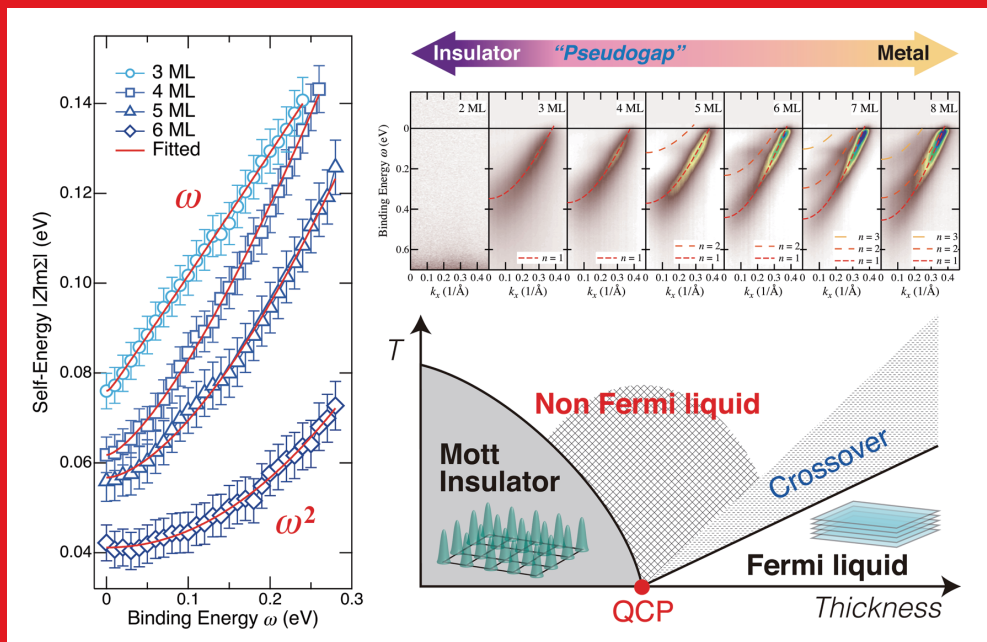
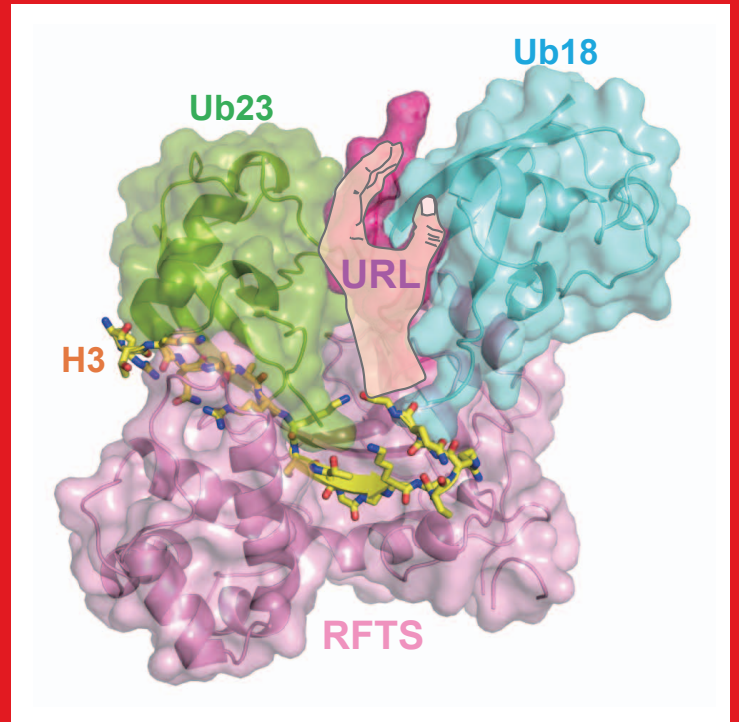
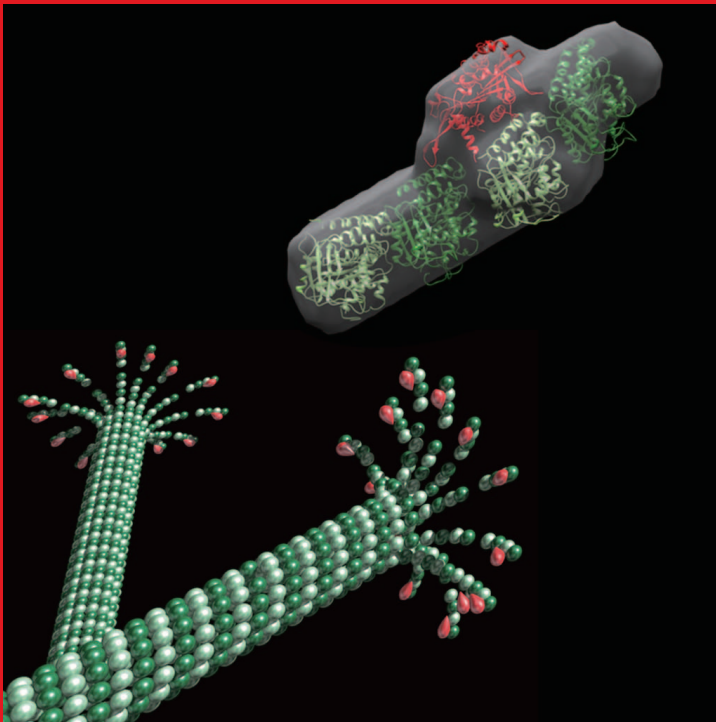


- タンパク質複合体の溶液中解析を活かす測定試料前処理系の改良
- DNMT1 RFTSドメインによるマルチプルにモノユビキチン化されたヒストンH3の認識機構
- 強相関酸化物の金属量子井戸における量子臨界的挙動



# 目 次

施設だより	村上 洋一	1
現 状		
入射器の現状	古川 和朗	2
光源の現状	小林 幸則	4
放射光科学第一, 第二研究系の現状	足立 伸一	8
最近の研究から		
タンパク質複合体の溶液中解析を活かす測定試料前処理系の改良 Improvement of Sample Preparation of Protein Complex for Analysis in Solution 小川覚之, 西條慎也, 清水伸隆, 蔣緒光, 廣川信隆		9
DNMT1 RFTSドメインによるマルチプルにモノユビキチン化されたヒストンH3の認識機構 Structural Basis for Recognition of Multiple Mono-Ubiquitylated Histone H3 by DNMT1 RFTS Domain 有田恭平		13
強相関酸化物の金属量子井戸における量子臨界的挙動 Quantum Critical Behavior in Metallic Quantum Well of Strongly Correlated Oxides 小林正起, 吉松公平, 三橋太一, 北村未歩, 坂井延寿, 湯川龍, 襲原誠人, 藤森淳, 堀場弘司, 組頭広志		17
プレスリリース		
生物由来生成酵素の分子構造情報に基づく新規生体触媒の開発～創薬に向けた合理的な生合成リデザイン的一步～		22
ミラー対称性による新型トポロジカル絶縁体を発見-高効率電子デバイスの開発に光-		22
貴金属を使わない高性能アンモニア合成触媒を開発～新しい窒素分子の活性化機構を示唆～		22
機械学習により実験計画の自動決定が可能に～「学習」と「予測」でX線スペクトル測定の高効率化に成功～		23
研究会等の開催・参加報告		
「第2回タンパク質結晶構造解析ビームライン中級者向け講習会 (今更聞けないデータ処理プログラムの使い方, 上手な回折データの取り方)」開催報告	藤間 祥子	24
「第2回タンパク質結晶構造解析ビームライン中級者向け講習会 (今更聞けないデータ処理プログラムの使い方, 上手な回折データの取り方)」参加記	鎌田 健一	25
Nanotech CUPAL 放射光利用技術入門コース粉末X線回折研修会開催記		26
物質構造科学研究所 設立20周年記念 シンポジウム「物質構造科学の過去・現在・未来」を開催		26
ユーザーとスタッフの広場		
PF滞在記; BL-28Aを利用した高熱電能の起源に迫る研究	高橋 謙太	28
PF滞在記; BL-9Aを利用した高原子価金属錯体の電子状態の解明	大下 宏美	29
防災・防火訓練を行いました	内田 佳伯, 野澤 俊介	30
PFトピックス一覧 (11月～1月)		30
PF-UAだより		
平成29年度 第1回 PF-UA幹事会・運営委員会 議事録		31
平成29年度 PF-UAの集い議事録		31
人 事		
人事異動・新人紹介		32
大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所教員公募について (依頼)		33
お知らせ		
2017年度量子ビームサイエンスフェスタ (第9回MLFシンポジウム, 第35回PFシンポジウム) 開催のお知らせ	平野 馨一, 佐野亜沙美	34
Nanotech CUPAL 研修会開催のご案内		37
Nanotech CUPAL第7回放射光利用技術入門コースX線イメージング研修会開催のお知らせ		37
産業利用促進運転について		38
平成30年度後期共同利用実験課題公募について		38
平成30年度後期 フォトン・ファクトリー研究会の募集	村上 洋一	38
予定一覧		39
運転スケジュール (April～July 2018)		40
掲示板		
PAC速報	兵藤 一行, 宇佐美徳子	41
第95回 物質構造科学研究所運営会議議事次第		43
物構研談話会		43
平成30年度後期放射光共同利用実験採択課題一覧 (G型)		44
平成30年度前期からこれまでに採択されたP型課題		47
平成29年度第2期配分結果一覧		48
編集委員会だより		52
巻末情報		53
表紙説明		
【左上】「分子モーター KIF2 が機能ドメインひとつでチューブリン2量体2分子と大きな複合体を形成し, チューブリンからなる微細管を端から脱重合する過程を表している。(最近の研究から「タンパク質複合体の溶液中解析を活かす測定試料前処理系の改良」より)		
【右上】 DNA メチル化酵素 DNMT1 とユビキチン化ヒストン H3 の複合体構造。(最近の研究から「DNMT1 RFTS ドメインによるマルチプルにモノユビキチン化されたヒストン H3 の認識機構」より)		
【下】 強相関酸化物金属量子井戸における次元性制御。金属-絶縁体転移近傍において量子臨界的挙動が出現する。(最近の研究から「強相関酸化物の金属量子井戸における量子臨界的挙動」より)		

春の陽気が待ち遠しい今日この頃、皆様には学位論文作成などで年度末を忙しく過ごされていることと存じます。第三期運転として、PFは1月18日に運転を開始し、3月20日に終了予定です。一方、PF-ARでは短時間ながらも2月に運転が行われています。今年度、PFでは年間3000時間のユーザー実験時間を何とか確保できましたが、PF-ARでは年間実験時間が2000時間に届かない状況でした。十分な実験時間を確保できず、ユーザーの皆様には、大変ご不便をお掛けしております。今後、産業利用促進を含め様々な工夫をすることにより、より多くの実験時間が確保できるように努めると共に、自動測定などによるビームタイムの効率的利用を図っていく必要があると考えています。

この約10年間で8本の挿入光源ビームライン(X線BL-1A, 3A, 15A, 17A, VUV/軟X線BL-2A/B, 13A/B, 16A, 28A/B)の改造を進めてきました。今年度からはBL-19の整備を行い、走査型透過X線顕微鏡などを配備することにより、産学連携によるイノベーション創出を推進する予定です。一方、PF-ARにおいては直接入射路が完成し、入射の自由度が増すと共に、Top-up運転も視野に入れることができるようになりました。AR-NW2AではXAFS-CT法による3次元化学状態イメージングを実現するビームライン・装置が完成し、戦略的イノベーション創造プログラムの課題である革新的構造材料分野での成果が期待されています。

### KEK ロードマップ2013 アップデート

KEKでは、関連コミュニティと密接な連携により、推進すべき研究のロードマップを5年ごとに策定してきました。現在のロードマップ2013は、2018年までの計画とされていますので、次期のKEKロードマップについて、研究推進会議で議論を行いました。その結果、2022年度から始まる第四期中期目標・中期計画に合わせて、研究戦略の本格的な再検討を行うことが適当であると判断し、今回は新たなロードマップの策定は行わず、ロードマップ2013をアップデートすることになりました。そのアップデート案がWeb上で公開され、KEK内外の関係者からのご意見を募集しました。

ロードマップの中のフォトンサイエンスの部分に関しては、最近の3 GeV高輝度光源計画の進展状況を踏まえ、下記のようにアップデート案が示されています。

#### 「フォトンサイエンス(放射光科学)

PFおよびPF-ARの安定な運転を継続し、放射光科学を推進するとともに、関係機関と連携して、3 GeVクラスの蓄積リング型高輝度光源施設の建設・運営に協力し、放射光科学の画期的進展を実現する。また、将来のKEK独自の新型放射光源計画を策定し実現を目指す。」

PFでは、PF-UAからの全面的な協力を得て、2016年10月にはボトムアップの提案を基に作られた最先端放射光施設(KEK放射光)の概念設計書を作成しました。これに

対し、Machine Advisory Committeeからは技術的評価をして頂き、多くの有意義なアドバイスを頂きました。また、放射光学会には特別委員会を設置して頂き、大変貴重な助言を意見書という形で頂いています。Committeeメンバー、放射光学会特別委員会委員の皆様には、多くの時間を割いて頂き、また率直なご意見を頂きましたことに、深く感謝致します。今後は上記のKEKロードマップ2013アップデートに基づき、「KEK独自の新型放射光源計画」として、KEK放射光の検討をさらに進めていきたいと考えています。日本全体の放射光科学のグランドデザインを考慮し、必要に応じてKEK放射光の内容や位置付けを常に見直ししながら、PF将来計画の着実な実現に向けて最大限の努力をしていきたいと思っております。そのためには、全日本的な連携・協力体制を構築・強化すると共に、現施設であるPFとPF-ARの整備・運営を安定的に行っていく必要があると考えています。

### 来年度以降の執行部体制

来年度よりKEKと物構研で新しい執行部体制がスタートします。KEK機構長は現機構長の山内正則氏が再任され、本年4月から3年間の任期を務められます。昨年11月21日に開催されました教育研究評議会では、物構研所長として現自然科学研究機構・分子科学研究所の小杉信博氏、素核研所長として徳宿克夫氏、加速器研究施設長として山口誠哉氏、共通基盤研究施設長として佐々木慎一氏、J-PARCセンター長として齊藤直人氏が選任されました。また、1月12日に開催されました物構研運営会議では、物構研副所長として瀬戸秀紀氏と足立伸一氏が選任されました。今後、2月19日の物構研運営会議において、物構研の各研究系主幹と技術調整役および技術副主幹が選任される予定です。昨今、KEKでは大学同様、予算面で大変厳しい状況が続いていますが、PFが大学共同利用機関の施設として持続的に発展していくように、新執行部が采配を振るって頂けるものと期待しています。

さて、月日の経つのは早いもので、この3月でPF施設長を2期6年間にわたり務めさせて頂きました。この施設だよりを書かせて頂くのもこれが最後になります。6年間を振り返ってみますと、PF施設長としての役割を十分に果たせたかどうか、大変心許ない限りです。特に、PF将来計画に関しては、ERLから方向転換してKEK放射光を推進して来ましたが、多くの方々のご支援にも関わらず、これを安定軌道に乗せることができなかったことは、慚愧に堪えません。またPF運営に関しましても、大変厳しい状況下において支え続けて頂きましたPFスタッフとPF-UAの皆様には、心より感謝いたします。PFユーザーの皆様におかれましては、今後ともPFへのご指導ご鞭撻をどうぞ宜しくお願い申し上げます。

## 入射器の現状

加速器第五研究系研究主幹 古川和朗  
(2018年2月19日付け)

### 概要

3月8日よりダンピング・リングの試験運転が無事始まっており、入射器とダンピング・リング接続部に位置するエネルギー圧縮装置とバンチ圧縮装置についても、所定の性能の確認が進行している。これらのビーム特性の変換装置については、そのマイクロ波導波管の工作と完成図書の齟齬が10月に見つかり、運転への影響が心配されたが、再製作の上、12月中旬に設置を終え、ダンピング・リング建設作業の合間を縫って大出力コンディショニングを行うことができた。1月18日からのPF入射や2月5日からのPF-ARへの入射と、SuperKEKBに向けたビーム開発も順調に進めることができた。正月前後の短期の運転停止期間には、陽電子捕獲装置内のブリッジ・コイルの運用に向けた電源への交換も終わった。今後、ダンピング・リングを通した低エミッタンス陽電子ビームの調整を終えた上で、フェーズ2・コミショニングを進めて最初の電子・陽電子衝突を目指すことになる。

### 複数蓄積リングの入射に向けたビーム開発

ダンピング・リングやSuperKEKBのフェーズ2入射に向けて、事前に要求仕様を満たしたビームの準備が必要となる。一方、並行して放射光施設への入射を行うため、工夫が必要となる。近い将来行われる4リング同時入射に関しては、電子銃ビームラインの切り替えなど、全ての機構が揃っているわけではない。それでも、50 Hzでビーム・

パラメータを切り替えるための、マイクロ波・電磁石・制御・診断などの仕組みの構築に取り組んでおり、装置や制御ソフトウェアの試験も進展させてきた。今期から運用を始めた64台のパルス電磁石も貢献を始めている。そこで、この同時入射の機構を積極的にビーム開発にも利用している。

図1には、試験用7 GeV電子ビーム、試験用陽電子ビーム、PF向け2.5 GeV入射ビーム、PF-AR向け6.5 GeV入射ビームを同時に加速している際のビームの水平・垂直位置と電荷を示している。例えば、放射光リング入射を行いながら、陽電子生成フラックス・コンセントレータの耐久試験と電子ビームの低エミッタンス化試験などを並行して行うことができる。

現在は、連続入射を優先的に行っているわけではないが、ビーム開発の内容によっては干渉が小さく、数日間連続的にPFへの入射ができる場合もある。その間にはPF-ARへの入射も同時並行に行われるので、放射光実験へ貢献できている。

### マイクロ波システムの更新

電子や陽電子を加速するための電場は、入射器においては高電力のマイクロ波によってもたらされている。Sバンド(2856 MHz)のマイクロ波が、精度の高い加速管の中で方向を整えられ、バンチ化された電子や陽電子のビームの塊を加速することになる。1つの大電力マイクロ波源から約2 mの加速管4本にマイクロ波が供給される。大電力マイクロ波源は、40 kVの高電圧パルスを50 Hzで発生する大電力パルスモジュレータ、中電力のマイクロ波を10万倍ほど増幅する40 MWクライストロン、4  $\mu$ sの40 MWマイクロ波パルスを1  $\mu$ sに圧縮し、出力を増倍するSLED(マイクロ波パルス圧縮器)などから構成される。これらのマイクロ波発生装置はビーム運転中であっても軽度の保守作業の可能性を確保するために、地上部のクライストロン・ギャラリに設置されている。角型導波管を通じて地下にマイクロ波が導かれると、加速管を通過するビームを約20MV/mの実効加速電場で加速する。

入射器には60台の大電力マイクロ波源が設置されており、それらが協調して動作し、電子を2.5–7 GeV、陽電子を4 GeVに加速し、4つの蓄積リング型加速器に入射する。それらの入射ビームの加減速を50 Hzのパルス毎に切り替えるために、マイクロ波の位相を変更する必要があるが、大電力での位相の変更は困難なため、小電力で位相を変更し、中電力、大電力と増幅する。そのため、60台の大電力マイクロ波源の内、3分の1は独立に小電力で位相を制

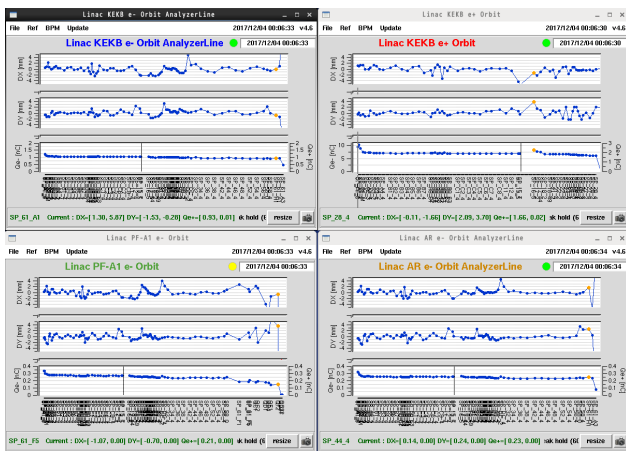


図1 左上から右へ、試験用7 GeV電子ビーム、SuperKEKB向け陽電子ビーム、PF向け2.5 GeV入射ビーム、PF-AR向け6.5 GeV入射ビームを、同時入射機構を用いて加速している様子。それぞれ、上からビームの水平・垂直位置とバンチ当たり電荷を表す。



図2 入射器クライストロン・ギャラリに設置されている大電力パルスモジュール電源とクライストロン。

御し、自由にマイクロ波を調整できるように構成されている。残りの3分の2については数台から8台までの大電力マイクロ波源が中電力のマイクロ波を共有し、まとめて制御されることになる。

以前のKEKB計画においては、入射ビーム特性に対する要求精度が高くなかったため、マイクロ波制御について

の高い精度は要求されなかった。しかし、SuperKEKB計画においては、大電流にもかかわらず数十分の1の低エミッタンスが要求されるため、精度が高く安定なマイクロ波制御が必要とされている。また、ダンピング・リングが増設されるため、既存の複数のエネルギー調節機構に加えて、ダンピング・リング入射エネルギーの調節機構や、エネルギー圧縮装置とバンチ圧縮装置が設置されるため、それぞれ独立なマイクロ波制御の増設が必要となる(図3)。一方、陽電子捕獲装置の増強やパルス電磁石装置、ダンピング・リングの一部の装置などギャラリに設置される装置が増えたため、大きな面積を必要とする旧型の大電力パルスモジュールを約3分の1の面積となる新型のインバータ方式のモジュールに更新した。

このように、SuperKEKB計画に向けたマイクロ波発生装置は大幅な改造を求められることになった。ところで、SuperKEKBのビーム運転は4リング同時入射など高度化しており、パルス毎に切り換えられるビームの入射先に応じて、それぞれのマイクロ波発生装置の動作点は異なり、それぞれ安定な動作が必要とされるため、常時監視することが必須となっている。そのような環境下においても、高度になったマイクロ波システムの信頼性を維持するために、パルス毎のマイクロ波の監視機構も整備されている。

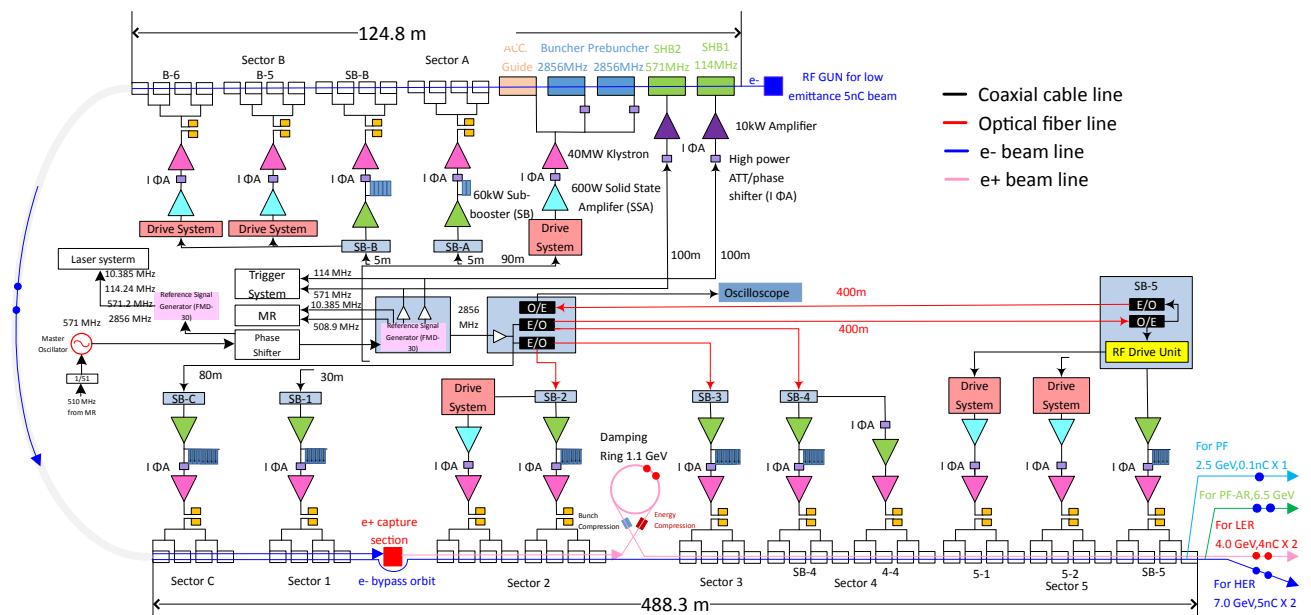


図3 入射器の小電力マイクロ波配信の概念図。薄赤色の箱で示した独立のマイクロ波制御部分(Drive System)が必要に応じて増設され、運転管理は高度化している。

光源リング秋の立ち上げ状況

PF リングは、10月30日(月)9:00から運転を再開した。立ち上げから11月9日(木)9:00までの蓄積電流値の推移を図1に示す。セプタムII真空チャンバー内の冷却水漏れ対策のため、上流に設置した光アブソーバの影響で、ビーム入射・蓄積がうまくいかどうか懸念されていたが、キッカー電磁石のパラメータ調整だけで入射・蓄積が可能となった。そのため、アブソーバの挿入長を変更する真空作業は行なわないこととした。入射効率は5 Hzで0.5 mA/s程度で前期と同程度を達成している。立ち上げ時ビーム不安定性抑制のためのパンチごとフィードバックシステムに使用している高周波アンプ2台のうち1台が故障した。予備のアンプも故障していたため、急遽シングルパンチ運転で純化のために使用していたアンプを転用した。立ち上げ調整時からの真空焼き出しの状況を図2に示す。2017年11月8日17時の時点で、積分電流値は69 A·h、蓄積電流値とビーム寿命の積  $I\cdot\tau$  は250 A·min となってい

る。VW#14の真空ダクト更新に伴う真空作業のため、周辺の真空度の回復が思いのほか遅い。図2のグラフから、夏期停止前の  $I\cdot\tau$  380 A·min に到達するのは、積分電流値 ~100 A·h になるあたりと見込まれ、到達日は11月12日頃(8 A·h/dayで焼出した場合)と予想された。ユーザ運転開始日の11月6日の時点ではビーム寿命が短かったため、1日3回入射の予定を変更し、8:30, 14:30, 20:30, 2:30の6時間おき、1日4回入射にすることとした。ビーム寿命の回復状況に応じて、1日3回入射に戻した。

PF-ARは、11月6日(月)9:00から運転を再開した。立ち上げから11月9日(木)9:00までの約3日間の蓄積電流値の推移を図3に、立ち上げ調整時からの真空焼き出しの状況を図4に示す。立ち上げ前のリング内点検で偏向電磁石の冷却水ゴムホースから水漏れを発見したので、急遽交換作業を行った。ゴムホースはAR高度化改造時に交換したものですでに17年以上経過し、老朽化による水漏れと思われる。作業終了後、入射路のビーム調整を開始し、

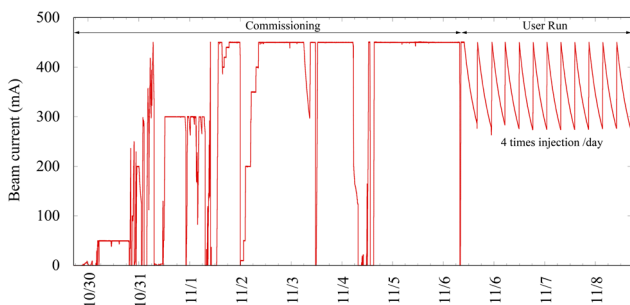


図1 PF リングにおける10月30日9:00から11月9日9:00蓄積電流値の推移を示す。11月6日9:00過ぎからユーザ運転が再開された。

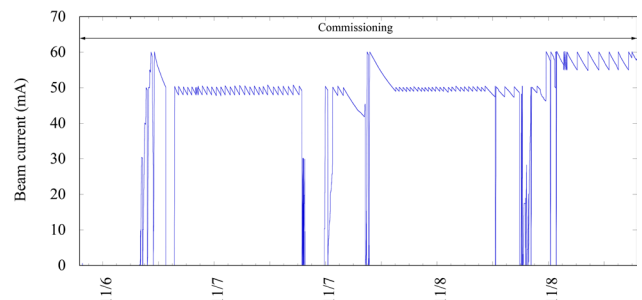


図3 PF-ARにおける11月6日9:00から11月9日9:00蓄積電流値の推移を示す。11月10日9:00過ぎからユーザ運転が再開された。

PF-ring光焼出し状況

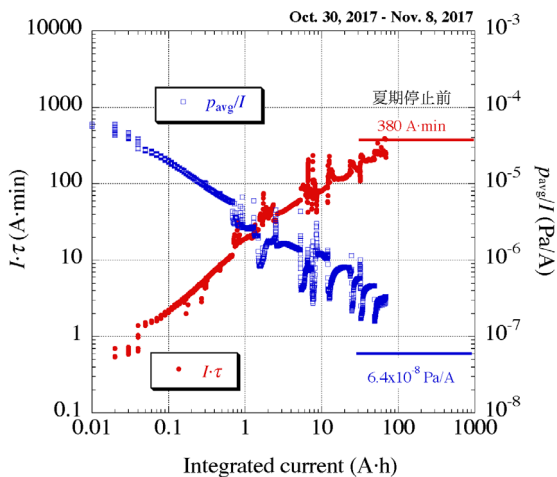


図2 PF リングにおける立ち上げ調整開始日10月30日から11月8日までの真空焼き出しの状況

PF-AR光焼出し状況

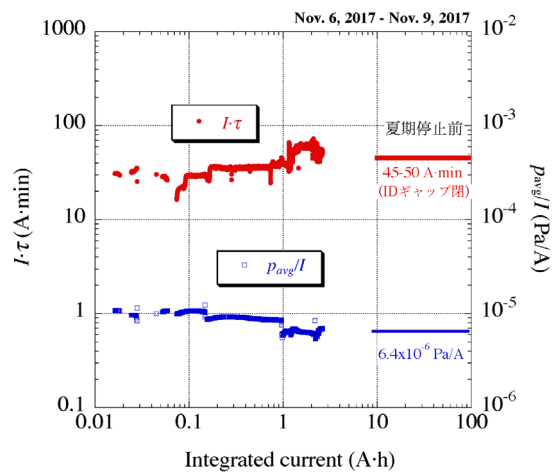


図4 PF-ARにおける立ち上げ調整開始日11月6日から11月9日までの真空焼き出しの状況

入射・蓄積は順調に行われた。今回は休止期間から立上げ期間を通じて特に BPM 測定回路の点検と調整を重点的にを行い、COD 計測の安定性と分解能の改善を図った。その結果、放射光ビームラインの光軸と真空封止アンジュレータの軌道の調整も良好に進められた。図 4 の真空焼き出し状況より、2017 年 11 月 9 日 3 時の時点で、積分電流値は 2.6 A・h、蓄積電流値とビーム寿命の積  $I\cdot\tau$  は 54 A・min となっている。停止期間中に行った RF 空洞周辺の真空作業の影響は小さく、 $I\cdot\tau$  はすでにほぼ夏期停止前の値まで回復した。

### 光源リングの運転状況

PF リングの立ち上げ後 11 月 9 日 (木) 9:00 から 12 月 27 日 (水) 9:00 までの蓄積電流値の推移を図 5 に示す。11 月 24 日 (金) 9:00 から 11 月 30 日 9:00 までの 6 日間は、ハイブリッドモードでのトップアップ運転を実施した。停止期間中に交換した超伝導ウィグラー (VW14) の真空ダクト付近で急激に真空が悪化したため、シングルバンチ電流値を通常の 50 mA から 30 mA に減らしてユーザ運転することとした。急激な真空悪化については、次節に記述する。ハイブリッドモード運転中に、PF-AR でキッカー電磁石電源のトラブルによる再入射が頻発したため、例年に比べて連続入射の中断が多発した。さらに、11 月 24 日の準夜あたりから、小型電磁石電源制御系の不具合によるビーム軌道変動が頻発した。翌日 25 日の 19 時頃に軌道がずれたまま元に戻らなくなったため、20:50 にユーザ実験を中断し、ビームを落として制御系 VME ボードのコネクタ抜き差しを実施した。21:56 のユーザ運転再開後は一度だけ軌道変動が見られたが、ビーム変動の頻度は格段に減った。

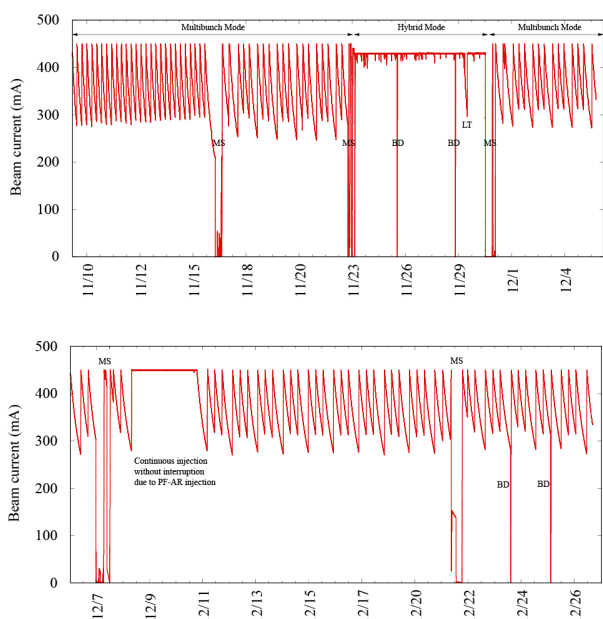


図 5 PF リングにおける 11 月 9 日から 12 月 27 日までの蓄積電流値の推移を示す。11 月 24 日 (金) 9:00 から 11 月 30 日 9:00 までの 6 日間は、ハイブリッドモードでのトップアップ運転。LT は入射器トラブル、MS はマシン調整日、BD はビームダンプを示す。

対処として、11 月 30 日のメンテナンス時に VME 制御系の一部を更新した。更新後ビーム軌道変動は発生しなかった。11 月 28 日 20:08 にビームライン BL14 のインターロックでビームダンプが発生した。インターロック制御系のリセットで復旧し、20:55 にユーザ運転を再開した。インターロック不具合の原因は不明であるが、再発はなかった。PF リングでは入射器の協力の下、12 月 8 日 (金) 17:00 ~ 12 月 11 日 (月) 9:00 までの約 3 日間連続入射によるユーザ運転が行われた。この期間 PF-AR の定時入射 (1 日 3 回) も行われていたが、2 リング同時入射が可能になったことから、PF-AR 入射時に起こっていた PF リングへのビーム入射中断はなくなり、ほぼ一定電流値 450 mA を維持できるようになった。12 月 23 日と 25 日にビームダンプが 2 回発生した。原因は入射用キッカー電磁石 1 台の電源が、過電圧インターロックが動作し OFF になり、入射バンパが形成されず残り 2 台のキッカー電磁石で蓄積ビームを蹴り落としたためであると判明した。インターロックはリセットで解除可能であったことから、すぐに ON にして入射を再開した。その後は、入射開始前に電源の状態を確認し、OFF になっていた場合はリセットで ON にしてから、入射を開始することで対処した。過電圧インターロックが動作する原因調査は冬の停止期間中に行い、原因を突き止め手当てして解決した。

PF-AR における 11 月 9 日 (木) 9:00 から 12 月 27 日 (水) 9:00 までの蓄積電流値の推移を図 6 に示す。ダストトラップによる寿命急落による再入射は、11 月 21 日の未明、11 月 24 日の未明、11 月 29 日の夕方、12 月 1 日の朝、12 月 2 日の朝の計 5 回発生した。また 11 月 23 日から 27 日にかけて、キッカー電磁石電源の誤動作ビームロス、ビームダンプが頻発した (図 6 下)。当初ビームロスの原因がつかめず、25 日朝より初期電流値を 60 mA から 50 mA に下げて運転を行ったが全く頻度が減らないため、ダストトラップによるビームロスではないことがわかり、他の原因を調査したところ、蓄積中に入射用キッカー電磁石のミスファイアが発生していることが原因と判明した。入射時以外はキッカー電源を OFF にしてミスファイアを防止した結果、ビームロスの頻発は解消した。11 月 30 日の保守時にメーカーとともにキッカー電磁石電源の調査を行ったものの、電源自体に異常はみられなかった。トリガー系に電氣的ノイズが混入してミスファイアしている可能性が高く、たとえばトリガー信号の光伝送の活用などでこの課題を解決する予定である。この問題については、冬の停止期間中に原因調査を行ったが、ビーム停止状態では現象は再現せず、原因の特定には至っていない。電源自体には異常はなさそうであるが、とりあえずトリガー系の伝送線にフェライトコアを追加することでノイズ対策を施した。

11 月 30 日のマシンスタディ時に、真空封止型アンジュレータのギャップを閉じた入射を実施した (通常入射時はギャップを全開にしている)。前期の試験では、一部のアンジュレータのギャップを閉じると入射効率が落ちるということがあったが、今回の試験ではすべてのアンジュレー

