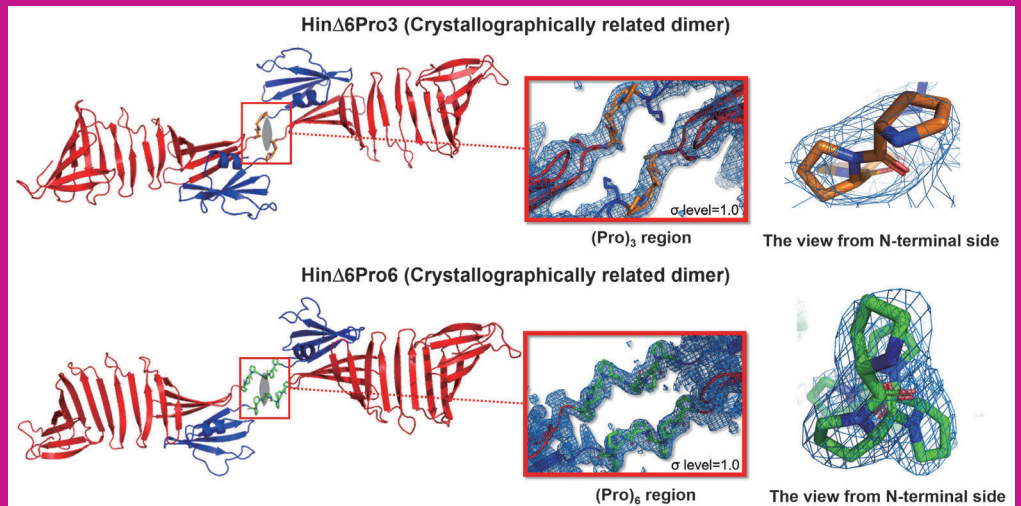
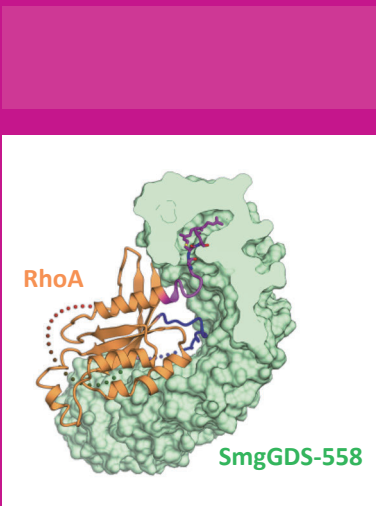
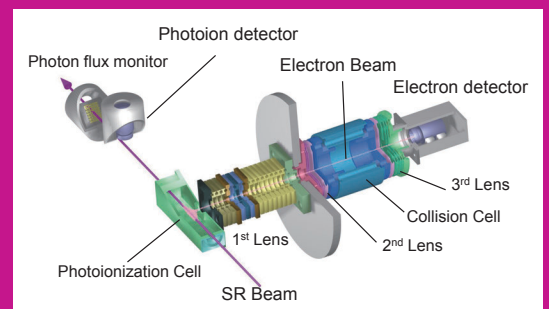
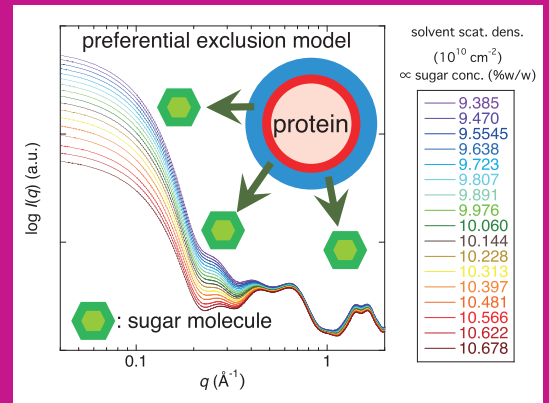
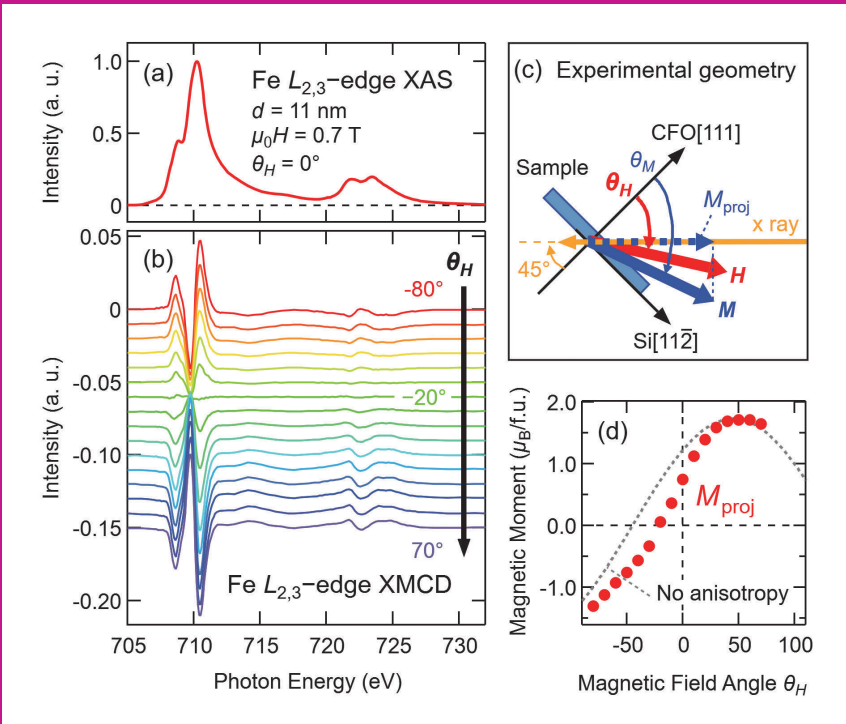


2017年度量子ビームサイエンスフェスタ 学生奨励賞受賞論文

- 新規グアニンヌクレオチド交換因子SmgGDSによるRhoA認識機構の構造基盤
- X線と中性子の相補利用による糖のタンパク質水和殻の保護作用の解明
- しきい光電子源を用いた超低エネルギー電子-HD衝突全断面積の測定
- ループ再設計によるOuter surface protein A (OspA) のドメインスワッピング
- Si(111)基板上に作製したCoFe₂O₄/Al₂O₃の界面付近の磁性と電子状態の研究



目次

物構研だより	小杉 信博	1
現 状		
入射器の現状	古川 和朗	2
光源の現状	小林 幸則	5
放射光科学第一, 第二研究系の現状	千田 俊哉	9
最近の研究から 2017 年度量子ビームサイエンスフェスタ 学生奨励賞受賞論文 新規 Guanine Nucleotide Exchange Factor SmgGDS による RhoA 認識機構の構造基盤 Structural basis of RhoA Recognition by Novel Guanine Nucleotide Exchange Factor SmgGDS	清水 光, 藤間 祥子, 紺谷 圈二, 堅田 利明, 清水 敏之	11
X 線と中性子の相補利用による糖のタンパク質水和殻の保護作用の解明 Protective Action of Sugars on Protein Hydration-shell Clarified by the Complementary Use of X-ray and Neutron	味戸 聡志, 平井 光博, 岩瀬 裕希, 清水 伸隆, 五十嵐教之, 太田 昇	16
しきい光電子源を用いた超低エネルギー電子-HD 衝突全断面積の測定 The Measurements of the Total Cross Sections for Ultra-low Energy Electron Scattering from HD Employing the Threshold Electron Source	奥村 拓馬, 江尻 智一, 穂坂 綱一, 北島 昌史, 小田切 丈, 星野 正光	21
ループ再設計による Outer surface protein A (OspA) のドメインスワッピング Domain Swapping of Outer Surface Protein A (OspA), by Minimal Loop Design	志賀 翔多, 真壁 幸樹	27
Si(111) 基板上に作製した $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$ の界面付近の磁性と電子状態の研究 Magnetism and Electronic States near the Heterointerface in Epitaxial $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$ Bilayers Grown on Si(111) substrates	野中 洋亮, 若林 勇希, 芝田 悟朗, 酒巻真粧子, 雨宮 健太, 田中 雅明, 中根 了昌, 藤森 淳	32
プレスリリース		
「GaN の結晶欠陥を大面積且つ非破壊で検出・分類する方法を開発」 ～ 青色 LED から電力制御素子まで, GaN 結晶の高品質化を加速 ～		37
ディラック線ノードの直接観測に成功 - トポロジカル量子コンピューター基盤物質を発見 -		37
研究会等の開催・参加報告		
PF 研究会「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」開催報告	組頭 広志	38
SRI2018 に参加して	阿達 正浩	39
SRI2018 滞在記	山下 翔平	41
ユーザーとスタッフの広場		
タンパク質 X 線結晶構造解析ビームラインにおいて全自動測定ビームタイムが始まりました。	山田 悠介, 篠田 晃	43
「松下正先生を偲ぶ会」報告	足立 伸一, 雨宮 慶幸, 飯田 厚夫, 河田 洋, 野村 昌治, 村上 洋一	43
PF トピックス一覧 (5 月～7 月)		45
PF-UA だより		
PF-UA 報告	植草 秀裕	46
平成 30 年度第 1 回 PF-UA 幹事会議事録		46
平成 30 年度第 1 回 PF-UA 運営委員会議事録		47
人 事		
人事異動・新人紹介		48
お知らせ		
2018 年度量子ビームサイエンスフェスタ (第 10 回 MLF シンポジウム / 第 36 回 PF シンポジウム) 開催のお知らせ		49
第 3 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 ～タンパク質結晶構造解析ソフトウェアの使い方について学ぶ～開催のご案内	西野 達哉, 山田 悠介	49
X 線顕微鏡研究会開催のご案内	木村 正雄	49
Photon Factory Activity Report 2018 ユーザーレポート執筆のお願い	岩野 薫	50
防災・防火訓練のお知らせ	野澤 俊介, 内田 佳伯	50
平成 31 年度前期共同利用実験課題公募について		50
平成 31 年度前期フォトン・ファクトリー研究会の募集	小杉 信博	51
KEK 一般公開のお知らせ	間瀬 一彦, 加藤 龍一, 山本 尚人	51
予定一覧		52
第 32 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要項		53
運転スケジュール (Sep. ~ Dec. 2018)		57
掲示板		
PAC 速報	兵藤 一行, 宇佐美徳子	58
第 101 回物質構造科学研究所運営会議議事次		60
物構研談話会		60
平成 30 年度後期放射光共同利用実験採択課題一覧 (G 型)		61
平成 30 年度前期からこれまでに採択された P 型課題		65
平成 30 年度第 1 期配分結果一覧		66
編集委員会だより		71
「PF ニュース」からのお知らせ		71
投稿のお願い		71
巻末情報		72
表紙説明 (上段左) CoFe_2O_4 の Fe $L_{2,3}$ 吸収端における角度依存 XMCD 実験の概要 (「Si(111) 基板上に作製した $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$ の界面付近の磁性と電子状態の研究」より)		
(上段右上) 糖の選択的排除モデルに基づくミオグロビンの理論 WAXS 曲線 (「X 線と中性子の相補利用による糖のタンパク質水和殻の保護作用の解明」より)		
(上段右下) しきい光電子源と電子衝突実験装置 (「しきい光電子源を用いた超低エネルギー電子-HD 衝突全断面積の測定」より)		
(下段左) 低分子量 G 蛋白質 RhoA と Guanine Nucleotide Exchange Factor SmgGDS-558 の複合体構造 (「新規 Guanine Nucleotide Exchange Factor SmgGDS による RhoA 認識機構の構造基盤」より)		
(下段右) モデル蛋白質 OspA-sm1 のプロリン変異体のドメインスワッピング二量体 (「ループ再設計による Outer surface protein A (OspA) のドメインスワッピング」より)		

今後、ときどきですが、「物構研だより」という所長報告をさせていただくことにしました。よろしくお祈いします。今回は2件、ご報告します。

最初の報告は、つくばキャンパスにおける組織の見直しの件です。機構化の際に KEK の組織としての定義が消えてしまった放射光の実験施設（及び実験施設長）の定義の検討を進めています。併せて、所内措置で定員（現在は助教1名のみ）を配置できるようになった低速陽電子実験施設の定義も進めています。これまでは放射光科学の二つの研究系（第一研究系、第二研究系）が放射光と低速陽電子の実験施設の運営に関わる形をとってきましたが、検討を進めた結果、最終案として、物構研の下に研究系と実験施設を並列に置く形にしようとしています。中性子、ミュオンの研究系では定員上、教授5名、2名だけで組織されていますが、放射光には教授15名の枠があり、定員内で研究系から実験施設に人を動かして組織化することは可能です。組織の定義については機構レベルでの承認が必要ですので、少し時間がかかっていますが、年度内には確定する見込みです。なお、すでに船守教授を実験施設長にすることで所内合意を得ており（運営会議で正式決定される）、現在、船守教授を含む執行部で各種規則の整備や所員の配置についていろいろ準備をしているところです。

なお、物構研には加速器の部門はありませんので、物構研単独で PF を運営できないのは、皆さん、ご承知の通りです。また、東海キャンパスの J-PARC に置かれた物構研の中性子とミュオンの施設も MLF（物質・生命科学実験施設）そのものではありません。PF は KEK の加速器研究施設と一体的な連携を取りながら、MLF は日本原子力研究開発機構と一体的な連携を取りながら、共同利用・共用を進めていくことになっています。後者は KEK 内の話ではないので、一体的な連携及び役割分担については未だに模索中ですが、物構研としては、世界が羨む、複数の量子ビームそれぞれの特徴を引き出して行うマルチプローブ研究を推進すべく、PF、MLF、SPF（低速陽電子実験施設）の一体的な研究環境構築を目指しています。

つくばキャンパスでの改組計画は形だけの問題ではありません。もっと重要なことを含んでいます。中性子、ミュオンでは教授に欠員がなくサイズのにも全く余裕がないのに対し、放射光では現在、半数近くが空いている状態になっています。研究系と実験施設の目指す方向を定め、その上で空き定員に対して適確な人事を進め、それぞれの機能を最大化していくことが、この組織の見直しで最も重要なことです。改組の方向性が固まり次第、順次、教授人事等を進めていく予定です。教授には各研究分野（実験施設の場合は基盤技術や測定手法の開発・応用を含む）を先導していく顔になっていただくことを期待しております。

つぎの報告は、量子科学技術研究開発機構（以下、QST）が国の主体として全責任を持って進めることになっ

た次世代放射光施設（軟X線向け高輝度3 GeV 級放射光源）の件です。QST（官）に対する民地域パートナーが、一般財団法人光科学イノベーションセンターを代表機関とする、同財団、宮城県、仙台市、国立大学法人東北大学、及び一般社団法人東北経済連合会、に正式決定しました。建設地も決まりましたので、今後は、東北放射光施設（SLiT-J）と広く呼ばれるようになるでしょう。官と民地域パートナーのそれぞれの役割分担は決まっておりますので、急ピッチでそれぞれの予算と人材の確保が行われるものと期待しています。

なお、東北放射光施設計画におけるビームラインの役割分担の詳細はまだ、固まっていません。パートナー側においては、産業界への貢献の緊急度が高いため、学術的な面で世界最高性能を目指すような最先端ビームラインについては優先順位が下がるものと考えられます。パートナー側で足りない部分については全体責任のある QST が補う必要がありますが、すべてを担当するだけの陣容が短期的には揃っていません。文部科学省側の担当部署である量子研究推進室からは、物構研が学界をまとめながら協力するようにとの期待があります。そのため、現在、計画全体に責任を持つ QST と物構研の協力内容と体制を検討しはじめているところです。

東北放射光施設が稼働を始める予定の5年後には、日本は9放射光施設10リング型光源（PFとPF-ARを1施設として）の体制になります。これまで日本では学術向き、産業向き、教育向きというような分類で放射光施設を考えてきた結果、各施設では性能的に多少無理をしたビームラインも建設してきました。ただし、現在では、教育向きとか産業向きとか言っても、先端的なビームラインの利用が必須です。10リング体制がいつまで続くのかわかりませんが、光源性能（輝度、ビームサイズなど）やカバーするエネルギー領域はそれぞれの施設で得意とするところがありますので、今後は各施設の特性を最大限活かした特徴ある（他にないような）ビームラインを利用者が使い分けていく時代になると考えられます。東北放射光施設の光源性能はある意味では非常に優れていますが、却って使いにくくなる手法や分野もあります。万能ではありません。そのことも頭に入れながら、人事を進め、PFやPF-ARのビームラインの重点化や光源加速器の高度化を進めていく必要があります。

以上、物構研を巡る内外の動きについてのご理解、ご支援をよろしくお祈いします。

入射器の現状

加速器第五研究系研究主幹 古川和朗
(2018年8月16日付け)

概要

SuperKEKB のコミッションング運転においては、ルミノシティ向上と Belle II バックグラウンドの理解への道筋を探すという、フェーズ2・コミッションングの所期の目標が、7月17日までの運転期間中に達成され、フェーズ2は今期で終えることとなった。SuperKEKB の次期の運転は、フェーズ3・コミッションングとして、Belle II 検出器に崩壊点位置検出器 (VXD) のピクセル検出器 (PXD) とストリップ型シリコン検出器 (SVD) を追加設置するなど、改造を行った後の年明けの2月末頃となる。フェーズ2について、入射器からもほぼ予定されたビーム品質の入射を達成することができ、ダンピング・リングとのビームの受け渡しや、各種新規増設機器の性能確認も進めることができた。今後は、最終仕様の入射電子陽電子ビームの実現を目指し、徐々にビーム品質を向上させることになる。

放射光施設への電子入射についても、PF-AR は6月29日、PF は7月6日まで順調に入射運転が行われた。今期は、PF-AR 向けの5 GeV の電子入射の試験が初めて行われ、来年には5 GeV のユーザー実験向け運転を行うことにより、電力消費量の削減が可能になると期待されている。

秋の運転期間にはフェーズ3向けの改造工事のために SuperKEKB 向けの入射は行われず、放射光施設向けの入射が予定されている。PF-AR 向け5 GeV 電子ビームの開発とともに、入射器においては、同時入射機構を利用した入射器のビーム開発が行われる。フェーズ3・コミッションング以前に解決すべき課題も多いため、特にビームの低エミッタンス化と安定化を図るために、さまざまな試験・検討が進められる予定である。

パルス電磁石の運用

放射光科学実験とBファクトリ電子陽電子衝突実験とを同時に行うために、入射器は、PF と PF-AR の2つの放射光蓄積リングと HER (電子リング) と LER (陽電子リング) の2つの SuperKEKB 蓄積衝突リングとの4蓄積リングへ同時入射を求められている。SuperKEKB 計画における衝突性能を向上させるために、入射する電子陽電子ビームについて大きな電流が求められるとともに、横方向のビーム拡がりや進行方向のエネルギー分散が厳しく制限される。そのために、それぞれの蓄積リングの入射ビーム軌道についても、600 m にわたって約 100 μm という高い精度の制御が必要となる。つまり、入射器にさまざまなパルス毎の動作が可能な装置を導入し、1秒間に50回動作を切り換えることによって、品質の高い大電流の電子陽電子ビームを4蓄積リングに同時入射することが重要となる。

特に、入射器の後半部においては入射先によって2.5 GeV から7 GeV とエネルギーの差が大きくなるために、パルス電磁石を増設して、ビーム光学条件とビーム軌道を入射対象リング毎に正確に制御管理する必要がある。そこで、2017年の夏に50 Hz (20 ミリ秒) で動作を切り換えることが可能なパルス収束電磁石電源を30台、パルス軌道補正電磁石を34台増設した。

パルス電源自体は高強度レーザー向けに内製開発していたものの実績があるが、電磁石コイルのインダクタンス負荷に対応し、さらに入射器の商用電源の大幅な増強を避けるために、負荷からの電力回収を行う必要があり、挑戦的な計画となった。また、装置の詳細設計や図面作成をできるだけ部内で行った。電源回路の設計においては、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 素子2個によりエネルギー回収用コンデンサと負荷電磁石との間の電流制御を行なっている。

また、高い精度のパルス動作のために、正確にビームの3ミリ秒前にタイミング信号が必要となり、パルス毎に異なる電磁石励磁の情報も必要のために、全ての筐体に広域同期イベント制御・タイミング信号発生機構が組み込まれている。それぞれの蓄積リングは地下深度が異なるために、気圧・潮汐・温度による周長の変化を独立のクロック周波数の連続補正によって吸収している。入射器と SuperKEKB リングとは元々30ピコ秒の高い同期精度を実現するため、設計上入射器と完全同期したクロックで動作しており、高精度の3ミリ秒遅延信号の生成は容易である。ところが、同期しないクロックで動作する PF・PF-AR の周長補正の年較差・日較差の大きさは SuperKEKB の数十倍にもなり、3ミリ秒前にパルス電磁石向けの信号を発生した上で、約300ピコ秒精度で同期したビーム入射信号を発生するためには、予測制御の慎重な調整管理が重要になる。このような同期制御系は期待した通りに動作し、図1のように1ヶ月間では0.05%、1日では0.01%の安定度が得られており、仕様を充分満足している。

運用が始まったパルス電磁石機構について、電力回収の実測が行われた。1台の収束電磁石 (1 mH) に50 Hz 300 A の通電を行うとすると、収束電磁石のコイルに供給される電力が2250 W、コイルでのジュール発熱が76 W、配電ケーブルでのジュール発熱が303 W、となり、合計2629 W が供給されることになる。ところで、このような運用を行っている時に、この電源機構に供給された商用電力を電力計で測定すると827 W しか供給されていない。つまり、電磁石コイルに一度供給された電力が電源装置のコンデンサに回収され、次のパルスに再利用されている。

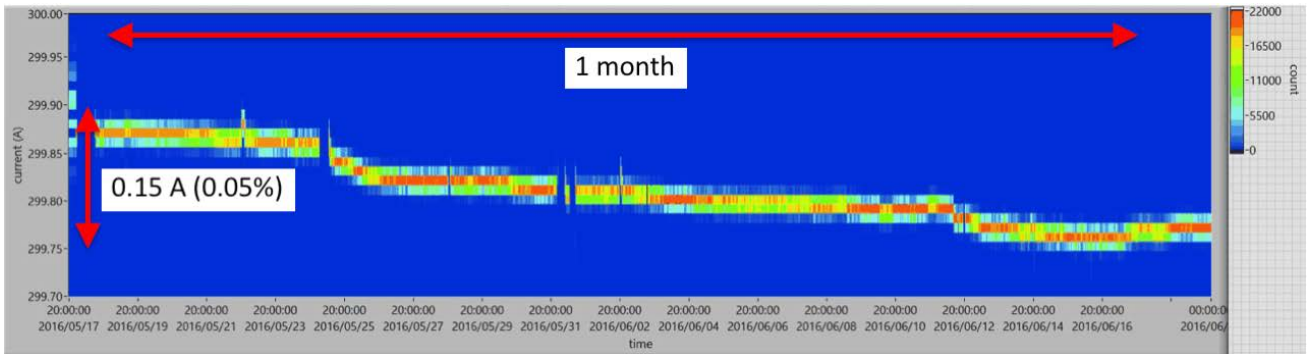


図1 パルス収束電磁石電源の1ヶ月間 50 Hz 連続試験結果の例。24 時間の安定度は 0.01% 以下。

結果として、電力供給効率は 317%，逆に電力回収効率は 68.5% となる。IGBT のアナログ・フィードバック制御により、高安定（24 時間安定性 0.01%）で高電力回収効率（68.5%）の機構が構築できたことになる。なお、この効率の数値は、電源のうち、交流電力から直流電力に変換する直流電源の損失も含めた数値で、電力回収機構だけの効率では 80% を超えると考えられる。

このようなパルス電磁石システムの開発によって、電力を回収しながら、放射光実験と SuperKEKB 素粒子実験との間の干渉を最小限とする目処が付いたと考えており、この秋までに、上流部におけるパルス電磁石の増設を予定している。

ほとんどの新規のパルス電磁石については、新しく設計した架台に図 2 のように 2 台ずつのパルス収束電磁石とパルス軌道補正電磁石を乗せて設置された。この新しい架台は、SuperKEKB の本格稼働となるフェーズ 3 コミッショニング運転に向けた、精度の高いアライメントに対応できるように工夫されており、ビームによるアライメント測定と架台の遠隔調整の組み合わせにより性能を発揮すると期待されている。

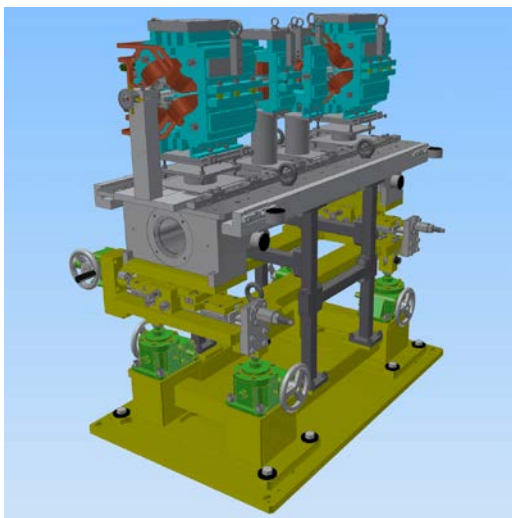


図2 パルス電磁石とその架台。高精度のアライメントを実現するための工夫が施されている。

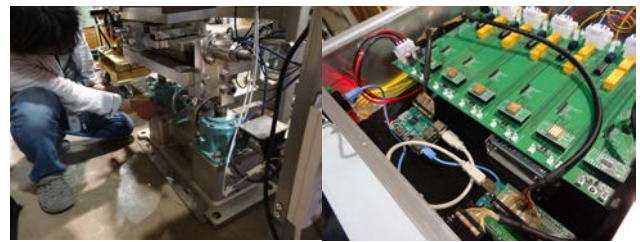


図3 収束電磁石の架台の駆動機構の開発。昨年設置した架台にモータを追加し、制御機構を接続する。

例えばこの図 3 の写真は、昨年度設置した電磁石の架台の駆動機構を遠隔制御にするための開発で、ステッピング・モータと制御機構を追加して、500 kg 程度の重量について、1 μm 程度の位置調整を可能とする。低エミッタンスのビームを完成するためには、600 m にわたる、収束電磁石と加速管のアライメントは大変重要となるため、さまざまな検討、測定、開発を進めてきた。この追加遠隔駆動機構は、秋までに運用機器に組み込み、ビームを用いた試験を開始したいと考えている。

昨年度の入射器運転統計

入射器の 2017 年度の運転統計によると、総運転時間は 4636 時間であった（表 1）。このうち、故障時間は 173 時間と大きな時間になっているが、実際に入射を要求されていたにも関わらず入射ができなかった故障時間（ビームロス）は 29 時間である。割合にすると、故障率は 3.73%，ビームロス率は 0.62% となる。この上昇は、SuperKEKB 向けの試験運転が本格化してきた際の新しい機器やソフトウェアの調整不足、特に 2 月に初めて運転を開始したダンピング・リングとのタイミング同期機構関連の障害が多い。ビームロスが故障に比べて 6 分の 1 程度であるので、入射が要求されていない時間帯に、適切に故障修理が行われたと考えることもできる。しかし、今年度は同時入射を基本とする入射運転に移行するため、運転時間内の障害対応は困難になる。また、引き続き多数の新規装置が稼働を始めるため、KEKB の運転開始時の故障率上昇と比較しながら注視しているところである。

表1 近年の入射器の運転統計

	運転時間	運転達成 時間	延故障時間		延故障回数		平均故障間隔 時間 (MTBF)		平均故障時間 (MTL)		故障率	ビーム ロス	ビーム ロス率
			故障	Trip	故障	Trip	故障	Trip	故障	Trip			
	x (時間)	y (時間)	x-y (時間)	z		x/z (分)		(x-y)/z (分)		故障/x (%)	(時間)	(%)	
1999年度	7,297	6,499	537	261	1,888	69,994	232	6	17	0.22	7.36	74	1.01
2000年度	7,203	6,577	466	160	2,401	39,380	180	11	12	0.24	6.47	54	0.76
2001年度	7,239	6,839	310	90	1,304	21,420	333	20	14	0.25	4.28	22	0.31
2002年度	7,086	6,813	205	68	1,424	17,372	299	24	9	0.23	2.89	23	0.32
2003年度	6,815	6,500	253	62	2,259	17,462	181	23	7	0.21	3.71	27	0.40
2004年度	7,117	6,936	129	52	2,323	12,956	184	33	3	0.24	1.81	39	0.55
2005年度	6,988	6,846	86	56	1,752	12,467	239	34	3	0.27	1.23	17	0.25
2006年度	6,927	6,777	95	55	1,665	13,064	250	32	3	0.25	1.37	22	0.32
2007年度	6,322	6,148	120	54	1,914	12,684	198	30	4	0.26	1.90	24	0.38
2008年度	6,556	6,390	117	49	1,536	11,228	256	35	5	0.26	1.78	35	0.53
2009年度	6,362	6,193	108	61	1,316	13,443	290	28	5	0.27	1.70	34	0.53
2010年度	5,847	5,721	89	37	1,027	8,079	342	43	5	0.27	1.52	15	0.26
2011年度	5,492	5,301	58	133	766	38,258	430	9	5	0.21	1.06	4	0.07
2012年度	5,331	5,191	69	71	859	14,893	372	21	5	0.29	1.29	8	0.15
2013年度	5,315	5,172	23	120	1,127	22,135	283	14	1	0.33	0.43	2	0.04
2014年度	3,448	3,235	31	182	1,243	30,583	166	7	1	0.36	0.90	7	0.20
2015年度	5,296	5,087	93	116	1,437	21,042	221	15	4	0.33	1.76	17	0.32
2016年度	4,733	4,562	101	70	1,986	12,481	143	23	3	0.34	2.13	15	0.32
2017年度	4,636	4,387	173	76	1,606	15,954	173	17	6	0.29	3.74	29	0.62

光源リングの運転状況

図1に、5月7日9:00～7月6日9:00までの約2ヶ月間の蓄積電流値の推移を示す。PFリングは、連休明け5月7日9:00に立ち上げを開始した。5月7日9:50頃リング電磁石の初期化を行っている最中に、6極電磁石電源(SFD)に不具合があることが判明した。制御系の不具合と予想され、すぐにメーカーに連絡し、午後から調査を行うこととした。午前中は入射路調整を行い、SFD電源無しでのビーム入射を試みたが、蓄積することはできなかった。メーカーの調査の結果、DAC/ADCモジュールの恒温槽の故障と判明した。図2に示すように、モジュールの内部基板は焦げ、抵抗2個破裂、配線も焦げているのが分かった。残念ながらこのモジュールの予備品はなく、また約24年前に製造された基板であるため、メーカー側の見解ではすぐに修理することは困難ということであった。幸いなことに、J-PARCハドロングループ(素核研)で同様の電源が使用されているということで問い合わせたところ、故障したモジュールの予備品があるとのことで、借用させ

ていただけることになった。その予備品のおかげで、電源は無事に動作することができ、その後のビーム調整は順調に行われた。PFリングは、5月11日9:00から光軸確認が行われた後、ユーザ運転を再開した。6月1日9:00から6日間はハイブリッドモードでのトップアップ運転が行われた。ハイブリッド運転の蓄積電流値については、昨年11月の運転と同じ蓄積電流値(マルチバンチ400mAとシングルバンチ50mA)ではVW#14付近の真空が悪化したため、シングルバンチの電流値を30mAに下げて運転した。

今期は、上述した電磁石電源のトラブル以外にも、老朽化に起因すると思われる電磁石電源のトラブルが5件発生した。まず1件目は、ビームダンプにはならなかったものの、5月15日7:59に入射路の偏向電磁石電源BTBMがダウンし、チャンネルクローズになったトラブルであった。制御系の異常であったが、ブレーカーON/OFFを行ったところ復旧し、10:03にチャンネルをオープンした。同様の現象が5月27日3:34に発生した。4:12にリングのモードを入射モードから蓄積モードに変更してチャンネルパー

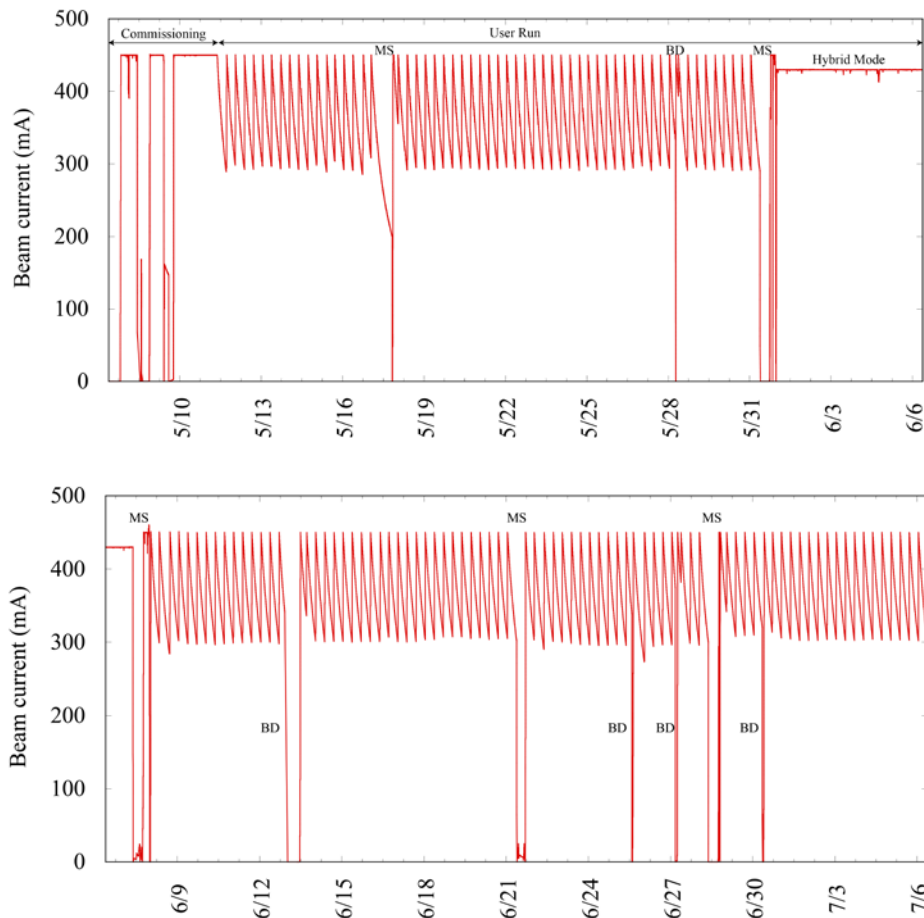


図1 PFリングにおける5月7日9:00～7月6日9:00までの蓄積電流値の推移。MSはマシン調整、BDはビームダンプを示す。



図2 PFリング立ち上げの5月7日に故障したSFD(6極電磁石:1994年製造)電源。上右図の黒いダイヤルが3つについているモジュールが故障したモジュールで、下図がモジュール内部の基板。内部基板は焦げ、抵抗2個破裂、配線も焦げているのが分かった。

ミットを行い、ユーザ運転はすぐに再開した。制御系異常を起こしたPLCが特定されたため、予備PLCと交換し、9:00にモード切り替えのためにチャンネルをクローズした時に、BTBMの初期化を実施した。その後9:07にチャンネルパーミットを行い、通常の手順通り積み上げ入射を行って、ユーザ運転となった。2件目のトラブルによるビームダンプは、6月12日22:04に4極電磁石電源(Q9B)がIGBT故障のアラームでダウンしたことによる。電磁石電源盤内のコンデンサが破損して、基板上に液が漏れていた。夜間の交換作業は困難と判断し、翌朝メーカーを呼んで、予備のコンデンサとの交換作業を行った。約2時間程度の作業で交換は完了し、電源の再立ち上げ後11:49にユーザ運転を再開した。3件目は6月25日14:05、同じく4極電磁石電源(Q5A)がIGBT故障のアラームでダウンしたことによるものであった。電源盤内を調査したが、内部に異常は見られなかった。この電源は3月11日にも同様な現象が起って、メーカーで調査をおこなったものの、特に異常は確認されなかった。今回が2度目のトラブルであった。故障リセットで特に問題なく復旧し、15:29にユーザ運転再開となった。4件目も3件目と同じようなトラブルであるが、6月27日4:16今度は4極電磁石電源(Q6A)がIGBT故障でダウンしたことによるビームダンプであった。この故障時も特段の異常は見られず、Q5Aの対応と同様に故障リセットで復旧し、6:16にユーザ運転を再開した。これら、Q5A、Q6A、Q9BはPFリング直線部改造時に製作された電源で、製造から約14年が経過している。5件目の故障は、6月30日8:10に発生した。やはり4極電磁石電源であるが、QDと呼んでいる電源で、出力電流値480Aに対して±10A程度で電流が変動し、ビームダンプとなった。この電源はPFリング高輝度化時に製作されたもので、上記3つの電源よりもさらに古く製造から24年以上経過している。調査の結果、電源内部に異常は見ら

れなかったもので、再立ち上げを行ったが、その立ち上げ完了直後のビーム入射中に変動が再発してビームが削れたため、応急処置として電源扉を開けて内部をファンで空冷することにした。その結果、変動はなくなり電流値が安定したことから、10:00にユーザーランを再開した。応急処置後からは電流変動の再発はなかった。PFリングは、7月6日9:00で運転を停止し、夏の停止期間となった。老朽化に起因した電磁石電源のトラブルに関しては、コンデンサ全数交換および新規電源製作等も視野に入れて対策を進めている。

図3に、PF-ARにおける5月14日9:00～6月29日9:00までの蓄積電流値の推移を示す。PF-ARは、5月14日9:00から立ち上げおよびリングの調整を行って、予定通り5月17日9:00から光軸確認を行い、ユーザ運転を再開した。PF-ARでは、RF関連の老朽化に起因するトラブルおよび寿命急落による再入射が頻発した。RFに関わるトラブルの1件目は、5月19日の1:49に発生した。PF-AR東電源棟にあるクライストロン用高圧電源がインターロック動作で停止し、ビームダンプした。担当者が来所して調査を行い、故障個所の基板を交換して復旧した。深夜における、過去に経験のない箇所での故障であったため、復旧までやや時間を要した。2件目は、5月28日の1:39にRF空洞の高次モード引き出し用ケーブル(HOMケーブル)の温度インターロックでRFがダウンし、ビームダンプとなったトラブルであった。温度スイッチをリセットし、さらに蓄積ビームの電流値を50mAに下げて運転を開始したが、4:20に再発した。そのため、HOMケーブルの交換が必要と判断し、9:00からケーブルの交換作業を行った。このトラブルについては、詳細を後述する。6月6日～12日の期間、ビーム寿命急落による再入射が4回発生した。6月12日以降に起こったビーム寿命急落は、アンジュレータNW14-2のギャップを最小の8mmにしたことによる。6月14日のマシン調整日にこの現象を調査したところ、垂直方向のビーム軌道がNW14-2の場所で下側に寄っていることが分かり、蓄積電流値や他のビームラインのギャップの変更等のビームの条件が変わることによってビームが削れてしまうことによるものと判断した。6月18日未明にNW14-2のギャップが40mmまで開いたことでビーム寿命が長くなり安定した。後日6月21日にも調査を行ったところ、垂直方向のベータトロンチューンを変えると寿命が変わることが判明した。NW14-2のギャップを8mmまで閉めてもビーム寿命が減少しないチューンを見つけたが、ビーム寿命の変化の様子が変わった(図4)。ベータトロンチューンとビーム寿命の依存性を理解するため今後も調査を続ける予定である。6月11日10:06にRF HOMケーブルの温度上昇の報告があり、安全をみて17:00の入射から蓄積電流値を50mAまで下げて運転することとした。6月14日のマシン調整日にそのHOMケーブルを予備のケーブルと交換し、6月15日0:30から蓄積電流値を60mAに戻して運転した。今回は温度が上昇し始めたところで交換したため、若干黒く変色していた程度

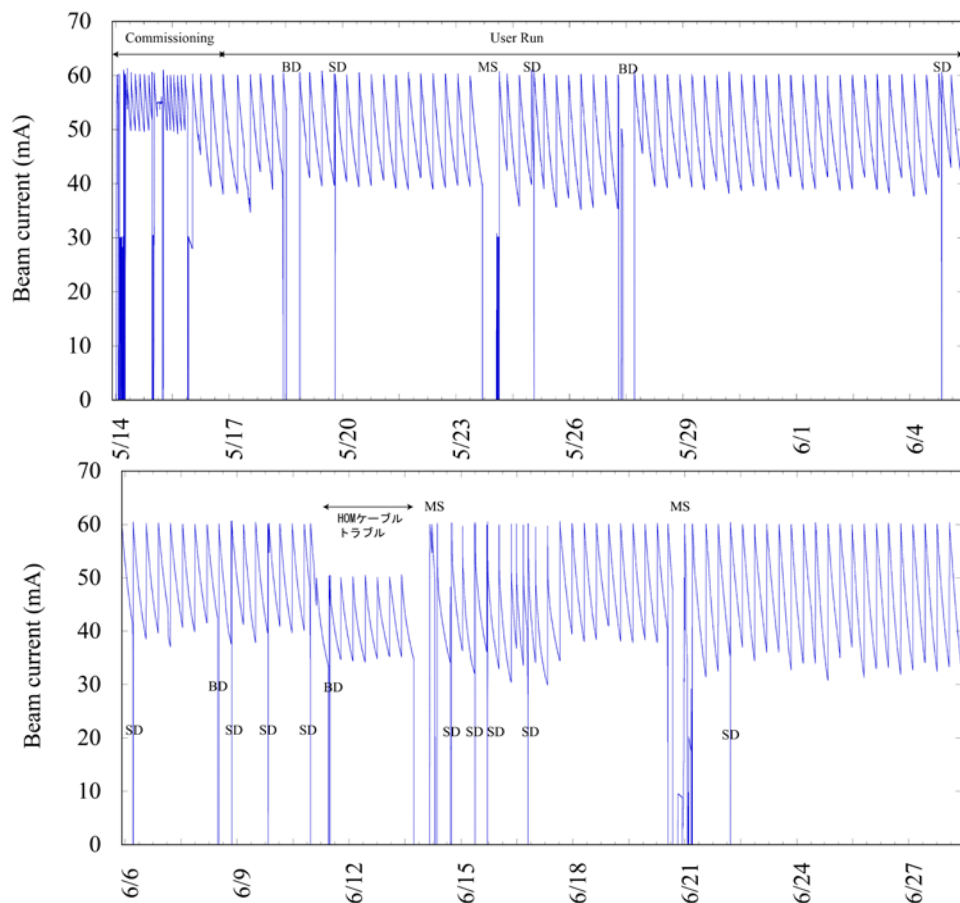


図3 PF-ARにおける5月14日9:00～6月29日9:00までの蓄積電流値の推移。MSはマシン調整、BDはビームダンプ、SDは寿命急落による再入射を示す。

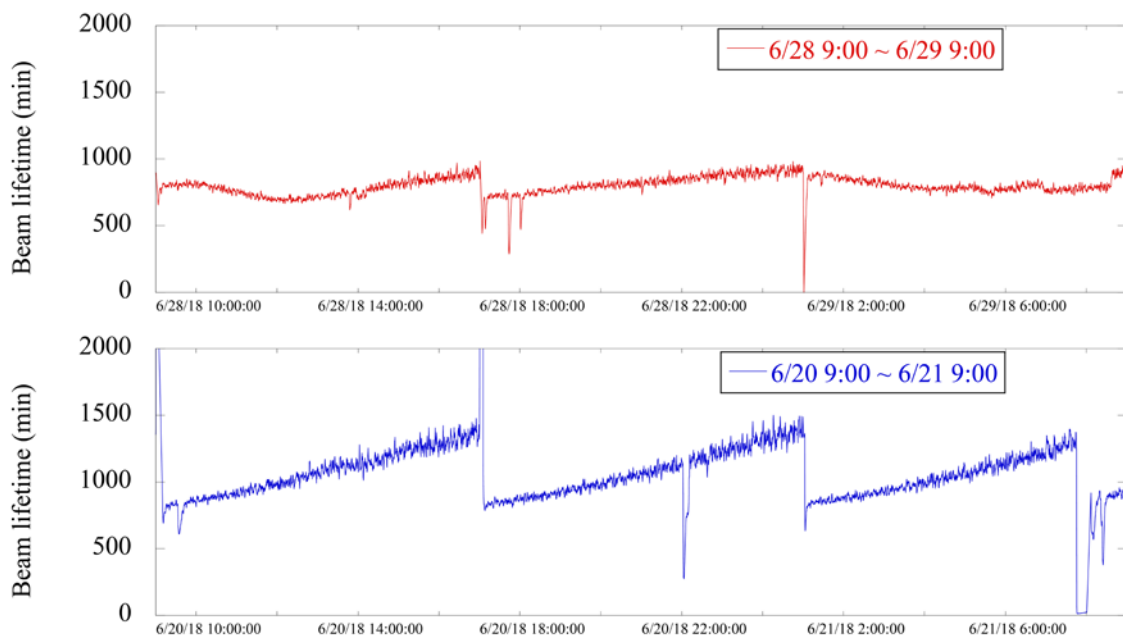


図4 PF-ARにおける1日のビーム寿命の推移：垂直方向のベータトロンチューンを変えた後のビーム寿命（上図），変える前のビーム寿命（下図）を示す。

で損傷はなかった。今後も温度が上がり始めたら交換することとした。キッカー電磁石 (K1) が勝手に励磁してビームダンプするという現象が3件発生した。その原因調査は続けているが決め手がなく、調査結果を整理し夏の停止期間中にこの現象が起こらない対策を施す予定である。6月21日に5 GeV 運転のマシスタディを行った。入射・蓄積は順調にすすみ60 mA まで蓄積することに成功した。次回は秋の立ち上げ時にビームライン側で調査する予定である。PF-AR は、6月29日9:00に予定通り運転が終了し、夏の停止期間に入った。

