほとんど生成しない（パラジウムを除く）。しかし 6 族より右側の元素も水素と錯イオンを形成し、それらが金属陽イオンとイオン結合した錯体水素化物を作ることが知られて

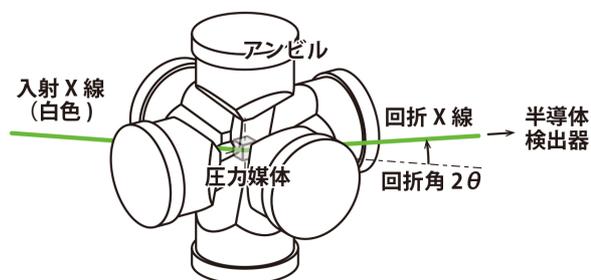


図 2 高温高压放射光その場観察の模式図。アンビルとアンビルの隙間を通して放射光白色 X 線を試料に照射し、反対側の隙間から出てきた白色回折 X 線を半導体検出器を使いエネルギー分散法により測定する。

いる。これらの遷移金属の錯体水素化物については2000年頃までに網羅的に研究が進められ⁸⁾、その後、新規錯体水素化物の合成報告は限られていた。著者らは高温高压法と放射光その場観察技術の組み合わせに理論計算予測を加えることで、2013年以降に新規水素化物合成に次々と成功した⁹⁻¹²⁾。この中には従来錯体水素化物は形成しないと考えられていたクロム(Cr)の錯体水素化物の合成例やモリブデン(Mo)に水素が9配位した $[\text{MoH}_9]^{3-}$ を含む錯体水素化物など従来の考え方の延長では予想できなかった新規水素化物合成の成果も含まれる。本章では著者らの合成以前には報告がなかった3d遷移金属とリチウム(Li)の組み合わせからなる錯体水素化物 Li_4FeH_6 の合成の成果について解説する。

合成に先立ち、目的とする Li_4FeH_6 の合成可能性を理論計算予測した。鉄(Fe)は4価の錯イオン $[\text{FeH}_6]^{4-}$ を形成すること、および、18電子則を満たすように4個の Li^+ を組み合わせることとし、化学組成を Li_4FeH_6 と仮定した。既知の Mg_2FeH_6 の結晶構造との類推から Li_4FeH_6 の初期構造を設定し構造最適化を行った。第一原理計算の結果、図3挿図に示す結晶構造を有する Li_4FeH_6 が熱力学的に安定に存在できること、および、熱力学的安定性の比較から水素化リチウム(LiH)とFeの混合粉末を水素化することで、 Li_4FeH_6 が合成できることが示された¹³⁾。理論計算の結果からは、熱力学的には常圧近傍でも Li_4FeH_6 が安定に存在できると予想されたが、実験では水素化物を得ることができなかった。そこで、新規水素化物が実現しやすい高温高压下での合成を試みた。合成条件の最適化を迅速に行う目的で放射光その場観察を行った。

出発物質は、LiHとFeをモル比6:1で混合したものをを用いた。窒化ホウ素製カプセル中をLiが拡散し散逸してしまうことがあるため、目的とする組成に対してLiを余剰に加えた。出発物質を室温で所定の圧力まで加圧後、加熱を行い高温高压水素流体中に保持した。高温高压処理後の試料を高圧下で室温まで冷却し、常圧まで脱圧し回収した。回収試料は実験室系の粉末X線回折計により評価した。

出発物質を4.1 GPa、600°Cで水素化した際には、わずかな Li_4FeH_6 の生成は確認されたが、試料の大部分は未反応のままであった。放射光その場観察の結果を図3(a)に示す。600°Cで混合粉末を水素流体中に保

持すると、丸印で示した位置にわずかに新しいピークが生成することが確認できた。これらのピークは理論予測された Li_4FeH_6 の単位格子で指数付けすることができ、回収試料の分析結果とも併せて、 Li_4FeH_6 の生成が確認された。しかしながらその収率は体積分率で10%以下と極めて少なかった。収率を上げるために反応条件の最適化を試みたが、反応時間を24時間程度としたり、反応温度を800°Cまで上昇させたりしたが収率を上げることはできなかった。さらに反応温度を850°Cまで上げたところ、生成した Li_4FeH_6 が分解し、これより高温領域では Li_4FeH_6 が合成できないことが分かった。

分解反応を生じさせることなく、より高温で水素化反応を進行させるために、反応圧力を9.7 GPaとして水素化反応を試みた。すでに述べた通り水素化物の分解温度は圧力に対して単調に増加する。従って、圧力を上げることでより高温まで水素化物が安定に存在できるようになる。その結果、より高温で反応を進行

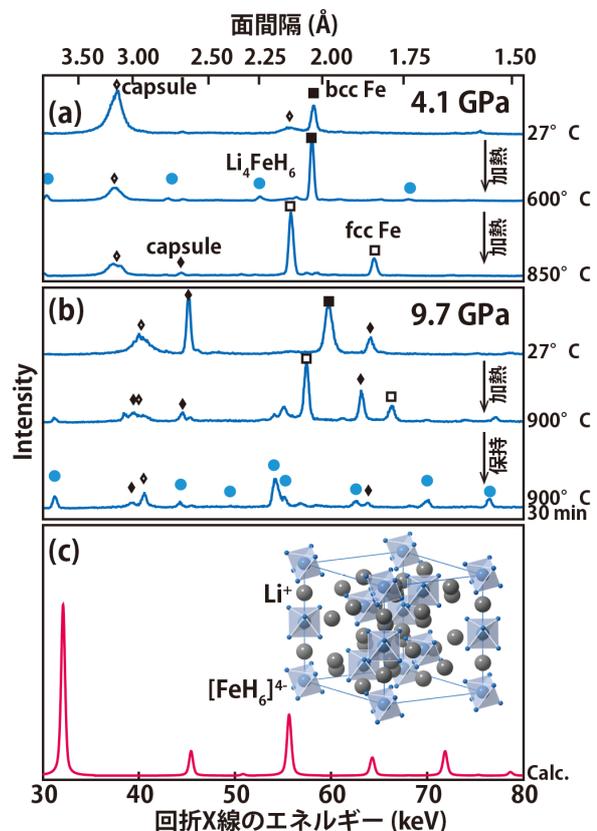


図3 LiHとFeの混合粉末を(a) 4.1 GPa、(b) 9.7 GPaで水素化したときの放射光その場観察の結果。(c) 理論予測された Li_4FeH_6 の結晶構造とX線回折プロファイル。

させることが可能となる。9.7 GPa で出発物質を水素化させた際の放射光その場観察の結果を図 3(b)に示す。900°Cまでの加熱中に出発物質中の Fe が bcc から fcc へ構造相転移した。900°C到達後に水素化反応が進行し、約 30 分でほぼ Li_4FeH_6 単相になった。得られた水素化物は常温常圧下に回収可能であり、実験室系の粉末 X 線回折装置で評価したところ、理論予測された Li_4FeH_6 が間違いなく合成できていることを確認した。

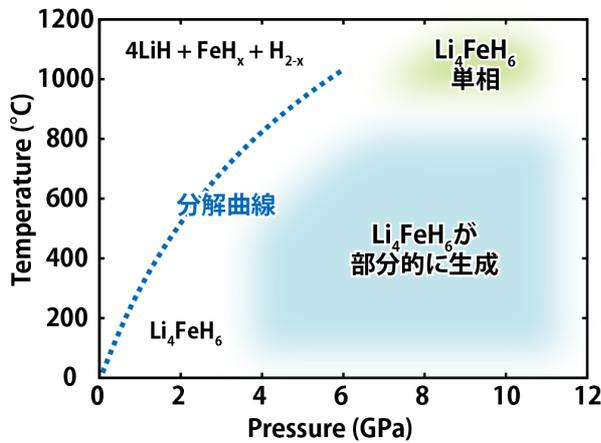


図4 LiH と Fe 混合粉末を水素化させた際の反応温度圧力ダイアグラム。

同様の実験を温度圧力条件を変えて繰り返し行い、結果を反応温度圧力ダイアグラムとして整理したものを図 4 に示す。 Li_4FeH_6 単相を得るためには、900°C 以上の高温が圧力にはほぼ依存せず必要であることが分かった。900°C未満の温度領域では、反応が十分に進行しない結果となったが、これは LiH と Fe 粉末の接触部分に生成した Li_4FeH_6 が、それ以上の水素化反応を妨げている可能性がある。また、 Li_4FeH_6 の分解曲線を外挿すると、この水素化物が常圧近傍でも熱力学的に安定であることが示唆された。この結果は第一原理計算による理論予測とも一致した。以上の結果から Li_4FeH_6 は常圧近傍でも熱力学的には安定だが、反応カインेटイクスの問題で常圧近傍では LiH と Fe の混合粉末の水素化では合成できないと結論づけた。この結果は見方を変えると、LiH と Fe の混合粉末を直接水素化する方法以外の低温で反応が進行する合成ルートを見つけられれば、高圧を加えることなく Li_4FeH_6 が合成できることを示している。

4. H イオン導入による高重量水素密度の鉄錯体水素化物合成^[14]

鉄錯体水素化物中に H イオンを導入することで、さらなる重量水素密度の向上をめざした。すでに述べたように鉄錯体水素化物では 18 電子則を満たす必要があること、鉄と水素の錯イオンが $[\text{FeH}_6]^{4-}$ であることから、鉄錯体水素化物を構成する金属陽イオンの組み合わせは、 4M^+ 、 $\text{M}^{2+}+\text{M}^{2+}$ 、 $\text{M}^{2+}+\text{M}^{3+}+\text{M}^{3+}$ 、 $\text{M}^{3+}+\text{M}^{3+}$ の 4 通りに限られる (M、M'、M'' は金属元素)。特に高重量水素密度の水素化物合成をめざす場合、陽イオンの組み合わせは極めて限定的となる。ここで、例えば鉄錯体水素化物中に 2 個の H イオンを導入すると、マイナスイオンの価数の合計は 6^- となるため、金属陽イオンの組み合わせは、 6M^+ 、 $\text{M}^{2+}+4\text{M}^+$ 、 $\text{M}^{2+}+2\text{M}^{2+}+\text{M}^{3+}+\text{M}^{3+}$ 、… と増加し、合成可能な錯体水素化物の種類が増加する^[15]。実際に $\text{Na}_2\text{Mg}_2\text{FeH}_8$ や $\text{Na}_2\text{Mg}_2\text{RuH}_8$ といった H イオンを 2 個含む錯体水素化物の合成が報告されている^[10]。

筆者らは報告されている遷移金属の錯体水素化物の中で最も高い重量水素密度を有する $\text{Li}_3\text{AlFeH}_8$ の合成を試みた。第一原理計算による理論予測では LiH、Fe と AlH_3 の混合粉末を水素化することで $\text{Li}_3\text{AlFeH}_8$ が合成できることが示されている^[15]。図 5 挿図に理論予測された $\text{Li}_3\text{AlFeH}_8$ の結晶構造を示す。熱力学的には $\text{Li}_3\text{AlFeH}_8$ は常温常圧下でも安定に存在することが予想されたが、

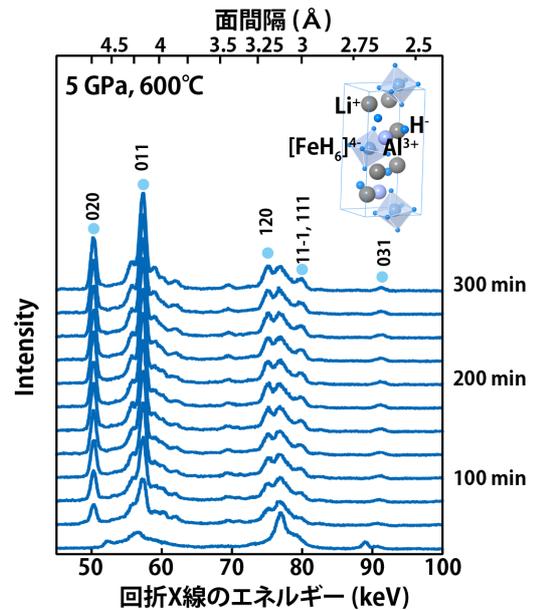


図5 LiH、Fe と AlH_3 の混合粉末を 5 GPa、600°C で水素化させた際の放射光その場観察の結果。挿図は理論予測された $\text{Li}_3\text{AlFeH}_8$ の結晶構造を示す。

常圧近傍では合成することができないため、前章の Li_4FeH_6 と同様に、新規水素化物合成に有利な高温高压法での合成を試みた。

LiH 、 Fe と AlH_3 をモル比 3:1:1 で混合した粉末を 5 GPa、600°C で水素化することで $\text{Li}_3\text{AlFeH}_8$ が合成できることを確認した。放射光その場観察の結果を図 5 に示す。出発物質の組成については、 Li_4FeH_6 の場合と同様に Li 余剰の条件でも実験を行ったが明確な差が現れなかったため、本稿では上記の組成の出発物質を用いた際の結果を示した。試料を水素流体中に保持すると約 20 分で丸印 (図 5) で示した面間隔位置に新しいブラッグピークが現れた。これらのピークは時間の経過と共に強度増加を示したが、約 300 分経過後にほぼ一定の値となった。これらのピークは理論予測された $\text{Li}_3\text{AlFeH}_8$ の結晶構造で指数付けすることができ、目的とする水素化物が得られていることが確認された。しかし、 $\text{Li}_3\text{AlFeH}_8$ のピーク強度の増加が終了した時点、すなわち混合粉末の水素化反応が終了した時点でも、未反応の鉄からのピーク、および、同定できない未知構造相からのピークが観察され、単相の $\text{Li}_3\text{AlFeH}_8$ は得られていないことも確認された。未反応の鉄の体積分率はピー

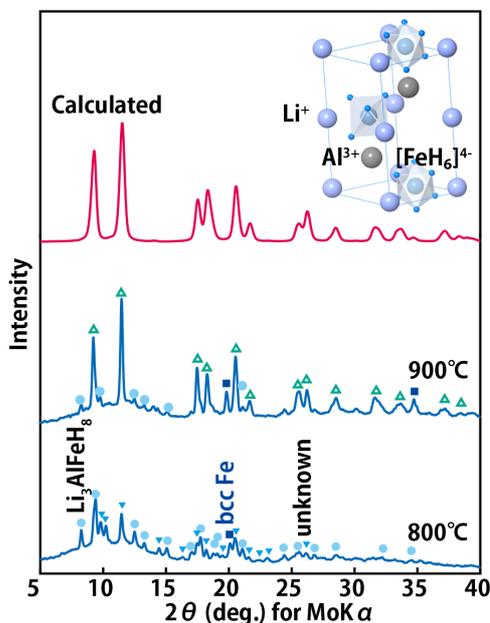


図 6 LiH 、 Fe と AlH_3 の混合粉末を 9 GPa で水素化し、常温常圧下に回収した試料の粉末 X 線回折測定結果の比較。挿図は理論予測された LiAlFeH_6 の結晶構造。一番上のプロファイルは理論予測から計算された回折プロファイル (LiAlFeH_6) を示す。

クの強度比から 10% 以下と見積もられた。単相の $\text{Li}_3\text{AlFeH}_8$ の合成条件を探索するため、5 GPa で温度を変えて合成を試みたが、800°C 以上の高温で別の相がより安定となり、 $\text{Li}_3\text{AlFeH}_8$ 単相を得ることはできなかった。

さらに圧力を変えて合成条件の最適化を試みたが、 $\text{Li}_3\text{AlFeH}_8$ 単相を得ることはできなかった。4 GPa 以下の圧力領域では $\text{Li}_3\text{AlFeH}_8$ は生成しないことが分かったため、6 GPa 以上の高压領域で反応過程を調べた。図 6 に 9 GPa で水素化した混合粉末を常温常圧下に回収した後に粉末 X 線回折測定した結果を示す。9 GPa での $\text{Li}_3\text{AlFeH}_8$ の最大収率は 800°C で得られたが、残念ながらその収率は 5 GPa のそれよりも低かった。また 850°C より高温では 5 GPa で観察された相とは別の高温相が得られることが分かった。この高温相に着目すると比較的単純な構造を有していることが予想されたため、結晶構造の解析を試みた。

観察された高温相のピークは六方晶の単位格子で指数付け可能であることが分かった。格子定数は、 $a = 4.464$ 、 $c = 8.765$ Å であった。次にこの得られた格子体積と構成イオンの体積の関係¹⁰⁾から、化学組成を LiAlFeH_6 と推定した。この組成の水素化物について第一原理計算による構造最適化を行い、図 6 挿図に示す結晶構造を有する LiAlFeH_6 が熱力学的に安定に存在できることを明らかにした。予想された結晶構造から粉末 X 線回折プロファイルを計算し、実験結果と比較したところ、非常に良く一致することが分かった。以上の結果から 9 GPa、850°C 以上では LiAlFeH_6 が合成できることが分かった。

5. まとめ

熱力学的に有利な高温高压法を用いて、新規水素化物合成を行った結果を紹介した。ここでは合成条件の探索、最適化、および、反応過程を調べるために、放射光その場観察が効率的に利用されている。さらに合成予測や生成物の評価に理論計算が非常に強力なツールとなっている。最近筆者らのグループでは、高温高压下での重水素化反応の様子を中性子回折によりその場観察することにも成功しており¹⁷⁾、これにより反応過程における水素そのものの位置情報も得られるようになっている。今後これらの技術の組み合わせでさらに新規水素化物の合成研究が加速するものと期待する。

謝辞

本研究は科研費基盤研究（課題番号：25220911、25420725）、光・量子融合連携研究開発プログラム、および、東北大学金属材料研究所における共同利用研究（16K0079、17K0026）のもとで実施した。本研究は SPring-8 BL14B1 にて実施した（課題番号：2013B3602、2013B3614、2014A3602、2014B3602、2014A3614）。図中で示した結晶構造は VESTA により描画した^[18]。

参考文献

- [1] Y. Fukai and N. Okuma: *Jpn. J. Appl. Phys.* **32** (1993) L1256.
 [2] Y. Fukai: *The Metal-Hydrogen System, Second* (Springer, Berlin, 2005).
 [3] D. Kyoj, N. Kitamura and T. Sakai: 高圧力の科学と技術 **15** (2005) 317.
 [4] K. Puhakainen, E. Stoyanov, M. J. Evans, K. Leinenweber and U. Häussermann: *J. Solid State Chem.* **183** (2010) 1785.
 [5] E. Rönnebro: *J. Phys. Chem. Solids* **71** (2010) 1154.
 [6] H. Saitoh, A. Machida and K. Aoki: *Chinese Sci. Bull.* **59** (2014) 5290.
 [7] H. Saitoh, S. Takagi, M. Matsuo, Y. Iijima, N. Endo, K. Aoki and S. Orimo: *APL Mater.* **2** (2014) 076103.
 [8] K. Yvon: *Chim. Int. J. Chem.* **52** (1998) 613.
 [9] M. Matsuo, H. Saitoh, A. Machida, R. Sato, S. Takagi, K. Miwa, T. Watanuki, Y. Katayama, K. Aoki and S. Orimo: *RSC Adv.* **3** (2013) 1013.
 [10] T. D. Humphries, S. Takagi, G. Li, M. Matsuo, T. Sato, M. H. Sørby, S. Deledda, B. C. Hauback and S. I. Orimo: *J. Alloys Compd.* **645** (2015) S347.
 [11] S. Takagi, Y. Iijima, T. Sato, H. Saitoh, K. Ikeda, T. Otomo, K. Miwa, T. Ikeshoji, K. Aoki and S. Orimo: *Angew. Chemie Int. Ed.* **54** (2015) 5650.
 [12] S. Takagi, Y. Iijima, T. Sato, H. Saitoh, K. Ikeda, T. Otomo, K. Miwa, T. Ikeshoji and S. Orimo: *Sci. Rep.* **7** (2017) 44253.
 [13] S. Takagi, T. Ikeshoji, T. Sato, K. Aoki and S. Orimo: 日本金属学会誌 **77** (2013) 604.
 [14] H. Saitoh, S. Takagi, T. Sato, Y. Iijima and S. Orimo: *Int. J. Hydrogen Energy* **42** (2017) 22489.
 [15] S. Takagi, T. D. Humphries, K. Miwa and S. I. Orimo: *Appl. Phys. Lett.* **104** (2014) 203901.
 [16] T. Sato, S. Takagi, S. Deledda, B. C. Hauback and S.-I. Orimo: *Sci. Rep.* **6** (2016) 23592.

- [17] A. Machida, H. Saitoh, H. Sugimoto, T. Hattori, A. Sano-Furukawa, N. Endo, Y. Katayama, R. Iizuka, T. Sato, M. Matsuo, S. Orimo and K. Aoki: *Nat. Commun.* **5** (2014) 5063.
 [18] K. Momma and F. Izumi: *J. Appl. Crystallogr.* **41** (2008) 653.

齋藤 寛之 SAITOH Hiroyuki

(国) 量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学研究部門
 〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
 TEL : 0791-58-1014
 e-mail : cyto@spring8.or.jp

高木 成幸 TAKAGI Shigeyuki

東北大学 金属材料研究所
 〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1
 TEL : 022-215-2094
 e-mail : shigeyuki.takagi@imr.tohoku.ac.jp

佐藤 豊人 SATO Toyoto

東北大学 金属材料研究所
 〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1
 TEL : 022-215-2094
 e-mail : toyoto@imr.tohoku.ac.jp

飯島 祐樹 IJIMA Yuki

東北大学 金属材料研究所
 〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1
 TEL : 022-215-2094
 e-mail : yijima@imr.tohoku.ac.jp

折茂 慎一 ORIMO Shin-ichi

東北大学 金属材料研究所/材料科学高等研究所
 〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1
 TEL : 022-215-2093
 e-mail : orimo@imr.tohoku.ac.jp

BL11XU、BL14B1、BL22XU に設置の QST 放射光実験装置のご利用を希望される方は、QST 微細構造解析プラットフォーム事務局 (ml-qst-nanoinfo[at]qst.go.jp) に御相談ください。
 利用相談は随時無料で受け付けています。
 装置の概要や利用方法については、JAEA・QST 微細構造解析プラットフォームの専用ウェブサイトをご覧ください。
<http://www.kansai.qst.go.jp/nano/>

長期利用課題報告 1

放射光メスバウア法と X 線粉末回折による下部マントルおよび
核構成物質の高温高压物性の研究

東北大学大学院 理学研究科
大谷 栄治

Abstract

本研究（長期利用課題 2013B0104-2016A0104）では、BL10XU に導入したメスバウア分光システムと放射光粉末 X 線回折実験を用いて、高温高压下において地球核を構成する鉄・軽元素合金の相関係と磁性を明らかにした。また、下部マントルと核マントル境界におけるマグマと揮発性物質を含む鉱物の相関係と物性を明らかにした。hcp 構造の Fe-Si 合金において電子トポロジカル転移を示唆するアイソマシフトの不連続的な増加を見出した。この転移は、金星などの地球外の惑星核にも見出される可能性がある。下部マントルと核マントル境界における相関係と物性については、マグマを模擬した玄武岩質ガラスにおいて、下部マントル条件では Fe^{2+} 、 Fe^{3+} が高スピン状態であることを明らかにした。水素および炭素の地球深部での挙動を明らかにし、下部マントルと核マントル境界でのダイヤモンドの生成、水素の存在様式を明らかにした。

1. はじめに

地球中心領域は地球科学のフロンティアである。この領域は、地球核、核マントル境界、下部マントルからなる。この課題では、この地球中心部を構成する物質の物性を高温高压 X 線粉末回折実験と放射光メスバウア分光測定を用いて明らかにすることを目的とした。特に、地球核は金属鉄とともに軽元素を含む。この課題では、鉄軽元素系、特に Fe-Si 合金の相転移、磁性転移とそれらの物性への影響を明らかにすることを目指した。また、下部マントルにはプレートの沈み込みによって炭素や水素などの軽元素物質が核マントル境界にまで輸送される。核マントル境界では、比重の大きなマグマが存在する可能性も指摘されている。この課題においては、下部マントルの高温高压下における水素・炭素などの揮発物質の挙動の解明、下部マントルにおける重いマグマのモデルとして、玄武岩組成のガラスのスピン状態の解明を目指した。以下にこれらの実験の詳細をまとめる。

2. 実験の方法・技術開発

この課題では、高温高压 X 線回折実験においては、両面レーザー加熱式ダイヤモンドアンビル高压装置

を使用している。この装置を用いて、地球核の圧力 135 GPa 以上、3000 K を超える超高压の発生が可能になっている。

さらに、この課題では、BL10XU に新たに導入したエネルギー領域放射光 ^{57}Fe メスバウア分光を用いて、高温高压下での鉄化合物や金属鉄合金のスピン状態、磁性を明らかにした。高温の発生には、バセット型外熱高压装置を用いて、約 10 GPa において、1000 K までの高温高压において、高温高压メスバウア分光測定が可能である。

3. 地球・惑星核の相平衡・状態方程式と磁性

(1) Fe-Si 合金 (hcp 構造) の電子トポロジカル転移:

hcp 構造をもつ Fe-2.8 wt% 合金、Fe-6.1 wt% Si 合金に対して、常温で 60 GPa までの条件でメスバウア分光測定を行い、アイソマシフトの圧力依存性、状態方程式の決定、格子定数比 c/a の精密測定を行った。出発物質は ^{57}Fe と Si の合金である。図 1a に hcp Fe-2.8 wt% Si 合金の高压下での非磁性を示す hcp 相のメスバウアスペクトルを示す。図 1b に示すように、これらの合金において、高压下においてアイソマシフトの不連続が確認され、hcp 構造の Fe および FeNi 合金で報告¹⁾されている電子トポロジカル

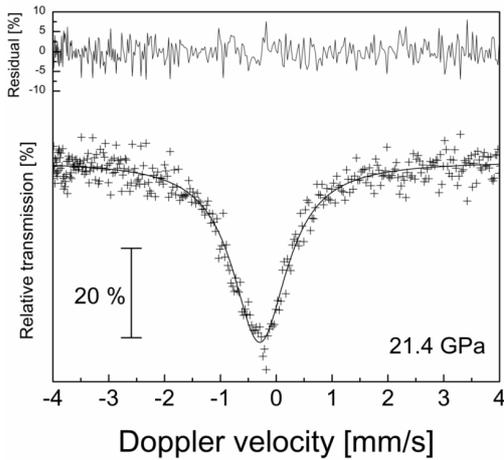


図 1a 21.4 GPa における hcpFe-2.8 wt%Si のメスバウアスペクトル。

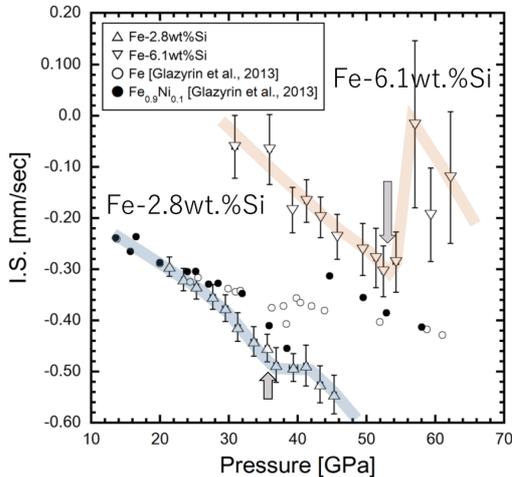


図 1b Fe-Si 合金の常温高圧下におけるアイソマシフト (I.S.) の不連続 (矢印)。Si 量の増加とともに、不連続は高圧側に移動する。

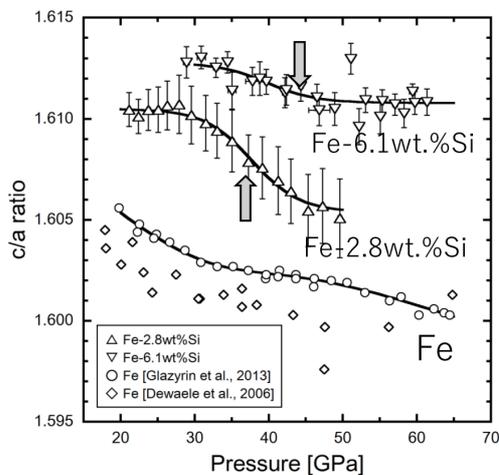


図 1c hcpFe および hcpFe-Si 合金の格子定数比 c/a の圧力変化。アイソマシフトのキंकとともに c/a も変化する。

転移の存在が Fe-Si 合金にも示唆される。hcp 構造をもつ純鉄、Fe-2.8 wt%、Fe-6.1 wt% におけるアイソマシフトの不連続は、Si の増加とともに高圧側にシフトする。図 1c に示すように、このアイソマシフトの不連続とともに、格子定数比 c/a にもキंकが認められる。この c/a のキंकは、高温では高圧側にシフトし、正の勾配をもつことが報告されている^[2]。したがって、電子トポロジカル転移は、正の勾配をもち、地球や金星の核の条件においても起こる可能性がある。したがって、今後、この系における高温高圧での、メスバウア測定によって、惑星内部条件でのアイソマシフトのジャンプの有無を確認することが必要である。

(2) Fe-Si 合金の高温高圧における磁性の変化と構造相転移：

Fe-Si 合金は、地球惑星核の候補物質であるとともに、太陽系の衛星や隕石母天体の核を構成する物質である。したがって、高温高圧でのこの合金の結晶構造や磁性は、これらの天体の核の性質を解明するために重要である。本研究では Fe-Si 合金の bcc-fcc 構造相転移と強磁性から非磁性への磁気転移との関係を明らかにした。Fe-2.8 wt%Si および Fe-7.5 wt%Si の 2 つの鉄ケイ素合金に対して、それぞれ 7 GPa、10 GPa において 900 K の高温までのメスバウア分光測定および高温高圧 X 線回折実験を行った。これら 2 種類の合金に対して、bcc から fcc への構造

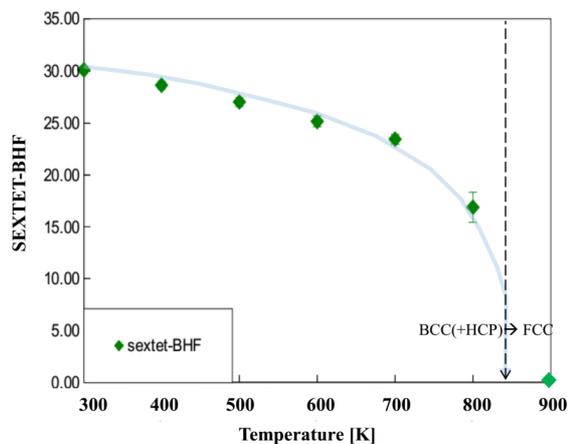


図 2 9 GPa における Fe-7.5 wt%Si の内部磁場強度 (Sextet-BHF) の温度変化。850 K で強磁性の BCC 構造から非磁性の FCC 構造に相転移する。

相転移にもなって、磁気特性が強磁性から非磁性に変化することが明らかになった (図 2)。すなわち今回実験に使用した 2.8 wt% 以上の Fe-Si 合金においては、7~9 GPa 圧力においては bccFe に見られるような非磁性の bcc 構造相は存在せず、キュリー点は存在しない。

4. 下部マントル・核マントル境界領域の物質研究

(1) 高圧下における玄武岩ガラスの鉄のスピンの状態:

^{57}Fe を加えた玄武岩組成のガラスの鉄のメスバウアスペクトルを室温で常圧から核マントル境界に近い 126 GPa までの圧力下で測定した (図 3)。これまでの実験では、下部マントル条件で、玄武岩組成のマグマ (ガラス) 中の Fe^{2+} が高スピンから低スピンの状態に変化し、これによって Fe^{2+} に富んだマグマが生じると考えられていたが、今回の実験結果、下部マントル全域にわたるすべての圧力において、メスバウアスペクトルは高スピン状態の Fe^{2+} と Fe^{3+} の 2 成分で説明することができることが明らかになった。また、圧力の増加とともに、四重極分裂 (QS) 値が増加し、110~126 GPa では明瞭な増加傾向を示し、 Fe^{2+} の多面体に変形していることを示唆している。そして、 Fe^{2+} は Jahn-Teller 効果によって歪んだ多面体においてより安定になり、共存するブリッジマナイト相よりも Fe^{2+} に富むことが予想される。すなわち、下部マントル条件において、メルトにより Fe^{2+} が濃集するという融解実験結果は、 Fe^{2+} のスピン転移によるのではなく、 Fe^{2+} の多面体の変形にともなう Jahn-Teller 効果による可能性がある^[9]。

(2) 下部マントルおよび核マントル境界における炭素の挙動: 地球深部起源ダイヤモンド

地球において重要な揮発性元素の一つ、炭素の下部マントルにおける挙動を解明するために、 $\text{MgCO}_3\text{-SiO}_2$ 系の相平衡実験、 MgCO_3 の相転移の様式を地球の下部マントルの条件において、高温高压 X 線回折実験によって解明した。図 4a に $\text{MgCO}_3\text{-SiO}_2$ 系の相関係を示す。この図から明らかなように 80 GPa (深さ 1,700 km 相当) を超える下部マントルにおいては、マントルの地温勾配にそって、ダイヤモンドが生成することが明らかになった。この結果によって、プレートの沈み込みにともなって下部マント

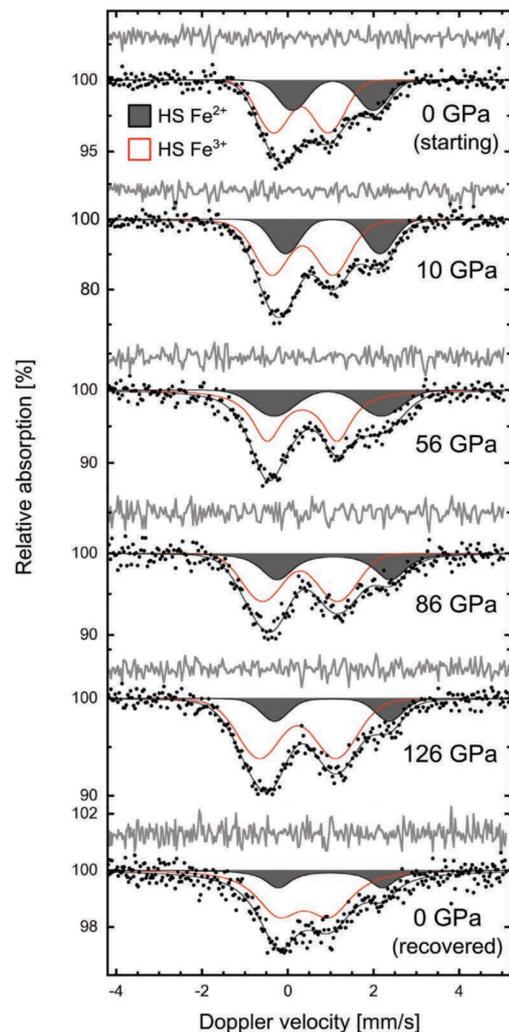


図 3 玄武岩 (MORB) ガラスのメスバウアスペクトルの圧力変化。スペクトルは高スピン Fe^{2+} (灰色網掛け) と高スピン Fe^{3+} (赤線) の 2 成分で説明できる。

ルの深部においてもダイヤモンドが生成されることが明らかになった (図 4b)^[4]。さらに、 MgCO_3 においては、80~95 GPa、2000~2500 K の条件で空間群 $P\bar{1}$ 相、95 GPa 以上で空間群 $C2/m$ の MgCO_3II 相が安定に存在することが明らかになり、 MgCO_3II 相の状態方程式を決定した。

(3) 下部マントルと核マントル境界における水素の挙動: 含水鉱物 δ 相-H 相固溶体と 10 Å 相の安定領域

水素はプレートの沈み込みにともなって含水鉱物中の水酸基として下部マントルに運ばれる。本研究においては、水素を深部マントルに輸送する重要な

役割を担う含水鉱物 10 Å 相、下部マントル条件で安定に存在する含水鉱物 δ 相-H 相固溶体 (MgSiO₄H₂-AlO₂H solid solution) について、これらの安定領域を明らかにした。

10 Å 相は、上部マントルの水素をマントル遷移層と下部マントルに輸送するために重要な含水相であ

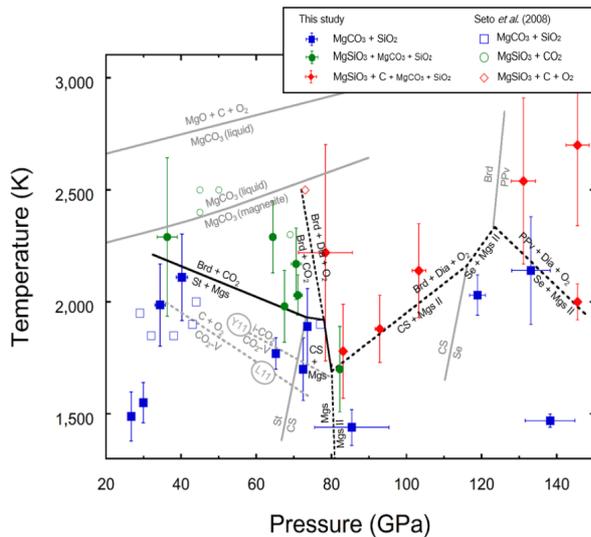


図 4a MgCO₃-SiO₂ 系の相関係。下部マントル深部の温度圧力条件 (80 GPa 以上、2000 K 以上) ではダイヤモンドが安定に存在する。また、MgCO₃ の高圧相マグネサイト II が安定である。

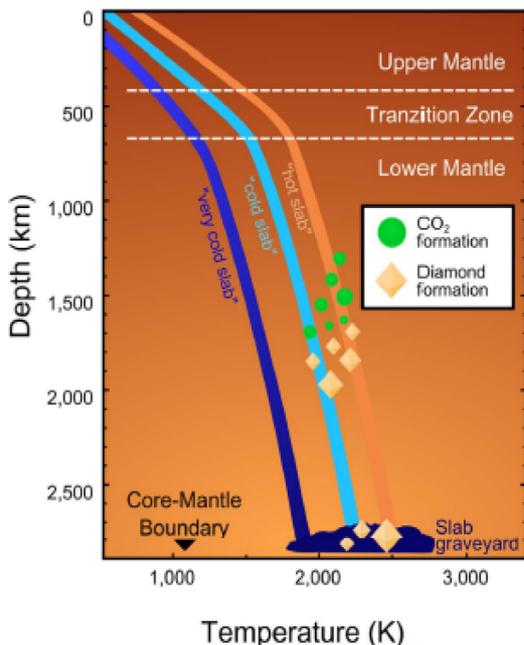


図 4b 下部マントル (1,700 km~2,000 km) および核マントル境界において、ダイヤモンドが生成する。

る。本研究では 5~10 GPa、500~1000 K の条件で、外熱式ダイヤモンドアンビル高圧装置と高温高压 X 線その場観察実験を用いて、この相の安定領域を決定した。そして、この相がマントル深部に水素を輸送することができること、また、この相とともに含水ペロブスカイト相 MgSi(OH)₆ も水素の輸送に寄与することを明らかにした^[5]。含水鉱物 δ 相-H 相 (AlO₂H-MgSiO₄H₂) 固溶体は、下部マントルの最も有力な高圧含水鉱物である。しかしながら、この相の安定領域は、単純なモデル系での実験が行われているに過ぎない。本研究では実際のマントルを構成するカンラン岩 (Peridotite-1 wt%H₂O) 組成や海洋底玄武岩 (MORB-5 wt%H₂O) 組成に対して、この含水鉱物が安定に存在するか否かを明らかにした。

図 5 に含水鉱物 δ 相-H 相固溶体の安定領域を示す。この図に示すようにカンラン岩においては、この相は 60 GPa まで安定に存在する。また、沈み込むプレートを構成する海洋底玄武岩においては、さらに下部マントル深部にまでこの相が安定に存在し、水素を核マントル境界に輸送することが明らかになった。

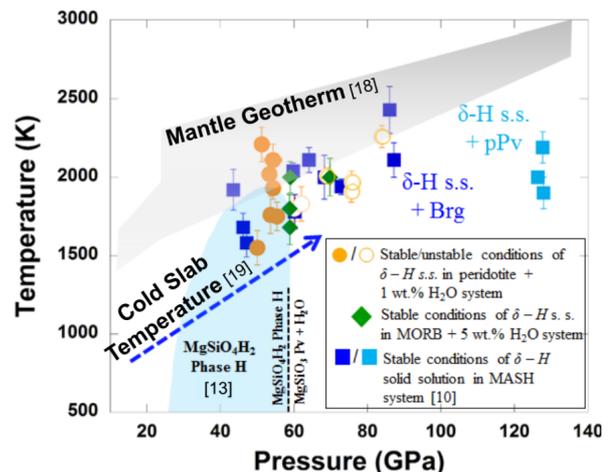


図 5 マントルカンラン岩組成、沈み込むプレートを構成する玄武岩 (MORB) 組成における含水 δ-H 相固溶体 (AlO₂H-MgSiO₄H₂) の安定領域。

謝辞

本報告の成果は、日本学術振興会 (JSPS) 基盤研究 (S) 15H05748「地球核の最適モデルの創出」による支援によって、SPring-8 BL10XU を用いた長期利用課題 (課題番号 2013B0104-2016A0104) で得られたものである。

参考文献

- [1] K. Glazyrin, L. V. Pourovskii, L. Dubrovinsky *et al.*:
Phys. Rev. Lett. **110** (2013) 117206.
- [2] S. Ono: *Solid State Commu.* **203** (2015) 1-4.
- [3] F. Maeda, S. Kamada, E. Ohtani, N. Hirao, T. Mitsui *et al.*: *Amer. Mineral.*, in press.
- [4] F. Maeda, E. Ohtani, S. Kamada *et al.*: *Scientific Reports*
7 (2017) 40602. DOI: 10.1038/srep40602
- [5] S. V. Rashchenko, A. Y. Likhacheva, S. V. Goryainov *et al.*: *Amer. Mineral.* **101** (2016) 431-436. DOI:
10.2138/am-2016-5356

大谷 荣治 OHTANI Eiji

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 : 022-795-6662

e-mail : ohtani@m.tohoku.ac.jp

長期利用課題報告 2

グリーンナノエレクトロニクスのための材料・プロセスインテグレーション
—超低消費電力次世代トランジスタ開発—名古屋大学大学院 工学研究科
宮崎 誠一

Abstract

大規模集積回路の基本素子である金属-絶縁膜-半導体電界効果トランジスタの低消費電力化・高性能化の要となる IV 族系半導体材料を中心に、次世代の材料プロセス技術の開発に指針を与える各種物性発現メカニズムの解明や評価技術の構築を目的とし、BL47XU に設置されている硬 X 線光電子分光 (HAXPES: Hard X-ray Photoemission Spectroscopy) を活用し、薄膜多層構造や微細構造における化学結合および電子状態の精密評価を推進した。各材料の物性を最大限に引き出すためには、電気的特性と密接に関連する絶縁膜/半導体の界面物性などの理解は必須であり、実デバイス内の様々な材料で構成されるナノメートルスケールの多層構造や埋もれた界面を高感度に非破壊で分析可能な HAXPES は極めて強力な分析技術である。本稿では、長期利用課題を通して得られた成果の一部を紹介する。

1. はじめに

スマートフォンやタブレットなどの携帯情報端末の普及、クラウドコンピューティングやソーシャルメディアに代表される新たな ICT 技術の浸透・高度化に伴って、より安全で快適なネットワーク社会への進化が強く求められている。その一方で、ICT 機器・インフラの拡充による消費電力の激増が大きな社会問題となっている。これを抜本的に打開するには、ICT 機器の主要構成部品である大規模集積回路 (LSI: Large Scale Integrated circuit) の消費電力および発熱量を低減する技術の確立が急務である。とりわけ、LSI の基本素子である金属-絶縁膜-半導体電界効果トランジスタ (MISFET: Metal Insulator Semiconductor Field Effect Transistor) の開発では、現在、新材料・新構造導入による低省電力化と高性能化の両立が強く求められている。そこで、卓越した電子物性をデバイスレベルで引き出すためには、MISFET を構成する電子材料固有の物性の本質的な理解と、異種材料界面で生じる化学反応の精密制御技術を確立する必要がある。

そこで、我々は、長期利用課題「グリーンナノエレクトロニクスのための材料・プロセスインテグレーション—超低消費電力次世代トランジスタ開発—」を

通して、MISFET の低消費電力化・高性能化の要となる新規チャネル候補である Ge 系半導体を中心に、次世代の材料プロセス技術の開発に指針を与える各種物性メカニズムの解明や評価技術の構築を目的とし、硬 X 線光電子分光 (HAXPES: Hard X-ray Photoemission Spectroscopy) による精密評価を推進した。具体的な成果として、(I) Ge-MIS 構造への界面反応制御層導入による低誘電率 GeO_2 層の抑制技術の開発^[1,2]、(II) MIS 構造の内部電位および界面ダイポール評価^[3,4]、(III) 金属/Ge 構造で生じるフェルミレベルピニング現象の深耕とその緩和・抑制技術の構築^[5,6]、(IV) Ge や GeSn などに対する n 型不純物の高効率活性化技術^[7]、(V) 新奇二次元物質の合成方法の構築^[8,9]、(VI) 一軸歪 Ge の化学構造分析^[10]、(VII) 格子定数とエネルギーバンドオフセットを独立に制御できる Ge 系 IV 族混晶の設計指針の構築^[11]、など次世代の材料プロセス技術にフィードバックできる貴重な情報が得られた。成果の詳細は、参考文献を参照して頂きたい。本稿では、得られた成果の中でも、金属-絶縁膜-半導体 (MIS) 構造の埋もれた界面の化学組成・結合状態評価や、新奇二次元物質の合成方法についての HAXPES 分析結果を紹介する。

2. HAXPES 測定

ビームライン BL47XU に設置された光電子脱出角度が可変な光電子分光ステーションを利用した。蓄積リングからアンジュレータを通して得られた放射光を、Si 単結晶を用いたモノクロメータ、スリット、集光ミラーを通すことで、単色化された 7,939 eV の励起エネルギーを持つ硬 X 線をプローブとして試料に照射した¹²⁾。このとき、Ge もしくは Si 基板の場合では、励起される Ge 2p_{3/2} および Si 1s 内殻光電子の平均自由行程は、~9 nm および~11 nm であり¹³⁾、深さ方向の分析限界は表面から~30 nm に相当する。加えて、多元素から構成された試料では、結合エネルギー数百 eV の測定領域で、内殻光電子信号同士が重畳し、解析を困難にする場合があるが、HAXPES では測定可能なエネルギー範囲が幅広いいため、このような問題を回避し分析精度を向上できる。また、高輝度 X 線を使用することから、高いエネルギー分解能で極微量存在する構成元素が検出でき、かつ従来にない高いスループットで測定を進めることが可能となる。

3. Ge-MIS 構造への界面反応制御層導入による低誘電率 GeO₂ 層の抑制¹²⁾

高移動度チャネル Ge-MIS デバイスの実現には、電気的な SiO₂ 等価換算膜厚を 1 nm 以下に薄くし、低界面準位密度、かつ高誘電率な酸化物薄膜の積層構造実現が必要不可欠である。そのため、電気的等価膜厚はより薄く設定できる高誘電率 (high-k) 絶縁膜の導入・実用化が必須であり、high-k/Ge 界面遷移領域における化学結合状態の解明と制御技術構築が必要不可欠である。そこで、high-k/Ge 界面において、低誘電率層の GeO₂ 形成を抑制し、高誘電率を維持しながら良好な界面特性を得るため、界面制御層の導入を検討した。これまでに、GeO₂ が還元し易いことを利用し、Ta-TTT 有機錯体を用いた化学気層堆積 (CVD) において、酸化剤を用いずに錯体の熱分解を利用することで、high-k 絶縁膜を Ge 基板表面に直接形成可能なプロセスを見出している¹⁴⁾。そこで、HAXPES の深い分析深度を活用して、TiN を電極に用いた HfO₂/TaGe_xO_y/Ge(100) の MIS 構造の熱的安定性を、Ge 2p_{3/2} 内殻光電子信号よりを評価した (図 1)。Ge 基板に相当する Ge-Ge 結合の高結合エネルギー

