

SPring-8/SACL A

INFORMATION 利用者情報



ISSN 1341-9668

SPring-8 Document D2015-015

Vol.20 No.4

Nov. 2015

SPring-8/SACLA Information

目次

CONTENTS

理事長室から —オープンサイエンスの国際的な広がり—

Message from President - Recent Progress in Open Science -

(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

308

1. 最近の研究から / FROM LATEST RESEARCH

ホウ素融体のコンプトン散乱測定 —高温融体中の結合の可視化—

Compton Scattering Experiments on Liquid Boron - Visualizing the Bonding Properties of High-Temperature Liquids -

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

岡田 純平
OKADA Junpei
石川 毅彦
ISHIKAWA Takehiko

東京大学大学院 新領域創成科学研究科
Department of Advanced Material Science, The University of Tokyo

木村 薫
KIMURA Kaoru

309

新しい分子が生まれる瞬間を捉える ～SACLA による化学反応動力学計測～

Capturing the Birth of Molecule - Chemical Reaction Dynamics Studied by SACLA -

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所
Institute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research Organization

足立 伸一
ADACHI Shin-ichi
野澤 俊介
NOZAWA Shunsuke

Center for Free-Electron Laser Science, Deutsches Elektronen-Synchrotron /
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所
CFEL, DESY / Institute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research Organization

佐藤 篤志
SATO Tokushi

314

SACLA における XFEL 集光システムの開発

Development of XFEL Focusing System at SACLA

東京大学大学院 工学系研究科
Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

三村 秀和
MIMURA Hidekazu

319

グリースマトリックス法による連続フェムト秒結晶構造解析

Grease Matrix Method for Serial Femtosecond Crystallography

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 SACLA 利用技術開拓グループ
SACLA Science Research Group, RIKEN SPring-8 Center

菅原 道泰
SUGAHARA Michihiro
南後 恵理子
NANGO Eriko

324

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

第 12 回放射光装置技術国際会議 (SRI2015) 報告

"The 12th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI2015)" Report

(公財)高輝度光科学研究センター 光源・光学系部門
Light Source and Optics Division, JASRI

仙波 泰徳
SENBA Yasunori

(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

大橋 治彦
OHASHI Haruhiko
湯本 博勝
YUMOTO Hirokatsu
伊藤 真義
ITOU Masayoshi
今井 康彦
IMAI Yasuhiko

(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

(公財)高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室
XFEL Utilization Division, JASRI

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 XFEL 研究開発部門
XFEL Research and Development Division, RIKEN SPring-8 Center

長谷川 和也
HASEGAWA Kazuya
亀島 敬
KAMESHIMA Takashi
初井 宇記
HATSUI Takaki

328

The 20th International Conference on Magnetism (ICM2015) 会議報告

Report on the 20th International Conference on Magnetism

(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

河村 直己
KAWAMURA Naomi

342

第 64 回デンバー X 線会議 (DXC2015) に参加して

A Report on 64th Annual Conference on Applications of X-ray Analysis (Denver X-ray Conference, DXC2015)

(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

櫻井 吉晴
SAKURAI Yoshiharu

347

16th International Conference on XAFS (XAFS16) 報告

Report on 16th International Conference on X-Ray Absorption Fine Structure

(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

本間 徹生
HONMA Tetsuo

351

第 31 回欧州表面科学会議 (ECOSS31) 報告

The 31st European Conference on Surface Science (ECOSS31)

(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

田尻 寛男
TAJIRI Hiroo

354

第 2 回大型実験施設とスーパーコンピュータとの連携利用シンポジウム ―ソフトマター科学を中心として― 報告 Report of The 2nd Symposium on Complementary Use of Large Experimental Facilities and Super Computers for Soft Matter Science (公財)高輝度光科学研究センター 研究顧問 野田 健治 Research Advisor of JASRI NODA Kenji	357
第 12 回 SPring-8 産業利用報告会 The 12th 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 佐野 則道 Industrial Application Division, JASRI SANO Norimichi	361
SPring-8 シンポジウム 2015 報告 SPring-8 Symposium 2015 Report SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 行事幹事/九州大学大学院 総合理工学研究院 西堀 麻衣子 Faculty of Engineering Sciences, Kyusyu University NISHIBORI Maiko	365
3. SPring-8/SACLA 通信/SPring-8/SACLA COMMUNICATIONS	
新分野創成利用制度について SPring-8 Epoch-Making Initiatives Projects 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
2016A 期 SPring-8 利用研究課題募集について Call for 2016A 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	380
2016A 期 SACLA 利用研究課題の募集について Call for 2016A 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	381
第 36 回 (2015B) SPring-8 利用研究課題の採択について The Proposals Approved for Beamtime in the 36th Research Term 2015B 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	382
2015B 期 採択「新分野創成利用」研究グループの紹介 2015B 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	387
第 35 回共同利用期間 (2015A) において実施された SPring-8 利用研究課題 2015A 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	389
2015B 期 SACLA 利用研究課題の採択について The SACLA Public Proposals Approved for Beamtime in 2015B 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	394
2015A 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 2015A 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	396
SPring-8 運転・利用状況 SPring-8 Operational Status (公財)高輝度光科学研究センター 研究調整部 Research Coordination Division, JASRI	397
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	399
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	403
4. 告知板/ANNOUNCEMENTS	
第 2 回 SPring-8 文化財分析技術ワークショップ 2016 SPring-8 Workshop on Analytical Techniques for Cultural Heritage	424
特高第一変電所関連設備更新工事について Renewal of SR Ring Equipment of 1st Extra High Voltage Substation 国立研究開発法人理化学研究所 RIKEN SPring-8 Center	425

オープンサイエンスの国際的な広がり

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

オープンサイエンス (Open Science) の国際的活動は、この10年間において急速に進展した。オープンサイエンスは、発表論文のオープンアクセスと、研究データの公開 (オープンデータ) を含む総称である。オープンサイエンスを求める社会状況は、言うまでもなく、ネットワーク Web を通じた研究成果の社会還元であり、さらには分野を超えた人々の共同作業によるイノベーション創出への期待である。また、世界各国において公的研究資金が年々増大した結果、研究成果の共有と相互利用による効率的な研究体制の形成と効果的な価値の創出を社会が関係者に求め始めたためである。わが国においても、来年度から始まる第5期科学技術基本計画に、オープンサイエンスに対応できる研究データ基盤の強化が重点施策の一つとされる予定である。

20世紀までの科学研究報告は、17世紀の科学革命以来、主要成果を論文として簡潔にまとめ、科学アカデミー、専門学会、学術出版社などの刊行する論文誌に発表するという紙印刷方式が300年以上に亘り続いてきた。しかしながら、20世紀末の情報通信革命によって、21世紀からは論文を電子ジャーナルに発表することが一般化した。研究者はもとより世界の全ての人々が、Web を通じて論文を読むアクセス利用が可能となった。

オープンアクセスとは、無料で自由に論文にアクセスできる状況をいう。2002年のブダペスト・オープンアクセス・イニシアチブに基づき、世界各国は公的研究資金による研究の発表論文をオープンアクセスできるように関係者に努力を要請してきた。その結果、PLoS One、Scientific Reports などオープンアクセス電子ジャーナルが数多く創刊され、現在では、全論文の10%以上がオープンアクセス電子ジャーナルに発表されている。われわれ刊行のSPRING-8/SACLA Research Report もその一つである。さらに、NIH PubMed Central など機関レポジトリを通して、オープンアクセス可能な論文数は著しく

増加した。Google Scholar などを利用すると、全論文の30%以上がオープンアクセスできるようになってきた。このように、研究者社会、政府機関、出版社など関係者の努力によって、オープンアクセス活動は着実に進展している。

つぎの課題は、オープンデータである。2013年に英国で開催されたG8科学技術大臣会合において、論文のオープンアクセス化に加えて、研究データの公開を加速することに各国は同意した。オープンデータの推進活動は、英国、EU諸国、米国、豪州が先行している。わが国も、公的研究資金による研究成果のうち、論文作成に使用された研究データは原則公開すること、さらにその他の研究データについても可能な範囲で公開することを表明した。なお、研究成果のうち、個人情報データ、商業目的データ、国家安全保障データなどについては公開適用の対象外とされている。オープンデータの活動状況は、研究分野によっても大きく異なる。観測に巨額の公的研究資金を使う宇宙科学、高エネルギー物理学、生命科学などにおいて、研究データを機関レポジトリし、論文発表とともに公開することを義務化している分野もある。しかし、多くの研究分野において、オープンデータの推進はこれからの課題である。最近、大手出版各社は、オープンデータ電子ジャーナルを創刊した。機関レポジトリとデータジャーナルとの両面整備によって、近い将来、オープンデータの量と質が着実に拡大し向上すると思う。

SPRING-8とSACLAの利用者の方々の研究分野は多様であり、分野によってデータ公開の考え方に差異がある。研究データの保存と共有の作法にも違いがあることを認識しつつ、SPRING-8とSACLAで生産される成果公開対象の研究データについて、広く活用・再利用される基盤を構築していきたい。利用者の方々は、オープンデータの社会的意義を理解され、研究データを公開する活動に参加されることを期待している。

ホウ素融体のコンプトン散乱測定 —高温融体中の結合の可視化—

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
岡田 純平、石川 毅彦
東京大学大学院 新領域創成科学研究科 木村 薫

Abstract

軽くて硬いという特徴を持つホウ素 (B) は、採掘が容易なことから古くから人類に用いられてきた。ホウ素の性質について、これまでさまざまな研究が行われてきたが、ホウ素の熔融状態については、2,000°C を超える高い融点を持つことと、ホウ素の融体を保持する容器が存在しないことが障害となり、その性質はよく分かっていない。ホウ素融体の価電子の挙動を調べるために、容器を用いずに融体を保持する「静電浮遊溶解装置」を BL08W へ設置し、ホウ素融体のコンプトン散乱測定を行った。第一原理計算を用いた解析の結果、ホウ素融体中の価電子の大半が共有結合的な性質を持つことが判明した。

1. はじめに

ホウ素は周期表5番目の元素である。ホウ素化合物は、硬いこと（ホウ素は単体としてダイヤモンドに次いで硬い）、軽いこと、耐熱性に優れること、など有用な性質を持つ。ホウ素は現在分かっているだけで、6種類以上もの同素体を持つ。この数は周期表の中で硫黄について2番目に多く、今後も高温高圧などの極限環境下において、新たな同素体が発

見される可能性があり、物質探索が行われている。

周期表において、元素は大きく分けると金属（金属、半金属）と非金属（半導体、絶縁体）に分類される（図1）。理化学辞典では金属について「金属光沢をもち、電気と熱をよく導き、固体状態では展性、延性に富む物質」と記述されている。このことをミクロな立場から言い換えると、「金属とは、価電子が伝導電子となって、物質中を自由に動き回ってい

族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	*1	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	*2	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	?	Fl	?	Lv	?	?
*1 ランタノイド	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
*2 アクチノイド	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

 金属的性質を持つ元素
 非金属（絶縁体）的性質を持つ元素
 非金属（半導体）的性質を持つ元素

図1 周期律表

る物質である」と述べるができる。物質の電気的性質は価電子の挙動によって決まる。物質中で価電子がどの程度動き回ることができるかを知るとは物質の性質を推定する際の重要な判断基準となるため、ほとんどの周期表では、元素が金属か非金属かを一目で判別できるように色分けされている。こうした分類は液体についても重要であり、安定に存在する元素のほとんどは、液体状態の性質も解明されている。しかしホウ素の液体は、例外的にその性質が解明されていない。

ホウ素やケイ素などの元素は、金属と非金属の境界に位置する。こうした元素は、固体と液体で性質が大きく異なることが知られている。ケイ素、炭素、ゲルマニウムなどは、固体では典型的な半導体であるが融けると金属になる。したがって、半導体であるホウ素も融けると金属になると考えられてきた^[1]。しかし、ホウ素の融点は2360 Kと非常に高く、ホウ素融体の反応性が高いことが、ホウ素融体の実験を妨げ、実際にホウ素が融けると金属になるのかは明らかになっていなかった。

2. 静電浮遊法

地上では液体を保持するための容器が必要である。容器を用いて液体を保持する場合、容器と液体の反応や容器壁からの不純物混入が問題となる。最近実用化された無容器プロセス（浮遊法）は、容器の問題が生じない画期的な方法として注目され

ている。無容器の利点は液体を超高温あるいは過冷却状態に保持できることである。通常、液体を容器に保持し、温度を融点近傍に下げると、容器壁において結晶核が生成され凝固する。ところが、無容器では容器壁における核生成が生じないので、融点よりもかなり低い温度（一般には、融点の10~20%過冷却する）まで液体状態を保持できる。深い過冷却状態を経て凝固させると、通常は得られない準安定相を作製できることがあり、無容器プロセスは物質探索の有効な手法である。

我々が開発を進めてきた静電浮遊法 (Electrostatic Levitation Technique) は、クーロン力を用いて試料を浮遊させる。もともと、重力がほとんどない宇宙ステーションにおいて、試料の位置決めを行う方法として NASA および JAXA が開発を進めてきた実験技術である^[2,3]。地上では、図2(a)に示すように、帯電した試料に静電場をかけ重力と釣り合わせることで、試料を2枚の電極間の任意の位置に浮遊させる。浮遊させた試料をレーザー加熱することにより溶解する。標準的な電極間距離は約10 mm、試料サイズは約2 mmである。電極間には10~20 kVの電圧が印加されるが、放電を防ぐためチャンバー内は真空雰囲気 (10^{-5} Pa) に保たれている。2台の CCD 位置検出器を用いて試料の3次元的位置を測定する。測定した位置情報を用いて PID 制御で電極間の電圧を調整し、試料位置を $\pm 10 \mu\text{m}$ 以内の精度で安定化させることが可能である。試料の温度は放射温度計を

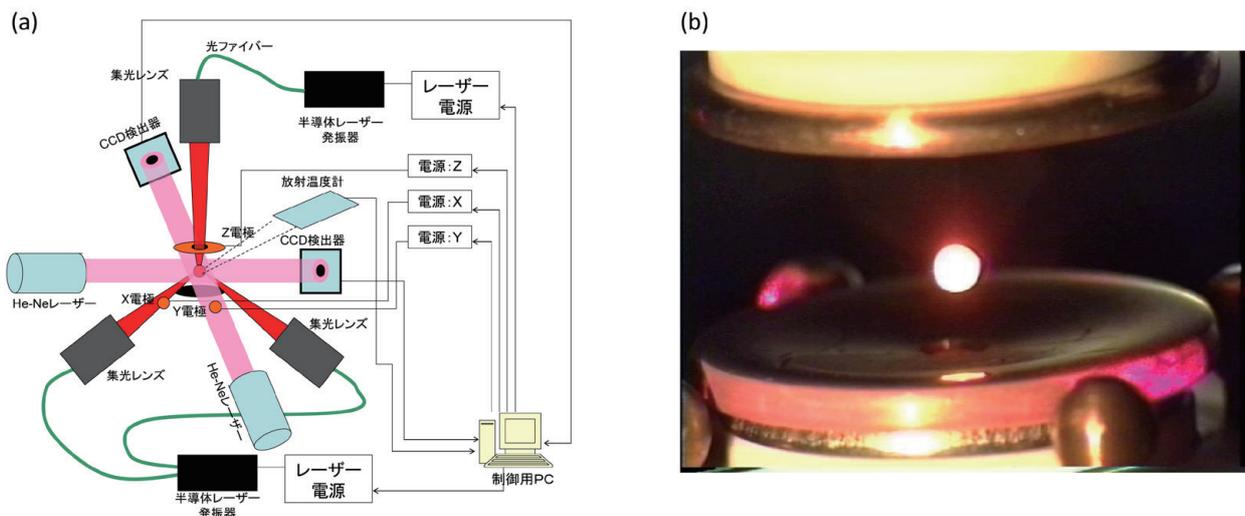


図2 (a) 静電浮遊溶解装置のシステム概要
(b) 静電浮遊法を用いて真空雰囲気 (10^{-5} Pa) で溶融されたホウ素。

用いて測定される。静電浮遊法では、試料が帯電すれば金属・絶縁体を問わず浮遊できる。レーザーの出力を上げれば、タングステン（融点3700 K）を融かすことも可能である。図2(b)に示すように、ホウ素についても溶融できる。

3. X線コンプトン散乱実験

静電浮遊法を用いることにより、ホウ素を溶融保持することが可能になったが、次に問題になったのが、溶けたホウ素が金属かどうかをどのようにして調べるかということである。一般に、物質が金属かどうかを調べるためには、物質が電気をどの程度流すかを調べる（電気伝導測定）。そのためには、物質に2本以上の電極を取り付け、電極間の電圧と電流の関係を調べる。固体の場合、電極を取り付け測定することは容易である。液体であっても、融点が高くなく、反応性に乏しい場合は、電極を液体に差し込んで測定を行うことができる。ところが、ホウ素融体と反応しない物質が、これまでのところ見つかっておらず、ホウ素融体に差し込む電極が存在しないために、ホウ素融体の電気伝導は直接測定できない。

そこでX線コンプトン散乱測定を行い、ホウ素融体中の価電子の空間分布を求めることを試みた。コンプトン散乱は非弾性X線散乱の一つである。コンプトン散乱X線のエネルギー分布からコンプトンプロファイルが得られ、そこから電子運動量密度に関する情報が得られる。コンプトン散乱の詳細については文献を参照いただきたい^[4]。我々がコンプトン散乱に注目した理由は2点ある。第一は、SPring-8で行うコンプトン散乱実験が、116 keVの高エネルギーX線を用いることである。通常、高温の液体は蒸発が激しく試料表面が荒れている。バルク情報を得るためには硬X線の利用が必須である。第二は、コンプトン散乱は全価電子の電子運動量密度分布を観測するので、フェルミ準位近傍の価電子だけでなく、結合に寄与する深い準位の価電子の挙動を解明できる点である。実際に、ケイ素融体に関するコンプトン散乱測定が行われ、ケイ素融体の価電子の運動量分布が自由電子モデルから解離していることが判明した^[5]。さらに第一原理計算を用いた解析から、ケイ素融体の結合状態が、共有結合と金属結合の共存している状態にあることも判明した^[6]。

コンプトン散乱測定は高エネルギー非弾性散乱

ビームライン (BL08W) に設置された Cauchois 型 X線スペクトロメータへ静電浮遊溶解装置を組み込み行った。試料は真空雰囲気 (10^{-4} Pa) で保持し、加熱レーザー (波長 980 nm、出力 100 W) を3方向から試料へ照射することによって溶融した。試料温度は放射温度計により測定し、固体ホウ素 (300 K) と液体ホウ素 (2500 ± 15 K) の測定を行った。得られた生データに対して、データ補正を施し (バックグラウンド補正、散乱断面積のエネルギー依存補正、吸収および多重散乱補正、スペクトロメータおよび検出器のエネルギー依存補正)、運動量空間のプロファイルへ変換した。ここから内殻電子 ($1s$)² の寄与を取り除き、価電子のコンプトンプロファイルを得た (図3)。

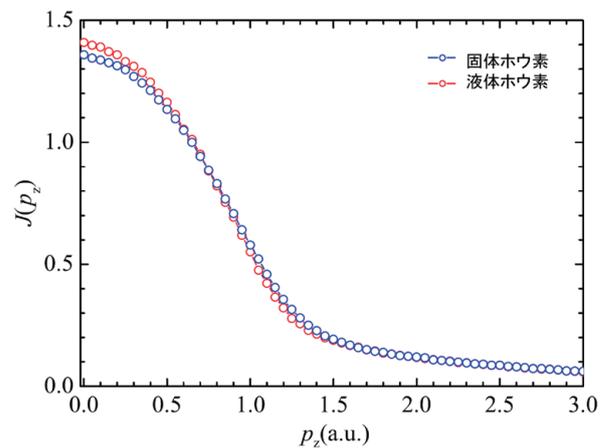


図3 固体ホウ素および液体ホウ素中の価電子が寄与するコンプトンプロファイル。

固体ホウ素から液体ホウ素を差し引いたプロファイルを図4に示す。明瞭に差異が表れている。図4の実験プロファイルは、第一原理分子動力学 (MD) 計算により得られたプロファイルと良く一致した (図4の実線)。第一原理 MD 計算と実験が良く一致したことから、液体ホウ素中の価電子の結合分布を調べるために、ワニエ関数解析^[7]と呼ばれる手法を用いてホウ素融体中の価電子の挙動を可視化した。図5は価電子が動き回る範囲を示したものである。図の横軸は右にいくほど電子の稼働範囲が広いことを示す。ホウ素との比較のためにケイ素の結果も示す。ダイヤモンド構造を持つ典型的な半導体であるケイ素の中では、価電子は、原子間の共有結合に全て拘束されているため、図5(b)に示されるように、電子の動き回る範囲 (遍歴範囲) は限定される。

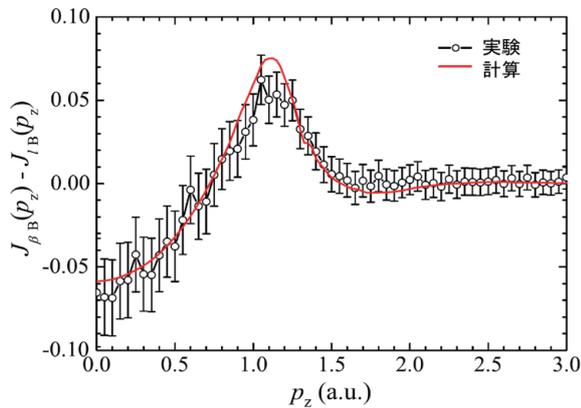


図4 固体ホウ素と液体ホウ素コンプトンプロファイルの差分。実線（赤色）は第一原理分子動力学計算により求めた差分プロファイルを示す。

ケイ素は溶けると一転して完全な金属になり、融体中を電子が自由に動き回るようになるが、図からもケイ素融体中の電子の遍歴範囲が大きく広がっている様子が分かる。

図5(a)にホウ素の結果を示す。ホウ素も固体状態では半導体であり、伝導電子は原子間に拘束されているが、結晶構造が複雑なために結合の長い共有結合が存在する。それゆえにケイ素と比べると価電子の遍歴範囲が広がっている。融解に伴い遍歴範囲の分布は右へシフトするが、固体と融体の分布の大部分はオーバーラップしている。ケイ素の場合とは明瞭に異なり、ホウ素の場合、融体中の伝導電子の遍

歴範囲は固体と似ている。このことは、ホウ素は溶けても固体と同じく価電子のほとんどが共有結合的な状態を保持しており、金属にならないことを示す。これまではホウ素は溶けると金属になると考えられていたが、実際には半導体のままであることが明らかになった^[8]。

4. まとめ

本稿ではホウ素融体のコンプトン散乱測定について紹介した。これまで、半導体である固体ホウ素は融けると金属になると考えられてきたが、実際には価電子の大半が共有結合的な状態にあり、ホウ素融体は半導体と考えられることが判明した。融体は周期的な原子配列を持たないために、結晶の物性を理解するために発展してきた理論体系を融体へ適用することができず、融体の電子物性に対する理解は固体と比べると十分とは言えない。本研究において価電子の空間分布を求めるために用いたワニエ関数解析法は、融体一般に適用可能である。融体中の価電子の性質を調べるための有益な方法として今後の発展が期待される。

本研究は、P. H.-L. Sit 教授、渡辺康裕氏、七尾進教授、B. Barbiellini 博士、伊藤真義博士、櫻井吉晴博士、A. Bansil 教授、濱石光洋氏、石川亮博士との共同研究として行われた。コンプトン散乱実験は SPring-8、BL08W で行われ（課題番号：2007B1235）、科学技術振興機構 戦略的創造推進事業「新物質科学と元素戦略」の支援を受けた。

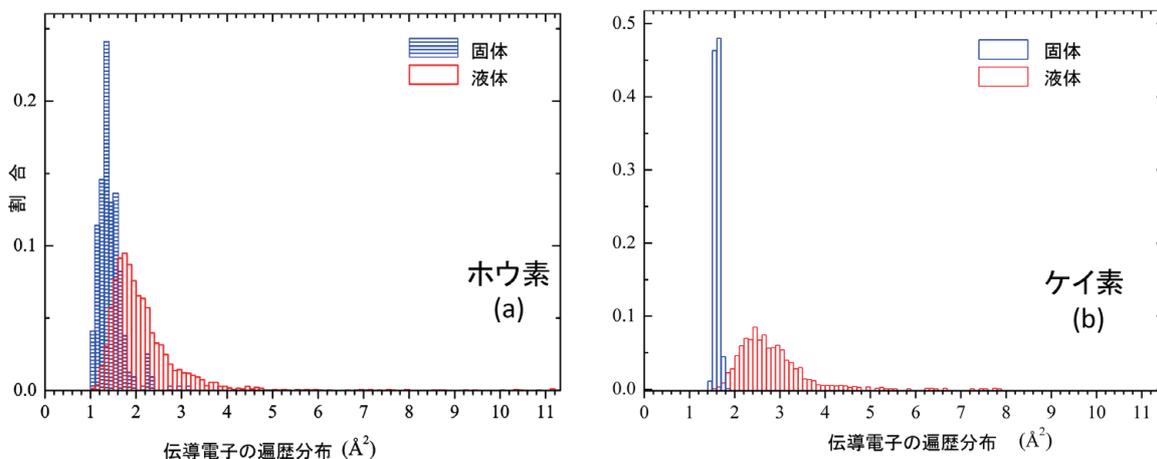


図5 実験結果の解析により求められた伝導電子が動き回る範囲（遍歴範囲）。青色が固体、赤色が液体。ホウ素 (a) とケイ素 (b) の結果を示す。

参考文献

- [1] N. Vast, S. Bernard and G. Zerah: *Phys. Rev. B* **52** (1995) 4123.
- [2] W.-K. Rhim, K. Ohsaka, P.-F. Paradis and R. E. Spjut: *Rev. Sci. Instrum.* **70** (1999) 2796.
- [3] P.-F. Paradis *et al.*: *Mat. Sci. Eng. R* **76** (2014) 1-53.
- [4] 櫻井吉晴: SPring-8 利用者情報 **16** (2011) 178-185.
- [5] K. Matsuda *et al.*: *Phys. Rev. B* **88** (2013) 115125.
- [6] J. T. Okada *et al.*: *Phys. Rev. Lett.* **108** (2012) 067402.
- [7] N. Marzari and D. Vanderbilt: *Phys. Rev. B* **56** (1997) 12847.
- [8] J. T. Okada *et al.*: *Phys. Rev. Lett.* **114** (2015) 177401.

岡田 純平 OKADA Junpei

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
 〒305-8505 茨城県つくば市千現2-1-1
 (現所属)
 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 : 022-215-2102
 e-mail : junpei.t.okada@imr.tohoku.ac.jp

石川 毅彦 ISHIKAWA Takehiko

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
 〒305-8505 茨城県つくば市千現2-1-1
 TEL : 029-868-3651
 e-mail : ishikawa.takehiko@jaxa.jp

木村 薫 KIMURA Kaoru

東京大学大学院 新領域創成科学研究科
 〒277-8561 千葉県柏市柏の葉5-1-5
 TEL : 04-7136-5456
 e-mail : bkimura@phys.mm.t.u-tokyo.ac.jp

新しい分子が生まれる瞬間を捉える ～ SACLA による化学反応動力学計測～

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 足立 伸一
Center for Free-Electron Laser Science, Deutsches Elektronen-Synchrotron
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 佐藤 篤志
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 野澤 俊介

Abstract

X線自由電子レーザー SACLA のフェムト秒超短パルス性を最大限に活かすことにより、時間分解 X線溶液散乱の手法を用いて、フェムト秒からピコ秒、ナノ秒オーダーに渡る幅広い時間領域で、溶液中で進行する化学反応中の分子構造のスナップショットを直接観測した。今後、基礎物理・化学分野での超高速時間分解測定に留まらず、光触媒反応の機構解明や人工光合成反応の高効率化など、様々な実時間計測のための研究手段として利用需要が大きく拡大してゆくであろう。

1. はじめに

あらゆる生命活動は複雑かつ巧妙な化学反応の組み合わせで成り立っており、我々の生活は化学反応によって支えられているといっても過言ではない。化学反応において、新しい分子がどのようにして生成するのかを実験的に直接観測することは化学者の夢の一つであるが、化学反応を手取るように観測することは極めて困難な課題である。

赤外から可視・紫外域における超短パルスレーザー技術の発展に伴い、フェムト秒からピコ秒オーダーで進行する超高速化学反応の研究手法として、超高速時間分解計測法は有力な研究手法である。ただし、赤外から可視・紫外域における超高速時間分解分光法は、使用される光のエネルギー域で検出可能な価電子帯の電子状態や分子振動に関する情報を与える一方、分子構造に関しては直接的な情報を与えない。過渡的な分子構造の情報を得るには、赤外から紫外域よりさらに短波長の「波」が必須であり、超短パルスの X線や電子線の登場が待たれてきた。近年の X線自由電子レーザー (X-ray Free Electron Laser, XFEL) の登場により、超短パルス X線によるフェムト～ピコ秒オーダーの超高速時間分解測定は、加速度的に発展する研究分野となりつつある。これまでのところ、XFEL を用いた時間分解 X線測定は、比較的単純な化学反応に限定されているが、今後より一般的な化学反応にも適用範囲が拡大するであろう。本稿では、SACLA の

パルス X線を利用した時間分解 X線溶液散乱法による化学反応動力学の計測事例として、ジシアノ金 (I) 錯体溶液中の化学結合形成過程の例について紹介する^[1]。

2. SACLA を利用した時間分解 X線溶液散乱測定

SACLA のビームライン 3 (BL3) 実験ハッチ 2 (EH2) における時間分解 X線溶液散乱の装置配置の模式図を図 1 に示す。試料への放射線照射およびレーザー光照射による損傷を回避するために、溶液循環式ポンプを用いて溶液試料を循環させており、溶液循環サイクルの途中で設置したジェットノズルから噴出する試料に合わせて、時間同期した X線とレーザー光を溶液試料上の同一位置に照射している。

SACLA の XFEL 光として、エネルギー 15 keV (波長 83 pm) の X線を使用した。XFEL 光のパルス幅

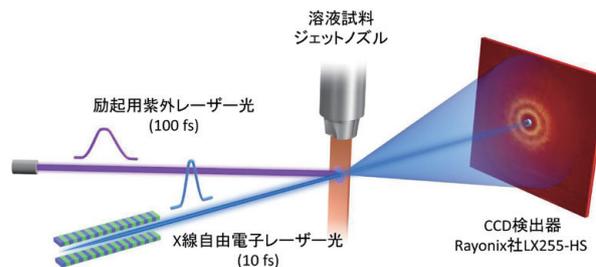


図 1 時間分解 X線溶液散乱測定装置配置図

は約10フェムト秒である^[2]。ただし、XFEL光の到達時刻には、100フェムト秒程度のばらつき（ジッター）があると見積られている。励起レーザー光はモードロック・チタンサファイアレーザーの再生増幅後に得られる800 nmのレーザー光の3次高調波（267 nm）を用い、励起レーザー光のパルス幅は100フェムト秒である。溶液試料からCCD検出器までの距離を50 mmとしてX線溶液散乱測定を行った。レーザー光と放射光の遅延時間をマイナス5ピコ秒（励起前の参照時刻）から100ピコ秒まで変化させ、光励起前後のX線溶液散乱の差分信号を計測した後に、動径方向に積分してその後の解析に用いた。遅延時間100ピコ秒から3マイクロ秒までについては、パルス幅60ピコ秒のX線パルスが使用可能なKEKのPF-ARで別途計測し、SACLAで計測したデータと接続した。この際、PF-ARとSACLAで別々に計測した遅延時間100ピコ秒での差分信号は、誤差範囲内で一致していることを確認している。

3. 測定例：ジシアノ金(I)錯体における光誘起化学結合生成反応

3.1 本研究の動機

分子内の化学結合を光励起によって切断する過程を時間分解で測定する例は比較的良く知られているが、分子間に新たな化学結合が生成する過程を時間分解で追跡する測定については報告例がほとんどない。その理由は、溶液中の拡散律速過程を制御することの困難さにある。化学結合が生成する過程を観測するためには、ある特定の時刻において複数の反応種が結合を形成するのに十分近い距離に存在していることが必須であるが、一般に溶液反応では拡散が律速過程となるため、そのような条件を溶液中の全ての分子種で満足させることは不可能である。その点、本研究で用いたジシアノ金(I)錯体[Au(CN)₂]は、Aurophilic interactionと呼ばれる金原子間の弱い相互作用により、錯体濃度に依存して基底状態でオリゴマーの構造を形成する(図2)。オリゴマーの結合長が2量体、3量体、4量体と伸長することにより、発光スペクトルのピークが長波長シフトすることから、波長可変の発光材料としても注目されている分子である。この基底状態のオリゴマーに励起光を照射すると、電子が金-金間の結合性軌道に励起され、金原子間に共有結合が生成することが知

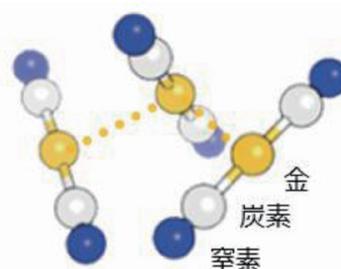


図2 ジシアノ金(I)錯体[Au(CN)₂]⁻の基底状態三量体構造

られている^[3]。従って、このジシアノ金錯体の系は、光誘起化学結合形成反応の前に、金-金間の弱い相互作用をあらかじめ仕込んでおくことにより、拡散過程に律速されることなく、光をトリガーとして化学結合が生成する過程を観測することができる興味深い実験系である。

ジシアノ金(I)錯体のフェムト秒～ピコ秒オーダーの超高速光化学研究については、富山大学の岩村らによって2013年に時間分解可視紫外吸収分光が報告されている^[4]。彼らの測定結果では、光励起後約2ピコ秒の寿命で600 nm付近に過渡吸収の強度上昇が観測され、密度汎関数理論計算と合わせた考察により、この時間域の過渡吸収の強度変化は3量体の3重項励起状態の分子構造がbent型からlinear型に変化していることに由来すると解釈されている。我々のグループは岩村らとの議論に基づき、この実験系に時間分解X線溶液散乱測定を適用すれば、2ピコ秒の時間域における分子構造変化をより直接的に観測できる可能性があると考えた。またこの実験系での興味深い点として、上記のピコ秒の過程よりも遅い約2ナノ秒の時間領域の発光スペクトル変化が挙げられる。約2ナノ秒の時間域では460 nm付近に長波長シフトしたピークを持つ発光スペクトルが新たに出現することから、3量体の励起状態にさらに1個のジシアノ金錯体のユニットが結合した4量体構造へと変化していることが示唆された。これについても時間分解X線溶液散乱を用いれば、3量体から4量体への生成過程の分子構造の変化を直接的に観測できると考えた。これらの予想に基づき、ピコ秒オーダーの反応ダイナミクスについてはSACLAで、ナノ秒オーダーの反応ダイナミクスについてはPF-ARで、それぞれ時間分解溶液散乱の測定を開始した。

3.2 結果と考察

X線溶液散乱の差分信号を時間分解して計測した結果を図3に示す。この図は、レーザー光と放射光の遅延時間をマイナス800フェムト秒（励起前の参照時刻）から1マイクロ秒まで系統的に変化させたときの一連の散乱差分信号の時間変化を示しており、遅延時間マイナス800フェムト秒から100ピコ秒までの速い時間域についてはSACLAで、遅延時間100ピコ秒から1マイクロ秒までについてはKEKのPF-ARで計測し、両施設で計測したデータを遅延時間100ピコ秒で接続した。

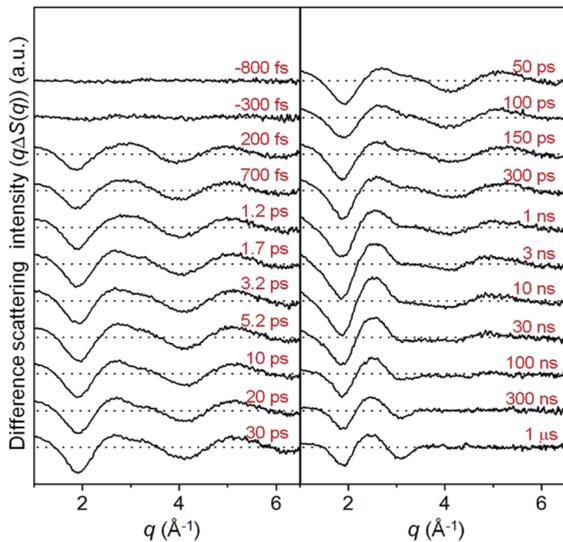


図3 時間分解 X線溶液散乱差分信号の時間変化

次にこの X線散乱の差分信号をフーリエ変換することによって得られる動径分布関数の時間変化を図4に示す。励起前のマイナス800フェムト秒から100ピコ秒の時間域では、第一近接 (P_1) および第二近接 (P_2) の金-金原子間距離に由来するピークが明瞭に観測されている。励起前マイナス800フェムト秒では、約3.5 Å付近に第一近接ピーク位置が観測されており、Aurophilic interaction に特有の弱い相互作用を反映した金-金原子間距離を示している。励起後200フェムト秒では、第一近接ピーク位置が2.8 Å付近にシフトすることから、レーザー光照射により励起された電子が結合性軌道に占有されて、金-金原子間により強固な共有結合が生じたことを示している。第一近接ピークの線幅を励起前後で比較すると、励起後に線幅が狭くなっていることから、励起前に弱い相互作用であったものが、

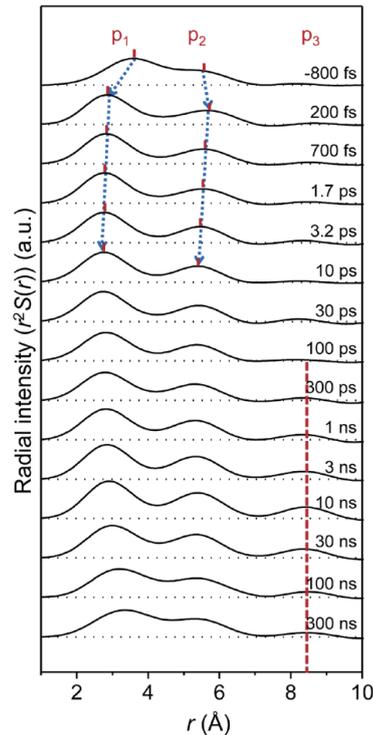


図4 動径分布関数の時間変化

励起後に強い共有結合となっていることが分かる。一方、300ピコ秒以降10ナノ秒にかけて新たに出現する第三近接 (P_3) ピークは、4量体が生成していることを直接的に示す証拠である。

図4の結果に対して特異値分解 (Singular Value Decomposition, SVD) 法を適用し、詳細な反応中間体の構造解析を行った。反応中間体に対応する動径分布関数に対して、3量体もしくは4量体の結合距離と角度をパラメータとして構造精密化を行うことにより、基底状態構造と3つの反応中間体構造 (図5) を決定した。

図5の反応中間体構造とその時間発展から、ピコ秒の時間域で進行する分子構造変化の詳細が明確となる。3量体の基底状態は屈曲した分子構造を持つものに対し、励起直後に生成する中間体 I_1 は、動径分布関数の第二近接ピークの位置 (5.63 Å) が、第一近接ピークの位置 (2.81 Å) のちょうど2倍になっていることから、直線状の分子構造へと変化していることが分かる。その後、1.6ピコ秒の寿命で I_1 が消失し、新たに中間体 I_2 が生成する。 I_1 と I_2 の構造の違いは微妙であるが、明確に異なっており興味深い。第一近接ピークは2.81 Åから2.70 Åへ、第二近接ピークは5.63 Åから5.41 Åへと短くなり、3

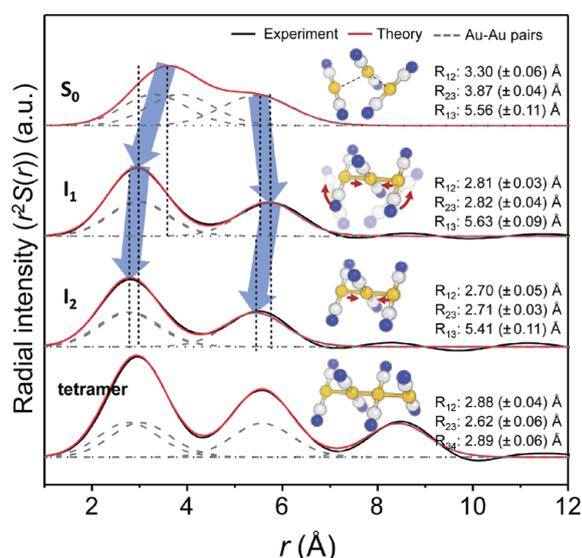


図5 SVD法によって求めた反応中間体の分子構造

量体分子は直線状を保ったまま、分子結合距離が4%程度短い、よりコンパクトな分子へと変化する。この微妙な構造変化の起源は明らかではないが、金原子に配位した2個のシアンイオンの立体障害を反映していると解釈している。

4. おわりに

SACLAの利用により、フェムト秒からピコ秒、ナノ秒オーダーに渡る幅広い時間領域で、溶液中の分子構造をX線溶液散乱により直接観測することが可能となった。今後特に、基礎・応用化学分野での利用が拡大すると期待される。今後の展開に向けて、以下の点を指摘しておきたい。

XFELのパルス幅は、SACLAの場合10フェムト秒程度と見積られているが^[2]、一方で、実際には試料位置におけるX線パルスの到達時刻のばらつき(ジッター)が存在するため、測定全体の時間分解能はジッターによって支配されている。前述の通り、X線パルスの到達時刻のジッターは100フェムト秒程度と見積られており、このままではSACLAが持つパルス幅(10フェムト秒)を十分に活かすことができない。この状況を克服するための方策として、1ショット毎にX線パルスの到達時刻のジッターを検出し、全測定後に正しい到達時刻に修正する機能(到達時刻モニター機能)が米国LCLSやSACLAで実装されている^[5,6]。この機能を有効に活用することにより、今後計測全体の時間分解能をパ

ルス幅(10フェムト秒)程度まで改善できると期待される。時間分解X線回折・散乱計測は、励起状態を実時間で発展する実空間構造として捉える手法を提供し、得られる情報はエネルギー空間における励起状態の情報と相補的である。時間分解X線構造解析により、基底状態が励起状態に、または励起状態が基底状態に至る機序を階層的な時間発展として捉えることができれば、これまでの知識に新たな重要な側面を付け加えることができると期待している。

謝辞

本研究は、韓国KAIST、IBSのHyotcherl Ihee教授の研究グループ、国立研究開発法人理化学研究所の石川哲也センター長、矢橋牧名グループディレクター、Changyong Song博士、佐藤堯洋博士(現・東京大学)、小川奏博士(現・日本原子力研究開発機構)、(公財)高輝度光科学研究センターの登野健介博士、富樫格博士らとの共同研究である。

また本研究は、文部科学省X線自由電子レーザー重点戦略研究課題、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業さきがけ「光エネルギーと物質変換」、科学研究費新学術領域「人工光合成」の支援を受けて実施された。

本研究の測定は、SACLAのBL3(EH2)において、課題番号2012A8030、2012A8038、2012B8029、2012B8043、2013A8053、2013B8036、2013B8059、2014A8042、2014A8022で、またフォトンファクトリーのPF-ARビームラインNW14において、課題番号2011G655、2012G778、2012G779の下に実施した。

両施設の光源・ビームラインのスタッフ、関係者に深く御礼申し上げる。

参考文献

- [1] K. H. Kim, J. G. Kim, S. Nozawa, T. Sato, K. Y. Oang, T. W. Kim, H. Ki, J. Jo, S. Park, C. Song, T. Sato, K. Ogawa, T. Togashi, K. Tono, M. Yabashi, T. Ishikawa, J. Kim, R. Ryoo, J. Kim, H. Ihee and S. Adachi: *Nature* **518** (2015) 385-389.
- [2] Y. Inubushi, K. Tono, T. Togashi, T. Sato, T. Hatsui, T. Kameshima, K. Togawa, T. Hara, T. Tanaka, H. Tanaka, T. Ishikawa and M. Yabashi: *Phys. Rev. Lett.*

109 (2012) 144801.

- [3] M. A. Rawashdeh-Omary, M. A. Omary, H. H. Patterson and J. P. Fackler: *J. Am. Chem. Soc.* **123** (2001) 11237-11247.
- [4] M. Iwamura, K. Nozaki, S. Takeuchi and T. Tahara: *J. Am. Chem. Soc.* **135** (2013) 538-541.
- [5] M. Harmand, R. Coffee, M. R. Bionta, M. Chollet, D. French, D. Zhu, D. M. Fritz, H. T. Lemke, N. Medvedev, B. Ziaja, S. Toleikis and M. Cammarata: *Nat. Photonics* **7** (2013) 215-218.
- [6] T. Sato, T. Togashi, K. Ogawa, T. Katayama, Y. Inubushi, K. Tono and M. Yabashi: *Appl. Phys. Express* **8** (2015) 012702.