PF-AR における HOM ケーブルに関するトラブル

上述したように PF-AR 東電源棟 (AR 東棟) の RF が停止しビームダンプした。空洞 E-4 (東直線部, 最下流の空洞) の高次モード (higher order mode, HOM) ケーブルの温度異常を示すインターロックが動作していた。PF-AR では11セル APS 型加速空洞を6台使用しており、それらの空洞の加速セルから有害な高次モードの電磁場を引き出すために、空洞1台あたり12本 (1台の空洞だけ10本) の HOM ケーブルが使われている。それぞれの HOM ケーブルには2個の温度スイッチが取り付けられており、温度60°C以上になるとスイッチが動作し、ローレベル系で RF を停止する。空洞と HOM ケーブルの写真を図5に示す。最初のインターロック動作 (1:39) の後、温度スイッチをリセットし、最大ビーム電流を50 mA に下げて運転再開を試みたが、約1時間後に同じインターロックが動作した。シフトリーダーが当該ケーブルの交換が必要と判断して早朝に担当者に連絡し、朝9:00頃から交換作業を開始した。新品の予備ケーブルと交換後、AR 東棟のクライストロンを立ち上げ、11:53にユーザ運転を再開した。不具合のあったケーブル (NH-HF-20D ケーブル, 両端コネクタ付き) を調査したところ、内導体と外導体の間に螺旋状に入っ

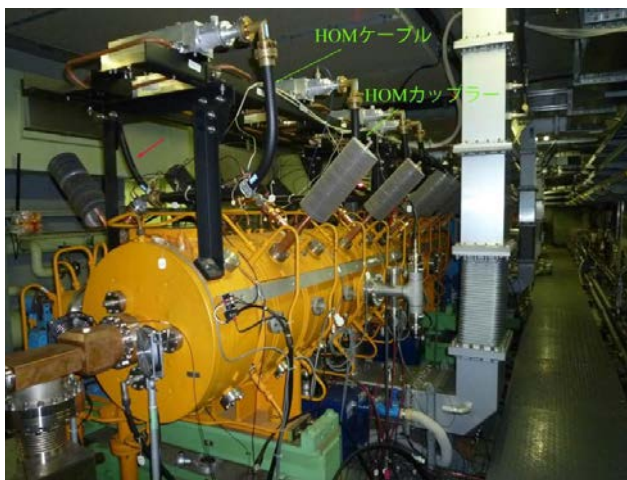


図5 PF-AR 東直線部の APS 空洞 (E-4) の写真 (5/28 撮影)。空洞当たり12個の HOM カップラーが取り付けられ、取り出した HOM 電力は HOM ケーブルを通して3 kW 水冷ダミーロードに導かれる。今回交換した後の HOM ケーブルを赤色矢印で示す。



図6 故障した HOM ケーブルに付属する L 型アダプタ (ダミーロード側)。絶縁体のポリエチレンが黒色に変色していた。



図7 故障した HOM ケーブルの端のコネクタ (ダミーロード側) を外したところ。絶縁体のポリエチレンはよりひどく変色し溶けていた。

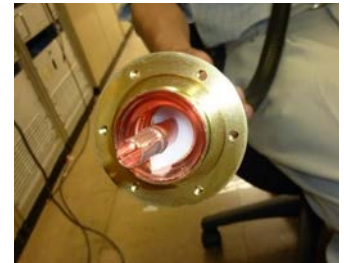


図8 故障した HOM ケーブルの端のコネクタ (HOM カップラー側) を外したところ。絶縁体のポリエチレンは健全であった。

ているポリエチレン製の絶縁体のうち、ダミーロード側の絶縁体が黒色に変色して一部溶けていた (図6, 図7)。反対の HOM カップラー側の絶縁体は健全であった (図8)。ちなみに、ケーブルに貼り付けたサーモラベルは、中央部とダミーロード側ともに60°C以上の温度上昇があったことを示していた (図9)。

前回ケーブルを交換してから約10年が経過しており、今回のケーブル発熱の原因は、AR トンネル内の強い X 線環境下での経年劣化が原因と考えられる。他の HOM ケーブルも同程度の年月使用しており、交換が必要な時期に来ていると考えられるため、対策を検討中である。



図9 故障した HOM ケーブルのサーモラベル表示。(左) 中央部、(右) ダミーロード側。いずれも50°C以上を示す赤色と60°C以上を示す緑色のサインが表示されていた。

運転，共同利用関係

PF および PF-AR の 2018 年度第 1 期（5～7 月）の運転は，それぞれ，7 月 6 日，6 月 29 日の朝に終了し，現在約 4 ヶ月間のシャットダウンに入っています。なお，6 月 30 日から 7 月 6 日の朝までの PF の運転は，初めての試みとして行った「産業利用促進運転」です。これは，通常の運営費交付金による運転ではなく，主に企業による施設利用などの有償運転の利用収入を用いて行ったものです。昨年度に計画を立て，今回さまざまな企業の協力をいただいて 6 日間の運転を無事に行えたことは大変よかったですし，1 つの達成であると考えています。これから，収支の検討や利用企業からのご意見なども伺い，来年度も「産業利用促進運転」を行うか検討をしていくことになるかと思えます。2018 年度第 2 期のユーザー運転ですが，PF については 11 月 16 日，PF-AR については 11 月 20 日に再開し，どちらも 12 月 19 日の朝まで運転する予定です。PF と PF-AR は共に 2018 年度 10-12 月期より連続入射によるトップアップ運転が基本となります。12 月 7 日から 12 月 19 日 9:00 までの 11 日間は時分割実験への利用が期待されるハイブリッドモードによるユーザー運転を行う予定です。

PF シンポジウム等でもお知らせしていますが，引き続き 2018 年度も厳しい予算状況となっています。PF については年間 3,000 時間程度のユーザー実験時間を確保する予定ですが，PF-AR については，今のところ第 3 期の運転予算が確保できていません。今後，第 3 期にも運転を行うことを目指して，予算獲得の努力を行っていくとともに，電気代の節約が可能な 5 GeV 運転モードのテストなどを行い，可能な限り運転時間を増やす工夫を行う予定です。

ビームライン改造

これまでに繰り返し報告してきた BL-19 の全面更新ですが，旧 BL-19 の解体も終了し，新しいビームラインを建設する段階に入っています。このシャットダウン中には，ビームラインの建設を行い，かねてからお知らせしているように，第 2 期から立ち上げと調整を開始する予定です。本ビームラインの建設には，新学術領域「水惑星学の創成」に多大なサポートを頂きました。本研究領域に関しては，物構研ハイライト (<https://www2.kek.jp/imss/news/2018/highlight/0627AquaPlanet/>) でも紹介されていますので，是非ご覧ください。

クライオ電子顕微鏡の導入に関して

放射光は，生体高分子の立体構造を結晶構造解析の手法を用いて決定するためのツールとして，約 30 年にわたり広く活用されてきました。世界のどの放射光施設でも高度に自動化された生体高分子の結晶構造解析用のビームライ

ンが稼働しており多くのユーザーが利用しています。生体高分子の立体構造決定には，NMR を利用した解析法もありますが，長い間，生体高分子の構造解析の分野は放射光を用いた結晶構造解析の独壇場であったと言っても過言ではありません。しかし，昨年度のノーベル化学賞を受賞したことからわかるように，クライオ電子顕微鏡の急速な発展で分野の景色が少し変わってきました。結晶化が難しい超分子複合体や膜タンパク質の構造解析の分野において，クライオ電子顕微鏡を用いた近原子分解能の解析が次々に行われるようになり，Nature, Science, Cell といった一流誌の誌面を毎週のように賑わせているのは，構造生物学を専門にしている方にはご存知の通りです。これらの構造解析は近原子分解能とはいっても，実際には生体高分子を構成している各々の原子の座標が得られる手法です。このような，クライオ電子顕微鏡法の急速な発展に伴い，世界の放射光施設では放射光だけでなく，クライオ電子顕微鏡を導入する例が増えてきました。最も有名なのは，イギリスの Diamond Light Source に併設されている eBIC と言われている施設です。このような世界的な流れに遅れを取らないよう，物質構造科学研究所の構造生物学研究センターでは，昨年度，日本医療研究開発機構（AMED）の支援を得て，創薬等先端技術基盤プラットフォーム事業（BINDS）の一環として 200 kV のクライオ電子顕微鏡を導入しました（図 1）。本クライオ電子顕微鏡は，現在のハイエンド機種である 300 kV の電子顕微鏡ではありませんが，十分に近原子分解構造の決定に利用できる機器です。構造生物学研究センターでは，クライオ電子顕微鏡を用いた構造解析に関する体制を整えているところです。2018



図 1 構造生物学研究センターに導入された 200 kV のクライオ電子顕微鏡。Thermo Fisher 社の Talos Arctica という機種で，測定試料を自動的に交換するオートローダーという機構が付いている。

年中には、本クライオ電子顕微鏡を一般ユーザーに公開できる予定です。利用は、BINDS プロジェクトを通じて行うことになります。興味のある方は、是非ご一報下さい。

人事異動

新規採用は、これまで特別助教であった望月出海さんが、7月1日付で助教に採用されました。一方、小角散乱のグループで活動されていた富田翔伍さん、そして構造生物学研究センターで活動されていた桑原直之さんがともに6月末日で退職され、新しい職場で働くことになりました。これまでの物質構造科学研究所での活動に感謝するとともに、今後の益々のご活躍をお祈りいたします。

新規グアニンヌクレオチド交換因子 SmgGDS による RhoA 認識機構の構造基盤

清水光¹, 藤間祥子¹, 紺谷圏二², 堅田利明², 清水敏之¹

¹ 東京大学大学院薬学系研究科, ² 明治薬科大学, ³ 武蔵野大学

Structural basis of RhoA recognition by novel guanine nucleotide exchange factor SmgGDS

Hikaru SHIMIZU¹, Sachiko TOMA-FUKAI¹, Kenji KONTANI², Toshiaki KATADA³ & Toshiyuki SHIMIZU¹

¹ Graduate School of Pharmaceutical Science, The University of Tokyo, ² Meiji Pharmaceutical University, ³ Musashino University

Abstract

SmgGDS は Rho のグアニンヌクレオチド交換因子 (GEF) として働くだけでなく低分子量 G 蛋白質 C 末端の CaaX モチーフを認識するシャペロンとしても働く。CaaX モチーフは翻訳後脂質修飾を受ける Cys 残基を有するが, SmgGDS はスプライズバリエーション依存的に脂質修飾の有無を認識していることが示唆されていた。SmgGDS は Armadillo-repeat motif (ARM) のみから構成され, 他の GEF やプレニル基認識分子とは全く異なる構造を有しており, その構造生物学的な作用様式はこれまで明らかになってこなかった。今回我々はヒト SmgGDS と RhoA との複合体の X 線結晶構造解析に成功した。本稿ではその結果について紹介する。

1. はじめに

Ras や Rho をはじめとする低分子量 G 蛋白質は細胞増殖や骨格形成といった多様な細胞内イベントの鍵となる制御因子であり, これらの変異や機能不全は様々な癌の原因となる [1,2]。低分子量 G 蛋白質は GTP 結合型の活性型と GDP 結合型の不活性型とを行き来することで分子スイッチとして働く。低分子量 G 蛋白質のコアドメインである G-domain は 3 つの保存モチーフから成り, それぞれ phosphate-binding loop (P-loop), switch I, switch II と呼ばれている (Fig. 1A)。この 3 つのモチーフが協調的にグアニンヌクレオチドと補欠因子である Mg イオンを認識し GTP 加水分解を担う。低分子量 G 蛋白質には G-domain の他に C 末端に Hypervariable region (HVR) と呼ばれる部分がある (Fig. 1A)。さらにこの末端 4 残基は CaaX モチーフと呼ばれ, その Cys 残基が翻訳後にファルネシル化あるいはゲラニルゲラニル化といった脂質修飾を受ける [3]。脂質修飾は低分子量 G 蛋白質の膜への局在と正常な生理活性に必須である。

一般に, 低分子量 G 蛋白質の固有の GTP 加水分解活性は低く, GTPase-activating protein (GAP) によって活性化される。低分子量 G 蛋白質からの GDP の解離は GEF によって促進され新たな GTP が結合する。GTP が結合すると低分子量 G 蛋白質は再び下流のエフェクター分子と相互作用できるようになる。GAP と GEF は低分子量 G 蛋白質の活性を素早く循環させるために重要な因子である (Fig. 1B)。

SmgGDS は Rho に対する GEF の一つだが, GEF としての役割の他に低分子量 G 蛋白質の CaaX モチーフを

認識するシャペロンとして働くことで知られている [4-9]。SmgGDS は非小細胞肺癌 [10,11], 前立腺癌 [12], 乳癌 [11,13], 膵臓癌 [11] において発現の上昇が見られる。SmgGDS は ARM という繰り返し単位のみで構成されており, ARM1 つの違いをもつ SmgGDS-558, SmgGDS-607 というスプライズバリエーションから成る (Fig. 1A)。これらの

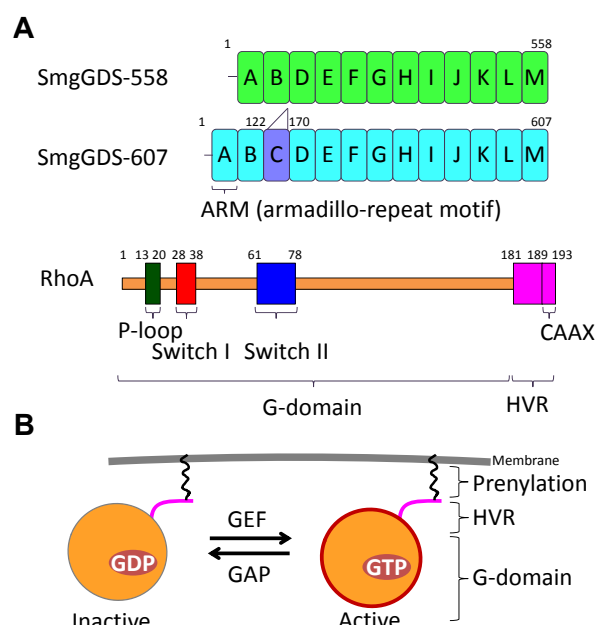


Figure 1 Domain structure and function of SmgGDS and RhoA. A) Domain structure of both variants of SmgGDS and RhoA. B) Schematic view of the cycle of small GTPases and membrane localization.

バリエーションは低分子量 G 蛋白質の脂質修飾状態を認識し、前者は脂質修飾されたものを、後者は未修飾のものを良く認識するということが先行研究 [7,8] と我々が以前に行った研究 [14] により示されていた。ARM のみで構成されている GEF やプレニル基認識蛋白質はこれまで報告例がなく、SmgGDS の低分子量 G 蛋白質への構造生物学的作用機序はこれまで全く明らかでなかった。

今回我々は SmgGDS-558 と脂質修飾された RhoA の複合体の結晶構造解析に成功した。RhoA の大きな構造変化が G-domain の 3 つのモチーフを開いた状態にすることで GDP/GTP の交換を促進していることが明らかになった。RhoA の脂質修飾部分は SmgGDS-558 の隠された疎水性ポケットに収容されており、これは我々が以前に解いた単体 SmgGDS-558 構造からは予期できないものであった。これらの発見は SmgGDS の機能についての知見と低分子量 G 蛋白質に対する創薬戦略に役立つものだと考えている。

2. SmgGDS-558 による RhoA 認識機構

2-1. 試料調製と構造決定

SmgGDS-558 は脂質修飾を受けた RhoA を強く認識するため、我々は RhoA の脂質修飾体の調製を行った。大腸菌発現系にて未修飾の全長 RhoA を精製したのち、*in vitro* でファルネシル基転移酵素と基質を混合し RhoA に脂質を付加した。RhoA は本来、炭素数 20 のゲラニルゲラニル化を受けるが、物性の都合上本研究では炭素数 15 のファルネシル化を優位に受ける変異体を用いた。ゲル濾過でファルネシル基転移酵素を除去したのち、SmgGDS-558 と混合して複合体化し結晶化した。得られた結晶は Photon Factory BL-1A, BL-17A あるいは SPring-8 BL41XU, BL44XU にて回折強度データの収集を行った。各分子の単体構造をもとに分子置換で位相を決定し、3.5Å の分解能で構造を決定した。

2-2. SmgGDS-558 による G-domain 認識機構

結晶構造において SmgGDS-558 は主として RhoA の 2 か所を認識していた。1 つは Switch II であり、もう 1 つは CaaX モチーフのファルネシル化 Cys 残基であった (Fig. 2A)。複合体結晶中の RhoA は大きくディスオーダーしており、P-loop と Switch I のすべて、および Switch II の一部の電子密度は確認されなかった。既知の RhoA 単体構造と複合体中での RhoA 構造を比較すると、Switch II が外側に動かされ、G-domain が大きく開かれた様子が見てとれた (Fig. 2B)。グアニンヌクレオチドと Mg イオンも観察されなかったことから、本構造は RhoA の G-domain が SmgGDS-558 により開かれ、グアニンヌクレオチドと Mg イオンを放出した直後の状態を捉えたものと考えられる。

Switch II は SmgGDS-558 の凹面にあたる ARM E-I と広く相互作用しており (Fig. 2A)、先行研究における変異体解析の結果と高く一致していた。例えば SmgGDS-558 における N338 残基は RhoA への相互作用と GEF 活性に不可欠であるということが報告されていたが [6,14,15]、この残

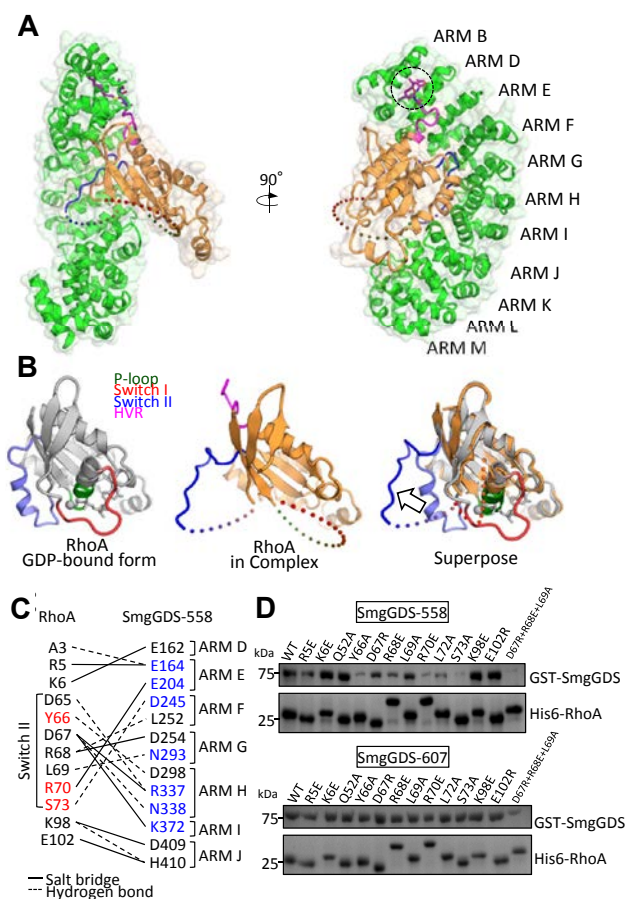


Figure 2 Structure of the SmgGDS-558/farnesylated RhoA complex. A) Crystal structure of SmgGDS-558/farnesylated RhoA. SmgGDS-558 is shown in green. RhoA is shown in orange, and the three nucleotide recognition domains (P-loop, switch I, switch II) are shown in dark green, red, and blue respectively. HVR is shown in purple and S-farnesylated RhoA was enclosed by a dotted circle. B) Comparison of RhoA structure. Core domain of GDP-bound RhoA (PDBID: 1FTN) and RhoA located are colored in grey and orange, respectively (left, middle). Superposition of these two structures is shown on the right, and the arrows represent the movement of switch II. C) Interaction between RhoA and SmgGDS-558. Dashed and solid lines represent the presence of a hydrogen bond and salt bridge, respectively. RhoA residues showing reduced binding to SmgGDS by mutation in this study are shown in red. SmgGDS residues that are reported to be important for interaction are shown in blue. D) Mutational analysis of SmgGDS-558 and SmgGDS-607. Pull-down results in which His-RhoA was used as bait are shown.

基は RhoA の D67 と水素結合を形成していた。Switch II の他には RhoA の N 末端 (A3, R5, K6) や C 末端側の 2 つの残基 (K98, E102) を認識していた (Fig. 2C)。結晶構造の妥当性をさらに調べるため、我々は RhoA に対する変異体を 13 個用意し、プルダウンアッセイによる変異体解析を実施した。Y66A, R70E, S73A および D67R + R68E + L69A において顕著に SmgGDS-558 への結合力が低下したことから確かに Switch II は SmgGDS-558 との結合のカギとなる領域であることが示された (Fig. 2C, D)。SmgGDS-607 では結合力の低下は見られなかったが、本実験では未修飾

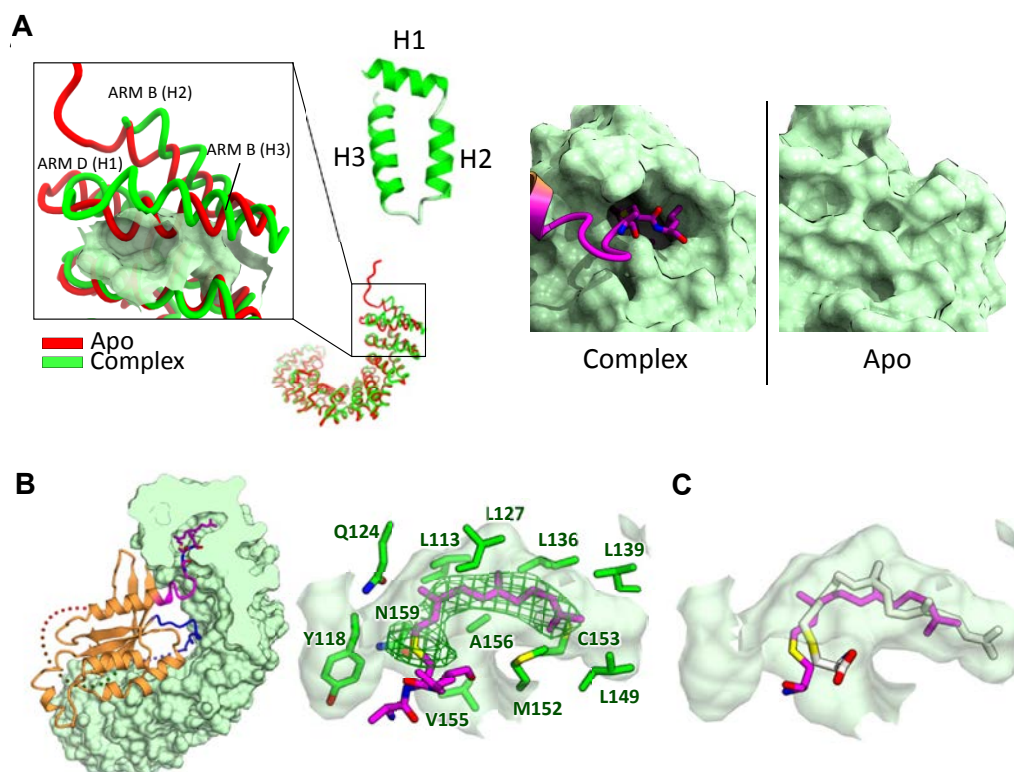


Figure 3 Farnesyl group of RhoA C190 inserted into the cryptic pocket of SmgGDS-558. A) Left, Typical armadillo-repeat motif (ARM) and movement of alpha helices of SmgGDS-558, as determined by making a complex with farnesylated RhoA. A typical ARM (H1-3) is shown as a ribbon model. Apo and RhoA-bound form of SmgGDS-558 is shown in red and green, respectively. Enlarged view of the N-terminal ARMs is shown in an inset. The surface of the cryptic pocket is shown. Right, enlarged view of surface model of SmgGDS-558 apo and complex forms. B) Cross-section (left) and enlarged views (middle) of the insertion of farnesyl group of RhoA C190 into SmgGDS-558. RhoA is shown in orange using the ribbon model. S-farnesylated C190 and L191 of RhoA are shown as stick models. Molecular surface of SmgGDS-558 is shown in gray and side chains of SmgGDS-558, which form the pocket, are shown as a green stick model. The electron density map (mFo-DFc) of the side chain of S-farnesylated C190 contoured at 2.5 σ is shown in green mesh. C) Docking model of S-geranylgeranylated cysteine to the crystal structure. Docking model of S-geranylgeranylated cysteine is shown as a white stick model.

の RhoA を用いており、SmgGDS-607 への結合力がとても強い ($K_d = 0.8$ nM) ためと考えている [14]。

以上で見たように SmgGDS は RhoA の Switch II を結合することで G-domain の 3 つのモチーフを開放し基質との重要な相互作用を壊し GEF 活性発揮する。このような作用機序を持つ GEF は他に類をみないことから、SmgGDS は新規の GEF であると言えるだろう。

2-3. SmgGDS-558 によるファルネシル化 Cys 認識機構

興味深いことに RhoA の CaaX モチーフ上の脂質修飾された Cys 残基 (ファルネシル化 Cys) は SmgGDS-558 の隠されたポケットに挿入されていた。このポケットは ARM B と D の間に存在するが、我々が以前に決定した SmgGDS-558 の単体構造では確認されなかった。脂質修飾された RhoA を結合することにより ARM B と D のヘリックスが構造変化し、ファルネシル基を収容する新たなポケットが形成されると分かった (Fig. 3A)。SmgGDS-558 が脂質収容ポケットを持つ一方で、SmgGDS-607 はこのポケット位置にもう一つの ARM である ARM C を有する。SmgGDS-607 では ARM C により別の表面構造が形成され、未修飾の CaaX モチーフを持つ RhoA に優位な結合

様式をとれるものと考えられる。SmgGDS-558 のポケットは主として疎水性残基で構成され、炭素数 15 のファルネシル基を収容していた。得られた結晶構造にプログラム AUTODOCK [16] を用いて炭素数 20 のゲラニルゲラニル化 Cys をドッキングしてみたところ、こちらを収容するのに十分な大きさで深さを持っていた (Fig. 3B)。これにより SmgGDS-558 はファルネシル化、ゲラニルゲラニル化両方の脂質修飾をもつ低分子量 G 蛋白質も受容できると考えられる。

3. まとめ

本研究では SmgGDS-558 と脂質修飾された RhoA の複合体構造を決定し、SmgGDS は RhoA の大きな構造変化を誘起すること、プレニル基を収容するポケットを形成することを明らかにした。これらの発見は GEF 活性作用機序とプレニル基収容機構の両面から新しいと言えるものであった。

ヒトにおいて Rho に対するものだけでも 80 種類の GEF が知られている [17,18]。これらの RhoGEF は典型的な Dbl ファミリーと非典型的の Dock ファミリーに属するものに分けられる。両 GEF の活性ドメインの構造は既に知られ

ており、どちらも GDP に対する立体障害や静電反発によって GDP/GTP の交換を促進する。一方で SmgGDS はどちらのファミリーにも該当せず異なる GEF 作用機序を持つ。SmgGDS-558 はその凹面に RhoA の switch II を引き寄せることで RhoA のグアニンヌクレオチド結合モチーフをディスプレイさせる。この RhoA の構造変化は非常にユニークで現在のところ蛋白質構造データベースである Protein Data Bank に類似の RhoA 構造は見当たらない。

低分子量 G 蛋白質のプレニル基収容蛋白質としては RhoGDI と PDE δ というシャペロン分子の構造が報告されている。これらの分子はプレニル基を遮蔽することで低分子量 G 蛋白質を凝集や分解から保護したり、細胞内での拡散を促進すると考えられている [19-21]。SmgGDS-558 も RhoA のプレニル基をポケットに収容することが本研究により明らかとなったことから SmgGDS-558 も同様の機能を持つシャペロンとして働くことが強く示唆された。しかしながら構造的には SmgGDS-558 はこれら既知のタンパク質とは全く異なる。RhoGDI と PDE δ はどちらも二つの逆平行 β -sheet からなる immunoglobulin-like fold によってプレニル基を収容するが、SmgGDS-558 は α -helix から成るポケットにより RhoA のプレニル基を収容する。さらにこのポケットは SmgGDS-558 単体では観察されず、RhoA が結合する際にはじめて形成され、別のアイソフォームである SmgGDS-607 では ARM C の挿入によりポケットは存在しないと考えられる。

上記のように SmgGDS-558 は RhoA に対してユニークな相互作用様式をとることが明らかとなった。我々の発見は SmgGDS や低分子量 G 蛋白質を標的とした創薬研究に役立つものと考えられる。また、SmgGDS の生理学的意義や構造変化の駆動力などの詳細な分子機構などいまだ分からない点も多く残っている。今後は X 線結晶構造解析だけでなく多様な実験手法や観点からの研究が求められることになるだろう。

4. 謝辞

本研究は明治薬科大学紺谷園二教授、武蔵野大学堅田利明教授との共同研究によるものである。また、本研究における X 線回折実験は共同利用実験課題 (2016G597) によって行われた。この場を借りてチームラインスタッフの皆様に深く御礼申し上げます。

引用文献

[1] Sahai, E., and Marshall, C. J., *Nat. Rev. Cancer* **2**, 133-143 (2002).
[2] Fernández-Medarde, A., and Santos, E., *Genes & cancer*, **2**, 344-358 (2011).
[3] Casey, P. J., and Seabra, M. C., *J. Biol. Chem.*, **271**, 5289-5292 (1996).
[4] Yamamoto, T., Kaibuchi, K., Mizuno, T., Hiroyoshi, M., Shirataki, H., and Takai, Y., *J. Biol. Chem.*, **265**, 16626-16634 (1990).

[5] Mizuno, T., Kaibuchi, K., Yamamoto, T., Kawamura, M., Sakoda, T., Fujioka, H., Matsuura, Y., and Takai, Y., *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A.*, **88**, 6442-6446 (1991).
[6] Hamel, B., Monaghan-Benson, E., Rojas, R. J., Temple, B. R., Marston, D. J., Burrridge, K., and Sondek, J., *J. Biol. Chem.*, **286**, 12141-12148 (2011).
[7] Berg, T. J., Gastonguay, A. J., Lorimer, E. L., Kuhnmuench, J. R., Li, R., Fields, A. P., and Williams, C. L., *J. Biol. Chem.*, **285**, 35255-35266 (2010).
[8] Schuld, N. J., Vervacke, J. S., Lorimer, E. L., Simon, N. C., Hauser, A. D., Barbieri, J. T., Distefano, M. D., and Williams, C. L., *J. Biol. Chem.*, **289**, 6862-6876 (2014).
[9] Williams, C. L., *Cell Cycle*, **12** (18), 2933-2934 (2013).
[10] Tew, G. W., Lorimer, E. L., Berg, T. J., Zhi, H., Li, R., and Williams, C. L., *J. Biol. Chem.*, **283**, 963-976 (2008).
[11] Schuld, N., Hauser, A., Gastonguay, A., Wilson, J., Lorimer, E., and Williams, C., *Cell Cycle*, **13**, 941-952 (2014).
[12] Zhi, H., Yang, X., Kuhnmuench, J., Berg, T., Thill, R., Yang, H., See, W., Becker, C., Williams, C., and Li, R., *J. Pathol.*, **217**, 389-397 (2009).
[13] Hauser, A. D., Bergom, C., Schuld, N. J., Chen, X., Lorimer, E. L., Huang, J., Mackinnon, A. C., and Williams, C. L., *Mol. Cancer Res.*, **12**, 130-142 (2014).
[14] Shimizu, H., Toma-Fukai, S., Saijo, S., Shimizu, N., Kontani, K., Katada, T., and Shimizu, T., *J. Biol. Chem.*, **292**, 13441-13448 (2017).
[15] Ogita, Y., Egami, S., Ebihara, A., Ueda, N., Katada, T., and Kontani, K., *J. Biol. Chem.*, **290**, 20245-20256 (2015).
[16] Morris, G. M., Huey, R., Lindstrom, W., Sanner, M. F., Belew, R. K., Goodsell, D. S., and Olson, A. J., *J. Comput. Chem.*, **30**, 2785-2791 (2009).
[17] Rossman, K. L., Der, C. J., and Sondek, J., *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, **6**, 167-180 (2005).
[18] Bos, J. L., Rehmann, H., and Wittinghofer, A., *Cell*, **129**, 865-877 (2007).
[19] Kuhlmann, N., Wroblowski, S., Knyphausen, P., de Boor, S., Brenig, J., Zienert, A. Y., Meyer-Teschendorf, K., Praefcke, G. J., Nolte, H., and Krüger, M., *J. Biol. Chem.*, **291**, 5484-5499 (2016).
[20] Garcia-Mata, R., Boulter, E., and Burrridge, K., *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, **12**, 493 (2011).
[21] Dharmiaiah, S., Bindu, L., Tran, T. H., Gillette, W. K., Frank, P. H., Ghirlando, R., Nissley, D. V., Esposito, D., McCormick, F., and Stephen, A. G., *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A.*, **113**, E6766-E6775 (2016).

(原稿受付日: 2018 年 5 月 15 日)

著者紹介

清水 光 Hikaru SHIMIZU



東京大学大学院薬学系研究科
薬科学専攻 博士後期課程 3 年
〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1
TEL: 03-5841-4841
e-mail:hikaru-shimizu660@g.ecc.u-tokyo.
ac.jp
趣味：スポーツ観戦（主にテニス）。

藤間祥子 Sachiko TOMA-FUKAI



東京大学大学院薬学系研究科 助教
〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1
TEL: 03-5841-4841
e-mail: tomas@mol.f.u-tokyo.ac.jp
略歴：2007 年 東京大学大学院薬学系研
究科助教 博士（理学）。

最近の研究：創薬標的ヒト蛋白質の構造生物学。

趣味：読書。

清水敏之 Toshiyuki SHIMIZU

東京大学大学院薬学系研究科 教授



〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1
TEL: 03-5841-4840
e-mail: shimizu@mol.f.u-tokyo.ac.jp
略歴：2010 年東京大学大学院薬学系研
究科教授 博士（薬学）。

最近の研究：タンパク質構造機能相関。

趣味：愛犬との散歩。

X線と中性子の相補利用による糖のタンパク質水和殻の保護作用の解明

味戸聡志¹, 平井光博¹, 岩瀬裕希², 清水伸隆³, 五十嵐教之³, 太田昇⁴¹群大理工, ²CROSS, ³KEK-PF, ⁴JASRI

Protective action of sugars on protein hydration-shell clarified by the complementary use of X-ray and neutron

Satoshi AJITO¹, Mitsuhiro HIRAI¹, Hiroki IWASE², Nobutaka SHIMIZU³, Noriyuki IGARASHI³, Noboru OHTA⁴¹Department of Science and Technology, Gunma University,²Comprehensive Research Organization for Science and Society,³Photon Factory, Institute of Materials Structure Science, KEK,⁴Japan Synchrotron Radiation Research Institute

Abstract

糖がタンパク質構造を保持し、変性を抑制することはよく知られているが、その作用機構は未だ不明瞭である。我々は本研究において、シンクロトロン放射光X線広角散乱と中性子小角散乱を相補的に用いることで、糖によるタンパク質構造と水和に及ぼす影響の直接的な観測に成功した。実測散乱曲線と理論散乱関数のシミュレーションにより、糖がタンパク質表面の水和殻から選択的に排除され、水和殻を保持することが明らかとなった。

1. はじめに

水溶液中のタンパク質の構造安定性は、温度や圧力などの物理的環境だけでなくオスモライトの存在にも依存する [1]。糖やポリオールの添加によってタンパク質の変性や酵素の失活が防がれることは、熱力学的観点から説明されてきた [2]。ここではタンパク質と添加剤の間の特異的な結合や溶媒粘度の変化、糖の存在下におけるタンパク質の選択的な水和などが、安定化効果の主な要因であると考えられている。これらの先行研究では、密度測定、熱量測定、円偏光二色性、NMR などの手法が主に用いられてきたが、本研究ではシンクロトロン放射光X線広角散乱 (SR-WAXS) と中性子小角散乱 (SANS) を相補的に用いることで、タンパク質構造および水和に関する糖の効果を直接観測することに成功した。

生物学的な糖の重要性は、極限環境に対する耐性を持つ一部の生物が、高温や低温、乾燥、浸透圧などのストレスに暴露されると、ストレスタンパク質と共に糖を生産し、細胞内に蓄積することからよく知られている。特にトレハロースは、ストレス耐性を生物の積極的な適応なしに獲得する能力である biostasis (cryptobiosis) に関係することから注目されている。トレハロースは動物や植物、微生物などに広く見られ [3]、グルコース二分子の $\alpha, \alpha\text{-}1, 1\text{-}$ グリコシド結合によって形成される天然の二糖である。還元基が互いに結合しているため、トレハロースは還元性を持たず、化学的に安定である。生体内におけるトレハロースの作用は、細胞液のガラス化、またはトレハロースと水分子の置換による分子内および分子間の移動制限によるものと考えられており [3]、水の構造が重要な要素であること

が指摘されている。

また、本研究で用いた中性子散乱法は、物質中の水素原子の位置やダイナミクスを観察する上で非常に有用であることが知られており、中性子非弾性散乱 [4] や分子動力学シミュレーション [5] によって、タンパク質表面のアミノ酸残基と周囲の水分子との相互作用がタンパク質のダイナミクスに大きく寄与することが示されている。

Fig. 1 に X線散乱法 (A) と中性子散乱逆コントラスト変化法 (B) における、タンパク質と糖の見え方の概念図

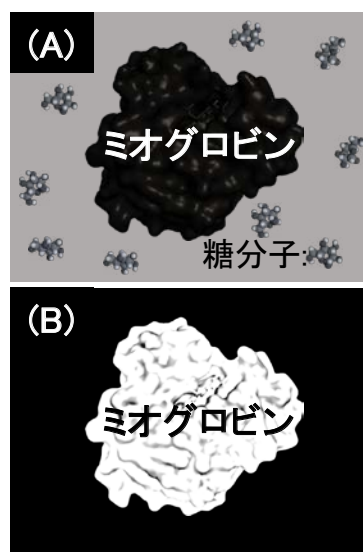


Figure 1 Schematic picture of views of a myoglobin in sugar solution. (A), by X-ray scattering method; (B), by inverse contrast variation method of neutron scattering.

を示す。X線散乱では糖の散乱密度（電子密度）と溶媒（バルク水）の散乱密度が異なるため、タンパク質と糖の両者が散乱へ寄与する。一方で、中性子散乱では重水素化糖を用いて、糖の散乱密度（核散乱長密度）とバルク水の散乱密度を一致させることで、タンパク質のみが散乱へ寄与する。この二つの手法から得られた実験結果を、理論散乱関数のシミュレーション結果と比較若しくはフィッティングを行うことで、タンパク質に対する糖の効果を詳細に議論した。

本研究は、トレハロースおよびグルコースがタンパク質表面領域から選択的に排除され、水和殻を保存する傾向を持つことを明確に示し、トレハロースの場合この傾向がより高い濃度まで維持されることを明らかとした。

2. 実験

測定試料であるミオグロビンは、馬の骨格筋由来（SIGMA Chemical）のものを使用した。糖として、グルコースおよび97%重水素化グルコース（SIGMA Chemical）、トレハロース二水和物（林原）を使用した。また、中性子散乱実験のために重水（99.9%重水素化）を使用した。緩衝液には50 mM NaCl および 10 mM HEPES を用い、pH7.0 (pD6.6) に調整した。測定試料の調製は、8% w/v のミオグロビン原液および 10~50% w/w の糖溶液原液の 1:3 の体積比混合により行った。加えて、糖溶液の平均散乱密度を求めるため、振動密度測定器（DMA35, Anton-Paar）を用いて糖溶液の密度測定を行った。

SR-WAXS 測定には、KEK-PF の BL-10C と SPring-8 の BL-40B2 を、SANS 測定には、J-PARC-MLF の BL15 TAIKAN を利用した。中性子の波長は 1.0-7.8 Å であった。何れの実験においても、散乱測定の直前に 50 kDa の分子量カット遠心フィルター（Merck）を使用して試料溶液内の凝集体を除去した。WAXS 散乱データのバックグラウンド処理については、引用論文に詳細に記述されている [6]。SANS データのバックグラウンド処理は一般的な方法で行った。距離分布関数 $p(r)$ は散乱曲線 $I(q)$ の逆フーリエ変換によって計算した。

3. 結果および考察

3-1. X線広角散乱 (WAXS) の実験結果と理論値との比較

Fig. 2 にミオグロビンの WAXS 曲線 $I(q)$ の糖濃度依存性を示す。(A) はトレハロース溶液中、(B) をグルコース溶液中のものである。トレハロースの溶解度がグルコースより小さいため、最大濃度はトレハロースで 32.5% w/w、グルコースで 35% w/w である。散乱強度およびプロファイルの変化は、主に糖濃度の増加によるコントラストの変化に起因する。WAXS 曲線は非常に広い q 領域を網羅しており、それぞれの q 領域は、タンパク質の四次および三次構造 ($q < \sim 0.2 \text{ \AA}^{-1}$)、ドメイン間の相関 ($\sim 0.25 < q < \sim 0.5 \text{ \AA}^{-1}$)、ドメイン内構造 ($\sim 0.5 < q < \sim 0.8 \text{ \AA}^{-1}$)、側鎖を含む二次構造 ($\sim 1.1 < q < \sim 1.9 \text{ \AA}^{-1}$) を反映する [19]。

実測した散乱曲線の変化を説明するため、X線理論散乱

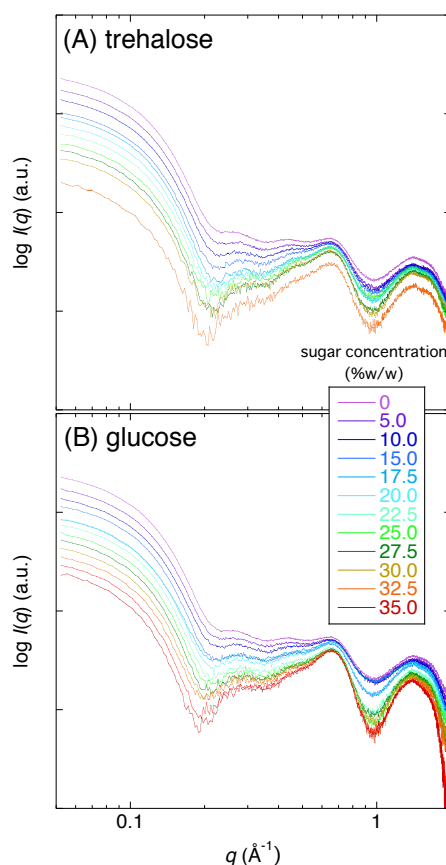


Figure 2 Wide-angle X-ray scattering curve (WAXS) of myoglobin depending on sugar concentration (10 mM HEPES, 50 mM NaCl, pH 7.0 at 25 °C). The sugar concentration was varied from 0 to 32.5% w/w for trehalose, (A); from 0 to 35% w/w for glucose, (B).

