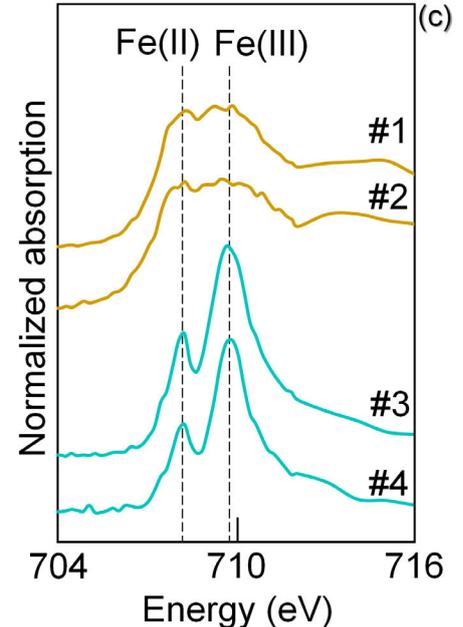
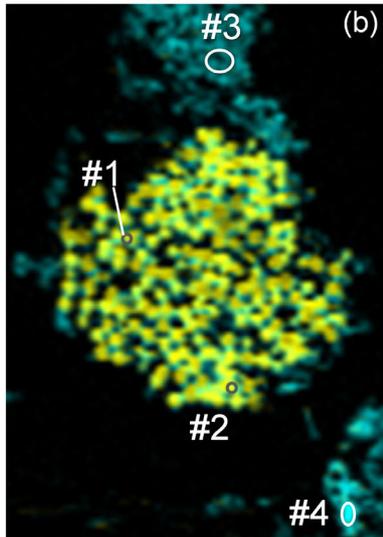
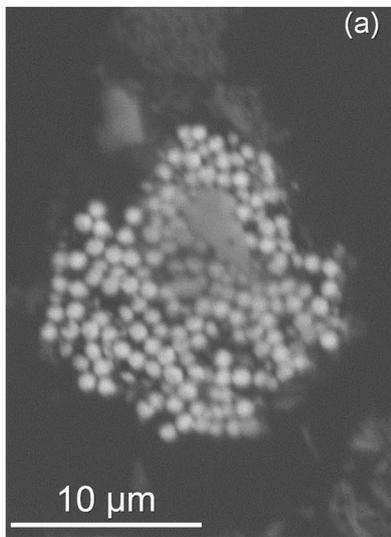
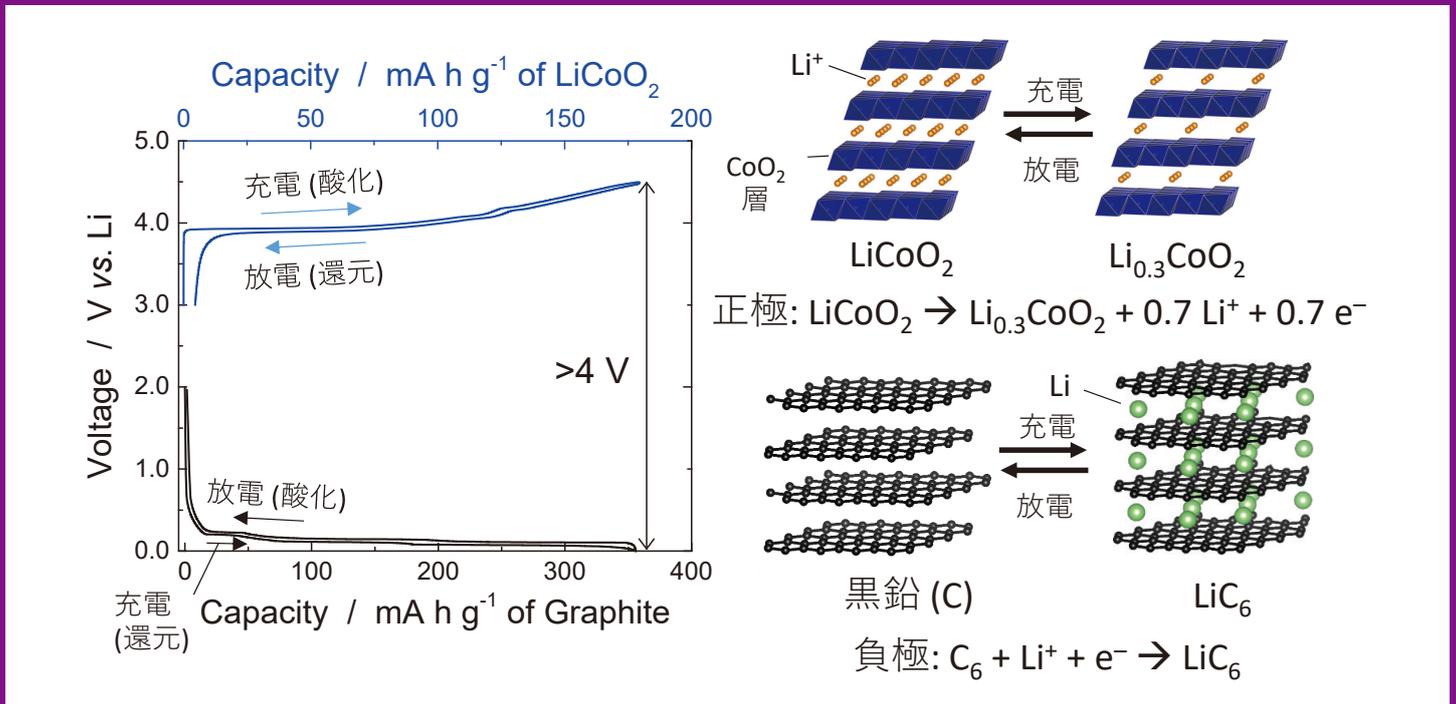