足立 伸一 ADACHI Shin-ichi

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所
〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1
TEL : 029-879-6022
e-mail : shinichi.adachi@kek.jp

佐藤 篤志 SATO Tokushi

Center for Free-Electron Laser Science (CFEL),
Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY)
Notkestrasse 85, 22607, Hamburg, Germany
TEL : +49 (0) 40 8998 6864
e-mail : tokushi.sato@desy.de

野澤 俊介 NOZAWA Shunsuke

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所
〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1
TEL : 029-879-6020
e-mail : noz@post.kek.jp

SACLA における XFEL 集光システムの開発

東京大学大学院 工学系研究科
三村 秀和

Abstract

X線自由電子レーザー (XFEL) 施設 SACLA では、4枚の集光ミラーを用いた2段集光システムにより、XFEL の50 nm 集光が可能である。世界で初めて、 10^{20} W/cm² の高強度光子場を達成し、X線非線光学現象の観測に貢献している。本稿では、SPring-8 BL29XU での集光ミラーの開発も含めながら、SACLA における XFEL 集光システムについて紹介する。

1. SPring-8/BL29XU でのミラー開発

X線ミラーは、ビームラインを構築する上で必要不可欠なコンポーネントで、集光、発散角抑制、高調波カットの目的で使用される。

私たちが専門とする加工分野においては、X線ミラーは、長年、超精密な表面を必要とする代表格であった。X線ミラーの性能が大きく進歩したのは、2001年、1 km 長尺ビームライン BL29XU を舞台とした理化学研究所と大阪大学との共同研究が始まってからである。

大阪大学の山内らは、1 km 長尺ビームラインのコヒーレント硬 X 線を、EEM (Elastic Emission Machining) 法により加工された平面形状のミラーに照射し、その反射特性を調べた。開発を進めるためには、定量的な目標が重要となる。この研究開始時において、ミラーの形状誤差を考慮した反射強度分布を計算するために、波動光学シミュレータを開発した。解析の結果、X線ミラー上に存在する凹凸の高さが、1 mm 程度の周期において数 nm であっても、X線反射像に対して激しい強度振幅を発生させることがわかった。この周期の凹凸を取り除く技術は当時存在していなかった。凹凸を正確に計測できないため、取り除くことが不可能であった。そこで、マイクロステッチング干渉計と名付けた形状計測手法を開発し、ミラー全面にわたって面内の空間分解能 30 μ m で、高さ方向 0.1 nm の精度での測定を可能にした。その結果、強度ムラを発生させる形状誤差を取り除くことが可能となり、世界で初めて、コヒーレント硬 X 線を反射しても強度ムラが

発生しない平面ミラーの作製に成功した^[1]。

平面ミラーの作製技術は、そのまま集光ミラーの作製に用いられ、15 keV の X 線において、集光サイズ 200 nm (半値幅) のほぼ理想的な1次元方向の回折限界集光を確認した^[2]。翌年、2枚の楕円集光ミラーから構成された Kirkpatrick-Baez 光学系により、集光サイズ約 200 nm の2次元集光を実現した。

この成果を元に、集光サイズは全反射ミラーを用いて、25 nm (15 keV)、多層膜ミラーにより 7 nm (20 keV) まで集光サイズを縮小させた^[3]。これらの研究の中で、高 NA (Numerical Aperture) のミラーの形状計測装置^[4]、At-wavelength 波面計測法^[5]、波面制御のためのアクティブミラー^[6]などの様々な要素技術を開発した。集光ビームの応用としては、蛍光 X 線顕微鏡を構築し、がん細胞の元素イメージングを行うなど医療分野にも貢献してきた^[7]。

このような一連の研究を進める中で、X線集光の実験をしていた 1 km 長尺ビームラインの隣で、X線自由電子レーザー施設の建設が進んでいった。

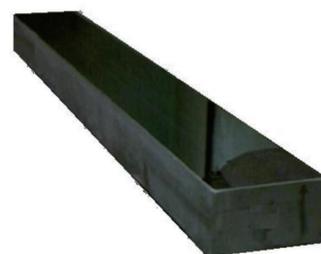


図1 長さ 400 mm の X 線集光ミラー

2. 集光ミラーの長尺化

例えば、100 μm サイズのビームを100 nm サイズに集光すれば、単位面積あたりの強度（集光強度）は6桁（100万倍）向上する。X線を物質に照射し、検出される様々なシグナルは、基本的には、照射強度に比例することから、集光システムは各種分析機器の性能向上に大きく寄与する。XFEL 応用の拡大のためにも、集光システムは大変重要となる。

現在は、日常的に XFEL の集光が行われているが、導入前は、XFEL の高い強度のためミラー表面の材料が昇華する可能性があると考えられていた。照射耐性を上げるためには、表面を軽元素とし、更に反射率を100% 近くにすればよい。そのため、入射角度を小さくする必要があり、ビームの取りこぼしを防ぐためには、ミラーの長尺化が必要となる。

図1に示す長さ400 mm のミラーを作製するために、ミラーの加工、計測装置の大型化に加えて、ミラー作製の効率化、自動化を行い、400 mm 長のミラーにおいて2 nm(P-V) のミラーの作製に成功した^[8]。

結果的には、照射耐性に関する問題は杞憂であったが、ミラーの長尺化により、集光システムの開口が大きくなり、すべての発生した XFEL を100% 効率で集光可能なシステムが実現した。また、SPring-8においても、取りこぼしなく X 線を受け止めることが可能な、300 mm~400 mm 長さの集光ミラーの導入が進むこととなった。

3. 1 μm 集光システム

2011年の XFEL 発振に合わせて、2枚の400 mm 長のミラーから構成された KB 光学系による集光システムの導入を進めた。集光サイズは、基本的に、光源サイズ、光源からミラーまでの距離、焦点距離、ミラーの開口により求まる。X 線のエネルギー 10 keV を想定し、1 μm 集光サイズの集光システムを設計した結果、ワークディスタンスを1 m 以上確保できた。この距離は、焦点周りにおいて十分なスペースがあり、様々な機器を問題なく設置できる。

XFEL 発振成功の一報から約1 ヶ月後の2011年7月に XFEL 集光実験を行った。初めての XFEL 集光実験ではミラーの照射耐性の心配もあり、ビーム強度を弱めミラーに照射していくなど、様子を見ながら慎重に進めた。照射耐性に関しては問題なく、10 keV の XFEL を1.2 μm（縦）、0.95 μm（横）サイズにまで集光することに成功した。この時達成した

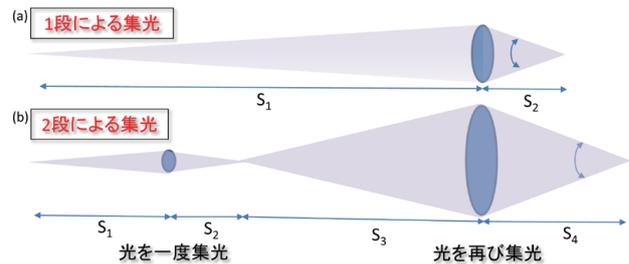


図2 1段による集光と2段による集光の比較

集光強度は $6 \times 10^{17} \text{ W/cm}^2$ であり、非集光に比べて4桁向上させたことになる^[9]。この集光システムの後段には、集光 XFEL ビームを用いたコヒーレント X 線回折イメージングの装置などが設置され、現在に至るまで様々な実験に貢献している。

4. 50 nm 集光システム

2010年、先行して発振に成功した米国 LCLS において、100 nm サイズに集光することが計画されていた。この頃、すでに高精度ミラーの販売が始まっており、LCLS においても、日本産の集光ミラーの導入が計画されていた。

SACLA においても時間を優先し、XFEL 発振の約1年前の2010年8月から50 nm サイズの集光システムの検討を開始した。この時期に検討を始めた結果、2011年3月に建設された相互利用棟施設の建設において、50 nm 集光システムの導入が可能であり、50 nm 集光の早期の実現につながった。

図2(a)のように、集光点の大きさは、幾何学的に光源サイズを縮小させたサイズであることから、微小集光を実現するためには、その縮小比を大きくする必要があり、縮小比から見た集光ビームサイズ D_1 は、

$$D_1 = S_2/S_1 D_0$$

ここで、 S_2 は焦点距離、 S_1 は光源から集光素子までの距離、 D_0 は光源の大きさである。

すなわち、ある程度の焦点距離を確保しようとした場合、微小集光を行うためには S_1 を長くする必要があり、そのためビームラインは長くなる。実用的な集光システムの構築の場合、光源性能、必要強度、スペースの確保の観点から総合して、光学系が設計される。

XFEL で高強度場を実現するためには、発生した

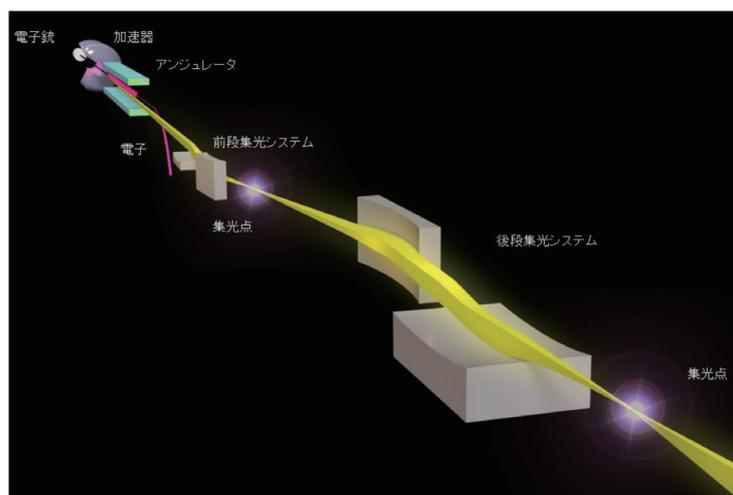


図3 4枚の鏡を利用した2段集光によるXFEL ナノビームの形成
SACLAに導入されたX線レーザーの集光システム。直線的に進むX線レーザーを一度拡大し、集光することでX線レーザーをナノメートルサイズに集めることができる。

ビームすべてを50 nm サイズに集光したい。利用実験を考え、100 mm 以上の焦点距離も確保する。スペースの限られた SACLA において、すべての要請を満足させたのが図3に示す2組のKB ミラーシステムを用いた2段集光システムである。このシステムでは、図2(b)のように、1段目の集光システムにより1度 XFEL を集光し、拡大した光を2段目の集光システムにより集光するというシステムである。2段目により集光される最終的な集光サイズ D_2 は、

$$D_2 = S_4/S_3 D_1 \\ = S_4/S_3 \cdot S_2/S_1 D_0$$

S_4 は2段目の集光システムの焦点距離、 S_3 は1段目の集光システムの焦点と2段目の集光素子までの距離である。すなわち、集光サイズ D_2 は最終的な焦点距離である S_4 と光源からの集光システムの距離 S_1 以外に、 S_3 と S_2 の比により変えることができる。

その結果、上記の要請を満足する光学設計が可能となり4枚のミラーを用いた2段集光システムによる集光サイズ50 nm 以下の設計が可能となった。

2段集光システムでは、2つの集光光学システムの距離が離れば、1段目の焦点距離が長くなり、ミラーの曲率が小さくなりほぼ平面に近い形状となる。その結果、1段目のアライメント必要精度は低下する。2つの集光システムの距離を約70 m とし、

2段目の集光システムは相互利用棟に設置することとなった。

1 μm 集光の成功から約1年後の2012年6月に50 nm 集光の実験を実施した。2 nm(P-V) レベルの高精度の形状精度を持った4枚の集光ミラーを使用し、JASRI の湯本らが開発した2台の高剛性ミラーアライメント装置を導入した。実験では、1段目の集光調性を行い、2段目の集光調性を行った。ナイフエッジスキャン法により、ビームプロファイルを評価しながら、集光サイズが小さくなるようにアライメントを行った。

XFEL はパルス毎に波長や方向が変化することが予測されていたため、XFEL 集光特性においても、1パルス毎の評価が必要である。そこで、タルボ効果を利用したグレーティング干渉計を構築した^[10]。

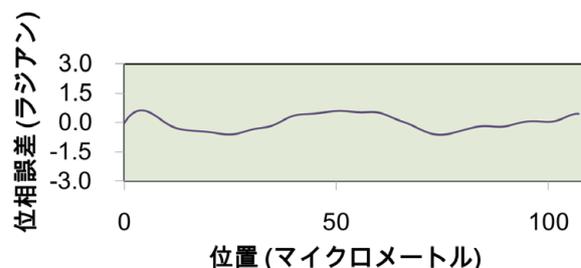


図4 測定された集光X線レーザーの波面
(ある縦方向の断面プロファイル)

高い精度で4枚の鏡の位置、姿勢を制御することで、SACLAのX線レーザーの光を集光した時、波面がほぼ理想的であることが確認された。

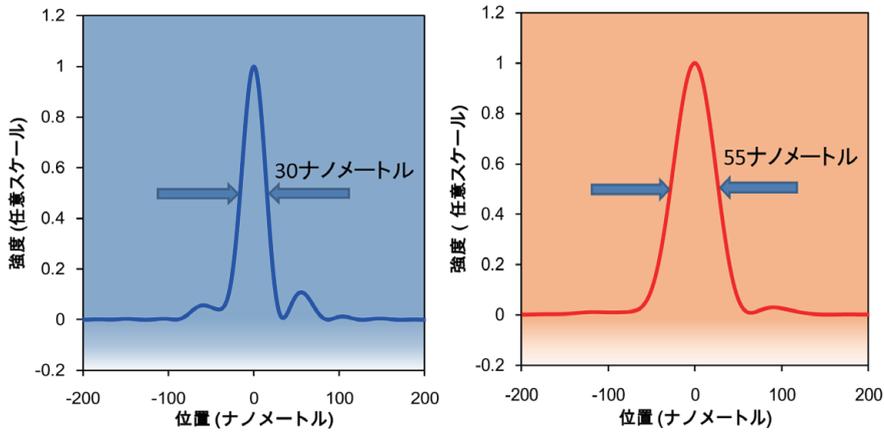


図5 実現した集光 X 線ビームの強度の分布
X 線レーザーで世界最強の集光ビームの強度分布を測定した結果、
横方向55ナノメートル、縦方向30ナノメートルのサイズを達成した。

この方法では、フーリエ変換法を利用することでワンショット毎の集光 XFEL の波面を計測できる。その波面プロファイルから集光プロファイルを計算した。

図4に、集光アライメントを行った後に測定した波面プロファイルを示す。集光後焦点を過ぎた拡大する XFEL の波面を示している。理論的には1.5ラジアン以下であれば理想的な集光が実現でき、それを満たしていることがわかる。また、計算した集光プロファイルを図5に示す。このように、縦方向で30 nm、横方向で55 nm の集光を実現した。なお、このサイズは、ナイフエッジスキャン法により測定した値とほぼ一致していることを確認している。

XFEL においては、非線形光学への応用を考えた場合、その達成された集光サイズよりも、強度密度が重要になる。この実験では、当時実現されていた XFEL の強度から、焦点での強度密度を計算した。図6は、パルス毎の強度密度を示す。このように、

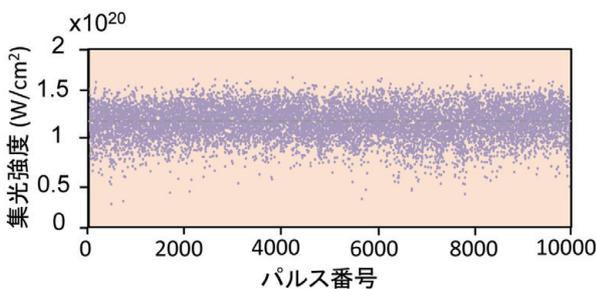


図6 集光 X 線レーザーの集光強度
SACLA の X 線レーザーをナノサイズにまで集光することにより、平均集光強度 10^{20} W/cm² を達成した。

硬 X 線領域において、世界で初めて、 10^{20} W/cm² を超える高強度場を実現した^[11]。

この50 nm の XFEL 集光ビームを用い、硬 X 線領域での過飽和吸収などの非線形現象が観察されている^[12]。こういった結果は、従来にない硬 X 線領域の高強度場が形成されたことの証明となっている。

5. まとめ

硬 X 線領域においては、可視光のように理想的なレンズはないといわれてきたが、それは過去の言葉になりつつある。反射率、集光サイズとも理想的な集光ミラーの誕生により、SACLA、SPring-8で発生する硬 X 線をすべて受け止め、理想的に集光できるようになった。そして、ミラー反射により X 線の強度などは低下しないため、可視光での光学システムと同様、多段の集光素子による光学系の構築が可能となった。

SACLA において、大阪大学の山内グループを中心に、多層膜ミラーを利用することで、10 nm にまで集光サイズを縮小させる研究が進んでおり、更なる高強度場の実現が期待できる。

世界各地で建設が進む XFEL および次世代放射光施設においては、X 線を100 nm 以下に集光することは当然のように考えられている。更に、本稿で紹介した2段集光の成功により、ビームラインにおける集光光学系の設計の自由度は格段に高まっており、多様な集光光学系が考案され、高精度ミラーを用いた集光システムの導入が加速されると考えている。

参考文献

- [1] K. Yamauchi *et al.*: “Wave-optical evaluation of interference fringes and wavefront phase in a hard-X-ray beam totally reflected by mirror optics” *Applied Optics* **44** (2005) 6927-6932.
- [2] K. Yamauchi *et al.*: “Nearly diffraction-limited line focusing of a hard-X-ray beam with an elliptically figured mirror” *J. Synchrotron Rad.* **9** (2002) 313-316.
- [3] H. Mimura *et al.*: “Breaking the 10 nm barrier in hard-X-ray focusing” *Nat. Phys.* **6** (2010) 122-125.
- [4] H. Mimura *et al.*: “Relative angle determinable stitching interferometry for hard x-ray reflective optics” *Rev. Sci. Instrum.* **76** (2005) 045102-1-6.
- [5] H. Mimura *et al.*: “Direct Determination of the Wave Field of an X-ray Nanobeam” *Physical Review A* **77** (2008) 015812-1-4.
- [6] T. Kimura *et al.*: “Development of adaptive mirror for wavefront correction of hard x-ray nanobeam” *Proc. SPIE* **7077** (2008) 707709-1-8.
- [7] M. Shimura *et al.*: “Element Array by Scanning X-ray Fluorescence Microscopy after *Cis*-Diamminedichloro-Platinum(II) Treatment” *Cancer Research* **65** (2005) 4998-5002.
- [8] H. Mimura *et al.*: “Focusing mirror for X-ray free-electron lasers” *Rev. Sci. Instrum.* **79** (2008) 083104.
- [9] H. Yumoto *et al.*: “Focusing of X-ray free-electron laser pulses with reflective optics” *Nat. Photon.* **7** (2013) 43-47.
- [10] H. Mimura *et al.*: “Generation of 10^{20} W/cm² hard X-ray laser pulses with two-stage reflective focusing system” *Nature Commun.* **5** (2014) 3539.
- [11] S. Matsuyama *et al.*: “Wavefront measurement for a hard-X-ray nanobeam using single-grating interferometry” *Opt. Express* **20** (2012) 24977-24986.
- [12] H. Yoneda *et al.*: “Atomic inner-shell laser at 1.5-ångström wavelength pumped by an X-ray free-electron laser” *Nature* **524** (2015) 446-449.

三村 秀和 MIMURA Hidekazu

東京大学大学院 工学系研究科

〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1

TEL : 03-5841-6550

e-mail : mimura@edm.t.u-tokyo.ac.jp

グリースマトリックス法による連続フェムト秒結晶構造解析

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 SACLA 利用技術開拓グループ
菅原 道泰、南後 恵理子

Abstract

X線自由電子レーザーを用いた連続フェムト秒結晶構造解析は、これまで課題だったタンパク質試料の放射線損傷の問題を回避することができ、またナノメートル～マイクロメートルサイズのタンパク質微小結晶からの構造決定を可能にする。しかしながら、これまでタンパク質結晶を連続的にX線レーザーの照射ポイントに供給するには液状の試料を速い流速で吐出するため（液体ジェット法）、結果として大量の試料が必要であった。我々はX線自由電子レーザー施設SACLAを用い、タンパク質結晶を高粘度物質のグリースに混ぜることで低速で試料を押し出すサンプル供給法「グリースマトリックス法」の開発に成功した。本手法では、必要な試料が1 mg以下と従来の液体ジェット法の1/10～1/100程度であり、試料タンパク質が少量でも結晶構造を決定することができる。

1. はじめに

原子分解能でのタンパク質三次元立体構造はタンパク質の機能を理解する上で重要な情報源の一つである。その立体構造を高分解能で決定する方法としては、タンパク質結晶を用いたX線結晶構造解析が適している。大型放射光施設の光を用いる場合、一般に約30 μm以上のタンパク質結晶が必要である。しかしながら、現状の結晶化手法では30 μm以上の大きなタンパク質結晶を得るのは容易ではない。特に創薬などの研究用途で重要なヒトを含む動物由来のタンパク質は、結晶化に使用できる十分な量を得るのが難しく、析出する結晶も回折実験に適した十分なサイズに成長しにくい。また、回折実験においては、タンパク質結晶に放射線損傷を与えてしまうことも大きな問題であった。

X線自由電子レーザー（XFEL：X-ray Free-Electron Laser）の光は、SPring-8の放射光より10億倍もピーク輝度が高いため、ナノメートル～マイクロメートルサイズのタンパク質微小結晶での構造解析ができる。現在、稼働中のXFEL施設は、理研の「SACLA（SPring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser）」と米国のSLAC国立加速器研究所の「LCLS（Linac Coherent Light Source）」があり、また欧州やアジアの国々でXFEL施設の建設計画が進行中である。

SACLAの10フェムト秒以下という超短時間でX線レーザーの照射により、タンパク質が壊れる前に微小結晶からの回折イメージを検出できる（diffraction-before-destructionと呼ばれている）。このXFELの特性を利用した主なタンパク質の構造決定法として、連続フェムト秒結晶構造解析（SFX：Serial Femtosecond Crystallography）^[1]が注目されている（図1a）。SFXでは、主にジェットインジェクターと呼ばれる装置から噴出した多数の微小結晶を含む液体にX線レーザーを照射し、各結晶からの回折データを連続的に収集する（液体ジェット法）。SFXは常温で実験を行えるため、従来の100 K程度の低温条件下で行う回折実験とは異なり、生理条件（生体内）に近い条件で構造を得ることができる。

しかしながら、液体ジェット法によりタンパク質結晶を連続的にX線レーザーの照射ポイントに供給するには、安定したサンプルストリームを保つために流速を速くしなければならず、結果として大量の試料が必要であった。また、高濃度塩を含む試料では実験中にインジェクターノズル付近に塩結晶が析出し、サンプルストリームの妨げになることが問題であった。本稿ではこれら問題を解決するために開発した「グリースマトリックス法」を紹介する。

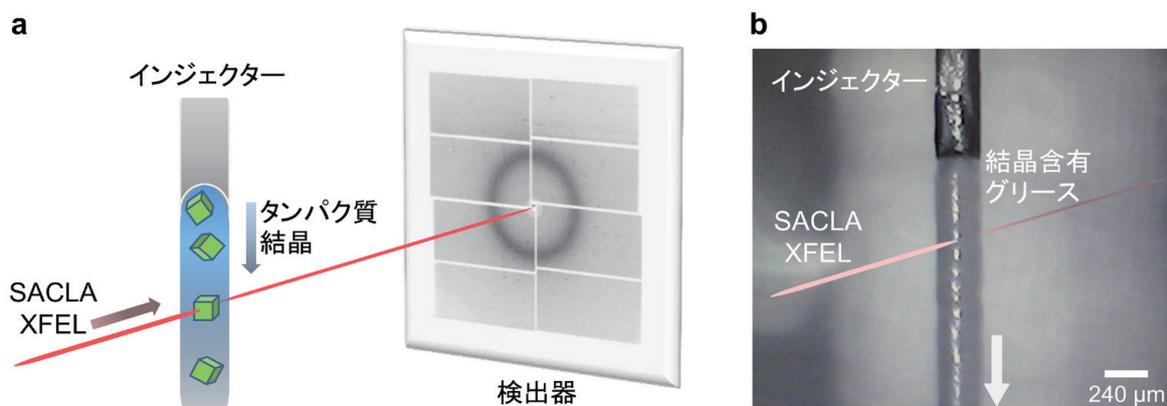


図1 連続フェムト秒結晶構造解析 (SFX)、およびグリースマトリックス法。(a) SFX 概念図。X線レーザーの照射ポイントにタンパク質微結晶を連続的に供給する。(b) グリースマトリックス法では、タンパク質結晶含有グリースをインジェクターから低速で押し出す。

2. 実験手法、および結果

生体膜に存在する膜タンパク質をターゲットとして SFX を行う場合、脂質キュービック相 (LCP: Lipidic Cubic Phase) 法と呼ばれる結晶化法が適している。LCP の高粘度環境下にあるタンパク質結晶をそのままサンプルインジェクターからゆっくり押し出すことで、非常に少量の試料で構造決定に必要なデータを収集できる^[2]。しかしながら、全てのタンパク質結晶を LCP 法で得るのは困難であり、LCP 法以外の結晶化法から得た結晶でも SFX 実験ができる結晶供給手法の開発が必要であった。

そこで我々は、結晶輸送媒体としての高粘度物質とタンパク質微結晶を混ぜ合わせることで、X線レーザーの照射ポイントに低速で安定して結晶を供給できる手法を検討した。その際、高粘度物質に必要とされる以下の条件を考慮した。

- ①タンパク質結晶と混合しても結晶に損傷を与えないこと。
- ②高濃度の塩や高粘度の試薬を含む微小結晶溶液と混合してもインジェクターから安定に試料を流せること。
- ③高粘度物質由来の回折バックグラウンドノイズが低いこと。
- ④インジェクターノズルでの目詰まりを起こさないために、高粘度物質内で微結晶が凝集せず均一に分散すること。

我々は、これらの条件を満たす高粘度物質を調査した結果、タンパク質結晶の輸送媒体として鉍物油ベースのグリース (#761, AZ Co.) が利用できる

ことを見出し、これをインジェクターに充填して測定する方法「グリースマトリックス法」^[3]を開発した(図1b)。タンパク質 X線結晶構造解析において、オイルはタンパク質結晶の汎用のクライオプロテクトANTとしてよく用いられており、多くの場合タンパク質結晶に損傷を与えないことが知られている。したがって、SFX における汎用の結晶輸送媒体としてのグリースの利用が期待できる。

今回、リゾチーム、グルコースイソメラーゼ、ソーマチン、および脂肪酸結合タンパク質 (FABP3) の4種類の水溶性タンパク質の結晶(サイズ約7~30 μm、その一例 図2)を用い、グリースマトリックス法を利用した SFX 実験を SACLA のビームライン BL3にて行った。測定はチャンバー、シリンジインジェクター、および検出器を統合したシステム

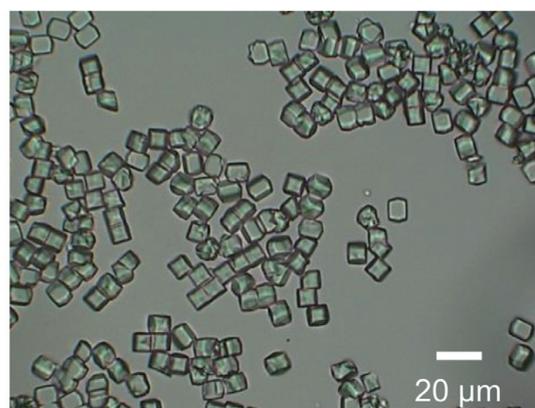


図2 SFX で使用したリゾチーム結晶の写真。SACLA での SFX 実験では、一般にサイズ 10~30 μm のタンパク質結晶を使用する。

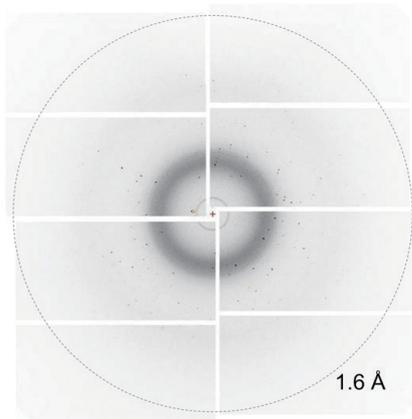


図3 グリースマトリックス法を利用したSFXより得られたリゾチーム結晶からの回折イメージの一例。

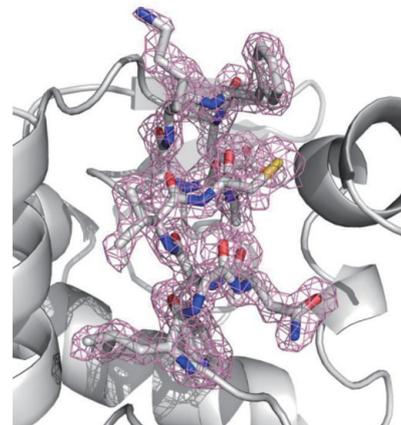


図4 SFXにより決定した2.0 Å回折分解能でのリゾチームの結晶構造。図中のピンク色のメッシュは電子密度 ($2F_o - F_c$ マップ、1.0 σ レベル)、メッシュ内スティックモデルの青色は窒素原子、赤色は酸素原子、灰色は炭素原子、および黄色は硫黄原子を示す。

である DAPHNIS^[4] を用いて行った。測定波長 1.24 Å、繰り返し周波数 30 Hz、チャンバー内温度 21~24°C、湿度 2~9% で測定を行った。各サンプル 30 μ l 程度を内径 110 μ m のシリンジニードルから吐出させ、約 1 時間の測定時間で約 10 万枚のイメージを収集した (サンプル流速 0.46~0.48 μ l/min)。我々はグリースマトリックス法を用いることで、良質回折イメージを得ることができた (図 3)。それらイメージは SFX データを処理するためのプログラム CrystFEL^[5] を使用し、最終的に各サンプルで 1 万~3 万枚の指数付け可能な回折イメージを得た。

各タンパク質サンプルにおいて、結晶構造の評価に十分な回折分解能 2 Å 以上の回折データセットの収集に成功し、それらタンパク質結晶構造を決定した。その一例としてリゾチームの結晶構造を図 4 に示した。SFX 実験による構造決定で使用した各試料タンパク質は 1 mg 以下であり、従来の液体ジェット法に比べ 1/10~1/100 の少量化に成功した。また内径 110 μ m のシリンジニードルを使用した場合、測定に最適なサンプルの結晶密度は 10^7 個/ml であった。使用した各サンプルは高濃度塩、もしくは高濃度のポリエチレングリコールを含んでいるが、本グリースマトリックス法においてはそれら溶液の組成に大きく影響されることなく安定にサンプルを流すことができた。

次に、結晶サイズ 7~10 μ m のリゾチーム結晶を用い、内径 50 μ m のシリンジニードルからのサンプル吐出を行った。その結果、内径 50 μ m のニードルでも安定にタンパク質結晶を X 線レーザー照

射ポイントに供給することができ、内径 110 μ m のニードル使用時と同様に、回折分解能 2.0 Å のデータ収集に成功した。細い径のニードルの使用はサンプル消費量の大幅な低減に加えて、グリース由来の回折バックグラウンドノイズを低減する。

現在、さらなる SN 比向上を目指して、よりバックグラウンドノイズの低い結晶輸送媒体を調査している。その一例として、鉱物油ベースのグリースと比較して、より低いバックグラウンドノイズの合成グリース (Super Lube, #21030, Synco Chemical Co.) を導入した SFX 実験を進めている。

3. まとめ

我々は SACLA 利用研究課題において、タンパク質結晶を高粘度物質のグリースに混ぜることで低速で試料を押し出すサンプル供給法「グリースマトリックス法」の開発に成功した。本手法では、必要な試料が 1 mg 以下と従来の液体ジェット法の 1/10~1/100 程度であり、少量のタンパク質での結晶構造解析を可能にした。これまで、グリースマトリックス法を利用することで、20 種以上のタンパク質サンプルからの良質回折データ収集に成功している。本手法は少ないサンプル消費量で、一定速度で安定したサンプル供給が可能であるため、今後、SACLA の 10 フェムト秒以下という超短時間の X 線レーザーパルスを用いた SFX により、酵素反応な

どに伴う一連の構造変化が起きるフェムト秒〜ピコ秒間の反応過程等の観察が期待できる。また、本研究で開発したグリースマトリックス法を用いたSFXは、タンパク質結晶のみを研究対象として限定するものではなく、有機、無機物質を問わず幅広い研究分野への応用が期待できる。

本研究はX線自由電子レーザー施設重点戦略課題推進事業「創薬ターゲット蛋白質の迅速構造解析法の開発」(代表:岩田想)により、SACLA 2012B8036、2013A8039、2013A8040、2013B8044、2013B8045、2014A8032課題にて実施された。

参考文献

- [1] H. N. Chapman, P. Fromme, A. Barty, T. A. White, R. A. Kirian *et al.*: *Nature* **470** (2011) 73-77.
- [2] U. Weierstall, D. James, C. Wang, T. A. White, D. Wang *et al.*: *Nature Communications* **5** (2014) 3309.
- [3] M. Sugahara, E. Mizohata, E. Nango, M. Suzuki, T. Tanaka *et al.*: *Nature Methods* **12** (2015) 61-63.
- [4] K. Tono, E. Nango, M. Sugahara, C. Song, J. Park *et al.*: *Journal of Synchrotron Radiation* **22** (2015) 532-537.
- [5] T. A. White, R. A. Kirian, A. V. Martin, A. Aquila, K. Nass *et al.*: *J. Appl. Cryst.* **45** (2012) 335-341.

菅原 道泰 *SUGAHARA Michihiro*

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
SACLA 利用技術開拓グループ
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
TEL : 0791-58-2871
e-mail : msuga@spring8.or.jp

南後 恵理子 *NANGO Eriko*

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
SACLA 利用技術開拓グループ
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
TEL : 0791-58-2871
e-mail : nango@spring8.or.jp

第12回放射光装置技術国際会議 (SRI2015) 報告

公益財団法人高輝度光科学研究センター 光源・光学系部門
 大橋 治彦、仙波 泰徳、湯本 博勝
 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
 伊藤 真義、今井 康彦
 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
 公益財団法人高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室
 亀島 敬
 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
 XFEL 研究開発部門 初井 宇記

1. はじめに

2015年7月6日(月)~10日(金)に、米国BNL (Brookhaven National Laboratory)・NSLS-II (The National Synchrotron Light Source) をホストとし、New York, Times Square のMarriott Marquisにおいて第12回目となるSRI2015 (The 12th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation) が開催された。本会議は、世界各地の放射光施設を中心に3年ごとに開催されており、直近では、2012年にESRF/SOLEILにより仏国Lyonにて、2009年にAustralian Light SourceによりMelbourneにて開催されている。

初日のWelcome Receptionの前に、First lightからまだ8ヵ月余りしか経たないNSLS-II Tourがあり、この新しい施設のお披露目を強く意識させる会議の幕開けとなった(9に後述)。

講演会は4日間で、朝8時半頃から10時過ぎまで写真1のBallroomにおいて、Keynote(初日と2日目のみ)とPlenary Session(4日間とも)が行われた。その後4つの会場に分かれて5~6講演を1つのSessionとするOral Presentation(175件)が2コマあり、最終日を除き、Poster Session(438件)が16時過ぎから18時半までという日程であった。参加登録者数は23ヵ国から789名(米国299、独115、日本107、英国52名など)と報告された。

以下にOral Session名を記す。平行して多くの話題が提供される会議であり、網羅はできず抜けて

あるが、以下の括りごとに分担して会議の様態をお伝えする。なお以下敬称略とする。

■散乱、高エネルギー、時分割関連分野(伊藤真義、今井康彦)

Advances in Inelastic Methods
 Inelastic and Emission Spectroscopy
 Time-Resolved Methods I, II
 New Developments in Materials Applications I, II
 In-Situ and Operando Materials Experiments I, II

■生物関連分野(長谷川和也)

Biomedical Applications
 Micro-Crystallography
 Automation in Structural Biology

■XFEL、検出器、DAQ 関連分野(亀島敬、初井宇記)

Advances in X-ray Detectors I, II
 Advances in Data Acquisition and Management
 Novel Instrumentation for FELs
 X-ray Optics for FELs and Ultrafast Sources
 Advances in Beam Diagnostics and Monitoring

■光学系関連分野(湯本博勝、仙波泰徳)

X-ray Optics Systems and Metrology I, II
 Advances in Focusing and Imaging Optics I, II
 Advances in X-ray Imaging I, II
 X-ray Optics Modeling and Design I, II
 X-ray Microscopy and Nanoprobes
 Coherent and Ptychographic Methods
 Advances in Soft X-ray and Infrared Methods

■光源・施設関連 (大橋治彦)

Novel Insertion Devices

New Facilities I, II

(大橋治彦)



写真1 Keynote & Plenary 講演会場にて Banquet. Dinner 後の Prof. Hurowitz (Stony Brook Univ.) による “NASA’s Mars 2020 Rover Mission” と題した講演の様様。

2. Keynote & Plenary Session

Keynote (2 講演) と Plenary Session (12 講演) のいくつかについて、日程に沿って紹介する。

2-1. 1 日目：材料科学系

最初の Keynote は、Cornell Univ. の M. Miller による “Understanding the Crystal Scale Performance of Structural Materials” であった。HEXD (High Energy X-ray Diffraction) によって得られるミクロの構造データと物性値を用いたモデルが、どこまでつながるようになってきたか、具体的な構造材料を例に解説した。HEXD は、結晶を回しながら結晶サイズ程度に X 線を絞り、サンプルと検出器の距離を変えて、50 keV 以上の高エネルギー X 線により回折像を取る手法として特徴づけられる。ジェットエンジンのタービンが破壊された事例から、合金の特性評価とモデリングが等軸晶やラメラ構造を 2 次元から 3 次元で得られるようになった現状を示した。Cornell Univ. の CHESS の F2 実験ステーションでは、The Air Force Research Lab. (AFRL) と共同で製作した新しい HEXD 実験ステーションを紹介した。Ti-7Al 材料への荷重時の応力変化を Near-field

(試料から 5 mm) と Far-field (1 m) で、それぞれ 2.7 mm 視野で $1.5 \mu\text{m}$ pixels と、 400 mm で $200 \mu\text{m}$ pixels サイズの動画 (最大 4 M フォーマットで 7 Hz) で示し、モデルとの比較検証を行っている。荷重、加熱 (1200°C まで)、エア-ベアリング回転軸マニピュレータなどの試料環境を整備した。2014 年 6 月には $2 \text{ mm} \times 100 \mu\text{m}$ で 3D の grain map を得ており、12 月に予定されている溶接の残留応力を調べる実験の準備が進んでいる。

Keynote に続き初日の Plenary Talk として、2 件、HP-STAR の H. Mao が “Materials Discovery at High Pressures in Earth and Energy Sciences”、東北大の高田昌樹が “Industry Research Program at SPring-8” と題して講演した。H. Mao は、APS には多くの高圧実験ステーションがあることを図示し、試料サイズ mm オーダーで 30 GPa、 μm オーダーで 400 GPa の高圧でどのように物性が変化するか、様々な実験例を示した。高田は、SPring-8 や京コンピュータを用いた新しい低燃費自動車タイヤの開発を一例としてその経済効果を例示し、大学研究者と産業界、そして施設がいかに連携し利用成果の創出につなげたか、その背景にある共同研究体制作りの重要性を実績に基づき力強く講演した。最後に東北放射光施設計画 SLiT-J についても触れた。

2-2. 2 日目：Serial Crystallography と NSLS-II の Nanoprobe

2 日目は、DESY の H. Chapman による “Serial Crystallography at Free-Electron Laser and Synchrotron Light Sources” から始まり (写真 2-1)、ALBA の E. Pereira による “Cryo Soft X-ray Tomography for Elucidating Pathogen-Cellular Interactions” と、NSLS-II の Y. Chu による “The New Nanoprobe for Hard X-rays” の 2 件の Plenary Talk があった (写真 2-2)。以下に Chapman と Chu の講演について紹介する。

Keynote の Chapman は、Serial Crystallography の進展を LCLS や PETRA III の結果を中心に紹介した。従来手法と比べて Serial Crystallography の利点として、微小結晶からの像が得られること、データ取得時間の短縮、室温での測定、ポストプロセスで最も良好な結晶を選別できること、アライメントのために試料への暴露が不要なこと、光電子の平均

自由行程より小さな結晶と短いX線パルス幅のおかげでより高い放射線耐性を有すること、時分割測定可能など10項目を挙げた。FELによりすでに44個の構造がデータバンクに登録されており、LCLSでPhotosystem Iを対象に9.3 keVでsingle shot、1 mJ、40 fsで3 Ångströmの分解能の像が得られている例を紹介した。集光サイズ1 μmのX線ビームで大きさが0.2~2 μmの結晶を3 μm程度の径のジェットでサンプル供給しており、Liquid jetに対してAerosol beamによりバックグラウンドの低減が可能である。一方で、電子顕微鏡の進展によりNano Crystallographyはラボで可能となりつつあることにも触れた。結晶構造情報を得るためにどれだけ少ない照射量で取得可能かという問いに対して、9 keVで 10^9 phs/μm²を示し、もしピンクビームで 10^{15} phs/sを1 μm²に集光するなら、1 μsで像が取れると述べた。PETRA IIIではナノ秒(4.5 MHz frame rate)での測定が行われている。本会議ではOral Sessionの一つにSerial Micro-Crystallographyが設けられ、普及期に入りつつあるようだ。

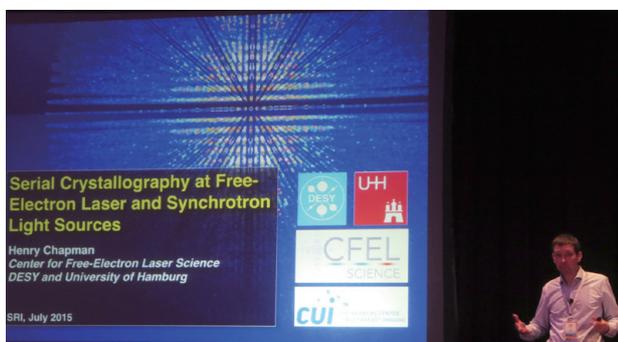


写真2-1 H. ChapmanによるKeynote

NSLS-IIからのPlenary Talkはこの日のChuの1件だけと控えめであったが、新しい施設の目玉のビームラインであり、力が入った発表であった。初期目標10 nmプローブビームを達成し、将来には1 nmを目指す硬X線ナノプローブ顕微鏡ビームラインである。高安定の水平振り結晶分光器を採用し、角度振れは30 nrad以下に抑制している。集光素子としては、NSLS-II内で製作したMLL (Multilayer Laue Lens) (43.4 μmの開口で、12 keVで4.2 mmの焦点距離、ただしOSA (Order selecting aperture) を挿入するためWorking distanceは

0.9 mm、7-1に後述)により集光サイズ水平方向11 nm、垂直方向13 nmのLine and spaceのプロファイルを示した。Flying scanにより3分程度で□50 μmの像を取得しており、リアルタイムでDPC (Differential Phase Contrast) を表示するソフトウェアを開発している。利用成果はこれからといったところだが、2017年までにMLLを用いたPtychographyや、Zone PlateによるXANES、XRF Tomographyを計画しており、次々と従来手法の微小ビーム化を推進する模様である。



写真2-2 NSLS-IIのY. ChuのPlenary講演

2-3. 3日目：広範な時間領域での溶液の結合生成の直接観察とSeed型FELの紹介

3日目には、分野の異なる4件のPlenary Talkがあった。KEKの野澤俊介が“Direct Observation of Bond Formation by Femtosecond X-ray Solution Scattering”、PSIのA. Diazが“Development of Ptychographic Tomography for Scientific Applications”と利用研究の話題に加え、SLACのD. Ratnerによる“Seeded Free-Electron Lasers and Applications”と、MAX-IVのM. Erikssonによる“The Multi-Bend Achromat Storage Rings”は、数少ない光源関係のPlenary Talkとなった。このうち、野澤とRatnerの講演について簡単に紹介する。

野澤は、溶液中の[Au(CN)₂]_nのOligomerを対象に結合の形成過程をフェムト秒X線散乱法により可視化した。PF-AR NW14Aにおいて100 ps分解能で1 nsまでの範囲を、SALCAにおいて-800 fsから100 psまでの範囲において、この両者の光源の特性を使い分けて、時分割X線溶液散乱を測定した。光励起したときの構造変化を、例えば100 psではTrimer、10 nsではTetramerを観測し、その様子を動画としてデモンストレーションした。溶液中での化学反応過程の追跡を可能とした点において注目

される。今後は、タイミングモニタの整備により、SACLAの超短パルス幅10 fs オーダーでの観察に意欲を示した。

RatnerはFELの成長式から始めて、現状のSASE型FELではTime domainでもFrequency domainでもばらつきが大きい、Seed型FELでは前者で滑らかに、後者でシャープになることを示しSeedingの必要性を述べた。External Seedingの例として、High harmonic generation (HG)を用いたEUVから軟X線領域のSCSS、FLASHやFERMIの例を示した。2段のHGにより1 nmまで発振している。次にSelf Seedingに話題を移し、挿入光源の途中にシケインを設け、結晶を通してそのあとでFEL発振させる手法を述べ、LCLSやSACLAで実現したスペクトルを紹介した。結晶を用いたSelf Seedingの原理の説明不足が否めず、会場から質問が寄せられ座長の石川哲也が解説するという場面があった。将来展望として、FEL Oscillator (FEL-O)について触れた。

2-4. 4日目：SR Spatiotemporal Tools の紹介

4日目は、4件のPlenary Talkがあった。APSのG. Shenoyに代わりAPSのJ. Wangが、“Development of SR Spatiotemporal Tools”と題して代理講演した。次いでESRFのN. Brookesは、この会議を象徴する話題の一つに挙げられる軟X線非弾性散乱“Synchrotron Research using Soft X-ray Resonant Inelastic Scattering” (7-4に後述)の講演を行った。HZBのA. Fohlichは、“Implications of Adding the Dimension of Time and Stimulated Processes to Science with X-rays”、最後にALSのD. Parkinsonは、“Real-time Data-Intensive Computing” (6-3に後述)と題して講演した。

このうち、Wangは、SRで10 psから μ sオーダーの時間軸と、sub-nmから μ mオーダーの空間軸の相関測定を実現するための道具立てを紹介した。APS、NSLS-II、MAX-IVにおける様々なバンチ構造やBESSY IIにおけるチョッパー開発、APSにおけるMEMS (Micro Electro Mechanical Systems)技術による結晶駆動の装置などである。MEMSによるシリコン結晶により、 2.8 ± 0.4 ns幅でビーム切り出しに成功している。熱負荷対策は困難なため白色やピンクビームは受けられないが、分光後の

チョッパーとしての利用を考えているようだ。関連講演について4-2に報告がある。

(大橋治彦)

3. 散乱、高エネルギー X 線利用関連分野

3-1. 散乱分野

X線非弾性散乱関連のセッションは、4日目の午後にAdvances in Inelastic Methodsとして、また、最終日の午後にInelastic and Emission Spectroscopyが行われた。これまで非弾性散乱分野は単独のセッションはなかったが、今回は2つのセッションが開催された。

NSLS-IIのA. Suvorovにより、X線非弾性散乱スペクトロメーター用の超高エネルギー分解能フォーカシングモノクロメーターについての報告があった。内容はモノクロのデザインと理論計算であり、エネルギー分解能0.1 meV以下のガウシアンシェープに近いX線を得られるという結果であった。このモノクロメーターは下に述べるNSLS-IIのIXSビームラインに導入される。

NSRRCのD. J. Huangからは、高効率、高分解能な軟X線でのRIXSスペクトロメーターのデザインとその試験結果が示された。このコンセプトに基づいて、台湾PSに新しくRIXSビームラインが建設中である。エネルギー分解能は、計算値では21 meV (@900 eV)、8 meV (@530 eV)であり、今年11月に建設が完了する予定とのことだ。

APSのX-R. Huangからは、新しいコンセプトのRIXSスペクトロメーターの報告があった。これは、シリコン結晶ベースで、エネルギー分解能に幾何学的な要因がなく、 < 10 meVであらゆるエネルギーに対応できるとのこと、主にNestedチャンネルカットモノクロメーター、Motel多層膜ミラーとCDSアナライザーから構成されている。現在、実証試験を行っており、個々の光学素子のテストはほぼ設計値通りとのこと、今後RIXSスペクトロメーターとして試験を行っていくとのことだ。

ESRFのM. Moretti Salaは、2013年から運用が開始されたUPBL06の報告を行った。このビームラインはX線非弾性散乱専用であり、RIXS、X線ラマン散乱それぞれ専用のスペクトロメーターを有している。発表では、X線ラマン散乱に重点をおいて装置、実験例が報告された。

ALS の Y-D. Chuang は、ALS と LCLS の双方で使用している qRIXS 用のスペクトロメーターの報告を行った。この装置は、ポータブルでモジュール化されており、ALS と LCLS との往来が容易に可能であるとのことだ。チャンバーは回転可能であり、また5つのポートを備え付けている。また、本機を LCLS に持ち込んで行った時分割 RIXS 実験の例などの紹介があった。

DESY からは H. Yavas が、この5月に供用を開始した RIXS スペクトロメーターを報告した。現在のところ、エネルギー分解能は Cu K 吸収端において 25 meV を達成したとのことだが、1 meV も可能だと話していた。

NSLS-II の Y. Cai により、現在 NSLS-II で立ち上げ中の超高エネルギー分解能非弾性散乱ビームラインについて、それぞれの光学コンポーネントのデザイン紹介とその立ち上げ状況の報告があった。このビームラインでの IXS スペクトロメーターの最終目標エネルギー分解能は 0.1 meV である。正にこの7月末からコミッション実験が始められ、今年10月からは一般ユーザー実験が開始される予定であるとのことだ。

3-2. 高エネルギー X 線利用

SRI2015 最初の講演が、高エネルギー X 線回折であったためか (2-1 参照)、50 keV を越えた高エネルギー X 線を利用した報告が以前に比べて増加しているように感じた。セッションにまたがっていくつか紹介する。

DESY の U. Rutt により、PETRA III の P07 ビームラインでの高エネルギー表面回折実験の報告があった。ここでは 50 – 200 keV の X 線が使用でき、41 × 41 cm の 2 次元検出器 (flat panel) が使用できる。ビームの集光は 1D、2D の屈折レンズによって可能であり、160 keV にて 3 × 30 μm である。高い X 線エネルギーは大きく重い試料セルの内部の観察が可能であり、溶液中の触媒反応の観察を容易にしてくれる。触媒反応観察の動画からこの手法の優位性を強く感じられた。

HZG の A. Hipp は、PETRA III、P05、P07 ビームラインでの X 線イメージングの報告を行った。ここでは最大 200 keV の X 線が使用できる。主題はデータのハイスループット化で、ロボットアームによる試料

交換、測定視野の自動設定、再構成システムの高度化などが報告され、高エネルギー X 線イメージングにおけるユーザーの高い要求が感じられた。

DLS の M. Drakopoulos からは、Diamond リングの超伝導ウイグラーからの 50 – 150 keV の X 線を利用した多目的ビームラインの発表があった。これは JEEP と呼ばれるもので、単色および白色のビームが使用でき、Radiography から SAXS に至るまで多種の測定方法が用意されている。発表は運用を開始した 2009 年 11 月からの成果のレビュー的な内容であったが、広い実験ハッチにジェットエンジンが置かれていた写真は印象的であった。SPRING-8 の W 棟の建設時には、車を持ち込んでエンジン本体を動かしながら X 線観察を・・・という構想があったと記憶しているが、ここでは正にそれが実現されていた。

BNL の E. Stavitskiha は、NSLS-II に予定されている ISS ビームラインの報告を行った。このビームラインは、in-situ、operando 実験用のビームラインで、ダンピングウイグラーを光源とし、36 keV までの光を使用できるビームラインである。発表者は、“Wiggler is an spectroscopist’s friend” (原文のまま) と示し、そのためのビームラインコンポーネント、光学素子を紹介した。

検出器セッションでは、Si に代わり、Cd-Te 半導体を使用した検出器の方向性が多く示されていた。例えば、M. Wilson の報告にあった HEXITEC 検出器は、検出エネルギー 3 – 200 keV、80 × 80 pixel で、エネルギー分解能は 60 keV において 800 eV とのことである。

(伊藤真義)

4. 時分割関連分野

4-1. Time-Resolved Methods I

KEK の足立伸一が、PF-AR の NW14A と SACLA を使った時間分解 XAFS 測定による光触媒の研究について報告した。PF-AR は、シングルバンチ運転に特化しており、時分割研究に適している。光触媒の時間分解 XAFS 測定は、Ru K 端 (22.1 keV) で行われた。ポリキャピラリーを用いて集光した 30 × 30 μm² のビームを用いた。励起にはフェムト秒・ナノ秒レーザー、397 kHz のファイバーレーザーなどが利用できる。

SOLEIL の P. Roy は、コヒーレント THz シンク

ロトロン放射光についての報告を行った。バンチ長が放射光の波長と同程度になるとコヒーレント光が得られる。SOLEILのコヒーレント THz 光は、2つの周波数コムからなっている。1つは、電子バンチとバンチの繰り返しに由来し、もう1つは846 kHzで蓄積リングの周回時間(1.18 μ s)に由来している。これによって、0.1~1 THz に渡って 10^6 もの要素を持つ周波数コムの THz 光が得られる。

DESY の Z. Yin は、PETRA III の軟 X 線 ビームライン P04 で開発されている時間分解軟 X 線分光測定システムについて報告した。P04 の光源 APPLE-2 アンジュレータで、円偏光または直線偏光、250~3,000 eV の光が得られる。ターゲット元素は軟 X 線領域に K 吸収端を持つ C, N, O などであり、液体環境 (リキッドジェット) 下での測定が可能である。ポンプレーザーと X 線は、rms で 1 ps 以下のジッターで同期が取られている。

BESSY II の P. Gaal は、BESSY II のビームライン XPP-KMC-3 で行った高繰り返し超高速 X 線回折測定についての報告を行った。BESSY II は加速電圧 1.7 GeV、周長 240 m のリングで、パルスの時間幅は約 20 ps である。XPP-KMC-3 は時間分解 X 線回折と EXAFS、XANES 測定用ビームラインであり、時間分解測定用に時間幅 250 fs、周波数 1.25 MHz の超高速ファイバーレーザー、PILATUS 100k、4 輪回折計、30 K 以下のクライオスタットを備えている。3 週間前に測ったというスイッチング時間 5 ps の 50 nm LAO/100 nm LSMO 膜の結果が紹介された。

DLS の S. S. Dhesi は、DLS と LCLS を使い、時間分解共鳴軟 X 線回折によって超伝導クプラートの電荷秩序ダイナミクスを測定した結果を報告した。用いたエネルギーは酸素の K 吸収端で、時間分解能は 300 fs である。ハイブリッドフィリングのシングルバンチ 62 ps を使っていた。高温超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ ($x = 1/8$) では、低温正方晶の格子歪みと電荷秩序が ~55 K という同じ温度で発現する。この2つの現象を切り離して調べるために、赤外光励起・X 線プローブの時間分解軟 X 線共鳴回折を測定した。その結果は、超伝導を阻害しているのは、低温正方晶格子歪みではなく、電荷秩序の方であることを示唆している。