関数計算プログラム CRY SOL を用いてシミュレーションを行った。Svergun らによって開発された CRY SOL [7] は、H. B. Stuhmann と A. Miller が示した理論に基づくものである [8]。当プログラムは、水和殻を考慮することで、溶液中のタンパク質から得られる実験的な X 線散乱曲線をよく説明することが知られている。シミュレーションに用いたミオグロビンの PDB ファイル番号は 1WLA である。本シミュレーションは、糖溶液におけるタンパク質の水和殻に起こり得る二つのモデルについて行った [2,9,10]。

モデル -1. 選択的溶媒和（タンパク質表面と糖分子の相互作用）により、水和（溶媒和）殻の水分子が糖分子によって選択的に置換される (Fig. 3A)。選択的溶媒和は、タンパク質溶媒和殻の散乱密度を増加させる。

モデル -2. タンパク質と糖との間の水和斥力により、タンパク質水和領域から糖分子が選択的に排除される [11] (Fig. 3B)。これはタンパク質の選択的な水和を意味し、水分子による水和殻の保存が生じる。選択的排除はタンパク質水和シェルを一定に保つ。

Fig. 3 は、ミオグロビン理論散乱関数の溶媒 ASD (平均散乱密度 \propto 糖濃度) 依存性を示しており、(A) は選択的溶媒和 (モデル -1)、(B) は選択的排除 (モデル -2) に基

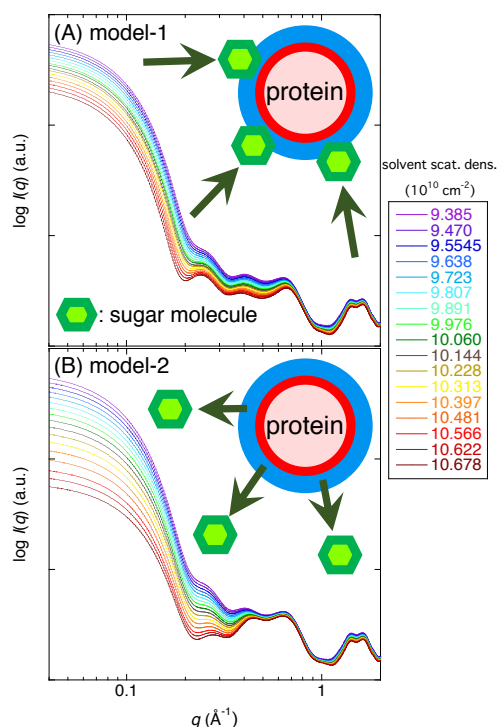


Figure 3 Theoretical WAXS functions of myoglobin depending on the average scattering density of the solvent (\propto sugar concentration) for two different model cases. (A), model-1: replacement of hydrated water with sugar; (B), model-2: exclusion of sugar from the hydration-shell of the protein. The variation range of the solvent scattering density corresponds to that of the sugar concentration from 0 to 35% w/w.

づくものである。溶媒 ASD の範囲は、0~35% w/w の糖濃度に対応するように設定した。一般的な球状タンパク質の水和殻第一層の密度は、純水の 1.1 倍程度になることが知られており、モデル-1 では、タンパク質の溶媒和（水和）殻の ASD を溶媒の ASD の 1.1 倍に設定し、モデル-2 では、タンパク質の水和（溶媒和）殻の ASD を純水の ASD の 1.1 倍に固定した。Fig. 2 に示した実測 WAXS 曲線と理論散乱関数を比較すると、小角領域における散乱強度の減少幅や $\sim 0.2 < q < \sim 0.4 \text{ \AA}^{-1}$ に見られる窪みの形状から、モデル-1 に比べてモデル-2 が実験値をよく説明した。

Fig. 4A には、実測散乱曲線および理論散乱関数から得られた散乱角ゼロの強度 $I(0)$ の平方根 ($\text{sqrt-}I(0)$) を、Fig. 4B には Guinier プロットから求めた回転半径 R_g を規格化したものを示す。 $I(0)$ は $N(\Delta\rho V)^2$ に比例することが知られている ($\Delta\rho$: コントラスト, V : 分子量, N : 数濃度)。(A) に示した $I(0)$ の変化は、トレハロース溶液中ではモデル-2 に完全に従った。一方で、グルコース溶液中では ASD が $\sim 10.10 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ ($\sim 20\%$ w/w) 以降にモデル-1 からの乖離が生じ、糖分子のタンパク質水和殻への侵入が徐々に生じることを示唆した。(B) に示す R_g の変化は、トレハロース溶液中では ASD が $\sim 10.27 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ ($\sim 25\%$ w/w) まで、グルコース溶液中では ASD が $\sim 10.20 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ ($\sim 22.5\%$ w/w) までモデル-2 の傾向を示し、それ以降はモデル-1 の傾向が現れた。 $I(0)$ および R_g の変化は、糖濃度が特定

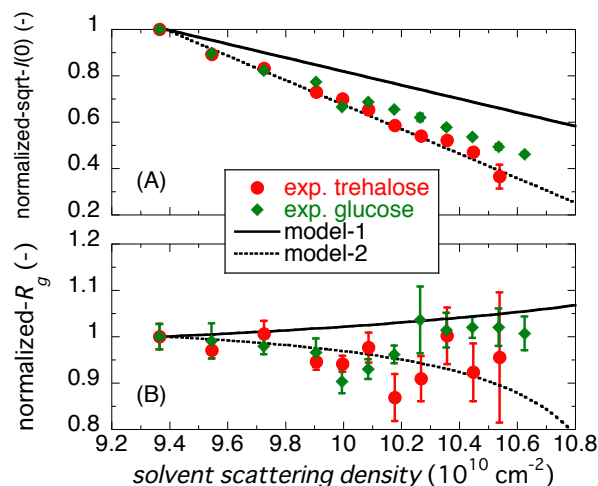


Figure 4 Comparison of theoretical and experimental values of radius of gyration (R_g) and square-root of zero-angle scattering intensity ($\text{sqrt-}I(0)$). (A), normalized theoretical R_g values obtained from WAXS functions; (B), normalized theoretical $\text{sqrt-}I(0)$ values are plotted against the solvent scattering density. In both (A) and (B), the symbols correspond to experimental values; the solid and dash lines correspond to model-1 and model-2, respectively.

の濃度 (20~25% w/w) まで糖分子のタンパク質水和殻からの選択的排除が支配的であり、より高濃度では選択的溶媒和が部分的に生じることを示しており、重量濃度当たりの選択的排除傾向が、グルコースに比べてトレハロースで大きいことを明確に示した。以下の中性子散乱実験結果は、本結果を強く支持している。

3-2. 中性子小角散乱 (SANS) 曲線の実験結果と理論散乱関数によるフィッティング

今回の中性子散乱に採用した重水素化物を用いた逆コントラスト変化法では、糖分子の添加による散乱への寄与を最小限に抑えることができる。密度測定から非重水素化グルコース (h-グルコース) および 97% 重水素化グルコース (d-グルコース) の ASD を計算すると、 $0.0267 \times 10^{-12} \text{ cm}^{-2}$ および $0.0796 \times 10^{-12} \text{ cm}^{-2}$ であった。この値に基づき、 $[\text{h-グルコース}] / [\text{d-グルコース}] = 0.294 / 0.706$ (M/M) の割合で混合することでグルコースの ASD を重水の ASD に一致させた。そのため、タンパク質のコントラストはグルコースの添加によって変化しない。

Fig. 5 に実測したミオグロビンの SANS 曲線および $\text{sqrt-}I(0)$ のグルコース濃度依存性を示す。SANS 曲線と $I(0)$ はグルコース濃度に依存せずほぼ一定の値を取り、ASD の調節が成功したことを示す。Fig. 5 の SANS 曲線に示した実線は、CRYSON でフィッティングした理論散乱関数である。CRYSON プログラムも Svergun らによって開発されたプログラムであり、CRYSON と同様の原理で中性子散乱関数のシミュレーションが可能である [12]。フィッティングを行った際の偏差 χ^2 値は 1.0~1.6 の範囲であり、議論を行うに十分な精度であった。Fig. 6 には CRYSON の

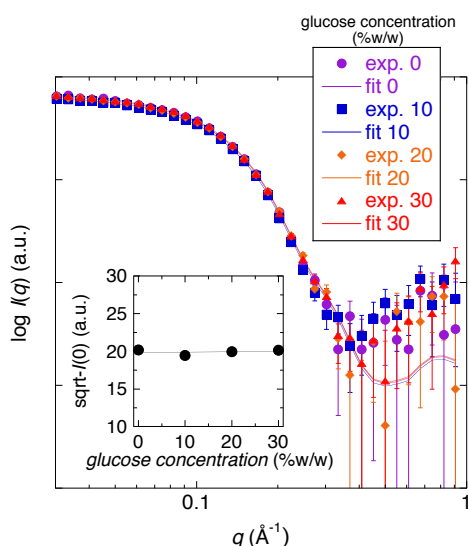


Figure 5 Neutron scattering curve depending on the glucose concentration (100% D2O, 10 mM HEPES, 50 mM NaCl, pD 6.6 (= pH 7.0) at 25 °C). The insert shows the zero-angle scattering intensity, $\sqrt{I(0)}$. The solid lines show the theoretical scattering functions obtained by fitting experimental data.

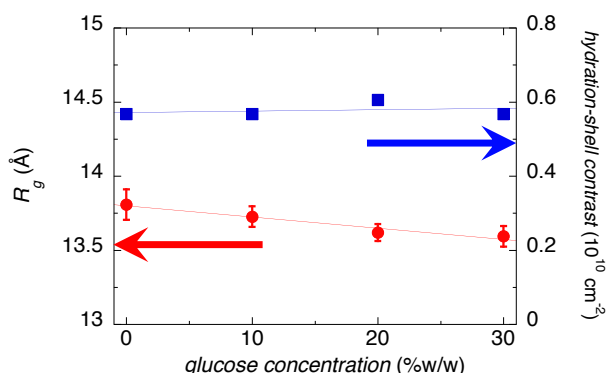


Figure 6 Contrast of the hydration-shell evaluated by the fitting and the experimental R_g values obtained from Fig. 5. The symbols (square and circle) correspond to the hydration-shell contrast and the R_g value, respectively.

フィッティングから得られたミオグロビンの水和殻のコントラストおよび $p(r)$ から計算した R_g を示す。水和殻のコントラストはグルコース濃度に依らず $\sim 0.58 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ (重水の ASD の約 9.1%) とほぼ一定の値を示した。水和殻のコントラストは水和殻の密度と相関関係にあるため、本結果はミオグロビン水和殻の水分子がグルコース溶液中でも保存されることを明確に示している。これは、糖分子がタンパク質の水和殻から選択的に排除されるという WAXS の結果を強く支持している。

一方、ミオグロビンの R_g はグルコース濃度に依存して僅かな減少傾向を示し、緩衝液中の $13.8 \pm 0.1 \text{ \AA}$ からグルコース 30% w/w 中の $13.6 \pm 0.1 \text{ \AA}$ へと変化した。この結果を説明するため、一般的な物理化学的観点から次のように推

論することができる。溶媒への糖の添加により、バルク溶媒とタンパク質水和殻との間に化学ポテンシャルの差異が生じ、浸透圧ストレスが発生する。従って平衡状態では、タンパク質表面の運動が水和殻の水分子の化学ポテンシャルを減少させるように抑制若しくは制限される。その結果、浸透圧ストレスとタンパク質の界面張力が均衡する新たな平衡状態が生じる (オスモエラスティックカップリング) [13]。この現象が溶媒粘度および水和殻の変化に依存して、タンパク質全体の運動および分子内運動を抑制することが指摘されている [14]。1M のグルコース溶液の比粘度は ~ 1.4 であり [15]、タンパク質の見かけの排除体積の圧縮として実験的に観察され得ると考えられる。この仮定に基づき CRYSON のシミュレーションを行った結果、ミオグロビンの排除体積の圧縮に伴い理論 R_g の僅かな減少が確認された (図略)。シミュレーション結果によると、実測 R_g の減少はミオグロビン排除体積の約 5% の減少に対応しており、基準振動解析 [16] で示されるようなタンパク質表面の熱ゆらぎの抑制に由来すると考えられる。

4. 総括

本研究では、二つのモデルに基づく理論散乱関数シミュレーションを用いて、X線散乱および中性子散乱の実験結果を解析した。モデル-1は、タンパク質水和殻の水分子が糖分子の選択的溶媒和によって置換され、モデル-2は水和殻領域から糖分子が選択的に排除され、水分子からなる水和殻が保護されるというものである。X線散乱の実験結果およびシミュレーション結果は、糖濃度 $\sim 25\%$ w/w 未満ではモデル-2で仮定した選択的排除が支配的であることを明確に示した。この傾向はグルコースに比べてトレハロースで優勢であり、トレハロースの生体保護作用の要因の一つと考えられる。逆コントラスト変化法による中性子散乱の実験結果は、X線散乱の実験結果を強く支持し、糖溶液中でも水分子からなるタンパク質水和殻が保存されることを明確に示した。方法論的観点から本研究で採用した手法について述べると、X線散乱および中性子散乱の相補利用は、種々のオスモライトによるタンパク質構造およびその水和特性に対する効果を直接観測する上で高い優位性を持つことが改めて明白となった。

当記事は著者らが報告した論文に基づき執筆された [17]。また、我々の研究グループは合成高分子によるタンパク質水和殻への効果 [18]、グリセロールのタンパク質水和殻および熱安定性への効果 [19, in press] について、本記事と同様の解析を行い報告を行った。現在著者らは、本研究を拡張し、糖としてスクロースおよびフルクトースを加え、より詳細な水和状態の検討と、化学変性および熱変性に対する糖の効果についての報告を準備中である。

5. 謝辞

本研究における X線散乱測定は、PF 共同利用実験課題 (No. 2016G560, 2017G698) および SPring-8 共同利用実験課題 (No. 2015A1557, 2017A1435) にて行われた。中

性子散乱実験は、J-PARC-MLF 共同利用実験課題 (No. 2016B0003, 2017B0218) にて行われた。

引用文献

- [1] J. Rösgen, B.M. Pettitt *et al.*, *Protein Sci.* **16**, 733 (2007).
- [2] P.R. Davis-Searles, A.J. Saunders *et al.*, *Annu. Rev. Biophys. Biomol. Struct.* **30**, 271 (2001).
- [3] E.P. Feofilova, A.I. Usov *et al.* *Microbiology* **83**, 271 (2014).
- [4] F. Gabel, D. Bicout *et al.*, *Q. Rev. Biophys.* **35**, 327 (2002).
- [5] A. Oleinikova, N. Smolin *et al.*, *Biophys. J.* **93**, 2986 (2007).
- [6] M. Hirai, M. Koizumi *et al.*, *Biochemistry* **43**, 9036 (2004).
- [7] D.I. Svergun, C. Barberato *et al.*, *J. Appl. Cryst.* **28**, 768 (1995).
- [8] H.B. Stuhmann and A. Miller, *J. Appl. Crystallogr.* **11**, 325 (1978).
- [9] M. Auton, D.W. Bolen *et al.*, *Proteins* **73**, 802 (2008).
- [10] M. Auton, D.W. Bolen *et al.*, *Funct. Bioinfo.* **73**, 802 (2008).
- [11] S. Sukenik, L. Sapir *et al.*, *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* **18**, 495 (2013).
- [12] D.I. Svergun, C. Barberato *et al.*, *J. Appl. Cryst.* **28**, 768 (1995).
- [13] A. Suzuki, M. Yamazaki, *Biochemistry* **28**, 6513 (1989).
- [14] H. Frauenfeldera, G. Chena *et al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **106**, 5129 (2009).
- [15] M. Sola-Penna and J.R. Meyer-Fernandes, *Arch. Biochem. Biophys.* **360**, 10 (1998).
- [16] A. Kidera, N. Go *et al.*, *J. Mol. Biol.* **225**, 457 (1992).
- [17] S. Ajito, M. Hirai *et al.*, *Physica B: Condensed Matter* (2018).
- [18] M. Hirai, S. Ajito *et al.*, *Physica B: Condensed Matter* (2018).
- [19] M. Hirai, S. Ajito *et al.*, *Biophysical J.* in press.

(原稿受付日：2018年6月21日)

著者紹介

味戸聡志 Satoshi AJITO



群馬大学大学院理工学府 理工学専攻
博士1年

e-mail : t161a002@gunma-u.ac.jp

最近の研究：低分子および高分子 crowding の溶液散乱法による解析。

趣味：開発途上国や新興国へのバックパッキング、ストリートダンス。

平井光博 Mitsuhiro HIRAI
e-mail : mhirai@gunma-u.ac.jp
群馬大学大学院理工学府 教授

岩瀬裕希 Hiroki IWASE
e-mail : h_iwase@cross.or.jp
総合科学研究機構 中性子科学センター 研究員

清水伸隆 Nobutaka SHIMIZU
e-mail : nobutaka.shimizu@kek.jp
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 准教授

五十嵐教之 Noriyuki IGARASHI
e-mail : noriyuki.igarashi@kek.jp
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 准教授

太田昇 Noboru OHTA
e-mail : noboru_o@spring8.or.jp
高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門 研究員

しきい光電子源を用いた超低エネルギー電子-HD 衝突全断面積の測定

奥村拓馬¹, 江尻智一¹, 穂坂綱一¹, 北島昌史¹, 小田切丈², 星野正光²¹東工大理工, ²上智大理工**The measurements of the total cross sections for ultra-low energy electron scattering from HD employing the threshold electron source**Takuma OKUMURA¹, Tomokazu EJIRI¹, Kouichi HOSAKA¹, Masashi KITAJIMA¹, Takeshi ODAGIRI², Masamitsu HOSHINO²,¹Department of Chemistry, Tokyo Institute of Technology,²Department of Materials and Life Science, Sophia University**Abstract**

衝突エネルギーが極めて低い電子-分子衝突では、電子と標的分子との衝突時間が分子の振動・回転運動の時間スケールに近づき、入射電子と分子の運動が結合して特異な衝突ダイナミクスが発現することが期待される。本研究では、放射光の二次ビームとして高品位の電子ビームを生成するしきい光電子源を用いて、 H_2 とその同位体 HD, D_2 を標的とした超低エネルギー電子衝突実験を行った。その結果、衝突エネルギー 80 meV を下回るような超低エネルギー領域において、電子衝突全断面積上にこれまでの衝突モデルでは認識されてこなかった同位体効果が存在することが分かった。

1. はじめに

電子と原子・分子の衝突過程は、粒子間の支配的な相互作用が Coulomb 力と既知であることから、量子力学における散乱理論の検証の場として広く研究されてきた。また、電子-原子・分子衝突過程の理解は、種々の反応素過程の解明をはじめ、地球や惑星の高層大気科学、反応性プラズマなどの種々のプラズマ中での素過程、物質や生体への放射線作用の解明など、広範な分野における基礎としても極めて重要な役割を果たしている [1]。電子-原子・分子衝突の衝突断面積は、散乱実験と散乱理論をつなぐ重要な物理量であるだけでなく、これらの様々な応用分野において必須の量でもある。

電子と原子・分子の衝突の中でも、電子-分子衝突は多中心系である分子に関わる最もシンプルな衝突過程であり、原子にはない自由度である分子の振動・回転が衝突過程に与える影響は興味深い。一般に、電子-分子衝突において、分子の振動・回転運動の時間スケールは衝突時間よりもはるかに長く、分子の運動を衝突過程と分離する描像が良い近似とされている [2]。例えば、分子振動・回転の周期の時間スケールはそれぞれ $10^{-13} \sim 10^{-14}$ s, $10^{-11} \sim 10^{-12}$ s ほどであるが、100 eV の電子による衝突時間は $10^{-17} \sim 10^{-16}$ s であり、衝突はほぼ瞬間的に起こると見なせる。ここで、電子の衝突エネルギーを下げていくとそれに伴い衝突時間も長くなり、meV オーダーの衝突エネルギーでは、衝突時間が分子振動・回転の時間スケールに比べて無視できない程度となる。このため、超低エネルギー電子衝突では、入射電子と分子振動・回転が強く結合

する特異な衝突ダイナミクスの発現が期待される。

これまで、一般的な電子衝突実験では、フィラメントから放出される熱電子を電子ビーム源として用いてきた。しかしながら、熱フィラメントによる電子ビームは数 100 meV 程度のエネルギー拡がりを持つため、100 meV を下回るような超低エネルギーまで減速すると電子ビームが発散してしまう。また、気相標的を用いる実験では、標的分子と入射電子の衝突領域を確保するために長焦点の電子ビームが必要である。これらの理由から、フィラメントを電子源として、100 meV を下回る超低エネルギー電子ビームを得るのは困難である。そこで、我々のグループでは、放射光の二次ビームとして高品質の電子ビームが得られることに着目し、放射光を利用したしきい光電子源を新たに開発し [3,4]、希ガス原子 [5-7] や窒素分子 [8] を標的として、10 meV を下回る超低エネルギー領域を含む広いエネルギー範囲で、電子衝突全断面積の測定を行ってきた。ここで電子衝突全断面積は、弾性衝突断面積および起こり得る全ての非弾性衝突過程に関わる部分断面積の和であり、ほかの断面積に比べてその絶対値を正確に測定することが可能である。

本稿では、現在我々が取り組んでいる水素分子 H_2 とその同位体 HD, D_2 を標的とした超低エネルギー電子衝突実験の現状について報告する。水素分子は質量が小さく、分子振動・回転エネルギーが比較的大きいため、超低エネルギー領域のうちでは比較的高いエネルギーにおいて、分子振動・回転運動を電子衝突過程と分離する描像が成り立たなくなることが期待される。また、水素分子同位体で分

子振動・回転の効果の大きさはそれぞれ異なると考えられる。H₂を標的とした低エネルギー電子衝突実験は過去に多く行われているが[9-17]、一方でHD、D₂を標的とした測定はほとんどない[9,10]。唯一、1980年にFerchらが20 meV ~ 1.5 eVのエネルギー範囲でH₂、HD、D₂の電子衝突全断面積を測定しているが、彼らは実験精度の範囲でこれらの分子の全断面積の間に有意な差は見出されなかったと報告している[10]。そこで、従来よりも高い精度で電子衝突全断面積の測定を行うため、我々のグループでは実験装置の改造と測定法の改良を行った。本稿では、まず上記の実験手法の改良について紹介し、その後現在測定中の電子衝突全断面積について、その結果を紹介する。

2. 実験装置と電子衝突全断面積の測定法

実験装置の概略をFig. 1に示す。実験はKEK-PFの高分解能真空紫外分光ビームラインBL-20Aで行った。実験装置は大きく分けて、光イオン化セル、電子レンズ系、衝突セル、電子検出器の4つの要素から構成されている。光イオン化セルにArを充填し、第一イオン化ポテンシャルに相当する単色放射光を照射する。Arの光イオン化により放出されたしきい光電子(ほぼ0 eV)を浸み出し電場により捕集し、静電レンズ系(1st lens)でビームに整形する。浸み出し電場法はしきい光電子分光測定で広く用いられている手法であり、非常に緩やかな電位勾配によりゼロエネルギーの電子のみを選択的に捕集することが可能である[18]。1st lensにより整形した電子ビームを2nd lensで目的のエネルギーまで加減速し、標的分子を充填した衝突セルに照射する。標的分子と衝突せずに衝突セルを透過した電子ビームを3rd lensを通して電子検出器で検出し、次の透過減衰法に従い電子衝突全断面積の絶対値 $\sigma(E)$ を決定する。

$$\sigma(E) = -(nL)^{-1} \ln\{I(E)/I_0(E)\} \quad (1)$$

ただし、 E は衝突エネルギー、 n は衝突セル中の標的分子の数密度、 L は衝突セルの有効長、 $I_0(E)$ と $I(E)$ は衝突セルへの標的分子導入前後における電子ビーム透過強度である。

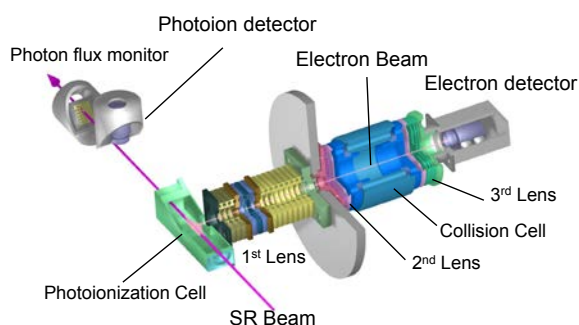


Figure 1 Overview of the present experimental system. The setup consists of a photoionization cell, an electron scattering apparatus, and a photon flux monitor. The electron scattering apparatus involves three lens systems, a collision cell, and an electron detector.

実験装置は、真空チェンバー中の二重の磁気シールド内に組み込まれている。また、真空チェンバー内は、光イオン化セルを含む区画と静電レンズ系・衝突セル・電子検出器を含む区画の2つに分けられており、それぞれの区画で差動排気を行うことで、標的分子が光イオン化セル内に流れ込むことを防いでいる。

しきい光電子源では、しきい光電子と浸み出し電場を組み合わせることで、高分解能・低エミッタンスの電子ビームを得ることができる。また、しきい光電子源は、標的分子存在下での電子ビームの安定性の面でもフィラメントを始めとする熱電子源に比べて優れている。透過減衰法では、電子衝突全断面積を決定するために、標的分子が存在するときの透過電子ビーム強度 $I(E)$ と存在しないときの透過電子ビーム強度 $I_0(E)$ を同一の実験条件で測定する必要がある。フィラメントからの熱電子放出の状態は、フィラメント近傍の標的分子数がわずかでも変動すると大きく変化し、同一実験条件で $I(E)$ と $I_0(E)$ を測定するのは困難であり常に問題となってきた。今回標的とする水素分子は軽いため拡散が速く、差動排気を用いてもフィラメント近傍への水素分子の侵入を防ぐことは難しいほか、後述する電極への吸蔵の問題もあるため、上記問題が顕在化しやすい。一方、しきい光電子源では、光イオン化セル内に標的分子がわずかに侵入してもその影響は無視でき、熱電子源の場合に比べて高い精度での電子衝突全断面積の測定が可能である。

本研究ではさらに、電子衝突全断面積測定の精度向上を目指して、衝突セルの長さを30 mmから45 mmへ伸長した。これは、水素分子の電子衝突全断面積への同位体効果は小さいことが予想されるため、同位体効果を議論するには従来よりも高い精度で電子衝突全断面積を決定する必要があると考えたためである。衝突セル長を伸ばすと、電子ビームがセルを通過する間に標的ガスと衝突する確率が増すので、全断面積測定の感度が向上する。また、透過減衰法では、前方(散乱角 $\approx 0^\circ$)に散乱された電子も透過電子ビーム強度 $I(E)$ に寄与するため、全断面積を過小評価してしまうことがあるが、衝突セル長を伸ばすことで前方散乱の寄与を低減させることができる。なお、実際に(1)式で用いるのは幾何学的なセル長ではなく、衝突セル出入口のアーチャーからの標的分子の漏れを補正した有効長 L である。有効長 L は、我々のグループが過去に測定したKrの電子衝突全断面積[4]を用いて決定し、幾何学的なセル長よりも短い $L=44.4$ mmとした。

今回標的とする水素分子は金属に吸蔵されるため、水素分子を衝突セルに導入すると、電極の表面電位が大きく変化して静電レンズ系の状態が大きく変わることが実験中に確認された。このため、水素分子に対する実験では同一のレンズ条件で $I(E)$ と $I_0(E)$ を測定することが困難となったが、多くのスタディの結果、我々が用いている圧力範囲(数mTorr)では水素分子のガス圧にはほとんど依存せず、衝突セル中の水素が空のときのみ電極の表面電位が変化していることが分かった。これは、衝突セル中の水素分子を排

気すると吸蔵されていた水素がゆっくりと抜けていくためだと考えられる。そこで、本研究では衝突セルに常に水素分子を充填し、水素分子の圧力を変化させながら透過電子ビーム強度の測定を行うことで、電子衝突全断面積を決定した。透過減衰法の式 (1) は次のように変形することができる。

$$-\ln I(E) = \sigma(E)nL - \ln I_0(E) \quad (2)$$

すなわち、 $\ln I(E)$ と標的分子の数密度 n は線形関係にあり、 $\ln I(E)$ vs n のグラフの傾きから電子衝突全断面積を求めることが可能である。更に、標的分子の圧力を変えた測定を何点か行うことで、 $I(E)$ と $I_0(E)$ のみを用いる場合よりも正確な電子衝突全断面積の決定が可能となる。圧力変化測定の一例として、 H_2 分子を標的としたときの $I(E)$ の圧力依存性を Fig. 2 に示す。Fig. 2 から、20 eV から 0.3 eV の非常に広いエネルギー範囲に渡って圧力に対する $\ln I(E)$ の線形性が保たれること、また多数の測定点を用いることで正確に電子衝突全断面積を決定できることが分かる。なお、本測定法では 1 セットの測定に 8 時間程度を要し、その間の放射光の安定性が電子衝突全断面積の精度を決定する重要な要因となる。このため、本測定には PF リングの Top-up 運転が必須である。

本実験手法では、光イオン化セルと衝突セルの電位差により衝突エネルギーを決定するが、このうち光イオン化セルの電位は、浸み出し電場やイオンによる空間電荷効果、水素分子の吸蔵などに起因する接触電位差の存在により正確な値を求めるのが困難である。よって、別の方法で衝突エネルギーの較正を行う必要がある。しかしながら、水素分子の電子衝突全断面積上にはエネルギー較正の基準になるような、エネルギーが精度良く知られた構造は存在しなかった。一方、例えば Kr の電子衝突全断面積上には、エネルギーが精度良く知られている Feshbach 共鳴による構造が存在する [19]。そこで、本研究では、Kr と水素分子の混合気体を標的として測定を行った。混合気体に対する測定により、Kr の共鳴エネルギーを基準として、衝突エ

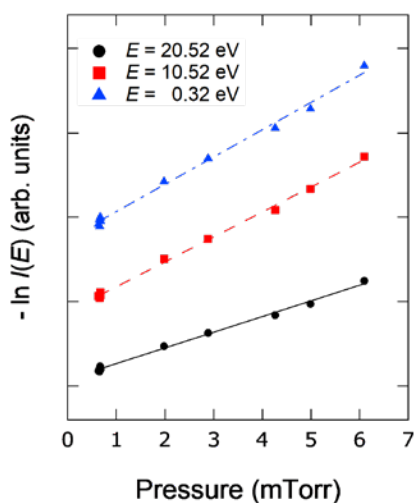


Figure 2 Logarithmic transmitted electron count plotted as a function of target gas pressure at the collision cell.

エネルギー 11 ~ 13 eV に存在する水素分子の Feshbach 共鳴による構造の共鳴エネルギーを高精度で決定した。これにより、水素分子の電子衝突全断面積の衝突エネルギーを、混合気体測定で求めた水素分子の Feshbach 共鳴の共鳴エネルギーを基準として較正することができた。このようにして決定したエネルギー較正值の誤差は、いずれの水素分子同位体でも 10 meV 以下である。

3. 電子 - 水素分子衝突の全断面積測定

Fig. 3 に $E \geq 0.2$ eV において我々が測定した電子 - H_2 衝突の電子衝突全断面積を示す。水素分子の電子衝突全断面積には、 $^3\Sigma_u^+$ 形状共鳴に由来するブロードなピークが $E \approx 3$ eV に現れることが知られている。電子衝突における共鳴とは、入射電子が標的分子に一時的に束縛されることで短寿命の負イオンを形成する現象であるが [20]、水素分子の $^3\Sigma_u^+$ 形状共鳴は負イオンの寿命が短い (~ 1 fs) ため電子衝突全断面積上にブロードなピークとなって現れる。Fig. 3 では H_2 分子に対する過去の実験結果も合わせて示したが [10-17]、 $E \geq 1$ eV における Ferch らの結果 [10] を除いて、過去の実験結果は、我々の測定結果と誤差の範囲内で一致している。

次に、 $E \geq 0.2$ eV における HD、 D_2 の電子衝突全断面積の測定結果を、 H_2 の結果と併せて Fig. 4 に示す。Fig. 4 から、 $^3\Sigma_u^+$ 形状共鳴のエネルギー領域において H_2 、HD と D_2 の全断面積の間に有意な差が存在することが分かる。 H_2 、HD、 D_2 の全断面積をそれぞれ σ_{H_2} 、 σ_{HD} 、 σ_{D_2} とすると、形状共鳴エネルギー領域における全断面積の大小関係は、

$$\sigma_{H_2} \approx \sigma_{HD} > \sigma_{D_2}$$

となり、全断面積の差は $0.1 \times 10^{-20} \text{ m}^2$ のオーダーである。水素分子同位体の電子衝突全断面積上に同位体効果を見出したのは、本研究が初である。電子励起のチャンネルが開く $E \geq 10$ eV のエネルギー領域においても、同様の傾向が引き続き存在している。

我々が測定した電子衝突全断面積は、弾性衝突過程のほ

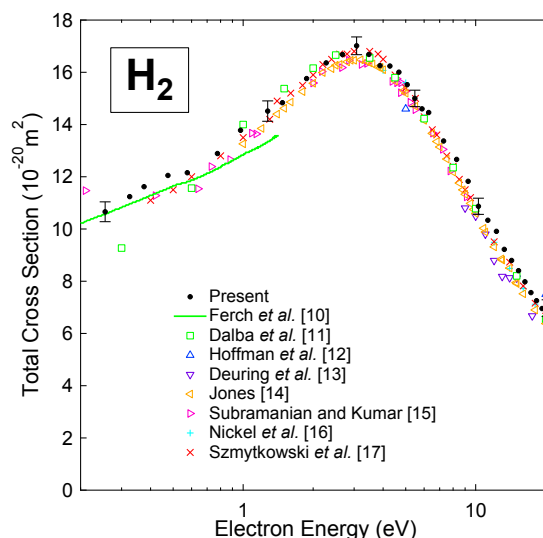


Figure 3 Total cross section for electron scattering from H_2 .

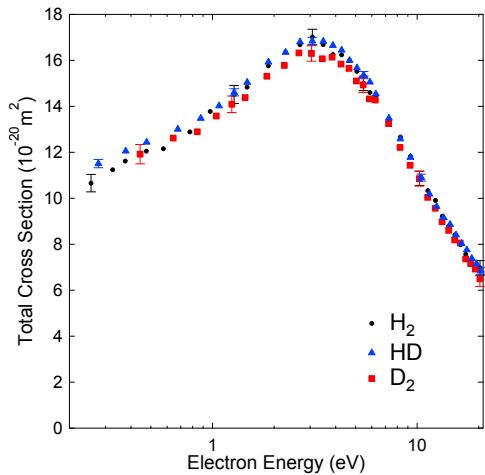


Figure 4 Total cross sections for electron scattering from H₂, HD, and D₂.

か、標的分子の励起を伴う非弾性衝突の寄与も含んでいる。入射電子と標的分子の間の相互作用ポテンシャルは同位体間でほとんど変化しないこと、このエネルギー領域ではいわゆる Fixed Nuclei (FN) 近似が大きくは破れないであろうことから [2], 弾性衝突断面には同位体効果はほとんど現れないと考えられる。したがって、形状共鳴エネルギー領域の全断面への同位体効果の起源は、非弾性衝突過程、特に振動励起過程の断面に由来すると考えられる ($E \approx 3$ eV では電子励起過程は起こらない)。水素分子の振動励起断面 σ^{vib} では、 $^2\Sigma_u^+$ 形状共鳴のエネルギー領域において、質量に関するスケール則の存在が議論されており [21,22], それによると

$$\sigma_{\text{H}_2}^{\text{vib}} > \sigma_{\text{HD}}^{\text{vib}} > \sigma_{\text{D}_2}^{\text{vib}}$$

が成立する。 $E \approx 3$ eV における振動励起断面の大きさは $0.1 \times 10^{-20} \text{ m}^2$ のオーダーであるが [23], これは H₂ と D₂ の全断面絶対値の差と同程度であり、H₂, D₂ 間の同位体効果の起源は振動励起断面である。一方、振動励起断面への同位体効果だけでは、HD の全断面が H₂ の全断面と同程度である理由を説明できないが、これは回転励起断面の寄与を考慮することで説明できる。回転励起について、H₂, D₂ では分子の空間反転対称性により回転量子数の変化 $\Delta J = \text{even}$ の励起のみ許容であるが、HD では空間反転対称性の破れから $\Delta J = \text{odd}$ の励起も許容となる [24]。HD の $\Delta J = \text{odd}$ の回転励起断面は未だ測定されていないが、Hara の理論計算 [25] によると $0.1 \times 10^{-20} \text{ m}^2$ 程度であり、本研究で得られた同位体効果による全断面の差のオーダーと一致する。よって、形状共鳴エネルギー領域における全断面への同位体効果は、振動励起断面への同位体効果と HD の $\Delta J = \text{odd}$ の回転励起断面の寄与により定性的に説明することが可能である。なお、Fig. 4 によると $E \approx 3$ eV での σ_{H_2} と σ_{D_2} の断面差はおおよそ $0.5 \times 10^{-20} \text{ m}^2$ であり、振動・回転励起断面から想定される同位体効果よりも少し大きい。形状共鳴エネルギー領域の断面差には、未知の同位体効果が寄与している可能性もある。

本研究では、 $E \lesssim 0.2$ eV での超低エネルギー領域につい

ても電子衝突全断面の測定を行った。特に、80 meV を下回るエネルギー領域において、H₂, HD, D₂ の電子衝突全断面の間には同位体効果が存在し、

$$\sigma_{\text{H}_2} \approx \sigma_{\text{D}_2} < \sigma_{\text{HD}}$$

となる結果を得ている。衝突エネルギーが小さくなると同位体効果による全断面絶対値の差は大きくなり、 $E \approx 10$ meV において全断面の差は $1.0 \times 10^{-20} \text{ m}^2$ にも達する。20 meV 以上のエネルギー領域では過去に Ferch らも全断面測定を行っている [10] が、当時の実験精度ではこの同位体効果は確認できなかった。この同位体効果は、放射光による安定な電子源を利用して初めて見出すことができたものである。

上でも述べたように、電子衝突全断面に対する同位体効果に寄与するのは非弾性衝突過程であると考えられる。しかしながら、超低エネルギー領域では非弾性衝突過程の寄与は小さくなる。Table 1 に H₂, HD, D₂ の振動・回転励起のしきいエネルギーを示す。Table 1 から分かるように、 $E \lesssim 80$ meV において全断面へ寄与するのは、弾性衝突過程と回転励起過程のみである。しかしながら、水素分子の回転励起断面は衝突エネルギーが下がるに従い小さくなると考えられ [22-24], 実験で得られた超低エネルギー領域の同位体効果と一致しない。これは、超低エネルギー領域の弾性衝突過程に何らかの同位体効果が存在することを示している。

1つの可能性として、始状態の回転分布が同位体効果に与える影響がある。H₂, HD, D₂ は原子核の統計性の違いから始状態の回転分布が異なることが知られている。これまで、弾性衝突断面の始状態の回転量子数依存性はほとんどないと考えられてきたが、もし回転量子数依存性が存在すれば、始状態の回転分布の違いが断面に反映されるはずである。本研究では室温 (300 K) の水素分子に対して全断面の測定を行ったが、上記仮説が正しければ、標的分子の温度を変えることで全断面に何らかの影響があるかもしれない。もう1つの可能性としては、分子の運動が弾性衝突過程の断面に与える影響がある。はじめにも述べたように、超低エネルギー電子による衝突では衝突時間が分子運動の時間スケールに近づくので、電子が分子と衝突しているさなかの分子振動・回転が散乱電子に影響を与え得る。もしこのような“動的な”効果が存在するのであれば、弾性衝突断面は分子振動・回転運動を反映し、その結果、何らかの形で質量依存性を持つはずである。すなわち、ここで見出された同位体効果は、従来の理論モデルの限界を露呈するものであり、少数多体問題の動的な取

Table 1 Threshold energies for vibrational and rotational excitations of hydrogen molecules.

		Threshold Energy (meV)		
		H ₂	HD	D ₂
Vibrational Excitation		287.85	191.31	157.73
Rotational	$J_i = 0 \rightarrow J_f = 2$	45.24	33.96	22.62
Excitation	$J_i = 0 \rightarrow J_f = 1$	—	11.32	—

り扱いまで踏み込んだ、より先進的な理論の必要性を示唆するものである。

4. まとめ

本稿では、本研究グループが現在取り組んでいる水素分子同位体の超低エネルギー電子衝突実験について紹介した。水素分子は最も簡単な分子であるが、超低エネルギーにおける電子衝突全断面積には未知の同位体効果が存在することが本研究により明らかになった。この同位体効果は、実験精度の問題から過去の研究では見落とされており、放射光を利用した高精度の電子衝突全断面積測定を行うことで初めて見出されたものである。超低エネルギーにおける同位体効果の起源の解明のためには、標的分子温度依存性の測定などの発展的な実験に加え、理論面からの更なるアプローチが必要である。また、散乱電子の角度分布は衝突過程のダイナミクスを強く反映するので、角度微分断面積の測定がこの同位体効果に関する新たな知見を提供することが期待される。超低エネルギー電子衝突実験の更なる進展のためにも、角度微分断面積測定の実現が強く望まれる。

引用文献

- [1] Y. Hatano, Y. Katsumura, and A. Mozumder, eds., 'Charged Particle and Photon Interactions with Matter', (CRC Press, Boca Raton, 2011).
- [2] N. F. Lane, Rev. Mod. Phys. **52**, 29 (1980).
- [3] 黒川学, 北島昌史, 小田切丈, 加藤英俊, 星野正光, 田中大, 伊藤健二, PF News **28** (3), 25 (2010).
- [4] M. Kurokawa, M. Kitajima, K. Toyoshima, T. Odagiri, H. Kato, H. Kawahara, M. Hoshino, H. Tanaka, and K. Ito, Phys. Rev. A **82**, 062707 (2010).
- [5] M. Kurokawa, M. Kitajima, K. Toyoshima, T. Kishino, T. Odagiri, H. Kato, M. Hoshino, H. Tanaka, and K. Ito, Phys. Rev. A **84**, 062717 (2011).
- [6] K. Shigemura, M. Kitajima, M. Kurokawa, K. Toyoshima, T. Odagiri, A. Suga, H. Kato, M. Hoshino, H. Tanaka, and K. Ito, Phys. Rev. A **89**, 022709 (2014).
- [7] 重村圭亮, 北島昌史, 小田切丈, 加藤英俊, 星野正光, 田中大, 伊藤健二, PF News **32** (2), 20 (2014).
- [8] M. Kitajima, T. Kishino, T. Okumura, N. Kobayashi, A. Sayama, Y. Mori, K. Hosaka, T. Odagiri, M. Hoshino, and H. Tanaka, Eur. Phys. J. D **139**, 71 (2017).
- [9] D. E. Golden, H. W. Bandel, and J. A. Salerno, Phys. Rev. **146**, 40 (1966).
- [10] J. Ferch, W. Raith, and K. Schröder, J. Phys. B **13**, 1481 (1980).
- [11] G. Dalba, P. Fornasini, I. Lazzizzera, G. Ranieri, and A. Zecca, J. Phys. B **13**, 2839 (1980).
- [12] K. R. Hoffman, M. S. Dababneh, Y. -F. Hsieh, W. E. Kauppila, V. Pol, J. H. Smart, and T. S. Stein, Phys. Rev. A **25**, 1393 (1982).
- [13] A. Deuring, K. Floeder, D. Fromme, W. Raith, A. Schwab,

G. Sinapius, P. W. Zitzewitz, and J. Krug, J. Phys. B **16**, 1633 (1983).

- [14] R. K. Jones, Phys. Rev. A **31**, 2898 (1985).
- [15] K. P. Subramanian and V. Kumar, J. Phys. B **22**, 2387 (1989).
- [16] J. C. Nickel, I. Kanik, S. Trajmar, and K. Imre, J. Phys. B **25**, 2427 (1992).
- [17] C. Szymtkowski and K. Maciąg, Phys. Scr. **54**, 271 (1996).
- [18] S. Cvejanović and F. H. Read, J. Phys. B **7**, 1180 (1974).
- [19] T. H. Hoffmann, M. -W. Ruf, H. Hotop, O. Zatsarinny, K. Bartschat, and M. Allan, J. Phys. B **43**, 085206 (2010).
- [20] 田中大, 上田潔, 井口道生, 分光研究, **45**, 267 (1996).
- [21] E. S. Chang and S. -F. Wong, Phys. Rev. Lett. **38**, 1327 (1977).
- [22] D. E. Atems and J. M. Wadehra, Chem. Phys. Lett. **197**, 525 (1992).
- [23] J. -S. Yoon, M. -Y. Song, J. -M. Han, S. H. Hwang, W. -S. Chang, B. J. Lee, and Y. Itikawa, J Phys. Chem. Ref. Data **37**, 913 (2008).
- [24] K. Takayanagi, J. Phys. Soc. Japan **28**, 1527 (1970).
- [25] S. Hara, J. Phys. Soc. Japan **30**, 819 (1971).