- リチウムイオン電池の発展の歴史と将来展望
- フランボイダルパイライトへのヒ素の集積



目 次

物構研つくばキャンパスだより	足立 伸一	1
現 状		
入射器の現状	古川 和朗	2
光源の現状	小林 幸則	4
放射光実験施設の現状	船守 展正	7
放射光科学第一, 第二研究系の現状	千田 俊哉	8
最近の研究から		
リチウムイオン電池の発展の歴史と将来展望 History of Development of Lithium-ion Batteries and Its Future Prospects	藪内 直明	9
フランボイダルパイライトへのヒ素の集積 Sequestration of Arsenic in Framboidal Pyrite	橋本 洋平, 小林 和樹, 菅 大暉, 武市 泰男, 高橋 嘉夫	15
プレスリリース		
グラフェン超伝導材料の原子配列解明に成功～薄くて柔らかい、原子スケールの2次元超伝導材料の開発に新たな道～		19
アルミでコンピュータメモリを省電力化する～アルミ酸化膜を用いた新しい不揮発メモリの動作メカニズムを解明～		19
電子スピンを自在に操ることができる積層材料の開発に成功 - 日常生活の情報化を支える超高記録密度・省エネ磁気メモリの実現に大きく前進 -		20
航空機用構造材料 (CFRP) の破壊はどこから始まるかー放射光 X 線顕微鏡を用いたナノレベル観察ー		20
筋ジストロフィー症に関わる糖鎖を合成する仕組みを解明		21
基板に吸着するだけで、100 兆個以上の分子の「形状」が一斉に変化ー世界初、有機半導体の電子状態を物理吸着で制御することに成功ー		21
研究会等の開催・参加報告		
PF 研究会「X 線分光理論の新展開：構造・電子状態解析から磁性研究まで」開催報告	畑田 圭介	22
PF 研究会「XAFS・X 線顕微鏡分光分析分野での IMSS, PF 戦略的利用に関する研究会」開催報告	田淵 雅夫	23
PF 研究会「量子ビームを活用した食品科学」開催報告	瀬戸 秀紀	24
ユーザーとスタッフの広場		
佐々木泰三先生を偲んで	宮原 恒豆	26
佐々木泰三先生を偲んで	小出 常晴	28
佐々木泰三先生追悼記事 (PFNews Vol. 30 No. 1 MAY 2012 より転載) 第 29 回 PF シンポジウム PF30 周年記念講演②	佐々木泰三	30
Paul Scherrer Institut 滞在記	上村 洋平	34
マサチューセッツ総合病院 (ハーバード大学関連病院) 滞在記	亀沢 知夏	35
防災・防火訓練が実施されました	松岡亜衣, 野澤 俊介	36
フォトンファクトリーの共同研究者 東工大 腰原伸也教授が第 39 回島津賞を受賞しました		37
小山篤氏が日本放射光学会功労報賞を受賞		37
望月出海氏が日本陽電子科学会 奨励賞を受賞		38
低速陽電子回折に関する論文が日本表面真空学会技術賞を受賞		38
PF トビックス一覧 (11 月～1 月)		38
PF-UA だより		
XAFS ユーザーグループ活動紹介	田淵 雅夫	40
X 線顕微分光分析ユーザーグループ紹介	高橋 嘉夫	41
令和元年度 PF-UA の集い 報告		42
人 事		
人事異動		43
お知らせ		
2019 年度量子ビームサイエンスフェスタ (第 11 回 MLF シンポジウム / 第 37 回 PF シンポジウム) 開催のお知らせ	野澤 俊介, 松浦 直人	44
PF 研究会「X 線干渉計と縦型ウィグラーを用いた超高感度画像計測の現状と将来展望」開催案内	米山 明男	46
つくばキャンパス宿泊施設使用料改定のお知らせ		47
2020 年度後期共同利用実験課題公募について		47
2020 年度後期フォトンファクトリー研究会の募集		47
予定一覧		48
運転スケジュール (April ~ July 2020)		49
掲示板		
PAC 速報	兵藤 一行, 宇佐美徳子	50
2020 年度前期放射光共同利用実験採択課題一覧 (G 型)		52
2019 年度後期からこれまでに採択された P 型課題		55
第 115 回物質構造科学研究所運営会議議事次第		55
物構研談話会・コロキウム		55
2019 年度第 2 期配分結果一覧		56
編集委員会だより		
「PF ニュース」からのお知らせ		60
投稿のお願い		60
巻末情報		61
表紙説明 (上図) LiCoO ₂ と黒鉛からなるリチウムイオン電池の充放電曲線と反応機構模式図 (「リチウムイオン電池の発展の歴史と将来展望」より) (下図) BL-19A の走査型透過 X 線顕微鏡 (STXM) で測定したフランボイダルパイライトへの酸化数の異なる鉄の分布 (「フランボイダルパイライトへのヒ素の集積」より)		

令和2年が始まりました。本年が、皆様にとって実り多い一年になりますよう、心より祈念いたします。

さて、昨年は元号が平成から令和へと代わり、時代の移り変わりを感じる年でもありました。PFに関連しては、PFの建設期と黎明期を先導された偉大な先輩方を相次いで失う年となりました。平成31年1月27日には、初代入射器系主幹の田中治郎先生がご逝去されました。また同年1月31日には、初代PF施設長の高良和武先生がご逝去されました。年号が代わって令和元年の9月20日には、初代測定器系主幹、2代目PF施設長の佐々木泰三先生がご逝去されました。謹んで3名の先生方のご冥福をお祈りいたします。

本号では、佐々木先生に縁の深い宮原恒昱先生、小出常晴先生から、佐々木先生を偲ぶ心のこもった追悼文を寄稿していただきました。ぜひご一読いただければと思います。佐々木先生のご功績は、原子分子科学、固体物性分野におけるパイオニア的な研究から、真空紫外・軟X線分光の計測技術開発、加速器施設の設計・建設・運営など極めて幅広いのですが、この「PFニュース」を開始するにあたって、大変重要な役割を果たされています。PFニュースの創刊号（1983年6月発行）には、初代測定器系主幹として、佐々木先生の挨拶文「フォトン・ファクトリー・ニュース創刊にあたって」が掲載されています。2012年に私が初めて放射光科学第二研究系の主幹として寄稿した「放射光科学第一・第二研究系の現状」でも触れさせていただいているのですが、この文章を改めて以下に引用させていただきます。

放射光実験施設（フォトン・ファクトリー）は昭和57年に運転を開始し、すでに多くの研究成果を生み出しつつあります。昭和58年度はいよいよ一般公開による共同利用実験を開始する運びとなり、一段と多くの研究者が実験のために来所される見込みです。このたび発刊されることになりました「Photon Factory News」は現在および将来のユーザーに、フォトン・ファクトリーでの放射光利用研究の実施、あるいは計画に役立つ情報を出来るだけ早くお届けしようとするものです。このニュースはとりあえず、来る6、7月の共同利用実験の開始を前に当面ユーザーにとって一番関心の深いことから、急いでお伝えする、というところから出発します。いずれ、入射器と光源の運転、測定器やビーム・ライン等の整備状況、共同利用の実務的な知識、研究、R&Dに関する情報等、内容を逐次充実していくと編集スタッフは張り切っています。PFからユーザーへの情報の流れとならんで、ユーザーからの意見、要望、提案等をお寄せいただければより充実したものになるでしょう。この点でユーザーの皆さんの積極的な参加、協力をお願いします。従来、PF懇談会の発行する「PF通信」

は、フォトン・ファクトリーの計画段階から建設の情報をユーザーに伝えるメディアとして貴重な貢献をしてきました。しかしPFが完成して活発で多彩な研究活動が展開しつつあるいま、伝達を求められる情報の量とスピードとが別の対応を私共にせまっています。ユーザーとPF所員とが協力して、情報の発生現場で編集作業をし、ユーザーの研究活動の実務的なお手伝いをするというのがPF Newsの主な役割であると私共は考えています。「PF通信」と「PFニュース」とが役割を分担して共存するか、どちらかに統一されるか、しばらく推移を見まもりたいと思います。このニュースの発行は58年3月下旬のX線関係のUser's Meetingでの討論にもとづいて具体化しました。関係各位の熱意と御尽力に心からお礼申し上げます。

昭和58年5月17日

昭和57年（1982年）に運転を開始し、最初の共同利用実験をまさに開始しようとしている昭和58年（1983年）の5月に書かれたこの文章は、PF黎明期の様子を伝えてくれる非常に貴重な資料です。共同利用実験の開始に向けて、熱気にあふれるユーザーとPFスタッフが、お互いのコミュニケーション・ツールとしてのPFニュースを創刊しようという心意気が、この佐々木先生の文章からひしひしと伝わってくると思います。

PFの共同利用開始からすでに約40年が経過し、大型施設や大学共同利用機関をめぐる様々な環境は大きく変わってきているのはご承知の通りです。現在のPFの限られたリソースの中で、PFとしてできること、優先してやるべきことは、着実に見直してゆく必要があります。一方で、月日が経っても変わらず重要なこと、例えば「将来につながる研究の芽を育てること」、「将来を担う人を育てること」は変わらず大切にしたいと、改めて感じます。ちなみにPFニュース創刊号における佐々木先生の文章で、「58年3月下旬のX線関係のUser's Meetingでの討論にもとづいて」のくだりについては、PFニュースのバックナンバーのPF30周年特集号（Vol.30, No.1）で、坂部知平先生、藤井保彦先生、宮原恒昱先生がその顛末を詳しく紹介されていますので、ご興味のある方はこちらもぜひご覧ください（http://pfwww.kek.jp/publications/pfnews/30_1/30_1.html）。

入射器の現状

加速器第五研究系研究主幹 古川和朗
(2020年2月9日付け)