本セッション最後の講演は、発表者の VISA にト

ラブルがありキャンセルとなった。予定されていた講演は、中国科学技術大学の Y. Pan による放射光真空紫外光励起によるイオン化質量分析に関するものであった。

4-2. Time-Resolved Methods II

ESRF の O. Mathon は、ESRF EXAFS ビームライン BM23 とエネルギー分散型 XAFS ビームライン ID24 で行われている高温高压下における研究を報告した。この2つのビームラインは、時間分解と極限環境下での X 線吸収分光測定に特化させるために完全に再構築された。ID24 は、数百万気圧の圧力と最高 4,000 K まで到達可能なレーザー加熱装置を備えている。放射光パルスと同期させたレーザー衝撃波によって動的に加圧した ~550 万気圧、12,000 K の鉄の EXAFS 測定の結果が紹介された。

NSLS-II の S. K. Khose は、ダンピングウィグラーを光源とした時間分解粉末 X 線回折ビームラインの計画を紹介した。エネルギーは 30~70 keV、フラックスは 2×10^{13} ph/s at 50 keV and 500 mA、ビームサイズは可変で 500 (H) \times 50 (V) μm^2 から mm^2 。高いフラックスと可変ビームサイズは、サジタルベントの二結晶 Laue モノクロメータによって実現している。このビームラインは、水素の貯蔵、二酸化炭素の隔離、先端構造セラミックス、触媒、先端材料合成など複雑な試料に対する in-situ・operando 下での粉末 X 線回折測定を目指している。

APS の D. A. Walko は、放射光パルスを 1 パルスだけ切り出すことのできる MEMS ベースの X 線光学素子について報告を行った。シリコン結晶を放射光と同期した最高 ~100 kHz で振動させ、004 回折をシャッターの開口として用いる。実測の時間幅は 2.8 ns であった。

PSI の M. Makita は、超高速ダイナミクス測定のためのシングルショット、フェムト秒 X 線ストリーク法の報告を行った。本手法はシングルショットでのダイナミクス測定を可能にした。原理は、まず回折格子によってビームを 1 次元に 15 対の複数パスに分割し、次に離れた位置に置いた複数の回折格子によって試料上にビームを再結合させるというものである。観察可能な時間窓は、FLASH の 60 eV では 1.57 ps、LCLS の 5050 eV では 350 fs である。XUV で測定した強磁性薄膜の消磁のダイナミクス、

軟 X 線で測定したビスマス結晶やリゾチウム結晶の時間分解反射率測定の結果が紹介された。

SOLEIL の P. Prigent は、SOLEIL で行っているレーザーバンチスライスによるフェムト秒放射光プロジェクトの進捗状況を報告した。2014 年末にレーザーと電子の相互作用が初めて観測され、2015 年 2 月にはサブピコ秒の硬 X 線を確認している。2015 年末には、軟 X 線ビームラインにも供給できる予定であると報告された。

(今井康彦)

5. 生物関連分野

5-1. Serial Micro-Crystallography

Serial Micro-Crystallography (SMX) は、X 線ビーム上に次々と送られる多数の微小結晶からの回折データを集めて構造解析する手法である。微小結晶の懸濁液の液流に XFEL パルスを照射してデータ測定を行う方法として LCLS で開発されたが (Serial Femtosecond Crystallography (SFX))、従来の方法では測定できない微小結晶からのデータ測定を実現する方法として注目を集め、タンパク質結晶解析ビームライン (MX ビームライン) においても試みられ始めている。本セッションでは、筆者を含めて以下 6 つの講演があった。

最初に、タンパク質微小結晶構造解析のパイオニアである ESRF の C. Riekelt が、MX ビームラインでのシリアルデータ測定 (以下、シリアル法) の現状について解説した。シリアル法を、(1) 基板上に分散させた微結晶を X 線で走査して測定する方法、(2) インジェクタで噴出結晶懸濁液に X 線照射する方法、(3) 基板の上に位置決めして配置した多数の結晶に X 線を照射する方法の 3 種類に分類し、それぞれについてどのような測定が試みられているかについて説明した。

NLSL-II の M. Fuchs は、建設が進んでいる 2 本の MX ビームライン FMX、AMX の現状について報告した。FMX では、従来のデータ測定方法とシリアル法の両方を行えるようにするため、2 つのゴニオメータを準備している。また、光電子の散逸による照射損傷低減効果をねらい、最高 30 keV の高エネルギー X 線を用いた微小結晶データ測定を目指している。

PETRA III の A. Meents は、2 種類のシリアル法

について報告した。1 つは肉薄キャピラリーに結晶懸濁液を流しながら、室温で X 線を照射する方法である。もう 1 つはシリコン基板にグリッド状に空けた穴に結晶をトラップし、極低温気流下で X 線を照射する方法である。後者の方法を発展させ、ピンクビームを用いて測定を行う計画である。

SPring-8・JASRI の長谷川和也は、BL41XU の高度化について報告した。新しい集光光学系の導入で、MX ビームラインとして世界トップレベルのビーム強度となり、試料位置やミラー仰角を変えることで 2~50 μm の範囲で簡単にビームサイズが変更できることを示した。この微小ビームを用いて、シリアル法によるデータ測定を行い、異常分散法によるタンパク質の構造決定に成功したことを報告した。

DLS の R. Owen は、ID24 の高度化について報告した。新しいミラーを導入することで、最小 2 \times 4 μm ビームの利用が可能になった。また、シリアル法については、テーパーを持つ微小穴を多数あけたシリコン基盤に結晶をトラップすることで、90% 以上のヒットレート (結晶に X 線が当たる確率) で測定ができるようになったと報告した。

SLS の C. Pradervand は、X06SA の高度化について報告した。2 段集光光学系を導入し、さらに、仮想光源を光軸に沿って動かすことで 2 \times 1 μm^2 ~ 100 μm^2 のビームが利用できるようになったということであった。また、2018 年からのユーザー利用に向けて、SwissFEL でのシリアル法に向けた準備をしている。

以上の通り、セッションタイトルは“Serial …”であったものの、ビームラインの建設および既設ビームラインの高度化が主たる内容の講演が多かった。しかし、いずれの施設においてもシリアル法を試みており、この方法が MX 分野において重要な位置づけであることは間違いなさであろう。

また本セッションでは、Riekelt と筆者以外の演者は、SLS の MX ビームラインで仕事をしているか、あるいは以前していた人たちであった。SLS の MX ビームラインでは、早い段階からの微小結晶解析への取り組みやピクセル検出器の導入など、この分野をリードしてきたが、多くの人材を輩出していることがうかがえる。

5-2. Automation in Structural Biology

このセッションでは、SAXS・MX の自動化につ

いて計5件の発表があった。

PETRA III の C. E. Blanchet は、BioSAXS ビームラインの自動化について報告した。サンプルチェンジャーを用いた測定の自動化に加えて、測定結果の解析も自動化したことから、測定の数分後には解析結果が提示される。SAXS の自動化は測定の効率化ばかりではなく、専門分野以外の研究者が使いやすくなるという点でも極めて重要である。

EMBL の F. Cipriani は、結晶化プレートからタンパク質結晶を拾い上げて液体窒素中で凍結を行う作業の自動化について報告した。これまで自動化が難しかった部分であるが、薄膜上で結晶化する新しい結晶化プレートを開発し、結晶周辺の薄膜をレーザーでくり抜き、薄膜ごとロボットで拾い上げて液体窒素中で凍結することで自動化を実現していた。専用のプレートを用いることから汎用性に欠けるものの、MX ビームラインのパイプライン化に必要な技術であり興味深い。

SPRING-8・理研の平田邦生は、マクロフォーカスビームライン BL32XU における高難度試料の自動測定について講演した。結晶位置の自動検出や測定条件の自動決定などのためにこれまで開発してきたアプリケーションを統合することで、サンプルチェンジャーに試料を装填した後は完全自動測定で回折実験を行えるようになった。このシステムを用いて膜タンパク質結晶の測定を行い、2時間程度の測定時間で構造決定に成功した事例を示した。

SLS の V. Olieric は、生体分子中に含まれる硫黄・リンなどの異常分散を利用して構造決定を行う native SAD 法に関して、構造決定成功に導くための測定方法や、測定条件の決め方について詳しく報告した。その事例として、膜タンパク質結晶や分子量20万以上の超分子複合体など、難易度の高い試料の構造解析例を示した。

またこのセッション最後の講演は、MAX-IV の T. Ursby による MAX-IV で建設中の MX ビームライン計画についての報告であった。

5-3. Biomedical Applications

このセッションでは、イメージングなど生物関連の話題について6件の発表があった。

Australian Synchrotron (AS) の A. Maksimenko は、AS のイメージングビームラインの現状について報告し

た。Saskatchewan Univ. の E. Bassey は、Canadian Light Source のビームラインで開発した Multiple Energy Imaging (MEI) 法について報告した。また SLS の K. Mader は、マウスの脳を μm の解像度でイメージングするための測定技術・解析技術について報告した。この他に、Case Western Reserve Univ. の J. Bohon による NSLS-II で建設中の XFP ビームライン (XFP: X-ray Footprinting for *In Vitro* and *In Vivo* Structural Studies of Biological Macromolecules) に関する講演などがあった。

(長谷川和也)

6. XFEL、検出器、DAQ 関連分野

6-1. XFEL

講演スケジュールの初日、Euro XFEL の T. Tschentscher から高エネルギー密度科学のエンドステーションの紹介がなされた。極限温度・圧力時(>100 GPa)における物性の理解を目的にしており、例えば惑星の核構造の解明などである。これを実現するための装置として、プローブとしての XFEL に加え、26 J、10 nsec の高強度レーザーを使用する。実験ハッチの上層にレーザーハッチを設置する構成とし、ミラーで下層の実験ハッチにレーザーパルスを送る。実験時に見るべきデータとして、融解曲線・核形成・各種相成長・圧力依存性・欠陥成長・時間依存性などがあり、時空間に渡って変化を追う。実験で使用する X 線2次元検出器は選定中であり、SACLA で供用中の MPCCD、PSI が開発中の Jungfrau などを候補としている。また、真空槽内で検出器を使用する実験も多く、検出器が真空対応できるかどうかが重要な要素となっており、MPCCD を含め真空対応の開発が進められている。

6-2. 検出器

2日目には、Advances in X-ray Detectors I, II のセッションが設けられた。DESY の H. Graafsma から、Euro XFEL のバンチトレイン 4.5 MHz をパルスごとにイメージングできる AGIPD 検出器の紹介がなされた。この検出器は、XFEL で要求される高ダイナミックレンジ・高フレームレートを高いレベルで実現できる仕様としている。X 線の1光子検出ノイズ性能と3つのゲインをピクセル内に搭載することで、最大10,000光子 (12 keV) のピーク信

号を得る。最大フレームレートは6.5 MHzであり、352フレーム分のアナログメモリをピクセル内に搭載することで実現する。これらの機能を実装するために、ピクセルサイズは200 μm と大きめの設計となっている。これらを赤外線レーザーや PETRA III を使用して性能検証を進めており、その結果が示された。また、軟 X 線用のイメージセンサ Percival についても最新のプロトタイプの実験結果が示された。

SLAC の G. A. Carini, G. Blaj からは、LCLS 用の新たな X 線検出器である ePix について2回に分けて紹介された。ePix プロジェクトでは CSPAD 検出器で得た知見・経験を元に、センサーから DAQ に渡るまで検出器フレームワークを構築し、フレームワーク内の技術を再利用しながら要求される性能に応じて検出器を開発・展開していくという方針に切り替えたようである。特に CSPAD を運用した経験から、ノイズ性能と高ダイナミックレンジの実現を最優先の目標としている。ePix プロジェクトは、ノイズ性能に注力した仕様を持つ ePix100、高ダイナミックレンジに最適化した ePix10k の2つに検出器を分け、開発を行っている。彼らはインハウスで ASIC の開発・アセンブリを行っており、ASIC を制御する独自のプロトコルを開発し、設定の変更などを行えるようにしている。開発状況として、ePix はカメラヘッドからデータ伝送用の光モジュールの開発まで済んでおり、検出器として一つの筐体にモジュール化された状態にある。線形性・PSF の計測などすでに行われており、良好な結果を得ている。この検出器を使用し、LCLS でデモンストレーション実験を行う段階まで来ており、供用にかなり近いところまで開発が進んでいる印象を受けた。

SLAC の J. Hasi は、FEL 装置開発のセッションで、これらの技術を援用した高エネルギー分解能の ePixS の発表を行った。ピクセルサイズ500 μm 、ピクセル数100のプロトタイプの性能が、エネルギー分解能45 eV と SDD と同程度であることを示した。今後さらに大面積化を進め、化学関係のアプリケーションにおいて重要な高い計数率を実現するとした。

PSI の A. Bergamaschi から、小さいピクセルを持つハイブリッド型検出器 Mönch について講演があった。320 μm 厚のシリコンセンサに25 μm 角のピクセルを持つ。一般的に小さいピクセルの場合、バンプボンディングの難易度が高くなるが、160

kpixel で5%以下の不良ピクセル率が実現できるとしている。この検出器は、複数のピクセルに単一光子の信号が分配される効果 (charge sharing) を利用し、数値解析によりサブピクセル分解能を実現することを目標としている。現時点で2 μm 分解能を達成したことが示され、最終的目標を1 μm 以下としている。フレームレートは3 kHz であり、2016年には大面積センサー (4 × 3 cm^2) の2 Mpixels を製作予定としている。この場合、実効1 Gpixels となる。PSI はハイブリッド検出器に特化し、適用限界を徐々に広げているという印象を受けた。

2日目午後の最初のセッションで、NSLS の P. Siddons から VIPIC 検出器の発表があった。APS のアップグレード後には、コヒーレントフラックスの増加によって XPCS の時間分解能がサブマイクロ秒まで向上すると想定している。この検出器は、この可能性を追求することを目的とした XPCS に特化したもので、X 線の到来時刻をイメージセンサ内で記憶する機能を持つ。目標時間分解能は100 ns であるが、プロトタイプでは10 μs まで観測できていた。

ESRF の P. Fajardo から、ESRF のアップグレードに向けた検出器の開発・整備について講演があった。ESRF のアップグレードは2つの Phase に分かれており、現在 Phase 2を開始したところである。Phase 2では ESRF では加速器のアップグレードとともに、検出器の新規開発が実施される。アップグレード後に利用可能となる回折限界リング光源 (DLSR) では、高い光子エネルギー (30 – 40 keV) においてもコヒーレントフラックスが実用可能なレベルに到達する。そこで、既存実験の高光子エネルギー対応が検出器側の重要開発項目と位置づけている。

SACLA からは、FEL 用に開発した SOPHIAS 検出器の発表を行った。30 μm と小さなピクセルであるにも関わらず、10,000光子 (6 keV) まで検出可能な広ダイナミクスセンサである。ピクセルの設計の詳細に加えて、3.8 Mpixels のカメラを利用した SACLA での試験実験の結果を示し、当初目標を達成したことを報告した。

3日目のランチタイムに、Dectris 社からセミナーがあった。Welcome 講演では Dectris 社の紹介があった。2006年から、PILATUS 6M を32台、2M を26台、1M を32台の出荷があったようである。

総勢72名のスタッフであり、プロジェクトマネージャー・サポート・セールス・ソフトウェア開発・アプリケーションと5つの division で構成されている。これまで弱かったソフトウェア開発も含め、それぞれリーダーとなる人材を確保しつつある。また、研究開発投資として新しいビルに移転する他、新たに医療用検出器開発も実施中であるとアナウンスされた。新製品としては計数型でピクセルサイズが75 μm に小さくなった EIGER、PILATUS ベースの CdTe 検出器の紹介があった。CdTe 検出器の評価結果は検出器セッションで報告され、2 Mpixels までが量産できる状況とアナウンスされた。

CdTe 検出器および Ge、GaAs を用いたハイブリッド検出器は、今回多数発表されていた。これらはヨーロッパの施設が参加している High-Z プロジェクトの成果であり、SOLEIL、ESRF、DESY で大面積の検出器が実験に供されるようになってきており、SOLEIL、DESY などは、ベンチャー企業での販売を開始している。ヨーロッパ以外では唯一 SPring-8 の豊川秀訓らの CdTe 検出器の発表があり、プロトタイプのパフォーマンスが議論された。CdTe の場合、いずれも日本の Acrorad 社が製造した結晶を用いているが、結晶の質および特性から安定性、応答の均一性がシリコンに比べて悪く、特性をよく理解して使用する必要がある。他方、Ge、GaAs は結晶の質、安定性の面で CdTe に比べ優れているが、それぞれ冷却、入手性が課題である。

6-3. DAQ 関連

DAQ は、全施設で意識的に開発が進められていることが特に印象的であった。Plenary では、ALS の D. Parkinson から実験中に実施する「リアルタイム」コンピューティングについて講演があった。彼らの調査によると、2010年頃からコンピューティングという要素が実験に加わり始めている。また調査の結果、データの後処理（解析）時間が実験全体の半分程度を占めていると報告され、その役割の大きさが概してうかがえる。2014年頃には全体の8割を超える時間となり、2020年頃には9割を超え、実験のほとんどを占めることになるのではないかとのことだった。これはデータ取得プロセスのオートメーション化・効率化が進んだ結果であり、同時にデータサイズが肥大化していくことが予

想された。結論として、このようなビッグデータは Facility が取り扱うことが有効であると主張された。

「リアルタイム」コンピューティングの大きな役割はフィードバックであり、実験初期に取得するデータでモデル構築・シミュレーションを行い、実験パラメーターの制御や、データ取得の自動化の方向性を示すことがこれに該当する。具体的にはラフスキャンの実施、データの検索インデックスの構築などがある。これらの役割は重要であり、先端施設の条件は、コンピューティングの要素の導入は必須であるといえると主張された。特に、例としてタイコグラフィーのオンライン表示のデモが紹介された。

発表の結論として、データ管理・自動化・共有化・データアクセスが重要なキーワードとなり、これらを含むハードウェア・ソフトウェアをどのように構築し、一般化とユーザーへの展開を行うかが挑戦であるということだった。これらを達成する上で、知財や法、施設間の協力、コードなどの共有の場の構築で課題があるという。

DAQ のセッションでは口頭発表が6件あり、いずれもイメージングに関連する高速データ収集技術・リアルタイム解析の発表があった。これらの技術はあった方がよいものという位置づけから、データの質を左右するキーエレメントになっている。いずれも開発成果はオープンにしており、施設間、施設外のパートナーシップ構築を指向した発表であった。

(亀島敬、初井宇記)

7. X線光学関連分野

7-1. MLL の作製技術の向上

マルチレイヤーラウエレンズ (MLL) の開発関連の発表では、NSLS-II の Y. S. Chu が Plenary Talk で tilted MLL を交差配置し、12 keV で 11 nm \times 13 nm (FWHM) の集光サイズを報告した。本 MLL を用いた走査型蛍光 X 線顕微鏡を構築し、白金の 20 nm 線幅のテストパターンの観察が行われた結果が示された。

NSLS-II の N. Bouet により、Wedged MLLs の作製法として、コーティング時にマスクと基板間を相対運動させることで Wedged 膜厚分布を積層する方法が示され (9-1 に装置写真掲載)、14.6 keV で 26 nm のライン集光、効率 27% が達成された。

Fraunhofer Institute の A. Kubec により、Wedged

MLLsの製作法として、Flat MLLs積層後、側面にSiO₂層を積むことでstress layerとし、Wedged構造を作製した。交差配置により集光サイズ10.5 keVにて33 × 28 nm² (FWHM)、開口23 μm × 23 μm、効率8% (各28%) が実現された。

7-2. X線ミラー関連の発表

大阪大学の山内和人より、SACLAにおけるsub10 nm集光光学系の開発について報告がされた。SACLAでは現状で、本グループにより集光サイズ50 nm、集光密度10²⁰ W/cm²が達成され、これを用いることでX線2光子吸収や鉄の過飽和吸収の観察に成功している。本グループでは、多層膜ミラーを用いた新しい2段集光光学系を開発することで、集光サイズsub10 nm、集光密度10²² W/cm²を目指しており、このための要素技術の開発内容について報告された。本集光のために、新規ミラー形状計測装置の開発、多層膜のXFEL耐性評価、タルボ干渉法によるat-wavelength波面誤差評価法の実験が行われた。SACLAにおいて集光実験を実施し、波面誤差を評価した結果、現状で10 nm程度に集光できており、今後ミラーの形状修正成膜を行い、sub10 nm集光を達成する計画である。

大阪大学の松山智至により、直交配置型のウォルターミラー結像顕微鏡の開発結果について報告がされた。以前はウォルターミラーの楕円部と双曲面部が別体のミラーを作製していたが、安定性の欠点やアラインメントの不便さから、一体型ミラーを作製した。発表ではアラインメント許容精度や、ミラー形状許容精度について説明がなされた。作動焦点距離33 mm、拡大倍率637 (H) × 196 (V)、ミラー長80 mm × 230 mm、形状精度PV2 nm、10 keVの反射率63%の光学系を開発し、9.9 keV、200秒の露光時間で50 nmのライン&スペースのテストチャートが明瞭に観察された結果が示された。さらに、入射X線のエネルギーを走査することで、タングステン(L₃吸収端10.2 keV)と亜鉛(K吸収端9.7 keV)のサイズ1 μm前後の混合微粒子のXANES像の観察結果が示された。

SPring-8・JASRIからは湯本博勝より、1枚のミラーで2次元集光を行うための回転楕円体形状ミラーの開発状況が報告された。このシステムは、従来の2枚のミラーで集光を行うK-B配置の集光光

学系と比べ、高いスループットと安定性が期待されるが、ミラー形状が急峻なため製作・評価が困難であった。この楕円体ミラー製作に最適化した製造・評価手法が報告され、実際に製作された入射長50 m、出射長200 mm、入射角9 mradの楕円体形状ミラーによる集光プロファイルが示された。ミラーの一部を照明した場合には回折限界サイズに近い集光サイズ135 nm × 95 nm (FWHM) が得られている。

7-3. スペックルトラッキング

DLSのH. Wangにより、Speckle tracking techniqueによる波面の傾きの評価法が示された。試料と2次元検出器との間にスペックルを発生するサンドペーパーが挿入され、試料から出るX線波面の歪みが測定される。サンプルで散乱した波面の計測により、X線Phase contrast像や暗視野像が数値回復された結果や、X線ミラーで反射した波面の計測により、X線ミラー反射波面が3 nradで評価可能であることが示された。

7-4. 軟X線分野

ESRFのN. Brookesより、Plenary Sessionにて軟X線非弾性散乱について報告があった。高エネルギー分解能化はこの実験手法における挑戦の一つで、ビームラインと実験装置の光学系を合わせて最適設計する必要があり、ESRFのID32(アップグレードビームライン)ではCu L₃吸収端(932 eV)においてエネルギー分解能20,000が達成されていることが示された。また、世界中の放射光施設で高エネルギー分解能化への取り組みが行われていることが報告された。

SSRFのY. Wangに代わり、Y. Wuが上海放射光施設の軟X線超高分解能ビームライン“Dreamline”について報告した。このビームラインはARPES、PEEM利用に最適化したブランチ構成を持ち、2014年10月にコミッショニングが完了している。刻線密度3,600本/mmの回折格子を用いて、867 eVで50,000のエネルギー分解能を達成していることが示された。

SRROの尾嶋正治より、SPring-8 BL07LSUで行われたField Effect Transistor (FET)の“オペランド”軟X線光電子分光について報告があった。

Fresnel Zone Plate (FZP) を用いて 70 nm に集光された軟 X 線を用い、電圧を印加した FET 試料を走査しながら角度分解光電子分光を行うことで、駆動状態のナノデバイスのピンポイント電子状態の観測結果を報告した。

(湯本博勝、仙波泰徳)

8. 光源、施設関係

New Facilities I, II の Session では、FERMI、NSLS-II、ESRF、CHESS、PETRA III、TPS、Euro XFEL、Swiss FEL、PLS-II、FLASH2、Sirius の 11 施設から、また Novel Insertion Devices の Session では、ANKA、CHESS、NSLS-II、Hi-SOR、SOLEIL、NSRRC からの 6 件の Oral Presentation があった。

G. Wang による“NSLS-II Commissioning Operation”では、NSLS-II が 2005 年に CDR-0 を出して計画が始まり、3 GeV、500 mA で 300 keV から 0.1 eV のエネルギー範囲のカバーを目指し、\$912 Million の建設予算であることなど計画の歴史が紹介された。First light を 2014 年 10 月 23 日に得て、2015 年 2 月から 150 mA でビームライン運転が開始され、6 月 16 日に 250 mA に達した(ただし挿入光源 full open) 点などが NSLS-II Commissioning の Milestone として紹介された。注目の Emittance は、Vertical 7 pm·rad、Horizontal 1 nm·rad という数値が示された。Horizontal 1 nm·rad は、3 台の ID を閉めたときであり、Full open では 2 nm·rad であった。軌道の安定性はビームサイズの 10% 以下であると強調した。NSLS-II の先進技術として、高分解能、自己校正、高速 I/O を有する BPM 回路や、Grader 基準点と Vibrating wire を用いて磁石のアライメントを 30 μm 以下とした点などが簡単に紹介された。一方、Linac と Booster 立ち上げ調整は、それぞれ RI Research Instruments GmbH や Danfysik と共同で行ったと述べている。これまでに ID 8 台、FE 6 ヶ所、BL 6 本が 2014 年秋から年末にかけて、迅速かつスムーズに立ち上げられている。2015 年秋には 300 mA 運転を計画するとともに、2 台目の Superconducting RF cavity の導入、Top-off operation、新たに 3 台の ID や BL の立ち上げが予定されている。

K. Scheldt は、ESRF のアップグレード計画について 2018 年 10 月から 2019 年の 1 年をかけて現在のリングを撤去し、7-bend lattice に更新し、2020

年 6 月にユーザーに戻すこと、すべての X 線ビームラインは同じ位置に保つことを境界条件としている。このためにリングの内側に、3 棟計 2,500 m² の建屋を準備するとともに、実験ホール内側にも 2,000 m² 近い搬入エリアを確保するとしている。Lattice の最適化を進めており、水平 107 pm、垂直 5 pm という数字が示された。Dynamic aperture は 10 mm 程度で、Touschek 寿命は 21 hr である。入射部の最適化を進めていることや、永久磁石による Dipole magnet を Sm₂Co₁₇ より試作する計画など技術的開発状況が概説された。最初の budget review を終えており、2015 年 7 月に確定する見込みであり、ESRF の大規模なリング改修が着実に進んでいると印象づけられた。

PETRA III の最近の改造と将来計画について、DESY の O. H. Seeck が報告した。2014 年にシャットダウンをして、2015 年 4 月から従来のビームラインの運転を再開し、11 月から新設ビームラインの調整を開始し、14 本のビームラインが利用可能となる。数々の実験装置が紹介されたがそれらは PETRA III のホームページをご参照いただくとして、最後に示された PETRA IV というタイトルの 1 枚のスライドでは 2024 年に ultra-low-emittance (数値はない) を目指した 4 つの実験ホールを有する新しい PETRA の計画をお披露目した。

施設紹介の Poser は、20 件以上に及んでいたことを付記する。また Poster Session では SLAC の H. Winick から、“Light Source Facility for Sub-Saharan Africa”と題する発表があった。African Light Source に関する最初の Workshop が、2015 年 11 月に ESRF で開催されるようだ。

(大橋治彦)

9. NSLS-II の見学

初日の NSLS-II Tour では、蓄積リングと Optics R&D Lab. が公開された。NSLS-II は、講演会場である NYC 中心部からバスで片道 2 時間弱を要するロングアイランドの中程に位置する。

9-1. Optics R&D Lab. Tour

Optics R&D Lab. は、メインリングとは別棟にあり、分厚く頑強なコンクリートに支えられた 2 階の 1 フロア (約 490 m²) に目的ごとに 9 つの部屋

が整備されている。NSLS 向けにもこうした Lab はすでにあり、これまでのところ存続しているようだが、NSLS-II 建設にあたり、フロアや機器を新たに構築し直している。それぞれの部屋は Cutting & Lapping、Electro-mechanical technical area、Optical metrology (OM)、Clean assembly、Deposition、Nano positioning (NP) と汎用実験室で、いくつかはクラス 10000 のクリーンルームとなっている。

OM 室には、X 線ミラーの評価装置が整備されている。一般的な原子間力顕微鏡や大型干渉計、顕微干渉計の他、独自開発の NOM (Slope profiler)、Stitching Shack Hartmann Optical Head (SSH-OH) (シャックハルトマン式波面センサをステッチすることでミラー形状を評価する装置)、Software Configurable Optical Test (SCOTS) (モニタ上に映したパターンを X 線ミラーに投影し、反射後の像の歪みからミラー形状を評価する装置) などが説明された。マルチレイヤーラウエレンズ (MLL) の成膜が行える 22 feet 長(約 6.7 m) の大型チャンバーを持つコーティング装置が公開された (写真 9-1)。

NP 室にはビームラインで使用される高分解能ステージの製品評価や組み立てエリアが併設されており、Optics の R&D と合わせ、施設全体としてこれらの試験開発あるいは機種選定に取り組んでいるようだ。

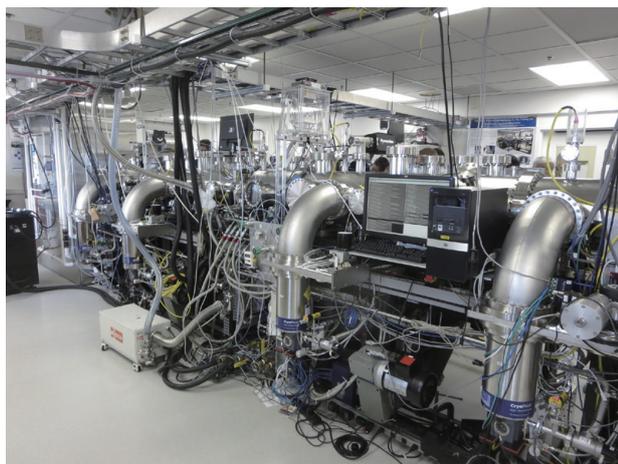


写真 9-1 MLL 成膜装置は全長 22 feet 長の大型チャンバー

9-2. NSLS-II 蓄積リング実験ホール

NSLS-II リング棟の実験ホール一周 (写真 9-2) と、

収納部 (一部) (写真 9-3) を自由見学した。昨年度より運転が開始された新しい 6 ビームラインと、建設中のビームライン、運転制御室等を見学した。3-ID Hard X-ray Nanoprobe (HXN) : ゾーンプレートとマルチレイヤーラウエレンズを利用したナノ分解能顕微鏡 (分解能 < 10 nm (目標) ~ 30 nm、 10^8 ph/sec)、5-ID Submicron Resolution X-ray Spectroscopy (SRX) : High Resolution KB (sub100 nm、 10^{11} - 10^{12} ph/sec)、High Flux KB (sub-micron、 10^{13} ph/sec) が、運転中のビームラインである。3-ID Hard X-ray Nanoprobe (HXN) は、床面振動と長い距離を取るため、蓄積リング棟脇の別の建屋に配置されている (写真 9-4)。ナノプローブ顕微鏡では、真空チャンバー内のレーザー変位計を用いた試料用フィードバックステージや、ゾーンプレート・MLL のアライメント調整機構を見学することができた。

(湯本博勝、大橋治彦)



写真 9-2 NSLS-II 実験ホール



写真 9-3 NSLS-II 蓄積リング



写真9-4 Nanoprobe 実験ステーション建屋（左手）に向かう延伸ダクト。下はスロープになっておりかなり背丈のある人でも容易に潜れる。

10. 最後に

Closing Session で、Kai Siegbahn 賞が、Polytechnic of Milan の G. Ghiringhelli に授与されることが発表された。SLS および ESRF において、先導した超高分解能 RIXS (Resonant Inelastic soft X-ray Scattering) 装置の開発における功績が評価された。受賞理由に軟 X 線分野の RIXS が強相関遷移金属化合物の電子・磁気励起状態の理解に新たな重要な道具となったとあり、Cu L 吸収端で 50 meV の超高分解能という典型的な数値が紹介された。まさに今回の会議のトピックスの一つといえる“超高分解能”軟 X 線非弾性散乱ビームラインの開発に関するものであり、各国で競って建設が進んでいる様子が発表されており、彼らのグループはその先鞭をつけたといえよう。

あっという間の会期であったが、プログラム委員長の Q. Shen からの“NY city Never sleep match to this community!”という開会冒頭の一言が思い出された。会場は、その NYC の中心 Times Square にあり、建物の壁面を覆い尽くす眩いばかりの電光掲示と、人の流れが絶えない喧噪の真っ只中だったが、それとは好対照に、講演会は比較的淡々と東海岸流にフォーマルに進んだ印象であった。

さて、今回は 2018 年に台北市で NSRRC をホストとして、2018 年 5 月 28 日～6 月 1 日の開催が決まった。これまでとは少し早い開催時期は酷暑への配慮だが、スライドで紹介された台北の街は NYC に負けないくらい煌びやかで活気に満ち溢れていそうだ。アジ

アの熱気とともに、SPring-8 や SACLA からの講演で SRI2018 を一層盛り上げたいものである。

伊藤 真義 ITOU Masayoshi

(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 : 0791-58-2750
e-mail : mito@spring8.or.jp

今井 康彦 IMAI Yasuhiko

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

大橋 治彦 OHASHI Haruhiko

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

亀島 敬 KAMESHIMA Takashi

(公財)高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
TEL : 0791-58-0992
e-mail : kameshima@spring8.or.jp

仙波 泰徳 SENBA Yasunori

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

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

初井 宇記 HATSUI Takaki

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
XFEL 研究開発部門
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
TEL : 0791-58-0802 ext 3948
e-mail : hatsui@spring8.or.jp

湯本 博勝 YUMOTO Hirokatsu

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

The 20th International Conference on Magnetism (ICM2015) 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 河村 直己

1. はじめに

2015年7月5日～10日の期間、スペイン・バルセロナにおいて磁性の国際会議 ICM2015 が開催された。この会議は、1958年にグルノーブルで第1回が開催されて以来、3年ごとに開催されており、スペインでは初の開催となる。本稿では、本会議の概要について簡単に報告する。

ICM は、毎回、非常に多くの参加者が集まるマンモス会議である。前回は、韓国・釜山にて開催され、今回で20回目の開催となる。会議の主旨やプログラムなどの詳細はWEB ページ^[1]を参照していただきたい。通常、ICM では Plenary lectures、Semi-plenary lectures 以外は、口頭発表が10セッションに分かれて並行して行われている。その内容は、超伝導、強相関係、磁性ナノ粒子、磁性薄膜・多層膜、半導体スピントロニクス、分子・有機磁性、測定法や装置など多岐に亘っている。Closing ceremony での発表によると、今回の参加者数は2,197名であり、これは2003年ローマ開催時の2,200名に次いで2番目に多い数字である。

会議は Palau de Congressos de Catalunya (図1) という立派な会議場で行われた。この会議場はバルセロナの中心部から少し離れてはいるが、地下鉄3号線の終端駅 (Zona Universitària) の目の前なの



図1 ICM2015の会場である Palau de Congressos de Catalunya。外見は地味であるが、会場は広く立派であった。

で利便性は高い。同じ通りにバルセロナ大学もある。また、10分ほど歩けば、あの有名なサッカーチーム、FC バルセロナ (バルサ) の本拠地がある。この時期は残念ながらオフシーズンに入っており、サッカー観戦はできないにも関わらず、スタジアム周辺は連日、バルサのオフィシャルショップやスタジアム見学ツアーにやって来る熱狂的なバルサファンで溢れかえっている。会議日程は、初日 (7/5) が受付と特別講演2件 (磁性30年のハイライトとスペインでの磁性研究の簡単なレビュー)、および Welcome party が会場の敷地内で行われ、2日目以降は本会議となるが、中日が午前中 (といっても13:30まで) で終了する以外は、最終日も夕方まで開催されるというタイトなスケジュール (ほぼ毎日8:30～19:30) であった。会議につきものである Banquet は、5日目の夜に Spanish Night と銘打って、Poble Espanyol で行われた。この場所はモンジュイック公園の一角で、1929年に万国博覧会が開催されたのを機に開発が進んだ場所である。また、周辺には1992年のバルセロナオリンピックが開催されたメイン会場やモンジュイック城があり、頂上 (標高173 m) 付近からはバルセロナ市街が一望できる (図2)。



図2 モンジュイックの丘より眺めたバルセロナ市街の様子。

受付でネームカードを受け取った後、別カウンターでプログラム集と抽象的の電子ファイルが入ったUSBメモリ、およびメモ用紙が入った小さなリュックサックを受け取った。ちなみに、このリュックサックは残っても処分に困るためか、余っていたものを会議終了日に Free Bag として配布していた。また、参加者が抽象的やポスター（任意ではあるが、ポスター発表者がアップロードする必要がある）などの会議に関する情報をタブレットやスマートフォンで見られるようなアプリが準備されていたが、筆者はそのような環境を持ち合わせていなかったため、使用することはできなかった。今後、国内外の会議においてもこのような電子媒体が主流になり、紙媒体は姿を消していくと思われる。

午前中で終了する中日(7/8)では、何となく参加者が少なかったように感じられた。これだけ大規模な会議の場合、一日くらい参加しなくても目立たないかも知れないが、この日が発表日だった方に対して少し気の毒な感じもした。なお、筆者はこの日の午後のフリータイムを使って、バルセロナ観光の一環としてサグラダ・ファミリアに行ってきた(図3)。サマータイムを導入しているため、夜9時半頃までは明るく、会議が終わった後でも建物や街並みを見て回ることができた。

夏のバルセロナは相当暑いだろうと覚悟していた。出発時の日本(関西)の気温が30°Cを超えて



図3 バルセロナのシンボル、サグラダ・ファミリア。ガウディ没後100年の2026年完成予定ということなので、未だ建設中である。

おらず、それほど高くなかったためか、バルセロナ到着時は夕刻であったにもかかわらず暑く感じた。最初の2日間は気温30°C超えで非常に暑かったが、3日目以降は日差しは強いものの日陰にいれば過ごしやすい気候であった。したがって、帰国後は蒸し暑く感じたのはいうまでもない。

2. 会議内容の概略

先にも述べたが、ICMは口頭発表が10の平行セッションで行われるような会議であるため、すべての話題について聴講することや報告することは不可能である。したがって、以下、いくつかの話題について触れるに留めることにご了承いただきたい。

ICMにおけるPlenary lecturesは、素晴らしい功績に対する御褒美であり、名誉ともいえる。毎日1名選ばれており、全部で5名の方が講演された。スタート(2日目)は米国・コロンビア大学のA. J. Mills博士によって連続時間量子モンテカルロ計算についての講演がなされた。超伝導体やスピントロニクスオーバー分子磁性体、置換系物質に対する相図の計算を行い、この手法の有用性を示された。ただ残念なことに、次に平行セッションが控えていたため、講演終了10分前ぐらいから多くの聴衆が退席し始めてしまい、折角のPlenary lecturesの雰囲気が台無しであった(同様の状況は4日目のPlenary lecturesでも生じた)。3日目は、ICM2015において国際純粋・応用物理学連合(IUPAP)磁性賞の表彰を受けて、米国・ジョンズ・ホプキンス大学のC. L. Chien博士によって講演がなされた(図4)。Chien博士は、新規磁性材



図4 Plenary lecturesで講演するC. L. Chien博士。

料とナノ構造におけるパイオニア的な研究による功績が認められた受賞となった^[2]。講演内容は、現代磁性学の黄金時代というタイトルで、まず磁石の応用の歴史を簡単に振り返り、現在の流行であるスピン流、スキルミオン、および³Heで見られる p 波超伝導の3つの話題について講演された。なお、この日にIUPAPの若手研究者賞(磁性分野)の受賞式も行われ、スペイン・ICN2 (Catalan Institute of Nanoscience and Nanotechnology) の M. V. Costache 博士がマグノン・ドラッグ効果の新しい検出法の開発など^[3]に対する功績で、物質・材料研究機構の林将光博士が磁気ナノワイヤ中の磁壁移動ダイナミクスに関するパイオニア的研究の功績など^[4]において受賞された。4日目は、東北大学の齊藤英治博士によって、スピン流に関する講演がなされた。電流を伴わないスピンの流れであるスピン流をどのように作り出し、観測するかということ、実験結果を示しながら丁寧にわかりやすく講演されていた^[5]。5日目は地元スペイン・バレンシア大学の E. Coronado 博士による分子スピントロニクスに関する講演がなされた。強磁性体に挟まれた有機半導体をナノ粒子、分子にしていくことでナノスピントロニクスを実現させ、イオン磁石や量子ビットへの応用を目指しているようである。最終日は、ドイツ・ダルムシュタット工科大学の O. Gutfleisch 博士によって環境保全技術への磁性材料の役割についての講演がなされた。自動車のモーターや冷蔵庫に使われている永久磁石に対して、希少金属である希土類元素を使わない高性能磁石の開発や希土類磁石の再利用法などの話題が取り上げられた^[6]。

Semi-plenary lectures は中日を除いて各日3件の講演が平行に行われた。その中で特に印象に残った講演は、アルゴンヌ国立研究所の A. Hoffmann 博士によるスピン組織を電氣的に操作する、という内容のものである^[7]。スピンの時間的な流れはスピン波になり、空間的な流れは磁気スキルミオンに相当する。スキルミオンは、次世代の磁気メモリ候補のレーストラック・メモリを凌駕することが期待されるが、最終的にはスキルミオンを1個ずつ運ぶ(制御する)ことが必要であり、それを目指して世界中でしのぎを削っているようである。ちなみに、スキルミオンを磁場でブローするデモンストレーション動画を動かす際に、処理が重かったせ

いかパワーポイントがクラッシュして落ちてしまうというトラブルがあったが、そのトラブルも含めてインパクトの強い講演であった。

分野ごとに分かれて行われるオーラルセッションでは、トピックこそ5つの分野(強相関電子系、スピン系と磁気構造、スピントロニクス・輸送系と磁気ダイナミクス、ナノスケール磁性、磁性材料と技術)に分類されていたが、詳細には47のカテゴリーに細分化されていた。これだけ細分化されると、磁性が絡む研究者は参加しやすいし、磁性の基礎研究から応用研究に亘った話が聞けるため、見聞を広めるには絶好の会議といえる。本会議の最初の2日間は、通常のオーラルセッションとは別にスピン・オービトロニクスとスキルミオン、生体医学的応用と磁性ナノ粒子という表題でのシンポジウムが実施されたが、筆者は別のセッションを聴講していたため、これらのシンポジウムの報告は割愛する。

5日間のオーラルセッションでは、全般的に強相関電子系物質の話題とナノスケールの磁性についての話題が多かったように思われる。各会場は100名程度入れるぐらいの大きさであったと思うが、どの会場も立ち見が出るほどの盛況ぶりであった。超伝導に関する話題は、高温酸化物超伝導体の発見以降、途絶えることのないトピックの一つであるが、新規の超伝導試料の合成、新規超伝導相の発現、近年発見された鉄ヒ素系超伝導に関する話題が中心であったように思われる。それらの話題の中で、実験する側として重要なことでもかつ印象的だったのは、G. W. Scheerer 博士からの CeCu_2Si_2 単結晶試料で、破断した試料と研磨した試料で超伝導転移温度(T_{sc})が変化するという報告であった。試料の純良性の指標である残留抵抗比(RRR)に依存して T_{sc} が異なるという話や、金属間化合物では試料を粉末化する際に試料に歪が入ってしまうという話はよく聞くが、試料作製ロッドや組成が異なるわけでもなく、同一試料を破断するか研磨するかでマクロ物性が異なるとなると、放射光実験のように何度も測定のお機会がないような場合には、より一層、試料の準備も入念に行う必要があると思われる。それ以外の講演では、超伝導の絡みもあるためか、強相関電子系Ce化合物、Pr化合物、Yb化合物、U化合物の話題が多く見られた。また、最近の話題であるトポロジカル絶縁体やスピン流の話題も多く見られた。

放射光関連の話題では、磁性の会議であるため X 線磁気円二色性 (XMCD) を始め、反強磁性体で観測可能な X 線磁気線二色性 (XMLD)、共鳴磁気散乱 (RXMS) および共鳴非弾性 X 線散乱 (RIXS) の話題が多く見られた。もちろん、磁気構造決定には欠かせない中性子回折や中性子非弾性散乱の話題も見られた。RXMS や RIXS は数年前までは 5 keV 以上の硬 X 線領域での話題が主であったが、3 GeV リングの急激な普及もあってか、ここ数年では軟 X 線領域での進展が著しく、その話題がかなり増えたように思われる。軟 X 線領域では、磁性体には欠かせない 3d 遷移金属や 4f 希土類元素の磁性電子に対して直接的なプローブが可能であるため、これらの手法は今後、普及・発展していくものと思われる。また、欧州の放射光施設の軟 X 線ビームラインの多くには、ベクトル型超伝導磁石が設置されている。超高真空が必要であるために、試料へのアクセス頻度が限られていることや、RXMS や XMLD 測定のために、磁場方向を変化させる必要があることが関係しているものと思われる。

磁性材料の応用に直結する薄膜作製技術、微細加工技術の進展は目覚ましいものがある。ナノオーダーで厚さや面を加工することはもちろん、測定に必要な端子の加工も重要である。これらの作製・加工には、当然、ナノオーダーの観察手法が不可欠であるため、その両者が精度よく決められる必要がある。放射光を用いたナノオーダー観察手法は現状で 50~100 nm レベルまで到達しているが、それを超える観測技術の開発は今後不可欠であり、さらなる進化を期待する。

ポスター発表は、各日 472 件 (7/6)、509 件 (7/7)、494 件 (7/9)、274 件 (7/10) の発表があった (図 5)。一つの分野が集中しないように、各日で適度に分野を散りばめていたが、あまりにも多いため、最終日を除いて 2 つの時間帯を設け、ポスター番号の偶数・奇数で発表者の説明時間を分けていた。事前に電子メールで発表者へ発表義務の時間帯の連絡は受けていたが、会場で配られたプログラムブックには、偶数・奇数の説明時間に対する記述が逆になっていたため、発表者の多くは混乱していた。ちなみに、これだけの参加者がいると、良質紙を使っていたのもあるがプログラムブックだけでも 2 cm の厚みになっており、重量感があった。ICM で

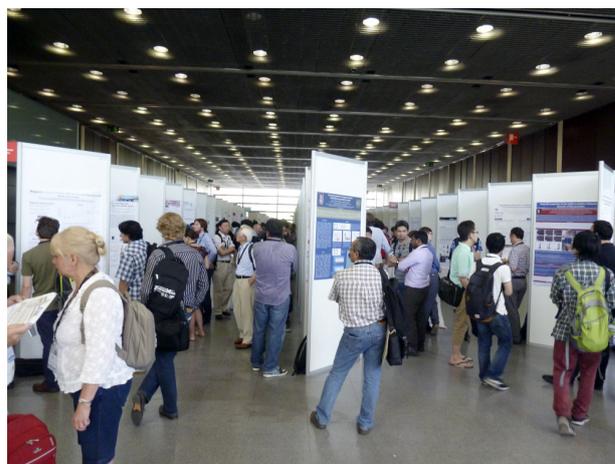


図5 ポスターセッションの様子。

は Best Posters の表彰を各日で行っており、前回の ICM2012 では各日 2 件ずつだったのに対し、今回は各日 10 件ずつ (最終日は 5 件) 選ばれていた (選ばれたポスターについては [1] を参照されたい)。分野が多岐に亘っていることもあり、ポスター発表があまりにも多く、すべてを見て回るためには美術館の絵をみるような感じになってしまうため、どうしても印象的なポスターに目が留まる。また、これだけ多くのポスター発表がある場合、欠席も多かったりするものだが、今回の会議では欠席はそれほど多くなかったように思う。ポスター発表においてもオーラル発表同様、今回の主流がわかる。トポロジカル絶縁体、スキルミオン、マルチフェロイック、ナノ粒子・ナノワイヤーといった流行分野から、超伝導、*f* 電子系、と長年に亘って議論されているものまで、どれも興味深い研究ばかりである。最近の傾向としては、生体医学への応用分野が増えてきているように感じられる。様々な磁性物質・材料が作製され、それを評価するための手法の開発、応用するための材料加工技術の向上、そして応用への展開、といったところであろう。

SPring-8 の共用ビームラインで働いている職業柄、放射光施設を利用した結果や装置にどうしても目が留まってしまう。バルセロナから 15 km ほど離れた位置にある ALBA、フランスの ESRF、英国の Diamond、ドイツの PETRA III、スイスの SLS からの発表が多く見られた。個々の放射光施設のビームラインの特性は周知の通りであり、強烈な印象を残すものや、際立った特性について紹介しているものはなかったが、敢えて挙げるとするならば、

ESRF のビームライン ID32 に設置されている超伝導磁石であろう。このビームラインの超伝導磁石はビームに平行に 9 T、垂直に 4 T の磁場が発生できるが、そのスイープ速度がそれぞれ 8 T/min および 4 T/min というのは驚きである。軟 X 線ビームラインは、エンド・ステーションまでの距離が長くなるので、超伝導磁石からの漏洩磁場の蓄積リングへの影響は小さいと思われるが、その取り組みは凄いものを感じた。

河村 直己 KAWAMURA Naomi

(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 : 0791-58-2750
e-mail : naochan@spring8.or.jp

3. 会議の総括

スペイン・バルセロナで行われた ICM2015 は、大盛況であり、大きなトラブルもなく、成功裏に終わったと思われる。会議の規模が大き過ぎて嫌う方もいるが、「磁性」という一つのキーワードから基礎研究から応用研究に至るまで、様々な分野の話を聴講できるという点では視野が広がるので、興味のある方は是非一度参加することをお勧めする。磁性は日本のお家芸のようなものなので、ICM の日本人参加者が多いのは理解できるが、前回の ICM2012 に引き続き、今回も参加人数が-host 国を抑えての堂々の 1 位 (449 名) というのは凄まじい (2 位はドイツの 214 名、3 位はスペインの 195 名)。次回の会議は、3 年後の 2018 年 7 月 15 日~20 日に米国・サンフランシスコにて行われるが、ここでもやはり-host 国を抑えて参加人数 1 位になると予想される。

参考文献

- [1] ICM2015 の Web site を参照、
<http://www.icm2015.org/index.html>
- [2] 業績については、以下のホームページを参照、
<http://medusa.pha.jhu.edu/index.html>
- [3] 例えば、M. V. Costache *et al.*: *Nature Mater.* **11** (2012) 199-202.
- [4] 例えば、M. Hayashi *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **101** (2012) 172406.
- [5] 例えば、K. Uchida *et al.*: *Nature Commun.* **6** (2015) 5910.
- [6] O. Gutfleisch *et al.*: *Adv. Mater.* **23** (2011) 821-842.
- [7] A. Hoffmann: *IEEE Trans. Magn.* **49** (2013) 5172-5193.