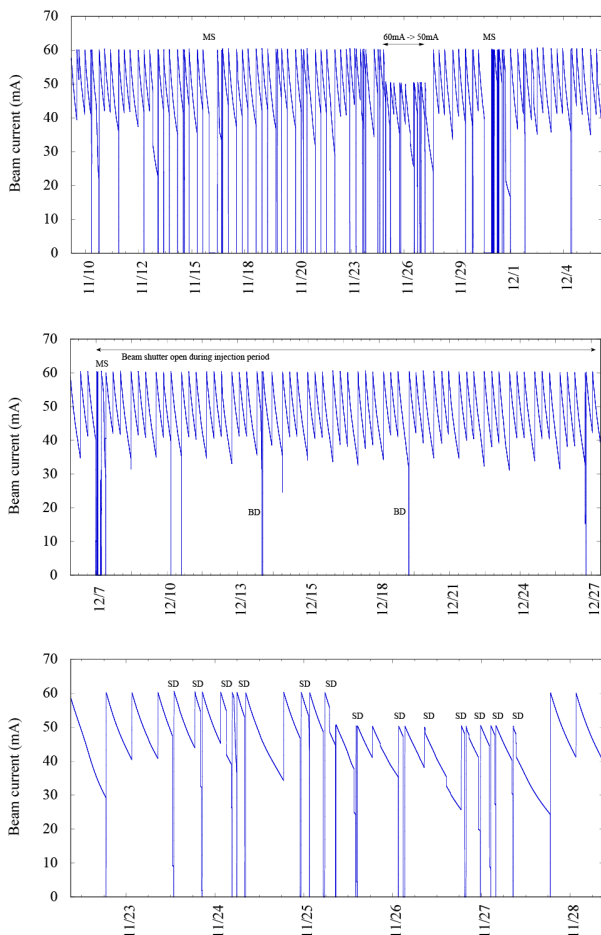


図6 PF-ARリングにおける11月9日から12月27日までの蓄積電流値の推移を示す(上, 中図)。11月23日から11月27日まで(下図)は、キッカー電磁石電源誤動作によるビームロスが頻発した。MSはマシン調整日, SDはビームロス・再入射を示す。

タを最小ギャップにしても、入射効率にはほぼ影響がないことを確認した。12月7日には、アンジュレータのギャップを閉じ、ビームシャッター(MBS)を開いたまま入射を行い、ビームライン側で放射線サーベイを実施した。放射線サーベイに特に問題はなく、12月8日よりPF-ARもPFリングと同様にMBS開での入射が許可された。安全系インターロックの整備も含めPF-ARとしてはトップアップ運転開始の準備がほぼ完了した。しかし、不手際で一部のアンジュレータのギャップを最小ギャップにせず放射線サーベイを行ったため、今年2月の立ち上げ時に再度すべての真空封止型アンジュレータを最小ギャップにして放射線サーベイを実施することとした。

12月8日(金)よりPF-ARもPFリングと同様にメインビームシャッター(MBS)開での入射が許可されて、ユーザ運転を行った。ユーザ運転は概ね順調に推移した。基本的に積み上げ入射を行っているが、ビーム寿命急落が起こった場合は、ダストをトラップした可能性があるため、ビームを一旦捨ててゼロから入射することになっている。12月13日と12月19日にビームダンプが発生した。13日はビームラインNE#7でMBSがタイムアウトで開かなか

ったためと判明した。動作確認を行い、特に問題がないことがわかったため、ユーザ運転を再開した。その後再発は起こらなかった。19日は1台のステアリング電源が故障したため、ビームをダンプして予備の電源と交換する作業を行ったことによる。

両リングとも冬の停止期間中には大きな作業は行わず、冬の運転再開はPFリングが1月18日(木)9:00、PF-ARが2月5日(月)9:00を予定している。

### ハイブリッドモード運転中のVW14上流部真空悪化について

11月23日(木)にハイブリッドモードの調整が行われ、12:09ごろに450 mA(マルチバンチ400 mA, 単バンチ50 mA)蓄積が完了した時点では、VW14上流部の真空計 bag132 の圧力は  $3.8 \times 10^{-6}$  Pa 程度であった。PF-AR 入射のためトップアップ入射を中断し、13:01 ごろトップアップ入射再開後に bag132 の圧力が  $8.5 \times 10^{-5}$  Pa まで急激に圧力上昇した(図7)。

リング内に入域して真空悪化の原因調査を行ったところ、VW14上流部の可動アブソーバ付ダクト及びVW14につながるペローズダクトで発熱が確認できた。可動アブソーバ付ダクトが50°C程度、ペローズダクトが60°C程度の温度であった(図8:サーモグラフィー画像では40°C以下という表示になっているが、これは光沢のある金属表面の温度が低めに計測されたため)。VW14上流部ダクト全体を空冷するためのファンがあるため、空冷ファンの追加設置などは行わずに運転を再開した。運転再開後は bag132 の圧力上昇の状況を見ながら、ハイブリッドの単バンチ電流を40 mA, 30 mA と減らしていき、マルチバンチ400 mA, 単バンチ30 mA の合計430 mA で運転が可能と判断した(図9)。図10にハイブリッドモード運転時(マルチバンチ400 mA, 単バンチ30 mA)の真空棒グラフ、図11に今回のハイブリッドモード運転時(前後1日ずつ含めた9日間)の圧力の推移を示す。

VW14の真空ダクト更新後初めてのハイブリッド運転で、シングルバンチ電流によるビームダクトの発熱がガス放出増加の原因と考えられ、ビーム運転による真空焼き出しを続けることによって圧力には着実な改善がみられた。

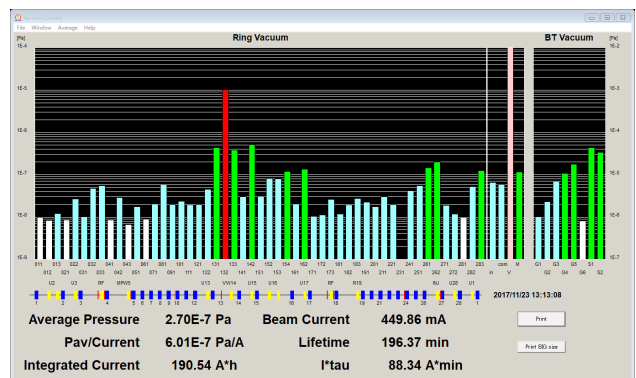


図7 bag132の急激な圧力上昇(最大  $8.5 \times 10^{-5}$  Pa まで上昇)



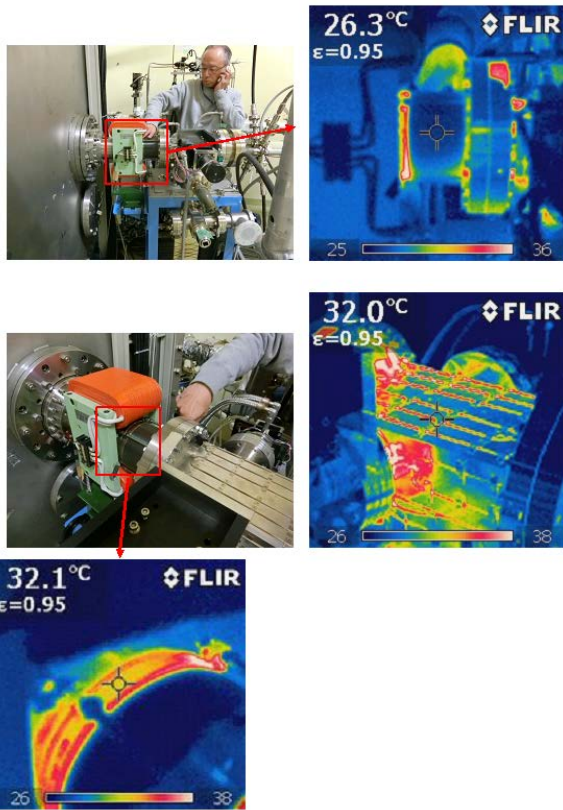


図8 VW14上流部ダクトのサーモグラフィー画像

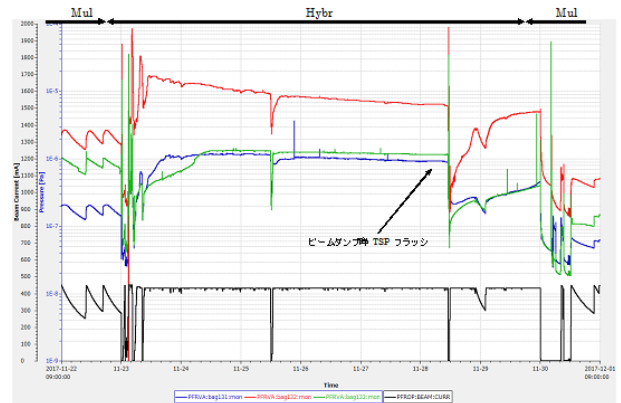


図11 ハイブリッドモード運転時の圧力の推移

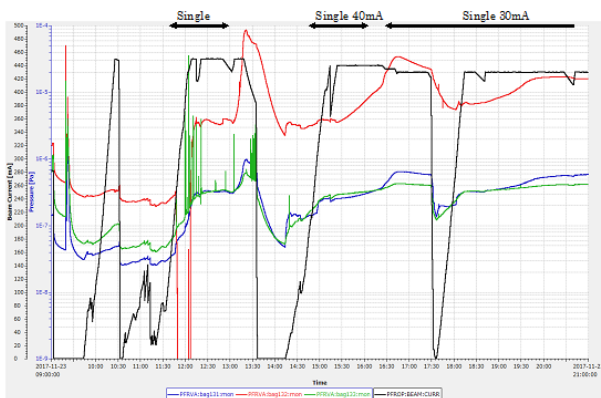


図9 単バンチ電流値と bag132 圧力の様子

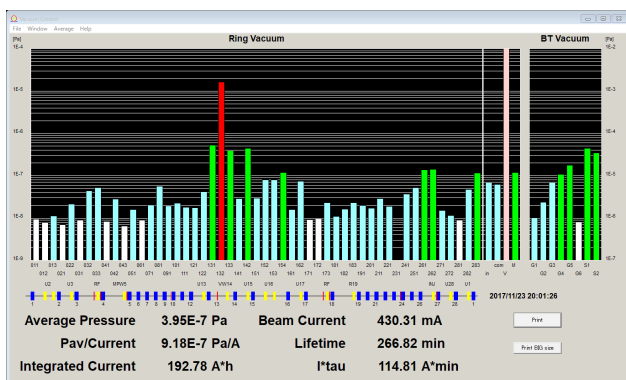


図10 ハイブリッドモード運転時（マルチバンチ 400 mA，単バンチ 30 mA）の真空棒グラフ

### PF および PF-AR の運転状況とスケジュール

PF の 2017 年度第 2 期 (11 ~ 12 月) のユーザー運転は、予定通り 12 月 27 日 (水) に終了しました。今年度は KEKB アップグレードに伴う入射器の大規模改修工事のために、PF および PF-AR は 5 月中旬から 10 月下旬まで約 5 ヶ月に渡り長期停止しました。そのため、11 月以降の運転スケジュールは、残りの期間でなるべく長いビームタイムを確保するために、例年に比べてかなりタイトなスケジュールとなっています。クリスマスにも運転し、仕事納め前日に終了するという、例年になく慌ただしい年末の運転となりました。

年が明けて 1 月には、8 ~ 10 日の 3 日間に渡って、恒例の日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムがエポカルつくばで開催され、PF がホスト機関を務めました。実行委員長の村上施設長をはじめとして、PF スタッフを中心に編成された実行委員会メンバーが、精力的に学会年会の運営に当たりました。実行委員一丸となった学会年会運営は、大変良く組織されており、改めて PF スタッフの実務能力の高さを感じさせるものでした。現場を統括した実行副委員長の清水准教授をはじめとして、年会運営に関わったスタッフ、秘書、関係者の皆さんを労いたいと思います。その後、休む間もなく入射器の立ち上げがスタートし、PF の立ち上げ調整、光軸確認を経て、1 月 23 日から 2017 年度第 3 期の PF ユーザー運転が始まりました。PF の運転は年度末の 3 月 20 日まで続く予定です。(ただし、量子ビームサイエンスフェスタの期間 (3 月 2 ~ 4 日) は、運転停止となります。)

一方、PF-AR については、年度当初は運転経費の不足により、第 3 期の運転時間が確保できていませんでしたが、その後、物構研と機構からの追加予算により、約 2 週間 (2 月 7 日 ~ 2 月 23 日) のユーザー運転を実施することになりました。短期間ではありますが、折角の追加予算で確保できたビームタイムですので、ぜひ有効に活用していただければと思います。

2018 年度は、2017 年度のような 5 ヶ月に渡る長期停止期間は予定されていません。第 1 期はゴールデン・ウィーク明けの 5 ~ 6 月、第 2 期は夏期シャットダウン明けの 11 ~ 12 月、第 3 期は 1 ~ 3 月の運転スケジュールを想定しています。詳細なスケジュールが決まりましたら、適宜 PF ホームページにてお知らせします。特に、ユーザーの皆さんが気にかけておられるトップアップ運転の再開予定ですが、加速器の準備が順調に進めば、2018 年の夏期シャットダウン中に KEK 全リングへの同時入射システムの整備を完了し、11 月以降の第 2 期からは、PF および PF-AR のトップアップ運転を開始 (もしくは再開) する予定です。2018 年度予算も引き続き厳しい状況ですが、

可能な限りビームタイムの確保に努めて参ります。最近の予算状況や今後のビームタイムスケジュールについては、3 月に開催される PF シンポジウムでもご説明させていただきます。

### ビームラインの改造、立ち上げ状況

次はビームラインの改造、立ち上げ状況に関する情報です。PF の機能強化のための重点支援事業として「放射光施設ビームラインを活用した産業界等におけるイノベーション創出の推進」が採択されていることを以前にお知らせしましたが、この運営費交付金を原資として、BL-19 の全面更新作業を進めています。このビームラインでは、軟 X 線領域の変調偏光アンジュレータを光源とし、2 つのブランチのうちの片方に走査型透過 X 線顕微鏡 (STXM) の設置、もう片方をフリーポートとするという計画となっています。上記運交金によりアンジュレータ光源の導入を行っていますが、さらにこの BL-19 の全面更新にあたっては、平成 29 年度採択の新学術領域「水惑星学の創成」(領域代表者・東京大学 関根康人先生) による科研費補助金が導入され、主にビームラインコンポーネントの整備が進むこととなりました。これにより、当初の建設予定を大幅に前倒して、平成 30 年度中にビームラインコミッショニングを開始し、立ち上げが順調に進めば、平成 30 年度中の共同利用開始を目指しています。

また、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) プロジェクト (KEK 代表者: 木村正雄教授) の研究資金により、AR の NW2A に大型 X 線顕微鏡装置が導入されました。この装置はミクロンオーダーに整形された試料の 3 次元トモグラフィーを行いながら、X 線エネルギーを走査する XAFS-CT と呼ばれる計測を実現するものです。例えば、航空機に使用されている炭素繊維強化プラスチック (CFRP) などの構造材料の破壊過程のメカニズムを XAFS 情報とともに可視化することができる、これまでにない計測ツールです。すでに試験的な試料を用いた計測で、構造材料の破壊過程に関する興味深いイメージング画像が得られており、今後、様々な計測に利用されることが期待されます。

### 人事異動

2016 年 10 月から構造生物学研究センターの研究支援員として、主に小角散乱ビームラインのお世話をしてくださっていた米澤健人さんは、2018 年 1 月 1 日付けで、放射光科学第二研究系の研究員として着任されました。引き続き、小角散乱ビームラインを活用した共同利用実験等で活躍いただけることを期待します。

## タンパク質複合体の溶液中解析を活かす測定試料前処理系の改良

小川覚之<sup>1</sup>, 西條慎也<sup>2</sup>, 清水伸隆<sup>2</sup>, 蔣緒光<sup>1</sup>, 廣川信隆<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学・大学院医学系研究科・細胞生物学解剖学／分子構造動態病態学講座

<sup>2</sup> 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所

### Improvement of Sample Preparation of Protein Complex for Analysis in Solution

Tadayuki OGAWA<sup>1</sup>, Shinya SAIJO<sup>2</sup>, Nobutaka SHIMIZU<sup>2</sup>, Xuguang JIANG<sup>1</sup>, and Nobutaka HIROKAWA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Cell Biology and Anatomy, University of Tokyo, Graduate School of Medicine,

<sup>2</sup> Photon Factory, Institute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research Organization

#### Abstract

細胞の骨格である微小管は伸び縮み（重合・脱重合）が制御されており、この要となるタンパク質が KIF2 である。我々は KIF2 による微小管の脱重合がどのような秩序立った機構により駆動されているのか明らかにするため、脱重合反応の溶液中解析を行なった。我々はサイズ排除クロマトグラフィーの改良に加え、分子量を正確に求めるために多種測定法によるクロスチェックを行ない、効果的に X線小角散乱解析を行なうことができた。

#### 1. はじめに

生命機能を支えるタンパク質は、その機能を細胞質中すなわち溶液中において発揮する。よってタンパク質が働く溶液環境においてその振る舞いを解析することは、基礎研究のみならず抗体医薬をはじめとする臨床研究においても極めて重要なことである。そこで本稿では、我々の研究室が対象とするタンパク質複合体試料を用いて、どのように溶液解析を進めたのか、測定に適した試料調整、測定法の選択や多種の測定法によるクロスチェックの重要性などについて PF ユーザー目線からレポートする。

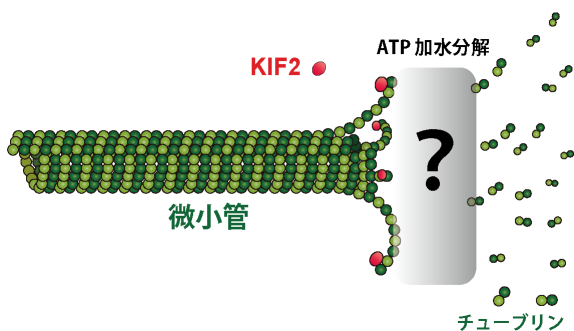
#### 2. 背景

我々の研究室では、細胞の骨格である微小管とそれに作用する分子モーターであるキネシンの機能や作動機構を研究対象とし、細胞内の物質輸送や細胞骨格制御の視点から神経細胞の機能メカニズムに迫る研究を進めてきた。微小

管はチューブリンという約 103kDa のヘテロ 2 量体が重合した管状の構造で (Fig. 1), 細胞内で細胞の骨格として、またキネシンなど物質輸送モーター分子のレールとして機能する。多くのキネシンは微小管に沿って荷物を運ぶ「運び屋モーター」である [1] が、KIF2 というキネシンはその微小管を端から脱重合する特異な活性をもつ「解体屋モーター」である [2]。微小管の重合・脱重合は神経細胞の突起伸長・退縮や細胞分裂における紡錘糸の短縮など生命の根幹となる反応であり、その制御機構の破綻は神経変性疾患や細胞分裂異常による癌の形成など多くの疾患の原因となる。しかし KIF2 による微小管の脱重合反応がどのような秩序立った機構により駆動されているのかについてはこれまで不明であった (Fig. 1)。そこで我々はこの機構を明らかにするために、脱重合反応溶液中の KIF2 とチューブリンの動態を詳細に解析した。

#### 3. 測定試料の準備

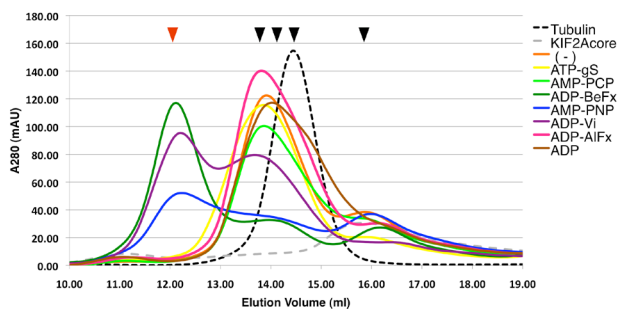
微小管が正しく短くなる（脱重合）ためには管の途中ではなく「先端から」短くなる必要があり、しかもその反応は微小管に比べて「少数の」KIF2 によって「効率良く」進められる必要がある (Fig. 1)。我々はこれまで、KIF2 がチューブリンと結合しやすい表面構造を持っていること [2], 細胞内で KIF2 の微小管脱重合活性は各種キナーゼによる特異的な KIF2 の部位がリン酸化により活性が制御されチューブリンとのアフィニティーが変化すること [3] などを明らかにしてきた。そこで我々はまず、KIF2 とチューブリンのアフィニティー・複合体形成能について、サイズ排除クロマトグラフィー法 (SEC: Size Exclusion Chromatography) による解析を試みた。微小管の脱重合反



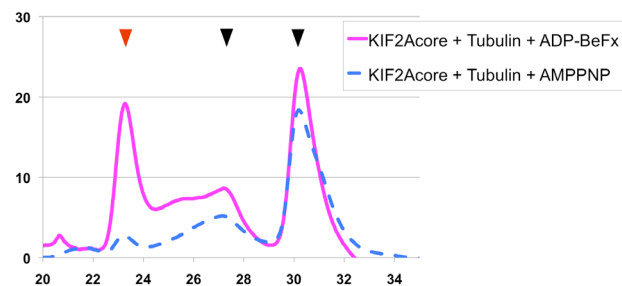
**Figure 1** Microtubules (MTs) are dynamic polymer cytoskeletons that are composed of  $\alpha$ - and  $\beta$ -tubulin dimers. KIF2 Catalytically Depolymerizes MTs from the peeled end.

応は KIF2 による ATP の加水分解を伴うことから、ATP 加水分解の各段階を模した ATP アナログを使用して脱重合途中の KIF2 とチューブリンの複合体をつくり、KIF2-チューブリン複合体のサイズ変化を調べた。はじめに広範囲の分画能を持つ汎用的な SEC カラム、Superdex 200 10/300 (GE healthcare) を用いた。SEC 上では分子サイズが大きくなると、ピークが左に（早い保持時間側に）シフトしてゆくが、カラム 1 本ではシフトしたピークが近接しており、分離が十分ではなかった (Fig. 2)。我々がこの実験に用いた KIF2 のモノドメインが 51 KDa、チューブリン 2 量体が 103 KDa であり、理論上その 1:1 複合体は 154 KDa、1:2 であれば 257 KDa、2:2 であれば 308 KDa の分子量をもつ計算になり、多様な分子種が近い領域に近接して分布する可能性がある。特に遷移状態で出現する大きな複合体のピーク (Fig. 2 中の赤色矢頭) には他のピークが重なってしまうため、カラム 1 本の分離能ではこれらを単分散試料として分取することができないことがわかった。一般に溶液散乱法によって分子サイズを決定するためには、その試料が単分散であることが必要であり、この分離条件ではその要求を満たす溶液試料を調整できないため、正確な測定ができないことになる。

そこで我々は Superdex 200 カラムを二本連結してカラムを長くし、分離能を高めることにした。一般にカラムを長くすると分離は良くなるのであるが、その反面カラム圧も高くなり、結果として分離に要する時間が長くなってしまふ。特にタンパク質複合体など不安定な構造や平衡関係にある試料の測定において、分離時間が長いことは分離自体や分離後の試料および測定に悪影響を及ぼす。しかし時を同じくして Superdex 200 Increase カラムの限界圧が 3.0 MPa まで向上したこともあり、カラムを 2 本連結しても通常のバッファーであれば 0.4 ml/min 程度の流速で分離ができる高分離 SEC システム (HiRes SEC) をつくることができた (Fig. 3, ピーク間が広がり、赤色矢頭のピークへの重なりが減った)。これによってカラムを 2 本連結した SEC のもとで試料の分離分解能は向上し、測定試料を現実的な時間内に単分散の集団に分離できるようになった。これは SEC による詳細な分析のみならず、試料の単分散性を要求する多角度光散乱 (MALS) 測定や X 線小角散乱



**Figure 2** Size distribution of the KIF2-tubulin complex and its components in various nucleotide states, separated on a single Superdex 200 10/300 column.



**Figure 3** Size distribution of the KIF2-tubulin complex in transitional states, separated on tandem twin Superdex 200 Increase 10/300 columns (HiRes SEC).

(SAXS) 測定を続けて行なうことが可能になったことを意味する [4][10]。

#### 4. X線小角散乱 (SAXS) 実験

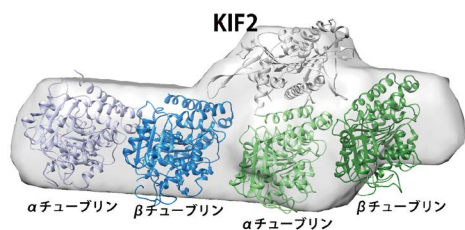
X 線小角散乱 (SAXS) は慣性半径 (Rg) のみならず、正確な分子量情報と合わせることで溶液中での分子の概形を描出できるという強力な方法である。我々は当初、測定前日に分離・濃縮した試料を PF のビームラインに持ち込み、試料セル中で静的な X 線散乱を測定していた。しかし、我々の測定対象とする KIF2-チューブリン複合体は X 線による損傷を受け易く、試料の溶液条件等の検討によっては大幅な改善は見られなかった。また、高い S/N データを取得するためには試料が高濃度である必要があるが、上述の通りチューブリンは重合能を持つ試料であり、過度な濃縮には耐えられないという問題もあった。そこで X 線による損傷を低減し、SEC で分離した単分散試料をそのまま X 線小角散乱測定に持ち込みたいという事情から、高分離 SEC (HiRes SEC) と SAXS 測定を直接つなぐ HiRes SEC-SAXS 測定に踏み切った。幸いなことに、ちょうど同時期に PF に新たに建設されたビームライン BL-15A2 において SEC-SAXS 測定が可能となり [5-6]、上述のカラム 2 本をビームラインに持ち込み、KIF2-チューブリン複合体の反応溶液をその場で HiRes SEC 分離しながら SAXS 測定することになった (Fig. 4) [4]。

ATP 加水分解の遷移状態アナログ ADP-BeFx の存在下で KIF2 とチューブリンの複合体を含む反応溶液 450  $\mu$ l を



**Figure 4** HiRes SEC-SAXS system conducted at BL-15A2 beamline of Photon Factory.

## KIF2- チューブリン複合体の構造



**Figure 5** The transitional KIF2-tubulin complex in its pre-hydrolysis state.

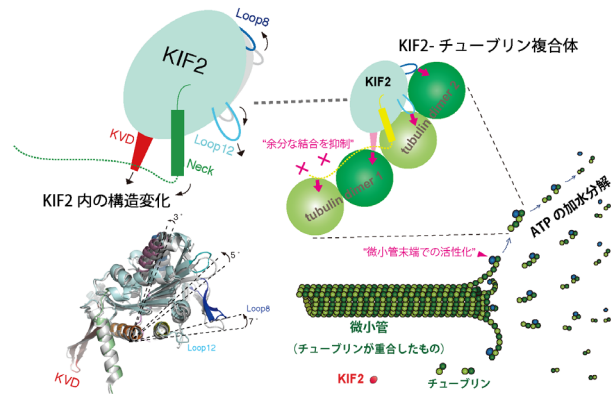
カラムに添加し、流速 0.38 ml/min. で HiRes SEC 分離を始め、KIF2- チューブリン複合体の大きなピークが出るところで流速を 0.1 ml/min. へ下げ、1 枚 10 秒露光で X 線散乱データを連続的に取得した。測定波長は 1.213Å, ビームサイズ V 0.25 × H 0.35 mm, カメラ長 2567 mm, 温度 293 K の条件で測定した。ピーク後半はとりの小さなピークの裾を含む可能性があるため、ピーク前半のみを採用した。測定した散乱データは、ピーク付近を平均化したのち SAnGler[7] により処理した。慣性半径 (Rg) は 53.3 ± 0.7, Dmax は 203Å, 推定分子量 Mr (from Porod Vol.) は 214 KDa ± 20% と求められた [10]。距離分布関数 P(r) は GNOM[8] により求め、さらにダミーアトムモデル [9] を計算することにより複合体の概形を描出した。

SAXS 解析を進める上でのもうひとつ重要なポイントが「正しい分子量の決定」である。蛋白質の濃度・分子量を求める簡便な手法は様々であるが、目的溶液試料の単分散性を保証しつつ正確にその分子量を求めることは簡単なことではない。特に試料中に特定の波長を吸収する物質を含む場合や測定を妨げる添加物を含む場合などは正確な測定が一層困難になる。そこで、より確からしい分子量の値を得るために、原理的に異なる複数の手法による解のクロスチェックが有効となる。我々は高分離サイズ排除クロマトグラフィー (HiRes SEC) と接続した多角度静的光散乱法 (HiRes SEC-MALS) および X 線小角散乱法 (HiRes SEC-SAXS) に加えて、超遠心分析 (AUC) やクロスリンク質量分析法 (X-link MS) も併用することにより、分子量をより正確に求めることができた。これら多種法によりクロスチェックして決定した KIF2- チューブリン複合体の分子量は 257 KDa であり、これは KIF2 分子 1 個がチューブリン 2 量体 2 セットと結合していることを示している [10]。我々はこれらの正確な分子量情報に基づき、X 線小角散乱データの解析により KIF2- チューブリンの複合体の概形を描出することができた (Fig. 5) [10]。

## 5. X線結晶解析との融合

X 線小角散乱法により描出した KIF2- チューブリンの概形に、さらに別途 X 線結晶解析により決定した KIF2 の分子モデルを当てはめると、チューブリン 2 量体が 2 セット縦に連なった先のチューブリン上に KIF2 が配置すること

## 【微小管の脱重合の仕組み】



**Figure 6** Model of catalytic microtubule depolymerization via KIF2. (This figure was modified from the previous paper by Ogawa et al. [10])

がわかった (Fig. 5) [10]。それではどのようにしてこのような 1:2 の複合体を効率良く作ることができるのか？我々は X 線結晶解析と X-link MS 解析をこの状態 (ADP-BeFx) の KIF2 に適用することにより、溶液中の 1:2 複合体を支える KIF2 の分子構造変化を調べた。微小管末端はチューブリンが縦に連なったプロトフィラメントが反り返った構造をとり、重合/脱重合の動的な平衡関係にあるが、KIF2 はその反り返った構造にフィットするような表面構造を持っており、微小管末端のプロトフィラメントとの結合により ATP の加水分解が始まり、KIF2 の表面は更に屈曲し、チューブリン表面と強く結合できる構造を示していた (Fig. 6)。さらに KIF2 の結合面のヘリックス末端がほどけてループ構造をとり、チューブリンとさらに強く結合できるようになっていた。また、KIF2 に特異的な Neck と呼ばれる構造が、とりのチューブリン 2 量体の表面に結合し、追加の KIF2 分子が結合することを阻害する配置をしていた。これらの構造が KIF2 ドメイン 1 個とチューブリン 2 量体 2 セットとの複合体形成を支えていることが示唆される (Fig. 6) [10]。

## 6. 生物学的意味

上述のように、KIF2 が微小管を脱重合する際に ATP を加水分解する遷移状態において KIF2 の機能ドメイン 1 つがチューブリン 2 量体を 2 セット捉えた 257 KDa の大きな複合体を形成することが溶液中解析によって明らかとなった。微小管が正しく脱重合するためには、それを構成する 13 本のプロトフィラメントが端から同時に脱重合しなければいけないが、これまでの研究から 1 本のプロトフィラメントの先端に 1 個の KIF2 分子しか結合しないという可能性が示されてきた。しかしその根拠となる構造はこれまで不明であり、今回明らかになった 1:2 複合体では、チューブリン 2 量体 2 セット上に KIF2 の結合部位が 2 カ所あるにも関わらず、先端の 1 カ所にしか KIF2 が結合できない。これは先に結合した KIF2 が、後から結合しようとする KIF2 をブロックして効率のよい配置をとっている為

だろう。また、これまで KIF2 は (KIF2: チューブリン 2 量体 =) 1:1 で結合すると考えられてきたが、興味深いことに実際は 1:2 で結合するため、従来考えられていたよりも働く KIF2 分子は半分で済み、消費する ATP も半分で済むことになる。以上のことから、KIF2 は少ない分子数で ATP を効率良く利用して働く、「省エネ解体モーター」であったといえる。

## 7. おわりに

X線小角散乱法は溶液中でのタンパク質の振る舞いを解析する重要な手法である。一方で上述のように、X線小角散乱法を効果的に利用した解析を進めるためには、対象分子の溶液中での基本的性質の理解に加え、正しい分子量の決定、試料の単分散性の保証が必須である。X線小角散乱ビームラインはこれからも高度化が進められ、より強い S/N データを取得できることが期待されるが、試料の前処理系の重要性は変わるものではない。測定系の高度化とともにより一層の試料調整技術の向上・高度化が求められる。

## 8. 謝辞

本研究は文部科学省科研費 (JP18002013, JP23000013, JP16H06372)、および 2017 年 3 月まで実施された創薬等支援技術基盤プラットフォーム事業 PDIS (現: 国立研究開発法人日本医療研究開発機構 (AMED) 創薬等ライフサイエンス研究支援基盤事業 BINDS) の支援を受けたものである。X線小角散乱解析は PDIS 課題 No.2048 のもと PF BL-15A2, BL-10C, BL-6A において測定実験を行い、X線結晶解析は PF 共同利用実験課題 No.2014G026, 2016G095 のもと PF BL-1A, BL-5A, BL-17A, AR-NW12A にて測定実験を行なった。関係各位に感謝申し上げます。

## 引用文献

- [1] N. Hirokawa, *Science* **279**, 519 (1998).
- [2] T. Ogawa, R. Nitta, Y. Okada, and N. Hirokawa, *Cell* **116**, 591 (2004).
- [3] T. Ogawa, and N. Hirokawa, *Cell Rep.* **12**, 1774 (2015).
- [4] T. Ogawa, and N. Hirokawa, *Biophys Rev.* (2018).  
[Epub ahead of print] PMID: 29204883
- [5] N. Igarashi, N. Shimizu, A. Koyama, T. Mori, H. Ohta, Y. Niwa, H. Nitani, H. Abe, M. Nomura, T. Shioya, K. Tsuchiya and K. Ito, *J. Phys. Conf. Ser.* **425**, 072016 (2013)
- [6] P. Bernadó, N. Shimizu, G. Zaccari, H. Kamikubo, and M. Sugiyama, *Biochim Biophys Acta.* **1862**, 253 (2018).
- [7] N. Shimizu, K. Yatabe, Y. Nagatani, S. Saijyo, T. Kosuge, and N. Igarashi, *AIP Conf. Proc.* **1741**, 050017 (2016).
- [8] D.I. Svergun, *J Appl Crystallogr.* **25**, 495 (1992).
- [9] D.I. Svergun, *Biophys J.* **76**, 2879 (1999).
- [10] T. Ogawa, S. Saijo, N. Shimizu, X. Jiang, and N. Hirokawa, *Cell Rep.* **12**, 2626 (2017).