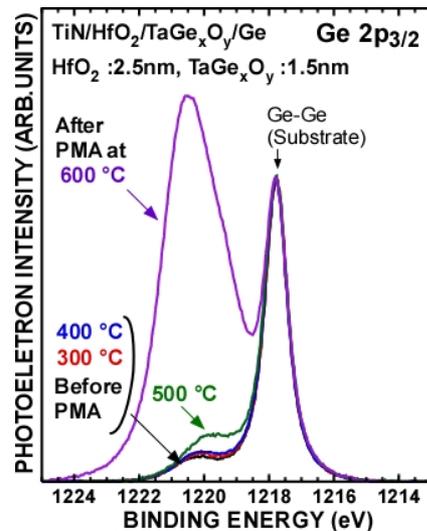


図 1 TiN/HfO₂/TaGe_xO_y/Ge 構造の N₂ 雰囲気中熱処理前後の Ge 2p_{3/2} スペクトル。

側に観測される Ge 酸化成分に着目すると、300°C の N₂ 雰囲気中熱処理 (PMA: Post Metallization Annealing) により界面制御層として形成した TaGe_xO_y に Ge がわずかに混入することが認められるものの、電気特性評価では界面準位やリーク電流の低減に効果があることを明らかにした。また、500°C 以上の熱処理では、Ge の拡散に伴う顕著な組成ミキシングにより、ゲートリーク電流が増大し、電気特性が劣化することが分かった。TaO_x 界面層および HfO₂ 層の膜厚とプロセス温度を精密制御した結果、SiO₂ 容量換算膜厚 1.0 nm、ゲートリーク電流 10⁻³ A/cm²@-0.77 V を実現できた。

4. MIS 構造の内部電位評価・オペランド計測¹⁴⁾

半導体デバイスの動作を理解するには、エネルギーバンド構造や電圧印加による絶縁膜および半導体表面の電位変化を理解することが不可欠である。特に、最先端の MIS デバイスでは、そのしきい値電圧を精密に制御するために、各界面での化学結合状態やダイポールなどの電位変化の理解が強く望まれている。そこで、多層構造や埋もれた界面の化学結合状態の分析が可能である HAXPES を活用し、MIS 構造に電圧を印加した状態で測定を行い、単純な Au/SiO₂/Si 構造を解析することで、光電子スペクトルと内部電位分布との相関を調べた。

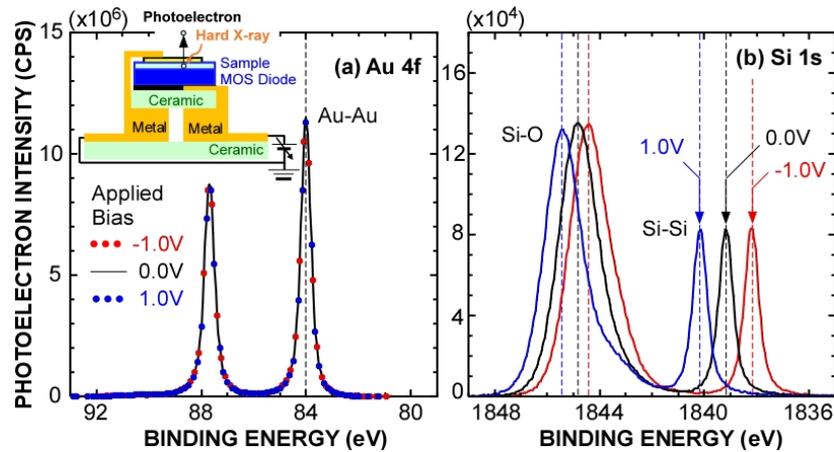


図2 電圧印加した Au/SiO₂/Si の、(a) Au 4f および、(b) Si 1s スペクトル。各スペクトルは、光電子脱出角度 87° で測定し、Au 電極を接地電位にし、Si(100)基板側に、-1.0 V、0 V、1.0 V を印加した。

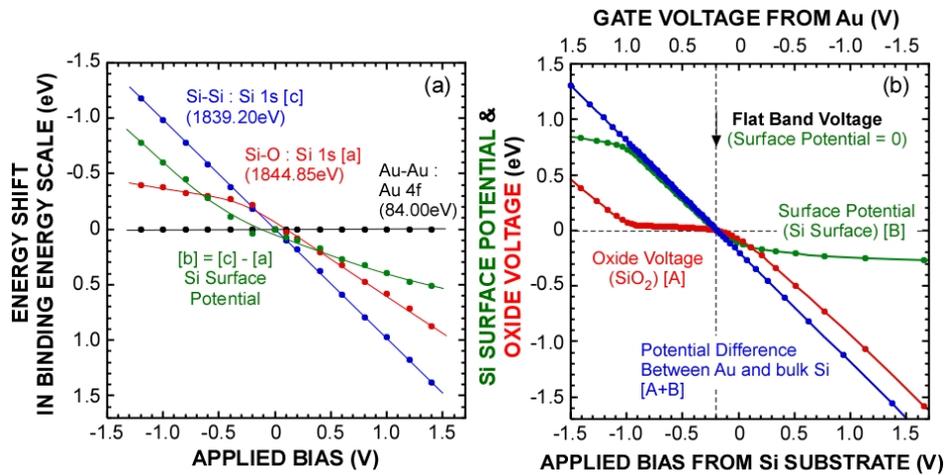


図3 (a) 電圧印加した Au/SiO₂/Si の Au 4f および Si 1s 信号のピーク位置と、(b) 理想的 MOS ダイオードの場合での酸化膜電圧と Si 表面電位の計算結果。計算では、Au 電極の仕事関数を 5.10 eV とし、Si 基板の不純物濃度は、 $3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ とした。

MIS 構造は、次の手順で作成した。p 型 Si(100)基板を化学溶液洗浄により水素終端した後、1,000°C の熱酸化を行い、厚さ 5.3 nm の SiO₂ を成長させた。最後に、厚さ 10 nm の Au 電極を形成した。

図2に示す Au 4f および Si 1s スペクトルは、Au 上部電極を接地電位にし、Si 基板側より電圧を印加した。Au 電極に相当する Au 4f スペクトルでは、電圧印加によるエネルギーシフトおよびその形状に変化が認められず一定であることから、Au 電極が電気的に接地されていることが確認できる。一方、Si 1s スペクトルでは、電圧印加に伴い、Si 基板に相当する Si-Si 結合成分が、印加した電圧に相当したシフトが認められるのに対して、熱酸化 SiO₂ に相当する

Si-O 結合成分は、電圧印加により形状が変化し、Si 基板に比べてエネルギーシフト量も小さい。図 3(a) に、Au-Au、Si-O および Si-Si 結合のエネルギー位置を、印加電圧の関数に対してまとめた。図 3(b)に示す理想的な Si-MOS ダイオードの電位変化を計算した結果に比べて、負の低バイアス印加領域 (-1 V 以下) において、Si 基板成分のエネルギーシフトが抑えられ、熱酸化 SiO₂ 成分のエネルギーシフト量が顕著であることが分かる。この結果は、基板側の光励起において、負バイアス印加時に反転層が形成される結果として解釈することができる。容量-電圧特性との比較から、熱酸化 SiO₂ 中の電荷トラップ密度・分布を含めたより深い考察が可能と言える。

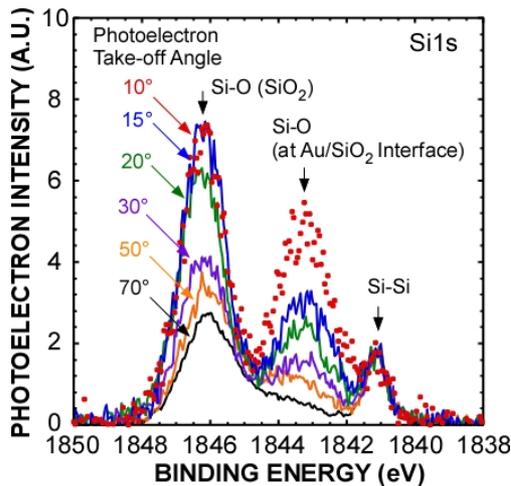


図4 電圧印加した Au/SiO₂/Si の Si 1s スペクトルの光電子脱出角度依存性。各スペクトルは、広角対物電子レンズを用いて一括で測定し、測定中は Si 基板側に +2.0 V (Au 電極は接地電位) を印可した。

さらに、広角電子レンズを用いて異なる光電子脱出角度の Si 1s 信号を測定することで、試料の化学結合状態の深さ方向分布と印加電圧によるピークシフトを区別し評価を行った (図 4)。各スペクトルの光電子強度は、Si 基板からの Si-Si 結合により規格した。光電子脱出角度を浅くし表面敏感にすることで、SiO₂ に相当する Si 1s 信号に加えて、サブオキサイドと呼

ばれる界面遷移層に相当する信号が増大する。さらに、光電子脱出角度を 10° まで小さくすると、この信号は SiO₂ よりも明らかに大きい。この結果は、サブオキサイド成分が、SiO₂/Si 界面だけでなく Au/SiO₂ 界面にも存在することを示唆する。これらのことより、電圧印加 HAXPES 測定により、内部電位変化を評価するだけでなく、化学結合状態に起因するケミカルシフトと電位変化によるエネルギーシフトを切り分けて詳細な化学分析ができることを示した。

5. IV 族系新奇二次元物質の合成^[8,9]

新世代の省エネ・超高速デバイスへのパラダイムシフトを実現する新材料として、原子 1 層分の厚みしか持たない二次元結晶が期待されている。様々な二次元結晶の中でも、ハニカム構造状の炭素原子の二次元配列を持つグラフェンは、その構造に起因する特殊な電子状態によって優れたキャリア輸送特性を示すことが知られている。その一方、バンドギャップが小さいことから、スイッチング素子として活用する際には OFF 状態時の電流を抑制できず、消費電力が増大することが懸念されている。グラフェンよりも重い IV 族元素から構成されるシリセンやゲルマネンなどの二次元結晶もまた、ハニカム構造状の

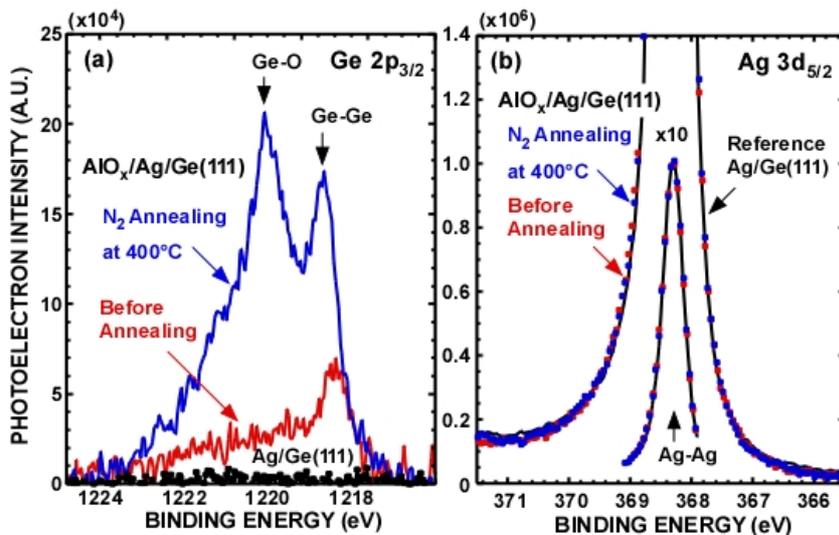


図5 ヘテロエピタキシャル成長した厚さ 60 nm の Ag(111)/Ge(111) 構造および N₂ 雰囲気中熱処理 (400°C、1 時間) 前後で測定した Al₂O₃/Ag/Ge(111) 構造の、(a) Ge 2p_{3/2} と、(b) Ag 3d_{5/2} スペクトル。各スペクトルは、光電子脱出角 87° で測定し、光電子強度は Ag 3d_{5/2} 信号のピーク強度で規格化した。

原子配列に起因する特殊な電子状態を有することが知られており、これらの結晶は、完全にフラットな構造とはならず、この構造的特徴のおかげで、垂直電場によりバンドギャップ幅の制御が可能であることが理論予測されている。また、グラフェンに比べ30~800倍強いスピン軌道相互作用を有することが予測されており、トポロジカル絶縁体として振舞うことも期待されている。これまでに、単結晶Ag基板およびエピタキシャルZrB₂上でのシリセン合成に成功しているが、準安定なシリセンが合成し得る明確な理由は明らかでない。

そこで、HAXPESの特徴である高輝度による微量元素の定量と深い分析深度を活かした積層構造の化学結合状態分析を行った。具体的には、化学溶液洗浄したSi(111)およびGe(111)基板にAg層をエピタキシャル成長し、熱処理によるAg表面へのSiやGe極薄膜の析出や形成を系統的に調べた。

図5に、Ag/Ge(111)構造および400°C熱処理前後のAl₂O₃/Ag/Ge(111)構造におけるGe 2p_{3/2}およびAg 3d_{5/2}スペクトルを示す。Al₂O₃堆積後および熱処理後において、Ge-Ge結合に相当するGe 2p_{3/2}信号が明瞭に観測される。HAXPESの分析深度がおよそ30nmであることを考慮すると、このことはAl₂O₃堆積および熱処理中にGe基板よりGe原子がAg表面に拡散したことを示唆する。ここで、Ge-O結合の形成は、熱処理炉内に残留する酸素や試料搬送中に酸化したと考えられる。このとき、Ag 3d信号に変化がないことより、エピタキシャル成長したAg膜中へのGe原子の混入はHAXPES分析の検出限界以下(<0.1 at.%)である。このことはAg-Ge系の相図で表されるAg中のGeの固溶限が非常に小さいこととも一致する。さらに興味深いことに、Al₂O₃/Ag/Si(111)構造にでも同様の結果が得られた。そこで、Al₂O₃/Ag/Ge(111)およびAl₂O₃/Ag/Si(111)構造において、HAXPESにより観測したSi 1sおよびGe 2p_{3/2}信号の積分強度を熱処理時間に対してまとめた(図6)。注目すべきは、400°C以上の熱処理でGeおよびSi原子はAg表面に析出することである。また、Geの析出量がSiよりも大きいことは、Ag中のGeの固溶限がSiよりも高いことに起因すると考えられる。図6に示す積分強度より、析出したSiおよびGeの平均膜厚を見積もった。その結果、400°Cで1時

間熱処理した試料のSiおよびGeの平均膜厚は、それぞれ、~0.9 nmおよび~1.6 nmと見積られる。また、Ag(111)/Ge(111)構造において、450°Cで2時間熱処理した試料において、原子レベルで平坦化したAg(111)表面上に、厚さ二原子層の二次元Ge結晶が形成できることを、原子間力顕微鏡(AFM)および断面透過電子顕微鏡(TEM)より明らかにした。この現象には、Ag(111)表面上へのエピタキシャルなGe層析出と、自然酸化における自己停止効果が深く関与していると考えている。以上の成果より、高移動度チャンネル材料として期待される新奇二次元物質合成方法の指針を構築することができた。

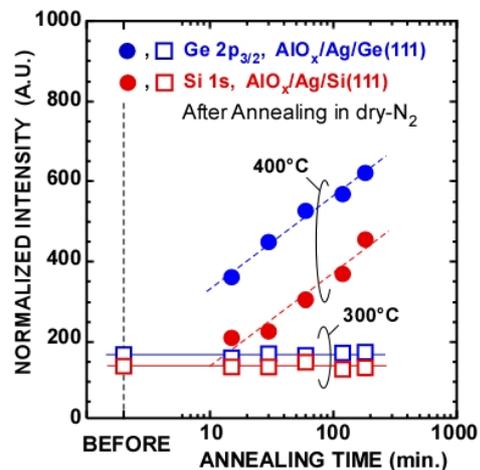


図6 N₂雰囲気中熱処理前後のAl₂O₃/Ag/Ge(111)およびAl₂O₃/Ag/Si(111)構造のSi 1sおよびGe 2p_{3/2}光電子信号強度。各信号強度は、Ag(111)に相当するAg 3d_{5/2}信号ピーク強度で規格化した。

謝辞

本報告の成果は、長期利用課題(課題番号2014A0109~2016B0109)を通してビームラインBL47XUで得られた。本課題の推進に関して多数の支援、御協力を頂いた大田晃生特任助教(名古屋大学)、村上秀樹准教授(熊本高専)、財満鎮明教授、中塚理教授、黒澤昌志講師、坂下満男助教、竹内和歌奈助教(名古屋大学)、野平博司教授(東京都市大学)、各大学の関連諸氏、および学生諸君に厚く御礼申し上げます。また、課題期間にわたり様々な技術支援を頂いた池永英司博士、JASRI職員の皆様に感謝致します。

参考文献

- [1] A. Ohta *et al.*: *Electrochemical Society (ECS) Transaction* **64** (2014) 241-248.
- [2] S. Miyazaki *et al.*: *Electrochemical Society (ECS) Transaction* **69** (2015) 165-170.
- [3] N. Fujimura *et al.*: *Jpn. J. Appl. Phys.* **56** (2017) 04CB04.
- [4] A. Ohta *et al.*: *Microelectro. Eng.* **178** (2017) 80-84.
- [5] A. Suzuki *et al.*: *Ext. abstr. of 2015 Int. Conf. on Solid State Devices and Materials (SSDM 2015)*.
- [6] A. Suzuki *et al.*: *Ext. abstr. of 2016 Int. Conf. on Solid State Devices and Materials (SSDM 2016)*.
- [7] K. Takahashi *et al.*: *Ext. abstr. of The Fifteenth Int. Workshop on Junction Technology (IWJT2015)*.
- [8] M. Kurosawa *et al.*: *Jpn. J. Appl. Phys.* **55** (2016) 08NB07.
- [9] 黒澤昌志 他 : *表面科学* **37** (2016) 374-379.
- [10] S. Yamahori *et al.*: *Electrochemical Society (ECS) Transaction* **64** (2014) 431-439.
- [11] T. Yamaha *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **108** (2016) 061909.
- [12] E. Ikenaga *et al.*: *J. Electron Spectrosc. and Relat. Phenom.* **190** (2013) 180-187.
- [13] S. Tanuma *et al.*: *Surf. Interface Anal.* **43** (2011) 689-713.
- [14] K. Mishima *et al.*: *J. Physics: Conference Series* **417** (2013) 012013.

宮崎 誠一 MIYAZAKI Seiichi

名古屋大学大学院 工学研究科
〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町
TEL : 052-789-3588
e-mail : miyazaki@nuee.nagoya-u.ac.jp

38th International Free Electron Laser Conference 会議報告

国立研究開発法人理化学研究所
先端光源開発研究部門 金城 良太

1. はじめに

2017年8月20日から25日、アメリカ合衆国のロスアラモス国立研究所 (LANL/Los Alamos) に近いニューメキシコ州の州都サンタフェにおいて38回目となる自由電子レーザーに関する専門国際会議 38th International Free Electron Laser Conference 2017 が開催された¹⁾。ホストは、1993年に光陰極RF電子銃と46 MeVライナックからのビームを使った3次光発振でUV-FELを実現した、ロスアラモス国立研究所である。FEL Conferenceは2015年の37回(韓国太田市、PAL主催)から、それまでの毎年の開催から2年毎の開催となったため、2年ぶりにFELの専門家が一堂に会する会議となる。

サンタフェはスペイン人によって築かれたアメリカの中でも最古の都市のひとつであり、合衆国、アメリカン・インディアン、メキシコ、スペインの文化を融合した独自の文化を持ち、多くの建物はプエブロを模した特徴的なアドビ風建築である。食文化はメキシコ料理をアメリカナイズしたTex-Mexに近い。標高2,000メートルを超えているため、常におならが出そうな感覚である。会場はSanta Fe Conference Centerで、参加者は徒歩圏内のホテルに政府料金で滞在することが可能である。ちなみに岡山県津山市の姉妹都市である。

今回は19カ国から276名が参加し、発表は273件(口頭64件、ポスター209件)、日本人の参加者は17名であった。SACLAからは田中均氏、原徹氏、登野健介氏、金城良太の4名が参加した。金城の本会議への参加は8回目である。日本人の口頭発表はユーザーマシンであるSACLAからの4名のみで、日本におけるFEL研究が心配となった。金城の出身である京大赤外FEL施設からは3件のポスター発表があった。

今回の会議では、特にX線ポンプ+X線プローブに使われる二色FELや、時間コヒーレンスを改善するセルフシードをフレッシュバンチで行うFELのため

の電子ビームマニピュレーションについての報告が多かったように思う。特にLCLSでは、加速器の設計通りの電子ビームで数mJレベルのFELが安定に出ていることやアンジュレータの後ろに電子ビームの診断系があることを利用して、各種電子ビームマニピュレーションの実験を行っている。

本報告では、Prof.、Dr.などの敬称を省略させていただくことをお許しいただきたい。本会議報告は筆者の個人的なメモを元に書かれており、かなり間違いを含んでいると思われるが、正確さよりできるだけ多くのトピックを紹介することを選んだ。興味を持たれた方はWeb¹⁾で公開予定のスライドおよびプロシーディングスをご覧いただきたい。本SPRING-8/SACLA利用者情報誌の報告では内容を簡単な紹介にとどめ、物理的・技術的な詳細については加速器学会誌第14巻第4号の会議報告に記すことにする。

2. 基調講演

はじめに、Madey and Bonifacio Memorialsと題して、2016年に亡くなったJohn M. J. Madey氏とRodolfo Bonifacio氏の追悼公演が行われた。Madey氏はFELの発明者と言われており、追悼講演を行ったL. Ellias氏、T. Smith氏らとスタンフォードの電子加速器を用いて最初のFEL増幅を行った。近年ではハワイ大学でCollective Radiation Theoryなどの研究を勢力的に行っており、前々回、前回の会議でもMadeyグループから興味深いポスター発表が行われたことを覚えている。Bonifacio氏はClaudio Pellegrini氏らとともにイタリア(本人曰くシリアン)のFELグループの大家であるが、もともとレーザー応用の出身で、Self Amplified Spontaneous Emission (SASE)、FELパラメータ、Cooperative Lengthなどの重要な概念をFELに導入した。

FEL Prizeセッションでは、前回のFEL Prizeを受賞した、Evgeny A. Schneidmiller氏とMikhail V.

Yurkov 氏の講演があった。二人は Evgeny L. Saldin 氏とともに FEL 理論についての数々の論文を出すとともに、著名な教科書 *The Physics of Free Electron Lasers* を著した功績がある。Saldin 氏については 2006 年に同賞を受賞している。まず Schneidmiller 氏から、電子ビームのチャープとアンジュレータのテーパーについての発表があった。彼らの考案した手法は LCLS での偏光度の高い円偏光の発生や、基本波を抑えた高調波の発生に使用されている。続いて Yurkov 氏から、FEL のコヒーレンスについての講演があった。残念ながら FEL の空間・時間コヒーレンスを 100% にすることは不可能であるという結論であった。

続いて、Young Inventors Prize セッションでも前回の受賞者の講演があった。上海の Hai Xiao Deng 氏は、Phase-merging Enhanced Harmonic Generation (PEHG) と呼ばれるエネルギーブレッドの広い電子ビームでの高調波発生に有効な手法での受賞だったと思うが、今回の講演では、高調波を用いて、a few GeV の電子ビームで XFEL (共振器型 XFEL) を達成するとともにパワーを上げるアイデアについて発表していた。SLAC の Agostino Marineli 氏はレーザーによる電子ビームマニピュレーション (Optical Shaping) で受賞し、LCLS における sub-fs デイレイでの二色などの可能性について語っていた。

3. 発表

各施設からの報告は表 1 にまとめた。UV-, SX-FEL 施設では、High Gain Harmonic Generation (HG) と呼ばれる光学レーザーで立てたマイクロバンチからの高調波をシードとして時間コヒーレントな FEL を得る手法が当たり前になっている。より短波長 (4 – 20 nm) でも FERMI のフレッシュバンチを使った 2 段 HG がうまくいっているのだが、Echo-Enabled Harmonic Generation (EEHG) に変更するということが、ユーザーが求める光を作るため電子ビームマニピュレーションのしやすさを選んだということであろうか。

SASE FEL セッションでは、DESY の S. Schreiber 氏から、THz アンジュレータを FLASH の下流に置いて時間的に遅らせた XUV と使う THz-Doubler の話があった。EuroXFEL の谷川氏によると、THz ポンプ

+FEL プローブの需要は結構あるとのこと。原氏からは SACLA の振り分け部における Dual DBA を用いた CSR による横キックの抑制について発表があった。PKU の S. Huang 氏からは、LCLS において 200 as のシングルパルスの発生を実証したとの発表があった。

Seeded FEL セッションでは、SLAC の E. Hemsing 氏から、LCLS での HX/SX セルフシードの結果および LCLS-II での高繰り返し負荷に対応したセルフシードの可能性について発表があった。

FEL Oscillators セッションでは、Duke 大の J. Yan 氏から、Duke Storage Ring FEL において完全な FEL 偏光制御を可能にしたとの発表があった。またいくつかの XFEL についての発表があった。XFEL では高い負荷の下で X 線光学系の性能を維持することが重要な問題であり、ハンブルグ大の学生 I. Bahng 氏からはブラッグ結晶ミラーの熱・機械的安定性の解析結果が示された。APS の Kwang J. Kim 氏からは XFEL のためのダイヤモンドブラッグ結晶ミラーおよび Be Compound Refractive Lens は超高真空であれば 15 kW/mm² の X 線にも耐えうるとの APS でのテスト結果が示された。また 6 月に SLAC で開催された XFEL Science Retreat で、Nuclear Resonance Scattering や Nonlinear X-ray Optics への応用に期待が集まったことが述べられた。SLAC の W. Qin 氏からは増幅帯域が 10 meV 程度しかない XFEL に必要な電子ビームを得るためのシミュレーションの結果が示された。

Electron Diagnostics, Timing, Controls セッションでは、Euro XFEL 用に開発された光ファイバーの信号とよく同期した RF 信号を作り出すモジュールや、レーザーコンプトンガンマ線を利用した電子ビーム診断についての発表があった。

Undulators, Photon Diagnostics, Beamline セッションでは、SLAC の D. Coco 氏から、Wavefront Preserving Mirror と名付けられた、形状エラー 0.5 nm RMS、200 W に耐えるミラーの話があった。LCLS-II では平均パワーが 600 W になるとの話であった。金城から、SACLA の真空封止アンジュレータで見つかった局所的かつ数十%の磁場低下についての報告を行った。減磁というよりも電子の直入射に起因し、ハイブリッド構造中で磁石が感じる強い逆磁

表1 各施設からの報告

PAL H. Kang (PAL)	17/06～供用開始、15 keVまで発振、20 fs/2.5 kAで300 uJ。 光学レーザーとの同期精度がよく、タイミングモニタを使った並び替えが不要。 SLEDに熱問題があり繰り返しは30 Hz。温調を導入する。
Swiss-FEL S. Reiche (PSI)	16/12～345 MeV/24 nmでFirst Lasing、スイス大統領による除幕式。 17/05～4.1 nmで発振 (30 uJ)。 ～1 GeVはほぼ完了、1.5 GeVを目指す。秋からは2, 3 keVの供用開始。 18年春～1 Å発振、秋～供用開始を目指す。 APPLE-X アンジュレータを設置してSX ビームラインをコミッショニング。
Euro-XFEL H. Weise (DESY)	17/05～9 ÅでFirst Lasing、2 Åで1 mJ程度。 17/06～14.5 GeV (計画17 GeV) まで超伝導空洞のコミッショニングが進んだ。 ～1 ÅかSASE1実験ハッチ (SPB, SXE) まで届いた。 17/09～Early User Operation 開始。
DCLS (Dailen) W. Q. Zhang (DICP)	16/11～First Lasing。 17/06～供用開始～SASEは90 – 148 nmで150 uJ、HGHCは88 nmで30 uJ程度。 Correction Cavity を入れてバンチ長を短くする予定。
LCLS-II P. Emma (LCLS)	順調にアップグレード中。18/01～電子銃コミッショニング。 19/06～超伝導RFキャビティを冷却、19年中～First Lightを予定。 LCLS-II-HE (High Energy) 計画：20 クライオモジュール追加で8 GeV、13 keV。
FLASH K. Honkavaara (DESY)	16/04～可変ギャップアンジュレータを備えたFLASH2供用開始。 ～Reverse Taper + AfterburnerやHarmonic Lasingの実験なども実施。 HHGシードを止めてFermiで実績のあるHGHCに切り替えか (sFLASH)。 17年～25 TW レーザーでさらに1 GeV 加速 (FLASH Forward)。
SACLA H. Tanaka (RIKEN)	16冬～BL2への振り分け部をCSR横キックの抑制のためのDual DBA化改造。 17夏～BL2供用開始。 ～60 HzパルスにパルスでBL3と2へのビームのエネルギーと時間構造を制御。 16/09～BL1 (SCSS+) C-bandを追加し800 MeVに。
FERMI L. Giannessi (FERMI)	FEL1は100 – 20 nmのHGHC、FEL2は20 – 4 nmの2段HGHCでほぼFourier限界。 次の3 – 5年でLinacを1.5から1.8 GeVにアップグレード。 短パルス化とマルチパルス/多色運転のためFEL2を2段HGHCからEEHGに変更。
Shanghai SXFEL B. Liu (SINAP)	SXFELのTest Facilityを16年からUser Facilityに改造中、19年～供用開始予定。 2段HGHC、EEHG-HGHCを採用しFERMIの成功に習う。 超伝導のHXFELも計画中 (上海LSの地下、全長5.4 km)。
MaRIE R. L. Sheffield (LANL)	Matter-Radiation Interaction in Extremesという5 – 126 keV (3次) XFEL計画。 吸収の小さい高エネルギーX線で試料を破壊せずps フレーム動画撮影。

場による磁化反転であるという結論を述べた。

FEL Applications セッションでは、バイオ、非線形、High Energy Density Science (HEDS) の各分野からバランスよく発表があった。まず登野氏から、SACLAで岡山大学の沈教授らによって行われた光合成タンパクのダイナミクスの観測について発表があった。ElettraのF. Bencivenga氏からFERMIでの4波混合についての発表があった。4波混合実験のユーザー利用環境を整備するとの話であったが、登野氏の印象ではユーザーが使いこなせるだろうかという話であ

った。SLACのL. Fletcher氏からはWarm Dense Matterに関して、液体水素/重水素のジェットのパンププローブで回折とトムソン散乱を計測した結果についての発表があった。

Tutorialセッションは、例年FELの基礎講座に近い話であったが、今回は少し毛色が違っていた。Trieste大学のF. Parmigiani氏からFERMIでのシードの話、SLACのP. Emma氏からはXFELに必要なビームの直進性を得るためのBeam Based Alignmentの話があった。

Advanced Concepts & Techniques セッションでは、SLAC の Alberto A. Lutman 氏からアンジュレータ中で電子ビームの発振する部分を時間的に選択する手法についての発表があった。電子ビームの Head の部分を前段アンジュレータで発振させ、Tail を後段アンジュレータで発振させるなどが可能となり、二色 FEL の生成などに常にフレッシュな電子ビームが使用可能となる。RadiaBeam の A. Y. Murokh 氏から、EUV リソグラフィーの話があった。電子ビームから FEL への変換効率が数十%と非常に高い EUV-FEL を目指すアイデアについての発表である。SINAP の Chao Feng 氏からは、蓄積リングで特殊な HGHG を行いコヒーレント放射を得る方法が紹介された。

FEL Theory セッションは、例年基調講演の次に位置していたが今年最終日の最終セッションであった。ストラスクライド大学の L. T. Compbell 氏からは、FEL で周波数モジュレーションをかける方法についての発表があった。通常のレーザーと異なりスリッページがあるためやや複雑であるが、例えば周波数にしてメインから 5% ずれたところに強度 10% のサイドバンドを立てる、などが可能であるとの話であった。搬送波にのった FEL にはどんな利用があるのだろうか。

4. サイトツアー、バンケット

サイトツアーは、ロスアラモス国立研究所の Los Alamos Neutron Science Center (LANSCE) と Bradbury Science Museum であった。ロスアラモスは 1943 年にマンハッタン計画において原爆開発のために作られ、現在では様々な分野の研究を行う世界最大の研究所となっている。見学には申し込み時の履歴書の提出、学会中のインタビュー、バッジオフィスでの顔写真と指紋の登録が必須であった。残念ながらカメラやノート PC の持ち込みは許可されなかったため写真はない。サンタフェからはバスで 45 分ほどであり、研究所の Historical Records の職員が第二次世界大戦末期の核開発の歴史からその後幅広い研究を行う研究所となった今日までの歴史を語ってくれた。標高 2,200 m に位置するため冬には雪が多く降り、水曜日の午後からはスキーを楽しんでその後仕事をするという羨ましい話も聞いた。サイトツアーのあった LANSCE は、プロトン加速器を用いて中性子実験や

ラジオアイソトープの製造を行っている。日本における J-PARC に該当する施設であるがすでに 40 年の歴史を持つ。Bradbury 博物館は、実物大の原爆 (Little Boy、Fat Man) 模型から最新の研究成果までロスアラモスの研究の歴史を展示している。

バンケットは会議場から徒歩 3 分の Eldorado Hotel で行われ、Javier Gonzales サンタフェ市長と Charlie McMillan 第 10 代 LANL 所長 (初代は原爆開発を率いた J. Robert Oppenheimer) から挨拶があった。ピアノ演奏とインディアンフープダンスのショーを楽しみながらの食事の後、FEL Prize の発表があった。今年度の受賞者は、RF Photocathode Gun の発明や Emittance Compensation に貢献のあった、LANL の Dinh Nguyen、Richard Sheffield、Bruce Carlsten の三氏が選ばれた。また Young Investor's Prize には、Fermi においてフレッシュバンチによる二色 FEL やクロスアンジュレータによる FEL 偏光制御の研究を行った Eugenio Ferrari 氏 (現 PSI) と、ストレージリングや FEL におけるマイクロバンチインスタビリティの研究を行った SOLEIL の Eleonore Roussel 氏が選ばれた。FEL Prize の副賞として、FEL の基本方程式である Pendulum Equation にかけて振り子時計が送られた。最後に、FEL2019 の主催であるドイツ DESY の Winni Decking 氏と、2021 の主催であるイタリア Elettra の Luca Gianessi 氏から挨拶が行われた。

参考文献

[1] <http://fel2017.lanl.gov/>

金城 良太 *Kinjo Ryota*

(国) 理化学研究所 先端光源開発研究部門
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0802 ext 3824
e-mail : r-kinjo@spring8.or.jp

第15回SPring-8先端利用技術ワークショップ

「生体システムを利用した新しい機能性材料とその起源」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 関口 博史

1. はじめに

2017年8月24日に京都キャンパスプラザにて、「第15回SPring-8先端利用技術ワークショップ～生体システムを利用した新しい機能性材料とその起源～」が、公益財団法人高輝度光科学研究センター（JASRI）の主催、SPRUC高分子構造科学研究会の共催により開催された。本ワークショップは、生物の有している「潜在的な機能」を活用し、産業応用を試みている研究者の方々を招き、生体機能の評価、そして機能の起源を探索するために必要な放射光計測技術について議論を深めて行くことを目的に企画した。参加者数は35名で、本ワークショップのプログラムは以下の通りでした。

- ・生体内輸送タンパク質を利用した癌指向性ドラッグデリバリーシステム
(大阪府立大学：乾 隆)
- ・不凍タンパク質の分子機能と技術応用
(産業技術総合研究所：津田 栄)
- ・人工クモ繊維・開発と評価法
(理化学研究所：矢澤 健二郎)
- ・iPS心臓細胞シートの実用化への試み
(京都大学：升本 英利)
- ・SPring-8のバイオ・ソフトマテリアル計測の現状
(JASRI：関口 博史)
- ・総合討論
(JASRI：八木 直人)

2. 会議報告詳細

冒頭にJASRIの関口（筆者）から、ワークショップの趣旨説明を行った。生体システムに備わっている潜在的な能力、性質を引き出した機能材料の開発がされつつあるなか、本ワークショップでは、同分野の研究者を招いて開発の現状について講演していただき、放

射光 X 線計測がその機能材料の開発にどのように関わっているか、いくべきかについて議論したい旨を述べた。

最初の講演者として、大阪府立大学の乾氏から、「生体内輸送タンパク質を利用した癌指向性ドラッグデリバリーシステム」と題した講演があった。ゲノム創薬研究によって発見・開発された医薬品の多くは難溶性であり、これらを可溶化し、標的部に的確に輸送することが一つの課題となっている。乾氏らは、生体内輸送タンパク質であるリポカリン型プロスタグランジン D 合成酵素（L-PGDS）の分子内に存在する疎水ポケットに着目し、タンパク質分子を用いたドラッグデリバリーシステムを提案、実現可能評価を行っている。発表では、難溶性の抗癌剤を内包した L-PGDS について、難溶性薬剤の取り込み能力、癌組織指向性を施す工夫、ターゲットの組織内に薬剤をリリースする試み、効果についての報告があった。薬剤を取り込んだ L-PGDS の素性は、X 線小角散乱法（SAXS）による評価を行い、溶液中で分散していること、また薬剤を取り込んで分子自身がコンパクトになることを確認した。次に腫瘍標的ペプチドを付加した L-PGDS が、癌腫瘍組織に蓄積することを *in vivo* 蛍光イメージングで確認したが、実際の組織での抗腫瘍効果は改善の余地があるとのことだった。薬剤リリース能を向上させるとともに、実践的にはターゲット組織での滞留時間を上げる試みが行われている。これは 50–100 nm 程度の粒子が腫瘍組織で滞留時間が長くなる EPR 効果 (Enhanced permeation and retention effect) を利用する。乾氏らのグループでは複数の L-PGDS を biotin-avidin システムを用いて多量化することで滞留時間の向上に成功したとの報告があった。産業技術総合研究所の津田栄氏から、「不凍タンパク質の分子機能と技術応用」と題した講演があった。

不凍タンパク質 (Antifreeze Protein: AFP) は、魚類や昆虫、きのこなど様々な動植物内に存在する低温適応に関わる分子の一つである。AFP は、氷の核と特異的に結合し核成長を抑制することで結果的に多結晶水の形成を抑制する。講演の冒頭で、色水が凍る過程の動画を示しながら、AFP なしで凍る過程では溶質の凍結濃縮と氷の体積膨張があること、そして、これらのことが細胞の凍結保存時に問題になることを示された。その一方で AFP を添加させた色水では、AFP が氷核と結合するため多結晶化が抑制され、色水はその分散状態が保持し、体積膨張を抑えられた状態であった。この AFP の機能は、ゲルの凍結にも有効で、AFP 存在下ではゲルの網目構造を保ったまま凍結できることから、うどんや豆腐などの食品分野への展開が大いに期待できる。AFP は氷核と結合するとともに、細胞膜とも結合能があることも知られているが、それぞれの結合様式がどのようになっているかについては、現在理解を進めている最中だとのことであった。食品にとどまらず、血液や細胞など医療分野への利用研究が期待される中で、AFP 自身の氷核あるいは細胞膜との結合様式を探索することも重要である。

理化学研究所の矢澤健二郎氏から、「人工クモ繊維・開発と評価法」と題した講演があった。クモやカイコに由来するシルクは、軽量で高タフネス、細胞毒性が低いことから構造材料として優れていると考えられるが、自動車材料や防弾ジャケットなどといった実用材料への応用に至っていない。矢澤氏のグループでは、シルク物性が水に大きく影響を受けること、また熱処理によって分解するために熱成形できないことが実用材料への応用に至っていない原因だと考え、水の影響を受けず熱成形可能な人工合成シルクの開発を進めている。人工合成シルクは化学酵素重合法を採用し、開発を進め、放射光を用いた広角散乱測定 (WAXS) と示差走査熱量測定 (DSC) や引張延伸機と組み合わせた実験系で評価を行っており、その結果について報告があった。まずは水分子の影響を評価するため、相対湿度が異なる条件における熱物性と結晶構造との相関結果について調べ、その結果、水分子がシルクの結晶化を誘起する機構はランダムコイルからヘリックスへの転移を経て、ヘリックス間相互作用によってβシートを形成することが新たに示唆された。また、ナイロンモノマーと天然シルクの共重合体・人工合成

シルクの加熱過程における WAXS 測定結果から、熱成形が可能になる知見を見出した。今後、世界中に存在する異なる種類のクモ糸の特性を調べ上げ、アミノ酸配列、遺伝子情報との相関から、オーダーメイド的に機能材料を作製する展望が述べられた。



図1 ワークショップ会場の様子

休憩の後、京都大学の升本英利氏から、「iPS 心臓細胞シートの実用化への試み」と題した講演があった。日本における死亡原因の第二位は心疾患である (第一位は癌)。心疾患に対する治療法としては薬投与やカテーテル治療が挙げられているが、重症患者に対しては心臓移植が最も効果的であるとされている。しかし、心臓移植は、ドナー待機者 600 人以上に対して心臓移植例は 30-40 件/年に限られており、ドナー不足が最大の問題となっている。この問題を解決するために再生医療が期待されているが標準治療にまで至っていない。升本氏らの所属するグループでは心筋細胞だけではなく心臓に関わる様々な種類の細胞をからめて組織の再構成が必要であると考え、iPS 細胞と細胞シートを融合した治療法の開発を試みている。東京女子医科大学で開発された「温度応答性細胞培養基材」を用いた細胞シート技術や、京都大学で開発された移植医療用の三次元的な心臓の組織を模した「iPS 心臓細胞シート」を作製する研究についての紹介があった。「iPS 心臓細胞シート」は、ラット・ハムスター・ミニブタなどの心疾患モデルに移植し、その治療効果を示された。また、このような細胞シートを用いた治療効果の詳細を調べるために、心臓そのものの非破壊的で高解像三次元像が可視化できる X 線位相差 CT の SPring-8 での測定結果が紹介された。X 線位相差 CT

で用いた試料は切片スライス化し、免疫染色などで評価し、X線位相差CT結果と併せ、細胞シートの効果の詳細について述べられた。

JASRIの関口(筆者)から、「SPring-8のバイオ・ソフトマテリアル計測の現状」と題して、JASRI利用研究促進部門のバイオ・ソフトマテリアルグループで管理するビームラインのうち、特にBL40XUとBL40B2における最新の利用状況、高性能化の現状について紹介した。BL40XUでは、ヘリカルアンジュレータを光源とし、分光器を使用せずに2枚の全反射ミラーでビームを集光することにより、準単色の高輝度X線ビームを使用できるビームラインである。このビーム特性を活かした測定として、サブミリ秒のタンパク質分子の構造変化を捉えた高時間分解SAXS測定やX線1分子追跡法の実例について紹介した。BL40B2は、偏向電磁石を光源とし、主にソフトマテリアルを対象としたX線小角散乱法(SAXS)が利用されている。研究事例として、赤外分光、広角測定の同時計測事例について紹介した。また、本年度の高性能化として導入する大面積型二次元フォトンカウンティング検出器(PILATUS3 S 2M)とサイズ排除クロマトグラフィー連結型SAXS測定などについて紹介した。これらの高性能化によって、測定の高効率・高精度化が図られるとともに、サンプルのX線損傷を軽減した測定などが期待される。

最後に、総合討論として、JASRIの八木直人氏を中心に今後のバイオ・ソフトマテリアル研究について意見を出し合った。特に材料科学的な視点でタンパク質を扱う研究のあり方について意見が出された。研究者としては機能発現メカニズムを探る視点は重視し、生物としての面白さを語れる人材育成を学問として広げていきたいが、現実的には研究の出口を求められ、研究費獲得の要請で応用研究にシフトせざるを得ない状況である。この状況を良しとしない見方もあるが、むしろ積極的にタンパク質を材料的な視点で研究する学会やジャーナルを立ち上げて活躍の場をつくった方が良いという意見もあった。

3. おわりに

本ワークショップでは、生体システムに備わっている潜在的な能力、性質を引き出した機能材料の開発を行っている研究者の方にご自身の研究を中心に講演

いただいた。研究分野は医療、食品、材料と多岐に渡り、それぞれ様々な実験手法でその性質や安全性について分析、評価が行われており、その中の一つの手法として放射光を用いた実験手法が利用されている。SPring-8・施設側としては、他の手法で得られた実験条件との連続性を保ちつつ、放射光X線測定が行える環境を整備すべきであり、特にナマモノ特有の温度や湿度、時間に関して留意する必要がある。タンパク質の機能発現メカニズムを探る研究と並行して、この機能や構造を利用した応用研究は新しい潮流となりつつある。SPring-8が同分野の研究発展に関わっていくために、放射光X線測定で得られる情報、現状で行える測定、今後できうる測定についての情報発信が重要で、顔を突き合わせた議論とともに推進していきたい。

関口 博史 *SEKIGUCHI Hiroshi*

(公財)高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0833
e-mail : sekiguchi@spring8.or.jp

大阪大学蛋白質研究所セミナー／第17回 SPring-8 先端利用技術ワークショップ

「SPring-8 における蛋白質構造生物学研究の現状と将来」開催報告

大阪大学蛋白質研究所 中川 敦史
 公益財団法人高輝度光科学研究センター
 タンパク質結晶解析推進室 熊坂 崇

1. はじめに

2017年8月3日～4日の2日間にわたって、大阪大学蛋白質研究所において、大阪大学・蛋白質研究所と高輝度光科学研究センターの共同主催で、大阪大学蛋白質研究所セミナー／第17回 SPring-8 先端利用技術ワークショップ ～SPring-8 における蛋白質構造生物学研究の現状と将来～が開催されました。現在 SPring-8 には、共用ビームライン (BL41XU、BL38B1)、蛋白研ビームライン (BL44XU)、理研ビームライン (BL32XU、BL26B1、BL26B2)、台湾ビームライン (BL12B2) 合わせて7本のビームラインが蛋白質結晶構造解析に利用されています。一口に蛋白質結晶構造解析用ビームラインといっても、アンジュレータや偏向電磁石といった光源の違い、モノクロメータやミラーなど光学系の違い、結晶周りから検出器の違いなど、それぞれ特長を持っており、結晶の大きさや分解能、結晶格子の大きさ、結晶性など多様な結晶に対応できるようになっています。

本ワークショップは、蛋白質の構造情報が生命理解や創薬研究の基盤としてますます重要性が高まる中、各ビームラインの垣根を越えて、SPring-8 を利用した蛋白質構造解析の現状と研究成果の紹介を行い、今後のさらなる利用研究の展開の可能性を議論する場として企画されました。SPring-8 の蛋白質結晶構造解析ビームラインは、ビームライン担当者レベルでは従来から緊密な情報交換が行われていますが、その中でユーザーを交えての情報交換の場が必要であるということで、今回の企画が催されました。

各ビームラインの現状報告と最先端の代表的な成果の報告を行い、議論することを目指して、次のようなプログラムが組まれました (ビームラインの現状報告4題、成果報告12題)。



2. プログラム

8月3日 (木)

- ・開会挨拶 中村 春木 (阪大・蛋白研)
- ・挨拶 土肥 義治 (JASRI)
- ・趣旨説明 中川 敦史 (阪大・蛋白研)
- ・蛋白研ビームラインの現状 山下 栄樹 (阪大・蛋白研)
- ・細胞分裂タンパク質の構造研究 松村 浩由 (立命館大・生命科学)
- ・チトクロム c-チトクロム酸化酵素複合体で見つかった新しいタンパク質相互作用様式 伊藤 (新澤) 恭子 (兵庫県立大・生命理学)
- ・改変型ストレプトアビジンの開発 井上 豪 (阪大・院工)
- ・共用ビームラインの現状 熊坂 崇 (JASRI)
- ・非凍結状態結晶の X 線回折測定による酵素触媒反応中間体の解析 岡島 俊英 (阪大・産研)

- ・ゲノム DNA 機能制御のクロマチン構造基盤
胡桃坂 仁志 (早稲田大・理工)
- ・味覚受容体細胞外領域による味物質認識の構造基盤
山下 敦子 (岡大・院医歯薬総合)
- ・CRISPR-Cas9 の結晶構造と機能改変
西増 弘志 (東大・院理)
- ・台湾ユーザーおよびビームラインの現状と成果
吉村 政人 (NSRRC)

8月4日 (金)

- ・理研ビームラインの現状
山本 雅貴 (理研・RSC)
- ・マイクロフォーカスビームラインによる膜輸送体の構造研究
西澤 知宏 (東大・院理)
- ・自動データ収集システム ZOO を用いたヒト GPCR の X 線結晶構造解析
寿野 良二 (京大・院医)
- ・IP3 受容体のゲート機構
濱田 耕造 (理研・脳科学)
- ・時間分解 X 線小角散乱で見たフェリチンのアセンブリ機構
佐藤 大輔 (創価大・理工)
- ・プロテアソーム分子集合の構造生物学
加藤 晃一 (岡崎統合バイオ)
- ・総合討論
オーガナイザー：熊坂崇 (JASRI)、山本雅貴 (理研・播磨)、栗栖源嗣、東浦彰史、山下栄樹、中川敦史 (阪大・蛋白研)