第64回デンバーX線会議 (DXC2015) に参加して

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 櫻井 吉晴

1. はじめに

デンバー X 線会議 (Denver X-ray Conference) が、2015年8月3日～7日の5日間、米国コロラド州ウエストミンスターで開催された^[1]。本会議は X 線分析の応用に関する年次開催の会議であり、本年で第64回になる。2015年のデンバー X 線会議は第16回の全反射 X 線蛍光分析と関連手法に関する国際会議 (16th International Conference on Total Reflection X-ray Fluorescence Analysis and Related Methods, TXRF2015) との共同開催であった。講演は、ラボベースの X 線回折 (XRD) と X 線蛍光 (XRF) 分析が主流であるが、放射光 X 線や中性子を用いた分析技術の最近の進歩も含まれていた。参加者数は事前登録者数で204名、うち日本からの参加者は27名であった。分析機器メーカーなどの企業展示数は44社で、企業展示関連の参加者は148名と多く、事前登録の段階で、総計352名の参加者 (TXRF2015の参加者も含む) であった。

会議プログラムは、ワークショップ、ポスターセッション、オーラルセッションの3部構成からなる。8月3日と4日の午前と午後の部はワークショップ、同日の夕方はポスターセッションが開催された。このポスターセッション時には、簡単な飲み物とつまみ類が振る舞われた (Wine & Cheese Reception) こともあり、盛況なポスターセッションであった。ポスターセッション後には、知り合いになった研究者同士で夕食に行けるというセッティングはよい。オーラルセッションは、デンバー X 線会議の XRD、XRF、Special Topics の3テーマと TXRF2015 のカテゴリーに分けられるパラレルセッションで進化した。これと平行して、8月4日～6日の3日間の企業展示が開催された。企業展示の様子も盛況であり、また、基調講演や一般講演の中にも企業参加者の発表も多数あり、よい意味で企業関係者の存在が

際立った会議であった。

以下に、ワークショップとオーラルセッションの様子について報告する。



会場入り口の様子

2. ワークショップ

デンバー X 線会議ではワークショップの開催が盛んである。2日間の午前と午後にそれぞれ3ないし4件のパラレル形式で合計16件のワークショップが開催された。ある研究グループの宣伝的なワークショップもあるが、全般的に初心者向けの講習や最新技術の紹介があり、有意義なものであった。あるワークショップ主催者に聞いてみると、ワークショップ講演者は参加費の減額 (半額程度) という特典が受けられるとのことであった。

以下にワークショップリストを示す。

8月3日 (月) 午前

- Basic to Advanced XRD Material Analysis I
- Structure Determination from Laboratory X-ray Powder Diffraction Data
- Basic XRF

8月3日（月）午後

- Basic to Advanced XRD Material Analysis II
- Fundamental to Neutron Diffraction
- Energy Dispersive XRF
- Mirco XRF

8月4日（火）午前

- Stress
- Quantifying Crystalline & Amorphous Phases I
- Quantitative Analysis I
- Uncertainty in XRF

8月4日（火）午後

- Synchrotron X-ray Coherent Diffraction Imaging and Ptychography
- Quantifying Crystalline & Amorphous Phases II
- Quantitative Analysis II
- Sample Preparation of XRF

これらの中から2件のワークショップについて報告する。

(1) Fundamental to Neutron Diffraction

本ワークショップはオークリッジ国立研究所 (ORNL) のグループが主催者である。中性子散乱回折実験の普及啓発を目的としたものであるとの印象が強い。オーガナイザーである Tim Fawcett (ICDD) によるワークショップと講師の紹介に始まり、4名の講師による講演があった。Pam Whitfield (ORNL) は、中性子の利点である、(a) 軽元素に対する敏感性、(b) 隣接原子の区別が容易、(c) 負の散乱長の原子、(d) 磁気モーメントの存在、を説明した後、中性子散乱の特徴として、(a) 磁性研究への応用、(b) 比較的簡単な試料の準備、(c) 中性子を作るのは簡単ではないこと、などを解説した。中性子回折実験は、原子炉における定波長 (Constant Wavelength: CW) モノクロメータを用いた実験と、スパレーション中性子源 (Spallation Neutron Source: SNS) を用いた飛行時間計測 (Time of Flight: TOF) があり、後者の SNS-TOF は非弾性散乱によるバックグラウンドの影響が大きいとのこと。また、同氏は中性子回折と X 線回折の相補の利用を強調していた。X 線散乱能が小さい軽元素を中性子回折が補うという考えのもと、軽元素と 3d 遷移金属の化合物、 $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ 、 V_2O_5 の構

造解析例を示した。さらに、X 線では近接元素の区別が難しいとの認識のもと、 $\text{LiFe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{SO}_4\text{F}$ の解析例を示した。J. Faber (Faber Consulting) は、Powder Diffraction File™ (PDF-4+) データベースを利用して中性子回折データから構造相の同定を行う新しいシステムの説明をした。A. dos Santos (ORNL) は極端条件化の中性子回折実験について説明した。高圧下中性子散乱の利用例として、量子臨界点の物理、磁性と構造の相関、水素結合、その場観察、高圧下物質挙動などがある。また、高磁場について、25 T から 30 T の強低磁場を利用する The Zeeman Project がある。最後に、J. Bunn (ORNL) はエンジニアリングへの応用例として、時間分解中性子回折の現状を紹介し、応用例として、2次電池の充放電過程、金属疲労、クラック成長などの観察例を示した。SNS では 50 ミクロンの空間分解能が達成されている。

(2) Synchrotron X-ray Coherent Diffraction Imaging and Ptychography

本ワークショップは M. V. Holt, R. Harder, D. Vine によって開催された。3名とも Advanced Photon Source (APS) の所属であり、APS アップグレード (APS-U) 計画を大いに意識したものであった。前の中性子回折のワークショップ同様、コヒーレント回折イメージングとタイコグラフィーの普及啓発の色彩が濃い。コヒーレントフラックスが空間分解能に直接関係することから、APS-U に対する期待は大きい。アップグレードによりコヒーレントフラックスが 100 倍になると期待されており、38分の測定が 25秒でできるようになるとの試算があった。開発研究の例として、ナノスケールの硬 X 線回折顕微鏡やタイコグラフィーに必要な集光光学系のほか、反射光学系の KB ミラー、屈折光学系の複合屈折レンズ、回折光学系のゾーンプレートの原理と性能の説明があった。

APS のアップグレードにより、50 keV の X 線が現状の 8 keV の X 線と同等のコヒーレント性能を有するようになることが強調された。全ての手法や利用研究で顕微鏡が実現し、磁気散乱、散漫散乱、電子励起やプラズモンを捕らえる非弾性 X 線散乱などの顕微鏡が実現するであろう、というのが主催者の主張である。

3. オーラルセッション

オーラルセッションは以下の構成で行われた。セッションはXRD、XRF、Special Topicsの3つのカテゴリーからなる。

8月5日（水）午前

- ・ Plenary Session: TXRF Around the World

8月5日（水）午後

- ・ New Developments in XRD/XRF Instrumentation
- ・ Extremely Bright: The Future of X-ray Analysis
- ・ Quantitative Analysis

8月6日（木）午前

- ・ Stress Analysis/Ptychography
- ・ Applied Materials
- ・ General XRF

8月6日（木）午後

- ・ Energy Materials
- ・ General XRD
- ・ Environmental & Geological Applications

8月7日（金）午前

- ・ Rietveld
- ・ Micro XRF
- ・ Fusion & Industrial Applications

これらのセッションの中から、4件の内容・テーマについて紹介する。

(1) MAUI (Modeling, Analysis and Ultrafast Imaging)

コヒーレント X 線回折イメージングやタイコグラフィは目立ったテーマであった。現在、7 nm の空間分解能を達成している。APS-U により、約 100 倍の測定効率向上が期待されている。

先端放射光利用技術の開発および普及に関して、APS の MAUI プロジェクトは参考になる。MAUI プロジェクトの目的は、コヒーレント X 線回折イメージングを用いて、ナノ領域で発現する諸現象を理解するための完結した研究作業の流れを構築することにある。APS におけるコヒーレントイメージング、高速レーザー科学、4D イメージ解析、数値計算科学の専門家が分子動力学シミュレーションの専門家と共同で開発を進めている。この応用として、熱電物質の時分割イメージングや太陽光を用いた

水の浄化に用いるナノ結晶技術などが想定されている。

(2) 高エネルギー X 線回折実験の進歩

先端的放射光実験は、散乱、スペクトロスコピー、イメージングなどの手法を通して、リチウムイオン二次電池などの複雑系に対して、原子レベル、粒子レベルあるいは電極レベルでの階層的な観察を可能にしている。K. Chapman (APS) は高エネルギー X 線を用いた X 線回折実験により二体分布関数を求め、電極や電解液の原子レベルでの平均構造を議論している。二体分布関数を 2 nm 以上の相関長まで求め、電解液と電極の間の原子相関モデルを議論している。どこまで信頼できるかはさて置き、二体分布関数解析がこのような複雑系まで適用できるようになったことに多少驚きを覚えた。

(3) 高圧下中性子散乱実験

高圧実験は分子固体／水素結合、地球科学、固体物性、高圧科学／物質合成などに幅広く使われている。中性子散乱において高圧実験の進展が見られている。試料の微小化、バックグラウンドの増加、非標準的なデータ解析、安全などで最近の進展が報告された。Antonio M. dos Santos (ORNL) はマンガナイトの相共存、スピネル化合物の高圧相転移、CO₂、H₂吸着用金属-有機骨格構造体 MOF の研究、高圧下の氷などの応用例を示した。到達圧力では X 線実験には及ばないが、ユーザーコミュニティとの連携により研究開発を進めている。

(4) ラボベース X 線源と装置

デンバー X 線会議はラボベース X 線を用いた X 線回折と X 線蛍光分析が主流の会議であるが、X 線源に関する開発も目立った。例えば、液体金属ジェット X 線源技術 (Liquid-Metal-Jet X-ray Source Technology) がある。高分解能 X 線回折、たんぱく質構造解析、小角散乱実験には X 線輝度が必要であるが、従来の X 線管技術では陰極金属を溶かす電子ビームパワー密度によって輝度が制限されている。この液体金属ジェット X 線源技術はこのような制限を受けない X 線源として注目されている。その他にも、ラボベースの高輝度 X 線源の開発なども計画されているようである。Ali Khounsary 博

士（イリノイ工科大学）もそのような可能性を考えている一人であり、ラボベースの X 線実験技術の進歩は決して放射光利用を縮小させるのではなく、むしろ拡大させる方向に向かうと明言していた。

最後に、デンバー X 線会議は今年で64回目を迎える伝統ある会議である。第65回デンバー X 線会議は、2016年8月1日～5日の5日間、シカゴ近郊のローズモントで開催される。

[1] <http://www.dxcicdd.com/15/index.htm>

櫻井 吉晴 SAKURAI Yoshiharu

(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 : 0791-58-0877
e-mail : sakurai@spring8.or.jp

16th International Conference on XAFS (XAFS16) 報告

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 本間 徹生

XAFS16について

2015年8月23日(日)より28日(金)にわたり、ドイツのカールスルーエにて第16回X線吸収微細構造国際会議(XAFS16)が開催された。XAFS国際会議は、XAFSとそれに関連した手法を利用した新しいサイエンス、さらにそれらの基本となる理論的なアプローチと技術的な開発について情報交換および議論する場である。XAFS国際会議は3年に1回、主に世界各地にある放射光施設に近い都市で開催されている。今回は、Karlsruhe Institute of Technology (KIT) が、ドイツに放射光施設があるDESYとHZBの協力を得て主催し、KITの南キャンパスで開催された。会議について細かいことで気になったことがいくつかあったが、全体としてスムーズに運営されていて、参加者の誰もが満足のいく会議であったと思う。

セッション構成、参加人数、発表件数など

パラレルセッションおよびポスターセッションでのカテゴリーは、

- I. Theory and Modeling, Data analysis
- II. New sources and new instrumentation
- III. Advanced Methods
- IV. Chemistry, catalysis, operando and time-resolved studies
- V. Radionuclides, actinides, earth and environmental
- VI. Materials Science
- VII. Energy-related materials
- VIII. Soft Matter and biology
- IX. Microscopy, beamlines, application, cultural heritage

という話題で、理論・データ解析、先進的な測定技術からそれらを利用した環境・エネルギー分野はも

とより、バイオや文化財にいたる様々な分野における応用研究まで、XAFSに関連した広範な分野にわたっていた。また、それとは別にXFELおよび産業利用に関するセッションが開催された。

今回の会議では、37ヵ国から500以上の人が参加した。ドイツからの参加者が最も多かったが、日本からも100人以上が参加し、2番目の多さであった。本会議に投稿されたアブストラクト数は559であり、発表の内訳は、Oral:235件、Poster:324件であった。アブストラクトのまとめの部分のみ紙媒体として配布されたが、アブストラクト全体はPDFファイルとして当日配布された。検索などの機能がなく、知りたい発表のアブストラクトを探すのが容易ではなかった。

会場

会場は、KITの南キャンパス内にあるメインホール(Audimax Lecture Hall、図1)および講義室などが利用された。プログラムは、プレナリーセッションの後に、パラレルセッション、2日目と3日目のパラレルセッションの後にポスターセッション



図1 XAFS16のメイン会場(Audimax Lecture Hall)



図2 メインホール (Audimax)

が行われた。プレナリーセッションはメインホールで行われた (図2)。メインホールは、会場の真ん中で仕切りを入れて二つの会場に分けることによってパラレルセッションにも利用された。大ホールの有効活用として斬新なデザインだという印象の一方で、通路が中央と両端にしかないので出入りが不便に感じた。ポスターセッション会場は、プレナリーセッションの会場から少し離れた講義室や研究室が入っている建物の1階の廊下で行われた (図3)。カテゴリー毎に分かれていて、興味がある分野を集中して見やすい配置になっていたのが良かった。メインホール以外にポスターセッションの両サイドにある講義室がパラレルセッションの会場として使われていたが、メインホールとも離れており、会場間の移動に時間がかかるためカテゴリーが異なった講演を聴きに行けなかったことがあった。

会場の規模は適当で、KITの学生と思われるス



図3 ポスターセッションの様子

タッフが各会場に3人程度配置され、スムーズに講演が行われた。午前中のプレナリーセッションとパラレルセッションの間と、午後のパラレルセッションの中頃に30分程度と少し長めのコーヒブレイクがあり、長い講演の合間にほっと一息つける貴重な休憩時間であった (図4)。また、この時間を利用して離れた会場に移動することができた。



図4 コーヒブレイクの様子

トピック

全てのセッションを網羅することはできないが、いくつかのセッションにおけるトピックについて述べることにする。

New sources and new instrumentation のセッションでは、一過性反応に対する時間分解計測法である Quick XAFS 計測システムについて各施設から報告された。最高時間分解能：10 ms の計測システムが欧米・日本の各施設で整備され、標準的に利用できる時代になったことが示されたが、応用研究についての発表は、燃料電池 (SPRING-8) 以外にはほとんど行われていない状況であり、今後の応用展開が期待される。また、Camille La Fontaine によって、フランスの放射光施設 SOLEIL のビームライン ROCK において、Si(111) と Si(220) の二つのチャンネルカット結晶が取り付けられた分光器が整備され、4 - 40 keV の範囲を 20 ms で EXAFS 測定が可能となっていることが紹介された。それらのチャンネルカット結晶を 30 秒程度で交互に入れ替えることによって、二つの吸収端のその場測定を可能にした。さらに、XFEL を用いたこれまでにないフェムト秒での時分割 XAFS 測定、コヒーレント光とイ

メージングを組み合わせた手法、軟 X 線領域における溶液試料の in-situ 測定、新規ではないが、XRD などの X 線回折・散乱法や CT などのイメージングと組み合わせた手法、ラボ光源での軟 X 線測定など様々な取り組みについての紹介があった。

Advanced Methods のセッションでは、共鳴発光分光 (RXES) 計測法を用いた応用研究が、触媒に対する in-situ 計測を中心に広がりつつあることが報告された。特に、高効率計測システムの開発により、時間分解 RXES 計測が始められていることが報告された。

Chemistry, catalysis, operando and time-resolved studies などの応用研究に関するセッションでは、RXES を用いた発表が多く、触媒、電池、アクチノイド、環境中の重金属、磁性材料など多岐の分野にわたっていた。RXES のスペクトル解析において DFT 計算などの理論計算を利用しないことは考えられない。実際、多くの発表において実験だけではなく理論計算も行い、構造や電子状態について議論されていた。RXES を利用した応用研究が急速に発展している背景には、高効率測定システムの開発など実験技術の高度化だけではなく、計算科学の進歩とソフトウェアの普及による寄与が大きいと思われる。ヨーロッパならではの研究として文化財・芸術関係の分野では、可視光照射による絵画の退色についての報告が数件行われている点が目立った。絵の具に含まれる金属元素の化学形態とその経時変化を調べることにより、退色の化学機構を明らかにする研究が進められている。最終的には、絵画が描かれた時点の色を再現することが期待されている。また、共焦点 XAFS 法の開発と応用研究が進められており、絵画や陶磁器の表層下にある絵の具・顔料の金属元素の化学状態について、切片試料を作成せずに非破壊で調べる手法として利用が始まっている。

XFEL のセッションでは、1 日の枠が設定され 13 件の報告が行われた。装置開発と応用研究の割合は半々程度であった。LCLS、SACLA において、フェムト秒時間分解 XAFS/RXES 計測システムの開発とその応用研究を中心に、着実に利用研究が展開されつつあることが報告された。

産業利用のセッションでは、産業界および放射光施設から材料開発における XAFS 利用とその分析技

術に関する 9 件の報告が行われた。産業界からは触媒開発に関するものがほとんどであり、施設側からは XAFS ビームラインの産業界への支援体制と利用状況に関する報告であった。中国企業の Sinopec が上海放射光施設 (SSRF) に専用ビームラインを 3 本建設する計画を報告した。セッションの最後に、Roundtable discussion を行い、(1) 放射光の必要性について、(2) 産業利用の割合が低い理由について、(3) 産業界から興味を持ってもらうためにはどうすべきか、(4) 進むべき方向などについて議論されたが、解析支援の必要性、低コスト利用、産学連携、インパクトが高い論文を出すことではなく、産業界が抱える課題を解決することが重要であるなど、一般的な意見がほとんどであった。講演者の顔ぶれや講演内容から、今後も自動車、化学関連の企業を中心に XAFS の産業利用が発展していくのではないかと期待する。

最後に

これまでの会議と同様、XAFS 分析における時間、空間分解能の進歩とその応用について報告されてきたが、今回の会議では特に高エネルギー分解能 XAFS の応用についての報告が多いと感じた。今後、これらの応用研究が普及することによって、例えば触媒活性などを担う金属クラスターや発光材料における微量添加元素の局所構造および電子状態とそれらの特性との相関についての知見が得られ、反応メカニズムの解明が期待される。

次回 XAFS17 は、2018 年にポーランドのクラクフで開催される予定である。次回の会議までにサイエンスと測定技術がどのような発展を遂げるのか楽しみである。本報告にあたり、同会議に参加した高輝度光科学研究センター利用研究促進部門の宇留賀朋也氏と加藤和男氏および京都大学の谷田肇氏より有益なコメントをいただきました。心より感謝いたします。

本間 徹生 HONMA Tetsuo

(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 : honma@spring8.or.jp

第31回欧州表面科学会議 (ECOSS31) 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 田尻 寛男

欧州表面科学会議 (The 31st European Conference on Surface Science) が、2015年8月31日から9月4日の5日間にわたってスペインのバルセロナで開催された。会場は、バルセロナ中心部に近接するバルセロナ国際コンベンションセンター (Centre de Convencions Internacional de Barcelona) であった。第1回会議 (オランダ、アムステルダム) 開催が表面科学黎明期の1978年で、表面物理・化学の基礎から応用に至る分野を俯瞰的に議論する伝統のある会議である。会期全体を通して5件の全体講演 (同時間帯に他の講演がなく、参加者が同時に参加できる講演) と29件の招待講演、298件の一般講演、および267件のポスター講演が行われた。

会議は、「バルセロナの観光名所であるサグラダファミリアの聖堂内天井装飾の美しい規則的な配列が、結晶表面のいわゆる超格子構造を正に表しており、バルセロナは表面科学を語るにふさわしい場所である」との冗談を交えたオープニングセレモニーから全体講演へと続き、4日間は各日5つのマルチトラックセッションに分かれて講演が行われ (3日目に2件の全体講演を挟む)、最終日は2件の

全体講演の後閉会という構成であった。“Catalysis under ideal and real conditions”、“Self-assembly at surfaces”、“Surface Magnetism” などセッション数は計30に及ぶ。講演件数の多い上位テーマは、“Graphene and carbon-based nanomaterials” と “Oxide surfaces and thin/ultra-thin oxide films”、“Molecules at surfaces” となり最近のトレンドをよく表している。今回、本会議初の試みとして、スマートフォン向けのフリーのイベントアプリケーション Whova が、会議プログラムの閲覧、ホストや参加者とのコミュニケーションツールとして活用された。

著者一人で会議の全貌を網羅することは不可能であり、放射光利用や実験手法開発といった著者の興味に偏った報告となってしまうことをご容赦願いたい。以下、いくつかのトピックについて講演内容を概観する。

初日の全体講演では、ESRF の S. Ferrer のチェアで LBNL の M. Salmeron が、21世紀の表面科学の夢は触媒反応のコントロールと創成であり、そのためには実環境での表面観察が必須であると明確に説いた。これは、走査トンネル顕微鏡 (STM) や X線光電子分光 (XPS) 実験は、その黎明期の実験では真空環境が必須であったが、真空での表面の化学反応や触媒反応はどうしても大気圧の実環境での反応とは異なるので、実際には確実に存在する “pressure driven force” が効果に現れず正しい答えが出せなかった、という自身の経験が大きいとのことである。1990年代からの STM、放射光 XPS を使って大気圧ガス条件下での表面の化学反応や固体液体界面の研究が紹介された。特に XPS では、電子の検出のために真空側の検出器とガス・液体環境下の試料とを仕切る必要があり、X線・電子用窓を含む試料セルの開発といった装置開発が非常に重



図1 マルチトラックセッションの様子

要であるとのことであった。試料基板にメンブレン膜を使い試料の裏側から光電子を取り出したり、最近ではメッシュ状のナノメートルサイズの微小穴をもつ基板にグラフェンを担持させ、窓材とする方法などが採用されているようである。環境科学を志向した基礎研究として、プラチナや銅表面での大気圧条件下での、一酸化炭素の振る舞いと表面面指数との関係や、検出する蛍光 X 線と二次電子の侵入深さ・平均自由行程の違いを利用した深さ分解測定で反応層を決定した例などが紹介された。

“Oxide surfaces and thin/ultra-thin oxide films (OXI)” のセッションでは、スペイン CSIC の M. V. Ganduglia-Pirovano による招待講演が行われ、水素生成の産業用触媒として重要なセリアをベースとした触媒システムを理解するために、通常触媒として使用される反応過程が複雑な粉末状セリアではなく、その触媒反応の起源を解明するためのいわゆるモデル触媒システムとして、単結晶セリアの研究を行った例が示された。セリア単結晶表面における酸素欠陥の役割や、アルキンの部分水素化などを理論、実験（放射光 XPS など）の両面から論じた。複雑な系を単純な系で置き換えて理解を深めるべく結晶表面をモデル触媒システムと見なす研究手法は、表面科学のオーソドックスな手法であり、その代表的な講演であった。

“Surface chemical reactions, kinetics and heterogeneous catalysis (SCR)” のセッションでは、アイントホーフェン工科大の C. J. Weststrate が、コバルトを触媒とする長鎖炭化水素の合成法として知られるフィッシャー・トロプシュ法について、反応プロセスにおける原子鎖生成メカニズムについて、STM および Elettra と MAX-lab の放射光 XPS の結果を交えて論じた。ルンド大の S. Blomberg は、よく知られたモデル触媒システムであるパラジウム結晶表面での一酸化炭素の酸化について講演した。数十ミリバール以上の一酸化炭素圧力下で、放射光 XPS およびレーザー励起蛍光法による反応表面近傍のガス組成像の同時リアルタイム測定が可能な装置を MAX-lab で開発し、サブ秒の時間スケールで反応炉内のガス組成と表面近傍のそれが全く異なることを明らかにした。このような複数プローブによる同時測定装置開発は、最近よくみられる技術開発の一例である。

3日目のマックス・プランク研究所の A. M. Wodtke による全体講演では、電子と原子核の運動が分離できるとする表面化学計算で一般的なボルン・オッペンハイマー近似では、飛翔分子と金属表面との相互作用がうまく説明できず、場合によって飛翔分子が金属スラブをすり抜けてしまう衝撃的な計算例を示し、適切な近似計算の重要性が説かれた。このような場合には有効媒質近似を用いることが妥当で、実際に金表面における水素原子の散乱実験の結果をよく説明できることを示した。一酸化窒素などの開殻分子（ラジカル）のダイナミクスを議論する表面システムの計算にはこの近似が重要である。

“Real-time processes at surfaces + Surface dynamics (RTP + SDY)” の合同セッションでは、DESY の S. K. Vayalil が PETRA III のビームライン P03/MiNaXS での数十マイクロメートルサイズのマイクロビームを使ったその場微小角入射微小角散乱 (GISAXS) で、ナノサイズの波打ち構造（リップル）をもつシリコン基板上でのパーマロイ薄膜の初期の成長過程では、基板のリップル構造の方向と大きく相関して、パーマロイ薄膜成長に大きな異方性があることを示した。GISAXS では散乱パターンは通常、鏡面反射面に関して対称なパターンとなるが、この場合特異な非対称パターンとなる。ストックホルム大の H. Öström の招待講演では、LCLS の X 線自由電子レーザーと可視光レーザーを使った超高速ポンプ・プローブ法でサブピコ秒分解能の X 線吸収分光の結果が示された。ルテニウム結晶触媒上の一酸化炭素の酸化過程における、遷移状態分子の電子状態を観察することに成功している。

“Graphene and carbon-based nanomaterials (GRA)” のセッションでは、ルンド大の J. Knudsen によるグラフェンに担持された規則的なナノ粒子や、グラフェンに覆われた金属表面に関する招待講演が行われた他、ESRF の G. Renaud は数十ピコメートルの空間分解能をもつ表面 X 線回折の特性を使って、イリジウム結晶上に成長したグラフェンの歪み構造を解析した例を紹介した。これは、成長基板や欠陥などに起因するわずかな構造の変調によって、グラフェンの物性が大きく変化する特性を応用するための基礎的な構造研究である。なお、ESRF のアンジュレータビームライン ID03 では 2016 年から、新しい超高真空装置を備えた表面回折・散乱用の回折装

置が稼働するそうである。

“Semiconductor surface (SMC) ”のセッションでは、R. Wolkow の招待講演が目をつけた。水素終端されたシリコン結晶表面の水素を、STM の探針で取り除いて生成したシングルダングリングボンドは、極小サイズの量子ドットとして機能する。それらを並べて原子スケールの究極の電気回路を製作する試みである。ダングリングボンドは活性が高く安定性や有用性に疑問が残るが、設計図どおりにダングリングボンドが回路状に配列している様は、この発想は決して荒唐無稽ではないと筆者に思わせるには十分だった。ここでは探針の先端を一原子にする技術が応用されている。

“Novel-advancement of experimental and computational methods (NAM) ”のセッションでは、DESY の F. Bertram が PETRA III の 60 keV を超える高エネルギー X 線と二次元検出器を使った表面 X 線回折について講演した。高エネルギー X 線の利点は、広い逆空間へのアクセスが可能であること、それに付随して散乱角も小さくなるので X 線窓や二次元検出器も大きなものが必要ないことである。これはコスト面からは有利である。一方、散乱断面積は X 線波長の自乗に比例して減少するので、高輝度光源であっても検出器の検出効率も勘案すると、高エネルギー X 線を利用することが効果的であるかは疑問が残る。実際、散乱強度を稼ぐために測定試料はパラジウムや鉛など重元素を含む系に偏っている。二次元検出器を活用することによる測定の迅速化の恩恵はある。その他、M. Foerster による ALBA の CIRCE ビームラインの LEEM-PEEM ステーションについて紹介があった。邦人の講演では、KEK の和田・兵頭・一宮らによる反射高速陽電子回折の装置開発に関する一連の講演が印象的であった。陽電子の最表面感性を大いに活用した表面構造研究の新しいプローブとしての展開が期待される。

スペインにはマドリッドに触媒研究所があることもあって、表面の触媒作用や、グラフェン表面などに担持された触媒について報告が多くなされた。これらは同作用への表面状態の活用を意図している。実環境に近い環境での触媒反応の観察が徐々になされつつあり、現実に産業利用されている触媒システムに原子レベルの表面科学的手法でアプロー

チする試みも始まっており、この傾向は今後拡大していくであろうと思われる。いよいよ触媒の基礎的研究に加えて実用的な系へと研究対象の裾野を大きく広げていこうとする流れを実感させる会議であった。その際に活用されるプローブは、本報告でも多くを取り上げたように、やはり放射光や X 線自由電子レーザーである。そう考えた時、ナノ物質のハンドリング技術は、放射光実験装置においても今後ますます必要とされるであろうし、その研究開発も重要度を増すであろうと感じた次第である。次回の ECOS32 の開催地はフランスのグルノーブルである。

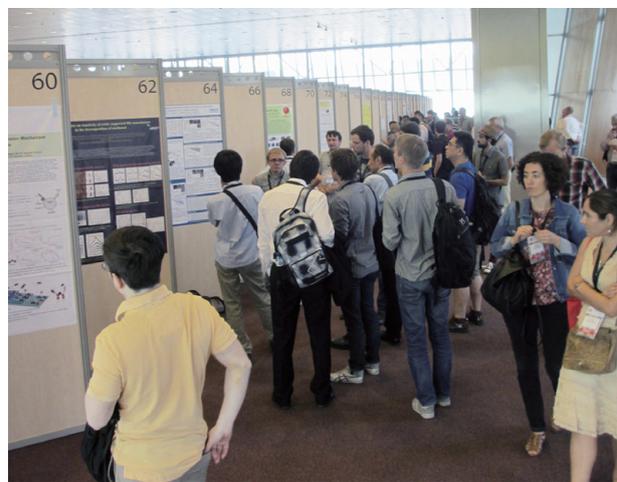


図2 ポスター会場の様子

田尻 寛男 TAJIRI Hiroo

(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 : 0791-58-0803 ext 3443
e-mail : tajiri@spring8.or.jp

第2回大型実験施設とスーパーコンピュータとの連携利用シンポジウム ーソフトマター科学を中心としてー 報告

公益財団法人高輝度光科学研究センター
研究顧問 野田 健治

1. はじめに

(公財)高輝度光科学研究センター (JASRI)、(一財)総合科学研究機構 (CROSS) 及び (一財)高度情報科学技術研究機構 (RIST) は、特定先端大型研究施設 (SPring-8、SACLA、J-PARC/MLF、スーパーコンピュータ「京」) の登録施設利用促進機関 (登録機関) として、当該特定先端大型研究施設の利用促進業務を実施している。上記3つの登録機関はそれぞれの施設における利用研究成果の更なる質的・量的向上を図るため、施設のより効果的・効率的利用の促進を目的に平成24年度に連携協力協定を締結した。今回開催されたシンポジウムは、本連携事業の一環として開催された、SPring-8及びJ-PARC/MLFなどの大型実験施設と「京」などのスパコンの連携利用の促進に向けた一連のシンポジウムの一つである。

登録機関の利用促進業務は利用者選定業務と利用支援業務に大別されるが、大型の実験施設であるSPring-8やJ-PARC/MLFにおける利用支援は、利用研究の実績のある物性・材料研究者やバイオ研究者などが利用支援を行う体制となっているため、このようなことを調べたいという利用者に対し有効な支援が可能である。一方、スパコン「京」における利用支援は、利用者のプログラムソフトをスパコンの効率的利用に適したように調整するなど、計算技術の側面の支援に限られており、また、大型実験施設の利用者の多くは、スパコン「京」などを使った大規模な計算科学にあまり馴染みがないため、大型実験施設とスパコンとの連携利用が大きく進まない要因となっていた。この様な状況を打開すべく、RISTでは、スパコン「京」を中核とするHPCI (革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ) における物質科学分野の利用研究者集団であるCMSI (計算物質科学イニシアティブ) と連携

し、計算科学と計算技術についての支援ができる体制を整備した。その上で、昨年9月にRIST、CMSIの共催、JASRI、CROSSの協賛の形で「第1回「京」と大型実験施設との連携利用シンポジウム」が東京の秋葉原にて開催された。

また、大型実験施設とスパコンとの連携利用の推進には、大型実験施設の利用支援者が利用者に対し、その連携利用が利用者の研究開発における成果の質的・量的向上を図るためには、極めて重要であることを説明していくことが効果的である。このため、主に大型実験施設の利用支援者を対象とする計算科学勉強会が、今年2月に大阪の中之島にて開催された。これらの開催を踏まえ、平成27年9月2日にJASRI、CROSS、RIST、CMSIの共催の下、「第2回大型実験施設とスーパーコンピュータとの連携利用シンポジウム」がソフトマター科学に焦点を合わせ、東京の秋葉原UDX会議室で開催された。参加者は企業、大学、国立研究開発法人、上記登録機関、及びCMSIの関係者など合計126名であった。

本シンポジウムでは、大型実験施設とスーパーコンピュータとの連携利用に関する講演のセッションと「連携利用推進への課題」についてのパネルディスカッションが行われた。この他、副会場において、1) 物質科学計算パッケージソフト“MateriApps LIVE!”の講習会、2) 物質材料計算ソフトウェアの紹介展示、各施設利用方法の案内ポスター展示、などが行われた。

2. 講演のセッション

このセッションでは、ソフトマター科学などにおける連携利用の事例や連携利用を見据えた実験側/計算側からの研究について、6件の興味深い講演が行われた (写真1)。



写真1 講演セッション

連携利用の事例として、「大規模並列分子動力学 (MD) シミュレーションによるフェノール樹脂の構造・物性相関の解明」(首藤靖幸、住友ベークライト) 及び「大規模粗視化 MD シミュレーションを用いた次世代高性能ポリマー材料の開発」(富永哲雄、JSR) の講演が行われた。前者では、SPring-8による小角 X 線散乱実験より明らかにしたフェノール樹脂の構造不均一性を再現可能な、スパコンを用いる大規模 MD シミュレーションによる大規模架橋構造構築法を検討し、得られた架橋構造の妥当性の検証と機械特性などの物性評価を実施した。また、中性子準弾性散乱法と全原子 MD シミュレーションの相補利用によりフェノール樹脂の溶媒膨潤メカニズムの解析が可能であることを示した。一方、後者では、末端をフィラー(シリカ粒子)に結合したスチレンブタジエンゴム (SBR) と結合していない SBR について SPpring-8を用いる極小角散乱/小角散乱測定と逆モンテカルロ計算 (RMC) 解析によりシリカ配合ゴムモデルを構築し、これを用いたスパコン「京」の大規模粗視化シミュレーションによりゴムの機械特性(応力-歪曲線)を評価した。これにより、次世代高性能タイヤ用ゴム材料開発には大型実験施設による構造解析とスパコンによる物性解析が不可欠であるとの見解を示した。

次に、連携利用を見据えた実験側、計算側の研究として、実験側からは「量子ビームによるゴム状高分子のダイナミクス」(金谷利治、J-PARC センター) の講演が、計算側からは「異なる構造をもつ熱可塑性エラストマー混合物のマイクロ相分離構造と力学物性の関係」(本田隆、日本ゼオン)、「マルチスケール物質科学のソフトマターへの適用 -コロイド分散系をモデルとした実験・計算連携によるダイナミクスの理解-」(寺田

弥生、東北大学)、「モンテカルロ探索による散乱関数からの逆問題的構造決定への挑戦」(萩田克美、防衛大学校) の計3件の講演が行われた。上記実験側からの講演では、ガラス形成高分子の中性子などを用いる実験研究から典型的な運動モードが明らかになってきており、これらの情報についての空間スケール依存性やその動的転移の意味を明らかにするためには計算科学との連携が重要であることが説明された。また、計算側からの講演では、1) 複数種のスチレンとイソプレンのブロックポリマーの混合物は複雑な相分離構造を持つことが、SPpring-8による実験と計算で確認され、粗視化 MD シミュレーションによりその機械特性(応力-歪曲線)の情報が得られること、2) 移流集積法によるコロイド一層膜の結晶化実験の数値実験モデルを構築し、実験で観測される結晶領域における初期不純物濃度からの低下を数値実験で再現できること、3) ソフトマテリアルへの逆モンテカルロ法(RMC)の適用における現状と問題点、SPpring-8小角散乱データへの RMC 適用例題における構造推定の現状、大型実験施設などにおける実験データの RMC による構造推定の発展に向けた課題、スパコンは現象を説明する武器であるが、限界もあり、実験データを把握しつつ現象の説明や解析ができる人材育成が重要であることなどが示された。

3. パネルディスカッション - 連携利用推進への課題 -

本パネルディスカッションでは、増淵雄一名古屋大学教授による司会の下、パネラー(シンポジウムの講演者)があらかじめ設定された議論項目について、意見を述べ、討議するという形で行われた(写真2)。主な議論を以下に示す。



写真2 パネルディスカッション

(1) 実験と計算の連携とは？

- ・材料特性の発現機構を実験的に検証困難な分子レベルで調べる。
- ・大型実験施設で得た構造をスパコンの計算に活かす。
- ・実験で見えない成分の分布や揺らぎを計算により補足する。
- ・実験で見えないダイナミクスを取り出す。
- ・複雑な実験に対し、計算により系の本質を取り出す。
- ・データレベルでの連携が必要である。

(2) 実験と計算の連携のカギは？

- ・現状では計算の時間／空間スケールが実験に比べ小さく、近づける必要がある。
- ・計算に対して時間／空間スケールを限定し、計算できる量を明確にすることが初期の連携としては重要である。
- ・今後は巨大なデータの扱いが問題である。
- ・計算モデル設定に関して、計算側は実験の詳細を知るため、実験側とフランクな意見交換を行うことが有益である。
- ・連携の成熟には時間が必要であり、課題の難易度を把握し、適切なロードマップの下に研究を進めることが重要である。
- ・真の理解を目指す地道な努力が重要である。

(3) 大型施設の利点・問題点は？

- ・大型実験施設は市販の実験室レベルの装置では得られない情報が得られ、整備状態も良く利用しやすい。スパコンは大規模計算に関する科学の基礎が構築できるが、実験研究者のための標準ソフトの整備などの利用環境整備が遅れている。
- ・スパコンではこれまで不可能であった大規模計算などが可能となったが、プログラムができる物質研究者などの育成が課題である。
- ・専門家の育成や大規模データの受け入れなどにコストがかかる。

(4) 連携に向けた課題は？

- ・連携に必要な人材育成の機会創出、講演会による連携事例の紹介や事例のデータベース化、実

験側／計算側の相互交流の機会設定などが必要である。

- ・スパコン施設における標準ソフトの整備、大型実験施設における簡単なモデリングや散乱関数の計算が可能な支援システム及びデータ解析支援体制の構築。
- ・実験科学研究者と計算科学研究者の相互理解が必要であり、目的や対象物を限定したワークショップの開催や個々の研究者が興味をもつテーマの研究を連携して行うことに加え、計算実験にかかわらず幅広い物質科学の素養をもつ人材育成も重要である。
- ・実験科学研究者が簡単な計算をやってみることや計算科学研究者には実験科学研究者に意味のある量を出す腕が必要である。
- ・地道な研究／取り組みを評価できる、他分野の若手研究者を引き付ける環境・雰囲気醸成が必要である。

4. おわりに

世界最先端の大型放射光施設である SPring-8 と世界最高レベルの中性子線施設である J-PARC/MLF は、我が国を代表する物質・生命科学における構造や性質を解析する極めて強力かつ相補的なツールである。また、スパコン「京」は極めて高い計算能力を有する我が国の誇る世界有数の計算科学のツールであり、実験科学と計算科学との連携により実験できない条件下、極めて多様な条件下などでの性質・挙動などをシミュレーションできるなど、極めて有用な知見を得ることを可能とする。このため、大型実験施設とスパコン「京」との連携は学術・科学技術及び産業基盤技術の発展にとって極めて重要である。特に産業界では施設連携利用により、イノベーションにつながる製品開発に生かされる例も出てきており、今後の連携利用促進に注目したい。

大型実験施設とスーパーコンピュータとの連携利用シンポジウムは今回で2回目となったが、回を重ね参加する実験科学研究者と計算科学研究者との議論が深化してきている。このシリーズのシンポジウムは次年度も継続することとなっているが、一層幅広い実験科学研究者及び計算科学研究者の参加により、施設連携利用が活発となり、我が国における学術・科学技術研究及び産業基盤技術の飛躍的発展に

つながることを期待したい。

野田 健治 *NODA Kenji*

(公財)高輝度光科学研究センター 研究顧問
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
TEL : 0791-58-0954
e-mail : noda.kenji@spring8.or.jp

第12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 佐野 則道

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)の4団体の主催、SPring-8利用推進協議会(推進協)の共催、およ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、SPRUC 企業利用研究会、光ビームプラットフォーム、(一財)総合科学研究機構東海事業センター(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12回 SPring-8産業利用報告会が9月3、4日に川崎市産業振興会館において開催された。総参加者数は過去最多の296名で、口頭とポスターの各セッションでの活発な議論や、技術交流会(参加者122名)での盛況ぶりから、以下に述べる開催目的は達成されたものと考えられる。

12回目を数える SPring-8産業利用報告会と第13回ひょうご SPring-8賞の受賞記念講演会が今年も併催され、例年通り SPring-8産業利用の包括的かつ適時的な情報発信の最良の機会がつけられた。本報告会は、専用および共用のビームラインを産業利用に供する各団体が合同して、推進協の共催の下、(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の産業界利用者の相互交流と情報交換を促進する目的で、2004年より毎年開催されてきた。一方、SPring-8立地自治体の兵庫県では、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「ひょうご SPring-8賞」を設置し、SPring-8の利用により社会経済全般の発展に寄与することが期待される成果を挙げた研究者らを顕彰してきた背景がある。

2. 口頭発表(第1日目)

セッション1の開会挨拶は、3日の13時より行われた。まず JASRI の土肥理事長が主催4団体を代表し

て挨拶し、(1)一般課題(産業利用分野)の申請要件として実験責任者・共同実験者に民間企業などの所属者を含むことを背景にした、産学あるいは産産の連携の推奨、(2)SPring-8-II に対する産業界からの具体的な要望への期待、さらに(3)SACLAの産業界利用の拡大・充実と SACLA 産業利用報告会開催への期待が述べられた。続いてセッション司会の JASRI 山川常務理事より、本報告会では報告内容のさらなる水準向上を目指して参加者の投票による優秀発表賞の選定があることが告知された。

セッション2として、「兵庫県成果報告会」が、兵庫県立大学の籠島放射光ナノテクセンター長による概要説明で始まった。続いて兵庫県専用ビームライン(BL08B2、BL24XU)とニュースバルで実施された研究成果と、計算科学の手法を活用した例が、合わせて5件報告された。(株)日産アークの久保渕氏らの「DSC/SAXSによる高分子の高次構造解析」では、BL08B2にDSC-USAXS/WAXS同時測定系を構築し、エンジニアリングプラスチックとして注目されているポリアミドナノファイバーの昇温過程におけるラメラ高次構造の変化と結晶融解挙動の観察を行った。(株)コベルコ科研の北原氏らはBL08B2で「Cr異常分散小角散乱法を用いた、Cu-Cr合金の析出物の評価」を行い、電気・電子部品のコネクターやリードフレームなどに用いられる銅合金について、TEMでは観察困難な高冷延材における析出物を定量的に解析することで、析出強化と転位強化の切り分けを可能とした。(一財)電力中央研究所の澤部氏らはBL24XUにおける「マイクロビームX線による燃料被覆管材の酸化膜の局所応力測定」により、軽水炉核燃料の被覆管材に使用されるジルコニウム合金が高温水と接触することで成長する酸化膜の深さ方向の残留応力分布を明らかにし、表面から金属界面までの圧縮応力の分布と酸化膜成長速度との関連を考察した。マツダ(株)の

岡田氏らは「自動車用材料開発における分子シミュレーション技術の活用」において、電池、触媒、塗装、各種構造材料の開発に密度汎関数法や古典分子動力学法などによる材料計算を、(公財)計算科学振興財団が整備した国内唯一の産業界専用スパコンである FOCUS スパコンなどを用いて行っている。兵庫県立大学の春山氏らはニュースバル BL07B において「NEXAFS を用いた光反応性高分子液晶薄膜の分子配向性評価」を行い、液晶ディスプレイの液晶分子配向の制御法として提案されている光配向法により作成された液晶膜の表面近傍や基板との界面付近における液晶分子の配向性を明らかにした。

セッション3は「第15回サンビーム研究発表会」であり、共同体参加企業がサンビーム (BL16B2、BL16XU) を利用した研究成果の発表を行った。まず、(株)日立製作所の高松氏が「放射光を用いたリチウムイオン電池反応挙動のその場観察」と題して、(1) X線回折法による充放電中の負極活物質の粒子レベルの動的挙動観察、(2) 二次元イメージング XAS 法による充放電中の正極内遷移金属の価数変化の可視化、および (3) X線位相イメージング法による充放電中の電解液内イオン濃度分布のその場可視化について紹介した。日亜化学工業(株)の榊氏らは「放射光マイクロビーム X線による高効率 LED 発光層の評価」において、InGaN 層からの InL 線蛍光マッピングにより発光層の状態を視覚的に評価し、面内の In 原子分布と光学特性の関係性について議論した。(株)東芝の白田氏らは「硬 X線光電子分光法によるゲルマニウムスズ薄膜の深さ方向結合状態評価」により、トランジスタや光学素子への適用が期待されている GeSn 結晶薄膜について、僅か数%の仕込み Sn 濃度の違いによる深さ方向の酸化物/バルクの組成変化が評価できることを示した。関西電力(株)の向井氏らは「Williamson Hall 法によるガスタービン動翼用 Ni 基超合金のクリープ損傷評価」において、LNG 火力発電用ガスタービンの動翼が燃焼ガスに曝されて生じる損傷形態の一つであるクリープ損傷について、回折 X線のピーク幅からクリープ損傷に伴い材料中に蓄積された微視的ひずみが直接評価できることを示した。住友電工(株)の福永氏らは「In situ 二次元 XRD を用いたナトリウム二次電池の充放電状態分布解析」において、今後の需要増加が見込まれる大型蓄電池への適用が検討されている同電池について、ラミネート

セルを作成し、正極材料の回折パターンの充放電中に伴う変化を、電極中央部と電極端部で比較したところ、電極端部が局所的に放電できていないことを明らかにし、電池設計の指針を得た。(株)神戸製鋼所の中久保氏が発表した「Si 添加鋼の加熱中のスケール生成挙動の観察」は(株)コベルコ科研の北原氏らとの共同研究で、高温製造時に鋼表面に生成し表面品質不良の原因となる数 μm 未満の厚さのスケールについて in-situ XRD 分析を行い、Fe の拡散によるスケールの成長速度が温度によって異なる原因が非晶質 SiO_2 による拡散阻害(低温域)と SiO_2 の消失による拡散進行(高温域)であることを示した。



写真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(懇親会)では例年と同様、産業分野や産官学の所属組織を超えた「SPring-8産業利用者仲間」の連帯感が会場に充満していた。また、産業新分野支援課題の施行により利用が拡大している食品分野の産業界および学術界の利用者らが集うテーブルも見られ、この分野の利用の定着と発展が予兆された。



写真2 技術交流会の様子

4. ポスター発表

第2日目9:30より2時間にわたって行われたポスター発表には、主催のサンビーム26件、兵庫県18件、豊田中央研究所10件、およびJASRI 20件、および協賛のフロンティアソフトマター開発専用ビームライン産学連合体の2件を合わせて76件の研究成果のポスターに加えて、ひょうごSPRING-8賞、SPRUC 企業利用研究会、光ビームプラットフォーム、RIST、CROSS 東海、茨城県、あいちSR、JASRI 産業利用推進室およびJASRI 利用推進部から合わせて12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。全ポスターが一つの大部屋に、(1) 有機材料、(2) 半導体・電子材料、(3) 金属、(4) 食品・生活用品、(5) 電気化学・触媒、および(6) その他の分野ごとに配置された(図1)。昨年を引き続いたこの分野ごとの配置に参加者が慣れたこともあり、会場全体が落ち着いた賑わいの中、各分野で活発な議論の輪が形成されていた。プログラム構成上、ポスター発表と続く口頭セッション4との間に移動時間を設ける必要を感じた。