(原稿受付日: 2017 年 12 月 27 日)

## 著者紹介

小川覚之 Tadayuki OGAWA



東京大学大学院医学系研究科 助教  
〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1 医学部教育研究棟 302  
TEL: 03(5841)3336  
FAX: 03(5689)4856  
e-mail: tdyk@m.u-tokyo.ac.jp

略歴: 2001 年 3 月 ICU 教養学部卒, 東京大学大学院医学系研究科博士課程を経て, 2006 年 4 月より同医学系研究科細胞生物学解剖学教室助教。博士 (医学)。

最近の研究: タンパク質複合体解析・生体分子のシグナル伝達修飾解析。

西條慎也 Shinya SAIJO

物質構造科学研究所 特任助教 (研究当時)  
〒 305-0801 茨城県つくば市大穂  
TEL: 029-864-5635  
FAX: 029-864-2801

清水伸隆 Nobutaka SHIMIZU

物質構造科学研究所 准教授  
TEL: 029-864-5595  
FAX: 029-864-2801  
e-mail: nobutaka.shimizu@kek.jp

蔣緒光 Xuguang JIANG

東京大学大学院医学系研究科 博士課程 1 年  
〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1 医学部教育研究棟 302  
TEL: 03(5841)3336  
FAX: 03(5689)4856

廣川信隆 Nobutaka HIROKAWA

東京大学大学院医学系研究科 特任教授  
〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1 医学部教育研究棟 302  
TEL: 03(5841)3336  
FAX: 03(5689)4856

DNMT1 RFTS ドメインによるマルチプルにモノユビキチン化されたヒストン H3 の認識機構

有田恭平<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>横浜市立大学・生命医科学研究科, <sup>2</sup>JST・さがけ

Structural basis for recognition of multiple mono-ubiquitylated histone H3 by DNMT1 RFTS domain

Kyohei ARITA<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Medical Life Science, Yokohama City University, <sup>2</sup>JST, PRESTO

Abstract

次世代の細胞に引き継がれる情報であるゲノム DNA のメチル化パターンは、細胞に固有の遺伝子発現を定義づける重要な役割を果たす。DNA メチル化酵素 DNMT1 と、その集積にかかわるユビキチンリガーゼ UHRF1 は DNA 維持メチル化において必須の役割をする。筆者らは、UHRF1 によって 2 か所のリジン残基がモノユビキチン化されたヒストン H3 が DNMT1 RFTS ドメインによって認識される機構を X 線結晶構造解析で明らかにした。さらに、ユビキチン化ヒストン H3 による DNMT1 の新規の酵素活性化機構を解明し、DNA 維持メチル化の新しい分子機構を提唱した。

1. はじめに

1-1. DNA メチル化

たった 1 個の受精卵が DNA 複製・細胞分裂を繰り返した結果、約 60 兆個もの細胞が人の身体を形成していると言われている。従って、免疫系の細胞などの一部の例外を除いてどの細胞も同じゲノム情報、つまり同じ遺伝子のセットを持つことになる。しかし、人では約 230 種類の細胞が固有の形質を持ち続け生命活動が行われる。なぜ、同じ遺伝情報を持つのに、細胞は多種多様な形質を発揮し、その形質が維持され続けるのだろうか？これには、DNA に起こる化学修飾であるメチル化が重要な働きをしている。真核生物の DNA はヒストン 8 量体に巻き付きヌクレオソーム構造を形成し、この構造を基盤として高次のクロマチン構造が形成される。ゲノム DNA の 5'-CpG 配列中のシトシン塩基はメチル化修飾を受ける。一般的に DNA メチル化が起こる領域はヘテロクロマチンが形成され、その領域の遺伝子発現は抑制される。DNA メチル化は分化多能性を持つ胚盤胞の状態から、細胞が分化していく過程で確立する。従って、DNA メチル化パターンは細胞の種類によって異なり、細胞の種類に特有の遺伝子発現パターンが DNA メチル化によって決定づけられる。重要なことに、分化した細胞の DNA メチル化パターンは、塩基配列と同様に、細胞分裂を経て次世代の細胞に正確に受け継がれていく。この DNA 維持メチル化機構により、細胞はその形質を維持し続けることができる。DNA メチル化の維持機構の破綻は、異常な発生や分化に加えて、細胞のがん化や染色体の不安定化を引き起こす原因となる [1]。様々ながん細胞では DNA メチル化パターンの異常によりがん抑

制遺伝子の発現が正常に行われなくなることが分かっており、DNA メチル化の情報が正しく引き継がれていくことがいかに重要であるかがわかる。

1-2. DNA メチル化パターンの継承の分子機構

DNA メチル化パターンの継承では、維持型 DNA メチル化酵素 DNMT1 と、ユビキチンリガーゼ活性を有する UHRF1 が必須の因子として働く。DNMT1 は、複製サイトへの局在に関与する RFTS ドメイン、非メチル化 CpG DNA に結合する CXXC ドメイン、それに続く BAH1-BAH2 ドメイン、DNA メチル化活性を有する触媒ドメインからなる (Fig. 1) [2]。DNMT1 は、RFTS ドメインが触

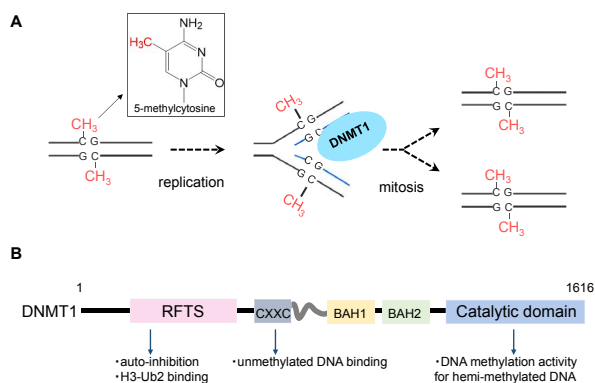
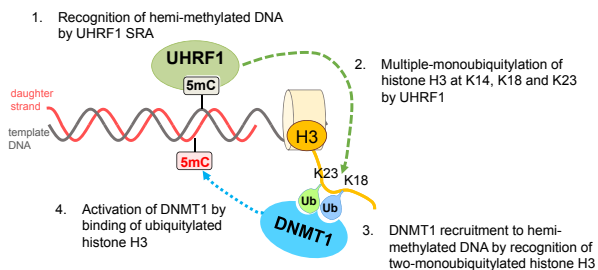


Figure 1 Domain structure and its function of DNMT1. A), Schematic view of maintenance of DNA methylation. After each cycle of DNA replication, cytosines in a newly synthesized strand are methylated by DNMT1. B), Domain structure and function of DNMT1.



**Figure 2** Molecular mechanism of DNA methylation maintenance.

媒ドメインの活性部位に入り込み、自己活性阻害の高次構造をとることが知られている [3-4]。一方で、UHRF1 はユビキチン様ドメイン、ヒストン H3 のメチル化リジン 9 を認識する tandem tudor domain、ヒストン H3 のアミノ末端を認識する PHD ドメイン、片鎖メチル化 DNA (親鎖 DNA のみがメチル化されている状態) を認識する SRA ドメイン、ユビキチン化活性を有する RING ドメインからなる [5]。DNMT1 と UHRF1 が関与する DNA 維持メチル化の分子機構は次のように考えられている (Fig. 2)。UHRF1 は、DNA 複製ののちに一時的に生じる片鎖メチル化 DNA と特異的に結合する [6-8]。その後、UHRF1 は近傍のヒストン H3 をユビキチン化する [9-10]。このユビキチン化ヒストン H3 を DNMT1 の RFTS ドメイン (以下 RFTS) が認識することにより DNMT1 が片鎖メチル化サイトに呼び込まれ、片鎖メチル化 DNA が両鎖メチル化 DNA に変換されることで DNA 維持メチル化が完了する (Fig. 2) [11]。これまでに、UHRF1 SRA ドメインによる片鎖メチル化 DNA の認識機構や [6-8]、DNMT1 による DNA メチル化機構に関する構造生物学的な研究は行われてきた [3-4, 12-13]。しかし、UHRF1 がどのような形状のユビキチン鎖をヒストン H3 に付加するのか、DNMT1 はユビキチン化されたヒストン H3 をどのように認識するのか、そして、その結合が DNMT1 の活性化にどのような役割をもつのかは不明であった。本稿では、DNMT1 RFTS とユビキチン化ヒストン H3 の X 線結晶構造解析により明らかにした、DNA 維持メチル化機構の詳細について紹介する。

## 2. DNMT1 RFTS によるユビキチン化ヒストン H3 の認識機構

### 2-1. UHRF1 はヒストン H3 の K14, K18, K23 の複数のリジン残基をユビキチン化する

UHRF1 によるヒストン H3 のユビキチン化に関して、アフリカツメガエルの無細胞系を用いた研究からは K23 がユビキチン化されることが報告されている一方で、哺乳類細胞を用いた研究からは K18 がユビキチン化されるといふ一見相反する報告がされていた [9-10]。そこで、我々は UHRF1 によるヒストン H3 のユビキチン化サイトを同定するために、*in vitro* での DNA 維持メチル化の再現が可能な染色体複製系であるアフリカツメガエルの卵抽出液を用いた。間期の卵抽出液を脱ユビキチン化酵素の不可逆的な阻害剤であるユビキチンビニルスルホンで処理し、

ユビキチン化ヒストン H3 を高度に含むクロマチン抽出液と組換え DNMT1 を用いて結合実験を行った。すると、DNMT1 は、2 分子のユビキチンが付加されたヒストン H3 と特異的に結合することがわかった。さらに、ユビキチン化されたヒストン H3 を抗ヒストン H3 抗体で免疫沈降し、質量分析法によりユビキチン鎖を絶対定量した結果、ポリユビキチン鎖は全体のわずか 5% しか存在しないことがわかった。さらに解析を進めることにより、ヒストン H3 はよく知られていたポリユビキチン化ではなく、K14, K18, K23 の複数のリジン残基がマルチプルにモノユビキチン化されることがわかった。

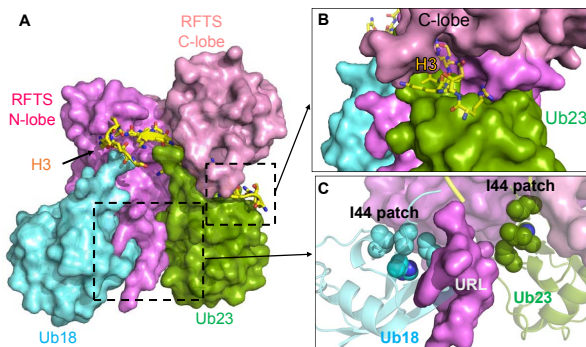
### 2-2. DNMT1 RFTS による K18 と K23 がモノユビキチン化された H3 の認識機構

DNMT1 RFTS によるマルチプルモノユビキチン化 H3 の認識機構を解明するために、ユビキチン化ヒストン H3 の調製を行った。酵素反応で部位特異的に均一にヒストン H3 をユビキチン化するのは困難である。そこで、ユビキチン化の標的となるリジン残基をシステイン残基に置換したヒストン H3 (1-37 残基) と、C 末端の Gly76 をシステイン残基に置換したユビキチンをジスルフィド結合で結合させたユビキチン化 H3 アナログを作製した [14]。等温滴定型カロリメトリーを用いた解析から、RFTS は K18 と K23 がモノユビキチン化されたヒストン H3 (以下 H3-K18Ub/K23Ub) と解離定数 17 nM で結合し、その化学量論比は 1:1 であった。また、K18 および K23 の 1 か所のみがモノユビキチン化された H3 とは 1:1 の特異的な結合を示さず、さらにユビキチン単体とはまったく結合しなかった。

RFTS と H3-K18Ub/K23Ub の複合体をゲルろ過カラムで調製し、複合体を結晶化した。得られた結晶の X 線回折強度データの収集は Photon Factory BL-1A で行い 2.0 Å 分解能のデータを得た。回折強度データの位相決定には、ユビキチン (PDB ID; 1UBQ) と RFTS 単体の構造 (PDB ID; 3EPZ) をサーチモデルにして分子置換法で行った。RFTS は β 構造から成る N-lobe と α ヘリカル構造の C-lobe から成る。RFTS 単体をサーチモデルにして分子置換を行ったが、N-lobe の電子密度は明瞭に観測されたものの、C-lobe の電子密度はモデルと一致せず解釈ができなかった。このことから lobe 間の配向に変化が起きていると考え、それぞれの lobe をサーチモデルにして分子置換を再度行ったところ、RFTS 全体の電子密度がモデルとフィットする解が得られた。

K18 および K23 に付加されたユビキチン (以下、Ub18, Ub23) は、RFTS の N-lobe のみと相互作用していることがわかった。RFTS の 387-403 番目の領域は全長 DNMT1 や RFTS 単体の構造では disorder していたが、H3-K18Ub/K23Ub と結合することによりループ構造が誘起されていた (Fig. 3A)。興味深いことにこのループ構造は、Ub18 と Ub23 を物理的に完全に隔てる役割をしていた。以下のこのループをユビキチン認識ループと呼ぶ。ユビキチンは他





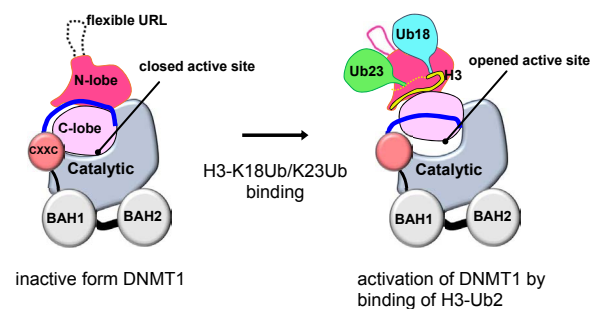
**Figure 3** Structure of RFTS in complex with H3-K18Ub/K23Ub. A) Overall structure of RFTS in complex with H3-K18Ub/K23Ub. N- and C-lobe of RFTS, Ub18 and Ub23 are depicted as pink, light-pink, cyan and green surface model, respectively. Histone H3 is shown as yellow stick model. B) Recognition of histone H3 N-terminal tail sandwiched by RFTS C-lobe and K23-linked ubiquitin. C) L8, I44, H68 and V70 in I44 patch are shown as sphere model.

の分子と相互作用する際に、いくつかの分子表面を使うことが知られている。最も有名なのは L8, I44, V70 から成る I44 パッチであるが、Ub18 の I44 パッチは既に報告されていた RFTS の UIM (ubiquitin interacting motif, 381-395 番目のアミノ酸残基) と相互作用していた (Fig. 3C)。一方で、Ub23 の I44 パッチは RFTS の別の疎水性の分子表面と相互作用していることがわかった。さらに、RFTS のユビキチン認識ループは Ub18 と Ub23 と親水性の相互作用をしていた。Ub18 では I36 パッチや 9-11 番目のアミノ酸で構成される flexible loop が認識されていた (Fig. 3C)。興味深いことに Ub23 は flexible loop に加えて、これまで報告されていなかった新たな分子表面が RFTS のユビキチン認識ループによって認識されていることがわかった。ユビキチンの I44 パッチと相互作用する RFTS のアミノ酸残基に変異を入れると、アフリカツメガエルの無細胞系においてクロマチンへの DNMT1 の局在が阻害されたことから、RFTS によるユビキチン化 H3 の認識が重要であることが示された。

一方で、ヒストン H3 の構造に着目すると、Arg2-Leu20 までの広範囲の電子密度が観測された。ヒストン H3 は RFTS の N-lobe と C-lobe の間からなる酸性の溝に入り込んで認識されていた。H3 の Arg2-Lys9 は RFTS の C-lobe によって認識され、さらに Ser10-Lys14 は  $\beta$  構造を形成し、 $\beta$  構造に富む N-lobe と分子間  $\beta$  シートを形成していた。H3 の Ala15-Arg17 は N-lobe と水素結合を形成していた。興味深いことに、H3 の Arg2-Lys9 は RFTS の C-lobe のみならず、Ub23 によっても認識されていた (Fig. 3B)。つまり付加されたユビキチンが H3 の認識に関与するという極めて珍しい認識機構であることがわかった。

### 2-3. ユビキチン化 H3 による DNMT1 の活性化機構

DNMT1 の全長に近い構造解析から、DNMT1 の RFTS は触媒ドメインの活性部位に入り込み自己活性阻害型の



**Figure 4** Schematic model of activation of DNMT1 by binding of H3-K18Ub/K23Ub. RFTS domain is inserted into the active site of catalytic domain in apo-form DNMT1, resulting in auto-inhibition of its DNA methylation activity (left). Binding of ubiquitylated H3 leads to the domain rearrangement in which RFTS dissociates from the active site, resulting in active site opening (right).

構造をとることが知られている [3-4]。in vitro の生化学的な実験においても、全長 DNMT1 の DNA メチル化活性は低く抑えられていることが知られている。しかし、本研究での生化学的な実験により H3-K18Ub/K23Ub の結合が DNMT1 の DNA メチル化を大幅に促進することがわかった。この酵素活性の促進はユビキチンのみ、ヒストン H3 のみを加えても起こらなかった。DNMT1 全長構造では、RFTS の C 末端領域の 596-600 番目のアミノ酸が lobe 間の溝に入り込んでいる。しかし、上述の様に H3-K18Ub/K23Ub が結合すると、lobe 間の溝にはヒストン H3 が入り込み RFTS の C 末端領域は追い出され、さらに lobe 間の配向が大きく変化することがわかった。我々は、H3-K18Ub/K23Ub の結合による DNMT1 の酵素活性の促進機構は、lobe 間の構造変化によって RFTS が活性部位から抜け出ていくことにあると考え、分子動力学計算による分子モデリングを行った。すると、100 nsec のシミュレーションにより、H3-K18Ub/K23Ub の結合により RFTS と触媒ドメインの間の重要な水素結合が消失していくことがわかり、RFTS が活性部位から解離していく最初の過程を再現することに成功した。このことから、ユビキチン化 H3 は DNMT1 を働く場に呼び込むだけでなく、酵素の活性化にも寄与することが明らかになった (Fig. 4)。

### 3. おわりに

本研究結果は、マルチプルモノユビキチン化という非常にユニークなユビキチン修飾を認識する機構を解明し構造生物学的な観点から興味深い結果を得た。タンパク質のユビキチン化は linkage 依存的なポリユビキチン鎖がシグナルとなって、タンパク質分解、DNA 修復、炎症応答など幅広い生物学的現象を制御する [15]。また、ユビキチンシグナルの基本単位となるポリユビキチン鎖中のダイユビキチンと、それを認識するユビキチン結合タンパク質との構造解析例は多数報告されている [16]。しかし、DNA 維持メチル化におけるユビキチンシグナルは予想に反して、基質上 (ヒストン H3) の複数のリジン残基がモノユビキチ

化されるという、マルチプルモノユビキチン化であった。DNMT1のRFTSは基質上の2つのモノユビキチンを同時に認識する機能をもつドメインである。筆者が知る限り、マルチプルモノユビキチンを認識するタンパク質の構造解析は本例が初めてである。一般的に、ダイユビキチンとユビキチン結合タンパク質の結合は数 $\mu\text{M}$ の解離定数であるが、RFTSとユビキチン化H3の結合は $K_d=17\text{ nM}$ であり、まさしく桁違いに強い相互作用である。この強い親和性がDNMT1を働く場に正しく呼び込み、DNA維持メチル化の堅牢性が保たれている仕組みであると考えられる。また、本研究ではユビキチン化H3の結合がDNMT1のメチル化活性を促進することを明らかにした。これまで、ユビキチン化H3の役割はDNMT1を正確に適切な場所に呼び込むためのマークであると考えられていたが、本研究によりDNMT1のヘミメチル化DNAへの呼び込みとDNMT1の活性化がカップリングして起こることが明らかになり、DNA維持メチル化の新しい分子機構を提唱した。

RFTSは哺乳類ではDNMT1しか持たない固有のドメインである。興味深いことに、神経変性疾患と関連するDNMT1の突然変異のほとんどは、RFTSドメイン内のアミノ酸置換をもたらす変異であることが知られている[17]。従って、RFTSとユビキチン化H3の結合を阻害するような低分子化合物のスクリーニング系を今後構築していくことは、DNMT1の立体構造情報に基づいた上記疾患の治療薬の開発につながる重要な課題の一つになると考える。  
(掲載論文：\*Ishiyama S, \*Nishiyama A et al., \*\*Suetake I, \*\*Arita K, \*\*Nakanishi M. Structure of the Dnmt1 reader module complexed with a unique two-mono-ubiquitin mark on histone H3 reveals the basis for DNA methylation maintenance. *Mol Cell* 68 350-360, 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.molcel.2017.09.037>)

## 謝辞

本研究は東京大学医科学研究所 中西真教授、西山敦哉講師、および現甲子園大学末武勲教授らとの共同研究である。この場を借りて深く御礼を申し上げます。また、X線回折強度データの収集では、PFのビームラインスタッフの皆様が大変お世話になりましたことを重ねて御礼申し上げます。本稿の図の作成・校閲に協力をいただいた郡聡実氏に感謝いたします。

## 引用文献

- [1] Z. D. Smith and A. Meissner, *Nature Reviews Genetics* **14**, 204 (2013).
- [2] A. Jeltsch and R. Z. Jurkowska, *Nucleic acids research* **44**, 8556 (2016).
- [3] Z.-M. Zhang, S. Liu, K. Lin, Y. Luo, J. J. Perry, Y. Wang, and J. Song, *Journal of Molecular Biology* **427**, 2520 (2015).
- [4] K. Takeshita, I. Suetake, E. Yamashita, M. Suga, H. Narita, A. Nakagawa, and S. Tajima, *PNAS* **108**, 9055 (2011).

- [5] H. Sidhu and N. Capalash, *Tumor Biology* **39** (2017).
- [6] K. Arita, M. Ariyoshi, H. Tochio, Y. Nakamura, and M. Shirakawa, *Nature* **455**, 818 (2008).
- [7] G. V Avvakumov, J. R. Walker, S. Xue, Y. Li, S. Duan, C. Bronner, C. H. Arrowsmith, and S. Dhe-Paganon, *Nature* **455**, 822 (2008).
- [8] H. Hashimoto, J. R. Horton, X. Zhang, M. Bostick, S. E. Jacobsen, and X. Cheng, *Nature* **455**, 826 (2008).
- [9] W. Qin, P. Wolf, N. Liu, S. Link, M. Smets, F. La Mastra, I. Forné, G. Pichler, D. Hörl, K. Fellingner, F. Spada, I. M. Bonapace, A. Imhof, H. Harz, and H. Leonhardt, *Cell research* **25**, 911 (2015).
- [10] A. Nishiyama, L. Yamaguchi, J. Sharif, Y. Johmura, T. Kawamura, K. Nakanishi, S. Shimamura, K. Arita, T. Kodama, F. Ishikawa, H. Koseki, and M. Nakanishi, *Nature* **502**, 249 (2013).
- [11] M. G. Goll and T. H. Bestor, *Annual Review of Biochemistry* **74**, 481 (2005).
- [12] J. Song, O. Rechko, T. H. Bestor, and D. J. Patel, *Science* **331**, 1036 (2011).
- [13] J. Song, M. Teplova, S. Ishibe-Murakami, and D. J. Patel, *Science* **335**, 709 (2012).
- [14] J. Chen, Y. Ai, J. Wang, L. Haracska, and Z. Zhuang, *Nature Chemical Biology* **6**, 270 (2010).
- [15] R. Yau and M. Rape, *Nature Cell Biology* **18**, 579 (2016).
- [16] C. Alfano, S. Faggiano, and A. Pastore, *Trends in biochemical sciences* **41**, 371 (2016).
- [17] J. Winkelmann, L. Lin, B. Schormair, B. R. Kornum, J. Faraco, G. Plazzi, A. Melberg, F. Cornelio, A. E. Urban, F. Pizza, F. Poli, F. Grubert, T. Wieland, E. Graf, J. Hallmayer, T. M. Strom, and E. Mignot, *Human Molecular Genetics* **21**, 2205 (2012).

(原稿受付日：2018年1月12日)

## 著者紹介

有田恭平 Kyohei ARITA

横浜市立大学 生命医科学研究科 准教授

〒230-0045 横浜市鶴見区末広町 1-7-29

TEL: 045-508-7301

FAX: 045-508-7365

e-mail: [aritam@yokohama-cu.ac.jp](mailto:aritam@yokohama-cu.ac.jp)

略歴：2006年横浜市立大学生体超分子システム科学専博士課程修了，2010年京都大学工学研究科助教，2013年横浜市立大学生命医科学研究科准教授 博士（理学）。

最近の研究：DNA維持メチル化の分子機構の解明。

趣味：学生と腕相撲勝負。

## 強相関酸化物の金属量子井戸における量子臨界的挙動

小林正起<sup>1</sup>, 吉松公平<sup>1,2</sup>, 三橋太一<sup>1,3</sup>, 北村未歩<sup>1</sup>, 坂井延寿<sup>1</sup>, 湯川龍<sup>1</sup>, 簗原誠人<sup>1</sup>,  
藤森淳<sup>2</sup>, 堀場弘司<sup>1</sup>, 組頭広志<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>物質構造科学研究所, <sup>2</sup>東京大学理学系研究科, <sup>3</sup>東北大学理学研究科

### Quantum Critical Behavior in Metallic Quantum Well of Strongly Correlated Oxides

Masaki KOBAYASHI<sup>1</sup>, Kohei YOSHIMATSU<sup>1,2</sup>, Taichi MITSUHASHI<sup>1,3</sup>, Miho KITAMURA<sup>1</sup>, Enju SAKAI<sup>1</sup>,  
Ryu Yukawa<sup>1</sup>, Makoto MINOHARA<sup>1</sup>, Atsushi FUJIMORI<sup>2</sup>, Koji HORIBA<sup>1</sup>, Hiroshi KUMIGASHIRA<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Materials Structure Science, <sup>2</sup>Department of Physics, University of Tokyo, <sup>3</sup>Department of Physics, Tohoku University

#### Abstract

強相関電子系において量子相転移の近傍に現れる量子臨界現象の制御は、近代の凝縮系物理における一つの大きな挑戦である。これまでに、量子相転移の起源は磁場や圧力といった限られた外場の変化によって研究されてきた。我々は、強相関酸化物の金属量子井戸構造における次元性制御により量子揺らぎの大きさを変えることで、量子臨界現象を調べることができる新しい方法を開発した。この結果は、人工制御可能な量子井戸構造が強相関酸化物における量子現象を調べるための理想的な舞台を提供することを示唆する。

#### 1. はじめに

強相関電子系における特異な物性の制御に関して、次元性の一つの鍵となる変数である [1-7]。次元性の低下は、電荷・スピン・軌道自由度間に働く複雑な相互作用を変え、物性の変化を引き起こす [3,4]。特に三次元(3D)から二次元(2D)への次元性転遷は、量子臨界現象の研究において特別な意味を持つ：3D系では秩序変数の量子揺らぎが弱いために、低エネルギーの電子物性は準粒子の振る舞いで決まる、つまり Fermi 液体の枠組みによりよく記述される。一方で、一次元系では量子揺らぎが強すぎるために長距離秩序が生じない。これらの中間である 2D 系では、長距離秩序と量子揺らぎの微妙な平衡によって特異な量子臨界現象が引き起こされる [7]。よって、3D から 2D への次元性転遷は量子揺らぎを増大させるので、次元性制御は量子相転移近傍に現れる量子臨界現象を系統的に調べるための理想的な舞台となりえる。

単結晶物質における 3D から 2D への制御は、ペロブスカイト酸化物の Ruddlesden-Popper (RP) 系に代表される層状酸化物で研究されてきた。RP 系は  $A_{n+1}B_nO_{3n+1}$  ( $A$  はアルカリ土類,  $B$  は遷移金属) の化学式で表され、一層以上の  $ABO_3$  伝導層が  $AO$  絶縁的遮断層によって挟まれた構造をしている [5,6]。これらの層状酸化物は低次元性と強相関の両方を有し、しばしば、銅酸化物における高温超伝導 [1] やルチル化合物における三重項超伝導 [8] などの、量子揺らぎに由来する特異な物性を示す。しかしながら、伝導層の数を変えた層状化合物を系統的に精製することは非常に難しい。そのために、ある基礎的な電子構造変数を固定した条件下での 3D から 2D への次元性の系統的な制御

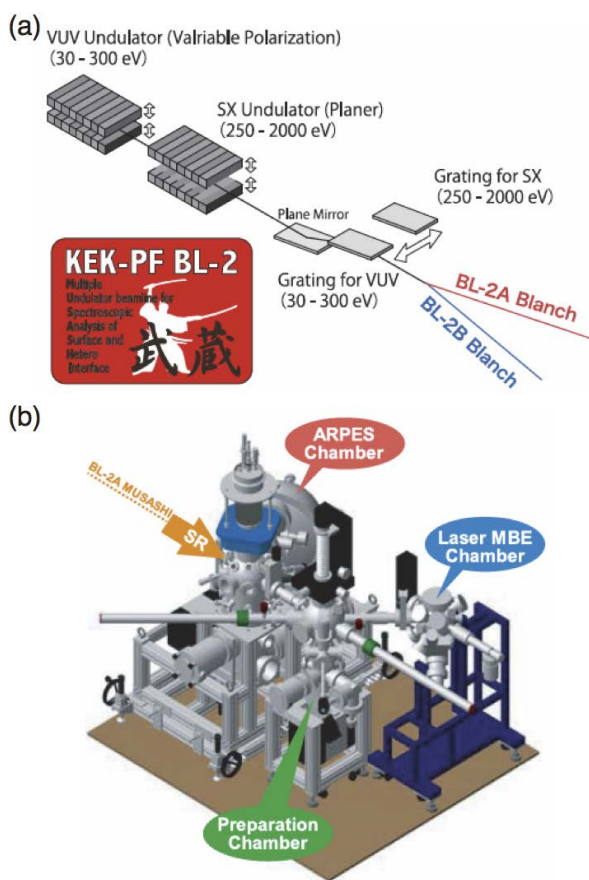
は非常に挑戦的であり、これまでに報告がなかった。

そこで、我々は、量子臨界現象の研究に対して、強相関酸化物の量子井戸 (QW) における 3D から 2D への次元性転遷を用いた新しい手法を提案する。QW 構造は、膜厚が非常に薄い薄膜であり、層状酸化物と構造的に類似しているが、層状酸化物に存在する層間の複雑な相互作用は存在しない。我々は QW 構造において強相関酸化物の伝導層の数を分子層 (ML) 単位で制御し、長距離秩序と量子揺らぎの間の競合が次元性 (膜厚  $t$ ) の関数として正確に調べられることを見出した。

ここで、強相関酸化物として、極薄膜で量子井戸状態を発現する  $SrVO_3$  (SVO) 薄膜を選択した [9-12]。単結晶 SVO は単純な電子配置  $3d(t_{2g})^1$  を持った典型的な Fermi 液体 (FL) 金属である [13]。その場合角度分解光電子分光 (*in situ* ARPES) によって、SVO QW 構造に閉じ込められた強相関電子の FL 状態は  $t = 6$  ML まで観測された。この結果は、量子化したサブバンドの ARPES スペクトルの形状が FL 描像の枠組みで良く記述されることを示唆する [9,11]。それに加えて、我々が以前に報告した角度積分光電子分光 (AIPES) 研究から、SVO-QW 状態は、3-5 ML の次元性転遷領域を経て、臨界膜厚 ( $t_c$ ) 2-3 ML において、FL 金属から Mott 絶縁体への膜厚依存金属絶縁体転移 (MIT) を示すことが明らかとなっている [10]。つまり、SVO-QW 構造は、Mott 絶縁体相と二次元的な FL 状態 (QW 状態) の境界における電子構造変化を調べるだけでなく、次元性転遷に由来する量子揺らぎが増大することによって誘起される量子臨界現象を調べるための理想的な舞台となりえる。

## 2. In situ APRES + Laser MBE 複合装置

SVO QW 構造で現れる二次元電子状態を調べるには、清浄表面を持つ単結晶薄膜試料における電子状態をあるがままの形で正確に観測する必要がある。この目的を達成するために、我々は、分子線エピタキシー (MBE) 法を用いて超高真空中で表面が原子レベルで制御された SVO QW 構造を作製し、その表面を大気に曝すことなく *in situ* で高輝度放射光を用いた APRES スペクトルを測定した。この実験は、Photon Factory の表面・界面解析ビームライン BL-2A MUSASHI (Multiple Undulator beamline for Spectroscopic Analysis on Surface and Heterointerface) (図 1(a)) に常設されている「*in situ* ARPES-Laser MBE 複合装置」(図 1(b)) で行なった [14,15]。図 1(a) に示した、BL-2A MUSASHI の大きな特徴は、異なる 2 台のアンジュレータ挿入光源 [真空紫外光領域 30~300 eV と軟 X 線領域 250~2000 eV] を直列に配置しており、実験に応じてアンジュレータを切り替えることで、非常に広いエネルギー範囲の放射光を利用することが可能となっている点である。このビームラインの特徴を用いると、真空紫外光を用いた APRES によるバンド構造の決定と、軟 X 線を用いた内殻準位測定による元素選択的な化学状態評価とを、同一試料表面において行うことが可能である。図 1(b) に示した、*in*



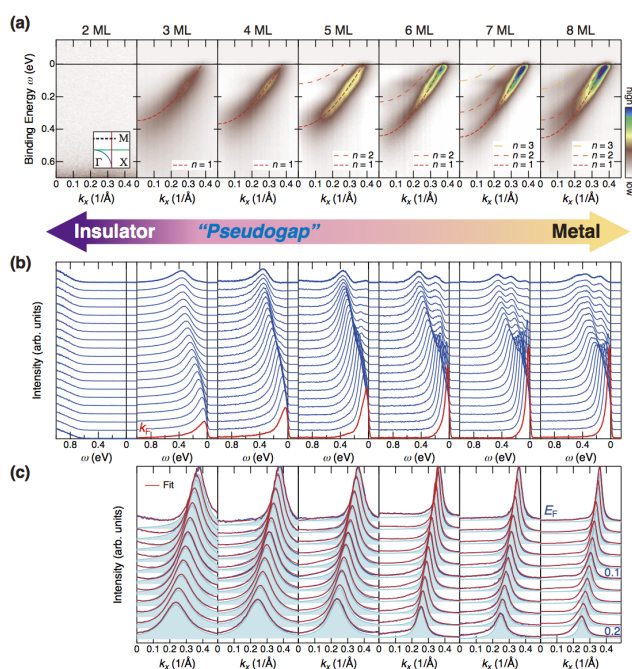
**Figure 1** *In situ* ARPES-Laser MBE hybrid system at BL-2A MUSASHI beamline of Photon Factory [14,15]. (a) Schematic layout of the BL-2 MUSASHI beamline. (b) Schematic Illustration of “*in situ* ARPES-Laser MBE system” at the BL-2 MUSASHI beamline.

*situ* ARPES-Laser MBE 複合装置は、「Laser MBE 槽」、「試料評価槽」、「光電子測定槽」の主に三つの部分から構成されており、互いに超高真空中で連結されている。これにより、Laser MBE 装置で SVO QW 構造を作製し、それを超高真空中で清浄表面を保ったまま光電子分光装置まで搬送し、*in situ* で電子状態を観測することができる。

## 3. 結果と考察

### 3-1. 膜厚依存 MIT における QW 状態の変化

図 2 は膜厚  $t = 2-8$  ML の SVO 極薄膜で測定された一連の ARPES イメージを示す。これらのスペクトルは  $d_{xx}$  バンドのみを含むカット (挿入図参照) に沿って観測されたもので、ARPES イメージは  $V3d_{2g}$  状態の中で量子化した  $d_{xx}$  バンドのみから構成される。バンドの本数は膜厚に依存して変化しており、量子数  $n = 1, 2, 3$  に対応するサブバンド構造が見て取れる。ここで、一連の ARPES イメー



**Figure 2** A series of ARPES spectra of SrVO<sub>3</sub> quantum-well structures with various layer thicknesses. (a) Respective ARPES images of ultrathin SVO films with  $t = 2-8$  ML. The ARPES data were acquired with the present photon energy of  $h\nu = 88$  eV along a  $k_x$  slice near the X point ( $k_y = 0.75\pi/a$ ) as shown by the dashed line in the inset, which includes only the quantized  $d_{xx}$  band. The intensity after subtracting the momentum-independent backgrounds at any point is given by a false color scale. Note that the series of ARPES spectra are normalized to the incident photon intensity, and the normalized intensity reflects the change in spectral weight of the QP states with changing  $t$ . The dashed lines show the results of the tight-binding fitting for each QW state. The inset shows the in-plane Fermi surface and the ARPES measured cut. (b) Corresponding EDCs to the respective ARPES images. The momentum-independent backgrounds have been subtracted from all the spectra. (c) Line-shape analysis for the MDCs at various  $\omega$ . The shaded areas indicate the Lorentzian functions for the  $n = 1$  states. The  $n = 1$  subband is prominent in comparison with the other subbands owing to the strong  $h\nu$ -dependent intensity modulation [9,11].

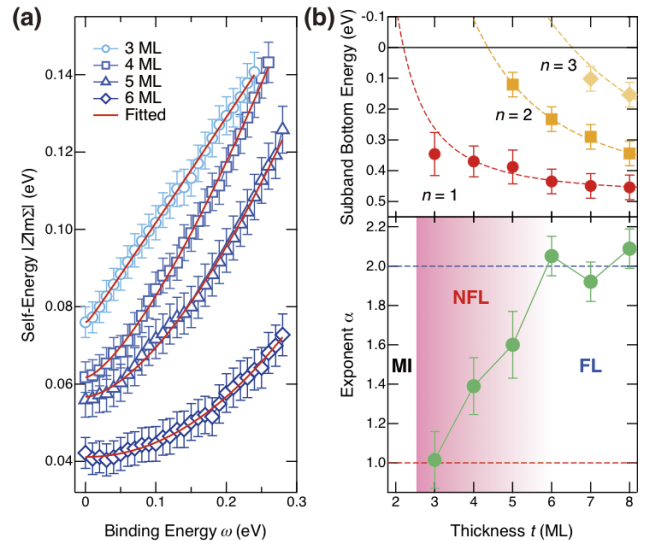
ジの強度は入射光面密度で規格化され、カラースケールは  $t$  を変えた時のスペクトル強度の変化を反映している。図 2(b) のエネルギー分布曲線 (EDC) に示したように、2 ML での QW サブバンドの消失という形で  $t_c = 2\text{--}3\text{ML}$  における膜厚依存 MIT が明確に観測された。以前の AIPES の結果と合わせると [10],  $t_c$  に近づくにつれて Fermi 準位近傍のコヒーレント状態 (サブバンド) から 1.5 eV に位置するインコヒーレント状態へとスペクトル強度が移動していると理解できる。つまり、SVO QW 構造において  $t_c$  へ向かって膜厚が減少していくと、バンド分散そのものは保たれている一方で、Fermi 準位におけるサブバンド強度が段階的に消失して MIT が生じている。ここで、Fermi 準位におけるコヒーレント状態の強度は準粒子強度を表しており、電子相関を反映した繰り込み因子  $Z$  に比例した量である [1]。よって、サブバンド強度の段階的な消失は電子相関が増大していることを意味し、SVO QW 構造における MIT は電子相関に起因していると考えられる。

### 3-2. 二次元極限における量子臨界的挙動

ARPES スペクトルを運動量方向に切り出した運動量分布曲線 (MDC) を見ると (図 2(c)), 膜厚が減少するにつれてピーク幅が増加している傾向が見取れる。MDC のピーク幅  $\Delta k$  は、伝導電子の平均自由行程の逆数や自己エネルギーの虚部  $\text{Im}\Sigma$  に比例し、次の式で表される [16] ;

$$\hbar v_k \Delta k = \hbar v_k / l \approx |2\text{Im}\Sigma(\mathbf{k}, \omega)|. \quad (1)$$

ここで、 $\hbar$  はプランク定数、 $v_k$  は群速度、 $l$  は平均自由行程である。Lorentz 関数を用いたフィッティングにより、 $t = 2$  を除いた全ての膜厚に共通に存在する  $n = 1$  の量子化状態の MDC 幅  $\Delta k$  を見積もった。図 3(a) は、各 QW 構造において見積もられた  $\Delta k$  を用いて、式 (1) により求められた自己エネルギーの虚部を結合エネルギーに対して描画したものである。以前の SVO QW 構造の ARPES 研究で異なる Fermi 波数  $k_F$  における  $\Sigma(\mathbf{k}, \omega)$  の間でほとんど違いが見られなかったことから [12], 今回の解析では  $\Sigma$  は運動量  $\mathbf{k}$  に依存しないと仮定した。図 3(a) に示されたように、6 ML 試料の  $\text{Im}\Sigma(\omega)$  は放物線的であり、これはこれまでに報告されているように [11,12], SVO QW 構造における FL 基底状態を反映している。ここで注目すべきは、単結晶 SVO で電子 - 格子相互作用に起因する 60 meV における kink 構造が観測されているにもかかわらず [12], このエネルギー領域において実験精度の範囲で検出可能な kink 構造は見られなかったことである。この結果はおそらく、SVO における強力な金属遮蔽効果のため、相対的に強度が弱い kink 構造が他の量子化状態 ( $n = 2, 3$ ) のスペクトル強度によって埋もれてしまったためと考えられる。これらの  $\text{Im}\Sigma(\omega)$  の  $\omega^2$  依存性は、 $t \geq 6\text{ ML}$  の領域において単結晶 SVO の FL 基底状態 [12,13] が保たれていることを示唆する。しかしながら、薄膜の膜厚が  $t_c$  に近づくにつれて、 $\text{Im}\Sigma(\omega)$  の勾配は放物線から線形へと系統的に変化してい



**Figure 3** Self-energy  $\Sigma$  for SrVO<sub>3</sub> quantum-well states. (a) Imaginary part of the self-energy  $\text{Im}\Sigma$  for the  $n = 1$  state as a function of  $\omega$  for 3–6 ML. The solid curves represent the fitted curves based on Eq. (2). (b) (Top) Structure plot of the QW states as a function of  $t$ . With decreasing  $t$ , the number of subbands decreases, and eventually only a single QW subband appears in the two-dimensional limit of metallic SVO-QW structures (3 ML). The dashed lines represent the simulation results based on the phase shift quantization rule [9]. The number of subbands in the QW states decreases with decreasing  $t$  in SVO-QW structures, and eventually only a single QW subband appears in the 3- or 4-ML SVO-QW structures. (Bottom) Plot of evaluated exponent  $\alpha$  with respect to  $t$ . The value of  $\alpha$  gradually reduces from 2 to 1 in the dimensional crossover region of 4–6 ML and then reaches to 1 at the two-dimensional limit of metallic QW states (3 ML) on the borderline of a Mott insulating phase. Here, FL, NFL, and MI denote Fermi liquid, non-Fermi liquid, and Mott-insulating states, respectively.