3. ワークショップのまとめ

2 日間にわたるワークショップでは、延べ 155 名 (所属機関：大学 110 名、企業 13 名、公的機関等 32 名) の参加があり、講演に対して活発な討論が行われました。また、総合討論では、SPRUC 研究会活動についての紹介と参加の呼びかけも行われました。本ワークショップにより、ユーザー間での情報共有やユーザーのニーズやセミナー開催の参考となる情報が収集でき、今後のビームラインの高性能化・運営改善についての重要な情報を得ることができました。

さらに参加者に対してアンケートが行われ、回答者全員から、「予想以上によかった」、「ほぼ期待通りだっ

た」というコメントを頂きました。

今回のワークショップを通して、JASRI、理研、阪大、NSRRC (台湾 National Synchrotron Radiation Research Center) という設置機関を超えた情報共有の機会の重要性を改めて認識し、来年度以降もこのような企画を継続して開催することが確認されました。

中川 敦史 NAKAGAWA Atsushi

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

熊坂 崇 KUMASAKA Takashi

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

第 14 回 SPring-8 産業利用報告会

公益財団法人高輝度光科学研究センター
産業利用推進室 佐藤 眞直

1. はじめに

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）、兵庫県、（株）豊田中央研究所、（公財）高輝度光科学研究センター（JASRI）、SPring-8 利用推進協議会（推進協）の 5 団体の主催、及びフロンティアソフトマター開発専用ビームライン産学連合体（FSBL）、SPRUC 企業利用研究会、光ビームプラットフォーム、（一財）総合科学研究機構中性子科学センター（CROSS 東海）、（一財）高度情報科学技術研究機構（RIST）、茨城県、あいちシンクロトロン光センターの協賛で第 14 回 SPring-8 産業利用報告会が 8 月 31 日、9 月 1 日に川崎市産業振興会館において開催された。

本報告会は主催団体の 4 団体（サンビーム、兵庫県、（株）豊田中央研究所、JASRI）がそれぞれ運用する専用及び共用ビームラインにおける成果の報告会のジョイントとして構成され、その目的は（1）産業界における放射光の有用性を広報するとともに、（2）SPring-8 の産業利用者の相互交流と情報交換を促進することにある。また、SPring-8 立地自治体の兵庫県が SPring-8 の社会全体における認識と知名度を高める目的で 2003 年度より設置した「ひょうご SPring-8 賞」の第 15 回受賞記念講演が今年も併催された。

2004 年の開催から 14 回を数える今回の総参加者は 258 名で、口頭発表やポスター発表、技術交流会において活発な議論と産業分野を跨いだ交流が行われ、今回も前述の開催目的に沿った、SPring-8 の産業利用の「今」を伝える最良の情報発信の機会となった。

2. 口頭発表（1 日目）

報告会 1 日目の口頭発表は、8 月 31 日の午後 1 時より会場 1 階の大ホールにおいて行われた。最初のセッション 1 の開催挨拶は、主催団体を代表して JASRI の土肥理事長から挨拶があり、SPring-8 の産業利用の状況として、（1）産業利用としての成果に対する評価

指針の確立が求められていること、（2）評価軸として投稿論文数だけでなく利用料収入についても情報公開を行うことにしたこと、（3）利用料収入についてさらなる拡大を政府から期待されていること、などが説明された。このように成果に対する要求が厳しくなる中で、産業界においても可能な限りトピックスを発表して利用成果をアピールしてほしいとの希望が述べられた。

次のセッション 2 では、「兵庫県成果報告会」が行われた。まず籠島放射光ナノテクセンター長から、SPring-8 の兵庫県ビームライン（BL08B2、BL24XU）とニュースバルの現状の概要について報告があり、その後、これら施設の利用成果について 5 件の発表があった。

最初の発表は、グローバルウェーブ・ジャパン（株）の堀川氏より、「放射光 X 線散漫散乱法による Si 結晶中の酸素析出物解析」というタイトルで、半導体デバイスの基板である CZ-Si ウェハの製造において課題となる酸化物の析出物分布制御技術向上のための知見を得るために、サンプルの斜め研磨技術と組み合わせた X 線散漫散乱測定による析出物の密度、及びサイズ深さ分布評価技術の検討を行った結果について報告があった。（株）アシックスの立石氏からは、「ワンショット法ポリエチレン化学発泡成形プロセスの X 線イメージング」というタイトルで、靴底のスポンジ材の製造法で樹脂の架橋と発泡を同時で行う表題の発泡プロセスにおける、スポンジの気泡構造の時間変化を X 線透過イメージングで追跡観察を行った成果を発表された。日本電気（株）の弓削氏からは、「放射光を用いた鉄系 Li 過剰層状正極の充放電挙動解析」というタイトルで、高容量、高信頼性、低コストを実現する 2 次電池正極材料として期待されている Fe、Ni 固溶 Li_2MnO_3 の電池の充放電過程における構造変化について、セルを解体して得られた電極サンプルを用い、放射光を用いた X 線吸収微細構造（XAFS）及

び硬 X 線光電子分光 (HAXPES) 測定と、粉末 X 線及び中性子回折、 ^{57}Fe メスバウアー測定を併用して評価を行った成果について報告された。兵庫県立大の高山先生からは、「BL24XU におけるコヒーレント X 線回折を利用した X 線ナノイメージング法の開発」というタイトルで、BL24XU で開発中のコヒーレント X 線回折イメージング装置について、金コロイド粒子やマイクロポーラスシリカに対する応用事例を基に紹介された。兵庫県立大の渡邊先生からは、「NewSUBARU に於ける極端紫外線リソグラフィ技術開発」というタイトルで、ニュースバルのビームライン BL3、BL9、BL10 で進められている半導体デバイスの線幅 10 nm を目指した極端紫外線リソグラフィ技術の開発研究について紹介された。

セッション 3 の「第 17 回サンビーム研究発表会」では、サンビーム共同体幹事の三菱電機 (株) の河瀬氏から報告された共同体の活動趣旨説明の後、同共同体が運用する SPring-8 の産業用専用ビームライン、サンビーム (BL16B2、BL16XU) を利用した共同体参加企業の成果について 5 件の発表があった。

最初に三菱電機 (株) の田中氏から、「硬 X 線光電子分光法による酸化膜/Si 基板界面の欠陥密度評価」というタイトルで、MOSFET のゲート絶縁膜製造プロセスにおける Ar プラズマ処理の絶縁膜/基板界面の界面準位・欠陥密度に対する影響を電圧印加 HAXPES 測定によって評価した結果について報告された。(株) 富士通研究所の野村氏からは、「IoT 市場向け強誘電体メモリ (FRAM) における PLZT 薄膜の結晶化メカニズム」というタイトルで、FRAM 用の $\text{PbLa}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ (PLZT) 強誘電体膜の結晶構造の結晶化アニールプロセスの雰囲気組成依存性を X 線回折 (XRD) と XAFS を併用して検討した結果が報告され、このアニール雰囲気制御が FRAM の分極特性に影響するメカニズムについて議論された。(株) 日立製作所の米山氏からは、「走査型 X 線顕微鏡を用いたマイクロトポグラフィーの検討」というタイトルで、BL16XU で開発された走査型 X 線顕微鏡のマイクロトポグラフィーによる SiC ウェハの転位分布評価への応用事例の紹介がなされた。住友電気工業 (株) の久保氏からは、「硬 X 線光電子分光による金属/高分子界面の密着機構の調査」というタイトルで、機械摺動部材の表面コーティング用の架橋フッ素樹脂膜

が電子線照射により耐摩耗性及び金属基材との密着性が向上するメカニズムについて、放射光を用いた HAXPES 測定と、STEM、EDX を併用して検討した結果が報告された。川崎重工業 (株) の根上氏からは、「耐熱合金表面の酸化物生成挙動の評価」というタイトルで、ガスタービンエンジンの高効率化 (燃焼ガス高温化) 開発において課題となる耐熱合金表面コーティングの耐酸化性向上について、その耐酸化機能を担うボンドコート層の NiCoCrAlY 合金の高温腐食挙動の雰囲気依存性を、高温下 in-situ XRD 測定により評価した結果から、Al 酸化物生成挙動に対する酸素分圧の影響について議論された。



図 1 口頭発表の様子

3. 技術交流会

この後行われた技術交流会では、総参加者の約半数近くの 111 名が参加し、活気あふれる雰囲気の中で行われた。例年同様、産業分野と産学官の所属を跨いだ、幅広い SPring-8 利用者間の熱い交流が行われ、正に SPring-8 産業利用の「多様性」を象徴する会となった。

4. 口頭発表 (2 日目)

2 日目は、午前 9 時 30 分より口頭発表のセッション 4 「JASRI 共用ビームライン実施課題報告会」から始まった。最初に JASRI 産業利用推進室の廣沢室長による「2016 年度共用ビームライン産業利用分野の現状」の報告が行われた後、金属、自動車、電子デバイス、2 次電池、食品と多様な分野での、XRD、イメージング、HAXPES、XAFS、X 線小角散乱 (SAXS) など多岐にわたる手法を用いた 5 件の共用ビームラインの利用成果が報告された。

まず新日鐵住金ステンレス(株)の秦野氏から、「放射光 X 線を活用した SUS304 鋼の水素脆化に係る微細構造解析」というタイトルで、水素社会インフラ整備において重要な課題であるステンレス(SUS304 鋼材)の水素脆化について、水素添加して引張変形を印加した SUS304 鋼試験片の XRD 測定を BL02B2 で行い、水素添加によって母相(γ 相)から実験室系の XRD 装置では検出できないほど極微量の ϵ 相への加工誘起変態が促進されていることを示す結果を得たことについて報告され、この加工誘起変態相と水素脆化発生メカニズムの相関について議論された。ダイハツ工業(株)の中山氏からは、「自動車メタリック塗装のイメージング観察」というタイトルで、自動車の車体への樹脂部品採用拡大に伴って重要となってきた鋼板部品と樹脂部品の塗装色合わせについて、メタリック塗装の色合いに影響を及ぼす塗膜中のアルミフレークの配向の塗装プロセス中の挙動を BL46XU において X 線透過イメージング測定により観察し、その影響因子を検討した結果を報告された。住友電気工業(株)の館野氏からは、「硬 X 線光電子分光を用いた高周波デバイスの状態解析」というタイトルで、次世代の THz 通信をターゲットとした高周波デバイスとして期待されているグラフェントランジスタについて、SiC 基板上にエピタキシャル成長させたグラフェンのバンドポテンシャル深さ分布や、表面に製膜した絶縁膜界面の状態を BL46XU における HAXPES 測定によって評価した結果を報告され、その成膜プロセス依存性などについて議論された。東京理科大学の駒場先生からは、「ナトリウムイオン蓄電池用 Na-Ni-Mn 系層状酸化物正極の充放電機構」というタイトルで、資源枯渇リスクのある Li、Co を用いた現行の 2 次電池に対する代替電池として期待されるナトリウムイオン 2 次電池について、その劣化メカニズム解明を目的として、BL19B2 における粉末 XRD 測定と BL14B2 における XAFS 測定により、Na-Ni-Mn 系正極材料の結晶構造及び化学状態評価を行った結果について報告され、Ni 添加により長寿命化するメカニズムについて議論された。森永乳業(株)の天羽氏からは、「プロセスチーズ溶融過程におけるカゼイン分子凝集体の微細構造変化」というタイトルで、プロセスチーズの加熱攪拌(クッキング)における増粘メカニズム解明のため、BL19B2 における SAXS 測

定によりプロセスチーズ中の原材料である乳成分由来のカゼインミセルのクッキング中の凝集構造変化の評価を行い、そのクッキング条件依存性とチーズの粘度特性との相関について検討した結果について報告された。

昼食休憩の後、午後 0 時 30 分より開始されたセッション 5の「第 8 回豊田ビームライン研究発表会」では、豊田ビームライン BL33XU において豊田中央研究所が実施した研究成果 2 件が発表された。

1 件目の上山氏の発表では、「放射光ラミノグラフィによる次世代パワーモジュール接合材の内部劣化挙動追跡計測」というタイトルで、ハイブリッド車や電気自動車の駆動電流の変換・制御を担うパワーモジュールの信頼性向上を目的とした疲労破壊メカニズム検討のため、冷熱疲労サイクル中のパワーモジュールの異種間接合部の亀裂進展挙動をラミノグラフィによる X 線イメージング測定により動的観察を行った結果について報告された。2 件目の田島氏の発表では、「コンピケミ薄膜試料を利用した高速・同時 XRD-XRF 分析」というタイトルで、マテリアルインフォマティクスによる新規材料探索において重要となる大規模な材料評価データベース構築を目的として開発された、大量の試料の高効率な測定を可能とする高速・同時 XRD-蛍光 X 線(XRF)測定装置について紹介された。

セッション 6の「ひょうご SPring-8 賞受賞記念講演」は、ポスター発表をはきんで、午後 3 時 20 分より開催された。今年度はトヨタ自動車(株)の山重氏が、「リチウムイオン電池の反応分布その場リアルタイム観察手法の開発と応用」で受賞された。講演では、自動車産業における Li イオン電池開発の今後のトレンドと必要な開発事項について、さらに必要とされる分析対象の時間的、空間的スケールが広いことから分析手法や利用施設の特徴からその使い分けが重要であることを説明され、その研究事例として、作動中の Li イオン電池の電解液中の Li イオン移動に伴うその分布変化を、開発した模擬ラミネートセルを用いた X 線イメージング測定によって動的に観察した成果を紹介された。

最後のセッション 7では、高エネルギー加速器研究機構の野村昌治理事から報告会全体の講評をいただいた。まず、(1) 報告された研究の対象分野の広がり

から SPring-8 の産業利用ユーザーが広がってきていること、また用いられている手法についても多様に広がってきているだけでなく、SPring-8 の高輝度という特性を活かした先端的な技術も実用化されてきて、研究、発表の質が向上してきていること、が印象深く感じられたことが述べられた。ただ、(2) 放射光の有用性が社会的に認識されて、その成果創出に期待が高まりつつある中で、個々の「放射光屋」による単なる施設利用から脱却できているかという懸念を述べられ、放射光コミュニティの中に蓄積されている知見を最大限に活かすには、施設スタッフとユーザー間、または産学を含めたユーザー同士、放射光施設間の連携を深めていくべきではないか、という提言をいただいた。さらに、(3) 税金によって運用される大型施設を必要とする放射光利用は必ず社会的な責任を伴うものであり、特に非専有利用においては産業利用においても成果を Public な財産にしていくことが必要である、という意見をいただいた。最後に、JASRI 山川常務理事から閉会の挨拶が述べられ終了した。



図2 口頭発表の質疑応答の様子

5. ポスター発表

セッション5の後、ポスター発表が午後1時20分より50分ずつ2回のコアタイムを設けて会場4階の企画展示場で行われた。主催団体のサンビーム共同体から28件、兵庫県22件、豊田中央研究所8件、JASRI 共用ビームライン30件、協賛のFSBLから2件の計90件のポスターに加えて、ひょうご SPring-8 賞、あいちシンクロtron光センター、兵庫県、茨城県、SPring-8 利用推進協議会、SPRUC 企業利用研究会、光ビームプラットフォーム、CROSS 東海、RIST、JASRI 産業利用推進室から合わせて11件の施設紹介

や利用制度、利用者動向などのポスターが掲示された。今年、(1) 機器技術、(2) 金属・構造材、(3) 半導体・電子材料、(4) 有機材料、(5) 触媒・電気化学・エネルギー、(6) 食品・日用品、(7) ビームライン、(8) その他、の分類で展示された。第11回よりこの分野別展示が実施されるようになってから、各分野で共通の興味を持つ参加者が集まりやすくなり、より充実した議論が交わされるようになったが、さらに自分の分野と違う分野のポスターの前で質疑をしている参加者も見られ、分野間の交流も進んでいる様子もうかがわれた。

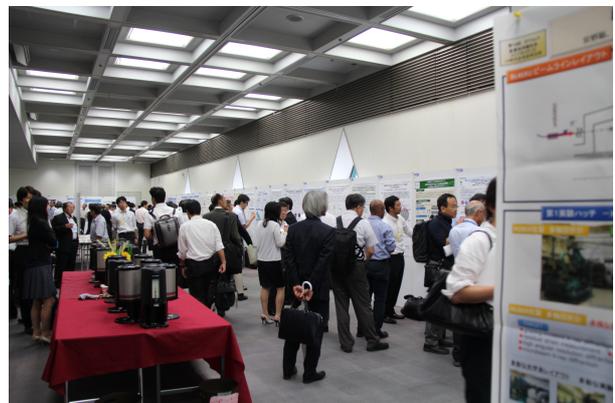


図3 ポスター会場の様子

6. おわりに

こうして本年の産業利用報告会が無事、盛況のうちに終えることができた。準備段階から当日の会場運営、さらに事後の取りまとめなど、主催5団体の事務局のご尽力と共催団体の関係者各位のご協力にこの場を借りて感謝の意を表したい。

佐藤 真直 SATO Masuqu

(公財) 高輝度光科学研究センター 産業利用推進室
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0924
e-mail : msato@spring8.or.jp

SPring-8 シンポジウム 2017 報告

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 行事幹事

広島大学大学院 理学研究科 木村 昭夫

九州大学大学院 総合理工学研究院 西堀 麻衣子

はじめに

去る9月4日、5日の2日間にわたり、広島大学東千田未来創生センターにおいて SPring-8 シンポジウム 2017 が、SPring-8 ユーザー協同体(以下、SPRUC)、高輝度光科学研究センター(以下、JASRI)、理化学研究所(以下、理研)、広島大学(創発的物性物理研究拠点)の4者の主催により開催されました。第6回目となった本年のシンポジウムは、「SPring-8 の目指す将来」と題し、持続可能な社会を実現するために SPring-8 が目標にすべき先端性について、基礎科学から産業応用までの幅広い分野の視点からの討論の場となりました。260名を超える参加者があり、メイン会場となった講義室に熱気のこもったシンポジウムとなりました(写真1)。学术界のみならず、産業界の研究者や技術者の参加により、将来の SPring-8 の活性化に向けた活発な議論が繰り広げられました。



写真1 メイン会場 (M401-402 講義室)

Session I オープニングセッション

オープニングセッションでは、中川敦史 SPRUC 会長(写真2)より開会の挨拶がありました。続いて理研の小安重夫理事(写真3)からは、SPring-8 供用開始から20年となり、国内外から多くのユーザーが利用している現状を踏まえ、施設の安定な運用とアップグレードに関して、来年度からスタートする理化学研究所の第4期中期計画とも連携し、しっかりと支援していきたいという趣旨のご挨拶をいただきました。次

に、JASRI の土肥義治理事長(写真4)より、今年度は SPring-8 の運転時間を約1割アップしてユーザー時間4,500時間を確保できたこと、これにより独創的な研究の推進と新しい利用者の開拓を通して、今まで以上に学術や社会、産業のイノベーションに貢献していきたいというご挨拶をいただきました。最後に挨拶に立たれた広島大学の越智光夫学長(写真5)は、広島市内にある広島大学東千田未来創生センターにおいて SPring-8 シンポジウムが開催されたことに歓迎の意を表され、広島大学には、世界トップレベルの研究活動を展開できる拠点として選定した「創発的物性物理研究拠点」や、「キラル国際研究拠点」を始め、SPring-8 を利用して成果を上げている研究者が数多くおり、SPring-8 ユーザー協同体代表機関の一つとして、今後もその活動を支援するとともに、放射光科学研究センターを有する本学は、人材育成の面からも放射光科学の発展に貢献し続けるつもりであると述べられました。なお、セッションの最後にご挨拶をいただく予定でありました、文部科学省 科学技術・学術政策局 研究開発基盤課 量子研究推進室の西山崇志室長は、予算要求等の業務多忙で代理の派遣も困難な状況のため来賓挨拶は取りやめとなり、開会に先立ち西山室長からのご伝言のみが披露されました。



写真2 中川敦史 SPRUC 会長



写真3 理研 小安重夫理事



写真4 JASRI 土肥義治理事長



写真5 広島大学 越智光夫学長

Session II 施設報告

Session II では、石川哲也理研放射光科学総合研究センター長と、櫻井吉晴 JASRI 利用研究促進部門長から施設報告がありました。

石川センター長(写真6)は、Solving Problems ring-8 GeV と役割を強調した名前のお話から始まり、SPring-8 の現状に続き、日本の放射光科学、放射光施設群を踏まえた上での SPring-8 の将来のお話をされ、最後に今後の課題を示されました。年間延べで16,000人が利用され、ユーザータイムも4,125時間から4,512時間に増大し、23時間と大変少ないダウンタイムから安定した運転状況にあることを強調されました。ユーザーの研究成果も順調に創出されており、来年度は目標ユーザータイム5,000時間とさらに増加させる要望を出されていること、産業利用は共用課題の20%を占めているが、産産学とグループの連携に進化するとともに、SPring-8が分析ツールとしてだけでなく企業の経営戦略ツールへ質的に変化して



写真6 石川哲也 理研放射光科学総合研究センター長

いると言及されました。将来の施設像と接続する老朽化対策や省エネルギーの推進に関して、サイト内のリソースの例を挙げて説明され、順調に進んだ結果、長期間シャットダウンが必要な改善(たとえば受電設備の更新など)については一巡したとの報告もありました。SACLAの現状や世界の放射光施設の状況を、次のセッションの講演の要約的なお話も紹介されました。1) SX領域をどのように考えるのか、2) 専用施設BLのあり方、を今後の課題として提示されました。将来の施設像の構想については、共用BLだけでなく専用BLに関しても白紙状態(ゼロ)から考えられている印象を受けました。

櫻井部門長(写真7)は、成果の創出例の紹介から話が始まり、共用BLの現状の紹介、共用BLの今後の方向性と続き、終わりに今後検討すべきことを示されました。現場のビームラインのサイエンティストからの情報に加え、SPRUCの調査冊子「SPring-8の利活用促進および成果創出の最大化に資する利用者の動向等調査」の分析を基に、共用BLの方向性や検討すべきことを作成されました。その中から現状の紹介として、BL02B1/BL40XU/BL40B2/BL08W/BL04B2/BL04B1における検出器の新規導入やそれによって期待される計測技術の高性能化を紹介されました。さらに計測手法ごとに各BLを表を用いて対比させて特徴づけられました。こういった情報はビームラインサイエンティストにとっては作成しやすく、また分かりやすいものであるが、材料開発におけるsolutionを求める(潜在)ユーザーが求める情報とはギャップがあるように感じました。1) コヒーレント光源の利用、2) ナノ集光の利用、3) 高エネルギーX

線の利用、を共用 BL の方向性の柱とすることが紹介されました。SPRUC、JASRI、理研での検討すべきこととして方向性は正しいか、利用支援の体制、利用制度のあり方、滞在利便性の向上、を挙げられました。石川センター長から、これから使ってみようという潜在的なユーザーの掘り出しについての質問やサジェスチョンがあり、理研の田中均氏からはスクラップ&ビルドに関するサジェスチョンやコメントがありました。



写真7 櫻井吉晴 JASRI 利用研究促進部門長

Session III SPring-8-II に向けて

まず理研放射光科学総合研究センターの田中均氏（写真8）より、「SPring-8-II に向けた加速器システム開発—日本の光源ポートフォリオにおける硬 X 線先端光源に相応しい性能の実現—」と題して講演がありました。講演では利用者の目線で SPring-8-II への光源性能の向上と安定性・信頼性の両立の観点から、挿入光源に最適化したリング設計、光軸の再現性と長期間の維持、安定な Top-up 入射、電子ビームの安定

化について詳しい解説が行われました。

次に JASRI XFEL 利用研究推進室の登野健介氏（写真9）より、「SACLA の利用研究の歩み」と題して講演がありました。2012年3月に供用を開始して以来5年の節目を迎え、これまで X 線自由電子レーザー（XFEL）を利用した重要な研究成果が多く生み出されてきたことに言及され、現在では年間4,000時間を超えるビームタイムを供給し、学术界から産業界に至るまで幅広い分野のユーザーの利用があると報告されました。新たな XFEL 施設が世界で次々と生まれている現在、あらためて SACLA の利用研究について考え、今後の方向性を議論する必要があり、ユーザーとの協力体制や既存光源の有効活用などの経験は、世界各地で計画が進む次世代光源の利用研究を開拓する上でも大きなヒントを与え、引き続きユーザーの皆様からの支援をお願いしたいと締めくくられました。

本セッションの最後は、JASRI の矢橋牧名氏（写真10）より、「海外施設の動向と国際戦略」について講演がありました。海外の放射光・XFEL 施設の動向について紹介の上、SPring-8/SACLA の今後の国際戦略について触れられました。海外放射光施設の一つ ESRF は、最近ではビームラインのスクラップ&ビルドを計画的に実施し、国際競争力の保持と向上に努めつつ、世界で初めての超低エミッタンスリング（150 pm・rad）へのアップグレードに挑み、2020年から新リングの運用を開始する予定であると述べられました。一方、スイスに目を向けると、最近 PSI キャンパス内に SACLA 方式のコンパクト XFEL コンセプトに基づく SwissFEL が建設され、超高速光化学・光物性を中心とした先端分野の開拓が加速されるとのことでした。また、SLAC Linac Coherent Light Source



写真8 田中均氏（理研）



写真9 登野健介氏（JASRI）



写真10 矢橋牧名氏（JASRI）

(LCLS) は、最初の XFEL 施設として、2009 年より利用を開始し成果を創出してきているが、SACLA の運用の成功や European XFEL の利用開始を控えて、早くも LCLS-II というアップグレードプロジェクトを計画しているとのことでした。最後に、SPring-8 でのアップグレードの検討にあたっては、国際的な動向をきちんと把握し、狙いをしっかり定め、計画を立案し、準備していくことが極めて重要であると締めくくられました。

Session IV パネルディスカッション

始めに、今回のシンポジウムを今後の 20 年の発展の起点にするため、施設者理研、登録機関 JASRI、そしてユーザーが為すべきことをともに議論すべくパネルディスカッションを企画したとの趣旨説明が、モデレータの中川敦史 SPRUC 会長からなされました。その後、パネラー 9 名の方がそれぞれ意見表明をされました。パネラーは、上村みどり氏 (帝人ファーマ株式会社)、岸本浩通氏 (住友ゴム工業株式会社)、巽修平氏 (川崎重工業株式会社)、有馬孝尚氏 (東京大学)、山本雅貴氏 (理研)、藤原明比古氏 (関西学院大学)、後藤俊治氏 (JASRI)、高橋幸生氏 (大阪大学・理研)、雨宮慶幸氏 (東京大学) で、会場から様々な意見とともに議論が交わされました (写真 11、12)。



上村みどり氏



岸本浩通氏



巽修平氏



有馬孝尚氏



山本雅貴氏



藤原明比古氏



後藤俊治氏



高橋幸生氏



雨宮慶幸氏

写真 11 意見表明するパネラーの方々



写真 12 熱気のこもったパネルディスカッションの風景

懇親会

パネルディスカッションの熱気の冷めやらぬまま、シンポジウム初日のプログラム終了後に同会場の 1 階にある BIBLA Senda にて懇親会が開催されました。約 100 名近い参加者に見舞われ、熱気のこもった懇親会になりました。懇親会では本シンポジウムの実行委員長を務める広島大学教授の乾雅祝氏と、SPRUC 中川敦史会長の挨拶の後、理研の石川哲也センター長からお言葉をいただきました。そして、東北大学教授 (総長特別補佐) の高田昌樹氏より乾杯の挨拶をいただき、懇親会が始まりました。会の途中では、2 日目に受賞講演を控えた SPRUC 2017 Young Scientist Award 受賞者お二人からの挨拶もありました。広島大学のメインキャンパスは東広島市にありますが、同市の西条は吟醸酒の町としてよく知られ、JR 西条駅近辺を中心に蔵元が並んでおります。今回はお料理とともにその西条の日本酒も振舞われ、将来の放射光科学について参加者の間で熱く意見が交わされ、大いに盛り上がった懇親会となりました。

Session V SPRUC 総会・YSA 受賞講演、授賞式

シンポジウム 2 日目の最初は、SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 総会が行われました。総会では、2016 年度決算報告および 2017 年度予算案についての説明の後、続いて、SPRUC 2017 Young Scientist Award

授賞式が行われました。冒頭に雨宮慶幸選考委員長より、5名の選考委員によって6名の応募者の中から2名が選ばれたことなどの選考過程の説明と受賞理由の紹介が行われ、その後、中川会長より三輪真嗣氏(大阪大学)と坂巻竜也氏(東北大学)にそれぞれ賞状と楯が授与されました。授賞式の後、三輪氏と坂巻氏による受賞講演が行われました(写真13)。



写真13 SPRUC 2017 Young Scientist Award 授賞式。左から雨宮委員長、坂巻氏、三輪氏、中川会長。

Session VI 分野融合研究

SPRUCは、SPring-8の利用により新たな学際領域・境界領域を開拓することを目指し、活動母体となる、「分野融合型研究グループ」を創成しました。2017年度は、ナノデバイス科学グループと実用グループの2つのグループが活動中であり、それぞれから目標と進捗が報告されました。ナノデバイス科学グループの報告では、京都大学の小野輝男氏(写真14)より、材料開発、物性研究、デバイス開発の融合の重要性を示した上で、2015B期からの第1期、2017B期からの第2期、さらにその先の展望が示されました。報告の中では、HDD用読み取りヘッド材料の高機能の起源や3次元軸構造の可視化の成果を紹介されました。実用グループの報告では、元パナソニックの高尾正敏氏(写真15)より、環境エネルギー関連の国家的物質系研究の共通課題である固液界面を対象としながら、これまで未開拓であった液体側を対象として、複数ビームラインのフル活用による新しいサイエンス開拓の展望が示されました。講演の中で、産学の融合による新しい分野融合の様子が示されました。両グループとも分野融合という大きな取り組みを進める上で、主軸がぶれることなく継続的に取り組みながらも、常に新陳代謝を進めていくことの重要性も指摘されました。



写真14 小野輝男氏(京都大学)



写真15 高尾正敏氏

Session VII ポスターセッション

ポスターセッションは、1階ラウンジおよび4階コミュニケーションスペースにおいて行われました。今年度の発表件数は、SPRUC研究会30件、共用BL14件、理研・専用BL22件、施設2件、パートナーユーザー8件、長期利用課題19件および新分野創成利用課題2件の合計97件でした。大勢の参加者による活発なディスカッションが行われました。

Session VIII 利用トピックスI

まず、「先端エネルギー材料研究と放射光」と題して、広島大学大学院工学研究科の市川貴之氏(写真16)から研究成果の報告がありました。再生可能エネルギーを現実的なコストで利用できる技術を早急に開発するため、水素貯蔵材料および二次電池材料のエネルギー密度の向上が強く求められている中で、市川氏を中心に研究開発を進めている次世代型の水素貯蔵材料



写真 16 市川貴之氏 (広島大学)



写真 17 中塚理氏 (名古屋大学)



写真 18 文石洙氏 (産業技術総合研究所)

および二次電池材料の能力および開発の経緯について紹介がありました。反応性を著しく向上させるために必要な触媒をターゲットとして、放射光を用いた X 線吸収分光によるキャラクタリゼーションが大いに役立ってきたとお話になりました。

次に、「次世代シリコンナノエレクトロニクスのためのマイクロ回折法による局所ひずみ構造の分析」と題して、名古屋大学大学院工学研究科の中塚理氏 (写真 17) が講演され、ひずみゲルマニウムは、従来のひずみシリコンを越えるキャリア移動度の向上が期待でき、有望な候補材料の一つである中、微細加工したゲルマニウム表面にゲルマニウム錫混晶を形成し、両者の格子定数差を利用してゲルマニウムに局所的なひずみ印加を試みられました。講演では、放射光マイクロ回折法を用いてこの微細構造に生じる局所ひずみの詳細分析について述べられ、結果的にキャリア移動度向上に有望な最大 1.2 ギガパスカルもの圧縮応力の印加が実証されたとの報告がなされました。

本セッション最後には、産業技術総合研究所の文石洙氏 (写真 18) より、「次世代エンジン開発における X 線噴霧計測技法の活用と課題」についての講演がありました。ご講演では、脱石油化、温暖化の抑制は世界共通の課題であり、従来エンジンの超高効率化による低炭素・グリーン社会の実現が急務であるとし、これまで構築されて 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について紹介されました。また、X 線噴霧計測技法から生み出した研究成果と産業技術開発への貢献についても紹介がありました。

Session IX 利用トピックス II

最後のセッションですが、多くの聴衆が集まり、SPRING-8 が誇る 3 つの成果について講演がありました。最初は、JASRI の尾原幸治氏 (写真 19) による、「高エネルギー X 線全散乱による非晶質材料の動的構造変化計測の実現へ」と題した講演でした。ガラスや液体など平均構造から乱れた非晶質材料や、異相共存した試料の構造情報である詳細な二体相関を迅速に解析する手法を可能とするために、高次光エネルギーカットの可能な CdTe 二次元検出器 (Pilatus3 CdTe-300K) を導入することによって、測定時間を約 10^4 以下に短縮できたということでした。これは驚異的な時間短縮です。この測定技術を応用し、全固体電池用の固体電解質であるイオン伝導体の、イオン伝導特性と、局所、中距離構造を含む結晶構造との相関を明らかにすることを目的に、結晶とガラス構造が混在する硫化物ガラス $\text{Li}_2\text{S-P}_2\text{S}_5$ の詳細な二体相関を解析し、TEM との解析結果を合わせることで、結晶とガラス構造の界面に存在する微結晶体がイオン伝導の特性に大きく関与していることが明らかになったと報告されました。今回開発された計測手法により、非晶質材料の秒オーダーの時分割動的構造観察が期待されます。

2 番目のご講演は、大阪大学の清水克哉氏 (写真 20) による、「マイクロ X 線ビームを使った硫化水素の高温超伝導相の結晶構造解析」で、物質科学分野で話題となっている 150 GPa を超える超高压下で発見された 203 K の最大超伝導転移温度を示す硫化水素の組成とその結晶構造の解析に関するものです。この現象



写真 19 尾原幸治氏 (JASRI)



写真 20 清水克哉氏 (大阪大学)



写真 21 竹田一旗氏 (京都大学)

は、2015年に発見されましたが、発見当初、超伝導を示す水素と硫黄の組成とその構造は解っていませんでした。これを明らかにするためには、超高压、低温下で電気抵抗測定と X 線回折実験を同時に行うことが必要であり、この稀有な技術を有する講演者の清水グループと、発見者の Max-Planck のグループが共同研究されたのも頷けます。仕込み試料組成は、 H_2S だったようですが、超高压下では H_3S と S に分離し、超伝導を示すのは、 H_3S であり、 S 原子が体心立方で配置する構造であることを明らかにしました。この H_3S が超高压下ではありますが、室温にもう一步という高温で超伝導を示すことが明らかになったことは、超伝導現象が、室温に近い高温でも発現するという事実が明らかになったことであり、室温超伝導探索研究に大きな自信を与えたのではないのでしょうか。

最後のご講演は、京都大学の竹田一旗氏 (写真 21) による、「超高分解能 X 線構造解析によるタンパク質価電子の可視化」で、機能に密接に関与している原子の化学状態を電子密度から直接判別することを目標とした研究です。価電子に d, p 電子を持つタンパク質を構成する原子の電子分布は球対称ではないことを、残余電子密度という概念を導入して sp^3 like の結合の存在を明らかにし、その密度分布の可視化に成功したものです。この解析において、結合エネルギーや結合次数、共有結合、水素結合の性質についての情報も得ることに成功しています。このようにして得られた電子密度や結合状態を考慮することで、電子移動経路を推定することも可能となりました。さらにタンパク質中におけるペプチド結合の多くは歪んでおり、これらが電子移動をブロックしていることも明らかになったようです。今回の研究成果の報告は、高度化さ

れた放射光 X 線の利用により、あらためてタンパク質の構造研究が、固体物理や固体化学の研究分野の中に入ってきていることを感じました。

Session X クロージング

クロージングセッションでは、主催機関を代表して島田賢也広島大学放射光科学研究センター長 (写真 22) による閉会の挨拶がありました。シンポジウムで繰り広げられた SPring-8、SACLA からの世界最先端の研究成果や SPring-8-II など将来計画に関する話を興味深く聞かせていただいたという感想を述べられました。また、広島大学放射光科学研究センター HiSOR について、平成 8 年度の設置からの経緯に加え、平成 22 年度から文部科学省より共同利用・共同研究拠点の認定を受けており、真空紫外線域の高輝度放射光を利用した物性物理学の研究に特色があることを紹介されました。最後に SPring-8、SACLA とともに、わが国の世界トップレベルの放射光科学の一翼を担っていきたい、と締めくくられました。



写真 22 島田賢也 広島大学放射光科学研究センター長

おわりに

SPRUCが発足して6回目のシンポジウムを無事終えることができました。これも多くのユーザーの方々に参加いただき、活発な議論をいただけたことに尽きると思います。また、JASRI事務局の方々には準備段階から深く関わっていただきましたことを心より感謝いたします。本報告書をまとめるにあたり、乾雅祝先生（広島大学）、坂田修身先生（NIMS）、雨宮慶幸先生（東京大学）、中川敦史先生（大阪大学）、杉本宏先生（理研）、藤原明比古先生（関西学院大学）、水木純一郎先生（関西学院大学）にご協力いただきました。心より感謝申し上げます。

SPRing-8 シンポジウム 2017 プログラム

9月4日（月）

Session I オープニングセッション

13:00-13:05 **開会挨拶**

中川 敦史（SPRUC 会長、大阪大学 教授）

13:05-13:25 **挨拶**

小安 重夫（理化学研究所 理事）
土肥 義治（高輝度光科学研究センター 理事長）
越智 光夫（広島大学 学長）

13:25-13:30 **来賓挨拶**

西山 崇志（文部科学省 科学技術・学術政策局 研究開発基盤課 量子研究推進室 室長）

Session II 施設報告

13:30-14:00 **SPRing-8 サイトの現状と将来**

石川 哲也（理化学研究所）

14:00-14:30 **共用ビームラインの現状と方向性**

櫻井 吉晴（高輝度光科学研究センター）

14:30-14:45 **休憩（コーヒープレイク）**

Session III SPRing-8-II に向けて

14:45-15:10 **SPRing-8-II に向けた加速器システム開発 –日本の光源ポートフォリオにおける硬 X 線先端光源に相応しい性能の実現–**

田中 均（理化学研究所）

15:10-15:35 **SACLA の利用研究の歩み**

登野 健介（高輝度光科学研究センター）

15:35-16:00 **海外施設の動向と国際戦略**

矢橋 牧名（高輝度光科学研究センター）

16:00-16:15 **休憩**

Session IV パネルディスカッション

16:15-17:45 モデレータ 中川 敦史（大阪大学）

18:00-19:30 **懇親会**

9月5日（火）

Session V SPRUC 総会・YSA 受賞講演、授賞式

09:00-09:20 **SPRUC 活動報告、2016 年度決算・2017 年度予算報告等**

09:20-09:30 **SPRUC 2017 Young Scientist Award 授賞式**

09:30-09:45 **SPRUC 2017 Young Scientist Award 受賞講演 1**
X 線磁気円二色性分光による電圧制御型スピントロニクスデバイスの研究

三輪 真嗣（大阪大学大学院）

09:45-10:00 **SPRUC 2017 Young Scientist Award 受賞講演 2**
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

坂巻 竜也（東北大学大学院）

Session VI 分野融合研究

10:00-10:30 **SPRUC ナノデバイス科学グループに関する目標と進捗状況**

小野 輝男（京都大学）

10:30-10:50 **分野融合研究・実用グループの活動目標と進捗**

高尾 正敏（元パナソニック）

Session VII ポスターセッション

11:00-13:30 SPRUC 研究会 30 件

共用 BL 14 件

理研・専用 BL 22 件

施設 2 件

パートナーユーザー 8 件

長期利用課題 19 件

新分野創成利用 2 件

合計 97 件

（コアタイム奇数 11:15-12:15、偶数 12:15-13:15）

Session VIII 利用トピックス I

13:30-14:00 **先端エネルギー材料研究と放射光**

市川 貴之（広島大学）

14:00-14:20 **次世代シリコンナノエレクトロニクスのためのマイクロ回折法による局所ひずみ構造の分析**

中塚 理（名古屋大学）

14:20-14:40 **次世代エンジン開発における X 線噴霧計測技法の活用と課題**

文 石洙（産業技術総合研究所）

14:40-14:50 **休憩（コーヒープレイク）**

Session IX 利用トピックス II

14:50-15:10 **高エネルギー X 線全散乱による非晶質材料の動的構造変化計測の実現へ**

尾原 幸治（高輝度光科学研究センター）

15:10-15:30 **マイクロ X 線ビームを使った硫化水素の高温超伝導層の結晶構造解析**

清水 克哉（大阪大学）

15:30-15:50 **超高分解能 X 線構造解析によるタンパク質価電
子の可視化**
竹田 一旗 (京都大学)

Session X クロージング

15:50 **閉会挨拶**
島田 賢也 (広島大学 放射光科学研究センター
センター長)

木村 昭夫 KIMURA Akiyo

広島大学大学院 理学研究科
〒739-8526 広島県東広島市鏡山 1-3-1
TEL : 082-424-7471
e-mail : akiok@hiroshima-u.ac.jp

西堀 麻衣子 NISHIBORI Maiko

九州大学大学院 総合理工学研究院
〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1
TEL : 092-583-7130
e-mail : m-nishibori@mm.kyushu-u.ac.jp

4th Conference on X-ray and Neutron Phase Imaging with Grating (XNPIG2017) 会議報告

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 星野 真人

1. はじめに

今回で4回目の開催となった、X-ray and Neutron Phase Imaging with Grating 国際会議 (XNPIG2017) が、スイス・チューリッヒで開催された。本会議はまだ歴史の浅い会議であり、第1回目は2012年に日本・お台場で開催された。その後、第2回目は2014年にドイツ・ゲーミッシュパーテンキルヒェン、第3回目は2015年にアメリカ・ベセスダのNIHで開催された。会議の会場となったのは、世界的な名門大学であるスイス連邦工科大学チューリッヒ校 (ETH Zurich) である。お城のような重厚な外観、博物館のような内観の建物であり、チューリッヒの旧市街地からやや高台に位置しているため、大学前の広場からは、チューリッヒ旧市街の様子や、遠くには雪に覆われたアルプスの山々を見ることができた。会議は、2017年9月12日から15日の日程で開催され、日本はまだ暑さの残る気候であったが、チューリッヒは日中でも20度を下回る温度であり、特に朝晩は厚手の上着が必要なほど冷え込む日もあった。

第1回目の会議に比べると、参加者数も徐々に増えてきており、主催者の発表によると、参加者(登録者)は112名(14カ国)で、13報の招待講演、35報の口頭発表、36報のポスター発表が行われた。プログラムは、12個のプレナリーセッションで構成され、各セッションタイトルは、“Source and Metrology”、“Fabrication Method”、“Instrumentation 1, 2, 3, 4”、“Materials Science 1, 2”、“Signal Retrieval”、“Clinical Application 1, 2”、“Industrial Application”と、装置開発からアプリケーションまで多岐にわたる。会議2日目の昼食時にはポスターセッション、さらに同日午後には、半日をかけて Swiss Light Source (SLS) や Swiss FEL を含む Paul Scherrer Institut (PSI) の見学ツアーが組まれた。また、見学ツアーの最後には、PSI サイト内のレストランにおいてカンファレンスディナ

ーも催され、会議参加者同士のコミュニケーションの場となった。



図1 (上) ETH Zurich の旧市街地側建物外観 (シンボルのドーム状建造物はこの反対側となる)。(中) ETH Zurich 前の広場から眺めたチューリッヒ旧市街の様子。(下) 口頭発表(メイン)会場の様子。

2. 会議報告

では本題である会議報告について、会期中の口頭発表を中心に、最近の当該研究分野の動向や、研究トピックスについて報告する。そもそも XNPIG は、透過型回折格子を用いた X 線干渉計 (XGI) * にまつわる研究内容を中心に議論が行われる会議として位置づけられている。XGI は、2000 年代前半に開発された手法であるが、その原理となっているタルボ効果*の発見に関しては 1800 年代にまで遡る^[1-3]。上記のセッションタイトル一覧でご紹介したように、XGI に関する研究は、干渉計を利用した装置開発や、干渉計用光学素子である透過型回折格子の製作について、また、医学、物質科学、産業利用への応用に関するものまで幅広く含まれる。また、この XGI の特徴として、放射光 X 線のような部分コヒーレントな高輝度 X 線光源だけではなく、実験室レベルの X 線光源 (インコヒーレント光源。ただしこの場合は線源格子が必要。論文などでは Low-brilliance source と表現されることもある) に対しても適用できることから、放射光施設では実施することが困難な臨床応用へ向けた研究も展開されている。また、本報告書では内容の詳細については触れないが、会議名にも含まれるように、中性子に対しても同様の干渉計原理が適用可能であり、装置開発や物質科学応用に関する報告も何件が見られた。応用事例としては、試料バルクの磁区形成の調査に関する話題などが提供された。

以下では、セッションごとに筆者が気になった発表について、簡素ではあるが記述していきたい。まず、“Source and Metrology”のセッションでは、新規 X 線光源として、Munich Compact Light Source (MuCLS) に関する話題が提供された。コンセプトは、“How to shrink a SR?”であり、高エネルギー電子と赤外レーザーの相互作用によって生じる逆コンプトン散乱を利用した X 線発生装置である。詳細については、筆者が「XRM2016」の会議報告において記述しているので、そちらを参照されたい^[4]。MuCLS では、バイオメディカルイメージングを中心に X 線イメージング実験が行われているとのことであり、Technical University of Munich の R. Gradl 氏からは、Particle image velocimetry を用いた小動物肺の動的観察や、Liquid delivery の観察など、これまで放射光施設を用いなければ困難であったダイナミック

計測への展開可能性が紹介された。ただし、ベンチレータ (人口呼吸器) 同期の動的観察時においても、200 ms 程度の露光時間を要しているようであるので、時分割あるいはダイナミック計測への応用については、放射光光源にアドバンテージがあるように感じられた。また、Metrology としては、XGI の原理として知られるタルボ効果を用いて、入射 X 線の波面計測への展開が紹介された。タルボ効果を用いた波面計測では、2次元格子パターンを用いた方法や、スペクトルトラックングといった方法が用いられるようである。DESY の P. Vagovic 氏は、XFEL における波面計測によって得られる情報により、Coherent Diffraction Imaging (CDI) や Serial femtosecond crystallography (SFX) 実験へのフィードバック、X 線光学素子のアライメントへの応用など、XGI による波面モニタリングの可能性と必要性について解説を行った。実際に波面計測例として、2次元の Diamond Check Board 型の格子 (周期) パターンを用いて、X 線導波路からのビーム強度分布および位相分布に関する計測結果が紹介された。今後の展望として、2次元フーリエ変換を含む位相回復処理演算を、GPU 処理系へ移行することにより、オンラインでのデータ処理系の構築を行っていくことなどが紹介された。一方、PSI の F. Koch 氏は、XGI を用いた X 線屈折レンズにおける波面計測 (形状測定) への応用について紹介した。XGI によって得られる微分位相コントラストでは、レンズを構成しているベリリウムの残存厚やボイドを可視化することが可能なようである。レンズ形状における局所的な Angular deviation を測定することができることにより、従来から光学素子の評価に用いられてきた光学干渉計やフォーコーテストと並ぶ評価手法の一つになっているようである。

XGI を行う上で必要となるのが、透過型の回折格子であり、製作方法はいくつか存在するが、その中でも現在の主流となっているのが、X 線リソグラフィーを用いた LIGA プロセスといえるだろう。“Fabrication Method”のセッションでは、最先端のディープ X 線リソグラフィーについて、Karlsruhe Institute of Technology (KIT) の P. Mayer 氏より報告があった。基本的な XGI は 2 枚の透過型回折格子によって構成されるが、光学系下流側に設置される 2 枚目の格子 (吸収格子と呼ばれる) については、格子パターンに

においてできるだけ X 線を止めるような構造が求められる。また、細かい格子ピッチの方が位相感度に優れるという要求もあるため、必然的にアスペクト比の高い格子の製作技術が重要となる。また、以下でも述べるように、物質科学応用において、特に高エネルギー X 線を用いた小角散乱 (暗視野) コントラスト計測の需要が増えてきていることから、格子の製作難易度は高くなる一方であるのが現状である。高アスペクト比の格子では、格子パターンがよれたり、崩れてしまったりするという課題もある中、ブリッジデザインや、Sun-ray と呼ばれる補強用デザインの採用により、高アスペクト比格子の安定性を高める工夫などが紹介された。また、XGI では、撮像視野は格子面積によって制限されるという点から、特に臨床応用を目指す場合、より描画面積の大きな格子パターンが必要となる。現状の製作技術では、単一格子として 10 cm × 10 cm までの格子が製作できるとのことであり、さらに Dynamic exposure LIGA と呼ばれる方法を用いることで、複数枚の格子をつなぎ合わせることで 1 枚の大面积格子を製作するといった取り組みなども紹介された。実際に製作された大面积格子は、4 × 4 枚で構成された Tiled grating であり、実効描画面積 200 mm × 200 mm、格子ピッチ 4.8 μm で、XGI を構成するのに十分な性能が得られているとのことである。また、同手法を用いることで、最大 400 mm × 400 mm サイズの回折格子の製作の可能性についても触れられた。