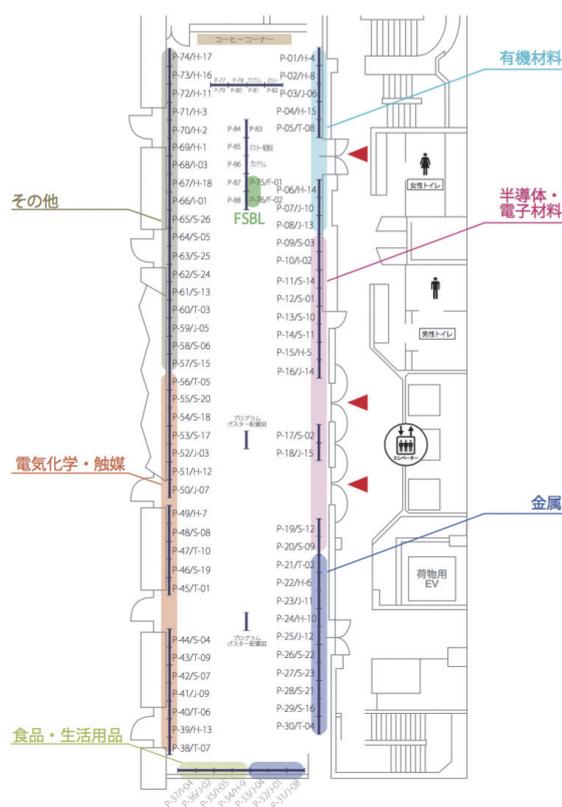


図1 ポスター配置図

5. 口頭発表(第2日目)

セッション4は「第6回豊田ビームライン研究発表会」で、BL33XUにおける散乱・回折技術とXAFS技術をそれぞれ利用した研究成果2件が発表された。松永氏らによる「小角/広角X線散乱法を用いた射出成形機金型内における熱可塑性樹脂の結晶化過程その場観察」では、射出成形機は透過ビームが抜けるように縦型とし、ベリリウム窓を持つ特別仕様の試験片成形金型を製作、時間分解能0.05秒でポリフェニレンスルフィド(PPS)のSAXS/WAXSを測定したところ、金型温度は結晶成長速度に影響を与えることが分かった。また岡氏らによる「放射光X線を用いたLiイオン電池正負極反応の同時測定」では、リチウムイオン二次電池を安全に使用するために必要な、温度・電圧・電流などが通常状態を超えて使用された場合の正負極と電解液の正規反応および副反応の定量的情報を得ることができた。

セッション5の「JASRI 共用ビームライン実施課題報告会(産業利用分野・産業新分野支援課題)」では、JASRI 産業利用推進室の廣沢室長による「2014年度産業利用ビームラインの利用状況」に続いて、利用者による4件の発表があった。それらのうち2件が食品分野の研究報告であり、産業新分野支援課題による新分野の利用促進が一定の成果を挙げたことが示された。まず三菱電機(株)の本谷氏が発表した「金属シリサイド成長のSi基板面方位依存性評価」は東北大学の田中氏らとの共同研究で、集積回路の高性能化に不可欠なSi基板と金属電極との低抵抗接合について、X線反射率測定と硬X線光電子分光測定を用いて膜密度解析と化学結合状態の解析を行った。日本ゼオン(株)の高柳氏らは「異なる構造を持つ熱可塑性エラストマー混合物のマイクロ相分離構造と力学物性の関係」について、BL19B2とBL08B2におけるSAXSとTEM観察、およびスパコンを用いた粗視化分子動力学シミュレーションにより、紙おむつなどに望まれる硬さと柔軟性が両立したエラスティックフィルムの機械特性発現メカニズムを明らかにした。ミヨシ油脂(株)の仲西氏らによる「時間分割in-situ X線回折測定法を利用した、マーガリン製造工程において冷却プロセス依存的に生じる油脂結晶の相挙動の解明」は、JASRIの佐藤氏および広島大学の上野氏との共同研

究で、BL19B2の小角散乱装置と持ち込みの温度制御試料セルを用いて、ラードとパーム油の主成分が形成する分子化合物結晶相の生成条件を詳細に探査することにより、マーガリン製造工程で実現可能な製品の物性制御の可能性が検証できた。東京海洋大学の小林氏らがJASRIの佐藤氏と共同で行った「放射光X線イメージングによる冷凍果実・野菜内部氷結晶像の直接観察」では、イチゴ緩慢凍結試料中に形成される粗大な氷結晶は観察できたが、リーフレタス緩慢凍結試料および、より微細な氷結晶が生成すると考えられ実用上より望ましいとされるこれらの農作物の過冷却凍結試料では、氷結晶は観察できなかった。この結果の考察から提案された技術課題は、共用産業利用ビームラインにおける冷凍食品CT観察法の技術開発の指針となった。



写真3 口頭発表会場の全景

セッション6として「第13回ひょうご SPring-8 賞受賞記念講演会」が行われた。本年は(株)日産アークの今井英人氏が「リチウムイオン電池の電子の動きを可視化する技術開発と電気自動車用大容量電池開発への寄与」で受賞した。坂田選定部会長による講評に続いて、今井氏の受賞記念講演が行われた。より安定で大容量な正極材料の開発には、リチウムイオン電池の充電時に負極に移動するリチウムイオンの電荷を補償するために移動する電子が正極材料のどの元素からどのように放出されたかを正確に知る必要があった。今井氏は共用産業利用ビームラインやサンビームにおいてXAFS法を主な手法として、リチウムイオン電池の充放電過程での正極材料中の各元素の価数変化や局所構造の変化を調べた。さらに第一原理計算によるスペクトルシミュ

レーションを併用してXAFSスペクトルを解析することで、充放電過程での遷移金属原子や酸素原子の周囲の電子の移動を可視化できた。その結果、高容量正極材料では充電時に遷移金属に帰属する電子だけではなく、酸素原子の電子も移動することなどが初めて明らかになった。これらの成果は実用化のために開発中の新規正極材料に活用され、高容量・長寿命・高信頼性の自動車用電池の実現につながるものと期待される。

セッション7では、まず水木関西学院大学教授が講評として、(1)幅広い産業分野で、不均一、局所、時分割、オペランドをキーワードとした課題解決型の研究にSPring-8の利用が広がっていることに感心したが、「尖った」研究が見られなかったのが残念であったことと、(2)「SPring-8でなければ」の課題は共用ビームライン利用研究課題として審査を経ているので、専用ビームラインの課題選定方法にも工夫が必要ではないかとの感想を述べた。続いて土肥理事長が閉会挨拶の中で、確立された評価法の利用や展開について、JISやISOなどにおける試験法標準化や、品質保証への活用の提言をした。最後に山川常務理事が、来年の本報告会が9月8、9日に神戸市で開催される見込みであることを告知して閉会した。

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、さらに事後のとりまとめなど、主催4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。

佐野 則道 *SANO Norimichi*

(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 : 0791-58-0963
e-mail : sanon@spring8.or.jp

SPring-8 シンポジウム 2015 報告

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 行事幹事
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13日、14日の2日間にわたり、九州大学伊都キャンパス、カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所/I²CNER 第1研究棟 (写真1、2) において「SPring-8シンポジウム2015 -放射光が先導するグリーンイノベーション-」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)、九州大学の4者の主催により開催されました。SPRUC 発足以来、大阪大学、京都大学、東京大学と続いた第4回目のシンポジウムは、代表機関の一つである九州大学にホストをお引き受けいただきました。会場となった九州大学伊都キャンパスは糸島半島のほぼ中央に位置しており、福岡の中心から公共交通機関で約40分の距離にあります。講演会場のI²CNER 研究棟は、玄界灘に望む糸島半島の豊かな自然の中にある新しい建物です。九州大学はカーボンニュートラル・エネルギー社会の実現に向け、新素材・新機能などを有する物質・材料の追求や技術革新の研究を数多く行っており、佐賀県立九州シンクロトロン研究センター内に大学独自のビームラインを建設し、放射光を活用した教育研究活動を推進しています。今回のシンポジウムでは、新しい試みとして最新のグリーンイノベーションに関



写真1 九州大学伊都キャンパス



写真2 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所

するセッションで国内外の研究者からの講演を企画しました。まだまだ暑さが残る中、2日間にわたって密度の濃い熱い議論がなされました。

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、高原淳 SPRUC 会長 (写真3) の挨拶に続いて理研の小安重夫理事 (写真4) から挨拶がありました。理研は施設者として放射光利用の裾野を広げていくことと、さらに、激化する放射光の高性能化の国際競争に打ち勝つことを目的として、SPring-8のアップグレード計画を順調に進めていることを述べられました。一方で、供用開始から18



写真3 高原淳 SPRUC 会長



写真4 理研 小安重夫理事



写真6 九州大学副理事・シンクロトロン光利用研究センター長 副島雄児教授

年を経過した現在、施設の老朽化と電気・ガス料金の高騰が大きな問題となっており、アップグレード計画においてもこれらの問題を重点的に考え、中長期的な視点から計画を立てて遂行していきたいと述べられました。次にJASRIの土肥義治理事長(写真5)より挨拶がありました。この中で、財団発足25年目にあたる本年、新しい試みとして科学技術助言委員会を発足したことが紹介されました。この委員会はJASRI内部で行われている技術の高度化や利用者の技術支援、情報支援を外部の目から見て助言をいただくことを目的としていることが説明されました。続いて、開催地を代表して九州大学副理事・シンクロトロン光利用研究センター長の副島雄児教授(写真6)より歓迎の挨拶がありました。九州大学では伊都キャンパスへの移転が着々と進められていることや、シンクロトロン光利用研究センターがグリーンマテリアル研究拠点としてグリーンイノベーションの創造を進めていることが紹介されました。また、放射光施設が個々の研究を支援するだけではなく、日本のみならず世界のシンク

ロトロン放射光施設と連携することにより、現代社会が求める複合的な科学・技術の個々の研究を連結し、科学研究拠点の中核として大きな役割を担うことが大きく期待されると述べられました。最後に、文部科学省 科学技術・学術政策局 研究開発基盤課 量子放射線研究推進室の上田光幸室長(写真7)より来賓挨拶をいただきました。SPring-8は供用開始以来18年間にわたり多くの研究成果を挙げていることを取り上げられ、SPring-8に代表される大型研究施設が、日本が推進するイノベーションの基盤となっていることを述べられました。また、日本は世界随一の性能を持つSPring-8、SACLA、J-PARC、「京」という4大施設を有し、かつ、これらを複合的に利用した研究が推進できる環境にあること、そしてそれらが産業界にも共用される状態にあることを示されました。さらに、これらは大変有利な点であり、今後も世界に誇るトップサイエンス、トップイノベーションが生まれ出されていくことを期待していると述べられました。



写真5 JASRI 土肥義治理事長



写真7 文部科学省 科学技術・学術政策局 研究開発基盤課 量子放射線研究推進室 上田光幸室長

Session II 施設報告

施設報告では、入船徹男 SPRUC 利用委員長が座長を務め、施設者理研、登録施設利用促進機関 JASRI からの報告と SACLA の現状についての報告が行われました。最初に石川哲也理研放射光科学総合研究センター長(写真8)より、「現況と周辺環境」と題した報告が行われ、電気料金高騰の影響や、老朽化対策など、通常 SPring-8 を利用するだけでは知り得ない施設状況について詳しく説明されました。老朽化、省エネ、高度化に向けてビームタイムの期間が通常と異なる旨についても、ユーザーに対する丁寧な説明がありました。次に、櫻井吉晴 JASRI 利用研究促進部門長(写真9)より「SPring-8 の成果最大化に向けて」と題した報告がありました。SPring-8 を利用した論文数などの統計的なデータが示されたのち、新分野創成と題した技術紹介と、新しい利用制度である「新分野創成利用」の説明がなされました。最後に、矢橋牧名 JASRI XFEL 利用研究推進室長(写真10)より「SACLA の現状」と題した報告が行われました。まだ SACLA に馴染みの薄い SPring-8 のユーザーに



写真8 石川哲也 理研放射光科学総合研究センター長



写真9 櫻井吉晴 JASRI 利用研究促進部門長



写真10 矢橋牧名 JASRI XFEL 利用研究推進室長

向けて施設および得られる光について丁寧に紹介された後、測定手法や利用研究例、装置開発について説明されました。講演の最後には、成果の現状について紹介があり、既に Nature 誌およびその姉妹紙に約 20 報が掲載されていることなど質の高い成果が多数得られるフェーズになっていることが報告されました。

Session III 九州大学でのグリーンイノベーション
(特別講演)

特別講演「九州大学でのグリーンイノベーション」では、九州大学の高原淳教授が「放射光 X 線解析によるグリーンソフトマテリアルの開発」と題してソフトマテリアルの立場から、九州大学の石原達己教授(写真11)が「酸素イオン伝導性に及ぼす化学機械応力の影響」と題してハードマテリアルの立場から、それぞれ30分ずつ講演されました。このセッションは、今年度のシンポジウムのテーマである「放射光が先導するグリーンイノベーション ～グローバルな視点からの発信～」に基づいて、ホストである九州大学の事例を紹介するために企画され



写真11 九州大学 石原達己教授

たものです。高原教授は講演の中で、高分子を利用したグリーンイノベーションには時間的にも空間的にも揺らいでいる階層構造を理解し、材料開発にフィードバックすることが必要であることを強調されました。また、それには放射光を使った回折・散乱・分光法が、重要な役割を果たしていることを最近の研究成果を基に示されました。石原教授は、固体酸化物燃料電池の電解質や酸化触媒への応用が期待されている酸素イオン伝導体の伝導性向上に向けた取り組みについて紹介されました。その中で、XRDやXPSの結果から、酸素欠陥と伝導性との関係が明らかになってきたことが示されました。

Session IV 紫綬褒章受章記念講演

紫綬褒章受章記念講演では、愛媛大学の入船徹男教授（写真12）が「SPring-8の利用による地球深部科学の発展」と題して、東京大学の豊島近教授（写真13）が「イオンポンプ蛋白質の構造生物学とSPring-8」と題して、それぞれ30分ずつ講演されました。このセッションは、平成27年春の科学技術に関する紫綬褒章の受章を記念して企画されたものです。入船教授は講演の中で、高温高圧状態にある地球深部の物質科学の発展において、放射光X線を用いたその場観察実験が極めて重要な役割を果たしてきたことを強調されました。SPring-8の供用開始前から、日本の高圧地球科学者がオールジャパン体制で高温高圧ビームラインの建設に協力した結果、SPring-8供用開始後初の成果を筆頭に、多くのインパクトある成果がSPring-8から創出されたことを示されました。講演からは、その後も引き続き大型プロジェクトなどを通じて、成果創出だけでなくBLの高度化や放射光科学に関わる人材育成にも



写真12 愛媛大学 入船徹男教授



写真13 東京大学 豊島近教授

多大な貢献をしてきたことが伺えました。豊島教授は講演の中で、今回の受章理由の一つとなった「イオンポンプ蛋白質のメカニズム解明」は、SPring-8の存在なしには語れないと述べられました。また、構造生物学では構造を決定することが目的ではなく、その構造から機能を理解することが重要であることを強調されました。それには、長期利用課題のような腰を据えて研究ができる環境が大変有効であったことを示され、今後もそのようなシステムを維持していくことがSPring-8からインパクトある成果を創出することにつながるであろうと述べられました。

Session V SPring-8ユーザー協同体 (SPRUC) 総会

SPring-8ユーザー協同体 (SPRUC) 総会では、SPRUCの活動報告、2014年度決算、SPRUC-JASRI協力協定の変更と2015年度予算報告、分野融合型研究グループの進捗報告、SPRUC運営検討作業部会設置の報告、次期評議員選挙についての説明があった後、SPRUC 2015 Young Scientist Award 授賞式が行われました（写真14）。

SPRUC 2015 Young Scientist Award 授賞式では、冒頭に水木純一郎選考委員長（関西学院大学教授）から講評があり、本アワードが新しい測定手法の開発や、既存の手法であってもSPring-8の特徴を如何なく発揮する研究成果を出した35歳未満の研究者に贈られるものであることが説明されました。また、今回は合計14名の応募があり、その中で分野と成果を考慮した結果、Monash大学のKaye Morgan氏と大阪大学の松山智至氏の2名が選ばれた旨、説明されました。



写真14 SPRUC 2015 Young Scientist Award 授賞式

引き続き、受賞記念講演が行われました。Kaye Morgan氏は、新しいX線イメージング手法の開発により、嚢胞性線維症という遺伝病に由来する呼吸器表面粘膜のダイナミクスを短時間で非侵襲的に、かつ高解像度で観測することに初めて成功した研究を紹介されました。薄い粘膜の状態だけを抽出するために位相コントラスト法を活用し、マイクログリッドを用いた溶液の揺らぎ補正を行うなど、いくつもの手法の改良により高輝度、高安定なSPRING-8のビーム性能を最大限引き出し、X線イメージング研究を研究室レベルから実際の臨床に使えるレベルまで引き上げた点が高く評価されています。

松山智至氏は大阪大学で開発された超平滑・高精度ミラー作製技術を最大限活用し、Advanced KBミラー光学系という、非常にアライメントが難しいことで知られる4枚の全反射ミラーによる光学系を組むことによってX線集光光学系を構築し、色収差のない50 nmレベルの高集光を実現した研究成果について紹介されました。この研究は前例のないAdvanced KBミラー、アライメント治具のすべてを自作している点が圧巻で、日本のモノづくり技術がSPRING-8と結びついた究極の成果であると言えるでしょう。

Session VI SPRING-8における新たな利用研究のために

シンポジウム2日目は「SPRING-8における新たな利用研究のために」というセッションから始まりました(写真15、16)。このセッションの目的は、すなわち、SPRING-8の高度化による新たなサイエンスの広がりを求める、測定法が確立された分野での測



写真15 セッション中の会場の様子1



写真16 セッション中の会場の様子2

定の利便性の追求とユーザーの拡大、および今まで放射光ユーザーとして認識されていなかった分野へ放射光の特性を見極めた上での利活用の浸透を目指すものです。それぞれに対して、JASRIの特長のある取り組みが紹介されました。

まず、高度化の一つとして、利用研究促進部門の木村滋氏(写真17)より、「高空間分解能測定技術R&Dの現状」という題目で講演がなされました。この中で、軟X線、硬X線領域でサブマイクロン、数10から100 nmにX線ビームを集光する技術が比較的容易に可能になる技術開発が進み、供用可能になっていることが示されました。さらに、空間分解が必要なXAFSや、磁性体のX線MCDが可能



写真17 利用研究促進部門 木村滋氏

になっており、ナノメートルでの特性評価が進められていることを示されました。

次にタンパク質結晶解析推進室の長谷川和也氏(写真18)より「蛋白質結晶回折測定の実験と測定代行の現状」と題した報告がなされました。蛋白質の構造解析は放射光施設では重要であり、なおかつ実験マネジメントの国際競争が激しい分野です。JASRIでも施設間競争で優位に立つために、課題採択、実験時期の柔軟化、インターネット経由での実験措置の遠隔操作、測定試料のメールインによる測定代行など、様々な取り組みがなされていることが示されました。特に、実験時期の柔軟化に関しては測定試料の結晶化の出来栄に合わせた実験実施時期の決定など、蛋白質試料の特性に相応しいマネジメントが実施されていることが述べられました。この講演に対し、聴衆からは、さらに使い勝手が改善されることへの期待が寄せられました。

セッションの最後に、産業利用推進室の佐藤眞直氏(写真19)より、「食品産業分野に向けた放射光利用技術開発の現状」と題した講演がありました。これまでも利用がなかったわけではないが、最近の取り組みとして、冷凍食品の生、冷凍、および解凍後の組織構造をイメージングによって観察し、旨さとの関連を調べる研究が紹介されました。冷凍食品の温度管理と食品内部3次元組織観察は、表面観察や、顕微鏡切片観察とは異なる情報を得ることができます。また、油脂と水分の懸濁混合物であるエマルジョン状態の経時変化なども、X線散乱などを用いることで観測が可能になります。このような、従来にない新たな食品の品質管理手法が確立し、食品業界に浸透すれば、新たなユーザー業界となる可能性があることが示されました。



写真18 タンパク質結晶解析推進室 長谷川和也氏



写真19 産業利用推進室 佐藤眞直氏

Session VII SPring-8-II 計画の現状

SPring-8-II 計画の現状では、始めに、理研放射光科学総合研究センター 回折限界光源設計検討グループの田中均グループディレクター(写真20)が、「SPring-8-II の設計/R&D 進捗」について講演されました。冒頭、SPring-8の建設・開発の歴史的背景から放射光光源の今後のあるべき姿までを概観した上で、SPring-8-II の位置付けが示されました。さらに、現在、運転中である施設の使命、わが国のエネルギー情勢をふまえた持続可能性などの境界条件をも考慮した設計指針、開発スケジュールが紹介されました。これに基づき、SPring-8-II で期待される輝度、それを実現するために設計されている極度にコンパクト化された装置・機器、永久磁石を利用した偏向磁石、SACLA からの電子ビーム入射など、アップグレードへ向けた機器開発の進捗状況が紹介されました。

続いて、理研放射光科学総合研究センターの石川哲也センター長が、SPring-8-II の利用の展望について



写真20 理研放射光科学総合研究センター 回折限界光源設計検討グループ 田中均グループディレクター

て講演されました。冒頭、人類が新しい光を得る度に革新的な活用方法を生み出してきた歴史を踏まえ、SPring-8-IIの新しい光を活用した革新的研究への期待が述べられました。具体的には、SPring-8-IIなど次世代光源が担う研究領域について、SPring-8を始めとする既存施設がカバーする研究領域と比較しながら、その展望が紹介されました。利用開始後の実際の計測にあたっては、微小領域に効率的に集光されたビームによる試料の放射線損傷の問題を解決した上で、高分解能情報収集手法を確立することの重要性が示されました。「何が起きているかが解る」ではなく「何故起きているかが解る」に応えるためのSPring-8-IIとSACLAの組み合わせについて触れ、講演を締めくくりました。

Session VIII ポスターセッション

ポスターセッション(写真21)はカーボンニュートラル・エネルギー国際研究所/I²CNER第1研究棟大ホールホワイエにおいて行われました。今回のシンポジウムでは、ポスターセッションをランチョンミーティングとし、昼食を取りながらディスカッションを進めていただく形式を取りました。大勢の参加者に対して会場は若干手狭ではありましたが、活発なディスカッションが行われていたと思います。なお、今年度の発表件数は、SPRUC研究会32件、施設・共用BL18件、理研専用BL22件、PU・長期利用課題26件、JASRI高度化15件の合計113件でした。



写真21 ポスターセッション

Session IX 放射光が先導するグリーンイノベーションI

2日目午後のセッションは、今回のシンポジウムの主題である「放射光が先導するグリーンイノベーション」

に沿った内容で、国内外の研究者による講演が企画されました。セッションの前半は、アジア・オセアニア地区で活躍されている、台湾国立放射光研究センターのYu-Shan Huang 実験施設部門長(写真22)、および、オーストラリア シドニー大学のMitchell Guss教授(写真23)に講演いただきました。Huang 部門長からは“Perspective of Advanced Experimental Techniques at Taiwan Photon Source”と題し、昨年末の12月31日にファーストライト(3 GeV、1 mA)を得ることができた新しい3 GeV放射光リング(TPS)の紹介がありました。ビームラインの整備に関しては、第1フェーズでは2016年の供用開始を目指しており、いずれも挿入光源からのX線を利用する7本のビームラインの整備が進められていることが述べられました。また、これらのビームラインの詳細と、第2フェーズ、第3フェーズの計画についての紹介がありました。第2フェーズ、第3フェーズの計画はそれぞれ2020年、2023年までの完了を目指しており、各フェーズで9本ずつのビームラインの建設を計画していることが述べられました。続いてGuss教授からは“How a pathogenic bacterium obtains iron from its host – the role of synchrotron radiation in the structure elucidation”と題し、病原性バクテリアの一つである黄色ブドウ球菌が、どのようにその栄養源である鉄を含む血液中のヘムにアクセスし、鉄を取り込むのかについて、放射光やNMRを利用した構造解析結果についての講演が行われました。残念ながらSPring-8での実験を行ったことはないとのことでしたが、素晴らしい成果を示されておりました。



写真22 台湾国立放射光研究センター Yu-Shan Huang 実験施設部門長



写真23 オーストラリア シドニー大学 Mitchell Guss 教授



写真25 名古屋工業大学 林好一教授

Session X 放射光が先導するグリーンイノベーションII

休憩を挟んで引き続き行われたセッションの後半では、国内の3名の先生方の講演が行われました。日本原子力研究開発機構の齋藤寛之主任研究員(写真24)は「アルミニウムを主原料とする新しい水素吸蔵合金の合成」と題した講演で、新しく合成した軽量な水素吸蔵合金である Al_2CuH_x 合金の研究について紹介されました。この研究では、従来型の水素親和性の高い金属と低い金属との組み合わせを利用して合成する合金からの発想を変え、どちらも水素親和性の低い金属同士の合金から出発し、10 GPa・2500°Cの高温高压合成により150°Cで水素を放出する新しい水素吸蔵合金を発見したことと、また、水素吸蔵のメカニズムを高温・高压下でのその場観察で明らかにしたことなどが示されました。次に、名古屋工業大学の林好一教授(写真25)からは、「酸化物高温強磁性半導体に潜む特異な原子配列の3D原子像化」と題し、高温強磁性半導体であるコバルトを微量添加した酸化

チタン薄膜中のコバルト原子の局所構造を、原子分解ホログラフィで解明した結果についての講演がありました。この材料は300°Cまでの高温で強磁性を示すものの、TEMやXAFSなど他の手法から予測される酸化チタン薄膜中にコバルト原子が均一に分散したモデルでは高温での強磁性を示すことが説明できず、長年議論になっていました。今回、原子分解ホログラフィの一つである蛍光X線ホログラフィを用い、自然には存在し得ない亜酸化物のナノ構造体が薄膜中に形成していることを明らかにしたことが紹介されました。最後の講演者である京都大学の島川祐一教授(写真26)は、「高い磁気転移温度を持つハーフメタル新材料の合成: カチオン秩序による磁気構造制御」と題し、秩序型ペロブスカイト構造酸化物 ABO_3 を例に、カチオンの秩序配列を変化させることで、その磁気構造が制御できるいくつかの例について紹介されました。いずれの講演においても放射光の利用により高精度な解析が行えるようになったことが成果に結び付いたことを強調されました。

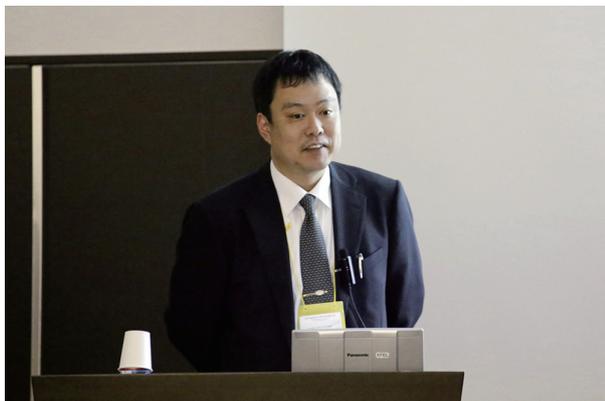


写真24 日本原子力研究開発機構 齋藤寛之主任研究員



写真26 京都大学 島川祐一教授

Session XI クロージングセッション

クロージングセッションでは、主催者を代表して若山正人九州大学理事・副学長(写真27)より閉会の挨拶がありました。挨拶の中で、九州大学は代表機関として、社会の発展のために大学として貢献できることを、九州の地より発信していくことが述べられました。また、少し不便な伊都キャンパスにもかかわらず、日本各地から大勢のユーザーの皆様にお集まりいただき、SPRING-8シンポジウムを九州大学で開催できたことに深く感謝の意を表されました。



写真27 若山正人 九州大学理事・副学長

おわりに

SPRUCが発足して4回目のシンポジウムを無事終えることができましたが、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、理研の事務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。

今回、担当行事幹事が現地実行委員を兼ねていたため、実行委員の目線で少し述べさせていただきます。九州大学でSPRING-8シンポジウムを開催するにあたり、立地面や開催時期などに不安を感じておられた方も多と思います。実際、福岡市内中心部からの距離、休日の食事情など、参加者の皆様にご不便をおかけしたことが多かったと思います。ご不便をおかけした皆様にお詫び申し上げます。

本報告書をまとめるにあたり、SPRUC会計幹事 久保田佳基先生、企画幹事 西堀英治先生、編集幹事 加藤健一先生、庶務幹事 原田慈久先生、渉外幹事 高尾正敏先生および関西学院大学 藤原明比古先生、佐賀県立シンクロトン光研究センター 岡島敏弘先生にご協力いただきました。心より感謝いたします。また、

手前味噌ではありますが、現地実行委員をお引き受けいただき、シンポジウムの準備・当日運営に多大なる協力をいただきました九州大学の関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。特に、会場設営から撤収、現状復帰に関わる膨大な作業を短時間で終わらせた学生諸君には、最大限の感謝の意を表します。

最後になりましたが、参加いただいた皆様を含め、このシンポジウムの開催に関わりましたすべての皆様に感謝の意を表してこの報告を終わります。

SPRING-8シンポジウム2015プログラム

9月13日(日)

Session I オープニングセッション

座長：原田 明 (SPRING-8シンポジウム2015実行委員長、九州大学 教授)

13:00-13:05 開会の挨拶

高原 淳 (SPRUC 会長、SPRING-8シンポジウム2015組織委員長、九州大学 教授)

13:05-13:20 挨拶

小安 重夫 (理化学研究所 理事)
土肥 義治 ((公財)高輝度光科学研究センター 理事長)
副島 雄児 (九州大学 副理事、シンクロトン光利用研究センター長)

13:20-13:25 来賓挨拶

上田 光幸 (文部科学省 科学技術・学術政策局 研究開発基盤課 量子放射線研究推進室 室長)

Session II 施設報告

座長：入船 徹男 (SPRING-8シンポジウム2015プログラム委員長、愛媛大学 教授)

13:25-13:40 現況と周辺環境

石川 哲也 (理化学研究所 放射光科学総合研究センター長)

13:40-13:55 SPRING-8の成果最大化に向けて

櫻井 吉晴 ((公財)高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門 部門長)

13:55-14:10 SACLAの現状

矢橋 牧名 ((公財)高輝度光科学研究センター XFEL 利用研究推進室 室長)

14:10-14:20 休憩

Session III 九州大学でのグリーンイノベーション(特別講演)

座長：雨宮 慶幸 (東京大学 教授)

14:20-14:50 放射光 X線解析によるグリーンソフトマテリアルの開発

高原 淳 (九州大学 教授)

14:50-15:20 酸素イオン伝導性に及ぼす化学機械応力の影響
石原 達己 (九州大学 教授)

Session IV 紫綬褒章受章記念講演

座長：高原 淳 (SPRUC 会長、SPring-8シンポジウム2015 組織委員長、九州大学 教授)

15:20-15:50 SPring-8の利用による地球深部科学の発展
入船 徹男 (愛媛大学 教授)

15:50-16:20 イオンポンプ蛋白質の構造生物学と SPring-8
豊島 近 (東京大学 教授)

16:20-16:30 休憩

Session V SPring-8ユーザー協同体 (SPRUC) 総会

司会：原田 慈久 (SPRUC 庶務幹事、東京大学 准教授)

16:30-16:45 SPRUC 活動報告、2014年度決算・2015年度予算報告

16:45-16:55 SPRUC 2015 Young Scientist Award 授賞式

16:55-17:15 SPRUC 2015 Young Scientist Award 受賞講演1

Dynamic phase contrast x-ray imaging for respiratory research

Kaye Morgan (Monash University, Australia)

17:15-17:35 SPRUC 2015 Young Scientist Award 受賞講演2

高分解能かつ色収差のない結像型 X 線顕微鏡の開発

松山 智至 (大阪大学大学院 工学研究科)

9月14日 (月)

Session VI SPring-8における新たな利用研究のために

座長：高尾 正敏 (大阪大学 教授)

9:30-10:00 高空間分解能測定技術 R&D の現状

木村 滋 ((公財)高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門)

10:00-10:20 蛋白質結晶回折測定の実験と測定代行の現状

長谷川 和也 ((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)

10:20-10:40 食品産業分野に向けた放射光利用技術開発の現状

佐藤 真直 ((公財)高輝度光科学研究センター 産業利用推進室)

10:40-10:50 休憩

Session VII SPring-8-II 計画の現状

座長：藤原 明比古 (関西学院大学 教授)

10:50-11:20 SPring-8-II の設計/R&D 進捗

田中 均 (理化学研究所 放射光科学総合研究センター 回折限界光源設計検討グループ グループディレクター)

11:20-11:40 SPring-8-II の利用に向けて

石川 哲也 (理化学研究所 放射光科学総合研究センター長)

Session VIII ポスターセッション (大ホールホワイエ)

11:40-13:50 SPRUC 研究会 32件

施設・共用 BL 18件

理研・専用 BL 22件

PU・長期利用課題 26件

JASRI 高度化 15件

Session IX 放射光が先導するグリーンイノベーション I

座長：尾嶋 正治 (東京大学 教授)

13:50-14:20 Perspective of Advanced Experimental Techniques at Taiwan Photon Source

Yu-Shan Huang (Division Head, Experimental Facility Division, NSRRC)

14:20-14:50 How a pathogenic bacterium obtains iron from its host - the role of synchrotron radiation in the structure elucidation

Mitchell Guss (University of Sydney)

14:50-15:10 休憩

Session X 放射光が先導するグリーンイノベーション II

座長：岡島 敏浩 (佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター 主任研究員)

15:10-15:35 アルミニウムを主原料とする新しい水素貯蔵合金の合成

齋藤 寛之 (日本原子力研究開発機構 主任研究員)

15:35-16:00 酸化物高温強磁性半導体に潜む特異な原子配列の3D 原子像化

林 好一 (名古屋工業大学 教授)

16:00-16:25 高い磁気転移温度を持つハーフメタル新材料の合成：カチオン秩序による磁気構造制御

島川 祐一 (京都大学 教授)

Session XI クローリングセッション

座長：高原 淳 (SPRUC 会長、SPring-8シンポジウム2015 組織委員長、九州大学 教授)

16:25 閉会の挨拶

若山 正人 (九州大学 理事・副学長)

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

新分野創成利用制度について

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 共用ビームラインにおいて、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に、2015B 期より新たに「新分野創成利用」の運用を開始しました。

新分野創成利用制度のポイント

- 本制度により未踏領域における新たな研究を展開しようとする研究グループを公募のうえ審査、選定。
- 研究グループは代表責任者（＝研究グループ申請者）、分担責任者（個別課題の実験責任者）および共同実験者により構成。
- 個別課題実施の柔軟性を確保するため、利用ビームライン（複数可）およびビームタイムを期ごとに設定。
- 新分野創成利用制度全体（注：各研究グループ単位ではない）に対するビームタイム配分は、各共用 BL が供出するユーザータイムの 8% 相当 / BL を上限。
- 研究グループの有効期間は原則 2 年間、事後評価あり。
- 研究グループの募集は年 1 回 B 期のみ。

※詳細は、次ページ以降をご覧ください。

なお、2015B 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 387 ページに掲載しています。

1. 概要

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に、「新分野創成」利用制度により未踏領域における新たな研究を展開しようとする研究グループを広く公募する。

(1) 研究グループ

研究グループは

- 代表責任者(=本利用申請者)
- 分担責任者(=個別課題の実験責任者。本利用申請時に設定)
- 共同実験者(有効期間内における個別課題実施時に任意に参画)

から構成され、研究グループの研究活動は提案された研究計画に基づいて行われる。

代表責任者は当該グループにおける新分野創成に係る研究計画(プログラム)全体を統括し、分担責任者は代表責任者の下で個別課題を実験責任者として実施する。なお、代表責任者は、新分野創成を効果的に推進するため、共同実験者の構成、および個別課題に関する柔軟性を確保するための裁量、すなわち利用ビームラインおよびビームタイム配分に係る**一定の裁量***を有する。

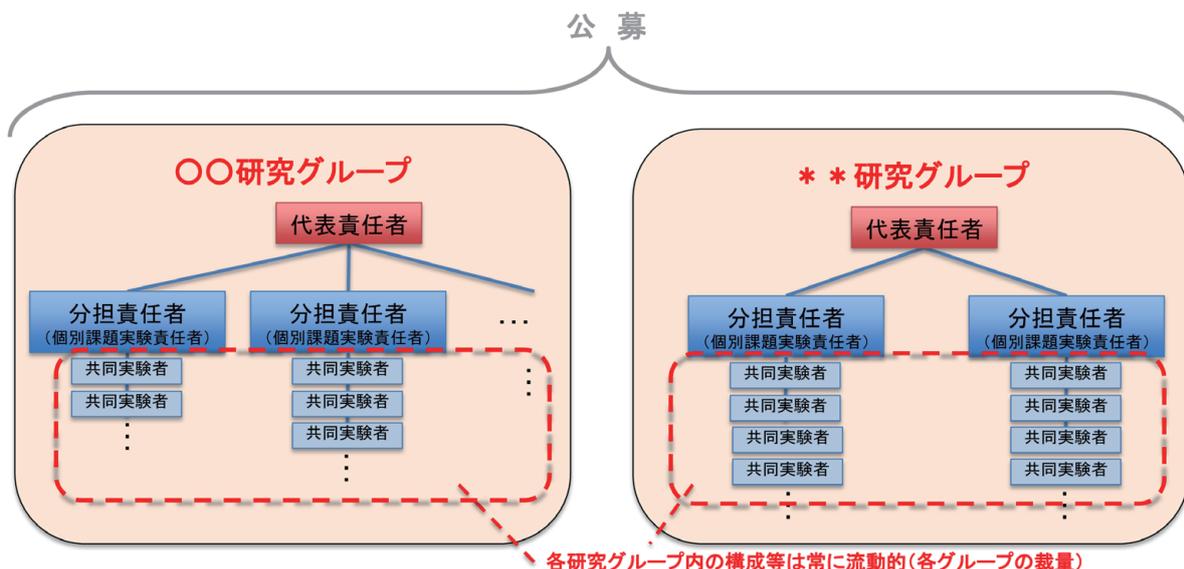
* 一定の裁量(但し、いずれも審査あり)

- ・個別課題の実施に要するビームライン(複数可)および各ビームタイムを期ごとに定める。
- ・これらビームタイムの個別課題への配分

(2) 審査、選定

従来の利用制度とは本質的に異なる本利用制度の特殊性(上記(1))を踏まえ、申請された研究グループの審査等を専門的に行う審査委員会を、SPring-8利用研究課題審査委員会(PRC)とは別に設置する。

当該委員会で審査し、選定された研究グループにおいては、一定の有効期間内において、新分野創成利用に係る個別課題を当該研究グループ内で実施する。



2. 詳細

(1) 制度・課題名称

成果非専有(成果公開)型の共用ビームライン利用制度とし、新分野創成に資するとして選定された研究グループで分担責任者により個別に実施される研究課題を新分野創成利用課題とする。

(2) 導入時期・設定期間

2015B期より導入する。

設定期間(=研究グループ公募期間)は、原則5年間(5年目最終期の申請まで有効)とする。なお、当該制度自体の実施状況も踏まえ、以降の扱い(終了、延長または制度再設計等)を定める。

(3) 有効期間等

各研究グループの有効期間は2年間(原則。以下同)とする。

なお、期間終了後に、新分野創成状況等の把握・評価および本利用制度自体の効果確認等に資するための事後評価を、各研究グループごとに実施する。

(4) 対象ビームライン

産業利用に特化したBL3本(BL14B2、BL19B2、BL46XU)を除く共用BL23本およびビームタイムの一部を共用に供している理研BL8本並びに加速器診断BL05SSの計32本。

(5) 配分ビームタイム

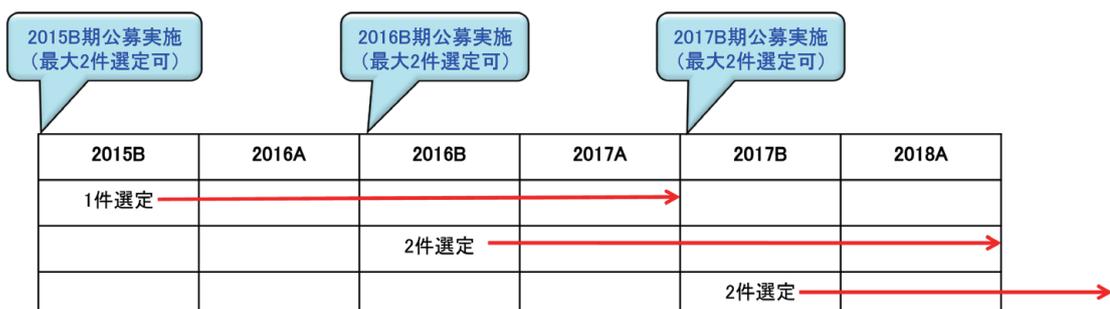
当該利用制度全体(注:各研究グループ単位ではない)に対するビームタイム配分は、各共用BLが供出するユーザータイムの8%相当/BLを上限

(理研BL8本およびBL05SSは、各共用供出に応じた割合)とする。

(6) 実施研究グループ、公募時期

上記(5)の限られた配分可能ビームタイムの範囲内で、選定された各研究グループの柔軟性(利用可能ビームライン[複数可]およびビームタイムを期ごとに定める[但し、いずれも審査あり])を適切に確保するため、実施研究グループ数を最大4件とする。

募集は年一回(B期のみ)とし、選定は最大2件/年とする。【以下は例】

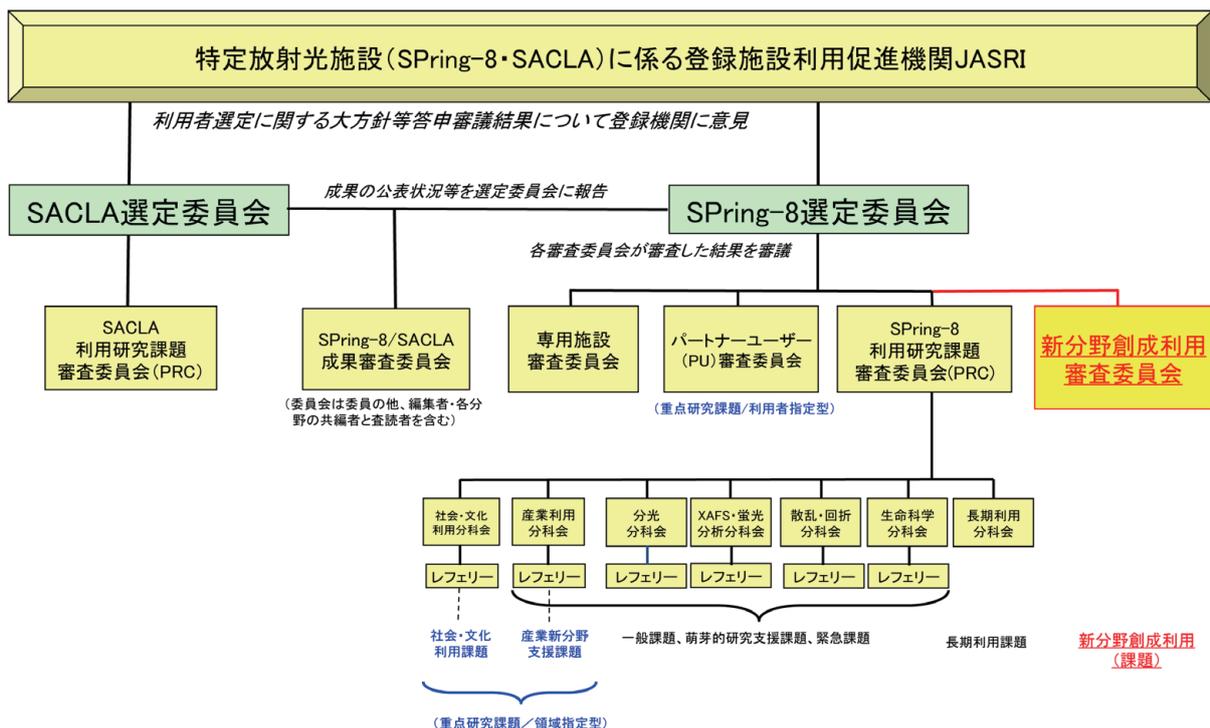


(7) 審査

- SPring-8 PRCとは独立した「新分野創成利用審査委員会」を設置し【別紙A】、別途定める審査基準【別紙B】に基づき、申請された研究グループを審査する。
- 審査は書面および面接により行う。
- その他の詳細は【別紙C】のとおり。

課題種		審査を行う委員会	課題の有効期間 ： 募集頻度	
一般課題、大学院生提案型 課題(旧名:萌芽的研究支援課題) 他		PRC 各分科会	半年、1年(PX、1年課題) ： 期ごと	
長期利用課題		PRC 長期利用分科会	3年、2年(2016Aより) ： 年1回A期のみ	
重点 研究 課題	領域指定型	産業新分野 支援領域	PRC 産業利用分科会	半年 ： 期ごと
		社会・分科のため の利用領域		
	利用者指定型	パートナーユーザー(PU)課題	PU審査委員会	2年 ： 年1回A期のみ
新分野創成利用		新分野創成 利用審査委員会	研究グループ単位で2年 (個別課題は2年以内の任意) ： 年1回B期のみ	

【別紙A】 審査を行う委員会の位置付け



【別紙B】 審査の基準

共用BL利用研究課題選定の基準 (JASRI「放射光共用施設の課題選定に関する基本的考え方」より抜粋)

～略～

- (1) 科学技術的妥当性として、以下の(イ)から(ニ)のうち、いずれかに該当すること。
 - (イ) 研究課題の先端性及び当該研究課題を含む科学技術分野の発展性ないしは新分野開拓への寄与
 - (ロ) 期待される研究成果の基礎的研究分野及び基盤的技術開発分野への貢献度
 - (ハ) 期待される研究成果の産業基盤技術としての重要性及び発展性
 - (ニ) 研究課題の社会的意義及び社会経済への寄与度
- (2) 研究手段としてのSPring-8の必要性
- (3) 提案課題の実施及び成果の利用が平和目的に限定される等、～以下略～
- (4) 実験内容の技術的な実施可能性
- (5) 実施内容の安全性
- (6) 長期利用課題の審査については、第1段階として書類審査を行い、書類審査を通過した申請者に対し、第2段階として面接審査を行う。審査基準は、(1)～(5)に示された内容に加えて、
 - ① 長期の研究目標及び研究計画が明確に定められていること
 - ② SPring-8を長期的かつ計画的に利用することによって、
 - a. 科学技術分野において傑出した成果が期待できること
 - b. 新しい研究領域及び研究手法の開拓が期待できること
 - c. 産業基盤技術の著しい向上が期待できること
 が含まれること。
- (7) 成果専有課題の審査については、～以下略～
- (8) 成果公開・優先利用課題の審査については、～以下略～
- (9) 新分野創成利用の審査については、第1段階として書類審査を行い、書類審査を通過した申請者に対し、第2段階として面接審査を行う。審査基準は、(1)～(5)に示された内容に加えて、
 - ① 新分野の創成が見込まれること
 - ② 申請グループ構成の新規性があること
 - ③ 研究の持続的発展性が期待されること
 - ④ 研究計画の人的・資金的な実行性及びそれを担保するマネジメント体制が妥当であること
 が含まれること。
- (10) 重点研究課題の審査等において、～以下略～

【別紙C】 その他詳細

	共用BL 利用研究課題 [成果非専有一般課題(PX除く)の例]	共用BL 新分野創成利用	専用BL 設置・利用
研究プログラム or 計画の申請者	—	研究グループの責任者	設置機関の長
審査者		新分野創成利用 審査委員会 (書面・面接)	専用施設審査委員会 (書面・面接)
研究プログラム or 計画の有効期間		2年間	10年間[基本]
個別課題 実験責任者	課題申請者	責任者の下の 各実験責任者	設置機関に属する 各実験責任者[基本]
個別課題審査	PRCおよび施設側審査 (科学技術的妥当性、SPring-8の必要性、倫理性、安全性、実施可能性)	施設側審査 (倫理性、安全性、実施可能性)	
個別課題の有効期間	半年	有効期間内において任意 (但し、課題番号は期ごとに設定)	
ビームライン、 ビームタイム	選定時に決定	いずれも有効期間内において任意(但し審査あり)	ビームタイムは有効期間内において任意
個別課題の 成果公開義務	査読付論文等による3年以内公開・登録義務あり		

2016A 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

2016A 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。

- 2016A SPring-8 利用研究課題募集要項
- 2016A 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
- 2016A SPring-8 における“J-PARC MLF および / または「京」と連携した利用を行う課題”の募集について
- 2016A 成果公開優先利用課題の募集について
応募締切：平成 27 年 11 月 25 日 (水) 午前 10:00 JST (提出完了時刻)
- 2016A 長期利用課題の募集について
応募締切：平成 27 年 11 月 26 日 (木) 午前 10:00 JST (提出完了時刻)
- 2016A 一般課題の募集について
応募締切：平成 27 年 12 月 10 日 (木) 午前 10:00 JST (提出完了時刻)
- 2016A 大学院生提案型課題 (旧名：萌芽的研究支援課題)* の募集について
応募締切：平成 27 年 12 月 10 日 (木) 午前 10:00 JST (提出完了時刻)
- 2016A 一般課題 (産業利用分野) の募集について
応募締切：平成 27 年 12 月 10 日 (木) 午前 10:00 JST (提出完了時刻)
- 2016A 産業新分野支援課題の募集について
応募締切：平成 27 年 12 月 10 日 (木) 午前 10:00 JST (提出完了時刻)
- 2016A 社会・文化利用課題の募集について
応募締切：平成 27 年 12 月 10 日 (木) 午前 10:00 JST (提出完了時刻)

<特記>

1. 「スマート放射光活用イノベーション戦略推進課題」の募集は前期 (2015B 期) で終了しました。
2. *: 2016A 期より課題名を「萌芽的研究支援課題」から「大学院生提案型課題」へ変更しました。運用方法は、従来と変更ありません。
3. 緊急課題、成果専有時期指定課題および測定代行課題 (一部共用ビームラインのみ対象) は、随時募集しています。

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

- SPring-8 利用研究課題募集の概要
(http://www.spring8.or.jp/ja/users/proposals/call_for/summary)

