

# PFN News

PHOTON FACTORY NEWS

ISSN 0916-0604

<http://pfwww.kek.jp/publications/pfnews/>



MAY 2013  
Vol.31 No.1

- 熱・光によって磁性・電気伝導性が変化するシアン化物イオン架橋混合原子価 [Fe-Co] 一次元鎖錯体
- 胃がんを引き起こすピロリ菌の発がんタンパク質CagAのX線結晶構造解析
- 家庭用燃料電池の効率向上に寄与するPtとRuが高エントロピー状態に分散したCO耐性新規合金触媒の開発



# 目次

施設だより	村上 洋一	1
現 状		
入射器の現状	古川 和朗	2
光源の現状	小林 幸則	4
放射光科学第一、第二研究系の現状	熊井 玲児	6
ERL計画推進室報告	河田 洋	7
第7回放射光科学研究施設諮問委員会 (PF-SAC) 報告	村上 洋一	10
光電子分光器用光学系 BL-13B の整備	間瀬 一彦	11
最近の研究から		
熱・光によって磁性・電気伝導性が変化するシアン化物イオン架橋混合原子価 [Fe-Co] 一次元鎖錯体 星野哲久・飯島史周・ニュートン グラハム・吉田典史・志賀拓也・野尻浩之・中尾胡子・熊井玲児・村上洋一・大塩寛紀		12
Three-way Switching in a Cyanide-bridged [FeCo] Chain		
胃がんを引き起こすピロリ菌の発がんタンパク質CagAのX線結晶構造解析 千田美紀・林 剛瑠・畠山昌則・千田俊哉		17
Crystal Structure of the CagA Oncoprotein from Helicobacter Pylori		
家庭用燃料電池の効率向上に寄与するPtとRuが高エントロピー状態に分散したCO耐性新規合金触媒の開発 竹口 竜弥・朝倉 清高		21
CO-Tolerant High-Entropy State Pt-Ru Anode Catalyst for Reliable and Efficient Residential Fuel Cell Systems		
プレスリリース		26
物構研におけるマルチプローブ利用研究のすすめ		
研究成果1 BL08:粉末中性子回折装置を利用して Pbを添加したLa <sub>2</sub> Mo <sub>2</sub> O <sub>9</sub> の欠陥構造と酸化物イオン伝導特性 高井 茂臣・江坂 享男・神山 崇		27
Defect Structure and Oxide-Ion Conduction Properties of Pb-Substituted La <sub>2</sub> Mo <sub>2</sub> O <sub>9</sub>		
研究成果2 BL12:高分解能チョッパー分光器を利用して パルス中性子による中性子ブリラアン散乱実験 伊藤 晋一・遠藤 康夫・横尾 哲也・川名 大地・金子 良夫・十倉 好紀・藤田 全基		31
Neutron Brillouin Scattering Experiments with Pulsed Neutrons		
研究会等の開催・参加報告		
第1回物構研サイエンスフェスタ・第30回PFシンポジウム開催報告	雨宮 健太・伊藤 晋一	36
第1回物構研サイエンスフェスタに参加して	橋本 深雪	37
CMRC研究会「構造物性研究の現状と今後の展開 ―共鳴軟X線散乱を中心に―」開催報告	山崎 裕一	38
CMRC全体会議開催報告	山崎 裕一	40
ユーザーとスタッフの広場		
和田 健氏, 高エネルギー加速器科学研究奨励会の西川賞を受賞		41
山崎優一氏, 日本物理学会若手奨励賞を受賞		41
藤田誠氏, 唯美津木氏, 日本化学会各賞を受賞		42
ありがとう, オーストラリアビームライン		42
理系女子キャンプ2013の報告	宇佐美徳子	44
PFトビックス一覧(1月~3月)		45
PF-UAだより		
物構研サイエンスフェスタ学生奨励賞について	篠原 佑也	46
PF-UA 第4回幹事会議事録		46
PF-UA 第3回運営委員会議事録		46
PF-UA総会議事メモ		48
PFの運営について		48
ゆーざーぐるーぷ紹介シリーズ マイクロビームX線分析応用ユーザーグループ紹介	高橋 嘉夫	49
ゆーざーぐるーぷ紹介シリーズ 量子ナノ分光ユーザーグループ紹介	尾嶋 正治	50
人 事		
人事異動・新人紹介		52
お知らせ		
タンパク質結晶構造解析初心者向け合同講習会開催のご案内	加藤 龍一・松垣 直宏	55
Light and Particle Beams in Materials Science (LPBMS) 2013 開催のお知らせ	村上 洋一・熊井 玲児	55
PF研究会「新しい高性能光源加速器の開発と極短周期アンジュレータ」開催のご案内	山本 樹	56
物構研サイエンスフェスタ開催のお知らせ	阿部 仁・下村浩一郎	56
Photon Factory Activity Report2012 ユーザーレポート執筆のお願い ~全課題からのユーザーレポート提出を目指して~	野澤 俊介	56
平成25年度後期 フォトン・ファクトリー研究会の募集	村上 洋一	57
放射光共同利用実験を行う上での注意喚起	村上 洋一	57
総合研究大学院大学		
高エネルギー加速器科学研究科物質構造科学専攻 大学院説明会及び学生募集のお知らせ	山田 和芳	57
予定一覧		58
運転スケジュール		59
掲示板		
内部スタッフ・大学院生優先ビームタイム採択課題一覧(2012年度後期)		60
施設留保ビームタイム採択課題一覧(2012年度後期)		61
物構研談話会		63
第51回 物質構造科学研究所運営会議議事次第		63
平成25年度 客員研究員一覧		63
放射光共同利用実験審査委員会委員名簿		64
編集委員会だより		65
巻末情報		66

(表紙説明)【上】 第1回物構研サイエンスフェスタでの参加者の集合写真。

【左下】 約300件のポスターから選ばれたポスター奨励賞(6件)の受賞者と山田和芳物構研所長(左), 佐藤衛PF-UA会長(右から2人目), 福永俊晴MLF利用者懇談会前会長(右から1人目)。

【右下】 オーストラリアビームラインのクロージングセレモニーで記念品を送る河田洋教授(左から2人目)とビームラインの関係者たち。

若葉が薫る頃となりましたが、皆様には新年度の数々の行事でお忙しい日々を過ごされているかと存じます。現在のPF執行部体制も今年度で2年目となり、本格的に重要課題に取り組む年となりそうです。我々の放射光科学研究施設は、大学共同利用機関法人であるKEKの下にあり、放射光コミュニティの学術研究の発展・振興に資するという国家政策に基づいて設置されている施設です。この基本的な考え方に従って、今後ともコミュニティの皆様との密接な連携の基に施設運営を進めて参りたいと思います。どうぞご指導・ご鞭撻を宜しくお願い申し上げます。

### 今年度のPF運営について

PFの運転・維持・管理経費は、KEKに配分された特別教育研究経費の中の「放射光による実験研究」経費から支出されています。これまで減少の一途をたどってきた予算ですが、今年度は何とかそれに歯止めがかかりました。しかしながら、これから夏にかけて電気料金の大幅な値上がりが見込まれていますので、今年度のPF運転時間の確保のためには、昨年度同様の様々な努力を行っていく必要があります。また昨年度より引き続き、VSX挿入光源ビームライン(BL-2, 13, 28)と最後の短直線部ビームライン(BL-15)の整備は予定どおり進めていきます。また、新しいサイエンスの芽を作るものとして、PFにおいて軟X線高速ダイナミクス測定(時間分解の軟X線分光・磁気円二色性測定など)が出来るような環境整備を行って行く予定です。一方、PFシンポジウムなどでも既にご報告しておりますように、PF-ARとSuperKEKBの入射の両立を図るため、PF-ARへの直線入射路を確保する準備も進めていきます。この整備により、PF-ARのトップアップ運転と輝度向上が期待されます。

限られた予算・マンパワーの中で効率よく大学共同利用を行い、研究教育活動をより活発化させ、そして将来光源での利用研究に向けた準備を行うために、放射光科学第1・第2研究系のグループ体制を大幅に見直しました(<http://pfwww.kek.jp/orgchart/indexj.html>)。今年度より本研究系は、ビームラインの維持・管理等を行うビームライングループレイヤー(5つのグループより構成)、PF全体の基盤・安全技術および共同利用・広報の仕事を行うグループレイヤー(2つのグループより構成)、新しい手法・検出器開発などを進めるワーキンググループレイヤー(WGL)という、3つのグループレイヤー体制で運営を行っていきます。WGLは、時限付きで明確な目的を持ったもので、将来光源へ向けての準備という任務も合わせ持っています。現在は超高速ダイナミクスWGと先端検出器開発WGの2つのグループですが、今後、コヒーレンスやナノビーム利用、X線非弾性散乱などを目指したWGが作られていくことを期待しています。これらのWGは、PF外部に向かって開かれていくものです。現状では、外部ユーザー

の皆様から見たときには、ほとんど変化は感じられないと思いますが、このグループ体制改革によって、PFの中長期戦略を支えていく骨格ができたと考えています。

### PFの将来計画について

昨年度後半から今年度初めにかけて、放射光科学コミュニティの皆様からKEK物構研PFの将来計画に対して、数多くの叱咤激励の声を聞かせて頂ける機会に恵まれました。

まず、次期KEKロードマップの中間まとめに対して、放射光学会とPF-UAから「放射光にかかわるKEKロードマップに対するコメント」と「KEKロードマップ2013中間まとめに関する要望書」という形でご意見を頂きました。そこでは、KEKが日本全体の放射光科学の発展に対して果たすべき役割について、具体的なお提案を頂きました。これを受けて本ロードマップの改訂版を作成しました。4月5、6日にはKEKロードマップ国際レビュー委員会が開催され、このロードマップに対する評価や数々の有益な示唆を頂きました。その委員会報告でも、KEKにおける放射光科学のあり方について、より明確な形の提案を頂きました。この報告書はKEKのホームページの中で、近日中に公開されるものと思います。

去る2月7、8日には第7回PF-SAC(PF Science Advisory Committee)が開催されました。そこではPF将来計画などに関する問いかけを行い、PF-SACからの返事を頂きました。その報告は後ろに詳述致します。

そして3月末には、日本学術会議のマスタープランの公募に対して、日本放射光学会が放射光科学の将来計画をまとめる形で応募しました。このマスタープランは、日本の科学者コミュニティの代表である日本学術会議が、第22期学術の大型施設計画・大規模研究計画に関するプランを策定するためのものです。放射光学会からは、「新しい時代の科学技術立国を支える放射光科学の高輝度光源計画」が提出されました。この計画は、高輝度放射光施設の早急な建設・運転開始を提案したもので、将来の展望として回折限界光源の実現を見据えた計画となっています。この計画書の中の「主な実施機関と実行組織」の中には、「高輝度3GeV光源建設は、これまで世界のトップランナーであるSPring-8の建設、高度化で実績のある理化学研究所やPF、PF-ARの建設、高度化で長年の経験と実績があるKEKが中心となって、全日本の協力体制のもとに建設・運営を行うのが妥当である」との記述があります。

このようなユーザーコミュニティからのご意見に真摯に耳を傾けながら、次期KEKロードマップにも書かれますように、KEKが「日本全体の放射光科学の発展に対して先導的な役割を果たす」ことが出来るようなPFの将来計画を策定し、それを着実に実行していきたいと考えています。

## 入射器の現状

加速器第五研究系研究主幹 古川 和朗

### 運転概要

2012年度の運転統計によると、総運転時間は5331時間(-2.9%)、故障率は1.30%(+0.24ポイント)であった(括弧内は前年度比)。故障率については入射器としての故障を表しており、PF・PF-AR入射に使用していない機器の故障や予備装置を使用した時間も含まれているため、全てが実際の入射へ影響したわけではない。震災復旧やSuperKEKBに向けた建設・試験を継続していることを考慮すると、相応の値だと思われる。故障の中では、昨年11月に発生した、AC\_35\_4加速管の冷却水路からの真空漏れの入射への影響が、比較的大きかった。近年の運転統計は次のとおりである(図1)。

今年度は4月1日に入射器を立ち上げ、8日PF入射、9日PF-AR入射がそれぞれ順調に始まった。入射器後半部分で仮電子銃(GU\_31)を使用して入射運転を継続しながら、前半部分ではRF電子銃(GR\_A1)に用いるファイバ・レーザ、レーザ増幅、光学系、マイクロ波源の調整などの他、アライメント作業の継続と測定データ解析、ダンピング・リング接続部のビームライン構築作業、カンタル同軸負荷の大電力試験や陽電子捕獲に用いられるフラックス・コンセントレータの大電力試験など、多数の開発作業が行われている。

### 施設検査準備

電子陽電子入射器は、5月に放射線施設検査(ダンピング・リング入射路および出射路の新設に伴う遮蔽と性能変更のための施設検査)を受ける予定になっている。これ

は、SuperKEKB計画に向けた改造に伴う計画的な検査の一段階であり、今回は主にダンピング・リングの建設とビーム加速試験の共存を図るために必要となっている。震災復旧のために多少遅れていたが、昨年11月に予備検査を行い、この施設検査の前提条件となる600mの入射器全体を通したビームの確認に震災後初めて成功した。その後、SuperKEKBに向けた建設全体の予定を考え、熱電子銃を一度撤去して、光陰極RF電子銃(GR\_A1)を設置した上で検査を受ける予定となっている。新規開発のイッテルビウム媒質ファイバ・レーザを導入し(図1)、これまでに開発を続けてきた長寿命・高量子効率のイリジウム・セリウムを用いた光陰極やディスク・アンド・ワッシャー(DAW)タイプの空洞と組み合わせて、ここ数ヶ月、低エ



図1 Ybファイバ・レーザ発振器とファイバ・レーザ増幅器。

表1 近年の運転統計。

	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)	
	x(時間)	y(時間)	x-y(時間)		z		x/z(分)		(x-y)z(分)	
			Failure	RF Trip	Failure	RF Trip	Failure	RF Trip	Failure	RF Trip
FY1999	7,297	6,499	537	261	1,888	69,994	232	6	17	0.22
FY2000	7,203	6,577	466	160	2,401	39,380	180	11	12	0.24
FY2001	7,239	6,839	310	90	1,304	21,420	333	20	14	0.25
FY2002	7,086	6,813	205	68	1,424	17,372	299	24	9	0.23
FY2003	6,815	6,500	253	62	2,259	17,462	181	23	7	0.21
FY2004	7,117	6,936	129	52	2,323	12,956	184	33	3	0.24
FY2005	6,988	6,846	86	56	1,752	12,467	239	34	3	0.27
FY2006	6,927	6,777	95	55	1,665	13,064	250	32	3	0.25
FY2007	6,322	6,148	120	54	1,914	12,684	198	30	4	0.26
FY2008	6,556	6,390	117	49	1,536	11,228	256	35	5	0.26
FY2009	6,362	6,193	108	61	1,316	13,443	290	28	5	0.27
FY2010	5,847	5,721	89	37	1,027	8,079	342	43	5	0.27
FY2011	5,492	5,301	58	133	766	38,258	430	9	5	0.21
FY2012	5,331	5,191	69	71	859	14,893	372	21	5	0.29

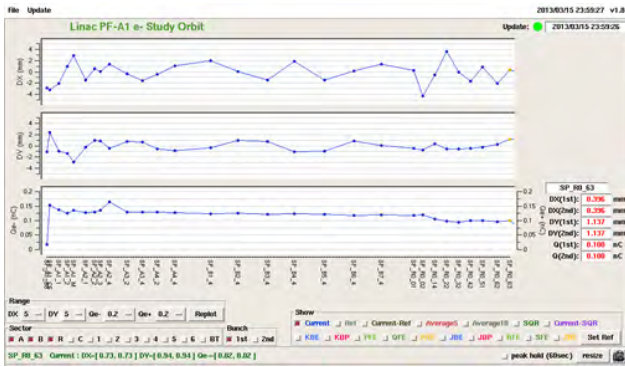


図2 RF電子銃を用いて約140mを導いた1.7GeV 0.1nCのビームの軌道。グラフは横軸が観測位置、縦軸が上から水平位置、垂直位置、ビームバンチ電荷。較正が充分でないデータも含まれる。

ミッタンス・ビームの安定加速を目指してきた。

当初、電子系加速器は2月25日に年度内の通常運転を停止し、その後4月までビーム運転の予定は無かった。しかし、交換した電子銃の安定化の準備が完全に終了できていたわけでは無かった。そこで、施設検査に万全のビーム状態で臨むことの必要性を重視し、臨時電子加速器運転計画策定・調整委員会を開催していただき、3月中に6回、準夜のみの運転を認めていただいた。関係者には感謝したい。この運転ではレーザー光の光学切り出し機構などに進展があり、マイクロ波やタイミングの微調整により試験に十分耐えるビームが確認された(図2)。

### 陽電子増強

SuperKEKB計画においては、究極のルミノシティを目指して、蓄積電流を倍増させるとともに、採用されるナノビーム方式によって10分程度まで短くなるビーム寿命に対応するために、入射器の陽電子ビームも大幅に増強する必要がある。

陽電子ビーム強度増強の方策の1つとして、陽電子捕獲効率を向上させるために、これまでの磁場強度2TESLAの空芯型パルスコイルに代わるものとして、4TESLA級のフラックス・コンセントレータ型パルスソレノイドの開発を進めている。SLAC及びIHEPで使用されたフラックス・コンセントレータの設計を参考にして、試作1号機を製作した。また入射器で使用されているクライストロン・モジュレータ電源を改造した試験用パルス電源を用いて、テストスタンドで1号機の磁場分布測定や大電流通電試験を行っている(図3)。実用運転時に想定される最大電流値12kAに対して、テストスタンドでは現在のパルス電源で最大使用可能な6kAまで到達しており、放電の問題等も特になく、順調に通電試験が進んでいる。

陽電子強度増強の当初の設計では、陽電子発生標的直下流の加速管はLバンド(1298MHz)とし、通常のSバンドシステムと比較して大口径と長波長の特性を生かす計画であった。周波数の選択には、入射器とリングの共通周波数の整数倍であるべきこと、サテライトバンチを避け得る

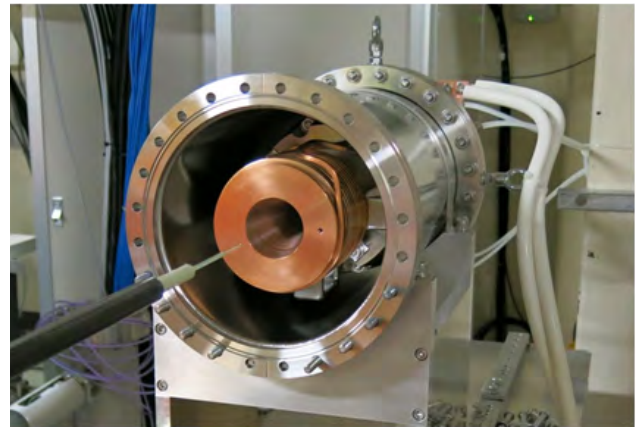


図3 フラックス・コンセントレータの大電力試験。



図4 Lバンドクライストロンなどのマイクロ波源地上側設備。

周波数関係を持つこと、リニア・コライダとのシナジーなどが考慮された。Lバンドのシステム開発に2010年度より着手し、マイクロ波源(40MWクライストロン)、加速管(15MW入力時に加速勾配12MV/m)の設計製造を開始した。その後、設計の再検討を経て、Sバンドシステムでの設計が可能であり、経済性・保守性も優位であることから、SuperKEKB開始時点にはLバンドは導入せず、代わりに口径の大きなSバンド加速管を採用することとした。

しかし、Sバンドでは要求仕様に対して余裕が小さく、将来の特性向上に対してはLバンドシステム導入の可能性があるため、これまで製作した各種Lバンド機器の性能確認のため、高電力試験を行なった。三菱電機と共同開発のクライストロンは、加速管を運転するために必要なパワー及びパルス幅(30MW, 1.5μs)で安定な運転ができることを確認した(図4)。また、日立製作所と開発した加速管も、パルス幅500ns~700nsでピークパワー約6MWまでの性能を確認した(図5)が、定格での試験は、時間的制約のため見送った。経済性と重量のための真空仕様アルミ導波管を開発し、その性能も実証された。さらに、2011年度に東芝と共同開発した、SiCダミーロードの高電力試験も行い、良好な性能を確認した。

Lバンドシステムの場合、巨大化するソレノイド収束マ

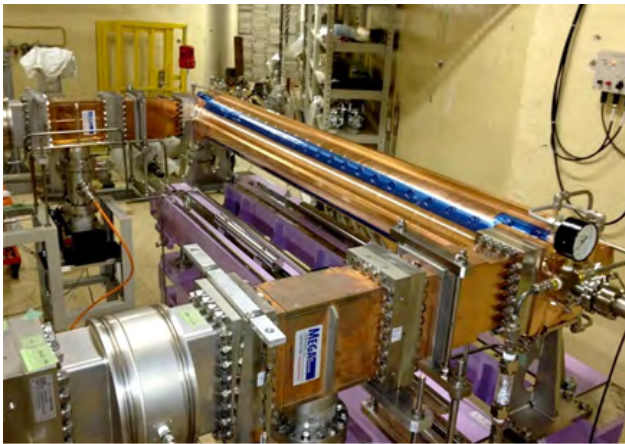


図5 大電力試験時のLバンド加速管など地下側設備。

ダミーロードの小型化のため、Lバンド加速管ダミーロードとして、セルの内面にマイクロ波吸収材（カンタル）を溶射

## 光源の現状

### 光源リングの運転状況

冬の停止期間の後、PFリング、PF-ARは概ね順調に運転を再開した。図1に、2月5日～2月25日まで両リングの蓄積電流値の推移を示す。両リングともに2月25日9:00に運転を停止して、春の停止期間に入った。この停止期間中には、PFリングにおいてBL-15新アンジュレータビームライン建設に伴う基幹チャンネル等の作業が行

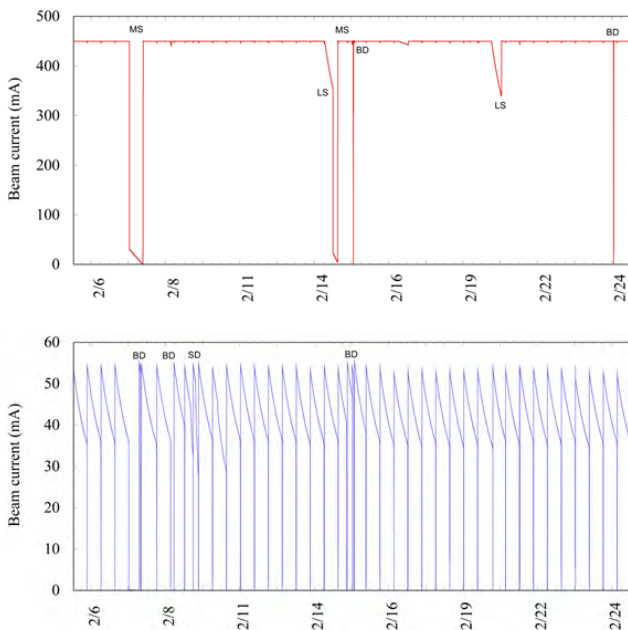


図1 PFリングとPF-ARの蓄積電流値の推移。MSはリングマシンの調整、LSは入射器調整、BDはビームダンプ、SDは寿命急落を示す。

したコリニア・ロードの開発も行った。吸収剤の最適な溶射法の選定、溶射条件の最適化、また、溶射面の機械的強度の試験（剥離試験）、溶射面からガス放出の測定（真空特性評価）などを行ない、問題が無いことを検証した。

### 体制

今期、技術職の新人として田中窓香さんが入射器加速管グループに加入した。現在進行中の SuperKEKB に向けた改造において、加速管グループの進める建設やアライメントでの活躍が期待されている。一方、長年マイクロ波グループにおけるマイクロ波源・電源や低電力システムの開発維持、さらに電子入射器の放射線担当者を努められた本間博幸技術副主幹が、昨年度末をもって定年を迎えられた。放射光施設建設当初からマイクロ波源の安定運転に成果を上げられ、大きな貢献をされたことに感謝したい。お願いをして、当面は放射線担当者を継続していただけることになっている。

加速器第七研究系研究主幹 小林 幸則

われた。H25年度の立ち上げは、PFリングが4月8日、PF-ARが4月12日に行われ、4月の運転も概ね順調に行われた。

### 平成24年度の運転統計

表1と2に、平成24年度のPFリングおよびPF-ARの運転統計を示す。平成24年度の加速器総運転時間は、光熱費上昇等の諸事情により、例年に比べて600時間ほど短くなっている。しかし、ユーザ運転時間は、加速器の調整時間を減らすことで、200時間程度の減少にとどめた。加

表1：平成24年度PFリングの運転統計

	合計(h) / 率(%)
加速器総運転時間	4416.0 / 100.00
加速器調整時間	624.0 / 14.13
予定ユーザ運転時間	3792.0 / 85.87
実ユーザ運転時間	3752.9 / 84.98
加速器故障時間	39.1 / 0.89

表2：平成24年度PF-ARの運転統計

	合計(h) / 率(%)
加速器総運転時間	4080.0 / 100.00
加速器調整時間	408.0 / 10.00
予定ユーザ運転時間	3672.0 / 90.00
実ユーザ運転時間	3643.2 / 89.29
加速器故障時間	28.8 / 0.71

速器の故障時間に関しては、PFリングの前期運転でRF高圧電源やサーキュレータ水漏れ等のトラブルはあったものの、夏の停止期間中に対処したことにより、後期運転では安定に運転されたことから、例年と比べて大幅な故障時間増加とはならなかった。PF-ARは例年と同程度の故障時間となった。

### PF-AR 直接入射路トンネル建設

SuperKEKB 運転時にも PF-AR の安定な入射を確保するため、4リング (SuperKEKB:HER, LER, PFリング, PF-AR) 同時入射を実現するとともに、PF-AR の入射を 6.5 GeV フルエネルギーにすることで将来トップアップ運転を目指した PF-AR 直接入射路増強計画がスタートしました。H25年度は、電子陽電子リニアック第3スイッチヤードから PF-AR の南西部へ向けてほぼ直線に近い直接入射路トンネルの建設 (図2) をほぼ一年かけて行う予定です。現在施設部と建設業者の間で、詳細な工程の検討および作業の準備に取り組んでいます。トンネル建設には、道路の通行止めが必要になりますが、通行止めの期間でも、迂回道路で通行していただくことで、全くアクセスできなくなるような場所ができないように配慮する予定です。現時点での建設工程では、前期運転期間は PF 光源棟へのアクセス道路の通行止めはありませんが、後期運転では道路の通行止めが生じます。このアクセス道路と KEKB 周回道路の通行止めを同時に行わない等の処置により、徒歩で来られた PF ユーザの皆様にも極力不便にならないような対策を検討をしています。ユーザの皆様におかれまして、通行止めの期日・期間、迂回路の情報に注意を払って頂くようお願いします。工事期間中は何かとご迷惑をかけることとなりますが、PF-AR 直接入射路トンネル建設へのご理解・ご協力のほどよろしくをお願いします。

### 人の動き

加速器第7研究系の阪井寛志さんと原田健太郎さんが、4月1日付けで准教授に昇任されました。阪井さんには、引き続き光源第2グループに所属し、放射光源加速器の高周波加速システムに関する研究・開発および次世代放射光源 ERL における超伝導空洞開発において中核的な役割を、原田さんには光源第1グループに所属し、次世代放射光源 ERL を含めた放射光源加速器の高電磁石システムに関する研究・開発において中核的な役割を担って頂くことを期待しています。

さらに、加速器第7研究系の多田野幹人さんが前任技師に昇任されました。多田野さんには、引き続き光源第4グループに所属し、将来光源を含めた放射光源加速器のビーム診断システムに関する技術開発を行って頂くとともに、技術職員のまとめ役としての役割を担って頂くことを期待しています。

本年度4月1日付けで、分子科学研究所助教の阿達正浩さんが、加速器第7研究系に助教として異動して来られました。阿達さんには、光源第1グループに所属して頂き、次世代放射光源 ERL を含めた放射光源加速器における挿入光源の開発・研究に取り組んで頂くことになりました。

最後になりましたが、加速器研究施設の施設長として、さらには機構の専任理事として12年間にわたり重責を担われてこられたのち、一年だけでしたが加速器第7研究系に教授として配属されました神谷幸秀さんが、3月31日付けで退職されました。神谷さんにはシニアフェローとして、継続して光源第1グループに所属して頂き、今後も軌道に関連する研究・開発と若手の教育指導を担って頂けることを念願しています。



図2 PF-AR 直接入射路および工事エリア。赤線で示したところが矢板をする新トンネル部分、緑線が工事境界のフェンスで囲まれる部分、水色部分がフェンス扉、橙色で塗られた部分が道路覆工場所で、建設工事期間中支障がない限り通行可能にする部分。

### はじめに

2013年4月より伊藤健二前主幹（現シニアフェロー）の後任として、放射光科学第一研究系主幹に着任した熊井玲児です。PFのスタッフとしてはまだまだ新参者ですが、PF執行部の一員として微力ながら、共同利用の利便性の向上や、PFの将来計画などを通じてユーザーの皆様へ貢献していきたいと思っております。昨今の予算あるいはマンパワーなどのリソース不足、装置の老朽化に伴う故障など、共同利用に際してご不便をおかけしている部分も多々あるかと思いますが、ひとつでも多くの改善点が見いだせるよう、ユーザーの皆様と執行部をはじめとするPFスタッフ一同とのコミュニケーションをより密にしていければ、と思います。私自身も物構研着任前に外部ユーザーとしていくつかのPFのビームラインを使ってきた経験から、ユーザーとしての視点も持ち合わせております。幸い(?)にも、主幹着任後も現場での作業にかなり時間を費やしておりますので、実験ホールで見かけた際にお気軽にコメントをお寄せください。

少しだけタイムスケールの大きな話になりますが、PFも共同利用開始（1983年）から30年が経過しようとしております。今年は次期光源として期待されているERLの実証機であるcERLの運転も始まるなど、PFの将来計画にとって大切な時期を迎えております。PFの将来を決める上で、ユーザーの皆様からのご意見が重要な意味ももってきます。これまでに共同利用を通じて築き上げられてきたPFのアクティビティをより向上させるためにも、将来計画へ積極的な声を上げていただくようお願いいたします。施設側からの情報発信も、このPFニュースや、webサイトを通じて迅速に行っていくよう努めて参ります。

### 運転、共同利用関連

PF、PF-ARともに、2月25日（月）朝まで運転を行いました。当所の計画よりもやや伸びたものの、電気代の高騰や予算の削減などの影響で例年よりも早い時期に運転を停止せざるを得なくなりました。多忙な2月よりも3月にビームタイムの配分が欲しかった、というコメントもお聞きするなど、ユーザーの皆様にはご迷惑をおかけしたかと思えます。年々削減される予算と高騰する電気代の流れを止めることは難しいですが、PFのプロジェクト経費以外の収入を運転資金として確保することなど、様々な努力を行っており、今後も最大限運転時間を確保できる方法を検討していきたいと思っております。運転終了後には、少し時間をおいて3月14日（木）から2日間にわたり、物構研サイエンスフェスタが開催されました。多くのPFユーザーの皆様にご参加いただきありがとうございました。昨年まで行われていた物構研シンポジウムとPFシンポジウムを統合した物構研サイエンスフェスタでしたが、いかがでした

でしょうか。今後も物構研で利用できる4つのプローブ（放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子）のユーザーが一堂に会する貴重な機会として、積極的な参加をお願いいたします。

4月以降の運転では、PFでは4月12日（金）に、PF-ARでは4月16日（火）に、それぞれ無事にユーザー実験が再開されました。26日（金）の朝からゴールデンウィークを挟んで一時運転を停止しますが、その後、5月9日（木）の朝から運転が再開され、PF、PF-ARともに6月28日（金）の朝までの運転を予定しています。この間PF-ARの直接入射に向けた入射路変更作業の一環として、トンネル工事の開始が予定されています。PF、PF-ARへの道路及び歩道の一部が工事の影響で使用出来なくなることが予想されています。工事期間や代替通路などの情報が判明次第アナウンスを行う予定になっておりますので、ご協力をお願いいたします。また、秋以降の運転スケジュールについては5月頃に決まる予定です。

一方、PFの実験ホール内に目を移すと、ビームラインの改編・統廃合計画に基づいていくつかのビームライン建設が進行中です。2月の運転停止後にBL-2、BL-15周辺で、旧ビームラインコンポーネントの移設・解体作業や、床の補強などの大がかりな工事が行われました。これらのビームラインの統廃合計画は既にPFニュースやPFシンポジウムでもお伝えしている通りですが、BL-2は日立製作所と共同で広いエネルギー範囲をカバーするVUV・SXビームラインの建設が、またBL-15では高輝度ビームを利用した小角散乱とセミマイクロビームを利用したXAFS用のビームラインの建設が進められています。これにともない、これまでBL-15で展開されていたイメージングなどの一部のアクティビティは、BL-20Bへの移行作業を行っています。2005年に行われたPFリングのアップグレードによって増設された短直線部には、BL-17A（2005年）、BL-3A（2008年）、BL-1A（2010年）、と短周期アンジュレータによる硬X線ビームラインが建設されてきましたが、今回のBL-15の建設により一段落することになります。新BL-15は夏の停止期間中にビームライン建設を行い、秋にはコミッションを開始し、年内に共用を開始する予定です。BL-2では、今年の冬に既存のSX用アンジュレータ光による分光光学系及び測定装置の調整を進め、SX領域での共同利用を開始した後、2014年春にはVUV領域用のアンジュレータを設置して、VUV・SX領域全体での利用実験を実施する予定になっています。このほか、春のシャットダウン期間中にBL-13では光電子分光用の新しいブランチの建設が行われました。

### 人事関連

この春にもいくつかの人事異動がありました。最初に述



べたように、昨年まで放射光科学第一研究系主幹として PF の運営に多大な貢献をされてこられた伊藤健二さんが定年退職されました。4 月からはシニアフェローとして PF に在籍され、共同利用をはじめとする PF の運営に引き続きご協力いただいております。また、VOEGELI Wolfgang さんが東京学芸大学に、豊田智史さんが京都大学にそれぞれ異動されました。新天地でのご活躍、またユーザーとして PF を利用していただけることを希望しております。

昇任関連では、小菅隆さんが、技師から前任技師に、田中宏和さんが准技師から技師に、森丈晴さんが技師から専門技師に、それぞれ昇任されました。

また、新しく PF のメンバーに加わっていただいた方を簡単にご紹介いたします。安達成彦さん（特別助教）、千田美紀さん（特任助教）のお二人は構造生物学研究センターで、千田俊哉センター長とともに研究をされる予定です。安達さんはバイオ産業情報化コンソーシアム（JBIC）で、転写機能に係わるクロマチン因子群の構造生物学的な研究をしてこられ、今後もこのテーマ、特に巨大な複合タンパ

ク質に関する研究をされる予定です。千田美紀さんは産業技術総合研究所において蛋白質の結晶化スクリーニングと結晶工学的処理の方法の開発をされてこられました。今後もこの研究テーマを継続され、特にタンパク質複合体の結晶化に力を入れるとのことでした。

齊藤耕太郎さん（特任助教）は、これまでレオン・ブリルアン研究所（LLB）で、新奇な反強磁性秩序をもつ物質の磁気構造解析などの研究を行ってこられました。今後は小野寛太准教授とともに、主に元素戦略プロジェクトで中性子と放射光を相補利用した磁性材料の構造物性的な研究を行う予定です。

上條亜衣さん（技術員）は、大学院修士課程修了後、新卒で技術職員へ採用されました。現在建設中の BL-15 ビームライン建設チームに加わり、建設作業やコミッションングなどを経験し、一連のビーム制御技術を習得することを手始めに、大学院時代に研究されたライフサイエンスをベースとして、小角散乱ビームラインの運用にも参加される予定です。

## ERL 計画推進室報告

ERL 計画推進室長 河田 洋

### はじめに

いよいよ 2013 年度の幕が開かれました。ERL 計画に取って節目の年度となります。2006 年度に ERL 計画推進室が発足し、厳しい予算状況の中、ERL の開発研究を進め、特にそれらの要素技術を確認する cERL の建設を進めてきました。機構として本当に cERL の建設を行うか否かを議論するために 2010 年 4 月に一度予算を棚上げして「ERL 評価専門委員会」を開催し（[http://pfwww.kek.jp/ERLoffice/erl\\_hyouka/index.html](http://pfwww.kek.jp/ERLoffice/erl_hyouka/index.html)）、その技術開発方針と予算、マンパワーの実現性を評価頂き、2012 年度末までに運転を開始する計画を開始した経緯がありました。現在に至るまでの間には震災もあり若干遅れましたが、1 ヶ月遅れで電子ビーム調整のための試運転に辿りついた所です。この、ほぼオン・スケジュールの建設は「ERL 次世代放射光源を KEK で実現するのだ」という強い志をもった加速器集団の力以外の何者でもないことに感謝する次第です。おそらく、この PF ニュースがウェブに掲載される頃には、既に放射線施設検査も終了し電子ビームの調整運転も本格化しているものと想像しています。

一方、東日本放射光計画が放射光のコミュニティーに広く知られる様になった所で、「3 GeV クラスの第 3 世代放射光源がコストパフォーマンス良く建設する事ができる。」ということから、『ERL といった回折限界放射光源かつ短パルス放射光源の実現の前に、「3 GeV クラスの第 3 世代放射光源」の実現が先である』という議論が学術会議のマスタープランに放射光学会が取りまとめた形で提出されました。しかし、前号にも書きました様に ERL の加

速器技術のベースとなる連続ビームの超伝導ライナックは、XFEL-O といった夢の光の入口となることも射程に入れて、ERL の開発チームはその「夢の光」の実現に向けて、cERL の研究開発を現在全力で進めています。

### cERL：建設から運転へ

この 4 月からの入射部の運転に向けて、昨年 6 月に現場に設置し、9 月に 2 K までの冷却、チューナーや入力カプラーの低電力での試験を終えていた前段加速超伝導空洞は、2 月 5 日から高周波の大電力試験を行ないました。3 台の空洞 1 台ずつパワーを導入し、すべての空洞で所定の性能を確認すると同時に当初の目標である 5 MV の加速は可能であることを確認しました。高輝度電子銃に関しましては、JAEA から KEK に移設する際に明らかとなった問題も原因が判り、無事に電子ビームを発生する状況まで cERL のサイトで立ち上げる事ができました。また、この高輝度電子銃の性能は世界のトップクラスであり、3 月 14 日に、「次世代光源用光陰極直流電子銃から 500 keV 大電流ビーム生成に成功」に関するプレス発表を協力して開発を進めてきた JAEA、KEK、広島大学、名古屋大学の共同で行いました。まさに、回折限界 X 線放射光源である ERL を実現していくにあたり重要な一里塚となる事象です（<http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20130314150000/>）。

このプレス発表をきっかけに、日刊工業新聞が 3 月 19 日の朝刊で「500 kV 電子ボルトの大電流ビーム、原子力機構等、次世代光源に道」を掲載し、日本経済新聞が 4 月 4 日の朝刊に「瞬時の化学反応動画に」という記事を掲載

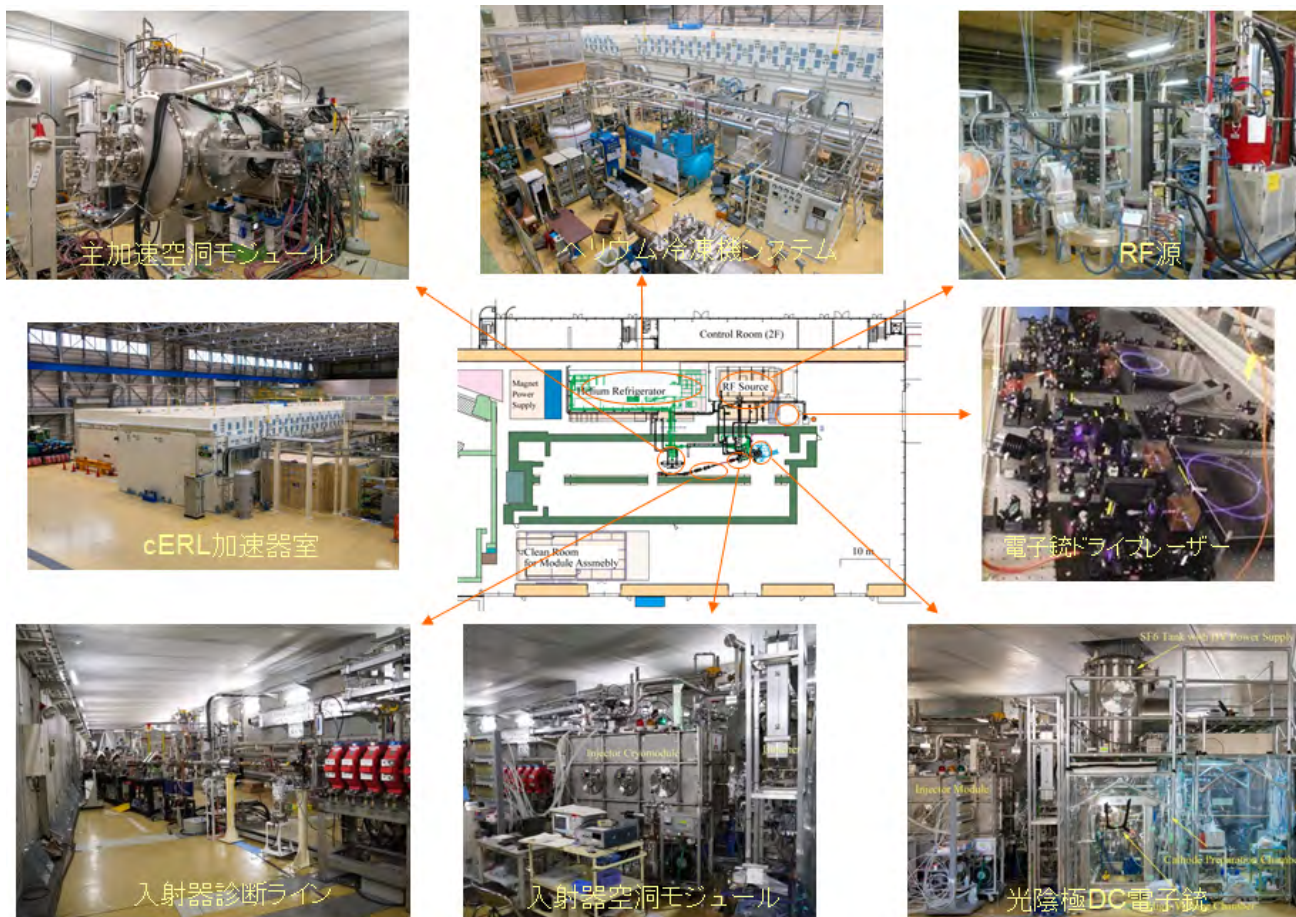


図1 現状のcERLの各部の状況。

しています。

図1は現状のcERLの各部の状況です。JAEAと共同で開発している高輝度電子銃、入射部超伝導空洞、入射器診断ライン、光電子ドライブレーザーシステム、RF源、ヘリウム冷凍システム、主加速部超伝導空洞、そしてそれらを収納するcERL加速器室（放射線シールド）です。特に4月から6月末までに加速器運転では、高輝度電子銃から発生する電子ビームを入射部超伝導空洞で加速しその電子ビームの性能を入射器診断ラインで評価することとなります。4月11日に佐々木放射線科学センター長による主任者検査を無事に合格し、4月15日の週から電子ビーム運転（入射部のビームテスト運転）に向けて超伝導空洞の冷却を開始しました。15日の週は超伝導空洞の冷却とエージング等を行い、4月22日から26日に、順にビームテスト運転を開始しました。先ず4月22日には電子銃からの390 kVの電子ビームを確認し、23日には390 keVの電子ビームが超伝導空洞を通過させました。24日には入射部超伝導空洞の一つの2セル空洞だけにRFパワーを投入して、約600 keVまで加速、そして、25日には所定の5 MeV迄の加速に成功しています。26日には5 MeVの電子ビームオプティクス調整を行なった上で、マクロパルス（1 msec）で電流を増強し、約200 nAの電流で、5月23日に予定している放射線施設検査の必要項目迄の調整に成功しました。非常に順調なビーム運転開始の裏には、



図2 cERLのコントロール室で調整運転の様子を見守るERL関係者。

ここまで開発してきたメンバーの努力と支えてくださった皆様の力添えの御蔭と思っています。まだ、始まったばかりですが、今後、6月末までは入射部のビーム調整を行い、夏のシャットダウンで周回部の設置作業（マグネット、真空ダクト等）を行なって、11月からいよいよERLの周回運転の調整を開始する予定です。図2は、cERLのコントロール室で調整運転を行なっているときに集まって来ているERL関係者の写真です。

## ERL 計画の対内外の活動

cERL の建設ではないですが非常に重要な一ステップは、ERL 計画の愛称とロゴの決定です。そのお披露目は3月14-15日に開催された物構研サイエンスフェスタのPFシンポジウムで行いました。愛称はPEARL (Photon Factory ERL Advanced Research Laboratory)



図3 ERL 計画の愛称「PEARL」とそのロゴマーク。

図3 ERL 計画の愛称「PEARL」とそのロゴマーク。図3のロゴマークは、真珠と電子加速器をモチーフに Photon Factory から PEARL への発展をデザインしたもので、光輝く星は、生み出されるサイエンスの輝き、研究者の閃きや情熱を表し、研究がもたらす成果の大きさを表す象徴として地球をイメージさせるブルーをベースとしています。どうか、今後ともよろしく願いいたします。その決定には昨年度の年度当初からユーザーの方々を含めて推薦作業を経ましたが、物構研の広報グループにご尽力頂いたことをここに深く感謝いたします。

また、ERL 関係の委員会や研究会関係でも2月から3月にかけて多くのイベントがございました。

まず、2月7～8日に行われたPF-SACでは、PF及びPF-ARの運営を議論、そしてアドバイスを頂いていますが、今回はKEKのロードマップを策定する状況にも有り、将来計画(ERL及びcERL)の進捗に関してアドバイスを頂きました。ERL関係で頂いたアドバイスは以下の通りです。

- ◆ PF-SACは3 GeV-ERLへの準備とcERLの建設の進展に感銘した。3 GeV-ERLを実現できる世界でも唯一の研究施設であり、かつ3 GeV-ERLの第2ステージであるXFEL-Oは非常に魅惑あるものである」と言う2012年7月に開催されたERL IACの結論を強く支持する。
- ◆ 2012年度末に電子ビーム運転を開始すべく、ERL建設チームに特筆すべき努力が認められる。
- ◆ PF-SACはcERLを用いたサイエンス(レーザー逆コンプトンX線技術)の実現を奨励する。cERLのポテンシャルユーザ開拓と新しいアイデアの形成を要望する。
- ◆ 全体の成功を実現するに当たり、フィールドエミッションの解決が重要で有り、それに予算を投入する事が重要である。