このような高アスペクト比の吸収格子開発に関する取り組みの一方で、最近の XGI の装置開発としては、シングルショットあるいはシングル位相格子の利用 (吸収格子を用いない光学系) というのがキーワードとなってきているようである。“Instrumentation” のセッションにおいて、NIH の H. Miao 氏は、X 線干渉計が 3 枚の位相格子で構成されるというユニークな光学系開発について報告を行った。位相格子であるので、高アスペクト比は要求されないため (一般的に位相格子は入射 X 線エネルギーに対して $\pi/2$ もしくは π の位相シフトを与えられれば良い)、その製作は比較的容易であり、3 枚の位相格子すべてがサブミクロンの格子ピッチを持つことが条件という制約はあるが、従来の実験室系 XGI である X 線タルボ・ロー干渉計と比べて、提案手法の方が、位相感度が 1 桁

以上高いといった特性が紹介された。一方で、従来の周期的な回折格子を用いた位相コントラストイメージングに対して、紙やすりのようなランダムパターンを利用したスペckルベースイメージングの報告例も増えてきた。スペckルイメージングの場合、X 線光源にある程度の空間コヒーレンスが要求されるため、放射光に適した測定法ともいえる。スペckルベースイメージングも、XGI 同様に、試料の吸収像、微分位相 (屈折) 像、小角散乱像の取得が可能である。Diamond Light Source の H. Wang 氏は、従来の回折格子を用いた手法と、スペckルベースイメージングに関して、走査方法における観点、Angular sensitivity に関する観点、空間分解能の観点から定量的な比較を行い、計測目的に応じて使い分けるための指針について解説した。また、同じく Diamond Light Source の M.-C. Zdora 氏は、スペckルベースの位相コントラストイメージングにおいて、波面変調器としてフレキシブルに信号感度や空間分解能、測定時間を調整することができる Unified modulated Pattern Analysis という解析手法について紹介した。同手法を用いることで、スペckルベースの生体試料の位相コントラストイメージングに加えて、metrology として X 線屈折レンズの性能評価へ適用できることも紹介された。

XGI において、吸収格子を用いない光学系、すなわち位相格子のみで構成される光学系の場合、位相格子の自己像 (格子ピッチは数ミクロン程度) を解像するために、画像検出器に高い空間分解能が要求される。この課題に対して、検出器側を工夫することによるアプローチも紹介された。その一つの例が、自己像を解像できるほど空間分解能が高くない画像検出器でも、フォトンカウンティングモードで使用することにより、光電変換によって生じた電荷の広がりをサブピクセル補間により詳細に解析することで、本来の空間分解能では解像することができない自己像の直接検出を可能にしたという研究結果である。25 μm/pixel の画像検出器を用いて、格子ピッチ 6 μm の位相格子によって生成された自己像を検出し、位相コントラストイメージングを行ったという事例が紹介された。

会議では XGI に関する話題だけではなく、類似した計測手法に関する発表も見られた。その一つが、Edge-illumination 法 (EI) である。原理としては、試

料によって屈折した信号を効果的に取り出す計測になるため、XGI より Diffraction Enhanced Imaging (DEI) に近い計測法といえるだろう。EI 法の開発者である University College London (UCL) の A. Olivo 氏は、XGI と EI の違いについて述べた上で、撮像視野、X 線エネルギー、撮影速度の観点から、EI 法のメリットについて紹介した。大きな特徴としては、EI 法における計測条件は、試料での X 線の屈折のみに依存し、X 線光源にコヒーレンスは必要とされない。つまり、放射光のような部分コヒーレントな光源よりは、実験室系光源に適した計測法であるといえる。EI 法では、位相コントラストイメージングを行うために、2 枚の入力画像が必要とのことであるが、同じく UCL の P. Diemoz 氏は、EI 法におけるシングルショット計測法の開発に関する報告を行った。シングルショットイメージングの原理としては、今日では Propagation-based phase imaging として多くのアプリケーションで用いられている D. Paganin 氏の位相回復アルゴリズム⁵⁾と同様に、試料における X 線複素屈折率の δ/β の比を一様と仮定して計算しているようである。

今回の会議の特徴として、“Materials Science”や“Industrial Application”のセッションに代表されるように、物質科学や産業利用への応用に関する発表が多数みられた。物質科学応用では、特に近年高い強度と軽さを併せ持つ材料として産業界で広く用いられている Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) への適用例が多い印象を受けた。本稿でも記述するように XGI やスペckルベースイメージングでは、吸収像や位相像に加えて、試料による散乱コントラスト画像（小角散乱像もしくは暗視野像と呼ばれる）を計測することができる。この散乱コントラストを利用することで、例えばインパクトダメージを受けた CFRP におけるクラックの可視化へ応用が可能なのである。また、散乱コントラストを用いたユニークな発表としては、空港などにおける手荷物 X 線検査において、散乱イメージングを粉末のような検査装置の分解能以下のテクスチャの検出に適用することで、Explosives（爆発物）の検出に利用できるのではないかという提案が行われた。一方で、セメントベース材料への応用に関する話題もいくつか見られ、散乱情報を用いることで、セメントの硬化過程の評価への応用

例も紹介された。産業応用としては、東北大学の百生氏や、共同研究者の株式会社リガクの影山氏により、位相スキャナーの開発に関する話題が提供された。ベントコンベアー上を動く試料に対して、従来の吸収コントラストでのスキャンに加えて、微分位相コントラスト、散乱コントラストでの測定を可能とした検査装置である。ベルトコンベアーのような振動がある条件下において位相計測を実現するために、Robust Phase Stepping という計測手法が紹介され、振動に伴う計測エラーデータを効率的に除外し、位相回復計算へ展開できるとのことである。スキャナーの性能としては、現状で 10 mm/秒の速度で動く試料に対して、視野サイズ 220 mm、スキャン方向の長さ 500 mm で測定が可能とのことであり、CFRP への応用例などが紹介された。

物質科学応用や産業応用に関する研究成果が発表されるようになってきた一方で、やはり位相コントラストイメージングの応用として外すことができないのが、医学応用である。“Clinical Applications”のセッションでは、XGI とマンモグラフィ測定を組み合わせ、臨床用の XGI ベースのマンモグラフィ装置の基礎研究や開発に関する話題が多く見られた。これは、XGI の散乱コントラストイメージングが、微小石灰化領域を可視化するのに力を発揮できることによるものであり、現状臨床の現場で用いられている Breast MRI から、Breast CT へ展開する際に、XGI ベースの位相コントラストイメージング・CT の可能性について言及する発表も見られた。散乱コントラストイメージングと医学応用というキーワードでは、胸部（肺）のラジオグラフィに関する報告もいくつか見られた。臨床レベルの検出器分解能では、肺胞はサブピクセル構造体としてみなせるため、散乱コントラストによる可視化が可能である。Technical University of Munich の A. Fingerle 氏は、マウスの肺気腫モデルを利用した測定を行い、コントロールモデルと比較することで、肺気腫の病態がより深刻なほど、小角散乱強度が弱くなる（散乱コントラストが弱くなる）ことを紹介した。また、同じく Technical University of Munich の K. Willer 氏からは、in-vivo 計測として、生きた子ブタを用いた胸部ラジオグラフィへの応用例が紹介された。撮像視野は 30 cm × 30 cm で、XGI の視野を広げるために、上述の Tiled grating を

用いたとのことで、肺気胸のような肺疾患の高度診断技術への展開が期待できるというコメントも見られた。

3. おわりに

本稿では紹介しきれなかったが、会期中には、他にも XGI に関する様々な研究報告が行われた。また、今回の会議から、優れた研究成果を発表した若手研究者に送られる William H. F. Talbot Award が導入された。賞の名前にもなっている H. F. Talbot 氏 (1800 年 2 月 11 日-1877 年 9 月 17 日) は、写真技術の先駆者であると同時に、XGI の根本的な原理であるタルボ効果を発表した人物である。第 1 回目の受賞者となったのは、PSI の M. Kogias 氏で、全方位散乱に対して感度を持つ XGI の開発や、現状の XGI の制約を打破するための装置開発に対する取り組みが評価された。贈呈されたメダルも独特なもので、Si ウェハーに LIGA プロセスで文字を刻印したもので、まさに本会議の賞に送られるメダルとしてうってつけのものであった。

次回の XNPIG 国際会議は、再度日本へ場所を移し、2019 年 10 月に仙台で開催される予定である。

参考文献

- [1] A. Momose *et al.*: *Jpn. J. Appl. Phys.* **42** (2003) L866-L868.
- [2] T. Weitkamp *et al.*: *Optics Express* **13** (2005) 6296-6304.
- [3] H. F. Talbot: *Philos. Mag.* **9** (1836) 401-407.
- [4] 星野真人: *SPRING-8/SACLA 利用者情報* **21** (2016) 289-292.
- [5] D. Paganin *et al.*: *J. Microscopy* **206** (2002) 33-40.

※用語説明

*タルボ効果について

タルボ効果とは、回折格子のような周期的パターンに (部分) コヒーレントな光を照明したときに、周期パターンからある特定の距離に、そのパターンと同じ周期をもった強度パターン (自己像) が形成される現象である。なお、自己像には、試料を透過した際などに生じる波面の歪みが反映される。

*回折格子を用いた X 線干渉計について

空間的にコヒーレントな X 線を用いた場合、回折格子を用いた X 線干渉計 (タルボ干渉計) は、位相格子 (G1) と吸収格子 (G2) によって構成される。概略図を図 2 に示す。X 線タルボ干渉計は、試料と検出器の間に設置され、G1-G2 間の距離は、格子ピッチと X 線エネルギー (波長) によって決定される。G2 を導入する理由は、G1 の自己像の格子ピッチは数ミクロンであるので、一般的な画像検出器での自己像の直接検出は困難である。そこで、G2 を自己像が生じる位置に設置することで、モアレ縞を生成することができる。試料による自己像の歪みは、モアレ縞にも反映されるため、モアレ縞を縞走査法などを用いて解析することにより、位相計測へ展開することができる。

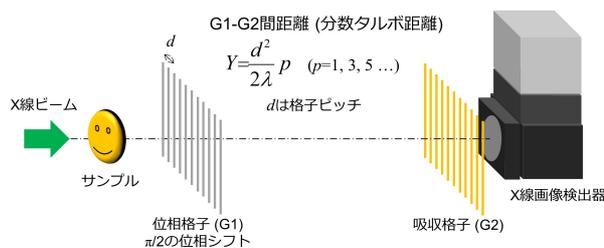


図 2 透過型回折格子を利用した X 線干渉計 (Talbot 干渉計) の概略図。

星野 真人 HOSHINO Masato

(公財) 高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0833
e-mail : hoshino@spring8.or.jp

第1回 SPring-8 秋の学校を終えて

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 企画委員長
筑波大学 数理解物質系 西堀 英治

秋の学校の概要

「第1回 SPring-8 秋の学校」は、9月18日(月)～9月21日(木)の3泊4日の日程で、北は秋田県から熊本県にわたる日本全国から43名の学部学生、大学院生、企業研究者の参加を得て、中央管理棟上坪講堂およびSPring-8蓄積リング棟を会場として開校されました。SPring-8秋の学校は、次世代の放射光科学に貢献する人材の発掘を目的として、SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) と高輝度光科学研究センター (JASRI) が中心となり、大学や関係諸機関と協力して行われました。校長は、SPRUC 会長である大阪大学蛋白質研究所の中川敦史先生にお願いしました。事務局はJASRI 利用推進部にお願いしました。

SPRUC が主催として加わった「SPring-8 秋の学校」は、すでに第17回を迎えている「SPring-8 夏の学校」と、1) SPring-8 施設の停止期間中に行うため放射線業務従事者資格が不要で参加できること、2) 夏の学校で見られる「指定校推薦」の枠や学年などの制限がないこと、などの点で異なっています。今回は、これらの利点を生かして、卒業研究や大学院進学を控えた方々が進路を考える機会として、また、これから利用を考えている大学院生や企業研究者への機会として、講義とグループ講習は、大学3年生が十分に理解できる水準に設定しました。



図1 講義風景

カリキュラムについて

カリキュラムは SPring-8 夏の学校に倣い、初日に3講座、2日目に4講座の基礎的な講義を行い、その後の2日間に3テーマのグループ講習が行われました。また、SACLA と SPring-8 蓄積リング実験ホールの見学、さらには SPring-8 蓄積リング収納部の見学も行われました。参加者間の交流を深めるため、懇親会も行いました。今年のスケジュールは以下の通りでした。

第1回 SPring-8 秋の学校 日程表

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
9/18 (月-祝)		10:00-10:30 受付 [上坪講堂]	10:30-11:20 開校式 「SPring-8 紹介」 [上坪講堂]	11:20-12:50 ≪講義1≫ 放射光発生の基礎 紹介 金城良太 (理研) [上坪講堂]	12:50-14:00 昼食	14:00-15:20 ≪講義2≫ ビームライン ～光源と実験ステーションの間～ 山崎裕史 (JASRI) [上坪講堂]	15:20-17:10 ≪講義3≫ X線検出器の基礎 雨宮慶幸 (東大) [上坪講堂]	17:20-18:00 集合 写真撮影 Check-In	18:00-19:30 懇親会 [食堂]		
9/19 (火)	9:00-10:20 ≪講義4≫ X線自由電子レーザー入門 井上伊知郎 (理研) [上坪講堂]	10:30-11:50 ≪講義5≫ X線イメージング 電島晴 (兵庫東大) [上坪講堂]	11:50-13:00 昼食	13:00-15:00 SPring-8蓄積リングSACLA見学	15:10-16:30 ≪講義6≫ X線分光入門 水牧仁一朗 (JASRI) [上坪講堂]	16:40-18:00 ≪講義7≫ X線回折入門 高橋功 (東学大) [上坪講堂]	18:00-19:30 夕食				
9/20 (水)	9:30 各自で グループ 講習会場 へ移動	9:30-13:00 グループ講習1	13:00-14:00 昼食	14:00-17:30 グループ講習2	17:30- 移動	18:00-19:30 懇親会BBQ [朝光館]					
9/21 (木)	9:30 宿泊 Check- Out 各自で グループ 講習会場	9:30-13:00 グループ講習3	13:00-14:00 昼食	14:00-15:30 加速器収納部見学	15:30- 閉校式 [上坪 講堂]						

グループ講習

グループ講習のテーマと担当者（敬称略）は以下の通りです。なお、講習のテーマと担当者は SPRUC 研究会より希望を募りました。いくつかのグループ講習は、SPRUC 研究会のメンバーより企画され行われました。施設の休止期間中でしたが、現地にて実際の装置やデータを手に取って進めることで効果的な講習になったと思われま

1. 単結晶構造解析
橋爪大輔（理化学研究所 CEMS）
杉本邦久（高輝度光科学研究センター）
2. 放射光粉末 X 線回折によるその場観測の実際
笠井秀隆（筑波大学）
河口彰吾（高輝度光科学研究センター）
3. タンパク質結晶解析
水島恒裕（兵庫県立大学）
田中良和（東北大学）
4. 小角 X 線散乱
増永啓康（高輝度光科学研究センター）
5. XAFS
水牧仁一朗（高輝度光科学研究センター）
新田清文（高輝度光科学研究センター）
6. 蛍光 X 線分析
寺田靖子（高輝度光科学研究センター）
7. 赤外分光分析
池本夕佳（高輝度光科学研究センター）
8. 軟 X 線分光 ～軟 X 線分光で見る物質の世界～
松田巖（東京大学）
9. X 線イメージング
矢代航（東北大学）

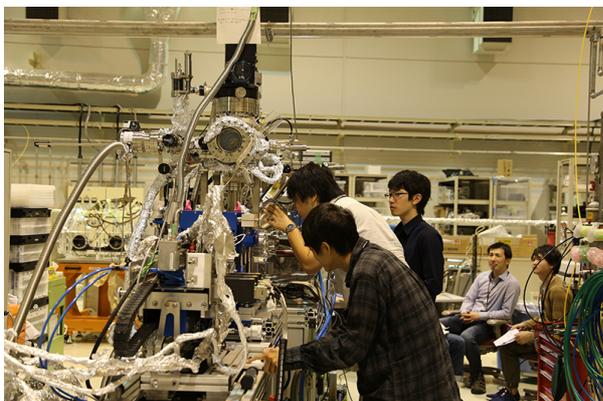


図2 グループ講習風景

謝辞

熱意のこもった講義をしていただいた講師の先生方、2 日間にわたる講習を熱心に指導していただいた講習担当の皆様、分かりやすい説明で参加者の興味を引きつけてくださった見学引率者の皆様、特に大人数の参加者に SPring-8 蓄積リング収納部の見学を可能にいただいた JASRI 光源基盤部門の方々に感謝致します。また、事務局としてウェブ作成から懇親会・バーベキューのお世話までご努力いただいた JASRI 事務局担当者の方々、講師の選定、テーマの決定に協力いただいた SPRUC 研究会の方々にも感謝いたします。

西堀 英治 NISHIBORI Eiji

筑波大学 数理物質系
〒305-8571 茨城県つくば市天王台 1-1-1
TEL : 029-853-6118
e-mail : nishibori.eiji.ga@u.tsukuba.ac.jp

第 1 回 SPring-8 秋の学校に参加して

東京大学 工学部物理工学科
平松 信義

僕は計測科学と光技術に関心がある学部3年生です。今回の秋の学校はX線科学と放射光技術について幅広く学ぶために参加しました。秋の学校では放射光科学を概観できるようになっただけでなく、その面白さと最近の国内外の研究の流れを知ることができました。SPring-8のビームラインで行った実習では放射光ユーザーの皆さんがされている研究をいくつか体験することができました。懇親会とバーベキューでは研究者の方々に何度も質問をぶつけることができ、多くのことを教えていただきました。今後の秋（夏）の学校に参加を希望される皆様のために僕が感じたことを少し詳しく書きます。

講義は、オムニバス形式で放射光発生理論とビームライン技術、実際の研究ではどのように用いられているかなど、合わせて7名の先生方にご説明いただきました。お話は基本的なことから発展的なことまで、予備知識がなくとも理解できるように数式をなるべく使わず、例え

話を交えるなど工夫が凝らされていました。講義の後には参加者から活発な質問があり意欲の高さが伺えました。SPring-8 建設時代と放射光黎明期についての裏話や、国内外での研究の動向に関して聞くことができたことも僕の印象に残っています。参加者は関心を持った講義に関して後日課題を選択して、手を動かして計算したり、発展的な内容について調べることで理解を深めることができます。2 日間の講義では理解できないこともありましたが、講師の皆様のユニークなお話から放射光科学の面白さと重要性に関する知識を得ることができたのは今後の勉強の動機付けになりました。

ビームライン実習は、それぞれのビームラインで行われている実際の研究に関して体験するものでした。僕は X 線イメージング、タンパク質の結晶構造解析、軟 X 線分光の 3 つの実習に参加しました。タンパク質の結晶構造解析の実習では、原理に関して簡単な説明を受けた後、タンパク質の結晶を実際に作成し、得られている電子密度データからソフトウェアを用いてタンパク質の同定を行いました。放射光を利用してタンパク質の結晶構造解析を行う流れの疑似体験ができ、特に印象に残りました。実習では先生方のお人柄がよく分かって楽しかったです。

講義と実習の合間には、普段なかなか見ることのできない放射光施設内部の見学が複数回にわたって盛り込まれていました。デモ装置に実際触ってみるのは愉快でしたし、実験設備とビームラインの内部は壮観でした。



図 3 懇親会風景

1 日目にあった懇親会と 3 日目のバーベキューでは、先生方や職員と院生の皆さんなど幅広い年齢の方とお話できる機会がありました。特に先生方との懇親の機会では研究と人生に関する哲学や学生時代の過ごし方に関して貴重なお話を伺うことができました。

今回の秋の学校で僕は放射光科学の基礎から応用まで概観でき、今後勉強するきっかけを持ってました。実習と懇親会での先生方と交流する機会も豊富で、今後の大学院生活や進路を考えると、得がたい経験になったと思います。講師の先生方、ビームライン実習担当の皆様ならびに実行委員会の皆様にお礼申し上げます。



図 4 記念写真

2018A 期 SPring-8 利用研究課題募集について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター

2018A 期 SPring-8 利用研究課題の募集を開始しました。募集対象の課題種や申請の際の注意事項等の詳細につきましては、SPring-8 公式 HP 上の「現在募集中の SPring-8 利用研究課題」(http://www.spring8.or.jp/ja/users/proposals/call_for/) よりご確認ください。

- 2018A SPring-8 利用研究課題募集要項
- 2018A 生命科学／タンパク質結晶構造解析分野の課題の運用について
- 2018A SPring-8 における“SACLA、J-PARC MLF または「京」と連携した利用を行う課題”の募集について
- 2018A 成果公開優先利用課題の募集について
 応募締切：2017 年 11 月 21 日（火）午前 10:00JST（提出完了時刻）
- 2018A 長期利用課題の募集について
 応募締切：2017 年 11 月 21 日（火）午前 10:00JST（提出完了時刻）
- 2018A 一般課題／一般課題（産業利用分野）の募集について
 応募締切：2017 年 12 月 7 日（木）午前 10:00JST（提出完了時刻）
- 2018A 大学院生提案型課題の募集について
 応募締切：2017 年 12 月 7 日（木）午前 10:00JST（提出完了時刻）
- 2018A 放射光施設横断産業利用課題の募集について
 応募締切：2017 年 12 月 7 日（木）午前 10:00JST（提出完了時刻）
- 2018A 社会・文化利用課題の募集について
 応募締切：2017 年 12 月 7 日（木）午前 10:00JST（提出完了時刻）

<特記>

1. 緊急課題、成果専有時期指定課題および測定代行課題（測定代行課題は一部共用ビームラインのみ対象）は、随時募集しています。
2. 2018A 期より新たに、領域指定型の重点研究課題として「放射光施設横断産業利用課題」の募集を開始します。
3. 「産業新分野支援課題」の募集は前期（2017B 期）で終了しました。

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

■ SPring-8 利用研究課題募集の概要

(http://www.spring8.or.jp/ja/users/proposals/call_for/summary)

申請にあたり、ご不明な点がございましたら下記までお問い合わせください。

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

2018A 期 SACLA 利用研究課題の募集について

登録施設利用促進機関
公益財団法人高輝度光科学研究センター

2018A 期 SACLA 利用研究課題の募集を開始しました。

■ 一般課題（成果非専有利用）

応募締切：2017 年 11 月 10 日（金）午前 10:00 JST（提出完了時刻）

■ 一般課題（成果専有利用）

応募締切：2017 年 11 月 10 日（金）午前 10:00 JST（提出完了時刻）

課題の申請や、申請の際の注意事項等の詳細につきましては、SACLA Web サイト (SACLA User Information) 上の、SACLA 利用案内 > 利用制度／募集案内 > 現在募集中の利用研究課題の「2018A 期における SACLA 利用研究課題の募集について」(<http://sacla.xfel.jp/?p=1517>) よりご確認ください。

<2018A 期からの新規事項>

○高強度レーザーの共用開始について

高強度レーザーは、当面のあいだ限定された条件で運転します。利用を希望するユーザーは、課題申請前に必ず XFEL 利用研究推進室 (sacla-bl.jasri@spring8.or.jp) まで運転条件をお問い合わせください。

その他特記事項につきましては、SACLA ホームページ (<http://xfel.riken.jp/topics/20170414.html>) をご覧ください。

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

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

申請にあたり、ご不明な点がございましたら下記までお問い合わせください。

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

第 40 回 (2017B) SPring-8 利用研究課題の採択について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

公益財団法人高輝度光科学研究センター (JASRI) では、SPring-8 利用研究課題審査委員会 (PRC) において SPring-8 の利用研究課題を審査した結果を受け、SPring-8 選定委員会の意見を聴き、以下のように第 40 回共同利用期間 (2017 年 10 月 1 日～2 月 17 日 (放射光利用 300 シフト、1 シフト=8 時間)) における利用研究課題を採択しました。ただし、産業利用 I、II および III ビームライン (BL19B2、BL14B2 および BL46XU) は 2017B を 2 期に分けて募集しており、これらのビームラインについては第 1 期の 2017 年 10 月 1 日～11 月 24 日 (144 シフト) における課題を採択しました。表 1 に利用研究課題公募履歴を示します。

1. 募集、審査および採択の日程

[募集案内公開と応募締切]

2017 年 5 月 1 日 SPring-8 ホームページで主要課題の募集案内公開

(利用者情報 2017 年 5 月号に募集案内記事を掲載)

5 月 25 日 成果公開優先利用課題応募締切

6 月 8 日 一般課題、大学院生提案型課題および領域指定型重点研究課題 (産業新分野支援課題および社会・文化利用課題) 応募締切

[課題審査、選定、採択および通知]

7 月 3 日～10 日

各分科会による課題審査

7 月 11 日 SPring-8 利用研究課題審査委員会 (PRC) による課題審査

7 月 27 日 SPring-8 選定委員会の意見を聴取

8 月 3 日 JASRI として採択決定し応募者に審査結果を通知

2. 応募および採択状況

2017B の特記事項は下記のとおりです。

○タンパク質結晶構造解析 BL (PX-BL) の成果専有利用の運用変更

タンパク質結晶構造解析 BL (PX-BL) の BL ごとの成果専有利用ビームタイム配分上限を、全ビームタイムの 16% から 25% へ変更しました。一部ビームタイムを共用に供する理研の PX-BL については、共用供出割合に応じて全ビームタイムの 16% から

25% (BL26B1)、4% から 6% (BL26B2、BL32XU) に変更しました。

これは、タンパク質結晶構造解析 BL の一部において、配分上限を超えた申請が見られるほか、産業界の利用が中心であることから、産業利用 BL と同様の運用とするものです。

2017B の応募課題数は 806、採択課題数は 600 でした (新分野創成利用研究課題は含まず)。表 2 に 2017B 期の利用研究課題の課題種別の応募課題数および採択課題数と採択率 (%) を示します。2-1 に決定課題種ごと (重点課題として応募された課題で、一般課題として採択された課題の課題種を一般課題として整理) の統計を示します。2-2 に本来の産業新分野支援課題および社会・文化利用課題の応募数と採択数を示します。続いて表 3 に科学技術的妥当性の審査対象となる課題 (成果非専有一般課題、大学院生提案型課題、産業新分野支援課題、社会・文化利用課題) への応募 728 件について、ビームラインごとの応募課題数、採択課題数および採択率ならびに配分シフト数と、採択された課題の 1 課題あたりの平均配分シフト数を示します。また表 4 に、全応募 806 課題について、申請者の所属機関分類と課題の研究分野分類の統計を示します。このうち、所属機関および研究分野について全体に対する割合をそれぞれ図 1 および図 2 に示します。SPring-8 と SACLA、J-PARC の MLF または「京」と連携して利用する課題として、SPring-8 には 12 件の応募があり、うち 9 件が採択されました。なお本記事の統計には、産業利用ビームラインの第 2 期分や、期中に随時募集する成果専有時期指定課題等は含まれていません。

3. 採択課題

2017B 期の採択課題の一覧は、SPring-8 ホームページに掲載しています。以下をご覧ください。

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

なお、2017B 期に新規で採択された新分野創成利用研究グループの紹介を本誌に掲載しています。

表 1 利用研究課題 公募履歴

利用期	利用期間	ユーザー 利用シフト*	応募締め切り**	応募課題数	採択課題数
第 1 回：1997B	1997 年 10 月-1998 年 03 月	168	1997 年 01 月 10 日	198	134
第 2 回：1998A	1998 年 04 月-1998 年 10 月	204	1998 年 01 月 06 日	305	229
第 3 回：1999A	1998 年 11 月-1999 年 06 月	250	1998 年 07 月 12 日	392	258
第 4 回：1999B	1999 年 09 月-1999 年 12 月	140	1999 年 06 月 19 日	431	246
第 5 回：2000A	2000 年 02 月-2000 年 06 月	204	1999 年 10 月 16 日	424	326
第 6 回：2000B	2000 年 10 月-2001 年 01 月	156	2000 年 06 月 17 日	582	380
第 7 回：2001A	2001 年 02 月-2001 年 06 月	238	2000 年 10 月 21 日	502	409
第 8 回：2001B	2001 年 09 月-2002 年 02 月	190	2001 年 05 月 26 日	619	457
第 9 回：2002A	2002 年 02 月-2002 年 07 月	226	2001 年 10 月 27 日	643	520
第 10 回：2002B	2002 年 09 月-2003 年 02 月	190	2002 年 06 月 03 日	751	472
第 11 回：2003A	2003 年 02 月-2003 年 07 月	228	2002 年 10 月 28 日	733	563
第 12 回：2003B	2003 年 09 月-2004 年 02 月	202	2003 年 06 月 16 日	938	621
第 13 回：2004A	2004 年 02 月-2004 年 07 月	211	2003 年 11 月 04 日	772	595
第 14 回：2004B	2004 年 09 月-2004 年 12 月	203	2004 年 06 月 09 日	886	562
第 15 回：2005A	2005 年 04 月-2005 年 08 月	188	2005 年 01 月 05 日	878	547
第 16 回：2005B	2005 年 09 月-2005 年 12 月	182	2005 年 06 月 07 日	973	624
第 17 回：2006A	2006 年 03 月-2006 年 07 月	220	2005 年 11 月 15 日	916	699
第 18 回：2006B	2006 年 09 月-2006 年 12 月	159	2006 年 05 月 25 日	867	555
第 19 回：2007A	2007 年 03 月-2007 年 07 月	246	2006 年 11 月 16 日	1099	761
第 20 回：2007B	2007 年 09 月-2008 年 02 月	216	2007 年 06 月 07 日	1007	721
第 21 回：2008A	2008 年 04 月-2008 年 07 月	225	2007 年 12 月 13 日	1009	749
第 22 回：2008B	2008 年 10 月-2009 年 03 月	189	2008 年 06 月 26 日	1163	659
第 23 回：2009A	2009 年 04 月-2009 年 07 月	195	2008 年 12 月 11 日	979	654
第 24 回：2009B	2009 年 10 月-2010 年 02 月	210	2009 年 06 月 25 日	1076	709
第 25 回：2010A	2010 年 04 月-2010 年 07 月	201	2009 年 12 月 17 日	919	665
第 26 回：2010B	2010 年 10 月-2011 年 02 月	210	2010 年 07 月 01 日	1022	728
第 27 回：2011A	2011 年 04 月-2011 年 07 月	215	2010 年 12 月 09 日	1024	731
第 28 回：2011B	2011 年 10 月-2012 年 02 月	195	2011 年 06 月 30 日	1077	724
第 29 回：2012A	2012 年 04 月-2012 年 07 月	201	2011 年 12 月 08 日	816	621
第 30 回：2012B	2012 年 10 月-2013 年 02 月	222	2012 年 06 月 28 日	965	757
第 31 回：2013A	2013 年 04 月-2013 年 07 月	186	2012 年 12 月 13 日	880	609
第 32 回：2013B	2013 年 10 月-2013 年 12 月	159	2013 年 06 月 20 日	905	594
第 33 回：2014A	2014 年 04 月-2014 年 07 月	177	2013 年 12 月 12 日	874	606
第 34 回：2014B	2014 年 10 月-2015 年 02 月	230	2014 年 06 月 19 日	1030	848
第 35 回：2015A	2015 年 04 月-2015 年 07 月	207	2014 年 12 月 11 日	1030	685
第 36 回：2015B	2015 年 09 月-2015 年 12 月	198	2015 年 06 月 11 日	974	632
第 37 回：2016A	2016 年 04 月-2016 年 07 月	216	2015 年 12 月 10 日	907	699
第 38 回：2016B	2016 年 09 月-2016 年 12 月	198	2016 年 06 月 02 日	977	637
第 39 回：2017A	2017 年 04 月-2017 年 07 月	210	2016 年 12 月 08 日	947	678
第 40 回：2017B	2017 年 10 月-2018 年 02 月	240	2017 年 06 月 08 日	(806)	(600)

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

**一般課題の応募締め切り日

応募・採択課題数について：2006B 以前は応募締め切り日**の値である。

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

2017B は今後、産業利用ビームラインの第 2 期分、期中随時募集の成果専有時期指定課題等があるため現在の値は括弧内に示す。

表2 2017B SPring-8 利用研究課題の課題種別応募および採択課題数と採択率

2-1

決定課題種*	応募課題数	採択課題数	採択率 (%)	採択課題のシフト充足率 (%) ****
一般課題 (成果非専有) **	642	467	72.7	95.1
一般課題 (成果専有)	32	32	100.0	100.0
大学院生提案型課題*	71	42	59.2	92.2
(重点) 産業新分野支援課題*	2	2	100.0	116.7
(重点) 社会・文化利用課題*	13	13	100.0	106.1
成果公開優先利用課題	46	44	95.7	97.0
長期利用課題 (年1回A期のみ募集のため、2017B期募集なし)	—	—	—	—
総計	806	600	74.4	95.4
科学審査対象課題**のみの合計	728	524	72.0	95.1

*重点課題で応募のうえ一般課題として採択されたものは、それぞれ決定した課題種で応募数を表示。
 **一般課題等のうち SACLA、J-PARC/MLF または「京」を連携して利用する課題は、SPring-8 で応募 12 課題のうち 9 課題を採択。
 ***成果専有課題と優先利用課題を除いた課題。
 ****PX-BL 課題 (期中に配分シフトを決定する生命科学/タンパク質結晶構造解析分野関係課題) を除く。

2-2

応募課題種	応募課題数	重点課題としての採択課題数	一般課題としての採択課題数	重点課題としての採択率 (%)	課題採択率 (%)
(重点) 産業新分野支援課題	4	2	1	50.0	75.0
(重点) 社会・文化利用課題	17	13	4	76.5	100.0

表3 2017B ビームラインごとの審査対象課題*の採択状況

ビームライン	応募課題数計	採択課題計	採択率 (%)	配分シフト数計**	1 課題あたり平均配分シフト**
BL01B1 : XAFS	52	26	50.0	172	6.6
BL02B1 : 単結晶構造解析	23	19	82.6	180	9.5
BL02B2 : 粉末結晶構造解析	45	38	84.4	189	5.0
BL04B1 : 高温高圧	25	17	68.0	195	11.5
BL04B2 : 高エネルギー X 線回折	22	18	81.8	153	8.5
BL05XU : 理研 施設診断 I	4	4	100.0	36	9.0
BL08W : 高エネルギー非弾性散乱	22	12	54.5	189	15.8
BL09XU : 核共鳴散乱	19	8	42.1	117	14.6
BL10XU : 高圧構造物性	36	24	66.7	192	8.0
BL13XU : 表面界面構造解析	42	19	45.2	186	9.8
BL14B2 : 産業利用 II	15	15	100.0	84	5.6
BL17SU : 理研 物理学 III	5	5	100.0	54	10.8
BL19B2 : 産業利用 I	17	13	76.5	76	5.8
BL19LXU : 理研 物理学 II	5	3	60.0	54	18.0
BL20B2 : 医学・イメージング I	41	23	56.1	198	8.6
BL20XU : 医学・イメージング II	26	23	88.5	195	8.5
BL25SU : 軟 X 線固体分光	26	10	38.5	102	10.2
BL26B1 : 理研 構造ゲノム I***	0	0	0.0	0	0.0
BL26B2 : 理研 構造ゲノム II**	0	0	0.0	0	0.0
BL27SU : 軟 X 線光化学	24	19	79.2	177	9.3
BL28B2 : 白色 X 線回折	18	16	88.9	180	11.3
BL29XU : 理研 物理学 I	0	0	0.0	0	0.0
BL32XU : 理研 ターゲットタンパク****	0	0	0.0	0	0.0
BL35XU : 高分解能非弾性散乱	18	16	88.9	240	15.0
BL37XU : 分光分析	15	14	93.3	168	12.0
BL38B1 : 構造生物学 III***	5	5	100.0	24	4.8
BL39XU : 磁性材料	19	13	68.4	162	12.5
BL40B2 : 構造生物学 II	40	35	87.5	222	6.3
BL40XU : 高フラックス	34	24	70.6	231	9.6
BL41XU : 構造生物学 I***	0	0	0.0	0	0.0
BL43IR : 赤外物性	28	21	75.0	204	9.7
BL44B2 : 理研 物質科学	1	1	100.0	6	6.0
BL45XU : 理研 構造生物学 I	15	11	73.3	57	5.2
BL46XU : 産業利用 III	19	13	68.4	88	6.8
BL47XU : 光電子分光・マイクロ CT	29	21	72.4	195	9.3
PX-BL (BL38B1、41XU、26B1、26B2、32XU)	38	38	100.0	—	—
総計	728	524	72.0	4,326	8.3

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

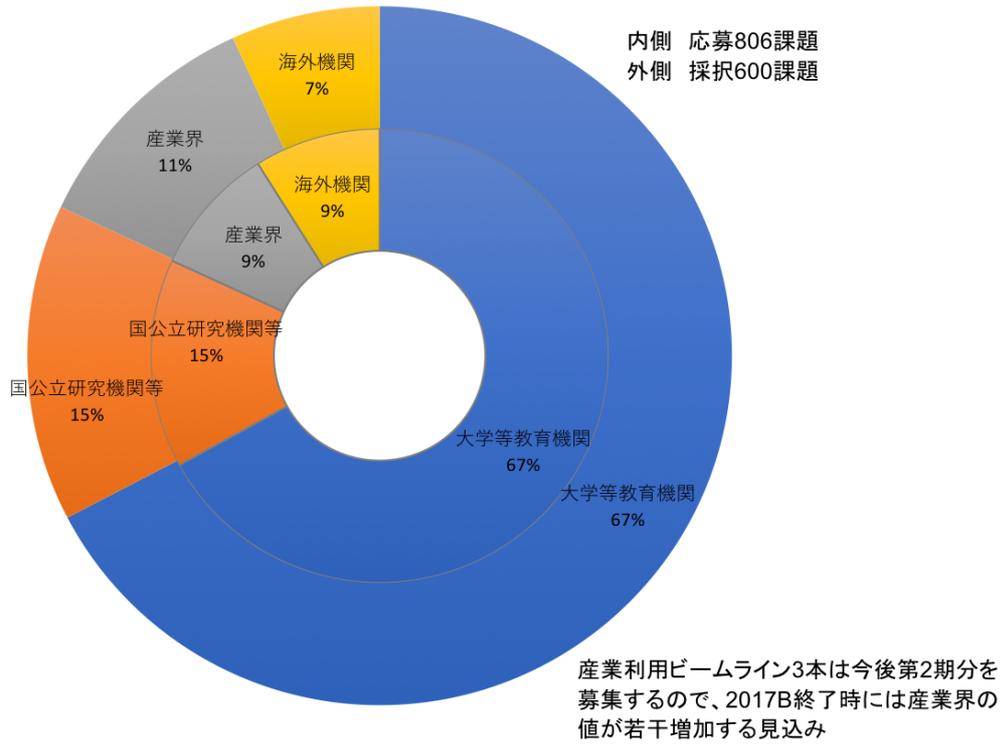


図1 2017B 所属機関別 応募/採択課題数割合

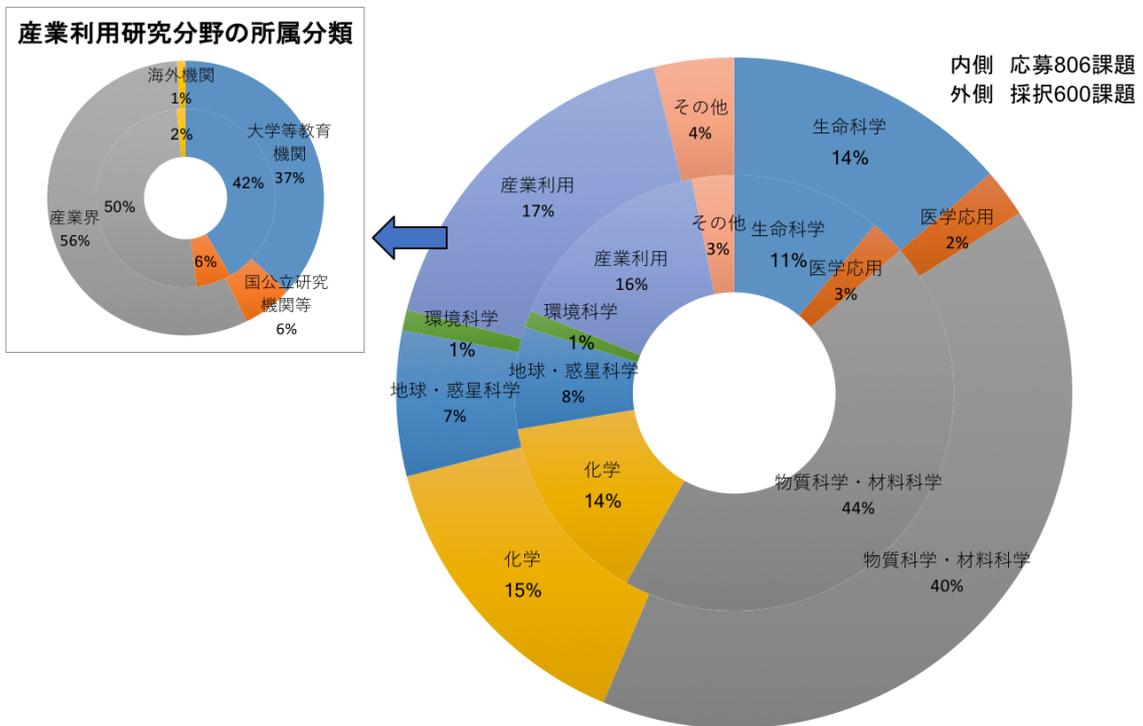


図2 2017B 研究分野別 応募/採択課題数割合

表 4 SPring-8 2017B 応募・採択結果の機関および研究分野分類

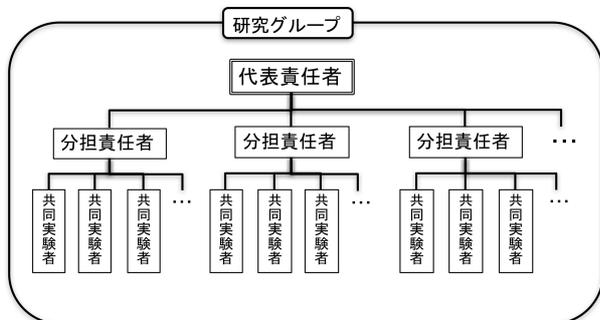
機関分類	課題分類		生命科学		医学応用		物質科学・材料化学		化学		地球・惑星科学		環境科学		産業利用		その他*		総計		採択率 (%)
	決定課題種	課題数/シフト数	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	
大学等教育機関	一般課題 (非専有)	課題数	56	52	6	5	204	146	82	62	32	25	5	2	42	29	6	5	433	326	75.3
		シフト数	291	228	51	45	1777	1205	601	455	369	306	34	12	287	202	68	57	3478	2510	72.2
	一般課題 (専有)	課題数							1	1					1	1			2	2	100.0
		シフト数							3	3					12	12			15	15	100.0
	大学院生提案型課題	課題数	3	1	1		43	22	9	8	4	4			6	4	1	1	67	40	59.7
		シフト数	15	6	6		348	195	81	75	39	39			39	25	12	6	540	346	64.1
	社会・文化利用課題	課題数					2	2			1	1	1	1			6	6	10	10	100.0
		シフト数					15	15			6	6	12	18			33	33	66	72	109.1
成果公開優先利用課題	課題数			1	1	14	12	8	8						4	4	1	1	28	26	92.9
	シフト数			6	6	103	81	54	54						21	21	6	6	190	168	88.4
合計	課題数	59	53	8	6	263	182	100	79	37	30	6	3	53	38	14	13	540	404	74.8	
	シフト数	306	234	63	51	2243	1496	739	587	414	351	46	30	359	260	119	102	4289	3111	72.5	
国立研究機関等	一般課題 (非専有)	課題数	9	9	12	7	44	28	8	5	12	8	3	2	7	5	8	7	103	71	68.9
		シフト数	60	57	162	75	522	331	93	45	135	81	24	21	66	42	63	55	1125	707	62.8
	一般課題 (専有)	課題数	1	1					1	1									2	2	100.0
		シフト数	3	3					1	1									4	4	100.0
	社会・文化利用課題	課題数															3	3	3	3	100.0
		シフト数															33	33	33	33	100.0
	成果公開優先利用課題	課題数	1	1			8	8	2	2					1	1			12	12	100.0
		シフト数	30	30			43	43	9	9					1	1			83	83	100.0
合計	課題数	11	11	12	7	52	36	11	8	12	8	3	2	8	6	11	10	120	88	73.3	
	シフト数	93	90	162	75	565	374	103	55	135	81	24	21	67	43	96	88	1245	827	66.4	
産業界	一般課題 (非専有)	課題数					1								38	32			39	32	82.1
		シフト数					9								322	279			331	279	84.3
	一般課題 (専有)	課題数	5	5			2	2					1	1	19	19			27	27	100.0
		シフト数	18	18			4	4					1	1	72	72			95	95	100.0
	産業新分野支援課題	課題数													2	2			2	2	100.0
		シフト数													6	7			6	7	116.7
	成果公開優先利用課題	課題数					1	1							5	5			6	6	100.0
		シフト数					3	3							42	42			45	45	100.0
合計	課題数	5	5	0	0	4	3	0	0	0	0	1	1	64	58	0	0	74	67	90.5	
	シフト数	18	18	0	0	16	7	0	0	0	0	1	1	442	400	0	0	477	426	89.3	
海外機関	一般課題 (非専有)	課題数	13	12	1	1	37	19	3	1	11	4			2	1			67	38	56.7
		シフト数	96	60	15	15	460	210	54	12	110	39			27	6			762	342	44.9
	一般課題 (専有)	課題数	1	1															1	1	100.0
		シフト数	6	6															6	6	100.0
	大学院生提案型課題	課題数					3	2			1								4	2	50.0
		シフト数					60	30			10								70	30	42.9
	合計	課題数	14	13	1	1	40	21	3	1	12	4	0	0	2	1	0	0	72	41	56.9
		シフト数	102	66	15	15	520	240	54	12	120	39	0	0	27	6	0	0	838	378	45.1
合計	課題数	89	82	21	14	359	242	114	88	61	42	10	6	127	103	25	23	806	600	74.4	
	シフト数	519	408	240	141	3344	2117	896	654	669	471	71	52	895	709	215	190	6849	4742	69.2	
採択率 (%)	課題数	92.1		66.7		67.4		77.2		68.9		60.0		81.1		92.0		74.4			
	シフト数	78.6		58.8		63.3		73.0		70.4		73.2		79.2		88.4		69.2			

*ビームライン技術、素粒子・原子核科学、考古学、鑑識科学、安全管理

2017B 期 採択「新分野創成利用」研究グループの紹介

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

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



2017B 期は、1 グループの応募があり、新分野創成利用審査委員会による審査の結果、採択されました。採択されたグループおよび新分野創成利用審査委員会からの審査結果を以下に示します。

[有効期間]

2017B 期から 2019A 期までの 2 年間

[採択された研究グループ]

代表責任者（所属）：小野輝男（京都大学）

- ・分担責任者 1（所属、利用 BL[※]）
壬生攻（名古屋工業大学、BL08W、BL09XU）
- ・分担責任者 2（所属、利用 BL[※]）

千葉大地（東京大学、BL17SU、BL25SU、BL39XU）

- ・分担責任者 3（所属、利用 BL[※]）
岡本聡（東北大学、BL25SU、BL39XU）
- ・分担責任者 4（所属、利用 BL[※]）
水口将輝（東北大学、BL09XU、BL13XU、BL25SU、BL47XU）

※利用 BL は、採択時（2017B 期）のものを示す。2018A 期以降は、実験計画の進捗状況に応じ変遷する。

[プロジェクト名]

ナノスケール実スピンデバイス開発に向けた新しい放射光利用

[審査コメント]

