

SPring-8/SACL A

INFORMATION 利用者情報



ISSN 1341-9668

SPring-8 Document D2016-007

Vol.21 No.2
May 2016

SPring-8/SACLA Information

目次

CONTENTS

理事長室から ー学問の自由は、これを保障するー

Message from President - Academic Freedom in the Constitution of Japan -

(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

77

1. 最近の研究から / FROM LATEST RESEARCH

短パルス X 線回折による水晶の振動機構の解明

Oscillation Mechanism of Quartz Crystal Clarified by Short Pulse X-ray Diffraction

名古屋国立大学 大学院システム自然科学研究科
Graduate School of Natural Sciences, Nagoya City University
(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

青柳 忍
AOYAGI Shinobu

大沢 仁志

OSAWA Hitoshi

杉本 邦久

SUGIMOTO Kunihisa

森吉 千佳子

MORIYOSHI Chikako

黒岩 芳弘

KUROIWA Yoshihiro

78

広島大学 大学院理学研究科
Graduate School of Science, Hiroshima University

平成 22 年度指定パワーユーザー (1 件) の活動紹介

FY2010 Power User Activity Report

(公財)高輝度光科学研究センター 利用推進部
User Administration Division, JASRI

84

平成 22 年度指定パワーユーザー活動報告

マルチアンビル実験技術の高度化と下部マントル条件下でのレオロジー・弾性波速度・相関係の精密決定:

地球深部のダイナミクスと進化過程の解明に向けて

Further Advancement of Multianvil Technology and Accurate Determinations of Rheological Properties,

Elastic Wave Velocities, and Phase Relations under the Lower Mantle Conditions:

Towards New Understanding of Dynamics and Evolution of the Earth's Deep Interior

愛媛大学 地球深部ダイナミクス研究センター
Geodynamics Research Center, Ehime University

入船 徹男

IRIFUNE Tetsuo

西原 遊

NISHIHARA Yu

85

Long-term Proposal Report 1

Development of Spin-Resolved Compton Scattering in High Magnetic Fields:

Probing the Orbitals in Magnetic Materials

Department of Physics, University of Warwick
School of Physics and Astronomy, Cardiff University
H. H. Wills Physics Laboratory, University of Bristol
David Ernsting
DMSC - European Spallation Source
Research & Utilization Division, JASRI

Jonathan Duffy

David Kersh

Sean Giblin

Stephen Dugdale

Tom Millichamp

Jonathan Taylor

David Billington

91

長期利用課題報告 2

X 線分光法による臨界価数ゆらぎによる新しい量子臨界現象の実験的検証

Experimental Examination of New Quantum Critical Phenomena of Critical Valence Fluctuations by X-ray Spectroscopy

九州工業大学 大学院工学研究基礎科学研究系
Department of Basic Sciences, Kyushu Institute of Technology

渡辺 真仁

WATANABE Shinji

96

Long-term Proposal Report 3

Phase Contrast X-ray Imaging of the Lung

The Ritchie Centre, Hudson Institute of Medical Research
Megan Wallace
School of Physics and Astronomy, Monash University
Department of Pediatrics, Ludwig-Maximilians-University
Obstetrics and Gynecology, Brugman University
Department of Radiography and Medical Imaging, Monash University
Protein Crystal Analysis Division, JASRI
Research & Utilization Division, JASRI

Lauren Kerr

Stuart Hooper

Marcus Kitchen

Katie Lee

Andreas Flemmer

Jacques Jani

Robert Lewis

Naoto Yagi

Kentaro Uesugi

101

2. ビームライン / BEAMLINES

分割型クロス・アンジュレータによる偏光制御型高輝度軟 X 線ビームライン SPring-8 BL07LSU

Polarization-Controlled High-Brilliance Soft X-ray Beamline with a Segmented Cross Undulator: Spring-8 BL07LSU

東京大学 物性研究所 / 東京大学 放射光連携研究機構
The Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo

松田 巖

MATSUDA Iwao

106

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

第 2 回 SPring-8 文化財分析技術ワークショップ 2016 報告

SPring-8 Workshop on Analytical Techniques for Cultural Heritage : Report

(公財)高輝度光科学研究センター 利用推進部 普及啓発課
Communications and Outreach Section, User Administration Division, JASRI

110

4. SPring-8/SACLA 通信 / SPring-8/SACLA COMMUNICATIONS

2016B 期 SPring-8 利用研究課題募集について

Call for 2016B 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

113

2016B 期 SACLA 利用研究課題の募集について Call for 2016B 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	114
第 37 回 (2016A) SPring-8 利用研究課題の採択について The Proposals Approved for Beamtime in the 37th Research Term 2016A	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	115
2016A 期 採択長期利用課題の紹介 Brief Description of Long-term Proposals Approved for 2016A	(公財)高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI	120
平成 28 年度に指定されたパートナーユーザーの紹介 A Newly Designated Partner User FY2016	(公財)高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI	125
平成 28 年度に指定期間が延長されたパートナーユーザーの紹介 The Duration of the Designation Period of Partner Users Extended in FY2016	(公財)高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI	127
第 36 回共同利用期間 (2015B) において実施された SPring-8 利用研究課題 2015B 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	130
2012B 期 採択長期利用課題の事後評価について Post-Project Review of Long-term Proposals Starting in 2012B	(公財)高輝度光科学研究センター 利用推進部 User Administration Division, JASRI	136
2016A 期 SACLA 利用研究課題の採択について The SACLA Public Proposals Approved for Beamtime in 2016A 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	140
2015B 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 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	142
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	143
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	145
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	149
SACLA BL2 とマルチビームライン運転の概要 Commissioning of SACLA BL2 and Multi-Beamline Operation	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	原 徹 HARA Toru 170
2015B 期における SPring-8/SACLA ユーザー要望等について SPring-8/SACLA User Requests in 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	174
5. 談話室・ユーザー便り/USER LOUNGE・LETTERS FROM USERS SPring-8 ユーザー協団体 (SPRUC) 会長に就任して Inauguration Address from the President of SPRUC	SPring-8 ユーザー協団体 (SPRUC) 会長/大阪大学 蛋白質研究所 Institute for Protein Research, Osaka University	中川 敦史 NAKAGAWA Atsushi 176
6. 告知板/ANNOUNCEMENTS 「SPRUC 2016 Young Scientist Award」の実施について SPRUC 2016 Young Scientist Award - Call for Nominations -		178
SPring-8 シンポジウム 2016 放射光が解く環境・エネルギー問題 SPring-8 Symposium 2016		179

学問の自由は、これを保障する

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

日本国憲法の第23条には、「学問の自由は、これを保障する」と記されている。大日本帝国憲法には、学問の自由や言論の自由を保障する規定は存在しなかった。そのために、戦前において軍部や政府と対立する意見を表明した学者らが大学から追放される事件が頻繁に起こった。学問の自由が憲法上明記された戦後は、大学の自治が制度的に保障され、研究の自由、研究発表の自由、教授の自由が確保された。しかし、科学が急速に進歩し、その知識が社会の発展に応用される現代社会においては、学問の自由にかかわる問題は多面化し複雑化している。ここでは、この問題に触れずに日本国憲法の成立過程を簡単に紹介したい。

日本国憲法の原案は、戦後の昭和21年2月4日から12日までの9日間という短い期間に、連合軍司令部民政局の25人のメンバーによって書き上げられた。民政局のなかに、天皇、人権、立法権、行政権、司法権、財政、地方自治に関する7つの小委員会が設置され、それらを束ねる運営委員会で全体のまとめを行った。しかしながら、原案の準備作業は、米国において太平洋戦争開戦の直後から始まっていた。米国内務省内に知日派の専門家9人からなる極東班を昭和17年8月に置き、日本の戦後処理を実施するための研究が始まった。その思想的基盤は自由主義であり、前年にルーズベルト大統領の宣言した「4つの自由」すなわち言論の自由、信仰の自由、恐怖からの自由、欠乏からの自由を戦後日本に実現する政策を探るという使命をもっていた。彼らの研究成果をもとに、ポツダム宣言や日本国憲法の骨格作成などの重要な対日政策が戦略的に準備された。終戦直後の昭和20年9月には、マッカーサー元帥は膨大な対日政策資料を持参し、わが国に赴任した。

民政局における9日間の憲法草案作成作業は、米国における3年間にわたる長い準備を経て、自由主

義に基づく民主国家を戦後日本に実現しようとする理想と情熱をもった25人によって短期決戦でなされたのである。マッカーサーは、昭和20年10月には憲法の自由主義化を含む5大改革を日本政府に指令した。11月以降、政府、各政党、民間で憲法改正の議論が進み、多くの案が発表された。しかし、政府からの案は保守的であり、マッカーサーは受け取りを拒否した。昭和21年2月13日に民政局長は、彼らの草案を政府に手渡した。日本政府は、2月22日の閣議において民政局草案に沿う憲法改正の方針を決め、3月6日に政府の憲法改正草案要綱を発表した。その後、ひらがな口語体の条文化が進められ、4月17日に憲法改正草案が公表された。修正した憲法改正案は、8月24日に衆議院本会議において賛成421票、反対8票の圧倒的多数で可決された。その後、貴族院、枢密院において可決され、天皇の裁可を経て、昭和21年11月3日に日本国憲法として公布され、翌年の5月3日に施行された。

最後に第23条の成立過程を追ってみたい。民政局人権小委員会の案は、「大学における教育および研究の自由ならびに合法的な調査研究の自由を保障する」であった。しかし、連合軍は理化学研究所などに設置されていた加速器研究施設を戦後処理として破壊した。この破壊に対して米国の学術界から野蛮と厳しい非難が挙がり、研究の自由にかかわる文言を最終案から削除した。民政局案は、「学究の自由および職業の選択は、保障される」となった。日本国憲法では、最終的に「学問の自由は、これを保障する」と明快な名文となった。学問の自由を明記する憲法をもつ国は、ドイツなど欧州の一部の国と日本に限られている。米国では、学問の自由が憲法に明記されておらず、言論の自由の一部と理解されている。このように、第23条はわが国における科学の進歩の礎となっているのである。

短パルス X 線回折による水晶の振動機構の解明

名古屋市立大学 大学院システム自然科学研究科 青柳 忍
 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
 大沢 仁志、杉本 邦久
 広島大学 大学院理学研究科 森吉 千佳子、黒岩 芳弘

Abstract

水晶は、時計をはじめとする多種多様な電子機器の基準信号を発振する振動子として広く利用されているが、その振動機構は長い間不明であった。SPring-8の短パルス X 線を用いた交流電場下 X 線回折実験により、交流電場と共振している水晶振動子の高速かつ微小な原子の運動を追跡して観測することに成功した。直流電場に対する水晶の逆圧電効果による格子歪みは極めて小さいが、共振周波数の交流電場下では格子歪みが1万倍程度に増幅された。この大きな格子歪みに反して結晶構造を形成する SiO_4 四面体に変形は全く見られず、 SiO_4 四面体をつなぐ Si-O-Si 結合角にのみ変形が見られた。水晶振動子の安定した圧電振動は、強固な SiO_4 四面体をつなぐ Si-O-Si 結合角の弾性的な変形と復元によって引き起こされることが分かった。

1. はじめに

水晶（石英、 $\alpha\text{-SiO}_2$ ）は、地球上に豊富に産出する天然鉱物としてよく知られているが、圧電性を有すると同時に安定した周波数で振動することから、現在、時計をはじめとする多種多様な電子機器の基準信号を発振する振動子として、広く産業利用されている。圧電性とは、応力に対して電気分極を発生し、電場に対して歪みを発生する性質である。いわゆる水晶時計は、毎秒32,768 ($= 2^{15}$) 回振動する水晶振動子を用いることで、正確に時を刻む。水晶は現代社会を支える基幹材料の一つと言えるが、一方で水晶がどのようにして安定した周波数の電気信号を発振できるのか、その詳しい振動機構は長い間不明であった。

古くより水晶の圧電性は、 Si^{4+} 陽イオンと O^{2-} 陰イオンが印加した電場に対して互いに逆方向に変位することにより、電気分極と同時に歪みを発生することで説明され続けてきた^[1,2]。しかし、Si 原子と O 原子は共有結合によって結合しているため、電場に対して自由に動くことはできない。また一般的な水晶振動子で利用されている厚みすべり変形では、図 1a に示すように電場 E に対して垂直にずり歪み s が発生するため、電場に平行なイオンの変位だけで説明することはできない。

水晶の振動機構を理解するには、振動している水晶内の原子の運動を直接観測する必要がある。しかし、水晶内の原子の運動は極めて高速かつ微小であるため、直接観測するのは難しい。一般に使われている水晶振動子の発振周波数は、kHz~MHz である。また、水晶の圧電定数 d ($d = s/E$) は小さく、1 kV/mm の大きな電場 E を加えたとしても、歪み

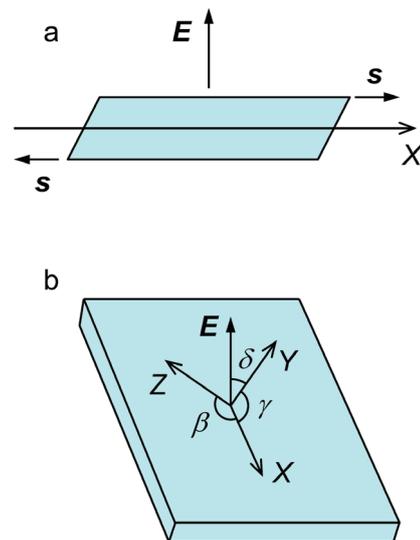


図1 AT カット水晶振動子の厚みすべり変形 (a) と、結晶方位 (b)。

s は $\sim 10^{-6}$ 程度にしかない。水晶の圧電変形機構を理解するために、これまでに数 kV/mm の直流電場下での X 線回折実験が行われているが、それによって検出された構造変化は微々たるもので、実験誤差を有意に上回るものではなかった^[3-5]。

水晶振動子の高速かつ微小な原子の運動を観測するために、本研究^[6]では SPring-8 の高輝度短パルス X 線と、交流電場との共振現象を利用した。SPring-8 から放射されるパルス長 ~ 50 ps の短パルス X 線は、MHz 領域での原子の運動の追跡を可能にする。また、交流電場との共振効果を利用することで、水晶振動子の微小な原子変位を大きく増幅させて精度よく検出できる。

2. AT カット水晶振動子

測定に用いた試料は、市販の AT カット水晶振動子である。水晶には互いに鏡像関係にある右水晶(空間群 $P 3_2 21$) と左水晶(空間群 $P 3_1 21$) があるが、工業的に用いられる水晶はすべて右水晶である。右水晶の 2 回回転軸を X 軸、3 回らせん軸を Z 軸、XZ 面に垂直な方向を Y 軸とすると、AT カットでは Y 軸から Z 軸に $\delta \sim 35^\circ$ 傾けた方向に垂直に結晶を切り出す(図 1b)。AT カット水晶振動子は、室温付近での発振周波数の温度変化が小さいことから、工業的に広く用いられる。

AT カット水晶振動子は、印加された電場 E に対して X 軸と Y 軸のなす角 γ と、X 軸と Z 軸のなす角 β が変化することで厚みすべり変形を起こす(図 1b)。それぞれの 90° からの変化量 $\Delta\gamma$ 、 $\Delta\beta$ は、圧電定数 $d_{11} = -2.31$ pm/V、 $d_{14} = -0.727$ pm/V を用いて^[7]、

$$\tan \Delta\gamma = 2Ed_{11} \cos \delta \quad (1)$$

$$\tan \Delta\beta = Ed_{14} \cos \delta \quad (2)$$

で与えられる。 $E = 1$ kV/mm のとき、 $\Delta\gamma = 2.2 \times 10^{-4}^\circ$ 、 $\Delta\beta = 3.4 \times 10^{-5}^\circ$ と計算される。

圧電振動子の発振周波数は、形状と密度、弾性定数によって決まる。AT カット水晶振動子の厚みすべり振動の発振周波数 f_0 (MHz) は、振動子の厚み h (μm) を用いて、

$$f_0 = 1,664/h \quad (3)$$

で与えられる^[8]。X 線回折により結晶構造を精密に求めるためには、X 線の吸収効果、消衰効果の少ないなるべく厚みの薄い試料を用いる必要がある。本研究では、 $h = 55$ μm 、 $f_0 = 30$ MHz の AT カット水晶振動子を実験に用いた。

3. 直流電場下 X 線回折

X 線回折実験は、SPring-8 BL02B1 の大型湾曲イメージングプレート (IP) カメラを用いて行った。BL02B1 の大型湾曲 IP カメラは広い角度範囲の多数のブラッグ反射を効率よく短時間で測定することができる。入射 X 線の波長は 0.41 \AA とした。

交流電場下での測定を行う前に、まず直流電場に対する構造変化の検出を試みた。AT カット水晶振動子に直流電場を印加した状態で X 線振動写真を撮影した。得られた X 線回折データから、格子定数および結晶構造を求めた。水晶は三方晶系に属し、その格子定数は、 $a = 4.91 \text{ \AA}$ 、 $c = 5.40 \text{ \AA}$ であるが、本稿では X、Y、Z 軸を主軸にとった C 底心の直方晶系の単位格子 ($a = 4.91 \text{ \AA}$ 、 $b = 8.50 \text{ \AA}$ 、 $c = 5.40 \text{ \AA}$ 、 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$) を用いる。印加した直流電場の最大値は ± 40 kV/mm である。これより大きな直流電場の印加は、放電が起こるため不可能であった。

数百点のブラッグ反射位置から最小二乗法により求めた格子定数 β 、 γ の変化量 $\Delta\beta$ 、 $\Delta\gamma$ の直流電場に対する変化を図 2 に示す。 $\Delta\beta$ 、 $\Delta\gamma$ は直流電場 E に対してほぼ線形に変化した。図 2 から (1)、(2) 式

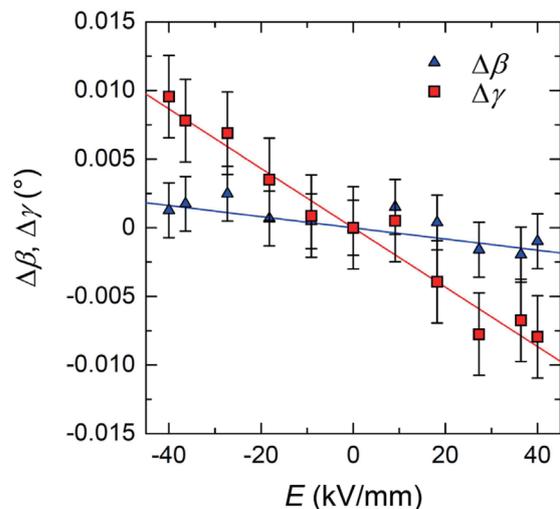


図 2 AT カット水晶振動子の $\Delta\beta$ 、 $\Delta\gamma$ の直流電場に対する変化。

を用いて圧電定数を見積もると、 $d_{11} = -2.3$ pm/V、 $d_{14} = -0.9$ pm/V となり、ほぼバルク測定の結果^[7]と一致した。

直流電場 $E = +36$ および、 -36 kV/mm 下での結晶構造を、4千点以上のブラッグ反射強度から最小二乗法により求めた。両者の γ 角の違いは 0.015° 、 β 角の違いは 0.004° とごく僅かである(図2)。結晶構造解析の結果、Si-O結合距離(~ 1.61 Å)、O-Si-O結合角($\sim 109^\circ$)、Si-O-Si結合角($\sim 143^\circ$)について、実験誤差(結合距離については 0.1 pm、結合角については 0.1°)を上回る違いは観測されなかった。

4. 交流電場下時分割 X 線回折

発振周波数 f_0 と同じ周波数の交流電場を印加すると、共振効果により歪みを増幅できる。周波数 $f = f_0 = 30$ MHz、電場振幅 $E_0 = 0.18$ kV/mmの正弦波交流電場を印加したATカット水晶振動子に対して、短パルス X 線を用いた時分割 X 線回折実験を行った。

SPring-8では、セベラルバンチ運転により、単電子バンチから放射されるパルス幅 ~ 50 psの短パルス X 線を利用できる。SPring-8のセベラルバンチ運転の運転モードには、AからHまで8種類がある。Hモードは単電子バンチの蓄積電流が最も大きく、全蓄積電流 100 mAのうち 5 mAが単電子バンチとして周回運動する。本実験ではHモードの単電子バンチから放射される短パルス X 線を、実験ハッチ内に設置した X 線チョッパーを用いて 26 kHzの繰り返し周波数(蓄積リング8周に1回の周期)で

取り出して試料に照射した。このときの入射 X 線の強度は、X 線チョッパーを使わない場合に比べると、 $(5$ mA/ 100 mA) \times (1周/ 8 周) = $1/160$ 程度である。

時分割 X 線回折実験をするためには、試料の振動周期(30 MHz)と短パルス X 線の繰り返し周期(26 kHz)を正確に同期させる必要がある。しかし、水晶振動子の共振現象は非常に狭い限られた振動数領域でしか起きないため、試料の振動周期を自由に変更することはできない。また、電子バンチの周回周期は電子エネルギーと蓄積リングの周長で決まっているため、短パルス X 線の繰り返し周期を自由に変更することもできない。この問題を解決するために本実験では、周波数 $f = 30$ MHz付近の正弦波 $1,000$ 周期分(33 ns \times $1,000 = 33$ μ s)に待機時間(5 μ s)を加えた 38 μ sを1周期とする交流電場を、 26 kHz (= $1/38$ μ s)で繰り返して試料に印加することにした(図3)。このとき断続的に交流電場を印加することになるため、試料の振動の減衰や位相のずれに注意しなければならないが、水晶では共振が減衰することなく継続し、大きな問題にはならなかった。

この交流電場に同期した短パルス X 線を 26 kHzの周波数で繰り返し試料に入射することで、その瞬間の X 線回折パターンをIPカメラで測定した。結晶の向きを変えて複数の X 線振動写真を撮影することで、瞬間の結晶構造を決定するのに十分な数のブラッグ反射を測定した。上述したとおり X 線チョッパーの使用により入射 X 線強度が通常の $1/160$ 程度になっているが、水晶は X 線回折強度が強いた

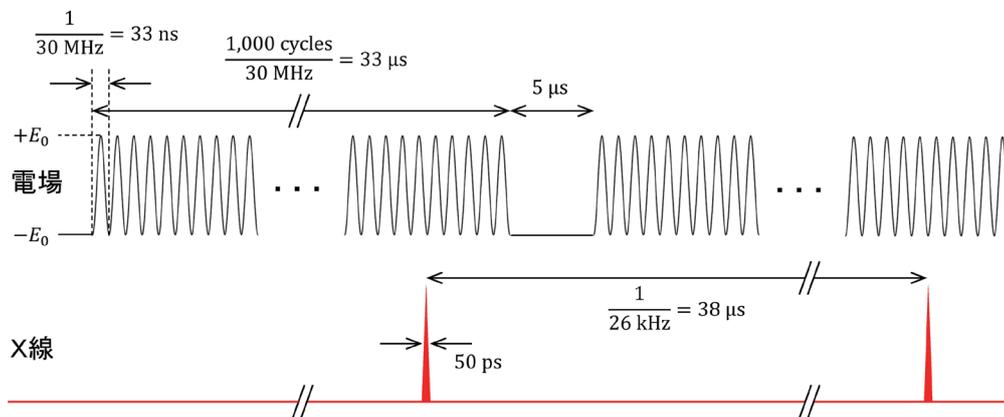


図3 印加した交流電場の時間構造(上)と短パルス X 線(下)との関係。

め、振動角度 1° あたり90秒程度の露光時間で結晶構造解析に必要なX線回折データを測定することができた。X線パルスに対する交流電場の遅延時間 Δt を変化させることで、共振中のX線回折パターンの時間変化を計測した。印加した正弦波交流電場1,000周期のうち、およそ995周期目の1周期分(33 ns)に対して測定を行った(図3)。得られたX線回折データから、格子定数および結晶構造の時間変化を求めた。

5. 水晶振動子の原子ダイナミクス

数百点のブラッグ反射位置から最小二乗法により求めた $\Delta\gamma$ 、 $\Delta\beta$ の交流電場下の時間変化を図4aに示す。周波数 $f = f_0 = 30$ MHzで正弦波状に振動する大きな変形が観測された。 γ 、 β 以外の格子定数にはこのような時間変化は観測されなかった。図4a中の $\Delta\gamma$ 、 $\Delta\beta$ の最大値は、印加する交流電場の電場振幅 E_0 に対して線形に変化した。 $E_0 = 0.18$ kV/mmのとき、 $\Delta\gamma$ 、 $\Delta\beta$ の最大値は、それぞれ 0.15° 、 0.10° である。直流電場の場合、 $E = 0.18$ kV/mmのとき(1)、(2)式より $\Delta\gamma = 4 \times 10^{-50}$ 、 $\Delta\beta = 6 \times 10^{-60}$ と計算される。従って、格子歪みは交流電場との共振効果により、 $\Delta\gamma$ で4千倍、 $\Delta\beta$ で1万倍以上に増幅されたことになる。実験機器の制約上、 E_0 を0.18 kV/mmより大きくすることはできないが、それでも $\Delta\gamma$ 、 $\Delta\beta$ の最大値は、図2の直流電場下の実験に比べて数十倍大きい。この大きな格子歪みに伴って、図4bに示すように、ブラッグ反射強度にも格子歪みと同期した時間変化が観測された。単位格子中の原子位置は、ブラッグ反射強度から求めら

れる。従って、これなら振動中の原子変位を観測できるはずである。

$\Delta\gamma$ 、 $\Delta\beta$ が負および正に最大となる遅延時間 $\Delta t = 9$ および25 ns(図4a)での結晶構造を、3千点以上のブラッグ反射強度から最小二乗法により求めた。直流電場下での結晶構造解析の結果と同様に、Si-O結合距離、O-Si-O結合角については、実験誤差(結合距離については0.2 pm、結合角については 0.1°)を上回る違いは観測されなかった。従って大きな格子歪みに反して、結晶構造を形成する SiO_4 四面体はほぼ変形しない。一方、 SiO_4 四面体をつなぐSi-O-Si結合角には、明らかな変化が観測された。

$\Delta t = 9$ および25 nsでのSi-O-Si結合角を表1に示す。電場下で歪んだ水晶の結晶構造は、3つの独立な SiO_4 四面体で構成され、独立な酸素原子を6個(O(1)~O(6))含む。 $\Delta t = 9$ と25 nsでのSi-O-Si結合角の違いは、O(1)、O(4)、O(5)、O(6)については実験誤差(0.1°)を少し上回る程度であるが、O(2)、O(3)については明瞭に観測された(表1)。

表1 $\Delta t = 9$ および25 nsでのSi-O-Si結合角

Δt (ns)	9	25
Si(1)-O(1)-Si(3) ($^\circ$)	143.97(11)	143.81(12)
Si(1)-O(2)-Si(3) ($^\circ$)	144.19(11)	143.41(12)
Si(2)-O(3)-Si(1) ($^\circ$)	143.37(10)	144.02(11)
Si(2)-O(4)-Si(1) ($^\circ$)	143.50(11)	143.82(12)
Si(3)-O(5)-Si(2) ($^\circ$)	143.73(16)	143.27(17)
Si(3)-O(6)-Si(2) ($^\circ$)	143.42(15)	143.61(17)

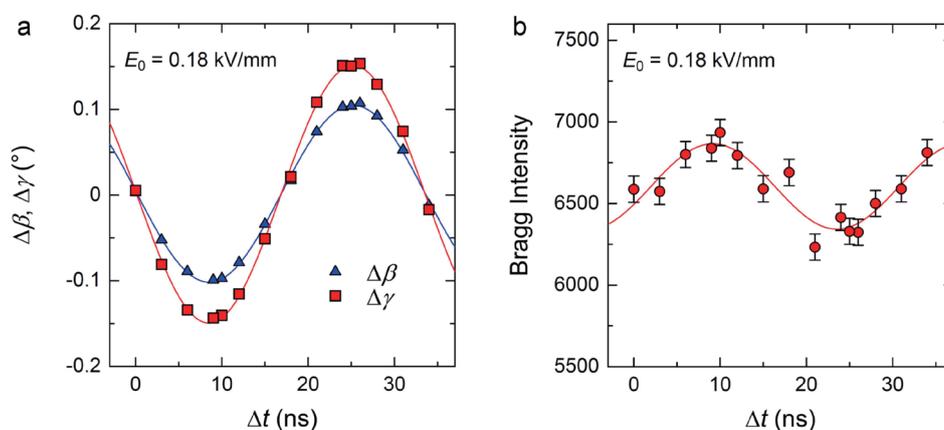


図4 ATカット水晶振動子の交流電場下の $\Delta\beta$ 、 $\Delta\gamma$ の時間変化(a)と、 $\bar{3}90$ ブラッグ反射強度の時間変化(b)。

$\Delta t = 9$ から 25 ns への構造変化では、 γ と β がそれぞれおよそ 0.3° と 0.2° 増大するが、そのとき O(2) の Si-O-Si 結合角はおよそ 0.8° 減少し、O(3) の Si-O-Si 結合角はおよそ 0.6° 増大する。

O(2) と O(3) の Si-O-Si 結合角の大きな変形は、O 原子の、電場による変位と結晶中の配置から理解できる。理論計算によれば、Si-O 結合は共有結合とイオン結合の両方の性質を持ち、イオン式として水晶は $(\text{Si}^{2.60+})(\text{O}^{1.30-})_2$ と書くことができる^[9]。測定した X 線回折データから最大エントロピー法により電子密度分布を求め、各原子の電子数を見積もったところ、中性からの電荷のずれは、Si で $+2.8 e$ 、O で $-1.4 e$ であった (e は電荷素量)。古典的なモデルで提案されている通り、正、負に帯電している Si、O 原子は電場印加によって互いに逆方向に変位すると予想されるが、Si-O 共有結合はその大きな妨げとなる。Si 原子は、四面体配位した 4 つの O 原子と共有結合しているため、極めて変位しにくい。O 原子については、その変位方向が Si-O 結合に平行なとき、大きな反発力を受ける。逆に、O 原子の変位方向が 2 つの Si-O 結合に垂直なとき (Si-O-Si 面に垂直なとき)、Si-O 結合距離の変化なしに O 原子は比較的容易に変位することができる。O(1) ~ O(6) を比較すると、O(2)、O(3) が最もこの条件にあてはまる (図 5)。このため、O(2) と O(3) は電場に応答して変位しやすく、Si-O-Si 結合角の変形

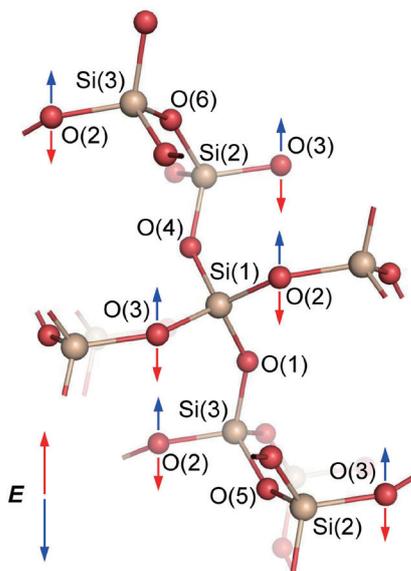


図 5 X 軸方向から見た AT カット水晶振動子の結晶構造と電場 E に対する O(2)、O(3) の原子変位。

が大きくなる。

以上の結果から、AT カット水晶振動子の厚みすべり振動の振動機構は、次のように説明できる。構造的に独立な 3 個の Si 原子を Si(1)、Si(2)、Si(3) とすると、Si(1) には O(1)~O(4) が、Si(2) には O(3)~O(6) が、Si(3) には O(5)、O(6)、O(1)、O(2) が、四面体配位で共有結合している (図 5)。このうち O(2)、O(3) は、その Si-O 結合方向から電場に対して特別変位しやすいため、電場を印加すると各 SiO_4 四面体にトルクが発生し、3 個の SiO_4 は互いに回転する。このとき SiO_4 の回転による歪みは、O(2)、O(3) の Si-O-Si 結合角に集中する。この歪みにより、結晶格子および結晶全体にずり歪みが発生する。Si-O-Si 結合角に蓄えられた弾性エネルギーは、その復元力により O 原子の運動エネルギーに転換され、Si-O-Si 結合角は直ちに元に戻ったあと逆方向に歪む。これが繰り返されることで水晶振動子は振動する。Si-O-Si 結合角の変形は弾性的であり、復元の際のエネルギー損失が少ないために振動の減衰が起きにくく、共振による振動の増幅効果が特別大きいと考えられる。

6. おわりに

SPring-8 の短パルス X 線を用いた交流電場下 X 線回折実験により、30 MHz で振動している AT カット水晶振動子の原子ダイナミクスを追跡することに成功した。この成果は、SPring-8 でこれまでに開発されてきた、H モード加速器運転による高輝度短パルス X 線、X 線チョッパー、マルチモード高精度タイミング制御技術、大型湾曲 IP カメラ等の要素技術を、複合的に利用することで初めて達成され得た。水晶振動子の正確な振動は、頂点共有した強固な SiO_4 四面体の同期した交互回転と、 SiO_4 四面体をつなぐ Si-O-Si 結合角のエネルギー損失の少ない弾性的な変形・復元によってもたらされる。本研究で確立した実験技術は、水晶以外の圧電・強誘電材料の交流電場下の構造応答計測に応用できる。今後、同様の手法により様々な圧電・強誘電体材料の電場下の構造応答を明らかにしていくことで、圧電・強誘電現象の微視的理解が飛躍的に進むものと期待している。

謝辞

SPring-8 での実験は、長期利用課題 (2013B0100、

2014A0100、2014B0100) の中で行われた。実験にご協力頂いた広島大学 竹田翔一氏にお礼申し上げます。本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金(26870491) の助成のもと行われた。

参考文献

- [1] W. H. Bragg and R. E. Gibbs: *Proc. R. Soc. Lond. A* **109** (1925) 405-427.
- [2] A. Meissner: *Z. Tech. Phys.* **8** (1927) 74-77.
- [3] U. Pietsch, J. Stahn, J. Davaasambu and A. Pucher: *J. Phys. Chem. Solids* **62** (2001) 2129-2133.
- [4] J. Davaasambu, A. Pucher, V. Kochin and U. Pietsch: *Europhys. Lett.* **62** (2003) 834-840.
- [5] R. Guillot, P. Fertey, N. K. Hansen, P. Allé, E. Elkaim and C. Lecomte: *Eur. Phys. J. B* **42** (2004) 373-380.
- [6] S. Aoyagi, H. Osawa, K. Sugimoto, A. Fujiwara, S. Takeda, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa: *Appl. Phys. Lett.* **107** (2015) 201905-1-5.
- [7] R. Bechmann: *Phys. Rev.* **110** (1958) 1060-1061.
- [8] R. M. Cerda: *Understanding Quartz Crystals and Oscillators* (Artech House, Norwood, MA, USA, 2014).
- [9] Y.-N. Xu and W. Y. Ching: *Phys. Rev. B* **51** (1995) 17379-17389.

青柳 忍 AOYAGI Shinobu

名古屋市立大学 大学院システム自然科学研究科
〒467-8501 愛知県名古屋市瑞穂区瑞穂町山の畑1
TEL : 052-872-5061
e-mail : aoyagi@nsc.nagoya-cu.ac.jp

大沢 仁志 OSAWA Hitoshi

(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 : hitoshio@spring8.or.jp

杉本 邦久 SUGIMOTO Kunihiisa

(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 : ksugimoto@spring8.or.jp

森吉 千佳子 MORIYOSHI Chikako

広島大学 大学院理学研究科
〒739-8526 広島県東広島市鏡山1-3-1
TEL : 082-424-7399
e-mail : moriyosi@sci.hiroshima-u.ac.jp

黒岩 芳弘 KUROIWA Yoshihiro

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

平成 22 年度指定パワーユーザー（1 件）の活動紹介

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

パワーユーザー制度は、平成15年度より導入され、公募・審査を経て指定（指定期間は最大5年間）されました。平成26年度からは、これまでの「パワーユーザー」の名称および一部運用を変更し、「パートナーユーザー」として運用しています。

今号では、指定期間（平成22～26年度）が終了したパワーユーザー1名による5年分の活動報告を掲載します。なお、審査委員会による当該パワーユーザーの事後評価（平成27年10月7日開催）の結果につきましては、「SPring-8/SACLA 利用者情報」Vol.21 No.1（2016年2月号）の41ページに掲載しました。

[パワーユーザー活動報告]

(1) 入船 徹男（愛媛大学）

平成 22 年度指定パワーユーザー活動報告

マルチアンビル実験技術の高度化と下部マントル条件下での
レオロジー・弾性波速度・相関係の精密決定：
地球深部のダイナミクスと進化過程の解明に向けて

愛媛大学 地球深部ダイナミクス研究センター
入船 徹男、西原 遊

(1)

指定時 PU 課題番号／ビームライン	2010A0082／BL04B1										
PU 氏名 (所属)	入船 徹男 (愛媛大学)										
研究テーマ	マルチアンビル実験技術の高度化と下部マントル条件下でのレオロジー・弾性波速度・相関係の精密決定：地球深部のダイナミクスと進化過程の解明に向けて										
装置整備	大型 D-DIA 型ガイドブロックシステムの導入・開発と周辺装置の高度化										
利用研究支援	当該装置を用いた共同利用研究の支援										
利用期	10A	10B	11A	11B	12A	12B	13A	13B	14A	14B	合計
PU 課題実施シフト数	33	54	51	33	48	54	45	39	45	57	459
支援課題数	0	0	0	1	0	3	3	1	0	0	8

(2) PU 活動概要

1) 研究内容

本パワーユーザー (以下 PU) 課題では、地球の体積の 8 割以上を占めるマントルのうち、深さ 660 ~ 2,900km と大部分を占める下部マントルに焦点を置き、その物性・化学組成を明らかにし、地球深部の動的挙動 (ダイナミクス) 及び進化過程について新たな知見を得ることを目的とした。この目的を達成するために、特にマントル遷移層~下部マントルに対応する温度圧力条件下での、(a) 高温高压変形実験によるレオロジーの解明、(b) 超音波測定技術を応用した弾性波速度精密決定、(c) 焼結ダイヤモンドアンビルを用いた相転移・融点・状態方程式の精密決定、(d) ナノ多結晶ダイヤモンド (ヒメダイヤモンド) を利用したマントル全域への精密相転移観察実験領域の拡大を重要な目標として研究を進めた。上記の (a)~(d) に対応した以下のような研究において顕著な成果が得られるとともに、当初想定しなかった研究成果が得られた。

(a) 高温高压変形実験による高压鉱物のレオロジーの解明

本 PU において設置された高压下での変形実験が可能なシステムを活用し、以下のようにマントル深部における、高温高压下での鉱物のレオロジーに関する研究が大きく進展した。(1) マントル遷移層上部の主要鉱物 (Mg,Fe)₂SiO₄ ウォズリアイトの変形実験を一定圧力下 (15 GPa) で含水量及び温度を変化させて行い^[1]、この鉱物のレオロジーの含水量、温度依存性を決定した (図1)。遷移層上部でのマントルのレオロジーは上部マントルに比べて含水量に敏感で、この領域でのマントルの粘性率構造はウォズリアイトの含水量に大きく依存していることが明らかになった。(2) マントル遷移層下部に存在する (Mg,Fe)₂SiO₄ リングウッドイトと海洋地殻組成のメジャライトの、相対塑性強度を温度と歪速度を変化させて測定し、この相対強度に対する温度、歪速度の影響を定量的に評価した。この結果から、上下部マントル境界付近でスラブからの海洋地殻成分の剥離が起こるためには、現実のマントル

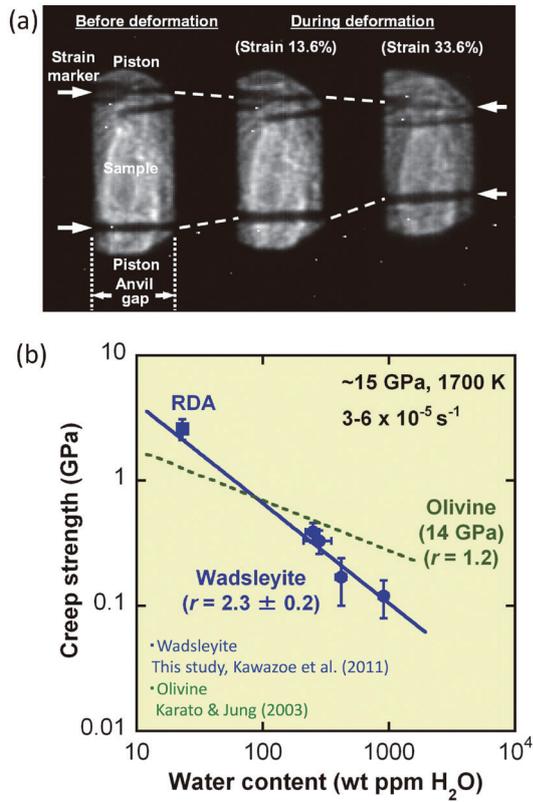


図1 (a) ウォズリアイトのラジオグラフ像 (14.5 GPa、1700 K、変形中)、(b) ウォズリアイトの流動強度の含水量依存性

の低歪速度下では、実験により示唆されたメカニズムとは異なる変形機構でリングウッドイトが変形する必要があることが明らかになった。(3) 地球の内核を構成していると考えられている hcp-Fe の格子選択配向を解明することを目的として、高温高压下でのせん断変形実験を行った。その結果、c 軸がせ

ん断面方線方向に揃う傾向があることが明らかになり、内核の地震波速度異方性形成メカニズムに関連した重要なデータが得られた。

(b) 弾性波速度精密決定とマントル深部の化学組成の制約

マントル遷移層から下部マントル条件におけるマントル物質または地殻物質中の主要鉱物である SiO_2 スティショバイト、アルミナススティショバイト、 $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ パイロップガーネット、 $\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ アルマンディンガーネット、 $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ グロシュラーガーネット、 $\text{Mg}_4\text{Si}_4\text{O}_{12}$ - $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ 系メージャライトガーネット、 $(\text{Mg},\text{Fe})_2\text{SiO}_4$ ウォズリアイト、 MgSiO_3 アキモトアイトなどの主要な高压鉱物についての弾性波速度の精密測定を、マントル遷移層に相当する高温高压下で系統的に行った^[4,12,15,16]。得られたデータに基づき、これらの鉱物の弾性波速度の温度圧力依存性を定式化した (図2)。この結果を用いた計算を行うことにより、マントル遷移層のマントルの化学組成を定量的に検討し、この領域が主にパイロライト組成でできていることを明らかにした。また、マントル遷移層下部には異なる化学組成の物質が存在することを明らかにし、これが沈み込むプレート物質の本体であるマグネシウムに富んだハルツバークライトである可能性を示した。一方で、下部マントルの主要高压鉱物であるブリッジマナイトの弾性波速度を、27 GPa 領域までの高压下・2000 K 近い高温下で測定した。この結果は従来のブリルアン散乱法による結果と異なり、下部マントルが上部マントル及びマントル遷移層と同様に、パイロライト的化学組成を持つことを強く示唆するものである。

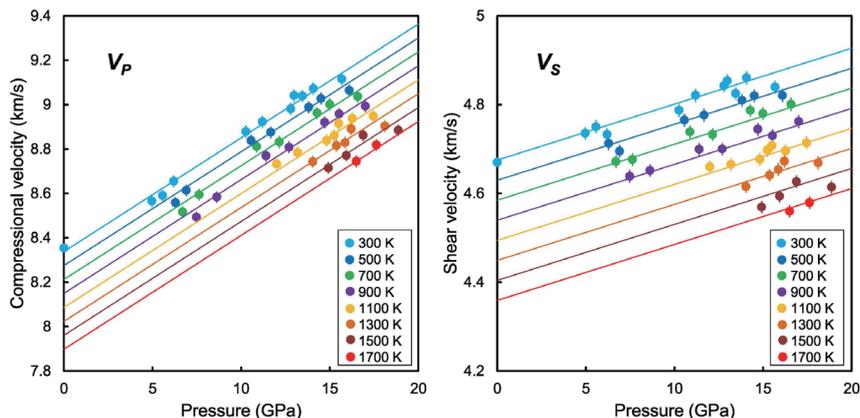


図2 アルマンディンガーネットの P 波速度 (左図) と S 波速度 (右図)