(原稿受付日: 2018年6月22日)

著者紹介

奥村拓馬 Takuma OKUMURA



東京工業大学大学院 理工学研究科 化学専攻
河内・北島研究室 博士課程3年
〒152-8551 東京都目黒区大岡山 2-12-1
TEL & FAX: 03-5734-2725
e-mail: okumura.ta@m.titech.ac.jp

最近の研究: 低エネルギー配向分子 - 電子衝突に関する研究, 放射光を用いた超低エネルギー電子 - 原子・分子衝突ダイナミクスの研究。

江尻智一 Tomakazu EJIRI



東京工業大学 理学院化学系化学コース
河内・北島研究室 修士課程2年
〒152-8551 東京都目黒区大岡山 2-12-1
TEL & FAX: 03-5734-2725
e-mail: ejiri.ta@m.titech.ac.jp

最近の研究: 電子 - イオン同時計数法による低エネルギー電子 - 配向分子衝突の研究, 放射光を用いた超低エネルギー電子 - 分子衝突の研究。

穂坂綱一 Kouichi HOSAKA

東京工業大学 理学院 助教
〒152-8551 東京都目黒区大岡山 2-12-1
TEL & FAX: 03-5734-2725

e-mail: hosakak@chem.titech.ac.jp

略歴：2005年東京大学大学院理学系研究科博士課程修了，
2010年東京工業大学助教。理学博士。

最近の研究：分子の光解離で生成する原子ペアのもつれに
関する研究，分子多電子励起状態の研究。

北島昌史 Masashi KITAJIMA

東京工業大学 理学院 准教授

〒152-8551 東京都目黒区大岡山 2-12-1

TEL: 03-5734-3812

FAX: 03-5734-2725

e-mail: mkitajim@chem.titech.ac.jp

略歴：1996年東京工業大学理工学研究科化学専攻博士課程
修了，1996年理化学研究所基礎科学特別研究員，1998
年上智大学理工学部助手，2005年東京工業大学理工学研
究科准教授。博士（理学）。

最近の研究：放射光および電子線を用いた原子・分子衝突
実験。

小田切丈 Takeshi ODAGIRI

上智大学理工学部 准教授

〒102-8554 千代田区紀尾井町 7-1

e-mail: odagiri.t@sophia.ac.jp

略歴：1996年東京工業大学理工学研究科化学専攻博士課程
中退，1996年東京工業大学理学部化学科助手，2012年
上智大学理工学部准教授。博士（理学）。

最近の研究：多電子励起分子ダイナミックス，多重電離ダ
イナミックス。

星野正光 Masamitsu HOSHINO

上智大学理工学部 准教授

〒102-8554 千代田区紀尾井町 7-1

e-mail: masami-h@sophia.ac.jp

略歴：2004年上智大学大学院理工学研究科物理学専攻博
士後期課程修了，2004年理化学研究所基礎科学特別研究
員，2005年上智大学理工学部助手，2010年同学部准教授。
博士（理学）。

最近の研究：気相原子分子の低エネルギー電子分光，加熱
分子の光電子分光。

ループ再設計による Outer surface protein A (OspA) のドメインスワッピング

志賀翔多¹, 真壁幸樹¹¹山形大学大学院理工学研究科バイオ化学工学専攻

Domain swapping of Outer surface protein A (OspA), by minimal loop design

Shota SHIGA¹, and Koki MAKABE¹¹Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University

Abstract

ドメインスワッピングは蛋白質分子が分子間で構造領域を交換し多量体化する機構である。天然の蛋白質の多くは多量体として機能するため、蛋白質多量体のデザインは興味深い課題である。本研究では、Outer surface protein A (OspA) をモデル蛋白質として、どれだけ最小限の変更によってドメインスワッピングさせられるかを詳細に検討した。デザインの結果、C末端ドメイン中のループ上のアミノ酸6残基の欠失によるループの短縮および短縮部位に対する数個のプロリン(Pro)の挿入によりOspAの二量体化を達成した。本研究成果は、ミニマルなデザインにより、単量体として存在する蛋白質をドメインスワッピングさせられることを示している。

1. はじめに

天然に存在する蛋白質の多くは多量体を形成し、高次の構造をとることで機能している [1]。このことから、蛋白質多量体のデザインは興味深い課題といえる。近年、蛋白質多量体の多様なデザイン手法が編み出されており、蛋白質ナノ繊維やナノケージなどの蛋白質ナノマテリアルの作製が精力的に行われている [2-3]。

本稿では、蛋白質多量体の作製を指向したデザインの一例として、単量体として存在する蛋白質のドメインスワッピングを実現するデザインを紹介する。

ドメインスワッピングとは、蛋白質が多量体化する機構の一種である。概略図を Fig. 1 に示した。本機構では、蛋白質分子が分子間で構造領域を交換し多量体化する。この機構において重要な役割を果たすのがヒンジループである。ヒンジループを起点として開いた構造の単量体が形成し、疎水性の界面が溶媒に対して露出することで分子間に相互作用が生じ、多量体化する。本機構によって形成する多量体の形状は様々で、二量体や環状、直鎖状の多量体が生じる。

1994年にジフテリア毒素の二量体においてこの現象が

確認されてから今日に至るまで、天然においてドメインスワッピングしている蛋白質が数多く報告されている [4-5]。最近では、細菌べん毛の分子モーターの構成要素の一部や二本鎖RNAウイルスの一種であるバクテリオファージφ6のキャプシドがドメインスワッピングにより構築されていることが明らかになっており [6-7]、蛋白質が機能を発揮する上でドメインスワッピングによる多量体化が重要であることが伺える。

では、単量体として存在する蛋白質をドメインスワッピングさせるデザインは可能なのか？答えはいエスである。ヒンジループへの変異導入によるドメインスワッピング多量体のデザインがいくつか報告されている [5,8]。デザインの内容としては、ヒンジループの短縮・伸長およびその組成の変化や、ループ部位への蛋白質の挿入などがある [5,8-9]。

しかし、これらのデザインは、天然において既にドメインスワッピングすることが確認されている蛋白質の単量体を用いたものがほとんどで、単量体のみで存在する蛋白質のドメインスワッピングに成功した例は数例のみに留まっている。さらに、ヒンジループの長さや組成がドメインスワッピングの可否にどのように関わっているか明らかになっていないにも関わらず、ヒンジループのデザインの詳細な検討はほとんど行われておらず、一般的なデザイン指針は確立されていない。

これらの背景から、本研究では、単量体として存在する蛋白質をモデルとして変異導入によるより詳細なヒンジループのデザインを行い、ドメインスワッピング多量体の理論的な作製に向けたデザインの確立を目指した。

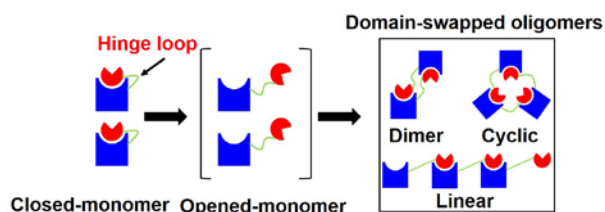


Figure 1 Basic mechanism of domain swapping.

2. モデル蛋白質 Outer surface protein A (OspA)

上記の目的達成のためには、「溶液中で単量体として存在」し、「変異導入の対象となるヒンジループを持つ」ことに加えて、「結晶化する可能性が高い」モデル蛋白質の選定が必要である。モデル蛋白質の結晶化の可否を重視する理由は、X線結晶構造解析を用いてデザインした蛋白質の構造を詳細に解析し、デザイン通りの構造を持っているかを評価するためである。本研究では、これらの条件を満たすモデル蛋白質として Outer surface protein A (OspA) の変異体である OspA-sm1 (sm は surface mutant の略) を選んだ。

OspA はライム病の原因となるボレリア菌の細胞外表面にて発現するリポ蛋白質である。この蛋白質の N 末端側の数残基は脂質結合部であり、脂質分子と結合することで菌の細胞膜に結合する。この N 末端部分を欠失させた変異型 OspA は、水溶液中で高い溶解性を持ち、単量体として存在する [10]。また、この変異型 OspA は、NMR を用いた主鎖のダイナミクス解析の結果、C 末端の球状ドメインがヒンジモーションをとることが示唆されており、同ドメイン中にヒンジループが存在することが明らかになっている [11]。OspA-sm1 はこの変異型 OspA に対して表面エントロピー減少法を適用し、結晶化しやすくした変異体である [12]。表面エントロピー減少法とは、蛋白質表面に存在する、コンフォメーション自由度が高い残基 (Glu や Lys など) をコンフォメーション自由度が低い残基 (Ala など) に変異させ、対象となる蛋白質の結晶化を促す方法である [13]。コンフォメーション自由度が高い残基は、結晶化に伴うコンフォメーションの固定化によってエントロピー障壁が生じるため、結晶化が妨げられる。これらの残基を、コンフォメーション自由度が低い残基に置換することでエントロピー障壁が解消され、結晶化が促される。変異型 OspA は単独での結晶化が不可能であるのに対し、OspA-sm1 は容易に結晶化することが分かっている。

これらの理由から OspA-sm1 をデザインのモデルとし、実験を行った。以後、本稿では、この OspA-sm1 を OspA と表記し説明を進めていく。

3. ヒンジループの短縮によるドメインスワッピングの誘導

OspA の C 末端の球状ドメイン中のループ上の 205 番目の Asp から 210 番目の Thr までの 6 残基をデザインの対象にした。この 6 残基を選んだ理由は、ヒンジ領域の予測ツールである Hinge-predictor [14] を用いた計算結果から、この領域がヒンジループとなる可能性が示唆されたためである。この結果は、NMR を用いた前述の研究で示されたヒンジループの箇所と一致した。

OspA のドメインスワッピングに向けた最初のデザイン戦略として、上記の残基の欠失によるヒンジループの短縮を行った。ループの短縮によってドメインスワッピングが誘導されるのは、ループの短縮に伴って生じる立体的な制約によりループ構造を取れなくなった結果、開いた構造の単量体が形成し、ドメインスワッピングするためである。

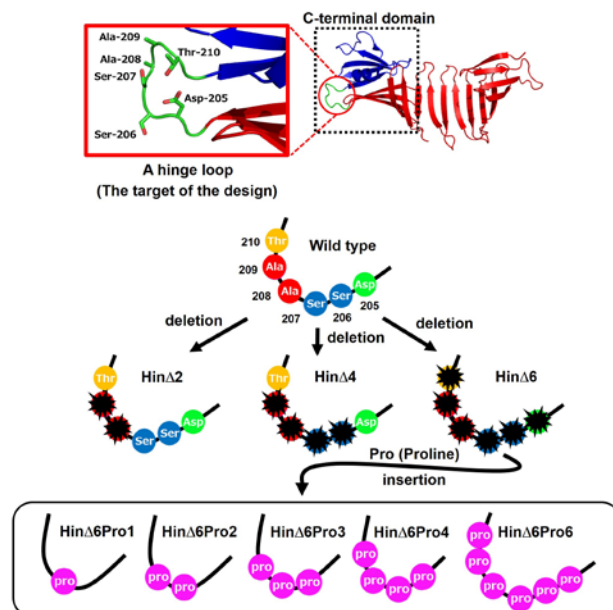


Figure 2 Deletion and proline mutations. The deleted residues are shown with black stars.

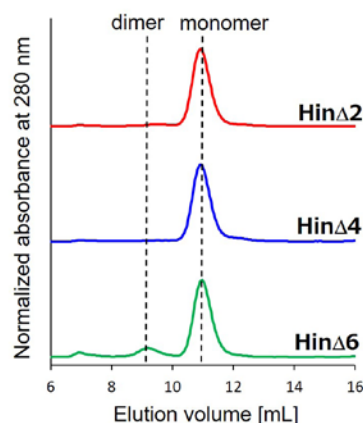


Figure 3 Size exclusion chromatography (SEC) chromatograms of deletion mutants. The elution curves show that all mutants are predominantly monomer.

このデザインは過去にいくつかの成功例が報告されており、ヒンジループ上のおおむね 2 から 6 残基の欠失によるループの短縮により、ドメインスワッピングの誘導が可能であることが示されている [5,8]。OspA の場合は、ヒンジループの短縮により、ループで連結された 2 つの構造領域に立体障害が生じ、開いた構造の単量体が形成することでドメインスワッピングすると考えた。そこで、OspA のヒンジループを構成する 205 番目の Asp から 210 番目の Thr までの 6 残基を、おのおの 2, 4, 6 残基欠失させた 3 つの変異体 (左から Hin Δ 2, 4, 6) を作製した。本デザインの詳細を Fig. 2 に示す。なお、ここでは、欠失させる残基の種類は考慮せず、あくまで残基数に注目してデザインを行った。

これらの変異体は大腸菌を用いて発現し、Ni-NTA カラムを用いて精製した後、サイズ排除クロマトグラフィーで分子量の評価を行った。結果を Fig. 3 に示す。ヒンジループ

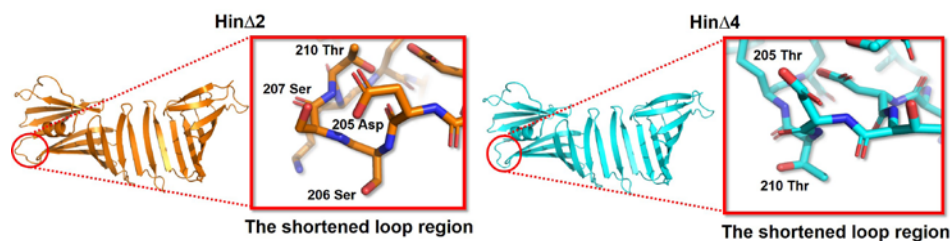


Figure 4 The crystal structures of HinΔ2 and HinΔ4. The shortened loops are restructured in both mutants.

プを最も短縮した HinΔ6 においてはわずかに二量体の形成が確認されたものの、全ての変異体において単量体が優勢に存在していた。

ヒンジループの短縮にも関わらず単量体が優勢なのは何か？この理由を調査すべく、これらの変異体のX線結晶構造解析を試みた。実験は PF BL-1A で行った。HinΔ2, 4 の結晶構造をおおの分解能 1.3 と 1.4 Å で解析することに成功した。空間群はどちらも $P2_1$ であった。各々の構造を Fig. 4 に示す。得られた構造から、どちらの変異体もループが短縮し、再構築されていることが分かった。各々の短縮後のループの主鎖間や側鎖間、および主鎖と側鎖間に数本の水素結合の形成が見られた。この水素結合の形成によりループが安定化し、開いた構造の単量体が形成されなかったため、単量体が優勢化したと思われる。以上の結果から、ヒンジループの短縮のみでは OspA のドメインスワッピングを誘導出来ないと判断した。なお、HinΔ6 については、結晶化には成功したものの解析に適した良質な単結晶が得られなかったため、結晶構造解析には至らなかったが、HinΔ2, 4 と同様にループが短縮し、再構築されたために単量体が優勢化したと考えた。

4. 短縮したヒンジループ部分へのプロリン (Pro) の挿入

ヒンジループの短縮のみではループが再構築され、単量体が優勢に形成してしまう。この結果を受け、次のデザイン戦略として、ヒンジループが最も短縮されており、わずかに二量体の形成が見られた HinΔ6 の短縮部位に対するプロリン (Pro) の挿入を行った。Pro を挿入した理由は、ループ構造を壊すためである。Pro 以外のアミノ酸は主鎖のとりうる構造自由度の制限が小さいため、自由な構造をとりやすく、ループ構造をとりやすいのに対して、Pro は、自身が持つ環構造のために主鎖のとりうる構造自由度の制限が大きくなるため、自由な構造をとり辛く、ループ構造をとり辛い。よって、Pro の挿入によりループ構造をとれなくすることで、開いた構造の単量体が形成し、ドメインスワッピングするのではないかと考えた。

過去の研究から、ヒンジループ中のプロリンの存在とドメインスワッピングには密接な関係があることが示唆されている。天然においてドメインスワッピングにより多量体を形成する蛋白質のヒンジループ中に Pro がよく見られることが明らかになっている [15]。また、単量体とドメインスワッピング二量体の混合物として存在する蛋白質のヒンジループ中の Pro を別の残基に置換したり、その周辺の残

基を欠失させたりすることで、単量体と二量体の平衡状態を制御出来ることが分かっている [16]。いずれの例においても、Pro がループに対して与える歪みがドメインスワッピングを促すとされている。Pro によりループが歪むことで、閉じた構造の単量体が不安定化する。その歪みを解消するためにループが伸びた構造を取ろうとすることで開いた構造の単量体が形成しドメインスワッピングする。

以上の知見を参考にし、HinΔ6 のヒンジループの短縮部位に 1 から 4 個および 6 個の Pro を挿入した変異体を作製した (左から HinΔ6Pro1, 2, 3, 4, 6)。本デザインの詳細を Fig. 2 に示した。これらの変異体は、ループを短縮した変異体と同様に発現、精製し、サイズ排除クロマトグラフィーで分子量の評価を行った。結果を Fig. 5 に示す。全ての変異体において二量体の形成が確認された。これらの二量体は、単量体に戻る傾向は見られなかった。また、挿入する Pro の個数によって生じる二量体の量が変化する事が明らかとなった。HinΔ6Pro1, 2, 4 は単量体が優勢であったのに対し、HinΔ6Pro3 においては単量体と二量体がおおよそ 1:1 の割合で存在しており、さらに、HinΔ6Pro6 は二量体が優勢であった。

得られた二量体がドメインスワッピングしているかどうかを確かめるために、二量体が多く生じた HinΔ6Pro3 と HinΔ6Pro6 の二量体の X線結晶構造解析を試みた。実験は PF AR-NE3A および BL-5A で行った。どちらの二量体も結晶化に成功し、HinΔ6Pro3 を分解能 2.8 Å, HinΔ6Pro6 を

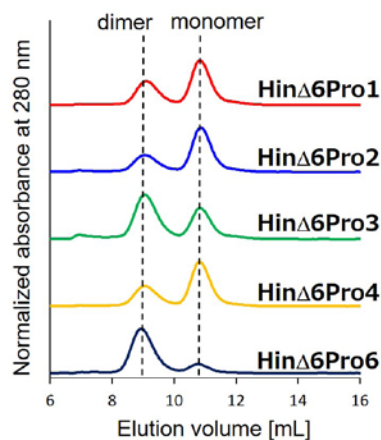


Figure 5 Size exclusion chromatography (SEC) chromatograms of proline insertion mutants. The elution curves indicate the ratio of dimer and monomer differ widely with the number of inserted Pro.

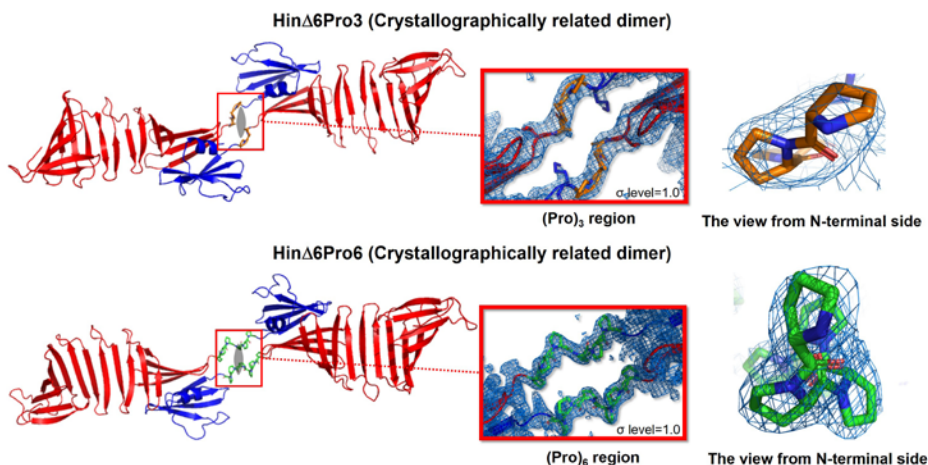


Figure 6 The crystal structures of domain-swapped dimer of HinΔ6Pro3 and HinΔ6Pro6. The electron density map of (Pro)₃ and (Pro)₆ region is shown.

分解能 2.0 Å で構造解析することに成功した。空間群はどちらも P3₁21 であった。各々の二量体の構造を Fig. 6 に示す。どちらも非対称単位に開いた構造の OspA が 1 分子存在しており、ここに示した二量体は結晶学的に関連付けられた二量体である。これらの構造から、得られた二量体はドメインスワッピングしていることが分かった。Pro を挿入した箇所の電子密度マップがはっきりと見えており、一方の OspA 分子の C 末端側の構造領域が、もう一方の OspA 分子の残りの構造領域と相互作用し、二量体化していることが分かる。

HinΔ6Pro6 の Pro を挿入した箇所の構造にも注目して頂きたい。二量体が優勢であった HinΔ6Pro6 の Pro を挿入した箇所がポリプロリン II ヘリックス (PPII) を形成していたのである。PPII とは、トランス型の Pro が形成する 3 残基で 1 巻きの剛直なヘリックス構造である [17]。このヘリックス構造の形成により Pro を挿入した箇所が強く伸びたことで二量体が安定化し、優勢化したことが示唆された。

5. まとめと今後の展望

C 末端ドメイン中のループ上のアミノ酸 6 残基の欠失によるループの短縮および短縮部位に対する数個の Pro の挿入により OspA の二量体化を達成した。これは、ヒンジループのミニマルなデザインにより、単量体として存在する蛋白質をドメインスワッピングさせられることを示唆している。また、二量体が優勢化した HinΔ6Pro6 の Pro を挿入した箇所がポリプロリン II ヘリックス構造をとっていたことから、ヒンジループのポリプロリン II ヘリックスへの再設計がドメインスワッピング多量体のデザインに有用だと考えられる。

今後は、ヒンジループのデザインによるより高次の多量体の作製や、ヒンジループへ数個の Pro を挿入するデザインおよびそれに伴うループのポリプロリン II ヘリックス化が、OspA 以外の蛋白質のドメインスワッピング多量体化にも有効であるかを検討していきたい。

6. 謝辞

本稿で紹介した研究は、奈良先端大学院大学の廣田俊教授、山中優助教との共同研究によるものである。OspA プラスミドを寄与してくださったニューヨーク大学の小出昌平教授に感謝いたします。また、作製した変異体の X 線結晶構造解析は、PF AR-NE3A, BL-1A, BL-5A で行った。解析の際の PF スタッフの皆様方の惜しみない支援に感謝いたします。

引用文献

- [1] Neelan J. Marianayagam, Margaret Sunde and Jacqueline M. Matthews, *TRENDS in Biochemical Sciences* **29**, 11, 618-625 (2004).
- [2] Quan Luo, Chunxi hou, Yushi Bai, Ruibing Wang, and Junqiu Liu, *Chem. Rev.* **116**, 13571-13632 (2016).
- [3] Naoya Kobayashi and Ryoichi Arai, *Current Opinion in Biotechnology* **46**, 57-65 (2017).
- [4] M. J. Bennet, and David Eisenberg, *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A.* **91**, 3127-3131 (1994).
- [5] Nahren Manuel Mascarenhas, Shachi Gosavi *Progress in Biophysics and Molecular Biology* **128**, 113-120 (2017).
- [6] Matthew A B Baker, Robert M G Hynson, Lorraine A Ganuelas, Nasim Shah Mohammadi, Chu Wai Liew, Anthony A Rey, Anthony P Duff, Andrew E Whitten, Cy M Jeffries, Nicolas J Delalez, Yusuke V Morimoto, Daniela Stock, Judith P Armitage, Andrew J Turberfield, Keiichi Namba, Richard M Berry and Lawrence K Lee, *Nature Structural and Molecular Biology* **23**, 197-203 (2016).
- [7] Zhaoyang Sun, Kamel El Omari, Xiaoyu Sun, Serban L. Ilca, Abhay Kotecha1, David I. Stuart, Minna M. Poranen and Juha T. Huiskonen, *Nature Communications* **8**, 14814.
- [8] Frederic Rousseau, Joost W. H. Schymkowitz, and Laura S. Itzhaki, *Structure* **11**, 243-251 (2003).
- [9] Joshua M. Karchin, Jeung-Hoi Ha, Kevin E. Namitz, Michael S. Cosgrove and Stewart N. Loh, *Scientific*

Reports 7, 44388 (2017).

- [10] Dunn JJ, Lade BN, Barbour AG, Protein Expr. Purif. **1**, 159-168 (1990).
- [11] Norma H. Pawley, Shohei Koide and Linda K. Nicholson, J. Mol. Biol. **324**, 991-1002 (2002).
- [12] Koki Makabe, Valentinereshko, Grzegorz Gawlak, Shude Yan, and Shohei Koide, Protein Science **15**, 1907-1914 (2006).
- [13] Zygmunt S. Derewenda, Structure **12**, 529-535 (2004).
- [14] Feng Ding, Kirk C. Prutzman, Sharon L. Campbell, and Nikolay V. Dokholyan, Structure **14**, 5-14 (2006).
- [15] Marc Bergdoll, Marie-Hélène Remy, Christine Cagnon, Jean-Michel Masson and Philippe Dumas, Structure **5**, 3, 391-401 (1997).
- [16] F. Rousseau, J. W. H. Schymkowitz, H. R. Wilkinson, and L. S. Itzhaki, Proc. Natl. Acad. Sci. U S A. **98**, 5596-5610 (2001).
- [17] Prasun Kumar, Manju Bansal, Journal of Structural Biology **196**, 414-425 (2016).

(原稿受付日：2018年6月22日)

著者紹介

志賀翔多 Shota SHIGA



山形大学大学院 理工学研究科 バイオ
化学工学専攻 博士前期課程2年
〒992-8510 山形県米沢市城南4-3-16
TEL: 0238-26-3237
FAX: 0238-26-3237
e-mail: tmf20423@st.yamagata-u.ac.jp

略歴：2017年3月山形大学工学部バイオ化学工学科卒業。
2017年4月山形大学大学院理工学研究科バイオ化学工学
専攻入学。

最近の研究：蛋白質設計による蛋白質多量体の作製。

趣味：バドミントン、バスケットボール

真壁幸樹 Koki MAKABE



山形大学大学院理工学研究科 准教授
〒992-8510 山形県米沢市城南4-3-16
TEL: 0238-26-3237
FAX: 0238-26-3237
e-mail: makabe@yz.yamagata-u.ac.jp.ac.jp

略歴：2012年山形大学准教授 博士（工
学）

最近の研究：蛋白質工学，蛋白質設計，抗体工学。

趣味：アウトドア

Si(111) 基板上に作製した $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$ の界面付近の磁性と電子状態の研究

野中洋亮¹, 若林勇希², 芝田悟朗¹, 酒巻真粧子³, 雨宮健太³, 田中雅明², 中根了昌², 藤森淳¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻, ² 東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻,

³ 高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所

Magnetism and Electronic States near the Heterointerface in Epitaxial $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$ Bilayers Grown on Si(111) substrates

Yosuke NONAKA¹, Yuki K WAKABAYASHI², Goro SHIBATA¹, Masako SAKAMAKI⁴, Kenta AMEMIYA⁴, Masaaki TANAKA², Ryosho NAKANE², and Atsushi FUJIMORI¹

¹Department of Physics, the University of Tokyo,

²Department of Electrical Engineering and Information Systems, the University of Tokyo,

³Institute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research Organization

Abstract

Si 基板上に Al_2O_3 をバッファ層として CoFe_2O_4 をエピタキシャル成長させた構造は, Si にスピン偏極電流を注入するスピントロニクス技術の候補として期待されているが, Al_2O_3 との界面付近で CoFe_2O_4 の磁性がなくなってしまう磁気的な“デッドレイヤー”ができてしまうことが問題であった。我々は X 線磁気円二色性を用いて, デッドレイヤーにおいて Fe, Co のイオン分布が変化し, 磁気特性に影響を与えていることを明らかにした。さらに, 成膜後にアニールすることでイオン分布を変化させ, 磁気的デッドレイヤーの磁性を回復させることに成功した。

1. はじめに

電子の持つ電荷の自由度を利用することで, エレクトロニクス技術は広く世の中で情報処理に利用されている。このエレクトロニクス技術をさらに発展させ, 電子の持つスピンの自由度も同時に利用することで, より消費エネルギーの低い情報処理などの革新的な技術の実現を目指すスピントロニクス技術が盛んに研究されている。特に, (In,Mn)As, (Ga,Mn)As の報告以降 [1,2], 磁性不純物を III-IV 族半導体にドーピングすることで半導体中の電子をスピン偏極させる研究が非常に盛んに行われ, 室温を超える強磁性転移温度を持つものも報告されている [3]。一方で, 現在の非常に高度に発展した Si ベースの微細加工技術を活用するという観点から, Si をベースとしたスピントロニクス技術が実現できれば, その価値は非常に大きい。

このような Si ベースのスピントロニクスを実現するためには, スピン偏極電流を Si に注入する技術が重要である。半導体中にスピン偏極電流を注入する方法は, 大きく分けて 2 つ存在する。1 つは, 強磁性金属を電極として半導体上に成膜し, 電極中に存在するスピン偏極した電子を半導体中に注入する方法である。この方法では, 金属と半導体の電気伝導度の違いが大きいこと由来して, スピン偏極した電子を注入する効率 (スピン注入効率) が低くなることが知られている [4]。もう 1 つは, Fig. 1(a) に示すように, 半導体上に自発磁化を持つ磁性 (強磁性またはフェリ磁性) 絶縁体の極薄膜と電極を付け, 電極と半導体の

間にトンネル電流を流す方法である。この構造は, スピンフィルターと呼ばれている。適当な磁性絶縁体と印加電圧を選ぶことで, アップスピンとダウンスピンでトンネル確率が大きく異なる状況を作り出し, 理想的には 100% 近い

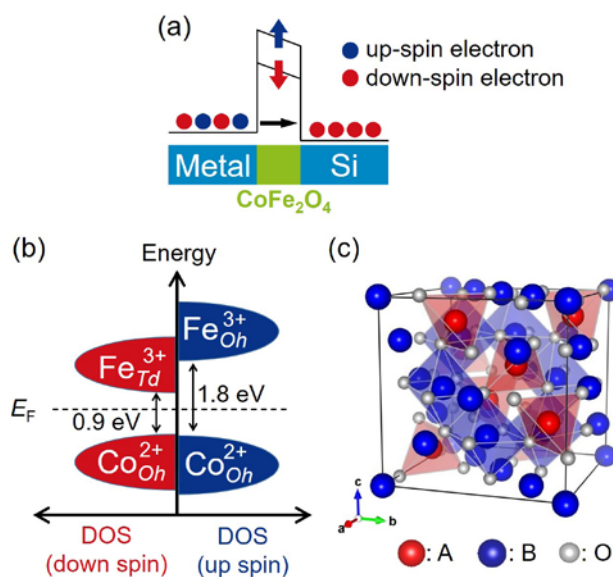


Figure 1 Spin filtering using the ferrimagnetic insulator CoFe_2O_4 . (a) Principle of the spin filtering. (b) Schematic picture of the valence and conduction band of CoFe_2O_4 (Reconstructed from [13]). (c) Crystal structure of the spinel-type oxide AB_2O_4 .

スピン注入効率が予想されているが、これまで実現には至っていない。その原因として、磁性絶縁体と基板との界面付近では、薄膜の成長過程において発生する結晶構造の不整合である antiphase boundary (APB) が多数存在していることが原因で、界面付近でスピネルフェライトの磁性が弱くなる磁氣的デッドレイヤーが存在することが知られていた [5]。

2. スピネルフェライト CoFe_2O_4 を用いたスピンフィルター構造の磁氣的デッドレイヤー

CoFe_2O_4 は、 AB_2O_4 という分子式で表されるスピネル型酸化物であり、Fig. 1(c) に示す結晶構造をとる。A 及び B のイオンが存在する場所はそれぞれ酸素 4 面体と 6 面体に囲まれ、その対称性から T_d , O_h サイトと呼ばれる。基本的には T_d サイトに Fe^{3+} が、 O_h サイトに Fe^{3+} と Co^{2+} が 1:1 の割合で入る逆スピネル型構造を取るが、Fe, Co のイオン半径がそれほど変わらないことから、実際には正規のサイト以外に入ったイオンが存在することが知られている。各イオンがどれくらいの割合で正規のサイトに存在するのかは、 $[\text{Co}_{1-y}\text{Fe}_y]_{Td}[\text{Co}_y\text{Fe}_{2-y}]_{Oh}\text{O}_4$ と定義される inversion parameter y によって表される（理想的な逆スピネル構造の場合 $y=1$ となる）。古くはフェライト磁石としても使われた磁性体であり、約 800 K の高いフェリ磁性転移温度と大きな結晶磁気異方性を特徴とする。この結晶磁気異方性は、 O_h サイトの Co^{2+} がスピン軌道 (LS) 結合に由来する大きな異方性を持つことで良く理解されている [6]。

Si 基板上に Al_2O_3 をバッファとして CoFe_2O_4 をエピタキシャル成長させた構造は、上記の 2 つ目の方法であるスピンフィルターとして大きな注目を集めている [7]。ここでは、Fig. 1(b) に示すように、 CoFe_2O_4 のバンドギャップがアップスピンとダウンスピンで異なることを利用している。この $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}(111)$ 構造を CoFe_2O_4 層の膜厚 d が 11, 4, 2.3, 1.4 nm の 4 通り作製した。Fig. 2 に試料の断面構造と、その TEM 画像を示す。作製した薄膜の結晶性が非常に高いことが確認できる。これまでに我々は、この

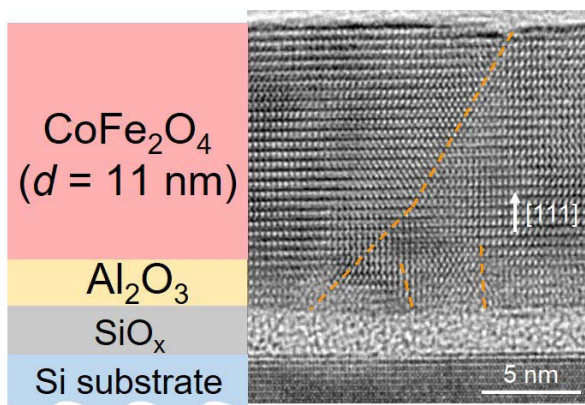


Figure 2 Schematic picture of $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}(111)$ structure and the cross-sectional TEM image of $d = 11$ nm sample (Reconstructed from [8]). The orange dashed lines indicate the antiphase boundaries.

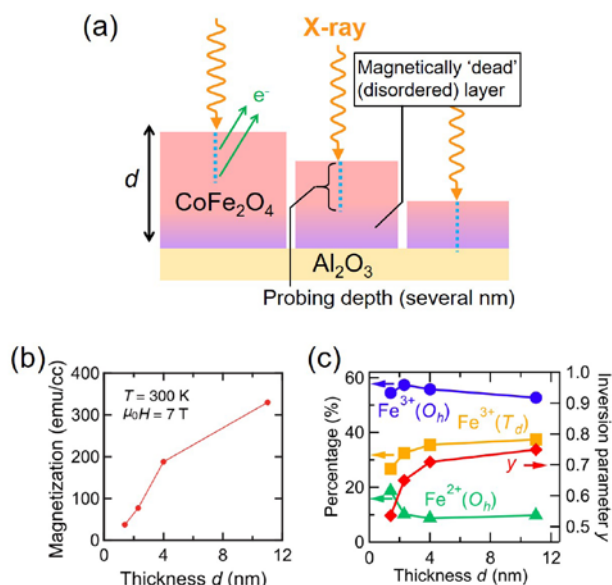


Figure 3 Detection of the magnetically dead layers at the interface between CoFe_2O_4 and Al_2O_3 layers. (a) Schematic picture of magnetically dead layer and the probing depth of TEY method. (b) Magnetization of CoFe_2O_4 as a function of thickness deduced from XMCD (Adapted from [8]). (c) Distribution of Fe ions near the interface deduced from cluster-model analysis. The inversion parameter y is also plotted.

試料に対して X 線吸収分光 (XAS) 及び X 線磁気円二色性 (XMCD) の測定とそのクラスターモデル解析によって、磁氣的デッドレイヤーにおける磁性と電子状態の研究を行ってきた [8]。Fig. 3(b) に XAS, XMCD から見積もった CoFe_2O_4 の磁化の膜厚依存性を示す。膜厚の減少に伴い、磁化が単調に減少していることがわかる。この減少傾向は主に、Fig. 3(a) に示すように、膜厚の減少に伴い $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$ 界面の磁氣的なデッドレイヤーが全電子収量 (TEY) 法で検出できる範囲に入るためであると理解できる（同時に、デッドレイヤーの上に成長した磁化の大きい層との相互作用によってデッドレイヤーの磁気秩序が一部回復していることも考えられる）。さらに、XAS, XMCD スペクトルの形状も膜厚の減少に伴って変化することも確認した。それらのスペクトル形状の変化から、クラスターモデル解析 [9] によって求めた Fe イオンの配置の変化を Fig. 3(c) に示す。膜厚が小さく、磁氣的デッドレイヤーからの寄与が大きくなるにつれてスピネル結晶構造の O_h サイトの Fe^{2+} が増え、 T_d サイトの Fe^{3+} が減少している。以上より、磁氣的デッドレイヤーでは、APB のみでなく Fe, Co イオンの配置も重要な役割を持っていることが示唆される。

3. 角度依存 XMCD による磁氣的デッドレイヤーの磁気異方性の評価

これまでの結果を踏まえ、より詳細に磁氣的デッドレイヤーの状態を明らかにするため、我々は $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}(111)$ に対し、Fe $L_{2,3}$ 吸収端 XAS, XMCD スペクトルの磁場角度依存性を精密に測定することで界面付近のデッ

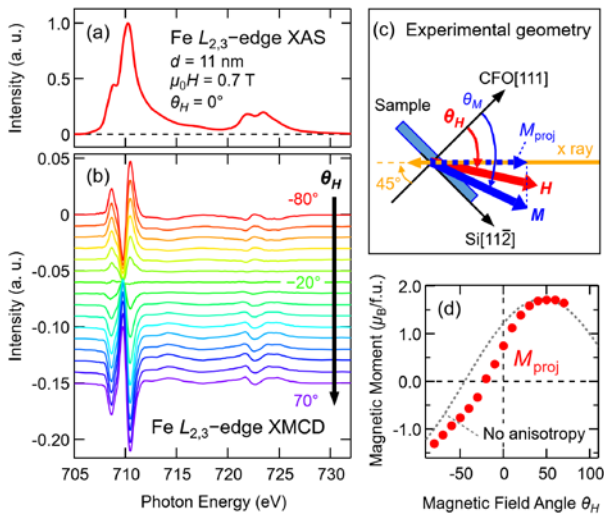


Figure 4 Angle-dependent XMCD at the Fe $L_{2,3}$ edge of 11-nm-thick CoFe_2O_4 film. (a) Background subtracted XAS at $\theta_H = 0^\circ$. (b) XMCD spectra for various θ_H . (c) Experimental geometry of the angle-dependent XMCD measurements. (d) θ_H dependence of total magnetic moments projected onto the x-ray incident axis. The gray dashed curve denotes the case of no magnetic anisotropy (sine curve).

ドレイヤーの磁気異方性を評価した。上記の研究と同じ、 CoFe_2O_4 層の膜厚 d がそれぞれ 11, 4, 2.3, 1.4 nm である 4 種類の試料について、Photon Factory の BL-16A に設置したベクトルマグネット型 XMCD 装置 [10] を用いて実験を行った。この装置は 2 軸の超伝導コイルを備えており、各軸のコイルが発生する磁場の足し合わせとして、中心のサンプル位置で 2 軸を含む平面内において任意の方向に 1 T までの磁場を発生させることができる。

本装置を用いて測定した角度依存 XMCD のうち、膜厚 $d = 11$ nm の試料の結果を Fig. 4 に示す。実験は室温で行い、Fig. 4(c) に示す配置で 0.7 T の磁場を回転させながら XAS, XMCD スペクトルを測定した。Fig. 4(a), (b) に得られた XAS, XMCD スペクトルを示す。XAS は磁場角度 θ_H による変化を示さないため、 $\theta_H = 0^\circ$ のみを表示している。XMCD スペクトルは θ_H の増加に伴い強度が変化し、 $\theta_H = -20^\circ$ を境に反転している。この XMCD スペクトルの強度の磁場角度依存性を Fig. 4(d) に示す。ここで、クラスターモデル計算の結果と比較し、1 分子当たりの磁化になるようにグラフの縦軸を取り直した。磁場角度依存 XMCD では、Fig. 4(c) に示すように磁化の光軸射影成分 M_{proj} に比例する XMCD スペクトル強度の磁場角度依存性が得られる。そのため、磁場が十分強く磁化が常に磁場と平行であれば、得られる角度依存性は正弦波波形となるはずである。しかし、Fig. 4(d) では点線で表される正弦波とは明瞭に異なる依存性を示している。これは、得られた M_{proj} の磁場角度依存性が、磁気異方性によって磁化が磁場と異なる方向に向いていることを反映しているためである。

より詳細に磁気異方性を議論するため、Stoner-Wohlfarth model [11] によるシミュレーションを行った。このモデルは、磁気異方性のある物質に磁場をかけた際の磁化の向き

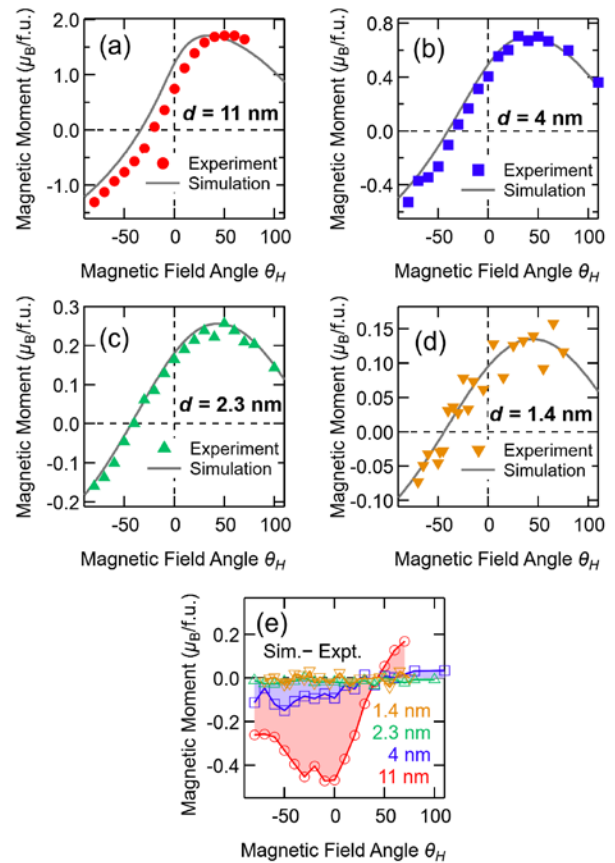


Figure 5 θ_H dependence of the total magnetic moments of CoFe_2O_4 projected onto the x-ray incident axis. (a)-(d) Comparison between experimental results and simulations for $d = 11, 4, 2.3,$ and 1.4 nm. (e) Difference between the experimental results and the simulations shown in (a)-(d).