○新分野創成の見込み

本提案は、2015B 期選定（2015B 期～2017A 期実施）のプロジェクト「ナノスケール実スピンデバイス開発に向けた新しい放射光利用」（代表責任者：大野英男東北大学教授）を第 1 期と位置づけ、第 2 期の継続プロジェクトとして申請されており、前プロジェクトに残された、(1) 相互の技術利用／提供、(2) 技術開発の未達成の課題の解決と進展を目指し、分担保任体制を見直し強化、各テーマの深化と横の連携を図るスキームとなっている。当該分野は、今も発展途上にあり、スピン流デバイス、電界誘起スピン制御、反強磁性スピントロニクス、スキルミオンなど、新しいサイエンスが次々に登場しているホットな領域であり続けていることを考慮し、本提案は「新分野創成」の見込みがあると判断した。

○申請グループ構成の新規性

前プロジェクトのメンバー構成を再検討・再構成し、代表責任者：小野輝男のもと、マイクロ磁性（分担責任者：壬生攻）、電界誘起物性（分担責任者：千葉大地）、超高速ダイナミクス（分担責任者：岡本聡）、

電子構造・結晶構造解析（分担責任者：水口将輝）の4チーム構成としたことは、本提案の趣旨を実行に移すためにおおむね妥当な構成である。

○研究の持続的発展性

先に述べたように、当該分野は発展途上にあり、放射光利用によって電界誘起磁気異方性の機構解明により超低消費電力デバイスの実現、超高速ダイナミクスの解明により高周波デバイスの実現など、さらなる持続的発展が期待される。

○研究計画の実行性・妥当性

構成メンバーは、第1期プロジェクトでの実績をもち、それを発展する形で計画されている。特に、実デバイスにおける単一原子層以下の界面構造における磁化のダイナミクスや、実素子構造での電界誘起オペランド計測などの課題が計画されており、おおむね妥当と判断される。

○総合評価

以上、各項目を総合的に判断して、本提案は、「新分野創成利用」における「グループ利用による効率的な研究遂行」の趣旨に合致したものであり、グループ構成、研究計画もおおむね妥当で、今後の持続的発展が可能であると認められ、採択するに相応であると判断する。

●代表責任者へのコメント

新学術領域メンバー・特別推進研究代表者等との対話の機会を通じて、若手研究者の参画を進めることで、さらなる新規性を目指していただきたい。また、構成メンバーのミーティングの機会を増やし、グループ内の相互理解と、相互連携を盛んにしてほしい。

以 上

第 39 回共同利用期間（2017A）において実施された SPring-8 利用研究課題

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

第 39 回共同利用期間（2017A）における SPring-8 の共同利用は、2017 年 4 月から 7 月にかけて実施されました。この期間の放射光利用は、ビームライン 1 本あたり 264 シフト [1 シフト=8 時間] でした。

2017A では 26 本の共用ビームライン（共用施設）と、9 本の理研ビームライン（BL05XU 含む）におけるビームタイムの一部が共用に供されました。産業利用に特化した 3 本の共用ビームライン BL14B2、BL19B2 および BL46XU は、2017A 第 1 期（2017 年 4 月～6 月中旬頃）および第 2 期（同年 6 月下旬～7 月）と、利用期を 2 期に分けて課題募集・選定が行われました。専用ビームライン（専用施設）については、2017A 期の稼働数は前期より引き続き 19 本でした。

表 1 に、SPring-8 共用施設の 2017A 課題種別の課題数と実施シフト数を示します。表 2 に SPring-8 専用施設の 2017A 実施課題数とシフト数を示します。表 3 に、2017A に SPring-8 共用施設で実施された利用研究課題の課題数とシフト数について実験責任者の所属機関分類および研究分野分類を示します。表 4 に、1997B-2017A 課題種別実施課題数の推移を示します。

表 2 SPring-8 専用施設の 2017A 実施課題数とシフト数

課題種	実施課題数合計	実施シフト数合計
専用ビームライン（成果非専有）	314	4069.875
専用ビームライン（成果専有）	12	16.375
合計	326	4086.25

表 1 SPring-8 共用施設^(注1) の 2017A 課題種別の課題数と実施シフト数

課題種	応募課題数	採択課題数	課題採択率 (%)	採択課題の実施数	非応募課題 ^(注2) の実施数	実施課題数合計	実施シフト数合計
一般課題（成果非専有）	730	505	69.2	471	31	502	4046.75
一般課題（成果専有）	36	36	100.0	35		35	128.25
大学院生提案型課題	72	31	43.1	28	1	29	203.75
時期指定課題	7	7	100.0	7		7	13.5
測定代行課題 ^(注3)	29	29	100.0	29		29	10
産業新分野支援課題	6	6	100.0	6		6	42.5
社会・文化利用課題	19	19	100.0	19		19	122.75
成果公開優先利用課題	39	39	100.0	39		39	272.375
長期利用課題	7	4	57.1	4	24	28	439.875
重点パートナーユーザー課題	2	2	100.0	2	6	8	293.25
新分野創成利用課題（新分野創成を行おうとする研究グループによる課題）	(2017A 期は新規公募なし)				16	16	164
合計	947	678	71.6	640	78	718	5737

(注 1) 理研ビームラインからの一部共用供出ビームタイムの利用を含む。

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

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

表3 2017AにSPring-8共用施設^(注1)で実施された利用研究課題の所属機関分類および研究分野分類

機関分類	課題分類	課題数/ シフト数	研究分野							計	
			生命科学	医学応用	物質科学・ 材料科学	化学	地球・惑星 科学	環境科学	産業利用		その他 ^(注2)
大学等 教育 機関	一般課題（成果非専有）	課題数	89	4	127	48	25	1	48	3	345
		シフト数	506.5	41.875	1036.125	326.125	284	12	341.5	23.875	2572
	大学院生提案型課題	課題数	3		13	3	2		6		27
		シフト数	12.125		81.125	24	12		38.875		168.125
	測定代行課題	課題数							1		1
		シフト数							0.25		0.25
	産業新分野支援課題	課題数							3		3
		シフト数							18.5		18.5
	社会・文化利用課題	課題数	1		2	1	2	1	1	3	11
		シフト数	6		9	6	11.875	18	6	15	71.875
	成果公開優先利用課題	課題数		1	9	11			3		24
		シフト数		6	56.625	68.5			30		161.125
	長期利用課題	課題数	2		7	6		3	1		19
シフト数		27		147.75	42.375		41.375	11.875		270.375	
重点パートナーユーザー課題	課題数			5		2				7	
	シフト数			176		75.5				251.5	
新分野創成利用課題	課題数			11						11	
	シフト数			137.125						137.125	
計	課題数	95	5	174	69	31	5	63	6	448	
	シフト数	551.625	47.875	1643.75	467	383.375	71.375	447	38.875	3650.875	
国公立 研究 機関等	一般課題（成果非専有）	課題数	19	9	29	4	5	3	8	3	80
		シフト数	161.625	77.625	342.875	31.875	50.875	23.875	52.75	27	768.5
	一般課題（成果専有）	課題数	1								1
		シフト数	5								5
	測定代行課題	課題数							2		2
		シフト数							0.5		0.5
	社会・文化利用課題	課題数	1							7	8
		シフト数	6							44.875	50.875
	成果公開優先利用課題	課題数			8	1					9
		シフト数			59.375	4					63.375
長期利用課題	課題数			2				2		4	
	シフト数			32.75				49.875		82.625	
計	課題数	21	9	39	5	5	3	12	10	104	
	シフト数	172.625	77.625	435	35.875	50.875	23.875	103.125	71.875	970.875	
産業界	一般課題（成果非専有）	課題数		1					37		38
		シフト数		9					259.25		268.25
	一般課題（成果専有）	課題数	2		4				26		32
		シフト数	11.5		13				91.75		116.25
	時期指定課題	課題数	1						6		7
		シフト数	0.5						13		13.5
	測定代行課題	課題数							26		26
		シフト数							9.25		9.25
	産業新分野支援課題	課題数							3		3
		シフト数							24		24
成果公開優先利用課題	課題数							6		6	
	シフト数							47.875		47.875	
新分野創成利用課題	課題数							5		5	
	シフト数							26.875		26.875	
計	課題数	3	1	4				109		117	
	シフト数	12	9	13				472		506	
海外 機関	一般課題（成果非専有）	課題数	17	1	15	4	1			1	39
		シフト数	143	15	184.375	62.75	23.875			9	438
	一般課題（成果専有）	課題数	1		1						2
		シフト数	6		1						7
	大学院生提案型課題	課題数			2						2
		シフト数			35.625						35.625
	長期利用課題	課題数	3		1		1				5
		シフト数	53.875		24		9				86.875
	重点パートナーユーザー課題	課題数			1						1
		シフト数			41.75						41.75
計	課題数	21	1	20	4	2			1	49	
	シフト数	202.875	15	286.75	62.75	32.875			9	609.25	
課題数合計			140	16	237	78	38	8	184	17	718
シフト数合計			939.125	149.5	2378.5	565.625	467.125	95.25	1022.125	119.75	5737

(注1) 理研ビームラインからの一部共用供出ビームタイムの利用を含む

(注2) 素粒子・原子核科学、考古学、ビームライン技術他

2017A の延べ利用者数は、共用施設 4,835 人、専用施設 3,228 人でした。表 5 に SPring-8 共用施設および専用施設利用実績の推移を示します。表 5 の値を利用シフト数合計と共に示したものが図 1 です。利用シフト数合計は、表 5 の「利用時間」に利用した共用・専用ビームラインの数（理研ビームラインの一部共用への供出分を含む。但し、理研ビームラインおよび以前の共用 R&D ビームラインはそれぞれ共用供出割合で換算）を掛けた数値となっています。図 2 には、SPring-8 共用施設の利用研究課題の応募・採択数の推

移実績を採択率と共に示します。応募・採択課題数は、2006B 以前は一般課題締め切り時、2007A 以降は期の途中で申請・採択される生命科学分科会留保課題（～2014B まで。2015A 期以降は生命科学／タンパク質結晶構造解析分野課題における運用）、緊急課題、成果専有時期指定課題、測定代行課題および産業利用ビームラインの第 2 期申請分を含めた、期の終わりの値を示します。利用シフト数合計は、上記と同様に表 5 の「利用時間」に利用した共用ビームラインの数を掛けた数値となっています。

表 4 SPring-8 1997B-2017A 課題種別実施課題数の推移

課題種	1997B~2009A	2009B	2010A	2010B	2011A	2011B	2012A	2012B	2013A	2013B	2014A	2014B	2015A	2015B	2016A	2016B	2017A	合計
一般課題 (成果非専有)	8690	382	393	408	379	384	430	516	440	384	444	611	457	476	489	459	502	15844
緊急課題	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
一般課題 (成果専有)	340	44	33	53	36	72	38	51	34	55	34	55	36	37	42	47	35	1042
時期指定課題 (除く測定代行)	148	8	4	9	4	8	4	15	6	4	4	2	8	8	6	10	7	255
測定代行 (時期指定課題の一環)	42	25	31	38	31	37	35	48	49	47	41	54	37	46	32	48	29	670
長期利用課題	150	11	10	11	12	17	15	14	14	16	13	13	26	23	28	25	28	426
被災量子ビーム施設ユーザー支援課題					91	3												94
大学院生提案型課題 (旧名称：萌芽的研究支援課題 [～2015B])	174	24	22	17	14	14	32	40	27	32	38	58	45	54	65	52	29	737
成果公開優先利用課題	90	43	30	51	41	44	33	33	18	27	24	30	18	28	35	37	39	621
重点タンパク 500 課題 (タンパク 3000)	489																	489
重点ナノテクノロジー支援課題	721	44	46	48	37	32												928
重点産業トライアルユース課題	112																	112
SPring-8 戦略活用プログラム課題	332																	332
重点産業利用課題	501	117	107	100	86	89												1000
重点産業化促進課題							13	19	13	13								58
産業新分野支援課題											10	14	12	14	11	4	6	71
重点メディカルバイオトライアルユース課題	53	4																57
重点拡張メディカルバイオ課題	41	10																51
重点グリーン/ライフ・イノベーション推進課題						21	29	27	24	24								125
スマート放射光活用イノベーション推進課題											12	17	18	14				61
社会・文化利用課題													11	16	17	19	19	82
重点戦略課題 (12 条戦略課題)	49	4	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	65
重点パワーユーザー課題	63	6	7	7	7	7	7	7	7	7	1	1						127
重点パートナーユーザー課題											3	3	6	6	7	7	8	40
新分野創成利用課題														4	6	11	16	37
合計	12030	722	685	744	740	730	637	771	633	610	624	858	674	726	738	719	718	23359

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

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

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

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

<http://user.spring8.or.jp/uisearch/expreport/ja>
 成果は、3年以内に、論文またはSPring-8/SACLA利用研究成果集等で公開されます。

表5 SPring-8 共用施設および専用施設利用実績の推移

利用期間			利用時間	共用施設		専用施設	
				実施課題数	延べ利用者数	実施課題数	延べ利用者数
第1回	1997B	1997年10月-1998年03月	1,286	94	681	-	-
第2回	1998A	1998年04月-1998年10月	1,702	234	1,252	7	-
第3回	1999A	1998年11月-1999年06月	2,585	274	1,542	33	467
第4回	1999B	1999年09月-1999年12月	1,371	242	1,631	65	427
第5回	2000A	2000年02月-2000年06月	2,051	365	2,486	100	794
第6回	2000B	2000年10月-2001年01月	1,522	383	2,370	88	620
第7回	2001A	2001年02月-2001年06月	2,313	474	2,915	102	766
第8回	2001B	2001年09月-2002年02月	1,867	488	3,277	114	977
第9回	2002A	2002年02月-2002年07月	2,093	545	3,246	110	1,043
第10回	2002B	2002年09月-2003年02月	1,867	540	3,508	142	1,046
第11回	2003A	2003年02月-2003年07月	2,246	634	3,777	164	1,347
第12回	2003B	2003年09月-2004年02月	1,844	549	3,428	154	1,264
第13回	2004A	2004年02月-2004年07月	2,095	569	3,756	161	1,269
第14回	2004B	2004年09月-2004年12月	1,971	555	3,546	146	1,154
第15回	2005A	2005年04月-2005年08月	1,880	560	3,741	146	1,185
第16回	2005B	2005年09月-2005年12月	1,818	620	4,032	187	1,379
第17回	2006A	2006年03月-2006年07月	2,202	724	4,809	226	1,831
第18回	2006B	2006年09月-2006年12月	1,587	550	3,513	199	1,487
第19回	2007A	2007年03月-2007年07月	2,448	781	4,999	260	2,282
第20回	2007B	2007年09月-2008年02月	2,140	739	4,814	225	1,938
第21回	2008A	2008年04月-2008年07月	2,231	769	4,840	232	1,891
第22回	2008B	2008年10月-2009年03月	1,879	672	4,325	217	1,630
第23回	2009A	2009年04月-2009年07月	1,927	669	4,240	238	1,761
第24回	2009B	2009年10月-2010年02月	2,087	722	4,793	275	2,144
第25回	2010A	2010年04月-2010年07月	1,977	685	4,329	293	2,483
第26回	2010B	2010年10月-2011年02月	2,094	744	4,872	325	2,812
第27回	2011A	2011年04月-2011年07月	2,131	740	4,640	309	2,773
第28回	2011B	2011年10月-2012年02月	1,927	730	4,576	319	2,769
第29回	2012A	2012年04月-2012年07月	1,972	637	4,304	285	2,692
第30回	2012B	2012年10月-2013年02月	2,184	771	5,072	314	3,181
第31回	2013A	2013年04月-2013年07月	1,837	633	4,053	275	2,835
第32回	2013B	2013年10月-2013年12月	1,571	610	3,770	286	2,723
第33回	2014A	2014年04月-2014年07月	1,768	624	4,129	292	2,710
第34回	2014B	2014年10月-2015年02月	2,290	858	5,766	331	3,573
第35回	2015A	2015年04月-2015年07月	2,053	674	4,560	271	2,960
第36回	2015B	2015年09月-2015年12月	1,981	726	4,863	281	2,898
第37回	2016A	2016年04月-2016年07月	2,150	738	5,174	301	3,130
第38回	2016B	2016年09月-2016年12月	1,976	719	4,824	298	2,985
第39回	2017A	2017年04月-2017年07月	2,101	718	4,835	326	3,228
合 計			77,024	23,359	151,288	8,097	72,454

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

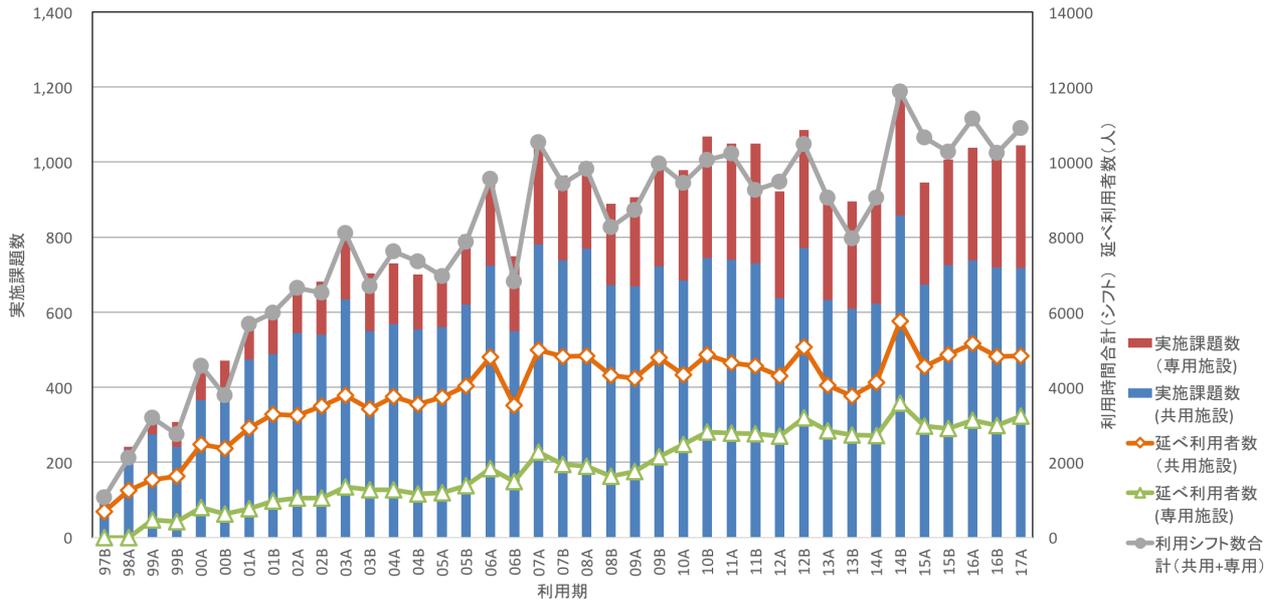


図1 SPring-8 共用施設および専用施設の利用実績の推移

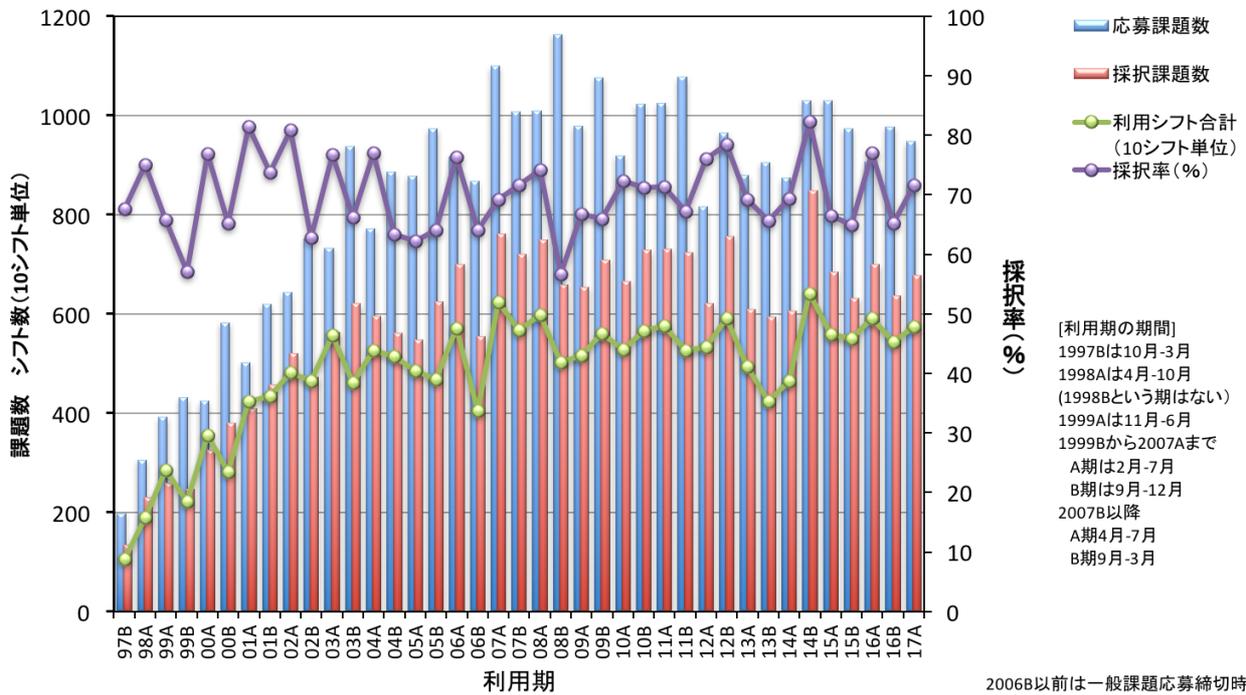


図2 SPring-8 共用施設の応募・採択課題数の推移実績

2006B以前は一般課題応募締切時、
2007A以降は期の終了時の値。

2013B 期 採択長期利用課題の事後評価について - 2 -

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

2013B 期に採択された長期利用課題について、2016A 期に 3 年間の実施期間が終了したことを受け、第 61 回 SPring-8 利用研究課題審査委員会長期利用分科会（2017 年 9 月 12 日開催）において、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。以下に対象となる長期利用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、2013B 期に採択された長期利用課題 3 課題のうち残り 2 課題の評価結果は「SPring-8/SACLA 利用者情報」Vol.22 No.2（2017 年 5 月号）に掲載済みです。

課題名	放射光メスバウア法と X 線粉末回折による下部マントルおよび核構成物質の高温高压物性の研究
実験責任者(所属)	大谷 栄治 (東北大学)
採択時課題番号	2013B0104
ビームライン	BL10XU
利用期間/配分総シフト	2013B~2016A/201 シフト

[評価結果]

本課題は、地球中心部の高温高压を再現した環境下での放射光 X 線回折および放射光メスバウア分光によって、地球深部構成物質の結晶構造および物性を直接的に解明することを目的としている。地球核の主要な構成物質である鉄と軽元素の各種合金に対して、高温高压での X 線粉末回折と放射光メスバウア分光測定を併用し、相転移や鉄の磁性状態の解明を進めた。Fe-Si 合金における電子トポロジカル転移の存在の示唆や、Fe および Fe-Si 合金の磁気・構造転移の決定観測は、惑星核の状態や天体の磁場・残留磁気の起源の

解明につながることを期待される。高温高压 X 線回折では、Fe-Si-S 系の溶融関係の決定や、炭酸塩および水素含有ケイ酸塩の高压相の安定性の解明など、先導的な成果が得られている。

以上のように、本課題で得られた成果は、地球惑星科学に大きな波及効果が期待されるものであり、設定された目標は十分に達成されている。本課題を通じて、1000 K までの温度範囲で高温高压メスバウア分光が可能になるとともに、同一試料に対する X 線回折とメスバウア分光の併用測定がルーチン的に可能になる実験環境が確立された。当初の目標に含まれていたレーザー加熱法の導入による、より高温でのメスバウア分光を実用化するには至らなかったことは、地球科学の研究の観点からは一部未達と判断されるものの、1800 K までの高温加熱に成功しつつ、今後解決すべき技術的課題を明らかにしており、総合的にみれば、施設にとって有益な技術開発への貢献は少なくない。地球惑星科学のみならず物質科学全般に波及効果のある成果が、論文および学会講演によって多数発表されているので、プレスリリースなど非専門家向けの情報発信も、あわせて積極的に進めていただければより望ましかった。

[成果リスト]

(査読付き論文)

- [1] SPring-8 publication ID = 28463
T. Sakai *et al.*: “Equation of State of Pure Iron and Fe_{0.9}Ni_{0.1} Alloy up to 3 Mbar” *Physics of the Earth and Planetary Interiors* **228** (2014) 114-126.
- [2] SPring-8 publication ID = 28466
S. Ozawa *et al.*: “Jadeite in Chelyabinsk Meteorite and the Nature of an Impact Event on its Parent Body” *Scientific Reports* **4** (2014) 5033.
- [3] SPring-8 publication ID = 28477

- I. Ohira *et al.*: “Stability of a Hydrous δ -phase, $\text{AlOOH-MgSiO}_2(\text{OH})_2$, and a Mechanism for Water Transport into the Base of Lower Mantle” *Earth and Planetary Science Letters* **401** (2014) 12-17.
- [4] SPring-8 publication ID = 28478
E. Ohtani *et al.*: “Stability of Hydrous Phase $\text{H MgSiO}_4\text{H}_2$ under Lower Mantle Conditions” *Geophysical Research Letters* **41** (2014) 8283-8287.
- [5] SPring-8 publication ID = 31205
M. Hamada *et al.*: “Magnetic and Spin Transitions in Wüstite: A Synchrotron Mössbauer Spectroscopic Study” *Physical Review B* **93** (2016) 155165.
- [6] SPring-8 publication ID = 32055
H. Fukui *et al.*: “Effect of Cation Substitution on Bridgmanite Elasticity: A Key to Interpret Seismic Anomalies in the Lower Mantle” *Scientific Reports* **6** (2016) 33337.
- [7] SPring-8 publication ID = 33177
S. Kaneko *et al.*: “Discovery of Stishovite in Apollo 15299 Sample” *American Mineralogist* **100** (2015) 1308-1311.
- [8] SPring-8 publication ID = 34653
F. Maeda *et al.*: “Diamond Formation in the Deep Lower Mantle: a High-Pressure Reaction of MgCO_3 and SiO_2 ” *Scientific Reports* **7** (2017) 40602.
- [9] SPring-8 publication ID = 34654
F. Maeda *et al.*: “Spin State and Electronic Environment of Iron in Basaltic Glass in the Lower Mantle” *American Mineralogist* **102** (2017) 2106-2112.
- [10] SPring-8 publication ID = 34661
K. Watanabe *et al.*: “The Abundance of Potassium in the Earth’s Core” *Physics of the Earth and Planetary Interiors* **237** (2014) 65-72.
- [11] SPring-8 publication ID = 34662
E. Ohtani: “Hydrous Minerals and the Storage of Water in the Deep Mantle” *Chemical Geology* **418** (2015) 6-15.
- [12] SPring-8 publication ID = 34663
I. Mashino *et al.*: “Sound Velocities of δ - AlOOH up to Core-Mantle Boundary Pressures with Implications for the Seismic Anomalies in the Deep Mantle” *Journal of Geophysical Research* **121** (2016) 595-609.
- [13] SPring-8 publication ID = 34671
E. Ohtani *et al.*: “Stability of Hydrous Minerals and Water Reservoirs in the Deep Earth Interior” *American Geophysical Union Monograph* **217** (2016) 265-275.
- [14] SPring-8 publication ID = 34672
S. Rashchenko *et al.*: “In situ X-ray Observation of 10 Å Phase Stability at High Pressure” *American Mineralogist* **101** (2016) 2564-2569.
- [15] SPring-8 publication ID = 34673
T. Sakairi *et al.*: “Melting Relations in the Fe-S-Si System at High Pressure and Temperature: Implications for the Planetary Core” *Progress in Earth and Planetary Science* **4** (2017) 10-21.

2014A 期 採択長期利用課題の事後評価について

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

2014A 期に採択された長期利用課題について、2016B 期に3年間の実施期間が終了したことを受け、第61回SPring-8利用研究課題審査委員会長期利用分科会(2017年9月12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。

課題名	グリーンナノエレクトロニクスのための材料・プロセスインテグレーション-超低消費電力次世代トランジスタ開発
実験責任者(所属)	宮崎 誠一(名古屋大学)
採択時課題番号	2014A0109
ビームライン	BL47XU
利用期間/配分シフト	2014A~2016B/177シフト

[評価結果]

本課題は、これまでのLSIの主役であったSiを越えるポストシリコン材料の有力候補として研究されているGe系半導体に焦点をあて、3次元構造を視野に入れた新世代のデバイス実現に必要な材料とプロセスインテグレーションの方法論確立を目標に、1) Ge系MIS構造の化学構造評価、2) Ge系MS構造の内部電位評価と界面化学反応制御、3) 高濃度不純物注入・添加Ge層の化学状態分析、4) 微細加工した高移動度チャンネルの電子状態分析、5) Ge系IV族混晶材料のエネルギーバンド構造解析を主要な研究テーマに掲げている。1)については、Ge系MISではなかったが、Au/SiO₂/Siを対象に電圧印加HAXPES測定を行いM、I、S各層の電位分布の印加電圧応答からSi表面(界面)電位の導出に成功した。金属-絶縁膜

界面状態に関して同手法でのみ検出可能な興味深い結果が得られている。2)では試料深部の化学状態を分析可能なHAXPESの特徴を活用して、Geとそれに接合される金属電極の間で発生する接合抵抗の低減に向けてショットキーバリアとGe電位との関係を検討している。接合界面に薄いSiGeSn中間層を導入したAl/SiGeSn/Geでは、ショットキーバリアとGeの電位の間で明瞭な相関を見出している。3)はHAXPES測定からGeにドーブされたPとGeSn中にドーブされたSbの活性化度の定量に成功している。4)のマイクロビームの活用による微細パターン構造の電子状態評価、中でも微細加工したチャンネル側壁の化学状態評価は本長期利用課題の中心となる研究テーマと考えられる。申請者らは早い段階から実験に着手して、中間評価実施前には早くもデータの取得に成功した。その後、作製技術の進展により広い領域で均一な試料が得られるようになり、高い技術と精密な調整が必要なマイクロビーム測定技術開発の相対的優先順位が低くなってからは、当初の計画に固執することなく、高移動度チャンネルの実現という最終的な目標に向けて新奇高移動度物質の探索的研究に着手している。5)についてはHAXPES測定を用いてIV族元素混晶系であるGeSn及びGeSnSiにおいてSn濃度の調整によりバンドオフセットの制御が可能であることを明瞭に示すなど興味深い成果が得られている。

以上のように、目標を達成することができなかった事項が一部にあるものの、当該分野の研究を進めるにあたりHAXPESが強力な手段であることを示す興味深い成果が多数出ていることから、本長期利用課題は当初の目標を概ね達成していると考えられる。この分野の研究は将来にわたって更に発展するとともにHAXPESの有用性に関する認識も高まると思われる。本長期利用課題で得られた知見と技術を用いて、本課題の実施に参画した研究者がそれぞれのテーマの研究を一般課題の継続的な実施を通じて更に発展させ

ることを大いに期待する。主要な5テーマで早い段階から成果が得られていたので、長期利用課題の特長を生かした課題推進をしていただければより望ましかった。

[成果リスト]

(査読付き論文)

[1] SPring-8 publication ID = 28074

S. Yamahori *et al.*: “Detection of Effect of Strain on the Valence Band Structure of SiGe by HXPES with High Spatial Resolution” *ECS Transactions* **64** (2014) 431-439.

[2] SPring-8 publication ID = 29444

A. Ohta *et al.*: “Characterization of Chemical Bonding Features and Interfacial Reactions in Ge-MIS Structure with HfO₂/TaGe_xO_y Dielectric Stack” *ECS Transactions* **64** (2014) 241-248.

[3] SPring-8 publication ID = 33932

M. Kurosawa *et al.*: “Surface-Segregated Si and Ge Ultrathin Films Formed by Ag-Induced Layer Exchange Process” *Japanese Journal of Applied Physics* **55** (2016) 08NB07.

[4] SPring-8 publication ID = 34177

S. Miyazaki and A. Ohta: “High-Resolution Photoemission Study of High-k Dielectric Bilayer Stack on Ge(100)” *ECS Transactions* **69** (2015) 165-170.

[5] SPring-8 publication ID = 34183

M. Kurosawa *et al.*: “Ultrathin Si or Ge Films on Ag Formed by Metal-Induced Layer Exchange Method –A First Step Towards Creation of Silicene and Germanene–” *表面科学 (Journal of the Surface Science Society of Japan)* **37** (2016) 374-379.

[6] SPring-8 publication ID = 34184

Y. Wang *et al.*: “High-Density Formation of Ta Nanodot Induced by Remote Hydrogen Plasma” *Japanese Journal of Applied Physics* **56** (2016) 01AE01.

[7] SPring-8 publication ID = 34191

N. Fujimura *et al.*: “Photoemission Study on Electrical Dipole at SiO₂/Si and HfO₂/SiO₂ Interfaces” *Japanese Journal of Applied Physics* **56** (2017) 04CB04.

[8] SPring-8 publication ID = 34192

A. Ohta *et al.*: “Potential Changes and Chemical Bonding Features for Si-MOS Structure as Evaluated from HAXPES Analysis” *Microelectronic Engineering* **178** (2017) 80-84.

[9] SPring-8 publication ID = 34687

M. Mariappan *et al.*: “Improving the Barrier Ability of Ti in Cu Through-Silicon vias through Vacuum Annealing” *Japanese Journal of Applied Physics* **56** (2017) 04CC08.

2017B 期 SACLA 利用研究課題の採択について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

高輝度光科学研究センター（JASRI）の SACLA 利用研究課題審査委員会（SACLA PRC）において、SACLA の供用運転開始以降第 12 期目に当たる 2017B 期（2017 年 9 月～2018 年 3 月）の利用研究課題応募 85 課題を審査しました。

さらに、当該審査結果について SACLA 選定委員会の意見を聴き、JASRI として 50 課題を採択しました。

1. 募集、審査及び採択等の日程

2017B 期の課題募集、審査及び採択は、以下のスケジュールを経て行われました。

(2017 年)

4 月 27 日 ホームページで募集案内公開

6 月 9 日 応募締切

～この間、審査基準に即した各課題の個別審査を実施～

7 月 25 日 第 13 回 SACLA PRC（総合審査）

8 月 9 日 第 15 回 SACLA 選定委員会（審査結果の意見聴取）

8 月 16 日 JASRI として採否決定、結果通知

9 月 22 日 2017B 期利用開始

2. 応募、採択及びビームタイム配分状況

2017B 期の応募課題数は 85、採択課題数は 50 でした。また応募課題は全て一般課題／成果非専有利用でした。ビームライン別・申請者所属別の応募・採択課題数を表 1 に、採択された課題の要求シフト数および配分シフト数を表 2 に示します。

採択 50 課題に対し、ビームタイムは計 243.5 シフト（1 シフト＝12 時間）が配分されました。配分シフト数を含む採択 50 課題の一覧は、以下の Web サイトに掲載しています。

◆ SACLA User Information

> SACLA 利用案内 > 採択課題／実施課題

> 採択課題一覧 > 2017B

http://sacla.xfel.jp/wp-content/uploads/sacla_approved_proposal_2017b_j.pdf

表 1

(単位：課題数)

ビームライン	産業界		大学等 教育機関		国公立試験 研究機関等		海外機関		合計		採択率
	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	
BL1			5	4	4	3	1	1	10	8	59%
BL2/BL3	3	3	23	13	10	8	39	18	75	42	
合計	3	3	28	17	14	11	40	19	85	50	

表 2

(単位：シフト数)

課題種	A		B		C		C/A 配分率 (採択配分/ 応募要求)	C/B 配分率 (採択配分/ 採択要求)
	応募課題 (85 課題) の 全要求シフト数	採択課題 (50 課題) の 全要求シフト数	採択課題 (50 課題) の 全配分シフト数					
一般課題 (成果非専有)	500	322	243.5			49%	76%	
一般課題 (成果専有)	-	-	-			-	-	
合計	500	322	243.5			49%	76%	

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

公益財団法人

高輝度光科学研究センター 利用推進部

TEL : 0791-58-0961

e-mail : sacla.jasri@spring8.or.jp

2017A 期において実施された SACLA 利用研究課題（共用課題） について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

2012 年 3 月より供用運転が開始された SACLA では、第 11 回目の利用期である 2017A 期の利用研究課題（共用課題）が、2017 年 3 月 6 日から 7 月 31 日にかけて実施されました。この期間において、ビームライン BL1、BL2 または BL3 にて計 43 の利用研究課題が実施され、ビームタイムは計 210 シフト（1 シフト＝12 時間）が利用されました。

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

なお、これらのほか、同ビームラインにおいて JASRI スタッフによるインハウス課題が計 3 課題実施され、ビームタイムは計 11 シフトが利用されました。

実施課題の課題名は、以下の Web サイトに掲載しています。

◆ SACLA User Information

- > SACLA 利用案内 > 採択課題／実施課題
- > 実施課題一覧 > 2017A

http://sacla.xfel.jp/wp-content/uploads/sacla_performed_proposal_2017a_j.pdf

※ 2017A 期の実施課題は、2017 年 10 月 13 日に公開。

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

◆ SACLA User Information

> 成果等検索 > 利用課題実験報告書検索

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

※ 2017A 期の報告書は、2017 年 10 月 13 日に公開。

成果は、課題実施期終了後 3 年以内に、査読付き原著論文等で公開されます。

公益財団法人

高輝度光科学研究センター 利用推進部

TEL：0791-58-0961

e-mail：sacla.jasri@spring8.or.jp

表 1 2017A 期 SACLA 利用研究実施課題

課題種	産業界		大学等教育機関		国公立試験研究機関等		海外機関		合計		
	実施課題数	実施シフト数	実施課題数	実施シフト数	実施課題数	実施シフト数	実施課題数	実施シフト数	実施課題数	実施シフト数	
一般課題	(成果非専有利用)	3	11	13	76	14	66	13	57	43	210
	(成果専有利用)										
時期指定課題（成果専有利用）											
合計	3	11	13	76	14	66	13	57	43	210	

○実施課題を実験責任者の所属（産学官 海外）で区分。

○延べ来所者数は計 577 人。

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 6～8 月の運転実績

SPRing-8 は 6 月 12 日から 7 月 7 日までセベラルバンチ運転で第 3 サイクルの運転を行い、7 月 10 日から 8 月 1 日までセベラルバンチ運転で第 4 サイクルの運転を実施した。第 3～4 サイクルでは瞬時電圧低下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 3 サイクルは約 0.4%、第 4 サイクルは約 0.7%であった。

1. 装置運転関係

(1) 運転期間

第 3 サイクル (6/12 (月) ～7/7 (金))

第 4 サイクル (7/10 (月) ～8/1 (火))

(2) 運転時間の内訳

第 3 サイクル

運転時間総計 約 601 時間

①装置の調整およびマシンスタディ等 約 73 時間

②放射光利用運転時間 約 525 時間

③故障等による down time 約 2 時間

④フィリング変更時間 約 1 時間

総放射光利用運転時間（ユーザータイム = ② + ③

+ ④）に対する down time の割合（*1） 約 0.4%

第 4 サイクル

運転時間総計 約 529 時間

①装置の調整およびマシンスタディ等 約 97 時間

②放射光利用運転時間 約 428 時間

③故障等による down time 約 3 時間

④フィリング変更時間 約 1 時間

総放射光利用運転時間（ユーザータイム = ② + ③

+ ④）に対する down time の割合（*1） 約 0.7%

(3) 運転スペック等

第 3 サイクル（セベラルバンチ運転）

・ 11 bunch train × 29 (C)

・ 1/7-filling + 5 bunches (D)

・ 203 bunches (A)

第 4 サイクル（セベラルバンチ運転）

・ 11/29-filling + 1 bunch (H)

・ 4 bunch train × 84 (B)

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

の Top-Up モードで実施。

・ 蓄積電流 8 GeV、～100 mA

(4) 主な down time の原因

・ 瞬時電圧低下によるアポート

・ SR RF Dst.Cav1～5 反射異常によるアポート

2. 利用関係（JASRI 利用推進部 集計）

(1) 放射光利用実験期間

第 3 サイクル (6/13 (火) ～7/7 (金))

第 4 サイクル (7/13 (木) ～7/31 (月))

(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 3 サイクル（暫定値）

共同利用研究実験数 279 件

共同利用研究者数 1,247 名

専用施設利用研究実験数 208 件

専用施設利用研究者数 865 名

第4サイクル（暫定値）

共同利用研究実験数	229 件
共同利用研究者数	1,127 名
専用施設利用研究実験数	183 件
専用施設利用研究者数	767 名

◎平成 29 年 8～9 月の運転・利用実績

SPring-8 は 8 月 2 日から 9 月 24 日まで夏期点検調整期間とし、加速器やビームラインに係わる機器の改造・点検作業、電気・冷却設備等の機器の点検作業を行った。

◎今後の予定

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、停止期間をはさみ、10 月 30 日から 11 月 24 日までセベラルバンチ運転で第 6 サイクルの運転を予定している。第 5～6 サイクルの運転実績については次号にて掲載する。

(*1) down time の割合に④フィリング変更時間は含まない。

論文発表の現状

公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用推進部

年別査読有り論文発表等登録数 (2017年9月30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	73	78	58	930
		Technical Journal							1						1
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	1997.10	98	10	13	19	12	18	36	42	35	38	19	340
	BL02B2	Powder Diffraction	1999.9	307	66	65	67	82	59	96	70	78	87	40	1017
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	1997.10	117	14	20	21	22	16	20	19	16	16	3	284
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	1999.9	123	17	26	28	23	28	28	33	36	37	15	394
		Technical Journal								1					1
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	1997.10	95	9	12	12	20	19	15	13	19	14	9	237
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	1997.10	80	12	9	9	13	13	15	15	18	15	5	204
	BL10XU	High Pressure Research	1997.10	203	33	24	35	32	28	21	29	25	24	12	466
	BL13XU	Surface and Interface Structure	2001.9	77	28	16	18	27	6	16	20	23	32	19	282
	BL14B2	Engineering Science Research II	2007.9		2	16	25	32	36	53	53	60	45	42	364
		Technical Journal								1	1	1			3
	BL19B2	Engineering Science Research I	2001.11	83	22	20	18	35	53	57	61	63	62	47	521
		Technical Journal								1	1	1	2		5
	BL20B2	Medical and Imaging I	1999.9	124	26	15	17	24	35	28	25	33	18	12	357
	BL20XU	Medical and Imaging II	2001.9	54	24	24	36	27	21	40	44	37	33	14	354
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	1998.4	216	24	21	21	25	22	24	30	20	19	14	436
		Technical Journal								2					2
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	1998.5	207	36	15	24	31	18	41	34	24	35	18	483
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	1999.9	56	16	14	9	15	10	21	18	21	18	10	208
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	2001.9	42	19	5	9	12	8	14	13	15	12	11	160
	BL37XU	Trace Element Analysis	2002.11	49	13	12	22	23	13	32	28	31	22	14	259
		Technical Journal									1				1
	BL38B1	Structural Biology III	2000.10	183	45	53	48	48	60	58	48	63	58	22	686
	BL39XU	Magnetic Materials	1997.10	115	15	28	15	19	21	20	25	18	22	21	319
	BL40B2	Structural Biology II	1999.9	235	25	31	44	42	43	70	54	53	56	39	692
		Technical Journal									1	1			2
	BL40XU	High Flux	2000.4	56	9	13	11	13	18	37	21	30	37	21	266
	BL41XU	Structural Biology I	1997.10	385	61	78	66	66	53	65	55	58	61	25	973
BL43IR	Infrared Materials Science	2000.4	40	13	10	6	8	11	8	11	17	15	15	154	
BL46XU	Engineering Science Research III	2000.11	47	19	14	20	22	15	37	28	52	47	27	328	
	Technical Journal										1	1		2	
BL47XU	HXPES・MCT	1997.10	149	24	27	27	31	17	36	36	26	27	23	423	
	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	1	52
	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	10	50
	BL26B2	RIKEN Structural Genomics II	2009.4				1		5	3	4	7	10	6	36
		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	7	8	57	
BL44B2	RIKEN Materials Science	1998.5	13	1								4	1	19	
BL45XU	RIKEN Structural Biology I	1997.10	61	4	11	8	9	6	7	9	12	20	9	156	
Subtotal				3583	666	661	701	806	740	997	965	989	987	591	11686

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	13	103
		Technical Journal							35	42	39	36	33		185
	BL07LSU	The University-of-Tokyo Outstation Beamline for Materials Science	2009.11				1	5	6	10	12	12	17	9	72
	BL08B2	Hyogo Prefecture BM	2005.9				1	1	3	6	7	5	5	6	34
		Technical Journal							7	1	18	7	4		37
	BL11XU	QST Quantum Dynamics I		53	7	7	9	6	13	16	14	8	16	12	161
	BL12B2	NSRRC BM	2001.9	87	9	7	28	13	25	22	21	24	27	9	272
	BL12XU	NSRRC ID	2003.2	18	8	5	15	10	14	11	16	19	15	4	135
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II		59	18	16	18	16	11	10	15	19	15	15	212
	BL15XU	WEBRAM	2001.4	66	17	30	35	51	41	61	56	47	57	30	491
	BL16B2	Sunbeam BM	1999.9	28	3	6	8	6	4	3	6	4	10	2	80
		Technical Journal			2					18	17	14	11	16	12
	BL16XU	Sunbeam ID	1999.9	25	1	6	6	2	2	2	3	4	10	5	66
		Technical Journal								21	21	18	18	15	9
	BL22XU	JAEA Actinide Science I		32	5	9	15	10	10	14	19	15	14	6	149
	BL23SU	JAEA Actinide Science II		89	26	23	15	22	20	17	27	19	23	11	292
	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	29
	BL28XU	RISING II	2012.4							3	9	5	5	1	23
	BL31LEP	Laser-Electron Photon II	2013.10								1		2		3
BL32B2	Pharmaceutical Industry (2002.9 - 2012.3)		15	6	1	2	3				1			28	
BL33LEP	Laser-Electron Photon	2000.10	27	3	5	8	2	3	4	3	2	2		59	
BL33XU	Toyota	2009.5					2	5	2	8	4	10	7	38	
	Technical Journal							2	5	4	5	3	4	23	
BL36XU	Catalytic Reaction Dynamics for Fuel Cell	2013.1							1	7	6	7	9	30	
BL44XU	Macromolecular Assemblies	2000.2	122	22	30	21	48	57	58	46	56	47	34	541	
Subtotal			732	132	153	188	208	229	272	296	268	304	176	2958	
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	1	136
	BL26B1	Structural Genomics I		100	23	13	15	7	8	7	4	5	4		186
	BL26B2	Structural Genomics II		26	19	6	19	18	19	13	4	3	6	4	137
	BL29XU	Coherent X-ray Optics		115	16	9	16	8	16	15	9	10	13	3	230
	BL32XU	Targeted Proteins						2	9	8	8	7	11	1	46
	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	9	1	242
	Subtotal			629	113	71	86	75	96	84	67	70	70	12	1373

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	26

Hardware / Software R & D	357	22	32	38	35	56	66	12	33	39	30	720
---------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

NET Sum Total	4504	804	806	884	954	925	1188	1077	1134	1156	679	14111
Technical Journal		2			2	90	84	100	73	69	20	440

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

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

成果発表出版形式別登録数 (2017年9月30日現在)

SPring-8

Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total	
Public Beamlines	BL01B1	XAFS	1997.10	931	66	86	1083
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	1997.10	340	14	31	385
	BL02B2	Powder Diffraction	1999.9	1017	40	82	1139
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	1997.10	284	7	48	339
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	1999.9	395	13	50	458
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	1997.10	237	10	43	290
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	1997.10	204	15	33	252
	BL10XU	High Pressure Research	1997.10	466	22	59	547
	BL13XU	Surface and Interface Structure	2001.9	282	18	34	334
	BL14B2	Engineering Science Research II	2007.9	367	10	33	410
	BL19B2	Engineering Science Research I	2001.11	526	45	87	658
	BL20B2	Medical and Imaging I	1999.9	357	87	87	531
	BL20XU	Medical and Imaging II	2001.9	354	101	120	575
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	1998.4	438	15	60	513
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	1998.5	483	21	35	539
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	1999.9	208	16	22	246
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	2001.9	160	5	11	176
	BL37XU	Trace Element Analysis	2002.11	260	24	45	329
	BL38B1	Structural Biology III	2000.10	686	11	59	756
	BL39XU	Magnetic Materials	1997.10	319	17	76	412
	BL40B2	Structural Biology II	1999.9	694	13	110	817
	BL40XU	High Flux	2000.4	266	20	68	354
	BL41XU	Structural Biology I	1997.10	973	4	96	1073
	BL43IR	Infrared Materials Science	2000.4	154	14	53	221
	BL46XU	Engineering Science Research III	2000.11	330	18	33	381
	BL47XU	HXPES・MCT	1997.10	424	93	120	637
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	52	1	29	82
	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	50		4	54
	BL26B2	RIKEN Structural Genomics II	2009.4	37		8	45
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics	2002.9	14		1	15
	BL32XU	RIKEN Targeted Proteins	2010.10	57		3	60
	BL44B2	RIKEN Materials Science	1998.5	19		3	22
BL45XU	RIKEN Structural Biology I	1997.10	156	5	18	179	
Subtotal			11705	751	1684	14140	

Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total	
Contract Beamlines	BL03XU	Advanced Softmaterials	2009.11	288		11	299
	BL07LSU	The University-of-Tokyo Outstation Beamline for Materials Science	2009.11	72		7	79
	BL08B2	Hyogo Prefecture BM	2005. 9	71			71
	BL11XU	QST Quantum Dynamics I		161	8	33	202
	BL12B2	NSRRC BM	2001. 9	272	1	2	275
	BL12XU	NSRRC ID	2003. 2	135	7	4	146
	BL14B1	QST Quantum Dynamics II		212	11	63	286
	BL15XU	WEBRAM	2001. 4	491	11	42	544
	BL16B2	Sunbeam BM	1999. 9	170	12	68	250
	BL16XU	Sunbeam ID	1999. 9	168	8	51	227
	BL22XU	JAEA Actinide Science I		149	1	37	187
	BL23SU	JAEA Actinide Science II		292	44	102	438
	BL24XU	Hyogo Prefecture ID	1998.10	198	19	58	275
	BL28XU	RISING II	2012. 4	23			23
	BL31LEP	Laser-Electron Photon II	2013.10	3			3
	BL32B2	Pharmaceutical Industry (2002. 9 - 2012. 3)		28		3	31
	BL33LEP	Laser-Electron Photon	2000.10	59	23	3	85
	BL33XU	Toyota	2009. 5	61	5	11	77
	BL36XU	Catalytic Reaction Dynamics for Fuel Cell	2013. 1	30		1	31
	BL44XU	Macromolecular Assemblies	2000. 2	541		39	580
Subtotal			3424	150	535	4109	
RIKEN Beamlines	BL17SU	Coherent Soft X-ray Spectroscopy		109	4	13	126
	BL19LXU	SR Physics		136	8	26	170
	BL26B1	Structural Genomics I		186	2	19	207
	BL26B2	Structural Genomics II		137	1	13	151
	BL29XU	Coherent X-ray Optics		230	14	36	280
	BL32XU	Targeted Proteins		46		3	49
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics		3			3
	BL44B2	Materials Science		284	2	15	301
	BL45XU	Structural Biology I		242	5	44	291
	Subtotal			1373	36	169	1578

SACLA

Public Beamlines	Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total
	BL2/BL3	XFEL2/XFEL1	2012. 3	150	4	9	163

Hardware / Software R & D	720	514	455	1689
---------------------------	-----	-----	-----	------

NET Sum Total	14551	1301	2192	18044
---------------	-------	------	------	-------

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 7 月～9 月に登録されたものを以下に紹介します。論文の情報 (主著者、巻、発行年、ページ、タイトル) に加え、データベースの登録番号 (研究成果番号) を掲載していますので、詳細は上記検索ページの検索結果画面でご覧いただくことができます。また実施された課題の情報 (課題番号、ビームライン、実験責任者名) も掲載しています。課題番号は最初の 4 文字が「year」、次の 1 文字が「term」、後ろの 4 文字が「proposal no.」となっていますので、この情報から以下の URL で公表している、各課題の英文利用報告書 (SPring-8 User Experiment Report) を探してご覧いただくことができます。

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

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

SPring-8 研究成果登録データベースに 2017 年 7 月～9 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	Chemical Communications	4
Physical Review B	9	Chemistry Letters	4
Angewandte Chemie International Edition	6	Journal of Applied Physics	4
Applied Physics Letters	5	The Journal of Biological Chemistry	4
Japanese Journal of Applied Physics	5	Journal of Materials Chemistry A	4
Macromolecules	5	The Journal of Physical Chemistry C	4
RSC Advances	5	Journal of Physics: Conference Series	4
ACS Applied Materials & Interfaces	4	Langmuir	4
Biochemical and Biophysical Research Communications	4	表面科学	4

他全 175 誌、計 297 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-1

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
34022	Tomoaki Yamada	7 (2017) 5236	2016B4902	BL15XU	山田 智明	Charge Screening Strategy for Domain Pattern Control in Nano-scale Ferroelectric Systems
			2015B4904	BL15XU	山田 智明	
			2014B4908	BL15XU	山田 智明	
			2014A4908	BL15XU	山田 智明	
			2013B4908	BL15XU	山田 智明	
			2013A1525	BL13XU	山田 智明	
			2012B4906	BL15XU	山田 智明	
34040	Min Fey Chek	7 (2017) 5312	2016B6648	BL44XU	森 智行	Structure of Polyhydroxyalkanoate (PHA) Synthase PhaC from <i>Chromobacterium</i> sp. USM2, Producing Biodegradable Plastics
			2016A6648	BL44XU	森 智行	
			2016A2510	BL41XU	森 智行	
			2015A6549	BL44XU	森 智行	
			2015B6549	BL44XU	森 智行	
			2015A1086	BL41XU	森 智行	
			2014B1533	BL41XU	平野 良憲	
			2014B6944	BL44XU	平野 良憲	
			2014A6944	BL44XU	平野 良憲	
			2014A1283	BL41XU	平野 良憲	
			2013B6844	BL44XU	平野 良憲	
			2013B1288	BL41XU	平野 良憲	
			2013A6844	BL44XU	平野 良憲	
			2012B6738	BL44XU	平野 良憲	
34130	Fan-Yong Ran	5 (2015) 10428	2015A4703	BL15XU	戸田 喜丈	<i>n</i> -type Conversion of SnS by Isovalent Ion Substitution: Geometrical Doping as a New Doping Route
			2015B4703	BL15XU	戸田 喜丈	
34136	Zhen Yan	6 (2016) 33061	2002B0781	BL40B2	伏信 進矢	Crystal Structures of Archaeal 2-oxoacid:Ferredoxin Oxidoreductase from <i>Sulfolobus tokodaii</i>
			2003A0729	BL38B1	伏信 進矢	
			2011A1891	BL38B1	伏信 進矢	
34171	Dan Sato	7 (2017) 4874	2012A6737	BL44XU	原田 繁春	X-Ray Snapshots of a Pyridoxal Enzyme: A Catalytic Mechanism Involving Concerted [1,5]-hydrogen Sigmatropy in Methionine γ -lyase
			2012B6737	BL44XU	原田 繁春	
			2013A6843	BL44XU	原田 繁春	
			2013B6843	BL44XU	原田 繁春	
			2014A6943	BL44XU	原田 繁春	
34173	Shinya Shiotani	7 (2017) 6972	2013A1539	BL04B2	陳 明偉	Pair Distribution Function Analysis of Sulfide Glassy Electrolytes for All-Solid-State Batteries: Understanding the Improvement of Ionic Conductivity under Annealing Condition
			2013B1197	BL01B1	陳 明偉	
			2015B1985	BL04B2	尾原 幸治	
			2016A1842	BL04B2	尾原 幸治	
34206	Udin Bahrudin	7 (2017) 5079	2016B6649	BL44XU	森本 幸生	Inhibitory Effects of Local Anesthetics on the Proteasome and Their Biological Actions
			2011A6647	BL44XU	森本 幸生	
			2014B6956	BL44XU	森本 幸生	
			2014A6956	BL44XU	森本 幸生	
			2011B6647	BL44XU	森本 幸生	
			2011A6650	BL44XU	山口 宏	
			2011B6650	BL44XU	山口 宏	
			2012A6749	BL44XU	森本 幸生	
			2012B6749	BL44XU	森本 幸生	
			2016A6649	BL44XU	森本 幸生	
2014A6959	BL44XU	山口 宏				
2012B6754	BL44XU	山口 宏				

Scientific Reports-2

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34232	Hitoshi Yamaoka	7 (2017) 5846	2010A4254	BL12XU	山岡 人志	Pressure-Induced Anomalous Valence Crossover in Cubic YbCu ₅ -based Compounds
			2010B4266	BL12XU	山岡 人志	
			2011B4260	BL12XU	辻井 直人	
			2012A4265	BL12XU	辻井 直人	
			2012B4256	BL12XU	辻井 直人	
			2013B4260	BL12XU	辻井 直人	
			2014B4130	BL12B2	山岡 人志	
			2014B4257	BL12XU	山岡 人志	
			2014B4267	BL12XU	山岡 人志	
34262	Shinichi Terawaki	7 (2017) 7739	2011B1352	BL38B1	寺脇 慎一	Structural Basis for Ccd1 Auto-inhibition in the Wnt Pathway through Homomerization of the DIX Domain
			2016B8031	BL3	Neutze Richard	
34334	Rebecka Andersson	7 (2017) 4518	2015B8054	BL3	南後 恵理子	Serial Femtosecond Crystallography Structure of Cytochrome c Oxidase at Room Temperature
			2016B8031	BL3	Neutze Richard	
34428	David Ernsting	7 (2017) 10148	2013B1355	BL08W	Dugdale Stephen	Vacancies, Disorder-Induced Smearing of the Electronic Structure, and Its Implications for the Superconductivity of Anti-Perovskite MgC _{0.93} Ni _{2.85}
34455	Jonathan Pelliciani	7 (2017) 8003	2014A3502	BL11XU	石井 賢司	Magnetic Moment Evolution and Spin Freezing in Doped BaFe ₂ As ₂
			2014B3502	BL11XU	石井 賢司	
34457	Yuuki Kitanaka	6 (2016) 32216	2011B1386	BL02B1	野口 祐二	Polarization Twist in Perovskite Ferrielectrics
			2012A1359	BL02B1	野口 祐二	
			2012B1243	BL02B1	野口 祐二	
34522	Honghong Li	6 (2016) 31616	2014A4127	BL12B2	Liu Yu-Ting	Biochar Amendment Immobilizes Lead in Rice Paddy Soils and Reduces its Phytoavailability
			2014A4139	BL12B2	Liu Yu-Ting	
			2014B4138	BL12B2	Liu Yu-Ting	
34525	Kenjiro Hanaoka	7 (2017) 40227	2014A6933	BL44XU	藤間 祥子	Discovery and Mechanistic Characterization of Selective Inhibitors of H ₂ S-Producing Enzyme: 3-Mercaptopyruvate Sulfurtransferase (3MST) Targeting Active-site Cysteine Persulfide
			2014B6933	BL44XU	藤間 祥子	
34605	Saki Nishiyama	7 (2017) 7436	2016B4126	BL12B2	久保園 芳博	Preparation and Characterization of a New Graphite Superconductor: Ca _{0.5} Sr _{0.5} C ₆
			2016B4131	BL12B2	久保園 芳博	

Physical Review B-1

34018	Katsuya Ichiki	96 (2017) 045106	2012B4801	BL15XU	佐藤 仁	Hard X-ray Photoemission Study of the Temperature-Induced Valence Transition System EuNi ₂ (Si _{1-x} Ge _x) ₂
			2012B4802	BL15XU	佐藤 仁	
			2013A4801	BL15XU	佐藤 仁	
			2013A4802	BL15XU	佐藤 仁	
			2013B4800	BL15XU	佐藤 仁	
			2013B4904	BL15XU	三村 功次郎	
34127	Yuji Saitoh	96 (2017) 035151	2011B3834	BL23SU	関山 明	Experimental Observation of Temperature and Magnetic-Field Evolution of the 4f States in CeFe ₂ Revealed by Soft X-ray Magnetic Circular Dichroism
			2012A3834	BL23SU	斎藤 祐晃	
			2012B3834	BL23SU	斎藤 祐晃	
34162	Awabaikeli Rousuli	96 (2017) 045117	2014B4800	BL15XU	佐藤 仁	Photoemission Study of the Electronic Structure of the Kondo Lattices Yb ₂ Pt ₆ X ₁₅ (X=Al, Ga)
			2014B4902	BL15XU	三村 功次郎	
			2015A4800	BL15XU	佐藤 仁	
			2015A4906	BL15XU	三村 功次郎	
			2015B4801	BL15XU	佐藤 仁	
34379	Hai Feng	94 (2016) 235158	2014A4504	BL15XU	辻本 吉廣	Ba ₂ NiOsO ₆ : A Dirac-Mott Insulator with Ferromagnetism Near 100 K
			2014B4501	BL15XU	山浦 一成	
			2015A4502	BL15XU	Belik Alexei	
			2016B4504	BL15XU	山浦 一成	
34399	Hitoshi Yamaoka	96 (2017) 085129	2015A4254	BL12XU	山岡 人志	Electronic Structures and Spin States of BaFe ₂ As ₂ and SrFe ₂ As ₂ Probed by X-ray Emission Spectroscopy at Fe and As K-absorption Edges
			2015A4128	BL12B2	山岡 人志	
			2015B4262	BL12XU	山岡 人志	
			2016A4256	BL12XU	山岡 人志	
			2016B4262	BL12XU	山岡 人志	
			2016B4134	BL12B2	山岡 人志	
34470	Ryota Kobayashi	96 (2017) 115112	2014B1340	BL43IR	橋本 顕一郎	Dimer-Mott and Charge-Ordered Insulating States in the Quasi-One-Dimensional Organic Conductors δ ⁺ _F and δ ⁻ _C (BPDT-TTF) ₂ Cl ₂
			2015B1756	BL43IR	小林 亮太	
			2016A0073	BL43IR	佐々木 孝彦	

Physical Review B-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
34545	Kenji Ishii	96 (2017) 115148	2015A7484	BL07LSU	石井 賢司	Observation of Momentum-Dependent Charge Excitations in Hole-Doped Cuprates using Resonant Inelastic X-ray Scattering at the Oxygen <i>K</i> Edge
			2016A7510	BL07LSU	石井 賢司	
34603	Shin-ichi Fujimori	96 (2017) 115126	2013A3820	BL23SU	藤森 伸一	Electronic Structures of UX_3 ($X = Al, Ga, \text{ and } In$) Studied by Photoelectron Spectroscopy
			2014A3820	BL23SU	藤森 伸一	
			2014B3820	BL23SU	藤森 伸一	
			2015A3820	BL23SU	藤森 伸一	
			2015B3820	BL23SU	藤森 伸一	
			2016A3810	BL23SU	藤森 伸一	
34604	Shin-ichi Fujimori	96 (2017) 125117	2013A3820	BL23SU	藤森 伸一	Electronic Structure of $ThRu_2Si_2$ Studied by Angle-Resolved Photoelectron Spectroscopy: Elucidating the Contribution of U <i>5f</i> States in URu_2Si_2
			2015B3820	BL23SU	藤森 伸一	
			2016A3810	BL23SU	藤森 伸一	
			2016B3811	BL23SU	藤森 伸一	

Angewandte Chemie International Edition

34006	Mattia Sist	56 (2017) 3625-3629	2014A0078	BL02B1	Iversen Bo	Low-Temperature Anharmonicity in Cesium Chloride (CsCl)
34434	Shinichi Kumakura	55 (2016) 12760-12763	2015A1881	BL02B2	駒場 慎一	Sodium and Manganese Stoichiometry of P2-Type $Na_{23}MnO_2$
			2014B1820	BL02B2	駒場 慎一	
34441	Hirosuke Matsui	56 (2017) 9371-9375	2013B7822	BL36XU	唯 美津木	Operando 3D Visualization of Migration and Degradation of a Platinum Cathode Catalyst in a Polymer Electrolyte Fuel Cell
			2014A7821	BL36XU	唯 美津木	
			2014B7821	BL36XU	唯 美津木	
			2015A7821	BL36XU	唯 美津木	
34504	Eiichi Kayahara	56 (2017) 10428-10432	2016B1268	BL02B1	山子 茂	Bromination of Cycloparaphenylenes: Strain-Induced Site-Selective Bis-Addition and Its Application for Late-Stage Functionalization
34602	Kingo Uchida	56 (2017) 12576-12580	2013A1219	BL02B1	内田 欣吾	Photosalient Phenomena that Mimic <i>Impatiens</i> Are Observed in Hollow Crystals of Diarylethene with a Perfluorocyclohexene Ring
			2014A1048	BL02B1	内田 欣吾	
			2014B1098	BL02B1	内田 欣吾	
			2014B1082	BL40XU	内田 欣吾	
			2017A1084	BL40XU	内田 欣吾	
34612	Takato Mitsudome	56 (2017) 9381-9385	2017A1120	BL40XU	内田 欣吾	Mild Hydrogenation of Amides to Amines over a Platinum-Vanadium Bimetallic Catalyst
			2016A1103	BL01B1	金田 清臣	
			2015A1575	BL01B1	金田 清臣	
			2015B1571	BL14B2	金田 清臣	
			2016A1525	BL14B2	金田 清臣	
			2016B1546	BL14B2	金田 清臣	

Applied Physics Letters

34095	Kenta Watanabe	111 (2017) 042102	2015A3872	BL23SU	渡部 平司	Design and Control of Interface Reaction between Al-based Dielectrics and AlGaIn Layer in AlGaIn/GaN Metal-Oxide-Semiconductor Structures
			2015B3872	BL23SU	渡部 平司	
			2016A3822	BL23SU	渡部 平司	
34415	Seiji Nakashima	111 (2017) 082907	2014B1459	BL13XU	中嶋 誠二	Electric-Field-Induced Lattice Distortion in Epitaxial $BiFeO_3$ Thin Films as Determined by <i>in situ</i> Time-Resolved X-ray Diffraction
			2015B1516	BL13XU	中嶋 誠二	
34481	Shin Tajima	103 (2013) 243906	2010B1781	BL46XU	高橋 直子	Direct Measurement of Band Offset at the Interface between CdS and Cu_2ZnSnS_4 using Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy
			2010A1713	BL46XU	野崎 洋	
34501	Kilha Katayama	109 (2016) 112901	2014A4703	BL15XU	清水 荘雄	Growth of (111)-Oriented Epitaxial and Textured Ferroelectric Y-doped HfO_2 Films for Downscaled Devices
			2014B4704	BL15XU	清水 荘雄	
			2015A4702	BL15XU	舟窪 浩	
			2015B4702	BL15XU	清水 荘雄	
34576	Yuki Hibino	111 (2017) 132404	2015B0901	BL25SU	千葉 大地	Enhancement of the Spin-Orbit Torque in a Pt/Co System with a Naturally Oxidized Co Layer

Japanese Journal of Applied Physics-1

34184	Yaping Wang	56 (2016) 01AE01	2014A0109	BL47XU	宮崎 誠一	High-Density Formation of Ta Nanodot Induced by Remote Hydrogen Plasma
34191	Nobuyuki Fujimura	56 (2017) 04CB04	2014A0109	BL47XU	宮崎 誠一	Photoemission Study on Electrical Dipole at SiO_2/Si and HfO_2/SiO_2 Interfaces

Japanese Journal of Applied Physics-2

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34353	Akira Yoneda	56 (2017) 095801	2014B1290	BL35XU	米田 明	Single Crystal Elasticity of Gold up to ~20 GPa: Bulk Modulus Anomaly and Implication for a Primary Pressure Scale
			2016A1058	BL35XU	米田 明	
34359	Shigekatsu Ohnishi	56 (2017) 07KD03	2016A3617	BL14B1	大西 重克	Synthesis of Copper Particles Covered with Cobalt-Catalyzed Carbon Nanofibers and Their Application to Air-Curable Conductive Paste
34496	Yasushi Idemoto	56 (2017) 101501	2013A1631	BL14B2	井手本 康	Ferroelectric Properties, Average and Local Structures of (Bi,RE) ₄ (Ti,Nb) ₃ O ₁₂ (RE = La, Pr, Nd)

Macromolecules

34008	Kenta Fujii	50 (2017) 4780-4786	2014B1411	BL04B2	藤井 健太	Microscopic Structure of Solvated Poly(benzyl methacrylate) in an Imidazolium-Based Ionic Liquid: High-Energy X-ray Total Scattering and All-Atom MD Simulation Study
			2015B1429	BL04B2	藤井 健太	
34544	Yuji Higaki	50 (2017) 6184-6191	2014B1368	BL40B2	檜垣 勇次	Molecular Aggregation States and Physical Properties of Syndiotactic Polystyrene/Hydrogenated Polyisoprene Multiblock Copolymers with Crystalline Hard Domain
			2016A1020	BL40B2	高原 淳	
			2013B1442	BL40XU	高原 淳	
			2014A1250	BL40XU	高原 淳	
			2015B1519	BL40XU	檜垣 勇次	
			2013B7261	BL03XU	岡本 泰志	
34557	Kazu Hirose	50 (2017) 6509-6517	2011A1434	BL04B2	藤井 健太	Solvated Structure of Cellulose in a Phosphonate-Based Ionic Liquid
			2015B1753	BL04B2	廣澤 和	
			2016B7260	BL03XU	和泉 篤士	
34606	Hirokazu Hasegawa	50 (2017) 7491-7497	2015A1179	BL40B2	寺尾 憲	Synthesis and Solution Properties of a Rigid Helical Star Polymer: Three-Arm Star Poly(quinoxaline-2,3-diy)
			2015B1100	BL40B2	寺尾 憲	
			2016B1088	BL40B2	寺尾 憲	
			2016A1052	BL40XU	畠山 琢次	
34611	Yusuke Asai	48 (2015) 1538-1542	2014A1446	BL40XU	高野 敦志	Creation of Cylindrical Morphologies with Extremely Large Oblong Unit Lattices from ABC Block Terpolymer Blends

RSC Advances

34150	Takeharu Yoshii	7 (2017) 22294-22300	2016B1104	BL01B1	森 浩亮	Synthesis of Carbon-Supported Pd-Co Bimetallic Catalysts Templated by Co Nanoparticles using the Galvanic Replacement Method for Selective Hydrogenation
			2016A1095	BL01B1	森 浩亮	
34215	Jianlin Deng	7 (2017) 7130-7139	2016A1039	BL27SU	Chen Yongsheng	Selective Catalytic Reduction of NO with NH ₃ over Mo-Fe/beta Catalysts: the Effect of Mo Loading Amounts
34477	Tsan Yao Chen	6 (2016) 48620-48629	2015B4135	BL12B2	Chang Chia-Chin	Lithiation-Induced Crystal Restructuring of Hydrothermally Prepared Sn/TiO ₂ Nanocrystallite with Substantially Enhanced Capacity and Cycling Performance for Lithium-Ion Battery
34575	Tsubasa Imai	7 (2017) 9628-9631	2016A4607	BL15XU	阿部 英樹	N ₂ O-Emission-Free Exhaust Remediation by Rh-NbO _x Nanocomposites Developed from Rh ₃ Nb Alloy Precursor
			2016B4600	BL15XU	阿部 英樹	
			2015B4605	BL15XU	長田 実	
34579	Oruganti Anjaneyulu	6 (2016) 110566-110570	2014A4603	BL15XU	阿部 英樹	Plasmon-Mediated Photothermal Conversion by TiN Nanocubes toward CO Oxidation under Solar Light Illumination
			2014B4605	BL15XU	阿部 英樹	
			2015A4602	BL15XU	阿部 英樹	
			2015B4602	BL15XU	阿部 英樹	

ACS Applied Materials & Interfaces

34024	Tetsuya Asano	9 (2017) 5056-5061	2015A5120	BL16XU	黒岡 和巳	Conductivity Modulation of Gold Thin Film at Room Temperature via All-Solid-State Electric-Double-Layer Gating Accelerated by Nonlinear Ionic Transport
34152	Miki Osaka	9 (2017) 15615-15622	2015A2035	BL03XU	小川 紘樹	Charge Transport in Intermixed Regions of All-Polymer Solar Cells Studied by Conductive Atomic Force Microscopy
			2015B1965	BL03XU	小川 紘樹	
34319	Zhenxin Zhang	9 (2017) 26052-26059	2016A1259	BL01B1	吉川 浩史	High-Performance Cathode Based on Microporous Mo-V-Bi Oxide for Li Battery and the Investigation by <i>operando</i> X-ray Absorption Fine Structure
34431	Naoaki Yabuuchi	8 (2016) 32292-32299	2014A1718	BL02B2	駒場 慎一	Thermal Stability of Na _x CrO ₂ for Rechargeable Sodium Batteries; Studies by High-Temperature Synchrotron X-ray Diffraction
			2014B1820	BL02B2	駒場 慎一	

Chemical Communications

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34151	Kohsuke Mori	53 (2017) 4677-4680	2016B1104	BL01B1	森 浩亮	Phenylamine-Functionalized Mesoporous Silica Supported PdAg Nanoparticles: A Dual Heterogeneous Catalyst for Formic Acid/CO ₂ -Mediated Chemical Hydrogen Delivery/Storage
			2016A1095	BL01B1	森 浩亮	
34261	Masazumi Tamura	53 (2017) 3377-3380	2016A1352	BL01B1	富重 圭一	Selective Hydrogenation of Nitroarenes to Aminoarenes using a MoO _x -modified Ru/SiO ₂ Catalyst under Mild Conditions
34518	Shingi Yamaguchi	53 (2017) 10437-10440	2016A1120	BL01B1	神谷 和秀	Ru Atom-Modified Covalent Triazine Framework as a Robust Electrocatalyst for Selective Alcohol Oxidation in Aqueous Electrolytes
			2016A1464	BL01B1	神谷 和秀	
			2016B1098	BL01B1	神谷 和秀	
			2016B1696	BL01B1	岩瀬 和至	
34552	Yuki Watanabe	53 (2017) 10112-10115	2017A1790	BL14B2	岩瀬 和至	A Highly Crystalline Oriented Metal-Organic Framework Thin Film with an Inorganic Pillar
			2015A1489	BL13XU	北川 宏	
			2016A1421	BL13XU	北川 宏	
			2016B1435	BL13XU	北川 宏	

Chemistry Letters

34143	Shuhei Ogo	46 (2017) 729-732	2016B1833	BL14B2	関根 泰	Coke Resistance of Sr-Hydroxyapatite Supported Co Catalyst for Ethanol Steam Reforming
34153	Takeharu Yoshii	46 (2017) 789-791	2016B1104	BL01B1	森 浩亮	Specific Enhancement of Activity of Carbon-Supported Single-Site Co Catalyst in the Microwave-Assisted Solvent-Free Aerobic Oxidation
34490	Marina Ide	46 (2017) 1133-1136	2015A1952	BL46XU	尾坂 格	Fluorinated Benzothienoisindigo Copolymers for Organic Solar Cells: A Comparative Study on Polymer Orientation and Device Performance
			2015B1633	BL46XU	東原 知哉	
34497	Naoya Ishida	46 (2017) 1508-1511	2015B1582	BL19B2	井手本 康	Crystal Structure Analysis and Electrochemical Properties of Chemically Delithiated Li _{0.13} Mn _{0.54} Ni _{0.13} Co _{0.13} O ₂₋₅ as Cathode Material for Rechargeable Mg Batteries
			2016A1509	BL19B2	井手本 康	
			2015B1576	BL14B2	井手本 康	

Journal of Applied Physics

34096	Takahiro Yamada	121 (2017) 035303	2015A3872	BL23SU	渡部 平司	Comprehensive Study on Initial Thermal Oxidation of GaN(0001) Surface and Subsequent Oxide Growth in Dry Oxygen Ambient
			2015B3872	BL23SU	渡部 平司	
			2015B3801	BL23SU	吉越 章隆	
			2016A3822	BL23SU	渡部 平司	
34135	Min Liao	119 (2016) 165701	2012B4612	BL15XU	大橋 直樹	Difficulty of Carrier Generation in Orthorhombic PbO
			2013A4714	BL15XU	大橋 直樹	
			2013A4715	BL15XU	大橋 直樹	
			2013B4703	BL15XU	戸田 喜丈	
			2013B4704	BL15XU	神谷 利夫	
34509	Jinghua Li	122 (2017) 103905	2011B4512	BL15XU	Belik Alexei	Electrically Insulating Properties of the 5d Double Perovskite Sr ₂ YO ₆
			2012A4507	BL15XU	Belik Alexei	
			2016B4504	BL15XU	山浦 一成	
34514	Shotaro Takeuchi	122 (2017) 105303	2014A1329	BL13XU	酒井 朗	Control of Dislocation Morphology and Lattice Distortion in Na-flux GaN Crystals
			2015B1222	BL13XU	竹内 正太郎	
			2016A1238	BL13XU	竹内 正太郎	

Journal of Materials Chemistry A

34517	Yasutaka Kuwahara	5 (2017) 18518-18526	2017A1063	BL01B1	桑原 泰隆	One-pot Synthesis of Molybdenum Oxide Nanoparticles Encapsulated in Hollow Silica Spheres: an Efficient and Reusable Catalyst for Epoxidation of Olefins
34571	Noelia M. Sanchez-Ballester	4 (2016) 9850-9857	2015A4602	BL15XU	阿部 英樹	Nanostructured Polymeric Yolk-Shell Capsules: A Versatile Tool for Hierarchical Nanocatalyst Design
			2015B4602	BL15XU	阿部 英樹	
34573	Ge Yin	5 (2017) 12113-12119	2016A4607	BL15XU	阿部 英樹	Selective Electro- or Photo-Reduction of Carbon Dioxide to Formic Acid using a Cu-Zn Alloy Catalyst
			2016B4600	BL15XU	阿部 英樹	
			2015A4603	BL15XU	大澤 健男	
			2015B4605	BL15XU	長田 実	
34578	Koolath Ramakrishnan Deepthi	5 (2017) 1667-1671	2016A4607	BL15XU	阿部 英樹	Mixed-Valence NaSb ₃ O ₇ Support toward Improved Electrocatalytic Performance in the Oxygen-Reduction Reaction
			2016B4600	BL15XU	阿部 英樹	

The Journal of Physical Chemistry C

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34251	Hiroki Yamamoto	121 (2017) 10936-10941	2016B1493	BL01B1	山添 誠司	Monodisperse Iridium Clusters Protected by Phenylacetylene: Implication for Size-Dependent Evolution of Binding Sites
			2016A1436	BL01B1	山添 誠司	
34401	Alvaro Munoz-Noval	121 (2017) 18047-18056	2015B1398	BL01B1	深見 一弘	Mechanism of Accelerated Zinc Electrodeposition in Confined Nanopores, Revealed by X-ray Absorption Fine Structure Spectroscopy
			2016A1297	BL01B1	深見 一弘	
34433	Naoaki Yabuuchi	120 (2016) 875-885	2013B1752	BL02B2	駒場 慎一	Understanding Particle-Size-Dependent Electrochemical Properties of Li ₂ MnO ₃ -Based Positive Electrode Materials for Rechargeable Lithium Batteries
			2012A1672	BL02B2	駒場 慎一	
34443	Boyang Liu	121 (2017) 17450-17456	2013B7458	BL07LSU	De Groot Frank	In-Situ 2p3d Resonant Inelastic X-ray Scattering Tracking Cobalt Nanoparticle Reduction
			2014A7468	BL07LSU	Van Schooneveld Matth	
			2014A7470	BL07LSU	Liu Boyang	

Journal of Physics: Conference Series

33998	Masato Hoshino	849 (2017) 012054	2014B1329	BL20B2	星野 真人	Current Status of X-ray Phase Imaging at SPring-8: Toward 4D X-ray Phase Tomography for Biological Samples
			2015A1400	BL20B2	星野 真人	
			2015B1323	BL20B2	星野 真人	
			2016A1285	BL20B2	星野 真人	
34035	Hidekazu Takano	849 (2017) 012052	2014A3200	BL24XU	籠島 靖	Hard X-ray Multilayer Zone Plate with 25-nm Outermost Zone Width
			2014A3203	BL24XU	高野 秀和	
			2014B3200	BL24XU	籠島 靖	
			2014B3203	BL24XU	高野 秀和	
34058	Kentaro Uesugi	849 (2017) 012051	2013A1448	BL20B2	上杉 健太郎	Introducing High Efficiency Image Detector to X-ray Imaging Tomography
			2015B1058	BL47XU	上杉 健太郎	
			2016A1852	BL47XU	上杉 健太郎	
34128	Ryuta Mizutani	849 (2017) 012042	2016B1041	BL20XU	水谷 隆太	Estimating the Resolution of Real Images
			2013A1384	BL37XU	鈴木 芳生	
			2014B1083	BL20XU	水谷 隆太	
			2015A1160	BL20XU	水谷 隆太	
			2015B1101	BL20XU	水谷 隆太	

Langmuir

34132	Yoshifumi Oya	(2017) Online publication Jul. 19, 2017	2016B1060	BL02B2	大場 友則	Interruption of Hydrogen Bonding Networks of Water in Carbon Nanotubes Due to Strong Hydrogen Shell Formation
			2013A1030	BL04B2	大場 友則	
34154	Hiroki Ogawa	33 (2017) 4675-4681	2016A1828	BL03XU	小川 紘樹	Visualization of Individual Images in Patterned Organic-Inorganic Multilayers Using GISAXS-CT
			2016B1934	BL03XU	小川 紘樹	
34348	Yuji Higaki	33 (2017) 8404-8412	2016B1703	BL43IR	犬塚 仁浩	Effect of Charged Group Spacer Length on Hydration State in Zwitterionic Poly(sulfobetaine) Brushes
			2016A1329	BL43IR	檜垣 勇次	
			2015B1313	BL43IR	高原 淳	
			2013B1177	BL43IR	高原 淳	
34568	Kenichi Ozawa	33 (2017) 9582-9589	2014B1575	BL47XU	小澤 健一	Angle-Resolved HAXPES Investigation on the Chemical Origin of Adhesion between Natural Rubber and Brass

表面科学 (Journal of the Surface Science Society of Japan)

34049	Yasuo Nakayama	38 (2017) 324-329	2016A1676	BL19B2	水野 裕太	Heteroepitaxy of Perfluoropentacene (C ₂₂ F ₁₄) on the Single Crystal Surface of Pentacene (C ₂₂ H ₁₄)
34112	Yoshiyuki Yamashita	38 (2017) 347-350	2014B4602	BL15XU	山下 良之	Direct Observation of the Energy Distribution of Interface States at SiO ₂ /4H-SiC Interface: Operando Hard X-ray Photoelectron Spectroscopic Study
			2016A4606	BL15XU	山下 良之	
34183	Masashi Kurosawa	37 (2016) 374-379	2014A0109	BL47XU	宮崎 誠一	Ultrathin Si or Ge Films on Ag Formed by Metal-Induced Layer Exchange Method -A First Step Towards Creation of Silicene and Germanene-
34505	Yuki Wakisaka	38 (2017) 378-383	2014A7830	BL36XU	朝倉 清高	Approach to Highly Sensitive XAFS by Means of Bent Crystal Laue Analyzers
			2016B7902	BL36XU	朝倉 清高	
			2016A7902	BL36XU	朝倉 清高	
			2015A7830	BL36XU	朝倉 清高	
			2014B7830	BL36XU	朝倉 清高	

ACS Catalysis

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
34000	Xiao Zhao	7 (2017) 4642-4654	2013A7802	BL36XU	岩澤 康裕	Simultaneous Improvements in Performance and Durability of an Octahedral PtNi _x C Electrocatalyst for Next-Generation Fuel Cells by Continuous, Compressive, and Concave Pt Skin Layers
			2014A7800	BL36XU	岩澤 康裕	
			2014A7805	BL36XU	岩澤 康裕	
			2014B7800	BL36XU	岩澤 康裕	
			2015A7800	BL36XU	岩澤 康裕	
			2015A7803	BL36XU	岩澤 康裕	
			2015B7800	BL36XU	岩澤 康裕	
			2016A7800	BL36XU	岩澤 康裕	
34111	Shuhei Tazawa	6 (2016) 6393-6397	2016A1352	BL01B1	富重 圭一	Deoxydehydration with Molecular Hydrogen over Ceria-Supported Rhenium Catalyst with Gold Promoter
34149	Kohsuke Mori	7 (2017) 3147-3151	2016B1104	BL01B1	森 浩亮	Isolated Single-Atomic Ru Catalyst Bound on a Layered Double Hydroxide for Hydrogenation of CO ₂ to Formic Acid

Biochemical and Biophysical Research Communications

34001	Haruhiko Ehara	487 (2017) 230-235	2011A1264	BL32XU	関根 俊一	Crystal Structure of RNA Polymerase II from <i>Komagataella pastoris</i>
			2011B1382	BL41XU	関根 俊一	
			2013B1133	BL41XU	関根 俊一	
34362	Kosuke Oshima	474 (2016) 541-546	2015A1114	BL26B1	田中 良和	Structural Basis for Recognition of a Kink-Turn Motif by an Archaeal Homologue of Human RNase P Protein Rpp38
			2015A1117	BL26B1	田中 良和	
			2015A6524	BL44XU	田中 良和	
			2014B1292	BL38B1	田中 良和	
			2014B1295	BL41XU	田中 良和	
34513	Koji Yamamoto	492 (2017) 166-171	2015B6555	BL44XU	山本 幸治	Molecular Structure of a Prostaglandin D Synthase Requiring Glutathione from the Brown Planthopper, <i>Nilaparvata lugens</i>
			2016A6654	BL44XU	山本 幸治	
			2016B6654	BL44XU	山本 幸治	

Chemical Science

34069	Tomokazu Umeyama	8 (2017) 181-188	2014B1596	BL46XU	梅山 有和	Regioisomer Effects of [70]fullerene Mono-Adduct Acceptors in Bulk Heterojunction Polymer Solar Cells
34156	Atsuhiko Tanaka	8 (2017) 2574-2580	2014B1439	BL01B1	田中 淳皓	Visible Light-induced Water Splitting in an Aqueous Suspension of a Plasmonic Au/TiO ₂ Photocatalyst with Metal Co-Catalysts
			2015A1487	BL01B1	永岡 勝俊	
34572	Toyokazu Tanabe	8 (2017) 3374-3378	2012B4609	BL15XU	阿部 英樹	Nanophase-Separated Ni ₃ Nb as an Automobile Exhaust Catalyst
			2012A4607	BL15XU	阿部 英樹	
			2013A4600	BL15XU	阿部 英樹	
			2013B4602	BL15XU	阿部 英樹	
			2014A4603	BL15XU	阿部 英樹	
			2014B4605	BL15XU	阿部 英樹	
			2015A4602	BL15XU	阿部 英樹	
			2015B4602	BL15XU	阿部 英樹	
			2016A4607	BL15XU	阿部 英樹	
2016B4600	BL15XU	阿部 英樹				

ChemistrySelect

34086	Go Tei	1 (2016) 5440-5444	2014B5420	BL16B2	黒岡 和巳	Dynamic Fluctuation in Heat Treatment Time Dependence of Activity and Reaction Kinetics of Active Centers in Fe/N/C Oxygen Reduction Reaction Catalyst
			2015A5420	BL16B2	黒岡 和巳	
34492	Bijitha Balan	1 (2016) 6872-6879	2015B1633	BL46XU	東原 知哉	Synthesis and Optoelectronic Properties of Thiophene-Based Semiconducting Oligomers
			2015B1904	BL46XU	尾坂 格	
34596	Yutaka Tai	2 (2017) 8632-8637	2015B1575	BL14B2	多井 豊	Mechanism of Low-Temperature Carbon Combustion Over Ag-Pd/Alumina Catalysts
			2016A1519	BL14B2	多井 豊	

ECS Transactions

34177	Seichi Miyazaki	69 (2015) 165-170	2014A0109	BL47XU	宮崎 誠一	High-Resolution Photoemission Study of High-k Dielectric Bilayer Stack on Ge(100)
			2013A1696	BL47XU	野平 博司	
34454	Ken-ichiro Ota	77 (2017) 1465-1472	2012B1012	BL14B2	宮崎 孝	Zirconium Oxide-Based Compounds as Non-Platinum Cathodes for Polymer Electrolyte Fuel Cells
			2010B1009	BL14B2	石原 顕光	
34536	Yuichi Konosu	80 (2017) 269-273	2016B1004	BL45XU	松本 英俊	Time-Resolved Nanostructural Analysis of Catalyst Layer Formation Process by Synchrotron X-ray Scattering
			2017A1002	BL45XU	松本 英俊	

Inorganic 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
34244	Ikuya Yamada	56 (2017) 9303-9310	2015B1879	BL14B2	山田 幾也	Covalency Competition in the Quadruple Perovskite CdCu ₃ Fe ₄ O ₁₂
			2016A1044	BL27SU	山田 幾也	
			2017A1209	BL02B2	山田 幾也	
34253	Seiji Yamazoe	56 (2017) 8319-8325	2016A1436	BL01B1	山添 誠司	Suppressing Isomerization of Phosphine-Protected Au ₃ Cluster by Bond Stiffening Induced by a Single Pd Atom Substitution
			2015B1308	BL01B1	山添 誠司	
			2015A1590	BL01B1	山添 誠司	
34458	Hidenori Hiramatsu	56 (2017) 10535-10542	2012B1986	BL01B1	宇留賀 朋哉	An Exceptionally Narrow Band-Gap (~4 eV) Silicate Predicted in the Cubic Perovskite Structure: BaSiO ₃
			2014B1232	BL10XU	遊佐 斉	
			2006B1120	BL10XU	遊佐 斉	
			2005B0285	BL10XU	遊佐 斉	

The Journal of Biological Chemistry

34236	Taiki Motomura	292 (2017) 9599-9612	2016B6621	BL44XU	菅 倫寛	Crystal Structure and Redox Properties of a Novel Cyanobacterial Heme-Protein with a His/Cys Heme Axial Ligation and a Per-Amt-Sim (PAS)-like Domain
			2016A2542	BL41XU	沈 建仁	
34526	Hikaru Shimizu	292 (2017) 13441-13448	2015A6526	BL44XU	藤間 祥子	Structure-Based Analysis of the Guanine Nucleotide Exchange Factor SmgGDS Reveals Armadillo-Repeat Motifs and Key Regions for Activity and GTPase Binding
			2015B6526	BL44XU	藤間 祥子	
34538	Shingo Kanemura	291 (2016) 23952-23964	2014A1345	BL45XU	稲葉 謙次	Human ER Oxidoreduction-1 α (Ero1 α) Undergoes Dual Regulation through Complementary Redox Interactions with Protein-Disulfide Isomerase
			2014B1206	BL45XU	稲葉 謙次	
			2015A1203	BL45XU	稲葉 謙次	
			2015B1194	BL45XU	稲葉 謙次	

Materials Science Forum

34372	Mutsumi Sano	905 (2017) 60-65	2013B1785	BL02B1	佐野 睦	Dislocation Density of Plastically Deformed Oxygen-Free Copper
34390	Shohei Nakakubo	696 (2011) 88-93	2005B5311	BL16B2	稲葉 雅之	Calculation of Boundary Conditions between Internal and External Oxidation of Silicon or Chromium Containing Steels
			2006A5311	BL16B2	稲葉 雅之	
			2006B5311	BL16B2	稲葉 雅之	
			2009A5321	BL16B2	稲葉 雅之	
34461	Tatsumi Hirano	905 (2017) 137-142	2014A1569	BL46XU	平野 辰巳	<i>In Situ</i> Stress Measurements during Welding Process
			2014B1941	BL46XU	平野 辰巳	

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

34363	Minghao Chen	114 (2017) 4954-4959	2016A2565	BL26B1	田中 良和	Biochemical and Structural Characterization of Oxygen-Sensitive 2-thiouridine Synthesis Catalyzed by an Iron-Sulfur Protein TtuA
			2016A2565	BL26B2	田中 良和	
			2014B1033	BL41XU	姚 閔	
			2015A1114	BL32XU	田中 良和	
34452	Jessica Thomaston	(2017) online publication Aug. 23, 2017	2015A8048	BL3	岩田 想	XFEL Structures of the Influenza M2 Proton Channel: Room Temperature Water Networks and Insights into Proton Conduction
			2015B8028	BL3	DeGrado William	
			2016A8030	BL3	DeGrado William	
34551	Erina Terasaka	114 (2017) 9888-9893	2014A1424	BL41XU	當舎 武彦	Dynamics of Nitric Oxide Controlled by Protein Complex in Bacterial System
			2013A1221	BL41XU	當舎 武彦	
			2013B1427	BL41XU	當舎 武彦	
			2012B1526	BL41XU	當舎 武彦	
			2014B1528	BL41XU	當舎 武彦	

Advanced Functional Materials

34510	Yang Wang	27 (2017) 1701486	2016B1004	BL45XU	松本 英俊	D-A ₁ -D-A ₂ Backbone Strategy for Benzobisthiadiazole Based n-Channel Organic Transistors: Clarifying the Selenium-Substitution Effect on the Molecular Packing and Charge Transport Properties in Electron-Deficient Polymers
34577	Takeshi Fujita	26 (2016) 1609-1616	2014A4603	BL15XU	阿部 英樹	Earth-Abundant and Durable Nanoporous Catalyst for Exhaust-Gas Conversion
			2014B4605	BL15XU	阿部 英樹	
			2015A4602	BL15XU	阿部 英樹	
			2015B4602	BL15XU	阿部 英樹	

Advanced Materials-1

34491	Samrat Ghosh	29 (2017) 1605408	2015A1696	BL46XU	尾坂 格	Nanosheets of an Organic Molecular Assembly from Aqueous Medium Exhibit High Solid-State Emission and Anisotropic Charge-Carrier Mobility
-------	--------------	----------------------	-----------	--------	------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Advanced Materials-2

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34548	Tomoki Nishimura	29 (2017) 1702406	2017A1241	BL40B2	西村 智貴	Biotransporting Self-Assembled Nanofactories Using Polymer Vesicles with Molecular Permeability for Enzyme Prodrug Cancer Therapy

Applied Catalysis A: General

34140	Takuma Higo	530 (2017) 125-131	2016B1833	BL14B2	関根 泰	Promotive Effect of Ba Addition on the Catalytic Performance of Ni/LaAlO ₃ Catalysis for Steam Reforming of Toluene
34141	Atsushi Nakano	543 (2017) 75-81	2016B1833	BL14B2	関根 泰	Effects of Mn Addition on Dehydrogenation of Methylcyclohexane over Pt/Al ₂ O ₃ Catalyst

Applied Physics Express

34489	Takuo Ohkouchi	10 (2017) 103002	2011B1302	BL25SU	大河内 拓雄	Optical Control of Magnetization Dynamics in Gd-Fe-Co Films with Different Compositions
			2012A1232	BL25SU	大河内 拓雄	
			2012B1200	BL25SU	大河内 拓雄	
			2013A1482	BL25SU	大河内 拓雄	
			2013B1304	BL25SU	大河内 拓雄	
34499	Yasumasa Takagi	10 (2017) 076603	2014B1736	BL25SU	八木 智弘	X-ray Photoelectron Spectroscopy under Real Ambient Pressure Conditions
			2017A7810	BL36XU	横山 利彦	
			2017A7811	BL36XU	横山 利彦	
			2016B7810	BL36XU	横山 利彦	
			2016B7811	BL36XU	横山 利彦	
			2016A7810	BL36XU	横山 利彦	
			2016A7811	BL36XU	横山 利彦	
2015B7810	BL36XU	横山 利彦				
2015A7810	BL36XU	横山 利彦				

Chemistry - An Asian Journal

34252	Shun Hayashi	12 (2017) 1635-1640	2016B1493	BL01B1	山添 誠司	Lewis Base Catalytic Properties of [Nb ₁₀ O ₂₈] ⁶⁻ for CO ₂ Fixation to Epoxide: Kinetic and Theoretical Studies
			2016A1436	BL01B1	山添 誠司	
34329	Yi Tian	12 (2017) 2093-2097	2015B1477	BL40XU	佐藤 宗太	[<i>n</i>]Cyclo-3,6-phenanthrenylenes: Synthesis, Structure, and Fluorescence

ChemSusChem

34245	Etsushi Tsuji	10 (2017) 2864-2868	2014B7600	BL28XU	小久見 善八	Brownmillerite-type Ca ₂ FeCoO ₅ as a Practicable Oxygen Evolution Reaction Catalyst
			2015A7600	BL28XU	小久見 善八	
34515	Zhenzhong Zhang	10 (2017) 3482-3489	2016A1521	BL14B2	村山 美乃	Wacker Oxidation of Terminal Alkenes Over ZrO ₂ -Supported Pd Nanoparticles Under Acid- and Cocatalyst-Free Conditions