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

2016A 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

2016A 期 SACLA 利用研究課題の募集を開始しました。

<特記事項>

SACLA の利用は引き続き「成果非専有（成果公開）利用」を原則としますが、一般課題において、成果を公開せずに専有することが可能な「成果専有（成果非公開）利用」の募集を 2016A 期より開始します。

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、SACLA Web サイト (SACLA User Information) 上の、SACLA 利用案内 > 利用制度／募集案内 > 研究課題募集 (<http://sacla.xfel.jp/?p=190>) の「2016A 期における SACLA 共用ビームライン利用研究課題の募集について」よりご確認ください。

なお、応募締切は、平成 27 年 11 月 13 日（金）午前 10:00 JST（提出完了時刻）です。

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 36 回 (2015B) 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 36 回共同利用期間 (2015 年 9 月 19 日～12 月 20 日 (放射光利用 249 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 2015B 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 2015 年 9 月 19 日～11 月 14 日 (153 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、選定および採択の日程

[募集案内公開と応募締切]

- 平成 27 年 4 月 30 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 2015 年 5 月号に募集案内記事を掲載)
- 5 月 28 日 成果公開優先利用課題応募締切
- 6 月 11 日 一般課題、萌芽的研究支援課題および領域指定型重点研究課題 (スマート放射光活用イノベーション戦略推進課題、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]

- 平成 27 年 7 月 6 日～13 日 各分科会による課題審査
- 7 月 14 日 SPring-8 利用研究課題審査委員会 (PRC) による課題選定
- 7 月 21 日 SPring-8 選定委員会の意見を聴取
- 7 月 24 日 JASRI として採択決定し応募者に審査結果を通知

※ 2015B 期より開始した新分野創成利用については、別途公募、審査等を実施。

2. 応募および採択状況

2015B の特記事項は以下のとおりです。

- 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に、新分野創成利用制度を 2015B 期より開始しました。
- 一般課題等に配分できる適切なビームタイムを確保するため、長期利用課題の募集を年 1 回 A 期のみに行う (従って、2015B 期は当該課題の募集なし) こととしました。

2015B の応募課題数は 839、採択課題数は 531 でした (新分野創成利用研究課題 [採択された新分野創成利用研究グループが実施する課題] は含まず)。表 2 に 2015B 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、すなわち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した統計を示します。2-2 に本来のスマート放射光活用イノベーション戦略推進課題、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。成果非専有課題としての科学技術的妥当性の審査対象となる課題、すなわち、成果非専有一般課題、萌芽的研究支援課題、スマート放射光活用イノベーション戦略推進課題、

産業新分野支援課題、社会・文化利用課題への応募793件について、チ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表3に示します。また表4に、全応募839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J-PARCのMLFおよび/または「京」と連携して利用する課題として、SPring-8には15件の応募があり、うち12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

2015B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、2015B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*	応募締め日**	応募課題数	採択課題数
第1回:1997B	平成09年10月-平成10年03月	168	平成09年01月10日	198	134
第2回:1998A	平成10年04月-平成10年10月	204	平成10年01月06日	305	229
第3回:1999A	平成10年11月-平成11年06月	250	平成10年07月12日	392	258
第4回:1999B	平成11年09月-平成11年12月	140	平成11年06月19日	431	246
第5回:2000A	平成12年02月-平成12年06月	204	平成11年10月16日	424	326
第6回:2000B	平成12年10月-平成13年01月	156	平成12年06月17日	582	380
第7回:2001A	平成13年02月-平成13年06月	238	平成12年10月21日	502	409
第8回:2001B	平成13年09月-平成14年02月	190	平成13年05月26日	619	457
第9回:2002A	平成14年02月-平成14年07月	226	平成13年10月27日	643	520
第10回:2002B	平成14年09月-平成15年02月	190	平成14年06月03日	751	472
第11回:2003A	平成15年02月-平成15年07月	228	平成14年10月28日	733	563
第12回:2003B	平成15年09月-平成16年02月	202	平成15年06月16日	938	621
第13回:2004A	平成16年02月-平成16年07月	211	平成15年11月04日	772	595
第14回:2004B	平成16年09月-平成16年12月	203	平成16年06月09日	886	562
第15回:2005A	平成17年04月-平成17年08月	188	平成17年01月05日	878	547
第16回:2005B	平成17年09月-平成17年12月	182	平成17年06月07日	973	624
第17回:2006A	平成18年03月-平成18年07月	220	平成17年11月15日	916	699
第18回:2006B	平成18年09月-平成18年12月	159	平成18年05月25日	867	555
第19回:2007A	平成19年03月-平成19年07月	246	平成18年11月16日	1099	761
第20回:2007B	平成19年09月-平成20年02月	216	平成19年06月07日	1007	721
第21回:2008A	平成20年04月-平成20年07月	225	平成19年12月13日	1009	749
第22回:2008B	平成20年10月-平成21年03月	189	平成20年06月26日	1163	659
第23回:2009A	平成21年04月-平成21年07月	195	平成20年12月11日	979	654
第24回:2009B	平成21年10月-平成22年02月	210	平成21年06月25日	1076	709
第25回:2010A	平成22年04月-平成22年07月	201	平成21年12月17日	919	665
第26回:2010B	平成22年10月-平成23年02月	210	平成22年07月01日	1022	728
第27回:2011A	平成23年04月-平成23年07月	215	平成22年12月09日	1024	731
第28回:2011B	平成23年10月-平成24年02月	195	平成23年06月30日	1077	724
第29回:2012A	平成24年04月-平成24年07月	201	平成23年12月08日	816	621
第30回:2012B	平成24年10月-平成25年02月	222	平成24年06月28日	965	757
第31回:2013A	平成25年04月-平成25年07月	186	平成24年12月13日	880	609
第32回:2013B	平成25年10月-平成25年12月	159	平成25年06月20日	905	594
第33回:2014A	平成26年04月-平成26年07月	177	平成25年12月12日	874	606
第34回:2014B	平成26年10月-平成27年02月	230	平成26年06月19日	1030	848
第35回:2015A	平成27年04月-平成27年07月	207	平成26年12月11日	1030	685
第36回:2015B	平成27年09月-平成27年12月	198	平成27年06月11日	(839)	(531)

*ユーザー利用へ供出するシフト(1シフト=8時間)で全チームタイムの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。
 2015Bは今後、産業利用チームラインの第2期分、期中随時募集の成果専有時期指定課題があるため現在の値は括弧内に示す。

表 2 2015B 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	選定課題数	選定率 (%)	選定課題のシフト充足率 (%) ****
一般課題 (成果非専有) **	629	395	62.8	90.7
一般課題 (成果専有)	23	23	100.0	100.0
萌芽的研究支援課題	113	50	44.2	90.3
(重点) スマート放射光活用イノベーション戦略推進課題	20	14	70.0	86.0
(重点) 産業新分野支援課題	10	8	80.0	100.0
(重点) 社会・文化利用課題	21	18	85.7	101.7
成果公開優先利用課題	23	23	100.0	96.9
長期利用課題 (年1回A期のみ募集のため、2015B期募集なし)	-	-	-	-
総計	839	531	63.3	91.4
科学審査対象課題***のみの合計	793	485	61.2	90.9

* 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 J-PARC MLF および / または「京」を連携して利用する課題は、SPring-8 では応募 15 課題のうち 12 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) スマート放射光活用イノベーション戦略推進課題	26	14	6	53.8	76.9
(重点) 産業新分野支援課題	11	8	1	72.7	81.8
(重点) 社会・文化利用課題	24	18	3	75.0	87.5

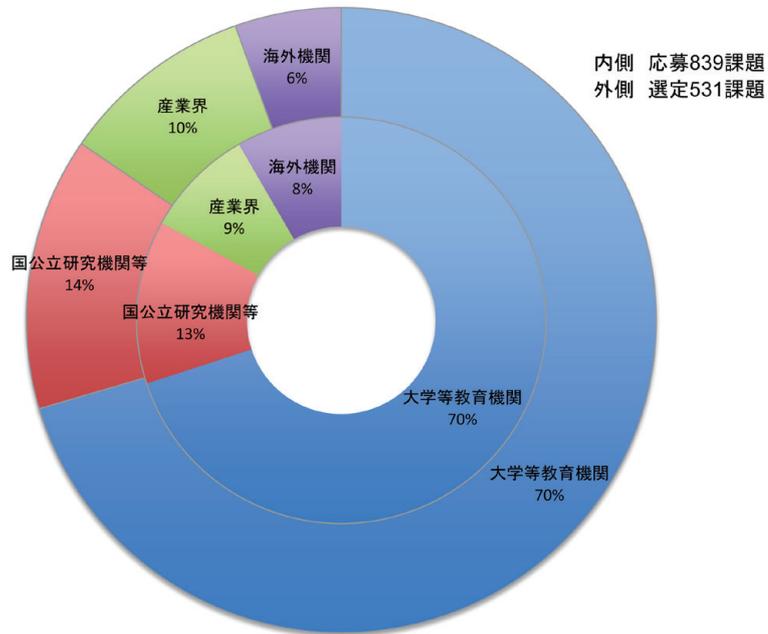
表 3 2015B ビームラインごとの審査対象課題*の採択状況

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	56	27	48.2	176	6.5
BL02B1 : 単結晶構造解析	23	11	47.8	108	9.8
BL02B2 : 粉末結晶構造解析	44	33	75.0	144	4.4
BL04B1 : 高温高圧	21	13	61.9	147	11.3
BL04B2 : 高エネルギー X 線回折	32	16	50.0	166	10.4
BL05SS : 加速器診断	0	0	0.0	0	0.0
BL08W : 高エネルギー非弾性散乱	20	9	45.0	153	17.0
BL09XU : 核共鳴散乱	19	9	47.4	159	17.7
BL10XU : 高圧構造物性	20	12	60.0	84	7.0
BL13XU : 表面界面構造解析	32	16	50.0	162	10.1
BL14B2 : 産業利用 II	25	21	84.0	112	5.3
BL17SU : 理研 物理科学 III	13	7	53.8	51	7.3
BL19B2 : 産業利用 I	23	20	87.0	102	5.1
BL19LXU : 理研 物理科学 II	3	3	100.0	51	17.0
BL20B2 : 医学・イメージング I	28	22	78.6	186	8.5
BL20XU : 医学・イメージング II	29	18	62.1	162	9.0
BL25SU : 軟 X 線固体分光	39	8	20.5	84	10.5
BL26B1 : 理研 構造ゲノム I ***	1	1	100.0	3	3.0
BL26B2 : 理研 構造ゲノム II ***	0	0	0.0	0	0.0
BL27SU : 軟 X 線光化学	30	21	70.0	159	7.6
BL28B2 : 白色 X 線回折	28	18	64.3	188	10.4
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	20	15	75.0	195	13.0
BL37XU : 分光分析	29	14	48.3	147	10.5
BL38B1 : 構造生物学 III ***	7	7	100.0	30	4.3
BL39XU : 磁性材料	36	15	41.7	159	10.6
BL40B2 : 構造生物学 II	55	36	65.5	192	5.3
BL40XU : 高フラックス	37	21	56.8	150	7.1
BL41XU : 構造生物学 I ***	0	0	0.0	0	0.0
BL43R : 赤外物性	28	21	75.0	198	9.4
BL44B2 : 理研 物質科学	1	1	100.0	9	9.0
BL45XU : 理研 構造生物学 I	11	9	81.8	51	5.7
BL46XU : 産業利用 III	26	15	57.7	115	7.7
BL47XU : 光電子分光・マイクロ CT	27	17	63.0	144	8.5
PX-BL (BL38B1、41XU、26B1、26B2、32XU)	30	29	96.7	-	-
総計	793	485	61.2	3,787	7.8

* 成果非専有一般課題、萌芽的研究支援課題、重点 3 課題

** 1 シフト = 8 時間

*** PX-BL 対象 BL (PX-BL 運用以外の対象課題の課題数およびシフト数) 産業利用ビームラインの第 2 期募集分等は含まず。



産業利用ビームライン 3 本は今後第 2 期分を募集するので、2015B 終了時には産業界の値が若干増加する見込み

図 1 2015B 所属機関別 応募/選定課題数割合

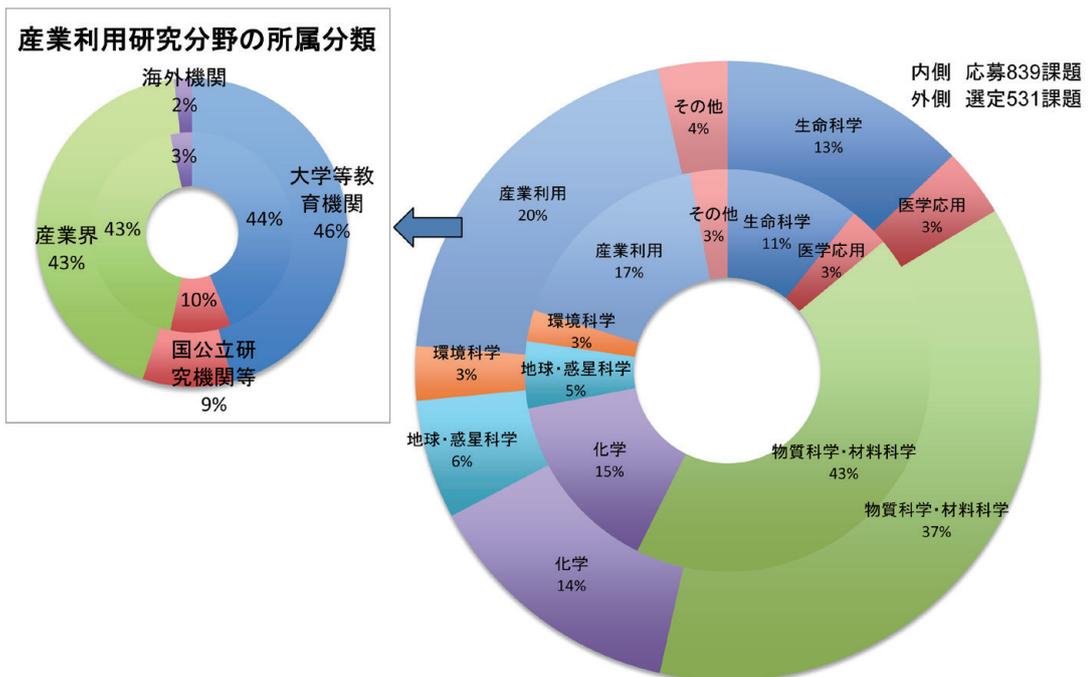


図 2 2015B 研究分野別 応募/選定課題数割合

表4 SPring-8 2015B 応募・採択結果の機関および研究分野分類

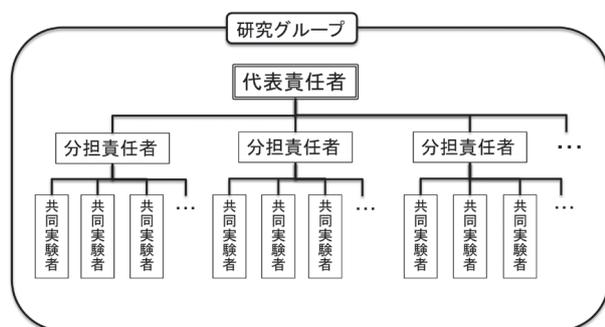
機関分類	課題分類		生命科学		医学応用		物質科学・材料科学		化学		地球・惑星科学		環境科学		産業利用		その他*		総計		採択率 (%)	
	決定課題種	課題数/シフト数	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択		
大学等教育機関	一般課題 (非専有)	課題数	60	44	4	2	204	115	72	47	21	21	12	8	46	34	5	3	424	274	64.6	
		シフト数	483	213	39	21	1734	879	592	371	234	219	81	69	322	204	63	39	3548	2015	56.8	
	萌芽の研究支援課題	課題数	3	2	2	0	58	25	23	7	7	4	1	1	10	9			104	48	46.2	
		シフト数	27	15	15	0	472	180	180.5	42	60	33	12	12	55	51			821.5	333	40.5	
	スマート放射光活用イノベーション戦略推進課題	課題数	1	1	3	3	8	5	2	1									14	10	71.4	
		シフト数	6	6	36	24	57	33	21	12									120	75	62.5	
	産業新分野支援課題	課題数													5	4			5	4	80.0	
		シフト数													27	24			27	24	88.9	
	社会・文化利用課題	課題数					3	2	2	2	3	2	2	2				8	8	18	16	88.9
		シフト数					21	15	12	12	21	12	18	18				42	44	114	101	88.6
成果公開優先利用課題	課題数			2	2	9	9	8	8					2	2	1	1	22	22	100.0		
	シフト数			15	15	48	48	90	84					9	9	6	6	168	162	96.4		
合計	課題数	64	47	11	7	282	156	107	65	31	27	15	11	63	49	14	12	587	374	63.7		
	シフト数	516	234	105	60	2332	1155	895.5	521	315	264	111	99	413	288	111	89	4798.5	2710	56.5		
国公立研究機関等	一般課題 (非専有)	課題数	12	11	6	3	38	24	10	6	7	4	4	4	14	10	9	5	100	67	67.0	
		シフト数	114	69	56	27	488	273	127	54	99	54	21	21	110	86	87	45	1102	629	57.1	
	一般課題 (専有)	課題数	3	3			1	1											4	4	100.0	
		シフト数	31	31			6	6											37	37	100.0	
	スマート放射光活用イノベーション戦略推進課題	課題数			1	1													1	1	100.0	
		シフト数			12	9													12	9	75.0	
	社会・文化利用課題	課題数										1	0				2	2	3	2	66.7	
		シフト数										15	0				21	21	36	21	58.3	
	成果公開優先利用課題	課題数					1	1											1	1	100.0	
		シフト数					24	24											24	24	100.0	
合計	課題数	15	14	7	4	40	26	10	6	7	4	5	4	14	10	11	7	109	75	68.8		
	シフト数	145	100	68	36	518	303	127	54	99	54	36	21	110	86	108	66	1211	720	59.5		
産業界	一般課題 (非専有)	課題数	1	0	1	0	5	3	1	1					38	23			46	27	58.7	
		シフト数	9	0	18	0	48	24	21	6					306	181			402	211	52.5	
	一般課題 (専有)	課題数					1	1							18	18			19	19	100.0	
		シフト数					6	6							65	65			71	71	100.0	
	スマート放射光活用イノベーション戦略推進課題	課題数			1	1	1	1							1	1			3	3	100.0	
		シフト数			12	9	15	15							3	3			30	27	90.0	
	産業新分野支援課題	課題数													5	4			5	4	80.0	
		シフト数													26	20			26	20	76.9	
合計	課題数	1	0	2	1	7	5	1	1					62	46			73	53	72.6		
	シフト数	9	0	30	9	69	45	21	6					400	269			529	329	62.2		
海外機関	一般課題 (非専有)	課題数	10	7	7	7	29	8	5	1	4	2	1	0	4	2			60	27	45.0	
		シフト数	87	54	66	61	428	108	75	21	42	24	36	0	39	21			773	289	37.4	
	萌芽の研究支援課題	課題数					4	2			3	0			1	0			8	2	25.0	
		シフト数					57	33			86	0			9	0			152	33	21.7	
	スマート放射光活用イノベーション戦略推進課題	課題数					2	0											2	0	0.0	
		シフト数					30	0											30	0	0.0	
合計	課題数	10	7	7	7	35	10	5	1	7	2	1	0	5	2			70	29	41.4		
	シフト数	87	54	66	61	515	141	75	21	128	24	36	0	48	21			955	322	33.7		
合計	課題数	90	68	27	19	364	197	123	73	45	33	21	15	144	107	25	19	839	531	63.3		
	シフト数	757	388	269	166	3434	1644	1118.5	602	542	342	183	120	971	664	219	155	7493.5	4081	54.5		
採択率 (%)	課題数	75.6		70.4		54.1		59.3		73.3		71.4		74.3		76.0		63.3				
	シフト数	51.3		61.7		47.9		53.8		63.1		65.6		68.4		70.8		54.5				

* ビームライン技術、素粒子・原子核科学、考古学、産学連携、安全管理

2015B 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 期より新たに「新分野創成利用」の運用を開始しました。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。



2015B 期は、2グループからの応募があり、新分野創成利用審査委員会による審査の結果、1グループが採択されました。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]

2015B 期から 2017A 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）：大野英男（東北大学）

分担責任者 1（所属、利用 BL^{*}）：壬生功（名古屋工業大学、BL08W および BL13XU）

分担責任者 2（所属、利用 BL^{*}）：千葉大地（東京大学、BL25SU および BL39XU）

※利用 BL は、採択時（2015B 期）のものを示す。2016A 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ド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

スピントロニクス分野そのものは、すでに確立した分野であり、提案の中心となる MTJ（磁気トンネル接合素子）は、HDD ヘッド、STT-MRAM として産業利用が進んでいる。大野グループは、不揮発性を備えた大規模論理集積回路に向けて、さらなる高度化を進めているが、そのためには、ナノ領域における STT（スピン移行トルク）による磁化反転機構の動的解明、超低消費電力である電圧誘起磁化反転導入のための機構解明などが必要で、いずれにおいてもナノ領域における界面の物理現象解明に放射光利用がキーを握っており、放射光施設にとってもチャレンジングな課題である。実デバイスに向けた放射光利用の開拓という意味で、新分野創成と解釈できる。

○申請グループ構成の新規性

近い分野の既存ユーザーによる構成であり、「新規性」は認められないが、本提案の趣旨を実行に移すためには妥当な構成であると判断される。

○研究の持続的発展性

スピントロニクスは、まだまだ発展途上の分野であり、放射光利用によって電圧誘起による界面の磁気異方性の機構解明が進めば、電圧制御 MRAM など超低消費電力デバイスが実現する可能性があり、さらなる持続的発展が期待できる。

○研究計画の実行性・妥当性

構成メンバーは、放射光利用の実績をもち、計画はよく練られている。ナノサイズの微小素子の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、電圧誘起磁気異方性の機構解明は放射光にとってもチャレンジであるので、段階的な実験計画を立てるなど、さらに練ることが必要であろう。

○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。

以 上

第 35 回共同利用期間 (2015A) 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 35 回共同利用期間 (2015A) における Spring-8 の共同利用は、平成 27 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 258 シフト [1 シフト = 8 時間] でした。

2015A では 26 本の共用ビームライン (共用施設) と、8 本の理研ビームラインおよび加速器診断ビームライン BL05SS 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、2015A 第 1 期 (平成 27 年 4 月～6 月中旬) および第 2 期 (平成 27 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、2015A 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 2015A 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 2015A 実施課題数とシフト数を示します。表 3 に、2015A 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-2015A 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 2015A 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)	261	3938.5
専用ビームライン (成果専有)	10	20.125
合計	271	3958.625

表 1 Spring-8 共用施設^(注1) の 2015A 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)	761	482	63.3	446	11	457	3833
一般課題 (成果専有)	36	36	100.0	36		36	108.875
萌芽的研究支援課題 ^(注4)	99	44	44.4	43	2	45	347.5
時期指定課題	8	8	100.0	8		8	14.25
測定代行課題 ^(注3)	39	39	100.0	37		37	19
スマート放射光活用イノベーション戦略推進課題	28	18	64.3	18		18	156
産業新分野支援課題	12	12	100.0	12		12	69
社会・文化利用課題 ^(注4)	12	11	91.7	11		11	79
成果公開優先利用課題	18	18	100.0	18		18	143
長期利用課題	14	14	100.0	14	12	26	534
重点パートナーユーザー課題	3	3	100.0	3	3	6	288
合計	1030	685	66.5	646	28	674	5591.625

(注 1) 理研ビームラインからの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、応募不要のもの。長期利用課題は採択期の次の期以降の課題。

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

(注 4) 萌芽的研究支援課題かつ社会・文化利用課題は、萌芽的研究支援課題に分類。

表3 2015A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	80	2	114	51	20	1	34	3	305
		シフト数	487.5	21	1035	421	236	24	208	27	2459.5
	一般課題（成果専有）	課題数			1	1			1		3
		シフト数			3	3			2		8
	萌芽の研究支援課題	課題数	4	1	18	6	4	2	9	1	45
		シフト数	21.5	12	171	39	33	15	50	6	347.5
	時期指定課題	課題数				1					1
		シフト数				0.25					0.25
	スマート放射光活用イノ ベーション戦略推進課題	課題数	2	3	5	2					12
		シフト数	12	33	39	12					96
	産業新分野支援課題	課題数							8		8
		シフト数							48		48
	社会・文化利用課題	課題数					2	4		2	8
		シフト数					15	39		4	58
成果公開優先利用課題	課題数			4	7			3		14	
	シフト数			23	54			12		89	
長期利用課題	課題数	2		9	5	1	3			20	
	シフト数	33		264	51	33	36			417	
重点パートナーユーザー課題	課題数			3			2			5	
	シフト数			141			102			243	
計	課題数	88	6	154	73	29	10	55	6	421	
	シフト数	554	66	1676	580.25	419	114	320	37	3766.25	
国立 研究機関等	一般課題（成果非専有）	課題数	12	3	30	5	9	2	18	3	82
		シフト数	66.5	24	328	54	96	24	124	42	758.5
	一般課題（成果専有）	課題数			1						1
		シフト数			3						3
	時期指定課題	課題数	2								2
		シフト数	1								1
	測定代行課題	課題数							2		2
		シフト数							3.75		3.75
	スマート放射光活用イノ ベーション戦略推進課題	課題数		2	1				1		4
		シフト数		21	9				6		36
	社会・文化利用課題	課題数						1		2	3
		シフト数						12		9	21
	成果公開優先利用課題	課題数	1		2	1					4
		シフト数	25		27	2					54
長期利用課題	課題数							1		1	
	シフト数							36		36	
計	課題数	15	5	34	6	9	3	22	5	99	
	シフト数	92.5	45	367	56	96	36	169.75	51	913.25	
産 業 界	一般課題（成果非専有）	課題数			4				36	40	
		シフト数			39				291	330	
	一般課題（成果専有）	課題数	1	1	3				27	32	
		シフト数	2	6	11				78.875	97.875	
	時期指定課題	課題数							5	5	
		シフト数							13	13	
	測定代行課題	課題数							35	35	
		シフト数							15.25	15.25	
産業新分野支援課題	課題数							4	4		
	シフト数							21	21		
計	課題数	1	1	7				107	116		
	シフト数	2	6	50				419.125	477.125		
海 外 機 関	一般課題（成果非専有）	課題数	7	4	10	4	3	1	1	30	
		シフト数	39	42	111	33	42	9	9	285	
	スマート放射光活用イノ ベーション戦略推進課題	課題数	1		1					2	
		シフト数	9		15					24	
	長期利用課題	課題数	2	1	1		1			5	
		シフト数	36	21	15		9			81	
	重点パートナーユーザー課題	課題数			1					1	
		シフト数			45					45	
計	課題数	10	5	13	4	4	1	1	38		
	シフト数	84	63	186	33	51	9	9	435		
課題数合計			114	17	208	83	42	14	185	11	674
シフト数合計			732.5	180	2279	669.25	566	159	917.875	88	5591.625

(注1) 理研ビームラインからの供出ビームタイムの利用を含む
(注2) 素粒子・原子核科学、ビームライン技術他

2015A の延べ利用者数は、共用施設4,560人、専用施設2,960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。

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 4 Spring-8 1997B-2015A 課題種別実施課題数の推移

課題種	1997B～2007B	2008A	2008B	2009A	2009B	2010A	2010B	2011A	2011B	2012A	2012B	2013A	2013B	2014A	2014B	2015A	合計
一般課題 (成果非専有)	7478	441	373	398	382	393	408	379	384	430	516	440	384	444	611	457	13918
緊急課題	33	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
一般課題 (成果専有)	228	32	50	30	44	33	53	36	72	38	51	34	55	34	55	36	881
時期指定課題 (除く測定代行)	116	10	14	8	8	4	9	4	8	4	15	6	4	4	2	8	224
測定代行 (時期指定課題の一端)	8	9	20	5	25	31	38	31	37	35	48	49	47	41	54	37	515
長期利用課題	121	12	8	9	11	10	11	12	17	15	14	14	16	13	13	26	322
被災量子ビーム施設 ユーザー支援課題								91	3								94
萌芽的研究支援課題	117	26	13	18	24	22	17	14	14	32	40	27	32	38	58	45	537
成果公開優先利用課題	21	32	16	21	43	30	51	41	44	33	33	18	27	24	30	18	482
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	581	49	50	41	44	46	48	37	32								928
重点産業トリアル 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	169	126	95	111	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	36
重点メテカルバイオ トリアルユース課題	36	6	6	5	4												57
重点拡張メテカル バイオ課題		13	15	13	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 ノベーション戦略推進課題														12	17	18	47
社会・文化利用課題																	11
重点戦略課題 (12 条戦略課題)	35	6	4	4	4	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	65
重点パワーユーザー 課題	44	6	7	6	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	12
合計	9920	769	672	669	722	685	744	740	730	637	771	633	610	624	858	674	20458

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。

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	
回数	年度	期間		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	H09.10-H10.03	1,286	94	681	-	-
第2回	1998A	H10.04-H10.10	1,702	234	1,252	7	-
第3回	1999A	H10.11-H11.06	2,585	274	1,542	33	467
第4回	1999B	H11.09-H11.12	1,371	242	1,631	65	427
第5回	2000A	H12.01-H12.06	2,051	365	2,486	100	794
第6回	2000B	H12.10-H13.01	1,522	383	2,370	88	620
第7回	2001A	H13.02-H13.06	2,313	474	2,915	102	766
第8回	2001B	H13.09-H14.02	1,867	488	3,277	114	977
第9回	2002A	H14.02-H14.07	2,093	545	3,246	110	1,043
第10回	2002B	H14.09-H15.02	1,867	540	3,508	142	1,046
第11回	2003A	H15.02-H15.07	2,246	634	3,777	164	1,347
第12回	2003B	H15.09-H16.02	1,844	549	3,428	154	1,264
第13回	2004A	H16.02-H16.07	2,095	569	3,756	161	1,269
第14回	2004B	H16.09-H16.12	1,971	555	3,546	146	1,154
第15回	2005A	H17.04-H17.08	1,880	560	3,741	146	1,185
第16回	2005B	H17.09-H17.12	1,818	620	4,032	187	1,379
第17回	2006A	H18.03-H18.07	2,202	724	4,809	226	1,831
第18回	2006B	H18.09-H18.12	1,587	550	3,513	199	1,487
第19回	2007A	H19.03-H19.07	2,448	781	4,999	260	2,282
第20回	2007B	H19.09-H20.02	2,140	739	4,814	225	1,938
第21回	2008A	H20.04-H20.07	2,231	769	4,840	232	1,891
第22回	2008B	H20.09-H21.03	1,879	672	4,325	217	1,630
第23回	2009A	H21.04-H21.07	1,927	669	4,240	238	1,761
第24回	2009B	H21.10-H22.02	2,087	722	4,793	275	2,144
第25回	2010A	H22.04-H22.07	1,977	685	4,329	293	2,483
第26回	2010B	H22.10-H23.02	2,094	744	4,872	325	2,812
第27回	2011A	H23.04-H23.07	2,131	740	4,640	309	2,773
第28回	2011B	H23.10-H24.02	1,927	730	4,576	319	2,769
第29回	2012A	H24.04-H24.07	1,972	637	4,304	285	2,692
第30回	2012B	H24.10-H25.02	2,184	771	5,072	314	3,181
第31回	2013A	H25.04-H25.07	1,837	633	4,053	275	2,835
第32回	2013B	H25.10-H25.12	1,571	610	3,770	286	2,723
第33回	2014A	H26.04-H26.07	1,768	624	4,129	292	2,710
第34回	2014B	H26.10-H27.02	2,290	858	5,766	331	3,573
第35回	2015A	H27.04-H27.07	2,053	674	4,560	271	2,960
合 計			68,816	20,458	131,592	6,891	60,213

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

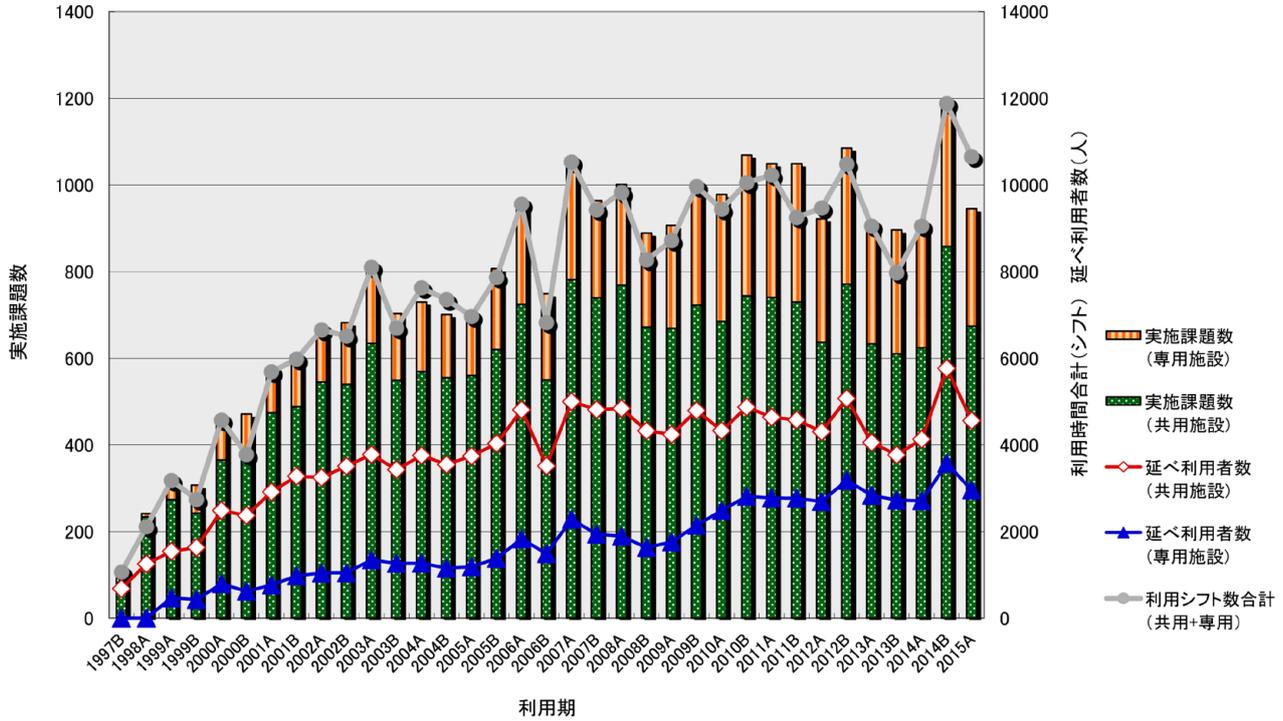


図1 Spring-8 共用施設および専用施設の利用実績の推移

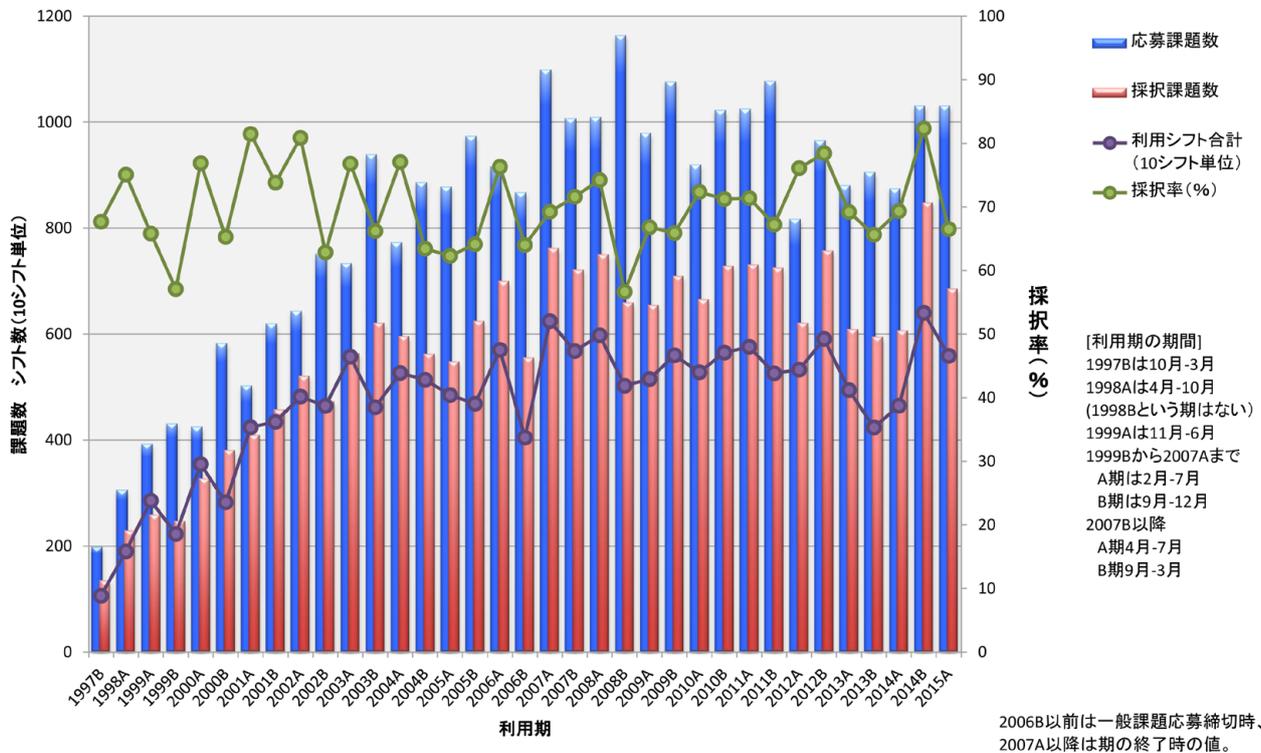


図2 Spring-8 共用施設の応募・採択課題数の推移実績

2006B以前は一般課題応募締切時、
 2007A以降は期の終了時の値。

2015B 期 SACLA 利用研究課題の採択について

登録施設利用促進期間
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 8 期目に当たる 2015B 期（2015 年 9 月～2016 年 2 月）の利用研究課題応募 63 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 35 課題を採択しました。

1. 募集、審査及び採択等の日程

2015B 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。

(2015 年)

- 5 月 8 日 ホームページで募集案内公開
- 6 月 12 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～
- 8 月 3 日 第 9 回 SACLA PRC（総合審査）
- 8 月 7 日 第 11 回 SACLA 選定委員会（審査結果の意見聴取）
- 8 月 12 日 JASRI として採否決定、結果通知
- 9 月 24 日 2015B 期利用開始

2. 応募、採択及びビームタイム配分状況

募集課題は一般課題と重点戦略課題の 2 種類（いずれも成果非専有課題のみ）あり、前述のとおり、応募課題数全 63 課題の内 35 課題を採択（全体の採択率は 56%）しました。課題種別・申請者所属機関別の応募・採択課題数を表 1 に、また、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。

表 1

(単位：課題数)

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		採択率 (採択/応募)	
	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択		
一般課題			8	3	8	4	11	5	27	12	44%	
重点戦略課題	1 生体分子の階層構造ダイナミクス			7	7	7	6	6	3	20	16	80%
	1-(1) 創薬ターゲット膜タンパク質のナノ結晶を用いた構造解析			3	3	3	3	3	3	9	9	
	1-(2) 細胞全体及びその部分の生きた状態でのイメージング			1	1	1	1	1	0	3	2	
	1-(3) 超分子複合体の一分子構造解析			1	1					1	1	
	1-(4) 一分子 X 線回折実験とスパコン解析を融合させたダイナミクス研究									0	0	
	1-(5) ポンプ-プローブ法を適用した動的構造解析			2	2	3	2	2	0	7	4	
	2 ピコ・フェムト秒ダイナミックイメージング			8	3	3	2	5	2	16	7	44%
	2-(1) 気相・液相・固相反応ダイナミクス			3	2	1	1	2	1	6	4	
	2-(2) 界面反応の超高速過程									0	0	
	2-(3) 電荷発生・電荷移動ダイナミクス			2	0	1	1			3	1	
2-(4) 極端条件下の超高速過程			3	1	1	0	2	0	6	1		
2-(5) 動的 X 線分光科学							1	1	1	1		
合計	0	0	23	13	18	12	22	10	63	35	56%	

表 2

(単位：シフト数)

課題種	A	B	C	C/A	C/B
	応募課題 (63 課題)の 全要求シフト数	採択課題 (35 課題)の 全要求シフト数	採択課題 (35 課題)の 全配分シフト数	配分率 (応募要求/ 採択配分)	配分率 (採択要求/ 採択配分)
一般課題	186	93	58	31%	62%
重点戦略課題	252	168	94	37%	56%
合計	438	261	152	35%	58%

採択 35 課題に対しビームタイムは計 152 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 35 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 > 2015B
- http://sacla.xfel.jp/wp-content/uploads/sacla_approved_proposal_2015b_j.pdf

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

2015A 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

登録施設利用促進期間
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7回目の利用期である2015A 期の利用研究課題（共用課題）が、2015年3月11日から7月25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 BL2 または BL3 にて計33の利用研究課題が実施され、ビームタイムは計144シフト（1シフト＝12時間）が利用されました。

実施課題は、一般課題と重点戦略課題の2種類（いずれも成果非専有課題のみ）あり、それぞれ表1のとおり国内外機関所属の実験責任者により実施されました。

また、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4課題実施され、ビームタイムは計12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 > 2015A

http://sacla.xfel.jp/wp-content/uploads/sacla_performed_proposal_2015a_j.pdf

また、利用課題実験報告書 (Experiment Summary Report) 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>
※2015A 期の報告書は、2015年10月7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 2015A 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			2	10	5	22	3	10	10	42
重点戦略課題			10	44	6	26	7	32	23	102
合計	0	0	12	54	11	48	10	42	33	144

○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 527 人。

SPring-8 運転・利用状況

公益財団法人高輝度光科学研究センター
研究調整部

◎平成27年6～7月の運転・利用実績

SPring-8は6月8日から7月4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6日から7月30日(*1)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サイクルでは安全インターロック動作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0.3%であった。

放射光利用実績(いずれも暫定値)については、実施された共同利用研究の実験数は、第3サイクルは合計297件、利用研究者は1,310名で、専用施設利用研究の実験数は合計215件、利用研究者は849名であった。第4サイクルは合計195件、利用研究者は938名で、専用施設利用研究の実験数は合計133件、利用研究者は553名であった。

1. 装置運転関係

(1) 運転期間

第3サイクル (6/8(月)～7/4(土))

第4サイクル (7/6(月)～7/30(木))

(2) 運転時間の内訳

第3サイクル

運転時間総計 約625時間

①装置の調整およびマシンスタディ等 約49時間

②放射光利用運転時間 約573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(*2) 約0.3%

第4サイクル

運転時間総計 約583時間

①装置の調整およびマシンスタディ等 約199時間

②放射光利用運転時間 約383時間

③故障等による down time 0時間

④フィリング変更時間 約1時間

総放射光利用運転時間(ユーザータイム=②+③+④)に対する down time の割合(*2) 0%

(3) 運転スペック等

第3サイクル (セベラルバンチ運転)

・11/29-filling + 1 bunch

・203 bunches

・2/29-filling + 26 bunches

・11/29-filling + 1 bunch

第4サイクル (セベラルバンチ運転)

・1/7-filling + 5 bunches

・11 bunch train × 29

・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

・安全インターロック動作によるアポート

・SR RF Ast サーキュレータアークによるアポート

2. 利用関係

(1) 放射光利用実験期間

第3サイクル (6/9(火)～7/4(土))

第4サイクル (7/9(木)～7/25(土))

(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 9本

加速器診断ビームライン 2本

第3サイクル（暫定値）

共同利用研究実験数	297件
共同利用研究者数	1,310名
専用施設利用研究実験数	215件
専用施設利用研究者数	849名

第4サイクル（暫定値）

共同利用研究実験数	195件
共同利用研究者数	938名
専用施設利用研究実験数	133件
専用施設利用研究者数	553名

◎平成27年8～9月の運転・利用実績

SPring-8は8月1日から9月10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11日から10月17日までセベラルバンチ運転で第5サイクルの運転を行い、10月18日の停止をはさみ、10月19日から11月14日までセベラルバンチ運転で第6サイクルの運転を実施する。第5～6サイクルの運転・利用実績については次号にて掲載する。

- (*1) ビーム調整時間中の作業等を理化学研究所と共に再検討し、運転時間を短縮。
- (*2) down time の割合に④フィリング変更時間は含まない。

論文発表の現状

公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用推進部

年別査読有り論文発表登録数 (2015年9月30日現在)

SPring-8

Beamline Name		Public Use Since	~2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total	
Public Beamlines	BL01B1	XAFS	1997.10	167	38	35	54	59	57	75	65	71	85	32	738
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	1997.10	76	10	10	10	12	19	12	18	36	39	18	260
	BL02B2	Powder Diffraction	1999. 9	207	45	46	65	65	66	81	58	91	61	33	818
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	1997.10	88	12	14	14	18	19	21	16	17	15	10	244
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	1999. 9	61	20	40	17	26	28	22	28	24	30	23	319
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	1997.10	59	17	15	8	10	12	20	19	12	12	12	196
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	1997.10	52	11	12	11	9	8	13	13	15	14	8	166
	BL10XU	High Pressure Research	1997.10	134	20	34	32	24	34	30	28	19	28	14	397
	BL13XU	Surface and Interface Structure	2001. 9	40	14	22	25	18	18	22	6	15	18	11	209
	BL14B2	Engineering Science Research II	2007. 9				2	16	25	31	34	39	49	21	217
	BL19B2	Engineering Science Research I	2001.11	41	19	19	22	20	19	35	52	31	32	19	309
	BL20B2	Medical and Imaging I	1999. 9	88	16	15	24	13	14	25	33	28	21	14	291
	BL20XU	Medical and Imaging II	2001. 9	26	8	20	23	23	34	25	20	38	36	18	271
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	1998. 4	146	19	42	24	21	20	24	21	23	25	13	378
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	1998. 5	132	40	25	36	13	21	32	15	30	25	9	378
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	1999. 9	29	8	16	15	14	9	15	9	20	15	6	156
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	2001. 9	21	5	13	19	5	8	12	8	13	11	10	125
	BL37XU	Trace Element Analysis	2002.11	24	11	13	12	12	20	23	13	28	25	22	203
	BL38B1	Structural Biology III	2000.10	92	47	42	45	52	46	45	59	54	43	38	563
	BL39XU	Magnetic Materials	1997.10	80	10	19	13	27	13	19	19	16	17	10	243
	BL40B2	Structural Biology II	1999. 9	151	32	47	24	29	41	41	41	64	51	21	542
	BL40XU	High Flux	2000. 4	30	12	14	9	12	11	13	17	35	18	15	186
	BL41XU	Structural Biology I	1997.10	245	68	68	59	78	63	65	53	65	53	25	842
	BL43IR	Infrared Materials Science	2000. 4	27	5	8	13	10	5	8	10	8	11	8	113
	BL46XU	Engineering Science Research III	2000.11	20	14	12	18	12	19	22	17	25	20	22	201
	BL47XU	HXPES・MCT	1997.10	87	26	27	20	26	23	26	16	35	28	14	328
Public Use at Other Beamlines	BL11XU	Quantum Dynamics	1999. 3	6	2	1	4							13	
	BL14B1	Materials Science	1998. 4	24	3	7	3	3	3	2	1		1	47	
	BL15XU	WEBRAM	2002. 9	10	7	7	5	2	1	1	1		1	35	
	BL17SU	RIKEN Coherent Soft X-ray Spectroscopy	2005. 9			1	2	3	1	7	6	8	8	2	38
	BL19LXU	RIKEN SR Physics	2002. 9	4	1								1	1	7
	BL22XU	Quantum Structural Science	2004. 9	1	3		1					1			6
	BL23SU	Actinide Science	1998. 6	15	11	13	4	2	2		2	3	2		54
	BL26B1	RIKEN Structural Genomics I	2009. 4							3	6	2	6		17
	BL26B2	RIKEN Structural Genomics II	2009. 4						1		5	3	3	2	14
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics	2002. 9	3	3	2	4	1					1		14
	BL32XU	RIKEN Targeted Proteins	2010.10							5	5	8	10	7	35
	BL44B2	RIKEN Materials Science	1998. 5	9											9
	BL45XU	RIKEN Structural Biology I	1997.10	41	7	11	4	10	7	9	6	7	7	7	116
Subtotal			2236	564	670	641	645	667	784	720	884	822	465	9098	

Beamline Name		Public Use Since	~2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total	
Contract Beamlines	BL03XU	Advanced Softmaterials	2009.11					1	5	8	22	20	6	62	
	BL07LSU	University-of-Tokyo Synchrotron Radiation Outstation	2009.11					1	5	6	10	10	7	39	
	BL08B2	Hyogo Prefecture BM	2005. 9					1	1	3	3	4	2	14	
	BL11XU	Quantum Dynamics		30	7	13	7	7	9	6	13	16	14	5	127
	BL12B2	NSRRC BM	2001. 9	64	15	8	9	7	9	5	24	14	10	5	170
	BL12XU	NSRRC ID	2003. 2	6	6	6	8	5	15	9	14	9	12	9	99
	BL14B1	Materials Science		35	9	11	18	16	18	17	10	10	15	12	171
	BL15XU	WEBRAM	2001. 4	39	13	14	16	29	35	48	40	57	54	30	375
	BL16B2	Sunbeam BM	1999. 9	15	7	5	3	5	5	5	3	3	6	1	58
	BL16XU	Sunbeam ID	1999. 9	14	6	4	2	5	5	2	2	2	3		45
	BL22XU	Quantum Structural Science		5	13	13	5	9	15	10	10	14	19	10	123
	BL23SU	Actinide Science		61	10	14	25	22	15	22	20	17	26	8	240
	BL24XU	Hyogo Prefecture ID	1998.10	91	7	12	7	8	5	6	7	8	5	3	159
	BL28XU	RISING	2012. 4									3	9	3	15
	BL31LEP	Laser-Electron Photon II	2013.10										1		1
	BL32B2	Pharmaceutical Industry (2002. 9 - 2012. 3)		9	2	4	6	1	2	3					27
	BL33LEP	Laser-Electron Photon	2000.10	20	2	2	3	5	8	2	3	4	2		51
	BL33XU	Toyota	2009. 5							2	5	2	8	4	21
BL36XU	Catalytic Reaction Dynamics for Fuel Cell	2013. 1									1	6	2	9	
BL44XU	Macromolecular Assemblies	2000. 2	65	30	27	22	30	20	48	54	52	38	26	412	
Subtotal			454	127	133	131	149	164	196	222	247	262	133	2218	
RIKEN Beamlines	BL17SU	Coherent Soft X-ray Spectroscopy		7	4	9	18	13	9	6	11	3	4	1	85
	BL19LXU	SR Physics		27	11	12	5	10	3	4	8	8	10	2	100
	BL26B1	Structural Genomics I		55	24	20	23	14	12	5	8	7	4	2	174
	BL26B2	Structural Genomics II		11	7	6	19	6	16	17	18	13	4	2	119
	BL29XU	Coherent X-ray Optics		76	9	20	14	9	11	5	13	14	7	2	180
	BL32XU	Targeted Proteins								2	9	8	8	2	29
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics												1	1
	BL44B2	Materials Science		127	18	20	14	10	8	12	11	13	10	8	251
	BL45XU	Structural Biology I		115	16	14	15	9	8	6	5	7	5	1	201
Subtotal			418	89	101	108	71	67	57	83	73	52	21	1140	