(c) 焼結ダイヤモンドアンビルを用いた相転移・融点・状態方程式の精密決定

下部マントルの構成鉱物である SiO_2 スティショバイトと CaSiO_3 ペロブスカイトの圧力 (P) - 体積 (V) - 温度 (T) の関係を得るため、焼結ダイヤモンドアンビルを用いた実験により最高62 GPa までの圧力下、最高1900 K の温度条件下でデータを取得した^[2]。得られたデータに基づき、これらの鉱物の P - V - T 状態方程式を定式化した。これにより、下部マントル主要鉱物全てに関して、下部マントル中部条件までの状態方程式が精密に決定されたことになる。これに基づき、マントル物質及び海洋・大陸地殻物質のマントル遷移層から下部マントル条件下での密度を高精度に見積もることが可能になり、沈み込む地殻物質の下部マントルでの動的挙動に強い実験的制約が与えられた。また、下部マントル条件下で新しい含水高压相 (“Phase H” と命名) を発見した (図3)^[8,10,13]。下部マントル条件下ではその上部の40 GPa 程度までは Phase D が安定であるが、これ以上の圧力下では高压含水相は存在しないと考えられていた。下部マントル条件下での Phase H の発見は、地球深部における水の存在と大循環において新たな制約を与えるものであり、地球深部科

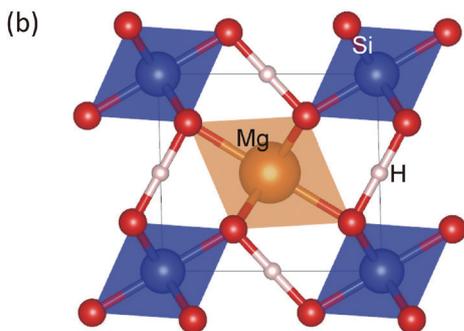
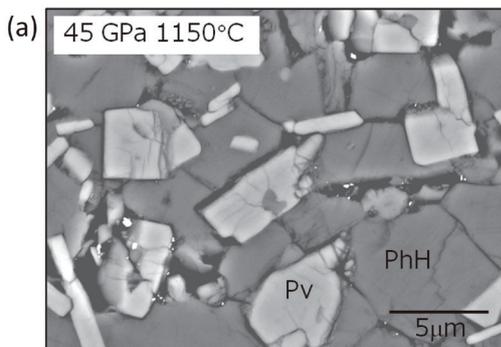


図3 (a) ブリッジマナイト (Pv) と共存する含水高压相 Phase H (PhH) (45 GPa、1150°C)、(b) Phase H の結晶構造

学分野において大きなインパクトを与えた。その他にも焼結ダイヤモンドを用いた精密実験により、下部マントル領域で重要な系である MgSiO_3 - Al_2O_3 及び MgSiO_3 - FeSiO_3 系及びパイロライトなどの多成分系に対して、下部マントル深部の60 GPa、2000 K 条件での相関係や密度変化を明らかにした。この領域での相関係の精密決定の成功は世界でも初めてであり、今後更に様々な物質に対する研究の進展が見込まれる。

(d) ナノ多結晶ダイヤモンド (ヒメダイヤ) の超高压発生への応用

ヒメダイヤを利用した MA6-6 加圧方式による圧力発生テストを行った。その結果、この新しい手法により、約30 GPa の圧力を発生させることに成功した。また、MA6-8 加圧方式 (図4) への応用も試み、比較的低いプレス荷重のもとで50 GPa 領域の圧力発生に成功した。この結果、ヒメダイヤアンビルにより従来の焼結ダイヤモンドアンビルに比べて、明らかに高い圧力発生効率を得られることが確認された。また、ヒメダイヤを用いた MA6-8-2 加圧方式において、マルチアンビル装置を用いた圧力としては世界最高である125 GPa の発生を確認した。しかしながら、ヒメダイヤアンビルを支える第一段アンビルの強度不足のため、ブローアウトが発生した。また、ヒメダイヤ合成用の地球深部ダイナミクス研究センターの大型超高压合成装置の不調から、大型素材の合成が十分に行えないというトラブルに見舞われ、ヒメダイヤの MA6-8 方式への本格的応用は今後の課題として持ち越さざるをえなかった。

一方で、ヒメダイヤを用いたダイヤモンドアンビル装置による高压下での X 線吸収分光測定が、広

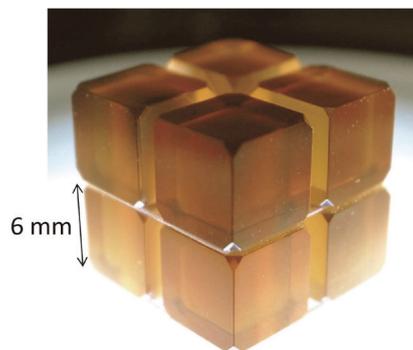


図4 ナノ多結晶ダイヤモンド製アンビル (MA6-8方式用)

島大学などのグループとの共同研究により行われ、単結晶ダイヤモンドをアンビルとして用いた XAFS 測定において避けられなかったブラッグ反射に起因するノイズ (“グリッチ”) を、完全に除去することに成功した。ヒメダイヤを用いたこの手法は、高圧下での X 線吸収分光測定における新たなブレークスルーとなっており、国内外の約 20 の研究グループとの本格的な共同研究が開始されている。

2) ユーザー支援内容

上記の「1) 研究内容 (a)~(d)」に対応した技術開発に基づくユーザー支援を行うとともに、既存の高圧 X 線その場観察実験技術による材料科学分野の研究者などへのユーザー支援を主に行った。特に期間の前半においては、グローバル COE 拠点としてビームライン担当者とともにインターンシップを行い、国内外の若手に対する実験の指導も行った。更に期間中に獲得した外部資金、特にグローバル COE 拠点経費、大型科研費である「特別推進研究」や「基盤研究 (S)」などの経費を用いて、様々なユーザー持ち込み備品や消耗品の購入、機器の維持管理、博士研究員の採用などにより、本グループのみならず他のユーザーの支援にあたった。

(a) 高温高圧変形実験システムの他ユーザーへの供用

本 PU において設置した高圧下での変形実験が可能なシステムを用いて、岡山大学や九州大学のグループなどが実験を行い研究成果をあげた。本 PU はこれらのグループに対してシステムの使用に関する支援を行うとともに、設備の維持・管理を行った。なお、このシステムを構成する大型 D-DIA 型超高压ガイドブロック、上下油圧ラム駆動装置、単色化装置などは、本 PU 代表者の科学研究費などで導入されたものであり、これらは全て他のユーザーの利用にも供している。

本 PU において設置した超音波測定システムを用いて、東北大学、東京大学、東京工業大学、大阪大学、兵庫県立大学などのグループが、高温高圧下での高圧相鉱物やガラス・メルトなどの弾性波速度精密決定を行い様々な成果をあげた。本 PU はこれらのグループに対してシステムの使用に関する支援を行うとともに、設備の維持・管理を行った。なお、このシステムを構成する超音波測定システム、高分解能 CCD カメラなども、全て本 PU 代表者の科学研究費などで導入したものであり、これらは全て他

のユーザーの利用にも供している。

(b) 焼結ダイヤモンドアンビルを用いた高温高圧実験の支援

本 PU において設置された精密加圧ガイドブロックシステム (MADONNA 型ガイドブロック) を用いて、焼結ダイヤモンドを用いたより高い圧力下での実験を可能にした。焼結ダイヤモンドを用いた実験には高い実験技術と高額なアンビルが必要なため、このシステムを本格利用できるのは世界的にみても本 PU グループと岡山大学のグループに限られるが、本 PU のメンバーが指導するドイツ・フランス・中国などからの留学生や研究員にこの技術を指導することにより、海外でも同様の実験が可能になりつつある。本 PU はこれらの研究者に対してシステムの使用に関する支援を行うとともに、設備の維持・管理を行った。なお、このシステムを構成する MADONNA 型超高压ガイドブロックや第一段アンビルなどの消耗品は、本 PU 代表者の科学研究費などで導入したものであり、他のユーザーの利用にも供している。

(c) 分野外及び外国人研究者に対する高圧下 X 線その場観察実験の支援

本 PU の前半は、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センターを中核とし、JASRI を連携先の一つとするグローバル COE プログラム「地球深部物質学拠点」(2008~2012 年度)の一部として行われた。また同期間と重なる大型科学研究費特別推進研究、及び引き続き基盤研究 (S) の支援を経て先端的研究を推進する一方で、若手研究者など人材育成にも重要な貢献がなされた。特に本 PU 及びグローバル COE プログラムにより、BL04B1 における国際インターンシップを含む教育プログラムが実施され、多くの若手研究者に対して高圧下 X 線その場観察実験技術に関する指導が行われた。これらに参加した外国人も多く、ドイツ、フランス、アメリカ、イタリア、中国などから 10 数名の若手研究者に対して支援がなされた。

3) 測定技術開発などその他の内容

(a) 高温高圧変形実験技術の開発

本 PU において設置した高圧下での変形実験が可能なシステムを用いて、マントル深部条件下での高圧相鉱物の変形実験技術の開発を行った。この結果、

これまで困難であったマントル遷移層条件下での高温高压下変形実験を世界に先駆けて可能にし、高压相のレオロジーに関する様々な研究成果を生み出すに至った。更にPU開始当初は想定していなかったが、高压変形下でのアコースティックエミッション(AE)測定の技術開発が開始され、高压変形下での試料からのAE測定及び発生位置の精密決定が可能になりつつある。これらの技術に基づき、今後深発地震の原因解明など地球深部のダイナミクス研究の新たな展開が期待される。

(b) 高温高压下弾性波速度測定技術の開発

マントル遷移層全域をカバーする圧力温度条件下の超音波測定技術を確立し、この領域での高压相鉱物の弾性波速度精密測定を可能にした。また、この手法をガラスや液相に対する測定に応用し、マグマの高温高压下での物性解明に新たな道を拓いた。このような条件下での測定が可能であるのは世界的にみても本PUグループのみであり、国内外のグループがこの技術を用いて研究成果をあげている。一方で、本PUグループでは、オフラインで高温高压下での弾性波精密測定に適した高品質多結晶体の合成技術の開発を行い、ナノ多結晶スティショバイトやナノ多結晶ガーネットなどの新たなナノ多結晶体の合成に成功した。これらのナノ多結晶体は興味深い機械的・光学的特性を有しており、新たな材料としても期待されている。更に本PUでは下部マントル領域での弾性波測定技術の開発を行い、世界最高である30 GPa領域の精密測定技術を確立した。この手法を用いて下部マントルの最重要高压相であるブリッジマナイトの弾性波速度の精密測定が系統的に行われており、その成果は近く発表される予定である。

(c) 新しいアンビル材料を用いた高温高压発生技術の開発

焼結ダイヤモンドを用いた高压発生技術の開発を行い、MA6-8加圧方式で80 GPaを越える圧力発生を達成するとともに、高温の同時発生技術開発を行い2500 K程度までの安定した加熱実験を可能にした。岡山大学のグループが100 GPaを越える圧力発生に成功したが、この成果も本PUが設置したMADONNA型精密加圧ガイドブロックを活用した成果である。これら本PU及び岡山大学の成果はいずれも世界最先端のものであり、本PU活動において世界の追従を許さぬマルチアンビル装置による超

高压技術開発が達成された。一方で、新たに開発されたバイングレス超硬合金を用いた超高压発生技術の開発も行われ、従来の限界である30 GPaをはるかに上回る40 GPaを越える圧力発生が達成された。このアンビルと実験技術は通常の超硬合金を用いた実験技術の延長線上にあり、今後国内外の多くのユーザーにより活用されるものと考えられる。更にナノ多結晶ダイヤモンドアンビル(ヒメダイヤ)を用いたマルチアンビル装置により、焼結ダイヤモンドアンビルを用いた場合より高い圧力発生効率が確認され、同装置を用いたマルチメガバル領域における精密実験技術の今後の開発に展望をひらいた。

(3) 成果リスト (査読有り論文)

SPring-8利用研究成果登録データベースに登録済みで、PU課題番号が関連づけられた査読付き論文のみを掲載します。(その他、PUとして支援した一般課題の発表論文やポスター発表、受賞歴など多数の成果がありますが、掲載スペースの都合上割愛しています。)

[1] SPring-8 publication ID = 20485

T. Kawazoe *et al.*: "In situ Stress-Strain Measurements in a Deformation-DIA Apparatus at *P-T* Conditions of the Upper Part of the Mantle Transition Zone" *American Mineralogist* **96** (2011) 1665-1672.

[2] SPring-8 publication ID = 21788

F. Wang *et al.*: "*P-V-T* Equation of State of Stishovite up to Mid-Lower Mantle Conditions" *Journal of Geophysical Research* **117** (2012) B06209.

[3] SPring-8 publication ID = 21795

Y. Zou *et al.*: "Thermal Equation of State of $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$ Pyrope Garnet up to 19 GPa and 1,700 K" *Physics and Chemistry of Minerals* **39** (2012) 589-598.

[4] SPring-8 publication ID = 22189

Y. Zou *et al.*: "Elasticity and Sound Velocities of Polycrystalline $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$ Garnet up to 20 GPa and 1700 K" *Journal of Applied Physics* **112** (2012) 014910.

[5] SPring-8 publication ID = 22756

Y. Kono *et al.*: "Sound Velocities of MORB and Absence of a Basaltic Layer in the Mantle Transition Region" *Geophysical Research Letters* **39** (2012) L24306.

- [6] SPring-8 publication ID = 22860
K. Nishida *et al.*: “Sound Velocity Measurements in Liquid Fe-S at High Pressure: Implications for Earth’s and Lunar Cores” *Earth and Planetary Science Letters* **362** (2013) 182-186.
- [7] SPring-8 publication ID = 24663
T. Ohuchi *et al.*: “Development of A-type Olivine Fabric in Water-Rich Deep upper Mantle” *Earth and Planetary Science Letters* **362** (2013) 20-30.
- [8] SPring-8 publication ID = 26142
M. Nishi *et al.*: “Stability of Hydrated Silicate at High Pressures and Water Transport to the Deep Lower Mantle” *Nature Geoscience* **7** (2014) 224-227.
- [9] SPring-8 publication ID = 27727
T. Ohuchi *et al.*: “Crystallographic Preferred Orientation of Olivine in the Earth’s Deep Upper Mantle” *Physics of the Earth and Planetary Interiors* **228** (2014) 220-231.
- [10] SPring-8 publication ID = 28021
M. Nishi: “Deep Water Cycle: Mantle Hydration” *Nature Geoscience* **8** (2015) 9-10.
- [11] SPring-8 publication ID = 28024
T. Ohuchi *et al.*: “Crystallographic Preferred Orientation of Wadsleyite and Ringwoodite: Effects of Phase Transformation and Water on Seismic Anisotropy in the Mantle Transition Zone” *Earth and Planetary Science Letters* **397** (2014) 133-144.
- [12] SPring-8 publication ID = 28031
C. Zhou *et al.*: “Sound Velocities Measurement on MgSiO₃ Akimotoite at High Pressures and High Temperatures with Simultaneous in situ X-ray Diffraction and Ultrasonic Study” *Physics of the Earth and Planetary Interiors* **228** (2014) 97-105.
- [13] SPring-8 publication ID = 29324
M. Nishi *et al.*: “Phase Transitions of Serpentine in the Lower Mantle” *Physics of the Earth and Planetary Interiors* **245** (2015) 52-58.
- [14] SPring-8 publication ID = 29349
T. Ohuchi *et al.*: “In Situ Observation of Crystallographic Preferred Orientation of Deforming Olivine at High Pressure and High Temperature” *Physics of the Earth and Planetary Interiors* **243** (2015) 1-21.
- [15] SPring-8 publication ID = 29531
T. Arimoto *et al.*: “Sound Velocities of Fe₃Al₂Si₂O₁₂ Almandine up to 19 GPa and 1700 K” *Physics of the Earth and Planetary Interiors* **246** (2015) 1-8.
- [16] SPring-8 publication ID = 29542
Z. Liu *et al.*: “Elastic Wave Velocity of Polycrystalline Mj₈₀Py₂₀ Garnet to 21 GPa and 2,000 K” *Physics and Chemistry of Minerals* **42** (2015) 213-222.

入船 徹男 *IRIFUNE Tetsuo*

愛媛大学 地球深部ダイナミクス研究センター
〒790-8577 愛媛県松山市文京町2-5
TEL : 089-927-9645
e-mail : irifune@dpc.ehime-u.ac.jp

西原 遊 *NISHIHARA Yu*

愛媛大学 地球深部ダイナミクス研究センター
〒790-8577 愛媛県松山市文京町2-5
TEL : 089-927-8150
e-mail : yunishi@sci.ehime-u.ac.jp

Long-term Proposal Report 1

Development of spin-resolved Compton scattering in high magnetic fields: probing the orbitals in magnetic materials

Jonathan Duffy¹, Sean Giblin², Stephen Dugdale³, Jonathan Taylor⁴, David Kersh¹,
David Billington⁵, David Ernsting³ and Tom Millichamp³

¹Department of Physics, University of Warwick, Coventry CV4 7AL, United Kingdom

²School of Physics and Astronomy, Cardiff University, Cardiff CF24 3AA, United Kingdom

³H. H. Wills Physics Laboratory, University of Bristol, Bristol BS8 1TL, United Kingdom

⁴DMSC - European Spallation Source, Copenhagen 2100, Denmark

⁵Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI) / SPring-8, Hyogo 679-5198, Japan

Abstract

The purpose of this long term project was to develop magnetic Compton scattering studies of magnetic systems and their interactions using a new sample environment. Previously, experiments on BL08W had been limited to a maximum field of 2.5 T and minimum temperature of ~ 6 K, and the new cryomagnet provides magnetic fields of up to 9 T and temperatures down to 1.5 K. We report on the implementation of the new sample environment and illustrate its use with some of our recent experimental results.

1. Introduction

Magnetic Compton scattering is an established experimental technique, used extensively on beamline BL08W at SPring-8. The objective of this long term project was to install and commission a new sample environment, and then to perform experiments using it. Previously, the sample environment was capable of obtaining temperatures down to 6 K and magnetic fields up to 2.5 T. The new Oxford Instruments “Spectromag” cryomagnet, which is the property of the University of Warwick, extended these parameters to provide a minimum temperature of 1.5 K and a maximum field of 9 T, as depicted in figure 1.

The magnetic Compton scattering experimental technique enables the study of the spin resolved electron momentum density of a magnetic material via measurements of the inelastic scattering of high energy circularly polarised X-rays. The interpretation of the results typically requires electronic structure calculations, and hence, the technique provides insight into the underlying electronic structure of the material studied. The method

is suitable for materials with a net magnetic moment: ferromagnets and ferrimagnets, and also other systems where the applied magnetic field induces a moment.

The experiments utilise non-resonant inelastic, or “Compton”, scattering of monochromatic high energy

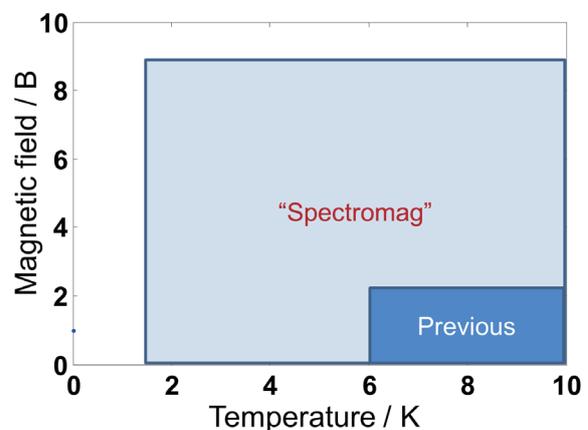


Figure 1 A graphical representation of the temperatures and magnetic fields achievable with the new sample environment.

(typically 175 keV) photons from the sample. Figure 2 depicts the experimental geometry. The high scattering angle, of 175° is used to optimise the magnetic signal and the experimental resolution. When the X-rays are inelastically scattered by the electrons in the sample, the photon energy distribution measured at a set scattering angle is Doppler broadened because of the electrons' momentum distribution. A measurement of the photon energy spectrum can be directly related to a 1-dimensional projection of the electron momentum distribution of the sample. In order to make the spin-resolved measurements, circularly polarised photons are required, and a reversible magnetic field is applied to the sample. This permits a spin-dependent term in the scattering cross-section to be exploited. A measurement involves reversing the applied field and taking the difference between the two spectra collected. The charge scattering cancels out, leaving the spin contribution. Hence the resultant measurement, or magnetic Compton profile (MCP), represents the electron momentum density of only those electrons that contribute to the spin magnetic moment of the sample.

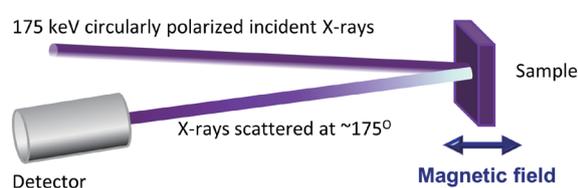


Figure 2 A schematic representation of the geometry adopted for magnetic Compton scattering experiments.

Once the scattering cross-section and normalisation have been applied, the MCP, J_{mag} , is defined as the 1D projection of the spin-polarized electron momentum density:

$$J_{mag} = \iint (\rho_{\uparrow} - \rho_{\downarrow}) dp_x dp_y$$

Here ρ_{\uparrow} and ρ_{\downarrow} are taken as the electron momentum densities of the majority and minority spin bands. Since the MCP is the difference between two measured Compton profiles, components arising from spin-paired electrons cancel, as do most sources of systematic error. Because only those electrons that contribute to the spin moment of the sample contribute to the MCP, the sample's spin

magnetic moment can be determined. Such measurements can provide valuable information in systems where the spin and orbital moments contributions to a known bulk magnetic moment are unknown or not fully understood, as discussed in our previous work on the temperature dependence of the spin and orbital moments in magnetite^[1].

The magnetic Compton profile is particularly useful because electrons originating from different orbitals have different momentum density distributions. For example, well localised electrons, such as those in the 4f orbital (for example in Gd) have a broad contribution to the MCP whereas more itinerant electrons (for example the 5d electrons in Gd) have a narrow momentum density distribution. In order to interpret measured MCPs, electronic structure calculations are used, from which the resultant theoretical spin-dependent momentum distributions and hence the MCPs can be calculated. The electronic structure calculations can be used as the basis for fitting to the data to reveal the physics, rather than relying on purely *ab-initio* calculations. For example, in previous work that we have performed on BL08W, we showed that Fe-rich NbFe₂ has ferrimagnetic order by using calculations for different possible magnetic ground states^[2], and were able to determine the Fermi level spin polarisation in the Co_(1-x)Fe_xS₂ system^[3]. As part of this project, we have developed software^[4] to calculate MCPs from theoretical electronic structure outputs that are output by the ELK package^[5].

There are several important reasons for developing the high field method. Measurements of a considerably wider range of materials, including those which have interesting high-field behaviour, such as metamagnetism, will become possible. Furthermore, in many small-moment systems the high field will induce a larger moment, making measurements more sensitive and hence faster. The effective count rate is proportional to the square of the induced moment, and hence, for example a five-fold increase in the moment makes a measurement twenty five times faster, such that we can study systems which would previously have required too much beamtime.

2. Experimental Details

2.1 The experimental set up

The main goal of the project was to implement high-field, low-temperature, magnetic Compton scattering

experiments on beamline BL08W, by installing and commissioning our “Spectromag” cryomagnet. The development of the experimental technique made possible by this long term project, together with advances in the theoretical modelling and interpretation, mean that we have a methodology ready for exploitation for new measurements by ourselves and other users of BL08W.

As discussed above, monochromatic X-rays of energy 175 keV were used for these experiments. The beamline’s helical wiggler was used to obtain the required circular polarisation. The scattering geometry adopted was based on that depicted in figure 2. The cryomagnet is shown as set up for an experiment in figure 3a. The incident X-ray beam passes through the beampipe to the sample, which is held within the cryostat. The Ge detector, positioned towards the front in the photograph, consists of ten elements arranged in a circle, such that the incident beam passes through the circle centre. All ten elements then have the same scattering angle.

Figure 3b shows a sample attached to a non-magnetic miniature goniometer in our custom-built holder. This permits accurate sample alignment with respect to the X-ray beam. Crystallographic alignment is not possible in-situ, and is instead performed prior to the experiment, normally using an X-ray Laue instrument. Our sample holder enables this alignment to be preserved when the sample is transferred to the magnet for the experiment.

The associated magnet power supply and electronics are

not shown in the figure, but these are interfaced with the beamline experimental control computer.

2.2 Experimental Procedure

The new experimental system required the development and testing of a new experimental procedure. This was because, whilst the magnet coil configuration permits high magnetic fields, the field ramps more slowly than the original cryomagnet. As discussed above, obtaining an MCP requires a difference measurement to be made. To do this, the magnetic field is reversed and data collected for fields parallel and anti-parallel to the X-ray scattering vector. The magnetic signal is often less than 0.5% of the charge scattering, and hence very good normalisation is crucial. The procedure adopted is shown in figure 4a, showing the typical “ABBA” method, where A and B represent the two magnetic field directions. For the original magnet, the measurements consisted of 1-minute counts, with the field reversal taking a few seconds. Because of the slower ramp rate of the new magnet, it was important to utilise much longer counting times. The counting times can be chosen to be the most appropriate for a particular experiment: in figure 4a we just depict 5 minutes and 30 minutes versions, with a comparison of the results obtained shown in figure 4b. For this measurement, a single crystal Ni sample was used. This test measurement was used to show that very good normalisation is feasible even for long counting times.

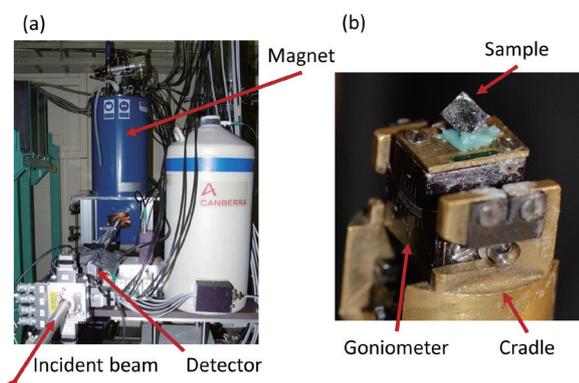


Figure 3 (a) The cryomagnet in-situ on BL08W. The incident X-ray beam enters via the evacuate beampipe at the bottom of the photograph. The Compton-scattered X-rays travel back along the beampipe to the multi-element detector. (b) The sample holder, consisting of the miniature goniometer and cradle.

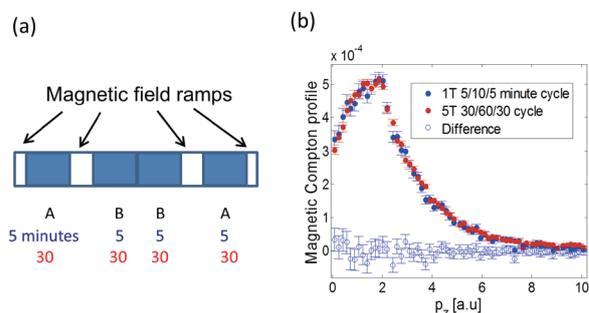


Figure 4 (a) A schematic representation of the procedure adopted to make a measurement. The labels A and B refer to the magnetic field being parallel and anti-parallel to the scattering vector. (b) Magnetic Compton profiles for ferromagnetic nickel, measured at 1 T and 5 T, using the counting times shown in (a).

3. Results

During the course of the long term project, we have made several measurements. In this section, we present two particular examples in order to demonstrate the experimental technique: a full interpretation of the results will be published in detail elsewhere.

3.1 Frustrated $\text{Ca}_3\text{Co}_2\text{O}_6$

$\text{Ca}_3\text{Co}_2\text{O}_6$ is a rather intriguing material. It has an unusual electronic ground state, in which the Co 3d orbital occupation does not lead to the usual crystal field quenching of the orbital magnetic moment. It is also a frustrated system, and exhibits a number of metamagnetic transitions with a complicated temperature dependence. Our work here is aimed at gaining a better understanding of the electronic configuration that underlies the magnetic properties. In our experiment, we determine the spin moment to be $3.93 \pm 0.05 \mu_B$ at 10 K, with an applied field of 7 T. By comparison with the bulk magnetic moment of $5.2 \pm 0.1 \mu_B$, the orbital moment is $1.3 \pm 0.1 \mu_B$. Such an orbital moment is unusual in 3d transition metal systems, but it is consistent with expected ground state here, where the orbital moment is predicted to be unquenched^[6]. In figure 5, we show the measured MCP along with our molecular orbital calculation using orbitals based on the previous theoretical results^[6],

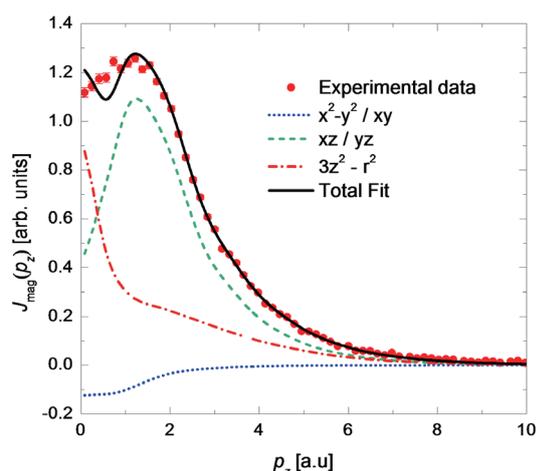


Figure 5 The MCP together with the results of a CoO_6^{6-} cluster calculation for Co-O orbitals. Whilst it looks like a good fit, it is unphysical (the fitted value of the spin moment in the xz/yz degenerate orbitals is impossible). Our data are not consistent with previously published theoretical predictions for the material's magnetic ground-state.

which, as well as predicting the orbital moment, suggested that there would be a significant oxygen 2p polarisation. It has been suggested that the trigonal Co^{3+} site was described better as Co^{2+}Oh (i.e. an electron is donated to the Co by the oxygen). However, our data strongly suggest that this model is incorrect. Firstly, there is a discrepancy at low momentum, although it should be noted that this is often apparent in magnetic Compton profiles. Secondly, and significantly, the orbital occupations, as shown below, are not physically feasible: in particular the hybridised xz/yz orbitals would have a spin moment greater than $2 \mu_B$ and the x^2-y^2/xy hybridised orbitals are not expected to have a negative moment.

3.2 CeB_6 : evidence for anisotropy

In an applied magnetic field, CeB_6 has a ferromagnetic moment that is believed to exist on its 4f electron: the moment is a combination of an orbital moment, with a smaller negatively polarised spin moment, as would be expected from Hund's rules. Some previous work using polarised neutron diffraction was consistent with this, showing an isotropic magnetisation density which could be modelled using local 4f orbitals^[7]. However, other work together with muon spectroscopy results^[8] were interpreted as showing an "anomalous" itinerant spin density. Our work was motivated by the unresolved controversy concerning the magnetisation density, and the new interest in CeB_6 (for example see reference^[9]).

Magnetic Compton scattering is a particularly useful technique to study this material, because it is only sensitive to the spin moment, and crucially because it is sensitive to all electrons that contribute to the magnetism. The polarised neutron diffraction technique is sensitive to the *total* magnetic moment: in CeB_6 , the spin and orbital moments are antiparallel, resulting a small total magnetic moment. Furthermore, the method would not be sensitive to an itinerant contribution to the magnetic moment as found in the NMR work.

Figure 6 depicts our experimental data resolved along the [100] and [110] crystallographic directions, together with isotropic relativistic Hartree Fock calculations for Ce 4f and 5d orbitals. The spin moment is $-0.286 \pm 0.007 \mu_B$, at $T = 1.5 \text{ K}$, $B = 6 \text{ T}$, with the total and orbital moments being $0.844 \pm 0.009 \mu_B$ and $1.128 \pm 0.000 \mu_B$, respectively. The first clear observation is that the spin density is

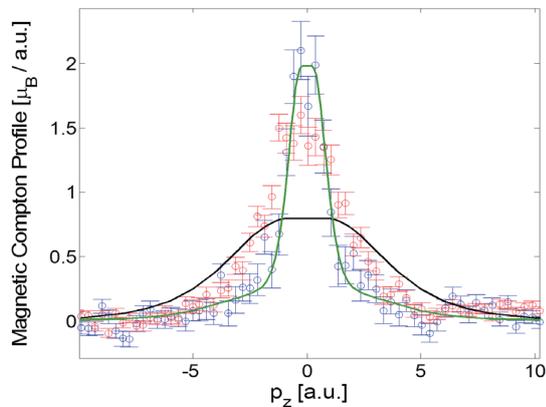


Figure 6 Spin density in CeB_6 at $B = 6$ T, $T = 1.5$ K, resolved along two crystallographic axes: blue data [100] and red data [110]. The black and green lines depict isotropic 4f and 5d orbital electrons respectively. Note that the spin moment is *negative*, i.e. it is antiparallel to the net moment (and the orbital moment).

anisotropic. This was unexpected from the polarised neutron diffraction data, and hence we performed tests to ensure that our result is robust. In order to account for the measurements, a model is required that is consistent with both of the directional profiles: it can be seen that a 5d orbital appears to be consistent with the [100] data, but not the [110], and hence does not provide a description of the true ground state. An interpretation of the magnetism as revealed by our measurements will be published elsewhere, but we note here the clear importance of studying single crystals whenever possible, rather than polycrystalline samples.

4. Conclusions

Magnetic Compton scattering experiments can now be performed on the BL08W beamline in a sample environment that can provide magnetic fields up to 9 T and temperatures down to 1.5 K. The established experimental technique can now be applied to materials that could not previously be studied.

Acknowledgments

We gratefully acknowledge the provision of beam time at SPring-8 by JASRI (Proposal number 2012B0045-2015A0045: Long-term Proposal). We would also like to thank M. Itou, Y. Sakurai and the staff for their support

and assistance. We acknowledge the financial support of the EPSRC (UK) via research grants EP/F021518 and EP/J003492.

References

- [1] J. A. Duffy *et al.*: *Phys. Rev. B* **81** (2010) 134424.
- [2] T. D. Haynes *et al.*: *Phys. Rev. B* **85** (2012) 115137.
- [3] C. Utfeld *et al.*: *Phys. Rev. Lett.* **103** (2009) 226403.
- [4] D. Ernsting *et al.*: *J. Phys.: Condens. Matter* **26** (2014) 495501.
- [5] <http://elk.sourceforge.net>
- [6] H. Wu *et al.*: *Phys. Rev. Lett.* **95** (2005) 186401.
- [7] F. Givord *et al.*: *J. Phys.: Condens. Matter* **15** (2003) 3095.
- [8] A. Schenck *et al.*: *Phys. Rev. Lett.* **89** (2002) 037201.
- [9] H. Jang *et al.*: *Nature Mat.* **13** (2014) 682-687.

長期利用課題報告 2

X線分光法による臨界価数ゆらぎによる 新しい量子臨界現象の実験的検証

九州工業大学 大学院工学研究院基礎科学研究系
渡辺 真仁

Abstract

電子のスピンゆらぎによって引き起こされる量子臨界現象の枠組みに従わない、新しいタイプの量子臨界現象が希土類化合物で複数観測され、大きな謎となっている。最近、希土類元素の4f電子とまわりの伝導電子の電荷移動の効果によって新しい量子臨界現象が引き起こされるという理論が提案された。本長期利用課題では、この希土類元素イオンの価数のゆらぎによる量子臨界現象をX線分光法を用いて実験的に検証し、非従来型の量子臨界現象の起源に迫ることを目指した。高圧・強磁場・低温の多重極限環境下での物質探索、および希土類元素イオンの価数の精密測定を行った結果、周期結晶および準周期結晶において価数由来する興味深い現象を発見したので報告する。

1. はじめに

物質に圧力や磁場をかけて磁気秩序相への2次相転移の温度を絶対零度まで抑制した点を磁気量子臨界点とよぶ。量子臨界点近傍では、低温で電気抵抗や比熱などの物理量が通常金属とは異なる、量子臨界現象とよばれる興味深い振る舞いを示すことが知られており、これまで物質中の電子のスピン^(注1)のゆらぎがその起源であると考えられてきた。ところが、前世紀末から今世紀にかけて希土類元素のYb(イッテルビウム)を含む化合物において従来型の磁気的な量子臨界現象とは異なる新しいタイプの量子臨界現象が生じることが相次いで発見され、物性物理学における強相関電子系の分野で大きな問題となっている。

最近、物質中のYbの4f電子がまわりの伝導電子と混成することにより生じる電荷移動のゆらぎ、すなわちYbの価数^(注1)のゆらぎによって新しい量子臨界現象が発現することが理論的に示され、上述の懸案となっている非従来型の量子臨界現象を統一的に説明する機構として注目を集めている^[1]。この理論によれば、Ybの価数が不連続な跳びを示す価数転移とよばれる相転移現象を示す物質に圧力や磁場を印加して相転移の温度を絶対零度まで抑制すると、価数量子臨界点が出現し、その近傍で非従来型

の量子臨界現象が現れることが予言されている。また、同じ希土類元素のCe化合物でも同様の現象が現れる可能性が指摘されている。

そこで、本長期利用課題では、X線分光法を用いて臨界価数ゆらぎの理論の実験的検証を行い、新しい量子臨界現象の起源を実験により解明することを目指した。具体的には、高圧・強磁場・低温の極限環境下で、非従来型の量子臨界現象を示す複数の候補物質の希土類元素の価数を精密に測定し、価数転移の量子臨界点の探索を行った。X線分光法による希土類元素の価数測定とマクロ物性の測定を行うことにより、圧力-磁場-温度の3次元相図を正確に決定し、価数転移の量子臨界点近傍で磁化率などの物理量に価数ゆらぎに起因する異常な量子臨界現象が発現する可能性を検証した。また、そのために必要なビームライン要素技術の高度化にも取り組んだ。主な成果を以下にまとめる。

2. 価数転移の臨界点の発見

非磁性のYb系金属であるYbNi₃Ga₉に着目してYbの価数転移の臨界点の探索を行った。常圧におけるYbイオンの価数は2価(非磁性)と3価(磁性)の中間価数状態をとるが^(注1)、高圧力を加えることによって3価状態へと近づくとともに磁気秩序

が誘起されることが期待される。本研究グループは、10万気圧級の高圧力を用いることで YbNi_3Ga_9 において圧力誘起磁気秩序を発見し、さらにその臨界圧力に近づくとともにYbの価数が3価状態へと連続的に変化していくことをX線吸収分光測定によって明らかにした(図1)^[2]。これらの結果は、良質な試料と、独自に開発した圧力装置および大型放射光施設 SPring-8 BL39XU の高輝度 X 線と高精度計測技術を利用することで初めて実現した。さらに、極低温、高圧、磁場を組み合わせた多重極限環境下における精密な物性測定から、圧力誘起磁気秩序が出現する圧力よりもわずかに低圧側の非磁性相(常磁性金属相)において、磁化の急激な増大が発現することを発見した(図1)。また、磁場依存性における履歴現象(ヒステリシス)の存在と磁場中における磁化率の温度依存の発散的振る舞い(無限大へと増大する振る舞い)から、発見された磁化の急激な増大は1次相転移であり、その相線は臨界点をもって終端することがわかった(図1)。また熱力学的な関係式の解析によって、メタ磁性の起源としてYbの価数転移が生じている可能性を見出した。この結果は、

Ybの価数のゆらぎ、すなわち4f電子の電荷移動のゆらぎが発散する(無限大となる)臨界点で、スピンの一様なゆらぎを表す磁化率も同時に発散する(無限大となる)という、臨界価数ゆらぎの理論^[1]が予言した新現象を直接観測したものと考えられる。これらの実験事実、価数クロスオーバー領域において磁場を加えると価数の1次相転移が誘起されるという理論予測^[3]とも一致しており、磁気転移点近傍に潜む価数の不安定性の存在を示す重要な結果であると考えられる。

3. 準結晶における磁場誘起の価数クロスオーバー領域の発見

物質には、通常の金属のように原子が周期的に配列した結晶構造ではなく、周期性をもたない原子の配列構造をもつものが存在することが1984年に発見された。これらの新しい物質を準結晶とよぶ。臨界価数ゆらぎの理論^[4]によれば、Ybを含む準結晶 $\text{Yb}_{15}\text{Au}_{51}\text{Al}_{34}$ において通常の周期結晶で実現する価数量子臨界点ではなく、量子臨界「点」が多数凝集して広大な量子臨界点「集団」を形成している可能性が高いことが指摘されている。そこに磁場を印加すると、各量子臨界点から価数クロスオーバー温度が誘起され、その温度を境に低磁場側ではYbの価数が3価に近い状態(近藤状態)であったものが、高磁場側では価数が減少した状態(価数揺動状態)^(注2)へと移り変わることが予想される。これは通常、Yb系物質に磁場をかけると、4f電子がゼーマンエネルギーの利得を得るためにYbの価数が増加し、強磁場の極限で3価となる振る舞いとは逆の、非自明な効果である。しかもそれらが多数密集することにより、広い磁場範囲で出現すると予想されている。

そこで、この質的に新しい量子臨界現象を実験により検証するため、低温($1.8\text{ K} \leq T \leq 7\text{ K}$)、磁場($0\text{ T} \leq H \leq 10\text{ T}$)下においてX線吸収分光測定を行い、Ybの価数を非常に高い精度(分解能 ~ 0.0003)で測定した。その結果、温度を下げるにつれてYbの磁場変化が平坦な領域が顕在化し、 $T = 1.8\text{ K}$ では約4 Tにわたってほぼ平坦な領域が出現することがわかった(図2)^[5]。これは上述した、磁場下でのYbの価数の非自明な減少の効果とゼーマン効果による(自明な)増加の効果が広い磁場「領域」で相殺した結果と考えられる。

マクロ物性測定による相図と価数についての相図

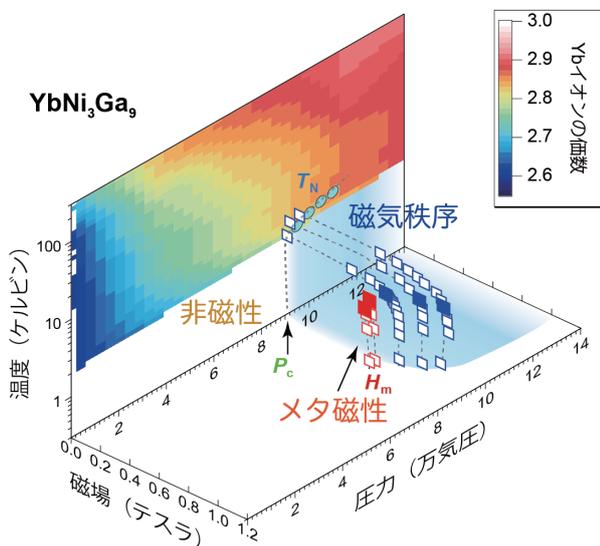


図1 温度、圧力、磁場を複合的に制御した多重極限環境下での実験から明らかとなった YbNi_3Ga_9 の状態を示した図(相図)。磁気秩序は P_c (~ 9 万気圧 $= 9\text{ GPa}$)以上の高圧、 T_N (\sim 数ケルビン(K))以下低温領域において出現する。また、 P_c よりもわずかに低圧側の非磁性相では H_m (~ 0.7 テスラ(T))において磁化の急激な増大(メタ磁性)が発現することを発見。1次相転移線(赤の中白の四角のデータを結んだ線)が昇温につれて臨界点(赤塗りの四角)で終端している。