き、遂には、金属 SVO QW 構造の二次元極限である 3 ML において  $\text{Im}\Sigma(\omega)$  は線形になる。

これらの結果は、MIT 近傍において FL から非 Fermi 液体 (NFL) 基底状態への転遷が生じたことを示唆する。基底状態の変化を定性的に評価するために、 $\text{Im}\Sigma(\omega)$  曲線を次の現象論的な形式でフィッティングを行なった：

$$|Z\text{Im}\Sigma(\omega)| = \Gamma^{\text{imp}} + \beta' (\omega^2 + (\pi k_B T)^2)^{\alpha}, \quad (2)$$

ここで、 $Z$  は繰り込み因子、 $\beta'$  は電子相関の強さを反映した係数、 $k_B$  は Boltzmann 定数、 $\Gamma^{\text{imp}}$  は不純物散乱による準粒子寿命の逆数、 $\alpha$  は臨界指数である。図 3(a) に示すように、式 (2) によるフィッティングは実験的な  $\text{Im}\Sigma(\omega)$  曲線をよく再現した。式 (2) によるフィッティングから見積もられた  $\alpha$  の値を膜厚に対して描画したものを図 3(b) に示す。6 ML 以上の膜厚においては  $\alpha = 2$  の FL 状態であることが分かる。4–6 ML の“次元性転遷”領域では、膜厚  $t$  が  $t_c$  へ近づくにつれて  $\alpha$  の値は 2 から徐々に減少しており、FL から NFL への基底状態の転遷が生じている。そして、3 ML において  $\alpha$  の値は 1 に達する。 $\alpha = 1$  の NFL は高温超伝導銅酸化物における marginal FL [16] と類似している。

SVO QW 構造で観測された次元性低下に伴う NFL 状態の出現は、系が二次元極限に近くことで、MIT に伴う秩序状態に関する量子揺らぎが増大したことが原因と考えられる。これらの結果は、SVO QW において MIT の  $t_c$  近傍に量子臨界点 (QCP) が存在していることを示唆するものである。

### 3-3. MIT 近傍における量子臨界点の存在

図 3(b) に示した SVO QW 構造における Structure plot (量子化準位に対応するサブバンド底のエネルギーを膜厚に対して描画したもの) から、3 ML (と 4 ML) の金属量子井戸では占有準位に一本だけのサブバンドが存在しており、サブバンド間相互作用のない最も二次元的な状態になっていることが見て取れる。さらに、占有側  $n = 1$  状態と非占有側  $n = 2$  状態の間の干渉は、それらのエネルギー差がもっとも大きくなる 3 ML においては無視できるほど小さくなると期待される。つまり、金属 SVO QW 構造の二次元極限において、QW 状態は理想的な二次元状態へ近づいたと考えられる。これらの議論から、2D における量子揺らぎの増大の結果として、金属 FL と Mott 絶縁体相の間にある境界で QCP が存在していることが示唆される。QCP の存在と QW 状態の相図間の近い関係性は、QW 構造を変調することで量子揺らぎの大きさを制御可能なことを示す。

今回の実験結果は膜厚依存 Mott 転移近傍における QCP の存在を強く示唆するものである。QCP に関連する秩序変数が現時点では明らかではないが、これらの観測結果は金属 QW 構造を用いた新規な量子臨界現象への調査において重要な関連性を示す。強相関電子系では特異な物性が QCP 近傍に現れる、例えば、型破りな高温超伝導体の相図における QCP 周辺の超伝導ドームの偏在的な形成が挙げられる [1,8,17]。変調可能な物理次元を持つ強相関酸化物量子井戸構造を人工的に制御することは、QCP 近傍で現れる量子臨界現象を設計・制御するための新たな舞台を提供する。金属的な SVO QW 構造の二次元極限において観測された量子臨界的挙動から、SVO QW 構造が正孔ドーピング高温超伝導銅酸化物と鏡面的な電子配置を持つため、今後の展開として SVO QW 構造に対する適切な電子ドーピングによる超伝導発現の可能性 [18] に期待が寄せられる。

## 4. まとめ

強相関電子系で現れる特異な量子物性を制御するには、電荷・スピン・軌道自由度間に働く複雑な相互作用を制御する必要があり、次元性は量子揺らぎと結びついている一つの重要な変数である。今回、我々は、強相関酸化物  $\text{SrVO}_3$  を用いた金属量子井戸構造においてその膜厚を原子層単位で人工制御し、次元性を変化させた時に量子井戸状態がどのように変わるかを、角度分解光電子分光を用いて調べた。膜厚が 6 分子層以上ではバルク単結晶  $\text{SrVO}_3$  と同様の Fermi 液体状態であったが、3-5 分子層の次元性転遷領域では非 Fermi 液体状態となり、2 分子層に達すると

Mott 転移を起こし絶縁化した。この観測結果は、強相関金属量子井戸構造における二次元極限で量子臨界的挙動が生じたことを示し、その Mott 転移近傍における量子臨界点の存在を示唆する。これまでに量子臨界的挙動は電場や温度といった限られた外場によって調べられてきた。今回の結果は、強相関金属量子井戸構造における次元性制御が量子揺らぎによって誘起される量子臨界現象を調べるための理想的な舞台となることを示唆する。強相関金属量子井戸構造では、膜厚の制御に加えて、キャリアのドーピングによる電子数制御や基板との格子整合による歪みの影響を変化させることが可能であり、例えば、系統的な測定により強相関電子系の特異な量子物性を制御するための知見を得ることが期待される。

## 引用文献

- [1] M. Imada, A. Fujimori, and Y. Tokura, *Rev. Mod. Phys.* **70**, 1039 (1998).
- [2] T. Valla *et al.*, *Nature* **417**, 627 (2002).
- [3] P. D. C. King *et al.*, *Na. Nanotech.* **9**, 443 (2014).
- [4] H. Y. Hwang *et al.*, *Nat. Mater.* **11**, 103 (2012).
- [5] A. Nozaki *et al.*, *Phys. Rev. B* **43**, 181 (1991).
- [6] S. Moon *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **101**, 226402 (2008).
- [7] S. Sachdev, *Science* **288**, 475 (2000).
- [8] A. P. Mackenzie and Y. Maeno, *Rev. Mod. Phys.* **75**, 657 (2003).
- [9] K. Yoshimatsu *et al.*, *Science* **333**, 319 (2011).
- [10] K. Yoshimatsu *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **104**, 147601 (2010).
- [11] M. Kobayashi *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **115**, 076801 (2015).
- [12] S. Aizaki *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **109**, 056401 (2012).
- [13] I. H. Inoue *et al.*, *Phys. Rev. B* **58**, 4372 (1998).
- [14] 堀場弘司, 組頭広志, *表面科学* **38**, 553 (2017).
- [15] 組頭広志, *表面科学* **38**, 596 (2017).
- [16] T. Valla *et al.*, *Science* **285**, 2110 (1999).
- [17] S. Sachdev, *Phys. Status Solidi B* **247**, 537 (2010).
- [18] R. Arita *et al.*, *Phys. Rev. B* **75**, 174521 (2007).

(原稿受付日: 2018 年 1 月 24 日)

## 著者紹介

小林正起 Masaki KOBAYASHI

東京大学 大学院工学系研究科 准教授

〒113-8656 東京都文京区本郷

TEL: 03-5841-6692

e-mail: masaki.kobayashi@ee.t.u-tokyo.ac.jp

最近の研究: スピントロニクスに関連する機能性材料の放射光を用いた電子構造解析。

吉松公平 Kohei YOSHIMATSU

東京工業大学 物質理工学院応用化学系 助教

〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1 S1-1 南 1 号館 617 号室

TEL: 03-5734-2146

e-mail: k-yoshi@apc.titech.ac.jp

三橋太一 Taichi MITSUHASHI  
東北大学大学院 理学研究科 博士課程  
物質構造科学研究所 連携大学院生  
〒 305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1  
TEL: 029-864-5586  
e-mail: mitsuha@post.kek.jp

北村未歩 Miho KITAMURA  
物質構造科学研究所 博士研究員  
〒 305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1  
TEL: 029-879-6196  
e-mail: mkita@post.kek.jp

坂井延寿 Enju SAKAI  
東京大学 環境安全研究センター 特任助教  
〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1  
環境安全研究センターアネックス 3-4  
TEL 03-5841-2324  
e-mail: e\_sakai@esc.u-tokyo.ac.jp

湯川龍 Ryu YUKAWA  
物質構造科学研究所 特任助教  
〒 305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1  
TEL: 029-864-5586  
e-mail: ryukawa@post.kek.jp

襲原誠人 Makoto MINOHARA  
物質構造科学研究所 特別助教  
〒 305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1  
TEL: 029-879-6196  
e-mail: mihonara@post.kek.jp

藤森淳 Atsushi FUJIMORI  
東京大学 大学院理学系研究科 教授  
〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1  
TEL: 03-5841-4126  
e-mail: fujimori@wyvern.phys.s.u-tokyo.ac.jp

堀場弘司 Koji HORIBA  
物質構造科学研究所 准教授  
〒 305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1  
TEL: 029-879-6196  
e-mail: horiba@post.kek.jp

組頭広志 Hiroshi KUMIGASHIRA  
物質構造科学研究所 教授  
〒 305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1  
TEL: 0298-64-5584  
FAX: 0298-64-5586  
e-mail: hkumi@post.kek.jp

### 生物由来合成酵素の分子構造情報に基づく新規生体触媒の開発～創薬に向けた合理的な合成リデザインの一步～

平成 30 年 1 月 9 日

東京大学

高エネルギー加速器研究機構

#### ■発表のポイント：

- X線結晶構造解析により天然物の複雑骨格を構築する多段階反応性酸化酵素の構造を明らかにし、その基質特異性を改変し、触媒能を拡大することに成功した。
- 多段階反応を触媒する酸化酵素の構造解析、機能改変に初めて成功し、天然には存在しない新規化合物を創出した。
- 活性物質を合成する新規生体触媒の創出によって、創薬研究の発展に貢献することが期待される。

#### ■発表概要

天然に存在する生物由来の物質（天然物）は医薬品の原料として有用ですが、構造が複雑なため、これを人工的に合成することは難しいと考えられています。

東京大学薬学系研究科の阿部 郁朗 教授と中嶋 優 大学院生、高エネルギー加速器研究機構の千田 俊哉 教授らの研究グループは、天然物の酵素の構造情報に基づいて、その機能改変を行うことで、驚異的な多段階反応型酸化触媒の創出に成功しました。研究グループはまず、複雑な骨格形成を触媒する酸化酵素に着目し、それらの X線結晶構造解析を行いました。さらに構造情報に基づく機能改変実験を行って、多段階反応を起こす新規酸化触媒を開発しました。

酵素工学の手法を活かし、活性物質を合成する新規生体触媒を用いた物質生産法を開発することで、創薬研究へ貢献することが期待されます。（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/pressrelease20180109.pdf> をご覧ください）。

■雑誌名：Nature communications（1月9日オンライン版掲載予定）

論文タイトル：Structure function and engineering of multifunctional non-heme iron dependent oxygenases in fungal meroterpenoid biosynthesis

著者：Yu Nakashima, Takahiro Mori, Hitomi Nakamura, Takayoshi Awakawa, Shotaro

Hoshino, Miki Senda, Toshiya Senda\*, and Ikuro Abe\* DOI : 10.1038/s41467-017-02371-w

URL : <http://www.nature.com/ncomms>

### ミラー対称性による新型トポロジカル絶縁体を発見 - 高効率電子デバイスの開発に光 -

平成 30 年 1 月 11 日

東北大学大学院理学研究科

東北大学材料科学高等研究所

名古屋大学大学院理学研究科

名古屋大学大学院工学研究科

高エネルギー加速器研究機構

#### ■概要

東北大学大学院理学研究科の佐藤宇史教授、同大学材料科学高等研究所の高橋隆教授、名古屋大学大学院理学研究科の山影相助教、同大学大学院工学研究科の岡本佳比古准教授、高エネルギー加速器研究機構（KEK）の組頭広志教授らの研究グループは、放射光を用いた光電子分光実験により、これまで見つかったトポロジカル（注1）絶縁体とは異なり、結晶自身の持つミラー（鏡映）対称性で特徴づけられる新しいタイプのトポロジカル絶縁体を発見しました。この発見は、現在、精力的に研究が進められている物質のトポロジー（幾何学）に基づく物質科学をさらに発展させるのみならず、新型トポロジカル絶縁体を用いた高効率の次世代電子・スピントロニクス（注2）デバイス開発へ道を開くものです。

本成果は、平成 30 年 1 月 9 日（英国時間）に英国科学誌 Nature 系列の専門誌 npj Quantum Materials のオンライン速報版で公開されました。

（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/pressrelease20180111.pdf> をご覧ください）。

### 貴金属を使わない高性能アンモニア合成触媒を開発～新しい窒素分子の活性化機構を示唆～

平成 30 年 1 月 22 日

科学技術振興機構（JST）

東京工業大学

高エネルギー加速器研究機構

#### ■成果のポイント

- 金属間化合物 LaCoSi が高い触媒活性を実現した。
- ルテニウムなどの貴金属微粒子の担持を必要としない。
- 活性化エネルギーが極めて低く新しい反応機構が示唆された。



## ■概要

JST 戦略的創造研究推進事業において、東京工業大学 細野秀雄教授、多田朋史准教授、北野 政明 准教授らは、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) の阿部仁准教授らと共同で、貴金属を使わない高性能のアンモニア合成触媒を開発しました。

温和な条件下でアンモニア合成を可能とする触媒は、オンサイトでの合成プロセスを実現するための鍵となります。高温・高圧を必要とするハーバー・ボッシュ法には鉄系触媒が工業的に使われ、より温和な条件下での合成にはルテニウム触媒が研究されています。

今回、ルテニウムなどの貴金属の担持を必要としない高活性触媒を開発しました。電子が陰イオン（アニオン）として働く“電子化物（エレクトライド）”のコンセプトを拡張することで新触媒を検討し、ランタン La とコバルト Co の金属間化合物 LaCoSi が貴金属を用いずに高い活性を示すことを見いだしました。

コバルトはルテニウムに次ぐ活性を持つことが知られていましたが、LaCoSi はこれまで報告されてきたコバルト系触媒でアンモニア合成において最高の活性を示します。LaCoSi 内での La から Co への電子供与が明らかにされ、それが高活性発現の鍵と考えられます。

また、この触媒を用いた反応の活性化エネルギーは同グループが 2012 年に開発したルテニウム担持 C12A7 エレクトライド触媒よりもさらに低いものでした。つまり、LaCoSi は従来の触媒に比べ窒素分子の切断（開裂）をより速やかに行うことができ、より低温でのプロセスに有利です。この低い活性化エネルギーは、第一原理分子動力学計算などの解析結果から、窒素分子が触媒表面に吸着した際に窒素分子の振動が励起状態にあり、そこから原子への開裂が生じる、窒素分子の新しい活性化機構が示唆されました。

本研究成果は、平成 30 年 1 月 22 日 16 時（英国時間）に科学誌「Nature Catalysis」のオンライン速報版で公開されます。（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/pressrelease20180123.pdf> をご覧ください）。

●実験時間の短縮と実験コストの削減により、物質・材料研究の加速化に貢献

## ■概要

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 物質構造科学研究所の小野寛太准教授と国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 (QST) 量子ビーム科学研究部門の上野 哲朗 主任研究員を中心とする研究チームは、人工知能 (AI) 技術の一種である機械学習を用いて物質・材料研究に不可欠な X 線スペクトル測定を高効率化する手法を開発しました。

X 線スペクトル測定は物質・材料の機能や性質を支配する電子状態を調べるための実験手法であり、物質・材料研究において頻繁に用いられています。X 線スペクトル測定の高効率化は、物質設計・物質合成・測定からなる研究サイクルを迅速に回して新たな物質・材料を開発していく上で不可欠です。

本研究では機械学習の一種であるガウス過程回帰を X 線スペクトル測定に応用することで、計測データの学習によってスペクトルを予測し、さらに次の計測データ点を自動的に決定する手法を開発しました。これにより、従来の 5 分の 1 程度の測定時間で、これまでと同等の精度で、物理量を決定することが可能になりました。本手法は X 線スペクトル測定のみならず様々なスペクトル測定に応用することが可能であり、実験時間の短縮と実験コストの削減により物質・材料研究の加速化に貢献します。

この研究成果は、英国の学術誌「npj Computational Materials」に 1 月 25 日オンライン掲載予定です。（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/pressrelease20180125.pdf> をご覧ください）。

## 機械学習により実験計画の自動決定が可能に～「学習」と「予測」で X 線スペクトル測定の高効率化に成功～

平成 30 年 1 月 22 日  
高エネルギー加速器研究機構  
量子科学技術研究開発機構

## ■成果のポイント

- 機械学習によって X 線スペクトル測定の効率が飛躍的に向上、測定時間を 1/5 に短縮
- 計測データを学習し、スペクトルを予測することで実験計画を自動的に決定

### 「第2回タンパク質結晶構造解析ビームライン中級者向け講習会（今更聞けないデータ処理プログラムの使い方，上手な回折データの取り方）」開催報告

東京大学大学院薬学系研究科 藤間祥子

2017年10月25日（水），東京大学本郷キャンパス薬学部講堂において，タンパク質結晶構造解析ビームラインの中級者を対象とした講習会を開催した。この会は，PF-UAタンパク質結晶構造解析ユーザーグループ幹事会が主催し，創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム事業，構造解析ユニット / 構造解析領域の代表機関である高エネルギー加速器研究機構と共催で行った。

本講習会はある程度の経験を積んだユーザーを対象としており，参加者が互いに情報交換しながら学びあうことを目的に開催している。講習に先立ちPFタンパク質結晶構造解析ビームラインのユーザーに向けてアンケートを実施し，ユーザーがどのような内容の講習を望んでいるかを調査し希望に添うかたちでの講習を企画した。

申込受付開始より多数の申込を頂き，最終的に133名が参加する盛況の講習会となった。うち学生が42名，企業および大学研究員から教授クラスまでが92名と幅広い層から多くの参加があった。また，新しい取り組みとしてYouTubeによる講習会の動画配信も行った。ライブ視聴者の数は約60名で，総勢193名にもおよぶ方々が講習会に参加したことになる。

講習は3つのセッションに分けて行った。『XDSを使おう』ではPF構造生物学ビームラインで2年後を目処にライセンス取得を廃止計画であるデータ処理ソフトHKL2000に代わるソフトXDSについて，ユーザーが利用した率直な意見や回折データ処理ソフトトラブルシューティング方法，PFでの自動処理の観点からXDSの活用方法について講演いただいた。次の『効率的かつ効果的なデータ収集を目指そう』では，高輝度かつPAD検出器が配備



図1 会場の様子



図2 懇親会の様子

された最新のビームラインでの，X線損傷を考慮した効率的かつ効果的な測定方法，PFビームラインの開発状況を講演頂いた。最後のセッションである『スクリーニングで析出した結晶をうまく回折実験にもって行こう』ではPFビームラインにも整備され，今後一般ユーザーのさらなる利用が予測されるプレートスクリーニングについて，開発が先行し実績のあるイギリスDiamond LSの最新情報と，PFの現状や最新情報を発表いただいた。またJAXAでの宇宙実験の現状や結晶化の試みについてもご講演いただいた。

長時間にも関わらずほぼ全ての参加者が最後まで話を熱心に聞いてくださり，質問を重ねていただいた。

懇親会には75名もの多くの方に参加いただいた。講習会での講演内容についての話題をはじめとした，活発な意見交換が行われた。

#### <講演プログラム>

##### セッション1：XDSを使おう

『PFでの回折データ処理ソフトの整備状況と今後』

山田悠介（高エネ研）<動画配信>

『XDSを利用して～HKL2000ユーザーがXDSを使用した率直な感想』

伏信進矢（東大・院農）<動画配信>

『XDSを使おうトラブルシューティング編』

陳明皓（北大・院理）<動画配信>

『PFビームラインでのXDS自動処理とその活用』

山田悠介（高エネ研）<動画配信>

##### セッション2：効率的かつ効果的なデータ収集を目指そう

『取得効率やX線損傷を考慮したデータ収集例』

藤橋雅宏（京大・院理）<動画配信>

『PFビームラインでの全自動測定開発の現状』

山田悠介（高エネ研）<動画配信>

『その他PFビームライン開発の最新情報』

引田理英 <動画配信>（高エネ研）

### セッション3：スクリーニングで析出した結晶をうまく回折実験にもって行こう

『測定に向けた結晶の取り扱いについて -Diamond LS および JAXA での取り組みと現状』

岩田茂美 (JAXA)

『PF 結晶化ロボットによる結晶化条件探索と BL-17A におけるプレートスクリーニングの活用』

阪本泰光 (岩手医大)

## 「第2回タンパク質結晶構造解析ビームライン中級者向け講習会 (今更聞けないデータ処理プログラムの使い方, 上手な回折データの取り方)」参加記

横浜市立大学大学院 生命医科学研究科 鎌田健一

2017年10月25日、東京大学本郷キャンパスにて開催された第2回PFタンパク質結晶構造解析ビームライン中級者向け講習会に参加させていただきました。今回の講習会は【今更聞けないデータ処理プログラムの使い方, 上手な回折データの取り方】と銘打たれ、「XDS を使おう」(回折強度データ処理ソフト XDS の使用方法, またそのトラブルシューティングについて), 「効率的かつ効果的なデータ収集を目指そう」(取得効率やX線損傷を考慮したデータ収集例, PFビームラインでの全自動測定やその他開発の最新情報), 「スクリーニングで析出した結晶をうまく回折実験にもって行こう」(測定に向けた結晶の取り扱いについて Diamond LS や JAXA での取り組みと現状, PF 結晶化ロボットによる結晶化条件探索とプレートスクリーニングの活用), という上記の3テーマについて諸先生方にご講演いただきました。

個人的に今回の講習の主たる参加動機は、回折強度データ処理ソフト XDS の使用方法とトラブルシューティングです。昨今使用されている代表的な回折強度データ処理ソフトには HKL2000 や CCP4, CrystalClear 等があるかと思われませんが、XDS はアップデートも頻繁に行われ、現代の多くの検出器に対応している、また無料で使用することができるなどの利点があります。PF における HKL2000 の使用契約が 2018 年度いっぱい打ち切られることも決定していることもあり、これもいい機会だと思って参加させていただいた次第です。

とは言いましても、私は回折強度データの処理に関しては、研究室では主に CCP4 で iMOSFLM を使ったり、HKL2000 (先輩に教わり、助けてもらいつつですが) を使っていました。つまり、XDS に関しては全くの未経験という、今、省みると1回ぐらいは使ってから行けよと言いたくなるような状態で参加してしまいました。私が会場となっていた東京大学薬学部総合研究棟の講堂に到着した頃には既に大勢の参加者が着席しており、詰めて座らないと席がないような盛況具合という状態でした。

本題の講習会内容に入らせていただきますと、まず初めに「HKL2000 ユーザーが XDS を使用した率直な感想 (東大院農・伏信進矢先生)」「XDS を使おう トラブルシューティング編 (北大院理・陳明皓さん)」ということで、これから XDS に手を出そうかなと考えているレベルの私でも大変参考になる、わかりやすいお話を聞かせていただくことができました。講習参加後に早速使用してみようとしたところ、早々にソフトのインストールで躓くなどスムーズにはいきませんでした。身の回りの先生方、先輩方にもかなり助けをいただき、どうにかデータ処理に使用することができました。周りの方々の助けに加え、XDSwiki や BioKids Wiki, またそれ以外にも様々な方が web 上に公開してくださっているトラブルシューティングの履歴を参考にさせていただきました。これから始められる方、私のように PC が苦手だけれどもどうにか XDS を使えるようにしたい方にとっては非常に頼りになるはずなので、是非そういったページを参考にしてみてもと思います。実際に XDS を使ってみた感想としては、トラブルが起りそうな厄介なデータセットを処理していないことや、周りに教えてくれる人がいたという幸運もあり、慣れば使い勝手の易いソフトと感じました。私のようにコマンドライン上での操作が苦手という人にとっても、現在は XDSGUI がありますので、環境さえ構築できてしまえば大変使い易いと思います。

またここまで報告させていただいた XDS の使用方法と併せて講習会の内容として盛り込まれていた、PF ビームライン開発の現状についても少しだけ言及させていただきたいと思います。PF では現在整備が進められているリモートモニタリングシステム・自動回折データ処理システム PReMo (PF Remote Monitoring System) というものがあるそうです。これはビームラインでの実験をリモートで行い、さらに回折データの取得と同時に自動的にその処理(空間群や各種統計値の算出まで)行ってくれるというものです。私の所属するラボはX線結晶構造解析を専門としPFに近い立地(神奈川県横浜市)であるということ、さらに大変ありがたいことに先生方が旅費を捻出してくれているということもあり、ビームラタイムのたびにデュワ



図1 講義の様子

ービンを持って PF に行き、そこで収集した実験データを持ち帰って解析というような形で実験を行うことができます。一方で近県に放射光施設がないラボや結晶構造解析を専門としていないラボにとっては、ビームラインに直接赴いて実験するというのは中々に大変かと思います。このようにビームラインスタッフの方々の尽力によってリモート化・自動化が進むことで、X線結晶構造解析の敷居がどんどん低くなって結晶構造解析の裾野が広がっていきんだなあ、学生の私が偉そうに言うようなことではありませんが感じさせていただきました。

今回の私の講習参加を通して皆様何かにお伝えできるとあるとすれば、特に学生で私のような「興味はあるけど経験が……」といった状態で尻込みしている方がいらっしゃったら、次の講習には是非参加してみたいということです。私も実際参加したことで、ソフトを使用するきっかけになりました。結果的には自分一人の知識と力ではどうにもいかず、色々な人の助力をいただくことになりましたが、参加しなければ新しいソフトを使ってみようなどという気も当分は起きなかったような気がします。「構造解析に興味はあるけど経験が……」という方には結晶化や構造解析の経験がない方向けの初心者向け講習会も開催されていますので、そちらの方などぜひ参加を検討してみると良いのではないかと思います。

末筆にはなりますが、講習会にてご講演いただいた先生方、講習会運営委員の方々、また今回私のような若輩者にこのような報告記を書く機会をくださった PF NEWS 編集委員の方々にこの場をお借りして感謝を述べさせていただきますとともに、皆様の益々のご発展をお祈りさせていただきます。

## Nanotech CUPAL 放射光利用技術入門コース 粉末X線回折研修会開催記

Nanotech CUPAL KEK 事務局

Nanotech CUPAL は、平成 26 年度下期から始まった文部科学省「科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業」で、TIA と京都大学を中核として形成されたコンソーシアムです。その中で KEK は、PF を利用した放射光分析に関して 2 つの研修コース（入門コース、上級コース）を実施しています。

入門コースは各回一つの手法をテーマとして取り上げ、講義と実技実習を計 3 日間で行ないます。1 日目は、放射光利用技術の全般的な概論と、テーマとする手法の詳細について講習を行います。2、3 日目は、PF にてその手法の実技実習を行います。

最近では平成 29 年 12 月 12 日～14 日、PF において第 6 回入門コースを実施しました。第 6 回は粉末 X 線回折をテーマとして、講師の佐賀山基准教授により、BL-8A にて粉末試料の作成方法や装置の操作方法について、また、

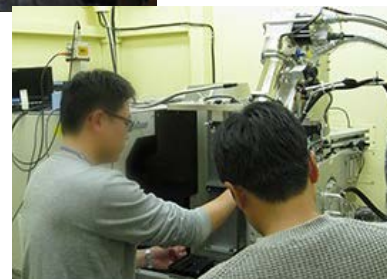


図 1 講習会の様子（上）と BL-8A での実習の様子（下）

測定、RIETAN を利用した構造解析という一連の実験手順について指導していただきました。

参加者からは、放射光分析に関する基礎的な知識が身についた、丁寧に指導して頂きながら実験を一通り体験することができとても参考になった等の感想をいただきました。

今後の研修会開催予定につきましては、p.37 「Nanotech CUPAL 第 7 回放射光利用技術入門コース X 線イメージング研修会開催のお知らせ」をご参照ください。

## 物質構造科学研究所 設立 20 周年記念 シンポジウム「物質構造科学の過去・現在・ 未来」を開催

物構研の来し方を振り返るとともに、将来を担う中堅・若手研究者の皆さんに、自らの未来の姿も重ねながら当研究所での研究活動の将来を語っていただくための、物構研設立 20 周年記念シンポジウムが、昨年 12 月 27 日に KEK 小林ホールにて開催されました。シンポジウムには、東海キャンパスでのテレビ会議を通じた参加者も含め、149 名が参加しました。

物構研の山田和芳所長は冒頭の挨拶で「今日は物構研の成人式です」と述べ、活発な議論を促しました。続いて KEK の野村昌治 理事が元物構研職員としての立場から「KEK の機構化と物構研 20 年の歩み」と題し、物構研の歴史と共同利用の現状について表やグラフを示しながら話しました。

続いて、19 名の物構研に関わる KEK 内外の中堅・若手研究者が、物構研の 4 つのプロープ（放射光・中性子・ミュオン・陽電子）に関し、利用研究の展望や将来の施設運営について、さらには加速器の将来展望について、次々と



図1 挨拶を述べる山田和芳物構研所長（上）と「KEKの機構化と物構研20年の歩み」を講演する野村昌治理事（下）

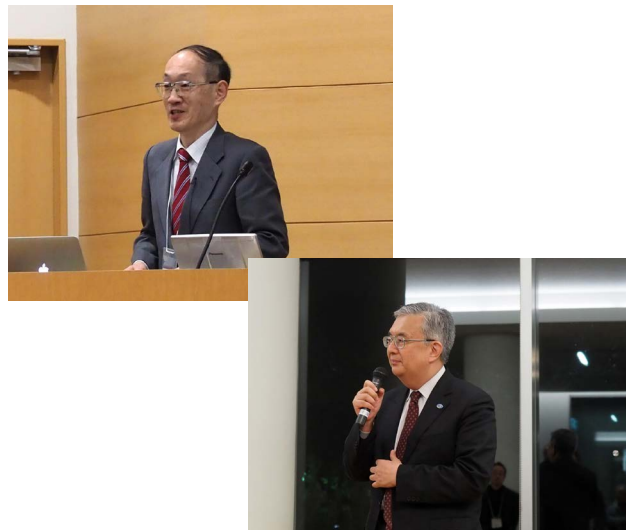


図3 物構研の将来像について講演する小杉信博次期物構研所長（上）と懇親会でお祝いを述べる山内正則機構長（下）

講演を行いました。会場からは各講演に対し質問の手が挙がり、時間の許す限り議論が続きました。

シンポジウムの最後に、次期物構研所長で分子科学研究所の小杉信博教授が「大学共同利用機関としての物構研の将来像」と題して講演を行いました。小杉教授は、物構研をとりまく組織を表した模式図を掲示し「外部からは物構研がどこか分かりにくい」と述べ、その理由として「物構研はKEKの機構化の流れの中で生まれ、組織が先だった」ためと話しました。続いて将来像と題した模式図を示して、これからはユーザーに自分たちの研究所だと感じてもらうため「物質構造科学とは何か」を確立し、コミュニティを作っていくべきだ、また他研究所等との連携も大切だと述べました。

各講演の要旨は、シンポジウムのプログラム (<http://www2.kek.jp/imss/notice/2017/11/1102IMSS20th.html#program>) からご覧いただけます。また、各講演のスライド資料を基に、プロシーディングスを発行の予定です。

シンポジウムに続いて、会場隣のラウンジにて懇親会が開かれました。シンポジウム出席者の半数以上が参加し、とても賑やかな会となりました。懇親会では、KEKの山内正則機構長や小間篤元物構研所長、下村理前物構研所長

からもお祝いと励ましの言葉をいただきました。（ウェブ記事 - 物構研トピックス「物質構造科学研究所設立20周年記念シンポジウム「物質構造科学の過去・現在・未来」を開催」<http://www2.kek.jp/imss/news/2018/topics/0104IMSS20th/>より転載）



図2 会場の様子

PF 滞在記

### BL-28A を利用した高熱電能の起源に迫る研究

東京理科大学大学院理学研究科  
応用物理学専攻修士2年 高橋謙太

私は、東京理科大学理学研究科応用物理学専攻齋藤研究室に所属しており、銅系デラフォサイト型酸化物  $\text{CuMO}_2$  ( $M$ : 3 価の金属) の電子構造の研究を行っています。デラフォサイト型酸化物は、主に排熱を電気エネルギーに変換する熱電変換材料の候補物質の1つとして応用研究が進められています。特に、 $\text{CuMO}_2$  では高熱起電力を示すことに加えて、キャリアドープにより電気抵抗率が激減することが報告されています。その他にも、 $\text{CuAlO}_2$  が  $p$  型透明導電性酸化物、 $\text{CuMnO}_2$  が光触媒に应用されるなど、多くの応用可能性を秘めた物質群です。研究室に配属された学部4年次から KEK-PF の BL-28A を利用し、銅系デラフォサイト型酸化物の電子構造及び価数状態の解明を目指して「光電子分光法」、その中でも特に「 $3p$ - $3d$  共鳴光電子分光」を行ってきました。共鳴光電子分光とは、入射光エネルギー  $h\nu$  を内殻準位の吸収端に近いエネルギーにすることで量子力学的な共鳴を誘起し、価電子帯における各原子軌道の寄与をより効率よく観測する方法です。実際の共鳴光電子分光実験では、入射光エネルギー  $h\nu$  を少しずつ変化させて測定を行います。例として  $\text{Cu}$  は、 $h\nu=74$  eV 程度に  $\text{Cu}^{2+}$  の共鳴が、 $h\nu=77$  eV 程度に  $\text{Cu}^+$  の共鳴が存在するため、85 eV ~70 eV まで 1 eV 間隔で入射光エネルギーを変え測定します。KEK までは東京理科大学葛飾キャンパスから車で約40分、電車で約1時間必要とします。私は、両親から車を借りて KEK に実験に行っています。実験初日に KEK に向かうと実験開始時間に間に合わない為、事