また、この機会にcERLの見学を行い、委員の先生方の現在の進捗状況を理解頂きました(図4)。



図4 2月に開催されたPF-SACでのcERLのサイト見学の様子。



図5 KEK-BINPのcollaboration meetingにてBINPのクリパノフ博士(中央)と談笑する著者(左)。右はShanghai Synchrotron Radiation FacilityのZhao Zhentang所長。

続いて、2月14日、15日に韓国のPOSTECHで「Workshop on Science Outlook and R&D Issues for an X-Ray Free Electron Laser Oscillator (XFEL)」が開かれ、KEKのERL計画の概要の講演を行いました。加速器のR&Dはもちろんです、XFELでどのようなサイエンスが開けるかというアイデアを含めて議論する場が提供されていました。またPALではXFELのプロジェクトも予算化されて建設が行われており、SASE-XFEL、SEEDED-XFEL、そしてXFELとそれぞれに分類してサイエンスの議論が行われていることも印象的でした。

そして、2月27日にKEK-BINPのcollaboration meetingがノボシビルスクのBINPで有り、ERLプロジェクトの現状を報告すると同時に今後のコラボレーションの内容に関する議論に参加してきました。BINPはERLに関して歴史的に世界で魅的な立場を築いていますし、PFの将来計画を作っていくに当たって、BINPのクリパノフ博士から大きな寄与を頂きました。BINPからは今後、3 GeV-ERLの設計に関して協力したい旨の打診を頂いています。図5はミーティング中にクリパノフ博士と談笑する小生です。このように、ERL計画は確実に世界の放射光施設の中で認知されるとともに、その地位を築いてきています。今後とも、どうか実現に向けてご支援ください。

## 第7回放射光科学研究施設諮問委員会 (PF-SAC) 報告

放射光科学研究施設長 村上洋一

去る2013年2月7、8日に第7回の放射光科学研究施設諮問委員会 (PF-SAC) が開催されました。委員長の Ingolf Lindau スタンフォード大学教授から Executive Summary and Closing Remarks が送られてきましたので、その要約をお知らせします。なお、これまでの PF-SAC および分科会のプログラムや委員会からの報告書については、次の URL: [http://pfwww.kek.jp/publications/review\\_isac.html](http://pfwww.kek.jp/publications/review_isac.html) からご覧いただけます。

以下の質問は、事前に PF から PF-SAC メンバーにお送りしたものです。本委員会では、これらの質問に対して我々からの報告などを基に議論を行い、まとめて頂いたものです。

### 質問1：今後10年間のPFの将来計画について

◆ (PF-SAC) PF のビームライン統廃合計画, PF-AR 直線入射路計画, 時間分解実験への取組計画を支持する。コンパクト ERL 計画の成功は 3 GeV ERL 計画にとって重要であるので、この計画の優先的推進を薦める。3 GeV ERL の CDR 完成やワークショップの開催など、本計画のリーダーシップを賞賛する。3 GeV ERL の建設・コミッションの予定を守り、ユーザーの放射光利用に支障をきたさないようなプランを作ることを推奨する。構造生物学研究センターと構造物性研究センターの成功は、今後の PF のロードマップにおいて重要である。

### 質問2：PF-AR への直線入射路建設計画について

◆ (PF-SAC) PF-AR の性能向上において重要な本計画を強く支持する。将来の PF-AR 利用のために挿入光源の更新を推奨する。

### 質問3：BL-2 と BL-15 のビームライン改造計画について

◆ (PF-SAC) BL-2 の改造は、物質科学の広い領域における ARPES, XPS, XAS の推進を可能にする。BL-15 の改造は、SAXS, XAFS, XRD を使った広いサイエンスをサポートする有効なものである。SAC はこれらの改造を強く支持する。

### 質問4：時間分解実験研究分科会の諮問について

◆ (PF-SAC) 時間分解分科会の諮問とそれに対する回答を支持する。本分科会は運転モード切替えの効率化のため NW14 の改造を示唆した。時間分解実験にコンパクト ERL の光を利用することを薦める。時間分解実験に必要な高速検出器の継続的な開発を推奨する。XFEL 施設 (LCLS と SACLA) もまた時間分解の科学をターゲットとしている中、PF はインパクトの高い結果を出す方策を見つける必要がある。PF-AR での硬 X 線, PF での軟 X 線を利用した時間分解実験はユーザーにとって魅力的である。



図1 PF-SACの委員、サイエンストピックスの講演者とPFスタッフ。

### 質問5：PF-UAの組織化について

◆ (PF-SAC) PF の新しいユーザーコミュニティ PF-UA の発足を歓迎する。PF-UA の PF 運転時間確保への働きかけを評価する。PF-UA の小委員会がうまく機能することを希望する。多くのアクティブなメンバーを確保し、ユーザーコミュニティが活発な活動を行うことを勧める。

### 質問6：cERL および ERL プロジェクトについて

◆ (PF-SAC) 3 GeV ERL の準備と cERL の進行状況に感銘を受けた。3 GeV ERL の国際諮問委員会の結論を支持する。特に、KEK と JAEA の協力は ERL 建設の成功にとって重要である。また、XFEL-O は極めて刺激的で、ダイナミクス研究の大部分の領域において変革をもたらすものである。cERL 建設メンバーの努力を大いに賞賛する。逆コンプトン散乱実験の推進を支持する。また、cERL ポテンシャルユーザーの継続的な関与と新しい実験のアイデアの提出が望まれる。一方、観測されたフィールドエミッションの原因を突きとめるために十分な配慮を行い、そのためのリソースを配分することも重要である。

以上の6件の質問への回答以外に、以下のようなコメントを頂きました。

○次期 KEK ロードマップを高く評価する。日本の放射光科学に対して KEK が果たす役割は非常に重要である。

○PF-SAC で発表されたサイエンストピックスの内容は極めて印象的であった。

○PF の優れた研究成果、国内外の研究協力など高く評価するが、一方で何度も指摘しているように、マンパワー不足は大変深刻である。

○PF は大学院生や若手研究者に対して先端的研究の場を提供している。

○復興予算は有効に使われ、迅速に復興が行われたことを評価する。

○PF の若手研究者は、PF の運転・運営に優れた洞察を持っており、彼らとの個別面談は非常に有意義であった。

## 光電子分光器用光学系 BL-13B の整備

放射光科学第一研究系 間瀬一彦

2013年3-4月に表面化学研究用高輝度真空紫外軟X線ビームラインBL-13Aを分岐して、光電子分光器用光学系(BL-13B, 図1, 図2)と光強度モニター用超高真空槽を設置しました。光エネルギー範囲と光エネルギー分解能はBL-13Aと同様(図3) [1]ですが、 $2^\circ$ 入射 $4^\circ$ 振りの高次光除去平面鏡(図4)が設置されているため、クロム蒸着面、ニッケル蒸着面を利用すると、炭素K吸収端領域、窒素K吸収端領域の高次光をそれぞれ除去することができます。4-6月に調整を行ない、7-9月にBL-13Aの光電子分光装置SES-200を移設して第2期から共同利用への提

供を始める予定です。詳細につきましては、担当者(間瀬一彦, 放射光科学第一研究系, mase@post.kek.jp)までお問い合わせください。

BL-13B設置は、間瀬、豊島、菊地、田中、雨宮が担当し、インターロックシステム、制御系の構築は小菅、濁川、斉藤、永谷が行ないました。最後になりましたが、BL-13B設置にご尽力くださいました日本アクシス、三菱SC、トヤマの皆様に感謝いたします。

### 参考文献

- [1] A. Toyoshima, T. Kikuchi, H. Tanaka, K. Mase, K. Amemiya, and K. Ozawa, J. Phys.: Conf. Ser. **425**, 152019 (2013).

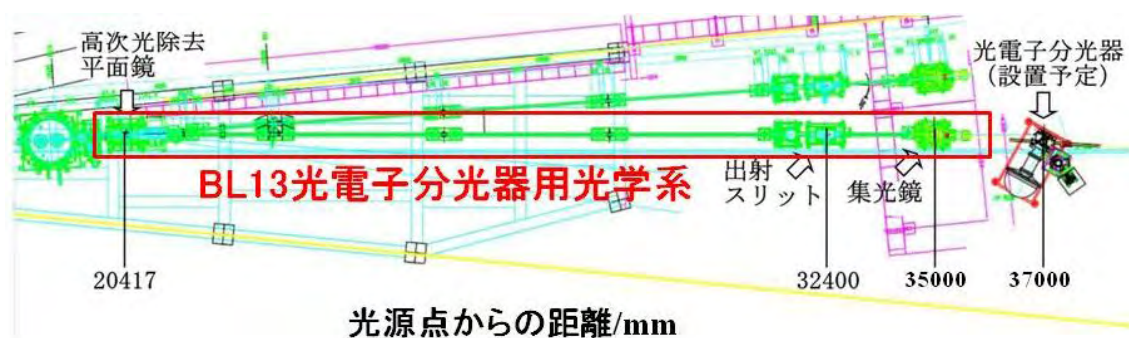


図1 BL-13Bのレイアウト。

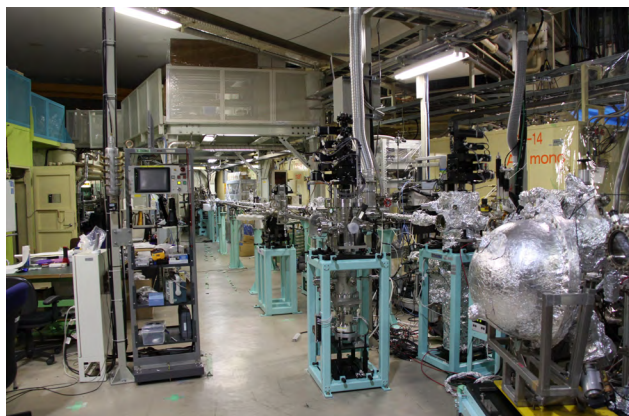


図2 設置直後のBL-13Bの写真。

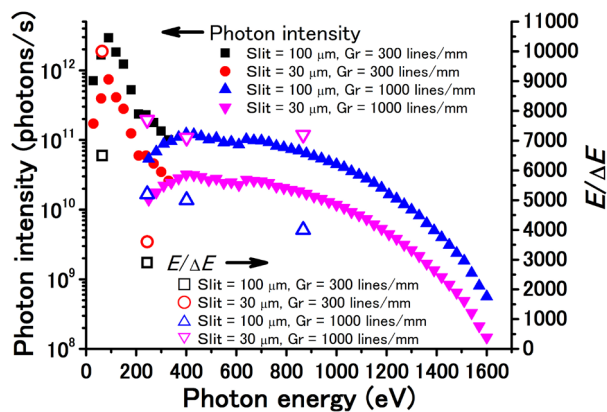


図3 BL-13Aの光強度と光エネルギー分解能 [1]。

高次光除去平面鏡の正面図(縦40mm、横100mm)

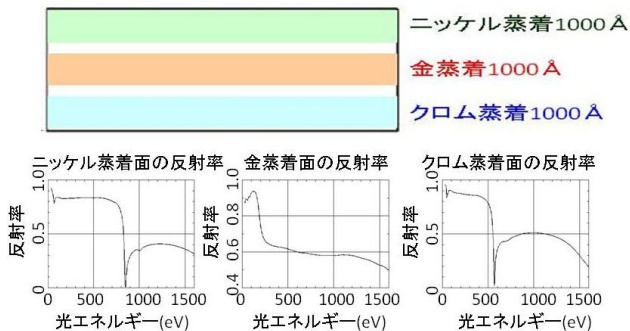


図4  $2^\circ$ 入射 $4^\circ$ 振りの高次光除去用平面鏡。

## 熱・光によって磁性・電気伝導性が変化するシアン化物イオン架橋混合原子価 [Fe-Co] 一次元鎖錯体

星野哲久<sup>1\*\*</sup>, 飯島史周<sup>1</sup>, ニュートン グラハム<sup>1</sup>, 吉田典史<sup>1</sup>, 志賀拓也<sup>1</sup>,  
野尻浩之<sup>2</sup>, 中尾朗子<sup>3,\*\*2</sup>, 熊井玲児<sup>3</sup>, 村上洋一<sup>3</sup>, 大塩寛紀<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学数理物質系, <sup>2</sup> 東北大学金属材料研究所, <sup>3</sup> 高エネルギー加速器研究機構

\*\* 現所属: 東北大学多元物質科学研究所

\*\*2 現所属: 総合科学研究機構東海事業センター

### Three-way switching in a cyanide-bridged [FeCo] chain

Norihisa HOSHINO<sup>1\*\*</sup>, Fumichika IJIMA<sup>1</sup>, Graham N. NEWTON<sup>1</sup>, Norifumi YOSHIDA<sup>1</sup>, Takuya SHIGA<sup>1</sup>,  
Hiroyuki NOJIRI<sup>2</sup>, Akiko NAKAO<sup>3,\*\*2</sup>, Reiji KUMAI<sup>3</sup>, Youichi MURAKAMI<sup>3</sup>, Hiroki OSHIO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Pure and Applied Sciences, Department of Chemistry, University of Tsukuba,

<sup>2</sup> Institute for Materials Research, Tohoku University

<sup>3</sup> Photon Factory and Condensed Matter Research Center, Institute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

\*\* Current affiliation: Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University

\*\*2 Current affiliation: Research Center for Neutron Science and Technology, Comprehensive Research Organization for Science and Society (CROSS)

#### Abstract

キラルな結晶構造をもつ新規シアン化物イオン架橋鉄-コバルト一次元鎖状錯体を合成し、この錯体が多彩な多重安定性を示すことを見出した。この化合物は熱や光によってコバルトイオンと鉄イオン間の電荷移動を伴うスピン転移現象 (ETCST = Electron Transfer Coupled Spin Transition) を起こし、磁性と電気伝導性が大きく変化する。常温付近では温度変化によって ETCST が起こり、高温相では常磁性半導体・低温相では反磁性絶縁体となる。また極低温では光照射によって ETCST が起こり、反磁性体から一次元鎖磁石へ相転移する。

#### 1. はじめに

金属錯体において、金属イオンの電子状態は有機配位子の構造や電子供与性で変化し、色や磁性などの多彩な物性変化を示す。ある特定の電子状態においては2つのスピン状態が互いに交差し、温度や圧力に応じて状態間の遷移が起こり、物性が大きく変化することが知られている (スピンクロスオーバー) [1]。さらに複数の金属イオンが架橋配位子によって集積した系では、金属イオン間の電子的・磁氣的相互作用により個々の金属イオンに相乗的な変化が発現する。すなわち金属錯体およびその集積体においては、コンポーネント分子の電子状態を調節することで、光・温度・圧力などの外場に応答して磁性や光学的性質をスイッチ可能な分子を実現することが可能である。

シアン化物イオンは種々の金属イオンを架橋し、金属イオンの組み合わせによっては金属イオン間に比較的強い電子的相互作用を誘起する。例えば、混合原子価 [Fe-CN-Co] の組合せではエントロピー的な効果により金属イオン間で電子移動を伴うスピン転移が起こり (ETCST)、低スピン (LS) 状態 [LS-Fe(II)-CN-LS-Co(III)] ( $S_{LS-Fe(II)} = 0, S_{LS-Co(III)} = 0$ ) と高スピン (HS) 状態 [LS-Fe<sup>III</sup>-CN-HS-Co<sup>II</sup>]

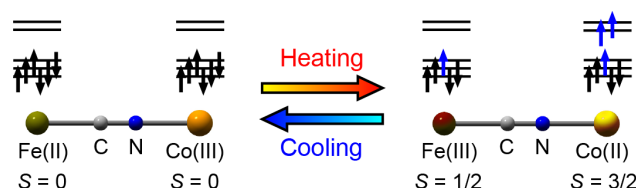


Figure 1 ETCST phenomena in cyanide bridged Co-Fe complex.

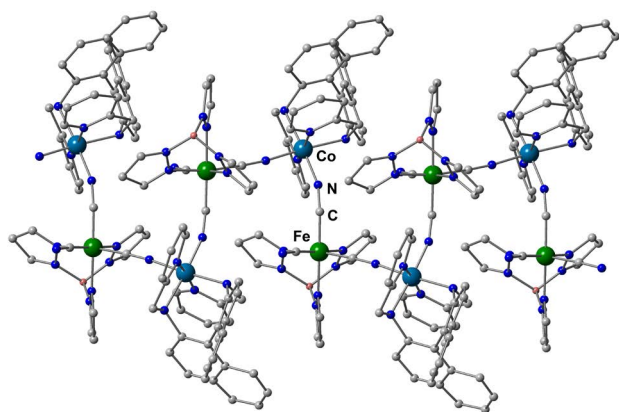
( $S_{LS-Co(III)} = 1/2, S_{HS-Fe(II)} = 3/2$ ) 間で相転移することが知られている (Fig. 1) [2]。プルシアンブルー類縁体はシアン化物イオン架橋による三次元構造をもち、光誘起強磁性や強誘電性を示す [3, 4]。

我々はこれまでにディスクリートのシアン化物イオン架橋混合原子価 [Fe<sub>2</sub>-Co<sub>2</sub>] 環状四核錯体において、固体・溶液中での ETCST 挙動 [5]、同じく六核錯体において光誘起単分子磁性 [6]、X核錯体においてゲスト分子誘起 ETCST 挙動 [7] を見出してきた。本稿では矩形一次元構造をもつ双安定性シアン化物イオン架橋鉄-コバルト一次元鎖錯体における、熱・光誘起 ETCST による磁性・伝導性スイッチについて最近の研究成果を紹介する [8]。

## 2. 混合原子価鉄-コバルト一次元鎖錯体の合成と構造

複数の金属イオンをもつ金属多核錯体やその集積錯体は、架橋有機配位子や、場合によっては金属錯体自身(錯体配位子)により構築可能である。有機配位子の選択により金属イオンの電子状態が変化し、様々な物性が発現する。我々は試行錯誤の結果、キラルな有機四座配位子 ((*R*)-pabn = (*R*)-*N*(2),*N*(2')-bis(pyridin-2-ylmethyl)-1,1'-binaphthyl-2,2'-diamine) を補助配位子にもつコバルト単核錯体ユニットと、架橋性錯体配位子であるトリシアノ鉄(III)酸錯体 (*n*-Bu<sub>4</sub>N)[Fe(III)(CN)<sub>3</sub>(tp)] (tp = hydrotris(pyrazol-1-yl)borate) を反応させることで一次元鎖状錯体 [Co(*R*-pabn)][Fe(tp)(CN)<sub>3</sub>](BF<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·MeOH·2H<sub>2</sub>O ([Fe(III)-Co(II)]·MeOH·2H<sub>2</sub>O) を得た (Fig. 2, 100 K での構造)。[Fe(III)-Co(II)]·MeOH·2H<sub>2</sub>O はキラルな空間群 *P*<sub>2</sub><sub>1</sub><sub>2</sub><sub>1</sub> に結晶化し、シアノ化物イオンが鉄イオンとコバルトイオンを交互に架橋することで一次元鎖を形成する。[Fe(III)(CN)<sub>3</sub>(tp)]<sup>-</sup> の3つのシアノ化物イオンのうち2つが隣接するコバルトイオンに配位している。コバルトイオンは4座配位子 (*R*)-pabn 1つと、2つのシアノ化物イオンが両隣の [Fe(CN)<sub>3</sub>(tp)]<sup>-</sup> から *cis* 位配位し、歪んだ6配位8面体構造をもつ。コバルトイオン中心は全て  $\Lambda$  型の絶対配置であるためキラルな結晶構造をもつ。なお (*S*)-pabn をもちいると鏡像異性体 ( $\Delta$  型) が得られ、ラセミ体ではディスクリートな9核錯体 [Fe(III)<sub>4</sub>Co(III)<sub>4</sub>Co(II)(CN)<sub>12</sub>(tp)<sub>4</sub>((*R*)-pabn)<sub>2</sub>((*S*)-pabn)<sub>2</sub>](BF<sub>4</sub>)<sub>10</sub>·12H<sub>2</sub>O·40CH<sub>3</sub>OH が得られた。

低温で緑色の [Fe(III)-Co(II)]·MeOH·2H<sub>2</sub>O は温度の上昇に伴い285 K 付近で赤色を呈する。各相における金属イオンの電子状態はX線構造解析やMössbauer分光法により決定された。低温相(100 K)におけるコバルトイオンの配位結合長は1.895(5)-1.983(6) Å であるのに対し、高温相(300 K)では2.075(10)-2.256(8) Å と長くなり、それぞれ低スピンLS-Co(III)と高スピンHS-Co(II)状態に特有な値を示した。一方鉄イオンについては、低温相では Fe-C<sub>CN</sub> = 1.877(7), Fe-N<sub>L</sub> = 2.006(6) Å, 高温相では Fe-C<sub>CN</sub> = 1.904(12), Fe-N<sub>L</sub> = 1.962(10) Å とわずかな違いしか観測さ

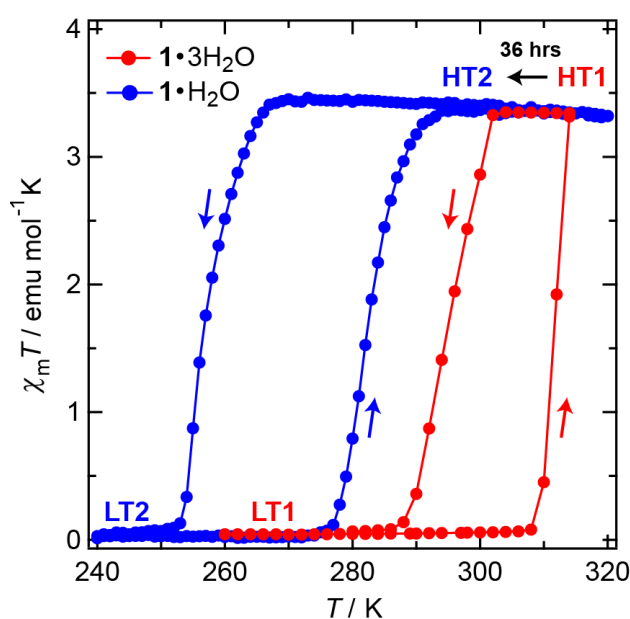


**Figure 2** Molecular structure of cyanide-bridged [CoFe] chain 1.MeOH.2H<sub>2</sub>O. Green, Fe; light blue, Co; grey, C; blue, N. Hydrogen atoms and solvent molecules are omitted for clarity.

れなかった。鉄イオンの低温相(20 K)と高温相(293 K)におけるスピン状態は、<sup>57</sup>Fe Mössbauer スペクトルによってそれぞれ LS-Fe(II) ( $\delta = 0.089 \text{ mm s}^{-1}$ ,  $\Delta = 0.54 \text{ mm s}^{-1}$ ) と LS-Fe(III) ( $\delta = -0.046 \text{ mm s}^{-1}$ ,  $\Delta = 1.04 \text{ mm s}^{-1}$ ) 状態にあることが明確に示された。以上の結果から、低温相・反磁性体 [LS-Fe(II)-LS-Co(III)] は、ETCSTにより高温相・常磁性体 [LS-Fe(III)-HS-Co(II)] に電子状態変換することを確認した。この錯体の特徴として、相転移温度が結晶溶媒に依存することが挙げられる。単結晶構造解析と熱重量分析により、[Fe(III)-Co(II)]·MeOH·2H<sub>2</sub>O はメタノール分子が脱離することで [Fe(III)-Co(II)]·H<sub>2</sub>O や [Fe(III)-Co(II)]·3H<sub>2</sub>O に変化することが確認されたが、これらの結晶溶媒が ETCST 挙動に大きな影響を及ぼすことが、次に示す磁化率測定から明らかとなった。

## 3. 熱誘起スピン転移

昇温過程において [Fe(III)-Co(II)]·MeOH·2H<sub>2</sub>O は310 K で相転移を示す (Fig. 3: red plots)。これに対して、[Fe(III)-Co(II)]·H<sub>2</sub>O の相転移温度は30 K 程度低温側にシフトする (Fig. 3: blue plots, [Fe(III)-Co(II)]·MeOH·2H<sub>2</sub>O を SQUID 中320 K で36時間乾燥して調製)。この現象は単結晶X線構造解析の結果から次のように理解することができる。[Fe(III)-Co(II)]·MeOH·2H<sub>2</sub>O の鉄イオンにはシアノ化物イオンが3つ配位しているが、このうちコバルトとの架橋に使われないシアノ化物イオンは、結晶溶媒であるメタノールの酸素原子と水素結合している。この水素結合がシアノ化物イオンを通して鉄イオンの電子密度を下げ(電子吸引効果により) Fe(II) 状態を安定化している。一方、メタノール分子の脱離した錯体 [Fe(III)-Co(II)]·H<sub>2</sub>O では、水素結合が存在しない分だけ Fe(II) 状態が不安定化し、ヒステリシスが低温側にシフトしたものと考えられる。



**Figure 3**  $\chi_m T$  versus *T* plots for 1.3H<sub>2</sub>O (red markers) and 1.H<sub>2</sub>O (blue markers).

#### 4. 光誘起単一次元磁性

極低温 (5 K) にて反磁性状態にある [Fe(II)-Co(III)]<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O に 808 nm の赤色光を照射すると、磁化率の大幅な上昇 (約 300 emu mol<sup>-1</sup> K) が観測された (Fig. 4)。照射光の波長は Fe(II) から Co(III) イオンへの電荷移動吸収帯 (IVCT-band) に対応しており、磁化率の大きな変化は ETCST による [LS-Fe(II)-LS-Co(III)] から [LS-Fe(III)-HS-Co(II)] 準安定状態への相転移に対応する。300 emu mol<sup>-1</sup> K という大きな値は金属イオン間に強磁性的相互作用が発現していることを示している。この光励起準安定状態は 72 K で基底状態 (反磁性 [LS-Fe(II)-LS-Co(III)]) に熱緩和するが、その交流磁化率 (1.8 – 5.2 K) は低次元磁性体の磁気緩和に特徴的な周波数依存性を示すと同時に、2 種類の独立な緩和過程の存在が示唆された。拡張 Debye モデルを用いて解析を行った結果、活性化障壁 (頻度因子の逆数  $\tau_0$ ) が  $\Delta E = 65.5$  K ( $3.1 \times 10^{-10}$  sec) と  $\Delta E = 33.3$  K ( $3.3 \times 10^{-8}$  sec) をもつ、有効鎖長が長い単一次元鎖磁石と比較的短いフラグメント化した単一次元鎖磁石 (単分子磁石) に相当する 2 種類の化学種が存在することが示唆された。すなわち本錯体は光励起単一次元磁石であるといえる。

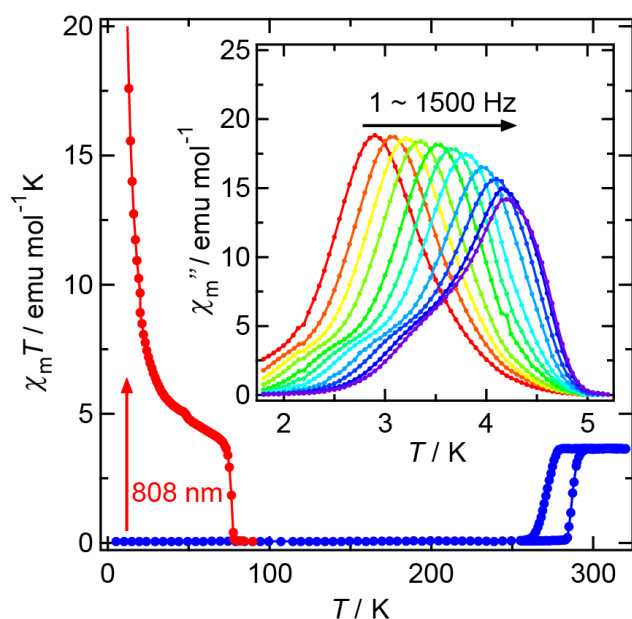


Figure 4 Magnetic data before and after light irradiation of 808 nm laser. Inset: ac magnetic susceptibility data.

#### 5. 電気的性質

一次元鎖錯体 [Fe(II)-Co(III)]<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O について電気伝導度と磁化率を同時測定したところ、電気伝導度は ETCST と同時に大きく変化することが明らかとなった (Fig. 5)。高温相 ([LS-Fe(III)-HS-Co(II)]) では活性化障壁 0.38 eV (270 – 300 K) の半導体であるのに対し、低温相ではほぼ絶縁体 ( $\sigma \approx 10^{-12}$  S m<sup>-1</sup>) であった。また複素誘電率 (Fig. 6) についても磁化率と同時測定を行った。低温相から高温相への ETCST と同時に誘電率は大きく上昇し、高温相では誘電緩和に周波数依存性が観測された。活性化障壁として得られた値 0.42 eV ( $\tau_0 = 1 \times 10^{-11}$ ) は直流電気伝導度から見積もられた値とよく一致するため、この誘電緩和現象はキャリア移動に関係するものと考えられるが、分散周波数が低いことから、マクロなスケールの揺らぎを伴っている可能性がある。

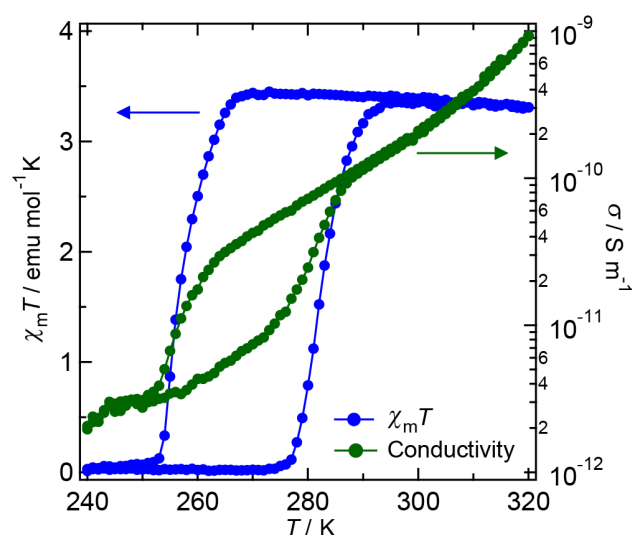


Figure 5 Conductivity data and magnetic susceptibility.

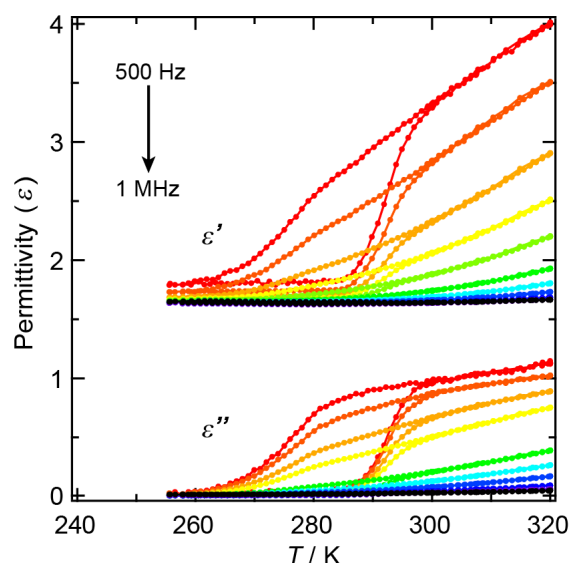


Figure 6 Dielectric constant ( $\epsilon'$ ) and dielectric loss ( $\epsilon''$ ).



## 6. おわりに

本研究ではシアン化物イオン架橋混合原子価 [Fe-Co] 一次元鎖状金属錯体を合成し、熱により反磁性から常磁性・絶縁体から半導体へ変換できること、さらに極低温では光によって反磁性から単次元磁石へ変換できることを見出した。このような多重機能性のスイッチングは一次元鎖型化合物として初めて見いだされた現象である。、今後は電場や磁場による物性変換が可能な分子システムの構築を目指している。

## 7. 謝辞

本稿で紹介した研究は、新学術領域「配位プログラミング」(Area 2107, No. 21108006)、東北大学金属材料研究所共同利用研究「多重双安定性化合物における電子状態の外場制御」(11K0082)、PF での実験は共同利用課題「金属多核錯体における光誘起相転移」(2010G009)のもとで行いました。

## 引用文献

- [1] Spin Crossover in Transition Metal Compounds I, II, III, P. Gütrich and H. A. Goodwin, Springer Verlag, Berlin (2004).
- [2] O. Sato, T. Iyoda, A. Fujishima, and K. Hashimoto, *Science*, **272**, 704 (1996).
- [3] S. Ferlay, T. Mallah, R. Ouahes, P. Veillet, and M. Verdager, *Nature*, **378**, 701 (1995).
- [4] S. Ohkoshi, H. Tokoro, T. Matsuda, H. Takahashi, H. Irie, and K. Hashimoto, *Angew. Chem., Int. Ed.*, **46**, 3238 (2007).
- [5] M. Nihei, Y. Sekine, N. Suganami, K. Nakazawa, A. Nakao, H. Nakao, Y. Murakami, and H. Oshio, *J. Am. Chem. Soc.*, **133**, 3592 (2011).
- [6] M. Nihei, Y. Okamoto, Y. Sekine, N. Hoshino, T. Shiga, I.P.-C. Liu, and H. Oshio, *Angew. Chem., Int. Ed.*, **51**, 6361 (2012).
- [7] K. Mitsumoto, E. Oshiro, H. Nishikawa, T. Shiga, Y. Yamamura, K. Saito, and H. Oshio, *Chem. -A Eur. J.*, **17**, 9612 (2011).
- [8] N. Hoshino, F. Iijima, G. N. Newton, N. Yoshida, T. Shiga, H. Nojiri, A. Nakao, R. Kumai, Y. Murakami, and H. Oshio, *Nat. Chem.* **4**, 921 (2012).

(原稿受付日: 2013年3月21日)

## 著者紹介

星野哲久 Norihisa HOSHINO  
東北大学多元物質科学研究所 助教  
〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2丁目1-1  
TEL: 022-217-5653  
FAX: 022-217-5655  
e-mail: hoshino@tagen.tohoku.ac.jp  
略歴: 2002年東北大学理学研究科博士前期課程修了, 2009年筑波大学大学院数理物質科学研究科博士後期課程

修了, 筑波大学数理物質科学研究科準研究員を経て, 2011年東北大学多元物質科学研究所助教, 現在に至る。博士(理学)。

最近の研究: 機能性有機・無機ハイブリッド材料の創成。

飯島史周 Fumichika IJIMA  
筑波大学数理物質科学研究科 修士課程2年

ニュートン グラハム Graham N. NEWTON  
筑波大学数理物質系 助教

〒305-8571 茨城県つくば市天王台1-1-1

TEL: 029-853-5923

FAX: 029-853-4426

e-mail: graham@chem.tsukuba.ac.jp

略歴: 2009年 University of Glasgow 修了, 日本学術振興会外国人特別研究員, 筑波大学大学院数理物質科学研究科研究員を経て, 2011年筑波大学数理物質科学研究科助教, 現在に至る。Ph. D.

最近の研究: 機能性金属多核錯体の自己組織化と物性研究。

吉田典史 Norifumi YOSHIDA  
筑波大学数理物質科学研究科 卒業

志賀拓也 Takuya SHIGA

筑波大学数理物質系 助教

〒305-8571 茨城県つくば市天王台1-1-1

TEL: 029-853-5923

FAX: 029-853-4426

e-mail: shiga@chem.tsukuba.ac.jp

略歴: 2004年九州大学大学院理学府修了, 筑波大学大学院数理物質科学研究科助手, 同助教, 東北大学大学院理学研究科助教を経て, 2010年筑波大学大学院数理物質科学研究科助教, 筑波大学数理物質系助教, 現在に至る。博士(理学)。

最近の研究: 低次元分子磁性系の合理的構築と多重機能性発現。

野尻浩之 Hiroyuki NOJIRI  
東北大学金属材料研究所 教授

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1

TEL: 022-215-2017

FAX: 022-215-2016

e-mail: nojiri@imr.tohoku.ac.jp

略歴: 1984年京大理卒, 1986阪大基礎工修士終了, 職歴: 神戸大, 物性研, 金研, 岡山大を経て現職, 1993年阪大(理博)。

最近の研究: 強磁場中性子回折, X線分光, テラヘルツESRなどを用いた磁性体, 分子磁性体の研究。

趣味: 現代美術鑑賞。

中尾朗子 Akiko NAKAO  
総合科学研究機構東海事業センター 副主任研究員  
〒 319-1106 茨城県那珂郡東海村白方 162-1  
TEL: 029-219-5300  
FAX: 029-219-5311  
e-mail: a-nakao@cross.or.jp  
略歴：2001年 お茶の水女子大学大学院人間文化研究科博士課程修了，理化学研究所基礎科学特別研究員，高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所助手，同助教を経て，2011年 総合科学研究機構東海事業センター副主任研究員，現在に至る。博士（理学）。  
最近の研究：放射光，中性子を用いた構造物性研究。

熊井玲児 Reiji KUMAI  
KEK 物質構造科学研究所 教授  
〒 305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1  
TEL: 029-879-6024  
e-mail: reiji.kumai@kek.jp  
略歴：1995年 東京大学大学院総合文化研究科博士課程修了，アトムテクノロジー研究体研究員，工学技術院産業技術融合領域研究所主任研究官，産業技術総合研究所研究員，同主任研究員を経て，2011年 高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所教授，現在に至る。博士（理学）。  
最近の研究：強相関電子系物質の構造物性研究。

村上洋一 Youichi MURAKAMI  
KEK 物質構造科学研究所 教授  
〒 305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1  
TEL: 029-879-6024  
FAX: 029-879-6024  
e-mail: reiji.kumai@kek.jp  
略歴：1985年 大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程修了，筑波大学物質工学系講師，東京大学理学部物理学科助手，高エネルギー物理学研究所助教授，東北大学大学院理学研究科教授を経て，2009年より高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所教授，現在に至る。  
最近の研究：強相関電子系における電子自由度秩序の研究。

大塩寛紀 Hiroki OSHIO  
筑波大学数理物質系 教授  
〒 305-8571 茨城県つくば市天王台 1-1-1  
TEL: 029-853-4238  
FAX: 029-853-4238  
e-mail: oshio@chem.tsukuba.ac.jp  
略歴：1982年 九州大学大学院理学研究科博士課程修了，岡崎国立共同研究機構 分子科学研究所助手，東北大学大学院理学研究科助教授を経て，2002年 筑波大学大学院数理物質科学研究科教授，筑波大学数理物質系教授，現在に至る。理学博士。  
最近の研究：多重双安定性の物質科学。

## 胃がんを引き起こすピロリ菌の発がんタンパク質 CagA の X 線結晶構造解析

千田美紀<sup>1,2</sup>, 林剛瑠<sup>2,3</sup>, 畠山昌則<sup>2,3</sup>, 千田俊哉<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所, <sup>2</sup>JST, CREST, <sup>3</sup>東京大学・大学院医学系研究科

### Crystal structure of the CagA oncoprotein from *Helicobacter pylori*

Miki SENDA<sup>1,2</sup>, Takeru HAYASHI<sup>2,3</sup>, Masanori HATAKEYAMA<sup>2,3</sup>, Toshiya SENDA<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Materials Structure Science, KEK, <sup>2</sup>JST, CREST, <sup>3</sup>Graduate School of Medicine, The University of Tokyo

#### Abstract

ピロリ菌が産生する CagA は胃がんの発症に重要な役割を担うタンパク質として注目されているが、その立体構造は未知であった。我々は、CagA が「がんタンパク質」として働くしくみをその分子構造から理解するための第一歩として CagA の結晶構造を決定した。CagA 結晶の質は非常に悪く当初構造決定が困難であると思われたが、結晶工学的処理の条件を検討することにより最終的に 3.3 Å 分解能で結晶構造を決定できた。

#### 1. はじめに

胃がんは全世界の部位別がん死亡の第二位を占めており、毎年約 70 万人が胃がんにより命を落としていると累計されている。また、胃がん発症への関与が一般に知られるようになったピロリ菌は、世界人口の半数以上に感染していると言われており、実際の疾病予防や治療という観点からも発病メカニズムを理解することが求められている。近年の研究からピロリ菌が産生するタンパク質 CagA は、ヒトの胃粘膜上皮細胞内に侵入すると、ヒトが本来持っている様々なタンパク質と複合体を形成することで細胞内シグナルを攪乱し、胃がんの発症を誘導することが明らかになってきた。このように、胃がんの発症に重要な役割を担うタンパク質として CagA は大きく注目されるようになったが、その立体構造はこれまで未知のままであった。今回、我々は、CagA が「がんタンパク質」として働くしくみをその分子構造から理解するための第一歩として CagA の結晶構造を決定した [1]。得られた結晶構造をもとに細胞生物学的解析や生化学的解析を行うことにより、CagA がヒトの胃粘膜上皮細胞内で足場を形成しターゲットとなるタンパク質との複合体形成を促進するしくみを明らかにすることができた。本稿では、当初 10 Å 程度の分解能の回折しか生じなかった CagA 結晶の質を、最終的には 3.3 Å 分解能にまで高めるために有効であった複数のクライオプロテクタントを段階的に用いる新しい「結晶工学的処理」の方法についても紹介したい。

#### 2. ピロリ菌の発がんタンパク質 CagA

CagA はピロリ菌内で産生される約 130-145 kDa のタンパク質であり、IV 型分泌機構と呼ばれるミクロの注射針を通して胃粘膜上皮細胞内に侵入すると [2], 細胞膜内

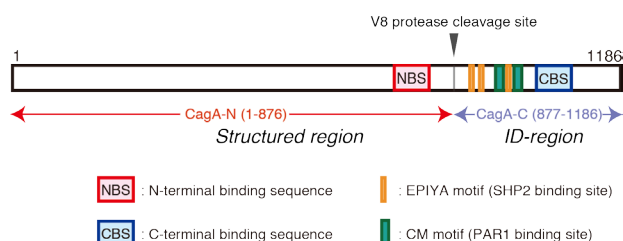


Figure 1 Schematic representation of the primary structure of CagA.

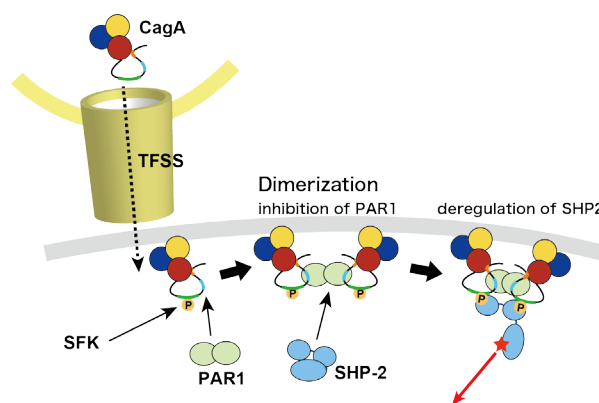


Figure 2 CagA interacts with PAR1 and SHP2 for signal perturbation.

面に局在化して存在することが知られている [3]。CagA の C 末端側には、チロシンリン酸化を受ける EPIYA 配列 (Glu-Pro-Ile-Tyr-Ala 配列) や多量体化に関わる CM (CagA-Multimerization) モチーフと呼ばれる配列が存在する (Fig. 1)。EPIYA 配列を含む EPIYA セグメントは、EPIYA 配列の前後のアミノ酸配列の違いにより大きく分けて A, B, C, D の 4 種類が同定されており、単離された菌株間で多種多様な EPIYA セグメントの繰り返し配列パターンを持つ

[4]。欧米型の CagA では A-B-C の順番で EPIYA セグメントが繰り返しており、EPIYA-C セグメントの繰り返しが多いほど病原生物活性が増すことが明らかになっている。一方、東アジア型では A-B-D の順番で EPIYA セグメントを持ち EPIYA-D セグメントの存在が東アジア型ピロリ菌の高い病原性 / 発がん性と関係していることが示されている。胃粘膜上皮細胞内に移した CagA は、Src ファミリーキナーゼにより EPIYA 配列のチロシンがリン酸化されることでヒトのがんタンパク質として知られるチロシンホスファターゼ SHP2 と結合できるようになる [5, 6, 7]。SHP2 は CagA と結合することで異常に活性化され、細胞のがん化につながる異常な分裂・増殖シグナルを生じる。また、上皮細胞の極性を制御するためのシグナリング分子として働いているセリン/スレオニンキナーゼの PAR1 が CM モチーフと結合することにより PAR1 の働きが抑制され胃粘膜上皮の細胞極性を破壊することも知られている [8, 9]。このように、胃粘膜上皮細胞内に移した CagA は、PAR1 や SHP2 との複合体形成を通じて細胞内シグナルを攪乱することが明らかになっている (Fig. 2)。

### 3. CagA-N 領域の結晶構造

CagA は約 1200 個のアミノ酸からなる大きなタンパク質であるが、プロテアーゼによる限定分解で得られたフラグメントを NMR や CD で解析した結果から N 末端部分(分子全体の 70%; 以降, “CagA-N 領域”)は高次構造をとっているのに対し、SHP2 や PAR1 と相互作用する C 末端部分(分子全体の 30%; 以降 “CagA-C 領域”)は固有の立体構造を持たない天然変性領域であることが示された [1]。そのため、我々は CagA が「がんタンパク質」として働くしくみを分子構造から探るための第一歩として CagA が単体で高次構造を持つ CagA-N 領域 (1-876 番) の X 線結晶構造解析を行った。その結果、CagA-N 領域は 3 つのドメインから構成され、既知のタンパク質分子とは類似性のない N 字型のコアを持つ新規の立体構造を有することが明らかになった (Fig. 3)。また、中央部のドメイン II には多数の塩基性アミノ酸が集まって構成される塩基性パッチが存在していた (Fig. 4)。この正電荷の塩基性パッチは、細胞内膜の負電荷のホスファチジルセリンとの静電相互作用により CagA が細胞膜上に局在化するために働いていると考えられた。そのため、細胞生物学的解析により、実際の細胞

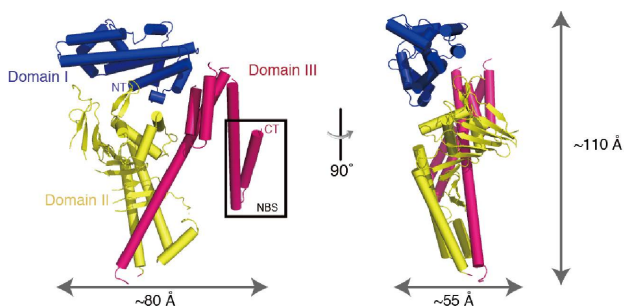


Figure 3 Crystal structure of CagA-N.