概要

秋の入射器運転期間においては、大きな障害なく12月12日に無事運転を終えることができた。昨年春のSuperKEKB フェーズ3の初期運転において、Belle II 検出器へのビーム・バックグラウンドが大きな影響を持っていることが分かり、秋の立ち上げ時から入射バックグラウンドの低減には注意が払われてきた。エネルギー圧縮装置の加速管の位置における分散関数の低減や、ビーム輸送路における水平垂直結合の低減などビーム光学精度の対策を施した結果、大きな改善が見られた。RF電子銃の電流については、立ち上げ時に比べて終盤には1/3程度まで低下してしまっただけで、蓄積リングでのビーム寿命または入射効率の低下と相まって、蓄積電流に影響があった。PFとPF-ARの2つの放射光施設も含め、5月から開始した4+1蓄積リングの同時トップアップ運転については、特に問題なく継続できており、運転の終盤にはパルス内2バンチ入射の試験も大きな問題なく行われた。

年末から年初にかけて評価を試みたRF電子銃のイリジウム・セリウム光陰極については、昨夏から利用した陰極が優れているとの確証が得られなかったため、知見を増やすためにも、一昨年の夏から一年間利用した陰極と同じ素材を使用することにして、調整を続けている。並行して、SuperKEKB入射ビームを基礎として、PF、PF-AR入射を視野に入れたビーム品質の調整も行われた。入射器棟に受けた火災の影響については夏の保守期間に回復させることができたが、加速管組立室、加速管準備室の回復については作業を継続しており、来年度の早いうちの復旧を目指している。

加速管

電子陽電子入射器は1978年にPF放射光施設への入射に向けて建設を始め、その後TRISTAN計画、KEKB計画、PF-AR放射光計画、さらに現在コミッショニング中のSuperKEKB計画へ対応するために改造が加えられてきた。さまざまな機器がそれぞれの計画の要求性能に合わせて更新されたが、一部の機器は40年を超えて使われていることになる。

入射器は60の加速ユニットから構成されており、一つの加速ユニットは10mの長さを持ち、マイクロ波源としての40MWクライストロン、マイクロ波パルス圧縮器SLEDと、それぞれ2mの長さを持つ4本の加速管などから構成される(図1)。ほとんどの加速ユニットはもちろん電子の加速に用いられるが、一部はバンチ圧縮やエネルギー圧縮など、電子の特性を調整するために用いられ

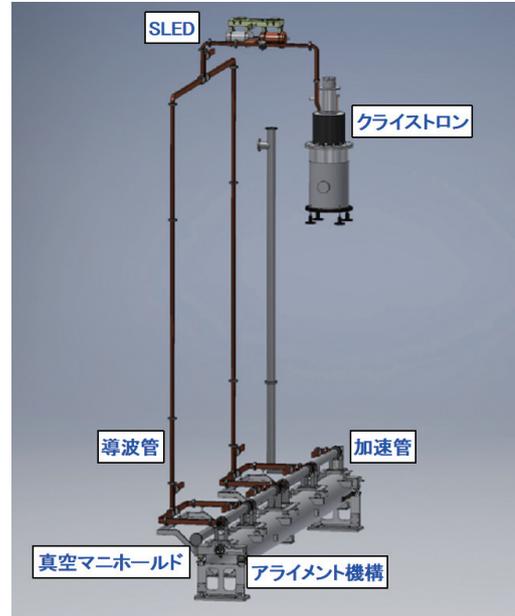


図1 マイクロ波源クライストロン、マイクロ波圧縮器SLED、4本のSバンド加速管などから構成される加速ユニット。



図2 縦に切断して断面が見えるようにした2mの2/3πモード定加速勾配進行波型加速管。

る。このうち加速管については、PF向け建設時に約160本が設置され、さらにKEKB計画に向けて約100本が追加されたが、SuperKEKB計画に向けては10本のみ追加されたのみで、他は継続使用されている(図2)。当初のPF向け加速管は8MV/mの加速勾配で設計されたが、KEKB計画では最大電子エネルギーを2.5倍以上に高める必要があり、加速器部の長さを400mから600mへ延長するとともに、新設した加速管は20MV/mの加速勾配で設計され、当初のPF加速管についても加速勾配を向上させて20MV/mで運用された。

KEKB計画においては、PF加速管も含めて大きな問題なく運用されていたが、SuperKEKBに向けた改造において再検討すると、加速管の劣化が問題になってきた。KEKB計画の11年間で大電流ビームを加速し続けたこと、

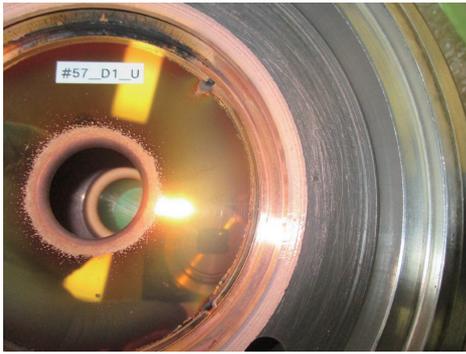


図3 劣化した加速管の開口部の例，梨子地になり放電しやすくなっている。

東日本大震災で全体の真空が長期間破れたことに加えて，特に PF 加速管が低加速勾配で設計されていたことも影響していると考えられる。

入射器内には電子陽電子のエネルギーが規定されている場所が3ヶ所あり，それぞれで，放電や故障などによりエネルギーが不足する場合には，その区間で加速に供していない加速ユニットを利用してエネルギーを補填する。このような加速ユニット組み替えは月に数回行われる。ところで，現在 SuperKEKB において最も興味のある B 中間子の共鳴状態 $\Upsilon(4S)$ に向けた 4 GeV の陽電子と 7 GeV の電子の加速を続けている。しかし，一部の研究者が興味を持っている励起状態 $\Upsilon(6S)$ の生成を行うためにはエネルギーが不足し，加速ユニット組み替えが成り立たないことがわかってきた。加速に供しない加速ユニットが残されておらず，故障時にはビーム運転の回復のために長い時間を要する可能性がある。

一部の加速管の長年の運用においては，放電によって銅の表面が痛んだために電子放出が起きやすくなり，そのために暗電流が増えるとともに放電が起きやすくなっている(図3)。放電が起るとマイクロ波のエネルギーが電子陽電子に伝えられず加速ができなくなる。1つの加速ユニットの4本の加速管のうち1本の放電が増えると，そのユニットの加速エネルギーを下げざるを得ない。それらの合計加速エネルギーが大幅に下がってしまえば，衝突実験は成り立たなくなる。また，6.5 GeV のエネルギーの PF-AR の入射にも影響が生じる。40年を経過した当初の PF 加速管から構成されている33ユニットのうちでは，残念ながら19ユニットで SuperKEKB 向けに期待する加速勾配を得られなくなっている。

また，銅の加速管の周囲には31度の冷却水を通して加速管の温度を一定に保持しているが，金属の腐食により冷却水が漏れる場合がある。カップラー部の冷却水路の電子溶接は特殊なため，その部分から漏れが生じると，残念ながら修復が非常に難しい。40年を経過した PF ユニットのうち，現在6ユニットで水漏れの問題を抱えており，暫定措置で運用しているため，再度の水漏れがあれば，停止して交換の必要が生じる。