前に試料の準備や実験計画を入念に立て、実験日程の前日に KEK に前入りし、実験開始から実験終了まで滞りなく測定が進むよう研究室メンバー一同尽力しています。本記事では、PF BL-28A での実験の様子や滞在中の食事について書きたいと思います。今年の1期は PF 全体でメンテナンスがあったため、例年に比べ与えられたビームタイムが非常に短く、我々には48時間しかありませんでした。研究室メンバーとの実験計画を立てた結果、全日程の内、約10時間を銅系デラフォサイト型酸化物の  $3p$ - $3d$  共鳴光電子分光実験に使うことが出来ました。実験の大まかな流れは、試料をロードロックチャンバーに挿入→ロードロックチャンバーの真空引き→プレップチャンバー通してメインチャンバーへ試料を輸送→試料の劈開→光を照射→試料の位置合わせ→測定→解析となっています。この一連の作業を試料挿入から劈開まで真空待ち込みで約2時間、試料の位置合わせで約1時間、 $\text{Cu } 3p$ - $3d$  共鳴光電子分光で約4時間かけてデータを取っています。試料の輸送や劈開、位置合わせ、実験システムの調整、トラブルの対処など身体的にも精神的にも神経を使う作業が多いので、研究室メンバーと適宜作業を分担しながら効率重視で作業しました。実験は、メンバーを昼班と夜班に分け、12時間交代で実験に当たっています。滞在中の食事についてですが、車を使ってご飯を食べに行くことが非常に多いです。筑波大学が近くにあるという事もあり、安く沢山食べる事が出来るお店が多く、食事に関して困ったことはありません。つくばには特に美味しいラーメン屋が多く毎日の昼ご飯がラーメンという事も多々あります。「活龍」や「甲殻堂」、少し遠いですが「鶏々」や「はりけんラーメン」など、つくばに行っただけには一度は食べておきたいお店が多いです。ラーメン以外にも中華料理やイタリア料理、弁当屋などがあり、精神的に実験を進めていくために必要な食事環境が整っている場所だと思います。人生で初めての外部実験施設での実験は戸惑う事ばかりでした。初めは、実験の流れや実験装置について全く分からず、先生や先輩方に教わってばかりで、自分からは何もすることが出来ませんでした。また、学部4年の冬には実験中にトラブルが生じました。対処を試みましたが、私自身どうすべきかわからず、手も足も出せませんでした。幸い、先生や先輩方の迅速な対処のおかげで最悪の事態を防ぐことが出来ましたが、今後研究を続けていくための自信を失うトラブルでした。多くの失敗をしてきましたが、その失敗が良い経験となり、今では私を含め修士2年が先頭に立ち研究を進めています。大学や KEK の研究者、技術者の方々が支えてくれるおかげで自分自身の研究に集中して取り組むことが出来、光電子分光実験を円滑に進めることが出来ています。大学院卒業まで残すところ後わずかですが、有終の美を飾れるように、怠けることなく全力で研究を進めていきたいと考えています。

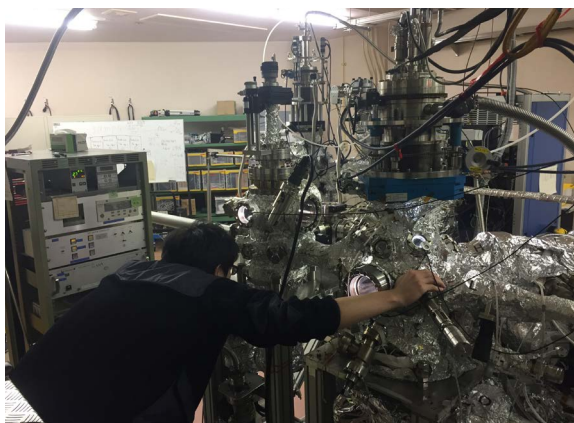


図1 試料をメインチャンバーに挿入する著者

## BL-9A を利用した高原子価金属錯体の電子状態の解明

茨城大学大学院理工学研究科  
博士後期課程 2年 大下宏美

2018年12月19日午前9時、BL-9Aで2017年最後のビームタイムが始まった。24時間で、30サンプルを測定しなければならない。

私は、生物無機化学研究室に所属しており、島崎優一准教授のご指導のもと、高原子価金属錯体の電子状態およびその反応性について研究をしている。普段は大学で研究を進めており、高原子価金属錯体の合成・単離をメインとし、その性質について様々な物理化学的手法により検討している。いわば、海外アニメで見られるような「薬品の調合」だ（爆発させることは絶対にないが）。研究は順調に進んでいるのだが、高原子価金属錯体には困ったことがある。私の高原子価金属錯体は不安定であり、結晶化が難しく、構造についての知見がまだ得られていないものが多い。そこで、KEKの特別共同利用研究員としての私の出番が来るのである。

KEKでは、PFの阿部仁准教授からご指導をいただき、X線吸収分光法による高原子価金属錯体の局所構造および電子状態について検討している。この日は、錯体中に含まれている硫黄の酸化数について検討するため、硫黄のK吸収端のX線吸収スペクトルを測定した。実験には、研究室の後輩である修士1年の鈴木に同行してもらった（この滞在記の撮影者も兼任）。実は、硫黄のX線吸収スペクトルを測定するのはこの日が初めてであり、蛍光法やライトル検出器初体験の日となった。阿部准教授から装置の説明や使い方を丁寧に指導いただき、キャリブレーションから実験がスタートした。毎回サンプルは全て大学で準備してきているので、PFでの実験はサンプルの設置と測定のみであり特別大変な操作はない。しかしながら、PFでの実験はいつも少し緊張する。普段使っている実験装置の何倍も大きい装置や、本当にアニメの世界に入ったような広い光源棟、国内外の研究者の方々が真剣に実験をしている雰囲気は圧倒されるからだ。また、限られた貴重なビームタイムを無駄にしないように、睡魔と闘いながら測定し続けることにいつも必死である。そんな中で私の楽しみは、何と言っても「食事」である。冬場の実験は、空腹であると体が冷えパフォーマンス力が低下する。特に夜通し実験していると疲れも重なり、エネルギー源となる食事のありがたみが本当に身に染みるのだ。喫茶室風来夢は私のお気に入りであり、この日はアジフライ定食をいただいた。外部での実験は不規則な食生活になりがちだが、揚げたてのフライやあたたかい味噌汁、ご飯をいただけるのは本当にありがたい。また深夜になると、どうしてもお腹が減ってしまう。そんな時に食べるカップ麺は格別であり、最近

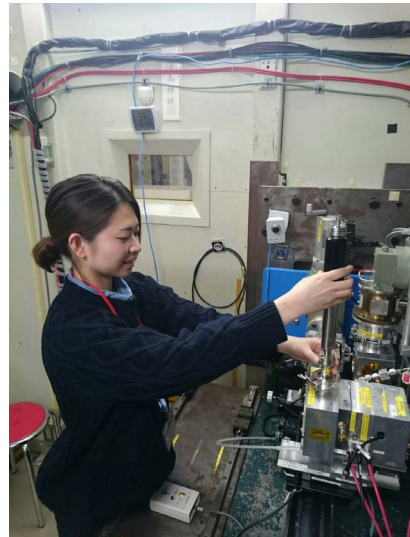


図 測定準備の様子

恒例になりつつある早朝4時の蒙古タンメンは、私にとって“最後の気合入れ!!”でもある。辛味の力を借りて、眠気を吹き飛ばすのだ。

研究室の年末報告会用の発表スライドを作りながら測定を行っていたが、目の前にある実験の結果はやはり気になるものである。測定を終えた結果から順に、大雑把にその場で解析を行っていった。結局スライドは、後日に徹夜で作ることとなったが、この時、2017年でベスト3に入るくらいの嬉しい瞬間が来た。以前から“おかしい”と思っていた結果につながるようなデータが得られたのだ！夕方頃、阿部准教授に相談させていただいた時に「論文にしまよ」と言っただけだった時は、最高に興奮した瞬間だった。より一層、この日のやる気は高まった。

その後も測定は順調に続き、蒙古タンメンタイムまで無事迎えることができた。大抵そうなのだが、私はこの時間から少し焦り始める。残りのサンプル数と時間を比較し、ビームタイム終了と同時に測定が終わることを悟るからだ。1秒でも時間を無駄にしないように、集中して実験を進めた。そして、この日最後のサンプルの測定が、ほぼビームタイム終了時間ぴったりに終わった。実験に持ってきたものを片付け、最後にOSLバッジ・IDカードを監視員の方に返し、この日のビームタイムを終えた。気持ちよさそうに朝日を浴びている白猫ちゃんに癒され、帰宅の途についた。

2018年度は、学生としてPFで実験できる最後の年だ。これまでPFで実験してきた結果も含め、自分の研究を形にする1年にしたいと思う。また、ご指導いただいている阿部准教授の知識や技術など、吸収できるものは全て吸収し、今後の研究活動にも活かせるよう身につけたい。さらに欲を言えば、まだ自分が測定したことのない元素の測定や別の装置を使った測定など、チャンスがあれば挑戦していきたいとも考えている。少し欲張りなような気もするが、まずは目の前にある結果から。その第一歩として、1月下旬にまたPFに頑張りに来ようと思う。

## 防災・防火訓練を行いました

放射光科学系防災・防火担当 内田佳伯, 野澤俊介

2017年度の訓練は当初は11月30日(木)の実施予定でしたが雨天のため順延となり12月1日(金)午後1時30分頃に緊急地震速報の非常放送がされ、ユーザーの方々にも参加していただいた訓練を行いました。非常放送が流れて地震到達までの間に実験装置の電源を切ったり、使用中のガスの停止やビームラインのシャッターを閉じる等の安全を確保していただき、地震がおさまった後に職員の誘導によりKEK指定の避難場所に避難し、安否確認を行いました。また自衛消防隊の避難誘導班員がPF、PF-AR実験ホールに入り逃げ遅れている人がいないかの搜索等を行い、担架により負傷者役を搬出したところで訓練を終了しました。訓練終了後にアンケートを実施し、約30名のユーザーの皆様から有意義なご意見をいただきました。「避難場所を知らなかった」という方は昨年同様約20%おられました。実際に災害が発生した場合に避難場所が不明というのは問題であり、ユーザーの方全員に分かるような避難場所の掲示等を心掛けたいと考えております。最後になりましたが、近年の厳しいビームタイムの状況下で貴重な実験時間を中断して寒い中訓練に参加していただいたユーザーの皆様に、あらためてお礼を申し上げます。

## PF トピックス一覧 (11月～1月)

PFのホームページ (<http://www2.kek.jp/imss/pf/>) では、PFに関係する研究成果やイベント、トピックスなどを順次掲載しています。各トピックスの詳細はPFホームページをご覧ください。

### 2017年11月～2018年1月に紹介されたPF トピックス一覧

- 11.3 【トピックス】筑波大学学園祭「雙峰祭」つくば研究紹介に出展
- 11.4 【物構研トピックス】第2回KEKサイエンスカフェ@青山「京の染師×構造生物学者 ～複雑系に魅せられた男たち～」を開催
- 11.27 【物構研トピックス】東京大学大学院薬学系研究科の研究グループ、自然免疫受容体(TLR8)の活性化を抑制する機構を解明～自己免疫疾患治療薬の開発に期待～
- 12.7 【KEKサイエンスカフェ】9月「人工光合成で世界を救え!～加速器を使った新エネルギー研究～」
- 12.8 【物構研トピックス】KEKと北海道大学との第8回連携協議会および連携シンポジウムが開催されました
- 12.13 【物構研トピックス】内閣府・戦略的イノベーション

創造プログラム(SIP)「革新的構造材料」関係者がKEKを訪問

- 12.13 【物構研トピックス】フォトンファクトリー光源棟の屋根補修が完了
- 12.20 【物構研トピックス】外務省広報用映像にフォトンファクトリーの北村未歩さんが出演
- 12.27 【物構研トピックス】タンパク質構造の非対称性と遺伝子制御システムの複雑性～東大分生研・物構研・理研の研究グループが「分子進化論」続編にあたる論文を発表～
- 12.28 【物構研トピックス】物構研の教育活動 CUPAL 放射光利用技術入門コース～粉末X線回折～
- 1.5 【物構研トピックス】「物質構造科学研究所 設立20周年記念シンポジウム「物質構造科学の過去・現在・未来」を開催
- 1.5 【物構研トピックス】物構研 年頭所感
- 1.9 【プレスリリース】生物由来生合成酵素の分子構造情報に基づく新規生体触媒の開発～創薬に向けた合理的な生合成リデザイン的一步～
- 1.11 【プレスリリース】ミラー対称性による新型トポロジカル絶縁体を発見 - 高効率電子デバイスの開発に光 -
- 1.12 【物構研トピックス】アフリカ光源加速器会議からの研修生の滞在記
- 1.16 【KEKサイエンスカフェ】12月「放射光で輝く!女性研究者 ～日本放射光学会 市民公開講座・プレ企画～」
- 1.22 【プレスリリース】貴金属を使わない高性能アンモニア合成触媒を開発～新しい窒素分子の活性化機構を示唆～
- 1.22 【プレスリリース】機械学習により実験計画の自動決定が可能に～「学習」と「予測」でX線スペクトル測定の高効率化に成功～
- 1.24 【物構研トピックス】東京大学と富山大学の研究グループ、細胞接着分子が神経細胞同士を適切につなぐ仕組みを明らかに
- 1.26 【物構研トピックス】つくばにて第31回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム開催
- 1.30 【物構研トピックス】産総研などの研究グループ、エイズウイルスの力を借りてB型肝炎治療薬の作用機構と薬剤耐性の仕組みを解明
- 1.31 【物構研トピックス】日本放射光学会 市民公開講座「放射光で輝く!女性研究者」を開催



### 平成 29 年度 第 1 回 PF-UA 幹事会・運営委員会 議事録

**日時：**平成 30 年 1 月 10 日 11:10 - 12:10

**場所：**つくば国際会議場エポカル小会議室 404

**出席者：**[幹事会] 平井光博（会長）、近藤寛（庶務）、植草秀裕（行事・書記）、清水敏之（行事）、米山明男（共同利用）[運営委員会] 足立伸一、兩宮健太、齋藤智彦、佐藤衛、三木邦夫、百生敦、村上洋一

- ・会長挨拶（平井 会長）
- ・議事次第紹介（近藤 庶務幹事）

#### 【報告事項】

- ・施設報告（村上 施設長）
- ・PF シンポジウム（量子ビームサイエンスフェスタ）  
関連日程（植草 行事幹事）
- ・PF-UA の集い議事次第の紹介（近藤 庶務幹事）
- ・その他（近藤庶務幹事）

賛助会員・企業展示の募集について、PF-UA 次期運営委員選挙中間報告、施設側事務全般を所掌する幹事の新設について、PF-UA 今後の予定についての報告と意見交換を行った。

- ・KEK と地方大学との教育研究連携について（平井 会長）

加の要望、KEK 放射光計画の継続的な推進であった。また、機構長からの回答も同 PF NEWS に掲載された。関連して、科学研究の将来について意見交換を行った。

- ・PF シンポジウム（量子ビームサイエンスフェスタ）関連日程（植草 行事幹事）

2017 年度量子ビームサイエンスフェスタ（第 9 回 MLF シンポジウム／第 35 回 PF シンポジウム）を共同主催している。開催日は 2018 年 3 月 2 日～4 日で、2 日夜に PF-UA ユーザーグループミーティング、3・4 日にポスターセッション（PF-UA は MLF 利用懇と共に学生奨励賞を提供している）、4 日に PF-UA 総会および PF シンポジウムを行う。

- ・その他（近藤 庶務幹事）

PF-UA 次期運営委員選挙中間報告として、運営委員候補として 30 名が推薦され、1 月下旬に本選挙を行う。PF-UA 今後の予定についての報告と意見交換を行った。

- ・自由討論（近藤 庶務幹事）

### 平成 29 年度 PF-UA の集い議事録

**日時：**平成 30 年 1 月 10 日 12:20 - 13:20

**場所：**つくば国際会議場エポカル小ホール 200

- ・会長挨拶（平井 会長）
- ・議事次第紹介（近藤 庶務幹事）

#### 【報告事項】

- ・施設報告（村上 施設長）

元物質構造科学研究所副所長・松下正名誉教授の訃報ご紹介（PF NEWS Vol.35 No.3）、共同利用実験関連（予算推移、運転時間、運転状況、G 型課題数推移）、共同利用成果（論文登録数推移）、共同利用強化、BL 整備関連報告、KEK 放射光に関連した将来計画、運転計画について報告を行った。

- ・PF-UA アンケート 2017 報告（平井 会長）

詳細は PF NEWS Vol.35 No.3 (Nov. 2017) に掲載した。目的、新設の項目について説明し、アンケート結果を順に報告した。アンケート内容を元に、2017 年 9 月 11 日に PF-UA 要望書を KEK 機構長に提出した。骨子はビームタイム増

## 人事異動・新人紹介

	発令年月日	氏名	現職	旧職
(採用)	H30. 1.1	米澤 健人	物構研 放射光科学第二研究系 研究員	物構研 構造生物学研究センター 研究支援員

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構  
物質構造科学研究所教員公募について(依頼)

本機構では、下記のとおり教員を公募いたします。

記

公募番号 物構研 17-11

1. 公募職種及び人員

助教 1名(任期 なし)

本機構の教員の職名は、教授、准教授、講師、研究機関講師及び助教であるが、機構の性格から、大学における講座制とは異なる運営が行われる。また、本機構の教員の定年は63歳である。

2. 研究(職務)内容

物質構造科学研究所では放射光・中性子・ミュオン・低速陽電子を利用した物質・生命科学研究を推進している。本公募の助教は、同研究所に設置されている低速陽電子実験施設のユニークな高強度低速陽電子ビームを用いた物質科学研究を行うとともに、ビーム・トランスポートおよび施設の実験装置の維持管理とその性能向上を図り、大学共同利用研究の支援を行う。

3. 応募資格

博士の学位を有する者、又は着任までに博士の学位取得が確実な者

4. 給与等

給与及び手当は本機構の規則による(月給制または年俸制)。

5. 公募締切

平成30年3月30日(金)17:00必着

6. 着任時期

採用決定後できるだけ早い時期

7. 選考方法

原則として面接選考とする。ただし、第一段階の審査として書類選考を行うことがある。

面接予定日:決まり次第機構 Web サイトに掲示します。また、対象となる方には追って詳細をお送りいたします。

8. 提出書類

(1)履歴書——KEK指定様式 ([http://www.kek.jp/ja/Jobs/post\\_2.html](http://www.kek.jp/ja/Jobs/post_2.html) よりダウンロードしてください。)

※KEK指定様式以外の履歴書を使用する場合は、通常の履歴事項の後に必ず応募する公募番号(2件以上応募の場合はその順位)、電子メールアドレス及び、可能な着任時期を明記すること。

(2)研究歴

(3)発表論文リスト———和文と英文は別葉とすること。

(4)着任後の抱負

(5)論文別刷———主要なもの、3編以内

(6)その他参考資料(外部資金獲得状況、国際会議招待講演、受賞歴等)

(7)本人に関する推薦書または参考意見書(宛名は物質構造科学研究所長 山田 和芳 とすること)

※上記の書類は、すべてA4判横書きとし、それぞれ別葉として各葉に氏名を記入すること。

※2件以上応募の場合、内容が同じ場合の提出書類は一部が良いが、内容が異なる場合は提出書類を別々に用意すること(推薦書等も同様とする)。

9. 書類送付

(1)応募資料

当機構の Web システムを利用して提出してください。

※個人ごとにアップロード用のパスワードを発行しますので、応募される方は人事第一係 ([jinjl@ml.post.kek.jp](mailto:jinjl@ml.post.kek.jp))宛に電子メールでご連絡ください。(件名は「物構研 17-11 応募希望」とし、本文に所属、氏名及び電話番号を記載してください。)

※応募に係るファイルは、PDF をお願いします。

※Web システムでのアップロードが困難な場合は、人事第一係までお問い合わせください。

※電子メールでのファイル添付による応募は受け付けることができませんので、ご注意ください。

(2)推薦書または参考意見書

郵送もしくは電子メール(件名は「物構研 17-11 推薦書」とし、添付ファイルは PDF でお願いします。)で送付してください。

送付先 〒305-0801 茨城県つくば市大徳1-1

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構

総務部人事労務課人事第一係 (E-mail: [jinjl@ml.post.kek.jp](mailto:jinjl@ml.post.kek.jp))

注)電子メールは様々な理由により受信できない可能性があります。数日以内に返信がない場合には、別メールアドレスや電話等によりご連絡ください。

10. 問い合わせ先

(1)研究内容等について

放射光科学第一研究系主幹 雨宮健太 TEL: 029-879-6027 (ダイヤルイン) e-mail: [kenta.amemiya@kek.jp](mailto:kenta.amemiya@kek.jp)

(2)提出書類について

総務部人事労務課人事第一係 TEL: 029-864-5118 (ダイヤルイン) e-mail: [jinjl@ml.post.kek.jp](mailto:jinjl@ml.post.kek.jp)

11. その他

本機構は、男女共同参画を推進しており、「男女共同参画社会基本法」の趣旨に則り、業績(研究業績、教育業績、社会的貢献等)及び人物の評価において優劣をつけがたい最終候補者(男女)がいた場合、女性を優先して採用します。

男女共同参画推進室 <http://www2.kek.jp/geo/>

## 2017年度量子ビームサイエンスフェスタ (第9回 MLF シンポジウム, 第35回 PF シンポジウム) 開催のお知らせ

PF シンポジウム実行委員会委員長 平野馨一  
MLF シンポジウム実行委員会委員長 佐野亜沙美

PF ニュース 35-2 号にて既にお知らせしておりますが、2018年3月2日(金)、3日(土)、4日(日)の日程で、2017年度量子ビームサイエンスフェスタ(第9回 MLF シンポジウム, 第35回 PF シンポジウム)を茨城県立県民文化センターにて開催致します。

1日目は MLF シンポジウムを開催し、午後には MLF 見学も平行で開催します。また、夕方からユーザーグループミーティングが予定されています。2日目は午前中に基調講演を開催し、午後はポスターセッション1の後に平行のトークセッションを開催する予定です。3日目はポスターセッション2の後に PF シンポジウムを開催します。

このシンポジウムは、施設側スタッフ、ユーザーの皆様が一堂に会することのできる機会ですので、是非ご参加下さいますようお願い申し上げます。

### <開催概要>

**主催:** 物質構造科学研究所, J-PARC センター, 総合科学研究機構 (CROSS), PF- ユーザアソシエーション (PF-UA), J-PARC MLF 利用者懇談会

**後援:** 茨城県, つくば市, 東海村

**協賛:** 応用物理学会, 高分子学会, 中性子産業利用推進協議会, 日本化学会, 日本加速器学会, 日本機械学会, 日本金属学会, 日本結晶学会, 日本原子力学会, 日本高圧力学会, 日本材料学会, 日本磁気学会, 日本地球惑星科学連合, 日本中間子科学会, 日本中性子科学会, 日本鉄鋼協会, 日本表面科学会, 日本物理学会, 日本放射化学会, 日本放射光学会, 日本陽電子科学会

**会期:** 2018年3月2日(金), 3日(土), 4日(日)

**会場:** 茨城県立県民文化センター

茨城県水戸市千波町東久保 697 番地

### 参加申し込み方法:

ホームページ (<http://www.j-parc.jp/researcher/MatLife/ja/meetings/qbs-festa/2017/>) より参加申込フォームにてお申し込み下さい(ウェブでの参加申し込み, 懇親会代事前申込は1月12日(金)まで。その後は当日会場にて)。

**参加費:** 無料

**懇親会:** 3月3日(土) 18:45~フェリベールサンシャイン 2F ローンフィールド・リシンキャッスル

**会費:** 事前カード払い 5,000 円 (一般), 3,000 円 (学生)

当日現金払い 6,000 円 (一般), 4,000 円 (学生)

### プログラム:

**[3月2日(金)(1日目)]**

#### 第9回 MLF シンポジウム (小ホール)

09:30- 受付開始 (エントランスホール)

10:00-10:50 J-PARC センター長挨拶

齋藤直人 J-PARC センター長

#### 10:05-11:20 施設報告

10:00-10:20 「概要と来年度の展望」

金谷利治 MLF ディビジョン長)

10:20-10:35 「中性子標的容器の高出力対応化の現状」

羽賀 勝洋 (日本原子力研究開発機構)

10:35-10:50 「J-PARC MLF 重水素化試料作製環境の紹介」

阿久津和宏 (総合科学研究機構)

10:50-11:05 「共通試料環境機器の現状と今後の予定」

渡辺真朗 (日本原子力研究開発機構)

11:05-11:20 「施設報告計算環境 MLF におけるリアルタイムデータ処理」

稲村 泰弘 (日本原子力研究開発機構)

11:20-11:30 休憩

11:30-12:30 ユーザーからの要望 (MLF 利用者懇談会)

アンケートまとめ, 施設報告への質問

12:30-13:40 昼食 (MLF 利用者懇談会)

13:40-14:55 MLF における新規技術・解析手法開発

13:40-14:00 「電池の負ミュオン捕獲 X 線によるリチウム電池の非破壊分析」

反保元伸 (KEK 物構研)

14:05-14:25 「中性子の新しい使い方: 中性子ホログラフィーによるドーバント周りの原子配置の観測」

大山研司 (茨城大学)

14:30-14:50 「数学のグラフ解析の結晶構造解析への適用」

富安亮子 (山形大学)

14:50-15:10 休憩

15:10-15:50 特別講演

「3D characterization of crystalline and magnetic structures using Neutron and X-ray imaging」

S. Schmidt (デンマーク工科大学)

16:00-16:15 休憩

16:15-18:50 CROSS・MLF サイエンスグループからの報告

16:15-16:30 「中性子イメージングと組み合わせた二軸応力試験法の開発」

鈴木淳市 (総合科学研究機構)

16:35-16:50 「乱れた構造がもたらす機能性発現のメカニズム」

川北至信 (日本原子力研究開発機構)

16:55-17:10 「水素化物の規則一不規則構造解析」

大友季哉 (KEK 物構研)

- 17:15-17:30 「対称性の変化と物性：磁性・エネルギー材料」  
神山崇 (KEK 物構研)
- 17:35-17:50 休憩
- 17:50-18:05 「ミュオンのS1実験エリアにおける元素戦略「電子材料」研究」  
小嶋健児 (KEK 物構研)
- 18:10-18:25 「動き始めたBL06中性子共鳴スピネコ一分光器群“VIN ROSE”」研究  
遠藤仁 (KEK 物構研)
- 18:30-18:45 「偏極中性子散乱装置POLANO」  
横尾哲也 (KEK 物構研)
- 18:50-19:00 閉会
- 19:00-21:00 フリーディスカッション

### J-PARC MLF 見学

- 12:30 東海駅発 (貸し切りバスで移動)  
MLF 見学
- 16:00 茨城県立県民文化センター着  
(貸し切りバスで移動)

### PF-UA ユーザーグループミーティング

- 18:00-21:00 茨城県立県民文化センター  
※会場はPF-UAのホームページ (<http://pfwww2.kek.jp/pfua/>) を参照して下さい。

### 【3月3日(土)(2日目)】

#### 2017年度量子ビームサイエンスフェスタ (大ホール)

- 08:30 受付開始 (エントランスホール)
- 09:00-09:10 開会挨拶
- 09:10-11:00 基調講演
- 09:10-09:55 「スモールをメディアムへ束ねる場・大型研究施設」  
高尾正敏 (元大阪大学/パナソニック)
- 10:05-10:15 休憩
- 10:15-11:00 「物質科学者として量子ビームに何を期待しているか」  
有馬孝尚 (東京大学)
- 11:10-11:50 来賓挨拶
- 11:50-12:00 写真撮影
- 12:00-13:20 昼食
- 13:20-14:50 ポスターセッションパートI (県民ギャラリー)
- 14:50-16:05 パラレルセッション パートI

#### (A1) 機能性物質の探索と物質科学 (大ホール)

- 14:50-15:10 「水素結合型強誘電体クロコナ酸結晶における光誘起超高速分極反転」  
岩野薫 (KEK 物構研)
- 15:15-15:35 「Cracking the atomic mystery of perovskite solar cell materials with neutron scattering」  
Bing Li (日本原子力研究開発機構)
- 15:40-16:00 「ガラスの基本単位であるオルトケイ酸の

単結晶構造解析」  
五十嵐正安 (産業技術総合研究所)

#### (B1) 強相関 I (小ホール)

- 14:50-15:10 「量子スピン系の物理-物質創成の立場から」  
田中秀数 (東京工業大学)
- 15:15-15:35 「幾何学的フラストレーション系物質におけるエキゾチックな磁気基底状態」  
岡部博孝 (KEK 物構研)
- 15:40-16:00 「スピン軌道結合モット絶縁体における量子スピン液体」  
求幸年 (東京大学)

#### (C1) 産業利用・材料科学 (集会室 8)

- 14:50-15:10 「電力用半導体における宇宙線耐量」  
織田哲男 (日立パワーデバイス)
- 15:15-15:35 「半導体メモリデバイスのミュオン誘起ソフトエラー」  
渡辺幸信 (九州大学)
- 15:40-16:00 「量子ビームを用いた転位キャラクタリゼーションに基づく材料強度特性の理解」  
佐藤成男 (茨城大学)

#### (D1) CMRC セッション Part1 2017 ハイライト 各プロジェクトから (集会室 10)

- 14:50-15:10 「アンチペロブスカイト酸化物における電子機能探索」  
組頭広志 (KEK 物構研)
- 15:15-15:35 「XAFS で見えたアンモニア合成触媒 Ru/Ca(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, Ru/Ca<sub>2</sub>NH の Ru-N 結合とそのアンカー効果」  
阿部仁 (KEK 物構研)
- 15:40-16:00 「機械学習による量子ビーム実験の高効率化」  
小野寛太 (KEK 物構研)

16:05-16:20 休憩

#### 16:20-18:05 パラレルセッション パートII

#### (A2) 自動化の後ろ側 (大ホール)

- 【司会進行：藤橋雅宏 (京都大学)】  
【パネリスト：佐藤衛 (横浜市立大学), 中川敦史 (大阪大学), 胡桃坂仁志 (早稲田大学), 大友季哉 (KEK 物構研), 宮口郁子 (田辺三菱製薬株式会社), 仁谷浩明 (KEK 物構研)】
- 16:20-17:00 自動化の後ろ側について
- 16:20-16:35 「PX 及び SAXS の自動化状況と将来計画」  
山田悠介/清水伸隆 (KEK 物構研)
- 16:35-16:45 「PF XAFS ビームラインにおける自動化と将来展望」  
仁谷浩明 (KEK 物構研)
- 16:45-17:00 自動化状況に関する質問及び討論
- 17:05-17:50 自動化の未来と教育
- 17:05-17:15 「自動化によって失われたものは？」  
中川敦史 (大阪大学)
- 17:15-17:25 「自動化によって得られたものは？」  
胡桃坂仁志 (早稲田大学)

- 17:25-17:30 ユーザーアンケートの結果報告  
藤橋雅宏 (京都大学)
- 17:30-17:50 パネル討論 (利用者側として考えていくべきこと)
- 17:50-18:05 総合討論

**(B2) 強相関 II (小ホール)**

- 16:20-16:40 「スピネル型酸化物  $MnV_2O_4$  におけるスピン - 軌道混成励起波の観測」  
松浦慧介 (東京大学)
- 16:45-17:05 「カイラル磁性絶縁体  $Cu_2OSeO_3$  における磁気スキルミオンの中性子小角散乱」  
南部雄亮 (東北大学)
- 17:15-17:35 「中性子散乱による基底一重項磁性体  $CsFeCl_3$  の圧力誘起量子相転移の研究」  
林田翔平 (東京大学)

**(C2) 量子ビームを支える先端計測技術 (集会室 8)**

- 16:20-16:40 「XMCD 検出 ESR の開発と応用」  
野尻浩之 (東北大学)
- 16:45-17:05 「超伝導検出器による中性子顕微鏡の実現」  
石田武和 (大阪府立大学)
- 17:15-17:35 「エネルギー分析型中性子イメージングによる稼働条件下での実用製品の直接観察」  
廣井孝介 (日本原子力研究開発機構)
- 17:40-18:00 「ポジトロニウム負イオンの光脱離実験の新展開 — 形状共鳴の観測とエネルギー可変ポジトロニウムビーム生成への応用 —」  
満汐孝治 (産業技術総合研究所)

**(D2) CMRC セッション Part2 中性子・ミュオンで調べる摩擦と潤滑 (集会室 10)**

- 16:20-16:35 「水膨潤高分子膜の凝集状態と摩擦特性」  
田中敬二 (九州大学)
- 16:40-16:55 「中性子反射率法によるトライボロジー現象の理解」  
平山朋子 (同志社大学)
- 17:05-17:20 「トリブロック型高分子添加剤による潤滑評価：共振ずり測定と中性子反射率測定」  
水上雅史 (東北大学)
- 17:25-17:40 「量子ビームで観るフィラー界面近傍におけるタイヤ用ゴムの組成プロファイル」  
堀耕一郎 (KEK 物構研)
- 17:45-18:00 「ミュオンスピン緩和法で明らかになった高分子ダイナミクス」  
竹下聡史 (KEK 物構研)

- 18:45-20:45 懇親会 (フェリヴェールサンシャイン水戸)

**【3月4日 (日) (3日目)】**

- 08:30 受付開始 (エントランスホール)
- 09:00-10:30 **ポスターセッションパートII** (県民ギャラリー)

**第35回 PF シンポジウム (大ホール)**

- 10:40-10:45 開会の挨拶  
平井光博 PF-UA 会長 (群馬大学)
- 10:45-12:10 施設報告  
【座長：足立伸一 (KEK 物構研)】
- 10:45-11:30 放射光科学研究施設の現状と将来計画報告  
村上洋一 (KEK 物構研)
- 11:30-11:40 低速陽電子実験施設報告  
兵頭俊夫 (KEK 物構研)
- 11:40-12:10 大学共同利用機関としての物構研の将来像  
小杉信博 KEK 物構研新所長 (NINS 分子研)
- 12:10-13:30 昼食
- 13:30-14:30 PF-UA 総会
- 14:30-15:40 光源・ビームライン・将来計画 R&D 報告  
【座長：小林幸則 (KEK 加速器)】
- 14:30-14:50 PF リングと PF-AR の運転報告  
高井良太 (KEK 加速器)
- 14:50-15:10 ビームライン報告  
雨宮健太 (KEK 物構研)
- 15:10-15:25 将来計画 R&D 報告 (将来光源の R&D の現状)  
坂中章悟 (KEK 加速器)
- 15:25-15:40 将来計画 R&D 報告 (ビームライン・設備関連の R&D)  
五十嵐教之 (KEK 物構研)
- 15:40-15:45 閉会の挨拶  
村上洋一 (KEK 物構研)

**MLF 将来計画検討会 (集会室 10)**

10:30-11:30 MLF 将来計画検討会

- 10:30-10:40 はじめに  
鬼柳善明 日本中性子科学会会長 (名古屋大学)  
杉山純 日本中間子科学会会長 (豊田中央研究所)
- 10:40-11:00 世界の情勢 / 中性子ミュオン合同検討  
藤田全基 (東北大学)
- 11:00-11:30 中性子学会からの報告  
藤田 全基 (東北大学)  
三島 賢二 (KEK 物構研)
- 11:30-13:30 昼食
- 13:30-15:30 タイトル未定
- 13:30-14:00 日本中間子科学会からの報告  
髭本亘 (日本原子力研究開発機構)  
足立匡 (上智大学)
- 14:00-14:20 TS2 の検討状況  
下村浩一郎 / 瀬戸秀紀 (KEK 物構研)
- 14:20-14:40 加速器  
金正 倫計 (日本原子力研究開発機構)
- 14:40-15:10 中性子ミュオン源  
原田 正英 (日本原子力研究開発機構)

牧村俊助 (KEK 物構研)  
 15:10-15:30 陽子ビームライン・建屋  
 明午 伸一郎 (日本原子力研究開発機構)  
 15:30-15:45 休憩  
 15:45-17:10 タイトル未定  
 15:45-16:15 中島健次/川北至信  
 (日本原子力研究開発機構)  
 16:15-16:45 ミュオン科学  
 河村成肇/幸田章宏 (KEK 物構研)  
 16:45-17:05 議論  
 17:05-17:10 まとめ 金谷 利治 (KEK 物構研)

### 2017年度量子ビームサイエンスフェスタ実行委員:

飯田一樹 (CROSS), 伊藤崇芳 (CROSS), 植草秀裕 (PF-UA/東工大), 大井元貴 (JAEA), 大原高志 (MLF 利用者懇談会/JAEA), 小野寛太 (KEK-PF), 川崎卓郎 (JAEA), ○小嶋健児 (KEK- ミュオン), ◎佐野亜沙美 (JAEA), 杉山弘 (KEK-PF), 瀬谷智洋 (KEK- 中性子), 丹羽尉博 (KEK-PF), 林田洋寿 (CROSS), 引田理英 (KEK-PF), ○平野馨一 (KEK-PF), 本田孝志 (KEK- 中性子), 的場史朗 (KEK- ミュオン) (◎委員長, ○副委員長, 50 音順, 敬称略)

## Nanotech CUPAL 研修会開催のご案内

産総研・NIMS・KEK・筑波大・京都大が中核機関となって活動する Nanotech CUPAL (文科省補助事業) では, 各種分析技術や実習について 30 を超える研修会 (N.I.P. コース) を開催しています。



図1 CUPAL のホームページ

TCAD や TEM の実習など, 非常に人気の高いコースもあります。平成 30 年度 N.I.P. コース開講に向けて参加者を 2 月 1 日より募集開始しておりますので, ご興味のある方は Nanotech CUPAL のホームページ (<https://nanotechcupal.jp/>) より各機関の研修コースをご覧の上, 是非ご検討ください。

## Nanotech CUPAL 第 7 回放射光利用技術入門コース X 線イメージング研修会開催のお知らせ

Nanotech CUPAL KEK 事務局

Nanotech CUPAL (Nanotech Career-up Alliance) は平成 26 年度に始まった文部科学省「科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業」で, TIA と京都大学を中核とした

コンソーシアムです。その中で KEK は, PF を利用した放射光分析に関する講習会を実施しており, 初級者向けの入門コースでは, 毎回一つの手法に軸足をおいて, 基礎の習得から一連の実験・解析までを座学講習 (1 日) と実習 (2 日) のプログラムにより行っています。次回の第 7 回放射光利用技術入門コースでは X 線イメージングを対象とし, 平成 30 年 5 月 -6 月期に開催予定です。