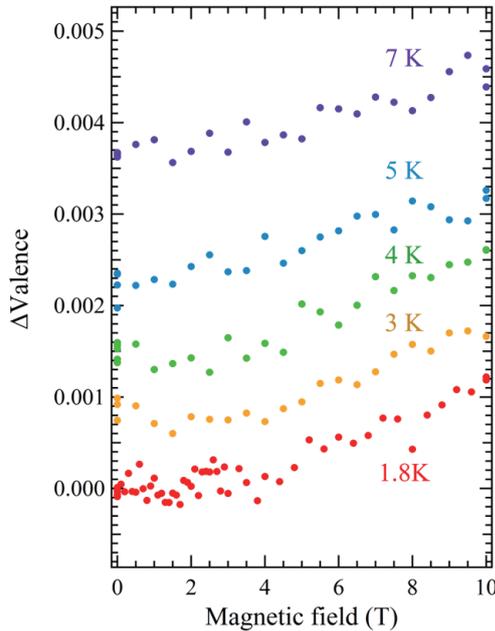


図2 準結晶 $\text{Yb}_{15}\text{Au}_{51}\text{Al}_{34}$ の Yb の価数の磁場依存性。 $T = 1.8 \text{ K}$ のゼロ磁場のデータを原点とし、 $T = 3 \text{ K}$ から 7 K のデータは見やすくするためにそれぞれ上方にシフトさせて表示している。低温になるにつれて弱磁場領域で Yb の価数の磁場依存性が平坦になり、 $T = 1.8 \text{ K}$ では約 4 T にわたって平坦になっている。

との比較から量子臨界現象を理解することは、本長期利用課題の目的の一つである。そこでマクロ測定である磁歪測定との比較も準結晶 $\text{Yb}_{15}\text{Au}_{51}\text{Al}_{34}$ で行った。歪みの磁場依存性は通常ゼーマンエネルギー利得により磁場の2乗に比例する。しかしながら、測定の結果、降温につれて低磁場側で磁場の2乗に比例しない振る舞いを発見した。このことは X 線吸収分光により測定された価数の非自明な振る舞いと矛盾しない。さらに、低温におけるその特徴的な磁場が価数測定と磁歪測定でほぼ一致した。

これらの結果は、準結晶 $\text{Yb}_{15}\text{Au}_{51}\text{Al}_{34}$ で価数量子臨界点「集団」が形成されていることを実験により捉えたものと考えられる。これまで認識されてきた量子臨界「点」ではなく、拡がりのある量子臨界点「集団」を形成するという、従来の理解を超えた新概念の形成につながる成果として重要である。

4. ビームラインの要素技術の高度化

(1) 極低温・高圧下の Ce 化合物の X 線吸収分光測定のためのダイヤモンドアンビルセルの開発
X 線によるダイヤモンドアンビルセル (図3) を

用いた高圧下での測定では、従来、ダイヤモンドの厚みのために、X 線分光測定可能領域が、透過能の高い 7 keV より高エネルギー領域に限られていた。これを改善し、低エネルギー ($E = 5.7 \text{ keV}$ 付近: Ce- L_3 端) でも利用できるように X 線光路のみダイヤモンド厚みを薄くする穴付ナノ多結晶ダイヤモンドアンビルセルの設計を行った。対向しているダイヤモンド全体で厚みをこれまでの 2.0 mm から 1.3 mm とした。これにより、透過 X 線強度を1桁高くすることに成功した^[6]。また従来、単結晶ダイヤモンドを用いた穴付アンビルは比較的割れやすく、高圧までの利用に耐えられないことが多かった。具体的には、約 4 GPa 程度でダイヤモンドが割れて、目標圧力である 8 GPa まで到達していなかった。一方、ナノ多結晶ダイヤモンドの場合、単結晶とは異なり劈開性がなく硬度も高いため、部分的に穴加工を施した場合でも破損しにくい^[6,7]。さらに、ナノ多結晶ダイヤモンドはグリッチと呼ばれるノイズを吸収スペクトルに発生させないので^[8]、価数の圧力変化による吸収スペクトルの微細な違いを検出し易い特長もある。それらの特長を活かし、上記の穴付ナノ多結晶ダイヤモンドを用いることで、圧力 $P = 18.6 \text{ GPa}$ までの Ce- L_3 端での X 線吸収分光スペクトルの取得に成功した (図4)。光子検出器にイオンチャンバーを用いる透過法にて高い S/N 比をもつスペクトル取得に成功した。実際に $\text{Ce}_2\text{NiGa}_{12}$ の Ce の価数が、圧力の増加につれて4価に近づくという結果を得た^[9]。この技術により、Ce 化合物の高圧力・低温下 ($P \sim 19 \text{ GPa}$ かつ $T \sim 3 \text{ K}$) での

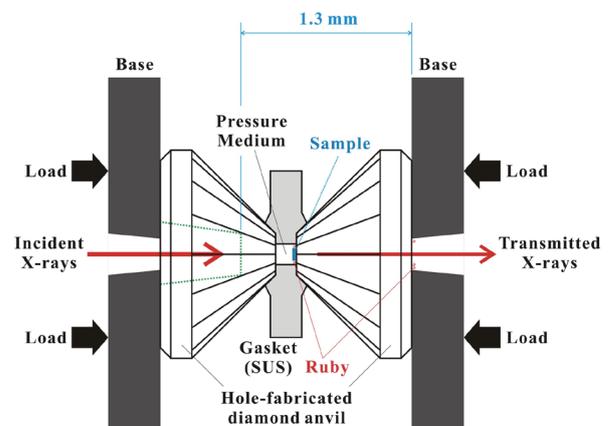


図3 高圧力下の X 線吸収分光測定のためのダイヤモンドアンビルセル。ダイヤモンドの厚みを従来の 2.0 mm から 1.3 mm へと薄くした結果、透過 X 線強度を1桁高くすることに成功した。

X線吸収分光測定が可能となった。この開発により、X線分光測定が可能な領域を $E = 5.7$ keV 付近まで広げることができたので、Ceをはじめとする希土類元素をほぼ全てカバーできるようになり、希土類物質のX線吸収分光測定を高圧下で行うことが可能となった。今後幅広い系でこの測定技術を用いて実験が行われることが期待される。

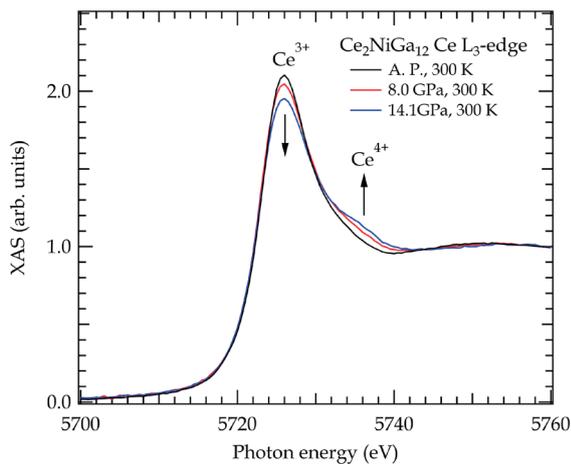


図4 $\text{Ce}_2\text{NiGa}_{12}$ における Ce-L₃ 端の X 線吸収分光スペクトル。常圧で温度 $T = 5.8$ K (黒の実線)、圧力 $P = 7.7$ GPa で温度 $T = 3.4$ K (赤の実線)、圧力 $P = 14.9$ GPa で温度 $T = 3.8$ K (青の実線)の結果を示す。圧力が増加するにつれて Ce の3価のピーク強度が減少し、4価のピーク強度が増加しており、Ce の価数が圧力によって増加することを示している。

このほか、(2) X線発光分光測定を低温 (~ 11 K)・高圧 (~ 16 GPa) 下、および低温 (~ 2 K)・強磁場 (~ 10 T) 下の環境下で Yb 化合物に対して実現した。Ce 化合物についても X線発光分光測定を行い、従来の報告よりも高精度かつ高分解能な測定結果が得られた。さらに、(3) 部分蛍光収量による高分解能 X線吸収分光 (Partial Fluorescence Yield; PFY) 測定を行い、計測時間を短縮する (従来の約 1/4) とともに高精度の価数測定を実現した。

5. まとめ

本長期利用課題において、温度・圧力・磁場空間での Yb の価数測定と磁化率測定を行うことにより YbNi₃Ga₉ で1次の価数転移の臨界点を発見した。臨界点において Yb の価数ゆらぎが発散すると同時に、4f 電子のスピンゆらぎも発散するという臨界価数ゆらぎの理論予測も観測することができた。非

従来型の量子臨界現象を示す Yb 化合物は Yb の価数転移の量子臨界点近傍に位置していると考えられるが、現在、元素置換および圧力・磁場・温度を制御することにより相図中で Yb の価数のクロスオーバー側から価数転移の側に近づくべく探索が進められている状況である。いわば相転移が「ない」側から「ある」側へアプローチが試みられている。一方、本長期利用課題により、圧力・磁場・温度の3次元空間において1次の価数転移と臨界点が存在することを Yb の価数の直接測定によって明らかにし、その動かぬ証拠を掴んだ意義は大きい。これにより相転移が「ある」側から「ない」側へアプローチする道が拓けた。今後、圧力・磁場・温度を制御して価数転移の臨界点を絶対零度まで抑制して量子臨界点を同定し、そこで磁化率のほか電気抵抗や比熱などの物理量の温度依存性を測定することで臨界価数ゆらぎの理論の完全な検証を行うことが残された重要な課題である。価数量子臨界点へ向けて価数転移が「ある」側と「ない」側双方向からアプローチする研究を推進していくことで、非従来型の量子臨界現象の起源の全容が解明されることが期待される。

さらに、準結晶 Yb₁₅Au₅₁Al₃₄ において、通常の周期結晶で実現する価数量子臨界点ではなく、量子臨界「点」が多数凝集して広大な量子臨界点「集団」を形成していることを示唆する測定結果が得られた。この量子臨界点「集団」は、圧力を約 1.6 GPa 印加しても常圧と同じ非従来型の量子臨界現象が強固に保たれるという、驚くべき最近の実験結果を説明する理論提案として注目を集めていたが、今回 Yb の価数測定によりその兆候を捉えた意義は大きい。これまで周期結晶で理解されてきた量子臨界現象の概念が、準結晶系にも普遍性をもつ可能性を含めて、強相関電子系と準結晶系の融合による新しい研究領域の開拓につながることを期待される。

また本長期利用課題により、Ceをはじめとする希土類化合物の X線吸収分光測定を 18 GPa までの高圧力下で室温から 3 K までの低温の温度領域で行うことが可能となった。X線発光分光および部分蛍光収量による高分解能 X線吸収分光 (PFY) 測定による高精度の価数評価法の実現を含め、今回達成したビームライン要素技術の高度化により、Ce 化合物における価数量子臨界点の探索や、ほかの希土類化合物での多重極限環境下での精密な価数測定など、今後幅広い分野への貢献が期待される。

謝辞

本報告の成果は、長期利用課題(課題番号 2012B0046~2015A0046)により、SPring-8 BL39XU で得られたものである。本長期利用課題の実験を遂行していただいた、長期利用課題メンバー松田康弘(東大物性研)、松林和幸(電通大情報理工)、本多史憲(東北大金研)、広瀬雄介(新潟大理)、光田暁弘(九大理)、綿貫徹(日本原子力研究開発機構)、石松直樹(広島大理)、水牧仁一朗(高輝度光科学研究センター)、河村直己(高輝度光科学研究センター)、ならびに竹内徹也(阪大低温センター)各氏に感謝する。

参考文献

- [1] S. Watanabe and K. Miyake: *Phys. Rev. Lett.* **105** (2010) 186403-1-4.
- [2] K. Matsubayashi *et al.*: *Phys. Rev. Lett.* **114** (2015) 086401-1-5.
- [3] S. Watanabe *et al.*: *Phys. Rev. Lett.* **100** (2008) 236401-1-4.
- [4] S. Watanabe and K. Miyake: *J. Phys. Soc. Jpn.* **82** (2013) 083704-1-4.
- [5] T. Watanuki *et al.*: in preparation.
- [6] 河村直己: 高圧力の科学と技術 **25** (2015) 38-48.
- [7] T. Irifune *et al.*: *Nature* **421** (2003) 599-600.
- [8] N. Ishimatsu *et al.*: *J. Synchrotron Rad.* **19** (2012) 768-772.
- [9] N. Kawamura *et al.*: *Journal of Physics: Conference Series* **568** (2014) 042015-1-5.

(注1) スピン/価数/中間価数状態

電子は負電荷を帯びており、量子力学的な内部自由度として、上向きスピン状態、下向きスピン状態をもつ。たとえば Yb 原子の最外殻電子配置は $4f^{14}6s^2$ であり、 Yb^{3+} イオンは $4f^{13}$ の電子配置となる。このとき Yb の価数は 3 価であり、スピンをもっている(磁性状態)。一方、固体中で Yb の価数は 2 価となる場合もあり、このとき $4f^{14}$ の電子配置が実現して閉殻となるので、全体としてスピンの打ち消しあった状態(非磁性状態)となる。量子力学的な効果によって、固体中の Yb の価数は 2 価と 3 価の間の非整数値をとる場合があり、これを中間価数状態とよぶ。

(注2) 近藤状態/価数揺動状態

局在した f 電子のスピンと伝導電子のスピンとの交換相互作用によりスピン 1 重項が形成される現象を近藤効果とよぶ。Yb 化合物の 4f 電子のエネルギー準位が高い位置にある場合には、近藤効果を通じて形成された重い電子状態は、4f 電子の局在性を強く反映する。この状態を近藤状態とよび、一般に Yb の価数は 3 価に近い値をとることが多い。一方、4f 電子のエネルギー準位が比較的浅い位置にある場合には、伝導電子との混成が強まり、重い電子状態はより遍歴的になる。この状態を価数揺動状態とよび、Yb の価数はより小さな値をとる。

渡辺 真仁 WATANABE Shinji

九州工業大学 大学院工学研究院基礎科学研究系
〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1
TEL : 093-884-3442
e-mail : swata@mns.kyutech.ac.jp

Long-term Proposal Report 3

Phase Contrast X-ray Imaging of the Lung

L. T. Kerr¹, M. J. Kitchen², M. J. Wallace¹, A. Flemmer³, J. J. Jani⁴, K. L. Lee²,
R. A. Lewis⁵, N. Yagi⁶, K. Uesugi⁶ and S. B. Hooper¹

¹The Ritchie Centre, Hudson Institute of Medical Research, Melbourne, Australia

²School of Physics and Astronomy, Monash University, Melbourne, Australia

³Department of Pediatrics, Ludwig-Maximilians-University, Munich, Germany

⁴Obstetrics and Gynecology, Brugman University, Brussels, Belgium

⁵Department of Radiography and Medical Imaging, Monash University, Melbourne, Australia

⁶Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI), SPring-8, Sayo, Hyogo, Japan

Abstract

Lung disease affects many people at all stages of life and newborn infants are the most vulnerable age group. Current treatment for lung disease is limited by a lack of tools to accurately assess lung function in the newborn period, resulting in treatments relying on expert opinion, rather than experimental findings. For instance, congenital diaphragmatic hernia (CDH), which manifests before birth and results in underdeveloped and hypoplastic lungs, causes serious complications at birth. We developed a model of CDH in newborn rabbit kittens and utilised phase contrast X-ray imaging to visualize lung aeration in real-time. We measured lung function in terms of regional aeration and functional residual capacity (volume of air retained in lungs between breaths). Our results demonstrated that the diseased lung inflated more slowly and retained less air between breaths, compared to healthy lungs, thus mimicking CDH in infants. Using this model we can now assess treatment modalities to identify the optimal treatment strategy to improve outcomes for newborn infants with CDH.

Introduction

Although respiratory failure is a major cause of death and disease in adults and children it is the greatest cause of death in newborn infants. However, our ability to study these diseases has been restricted by our inability to clearly image the lung, particularly the small airways, which harbour many of the pathologies. In particular, as infants transition to newborn life at birth, their airways must be cleared of liquid so that the lungs can immediately take over the role of gas exchange^[1]. However, if the lung has not grown properly during fetal life, the infant usually suffers respiratory failure.

Phase contrast (PC) X-ray imaging greatly enhances image contrast by using the phase change of X-rays as they propagate through objects with different refractive indices. X-ray wavefronts refract as they pass between media with

differing refractive indices, producing interference patterns that provide strong contrast at the material boundaries if the incident X-ray beam is sufficiently coherent^[2-4]. The lung is ideally suited to PC X-ray imaging because it is mainly comprised of air (~80% at end-expiration), divided by thin tissue structures (mainly water). The air-tissue interfaces yield strong phase shifts, which make the normally invisible air-filled structures highly visible with X-rays^[2-4]. Using this technique we can measure the spatial and temporal pattern of airway liquid clearance at birth in order to determine the best support strategies to assist infants as they transition to newborn life.

Lung aeration at birth

The transition to air-breathing at birth is a major physiological challenge. Before birth, the fetal lungs are

liquid-filled and at birth the airways must be cleared of liquid to allow the entry of air^[5]. This initiates a sequence of events that include re-organisation of the circulatory system to enable pulmonary gas exchange to commence^[6]. Although these major physiological events are caused by air entry into the lungs, we are only just beginning to understand the factors involved, particularly in infants with CDH. In these infants, at least one lung is underdeveloped and hypoplastic. This restricts ventilation to aerated regions of the lung, which reduces the lung's gas-exchange potential and increases the risk of lung injury caused by over-expansion of ventilated regions^[7].

Congenital Diaphragmatic Hernia

CDH is one of the commonest congenital abnormalities (1/3000 live births) and occurs when the diaphragm fails to separate the abdominal and thoracic compartments during

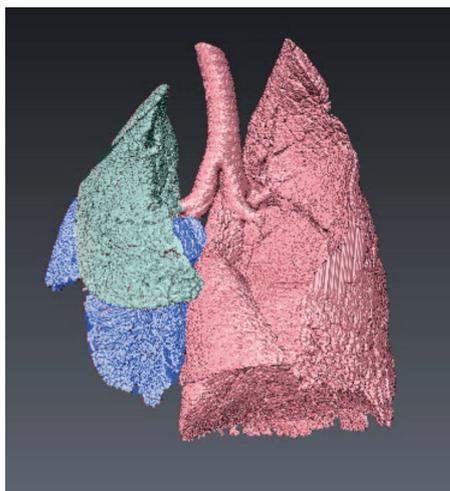


Figure 1 Image depicts 3D CT reconstruction of the lung of a newborn rabbit with a diaphragmatic hernia on the left side. The left upper lobe (green) and left lower lobe (blue) are smaller and less developed than the right lung lobes. Healthy regions are depicted in red.

development^[8,9] (Figure 1). As a result, abdominal contents enter the chest causing severe lung hypoplasia by limiting the space for lung growth. As the lungs are not required for gas exchange before birth, CDH infants can be healthy *in utero*, but at birth over 90% suffer severe respiratory insufficiency^[8,9]. This results in high mortality (~30%) and morbidity rates, with survivors suffering severe short and long-term morbidity^[8]. As the reduction in lung growth is not uniform, marked functional differences exist across the lung, making it difficult to ventilate these infants without injuring healthy lung regions^[10]. Due to an absence of research, current guidelines for managing CDH infants after birth are largely based upon expert opinion^[9]. We aim to provide the evidence that will guide new strategies for assisting CDH infants at birth.

When lung hypoplasia is unilateral (only one lung affected), large differences in compliance and gas exchange occur between the hypoplastic and healthy lungs. As such, CDH infants usually require invasive and prolonged respiratory support and have severe short and long-term respiratory morbidity. Of the survivors, 40-50% develop bronchopulmonary dysplasia requiring prolonged respiratory support (> 28 days), 16% require oxygen following discharge for over 14.5 months and 2% remain oxygen dependent at 2 years^[11,12].

We have employed PC X-ray imaging to investigate a model of CDH in newborn rabbits. In order to quantitatively assess lung function, we have developed new image processing algorithms that can accurately measure absolute regional lung air volumes from phase contrast images^[2-4]. We used this data to ascertain accurate indicators of lung function at birth.

The model of congenital diaphragmatic hernia

Pregnant New Zealand white rabbits were anaesthetised

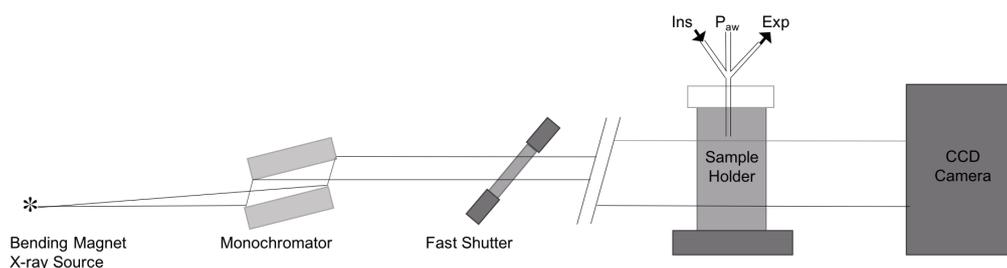


Figure 2 Schematic diagram of the imaging setup at the SPring-8 synchrotron, BL20B2 Japan.

and underwent surgery at 25 days gestation (term ~31 days gestation) to induce a unilateral diaphragmatic hernia in two kittens per litter. At 30 days gestation rabbits were again anaesthetised and a Cesarean-section was performed to exteriorize the kittens. Kittens with DHs (experimental group) and kittens without DHs (control group) were surgically intubated and delivered, then moved to the beamline hutch BL20B2 where ventilation commenced to attain 5 mL/kg tidal volume with a 5 cmH₂O PEEP. X-ray imaging commenced prior to ventilation onset. We used propagation-based PC X-ray imaging with the object-to-detector distance set to 2 m. Images were taken at 5 Hz with an exposure time of 20 msec/frame at an energy of 24 keV (Figure 2). Sequentially acquired images were

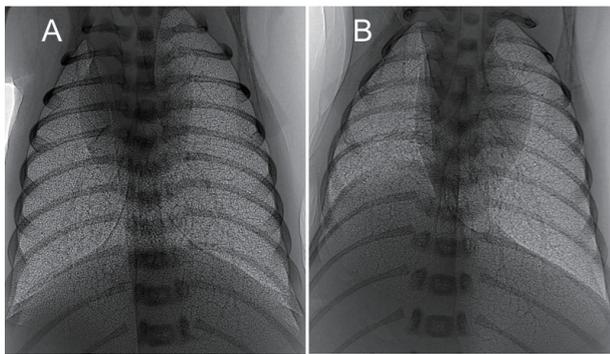


Figure 3 PC X-ray images of a ventilated control (A) and left-sided diaphragmatic hernia (DH; B) rabbit kittens shortly after birth. Aeration and growth of the left lung are impaired by the DH (B).

combined into a video which depicted the ventilation. Images were analysed for lung aeration in each region over time using custom-developed image processing algorithms^[3,4]. This information was used to determine lung function.

X-ray images depict clear differences in the aeration between the diaphragmatic hernia lung and the healthy lung, and between control no DH lungs and DH lungs (Figure 3).

At birth, healthy lungs rapidly inflate and generate functional residual capacity (FRC), defined as the volume of air that remains in the lungs at the end-expiration and is indicative of overall lung function. A small FRC reveals that the lungs are functioning poorly and may be collapsing between breaths, resulting in respiratory distress and reduced oxygen supply. Our data showed that both the control kitten's lungs and the healthy lung of the DH kittens inflated rapidly and reached maximal FRC in less than 200 frames (40 s; Figures 4-6). The DH lung inflated slowly and did not reach maximal FRC, indicating poor lung function. As the DH lung is much smaller and stiffer than the healthy lung, it aerates much more slowly, leading to non-uniform ventilation. This is displayed in figure 4 where the difference in FRC between the two lungs is very large initially in DH kittens with the healthy lung overinflating, likely causing tissue damage, and the hypoplastic lung underinflating, which risks atelectasis injury. Lung injury at birth is closely linked to life long lung disease^[13].

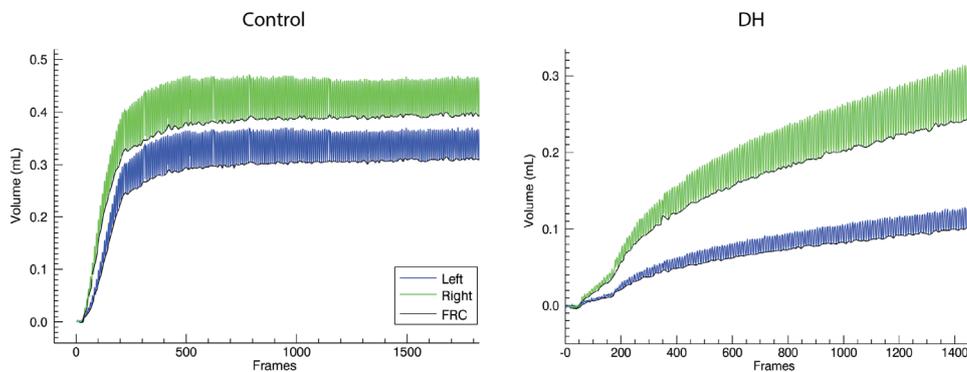


Figure 4 Air volumes measured from X-ray images of mechanically ventilated control and DH rabbit kittens during lung aeration after birth. The hypoplastic left lung (blue) aerates more slowly than the right (green). The oscillations in volume reflect tidal volume changes. The increasing baseline (black) indicates an increasing FRC.

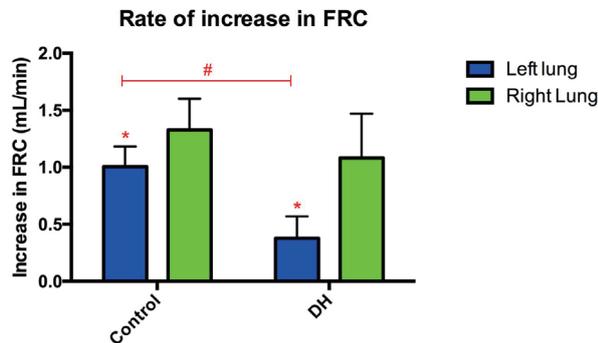


Figure 5 The hypoplastic (left) lung of DH rabbit kittens aerated more slowly than the healthy lung (* $p < 0.05$) and than the left lung in control rabbits (# $p < 0.05$).

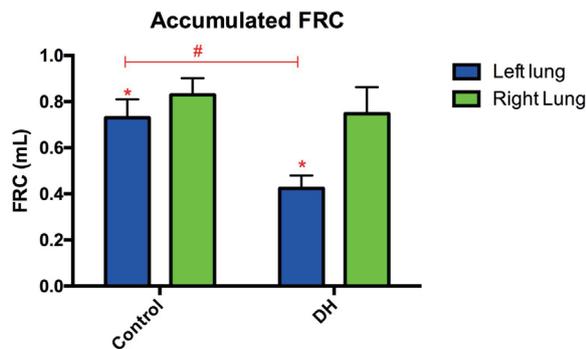


Figure 6 The FRC of the left lung was lower than the right lung in both control and DH rabbit kittens (* $p < 0.05$). The FRC of the left (hypoplastic) lung in DH rabbits was less than that in the left lung of control kittens (# $p < 0.05$).

Conclusions

Lung disease can be difficult to detect and measure. We used PC X-ray imaging to visualize the lungs in a model that mimics the lung disease seen in newborn infants with a CDH. Our data demonstrated non-uniform ventilation in newborn rabbit kittens with DH. This increases the risk of over-distension injury in the healthy lung and atelectasis injury in the hypoplastic lung. This imaging technique will allow us to discern which respiratory support strategies are likely to most effectively aerate the lung and reduce lung injury in CDH infants at birth.

References

- [1] Hooper SB and Harding R: "Role of Aeration in the Physiological Adaptation of the Lung to Air-Breathing at Birth" *Curr Respir Med Rev.* 2005; **1**(2) 185-195.
- [2] Kitchen MJ, Lewis RA, Morgan MJ, Wallace MJ, Siew ML, Siu KK, Habib A, Fouras A, Yagi N, Uesugi K and Hooper SB: "Dynamic measures of regional lung air volume using phase contrast x-ray imaging" *Phys Med Biol.* 2008; **53**(21) 6065-6077.
- [3] Leong AFT, Fouras A, Islam MS, Wallace MJ, Hooper SB and Kitchen MJ: "High spatiotemporal resolution measurement of regional lung air volumes from 2D phase contrast x-ray images" *Med Phys.* 2013; **40**(4) 041909.
- [4] Leong AFT, Paganin DM, Hooper SB, Siew ML and Kitchen MJ: "Measurement of absolute regional lung air volumes from near-field x-ray speckles" *Opt Exp.* 2013; **21**(23) 27905-27923.
- [5] Hooper SB, Kitchen MJ, Siew MLL, Lewis RA, Fouras A, te Pas AB, Siu KKW, Yagi N, Uesugi K and Wallace MJ: "Imaging lung aeration and lung liquid clearance at birth using phase contrast X-ray imaging" *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2009; **36**(1) 117-125.
- [6] Hooper SB, Polglase GR, Roehr CC: "Cardiopulmonary changes with aeration of the newborn lung" *Paediatr Respir Rev.* 2015; **16**(3) 147-150.
- [7] Ventre KM and Arnold JH: "High frequency oscillatory ventilation in acute respiratory failure" *Paediatr Respir Rev.* 2004; **5**(4) 323-332.
- [8] Logan JW, Rice HE, Goldberg RN, Cotten CM: "Congenital diaphragmatic hernia: a systematic review and summary of best-evidence practice strategies" *J Perinatol.* 2007; **27**(9) 535-549.
- [9] Reiss I, Schaible T, van den Hout L, Capolupo I, Allegaert K, van Heijst A, Gorett Silva M, Greenough A and Tibboel D: "Standardized postnatal management of infants with congenital diaphragmatic hernia in Europe: the CDH EURO Consortium consensus" *Neonatology* 2010; **98**(4) 354-364.
- [10] Logan JW, Cotten CM, Goldberg RN, Clark RH: "Mechanical ventilation strategies in the management of congenital diaphragmatic hernia" *Semin Pediatr*

Surg. 2007; **16**(2) 115-125.

- [11] Kotecha S, Barbato A, Bush A *et al.*: “Congenital diaphragmatic hernia” *Eur Respir J.* 2012; **39**(4) 820-829.
- [12] van den Hout L, Reiss I, Felix JF *et al.*: “Risk factors for chronic lung disease and mortality in newborns with congenital diaphragmatic hernia” *Neonatology* 2010; **98**(4) 370-380.
- [13] Clark RH, Gerstmann DR, Jobe AH, Moffitt ST, Slutsky AS and Yoder BA: “Lung injury in neonates: Causes, strategies for prevention, and long-term consequences” *J Pediatr.* 2001; **139**(4) 478-486.

分割型クロス・アンジュレータによる偏光制御型 高輝度軟 X 線ビームライン SPring-8 BL07LSU

東京大学 物性研究所
東京大学 放射光連携研究機構
松田 巖

Abstract

SPring-8 BL07LSU は高輝度軟 X 線ビームラインとして (1) 光エネルギー 250–2,000 eV、(2) 分解能 10,000 以上、(3) スポットサイズ 10 μm 以下 (ゾンプレートで 70 nm、ミラー集光で 1 μm)、(4) 強度 $\sim 10^{12}$ photons/秒、(5) 偏光の切換、といった光学性能を有し、先端的な軟 X 線実験装置の開発及び利用実験が実施されています。光源加速器は世界唯一の分割型クロス・アンジュレータであり、偏光を自由に換えられるだけでなく、その切換も高速にできる特徴があります。本稿では、この偏光特性を中心にビームラインの現状を紹介します。

1. はじめに

我々が目にする (可視) 光を物質に照射すると吸収、散乱、そして発光が occurs。同様な現象は波長がナノメートル (nm、 10^{-9} m) 程度の軟 X 線の光でも起き、その結果、吸収分光、光散乱・回折、発光・非弾性散乱などの測定法が生まれ、基礎から応用まで幅広い研究分野で利用されています。これらの分析法は軟 X 線が高輝度になると、より高いエネルギー分解能で測定ができるだけでなく、時間分解、微小領域 (ナノ空間)、実環境下での実験も実施できるようになります。最後のものはオペランド (ラテン語: *operando*) 測定と呼ばれ、実触媒やデバイス動作下での物質の様子を直接探ることができるため、産業課題の解決を基礎科学から実施できるものとして、最近、特に注目を集めています。

このような高輝度軟 X 線を発生する光源として、SPring-8 BL07LSU^[1] では全長約 30 m の長尺アンジュレータ (undulator) が理化学研究所放射光科学総合研究センターと公益財団法人高輝度光科学研究センター (JASRI) の協力の下に設置、そして管理・運営されています。そしてこの長尺アンジュレータ (ID07) と連続偏角可変の Monk-Gillieson 型不等刻線間隔平面回折格子分光器^[2] により、高輝度軟 X 線ビームラインとして現在、(1) 光エネルギー 250–2,000 eV、(2) 分解能 10,000 以上、(3) スポットサイズ 10 μm 以下 (ゾンプレートで 70 nm、

ミラー集光で 1 μm)、(4) 強度 $\sim 10^{12}$ photons/秒、(5) 偏光の切換、の性能を達成しています。エンドステーションでは時間分解軟 X 線光電子分光や、3次元光電子顕微分光、高分解能発光分光、雰囲気軟 X 線光電子分光、共鳴軟 X 線回折、共鳴磁気光学



図1 SPring-8 BL07LSU の挿入光源 ID07
(a) 水平偏光型「8の字」アンジュレータ、(b) 垂直偏光型「8の字」アンジュレータ、(c) 2種類を各4台、合計8台のアンジュレータから構成された長尺アンジュレータの写真。挿入図はビームラインのロゴマーク。



図2 SPring-8 BL07LSUの長尺アンジュレータID07の構成図。水平偏光型「8の字」アンジュレータセグメント (H) 及び垂直偏光型「8の字」アンジュレータセグメント (V) から構成され、それぞれの間に移相器 (PS) として「永久磁石型」(緑色) と「電磁石型」(黄色) がペアとなって設置されています (図3)。この図の右側にビームラインがあります。

効果などの先端測定法の開発やそれらを用いた物質科学の研究が実施されています。

2. 分割型クロス・アンジュレータ

アンジュレータ中では、電子の軌道が周期的に変化 (加速度運動) することで電磁波が発生 (軌道放射)・干渉し、放射光の強度及び単色性が向上します (アンジュレータ光の発生)。そしてその電子軌道を制御すると、生成される軟 X 線フォトンの偏光特性も選択することができます。例えば、アンジュレータ中の電子が、蛇行や「8の字」の軌道で運動をすると直線偏光の光が、螺旋運動すると円偏光が、それぞれ光軸に沿って発生します。一方、光は複数の光を重ね合わせることも、その偏光特性を変えることができます。そこで水平直線偏光と垂直直線偏光の2種類のアンジュレータを組み合わせた「クロス・アンジュレータ」が提案され^[3]、ドイツはBESSY放射光施設でその開発が行われ^[4]、最近ではX線自由電子レーザーでもその利用^[5]が検討されています。この光源の鍵となるのは内部で電子軌道が異なる2種類のアンジュレータの間に置かれた移相器で、これは電子の軌道を変化させることでそれぞれのアンジュレータ光に位相差を生み出し、放射光全体の偏光を制御するものです。しかしながらクロス・アンジュレータは、仮に質の良いビームを用いても、フラックスを十分に得ようとする限り高い偏光度は期待できず、改善するためにはセグメント数を増やした「分割型」のクロス・アンジュレータにしなくてはなりません^[6,7]。

SPring-8 BL07LSUでは、この「分割型」クロス・アンジュレータを採用しています^[1]。実際の挿入光源 (ID07) では、図2のように水平の直線偏光を生成する水平偏光型「8の字」アンジュレータ (H)、垂直の直線偏光を生成する垂直偏光型「8の字」アンジュレータ (V) の2種類のセグメント各4台を

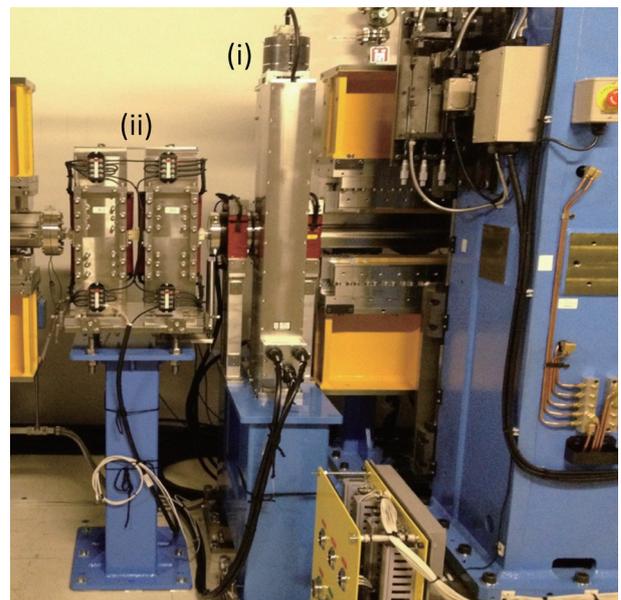


図3 2種類のアンジュレータの間に設置された (i) 永久磁石型及び、(ii) 電磁石型移相器 (PS) の写真です。この写真の左の方にビームラインがあります。

交互に並べたものを用意しています。そしてセグメントの間には移相器 (Phase Shifter, PS) として、図3のように「永久磁石型」と「電磁石型」のものが1ペアとして、合計7ペアが設置されています^[8]。それぞれ磁石間の空間ギャップ及び電磁石コイルに流す電流で、運動する電子に印加する磁場の大きさを調整しています。BL07LSUではエンドステーションでユーザーが水平直線偏光 (LH) 及び垂直直線偏光 (LV) を用いる場合はそれぞれ水平偏光型「8の字」アンジュレータ (H) 及び垂直偏光型「8の字」アンジュレータ (V) を使い、いずれも直線偏光度は $P_1 = 1.00$ です^[1]。円偏光 (LHCP、RHCP) や斜め直線偏光 (楕円偏光) を用いる場合は、2種類のアンジュレータセグメントと移相器を組み合わせた。図4は各アンジュレータセグメントの種類及び台数に応じた光スペクトルの変化です。図のよう

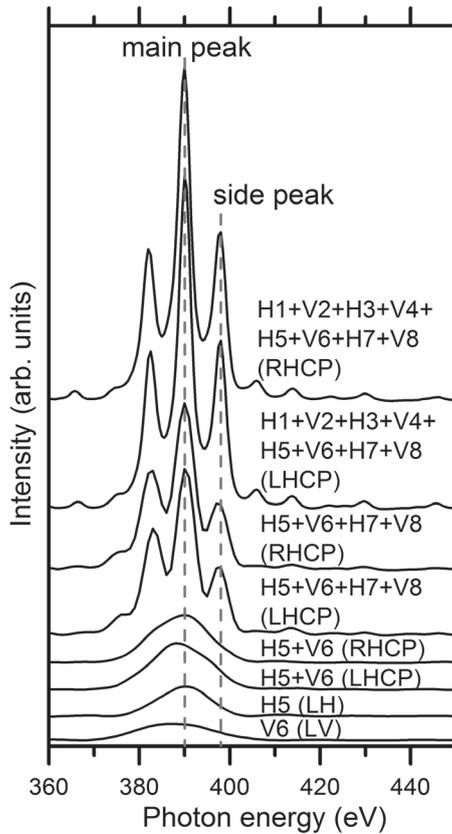


図4 SPring-8 BL07LSU で発生した光スペクトルにおけるアンジュレータセグメント台数に対する変化。

に分割型クロス・アンジュレータのセグメントの台数に応じて強度が大きくなり、またメインピーク (main peak) と共にサイドピーク (side peak) が現れる特徴もあります。円偏光度は高い光エネルギー側のサイドピークで最も高くなり、 $P_c = +/- 0.93$ があります^[1]。

3. 偏光スイッチング

ビームライン BL07LSU のクロス・アンジュレータでは移相器として電磁石型を用いているため、AC 電流を使用することで偏光を高速に切り換えることができます。図5は電磁石移相器の (a) 3次元図と (b) 調整中に撮影した実物の写真です^[8]。(a) のように2つカットコアコイルから構成され、その間のスペースを電子 (electron) が通過します。そしてコイルの中を設定したパターンの電流が流れて、その間の磁場を時間変化させます。(b) のように実物では SUS 製の薄肉チャンバーがコイルの間に設置され、電子が通過するところを超高真空条件にし

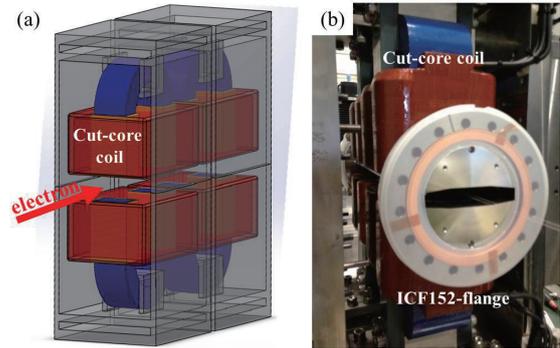


図5 電磁石移相器の様子 (a) 3次元図、(b) 調整中の写真。

ています。

吸収分光で偏光実験を行う場合、直線偏光を元にして移相器で位相を $+/-\pi/2$ 変調させると、左右円偏光を高速で切り換えることができます。そして該当する周波数成分の吸収信号を抽出すると、自動的に円2色性を測定することができます。図6は FePt 合金の Fe L_3 端磁気円2色性のスペクトルについて、永久磁石型移相器で左右の円偏光を切り換えて測定したものと、10 Hz で偏光スイッチングしたものを比較したものです。これらは H5+V6 の2台のアンジュレータのペアで測定したのですが、磁気円2色性がこの偏光スイッチングで確かに測定することができるのが分かります。クロス・アンジュレータでは高速に偏光を切り換えても光源点がずれません。そのため、エンドステーションにおける微小スポットや高分解能の軟 X 線実験などとの相性が良

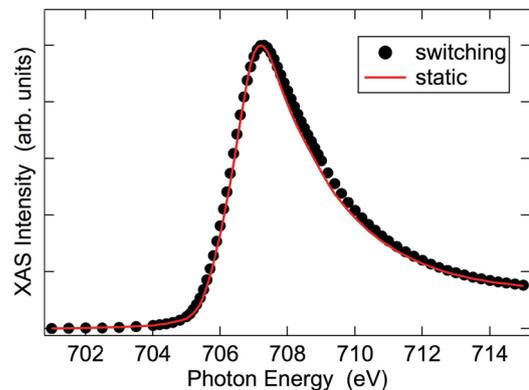


図6 FePt 合金の Fe L_3 端磁気円2色性 (XMCD) スペクトル。永久磁石型移相器で測定したもの (static) と電磁石型移相器による偏光スイッチングで測定したもの (switching)。外部磁場 0.26 T により、試料は面直磁化しています。

く、今後微小信号検出や新しい物理量の測定に力を発揮することが期待されます。

4. まとめ

SPring-8 BL07LSU は現在、高輝度軟 X 線ビームラインとしてユーザーに利用され、物質科学において順調に成果をあげています。光源の分割型クロス・アンジュレータの特性を活かした高速切替実験として、これまで2台のアンジュレータセグメント(H+V)を用いた実証実験に成功しました。今後は8台全てを利用した偏光スイッチング実験を実現し、この新しい光源機能を利用した次の軟 X 線測定技術の展開を図ります。

謝辞

SPring-8 BL07LSU にて軟 X 線分光・散乱実験の開発を行い、そしてユーザーにそれらを利用していただけなのは、理化学研究所放射光科学総合研究センター、公益財団法人高輝度光科学研究センター、VUV・SX 高輝度光源利用者懇談会、東京大学放射光連携研究機構、東京大学物性研究所の関係者の協力あつてのことです。本紙面をお借りして厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] S. Yamamoto, Y. Senba, T. Tanaka, H. Ohashi, T. Hirono, H. Kimura, M. Fujisawa, J. Miyawaki, A. Harasawa, T. Seike, S. Takahashi, N. Nariyama, T. Matsushita, M. Takeuchi, T. Ohata, Y. Furukawa, K. Takeshita, S. Goto, Y. Harada, S. Shin, H. Kitamura, A. Kakizaki, M. Oshima and I. Matsuda: *J. Syn. Rad.* **21** (2014) 352-365.
- [2] Y. Senba, S. Yamamoto, H. Ohashi, I. Matsuda, M. Fujisawa, A. Harasawa, T. Okuda, S. Takahashi, N. Nariyama, T. Matsushita, T. Ohata, Y. Furukawa, T. Tanaka, K. Takeshita, S. Goto, H. Kitamura, A. Kakizaki and M. Oshima: *Nucl. Instr. and Meth. A* **649** (2011) 58-60.
- [3] K. J. Kim: *Nucl. Instr. and Meth.* **222** (1984) 11-13.
- [4] J. Bahrtdt, A. Gaupp, W. Gudat, M. Mast, K. Molter, W. B. Peatman, M. Scheer, Th. Schroeter and Ch. Wang: *Rev. Sci. Instrum.* **63** (1992) 339.