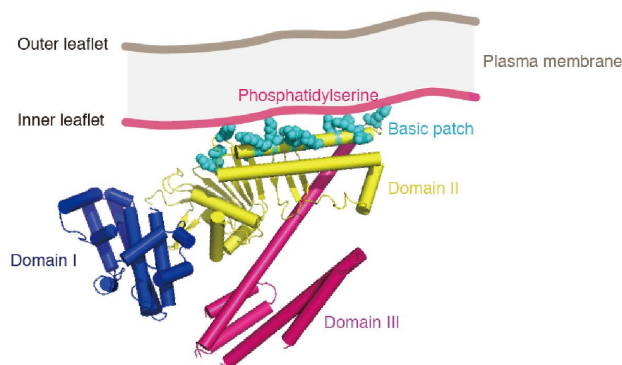
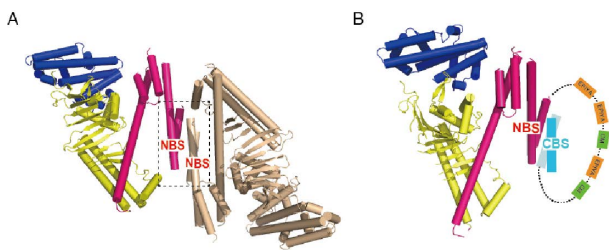


Figure 4 The Basic patch in Domain II interacts with the inner leaflet of the plasma membrane.

内で CagA が細胞膜内面に局在化するためにこの塩基性パッチが関与しているかを確認した。具体的には上皮細胞極性を形成させた MDCK 細胞 (イヌ腎臓尿管上皮細胞) に CagA 変異体 (K613/614/617/621A や K631/635/636A) を発現させ、細胞内の局在を観察した。その結果、野生型 CagA は MDCK II 細胞の細胞膜に局在化しているのに対し、塩基性パッチの変異体では細胞質への拡散が確認された。このことから、CagA-N 領域のドメイン II に存在している塩基性パッチは、CagA が細胞膜内面に局在化しターゲット分子と相互作用するための足場を形成するために重要な役割を果たしていると考えられた。

今回、我々が結晶構造を決定した領域は CagA-N 領域と呼んでいる 1-876 番の部分であるが、結晶中では Fig.1 の模式図中に示す NBS(N-terminal binding sequence) 同士がヘリックスバンドルを形成していることが観察されたことから、当初は NBS-NBS 間の相互作用により CagA が直接二量体を形成する可能性が考えられた (Fig. 5-A)。しかしながら、ゲル濾過クロマトグラフィーやプルダウンアッセイ法による分析では CagA が直接二量体を形成している証拠が得られなかったため、結晶中で二量体のように見える構造は結晶のパッキングによるアーティファクトであると結論した。その後の解析により、今回構造を決定していない C 末端領域に NBS と相溶性の高い領域が見つかったため、この領域を CBS (C-terminal binding sequence) と呼ぶことにし、NBS-CBS が NBS-NBS 相互作用様式に類似したヘリックスバンドル構造を形成するという仮説を立てた。この仮説を検証するために、結晶構造の NBS-NBS 相互作用の中心に位置するロイシン 792 番及びロイシン 812 番をアルギニンに置換した変異体を作成し、NBS と CBS の分子内相互作用をプルダウンアッセイにより解析した。その結果、ロイシンをアルギニンに置換した変異体では NBS と CBS との相互作用能が大きく低下することが明らかになった。さらに NBS-CBS 相互作用が CagA と PAR1 との複合体形成を安定化することが明らかになり、細胞を用いた実験では NBS-CBS 相互作用が CagA の細胞に対する病原活性を促進することも示された。このことから、フレキシブルな CagA-C 領域の一部に存在する CBS が、構造領域である CagA-N 領域の一部に存在する NBS とヘリック



**Figure 5** (A) A CagA-N dimer in the crystal. An intermolecular 4-helix bundle is formed between two adjacent CagA-N monomers. (B) The NBS-CBS interaction creates a lariat-like loop.

空間の相互作用をすることにより投げ縄状のループが形成され、このループ構造がCagAとターゲット分子間の複合体形成を安定化すると考えられる (Fig. 5-B)。

#### 4. クライオプロテクタントを用いた「結晶工学的処理」によるCagA結晶の改善

CagA-N領域の結晶構造から明らかになったことを前節までで述べたが、実際にはCagA-N領域の結晶の質は非常に悪く、当初は結晶構造決定が困難であると考えられた。この節では、PFのビームラインNE3A, NW12A, BL-5Aを用いてCagA-N領域の結晶の質を大きく改善した「結晶工学的処理」の手法について紹介したい。CagA-N領域(1-876)の結晶化の結果、0.3-0.4 mmの結晶を再現性良く得ることができた。しかし、X線を当ててみると、常温でキャピラリーに詰めて測定した場合、代表的な氷晶防止剤であるグリセロール入りの標準母液に結晶を浸けてから凍結し測定した場合のどちらについても10 Åから7.5 Å分解能程度の回折しか生じなかった。X線結晶構造解析で類似した構造が解かれていないタンパク質の結晶構造を決定するためには、最低でも4 Å分解能以上の回折を生じる結晶を得ることが望ましく、このままでは結晶構造を決定することが絶望的であると考えられた。しかし、このような場合でも、結晶が得られた後に結晶を凍結する条件の検討や低分子導入などの「結晶工学的処理」を行うことで結晶の質を大きく改善できる可能性がある。そこで、我々はクライオプロテクタントを用いた「結晶工学的処理」を行うことにより、結晶の質を大きく改善することを試みた。クライオプロテクタントは、一般的には結晶中の水が氷になってタンパク質結晶を破壊することを防ぐために用いられている。しかし、我々のグループで以前に結晶構造の決定に成功したヒストンシャペロンTAF-1βでの経験から、クライオプロテクタントには氷晶防止剤としての効果だけでなく、結晶中でタンパク質分子に結合して安定化する効果や、結晶中の分子のパッキングを変化させることで結晶の質を向上させる効果もあることがわかっていた [10, 11]。そこで今回、我々は二段階、三段階で様々な種類のクライオプロテクタント溶液に結晶をソーキングする multi-step soaking method で結晶の質を改善することを試みたが、この方法のポイントはクライオプロテクタントが単に氷晶防止剤としてだけでなく、結晶中のタンパク質分子を安定

化する安定化剤として働くことを期待して、複数のクライオプロテクタントを組み合わせ用いているという点である。この方法を用いることにより、最大分解能を3.1 Åまで改善することができただけでなく、3.5 Å分解能以上の回折を生じる結晶の割合を大幅に高めることができた。今回、我々は最終的に3.3 Å分解能の電子密度図を解釈してモデルの構築を行ったが、このような低分解能の電子密度図を用いて正しく残基位置をアサインすることは非常に難しいため、セレノメチオニンを導入した41種類の変異体結晶を作成することで残基位置のアサインを行った。このような理由もあり膨大なデータセットを収集することが必要になったため、突発的に良い結晶が出現するのではなく、3.5 Å分解能以上の回折を生じる結晶が2-3個に1個程度といった高い割合で得られるソーキング条件を見つけることが必須であった。また、今回、結晶構造を決定するまでの過程で100種類を超える様々なソーキング条件で2000個を超える結晶を凍結し1000個を超える結晶にX線を当てて試し撮りを行ったため、精製サンプルのロット→結晶化プレート(結晶化条件や変異体の種類)→データ収集までの全ての情報を一元化して管理し、結晶の質が少しでも良くなったり悪くなったりする兆候がある場合にその原因を見逃さないことが重要であった。

#### 5. おわりに

今回我々が決定したCagA-N末端領域(1-876番)の結晶構造から、CagAが細胞膜内面に局在化し標的分子と相互作用するための足場を形成するしくみ、標的分子との複合体形成を促進するスイッチとなりうる投げ縄状ループの形成が明らかになった。しかしながら、CagAの主要な機能であるシグナル攪乱はそれ自身では定まった構造を有しないC末端領域と標的分子との相互作用により発揮されるため、今後はCagAと標的分子からなるシグナル攪乱複合体の構造生物学的研究を進めることによりCagAが細胞をがん化するプロセスの核心に迫っていかねばならない。とはいえともこのような複数のタンパク質からなる複合体の結晶構造解析には困難が予想されるため、結晶化スクリーニングや結晶工学的処理の手法を新たに開発しながら迅速に原子分解能での構造解析ができるシステムを構築することも必要になると考えている。

#### 引用文献

- [1] Hayashi, T., Senda, M., Morohashi, H., Higashi, H., Horio, M., Kashiba, Y., Nagase, L., Sasaya, D., Shimizu, T., Venugopalan, N., Kumeta, H., Noda, N., Inagaki, F., Senda, T. and Hatakeyama, M. *Cell Host Microbe* **12**, 20-33 (2012).
- [2] Covacci, A. and Rappuoli, R. *J. Exp. Med.* **191**, 587-592 (2000).
- [3] Murata-Kamiya, N., Kikuchi, K., Hayashi, T., Higashi, H., and Hatakeyama, M. *Cell Host Microbe* **7**, 399-411 (2010).

- [4] Higashi, H., Tsutsumi, R., Fujita, A., Yamazaki, S., Asaka, M., Azuma, T. and Hatakeyama, M. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **99**, 14428-14433 (2002).
- [5] Hatakeyama, M. *Nat. Rev. Cancer* **4**, 688-694 (2004).
- [6] Higashi, H., Tsutsumi, R., Muto, S., Sugiyama, T., Azuma, T., Asaka, M. and Hatakeyama, M. *Science* **295**, 683-686 (2002).
- [7] Suzuki, M., Mimuro, H., Suzuki, T., Park, M., Yamamoto, T. and Sasakawa, C. *J. Exp. Med.* **202**, 1235-1247 (2005).
- [8] Saadat, I., Higashi, H., Obuse, C., Umeda, M., Murata-Kamiya, N., Saito, Y., Lu, H., Ohnishi, N., Azuma, T., Suzuki, A., Ohno, S. and Hatakeyama, M. *Nature* **447**, 330-333 (2007).
- [9] Nešić, D., Miller, M.C., Quinkert, Z.T., Stein, M., Chait, B.T. and Stebbins, C.E. *Nat. Struct. Mol. Biol.* **17**, 130-132 (2010).
- [10] Muto, S., Senda, M., Akai, Y., Sato, L., Suzuki, T., Nagai, R., Senda, T. and Horikoshi, M. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **104**, 4285-4290 (2007).
- [11] Senda, M., Muto, S., Horikoshi, M. and Senda, T. *Acta Crystallogr.* **F64**, 960-965 (2008).

(受付日: 2013年3月27日)

## 著者紹介

千田美紀 Miki SENDA



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・構造生物学研究センター

〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

TEL: 029-879-6181

e-mail: miki.senda@kek.jp

略歴: 1996年長岡技術科学大学修士課程修了, 2001年バイオ産業情報化コンソーシアム・研究員, 2008年長岡技術科学大学にて学位取得, 2013年4月より物質構造科学研究所特任助教。博士(工学)。

最近の研究: 結晶化スクリーニングに有効な「すぐ見る法」による結晶化。「結晶工学的処理」による結晶の質の改善。

趣味: 食べ歩き, クラシック音楽鑑賞。

林 剛瑠 Takeru HAYASHI



東京大学・大学院医学系研究科・微生物学分野

〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1

TEL: 03-5841-3408

e-mail: thaya@m.u-tokyo.ac.jp

略歴: 2012年12月北海道大学大学院博士課程修了, 2013年1月より東京大学大学院医学系研究科特任助教。博士(理学)。

最近の研究: ピロリ菌がんタンパク質 CagA の構造 - 機能解析。

趣味: 近所の下町散策, 読書(ミステリー)。

畠山昌則 Masanori HATAKEYAMA



東京大学・大学院医学系研究科・微生物学分野

〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1

TEL: 03-5841-3632

e-mail: mhata@m.u-tokyo.ac.jp

略歴: 1981年北海道大学医学部・医学科卒, 85年同大学院・内科系修了(医博), 同年大阪大学細胞工学センター・助手, 91年MIT Whitehead 研究所・研究員, 95年(財)癌研究会癌研究所・部長, 99年北海道大学免疫科学研究所(2000年より遺伝子病制御研究所に改組)・教授, 09年より東京大学大学院医学系研究科・教授。

最近の研究: 胃がんを中心とする消化器がん発症機構。

趣味: 下町散策, ワイン。

千田俊哉 Toshiya SENDA



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・構造生物学研究センター

〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

TEL: 029-879-6181

e-mail: toshiya.senda@kek.jp

略歴: 1995年長岡技術科学大学博士後期課程修了(博士(工学)), その後長岡技術科学大学生物系助手, 産業技術総合研究所・バイオメディシナル情報研究センター・主任研究員を経て2013年1月高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・教授。

最近の研究: クロマチン因子, 発がん蛋白質 CagA の構造生物学。

趣味: 美術鑑賞, 散歩。

### 家庭用燃料電池の効率向上に寄与する Pt と Ru が高エントロピー状態に分散した CO 耐性新規合金触媒の開発

竹口竜弥, 朝倉清高  
北海道大学 触媒化学研究センター

#### CO-Tolerant High-Entropy State Pt-Ru Anode Catalyst for Reliable and Efficient Residential Fuel Cell Systems

Tatsuya TAKEGUCHI, Kiyotaka ASAKURA  
Catalysis Research Center, Hokkaido University

#### Abstract

理想的に CO を酸化する, Pt 原子と Ru 原子がランダムに分散したナノ粒子アノード触媒を, ラピッド・クエンティンング法で調製した。CO 酸化の反応速度と電流密度の関係を精査することにより, Pt-Ru アノード触媒上での CO 酸化の反応機構を検討した。水素酸化反応により速度論的に生じた Pt-Ru アノード触媒表面上の空きサイトの増加とともに, CO 酸化の反応速度が増加した。CO 酸化はアノード電位に依存せず, Pt-Ru 結合上でのシフト反応が家庭用電池の効率向上に重要であることが分かった。上記について雑誌で説明した結果を要約して報告する [1]。

#### 1. はじめに

燃料電池システムは, カルノーサイクルの制約を受けず, 高い発電効率により, 分散型の発電システムとして広範な普及が期待されている。しかし, 家庭用燃料電池では多くのプロセスを含むため, 実際の発電効率は, 理論発電効率 83% よりもはるかに低い。

$$\Delta_c G / \Delta_c H = 237/286 \text{ (kJ/kJ)} = 1.23/1.48 \text{ (V/V)} = 83\%$$

$\Delta_c G$ : 水素の燃焼ギブスエネルギー

$\Delta_c H$ : 水素の燃焼エンタルピー

米国エネルギー省 (DOE) の分散型発電システムの 2020 年の目標とする発電効率は 45% 以上である [2]。すなわち, 定格電流密度  $0.2 \text{ A/cm}^2$  における, セル電圧が  $0.7 \text{ V}$  ( $1.48 \text{ V} \times 0.45$ ) 以上である必要がある。この条件のアノード電位は  $0.2 \text{ V}$  以下である。家庭用燃料電池では, メタンを主成分とする都市ガスの改質により製造した水素を原料に用いる。改質により得られた水素ガスには CO が含まれるため, CO 吸着によりアノード触媒は失活するので, CO は Pt-Ru 触媒上でアノード電位  $0.2 \text{ V}$  以下で酸化されなければならない [3-5]。市販触媒 Pt-Ru/C(CM), TEC61E54 は高い確率の Pt-Ru 結合を持ち [6], 他の市販触媒 (e.g., Pt-Ru/C(LP) Pt:Ru = 1:1) よりもはるかに高い性能を示すので, 実用触媒として広く使われている。Pt-Ru 結合の多い触媒が CO 酸化に理想的であるが, Pt-Ru 系では同じ元素どうしの結合が有利で [7, 8], それぞれの元素は異なった安定構造を示すので [8-10], Pt-Ru 結合の多い触媒を作ること

は困難である。エンタルピーは低温での変化のドライビング・フォースで, エントロピーは高温での変化のドライビング・フォースである ( $G = H - TS$ )。ラピッド・クエンティンング法で調製することにより, 高エントロピー状態の Pt と Ru 分散 (ランダム分散) が, 低温でも保持された。我々は, Pt-Ru/C(CM) よりも高い CO 耐性を持つランダムに混ざり合った Pt-Ru/C [Pt-Ru/C(RM)] 調製に成功した [11]。この Pt-Ru ナノ粒子触媒の高い CO 耐性により, 家庭用 PEFC システムの CO 選択酸化ユニットを省くことが可能となり, システムのコストを削減できる。CO 酸化の反応機構は, 電気化学的な二元機能機構で説明されてきた [3, 4]。これは電気化学の最も有名な機構の一つであるが, アノード電位  $0.35 \text{ V}$  以下では, CO は電気化学的には酸化されない [12]。実際の燃料電池の作動条件でのアノード電位は  $0.2 \text{ V}$  以下であり,  $0.35 \text{ V}$  よりも低い [13]。したがって, われわれは, この機構の妥当性について検討した。

本研究では, 燃料電池の作動条件で CO 酸化の機構を検討した。電気化学的 CO 酸化反応と触媒的 CO 酸化反応 (シフト反応) とを区別するために, CO 酸化の反応速度の電流および電圧依存性を検討した。さらに, 触媒構造の広域 X 線吸収微細構造 (EXAFS) 測定を行った結果を, アノード触媒の活性と関連付けて議論した。

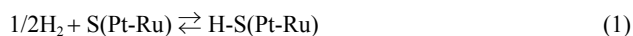
#### 2. 実験

Pt-Ru/C(RM) 触媒は, Pt:Ru = 2:3 のものを調製した。まず,  $40 \text{ wt} \% \text{ Pt/C}$ ,  $\text{RuCl}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , メタノール, 蒸留水を沸点温度で攪拌・混合した。Ru はメタノールで還元され Pt/C に

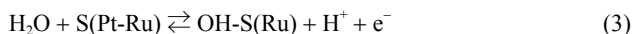
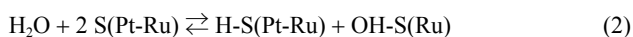
吸着する。12時間攪拌した後、熱水で洗浄し、80°Cで一週間乾燥した。次に、得られた触媒を、H<sub>2</sub>/Ar (5% H<sub>2</sub>) 中に900°Cで10 min以内で急速昇温することで還元処理した。900°Cに達するとすぐに炉を止めて急冷した。900°Cから500°Cまで18 minで冷却し、500°Cから室温まで50 minで冷却した。膜電極複合体 (MEA) 作成には、カーボンペーパーを、ガス拡散層に用いた。アノード触媒 (市販の Pt-Ru/C(CM) (Pt:Ru = 2:3), 開発した Pt-Ru/C(RM) (Pt:Ru = 2:3, 市販の Pt-Ru/C(LP) Pt:Ru = 1:1, Pt/MoO<sub>3</sub>/C[14]) とナフィオン溶液を超音波で水中に懸濁させた触媒インクをカーボンペーパーに塗布した。アノードの Pt-Ru 担持量は、0.5 mg cm<sup>-2</sup> とした。カソードの触媒層も、市販の Pt/C 触媒 (40 wt % Pt) を用いて同じ処方調製し、Pt 担持量は 0.5 mg cm<sup>-2</sup> とした。最後に、アノード触媒層とカソード触媒層 (22 × 22 mm) を、ナフィオン膜 (NRE-212, Aldrich) の両サイドに設置して 135 °C で 4 MPa, 10 min ホットプレスして MEA を作った。流路構造を持つ炭素とヒータ付銅版からなる単セル (FC05-01SP, ElectroChem, Inc.) に MEA を組み込んだ。単セルを燃料電池評価装置 (Chino Corp.) に接続した。純 H<sub>2</sub> (あるいは H<sub>2</sub>/CO 混合ガス) と O<sub>2</sub> を、大気圧、流速 80 mL min<sup>-1</sup> で、アノードとカソードに、それぞれ供給した。測定中はセル温度 75 °C で、アノードとカソードを、75 °C と 70 °C で加湿した。アノードからの生成ガスの CO<sub>2</sub> 濃度は online マイクロガスロマトグラフ Varian CP 4900 で分析した。触媒構造の解析は EXAFS 測定で行った。IMSS-KEK の Photon Factory のビームライン BL-7C と NW-10A を用いて、Pt LIII と Ru K-edges X線吸収分光スペクトルを得た (課題番号: 2009U002)。EXAFS 解析の詳細は文献 [15] を参照した。

### 3. 結果と考察

実際の触媒表面での反応の正確な分析は難しいので単純化した。アノードガス中の H<sub>2</sub> 分圧は、H<sub>2</sub>O や CO 分圧よりも高いので、低濃度 CO を含む加湿した H<sub>2</sub> をアノードに用いたときの開回路条件 (発電を伴わない) では、最初に H<sub>2</sub> が Pt-Ru 合金の空きサイトに吸着する [3, 4]。

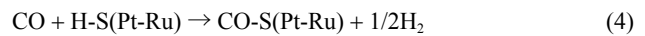


S(Pt-Ru) は Pt-Ru 合金表面の空きサイトで、H-S(Pt-Ru) は S(Pt-Ru) に吸着した H である。触媒化学反応 (2) で、H<sub>2</sub>O が Pt-Ru 合金上に解離吸着、あるいは電気化学反応 (3) が進行すると、熱力学的安定性から OH は選択的に Ru 表面に吸着する [4]。



OH-S(Ru) は Ru に選択的に吸着した OH である。アノード電位 0.35 V 以下では電気化学反応 (3) では OH-S(Ru) が生成しないが [4]、熱力学的に有利なシフト反応の要素反応

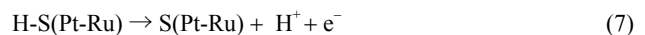
(2) が進行すると、反応中間体として OH-S(Ru) が生成する。CO 分圧は、H<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O 分圧よりも低いので、吸着分子の熱力学的安定性より、吸着水素は徐々に CO に置換される [16]。



CO-S(Pt-Ru) は、Pt-Ru 合金表面に吸着した CO である。電気化学反応が起こらない開回路条件では、以下のシフト反応 (5) が反応 (6) 経由で進行し [17]、空サイト S(Pt-Ru) が生成する。



前向きの反応 (1) が熱力学的に有利なので、空サイトの数 [S(Pt-Ru)] は、時間の経過とともに減少する。やがて反応 (2) は停止して、OH-S(Ru) は時間の経過とともになくなり、OH 被覆率  $\theta_{\text{OH}}(\text{Ru})$  は 0 になり、シフト反応は停止する。しかし発電時 (閉回路) では、水素酸化反応 (HOR) (7) により空サイト S(Pt-Ru) が生成する。



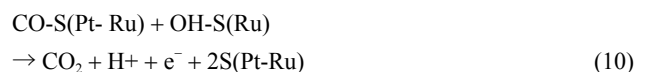
空サイト S(Pt-Ru) の数は電流に比例する (関係式 (8))。

$$\theta_{\text{emp}}(\text{Pt-Ru}) \propto I \quad (8)$$

$\theta_{\text{emp}}(\text{Pt-Ru})$  は速度論的に生成した Pt-Ru 合金上の空サイト、I は反応式 (7) による電流密度である。上記の通り、 $I=0$  のとき、定常条件で  $\theta_{\text{emp}}(\text{Pt-Ru})$  と  $\theta_{\text{OH}}(\text{Ru})$  は 0 である。それゆえ、 $\theta_{\text{emp}}(\text{Pt-Ru})$  は I に比例する (関係式 (8))。一方、Ru に吸着した OH は、反応式 (2) により生成するが、それには 2 つの空サイト S(Pt-Ru) が必要である。したがって、OH 被覆率 [ $\theta_{\text{OH}}(\text{Ru})$ ] は  $I^2$  に比例する。

$$\theta_{\text{OH}}(\text{Ru}) \propto \theta_{\text{emp}}(\text{Pt-Ru})^2 \propto I^2 \quad (9)$$

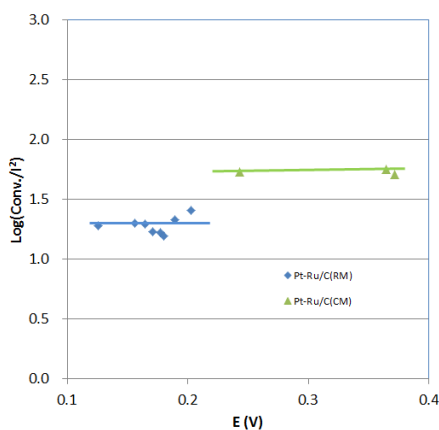
もし、電気化学な二元機能を仮定する場合、吸着 CO は、



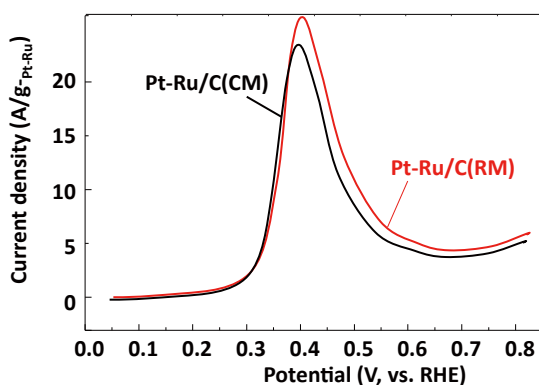
で、継続的に反応式 (10) によって除去され  $P_{\text{CO}}$  は低い。このように、CO 被覆率  $\theta_{\text{CO}}(\text{Pt-Ru})$  が小さく、CO はどのサイトにも吸着できる [3,4] ので、平衡時の  $\theta_{\text{CO}}(\text{Pt-Ru})$  は定電流条件で  $P_{\text{CO}}$  (CO 分圧) に比例する。

$$\theta_{\text{CO}}(\text{Pt-Ru}) \propto P_{\text{CO}} \quad (11)$$





**Figure 1** Dependence of CO<sub>2</sub> formation rate on anode potential. Logarithms of conversion rate ( $r_{CO_2}/P_{CO}$ ) divided by  $I^2$  are plotted against anode potential. PtRu/C(RM) at a cell voltage of 0.7 V, (diamonds, ◆) and PtRu/C(CM) at a cell voltage over 0.46 V, (triangles, ▲).[1]



**Figure 2** CO stripping at 60 °C. CO was (1) fed for 20 min at 0.05 V in 0.1 M HClO<sub>4</sub>; (2) purged for 30 min; and (3) swept at 60 °C between 0.05 and 0.8 V at 10 mV/s.[1]

CO酸化の反応速度 ( $r_{CO_2}$ ) は  $\theta_{CO}(Pt-Ru) \theta_{OH}(Ru) \exp(aE)$  に比例する (関係式 12a, 12b)。ここで  $a$  は定数で  $E$  はアノード電位である。

$$r_{CO_2} \propto \theta_{CO}(Pt-Ru) \theta_{OH}(Ru) \exp(aE) \propto P_{CO} \dot{I} \exp(aE) \quad (12a)$$

$$\text{Log}(r_{CO_2}/P_{CO} \dot{I}) = aE + \text{const} \quad (12b)$$

$(a = F/RT, F: \text{Faraday constant})$

生成速度を  $\dot{I}$  で割ったものの対数を、アノード電位に対してプロットした。Log( $r_{CO_2}/P_{CO} \dot{I}$ ) はアノード電位  $E$  に依存しなかった。Fig. 1 で示した通り関係式 (12b) とは一致しなかった。作動条件では電気化学的 CO 酸化反応は観測されなかった。これは、Maillaerd らが Pt-Ru 上での CO 電気酸化の開始電位は 0.35 V と報告していることと一致する [12]。Fig. 2 に、60°C での Pt-Ru/(CM) と Pt-Ru/C(RM) の CO ストリッピングボルタムグラフの結果を示す。Pt-Ru/(CM) と Pt-Ru/C(RM) の電気化学的 CO 酸化反応の活性は、通常の活性の Pt-Ru 触媒とほぼ同等であった。電気化学的 CO 酸化反応の電位範囲は (>0.35 V in Fig. 2) 実際の反応条件でのアノードの電位よりも高く、異なった反応の

機構が考えられる。電流密度 0.2 A/cm<sup>2</sup> におけるセル電圧の CO 濃度依存性を Fig. 3 に示す。触媒により CO 耐性は異なる。Pt-Ru/C(RM) を用いた 500 ppm CO 共存の条件では、セル電圧は 0.7 V 以上 (アノード電位 0.14 V) である。Fig. 2 と 3 を比較すると、CO 耐性は電気化学的 CO 酸化反応とは無関係である。

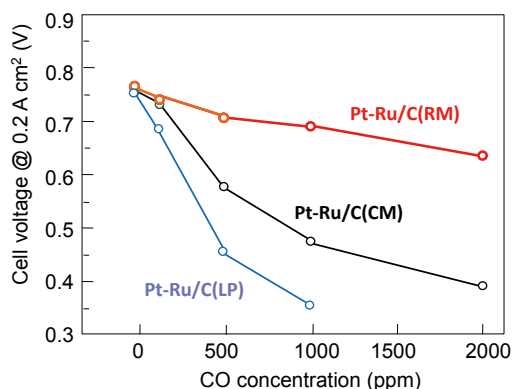
そこで、シフト反応の CO 耐性への影響を評価する。水の解離吸着の低い活性と強い CO への結合力のため、Pt 触媒上でシフト反応には 200°C 以上の高い温度を必要とする [18]。しかし、Pt-Ru/C を用いたとき、水素還元反応 (7) により空サイトを生ずる。OH は Ru 上に吸着するため [19, 20]、シフト反応は水の解離反応を経由して進行する [21-27]。触媒化学のシフト反応 (6) の場合、関係式 12a と 12b は、13a と 13b に置き換えられる。

$$r_{CO_2} \propto P_{CO} \dot{I}^2 \quad (13a)$$

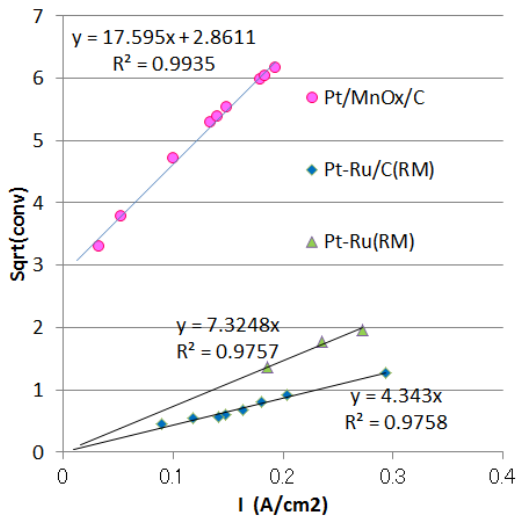
$$(r_{CO_2}/P_{CO})^{1/2} \propto \dot{I} \quad (13b)$$

Fig. 4 に、反応速度の平方根 ( $(r_{CO_2}/P_{CO})^{1/2}$ ) を  $\dot{I}$  に対してプロットした結果を示す。 $\dot{I}$  に対して直線的に増加した、シフト反応が進行していることが分かった。シフト反応の反応速度は、水素酸化反応 (7) により速度論的に生じた空きサイトにより加速される。Pt と Ru がよく混合されれば、OH-S(Ru) は、Ru に吸着した CO よりも、むしろ Pt に吸着した CO と反応する。Pt-Ru 結合上でのシフト反応が支配的であり、これが CO 耐性に貢献する。一方、Pt と Ru がよく混ざっていないとき、OH-S(Ru) は、Pt に吸着した CO よりもむしろ Ru に吸着した CO と反応し、Ru 上でのシフト反応が支配的になり、CO 耐性への貢献は少ない。水素酸化反応は主に Pt 上で起こるので、Pt に吸着した CO を除去して高い CO 耐性を得る必要がある。

一方 Pt/MoO<sub>x</sub>/C では、MoO<sub>x</sub> 上でのシフト反応が支配的で、CO 耐性への寄与が小さいので、これを合金化度の低いモデルとして考察した。種々の酸化物上でシフト反応がおこることが知られている。もっとも、受けいられている

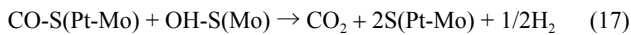
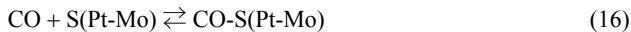
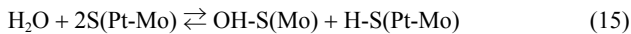
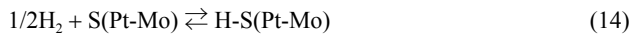


**Figure 3** Effect of CO concentration on cell voltage at 0.2 A/cm<sup>2</sup>. Cell temp.: 70 °C; electrolyte: nafion NRE 212; cathode: Pt/C (0.5 mg/cm<sup>2</sup>); O<sub>2</sub> humidified at 70 °C; flow rate: 80 mL/min; anode: Pt<sub>2</sub>Ru<sub>3</sub>/C (0.5 mg PtRu/cm<sup>2</sup>); H<sub>2</sub> containing 0–2000 ppm CO humidified at 70°C; and flow rate: 80 mL/min.[1]



**Figure 4** Dependence of conversion rate on  $I$ . Pt-Ru/C(RM) at a cell voltage of 0.7 V (diamonds, ◆), PtRu/C(CM) over 0.46 V (triangles, ▲) and Pt/MoOx/C over 0.114 V (circles, ●) [1]

る機構では、水の解離吸着によって生じた OH は CO と反応する [21-27]。この機構は Pt/MoO<sub>x</sub>/C の場合、式 (1-4, 6) と同じように、下記のようにあらわされる。



S(Pt-Mo) は Pt/MoO<sub>x</sub> 上の表面サイト、OH-S(Mo) は MoO<sub>x</sub> に選択的に吸着した OH で、CO-S(Pt-Mo) は Pt/MoO<sub>x</sub> に吸着した CO である。電流が流れなくても、多くの OH が MoO<sub>x</sub> 上に存在するので、シフト反応 (17) が進行し、電流が流れなくて空サイト [S(Pt-Mo)] を生成する。水素還元反応 (18) の増加に伴い電流が増加にすると、空サイトは増加する。



$$\theta_{\text{emp}}(\text{Pt-Mo}) = b(1 + k_f I) \quad (b \text{ and } k_f \text{ are constants}) \quad (19)$$

$\theta_{\text{emp}}(\text{Pt-Mo})$  は速度論的に生じた Pt/MoO<sub>x</sub> 上の空きサイトの割合である。上記の通り、 $\theta_{\text{emp}}(\text{Pt-Mo})$  は電流がなくても切片  $b$  をもつ。CO 酸化の反応速度は ( $r_{\text{CO}_2}$ ) 下記のようにある。

$$\begin{aligned} r_{\text{CO}_2} &\propto P_{\text{CO}} \theta_{\text{CO}}(\text{Mo}) \\ &\propto P_{\text{CO}} \theta_{\text{emp}}(\text{Pt-Mo})^2 \\ &\propto P_{\text{CO}} b(1 + k_f I)^2 \end{aligned} \quad (20a)$$

$$(r_{\text{CO}_2} / P_{\text{CO}})^{1/2} \propto \theta(\text{Pt-Mo}) \propto b(1 + k_f I) \quad (20b)$$

Fig. 4 のように Pt/MoO<sub>x</sub>/C では、転化率の平方根は式 (20b) で表され、シフト反応が起こっていることが推測される。Pt/MoO<sub>x</sub>/C の CO 耐性は、Pt-Ru/C(RM) よりも

かなり低い。(500 ppm CO で 0.2 A cm<sup>-2</sup> のセル電圧は、Pt/MoO<sub>x</sub>/C を用いると 0 V, Pt-Ru/C(RM) を用いると 0.72 V, Pt-Ru/C(CM) を用いると 0.58 V である。) Pt/MoO<sub>x</sub>/C の CO 耐性に対するシフト反応の寄与は小さい。MoO<sub>x</sub> に吸着した CO は、Pt に吸着した CO よりも効果的に酸化された。低い合金化度の Pt-Ru 触媒は同じような傾向を示す。Pt に吸着した CO よりも、Ru に吸着した CO が、効果的にシフト反応により酸化される。したがって、CO 耐性は低い (500 ppm CO で 0.2 A cm<sup>-2</sup> のセル電圧 0 V)。

速度の詳しい解析により、CO<sub>2</sub> はシフト反応により生成することが分かった。Pt-Ru 結合は Pt に吸着した CO の除去に有効で、高い CO 耐性には重要である。電気化学的 CO 酸化反応は、実際の条件では寄与しない。Ru 上でのシフト反応は CO 耐性には直接は寄与しないので、Pt-Ru 系の性能を決める最も重要なファクターは、Pt-Ru 結合の存在確率である。

Pt は fcc 構造をとり、Ru は hcp 構造をとる [8-10] ので、異なった原子間の結合 (Pt-Ru) よりも、おなじ元素間の結合 (Pt-Pt と Ru-Ru) が有利である [6,7]。実際、Pt-Ru/C(CM) では、EXAFS から求めた隣接原子の原子比  $N_{\text{Pt-Ru}} / (N_{\text{Pt-Ru}} + N_{\text{Pt-Pt}}) = 0.44$ ,  $N_{\text{Ru-Pt}} / (N_{\text{Ru-Pt}} + N_{\text{Ru-Ru}}) = 0.32$  であり、ランダムに分散したときに予測される結果と異なる。(ここで、 $N_{\text{Pt-Ru}} (N_{\text{Ru-Pt}})$  は、Pt(Ru) からの Ru(Pt) への配位数で、 $N_{\text{Pt-Pt}} (N_{\text{Ru-Ru}})$  は、Pt (Ru) からの Pt (Ru) への配位数である。) 一方、Pt-Ru/C(RM) では、 $N_{\text{Pt-Ru}} / (N_{\text{Pt-Ru}} + N_{\text{Pt-Pt}}) = 0.59$  で  $M_{\text{Ru}} / (M_{\text{Pt}} + M_{\text{Ru}}) = 0.60$  とほぼ一致し、 $N_{\text{Ru-Pt}} / (N_{\text{Ru-Pt}} + N_{\text{Ru-Ru}}) = 0.37$  も  $M_{\text{Pt}} / (M_{\text{Ru}} + M_{\text{Pt}}) = 0.40$  とほぼ一致する (ここで、 $M_{\text{Pt}}$  は Pt の、 $M_{\text{Ru}}$  は Ru のモル比である。) このことは、Pt 原子と Ru 原子が高温で溶解し完全にランダムに分散し、その後急冷することで、ランダム分散が保持されたと考えられる。これは、Pt-Ru 合金系において高エンタルピー状態で原子がランダムに分散した初めての例である。Pt-Ru/C(RM) では、より多くの Pt-Ru 結合を持つので、Pt-Ru/C(RM) の CO 耐性は Pt-Ru/C(CM) よりも高かった。

#### 4. まとめ

PEFC の Pt-Ru/C アノード触媒上での CO 酸化の速度は電流密度の 2 乗に比例して、アノード電位に依存しない。PEFC 作動状態でのアノード触媒の CO 耐性は電気化学的 CO 酸化反応とは無関係である。ランダムに原子が分散した Pt-Ru 触媒では、シフト反応により CO が除去される。この触媒は、家庭用燃料電池の効率の向上に貢献する。この結果は CO 耐性の機構の解明だけでなく、高活性なアノード触媒、被毒に強い触媒の開発に応用可能である。

#### 引用文献

- [1] T. Takeguchi, T. Yamanaka, K. Asakura, E. N. Muhamad, K. Uosaki, and W. Ueda, *J. Am. Chem. Soc.*, **134**, 14508 (2012).
- [2] 2010 DOE Hydrogen and Fuel Cells Program Plan Draft; Department of Energy: Washington, DC, 2010; 9.

- [3] M. Watanabe and S. Motoo, *J. Electroanal. Chem. Interfacial Electrochem.* **60**, 267 (1975).
- [4] M. Watanabe and S. Motoo, *J. Electroanal. Chem. Interfacial Electrochem.* **60**, 275 (1975).
- [5] C. Roth, N. Benker, T. Buhrmester, M. Mazurek, M. Loster, H. Fuess, D. C. Koningsberger, and D. E. Ramaker, *J. Am. Chem. Soc.* **127**, 14607 (2005).
- [6] T. A. Yamamoto, S. Kageyama, S. Seino, H. Nitani, T. Nakagawa, R. Horioka, Y. Honda, K. Ueno, and D. Daimon. *Appl. Catal., A*, **396**, 68 (2011).
- [7] H. Nitani, T. Nakagawa, D. Daimon, Y. Kurobe, T. Ono, Y. Honda, A. Koizumi, S. Seino, and T. A. Yamamoto, *Appl. Catal., A*, **326**, 194 (2007).
- [8] E. Antolini, *Mater. Chem. Phys.*, **78**, 563 (2003).
- [9] E. Antolini, L. Giorgi, F. Cardellini, and E. Passalacqua, *J. Solid State Electrochem.* 131 (2001).
- [10] K. Okamoto, *J. Phase Equilib. Diffus.* **29**, 471 (2008).
- [11] T. Yamanaka, T. Takeguchi, G.X. Wang, E. N. Muhamad, and W. Ueda, *W. J. Power Source*, **195**, 6398 (2010).
- [12] M. Maillard, G.-Q. Lu, A. Wieckowski, and U. Stimming, *J. Phys. Chem. B*, **109**, 16230 (2005).
- [13] H. A. Gasteiger, N. M. Markovic, P. N. Ross Jr. *J. Phys. Chem.*, **99**, 8290 (1995).
- [14] E. N. Muhamad, T. Takeguchi, F. Wang, G. X. Wang, T. Yamanaka, and W. Ueda, *J. Electrochem. Soc.*, **156**, B1361 (2009).
- [15] C.-R. Bian, S. Suzuki, K. Asakura, L. Ping, and N. Toshima, *J. Phys. Chem.*, **106**, 8587 (2002).
- [16] J. M. Feliu, J. M. Orts, A. Fernandez-Vega, A. Aldaz, and J. Clavilier, *J. Electroanal. Chem.*, **296**, 191 (1990).
- [17] L. C. Grabow, A. A. Gokhale, S. T. Evans, J. A. Dumesic, and M. Mavrikakis, *Phys. Chem. C*, **112**, 4608 (2008).
- [18] D. W. Flaherty, W. Y. Yu, Z. D. Pozun, G. Henkelman, C. B. Mullins, *J. Catal.*, **282**, 278 (2011).
- [19] P. K. Leavitt, J. L. Davis, J. S. Dyer, and P. A. Thiel, *Surf. Sci.* 346 (1989).
- [20] C. Clay, S. Haq, and A. Hodgson, *Chem. Phys. Lett.*, **388**, 89 (2004).
- [21] C. T. Campbell and K. A. Daube, *J. Catal.* **104**, 109 (1987).
- [22] D. Andreeva, V. Idakiev, T. Tabakova, A. Andreev, and R. Giovanoli, *Appl. Catal., A*, **134**, 275 (1996).
- [23] Y. Saito, K. Terada, S. Hasegawa, T. Miyao, and S. Naito, *Appl. Catal., A*, **296**, 80 (2005).
- [24] K.G. Azzam, I. V. Babich, K. Seshan, and L. Leffers, *J. Catal.*, **296**, 153 (2007).
- [25] J. M. Rostam, D. Braden, S. Kandoi, P. Nagel, M. Mavrikakis, J. A. Dumesic, *J. Catal.*, **296**, 153 (2007).
- [26] T. Shido and Y. Iwasawa, *J. Catal.*, **141**, 71 (1993).
- [27] T. Shido and Y. Iwasawa, *J. Catal.*, **136**, 493 (1993).