図1 <http://cupal.kek.jp>

KEK の CUPAL 事務局のホームページ (<http://cupal.kek.jp>) にて募集要綱を掲載するとともに参加者を募集中です。ご興味のある方は是非参加をご検討ください。なお, 下記の 5 機関及びアライアンスを構成する 10 の大学の若手研究者 (※) には旅費 (日当及び必要に応じて宿泊費を含む) の補助を行うことができます。

**日時:** 平成 30 年 5 月 -6 月頃

1 日目座学講習, 2 ~ 3 日目実習

(日程が確定次第, ホームページにてお知らせいたします。)

**場所:** KEK-PF

**受講料:** 大学, 公的機関等の方は無料。

アライアンス機関の若手研究者には旅費を補助できます。企業の方はまずは事務局にご相談下さい。

**問合せ先:** [kek-cupal@pfqst.kek.jp](mailto:kek-cupal@pfqst.kek.jp)

(Nanotech CUPAL KEK 事務局)

**申込締切:** 平成 30 年 4 月 25 日 (予定)

但し, 申し訳ありませんが, 定員になり次第締め切らせて頂きます。また, 実施日程が早まる場合には締切を前倒しさせて頂く可能性がありますので, 詳細はホームページでご確認下さい。

**※アライアンス機関:**

産総研, NIMS, KEK, 筑波大, 京都大の 5 機関及び, 北海道大学, 東京理科大学, 東京大学, 東京工業大学, 早稲田大学, 立命館大学, 京都工芸繊維大学, 同志社大学, 大阪大学, 神戸大学。

**※若手研究者:**

博士課程後期学生, もしくは博士号取得後 10 年以内又は同程度の研究経歴を有する 40 歳未満の研究者 (医学系分野では 43 歳未満)



図2 吸収コントラスト 3 次元 CT

## 産業利用促進運転について

施設利用料等の産業利用収入から運転経費の一部を確保して加速器運転を行うことを平成30年度I期に実施することになりました。平成30年度は制度立上げのための検討データを取得するために実施します。この方式を導入することで、通常の加速器運転時間に加えて数日間以上の加速器運転延長が可能となる予定です。企業による施設利用の時間を確保しつつ、一般課題の配分時間が増加する見込みです。この延長運転期間は企業による施設利用を優先しますが、施設利用のないビームタイムでは一般課題を実施する予定です。詳細は、今後、WEB等でお知らせします。ご不明な点はビームライン担当者にお問い合わせ下さい。

## 平成30年度後期共同利用実験課題公募について

高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の放射光科学研究施設（フォトン・ファクトリー）は、電子蓄積リングから放出される放射光を用いて研究を行うための全国共同利用研究施設です。

今回の公募は4月上旬から受付開始し、締切は5月中旬を予定しております（低速陽電子実験施設の共同利用実験課題を併せて公募します）。

申請は専用Webページ（<https://pmsweb.kek.jp/k-pas>）にアクセスして、必要事項を入力して下さい。これまでPFを利用されていない方は新規にユーザー登録が必要になりますので、余裕を持って申請ください。締切時間はWebシステムで設定されており、少しでも締切時間をすぎますと受け付けられなくなりますので十分ご注意ください。7月に審査結果の速報が電子メールで送られる予定です。採択された課題は平成30年10月に有効となり、実験が開始できます。

公募要項は「実験・研究公募要項（放射光共同利用実験）」（<http://www2.kek.jp/uskek/apply/pf.html>）をご覧ください。PFのホームページ「PFで放射光利用実験を行うには（利用プログラム）」（<http://www2.kek.jp/imss/pf/use/program/>）にも詳細を掲載しています。

また、物構研の放射光、低速陽電子、中性子、ミュオンの4つの量子ビームのうち2つ以上を用いるマルチプローブ課題の公募要項については「マルチプローブ共同利用実験課題公募要項」（<http://www2.kek.jp/uskek/apply/multiprobe.html>）をご覧ください。

不明な点は下記までお問い合わせ下さい。

**研究協力課 共同利用支援室 共同利用係**

**Tel: 029-864-5126 Fax: 029-879-6137**

**Email: kyodo1@mail.kek.jp**

## 平成30年度後期 フォトン・ファクトリー研究会の募集

放射光科学研究施設長 村上洋一

物質構造科学研究所放射光科学研究施設（フォトン・ファクトリー）では放射光科学の研究推進のため、研究会の提案を全国の研究者から公募しています。この研究会は放射光科学及びその関連分野の研究の中から、重要な特定のテーマについて1～2日間、高エネルギー加速器研究機構のキャンパスで集中的に討議するものです。年間6件程度の研究会の開催を予定しております。

つきましては研究会を下記のとおり募集致しますので応募下さいますようお願いいたします。

### 記

1. 開催期間 平成30年10月～平成31年3月
2. 応募締切日 平成30年6月15日（金）  
〔年2回（前期と後期）募集しています〕
3. 応募書類記載事項（A4判、様式任意）
  - (1) 研究会題名（英訳を添える）
  - (2) 提案内容（400字程度の説明）
  - (3) 提案代表者氏名、所属及び職名（所内、所外を問わない）
  - (4) 世話人氏名（所内の者に限る）
  - (5) 開催を希望する時期
  - (6) 参加予定者数及び参加が予定されている主な研究者の氏名、所属及び職名
4. 応募書類送付先（データをメールに添付して送付）  
放射光科学研究施設 主幹秘書室宛  
Email: pf-sec@pfiqst.kek.jp TEL: 029-864-5196

なお、旅費、宿泊費等については実施前に詳細な打ち合わせのうえ、支給が可能な範囲で準備します（1件当たり上限30万円程度）。開催日程については、採択後にPF-PAC委員長と相談して下さい。また、研究会の報告書をKEK Proceedingsとして出版していただきます。



## 予 定 一 覧

3月 2日～4日	2017年度量子ビームサイエンスフェスタ 第9回 MLF シンポジウム / 第35回 PF シンポジウム (茨城県立県民文化センター・水戸市)
3月 8日	物構研 退職記念講演会・懇親会 (KEK 小林ホール/ホテルグランド東雲)
3月10日	総研大・高エネルギー加速器科学研究科 平成29年度大学院説明会 (一橋大学・東京)
3月20日	PF 平成29年度第三期ユーザー運転終了
3月26日～30日	研究系技術職員インターンシップ物質構造科学研究所コース
5月11日	PF 平成30年度第一期ユーザー運転開始
5月17日	PF-AR 平成30年度第一期ユーザー運転開始
6月 9日	総研大・高エネルギー加速器科学研究科 大学院説明会 (一橋大学・東京)
6月15日	平成30年度後期フォトン・ファクトリー研究会公募締め切り
6月29日	PF-AR 平成30年度第一期ユーザー運転終了
7月 3日	総研大・高エネルギー加速器科学研究科 大学説明会・オープンキャンパス (KEK つくばキャンパス)
7月 6日	PF 平成30年度第一期ユーザー運転終了
8月 4日～5日	つくばキャンパス全所停電
8月13日～15日	KEK 一斉休業

※最新情報は <http://pfwww.kek.jp/spice/getschtxt> をご覧下さい。

# 運転スケジュール(April ~ July 2018)

E:ユーザー実験    B:ボーナスタイム  
 M:マシンスタディ    T:立ち上げ  
 MA:メンテナンス    HB:ハイブリッド運転  
 I:産業利用促進日

4月	PF	PF-AR	5月	PF	PF-AR	6月	PF	PF-AR	7月	PF	PF-AR
1(日)			1(火)			1(金)			1(日)		
2(月)			2(水)			2(土)			2(月)		
3(火)			3(木)			3(日)	HB		3(火)	I	
4(水)			4(金)	STOP	STOP	4(月)			4(水)		
5(木)			5(土)			5(火)			5(木)		
6(金)			6(日)			6(水)		E	6(金)		
7(土)			7(月)			7(木)	M		7(土)		
8(日)			8(火)			8(金)			8(日)		
9(月)			9(水)	T/M		9(土)			9(月)		
10(火)			10(木)			10(日)	E		10(火)		
11(水)			11(金)			11(月)			11(水)		
12(木)			12(土)			12(火)			12(木)		
13(金)			13(日)	E		13(水)	B	B	13(金)		
14(土)			14(月)			14(木)		M	14(土)		
15(日)	STOP	STOP	15(火)		T/M	15(金)			15(日)	STOP	STOP
16(月)			16(水)	B		16(土)			16(月)		
17(火)			17(木)	M		17(日)	E	E	17(火)		
18(水)			18(金)			18(月)			18(水)		
19(木)			19(土)			19(火)			19(木)		
20(金)			20(日)	E	E	20(水)	B	B	20(金)		
21(土)			21(月)			21(木)	M	M	21(土)		
22(日)			22(火)			22(金)			22(日)		
23(月)			23(水)	B	B	23(土)			23(月)		
24(火)			24(木)		M	24(日)	E	E	24(火)		
25(水)			25(金)			25(月)			25(水)		
26(木)			26(土)			26(火)			26(木)		
27(金)			27(日)	E	E	27(水)	B	B	27(金)		
28(土)			28(月)			28(木)	M	E	28(土)		
29(日)			29(火)			29(金)	E		29(日)		
30(月)			30(水)	B	B	30(土)	I	STOP	30(月)		
			31(木)	M	E				31(月)		

スケジュールは変更されることがありますので、最新情報はPFホームページ(<http://www2.kek.jp/imss/pf/>) の「PFの運転状況／長期スケジュール」(<http://www2.kek.jp/imss/pf/apparatus/schedule/>) をご覧ください。

## PAC 速報

共同利用・広報グループ 兵藤 一行  
宇佐美德子

今回の放射光共同利用実験審査委員会（PF-PAC）は、平成 30 年 1 月 15 日 分科会（電子物性，化学・材料），1 月 17 日分科会（生命科学 I），1 月 18 日分科会（構造物性，生命科学 II），1 月 19 日 全体会議の日程で開催されました。

委員会での審査の結果，p.44 のような実験課題が採択となりました。その後，物質構造科学研究所運営会議の審議を経て最終決定となりました。

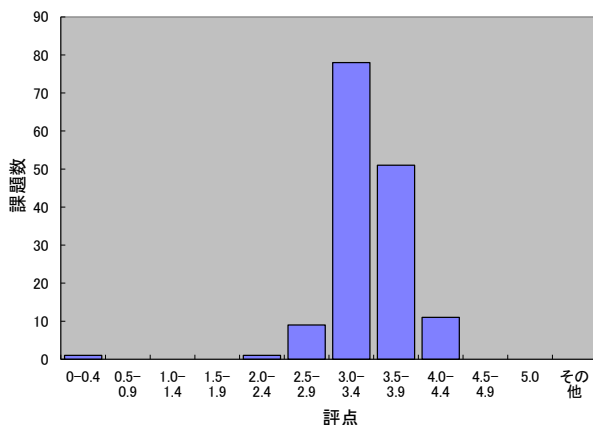
### 1. G型課題

11 月 8 日に締め切られた平成 30 年度前期共同利用実験課題公募には 151 件の課題申請があり，審査の結果，採択課題 139 件，条件付き採択課題 10 件，不採択課題 2 件となりました。課題の採択基準は，全体会議での審議により評点 2.5 以上と設定されました。

条件付き採択課題は，申請者からの補足説明に対する PF-PAC 委員長の判断により条件が解除されて実施可能となります。今回も，この中には試料名，その安全性に関する記述が十分でないために条件付きとなった課題が多数ありました。試料の安全性や安全確保策がわかるように，申請書の V の欄に記述してください。

条件付き採択課題となった課題の決定通知書には，条件に関する最初の返答（最終返答でなくても結構です）に関する期限を明記してあります。それまでに返答が無い場合には不採択となりますのでご注意ください。条件付き採択課題への条件の一例を改めて下記に示します。今後の課題申請時の参考にさせていただきますようお願いいたします。

平成30年度前期PAC 評点分布



### 条件付き採択課題の条件の例

- タンパク質結晶試料の由来生物種，試料の病原性や毒性の有無を PF-PAC 委員長に報告して下さい。必要に応じて，サンプルがどのような組換え体であるかを追記して下さい。
- 動物試料を用いる際の取り扱いについて，所属機関における規定に則って対応することを，PF-PAC 委員長に報告してください。

また，条件付き採択課題とはならなくても，申請書 V 欄への記述が不十分な申請書が多く見られます。この欄には，上述のように実験に使用する試料名とその安全性について記入していただくことになっています。施設の安全担当者が判断しやすいように，この欄は必ず詳細を記述していただくように改めてお願いいたします。

また，実験課題公募要項に記載されていますように，生命科学 I 分科会への申請課題は，タンパク質結晶試料の準備状況を別紙にて実験課題申請システムからアップロードしていただくことが実験課題申請の条件となっています。

PF を利用して出版された論文の登録を促進するために，これまでに採択・実施された実験課題からの報告論文数が少ない課題申請者に対しては，実験課題申請時に新たな論文登録をしていただくか，論文出版ができなかった理由書を提出していただくように実験課題申請システムにて設定されています（イエローカード方式）。下記に示す PF-PAC で設定した条件に従い，理由書内容を PF-PAC で検討して課題評点を減点する場合があります。

論文出版時には KEK 研究成果管理システムからの論文登録を忘れずに，かつ速やかにしていただきますよう改めてお願いいたします。

PF で得られた研究成果の社会への還元という意味からも，PF への積極的な論文登録をお願いします。また，PF を少しでも利用して記述された大学院生の修士論文，博士論文の登録も改めてお願いいたします。

<http://www2.kek.jp/imss/pf/use/result/>

### 論文登録状況の条件について

申請課題の採択時から遡り，課題の有効期間が終了して 1 年から 6 年経過した課題（P 型課題を除く）が 3 件以上ある場合について，

- 採択課題数の 1/3 以上の課題について論文が登録されていない実験責任者に事情を照会する（yellow card 調査対象）。
- 調査の回答に基づき，問題点の解析を行う。
- 回答がない実験責任者の申請課題は不採択とする。
- 論文登録の少ない実験責任者の申請については，実験

責任者からの回答，該当期間の課題に関する論文登録状況，学位論文等の登録状況を考慮し，PAC分科会で評点の減点を提案し，PACで決定する。減点は以下の基準で行う。

\* 2/3以上の課題について論文登録がない場合は，-1.0を基準とする。

\* 1/3を越える課題について論文登録がない場合は，-0.5を基準とする。

## 2. S2型課題

11月8日に締め切られた平成30年度前期共同利用実験課題公募には3件の課題申請がありました。全体会議での審査の結果，採択となりました（敬称略）。

### 課題番号：2018S2-001

課題名：高分解能角度分解光電子分光による新奇量子物質におけるエキゾチック準粒子の探索

責任者：東北大学大学院・理学研究科 佐藤 宇史

### 課題番号：2018S2-002

課題名：ソフトクリスタル群の微小外場誘起構造相転移におけるX線・UV-VIS同時in-situ測定

責任者：自治医科大学・医学部 佐藤 文菜

### 課題番号：2018S2-003

課題名：PF 2.5 GeV リングハイブリッドモード運転を活用した軟X線時間分解計測の展開

責任者：KEK 物質構造科学研究所 足立 純一

## 3. T型課題

11月17日に締め切られた平成30年度前期共同利用実験課題公募には1件の課題申請があり，全体会議での審査の結果，採択となりました（敬称略）。

## 課題番号：2018T001

課題名：糸状菌由来メロテルペノイドの生合成に関わる膜結合型テルペン環化酵素のX線結晶構造解析

責任者：東京大学大学院・薬学系研究科 尾関 雅弘

今後もT型課題への大学院生の積極的な応募を期待します。このT型課題は，ユーザーコミュニティ（PF-UA）と数年にわたり議論を重ねて設置された課題区分であり，PFを高度に活用した優れた研究を主体的に推進する大学院生を，大学とPFが共同して指導，支援を行い，放射光科学の将来を担う人材の育成を行うことを目的としています。

## 4. PF研究会

今期は，以下の2件の研究会が採択されました（敬称略）。

### 「量子ビームと新規合成手法の融合による酸化物の新機能探索」

提案代表者：KEK 物質構造科学研究所 組頭 広志

### 「X線とクライオ電子顕微鏡で挑む生命の機能とかたち」

提案代表者：北海道大学大学院・先端生命科学研究院

姚 閔

## 5. 報告事項，審議事項

以下の項目がPF-PACで報告，審議されました。

報告事項（抜粋）

- ・ユーザーグループ運営ステーション，大学等運営ステーションの評価結果について

今年度，覚書締結の有効期間が終了となる上記運営ステーションについて，有効期間3年間の活動に関してPFおよびPF-UAで設置した評価委員会で評価，審議を行い，3年間の延長が承認されたこと（表参照）。

2018年度ユーザーグループ運営ステーション

名称（仮称）	ビームライン名	対応グループ名	代表者名	所属	所内担当者	期間
高圧物性	BL-18C	超高圧	高橋博樹（UG） 鍵 裕之（WG）	日本大学 東京大学	船守展正 亀卦川卓美	H30/4～H33/3
粉末回折	BL-4B2	粉末回折	植草秀裕	東京工業大学	中尾裕則	H30/4～H33/3
物質物理	BL-6C	物質物理	奥部真樹	東北大学	中尾裕則	H30/4～H33/3
鉱物・合成複雑単結晶	BL-10A	鉱物・合成複雑単結晶	吉朝 朗	熊本大学	熊井玲児	H30/4～H33/3
表面ARPES， 表面化学	BL-3B	表面科学	吉信 淳（UG） 枝元一之（WG）	東京大学 立教大学	間瀬一彦	H30/4～H33/3

2018年度大学等運営ステーション

実験装置名	ビームライン名	運営WG	代表者名	所属	所内担当者	期間
可視-真空紫外 発光測定装置	BL-20A	東京工業大学理学院	河内宣之	東京工業大学	足立純一	H30/4～ H33/3

- MP 共同利用実験課題の予備申請について  
これまでの申請課題に、ビームライン担当者との事前打合せが不十分な状況での申請があり、結果的に不採択になるケースがあったため、平成30年度課題公募から（PF-PACで承認された）予備申請制度について、一部規約を修正して運用を開始すること。
- 構造生物関係ビームラインの新しい運用方法の設定について  
タンパク質結晶試料をPFに送付してPF側で全自動測定を行うビームタイムを定期的に（一週間に一日、構造生物関係の幾つかの実験ステーションを設定する予定）設けることについて、平成30年度から運用を開始すること。
- 産業利用促進運転について  
産業利用収入から運転経費の一部を確保した上で、加速器運転を行うことについて、平成30年度から運用を開始すること。この加速器運転期間は企業による施設利用を優先するが、企業の施設利用のないビームラインでは一般課題を実施する予定であること。

#### 審議事項（抜粋）

- 複数分科会での実験課題審査について  
より精度の高い審査を行うためにレフリー数の設定等について見直す必要があるのではないかというPF-PAC提案に対応して、レフリー数の設定を変更できるようにするための実験課題審査システムの改修が今年度中に終了する予定であることが報告され、次回以降の実験課題審査では、原則として一分科会あたり3名のレフリーで審査を行うことになった。

#### その他

- 実験課題申請書中の「VIII. 外部資金獲得状況」について  
申請書への記入について、当該課題に関連する外部資金なのか、過去の外部資金獲得実績なのか、記入要項を明確にしてはどうかとの意見が出された。
- 実験課題申請数の減少について  
旅費の支給が減ったことが原因ではないかとの意見が出され、このことに関する意見交換を行った。PFの特長は学生教育への貢献でもあり、ビームタイムを減らしてでも学生への旅費支援をすべきであらう、教員への旅費支援は一時的な論文数の増加に繋がるだろうが、学生の教育を優先して良いのではないかと、また、学生教育、旅費の確保については文科省関連の別枠予算への申請や企業からの援助などの枠組み設定ができないだろうか、などの意見が出された。

## 第95回物質構造科学研究所運営会議議事次第

日時：平成30年1月12日（金） 13:30～15:30

場所：高エネルギー加速器研究機構 管理棟大会議室

### 【1】審議事項

- ① 教員人事（物構研17-1特別助教若干名）
- ② 教員人事（物構研17-4特任助教1名）
- ③ 学術研究フェローの雇用計画について（特別助教3件）
- ④ 次期副所長の選考について
- ⑤ 次期研究主幹及びセンター長の選考について
- ⑥ 次期技術調整役及び技術副主幹の選考について

### 【2】報告事項

- ① 人事異動
- ② 研究員の選考結果について
- ③ 平成29年度放射光共同利用実験課題審査結果（P型）について
- ④ マルチプローブ共同利用実験課題予備申請について
- ⑤ Fast Track Proposalの試験導入について
- ⑥ 協定等の締結について（国内機関関係）（資料配付のみ）

### 【3】研究活動報告（資料配布のみ）

- ① 物質構造科学研究所報告
- ② 素粒子原子核研究所報告
- ③ 加速器研究施設報告
- ④ 共通基盤研究施設報告

## 物構研談話会

日時：12/7（木）16:00～

題名：The Use of Diffraction in Determine the Residual Stress of HVOF WC-17Co Coatings

講師：Prof. Philip Oladijo (BIUST (Botswana International University of Science and Technology))

日時：1/11（火）10:00～

題名：SPring-8蓄積リング棟で行われたきた測量結果を元に得られた知見を発表する

講師：木村 洋昭氏 (JASRI 基盤技術 Gr. 光源基盤部門)

## 平成 30 年度後期放射光共同利用実験採択課題一覧 (G 型)

受理番号	課 題 名	所 属	実験責任者	ビームライン
<b>1. 電子物性</b>				
2018G009	高分解能軟X線分光による中高温型燃料電池のRu,Y-BaCeO <sub>3</sub> アノード電極膜の表面・界面電子構造	東京理科大学	樋口 透	2A
2018G011	Mn, Fe L-edge XMCD Study for MnFe(P,As) Compounds with First-Order Phase Transition	Inner Mongolia Normal University,	LI Yingjie	7A, 16A
2018G012	軟X線領域の低入射角高回折効率回折格子の開発	量子科学技術研究開発機構	小池 雅人	11D
2018G017	超低磁気摩擦定数を有する酸化物ヘテロ接合界面磁性のXMCD評価	東北大学	永沼 博	16A
2018G049	ファンデルワールス強磁性体のARPESと内殻分光	東京大学	藤森 淳	2A, 28A/B
2018G061	もつれH(2p)原子ベアの状態解明	東京工業大学	徳坂 綱一	20A, 28A/B
2018G062	遷移金属酸化物ナノシートを用いた二次元超格子薄膜の分光物性と構造制御	京都大学	豊田 智史	6C, 2A
2018G069	カレントドライブ制御下における12CaO・7Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :O <sup>2-</sup> のCO <sub>2</sub> 還元反応に関する研究	弘前大学	石山 新太郎	27A
2018G073	一次元電子材料の電子輸送およびドーピング機構に関する研究	産総研	池浦 広美	27A
2018G085	非破壊深さ原子濃度測定による炭素材料へのアルカリ金属の吸蔵拡散	日本原子力研究開発機構	関口 哲弘	27A, 27B
2018G093	トポロジカルに非自明な電子構造を持つ超伝導体の研究	東京大学	石坂 香子	2A
2018G098	層状ペロブスカイト型Mn酸化物における軌道秩序と電子構造の関係	東京理科大学	大川 万里生	2A, 28A/B
2018G100	ポジトロニウムのレーザー冷却	東京大学	石田 明	低速陽電子
2018G104	半導体中不純物の電気的不活性化過程の原子配列構造観察からの解明	東京工業大学	筒井 一生	13A/B
2018G114	スピントロニクスにおける機能性電子材料の物性解明・物質設計	東京大学	小林 正起	2A, 16A
2018G115	新規Mg <sub>3</sub> Sb <sub>2</sub> 系熱電変換物質のバンド構造	岡山大学	横谷 尚睦	28A/B
2018G124	オペランド軟X線吸収分光による全固体電池の電子状態解析	産総研	朝倉 大輔	7A
2018G127	特異な磁性転移を示す近藤半導体CeM <sub>2</sub> Al <sub>10</sub> (M=Os,Ru)の放射光角度分解光電子分光	岡山大学	横谷 尚睦	2A
2018G128	分子多電子励起状態からの高リドベルグ解離断片の生成	上智大学	小田切 丈	20A, 28A/B
2018G148	サイズ選別した酸化マンガン複合化クラスターのX線吸収分光	(株)コンボン研究所	早川 鉄一郎	2B
2018G152	Sn on ZrB <sub>2</sub> with silicene and h-BN surface termination	University of Twente(Netherlands)	Michel de Jong	13A/B
<b>2. 構造物性</b>				
2018G003	蛍光X線ホログラフィーによるタングステン酸混晶シンチレーターにおける発光収量増大機構の解明	山形大学	北浦 守	6C
2018G015	Bi系置換型合金における構造相転移の圧力・組成依存性	新潟大学	大村 彩子	18C, NE1A
2018G021	ペロブスカイトスラブ型酸化物Sr <sub>2</sub> (Ta <sub>1-x</sub> Nb <sub>x</sub> ) <sub>2</sub> O <sub>7</sub> における構造相転移の結晶学的研究	九州工業大学	堀部 陽一	4B2
2018G023	InOOH型酸化水酸化物の状態方程式と相転移境界	東北大学	鈴木 昭夫	NE5C, NE7A
2018G024	下部マントル条件での変形実験：鈹物科学からの下部マントルのレオロジーに対する制約	岡山大学	山崎 大輔	NE7A
2018G028	超重力・高温下より急冷したTiO <sub>2</sub> アナターゼ単結晶の構造	熊本大学	吉朝 朗	10A
2018G039	変形コメ格子反強磁性体Gd <sub>3</sub> Ru <sub>4</sub> Al <sub>12</sub> における三量体形成	広島大学	松村 武	3A
2018G045	低結晶度レアメタル鈹物の精密結晶構造解析	国立科学博物館	宮脇 律郎	10A
2018G058	BaTiO <sub>3</sub> 強誘電相の局所構造に関する研究	名古屋工業大学	林 好一	6C
2018G059	六方最密構造(hcp)鉄の流動特性	愛媛大学	西原 遊	NE7A
2018G067	炭酸マグネシウム水和物artinite Mg <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> )(OH) <sub>2</sub> ・3H <sub>2</sub> Oの精密構造解析	筑波大学	興野 純	10A
2018G080	リチウム・ナトリウムイオン電池用新奇高電位正極材料の創成と構造解析	東京大学	西村 真一	4B2, 8B
2018G083	骨格の柔軟性に基づく一次元電子系物質の新電子相開拓	東北大学	井口 弘章	NW2A
2018G087	速度論的に組み立てられた活性空間内反応のその場観察	東京工業大学	河野 正規	NW2A
2018G088	リチウムイオン電極の電極反応電位に与える圧力効果の解明	名古屋工業大学	石井 陽祐	18C
2018G091	蛍光X線ホログラフィーで得られた原子位置の正確度向上	広島市立大学	八方 直久	6C
2018G094	鉄系層状酸化物内への水・水酸化物イオンのインターカレーションとその構造変化	名古屋工業大学	籠宮 功	4B2
2018G096	軽元素物質窒化炭素の高圧下X線回折	福岡大学	匠 正治	NE1A
2018G101	層状Ni酸化物Ln <sub>n+1</sub> Ni <sub>n</sub> O <sub>2n+2</sub> (Ln=La, Nd, Sm)の高分解能粉末X線構造解析	横浜国立大学	上原 政智	4B2
2018G102	プロトン移動をトリガーとする光・電場誘起物性変換分子システムの構築	筑波大学	大塩 寛紀	8A
2018G103	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> 珪酸塩鈹物中の微量遷移元素の存在様式の解明	東北大学	有馬 寛	6C, 9C, 10A
2018G108	種々のアルミノ珪酸塩ガラスにおける圧力誘起Al配位数変化	滋賀県立大学	山田 明寛	NE5C
2018G118	地球深部物質に観察されたカップリング置換に伴う構造転移機構の解明	東北大学	栗林 貴弘	10A
2018G122	超臨界窒素流体を用いた新規窒化リンの超高温合成と構造評価	名古屋大学	丹羽 健	NE1A
2018G123	高圧XRD測定によるLi-Si系材料の構造相転移に関する研究	岐阜大学	久米 徹二	18C

2018G132	X線共鳴磁気散乱を用いたガドリニウム鉄ガーネットの磁性電子密度分布解析	東北大学	奥部 真樹	6C, 10A
2018G140	<sup>57</sup> Fe核共鳴散乱法による圧力下鉄と素化合物の電子状態	兵庫県立大学	池田 修悟	NE1A
2018G142	共鳴X線散乱を用いた希土類硫化物の多重極子秩序構造の観測	埼玉大学	道村 真司	3A
2018G145	AlおよびZr非晶質金属における化学および密度揺らぎに誘起される中距離秩序構造の解析	東北大学	川又 透	7C
2018G146	Deformation of calcium silicate perovskite	University College London	Andrew Ross Thomson	NE7A
2018G149	蛍光X線ホログラフィー法によるAl <sub>0.3</sub> CrFeCoNi高エントロピー合金の局所構造解析	宇都宮大学	山本 篤史郎	6C

### 3. 化学・材料

2018G002	表面プラズモン共鳴を示す水素ドーパ型モリブデン酸化物のXAFS構造解析	大阪大学	桑原 泰隆	9C
2018G010	XAFS Study of MnFeP <sub>1-x</sub> As <sub>x</sub> Compounds	Inner Mongolia Normal University,	LI Yingjie	9C
2018G013	硫化鉄ナノ粒子の結晶成長に伴う構造変化	筑波大学	興野 純	9A
2018G030*	元素動画で見る化学反応	物質・材料研究機構	桜井 健次	9C
2018G035	重金属とハロゲンの熱的相互作用による有機ハロゲン化合物生成の共通機構	京都大学	藤森 崇	9A, 11B, 12C
2018G037	三疊紀前期-中期境界層中のSbとAsの局所構造と大量絶滅	熊本大学	吉朝 朗	9C, NW10A
2018G038	金属タンパク質のX線吸収スペクトル	茨城大学	山口 峻英	9A
2018G042	固体表面における金属錯体の構造解析と協奏触媒機能の解明	東京工業大学	本倉 健	12C, NW10A
2018G044	火山ガラスのFe-K端XANES局所分析によるマグマ上昇過程の検討	静岡大学	石橋 秀巳	4A
2018G057	炭素担持白金パラジウムバイメタル触媒のXAFSによる構造解析	岩手大学	白井 誠之	9C, NW10A
2018G063	アルコール酸化反応に有効な卑金属酸化物ナノクラスター触媒の開発	千葉大学	一國 伸之	12C
2018G065	溶融塩電気化学法による風化黒雲母からのCs除去と分離回収へむけた構造解析	日本原子力研究開発機構	本田 充紀	27A, 27B
2018G066	元素イメージング法XANAMの深化とその最高空間分解能の評価	名古屋大学	鈴木 秀士	7C
2018G068	二元素DXAFSの開発と電極反応の動的解析	立命館大学	片山 真祥	12C, NW2A
2018G070	銀形ゼオライトにおける新規前駆体発光種の局所構造	弘前大学	宮永 崇史	NW10A
2018G074	Biナノ粒子の形状・サイズと原子相関	富山大学	池本 弘之	10C, 15A1
2018G076	炭素ナノ空間による溶媒とイオンの安定化機構の解明	岡山大学	大久保 貴広	NW10A
2018G078	金属ドーピングしたペロブスカイト型金属酸化物(NaTaO <sub>3</sub> とSrTiO <sub>3</sub> )光触媒のXAFS解析	神戸大学	大西 洋	12C, NW10A
2018G082*	層状遷移金属炭化物MXeneの電子状態解析	東京大学	大久保 将史	12C, 9A, 9C
2018G085	非破壊深さ原子濃度測定による炭素材料へのアルカリ金属の吸蔵拡散	日本原子力研究開発機構	関口 哲弘	27A, 27B
2018G089	風化花崗岩がレアアースのイオン吸着型鉱床となる要因:分子レベルの吸着状態の解明と資源探査への貢献	東京大学	高橋 嘉夫	12C, NW10A, 15A1
2018G090	ジオポリマー法による易溶性飛灰中セシウムの固定化機構の解明	京都大学	高岡 昌輝	11B, 12C
2018G103	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> 珪酸塩鉱物中の微量遷移元素の存在様式の解明	東北大学	有馬 寛	6C, 9C, 10A
2018G107	電解凝集法における生成した鉄化合物の形態解析	埼玉県環境科学国際センター	見島 伊織	12C
2018G111	リポソーム表面への希土類元素イオンの吸着構造およびランタノイドリン酸塩生成反応の機構解明	筑波大学	山崎 信哉	10C, 12C
2018G121	時間分解XAFSを用いた光エネルギー変換過程の直接観測	KEK物構研	野澤 俊介	NW14A
2018G141	H <sub>2</sub> Oを電子源としたCO <sub>2</sub> の光還元活性を示すAg修飾ZnO/Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> のXAFSによる構造解析	京都大学	朝倉 博行	NW10A
2018G144	X線吸収分光法による機能性金属錯体の金属-硫黄結合の電子状態の解明	茨城大学	山口 峻英	9A, NW10A
2018G151	ナノサイズMnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> フェライト微粒子へのCo, Znイオン共ドーパ効果と局所構造解析	横浜国立大学	一柳 優子	12C

### 4. 生命科学 I

2018G001	糸状菌モデルペノイド複雑骨格構築に関わるα-ケトグルタル酸依存性ジオキシゲナーゼの構造機能解析	東京大学	阿部 郁朗	1A, 17A
2018G006	新規アミノ酸代謝関連酵素群の反応機構解明	静岡県立大学	中野 祥吾	1A, 5A, 17A, NE3A, NW12A
2018G014	B型肝炎ウイルスの感染受容体NTCPの構造による感染機構解明及び創薬研究	横浜市立大学	朴 三用	1A, 17A
2018G018	ブルー銅タンパク質における弱い相互作用の構造と機能に関する研究	茨城大学	高妻 孝光	5A, NW12A
2018G025	X線結晶構造解析を用いた昆虫ステロイドホルモン生合成調節因子Nopperaboの内在性基質の探索	KEK物構研	小祝 孝太郎	1A, 5A, 17A, NE3A
2018G029	アラビノキシラン分解酵素の構造解析	農業・食品産業技術総合研究機構	藤本 瑞	1A, 5A, 17A, NE3A, NW12A

2018G031	2-ヒドロキシ酸脱水素酵素群の基質特異性の改変設計	東京理科大学	田口 速男	5A, NW12A
2018G033	Crystallographic analysis of protein complexes involved in regulating peptidoglycan synthesis and hydrolysis	Academia Sinica, TAIWAN	Chung-I CHANG	1A
2018G034	X線結晶構造解析によるアクセサリタンパク質が酵素基質特異性を改変するしくみの解明	立命館大学	田中 俊一	1A, 17A, NE3A, NW12A
2018G036	Subtilisin BPN'プロセッシング中間体のX線結晶構造解析	学習院大学	中村 颯	5A, 17A, NE3A, NW12A
2018G040	高選択性阻害剤の創出を目指したMAP2Kの活性制御機構及び基質認識機構の解明	大阪府立大学	木下 誉富	17A, NE3A
2018G043	ネギ属由来催涙因子合成酵素の反応機構の解明	東京大学	伏信 進矢	1A, 5A, 17A, NE3A, NW12A
2018G046	放線菌Streptomyces griseus由来自己調節因子受容体ArpAの結晶構造解析	東京電機大学	夏目 亮	1A, 17A, NE3A, NW12A
2018G047	複雑骨格天然化合物の生合成機構の解析	東京大学	葛山 智久	5A, 17A, NE3A, NW12A
2018G048	新たな抗感染症分子探索のための複合体結晶構造解析	東北大学	松井 崇	17A
2018G050	ガン特異的二重特異性抗体の構造解析	東北大学	田中 良和	17A
2018G051	配位子結合と運動したヘモグロビン分子運動の結晶学的追跡	自治医科大学	柴山 修哉	NW12A
2018G060*	巨大タンパク質会合体の内部空間を利用したタンパク質構造解析法	東北大学	田中 良和	5A
2018G075	DNA複製伸長反応における蛋白質DNA複合体の構造基盤	いわき明星大学	角田 大	NW12A
2018G084	改変アミノアシルtRNA合成酵素の非天然アミノ酸認識機構の解明	産総研	中村 彰良	1A, 17A
2018G105	南極子囊菌不凍タンパク質の結晶構造解析	産総研	近藤 英昌	5A, 17A
2018G109	RAD52を標的とした抗がん剤の開発に関する構造生物学的研究	明星大学	香川 亘	1A, 17A
2018G110	翻訳調節因子の制御機構の解明	産総研	竹下 大二郎	1A, 5A, 17A
2018G113*	FANC-M/CENP-SX/DNA複合体のX線結晶構造解析	東京理科大学	西野 達哉	NW12A, 17A, 1A
2018G116	翻訳後修飾認識抗体による抗原認識機構の解明	東京大学	津本 浩平	5A, NE3A, NW12A
2018G120	回転分子モーターV-ATPaseのX線結晶構造解析	千葉大学	村田 武士	1A, 17A
2018G125	フラボヘモグロビンによる抗菌剤耐性と一酸化窒素分解機構の解明	福島県立医科大学	五十嵐城太郎	5A, NW12A
2018G131*	ミトコンドリアトランスロケータSAM複合体構成タンパク質の構造基盤	京都産業大学	竹田 弘法	NE3A, NW12A, 17A, 1A, 5A
2018G134	三量体オートトランスポーターの細胞外輸送とフォールドに関する構造生物学	名古屋大学	鈴木 淳巨	17A
2018G137	プロテアソームの形成に関わるタンパク質の結晶学的研究	名古屋市立大学	加藤 晃一	1A, 5A, 17A, NE3A, NW12A
2018G143	X線結晶解析による微小管関連分子群の機能制御機構の解明	東京大学	廣川 信隆	1A, 5A, 17A, NW12A
2018G153*	抗生物質BD-12の生合成研究に見出したグリシンオキシダーゼ様酵素のS-SAD測定の予備的解析	福井県立大学	伊藤 貴文	17A, 1A