- [5] E. Ferrari, E. Allaria, J. Buck, G. De Ninno, B. Diviacco, D. Gauthier, L. Giannessi, L. Glaser, Z. Huang, M. Ilchen, G. Lambert, A. A. Lutman, B. Mahieu, G. Penco, C. Spezzani and J. Viefhaus: *Scientific Reports* **5** (2015) 13531.
- [6] T. Tanaka and H. Kitamura: *AIP Conf. Proc.* **705** (2004) 231.
- [7] T. Tanaka and H. Kitamura: *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A* **490** (2002) 583-591.
- [8] I. Matsuda, A. Kuroda, J. Miyawaki, Y. Kosegawa, S. Yamamoto, T. Seike, T. Bizen, Y. Harada, T. Tanaka and H. Kitamura: *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A* **767** (2014) 296-299.

松田 巖 MATSUDA Iwao

東京大学 物性研究所

〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5

TEL : 04-7136-3402

播磨分室

〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1 蓄積リング棟A28

TEL : 0791-58-0802 ext 4111

e-mail : imatsuda@issp.u-tokyo.ac.jp

第2回 SPring-8 文化財分析技術ワークショップ 2016 報告

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部 普及啓発課

1. はじめに

2016年1月30日に奈良春日野国際フォーラム 麓～I・RA・KA～(写真1)において「第2回 SPring-8文化財分析技術ワークショップ2016」を(公財)高輝度光科学研究センター(JASRI)主催により開催致しました。11月に東京・上野で開催した第1回 SPring-8文化財分析技術ワークショップに続いて、西日本での同様の分析技術ワークショップとして企画致しました。今回の西日本での開催場所として奈良を選んだ理由は、西日本では有数の文化財を有する県で、西の文化財研究の拠点であると考えたからです。今回のワークショップの開催が1月であるため、降雪について心配もありましたが、前の週の大寒波から打って変わって暖かい日の開催となりました。

今回のワークショップも、SPring-8における文化財研究の潜在的利用者の発掘を目的として、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、学会や専門分野にとらわれない研究者相互の情報交換の場として、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々を対象に参加者を募集しました。その結果、文化



写真1 奈良春日野国際フォーラム 麓～I・RA・KA～

財研究機関、大学、博物館・美術館の方を含む44名に参加頂きました。東京・上野で開催した2015年11月の参加者には学生の参加者が多く見られましたが、今回の参加者は、研究機関、大学の研究者を中心とした参加者となりました。

2. ワークショップ

冒頭にJASRI土肥理事長より、SPring-8の沿革・概要の紹介、JASRIの紹介、SPring-8の学術利用、産業利用に続く第三の柱として文化財を含めた社会・文化の利用課題が現在年間30件程度だが、100件超を目指したいとの挨拶がありました。

プログラムは、「蛍光X線分析」、「赤外分光分析」、「X線回折」、「XAFS」、「イメージング」、「SPring-8利用制度について」の6つのセッションで構成され、それぞれJASRI研究員による研究手法の紹介、次にユーザーによる研究事例を紹介する形を基本として行われました。

最初の「蛍光X線分析」のセッションでは、JASRI伊藤真義研究員により「蛍光X線分析—手法—」として、蛍光X線分析の特徴、蛍光X線発生の原理、蛍光X線分析装置の概要、放射光蛍光X線分析の特徴、高エネルギー蛍光X線測定の実際が紹介され、高エネルギー蛍光X線分析を用いた文化財の有名な分析事例として、ドイツで行われたゴッホのPatch of Grassの下にもともと描かれていた女性の肖像画についての分析が紹介されました。

「蛍光X線分析」の事例としては、東京理科大学の阿部善也助教により、「高エネルギー放射光蛍光X線分析の文化財への応用例～重元素組成による古代ガラスの非破壊起源推定～」として、分析対象が何故ガラスなのか、古代ガラスの微量元素分析、LA-ICP-MSで何が識別できるのかなどについての

講演の後、サーサーン・ガラスの分析事例として、岡山オリエント美術館収蔵の円形切子装飾8点、浮出切子装飾2点、突起装飾3点、アーケード状文1点、壺・瓶3点の蛍光X線分析が紹介されました。また、古代日本ガラスの分析事例として、新沢千塚古墳群126号墳から見つかった切子ガラス椀、紺色ガラス皿の起源推定が紹介されました。

次に、「赤外分光分析」のセッションでは、JASRI 池本夕佳研究員により、「赤外放射光を利用した文化財研究」として、赤外分光から分子振動、格子振動、ギャップ間の遷移、偏光などが分かることが紹介され、放射光を利用した赤外分光については、高輝度性を活かした顕微分光が得意であること、試料作成手法であるプレス、マイクロームやそのハンドリングのためのマイクロマニピュレータなどが紹介されました。文化財分析事例では、オーストラリアンシンクロトロンでの竹の矢に付着している毒物の有無と種類の鑑定についての紹介がありました。

「赤外分光分析」の事例としては、奈良県立橿原考古学研究所の奥山誠義研究員により「放射光赤外分光分析を応用した出土染織文化財の研究」として、文化財としての染織品の調査においては、文化財の繊維は天然繊維で植物性繊維と動物性繊維に大別され、これまで繊維の主な調査法は顕微鏡による鑑定であり、数mm長の試料が必要とされていること、劣化が進行し触れるだけでも粉々に崩壊するような文化財は観察に堪えないなどの問題があったが、SPring-8の利用によって分析が可能となったこと、顕微FT-IRによる下池山古墳、藤ノ木古墳、赤尾熊ヶ谷古墳群2号墳で出土した染織文化財の材料と劣化状態の研究の紹介がありました。

コーヒーブレイクを挟んで「X線回折」のセッションでは、JASRI 梶原堅太郎研究員により「X線回折—SPring-8文化財分析技術ワークショップ—」として、X線回折からは、試料の中に何が含まれているか、試料がどのくらい変形しているかが分かるとの説明がありました。試料の中に何が含まれているかに関しては、「粉末X線回折法を用いたリートベルト法による多層試料の定量分析法の開発と古代セラミックスの産地推定への応用～古代流通ネットワークの構築」の研究から鉱物の回折プロファイル及び産地が既知の回折プロファイルから産地を推定した研究が紹介されました。「紀元前5000年期の人

類最初の人造青色着色ビーズの粉末X線回折による成分同定」の研究から、色の違う部分の回折プロファイルと既知の回折プロファイルから加工技術を推定する研究が紹介されました。次にSPring-8のメリットの説明があり、試料の変形に関しての分析事例として、「シンバルの打楽器音に及ぼす残留歪分布の影響に関する研究」の事例紹介がありました。

「XAFS」のセッションでは、JASRI 宇留賀朋哉研究員により、「XAFS—手法と事例—」として、XAFS計測法、XAFSから得られる情報、XAFSの特徴、高感度蛍光XAFS測定、顕微XAFSによる2次元化学状態イメージングについて紹介があり、海外の著名な絵画研究事例としてカドミウムイエロー劣化の化学過程、光照射によるクロムイエロー(PbCrO₄)退色の化学過程、絵具層の断面の2次元化学状態イメージング、3次元非破壊化学状態イメージングなどの紹介がありました。

「イメージング」のセッションでは、JASRI 上杉健太郎研究員により「放射光X線イメージング」として、放射光X線イメージングの特徴、単純投影像の例、CT法の基本、最近の測定例の説明がありました。放射光X線イメージングは、平行度の高い単色光を利用することで、実験室光源では得られないような画像データの取得が可能であること、さらにCT法を適用することにより3次元情報が得られること、空間分解能は150nm～30μm程度の範囲で、視野はその500～1000倍であること、などが紹介されました。また、最近の測定例として、古代の刀剣(バイメタル剣)の内部の銅、鉄、酸化鉄などの情報が鮮明に分かるということが紹介されました。

「放射光X線イメージング」の事例紹介としては、京大大学生存圏研究所の杉山淳司教授による「高分解能CTでみる植物のミクロな構造」の発表がありました。2007年1月に熊本県八代市で発見され、16世紀末の豊臣秀吉による朝鮮出兵の際に農民が朝鮮から持ち帰ったとされる木製の仮面についての研究例が紹介されました。この仮面は韓国で国宝に指定されている河回仮面のうちのひとつではないかと言われていましたが、剥離した破片からはヤナギ属であると同定され、河回仮面に伝統的に使われるハンノキではないことを明らかにしています。また、束子などに使われるシュロの木の幹の繊維で、シリカ維管束表面の細胞にシリカが規則的に並んでいる

ところを2次元平面に展開して解析した事例が紹介されました(写真2)。

最後に「SPring-8利用制度について」としてJASRI 木下豊彦利用推進部長より、SPring-8の利用制度全般、社会・文化利用課題、応募方法、課題審査、放射線業務従事者登録、大学院生提案型課題についての紹介が行われました。また、SPring-8にはSPring-8ユーザー協同体があり、その中に文化財研究会があり、ユーザー登録すると文化財研究に関する情報が得られることの紹介で終了しました。



写真2 ワークショップの様子

3. 技術交流会

ワークショップ終了後に行われた技術交流会には、今回ワークショップに参加頂いた44名のうち32名の大半の方に参加して頂きました。約1時間半の時間を設けておりましたが、議論が尽きることなくあっという間に時間が過ぎてしまいました。文系・理系、学会や専門分野にとらわれない交流の場となりました(写真3)。



写真3 技術交流会の様子

4. おわりに

2015年度は、東日本、西日本とそれぞれで手法と事例紹介のワークショップを開催致しました。2016年度につきましては、今年度のワークショップにおける皆さまのご意見などを参考にしつつ、引き続き文化財に係るイベントを企画して参りたいと考えております。

(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

e-mail : kouhou@spring8.or.jp

2016B 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

2016B 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。

■ 2016B SPring-8 利用研究課題募集要項

■ 2016B 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

■ 2016B SPring-8 における“J-PARC MLF または「京」と連携した利用を行う課題”の募集について

■ 2016B 成果公開優先利用課題の募集について

応募締切：平成 28 年 5 月 19 日 (木) 午前 10:00 JST (提出完了時刻)

■ 2016B 一般課題の募集について

応募締切：平成 28 年 6 月 2 日 (木) 午前 10:00 JST (提出完了時刻)

■ 2016B 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 28 年 6 月 2 日 (木) 午前 10:00 JST (提出完了時刻)

■ 2016B 一般課題 (産業利用分野) の募集について

応募締切：平成 28 年 6 月 2 日 (木) 午前 10:00 JST (提出完了時刻)

■ 2016B 産業新分野支援課題の募集について

応募締切：平成 28 年 6 月 2 日 (木) 午前 10:00 JST (提出完了時刻)

■ 2016B 社会・文化利用課題の募集について

応募締切：平成 28 年 6 月 2 日 (木) 午前 10:00 JST (提出完了時刻)

<特記>

1. *：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。
2. 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。
3. 長期利用課題は、平成 27 年度より年 1 回 (A 期のみ) の公募となりましたので 2016B 期の募集はありません。

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

2016B 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

2016B 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 期より行っています。

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／募集案内の「2016B 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」(<http://sacla.xfel.jp/?p=1517>) よりご確認ください。

なお、応募締切は、平成 28 年 6 月 10 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 37 回 (2016A) 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 37 回共同利用期間 (2016 年 4 月 6 日～7 月 27 日 (放射光利用 270 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 2016A 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基本的に第 1 期の 2016 年 4 月 6 日～6 月 18 日 (174 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 10 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 11 月号に募集案内記事を掲載)

11 月 25 日 成果公開優先利用課題応募締切

11 月 26 日 長期利用課題応募締切

12 月 10 日 一般課題、大学院生提案型課題および領域指定型重点研究課題 (産業新分野支援課題および社会・文化利用課題) 応募締切

[課題審査、選定、採択および通知]

平成 28 年 1 月 14 日～26 日 各分科会による課題審査

1 月 27 日 SPring-8 利用研究課題審査委員会 (PRC) による課題審査

2 月 2 日 SPring-8 選定委員会の意見を聴取

2 月 10 日 JASRI として採択決定し応募者に審査結果を通知

2. 応募および採択状況

2016A の特記事項は下記のとおりです。

○卓越した成果の見込まれる分野や、産業応用等政策的に推進すべき分野を JASRI が指定し、その領域の範囲で課題を公募する領域指定型重点研究課題において、

- ・「スマート放射光活用イノベーション戦略推進領域」は、当初の予定通り、2015B 期で領域指定を終了となりました (指定期間：2014A 期～2015B 期の 2 年間)。
- ・「産業新分野支援領域」は、想定される新規な産業分野を一部変更し、指定期間を更に 2 年間延長しました (延長後の指定期間：2014A 期～2017B 期)。

以上により、2016A 期に募集した領域指定型重点研究課題は、「産業新分野支援課題」および「社会・文化利用課題」の 2 つとなりました。

○萌芽的研究支援課題について、この名称では大学院生の支援・育成という本来の趣旨が不明瞭であり、課題応募者からの問い合わせも発生していることから、その名称を「大学院生提案型課題」に改めました。

2016A の応募課題数は 798、採択課題数は 607 でした (利用者指定型重点研究課題であるパートナーユーザー課題は含まず)。表 2 に 2016A 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、大学院生提案型課題、産業新分野支援課題、社会・文化利用課題および長期利用課題への応募735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798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または「京」と連携して利用する課題として、Spring-8には7件の応募があり、全て採択されました。なお本記事の統計には、産業利用チームラインの第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

2016A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、2016A期に新規で指定されたパートナーユーザーの紹介を本誌に掲載しています。

表1 利用研究課題 公募履歴

利用期	利用期間	ユーザー 利用シフト*	応募締切日**	応募課題数	採択課題数
第1回:1997B	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	974	632
第37回:2016A	平成28年04月-平成28年07月	216	平成27年12月10日	(798)	(607)

*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。
2016A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 2016A 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	採択率 (%)	採択課題のシフト充足率 (%) ****
一般課題 (成果非専有) **	615	458	74.5	95.4
一般課題 (成果専有)	30	30	100.0	100.0
大学院生提案型課題	87	57	65.5	95.3
(重点) 産業新分野支援課題	8	5	62.5	100.0
(重点) 社会・文化利用課題	20	19	95.0	92.9
成果公開優先利用課題	33	33	100.0	98.9
長期利用課題	5	5	100.0	96.8
総 計	798	607	76.1	95.7
科学審査対象課題***のみの合計	735	544	74.0	95.3

* 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 7 課題のうち 7 課題を採択。
 *** 成果専有課題と優先利用課題を除いた課題。
 **** PX-BL 課題 (期中に配分シフトを決定する生命科学/タンパク質結晶構造解析分野関係課題) を除く。

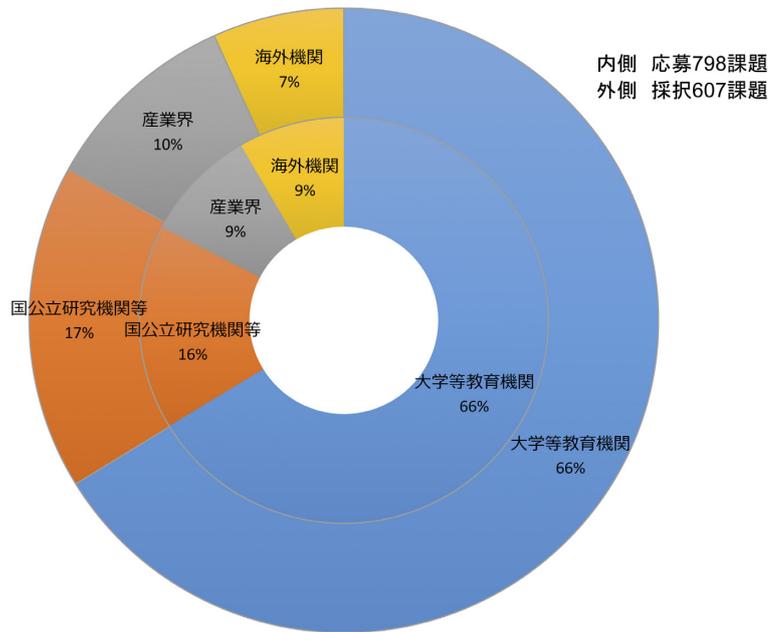
2-2

応募課題種	応募課題数	重点課題としての採択課題数	一般課題としての採択課題数	重点課題としての採択率 (%)	課題採択率 (%)
(重点) 産業新分野支援課題	8	5	0	62.5	62.5
(重点) 社会・文化利用課題	21	19	1	90.5	95.2

表 3 2016A 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	46	33	71.7	186	5.6
BL02B1: 単結晶構造解析	20	15	75.0	135	9.0
BL02B2: 粉末結晶構造解析	38	33	86.8	153	4.6
BL04B1: 高温高圧	12	10	83.3	111	11.1
BL04B2: 高エネルギー X 線回折	29	16	55.2	153	9.6
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	17	10	58.8	177	17.7
BL09XU: 核共鳴散乱	20	11	55.0	156	14.2
BL10XU: 高圧構造物性	27	15	55.6	96	6.4
BL13XU: 表面界面構造解析	25	16	64.0	174	10.9
BL14B2: 産業利用 II	23	21	91.3	107	5.1
BL17SU: 理研 物理科学 III	8	5	62.5	42	8.4
BL19B2: 産業利用 I	20	17	85.0	99	5.8
BL19LXU: 理研 物理科学 II	1	1	100.0	15	15.0
BL20B2: 医学・イメージング I	28	21	75.0	204	9.7
BL20XU: 医学・イメージング II	21	16	76.2	171	10.7
BL25SU: 軟 X 線固体分光	34	10	29.4	90	9.0
BL26B1: 理研 構造ゲノム I ***	2	2	100.0	9	4.5
BL26B2: 理研 構造ゲノム II ***	0	0	0.0	0	0.0
BL27SU: 軟 X 線光化学	24	19	79.2	156	8.2
BL28B2: 白色 X 線回折	18	16	88.9	212	13.3
BL29XU: 理研 物理科学 I	0	0	0.0	0	0.0
BL32XU: 理研 ターゲットタンパク ***	0	0	0.0	0	0.0
BL35XU: 高分解能非弾性散乱	18	17	94.4	216	12.7
BL37XU: 分光分析	24	13	54.2	153	11.8
BL38B1: 構造生物学 III ***	4	4	100.0	21	5.3
BL39XU: 磁性材料	30	15	50.0	156	10.4
BL40B2: 構造生物学 II	45	39	86.7	195	5.0
BL40XU: 高フラックス	39	16	41.0	159	9.9
BL41XU: 構造生物学 I ***	1	1	100.0	21	21.0
BL43IR: 赤外物性	24	18	75.0	183	10.2
BL44B2: 理研 物質科学	1	1	100.0	21	21.0
BL45XU: 理研 構造生物学 I	9	7	77.8	54	7.7
BL46XU: 産業利用 III	20	20	100.0	127	6.4
BL47XU: 光電子分光・マイクロ CT	25	24	96.0	180	7.5
PX-BL (BL38B1, 41XU, 26B1, 26B2, 32XU)	82	82	100.0	-	-
総 計	735	544	74.0	3,932	7.2

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



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、2016A 終了時には産業界の値が若干増加する見込み

図1 2016A 所属機関別 応募/採択課題数割合

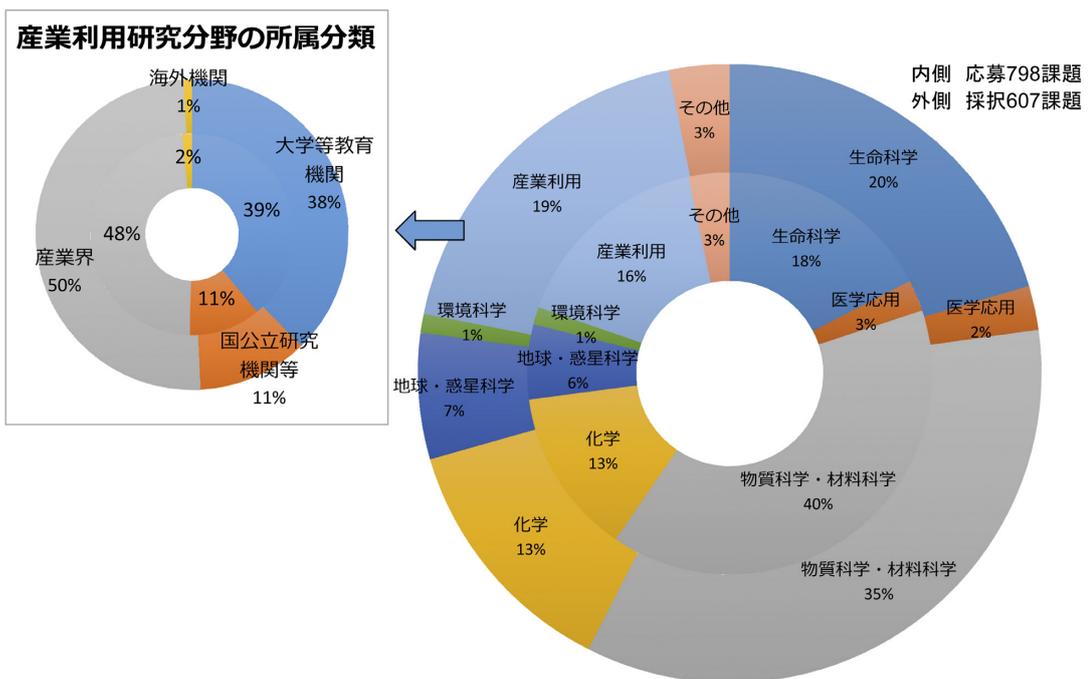


図2 2016A 研究分野別 応募/採択課題数割合

表4 SPring-8 2016A 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	95	83	5	3	181	122	63	48	22	21	3	1	32	26	4	4	405	308	76.0		
		シフト数	399	216	57	36	1539	1007	488	360	210	198	24	18	219	158	48	51	2984	2044	68.5		
	大学院生提案型課題	課題数	3	3	2	1	42	27	14	9	5	3	4	2	11	11	2	0	83	56	67.5		
		シフト数			18	9	314	176	78	48	39	24	27	21	70	65	12	0	558	343	61.5		
	産業新分野支援課題	課題数													5	3			5	3	60.0		
		シフト数													27	21			27	21	77.8		
	社会・文化利用課題	課題数					3	2	4	4	3	3	1	1					3	3	14	13	92.9
		シフト数					21	9	36	29	18	18	9	9					15	15	99	80	80.8
	成果公開優先利用課題	課題数			1	1	10	10	7	7					3	3					21	21	100.0
		シフト数			6	6	51	51	51	51					39	39					147	147	100.0
長期利用課題	課題数	1	1																	1	1	100.0	
	シフト数	21	21																	21	21	100.0	
合計	課題数	99	87	8	5	236	161	88	68	30	27	8	4	51	43	9	7	529	402	76.0			
	シフト数	420	237	81	51	1925	1243	653	488	267	240	60	48	355	283	75	66	3836	2656	69.2			
国立研究機関等	一般課題 (非専有)	課題数	20	18	6	4	36	29	13	7	9	5	1	1	13	11	13	8	111	83	74.8		
		シフト数	114	63	66	48	387	309	128	51	114	57	6	6	95	82	114	78	1024	694	67.8		
	一般課題 (専有)	課題数	1	1			2	2	2	2											5	5	100.0
		シフト数	5	5			6	6	4	4											15	15	100.0
	社会・文化利用課題	課題数			1	1					1	1							4	4	6	6	100.0
		シフト数			12	12					9	9							33	30	54	51	94.4
	成果公開優先利用課題	課題数	1	1			3	3							2	2					6	6	100.0
		シフト数	30	27			36	36							3	3					69	66	95.7
	長期利用課題	課題数					2	2													2	2	100.0
		シフト数					30	27													30	27	90.0
合計	課題数	22	20	7	5	43	36	15	9	10	6	1	1	15	13	17	12	130	102	78.5			
	シフト数	149	95	78	60	459	378	132	55	123	66	6	6	98	85	147	108	1192	853	71.6			
産業界	一般課題 (非専有)	課題数	1	0	1	0	2	0							35	30					39	30	76.9
		シフト数	9	0	18	0	33	0								281	226					341	226
	一般課題 (専有)	課題数	2	2	1	1	2	2							19	19					24	24	100.0
		シフト数	12	12	6	6	7	7							75.5	75.5					100.5	100.5	100.0
	産業新分野支援課題	課題数													3	2					3	2	66.7
		シフト数													14	8					14	8	57.1
	成果公開優先利用課題	課題数													6	6					6	6	100.0
		シフト数													54	54					54	54	100.0
合計	課題数	3	2	2	1	4	2							63	57					72	62	86.1	
	シフト数	21	12	24	6	40	7							424.5	363.5					509.5	388.5	76.3	
海外機関	一般課題 (非専有)	課題数	13	13	3	3	29	10	3	2	8	7	2	1	2	1					60	37	61.7
		シフト数	88	69	39	42	349	147	45	21	73	69	12	3	24	3					630	354	56.2
	一般課題 (専有)	課題数	1	1																	1	1	100.0
		シフト数	12	12																	12	12	100.0
	大学院生提案型課題	課題数					3	1	1	0											4	1	25.0
		シフト数					32	21	2	0											34	21	61.8
	長期利用課題	課題数	1	1			1	1													2	2	100.0
		シフト数	18	18			24	24													42	42	100.0
	合計	課題数	15	15	3	3	33	12	4	2	8	7	2	1	2	1					67	41	61.2
		シフト数	118	99	39	42	405	192	47	21	73	69	12	3	24	3					718	429	59.7
合計	課題数	139	124	20	14	316	211	107	79	48	40	11	6	131	114	26	19	798	607	76.1			
	シフト数	708	443	222	159	2829	1820	832	564	463	375	78	57	901.5	734.5	222	174	6255.5	4326.5	69.2			
採択率 (%)	課題数	89.2		70.0		66.8		73.8		83.3		54.5		87.0		73.1		76.1					
	シフト数	62.6		71.6		64.3		67.8		81.0		73.1		81.5		78.4		69.2					

* ビームライン技術、素粒子・原子核科学、考古学、鑑識科学、安全管理

2016A 期 採択長期利用課題の紹介

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

長期利用課題は、2015B 期より以下の表のとおり一部運用を変更しました。2016A 期は 4 件の長期利用課題の応募があり、全て採択されました。採択された課題の審査結果および実験責任者による研究概要を以下に示します。

	2015A 期まで	2015B 期より
公募回数	年 2 回	年 1 回 (A 期から始まる課題)
有効期間	3 年	2 年
評価方法	中間評価、事後評価	事後評価のみ
配分シフト上限 (1 課題あたり)	ユーザータイムの 16% まで	ユーザータイムの 16% まで、ただしビームライン併用の場合も、合計で 16% が上限
公募対象 BL	全共用 BL (26 本)	全共用 BL (26 本)、ただし既に長期利用課題またはパートナーユーザー課題を合計 2 課題以上受け入れている BL は対象外

－ 採択課題 1 －

課題名	量子ビーム実験・理論計算とデータ科学の融合による非晶質物質の体系的な理解
実験責任者名(所属)	小原 真司 (NIMS)
採択時の課題番号	2016A0130 (BL01B1)、 2016A0134 (BL04B2)
ビームライン	BL01B1、BL04B2 (併用)
審査結果	採択する

[審査コメント]

液体も含む非晶質物質を対象としたマテリアルズインフォマティクスによる体系的解析手法の提案という挑戦的な目標に向けて、高エネルギー X 線全散乱、X 線異常散乱、XAFS による構造評価に基づく非晶質物質および液体のデータベース構築を目指した実験が提案されている。いずれも Spring-8 の特徴を生かした実験技術であり、それぞれの実験に適した複数のビームラインでの実施が計画されている。実験責任者は、課題実施に必要な高エネルギー X 線全散乱や無容器実験、および RMC 解析に関する十分な知識、技術、実績を有し、課題実施を通じて論文発表等の成果が得られることが期待できる。

しかしながら、挑戦的な目標を掲げる一方で、目

標達成への具体的な計画が提示されていないため、目標達成の可能性について深い懸念を抱かざるを得ない。本課題においては、アモルファス・ガラス等の特異な構造の体系的な理解、液体の構造と物性の相関解明に向けた構造計測基盤技術の確立と、理論計算と連携した精密 3 次元構造解析技術開発を通じた実験・計算結果のデータベース構築が提案されているが、目標達成に向けた具体的な戦略の提示と本課題の位置付けの説明がないため、実施計画の検討が不十分と言わざるを得ない。

一方で、データベース構築において提案されている酸化物、金属およびカルコゲナイド等の物質の構造的な特徴を明らかにするための取り組みは、2 年間の長期利用課題の実施によって一定の知見が得られることが期待できる。そこで、研究テーマを酸化物、金属およびカルコゲナイド等の非晶質物質の原子スケールでの構造的な特徴の解明に絞り、それに必要なビームタイムの範囲内で実施することを条件に、本課題を長期利用課題として採択するものとする。実験をより計画的に行うために、利用期毎のビームタイム申請では実験目的と実験内容の詳細が具体的に説明された申請書の提出が求められる。

[実験責任者による研究概要]

物質は、合成条件により様々なふるまいを見せる。たとえば、高温液体からのガラス合成時における容器の有無、重力、圧力等、様々な外的要因の影響を受ける。近年、こういった物質合成において新たな手法を適用することにより、これまでの構造概念の枠に当てはまらない物質が多く報告されるようになってきた。

その一方、放射光や中性子といった量子ビームを用いた実験技術の進化および計算機シミュレーションの発達により、非晶質物質の構造・物性研究もまた進歩しつつある。量子ビーム実験技術の進化は、BL04B2のX線全散乱実験に代表される高い実空間分解能を持った二体分布関数の導出や、BL01B1のXAFS実験に代表される元素選択性といった「不規則」を体系化するために不可欠な実験情報を与える。さらに、これらの実験データを基にした逆モンテカルロ(RMC)法による構造モデリングを行うことにより、非晶質物質のより詳細な構造情報を得ることができる。それに加え、計算機の速度の向上により大規模な第一原理計算、第一原理分子動力学(MD)シミュレーションが可能となり、これらの実験的・理論的手法を組み合わせることによって、ガラスや液体の構造が原子・電子レベルで記述できるようになってきた。

本提案では、ガラス・液体・アモルファス物質といった不規則系物質およびナノ物質に注目し、高温・高圧、薄膜、ナノ粒子といった様々な環境下におけるふるまいを量子ビーム実験と理論計算により原子・電子レベルで解明することを第一目的とする。

そして、得られた実験データ、構造情報(原子間距離、配位数といった短範囲構造の情報、多面体の共有の仕方(頂点・稜・面)、多面体が繋がってできるリング・チェーン構造、電子構造)、さらには物性データをデータベース化し、体系的に理解することが第二の目的である。

最終的には、得られた情報をデータマイニングやスパースモデリングのような「データ科学」の援用を受けて、実験データと構造情報の相関を探り、新たな構造モデリング法を提案することを目標とする。

第二の目的を達成するために必要なのは、量子ビーム実験、RMCモデリング、第一原理(MD)計算であるが、第一原理(MD)計算を大規模で行うとなると、相応の計算機リソースが要求される。これに関しては、スーパーコンピュータの利用を想定しているが、「データ科学」の援用により、たとえばRMCモデリングに機械学習させ、様々な構造情報データを組み込んでい

けば、将来的には第一原理を必要としない、すなわち、スーパーコンピュータを必要としない新たな計算コードを開発することが期待される。そして、構造解析の経験のない材料科学者がパソコンで非晶質構造解析が行え、得られた知見を材料設計にフィードバックできるようになれば、その波及効果は大きい。

以上のように本提案では、実験、理論、そしてデータ科学を駆使し、不規則系物質およびナノ物質をターゲットとした基礎・応用両面に寄与する構造研究を展開する。

本提案は、JST さきがけ研究「理論・実験・計算科学とデータ科学が連携・融合した先進的マテリアルズインフォマティクスのための基盤技術の構築」(研究総括:常行真司)における申請者の課題「機能性不規則系物質の原子・電子レベル構造解析基盤の構築」および、JST-ACCEL「元素間融合を基軸とする物質開発と応用展開」(研究代表者:北川宏、プログラムマネージャー:岡部晃博)における坂田修身グループの課題「放射光科学を基盤とした新規ナノ合金の原子配列・電子構造の分析」の一環として行われる。

- 採択課題2 -

課題名	Magnetic Compton scattering and Fermiology studies in high magnetic fields
実験責任者名(所属)	Jonathan Duffy (University of Warwick)
採択時の課題番号	2016A0131
ビームライン	BL08W
審査結果	採択する

[審査コメント]

In the proposed Long-Term program, the purpose is to study several magnetic and strongly correlated systems under high magnetic fields up to 8 T, using the magnetic Compton scattering. The committee appreciated that the present project leader had already developed the equipment to perform the magnetic Compton scattering in such a high magnetic field. Thus, the committee recognizes that the project leader has potential abilities to complete the proposed project. It is also recognized that Spring-8 is one of the best facilities for the magnetic Compton scattering. In addition, the selected materials are related to quite hot topics in the condensed matter science. Then, if the project leader actually carries out all the proposed plans, the results would give significantly

strong impacts to the science community all over the world. Therefore, the committee accepts the present proposal and offers 24 shifts of the beam time in the term 2016A, as requested.

However, the committee notices that the project leader has not published any original paper on the results in the previous Long-Term program. The committee strongly requests the project leader to publish some original papers on the results from the Long-Term program as soon as possible. If no paper is published during the next Long-Term program, the program will not be continued any further. The committee hopes that the project leader will publish important results of the Long-Term program soon and give a strong impact to the world.

[実験責任者による研究概要]

The purpose of this project is to exploit the experimental developments that we made using the Long-Term project 2012B0045, during which we installed our x-ray compatible Oxford Instruments “Spectromag” cryomagnet for high field magnetic Compton scattering experiments. We will perform studies on a set of magnetic and strongly correlated systems under high magnetic fields of up to 8 T and temperatures down to 1.5 K. As well as experiments using high energy magnetic Compton scattering, we propose to attempt our first high resolution charge Compton scattering experiment using our high field sample environment.

Our new research programme is focused on two particular themes: (i) Magnetic Compton scattering studies of spin orbit coupling, especially in 5d and 5f electron systems, and (ii) high resolution charge Compton scattering studies of systems where a magnetic field applied to the sample may be important for Fermi surface topological transitions. Our high field sample environment has opened up the possibility for measuring many scientifically interesting materials and is available for use by other users.

Magnetic Compton scattering (MCS) samples the spin dependent electron momentum density through the use of circularly polarised synchrotron radiation. MCS is sensitive to only the spin moment of the sample. The technique requires a high energy monochromatic incident X-ray beam of circularly polarised photons at an energy of approximately 175 keV, and high scattering angles

of approximately 170 degrees, in order to obtain good resolution. In this project, we will utilize the technique to isolate the spin contribution to the magnetic properties. Comparison with bulk magnetization will enable us to determine the orbital magnetic moments. We will also use our own electronic structure calculations of the electron momentum density. Putting these data together will provide detailed information about the importance of the competing spin orbit coupling and crystal fields.

High resolution charge Compton scattering is used to study Fermi surfaces and electron orbitals. For such studies, a higher resolution measurement of the electron momentum density than is currently possible in MCS experiments is required. An incident photon energy of 115 keV is typically used, with a crystal spectrometer to obtain the required momentum resolution. The technique has been used successfully on BL08W by a number of research groups, leading to a significant set of research publications. In this project, the technique will be used with our cryomagnet sample environment for the first time, in order to permit measurements to be made with an applied magnetic field. This will enable us to study the evolution of the electronic structure in an applied field, such as across metamagnetic transitions, and will be important to compare with experimental Fermi surface measurements from other techniques where field studies are not feasible.

－ 採択課題3 －

課題名	Examination of glottis function at birth with multi-view phase-contrast imaging
実験責任者名(所属)	Stuart Hooper (Monash University)
採択時の課題番号	2016A0132
ビームライン	BL20B2
審査結果	採択する

[審査コメント]

In this Long-Term Proposal, the group led by Prof. Hooper is aiming to study the function of glottis at birth. In a fetus, the glottis is mostly closed and application of positive airway pressure via a facemask cannot inflate the lung. The glottis will eventually remain open when the lung is aerated but how the transition from the closed to the open state takes place and how it is regulated are unknown. This lack of understanding poses a serious problem when

trying ventilate premature infants. If the mechanism that controls the switching of the glottis state is clarified, it may be possible to facilitate lung aeration by using a modified ventilation technique that takes it into account. The group plans to use a multi-beam phase-contrast imaging technique to visualize the glottis in a rabbit fetus. They further plan to study the effect of continuous positive airway pressure on the switch of the glottis function. This will help understand how non-invasive ventilation can be applied more effectively to newborn babies.

The multi-beam technique, which was developed by the JASRI staff, is unique to SPring-8 BL20B2. Since the technique has been developed only recently and requires further development and adaptation to this particular experiment, this work needs to be conducted as a Long-Term project. This proposal makes use of unique features of SPring-8 to solve a medically critical problem. It is indeed challenging, but from the achievements in this group's previous Long-Term projects, it is considered highly likely that this proposal will lead to a medically significant outcome again.

[実験責任者による研究概要]

Research Purpose and Summary

Lung disease and respiratory failure affect many people at all stages of life and newborn infants are a particularly vulnerable age group. One of the major limitations in the advancement of diagnosis and treatment has been the lack of tools to accurately determine the condition of the lung. We utilise phase contrast X-ray imaging to visualise the lungs of animals that mimic human diseases. The advantage of phase contrast imaging is that the wavefronts refract as they move through media with different refractive indices, thus producing strong contrast at the air-tissue interfaces of the lung. This provides a detailed picture of the lung, even down to the small distal airways. This detail is not achievable in an other type of lung imaging. From the images we can measure a number of indices including lung aeration, rib movement and alveolar dimensions.

Our proposed research will exploit the major advances we have made in phase contrast X-ray imaging to continue to unravel the mysteries surrounding the transition to newborn life at birth and how this process can be assisted in premature infants. Specifically, we will focus on how

face-mask ventilation can be optimised in spontaneously breathing premature newborns. This will involve shifting part of our imaging focus towards simultaneous imaging of the larynx and the lungs. We will expand on our recent discovery that the larynx, a muscle in the trachea/windpipe, is mostly closed at birth and opens only briefly during inspiration in premature rabbits. This prevents air entering the lungs when positive air pressures are applied via a face mask. We found it could take up to one hour for the larynx to switch to predominantly open, permitting ventilation via a face mask. Having a closed larynx at birth could explain why face-mask ventilation fails in many premature human newborns. Here we will characterise the state of the larynx in premature, newborn rabbits as they transition from a fetal (closed) to newborn (open) state, and identify methods to trigger the larynx to transition to an open state sooner, thus making face-mask ventilation more effective.

Aim 1: We will characterise the transitional physiology of the larynx at birth and determine the mechanism that switches larynx activity from the “fetal” into the “newborn state”.

Aim 2: We will identify strategies that open the larynx and stimulate spontaneous breathing at birth.

Aim 3: We will investigate the effect of different CPAP (continuous positive airway pressure) levels on respiratory function and transition at birth.

Expected outcomes

This Long-Term Proposal will expand our current research to answer critical questions regarding the transition from a fetus to a newborn, which will have very important clinical consequences.

- i. We expect our findings to confirm that at birth the larynx is predominantly closed and ventilation via a face-mask will not inflate the lungs.
- ii. We anticipate that lung aeration and/or the state of oxygenation dictate whether the larynx is open or closed.
- iii. We anticipate we will identify new therapies that will aid the larynx switch to a predominantly open state.
- iv. We will define the optimal CPAP pressure for premature newborns to support the larynx switch and adequately aerate the lungs.

Overall these studies will define the optimal procedure for rapidly aerating the lungs of premature newborns.