(原稿受付日：2013年3月29日)

## 著者紹介

竹口竜弥 Tatsuya TAKEGUCHI



北海道大学 准教授

〒 001-0021

札幌市北区北 21 条西 10 丁目

TEL: 011-706-9142, 9165

e-mail: takeguch@cat.hokudai.ac.jp

略歴：1990年京都大学大学院工学研究科博士後期課程中退学，京都大学工

学部助手，2003年北海道大学触媒化学研究センター助教授 2007年同准教授。博士（工学）。

最近の研究：燃料電池用アノード触媒の開発

趣味：趣味は特にはないですが7人の子供を育てています(証写真添付)。

朝倉清高 Kiyotaka ASAKURA



北海道大学 教授

〒 001-0021

札幌市北区北 21 条西 10 丁目

TEL: 011-706-9113

e-mail: askr@cat.hokudai.ac.jp

略歴：1984年東京大学助手

1987年 PhD, 1992 FHI-MPG in Berlin

に留学，1994年東京大学スペクトル化学助教授，1999北海道大学触媒化学研究センター教授。

最近の研究：燃料電池触媒表面の XAFS による解析。

### 分子性固体 (EDO-TTF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub> の光誘起相転移のメカニズムを理論によって解明 ～光が当たった物質の変化がパソコンによって計算可能に～

平成 25 年 3 月 12 日  
大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構

高エネルギー加速器研究機構（以下「KEK」という）物質構造科学研究所（以下「物構研」という）岩野薫（いわの かおる）研究機関講師及び産業技術総合研究所（以下「産総研」という）ナノシステム研究部門 下位幸弘（しもい ゆきひろ）上級主任研究員の研究グループは、近年注目を集めている分子性固体の光誘起相転移を理論的に扱うための新しい手法「自己無撞着環境場法（じこむどうちやくかんきょうばほう）」を提唱した。そしてその手法を用いることにより、光によって絶縁体から金属状態へ変化する分子性固体 (EDO-TTF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub> の光誘起相転移メカニズムを理論的に解明した。

本手法は分子性固体を含む様々な物質に適用可能で、今後、時間分解 X 線回折実験などと組み合わせることで固体の光誘起相転移の解明への貢献が期待される。

本成果は、米国物理学会誌 Physical Review Letters 2013 年 3 月 15 日号、オンライン版 2013 年 3 月 11 日号（現地時間）に掲載予定である。

（詳しくは KEK プレスリリース <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20130312103000/> をご覧下さい）。

より、放射性核種の非破壊分析を可能にする大強度  $\gamma$  線源や、生体細胞の高分解能イメージング、持続可能な社会実現のための光合成や触媒の研究における新たなツールとしての高輝度・短パルス X 線源など、次世代光源へ道を開きました。

次世代 X 線放射光源や自由電子レーザー開発を目的としたエネルギー回収型リニアック (ERL) の研究が、共同研究グループや、米国、ドイツ、中国で進められています。この光源を実現するには、500 keV 以上のエネルギーを持つ高品質ビームを大電流で生成する光陰極直流電子銃の開発が必須とされ、20 年以上世界で開発が進められてきましたが成功に至っていませんでした。

共同研究グループは、2009 年に独自の多段セラミック管を用いて 500 kV の電圧印加に世界で初めて成功しました。その後、ビーム生成用加速電極の設置に伴い発生した暗電流問題により進展を阻まれてきましたが、独自技術で解決し、今回、500 keV 電子ビームを 2 mA という大電流で生成することに成功しました。これにより ERL 型次世代放射光源の実現が可能となりました。

本研究の成果は第 30 回 PF シンポジウム、第 68 回日本物理学会年次大会で発表されると共に、Physical Review Special Topics – Accelerator and Beams 誌へ論文投稿される予定です。本研究の一部は文部科学省の「量子ビーム基盤技術開発プログラム」によるものです。

（詳しくは KEK プレスリリース <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20130314150000/> をご覧下さい）。

### 次世代光源用光陰極直流電子銃から 500keV 大電流ビーム生成に成功

平成 25 年 3 月 14 日  
独立行政法人 日本原子力研究開発機構  
大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構  
国立大学法人 広島大学  
国立大学法人 名古屋大学

独立行政法人日本原子力研究開発機構【理事長 鈴木篤之、以下「原子力機構」】量子ビーム応用研究部門の西森信行研究副主幹、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構【機構長 鈴木厚人】加速器研究施設の山本将博助教、国立大学法人広島大学【学長 浅原利正】先端物質科学研究科の栗木雅夫教授及び国立大学法人名古屋大学【総長 瀧口道成】工学研究科の桑原真人助教らの共同研究グループは、世界に先駆けて 500 keV の大電流ビームを生成できる光陰極直流電子銃を開発しました。これに

# 物構研におけるマルチプローブ利用研究のすすめ

～放射光、低速陽電子、中性子、ミュオンを使って新しい世界を見てみよう～

前号から始まった「物構研におけるマルチプローブ利用研究の進め」。放射光と他の量子ビームとの違いや、各ビームラインの紹介、利用の手引きをご紹介した前号から一歩進み、今号からは各ビームラインを使用して得られた研究成果について、2つのビームラインごとにご紹介していきます。具体的な研究プランを描く際に参考になれば幸いです。

**研究成果 1** BL08: 粉末中性子回折装置を利用して

## Pb を添加した $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ の欠陥構造と酸化物イオン伝導特性

高井茂臣<sup>1,2</sup>, 江坂享男<sup>2</sup>, 神山崇<sup>3</sup>

<sup>1</sup>京都大学大学院エネルギー科学研究科, <sup>2</sup>鳥取大学大学院工学研究科,  
<sup>3</sup>高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所

## Defect Structure and Oxide-Ion Conduction Properties of Pb-Substituted $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$

Shigeomi TAKAI<sup>1,2</sup>, Takao ESAKA<sup>2</sup>, Takashi KAMIYAMA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Energy Science, Kyoto University, <sup>2</sup>Graduate School of Engineering, Tottori University,  
<sup>3</sup>Institute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research Organization

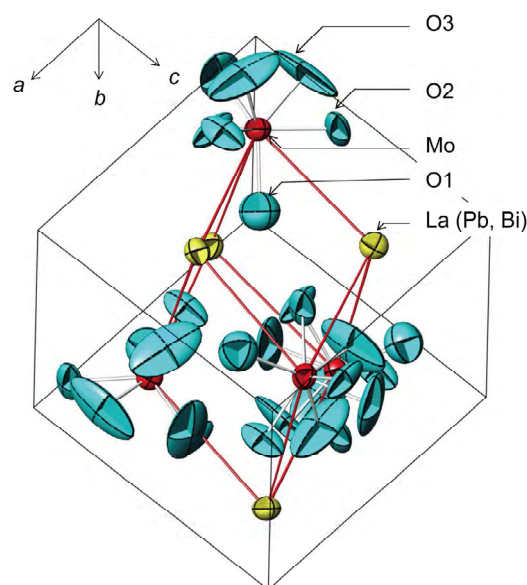
### Abstract

$\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$  の La の一部を Pb で置換した  $\text{La}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Mo}_2\text{O}_9$  系の相転移挙動と電気伝導率は、Bi で置換した  $\text{La}_{2-x}\text{Bi}_x\text{Mo}_2\text{O}_9$  系と類似した傾向であったが、詳しく見ると低温において前者の導電率は後者よりも僅かに高い値を示した。TOF 中性子回折の結果、2 価の Pb を置換したことによる酸素の欠損は、占有率の低い O3 サイトではなく、比較的占有率の高い O2 サイトで生じることがわかった。オーダリングに大きく関与する O3 サイトの占有率に変化が無い場合相転移挙動には変化が少なく、より占有率の高い O2 サイトが欠損するため低温領域でイオン伝導率の向上を引き起こすと考えられた。

### 1. $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ 系酸化物イオン伝導体と研究の背景

酸化物イオン伝導体は、固体酸化物燃料電池 (SOFC) やガスセンサーの電解質への応用といった実用的観点からばかりでなく、構造欠陥とイオン伝導の関係に着目した固体化学の観点からも精力的に研究が行われている。実用材料では安定化ジルコニアや  $\text{LaGaO}_3$  を母体とした酸化物イオン伝導体などが SOFC の電解質用に供されており、その他にもアパタイト型構造 [1] やブラウンミラライト型構造 [2] をもつ酸化物イオン伝導体など多くの系が近年見いだされ、様々な観点から研究が進められている。 $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$  もその一つで、2000 年に Laccore ら [3,4] によって高い酸化物イオン伝導性が報告されて以来、多くの研究者の注目を集めてきた。

$\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$  の高温立方晶相 ( $\beta$  相; Fig. 1) は  $720^\circ\text{C}$  でも  $0.03 \text{ Scm}^{-1}$  といった高い酸化物イオン伝導性を示すが、 $560^\circ\text{C} \sim 580^\circ\text{C}$  で低温相 ( $\alpha$  相) に相転移してイオン伝導率も 1 桁以上低下する。この相転移は基本的に酸化物イオンのオーダリングと格子歪みで特徴付けられ、2つの相の X線回折パターンもきわめて類似している。電子線回折パターンから低温相は単位胞を  $2 \times 3 \times 4$  倍にする超格子構造をとるとされているが、単位胞も大きく対称性も低い (空間群  $P2_1$ ) ため 312 個の独立な原子位置まで決定した



**Figure 1** Structure of the  $\beta$ -phase of  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ . Red, yellow and blue ellipsoids corresponds to Mo, La (Pb, Bi) and O ions, respectively.

のは Evans らによる単結晶構造解析 [5] の結果のみである。一方  $560^\circ\text{C}$  以下でもイオン伝導体として使用するために、La や Mo のサイトに様々なイオンを導入し高温相を安定

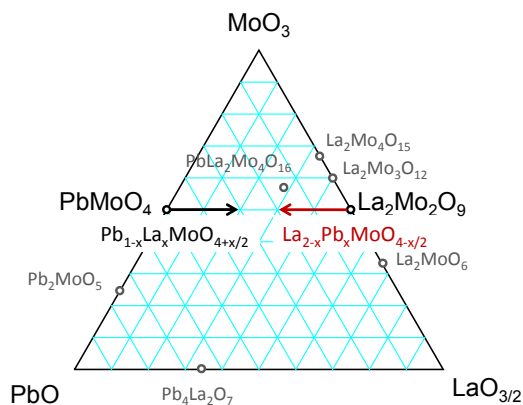


Figure 2 Phase diagram of PbO-MoO<sub>3</sub>-LaO<sub>3/2</sub> system.

化する試みがなされてきた。例えば、Laの一部をアルカリ土類金属やBiなどで数%置換して高温相を安定化できることが報告されている [6,7] が、多くの場合異種イオンのドーブとともにイオン伝導率は少しずつ低下する傾向を示している。

我々が表題の系に興味を持ったのは、単純にLaの一部をPbで置換したLa<sub>2-x</sub>Pb<sub>x</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>9-x/2</sub>系の報告が無かったからという訳ではなく、これまで研究を行ってきた格子間酸化物イオンがイオン伝導に寄与するPbWO<sub>4</sub> [8-10] やPbMoO<sub>4</sub> [11] を母体とした酸化物イオン伝導体と、PbやLaのドーブの方向がちょうど反対方向になるためである (Fig. 2)。PbWO<sub>4</sub> やPbMoO<sub>4</sub> では2個のPbの一部を3個のLaで置換すると、Pb<sub>1-x</sub>LaxWO<sub>4+x/2</sub> やPb<sub>1-x</sub>LaxMoO<sub>4+x/2</sub> の組成式通り格子間酸化物イオンを形成し、高温で高い酸化物イオン伝導が発現する。とくに3個イオンのドーバントの中でもLaで置換した場合には固溶領域も広くイオン伝導率も高いことから、PbO-LaO<sub>3/2</sub>-WO<sub>3</sub>の3元系は酸化物イオン伝導体として適しているのではないかと期待できる。またLa<sub>2</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>9</sub>を母体とした系の中でも比較的初期の段階から研究が行われてきたBiを置換したLa<sub>2-x</sub>Pb<sub>x</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>9</sub>と比較すると、PbとBiは化学的性質が類似しているため、ドーバントの価数の違いによる周囲のイオンへの影響や電気的中性条件のために導入される酸化物イオン空孔の影響を直接議論できると予想される。さらに560~580°Cで生じるα-β相転移は酸化物イオンのオーダリングが主要な原因であることから、ドーバントの価数の違いは相転移挙動にも何らかの影響を及ぼすのではないかと考えられる。

本稿では、このような背景の元で最近行ったLa<sub>2-x</sub>Pb<sub>x</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>9-x/2</sub>系の電気化学的性質と欠陥構造に関する研究 [12] を紹介する。本研究で議論する系のようにLaやMo、Pb、Biといった重いカチオンで構成されている物質中の酸化物イオンの欠陥構造の相違を議論するには、中性子をプローブとした実験が適している。これについては世界最高の分解能 ( $\Delta d/d = 0.035\%$ ) を誇るJ-PARCのSuperHRPDが稼働するようになり、酸化物イオンに関するより詳細な構造解析が可能となった。

## 2. 固溶相の形成と電気化学的性質

試料はLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MoO<sub>3</sub>およびPbOを出発物質として通常の固相反応法で合成した。Fig. 3にLa<sub>2-x</sub>Pb<sub>x</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>9-x/2</sub>の粉末X線回折パターンを示す。(a)は固溶領域全体で、(b)は高温相の安定化領域のものである。Fig. 3(a)のように、 $x = 0.7$ でPbLa<sub>2</sub>Mo<sub>4</sub>O<sub>16</sub>が出現するまでの比較的広い範囲で固溶相を形成した。またFig. 3(b)で見られるように高温相と低温相の回折パターンは類似しているが、右側の拡大図の321ピークの形状に注目すると、Pbの添加量が少ない領域ではいくつかのピークが重なっていたものが、 $x = 0.05$ 付近から $K\alpha_1$ と $K\alpha_2$ のみからなる単一のピークとなり立方晶の単一相が得られたことがわかる。熱分析ではより明瞭に相転移の挙動を観測できる。Fig. 4に昇温方向で測定したDSCの結果を示す。高温で焼成した試料では高温相が過冷却する可能性があるため、準安定相を完全に安定相に相変化する目的で450~500°Cで10時間~100時間アニールした試料を使用した。La<sub>2</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>9</sub>では560°C付近にα-β相転移による大きな吸熱が観測されるが、Pbの置換に伴って熱異常は減少し、 $x = 0.05$ で完全に消失した。しかし実際には後述のように $x = 0.05$ では僅かに低温相が残存し、立方晶の単一相が得られるのは $x \geq 0.06$ である。

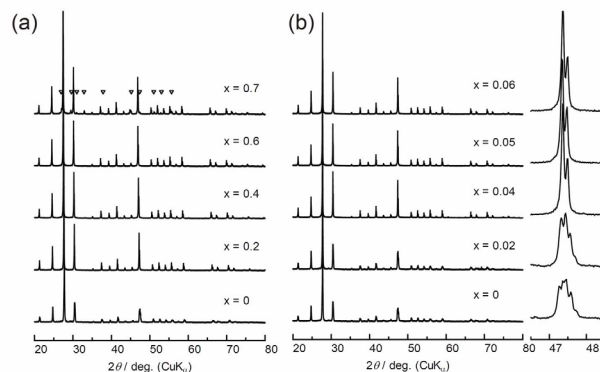


Figure 3 X-ray diffraction patterns of La<sub>2-x</sub>Pb<sub>x</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>9-x/2</sub> for (a)  $x = 0, 0.2, 0.4, 0.6$  and  $0.7$ , and (b)  $x = 0, 0.02, 0.04, 0.05$  and  $0.06$ .

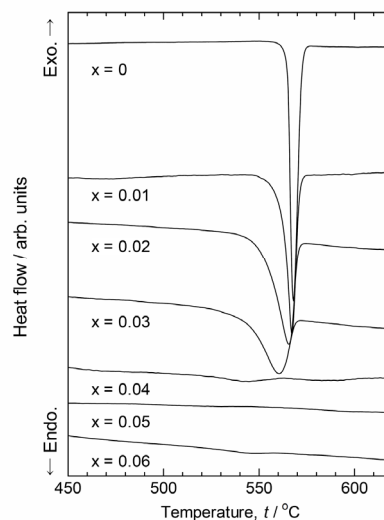


Figure 4 DSC traces of La<sub>2-x</sub>Pb<sub>x</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>9-x/2</sub> measured in the heating direction.

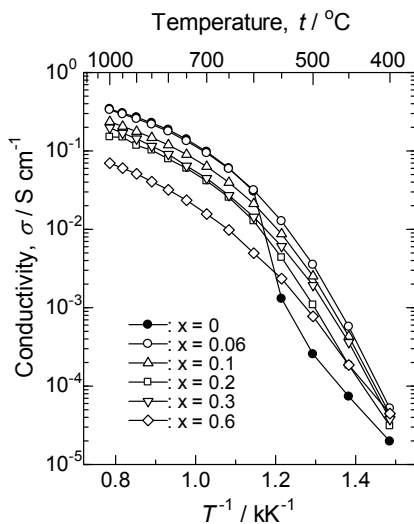


Figure 5 Arrhenius plots of conductivity for  $\text{La}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Mo}_2\text{O}_{9-x/2}$  measured in the heating direction.

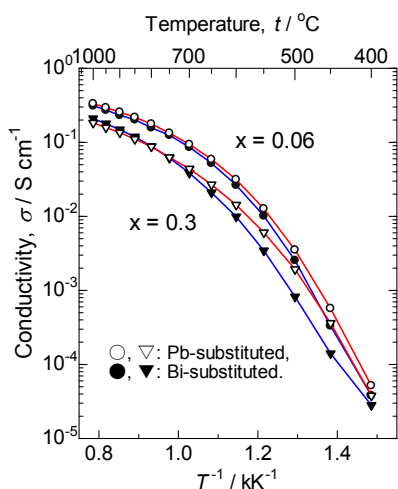


Figure 6 Comparatively represented Arrhenius plot of the conductivity for  $\text{La}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Mo}_2\text{O}_{9-x/2}$  and  $\text{La}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Mo}_2\text{O}_9$ .

Fig. 5 に  $\text{La}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Mo}_2\text{O}_{9-x/2}$  の電気伝導率のアレニウスプロットを示す。●で示した  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$  では相転移点で導電率のジャンプが観測されるが、Pb を  $x = 0.06$  だけ添加するとジャンプは消失し、スムーズな曲線となる。この結果は熱分析と整合性を示し、3% の Pb の添加で高温相が安定化することを支持している。しかし Pb をさらに添加しても、導電率は次第に低下するだけであった。また、試料を電解質としてアノードとカソードにそれぞれ空気と酸素を用いた酸素ガス燃料電池を作製し、その起電力を測定したところ、 $600^\circ\text{C}$  以上では全ての試料で Nernst の式から求めた計算値にほぼ一致した。さらにこの濃淡電池から電流も定常的に取り出せたことから、酸化物イオン輸率が 1 の酸化物イオン伝導体であることがわかった。

これらの結果は、高温相を安定化できる組成範囲を含めて Bi で置換した  $\text{La}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Mo}_2\text{O}_{9-x/2}$  系と基本的に一致した。それでもイオン伝導率について Bi で置換した系と詳細に比較すると、Fig. 6 のように高温では両者は一致するものの、低温では  $\text{La}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Mo}_2\text{O}_{9-x/2}$  系がやや高い値を示した。

### 3. 中性子回折による構造解析と酸化物イオンの欠陥

$\text{La}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Mo}_2\text{O}_{9-x/2}$  系の相転移挙動や電気化学的性質は  $\text{La}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Mo}_2\text{O}_{9-x/2}$  系と極めて類似したものであったが、ドーパントの価数の違いが相転移挙動に鈍感である理由、さらに僅かではあるが低温でイオン伝導率に差異が生じた原因について構造の観点から考察することにした。 $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$  の高温相の構造モデルは Fig. 1 に示したが、このうち La および Mo サイトは全て占有されており、酸化物イオンサイトについては O1 サイトのみ占有率が 1 で、O2 および O3 サイトは部分的に欠損している。とくに O3 サイトの占有率は半分以下である。非等方性温度因子の方向、原子間距離さらにはシミュレーションから、低温では O2 および O3 間の拡散が主要な導電パスであり、高温では O1 サイトも伝導に関与すると考えられている。導入した Pb や Bi は La サイトを占めるものと仮定して解析を進めることにした。

Fig. 7 に室温で測定した  $\text{La}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Mo}_2\text{O}_{9-x/2}$  ( $x = 0.06$ ) の TOF 中性子回折パターンと Rietveld フィットの結果を例として示した。上記モデルで精密化したところ、 $R_{\text{wp}} = 5.1\%$  で残差も少なく十分な精度で解析ができた。立方晶領域の他の組成でも良いフィットが得られたが、 $x = 0.05$  では、プロファイルパラメータが妥当な範囲内で精密化できなかったため、実際にはオーダーリングがわずかに生じていると思われる。一方低温相は、前述のように単位胞が大きく独立原子数が多いため、引き続き解析中である。このため本稿では立方晶で固溶した領域が議論の対象とな

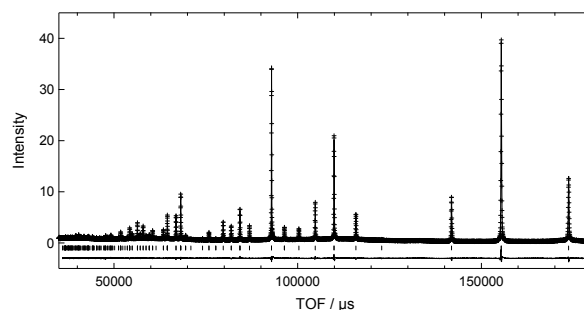


Figure 7 Measured (+) and fitted (line) neutron diffraction patterns of  $\text{La}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Mo}_2\text{O}_{9-x/2}$  ( $x = 0.06$ ) accompanied by the difference (below line).

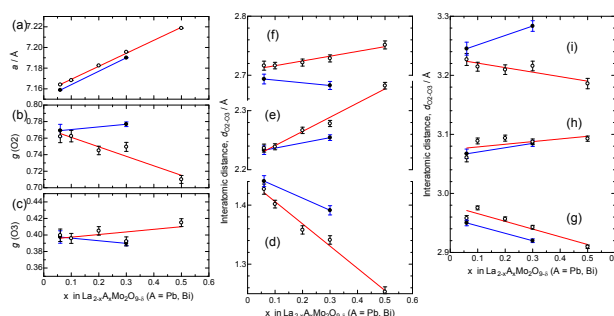


Figure 8 (a) Lattice parameter, occupation factors of (b) O2 and (c) O3 sites, and (d) – (i) interatomic distances between O2 and O3 sites for  $\text{La}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Mo}_2\text{O}_{9-x/2}$  (○) and  $\text{La}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Mo}_2\text{O}_9$  (●).

る。格子定数と O2 サイト O3 サイトの占有率の組成依存性を Fig. 8 (a) – (c) に示す。La<sub>2-x</sub>Pb<sub>x</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>9-x/2</sub>系ではドーブに伴い O2 の占有率は低下したが、La<sub>2-x</sub>Pb<sub>x</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>9</sub>系では顕著な変化は無かった。一方 O3 サイトでは La<sub>2-x</sub>Pb<sub>x</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>9-x/2</sub>系でも La<sub>2-x</sub>Pb<sub>x</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>9</sub>系でもほとんど差異が無かった。したがって Pb で置換した系では占有率の比較的高い O2 サイトに優先的に空孔が生成するため、O2 – O3 間の酸化物イオンのジャンプに関しては有利で、Fig. 6 のように低温領域でわずかに高いイオン伝導率を示したと思われる。一方高温では高速でイオンが動いているために、室温での O2 サイトの欠損はそれほど大きく影響を受けず、イオン伝導率は Bi で置換した系とほぼ一致すると考えられる。逆に  $\alpha$ - $\beta$  相転移に着目すると、酸素のオーダリングが大きく寄与するのは欠損量の多い O3 サイトであるため、La<sub>2-x</sub>Pb<sub>x</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>9-x/2</sub>系でも La<sub>2-x</sub>Pb<sub>x</sub>Mo<sub>2</sub>O<sub>9</sub>系でも相転移挙動にそれほど大きな相違が無いのかも知れない。

最後に原子間距離を比べた結果を示す。Fig. 8(d) – (i) は 6 種類の O2 – O3 原子間距離である。最隣接の組み合わせの (d) に着目すると、Pb で置換した系は Bi で置換した系に比べて短い傾向を示す。イオン伝導に最も顕著に影響を及ぼすのは最隣接イオン間距離であるので、このことも Pb で置換した系が低温でイオン伝導率が僅かに高くなる原因となっていると考えられる。

#### 4. おわりに

今回は室温で高精度の中性子回折実験を行うことにより、欠陥構造と酸化物イオン伝導、ならびに相転移挙動の微妙な関係を説明することができた。精度の高い欠陥構造の解析結果を組成の関数として表すと、イオン伝導や相転移に関する本質が見えてくる。空孔がイオン伝導を担っている場合でもある程度新たな知見が得られるが、格子間サイト（占有率が数%程度）のイオンが伝導に寄与する系では、このような手法はきわめて強力な手段になると期待できる。また、温度を変化させることによっても別の側面が見えてくるのでは無いかと思われる。

構造解析や熱分析（熱測定）、インピーダンス測定は、イオン伝導体などを対象とした固体化学のベーシックな手法であるが、それぞれ精度を上げればこれまで見えなかったものが少しずつ見えるようになってくるということをしれば体験する。このまま少しずつの進展が続くことになるかも知れないが、いずれ予想もしなかった大きな展開が生まれるのではないかと密かに期待している。

#### 引用文献

- [1] S. Nakayama, M. Sakamoto, J. Eur. Ceram. Soc., **18**, 1413 (1998).
- [2] J.B. Goodenough, J.E. Ruiz-Diaz, Y.S. Zhen, Solid State Ionics, **44**, 21 (1990).
- [3] P. Lacorre, F. Goutenoire, O. Bohnke, R. Retoux, Y. Laligant, Nature, **404**, 6780 (2000).
- [4] F. Goutenoire, O. Isnard, R. Retoux, P. Lacorre, Chem.

Mater. **12**, 2575 (2000).

- [5] I. Evans, J. Howard, J. Evans, Chem. Mater. **17**, 4074 (2005).
- [6] F. Goutenoire, O. Isnard, E. Suard, O. Bohnke, Y. Laligant, R. Retoux, P. Lacorre, J. Mater. Chem. **11**, 119 (2001).
- [7] X.P. Wang, Z.J. Cheng, Q.F. Fang, Solid State Ionics **176**, 761 (2005).
- [8] T. Esaka, T. Minaai, H. Iwahara, Denki Kagaku **59**, 343 (1991).
- [9] T. Esaka, T. Minaai, H. Iwahara, Solid State Ionics **57**, 319 (1992).
- [10] S. Takai, S. Touda, K. Oikawa, K. Mori, S. Torii, T. Kamiyama, T. Esaka, Solid State Ionics **148**, 123 (2002).
- [11] S. Takai, M. Satou, T. Yoshida, N. Chikashige, T. Kita, T. Esaka, Electrochemistry **79**, 696 (2011).
- [12] S. Takai, Y. Doi, S. Torii, J. Zhang, T.Y.S.P. Putra, P. Miao, T. Kamiyama, T. Esaka, Solid State Ionics, **238**, 36 (2013).

#### 著者紹介

高井茂臣 Shigeomi TAKAI

京都大学大学院 エネルギー科学研究科 准教授

〒 606-8501 京都市左京区吉田本町

TEL & FAX: 075-712-1768

e-mail: stakai@energy.kyoto-u.ac.jp

略歴：1993 年東京工業大学大学院総合理工学研究科博士後期課程中退，鳥取大学工学部助手，2013 年京都大学大学院エネルギー科学研究科准教授。博士（工学）。

最近の研究：イオン伝導体の合成と解析。

江坂享男 Takao ESAKA

鳥取大学大学院 工学研究科 教授

〒 680-8552 鳥取市湖山町南 4-101

TEL & FAX: 0857-31-5264

e-mail: tko\_esaka@chem.tottori-u.ac.jp

略歴：1977 年名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程修了，1989 年鳥取大学工学部教授。工学博士（名古屋大学）。

最近の研究：新しいイオン伝導体の合成と応用，エネルギーの電気化学的変換と貯蔵。

神山崇 Takashi KAMIYAMA

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所

中性子科学研究系 教授

〒 319-1106 茨城県那珂郡東海村大字白方 203 番地 1

TEL: 029-284-4080, FAX: 029-284-4878

e-mail: takashi.kamiyama@kek.jp

略歴：1987 年東北大学大学院理学研究科博士課程後期修了，2005 年高エネルギー加速器研究機構教授。理学博士（東北大学）。

最近の研究：中性子回折法の開発と物質構造科学への応用。



## パルス中性子による中性子ブリルアン散乱実験

伊藤晋一<sup>1</sup>, 遠藤康夫<sup>1,2,3</sup>, 横尾哲也<sup>1</sup>, 川名大地<sup>4</sup>, 金子良夫<sup>3</sup>, 十倉好紀<sup>3,5</sup>, 藤田全基<sup>2</sup><sup>1</sup>物質構造科学研究所, <sup>2</sup>東北大学金属材料研究所, <sup>3</sup>理化学研究所創発物性科学研究センター, <sup>4</sup>東京大学物性研究所, <sup>5</sup>東京大学大学院工学研究科

## Neutron Brillouin Scattering Experiments with Pulsed Neutrons

Shinichi ITOH<sup>1</sup>, Yasuo ENDOH<sup>1,2,3</sup>, Tetsuya YOKOO<sup>1</sup>, Daichi KAWANA<sup>4</sup>, Yoshio KANEKO<sup>3</sup>, Yoshinori TOKURA<sup>3,5</sup>, and Masaki FUJITA<sup>2</sup><sup>1</sup>Institute of Materials Structure Science, <sup>2</sup>Institute for Materials Research, Tohoku University, <sup>3</sup>RIKEN Center for Emergent Matter of Science (CEMS), <sup>4</sup>The Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo, <sup>5</sup>Department of Applied Physics, The University of Tokyo

## Abstract

大強度陽子加速器施設 J-PARC のパルス中性子源に設置された高分解能チョッパー分光器 HRC を用いて、中性子ブリルアン散乱実験が可能であることを示した。この実験方法により、粉末試料の強磁性体  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$  及び  $\text{SrRuO}_3$  のスピン波の測定を行ない、 $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$  の分散関係は、単結晶試料を用いてなされた結果に一致することを示した。また  $\text{SrRuO}_3$  のスピン波分散関係にはエネルギーギャップがあることを明らかにした。

## 1. はじめに

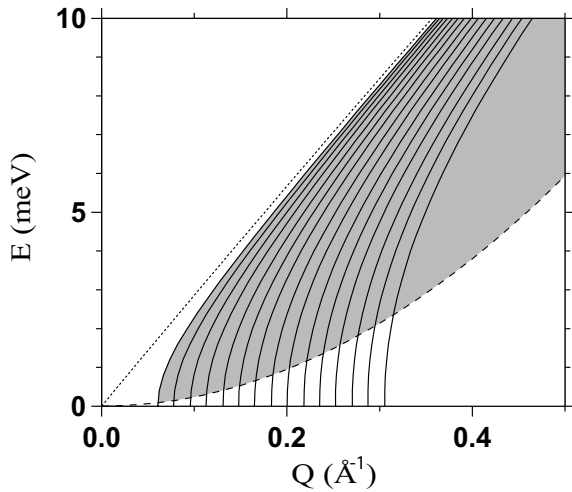
固体物理学, とりわけ磁性を議論する研究分野において、交換相互作用等の微視的相互作用を実験的に決定するためには、非弾性中性子散乱実験が不可欠である。非弾性中性子散乱実験は、磁気励起や格子振動等を逆格子空間上で測定するものであるが、そのためには、従来から、大型の単結晶試料が必要とされてきた。近年の目覚ましい固体物理学の発展にともなって、数多くの物質が合成されてきたが、必ずしも大型の単結晶試料が合成されるわけではなく、その場合は、粉末試料や多結晶試料を用いて研究をすすめるを得ない。中性子ブリルアン散乱実験は、中性子散乱により前方散乱近傍での励起を観測するものであり、粉末試料の強磁性体のスピン波の測定に期待される実験方法である。中性子ブリルアン散乱実験の原理は新しいものではないが [1-3], これまで、熱中性子源で比較的低エネルギーの中性子を用いた方法により、アクセスできるエネルギー運動量空間が限られていた。近年、パルス中性子源や定常中性子源でもエネルギーの高い中性子が利用できるようになったことにより、アクセスできるエネルギー運動量空間が拡大しつつある。中性子ブリルアン散乱実験を実現させる努力は、最近ではロスアラモス国立研究所のパルス中性子施設 LANSCE に設置された Pharos 分光器 [4], 及び、ラウエランジュバン研究所 (ILL) の定常中性子源に設置された BRISP 分光器 [5] などでなされてきた。我々は、大強度陽子加速器施設 (J-PARC) の物質・生命科学施設 (MLF) に設置された高分解能チョッパー分光器 (HRC) [6,7] において、同様の努力を行なった [8]。

粉末試料からの散乱強度は、動的構造因子の粉末平均により、散乱ベクトル  $Q$  が増加すると、急激に減衰す

る。すなわち、粉末強磁性体のスピン波の散乱強度は、(000) 近傍の前方にのみ、散乱強度がある。この  $Q$  領域で数 meV の励起を観測するためには、中性子分光の運動力学的制限により、サブ eV 領域の入射中性子エネルギー ( $E_i$ ) を用い、散乱角 ( $\phi$ ) が  $1^\circ$  程度の低角領域で、高いエネルギー分解能 ( $\Delta E/E_i$ ) で中性子非弾性散乱を観測する必要がある。我々は HRC を用いて、粉末試料の強磁性体、 $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$  (キュリー温度:  $T_c=316$  K) [9,10] 及び  $\text{SrRuO}_3$  ( $T_c=165$  K) [11] のスピン波励起を明瞭に観測することに成功した。どちらの系もわずかに変形した立方晶のペロブスカイト構造を持つ。前者は、巨大磁気抵抗効果を示す典型的な物質であり、そのスピン波は、単結晶試料を用いてよく調べられている [9,10]。後者は、スピン軌道相互作用の結果、異常ホール効果を示す物質として近年注目されているが [12], 中性子非弾性散乱実験に必要な大型の単結晶試料は合成されていない。以下、HRC においてなされた、粉末試料による  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$  と  $\text{SrRuO}_3$  のスピン波の観測について紹介する。

## 2. HRC における中性子ブリルアン散乱実験

HRC では、パルス中性子源から供給される白色中性子を、フェルミチョッパーと呼ばれるデバイスで単色化し、実験試料に入射する。フェルミチョッパーは中性子発生周期に同期して回転するスリットであり、スリットが中性子ビームラインに平行になるタイミングで、中性子を実験試料に供給する。試料から散乱した中性子は、散乱角  $\phi$  に置かれた検出器で検出され、飛行時間 TOF を解析することにより、エネルギー遷移 ( $E$ ) を決定する。検出器は、一次元位置敏感型検出器 (PSD, position sensitive detector) を



**Figure 1** Scan loci with  $E_i = 102$  meV at centers of PSDs, which are located at scattering angles  $\phi$  from  $0.5$  to  $2.8^\circ$  (from left to right) in steps of  $0.15^\circ$ , used in present experiment on HRC. The dotted line indicates the scan locus for  $\phi = 0^\circ$ , which is the kinematical limit with  $E_i = 102$  meV. The  $(Q, E)$  region above the dashed line (higher transfer energies) can never be accessed by a spectrometer with the lowest scattering angle of  $\phi = 5^\circ$ . The gray area is accessible in the present experiments on the HRC, and the area can be extended to the higher-energy region using a higher  $E_i$

その長軸を鉛直に並べて二次元的に配置したものである。HRCでは、中性子ブリルアン散乱実験のために、PSDの中央（長軸の中心）が水平面に  $\phi = 0.5 - 2.8^\circ$  の散乱角範囲で約  $1.5^\circ$  ステップで配置されている小角検出器バンクが設置されている。入射中性子のビーム発散角は実験試料の直前（中性子源側）に設置したコリメーターで制御される。コリメーターは厚さ  $0.1$  mm のカドミニウム箔のスリットであり、 $0.3^\circ$  のコリメーションのコリメーターを選択することにより、この小角領域でのバックグラウンドノイズが低減され、中性子ブリルアン散乱実験が可能になる。測定は、 $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$  では  $T = 6$  K と  $245$  K とで、 $\text{SrRuO}_3$  は  $T = 7$  K で行なった。試料のみを取り去った測定も行なって、バックグラウンドノイズを評価し、それを差し引いて試料からの散乱強度を求めた。入射中性子エネルギーは  $E_i = 102$  meV に選択した。

$E_i = 102$  meV で、低角バンクの各 PSD の中央 ( $\phi = 0.5 - 2.8^\circ$ ) が TOF をスキャンするとき、 $(Q, E)$  空間上でのスキャンローカスを Fig. 1 に示す。散乱角  $\phi$  の検出器要素は  $(Q, E)$  空間上を次式に従ってスキャンする。

$$\frac{\hbar^2 Q^2}{2m} = 2E_i - E - 2\sqrt{E_i(E_i - E)} \cos \phi \quad (1)$$

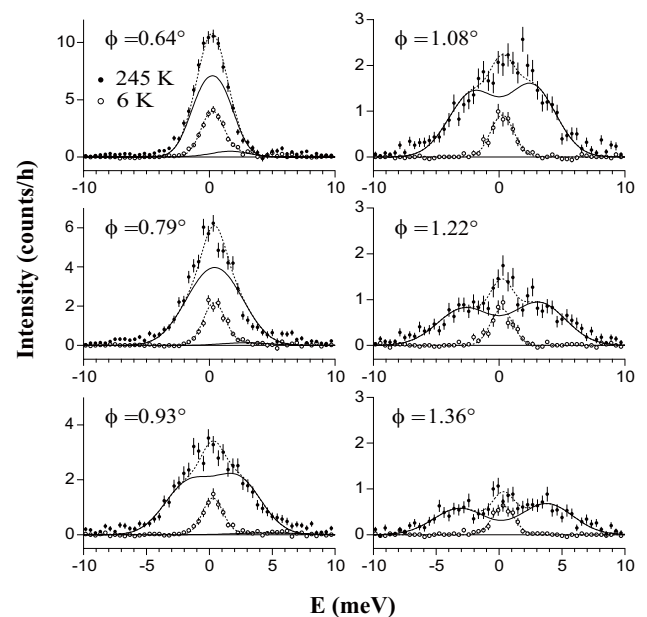
ここで、 $\hbar$  はプランク定数を  $2\pi$  で割ったもの、 $m$  は中性子の質量である。中性子ブリルアン散乱実験のためには、低角に検出器を配置することが本質的である。例えば、Fig. 1 の破線は、 $\phi = 5^\circ$  の検出器の  $E_i$  に関するスキャンローカスの包絡線  $E = (\hbar^2 Q^2 / 2m) / \sin \phi$  であり、最低散乱角が  $5^\circ$  の分光器は、 $E_i$  をどの値に選んでもこの破線より上の

領域にアクセスすることはできない。すなわち、中性子ブリルアン散乱実験は、標準的な中性子分光器では不可能である。エネルギー分解能は弾性散乱のエネルギー幅を測定して  $\Delta E = 2.0$  meV（半値全幅 FWHM）と決定した。すなわち、HRCでは、 $\Delta E/E_i = 2\%$  の高分解能を、非結合型減速材（高分解能型中性子源）からのシャープな中性子パルスを用いることによって達成できた。また、 $Q$  分解能は、Fig. 2 でのデータに対しては、 $\Delta Q = 0.12 \text{ \AA}^{-1}$ （FWHM）と計算される [8]。

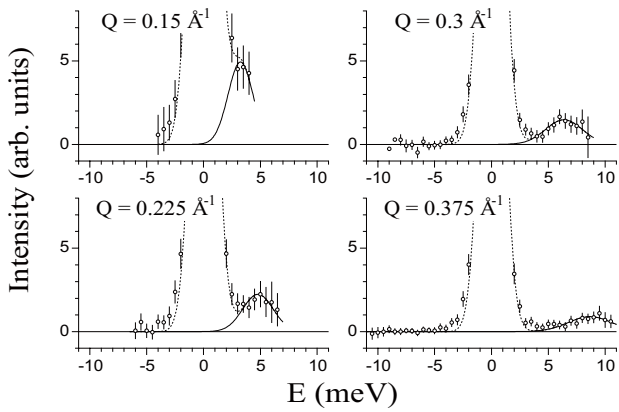
Fig. 2 に、各散乱角  $\phi$  に対して (1) 式で定義されるスキャンローカスに沿って測定された  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$  のエネルギースペクトルを示す。バックグラウンドを差し引いたものである。それぞれのスペクトルは次式でよくフィットできる。

$$I(E) = AF(Q)^2 \left[ (n+1) \exp\left(-4 \ln 2 \frac{(E - E_p)^2}{W^2}\right) + n \exp\left(-4 \ln 2 \frac{(E + E_p)^2}{W^2}\right) \right] + B \exp\left(-4 \ln 2 \frac{E^2}{\Delta E^2}\right) \quad (2)$$

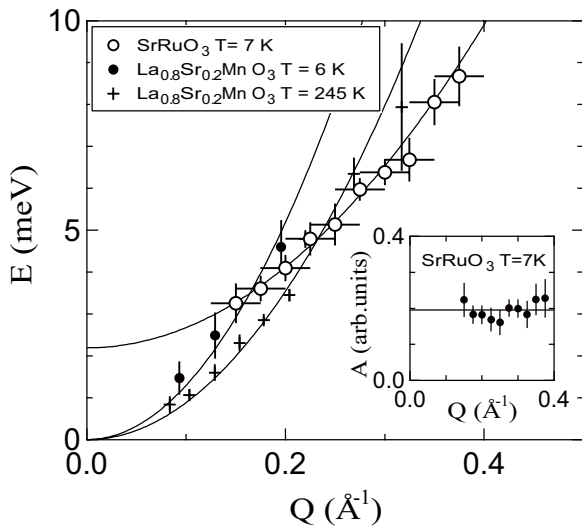
パラメーターは  $A$ ,  $E_p$ ,  $B$  である。温度因子は  $n+1 = [1 - \exp(-E_p/k_B T)]^{-1}$  で与えられ、 $k_B$  はボルツマン定数である。 $F(Q)$  は磁気形状因子である。(2) 式第 1 項はピーク位置  $E_p$  のスピン波成分であり、第 2 項はエネルギー分解能幅  $\Delta E$  を持つ弾性散乱成分である。スピン波成分のエネルギー幅  $W$  は、(1) 式のスキャンローカスとスピン波の分散関係  $E = E_p(Q)$  との関係も考慮した装置分解能から見積もられるエネルギー幅である [8,13]。フィッティングでは、この  $W$  の計算値を用い、得られたスピン波のピーク位置  $E_p(Q)$  を



**Figure 2** Energy spectra for  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$  at  $T = 6$  and  $245$  K observed on the scan loci at  $\phi$ . The vertical bars represent statistical errors. The dashed lines are fitted curves to the observed spectra, and the solid lines are spin wave components (see text).



**Figure 3** Energy spectra for SrRuO<sub>3</sub> at  $T = 7$  K obtained using a constant- $Q$  cut, which are integrated intensities within range of  $Q \pm \delta Q$  with  $\delta Q = 0.025 \text{ \AA}^{-1}$  of intensity map in  $(Q, E)$  space. The vertical bars represent statistical errors. The dashed lines are curves fitted to the observed spectra, and the solid lines are spin-wave components (see text).



**Figure 4** Spin-wave dispersion curves for SrRuO<sub>3</sub> and La<sub>0.8</sub>Sr<sub>0.2</sub>MnO<sub>3</sub>. The vertical and horizontal bars represent statistical errors (standard deviations) and  $\delta Q$ , respectively. The solid lines are fitted dispersion curves. The inset shows the  $Q$  dependence of the intensity parameter  $A$  for SrRuO<sub>3</sub>.

Fig. 4 に示す。スピン波成分の強度を表わすパラメーター  $A$  は Fig. 2 における単位で、例えば  $\phi = 0.79^\circ$  で、 $T = 6$  K と 245 K とでそれぞれ  $A = 0.13 \pm 0.05$ ,  $0.12 \pm 0.02$  と得られた。すなわち、 $T = 6$  K と 245 K との間の強度の差は温度因子で説明できる。また、 $A$  は  $Q$  に依存しないことも解析で得られている。スピン波の積分強度は  $AW$  に比例し、 $W$  は分解能体積に比例する。したがって、分解能体積あたりのスピン波の積分強度は  $Q$  に依存しない。このことは、等方的な分散関係を示す強磁性スピン波の動的構造因子の粉末平均に一致する。観測されたスピン波強度の  $Q$  依存性は温度因子と磁気形状因子とでよく説明できる。

Fig. 2 では、PSD の水平面上の部分（水平面から  $\pm 46$  mm の範囲）のみを用いてエネルギースペクトルを作っ

たが、PSD の長さ方向に沿った任意の位置で検出された中性子に対してそれぞれ  $Q$  値が与えられるので、PSD で覆われる二次元面の全体を用いて、与えられた  $\delta Q$  に対して  $Q \pm \delta Q$  にある全ての  $Q$  をリング状に集めて、 $(Q, E)$  空間上の強度マップを作ることができる。Fig. 3 は、SrRuO<sub>3</sub> について、 $(Q, E)$  空間上の強度マップを作ったもので、それぞれのエネルギースペクトルは、 $\delta Q = 0.025 \text{ \AA}^{-1}$  にとったときのコンスタント  $Q$  カットである。それぞれのスペクトルは計算値  $W$  を用いて、(2) 式でよくフィットできた。Fig. 4 の挿入図に示すように、得られた  $A$  は  $Q$  によらず一定であった。すなわち、観測されたスピン波強度は、等方的分散関係を持つ強磁性スピン波に対するものとコンシテントである。得られたスピン波のピーク位置  $E_p$  を Fig. 4 に示す。Fig. 3 のフィッティングにおいて、データの統計精度からくる  $E_p$  の誤差は  $\delta E_p = 0.3 - 0.7$  meV であり、 $E_p \pm \delta E_p$  を Fig. 4 に示した。 $\delta E_p$  に対応する  $Q$  の誤差は、 $\delta E_p / (dE_p/dQ)$  から、 $0.02 - 0.03 \text{ \AA}^{-1}$  と見積もられ、これらは  $\delta Q$  に一致する。また、 $2\delta Q$  も  $\delta E_p$  も分解能  $\Delta Q$ ,  $\Delta E$  の半分程度である。従って、 $\delta Q$  は  $\delta E_p$  に適合した大きさである。La<sub>0.8</sub>Sr<sub>0.2</sub>MnO<sub>3</sub> に対しても、コンスタント  $Q$  カットのエネルギースペクトルを作って同様に解析し、上述の散乱角  $\phi$  に対するスキャンローカス上のスペクトルの解析と一致する結果を得た。

La<sub>0.8</sub>Sr<sub>0.2</sub>MnO<sub>3</sub> のスピン波の分散関係はギャップのない  $Q$  の二次式  $E_p(Q) = DQ^2$  でよくフィットでき、 $T = 6$  K と 245 K に対して、それぞれ、 $D = 130 \pm 4 \text{ meV\AA}^2$  と  $88 \pm 2 \text{ meV\AA}^2$  を得た。La<sub>0.8</sub>Sr<sub>0.2</sub>MnO<sub>3</sub> の結晶試料を用いたスピン波の測定はすでに報告されていて、適当な逆格子点からギャップのない  $Q$  の二次式でフィットして、 $T = 14$  K と 250 K に対して、それぞれ、 $D = 131 \text{ meV\AA}^2$  [10] と  $89 \text{ meV\AA}^2$  [9] が得られている。単結晶を用いた  $T = 14$  K での測定では、適当な逆格子点から  $Q < 0.3 \text{ \AA}^{-1}$  の領域では、[001] 方向も [111] 方向も、 $D = 131 \text{ meV\AA}^2$  を用いて  $E_p(Q) = DQ^2$  でフィットされる [10]。今回我々が粉末試料を用いて得られた分散関係は、これらの単結晶試料を用いて得られた結果によく一致する。

SrRuO<sub>3</sub> の  $T = 7$  K でのスピン波の分散関係は、 $Q$  の二次式にギャップエネルギーを加えて、 $E_p(Q) = E_0 + DQ^2$  でフィットでき、 $E_0 = 2.2 \pm 0.3 \text{ meV}$  と  $D = 48 \pm 5 \text{ meV\AA}^2$  を得た。このとき、Fig. 4 の  $Q = 0.15 - 0.3 \text{ \AA}^{-1}$  のデータを用いた。上述のように、La<sub>0.8</sub>Sr<sub>0.2</sub>MnO<sub>3</sub> のスピン波の分散関係は、小さい  $Q$  範囲では、方向によらず同じ  $D$  を用いて  $E_p(Q) = DQ^2$  で表わされるが、 $Q$  が大きくなりゾーン境界に近づくと、それぞれの方向で分散関係は互いにシフトする。すなわち、 $Q = 0.3 \text{ \AA}^{-1}$  を超えると、[001] 方向は、[111] 方向よりもエネルギーが下がる。SrRuO<sub>3</sub> も La<sub>0.8</sub>Sr<sub>0.2</sub>MnO<sub>3</sub> も、同程度の大きさの格子定数を持ち、ほぼ立方晶であることから、この実験事実が SrRuO<sub>3</sub> でも成り立つと仮定して、 $Q \leq 0.3 \text{ \AA}^{-1}$  のデータを用いて  $E_p(Q)$  の決定を試みた。このことは、厳密には将来 SrRuO<sub>3</sub> の大型の単結晶試料が合成されたときに証明されるべきである。

平均場近似ではキュリー温度は  $T_c = 2zS(S+1)J/3$  で表わされる。ここで、 $J$  は交換相互作用定数、 $S$  は磁性原子のスピ量子数、 $z = 6$  は単純立方格子での最近接磁性原子数である。強磁性ハイゼンベルグ系に対する線形スピン波理論では、スティッフネス定数は  $D = 2SJ a^2$  で与えられ、 $a$  は最近接磁性原子間距離である。今回の実験で得られた SrRuO<sub>3</sub> の  $D$  値から計算されるキュリー温度は  $T_c = 148 \pm 13$  K である。 $D$  値と実際の  $T_c$  との関係は長く議論のあるところだが [14]、今回の結果もこの議論に知見を加えるものである。高対称性の結晶構造をもつ強磁性体のスピン波分散関係はギャップレスであり、実際 La<sub>0.8</sub>Sr<sub>0.2</sub>MnO<sub>3</sub> ではギャップレスである。これに比べて SrRuO<sub>3</sub> は異常に大きいスピンギャップを示すことが明らかになった。 $E_0 = g\mu_B SH_A$  ( $\mu_B$  はボーア磁子) と  $g = 2$  とを仮定すると、得られた  $E_0$  から異方性磁場は  $H_A = 20 \pm 3$  T と見積もることができる。SrRuO<sub>3</sub> の薄膜を用いた磁気結晶異方性 [15] や強磁性共鳴 [16] の研究から、それぞれ、 $H_A = 12$  T ( $T = 10$  K) や  $H_A = 7.2$  T ( $T = 5$  K) の値が得られている。異方性の起源については長く議論のあるところである [17]。SrRuO<sub>3</sub> では異常ホール効果が観測されていて、理論的には Ru の 4d 軌道に働くスピン軌道相互作用で理解され、その結果、磁気単極子のシナリオも予想されている [12]。スピン軌道相互作用はスピンギャップの起源になりうる。

### 3. おわりに

粉末試料の強磁性体 La<sub>0.8</sub>Sr<sub>0.2</sub>MnO<sub>3</sub> 及び SrRuO<sub>3</sub> のスピン波を観測することにより、J-PARC において、パルス中性子を用いて中性子ブリルアン散乱実験が実現できることを示した。短パルスで大強度のパルス中性子源からのサブ eV 中性子を用いたことと、HRC が高分解能かつ低バックグラウンドであることが、その鍵であることを、ここで再び強調したい。またこの実験は、SrRuO<sub>3</sub> のスピン波にスピンギャップがあることを明らかにしたものであり、この系におけるスピン軌道相互作用を示唆するものである。

### 謝辞

この中性子散乱実験は物質構造科学研究所中性子共同利用実験審査委員会で認められた S 型課題 (2011S01, 2012S01) で実施したものである。この研究は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (C) 及び挑戦的萌芽研究、科学技術進行機構最先端研究開発支援プログラムの支援を受けた。

### 引用文献

- [1] L. Passell et al., Phys. Rev. B **14**, 4897 (1976).
- [2] Y. Ishikawa et al., J. Phys. Soc. Jpn. **50**, 1958 (1981).
- [3] R. A. Robinson, Physica B **156&157**, 557 (1989).
- [4] R. A. Robinson et al., Physica B **241-243**, 161 (1998).
- [5] D. Aisa et al., J. Non-Cryst. Solids **352**, 5130 (2006).
- [6] S. Itoh et al., Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A **631**, 90 (2011).