## 5. 生命科学II

2018G004	ナノ粒子による癌イメージングを目指す蛍光X線CTの開発	山形大学	湯浅 哲也	NE7A
2018G005*	タウロコロール酸混合ミセル構造とその内部の脂溶性有機化合物の分子配置解析	摂南大学	相澤 秀樹	10C, 12C, 15A2, 9A
2018G008	Alイオン注入SiC基板の歪状態の観察	日本大学	高橋 由美子	14B, 3C
2018G016	せん断流動が誘起する三次元秩序液晶の欠陥ネットワークの組換えと、液晶のガラス化現象	北海道大学	藤井 修治	10C
2018G019	小角広角X線散乱法を用いた溶媒分子のナノ結晶化で誘起される高分子溶液の相分離機構の研究	物質・材料研究機構	佐光 貞樹	6A
2018G022	澱粉の糊化・老化プロセスのナノメートルスケールでの構造変化の解明	山形大学	松葉 豪	6A
2018G026	ポリL乳酸の結晶化に促進効果のある液状添加剤の作用機構の解明	京都工芸繊維大学	櫻井 伸一	10C
2018G027	ブロック共重合体超薄膜のデウェッティングにともなうミクロ相分離構造形成とその2次元配列化に関する研究	京都工芸繊維大学	櫻井 伸一	15A2
2018G032	pH変化によるヘムタンパク質シトクロームcの構造転移機構の解明	茨城大学	高妻 孝光	15A2
2018G041	肝臓灌流保存法の最適化を目指した位相コントラスト画像による肝小葉の精密描写	首都大学東京	関根 紀夫	14C
2018G052	重元素ナノ粒子添加プラスチックシンチレータのX線応答評価とその改良	KEK物構研	岸本 俊二	14A, NE7A
2018G053	比例モードSi-APD型高速X線シンチレーション検出器のピクセルアレイ化	KEK物構研	岸本 俊二	14A
2018G054	0.5ns時間分解能Si-APDピクセルアレイ検出器による電子線検出	KEK物構研	岸本 俊二	14A
2018G055	単スリットを用いた位相イメージング法における分解能評価に関する研究	金沢大学	岡本 博之	14B
2018G064	シゾフィラン単量体の分子構造解析	東京薬科大学	松村 義隆	10C
2018G071	Pyrococcus horikoshii由来リボスクレアーゼP複合体の構造解析	長崎大学	郷田 秀一郎	10C
2018G072	レーザー照射下の各種シンチレーターにおける軟X線発光強度測定	東北大学	江島 丈雄	11D
2018G074	Biナノ粒子の形状・サイズと原子相関	富山大学	池本 弘之	10C, 15A1



2018G077	外部電場で誘起されるポリマー結合金ナノロッドの集合構造形成および緩和過程に対する時間分解SAXS測定	愛知教育大学	日野 和之	6A
2018G081	X線回折によるSiO <sub>2</sub> /SiC界面構造の研究	産総研	山口 博隆	4C, 14B, 20B
2018G086	平滑筋細胞膜破壊が収縮フィラメントモデリングに与える影響	首都大学東京	渡辺 賢	6A
2018G092	分子間化合物形成メカニズムの解明のためのモデル油脂二成分混合系の相挙動の研究	広島大学	上野 聡	6A
2018G095	エーテル型部分フッ素化リン脂質膜中のバクテリオロドプシンのサーモクロミズムの機構を構造から探る	群馬大学	高橋 浩	6A, 10C
2018G097	軟X線誘発バイスタンダーシグナル伝達機構の解明	電力中央研究所	富田 雅典	27A, 27B
2018G099	ブロック共重合体の圧力誘起相転移による可塑化現象に関する研究	名古屋工業大学	山本 勝宏	10C
2018G106	テnder-X線領域のエネルギー分散GISAXSによる有機薄膜構造解析	名古屋工業大学	山本 勝宏	15A2
2018G111	リソソーム表面への希土類元素イオンの吸着構造およびランタノイドリン酸塩生成反応の機構解明	筑波大学	山崎 信哉	10C, 12C
2018G112	液体油との組み合わせにおけるトリアシルグリセロールの結晶化挙動：液体油の組成が与える影響	大阪大学	金子 文俊	10C
2018G117	β-Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> の結晶欠陥のX線トポグラフィによる研究	産総研	山口 博隆	20B, 3C
2018G119*	時分割・滴定X線溶液散乱測定による概日時計因子の動態解析	奈良先端科学技術大学院大学	上久保 裕生	10C
2018G126	放射光を用いた位相コントラスト像における舌痕組織の観察	日本大学	岡田 裕之	14B
2018G129*	軟X線投影型顕微鏡のタルボ光学系への拡張と生物試料観察	東海大学	伊藤 敦	16A
2018G130	ミオグロビンの分子進化と分子間相互作用の相関：小角X線散乱構造因子の解析	立命館大学	今村 比呂志	10C
2018G133	時分割X線反射率法による界面における動的秩序形成の観測	近畿大学	矢野 陽子	NE7A
2018G135	脂質分子のわずかな構造の差異が膜の格子欠陥形成に及ぼす影響	九州大学	木下 祥尚	10C
2018G136	脂質膜の厚みゆらぎに対する添加分子の効果	筑波大学	菱田 真史	10C
2018G138	高級アルコール存在化で非イオン性界面活性剤水溶液が示す構造色の発現機構に関する研究	三重大学	鳥飼 直也	6A
2018G139	高温下におけるアスファルテンおよびモデル炭素化合物の階層構造その場測定	千葉大学	森田 剛	6A
2018G147*	Solution scattering studies on BlsA, a Photoreactive protein from Pathogenic Bacterium Acinetobacter baumannii	Korea University, KOREA	Yang Ouk JUNG	10C
2018G150	高い空間分解能を有するシンチレーションガス検出器の開発	産総研	藤原 健	14A, 14C

課題名等は申請時のものです。\*印は条件付き採択課題。

## 平成30年度前期からこれまでに採択されたP型課題

受理番号	課題名	所属	実験責任者	ビームライン
<b>1. 電子物性</b>				
2017P006	磁性トポロジカル絶縁体ヘテロ構造のXMCD測定	東京工業大学	平原 徹	16A
2017P009	ボジトロニウムレーザー冷却のための新しいシリカキャビティとガンマ線検出手法の試験	東京大学	石田 明	低速陽電子
2017P010	Mgを含む酸化ガラス薄膜のXAFS測定	物質・材料研究機構	土屋 敬志	11A
<b>2. 構造物性</b>				
2017P012	極性錯体結晶における極性構造の圧力依存性	東北大学	青山 拓也	18C
2017P015	複合金属ナノ粒子の形態・構造のハイスループット評価	産総研	中村 浩之	15A2, 8A
<b>3. 化学・材料</b>				
2017P013	カーボンナノチューブに内包した希土類塩化物のXAFSによる局所構造解析	東北大学	中西 亮	9C
<b>4. 生命科学I</b>				
2017P011	インプラント周囲組織の微量溶出元素・微小異物の元素分析	東京医科歯科大学	宇尾 基弘	4A
<b>5. 生命科学II</b>				
2017P007	マイクロデバイスを用いた脂質ナノ粒子の形成メカニズムの解明	北海道大学	真栄城 正寿	15A2
2017P008	放射光を用いたX線位相コントラスト法を利用した高分解能低酸素領域イメージング	茨城県立医療大学	藤井 義大	14C

# 平成 29 年度第 2 期配分結果一覽

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	11/6	11/7	11/8	11/9	11/10	11/11	11/12
	E	E	B	E	E	E	E
1A	調整						
2A/2B	調整						
3A	15S2-009 若林 裕助		16G059 大岡 潤治		15S2-005 組頭 広志		
3B	16G584 櫻井 岳暁						
3C	16G050 平野 馨一				16G133 山口 博隆		
4A	調整		17G541 林 謙一郎		16G008 宇尾 基弘		17G692 松浦
4B2	17G608 植草 秀裕						
4C	調整		16G660 田端 千敏		17G521 星 永宏		16G535 秋本
5A	調整		17Y001		16G	16G	16G
6A	調整		17G097 米村 直樹	16G035 山本 勝彦	16G147 佐藤 信博	16G153 新井 亮一	17G685 佐村 康人
6C	16G579 福田 勝利				16G565 坂井 伸行		
7A	17G529 吉田 真明		16G506 宮永 剛		16S2-005 藤森 淳		
7C	16G536 中島 伸夫				17G706 手塚 泰久		
8A	17G150 西川 浩之						
8B	調整		17G044 宮坂 茂樹		16G634 真藤 豊		16G390 菅野 進
9A	調整		17PF-04	16G035 朝倉 清樹	16G647 吉田 真明		
9C	調整		17PF-11 木村 直樹	17Y004	17G029 原田 雅史		16G377 泉 康雄
10A	調整						
10C	調整		17G100 寺島 健	17Y05	17Y006	16G652 野島 孝一	16G027 藤 剛
11A	16G563 奥田 浩司						
11B	16G060 奥田 浩司						
11D	調整						
12C	調整		17G713 林 宣仁	17Y016	16S2-004 山浦 淳	16G099 駒場 誠	16G531 近藤 敏啓
13A/13B	15S	17G585 中	15S	17G585 中	16S2-002 高橋 嘉夫		17G575 小森 文夫
14A	調整						
14B	調整		17G063 桜井 健次		17P002 藤森 茜		16G549 水野 薫
14C	調整						
15A1	調整		17PF-09 関瀬 一彦		16G632 高橋 嘉夫		17C210
15A2	調整						
16A	17R-06	調整		15S2-007 山崎 裕一		16S2-005 藤森 淳	
17A	調整		17C202	16G	17Y	17Y013	17Y011
18B	運営						
18C	17G644 鎌 裕之						
19B	立上調整						
20A	調整		17R-08 北島 昌史		16G001 穂坂 綱一		
20B	16G673 小泉 晴比古						
27A	16G124 本田 克紀		16G583 圓谷 志郎		16G110 下山 巖		
27B	16G064 岡本 芳浩		17G080 田中 万寿	16G124 本田 克紀	17G081 小原 裕男	16G557 藤原 剛	17G049 永井
28A/28B	16G622 黒田 健太						
NE1A	T/M	T/M	T/M	T/M	E	E	E
NE3A	16G193 池田 修悟						
NE5C	調整						
NE7A	17G646 若林 大佑						
NW2A	調整						
NW10A	調整						
NW12A	調整						
NW14A	調整						
SPF	16S2-006 兵頭 俊夫				16G547 長崎 泰之		

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	11/13	11/14	11/15	11/16	11/17	11/18	11/19
	E	E	B	M	E	E	E
1A	調整						
2A/2B	17V002						
3A	15S2-009 若林 裕助						
3B	16G584 櫻井 岳暁						
3C	16G133 山口 博隆						
4A	17G692 松浦 晃洋						
4B2	17G509 三宅 亮						
4C	16G535 秋本 晃一		17G643 中島 正徳		16G143 奥山 大輔		
5A	17Y018	16G	16G	17Y	16G	17G006 奥山 大輔	17Y
6A	16G062 松原 泰		16G012 戸木 田		17G083 石毛 晃介		16G583 奥田 浩司
6C	16G571 杉山 和正						
7A	16S2-005 藤森 淳						
7C	17G706 手塚 泰久				16G054 松原 泰		
8A	17G636 神戸 高志						
8B	17G071 奥田 正樹		17G027 田尻 泰之		17S2-001 熊井 玲児		
9A	16G647 吉田 真明						
9C	17G635 花城 徳典		17G180 BAL Raj		16G139 一柳 優介		
10A	17G137 長瀬 敏郎						
10C	17G043 大戸 純雄		17G057 大戸 純雄		16G538 中川 慎太		
11A	調整						
11B	16G056 宮永 崇史						
11D	17G173 奥平 幸司						
12C	16G114 中田 亮一		16G093 郷次 智		17G622 原田 誠		
13A/13B	16G587	15S2-00	16G587 大野 真也		15S2-00		
14A	16G071 門田 誠						
14B	17G087 橋 勝						
14C	16G171 山田 隆						
15A1	15C206						
15A2	調整						
16A	16S2-005		17G569 石渡 洋一		16S2-005 藤森 淳		
17A	17Y05	16G	調整	17Y	調整	17Y055	17G
18B	17 17-IB-24						
18C	16G523 平井 隆						
19B	立上調整						
20A	16G001 穂坂 綱一						
20B	17G626 水野 薫						
27A	16G005 鳥場 祐治		16G581 佐藤 豊典		17G614 成田 志伸		
27B	17G049 永井		17G026 鳥田 亜佐子		17P001 今川 達朗		
28A/28B	16G611 石坂 晋子						
NE1A	E	E	B	M	E	E	E
NE3A	17G	17Y001	17C202	16G	調整	17G	16G
NE5C	17G646 若林 大佑						
NE7A	17PF-05 大内 剛						
NW2A	17G037 福		調整		16S2-001 木村 直樹		
NW10A	16G093 郷		17Y017		17Y012		
NW12A	17G	17G071	17Y	16G	16G	17G	調整
NW14A	15S2-006 一柳 光平						
SPF	16G072 望月 出海				17G163 田中 悟		







### 「PF ニュース」からのお知らせ

平成 24 年度からの PF-UA の発足に伴い、PF ニュースはウェブが主体となりましたが、引き続きご愛読を賜り感謝致します。今後も新しい企画記事の連載など誌面の充実につとめ、PF ニュースをより魅力あるものにしていきます。PF ニュースウェブページには、冊子版では白黒となっている図等もオリジナルのカラーのものを掲載しています。ウェブ版もお楽しみ頂ければと思います。

ウェブ掲載時にはメールでお知らせするシステムも運用しています。希望される方は、どうぞご登録下さい。PF ニュースウェブページにフォームを掲載しています（※ KEK の共同利用者支援システムでユーザー登録をされた皆様には、PF メルマガが配信され、そちらにも PF News 発行のお知らせが載りますので、その方はお知らせメールの登録は必要ありません）。

PF ニュース編集委員一同

### 投稿のお願い

#### 【最近の研究から】

PF で行われた実験、研究の成果をお寄せ下さい。

#### 【建設・改造ビームラインを使って】

特にビームラインの改良点、他のビームラインとの比較、要望等を是非お聞かせ下さい。

#### 【ユーザーとスタッフの広場】

PF での実験の成果等が認められ受賞された方、海外放射光施設に滞在、訪問された方、国際会議等に参加された方、修士論文等、どうぞご投稿下さい。また PF に対するご意見等がありましたら是非ご投書下さい。

詳細は事務局または PF ニュース HP をご覧下さい。

### 宛 先

〒 305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1  
高エネルギー加速器研究機構  
物質構造科学研究所 放射光科学研究施設内  
PF ニュース編集委員会事務局  
TEL : 029-864-5196 FAX : 029-864-3202  
E-mail : pf-news@pfqst.kek.jp  
URL : <http://pfwww.kek.jp/publications/pfnews/>

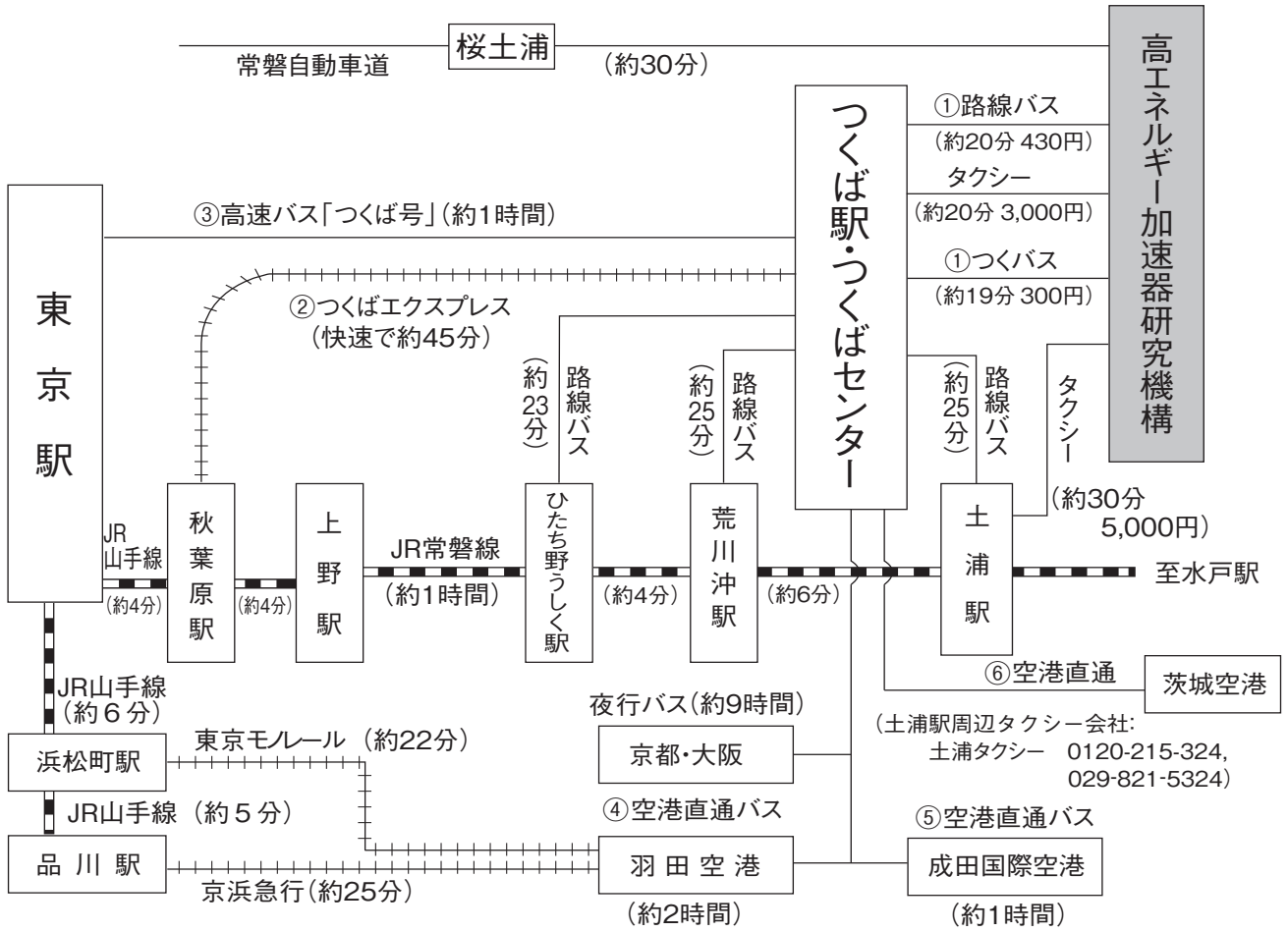
### 編集後記

「PF 滞在記」に書かれた学生の声を読んでいると、自分が学生の頃のビームタイムが思い起こされる。「PF 滞在記」は、万人が読みやすい“やわらかい記事”の新設を目指し、私が編集委員会に加わった年から新たにスタートした記事だ。当初は「隣のビームラインでどんな実験をしているのか知る機会を作りたい」「専門外の実験でも簡単に読めるような内容を」という指針だったが、最終的には編集委員の身近な院生や、T 型課題の実験責任者の学生に書いてもらうことになった。初めて PF に来たのは今から 10 年ほど前、立教大学の枝元一之教授の研究室の卒研生として、光電子分光の実験だった。卒業後、現在の所属でもある東京理科大学の中井泉教授の研究室に入ってから、蛍光 X 線分析や X 線吸収微細構造分析の実験で数えきれないほど PF を訪れた。いつどんなデータが得られたのかはノートを見返さないと思い出せないが、KEK 内で道に迷ったとか、談話室で誰とどんな雑談をしたとか、実験以外の記憶は不思議と鮮明に残っているものだ。そんな「実験じゃない時間」を他のユーザーがどのように過ごしているのかも、この記事から垣間見えるように思う。KEK 内に「風来夢」ができてからは、ビームタイム中に施設外まで食事に行くことがめっきり少なくなったが、そのうち「PF 滞在記」でおすすめされたラーメン屋まで足を延ばしてみよう (Y.A.)

### \*平成 29 年度 PF ニュース編集委員\*

委員長	野澤 俊介	物質構造科学研究所		
副委員長	阿部 善也	東京理科大学理学部第一部		
委員	足立 純一	物質構造科学研究所	阿達 正浩	加速器研究施設
	上村 洋平	分子科学研究所	宇佐美德子	物質構造科学研究所
	大川万里生	東京理科大学理学部	川崎 政人	物質構造科学研究所
	田中 宏和	物質構造科学研究所	土井 教史	新日鐵住金(株)先端技術研究所
	丹羽 健	名古屋大学大学院工学研究科	兵藤 一行	物質構造科学研究所
	前川 雅樹	量子科学技術研究開発機構	水谷 健二	横浜市立大学生命医科学研究科
	簗原 誠人	物質構造科学研究所	三輪 洋平	岐阜大学工学部
事務局	高橋 良美	物質構造科学研究所		

## KEK アクセスマップ・バス時刻表



高エネルギー加速器研究機構

(KEK周辺タクシー会社：大曾根タクシー 0120-000-302, 029-864-0301) (確認日：2018. 1. 23)

### ①つくばセンター ↔ KEK (2017年9月16日改定)

関東鉄道バス 所要時間 約20分 運賃 440円 (KEK—土浦駅間の料金は780円) つくばセンター乗り場5番  
 18系統：土浦駅東口→つくばセンター→KEK→つくばテクノパーク大穂 C8系統：つくばセンター→KEK→つくばテクノパーク大穂  
 71系統：つくばセンター→(西大通り)→KEK→下妻駅 (筑波大学は経由しません)  
 つくバス 所要時間 約20分 運賃 300円 つくばセンター乗り場3番  
 HB/HA (北部シャトル)：つくばセンター→KEK→筑波山口 (筑波大学には停まりません)

下り (×は土曜・休日運休、○は土曜・休日運転)

系統	つくばセンター	KEK	系統	つくばセンター	KEK	系統	つくばセンター	KEK	系統	つくばセンター	KEK
HB	6:55	7:13	C8A	× 10:00	× 10:15	71	14:00	14:21	HB	17:55	18:13
C8	× 7:20	× 7:35	HB	10:00	10:18	HB	14:25	14:43	HB	18:25	18:43
HB	7:30	7:48	HB	10:25	10:43	HB	14:55	15:13	C8	× 18:30	× 18:45
C8	× 7:50	× 8:05	C8	10:55	11:10	71	15:15	15:36	HB	18:55	19:13
HB	7:55	8:13	HB	10:55	11:13	HB	15:25	15:43	71	19:10	19:31
18	○ 8:10	○ 8:32	71	11:00	11:21	HB	15:55	16:13	HB	19:25	19:43
18	× 8:12	× 8:34	HB	11:25	11:43	C8	× 16:25	× 16:40	HB	19:55	20:13
HB	8:30	8:48	HB	11:55	12:13	HB	16:25	16:43	C8	× 20:05	× 20:20
71	8:50	9:11	HB	12:25	12:43	71	16:35	16:56	HB	20:25	20:43
HB	8:55	9:13	HB	12:55	13:13	HB	16:55	17:13	HB	20:55	21:13
71	× 9:07	9:28	C8	○ 13:20	○ 13:35	C8	17:00	17:15	HB	21:25	21:43
HB	9:25	9:43	HB	13:25	13:43	HB	17:25	17:43	HB	21:55	22:13
C8	○ 9:35	○ 9:50	HB	13:55	14:13	71	17:50	18:11	HB	22:20	22:38
71	× 9:55	× 10:16	C8	× 14:00	× 14:15	C8	× 17:55	× 18:10			

18系統の土浦駅東口→つくばセンターは20分間です。

上り (×は土曜・休日運休、○は土曜・休日運転)

系統	KEK	つくばセンター	系統	KEK	つくばセンター	系統	KEK	つくばセンター	系統	KEK	つくばセンター
HA	6:21	6:46	71	10:18	10:45	71	14:28	14:55	HA	18:16	18:41
71	×6:28	×6:55	71	×10:18	×10:45	HA	14:46	15:11	71	○18:28	○18:55
HA	6:51	7:16	C8	○10:25	○10:45	C8	×14:50	×15:10	HA	18:46	19:11
HA	7:16	7:41	HA	10:46	11:11	HA	15:16	15:41	C8	×18:45	×19:15
71	○7:28	○7:55	C8	×10:55	×11:19	71	×15:28	×15:55	HA	19:16	19:41
71	×7:28	×8:00	HA	11:16	11:41	HA	15:46	16:11	C8	×19:30	×19:50
HA	7:46	8:11	HA	11:46	12:11	HA	16:11	16:36	HA	19:46	20:11
HA	8:11	8:36	C8	11:50	12:10	HA	16:41	17:06	HA	20:11	20:36
HA	8:46	9:11	HA	12:16	12:41	71	16:58	17:25	HA	20:41	21:06
C8	×8:50	×9:14	HA	12:46	13:11	HA	17:11	17:36	18	×20:50	×21:10
C8	○9:05	○9:25	HA	13:16	13:41	C8	×17:20	×17:45	HA	21:11	21:36
HA	9:21	9:46	71	13:23	13:50	HA	17:41	18:06	HA	21:41	22:06
C8	×9:25	×9:49	HA	13:46	14:11	C8	×17:50	×18:15			
HA	9:46	10:11	HA	14:16	14:41	18	○17:55	○18:15			
HA	10:16	10:41	C8	○14:20	○14:40	71	×17:58	×18:30			

18系統のつくばセンター→土浦駅東口は22分間です。

## ②つくばエクスプレス

(2016年10月15日改定)

※2018年3月17日(土)以降は、ダイヤ改正のため時刻が変更になります。

所要時間 つくば駅-秋葉原駅(快速)約45分 [1,190円]

普通回数券(11枚綴り), 昼間時回数券(12枚綴り), 土・休日回数券(14枚綴り)あり

詳細はホームページ <http://www.mir.co.jp/> をご参照下さい。

秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着
* 5:08	6:06	10:15	11:08	○20:00	20:47
* 5:30	6:28	○10:30	11:15	20:10	21:04
○5:50	6:35	10:45	11:38	20:20	21:14
6:04	6:58	(10時~16時まで同じ)		○20:30	21:16
6:17	7:11	○17:00	17:45	20:40	21:34
○6:28	7:14	17:10	18:04	20:50	21:44
* 6:30	7:29	17:20	18:14	○21:00	21:46
6:43	7:38	○17:30	18:16	21:15	22:09
○6:57	7:42	17:40	18:34	21:29	22:23
7:11	8:04	17:50	18:44	21:41	22:37
○7:25	8:12	△18:00	18:49	○22:00	22:45
7:39	8:34	18:11	19:05	22:15	23:08
7:52	8:49	18:21	19:15	22:30	23:24
8:05	9:01	△18:30	19:19	22:45	23:38
○8:19	9:06	18:41	19:36	○23:00	23:46
8:33	9:30	18:51	19:45	23:15	0:09
○8:48	9:35	△19:00	19:49	23:30	0:24
9:00	9:55	19:11	20:05	* 23:45	0:43
9:15	10:09	19:21	20:16		
○9:30	10:15	△19:30	20:19		
9:45	10:39	19:41	20:35		
○10:00	10:45	19:50	20:44		

つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着
5:06	5:59	○9:23	10:08	○18:50	19:35		
○5:25	6:11	9:30	10:24	18:54	19:48		
5:31	6:25	○9:55	10:40	19:03	19:57		
5:51	6:45	10:00	10:54	○19:20	20:05		
6:11	7:06	○10:25	11:10	19:24	20:18		
6:22	7:18	10:30	11:24	19:33	20:27		
△6:37	7:27	○10:55	11:40	○19:50	20:36		
6:42	7:37	(10時~15時まで同じ)		19:55	20:49		
6:52	7:48	16:00	16:54	○20:22	21:07		
7:03	8:00	○16:27	17:13	20:25	21:19		
7:11	8:07	16:30	17:24	20:38	21:32		
△7:24	8:16	16:43	17:36	20:50	21:44		
7:27	8:24	16:52	17:45	○21:08	21:54		
7:35	8:32	17:02	17:55	21:10	22:05		
7:42	8:38	○17:27	18:13	21:24	22:18		
△7:52	8:44	17:31	18:25	21:39	22:33		
7:56	8:52	17:43	18:37	21:54	22:48		
8:08	9:02	17:52	18:45	22:10	23:05		
△8:19	9:10	18:00	18:54	22:26	23:20		
8:27	9:23	○18:19	19:04	* 22:40	23:39		
8:42	9:37	18:21	19:15	22:58	23:52		
8:58	9:51	18:31	19:24	* 23:14	0:12		

秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着
* 5:08	6:06	9:45	10:38	(17時~21時まで同じ)	
* 5:30	6:28	○10:00	10:45	○22:00	22:46
○5:52	6:37	10:15	11:09	22:15	23:08
6:05	6:58	○10:30	11:15	22:30	23:23
6:15	7:09	10:45	11:38	22:45	23:38
○6:30	7:15	○11:00	11:45	○23:00	23:46
6:45	7:39	11:15	12:08	23:15	0:08
○7:00	7:45	11:30	12:15	23:30	0:24
7:15	8:09	○11:45	12:38	* 23:45	0:43
○7:30	8:16	(11時~15時まで同じ)			
7:45	8:38	○16:00	16:45		
○8:00	8:45	16:15	17:08		
8:15	9:09	○16:30	17:15		
○8:30	9:15	16:45	17:39		
8:45	9:39	○17:00	17:45		
○9:00	9:46	17:15	18:09		
9:15	10:09	○17:30	18:15		
○9:30	10:16	17:45	18:39		

つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着
5:06	5:59	7:54	8:47	10:28	11:22	22:15	23:09
○5:25	6:10	8:04	8:58	○10:55	11:40	22:30	23:24
5:31	6:25	○8:26	9:11	11:00	11:54	* 22:40	23:39
5:52	6:46	8:30	9:24	○11:25	12:10	22:58	23:52
6:12	7:07	8:46	9:39	11:30	12:24	* 23:14	0:12
6:32	7:26	○9:08	9:54	○11:55	12:40		
○6:54	7:40	9:16	10:10	(11時~20時まで同じ)			
6:58	7:53	9:30	10:24	21:00	21:54		
○7:23	8:09	○9:53	10:39	○21:28	22:13		
7:27	8:22	9:59	10:54	21:46	22:39		
○7:49	8:35	○10:23	11:09	○22:09	22:55		

○: 快速

△: 通勤快速(研究学園駅にも停まります。)

無印: 区間快速 \* : 普通



### ③ 高速バス

### 高速バス発車時刻表 [つくば号]

(2017年10月1日現在)

運賃 東京駅←つくばセンター(←筑波大学) : 1180円(交通系電子マネー利用で下りは1130円, 上りは950円※)  
 ※~2018年3月31日のキャンペーン期間は800円  
 @ミッドナイトつくば号 東京駅→筑波大学 : 2100円  
 所要時間 東京→つくば65分~70分  
 つくば→上野90分(平日) つくば→東京110分(平日)  
 つくば→東京80分(日祝日)

○ 6:50U	○ × 9:30U	○ × 14:30U	○ × 18:40U	× 21:30U
× 7:00U	○ × 10:00U	○ × 15:00U	○ × 19:00U	○ 21:40U
○ 7:20	○ × 10:30U	○ × 15:30U	○ 19:20U	○ × 22:00U
× 7:30U	○ × 11:00U	○ × 16:00U	× 19:30U	○ 22:20U
○ 7:40	○ × 11:30U	○ × 16:30U	○ 19:40	× 22:30U
○ × 8:00U	○ × 12:00U	○ × 17:00U	○ × 20:00U	○ 22:40U
○ 8:20U	○ × 12:30U	○ × 17:20U	○ × 20:20U	○ × 23:00U
× 8:30U	○ × 13:00U	○ × 17:40U	○ × 20:40U	○ 23:50U@
○ 8:40U	○ × 13:30U	○ × 18:00U	○ × 21:00U	× 24:00U@
○ × 9:00U	○ × 14:00U	○ × 18:20U	○ 21:20U	○ 24:10U@
				○ × 24:30U@

○ 5:00U	× 8:40U	○ × 11:30U	○ 16:20U	○ 19:20U
○ × 5:30U	○ × 9:00U	○ × 12:00U	× 16:30U	× 19:30U
○ × 6:00U	○ 9:20	○ × 12:30U	○ 16:40	○ 19:40U
○ × 6:30U	× 9:20U	○ × 13:00U	○ × 17:00U	○ × 20:00U
○ × 7:00U	○ 9:40	○ × 13:30U	○ 17:20U	○ 20:20U
× 7:20U	× 9:40U	○ × 14:00U	× 17:30U	× 20:30U
○ 7:30U	○ × 10:00U	○ × 14:30U	○ 17:40U	○ 20:40U
× 7:40U	○ × 10:20U	○ × 15:00U	○ × 18:00U	○ × 21:00U
○ × 8:00U	○ 10:40	○ 15:20U	○ 18:20U	○ 21:20
× 8:20U	× 10:40U	× 15:30U	× 18:30U	× 21:30U
○ 8:30U	○ × 11:00U	○ 15:40U	○ 18:40U	○ 21:40U
			○ × 16:00U	○ × 19:00U
				○ × 22:00U

※○: 平日 ×: 土日休日 @ミッドナイトつくば号。  
 上りは, 平日・土曜のみ都営浅草駅, 上野駅経由。八潮PAで下車可。  
 ※つくば市内のバス停(上下便とも) 筑波大学, 学生会館, 筑波大学病院, つくばセンター, 竹園二丁目, 千現一丁目, 並木一丁目, 並木二丁目, 並木大橋, 下広岡  
 ※ミッドナイトつくば号の乗車券は乗車日の1カ月前から発売。  
 ●発売窓口: 学園サービスセンター(8:30~19:00) 東京営業センター(東京駅乗車場側/6:00~発車まで)  
 新宿営業センター(新宿駅南口JRバス新宿営業センター内/6:00~23:00)  
 ●電話予約: JRバス関東03-3844-0489(10:00~18:00) ●ネット予約: 決済 <http://www.kousokubus.net/> (高速バスネット)

### ④⑤⑥ 空港直通バス (つくばセンターバス乗り場: 8番)

#### 羽田空港←→つくばセンター

所要時間: 約2時間(但し, 渋滞すると3時間以上かかることもあります。) 運賃: 1,850円 (2014年4月1日改定)

国際線ターミナル	第2ターミナル	第1ターミナル	つくばセンター
9:15	9:25	9:30	11:15
11:15	11:25	11:30	13:15
14:45	14:55	15:00	16:45
16:05	16:15	16:20	18:05
17:45	17:55	18:00	19:45
19:20	19:30	19:35	21:00
20:45	20:55	21:00	22:15
22:05	22:15	22:20	23:35

つくばセンター	第2ターミナル	第1ターミナル	国際線ターミナル
4:40	6:17	6:22	6:29
6:00	7:47	7:52	7:59
8:00	9:57	10:02	10:09
9:30	11:27	11:32	11:39
12:30	14:07	14:12	14:19
14:30	16:07	16:12	16:19
17:30	19:07	19:12	19:19
18:35	20:02	20:07	20:14

※ 平日日祝日とも上記時刻表  
 ※ 羽田空港乗り場: 1階到着ロビーバス乗り場13番、国際線ターミナル6番  
 ※ 上下便, つくば市内でのバス停: 竹園二丁目, 千現一丁目, 並木一丁目, 並木大橋  
 ※ 問い合わせ: 029-836-1145 (関東鉄道) / 03-3765-0301 (京浜急行)

#### 成田空港←→つくばセンター (土浦駅東口行) (AIRPORT LINER NATT'S)

運賃: 2,200円 (2015年11月16日改定)

圏央道と東関東自動車道を経由するルートに変更になり, 所要時間が最短で55分まで短縮されます。  
 乗車券購入方法(成田空港行): 予約制。1カ月前から予約受付。乗車券は3日前までに購入。KEKの売店でも購入可。  
 予約センター電話: 029-822-5345(月~土: 9:00~19:00)  
 つくばセンター方面土浦駅東口行: 成田空港1F京成カウンターにて当日販売

第3ターミナル	第2ターミナル	第1ターミナル	つくばセンター
7:30	7:35	7:40	8:40
8:30	8:35	8:40	9:35
9:30	9:35	9:40	10:50
10:30	10:35	10:40	11:50
11:30	11:35	11:40	12:35
13:00	13:05	13:10	14:20
14:40	14:45	14:50	15:45
16:00	16:05	16:10	17:20
16:50	16:55	17:00	18:00
17:50	17:55	18:00	19:10
18:50	18:55	19:00	19:55
20:30	20:35	20:40	21:50