－ 採択課題4 －

課題名	P型ATPaseの結晶構造解析
実験責任者名(所属)	豊島 近(東京大学)
採択時の課題番号	2016A0133
ビームライン	BL41XU
審査結果	採択する

[審査コメント]

本課題では、細胞膜をはさんでつくられたイオン勾配に逆らってイオンを能動輸送するイオンポンプについて、その反応サイクルに関与する全中間体の結晶構造を高分解能で決定し、イオンポンプの作動機序を原子レベルで詳細に明らかにすることを目的としている。対象とするイオンポンプは、Ca²⁺-ATPase(カルシウムポンプ)とNa⁺,K⁺-ATPase(ナトリウムポンプ)である。さらに、本課題ではイオンポンプが働く場として重要な脂質二重膜との相互作用解析も行い、脂質二重膜の構造が膜タンパク質であるポンプの構造変化に対してどのように変化するかを明らかにすることも目指している。

Ca²⁺-ATPaseでは、これまでにカルシウムポンプの反応サイクル全体をほぼカバーする10状態の中間体の立体構造を高分解能で決定してイオンの能動輸送の大略を明らかにしてきたが、本課題では、新たに組み換えタンパク質を用いた変異体解析を精力的に行い、より詳細に反応サイクル機構の解明を目指している。また、Na⁺,K⁺-ATPaseについては、このイオンポンプが高血圧や糖尿病、癌やアルツハイマー病、若年性パーキンソン病等に深く関与していることから、新世代の強心ステロイドとして注目されている istaroxime との複合体の構造解析を、さらに、Ca²⁺-ATPaseと同じようにイオンポンプの作動機序を原子レベルで明らかにする研究では、海産毒素 palytoxin との複合体の構造解析を行い、真の構造生物学的研究を目指している。一方、研究手法の開発を目指す脂質二重膜との相互作用解析では、申請者らはこれまでに、X線溶液散乱(SAXS)で利用されるコントラスト変調法を、結晶構造解析に応用するという斬新なアイデアで、膜タンパク質に結合したリン脂質の可視化に成功してきたが、本課題では、コントラスト変調剤に代わって重原子(Ta, W)クラスターを利用した新しい手法を開発して、これまでの手法では得られない詳細なり

ン脂質の構造情報を得ることを目指している。

以上の研究は、申請者らのこれまでの長きにわたるイオンポンプの構造・機能研究基盤の上に構築された研究計画で、いずれの計画も当該長期利用研究期間に大きく進展し、SPring-8が世界に誇り得る成果が得られるものと期待される。

[実験責任者による研究概要]

本長期利用課題はイオンポンプの反応サイクルの全ての中間体を結晶化し、その作動機序を原子構造に基づいて解明することを目標としている。大きく3つの課題を提案した。第1の課題である骨格筋(速筋)筋小胞体Ca²⁺カルシウムポンプ(SERCA1a)に関しては、これまでに反応サイクルほぼ全体をカバーする10状態の中間体の結晶構造を決定できており、そのメカニズムの大略は理解できたともいえる。しかし、中間体間の構造変化が大き過ぎるため、完全な理解のためには、組み換え蛋白質を用いた構造決定を系統的に行う必要がある。Ca²⁺の細胞質側ゲートとなるGlu309変異体の構造解析を完成させることが目標である。さらに、心筋のカルシウムポンプであるSERCA2aや普遍的に発現しているSERCA2bについても構造決定を進めたい。第2の課題であり、医学的にはカルシウムポンプより重要ともいえるナトリウムポンプ(Na⁺,K⁺-ATPase)に関しては、その制御薬剤として注目されている強心ステロイドとの複合体の構造決定を完成することが最初の課題である。特に、次世代の薬剤として臨床試験段階にあるrostafuroxin(高血圧薬)やistaroxime(急性心不全薬)との複合体に注力する。作動機序の観点からは、ナトリウムポンプをイオンチャンネルに変えてしまう海産毒素 palytoxin との複合体の結晶構造解析を進めるとともに、未決定の中間体の構造決定を目指し、結晶化の努力を続ける。第3の課題として提案したものは、結晶中の脂質二重膜の可視化である。これまでに、溶媒コントラスト変調法を用いて解析を進めてきたが、結晶化条件によっては溶媒コントラストを可変できる範囲が狭すぎて現実的でない。そこで、重原子クラスターを用いて多重同置換を行う手法を試みている。この方法は技術開発を必要とするため、長期利用課題でなければ不可能である。また、極低角までの回折強度測定を必要とするため、BL41XUでのみ可能な実験である。これによって、燐脂質と蛋白質の相互作用に関し、より詳細な情報が得られることが期待される。

平成 28 年度に指定されたパートナーユーザーの紹介

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

平成 25 年度まで運用していた「パワーユーザー」制度について、平成 26 年度より名称および一部運用を変更し、「パートナーユーザー」(以下「PU」という)として運用を開始しました。平成 28 年度は、1 名の応募があり、PU 審査委員会による審査の結果、1 名が指定されました。指定された PU および PU 審査委員会からの審査結果を以下に示します。

PU の概要

- ・ PU は、平成 25 年度までの「パワーユーザー」の名称および一部運用を変更したものです。
- ・ 平成 26 年度以降の PU は、共用ビームラインおよび測定技術を熟知し、放射光科学・技術の学術分野の開拓が期待できる研究者で、
 - 1) ビームライン実験設備の開発および高度化への協力
 - 2) 上記高度化等に関連した、先導的な放射光利用の実施および当該利用分野の拡大・推進
 - 3) 上記高度化等に関連した利用者支援のいずれも満たすユーザーを指す。
- ・ PU の指定期間は原則 2 年間 (PU 審査委員会が必要と認めた場合には延長可。最長 5 年間)。

[指定期間]

平成 28 年 4 月 1 日から平成 30 年 3 月 31 日まで (2 年間)

[指定された PU]

佐々木 孝彦 (東北大学)

(1) 実施内容

研究テーマ：強相関電子系分子性物質の赤外顕微イメージング分光による電荷ダイナミクスの研究

高度化：赤外ビームラインの整備と先導的活用

利用研究支援：当該装置を用いた利用実験の支援

(2) ビームライン：BL43IR

(3) 審査コメント

BL43IR の高度化計画と協調して、1) 微小領域赤外分光とその二次元走査による電子状態の空間イメージング測定における高位置分解能化、高精度化、2) 磁気光学ステーションの優位性を活かすために、利用波長域を低エネルギー領域へ拡大し、安定利用を行うために実験装置の再整備と使い勝手の改善を通して新しい研究領域と利用研究者の拡大を目指している。1) については光学素子等の振動やステージの剛性不足等のために十分な位置分解能、安定性を得られない装置の更新等を通して高度化を進めるものであり、ビームライン・実験装置の基本性能に係わる高度化であり、達成目標やスケジュール等をビームライン担当者と具体的に詰め、密接な連携を持って進めるべきことである。2) については 2008 年以降活用されていなかった磁気光学ステーションについて、低温かつ 14 T の磁場印加条件で微小領域の赤外分光スペクトルを測定出来るという世界的にも優位な環境をフルに活かした研究活動を行えるように、測定波長域を遠赤外領域へ拡張し、更に使い勝手の改善を進めることで、多くの利用者が研究成果を容易に上げられるようにするものである。

これらの高度化を通して、強相関分子性物質における電子秩序拮抗による電子相分離、ガラス化機構の解明を、顕微赤外光を用いた高速な二次元マッピング測定の時間変化追跡から明らかにしようとしている。また、分子性物質に限定しない強相関電子系における非自明な電子状態の時間・空間ダイナミクス解明を目指している。

申請者は十分な BL43IR 利用経験を有し、これらの高度化、高度化を活かした研究成果創出を行える十分な力量を有している。

磁気光学ステーションの整備を梃子に、強相関電子系研究分野を中心に新たに複数の研究者を拡大し、支援をする計画を持っており、BL43IR の研究成果拡

大も期待される。

ビームラインの整備、利用者の拡大はビームライン担当者の資質、意欲、関心とも密接に関係する。パートナーユーザーとして、ビームライン担当者が当該ステーションの限界性能に挑戦する研究活動を推進し、当該ステーションの性能向上に強い意欲を持てるよう、高度化を協働して進めるとともに、利用研究についても共同研究を進めることを期待する。

以 上

平成 28 年度に指定期間が延長されたパートナーユーザーの紹介

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

平成 25 年度まで運用していた「パワーユーザー」制度について、平成 26 年度より名称および一部運用を変更し、「パートナーユーザー」(以下「PU」という)として運用を開始しました。平成 28 年度は、平成 26 年度に指定(指定期間:平成 26~27 年度)された PU 3 名のうち、3 名の指定期間延長申請があり、PU 審査委員会による審査の結果、当該 3 名が指定期間延長されました。延長された PU および PU 審査委員会からの審査結果を以下に示します。

PU の概要

- PU は、平成 25 年度までの「パワーユーザー」の名称および一部運用を変更したものの。
- 平成 26 年度以降の PU は、共用ビームラインおよび測定技術を熟知し、放射光科学・技術の学術分野の開拓が期待できる研究者で、
 - 1) ビームライン実験設備の開発および高度化への協力
 - 2) 上記高度化等に関連した、先導的な放射光利用の実施および当該利用分野の拡大・推進
 - 3) 上記高度化等に関連した利用者支援のいずれも満たすユーザーを指す。
- PU の指定期間は原則 2 年間 (PU 審査委員会が必要と認めた場合には延長可。最長 5 年間)。

[延長後の指定期間]

平成 26 年 4 月 1 日から平成 30 年 3 月 31 日まで (4 年間)

[指定された PU]

1. Bo Iversen (University of Aarhus)

(1) 実施内容

研究テーマ: Application of synchrotron radiation in materials crystallography

高度化: 構造ダイナミクス分析基盤整備と先導的活用

利用研究支援: 当該装置を用いた利用実験の支援

(2) ビームライン: BL02B1

(3) 審査コメント

In this Partner User program, they proposed the following three goals: 1) establishment of accurate data collection system and its application to novel materials, 2) development of time-resolved data collection system for precise structural analysis at charge density level, 3) improvement of the usability of the system for users. The Partner User Review Committee recognized that they have successfully completed 1) and 3) because they presented the electron density distribution in rubrene obtained using a combination of high-resolution X-ray and neutron diffraction data as a typical example of success. The committee appreciates they have achieved the basic purpose: the data collecting system with world leading quality and the usability of the system. However, the achievement of 3) is not sufficient: they are using Imaging Plate as a detector, but a faster pixel detector with msec time-resolution are needed to increase in performance of time-resolved X-ray diffraction. The committee also appreciates the strong collaboration between and Danish and Japanese scientists as well as the collaboration in Europe.

The Partner User Review committee will accept their proposal of two years extension as a partner user on the following conditions.

(A) To make another plan in the case of difficulties in accessing a faster detector

It is very important to develop the time-resolve X-ray diffraction method in this proposal. But it seems to be difficult to access a faster detector in these two years. The committee strongly recommends the partner users to

make an alternative proposal without a faster detector in a worst-case scenario.

(B) To strengthen outreach activities

The committee demands an improvement of the communication in the international partner user team to make best use of the beamtime. We hope that the international collaboration become visibly active through this program and the foreign users of BL02B1 increase as the result of this successful proposal.

2. 白土 優 (大阪大学)

(1) 実施内容

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

高度化：軟 X 線ナノビームラインの整備と先導
的活用

利用研究支援：当該装置を用いた利用実験の支援

(2) ビームライン：BL25SU

(3) 審査コメント

本研究課題は、現 PU 課題を継続して BL25SU において、ナノビームアプリケーションが可能なビームラインへの高度化を実現して、スピントロニクスデバイスの開発に応用することが目的である。現 PU 課題において、当初の目標であった 100 nm 以下の集光を実現し、更に 205 K の低温下あるいは 8 T の強磁場下でのイメージング技術を開発したことは高く評価できる。集光度については、世界基準の 25 nm にはまだ遠いが、現在の装置においても、強磁場下におけるネオジウム永久磁石の XMCD イメージング及び、低温における Pt/Co/Cr₂O₃/Pt 垂直交換バイアス薄膜における強磁性ドメインと反強磁性ドメインの直接観察に成功し、世界に例を見ない成果をあげている。更に集光度を上げることにより、未解決であるドメインの内部構造を解明しようという延長課題の目標は、成功すればインパクトの高い成果につながるものと期待される。

本研究課題では、フレネルゾーンプレートの更新により、まず 50 nm の集光を実現することを目標としている。元素戦略プロジェクトのサポートもあり、予算的にも技術的にも十分達成される妥当な目標と考えられる。この目標を達成した上で、これ

まで同様の強磁場・低温環境でも測定が可能となれば、スピントロニクスデバイス開発や永久磁石のメカニズム解明において、非常に有用なツールとなるであろう。現 PU 課題では、どちらかという装置開発と高度化に費やした感があるが、これを継続して 50 nm まで高度化することにより、次のステージでは、将来の応用につながるブレイクスルーやインパクトの高い成果に結び付けて欲しい。

早急の目標である高分解能イメージングのほか、元素選択スピンドYNAMIXの直接測定なども手広く計画しているが、まずは第一の目標である 50 nm 以下のナノビームを実現することを最優先としていただきたい。面接時の質疑応答でも、白土氏自身が発言したように、希望シフトより少ないシフト数でも、テーマに優先順位をつけて遂行することにより、十分な成果が期待できると考えられる。そこで、本申請課題は採択するものの、BL25SU の混雑状況を考慮して、書類審査による推奨シフトを妥当と考え、希望する 39シフトから減らして 30シフトを承認する。

3. 廣瀬 敬 (東京工業大学)

(1) 実施内容

研究テーマ：極細 X 線ビームを使った超高温高温
下の物性測定

高度化：安定高温高压実験ステーション整備と先
導的活用

利用研究支援：当該装置を用いた利用実験の支援

(2) ビームライン：BL10XU

(3) 審査コメント

申請者は、長年にわたり超高温高温環境下での物質構造解析技術の高度化開発に取り組み、地球科学の分野で目覚ましい成果を挙げてきた。本課題は、申請者が BL10XU に構築した超高温高温環境下実験の技術の一層の高度化と、利用者への技術支援を目的とした課題であり、2014年より実施されている。技術の高度化開発、利用支援ともにビームライン担当者との緊密な連携の上に当初の計画通りに進捗し、今後の高度化開発計画も BL10XU の高度化開発の方針と完全に合致していることから、本課題を2年間の延長とする。

本課題は、1) 入射 X 線ビームのサブミクロン化、

2) 老朽化した現有の CCD カメラの置き換えを高度化開発の主要なテーマとしている。入射光 X 線ビームの微細化は測定領域の温度誤差範囲を従来の約 1/10 に低減するもので、超高压高温環境での物質の状態図精度の著しい向上が見込まれ、地球科学ばかりでなく物質科学研究への大きな波及効果が期待される。これまでに、ビームライン担当者と協力して分光器や集光光学素子の最適化調整を行い、既に 1 μm 程度の集光を実現して計画通り、あるいはそれ以上の成果が得られている。更に、15 keV で 0.25 μm 、30 keV で 0.50 μm への集光といった当初の計画を凌ぐより高度な目標が提案されている。また、老朽化した CCD カメラの置き換えはフラットパネルセンサーが導入されて一般の利用者にも広く共用されていることから、計画が順調に進捗していると認められる。更に、申請者らが整備した装置・機器の立上げ調整の支援を行った一般課題は 10 件に及ぶなど、積極的に利用者支援を行う姿勢は高く評価できる。

2016A 期以降は、X 線集光の更なる高度化に加えて、1) レーザー加熱光学系の改良、2) 試料厚み決定のための X 線吸収測定法開発、3) ソーラースリット式回折計導入によるバックグラウンド低減の高度化開発が新たに提案され、いずれも超高压高温環境での物性研究に大きく貢献するものと期待される。このように意欲的に高度化開発を推進する姿勢は敬服に値するが、複数ある開発テーマの優先順位を明らかにした上で、優先順位に基づいて計画的に進めることで、より効率的に高度化開発を推進できるものとする。延長期間においては、利用期ごとに細部まで検討した具体的な高度化計画の立案を通じて高度化開発を推進されることを期待する。

以 上

第 36 回共同利用期間 (2015B) 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 36 回共同利用期間 (2015B) における SPring-8 の共同利用は、平成 27 年 9 月から 12 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 249 シフト [1 シフト = 8 時間] でした。

2015B 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、2015B 第 1 期 (平成 27 年 9 月～11 月中旬) および第 2 期 (平成 27 年 11 月下旬～12 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、2015B 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 2015B 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 2015B 実施課題数とシフト数を示します。表 3 に、2015B 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-2015B 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 2015B 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)	267	3681.375
専用ビームライン (成果専有)	14	28.5
合計	281	3709.875

表 1 SPring-8 共用施設^(注 1) の 2015B 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)	669	412	61.6	402	74	476	3679.5
一般課題 (成果専有)	39	38	97.4	37		37	131.625
萌芽的研究支援課題 ^(注 4)	120	52	43.3	52	2	54	378.5
時期指定課題	8	8	100.0	8		8	25.375
測定代行課題 ^(注 3)	46	46	100.0	46		46	28
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	14		14	111
産業新分野支援課題	18	14	77.8	14		14	74
社会・文化利用課題 ^(注 4)	18	16	88.9	16		16	113
成果公開優先利用課題	28	28	100.0	28		28	225
長期利用課題	(2015B 期は新規公募なし)				23	23	426
重点パートナーユーザー課題					6	6	252
新分野創成利用課題 (新分野創成を行おうとする研究グループによる課題)	8	4	50.0	4		4	54
合計	974	632	64.9	621	105	726	5498

(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、当該期の応募・採択等プロセスを要しないもの。

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

(注 4) 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 2015B 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	92	2	115	46	21	7	42	3	328
		シフト数	526	21	886.5	358	219	63	248	39	2360.5
	萌芽的研究支援課題	課題数	4		25	7	5	1	10	1	53
		シフト数	27.5		180	42	39	12	60	3	363.5
	測定代行課題	課題数							2		2
		シフト数							2.25		2.25
	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	1	3	5	1					10
		シフト数	6	24	33	12					75
	産業新分野支援課題	課題数							7		7
		シフト数							36		36
	社会・文化利用課題	課題数			2	2	1	2		7	14
		シフト数			15	12	6	18		41	92
	成果公開優先利用課題	課題数		2	9	9			4	1	25
シフト数			15	48	87			24	6	180	
長期利用課題	課題数	2		8	5	1	3			19	
	シフト数	24		195	48	36	39			342	
重点パートナーユーザー課題	課題数			3		2				5	
	シフト数			120		93				213	
新分野創成利用課題	課題数			4						4	
	シフト数			54						54	
計	課題数	99	7	171	70	30	13	65	12	467	
	シフト数	583.5	60	1531.5	559	393	132	370.25	89	3718.25	
国立 研究機関等	一般課題（成果非専有）	課題数	21	3	24	7	4	4	14	5	82
		シフト数	142.5	27	273	63	54	21	107	45	732.5
	一般課題（成果専有）	課題数	3		1				2		6
		シフト数	21.75		6				4		31.75
	時期指定課題	課題数								1	1
		シフト数								1	1
	測定代行課題	課題数							8		8
		シフト数							5.75		5.75
	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		1							1
		シフト数		9							9
	社会・文化利用課題	課題数								2	2
		シフト数								21	21
	成果公開優先利用課題	課題数			1						1
シフト数				24						24	
長期利用課題	課題数							1		1	
	シフト数							36		36	
計	課題数	24	4	26	7	4	4	25	8	102	
	シフト数	164.25	36	303	63	54	21	152.75	67	861	
産業 界	一般課題（成果非専有）	課題数			3	1		28		32	
		シフト数			24	6		213		243	
	一般課題（成果専有）	課題数			1			30		31	
		シフト数			6			93.875		99.875	
	時期指定課題	課題数	2					5		7	
		シフト数	1.375					23		24.375	
	測定代行課題	課題数						36		36	
		シフト数						20		20	
	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		3	
		シフト数		9	15			3		27	
	産業新分野支援課題	課題数						7		7	
		シフト数						38		38	
	成果公開優先利用課題	課題数						2		2	
シフト数							21		21		
計	課題数	2	1	5	1		109		118		
	シフト数	1.375	9	45	6		411.875		473.25		
海外 機関	一般課題（成果非専有）	課題数	13	7	9	1	2		2	34	
		シフト数	90.5	61	126	21	24		21	343.5	
	萌芽的研究支援課題	課題数			1					1	
		シフト数			15					15	
	長期利用課題	課題数	2				1			3	
		シフト数	39				9			48	
	重点パートナーユーザー課題	課題数			1					1	
		シフト数			39					39	
	計	課題数	15	7	11	1	3		2	39	
		シフト数	129.5	61	180	21	33		21	445.5	
	課題数合計			140	19	213	79	37	17	201	726
	シフト数合計			878.625	166	2059.5	649	480	153	955.875	5498

(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

2015B の延べ利用者数は、共用施設4,863人、専用施設2,898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。図3に年度ごとのユニーク利用者数を示します。ユニーク数の算出方法は、2012年度のSACLA供用開始に伴い、2012年度以降については延べ利用者数よりユニーク数を算出（2011年度までは放射線業務従事者登録データより算出）しています。また、過去5年間に於いて1度も施設利用のための来所がない利用者を新規と定義（2011年度までは過去1度も放射線業務従事者登録がない場合を新規と定義）しています。

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-2015B 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	2015B	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	476	14394
緊急課題	33	1	1	0	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	37	918
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	8	232
測定代行 (時期指定課題の一環)	8	9	20	5	25	31	38	31	37	35	48	49	47	41	54	37	46	561
長期利用課題	121	12	8	9	11	10	11	12	17	15	14	14	16	13	13	26	23	345
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	54	591
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	28	510
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	14	50
重点メディカルバイオ トリアルユース課題	36	6	6	5	4													57
重点拡張メディカル 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	14	61
社会・文化利用課題																11	16	27
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	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	6	18
新分野創成利用課題																		4
合計	9920	769	672	669	722	685	744	740	730	637	771	633	610	624	858	674	726	21184

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	
				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
第 36 回	2015B	H27.09-H27.12	1,981	726	4,863	281	2,898
合 計			70,797	21,184	136,455	7,172	63,111

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

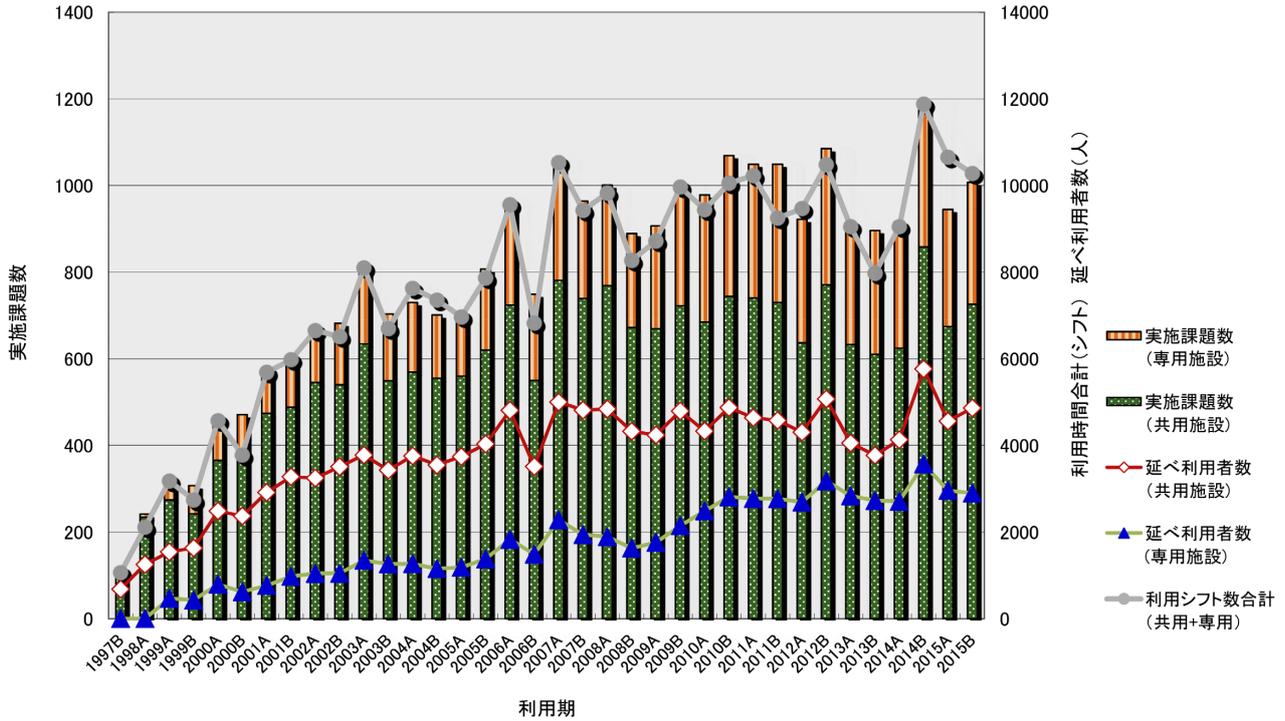


図1 Spring-8 共用施設および専用施設の利用実績の推移

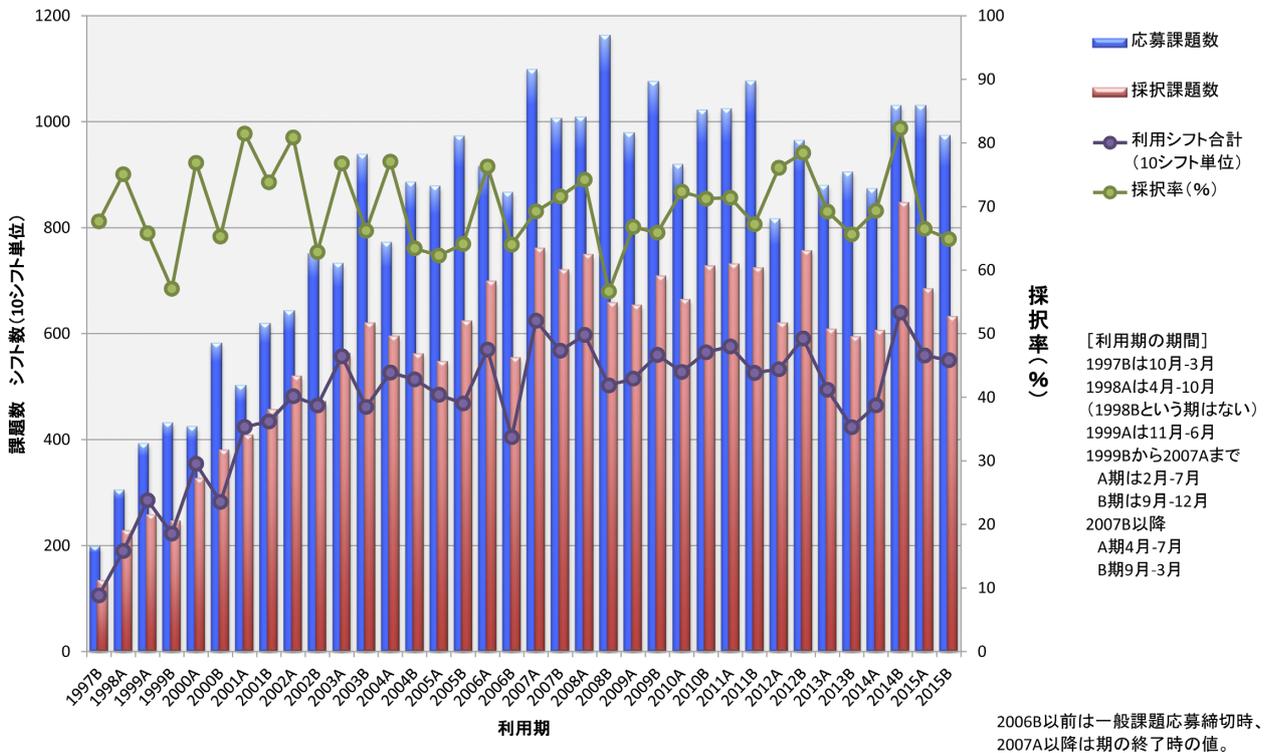
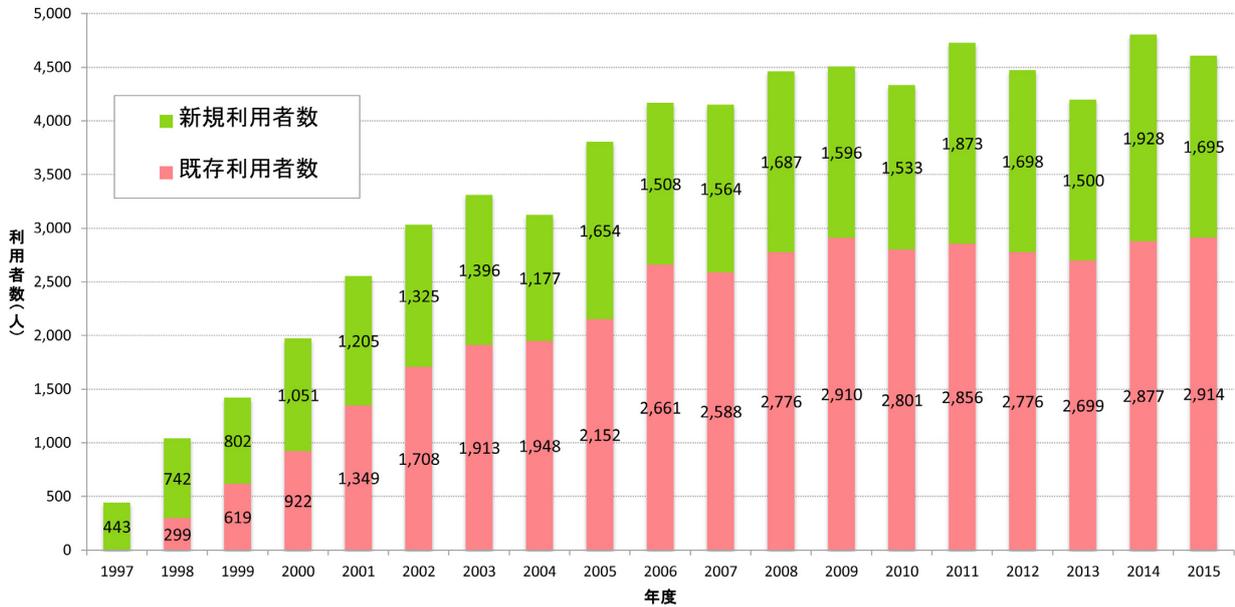


図2 Spring-8 共用施設の応募・採択課題数の推移実績

2006B以前は一般課題応募締切時、
2007A以降は期の終了時の値。



【ユニーク数の算出方法】

2012年度のSACLA供用開始に伴い、2012年度以降のSPring-8のユニーク利用者数算出方法を、以下の通り変更。

- ◇各年度（A期+B期）ごと、SPring-8における延べ利用者数よりユニーク数を算出（2011年度までは放射線業務従事者登録データより算出）。
- ◇過去5年間に於いて一度も施設利用のための来所がない利用者を新規と定義（2011年度までは過去1度も放射線業務従事者登録がない場合を新規と定義）。

図3 SPring-8の年度ごとのユニーク利用者数

2012B 期 採択長期利用課題の事後評価について

公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

2012B 期に採択された長期利用課題について、2015A 期に3年間の実施期間が終了したことを受け、第55回 SPring-8 利用研究課題審査委員会長期利用分科会（平成27年12月21日開催）において、事後評価が行われました。

事後評価は、長期利用分科会が実験責任者に対しヒアリングを行った後、評価を行うという形式で実施し、SPring-8 利用研究課題審査委員会で評価結果を取りまとめました。以下に対象となる長期利用課題3課題の評価結果を示します。研究内容については本誌91ページの「最近の研究から」に実験責任者による紹介記事を掲載しています。

- 課題1 -

課題名	Development of spin-resolved Compton scattering in high magnetic fields: probing the orbitals in complex oxides
実験責任者(所属)	Jonathan Duffy (University of Warwick)
採択時課題番号	2012B0045
ビームライン	BL08W
利用期間/配分総シフト	2012B~2015A/108シフト

[評価結果]

The purpose of this long-term project is to install a cryomagnet into the magnetic Compton scattering spectrometer at the BL08W beamline and develop studies of magnetic systems and interactions under high magnetic fields of up to 9 T and temperatures down to 1.5 K. For the duration of the project, the project group has successfully installed and tested the new system and then demonstrated that it can collect high quality data at low temperatures and high magnetic fields never achieved before at BL08W, by overcoming some technical issues, such as sample movement by magnetic field and background corrections for small samples. In addition, they have developed a software that is able

to derive theoretical magnetic Compton profiles from the wave function output by the ELK code. By both the development of the experimental technique and the advance in the theoretical modeling and interpretation, they have made a methodology ready for exploitation of new measurements. This achievement is highly evaluated by the review committee.

Along with the effort on methodology, the project group has studied several materials that are scientifically interesting and technologically important. They include the electronic structure of CeB_6 with induced, anisotropic B-2p magnetization, that of $\text{Ca}_3\text{Co}_2\text{O}_6$ with Co^{3+} configuration and no oxygen spin-polarization, spin polarization in half-metal Co_2MnSi , preliminary measurement of $\text{Nd}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$ and others. Among them, the three sets of results, i.e. CeB_6 , $\text{Ca}_3\text{Co}_2\text{O}_6$ and Co_2MnSi , have been already published in a PhD thesis and presented in invited talks at a number of international conferences and meetings. However, the review committee notices that publications in scientific journals are rather delayed, although the measurements have been carried out in the second half of the project period. The committee expect that the results reported to the committee will be published in scientific journals shortly.

In summary, the review committee judges that this project has achieved its goals and evaluates it as one of successful long-term projects.

[成果リスト]

登録なし

－ 課題2 －

課題名	X線分光法による臨界価数ゆらぎによる新しい量子臨界現象の実験的検証
実験責任者(所属)	渡辺 真仁(九州工業大学)
採択時課題番号	2012B0046
ビームライン	BL39XU
利用期間/配分総シフト	2012B~2015A/183シフト

[評価結果]

本長期利用課題は、X線分光法を用いて臨界価数ゆらぎによる新しい量子臨界現象の実験的検証を目指したものである。重い電子系金属 YbNi_3Ga_9 における Yb の1次の価数転移と臨界終点の発見により、この目的はほぼ達成されていると判断できる。本課題研究では、X線吸収分光 (XAS) 測定により、幅広い温度・圧力相図の中で Yb の価数が決定された。その結果、価数クロスオーバー線が、低温極限で常磁性・反強磁性境界圧力 $P_c \sim 9$ GPa 付近に収斂するという興味深い実験事実が見出された。さらに、磁場を加えた温度・圧力・磁場相図の中で、臨界終点近傍での異常な臨界現象が発見された。これらの結果は、この価数揺動系における新しい量子臨界現象を示唆するもので、臨界価数揺らぎの理論的予想と一致しており、大変興味深いものである。もう一つの大きな成果は、準結晶 $\text{Y}_{15}\text{Au}_{51}\text{Al}_{34}$ における磁場誘起の価数クロスオーバー領域の発見である。準結晶では量子臨界「点」がある拡がりを持つ量子臨界「領域」を形成するという実験結果は、強相関電子系分野だけでなく準結晶分野にも強いインパクトを与えることが予想される。このように本課題において達成された成果は、非常に学術的価値の高いものである。

一方、BL39XU のビームライン要素技術の高度化、特に、高圧下での XAS 測定のためのナノ多結晶ダイヤモンドアンビルセル (DAC) の開発により、透過 X 線強度を1桁高くすることに成功したことも高く評価できる。この技術開発により、比較的低エネルギー領域に吸収端を持つ化合物 (Ce 化合物など) の高圧・低温下での XAS 測定が可能になったことも、本課題の大きな成果である。

本課題申請代表者は理論家であるが、ビームライン担当者をはじめとする実験家との緊密な連携によりユニークな研究グループを形成し、上記の成果を

創りだしたことは注目に値する。課題採択時には、幾つかの検討事項 (長期利用課題申請の根拠と道程、極低温・強磁場下での高精度圧力測定システム、および Ce 化合物用 DAC に関する事項など) が指摘されたが、そのすべてを解決して成果に結びつけている。これらの研究成果は影響力の高い論文に掲載されており、また国際会議をはじめとする多くの学会で情報発信も十分に行われている。この研究グループによる今後の研究展開 (新しい研究領域開拓や実験手法開発) を期待したい。

[成果リスト]

(査読有論文)

- [1] SPring-8 publication ID = 25179
H. Nakai *et al.*: “Temperature and Magnetic Field Dependent Yb Valence in YbRh_2Si_2 Observed by X-ray Absorption Spectroscopy” *Journal of the Physical Society of Japan* **82** (2013) 124712.
- [2] SPring-8 publication ID = 25939
S. Watanabe *et al.*: “Robustness of Quantum Criticality of Valence Fluctuations” *Journal of the Physical Society of Japan* **82** (2013) 083704.
- [3] SPring-8 publication ID = 28096
N. Kawamura *et al.*: “High Pressure Properties for Electrical Resistivity and Ce Valence State of Heavy-Fermion Antiferromagnet $\text{Ce}_2\text{NiGa}_{12}$ ” *Journal of Physics: Conference Series* **568** (2014) 042015.
- [4] SPring-8 publication ID = 28555
K. Matsubayashi *et al.*: “Pressure-Induced Valence Crossover and Novel Metamagnetic Behavior near the Antiferromagnetic Quantum Phase Transition of YbNi_3Ga_9 ” *Physical Review Letters* **114** (2015) 086401.
- [5] SPring-8 publication ID = 28684
T. Watanuki *et al.*: “Thermal Expansion of a Au-Al-Yb Intermediate Valence Quasicrystal” *Solid State Communications* **211** (2015) 19-22.
- [6] SPring-8 publication ID = 28685
N. Kawamura: “Study of Electronic and Magnetic States Probed by X-Ray Absorption Spectroscopy under High Pressure” 高圧力の科学と技術 (*The Review of High Pressure Science and Technology*) **25** (2015) 38-48.

- [7] SPring-8 publication ID = 30041
S. Watanabe *et al.*: “*T/B* Scaling in β -YbAlB₄” *Journal of the Physical Society of Japan* **83** (2014) 103708.
- [8] SPring-8 publication ID = 30042
K. Miyake *et al.*: “Unconventional Quantum Criticality Due to Critical Valence Transition” *Journal of the Physical Society of Japan* **83** (2014) 061006.
- [9] SPring-8 publication ID = 30043
T. Terashima *et al.*: “X-ray Absorption Spectroscopy in the Heavy Fermion Compound α -YbAlB₄ at High Magnetic Fields” *Journal of the Physical Society of Japan* **84** (2015) 114715.
- [10] SPring-8 publication ID = 30044
S. Watanabe *et al.*: “Wide Quantum Critical Region of Valence Fluctuations: Origin of Robust Quantum Criticality in Quasicrystal Yb₁₅Al₃₄Au₅₁ under Pressure” *Journal of Physics: Conference Series* **592** (2015) 012087.
- [11] SPring-8 publication ID = 30046
S. Watanabe *et al.*: “Quantum Criticality and Emergence of the *T/B* Scaling in Strongly Correlated Metals” *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* **400** (2016) 13-16.
- [12] SPring-8 publication ID = 30047
T. Terashima *et al.*: “Synchrotron X-ray Spectroscopy Study on the Valence State and Magnetization in α -YbAl_{1-x}Fe_xB₄ ($x = 0.115$) at Low Temperatures and High Magnetic Fields” *Journal of Physics: Conference Series* **592** (2015) 012020.
- [13] SPring-8 publication ID = 30072
F. Honda *et al.*: “X-ray Absorption Spectroscopy and Novel Electronic Properties in Heavy Fermion Compounds YbT₂Zn₂₀ (T: Rh and Ir)” *Journal of Physics: Conference Series* **592** (2015) 012021.
- [14] SPring-8 publication ID = 30606
Y. Sakaguchi: “Structural Properties and Electronic States in Heavy Fermion YbAlB₄ Under High Pressure” Doctor Thesis (University of Hyogo) (2016).

— 課題3 —

課題名	Phase Contrast X-ray Imaging of the Lung
実験責任者(所属)	Stuart Hooper (Monash University)
採択時課題番号	2012B0047
ビームライン	BL20B2
利用期間/配分総シフト	2012B~2015A/111シフト

[評価結果]

In this long-term project, the group led by Prof. Hooper worked on new-born rabbits and studied changes in the pulmonary system that occur at birth. Several scientific goals had been set such as (1) optimizing the use of sustained inflation for aeration of the lung, (2) investigating mechanisms of increase in pulmonary blood flow that accompanies lung aeration, (3) optimizing resuscitation and ventilation in neonates with congenital diaphragmatic hernia, (4) developing and improving image analysis techniques to estimate regional lung air volume more accurately. Although it seemed in the beginning that there were too many tasks to tackle, the group successfully obtained valuable results in all of these studies and made other additional findings as well. These have been published in 18 papers in both medical and physics journals and more are being prepared. The key to their success was to make best use of coherent X-rays of BL20B2. Although the results were highly controversial, the high quality of the images, available only by using SPring-8, made them acceptable to the medical people and helped improve resuscitation techniques worldwide. For this international collaborative research, the group included physicists, biologists, engineers and clinicians. The project also helped several students to get degrees. Judging from its influences and publications, the project can be not only considered highly successful but regarded as one of the best scientific studies made by fully utilizing potentials of SPring-8.

[成果リスト]

(査読有論文)

- [1] SPring-8 publication ID = 25916
S. Hooper *et al.*: “Establishing Functional Residual Capacity in the Non-breathing Infant” *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine* **18** (2013) 336-343.

- [2] SPring-8 publication ID = 25920
A. Leong *et al.*: “Measurement of Absolute Regional Lung Air Volumes from Near-Field X-ray Speckles” *Optics Express* **21** (2013) 27905-27923.
- [3] SPring-8 publication ID = 25921
S. Hooper *et al.*: “Expired CO₂ Levels Indicate Degree of Lung Aeration at Birth” *PLoS One* **8** (2013) e70895.
- [4] SPring-8 publication ID = 25972
R. Carnibella *et al.*: “Decoding the Structure of Granular and Porous Materials from Speckled Phase Contrast X-ray Images” *Optics Express* **21** (2013) 19153-19162.
- [5] SPring-8 publication ID = 30092
M. Kitchen *et al.*: “X-ray Specks: Low Dose *in vivo* Imaging of Lung Structure and Function” *Physics in Medicine and Biology* **60** (2015) 7259-7276.
- [6] SPring-8 publication ID = 30093
A. Leong *et al.*: “Real-time Measurement of Alveolar Size and Population using Phase Contrast X-ray Imaging” *Biomedical Optics Express* **5** (2014) 4024-4038.
- [7] SPring-8 publication ID = 30094
R. Carnibella *et al.*: “Single-shot X-ray Measurement of Alveolar Size Distributions” *Proceedings of SPIE* **9038** (2014) 90380V.
- [8] SPring-8 publication ID = 30095
J. Lang *et al.*: “Increase in Pulmonary Blood Flow at Birth: Role of Oxygen and Lung Aeration” *The Journal of Physiology* **594** (2016) 1389-1398.