- [7] S. Yano et al., Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A **654**, 421 (2011).
- [8] S. Itoh et al., J. Phys. Soc. Jpn. **82**, 043001 (2013).
- [9] Y. Endoh and K. Hirota, J. Phys. Soc. Jpn. **66**, 2264 (1997).
- [10] F. Moussa et al., Phys. Rev. B **76**, 064403 (2007).
- [11] for instance, L. Klein et al., Phys. Rev. Lett. **77**, 2774 (1996).
- [12] Z. Fang et al., Science **302**, 92 (2003).
- [13] R. Crevecoeur et al., Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A **356**, 415 (1995).
- [14] Y. Endoh and P. Böni, J. Phys. Soc. Jpn. **75**, 111002 (2006).
- [15] Y. Kats et al., Phys. Rev. B **71**, 100403 (2005).
- [16] M. C. Langner et al., Phys. Rev. Lett. **102**, 177601 (2009).
- [17] G. Koster et al., Rev. Mod. Phys. **84**, 253 (2012).

### 著者紹介

伊藤晋一 Shinichi ITOH

物質構造科学研究所 中性子科学研究系 教授

〒305-0801 茨城県つくば市大穂

TEL: 0298-64-5616

FAX: 0298-64-3202

e-mail: shinichi.itoh@kek.jp

略歴: 1990 年東北大学大学院理学研究科修了, 2012 年現職。理学博士。

最近の研究: パルス中性子を用いた強相関電子系のダイナミクスの研究。

遠藤康夫 Yasuo ENDOH

物質構造研究所ダイヤモンドフェロー, 理化学研究所創発

物性科学研究センター嘱託研究員, 東北大学名誉教授

〒305-0801 茨城県つくば市大穂

e-mail: hy\_endoh@kcc.zaq.ne.jp

略歴: 1965 年京都大学工学研究科博士課程中退, 1965 年東大物性研究所助手, 1970 年東北大学理学部助教授, 1986 年東北大学理学部教授, 1998 年東北大学金属材料研究所教授, 2003 年東北大学定年退官。理学博士。

横尾哲也 Tetsuya YOKOO

物質構造科学研究所 中性子科学研究系 研究機関講師

〒305-0801 茨城県つくば市大穂

TEL: 0298-79-6191

FAX: 0298-64-3202

e-mail: tetsuya.yokoo@kek.jp

略歴: 2004 年ブルックヘブン国立研究所研究員, COE 研究員, 学術振興会特別研究員を経て, 高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所助手, 2011 年現職。理学博士。

最近の研究: 低次元磁性体や強相関電子系のダイナミクス。趣味: バドミントン, 子育て。

川名大地 Daichi KAWANA

東京大学物性研究所附属中性子科学研究施設 技術職員

〒 319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方白根

TEL: 029-282-6195

FAX: 029-282-8709

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

略歴：2007年東京都立大学理学研究科博士課程修了，同年日本原子力研究開発機構博士研究員，2010年高エネルギー加速器研究機構構造物性研究センター研究員，2013年現職。博士（理学）。

最近の研究：JRR-3, J-PARC/MLFでの装置運営と整備，研究支援。

趣味：旅行（温泉，ご当地グルメ），ピアノ演奏。

金子良夫 Yoshio KANEKO

理化学研究所創発物性科学研究センター

e-mail: yskaneko@riken.jp

十倉好紀 Yoshinori TOKURA

東京大学大学院工学研究科，理化学研究所創発物性科学研究センター

e-mail: tokura@ap.t.u-tokyo.ac.jp

藤田全基 Masaki FUJITA

東北大学金属材料研究所 准教授

〒 980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1

TEL: 022-215-2138

FAX: 022-215-2036

e-mail: fujita@imr.tohoku.ac.jp

略歴：1998年神戸大学大学院自然科学研究科博士課程修了，1998年京都大学化学研究所助手，2003年東北大学金属材料研究所助手，2009年東北大学金属材料研究所准教授。理学博士。

最近の研究：中性子散乱によるイリジウム酸化物の磁気励起の研究。

### 第1回物構研サイエンスフェスタ・ 第30回PFシンポジウム開催報告

物構研サイエンスフェスタ実行委員長  
雨宮健太（物構研 放射光科学第一研究系）  
伊藤晋一（物構研 中性子科学研究系）

PFシンポジウムは2011年度までに29回開催されてきましたが、30回目となる2012年度は、これまで別途開催していた物構研シンポジウムと統合し、さらに、ともに初めての開催となるKENSシンポジウム、MSLシンポジウム（それぞれ物構研の中性子科学研究系とミュオン科学研究系が主体）と合同で、「第1回物構研サイエンスフェスタ」として、2013年3月14、15日につくば国際会議場で開催されました。この物構研サイエンスフェスタは、物構研が擁する4つのプローブ（放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子）のユーザーとスタッフが一堂に会し、施設の現状とサイエンスの成果を報告するとともに、これらの施設の将来展望について議論する場です。当日は、年度末の多忙な時期にもかかわらず、合計で約500名の方に参加して頂きました。1日目の講演会場は、PFシンポジウムでも物構研シンポジウムでも経験したことのない大ホールでしたので、もしも閑散としてしまったらどうしようかと気をもんでいたのですが、どうやら杞憂だったようです。

なお、サイエンスフェスタ前日の3月13日には、サテライトミーティングとして、「構造物性センター（CMRC）全体会議」と、加速器を利用した物質材料研究を若い人たちに紹介する「西川シンポジウム」が開催されました（CMRC全体会議についてはp.40に報告があります）。また、同じく13日には例年のPFシンポジウムと同様に、PFのユーザーグループミーティングが行われました。

サイエンスフェスタの1日目（3月14日）は、山田和芳物構研所長の挨拶で幕を開け、その後、午前と午後2つのサイエンスセッションが行われました。今回のプログラム編成において特に気にかけたのは、普段は異なったプロ



図2 初めての会場となった大ホール

ーブを使って研究をしている参加者の皆様が、互いに興味を持って楽しく講演を聞くことができるようにしたい、という点です。もちろん、これをきっかけに今まで知らなかったプローブの活用法を見つけて頂ければ、という期待もあります。そういった意味も込めて、1つ目のセッションはその名も「マルチプローブが拓く物性研究の最前線」と、まさに複数プローブの相補利用を前面に押し出したものとなりました。若干、ストレートすぎるタイトルではありますが、第1回ということでお許しください。このセッションでは5名の招待講演者の方々に、燃料電池材料、層状酸化物、人工格子、半導体表面、高温超伝導体などを対象に、それぞれのプローブの特長を活かした最前線の研究を紹介して頂きました。午後のセッションは「量子ビームを用いたソフトマター研究の展望」と題して、生命体・物質をまたぐソフトマターをテーマにして行われました。最初に、2011年度までPF施設長として、また2012年の12月までは構造生物学研究センター長として、放射光および構造生命科学の発展に尽力されてきた若槻壮市氏に、国際展開をテーマとした特別講演を頂き、引き続いて4名の招待講演者の方々にご講演頂きました。

夕方のポスターセッションでは、約300件の発表が行われましたが、これまでのPFシンポジウムでポスター会場として用いていた多目的ホールではどう考えても入りきれないだろうという予測のもと、すぐ近くの大会議室も予約していたため、例年よりも少し楽に議論ができたのではないかと思います。また、PFシンポジウムにおいてPF懇談会の企画として行っていた、学生を対象としたポスター賞ですが、PF懇談会に代わって発足したPF-UAが中心となり、放射光だけでなく物構研全体に範囲を拡げて実施されました。2日目の昼に中ホール300で表彰式が行われ、物構研所長から表彰状と記念品が手渡されました。ポスター賞に選ばれたのは以下の6名の皆さんです。

放射光

○中山和也（東京大学大学院理学系研究科）



図1 会場での集合写真

- 田中耕路（東京大学医科学研究所）
- 砂川正典（岡山大学自然科学研究科）
- 草野巧巳（東京大学物性研究所）

#### ミュオン

- 神田聡太郎（東京大学理学系研究科）

#### 中性子

- 藤崎布美佳（KEK 総合研究大学院大学）

詳細は p.46 をご覧ください。

1日目の最後は恒例の懇親会ですが、これも事前に参加人数を予測することが難しく、会場をどこにするか頭を悩ませました。レストランはもちろん、大会議室1部屋でもおそらく入りきらず、かといって2部屋つなげようにも1部屋は上述の通りポスターセッションに使いたい、というジレンマがありました。結局、大ホールを21:00まで借りてしまうことで、その前のスペースを懇親会の会場として確保するという決断に至りました。変則的な形状の会場ではありましたが、何はともあれ参加者全員が入れたことに安堵しました。

2日目（3月15日）は、それぞれの施設にわかれてシンポジウムを行いました。本誌はPFニュースですので、ここでは、PFと低速陽電子についての報告と議論を行った、第30回PFシンポジウムの報告をしたいと思います。午前中は主に施設からの報告として、村上洋一PF施設長による全体の施設報告に始まり、各センターおよび低速陽電子実験施設の報告、光源・加速器およびビームライン・測定装置の開発状況と整備計画と続きました。午後には、PFの次期光源であるERL計画について、開発の現状と今後、およびサイエンスについての発表と議論が行われました。周知のとおり、現在放射光科学のコミュニティは岐路を迎えており、日本の科学界全体としてのマスタープラン、KEKのロードマップ、そしてPFとしての将来計画と、いくつもの重要な決断を迫られています。このような時こそ、ユーザーの皆さんと施設の対話・議論が欠かせないと思います。

午後の後半には、「PFにおける国際協力」と題して、PFにビームラインを建設・運営し、20年以上にわたって数



図3 大ホール前のスペースで行われた懇親会で、佐藤衛 PF-UA 会長代理で乾杯の音頭を取る朝倉清高 PF-UA 庶務幹事（北大）。

多くの研究を支えてきた、オーストラリアビームラインの運用終了セレモニーを行うとともに、逆に最近新たに運用を開始したインドビームラインの現状が報告されました。長年にわたってPFに君臨していたオーストラリアビームラインが閉鎖されるのは感慨深いものがありますが、一方で新たな国際協力が始まるというのは力強いものです。その後、シンポジウムの最後のセッションとして、PF-UAが主体となって、「PF-UA 総会」と「PFの運営についての意見交換」が行われ、大学院生の自主的な研究をサポートするために新設を検討している「院生奨励課題」のあり方についての議論などが行われました。

今回、あらゆることが初めてということで、実行委員会としても色々頭を悩ませ、不安なこともたくさんありましたが、参加者の皆様に2日間のサイエンスフェスタを楽しんでいただけたのであれば幸いです。最後になりますが、これまでにない規模で開催された物構研サイエンスフェスタを、豊富な経験と新たなアイデアを駆使して支えてくださった事務局と実行委員の皆さん、朝早くから裏方をして下さった学生の皆さん、そして講演者の方々をはじめ、サイエンスフェスタを盛り上げて下さった参加者の皆様にありがとうございました。

## 第1回物構研サイエンスフェスタに参加して

お茶の水女子大学大学院 橋本深雪

今回から3つのシンポジウム（第30回PFシンポジウム、第1回KENSシンポジウム、第1回MSLシンポジウム）の初の合同開催となった、その記念すべき第1回物構研サイエンスフェスタに参加できたことを大変光栄に思います。今回はポスターセッションに参加させていただきました。参加したときはまだ学部4年生でしたが、物構研サイエンスフェスタが私にとって初めての公な発表の場となりました。ポスター数もとても多く、そこからPFに携わる人の多さを知り、その雰囲気は圧倒されました。ポスターセッションが始まる前までは期待に胸が高まっていたのですが、直前になると緊張で頭が真っ白になってしまいました。ポスターセッションが始まってからもとても緊張し、声も震えるほどでした。しかし、終わった直後は一転して楽しかったという思いでいっぱいだったことを鮮明に覚えています。

学部のときは狭いコミュニティで議論し研究していましたが、物構研サイエンスフェスタではとても多くの研究者の方々とコミュニケーションをとり、議論することができました。まだ右も左も分からないような私に対して多くの方々がポスターを見に来てくださり、真摯に私の話を聞いてくださったことが大変印象に残っております。お話を聞いていただいただけではなく、アドバイスやコメントも多くいただき、とても充実した時間となりました。みなさんと議論する中でいつしか緊張がほぐれ、後半になるとり



図1 活気に満ちたポスターセッションの様子。

ラックスしてポスター発表を行うことができました。はじめは長いと感じた140分の発表時間も気が付けば残り20分となり、あっという間に時間が過ぎてしまいました。それだけ夢中になっていました。お世辞にも上手にできたと言える発表ではありませんでしたが、ポスター発表後は何故か満足感で満ちており、私は興奮が冷めやらぬままポスターを抱えて会場を去りました。今思うと、多くの方々と議論できたことがとても嬉しかったのだと思います。ポスター発表を通して学校外の研究者の方々と知り合い、意見を交わしあえたことが私にとって本当に有益でした。この場を借りて感謝申し上げます。

正直に申し上げますと、今回の物構研サイエンスフェスタでは先生方のご講演や他の参加者のポスター発表を聞きに行くことができませんでした。初めての参加ということもあり、あまり勝手が分からないままに終わってしまいました。せっかく今回から合同開催になったのですから、自分のポスター発表だけで終わるのではなく、ご講演や他の参加者のポスターも見て回れば良かったと後悔しております。次回参加するときはもっと心に余裕を持ち、物構研サイエンスフェスタを楽しみたいです。

ところで、私は卒業研究を進める上で10月に2泊3日で行われたPF主催の初心者向けXAFS講習会にも参加させていただきました。1日目はXAFSの理論について半日かけて学びました。2日目はビームラインでの基本的な操作を体験し、測定方法を教えていただきました。最終日には測定したデータの解析の仕方について学びました。教えてくださった先生方の熱心で細かく丁寧なご指導により、XAFSは難しいという印象から面白いという興味へと考え方が変わりました。また、様々なバックグラウンドをもつ受講生が集まり、大変刺激を受けました。PFは測定だけでなく、勉強の場でもあることを再認識しました。先生方はもちろんのことですが、開催してくださったPFにも感謝致します。このようなPF主催の講習会やイベントが今後も盛んに行われ、多くの若い世代が積極的に研究できる場を提供してほしいと思います。

PFは将来的にPEARL (PEARL Advanced Research Laboratory) として変わり、更なる飛躍と今後の活躍が期

待されます。個人的な感想ですが、「PEARL」という愛称は響きが良く素敵だと思いました。馴染み深いPFという名前もPEARLには含まれており、PFに関わる多くの方々のPFへの強い思いを感じます。さらにロゴマークは「光輝く星は、生み出されるサイエンスの輝き、研究者の閃きや情熱を表し、研究がもたらす成果の大きさを表す象徴として地球をイメージさせるブルーをベースとしている」という意味を持ち、大変ふさわしいと思いました。PEARLになってもPFという名前のおかげ以上に活発な研究活動が行われることを願います。

最後に、記念すべき第1回物構研サイエンスフェスタ、私にとっても第1回となる発表の場を無事に終えられたことを嬉しく思います。また、このような記事を書く機会も頂き、本当に感謝の気持ちでいっぱいです。ありがとうございました。

## CMRC 研究会「構造物性研究の現状と今後の展開 —共鳴軟X線散乱を中心に—」開催報告

放射光科学第二研究系・CMRC 山崎裕一

2013年3月12日(火)、13日(水)の2日間、CMRC研究会「構造物性研究の現状と今後の展開 —共鳴軟X線散乱を中心に—」が4号館2階輪講室1,2で開催され、40名の参加がありました。講演では、共鳴軟X線散乱を中心テーマに、遷移金属酸化物、4f電子系、分子性結晶など幅広い物質系に対して、最近の研究成果や今後の研究展開について講演が行われました。物質が創り出す様々な電子状態秩序を、放射光を利用して研究する方々が集い、有意義で活発な質疑応答・議論が行われました。

1日目は、午前から午後の前半にかけて、3d遷移金属酸化物を中心とした強相関電子系の電子状態秩序についての研究成果の講演が行われました。午前中は、特にコバルト酸化物に関する講演が中心におこなわれ、不純物ドーブによって発現するCoイオンの新しい磁気状態や、長年、その存在の有無が議論されてきた「中間スピン」と呼ばれるCoイオンの電子状態に関して、X線吸収、共鳴X線散乱、および共鳴軟X線散乱を用いた測定結果について報告がありました。午後は、Mn酸化物の人工超格子やNi酸化物などにおける共鳴X線散乱の実験結果に関する報告がありました。Mn酸化物の人工超格子では、磁場を印加することによって抵抗が大きく変化する、磁気抵抗効果が観測されますが、PF BL-3Aの磁場中X線回折やBL-16Aの磁場中軟X線回折装置を用いた実験結果が示され、磁場印可による磁気構造の変化や界面の電子状態に関する情報が得られることが報告されました。PFに磁場中軟X線散乱装置が整備されたことで、共鳴軟X線散乱をもちいた磁性人工超格子のさらなる研究進展が期待されます。

午後後半のセッションでは、分子性結晶におけるX線回折や共鳴X線散乱による実験結果が紹介されました。PF



ではX線と軟X線の中間の領域(1~4 keV, tender X線とも呼ばれます)でも共鳴X線散乱を行えるよう整備を進めてきました。このエネルギー領域には、分子性結晶で重要となるSイオンのK吸収端があるため、分子性結晶での研究展開が期待されます。講演では分子性結晶で発現する電荷秩序や強誘電性の起源に迫れるようなX線吸収や共鳴X線散乱の研究結果が報告され、非常に活発な議論が行われました。この日の最後の講演では、J-PARCの中性子結晶構造解析装置SENJUの開発状況が報告されました。X線と中性子の相補的・協奏的な研究展開が期待され、装置性能などへの質疑が活発に行われました。

1日目の会議終了後には、つくばデイズタウン横の「ビストロ椿々」へ移動し、店舗を貸し切った懇親会が行われました。会議にも勝るとも劣らない熱い議論が交わされ、参加者の親睦がますます深まる会となりました。

2日目は、4d, 5d遷移金属酸化物やf電子系に関する研究報告が行われました。4d遷移金属であるNb酸化物ではtender X線領域での共鳴散乱により電荷秩序由来の散漫散乱の測定結果が、5d遷移金属であるIr酸化物ではX線領域での共鳴散乱によって磁気秩序を解明された研究成果が報告されました。4f電子系PrRu<sub>4</sub>P<sub>12</sub>ではtender X線領域で観測された共鳴X線散乱の実験結果が示され、pf軌道混成の重要性を示唆する研究成果が報告されました。会議の最後には、長年、隠れた秩序として盛んに研究されているURu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>に関してPFで行われ研究結果が報告されました。残念ながら秩序はまだ隠れたままのようでしたが、量子ビームを多角的に用いることで隠れた秩序が解明されることを期待します。

強相関電子系では電子間の強い相関によって多彩な電子秩序が現れますが、その秩序状態を検出するうえで共鳴X線散乱が非常に強力なプローブであることを再認識し、より広い範囲の物質系に対応するため、軟X線~tender X線~硬X線の広いエネルギー領域のX線を使った共鳴X線散乱が測定できるよう、装置整備を進めていく重要性を再確認できる研究会となりました。

## <プログラム>

第1日目 (2013年3月12日)

10:15-10:20 村上洋一 (KEK-PF/CMRC)「はじめに」

### 3d遷移金属酸化物(Co)【座長:中尾裕則】

10:20-10:45 富安啓輔 (東北大学高等教育開発推進センター)  
「希薄不純物置換や電子ドーピングで作るLaCoO<sub>3</sub>の新たなスピנקロスオーバー」

10:45-11:10 岡本淳 (KEK-PF/CMRC)  
「共鳴X線散乱による室温強磁性Sr<sub>3</sub>YCo<sub>4</sub>O<sub>10.5</sub>の電子状態研究」

11:10-11:35 藤岡淳 (東大)  
「ペロブスカイト型LaCoO<sub>3</sub>薄膜におけるストレイン誘起フェリ磁性とスピン・軌道秩序の観測」

11:35-12:00 山崎裕一 (KEK-PF/CMRC)  
「斜入射軟X線共鳴散乱によるLaCoO<sub>3</sub>薄膜の磁気・

軌道秩序の観測」

昼食 (12:00-13:30)

### 3d遷移金属酸化物(Ni, Mnなど)【座長:石原純夫】

13:30-13:55 打田正輝 (コーネル大)

「共鳴X線散乱による層状ペロブスカイト型Ni酸化物の磁気・軌道秩序の観測」

13:55-14:20 須田山貴亮 (KEK-PF/CMRC)

「磁場下共鳴軟X線散乱による人工超格子Mn薄膜の研究」

14:20-14:45 奥山大輔 (理化学研究所交差相関物性科学研究グループ)

「ペロブスカイトMn酸化物超格子のラウエフリッジの減衰として観測されるマイクロサイズの電荷軌道秩序/無秩序相分離」

14:45-15:10 宮坂茂樹 (大阪大学大学院理学研究科)

「ペロブスカイト型バナジウム酸化物におけるランダムネスによる磁気・軌道秩序制御とキャリアドーピングによるモット転移近傍の2次元スピンゆらぎによる臨界異常」

15:10-15:30 勝藤拓郎 (早稲田大学)

「擬三角格子にあるt<sub>2g</sub>軌道が生み出す新奇物性」

15:30-15:55 寺崎一郎 (名古屋大学)

「面共有三量体構造をもつ遷移金属酸化物の構造と機能」

休憩 (15:55-16:15)

### 分子性結晶【座長:妹尾仁嗣】

16:15-16:40 森初果 (東大物性研)

「プロトン電子相関系分子性物質の構造物性」

16:40-17:05 小林賢介 (KEK-PF/CMRC)

「共鳴軟X線散乱でみた有機導体β-(ET)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub>の電荷秩序状態」

17:05-17:30 高橋由香利 (KEK-PF/CMRC)

「共鳴軟X線散乱による有機強誘電体TTF-CAの電子状態観測の試み」

17:30-17:55 石橋章司 (産総研ナノシステム)

「有機強誘電体TTF-CA他におけるXANESスペクトル計算」

17:55- 中尾朗子 (CROSS)「J-PARCの単結晶回折計による中性子構造解析の現状」

19:30~懇親会

第2日目 (2013年3月13日)

### 4d, 5d遷移金属, f電子系化合物【座長:山崎裕一】

9:00-9:25 花咲徳亮 (大阪大学理学研究科物理学専攻)

「パイロクロア型ニオブ酸化物のニオブ変位の局所秩序」

9:25-9:50 岩佐和晃 (東北大院理物理)

「全対称型f電子自由度による相転移と揺らぎの効果」

9:50-10:05 中尾裕則 (KEK-PF/CMRC)

「共鳴X線散乱によるPrRu<sub>4</sub>P<sub>12</sub>の金属・非金属転移の

研究」

10:05-10:30 佐賀山基(東大新領域)

「X線共鳴磁気散乱実験によるパイロクロア型イリジウム酸化物の磁気構造の決定」

10:30-10:55 網塚浩(北海道大学大学院理学研究院)

「共鳴・非共鳴X線回折による  $URu_2Si_2$  の隠れた秩序相の解明」

## CMRC 全体会議開催報告

放射光科学第二研究系・CMRC 山崎裕一

2013年3月13日(水)に、CMRC全体会議がつくば国際会議場中会議室406でおこなわれ、51名の参加がありました。物質構造科学研究所のもとに、構造物性研究センター(CMRC)が設立されて4年が経ち、毎年開催されてきたCMRC全体会議は今回で4回目の開催となりました。はじめにセンター長の村上氏よりCMRCの概要が報告され、その後、7個のプロジェクトに関して各プロジェクトリーダーから最近の研究成果に関して報告がありました。

幾何学的相関プロジェクトリーダーの門野氏から、ミュオンを用いた $\mu SR$ 測定によってスピン軌道相互作用が強く作用したスピネル型Ir化合物やパイロクロア型Os酸化物で観測された磁気秩序相について報告されました。混成軌道秩序プロジェクトリーダーの中尾氏は、X線吸収測定による有機強誘電性分極の微視的起源解明や超伝導磁場中共鳴軟X線散乱によって明らかになった磁気抵抗を示すMn酸化物人工超格子の磁気構造変化などを報告されました。分子性結晶プロジェクトリーダーの熊井氏からは、有機強誘電体における電場や圧力下での結晶構造解析に関する研究成果や進行中のプロジェクトについて報告がありました。昨年度スタートした酸化物超構造プロジェクトのリーダーである組頭氏からは、光電子分光をもちいた超薄膜酸化物の研究が紹介され、次元性の低下に伴う金属絶縁体転移が起きる現象が報告されました。表面/界面プロジェクトリーダーの雨宮氏は、深さ分解XMCD測定による磁性多層膜や薄膜における垂直磁化の発現と、その発現機構に関して最近の研究成果を報告されました。ソフトマタープロジェクトリーダーの瀬戸氏は、マイクロビームX線小角散乱やミリビーム中性子小角散乱を用い、自発的に運動する油水界面に発生するラメラ構造に関する研究成果を報告されました。最後に、極限環境下プロジェクトリーダーの近藤氏(阪大)より、高圧下でのX線回折測定やX線イメージング測定による、地球核中の水素や深発地震の発生メカニズムに関連した剪断応力実験に関して報告がありました。

今回のCMRC全体会議では、物質構造科学研究所の下で展開されている二つの元素戦略プロジェクトの紹介もおこなわれました。電子材料拠点解析評価グループリーダーの村上氏より、KEKでの研究体制として放射光・中性子・

ミュオンの元素戦略ビームラインを示され、中心的に取り組んでいく研究課題として、水素と電子自由秩序、エレクトロイド、アンモニア合成触媒について紹介されました。磁性材料拠点解析評価グループリーダーの小野氏からは、磁石材料における元素戦略の必要性を説明され、KEKで進めていくX線顕微鏡や中性子小角散乱による研究展開について紹介されました。本会議の最後には、今年度から新しくCMRCのプロジェクトとしてスタートする水素量子状態観測プロジェクトに関してプロジェクトリーダーとなる大友氏より報告があり、物質中の水素状態に関する研究テーマを紹介されました。

既存のCMRCプロジェクトに加え元素戦略プロジェクトがスタートし、KEK物構研のもつ放射光・中性子・ミュオンを相補的・協奏的に利用した研究展開のビジョンが明確に示されたことで、今後増々の研究進展が期待できるような会議となりました。

なお、発表資料はCMRCのホームページ(<http://cmrc.kek.jp/zentai2013.html>)より閲覧することができますので、ご興味のあるかたはご覧ください。

### <プログラム>

- 13:30 村上洋一(KEK) オープニング (10分)
- 13:40 門野良典(KEK) (25分)  
幾何学的電子相関がもたらす異常金属相の解明
- 14:05 中尾裕則(KEK) (25分)  
強相関電子系における軌道混成秩序とその外場応答
- 14:30 熊井玲児(KEK) (25分)  
分子性結晶における構造の外場応答と相制御
- 14:55 組頭広志(KEK) (25分)  
強相関酸化物超構造を用いた新奇量子状態の観測と制御
- 休憩 (15:20-15:40)
- 15:40 雨宮健太(KEK) (25分)  
磁性薄膜・多層膜における表面・界面の原子構造、磁気状態および電子状態
- 16:05 瀬戸秀紀(KEK) (25分)  
自発的に運動する界面の構造のマイクロビームSAXSとミリビームSANSによる測定
- 16:30 近藤忠(阪大) (25分)  
遷移金属元素と軽元素の挙動から見る地球惑星内部の構造と物性
- 16:55 村上洋一(KEK) (25分)  
元素戦略(電子材料)
- 17:20 小野寛太(KEK) (25分)  
元素戦略(磁性材料)
- 17:45 大友季哉(KEK) (10分)  
水素吸蔵プロジェクト計画

### 和田 健氏, 高エネルギー加速器科学研究 奨励会の西川賞を受賞

2013年3月14日

物質構造科学研究所の和田 健 特別助教が、高エネルギー加速器科学研究奨励会が授与する平成 24 年度の西川賞を受賞しました。この賞は、高エネルギー加速器ならびに加速器利用に関する実験装置の研究において、独創性に優れ、かつ論文発表され国際的にも評価の高い業績をあげた研究者・技術者に贈られるものです。今回受賞対象となった研究課題は「KEK 低速陽電子ビームの強度増強とその応用」です。

陽電子は、電子の反粒子で正電荷を持っています。陽電子はイメージングによるがんの診断 (PET) など医療分野で既に利用が進んでおり、材料分野でも、半導体や金属内の格子欠陥、合金中のナノ析出物、機能性分離膜や多孔性材料の孔などを調べるのに用いられています。

和田氏は、電子線形加速器で加速した電子ビームから高効率で低速陽電子ビームを得ることに成功しました。高エネルギーの電子ビームをタンタル (Ta) 等の重金属 (コンバータ) に照射すると、内部で電子・陽電子対生成が起こります。対生成された陽電子は、広いエネルギー分布を持ちますが、タングステン (W) 等の薄膜を用いることでエネルギーを揃える (単色化する) ことができます。KEK の低速陽電子実験施設では、単色化した陽電子を任意のエネルギーに加速し、可変エネルギー単色陽電子ビームとして物性研究に用いています。

特に開発されたのは、単色化の要である厚さ 25  $\mu\text{m}$  のタングステン薄膜による井桁構造 2 層のモデレータです。井桁構造に組み上げた後、電子ビーム溶接器を用いて従来よりも高温でアニール処理するとともに、高圧フローティング電源を導入し、コンバータ、1 段目のモデレータ、2 段目のモデレータ、引き出しグリッドのそれぞれに相対電圧を印加することで、低速陽電子ビーム強度を従来の 10 倍以上に向上させました。



図 1 授賞者ら。一列目、左から 3 番目が和田氏 (写真提供: 高エネルギー加速器科学研究奨励会)。

この増強された低速陽電子ビームにより、ポジトロニウム負イオンの光脱離及びそれを応用した可変エネルギーポジトロニウムビームの生成の成功につながりました。さらに、高輝度化したビームを用いた物質最表面原子層からのみの明瞭な反射高速陽電子回折 (RHEPD) パターン (全反射陽電子回折像) 観測も成功させ、低速陽電子ビームを用いた物質科学を切り拓いたことも高く評価されました。

本成果によって、安定して高輝度・高強度の陽電子ビームを得る技術が確立されました。今後、陽電子ビームを用いる物質科学研究が大きく進展すると期待されています。

### 山崎優一氏, 日本物理学会若手奨励賞を受賞

2013年3月29日

東北大学多元物質科学研究所の山崎優一 (やまざき まさかず) 氏が、第 7 回 (2013 年) 日本物理学会若手奨励賞を受賞しました。この賞は将来の物理学を担う優秀な若手研究者の研究を奨励し、物理学会をより活性化するため設けられたもので、3 月 26 日から 29 日にかけて広島大学で開催される日本物理学会第 67 回年次大会で、授与式および受賞記念講演が行われました。

受賞対象となった研究は「多次元電子分光による電子波動関数の立体特性に関する研究」です。山崎氏はこれまで、原子、光、および電子を励起源とした多次元電子分光の新しい実験あるいは理論的計測法を開発し、電子の束縛・連続状態波動関数の立体的な性質の理解に取り組んできました。この研究の一部は、柳下 明 KEK 物構研教授の研究グループと共同で、KEK フォトンファクトリーのビームライン BL-2C の同時計測画像観測分光装置を用いて行われました。これにより、一個の水分子内で、酸素原子から発した光電子波が二つの水素原子によって回折される現象の可視化に成功しました。

これは、現在、固体光電子回折で計測されている現象の側面を、気体分子でも観測可能にした成果で、気体光電



図 1 授賞式の様子。

分子分光と固体光電子回折を結ぶのみならず、過渡系の分子・電子構造の新しい計測法として光電子分光が展開可能であることを示すものです。また、X線自由電子レーザー(XFEL)などを用いた高速光電子回折法へ繋がる研究など、各種先端実験計画の科学的基礎の一つにもなっています。

なお、当該受賞論文は、学術論文誌 Journal of Physics B. の2009年の年間ハイライト記事に選出されました。研究成果の詳細については2009年4月16日のNews@KEKでも紹介されています。

## 藤田誠氏、唯美津木氏、日本化学会各賞を受賞

2013年4月5日

平成24年度の日本化学会各賞が発表され、藤田誠氏(東京大学大学院工学研究科教授)が第65回日本化学会賞を、唯美津木氏(分子科学研究所准教授、名古屋大学物質科学国際研究センター教授)が第1回女性化学者奨励賞を受賞しました。

日本化学会賞は、日本化学会会員であって、化学の基礎または応用に関する貴重な研究をなし、その業績が特に優秀な者に授与するものです。また、今年度から新設された女性化学者奨励賞は、化学の専門性を活かした学術研究に傑出した業績と貢献がある者で、社会貢献にも努め、国内外での研究活動・交流を通して我が国の女性化学者の地位向上に寄与し、将来の科学者・技術者を目指す学生や若手研究者の目標となる日本化学会の女性会員(満40歳未満)に授与されます。

藤田氏の受賞対象研究は「自己組織化によるナノスケール物質創成」です。藤田氏は、金属イオンと有機配位子の組み合わせにより、配位結合を原動力として自動的に組み上がるさまざまな巨大分子を設計、創出しています。特に、チューブやケージ状の巨大中空構造体は、ナノスケールの「容器」として非常に注目されています。これらの巨大化合物の構造の決定にはフォトンファクトリーでのX線結晶構造解析が使われています。

唯氏の受賞対象研究は「固体表面での分子レベル触媒構造の構築とその機能の可視化」です。触媒の多くは、固体表面状にさまざまな金属を含む構造が形成されています。このような構造を自在に設計・構築する手段を確立したり、化学反応過程での触媒のナノスケールの動きを見ることは、より良い触媒の設計につながります。唯氏は、固体表面上に制御された金属活性構造を作ること的成功し、XAFS法で活性中心の周りの局所構造を求め、高い選択性を持つ触媒のキーポイントを明らかにしました。これは、より高い活性を持つ触媒の設計のための重要な情報です。また、フォトンファクトリーやSPRING-8の放射光を利用した時間分解XAFS法で、実際に使われている触媒のダイナミックな動きを捉えることにも成功しています。

## ありがとう、オーストラリアビームライン

2013年2月25日の朝、フォトンファクトリーの2012年度のユーザー運転が無事終了しました。この日、1992年から稼働を続けてきたオーストラリアビームラインが、たくさんの研究成果を残し、その役目を終えました。

### 日本に作られたオーストラリアビームライン

オーストラリアの研究者がフォトンファクトリーを使い始めたのは1980年代半ばのことです。ちょうどその頃、2009年のノーベル化学賞受賞者アダ・ヨナット博士がフォトンファクトリーでリボソームの構造解析の研究を始め、すぐに多くの研究者が海を越えてやってくるようになっていました。放射光が物質の構造や機能の研究のための素晴らしい道具であることがオーストラリアの研究者たちに知られるようになるには、そう時間がかかりませんでした。

しかし、当時、オーストラリアには放射光施設がありませんでした。オーストラリアの研究者からはもっと放射光を使いたいという要望があがり、オーストラリア政府は国外の放射光施設に専用のビームラインを作ることを決定しました。その場所選ばれたのがフォトンファクトリーでした。こうして、日本とオーストラリアの共同研究に関する協定が調印されたのが1991年の7月でした。



図1 1992年、オーストラリアビームラインでの初めてのラウエ写真。ビームライン建設に携わったRichard Garrett氏(左)と坂部知平教授(右、現KEK名誉教授)。

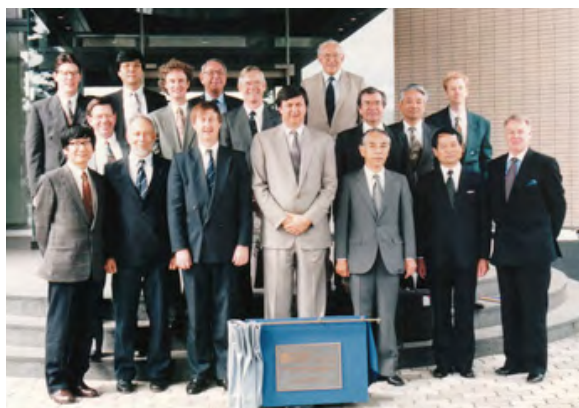


図2 1993年10月15日、オーストラリアビームライン完成式典。

まもなくオーストラリアビームライン、BL-20B の建設が始まり、翌年 1992 年 10 月にはビームラインに初めての放射光が導かれました。1993 年にはこのビームラインのアイコンとも言える大きな粉末 X 線回折計、「Big Diff (ビッグ・ディフ、Diff は Diffractometer (回折計) の略)」が設置されました。1997 年には多素子ゲルマニウム半導体検出器が導入され、X 線吸収微細構造実験 (XAFS) を高感度で行うことができるようになりました。結晶でない試料の分析ができ、微量な元素も感度よく測定できる XAFS 実験は多くの分野の研究者に放射光利用の道を開きました。

### たくさんの研究成果から自国の放射光施設の建設へ

この 20 年余の間、このビームラインで実験が行われた日数は 3000 日を数え、のべ 2500 人の研究者がオーストラリアからやってきました。実施された研究課題の数は 900 件。そして、ここから 1000 報に届きそうな数の論文が発表されています。つまり、1 つの研究課題から平均して 1 本以上の論文が生まれているということになります。研究というものには必ずしも成功するとは限らず、論文にならない研究も少なからず存在することを考えると、この論文の数は驚異的な数字です。オーストラリアの研究者が如何に放射光の価値を認識して、良い研究を進めていったことがよくわかります。1 本のビームラインではすぐに足りなくなり、アメリカの Advanced Photon Source (APS)、台湾の National Synchrotron Radiation Research Center (NSRRC) にも専用のビームラインが作られました。そして 2007 年、待望の国内の放射光施設、オーストラリア放射光 (Australian Synchrotron) が完成し、オーストラリアの研究者たちは、自国で放射光を使う夢がやっと叶ったのです。

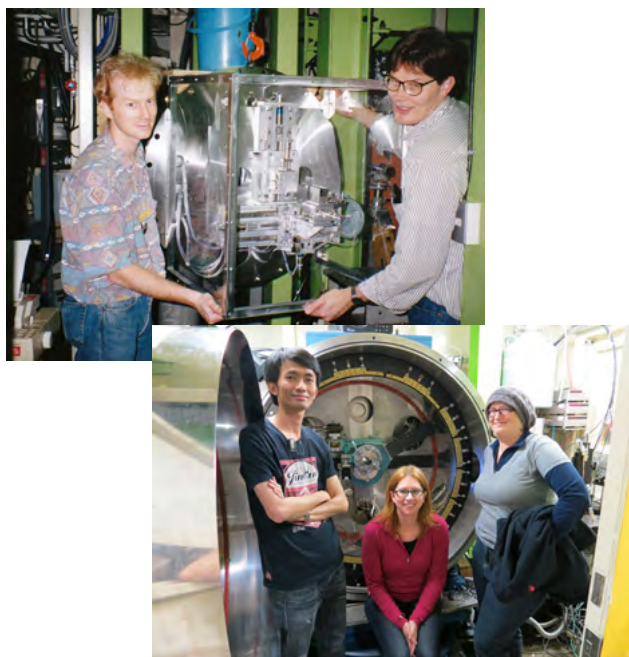


図 3 (上) フォトンファクトリーに常駐したスタッフ、クックソンさん (左) とフォーランさん (右)。(下) 最後の 3 人のビームライン担当者と Big Diff。左から Michael Cheah Kathryn Spiers, Jade Aitken。

### 放射光研究者の育成にも

オーストラリアビームラインの建設を中心になって進めていたのは、若い研究者たちでした。そのうちの 2 人は、建設期が終わった後もフォトンファクトリーに常駐し、ビームライン担当者として、実験にやってくるオーストラリアの研究者の支援にあたりました。大学で中性子散乱の研究をしていた David Cookson (クックソンさん) と、レーザー分光が専門の Garry Foran (フォーランさん) にとっても、放射光は未知の世界でしたが、ビームラインの建設、Big Diff やその他の実験装置の設計や立ち上げ、メンテナンスや改造など、このビームラインで得た経験が現在のオーストラリア放射光につながっているのは間違いありません。その後も何人もの若い研究者がビームライン担当者として経験を積み、技術を磨いていきました。クックソンさんは現在オーストラリア放射光施設のビームライングループのリーダーを勤めています。フォーランさんは 2009 年までの長い間、フォトンファクトリーでオーストラリアビームラインの担当を勤め、オーストラリア放射光を経て、2011 年からは CROSS (一般財団法人総合科学研究機構) の東海事業センターで、J-PARC の中性子をはじめとする量子ビーム利用支援を行っています。そして日本に渡って実験を行った多くのオーストラリア人科学者は、オーストラリア放射光施設に研究の場を移してそれぞれ活躍しています。

### Big Diff は故郷へ

3 月 15 日に行われた PF シンポジウムでは、オーストラリアビームラインのクロージング・セレモニーが開催されました。オーストラリアビームラインの建設に携わった「当



図 4 (上) 3 月 15 日のクロージング・セレモニーで講演をする Richard Garrett 氏と最後のスライド。(下) セレモニーでは、河田洋教授からビームライン表示盤が送られた。左から Richard Garrett 氏, Peter A. Lay 氏, Kathryn Spiers 氏, Garry Foran 氏。

時の若手研究者」Richard Garrett 氏（オーストラリア核科学技術研究所, ANSTO）は、オーストラリアビームラインの 20 年を振り返った講演を、このビームラインのユーザーであった Peter A. Lay 氏（シドニー大学）は、X線吸収分光法を用いた、金属錯体化合物の生体における反応や医学応用についての講演をそれぞれ行いました。講演の後には、フォトンファクトリーからの贈り物として、ビームラインで実際に使われていた制御パネルと、笠間焼が送られました。

役目を終えた Big Diff は、オーストラリアの放射光科学の黎明期のメモリアルとしてオーストラリア放射光施設に展示されるべく、今、海を渡っています。オーストラリアと日本の間の、放射光科学を通じた長い友人としてのつながりが続くようにとのメッセージを、Big Diff は若い世代に伝え続けていこうでしょう。

※本文は KEK ホームページ「ハイライト」に掲載された記事を転載したものです。(初出：2013 年 3 月 28 日)

## 理系女子キャンプ 2013 の報告

物質構造科学研究所 / KEK 男女共同参画推進室 (兼務)  
宇佐美 徳子

4 月 3, 4 日の 2 日間、桜が満開の KEK つくばキャンパスにおいて「TYL スクール・理系女子キャンプ」が開催され、全国から 29 名的女子高校生が集まりました。TYL とは Toshiko Yuasa Laboratory の略で、KEK とフランス原子核素粒子研究所 (IN2P3/CNRS)、フランス宇宙基礎科学研究所 (IRUF/CEA) の 3 機関が共同で設立した仮想ラボです。フランスを拠点に活躍した日本人女性物理学者、湯浅年子氏 (1909 ~ 1980) の名前が冠されたこの仮想ラボでは、素粒子原子核物理学や加速器科学に関する日仏両国間の共同研究の推進に加え、女性研究者やそれを目指す女子学生の支援に関する活動を展開しています。

このイベントは TYL と KEK 男女共同参画推進室が企画した女子高校生を対象とするスクールで、2012 年の 3 月に引き続き、今回が 2 回目となります。女子高校生に科学に興味を抱いてもらえるように、科学実験、女子大学院生との懇談会、女性研究者による講義、施設見学などのプログラムから構成されています。TYL が主催ですので、昨年は素粒子物理学分野を中心とした講義が組まれていましたが、今年ももっと広い分野から講師を選出する方針で企画

**理系女子 キャンプ**  
2013年4月3日(水)・4日(木)  
会場: 高エネルギー加速器研究機構 (KEK) つくばキャンパス 1-1  
定員: 30名  
申込方法: 2013年1月25日必着  
お問い合わせ: http://rkjcamp.kek.jp



図1 2日目午後の「加速器体感ツアー」では、Linac, PF, SuperKEKB, Belle の 4 方所に分かれて加速器を用いた研究を「体感」。PF ツアーでは、XAFS ビームラインを見学し、実際の試料(藻類細胞)を取り扱ってみました。

が進められ、3 コマの講義のうちの 1 つは、PF ユーザーでもある東京電機大学の保倉明子先生に「放射光 X 線を用いて環境浄化植物の謎に迫る」というお話をいただきました。また、今年から始まった新しい企画「教えて先輩! 理系な女子会」では、千葉大学理学部化学科 (4 月から修士課程に進学) 環境分析化学研究室 (沼子研究室) の宮崎世里加さんにパネラーとして参加していただきました。このように、物理学以外の分野の講義やパネラーを加えたことは参加者の女子高校生にもたいへん好評で、もっといろいろな分野の話を聞きたい、と希望する生徒もいました。まだ進路の定まっていない高校生にとっては、広い分野に触れて自分の興味のある方向を見つけていくことが大切なのだろうと思います。