つくばセンター	第2ターミナル	第1ターミナル	第3ターミナル
5:20	6:15	6:20	6:25
6:20	7:30	7:35	7:40
7:20	8:15	8:20	8:25
8:50	10:00	10:05	10:10
10:20	11:30	11:35	11:40
11:50	13:00	13:05	13:10
12:50	14:00	14:05	14:10
13:40	14:50	14:55	15:00
14:50	15:45	15:50	15:55
16:10	17:05	17:10	17:15
17:20	18:20	18:25	18:30
18:50	19:50	19:55	20:00

※ 平日日祝日とも上記時刻表

#### 茨城空港←→つくばセンター

(2017年10月29日改定)

所要時間: 約1時間 運賃: 1,030円 問い合わせ 029-836-1145 (関東鉄道)

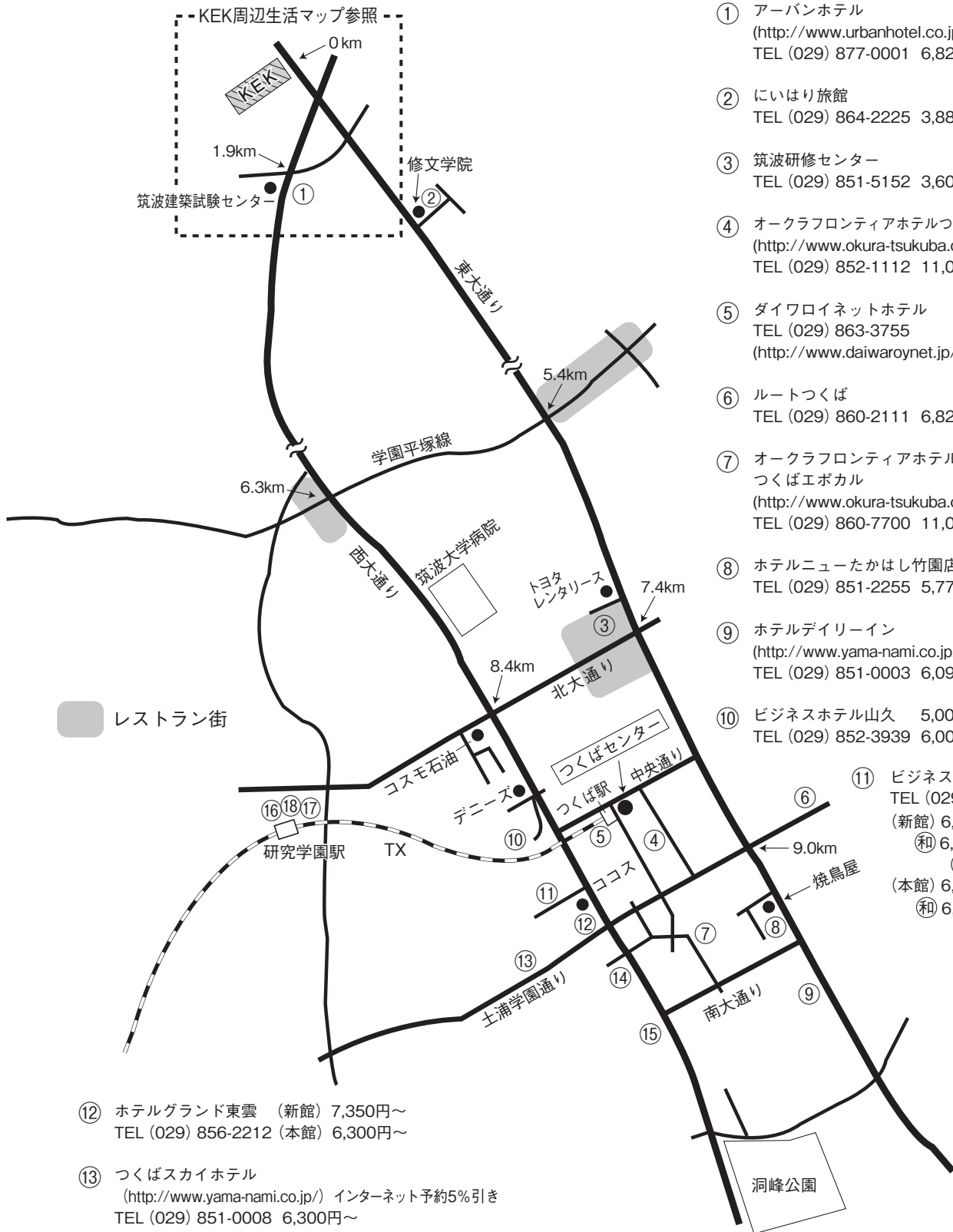
11:10	12:10
19:50	20:50

7:00	8:00
17:00	18:00

※航空便の運行状況によって, 運休/時刻変更の場合があります。

# つくば市内宿泊施設

(確認日:2017. 10. 23) ※料金は参考値です。



- ① アーバンホテル  
(<http://www.urbanhotel.co.jp/uhotel.html>)  
TEL (029) 877-0001 6,825円～
- ② にいはり旅館  
TEL (029) 864-2225 3,885円～
- ③ 筑波研修センター  
TEL (029) 851-5152 3,600円～
- ④ オークラフロンティアホテルつくば  
(<http://www.okura-tsukuba.co.jp/>)  
TEL (029) 852-1112 11,088円～
- ⑤ ダイワロイネットホテル  
TEL (029) 863-3755  
(<http://www.daiwaroynet.jp/tsukuba/>)
- ⑥ ルートつくば  
TEL (029) 860-2111 6,825円～ (朝食付)
- ⑦ オークラフロンティアホテルつくばエポカル  
(<http://www.okura-tsukuba.co.jp/>)  
TEL (029) 860-7700 11,088円～
- ⑧ ホテルニューたかはし竹園店  
TEL (029) 851-2255 5,775円～
- ⑨ ホテルデイリーイン  
(<http://www.yama-nami.co.jp/>)インターネット予約5%引き  
TEL (029) 851-0003 6,090円
- ⑩ ビジネスホテル山久 5,000円～(2食付・1室2人)  
TEL (029) 852-3939 6,000円～(2食付・1室1人)
- ⑪ ビジネスホテル松島  
TEL (029) 856-1191  
(新館) 6,500円～  
(和) 6,800円 (3人～)  
(風呂・2食付)  
(本館) 6,000円～  
(和) 6,300円(3人～)(2食付)

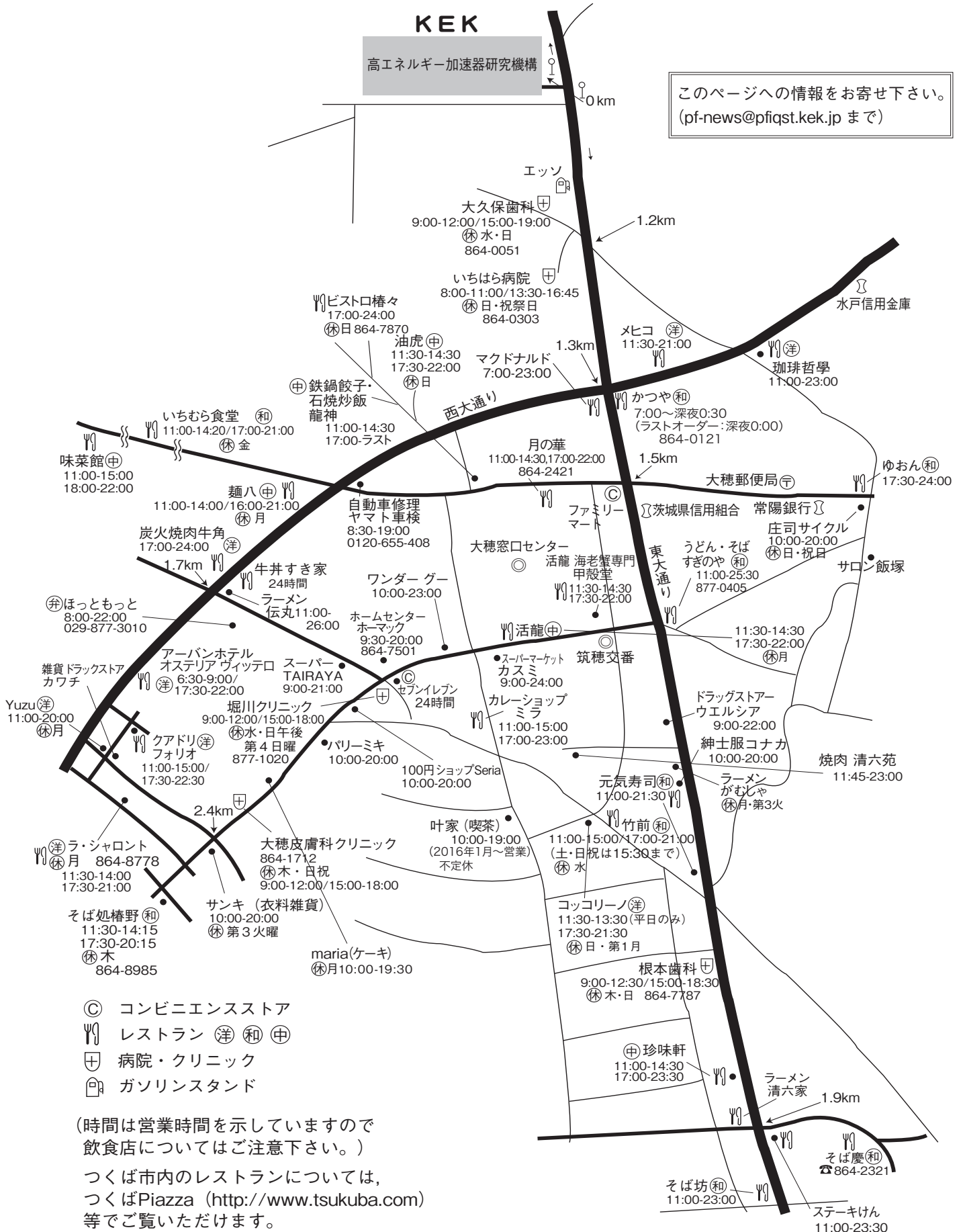
- ⑫ ホテルグランド東雲 (新館) 7,350円～  
TEL (029) 856-2212 (本館) 6,300円～
- ⑬ つくばスカイホテル  
(<http://www.yama-nami.co.jp/>) インターネット予約5%引き  
TEL (029) 851-0008 6,300円～
- ⑭ 学園桜井ホテル  
(<http://www.gakuen-hotel.co.jp/>)  
TEL (029) 851-3011 6,878円～
- ⑮ ビジネス旅館二の宮  
TEL (029) 852-5811 5,000円～  
(二人部屋のみ 2食付)

- ⑯ ホテルベストランド  
(<http://www.hotel-bestland.co.jp/>)  
TEL (029) 863-1515
- ⑰ 東横イン  
(<http://www.toyoko-inn.com/hotel/00228/>)  
TEL (029) 863-1045
- ⑱ ホテルマークワン  
(<http://www.mark-1.jp/>)  
TEL (029) 875-7272

# KEK 周辺生活マップ

(確認日: 2018. 1. 23)

放射光科学研究施設研究棟, 実験準備棟より正面入口までは約 800 m



(時間は営業時間を示していますので  
飲食店についてはご注意ください。)  
つくば市内のレストランについては、  
つくばPiazza (<http://www.tsukuba.com>)  
等でご覧いただけます。

## KEK内福利厚生施設

ユーザーの方は、これらの施設を原則として、機構の職員と同様に利用することができます。各施設の場所は後出の「高エネルギー加速器研究機構平面図」をご参照下さい。

### ●共同利用宿泊者施設（ドミトリー）

（管理人室 TEL/FAX:029-864-5574 PHS:2920）

シングルバス・トイレ付き 2,000円

シングルバス・トイレなし 1,500円

- ドミトリーは夜の22時から朝の8時までは施錠されます。また、この時間帯は管理人が不在ですので、22時以降にドミトリーに到着される方はインフォメーションセンター（029-864-5572, PHS:3398）でドミトリーの部屋の鍵を受け取って下さい。
- 支払いはユーザーズオフィスにて、現金の他、クレジットカード、デビットカードが利用可能です。また宿泊が週末等になり、ユーザーズオフィスで支払えない場合は銀行振込または管理人による現金での領収（土、日、祝のみ）も可能です。

### ●図書室（研究本館1階 内線3029）

開室時間：月～金 9:00～17:00

閉室日：土、日、祝、年末年始、夏季一斉休業日  
機構発行のIDカードがあれば開室時間以外でも入館可能。詳しくは下記URLをご覧ください。

(<http://www-lib.kek.jp/riyou/index.html>)

### ●健康相談室（医務室）（内線 5600）

勤務時間中に発生した傷病に対して、応急処置を行うことができます。健康相談も行っていますので、希望者は事前に申し込んでください。

場 所 先端計測実験棟

開室時間 8:30～17:00（月曜日～金曜日）

### ●食 堂（内線 2986）

営 業 月～金 ただし祝日及び年末年始は休業

昼食 11:30～13:30 夕食 17:30～19:00

### ●レストラン（内線 2987）

2015年4月～は事前予約（5日前）による営業のみ。

### ●喫茶店「風来夢（プライム）」（内線 3910）

営 業 日：毎日（年末年始、夏季休業日を除く）

営業時間：8時00分～21時00分

（朝食）8時00分～9時30分

（昼食）11時30分～15時00分

（夕食）17時30分～21時00分（土・日・祝のみ営業）

上記以外は喫茶のみで営業（ただし、10時～11時30分は休憩）。

※営業時間は変更になる場合がありますので、

HP(<http://www.kek.jp/ja/ForResearcher/KEKMap/Cafe/>)にてご確認ください。

### ●売 店（内線3907）

弁当、パン、食料品、菓子類、日用品、タバコ、お酒、雑誌、切手等、素粒子グッズの販売等。

営 業 月～金 9:00～19:00

### ●宅配便情報

PFまたはPF-AR宛に宅配便で荷物を送る場合には、宅配便伝票の宛先に以下の項目を必ず記載してください。

#### 1. PF への荷物の宛先

PF 事務室気付 BL-〇〇〇（ステーション名）+ 受取者名

#### 2. PF-AR への荷物の宛先

PF 事務室気付 PF-AR 共同研究棟 N〇〇〇（ステーション名）+ 受取者名

荷物を発送した時に、以下の情報を [shipping@pfqst.kek.jp](mailto:shipping@pfqst.kek.jp) 宛てにメールでお送り下さい。

#### 宅配便発送情報

1. 発送者氏名
2. 所属
3. KEK 内での連絡先（携帯電話等）
4. 発送日
5. 運送業者
6. PF への到着予定日時（土日祝日、夜間等の受け取りは事務室では対応できません。確実に受け取れるよう、発送伝票に配達希望日時と携帯電話番号を明記して下さい）
7. 荷物の個数
8. ステーション名およびビームタイム

#### 注意

- 荷物の紛失や破損等が生じた場合の責任は負えませんので予めご了承ください。また、大切な物品等は受取人本人が直接宅配便業者から受け取るようにしてください。
- 土日祝日・夜間等の受け取りは、事務室では対応できません。

### ●自転車貸出方法（受付 [監視員室] 内線3800）

- 貸出は実験ホール入口の監視員室で行う。
- 貸出は一往復とし、最長でも半日とする。
- 使用後は所定の自転車スタンドへ戻し、鍵は監視員室へ速やかに戻す。

（PF-ARでも自転車を10台用意していますので利用したい方はビームライン担当者または運転当番 [PHS 4209] に連絡して下さい。）

ユーザーズオフィスでも自転車の貸出を行っています（約50台）。

### ●常陽銀行ATM

取扱時間：9:00～18:00（平日） 9:00～17:00（土）

日・祝日の取扱いはありません。常陽銀行以外の金融機関もカードのみの残高照会、引出しが可能です。

### ●郵便ポスト（計算機棟正面玄関前）

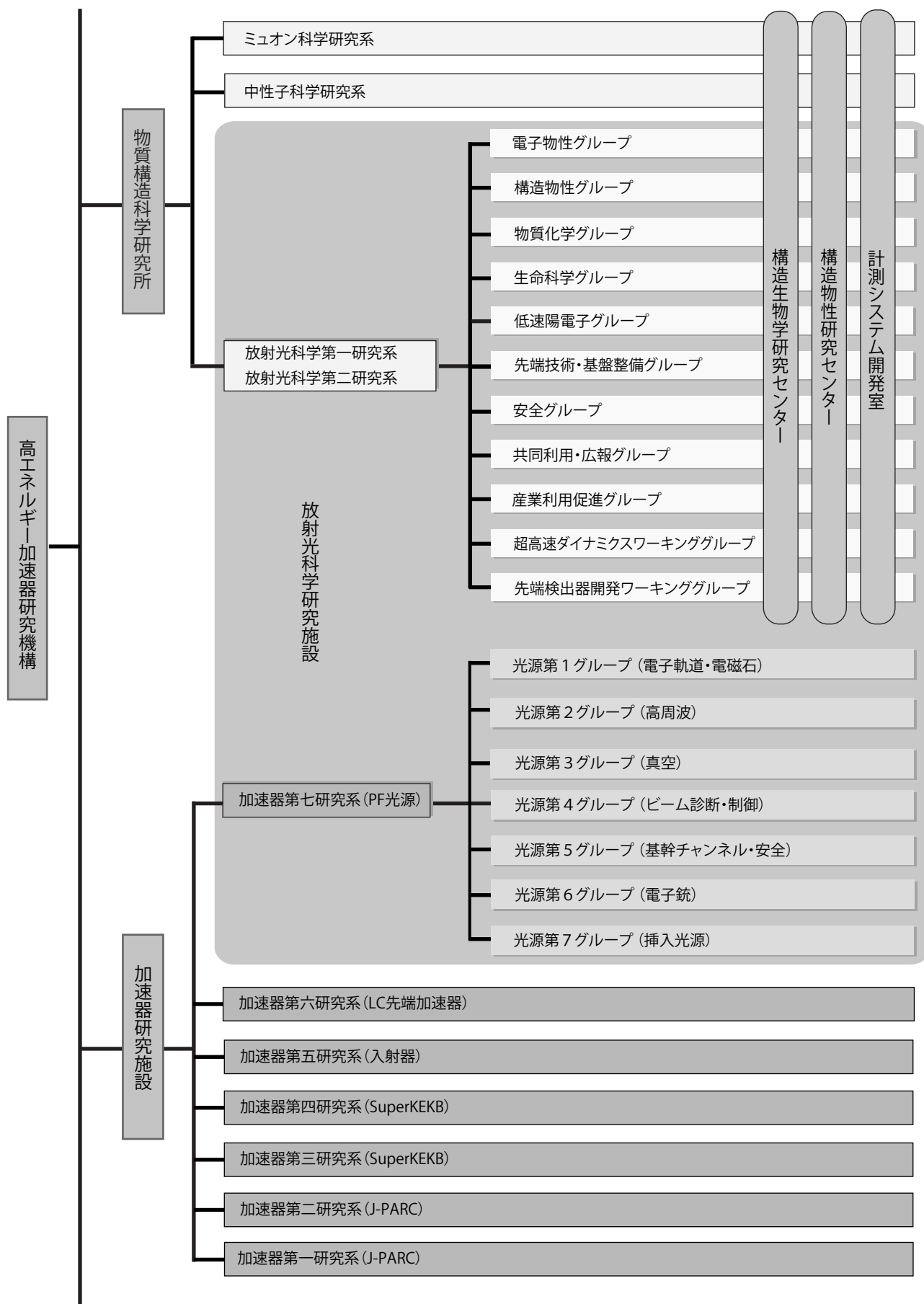
収集時間：10:30（平日・土曜）、10:00（休日）

●ユーザーズオフィスについては、<http://www2.kek.jp/usersoffice/> をご覧ください。

Tel : 029-879-6135, 6136 Fax : 029-879-6137

Email : [usersoffice@mail.kek.jp](mailto:usersoffice@mail.kek.jp)

# 放射光科学研究施設組織図



## ビームライン担当一覧表 (2018. 2. 1)

ビームライン	光源	BL担当者
ステーション	形態 ステーション/実験装置名 (●共同利用, ○建設/立ち上げ中, ◇所外, ☆教育用BL, ★UG運営ST)	担当者 担当者 (所外)
<b>BL-1</b>	<b>U</b>	<b>松垣</b>
BL-1A	● タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣
<b>BL-2</b>	<b>U</b>	<b>組頭</b>
BL-2A/B	● MUSASHI: 表面・界面光電子分光, 広エネルギー帯域軟X線分光	組頭
<b>BL-3</b>	<b>U (A) / B M (B, C)</b>	<b>中尾</b>
BL-3A	● 極限条件下精密単結晶X線回折ステーション	中尾
BL-3B	●★ VUV 24m球面回折格子分光器 (SGM)	間瀬 枝元 (立教大) 吉信 (東大)
BL-3C	● X線光学素子評価/白色磁気回折ステーション	平野
<b>BL-4</b>	<b>B M</b>	<b>中尾</b>
BL-4A	●★ 蛍光X線分析/マイクロビーム分析	丹羽 高橋 (東大)
BL-4B2	●★ 多連装粉末X線回折装置	中尾 植草 (東工大)
BL-4C	● 精密単結晶X線回折ステーション	中尾
<b>BL-5</b>	<b>M P W</b>	<b>松垣</b>
BL-5A	● タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣
<b>BL-6</b>	<b>B M</b>	<b>五十嵐</b>
BL-6A	● X線小角散乱ステーション	五十嵐
BL-6C	●★ X線回折/散乱実験ステーション	河田 奥部 (東北大)
<b>BL-7</b>	<b>B M</b>	<b>雨宮 (岡林: 東大)</b>
BL-7A	◇● 軟X線分光 (XAFS, XPS) ステーション (東大・スペクトル)	雨宮 岡林 (東大)
BL-7C	● 汎用X線ステーション	杉山
<b>BL-8</b>	<b>B M</b>	<b>佐賀山</b>
BL-8A	● 多目的極限条件下ワンセンベルグカメラ	佐賀山
BL-8B	● 多目的極限条件下ワンセンベルグカメラ	佐賀山
<b>BL-9</b>	<b>B M</b>	<b>阿部</b>
BL-9A	● XAFS (高強度) 実験ステーション	阿部
BL-9C	● XAFS (その場) 実験ステーション	阿部
<b>BL-10</b>	<b>B M</b>	<b>清水</b>
BL-10A	●★ 垂直型四軸X線回折装置	熊井 吉朝 (熊本大)
BL-10C	● X線小角散乱ステーション	清水
<b>BL-11</b>	<b>B M</b>	<b>北島</b>
BL-11A	● 軟X線斜入射回折格子分光ステーション	北島
BL-11B	● 軟X線2結晶分光ステーション	北島
BL-11D	● 軟X線光学素子評価装置用ステーション	間瀬
<b>BL-12</b>	<b>B M</b>	<b>仁谷</b>
BL-12C	● XAFS (ハイスループット) 実験ステーション	仁谷
<b>BL-13</b>	<b>U</b>	<b>間瀬</b>
BL-13A/B	● 表面化学研究用真空紫外軟X線分光ステーション	間瀬
<b>BL-14</b>	<b>V W</b>	<b>岸本</b>
BL-14A	● 単結晶構造解析・検出器開発ステーション	岸本
BL-14B	● 精密X線光学実験ステーション	平野
BL-14C	● X線イメージングおよび汎用X線実験ステーション	兵藤
<b>BL-15</b>	<b>U</b>	<b>五十嵐</b>
BL-15A1	● XAFS (セミマイクロビーム) 実験ステーション	武市
BL-15A2	● 高輝度X線小角散乱実験ステーション	清水
<b>BL-16</b>	<b>U</b>	<b>雨宮</b>
BL-16A	● 可変偏光軟X線分光ステーション	雨宮

<b>BL-17</b>		<b>U</b>	<b>山田</b>
BL-17A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	山田
<b>BL-18</b>		<b>B M</b>	<b>熊井</b>
BL-18B(インド・DST)	◇●	Multipurpose Monochromatic Hard X-ray Station	熊井 BHATTACHARYYA, Arpan(SINP)
BL-18C	●★	超高压下粉末X線回折計	船守 鍵 (東大)
<b>BL-20</b>		<b>B M</b>	<b>足立 (純)</b>
BL-20A	☆●	3 m直入射型分光器	足立 (純) 河内 (東工大)
BL-20B	●	白色・単色 X線トポグラフィ/X線回折実験ステーション	杉山
<b>BL-27</b>		<b>B M</b>	<b>宇佐美</b>
BL-27A	●	放射性試料用軟X線実験ステーション	宇佐美
BL-27B	●	放射性試料用X線実験ステーション	宇佐美
<b>BL-28</b>		<b>H U</b>	<b>堀場</b>
BL-28A/B	●	可変偏光 VUV・SX 不等間隔平面回折格子分光器 高分解能角度分解光電子分光実験ステーション	堀場
<b>PF-AR</b>			
<b>AR-NE1</b>		<b>E M P W</b>	<b>船守</b>
AR-NE1A	●	レーザー加熱超高压実験ステーション	船守
<b>AR-NE3</b>		<b>U</b>	<b>山田</b>
AR-NE3A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	山田
<b>AR-NE5</b>		<b>B M</b>	<b>船守</b>
AR-NE5C	●	高温高压実験ステーション /MAX80	船守
<b>AR-NE7</b>		<b>B M</b>	<b>兵藤</b>
AR-NE7A	●	X線イメージングおよび高温高压実験ステーション	兵藤
<b>AR-NW2</b>		<b>U</b>	<b>丹羽</b>
AR-NW2A	●	時間分解 DXAFS / X線回折実験ステーション	丹羽
<b>AR-NW10</b>		<b>B M</b>	<b>仁谷</b>
AR-NW10A	●	XAFS (高エネルギー) 実験ステーション	仁谷
<b>AR-NW12</b>		<b>U</b>	<b>引田</b>
AR-NW12A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	引田
<b>AR-NW14</b>		<b>U</b>	<b>野澤</b>
AR-NW14A	●	ピコ秒時間分解 X線回折・散乱・分光	野澤
<b>低速陽電子</b>			<b>望月</b>
SPF-A3	●	全反射高速陽電子回折 (TRHEPD) ステーション	望月
SPF-B1	●	汎用陽電子実験ステーション	望月
SPF-B2	●	ポジトロニウム飛行時間測定ステーション	望月

**【UG 運営装置】** AR-NE7A 高温高压実験装置 (MAX-III) 鈴木昭夫 (東北大)

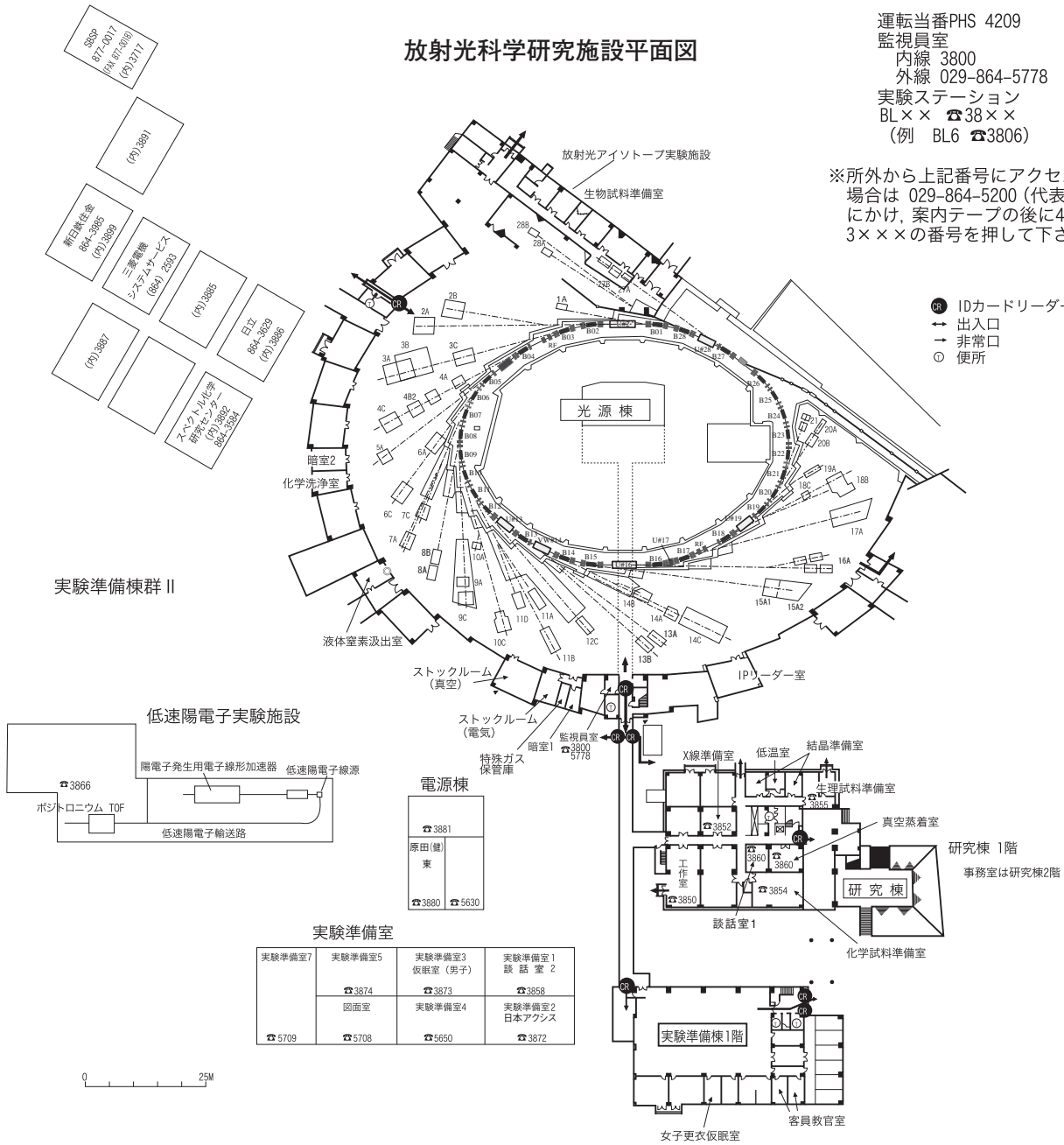
**【所外ビームライン】** BL-7A 東大 RCS 岡林 潤 (東大) jun@chem.s.u-tokyo.ac.jp  
 BL-18B インド SINP BHATTACHARYYA, Arpan 029-879-6237 [2628] bhattacharyya.arpan@gmail.com

# 放射光科学研究施設平面図

運転当番PHS 4209  
 監視員室  
 内線 3800  
 外線 029-864-5778  
 実験ステーション  
 BL×× ☎38××  
 (例 BL6 ☎3806)

※所外から上記番号にアクセスする  
 場合は 029-864-5200 (代表番号)  
 についで、案内テーブルの後に4×××、  
 3×××の番号を押して下さい。

- IDカードリーダー
- 出入口
- 非常口
- 便所



実験準備室

実験準備室7 ☎5709	実験準備室5 ☎5708	実験準備室3 仮眠室 (男子) ☎3873	実験準備室1 談話室2 ☎3858
	図面室 ☎5708	実験準備室4 ☎5650	実験準備室2 日本アクセス ☎3872

## PF-AR平面図

### PF-AR共同 研究棟

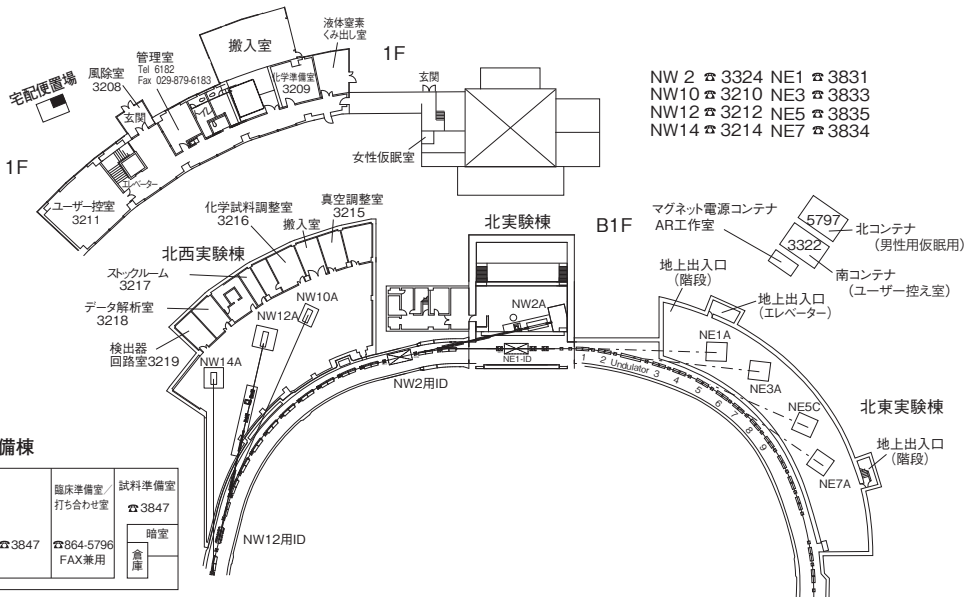
一柳、深谷、福本、  
 高木(社)、阿部(裕)、LEE  
 6185.6186  
 Fax 6187

### PF-ARコンテナ

北コンテナ	南コンテナ
男子仮眠室/ 物品倉庫 ☎5797	ユーザー控室/ 打ち合わせ室 ☎3322

### PF-AR実験準備棟

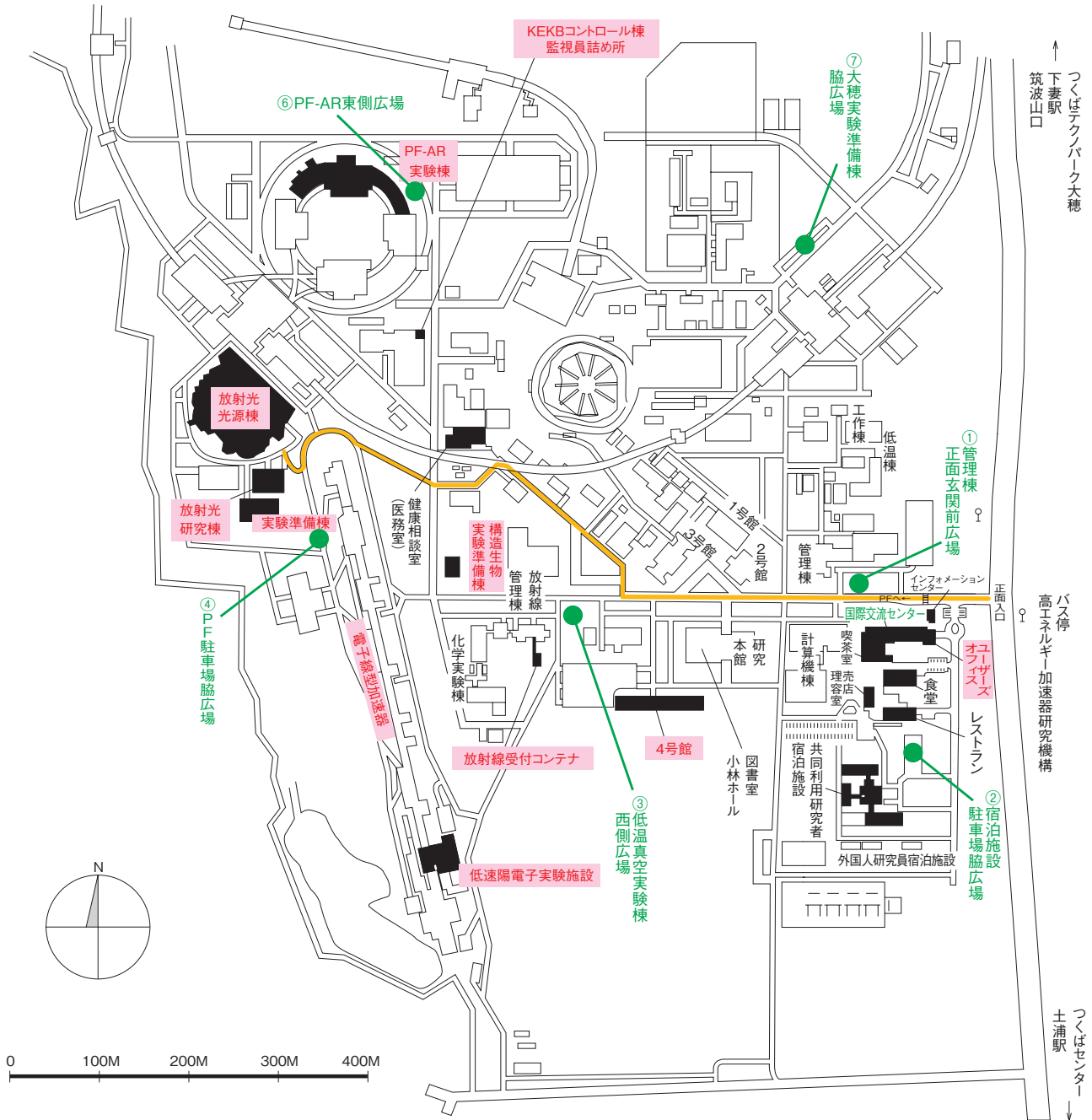
真空装置 調整室 ☎3846	結晶加工室 ☎3846	臨床準備室 打ち合わせ室 ☎3847	試料準備室 ☎3847
	光学素子評価室 ☎3846	☎864-5796 FAX兼用	暗室 倉庫





# 高エネルギー加速器研究機構平面図

(物質構造科学研究所 放射光科学研究施設関係分)



- 歩行者・自転車用ルート
- 緊急時避難場所 Emergency Assembly Area

非常の際は、運転当番 4209 インフォメーションセンター 3399