2016A 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 9 期目に当たる 2016A 期（2016 年 3 月～7 月）の利用研究課題応募 65 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 34 課題を採択しました。

11 月 13 日 応募締切

～この間、審査基準に即した各課題の個別審査を実施～

12 月 18 日 第 10 回 SACLA PRC（総合審査）
（2016 年）

1 月 15 日 第 12 回 SACLA 選定委員会（審査結果の意見聴取）

1 月 20 日 JASRI として採否決定、結果通知
3 月 1 日 2016A 期利用開始

1. 募集、審査及び採択等の日程

2016A 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）

10 月 1 日 ホームページで募集案内公開

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（成果非専有利用または成果専有利用）と重点戦略課題（成果専有利用のみ）の 2 種類あり、前述のとおり、応募課題数全 65 課題の内 34 課題を採択（全体の採択率は 52%）しました。

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	
	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択	応募	採択		
一般課題（成果非専有）	2	1	6	4	4	2	16	5	28	12	43%	
一般課題（成果専有）	1	1							1	1	100%	
重点戦略課題 （成果非専有）	1 生体分子の階層構造ダイナミクス		9	6	7	4	5	4	21	14	67%	
	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	1	4	2	1	1	8	4		
	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	0	2	1		
	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		4	3	3	2	3	3	10	8		
重点戦略課題 （成果非専有）	2 ピコ・フェムト秒ダイナミックイメージング		10	5	1	1	4	1	15	7	47%	
	2-(1) 気相・液相・固相反応ダイナミクス		5	3	1	1	2	1	8	5		
	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		3	1					3	1		
	2-(4) 極端条件下の超高速過程		2	1			2	0	4	1		
	2-(5) 動的 X 線分光科学								0	0		
合計		3	2	25	15	12	7	25	10	65	34	52%

た。一般課題の成果専有利用*は2016A期より新たに導入した利用制度であり、当該期においては応募課題数全65課題のうち1課題が、また、採択課題数34課題のうち1課題が、それぞれ成果専有利用です。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。

採択34課題に対しビームタイムは計158.17シフト(1シフト=12時間。0.17シフト=2時間)が配分されました。配分シフト数を含む採択34課題の一覧は、以下のWebサイトに掲載しています。

表2

(単位：シフト数)

課題種	A	B	C	C/A	C/B
	応募課題 (65課題)の 全要求シフト数	採択課題 (34課題)の 全要求シフト数	採択課題 (34課題)の 全配分シフト数	配分率 (採択配分/ 応募要求)	配分率 (採択配分/ 採択要求)
一般課題 (成果非専有)	160	79	63	39%	80%
一般課題 (成果専有)	0.17	0.17	0.17	100%	100%
重点戦略課題 (成果非専有)	241	161	95	39%	59%
合計	401.17	240.17	158.17	39%	66%

◆ SACLA User Information

> SACLA 利用案内 > 採択課題/実施課題

> 採択課題一覧 > 2016A

http://sacla.xfel.jp/wp-content/uploads/sacla_approved_proposal_2016a_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

*申請者は当面日本国内に法人格を有する企業所属者に限る、実験の実施可能性・安全性・倫理性を審査(科学技術的妥当性・SACLAの必要性は審査対象外)、ビームタイム配分は2時間(0.166…≒0.17シフト)単位、当該利用に配分可能なビームタイムは共用に供するビームタイムの10%以内。

2015B 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 8 回目の利用期である 2015B 期の利用研究課題（共用課題）が、2015 年 9 月 24 日から 2016 年 2 月 29 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 35 の利用研究課題が実施され、ビームタイムは計 152 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。

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>

※ 2015B 期の報告書は、2016 年 5 月 13 日に公開。

成果は、課題実施期終了後 3 年以内に、査読付き原著論文等で公開されます。

公益財団法人

高輝度光科学研究センター 利用推進部

TEL : 0791-58-0961

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

◆ SACLA User Information

> SACLA 利用案内 > 採択課題／実施課題

> 実施課題一覧 > 2015B

http://sacla.xfel.jp/wp-content/uploads/sacla_performed_proposal_2015b_j.pdf

※ 2015B 期の実施課題は、2016 年 5 月 13 日に公開。

表 1 2015B 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			3	17	4	20	5	21	12	58
重点戦略課題			11	44	6	24	6	26	23	94
合計	0	0	14	61	10	44	11	47	35	152

○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 552 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11～12月の運転・利用実績

SPring-8は11月16日から12月21日までセベラルバンチ運転で第7サイクルの運転を実施した。第7サイクルではILKモジュールのDC電源故障によるビームアボート等があったが、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7サイクルは約0.4%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7サイクルは合計406件、利用研究者は1,893名で、専用施設利用研究の実験数は合計277件、利用研究者は1,172名であった。

1. 装置運転関係

(1) 運転期間

第7サイクル（11/16(月)～12/21(月)）

(2) 運転時間の内訳

第7サイクル	
運転時間総計	約839時間
①装置の調整およびマシンスタディ等	約71時間
②放射光利用運転時間	約764時間
③故障等による down time	約3時間
④フィリング変更時間	約1時間
総放射光利用運転時間(ユーザータイム = ② + ③ + ④)に対する down time の割合(*1)	約0.4%

(3) 運転スペック等

第7サイクル（セベラルバンチ運転）

- ・ 203 bunches
- ・ 11 bunch train × 29
- ・ 11 bunch train × 29
- ・ 11/29-filling + 1 bunch
- ・ 203 bunches
- ・ 入射は電流値優先モード（2～3分毎（マルチバンチ時）もしくは20～40秒毎（セベラル

バンチ時)) の Top-Up モードで実施。

- ・ 蓄積電流 8 GeV、～100 mA

(4) 主な down time の原因

- ・ SR RF Ast サーキュレータアークによるアボート
- ・ ILKモジュールのDC電源故障によるアボート

2. 利用関係

(1) 放射光利用実験期間

第7サイクル（11/17(火)～12/20(日)）

(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7サイクル（暫定値）

共同利用研究実験数	406件
共同利用研究者数	1,893名
専用施設利用研究実験数	277件
専用施設利用研究者数	1,172名

◎平成28年1～3月の運転・利用実績

SPring-8は12月22日から平成28年3月31日まで冬期点検調整期間とし、加速器やビームラインに係わる機器の改造・点検作業、電気・冷却設備等の機器の点検作業を行った。

また、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、(I期) 工事として蓄積リング棟各ブロックのサブ変電所を更新している。

◎今後の予定

SPring-8は4月1日から4月28日までセベラルバ

ンチ運転で第1サイクルの運転を予定している。

4月29日から5月5日まで春の点検調整期間とし、加速器やビームラインに係わる機器の改造・点検作業、電気・冷却設備等の機器の点検作業を行う予定である。

第1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) 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 (2016年3月31日現在)

SPring-8

Beamline Name		Public Use Since	~2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total	
Public Beamlines	BL01B1	XAFS	1997.10	205	35	54	59	57	75	65	73	87	53	14	777
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	1997.10	86	10	9	12	19	12	17	36	40	26	10	277
	BL02B2	Powder Diffraction	1999. 9	252	46	65	65	66	81	58	93	64	57	17	864
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	1997.10	100	15	14	18	19	22	16	17	15	10	1	247
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	1999. 9	81	40	17	26	28	22	28	27	30	30	5	334
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	1997.10	76	15	8	10	12	20	19	13	12	17	3	205
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	1997.10	63	12	11	9	8	13	13	15	14	10	3	171
	BL10XU	High Pressure Research	1997.10	154	34	32	24	34	30	28	19	28	18	5	406
	BL13XU	Surface and Interface Structure	2001. 9	54	22	25	18	18	22	6	15	18	17	8	223
	BL14B2	Engineering Science Research II	2007. 9			2	16	25	31	35	41	51	27	5	233
	BL19B2	Engineering Science Research I	2001.11	60	19	22	20	18	35	52	34	36	29	7	332
	BL20B2	Medical and Imaging I	1999. 9	105	15	25	14	16	25	33	29	24	23	6	315
	BL20XU	Medical and Imaging II	2001. 9	34	20	24	24	36	26	20	38	39	29	9	299
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	1998. 4	165	42	24	21	20	24	21	23	25	17	3	385
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	1998. 5	172	25	36	13	21	32	17	34	26	12	6	394
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	1999. 9	37	16	15	14	9	15	9	20	15	11	4	165
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	2001. 9	26	13	19	5	8	12	8	13	11	13	5	133
	BL37XU	Trace Element Analysis	2002.11	35	13	12	12	20	23	13	28	27	27	6	216
	BL38B1	Structural Biology III	2000.10	139	42	45	52	46	45	59	56	46	53	9	592
	BL39XU	Magnetic Materials	1997.10	91	19	14	27	13	19	21	18	19	14	5	260
BL40B2	Structural Biology II	1999. 9	183	47	24	29	41	41	41	65	51	37	11	570	
BL40XU	High Flux	2000. 4	42	14	9	12	11	13	17	35	18	21	4	196	
BL41XU	Structural Biology I	1997.10	313	68	59	78	63	65	53	65	54	37	9	864	
BL43IR	Infrared Materials Science	2000. 4	32	8	13	10	5	8	10	8	11	10	1	116	
BL46XU	Engineering Science Research III	2000.11	34	12	18	12	19	22	17	26	23	35	6	224	
BL47XU	HXPES・MCT	1997.10	114	27	22	27	25	26	16	35	30	16	6	344	
Public Use at Other Beamlines	BL11XU	Quantum Dynamics	1999. 3	8	1	4									13
	BL14B1	Materials Science	1998. 4	27	7	3	3	3	2	1		1			47
	BL15XU	WEBRAM	2002. 9	17	7	5	2	1	1	1		1			35
	BL17SU	RIKEN Coherent Soft X-ray Spectroscopy	2005. 9		1	2	3	1	7	6	8	10	4		42
	BL19LXU	RIKEN SR Physics	2002. 9	5								1	1		7
	BL22XU	Quantum Structural Science	2004. 9	4		1					1				6
	BL23SU	Actinide Science	1998. 6	26	13	4	2	2		2	3	2			54
	BL26B1	RIKEN Structural Genomics I	2009. 4						3	6	2	6	2	3	22
	BL26B2	RIKEN Structural Genomics II	2009. 4					1		5	3	3	4	2	18
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics	2002. 9	6	2	4	1					1			14
	BL32XU	RIKEN Targeted Proteins	2010.10						5	5	8	9	12		39
	BL44B2	RIKEN Materials Science	1998. 5	9										1	10
BL45XU	RIKEN Structural Biology I	1997.10	48	11	4	10	7	9	6	7	7	11	6	126	
Subtotal				2803	671	645	648	672	786	724	908	855	683	180	9575

Beamline Name		Public Use Since	~2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total	
Contract Beamlines	BL03XU	Advanced Softmaterials	2009.11				1	5	8	21	20	9	4	68	
	BL07LSU	University-of-Tokyo Synchrotron Radiation Outstation	2009.11				1	5	6	10	10	10	2	44	
	BL08B2	Hyogo Prefecture BM	2005. 9				1	1	3	3	4	3	3	18	
	BL11XU	Quantum Dynamics		37	13	7	7	9	6	13	16	14	8	6	136
	BL12B2	NSRRC BM	2001. 9	79	8	9	7	10	5	23	20	15	12	2	190
	BL12XU	NSRRC ID	2003. 2	12	6	8	5	15	9	14	9	12	11	5	106
	BL14B1	Materials Science		44	11	18	16	18	17	10	10	15	15	4	178
	BL15XU	WEBRAM	2001. 4	52	14	16	29	35	48	40	59	56	37	10	396
	BL16B2	Sunbeam BM	1999. 9	22	5	3	5	5	5	3	3	6	2	1	60
	BL16XU	Sunbeam ID	1999. 9	20	4	2	5	5	2	2	2	3	2		47
	BL22XU	Quantum Structural Science		18	13	5	9	15	10	10	14	19	13	2	128
	BL23SU	Actinide Science		71	14	25	22	15	22	20	17	26	13	3	248
	BL24XU	Hyogo Prefecture ID	1998.10	98	12	7	8	5	6	7	8	5	3	3	162
	BL28XU	RISING	2012. 4								3	9	5	4	21
	BL31LEP	Laser-Electron Photon II	2013.10									1			1
	BL32B2	Pharmaceutical Industry (2002. 9 - 2012. 3)		11	4	6	1	2	3						27
	BL33LEP	Laser-Electron Photon	2000.10	22	2	3	5	8	2	3	4	2			51
	BL33XU	Toyota	2009. 5						2	5	2	8	4	2	23
	BL36XU	Catalytic Reaction Dynamics for Fuel Cell	2013. 1								1	7	6	1	15
BL44XU	Macromolecular Assemblies	2000. 2	95	27	22	30	20	48	54	52	38	41	9	436	
Subtotal			581	133	131	149	165	196	221	254	270	194	61	2355	
RIKEN Beamlines	BL17SU	Coherent Soft X-ray Spectroscopy		11	9	18	13	11	6	13	3	5	2	91	
	BL19LXU	SR Physics		38	12	5	10	3	4	8	8	10	2	100	
	BL26B1	Structural Genomics I		79	20	23	14	12	5	8	7	4	2	174	
	BL26B2	Structural Genomics II		18	6	19	6	16	17	18	13	4	2	1	120
	BL29XU	Coherent X-ray Optics		85	20	14	9	11	5	13	14	7	2	1	181
	BL32XU	Targeted Proteins						2	9	8	8	3	1	31	
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics										1		1	
	BL44B2	Materials Science		145	20	14	10	8	12	11	13	10	9	252	
	BL45XU	Structural Biology I		131	14	15	9	8	6	5	7	5	1	201	
Subtotal			507	101	108	71	69	57	85	73	53	24	3	1151	

SACLA

Public Beamlines	Beamline Name	Public Use Since	~2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total
BL3	XFEL	2012. 3								14	23	23	5	65

Hardware / Software R & D	331	15	21	28	25	29	34	51	7	13	3	557
---------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	---	-----

NET Sum Total	3582	794	781	786	815	906	884	1066	944	744	196	11498
---------------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-------

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 2016 年 3 月 31 日までに登録されたデータに基づいており、今後変更される可能性があります。

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

成果発表出版形式別登録数 (2016年3月31日現在)

SPring-8

Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total	
Public Beamlines	BL01B1	XAFS	1997.10	777	66	84	927
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	1997.10	277	14	31	322
	BL02B2	Powder Diffraction	1999. 9	864	40	79	983
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	1997.10	247	7	44	298
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	1999. 9	334	13	46	393
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	1997.10	205	10	39	254
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	1997.10	171	15	30	216
	BL10XU	High Pressure Research	1997.10	406	22	59	487
	BL13XU	Surface and Interface Structure	2001. 9	223	18	33	274
	BL14B2	Engineering Science Research II	2007. 9	233	10	33	276
	BL19B2	Engineering Science Research I	2001.11	332	45	82	459
	BL20B2	Medical and Imaging I	1999. 9	315	89	86	490
	BL20XU	Medical and Imaging II	2001. 9	299	100	103	502
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	1998. 4	385	16	56	457
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	1998. 5	394	21	33	448
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	1999. 9	165	16	22	203
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	2001. 9	133	5	11	149
	BL37XU	Trace Element Analysis	2002.11	216	24	43	283
	BL38B1	Structural Biology III	2000.10	592	11	54	657
	BL39XU	Magnetic Materials	1997.10	260	17	74	351
	BL40B2	Structural Biology II	1999. 9	570	13	98	681
	BL40XU	High Flux	2000. 4	196	20	67	283
	BL41XU	Structural Biology I	1997.10	864	4	92	960
	BL43IR	Infrared Materials Science	2000. 4	116	14	53	183
	BL46XU	Engineering Science Research III	2000.11	224	18	29	271
	BL47XU	HXPES・MCT	1997.10	344	93	112	549
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	42	1	28	71
	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	22		3	25
	BL26B2	RIKEN Structural Genomics II	2009. 4	18		5	23
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics	2002. 9	14		1	15
	BL32XU	RIKEN Targeted Proteins	2010.10	39		2	41
	BL44B2	RIKEN Materials Science	1998. 5	10		3	13
	BL45XU	RIKEN Structural Biology I	1997.10	126	5	17	148
Subtotal			9575	753	1588	11916	

Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total	
Contract Beamlines	BL03XU	Advanced Softmaterials	2009.11	68		8	76
	BL07LSU	University-of-Tokyo Synchrotron Radiation Outstation	2009.11	44		5	49
	BL08B2	Hyogo Prefecture BM	2005. 9	18			18
	BL11XU	Quantum Dynamics		136	8	31	175
	BL12B2	NSRRC BM	2001. 9	190	1	2	193
	BL12XU	NSRRC ID	2003. 2	106	7	3	116
	BL14B1	Materials Science		178	11	60	249
	BL15XU	WEBRAM	2001. 4	396	9	35	440
	BL16B2	Sunbeam BM	1999. 9	60	12	58	130
	BL16XU	Sunbeam ID	1999. 9	47	7	40	94
	BL22XU	Quantum Structural Science		128	1	35	164
	BL23SU	Actinide Science		248	43	101	392
	BL24XU	Hyogo Prefecture ID	1998.10	162	19	57	238
	BL28XU	RISING	2012. 4	21			21
	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	23	5	11	39
	BL36XU	Catalytic Reaction Dynamics for Fuel Cell	2013. 1	15			15
	BL44XU	Macromolecular Assemblies	2000. 2	436		38	474
Subtotal			2355	146	490	2991	

RIKEN Beamlines	BL17SU	Coherent Soft X-ray Spectroscopy		91	4	12	107
	BL19LXU	SR Physics		100	8	24	132
	BL26B1	Structural Genomics I		174	2	19	195
	BL26B2	Structural Genomics II		120	1	13	134
	BL29XU	Coherent X-ray Optics		181	14	35	230
	BL32XU	Targeted Proteins		31		3	34
	BL43LXU	Quantum NanoDynamics		1			1
	BL44B2	Materials Science		252	2	15	269
	BL45XU	Structural Biology I		201	5	41	247
Subtotal			1151	36	162	1349	

SACLA

Public Beamlines	Beamline Name		Public Use Since	Refereed Papers	Proceedings	Other Publications	Total
	BL3	XFEL	2012. 3	65	3	9	77

Hardware / Software R & D			557	498	451	1506
---------------------------	--	--	-----	-----	-----	------

NET Sum Total			11498	1281	2072	14851
---------------	--	--	-------	------	------	-------

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

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

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 2016 年 1 月～3 月に登録された論文が掲載された主な雑誌と掲載論文数

掲載雑誌	登録論文数	掲載雑誌	登録論文数
Scientific Reports	15	Chemistry - A European Journal	5
Physical Review B	8	Inorganic Chemistry	5
AIP Conference Proceedings	7	Journal of Applied Physics	5
ECS Transactions	7	Zeitschrift für Physikalische Chemie	5
Japanese Journal of Applied Physics	6	Nucleic Acid Letters	4
Physical Chemistry Chemical Physics	6	他全 141 誌、計 255 報	

課題の成果として登録された論文

Scientific Reports

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
30284	Wu Shi	5 (2015) 12534	2013A1355	BL13XU	叶 劍挺	Superconductivity Series in Transition Metal Dichalcogenides by Ionic Gating
30333	Yufuku Matsushita	5 (2015) 17647	2013B1406	BL40XU	佐々木 裕次	Time-resolved X-ray Tracking of Expansion and Compression Dynamics in Supersaturating Ion-Networks
			2014A1338	BL40XU	佐々木 裕次	
			2014B1402	BL40XU	佐々木 裕次	
			2015A1475	BL40XU	佐々木 裕次	
			2015B1270	BL40XU	佐々木 裕次	
			2014A1885	BL40B2	関口 博史	
			2014B1756	BL40B2	松下 祐福	
2015A1816	BL40B2	松下 祐福				
30459	Noriko Yamaguchi	6 (2016) 20548	2014B1282	BL37XU	山口 紀子	Internal Structure of Cesium-Bearing Radioactive Microparticles Released from Fukushima Nuclear Power Plant
30496	Kirill Mitrofanov	6 (2016) 20633	2012B8041	BL3	長谷 宗明	Sub-Nanometre Resolution of Atomic Motion during Electronic Excitation in Phase-Change Materials
			2013A8051	BL3	長谷 宗明	
			2013B8056	BL3	長谷 宗明	
			2014A8039	BL3	長谷 宗明	
			2014B8061	BL3	長谷 宗明	
30501	Kentaro Ishii	5 (2015) 18167	2015A6511	BL44XU	加藤 晃一	Disassembly of the Self-Assembled, Double-Ring Structure of Proteasome $\alpha 7$ Homo-Tetradecamer by $\alpha 6$
30502	Tadashi Satoh	6 (2016) 20575	2015A6511	BL44XU	加藤 晃一	Structural Basis for Two-Step Glucose Trimming by Glucosidase II Involved in ER Glycoprotein Quality Control
30503	Maho Yagi-Utsumi	5 (2015) 13909	2015A6511	BL44XU	加藤 晃一	Structural Basis of Redox-Dependent Substrate Binding of Protein Disulfide Isomerase
30509	Kenji Ohta	5 (2015) 16560	2013A0038	BL10XU	清水 克哉	Phase Boundary of Hot Dense Fluid Hydrogen
			2013B0038	BL10XU	清水 克哉	
			2014A0038	BL10XU	清水 克哉	
			2014B0112	BL10XU	清水 克哉	
			2015A0112	BL10XU	清水 克哉	
30521	So-ichiro Nishiyama	6 (2016) 20866	2012B1462	BL41XU	今田 勝巳	Identification of a <i>Vibrio cholerae</i> Chemoreceptor that Senses Taurine and Amino Acids as Attractants
			2013A1406	BL41XU	今田 勝巳	
30524	Ryo Masuda	6 (2016) 20861	2012B0086	BL09XU	瀬戸 誠	^{61}Ni Synchrotron Radiation-Based Mössbauer Spectroscopy of Nickel-Based Nanoparticles with Hexagonal Structure
			2013B0086	BL09XU	瀬戸 誠	
			2014A1104	BL09XU	瀬戸 誠	
			2012B3501	BL11XU	三井 隆也	
			2013B3501	BL11XU	三井 隆也	
30529	Yugo Hayashi	6 (2016) 19334	2013A1851	BL38B1	長尾 聡	Domain Swapping Oligomerization of Thermostable <i>c</i> -type Cytochrome in <i>E. coli</i> Cells
30532	Koji Ohara	6 (2016) 21302	2011B1457	BL02B1	尾原 幸治	Structural and Electronic Features of Binary $\text{Li}_2\text{S}-\text{P}_2\text{S}_5$ Glasses
			2012B1540	BL04B2	小久見 善八	
			2013B1010	BL04B2	小久見 善八	
			2013B7600	BL28XU	小久見 善八	
			2014A7600	BL28XU	小久見 善八	
30595	Takeshi Sakai	6 (2016) 22652	2013A1314	BL10XU	境 毅	Experimental and Theoretical Thermal Equations of State of MgSiO_3 Post-Perovskite at Multi-Megabar Pressures
			2012B1134	BL10XU	境 毅	
30761	Masahiko Saito	5 (2015) 14202	2014A1530	BL46XU	尾坂 格	Highly Efficient and Stable Solar Cells Based on Thiazolothiazole and Naphthobisthiadiazole Copolymers

AIP Conference Proceedings-1

30478	Rino Saiga	1696 (2016) 020004	2012B0041	BL47XU	水谷 隆太	Three-Dimensional Structure of Brain Tissue at Submicrometer Resolution
			2013A1384	BL37XU	鈴木 芳生	
			2013B0041	BL47XU	水谷 隆太	
			2014A1057	BL37XU	水谷 隆太	
30479	Akihisa Takeuchi	1696 (2016) 020015	2013B1431	BL47XU	竹内 晃久	Imaging Properties and its Improvements of Scanning/Imaging X-ray Microscope
			2014A1108	BL47XU	竹内 晃久	
30486	Toshiki Hiroto	1696 (2016) 020017	2012B3200	BL24XU	籠島 靖	Upgrading Multilayer Zone Plate Technology for Hard X-ray Focusing
			2013A3200	BL24XU	籠島 靖	
			2013B3200	BL24XU	籠島 靖	

AIP Conference Proceedings-2

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
30488	Hidekazu Takano	1696 (2016) 020039	2011A3203	BL24XU	高野 秀和	Hard X-ray Nanofocusing using Total-Reflection Zone Plates
			2011B3203	BL24XU	高野 秀和	
			2012A3203	BL24XU	高野 秀和	
30574	Kentaro Uesugi	1696 (2016) 020022	2011B1367	BL47XU	上杉 健太郎	Development of Sealed Sample Containers and High Resolution Micro-Tomography
			2012B1195	BL47XU	上杉 健太郎	
			2013A1385	BL47XU	上杉 真之	
30657	Yoshio Suzuki	1696 (2016) 020013	2012A1270	BL37XU	鈴木 芳生	Recent Progress of Hard X-ray Imaging Microscopy and Microtomography at BL37XU of SPring-8
			2013A1384	BL37XU	鈴木 芳生	
30658	Yoshio Suzuki	1696 (2016) 020014	2006B1473	BL20XU	鈴木 芳生	Differential Phase Contrast in Scanning X-ray Microscopy with Half-Wavelength Phase Shifter
			2012A1265	BL20XU	鈴木 芳生	

ECS Transactions

30289	Masashi Matsumoto	69 (2015) 13-25	2014B1015	BL46XU	今村 大地	Impact of FEC Additive on SEI Structure Formed on a Carbon Negative Electrode Studied by HAXPES
			2015A1704	BL46XU	今村 大地	
30445	Yoshinobu Fujimaki	68 (2015) 623-630	2013A1456	BL37XU	雨澤 浩史	Quantitative Evaluation of Electrochemically Active Area in an SOFC Cathode by Oxygen Isotopic Exchange Measurements of a Model Patterned Electrode
			2013B1483	BL37XU	雨澤 浩史	
			2014A1450	BL37XU	雨澤 浩史	
30504	Hiroaki Tanaka	61 (2014) 47-53	2013A1628	BL46XU	本谷 宗	Effect of Composition Ratio on Erbium Silicide Work Function on Different Morphology of Si(100) Surface Changed by Alkaline Etching
			2013A1836	BL46XU	本谷 宗	
			2013B1720	BL46XU	本谷 宗	
30570	Gabor Samjeske	69 (2015) 1039-1045	2013A7803	BL36XU	岩澤 康裕	Effects of Repeated Feed-Gas Exchange Processes on Degradation Processes of Pt-Based PEFC Cathode Catalysts Studied by In-situ XAFS, STEM-EDS and Electrochemical Methods
			2013B7801	BL36XU	岩澤 康裕	
			2014A7802	BL36XU	岩澤 康裕	
			2014A7805	BL36XU	岩澤 康裕	
			2014B7801	BL36XU	岩澤 康裕	
			2014B7802	BL36XU	岩澤 康裕	
30572	Gabor Samjeske	64 (2014) 113-119	2013A7803	BL36XU	岩澤 康裕	MEA Pt/C Cathode Catalyst Degradation during Repeated Anode Gas Exchange Cycles: In-Situ XAFS, STEM-EDS and Electrochemical Analysis
			2013B7801	BL36XU	岩澤 康裕	
			2014A7802	BL36XU	岩澤 康裕	
30626	Tomoyuki Suwa	45 (2012) 453-460	2010A1660	BL27SU	寺本 章伸	Influence of Forming Gas Annealing on SiO ₂ /Si(100) Interface Structures Formed Utilizing Oxygen Molecules Different from that Utilizing Oxygen Radicals
30627	Tomoyuki Suwa	50 (2012) 313-318	2010B1723	BL27SU	寺本 章伸	Comprehensive Study on Chemical Structures of Compositional Transition Layer at SiO ₂ /Si(100) Interface
			2010A1660	BL27SU	寺本 章伸	

Physical Review B

30304	Shu-Han Lee	92 (2015) 205114	2012B4130	BL12B2	Du Chao Hung	Inverse Order-Disorder Transition of Charge Stripes
30419	Naoki Murai	93 (2016) 020301(R)	2013A1467	BL35XU	宮坂 茂樹	Effect of Magnetism on Lattice Dynamics in SrFe ₂ As ₂ using High-Resolution Inelastic X-ray Scattering
			2013B1361	BL35XU	宮坂 茂樹	
			2014A1207	BL35XU	宮坂 茂樹	
			2014B1760	BL35XU	村井 直樹	
			2015A1813	BL35XU	村井 直樹	
30423	Shogo Kawaguchi	93 (2016) 024108	2012A0084	BL02B2	久保田 佳基	Orthorhombic Distortion and Orbital Order in the Vanadium Spinel FeV ₂ O ₄
			2012B0084	BL02B2	久保田 佳基	
			2013A0084	BL02B2	久保田 佳基	
			2013B0084	BL02B2	久保田 佳基	
			2014A1645	BL02B2	河口 彰吾	
			2014B2049	BL02B2	河口 彰吾	
30463	Takashi Naka	91 (2015) 224412	2013A1569	BL02B2	橋新 剛	Multistage Ordering and Critical Singularities in Co _{1-x} Zn _x Al ₂ O ₄ (0 ≤ x ≤ 1): Dilution and Pressure Effects in a Magnetically Frustrated System
30494	Kazuhei Wakiya	93 (2016) 064105	2013B1676	BL35XU	脇舎 和平	Low-Energy Optical Phonon Modes in the Caged Compound LaRu ₂ Zn ₂₀
30764	Alexander Kolobov	87 (2013) 165206	2012B1382	BL01B1	Fons Paul	Vacancy-Mediated Three-Center Four-Electron Bonds in GeTe-Sb ₂ Te ₃ Phase-Change Memory Alloys
			2012B1415	BL02B2	Fons Paul	
30789	Syuhei Torigoe	93 (2016) 085109	2010A3614	BL14B1	花咲 徳亮	Observation of All-in Type Tetrahedral Displacements in Nonmagnetic Pyrochlore Niobates

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
30327	Akinobu Yamaguchi	55 (2016) 023002	2010B1709	BL25SU	山口 明啓	Real-Space Observation of Magnetic Vortex Core Gyration in a Magnetic Disc Both with and without a Pair Tag
			2011A1657	BL25SU	山口 明啓	
			2011B1713	BL25SU	山口 明啓	
			2012A1646	BL25SU	山口 明啓	
30426	Shigeru Kimura	55 (2016) 038002	2012A1010	BL02B1	相澤 一也	Development of a Compact Compression Test Stage for Synchrotron Radiation Micro-Laue Diffraction Measurements of Long-Period Stacking-Ordered Phases in Mg-Zn-Y Alloys
			2012B1006	BL02B1	相澤 一也	
			2013A1003	BL02B1	相澤 一也	
			2013A1182	BL28B2	木村 滋	
			2013B1004	BL28B2	相澤 一也	
			2014A1005	BL28B2	相澤 一也	
			2014B1212	BL28B2	木村 滋	
30427	Shigeru Kimura	55 (2016) 038001	2014A1896	BL13XU	木村 滋	Parabolic Refractive X-ray Lenses Made of Quartz Glass for High-Energy X-ray Focusing
			2015A1334	BL13XU	木村 滋	
30533	Ichiro Hirose	55 (2016) 03DD09	2013A1831	BL46XU	渡辺 剛	Effects of Applying Bias Voltage on Metal-Coated Pentacene Films on SiO ₂ Studied by Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy
			2015A1701	BL46XU	安野 聡	
30543	Takeshi Watanabe	55 (2016) 03DD12	2014A1807	BL46XU	渡辺 剛	Observation of Electric Potential in Organic Thin-Film Transistor by Bias-Applied Hard X-ray Photoemission Spectroscopy
			2015A1844	BL46XU	多田 圭佑	
30547	Masamitsu Takahashi	55 (2016) 04EJ04	2011B3503	BL11XU	高橋 正光	Effects of Growth Temperature and Growth Rate on Polytypes in Gold-Catalyzed GaAs Nanowires Studied by in situ X-ray Diffraction
			2012A3503	BL11XU	高橋 正光	
			2012B3503	BL11XU	高橋 正光	
			2011A3503	BL11XU	高橋 正光	

Chemistry - A European Journal

30290	Soonchul Kang	22 (2016) 532-538	2012A1282	BL02B1	佐藤 治	Heterometallic Fe ^{III} /K Coordination Polymer with a Wide Thermal Hysteretic Spin Transition at Room Temperature
			2014A1271	BL02B1	佐藤 治	
30297	Ryohei Yamakado	22 (2016) 626-638	2014A1313	BL40B2	坂東 勇哉	π -Electron Systems That Form Planar and Interlocked Anion Complexes and Their Ion-Pairing Assemblies
			2014B1397	BL40B2	山門 陵平	
30430	Eiichi Kayahara	21 (2015) 18939-18943	2015A1919	BL02B1	山子 茂	Ligand-Controlled Synthesis of [3]- and [4]Cyclo-9,9-dimethyl-2,7-fluorenes through Triangle- and Square-Shaped Platinum Intermediates
30551	Hiroto Noda	22 (2016) 5113-5117	2015A1198	BL13XU	若林 裕助	Direct Estimation of the Surface Location of Immobilized Functional Groups for Concerted Catalysis Using a Probe Molecule
30719	Takato Mitsudome	19 (2013) 14398-14402	2013A1256	BL01B1	金田 清臣	Highly Efficient Etherification of Silanes by Using a Gold Nanoparticle Catalyst: Remarkable Effect of O ₂

Inorganic Chemistry

30330	Yoshitsugu Morita	55 (2016) 1287-1295	2015B6545	BL44XU	溝端 栄一	Crystal Structures and Coordination Behavior of Aqua- and Cyano-Co(III) Tetrahydrocorrins in the Heme Pocket of Myoglobin
30592	Kenichi Ohtake	55 (2016) 2620-2626	2011B4907	BL15XU	大坪 主弥	Neutral-Type One-Dimensional Mixed-Valence Halogen-Bridged Platinum Chain Complexes with Large Charge-Transfer Band Gaps
			2012B1558	BL02B1	大坪 主弥	
			2012B4912	BL15XU	大坪 主弥	
			2013A1480	BL02B1	大坪 主弥	
			2013B1400	BL02B1	北川 宏	
30608	Yu Su	55 (2016) 2627-2633	2013B4503	BL15XU	山浦 一成	High-Pressure Synthesis, Crystal Structure, and Magnetic Properties of Sr ₂ MnO ₅ F: A New Member of Layered Perovskite Oxyfluorides
			2014A4504	BL15XU	辻本 吉廣	
30696	Kun Lin	55 (2016) 2864-2869	2015B1127	BL44B2	Lin Kun	Thermal Expansion and Second Harmonic Generation Response of the Tungsten Bronze Pb ₂ AgNb ₅ O ₁₅
30506	Ikuya Yamada	55 (2016) 1715-1719	2013A1042	BL27SU	山田 幾也	Inverse Charge Transfer in the Quadruple Perovskite CaCu ₃ Fe ₄ O ₁₂
			2014A1224	BL27SU	西山 宣正	
			2014B1128	BL01B1	山田 幾也	
			2014B1129	BL02B2	山田 幾也	

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
30298	Kosuke Suzuki	119 (2016) 025103	2011A1869	BL08W	伊藤 真義	Non-Destructive Measurement of <i>in-operando</i> Lithium Concentration in Batteries via X-ray Compton Scattering
			2011B2004	BL08W	櫻井 吉晴	
			2012B1470	BL08W	鈴木 宏輔	
30441	Ryota Takabe	119 (2016) 025306	2014A4902	BL15XU	木村 昭夫	Measurement of Valence-Band Offset at Native Oxide/BaSi ₂ Interfaces by Haed X-ray Photoelectron Spectroscopy
			2015A4907	BL15XU	木村 昭夫	
30476	Haochun Tang	118 (2015) 205703	2015A4704	BL15XU	神谷 利夫	Effects of Residual Hydrogen in Sputtering Atmosphere on Structures and Properties of Amorphous In-Ga-Zn-O Thin Films
			2015B4701	BL15XU	神谷 利夫	
			2014B4702	BL15XU	神谷 利夫	
30484	M. Hoffmann	118 (2015) 072006	2013B4702	BL15XU	舟窪 浩	Stabilizing the Ferroelectric Phase in Doped Hafnium Oxide
			2014A4703	BL15XU	清水 荘雄	
			2014B4704	BL15XU	清水 荘雄	
30552	Kenichi Shimomura	118 (2015) 185303	2012B3512	BL11XU	神谷 格	Direct Observation of Strain in InAs Quantum Dots and Cap Layer during Molecular Beam Epitaxial Growth using <i>in situ</i> X-ray Diffraction
			2013A3512	BL11XU	神谷 格	
			2013B3511	BL11XU	神谷 格	
			2014A3511	BL11XU	神谷 格	

Physical Chemistry Chemical Physics

30307	Ikuma Takahashi	18 (2016) 1897-1904	2010B1896	BL46XU	小久見 善八	Phase Transition Kinetics of LiNi _{0.5} Mn _{1.5} O ₄ Analyzed by Temperature-Controlled Operando X-ray Absorption Spectroscopy
			2011A1013	BL02B2	小久見 善八	
			2011A1014	BL28XU	小久見 善八	
			2011B1034	BL46XU	小久見 善八	
			2012A7601	BL28XU	小久見 善八	
			2012B7601	BL28XU	小久見 善八	
2013A7601	BL28XU	小久見 善八				
30436	Satoshi Muratsugu	17 (2015) 24791-24802	2013B7823	BL36XU	唯 美津木	Formation and Nitrile Hydrogenation Performance of Ru Nanoparticles on a K-doped Al ₂ O ₃ Surface
30447	Takashi Nakamura	18 (2016) 1564-1569	2013A1716	BL27SU	雨澤 浩史	The Determining Factor for Interstitial Oxygen Formation in Ruddlesden-Popper Type La ₂ NiO ₄ -based Oxides
			2013B1487	BL27SU	雨澤 浩史	
			2014A1452	BL27SU	雨澤 浩史	
30498	Shota Matsuo	18 (2016) 4822-4827	2015A1590	BL01B1	山添 誠司	The Electrooxidation-Induced Structural Changes of Gold Di-Superatomic Molecules: Au ₂₃ vs. Au ₂₅
			2014B1430	BL01B1	山添 誠司	
			2014A1458	BL01B1	山添 誠司	
30539	Hisao Kiuchi	18 (2016) 458-465	2012B1027	BL27SU	原田 慈久	Characterization of Nitrogen Species Incorporated into Graphite using Low Energy Nitrogen Ion Sputtering
			2013A1538	BL27SU	原田 慈久	
			2013A7403	BL07LSU	原田 慈久	

Zeitschrift fur Physikalische Chemie

30303	Yusuke Wakabayashi	230 (2016) 569-575	2013B4902	BL15XU	若林 裕助	Confirmation of no Structural and Chemical Changes in Curie Temperature Variable Co Ultrathin Films by Electric Field
			2014A1291	BL13XU	若林 裕助	
			2014B1091	BL13XU	若林 裕助	
30609	Shinya Hosokawa	230 (2015) 313-338	2014B1739	BL35XU	Stellhorn Jens	Anomalous X-ray Scattering on Semiconducting Glasses at ESRF: Review in Recent Fifteen Years
			2014A1624	BL13XU	Stellhorn Jens	
			2014A1060	BL13XU	細川 伸也	
			2009B4138	BL12B2	細川 伸也	
			2006B3602	BL14B1	細川 伸也	
30663	Fumihiko Matsui	230 (2016) 519-535	2013B1307	BL25SU	松井 文彦	Circular Dichroism in Cu Resonant Auger Electron Diffraction
			2014B1454	BL25SU	松井 文彦	
30667	Yuki Ideguchi	230 (2015) 489-498	2014B1187	BL39XU	細川 伸也	X-ray Fluorescence Holographic Study on High-Temperature Superconductor FeSe _{0.4} Te _{0.6}
			2015B1183	BL39XU	細川 伸也	
30668	Jens R. Stellhorn	230 (2015) 369-386	2014A1060	BL13XU	細川 伸也	Structural Aspects of the Superionic Conduction Mechanism in Ag-GeSe ₃ Glasses

Nucleic Acids Research-1

30513	Yu-Ming Chang	42 (2014) 5314-5321	2013B4011	BL12B2	Wang Andrew	TcaR-ssDNA Complex Crystal Structure Reveals New DNA Binding Mechanism of the MarR Family Proteins
30619	Yuzuru Itoh	43 (2015) 9028-9038	2014A1075	BL41XU	関根 俊一	Crystal Structure of the Full-Length Bacterial Selenocysteine-Specific Elongation Factor SelB
			2014B1265	BL41XU	関根 俊一	

Nucleic Acids Research-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
30722	Tomoya Kujirai	(2016) Published online 25 Mar. 2016	2012A1125	BL41XU	胡桃坂 仁志	Structure and Function of Human Histone H3.Y Nucleosome
			2012B1048	BL41XU	胡桃坂 仁志	
			2013A1036	BL41XU	胡桃坂 仁志	
			2013B1060	BL41XU	胡桃坂 仁志	
30744	Chih-Chiang Chang	43 (2015) 7612-7623	2012B4000	BL12B2	Chan Nei Li	Structural Basis of the Mercury(II)-Mediated Conformational Switching of the Dual-Function Transcriptional Regulator MerR

Acta Crystallographica Section D

30294	Toshiyuki Chatake	72 (2016) 71-82	2011B1138	BL38B1	茶竹 俊行	A Technique for Determining the Deuterium/Hydrogen Contrast Map in Neutron Macromolecular Crystallography
30510	Yu-Ming Chang	69 (2013) 1138-1149	2012B4001	BL12B2	Wang Andrew	Structural Analysis of the Antibiotic-Recognition Mechanism of MarR Proteins
30512	Cheng Chung Lee	69 (2013) 1935-1945	2012A4001	BL12B2	Wang Andrew	Structural Basis for the Antibody Neutralization of <i>Herpes simplex virus</i>

AIP Advances

30475	Junghwan Kim	6 (2016) 015106	2015A4704	BL15XU	神谷 利夫	Room-Temperature Fabrication of Light-Emitting Thin Films Based on Amorphous Oxide Semiconductor
			2015B4701	BL15XU	神谷 利夫	
30580	Hidetoshi Suzuki	6 (2016) 035303	2012B3505	BL11XU	高橋 正光	Real-Time Observation of Rotational Twin Formation during Molecular-Beam Epitaxial Growth of GaAs on Si (111) by X-ray Diffraction
			2013A3505	BL11XU	高橋 正光	
			2013B3503	BL11XU	佐々木 拓生	
30603	Ikuo Nakai	6 (2016) 055808	2012A1200	BL02B2	中井 生央	Oxygen Vacancy and Dilute Ferromagnetism of ZnGa ₂ O ₄ Doped with Co at the Octahedral Site
			2014B1262	BL01B1	中井 生央	

Biochemistry

30393	Takao Hibi	55 (2016) 724-732	2011A1882	BL26B1	日辛 隆雄	Hyperstabilization of Tetrameric <i>Bacillus</i> sp. TB-90 Urate Oxidase by Introducing Disulfide Bonds through Structural Plasticity
30437	Daisuke Sato	55 (2016) 287-293	2011A1133	BL45XU	池口 雅道	Ferritin Assembly Revisited: A Time-Resolved Small-Angle X-ray Scattering Study
			2012A1217	BL45XU	池口 雅道	
			2012B1114	BL45XU	池口 雅道	
			2013B1392	BL45XU	池口 雅道	
30438	Daisuke Sato	55 (2016) 482-488	2011A1133	BL45XU	池口 雅道	Electrostatic Repulsion during Ferritin Assembly and Its Screening by Ions
			2012A1217	BL45XU	池口 雅道	
			2012B1114	BL45XU	池口 雅道	
			2013B1392	BL45XU	池口 雅道	
			2015A1374	BL45XU	池口 雅道	

Chemistry of Materials

30462	Mirza H. K. Rubel	28 (2016) 459-465	2014A1008	BL02B2	熊田 伸弘	Hydrothermal Synthesis, Crystal Structure, and Superconductivity of a Double-Perovskite Bi Oxide
30548	Yuusuke Nanba	28 (2016) 1058-1065	2013B7460	BL07LSU	朝倉 大輔	Redox Potential Paradox in Na _x MO ₂ for Sodium-Ion Battery Cathodes
			2014A7464	BL07LSU	朝倉 大輔	
30753	Kazuaki Kawashima	27 (2015) 6558-6570	2014B1915	BL46XU	尾坂 格	Effect of Chalcogen Atom on the Properties of Naphthobis(chalcogen)diazole-Based π -Conjugated Polymers

Crystal Growth & Design-1

30465	Ichiro Hisaki	16 (2016) 714-721	2015A1174	BL38B1	久木 一朗	Arrangement Modulation of π -Stacked Columnar Assemblies of Octahydrodibenzo[12]annulene: Substituent Effects of Peripheral Thienyl and Phenyl Rings
			2014B1168	BL38B1	久木 一朗	
			2014A1252	BL38B1	久木 一朗	
30575	Masafumi Harada	16 (2016) 1200-1212	2011B1338	BL45XU	原田 雅史	Formation Mechanism of Gold Nanoparticles Synthesized by Photoreduction in Aqueous Ethanol Solutions of Polymers Using In Situ Quick Scanning X-ray Absorption Fine Structure and Small-Angle X-ray Scattering
			2010B1189	BL45XU	原田 雅史	

Crystal Growth & Design-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
30660	Toshiyuki Sasaki	16 (2016) 1626-1635	2015B1234	BL38B1	佐々木 俊之	Construction of Chiral Polar Crystals from Achiral Molecules by Stacking Control of Hydrogen-Bonded Layers Using Type II Halogen Bonds
			2013A1605	BL38B1	佐々木 俊之	

e-Journal of Surface Science and Nanotechnology

30469	Yusuke Wakabayashi	14 (2016) 14-16	2012B4901 2013A4901	BL15XU BL15XU	若林 裕助 若林 裕助	Microscopic Observation of Degradation of LaNiO ₃ Ultrathin Films Caused by Air Exposure
30576	Daiju Matsumura	14 (2016) 48-52	2010A3609	BL14B1	松村 大樹	Precise Observation of Growth of Surface Oxide Layer for Pd and Cu Nanoparticles During Oxidative/Reductive Gases Cyclic Flow Studied by Real-Time-Resolved XAFS Spectroscopy
			2010A1276	BL28B2	松村 大樹	
			2010B3609	BL14B1	松村 大樹	
			2010B1205	BL28B2	松村 大樹	
			2011A3609	BL14B1	松村 大樹	
			2011A1369	BL28B2	松村 大樹	
			2011B3609	BL14B1	松村 大樹	
30591	Kenji Sugita	14 (2016) 59-62	2014B1454	BL25SU	松井 文彦	Development of Micro-Photoelectron Diffraction at SPring-8 BL25SU
			2015A0124	BL25SU	林 好一	