を古典的に取り扱うもので、磁化の向き θ_M は静磁エネルギー

$$E = -\mu_0 MH \cos(\theta_M - \theta_H) + \frac{\mu_0}{2} M^2 \cos^2 \theta_M + E_{\text{MCA}}$$

が最小となるように定まる。ここで、第 1 項は外部磁場によるゼーマンエネルギー、第 2 項は反磁場による形状磁気異方性、第 3 項は結晶磁気異方性を表している。結晶及び磁気的ナドメイン構造がなければ、芝田ら [12] の報告にあるように、全ての項を考慮して実験結果をフィッティングすることが可能である。しかし、 $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}(111)$ では成長過程で複数の結晶ドメイン [7] ができると第 3 項の結晶磁気異方性を考慮することが難しい。そこで、第 1, 2 項のみを考慮したシミュレーションを行い、実験とシミュレーションの差として結晶磁気異方性を評価することを試みた。Fig. 5(a)-(d) に、すべての膜厚に対する M_{proj} の磁場角度依存性とシミュレーション結果の比較を示す。膜厚の大きい $d = 11, 4$ nm では実験結果はシミュレーションで再現できず、この差は考慮されていない結晶磁気異方性の存在を示している。しかし、膜厚の小さい $d = 2.3, 1.4$ nm では実験結果とシミュレーション結果が良く一致した。実験結果とシミュレーション結果の差を Fig. 5(e) に示す。差は膜厚の減少に伴い減少しており、磁気的デッドレイヤーが存在する界面付近で結晶磁気異方性も

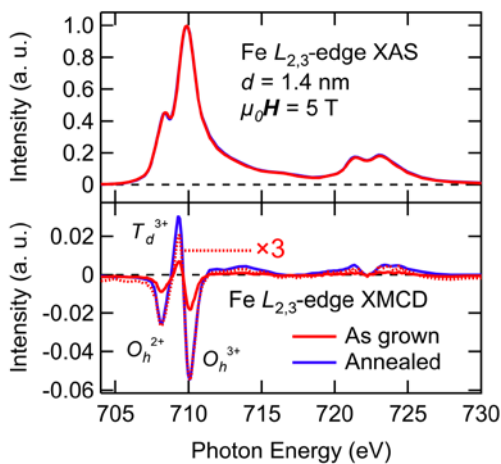


Figure 6 XAS and XMCD spectra of 1.4-nm-thick CoFe_2O_4 at the Fe $L_{2,3}$ edge before and after the annealing. The red dotted curve in the bottom panel is a magnified spectra of as-grown sample by a factor of 3.

大きく減少していることを示している。 CoFe_2O_4 の結晶磁気異方性は強い磁気異方性をもつ O_h サイトの Co^{2+} に由来する[6]ことを踏まえると、この磁気異方性の減少傾向はFig. 3(c)に示すように界面付近でFeイオンが T_d サイトから O_h サイトへ移動し、 O_h サイトの Co^{2+} が減少していることとコンシステントであり、磁氣的デッドレイヤーの磁性が、確かにFe、Coイオンの分布に影響されていることを示している。

4. 成膜後のアニールによる磁氣的デッドレイヤーの修復

はじめに述べたように、磁氣的デッドレイヤーはスピンフィルターを実用化する上で大きな障害であるため、ない方が望ましい。これまでに我々は、Fe、Coイオンの分布が $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$ 界面付近で変化していることが磁氣的デッドレイヤーの形成やその性質に関わっていることを示してきた。そこで、アニールによってFe、Coイオンの分布を変化させ、磁氣的デッドレイヤーの磁性を回復させることを試みた。磁氣的デッドレイヤーの影響が最も大きい膜厚 $d = 1.4$ nmの試料について、アニール前後の磁性・電子状態がどのように変化しているか、XMCDによって評価した。実験はPhoton FactoryのBL-16Aに設置されている5T-XMCD装置で行った。Fig. 6にアニール前後のXAS、XMCDスペクトルを示す。アニールによってXMCDスペクトルが3倍程度に増大していることが確認できる。また、主に T_d サイトの Fe^{3+} に由来するXMCDの正のピークが増大しており、アニール前後でFe、Coイオンの分布が変化していることも確認できる。

5. まとめ

我々は、Si基板上に Al_2O_3 をバッファーとして CoFe_2O_4 をエピタキシャル成長させた構造の磁氣的デッドレイヤーの起源を明らかにするため、XAS、XMCDを用いて $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$ 界面付近の電子状態や磁性を探った。界面

付近でFe、Coのイオン分布が変化し、 O_h サイトの Fe^{2+} が増え、 T_d サイトの Fe^{3+} が減少していることを明らかにした。磁場角度依存XMCDによって界面付近の結晶磁気異方性を評価し、イオン分布の変化が磁気特性に影響を与えていることを確かめた。さらに、成膜後にアニールすることでFe、Coのイオン分布を変化させ、磁氣的デッドレイヤーの磁性を回復させることに成功した。

6. 謝辞

本研究は、坂本祥哉、池田啓祐、池震棟、万宇軒（東大）及び田中新（広島大）の各氏との共同研究である。

本研究におけるPhoton FactoryでのXAS、XMCD実験は、共同利用実験課題（2016S2-005）によって行われた。

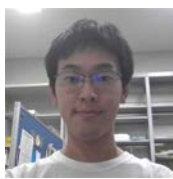
引用文献

- [1] H. Munekata, H. Ohno, S. Von Molnar, A. Segmiller, L. L. Chang, and L. Esaki, *Phys. Rev. Lett.* **63**, 1849 (1989).
- [2] H. Ohno, A. Shen, F. Matsukura, A. Oiwa, A. Endo, S. Katsumoto, and Y. Iye, *Appl. Phys. Lett.* **69**, 363 (1996).
- [3] N. T. Tu, P. N. Hai, L. D. Anh, and M. Tanaka, *Appl. Phys. Lett.* **108**, 192401 (2016).
- [4] G. Schmidt, D. Ferrand, L. W. Molenkamp, A. T. Filip, and B. J. van Wees, *Phys. Rev. B* **62**, R4790 (2000).
- [5] J.-B. Moussy, S. Gota, A. Bataille, M.-J. Guittet, M. Gautier-Soyer, F. Delille, B. Dieny, F. Ott, T. Doan, P. Warin, P. Bayle-Guillemaud, C. Gatel, and E. Snoeck, *Phys. Rev. B* **70**, 174448 (2004).
- [6] M. Tachiki, *Prog. Theor. Phys.* **23**, 1055 (1960).
- [7] R. Bachelet, P. de Coux, B. Warot-Fonrose, V. Skumryev, G. Niu, B. Vilquin, G. Saint-Girons, and F. Sánchez, *CrystEngComm* **16**, 10741 (2014).
- [8] Y. K. Wakabayashi, Y. Nonaka, Y. Takeda, S. Sakamoto, K. Ikeda, Z. Chi, G. Shibata, A. Tanaka, Y. Saitoh, H. Yamagami, M. Tanaka, A. Fujimori, and R. Nakane, *Phys. Rev. B* **96**, 104410 (2017).
- [9] A. Tanaka and T. Jo, *J. Phys. Soc. Jpn* **63**, 2788 (1994).
- [10] M. Furuse, M. Okano, S. Fuchino, A. Uchida, J. Fujihira, and S. Fujihira, *IEEE Trans. Appl. Supercond.* **23**, 4100704 (2013).
- [11] E. C. Stoner and E. P. Wohlfarth, *Philos. Trans. R. Soc. London. Ser. A* **240**, 599 (1948).
- [12] G. Shibata, M. Kitamura, M. Minohara, K. Yoshimatsu, T. Kadono, K. Ishigami, T. Harano, Y. Takahashi, S. Sakamoto, Y. Nonaka, K. Ikeda, Z. Chi, M. Furuse, S. Fuchino, M. Okano, J. Fujihira, A. Uchida, K. Watanabe, H. Fujihira, S. Fujihira, A. Tanaka, H. Kumigashira, T. Koide, and A. Fujimori, *Npj Quantum Mater.* **3**, 3 (2018).
- [13] B. S. Holinsworth, D. Mazumdar, H. Sims, Q. C. Sun, M. K. Yurtisigi, S. K. Sarker, A. Gupta, W. H. Butler, and J. L. Musfeldt, *Appl. Phys. Lett.* **103**, 082406 (2013).

(原稿受付日：2018年6月24日)

著者紹介

野中洋亮 Yosuke NONAKA



東京大学大学院理学系研究科物理学専攻
博士課程3年

〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

TEL: 03-5841-7621

e-mail: nonaka@wyvern.phys.s.u-tokyo.ac.jp

略歴：2014年東京理科大学理学部第一部

応用物理学専攻卒業。

最近の研究：内殻分光による酸化物の磁性や電子状態の研究。

趣味：スキューバダイビング，旅行，ボルダリング。

若林勇希 Yuki K WAKABAYASHI

NTT 物性科学基礎研究所 機能物質科学研究部 研究員

〒243-0198 神奈川県厚木市森の里若宮3-1

TEL: 046-240-3824

e-mail: wakabayashi.yuki@lab.ntt.co.jp

芝田悟朗 Goro SHIBATA

東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 助教

〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

TEL: 03-5841-7621

e-mail: shibata@wyvern.phys.s.u-tokyo.ac.jp

酒巻真粧子 Masako SAKAMAKI

物質構造科学研究所 助教

〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1

e-mail: masako.sakamaki@kek.jp

雨宮健太 Kenta AMEMIYA

物質構造科学研究所 教授

〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1

e-mail: kenta.amemiya@kek.jp

田中雅明 Masaaki TANAKA

東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻 教授

〒113-8656 文京区本郷7-3-1

TEL: 03-5841-6728

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

中根了昌 Ryosho NAKANE

東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻 准教授

〒113-8656 文京区本郷7-3-1

TEL: 03-5841-6728

e-mail: nakane@cryst.t.u-tokyo.ac.jp

藤森淳 Atsushi FUJIMORI

東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 教授

〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1

TEL: 03-5841-7621

e-mail: fujimori@phys.s.u-tokyo.ac.jp

「GaN の結晶欠陥を大面積且つ非破壊で検出・分類する方法を開発」～ 青色 LED から電力制御素子まで、GaN 結晶の高品質化を加速～

平成 30 年 7 月 9 日
一般財団法人ファインセラミックスセンター (JFCC)
高エネルギー加速器研究機構

■概要

① 現状

低炭素社会の実現に向け、電力の変換・制御に使用するパワーデバイスの高効率化が求められています。次世代のパワーデバイス用材料の有力な候補として注目を集めているのは、青色 LED の材料としても活用されている窒化ガリウム (GaN) です。ところが、現行の製法による GaN 結晶には欠陥が多く含まれているので、期待される性能を十分に発揮できていません。欠陥を低減するためには、欠陥分布情報を結晶成長条件にフィードバックすることが必要不可欠であり、欠陥を正確に非破壊で検出・分類する技術が強く求められています。

② 本研究の成果

JFCC は、KEK と共同で GaN 結晶に含まれる様々な欠陥を短い測定時間且つ非破壊で検出する X 線トポグラフィ観察法を確立し、欠陥種類と大面積にわたる各種欠陥の分布を正しく特定することに成功しました。欠陥の周囲は結晶面が湾曲しているため、X 線の回折像が乱れ、スポット像を作ります。欠陥 1 個でスポットが 1 つ作られるので、スポットの分布が欠陥の分布を示します。更に、観察条件を変えてスポットの明暗や形状の変化を調べることで、欠陥の種類を正確に判定することができます。

③ 今後の展開

本成果を利用することにより、大面積の欠陥情報を正確に結晶成長にフィードバックでき、GaN 結晶の低欠陥化が加速されます。また、GaN パワーデバイス・発光デバイスの不良解析と故障原因同定にも役立ちます。高品質 GaN 結晶の実現によって、次世代の高耐圧・大電流・低損失のパワーデバイスの実用化が可能となります。

本成果は 2018 年 4 月 5 日に Springer 「J. Electron. Mater.」電子版で公開されました。本成果は、国立研究開発法人科学技術振興機構スーパークラスタープログラム「GaN 結晶評価技術の開発」の委託研究にて得られたものです。(この記事の続きは https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/20180709pressrelease_imss.pdf をご覧ください)。

ディラック線ノードの直接観測に成功 - トポロジカル量子コンピューター基盤物質を発見 -

平成 30 年 7 月 31 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
東北大学スピントロニクス学術連携研究教育センター
東北大学多元物質科学研究所
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高根大地博士課程院生、木村憲彰准教授、佐藤宇史教授、同材料科学高等研究所の相馬清吾准教授、高橋隆教授、同多元物質科学研究所の組頭広志教授、および高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所の堀場弘司准教授らの研究グループは、グラフェンと同じ蜂の巣格子を持つ 2 ホウ化アルミニウム (AlB_2) という物質が、線ノード型のディラック粒子という新しいタイプの電子状態をもつ物質であることを、放射光を用いた角度分解光電子分光実験により発見しました。このアルミニウム (Al) をマグネシウム (Mg) で置き換えた 2 ホウ化マグネシウム (MgB_2) は 39 K で超伝導を示す高温超伝導体であり、この新たに発見されたディラック粒子を超伝導化することによって、今まで極低温でしか実現できていないトポロジカル超伝導体の転移温度を一気に高温化できる可能性があります。この発見は、ノイズに強いトポロジカル量子コンピューターの開発へ新たな道を拓くものです。

本成果は、米国物理学会誌 Physical Review B の速報注目論文 (Rapid Communication & Editors' suggestion) に選ばれ、平成 30 年 7 月 17 日 (米国東部時間) に、オンライン公開されました。(この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/20180731press.pdf> をご覧ください)。

PF 研究会「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」開催報告

東北大学多元物質科学研究所 / KEK 物構研 組頭広志

「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」と題しました PF 研究会を、2018 年 7 月 3 日（火）、4 日（水）の 2 日間に渡って、KEK4 号館 2 階輪講室において開催いたしました。放射光を初めとする量子ビーム解析技術は、機能性物質・材料の特性にかかわる電荷・スピン・軌道・格子の状態を観測する手法として多大な貢献を果たしてきており、「機能のメカニズムを解明する」段階では、その有用性はほぼ確立されたとも言っても良いと思います。しかしながら、材料開発を行っている方々から見ると、これらはあくまで新物質探索・新機能開発における最終段階での話であり、開発途中の段階では量子ビームが有効に利用されているとは言いがたい点も指摘されています。

このような背景から、今回の研究会では、量子ビーム解析技術と新合成手法の融合による新物質探索手法の確立を目指すために、最先端の量子ビーム研究、インフォマティクスや計算科学による機能探索、新しい合成手法による材料開発、を行っている研究者に最新の研究成果をご紹介頂くとともに、これらの融合によって実現可能となる機能性酸化物研究の新機軸の可能性について議論することを目的としました。特に、「新物質探索・新機能開発の途中段階で量子ビームを有効活用するとしたらどのような形になるのか？」を議論するため、量子ビーム解析を行っている講演者の方には「量子ビームをどのように物質開発中に役立てるのか」、物質開発を行っている方には「物質開発・探索中にどのようなことが量子ビームで知りたいのか」、という観点でのお話をさせていただきました。そのため、プログラムでは、量子ビーム計測と材料開発研究の講演が入れ

籠になるようにいたしました。

7 月 3 日は、初めに PF の両宮健太主幹よりご挨拶を頂いた後、組頭から本研究会の趣旨説明がありました。続いての講演では、まず低速陽電子の話題として、KEK 物構研の兵頭俊夫先生より、全反射高速陽電子回折を用いた結晶最表面の原子配列解析についてのご紹介があり、次いで NIMS の山崎裕一氏からは、コヒーレント軟 X 線回折イメージングとインフォマティクスの融合による新しいデータ解析手法の試みについてご講演頂きました。次に、北大の高草木達氏から、PTRF-XAFS 法による酸化物上金属ナノ構造の 3 次元可視化技術という放射光解析技術と触媒設計への応用という、まさに本研究会の趣旨を実行している内容をお話いただきました。また、最近の触媒インフォマティクスを用いた触媒設計についての試みについてもご紹介いただきました。ここから話題が移り、新合成手法による物質開発を行っている方々からの講演になりました。筑波大学の都甲薫氏から層交換という新合成手法を用いた IV 族材料の薄膜合成について、産総研の中島智彦氏からパルスレーザー光による光結晶化を用いた酸化物薄膜の研究について、東北大の丸山伸伍氏からフラックス法による固液界面を用いた酸化物薄膜合成手法と真空下でのイオン液体の薄膜合成による機能薄膜の研究について、ご紹介頂きました。これらの合成手法によって得られる試料は、基本的に薄膜およびヘテロ構造になりますので、一般的な量子ビーム解析との相性も良く、量子ビーム解析との融合が期待できます。そのため、これらの講演の質疑応答では、具体的な量子ビーム測定に関する活発な意見交換がありました。続いて産総研の白澤徹郎氏から X 線 CTR 散乱法による界面の構造解析、特に結晶成長中の動的構造解析への取り組みについてご紹介いただきました。所謂、「オペランド解析」になりますので、上記の新合成手法を用いている方々から、具体的な測定・解析に関する質問が飛び交い、



図 1 集合写真

かなり時間オーバーして懇親会ぎりぎりでの1日目終了となりました。もちろん、懇親会でも量子ビームと新規合成手法の融合による新機能探索に関するざっくばらんな議論がつづき、大いに盛り上がりました。

2日目の7月4日は、まずKEK物構研の武市泰男氏にSTXMを用いた不均一系の研究についてご紹介いただきました。その後、東大の近松彰氏からトポクティブ反応を用いた複合アニオン酸化物薄膜の合成と新機能探索に関する取り組みについて紹介いただきました。高草木氏の講演と同様、材料設計・開発の要所所で放射光を用いた電子状態解析がとても有効であること強く感じた講演でした。続いて、NIMSの後藤真宏氏からコンビナトリアルスパッタ成膜法による低摩擦係数をもつ酸化物材料開発についてのご講演がありました。コンビナトリアル的に一枚の基板上に幾つもの薄膜をパターンニングしたライブラリーを作製し、実験室での一括物性評価を行うことで物質開発速度を高めている内容で、一括評価の部分で放射光解析が有効に活用できる分野と思いました。

その後、再び量子ビーム解析の講演になり、KEK物構研の小嶋健児氏からミュオンを用いた酸化物内の水素位置・電荷状態の解析手法について、同じくKEK物構研の大友季哉氏から中性子散乱を用いた物質中水素の観測手法についての紹介がありました。近年、物質中の水素の役割と機能が様々な分野で注目されており、これらをどのように計測できるかについてのチュートリアルな内容も含めてお二方にはご講演いただきました。午後からは、ちょうどPF運転中と言うこともあり、希望者に対してPFの見学会を行いました。「百聞は一見にしかず」で、どのように測定しているかを見てもらうことで、実際の測定をイメージしてもらえたかと思います。

本研究会は、ビームタイム中にもかかわらず、34名という多数の方にご参加頂きました。講演者の方々の研究成果はどれも素晴らしいものであり、改めて物質材料研究における量子ビームの重要性を強く認識しました。一方で、量子ビーム計測という非常に有益だがコストが高い実験を、いかに適切に物質開発の途中段階で用いるか、実験室で可能な評価とどのように組み合わせていくか、という物質開発における評価の問題を改めて認識した研究会でした。

最後になりましたが、本研究会の開催にあたり、世話人および秘書室の方々をはじめとした関係者の皆様には多大なご協力を頂きました。深く感謝申し上げます。また、本PF研究会は、応用物理学会機能性酸化物研究会と酸化物研究の新機軸に向けた学際討論会との協賛で行われました。

(研究会ホームページ：<https://www2.kek.jp/imss/pf/workshop/kenkyukai/20180703/index.html>)

SRI2018に参加して

加速器第七研究系 阿達正浩

台北市のランドマークの一つである「台北101」の足元にある国際会議場「Taipei International Convention Center (TICC)」で開催された13th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI2018)に参加する貴重な機会を得た。本会議は、放射光ユーザーとビームライン開発者、そして光源加速器開発者といった放射光に係る関係者が一堂に会して意見交換ができる貴重な場であり、今回、25カ国から850名(日本から125名)を超える参加者を迎えたとのことだった。

台湾のNational Synchrotron Radiation Research Center (NSRRC)が会議を主催し、光源リングTaiwan Photon Source (TPS)の見学ツアーや台北市のもう一つのランドマークである「台北圓山大飯店」での懇親会などが実施された。

会場内外に厳重な警護が配される中、ホール入口でセキュリティチェック(筆者はポスター容器の中も確認された)を受けて開会式会場に入った。大太鼓を打ち鳴らす盛大なショーの余韻がホール内に残る中、中華民国副総統陳健仁氏による開会のスピーチが行われた(図1)。続くPlenary Sessionでは、1944年の理論予測から始まる放射光の発展史とその将来展望についての石川哲也氏(理研)の講演が行われ、MAX-IVのC. Quitmann氏からは、今年の3 GeVリング加速器調整で約369 mAのビーム蓄積を達成したことなど、MAX-IVに続く高性能リング計画を後押しするとともに加速器科学の進展を伝えるニュースがもたらされた。なお、数々の実績が各国との共同研究で得られており、次期高性能リングに向けた加速器技術を実機で試す場になっていることが感じられた。

会期中、多くの光源新設・改造計画が紹介された。その中からいくつか紹介させていただきたい。MAX-IVではFemtoMAXラインに設置した磁場周期長15 mm、最小ギャップ2.2 mmのIn-Vacuum Undulator (IVU)の立ちあげ



図1 開会を告げる陳健仁氏によるスピーチ。

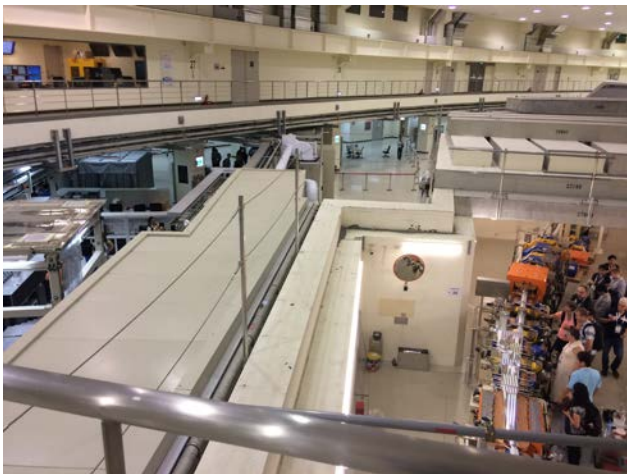


図2 TPS ツアーで加速器とビームライン見学する参加者。

が進んでおり、さらに、光子エネルギー 0.25~1 keV、繰り返し 100 Hz、ピーク出力 ~1 GW の FEL のコンセプトデザインが紹介された。建設が進む LCLS の SIRIUS では、5 月 5 日には線形加速器からのビームを初観測し、リング構成要素の各機器の設置も開始しているとのことで、世界初の Round beam 回折限界光源リングの稼働が間近に迫っている。DESY からは、PETRA IV の建設開始を 2024 年に、運転開始を 2026 年に目標に定め、2019 年 4 月の出版を目指して CDR を作成中であることが紹介された。SPring-8 からは、SACLA の高繰り返し化を目指す SACLA-II、そして、電子エネルギーを 6 GeV へ落とすことで省運転電力化を図りつつ、アンジュレータを短周期長化して利用可能な光子エネルギー範囲は維持し、電流増強と 100 pm-rad 程度までエミッタンスを低下させることで輝度をこれまでの 30 倍に高める SPring-8-II、その先には、リング型コヒーレント光源を目指す SPring-8-III などが紹介された。現在の 30 分の 1 となる水平エミッタンス 133 pm-rad を目指す ESRF-EBS では、装置の製造が順調に進み、今年 12 月 10 日から長期シャットダウンに入り、来年 11 月 19 日より加速器調整を、2020 年 3 月 4 日より BL 調整を予定している。2020 年 8 月 25 日からの世界初の大規模回折限界リングのユーザー運転開始が迫っている。58 pm-rad を目指す北京の HEPS は 2018 年 12 月に着工を予定し、2024 年 1 月に加速器調整の開始、2025 年からのユーザー運転開始を目指しているとのことであり、アジア初の大規模回折限界リングの建設がいよいよ始まりつつある。さらに、European-XFEL および Swiss-FEL からは加速器調整、レーザー利用実験、BL 増設計画などについての発表が、LCLS からは、タイトルを変更して LCLS-II とその先の LCLS-II-HE (High-Energy upgrade) 計画が紹介されるなど、FEL 施設からも多数の興味深い発表があった。

さて、筆者は挿入光源を開発するグループの一員である。特に印象深かった挿入光源に関するトピックスをいくつか紹介させていただきたい。本会議では、各施設の次期光源計画を支える最先端の挿入光源として Cryogenic Permanent Magnet Undulator (CPMU) と Super Conducting Undulator

(SCU) に関する講演数が多かったように思える。それぞれの開発チームによる白熱した討論が行われる一幕もあった。CPMU は SOLEIL で開発・運用実績が積み重ねられ、現在は MAX-IV や ESRF-EBS, SPring-8-II 計画, TPS など多くの施設で検討・開発が進められている。2 台の直線偏光型 SCU と 1 台のヘリカル型 SCU を運用する APS からは、開発中の可変偏光型 Super Conducting Arbitrarily Polarizing Emitter (SCAPE) SCU を APS upgrade に設置し、高速偏光スイッチングを供する計画が、具体的な架台設計とともに紹介された。

KEK の山本樹氏からは、周期長 4 mm の極短周期アンジュレータからのアンジュレータ光を東北大学の t-ACTS にて初観測した結果が、SOLEIL の M.E. Couprie 氏からは、レーザープラズマ加速と CPMU を組み合わせて小型自由電子レーザーの開発を目指す COXINEL 計画に関して、アンジュレータ光の観測結果などを交えて今後の FEL 発表への展望が紹介された。

HZB の J. Bahrtdt 氏は、真空封止型の APPLE-II EPU である IVUE-32 の開発と、将来的に Cryogenic in-vacuum APPLE II への発展を検討していることを紹介していた。HEPS では、Cryogenic DELTA 型 (in-air 型) アンジュレータの開発が進められていることが紹介されていたが、in-vacuum 型で実現すれば、SCU に対して大きなアドバンテージとなる可能性を秘めていると感じた。また、P. Vagin 氏からは、磁場周期長を変更可能な Variable period undulators という一際ユニークな提案がなされた。

さて、本会議を主催した NSRRC では、電子エネルギー 3 GeV、蓄積電流 500 mA、周長 518 m の TPS を 2016 年 9 月よりユーザー運転している。エミッタンスは 1.6 nm-rad と、最新の中規模回折限界リングに比べて若干高いものの、挿入光源を設置可能な 12 m の直線部 6 箇所と 7 m の直線部 18 箇所を備えた 24 セル DBA ラテイスリングでは様々な試みが行われている。見学会ではそれらの開発現場を直接見ることができた (図 2)。特に、SOLEIL の真空封止型ウィグラーを彷彿とさせるバネによる磁場分布補償機

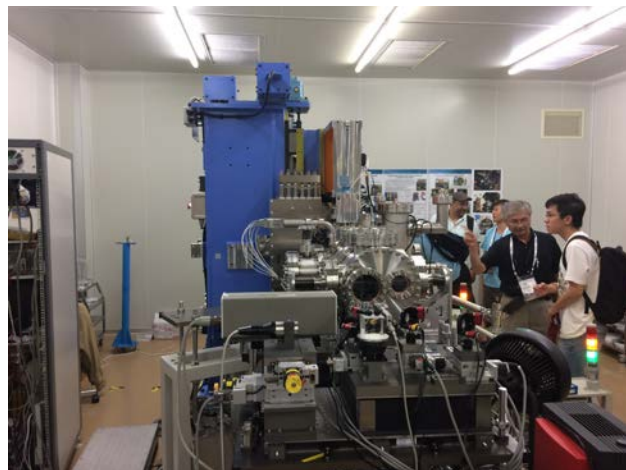


図3 TPS ツアーで CPMU CU15 を見学する参加者。

構と、APSのSCUを彷彿とさせるCryostatを備えたユニークなCPMU CU15の実機を開発システムとともに直接見ることができたことは大変幸運だった(図3)。

さて、会期中、小籠包やマンゴーかき氷といったテッパン台北グルメを楽しみながら南国の雰囲気漂う街を散策した。ガイド本を頼りに訪れた問屋街「迪化街」では、夜遅くに広場で踊るおばちゃん達に驚かされた(1カ所だけではなかったので台北の日常なのだろう)。まだまだ明かりの灯るお茶屋さんやドライフルーツ屋さんなどを巡ったが、どの店でも日本語が目に入り、日本語が通じ、台北にいることを忘れそうになった。

次回、SRI2021は、8/31-9/3にドイツ・ハンブルクのCongress Center Hamburg (CCH)にて開催されることが発表されて会議は終了した。Hamburgは36年前の1982年に最初のSRIが開催された地であるとのことである。今回見聞きした様々な計画や開発の進展、新たなアイデアの提案など、本会議のさらなる発展が期待される。

SRI2018 滞在記

放射光科学第一研究系 山下翔平

2018年6月10日から6月15日の間、13th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI2018)が開催された。National Synchrotron Radiation Research Center (NSRRC)が主催し、会場は台湾の名所を代表する台北101(地上101階建ての超高層ビル)すぐ横の台北国際会議センターであった。筆者のSRIへの参加は今回が初めてであり、放射光科学全般についての知識は勿論のこと、業務に係わるビームラインの建設やX線イメージングの技術を学ぶために臨んだ。

11日朝からのオープニングの際には、まず会場入口にて厳重なセキュリティチェックを受けた。テロ対策なのかと個人的にやや物々しい雰囲気を感じていたが、台湾の副総統がご登場され警備の厳重さに納得した。参加者の内訳

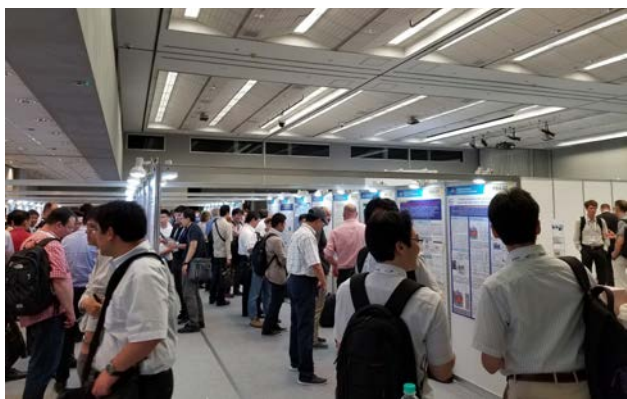


図1 ポスター発表中の会場の1コマ。3日間に渡り行われたポスター発表では終始賑わいを見せていた。

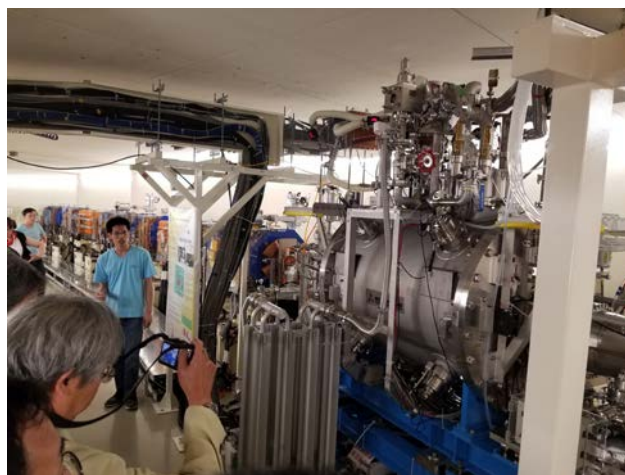


図2 TPSの見学ツアー。リング内やビームラインの各所ではスタッフの方々がポスターやデモ機を使い、丁寧に説明して下さっていた。

は現地台湾、次いでドイツ、日本の順で多いとのこと、少し見渡すと日本の放射光施設の関係の方を見つけられるといった様子であった。

Taiwan Photon Source (TPS)の見学ツアーが予定されている14日までの3日間は、午前中に基調講演が行われ、引き続いてポスター発表、午後からは4会場に分かれて分野ごとのセッションが行われるプログラム構成であった。

筆者が参加したセッションの中でも特に印象に残ったテーマは、コヒーレントX線を使った回折イメージングを利用したX線タイコグラフィーに関する研究発表であった。とりわけ、第三世代放射光施設による実験結果が印象的で、KBミラーやキャピラリによる集光技術や最新の検出器開発、その技術を駆使した材料解析の結果を見て、最先端の技術や世界的な動向を知ることができ感銘を受けた。また、ポスター発表の際には、CTへの応用技術や、オペランドでの実験への工夫点(ナノ材料の測定中の試料の振動を如何に抑えるかなど)を具体的に聞くことができ、今後の研究に役立つ情報を得ることができた。

ポスター会場は2フロアにまたがって2箇所に設置され、日程とポスターの設置場所によっておおまかにテーマが分かれており、関係の研究者との意見交換が活発に行われるとともにそのスペース付近に企業ブースが併設されていることで企業の方とも良い距離感を築いていた(図1参照)。

12日の筆者のポスター発表では、時間分解 Dispersive XAFSの測定技術を応用しNiCu合金触媒中のNiとCuの化学状態変化の情報を同時に取り出すことを目的とした二元素同時測定手法に関する研究について報告した。スペクトル変化の化学的な解釈よりもむしろ測定手法の原理や特徴に関する装置側の質問を多く受けた。同じ会場では、高速動作が可能な結晶分光器で二元素を同時に測定した(正確には二元素分のエネルギー範囲を高速でスキャンした)という内容のポスター(TPSの44AのQ-Mono)も発表されており、お互いの特徴について議論し合い、有意義な時間を過ごした。



図3 会場すぐ隣の台北 101 から見た夜景。筆者は右から 2 番目。

14日の午後からは、企画されていた TPS の見学ツアーに参加した（図2 参照）。リング内やビームラインにはスタッフの方々が待機され、参加者に対して説明して下さった。上記の高速でスキャン可能な結晶分光器（チャンネルカットモノクロ）を見せてもらった。軟X線ビームラインにはタイコグラフィが導入されている高度な技術と周辺の測定環境を直接見て学ぶことができ、非常に良い経験を得た。また、施設の広さに加え、実験ホール上部に窓がある点、ビームラインのすぐ傍にトイレが併設されている点など、細かなところにも魅力を感じた。

限られた時間の中ではあったが、現地の観光も満喫した。筆者は台湾へは初めて訪れたということもあり、気持ちが高ぶり初日 10 日の夜には一人で台北市内を散策した。11 日夜には職場の方々と台北 101 へ登り、夜景を堪能し（図3 参照）、火鍋と台湾ビールを味わった。遠出こそ叶わなかったが、会中の Banquet では、ワインと台湾料理に舌鼓を打ちながら台湾の文化と音楽を楽しんだ。

会全体を通して、放射光科学を代表とする X 線工学や加速器科学、検出器などの様々な分野における国際的なレベルの高さを知れる非常に良い機会となった。

タンパク質X線結晶構造解析ビームラインにおいて全自動測定ビームタイムが始まりました。

放射光科学第二研究系 山田悠介・篠田晃

タンパク質X線結晶構造解析ビームラインでは2018年5-6月期から新たな利用形態として、全自動測定ビームタイムを開始しました。このビームタイムはG, P, T型課題を対象に、利用者がビームタイムの4日前までに利用申請をして、ビームタイム当日までに試料をPFに送付することで、ビームラインスタッフが全自動測定システムによってデータ測定を行うものです。これによって利用者の測定機会が増し、研究サイクルが短縮化されると共に成果創出が増加することを目指しています。

全自動測定システムは、

1. PAMによる自動結晶交換
2. ループ形状の3次元認識
3. X線回折スキャンによるタンパク質結晶の外形認識と重心へのセンタリング
4. サンプルリストに入力された条件にてデータ測定（スナップショット測定、ないし連続データセット測定）
測定されたデータは自動処理される（XDS）

の4つの工程からなります。この中で工程2.と3.が新しく開発されたものであり、全自動測定システムの信頼性・効率性を大きく左右します。

2018年5-6月期はビームラインAR-NE3Aで毎週金曜日（6月28日だけ木曜日）に全自動測定ビームタイムを実施しましたが、利用状況は表1のとおりでした。試料センタリングについては、ビームタイム期を通じて改良を加えていきましたが、各ビームタイムでセンタリングの工程（上記2, 3）に要した平均時間は表1のとおりです。測定条

表1 全自動測定ビームタイムの利用実績

ビームタイム	ビームライン	利用課題数	総試料数	センタリングに要した時間
5月18日	AR-NE3A	3	146	2分24秒
5月25日	AR-NE3A	2	52	2分13秒
6月1日	AR-NE3A	3	67	2分20秒
6月8日	AR-NE3A	3	130	2分14秒
6月15日	AR-NE3A	3	103	2分17秒
6月22日	AR-NE3A	2	92	1分42秒
6月28日	AR-NE3A	3	101	2分27秒

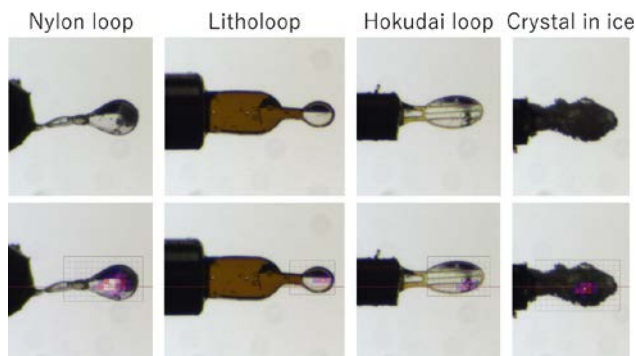


図1 様々なループでのセンタリング例。上が結晶観察カメラから取得された画像、下がその画像にX線スキャン領域（緑線）とタンパク質結晶からの回折点の数を基にしたヒートマップを重ね合わせたもの。

件にもよりますが、例えば1試料のデータ測定に3分要する（1度/秒で180度分のデータ測定）とすると、1試料に対して結晶交換とセンタリング、データ測定までを含めた時間は約7分となり、1日当たり約200試料の測定が可能だったという結果になります。

今期のビームタイムで持ち込まれた試料とセンタリング結果の一例を図1に示します。このように様々な種類のループに対して適切なX線スキャン領域を決定し、さらにその中からタンパク質結晶を認識出来ていることが分かります。

全自動測定ビームタイムは2018年11-12月期ビームタイムでも同様に毎週金曜日にAR-NE3Aで実施する予定です。多量の結晶からのデータ測定のみならず、突発的に出た結晶の評価や、自身のビームタイム前の予備実験など、様々な利用方法があると思いますので、是非皆さんの実験へ有効に取り入れていただければと思います。

「松下正先生を偲ぶ会」報告

「松下正先生を偲ぶ会」世話人
足立伸一・雨宮慶幸・飯田厚夫・
河田洋・野村昌治・村上洋一

去る2018年7月7日に、元物質構造科学研究所副所長・松下正先生を偲ぶ会を、KEK小林ホールで開催致しました。月日の経つのは早いもので、この日は松下先生がご逝去されて一周忌にあたります。偲ぶ会には、松下先生ゆかりの方々73名が参加され、記念講演会に引き続き献杯・歓談会がつつがなく執り行われました。

記念講演会は、河田の司会進行により、ご参加賜りましたご遺族7名の紹介から始まりました。小杉信博物構研所



図1 松下正先生を偲ぶ会の記念講演会（白澤徹郎先生がご講演中）

長からは開会挨拶として、松下先生のご経歴・ご業績などが述べられました。その後、以下の3名の講演者の方々から、松下先生との思い出を交え、学術的業績について分かり易い解説がなされました。

野村昌治「DXAFS と松下先生」

松下先生の代表的業績の一つとして、EXAFS(Extended X-ray Absorption Fine Structure) スペクトルを同時に測定する Dispersive EXAFS 法の開発がありますが、開発の経緯や時間分解測定の開発などについて、EDXAS2009で松下先生ご自身が使われた説明を基に解説しました。この方法はPFをはじめ世界中の多くの放射光施設で広く利用されています。また、松下先生が Photon Factory や物構研の運営に、さらには日本の放射光科学の発展に力を注がれたことを紹介し、広汎な研究のニーズに施設がどう対応しているかなど、今後に向けて学び直すべきことが多いと指摘しました。

産総研主任研究員・白澤徹郎先生「松下正先生の最近のご研究：表面X線散乱高速測定法の開発」

松下先生が物構研副所長を退いてから取り組まれた、表

面X線散乱（X線反射率およびX線 CTR(Crystal Truncation Rod) 散乱）の迅速測定法の開発に関して紹介して頂きました。この湾曲結晶のポリクロメータ(通称、松下プリズム)を用いた多波長同時分散型の表面X線散乱法は、松下先生が開発され長年心に温められてきたもので、従来比100倍以上の高速化を達成し、界面構造変化の時分割観察への道を拓かれたとのことでした。病魔と闘いながらも熱い情熱を持ち、最後まで学究の徒であられた松下先生の生き様に、参加者の方々は大いに感動されたと思います。

雨宮慶幸「松下さんのX線光学系開発における業績と情熱」

松下先生の多岐にわたる研究業績の中でも大きな波及効果をもたらした研究として、完全結晶を用いたX線精密光学系の開発と、一般化位相空間ダイヤグラムを用いた新しいX線分光結晶光学系の開発について紹介しました。PFの建設に備えての研究に始まり、建設後は実際にその研究結果を利用され、役立つツールにまで発展させられた業績は、それ以降の放射光科学に大きな影響を及ぼしたことを説明しました。雨宮は、大雨のため関西地区への出張から戻ってこることが出来ず、スカイプを通して講演を行いました。

記念講演会の最後には、松下先生と古くからの交友関係にある研究者から頂いたビデオメッセージが紹介されました。ヨーロッパ(ESRF)からは、Sakura PascarelliさんとAlain Fontaineさんから日本語字幕付きのメッセージを頂きました。A. Fontaineさんは松下先生が開発されたDXAFSをフランスで発展させ、S. PascarelliさんはESRFでDXAFSを担当されている研究者です。アメリカ(SLAC)からは、Britt Hedmanさん、Keith Hodgsonさん、Paul Phizackerleyさん、そして若槻壯市さんです。P. Phizackerleyさんは松下先生と共に、SSRLでDXAFSの開発に携わった方、B. Hedmanさん、K. HodgsonさんはSSRLでXAFSを使った研究や施設運営に携わった方、若



図2 松下正先生を偲ぶ会の集合写真（小林ホール前）

槻さんは説明を要しないでしょう。それぞれの方々が、良き友・良き同僚・良き師としての松下先生の思い出を語られ、上質のジョークを交えた心温まるメッセージでした。

記念講演会に引き続き、献杯・歓談会が小林ホール前のラウンジで行われました。足立による司会進行で、まず、古くから松下先生のご友人であられた東大名誉教授・KEKダイヤモンドフェローの藤井保彦先生より、献杯のご挨拶を頂きました。歓談会の中で、松下先生と特に親しかった、坂田誠大名誉教授、飯田厚夫、柿崎明人筑波研究学園理事長、Wolfgang Voegeli 東京学芸大助教、そして下村理元物構研所長より、松下先生との思い出をお聞かせ頂きました。歓談会の最後に、ご長男の松下大悟さんは、「これまで知らなかった父の一面に接することができました」と述べられ、偲ぶ会参加者へ感謝の気持ちを伝えられました。短い時間ではありましたが、松下先生の在りし日の面影を、ご遺族も含め参加者の皆様と一緒に偲ぶことができましたかと思えます。