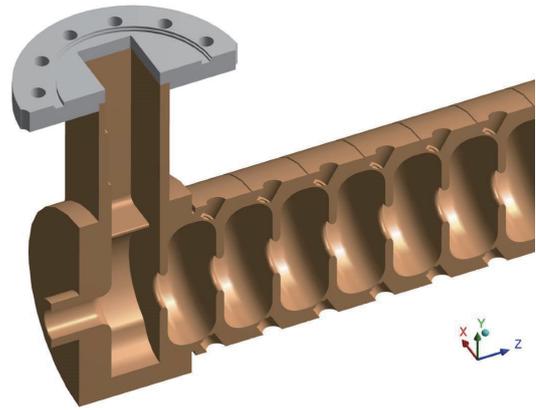


図4 新しく設計された加速管は放電や漏水に対して適切な対策を講じている。

上の2つの理由により，既に複数の加速管の交換を余儀なくされ，予備の加速管がほとんどない状態となっている。停止した他の加速器施設の加速管の再利用も検討されたが，設置形態に適合させることは容易ではない。一方，入射器の加速管は多数製造する場合に有利な電鍍法で製造されてきたが，当初の工場はもはや存在しない。そのため，新しい加速管を設計し，製造を進めているところである。

新しい加速管の設計においては，放電や漏水に対してそれぞれ対策を講じている(図4)。以前は電子溶接を利用していた冷却水路についても，溶接を避けた設計とした。精度の高い設計計算により，開口部やカップラー接合部は特に形状を工夫して，放電を避けており，KEKB 加速管よりも8%加速勾配を高くすることができる。

製造においては価格を抑える工夫も試み，年度末に最初の納入がされる予定となっている。納入後は，小電力性能検査や大電力試験，さらにコンディショニングを進め，夏の停止期間に設置が可能になると期待している。次の製造も検討されており，少なくとも3年間継続製造が必要と考えている。大電力試験やコンディショニングにおいては，4月の火災で影響を受けた加速管試験設備の復旧が重要であり，来年度の早い時期の回復を進めているところである。

光源リングの運転状況

図1に、PFリングにおける11月1日9:00～12月12日9:00（運転停止）までの蓄積電流値の推移を示す。この期間のユーザー運転は概ね順調であった。11月22日までは蓄積電流値450 mAのマルチバンチモードで運転を行い、その後ハイブリッドモードに切り替えて、12月12日9:00の運転停止までハイブリッドモードでの運転となった。今期のハイブリッドモードでは、シングルバンチの電流値を30 mA、マルチバンチの電流値を420 mA（前回までは400 mAであった）として、マルチバンチモードと同じ蓄積電流値となるよう合計450 mAに設定した。ハード

ウェアによるビームダンプはなく運転自体は順調であったが、シングルバンチの純度が悪化するということが、12月1日1:16に発生した。純化作業は定期的に行っていたが、純度モニターでシングルバンチの1バケット後方にビームが入っていることを確認した。純化のタイミングを微調整することによって後方に入ったビームを強制的に落とすことで対処した。また、同日20:58に進行方向のビーム不安定性が発生し、ビームライン側では光の強度変動が観測された。不安定性を抑制するべくRF位相変調を実施したが、抑制されなかったため、次の対処として一旦ビームを落として、ゼロから積み上げることとした。22:30にチャンネ

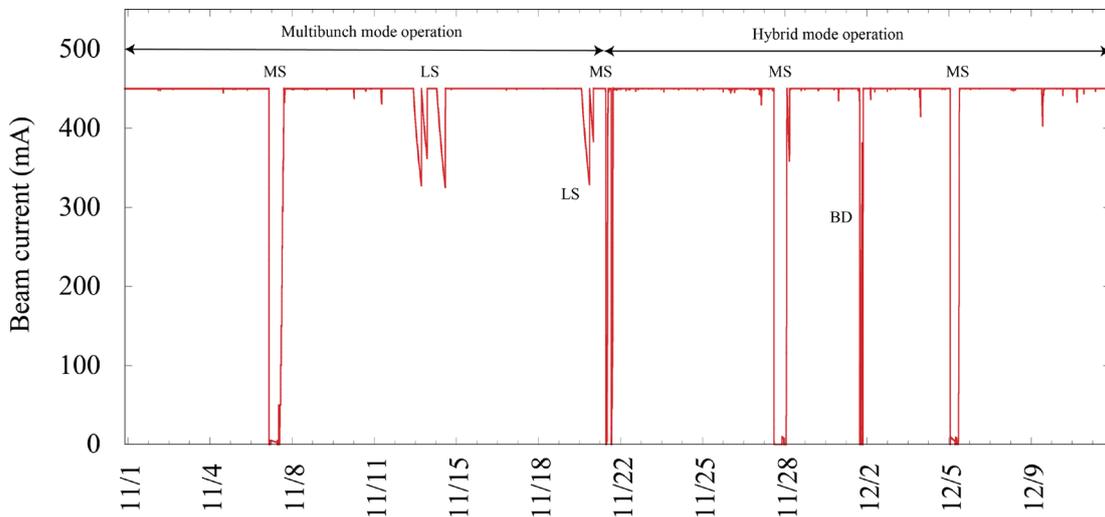


図1 PFリングにおける11月1日9:00～12月12日9:00（運転停止）までの蓄積電流値の推移を示す。LSは入射器マシン調整日、MSはリングマシン調整日、BDはビームダンプを示す。

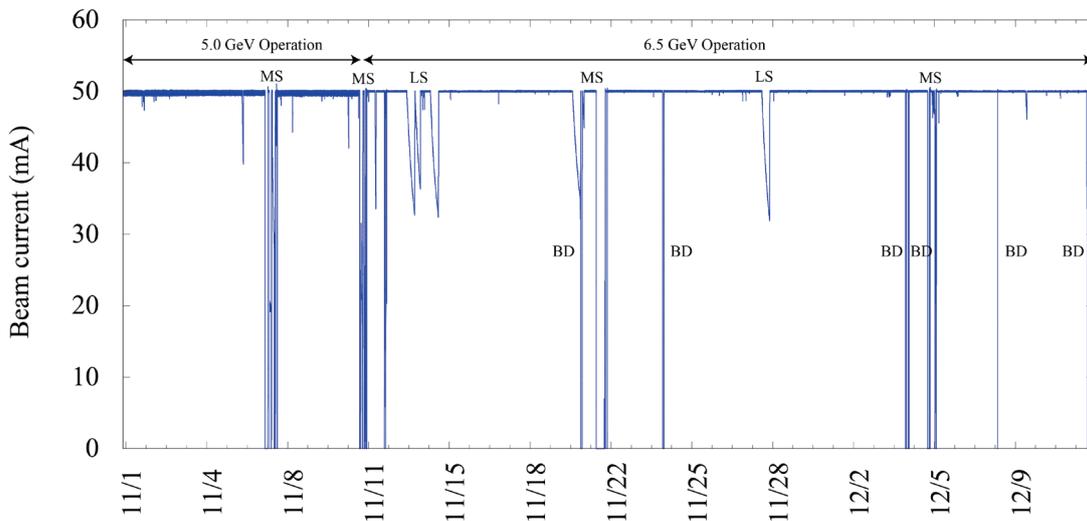


図2 PF-ARにおける11月1日9:00～12月12日9:00（運転停止）までの蓄積電流値の推移を示す。LSは入射器マシン調整日、MSはリングマシン調整日、BDはビームダンプを示す。

ルクローズして再入射を試みた。その際に、RF 立ち上げ操作で不具合が発生し回復に時間を要したが、翌日 12 月 2 日 2:25 ユーザー運転を再開した。その後、幸いにも運転停止までビーム不安定性の再発はなかった。突発的に発生する進行方向ビーム不安定性の原因は不明であるため、発生してしまったときの対処法をマニュアル化して実施している。12 月 12 日 9:00 に冬の停止期間にはいったが、この期間には真空作業を伴う大きな作業は行っていない。運転再開は、2020 年 2 月 3 日 9:00 を予定している。