CrystEngComm

34201	Masataka Ohtani	18 (2016) 1866-1870	2014B1051	BL40XU	小廣 和哉	Water-Triggered Macroscopic Structural Transformation of a Metal-Organic Framework
			2014A1908	BL02B2	杉本 邦久	
34389	Ichiro Hisaki	19 (2017) 4892-4898	2015B1397	BL38B1	久木 一朗	Precise Elucidations of Stacking Manners of Hydrogen-Bonded Two-Dimensional Organic Frameworks Composed of X-shaped π -conjugated Systems
			2015B1130	BL02B2	久木 一朗	
			2016A1264	BL02B2	久木 一朗	

EPJ Web of Conference

34429	Masanori Inui	151 (2017) 06002	2013A1165	BL35XU	乾 雅祝	Dispersion Relations of the Acoustic Modes in Divalent Liquid Metals
			2014A1154	BL35XU	乾 雅祝	
34430	Masanori Inui	151 (2017) 06001	2011B1314	BL35XU	乾 雅祝	Asymmetrical Bonding in Liquid Bi Disentangled by Inelastic X-ray Scattering
			2010B1173	BL04B2	乾 雅祝	
			2009B1283	BL04B2	乾 雅祝	

The Journal of Chemical Physics

34426	Ayano Chiba	146 (2017) 194503	2014B1425	BL04B2	千葉 文野	Isotactic Poly(4-methyl-1-pentene) Melt as a Porous Liquid: Reduction of Compressibility Due to Penetration of Pressure Medium
34456	Olga Alcaraz	145 (2016) 094503	2005A0711	BL04B2	武田 信一	The Structure of Molten CuCl: Reverse Monte Carlo Modeling with High-Energy X-ray Diffraction Data and Molecular Dynamics of a Polarizable Ion Model

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
34422	Ryota Yuge	365 (2017) 117-125	2014B1623	BL27SU	弓削 亮太	Structural and Electrochemical Properties of Iron- and Nickel-Substituted Li_2MnO_3 Cathodes in Charged and Discharged States
			2013B3346	BL08B2	戸田 昭夫	
			2014A3346	BL08B2	戸田 昭夫	
			2014B3346	BL08B2	戸田 昭夫	
34475	Shang-Chieh Hou	349 (2017) 111-120	2016A4130	BL12B2	Chang Chia-Chin	The Synergistic Effects of Combining the High Energy Mechanical Milling and Wet Milling on Si Negative Electrode Materials for Lithium Ion Battery
			2016B4133	BL12B2	Chen Tsan Yao	
			2016A4125	BL12B2	Chang Chia-Chin	

Journal of Synchrotron Radiation

34217	Masae Torii	24 (2017) 1039-1047	2014A1643	BL20B2	鳥井 雅恵	Analysis of the Microvascular Morphology and Hemodynamics of Breast Cancer in Mice using SPRING-8 Synchrotron Radiation Microangiography
			2013B1699	BL28B2	鳥井 雅恵	
			2013A1610	BL20B2	鳥井 雅恵	
34445	Kosuke Suzuki	24 (2017) 1006-1011	2015A1477	BL08W	鈴木 宏輔	<i>In Operando</i> Quantitation of Li Concentration for a Commercial Li-Ion Rechargeable Battery using High-Energy X-ray Compton Scattering
			2013A1007	BL08W	内本 喜晴	
			2013B1019	BL08W	内本 喜晴	
			2014A1012	BL08W	内本 喜晴	
			2014B1023	BL08W	内本 喜晴	
			2015A1010	BL08W	内本 喜晴	
			2015B1010	BL08W	内本 喜晴	
			2015B1213	BL08W	桜井 浩	
			2016A1016	BL08W	内本 喜晴	
			2016A1211	BL08W	鈴木 宏輔	
			2016B1020	BL08W	内本 喜晴	

Journal of the Physical Society of Japan

34003	Shinichi Nakamura	86 (2017) 084701	2016B3561	BL11XU	中村 真一	Crystal-Site-Selective Spectrum of Fe_3BO_5 by Synchrotron Mössbauer Diffraction with Pure Nuclear Bragg Scattering
34463	Hironori Tonai	86 (2017) 093704	2014A1886	BL39XU	河村 直己	Estimation of Ce 4f-5d Interaction by Analysis of Partial Fluorescence Yield at the Ce L_3 Edge of CeO_2
			2015A1470	BL01B1	河村 直己	
			2015B1994	BL39XU	河村 直己	

Nature Communications

34071	Hiroto Nishihara	8 (2017) 109	2015A1666	BL14B2	丸山 純	Synthesis of Ordered Carbonaceous Frameworks from Organic Crystals
			2015A1956	BL19B2	丸山 純	
			2016A1750	BL19B2	丸山 純	
34139	Xianjun Zhang	8 (2017) 15383	2015B1025	BL41XU	Xu Fei	Crystal Structure of a Multi-Domain Human Smoothed Receptor in Complex with a Super Stabilizing Ligand

Physical Review Letters

34451	Kyung Hwan Kim	119 (2017) 075502	2016B8055	BL3	Kim Kyung Hwan	Temperature-Independent Nuclear Quantum Effects on the Structure of Water
34469	Shunsuke Kitou	119 (2017) 065701	2009A0083	BL02B1	澤 博	Successive Dimensional Transition in $(\text{TMTTF})_2\text{PF}_6$ Revealed by Synchrotron X-ray Diffraction

Protein Science

34523	Eiji Kurimoto	26 (2017) 1080-1085	2016A6612	BL44XU	加藤 晃一	Crystal Structure of Human Proteasome Assembly Chaperone PAC4 Involved in Proteasome Formation
			2016B6612	BL44XU	加藤 晃一	
34553	Takeshi Hiromoto	26 (2017) 1953-1963	2014B1995	BL26B2	玉田 太郎	Neutron Structure of the T26H Mutant of T4 Phage Lysozyme Provides Insight into the Catalytic Activity of the Mutant Enzyme and How it Differs from that of Wild Type

Review of Scientific Instruments-1

34473	Shogo Kawaguchi	88 (2017) 085111	2013B1925	BL02B2	金 廷恩	High-Throughput Powder Diffraction Measurement System Consisting of Multiple MYTHEN Detectors at Beamline BL02B2 of SPRING-8
			2013B1926	BL02B2	金 廷恩	
			2015A1434	BL02B2	河口 彰吾	
			2015A2058	BL02B2	河口 彰吾	
			2015B1988	BL02B2	河口 彰吾	
			2016A1845	BL02B2	河口 彰吾	
			2016B1959	BL02B2	河口 彰吾	

Review of Scientific Instruments-2

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34493	Yasushi Kagoshima	88 (2017) 086110	2015A3200	BL24XU	籠島 靖	Measurement of Synchrotron Radiation Phase-Space Beam Properties to Verify Astigmatism Compensation in Fresnel Zone Plate Focusing Optics
			2015B3200	BL24XU	籠島 靖	

Science Advances

34138	Atsuhiko Shimada	3 (2017) e1603042	2014A8036	BL3	吾郷 日出夫	A Nanosecond Time-Resolved XFEL Analysis of Structural Changes Associated with CO Release from Cytochrome c Oxidase
			2014B8055	BL3	吾郷 日出夫	
			2015A8030	BL3	吉川 信也	
			2015A8053	BL3	吾郷 日出夫	
			2015B8032	BL3	吉川 信也	
			2015B8051	BL3	吾郷 日出夫	
			2016A8034	BL3	吉川 信也	
			2016A8050	BL3	吾郷 日出夫	
			2016B8053	BL3	吉川 信也	
			2016B8070	BL3	吾郷 日出夫	
			2014A1293	BL38B1	月原 富武	
			2014B1483	BL38B1	島田 敦広	
2015A1115	BL38B1	島田 敦広				
2016B2732	BL38B1	島田 敦広				
34398	Hasnain Hafiz	3 (2017) e1700971	2014A1289	BL08W	鈴木 宏輔	Visualizing Redox Orbitals and Their Potentials in Advanced Lithium-Ion Battery Materials using High-Resolution X-ray Compton Scattering

Structure

34460	Yoshiki Tanaka	25 (2017) 1455-1460	2016A2532	BL32XU	塚崎 智也	Crystal Structure of a Plant Multidrug and Toxic Compound Extrusion Family Protein
			2015A1061	BL32XU	塚崎 智也	
34537	Ken-ichi Maegawa	25 (2017) 846-857	2014A6904	BL44XU	稲葉 謙次	The Highly Dynamic Nature of ERdj5 Is Key to Efficient Elimination of Aberrant Protein Oligomers through ER-Associated Degradation
			2014B6904	BL44XU	稲葉 謙次	
			2015A6558	BL44XU	渡部 聡	

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

34042	Masatoshi Tosaka	90 (2017) 359-362	2016B1564	BL46XU	登阪 雅聡	WAXD Mapping Analysis of Strain-induced Crystals at the Crack Tip of Natural Rubber Using Synchrotron Radiation
34355	Yuji Sato	90 (2017) 382-388	2014A1571	BL19B2	佐藤 有二	Analysis of the Appearing Mechanism of Bubbles in the Rubber under Vulcanization
			2014A1572	BL46XU	佐藤 有二	

ACS Energy Letters

34147	Meicheng Wen	2 (2017) 1-7	2016A1095	BL01B1	森 浩亮	Plasmonic Au@Pd Nanoparticles Supported on a Basic Metal-Organic Framework: Synergic Boosting of H ₂ Production from Formic Acid
-------	--------------	-----------------	-----------	--------	------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ACS Macro Letters

34613	Yusuke Asai	3 (2014) 166-169	2010A1074	BL40XU	高野 敦志	Formation of Tetragonally-Packed Rectangular Cylinders from ABC Block Terpolymer Blends
-------	-------------	---------------------	-----------	--------	-------	-----------------------------------------------------------------------------------------

ACS Omega

34131	Mitsunori Honda	2 (2017) 721-727	2016B3507	BL11XU	本田 充紀	Mechanism of Cs Removal from Fukushima Weathered Biotite by Heat Treatment with a NaCl-CaCl ₂ Mixed Salt
			2015B3504	BL11XU	塩飽 秀啓	

ACS Sustainable Chemistry & Engineering

34015	Takahiro Mochizuki	7 (2017) 6343-6355	2014B1609	BL46XU	駒場 慎一	"Natto" Binder of Poly-γ-glutamate Enabling to Enhance Silicon/Graphite Composite Electrode Performance for Lithium-Ion Batteries
-------	--------------------	-----------------------	-----------	--------	-------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Acta Crystallographica Section D

34417	Shu Tsukui	72 (2016) 823-829	2015A1651	BL38B1	木村 恒久	Neutron and X-ray Single-Crystal Diffraction from Protein Microcrystals via Magnetically Oriented Microcrystal Arrays in Gels
			2015B1032	BL38B1	木村 恒久	
			2014A1640	BL38B1	津久井 秀	
			2014B1992	BL26B2	木村 恒久	

Acta Crystallographica Section F

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
34168	Dan Sato	73 (2017) 152-158	2014B6943	BL44XU	原田 繁春	The Hyperthermophilic Crystathionine γ -synthase from the Aerobic Crenarchaeon <i>Sulfolobus tokodaii</i> : Expression, Purification, Crystallization and Structural Insights
			2015A6535	BL44XU	原田 繁春	
			2016A6635	BL44XU	原田 繁春	
			2016B6635	BL44XU	原田 繁春	

AIP Conference Proceedings

34220	Nobufumi Miyazaki	1865 (2017) 050007	2014B1719	BL27SU	足立 望	Structure and Thermoelectric Property of Bulk CaMgSi Intermetallic Compound
			2014B1237	BL02B2	戸高 義一	

Biochemical Journal

34570	Satoru Yuzawa	467 (2015) 103-113	2015A6556	BL44XU	湯澤 聡	Structural Basis of Cofactor-Mediated Stabilization and Substrate Recognition of the α -tubulin Acetyltransferase α TAT1
			2014B6962	BL44XU	湯澤 聡	
			2014A6962	BL44XU	湯澤 聡	

Biophysical Chemistry

34030	Daiki Usui	228 (2017) 81-86	2011B1375	BL40XU	織田 昌幸	First Observation of Metal Ion-Induced Structural Fluctuations of α -helical Peptides by using Diffracted X-ray Tracking
			2015A1260	BL40XU	織田 昌幸	
			2015B1167	BL40XU	織田 昌幸	

Calcified Tissue International

34462	Naoyoshi Sakitani	101 (2017) 384-395	2014A1681	BL20B2	崎谷 直義	Mechanical Stress by Spasticity Accelerates Fracture Healing After Spinal Cord Injury
-------	-------------------	-----------------------	-----------	--------	-------	---------------------------------------------------------------------------------------

Carbohydrate Polymers

34519	Kayoko Kobayashi	177 (2017) 341-346	2014A1401	BL02B2	和田 昌久	Characterization of Crystalline Linear (1 \rightarrow 3)- α -D-glucan Synthesized <i>in vitro</i>
-------	------------------	-----------------------	-----------	--------	-------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Catalysis Communications

34110	Zhenzhong Zhang	87 (2016) 18-22	2014B1897	BL14B2	大橋 弘範	Allylic C-H Acetoxylation of Terminal Alkenes over TiO ₂ Supported Palladium Nanoparticles using Molecular Oxygen as the Oxidant
-------	-----------------	--------------------	-----------	--------	-------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Catalysis Science & Technology

34155	Priyanka Verma	7 (2017) 2551-2558	2015B1083	BL01B1	森 浩亮	Synthesis of Mesoporous Silica-Supported Ag Nanorod-Based Bimetallic Catalysts and Investigation of Their Plasmonic Activity under Visible Light Irradiation
			2016A1095	BL01B1	森 浩亮	

Catalysis Today

34142	Shigeki Okada	(2017) Available online 7 June 2017	2016B1833	BL14B2	関根 泰	Methane Dissociative Adsorption in Catalytic Steam Reforming of Methane over Pd/CeO ₂ in an Electric Field
-------	---------------	-------------------------------------	-----------	--------	------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Cell Chemical Biology

34137	Chihaya Yamada	24 (2017) 515-524	2014B2015	BL26B1	伏信 進矢	Molecular Insight into Evolution of Symbiosis between Breast-Fed Infants and a Member of the Human Gut Microbiome <i>Bifidobacterium longum</i>
			2016B2714	BL26B1	伏信 進矢	

Cell Reports

34268	Jun Ueda	18 (2017) 593-600	2012B1048	BL41XU	胡桃坂 仁志	Testis-Specific Histone Variant <i>H3t</i> Gene Is Essential for Entry into Spermatogenesis
			2013B1060	BL41XU	胡桃坂 仁志	
			2014A1042	BL41XU	胡桃坂 仁志	

Cell Research

34102	Xinzhe Yu	27 (2017) 1020-1033	2012A1832	BL41XU	長谷川 和也	Dimeric Structure of the Uracil:Proton Symporter UraA Provides Mechanistic Insights into the SLC4/23/26 Transporters
			2015A1029	BL32XU	Yan Nieng	

ChemBioChem

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
34472	Mohan Zhang	18 (2017) 1712-1715	2016B2712	BL26B1	長尾 聡	Rational Design of Domain-Swapping-Based α -Type Cytochrome Heterodimers by Using Chimeric Proteins
			2014B1438	BL38B1	長尾 聡	

Chemical Geology

34157	Kazuya Tanaka	460 (2017) 130-137	2015B1839	BL01B1	徳永 紘平	Ligand Exchange Adsorption and Coordination Structure of Pd on δ -MnO ₂ in NaCl Solution
			2015A0118	BL01B1	高橋 嘉夫	

The Chemical Record

34043	Teruyuki Kondo	17 (2017) 555-568	2013A1616	BL01B1	三宅 由花	Polymeric ¹ H MRI Probes for Visualizing Tumor <i>In Vivo</i>
-------	----------------	----------------------	-----------	--------	-------	--------------------------------------------------------------------------

Chemistry - A European Journal

34391	Ichiro Hisaki	23 (2017) 11611-11619	2015B1397	BL38B1	久木 一朗	Hexaazatriphenylene-Based Hydrogen-Bonded Organic Framework with Permanent Porosity and Single-Crystallinity
			2016A1121	BL38B1	久木 一朗	
			2016B1151	BL38B1	久木 一朗	

Chemistry of Materials

34082	Yulong Sun	29 (2017) 5858-5864	2014B1931	BL19B2	菅野 了次	Superionic Conductors: Li _{10+δ} [Sn ₁ Si _{1-y}] _{1+δ} P _{2-δ} S ₁₂ with a Li ₁₀ GeP ₂ S ₁₂ -type Structure in the Li ₃ PS ₄ -Li ₄ SnS ₄ -Li ₄ SiS ₄ Quasi-ternary System
			2015A1778	BL02B2	渡邊 明尋	
			2015B1768	BL19B2	渡邊 明尋	

ChemPlusChem

34503	Sigma Hashimoto	82 (2017) 1015-1020	2016B1268	BL02B1	山子 茂	Shortest Double-Walled Carbon Nanotubes Composed of Cycloparaphenylenes
-------	-----------------	------------------------	-----------	--------	------	-------------------------------------------------------------------------

Contributed Papers from Materials Science & Technology 2016

34005	Yoshikazu Nakai	(2016) 975-982	2016A1541	BL46XU	牧野 泰三	Inclusion Orientation Effect on Rolling Contact Fatigue Crack Paths Observed by Laminography using Synchrotron Radiation X-ray
			2015B1592	BL46XU	牧野 泰三	
			2015A1973	BL46XU	牧野 泰三	
			2015A1668	BL46XU	牧野 泰三	

Crystal Growth & Design

34256	Masayuki Imanishi	17 (2017) 3806-3811	2013B3202	BL24XU	津坂 佳幸	Homoepitaxial Hydride Vapor Phase Epitaxy Growth on GaN Wafers Manufactured by the Na-Flux Method
			2014A3202	BL24XU	津坂 佳幸	

Dalton Transactions

34091	Yasutaka Kuwahara	46 (2017) 8415-8421	2016A1057	BL01B1	桑原 泰隆	Liquid-phase Oxidation of Alkylaromatics to Aromatic Ketones with Molecular Oxygen over a Mn-based Metal-organic Framework
-------	-------------------	------------------------	-----------	--------	-------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Earth and Planetary Science Letters

34002	Yoshiyuki Okuda	474 (2017) 25-31	2014A0080	BL10XU	廣瀬 敬	The Effect of Iron and Aluminum Incorporation on Lattice Thermal Conductivity of Bridgmanite at the Earth's Lower Mantle
-------	-----------------	---------------------	-----------	--------	------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

The FEBS Journal

34134	Tomohiko Matsuzawa	283 (2016) 2340-2353	2014B2015	BL26B1	伏信 進矢	Crystal Structure and Identification of a Key Amino Acid for Glucose Tolerance, Substrate Specificity, and Transglycosylation Activity of Metagenomic β -glucosidase Td2F2
			2011A1908	BL26B1	伏信 進矢	

FEBS Letters

34016	Hirohata Sugino	591 (2017) 2019-2031	2014B1221	BL26B1	平田 章	A Structural Sketch of RcdA, a Transcription Factor Controlling the Master Regulator of Biofilm Formation
			2015B2047	BL26B2	平田 章	

Ferroelectrics

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
34516	Kenji Ohwada	513 (2017) 16-21	2012B3713	BL22XU	大和田 謙二	Coherent X-ray Diffraction for Domain Observation II
			2012A3713	BL22XU	大和田 謙二	
			2011B3713	BL22XU	大和田 謙二	
			2010A3713	BL22XU	大和田 謙二	

Free Radical Biology and Medicine

34539	Masaki Okumura	83 (2015) 314-322	2014A6904	BL44XU	稲葉 謙次	Structures and Functions of Protein Disulfide Isomerase Family Members Involved in Proteostasis in the Endoplasmic Reticulum
			2014B6904	BL44XU	稲葉 謙次	

Geochemistry International

34494	Ryoichi Nakada	55 (2017) 822-832	2013B1658	BL01B1	中田 亮一	Europium Anomaly Variation under Low-Temperature Water-Rock Interaction: A New Thermometer
-------	----------------	----------------------	-----------	--------	-------	--------------------------------------------------------------------------------------------

Geophysical Research Letters

34471	Sho Suehiro	44 (2017) 8254-8259	2014A0080	BL10XU	廣瀬 敬	The Influence of Sulfur on the Electrical Resistivity of hcp Iron: Implications for the Core Conductivity of Mars and Earth
-------	-------------	------------------------	-----------	--------	------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Green Chemistry

34228	Toshiki Akiyama	19 (2017) 3357-3369	2016A1678	BL14B2	谷口 敬寿	Ligand-Free Suzuki-Miyaura Coupling using Ruthenium(0) Nanoparticles and a Continuously Irradiating Microwave System
			2016B1745	BL27SU	谷口 敬寿	

Historical Biology

34324	Caizhi Shen	(2017) Published online: 09 Aug. 2017	2016A1038	BL20B2	Kundrat Martin	Forearm Bone Histology of the Small Theropod <i>Daliansaurus liaoningensis</i> (Paraves: Troodontidae) from the Yixian Formation, Liaoning, China
-------	-------------	---------------------------------------	-----------	--------	----------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Industrial & Engineering Chemistry Research

34090	Lidan Deng	56 (2017) 7160-7172	2012A1297	BL01B1	穴戸 哲也	Highly Active and Stable Pt-Sn/SBA-15 Catalyst Prepared by Direct Reduction for Ethylbenzene Dehydrogenation: Effects of Sn Addition
			2013B1478	BL01B1	穴戸 哲也	
			2014B1036	BL01B1	穴戸 哲也	

Inorganica Chimica Acta

34474	Masahiko Maekawa	467 (2017) 204-211	2016A1863	BL02B1	杉本 邦久	Structural Diversity of Copper(I) Cyclodiene Complexes Bridged by 3,6-bis(2-pyridyl)-1,2,4,5-tetrazine
			2016B1957	BL02B1	杉本 邦久	

International Journal of Hydrogen Energy

34397	Hiroyuki Saitoh	42 (2017) 22489-22495	2014A3602	BL14B1	齋藤 寛之	Synthesis of Novel Hydride $\text{Li}_3\text{AlFeH}_3$ at High Temperature and Pressure
			2014B3602	BL14B1	齋藤 寛之	
			2014A3614	BL14B1	松尾 元彰	

International Journal of Molecular Sciences

34498	Christopher D. M Hutchison	18 (2017) 1918	2016A8041	BL3	岩田 想	X-ray Free Electron Laser Determination of Crystal Structures of Dark and Light States of a Reversibly Photoswitching Fluorescent Protein at Room Temperature
			2016A8032	BL3	Van Thor Jasper	

IUCrJ

34453	Keitaro Yamashita	4 (2017) 639-647	2014B8050	BL3	岩田 想	Experimental Phase Determination with Selenome-thionine or Mercury-Derivatization in Serial Femtosecond Crystallography
			2015A8048	BL3	岩田 想	
			2015A8049	BL3	中津 亨	
			2015B8046	BL3	中津 亨	

Journal of Alloys and Compounds

34267	Alexei Belik	699 (2017) 928-937	2015A4502	BL15XU	Belik Alexei	Antiferroelectric Properties and Site Occupations of R^{3+} Cations in $\text{Ca}_9\text{MgR}(\text{PO}_4)_7$ Luminescent Host Materials
-------	--------------	-----------------------	-----------	--------	--------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

The Journal of Antibiotics

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
34226	Yoko Eguchi	70 (2017) 251-258	2010A6511	BL44XU	岡島 俊英	Angucycline Antibiotic Waldiomycin Recognizes Common Structural Motif Conserved in Bacterial Histidine Kinases
			2010B6511	BL44XU	岡島 俊英	
			2011A6610	BL44XU	岡島 俊英	
			2011B6610	BL44XU	岡島 俊英	
			2012A6710	BL44XU	岡島 俊英	
			2013A6810	BL44XU	岡島 俊英	
			2013B6810	BL44XU	岡島 俊英	
			2014A6912	BL44XU	岡島 俊英	
2014B6912	BL44XU	岡島 俊英				
2015A6508	BL44XU	岡島 俊英				

Journal of Applied Crystallography

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
34416	Chiaki Tsuboi	49 (2016) 2100-2105	2015A1651	BL38B1	木村 恒久	X-ray Diffraction from Magnetically Oriented Microcrystal Suspensions Detected by a Shutterless Continuous Rotation Method
			2014A1640	BL38B1	津久井 秀	
			2015B1032	BL38B1	木村 恒久	
			2014B1992	BL26B2	木村 恒久	

Journal of Applied Polymer 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
34406	Tatsuki Nyuui	135 (2018) 45665	2011A1742	BL19B2	八木 康洋	Correlation between Gas Transport Properties and the Morphology/Dynamics of Crystalline Fluorinated Copolymer Membranes

Journal of Asian Ceramic Societies

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
34478	Nobuhiro Kumada	5 (2017) 284-289	2015B1141	BL02B2	熊田 伸弘	Synthesis of Rutile-Type Solid Solution $Ni_{1-x}Co_xTi(Nb_{1-y}Ta_y)_2O_3$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$) and Its Optical Property
			2014B1003	BL02B2	熊田 伸弘	

Journal of Catalysis

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
34129	Haruno Murayama	353 (2017) 74-80	2015B1781	BL14B2	村山 美乃	Chloride-Free and Water-Soluble Au Complex for Preparation of Supported Small Nanoparticles by Impregnation Method
			2015A1702	BL14B2	大橋 弘範	

Journal of Electroanalytical Chemistry

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34394	Masahiro Seo	671 (2012) 7-15	2010B5320	BL16B2	稲葉 雅之	<i>In situ</i> X-ray Absorption Spectroscopy for Identification of Lead Species Adsorbed on a Nickel Surface in Acidic Perchlorate Solution
			2011A5320	BL16B2	稲葉 雅之	
			2011B5320	BL16B2	稲葉 雅之	

Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena

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
34424	Yuina Kanai	(2017) Available online 2 Jan. 2017	2014A1023	BL27SU	関山 明	Linear Dichroism in 3d Core-Level and 4f Valence-Band Photoemission Spectra of Strongly Correlated Rare-Earth Compounds
			2014A1149	BL19LXU	関山 明	
			2014B1299	BL27SU	関山 明	
			2014B1305	BL19LXU	関山 明	

Journal of Electronic 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
34146	Shogo Kusano	46 (2017) 3634-3638	2014A3609	BL14B1	松村 大樹	Study of Catalytic Reaction at Electrode-Electrolyte Interfaces by a CV-XAFS Method
			2012B3609	BL14B1	松村 大樹	
			2013A3610	BL14B1	松村 大樹	

Journal of Geophysical Research

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34208	Saori I. Kawaguchi	122 (2017) 3624-3634	2011B1336	BL35XU	廣瀬 敬	Sound Velocity of Liquid Fe-Ni-S at High Pressure
			2012A1237	BL35XU	廣瀬 敬	
			2012B1356	BL35XU	中島 陽一	
			2012B1159	BL35XU	廣瀬 敬	
			2013A1438	BL35XU	廣瀬 敬	
			2013A1541	BL35XU	中島 陽一	
			2013B1154	BL35XU	廣瀬 敬	
			2013B1407	BL35XU	中島 陽一	
			2014A1368	BL35XU	中島 陽一	
			2014A1907	BL35XU	内山 裕士	
			2014B1271	BL35XU	廣瀬 敬	
			2014B1536	BL35XU	中島 陽一	

Journal of Hazardous 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
34420	Takashi Fujimori	341 (2017) 365-372	2013B1046	BL01B1	藤森 崇	Effect of Lead Speciation on Its Oral Bioaccessibility in Surface Dust and Soil of Electronic-Wastes Recycling Sites
			2012B1046	BL01B1	藤森 崇	
			2015A1904	BL01B1	高岡 昌輝	

Journal of Instrumentation

34432	Natsuki Tomida	11 (2016) C11037	2014A6101	BL31LEP	村松 憲仁	Performance of TOF-RPC for the BGOegg Experiment
-------	----------------	---------------------	-----------	---------	-------	--------------------------------------------------

Journal of Oleo Science

34437	Kaname Hashizaki	66 (2017) 997-1007	2014A1055	BL40B2	橋崎 要	Highly Viscoelastic Reverse Wormlike Micellar Systems from a Mixture of Lecithin, Polyglycerol Fatty Acid Monoesters, and an Oil
			2016A1054	BL40B2	橋崎 要	

The Journal of Physical Chemistry Letters

34108	Toshiyuki Matsunaga	7 (2016) 2063-2067	2015A1013	BL02B2	小久見 善八	Structural Understanding of Superior Battery Properties of Partially Ni-Doped Li_2MnO_3 as Cathode Material
			2015B1014	BL02B2	小久見 善八	

Journal of Physics: Condensed Matter

34512	Kishor Kumar	29 (2017) 425805	2015B0901	BL08W	千葉 大地	Temperature Dependent Magnetic Compton Profiles and First-Principles Strategies of Quaternary Half-Heusler Alloy $\text{Co}_{1-x}\text{Cu}_x\text{MnSb}$ ($0 \leq x \leq 0.8$)
-------	--------------	---------------------	-----------	-------	-------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Journal of Raman Spectroscopy

34059	Takahiro Matsuoka	48 (2017) 1222-1228	2011A1278	BL10XU	松岡 岳洋	Lithium Polyhydrides Synthesized under High Pressure and High Temperature
			2011B0038	BL10XU	清水 克哉	
			2013B1109	BL10XU	松岡 岳洋	
			2014A1320	BL10XU	松岡 岳洋	
			2014B1332	BL10XU	松岡 岳洋	

Journal of the American Chemical Society

34421	Yoshitaka Aoki	139 (2017) 11197-11206	2016B1036	BL01B1	青木 芳尚	Low-Temperature Oxygen Storage of $\text{Cr}^{\text{IV}}\text{-Cr}^{\text{V}}$ Mixed-Valence $\text{YCr}_{1-x}\text{P}_x\text{O}_{4-\delta}$ Driven by Local Condensation around Oxygen-Deficient Orthochromite
-------	----------------	---------------------------	-----------	--------	-------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Journal of the Electrochemical Society

34435	Kei Kubota	164 (2017) A2368-A2373	2016B1876	BL19B2	駒場 慎一	Origin of Enhanced Capacity Retention of P2-Type $\text{Na}_{2/3}\text{Ni}_{1/3-x}\text{Mn}_{2/3}\text{Cu}_x\text{O}_2$ for Na-Ion Batteries
			2016B1877	BL14B2	駒場 慎一	

Journal of the Japan Petroleum Institute

34502	Go Nagai	60 (2017) 256-262	2016A1455	BL01B1	野村 琴広	Effect of Al Cocatalyst in Ethylene and Ethylene/Norbomene (Co) Polymerization by (Imido)vanadium Dichloride Complexes Containing Anionic <i>N</i> -Heterocyclic Carbenes Having Weakly Coordinating Borate Moiety
			2016B1509	BL01B1	野村 琴広	

Journal of Volcanology and Geothermal Research

34405	Aika Kurokawa	343 (2017) 211-219	2014B1099	BL20B2	奥村 聡	Rheology of Basaltic Ash from Stromboli Volcano Inferred from Intermittent Compression Experiments
			2015B1455	BL20B2	奥村 聡	
			2016A1117	BL20B2	奥村 聡	

Materials

34255	Junichi Nomoto	10 (2017) 916	2016B1588	BL19B2	野本 淳一	Characteristics of Carrier Transport and Crystallographic Orientation Distribution of Transparent Conductive Al-Doped ZnO Polycrystalline Films Deposited by Radio-Frequency, Direct-Current, and Radio-Frequency-Superimposed Direct-Current Magnetron Sputtering
-------	----------------	------------------	-----------	--------	-------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Materials & Design

34266	N. G. Dorbakov	116 (2017) 515-523	2015B4504	BL15XU	辻本 吉廣	Tuning of Nonlinear Optical and Ferroelectric Properties via the Cationic Composition of $\text{Ca}_{9.5-1.5x}\text{Bi}_x\text{Cd}(\text{VO}_4)_7$ Solid Solutions
-------	----------------	-----------------------	-----------	--------	-------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Materials Characterization

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
34229	Shogo Furuta	130 (2017) 237-242	2016A1106	BL47XU	小林 正和	Investigation of Three-Dimensional Morphology Changes of the Eutectic Si Particles Affected by Trace P and Sr in Al-7%Si Cast Alloys by Means of Synchrotron Nano-Tomography
			2015A1283	BL47XU	小林 正和	

Materials Research Bullten

34442	Hiroyuki Tada	90 (2017) 41-46	2014A3782	BL22XU	川人 洋介	Effect of Laser Solution-Treatment on a Ti-based Shape Memory Alloy
			2014B3781	BL22XU	川人 洋介	

Materials Science in Semiconductor Processing

34320	Takahisa Shiraiishi	70 (2017) 239-245	2014A1290	BL13XU	舟窪 浩	Effect of the Film Thickness on the Crystal Structure and Ferroelectric Properties of (Hf _{0.5} Zr _{0.5})O ₂ Thin Films Deposited on Various Substrates
			2014B1779	BL13XU	白石 貴久	
			2013B4702	BL15XU	舟窪 浩	
			2014B4704	BL15XU	清水 荘雄	
			2014A4703	BL15XU	清水 荘雄	
			2015B4702	BL15XU	清水 荘雄	
			2015A4702	BL15XU	舟窪 浩	

Materials Transactions

34388	Takashi Onishi	51 (2010) 482-487	2005B5311	BL16B2	稲葉 雅之	Calculations of Internal Oxidation Rate Equations and Boundary Conditions between Internal and External Oxidation in Silicon Containing Steels
			2006A5311	BL16B2	稲葉 雅之	
			2006B5311	BL16B2	稲葉 雅之	
			2009A5321	BL16B2	稲葉 雅之	

Microelectronic Engineering

34192	Akio Ohta	178 (2017) 80-84	2014A0109	BL47XU	宮崎 誠一	Potential Changes and Chemical Bonding Features for Si-MOS Structure as Evaluated from HAXPES Analysis
-------	-----------	---------------------	-----------	--------	-------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------

Microelectronics Reliability

34354	Masanori Usui	78 (2017) 93-99	2016A7012	BL33XU	木村 英彦	Effects of Thermal Aging on Cu Nanoparticle/Bi-Sn Solder Hybrid Bonding
			2016B7012	BL33XU	木村 英彦	

Molecular Crystals and Liquid Crystals

34418	Akira Heya	618 (2015) 83-88	2010A1853	BL19B2	部家 彰	Thermal Treatment of Ultrathin Pentacene Thin-Film Transistors
-------	------------	---------------------	-----------	--------	------	----------------------------------------------------------------

Nano Letters

34607	Takayoshi Yamamoto	17 (2017) 5273-5276	2014B1554	BL01B1	北川 宏	Disappearance of the Superionic Phase Transition in Sub-5 nm Silver Iodide Nanoparticles
			2014A1321	BL04B2	坂田 修身	

Nanotechnology

34240	Yuri Yamada	28 (2017) 205303	2015A7003	BL33XU	原田 雅史	Simple and Scalable Preparation of Master Mold for Nanoimprint Lithography
			2015B7003	BL33XU	原田 雅史	

Nature

34017	Masayuki Nishi	547 (2017) 205-208	2014B1363	BL10XU	西 真之	The Pyrite-Type High-Pressure Form of FeOOH
			2016A1476	BL10XU	西 真之	

Nature Materials

34549	Ryusuke Futamura	(2017) Published online 18 Sep. 2017	2012B1438	BL02B2	金子 克美	Partial Breaking of the Coulombic Ordering of Ionic Liquids Confined in Carbon Nanopores
			2013B1243	BL02B2	二村 竜祐	
			2014A1167	BL02B2	二村 竜祐	
			2014B1196	BL02B2	二村 竜祐	

New Journal of Chemistry

34239	Kosuke Katagiri	41 (2017) 8305-8311	2015B1361	BL38B1	片桐 幸輔	Aqua Coordination to Attenuate the Luminescence Properties of Europium(III)-Phosphine Oxide Porous Coordination Polymers
-------	-----------------	------------------------	-----------	--------	-------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

NPG Asia 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
34559	Bing-Jen Hsieh	9 (2017) e403	2014A4126	BL12B2	Hwang Bing Joe	Platinum Loaded on Dual-Doped TiO ₂ as an Active and Durable Oxygen Reduction Reaction Catalyst
			2014A4131	BL12B2	Hwang Bing Joe	
			2014A4133	BL12B2	Hwang Bing Joe	
			2014B4136	BL12B2	Hwang Bing Joe	

npj Quantum 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
34145	Yasuhiro Iwabata	2 (2017) 27	2015B1133	BL43IR	森田 靖	Near-Infrared Absorption of π -stacking Columns Composed of Trioxotriangulene Neutral Radicals

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section 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
34027	Sou Watanabe	404 (2017) 202-206	2014A3504	BL11XU	塩飽 秀啓	Local Structure and Distribution of Remaining Elements Inside Extraction Chromatography Adsorbents
			2014B3504	BL11XU	塩飽 秀啓	
			2015A3504	BL11XU	塩飽 秀啓	
			2015B3504	BL11XU	塩飽 秀啓	

Oxidation of Metals

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
34387	Mikako Takeda	73 (2010) 1-13	2005B5311	BL16B2	稲葉 雅之	Influence of Oxidation Temperature and Cr Content on the Adhesion and Microstructure of Scale on Low Cr Steels
			2006A5311	BL16B2	稲葉 雅之	
			2006B5311	BL16B2	稲葉 雅之	
			2009A5321	BL16B2	稲葉 雅之	

Pharmaceutics

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
34209	Ichiro Hatta	9 (2017) 26	2010A1482	BL40B2	中沢 寛光	A Possible Percutaneous Penetration Pathway That Should Be Considered
			2010B1240	BL40B2	中沢 寛光	
			2011B1145	BL40B2	中沢 寛光	
			2012B1489	BL40B2	中沢 寛光	
			2013A1276	BL40B2	中沢 寛光	
			2013B1468	BL40B2	中沢 寛光	

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
34450	Takanori Itoh	(2017) Available online 20 May 2017	2012A1325	BL19B2	伊藤 孝憲	Electrochemical Cycling Effect on Structural Parameters and Electron Density of Li _{1-x} Ni _{0.5} Mn _{1.5} O ₄ using Synchrotron X-ray Analyses
			2012A1606	BL14B2	伊藤 孝憲	

Physica Status Solidi 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
34448	Masanobu Izaki	(2017) online publication 1 Sep. 2017	2015A1230	BL20XU	小林 正和	Electrochemically Grown ZnO Vertical Nanowire Scintillator with Light-Guiding Effect

Physical Chemistry Chemical 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
34148	Kazuki Nakatsuka	19 (2017) 4967-4974	2015B1083	BL01B1	森 浩亮	Controlled Synthesis of Carbon-Supported Co Catalysts from Single-Sites to Nanoparticles: Characterization of the Structural Transformation and Investigation of Their Oxidation Catalysis
			2016A1095	BL01B1	森 浩亮	
			2015A1149	BL01B1	森 浩亮	

Physical Review Applied

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
34011	Shun Fukami	7 (2017) 064029	2015B1385	BL25SU	鈴木 拓	Correlation Between High Gas Sensitivity and Dopant Structure in W-doped ZnO
			2015A0116	BL25SU	林 好一	

Plant Physiology

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
34216	Seckin Eroglu	174 (2017) 1633-1647	2012B1606	BL37XU	高橋 美智子	Metal Tolerance Protein 8 Mediates Manganese Homeostasis and Iron Reallocation during Seed Development and Germination

PLoS Biology

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34242	Takuma Fukumura	15 (2017) e2002281	2013B1305	BL41XU	今田 勝巳	Assembly and Stoichiometry of the Core Structure of the Bacterial Flagellar Type III Export Gate Complex
			2014A1388	BL41XU	今田 勝巳	
			2016A2544	BL26B1	今田 勝巳	

PLoS One

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
34524	Manuel Maestre-Reyna	10 (2015) e0120601	2014A4009	BL12B2	Jeng Wen-Yih	Structural and Functional Roles of Glycosylation in Fungal Laccase from <i>Lentinus</i> sp.
			2014B4006	BL12B2	Jeng Wen-Yih	

Polymer

34164	Hiroko Yamamoto	116 (2017) 378-394	2012B7257	BL03XU	浅田 光則	Crystal Structures and Phase Transition Behavior of Poly(nonamethylene terephthalamide) and its Model Compounds
			2014B7256	BL03XU	浅田 光則	

Polymer Chemistry

34541	Tomoyasu Hirai	8 (2017) 5456-5468	2013B1171	BL40B2	高原 淳	Control of the Primary and Secondary Structure of Polymer Brushes by Surface-Initiated Living/Controlled Polymerization
			2014A1222	BL40B2	高原 淳	
			2014B1286	BL40B2	高原 淳	
			2015A1584	BL40B2	高原 淳	
			2016A1272	BL40B2	高原 淳	
			2016B1227	BL40B2	高原 淳	

Powder Diffraction

34166	Takashi Hashimoto	32 (2017) 112-117	2016A1305	BL26B1	橋本 敬	Single-crystal Structure Analysis of Designer Drugs Circulating in the Japanese Drug Market by the Synchrotron Radiation X-ray Diffraction
			2015B1104	BL26B1	橋本 敬	

Procedia Structural Integrity

34004	Yoshikazu Nakai	3 (2017) 402-410	2016B1627	BL19B2	中井 善一	Change of Misorientation of Individual Grains in Fatigue of Polycrystalline Alloys by Diffraction Contrast Tomography using Ultrabright Synchrotron Radiation
			2016A1563	BL19B2	中井 善一	
			2015B1786	BL46XU	中井 善一	
			2015A1849	BL46XU	中井 善一	

Proceedings of ASME Turbo Expo 2017

34063	Masahiro Negami	(2017) GT2017-64046	2015A5010	BL16XU	水間 秀一	Development of Highly Durable Thermal Barrier Coating by Suppression of Thermally Grown Oxide
			2015B5010	BL16XU	水間 秀一	
			2016A5010	BL16XU	水間 秀一	

Protein Expression and Purification

34172	Xinying Wang	138 (2017) 56-62	2015A6535	BL44XU	原田 繁春	Expression, Purification, and Crystallization of Type 1 Isocitrate Dehydrogenase from <i>Trypanosoma brucei brucei</i>
			2015B6535	BL44XU	原田 繁春	
			2016A6635	BL44XU	原田 繁春	
			2016B6635	BL44XU	原田 繁春	

Royal Society of Chemistry Advances

34482	Hom Nath Luitel	7 (2017) 41311-41320	2016A7030	BL33XU	田島 伸	Effect of Ti Compositions for Efficiency Enhancement of CaTiO ₃ :Er ³⁺ , Ni ²⁺ Broadband-Sensitive Upconverters
			2016B7030	BL33XU	田島 伸	

Science

34444	Yasuhito Shomura	357 (2017) 928-932	2012A1180	BL38B1	庄村 康人	Structural Basis of the Redox Switches in the NAD ⁺ -Reducing Soluble [NiFe]-Hydrogenase
			2012B1445	BL41XU	庄村 康人	
			2013A6824	BL44XU	庄村 康人	
			2013B1090	BL38B1	庄村 康人	
			2013B6824	BL44XU	庄村 康人	

Scripta Materialia

34103	Hiroshi Okuda	139 (2017) 26-29	2015B1458	BL45XU	奥田 浩司	Transition to Long Period Stacking Ordered Structures in Mg ₈₅ Gd ₃ Zn ₆ Alloys from Amorphous Ribbons Examined by Synchrotron Radiation Scattering: Comparison with Mg ₈₅ Y ₂ Zn ₆ Alloys
			2016A1116	BL45XU	奥田 浩司	

Soft Matter

34543	Hui Wu	13 (2017) 4661-4666	2016A7211	BL03XU	岡本 泰志	Orientation and Crystallization of Regioregular Poly(3-Dodecylthiophene) in Alumina Nanopores
-------	--------	------------------------	-----------	--------	-------	-----------------------------------------------------------------------------------------------

Solid State Ionics

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
34231	Gen Kojo	306 (2017) 89-96	2016A1664	BL02B2	小城 元	Structural and Transport Properties of Lanthanum Tungstate with High La/W Ratio: Suitability for Proton-Conducting Solid Oxide Fuel Cells Operating at Intermediate Temperature

Structural Dynamics

34019	Yuki Obara	4 (2017) 044033	2015A8062	BL3	鈴木 俊法	Femtosecond Time-Resolved X-ray Absorption Spectroscopy of Anatase TiO ₂ Nanoparticles using XFEL
			2016B8079	BL3	鈴木 俊法	

Synthetic Metals

34034	Shogo Yamane	221 (2016) 61-66	2015B1600	BL46XU	宮寺 哲彦	Thermal Stabilization of Organic Photovoltaic Cells using [6,6]-phenyl C ₆₁ -butyric Acid Methyl Ester Analogs: Effects of Alkyl Substituents on the Nanostructures of Bulk Heterojunction Films and Their Stabilities
			2015B1891	BL46XU	宮寺 哲彦	

Vibrational Spectroscopy

34212	Hiroaki Sakai	92 (2017) 215-219	2013B1208	BL43IR	吉田 薫	Fourier-Transform Spectra of Metal Salts of Phytic Acid in the Mid- to Far-Infrared Spectral Range
			2014A1069	BL43IR	吉田 薫	
			2015A1893	BL43IR	吉田 薫	

Zoological Letters

34449	Hiroyuki Iwamoto	3 (2017) 15	2015A1472	BL45XU	岩本 裕之	The Tymbal Muscle of Cicada Has Flight Muscle-Type Sarcomeric Architecture and Protein Expression
			2015B1420	BL45XU	岩本 裕之	
			2016B1384	BL45XU	岩本 裕之	
			2017A1214	BL45XU	岩本 裕之	

火力原子力発電大会 (The Thermal and Nuclear Power)

34044	Hiroyuki Akiho	66 (2015) 110-114	2011B5350	BL16B2	梶原 義久	Behavior of Selenium in Wet Flue Gas Desulfurization Unit and Wastewater Treatment Unit
			2012A5351	BL16B2	梶原 義久	
			2012B5350	BL16B2	野口 真一	

火力原子力発電大会論文集 (The Thermal and Nuclear Power Generation Convention Collected Works)

34028	Yasuhiro Mukai	13 (2017) 29-34	2013A5050	BL16XU	出口 博史	Creep Damage Evaluation of Gas Turbine Blade Material by using SPRING-8 Synchrotron Radiation
			2013B5050	BL16XU	出口 博史	
			2014A5050	BL16XU	出口 博史	
			2014B5050	BL16XU	林 利彦	
			2015A5050	BL16XU	林 利彦	
			2015B5050	BL16XU	林 利彦	

材料 (Journal of the Materials Science)

34558	Tsukasa Nakai	66 (2017) 648-653	2007B1840	BL14B2	中居 司	Bi L _{III} -Edge XAFS Study of GeBiTe Phase-Change Recording Material Using Actual Media
			2006A5360	BL16B2	竹村 モモ子	
			2006B5360	BL16B2	吉木 昌彦	
			2007A5360	BL16B2	吉木 昌彦	
			2007B5360	BL16B2	吉木 昌彦	

鉄と鋼 (Tetsu to Hagane)

34227	Osamu Furukimi	103 (2017) 475-482	2015B1426	BL20XU	古君 修	Void Nucleation and Growth Examination during Tensile Deformation for IF Steel by Synchrotron X-ray Laminography and EBSD
-------	----------------	-----------------------	-----------	--------	------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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

34392	Yohei Yamada	81 (2017) 206-210	2015A5020	BL16XU	北原 周	Evaluation of Adhesion of Oxide Scale by Tensile Test
-------	--------------	----------------------	-----------	--------	------	-------------------------------------------------------

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

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34012	Koji Yonekura	59 (2017) 88-95	2012B1061	BL41XU	米倉 功治	Electron 3D Crystallography of Protein Structures and Refinement of Charges
			2013B1085	BL32XU	米倉 功治	
			2014B1045	BL32XU	米倉 功治	
			2015A1021	BL32XU	米倉 功治	
			2016A2530	BL32XU	米倉 功治	

分析化学 (Bunseki Kagaku)

34540	Yusuke Shirota	66 (2017) 607-612	2010A1374	BL08W	大坂 恵一	Construction of a Forensic Soil Database of the Hokkaido Region in Japan by Synchrotron Radiation X-ray Analysis
			2012A1343	BL08W	大坂 恵一	
			2013A1331	BL08W	大坂 恵一	
			2013B1564	BL08W	大坂 恵一	
			2011A1729	BL19B2	大坂 恵一	
			2012B1400	BL19B2	大坂 恵一	
			2013B1565	BL19B2	大坂 恵一	
			2014A1781	BL19B2	大坂 恵一	
			2014B1911	BL19B2	大坂 恵一	
2014A1546	BL19B2	大坂 恵一				