さて、この偲ぶ会を機会に、「松下正先生 追悼文集」をまとめることができ、偲ぶ会の当日、参加者の方々などにお配りしました。この追悼文集には、思い出の写真・松下先生の学術的業績の紹介・論文リスト・代表的論文選集、そして皆様から頂きました松下先生との思い出を綴った文章が含まれています。もし追悼文集をご希望の方がおられましたら、「松下正先生を偲ぶ会」事務局 (tyoshimi@post.kek.jp) までご連絡下さい。電子版のみになりますが、ご案内いたします。

松下正先生を偲ぶ会では、先生が放射光科学の創成期からサイエンスを牽引されると共に、ユーザーコミュニティの形成、施設・研究所運営、人材育成を主導されてきたことを、あらためて思い知ることができました。早すぎるご逝去に、心から哀悼の意を表します。



図3 献杯・歓談会の様子(藤井保彦先生が献杯の挨拶中、小林ホール前ラウンジ)

PF トピックス一覧 (5月～7月)

PF のホームページ (<https://www2.kek.jp/imss/pf/>) では、PF に関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。

2018年5月～7月に紹介されたPFトピックス一覧

- 5.1 【物構研トピックス】東工大の研究グループ、ウィルスでできた熱伝導フィルムを開発
- 5.1 【物構研トピックス】「はやぶさ2」が戻ってきたら
- 5.9 【物構研トピックス】発明改良功績(軟X線高分解・高回折効率ホログラフィック回折格子及びそれを応用した分光器の開発)
- 5.9 【トピックス】PF ユーザーの小池雅人氏、平成30年春の褒章で紫綬褒章を受章
- 5.15 【物構研トピックス】東京大学の研究グループ、分子の世界のベアリングにはほぼ摩擦がないことを発見
- 5.22 【物構研トピックス】信州大学などの研究グループ、新たな鎖状連結タンパク質ナノブロックを開発
- 5.28 【物構研トピックス】東大などの研究グループ、X線自由電子レーザーによる高調波発生を利用した元素マッピングの基礎技術を実証
- 5.29 【物構研トピックス】東大などの研究グループ、CoPd 薄膜界面にて磁化を膜垂直方向に揃える界面電子軌道の形を解明
- 6.13 【物構研ハイライト】「磁気スキルミオン」を放射光で見る(1) 磁気スキルミオンとは
- 6.13 【物構研ハイライト】「磁気スキルミオン」を放射光で見る(2) 世界初の測定手法とクマさんの鍵穴
- 6.21 【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～第7回X線イメージング～
- 6.26 【物構研トピックス】SBRC International Cryo-EM Seminar1 を開催
- 7.4 【物構研ハイライト】水の惑星分析班
- 7.9 【プレスリリース】GaN の結晶欠陥を大面積且つ非破壊で検出・分類する方法を開発 ～青色LEDから電力制御素子まで、GaN 結晶の高品質化を加速～
- 7.31 【プレスリリース】ディラック線ノードの直接観測に成功 ートポロジカル量子コンピューター基盤物質を発見ー

PF-UA 報告

庶務幹事 植草秀裕

平成 30 年 4 月より清水敏之 PF-UA 新会長の下、新しい幹事会、運営委員会の活動がスタートいたしました。PF-UA ホームページには清水会長の「会長挨拶」が掲載されておりますので、ご覧いただければと思います。PF-UA には、その活動を支える 7 つの小委員会がありますが、それぞれ幹事を委員長、運営委員をメンバーとして組織されました。庶務小委員会は庶務の統括や PF との連絡、行事小委員会は各種学会合や講習会、また量子ビームサイエンスフェスタや、JSR（日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム）の運営、広報小委員会は PF ニュース等を利用した情報発信、戦略・将来計画検討小委員会は PF-UA や PF の将来計画への提言、推薦・選挙管理小委員会は運営委員会および次期会長の選挙管理、共同利用小委員会は PF ユーザーやユーザーグループに関する意見集約、教育小委員会は講習会などを含む広く教育に関する事項を扱います。

先日開催されました第 1 回幹事会、第 1 回運営委員会の議事録が PF-UA のホームページまた、本号に掲載されております。

その中で特に PF-UA 会則・細則の検討が行われました。この数年、会則・細則の細かい改定が行われてきましたが、最近の個人情報保護の観点から、より現実合った方法で会員資格を定め、会員名簿を作成・管理する必要があります。このためには、PF-UA 会則・細則の大きな改定を行う必要があります。年度末の PF-UA 総会に向けてしっかりと議論を行います。また、PF と PF-UA の間の覚え書きについても、会則・細則に合った現実的な形に改定し、早期に取り交わします。

会員増強、特に企業の皆様にも賛助会員として PF-UA の活動に興味を持っていただくこと、また PF-UA、あるいは UG をさらに活性化させる新しい活動の検討も行います。PF-UA、PF を取り巻く環境も常に注視し、両組織が今後も発展できるよう、PF と緊密な連携をとりながら UA の運営を行うことは言うまでもありません。

PF-UA 会員の皆様におかれましても、PF や PF-UA の活動についてご意見、疑問点などございましたら、PF-UA 事務局または庶務幹事までお知らせいただければ幸いです。PF-UA の活動は会員の皆様のご協力により初めて成り立つものです。今後とも皆様からのご支援を心よりお願い申し上げます。

PF-UA 小委員会メンバー

任期： 2018 年 4 月 1 日～2021 年 3 月 31 日

庶務小委員会：植草秀裕（委員長）、近藤寛、鈴木昭夫、田中信忠、田淵雅夫、船守展正

行事小委員会：伏信進矢（委員長）、北島昌史（委員長）、千田俊哉、増田卓也、松村浩由、横谷明德

広報小委員会：前川雅樹（委員長）、山本勝宏（委員長）、雨宮健太、一國伸之、佐藤宇史、宮脇律郎

戦略・将来計画検討小委員会：朝倉清高（委員長）、平井光博（委員長）、足立伸一、鍵裕之、腰原伸也、小林寿夫、佐々木聡、佐藤衛

推薦・選挙管理小委員会：沼子千弥（委員長）、阿部善也（委員長）、奥部真樹、齋藤智彦、船守展正

共同利用小委員会：上久保裕生（委員長）、米山明男（委員長）、雨宮健太、齋藤智彦、松村浩由、山口博隆

教育小委員会：市川創作（委員長）、奥田浩司（委員長）、東善郎、木村正雄、佐藤友子、志村考功、田淵雅夫、手塚泰久

平成 30 年度第 1 回 PF-UA 幹事会議事録

日時：5 月 29 日（火）13 時～15 時

場所：KEK4 号館 1 階セミナーホール

参加者：清水敏之（PF-UA 会長）、植草秀裕（庶務）、田中信忠（会計）、伏信進矢（行事）、朝倉清高（戦略・将来計画）、平井光博（戦略・将来計画）、沼子千弥（推薦・選挙管理）、奥田浩司（教育）、船守展正（運営委員）、伴弘司（オブザーバー）、小杉信博（物質構造科学研究所所長）

議事次第に従い、庶務幹事を司会として平成 30 年度第 1 回幹事会を行った。

会長挨拶（清水会長）

所長挨拶（小杉所長）

【報告事項】

- 1) 幹事紹介
- 2) 各幹事の用務内容の確認
会則に記載の各小委員会について用務を確認した。
- 3) 小委員会メンバーの確定
- 4) 会計報告（田中 会計幹事）

平成 29 年度会計報告を行った。単年度黒字を次年度に繰り越す。

- 5) PF と PF-UA の覚え書きの確認
毎年、PF と PF-UA の覚え書きを取り交わしている。現状に即した内容に修正し、早期に取り交わす予定であることを報告した。
- 6) 施設報告（船守 運営委員）

【協議事項】

- 1) 会則の変更について
- 2) PF-UA 予算（田中 会計幹事）
- 3) 今後の予定
- 4) その他

平成 30 年度第 1 回 PF-UA 運営委員会 議事録

日時：5 月 29 日（火）15 時～17 時

場所：KEK4 号館 1 階セミナーホール

参加者：朝倉清高*、植草秀裕*、奥田浩司*、鍵裕之、腰原伸也、近藤 寛、佐々木聡、鈴木昭夫、手塚泰久、沼子千弥、山口博隆、横谷明德、足立伸一、雨宮健太、木村正雄、千田俊哉、船守展正、伏信進矢**、田中信忠**、平井光博**、清水敏之（PF-UA 会長）、小杉信博（物質構造科学研究所所長）、伴弘司（オブザーバー）、兵藤一行（オブザーバー）* 幹事兼任、** 幹事

議事次第に従い、庶務幹事を司会として平成 30 年度第 1 回運営委員会を行った。

会長挨拶（清水会長）

所長挨拶（小杉所長）

【報告事項】（庶務幹事）

- 1) 幹事紹介
幹事・運営委員構成について紹介した。
- 2) 小委員会メンバーの確定
各幹事を委員長とする小委員会編成を確定した
- 3) 会計報告（田中 会計幹事）
平成 29 年度会計報告を承認した。単年度黒字を次年度に繰り越す。
- 4) PF と PF-UA の覚え書きの確認
毎年、PF と PF-UA の覚え書きを取り交わしている。現状に即した内容に修正し、早期に取り交わす予定であることを報告した。
- 5) 施設報告（船守 運営委員）
H30 年度 PF・PF-AR 運転予定、運転時間推移、運転予定の詳細、課題数・ユーザー数・論文数推移、BL-19 整備、宿舍建設について報告した。

【協議事項】（庶務幹事）

- 1) 会則の変更について

第 2 章第 5 条の会員資格について、会員が複数年 PF-UA 会員となる方式が好ましいことを確認した。さらに個人情報管理や第 2 項会員制度が機能するように、修正することを確認し、修正内容について議論を行った。また会則・細則を現状に合うように修正することを確認した。今後は会長、庶務幹事を中心に、施設側とも十分に協議をしながら改定案を策定し、幹事会、運営委員会に報告することとした。

- 2) PF-UA 予算（田中 会計幹事）
平成 30 年度予算案を承認した。
- 3) 今後の予定
会則の改定に関連し、第 2 回以降の幹事会、運営委員会を開催する。2019 年 1 月に JSR で PF-UA の集いを行う、2019 年 3 月の量子ビームサイエンスフェスタで PF-UA 総会を行う予定を紹介した。
- 4) その他
特に会則の改定内容について、意見交換を行った。

人事異動・新人紹介

	発令年月日	氏名	現職	旧職
(退職)	H30. 6 30	桑原 直之		物構研 放射光科学第二研究系 研究員
	H30. 6 30	富田 翔伍		物構研 放射光科学第二研究系 博士研究員
(採用)	H30. 7. 1	望月 出海	物構研 放射光科学第一研究系 助教	物構研 放射光科学第一研究系 特別助教

2018年度量子ビームサイエンスフェスタ (第10回 MLF シンポジウム / 第36回 PF シンポジウム) 開催のお知らせ

物質構造科学研究所

2018年度量子ビームサイエンスフェスタ(第10回 MLF シンポジウム/第36回 PF シンポジウム)を2019年3月12日(火)~13日(水)の日程で開催する予定となりました。会場はつくば国際会議場(エポカルつくば)です。

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。

また、例年通り、前日の3月11日(月)の夕方からユーザーグループミーティングを開催いただくことも可能です。詳細が決まり次第ホームページやPFニュース等で皆様にお知らせ致します。

第3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~タンパク質結晶構造解析ソフトウェアの使い方について学ぶ~開催のご案内

東京理科大学基礎工学部 西野達哉
放射光科学第二研究系 山田悠介

【開催概要】

今回で3回目を迎えるPF-UAの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する中級者講習会ですが、今回はタンパク質結晶構造解析ソフトウェアの使い方をテーマに行います。

講習会は午前、午後の2部に分けて、午前の部ではより初心者を対象に構造解析の基礎講習を行うとともに、解析ソフトウェアのインストールに関する講習を行います。講師陣による自身のPCへのソフトのインストールサポートも行いますので、実は困っているという中級者の方々もぜひご参加ください。

午後の部では、中級者を対象にXDSやSHELX、CCP4プログラムの講習とともに皆さんが持ち寄ったPCやターミナル室のPCを使用してデータ処理や精密化の演習を行います。皆様奮ってご参加ください。

主催: PF-UA タンパク質結晶構造解析ユーザーグループ幹事会

共催: 高エネルギー加速器研究機構(創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム事業)

日時: 2018年10月27日(土) 10:00~

会場: 東京理科大学葛飾キャンパス

参加費: 講習会は無料。懇親会は別途徴収。ただし、参加に関わる旅費は支給されません。

プログラム予定: (発表タイトルは仮です)

午前 タンパク質結晶構造解析の基礎講習とソフトウェアインストールのサポート

- ・パソコンへのXDS/SHELX/CCP4のインストールサポート(希望者)
- ・タンパク質結晶構造解析の基礎 西野達哉(東理大)

午後 各ソフトウェアの演習とPFビームラインからの報告

- ・PFビームラインからの現状報告/全自動ビームタイムの紹介 松垣直宏(高エネ研)/藤橋雅宏(京大)
- ・XDSの紹介 山下恵太郎(東大)
- ・SHELXの紹介 平野優(量研)
- ・XDS/SHELXの演習 山田悠介(高エネ研)
- ・CCP4/cootの講義と演習 真板宣夫(徳島大)

懇親会

お申し込み方法:

講習会ホームページ(<http://pfwww.kek.jp/tanpaku/chukyu/3rd.html>)の「参加申込フォーム」からお申込みください(申込開始は9月上旬の予定です)。

お問い合わせ:

西野達哉(tnishino@rs.tus.ac.jp), 山田悠介(yusuke.yamada@kek.jp)

X線顕微鏡研究会開催のご案内

放射光科学第二研究系 木村正雄

電池や触媒に代表されるように、材料の階層構造や様々な不均一性(heterogeneity)が、材料全体の機能を決めているケースは非常に多い。さらに材料の不均一性は作りたての材料の特性を決めるだけでなく、実環境で使用する際の寿命や信頼性をも左右する。そのため、機能発現のための材料設計やその機能の経時変化(劣化、寿命)の制御のためには、そうした材料中の階層構造や不均一性を理解することが必要になる。その理解のためのアプローチ法のひとつとして、様々なX線顕微鏡による観察技術が注目され、様々な材料系に利用されている。IMSS/PFでもこうした分野での研究展開に注力している(<http://sip-sm4i.kek.jp/>)。

本研究会では、当該分野で活躍されている先生方に研究

をご紹介頂くとともに、IMSS/PF で取り組みの現状を紹介し、今後の展望について議論したい。

開催日：2018年11月1日(木)～11月2日(金)

開催場所：11/1 研究会 (12:30～18:00+技術交流会)：

つくば国際会議場 4F 405 会議室

11/2 見学会 (10:00～12:00)：高エネルギー

加速器研究機構 放射光科学研究施設

主催：日本鉄鋼協会 評価・分析・解析部会「X線顕微鏡の鉄鋼分野への応用」フォーラム

共催：高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所内閣府 SIP「革新的構造材料」先端計測拠点参加機関 KEK

定員数：50名程度

参加費：無料(技術交流会：3000円予定)

参加申し込み方法：ホームページ <https://pf-form.kek.jp/xafs-ct-workshop/> よりお申込下さい。

申込開始：2018年9月3日(月) 予定

申込期限：2018年10月26日(金) 15時(定員に余裕があれば当日受付可)

Photon Factory Activity Report 2018 ユーザーレポート執筆のお願い

PFACR2018 編集委員長 岩野薫 (KEK・PF)

Photon Factory では、施設の活動報告の一環として毎年 Photon Factory Activity Report (PFACR) を公開しております。これは当該年度に実施された実験課題の結果報告集(ユーザーレポート)であり、広く国内外に配布し PF の研究活動についてお伝えしています。皆様のご協力をおもちして 2017 年度版 (PFACR2017) の編集作業は順調に進み、2018 年秋には公開が完了する予定です。

2018 年度版である PFACR2018 の受付を開始しております。つきましては、皆様は 2018 年度に PF で行われた研究の成果をユーザーレポートとしてお送り下さるようお願い申し上げます。2018 年 4 月から 2019 年 3 月までに実施された実験について寄稿して頂くのが基本ですが、データの解析に時間を要する等が考えられますので、期間前の実験結果についての報告も歓迎しています。このユーザーレポートは、2014 年度より共同利用実験課題の終了届を兼ねることになりましたので、課題責任者は一課題につき一報以上をご提出することが求められています。

PFACR は PF が研究活動に関して評価を受ける際の重要な物差しの一つであり、皆様は PF におけるユーザー支援、ひいては皆様の研究環境の改善に繋がります。積極的にご執筆頂ければ幸いです。

ユーザーレポートの原稿や電子ファイルの準備・投稿要領は PFACR2018 のホームページ(日本語ページ：https://www2.kek.jp/imss/pf/science/publ/acr/2018/acr_submission_

[jp.html](https://www2.kek.jp/imss/pf/science/publ/acr/2018/acr-submission-en.html), 英語ページ：<https://www2.kek.jp/imss/pf/science/publ/acr/2018/acr-submission-en.html>) に掲載しておりますのでご覧下さい。執筆は英語もしくは日本語でお願いします。

<ユーザーレポート提出締切：2019年6月28日(金)>

防災・防火訓練のお知らせ

放射光科学第二系 防火・防災担当

野澤俊介・内田佳伯

高エネルギー加速器研究機構の本年度の防災・防火訓練が **2018年11月29日(木)午後** に実施されます(実施日が天候不良等で延期の場合 2018 年 12 月 4 日(火)の午後実施されます)。

訓練では、緊急地震速報が発令された場合の対処、地震発生後の機構指定避難場所(PF ニュース裏表紙参照)への避難・誘導、避難場所での職員・ユーザーの安否確認、対策本部への報告等を行います。訓練当日は PF はユーザー運転中、AR はマシンスタディ中です。また、予備日に延期となった場合は PF、AR ともユーザー運転中です。ユーザー運転中の訓練の際は MBS を閉じさせていただきますので、約 1 時間実験ができなくなります。またマシンスタディ中は実験準備等でいらっしゃっている方々には作業を中断して訓練に参加していただく必要がございます。皆様のご理解とご協力をお願い致します。東日本大震災が発生した日はその日の朝に運転が終了し、実験ホールにはユーザーの方はあまりいらっしゃいませんでしたが、これまで毎年ユーザーの皆様にもご協力いただき訓練を行っていたこともあり、ユーザー・職員は訓練どおりに避難し、安否確認なども迅速に行うことができました。実験装置の転倒、落下等の被害はあったものの、幸いにして人的被害が全くなかったことは、日頃のユーザーの皆様は防災意識と、毎年の防災・防火訓練に起因していると確信しております。PF では多くのユーザーが閉じられた空間で実験を行っており、放射線や化学薬品、高圧ガスなども扱っていますので、非常時には迅速な対応が取れるよう、訓練が極めて重要と考えております。一人でも多くの方に参加していただけますようご協力をよろしくお願い致します。

平成 31 年度前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。

一般(G型)、特別2(S2型)、大学院生奨励(T型)の次の公募は 10 月上旬から受付開始し、締切は 11 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）。緊急かつ重要（U型）、予備実験・初心者（P型）、特別1（S1型）については随時受付をしています。

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。2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31年4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）」（<https://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）」（<https://www2.kek.jp/imss/pf/use/program/>）にも詳細を掲載しています。

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31年度前期 フォトン・ファクトリー研究会の募集

物質構造科学研究所長 小杉信博

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ご応募下さいませようお願いします。

記

1. 開催期間 2019年4月～9月
2. 応募締切日 2018年12月21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

Email: pf-sec@pfqst.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件当り上限30万円程度）。開催日程については、採択後に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。

KEK 一般公開のお知らせ

一般公開実行委員会

放射光科学第一・第二研究系 間瀬一彦、加藤龍一
加速器第七研究系 山本尚人

今年度のKEK一般公開は9月2日（日）に開催されます。普段は見ることのできない施設や装置が多数公開となるほか、第一線で活躍する研究者による講演、こども向け体験コーナーなど、様々な企画を用意してお待ちしております。

PFでは、今年は「はかる」をテーマに展示を行います。実験ホールでは、光を使っているいろいろなものを「はかる」ための機器の展示と説明を行います。光を「はかる」ための装置を、古いものから最新のものまで展示します。また、最新の検出器を備えた3つの実験ステーションの公開と説明を行います。（1）生命の研究から薬の開発にも役立つタンパク質結晶構造解析ステーション。我々の暮らしを豊かにする先端材料の分析研究を行う（2）X線吸収分光ステーションと（3）光電子分光ステーション。それぞれの分野で、最先端の研究機器をご覧頂けます。実際のビームライン機器を使った放射光実験の解説など、楽しく見て触って学べる展示をPFスタッフ一丸となって準備中です。また、昨年に引き続き、PF加速器リングの公開を今年も行います。1周187メートルの加速器リングに整然と並ぶ電磁石群や挿入光源などの実物を見学することが可能です。景品付きクイズラリーも例年通り実施予定です。

今年度新しい試みとして、研究本館に物構研の概要展示コーナーを設けます。そこで興味を持たれた方が、実際の施設（PFサイト）を見に来られることを期待しています。PFサイトでは放射光だけでなくそれ以外の物構研の研究紹介も行う予定で、中性子・ミュオン・低速陽電子それぞれのビームを利用した研究や、J-PARC MLFの解説などを行います。

講演は、今年度から物構研の所長に着任された小杉信博教授による「X線を使った分子同士の相性診断 ～アルコールは本当に水とよく混ざるのか～」ほか3件が予定されています。また、参加者も研究者と議論したり実験に参加できるサイエンスカフェとして、PFの村上洋一教授による「磁石にくっつく、くっつかないの不思議」ほか3件

が予定されています。その他にも、霧箱教室、光の測定器製作教室、科学おもちゃで遊ぼう、多摩六都科学館の出張教室よりにスライムで遊ぼう、なども準備中です。お子さんからお年寄りまで楽しめるような企画が盛り沢山ですので、放射光ユーザーの皆様も普段とは異なる KEK を楽しんでいただけたらと思います。ご家族、ご友人お誘い合わせの上、KEK 一般公開にお越し頂きますよう職員一同心よりお待ち申し上げます。

一般公開当日は、つくばセンター（つくばエクスプレス「つくば駅」下車すぐ）と KEK 間の無料送迎バスが運行されます。自家用車でお越しの方は、KEK 内に臨時駐車場を設置しておりますので直接 KEK までお越しください。KEK 構内の移動には無料の巡回バスがご利用いただけます。KEK 一般公開に関する詳しい情報は <https://www.kek.jp/ja/PublicRelations/Events/Openhouse/> をご参照ください。物構研の一般公開 2018 特設サイト (<https://www2.kek.jp/imss/news/2018/topics/openhouse/>) も随時更新中です。

1. 日時：2018 年 9 月 2 日（日）9:00～16:30

2. 公開施設：フォトンファクトリー、電子陽電子入射器、SuperKEKB 加速器、Belle-II 測定器、KEKB 富士実験棟、コッククロフト・ウォルトン型加速器、超伝導低温工学センター、計算科学センター、放射線科学センター、機械工学センター、先端計測実験棟、先端加速器試験棟（ATF）、超伝導リニアック試験施設棟（STF）など

3. 展示：トリスタンから KEKB へ、理論展示 2018、T2K ニュートリノ振動実験、J-PARC、ATLAS 実験

4. 講演（小林ホール）：

◇ 10:00～10:45 西田 昌平（KEK 素粒子原子核研究所

准教授）

「いよいよ始まった Belle II 実験～消えた反物質の謎～」

◇ 11:15～12:00 柴田 恭（KEK 加速器研究施設 准教授）
「ビームの初衝突！！本格稼働を開始した SuperKEKB 加速器」

◇ 13:30～14:15 佐貫 智行（東北大学大学院 准教授）
「国際リニアコライダーって何？」

◇ 14:45～15:30 小杉 信博（KEK 物質構造科学研究所 所長）
「X線を使った分子同士の相性診断 ～アルコールは本当に水とよく混ざるのか～」

5. サイエンスカフェ（国際交流センター）：

◇ 10:00～10:45 山内 正則（KEK 機構長）
「宇宙の4つの謎」

◇ 11:15～12:00 村上 洋一（KEK 物質構造科学研究所 教授）
「磁石にくっつく、くっつかないの不思議」

◇ 13:30～14:15 栗本 佳典（KEK 加速器研究施設 准教授）
「最強陽子ビームを作れ！～J-PARC メインリング増強計画～」

◇ 14:45～15:30 関口 哲郎（KEK 素粒子原子核研究所 研究機関講師）
「ニュートリノカフェ ～謎多き素粒子ニュートリノのおはなし～」

6. その他の主な企画：霧箱教室、光の測定器製作教室、科学おもちゃで遊ぼう、多摩六都科学館の出張教室、なんでも質問コーナー、KEK 古本市、理論クイズ王決定戦、量子色力学カードゲーム、総研大コーナー、など。

予 定 一 覧

2018 年

9 月 2 日	KEK 一般公開（KEK）
9 月 4～7 日	OHO' 18 セミナー（KEK）
9 月 7～8 日	PF 研究会「X線とクライオ電子顕微鏡で挑む生命の機能とカタチ」（KEK・研究本館）
10 月 27 日	第3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 ～タンパク質結晶構造解析ソフトウェアの使い方について学ぶ～（東京理科大学葛飾キャンパス）
11 月 1～2 日	X線顕微鏡研究会（つくば市・つくば国際会議場、KEK・放射光科学研究施設）
11 月 16 日	PF 平成30年度第二期ユーザー運転開始
11 月 20 日	PF-AR 平成30年度第二期ユーザー運転開始
11 月 29 日	防災・防火訓練
11 月 3～4 日	総研大 30 周年記念シンポジウム（東京大学駒場 I キャンパス）
12 月 19 日	PF, PF-AR 平成30年度第二期ユーザー運転終了
12 月 21 日	平成31年度前期フォトン・ファクトリー研究会応募締切

2019 年

1 月 9～11 日	第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム（福岡国際会議場）
3 月 12～13 日	2018 年度量子ビームサイエンスフェスタ／第10回 MLF シンポジウム／ 第36回 PF シンポジウム（つくば市・つくば国際会議場）

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

第 32 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要項

1. 開催日 2019 年 1 月 9 日(水), 10 日(木), 11 日(金)

2. 場所 福岡国際会議場 (福岡県福岡市博多区石城町 2-1)

3. 主催 第 32 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム組織委員会

共催 日本放射光学会(主幹), 佐賀県立九州シンクロトン光研究センター, 大阪大学蛋白質研究所, 科学技術交流財団あいちシンクロトン光センター, 九州大学シンクロトン光利用研究センター, 高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所, 高輝度光科学研究センター, 佐賀大学シンクロトン光応用研究センター, 産業技術総合研究所分析計測標準研究部門, 自然科学研究機構分子科学研究所極端紫外光研究施設, SPring-8 ユーザー協同体 (SPRUC), SLiT-J ユーザー共同体, 東京大学物性研究所軌道放射物性研究施設, 東京大学放射光分野融合国際卓越拠点, 東京理科大学総合研究院赤外自由電子レーザー研究センター, 名古屋大学シンクロトン光研究センター, 日本原子力研究開発機構, 日本大学電子線利用研究施設, PF ユーザーアソシエーション (PF-UA), 光科学イノベーションセンター, 兵庫県立大学 New SUBARU, 広島大学放射光科学研究センター, VUV・SX 高輝度光源利用者懇談会, UVSOR 利用者懇談会, 理化学研究所放射光科学研究センター, 立命館大学 SR センター, 量子科学技術研究開発機構

4. 組織委員会 ([]は推薦団体, ()は所属機関, ○は委員長)

東純平[副組織委員長(佐賀大)], 雨宮健太[KEK-PF], 石井賢司[量研機構], 稲田康宏[放射光学会会計幹事(立命館大 SR)], 江島丈雄[SLiT-J], 岡島敏浩[副プログラム委員長(SAGA-LS)], 小田島肇[光科学イノベーション], 郭其新[副実行委員長(佐賀大)], 加藤政博[分子研], 北島昌史[PF-UA], 木村滋[JASRI], 木村昭夫[SPRUC], 木村真一[VUV・SX 懇, UVSOR 懇(阪大)], ○組頭広志[組織委員長(東北大)], 小杉信博[放射光学会会長], 鈴木哲[兵庫県立大], 妹尾与志木[実行委員長(SAGA-LS)], 副島雄児[副実行委員長(九大)], 曾田一雄[名大], 高原淳[プログラム委員長(九大)], 竹田美和[AichiSR], 築山光一[東京理科大], 徳永信[九大], 豊川弘之[産総研], 生天目博文[HisOR], 初井宇記[理研], 早川 恭史[日大], 平田靖透[東大物性研, 東大放射光分野融合国際], 福田竜生[原子力機構], 山下栄樹[阪大蛋白研]

5. プログラム要綱

- ・ 9 日午後に総会, 各賞の受賞講演を開催予定です。
- ・ 10 日夕方に懇親会を開催予定です。
- ・ 企画講演, オーラルセッションは 10 日, 11 日に行う予定です。
- ・ ポスターセッション, 企業展示, 施設報告は 10 日, 11 日に行う予定です。

6. 参加費・懇親会費

区分		11月30日までに支払	12月1日以降 (現金での支払いを お願いいたします)
一般	放射光学会員	6,000円	7,000円
	共催団体(特別賛助団体)会員・職員	7,000円	8,000円
	共催団体(上記以外)会員・職員	8,000円	9,000円
	非会員	12,000円	13,000円
学生	放射光学会員	3,000円	4,000円
	共催団体会員	3,000円	4,000円
	非会員	4,000円	5,000円

参加費

懇親会費

区分	11月30日までに支払	12月1日以降 (現金での支払いを お願いいたします)
一般	6,000円	7,000円
学生	3,000円	4,000円

- ・ 発表申込時に参加登録を一緒に行っていただきます。その際、参加費および懇親会費の支払いの手続きも行ってください。事前の支払いは、クレジットカード払い、銀行振込が可能です。手続きの方法は、参加登録開始後放射光学会ホームページ上(<http://www.jsrr.jp>)でご確認ください。なお、参加をキャンセルされた場合の返金はいたしません。
- ・ 参加登録のみの場合も、同じく学会ホームページからできるだけ事前に行ってください。
- ・ 11月30日までに事前に支払手続きを行わない場合は、12月1日以降の参加費を現地受付でお支払いください。
- ・ プログラム(冊子)は当日現地受付にてお渡しいたします。また、予稿集はWeb公開のみです。(12月上旬公開予定、一つのPDFファイルにまとめたものもご用意いたします)。11月30日までに支払を済まされた方には、公開時に閲覧のためのパスワードを送付いたします。会場には無線LANが届かない部屋もありますので、予めダウンロードいただくことをお勧めいたします。なお、会場でも貸出用USBメモリーから、ご自分のPCにコピーすることができます。

7. 発表者資格

- ・ 日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムの一般講演・ポスターの発表者(登壇者またはポスターの発表の場合は説明者)は、共催団体の会員か職員に限ります。
- ・ 発表を希望される方で、発表申込み時点で発表者資格を有しない方は、発表当日までに資格を取得する必要があります。
- ・ 発表者が共催団体の会員・職員である場合は、共同発表者の中に上記の資格を満たさない方が含まれていても差し支えありません。

8. 発表申込について

- ・受付開始:2018年9月3日(月)
- ・申込締切:2018年10月2日(火) 17:00 厳守

申込方法:日本放射光学会ホームページ(<http://www.jssrr.jp>)を通して、発表申込、予稿集原稿提出、参加申込を行ってください。

- ・ ネットワークトラブル回避の為、締切日直前の申込みはなるべく避けて下さい。
- ・ 発表形式:オーラルとポスターがあります。希望される発表形式を選択して下さい。
- ・ 発表番号通知:2018年11月上旬に日本放射光学会ホームページ上で公開いたします。

9. 予稿集原稿について

- ・ PDFファイルで作成の上、発表申込の際に投稿してください。
- ・ 原稿形式 発表1件につき、予稿は1/1ページ(A4/縦置き)です。
- ・ A4(縦長)に下記の要領で文字を打ち込み、原稿を作成して下さい。
 - ①用紙の余白/上2.5 cm, 下1.5 cm, 左右2.5 cm
 - ②1行目左端… 実験を行った施設名(12ポイント)
 - ③2行目中央… 表題(18ポイント)
 - ④3行目… 空ける
 - ⑤4行目中央… 著者名・所属(14ポイント)
 - ⑥5行目代表著者のメールアドレス(E-mail: …の形式;14ポイント)
 - ⑦6行目… 空ける
 - ⑧7行目… 本文(14ポイント)
- ・ 文字化けを避けるために必ずフォントを埋め込んでファイルを作成して下さい。

10. プログラムの掲載

- ・ プログラムは、11月上旬に日本放射光学会ホームページ上に掲載いたします。
- ・ 日本放射光学会誌「放射光」第31巻6号(2018年11月末発行予定)に掲載いたします。

11. 企画講演の公募

前回と同様に、会員全体から企画講演を公募します。企画講演の形式や応募先・締切等は以下を参照ください。

- ・ 時間配分:趣旨説明を含めて全体で90~160分の企画講演を3枠公募します。
(本年は、プログラム委員会提案の企画講演で上記以外の1枠分を使用します)
- ・ 企画の提案者には、講演の最初に趣旨説明と会期終了後の報告書の提出をお願いします。
- ・ 応募先:第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム事務局(jsr2019@jssrr.jp)宛に電子メールで、①企画講演タイトル、②提案理由(200字程度)、③講演者および時間配分を明記し、応募してください。
- ・ 応募締切:2018年8月28日(火) 9:00

12. 会場へのアクセス, 交通のご案内

○電車を利用する場合

地下鉄呉服町駅より徒歩 12 分

地下鉄中洲川端駅より徒歩 15 分

西鉄天神駅より徒歩 22 分

地下鉄天神駅より徒歩 22 分

JR 博多駅より徒歩 27 分

○バスを利用する場合

JR 博多駅(博多口) — 博多駅シティ銀行前(F のりば 99 番)12 分 — 【博多ふ頭行】国際センターサンパレス前下車 — 徒歩すぐ

JR 博多駅(博多口) — 博多駅シティ銀行前(F のりば 88 番)12 分 — 【中央ふ頭行】国際センターサンパレス前下車 — 徒歩すぐ

西鉄・地下鉄 天神駅 — ソラリアステージ前(2A のりば 80 番)9 分 — 【中央ふ頭行】国際センターサンパレス前下車 — 徒歩すぐ

地下鉄 呉服町駅 — 呉服町(都市高速・蔵本方面 88 番)7 分—【中央ふ頭行】国際センターサンパレス前下車 — 徒歩すぐ

○車/タクシーを利用する場合

車【都市高速利用】

福岡市の西側(唐津方面)から — 東浜ランプ 約 5 分

福岡市の南側(太宰府方面)から — 築港ランプ 約 3 分

福岡市の東側(北九州方面)から — 築港ランプ 約 3 分

タクシー

福岡空港から 約 15 分

博多駅から 約 10 分

天神から 約 6 分

運転スケジュール(Sep. ~Dec. 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

9月	PF	PF-AR	10月	PF	PF-AR	11月	PF	PF-AR	12月	PF	PF-AR
1(土)			1(月)			1(木)			1(土)	E	E
2(日)			2(火)			2(金)			2(日)	E	E
3(月)			3(水)			3(土)			3(月)	E	E
4(火)			4(木)			4(日)			4(火)		
5(水)			5(金)			5(月)	STOP		5(水)	B	B
6(木)			6(土)			6(火)			6(木)	M	M
7(金)			7(日)			7(水)		STOP	7(金)		
8(土)			8(月)			8(木)			8(土)	HB	E
9(日)			9(火)			9(金)			9(日)	HB	E
10(月)			10(水)			10(土)			10(月)	HB	E
11(火)			11(木)			11(日)			11(火)		
12(水)			12(金)			12(月)	T/M		12(水)		B
13(木)			13(土)			13(火)			13(木)	M	
14(金)			14(日)			14(水)			14(金)		
15(土)	STOP	STOP	15(月)	STOP	STOP	15(木)			15(土)		
16(日)			16(火)			16(金)			16(日)	HB	E
17(月)			17(水)			17(土)			17(月)	HB	E
18(火)			18(木)			18(日)	E	T/M	18(火)		
19(水)			19(金)			19(月)	E		19(水)		
20(木)			20(土)			20(火)		E	20(木)		
21(金)			21(日)			21(水)	B	B	21(金)		
22(土)			22(月)			22(木)			22(土)		
23(日)			23(火)			23(金)			23(日)		
24(月)			24(水)			24(土)			24(月)		
25(火)			25(木)			25(日)	E	E	25(火)	STOP	STOP
26(水)			26(金)			26(月)			26(水)		
27(木)			27(土)			27(火)			27(木)		
28(金)			28(日)			28(水)	B	B	28(金)		
29(土)			29(月)			29(木)		M	29(土)		
30(日)			30(火)			30(金)	E	E	30(日)		
			31(水)						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(<https://www2.kek.jp/imss/pf/>)の「PFの運転状況／長期スケジュール」(<https://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7月9日分科会(電子物性), 7月17日分科会(化学・材料), 7月26日分科会(構造物性, 生命科学I, 生命科学II), 7月27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.61 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

5月9日に締め切られた平成30年度後期共同利用実験課題公募には185件の課題申請があり、審査の結果、採択課題170件、条件付き採択課題12件、不採択課題3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。

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。
- ・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程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。
- ・課題名が包括的すぎるので、具体的な課題名にして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。

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します。

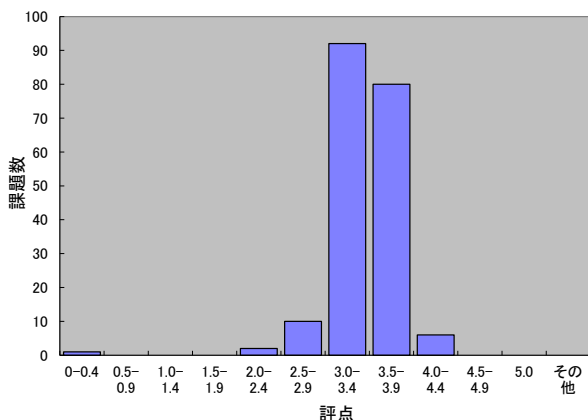
<https://www2.kek.jp/imss/pf/use/result/>

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。

平成30年度後期PAC 評点分布



* 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

5月9日に締め切られた平成30年度後期共同利用実験課題公募には3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：2018S2-004

課題名：ディラック酸化物の探索

責任者：東北大学多元物質科学研究所 組頭 広志

課題番号：2018S2-005

課題名：BL-13B 光電子分光システムのマイクロ測定を目指した高度化と機能性材料の精密物性評価研究

責任者：東京工業大学理学院 小澤 健一

課題番号：2018S2-006

課題名：コヒーレント軟X線回折によるメゾスコピック領域の磁気イメージング

責任者：物質・材料研究機構 山崎 裕一

3. T 型課題

5月18日に締め切られた平成30年度後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：2018T002

課題名：位相コントラストイメージングを用いた試料の「硬さ」に関する研究

責任者：総合研究大学院大学・高エネルギー加速器科学研究科 亀沢 知夏

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. マルチプローブ共同利用実験課題(複数の量子ビームを用いて行う共同利用実験課題)

3月9日に予備申請、4月18日に本申請が締め切られた平成30年度後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、継続審議(保留)となりました。引き続き、中性子およびミュオンの課題審査部会/利用研究課題審査委員会と連携しながら審議を行い、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る予定です。

5. 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)。

「多様な物質・生命科学研究に広がる小角散乱～多(他)分野の小角散乱を学ぼう！」

提案代表者：京都工芸繊維大学 櫻井 伸一

「高繰り返し極短パルス光源の未来」

提案代表者：量子科学技術研究開発機構 羽島 良一

6. 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)

- 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試行を実施したこと。この加速器運転期間に企業による施設利用がないビームラインでは一般課題へのビームタイム配分を実施したこと。
参考：<https://www2.kek.jp/imss/pf/approach/industry/promotion.html>
- 構造生物関係ビームラインの新しい運用について
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)設けることに関して運用を開始し、利用があったこと。
- ユーザーグループ運営装置の評価について
今年度に覚書締結の有効期間(3年間)が終了となるユーザーグループ運営装置(高温高圧実験装置：MAX-III)について、PFおよびPF-UAで設置する評価委員会で、運営に関する評価、覚書有効期間の延長に関する審議を行うこと。
- PF-ARの加速器運転について
加速器運転時の電気代を節減するために、PF-ARを5 GeVで運転することについてPF内で検討中であること。今後、PF-UAとも連携しながら検討を続けること。
- 海外の研究施設との連携について
タンパク質結晶構造解析に関する実験課題について、スイスのポール・シェラー研究所(PSI)と覚書を締結して相互のビームタイム利用を行うことを検討中であること。
- ビームラインの状況について
BL-19は建設中であり秋から立ち上げ・調整を開始して来年度からの一般ユーザーへの開放を検討中であること。BL-27はユーザーグループ運営ステーションとして運用することを検討中であること。

審議事項(抜粋)

- 量子ビームサイエンスフェスタ(第35回PFシンポジウム)での評価について
S2型課題、T型課題、MP課題に関するレフリー審査の結果について、承認された。
- 実験課題の再申請に関する規約の変更について
実験課題再申請後に、既存の評点が低い対象実験課題へのビームタイム配分がなされる場合を考慮して、以下のように規約を変更することが、承認された。

現在の規約

(課題の再申請) 採択されたけれども評点が低いためにビームタイムが配分されない課題について、より高い評価を得るために再申請を行うことができます。このような申請を提出する場合には申請書の中の課題名の最初に再申請であることを明記して下さい。再申請が採択された場合には、いずれかの課題を取り下げさせていただきます。

変更後の規約

(課題の再申請) 採択されたけれども評点が低いためにビームタイムが配分されない課題について、より高い評価を得るために、対象有効課題を取り下げた後に再申請を行うことができます。このような申請を提出する場合には申請書の中の課題名の最初に再申請であることを明記して下さい。

その他

• S2 型課題について

S2 型課題有効期間終了後に申請される関連研究の G 型課題について、S2 型課題の研究成果をどのように考慮すべきなのかについて意見交換を行った。S2 型課題の評価方法とともに、引き続き、検討を行うことになった。

• P 型課題について

P 型課題が採択され、その有効期間内に同様の研究内容で G 型課題を申請する場合は、P 型課題の終了届けを提出してから G 型課題申請を行うことと規定することが了承された。

第 101 回物質構造科学研究所運営会議議事次第

日時：平成 30 年 5 月 31 日 (月) 10:00 ~

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 17-11 助教 1 名：低速陽電子)
- (2) 教員人事 (物構研 17-12 教授 1 名：ミュオン)
- (3) 学術研究フェローの雇用計画について (特任准教授・特定人事：放射光)
- (4) 特定有期雇用職員の雇用計画について (特別准教授・特定人事：中性子)
- (5) 平成 30 年度マルチプローブ共同利用実験課題審査会 審査員について

【2】 報告事項

- (1) 所長報告：研究所の現況
- (2) 物構研からの提言およびその外部評価について
- (3) 人事異動
- (4) 博士研究員の選考結果について
- (5) 研究員の選考結果について
- (6) 平成 30 年度放射光共同利用実験課題審査結果 (P 型) について
- (7) 協定等の締結について (国内機関関係) (資料配付のみ)

【3】 報告事項 (配布資料のみ)

- (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

※第 98 ~ 100 回は書面審議。

物構研談話会

日時：7/24 (火) 16:00 ~

題名：200 kV クライオ電子顕微鏡での高分解能構造解析の考察

講師：重松秀樹氏 (理化学研究所 放射光科学研究センター・生物系ビームライン基盤 G)