図 2 に、PF-AR における 11 月 1 日 9:00 ~ 12 月 12 日 9:00 (運転停止) までの蓄積電流値の推移を示す。11 月 11 日 9:00 までは、ビームエネルギー 5.0 GeV でユーザー運転を行った。その後 11 日、12 日の 2 日間でビームエネルギーを 6.5 GeV に切り替える調整を行い、11 月 13 日 9:00 から 12 月 12 日 9:00 の運転停止まで 6.5 GeV でのユーザー運転となった。この期間ビームダンプが 6 回発生したものの、復旧は概ね迅速に行われた。1 回目のビームダンプは、11 月 20 日 17:27 に発生した。東 RF 空洞の HOM ケーブルの温度スイッチが働き RF がダウン、ビームダンプとなった。リング内に入域し調査したところ、スイッチ自身の接触不良が原因と判明し、予備のスイッチと交換して復旧した。接触不良となった原因が、夏の停止期間中に実施した作業に係る可能性があり、運転停止後に全数チェックすることとした。2 回目のビームダンプは、11 月 24 日 4:16 に発生した。PF-AR トンネル純水冷却水ポンプ 1 台が故障し、電磁石冷却水インターロックで電磁石電源がダウンし、ビームダンプとなった。ポンプを切り替えて復旧したが、滅多に起きないトラブルであったため、電磁

石の立ち上げに多少手間取ったことから、マニュアルを整備して今後の対策とすることとした。3 回目のビームダンプは、12 月 4 日 10:39 に発生した震度 3 の地震によるもので、AR 南棟シールド扉のインターロックが動作して、ビームダンプした。現場で問題ないことを確認して、約 1 時間後に復旧した。4 回目は、同じく 12 月 4 日 13:23 に発生した。1 回目と同様に温度スイッチの不具合によるもので、予備と交換して復旧した。5 回目は 12 月 8 日 7:49、西 RF 空洞の反射によりインターロックが動作してビームダンプとなった。その他に異常がないことを確認して、約 20 分後に運転を再開した。6 回目のビームダンプは、12 月 12 日 2:34 に発生した。トップアップによる連続入射を行っていたが、突然ビームが積み上がらなくなり、電流が減少していくという現象が発生した。これはダストトラップによる寿命急落現象と推測されたため、一旦ビームを捨てて再入射することとした。再入射によりこの現象はなくなり、4:16 にユーザー運転を再開した。

PF-AR も PF リングと同様に、12 月 12 日 9:00 に冬の停止期間に入った。こちらも停止期間中に大きな作業は実施されていない。運転再開は、2020 年 2 月 10 日 9:00 を予定している。

同時トップアップ運転の現状

図 3 に、PF-AR 6.5 GeV 運転 (上図) と PF リング 2.5 GeV 運転 (下図: マルチバンチモード) における 2019 年 11 月 18 日 0:00 ~ 1:00 までの 1 時間の蓄積電流値の推移を示す。PF-AR が 6.5 GeV 運転の時は、PF リングと PF-AR の入射路にある 1 台の共通偏向電磁石の電流値を

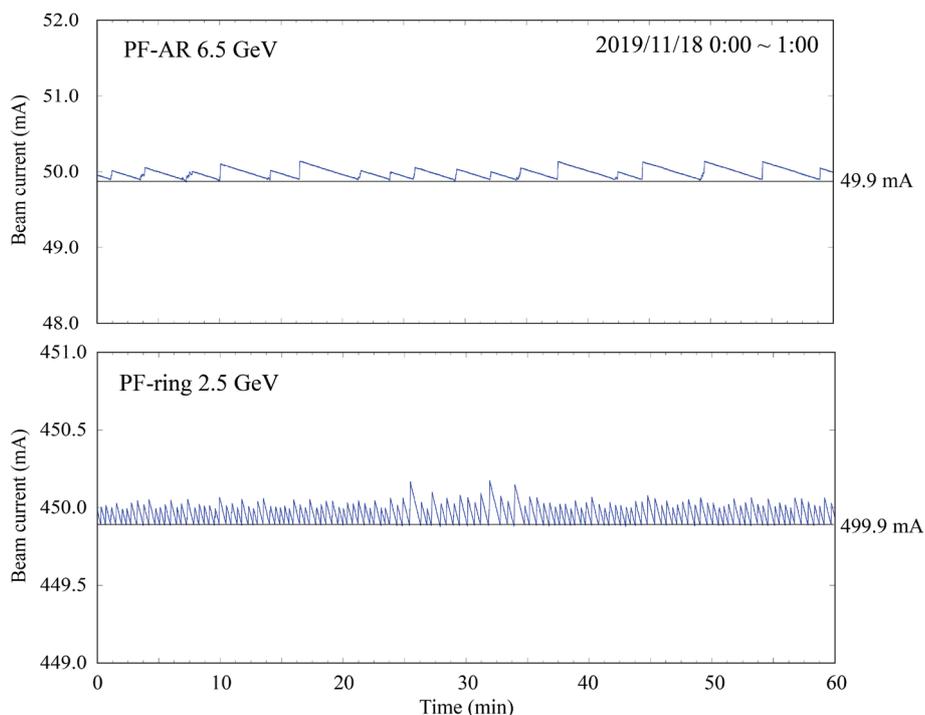


図 3 PF-AR 6.5 GeV 運転 (上図) と PF リング 2.5 GeV 運転 (下図: マルチバンチモード) における 2019 年 11 月 18 日 0:00 ~ 1:00 までの 1 時間の蓄積電流値の推移を示す。

固定にすることができ、2リングの入射ビームの切り替えは入射器の電子銃で切り替えるだけでよく、最速 50 Hz (20 ミリ秒) で行うことが可能である。そのため、図に示すように、PF-AR と PF リングのビーム入射はお互いに停止することなく随時行うことができ、蓄積電流値が約 0.1 mA 減衰した時点で積み上げ入射 (通常は 1 Hz の繰り返しで入射する) を行い、それぞれ 450.0 mA ± 0.1 mA, 50.0 ± 0.1 mA を維持してユーザー運転を実施している。

一方、PF-AR のビームエネルギーを 5.0 GeV に下げて省エネルギー運転 (約 6 割の電気代となる) を行う場合は、図 4 のようになる。図は、PF-AR 5.0 GeV 運転 (上図) と PF リング 2.5 GeV 運転 (下図: マルチバンチモード) における 2019 年 10 月 29 日 0:00 ~ 1:00 までの 1 時間の蓄積電流値の推移である。PF-AR を 5.0 GeV で運転する場合、入射路最上流にあるパルス偏向電磁石と 1 台の直流型共通偏向電磁石の電流値をそれぞれのエネルギーに合わせた電流値に切り替えを行わなければならない。パルス電磁石の

切り替えは高速で可能であるが、直流型電磁石の切り替えにはおよそ 8 秒程度の時間を要する。そのため PF-AR の電流値に合わせて入射している時間、PF リングの方は入射を中断せざるを得なくなる。この条件の下、昨年秋の運転では、PF-AR を 90 秒、PF リングを 150 秒、切り替え後は約 8 秒の待ち時間を見て、自動切り替えを行うことにした。図 4 で参照されるように、この取り決めによりビーム入射の切り替えは概ね順調に実施することができ、それぞれ 450.0 mA - 0.6 mA + 0.1 mA, 50.0 mA - 0.6 mA + 0.1 mA を維持して、ユーザー運転を実施することができた。

PF-AR 5.0 GeV 運転時でも 6.5 GeV 運転時と同様に高速で切り替えることを可能にするには、共通偏向電磁石を直流型電磁石からパルス電磁石に交換するなどいくつかアイデアはある。しかし、いずれにしても交換に必要な予算と改造期間がかかることから、しばらくは上述した取り決めによる自動切り替えで対応していくことになる。