先に述べた「理系な女子会」は、初日の夕食後に組まれたプログラムで、宮崎さんを含めて 5 人の大学院生 (4 月からポスドクになられる方も含む) に、研究について、生活について、そして参加者の女子高校生に応募時に書いてもらった「理系女子先輩に聞いてみたいこと」の回答をプレゼンテーションとしてまとめ、お話していただきました。どのパネラーのプレゼンも、高校生にわかりやすい言葉で自分の研究を伝えようとする工夫がされていて、女子のコミュニケーション能力の高さを感じました。年齢が近いこともあり、参加者の女子高校生にとってはリアルな理系女子を感じる良い機会だったと思います。終了後のアンケートでも「自分が目指す大学生活を考えるきっかけになった」「研究が楽しいという思いが伝わってきた」「自分が進みたい方向に女性の方がいることに安心した」などの感想が寄せられています。

今後もこのようなイベントや日常的な活動を通じて、未来の理系女子を応援していきたいと思っています。PF ユーザーの皆様 (理系女子の方も、そうでない方も) にもご協力をお願いすることもあると思いますが、どうぞよろしくお願いいたします。

(理系女子キャンプの詳しい情報は <http://rkjcamp.kek.jp> に掲載されています。)

## PF トピックス一覧 (1月～3月)

KEKでは2002年より「トピックス」、「ハイライト」、「プレスリリース」と題して最新の研究成果やプレスリリースなどを紹介していますが、PFのホームページ (<http://pfwww.kek.jp/indexj.html>)でも、それらの中から、またはPF独自に記事を作成して掲載しています。各トピックスの詳細は「これまでのトピックス」(<http://pfwww.kek.jp/topics/index.html>)をご覧ください。

2013年1月～3月に紹介されたPFトピックス一覧

- 1.09 金属状態を示す純有機単成分導体の発見
- 1.16 偏光を素早く切り換え、微小な信号差をとらえるーフォトンファクトリー16番直線部の高速偏光スウィッチングシステムー
- 1.17 和達大樹氏、日本放射光学会奨励賞を受賞
- 1.18 骨粗鬆症やがん転移に関与する分子モーター回転の仕組みを解明
- 1.31 KEKキャラバン、12月は滋賀、大阪、兵庫、鹿児島、山形、岩手に派遣
- 1.31 【連載科学マンガ】カソクキッズ セカンドシーズン第5話「スケールを支配する力(前編)」が公開されました。
- 2.07 熱膨張しない金属「インバー合金」のインバー／逆インバー特性の起源を解明
- 2.07 ウィンターサイエンスキャンプ開催
- 2.07 主加速部超伝導空洞の大電力試験
- 2.12 チョコレートを美味しくする物理
- 2.20 丹羽 尉博氏、KEK 技術賞を受賞
- 2.21 「光で作られた隠れた準安定相の発見」が注目論文に選出
- 2.22 企業研究者向け XAFS 講習会を開催
- 2.25 IHEP-KEK 定例所長級会合開催
- 2.27 駐日インド大使ら、フォトンファクトリーを視察
- 2.28 【連載科学マンガ】カソクキッズ セカンドシーズン第5話「スケールを支配する力(後編)」が公開されました。
- 3.05 アフリカ睡眠病の治療薬となる化合物と標的タンパク質の複合体の構造を解明
- 3.07 アジア加速器・測定器フォーラム「AFAD2013」開催
- 3.08 【高校生等実習受入事業】秋・冬は全国から5校がKEKを訪問
- 3.12 分子性固体(EDO-TTF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub>の光誘起相転移のメカニズムを理論によって解明～光が当たった物質の変化がスパコンによって計算可能に～
- 3.13 ウイルス侵入の鍵となる硫酸化の仕組みを解明
- 3.14 和田 健氏、高エネルギー加速器科学研究奨励会の西川賞を受賞
- 3.14 次世代光源用光陰極直流電子銃から500 keV大電流ビーム生成に成功

- 3.18 次世代放射光源 ERL の愛称、PEARL に決定
- 3.19 物構研サイエンスフェスタ、3つのシンポジウムと合同開催
- 3.25 ウイルスの侵入を感知し免疫系を活性化する TLR8 受容体の構造を解明
- 3.28 ありがとう、オーストラリアビームライン
- 3.29 【連載科学マンガ】カソクキッズ セカンドシーズン第7話「第一章おさらばバトル！」が公開されました。
- 3.29 山崎優一氏、日本物理学会若手奨励賞を受賞

### 新しく博士課程に進級された学生さんへ PF ニュースであなたの修士論文を紹介しませんか？

PF ニュースでは、新しく博士課程に進級された学生さんの修士論文の研究内容を紹介するコーナーを設けております。PF で頑張って実験されている博士課程の学生さん自身の紹介、また、その研究内容がアピール出来る場です。我こそはという博士課程の学生さんは、ぜひ下記フォーマットに従い、あなたの修士論文の研究を紹介して下さい。また今年、修士課程から博士課程へと進学する学生さんが所属される研究室の指導教員の方は、積極的に学生さんに PF ニュースへの投稿を勧めて頂ければ幸いです。

【投稿資格】PF/PF-AR のビームラインを利用した研究に関する修士論文を執筆し、修士を取得した方。

【投稿フォーマット】

1. 修士論文タイトル
2. 現所属、氏名、顔写真
3. 修士号取得大学
4. 実験を行ったビームライン
5. 論文要旨(本文 650 文字程度)
6. 図 1 枚

【原稿量】

図とテキストで刷り上り最大 1 ページ (2 カラム)

【提出物・提出方法】

文字データと図表データをメール添付で PF ニュース編集委員会事務局・高橋良美 ([pf-news@pfqst.kek.jp](mailto:pf-news@pfqst.kek.jp)) までお送り下さい。

## 物構研サイエンスフェスタ学生奨励賞について

PF-UA 共同利用担当幹事 篠原佑也

2013年3月14日、15日に開催された物構研サイエンスフェスタにて、優秀な学生ポスター発表に対する学生奨励賞の授与が実施されました。これは2011年、2012年のPFシンポジウムで実施されたPFシンポジウム奨励賞に引き続くものですが、今回からPFシンポジウムが物構研サイエンスフェスタに変更になったことに伴い、対象をPFユーザーのみならず、ミュオン、中性子に拡大して実施されました。発表者の母数も考慮の上で全体の発表76件の中から、放射光から4件、ミュオンから1件、中性子から1件の発表が選ばれ、それぞれに賞状と記念のトロフィーが山田物構研所長より授与されました。受賞者と受賞対象発表は以下の通りです。

### 放射光

#### ○中山和也（東京大学大学院理学系研究科）

「X線回折法による低温高圧下におけるNaCl-H<sub>2</sub>O系の相関係の解明」

#### ○田中耕路（東京大学医科学研究所）

「可溶性蛋白質FraC (Pore Forming Toxin) が膜貫通蛋白質に変化する際の反応機構と熱力学的駆動力の解明」

#### ○砂川正典（岡山大学自然科学研究科）

「角度分解光電子分光法によるLa, P コドーピングCaFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>の電子状態」

#### ○草野巧巳（東京大学物性研究所）

「三鎖型界面活性剤の形成する会合体構造への塩の効果」

### ミュオン

#### ○神田聡太郎（東京大学理学系研究科）

「MUSE D ラインにおける高計数率耐性を備えた陽電子飛跡検出器の開発」

### 中性子

#### ○藤崎布美佳（KEK 総合研究大学院大学高エネルギー加速器科学研究科）

「NaAID<sub>4</sub>における水素吸蔵放出反応の高強度中性子全散乱装置 (NOVA) を用いた *in-situ* 測定」

PFシンポジウム奨励賞から数えて3回目となり、定着してきた感があります。今回もポスター会場の各所で真剣に自分の研究内容を発表する学生の皆さんの姿を確認することができました。前回までとの違いとして、放射光、ミュオン、中性子の合同となったため、より多様な背景をもった方が集ったポスター発表になったと思います。研究内容に対する議論のみならず、施設シンポジウムの特長として詳細な実験技術・結果の解釈に関する議論を戦わすことが



図1 ポスター賞受賞者：左から、山田和芳 物構研所長、中山和也氏（東大院理）、砂川正典氏（岡山大院自然科学）、神田聡太郎氏（東大院総合文化）、藤崎布美佳氏（総研大）、佐藤 衛氏（PF-UA 会長）、福永俊晴氏（MLF 利用者懇談会前会長）

でき、自身の研究を進める上で有益な機会となったと思われます。

今回も審査員の方々には、ポスター発表から懇親会までの短い時間に多くの審査をしていただき無理なお願いを引き受けて頂きありがとうございました。次回以降もよろしくご意見申し上げます。また奨励賞に関してご意見がございましたらPF-UAまでご連絡いただきたく思います。

## PF-UA 第4回幹事会議事録

日時：3月13日（水）15時30分～16時30分

場所：つくば国際会議場エポカル 小会議室 303

出席者：朝倉清高、沼子千弥、田中信忠、植草秀裕、腰原伸也、篠原佑也、木村正雄、佐藤衛

1. 佐藤会長の挨拶
2. 第三回運営委員会についての打ち合わせを行った。  
各項目の内容については、第三回運営委員会（3/13）議事録を参照。  
PF-UA 会長の挨拶  
幹事報告  
PF 施設報告（村上施設長）

## PF-UA 第3回運営委員会議事録

日時：3月13日（水）16時45分～17時45分

場所：つくば国際会議場エポカル 小会議室 303

出席者：朝倉清高、雨宮慶幸、奥部真樹、木村正雄、桜井



健次, 佐々木 聡, 高橋嘉夫, 田淵雅夫, 田中信忠, 植草秀裕, 腰原伸也, 篠原佑也, 沼子千弥, 藤森 淳, 三木邦夫, 百生 敦, 船守展正, 伊藤健二, 千田俊哉, 村上洋一

## 1. はじめに, 佐藤会長の挨拶があった。

## 2. 議題

### 1) 幹事報告

#### (a) 朝倉庶務幹事

- PF-UA の検討課題であった会費無料化による財政基盤の弱体化について, 賛助会員の募集, 物構研サイエンスフェスタでの公告・展示会収入により本年度は黒字になった。
- 従来の PF シンポジウムから形態を変えて, 本年度は物構研サイエンスフェスタが開催された。物構研が主催, PF-UA が共催, JPARC (中間子・中性子) が協賛という形をとった。これからも, 他の UA と協力して物構研サイエンスフェスタを盛り上げてゆきたい。本年度は, PF-UA としては, 学生賞の創設, 賞状・副賞(盾)を提供, 朝食の支援など, 積極的に関わることができた。
- チームタイム削減に対する対応として, アンケートによる意見聴取を行い, それを7月31日に PF-UA からの要望という形で機構長へ提出し, 9月5日にそれが文科省へ提出された。
- PF-UA の行事として, 「第1回先進的観測技術研究会」を共催した。講師への謝金の支払いをサポートした。また, 物構研サイエンスフェスタにおいて, 学生賞の創設, 朝食の支給, 企業展示を行った。

#### (b) 教育小委員会(朝倉庶務幹事が説明代行)

院生奨励課題(E型)(仮称)の設置について説明があった。

#### ・課題趣旨

PF を利用して学問的に高く評価できる研究を主体的に推進しようとする大学院生の研究を推進するための課題分類として設置する。基本的に G 型と同様の基準で審査を行う。ただし, 申請者が主体的に申請していることを採択の前提とする。

採択課題を奨励するため, PF 側受入担当教員による指導・支援を提供するとともに, 実験準備や PF 側教員との打ち合わせのための旅費を一定範囲で支給して, 課題の推進を支援する。

本課題へ採択された課題の申請者とその内容を Web および PF シンポジウム等を通じて広報する。

チームタイム配分の際には, 同じ評点の場合には, E 型課題を優先して配分する。また, 空きチームタイムが生じた場合には優先して希望を聞く。

課題の有効期間は最長3年とする。採択者は, 毎年 PF シンポジウムでポスター発表を行い, PF-PAC で評価する。「終了届」を提出することにより, 期限以前に課題を終了することができる。

再申請も可能とする。

PF-UA の集いでの質疑応答, PAC での質疑応答であった内容をもとに, 院生奨励課題の募集要領案ができあがった。今後は, 運営委員会で承認, 総会で承認を経た後, PAC・PF で検討し, 2013年5月の PF PAC で承認されれば, 2013年11月から募集する。

#### (c) 田中会計幹事

平成24年度 PF-UA 会計途中報告について説明があった。

#### (d) 腰原戦略・将来計画幹事

KEK ロードマップに関する意見集約を行った。また, BL-4A の今後の運用について当該ユーザーグループと検討をはじめた。

#### (e) 沼子推薦・選挙管理担当幹事

来年度に会長選挙が開催されるとの説明があった。

## 2) 会則・細則の変更について

### (a) 会則変更について

現行の「第3条3項3. PF シンポジウム等の学術的会合の開催」について

改正案として「3. PF が関係するシンポジウム等の学術的会合の開催」の案が出たが, 現行のままで良いという結論になった。

現行: 第5条 1. 本会および PF の活動に関心を持つ者。正会員の有効期間は 第1項正会員については, 登録時からユーザ登録期間中(翌年度の4月30日)とし, 第2項正会員については, 登録後5年たった後の年度末とする。

改正案: 1. 本会および PF の活動に関心を持つ者。

正会員の有効期間は 第1項正会員については, 登録時からユーザ登録期間中(翌年度の4月30日)とし, 第2項正会員については, 登録後5年たった後の年度末とする。また, 情報共有の観点から, PF 職員はオブザーバーとして本会に参加することができる。ただし, 本規定は PF 職員が第一項, 第二項正会員として本会に参加することを妨げるものではない。

これらについて, 総会で検討することになった。

### (b) 細則

第6条2項2. と, 第9条について, 細則の改正が承認された。内容については PF-UA に掲載の細則を参照のこと。

## 3. 村上施設長から, KEK ロードマップについて説明があった。

## 4. その他 質疑応答の際の運営委員会からのコメント

- 物構研サイエンスフェスタの企画・運営に対して, 特にプログラムについて, PF-UA がどのように関わるかは重要である。参加者も増加していて, PF-UA にとって,

とても大切な行事なので、今後、より積極的に関与して  
行って欲しい。

- ・施設に直結した議論ができる場として、物構研サイエンスフェスタに働きかけして欲しい。

## PF-UA 総会議事メモ

日時：2013年3月15日（金）15時35分～16時30分

場所：つくば国際会議場中ホール 300

議題：

### 1. 幹事報告

○庶務

○教育小委員会 院生奨励課題について

○会計

### 2. 審議事項

○会則・細則の変更

定足数の確認（委任状も含めて定員の1/50で成立）

議事に先立ち、佐々木聡氏（東工大）が議長に選出された。

会長挨拶

### 1. 幹事報告

○庶務

- ・懸念された無料化による財政基盤は賛助会員、企業展示、広告の収入で確保された。
- ・他のユーザーコミュニティと協力して、来年度も物構研サイエンスフェスタを共催する。
- ・チームタイム削減に対する対応 機構長、文科省へ要望書を提出した。
- ・第1回先進的観測技術研究会を共催した。
- ・BL-4Aの今後の運営について、戦略将来計画小委員会と関連するUGで検討を開始する予定。
- ・選挙管理 次期会長選挙（副会長）を来年度中に実施予定。

○教育担当

・教育小委員会からの報告

院生奨励課題（E型）について詳細な説明と提案

総会で審議・承認された後PFに提案し、7月のPF-PACを経て11月から課題募集を実施したい。

Q) 〆切を通常課題より遅くして、その後のプロセスはPAC課題と同じになるようだが日程的に大丈夫なのか。

A) 2週間程度なので問題ないと思う。

Q) 人材を養成した後の行く先をどうするのか。

A) 大学だけで研究しているよりは学生にとっても大いにプラスになると思う。又、学生のプレゼンスを高めるように周りがサポートする。

Q) PFにいる総研大にとって不利ではないか。

A) 総研大も課題を申請できる。ただ、総研大生に対しては2人（指導教員とPFスタッフ）での共同指導とい

う形にならないのでフェアでないという見方もある。

Q) チームタイムをたくさん持っているラボとそうでないラボの学生との間に格差が生まれるのではないか。

A) 低きに流れるのか、敢えてハードルを上げてチャレンジするかは学生自身の選択なので不公平感はないと思う。この課題を申請したことが履歴にかけるくらいのものでありたい。

承認される。

○会計幹事

賛助会員、企業展示・広告の収入で中間報告ではあるが、単年度では黒字となる。

### 2. 審議

○会則・細則の変更

会則：第2章第5条の変更 → 総会で承認される

細則：第6条2項と第9条、第13条の変更→運営委員会承認の件を報告

## PFの運営について

日時：2013年3月15日（金）16時35分～16時50分

場所：つくば国際会議場中ホール 300

佐藤会長から今後の物構研フェスタの開催について、先ほどの総会において、庶務幹事から「他のユーザーコミュニティと協力して、来年度も物構研サイエンスフェスタを共催する」との報告があったが、昨日（3月14日）行われた山田物構研所長及び他のユーザーコミュニティとの話し合いで、来年度以降の物構研フェスタの開催については物構研とPF-UAの共同主催にする方向であるとの説明があった。

さらに、佐藤会長から、BLの統合・改編等についてはPFの施設からだけでなく、ユーザーからも意見を出して、積極的にコミットしてほしい旨の要望があった。これに対して、村上施設長から賛同の意が述べられた。

## ユーザーグループ紹介シリーズ マイクロビームX線分析応用ユーザー グループ紹介

広島大学 高橋嘉夫

### 1. 発足の経緯

マイクロビームX線分析応用グループは、名前の通りマイクロビームX線を用いた多様な分析を展開する研究者の集まりです。本ユーザーグループは、旧PF懇談会ユーザーグループのひとつとして2007年3月に発足され、中井泉先生（東京理科大）を中心に活動されてきました（設立趣意書：<http://www.rs.kagu.tus.ac.jp/microx/LOI.html>）。2012年度からPF懇談会が改組しPF-UA（PF-ユーザーアソシエーション）に移行した際に代表を交代し、ユーザーグループとして継続申請をして、現在に至っております。

### 2. どんな研究分野か

本ユーザーグループメンバーの主要な研究として、蛍光X線分析（XRF）を中心とする分析手法の開発が挙げられます。蛍光X線分析は、分析化学で古くから行われてきた湿式分析に対し、試料非破壊で高感度に元素分析が行える手法として普及し、幅広い分野で確固とした地位を築いています。この手法に、放射光を用いた高輝度で波長可変のX線を使うことで、多様な蛍光X線分析が行えます[1]。特に重要な発展の方向性として、微小領域分析が挙げられ、そのためにX線をマイクロビーム化する技術が発展してきました。そして、国内でこうした要請に応えてきたビームラインがBL-4Aであり[2]、本ユーザーグループは主にBL-4Aの利用者で構成されています。

### 3. BL-4Aでのマイクロビーム利用研究

BL-4Aは、昨年3月にKEKをご退職された飯田厚夫先生（現シニアフェロー）が開発されたビームラインで、楕円ミラーを用いたKirkpatrick-Baez(K-B)型集光光学系マイクロビーム（5 μm角）やpoly-Capillary セミマイクロビーム（30-40 μm角）が利用可能です。また分光器としては二結晶分光器と複多層膜分光器が利用されてきており、前者はμ-XAFS実験に、後者は高強度のX線が必要なμ-XRF分析に利用されています。これらの手法を利用した研究内容は極めて多岐に渡っており、新しい分析法の開発に加えて、環境物質、地球惑星物質、生体試料、機能性材料、考古試料などの局所の濃度分析および状態分析に幅広く利用されています。

ひとつの例として、温泉沈殿物に含まれる鉄と微生物の分布の例を図1に示しました[3]。この例では、特定の遺伝子配列に結合して蛍光を発する物質を利用したFluorescence *in-situ* hybridization法（FISH法）による鉄酸化菌の局所分布と、μ-XRFで調べた鉄の分布やμ-XAFS法で調べた水酸化鉄の結晶性が相関することが示されています。特に鉄酸化菌が多く存在する部位に生成している水酸化鉄は、粒径が小さく、鉄酸化物の八面体が稜を共有し

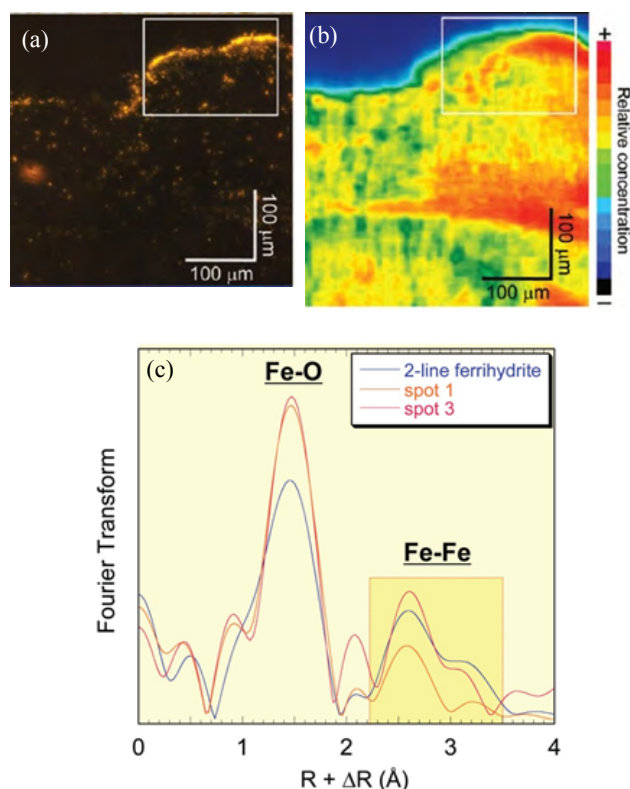


図1 (a) 堆積物中の鉄酸化菌の分布のFISH像。(b) μ-XRF分析による鉄の分布。(c) (a)および(b)のspot 1のEXAFSの動径構造関数[3]。

て連なった構造を持っていることがEXAFSなどから分かり、これは微生物が生成した水酸化鉄の特徴とみなすことができます。

BL-4Aではこの他、マイクロビームを用いた回折実験も行われてきました。この分野では、薄膜局所構造の解析、液晶の局所構造の動的解析などが行われ、また近年ではマイクロビームを用いたX線小角散乱の実験にも利用されてきました。この中には、チョコレートなどの食品の結晶構造を扱ったようなユニークな研究もあり、KEKハイライトとして紹介されています[4]。

### 4. 今後の展望

現在では、マイクロビームX線を用いた実験は、世界の放射光でルーチン的に行われ、様々な分野で基盤的で必要な技術となっています。特にBL-4Aでは、上記のように非常に多彩なマイクロビーム利用研究がなされ、世界に対抗する成果が生み出されてきました。一方で、こうした多彩な研究の展開を、卓越した技術と不断の努力で実現させてきて下さった飯田先生のご退職を受けて、本ユーザーグループが関連する研究活動は大きな岐路に立たされています。

一方、現在世界的にナノビームの開発と応用という先端的研究が進んでいますが本UGの名称が「マイクロビームX線分析応用グループ」であることについて、冒頭に示した本UG設立趣意書には、環境試料、植物試料、動物試料、地球科学試料、文化財試料などへの適用を考えた場合、数

ミクロンのビームが使いやすさの点ではメリットがあることが述べられています。これはX線では、透過性が高く深さ方向の情報が重なってしまうため、ビームサイズと同程度の厚さの試料が必要となり、あまりに小さいビームでは試料調製が難しくなるためです。そのため本UGでは、敢えて「マイクロビーム」という名称を用い、発足当初から様々な試料への応用を念頭において活動してきたといえます。実際に、放射光を利用した様々な分析法が、多くの分野で必要不可欠な手法となった現状では、「先端的な研究手法開発」と「応用研究」が車の両輪でうまく回っていくことが求められます。是非UGのメンバーが知恵を出し合って、先端的手法の開発と応用にトライしつつ、独りよがりではなく、他分野に訴える力のある研究を進めていくべきでしょう。

幸い、アンジュレータを備えた新BL-15A（2013年秋から立ち上げ・調整）では、マイクロビームを用いたXRF-XAFS実験が可能になる見込みです。次世代光源であるERLでは、マイクロビーム・ナノビームが重要な研究開発の要素となることでしょう。また軟X線領域まで含めれば、Scanning Transmission X-ray Microscopy (STXM)の開発が、PFの小野寛太准教授のグループと共同で進められています。これらのことから我々は、BL-4Aで培った技術や研究の蓄積を活かし、上記の例にあるような新しい研究基盤を用いてマイクロビーム・ナノビーム研究をさらに発展させるという大きな使命を背負っています。その中核となるユーザーのグループとして、本UGの活動へのご協力とご支持を頂ければ幸いです。

## 5. PFへの要望

上にも述べたように、マイクロビーム・ナノビーム利用研究は、強度が高くエミッタンスが小さな放射光の特性を活かした研究です。世界の放射光施設には必ずマイクロビーム・ナノビームを利用したビームラインがあり、しのぎを削っています。またこれらの手法は、環境試料・生物試料など21世紀を担うサイエンスに大きく貢献できる手法でもあります。そのため、このマイクロビーム・ナノビームという技術を継承し、マイクロビーム・ナノビーム利用研究をさらに発展させるためにも、PFと我々ユーザーは協力して、新たな人材の確保や若手人材の育成、新たな分野の開拓に積極的に取り組んでいかねばならないと思います。

## 引用文献

- [1] A. Iida et al., Nucl. Instrum. Meth. 228 (1985) 556.
- [2] Y. Goshi et al., Jpn. J. Appl. Phys. 26 (1987) L1260.
- [3] Mitsunobu et al., Environ. Sci. Technol. 64 (2012) 3304.
- [4] <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Highlights/20130212100000/>

## ゆーぎーぐるーぷ紹介シリーズ 量子ナノ分光ユーザーグループ紹介

東京大学放射光連携研究機構 尾嶋正治

### 1) 当該UGの構成員はどのような研究をしているのか？

構成員は主に東京大学大学院工学系研究科、東京大学大学院理学系研究科、東京大学物性研、東北大学、東工大、物材機構、東京理科大学、KEK物構研のメンバーで、①強相関電子系酸化物、②量子閉じ込め構造（量子井戸、量子細線、量子ドット）、③LSI用ゲート絶縁膜、④抵抗変化型不揮発メモリ、⑤窒化物半導体、⑥酸化物系光触媒、⑦燃料電池用触媒、⑧リチウムイオン電池用正極材料、など多種多様な物質の電子状態を軟X線電子分光（角度分解光電子分光、X線吸収分光、光電子顕微鏡など）で調べています。

### 2) PFのビームを使って何を調べているのか？

半導体や酸化物薄膜の電子状態、デバイス構造の深さ方向化学状態分布、微小部の化学状態・磁気状態、電池正極材料中遷移金属の電子状態を調べ、デバイス特性や薄膜物性との相関を解明しています。

### 3) UG構成員の主たる活動の場（どこで知り合いになれるかという情報が大切です）

物理学会、応用物理学会、電気化学会、表面科学会を主な発表の場としていますが、もちろん放射光学会では多くの発表を行なっています。

### 4) UG活動の紹介（歴史等含む）、報告

この量子ナノ分光UGは私がPF懇談会会長をやっていた1999年に発足したもので、軟X線コミュニティ、特にナノ界面の電子分光に関する活動を活性化させようと考えて立ち上げました。この軟X線を使ったナノ界面電子状態の研究をVUV/SX高輝度光源計画（柏キャンパス）に発展させることもねらいの1つとしていましたが、残念ながらそれは実現せず、代わりにSPring-8の東京大学放射光アウトステーションとして一部実現しました。

### 5) 関連分野・学会におけるトピックス

大きな目標は電子状態の観点から酸化物エレクトロニクスの展望を切り拓くことにあります。1つの成果としてSrVO<sub>3</sub>超薄膜の軌道選択的量子閉じ込め効果を初めて見つけたことが挙げられます。この論文は2011年のScience誌に掲載されました。

### 6) 利用ビームライン、装置の紹介

主にBL-2C（軟X線角度分解光電子分光）とBL28（VUV角度分解光電子分光）を用い、UGメンバーが設計・製作した*in situ*レーザーMBE（分子線エピタキシャル成長）+角度分解光電子分光装置（写真1）をUGで管理してき

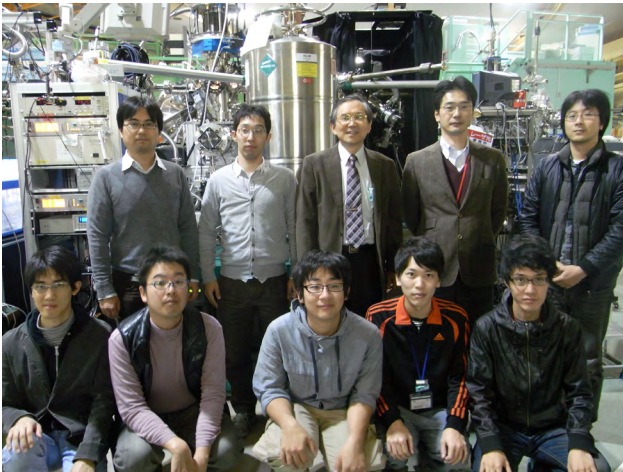


図1 BL-2Cの *in situ* レーザー MBE+ 角度分解光電子分光装置の前で集合写真。

ました。この装置は成長させた薄膜自体および界面の電子状態をそのまま解明できる世界的にも極めてユニークなシステムで、これまでに多くの成果（論文、新聞発表、受賞）を挙げています。このUGはここでの成果をもとにして多くの外部資金（JST-CREST, NEDO, FIRST, 基盤S, 民間共同研究, JST さきがけ, 若手研究A など）を獲得して自分たちで放射光測定装置, 物性評価装置を開発・改良してきており, 自立したグループです。

PFには10名近い学生とスタッフが常駐し, 装置のメンテ, 酸化物薄膜の結晶成長と物性評価を予め十分に行なっており, ビームタイム本番ではロケットスタートでデータを採りまくる, という体制を取ったのが良かったと思っています。

学生たちをPFのようなBig Scienceの場に常駐させることは教育の上からも極めて有益で, 広い視野でものを見る目を養ってくれます。しかし, 学生たちがいろんなトラブルを引き起こしてくれたため, 始末書を手にしてPFのあちこちに頭を下げ回りましたが, 教育の観点ではある程度やむを得ないことだと観念しています。

## 人事異動・新人紹介

	発令年月日	氏 名	現 職	旧 職
(定年退職)	H25.3.31	伊藤 健二	加速器科学支援センター シニアフェロー	物構研 放射光科学第一研究系 教授
	H25.3.31	神谷 幸秀	加速器科学支援センター シニアフェロー	加速器研究施設加速器第七研究系 教授
(辞職)	H25.3.31	豊田 智史	京都大学	物構研 放射光科学第一研究系 特任助教
	H25.3.31	VOEGELI, Wolfgang	東京学芸大学	物構研 放射光科学第一研究系 特任助教
(昇任)	H25.4.1	本田 融	加速器研究施設加速器第七研究系 教授	加速器研究施設加速器第七研究系 准教授
	H25.4.1	原田健太郎	加速器研究施設加速器第七研究系 准教授	加速器研究施設加速器第七研究系 助教
	H25.4.1	阪井 寛志	加速器研究施設加速器第七研究系 准教授	加速器研究施設加速器第七研究系 助教
	H25.4.1	多田野幹夫	加速器研究施設加速器第七研究系 前任技師	加速器研究施設加速器第七研究系 技師
	H25.4.1	小菅 隆	物構研 放射光科学第一研究系 前任技師	物構研 放射光科学第一研究系 技師
	H25.4.1	森 丈晴	物構研 放射光科学第一研究系 専門技師	物構研 放射光科学第一研究系 技師
	H25.4.1	田中 宏和	物構研 放射光科学第一研究系 技師	物構研 放射光科学第一研究系 准技師
	(採用)	H25.4.1	千田 美紀	物構研 放射光科学第二研究系 特任助教







## タンパク質結晶構造解析初心者向け合同講習会開催のご案内

放射光科学第二研究系 加藤龍一, 松垣直宏

近年のタンパク質結晶構造解析技術の進歩により、精製タンパク質を得ることができれば比較的迅速に立体構造を決定することができ、原子レベルでの生物学研究を展開できる時代になっています。しかし、多くの生命科学系の研究者にとって、タンパク質の構造決定は実際以上に難しいものと考えられています。

そこで、高エネルギー加速器研究機構・構造生物学研究センターでは、タンパク質の立体構造決定に興味はあるが実際にははされたことがない初心者の方を対象に、初心者向け合同講習会を開催します。これからタンパク質の構造解析を始めたいと思われる方に、どのようにして結晶化を行うか、得られた結晶をどのように放射光ビームラインでデータ収集を行い構造計算をするか、について講義と参加型体験を行って頂きます。また、創薬等支援技術基盤プラットフォーム事業に参加頂くことで、これらを有効活用する方法についても概説します。

### 記

**主催:** 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所  
構造生物学研究センター  
創薬等支援技術基盤プラットフォーム事業

**日時:** 2013年6月26日(水) 11時～

**会場:** 高エネルギー加速器研究機構 つくばキャンパス  
説明: PF 研究棟 2階会議室  
デモ, 実験: 構造生物実験準備棟, PF 光源棟 BL-1A

**募集人員:** 20人程度(基本的に先着順ですが、応募者多数の場合、同一研究機関からの参加者数の調整をお願いする場合があります。)

**参加費:** 講習会: 無料(交通費は支給されません。)

**宿泊(希望者):** 一泊1,500円でドミトリー(シングルバス・トイレ無し)が利用可能。  
※ドミトリーの利用は数に限りがありますので、先着順となります。

**申込方法:** ホームページにある参加申込フォームからお申込下さい。

### 締切:

- 6月12日(水) 正午: KEK ドミトリーを利用する場合
  - 6月13日(木) サンプルを持ち込む場合の申込み
  - 6月20日(木) 見学のみ申込み
- ※申し込み締め切り日前に関わらず、定員に達した場合は締め切らせていただきます。

### ホームページ:

<http://pfwww.kek.jp/pf-sec/PF-kenkyukai/tanpaku/index.html>

### プログラム: 6月26日(水)

11:00 ～ 17:00	創薬等支援技術基盤プラットフォーム事業・結晶化スクリーニング支援についての説明
17:00	昼食 プログラムがタイトなため、所内食堂の利用は考えていません。昼食を持参下さい。希望者には弁当の手配をします。飲み物は自販機の利用ができます。
	自動結晶化スクリーニングロボットのデモ ・概要説明 ・試料の自動分注, 結晶観察システムのデモ
	ビームラインでのX線回折実験のデモ ・概要説明 ・結晶のマウント, 回折データ収集, データ処理, 位相決定, 自動モデリングのデモ
17:00 ～ 翌朝	ビームラインでのX線回折実験のデモ ・概要説明 ・結晶のマウント, 回折データ収集, データ処理, 位相決定, 自動モデリングのデモ

**世話人:** 放射光科学第二研究系・構造生物学研究センター  
加藤龍一, 松垣直宏

**お問い合わせ:** 石川 銀 [gin.ishikawa@kek.jp](mailto:gin.ishikawa@kek.jp) (事務局)

## Light and Particle Beams in Materials Science (LPBMS) 2013 開催のお知らせ

放射光科学研究施設長 村上洋一  
放射光科学第二研究系 熊井玲児  
(LBMP-2013 Organization Committee)

今年8月29日～31日につくば国際会議場(エポカルつくば)にて国際会議 "Light and Particle Beams in Materials Science" (LPBMS) 2013 が開催されます。このLPBMS-2013では講演, 参加受付をホームページ (<http://lpbms2013.org/>) より受け付けておりますので、奮ってお申し込みをお願い致します。講演申し込みの締切は5月20日(月), 早期参加申し込みの締切は6月14日(金)です。

LPBMSは、以前SRMS(Synchrotron Radiation in Materials Science)として開催されていた会議の後進で、今回より、放射光に加え中性子, ミュオンといった量子ビーム全般を使った物質材料科学研究に関する講演を扱うこととなりました。多くの皆様の参加を期待します。また、皆様の近くに、本会議への参加を希望される方がいらっしゃいましたら、是非ご紹介いただくと幸いです。

LPBMS2013 First Circular はウェブサイト ([pfwww.kek.jp/pf-sec/LPBMS2013FirstCircular.pdf](http://pfwww.kek.jp/pf-sec/LPBMS2013FirstCircular.pdf)) からダウンロード頂けます。

## PF 研究会「新しい高性能光源加速器の開発と極短周期アンジュレータ」開催のご案内

放射光科学第一研究系 山本 樹

本研究会提案者の一人(山本)は、PF2.5 GeV リングにおける真空封止型短周期アンジュレータ開発の成功に基づき、さらに高いエネルギーのアンジュレータ放射を、より低次のアンジュレータ放射において短いアンジュレータ周期長を用いて実現するために、極短周期アンジュレータの開発を行っている。極短周期アンジュレータを用いた光源開発においては、極めて短い(数 mm)周期長の故に本質的に狭小なギャップ(1 mm 程度)を必要とするアンジュレータを許容する加速器が要求される。

リング型光源加速器においてアンジュレータを収容可能な非常に開口の狭い直線部を実現することは容易ではないと考えられる一方で、極短周期アンジュレータを光源とする場合、アンジュレータ直線部の全長総和を非常に短くできることが、新しい光源加速器の検討に大きな自由度を与えるものと期待される。

提案者達は上記の観点から、本研究会においてこのような光源加速器の実現性について検討を行い、新しい放射光光源加速器の将来像を模索したいと考える。あわせて、現在検討が進んでいる SPring-8II, 東北光源計画加速器, ERL 光源加速器等についても議論したいと考える。

開催時期については現在検討中であり、決まり次第 PF のトップページに掲載するので、是非ご参加いただきたい。

## 物構研サイエンスフェスタ開催のお知らせ

物構研サイエンスフェスタ実行委員長 阿部 仁  
下村浩一郎

第 31 回 PF シンポジウムは、今年度も中性子、ミュオンと合同の第 2 回物構研サイエンスフェスタの中で開催します。

開催日時は 2014 年 3 月 18 日(火)~19 日(水)の 2 日間、会場はつくば国際会議場(エポカルつくば)を予定しています。このシンポジウムは、施設側スタッフ、ユーザーの皆様が一堂に会することが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 17 日(月)の夕方にユーザーグループミーティングを開催できるように、会議室を確保する予定です。実行委員会を組織し、プログラム等の検討を進めて参ります。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 1 回物構研サイエンスフェスタを振り返り、ご意見ご感想等ございましたらお知らせ下さい。

## Photon Factory Activity Report2012 ユーザーレポート執筆のお願い

~全課題からのユーザーレポート提出を目指して~

PFACR2012 編集委員長 野澤俊介 (KEK・PF)

物質構造科学研究所・放射光科学研究施設(Photon Factory)では、施設の活動報告集としてこれまで毎年 Photon Factory Activity Report (PFACR) を発行しております。PFACR は、放射光科学研究施設の概要、年間の運転状況、新設ビームラインの紹介、光源加速器の R&D で得られた成果等についての報告書であるとともに、PF でユーザーが当該年度に実施した実験課題で得た新しい結果の報告の場でもあり、広く国内外に配布して PF の活動を伝えて参りました。2012 年度(2012 年 4 月-2013 年 3 月)の成果をまとめる PFACR 2012 は、本年末の発行を予定して編集作業を開始いたしました。つきましては、皆様が過去 1 年程度の間 PF で行われた研究をユーザーレポートとして収集したいと考えておりますので、皆様の研究成果をレポートとして是非お送り下さるようお願い申し上げます。皆様の寄稿が PF の研究活動を計る重要な物差しであり、PF を支援していただき、ひいては皆様の研究環境の改良にも繋がるものと考えております。

また、PFACR は、Part-A の Highlights and Facility Report と Part-B のユーザーの皆様からのユーザーレポートからなっておりますが、昨年度に引き続き Part-A は英語、Part-B は英語もしくは日本語とし、日本語で書かれたユーザーレポートも受け付けます。PFACR 2012 のユーザーレポートは、2012 年度に PF で実験を行ったユーザーの方にレポートを寄稿していただくのが基本ですが、データの解析あるいは解釈の問題がありますので、必ずしも 2012 年度に限定せず、それ以前の実験結果の報告でも結構です。実験報告であるユーザーレポートは 1 課題において最低でも 1 本書いて頂くのが望ましいレポートでありますので、是非この機会に積極的に執筆して頂ければ幸いです。

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 PFACR 2012 のホームページ <http://pfwww.kek.jp/acr2012/ursubj.html> に掲載しておりますのでご覧下さい。

### 原稿締め切り：2013 年 7 月 8 日(月)

また、Part-A には出版物と学位論文のリストを付けています。これは PF で行われた研究を基に執筆された論文リストであると共に、PF の活動のパロメータでもあります。未登録の出版物は、[http://pfwww.kek.jp/users\\_info/users\\_guide/pubdb.html](http://pfwww.kek.jp/users_info/users_guide/pubdb.html) から、学位論文は [http://pfwww.kek.jp/users\\_info/users\\_guide/thesispubl.html](http://pfwww.kek.jp/users_info/users_guide/thesispubl.html) から登録して下さい。過去の未登録の論文も、登録頂ければ幸いです。

過去の PFACR に関しては、PF の Web ページ <http://pfwww.kek.jp/pfacr/index.html> からご覧になれますので、こちらもご活用ください。

## 平成 25 年度後期 フォトン・ファクトリー研究会の募集

放射光科学研究施設長 村上 洋一

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

つきましては研究会を下記のとおり募集致しますのでご応募下さいませようお願いします。

### 記

1. 開催期間 平成 25 年 9 月～平成 26 年 3 月
2. 応募締切日 平成 25 年 6 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 森 史子  
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 50 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。

## 放射光共同利用実験を行う上での注意喚起

放射光科学研究施設 施設長 村上洋一

PF ではユーザーの皆様から提出された課題申請書に基づいて、申請の内容を課題審査委員会で審査し、審査後の評点に応じてビームタイム配分をしておりますが、稀にビームタイムにおいて課題申請書に記載された内容（測定目的、測定試料など）を逸脱した測定が行われているのではないかと疑われる事例が報告されております。

このようなことが疑われる事例は極めて稀であります。PF における課題審査のシステムを正しく活用していただくために、課題申請書の内容を逸脱した測定が行われ

ることのないよう、改めて注意喚起させていただきます。

この件について、ご意見等ございましたら、下記連絡先までお送りくださるようお願いいたします。

### 【ご意見送付先】

物質構造科学研究所 放射光科学研究施設 主幹秘書室

電話：029-864-5196 FAX：029-864-3202

Email：pf-sec@pfqst.kek.jp

## 総合研究大学院大学 高エネルギー加速器科学研究科物質構造科学専攻 大学院説明会及び学生募集のお知らせ

専攻長 山田 和芳

総合研究大学院大学（総研大）は、「大学共同利用機関」の高度な研究環境を活用した大学院大学です。学部を持たない大学院だけの大学で、独創的・国際的な学術研究の推進や先導的学問分野の開拓に対応する研究者の養成を目的としています。

物質構造科学専攻は高エネルギー加速器科学研究科に属し、基盤共同利用研究機関としては、高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所が対応しています。博士 5 年教育（5 年一貫制）と博士後期 3 年教育コースを準備しています。物質構造科学専攻では、物質構造科学研究所において、世界最先端のビームの発生と加工に関する技術開発研究や新しい利用研究手法の開発、先端的利用研究を行っている研究者の指導の下に、その将来を担い、かつその発展に貢献する有為の人材の養成を目的としています。新しいことにチャレンジし、世界に飛び出していく意欲のある方の参加を期待しています。

### 物質構造科学専攻の HP :

<http://pfwww.kek.jp/sokendai/index.html>

### 高エネルギー加速器科学研究科の HP :

<http://soken.kek.jp/sokendai>



## 大学院説明会およびオープンキャンパス開催のお知らせ

下記の通り高エネルギー加速器科学研究科大学院説明会およびオープンキャンパスを開催いたします。総研大物構専攻博士5年教育コース、博士後期3年教育コースに興味をお持ちの方は是非ご参加ください。詳細については研究科HPにて紹介しています (<http://soken.kek.jp/sokendai/archives/2128.html>)。

### 第1回大学院説明会

日時：6月22日(土) 13:00～16:30

場所：学術総合センター(東京・竹橋)

(一橋大学一橋講堂 会議室202, 203)

内容：高エネルギー加速器科学研究科の紹介

3専攻の紹介

加速器科学専攻：加速科学の粋を究める。

物質構造科学専攻：3つの量子ビームで極小の世界を見極める。

素粒子原子核専攻：素粒子と宇宙の謎に迫る。

※申し込み等は不要です。当日直接会場までお越し下さい。会場アクセスは <http://www.kek.jp/ja/Education/Graduate/Sokendai/m.pdf> をご覧下さい。

### オープンキャンパス

日時：7月9日(火) 10:00～17:00

場所：高エネルギー加速器研究機構(つくば市)

研究本館 小林記念ホール

オープンキャンパスの詳細については、研究科HPに掲載されます。事前審査による交通費支給制度があります。

## 総研大物質構造科学専攻学生募集

平成25年10月入学生及び平成26年4月入学生募集概要

### 1. 募集人数

入学課程	募集人数	
	2013(平成25)年度10月入学	2014(平成26)年度4月入学
5年一貫制博士課程	若干名	3名
博士後期課程	若干名	若干名

### 2. 願書受付期間

5年一貫制博士課程・博士後期課程(第1回)

2013(平成25)年7月19日(金)から7月25日(木)

博士後期課程(第2回)

2013(平成25)年12月13日(金)から12月19日(木)

### 3. 試験日程

第1回：2013(平成25)年9月3日(火)

(筆記試験, 5年一貫制のみ)

9月4日(水)(面接)

第2回：2014(平成26)年1月28日(火)

(博士後期課程のみ。面接)

### 4. 選抜の方法

5年一貫制博士課程：書類選考と学力検査(筆記試験, 面接試験)により行う。

博士後期課程：書類選考と面接試験

### 5. 募集要項請求先

以下のいずれかにご請求下さい。

(今年度要項については出来次第送付します。)

\* 〒240-0193 神奈川県三浦郡葉山町(湘南国際村)