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
1. 電子物性				
2018G513	全反射高速陽電子回折によるAg(100)上のバナジウム亜酸化物薄膜の構造決定	立教大学	枝元 一之	低速陽電子
2018G516	電子Cold Collisionで発現する分子回転の動的効果の探索	東京工業大学	北島 昌史	20A
2018G518	単層酸化グラフェンへのストロンチウムの吸着状態の解明	量子科学技術研究開発機構	圓谷 志郎	27A, 27B
2018G539	ペロブスカイトCa _{1-x} Sr _x Mn _{1-y} Sb _y O ₃ の電荷秩序・磁気秩序探索と強誘電性の研究	東北大学	木村 宏之	4C, 8A, 16A, 3A
2018G542	Electronic structure of the metal-to-insulator transition in ultra-thin films of BaBiO ₃ , the only copper-free high-Tc superconducting oxide.	Universite Paris-Sud 11, FRANCE	Andres F. SANTANDER-SYRO	2A
2018G549	準大気圧XPS測定による高分子保護金クラスター触媒のマトリクス効果における水和分子の影響観察	大阪大学	櫻井 英博	13B
2018G553	GISAXS法によるブロック共重合体薄膜の表面ナノ構造の評価	京都大学	奥田 浩司	6A, 11A, 13A/B, 15A2
2018G582	ブルシアンブルー類似体の構造と電子状態	大阪府立大学	岩住 俊明	7C, 11A
2018G587	自立したディラックノードル単原子層の電子状態研究	東京大学	松田 巖	2A
2018G590	高分解能軟X線光電子分光による単原子合金モデル触媒の電子状態と表面反応の研究	東京大学	吉信 淳	13B
2018G595	オベラント内殻分光の高度化と作動する触媒の活性状態解明への応用	慶應義塾大学	近藤 寛	13A/B
2018G596	異方的電子状態が誘起する酸化物極薄膜の新規強誘電性の解明	広島大学	中島 伸夫	7C, 16A
2018G597	軟X線発光分光による機能性ゼオライトの部分電子構造	熊本大学	細川 伸也	16A
2018G604	塗布プロセスで作製した有機ELデバイス用非晶質薄膜の配向性評価	東京大学	坂井 延寿	7A, 13A/B
2018G606	界面構造制御したp型酸化物半導体スズ酸化物および関連物質の電子状態観測	産業技術総合研究所	簗原 誠人	2A/B
2018G619	電子・イオン同時計測による分子の多重Augerダイナミクスの研究	上智大学	小田切 丈	16A, 28A/B, 2B
2018G624	磁気秩序を伴う多層ディラック電子系におけるバンド構造の直接観測	東京大学	坂野 昌人	28A/B
2018G631	石炭の酸化脱硫における硫黄形態の変化	秋田大学	加藤 貴宏	11B
2018G650	SiCの局所構造と電気化学特性の相関検証	京都大学	深見 一弘	11A, 13A
2018G653	軟X線ARPESによる新奇トポロジカル半金属の研究	東北大学	相馬 清吾	2A
2018G664*	酸化物チタニア結晶に光生成された励起子が誘起する表面反応後における結晶表面構造の全反射高速陽電子回折	産業技術総合研究所	平川 力	低速陽電子
2018G671	強相関電子系における拡張多極子の電流・磁場応答の微視的観測	KEK物構研	田端 千紘	4C, 11B, 16A, 3A
2. 構造物性				
2018G503	13Cダイヤモンドラマンスペクトルを用いた圧カスケールの構築	東北大学	鈴木 昭夫	18C
2018G524	水素ハイドレートの高温高压下における構造進化の解明と水素-水系新物質の創成	立正大学	平井 寿子	18C
2018G533	SrTiO ₃ 基板上のLaMnO ₃ 超薄膜の厚さ誘起自己ドーピングの観測	大阪大学	若林 裕助	3A
2018G536	GaN結晶の表面界面構造のX線CTR散乱法及びX線トポグラフ法による研究	日本女子大学	秋本 晃一	4C, 14B, 20B, 3A
2018G537	蛍光X線ホログラフィーによる白色LED用赤色蛍光体中四価マンガンイオンの局所構造解析	山形大学	北浦 守	6C
2018G539	ペロブスカイトCa _{1-x} Sr _x Mn _{1-y} Sb _y O ₃ の電荷秩序・磁気秩序探索と強誘電性の研究	東北大学	木村 宏之	4C, 8A, 16A, 3A
2018G543	ABCO ₄ 型およびAB ₂ CO ₃ 型酸化物イオン伝導体の高分解能X線回折データに基づく結晶構造解析	東京工業大学	藤井 孝太郎	4B2
2018G551	Preparation and Characterization of Advanced Zeolites Containing Functional Nanomaterials for Luminescence and Scintillation Properties	Kyungpook National University, KOREA	Nam Ho HEO	5A
2018G555	炭酸塩鉱物/油/塩水界面の構造解析	物質・材料研究機構	佐久間 博	4C, 3A
2018G556	異常原子形状因子を用いた蛍光X線ホログラフィーによるFeSe _x Te _{1-x} の隣接元素種の決定	熊本大学	細川 伸也	6C
2018G561	合成ハイドロキシアパタイト単結晶の構造解析	昭和大学	成澤 英明	8A, 16A
2018G566	転写可能単層グラフェンの界面構造の研究	九州大学	田中 悟	4C, 3A
2018G569	メタンハイドレートの高温高压分解実験に基づく土星衛星タイタンの大気メタンの起源の解明	愛媛大学	門林 宏和	18C
2018G570	Gd金属間化合物における異常ホール効果と逐次磁気相転移	東京大学	有馬 孝尚	3A
2018G571	鉄系超伝導体における新奇電子秩序相の解明	大阪大学	中島 正道	4C
2018G572	歪んだカーボンナノチューブに内包された水の構造	神奈川大学	客野 遥	8A, 8B
2018G583	高压実験用新型6-6式フレームの評価	愛媛大学	瀧崎 員弘	NESC
2018G584	正方カゴメ格子量子スピン反強磁性体新物質群の構造および磁性の系統的研究	東京理科大学	藤原 理賀	8B
2018G591	オリビーンスピネル非平衡相転移と変形の相互作用	九州大学	久保 友明	NE7A
2018G592	トポロジカル絶縁体Bi _{2-x} Sb _x Te _{3-y} Se _y の局所構造に関する研究	岡山大学	江口 律子	6C

2018G598	ナノシートのトポタクティック酸化反応から得られた新規二次元ナノ材料の構造解析	京都大学	福田 勝利	6C
2018G599	蛍光X線ホログラフィーによる格子歪み解析に基づいた電気磁気効果の解明	名古屋工業大学	木村 耕治	6C
2018G602	金属ナノ結晶材料の低温格子定数と格子振動状態	筑波大学	谷本 久典	8A
2018G603	K ₂ NiF ₄ 型Sr ₂ VO ₄ における軌道秩序および磁気構造の解明	東北大学	山本 孟	4C, 8A, 14A, 3A
2018G605	NH...O水素結合を含む有機共結晶の圧縮挙動と化学反応	北海道大学	篠崎 彩子	18C
2018G620	表面X線散乱法によるUPD金属単原子層の構造解析と新規電極触媒材料探索	物質・材料研究機構	増田 卓也	4C, 3A
2018G622	PrTr ₂ Al ₂₀ (Tr=Ti,V)の結晶構造と超伝導転移の関係を調べる研究	東北大学	奥山 大輔	4C, 8A, 8B, 3A
2018G635	111系希土類化合物の圧力下における構造物性	室蘭工業大学	川村 幸裕	18C
2018G639	時間分解パルスX線回折によるレーザーショック誘起超高ひずみ速度変形下の格子ダイナミクスの解明	熊本大学	川合 伸明	NW14A
2018G643*	高圧下での鉄チタン水酸化物の結晶構造と相関系	帝京科学大学	松影 香子	NE7A
2018G646	高圧熱処理および高圧急冷による金属ガラスの局所構造変化の解明	物質・材料研究機構	柴崎 裕樹	NE5C
2018G652	超伝導体(Ca,Sr) ₃ Rh ₄ Sn ₁₃ におけるソフトフォノン由来の量子臨界点近傍の構造物性	日本原子力研究開発機構	金子 耕士	4C, 3A
2018G656	高圧下でのアルカリ金属・アルカリ土類金属塩化物の水和物の相関係と構造解析	東京大学	鍵 裕之	18C
2018G659	多層膜X線磁気回折実験における偏光子評価法の確立とFe/MgO多層膜の精密磁気構造解析	群馬大学	鈴木 宏輔	3C
2018G660	蛍光X線ホログラフィーによる太陽電池材料CuInSe ₂ 中のZn不純物の局所原子構造の研究	愛媛大学	白方 祥	6C
2018G661	大気圧酸素下でのPt(111)表面酸化物構造とその触媒活性の研究	産業技術総合研究所	白澤 徹郎	9A, NW2A, 3A, NW10A
2018G665	Fe ₃ O ₄ /MgO界面における界面磁気構造・相転移の解明	東京大学	福谷 克之	NE1A
2018G671	強相関電子系における拡張多極子の電流・磁場応答の微視的観測	KEK物構研	田端 千紘	4C, 11B, 16A, 3A
2018G674	高繰返し時間分解X線回折による電子秩序・構造相関ダイナミクスの直接観測	KEK物構研	深谷 亮	NW14A
2018G676	ジルコニアセラミックスの動的圧縮下における相転移ダイナミクスと衝撃破壊制御	自治医科大学	一柳 光平	NW14A
2018G677	レーザー誘起衝撃圧縮下における弾塑性転移下の応力解放過程メカニズム	自治医科大学	一柳 光平	NW14A
2018G682	In-situ high pressure X-ray diffraction experiments for the pressure induced super hydration of hydrous layered minerals	Yonsei University, KOREA	Yongjae LEE	18C
2018G683	ペロブスカイト構造を有する新規ナノシートの結晶構造解析	物質・材料研究機構	坂井 伸行	6C
2018G687	In-situ observation of the photo- and thermal conversion of organic semiconductor precursor thin films by X-ray reflectivity and diffraction	東京学芸大学	VOEGELI Wolfgang	4C, NE7A
2018G688	Search for correlation between crystal and magnetic anisotropy in YIG epitaxial heterostructures – an X-ray scattering study	Ioffe Physico-Technical Institute, RUSSIA	Nikolai Semenovich SOKOLOV	3A

3. 化学・材料

2018G510	徐放性製剤への応用を指向した、ブルシアンブルーとその類似体による自発形成パターンのXANES解析	日本女子大学	林 久史	9C
2018G518	単層酸化グラフェンへのストロンチウムの吸着状態の解明	量子科学技術研究開発機構	圓谷 志郎	27A, 27B
2018G525*	微量金属の含有が示唆される種々の病変組織中での金属元素分布の分析	東京医科歯科大学	宇尾 基弘	4A
2018G529*	アンモニア燃焼触媒のOperando XAFS解析	熊本大学	日隈 聡士	9A, 9C, NW10A
2018G531	非破壊XRF/XAFSによる古代オリエン特銅赤ガラスの製法解明	東京理科大学	阿部 善也	9C, 4A
2018G534*	放射光XAFSによるMn添加酸化物磁性半導体薄膜の電子構造と微細構造解析 II	東京理科大学	趙 新為	9A
2018G535*	部分酸化用触媒の活性種の同定とレドックス機能解析	徳島大学	杉山 茂	9C, NW10A
2018G540	乳がん患者の毛髪を用いたマイクロCa化学マッピングによる乳がん早期発見への有効性の検討	東海大学	伊藤 敦	11B, 15A1, 4A
2018G544	熱応答性高分子により合成された金-白金合金ナノ粒子の局所電子構造解析	千葉大学	森田 剛	12C
2018G545	マイクロXAFS法を用いた局所化学種分析に基づく水田土壌表面層へのヒ素濃集メカニズムの解明	愛媛大学	光延 聖	12C, 4A
2018G548	XAFSによる有機保護マトリクスが合金クラスターに与える構造的、電子的影響の観察	大阪大学	櫻井 英博	9A, NW10A
2018G558	アポロ月試料中斜長石の鉄価数測定：含水量との関係から探る月の揮発性物質・地殻進化	東京大学	三河内 岳	4A
2018G563	Probing the Interactions of Antitumor Active Rhenium Complexes With Biomolecules in Molecular Level	University of Calgary, CANADA	Farideh JALILEHVAN	12C
2018G567	原子炉構造材に付着した核分裂生成物の局所構造解析	東京都市大学	松浦 治明	27B
2018G568	多孔質無機構造体に捕捉されたウランおよび核分裂生成物の局所構造解析	東京都市大学	松浦 治明	27B
2018G573	抽出クロマトプロセスに用いるMA回収用抽出剤構造の最適化	日本原子力研究開発機構	渡部 創	27A, 27B

2018G574	乾式再処理廃塩の化学的安定化手法の開発	日本原子力研究開発機構	渡部 創	27A, 27B
2018G575	X線分光によるニッケルラテライト鉱床中のニッケルおよびコバルトの化学状態およびホスト相の解明	東京大学	高橋 嘉夫	9A, 12C, 15A1, 4A
2018G578	単細胞藻類におけるニッケル等レアメタルの蓄積機構の解明	東京電機大学	保倉 明子	9A, 12C, NW10A, 15A1
2018G589	様々なオペランド分光測定による高効率水分解触媒の全元素観測	山口大学	吉田 真明	9A
2018G593*	胎児-乳児期の重金属曝露が小児精神神経発達障害に与える影響:乳歯の放射光マイクロビーム蛍光X線分析	高知大学	安光ラヴエル香保子	4A
2018G594	カーボンナノチューブに包摂されたカルコゲン原子鎖の局所構造	富山大学	池本 弘之	9A, 12C, NW10A
2018G600	触媒反応中の活性点三次元構造決定のためのオペランド偏光全反射蛍光XAFS法の開発	北海道大学	高草木 達	9A
2018G601	XAFS測定によるマイクロ波照射下の金属担持触媒上の活性点の電子状態および構造のオペランド解析	東京工業大学	椿 俊太郎	12C
2018G615	in-situ XAFS法によるメタン活性化In触媒のメカニズム解明研究	北海道大学	朝倉 清高	9C, NW10A
2018G616	時間分解XAFS法によるタングステン酸鉛における光誘起電荷移動過程の解明	山形大学	北浦 守	NW14A
2018G623	L3吸収端XANESスペクトルの半値全幅を用いたランタニド化合物の形態分析	産業技術総合研究所	太田 充恒	12C
2018G625	二酸化炭素の光還元のための微量元素ドーパチタン酸カルシウム光触媒のXAFS分析	京都大学	山本 旭	12C, NW10
2018G628	メタンによるベンゼンの直接メチル化反応用Co担持ゼオライトのin situ XAFSによる構造解析	工学院大学	奥村 和	9C
2018G630	石炭火力発電所の排煙脱硫装置における水銀の分配挙動	秋田大学	加藤 貴宏	9A
2018G632	高結晶性酸窒化物光触媒における欠陥発生機構解明に向けた電子状態と局所構造の解明	信州大学	山田 哲也	12C
2018G633	高効率な人工光合成を目指した光触媒における助触媒およびドーパントの局所構造および化学状態分析	東京理科大学	岩瀬 顕秀	9A, NW10A
2018G637	XAFSを用いた原子炉構造材料の照射脆化に関する微細構造解析	日本原子力研究開発機構	岩田 景子	27A, 27B
2018G642	希土類元素をドーパしたセリア系固体電解質材料の局所構造の解明	徳島大学	村井 啓一郎	9C, NW10A
2018G644*	シンクロtron光による原因不明銅代謝異常における特殊細胞内封入体の元素イメージング解析	藤田保健衛生大学	松浦 晃洋	15A1, 4A
2018G647	火山灰土壌の微小団粒中のセレンの局所分布と存在形態	筑波大学	浅野 眞希	15A1
2018G649	色素が光燃料電池の開放電圧および出力を向上させる理由の電子論的考察	千葉大学	泉 康雄	9A, 9C, NW10A
2018G661	大気圧酸素下でのPt(111)表面酸化物構造とその触媒活性の研究	産業技術総合研究所	白澤 徹郎	9A, NW2A, 3A, NW10A
2018G662	燃料電池の正極触媒として機能する精密白金ナノクラスターの構造評価	慶應義塾大学	角山 寛規	12C
2018G663	金属内包シリコンケージナノクラスター超原子の構造評価	慶應義塾大学	角山 寛規	9A, 11B
2018G667	XAFSを用いた融合光触媒系の反応機構解明	KEK物構研	野澤 俊介	9A, NW10A
2018G670	リチオフィル石-トリフィル石風化プロセスの解明	東北大学	川又 透	15A1
2018G673	X線吸収分光を用いたNa蓄電池用高容量O3型層状NaNi _{1/2} Mn _{1/2} O ₂ の充放電反応機構の解明	東京理科大学	駒場 慎一	12C

4. 生命科学 I

2018G502	藍染めの藍建て発酵に関与するNADH-FMN依存性インジゴ還元酵素のX線結晶構造解析	東海大学	米田 一成	5A
2018G505	鉄硫黄クラスター生合成酵素反応のX線結晶構造スナップショット解析	埼玉大学	藤城 貴史	5A, 17A, NE3A, NW12A
2018G506	新規な糖加水分解酵素群であるβ-1,2-グルカン分解酵素の構造解析	東京理科大学	中島 将博	5A, NW12A
2018G507	アミノグリコシド抗生物質カナマイシン生合成酵素の構造解析	東京工業大学	宮永 顕正	5A, NE3A, NW12A
2018G508	磁気受容蛋白質複合体のX線構造解析	量子科学技術研究開発機構	新井 栄揮	17A
2018G511	分子設計のための光受容タンパク質の結晶構造解析	量子科学技術研究開発機構	安達 基泰	5A
2018G514	新規レクチンAJLecおよびSPL-aの糖複合体結晶構造解析	長崎大学	海野 英昭	5A, 17A, NE3A, NW12A
2018G520	リジン水酸化酵素とリジン酸化酵素の基質認識メカニズム	東邦大学	後藤 勝	5A
2018G521	ヒストンのクロトニル化リジンを認識するGAS41の構造基盤	横浜市立大学	小沼 剛	1A, 17A
2018G522	新規ペプチドグリカン生合成経路に関わる酵素群のX線結晶構造解析	富山大学	森田 洋行	1A
2018G523	キネシンEg5もしくはCENP-Eと新規阻害剤との複合体の構造解明	東京理科大学	横山 英志	1A, 17A
2018G527	Crystal structure of SQSTM1/p62, a selective autophagy receptor	Korea University, KOREA	Hyun Kyu SONG	NE3A, NW12A
2018G530	Structural studies on chromatin assembly pathway	Korea Advanced Institute of Science and Technology, KOREA	Ji-Joon SONG	17A

2018G532*	糖質関連酵素群の構造機能相関に係る研究	宇宙航空研究開発機構	木平 清人	1A
2018G538	細菌細胞壁の分解と表面タンパク質固定化に関する酵素のX線結晶解析	香川大学	神鳥 成弘	5A
2018G554	Crystal structure of human TSLP-TSLPR and TSLP-compound complexes, related to allergic diseases such as asthma and atopic dermatitis.	Korea University, KOREA	Young Ho JEON	1A
2018G559	植物ホルモン情報伝達を制御する薬剤-受容体複合体のX線結晶構造解析	東京大学	田之倉 優	1A, 5A, 17A, NE3A, NW12A
2018G565	インフルエンザウイルスRNAプロモーターを標的とした構造創薬科学	上智大学	近藤 次郎	17A
2018G608	ヘテロ小員環の環ひずみを利用した新規共有結合型リガンドの創製と創薬標的への応用	昭和薬科大学	石田 寛明	5A
2018G609	運搬体タンパク質インポーティングアルファ：ベータによって担われる核移行経路の多様な制御機構の構造基盤	名古屋大学	松浦 能行	17A
2018G610	クロマチン結合因子によるヌクレオソーム構造機能制御メカニズムの解明	東京大学	胡桃坂 仁志	1A, 17A
2018G613	感染症治療薬の開発ならびに治療戦略の立案支援に向けた標的タンパク質と阻害化合物の共結晶構造解析	千葉大学	星野 忠次	5A, NW12A
2018G614	ソルガム由来フラバノン-4-還元酵素の構造解析	農業・食品産業技術総合研究機構	藤本 瑞	1A, 5A, 17A, NE3A, NW12A
2018G617	ナノ構造体エンカプスリンへのタンパク質内包機構の解明	東京農工大学	野口 恵一	1A, 5A, 17A, NE3A, NW12A
2018G618	サリチル酸シグナル伝達における制御複合体のX線結晶構造解析	東京大学	宮川 拓也	1A, NE3A
2018G621	イネ由来キチナーゼ様キシラナーゼ阻害タンパク質OsXIPの機能解析	近畿大学	大沼 貴之	1A, 17A, NE3A, NW12A
2018G627	白癬菌由来ケラチン分解関連酵素の構造解析	新潟薬科大学	古川 那由太	1A, 5A, NE3A, NW12A
2018G636	機能性新規人工蛋白質及び蛋白質ナノブロック複合体のX線結晶構造解析	信州大学	新井 亮一	1A, 5A, 17A, NE3A, NW12A
2018G645	マイクロビームによる大型タンパク質単結晶の品質評価	茨城大学	田中 伊知朗	1A
2018G648	原核生物の細胞骨格因子の結晶構造解析	横浜市立大学	林 郁子	1A, 5A, NE3A, NW12A
2018G654	機能未知タンパク質を含むレゾルシノール代謝系遺伝子クラスター産物の構造機能研究	京都大学	藤井 知実	1A, 5A, 17A
2018G658	フィブラート系医薬品を始めとする多数PPAR α リガンドとPPAR α -LBD複合体の構造解析	昭和薬科大学	鎌田 祥太郎	5A, NE3A, NW12A
2018G668	hTransportin-1/hPPAR γ 複合体の結晶構造解析	東京大学	藤間 祥子	1A, 17A
2018G675	DNAクランプのスライドを制御する天然変性タンパク質の構造解析	横浜市立大学	小田 隆	1A, 5A, 17A, NE3A, NW12A
2018G678	Structural Studies on Mitochondrial Ca ²⁺ Uptake Regulatory Proteins	Gwangju Institute of Science and	EOM Soo Hyun	1A, 5A, 17A
2018G681	Resolving the crystal structure of PTPN3-p38 γ active-state complex	Academia Sinica, TAIWAN	Tzu-Ching Meng	1A, 17A
2018G689	ニトリル水和酵素触媒機構の全容解明：時間分割構造解析による反応中間体の捕捉と構造解明	秋田大学 大学院理工学研究科 教授	尾高 雅文	1A, NE3A

5. 生命科学II

2018G501	外部励起に起因する窒化ガリウム・酸化ガリウム結晶欠陥の構造変化に関する研究	ファインセラミックスセンター	姚 永昭	14B, 3C
2018G504	Synchrotron X-ray photoelectric nanoradiator therapy on malignant glioma rat model	Catholic University of Daegu, KOREA	Kim Jong-Ki	14C
2018G509	X線天文衛星で用いる真空蓋の透過率曲線の詳細測定	宇宙航空研究開発機構	辻本 匡弘	7C, 11B
2018G512	樹脂中のセルロースナノファイバーの分布の定量化	山形大学	松葉 豪	6A
2018G515	動物培養細胞集団に対するX線マイクロビーム照射効果	量子科学技術研究開発機構	今岡 達彦	27B
2018G517	ナノスケール構造解析によるわらびもちの食感・触感制御	山形大学	松葉 豪	6A
2018G519	多重らせん多糖及びペプチドの構造形成ダイナミクス	大阪大学	寺尾 憲	10C
2018G526*	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
2018G536	GaN結晶の表面界面構造のX線CTR散乱法及びX線トポグラフィによる研究	日本女子大学	秋本 晃一	4C, 14B, 20B, 3A
2018G541*	細胞内容物を用いたmimic-in-cell環境下でのアミロイドタンパク質の凝集メカニズムの解明	群馬大学	平井 光博	10C
2018G546	DNA修復蛋白質PprAの分子認識機構のSAXS解析	量子科学技術研究開発機構	新井 栄揮	10C
2018G547	溶媒と構造と結晶性との相関関係の解明	名古屋大学	小泉 晴比古	20B
2018G552	微粒子の軟X線光散乱計測	筑波大学	伊藤 雅英	11D
2018G553	GISAXS法によるブロック共重合体薄膜の表界面ナノ構造の評価	京都大学	奥田 浩司	6A, 11A, 13A/B, 15A2
2018G557	次期X線天文衛星用X線CCDの軟X線レスポンスの応答の研究	東京理科大学	幸村 孝由	11A
2018G560	位相イメージング法を用いた3次元X線サーモグラフィの開発	九州シンクロトロン光研究センター	米山 明男	14C

2018G562	時間分解SAXS測定による脂質ナノ粒子形成メカニズムの解明	北海道大学	真栄城 正寿	15A2
2018G564	自発的にフォールディングする超分子ポリマーのキネティクス解析	千葉大学	矢貝 史樹	10C, 15A2
2018G577	分子構造の異なるトリアシルグリセロールの三成分混合相挙動と相溶性に関する研究	大阪大学	金子 文俊	10C
2018G579	Tender GISAXS測定によるPS-b-P2VP薄膜の転移過程における深さ依存性	京都大学	小川 紘樹	15A2
2018G580	放射光微小冠動脈造影を用いた微小冠動脈の機能評価と虚血性心疾患への応用	筑波技術大学	松下 昌之助	NE7A, 14C
2018G581	放射光微小血管撮影法を用いた肺高血圧症における肺細動脈リモデリングの解析	筑波技術大学	松下 昌之助	NE7A, 14C
2018G585	時分割WAXD/SAXS/DSC同時測定による結晶性-結晶性ブロック共重合体の同時結晶化その場観察	東京工業大学	丸林 弘典	10C
2018G586	延伸による液晶性ブロック共重合体ラメラ状マイクロドメインの変形と液晶セグメントの折りたたみ解消	東京工業大学	戸木田 雅利	6A
2018G588	球状マイクロ相分離構造が示すFCC格子-HCP格子間の秩序-秩序転移に関する研究	KEK物構研	高木 秀彰	6A, 10C
2018G607	X線暗視野・明視野偏光顕微鏡の開発	KEK物構研	平野 馨一	14B, 3C
2018G611	筋タンパクにヒントを得た局所的折りたたみによるエラストマーの強靱化	東京大学	中川 慎太郎	6A
2018G626	高温環境下におけるチョコレート油脂の結晶成長挙動に関する研究	広島大学	上野 聡	6A
2018G634	人工蛋白質ナノブロックによる超分子複合体動的秩序構造のX線溶液散乱解析	信州大学	新井 亮一	10C
2018G638	X線位相イメージングによる蓄電デバイスのイオン挙動のオペランド計測	京都大学	平野 辰巳	14C
2018G640	軟X線用ウォルターミラーの開発とその応用	筑波大学	渡辺 紀生	11D
2018G641	ゾーンプレートX線顕微鏡による位相イメージング	筑波大学	渡辺 紀生	3C
2018G651	高圧および高温広角X線回折法に基づく半結晶性ポリイミドの体積圧縮挙動と熱膨張挙動の相関解明	東京工業大学	安藤 慎治	10C
2018G655	ブロック鎖→ホモポリマー変換に伴うナノラメラ中の高分子結晶の再配列過程	東京工業大学	野島 修一	10C
2018G657	ハイドロゲル固体試料中の紫膜積層メカニズムに対する構造科学的研究	名古屋大学	横山 泰範	10C
2018G666	ガスハイドレートによるガス貯蔵状態の可視化と機構解明	産業技術総合研究所	竹谷 敏	14C
2018G669	異常透過角度分析結晶を用いた小角散乱撮像法の開発	名古屋大学	砂口 尚輝	14B
2018G679*	温度ジャンプ法によるポリプロピレン・低立体規則性ポリプロピレンブレンドの結晶高次構造の変化に関する研	山形大学	西辻 祥太郎	6A
2018G680	サイズ排除クロマトグラフィー小角X線散乱によるsHspsの構造解析	京都大学	井上 倫太郎	10C
2018G684	放射光X線マイクロビーム照射による免疫チェックポイント応答とエクソソーム分析	KEK物構研	大原 麻希	27B
2018G686	単結晶ダイヤモンド自立膜のX線トポグラフィー欠陥評価	産業技術総合研究所	加藤 有香子	14B, 20B, 3C

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
2. 構造物性				
2017P017	鉄系超伝導体Ba _{1-x} K _x Fe ₂ As ₂ における新奇電子秩序相の解明	大阪大学	中島 正道	4C
3. 化学・材料				
2017P016	XAFSを用いた酸化還元活性なメタロ超分子ポリマーの電子状態観察	物質・材料研究機構	吉田 健文	9A, NW10A
2018P004	SmFe ₂ 薄膜の短距離秩序の異方性	東京工業大学	TAKAMURA, Yota	9A
5. 生命科学II				
2018P002	水酸化フラーレン保護金属ナノコロイドの構造決定	大阪大学	櫻井 英博	6A
2018P003	放射光X線マイクロビーム照射による免疫チェックポイント応答の予備的分析	KEK物構研	大原 麻希	27B

平成 30 年度第 1 期配分結果一覽

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	5/7	5/8	5/9	5/10	5/11	5/12	5/13
1A	TM	TM	TM	TM	E	E	E
2A/2B					調整	16G602 松田 巖	
3A					15S2-009 若林 裕助		
3B					17G017 枝元 一之		
3C					調整	16G666 鈴木 宏輔	
4A					調整	17G541 林 謙一郎	
4B2					17G608 植草 秀裕		
4C					15S2-009 若林 裕助	17G643 中島	
5A					調整		
6A					調整	17G172 島崎 望也	18G027 櫻井 伸一
6C					18G149 山本 篤史郎		
7A					18G124 朝倉 大輔	17G090 岡林 潤	18G1
7C					18G066 鈴木 秀士		
8A					17G175 佐賀山 基		
8B					17G679 岡野 純	調整	
9A					調整		
9C					調整	17G029 原田 雅史	
10A					17G040 吉朝 朗		
10C					調整	18G652 丸林 弘典	18G099 山本
11A					17G625 志岐 成友		
11B					17G553 中尾 裕剛		
11D							
12C					調整	16S2-005 藤森 淳	
13A/13B					17G032 櫻井 岳	18G594 櫻井 岳	16S2-002
14A					調整		
14B					16G549 水野 薫	17G697 安藤	
14C					調整	16G578 米山	
15A1					調整		
15A2							
16A					17G060 17G	16S2-005 藤森 淳	
17A					調整		
18B					運営	16G548 白澤	
18C					18G088 石井 陽祐	17G042 遊佐	
20A					16G521 北島 昌史		
20B					17G626 水野 薫		
27A					調整	18G065 本田 充紀	
27B					調整	17G565 橋谷 明徳	
28A/28B					調整	18S2-001 佐	
NE1A	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
NE3A							
NE5C							
NE7A							
NW2A							
NW10A							
NW12A							
NW14A							
SPF					16S2-006 兵頭 俊夫	17G639 原	

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	5/14	5/15	5/16	5/17	5/18	5/19	5/20
1A	E	E	B	M	E	E	E
2A/2B	調整	18RP-01 船橋 達夫	18R		18Y	18G	17G
3A	16G602 松田	18G093 若林 裕助	18G049 藤森 淳		18Y002	18Y002	18G009
3B	17G632 中村 智樹				17G175 佐賀山 基		
3C	17G017 枝元 一之				17G017 枝元 一之		
4A	16G666 鈴木 宏輔				16S2-003 早稲田 篤		
4B2	17G608 植草 秀裕				17P011 宇尾 基弘		
4C	17G643 中島	17P017 中島 正道			17P017 中島 正道	15S2-007 山崎 裕一	
5A	18Y	18Y005	18Y001	17Y	18G	18Y	調整
6A	17G555 植藤 大輔	17G589 藤野 裕也	18G027 香永 祥一		18G027 香永 祥一	17G036 佐藤 貴	17G132 渡野 望也
6C	17G669 細川 伸也	18G074 細川 伸也			18G091 八方 直久	17G568 岩佐	
7A	18G124 朝倉	16S2-005 藤森 淳			17G080 岡林 潤	16S2-005 藤森 淳	
7C	18G066 鈴木 秀士				17G191 杉山 和正		
8A	17S2-001 熊井 玲児				18G102 大塚 寛紀	17G635 北原 俊秀	
8B	17G528 小林 厚志	17S2-001 熊井 玲児			17S2-001 熊井 玲児		
9A	16T003 大下 聖典	17P004 原 淳子			16S2-004 山崎 淳	17G014 藤野 裕	17G600 黒田 真純
9C		17T002 高木 壮太			17G190 BAL Raj	17G034 横山 利彦	
10A	17G040 吉朝 朗	18G118 栗林 貴弘			18G118 栗林 貴弘		
10C	18G099 山本	17G140 小田 隆	17G146 有田 昌幸		17G124 米多 智	17G098 平井 光博	18G580 平井 光博
11A	17G625 志岐 成友						
11B	16G660 田端 千盛				16G660 田端 千盛		
11D					18G012 小池 雅人		
12C		18C205			16G603 今田 早紀	17G083	16S2-005 藤森 淳
13A/13B	18G584	15S2	16S2-2	18PF-03	16S2-002 藤森 淳	18C205	15S2
14A	18PF-02 岸本 俊二				17G019 木村 宏之		
14B	17G697 安藤 正海				17G087 橋 勝		
14C	16G578 米山	18PF-01 龜沢 知夏			調整	17G171 Thet Thet LWIN	
15A1	16G632 高橋 嘉夫	18C207			17G628 朝倉 清高		
15A2							
16A	16G	18G017 永沼 博			15S2-007 山崎 裕一		
17A	18C202	18Y004	18Y010		17Y	17G	17G570 藤野 裕
18B	16G548 白澤 徹郎				18-IB-12		
18C	17G042 遊佐 秀	17G640 中野 智志			17G640 中野 智志	17G133 武田	
20A	16G521 北島 昌史						
20B	17G626 水野 薫				18G117 山口 博樹	17G673 原田 俊太	
27A	18G065 本田	17G507 馬場 祐治			調整	17G066 岡本 秀治	17G681 藤井 健太
27B		17P001 今岡 達郎			調整		
28A/28B	18S2-001 佐藤 守史				18S2-001 佐藤 守史		
NE1A	T/M	T/M	T/M	E	E	E	E
NE3A					調整	17G135 佐藤 友子	
NE5C					調整	全自動測定	18RP-04 3
NE7A					17G646 若林 大佑	18G108 山田 明寛	18G
NW2A					18G004 湯浅 智也		
NW10A					調整	15S2-009 若林 裕助	
NW12A					調整	18G577 藤森 淳	17G827 橋本 幸男
NW14A					調整	18G	17G
SPF	17G639 藤谷 有喜				17G155 IHEE Hyotcherl		

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	5/21	5/22	5/23	5/24	5/25	5/26	5/27
	E	E	B	E	E	E	E
1A	18RP-01 18G59 18G160 18G169 18G188			18RP-01 松浦 晃洋 18Y004	18G17G141 小 18G033 C 調整		
2A/2B	18Y003 18G148 18Y003 18G148 18Y003 18G148			15S2-005 組頭 広志	18V002		
3A	17G175 佐藤 18G142 道村 真司			15S2-007 山崎 裕一			
3B	17G017 枝元 一之			17G525 小澤 健一			
3C	16S2-003 早稲田 篤						
4A		17G692 松浦 晃洋					
4B2	18G094 籠宮 功	17G168 八島 正知		16G644 藤井 孝太郎			
4C	15S2-007 山 17G101 清水 憲一	15S2-007 山崎 裕一		17G602 柳原			
5A	18G184 18G184 17G184 調整 18G184 18G184 17G184 調整 18Y005			18G184 調整		17G682 大山 裕之	
6A	17G665 佐村 真一 16G525 高木 秀樹 調整		18G0974 池本 昌史 17G0959 港口 雅也 18G0086 藤原 寛	17G663 中塚 康博			
6C	17G568 岩佐 16G592 木村 精治	17G705 手塚 泰久	16G585 北浦 守				
7A	16S2-005 藤森 淳	18C204 16G656 細野 英司		17G558 宮永 崇史			
7C	18G145 川又 透	17G103 今井 洋輔					
8A	17S2-001 熊井 玲児	18PF-09 熊井 玲児	17S2-001 熊井 玲児				
8B	18G080 藤村 真一 17S2-001 熊井 玲児		16G590 菅野 暁 16G634 真庭 豊				
9A		17G603 阿部 仁	18S2-002 佐藤 文菜		17G627 沼子 千弥		
9C	17G0	17G603		17G028 原田 雅史	18G057		
10A	18G118 栗林 貴弘			17G137 長瀬 敏郎			
10C	16G680 JUNG Ya 18G147 JUNG Ya	17G653 新井 泰仁		18G028 櫻井 伸一			
11A		18G129 伊藤 敏					
11B	17G627 沼子 千弥						
11D	18G012 小池 雅人		17G638 羽多野 忠				
12C	18Y003	16S2-004 山田 淳 16G843 山本 雄 17G713 林 寛仁	16G632 高橋 嘉夫				
13A/13B	15MP004 15S2 15MP004 15S2 15MP004 15S2 15MP004 15S2 15MP004 15S2 16G539 山田 淳一 16S2-002 高橋 嘉夫						
14A	17G019 木村 宏之			18G053 岸本 俊二			
14B	17G087 橋 勝	18G126 岡田 裕之	16G625 市原 周				
14C	17G073 百生 敏						
15A1	17G587 中島 伸夫			17G104 池水			
15A2							
16A	16S2-005 藤原 寛	18S2-003 足立 純一	16S2-005 藤森 淳	18C210	15MP004 小		
17A	調整 18G160 18G160 18G160 18G160	17G184 18G160 18G160	17G184 18G160 18G160	17G184 18G160 18G160	18RP-08 調整		
18B	18-IB-14		18-IB-15				
18C	17G133 武田 圭生	17G532 川村 幸裕	16G523 平井 寿子				
20A			16G521 北島 昌史				
20B	17G673 原田	17G087 橋 勝					
27A	16G557 藤原 寛	18G065 本田 充紀	16G583 國谷 志郎				
27B	18G065 本田 充紀	16G530 越 新為	17G081 小藤 博英	16G587 藤原 寛			
28A/28B	18S2-001 佐藤 宇史						
NE1A	調整	18G122 丹羽 健		18G086 菅野 暁 17G008 山本 隆文			
NE3A	18C202	18Y001	17G	全自動測定 17G712 HAN Byu 17G 18G630 SC			
NE5C	18G108 山田 明寛			17G646 若林 大祐			
NE7A	18G004 湯浅 哲也	15S2-009 若林 裕助		15S2-009 若林 裕助			
NW2A	15S2-009 若林 裕助			調整 18G068 片山 真祥			
NW10A	16S2	17G690 小西 智也		16G643 山本 雄 18G042 本倉 健 18G057			
NW12A	17G 17G 17G5	18G5 16G 17G		16G 17G 17G5 18G 16G624 宮 17G 17G573 高			
NW14A	17G155 IHEE Hyotcherl			17G155 IHEE Hyotcherl			
SPF	18G100 石田 明			16G568 長嶋 泰之			

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	5/28	5/29	5/30	5/31	6/1	6/2	6/3
	E	E	B	M	HB	HB	HB
1A	17G 18G120 村 18Y006	18C202			調整 17G 18G5	17G611 WANG Y 17G178 SU Xiao	
2A/2B	18G127 横谷 尚睦		18S2-003 眞庭 豊		18S2-003 足立 純一	16G610 小原	
3A	15S2-007 山 17G553 中尾 裕則				17G553 中尾 裕則 調整		
3B	17G525 小澤 健一				16G539 山田 洋一		
3C	16S2-003 早稲田 篤				16S2-003 早稲田 篤		
4A	17G692 松浦 晃洋				調整 18G580 藤原 寛		
4B2		18G080 西村 真一			18G080 西村 真一	18G021 堀崎	
4C	17G602 柳原	17G579 藤原 寛 16G660 田嶋 千雄			16G660 田嶋 千雄	17G576 岩佐	
5A	調整	17G			18G	18G046 眞	18G
6A	16G538 中川 浩史 17G583 奥田 浩司 16G563 奥田 浩司				17G008 16G668 17G129 小嶋 登子 18G095 真庭 豊		
6C	18G003 北浦 守	17G657 佐藤 文菜			18C207		
7A	17P006 平野 謙	18C207			17G560 遠藤 理		
7C	16G675 岩佐 俊明				16G675 岩佐 俊明		
8A	17G150 西川 浩之				17G175 佐賀山 基		
8B	18G1 調整	17S2-001 熊井 玲児			17S2-001 熊井 玲児 17G636 神戶 高志		
9A		17P016	18C201		17G029 原田 雅史		
9C					17G593 奥田 浩司	17G106 吉武 英明	
10A	17G137 長瀬 敏郎				16G558 栗林 貴弘		
10C	17P015 調整	調整	18PF-04 調整		17G121 島崎 昌史 18RP-07 清水 博 17G659 藤原 寛		
11A		16G655 幸村 孝由			16G655 幸村 孝由		
11B	17G645 雨宮 健太				17G645 雨宮 健太		
11D	17G638 羽多野 忠				18G072 江島 文雄		
12C	17G516 福田 康宏				18PF-05 若島 堅一 16G580 藤原 寛		
13A/13B	17G700 中山 泰生	16S2-002 高橋 嘉夫			15MP004 15S2 16S2-002 高橋 嘉夫 15MP00 17G694		
14A	17G630 橋本 亮				18G052 岸本 俊二		
14B	16G625 市原 周	17G088 平野 謙一			17G098 平野 謙一		
14C	18G041 関根 紀夫				18G041 関根 紀夫 調整		
15A1	17G104 池水	16G632 高橋 嘉夫			17G152 西脇 芳典		
15A2							
16A	15MP004 小野 寛才 18S2-003 足立 純一				18S2-003 足立 純一		
17A	17G180 SHEN Y 17G 17G	17G			18G	17G611 WANG Y	
18B	18-IB-10				18-IB-08		
18C	16G542 藤原 寛 17G644 榎 裕之				17G135 佐藤 文子		
20A	16G521 北島 昌史				16G521 北島 昌史		
20B	18G117 山口 博隆				18G081 山口 博隆		
27A	調整	18G097 高田 雅典 調整			18G085 関口 哲弘		
27B	17G066 藤本 秀雄 17G187 SUN ShiKuan				18G097 高田 雅典 17G565 藤原 寛 17G072 伊藤 敏		
28A/28B	16G611 石坂 香子				16G667 横谷 尚睦		
NE1A	17G640 中野 智志				17G584 木村 薫		
NE3A	調整 17G	18Y001	18Y010 16G5 全自動測定	17G 18G 調整			
NE5C	18PF-12 龜井川 卓美	17G580 坂巻 竜也	17G164 関根 ちひろ				
NE7A	15S2-009 若林 裕助	18G023 鈴木 昭夫	16G653 松下 昌之助				
NW2A	18G068 片山 眞祥						
NW10A	18Y003	18Y014	17G671 18C201	17G670 藤本 秀雄 17G691 平山 朋子			
NW12A	18G 17G	18G 調整	16S2-002 佐藤 宇	調整 17G	17G		
NW14A	調整	15S2-006 一柳 光平			17T002 高木		
SPF	16G 17G639 深谷 有喜				16S2-006 兵頭 俊夫		