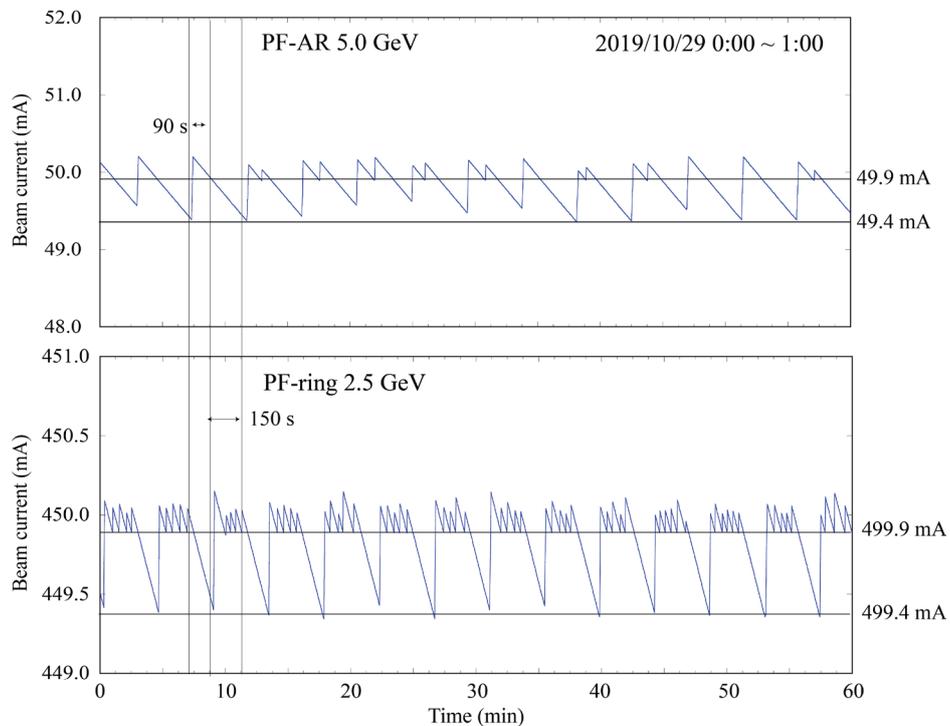


図 4 PF-AR 5.0 GeV 運転 (上図) と PF リング 2.5 GeV 運転 (下図: マルチバンチモード) における 2019 年 10 月 29 日 0:00 ~ 1:00 まで 1 時間の蓄積電流値の推移を示す。

基盤技術部門の紹介 (第2回)

<https://www2.kek.jp/imss/pf/section/beamline/>

前々回から、放射光実験施設を構成する3部門(運営、基盤技術、測定装置)について紹介をしています。今回は、実験施設最大の部門である基盤技術部門の第1回として、部門の概要、および、光学系、X線光学、基盤設備を主務とするメンバーを紹介しました。今回は、インターロック、真空系、制御系を主務とするメンバーを紹介させていただきます。残る3チームについては、次回、紹介したいと思います。

インターロックチームを主務とするのは、小菅隆前任技師(チームリーダー)、齋藤裕樹技師、石井晴乃技術員の3名です。インターロックチームは、放射光実験の安全の要ですが、安全を確保した上で、制御・測定システムとの連動やビームラインログ情報の活用などが可能な次世代インターロックシステムの開発を進めています。小菅さんは、PFスタッフの最古参で、放射光実験施設の技術副主幹2人の内の1人です。ビームライン制御用のアプリケーションフレームワークSTARSの開発者で、制御系を兼務しています。齋藤さんは、インターロック関係のプログラミングと現場対応を担当しています。石井さんは、最若手で意欲も高く、2019年5月からKEKの長期海外派遣プログラムでドイツのDESYに1年間の留学中です。

真空系チームを主務とするのは、間瀬一彦准教授(チームリーダー)と菊地貴司技師の2名です。真空系チームは、ビームライン真空技術の開発と普及、施設の真空機器の共通化などに取り組んでいます。超高真空を必要とする軟X線ビームライン用に開発してきたNEG(Non Evaporable Getter)ポンプの各ビームラインへの実装も始まり、他施設や真空関連企業からも注目を集めています。間瀬さんは、NEGポンプの開発を主導する他、真空に関する教育啓蒙も進めています。菊地さんは、NEGポンプの開発を地道に進めて優れた性能を実現し、2018年度のKEK技術賞を受賞しています。また、基盤設備を兼務し、PF-ARを担当しています。

制御系チームを主務とするのは、仁谷浩明助教(チームリーダー)と永谷康子特別技術専門職の2名です。制御系チームは、施設の情報技術全般を担当しています。また、ビームラインや実験装置の制御・測定システムの開発も担当します。仁谷さんは、施設の情報基盤の整備と運用を主導する他、今後の施設の高度化に向けて重要な高速高精度なモーションコントロールの実現に向けた開発研究も進めています。インターロックを兼務していて、ビームラインのトラブルの際の迅速な対応に助けられた利用者も多いのではないのでしょうか。永谷さんは、各種制御のソフトウェアを作成して実装するシステムエンジニアで、多くのビームラインで、彼女の作成したソフトウェアが利用されてい

ます。

運転・共同利用関係

予算の確保が遅れご心配をお掛けした2019年度第3期の運転ですが、予定通り、2月3日にPFの運転を開始しました。PFの運転は3月9日までの予定です。2月28日以降はハイブリッドモードでの運転です。PF-ARについては、2月10日から2月25日まで、5 GeV 運転の予定です。2020年度も、引き続きPF 3000時間、PF-AR 2000時間の利用運転を実施できるよう、機構執行部との折衝を行っています。2020年度第1期の運転については、ゴールデンウィーク明けの5月8日にPFの立ち上げ、約1週間後の5月14日にPF-ARの立ち上げ、ともに7月1日に停止の予定です。なお、来年度のPFの産業利用促進運転日を12日間とし、第1期については、期末の4日間とする方向で検討しています。運転スケジュールの詳細については、確定し次第、お知らせします。第2期以降の運転についても、なるべく早期に確定させたいと考えています。

PF-PACは、1月30日に開催されました。詳細については、本誌速報をご参照ください。

今年度のPFシンポジウムは、3月14日に開催の予定です。施設報告や将来計画のセッションなどを予定しています。当日は、活発な議論をよろしく願いいたします。

はじめに

2020年最初の記事は、放射光科学第二研究系の担当です。以前にも書いた通り、第二研究系は、材料科学研究部門と構造生物学研究部門の2つの部門から成り立っています。今回は、構造生物学研究部門の紹介をしたいと思います。今回は材料科学研究部門の紹介をしたいと思います。材料科学研究部門の部門長は、木村正雄教授です。XAFSをはじめとして、様々な分析手法を用いて広い意味での材料機能の可視化・反応の動的観察を中心に研究を展開していらっしゃいます。今回は、材料科学研究部門の紹介記事を木村教授に書いていただきましたので、そのまま掲載させていただきます。

材料科学研究部門の紹介

37-2号でも紹介したように、材料科学研究部門においては、(a) multi-scale & multi-modal のX線顕微鏡 (STXM, XAFS-CT, XAS/XRD/XF-mapping, X-CT等) を活用した材料機能可視化、(b) multi-range の時分割計測 (Dynamic XRD, D-XAFS等) を活用した化学反応/プロセスのメカニズム解明、(c) 触媒、エネルギー材料、地球惑星環境/有機材料、磁性材料、構造材料の“trigger sites”，を特定する研究を進めています。

今号では、(a) の分野の研究について少し紹介させていただきます。BL-19ではSTXM (Scanning Transmission X-ray Microscopy) を用いて、地球惑星環境、有機材料、磁性材料、炭素材料、電池材料、等様々な材料系について、数10nmの高分解能で化学状態マッピングを行いマクロ特性との関連性を調べる研究が進められています。従来からのユーザーに加えて、新学術領域「水惑星学の創成」のメン