SACLA

Public Beamlines	Beamline Name		Public Use Since	~2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
	BL3	XFEL	2012. 3									14	23	17	54

Hardware / Software R & D	302	29	15	21	28	25	29	34	51	7	11	552
---------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	-----

NET Sum Total	2913	668	793	780	785	811	905	879	1036	910	519	10999
---------------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-------

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 2015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 (2015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	738	66	84	888
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	1997.10	260	14	31	305
	BL02B2	Powder Diffraction	1999. 9	818	40	79	937
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	1997.10	244	7	43	294
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	1999. 9	319	13	43	375
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	1997.10	196	10	38	244
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	1997.10	166	15	30	211
	BL10XU	High Pressure Research	1997.10	397	22	59	478
	BL13XU	Surface and Interface Structure	2001. 9	209	18	33	260
	BL14B2	Engineering Science Research II	2007. 9	217	10	32	259
	BL19B2	Engineering Science Research I	2001.11	309	45	82	436
	BL20B2	Medical and Imaging I	1999. 9	291	91	82	464
	BL20XU	Medical and Imaging II	2001. 9	271	102	97	470
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	1998. 4	378	16	55	449
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	1998. 5	378	21	32	431
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	1999. 9	156	16	21	193
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	2001. 9	125	5	11	141
	BL37XU	Trace Element Analysis	2002.11	203	24	42	269
	BL38B1	Structural Biology III	2000.10	563	11	52	626
	BL39XU	Magnetic Materials	1997.10	243	17	72	332
	BL40B2	Structural Biology II	1999. 9	542	13	97	652
	BL40XU	High Flux	2000. 4	186	18	65	269
	BL41XU	Structural Biology I	1997.10	842	4	89	935
	BL43IR	Infrared Materials Science	2000. 4	113	14	52	179
	BL46XU	Engineering Science Research III	2000.11	201	18	27	246
	BL47XU	HXPES・MCT	1997.10	328	97	113	538
Public Use at Other Beamlines	BL11XU	Quantum Dynamics	1999. 3	13	2	2	17
	BL14B1	Materials Science	1998. 4	47	1	11	59
	BL15XU	WEBRAM	2002. 9	35	19	7	61
	BL17SU	RIKEN Coherent Soft X-ray Spectroscopy	2005. 9	38	1	28	67
	BL19LXU	RIKEN SR Physics	2002. 9	7		1	8
	BL22XU	Quantum Structural Science	2004. 9	6			6
	BL23SU	Actinide Science	1998. 6	54	4	15	73
	BL26B1	RIKEN Structural Genomics I	2009. 4	17		3	20
	BL26B2	RIKEN Structural Genomics II	2009. 4	14		5	19
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics	2002. 9	14		1	15
	BL32XU	RIKEN Targeted Proteins	2010.10	35		2	37
	BL44B2	RIKEN Materials Science	1998. 5	9		3	12
	BL45XU	RIKEN Structural Biology I	1997.10	116	5	17	138
Subtotal			9098	759	1556	11413	

Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total	
Contract Beamlines	BL03XU	Advanced Softmaterials	2009.11	62		7	69
	BL07LSU	University-of-Tokyo Synchrotron Radiation Outstation	2009.11	39		4	43
	BL08B2	Hyogo Prefecture BM	2005. 9	14			14
	BL11XU	Quantum Dynamics		127	8	30	165
	BL12B2	NSRRC BM	2001. 9	170	1	2	173
	BL12XU	NSRRC ID	2003. 2	99	7	3	109
	BL14B1	Materials Science		171	11	60	242
	BL15XU	WEBRAM	2001. 4	375	9	35	419
	BL16B2	Sunbeam BM	1999. 9	58	14	53	125
	BL16XU	Sunbeam ID	1999. 9	45	7	38	90
	BL22XU	Quantum Structural Science		123	1	35	159
	BL23SU	Actinide Science		240	43	100	383
	BL24XU	Hyogo Prefecture ID	1998.10	159	19	54	232
	BL28XU	RISING	2012. 4	15			15
	BL31LEP	Laser-Electron Photon II	2013.10	1			1
	BL32B2	Pharmaceutical Industry (2002. 9 - 2012. 3)		27		3	30
	BL33LEP	Laser-Electron Photon	2000.10	51	23	3	77
	BL33XU	Toyota	2009. 5	21	5	7	33
	BL36XU	Catalytic Reaction Dynamics for Fuel Cell	2013. 1	9			9
BL44XU	Macromolecular Assemblies	2000. 2	412		37	449	
Subtotal			2218	148	471	2837	

RIKEN Beamlines	BL17SU	Coherent Soft X-ray Spectroscopy		85	4	9	98
	BL19LXU	SR Physics		100	8	24	132
	BL26B1	Structural Genomics I		174	2	19	195
	BL26B2	Structural Genomics II		119	1	13	133
	BL29XU	Coherent X-ray Optics		180	14	35	229
	BL32XU	Targeted Proteins		29		3	32
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics		1			1
	BL44B2	Materials Science		251	2	15	268
	BL45XU	Structural Biology I		201	5	41	247
Subtotal			1140	36	159	1335	

SACLA

Public Beamlines	Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total
	BL3	XFEL	2012. 3	54	3	9	66

Hardware / Software R & D			552	494	451	1497
---------------------------	--	--	-----	-----	-----	------

NET Sum Total			10999	1282	2031	14312
---------------	--	--	-------	------	------	-------

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

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27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、実験責任者のかたには、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 2015 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
Japanese Journal of Applied Physics	13	Review of Scientific Instruments	6
Physical Review B	10	Biochemical and Biophysical Research Communications	5
Applied Physics Letters	8		
Journal of Synchrotron Radiation	8	Physical Review A	5
Scientific Reports	8	Physical Review Letters	5
Nature Communications	7	他全 146 誌、計 286 報	

課題の成果として登録された論文

Japanese Journal of Applied Physics

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
29095	Takahiro Nagata	54 (2015) 06FG01	2011A4611	BL15XU	長田 貴弘	Bias Induced Cu Ion Migration Behavior in Resistive Change Memory Structure Observed by Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy
			2011B4611	BL15XU	長田 貴弘	
			2012A4613	BL15XU	長田 貴弘	
29105	Masanori Tsunekawa	54 (2015) 082401	2007A1558	BL25SU	今田 真	Soft X-ray Photoemission Study of $\text{Co}_2(\text{Cr}_{1-x}\text{Fe}_x)\text{Ga}$ Heusler Compounds
29200	Yuka Ikemoto	54 (2015) 082402	2011A1274	BL43IR	池本 夕佳	Improvement of Infrared Near-Field Spectrum by Asymmetric Interferometer Configuration
			2011B1309	BL43IR	池本 夕佳	
			2011B0089	BL43IR	岡村 英一	
			2012A1833	BL43IR	池本 夕佳	
			2012A1153	BL43IR	池本 夕佳	
			2012A0089	BL43IR	岡村 英一	
			2012B1153	BL43IR	池本 夕佳	
			2012B0089	BL43IR	岡村 英一	
			2013A1257	BL43IR	池本 夕佳	
			2013A0089	BL43IR	岡村 英一	
			2013B1443	BL43IR	池本 夕佳	
			2013B0089	BL43IR	岡村 英一	
2014A1152	BL43IR	岡村 英一				
2014B1420	BL43IR	岡村 英一				
2014A1374	BL43IR	池本 夕佳				
29204	Yoshihiro Yamashita	54 (2015) 08KD14	2014B1938	BL46XU	小椋 厚志	X-ray Evaluation of Electronic and Chemical Properties and Film Structures in SiN Passivation Layer on Crystalline Si Solar Cells
29269	Norihiro Ikeno	54 (2015) 08KD19	2012A1771	BL46XU	小椋 厚志	Relationship between Passivation Properties and Band Alignment in O_3 -based Atomic-Layer-Deposited AlO_x on Crystalline Si for Photovoltaic Applications
			2014A1544	BL46XU	新船 幸二	
29318	Eri Tanaka	53 (2014) 09PB01	2012B1241	BL02B2	谷口 博基	Structural Changes and Microstructures in Stuffed Tridymite-Type Compounds $\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Al}_2\text{O}_4$
29477	Akihisa Takeuchi	54 (2015) 092401	2010B1224	BL20XU	竹内 晃久	Differential-Phase-Contrast Knife-Edge Scan Method for Precise Evaluation of X-ray Nanobeam
			2012B1510	BL20XU	竹内 晃久	
			2012B1515	BL20XU	竹内 晃久	
29511	Shigeo Mori	54 (2015) 10NC02	2014A1323	BL02B1	森 茂生	Suppression of Structural Phase Transition by Sr Substitution in the Improper Ferroelectric BaAl_2O_4
			2015A1510	BL02B2	森 茂生	
29532	Tomoaki Yamada	54 (2015) 10NA07	2012B4906	BL15XU	山田 智明	Domain Structure of Tetragonal $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ Nanorods and its Size Dependence
			2012B1554	BL13XU	山田 智明	
			2013A4904	BL15XU	山田 智明	
			2013A1525	BL13XU	山田 智明	
			2013B4908	BL15XU	山田 智明	
			2014A4908	BL15XU	山田 智明	
2014B4908	BL15XU	山田 智明				
29607	Takahiro Oikawa	53 (2014) 05FE06	2013A4713	BL15XU	大橋 直樹	Characterizations of Epitaxial $\text{Bi}(\text{Mg}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3$ - $\text{Bi}(\text{Zn}_{1/2}\text{Ti}_{1/2})\text{O}_3$ Solid Solution Films Grown by Pulsed Laser Deposition
29610	Shinobu Aoyagi	54 (2015) 10NB03	2013A0100	BL02B1	青柳 忍	Crystal Structure Analysis of LiTaO_3 under Electric Field
			2013B0100	BL02B1	青柳 忍	
			2014A0100	BL02B1	青柳 忍	
			2014B0100	BL02B1	青柳 忍	
29653	Shuhei Kawakami	54 (2015) 10NC03	2012A1408	BL39XU	中島 伸夫	Mechanism of Intrinsic Dipole Moment Induction in Quantum Paraelectric SrTiO_3
			2012B1202	BL39XU	中島 伸夫	
			2013A1419	BL39XU	中島 伸夫	

Scientific Reports-1

29077	Tetsuya Tachibana	5 (2015) 10977	2012A8036	BL3	上田 潔	Nanoplasma Formation by High Intensity Hard X-rays
29292	David Billington	5 (2015) 12428	2012A1293	BL08W	Dugdale Stephen	Magnetic Frustration, Short-Range Correlations and the Role of the Paramagnetic Fermi Surface of PdCrO_2
29313	Toshiaki Iitaka	5 (2015) 12551	2012B4260	BL12XU	福井 宏之	Pressure-Induced Dissociation of Water Molecules in Ice VII
29352	Takuya Kuroda	5 (2015) 10912	2010B1901	BL41XU	今田 勝巳	Molecular and Structural Analysis of <i>Legionella</i> DotI Gives Insights into an Inner Membrane Complex Essential for Type IV Secretion
			2011A1240	BL41XU	今田 勝巳	

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
29535	Hirokazu Masai	5 (2015) 13332	2012B1349	BL01B1	正井 博和	Local Coordination State of Rare Earth in Eutectic Scintillators for Neutron Detector Applications
29536	Hirokazu Masai	5 (2015) 13646	2014A1128	BL01B1	正井 博和	Photoluminescence of Monovalent Indium Centres in Phosphate Glass
29556	Yumi Katasho	5 (2015) 13790	2013A1558	BL19B2	松岡 俊文	Mechanisms for Enhanced Hydrophobicity by Atomic-Scale Roughness
			2013B1543	BL19B2	松岡 俊文	
29668	Kyo Nakajima	5 (2015) 14065	2013B8022	BL3	柳下 明	Photoelectron Diffraction from Laser-Aligned Molecules with X-ray Free-Electron Laser Pulses
			2014A8012	BL3	柳下 明	

Physical Review B

29091	Nozomu Hiraoka	91 (2015) 241112(R)	2011B4250	BL12XU	平岡 望	Magnetic Circular Dichroism of Nonresonant X-ray Raman Scattering
			2012A4253	BL12XU	平岡 望	
			2012A4254	BL12XU	平岡 望	
29328	Keisuke Ishigami	92 (2015) 064402	2011A3840	BL23SU	藤森 淳	Thickness-Dependent Magnetic Properties and Strain-Induced Orbital Magnetic Moment in SrRuO ₃ Thin Films
29356	Kengo Fushiya	92 (2015) 075118	2012A1333	BL01B1	青木 勇二	Logarithmic Temperature Dependence of Samarium Ion Valence in the Heavy-Fermion Sm _x La _{1-x} Os ₄ Sb ₁₂
			2011A1436	BL01B1	青木 勇二	
29418	Naoki Ishimatsu	92 (2015) 054108	2011B1485	BL39XU	石松 直樹	Differences in Local Structure around Co and Fe of the BiCo _{1-x} Fe _x O ₃ System Determined by X-ray Absorption Fine Structure
			2012B1354	BL01B1	石松 直樹	
			2013A1734	BL01B1	石松 直樹	
29465	Masanori Inui	92 (2015) 054206	2011B1314	BL35XU	乾 雅祝	Anomalous Dispersion of the Acoustic Mode in Liquid Bi
			2010B1173	BL04B2	乾 雅祝	
			2009B1283	BL04B2	乾 雅祝	
29466	R. G. Burkovsky	90 (2014) 144301	2011A1117	BL35XU	Vakhrushev Sergey	Lattice Dynamics and Antiferroelectricity in PbZrO ₃ Tested by X-ray and Brillouin Light Scattering
			2010B1497	BL35XU	Vakhrushev Sergey	
			2008B1240	BL35XU	Vakhrushev Sergey	
29474	Kenichiro Hashimoto	92 (2015) 085149	2013A0089	BL43IR	岡村 英一	Emergence of Charge Degrees of Freedom under High Pressure in the Organic Dimer-Mott Insulator β ⁻ -(BEDT-TTF) ₂ ICl ₂
			2013A1118	BL43IR	佐々木 孝彦	
			2013B0089	BL43IR	岡村 英一	
			2013B1144	BL43IR	佐々木 孝彦	
29566	Lucas Huber	92 (2015) 094304	2012B8003	BL3	Staub Urs	Coherent Acoustic Perturbation of Second-Harmonic-Generation in NiO

Applied Physics Letters

29247	Hiroyuki Okazaki	106 (2015) 052601	2013A1324	BL25SU	横谷 尚睦	Signature of High T _c above 25 K in High Quality Superconducting Diamond
29250	Guo-Ling Li	107 (2015) 022109	2013A1400	BL46XU	崔 藝涛	Electronic Structure of β-Ga ₂ O ₃ Single Crystals Investigated by Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy
			2014A1774	BL46XU	陰地 宏	
			2014B1635	BL46XU	陰地 宏	
			2014B1917	BL46XU	陰地 宏	
29267	Daichi Ichinose	107 (2015) 022902	2012A1309	BL13XU	舟窪 浩	Orientation Control of Epitaxial Tetragonal Pb(Zr _x Ti _{1-x})O ₃ Thin Films Grown on (100)KTaO ₃ Substrates by Tuning the Zr/(Zr + Ti) Ratio
			2012B4904	BL15XU	舟窪 浩	
			2009A1356	BL13XU	舟窪 浩	
			2014B4909	BL15XU	舟窪 浩	
29314	Naoka Nagamura	106 (2015) 251604	2012A7402	BL07LSU	堀場 弘司	Chemical Potential Shift in Organic Field-Effect Transistors Identified by Soft X-ray <i>Operando</i> Nano-Spectroscopy
			2012B7402	BL07LSU	堀場 弘司	
			2013A7402	BL07LSU	堀場 弘司	
			2013B7402	BL07LSU	堀場 弘司	
29554	Ryohei Asahara	106 (2015) 233503	2013B3872	BL23SU	渡部 平司	Comprehensive Study and Design of Scaled Metal/High- <i>k</i> /Ge Gate Stacks with Ultrathin Aluminum Oxide Interlayers
			2014B3872	BL23SU	渡部 平司	
29605	Sakyo Hirose	106 (2015) 191602	2011A4610	BL15XU	大橋 直樹	Electric Field and Temperature Dependence of Dielectric Permittivity in Strontium Titanate Investigated by a Photoemission Study on Pt/SrTiO ₃ :Nb Junctions
			2011B4610	BL15XU	大橋 直樹	
			2012A4612	BL15XU	大橋 直樹	
			2012B4612	BL15XU	大橋 直樹	
			2013A4716	BL15XU	大橋 直樹	
29606	Shintaro Yasui	103 (2013) 042904	2013A4713	BL15XU	大橋 直樹	Unusual 90° Domain Structure in (2/3)Bi(Zn _{1/2} Ti _{1/2})O ₃ -(1/3)BiFeO ₃ Epitaxial Films with Giant 22% Tetragonal Distortion

Nature 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
29147	Naotaka Tsutsumi	5 (2014) 5340	2012B6727	BL44XU	津中 康央	The Structural Basis for Receptor Recognition of Human Interleukin-18
29383	Hironori Takeda	5 (2014) 5374	2012B1146	BL32XU	塚崎 智也	Structural Basis for Ion Selectivity Revealed by High-Resolution Crystal Structure of Mg ²⁺ Channel MgtE
			2012B1162	BL32XU	濡木 理	
			2013A1128	BL32XU	塚崎 智也	
			2013A1168	BL32XU	濡木 理	
29453	Hitoki Yoneda	5 (2014) 5080	2012B8014	BL3	米田 仁紀	Saturable Absorption of Intense Hard X-rays in Iron
29522	Zhenxin Zhang	6 (2015) 7731	2013A1052	BL40XU	安田 伸広	Ultrathin Inorganic Molecular Nanowire Based on Polyoxometalates
			2014A1177	BL40XU	安田 伸広	
29559	Shunsuke Yagi	6 (2015) 8249	2013A1188	BL01B1	山田 幾也	Covalency-Reinforced Oxygen Evolution Reaction Catalyst
			2014B1128	BL01B1	山田 幾也	
			2014B1129	BL02B2	山田 幾也	
29588	Haruo Ogawa	6 (2015) 8004	2009B0025	BL41XU	豊島 近	Sequential Substitution of K ⁺ Bound to Na ⁺ , K ⁺ -ATPase Visualized by X-ray Crystallography
			2013A0049	BL41XU	豊島 近	

Journal of Synchrotron Radiation

29371	Yuki Sekiguchi	21 (2014) 1378-1383	2012A8005	BL3	中迫 雅由	<i>IDATEN and G-SITENNO</i> : GUI Assisted Software for Coherent X-ray Diffraction Imaging Experiments and Data Analyses at SACLA
			2012B8037	BL3	中迫 雅由	
			2013A8043	BL3	中迫 雅由	
			2013B8049	BL3	中迫 雅由	
			2014A8033	BL3	中迫 雅由	
29372	Yuki Sekiguchi	21 (2014) 600-612	2012A8005	BL3	中迫 雅由	Data Processing Software Suite <i>SITENNO</i> for Coherent X-ray Diffraction Imaging using the X-ray Free-Electron Laser SACLA
			2012B8037	BL3	中迫 雅由	
			2013A8043	BL3	中迫 雅由	
29457	Kazuto Yamauchi	22 (2015) 592-598	光学系			Nanofocusing of X-ray Free-Electron Lasers by Grazing-Incidence Reflective Optics
			2012B8052	BL3	小山 貴久	
			2013A8063	BL3	小山 貴久	
29458	Kensuke Tono	22 (2015) 532-537	2013A8039	BL3	岩田 想	Diverse Application Platform for Hard X-ray Diffraction in SACLA (DAPHNIS): Application to Serial Protein Crystallography using an X-ray Free-Electron Laser
			2013A8040	BL3	島村 達郎	
			2013B8045	BL3	岩田 想	
			2012B8036	BL3	岩田 想	
			2014A8032	BL3	岩田 想	
29467	Daisuke Ishikawa	22 (2015) 3-9	2010B2056	BL35XU	石川 大介	Inelastic X-ray Scattering with 0.75 meV Resolution at 25.7 keV using a Temperature-Gradient Analyzer
			2010A1981	BL35XU	石川 大介	
			理研	BL43LXU		

Acta Crystallographica Section F

29146	Takeshi Kimura	70 (2014) 1351-1356	2012B6727	BL44XU	津中 康央	Purification, Crystallization and Preliminary X-ray Crystallographic Analysis of Human IL-18 and Its Extracellular Complexes
29353	Takuma Fukumura	70 (2014) 1215-1218	2013B1305	BL41XU	今田 勝巳	Crystallization and Preliminary X-ray Analysis of the Periplasmic Domain of FljP, an Integral Membrane Component of the Bacterial Flagellar Type III Protein-Export Apparatus
29564	Wataru Kagawa	71 (2015) 1125-1130	2010B1375	BL41XU	胡桃坂 仁志	Structure of RizA, an L-amino-acid Ligase from <i>Bacillus subtilis</i>
			2011A1528	BL41XU	胡桃坂 仁志	
			2011B1133	BL41XU	胡桃坂 仁志	
29680	Yoshiki Aikawa	71 (2015) 1189-1193	2011A1602	BL41XU	相川 佳紀	Expression, Purification, Crystallization and X-ray Diffraction Studies of the Molecular Chaperone Prefoldin from <i>Homo sapiens</i>
			2011B1672	BL41XU	相川 佳紀	
			2012A1704	BL41XU	相川 佳紀	
			2009B1694	BL41XU	木田 宗志	
			2007A1829	BL41XU	木田 宗志	

Angewandte Chemie International Edition-1

29284	Shinichi Nishimura	54 (2015) 8939-8942	2011B1872	BL02B2	西村 真一	Superstructure in the Metastable Intermediate-Phase Li _{2/3} FePO ₄ Accelerating the Lithium Battery Cathode Reaction
			2013A1665	BL02B2	西村 真一	
29359	Takane Imaoka	54 (2015) 9810-9815	2014B1406	BL01B1	今岡 享稔	Finding the Most Catalytically Active Platinum Clusters With Low Atomicity
			2014A1326	BL01B1	今岡 享稔	

Angewandte Chemie International Edition-2

研究成果番号	著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
29537	Kazuyuki Iwase	54 (2015) 11068-11072	2013A1598	BL01B1	松田 翔一	Copper-Modified Covalent Triazine Frameworks as Non-Noble-Metal Electrocatalysts for Oxygen Reduction
			2014B1252	BL01B1	神谷 和秀	
			2015A1302	BL01B1	神谷 和秀	
			2013B1123	BL01B1	神谷 和秀	
29663	Yasuhide Akizuki	54 (2015) 10870-10874	2013A1042	BL27SU	山田 幾也	Rattling in the Quadruple Perovskite $\text{CuCu}_3\text{V}_4\text{O}_{12}$
			2013A1188	BL01B1	山田 幾也	
			2013A1689	BL27SU	藤田 晃司	
			2013A1691	BL01B1	藤田 晃司	
			2014B1135	BL02B2	藤田 晃司	

Chemical Communications

29262	Rajesh Kodiyath	50 (2014) 15553-15556	2012B4609	BL15XU	阿部 英樹	Visible-Light Photodecomposition of Acetaldehyde by TiO_2 -coated Gold Nanocages: Plasmon-Mediated Hot Electron Transport <i>via</i> Defect States
			2013A4600	BL15XU	阿部 英樹	
			2014A4603	BL15XU	阿部 英樹	
29287	Sooyeon Kim	51 (2015) 11580-11583	2014A1252	BL38B1	久木 一朗	The Unprecedented J-aggregate Formation of Rhodamine Moieties Induced by 9-phenylanthracenyl Substitution
29487	Megumi Mukoyoshi	51 (2015) 12463-12466	2012B1518	BL02B2	北川 宏	Hybrid Materials of Ni NP@MOF Prepared by a Simple Synthetic Method
29615	Zhendong Liu	51 (2015) 12567-12570	2014A1174	BL04B2	小原 真司	A Top-Down Methodology for Ultrafast Tuning of Nanosized Zeolites
			2012A1278	BL04B2	脇原 徹	
			2014A1893	BL04B2	小原 真司	
			2014B1144	BL04B2	小原 真司	
			2014B2035	BL04B2	小原 真司	
2015A0115	BL04B2	脇原 徹				

Inorganic Chemistry

29104	Yahua Yuan	54 (2015) 3422-3431	2013B4503	BL15XU	山浦 一成	High-Pressure Synthesis, Crystal Structures, and Magnetic Properties of 5d Double-Perovskite Oxides $\text{Ca}_3\text{MgOsO}_6$ and $\text{Sr}_2\text{MgOsO}_6$
			2014A4504	BL15XU	辻本 吉廣	
29173	Hikaru Nagatani	54 (2015) 1698-1704	2013A4910	BL15XU	小俣 孝久	Structural and Thermal Properties of Ternary Narrow-Gap Oxide Semiconductor; Wurtzite-Derived $\beta\text{-CuGaO}_2$
29520	Minoru Mitsumi	53 (2014) 11710-11720	2006B0095	BL02B1	小澤 芳樹	Multifunctional One-Dimensional Rhodium(I)-Semiquinonato Complex: Substituent Effects on Crystal Structures and Solid-State Properties
			2012A1161	BL40XU	安田 伸広	
29521	Yoji Horii	54 (2015) 3297-3305	2012B1109	BL02B1	安田 伸広	Effects of f-f Interactions on the Single-Molecule Magnet Properties of Terbium(III)-Phthalocyaninato Quintuple-Decker Complexes

Physics of the Earth and Planetary Interiors

29249	Eiji Ito	228 (2014) 170-175	2012A1436	BL04B1	伊藤 英司	High Pressure Study of Transition Metal Monoxides MnO and CoO: Structure and Electrical Resistance
29324	Masayuki Nishi	245 (2015) 52-58	2014B0082	BL04B1	入船 徹男	Phase Transitions of Serpentine in the Lower Mantle
			2014A0082	BL04B1	入船 徹男	
			2013B0082	BL04B1	入船 徹男	
29349	Tomohiro Ohuchi	243 (2015) 1-21	2014B0082	BL04B1	入船 徹男	In Situ Observation of Crystallographic Preferred Orientation of Deforming Olivine at High Pressure and High Temperature
			2014A0082	BL04B1	入船 徹男	
			2013B0082	BL04B1	入船 徹男	
29531	Takeshi Arimoto	246 (2015) 1-8	2014A0082	BL04B1	入船 徹男	Sound Velocities of $\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{12}$ Almandine up to 19 GPa and 1700 K
			2013B0082	BL04B1	入船 徹男	
			2013A0082	BL04B1	入船 徹男	

Polymer-1

29093	Kazuya Matsui	70 (2015) 315-325	2011B7259	BL03XU	濱松 浩	Macroscopically Homogeneous Deformation in Injection Molded Polypropylene Induced by Annealing Studied with Microbeam X-ray Scattering
			2013B7258	BL03XU	濱松 浩	
29094	Kazuya Matsui	70 (2015) 215-221	2013A7209	BL03XU	濱松 浩	Microscopic Deformation Behavior of Hard Elastic Polypropylene during Cold-Stretching Process in Fabrication of Microporous Membrane as Revealed by Synchrotron X-ray Scattering

Polymer-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
29149	Takamichi Shinohara	69 (2015) 10-16	2012A1298	BL13XU	高原 淳	Molecular Aggregation States and Wetting Behavior of a Poly{2-(perfluorooctyl)ethyl acrylate} Brush-Immobilized Nano-Imprinted Surface
			2012B1219	BL13XU	高原 淳	
			2012A7213	BL03XU	岡本 泰志	
			2012B7263	BL03XU	岡本 泰志	
29608	Maho Nakajima	66 (2015) 160-166	2013B1652	BL45XU	中嶋 真帆	Nano-Structured Micelle Particles of Polylactide-Poly(oxyethylene) Block Copolymers with Different Block Sequences: Specific Influence of Stereocomplex Formation of the Polylactide Blocks

軽金属 (Journal of Japan Institute of Light Metals)

29334	Akihide Hosokawa	64 (2014) 611-612	2013B1027	BL20XU	戸田 裕之	Image-Based Finite Element Analysis for Reverse 4D Materials Engineering: Ductile Fracture Originated from Hydrogen Pores
29335	Osamu Kuwazuru	64 (2014) 570-575	2012A1205	BL20XU	戸田 裕之	Three-Dimensional Crack Initiation Behavior of Cast Aluminum Alloy under Low-Cycle Fatigue
			2012B1013	BL20XU	戸田 裕之	
			2013A1181	BL20XU	生貝 初	
			2013A1537	BL20XU	戸田 裕之	
			2013B1027	BL20XU	戸田 裕之	
29336	Aya Kouno	64 (2014) 557-563	2008A1498	BL20XU	小林 正和	Simulation of Deformation Texture Evolution in Aluminum Alloy Based on Local Strain Obtained by Synchrotron 3D Measurements
			2009A1554	BL20XU	小林 正和	
			2011B1116	BL20XU	戸田 裕之	
			2012A1205	BL20XU	戸田 裕之	
			2012B1013	BL20XU	戸田 裕之	
			2013A1181	BL20XU	生貝 初	
			2013B1027	BL20XU	戸田 裕之	
29337	Hiroyuki Toda	64 (2014) 518-524	2013B1027	BL20XU	戸田 裕之	Reverse 4D Materials Engineering: Its Framework and Recent Evolution
			2013A1181	BL20XU	生貝 初	
			2012B1013	BL20XU	戸田 裕之	
			2012A1205	BL20XU	戸田 裕之	

Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters

29360	Yuta Tanaka	24 (2014) 4001-4005	2013A1216	BL38B1	大山 拓次	Molecular Dynamics Study-Guided Identification of Cyclic Amine Structures as Novel Hydrophobic Tail Components of hPPAR γ Agonists
			2013B1246	BL38B1	大山 拓次	
29362	Masao Ohashi	25 (2015) 2639-2644	2014A1364	BL38B1	大山 拓次	Different Structures of the Two Peroxisome Proliferator-Activated Receptor Gamma (PPAR γ) Ligand-Binding Domains in Homodimeric Complex with Partial Agonist, but not Full Agonist
29363	Masao Ohashi	25 (2015) 2758-2762	2014B1169	BL38B1	大山 拓次	Peroxisome Proliferator-Activated Receptor Gamma (PPAR γ) has Multiple Binding Points that Accommodate Ligands in Various Conformations: Structurally Similar PPAR γ Partial Agonists Bind PPAR γ LBD in Different Conformations

Journal of Applied Physics

29407	Tomoaki Yamada	118 (2015) 072012	2011A1550	BL13XU	山田 智明	Negligible Substrate Clamping Effect on Piezoelectric Response in (111)-Epitaxial Tetragonal Pb(Zr, Ti)O $_3$ Films
			2012A1491	BL13XU	山田 智明	
			2012B4906	BL15XU	山田 智明	
			2013B4908	BL15XU	山田 智明	
			2014A4908	BL15XU	山田 智明	
29498	Junichi Ikeuchi	118 (2015) 085308	2011B4904	BL15XU	池内 淳一	Electronic Structure of the Polymer-Cathode Interface of an Organic Electroluminescent Device Investigated using Operando Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy
			2010A1780	BL46XU	築嶋 裕之	
			2010B1828	BL46XU	池内 淳一	
			2010B1658	BL46XU	池内 淳一	
29705	Jung Chun Huang	103 (2008) 07D128	2007B4135	BL12B2	Lee Chih Hao	Study of the Local Environment Diversity between Co- and Mn-doped ZnO Single Crystal Film by Multilayer Growth Technique

Journal of Catalysis-1

29288	Wan-Ting Chen	326 (2015) 43-53	2014B1065	BL01B1	Waterhouse Geoffrey	Ni/TiO $_2$: A Promising Low-Cost Photocatalytic System for Solar H $_2$ Production from Ethanol-Water Mixtures
-------	------------------	---------------------	-----------	--------	---------------------	--

Journal of Catalysis-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
29289	Zakiya Al-Azri	329 (2015) 355-367	2014B1065	BL01B1	Waterhouse Geoffrey	The Roles of Metal Co-catalysts and Reaction Media in Photocatalytic Hydrogen Production: Performance Evaluation of M/TiO ₂ Photocatalysts (M = Pd, Pt, Au) in Different Alcohol-Water Mixtures
29290	Wan-Ting Chen	329 (2015) 499-513	2014B1065	BL01B1	Waterhouse Geoffrey	Effect of TiO ₂ Polymorph and Alcohol Sacrificial Agent on the Activity of Au/TiO ₂ Photocatalysts for H ₂ Production in Alcohol-Water Mixtures

Journal of the American Chemical Society

29473	Takuya Terai	137 (2015) 10464-10467	2012A1370	BL38B1	杉山 成	Artificial Ligands of Streptavidin (ALiS): Discovery, Characterization, and Application for Reversible Control of Intracellular Protein Transport
			2012B6724	BL44XU	杉山 成	
			2012B1295	BL38B1	杉山 成	
			2013A6827	BL44XU	杉山 成	
29523	Kousuke Ono	137 (2015) 7015-7018	2013A1052	BL40XU	安田 伸広	Self-Assembly of Nanometer-Sized Boroxine Cages from Diboronic Acids
			2014A1016	BL02B1	植草 秀裕	
			2014B1004	BL02B1	植草 秀裕	
29550	Jared Taylor	137 (2015) 11498-11506	2014A1425	BL02B2	北川 宏	The Role of a Three Dimensionally Ordered Defect Sublattice on the Acidity of a Sulfonated Metal-Organic Framework

Materials Transactions

29079	Shinya Hosokawa	56 (2015) 914-916	2014A1059	BL35XU	細川 伸也	Microscopic Elastic Properties of Polycrystalline Mg ₈₅ Zn ₆ Y ₉ Alloy with Long-Period Stacking Ordered 18R Phase Investigated by Inelastic X-ray Scattering
			2014B1159	BL35XU	細川 伸也	
29317	Masafumi Matsushita	56 (2015) 910-913	2012B3622	BL14B1	松下 正史	Phase Relations among D0 ₃ , α-Mg, and Long-Period Stacking Orders in Mg ₈₅ Zn ₆ Y ₉ Alloy under 3 GPa
			2013A3616	BL14B1	松下 正史	
			2012B1334	BL04B1	松下 正史	
29326	Hui Li	56 (2015) 424-428	2011B1116	BL20XU	戸田 裕之	Application of Diffraction-Amalgamated Grain Boundary Tracking to Fatigue Crack Propagation Behavior in High Strength Aluminum Alloy

Physical Chemistry Chemical Physics

29121	Hiroimitsu Maeda	13 (2011) 3843-3850	2009B1593	BL40B2	前田 大光	Water-Supported Organized Structures Based on Wedge-Shaped Amphiphilic Derivatives of Dipyrrolyldiketone Boron Complexes
29263	Hideki Abe	17 (2015) 4879-4887	2009B4608	BL15XU	阿部 英樹	Correlation between the Surface Electronic Structure and CO-oxidation Activity of Pt Alloys
			2010A4609	BL15XU	阿部 英樹	
			2010B4609	BL15XU	阿部 英樹	
			2011A4600	BL15XU	阿部 英樹	
29322	Kenta Fujii	17 (2015) 17838-17843	2012B1502	BL04B2	藤井 健太	Relationship between Low-Q Peak and Long-Range Ordering of Ionic Liquids Revealed by High-Energy X-ray Total Scattering
			2013B1375	BL04B2	藤井 健太	
			2012B1709	BL04B2	土井 寛之	

ACS Applied Materials & Interfaces

29261	Gubbala V. Ramesh	6 (2014) 16124-16130	2012B4609	BL15XU	阿部 英樹	Stimulation of Electro-oxidation Catalysis by Bulk-Structural Transformation in Intermetallic ZrPt ₃ Nanoparticles
			2013A4600	BL15XU	阿部 英樹	
			2013B4602	BL15XU	阿部 英樹	
29518	Zhiping Wang	7 (2015) 10814-10822	2014A1507	BL46XU	宮寺 哲彦	Understanding Device-Structure-Induced Variations in Open-Circuit Voltage for Organic Photovoltaics
			2014B1614	BL46XU	宮寺 哲彦	

Acta Crystallographica Section A

29282	Po-Yu Liao	71 (2015) 460-466	2013A4129	BL12B2	Chang Shih Lin	Temperature- and Energy-Dependent Phase Shifts of Resonant Multiple-Beam X-ray Diffraction in Germanium Crystals
			2013A4136	BL12B2	Chang Shih Lin	
			2013B4131	BL12B2	Chang Shih Lin	
			2014A4128	BL12B2	Chang Shih Lin	
			2014B4126	BL12B2	Chang Shih Lin	
29702	Vasily Punegov	70 (2014) 64-71	2012B1315	BL20B2	Pavlov Konstantin	Darwin's Approach to X-ray Diffraction on Lateral Crystalline Structures

AIP Conference Proceedings

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
29464	Masanori Inui	1673 (2015) 020002	2011A1154	BL35XU	乾 雅祝	Inelastic X-ray Scattering Studies on Dynamic Structure Factor of Polymeric Liquid Se under Pressure
			2011B1316	BL28B2	乾 雅祝	
			2012B1340	BL04B2	乾 雅祝	
29486	Kazuhiro Matsuda	1673 (2015) 020004	2011B1195	BL08W	松田 和博	X-ray Compton Scattering Experiments for Fluid Alkali Metals at High Temperatures and Pressures
			2012A1195	BL08W	松田 和博	
			2012B1522	BL08W	松田 和博	

ChemCatChem

29316	Kazuki Fukumoto	6 (2014) 1229-1235	2012B6745	BL44XU	溝端 栄一	Rhodium-Complex-Linked Hybrid Biocatalyst: Stereo-Controlled Phenylacetylene Polymerization within an Engineered Protein Cavity
29330	Hemant Choudhary	7 (2015) 2361-2369	2013B1478	BL01B1	穴戸 哲也	Hydrothermal Preparation of a Robust Boehmite-Supported <i>N,N</i> -Dimethyldodecylamine <i>N</i> -Oxide-Capped Cobalt and Palladium Catalyst for the Facile Utilization of Formic Acid as a Hydrogen Source
			2014B1472	BL01B1	西村 俊	

Chemistry Letters

29365	Takahiro Kono	44 (2015) 958-960	2013A1629	BL46XU	吉田 郵司	Synthesis of Novel Push-Pull Chromophores Based on <i>N</i> -Ethylcarbazole for Vacuum Deposition Processed Organic Photovoltaics
			2013A1781	BL46XU	吉田 郵司	
29629	Takashi Nakamura	44 (2015) 755-757	2014A1305	BL01B1	中村 考志	Stability of Copper Nitride Nanoparticles under High Humidity and in Solutions with Different Acidity

Dalton Transactions

29102	Wei Yi	44 (2015) 10785-10794	2014A4504	BL15XU	辻本 吉廣	High-Pressure Synthesis, Crystal Structure and Magnetic Properties of TiCrO ₃ Perovskite
29499	Takahiro Ito	44 (2015) 15334-15342	2014B1428	BL02B2	坂本 裕俊	Porous Frameworks Constructed by Non-Covalent Linking of Substitution-Inert Metal Complexes
			2015A1490	BL02B2	坂本 裕俊	

FEBS Letters

29561	Akito Kawai	589 (2015) 2675-2682	2007B6927	BL44XU	宮本 秀一	Crystal Structure of Family 4 Uracil-DNA Glycosylase from <i>Sulfolobus tokodaii</i> and a Function of Tyrosine 170 in DNA Binding
29706	Maho Morita	589 (2015) 1406-1411	2014A0049	BL41XU	豊島 近	Biselyngbyasides, Cytotoxic Marine Macrolides, are Novel and Potent Inhibitors of the Ca ²⁺ Pumps with a Unique Mode of Binding

ISIJ International

29252	Shigeo Sato	55 (2015) 1432-1438	2013A3785	BL22XU	佐藤 成男	Distribution and Anisotropy of Dislocations in Cold-drawn Pearlitic Steel Wires Analyzed Using Micro-beam X-ray Diffraction
29268	Masayoshi Kumagai	55 (2015) 1489-1495	2012A1062	BL28B2	佐藤 成男	Residual Stress Analysis of Cold-drawn Pearlite Steel Wire Using White Synchrotron Radiation

Journal of Applied Crystallography

29389	Yujiro Hayashi	48 (2015) 1094-1101	2010A7002	BL33XU	林 雄二郎	Polycrystal Orientation Mapping using Scanning Three-Dimensional X-ray Diffraction Microscopy
			2010B1008	BL37XU	林 雄二郎	
			2010B7002	BL33XU	林 雄二郎	
			2011B7002	BL33XU	林 雄二郎	
			2012A7002	BL33XU	林 雄二郎	
			2012B7002	BL33XU	林 雄二郎	
29576	Tsukasa Miyazaki	48 (2015) 1016-1022	2013A7216	BL03XU	宮崎 司	System for <i>in situ</i> Observation of Three-Dimensional Structural Changes in Polymer Films during Uniaxial Deformation
			2013B7264	BL03XU	宮崎 司	

The Journal of Biochemistry

29315	Tatsuya Kawano	157 (2015) 467-475	2011B1595	BL38B1	溝端 栄一	Structure-Based Design of a Streptavidin Mutant Specific for an Artificial Biotin Analogue
29354	Marie Amano	157 (2015) 549-559	2010A1814	BL38B1	今田 勝巳	Recombinant Expression, Molecular Characterization and Crystal Structure of Antitumor Enzyme, L-lysine α -oxidase from <i>Trichoderma viride</i>

The Journal of Biological Chemistry

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
29685	Yukie Maruyama	290 (2015) 6281-6292	2010B1149	BL38B1	橋本 渉	Metabolic Fate of Unsaturated Glucuronic/Iduronic Acids from Glycosaminoglycans: Molecular Identification and Structure Determination of Streptococcal Isomerase and Dehydrogenase
			2011A1186	BL38B1	橋本 渉	
			2011B2055	BL41XU	橋本 渉	
29686	Ryuuichi Takase	289 (2014) 33198-33214	2011A1186	BL38B1	橋本 渉	Structure-based Conversion of the Coenzyme Requirement of a Short-chain Dehydrogenase/Reductase Involved in Bacterial Alginate Metabolism
			2011B2055	BL41XU	橋本 渉	
			2012B1265	BL38B1	橋本 渉	
			2013A1106	BL38B1	橋本 渉	

Journal of Materials Chemistry A

29265	Noelia M. Sanchez-Ballester	3 (2015) 6614-6619	2013B4602	BL15XU	阿部 英樹	Activated Interiors of Clay Nanotubes for Agglomeration-Tolerant Automotive Exhaust Remediation
29692	Kousuke Beppu	3 (2015) 13540-13545	2014A1377	BL01B1	細川 三郎	Oxygen Storage Capacity of Sr ₃ Fe ₂ O _{7-δ} Having High Structural Stability

The Journal of Physical Chemistry C

29090	Hideki Tanaka	119 (2015) 11533-11543	2014A1317	BL02B2	近藤 篤	Modeling and Visualization of CO ₂ Adsorption on Elastic Layer-Structured Metal-Organic Framework-11: Toward a Better Understanding of Gate Adsorption Behavior
29472	Masaaki Yoshida	119 (2015) 19279-19286	2014A1058	BL01B1	吉田 真明	Direct Observation of Active Nickel Oxide Cluster in Nickel-Borate Electrocatalyst for Water Oxidation by In Situ O K-Edge X-ray Absorption Spectroscopy
			2015A1138	BL01B1	吉田 真明	

Journal of the Korean Physical Society

29512	Eri Tanaka	66 (2015) 1355-1358	2014A1323	BL02B1	森 茂生	Structural Changes and Microstructures of Ba _{1-x} Sr _x Al ₂ O ₄ for 0 < x < 0.4
			2015A1507	BL02B1	森 茂生	
29654	Chisato Temba	66 (2015) 1386-1388	2013B1453	BL39XU	中島 伸夫	X-ray Absorption Study of the Local Dipole Moment in SrTiO ₃ under Uniaxial Pressure

Journal of the Physical Society of Japan

29106	Shinjiro Amasaki	84 (2015) 064704	2007A1380	BL39XU	細糸 信好	Induced Spin Polarization in the Au Layers of Fe/Au Multilayer in an Antiparallel Alignment State of Fe Magnetizations by Resonant X-ray Magnetic Scattering at the Au L ₃ Absorption Edge
29485	Koji Kimura	84 (2015) 084701	2011B4257	BL12XU	松田 和博	Inelastic X-ray Scattering Study on Plasmon Dispersion in Liquid Cs
			2012B4261	BL12XU	松田 和博	
			2013A4259	BL12XU	松田 和博	

JPS Conference Proceedings

29656	Shinya Hosokawa	8 (2015) 031002	2014A1060	BL13XU	細川 伸也	A Combination of Anomalous X-ray Scattering and Neutron Diffraction for Structural Characterizations of Zr ₄₅ Cu ₄₅ Ag ₁₀ Metallic Glass
29661	Kozo Furuta	8 (2015) 031004	2013B1411	BL04B2	森 一広	Local Structure of Lithium Ion Conducting Germanium Sulfide Glass: (Li ₂ S) ₄₀ (GeS ₂) ₆₀

Optics Express

29370	Amane Kobayashi	22 (2014) 27892-27909	2013A8043	BL3	中迫 雅由	Dark-Field Phase Retrieval under the Constraint of the Friedel Symmetry in Coherent X-ray Diffraction Imaging
			2013B8049	BL3	中迫 雅由	
			2014A8033	BL3	中迫 雅由	
29701	Thomas Baillie	20 (2012) 16913-16925	2011A1268	BL20B2	Pavlov Konstantin	Phase-contrast X-ray Tomography using Teague's Method

Physics and Chemistry of Minerals

29291	Lijin Ye	42 (2015) 569-577	2013B1257	BL04B1	Zhai Shuangmeng	Compressibilities of MnFe ₂ O ₄ Polymorphs
			2014A1736	BL04B1	Zhai Shuangmeng	
29542	Zhaodong Liu	42 (2015) 213-222	2013A0082	BL04B1	入船 徹男	Elastic Wave Velocity of Polycrystalline Mj ₈₀ Py ₂₀ Garnet to 21 GPa and 2,000 K
			2012B0082	BL04B1	入船 徹男	

Review of Scientific Instruments

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
29144	Tatsuhiko Naka	86 (2015) 073701	2013A1391	BL37XU	中 竜大	Analysis System of Submicron Particle Tracks in the Fine-Grained Nuclear Emulsion by a Combination of Hard X-ray and Optical Microscopy
			2013B1461	BL37XU	中 竜大	
			2014A1352	BL37XU	中 竜大	
			2014B1415	BL37XU	中 竜大	
29344	Shingo Yamamoto	86 (2015) 083901	2012B1480	BL47XU	田原 譲	Ultrafast Spin-Switching of a Ferrimagnetic Alloy at Room Temperature Traced by Resonant Magneto-Optical Kerr Effect Using a Seeded Free Electron Laser
			2013B7453	BL07LSU	和達 大樹	
			2014A7401	BL07LSU	松田 巖	
			2014A7461	BL07LSU	和達 大樹	

RSC Advances

29468	Hongqiang Ma	5 (2015) 71890-71895	2015A1137	BL02B2	Xing Xianran	Structure and Oxide Ion Conductivity in Tetragonal Tungsten Bronze BaBiNb ₅ O ₁₅
29558	Hongqiang Ma	5 (2015) 76957-76962	2015A1137	BL02B2	Xing Xianran	Structure and Electrical Properties of Tetragonal Tungsten Bronze Ba ₂ CeFeNb ₄ O ₁₅

Science

29280	Jun Abe	349 (2015) 312-316	2009A6902	BL44XU	秋山 修志	Atomic-Scale Origins of Slowness in the Cyanobacterial Circadian Clock
			2009B6902	BL44XU	秋山 修志	
			2010A6502	BL44XU	秋山 修志	
			2010B6502	BL44XU	秋山 修志	
			2011A6602	BL44XU	秋山 修志	
			2011B6602	BL44XU	秋山 修志	
			2012A6702	BL44XU	秋山 修志	
			2012B6702	BL44XU	秋山 修志	
29603	Xiaochun Qin	348 (2015) 989-995	2013B6700	BL44XU	大野 美恵	Structural Basis for Energy Transfer Pathways in the Plant PSI-LHCI Supercomplex
			2014B1281	BL41XU	沈 建仁	
			2014A1243	BL41XU	沈 建仁	
			2015A1108	PX-BL	沈 建仁	
			2015A6522	BL44XU	菅 倫寛	
			2013B6826	BL44XU	菅 倫寛	
			2013A6826	BL44XU	菅 倫寛	
2014A6927	BL44XU	菅 倫寛				
			2014B6927	BL44XU	菅 倫寛	