総合研究大学院大学 学務課学生厚生係

TEL 046-858-1525 又は 1526 kousei(at)ml.soken.ac.jp

\* 〒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 研究協力課大学院教育係

TEL 029-864-5128 kyodo2@mail.kek.jp

## 予 定 一 覧

### 2013年

- 6月21日 平成25年度前期フォトン・ファクトリー研究会公募締切
- 6月22日 総合研究大学院大学 高エネルギー加速器科学研究科大学院説明会(東京・竹橋)
- 6月26日 タンパク質結晶構造解析初心者向け合同講習会(KEKつくばキャンパス)
- 6月28日 PF, PF-AR 平成25年度第一期ユーザー運転終了
- 7月9日 総合研究大学院大学 高エネルギー加速器科学研究科大学院オープンキャンパス(KEK)
- 8月5日～7日 KEKつくばキャンパス一斉休業
- 8月16日～24日 第7回サマーチャレンジ(KEKつくばキャンパス)
- 8月29日～31日 Light and Particle Beams in Materials Science (LPBMS) 2013(つくば国際会議場)
- 9月8日 KEK一般公開
- 11月1日 防災・防火訓練

### 2014年

- 3月18日～19日 第二回物構研サイエンスフェスタ(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。

# 運転スケジュール(May ~ Aug. 2013)

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

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

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

内部スタッフ・大学院生優先ビームタイム採択課題一覧（2012年度後期）

課題番号	申請者	所属	課題名	希望 ステーション	実施 ビームタイム
2012PF-11	井上圭介	総研大	放射光X線によるX線検出器の特性評価	14A	48時間
2012PF-12	井波暢人	PF	Bi(Fe, Co)O <sub>3</sub> エピタキシャル膜の強磁性の起源	16A	12時間
2012PF-13	武市泰男	博士研究員	軟X線顕微鏡のためのAPD検出器の開発	11A	24時間
2012PF-14	武市泰男	博士研究員	軟X線顕微鏡のためのAPD検出器の開発	14A	12時間
2012PF-15	小野寛太	PF	L10型FeNi規則合金エピタキシャル膜の磁気異方性発現メカニズムの解明	16A	24時間
2012PF-16	清水伸隆	PF	新型石英セルを用いたX線溶液散乱データの評価	10C	未執行
2012PF-17	張 小威	PF	X線回折による高パワー密度負荷条件下での銅の表面応力の測定	NW14A	24時間
2012PF-18	岡本 淳	PF	パルス磁場下軟X線XMCD装置立ち上げ調整	11A	96時間
2011PF-19	脇坂祐輝	PF	金属絶縁体転移を示すホランダイト型酸化物のXAFS	9C	36時間
2012PF-20	足立純一	PF	軟X線用パルスセレクターの動作実証と電子飛行時間分析器への適用	2C	156時間
2012PF-21	井上圭介	総研大	放射光X線によるSi-APD検出器の特性評価	14C	48時間
2012PF-22	井波暢人	PF	正方晶構造を有するBiFeO <sub>3</sub> エピタキシャル膜の磁気構造の解明	16A	12時間
2012PF-23	井波暢人	PF	Bi(Fe, Co)O <sub>3</sub> エピタキシャル膜の磁気構造の解明	16A	12時間
2012PF-24	武市泰男	博士研究員	透過型走査X線顕微鏡の開発	16A	36時間
2012PF-25	張 小威	PF	白色X線回折による高パワー密度負荷条件下での単結晶銅の表面応力の測定	NW12	24時間
2012PF-26	岡本 淳	PF	Yb <sub>1-x</sub> Y <sub>x</sub> InCu <sub>4</sub> のパルス磁場下XAS測定によるYb価数転移の測定	11A	48時間

## 施設留保ビームタイム採択課題一覧（2012年度後期）

課題番号	申請者	所属	カテゴリー	課題名	希望ステーション	希望ビームタイム	実施ビームタイム
2012R-18	河内 宣之	東京工業大学	f	放射光実習(2012年度)	20A	36時間	24時間
2012R-19	河内 宣之	東京工業大学	f	放射光実習(2012年度)	20A	48時間	48時間
2012R-20	河内 宣之	東京工業大学	f	放射光実習(2012年度)	20A	36時間	24時間
2012R-21	井田 隆	名古屋工業大学	b	BL-4B2円筒型ミラーおよび回折計の位置調整	4B2	23時間	23時間
2012R-22	岸本 俊二	KEK-PF	g	OFET(有機電界効果トランジスタ)特性のX線照射による影響評価	14A	12時間以内	3時間
2012R-23	阿部 仁 稲田 康宏	KEK-PF 立命館大学	e, f	硬X線XAFSビームラインでの立命館大学XAFS実習	12C	12時間	12時間
2012R-24 (2012U005)	岡崎 誠司	富山県立大学	d	新規キノプロテイン・リジンε 酸化酵素の構造学的研究	17A	8.5時間	6.5時間
2012R-25 (2011G252)	姚 閔	北海道大学	a	2011G252ジヒドロリジン合成酵素とtRNA複合体の結晶構造解析	17A	8.5時間	2時間
2012R-26 (2011G529)	矢嶋 俊介	東京農業大学	c	細菌におけるメナキノン合成経路酵素の立体構造解析	17A	14.5時間	14.5時間
2012R-27	山崎 裕一	KEK-PF	c	LaCoO3薄膜における軌道秩序の観測	4C	72時間	72時間
2012R-28 (2012G141)	金丸 周司	東京工業大学	c	バクテリオファージT4の感染に関わる蛋白質群の構造解析	1A	11.5時間	11.5時間
2012R-29 (2012U005)	岡崎 誠司	富山県立大学	d	新規キノプロテイン・リジンε 酸化酵素の構造学的研究	17A	8.5時間	8.5時間
2012R-30 (2012G529)	藤本 瑞	農業生物資源研究所	c	高重合度環状イソマルトオリゴ糖生産のための酵素分子改変研究	17A又は NW12A	8.5時間	8.5時間
2012R-31 (2011G090)	阪本 泰光	岩手医科大学	c	<i>P. mexicana</i> WO24の産生する蛋白質分解酵素群の構造解析	17A又はNE3A	8.5時間	8.5時間
2012R-32 (2012G569)	胡桃坂 仁志	早稲田大学	c	クロマチンダイナミクスとDNA損傷修復に関わる複合体の構造解析	17A	8.5時間	8.5時間
2012R-33 (2012G672)	新井 栄揮	日本原子力研究開発機構	c	蛋白質の金属イオン選択性操作を目指したX線結晶解析	NW12A	8.5時間	8.5時間
2012R-34 (2011G125)	山口 芳樹	理研	c	自然免疫にかかわるβ グルカン結合蛋白質の結晶構造学的研究	NE3A	9時間	8.5時間
2012R-35	佐藤 篤志	KEK-PF	c	Feポルフィリン錯体の反応中間体の解明	12C	12時間	12時間
2012R-36	伊藤 健二	KEK-PF	e	放射光ビームを利用したサマーチャレンジ参加学生の実習	6A, NW14A, NW10A, NW12A	24時間又は48時間	24~48時間
2012R-37 (2011G648)	千田 俊哉	産総研	c	ヒストンシヤペロンTAF-1β-ヒストンH3-H4複合体の結晶構造解析	17A	8.5時間	8.5時間
2012R-38 (2011G529)	矢嶋 俊介	東京農業大学	d	細菌におけるメナキノン合成経路酵素の立体構造解析	NE3A NW12A	8.5時間	14時間
2012R-39 (2012G766)	田中 伊知朗	茨城大学	c	ATP結合タンパク質DAPKにおける複合体形成時の水和構造変化の中性子解析と熱測定によるエントロピー解析のためのX線結晶構造解析	NE3A	8.5時間	8.5時間
2012R-40 (2012G648)	渡邊 信久	名古屋大学	c	高圧結晶構造解析による深海好圧生物の耐圧タンパク質の構造研究	NW12A	23時間	23時間
2012R-41 (2012G065)	牧尾 尚能	KEK-PF	c	糖鎖結合タンパク質の位相決定法	NE3A	14時間	14時間
2012R-42 (2012G103)	永田 宏次	東京大学	c	感染原因菌の悪性化を統御するクオルモン-受容体膜タンパク質複合体の結晶構造解析	1A	8.5時間	8.5時間
2012R-43 (2011G169)	内田 朗	東邦大学	c	βラクタマーゼのX線結晶構造解析	1A	8.5時間	8.5時間
2012R-44 (2011G253)	伊東 孝祐	新潟大学	a	リボソーム結合性GTPase・リボソームタンパク質P1複合体のX線結晶構造解析	NE3A	22.5時間	22.5時間
2012R-45 (2011G125)	山口 芳樹	理研	c	自然免疫にかかわるβ グルカン結合蛋白質の結晶構造学的研究	17A	14.5時間	11.5時間
2012R-46 (2012G515)	田中 良和	北海道大学	a,c	膜孔形成蛋白質の構造解析	5A	8.5時間	8.5時間
2012R-47 (2012G507)	中野 博明	兵庫医療大学	c	難分解性タンパク質分解酵素群のX線結晶解析と基質認識機構の解明	NE3A	8.5時間	8.5時間
2012R-48 (2012G048)	伏信 進矢	東京大学	a	植物の複合糖鎖を分解するピフィズ菌の新規酵素の構造解析	NE3A	8.5時間	8.5時間
2012R-49 (2012U005)	岡崎 誠司	富山県立大学	d	新規キノプロテイン・リジンε 酸化酵素の構造学的研究	1A	8.5時間	8.5時間
2012R-50	松垣 直宏	KEK-PF	b	創薬等PF事業におけるビームライン技術開発	1A,5A,17A,NW 12A,NE3A	773時間	773時間
2012R-51 (2012G748)	新井 亮一	信州大学	c	ピロリ菌型メナキノン合成経路酵素群の立体構造解析及び反応機構解明	1A, 5A, 17A, NW12A, NE3A	13.5時間	13.5時間
2012R-52 (2012G083)	田中 信忠	昭和大学	a	スフィンゴ脂質リン酸化酵素群の結晶構造解析	17A	9時間	23時間
2012R-53 (2011G522)	佐藤 宗太	東京大学	c	自己集合性有機金属錯体の構造解析	NE3A	8.5時間	8.5時間
2012R-54	尾関 智二	東京工業大学	f	放射光を利用した先端の単結晶X線回折法の教育	NW2A	24時間	24時間

2012R-55 (2012U006)	溝川 貴司	東京大学	d	Fe-dAMsar錯体でのpH誘起スピンドロスオーバーによる局所構造変化のEXAFSによる研究	9A	24時間	24時間
2012R-56 (2012G065)	加藤 龍一	KEK-PF	d	糖鎖結合タンパク質の位相決定法	NE3A	14時間	14時間
2012R-57	宮永 崇史	弘前大学	f	弘前大学とPFとの協定に基づく放射光実習	12C	12時間	12時間
2012R-58	中島 多朗	東京理科大学	b	スピン・格子結合系CuFe <sub>1-x</sub> GaxO <sub>2</sub> の一軸圧力中X線回折	3A	72時間	72時間
2012R-59 (2011G522)	佐藤 宗太	東京大学	c	自己集合性有機金属錯体の構造解析	NE3A	8.5時間	8.5時間
2012R-60 (2012G648)	渡邊 信久	名古屋大学	c	高圧結晶構造解析による深海好圧生物の耐圧タンパク質の構造研究	NW12A	8.5時間	8.5時間
2012R-61 (2012G119)	野田 展生	財)微生物化学研究会	c	オートファージ特異的E1酵素Atg7によるE2認識の構造的基盤	17A	8.5時間	8.5時間
2012R-62 (2011G640)	八島 正知	東京工業大学	c	イオン電子混合伝導体PrBa <sub>0.8</sub> Sr <sub>0.2</sub> Co <sub>2</sub> O <sub>8</sub> の結晶構造の高温その場観察	4B2	12時間	12時間
2012R-63	脇坂 祐輝	KEK-PF	e	XAFS講習会(入門実習)-これからXAFSを始める人の為に-	9A,12C	12時間	24時間
2012R-64	日隈 聡士	KEK-PF	b	新規CEY兼用Lytle検出器の性能評価	9A	24時間	24時間
2012R-65	内田 朗	東邦大学	c	βラクターマーゼのX線結晶構造解析	NW12A	8.5時間	8.5時間
2012R-66 (2011G23)	矢嶋 俊介	東京農業大学	c	細菌におけるメナキノン合成経路酵素の立体構造解析	NE3A, NW12A	8.5時間	8.5時間
2012R-67 (2011G570)	加藤 晃一	自然科学研究機構	c	糖タンパク質の細胞内輸送と分解に関わるタンパク質群の結晶学的研究	5A	14時間	14時間
2012R-68	金井 求	東京大学	g	可溶性蛋白質の構造解析	1A,17A	1A:8.5時間, 17A:8.5時間	1A:8.5時間, 17A:8.5時間
2012R-69 (2012G061)	Soo Hyun Eom	GIST (Korea)	c	X-ray Crystallographic Studies on DNA polymerase Ternary Complex	NW12A	1日	23時間
2012R-70 (2011G144)	多田 俊治	大阪府立大学	c	トマト由来β-Dガラクトシダーゼの構造と機能の解明	NE3A, NW12A, 5A	8.5時間	8.5時間
2012R-71	永田 宏次	東京大学	c	感染症原因菌の悪性を統御するクオールモン-受容体膜タンパク質複合体の結晶構造解析	5A	8.5時間	8.5時間
2012R-72 (2012G189)	Kwang Yeon Hw	Korea Univ.	c	Crystallographic studies of transcription factor proteins from pathogen	17A又はNE3A	1日	23時間
2012R-73 (2012S005)	中尾 裕則	KEK-PF	c	外場下共鳴軟X線散乱による構造物性研究	8A	48時間	48時間
2012R-74 (2012U008)	佐藤 篤志	KEK-PF	d	[Ru(bby) <sub>2</sub> (CO) <sub>2</sub> ] <sub>2</sub> +触媒による二酸化炭素還元反応中間体のXAFS観測	NW10A	24時間	24時間
2012R-75	割鞘 雅一	アステラス製薬	g	放射光を利用した顧みられない熱帯病治療薬創出のためのタンパク質構造解析研究	NW12A	14時間	14時間
2012R-76	田中 信忠	昭和大学	g	歯周病原菌由来新規ペプチダーゼDPP11のX線結晶構造解析	1A	14時間	14時間
2012R-77 (2012G681)	藤間 祥子	東京大学	c	アルギニンメチル化酵素の結晶構造解析	1A	8.5時間	8.5時間
2012R-78	松村 浩由	大阪大学	g	金属酵素タンパク質における反応ダイナミクスの高分解能-時間分解X線結晶構造解析	1A	22.5時間	22.5時間
2012R-79	服部 素之	科学技術振興機構	g	P2X受容体・阻害剤複合体のX線結晶構造解析	1A	8.5時間	8.5時間
2012R-80 (2012S2006)	吉信 淳	東京大学	c	エネルギー変換材料の表面界面物性:VUV/SX放射光分光による研究	13A	24時間	24時間
2012R-81 (2012G065)	加藤 龍一	KEK-PF	c	糖鎖結合タンパク質の位相決定法	17A	14時間	14時間
2012R-82 (2011G076)	真壁 幸樹	自然科学研究機構	a	クロスβ骨格を持つ人工蛋白質の構造形成原理	17A	8.5時間	8.5時間

【施設留保ビームタイム申請カテゴリー】

a)マシン、ビームラインの故障等に対するビームタイムの補填。b)ビームライン・実験装置の性能向上をスピーディにする。  
c)早期に成果を創出するために、やり残した実験を実施する。 d) U型課題の受付をし、重要な研究の計画から成果公表までの時間を短縮する。「既配分課題を排除する程の重要性」ではなくても緊急かつ重要なU型研究課題を実施する。U型申請、審査は従来通りに行うが、留保枠、未配分BT内で実施すべきものかはレフェリーの意見を参考にPF-PAO委員長が判断する。e) 講習会、実習等や有望な新規ユーザーを開拓する。※利用経験者による新しい研究提案はU型課題として処理する。f) 教育用ビームタイムの時間確保。  
g) 施設、ビームラインの運営に対する柔軟性を増し、一層の成果拡大に対して工夫をする自由度を作る。外国の放射光施設職員等の来所時にテスト実験を行なう等運用上の柔軟性を確保する。



## 物構研談話会

日時：3/6（水）13:30～  
 題名：12CaO・7Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> エレクトライドを利用した新規アンモニア合成触媒  
 講師：北野政明氏（東京工業大学 元素戦略研究センター）

日時：4/9（火）13:30～  
 題名：In Search of the Best Synchrotron Facility for Multi-Edge X-ray Absorption Spectroscopy: Electronic Structure from XANES and Geometric Structure from EXAFS  
 講師：Robert K. Szilagy (Department of Chemistry and Biochemistry, Montana State University)

日時：4/12（金）13:30～  
 題名：Dynamic Crystallography with Time Resolution from Infinity to Sub-X-ray-bunch  
 講師：Zhong Ren 氏（Center for Advanced Radiation Sources, The University of Chicago）

日時：5/13（月）15:00～  
 題名：有機金(I) 錯体における微小な機械的刺激をトリガーにした単結晶-単結晶相転移  
 講師：伊藤 肇氏（北海道大学大学院工学研究院）

日時：7/25（木）16:00～  
 題名：リチウム・ナトリウムイオン電池の正極材料-反応機構と新物質探索-  
 講師：Chris A. Tulk 氏（SNS）

## 第 51 回 物質構造科学研究所運営会議議事次第

日時：平成 25 年 4 月 8 日（月） 13:30～  
 場所：高エネルギー加速器研究機構 管理棟大会議室

・新規委員の紹介  
 伊藤委員に代わり、熊井委員の就任について紹介

### 【1】 審議事項

- ① 教員公募 光ビームプラットフォーム 学術フェロー 1名
- ② ミュオン共同利用実験審査委員会委員の改選について

### 【2】 報告事項

1. 所長報告
  - ① 人事異動について
  - ② 研究員の選考結果について
  - ③ その他
2. 今年度の活動方針
  - ① 物質構造科学研究所
  - ② 放射光科学研究施設
  - ③ 中性子科学研究施設
  - ④ ミュオン科学研究施設
  - ⑤ ERL 計画推進室
3. その他
  - ① 平成 25 年度前期放射光共同利用実験課題の審査結果について
  - ② 4/1 付 J-PARC センター等の体制について
  - ③ 「学術の大型施設計画・大規模研究計画マスタープラン」について。

※第 50 回はメール審議のため議事次第はありません。

## 平成 25 年度 客員研究員一覧

氏 名	所 属 ・ 職 名	名 称
朝倉 清高	北海道大学触媒化学研究センター・教授	客員教授
石原 純夫	東北大学大学院理学研究科・教授	客員教授
大熊 春夫	高輝度光科学研究センター・加速器部門長	客員教授
加藤 政博	自然科学研究機構分子科学研究所／極端紫外光研究施設・教授	客員教授
上久保裕生	奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科・准教授	客員准教授
木村 正雄	(株)新日鐵住金・先端技術研究所・上席主幹研究員	客員教授
腰原 伸也	東京工業大学大学院理工学研究科・教授	客員教授
近藤 忠	大阪大学大学院理学研究科・教授	客員教授
高橋 嘉夫	広島大学大学院理学研究科・教授	客員教授
羽島 良一	日本原子力研究開発機構量子ビーム応用研究部門ガンマ線核種分析研究グループ・グループリーダー	客員教授
守友 浩	筑波大学大学院数理物質科学研究科・教授	客員教授
姚 閔	北海道大学先端生命科学研究院・准教授	客員准教授

## 放射光共同利用実験審査委員会委員名簿

氏 名	所 属 ・ 職 名
雨宮 慶幸	東京大学大学院新領域創成科学研究科・教授
有馬 孝尚	東京大学大学院新領域創成科学研究科・教授
池田 直	岡山大学理学部・教授
稲田 康宏	立命館大学生命科学部・教授
鍵 裕之	東京大学大学院理学系研究科・教授
片山 芳則	日本原子力研究開発機構量子ビーム応用研究部門・ 量子ビーム物性制御・解析技術研究ユニット長
栗栖 源嗣	大阪大学蛋白質研究所・教授
近藤 寛	慶應義塾大学理工学部・教授
櫻井 伸一	京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科・教授
佐藤 宇史	東北大学大学院理学研究科・教授
佐藤 衛	横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科・教授
清水 敏之	東京大学大学院薬学系研究科・教授
高橋 嘉夫	広島大学大学院理学研究科・教授
唯 美津木	名古屋大学大学院理学研究科・教授
中川 貴	大阪大学大学院工学研究科・准教授
平井 光博	群馬大学大学院工学研究科・教授
藤森 淳	東京大学大学院理学系研究科・教授
真庭 豊	首都大学東京大学院理工学研究科・教授
百生 敦	東北大学多元物質科学研究所・教授
姚 閔	北海道大学大学院先端生命科学研究院・教授
吉田 寿雄	京都大学大学院人間・環境学研究科・教授
* 村上 洋一	物質構造科学研究所・副所長
* 熊井 玲児	物質構造科学研究所放射光科学第一研究系・研究主幹
* 足立 伸一	物質構造科学研究所放射光科学第二研究系・研究主幹
* 大友 季哉	物質構造科学研究所中性子科学研究系・研究主幹
* 門野 良典	物質構造科学研究所ミュオン科学研究系・研究主幹
* 小林 幸則	加速器研究施設加速器第七研究系・研究主幹
古川 和朗	加速器研究施設加速器第五研究系・研究主幹
阿部 仁	物質構造科学研究所放射光科学第二研究系・准教授
雨宮 健太	物質構造科学研究所放射光科学第一研究系・教授
五十嵐教之	物質構造科学研究所放射光科学第一研究系・准教授
河田 洋	物質構造科学研究所放射光科学第二研究系・教授
組頭 広志	物質構造科学研究所放射光科学第一研究系・教授
千田 俊哉	物質構造科学研究所放射光科学第二研究系・教授

任期：平成 25 年 4 月 1 日～平成 27 年 3 月 31 日 \* 役職指定

## 放射光共同利用実験審査委員会委員名簿（分科会別）

1. 電子物性	2. 構造物性	3. 化学・材料	4. 生命科学Ⅰ	5. 生命科学Ⅱ	
近藤 寛	有馬 孝尚	稲田 康宏	栗栖 源嗣	雨宮 慶幸	村上 洋一
佐藤 宇史	池田 直	高橋 嘉夫	佐藤 衛	櫻井 伸一	足立 伸一
藤森 淳	鍵 裕之	唯 美津木	清水 敏之	平井 光博	大友 季哉
雨宮 健太	片山 芳則	中川 貴	姚 閔	百生 敦	門野 良典
組頭 広志	真庭 豊	吉田 寿雄	千田 俊哉	五十嵐教之	小林 幸則
	熊井 玲児	阿部 仁			古川 和朗
					河田 洋

# 平成 24 年度第 3 期配分結果一覽

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	1/14	1/15	1/16	1/17	1/18	1/19	1/20
1A	stop	T/M	T/M	E	E	E	E
2A/2B				調整			
3A				12G536 組頭 広志			
3B				11G597 山崎 裕一			
3C				11G599 坂間 弘			
4A				調整	12G640 光延 聖	11G183 中井	
4B2				11G015 井田 隆			
4C				12S2-005 中尾 裕則		12G047 佐久間 博	
5A				調整	12G059	12C209	12Y006
6A				調整	12G117	12G714 奥田 浩司	12G118 奥田 浩司
6C				11G513 佐々木 聡			
7A				調整	12G004 木口 学		
7C				12G625 中島 伸夫			
8A				調整			
8B				調整	12G115 熊井 玲児	12P001 後藤 博正	
9A				調整	12C207 野村 昌治	12G625 中島 伸夫	
9C				11G029 山本 勝宏	11G123 金子 文俊		
10A				11G528 吉朝 朗	11G662 大川 真紀雄		
10C				調整	11G006 溝口 宜博	11G114 清水 繁	調整
11A				11G597 山崎 裕一			
11B				12S2-005 中尾 裕則			
11D				11G013 間瀬 一彦			
12C				調整	12G017 KAWANO	12G719 堂免 一成	
13A/13B				12S2-006 吉信 淳		調整	
14A				12G062 岸本 俊二	12G184 藤原 健		
14B				調整	11G166 杉山 弘		
14C				11G672 湯浅 哲也			
15B1/15B2				12G122 高橋 敏男			
15C				調整	12G007 加藤 有香子		
16A				調整	11G103	10S2-001	10S2-001 雨
17A				調整	11G089 伊	12G	11G
18A				調整			
18B				立ち上げ実験			
18C				12G660 高橋 博樹			
19A/19B				11G085 矢治 光一郎			
20A							
20B							
27A				調整	11G679 宇佐美 博	12G746 前澤 博	12G129 富田
27B				調整	12G150 松浦 治明	12G114 趙 新為	
28A/28B				12G045 穂坂 綱一			
NE1A	stop	stop	stop	T/M	E	E	E
NE3A				12G603 河内 泰三			
NE5C				調整	11G648 中田 康	11G9	11G148
NE7A				11G139 関根 ちひろ			
NW2A				調整	12R-54 尾関 智二	12G029 尾関 智二	
NW10A				11G666 杉山 和正			
NW12A				調整	12G9	11G645	12G648 渡邊 信
NW14A				11G655 佐藤 篤志			
SPF		調整					

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	1/21	1/22	1/23	1/24	1/25	1/26	1/27
1A	E	E	B	M	E	E	E
2A/2B	11G132 栗	12Y0	12G177 三			12G532 YA	11G648 G
3A	12G536 組頭	11G189				11G113 近松 彰	
3B	12S2-005 中尾 裕則			12G649 奥山 大輔			
3C	11G599 坂間 弘			11G599 坂間 弘			
4A	12G643 伊藤 正久			12G169 張 小威			
4B2	11G183 中井	調整	12G726 志村 瑠子	12G652 三河内 岳		11G590 健	
4C	11G185 八島 正知		11G640	11G640 八島 正知		11G650 三	
5A	調整	12G180 橋	11G050 BARTLA			12G001 橋	12G
6A	調整	11G668	12G663 藤原 佑也			12G629 関 隆広	11G978 伊藤 雅三
6C	11G513 佐々木 聡	12G038 佐々木 聡		12G038 佐々木 聡			
7A	12G0	調整	11G657	11G657	11G539 丸山 隆浩	12G1	
7C	12G6	12G135 岩住 俊明				12G738 手塚 泰久	
8A	12G036 大塩 寛紀			12V002 広沢 哲	12G706 真庭 豊		
8B	12V002 広沢 哲	11G653 竹谷 純一		11G653 竹谷 純一		11G505 小村	
9A	12G183 江村 修一	12Y014 渡松 浩		11G537 田淵 雅夫			
9C	11G613 櫻井 伸一	11G612		11G612 櫻井 伸一	11G123 金子 文俊	11G682 高橋	
10A	11G662 大川 真紀雄			11G662 大川 真紀雄	11G680 志村 玲子		
10C	12G548	12G554	12G041 野島 郁一	11G145 岡田 秀一	12G686 竹下 宏樹	12P007	11G160 平井 光博
11A	11G597 山崎 裕一			11G678 志岐 成友			
11B	12S2-005 中尾 裕則			12S2-005 中尾 裕則			
11D	11G013 間瀬 一彦	11G661 羽多野 忠		11G661 羽多野 忠			
12C	11G687 山元 公寿	12G752 吉田 真明		12G593 竹中 社	11G148 原 賢二	11G183 中井	
13A/13B	12G756 山田 洋一	12G568 長谷川 博		11G161	12G568	11G161	12G568
14A	12G184 藤原 健	12PF-21 井上 圭介		12G063 岸本 俊二			
14B	11G658 三好 敏喜			11G032 平野 馨一			
14C	11G672 湯浅 哲也	12G106 鈴木 芳文		12G695 兵藤 一行			
15B1/15B2	12G122 高橋 敏男			11G654 白澤 徹郎			
15C	11G247 宇治原 徹			12G624 水野 薫			
16A	10S2	11G105	11G105	調整	12PF-24	12C211	12Y028
17A	11G	12Y0	11G180 山田 悠介		12G	12G542 中	11G190 田之倉 信
18A	調整			11G671 重田 諭吉			
18B	立ち上げ実験	12-IB-020 MALLICK Bisw		12-IB-020 MALLICK Bisw	12-IB-021 SIVAK		
18C	12G660 高橋 博樹	11G082 坂下 真実		11G584 中野 智志		11G0	
19A/19B	11G085 矢治 光一郎			11G085 矢治 光一郎			
20A			12G045 穂坂 綱一	12G045 穂坂 綱一			
20B	P5887 HARMER-BASELL Sarah			P5887 HARMER-BASELL			
27A	12G129 富田 雅典	調整	12G113	12G113 本田 充紀		12G081 岩清	
27B	12G114 趙 新為	調整	12G129 富田 雅典	11G679	11G672 鈴木 雅樹	12G746 前澤 博	12G732 小林 克己
28A/28B	12G045 穂坂 綱一	12S2-001 高橋 隆		12S2-001 高橋 隆	12S2-001 高橋 隆	12S2-001 高橋 隆	
NE1A	E	E	B	M	E	E	E
NE3A	11G6	12Y001 天野 靖士	11G179			12G6	11G194
NE5C	11G139 関根 ちひろ	12G568 森 嘉久		12G566 森 嘉久			
NE7A	11G068 松下 正			12G002 湯浅 哲也			
NW2A	12G187 中村 耕	11G505 小林 厚志		11G505 小林 厚志	12G187 中村 耕	12G629 尾関 智二	
NW10A	調整	12G593 竹中 社		12G145 森倉 明子	11G148 原 賢二	12G574 鏑 淵	
NW12A	12Y005	12Y	調整	12G689 渡川 博	12Y009 橋	12G5	11G908
NW14A	11G655 佐藤 篤志			11G591 星野 学			
SPF	12G653 深谷 有喜						

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	1/28	1/29	1/30	1/31	2/1	2/2	2/3
	E	E	B	M	E	E	E
1A	12G543 Xiaodong	12Y0	12G103 永			12R-50 松垣 直宏	
2A/2B	11G113 近村	12G146 大川 万里	12G789 石渡 洋一		12G759 石渡 洋一	11G582 藤森 淳	
3A	12S2-005 中尾 裕則				11G683 西村 真一		
3B	11G599 坂間 弘				12G172 小澤 健一		
3C	12G169 張 小威				12S2-004 早稲田 篤		
4A	11G590 鍵 誠	12G663 藤原 裕也	12G165 上野 聡		12G166 上野 聡	12G105 高西 陽一	
4B2	11G650 三宅 亮				11G650 三宅 亮	12G171 柿本 健一	
4C	12G128 柳原 英人		11G690 須田山 貴		11G690 須田山 貴	12S2-005 中尾 裕則	
5A	12G	12Y0	12G		11G046 KIM Jun	11G	11G609 田
6A	11G169	11G118 横 謙幸	12G178		12G066 坂谷 正樹	12G668 小林 浩樹	11G516
6C	11G517 奥部 真樹				11G517 奥部 真樹	12G709 奥部 真樹	
7A	12G173 近村	12C217 雨宮 健太	12G080 宮永 真史		10S2-001 雨宮 健太		
7C	12G738 手塚 泰久				調整	12G099 鈴木 秀士	
8A	10S2-004 中尾 朗子				10S2-004 中尾 朗子		
8B	11G505 小村	12V002 広沢 智	11G511 美藤 正樹		12G140 石橋 広記	12S2-005 中	
9A	調整	12I008 安部 裕	12R-64 日原 聡士		12G662 高草木 達		
9C	11G682 高橋	11G199 高橋 浩	12G176 山本 勝史		調整	11G176 坂次 智	12I002 佐野 篤史
10A	11G680 志村 玲子				11G680 志村 玲子		
10C	調整	11G118 横 謙幸			11G535	11G573 津本 浩平	12G630 武野 宏之
11A	11G678 志岐 成友				12PF-26 岡本 淳	11G534 福見 俊哉	
11B	12S2-005 中尾 裕則				10S2-004 中尾 朗子		
11D	11G661 羽多野 忠				12S2-006 吉信 淳		
12C	11G183 中井	11G102 鈴木 義規	12C204 野村 昌治		12G111 高橋 康夫	12G578 天知 誠	12G192 原田 誠
13A/13B	12G568 長谷川 幸	12S2-006 吉信 淳			12G568	12S2-006 吉信 淳	12G568 長谷川 幸
14A	11G658 三好 敏喜				12G125 竹中 康之		
14B	12I004 蛇石 貴宏				12G521 島雄 大介		
14C	12G695 兵部	11G081 波戸 秀仁			11G037 百生 敬		
15B1/15B2	11G675 水野 薫						
15C	12G624 水野 薫				12I009 八木 康洋		
16A	12S2-005 中尾 裕則				12S2-005 中尾 裕則		
17A	12G668 H	12G	11G515 永	12G	11G009 裕	12G	11G660 田
18A	11G671 重田 諭吉				12G136 松田 巖		
18B	12-IB-021 SIVAKUKAR Sri				12-IB-018 BANDYOPADHYAY Sudipta		
18C	11G095 武田 圭生		11G585		11G555 川村 幸裕	12G728 中山 敦子	
19A/19B	11G024 福永 正則					11G085 矢治 光一郎	
20A	12G045 穂坂 綱一				12G045 穂坂 綱一		
20B	P5973 SALAMA Hazar				P5973 SALAMA Hazar		
27A	12G081 岩瀬	12G553 馬場 祐治			12C214 宇佐美 徳	12G079 豊田 昌宏	
27B	11G679 宇佐美 徳	12G599 横谷 明德			11G641 中田 正美	12G723 大員 敏廣	12G527 青柳 登
28A/28B	12G146 大川 万里生				12V002	12S2-001 高橋 隆	12G611 Walid MALAEB
	E	E	B	M	E	E	E
NE1A	12G123 近藤 忠				12G567 丹羽 健		
NE3A	12G08	12Y001 天野 靖士			11G087	12Y02	11G
NE5C	11G100 井上 徹						
NE7A	12G002 湯浅 哲也				調整	12G062 岸本 俊二	
NW2A	12G017 KAWANO Masaki				調整	12G167 松下 正	
NW10A	12G574 鶴	12G078 中川 貴	12G088 清野 智史		12G680 朝倉 清高	12G023 大久	
NW12A	12G595	11G	12G550	12G	12G006	11G	11G519
NW14A	11G591 星野 学	11G631 一柳 光平				11G607 富田 文菜	
SPF	12G666 立花 隆行						

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	2/4	2/5	2/6	2/7	2/8	2/9	2/10
	E	E	B	M	E	E	E
1A					11G623	12G914 天下 聖海	12G141 田
2A/2B	11G5	11S2-003 尾嶋 正治				11S2-003 尾嶋 正治	
3A	12R-58 中島 多朗				12G506 魚崎 浩平	11G089 近藤	
3B	12G172 小澤 健一				12G670 小澤 健一		
3C	12S2-004 早稲田 篤				12S2-004 早稲田 篤		
4A	12G105 高西	12G635 飯田 厚夫			12G638	11G581 高西 陽一	
4B2	12G171 柿本 健一					12G140 石橋 広記	
4C	11G597 山崎 裕一					12S2-005 中尾 裕則	
5A	12G	11G		11G	11G571	12Y0	12G524 田
6A	11G130 塩見 友樹	11G508 原田 尊史	11G629 山本 勝史		11G123 金子 文樹	11G613 櫻井 伸一	12G028 松本 豪
6C	12G709 奥部 真樹				12C202 野村 昌治		
7A	10S2-001 雨宮 健太				12G107 朝倉 大樹	11G657 岡林 潤	11G636 大伴 真名步
7C	12G099 鈴木 秀士				調整	12G518 松原 弘樹	
8A	12G115 熊井 玲児	12V002 広沢 智			12G115 熊井 玲児		
8B	12S2-005 中	12G115 熊井 玲児			12S2-005 中尾 裕則	12G706 真庭 豊	
9A	12G662 高草木 達				調整	12C202 野村 昌治	12G750
9C	12I002 佐野 篤史	12P108	12G744 大塚 洋次		11G558 朝倉 清高	11G185	11G065 原田 尊史
10A	11G680 志村 玲子				12G056 栗林 貴弘		
10C	12G628 川口 大樹	12G604 尾崎 智二	12G528 相澤 秀樹		12G712	12G025 松本 豪	11G509 笠原 康夫
11A	11G5	12G	11G618 土山 明		12V029 工藤 善三	12G107 朝倉 大樹	12G523 宮永 真史
11B	10S2-004 中尾 朗子				11G622 遠藤 理		
11D	12S2-006 吉信 淳				12S2-006 吉信 淳		
12C	12G192 原田 誠	11G102 鈴木 義規			12R-67	12G750 高見 誠一	12G644 朝倉
13A/13B	12G736 飯東 恭子				12S2-006 吉信 淳		
14A	12G125 竹中 康之				11G695 田中 清明	11G022 石清	
14B	12G521 島雄 大介				12G046 平野 馨一		
14C	11G037 百生 敬				11G037	12P111 佐藤 友子	12G563 武藤 貞嗣
15B1/15B2					12G159 山口 博隆		
15C	11G032 平野 馨一				11I007 長町 信治		
16A	12S2-005 中	12S2-005 中尾 裕	11G597		11G062	調整	11G062
17A	11G	12G090 竹	12C23		12R	12G515 田	11G
18A	12G136 松田 巖				12G136 松田 巖		
18B	12-IB-018 B	12-IB-022 BISWAS Kanish			12-IB-022 BISWAS Kanishka		
18C	12G728 中山 敦子	12G783 藤崎 彰子			12G754 鍵 裕之	11G147 佐藤	
19A/19B	11G085 矢治 光一郎				11G085 矢治 光一郎		
20A	12G045 穂坂 綱一				12G045 穂坂 綱一	12G089 小田	
20B	P5936 Aviva LEVINA				P5989 Peter LAY		
27A	12G079 豊田	12G741 圓谷 志郎			12G068 下山 巖		
27B	12G086 岡本 芳浩	12C214 宇佐美 徳			調整	11G572 鈴木 義規	12G746 前澤 博
28A/28B	12G611 Walid MALAEB				12V002	12S2-001 高橋 隆	
	E	E	B	M	E	E	E
NE1A	11G580 財部 健一	11G545 遊佐 齊			12G050 永井 隆哉		
NE3A	12Y001 天野 靖士				11G9	11G002	11G9
NE5C	調整				12G049 永井 隆哉		
NE7A	12G031 鈴木 昭夫	11G503 小野 重明			11G503 小野 重明		
NW2A	12G167 松下 正				調整		
NW10A	12G023 大	調整	12G085 岡本 芳浩	12G086	調整	12G596 原 孝佳	11G575 吉田
NW12A	11G117	12Y0	12G188	12G845	12G9	12G108	11G1
NW14A	11G607 富田 文菜						
SPF	12G653 深谷 有喜				12-IMSS-1 兵頭 俊夫	12G768 和田	

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	2/11	2/12	2/13	2/14	2/15	2/16	2/17
	E	E	B	M	E	E	E
1A	11G694 田之倉 剛	1209 12G531 井	11G 12G568 湯		12R-50 松垣 直宏		11G231 R
2A/2B	11S2-003 尾嶋 正治				11S2-003 尾嶋 正治		調整
3A	11G089 近藤				11G532 若林 裕助		
3B	12G670 小澤				11G026 櫻井 岳暁		
3C	12S2-004 早稲田 篤				12G698 渡辺 紀生		
4A	12G626 伊藤 雅	12C212 原田 厚夫	12G779 水沢 多鶴		12P104 西藤 芳典	12G705 桜井 健次	
4B2	11G551 植草 秀裕					12G734 米持 悦生	
4C	12S2-005 中尾 裕則				11G532 若林 裕助		
5A	12G 12G672 池	12Y0 11G686 伊			12G587 田淵 雅	11G 11G067 日	12G 12G501 S
6A	11G128 11G549 12G676 12G121 11G682 高橋 浩				12G055 小橋 望子	11G199 12G704 上野 聡	12G769 市川 剛行
6C	12C202 野村 昌治				11G601 八方 直久		12G661 寺井
7A	11G636 大伴 真名歩		11G622 遠藤 理		11G622 遠藤 理	11G621 遠藤 理	
7C	12G518 松原 弘樹	12G694 早川 慎二			12G073 Petr KRTI	12G650 堂先 一樹	11G146 岩本
8A	11G501 守友 用	12S2-005 中尾 裕則			10S2-004 中尾 朋子		
8B	11G140 志本 弘文	12G638 齋藤 一弥	12V002 広沢 智		12G067 森田 剛	12G115 熊井 玲児	
9A	12G758 12G007 吉	11C203 高橋 裕之			11G537 田淵 雅夫		
9C	12G594 駒橋 慎一	12G110 大久保 勝	12G003 辻良太郎		11G251 12G574 齋藤 友治		11G176 堀友 智
10A	12G056 栗林 貴弘				12G592 永高 真理子		
10C	12G533 松村 清由	調整	12P006 米澤 直人		11G160 12G572 平井 光博	11G612 櫻井 伸二	12G005 藤井 修彦
11A	12G523 宮永	12G638 藤原 徹			12G117 奥田 浩司		
11B	11G622 遠藤 理		12G626 伊藤 敦		12G626 伊藤 敦	11G618 土山 明	
11D	12S2-006 吉信 淳				11G072 奥平 幸司		
12C	12G644 朝倉	12Y030 竹内 久徳	11G250 太田 亮博		12I002 佐野 篤史	11G200 八木 一三	
13A/13B	12S2 調整	11G072 奥平 幸司			12S2-00 12S2-00 12S2-00	12S2-006 吉信 淳	
14A	11G022 石澤 伸夫				11G549 野田 幸男		
14B	12G046 平野 馨一				12G170 張 小威		
14C	12G773 関根 紀夫				12G138 山田 重人		
15B1/15B2	12G159 山口 博隆				12G504 小泉 晴比古		
15C	11I007 長町	12G551 秋本 晃一			12G551 秋本 晃一		
16A	11G597 山崎	12PF-23 12PF-23	12PF-24		10S2-00 10S2-001 雨宮 健太	12PF-24 10S2-00	
17A	12G 12G575 C	11G108 藤	12G 11G027 湯		12G502 12Y0 12G584 池	11G 12G048 伊	12G083 田中 慎三
18A	12G136 松田 巖						
18B	12-IB-022 BISWAS Kanishka				12-IB-017 Kaustubh PRIOLKAR		
18C	11G147 佐藤 友子		11G127 船守 展正		11G127 船守 展正	12G679 余 子	
19A/19B	11G085 矢治 光一郎				12G136 松田 巖		
20A	12G089 小田切 丈				12G089 小田切 丈		
20B	P5989 Peter LAY				P5751 HANLEY Tracey	P5824 Barry	
27A	11G175 平尾 法恵				11G175 12G175 石山 新太郎		
27B	12G732 小林 亮平	12G599 横谷 明德			12G150 松浦 治明	12G084 岡本 芳博	12G027 青柳 登
28A/28B	11G086 横谷 尚睦				12V002 12G075 藤森 淳		
	E	E	B	E	E	E	E
NE1A		12G512 陸山 洋			12G123 近藤 忠		
NE3A	11G5 12G729	11G1 12Y001 天野 靖士			11G1 12G529	11G648 宇田 博	12G647 前村 勝
NE5C	12P101 SOLOZHENKO Volodymyr				調整		11G652 浦川
NE7A	12G031 鈴木 昭夫	11G609 後藤 弘匡	12G031 鈴木 昭夫				
NW2A	調整	12G770 水沢 多鶴子	調整		12G623 大柳 宏之		
NW10A	11G575 吉	12Y013 園須 正洋	12G660 朝倉 清高		12G701 若本 正和	11G183 中井 泉	
NW12A	11G584	12G648 渡邊 浩	12G 11G183	12G209 So	12Y0 11G071	12G 12G576	12G544 Hyun KJ
NW14A					11G632 一柳 光平		
SPF	12G768 和田 健				12-IMSS-1 兵頭 俊夫		

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	2/18	2/19	2/20	2/21	2/22	2/23	2/24
	E	E	B	E	E	E	E
1A	12G 12G721 池	12G 12G180 藤	12G 12G584 池	12G 11G029	11G583 Hye-Yeon	12R 11G043 C	12R-78 松村 浩司
2A/2B	11G189	11G512 柳下 明					
3A	11G532 若林	11G691 中村 智樹			11G062 和達 大樹		
3B		11G026 櫻井 岳暁					
3C		12G698 渡辺 紀生		12G046 平野 馨一			
4A	12G169 江崎 幸浩	12P109 松浦 晃洋		12P112 伊藤 彰英	12C212 飯田 厚夫		
4B2	12G734 米持	11G683 西村 真一			11G015 井田 隆		
4C		11G064 葛藤 敬久					
5A	11G 11G595 湯	12G570 池	12G 11G010 日	12Y0 12G058 廣川 博	12G442 池	12G 11G076 井	12R
6A	12G166 上野 聡	12G686 竹下 宏樹	12G028 川口 大樹	調整	11G569 渡辺 賢	11G002 竹森 重	12G153 11G053 Timchen
6C	12G661 寺井 智之	12G757 林 好一			11G530 細川 伸也		
7A	11G621 遠藤	12C217 雨宮 健太	11G657	12G174 早川 鉄一郎			
7C	11G146 岩本	11G246 柿本 健一		調整	11G668 12G588 香山 啓昌	11G666	
8A		10S2-004 中尾 朋子					
8B	12G010 大塚 幸樹	12G552 秋津 貴城		11G643 小林 賢介			
9A	11G537 田淵 雅夫	12R-63 12Y031	調整	12G003 辻良太郎	12G145 佐倉 明子	12G111 高橋 英夫	
9C	12C211 伊藤 健二	12G696 山口 周		11G116 阿部 仁	11G047 Kaustubh PRIOL		
10A	12G592 永高	12G109 吉朝 朗		12G024 興野 純			
10C	12G176 野島 篤史	11G597 12G735	11G136 杉山 正明	調整	11G633 大越 研人	12G041 野島 修一	11G098 渡邊 康
11A	12G	12C211 伊藤 健二					
11B	11G6 12G117 奥田 浩司		12G714 奥田 浩司				
11D	11G072 奥平 幸司		11G013 間瀬 一彦				
12C	11G200 八木 一三	12R-63 12Y002	12Y013 園須 正洋	12V002	12G537 Hong HE		
13A/13B	12S2-006 吉	12C211 12S2-00 調整	12S2-00 11G677	12S2-006 吉信 淳	12G670 小澤 健一		
14A	11G549 野田 幸男		12G692 坂倉 輝俊				
14B	12G170 張 小威		12G551 秋本 晃一				
14C	12G044 武田 徹	12G148 竹谷 敏		12I001 佐野 健一	12G549 中納言 亮	12I006 小平 法英	12C211 伊藤 健二
15B1/15B2	12G504 小泉 晴比古		11G073 橋 勝				
15C	12G551 秋本	12G606 深町 共榮					
16A		10S2-001 雨宮 健太		11G678 志岐 成友			
17A	12G 12G691 湯	12Y0 12Y007 渡邊	11G 12G132 池	11G542 12G 12G502 池	12G 11G669 井	11G 12G066 池	
18A							
18B	12-IB-017 Kaustubh PRIOLKAR		12-IB-019 HAZRA Satyajit				
18C	12G679 余 子	12G509 平井 寿子					
19A/19B	12G136 松田 巖		11G126 中村 仁				
20A	12G089 小田切 丈						
20B	P5824 Barry		P5893 Christopher CHANTLER				
27A	12G553 馬場 祐治	12G741 園谷 志郎	調整	12G129 富田 雅典			
27B	11G641 中村 正博	12G084 岡本 芳博	11G111 永井 美之	調整	12G599 横谷 明德	12G746 前澤 博	11G572 鈴木 雅雄
28A/28B	12G771 Donglai FENG		12V002	12S2-001 高橋 隆			
	E	E	B	E	E	E	E
NE1A		12G123 近藤 忠			調整	12G082 小林 寿夫	
NE3A	11G5 12Y001 天野 靖士				12Y0 12Y005	11G0 12R-78 日	12G189 Kwang
NE5C	11G652 浦川 啓				12G015 浜谷 望		
NE7A	12G031 鈴木 昭夫	11G609 後藤 弘匡	12G699 松下 昌之助		12G695 兵藤 一行		
NW2A	12G623 大柳	調整	12G094 朝倉 清高				
NW10A	12G666 平澤 隆	12U008 佐藤 篤志	12Y014 渡松 浩	12G601 前倉 博行	12G537 Hong HE	12G644 朝倉 清高	
NW12A	12G 11G012	11G658 三好 敏幸	12R-75 日	12Y0 12Y006	11G0 11G584	12G0 12G676	12G061 Soo Hy
NW14A	12PF-26 張 小威	12G520 岡 俊彦			11G608 佐々木 裕次		
SPF	10S2-003 長嶋 泰之						