バー、自動車や素材を扱う民間企業、等、様々な分野の研究者への利用が広がっています。

BL-15A1ではセミマクロビームを用いたXAS/XRF/XRD同視野観察、NW2AでのXAFS-CT (X-ray Absorption Fine Structure-Computed Tomography) を用いた数10 μ m～数mmのマルチスケールでの視野で金属等の化学状態マッピング (二次元、三次元) が可能です。これらを組み合わせて、例えば、構造材料のき裂進展の三次元観察、電池の充放電サイクルでの構造変化、といった反応の *in situ* & *operando* 観察を行い、劣化や反応の“trigger sites”を調べています。材料系毎に反応させながら放射光観察するための特別な反応チャンバー開発やその計測手法を最適化するためには様々な苦勞と時間が必要ですが、反応に伴う化学状態の変化を可視化できた時の喜びは何事にも代え難いものです。

今回は、材料科学研究部門の特にX線顕微鏡に関して、木村教授に簡単に紹介していただきました。当然のことですが、これらの装置はユーザーの皆様が利用することも可能です。ご自身の研究に利用したいという方がいらっしゃいましたら、遠慮せず担当者までご連絡いただければと思います。新しい測定法を取り入れることで研究の幅を広げていただければと思います。

次回は、構造生物学研究部門の中から最新の測定方法などの紹介をさせていただければと思います。

人事異動

最後に、放射光科学第一，第二研究系に関する人事異動を報告します。一柳光平さんが12月1日付けで放射光科学第二研究系・材料科学研究部門の연구원として赴任されました。今後の活躍を期待します。



図1 BL-19A (右), 19B (左) の様子 (19Aにクリーンブースを設置する前)

リチウムイオン電池の発展の歴史と将来展望

藪内直明

横浜国立大学 大学院工学研究院

History of Development of Lithium-ion Batteries and Its Future Prospects

Naoaki Yabuuchi

Department of Chemistry and Life Science, Yokohama National University

Abstract

リチウムイオン電池は現在、スマートフォンや電気自動車用の電源として利用されており、自然エネルギーの貯蔵などその用途は拡大の一途をたどっている。本稿ではリチウムイオン電池の開発と発展の歴史に加え、その発展に放射光が貢献してきた役割についても紹介する。また、次世代のリチウムイオン電池材料の開発状況と放射光施設における測定を行った例について紹介し、リチウムイオン蓄電池の将来展望について議論する。

1. はじめに

2019年のノーベル化学賞はリチウムイオン電池の実用化に関して Goodenough 氏, Whittingham 氏, 吉野彰氏の3名に授与されることが決定した。吉野氏が発明した基本特許を元に、リチウムイオン電池はソニーによって1991年に実用化された。その実用化以来、28年目で達成した快挙である。特に近年は電気自動車や定置型電源など、自然エネルギーを活用するためのリチウムイオン電池の市場が世界中で急速に成長していることも追い風になったといえる。本稿ではリチウムイオン電池誕生の歴史について、また、リチウムイオン電池用電極材料の将来展望と放射光がその進化にどのような役割を果たしてきたのかについて合わせて紹介する。

2. リチウムイオン電池誕生までの歴史

リチウムイオン電池の原型であるといえるのが、1970年に特許化された松下電器産業（現、パナソニック）が開発したリチウムフッ化黒鉛電池である [1]。負極として金属リチウム、正極としてフッ化黒鉛を利用した電池であり3Vという高い放電電圧が特徴である。非常に低い標準電極電位 ($E^\circ = -3.04$ V) を有する金属（還元能力が極めて高い金属であると言い換えることができる）であるリチウムを利用した初めての電池であった。しかし、放電時には



という反応が進行し、放電時にはフッ化リチウムと炭素が生成する。フッ化黒鉛中のCとFの結合は切断され、FはLiと結合を、CはC-C結合を形成する。このような固体材料において化学結合の切断と結合の再構築が進行する反応はコンバージョン反応と呼ばれている。フッ化黒鉛の場合、反応は不可逆的であるため、充電できない電池（一次電池）としての利用に限られていた。

このようなリチウム金属を用いる電池の正極材料として、層状化合物である TiS_2 を用いたのが Whittingham 氏であり、充電することで再び利用可能な二次電池（蓄電池）としての利用を立証している [2]。その蓄電池への実用化にあたり重要な概念がインサージョン反応である。層状化合物である TiS_2 は電気化学的に還元（この場合は放電に対応する）を行うと電解液中からLiイオンを TiS_2 の層間に取り込み LiTiS_2 を生成する。Liイオンの挿入により層間距離が若干は大きくなるが、Fig. 1に示すようにその結晶の基本骨格は変化することなく反応が進行する。

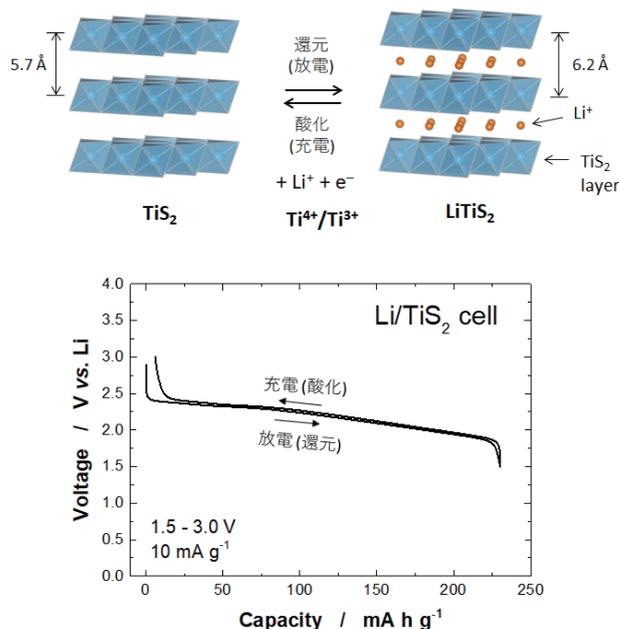


Figure 1 Reaction mechanisms of TiS_2 and charge/discharge curves of TiS_2 in a Li cell.

また、電気化学的に酸化（充電）することにより LiTiS_2 は Li イオンを電解液中へと放出し元の構造へと戻ることができる。この過程は層間が伸縮するだけであるので可逆性に優れ、同時に充放電におけるエネルギー損失が少ないという利点にもつながる。このような反応は、インサージョン反応、もしくはトポタクティック反応と呼ばれており、ホスト構造において化学結合の切断、それに伴う新たな化学結合の構築といった過程を生じないことを特徴としており、電池としての長寿命化に繋がっている。実際に TiS_2 は 1970 年代に 1000 サイクル以上の充放電サイクル (Li の脱挿入) が立証されていることは特筆すべきことである。このような Li を可逆的に吸蔵できる材料は Li インサージョン材料と呼ばれている。また、このような反応は広く化学の世界で知られているホスト-ゲスト反応の一つで、その駆動力として電気エネルギーを用いる反応であると解釈することができる。

一方、負極としてリチウム金属が用いられていたが、 TiS_2 の平均作動電圧は Fig. 1 に示すようにリチウム金属基準で 2.2 V 程度であったため、エネルギー密度はそこまで高いものではなく、 40 Wh kg^{-1} 程度であった。これは、当時の主流の二次電池であったニッケル・カドミウム電池、鉛蓄電池と同程度のエネルギー密度でしかなかった。また、負極に用いているリチウム金属は充放電サイクルを繰り返すと形状が変化し、最終的に短絡を引き起こすという安全性の問題が残っていた。