ISIJ International

30500	Shigeru Suzuki	55 (2015) 2158-2165	2012B1078	BL28B2	鈴木 茂	Characterization of Evolution of Microscopic Stress and Strain in High-Manganese Twinning-Induced Plasticity Steel
30615	Dowon Seo	55 (2015) 1483-1488	2012A1205	BL20XU	戸田 裕之	Three-Dimensional Investigation of Void Coalescence in Free-Cutting Steel using X-ray Tomography
			2012B1013	BL20XU	戸田 裕之	
			2013A1537	BL20XU	戸田 裕之	
			2013B1027	BL20XU	戸田 裕之	
30616	Dowon Seo	55 (2015) 1474-1482	2012A1205	BL20XU	戸田 裕之	In Situ Observation of Void Nucleation and Growth in a Steel using X-ray Tomography
			2012B1013	BL20XU	戸田 裕之	
			2013A1537	BL20XU	戸田 裕之	
			2013B1027	BL20XU	戸田 裕之	

Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics

30331	Hironobu Fukuzawa	49 (2016) 034004	2012A8036	BL3	上田 潔	Electron Spectroscopy of Rare-Gas Clusters Irradiated by X-ray Free-Electron Laser Pulses from SACLA
30493	Rikiya Yoshida	48 (2015) 244008	2014B8053	BL3	西野 吉則	Extending the Potential of X-ray Free-Electron Lasers to Industrial Applications— an Initiatory Attempt at Coherent Diffractive Imaging on Car-Related Nanomaterials
			2015A8052	BL3	西野 吉則	
30597	Xin Xu	49 (2016) 064010	2015B4250	BL12XU	Zhu LinFan	The Absolute Optical Oscillator Strengths of the 3p ⁵ 4s and 3p ⁵ 4s' Excitations of Argon Measured by the Dipole (Y, Y) Method

Journal of the American Chemical Society-1

30434	Eiichi Kayahara	138 (2016) 338-344	2014A1734	BL02B1	山子 茂	Synthesis and Characterization of [n]CPP (n = 5, 6, 8, 10, and 12) Radical Cation and Dications: Size-Dependent Absorption, Spin, and Charge Delocalization
			2014B1203	BL02B1	山子 茂	
			2015A1919	BL02B1	山子 茂	
			2015B1311	BL02B1	山子 茂	
30569	Kensaku Nagasawa	137 (2015) 12856-12864	2014A7802	BL36XU	岩澤 康裕	Surface-Regulated Nano-SnO ₂ /Pt ₃ Co/C Cathode Catalysts for Polymer Electrolyte Fuel Cells Fabricated by a Selective Electrochemical Sn Deposition Method
			2014A7800	BL36XU	岩澤 康裕	
			2014B7802	BL36XU	岩澤 康裕	
			2014B7800	BL36XU	岩澤 康裕	
			2013B7805	BL36XU	岩澤 康裕	
			2013B7804	BL36XU	岩澤 康裕	
			2013B7801	BL36XU	岩澤 康裕	
			2013B7802	BL36XU	岩澤 康裕	
			2013A7801	BL36XU	岩澤 康裕	
			2013A7802	BL36XU	岩澤 康裕	
			2015A7803	BL36XU	岩澤 康裕	
			2014A7805	BL36XU	岩澤 康裕	
			2012B1025	BL01B1	岩澤 康裕	
			2012B1023	BL40XU	岩澤 康裕	
2012A1004	BL40XU	岩澤 康裕				
2011B1597	BL01B1	岩澤 康裕				

Journal of the American Chemical Society-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
30749	Jiahn Haur Liao	138 (2016) 4787-4795	2012B4006	BL12B2	Khoo Kay Hooi	A Multivalent Marine Lectin from <i>Crenomytilus grayanus</i> Possesses Anti-Cancer Activity through Recognizing Globotriose Gb3
			2012A4014	BL12B2	Khoo Kay Hooi	

Langmuir

30293	Ung Thi Dieu Thuy	31 (2015) 13494-13500	2014B1259	BL40B2	三木 一司	Assembly of Mid-Nanometer-Sized Gold Particles Capped with Mixed Alkanethiolate SAMs into High-Coverage Colloidal Films
30505	Toshihiko Oka	32 (2016) 1327-1337	2014A1180	BL40B2	岡 俊彦	Activation Energy of the Low-pH-Induced Lamellar to Bicontinuous Cubic Phase Transition in Dioleoylphosphatidylserine/Monoolein
			2014B1240	BL40B2	岡 俊彦	
			2015A1242	BL40B2	山崎 昌一	
30538	Jiajia Wu	31 (2015) 5529-5536	2015B1208	BL40B2	山崎 昌一	Enhancement in Kinetics of the Oxygen Reduction Reaction on a Nitrogen-Doped Carbon Catalyst by Introduction of Iron via Electrochemical Methods
			2014A1752	BL14B2	原田 慈久	
			2014A7403	BL07LSU	原田 慈久	

Nature Communications

30387	Seiji Yamazoe	7 (2016) 10414	2012B1986	BL01B1	宇留賀 朋哉	Hierarchy of Bond Stiffnesses within Icosahedral-based Gold Clusters Protected by Thiolates
			2012B1421	BL01B1	細川 三郎	
			2013B1421	BL01B1	山添 誠司	
			2013B1659	BL01B1	高畑 遼	
			2014B1430	BL01B1	山添 誠司	
30442	Mao Ye	6 (2015) 8913	2015A1590	BL01B1	山添 誠司	Carrier-Mediated Ferromagnetism in the Magnetic Topological Insulator Cr-doped (Sb,Bi) ₂ Te ₃
			2013A3880	BL23SU	木村 昭夫	
			2013B3880	BL23SU	木村 昭夫	
			2014B3880	BL23SU	木村 昭夫	
30756	Kazuaki Kawashima	6 (2015) 10085	2014A1530	BL46XU	尾坂 格	High-Efficiency Polymer Solar Cells with Small Photon Energy Loss

Solid State Ionics

30491	Daisuke Mori	285 (2016) 66-74	2012A1658	BL02B2	森 大輔	XRD and XAFS Study on Structure and Cation Valance State of Layered Ruthenium Oxide Electrodes, Li ₂ RuO ₃ and Li ₂ Mn _{0.4} Ru _{0.6} O ₃ , upon Electrochemical Cycling
			2014B1492	BL02B2	森 大輔	
			2013A1697	BL02B2	森 大輔	
30492	Akihisa Aimi	285 (2016) 19-28	2014B1492	BL02B2	森 大輔	Synthesis, Structure and Ionic Conductivities of Novel Li-Ion Conductor A ₃ Li _x Ta _{6-x} Zr _x Si ₄ O ₂₆ (A = Sr and Ba)
30516	Muhammad Iqbal	285 (2016) 33-37	2014B1931	BL19B2	菅野 了次	Lithium Ion Conduction in Doped LaLiO ₂ System

Advanced Electronic Materials

30470	Arnab Sen Gupta	2 (2016) 201500196	2015A1551	BL02B2	藤田 晃司	Improper Inversion Symmetry Breaking and Piezoelectricity through Oxygen Octahedral Rotations in Layered Perovskite Family, LiRTiO ₄ (R = Rare Earths)
30762	Kohsuke Kawabata	1 (2015) 201500039	2014A1530	BL46XU	尾坂 格	Thienothiophene-2,5-Dione-Based Donor-Acceptor Polymers: Improved Synthesis and Influence of the Donor Units on Ambipolar Charge Transport Properties

Angewandte Chemie International Edition

30302	Kenta Fujita	55 (2016) 1056-1060	2012B1267	BL38B1	安部 聡	A Photoactive Carbon-Monoxide-Releasing Protein Cage for Dose-Regulated Delivery in Living Cells
			2013B1382	BL38B1	安部 聡	
			2013B1262	BL38B1	上野 隆史	
			2014A1182	BL38B1	安部 聡	
			2014A1165	BL38B1	上野 隆史	
30433	Eiichi Kayahara	55 (2016) 302-306	2015A1919	BL02B1	山子 茂	Regioselective Synthesis and Characterization of Multinuclear Convex-Bound Ruthenium-[n] Cycloparaphenylene (n=5 and 6) Complexes
			2015B1311	BL02B1	山子 茂	
			2014B1203	BL02B1	山子 茂	

Applied Physics Letters-1

30286	Takuo Sasaki	108 (2016) 012102	2014B3503	BL11XU	佐々木 拓生	Anomalous Lattice Deformation in GaN/SiC(0001) Measured by High-Speed <i>in situ</i> Synchrotron X-ray Diffraction
			2015A3503	BL11XU	佐々木 拓生	

Applied Physics Letters-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
30515	Takashi Yamaha	108 (2016) 061909	2013B1755	BL47XU	財満 鎮明	Experimental Observation of Type-I Energy Band
			2014A1721	BL47XU	財満 鎮明	Alignment in Lattice-Matched Ge _{1-x} Si _x Sn _y /Ge
			2014B1358	BL47XU	財満 鎮明	Heterostructures

Chemical Science

30422	Jing Yang Xue	7 (2016) 896-904	2014B2016	BL26B2	佐藤 宗太	Aromatic Hydrocarbon Macrocycles for Highly Efficient Organic Light-Emitting Devices with Single-Layer Architectures
30598	Hirotohi Sakamoto	(2016) Published online 09 Mar. 2016	2012B1591	BL02B2	坂本 裕俊	Cycloparaphenylene as a Molecular Porous Carbon Solid with Uniform Pores Exhibiting Adsorption-Induced Softness
			2013A1313	BL02B2	坂本 裕俊	
			2013B1119	BL02B2	坂本 裕俊	
			2014A1276	BL02B2	坂本 裕俊	
			2014B1428	BL02B2	坂本 裕俊	
			2015A1490	BL02B2	坂本 裕俊	

Chemistry Letters

30288	Norifumi Muraki	45 (2016) 24-26	2014A6955	BL44XU	村木 則文	Structural Basis for Heme Recognition by HmuT Responsible for Heme Transport to the Heme Transporter in <i>Corynebacterium glutamicum</i>
			2014B6955	BL44XU	村木 則文	
30594	Masaaki Yoshida	45 (2016) 277-279	2015B1082	BL01B1	吉田 真明	Structural Relationship between CoO ₆ Cluster and Phosphate Species in a Cobalt-Phosphate Water Oxidation Catalyst Investigated by Co and P K-edge XAFS
			2015A1138	BL01B1	吉田 真明	

Earth and Planetary Science Letters

30456	Akihiro Yamada	308 (2011) 115-123	2002B0080	BL04B1	井上 徹	In situ X-ray Diffraction Study on Pressure-Induced Structural Changes in Hydrous Forsterite and Enstatite Melts
			2003A0338	BL04B1	井上 徹	
30665	Chie Kato	440 (2016) 56-61	2014A0080	BL10XU	廣瀬 敬	Melting in the FeO-SiO ₂ System to Deep Lower-Mantle Pressures: Implications for Subducted Banded Iron Formations

FEBS Letters

30443	Yuichi Watanabe	590 (2016) 242-250	2015A1038	BL38B1	帯田 孝之	Characterization of the Interaction between <i>Trypanosoma brucei</i> Pex5p and its Receptor Pex14p
			2014B1451	BL41XU	帯田 孝之	
			2014A1185	BL26B1	帯田 孝之	
30709	Yuya Hanazono	590 (2016) 298-304	2013B1381	BL26B2	竹田 一旗	Crystal Structures of Chitin Binding Domains of Chitinase from <i>Thermococcus kodakarensis</i> KOD1

IEEE Transactions on Magnetism

30424	Keiji Iwata	50 (2014) 2007004	2009A1374	BL17SU	越川 孝範	Quantitative Analysis of 90° Closure Domains Occurring by Compressive Stress in Fe3%Si(110) Steels
			2009B1275	BL17SU	越川 孝範	
30425	Keiji Iwata	51 (2015) 2002504	2007B1297	BL17SU	越川 孝範	Temperature Dependence of Lancet Domains in Grain-Oriented Fe-3%Si Steels
			2010A1659	BL25SU	越川 孝範	
			2010B1439	BL25SU	越川 孝範	
			2011A1737	BL25SU	岩田 圭司	
			2011B1903	BL25SU	岩田 圭司	

Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena

30480	Hideki Yoshikawa	190 (2013) 268-277	2007A4904	BL15XU	Matolin Vladimir	Practical Chemical Analysis of Pt and Pd Based Heterogeneous Catalysts with Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy
			2008A4604	BL15XU	森 利之	
			2009A4602	BL15XU	森 利之	
			2009B4608	BL15XU	阿部 英樹	
			2010A4609	BL15XU	阿部 英樹	
			2010B4609	BL15XU	阿部 英樹	
			2011A4600	BL15XU	阿部 英樹	
			2011B4606	BL15XU	阿部 英樹	
			2007B4600	BL15XU	下田 正彦	
			2008A4605	BL15XU	下田 正彦	
30646	M. Sundermann	209 (2016) 1-8	2012B4251	BL12XU	Tjeng Liu Hao	Quantitative Study of the <i>f</i> Occupation in CeMIn ₅ and Other Cerium Compounds with Hard X-rays
			2012A4252	BL12XU	Tjeng Liu Hao	
			2011A4254	BL12XU	Tjeng Liu Hao	

Journal of Materials Chemistry A

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
30483	Lequan Liu	2 (2014) 9875-9882	2012B4609	BL15XU	阿部 英樹	Gold Photosensitized SrTiO ₃ for Visible-Light Water Oxidation Induced by Au Interband Transitions
			2013A4600	BL15XU	阿部 英樹	
30563	Yong Zhao	4 (2016) 3858-3864	2015B1174	BL01B1	神谷 和秀	Efficient Oxygen Reduction Reaction Electrocatalysts Synthesized from an Iron-Coordinated Aromatic Polymer Framework
			2015A1302	BL01B1	神谷 和秀	
			2014B1252	BL01B1	神谷 和秀	
			2013B1123	BL01B1	神谷 和秀	

Journal of Power Sources

30390	Sou Taminato	307 (2016) 599-603	2014A3623	BL14B1	菅野 了次	Lithium Intercalation and Structural Changes at the LiCoO ₂ Surface under High Voltage Battery Operation
30540	Ikuma Takahashi	309 (2016) 122-126	2012A7601	BL28XU	小久見 善八	Irreversible Phase Transition between LiFePO ₄ and FePO ₄ during High-Rate Charge-Discharge Reaction by Operando X-ray Diffraction
			2012B7601	BL28XU	小久見 善八	
			2013A7601	BL28XU	小久見 善八	
			2013B7601	BL28XU	小久見 善八	
			2014A7601	BL28XU	小久見 善八	
			2014B7601	BL28XU	小久見 善八	

Journal of Synchrotron Radiation

30295	Toshiyuki Chatake	20 (2013) 864-868	2007B1503	BL38B1	茶竹 俊行	Structural Fluctuation Observed in Z-DNA d(CGCGCG) ₂ in the Absence of Divalent Metal Cations and Polyamines
30641	Hiroshi Sakurai	23 (2016) 617-621	2013B1158	BL08W	河原 伸幸	Densitometry and Temperature Measurement of Combustion Gas by X-ray Compton Scattering

Journal of the Physical Society of Japan

30444	Masanori Inui	85 (2016) 035001	2011B1342	BL04B2	乾 雅祝	Critical Indices ν and γ Experimentally Obtained at the Liquid-Vapor Critical Point in Fluid Hg
			2013A1269	BL04B2	乾 雅祝	
			2010A1183	BL04B2	乾 雅祝	
			2008B1107	BL04B2	乾 雅祝	
30517	Takateru Kawakami	85 (2016) 034716	2010B1090	BL10XU	川上 隆輝	Two-Step Suppression of Charge Disproportionation in CaCu ₃ Fe ₄ O ₁₂ under High Pressure
			2011B1176	BL10XU	川上 隆輝	
			2012A1221	BL10XU	川上 隆輝	
			2013A1035	BL39XU	川上 隆輝	

Journal of Virology

30428	Kosuke Oda	89 (2015) 11487-11499	2013B1065	BL38B1	坂口 剛正	Structural Basis of the Inhibition of STAT1 Activity by Sendai Virus C Protein
30573	Manabu Aoki	90 (2016) 2180-2194	2012B6751	BL44XU	山縣 ゆり子	C-5-Modified Tetrahydropyrano-Tetrahydrofuran-Derived Protease Inhibitors (PIs) Exert Potent Inhibition of the Replication of HIV-1 Variants Highly Resistant to Various PIs, Including Darunavir
			2012B1019	BL41XU	山本 雅貴	

Macromolecules

30666	Takashi Konishi	49 (2016) 2272-2280	2011B1398	BL45XU	小西 隆士	Temperature Dependence of Lamellar Thickness in Isothermally Crystallized Poly(butylene terephthalate)
			2012A1393	BL40B2	小西 隆士	
			2012B1310	BL40B2	小西 隆士	
			2013A1549	BL40B2	小西 隆士	
			2014A1457	BL40B2	小西 隆士	
			2014B1509	BL40B2	小西 隆士	
			2010A1291	BL40B2	小西 隆士	
			2010A1200	BL40B2	深尾 浩次	
			2010B1479	BL40B2	深尾 浩次	
2010B1482	BL40B2	小西 隆士				
30755	Itaru Osaka	47 (2014) 3502-3510	2012B1728	BL19B2	尾坂 格	Contrasting Effect of Alkylation on the Ordering Structure in Isomeric Naphthodithiophene-Based Polymers

Metals-1

30464	Hiroshi Suzuki	6 (2016) 12	2013B3724	BL22XU	鈴木 裕士	Investigation of Elastic Deformation in Mechanism in As-Cast and Annealed Eutectic and Hypoeutectic Zr-Cu-Al Metallic Glasses by Multiscale Strain Analysis
-------	----------------	-------------	-----------	--------	-------	---

Metals-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
30499	Eui Pyo Kwon	5 (2015) 1845-1856	2011A1724	BL28B2	鈴木 茂	Characterization of Deformation Behavior of Individual Grains in Polycrystalline Cu-Al-Mn Superelastic Alloy Using White X-ray Microbeam Diffraction

Physics and Chemistry of Minerals

30440	Taku Fujii	(2016) First online: 09 Feb. 2016	2014A1435	BL10XU	大藤 弘明	Phase Relation of CaSO ₄ at High Pressure and Temperature up to 90 GPa and 2300 K
30560	Soma Kuwabara	43 (2016) 229-236	2011B1278	BL20B2	寺崎 英紀	Sound Velocity and Elastic Properties of Fe-Ni and Fe-Ni-C Liquids at High Pressure
			2012A1481	BL20B2	寺崎 英紀	
			2012B1177	BL04B1	西田 圭佑	
			2013A1072	BL20XU	寺崎 英紀	
			2013A1508	BL04B1	西田 圭佑	
			2013B1174	BL04B1	西田 圭佑	
			2013B1701	BL04B1	桑原 荘馬	
			2013B1488	BL20XU	寺崎 英紀	
2014A1161	BL20XU	寺崎 英紀				
2014A1662	BL04B1	下山 裕太				

Polymer Journal

30655	Takuma Minami	48 (2016) 197-202	2013A1207	BL40B2	櫻井 和朗	Rod-like Architecture and Cross-sectional Structure of an Amyloid Protofilament-like Peptide Supermolecule in Aqueous Solution
			2013B1203	BL40B2	櫻井 和朗	
30684	Ryo Mashita	48 (2016) 239-245	2011B7260	BL03XU	岸本 浩通	Structure Analyses of Polybutadiene Rubber Crosslinked with Unsaturated Carboxylate using Contrast Variation Small-Angle Neutron Scattering
			2012A7210	BL03XU	岸本 浩通	
			2011B1244	BL20XU	岸本 浩通	
			2012A1686	BL20XU	岸本 浩通	

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

30564	Yohta Fukuda	113 (2016) 2928-2933	2015B8047	BL3	溝端 栄一	Redox-Coupled Proton Transfer Mechanism in Nitrite Reductase Revealed by Femtosecond Crystallography
			2015A8049	BL3	中津 亨	
			2015A8048	BL3	岩田 想	
			2015A8026	BL3	菅原 道泰	
			2014B8050	BL3	岩田 想	
30694	Katsumi Imada	113 (2016) 3633-3638	2010B1013	BL41XU	山本 雅貴	Insight into the Flagella Type III Export Revealed by the Complex Structure of the Type III ATPase and Its Regulator
			2010B1901	BL41XU	今田 勝巳	

Review of Scientific Instruments

30468	Yoshio Katsuya	87 (2016) 016106	2013A4500	BL15XU	田中 雅彦	An X-ray Powder Diffractometer with a Wide Scattering-Angle Range of 72° using Asymmetrically Positioned One-Dimensional Detectors
			2013B4906	BL15XU	加治 亘章	
			2014A4505	BL15XU	久保 佳実	
			2014B4500	BL15XU	久保 佳実	
30662	Yoshiyuki Tsusaka	87 (2016) 023701	2012B3319	BL08B2	横山 和司	X-ray Topography using the Forward Transmitted Beam under Multiple-Beam Diffraction Conditions
			2013A3319	BL08B2	横山 和司	
			2013A3202	BL24XU	津坂 佳幸	
			2013B3202	BL24XU	津坂 佳幸	
			2013B3319	BL08B2	津坂 佳幸	
			2014B3202	BL24XU	津坂 佳幸	
			2014B3319	BL08B2	津坂 佳幸	
2015A3202	BL24XU	津坂 佳幸				

Science Advances-1

30549	Tatsuya Sakamaki	2 (2016) e1500802	2012A1255	BL35XU	大谷 栄治	Constraints on Earth's Inner Core Composition Inferred from Measurements of the Sound Velocity of hcp-Iron in Extreme Conditions
			2012B1439	BL35XU	大谷 栄治	
			2013A1377	BL35XU	坂巻 竜也	
			2013A1492	BL35XU	大谷 栄治	
			2013B1078	BL35XU	坂巻 竜也	
			2013B1094	BL35XU	大谷 栄治	
			2014A1100	BL35XU	大谷 栄治	
			2014B1269	BL35XU	坂巻 竜也	
2014B1465	BL35XU	大谷 栄治				

Science Advances-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
30642	Serge Desgreniers	1 (2015) e1500669	2011B1061	BL10XU	Tse John	Mixing Unmixables: Unexpected Formation of Li-Cs Alloys at Low Pressure

ACS Sustainable Chemistry & Engineering

30717	Tomoo Mizugaki	4 (2016) 682-685	2015A1722	BL14B2	金田 清臣	One-Pot Transformation of Levulinic Acid to 2-Methyltetrahydrofuran Catalyzed by Pt-Mo/H-β in Water
			2015B1571	BL14B2	金田 清臣	

Acta Crystallographica Section C

30439	Shuji Noguchi	72 (2016) 124-127	2015A1293	BL02B1	野口 修治	Nobiletin: a Citrus Flavonoid Displaying Potent Physiological Activity
-------	---------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

Acta Crystallographica Section F

30697	Kenji Takagi	72 (2016) 269-275	2014A6952	BL44XU	水島 恒裕	Crystal Structure of the Substrate-Recognition Domain of the <i>Shigella</i> E3 Ligase IpaH9.8
			2014B6952	BL44XU	水島 恒裕	

Acta Materialia

30417	Motohiro Suzuki	106 (2016) 155-161	2012A1845	BL39XU	鈴木 基寛	Magnetic Domain Evolution in Nd-Fe-B:Cu Sintered Magnet Visualized by Scanning Hard X-ray Microprobe
			2012B1015	BL39XU	広沢 哲	
			2013B1264	BL39XU	鈴木 基寛	
			2014A1187	BL39XU	鈴木 基寛	

Advanced Materials

30283	Satoshi Abe	27 (2015) 7951-7956	2011A1081	BL32XU	上野 隆史	Design of Enzyme-Encapsulated Protein Containers by in Vivo Crystal Engineering
-------	-------------	------------------------	-----------	--------	-------	---

Applied Clay Science

30763	Hiroki Mukai	121-122(2016) 188-193	2014A3701	BL22XU	綿貫 徹	Identification of the Actual Cesium-Adsorbing Materials in the Contaminated Fukushima Soil
			2014B3701	BL22XU	綿貫 徹	

Applied Physics Express

30481	Kengo Nogami	6 (2013) 105502	2013A4712	BL15XU	大橋 直樹	Epitaxial Synthesis and Electronic Properties of Double-Perovskite Sr ₂ TiRuO ₆ Films
-------	--------------	--------------------	-----------	--------	-------	---

The Astrophysical Journal

30596	Ya Wei Liu	819 (2016) 142	2013B4250	BL12XU	Zhu LinFan	Oscillator Strengths of Vibrionic Excitations of Nitrogen Determined by the Dipole (γ, γ) Method
			2014B4251	BL12XU	Zhu LinFan	

Biochemical and Biophysical Research Communications

30534	Naoki Horikoshi	471 (2016) 117-122	2010B1375	BL41XU	胡桃坂 仁志	Crystal Structure of the Nucleosome Containing Ultraviolet Light-Induced Cyclobutane Pyrimidine Dimer
-------	-----------------	-----------------------	-----------	--------	--------	---

Bioorganic and Medicinal Chemistry

30495	Hiroaki Ohno	24 (2016) 1136-1141	2013A6818	BL44XU	木下 誉富	Structure-Activity Relationship Study of 4-(thiazol-5-yl)benzoic Acid Derivatives as Potent Protein Kinase CK2 Inhibitors
			2013B6818	BL44XU	木下 誉富	

Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters

30395	Takayoshi Kinoshita	26 (2016) 955-958	2013A6818	BL44XU	木下 誉富	Identification of Allosteric ERK2 Inhibitors through in Silico Biased Screening and Competitive Binding Assay
			2013B6818	BL44XU	木下 誉富	

Bone

30530	Nobuhito Nango	84 (2016) 279-288	2013B1425	BL20XU	南郷 脩史	Osteocyte-Directed Bone Demineralization along Canalliculi
			2013B1213	BL20XU	松尾 光一	
			2012B1316	BL20XU	南郷 脩史	
			2010B1438	BL20XU	南郷 脩史	
			2009A1871	BL20XU	南郷 脩史	
			2009A1195	BL20XU	松尾 光一	

Catalysis Today

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
30541	Tuteja Jaya	265 (2016) 231-239	2014B1036	BL01B1	穴戸 哲也	Change in Reactivity of Differently Capped AuPd Bimetallic Nanoparticle Catalysts for Selective Oxidation of Aliphatic Diols to Hydroxycarboxylic Acids in Basic Aqueous Solution
			2014B1472	BL01B1	西村 俊	

ChemElectroChem

30571	Gabor Samjeske	2 (2015) 1595-1606	2013B7801	BL36XU	岩澤 康裕	In Situ Techniques to Study the Effects of Anode or Cathode Gas-Exchange Cycles on the Deterioration of Pt/C Cathode Catalysts in PEFCs
			2014A7801	BL36XU	岩澤 康裕	
			2014B7802	BL36XU	岩澤 康裕	

Chemical Communications

30583	Gil Ryeong Lee	52 (2016) 3962-3965	2014B1022	BL19B2	今野 巧	Crystallinity-Dependence of Ionic Conductivity in the Ion Pairs of a Multi-Interactive Anion
-------	----------------	------------------------	-----------	--------	------	--

Chemical Physics Letters

30526	Anna Regoutz	647 (2016) 59-63	2015B4256	BL12XU	Regoutz Anna	Identification of Metal s States in Sn-doped Anatase by Polarisation Dependent Hard X-ray Photoelectron Spectroscopy
-------	--------------	---------------------	-----------	--------	--------------	--

Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects

30589	Takumi Kusano	497 (2016) 109-116	2011B1506	BL40B2	岩瀬 裕希	Structural Study on Aggregation Behavior of Star-Type Trimeric Surfactant in the Presence of Sodium Salicylate
			2012A1353	BL40B2	吉村 倫一	

Cytoskeleton

30489	Shinji Kamimura	73 (2016) 131-144	2010A1177	BL45XU	上村 慎治	X-ray Fiber Diffraction Analysis Shows Dynamic Changes in Axial Tubulin Repeats in Native Microtubules Depending on Paclitaxel Content, Temperature and GTP-hydrolysis
			2011A1108	BL45XU	上村 慎治	
			2012A1052	BL45XU	上村 慎治	
			2013A1386	BL45XU	上村 慎治	
			2014A1072	BL45XU	上村 慎治	
2014B1539	BL45XU	上村 慎治				

Dalton Transactions

30585	Keita Nakanishi	44 (2015) 14200-14203	2012B1508	BL37XU	大場 正昭	Lipophilic Ruthenium Salen Complexes: Incorporation into Liposome Bilayers and Photoinduced Release of Nitric Oxide
			2012A1289	BL37XU	大場 正昭	

Dental Research and Management

30531	Makoto Asaizumi	DRM 110 (2016) 19-29	2014B1048	BL40XU	浅泉 誠	Observations of Enamel Microstructure in Incipient Lesions Remineralized by NaF Dentifrices
-------	-----------------	----------------------	-----------	--------	------	---

Electrochemistry Communications

30578	Toshihiro Kondo	65 (2016) 35-38	2011B4506	BL15XU	増田 卓也	Size Dependent Lattice Constant Change of Thiol Self-Assembled Monolayer Modified Au Nanoclusters Studied by Grazing Incidence X-ray Diffraction
			2012A4504	BL15XU	増田 卓也	
			2012B4503	BL15XU	増田 卓也	

European Journal of Inorganic Chemistry

30296	Masahiko Maekawa	2016 (2016) 78-91	2014B1514	BL02B1	杉本 邦久	Heterometallic Ag ^I -Ir ^{III} Hydride Coordination Polymers Bridged by Ir ^{III} Metalloligands
			2014B2053	BL02B1	杉本 邦久	
			2015A1492	BL02B1	杉本 邦久	

Extremophiles

30482	Yuki Hamajima	20 (2016) 177-186	2012A1242	BL41XU	渡邊 信久	Pressure Adaptation of 3-isopropylmalate Dehydrogenase from an Extremely Piezophilic Bacterium is Attributed to a Single Amino Acid Substitution
-------	---------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

Genes & Development

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
30634	Yasuo Tsunaka	30 (2016) 673-686	2012B6727	BL44XU	津中 康央	Integrated Molecular Mechanism Directing Nucleosome Reorganization by Human FACT
			2013A6830	BL44XU	津中 康央	
			2013B6830	BL44XU	津中 康央	
			2014A6931	BL44XU	津中 康央	
			2014B6931	BL44XU	津中 康央	

Geophysical Research 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
30458	Akihiro Yamada	34 (2007) L10303	2002B0080	BL04B1	井上 徹	In-situ X-ray Experiment on the Structure of Hydrrous Mg-silicate Melt under High Pressure and High Temperature
			2003A0338	BL04B1	井上 徹	

Gondwana Research

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
30601	Jian Han	31 (2016) 150-163	2012B1113	BL20XU	小宮 剛	Divergent Evolution of Medusozoan Symmetric Patterns: Evidence from the Microanatomy of Cambrian Tetramerous Cubozoans from South China

Heteroatom 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
30754	Masahiko Saito	25 (2014) 556-564	2014A1530	BL46XU	尾坂 格	Effect of Oxygen-Containing Functional Side Chains on the Electronic Properties and Photovoltaic Performances in a Thiophene-Thiazolothiazole Copolymer System

Hyperfine Interactions

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
30535	Takashi Segi	237 (2016) 7	2013B1508	BL09XU	世木 隆	Synchrotron Radiation-Based ⁶¹ Ni Mössbauer Spectroscopic Study of Li(Ni _{1/3} Mn _{1/3} Co _{1/3})O ₂ Cathode Materials of Lithium Ion Rechargeable Battery
			2014A1552	BL09XU	世木 隆	
			2014B1649	BL09XU	世木 隆	

IEEE Transactions on Applied Superconductivity

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
30314	Takashi Usami	26 (2016) 8400104	2015A1989	BL46XU	吉田 隆	Influence of Artificial Pinning Centers on Strain Effect in BaHfO ₃ -doped GdBa ₂ Cu ₃ O ₇ -Coated Conductors Fabricated by Pulsed Laser Deposition

International Journal of Fatigue

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
30565	Taizo Makino	(2016) Available online 11 Feb. 2016	2012B1735	BL19B2	牧野 泰三	Effect of Defect Shape on Rolling Contact Fatigue Crack Initiation and Propagation in High Strength Steel
			2011A1787	BL46XU	牧野 泰三	
			2011B1955	BL46XU	牧野 泰三	
			2012A1596	BL46XU	牧野 泰三	
			2013A1307	BL46XU	梶原 堅太郎	
			2012B1306	BL46XU	梶原 堅太郎	

International Journal of Hydrogen Energy

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
30629	Satoshi Ogawa	40 (2015) 11895-11901	2013A1589	BL01B1	小川 智史	Hydrogen Storage of Binary Nanoparticles Composed of Mg and Pd

International Journal of Solids and Structures

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
30614	Han Li	81 (2016) 151-159	2012A1205	BL20XU	戸田 裕之	Identification of Material Properties using Nanoindentation and Surrogate Modeling
			2012B1013	BL20XU	戸田 裕之	
			2013A1537	BL20XU	戸田 裕之	
			2013B1027	BL20XU	戸田 裕之	

Journal of Applied Crystallography

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
30467	Anli Yang	48 (2015) 1896-1900	2011B4508	BL15XU	坂田 修身	Atomic Disorder of Li _{0.5} Ni _{0.5} O Thin Films Caused by Li Doping: Estimation from X-ray Debye-Waller Factors
			2012A4505	BL15XU	坂田 修身	
			2012B4505	BL15XU	Yang Anli	
			2014B4900	BL15XU	吉本 護	

Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems

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
30301	Satoshi Sugita	2 (2016) 014002	2012B1085	BL20B2	粟木 久光	Studies of Print-through and Reflectivity of X-ray Mirrors using Thin Carbon-Fiber-Reinforced Plastic
			2013A1483	BL20B2	粟木 久光	
			2013B1423	BL20B2	粟木 久光	
			2014B1191	BL20B2	粟木 久光	

The Journal of Biochemistry

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
30461	Yohta Fukuda	(2016) First published online: Jan. 14, 2016	2015B8047	BL3	溝端 栄一	Redox-Coupled Structural Changes in Nitrite Reductase Revealed by Serial Femtosecond and Microfocus Crystallography

The Journal of Chemical Physics

30490	Satoshi Kameoka	144 (2016) 034703	2014A4900	BL15XU	小廣 和哉	Insights into the Dominant Factors of Porous Gold for CO Oxidation
			2014B4901	BL15XU	亀岡 聡	
			2015B4900	BL15XU	亀岡 聡	
			2013B4903	BL15XU	亀岡 聡	
			2013B4901	BL15XU	亀岡 聡	
			2013A4900	BL15XU	亀岡 聡	
			2013A4902	BL15XU	亀岡 聡	

Journal of Crystal Growth

30706	Yen-Chung Lai	413 (2015) 100-104	2011B4127	BL12B2	Du Chao Hung	Self-Adjusted Flux for the Traveling Solvent Floating Zone Growth of YBaCuFeO ₅ Crystal
-------	---------------	--------------------	-----------	--------	--------------	--

Journal of Display Technology

30477	Takatoshi Orui	11 (2015) 518-522	2014A4701	BL15XU	神谷 利夫	Charge Compensation by Excess Oxygen in Amorphous In-Ga-Zn-O Films Deposited by Pulsed Laser Deposition
-------	----------------	-------------------	-----------	--------	-------	---

Journal of Electroanalytical Chemistry

30350	Naoya Nishi	759 (2015) 129-136	2011A1187	BL37XU	西 直哉	Potential Dependent Structure of an Ionic Liquid at Ionic Liquid/Water Interface Probed by X-ray Reflectivity Measurements
			2011B1394	BL37XU	西 直哉	
			2012A1257	BL37XU	西 直哉	
			2012B1170	BL13XU	西 直哉	
			2014B1058	BL37XU	西 直哉	

Journal of Fiber Science and Technology

30336	Kazuyuki Suzuta	72 (2016) 1-8	2012B1385	BL43IR	伊藤 廉	Evaluation of Cysteic Acid in Bleached Hair Using Infrared Spectroscopy
			2014A1563	BL43IR	伊藤 廉	
			2014B1591	BL43IR	伊藤 廉	
			2015A1654	BL43IR	渡邊 紘介	

Journal of Magnetism and Magnetic Materials

30525	Akane Agui	408 (2016) 41-45	2014B1121	BL08W	安居院 あかね	The Study of the Magnetization Process of Fe Film by Magnetic Compton Scattering and Mössbauer Spectroscopy
			2013B1132	BL08W	安居院 あかね	
			2012B1235	BL08W	安居院 あかね	
			2011A1115	BL08W	桜井 浩	
			2010A1458	BL08W	桜井 浩	

Journal of Microscopy

30285	Ryuta Mizutani	261 (2016) 57-66	2013A1384	BL37XU	鈴木 芳生	A Method for Estimating Spatial Resolution of Real Image in the Fourier Domain
			2013B0041	BL47XU	水谷 隆太	
			2014A1057	BL37XU	水谷 隆太	

Journal of Molecular Liquids

30429	Hikari Watanabe	(2015) Available online 18 Aug. 2015	2012A1571	BL04B2	土井 寛之	Hydrogen Bond in Imidazolium Based Protic and Aprotic Ionic Liquids
			2012B1709	BL04B2	土井 寛之	
			2012A1669	BL04B2	梅林 泰宏	
			2012A1682	BL04B2	上野 和英	

The Journal of Physical Chemistry B

30287	Hiroki Uehara	119 (2015) 15909-15918	2012B1117	BL40B2	上原 宏樹	Phase Transition during Heating of Nanostructured Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene Membranes
			2015A1161	BL40B2	上原 宏樹	

The Journal of Physical Chemistry C

30559	Miki Osaka	119 (2015) 24307-24314	2012B1971	BL03XU	小川 紘樹	Nanostructures for Efficient Hole Transport in Poly(3-hexylthiophene) Film: A Study by Conductive Atomic Force Microscopy
			2013B1881	BL03XU	小川 紘樹	

Journal of Physics: Conference Series

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
30713	Hidenori Toyokawa	425 (2013) 062014	2012B1866	BL14B2	豊川 秀訓	CdTe Pixel Detector Development at SPring-8

Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics

30349	Emmanuel C. Ossai	54 (2016) 730-738	2011B1307	BL40B2	古澤 和也	Morphology and Properties of Globular Polymeric Materials in the Solid State: A Composite Material of DNA with a Cationic Surfactant
-------	-------------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

Journal of Thermal Analysis and Calorimetry

30435	Yukari Oka	123 (2016) 1883-1890	2010A1335	BL45XU	猿山 靖夫	Temperature-modulated X-ray Diffractometry Applied to a Study on Calorimetric and Structural Change of Semicrystalline Poly(ethylene oxide)
-------	------------	-------------------------	-----------	--------	-------	---

JPS Conference Proceedings

30282	Hiroki Iwase	8 (2015) 033012	2013A1435	BL40B2	吉村 倫一	SANS and SAXS Studies on the Aggregates Properties of A Gemini-Type Amphiphilic Dendrimer in Solution
-------	--------------	--------------------	-----------	--------	-------	---

Key Engineering Materials

30715	Sumio Hosaka	534 (2013) 122-125	2012B1744	BL39XU	保坂 純男	Measurement of Coercive Force Enhanced by Nanometer-Sizing of Magnetic Dot by X-ray Magnetic Circular Dichroism (XMCD)
-------	--------------	-----------------------	-----------	--------	-------	--

Materials Science and Engineering: A

30613	Md. Shahnewaz Bhuiyan	655 (2016) 221-228	2013B1324	BL20XU	戸田 裕之	Combined Microtomography, Thermal Desorption Spectroscopy, X-ray Diffraction Study of Hydrogen Trapping Behavior in 7XXX Aluminum Alloys
			2014A1018	BL20XU	戸田 裕之	
			2014B1157	BL20XU	戸田 裕之	

Metallurgical and Materials Transactions A

30420	Ming Yan	46 (2015) 41-45	2013B1052	BL04B2	Yan Ming	<i>In Situ</i> Synchrotron Radiation Study of TiH ₂ -6Al-4V and Ti-6Al-4V: Accelerated Alloying and Phase Transformation, and Formation of an Oxygen-Enriched Ti ₄ Fe ₂ O Phase in TiH ₂ -6Al-4V
-------	----------	--------------------	-----------	--------	----------	--

Metrologia

30351	Takahiro Tanaka	53 (2016) 98-102	装置&技術	BL3		Determination of X-ray Free Electron Laser Power using a Room-Temperature Calorimeter
			2013A8060	BL3: EH2	登野 健介	

Microbes and Environments

30714	Satoshi Mitsunobu	31 (2016) 63-69	2012B1386	BL01B1	光延 聖	Direct Detection of Fe(II) in Extracellular Polymeric Substances (EPS) at the Mineral-Microbe Interface in Bacterial Pyrite Leaching
			2014A1493	BL01B1	光延 聖	
			2014B1267	BL01B1	光延 聖	

Microelectronic Engineering

30628	Tomoyuki Suwa	109 (2013) 197-199	2010A1660	BL27SU	寺本 章伸	Angle-Resolved Photoelectron Spectroscopy Study on Interfacial Transition Layer and Oxidation-Induced Residual Stress in Si(100) Substrate Near the Interface
			2010B1723	BL27SU	寺本 章伸	
			2011A1654	BL27SU	寺本 章伸	

Nanoscale

30497	Ryo Ishida	8 (2016) 2544-2547	2015A1590	BL01B1	山添 誠司	Repeated Appearance and Disappearance of Localized Surface Plasmon Resonance in 1.2 nm Gold Clusters Induced by Adsorption and Desorption of Hydrogen Atoms
			2014B1430	BL01B1	山添 誠司	
			2014A1458	BL01B1	山添 誠司	

Nature

30579	Kazuhiro Kashiwagi	531 (2016) 122-125	2012A1335	BL41XU	伊藤 拓宏	Crystal Structure of Eukaryotic Translation Initiation Factor 2B
			2012B1572	BL41XU	伊藤 拓宏	
			理研	BL32XU		

Nature 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
30710	Shun Sakaida	8 (2016) 377-383	2010B1468	BL13XU	北川 宏	Crystalline Coordination Framework Endowed with Dynamic Gate-Opening Behaviour by Being Downsized to a Thin Film
			2011A1382	BL13XU	北川 宏	
			2011A1463	BL13XU	大坪 主弥	
			2011B1013	BL13XU	北川 宏	
			2011B1529	BL13XU	北川 宏	
			2012A1505	BL13XU	大坪 主弥	
			2012A1508	BL13XU	北川 宏	
			2012B1518	BL02B2	北川 宏	
			2012B1304	BL13XU	北川 宏	
			2013A1146	BL13XU	北川 宏	
2013A1486	BL13XU	大坪 主弥				
2013B1410	BL13XU	北川 宏				

Nature Photonics

30757	Varun Vohra	9 (2015) 403-408	2014A1530	BL46XU	尾坂 格	Efficient Inverted Polymer Solar Cells Employing Favourable Molecular Orientation
-------	-------------	---------------------	-----------	--------	------	---

NPG Asia Materials

30329	Chung-Fu Cheng	7 (2015) e170	2012B4133	BL12B2	Hwang Bing Joe	Nanoporous Gyroid Platinum with High Catalytic Activity from Block Copolymer Templates via Electroless Plating
			2013A4126	BL12B2	Hwang Bing Joe	

Paediatric Research

30741	Arjan Te Pas	(2016) Preview online 18 Mar. 2016	2012B1380	BL20B2	Hooper Stuart	Optimizing Lung Aeration at Birth using a Sustained Inflation and Positive Pressure Ventilation in Preterm Rabbits
-------	--------------	--	-----------	--------	---------------	--