## PF ニュースよりからのお知らせ

平成 24 年度からの PF-UA の発足に伴い、Vol. 30 No. 1 からは PF ニュースはウェブが主体となり、PF-UA 会員への冊子の発送は行わないこととなっています。内容につきましては、今まで通り、「施設だより」や「現状」、「最近の研究から」、「研究会等の開催・参加報告」等を掲載していきますので、どうぞウェブ版となりましても、引き続きご愛読の程、宜しくお願い致します。

発行の間隔は現状のまま年 4 回（5 月、8 月、11 月、2 月）となり、希望者には、掲載時にメールで掲載をお知らせいたしますので、どうぞ登録下さい。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 メールマガが配信され、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 ニュースではウェブ主体を受けて、昨年ウェブページをリニューアル致しました。どうぞ、是非ご活用下さい。誌面は白黒印刷となりますが、ウェブ版ではオリジナル原稿を掲載しておりますので、多くの原稿がカラーで掲載されています。

PF ニュース編集委員一同

### 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/>

## 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。

## 編集後記

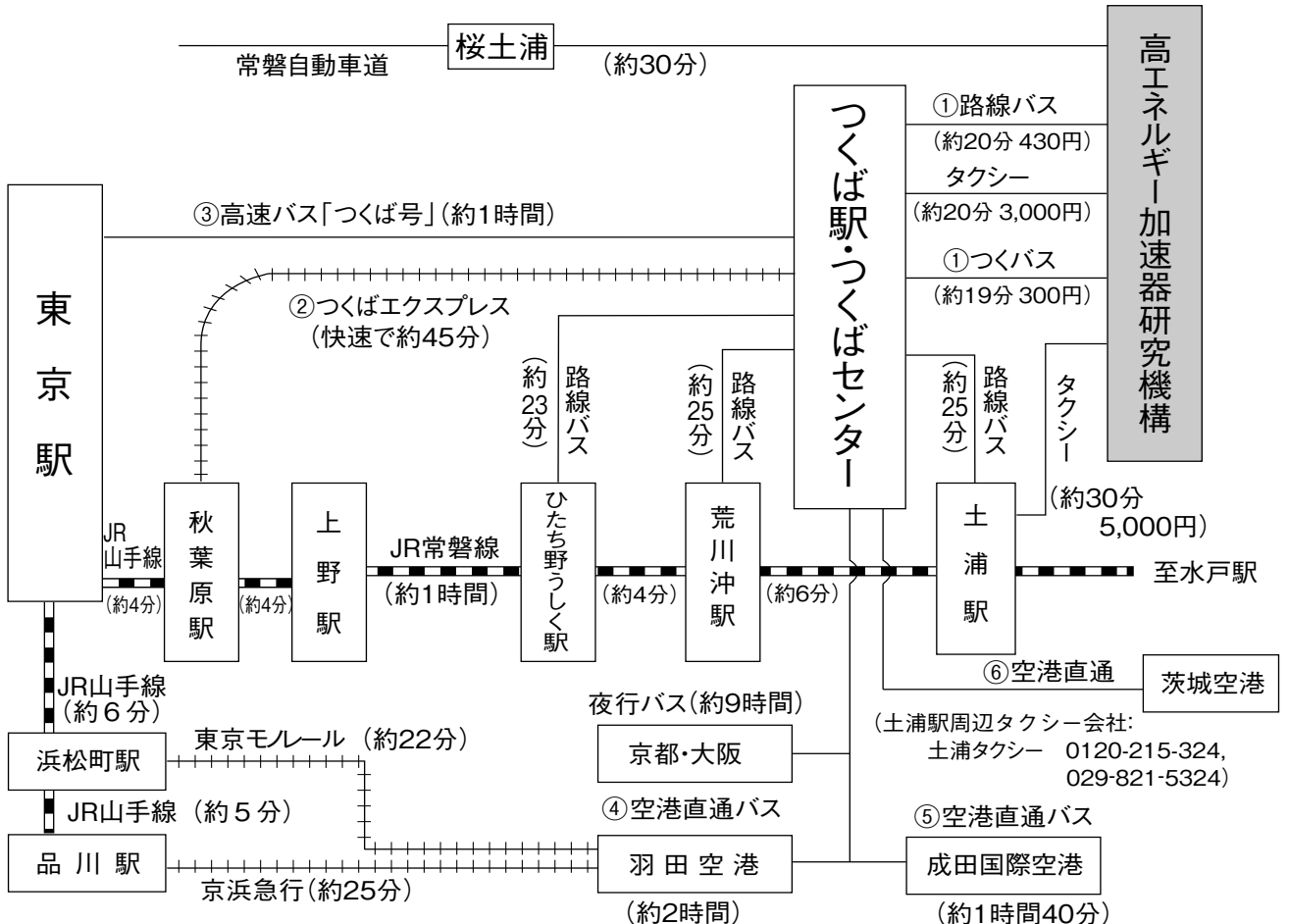
編集後記を書くにあたり、助手に就任した 14 年前に初めて PF に赴き実験を行ったことが思い起こされます。学生時代には利用経験もなく、当時右も左もわからぬ自分が、その時以来、研究の中心が PF 利用に傾きました。つくばや KEK 周辺も様変わりし、まだ TX もなく、つくバスも KEK 前では止まらなかったことが懐かしく思い出されます。KEK へ訪れるにも随分と楽になったと感じております。ビームライン整備刷新・再編成が進み、スタッフも充実され利用者にとって大変よい環境になったと感じるとともに、改めて PF スタッフに支えられていることを実感しております。

編集委員として強制的？に専門以外の研究や活動の記事に目を通すことが増えました。各ビームラインの情報を知る機会にもなり、また様々な研究分野に触れることにもなり、刺激を受けたことは言うまでもありません。今では実験の合間に隅々までじっくり読んでいます。今後も貴重な情報提供の場となるよう微力を尽くしたいと思います。(K.Y.)

## \*平成 25 年度 PF ニュース編集委員\*

委員長	岡林 潤	東京大学スペクトル化学研究センター			
副委員長	阿部 仁	物質構造科学研究所			
委員	足立 純一	物質構造科学研究所	安達 成彦	物質構造科学研究所	
	宇佐美徳子	物質構造科学研究所	小野 寛太	物質構造科学研究所	
	帯名 崇	加速器研究施設	杉山 弘	物質構造科学研究所	
	田中 万也	広島大学サステナブル・ ディベロップメント実践研究センター	千葉 文野	慶應義塾大学理工学部	
	辻 淳一	(株) 東レリサーチセンター	長江 雅倫	理化学研究所基幹研究所	
	原田 雅史	奈良女子大学生生活環境学部	深谷 有喜	日本原子力研究開発機構	
	山崎 裕一	物質構造科学研究所	山本 勝宏	名古屋工業大学大学院工学研究科	
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：2013. 4. 20)

### ①つくばセンター ↔ KEK (2013年3月15日改正)

関東鉄道バス 所要時間 約20分 運賃 430円 (KEK—土浦駅間の料金は760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	HB	10:25	10:43	HB	14:25	14:43	C8	× 18:30	× 18:45
C8	× 7:22	× 7:37	71	× 10:30	× 10:49	HB	14:55	15:13	HB	18:55	19:13
HB	7:30	7:48	C8	10:55	11:10	71	15:00	15:19	71	× 19:05	× 19:24
C8	× 7:50	× 8:05	HB	10:55	11:13	HB	15:25	15:43	HB	19:25	19:43
HB	7:55	8:13	71	11:00	11:19	HB	15:55	16:13	71	○ 19:30	○ 19:49
18	8:10	8:32	HB	11:25	11:43	C8	16:25	16:40	71	× 19:45	× 20:04
HB	8:30	8:48	HB	11:55	12:13	HB	16:25	16:43	HB	19:55	20:13
71	8:45	9:04	71	12:00	12:19	71	16:35	16:54	C8	× 20:05	× 20:20
HB	8:55	9:13	HB	12:25	12:43	HB	16:55	17:13	HB	20:25	20:43
71	9:07	9:26	HB	12:55	13:13	C8	× 17:00	× 17:15	HB	20:55	21:13
HB	9:20	9:38	C8	○ 13:20	○ 13:35	HB	17:25	17:43	HB	21:25	21:43
C8	○ 9:35	○ 9:50	HB	13:25	13:43	71	17:30	17:49	HB	21:55	22:13
71	× 9:55	× 10:14	HB	13:55	14:13	C8	17:55	18:10	HB	22:20	22:38
C8A	× 10:00	× 10:15	C8	× 14:00	× 14:15	HB	17:55	18:13			
HB	10:00	10:18	71	14:00	14:19	HB	18:25	18:43			

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	6:20	6:43	71	10:18	10:40	71	14:28	14:50	HA	18:15	18:38
71	×6:28	×6:50	C8	○10:25	○10:45	HA	14:45	15:08	71	○18:28	○18:50
HA	6:50	7:13	HA	10:45	11:08	C8	×14:50	×15:10	18	○18:45	○19:05
HA	7:15	7:38	C8	×10:55	×11:19	HA	15:15	15:38	HA	18:45	19:08
71	7:28	7:50	HA	11:15	11:38	71	15:28	15:50	C8	×18:45	×19:15
HA	7:45	8:08	71	11:28	11:50	HA	15:45	16:08	HA	19:15	19:38
HA	8:10	8:33	HA	11:45	12:08	HA	16:10	16:33	71	×19:18	×19:40
71	8:28	8:50	C8	11:50	12:10	HA	16:35	16:58	C8	×19:30	×19:50
HA	8:45	9:08	HA	12:15	12:38	71	16:58	17:20	HA	19:45	20:08
C8	×8:50	×9:14	HA	12:45	13:08	HA	17:10	17:33	HA	20:10	20:33
C8	○9:05	○9:25	HA	13:15	13:38	C8	○17:20	○17:40	HA	20:35	20:58
HA	9:20	9:43	71	13:23	13:45	C8	×17:20	×17:45	18	×20:50	×21:10
C8	×9:25	×9:49	HA	13:45	14:08	HA	17:40	18:03	HA	21:10	21:33
HA	9:45	10:08	HA	14:15	14:38	C8	×17:50	×18:15	HA	21:40	22:03
HA	10:15	10:38	C8	○14:20	○14:40	71	×17:58	×18:20			

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

(2012年10月15日改定)

所要時間 つくば駅-秋葉原駅(快速)約45分 [1,150円]

普通回数券(11枚綴り), 昼間回数券(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
*5:30	6:27	10:15	11:08	○20:00	20:46
*5:45	6:43	○10:30	11:15	20:10	21:03
○6:05	6:50	10:45	11:38	20:20	21:13
6:18	7:11	(10時~16時まで同じ)		○20:30	21:16
6:30	7:23	○17:00	17:45	20:40	21:33
6:46	7:38	17:10	18:03	20:50	21:43
○7:00	7:45	17:20	18:13	○21:00	21:46
7:12	8:05	○17:30	18:16	21:12	22:05
7:24	8:19	17:40	18:33	21:23	22:16
○7:37	8:22	17:50	18:43	21:36	22:29
7:46	8:40	△18:00	18:49	21:48	22:41
8:02	8:57	18:10	19:03	○22:01	22:47
○8:11	8:59	18:20	19:13	22:15	23:07
8:18	9:14	△18:30	19:19	22:30	23:23
○8:30	9:17	18:40	19:33	22:45	23:38
8:41	9:37	18:50	19:43	○23:00	23:45
8:56	9:50	△19:00	19:49	23:15	0:08
○9:09	9:54	19:10	20:03	*23:30	0:28
9:17	10:10	19:20	20:13	*23:45	0:43
○9:30	10:16	△19:30	20:19		
9:45	10:38	19:40	20:33		
○10:00	10:45	19:50	20:43		

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
5:07	5:59	○9:24	10:10	○17:18	18:03	21:26	22:19
○5:28	6:13	9:31	10:25	17:20	18:13	21:41	22:34
5:32	6:24	○9:55	10:40	17:32	18:25	21:57	22:50
5:51	6:43	10:00	10:53	○17:49	18:34	22:13	23:06
6:12	7:05	○10:25	11:10	17:51	18:44	*22:27	23:25
6:32	7:26	10:30	11:23	18:01	18:54	22:40	23:33
6:40	7:33	○10:55	11:40	○18:20	19:06	22:56	23:49
△6:52	7:43	11:00	11:53	18:23	19:15	*23:14	0:11
6:56	7:51	○11:25	12:10	18:32	19:25		
7:04	7:59	11:30	12:23	○18:50	19:36		
7:11	8:07	○11:55	12:40	18:53	19:46		
△7:24	8:16	12:00	12:53	19:02	19:54		
7:27	8:23	○12:25	13:10	○19:20	20:06		
7:35	8:30	12:30	13:23	19:23	20:16		
7:43	8:38	○12:55	13:40	○19:50	20:36		
△7:53	8:46	(12時~15時まで同じ)		19:53	20:46		
7:57	8:52	16:00	16:53	○20:18	21:03		
8:12	9:05	○16:27	17:12	20:24	21:17		
△8:25	9:14	16:31	17:24	20:38	21:31		
8:31	9:24	16:42	17:35	20:51	21:44		
8:47	9:40	16:52	17:45	○21:08	21:53		
9:01	9:54	17:01	17:54	21:11	22:03		

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
*5:30	6:27	9:45	10:38	○20:00	20:45
*5:45	6:42	○10:00	10:45	20:15	21:09
○6:05	6:50	10:15	11:08	○20:30	21:15
6:18	7:11	○10:30	11:15	20:45	21:39
6:31	7:24	10:45	11:38	○21:00	21:45
6:43	7:35	(10時~16時まで同じ)		21:11	22:04
○7:00	7:45	○17:00	17:45	21:24	22:17
7:12	8:05	17:15	18:09	21:36	22:29
○7:24	8:09	○17:30	18:15	21:48	22:41
7:35	8:27	17:45	18:39	○22:03	22:48
7:48	8:41	○18:00	18:45	22:15	23:08
○8:00	8:45	18:15	19:09	22:30	23:23
8:20	9:12	○18:30	19:15	22:45	23:38
○8:30	9:15	18:45	19:39	○23:00	23:45
8:50	9:42	○19:00	19:45	23:15	0:08
○9:00	9:45	19:15	20:09	*23:30	0:28
9:19	10:12	○19:30	20:15	*23:45	0:43
○9:30	10:15	19:45	20:39		

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
5:07	5:59	○7:58	8:43	10:29	11:22	21:00	21:53
○5:28	6:13	8:02	8:54	○10:55	11:40	○21:28	22:13
5:32	6:24	○8:28	9:13	11:02	11:54	21:40	22:33
5:51	6:43	8:32	9:25	○11:25	12:10	21:56	22:49
6:13	7:06	8:47	9:39	11:30	12:23	22:15	23:08
6:33	7:26	○9:10	9:55	○11:55	12:40	*22:27	23:25
○6:57	7:42	9:17	10:10	12:00	12:53	22:40	23:33
7:01	7:53	9:31	10:24	○12:25	13:10	22:56	23:49
○7:28	8:13	○9:54	10:39	12:30	13:23	*23:14	0:11
7:31	8:23	10:01	10:54	○12:55	13:40		
7:41	8:34	○10:25	11:10	(12時~20時まで同じ)			

○: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]

(2011年6月1日改正)

運賃 東京駅 ↔ つくばセンター (← 筑波大学) : 1150円 (3枚綴り回数券3100円, 上り専用3枚綴りで1900円)  
 @ミッドナイトつくば号 東京駅 → 筑波大学 : 2000円 (回数券は使用不可)  
 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 @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

※ 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 (新宿駅新南口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: 1,800円 (2010年10月21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
8:20	8:30	8:35	10:20
9:20	9:30	9:35	11:20
10:20	10:30	10:35	12:20
11:45	11:55	11:35	13:45
12:45	12:55	12:00	14:45
14:45	14:55	15:00	16:45
15:45	15:55	16:00	17:45
16:45	16:55	17:00	18:45
17:45	17:55	18:00	19:45
19:20	19:30	19:35	21:00
20:45	20:55	21:00	22:15
21:45	21:55	22:00	23:15

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
5:30	7:07	7:12	7:19
6:40	8:37	8:42	8:49
8:00	9:57	10:02	10:09
9:30	11:27	11:32	11:39
11:00	12:57	13:02	13:09
12:30	14:07	14:12	14:19
14:00	15:37	15:42	15:49
15:00	16:37	16:42	16:49
16:00	17:37	17:42	17:49
17:15	18:52	18:57	19:04
18:15	19:42	19:47	19:54

※ 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、並木二丁目、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)

(2008年11月20日改定)

所要時間: 約1時間40分 運賃: 2,540円

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: 029-852-5666 (月~土: 8:30~19:00 日祝日 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2ターミナル	第1ターミナル	つくばセンター
7:40	7:45	9:20
9:05	9:10	10:45
10:35	10:40	12:15
12:50	12:55	14:30
14:30	14:35	16:10
16:15	16:20	17:55
17:20	17:25	19:00
18:45	18:50	20:25
20:10	20:15	21:50

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

※ 平日日祝日とも上記時刻表

#### 茨城空港 ↔ つくばセンター

(2013年3月31日改定)

所要時間: 約1時間 運賃: 1,000円 問い合わせ 029-836-1145 (関東鉄道)

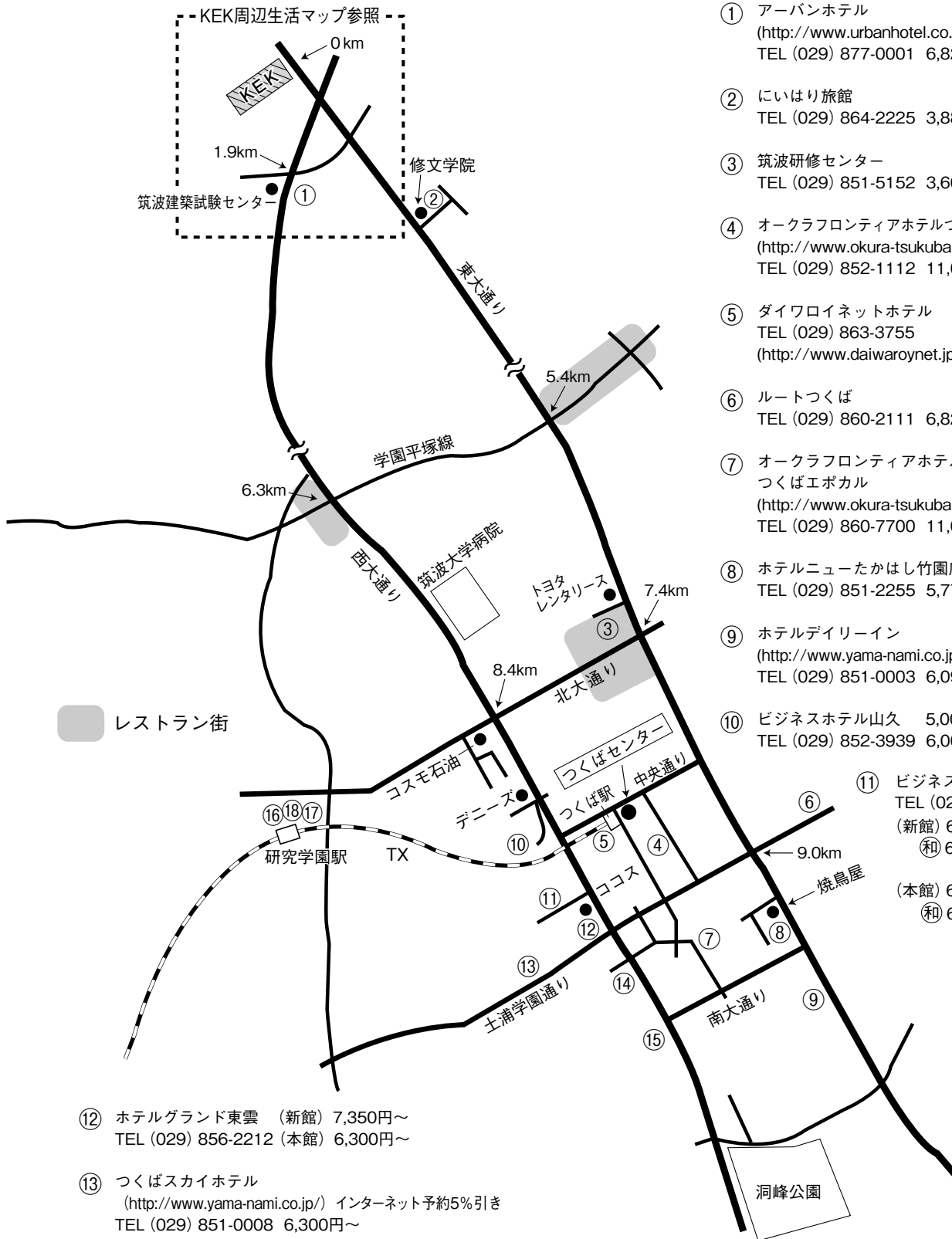
11:20	12:20
18:00	19:00

9:00	10:00
15:30	16:30

※ 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：2013. 4. 20) ※ 料金は全て税込。



- 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/index2.html>)  
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/index2.html>)  
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

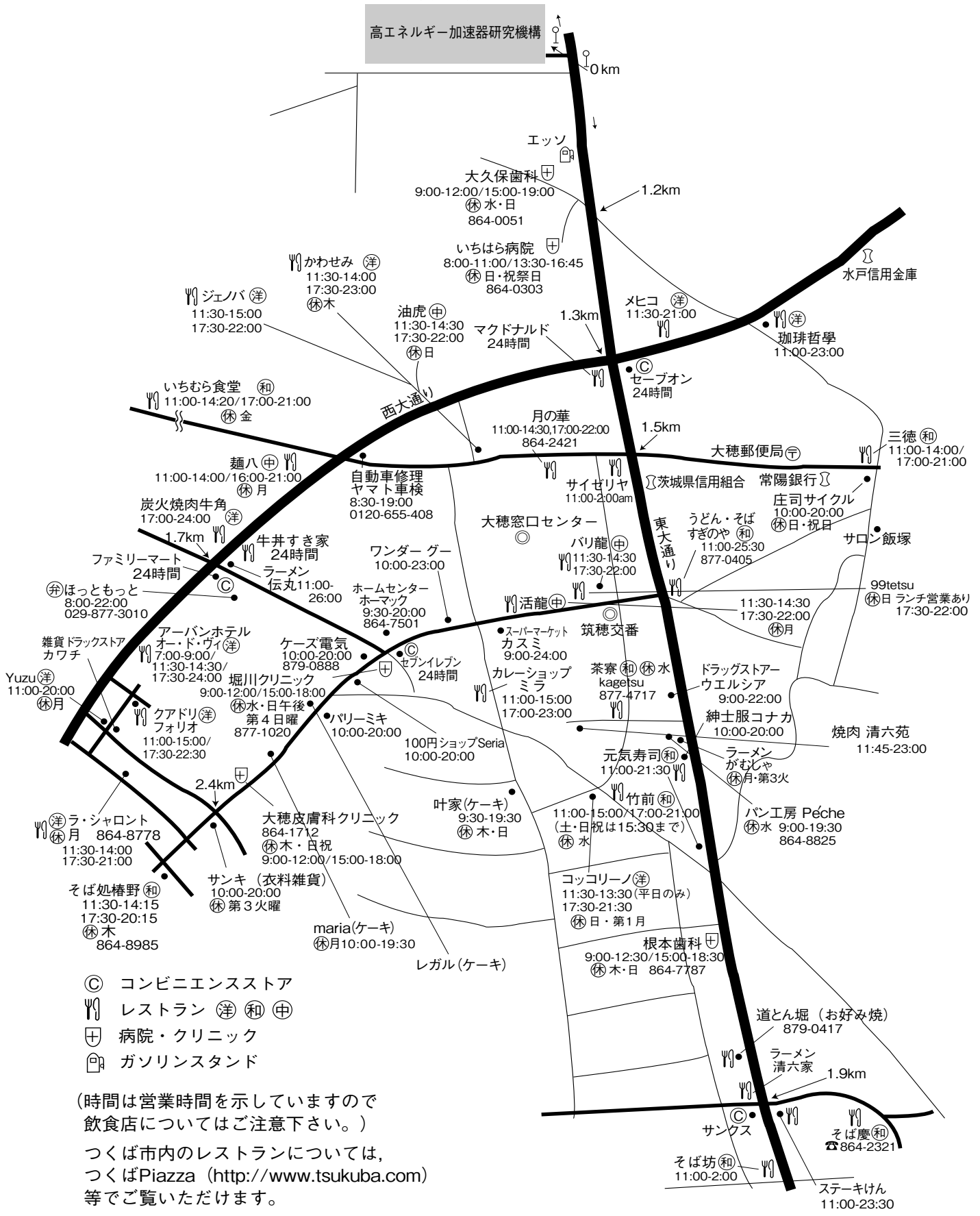
# KEK 周辺生活マップ

(確認日: 2013. 4. 20)

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



- ◎ 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。各施設の場所は後出の「高エネルギー加速器研究機構平面図」をご参照下さい。

### ●共同利用宿泊者施設（ドミトリー）

（管理人室 TEL/FAX:029-864-5574 PHS:2929）

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、管理人による現金での領収も可能です。

### ●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、12/28～1/4、蔵書点検日  
機構発行のIDカードがあれば開室時間以外でも入館可能。詳しくは下記URLをご覧ください。

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

### ●健康相談室（医務室）（内線 5600）

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

場 所 先端計測実験棟

開室時間 8:30～17:00（月曜日～金曜日）

### ●食 堂（内線 2986）

営 業 月～金 ただし祝日及び年末年始は休業

昼食 11:30～13:30 夕食 17:30～19:00

### ●レストラン（内線 2987）

営 業 月～金 ただし祝日及び年末年始は休業

昼食 12:00～14:00（ラストオーダー13:40）

### ●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：7時30分～21時00分（土・休は8:00～）

（朝食）7時30分～9時30分

（昼食）11時30分～13時30分

（夕食）17時30分～21時00分

上記以外は喫茶での営業

（※清掃作業のため10時～11時は入店出来ません。）

### ●売 店（内線3907）

弁当、パン、食料品、菓子類、日用品、タバコ、お酒、雑誌、切手等、素粒子グッズの販売、クリーニング、DPE、宅配便の取次ぎ。

営 業 月～金 9:00～19:00

### ●宅配便情報

① PF に宅配便で荷物を送る場合には、下記宛先情報を宅配便伝票に必ず記載する。

【PF への荷物の宛先】 PF 事務室気付 BL-○○○（ステーション名）+受取者名

【PF-AR への荷物の宛先】 PF 事務室気付 PF-AR 共同研究棟 N○○○（ステーション名）+受取者名  
以下の情報を [shipping@pfqst.kek.jp](mailto:shipping@pfqst.kek.jp) 宛てに送る。

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、7. 荷物の個数、8. ステーション名およびビームタイム

② PF-AR 地区宅配便荷物置場の移動について

2010年9月24日より、宅配便荷物置場が従来使用してきたPF-AR南コンテナハウスから、PF-AR共同研究棟に移動しました。PF棟入口は平日8:30～18:00以外は自動施錠されますが、ユーザーカードによる解錠は可能です。

### ●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。

### ●常陽銀行ATM

取扱時間：9:00～18:00（平日） 9:00～17:00（土）

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

### ●郵便ポスト（計算機棟正面玄関前）

収集時間：10:30（平日・土曜）、10:00（休日）

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

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

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

## ビームライン担当一覧表 (2013. 5. 1)

ビームライン ステーション	形態	光源 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)	BL担当者 担当者	担当者 (所外)
<b>BL-1</b>		<b>U</b>	<b>松垣</b>	
BL-1A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣	
<b>BL-2</b>		<b>U</b>	<b>雨宮</b>	
BL-2A	○	固体表面・界面光電子分光実験ステーション(仮)	雨宮	
BL-2B	○	機能性材料解析ステーション (仮)	雨宮	
<b>BL-3</b>		<b>U (A) / B M (B, C)</b>	<b>中尾</b>	
BL-3A	●	六軸X線回折計/二軸磁場中X線回折実験ステーション	中尾	
BL-3B	☆●	VUV 24m球面回折格子分光器 (SGM)	柳下	加藤 (弘前大)
BL-3C	●	X線光学素子評価/白色磁気回折ステーション	平野	
<b>BL-4</b>		<b>B M</b>	<b>中尾</b>	
BL-4A	●	蛍光X線分析/マイクロビーム分析	飯田	
BL-4B2	●★	多連装粉末X線回折装置	中尾	井田 (名工大)
BL-4C	●	六軸X線回折計用実験ステーション	山崎	
<b>BL-5</b>		<b>M P W</b>	<b>Chavas</b>	
BL-5A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	Chavas	
<b>BL-6</b>		<b>B M</b>	<b>五十嵐</b>	
BL-6A	●	X線小角散乱ステーション	五十嵐	
BL-6C	●★	X線回折/散乱実験ステーション	河田	佐々木 (東工大)
<b>BL-7</b>		<b>B M</b>	<b>雨宮 (岡林: 東大)</b>	
BL-7A	◇●	軟X線分光 (XAFS, XPS) ステーション (東大・スペクトル)	雨宮	岡林 (東大)
BL-7C	●	汎用X線ステーション	杉山	
<b>BL-8</b>		<b>B M</b>	<b>熊井</b>	
BL-8A	●	多目的極限条件下ワンセンベルグカメラ	熊井	
BL-8B	●	多目的極限条件下ワンセンベルグカメラ	熊井	
<b>BL-9</b>		<b>B M</b>	<b>阿部</b>	
BL-9A	●	XAFS実験ステーション	阿部	
BL-9C	●	XAFS実験ステーション	阿部	
<b>BL-10</b>		<b>B M</b>	<b>五十嵐</b>	
BL-10A	●★	垂直型四軸X線回折装置	山崎	吉朝 (熊本大)
BL-10C	●	溶液用小角散乱実験ステーション(酵素回折計)	清水	
<b>BL-11</b>		<b>B M</b>	<b>北島</b>	
BL-11A	●	軟X線斜入射回折格子分光器	北島	
BL-11B	●	軟X線2結晶分光ステーション	北島	
BL-11D	●	軟X線光学素子評価装置用ステーション	間瀬	
<b>BL-12</b>		<b>B M</b>	<b>仁谷</b>	
BL-12C	●	XAFS実験ステーション	仁谷	
<b>BL-13</b>		<b>U</b>	<b>間瀬</b>	
BL-13A/B	●	表面化学研究用真空紫外軟X線分光ステーション	間瀬	
<b>BL-14</b>		<b>V W</b>	<b>岸本</b>	
BL-14A	●	単結晶構造解析・検出器開発ステーション	岸本	
BL-14B	●	精密X線回折実験ステーション	平野	
BL-14C	●	X線イメージングおよび汎用X線実験ステーション	兵藤	
<b>BL-15</b>		<b>U</b>	<b>五十嵐</b>	
BL-15A1	○	セミマイクロビーム XAFS 実験ステーション	仁谷	
BL-15A2	○	高輝度X線小角散乱実験ステーション	清水	

<b>BL-16</b>		<b>U</b>	<b>雨宮</b>
BL-16A	●	可変偏光軟X線分光ステーション	雨宮
<b>BL-17</b>		<b>U</b>	<b>山田</b>
BL-17A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	山田
<b>BL-18</b>		<b>B M</b>	<b>柳下 (矢治 : 東大物性研)</b>
BL-18A	◇●	表面・界面光電子分光実験ステーション	柳下 矢治 (東大物性研)
BL-18B(インド・DST)	◇○	Multipurpose Monochromatic Hard X-ray Station	熊井 VELAGA, Srihari (DST)
BL-18C	●★	超高压下粉末X線回折計	亀卦川 中野 (物材機構)
<b>BL-19 (東大・物性研)</b>		<b>U</b>	<b>柳下 (矢治 : 東大物性研)</b>
BL-19A	◇●	スピン偏極光電子分光実験ステーション	柳下 矢治 (東大物性研)
<b>BL-20</b>		<b>B M</b>	<b>足立 (純)</b>
BL-20A	☆●	3 m直入射型分光器	足立 (純) 河内 (東工大)
BL-20B	○	白色・単色 X線トポグラフィ/X線回折実験ステーション	杉山
<b>BL-27</b>		<b>B M</b>	<b>宇佐美</b>
BL-27A	●	放射性試料用軟X線実験ステーション	宇佐美
BL-27B	●	放射性試料用X線実験ステーション	宇佐美
<b>BL-28</b>		<b>H U</b>	<b>小野</b>
BL-28A/B	●	可変偏光 VUV・SX 不等間隔平面回折格子分光器 高分解能角度分解光電子分光実験ステーション	小野
<b>PF-AR</b>			
<b>AR-NE1</b>		<b>E M P W</b>	<b>亀卦川</b>
AR-NE1A	●	レーザー加熱超高压実験ステーション	亀卦川
<b>AR-NE3</b>		<b>U</b>	<b>山田</b>
AR-NE3A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	山田
<b>AR-NE5</b>		<b>B M</b>	<b>亀卦川</b>
AR-NE5C	●	高温高压実験ステーション /MAX80	亀卦川
<b>AR-NE7</b>		<b>B M</b>	<b>兵藤</b>
AR-NE7A	●	X線イメージングおよび高温高压実験ステーション	兵藤
<b>AR-NW2</b>		<b>U</b>	<b>阿部</b>
AR-NW2A	●	時分割 XAFS 及び時分割X線回折実験ステーション	阿部
<b>AR-NW10</b>		<b>B M</b>	<b>仁谷</b>
AR-NW10A	●	XAFS 実験ステーション	仁谷
<b>AR-NW12</b>		<b>U</b>	<b>Chavas</b>
AR-NW12A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	Chavas
<b>AR-NW14</b>		<b>U</b>	<b>野澤</b>
AR-NW14A	●	時間分解 X線回折実験ステーション	野澤
<b>低速陽電子</b>			
SPF-A3	○	全反射陽電子回折装置	兵頭
SPF-B1	●	低速陽電子ビーム汎用ステーション	兵頭
SPF-B2	●	ポジトロニウム飛行時間測定装置	兵頭

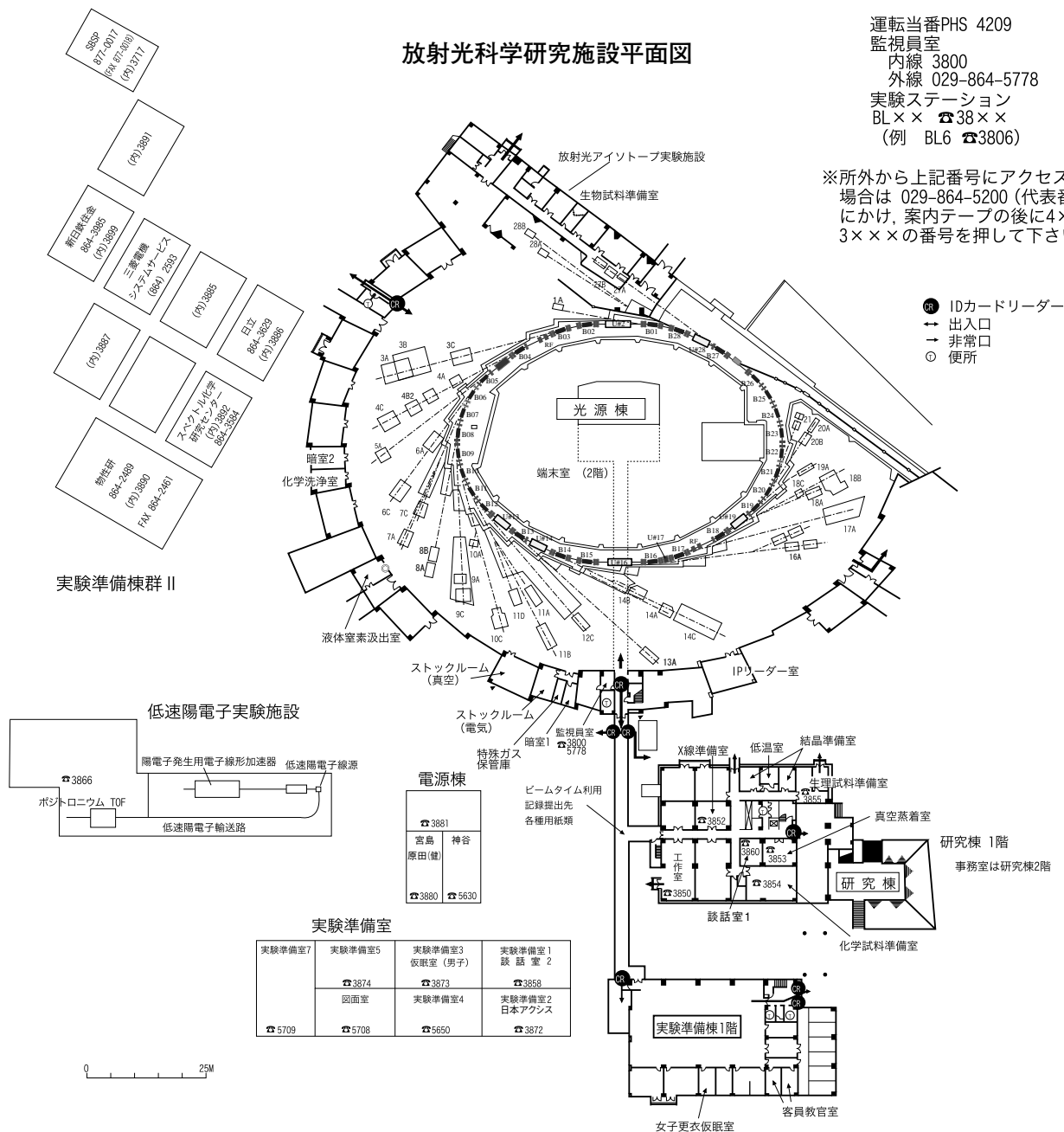
【所外ビームライン】 BL-7A 東大 RCS 岡林 jun@chem.s.u-tokyo.ac.jp  
BL-18A, 19A 物性研 矢治 029-864-2489 yaji@issp.u-tokyo.ac.jp  
BL-18B インド DST VELAGA, Srihari 029-864-6237 [2628] srihari.v@saha.ac.in

# 放射光科学研究施設平面図

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

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

- IDカードリーダー
- ↔ 出入口
- 非常口
- 便所



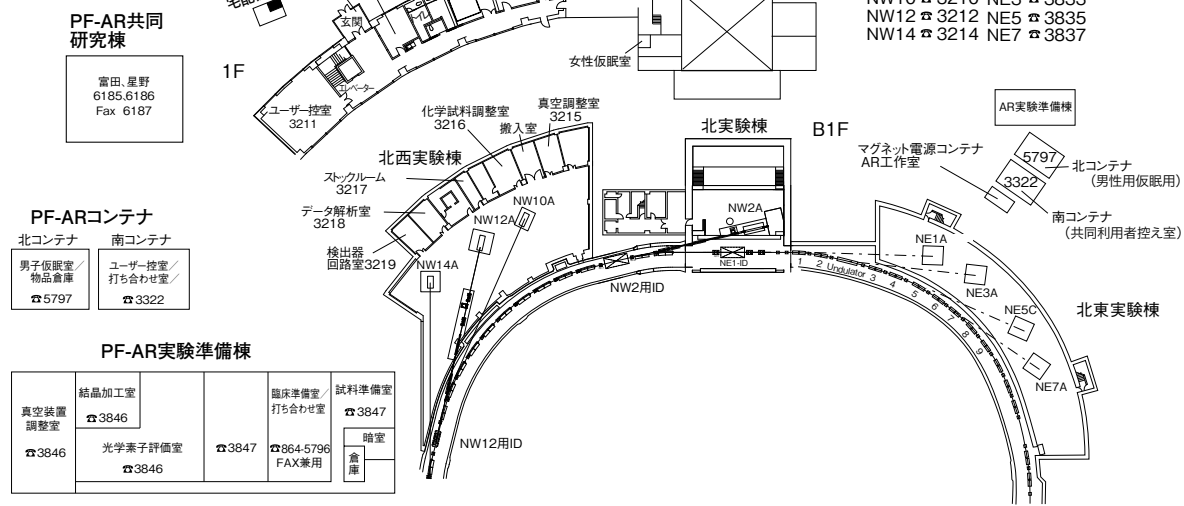
**実験準備室**

実験準備室7 ☎ 5709	実験準備室5 ☎ 5708	実験準備室3 仮眠室 (男子) ☎ 3874	実験準備室1 談話室 2 ☎ 3873	実験準備室4 ☎ 5650	実験準備室2 日本アクセス ☎ 3872
------------------	------------------	------------------------------	---------------------------	------------------	----------------------------

**電源棟**

☎ 3861	神谷
宮島	原田 (健)
☎ 3880	☎ 5630

## PF-AR平面図



**PF-AR共同研究棟**

富田, 星野  
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**

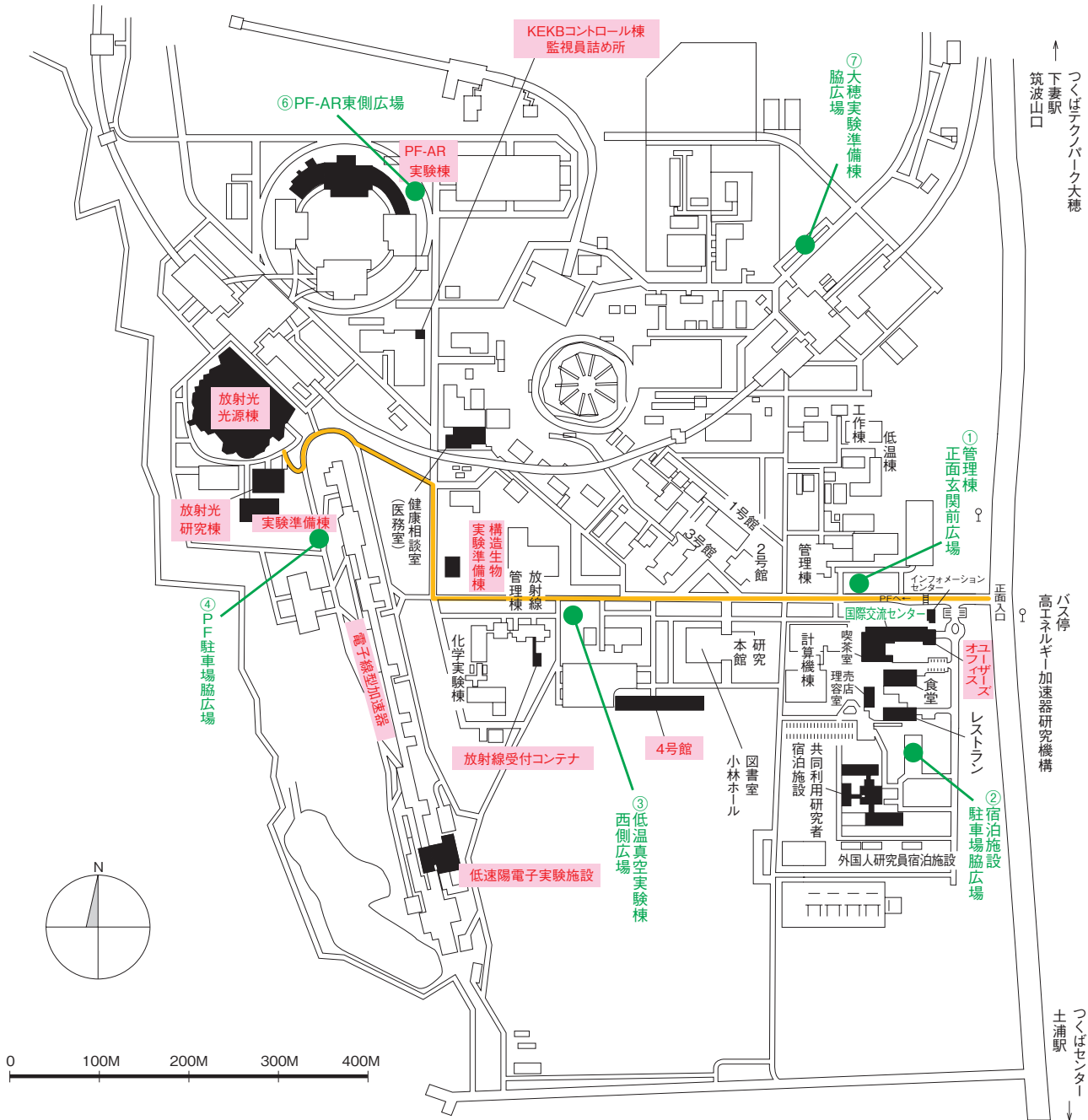
真空装置 調整室 ☎ 3846	結晶加工室 ☎ 3846	光学素子評価室 ☎ 3846	臨床準備室 打ち合わせ室 ☎ 3847	試料準備室 ☎ 3847
			☎ 864-5796 FAX兼用	暗室 倉庫

NW 2 ☎ 3324 NE1 ☎ 3831  
 NW10 ☎ 3210 NE3 ☎ 3833  
 NW12 ☎ 3212 NE5 ☎ 3835  
 NW14 ☎ 3214 NE7 ☎ 3837

**AR実験準備棟**  
 北コンテナ  
 ☎ 5797  
 ☎ 3322 (男性用仮眠室)  
 南コンテナ  
 (共同利用者控入室)

# 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(工事のため通行できない場合がありますので、ご注意下さい。)

● 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