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	6/4	6/5	6/6	6/7	6/8	6/9	6/10
1A	HB 17G 173	HB 18RP-01 松浦 晃洋	HB 18RP-09	M	E 16G	E 17G647 調整	E 17G
2A/2B	16G610 小田	18Y002 16G610	18Y002 16G610		17G555 18G062	17G555 18G062	17G555 17G596
3A	調整	17G018 木村 宏之			17G018 木村 宏之	16G660 田端 千紘	
3B	16G539 山田 洋一				16G584 櫻井 岳暁		
3C	16S2-003 早稲田 篤				18G117 山口 博隆		
4A	16G543 伊藤 敏					17G692 松浦 晃洋	
4B2	18G021 堀部 陽一				17G509 三宅 亮		
4C	17G576 岩佐 和果		17G521 夏永宏		17G521 夏永宏	16G535 秋本	
5A	調整	18S	18S		18Y011	18S 18G125 五	17G
6A	17G523 18G077	16G612 戸木 隆	17G693 石毛 亮平		17G582 堀谷 玄樹	18G139 藤田 剛	調整
6C	18C207				16G579 福田 勝利		
7A	17G560 遠藤 理	17G060 岡林 潤	17G560		17G560 遠藤 理	17G571 遠藤	
7C	16G675 岩住 俊明	17G706 手塚 泰久			17G706 手塚 泰久		
8A	17G630 橋本 亮				18G039 松村 武	18G102 大塚	
8B	17G635 岩住 俊明	17P015 中村 清之			18G590 菅野 達	16G634 真藤 豊	
9A	18Y114	調整	18T003 大下 俊典		18C205 17G046	17G622 原田 誠	
9C	16G527 日隈 聡士		17G688 阿部 仁		17G046 今岡 幸樹	18G082 大久保 剛	17G118 藤山 健之
10A	16G558 栗林 貴弘				16G524 興野 純		
10C	17G526 渡田 真典	18RP-06 藤本 剛	調整		18G119 上久保 裕生		
11A	16G655 幸村				16G675 岩住 俊明		
11B		16G620 加藤 貴宏			16G620 加藤 貴宏	18G090 高岡	
11D	18G072 江島 文雄				16G672 江島 文雄		
12C	17G152 西脇 芳典				17G046 今岡 幸樹	17G034 横山 利彦	18G111
13A/13B	18MP3 17G694	16S2-002 高橋 嘉夫			16S2-002 15S2	16S2-002 15S2	16S2-002 高橋 嘉夫
14A	18G054 岸本 俊二				17G170 坂倉 輝俊		
14B	17G098 早野	18WY005			17G063 櫻井 健次		
14C	18WY005	17G605 三好 敏喜			16G645 松下 昌之助		
15A1	16G590 藤倉 明子	16G543 伊藤 敏	16G632 高橋 嘉夫				
15A2					調整	18PF-13 富田 剛	
16A	18S2-003 足立 純	17G529 吉田 真明			17G529 15S2-007 山崎 裕一	16S2	
17A	18S 18RP-03	調整 173	18Y 18		18C202 18G 18Y		18G040 大下 俊
18B	18-IB-13				18-IB-06		
18C	17G135 佐藤 友子		17G096 堀谷 玄樹		17G096 堀谷 玄樹	17G021 阿部 洋	
20A	16G521 北島 昌史				18G128 小田 切文		
20B	18G081 山口 博隆				18R-02 杉山 弘		
27A	18G085 関口	17G507 馬場 祐治			17G173 奥平 幸司		
27B	18P003 大原 直樹	17P001 今岡 幸樹	17G695 鈴木 雅晴		17G066 岡本 芳樹	17G089 西中 芳樹	17G026 島田 直樹
28A/28B	18S2-001 佐藤 宇史		17G093 吉田 真明		18S2-001 佐藤 宇史		
NE1A	E 17G584 木村	E 17G042 遊佐 青	E	E	E 17G056 小野 重明	E 18G015 大村	E
NE3A	16G 17G	18Y001	18G		全自動測定	17G 17G154 野	17G 17G 調整
NE5C	17G164 関根 ちひろ			17G646 若林 大佑	18PF-12 龜勢川 卓美		
NE7A	16G653 松下	17G634 西田 圭佑				17G535 飯塚	
NW2A	調整	17G680 尾関 智	17G528 小林 厚志		18G083 井口 弘章		
NW10A	17G612 増田 卓也		17 17G029 18Y015		16G546 朝倉 清高		
NW12A	17G	18Y004 調整	18S2-002 佐藤 宇			17G093 大山 裕典	17G 17G 調整
NW14A	17T002 高木 杜大	調整	17G616 野澤 俊介				
SPF	16S2-006 兵衛 敬	調整				18PF-03 望月 出海	

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	6/11	6/12	6/13	6/14	6/15	6/16	6/17
1A	E 17G052 藤倉 明子	E 18RP-01 17G6 18P	B 18RP-13 18	E 18G153 伊藤 貴大	E 18G 17G 17G1	E 17G 18G 調整	E 16G 18RP-10
2A/2B	18G009					16G555 相馬 清香	18G23 15S2-00 16G23 15S2-00
3A	16G660 田端					15S2-009 若林 裕助	18G039 松村 武
3B	16G584 櫻井 岳暁						
3C	18G117 山口					16G567 橋永 昭	18G008 高橋 由美子
4A	17G692 松浦 晃洋					16G632 高橋 嘉夫	17G692 松浦 晃洋
4B2	17G509 三宅 亮						
4C	16G535 秋本 晃一					17G160 町屋 修太郎	16G588 増田 卓也
5A	調整	17G 17G	17G 17G	16G 17G	18Y004 18G 18G 17G 調整	16G 18G 調整	16G 18G 調整
6A	17G016 藤田 剛	17G102 橋本 文也	17G509 原田 誠	17G648	18G092 上野 聡	17G182 上野 聡	17G094 藤田 剛
6C	16G579 福田 勝利					18G062 豊田 智史	16G565 坂井
7A	17G571 遠藤 理	17G060 岡林 潤				17G571 遠藤 理	17G060 岡林 潤
7C	17G706 手塚 泰久	16G582 手塚 泰久				16G536 中島 仲夫	
8A	18G102 大塚	17S2-001 熊井 玲児	調整			17S2-001 熊井 玲児	
8B	17G175 佐賀山 基					17S2-001 熊井 玲児	
9A	16G632 高橋 嘉夫	18C204				16G647 吉田 真明	
9C	16G577 藤倉 明子	17G534 郷次 智				18G013 18G063 一瀬 伸之	
10A	16G524 興野 純					18G045 宮脇 律郎	
10C	17G698 早井 光博	17G661 津本 浩司	18G071 藤田 剛	16G606 新井 亮	17G043 大戸 健治	17G057 大戸 健治	18RP-11 杉山 正
11A	16G675 岩住 俊明						
11B	18G090 高岡					16G543 伊藤 敏	17G629 幸村
11D	16G672 江島 文雄					16G595 伊藤 雅英	
12C	16G663 三石 雄樹	18C205				18WY009	17G533 郷次 智
13A/13B	18C209	15S2 16S2-002 15S2	17G575 小森 文夫	15S2	16S2-002 15S2	18C207 18PF-06 16S2-002 15S2	
14A	17G170 坂倉 輝俊					17G085 吉村 浩司	
14B	18G008 高橋 由美子					16G535 秋本 晃一	
14C	18R-01 兵衛 一行					16G574 竹谷 敏	
15A1							
15A2	16G561 小川 敏樹	18G106 山本 勝宏				16G563 奥田 浩司	18PF-13 富田 剛
16A	16S2-005 藤森 淳	17G549 木村 宏之				16S2-005 藤森 淳	18
17A	17G 17G 16G	17G006 橋	16G 18G120 村	18Y09	18G	17G015 藤	
18B	18-IB-11					18-IB-02	
18C	調整	18PF-11 中野 智志				17G120 興野 純	17G077 岡田 宏成
20A	18G128 小田 切文						
20B	18R-02 杉山 弘					16G673 小泉 晴比古	
27A	17G173 奥平	18G069 石山 新太郎				17G681 藤井 健太郎	
27B	17G049 永井 崇之	17G623 松浦 治明				18G637 松浦 治明	17G066 岡本 芳樹
28A/28B	17G586 齋藤 智彦					18G049 藤森 淳	
NE1A	E 18G015 大村 彰子	E 調整	B	M	E 17G135 佐藤 友子	E	E
NE3A	16G 17G	18Y001	18RP-06 吉		全自動測定	17G 18G 調整	17G 18G 調整
NE5C	18PF-12 龜勢川 卓美	17G580 坂巻 竜也				18G023 鈴木 昭夫	
NE7A	17G535 飯塚	18G059 西原 遼				18G059 西原 遼	16G598 久保
NW2A	18G083 井	18G087 岡野 正規				18G087 岡野 正規	
NW10A	18G070 宮永 崇史					17G534 郷次 智	17G620 池本
NW12A	18S2-002 佐藤 宇					調整	18G051 藤山 敏
NW14A	17G539 KIM Taekyu					17G539 KIM Taekyu	
SPF	18PF-03 望月 出海					17G577 前川 雅樹	

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	6/18	6/19	6/20	6/21	6/22	6/23	6/24
	E	E	B	M	E	E	E
1A	18C202 18Y1	18RP-01 飯嶋直史 17G 18RP-18			18Y009 18G 18G 18RP-09 17G 17G 調整		
2A/2B	16G62 15S2-00 16G62 15S2-00 16G62 15S2-00				18C209 16G62 18Y002 18Y002 18Y002 16G62		
3A	15S2-009 若林 裕助				15S2-009 若林 裕助 17G703 犬飼 潤治		
3B	16G584 櫻井 岳暁				17G173 奥平 幸司		
3C	18G008 高橋 17G098 平野 馨一				16G614 渡辺 紀生		
4A	17G692 松浦 18G044 石橋 秀巳				16G632 高橋 嘉夫		
4B2					18G094 籠宮 功		
4C	17G126 近藤 18G081 山口 博隆				18G081 山口 博隆 17G553 中尾 裕則		
5A	調整	18Y005 17G 16G677 HEO NA			16G 18G 18G 18G 調整	17G 17G 調整	
6A	調整	18G019 飯光 真樹 16G682 ALEXAN			17G683 17G621 17G097 藤原 直人 17G527 藤井 伸一		
6C	16G565 坂井 伸行				18G132 奥部 真樹		
7A	17G571 遠藤 18C207 17G030 境 誠司				17G030 境 誠司		
7C	16G536 中島 伸夫				17S2-001 熊井 玲児		
8A	18S2-002 佐藤 文薫				15S2-007 山崎 裕一		
8B	17G175 佐賀山 基 18Y002 16S2-00				17G027 田原 恭之 17G671 奥藤 正樹		
9A	調整	18Y019 17G014 18S2-002 佐藤 文			17G587 中島 伸夫		
9C	17G190 BAL Raju		18C204		17G558 宮永 崇史		
10A	18G045 宮脇 律郎				16G641 中塚 晃彦		
10C	18G136 藤原 直史 16G544 安藤 慎治				17G566 芥川 智史 18G026 藤井 伸一 17G124 本多 智		
11A	17G173 奥平 幸司				18C204		
11B	17G629 幸村 幸由				17G629 幸村 幸由		
11D	16G595 伊藤 雅英				18G012 小池 雅人		
12C	18G090 高岡 昌輝 18Y018				17G690 小西 智也 18G078 大塚 洋		
13A/13B	18Y006 15S2 16S2-002 高橋 寛 18C207 15S2				18C207 15S2 16S2-00 16S2-00 18G090 15S2-00		
14A	17G085 吉村 18G150 藤原 健				17G542 高田 英治 17G551 幸村		
14B	16G535 秋本 晃一				17P002 藤森 苗 18G055 岡本		
14C	18PF-01 亀沢 知夏				調整 17G598 山田 重人		
15A1							
15A2	18Y007 調整				17G652 桑村 博樹 17P007 真崎 純也		
16A	18PF-04 中島 18Y 17 17G030 境 誠司 16G680				16G660 田嶋 千穂 16S2-005 藤森 淳		
17A	17G 17G 17G 調整				16G 調整 16G513 松 16G 18RP-06 吉		
18B	18-IB-09				18-IB-07		
18C	17G077 岡田 18G123 久米 徹二				17G642 高橋 博樹		
20A	18G128 小田切 丈				17G511 星野 正光		
20B	16G673 小島 調整				16G541 水野 薫		
27A	18G073 池浦 広美				18G073 池浦 広美 17G507 馬場 祐治		
27B	17G681 藤井 健太 16G530 越 新為				17G585 藤谷 明樹 18P003 大原 麻穂 調整		
28A/28B	16G615 近藤 猛				16G599 坂野 晶人 18G098 大川		
	E	E	B	M	E	E	E
NE1A	調整	18G140 池田 修悟			18G140 池田 修悟		
NE3A	16G	18Y001 17G			全自動測定 17G680 尾関 智二 17G 17G057 大		
NE5C	18G023 鈴木 昭夫				17G145 大高 理		
NE7A	16G598 久保 友明 18G024 山崎 大輔				18G024 山崎 大輔		
NW2A					調整 16S2-001 木村 正雄		
NW10A	17G620 池 16S2-004 山浦 淳一				17G190 BAL Raju 16G580 17G683 18G076 大久		
NW12A	17G 17G 17G 17G 16G5				17G 17G 17G5 17G 17G513 松 18G 17G 調整		
NW14A	調整 17G556 佐々木 裕次				17G556 佐々木 裕次 調整		
SPF	17G163 田中 悟				17G519 高山 あかり		

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	6/25	6/26	6/27	6/28	6/29	6/30	7/1
	E	E	B	M	E	I	I
1A	17G 18G 17G5 18Y004		16G 18RP-16		18RP-01 飯嶋直史 17G	18G 17G089 大	
2A/2B	18Y002 16G62 18Y002 16G62 18Y002 16G62					15S2-005 組瀬 広志	
3A	17G703 犬飼 15S2-009 若林 裕助				15S2-009 若林 裕助 15S2-007 山崎 裕一		
3B	17G173 奥平 幸司				16G539 山田 洋一		
3C	16G614 渡辺 紀生				16G614 渡辺 紀生		
4A	16G576 三河内 岳				16G576 三河内 岳 16G632 高橋 嘉夫		
4B2	18G080 西村 真一						
4C	17G553 中尾 裕則 15S2-007 山崎 裕一				15S2-007 山崎 裕一 15S2-009 若林 裕助		
5A	16G 16G619 岳 16G 16G 調整 18G 18G 17G053 大				18Y011 17G		
6A	16G689 調整 16G682 藤原 仁 17G599 中沢 勇秀				18G133 調整 18G077 白野 拓志 17G015 幸村 浩之		
6C	18G132 奥部 18G103 有馬 寛				18G103 有馬 寛 16G571 杉山 和正		
7A	17G030 境 誠司 18C207				18C207	17G060 岡林 潤	
7C	17S2-001 熊井 玲児				17S2-001 熊井 玲児 17S2-001 熊井 玲児		
8A	15S2-007 山崎 裕一 17S2-001 熊井 玲児				17G003 後藤 博正 18G080 藤村 真一	17G044 宮坂 茂樹 18R-03 許美 太郎 17G175 佐賀山 基	
8B	17P019 16G671 18Y002 17G083 阿部 仁				17G044 宮坂 茂樹 18R-03 許美 太郎 17G175 佐賀山 基		
9A	16G641 中塚 晃彦 18G023 吉朝 朗				16G654 高草 木 達 18G151 一柳 優子		
10A	17G084 丸林 弘典 18PF-0 調整 16G550 矢良 史樹				18G026 吉朝 朗 17G504 吉朝 朗		
10C	調整	17G014 藤原 直			18Y0 18G112 金子 文樹 18G095 高橋 浩		
11A					17G645 雨宮 健太		
11B					17G173 奥平 幸司		
11D	調整				17G635 花嶋 修史 16G632 高橋 嘉夫		
12C	17G173 林 宜仁 17G122 德永 敏平				15S2-008 近藤 寛 16WV001 18Y017 17G0		
13A/13B	18C205 15S2 16S2-00 15S2-008 近藤 寛				17G551 幸村 幸由		
14A	17G551 幸村 幸由				18G055 岡本 18G081 山口 博隆		
14B	18G055 岡本 18G081 山口 博隆				17G598 山田 17G688 高桑 徹也		
14C	17G598 山田 17G688 高桑 徹也				18G081 山口 博隆	18G081 山口 博隆	
15A1					16G576 米山 明男 18R-04 兵藤 一行		
15A2	18Y016 18PF-07 清水 伸樹 18G032 高草 孝男				17G038 藤原 直 18RP-14 清水 伸樹 17G546 高木 貴樹		
16A	17G645 雨宮 健太 15S2-007 山崎 裕一				15S2-007 山崎 裕一		
17A	18G 17G 16G 17G 17G 18G 18G 調整				18Y010		
18B	18-IB-04				運営		
18C	調整 17G644 盤 裕之				16G542 藤村 真一 調整		
20A	17G511 星野 正光				18R-05 足立 純一		
20B	16G541 水野 薫					16G535 秋本 晃一	
27A	17G507 馬場 16G583 圓谷 志郎					16G583 圓谷 志郎	
27B	18P003 大原 麻穂 17G585 藤谷 明樹 17G695 鈴木 雅雄				18G066 米田 充紀 17G066 岡本 貴樹 18R-06 宇佐		
28A/28B	18G098 大川 万里生				調整 18S2-001 佐藤 宇史		
	E	E	B	E	STOP	STOP	STOP
NE1A	16G593 福谷 克之						
NE3A	調整 17G5 18Y001 全自動測定						
NE5C	17G145 大高 理						
NE7A	17G158 益戸(白石) 令						
NW2A	16S2-001 木村 正雄						
NW10A	18G076 大 18T003 17G61 17G685 藤嶋 義則 18V002 16G57						
NW12A	17G 17G 18C202 調整 16G5						
NW14A	15S2-007 山崎 裕一						
SPF	17G519 高山 16S2-006 兵頭 俊夫						16G512 枝元

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	7/2	7/3	7/4	7/5	7/6	7/7	7/8
	I	I	I	I	STOP	STOP	STOP
1A	17G154	17G 16G 17G	調整	18W 18WY010			
2A/2B	15S2-005 相頭 広志						
3A	15S2-007 山崎 裕一						
3B	16G539 山田 洋一						
3C							
4A	16G632 高橋						
4B2	17G608 植草 秀裕						
4C	15S2-009 若林 裕助						
5A	調整	18G	17G 16G 16G				
6A	17G589 藤野 拓也	17G687 大平 剛博	17G693 石毛 亮平	17G023 寺尾 暁			
6C	16G571 杉山 和正						
7A	17G060 岡林 潤						
7C	17S2-001 熊井 玲児			17G579 藤野 良晴			
8A	17G549 木村	17G175 佐賀山 基					
8B	17G003 後藤 博史	17G576 若佐 拓規	17G636 神戸 高志				
9A	16G654 高草木 達						
9C	17G029 原田 理史	18G013 岡野 純		18Y019			
10A	17G504 吉朝 朗						
10C	16G538 中川 健太	18P002 藤井 良博	調整	17G121 尾藤 義之			
11A							
11B							
11D	17G173 奥平 幸司						
12C	16G 17G083	16S2-004 山浦 秀	17G600 黒田 真司	18WY008			
13A/13B	17G525 小	16G5 18Y017	16G5	18WV001			
14A	17G551 幸村		18G054 岸本 俊二				
14B	16G567 姚 永昭						
14C	18R-04 兵衛 調整		17G004 KIM Jong Ki				
15A1							
15A2	18Y016						
16A	16S2-005 藤森 秀	16G618 藤巻 真樹	17G569 石渡 洋一				
17A	16G562 堀	調整	17G127 高	18WY003 17G 18C202 18G			
18B	運営						
18C	17G640 中野 智志						
20A	18R-05 足立 純一						
20B	16G535 秋本 晃一						
27A	18G073 池浦 広美		17G681 藤井 健太郎				
27B	18R-06 宇佐美 徳子		17G049 永井 順之				
28A/28B	18S2-001 佐藤 宇史						
	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
NE1A							
NE3A							
NE5C							
NE7A							
NW2A							
NW10A							
NW12A							
NW14A							
SPF	16G512 枝元 一之						

「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

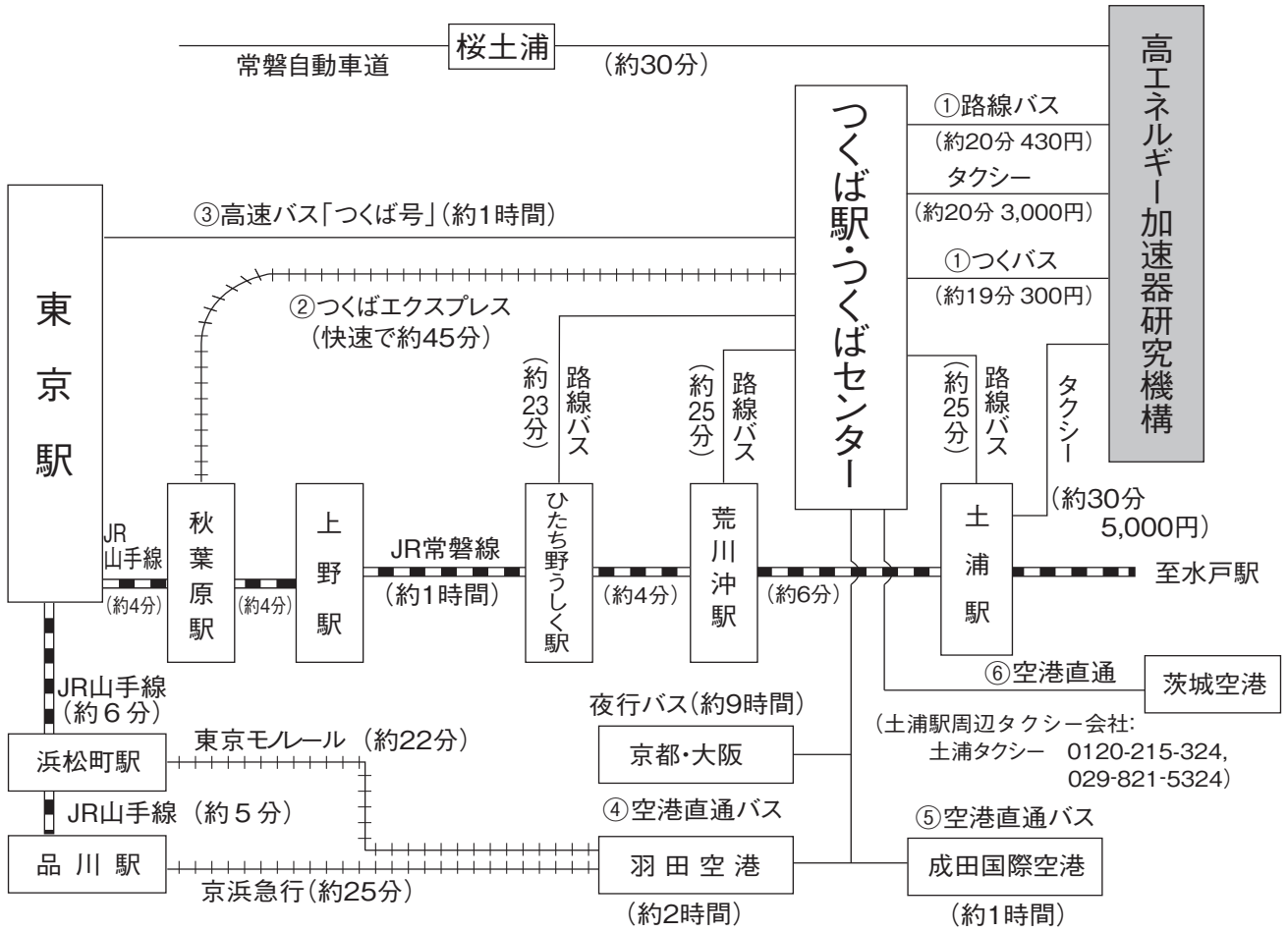
PF には学生のころからお世話になっていました。PF ニュースというと、当時は、(失礼ながら)いまよりはるかによく落ちていた光の回復待ちや、日に数度あった入射の待ち時間(当時は、入射のたびに 30 分から 1 時間程度、管理区域から追い出されていた)に、よく読んでいたのを思い出します。インターネット黎明期ですから、目の前にある PF ニュースは、施設動向、他のユーザーの研究を知るのには数少ない情報源でした。自宅に残っていた 90 年代の紙面と比較すると、当時はどちらかという施設からの報告という体裁の記事が多かったのですが、最近、ユーザーからの寄稿やローカル情報(食堂とか)が拡充されているのが印象的です。PF での研究動向のみならず、全国の PF ユーザーさんが、心地良く筑波での研究活動を推進できるよう橋渡しとしての役割を果そうとの努力が垣間見えます。共同利用施設として、利用者の声、意見を反映、表現する媒体としての PF ニュースの重要性を再確認している今日この頃です。

編集委員としての任期もあと少しですが、この PF ニュースの編集にたずさわさり、微力ながらも共同利用実験施設としての今後の PF の発展に貢献できることを喜ばしく思っています。(TD)

平成 30 年度 PF ニュース編集委員

委員長	川崎 政人	物質構造科学研究所		
副委員長	前川 雅樹	量子科学技術研究開発機構		
委員	足立 伸一	物質構造科学研究所	石毛 亮平	東京工業大学物質理工学院
	宇佐美德子	物質構造科学研究所	小松 一生	東京大学理学系研究科
	坂野 昌人	東京大学大学院工学系研究科	酒巻真粧子	物質構造科学研究所
	島田 美帆	加速器研究施設	田中 宏和	物質構造科学研究所
	田中 雅人	東京大学大学院理学研究科	土井 教史	新日鐵住金(株)先端技術研究所
	中尾 裕則	物質構造科学研究所	水谷 健二	横浜市立大学生命医科学研究科
	若林 大佑	物質構造科学研究所	和田 敬広	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科
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. 7. 23)

① つくばセンター ↔ KEK (2018年3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	HA	14:46	15:11	HA	18:16	18:41
71	×6:28	×6:55	C8	○10:25	○10:45	C8	×14:50	×15:10	71	○18:28	○18:55
HA	6:51	7:16	HA	10:46	11:11	HA	15:16	15:41	HA	18:46	19:11
HA	7:16	7:41	C8	×10:55	×11:19	71	×15:28	×15:55	C8	×18:45	×19:15
71	○7:28	○7:55	HA	11:16	11:41	HA	15:46	16:11	HA	19:16	19:41
71	×7:28	×8:00	HA	11:46	12:11	71	○15:58	○16:25	C8	×19:30	×19:50
HA	7:46	8:11	C8	11:50	12:10	HA	16:11	16:36	HA	19:46	20:11
HA	8:11	8:36	HA	12:16	12:41	HA	16:41	17:06	HA	20:11	20:36
HA	8:46	9:11	HA	12:46	13:11	71	16:58	17:25	HA	20:41	21:06
C8	×8:50	×9:14	HA	13:16	13:41	HA	17:11	17:36	18	×20:50	×21:10
C8	○9:05	○9:25	71	13:23	13:50	C8	×17:20	×17:45	HA	21:11	21:36
HA	9:21	9:46	HA	13:46	14:11	HA	17:41	18:06	HA	21:41	22:06
C8	×9:25	×9:49	HA	14:16	14:41	C8	×17:50	×18:15			
HA	9:46	10:11	C8	○14:20	○14:40	18	○17:55	○18:15			
HA	10:16	10:41	71	14:28	14:55	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

(2018年3月17日改定)

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。

平日・下り					
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	10:13	11:06	19:20	20:13
* 5:30	6:28	○10:30	11:15	△19:30	20:20
○5:50	6:35	10:43	11:36	19:40	20:35
6:06	6:59	(10時~15時まで同じ)		19:50	20:43
6:17	7:12	○16:00	16:45	○20:00	20:46
○6:28	7:15	16:13	17:06	20:10	21:04
* 6:31	7:30	○16:30	17:15	20:20	21:14
6:43	7:38	16:42	17:35	○20:30	21:17
○6:57	7:42	○17:00	17:45	20:40	21:34
7:11	8:04	17:10	18:04	20:50	21:44
○7:25	8:12	17:20	18:13	○21:00	21:46
7:39	8:34	△17:30	18:20	21:15	22:09
7:52	8:48	17:40	18:35	21:29	22:22
8:03	9:01	17:50	18:44	21:41	22:36
○8:19	9:05	△18:00	18:50	○22:00	22:45
8:33	9:29	18:10	19:05	22:16	23:09
○8:48	9:35	18:20	19:14	22:30	23:23
9:00	9:54	△18:30	19:20	22:45	23:38
9:13	10:07	18:40	19:35	○23:00	23:46
○9:30	10:15	18:50	19:44	23:15	0:09
9:43	10:36	△19:00	19:51	23:30	0:23
○10:00	10:45	19:10	20:05	* 23:45	0:43

平日・上り							
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
5:08	5:59	○9:23	10:08	18:41	19:34	* 23:14	0:12
○5:26	6:11	9:28	10:23	○19:00	19:45		
5:32	6:25	9:51	10:44	19:02	19:55		
5:52	6:45	○10:11	10:56	19:11	20:04		
6:12	7:06	10:20	11:13	○19:30	20:16		
6:23	7:18	○10:41	11:26	19:32	20:25		
△6:38	7:28	10:50	11:43	19:41	20:35		
6:42	7:37	(10時~15時まで同じ)		○20:01	20:46		
6:53	7:48	○16:11	16:56	20:04	20:57		
7:04	8:00	16:20	17:13	○20:30	21:15		
7:12	8:08	16:31	17:26	20:38	21:31		
△7:24	8:16	16:41	17:35	20:50	21:43		
7:27	8:24	16:50	17:43	○21:09	21:54		
7:36	8:32	17:02	17:55	21:12	22:06		
7:43	8:38	17:11	18:04	21:26	22:19		
△7:53	8:44	17:22	18:15	21:40	22:33		
7:57	8:52	○17:42	18:27	21:52	22:45		
8:09	9:02	17:50	18:43	22:02	22:55		
△8:19	9:09	18:02	18:56	22:17	23:10		
8:27	9:23	18:10	19:04	22:29	23:22		
8:42	9:37	○18:29	19:15	* 22:42	23:40		
8:57	9:51	18:31	19:26	22:58	23:51		

土曜/休日・下り					
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	9:43	10:36	○22:00	22:45
* 5:30	6:28	○10:00	10:45	22:15	23:08
○5:50	6:35	10:13	11:06	22:30	23:23
6:04	6:57	○10:30	11:15	22:45	23:38
6:16	7:09	10:43	11:36	○23:00	23:46
○6:30	7:15	○11:00	11:45	23:15	0:08
6:45	7:38	11:13	12:06	23:30	0:24
○7:00	7:45	○11:30	12:15	* 23:45	0:43
7:15	8:08	11:43	12:36		
○7:30	8:15	(11時~19時まで同じ)			
7:45	8:38	○20:00	20:45		
○8:00	8:45	20:13	21:06		
8:15	9:08	○20:30	21:15		
○8:30	9:15	20:43	21:37		
8:45	9:38	○21:00	21:45		
○9:00	9:45	21:13	22:06		
9:13	10:06	○21:30	22:15		
○9:30	10:15	21:43	22:36		

土曜/休日・上り							
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	○7:45	8:30	10:20	11:13	○22:10	22:55
○5:26	6:11	7:50	8:43	○10:41	11:26	22:15	23:09
5:32	6:25	8:04	8:57	10:50	11:43	22:30	23:24
5:51	6:44	○8:25	9:10	○11:11	11:56	* 22:41	23:39
6:13	7:07	8:32	9:25	11:20	12:13	22:58	23:52
6:25	7:18	8:47	9:40	○11:41	12:26	* 23:14	0:12
6:38	7:32	○9:11	9:56	11:50	12:43		
○6:57	7:42	9:18	10:11	(11時~20時まで同じ)			
7:02	7:56	○9:41	10:26	○21:11	21:56		
○7:24	8:09	9:50	10:43	21:20	22:13		
7:28	8:21	○10:11	10:56	21:46	22:39		

○: 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]

(2018年7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※)
 ※~2019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 : 2200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

(2018年7月31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)

10:50	11:50
17:20	18:20

9:00	10:00
14:40	15:40

※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:2018. 7. 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

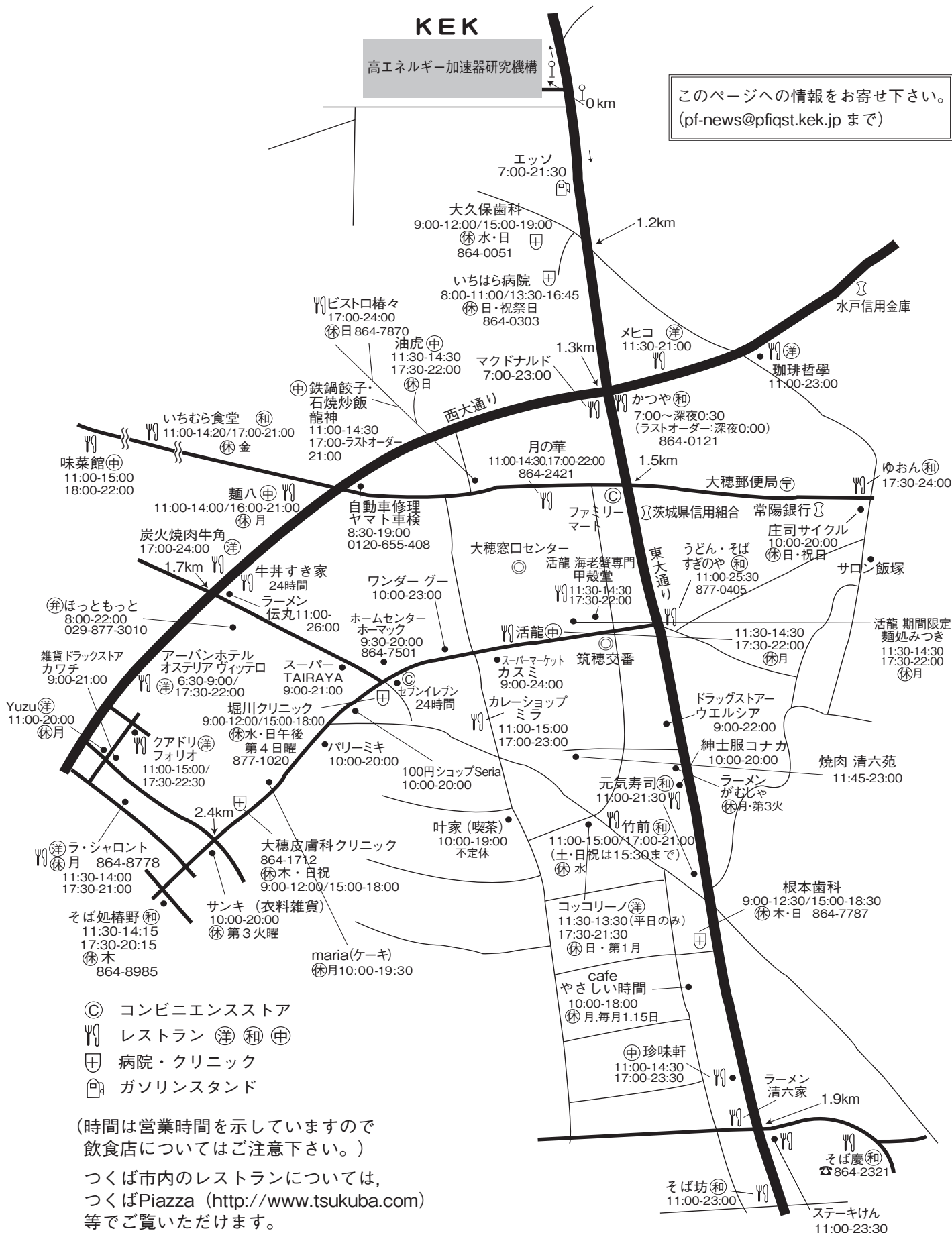
(確認日: 2018. 7. 23)

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

KEK

高エネルギー加速器研究機構

このページへの情報をお寄せ下さい。
(pf-news@pqfjst.kek.jp まで)



- ◎ コンビニエンスストア
- ㊦ レストラン (洋) (和) (中)
- ⊕ 病院・クリニック
- 📍 ガソリンスタンド

(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。各施設の場所は裏表紙の「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。

(<https://www2.kek.jp/library/riyou/>)

●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

上記以外は喫茶のみで営業（ただし、10時～11時30分は休憩）。

※営業時間に変更になる場合がありますので、

HP (<https://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、KEKオリジナルグッズの販売等。

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 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、<https://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

ビームライン担当一覧表 (2018. 8. 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)
BL-1	U	松垣
BL-1A	● タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣
BL-2	U	堀場
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	堀場
BL-3	U (A) / B M (B, C)	中尾
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
BL-4	B M	中尾
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
BL-5	M P W	松垣
BL-5A	● タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣
BL-6	B M	五十嵐
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	中尾 奥部 (東北大)
BL-7	B M	雨宮 (岡林: 東大)
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
BL-8	B M	佐賀山
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
BL-9	B M	阿部
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
BL-10	B M	清水
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
BL-11	B M	北島
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
BL-12	B M	仁谷
BL-12C	● XAFS (ハイスループット) 実験ステーション	仁谷
BL-13	U	間瀬
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
BL-14	V W	岸本
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
BL-15	U	五十嵐
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
BL-16	U	雨宮
BL-16A	● 可変偏光軟X線分光ステーション	雨宮

BL-17		U	山田
BL-17A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	山田
BL-18		B M	熊井
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)
BL-19		U	小野
BL-19A/B	○	軟X線顕微鏡/分光実験ステーション	武市
BL-20		B M	足立 (純)
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
BL-27		B M	宇佐美
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
BL-28		H U	堀場
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
PF-AR			
AR-NE1		E M P W	船守
AR-NE1A	●	レーザー加熱超高压実験ステーション	船守
AR-NE3		U	山田
AR-NE3A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	山田
AR-NE5		B M	船守
AR-NE5C	●	高温高压実験ステーション /MAX80	船守
AR-NE7		B M	兵藤
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
AR-NW2		U	丹羽
AR-NW2A	●	時間分解 DXAFS / X線回折実験ステーション	丹羽
AR-NW10		B M	仁谷
AR-NW10A	●	XAFS (高エネルギー) 実験ステーション	仁谷
AR-NW12		U	引田
AR-NW12A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	引田
AR-NW14		U	野澤
AR-NW14A	●	ピコ秒時間分解 X線回折・散乱・分光	野澤
低速陽電子			望月
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)
 にかき、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 ☎3874	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

電源棟

☎3881 原田(健) 平野(広)	☎5630 東 山口(孝)
----------------------	------------------

PF-AR平面図

PF-AR共同 研究棟

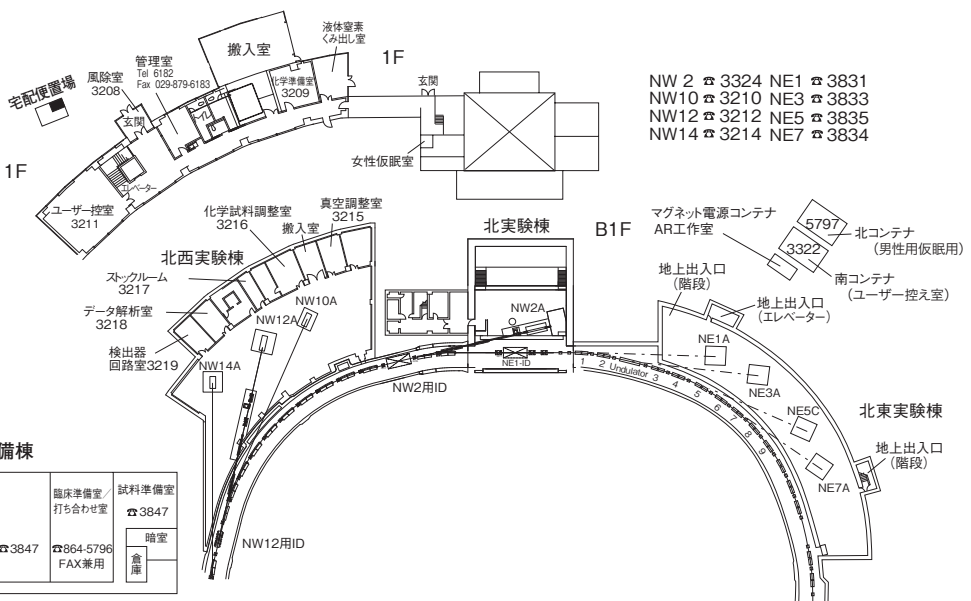
深谷、福本、
 高木(社)、阿部(裕)、LEE
 6185.6186
 Fax 6187

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

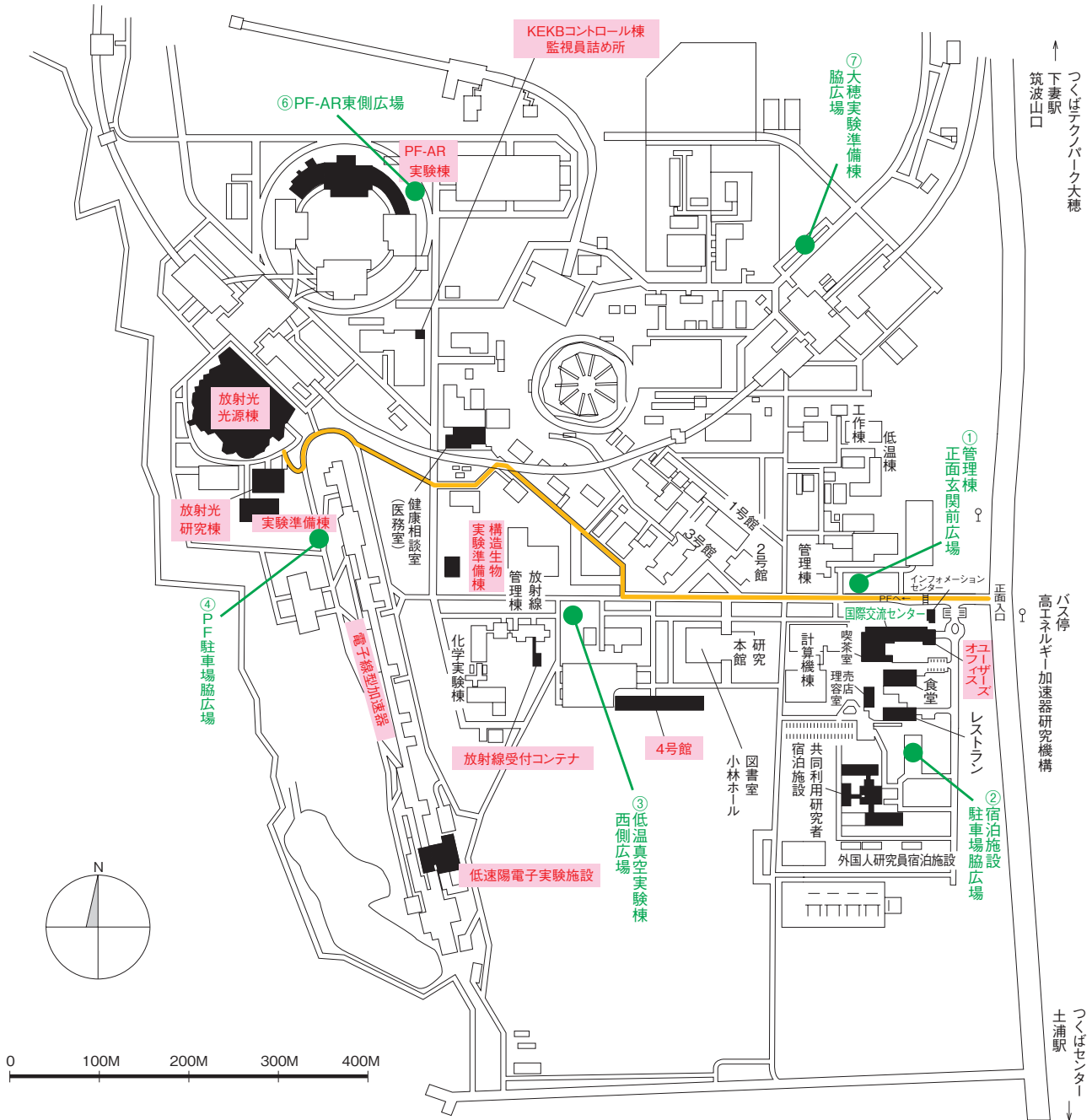
PF-AR実験準備棟

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