Science and Technology of Advanced Materials

29101	Yahua Yuan	15 (2014) 064901	2013A4504	BL15XU	山浦 一成	High-Pressure Synthesis, Crystal Structure, and Magnetic Properties of KSbO ₃ -type 5d Oxides K _{0.84} OsO ₃ and Bi _{2.93} Os ₃ O ₁₁
			2013B4503	BL15XU	山浦 一成	
29103	Wei Yi	16 (2015) 024801	2012A4507	BL15XU	Belik Alexei	Structure and Cation Distribution in Perovskites with Small Cations at the A Site: the Case of ScCoO ₃
			2013B4503	BL15XU	山浦 一成	

Solid State Ionics

29295	Yasushi Idemoto	279 (2015) 6-10	2011A1853	BL19B2	井手本 康	Crystal and Electronic Structures, Thermodynamic Stability, and Cathode Performance of Li(Ni, Co, M)O ₂ (M = Cu, Zn)
29510	Kazuhiro Mori	280 (2015) 44-50	2013B1411	BL04B2	森 一広	Three-Dimensional Structures and Lithium-Ion Conduction Pathways of (Li ₂ S) _x (GeS ₂) _{100-x} Superionic Glasses

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

29325	Masayuki Nishi	24 (2013) 136-144	2008A1716	BL04B1	西 真之	Metastable Phase Relations in the Mantle Transition Region
			2007B1680	BL04B1	西 真之	
29548	Tetsuo Irifune	21 (2011) 278-284	2009B1707	BL04B1	國本 健広	Synthesis of Nano-Polycrystalline Diamond(NPD) and Its Application to Ultrahigh-Pressure Studies

鑄造工学 (Journal of Japanese Foundry Engineering Society)

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
29358	Tomoya Nagira	87 (2015) 552-560	2009A0014	BL20B2	安田 秀幸	In Situ Observation of Cracking Formation Induced by Deformation in Semi-solid Al-Cu Alloys
			2009B0014	BL20B2	安田 秀幸	
			2010A1420	BL20B2	柳楽 知也	
			2011A1209	BL20B2	Gourlay Christopher	
			2011B1096	BL20XU	柳楽 知也	
			2012A1109	BL20XU	柳楽 知也	
			2012B1173	BL20XU	柳楽 知也	
			2013B1242	BL20XU	柳楽 知也	
			2014B1090	BL20XU	柳楽 知也	
2015A1318	BL20XU	柳楽 知也				
29670	Kazuyuki Shimizu	86 (2014) 19-25	2012A1176	BL20XU	Buffiere Jean Yves	Fatigue Behaviour Analysis of Spheroidal Graphite Iron Via High Resolution 4D Imaging

2015 Joint IEEE International Symposium on the Applications of Ferroelectric, International Symposium on Integrated Functionalities and Piezoelectric Force Microscopy Workshop (ISAF/ISIF/PFM)

29534	Daisuke Ito	(2015) 175-177	2012B4906	BL15XU	山田 智明	Fabrication of Tetragonal Pb(Zr,Ti)O ₃ Nanorods by Focused Ion Beam and Characterization of the Domain Structure
			2012B1554	BL13XU	山田 智明	
			2013A4904	BL15XU	山田 智明	
			2013A1525	BL13XU	山田 智明	
			2013B4908	BL15XU	山田 智明	
			2014A4908	BL15XU	山田 智明	
			2014B4908	BL15XU	山田 智明	

ACS Catalysis

29589	Yuki Nagao	5 (2015) 1986-1994	2013A1344	BL14B2	永尾 有希	Rh/ZrP ₂ O ₇ as an Efficient Automotive Catalyst for NO _x Reduction under Slightly Lean Conditions
-------	------------	-----------------------	-----------	--------	-------	---

ACS NANO

29707	Koki Urita	8 (2014) 3614-3619	2012B1780	BL02B2	瓜田 幸幾	Enhanced Electric Double-Layer Capacitance by Desolvation of Lithium Ions in Confined Nanospaces of Microporous Carbon
-------	------------	-----------------------	-----------	--------	-------	--

Advanced Electronic Materials

29455	Young Yong Kim	1 (2015) 201500197	2013B1171	BL40B2	高原 淳	High-Performance n-Type Electrical Memory and Morphology-Induced Memory-Mode Tuning of a Well-Defined Brush Polymer Bearing Perylene Diimide Moieties
			2014A1228	BL02B2	高原 淳	
			2014A1222	BL40B2	高原 淳	

Advanced Materials

29148	Gregory A. Williams	27 (2015) 3934-3941	2013B1529	BL19B2	高原 淳	Mechanically Robust and Self-Healable Superlattice Nanocomposites by Self-Assembly of Single-Component "Sticky" Polymer-Grafted Nanoparticles
-------	---------------------	------------------------	-----------	--------	------	---

Advanced Materials Interfaces

29140	Yoichi Ishiwata	2 (2015) 201570057	2011B4126	BL12B2	石渡 洋一	Impurity-Induced First-Order Phase Transitions in Highly Crystalline V ₂ O ₃ Nanocrystals
			2011B4134	BL12B2	石渡 洋一	
			2012A4135	BL12B2	石渡 洋一	
			2012B4134	BL12B2	石渡 洋一	
			2013A4125	BL12B2	石渡 洋一	
			2013B4134	BL12B2	石渡 洋一	
			2014A4138	BL12B2	石渡 洋一	

AIP Advances

29627	Takuto Kojima	5 (2015) 097140	2012A1490	BL37XU	大下 祥雄	Annealing Effects on Recombinative Activity of Nickel at Direct Silicon Bonded Interface
-------	---------------	--------------------	-----------	--------	-------	--

AMTC Letters

29650	Yoshihiro Sugawara	4 (2014) 178-179	2009B3322	BL08B2	山口 聡	Characterization of Dissociated Threading Edge Dislocation Formed in 4H-SiC by Transmission Electron Microscopy
-------	--------------------	---------------------	-----------	--------	------	---

Applied Surface Science

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
29366	Yosei Shibata	355 (2015) 1261-1266	2013A1629	BL46XU	吉田 郵司	Morphological Analysis of Co-evaporated Blend Films Based on Initial Growth for Organic Photovoltaics
			2013A1781	BL46XU	吉田 郵司	

Biochemistry

29197	Hsin-Hui Wu	51 (2012) 575-577	2012A4002	BL12B2	Tsai MingDaw	Structural Delineation of MDC1-FHA Domain Binding with CHK2-pThr68
			2012A4015	BL12B2	Tsai MingDaw	

Bioengineered

29688	Wataru Hashimoto	6 (2015) 141-148	2007B1268	BL38B1	橋本 涉	Structural Studies on Laz, a Promiscuous Anticancer Neisserial Protein
			2013B1260	BL38B1	橋本 涉	

Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry

29203	Kotaro Suematsu	79 (2015) 952-959	2012A6718	BL44XU	木村 誠	On Archaeal Homologs of the Human RNase P Proteins Pop5 and Rpp30 in the Hyperthermophilic Archaeon <i>Thermococcus kodakarensis</i>
			2012B6718	BL44XU	木村 誠	
			2013A6819	BL44XU	木村 誠	
			2014A6921	BL44XU	木村 誠	

Bone

29660	Narihiro Okazaki	64 (2014) 82-87	2012A1356	BL20B2	千葉 恒	Trabecular Microfractures in the Femoral Head with Osteoporosis: Analysis of Microcallus Formations by Synchrotron Radiation Micro CT
-------	---------------------	--------------------	-----------	--------	------	---

Carbohydrate Polymers

29283	Kayoko Kobayashi	97 (2013) 105-110	2011A1535	BL40B2	和田 昌久	Crystal Transition between Hydrate and Anhydrous (1 → 3)-β-D-xylan from <i>Penicillium dumetosus</i>
-------	---------------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

Carbohydrate Research

29687	Kanate Temtrirath	404 (2015) 39-45	2012B1265	BL38B1	橋本 涉	Structural Insights into Alginate Binding by Bacterial Cell-Surface Protein
			2013A1106	BL38B1	橋本 涉	

Cardiovascular Diabetology

29271	Mark Waddingham	14 (2015) 92	2012B1469	BL40XU	Pearson James	Chronic Rho-kinase Inhibition Improves Left Ventricular Contractile Dysfunction in Early Type-1 Diabetes by Increasing Myosin Cross-Bridge Extension
			2013B1759	BL40XU	Pearson James	

Catalysis Letters

29141	Satoshi Kameoka	145 (2015) 1457-1463	2012A4500	BL15XU	許 亜	A Composite Catalyst with a Lamellar Fe ₃ O ₄ /Pt/Fe ₃ O ₄ Structure and Complementary Dual Catalytic Functions
			2012B4502	BL15XU	許 亜	
			2013A4902	BL15XU	亀岡 聡	
			2013A4900	BL15XU	亀岡 聡	

Catalysis Today

29145	Masatomo Yashima	253 (2015) 3-19	2010B1788	BL02B2	伊藤 孝憲	Some Recent Developments in the Atomic-Scale Characterization of Structural and Transport Properties of Ceria-Based Catalysts and Ionic Conductors
			2011B1995	BL02B2	八島 正知	
			2012A1415	BL02B2	八島 正知	
			2011A1442	BL02B2	八島 正知	

Chemical Physics Letters

29387	Stephan Thuermer	636 (2015) 129-133	2012A1374	BL02B2	加納 博文	Pore-Size Dependent Effects on Structure and Vibrations of 1-ethyl-3-Methylimidazolium Tetrafluoroborate in Nanoporous Carbon
-------	---------------------	-----------------------	-----------	--------	-------	---

Chemistry - An Asian Journal

29626	Hiroyuki Yokoyama	10 (2015) 2292-2295	2012B0039	BL38B1	藤田 誠	Finely Resolved Threshold for the Sharp M ₁₂ L ₂₄ /M ₂₄ L ₄₈ Structural Switch in Multi-Component M _n L _{2n} Polyhedral Assemblies: X-ray, MS, NMR, and Ultracentrifugation Analyses
			2013A0039	BL38B1	藤田 誠	

Chemistry of 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
29604	Takashi Takeda	27 (2015) 5892-5898	2014B1075	BL37XU	武田 隆史	Narrow-Band Green-Emitting Phosphor Ba ₂ LiSi ₇ AlN ₁₂ :Eu ²⁺ with High Thermal Stability Discovered by a Single Particle Diagnosis Approach

ChemNanoMat

29614	Takayuki Iida	1 (2015) 155-158	2014B1144	BL04B2	小原 真司	Sn-Beta Zeolite Catalysts with High Sn Contents Prepared from Sn-Si Mixed Oxide Composites
			2014A1071	BL04B2	脇原 徹	
			2014A1174	BL04B2	小原 真司	
			2014A1893	BL04B2	小原 真司	
			2014B2035	BL04B2	小原 真司	

ChemSusChem

29107	Tuteja Jaya	8 (2015) 1862-1866	2014B1472	BL01B1	西村 俊	Selective Oxidation of 1,6-Hexanediol to 6-Hydroxycaproic Acid over Reusable Hydrotalcite-Supported Au-Pd Bimetallic Catalysts
-------	-------------	-----------------------	-----------	--------	------	--

Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects

29260	Shinya Hiraki	482 (2015) 454-463	2012A1203	BL37XU	瀧上 隆智	Adsorbed Film of <i>n</i> -tetradecylphosphocholine at the Tetradecane/Water Interface Studied by Interfacial Tensiometry and X-ray Reflection
			2012B1154	BL37XU	瀧上 隆智	

ECS Transactions

29444	Akio Ohta	64 (2014) 241-248	2014A0109	BL47XU	宮崎 誠一	Characterization of Chemical Bonding Features and Interfacial Reactions in Ge-MIS Structure with HfO ₂ /TaGe _x O _y Dielectric Stack
			2013A1696	BL47XU	野平 博司	

Electrochimica Acta

29488	Hiroyuki Koshikawa	180 (2015) 173-177	2013B1123	BL01B1	神谷 和秀	Heat-Treated 3,5-diamino-1,2,4-triazole/graphene Hybrid Functions as an Oxygen Reduction Electrocatalyst with High Activity and Stability
			2014B1252	BL01B1	神谷 和秀	
			2015A1302	BL01B1	神谷 和秀	

Energy & Environmental Science

29264	Rajesh Kodiyath	8 (2015) 1685-1689	2012B4609	BL15XU	阿部 英樹	Promoted C-C Bond Cleavage over Intermetallic TaPt ₃ Catalyst toward Low-Temperature Energy Extraction from Ethanol
			2013A4600	BL15XU	阿部 英樹	
			2014A4603	BL15XU	阿部 英樹	

European Journal of Medicinal Chemistry

29361	Masao Ohashi	90 (2015) 53-67	2014A1364	BL38B1	大山 拓次	Structural Design and Synthesis of Arylalkynyl Amide-Type Peroxisome Proliferator-Activated Receptor γ (PPAR γ)-selective Antagonists Based on the Helix12-Folding Inhibition Hypothesis
-------	--------------	--------------------	-----------	--------	-------	---

Experimental Thermal and Fluid Science

29526	Seoksu Moon	68 (2015) 68-81	2013A1654	BL40XU	文 石洙	Ultrafast X-ray Study of Multi-Hole GDI Injector Sprays: Effects of Nozzle Hole Length and Number on Initial Spray Formation
			2013B1729	BL40XU	文 石洙	
			2014A1168	BL40XU	文 石洙	

Ferroelectrics

29319	Shigeo Mori	464 (2014) 116-121	2012B1241	BL02B2	谷口 博基	Structural Phase Transition and Microstructures in Stuffed Tridymite-Type Compounds; Ba(Al, Fe) ₂ O ₄
-------	-------------	-----------------------	-----------	--------	-------	---

Geophysical Research Letters

29198	Sayuri Minobe	42 (2015) 5206-5211	2014A0080	BL10XU	廣瀬 敬	Stability and Compressibility of a New Iron-Nitride β -Fe ₇ N ₃ to Core Pressures
			2014B0080	BL10XU	廣瀬 敬	
			2015A0080	BL10XU	廣瀬 敬	

IFMBE Proceedings

29281	Mercedes Martinson	51 (2015) 166-168	2013A1591	BL20B2	Martinson Mercedes	Indirect Measurement of Average Alveolar Dimension using Dynamic Phase-Contrast Imaging
-------	--------------------	----------------------	-----------	--------	--------------------	---

Inorganica Chimica Acta

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
29525	Jianlin Han	433 (2015) 3-12	2010A1976	BL02B1	安田 伸広	Carbonyl Group Coordination Preferences in Square-Planer Ni ^{II} and Pd ^{II} Complexes of Pentadentate Ligands by Electron-Withdrawing/Donating Substituents
			2010B1489	BL40XU	安田 伸広	
			2010B1494	BL02B1	安田 伸広	

International Journal of Pharmaceutics

29507	Ryusuke Kajihara	495 (2015) 140-143	2014B1120	BL37XU	野口 修治	Structural Investigation of Spherical Hollow Excipient Mannit Q by X-ray Microtomography
			2013A1187	BL37XU	野口 修治	

IOP Conference Series: Materials Science and Engineering

29136	Arvind Prasad	84 (2015) 012014	2012B1430	BL20B2	野北 和宏	Real-Time Synchrotron X-ray Observations of Equiaxed Solidification of Aluminium Alloys and Implications for Modelling
			2014A1540	BL20B2	野北 和宏	
			2014A1541	BL20B2	野北 和宏	

IUCrJ

29703	Venkatesha Hathwar	2 (2015) 563-574	2014A0078	BL02B1	Iversen Bo	Quantitative Analysis of Intermolecular Interactions in Orthorhombic Rubrene
-------	--------------------	---------------------	-----------	--------	------------	--

Journal of Alloys and Compounds

29388	Naruki Endo	645 (2015) S61-S63	2012B3603	BL14B1	遠藤 成輝	Hydrogenation of L ₁ -type AlNi ₃ Alloy at High Pressure and Temperature
			2013A3603	BL14B1	遠藤 成輝	
			2013B3603	BL14B1	遠藤 成輝	

Journal of Antimicrobial Chemotherapy

29557	Akihiro Morinaka	70 (2015) 2779-2786	2012A1531	BL41XU	今吉 憲幸	OP0595, a New Diazabicyclooctane: Mode of Action as a Serine β -lactamase Inhibitor, Antibiotic and β -lactam 'Enhancer'
-------	------------------	------------------------	-----------	--------	-------	--

Journal of Asian Ceramic Societies

29478	Yoshihiro Tsujimoto	3 (2015) 325-333	2012A4508	BL15XU	辻本 吉廣	Size Dependence of Structural, Magnetic, and Electrical Properties in Corundum-Type Ti ₂ O ₃ Nanoparticles Showing Insulator-Metal Transition
			2014A4504	BL15XU	辻本 吉廣	

Journal of Bone Mineral Research

29659	Ko Chiba	27 (2012) 1511-1517	2009A1866	BL20B2	千葉 恒	Relationship between Microstructure and Degree of Mineralization in Subchondral Bone of Osteoarthritis: A Synchrotron Radiation μ CT Study
-------	----------	------------------------	-----------	--------	------	--

The Journal of Chemical Physics

29311	Shuta Tahara	143 (2015) 044509	2011B1531	BL04B2	田原 周太	Intermediate-Range Chemical Ordering of Cations in Molten RbCl-AgCl
			2010B1597	BL04B2	川北 至信	
			2011B1457	BL02B1	尾原 幸治	

Journal of Crystal Growth

29142	Takuo Sasaki	425 (2015) 13-15	2012A3510	BL11XU	大下 祥雄	<i>In situ</i> Three-Dimensional X-ray Reciprocal-Space Mapping of InGaAs Multilayer Structures Grown on GaAs(001) by MBE
			2012B3511	BL11XU	大下 祥雄	

Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena

29669	Akira Yagishita	200 (2015) 247-256	2013B8022	BL3	柳下 明	Photoelectron Angular Distributions from Single Oriented Molecules: Past, Present and Future
			2014A8012	BL3	柳下 明	

Journal of Materials Sciences and Applications

29609	Keita Watanabe	1 (2015) 256-261	2012B1167	BL04B2	淵 真悟	High-Energy X-ray Diffraction Measurements and Luminescence Properties of Sm ³⁺ -Doped Borate Glasses
			2014B1162	BL04B2	淵 真悟	

Journal of Nanoparticle Research

29657	Yuji Ohkubo	15 (2013) 1597	2012A1344	BL01B1	中川 貴	Radiolytic Synthesis of Carbon-Supported PtRu Nanoparticles using High-Energy Electron Beam: Effect of pH Control on the PtRu Mixing State and the Methanol Oxidation Activity
-------	-------------	-------------------	-----------	--------	------	--

Journal of Pharmaceutical Sciences

研究成果番号	著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
29357	Nobuhiro Mizuno	104 (2015) 2482-2488	2012A0084	BL02B2	久保田 佳基	Structural Basis for Polymer Packing and Solvation Properties of the Organogermanium Crystalline Polymer Propagermanium and Its Derivatives
			2012B0084	BL02B2	久保田 佳基	
			2012A1832	BL41XU	長谷川 和也	
			理研	BL44B2		

The Journal of Physical Chemistry Letters

29348	Koji Motomura	6 (2015) 2944-2949	2012B8045	BL3	上田 潔	Charge and Nuclear Dynamics Induced by Deep Inner-Shell Multiphoton Ionization of CH ₃ I Molecules by Intense X-ray Free-Electron Laser Pulses
-------	---------------	-----------------------	-----------	-----	------	---

Journal of Physics: Condensed Matter

29434	Siyuan Zhu	27 (2015) 362201	2011B4803	BL15XU	木村 昭夫	Drastic Change in Density of States upon Martensitic Phase Transition for Metamagnetic Shape Memory Alloy Ni ₂ Mn _{1+x} In _{1-x}
			2012A4805	BL15XU	木村 昭夫	

Journal of Physics: Conference Series

29086	Hitoshi Sato	592 (2015) 012016	2011B4801	BL15XU	佐藤 仁	Photoemission Study on YbZn _{1-x} Sn _x Cu ₄
			2012A4801	BL15XU	佐藤 仁	

Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics

29285	Philip-kunio Naito	53 (2015) 1065-1069	2012B1442	BL40B2	和田 昌久	Crystal Transition from Hydrated Chitosan and Chitosan/Monocarboxylic Acid Complex to Anhydrous Chitosan Investigated by X-Ray Diffraction
-------	--------------------	------------------------	-----------	--------	-------	--

Journal of Power Sources

29704	Chih-Wei Hu	270 (2014) 449-456	2012A4125	BL12B2	Lee Chih Hao	Real-time Investigation on the Influences of Vanadium Additives to the Structural and Chemical State Evolutions of LiFePO ₄ for Enhancing the Electrochemical Performance of Lithium-Ion Battery
-------	-------------	-----------------------	-----------	--------	--------------	---

Journal of Solid State Chemistry

29172	Hikaru Nagatani	222 (2015) 66-70	2013A4910	BL15XU	小俣 孝久	Structure of β-AgGaO ₂ ; Ternary I-III-VI ₂ Oxide Semiconductor with a Wurtzite-Derived Structure
-------	-----------------	---------------------	-----------	--------	-------	---

Journal of Structural and Functional Genomics

29343	Tatsuo Yanagisawa	16 (2015) 25-41	2014A1075	BL41XU	関根 俊一	A SelB/EF-Tu/aIF2γ-like Protein from <i>Methanosarcina mazei</i> in the GTP-bound Form Binds CysteinyI-tRNA ^{Cys}
-------	-------------------	--------------------	-----------	--------	-------	--

Journal of the Ceramic Society of Japan

29327	Takayuki Murakami	123 (2015) 667-671	2014A1567	BL14B2	村上 隆幸	Evaluation of the Structure of Ag in Thermal Sprayed Ag-containing Hydroxyapatite Coatings
-------	-------------------	-----------------------	-----------	--------	-------	--

Journal of the Electrochemical Society

29658	Kota Suzuki	162 (2015) A7083-A7090	2010B1818	BL46XU	菅野 了次	Interfacial Analysis of Surface-Coated LiMn ₂ O ₄ Epitaxial Thin Film Electrode for Lithium Batteries
			2011A1375	BL37XU	菅野 了次	
			2011B3671	BL22XU	菅野 了次	
			2011B1863	BL46XU	菅野 了次	
			2012A3617	BL14B1	田村 和久	

Macromolecules

29613	Rintaro Takahashi	48 (2015) 7222-7229	2014B1715	BL40B2	高橋 倫太郎	Intermolecular Interactions and Self-Assembly in Aqueous Solution of a Mixture of Anionic-Neutral and Cationic-Neutral Block Copolymers
			2014B1087	BL40B2	寺尾 憲	

Materials & Design

29135	Mohd Arif Anuar Mohd Salleh	82 (2015) 136-147	2013B1524	BL37XU	野北 和宏	Development of a Microwave Sintered TiO ₂ Reinforced Sn-0.7wt%Cu-0.05wt%Ni Alloy
			2014A1360	BL37XU	安田 秀幸	

Materials Letters

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
29667	Sota Takagi	161 (2015) 13-16	2014B1136	BL10XU	興野 純	X-ray Diffraction Study of the Icosahedral AlCuFe Quasicrystal at Megabar Pressures

Materials Science and Technology

29333	Christian Schlacher	31 (2015) 516-521	2011A1291	BL20XU	Schlacher Christian	Investigation of Creep Damage in Advanced Martensitic Chromium Steel Weldments using Synchrotron X-ray Micro-Tomography and EBSD
-------	---------------------	----------------------	-----------	--------	---------------------	--

Materials Science Forum

29655	Yoshihiro Sugawara	778-780 (2014) 366-369	2009B3322	BL08B2	山口 聡	Characterization of Threading Edge Dislocation in 4H-SiC by X-ray Topography and Transmission Electron Microscopy
-------	--------------------	---------------------------	-----------	--------	------	---

Microscopy Today

29502	Ryuta Mizutani	23 (2015) 12-17	2008B1261	BL47XU	水谷 隆太	Scanning Brain Networks with Micro-CT
			2013B0034	BL20XU	水谷 隆太	
			2013B0041	BL47XU	水谷 隆太	
			2014B1083	BL20XU	水谷 隆太	
			2014B1096	BL20B2	水谷 隆太	
			2015A1160	BL20XU	水谷 隆太	

Nano Letters

29517	Tetsuhiko Miyadera	15 (2015) 5630-5634	2014B1614	BL46XU	宮寺 哲彦	Crystallization Dynamics of Organolead Halide Perovskite by Real-Time X-ray Diffraction
			2015A1689	BL46XU	宮寺 哲彦	

Nature Methods

29452	Michihiro Sugahara	12 (2015) 61-63	2012B8036	BL3	岩田 想	Grease Matrix as a Versatile Carrier of Proteins for Serial Crystallography
			2013A8039	BL3	岩田 想	
			2013A8040	BL3	島村 達郎	
			2013B8044	BL3	島村 達郎	
			2013B8045	BL3	岩田 想	
			2014A8032	BL3	岩田 想	

Optics Letters

29286	Yi-Wei Tsai	40 (2015) 2969-2972	2013A4261	BL12XU	Chang Shih Lin	Single-mode Selection for Hard X-ray Cavity Resonance
			2013B4259	BL12XU	Chang Shih Lin	
			2014A4250	BL12XU	Chang Shih Lin	
			2014A4260	BL12XU	Chang Shih Lin	
			2014B4265	BL12XU	Chang Shih Lin	

Physica Status Solidi C

29089	Hitoshi Sato	12 (2015) 620-623	2012B4801	BL15XU	佐藤 仁	Electronic Structure of YbNiX ₃ (X=Si, Ge) Studied by Hard X-ray Photoemission Spectroscopy
-------	--------------	----------------------	-----------	--------	------	--

Physical Review Letters

29631	Alessandro Erba	115 (2015) 117402	2009A2022	BL08W	櫻井 吉晴	Anharmonic Thermal Oscillations of the Electron Momentum Distribution in Lithium Fluoride
-------	-----------------	----------------------	-----------	-------	-------	---

Plant Science

29137	Hiroaki Sakai	238 (2015) 170-177	2010B1695	BL37XU	吉田 薫	A Decrease in Phytic Acid Content Substantially Affects the Distribution of Mineral Elements within Rice Seeds
			2013B1209	BL37XU	吉田 薫	

Structural Dynamics

29456	Yoshihiro Ogi	2 (2015) 034901	2013B8068	BL3	鈴木 俊法	Ultraviolet Photochemical Reaction of [Fe(III)(C ₂ O ₄) ₃] ³⁻ in Aqueous Solutions Studied by Femtosecond Time-Resolved X-ray Absorption Spectroscopy Using an X-ray Free Electron Laser
-------	---------------	--------------------	-----------	-----	-------	--

Structure

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
29689	Yukie Maruyama	23 (2015) 1643-1654	2013A1106	BL38B1	橋本 渉	Structure of a Bacterial ABC Transporter Involved in the Import of an Acidic Polysaccharide Alginate
			2012B1265	BL38B1	橋本 渉	
			2012A1317	BL38B1	橋本 渉	
			2011B1108	BL38B1	橋本 渉	
			2011B2055	BL41XU	橋本 渉	
			2011A1186	BL38B1	橋本 渉	
			2010B6500	BL44XU	山下 栄樹	
			2010A1279	BL38B1	橋本 渉	
2009B1177	BL38B1	橋本 渉				

Superconductor Science and Tecgnology

29678	Kozo Osamura	26 (2013) 045012	2012A1765	BL46XU	町屋 修太郎	Direct Evidence of the High Strain Tolerance of the Critical Current of DI-BSCCO Tapes Fabricated by Means of the Pretensioned Lamination Technique
-------	--------------	---------------------	-----------	--------	--------	---

Synthetic Metals

29611	Rei Yoshida	208 (2015) 43-48	2014A0100	BL02B1	青柳 忍	Crystal Structure and Magnetic Properties of the Charge-Transfer Complex (BDTA) ₂ (H ₃ O) ₂ [Fe(II)(CN) ₆]
			2014B0100	BL02B1	青柳 忍	

Thin Solid Films

29131	Masanobu Izaki	520 (2012) 1779-1783	2010A1741	BL14B2	伊崎 昌伸	Effects of Preparation Temperature on Optical and Electrical Characteristics of (111)-oriented Cu ₂ O Films Electrodeposited on (111)-Au Film
-------	----------------	-------------------------	-----------	--------	-------	--

Transactions of the Materials Research Society of Japan

29616	Ryo Iizuka	40 (2015) 295-299	2013A1407	BL02B1	黒岩 芳弘	Large Electric-field-induced Strain in Pseudo-cubic BaTiO ₃ -Bi(Mg _{0.5} Ti _{0.5})O ₃ -BiFeO ₃ Ceramics
			2014A0078	BL02B1	Iversen Bo	
			2014B0078	BL02B1	Iversen Bo	

World Journal of Diabetes

29143	Mark. T. Waddingham	6 (2015) 943-960	2013B1759	BL40XU	Pearson James	Contractile Apparatus Dysfunction Early in the Pathophysiology of Diabetic Cardiomyopathy
			2012B1469	BL40XU	Pearson James	

Zoological Letters

29364	Hiroyuki Iwamoto	1 (2015) 24	2009A1469	BL45XU	岩本 裕之	X-ray Diffraction Pattern from the Flight Muscle of <i>Toxorhynchites towadensis</i> Reveals the Specific Phylogenetic Position of Mosquito among Diptera
			2012A1272	BL45XU	岩本 裕之	
			2012B1256	BL45XU	岩本 裕之	
			2013B1333	BL45XU	岩本 裕之	
2014A1298	BL45XU	岩本 裕之				

高分子論文集 (Japanese Journal of Polymer Science and Technology)

29298	Kazuki Mita	71 (2014) 573-579	2008B1538	BL20XU	竹中 幹人	Heterogeneous Density Fluctuation of Polyethylene under Uniaxial Stretch
			2014A7217	BL03XU	三田 一樹	

第 47 回 X 線材料強度に関するシンポジウム講演論文集 (Proceedings of the Symposium on X-ray Studies on Mechanical Behavior of Materials)

29696	Keisuke Tanaka	47 (2013) 51-56	2012B1239	BL46XU	田中 啓介	Evaluation of Grain-Size Distribution of Nanocrystalline Nickel Films by X-ray Profile Analysis and Transmission Electron Microscopy
-------	----------------	--------------------	-----------	--------	-------	--

第 49 回 X 線材料強度に関するシンポジウム講演論文集 (Proceedings of the Symposium on X-ray Studies on Mechanical Behavior of Materials)

29697	Keisuke Tanaka	49 (2015) 1-4	2014B1226	BL02B1	田中 啓介	Evaluation of Internal Stress in Short-Fiber Reinforced Plastics by Transmission X-Ray Diffraction
-------	----------------	------------------	-----------	--------	-------	--

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

29320	Daisuke Suzuki	64 (2015) 536-541	2013A3788	BL22XU	八代 浩二	Crystalline Structure Changing of Rolled AZ61 Magnesium Alloy in Rapid Heating
-------	----------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

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
29505	Sho Amatsu	57 (2015) 233-238	2011B6615	BL44XU	北所 健悟	Crystal Structure of Hemagglutinin from Type B <i>Clostridium Botulinum</i>
			2012A6715	BL44XU	北所 健悟	
			2012B6715	BL44XU	北所 健悟	
			2013A6816	BL44XU	北所 健悟	
			2013B6816	BL44XU	北所 健悟	
			2014A6918	BL44XU	北所 健悟	
2014B6918	BL44XU	北所 健悟				

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

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
29493	Takayuki Murakami	62 (2015) 408-412	2012B1312	BL14B2	村上 隆幸	Investigation of Chemical State of Vanadium at the Interface Between Thermal Sprayed Hydroxyapatite Coating and Ti-6Al-4V Alloy Substrate

博士論文 (京都大学)

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
29506	Koji Kimura	(2015)	2010B4260	BL12XU	松田 和博	Inelastic X-ray Scattering Study of Plasmons in Liquid Alkali Metals
			2011B4257	BL12XU	松田 和博	
			2012B4261	BL12XU	松田 和博	
			2013A4259	BL12XU	松田 和博	
			2014A4265	BL12XU	松田 和博	
			2014B4254	BL12XU	松田 和博	

博士論文 (東北大学)

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
29679	Noritoshi Yagihashi	(2013)	2011A1973	BL14B2	朝倉 清高	Selective Deposition on the Oxide Supports of Catalyst Nanoparticle using Liquid Phase Synthesis and its Structure Control

課題以外の成果として登録された論文

Biochemical and Biophysical Research Communications

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	タイトル
29379	S. M. Kumar	449 (2014) 107-113	理研	BL26B1	Crystal Structure Studies of NADP ⁺ Dependent Isocitrate Dehydrogenase from <i>Thermus thermophilus</i> Exhibiting a Novel Terminal Domain
29380	S. M. Kumar	451 (2014) 126-130	理研	BL26B1	Crystal Structures of Type III _H NAD-dependent D-3-phosphoglycerate Dehydrogenase from Two Thermophiles
29381	K. J. Pampa	453 (2014) 662-667	理研	BL26B1	Crystal Structure of Product-Bound Complex of UDP-N-acetyl-D-mannosamine Dehydrogenase from <i>Pyrococcus horikoshii</i> OT3
29382	M. Manjula	459 (2015) 113-117	理研	BL26B1	Crystal Structure of ATP-binding Subunit of an ABC Transporter from <i>Geobacillus kaustophilus</i>
29594	Ramya Sundaresan	465 (2015) 174-179	理研	BL26B2	Crystal Structure Analysis of Ornithine Transcarbamylase from <i>Thermus thermophilus</i> - HB8 Provides Insights on the Plasticity of the Active Site

Physical Review A

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	タイトル
29376	Hiroshi Iwayama	91 (2015) 021402(R)	SCSS		Transient Charge Dynamics in Argon-Cluster Nanoplasmas Created by Intense Extreme-Ultraviolet Free-Electron-Laser Irradiation
29410	Tokuei Sako	84 (2011) 053419	SCSS		Suppression of Ionization Probability Due to Rabi Oscillations in the Resonance Two-Photon Ionization of He by EUV Free-Electron Lasers
29421	Suet Yi Liu	81 (2010) 031403(R)	SCSS		Time-Resolved Photoelectron Imaging using a Femtosecond UV Laser and a VUV Free-Electron Laser
29431	Akinori Sugishima	86 (2012) 033203	SCSS		Charge and Energy Transfer in Argon-Core-Neon-Shell Clusters Irradiated by Free-Electron-laser Pulses at 62 nm
29438	Yutaka Imamura	87 (2013) 043413	理論		Theoretical Study on Valence Excitations of Multiply Ionized States for Envelope Measurement of X-ray Free-Electron-Laser Pulses

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A-1

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	タイトル
29411	Haruhiko Ohashi	649 (2011) 163-165	SCSS		Performance of Focusing Mirror Device in EUV Beamline of SPing-8 Compact SASE Source (SCSS)
			光学系		
29427	Hirokazu Maesaka	696 (2012) 66-74	加速器		Sub-Micron Resolution rf Cavity Beam Position Monitor System at the SACLA XFEL Facility

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A-2

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	タイトル
29428	Yuji Otake	696 (2012) 151-163	加速器 SCSS		LLRF and Timing System for the SCSS Test Accelerator at SPring-8
29436	Haruhiko Ohashi	710 (2013) 139-142	光学系	BL3	Beamline Mirrors and Monochromator for X-ray Free Electron Laser of SACLA

Physical Review Letters

29373	Mitsuru Nagasono	107 (2011) 193603	SCSS		Observation of Free-Electron-Laser-Induced Collective Spontaneous Emission (Superfluorescence)
29426	Yuichi Inubushi	109 (2012) 144801	光学系	BL3	Determination of the Pulse Duration of an X-Ray Free Electron Laser Using Highly Resolved Single-Shot Spectra
29439	Takashi Tanaka	110 (2013) 084801	理論		Proposal for a Pulse-Compression Scheme in X-Ray Free-Electron Lasers to Generate a Multiterawatt, Attosecond X-Ray Pulse
29460	Takashi Tanaka	114 (2015) 044801	理論		Proposal to Generate an Isolated Monocycle X-Ray Pulse by Counteracting the Slippage Effect in Free-Electron Lasers

Review of Scientific Instruments

29409	Hidekazu Mimura	79 (2008) 083104	SCSS 光学系		Focusing Mirror for X-ray Free-Electron Lasers
29419	Toshihiko Shimizu	81 (2010) 033102	SCSS		Response-Time Improved Hydrothermal-Method-Grown ZnO Scintillator for Soft X-ray Free-Electron Laser Timing-Observation
29420	Yuichi Inubushi	81 (2010) 036101	SCSS		Measurement of Saturable Absorption by Intense Vacuum Ultraviolet Free Electron Laser using Fluorescent Material
29500	Takahiro Tanaka	86 (2015) 093104	理研	BL3	Room-Temperature Calorimeter for X-ray Free-Electron Lasers

Applied Physics Express

29432	Kazumasa Okamoto	5 (2012) 096701	SCSS		Effect of Ultrahigh-Density Ionization of Resist Films on Sensitivity Using Extreme-Ultraviolet Free-Electron Laser
29441	Yuki Shinzato	6 (2013) 022401	SCSS		Vacuum Ultraviolet Fluorescence Spectroscopy of Nd ³⁺ :LaF ₃ Using Femtosecond Extreme Ultraviolet Free Electron Laser
29459	Takahiro Sato	8 (2015) 012702	光学系		Highly Efficient Arrival Timing Diagnostics for Femtosecond X-ray and Optical Laser Pulses

Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics

29374	James Harries	48 (2015) 105002	SCSS		A Streak Camera Study of Superfluorescence at Multiple Wavelengths from Helium Atoms Excited using Free Electron Laser Pulses
29377	Eiji Shigemasa	46 (2013) 164020	SCSS		Resonance-Enhanced Three-Photon Single Ionization of Ne by Ultrashort Extreme-Ultraviolet Pulses
29412	Takahiro Sato	44 (2011) 161001	SCSS		Determination of the Absolute Two-Photon Ionization Cross Section of He by an XUV Free Electron Laser

Journal of Synchrotron Radiation

29350	Makina Yabashi	21 (2014) 976-985	理研	BL29XU	Optics for Coherent X-ray Applications
29351	Makina Yabashi	22 (2015) 477-484	XFEL	BL3	Overview of the SACLA Facility
29437	Atsushi Tokuhisa	20 (2013) 899-904	理論		High-Speed Classification of Coherent X-ray Diffraction Patterns on the K Computer for High-Resolution Single Biomolecule Imaging

Europhysics Letters

29417	Takanori Tanikawa	94 (2011) 34001	加速器 SCSS		Nonlinear Harmonic Generation in a Free-Electron Laser Seeded with High Harmonic Radiation
29423	G. Lambert	88 (2009) 54002	加速器 SCSS		Seed Level Requirement for Improving the Temporal Coherence of a Free-Electron Laser

Optics Express

29378	Hiroshi Iwayama	20 (2012) 23174-23179	SCSS		Demonstration of Up-Conversion Fluorescence from Ar Clusters in Intense Free-Electron-Laser Fields
29433	Tatiana Pikuz	20 (2012) 3424-3433	SCSS		Optical Features of a LiF Crystal Soft X-ray Imaging Detector Irradiated by Free Electron Laser Pulses

Physical Review B

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	タイトル
29461	Chikafumi Kaneko	90 (2014) 085109	理研	BL29XU	Electric Polarization along the <i>c</i> Axis in the Ferroelectric Helimagnetic Phase of $\text{CuFe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{O}_2$ ($x=0.035$)
29462	Yves Joly	89 (2014) 224108	理研	BL17SU	Chirality, Birefringence, and Polarization Effects in α -quartz Studied by Resonant Elastic X-ray Scattering

Acta Crystallographica Section D

29435	Thomas Barends	69 (2013) 838-842	理研	BL3	Anomalous Signal from S Atoms in Protein Crystallographic Data from an X-ray Free-Electron Laser
-------	----------------	----------------------	----	-----	--

Applied Optics

29442	Tatiana Pikuz	52 (2013) 509-515	SCSS		Soft X-ray Free-Electron Laser Imaging by LiF Crystal and Film Detectors over a Wide Range of Fluences
-------	---------------	----------------------	------	--	--

Applied Physics Letters

29424	Takahiro Sato	92 (2008) 154103	加速器		Dissociative Two-Photon Ionization of N_2 in Extreme Ultraviolet by Intense Self-Amplified Spontaneous Emission Free Electron Laser Light
-------	---------------	---------------------	-----	--	--

ChemBioChem

29347	Haruhiko Ehara	16 (2015) 1435-1439	装置技術	BL41XU	Crystal Structure of Okadaic Acid Binding Protein 2.1: A Sponge Protein Implicated in Cytotoxin Accumulation
-------	----------------	------------------------	------	--------	--

Chemistry Letters

29463	Wataru Kosaka	43 (2014) 890-892	理研	BL44B2	Coordination Programming in the Design of Porous Coordination Polymers: Tuning of the Electronic Activity of Frameworks for Selective Nitrogen Monoxide Trapping
-------	---------------	----------------------	----	--------	--

Contributions to Plasma Physics

29416	N. A. Inogamov	51 (2011) 419-426	SCSS		Two-Temperature Warm Dense Matter Produced by Ultrashort Extreme Vacuum Ultraviolet-Free Electron Laser (EUV-FEL) Pulse
-------	----------------	----------------------	------	--	---

Dalton Transactions

29494	Masaaki Sadakiyo	44 (2015) 15764-15768	理研	BL44B2	Preparation of Solid-Solution Type Fe-Co Nanalloy by Synchronous Deposition of Fe and Co using Dual Arc Plasma Guns
-------	------------------	--------------------------	----	--------	---

IEEE Transactions on Nuclear Science

29429	Kohei Yamanoi	59 (2012) 2298-2300	SCSS		Indium-Doped ZnO Scintillator with 3-Ps Response Time for Accurate Synchronization of Optical and X-ray Free Electron Laser Pulses
-------	---------------	------------------------	------	--	--

Japanese Journal of Applied Physics

29440	Kohei Yamanoi	52 (2013) 040203	SCSS		Time-Resolved Pump and Probe Experiment for Wide-Gap Semiconductors Using Free Electron Laser and Synchronously-Operated Femtosecond Laser
-------	---------------	---------------------	------	--	--

The Journal of Biological Chemistry

29367	Masaki Okumura	289 (2014) 27004-27018	理研	BL45XU	Inhibition of the Functional Interplay between ER Oxidoreductin-1 α (Ero1 α) and Protein Disulfide Isomerase (PDI) by the Endocrine Disruptor Bisphenol A
-------	----------------	---------------------------	----	--------	--

Journal of Crystal Growth

29443	Kohei Yamanoi	362 (2013) 264-267	SCSS		Optical Properties of Hydrothermal-Method-Grown ZnO Crystal as EUV Laser Diagnostics Material
-------	---------------	-----------------------	------	--	---

Journal of Magnetism and Magnetic Materials

29385	Y. Hiraoka	384 (2015) 160-165	理研	BL17SU	The Effect of Field Cooling on a Spin-Chiral Domain Structure in a Magnetoelectric Helimagnet $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{1.5}\text{Zn}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22}$
-------	------------	-----------------------	----	--------	--

Journal of Optical Technology

29413	N. A. Inogamov	78 (2011) 473-480	SCSS		Ablation of Insulators under the Action of Short Pulses of X-ray Plasma Lasers and Free-Electron Lasers
-------	----------------	----------------------	------	--	---

Journal of Structural and Functional Genomics

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	タイトル
29342	Toshiaki Higo	15 (2014) 191-199	理研	BL32XU	Development of a Hexahistidine-3× FLAG-tandem Affinity Purification Method for Endogenous Protein Complexes in <i>Pichia pastoris</i>

Journal of the Physical Society of Japan

29375	Kyo Nakajima	84 (2015) 054301	SCSS		Simultaneous Measurements of Super-Radiance at Multiple Wavelengths from Helium Excited States: I. Experiment
-------	--------------	---------------------	------	--	---

Methods

29501	Kazuhiro Maeshima	70 (2014) 154-161	理研	BL45XU	Chromatin Structure Revealed by X-ray Scattering Analysis and Computational Modeling
-------	-------------------	----------------------	----	--------	--

Metrologia

29422	Norio Saito	47 (2010) 21-23	SCSS		Radiometric Comparison for Measuring the Absolute Radiant Power of a Free-Electron Laser in the Extreme Ultraviolet
-------	-------------	--------------------	------	--	---

Nature Communications

29454	Hidekazu Mimura	5 (2014) 3539	光学系		Generation of 10^{20} Wcm ⁻² Hard X-ray Laser Pulses with Two-Stage Reflective Focusing System
-------	-----------------	------------------	-----	--	---

Nature Physics

29408	G. Lambert	4 (2008) 296-300	SCSS		Injection of Harmonics Generated in Gas in a Free-Electron Laser Providing Intense and Coherent Extreme-Ultraviolet Light
-------	------------	---------------------	------	--	---

Physical Chemistry Chemical Physics

29662	Akio Kawasaki	17 (2015) 24783-24790	理研	BL44B2	Change in the Crystalline Structure during the Phase Transition of the Palladium-Hydrogen System
-------	---------------	--------------------------	----	--------	--

Physical Review E

29430	Jae Hyun Park	86 (2012) 042901	SCSS		Assessment of Radiation Damage in Single-Shot Coherent Diffraction of DNA Molecules by an Extreme-Ultraviolet Free-Electron Laser
-------	---------------	---------------------	------	--	---

Physical Review Special Topics - Accelerators and Beams

29425	Takashi Tanaka	15 (2012) 110701	挿入光源		Undulator Commissioning by Characterization of Radiation in X-ray Free Electron Lasers
-------	----------------	---------------------	------	--	--

応用物理 (Journal of Applied Physics, Japan)

29469	Yukio Takahashi	83 (2014) 366-370	理研	BL29XU	Visualization of Dislocation Strain Field by X-ray Ptychography and Production of X-ray Vortex Beam
-------	-----------------	----------------------	----	--------	---

第2回 SPring-8 文化財分析技術ワークショップ 2016

【開催趣旨】

本ワークショップは大型放射光施設 SPring-8 における文化財測定技術を、手法別に研究事例を交えて紹介するとともに、SPring-8 の利用制度についても紹介します。

SPring-8 スタッフと文化財科学研究者のコミュニケーションを密にするのみに留まらず、学会や専門分野に囚われない研究者相互の情報交換の場を提供することにもなると期待しています。

講演会は文化財の科学研究あるいは SPring-8 放射光の利用に関心の高い方に是非ご参加いただきたいと考えています。

【主催】 (公財)高輝度光科学研究センター

【日時】 平成 28 年 1 月 30 日(土) 13 時 00 分～18 時 30 分

【会場】 奈良春日野国際フォーラム (旧奈良公会堂) 会議室 5
<http://www.i-ra-ka.jp/iraka/access/>

【参加費】 ワークショップ [無料]
技術交流会 [会費制]

【プログラム】 SPring-8 を用いた文化財分析手法と事例の紹介

- ・蛍光 X 線分析
- ・X 線イメージング
- ・X 線吸収分光法 (XAFS)
- ・X 線回折法
- ・赤外分光分析

技術交流会

【問い合わせ先】 第2回 SPring-8 文化財分析技術ワークショップ 2016 事務局

(公財) 高輝度光科学研究センター

利用推進部 普及啓発課

〒 679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1

TEL : 0791-58-2785 FAX : 0791-58-2786

e-mail : jasri-event@spring8.or.jp 事務局アドレス

HP : <http://www.spring8.or.jp/ja/science/meetings/2015/160130/>



特高第一変電所関連設備更新工事について

国立研究開発法人理化学研究所

特高第一変電所関連設備の竣工後約20年を迎え、かなりの老朽化が進んできていることから、表記設備の更新工事を行います。今回の工事では蓄積リング棟各ブロックのサブ変電所を更新いたします。工事に伴って、蓄積リング棟全域に停電が発生しますので、工事の概要について以下にご説明させていただきます。

停電エリアと期間および影響（注意：前回のお知らせからスケジュールが変わっています）

1) 蓄積リング棟 A ゾーン (A 変電所)

工事期間：平成27年12月22日～平成28年1月12日

停電期間：平成27年12月24日～平成28年1月11日

2) 蓄積リング棟 B ゾーン (B 変電所)

工事期間：平成28年2月8日～平成28年2月24日

停電期間：平成28年2月9日～平成28年2月22日

3) 蓄積リング棟 C ゾーン (C 変電所)

工事期間：平成28年1月25日～平成28年2月9日

停電期間：平成28年1月26日～平成28年2月8日

4) 蓄積リング棟 D ゾーン (D 変電所)

工事期間：平成28年1月11日～平成28年1月26日

停電期間：平成28年1月12日～平成28年1月25日

※【注意】 工事期間および停電期間は現時点の予定です。天候および不測の事態により作業日程が変更になる場合がございます。日程変更になる場合には都度お知らせしますので、直前のアナウンスをご確認願います。

停電エリアでは、照明、空調など全ての商用電源が停止します。また、工事期間中は準備室通路を含めて原則として停電エリアへの立ち入りはできません。工事を安全に進めるためにも、何卒ご理解のほど、宜しくお願い致します。

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	太田 昇	利用研究促進部門
	大橋 治彦	光源・光学系部門
	大端 通	制御・情報部門
	梶 義則	安全管理室
	加藤 健一	SPring-8ユーザー協同体 (SPRUC) 編集幹事 (理化学研究所)
	河原 聡	研究調整部
	小金澤智之	産業利用推進室
	佐々木茂樹	加速器部門
	杉本 正吾	利用推進部
	筒井 智嗣	利用研究促進部門
	長谷川和也	タンパク質結晶解析推進室
	松原 伸一	XFEL利用研究推進室
	三村 英豊	利用推進部
		(以上、敬称略五十音順)
事務局	小南 篤史	利用推進部
	前川 照夫	利用推進部
	山本 律	利用推進部

SPring-8/SACLA 利用者情報

Vol.20 No.4 NOVEMBER 2015

SPring-8/SACLA Information

発行日 平成27年(2015年)11月5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)



秋穹はどこまでも深く聳え、大地には紅の贈り物

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
[総務部] 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/>