Physical Review Letters

30536	Simon Moser	115 (2015) 096404	2013B7455	BL07LSU	Grioni Marco	Electron-Phonon Coupling in the Bulk of Anatase TiO ₂ Measured by Resonant Inelastic X-Ray Spectroscopy
-------	-------------	----------------------	-----------	---------	--------------	--

PLoS One

30421	Takayoshi Wakagi	11 (2016) e0147333	2002B0781	BL40B2	伏信 進矢	Archaeal Mo-Containing Glyceraldehyde Oxidoreductase Isozymes Exhibit Diverse Substrate Specificities through Unique Subunit Assemblies
			2003A0729	BL38B1	伏信 進矢	
			2002A0238	BL40B2	伏信 進矢	

PLoS Pathogens

30511	Tao-Hsin Chang	9 (2013) e1003563	2013A4001	BL12B2	Wang Andrew	Crystal Structure of Vaccinia Viral A27 Protein Reveals a Novel Structure Critical for Its Function and Complex Formation with A26 Protein
-------	----------------	----------------------	-----------	--------	-------------	--

Polycyclic Arenes and Heteroarenes: Synthesis, Properties, and Applications

30432	Shigeru Yamago	(2015) 143-162	2012B1790	BL02B1	山子 茂	Cycloparaphenylenes and Carbon Nanorings
			2013A1661	BL02B1	山子 茂	
			2013B1126	BL02B1	山子 茂	
			2014A1734	BL02B1	山子 茂	
			2014B1203	BL02B1	山子 茂	
			2015A1919	BL02B1	山子 茂	
2015B1311	BL02B1	山子 茂				

Polymer Chemistry

30758	Kazuaki Kawashima	4 (2013) 5224-5227	2012A1241	BL19B2	小金澤 智之	5,10-Diborylated Naphtho[1,2-c:5,6-c']bis[1,2,5]thiadiazole: a Ready-to-Use Precursor for the Synthesis of High-Performance Semiconducting Polymers
-------	-------------------	-----------------------	-----------	--------	--------	---

Proceedings of the 59th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials

30793	Masaki Mizuguchi	59 (2014) 821-822	2012B4911	BL15XU	水口 将輝	Electronic Structures of L10-ordered FeNi Thin Films Studied by Photoelectron Spectroscopy
-------	------------------	----------------------	-----------	--------	-------	--

Protein Science

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
30280	Rei Matsuoka	25 (2016) 754-768	2012B1657	BL26B1	松岡 礼	Rational Design of Crystal Contact-Free Space in Protein Crystals for Analyzing Spatial Distribution of Motions within Protein Molecules

Research on Chemical Intermediates

30514	Shun Nishimura	42 (2016) 19-30	2014B1472	BL01B1	西村 俊	Reductive Amination of Furfural toward Furfurylamine with Aqueous Ammonia under Hydrogen over Ru-supported Catalyst
			2015A1389	BL01B1	穴戸 哲也	

RSC Advances

30759	Masahiro Akita	6 (2016) 16437-16447	2013B1719	BL19B2	尾坂 格	Amide-Bridged Terphenyl and Dithienylbenzene Units for Semiconducting Polymers
-------	----------------	-------------------------	-----------	--------	------	--

Science

30654	Genki Kobayashi	351 (2016) 1314-1317	2013A1704	BL02B2	小林 玄器	Pure H ⁻ Conduction in Oxyhydrides
-------	-----------------	-------------------------	-----------	--------	-------	---

Science and Technology of Advanced Materials

30760	Itaru Osaka	15 (2014) 024201	2013B1719	BL19B2	尾坂 格	5,10-linked Naphthodithiophenes as the Building Block for Semiconducting Polymers
-------	-------------	---------------------	-----------	--------	------	---

Semiconductor Science and Technology

30388	Kayo Horibuchi	31 (2016) 034002	2011B5370	BL16B2	山口 聡	Formation of Helical Dislocations in Ammonothermal GaN Substrate by Heat Treatment
			2012A5370	BL16B2	山口 聡	
			2012B5370	BL16B2	山口 聡	
			2013A5370	BL16B2	山口 聡	

Soil Science Society of America Journal

30545	Yohey Hashimoto	80 (2016) 55-63	2012A1707	BL37XU	山口 紀子	Zerovalent Iron with High Sulfur Content Enhances the Formation of Cadmium Sulfide in Reduced Paddy Soils
			2012B1607	BL37XU	山口 紀子	
			2014B1320	BL37XU	橋本 洋平	

SPIE Proceedings

30736	Minoru Toriumi	9779 (2016) 97790G	2015B4600	BL15XU	山下 良之	Characterization of 'Metal Resist' for EUV Lithography
-------	----------------	-----------------------	-----------	--------	-------	--

Surface and Interface Analysis

30739	Takashi Doi	(2016) online published 17 Mar. 2016	2012B3806	BL23SU	土井 教史	Investigation of Segregation during Oxidation of Ni-Cu Alloy by <i>in situ</i> Photoelectron Spectroscopy
			2013A3871	BL23SU	土井 教史	
			2013B3871	BL23SU	土井 教史	
			2014A3871	BL23SU	土井 教史	
			2014B3871	BL23SU	土井 教史	
			2015A3871	BL23SU	土井 教史	

Surface Science

30568	Shin-ichi Nagamatsu	648 (2016) 100-113	2013B7805	BL36XU	岩澤 康裕	Structural and Electronic Transformations of Pt/C, Pd@Pt(1 ML)/C and Pd@Pt(2 ML)/C Cathode Catalysts in Polymer Electrolyte Fuel Cells during Potential-step Operating Processes Characterized by In-situ Time-resolved XAFS
			2013A7801	BL36XU	岩澤 康裕	
			2013B7806	BL36XU	岩澤 康裕	
			2013B7802	BL36XU	岩澤 康裕	
			2014A7805	BL36XU	岩澤 康裕	
			2012B1023	BL40XU	岩澤 康裕	
			2012B1022	BL01B1	岩澤 康裕	
			2012A1004	BL40XU	岩澤 康裕	
			2012A1026	BL01B1	岩澤 康裕	
			2012A1692	BL40XU	岩澤 康裕	
			2013A7802	BL36XU	岩澤 康裕	
			2014A7800	BL36XU	岩澤 康裕	
			2014B7800	BL36XU	岩澤 康裕	
			2014B7801	BL36XU	岩澤 康裕	

Thin Solid Films

研究成果番号	主著者	雑誌情報	課題番号	ビームライン	実験責任者	タイトル
30300	Yuji Muraoka	559 (2016) 125-132	2011B1376	BL27SU	村岡 祐治	Preparation of TaO ₂ Thin Films using NbO ₂ Template Layers by a Pulsed Laser Deposition Technique
			2012B1673	BL27SU	藤本 佑樹	

Tribology Letters

30605	Kazuyuki Yagi	61 (2016) 19	2013B7021	BL33XU	林 雄二郎	Simultaneous Synchrotron X-ray Diffraction, Near-Infrared, and Visible In Situ Observation of Scuffing Process of Steel in Sliding Contact
-------	---------------	--------------	-----------	--------	-------	--

材料技術 (Material Technology)

30299	Yasushi Idemoto	33 (2015) 126-133	2011A1853	BL19B2	井手本 康	Effects of TiF ₃ Addition on Properties and Ferroelectric Performance of (Bi,La) ₄ Ti ₃ O ₁₂ -based Ferroelectric Materials
-------	-----------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

ニチアス技術技報 (Nichiasu Technical Report)

30661	Masakazu Kobayashi	369 (2015) 9-14	2013B1027	BL20XU	戸田 裕之	X-ray Microtomography Technology Utilized in Recent Materials Research
			2013B1324	BL20XU	戸田 裕之	
			2014A1018	BL20XU	戸田 裕之	

日本応用磁気学会誌 (Journal of the Magnetics Society of Japan)

30794	Yasushi Hayashi	37 (2013) 198-201	2012B1722	BL19B2	水口 将輝	Synthesis and Characterization of L1 ₀ -FeNi Powders
			2012A1604	BL19B2	水口 将輝	
			2012B1899	BL19B2	水口 将輝	

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

30630	Satoshi Ogawa	79 (2015) 118-123	2013A1589	BL01B1	小川 智史	Spectroscopic Investigation of the Chemical State of the Hydrogen Storage Materials Composed of the Metal Nanoparticles
-------	---------------	----------------------	-----------	--------	-------	---

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

30431	Takahiro Iwamoto	57 (2015) 239-244	2013A1661	BL02B1	山子 茂	Structural Investigation of Cycloparaphenylene-Fullerene Supramolecular Complexes Using Synchrotron Radiation and Theoretical Calculation
			2013B1126	BL02B1	山子 茂	

熱測定 (Calorimetry and Thermal Analysis)

30460	Kahori Yokota	43 (2016) 32-38	2011B1851	BL19B2	吉田 博久	Safe Decontamination of Forestry and Agricultural Wastes Including Radiocesium
			2011B1310	BL37XU	吉田 博久	

粘土科学 (Journal of the Clay Science Society of Japan)

30705	Masafumi Okawara	54 (2016)	2012B1458	BL40B2	大河原 正文	Comparison between Frictional Force in Micro Region and Residual Strength of High Purity Clay
-------	------------------	-----------	-----------	--------	--------	---

まてりあ (Materia Japan)

30640	Hiroshi Sakurai	54 (2015) 621-625	2013A1270	BL08W	桜井 浩	Symmetry of Chemical Bonds and Their Magnetic Field Dependence in Perpendicular Magnetic Anisotropy Films Measured by Magnetic Compton Scattering
			2014A1171	BL08W	桜井 浩	

博士論文 (京都大学) -1

30620	Meichuan Chen	(2016)	2013A1144	BL28B2	柴田 暁伸	Synchrotron Radiation X-ray Diffraction Study on Microstructural and Crystallographic Characteristics of Deformation-Induced Martensitic Transformation in SUS304 Austenitic Stainless Steel
			2013B1547	BL28B2	柴田 暁伸	
			2014A1578	BL28B2	柴田 暁伸	
			2014B1637	BL28B2	柴田 暁伸	
			2015B1021	BL28B2	柴田 暁伸	
			2015B1773	BL28B2	陳 美伝	

博士論文 (京都大学) -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
30670	Ryo Mashita	(2016)	2012B1262	BL20B2	間下 亮	Study on Static and Dynamic Structure of Crosslinked Rubber with Reinforcing Agent by Quantum Beam
			2011B1254	BL20B2	間下 亮	
			2013A1248	BL20B2	間下 亮	
			2013B1127	BL20B2	間下 亮	
			2014A1183	BL20B2	間下 亮	
			2010A1746	BL40B2	間下 亮	
			2010B1932	BL19B2	間下 亮	
			2010B7264	BL03XU	岸本 浩通	
			2011B1244	BL20XU	岸本 浩通	
			2011B7260	BL03XU	岸本 浩通	
			2012A1686	BL20XU	岸本 浩通	
			2012A7210	BL03XU	岸本 浩通	
			2013A1441	BL20B2	上杉 健太郎	
2012A1286	BL20B2	間下 亮				

博士論文 (東北大学)

30518	Jiayi Tang	(2016) 1-265	2012A3808	BL23SU	小川 修一	Study of Growth and Decomposition Reaction Mechanisms of Very Thin SiO ₂ Layer for Si CMOS Gate Stack
			2013A3874	BL23SU	小川 修一	
			2013B3874	BL23SU	小川 修一	
			2014A3874	BL23SU	小川 修一	
			2015A3802	BL23SU	吉越 章隆	
			2015A3874	BL23SU	小川 修一	
			2015B3801	BL23SU	吉越 章隆	
30544	Yoshihiro Ojiro	(2016) 1-193	2009A1890	BL47XU	池永 英司	Study of LSI Interconnect Applicable Networked-Nanographite Grown by Photoemission-Assisted Plasma-Enhanced CVD
			2009B1932	BL47XU	池永 英司	
			2010A1791	BL47XU	池永 英司	
			2010B1866	BL47XU	池永 英司	
			2012B3808	BL23SU	小川 修一	
			2014B1370	BL27SU	小川 修一	
			2014B3874	BL23SU	小川 修一	

博士論文 (北陸先端科学技術大学院大学)

30305	Jaya Tuteya	(2015)	2014B1472	BL01B1	西村 俊	Studies on Development of Heterogeneous Catalytic System for Transformations of Inedible Biomass into Valuable Chemicals
			2014B1036	BL01B1	穴戸 哲也	
30308	Hemant Choudhary	(2015)	2012B1610	BL01B1	西村 俊	Studies on Preparation of Novel Materials as Highly-Pertinent Heterogeneous Catalysts using Solvothermal Method
			2013B1478	BL01B1	穴戸 哲也	
			2014B1472	BL01B1	西村 俊	

博士論文 (University of Copenhagen)

30590	Tomas Stankevic	(2016)	2013B3519	BL11XU	Krogstrup Peter	Structural Investigations of Nanowires using X-ray Diffraction
-------	-----------------	--------	-----------	--------	-----------------	--

博士論文 (岡山大学)

30396	Chiaki Mise	(2014)	2012A1745	BL14B2	三瀬 千暁	Study of Heavy Metal in Soil Made Insoluble by Hydroxyapatite Prepared from Cattle Bones
			2012B1867	BL14B2	三瀬 千暁	

博士論文 (九州大学)

30584	Tomoki Uchiyama	(2016)	2011A1748	BL14B2	西堀 麻衣子	Structural Study on Pd Containing Perovskite-type Oxides by X-ray Absorption Spectroscopy
			2012A1459	BL01B1	寺岡 靖剛	
			2012B1495	BL01B1	西堀 麻衣子	
			2012B1614	BL28B2	寺岡 靖剛	
			2012B1702	BL01B1	内山 智貴	
			2013A1556	BL01B1	寺岡 靖剛	
			2013A1608	BL01B1	内山 智貴	
			2014B1477	BL28B2	西堀 麻衣子	
			2014B1768	BL01B1	内山 智貴	
			2014B1861	BL28B2	内山 智貴	
			2014A1433	BL28B2	寺岡 靖剛	
			2015A1613	BL28B2	西堀 麻衣子	
			2015A1814	BL28B2	内山 智貴	

博士論文 (東京大学)

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
30577	Ichiro Inoue	(2016)	2012A1562	BL40XU	井上 伊知郎	Developments of Photon-Beam Diagnostic Methods for X-ray Free-Electron Lasers and a Femtosecond X-ray-X-ray Pump-Probe Scheme

博士論文 (兵庫県立大学)

30606	Yui Sakaguchi	(2016)	2014A1652	BL39XU	阪口 友唯	Structural Properties and Electronic States in Heavy Fermion YbAlB ₄ Under High Pressure
			2012B1519	BL39XU	池田 修悟	
			2013A1368	BL39XU	小林 寿夫	
			2015A0046	BL39XU	渡辺 真仁	
			2012A1103	BL10XU	池田 修悟	
			2011A1450	BL09XU	小林 寿夫	
			2012B1521	BL09XU	小林 寿夫	
			2013A0086	BL09XU	瀬戸 誠	
			2013B1393	BL09XU	小林 寿夫	
2015A1458	BL09XU	小林 寿夫				

課題以外の成果として登録された論文

Applied Physics Letters

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
30528	Nicolas Burdet	108 (2016) 071103	光学系	BL29XU	Efficient Use of Coherent X-rays in Ptychography: Towards High-Resolution and High-Throughput Observation of Weak-Phase Objects

The European Physical Journal - Special Topics

30413	Yoshikazu Tanaka	208 (2012) 67-74	理研	BL17SU	Determination of Absolute Chirality using Resonant X-ray Diffraction
-------	------------------	---------------------	----	--------	--

The Journal of Biochemistry

30618	Mayumi Kanagawa	159 (2016) 313-321	理研	BL26B2	Crystal Structures and Ligand Binding of PurM Proteins from <i>Thermus thermophilus</i> and <i>Geobacillus kaustophilus</i>
-------	-----------------	-----------------------	----	--------	---

Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena

30401	Takashi Tokushima	177 (2010) 192-205	理研	BL17SU	High Resolution X-ray Emission Spectroscopy of Water and its Assignment Based on Two Structural Motifs
-------	-------------------	-----------------------	----	--------	--

Physical Chemistry Chemical Physics

30399	Takashi Tokushima	16 (2014) 10753-10761	理研	BL17SU	Solvation Dependence of Valence Electronic States of Water Diluted in Organic Solvents Probed by Soft Spectroscopy
-------	-------------------	--------------------------	----	--------	--

Physical Review B

30410	Yoshikazu Tanaka	81 (2010) 144104	理研	BL17SU	Determination of Structural Chirality of Berlinite and Quartz using Resonant X-ray Diffraction with Circularly Polarized X-rays
-------	------------------	---------------------	----	--------	---

Physical Review Letters

30409	Yoshikazu Tanaka	109 (2012) 127205	理研	BL17SU	Incommensurate Orbital Modulation behind Ferroelectricity in CuFeO ₂
-------	------------------	----------------------	----	--------	---

Physical Review Special Topics - Accelerators and Beams

30604	Akihiko Mizuno	19 (2016) 024201	加速器		New Beam-Tracking Simulation Code Using Bulk-to-Point Calculation Technique for Space Charge Fields
-------	----------------	---------------------	-----	--	---

Scientific Reports

30617	Masatoshi Wakamori	5 (2015) 17204	理研	BL32XU	Intra- and Inter-Nucleosomal Interactions of the Histone H4 Tail Revealed with a Human Nucleosome Core Particle with Genetically-Incorporated H4 Tetra- Acetylation
-------	--------------------	-------------------	----	--------	---

SACLA BL2 とマルチビームライン運転の概要

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 原 徹

1. はじめに

高輝度電子ビームを必要とする X-ray Free-Electron Laser (XFEL) は、加速器として低エミッタンスかつ短バンチが生成可能な線型加速器を用いることから、同時に1本のビームラインにしか電子ビームを供給できない。このため XFEL は基本的にシングルユーザー施設であり、マルチユーザー施設である蓄積リングベースの放射光施設と比較すると、利用効率が劣る要因となっている。しかしながら XFEL でも、線型加速器からの電子ビームをバンチ毎に複数ビームラインへ振り分けることで、複数の利用実験を平行して行うことは可能である。利用実験枠への要望が増加している今日、このマルチビームライン運転による XFEL 利用機会の拡大は、

施設利用効率改善の面から重要な課題である。

SACLA アンジュレータホールには、5本のビームライン (BL1 から BL5) が設置できるスペースがあり、最初のビームラインである BL3 は、線型加速器と同じ直線上にアンジュレータが設置されている (図1)^[1]。SACLA は2012年3月のユーザー供用開始以来、この BL3 を用いて XFEL 利用実験を行ってきた。BL3 の南隣にある BL2 は、2014年夏期停止期間にアンジュレータの設置を完了し、同年10月に SACLA 2本目のビームラインとしてレーザー発振を達成している。また BL1 上流には SACLA のプロトタイプである SCSS 線型加速器^[2] を移設し、BL1 は SACLA と独立した極端紫外 FEL として用いる予定である。

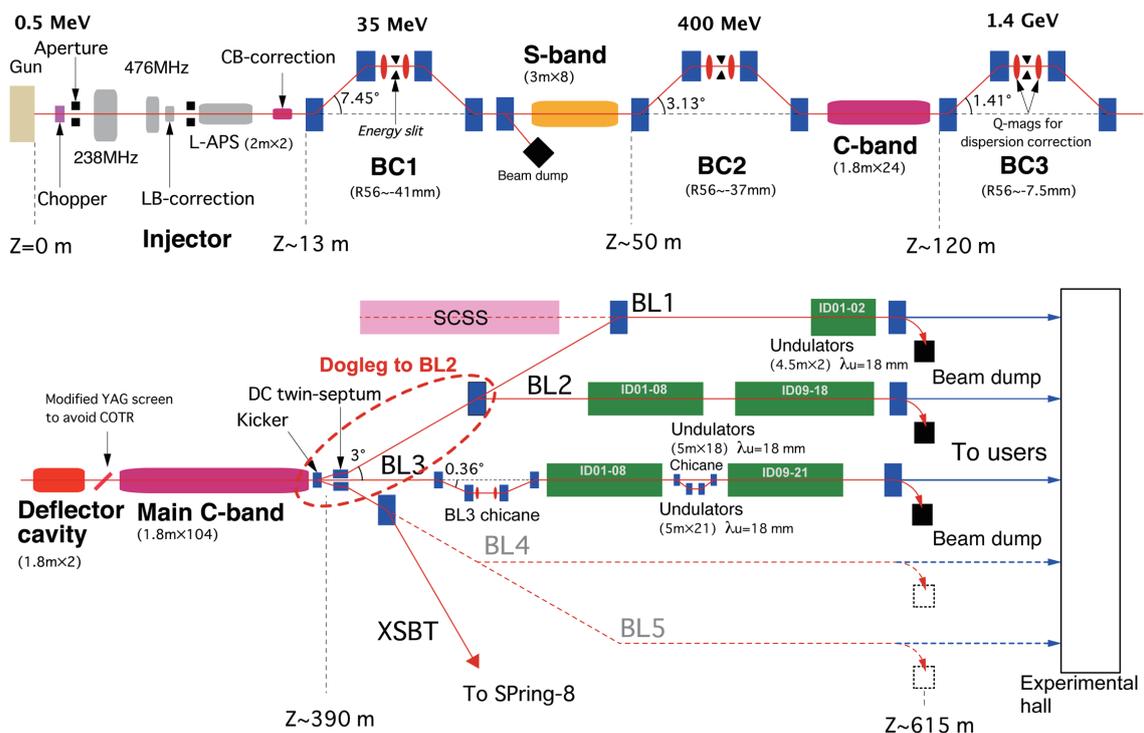


図1 SACLA の概要

BL2とBL3の2本のXFELビームラインは、当初DC偏向電磁石を用いてビームタイムなどの時間毎に区切って切り替えていたが、2015年1月にDC偏向電磁石をキッカー電磁石とDCセプタム電磁石に置き換え、施設利用効率の向上に向け2本のビームラインへの電子バンチ振り分け運転試験を開始した¹³⁾。キッカー電磁石とDCセプタム電磁石を用いた電子バンチ振り分け運転は、将来XSBT (XFEL to SPring-8 Beam Transport) を通してSACLAからSPring-8蓄積リングへのビーム入射にも使用する。

本稿では、世界初のXFELマルチビームライン運転に向けたSACLAの取り組みを紹介する。

2. SACLA BL2の概要

2本目のXFELビームラインであるBL2には、BL3と同じ5 m長真空封止アンジュレータ（周期長18 mm）がBL3と平行に置かれている（図2）。BL2のアンジュレータ台数は、上流にドッグレッグ部があるためBL3よりも少なく、BL3の21台に対しBL2は18台である。

線型加速器終端からBL3へは、電子ビームはそのまま直進してアンジュレータに入る。一方BL2へは、加速器終端で電子ビーム軌道を+3°曲げ、更にその約60 m下流で-3°曲げ戻すドッグレッグ部に電子ビームを通してアンジュレータまで導く（図1）。2本のビームラインの切り替えは、加速器終端で電子ビームを0°（BL3方向）または水平方向に+3°（BL2方向）偏向することにより行う。ちなみに-3°方向へビームを曲げると、SPring-8蓄積リングにつながるXSBTへ電子ビームを導くことができる（図1）。



図2 SACLA アンジュレータホールの写真、左側がBL2アンジュレータ、右側がBL3アンジュレータ。

BL2下流の実験棟には、BL3と同様、結晶分光器や1 μm集光系などの光学系が設置されている。BL2はXFEL利用研究の重要ターゲットの1つである生物科学分野の利用を主に想定しているが、XFELと現在整備中の500 TWレーザーを組み合わせた実験なども行えるようになる。

3. マルチビームライン運転

電子ビームをバンチ毎にBL2とBL3へ振り分けるためには、SACLAの電子ビーム最大繰り返しである60 Hzで電子ビーム軌道を切り替える必要がある。軌道の切り替えは、まず線型加速器終端に設置したキッカー電磁石を使って、0°（BL3方向）または±0.5°（BL2およびXSBT方向）の3方向へ電子バンチを60 Hzで偏向させる。その後±0.5°軌道が偏向された電子バンチは、キッカー電磁石の約5 m下流にあるDCセプタム電磁石で更に±2.5°曲げられる。一方キッカー電磁石を直進した電子バンチは、DCセプタム電磁石の間を抜けてそのままBL3方向へ直進する（図1）。後述するCoherent Synchrotron Radiation (CSR)の影響を抑えるには、キッカー電磁石とDCセプタム電磁石の電子ビーム偏向角を同じにしてビーム光学系の対称性を保つ必要があったが、キッカー電磁石パルス電源に対する安定性の要求緩和を優先し、キッカー電磁石の偏向角をできるだけ小さくしたため、非対称な光学系となっている。

BL2とBL3を使ったマルチビームライン運転試験は、2015年1月より開始した。SACLAは現在、パルス出力向上のため電子ビームのピーク電流が10 kA以上、バンチ長が20 fs (FWHM) 以下と電子バンチを強く圧縮した状態で運転しており、ピーク電流に関しては設計値よりも3倍以上大きい。ここまで高いピーク電流でも加速器を安定に運転できているのは、加速器ハードウェアの安定化に向けた様々な努力の成果であり、またより短いレーザーパルス長は、特に時分割実験を行うユーザーに多大な恩恵をもたらしている。しかし一方、電子バンチを曲げた時に発生するCSRの影響という点で、電子ビーム輸送にとっては非常に厳しい条件となる。

マルチビームライン運転開始当初、通常のBL3シングルビームライン運転において500 μJ程度のパルス出力が得られているピーク電流10 kAの電子バンチをBL2へ通したところ、レーザー発振は得

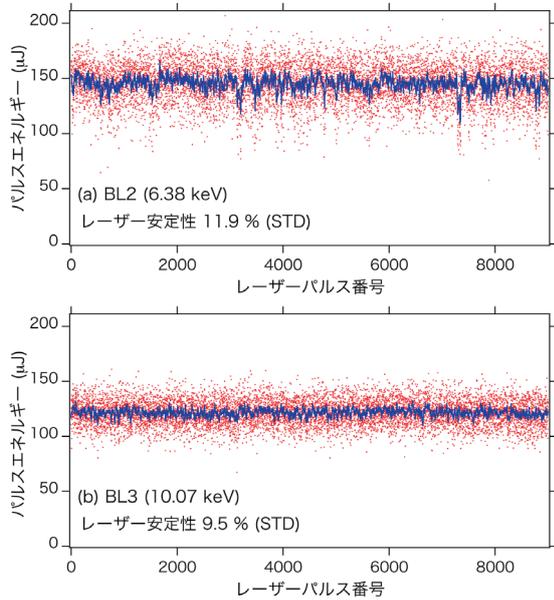


図3 マルチビームライン運転時のレーザー出力、(a) BL2、(b) BL3。赤点はパルス毎の出力、青線は15パルス平均をプロットしたものである。電子ビームエネルギーは7.8 GeV、アンジュレータ K 値は BL2が2.85、BL3が2.1。

られたものの出力は30 μJ程度に留まり、パルス毎のレーザー出力も不安定であった。これはBL2上流にあるドッグレッグ部で電子バンチが3°曲げられる時に発生するCSRにより、電子バンチ自身の軌道やエネルギーがパルス毎に変化するためであることが判明した。

CSRによる影響を抑え、BL2のパルス出力を最大化するようにバンチ長やピーク電流などの最適化を行った結果、ピーク電流2 kA、バンチ長50 fs (FWHM)

の時に、パルス出力100~200 μJの安定したレーザー発振を達成することができた。図3は繰り返し30 Hzで加速した電子バンチを、バンチ毎にBL2とBL3へ交互に振り分け、2本のビームラインで同時にレーザーを発振させた時のパルス出力をプロットしたものである。通常のBL3シングルビームライン運転と比べ、ピーク電流が小さいためパルス出力は約1/3になっているが、安定なレーザー発振が得られていることがわかる。BL2とBL3のレーザー波長は、アンジュレータを異なる磁場(K値)にセットすることにより、図3の場合、BL2では6.38 keV、BL3では10.07 keVのレーザーが得られている。

発振波長が自由に選べる波長可変性は、従来のレーザーにはないFELの大きな長所である。アンジュレータ磁場による波長変更はその調整範囲が限られており、また磁場を小さくするとパルス出力が減少してしまう。このためXFELでは、大きく波長を変更する場合、電子ビームエネルギーを変えることで対応している。複数のユーザーが同時に利用するマルチビームライン運転においてもこの波長可変性を保つには、各ユーザー実験で使用するレーザー波長に合わせてビームライン毎に電子バンチのエネルギーを変えなければならない。SACLAでは電子線型加速器を用いて、電子ビームをバンチ毎に異なるビームエネルギーまで加速する手法をこれまで開発してきた^[4]。これをマルチビームライン運転に適用すれば、ビームライン毎に電子バンチのエネルギーを変え、より広い範囲で波長可変性を実現することが可能になる。図4は、線型加速器で30 Hzの電子バンチを交互に6.3 GeVと7.8 GeVまで加速

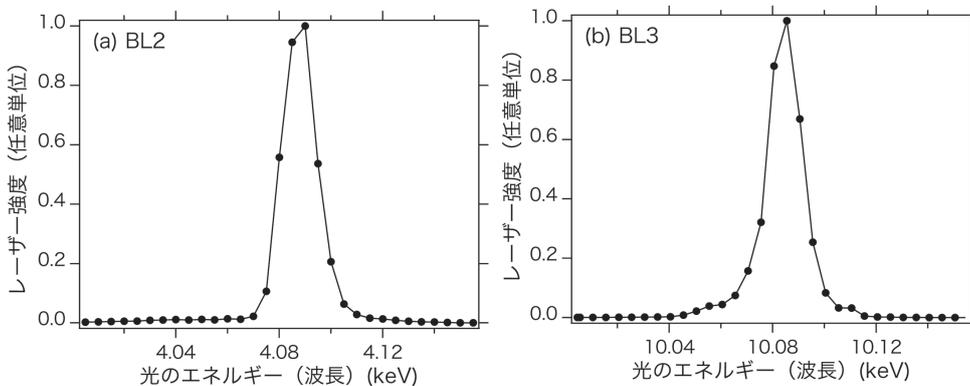


図4 マルチビームライン運転時のレーザースペクトル、(a) BL2、(b) BL3。スペクトルは結晶分光器で測定、1測定点は100パルス平均。電子ビームエネルギーはBL2が6.3 GeV、BL3が7.8 GeV。アンジュレータ K 値はBL2が2.85、BL3が2.1。

した後、キッカー電磁石で低いビームエネルギーのバンチを BL2 に、高いエネルギーのバンチを BL3 へ振り分け、レーザー発振させた時のレーザー光のスペクトルである。BL2 では電子ビームエネルギーを下げたことにより 4.08 keV のレーザーが得られ、図3の場合よりもより広い範囲で2本のビームラインのレーザー波長が独立に調整可能であることがわかる。

4. 今後の展望と課題

SACLA で2本目のビームラインとなる BL2 は、2015年4月より既にユーザー実験で利用されている。ただマルチビームライン運転については、現状ピーク電流を抑えて運転しなければならないため、ユーザー実験への適用はまだ開始していない。BL3 で得られている SACLA 通常運転時のレーザー性能を、マルチビームライン運転においても得られるよう、ドッグレッグ部の電子ビーム光学系の改造を2017年1月に行う。新しいビーム光学系は、キッカー電磁石と DC セプト電磁石の偏向角を同じ 1.5° にすることにより対称性を回復し、CSR の影響をキャンセルする。この改造により高ピーク電流時のレーザー安定性を回復し、より高いパルス出力でマルチビームライン運転を本格的に開始する予定である。

参考文献

- [1] T. Ishikawa *et al.*: *Nat. Photon.* **6** (2012) 540-544.
- [2] T. Shintake *et al.*: *Nat. Photon.* **2** (2008) 555-559.
- [3] T. Hara *et al.*: *Phys. Rev. Accel. Beams* **19** (2016) 020703.
- [4] T. Hara *et al.*: *Phys. Rev. ST Accel. Beams* **16** (2013) 080701.

原 徹 HARA Toru

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 加速器研究開発グループ 先端ビームチーム
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
TEL : 0791-58-0802 ext 3804
e-mail : toru@spring8.or.jp

2015B 期における SPring-8/SACLA ユーザー要望等について

登録施設利用促進機関
公益財団法人高輝度光科学研究センター
利用推進部

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

2015B 期における要望等の状況は下記のとおりです。これら要望等と、それに対する施設側の回答（内容により、必ずしも全てではありません）につきましても、User Information で公開されています。

1. 2015B 期 要望等全体概要

2015B 期	実施 課題数	利用実験数 (報告書数)	うち、要望等コメントがある*報告書数		
			技術的要望等	食堂他要望等	その他（お礼）
SPring-8 共用 BL	726	1,041	132	21	89
SACLA 共用 BL	35	36	15		

*「なし」「None」等のコメントを除く。

2. 2015B 期 要望等の内容（一部抜粋）

(1) 技術的要望等

- 高温測定のスเปクトル解析がブラックボックスなので、各スเปクトルをユーザーが簡単に解析できるようにしていただければと思う。
- QXAFS 測定における計測時間を変化させると、エッジポジションが少しずれていたため、注意が必要。ステップスキャンモードでは、計数時間を変えても、エッジポジションのずれはなかった。
- 7.0 keV 以下のエネルギー範囲では、入射 X 線のエネルギーが低下すると強度が大幅に変化するため、エネルギー変更を細かく実施する必要がある。
- 試料室が40 ミクロン以下で、特に軽元素からなる試料から良質な回折パターンを得るためにはマイクロビームが必要である。冷凍機中の試料に対してマイクロビームが照射できるようになるとうれしい。また冷凍機中の試料を光学観察するのが非常に難しい。今回の場合は金属化した硫化水素の光学観察ができれば良かったのだが、ほとんど見えなかった。非常に難しいとは思いますが、この点も改善していただけるとありがたい。

(2) 食堂その他要望等

- 宿舎の風呂場の風通しが良すぎたため、寒く感じるが多かったです。
宿舎の空調を調整していただければ幸いです。
ATM を設置していただけると助かります。
施設内の売店の深夜営業があると助かります。
- 食堂、コンビニの利用時間を長めにしていただけるとありがたいです。
また、ビームライン近傍の携帯の電波が不安定であり、少し改善できたら嬉しいです。
- 北管理棟でのチェックインでは、公共交通機関（バス）を利用した場合、北管理棟からリングまで屋外を長い距離を荷物を持って歩くことになり大変である。特に、雨の場合は、傘をさしての移動とな

る。バス利用の場合は事前申請等により、以前のように中央管理棟でのチェックインを可能として欲しい。

(3) 特記事項

SPring-8実験ホール内の放送が聞きづらいとのご要望がこれまでに多く寄せられていましたが、施設側で状況の調査・対策検討を経て、平成28年3月に実験ホール廊下側壁面への増設工事を行いました。これにより、ハッチの裏側でも放送が聞き取りやすくなりました。

3. 要望等及び施設側回答の公開場所

SPring-8/SACLA User Information より検索・閲覧ができます。

The screenshot shows the SPring-8 User Information website. On the left, there is a navigation menu with categories like 'SPring-8 利用案内' and '検索/特許報告'. The '検索/特許報告' section has a red circle around 'ビームタイム利用報告書検索'. In the center, there is a search bar and a list of notices. A red arrow points from the search bar to a search results table. The table has columns for '期' (Year), 'サイト' (Site), '利用施設' (Facility), 'ビームライン' (Beamline), and 'キーワード' (Keywords). The search results table contains the following data:

期	サイト	利用施設	ビームライン	キーワード
2015A				
2015A	BL39XU			
2015A	BL02B1			
2015A	BL14B2			
2015A	BL40XU			
2015A	BL19B2			

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 会長に就任して

SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC) 会長
大阪大学 蛋白質研究所 教授
中川 敦史

2016年1月10日に開催されたSPring-8ユーザー協同体 (SPRUC) 平成27年度第3回評議員会で、評議員の互選により、第3期のSPRUC会長に選出されました。雨宮慶幸第1期会長、高原淳前会長の後を受け、微力ながら、これまで発展してきた基盤を継承し、さらに発展的な活動ができるように取り組んでいきますのでご支援よろしくお願ひします。

各幹事は、下記の方々にお願ひすることに致しました。

庶務幹事	杉本 宏 (理化学研究所)
広報・渉外幹事	高尾 正敏 (大阪大学)
広報・渉外幹事	上原 康 (三菱電機)
利用幹事	坂田 修身 (物質・材料研究機構)
利用幹事	若林 裕助 (大阪大学)
会計幹事	加藤 健一 (理化学研究所)
行事幹事	木村 昭夫 (広島大学)
行事幹事	西堀麻衣子 (九州大学)
編集幹事	田中 義人 (兵庫県立大学)
企画幹事	西堀 英治 (筑波大学)

各研究会の全体を取りまとめる利用委員会の委員長は、有馬孝尚先生 (東京大学) に引き受けていただきました。また、坂田修身先生 (物材機構) と高尾正敏先生 (大阪大学) に副会長をお引き受けいただきました。企画委員会の委員長は、前期に引き続いて雨宮慶幸先生 (東京大学) にお引き受けいただきました。さらに、継続性のある運営を行っていきたくて、前会長の高原淳先生 (九州大学) に監事をお引き受けいただきました。

「SPring-8 ユーザー協同体」(SPring-8 Users Community: 以下 SPRUC) は、SPring-8 の全利用者で構成されるユーザーグループとして2012年4月に創設されました。研究分野や利用形態・利用頻度など多種多様な全ユーザーが、同じテーブルについて何か共通な事柄についての議論を行うことは

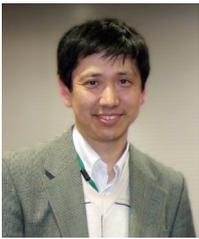
極めて困難なことです。雨宮初代会長、高原前会長のリーダーシップと幹事の皆様のご努力により、新たなSPring-8シンポジウムの企画、研究会の再編成、分野融合型研究グループの立ち上げなどを通して、これまでにないユーザー組織としての活動が進められてきました。特に分野融合型研究グループの活動は、SPring-8の利活用に新しい風を吹き込むものとして期待されています。

今期は、これまでの活動を継承・発展させることを目指し、代表機関会議からのアドバイスを基に、評議員会においてSPRUCの運営および活動方針を中期、長期的な視点に立って議論していきます。分野融合型研究グループの活動支援と新たな研究分野の創成を進めるとともに、分野別の各研究会活動をさらに活発化させ、SPring-8のさらなる有効な利活用に関して議論を行い、研究成果を中心にした各分野でのサイエンスの議論が活性化するように、SPRUCを運営していきたいと考えています。

研究分野や利用形態などが幅広いスペクトルに分布している会員の意見をまとめることは簡単なことではありませんが、施設に対する窓口としてSPRUCが活動していくためには、会員の皆様のご協力が不可欠です。小さなことでも構いませんのでご意見をいただければと思います。どうぞよろしくお願ひします。研究会が会員からの意見の窓口となりますので、関係する研究会 (いくつでも構いません) に参加して、ご意見をいただければと考えています。研究会への参加あるいは追加参加は、SPring-8のUser Informationマイページにログインして、ユーザー登録内容変更画面より行ってください。

SPRUCの中心活動の1つであるSPring-8シンポジウムですが、今年度は8月29日 (月)、30日 (火) に、SPRUCの代表機関の1つである関西学院大学 (神戸三田キャンパス) で開催する予定です。プログラムなどの詳細はこれからになりますが、

産官学の様々な分野にわたるユーザーの科学技術的交流の場として、学協会、SPRUCを構成する代表機関、SPring-8施設者とともに開催するものとして準備を進めています。詳細な情報はメーリングリストやSPRUCのWebサイトを通して皆様に逐次お伝えしていきます。皆様のご参加と活発な情報・意見交換の場となることを期待しています。



中川 敦史 NAKAGAWA Atsushi

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

「SPRUC 2016 Young Scientist Award」の実施について

SPring-8 ユーザー協団体 (SPRUC) では今年度で 5 回目となる「SPRUC 2016 Young Scientist Award」を実施いたします。

つきましては、以下の募集要項にてご推薦いただきますようよろしくお願いいたします。

記

SPRUC 2016 Young Scientist Award 募集要項

1. 目的：将来の放射光科学を担う優秀な若手会員の研究を奨励し、SPring-8 ユーザー協団体をより活性化するために本賞を設ける。
※募集にあたっての選考委員会からのコメント
本賞は、SPring-8 の利用法や解析手法の開発に顕著な成果を創出した若手研究者、あるいは測定手法や解析手法は確立された方法であったとしても、SPring-8 の特徴を活用し測定対象の分野にとって顕著な成果を創出した若手研究者に与えられる賞である。なお、学術以外に、事業化や製品化につながる成果や産業応用に資する成果も対象とする。
2. 人数：各年 2 名以内とする。
3. 対象：SPring-8 を利活用し、平成 28 年 3 月 31 日までの間に優れた研究成果をあげた原則 35 歳以下（平成 28 年 4 月 1 日現在）の個人会員（グループでの応募は不可）。
産業界からの積極的なご推薦もお待ちしております。
4. 募集期間：平成 28 年 4 月 5 日（火）から平成 28 年 5 月 24 日（火）まで
5. 推薦要領：推薦（自薦）理由書と業績を e-mail で送付してください。
6. 書類送付先：SPring-8 ユーザー協団体事務局（users@spring8.or.jp）
7. 選考方法：SPring-8 ユーザー協団体に選考委員会を設け、厳正な審査と選考を行います。
8. 発表等：7 月中旬頃に受賞者の公表及び通知を行い、SPring-8 シンポジウム 2016（平成 28 年 8 月 29 日～30 日、関西学院大学神戸三田キャンパス）において本賞の表彰式および受賞講演を行います。
9. 担当幹事：行事幹事 木村昭夫 (akiok@hiroshima-u.ac.jp)

詳細は以下の SPRUC の HP をご覧ください。

http://www.spring8.or.jp/ext/ja/spruc/YSA_SPRUC_2016.html

[問い合わせ先] SPring-8 ユーザー協団体事務局
〒 679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1
TEL : 0791-58-0970 FAX : 0791-58-0928
e-mail : users@spring8.or.jp
<http://www.spring8.or.jp/ext/ja/spruc/>

SPring-8 シンポジウム 2016 放射光が解く環境・エネルギー問題

【趣旨抜粋】

第5回目となった本年のシンポジウムでは、関西学院大学にて開催し、放射光が解く環境・エネルギー問題と題し、持続可能な社会の実現に向けた科学技術の挑戦について、基礎科学の探求から産業応用までの幅広い放射光の利活用についての討論の場とします。学术界のみならず、産業界の研究者や技術者の参加により、将来のSPring-8の活性化に向けた議論ができることを期待しています。

【主催】 SPring-8 ユーザー協同体
(公財) 高輝度光科学研究センター
理化学研究所
関西学院大学

【日時】 平成28年8月29日(月)～30日(火)

【会場】 関西学院大学 神戸三田キャンパス
〒669-1337 兵庫県三田市学園2丁目1番地
http://www.kwansei.ac.jp/pr/pr_000373.html

【詳細情報】 <http://www.spring8.or.jp/ja/ja/science/meetings/2016/sp8sympo2016/>
プログラム等随時更新します。参加申込は6月頃開始予定。

【問い合わせ先】 SPring-8 シンポジウム 2016 事務局
(公財) 高輝度光科学研究センター 利用推進部
TEL : 0791-58-2785 FAX : 0791-58-2786
e-mail : sp8sympo2016@spring8.or.jp



SPring-8/SACLA 利用者情報 編集委員会

委員長	木下 豊彦	利用推進部
委員	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.21 No.2 MAY 2016

SPring-8/SACLA Information

発行日 平成28年(2016年)5月10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)



BL07LSUの分割型クロス・アンジュレータの全体写真。
実際には直線状に並んでいます。