博士論文 (京都大学)

34107	Takuya Mori	(2015)	2014A1010	BL27SU	小久見 善八	Design Principles of the Cathode Materials for Multivalent Cation Batteries
			2014B1016	BL27SU	小久見 善八	
			2014A1724	BL27SU	折笠 有基	
			2015A1522	BL27SU	折笠 有基	
			2015A1017	BL01B1	小久見 善八	
34109	Kentaro Yamamoto	(2015)	2014A1014	BL37XU	内本 喜晴	Design Principles for the Cathode/Electrolyte Interfacial Phenomena in Lithium Ion Batteries
			2014B1024	BL37XU	内本 喜晴	
			2013B1020	BL02B2	内本 喜晴	
			2014B1017	BL02B2	小久見 善八	
34113	Titus Nyamwaro Masese	(2015)	2013B1020	BL02B2	内本 喜晴	Iron-Based Polyanion Cathode Materials for High-Energy Density Rechargeable Lithium and Magnesium Batteries
			2013B1023	BL27SU	内本 喜晴	
			2014A1013	BL27SU	内本 喜晴	
			2014A1011	BL02B2	小久見 善八	
			2014B1017	BL02B2	小久見 善八	

博士論文 (Brandenburgischen Technischen Universität)

34213	Evelyn Handick	(2017)	2014A1729	BL47XU	Wilks Regan	Surface and Interface Characterization by X-ray and Electron Spectroscopies - Revealing the Peculiarities of Cu(In,Ga)Se ₂ Chalcopyrite and CH ₃ NH ₃ PbI _{(3-x)Cl_x} Perovskite-Based Thin Film Solar Cell Structures
			2015A4600	BL15XU	Gerlach Dominic	

博士論文 (Drexel University)

34365	Sergey Smolin	(2017)	2015B4601	BL15XU	Gerlach Dominic	Dynamic Optoelectronic Properties in Perovskite Oxide Thin Films Measured with Ultrafast Transient Absorption & Reflectance Spectroscopy
-------	---------------	--------	-----------	--------	-----------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

博士論文 (大阪大学)

34580	Katsuhiko Hayashi	(2017)	2015A6527	BL44XU	中島 良介	Structural Basis of RND-type Multidrug Transporter
			2015B6527	BL44XU	中島 良介	
			2016A6627	BL44XU	中島 良介	
			2014B6934	BL44XU	中島 良介	

博士論文 (大阪府立大学)

34064	Masahiro Kamon	(2015)	2012B1804	BL40B2	西村 重徳	マルチオリゴ糖生成アミラーゼに関する研究
			2014B1085	BL38B1	西村 重徳	
			2014B1763	BL38B1	掃部 正浩	

博士論文 (岡山大学)

34610	Satoshi Fukui	(2016)	2014A1311	BL13XU	紅野 安彦	スズリン酸塩系ガラスの物性と構造解析
-------	---------------	--------	-----------	--------	-------	--------------------

博士論文 (東京藝術大学)

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
34009	Natsuki Murakami	(2016)	2015A1906	BL08W	村上 夏希	Archaeometric Study on Materials and Techniques of the Islamic Pottery Case Study in the Shards Excavated in al-Fustāt, Egypt

博士論文 (同志社大学)

34235	Satoshi Doi	(2017)	2015A1699	BL28B2	土井 智史	加工ひずみを考慮したモータ鉄損の解析手法に関する研究
			2015A3788	BL22XU	土井 智史	

博士論文 (名古屋大学)

34221	Daichi Takeuchi	(2017)	2016B1676	BL47XU	竹内 大智	Study on Ballistic Electron Emission Characteristics of Si-based Quantum Dots for Their Application to Field Emission Devices
-------	-----------------	--------	-----------	--------	-------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

博士論文 (兵庫県立大学)

34563	Shota Nakayama	(2017)	2014A1751	BL19B2	寺田 大将	ナノ結晶粒を有した Ni-W 系合金の微細組織と機械的性質の関係および変形メカニズムに関する研究
			2012B1863	BL46XU	足立 大樹	
			2013A1243	BL46XU	足立 大樹	
			2014B1019	BL46XU	足立 大樹	

博士論文 (北陸先端科学技術大学院大学)

34092	Mahiro Shirotori	(2017)	2015A1389	BL01B1	穴戸 哲也	Development of Layered Double Hydroxide-based Highly Functionalized Solid Catalysts for Utilization of Biomass Derived Saccharides
			2014B1472	BL01B1	西村 俊	

課題以外の成果として登録された論文

Physical Review Special Topics - Accelerators and Beams

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
34337	Takao Asaka	20 (2017) 080702	加速器		Low-Emitance Thermionic-Gun-Based Injector for a Compact Free-Electron Laser
			XFEL		
34400	Takahiro Watanabe	20 (2017) 072401	加速器		Permanent Magnet Based Dipole Magnets for Next Generation Light Sources

Acta Crystallographica Section D

34335	Hisashi Naitow	73 (2017) 702-709		BL26B2	Protein-Ligand Complex Structure from Serial Femtosecond Crystallography using Soaked Thermolysin Microcrystals and Comparison with Structures from Synchrotron Radiation
				BL3	

Advances in Experimental Medicine and Biology

34308	Anna J. Warren	922 (2016) 105-117	理研	BL32XU	Exploiting Microbeams for Membrane Protein Structure Determination
-------	----------------	-----------------------	----	--------	--------------------------------------------------------------------

Biochemical and Biophysical Research Communications

34080	Yu Kitago	478 (2016) 1274-1279		BL44XU	Structural Basis for Multi-Specific Peptide Recognition by the Anti-IDH1/2 Monoclonal Antibody, MsMab-1
-------	-----------	-------------------------	--	--------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------

Chemistry of Materials

34013	Martin Bondesgaard	29 (2017) 3265-3273	理研	BL44B2	Supercritical Flow Synthesis of Pt _{1-x} Ru _x Nanoparticles: Comparative Phase Diagram Study of Nanostructure versus Bulk
-------	--------------------	------------------------	----	--------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ChemSusChem

34068	Ivan Turkevych	10 (2017) 3754-3759		BL19B2	Photovoltaic Ruddolfites: Lead-Free Silver Bismuth Halides Alternative to Hybrid Lead Halide Perovskites
-------	----------------	------------------------	--	--------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------

The FASEB Journal

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
34459	Mari Shimura	30 (2016) 4149-4158	理研	BL29XU	Imaging of Intracellular Fatty Acids by Scanning X-ray Fluorescence Microscopy

The Journal of Biological Chemistry

34468	Hideaki Shimizu	292 (2017) 13428-13440	理研	BL44B2	Parallel Homodimer Structures of the Extracellular Domains of the Voltage-Gated Sodium Channel $\beta 4$ Subunit Explain its Role in Cell-Cell Adhesion
			理研	BL26B2	

Journal of Bioscience and Bioengineering

34238	Jun Kobayashi	123 (2017) 154-162		BL44XU	Role of the Tyr270 Residue in 2-methyl-3-hydroxypyridine-5-carboxylic Acid Oxygenase from <i>Mesorhizobium loti</i>
-------	---------------	-----------------------	--	--------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena

34336	Takahiro Tanaka	(2017) Available online 16 Mar. 2017		BL3	An Accumulation Mode of a Room-Temperature Calorimeter for Total Pulse Energy Measurement of X-ray FELs
-------	-----------------	--------------------------------------	--	-----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------

Journal of Molecular Biology

34237	Masamichi Nagase	428 (2016) 4087-4099	理研	BL32XU	3D Structure and Interaction of p24 β and p24 δ Golgi Dynamics Domains: Implication for p24 Complex Formation and Cargo Transport
-------	------------------	-------------------------	----	--------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Journal of Synchrotron Radiation

34020	Miki Nakano	24 (2017) 727-737	XFEL		Three-Dimensional Reconstruction for Coherent Diffraction Patterns Obtained by XFEL
-------	-------------	----------------------	------	--	-------------------------------------------------------------------------------------

Journal of the American Ceramic Society

34081	Franco King-Chi Leung	138 (2016) 11727-11733	理研	BL45XU	Supramolecular Scaffold for Tailoring the Two-Dimensional Assembly of Functional Molecular Units into Organic Thin Films
-------	-----------------------	---------------------------	----	--------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Journal of the American Chemical Society

34438	Atsuro Takai	138 (2016) 11245-11253	理研	BL45XU	Supramolecular Assemblies of Ferrocene-Hinged Naphthalenediimides: Multiple Conformational Changes in Film States
-------	--------------	---------------------------	----	--------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Molecular BioSystems

34126	Upasana Sridharan	13 (2017) 1370-1376	理研	BL26B2	Crystal Structure of <i>Aquifex aeolicus</i> Gene Product Aq1627: a Putative Phosphoglucosamine Mutase Reveals a Unique C-terminal End-to-End Disulfide Linkage
-------	-------------------	------------------------	----	--------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nature

34023	Jose Rodriguez	525 (2015) 486-490	XFEL		Structure of the Toxic Core of α -synuclein from Invisible Crystals
-------	----------------	-----------------------	------	--	----------------------------------------------------------------------------

Nature Communications

34439	Koki Sano	7 (2016) 12559	理研	BL45XU	Photonic Water Dynamically Responsive to External Stimuli
-------	-----------	-------------------	----	--------	-----------------------------------------------------------

Nature Photonics

34021	Norimasa Horiuchi	11 (2017) 409-410	一般		View from... XOPT 2017: Evolving X-ray Science
-------	-------------------	----------------------	----	--	------------------------------------------------

Physical Chemistry Chemical Physics

34500	Yuu Sasaki	18 (2016) 27648-27653	理研	BL17SU	Hydration Structure of Trimethylamine <i>N</i> -oxide in Aqueous Solutions Revealed by Soft X-ray Emission Spectroscopy and Chemometric Analysis
-------	------------	--------------------------	----	--------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Proceedings of SPIE

34465	Yasunori Senba	9962 (2016) 996204	装置&技術		Development of a Long Trace Profiler at SPring-8 using a Newly Developed Slope Sensor
-------	----------------	-----------------------	-------	--	---------------------------------------------------------------------------------------

Review of Scientific Instruments

研究成果番号	主著者	雑誌情報		ビームライン	タイトル
34333	Sunao Takahashi	87 (2016) 083111		BL13XU	New X-ray Pink-Beam Profile Monitor System for the SPring-8 Beamline Front-End

鉄と鋼 (Tetsu to Hagane)

34440	Hirokazu Natsumeda	102 (2016) 525-533		BL19B2	Effect of Retained Austenite on Mechanical Properties of 5% Mn Steel
-------	-----------------------	-----------------------	--	--------	----------------------------------------------------------------------

レーザー加工学会誌 (Journal of Japan Laser Processing Society)

34338	Fumitaka Mafune	24 (2017) 123-126	装置&技術		Reduction of Sample Consumption by Factor of Ten Using Droplet Injector for Serial Femtosecond Crystallography
-------	--------------------	----------------------	-------	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2017A 期における SPring-8/SACLA ユーザー要望等について

登録施設利用促進機関

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

SPring-8 及び SACLA では、各ビームタイム終了後に実験グループごとに「ビームタイム利用報告書」を提出いただいております。この報告書には、その実験の概要、次回の利用者へのアドバイスや施設に対する要望、提案等を記入いただいております。

2017A 期における要望等の状況は下記のとおりです。これら要望等と、それに対する施設側の回答（内容により、必ずしも全てではありません）につきましては、User Information で公開されています。

1. 2017A 期 要望等全体概要

2017A 期	実施課題数	利用実験数 (報告書数)	うち、要望等コメントがある ^{*1} 報告書数		
			技術的 要望等	施設他 要望等	その他 (お礼)
SPring-8 共用BL	718	1,072	73	33	103
SACLA 共用BL	43	46	21		

*1 「なし」「None」等のコメントを除く。

<SPring-8 共用 BL 技術的要望等 (計 73 件) の研究分野/手法^{*2}別内訳>

分野 手法	生命科学	医学応用	物質科学・ 材料科学	化学	地球・ 惑星科学	産業利用	その他
X線回折	12		14	5	1	8	
X線散乱			1				2
X線非弾性 散乱			3		1		
X線・軟X 線吸収分光		1	3	3	1	7	
光電子分光			2	4			2
X線イメージング	1	1					
その他			1				

*2 課題申請時の利用者申告ベース。

2. 2017A 期 要望等の内容 (一部抜粋)

(1) 技術的要望等

○深夜において、完全自動測定になると測定にかかる人工を減らすことができる。

【物質・材料科学/光電子分光】

○縦置き型の引張試験機に対して、検出器が横振りであったため、幅方向の構造変化を測定することとなり、変化が小さく傾向が掴みづらい部分があった。2次元検出器が利用できると、荷重方向幅方向の解析が同時に可能となり、より有用になると考えます。

【物質・材料科学/X線回折】

○磁気コンプトン散乱測定において、「超伝導磁石システムは老朽化のため動作が不安定になる可能性がある」ことを言及された。実際、電源が不安定になることがあった。今後老朽化によるトラブルが増加すると予想されるので、新規システムへの更新を要望する次第である。

【物質・材料科学/X線非弾性散乱】

○XAFS 測定を行ったあとのデータの解析について要望があります。ビームラインに設置されている PC で解析を行いたいので、適当なソフトが使える環境を構築して頂ければ助かります。どうぞよろしくをお願いします。

【地球・惑星科学/X線回折】

(2) 施設その他要望等

○今回は荷物が多く、北管理棟からビームラインへの移動が大変だったので、講習の受講場所・身分証の受領の場所を考慮してほしい。

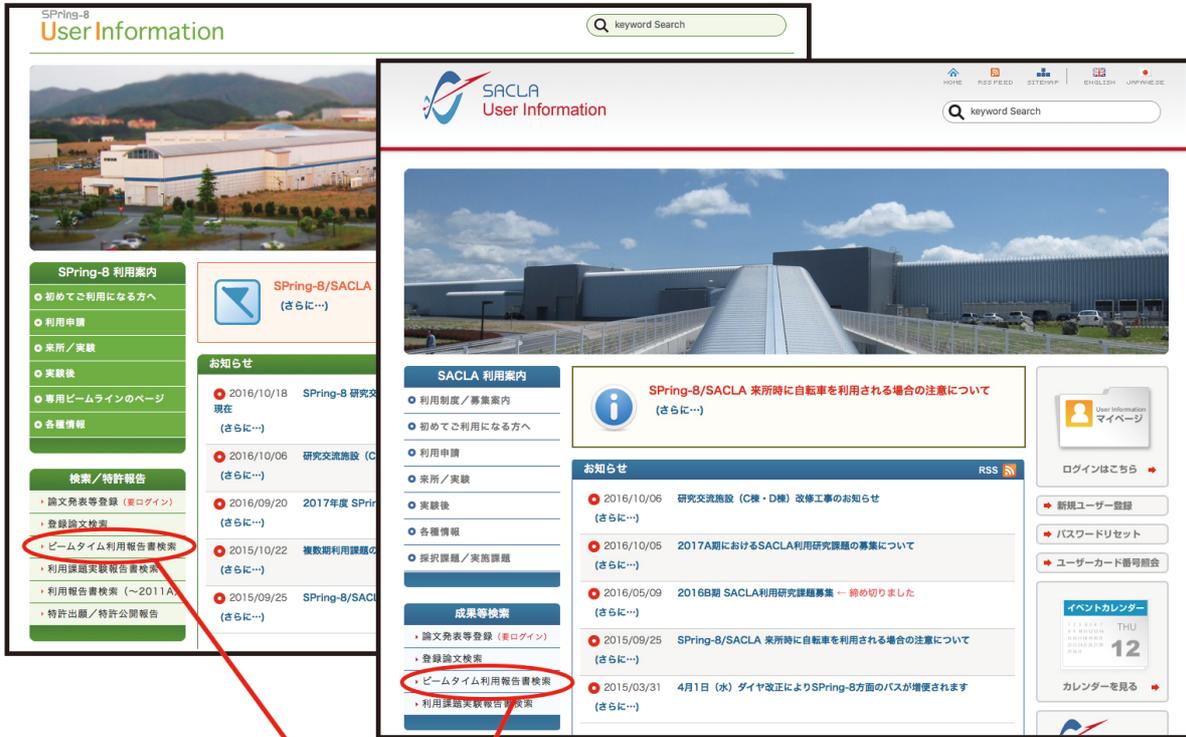
○宿泊施設の予約を3週間前に行っても部屋の予約ができない日があった。最近、このような事態が頻発しており、改善を要望する。

○交流施設の予約が実験責任者しかできないが、個人でできるようにしてほしい。

○売店は日曜日にも営業していただきたい。また、土曜日の営業時間も平日と同じようにしてほしい。

3. 要望等及び施設側回答の公開場所

SPring-8/SACLA User Information のいずれからも検索・閲覧ができます。



期	ビームライン	次回利用者に対するアドバイスや施設に対する要望、提案等	SPring-8/SACLA からの回答
2016B	BL40XU	測定と解析に特に問題点はないが、1種のサンプルあたり、平均3~8回程度の測定を行い、測定結果を最大化するために測定時のセンタリングに費やす時間が多くなってしまったため、0.4時間5~6種類の測定しかできない、オートセンタリング機能がつかは、8~10種類くらい測定できるのではないかと思われる。	センタリングに費やす時間を短縮する方策としてω軸のセンタリング用に非自動化的プログラムがありますので(PC上の画面をクリックして結果を動かすシステム)、結局モーターの故障ではω軸のセンタリングを省略し、良い結果であれば改めてω軸のセンタリングを行う方法があるかとも思います。結果的にω軸にも自動ステージの導入を検討して頂きますので現状上記の方法をお試しいただければと思います。
2016B	PX-BL	既に報告済みの KUMA でビームサイズや輻射利用を変えたときの dose 見積もりに対応してほしい。対応が困難なら、見積もりが不正確である旨、警告メッセージなどが表示されるようにしてほしい。	ご迷惑をおかけしました。2016/10/17 現在、対応済みです。
2016B	BL35XU	前回のビームタイムでは試料位置でのビームフラックスが昨年と比較し大幅に低下していたが、今回は前回は比較し強度が試料位置で3-4割ほど回復しており、我々の高圧装置を安定するため十分なものであった。しかし、12個ある検出器のうち1つ(6B)が故障、5つ(6C)の検出器が壊れと故障と原因は不明だが、また1つ(6D)の検出器のバックグラウンドが少し高かった。これらのことを実証が前年まで知らなかったため、予定していたデータ取得方法を再考するの少し苦労しました。ビーム停止時間が長く停止中のメンテナンス後の状況がユーザーにあまり直観的に判明しないこと、シフトの取付でビームラインのセットアップにあまり時間を割けないこと、さらに我々の高圧実験のために大変難しい条件でのセットアップ(特にKBでの束均)を行っていることから今回は簡単ではなかったのですが、BLの状況が通常と異なる場合は、可能な範囲で事前連絡をユーザーにして頂くのと取りたい。	検出器の件ではご迷惑をおかけしました。BL35XUの検出器は、既に設置より10年経過しており、老朽化対策としての来年度予算として当期計上しております。ご指摘のノイズについては老朽化によるものであり、ご指摘のチャンネル以外にもノイズの問題があることが判明し、今年度前期計上で検出器の電子回路を交換を行う予定で今後の改善をいたしました。今回のケースでは検出器不良が直前に発生いたしました。実験開始3日前ではありますが、状態が明らかになった時点で準備のために実施された共同研究者の方にはお伝えいたしました。少なくとも今回は現状のままユーザー運転を継続させるを優先するもので、少なくとも2016B期のユーザーについてはご迷惑のたおり、事前のアナウンスを行う予定です。
2016B	BL35XU	エンドステーションはよく整備されています。光の設定、パルプの閉め方をエンドステーションから変更するにもなると事前に確認が必要となります。一つ一つ確認したい。	次回からは光の設定とパルプの閉め方をエンドステーションからできるようにしたい。

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

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

1. SPring-8/SACLA 有償利用（成果専有と公開優先）の実績

1997B 期（供用開始）から 2016B 期までに実施された有償利用にかかる利用料の実績について集計した。

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

SPring-8 については、総累積、10 年間累積、及び 2016 年度（1 年間）の実績について、それぞれに総計、共用 BL、専用 BL、及び共用供出理研 BL ごとに集計した。

SACLA については、2012 年の供用開始から 2016 年までの総累積、及び 2016 年度（1 年間）の実績を集計した。

調査日：2017/04/01
(単位：千円)

SPring-8	1997-2016 (総累積)			2007-2016 (10 年間累積)			2016 (1 年間)		
	有償利用料収入	うち 成果専有	うち 公開優先	有償利用料収入	うち 成果専有	うち 公開優先	有償利用料収入	うち 成果専有	うち 公開優先
総計	3,647,983	3,043,303	604,680	2,907,726	2,308,155	599,571	291,164	217,296	73,868
共用 BL	2,957,681	2,360,976	596,705	2,502,836	1,911,240	591,596	260,862	188,550	72,312
専用 BL ¹	606,967	606,967	—	321,555	321,555	—	16,536	16,536	—
理研 BL ²	83,335	75,360	7,975	83,335	75,360	7,975	13,766	12,210	1,556

(単位：千円)

SACLA	2012-2016 (総累積)	2016 (1 年間)
	有償利用料収入	有償利用料収入
BL1-3	3,843	3,843

●SPring-8 集計対象 BL

共用 BL — 計 26 本

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

専用 BL¹ — 計 20 本

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

理研 BL² — 計 10 本

BL17SU BL26B1 BL26B2 BL29XU BL32XU BL45XU BL05XU BL19LXU BL44B2 BL43LXU²

●備考

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

*2：理研 BL のうち BL43LXU は、2016B 期時点でビームタイムを共用に供していない。

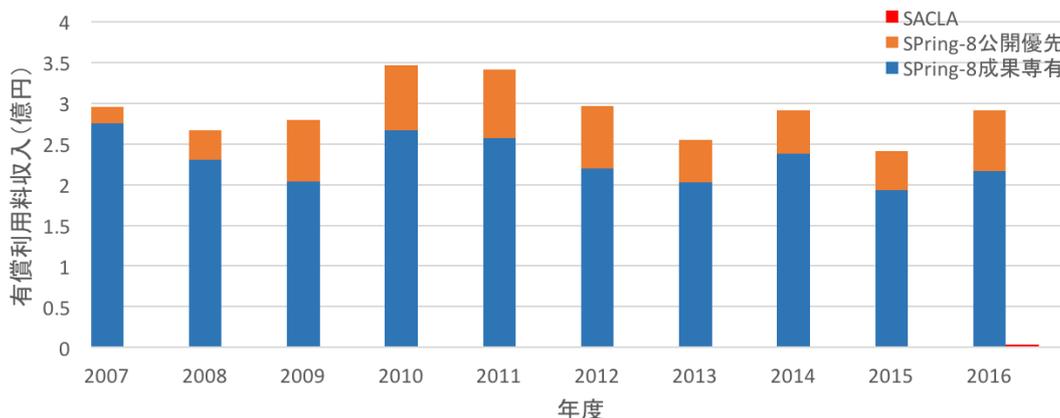
2. SPring-8/SACLA 有償利用料収入の年次推移

2007 年度から 2016 年度までの SPring-8/SACLA における有償利用料収入の年次推移について集計した。

調査日：2017/04/01

(単位：億円)

年度	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
SPring-8	2.96	2.67	2.80	3.47	3.41	2.97	2.55	2.91	2.41	2.91
SACLA*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.04



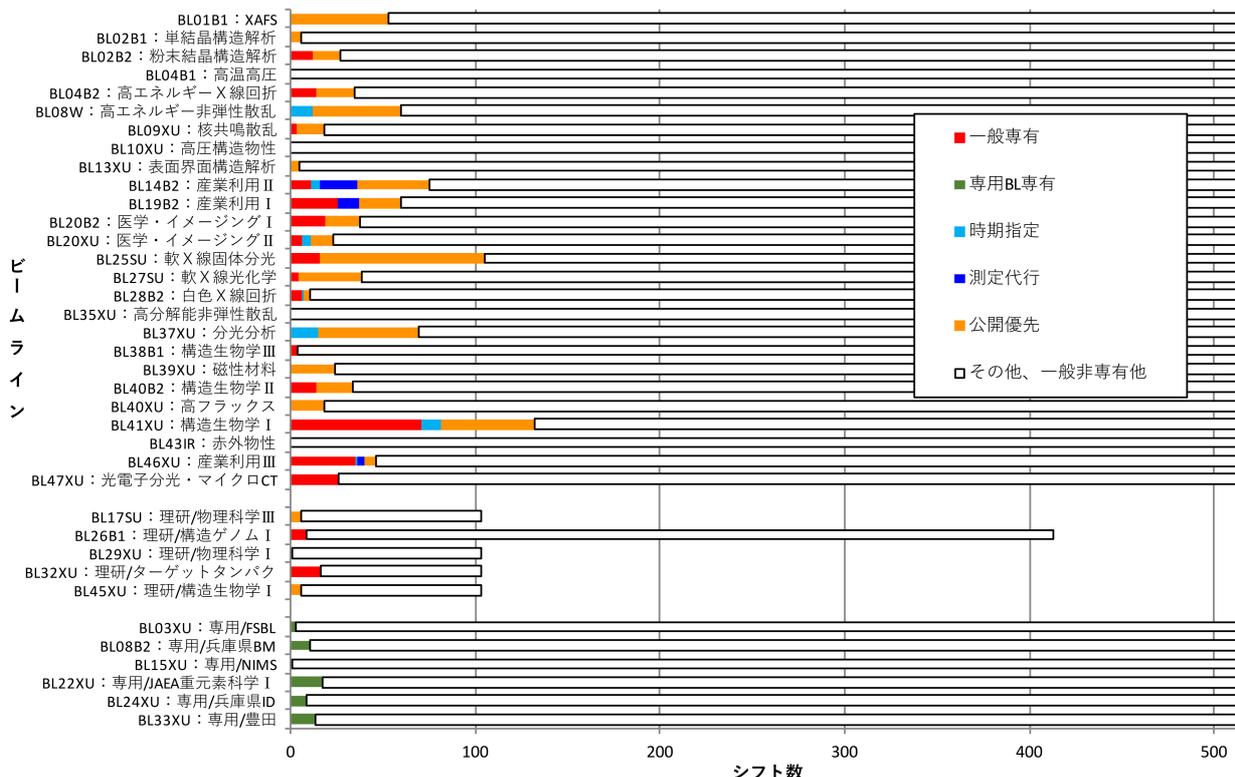
●備考

*SACLA の供用開始は 2012A 期より。

3. 2016 年度の SPring-8 有償利用の状況 (シフト数)

2016 年度の SPring-8 有償利用の状況について、BL ごとにシフト数を集計した。共用 BL は 26 本について全て表示、専用 BL 及び共用供出理研 BL は有償利用実績があった BL のみ表示している。

調査日：2017/04/01

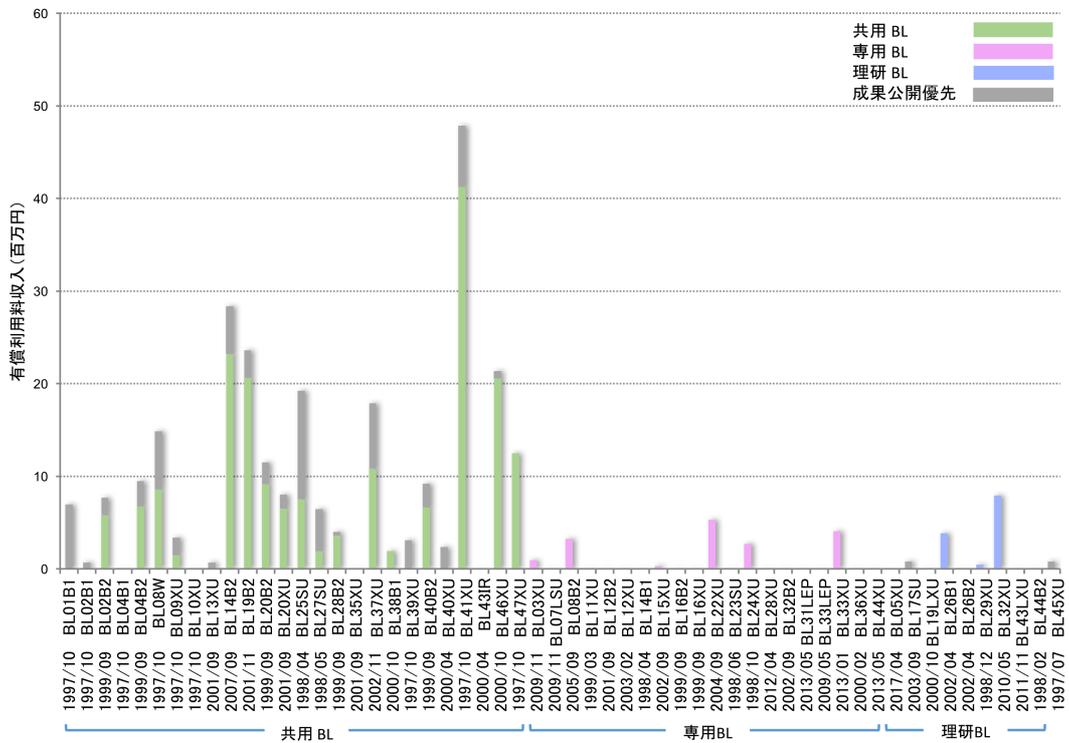


●共用 BL26 本は全表示。共用供出理研 BL および専用 BL は、有償利用実績があった BL のみ表示。

4. SPring-8 の BL 別の年間有償利用料収入 (2016 年度)

2016 年度における SPring-8 の年間有償利用料収入の実績を BL ごとに集計した。

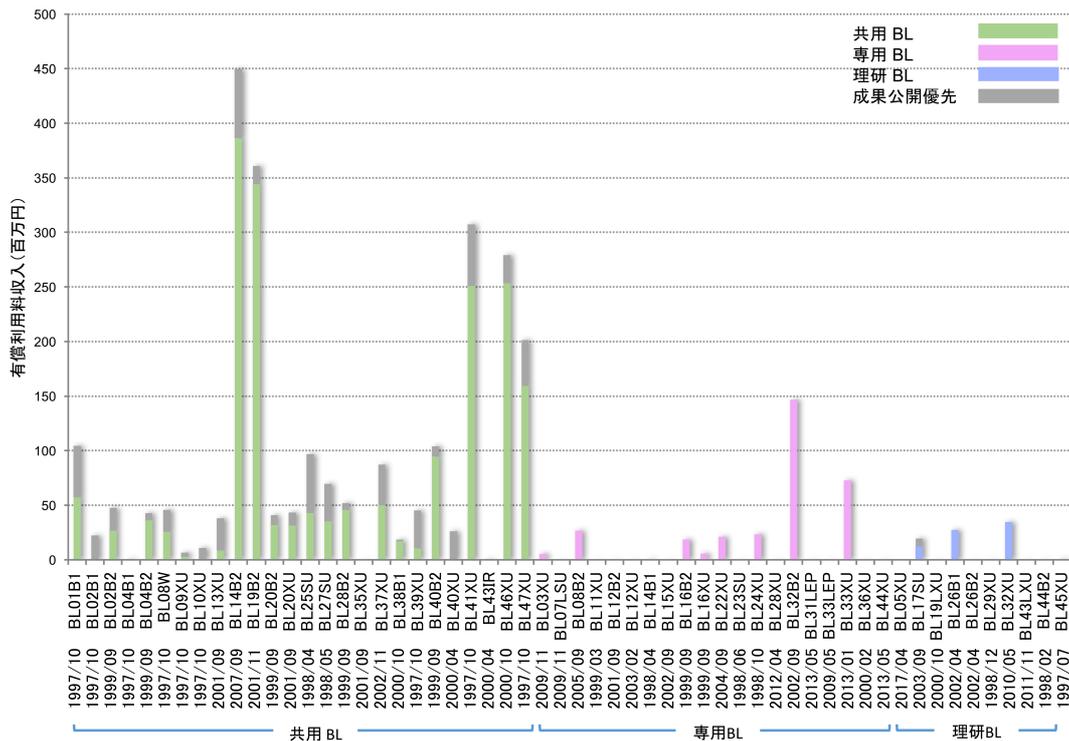
調査日：2017/04/01



5. SPring-8 の BL 別の 10 年間累積有償利用料収入 (2007-2016 年度)

2007 年度から 2016 年度までの 10 年間における SPring-8 の年間有償利用料収入の累積による実績を BL ごとに集計した。

調査日：2017/04/01



ヨーロッパの放射光タンパク質結晶解析ビームラインを視察して

公益財団法人高輝度光科学研究センター

タンパク質結晶解析推進室 長谷川 和也

1. はじめに

タンパク質結晶解析ビームライン (PX ビームライン) の高性能化・運用などに関する情報収集を行うことを目的として、8月下旬から9月上旬にかけて5ヶ所のヨーロッパの放射光施設 (Diamond Light Source、SOLEIL、Swiss Light Source (SLS)、MAX IV、PETRA III) のタンパク質結晶解析ビームラインの視察を行った。本稿では、今回見学した施設について報告する。

2. Diamond Light Source

Diamond には7本 (2本は建設中) のPXビームラインがある。今回はこのうち、I23、I24、VMXi、VMXmの4本のビームラインに加えて、付帯施設であるXChemを見学した。

I23は、硫黄・リンなどの軽元素の異常分散を利用した構造決定を目的として建設され、4Åまでの長波長が利用可能である。X線の吸収・散乱の影響を低減するため、PXビームラインでは世界で初めて真空中に試料を置いている。このため、試料の冷却方法、真空槽内での凍結試料のハンドリング方法などを独自開発していたが、大変な苦労があったようである。また、長波長X線を用いて高分解能領域まで測定するために、湾曲型のPILATUS検出器を真空槽内に設置している。現在、共同研究ベースでのユーザー利用を開始した状態であるが、既に硫黄の異常分散を利用した新規構造決定や、タンパク質に配位したカリウムイオン・カルシウムイオンなどの位置の決定などの成果が出ているとのことであった。

VMXmは、新しく建設中のマイクロ/ナノフォーカスビームラインである。完成すれば最小500nmのビームを用いた測定が可能になる (筆者の知る限りPXビームラインでは世界最小)。空気の散乱に由来するバックグラウンドを低減するため、このビームラインも試料を真空中において回折データ測定を行う。サ

ブミクロンサイズの結晶をターゲットにするため、測定試料の観察のための走査型電子顕微鏡 (SEM) を回折計に取り付けるということである。光学系の立ち上げは順調に進み現在コミッショニング中であったが、回折計については最終仕様決定に時間がかかっているということであった。

VMXiも、新たに建設中のビームラインである。通常のデータ測定ではタンパク質の結晶を結晶化プレートから1つ1つ拾い上げて凍結状態で測定するが、VMXiでは全てのデータ測定を結晶化プレート (*in situ*) のまま非凍結で行う。これにより結晶を拾い上げるステップをなくし、回折実験の自動化を目指したビームラインである。最小ビームサイズが5μmであり微小結晶の測定も可能である。通常のビームラインのようにいわゆる実験ハッチはなく、オペレーションを行う小部屋の中に放射線遮蔽用の囲いで覆われた回折計が設置されている (図1)。その近くには、結晶化プレートの長期保存と自動観察を行うロックイメージャーが置かれており、多軸ロボットがここからプレートを取り出し回折計まで運ぶ。回折計にはプレートホテル (短期保存場所) が備わっており、グリッパが順次プレートを取り出してゴニオメータに載せて測定を行うようになっていた。ロックイメージャーで観察した結晶の写真をもとに、あらかじめX線照射位



図1 VMXiの回折計

置を指定することができるソフトウェアの開発も進めており、測定は完全に自動化されるということである。

I24 は、5~60 μm のビームが利用可能なマイクロフォーカスビームラインである。膜タンパク質の微小結晶のデータ測定によく使われているということである。通常のゴニオメータを用いた測定他、結晶化プレートのまま測定するためのゴニオメータも置かれている。両セッティングの切り替えは自動化され、わずか2分で完了するとのことであった。さらに、これらの両方を退避したスペースに、試料を載せるシリコングリッドを備えた並進ステージやインジェクタを設置すると、Serial Synchrotron Crystallography (SSX) による測定ができるということである。現状ではこれらは共同研究ベースの利用とのことであった。

XChem (X-ray structure-accelerated, synthesis-aligned fragment medicinal chemistry) は、Fragment-based screening (タンパク質に結合する小さな化合物 (fragment) のスクリーニング) を行うための設備 (システムといってもよいかもしれない) である。独自の化合物ライブラリ DSPL (Diamond-SGC Poised Library) を所有し、acoustic liquid handler ECHO (Labcyte 社) を用いて、結晶化プレート中の結晶にさまざまな化合物を効率よくソーキングする環境を整えている。確実に回折実験を行うために、結晶を凍結するための溶媒条件の検討や、結晶の DMSO (化合物を溶かしている有機溶媒) への耐性の確認など試料の準備を入念に行う。回折実験はビームライン I04-1 で行うが、測定や解析は自動化されておりユーザーは何もすることはないということであった。なお XChem の利用は、他の Diamond のビームライン利用と同様に User Administration System (UAS) を通じて行うようである。

I23、VMXm、VMXi のように他の施設にないチャレンジングなビームラインを建設しているところが Diamond の特徴であった。

3. SOLEIL

SOLEIL には、PROXIMA-1、-2 の2本の PX ビームラインがある。2本は相補的な性能であり、PROXIMA-1 が平行の高いビームでウイルスなど長

い格子定数をもつ結晶を得意とする一方で、PROXIMA-2 はマイクロフォーカスビームラインであり微小結晶の構造解析を得意としている。

PROXIMA-1 のビームラインの運用は、毎週月曜日はビームが停止、火曜日はインハウスプロジェクト、水曜は産業利用で、残りの木~日曜日にアカデミックユーザーが利用している。ユーザーは原則1日1組であるが、Block Allocation Group (BAG) といって複数のユーザーがビームタイムを共同で利用する仕組みがあるという。BAG では知らないユーザー同士がビームタイムを共同で使うこともあり、また、BAG 中ではあるユーザーは来所せずに別のユーザーに測定を任せるとのことである。ユーザー対応はスタッフ (4人ほど) が1日おきに Local Contact として順番に対応し、このうち1人は産業利用ユーザー専用のスタッフであった。ビームラインからの成果を確実に創出するために、スタッフは構造解析まで面倒をみているとのことである。産業利用ユーザーの場合では、希望があれば測定をスタッフが行うこともある他、構造解析までサポートをすることもあるようである。

この他、マイクロ流路加工の設備も SOLEIL には整っており、SSX 用の試料ホルダの開発などに利用されていた。

Diamond のような派手さはないものの手厚いユーザーサポートにより、成果をつくり出しているのが SOLEIL の特徴であった。

4. Swiss Light Source

SLS には3本の PX ビームラインがあり、いずれも Macromolecular Crystallography Group が面倒をみている。X06SA (通称 PXI)、X10SA (通称 PXII) は、アンジュレータを光源とし2段集光光学系を用いたマイクロビームが利用できるビームラインである。PXI が2段目の光学系として WinLight 社製 (フランス) の bender を利用した KB ミラーを用いているのに対し、PXII は、Paul Scherrer Institut (PSI) で開発されたキノフォームレンズを利用している。いずれも微小結晶に対応できるようにここ数年の間に光学系の改修をしたようである。

もう1つのビームライン PX06DA (通称 PXIII) は、偏光電磁石ビームラインである。ハッチの小窓から手

を伸ばして試料の交換ができることと、結晶化プレートのまま (*in situ*) で試料に X 線を照射できることがこのビームラインの特徴である。ビームラインのすぐ近くにはタンパク質の結晶化ロボットや自動結晶観察装置があり、SLS に課題をもつユーザーが利用しているということである。毎週水曜日が *in situ* 測定にあてられており、テクニシャンがオペレーションを行うということであった。今回訪れた多くのビームラインに *in situ* 測定の設定は整っていたが、このように定期的に利用されているのは PXIII だけであった。

データ測定ソフトウェアや回折データの自動データ処理システムなどはソフトウェアエンジニアらが作り上げた独自のものを使用している。サンプルチェンジャーは CATS (Cryogenic Automated Transfer System) とよばれるヨーロッパの PX ビームラインに多く導入されているロボットであったが、スピードと容量の改善を目的として現在新しいサンプルチェンジャーの開発を進めていた。この開発には Staubli 社 (スイスにある産業用ロボットの会社) 出身の技術者が担当していた。

3 つのビームラインのうち PXII はもともと製薬会社 2 社 (ノバルティス、エフ・ホフマン・ラ・ロシュ) とマックス・プランク研究所が出資して 2005 年に建設されたビームラインである。第 1 期が終了した後に新たに 4 社がパートナーに加わり、現在 7 つのグループがその出資比率に応じてビームタイムを分配しているということである。また、SLS でメールイン測定を行っていたスタッフが EXPOSE という会社をつくり、SLS を利用した依頼測定を請け負っていた。PXII の出資企業の中には、この会社にデータ測定を任せているところもあるとのことであった。

これらの 3 本のビームラインの運営は効率的である。各ビームラインに 2 人ずつの担当者が配置されているが、通常ユーザー対応はソフトウェアエンジニアやポスドクを含めたスタッフ全員でローテーションを組み、日替わりで Local Contact とよばれる当番になり 1 人で全てのビームラインのユーザー対応を行っていた。ユーザーからの質問やトラブルの連絡は Local Contact にゆき、Local Contact だけで対処できない場合は、ビームライン担当者やエンジニアなどと一緒に問題解決を行っていた。

SLS ではさまざまな分野から専門知識をもったス

タッフが集まり独自のハードやソフトを作り上げている。また、日々のビームラインの運用を効率的に行うことで、研究者が新たな測定方法の開発などに取り組みやすい環境を築いているようであった。

5. MAX IV

昨年より稼働を始めた MAX IV には BioMAX とよばれる PX ビームラインが 1 本ある。光学系は、横置ききの 2 結晶分光器が特徴的で、集光には WinLight 社製の bender を用いた KB ミラーを使用していた。実験ハッチ内の回折計などの機器は、ビームラインの立ち上げを迅速に行うために他の施設で開発されたものを導入したということである (図 2)。既にユーザーは入っているものの本格的なユーザー利用フェーズはこれからということであった。最新の低エミッタンスリングの PX ビームラインであり今後の楽しみである。

また新しいマイクロフォーカスビームライン MicroMAX の計画も進んでいる。計画ではビームサイズ 1~10 μm 、強度が 10^{13} (monochro beam)~ 10^{15} (wide band path beam) photons/s と野心的な性能を目指している。BioMAX が通常回折データ測定を行うビームラインであるのに対して、BioMAX は SSX 法による室温データ測定や時分割データ測定をターゲットに据え、インジェクタやマイクロ流路などを利用した様々な測定方法を切り替えて使用できるようにするとのことであった。

通常測定を行うビームラインと SSX のような先端的な測定を行うビームラインの組み合わせは将来の SPring-8-II 計画においても参考になるように思う。

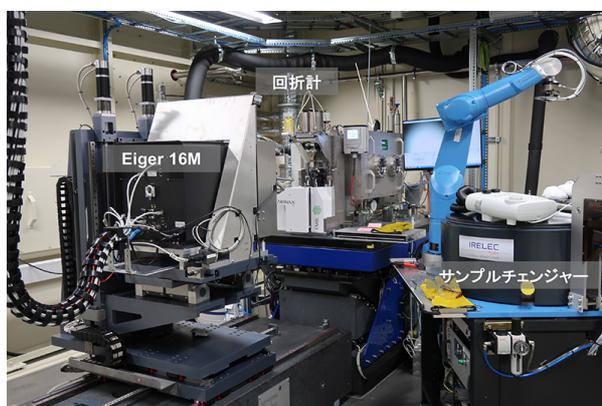


図 2 BioMAX の実験ハッチ

6. PETRA III

PETRA III では、欧州分子生物学研究所 (EMBL) が管理する2本のPXビームラインP13、P14と DESY が管理するビームライン P11 の見学を行った。

P14 は、微小結晶などの難しい試料をターゲットとし、KB ミラーを用いたマイクロビームが利用できる。また、PX ビームラインとしては珍しく屈折レンズを用いた集光ビームも利用でき、大きな結晶の場合は屈折レンズを用いて得られる矩形プロファイルの大きなビームを用いて測定を行っているということであった。ミラーを用いたときと屈折レンズを用いたときで光軸が変わるため、ビームサイズの変更にともない回折計や検出器が光軸に追従して動くようになっていくということであった。また、見学した際には通常の回折計の前にシリコン製の試料ホルダを用いた SSX 用のセットアップが設置されていた。現在の実験ハッチの下流側に SSX 専用の実験ハッチを新たに設け時分割構造解析を行う計画も進んでいるようである。

P13 は、広範な試料をターゲットとしたシンプルなセッティングのビームラインである。特徴の1つは硫黄の異常分散を用いた構造解析を行うために 4 keV までの長い波長も利用できることである。Diamond の I23 のように長波長に特化したビームラインではないので、長波長を利用する際には、(1) 試料と検出器の間に He パスを設置、(2) 検出器 (PILATUS) に乾燥空気 (窒素) の代わりに He ガスを供給用、(3) 吹付低温装置の気流をヘリウムガスに交換という 3 つの対応で吸収・散乱を低減している。このセッティングに要する時間はわずか 10 分ということであった。一度 6 keV で測定を行い、構造解析が上手くいかない場合に 4 keV を利用して測定しているということである。

P11 は、Imaging との兼用のビームラインであるが実質的には PX 専用に近いようである。10 m もあろうかと思われる長い石定盤の最下流にタンパク用の回折計が設置されていた。Serial Femtosecond Crystallography (SFX) 法で著名な Henry Chapman 先生と共同で SSX に取り組んでおり、PX の回折計の直前に、インジェクタやテープドライブを利用した SSX 用の新しい実験装置を置く計画があるということであった。

SSX 法による微小結晶解析や時分割測定に精力的に取り組んでいるのが PETRA III の印象であった。

7. おわりに

約 2 週間の間に 5 ケ所の放射光 PX ビームラインを見学したことで、ヨーロッパにおける動向を感じることができた。Diamond の I23、VMXm のように独自の方向性を追求するビームラインもあるものの、全体の流れとして、(1) 膜タンパク質などの高難度試料のデータ測定や、創薬のためのリガンドスクリーニングの自動化・迅速化が進んでいること、(2) 高強度微小ビームを用いた SSX 法による室温での構造決定方法や時分割構造解析方法の開発に向かっていることを改めて認識した。

謝辞

今回の視察にあたっては、Diamond Light Source の Ramona Duman 博士、SOLEIL の Chavas Leonard 博士、Swiss Light Source の富崎孝司博士、MAX IV の Thomas Ursby 博士、PETRA III の Thomas R. Schneider 博士に各施設の見学をアレンジしていただきました。この場を借りて改めて感謝申し上げます。

長谷川 和也 HASEGAWA Kazuya

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

SPring-8/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.22 No.4 November 2017

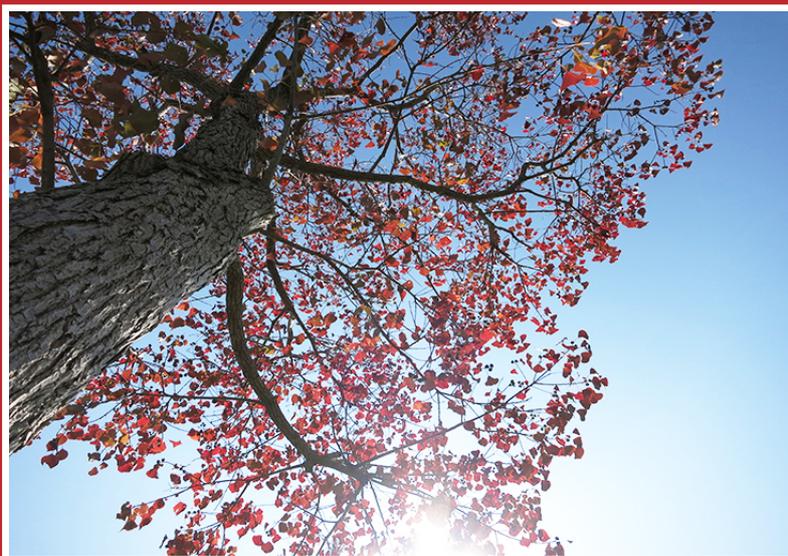
SPring-8/SACLA Information

発行日 平成29年 (2017年) 11月2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)



さわさわと風舞う紅の樹の下で

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/>