その後、Goodenough 氏らの研究グループから当時主に検討されていた硫化物ではなく、層状酸化物であるコバルト酸リチウム LiCoO_2 が正極材料として利用可能であるという発表が 1980 年に行われた [3]。Fig. 2 に示すように、 LiCoO_2 は $\text{Co}^{3+}/\text{Co}^{4+}$ の酸化還元反応を利用することで、リチウム金属基準で約 3.9 – 4.5 V の電圧を示し、硫化物系材料と比較してエネルギー密度の大幅な向上が可能であるこ

とを立証した。Fig. 2 に LiCoO_2 の結晶構造の模式図を示しているが、構造の基本となる酸化物イオンは立方最密充填構造を有し、そのうちの半分の六配位サイトを三価のコバルトが、残り半分の六配位サイトを Li が占有している。 Li イオンはこの面内で二次元の拡散経路を有することから、速やかに Li は固体中を動くことが可能となる。また、固体中に予め Li を含有していることから、負極に Li を含有していない材料と組み合わせることで、取り扱いが容易な放電状態の正極、負極材料を用いて電池を製造できるなどの利点も有していた。負極材料としてリチウム金属を用いる場合は空気中では水分と反応するため取り扱いが困難であるが、空気中でも安定な炭素材料を用いることで蓄電池ができることを立証し、現在のリチウムイオン電池のプロトタイプとして特許化を行ったのが吉野氏である [4]。本特許を元にリチウムイオン電池は 1991 年にソニーによって世界で初めて商品化され、負極に金属リチウムを使わないことから、リチウム“イオン”電池と命名された。

初期のリチウムイオン電池の負極材料は難黒鉛化性炭素に分類される炭素材料が用いられていたが、現在では黒鉛が一般的に用いられている。黒鉛は、炭素の六角網面を基本骨格としており、その網面が規則正しく積み重なった層状構造を有している。Fig. 2 に示すように黒鉛は最終的に全ての層間にリチウムを吸蔵した LiC_6 へと変化する。放電時はこれらの反対の方向に反応が進行する。その際の電圧はトポタクティックな反応が進行し、リチウム金属基準で 0.3 – 0.1 V 程度とリチウム金属とほぼ同じ電圧を示す。 LiCoO_2 を正極に黒鉛を負極に用いた電池は両電極の電位差に対応する 4 V 以上の電圧（エネルギー）を得ることができる。これは、従来の蓄電池に比べて大きなエネルギー密度であり、現在でもスマートフォン用途などで LiCoO_2 /黒鉛から構成されたリチウムイオン電池は利用されている。

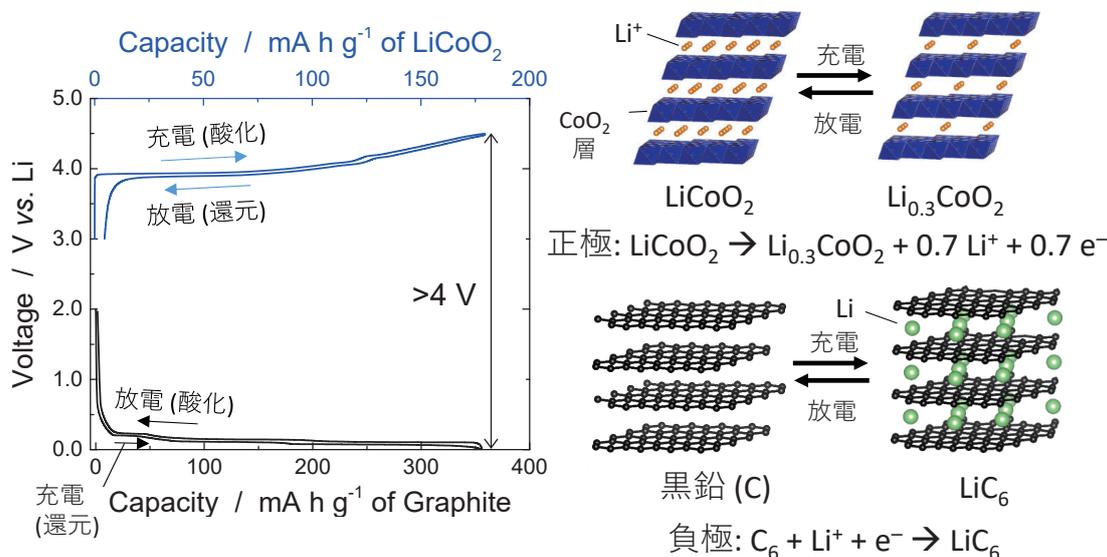


Figure 2 Charge/discharge curves of LiCoO_2 and graphite in Li cells. Reaction mechanisms of both electrodes are also shown.

このようなリチウム含有層状酸化物の充放電時の電荷補償機構は遷移金属イオンの電子状態が変化するため、X線吸収分光法を用いた測定が放射光施設で行われてきた。LiCoO₂と同様に層状構造に分類されるLiNiO₂はヤーン・テラーイオンであるNi³⁺(t_{2g}⁶e_g¹)から構成されているながら、結晶構造は歪んだ構造ではないことが知られていた。しかし、EXAFSスペクトルの解析を行うことで、実際のニッケル周辺の局所構造はnon-cooperativeなヤーン・テラー効果によって歪んでいることが確認されている[5]。また、このような局所的な歪みはCo³⁺(t_{2g}⁶)から構成された層状酸化物では存在しないことが、中井らによるPhoton Factoryでの測定によって明らかにされている[6]。さらに、LiCoO₂とLiNiO₂の固溶体材料を用いて、充放電時における遷移金属イオンの電荷補償過程について、in-situ測定による直接的な観測が中井らによってPhoton Factoryで世界に先駆けて行われた[7]。同様の手法は現在では世界中の放射光施設で一般的に行われるまでになっている。Photon Factoryにおける測定により、リチウムイオン電池用正極材料の充放電反応機構の全容解明が進み、その結果として新しい正極材料の開発にも繋がっている。LiCoO₂は優れた特性を示すが、コバルトが高価であるためその削減が求められていた。実際にコバルトをニッケルとマンガンで置換した新しい層状材料が小槻らによって開発された[8, 9]。現在、コバルトの使用量を削減したニッケルマンガン系層状材料は電気自動車用のリチウムイオン電池用正極材料として世界中で広く用いられるまでになっている。

3. リチウムイオン電池材料開発の新展開

このように、層状材料を用いることで、リチウムイオン電池のエネルギー密度は2014年度には250 Wh kg⁻¹と他の二次電池系を大きく越えるエネルギー密度を実現するまでになった。同時に電池のコストも大きく低下した結果、電気自動車の電源としても利用されている。しかし、電池材料の変遷に着目した場合、2005 - 2015年の10年間はその進化はほとんど無く、このエネルギー密度の向上は電池の各種部材を薄くするなどといった工夫によるものが大きい。現状では、電池のエネルギー密度は理論的な限界を迎えつつあり、エネルギー密度のさらなる向上には上述した層状酸化物材料を越えるリチウムインサージョン材料の革新が必要とされている。

正極材料の高性能化という観点から、インサージョン材料をベースとして高容量化を実現する方法論の一つは、固体中に含まれるリチウム含有量を増加させることである。実際に固体中のリチウム含有量を向上させた化合物としてLi_{1.33}Mn_{0.67}O₂(Li₂MnO₃)がこれまでに研究されている。しかし、Li_{1.33}Mn_{0.67}O₂においてマンガンの酸化数は+4価であり、充電時にそれ以上の酸化数になることは考え難い。Li_{1.33}Mn_{0.67}O₂から全てのLiが脱離すると仮定した場合の理論容量は450 mA h g⁻¹を越えるが、実際にはFig. 3に示すように可逆容量は100 mA h g⁻¹程度に限られる。一方、同様の結晶構造を有するLi_{1.33}Ru_{0.67}O₂ではRuが可逆的に

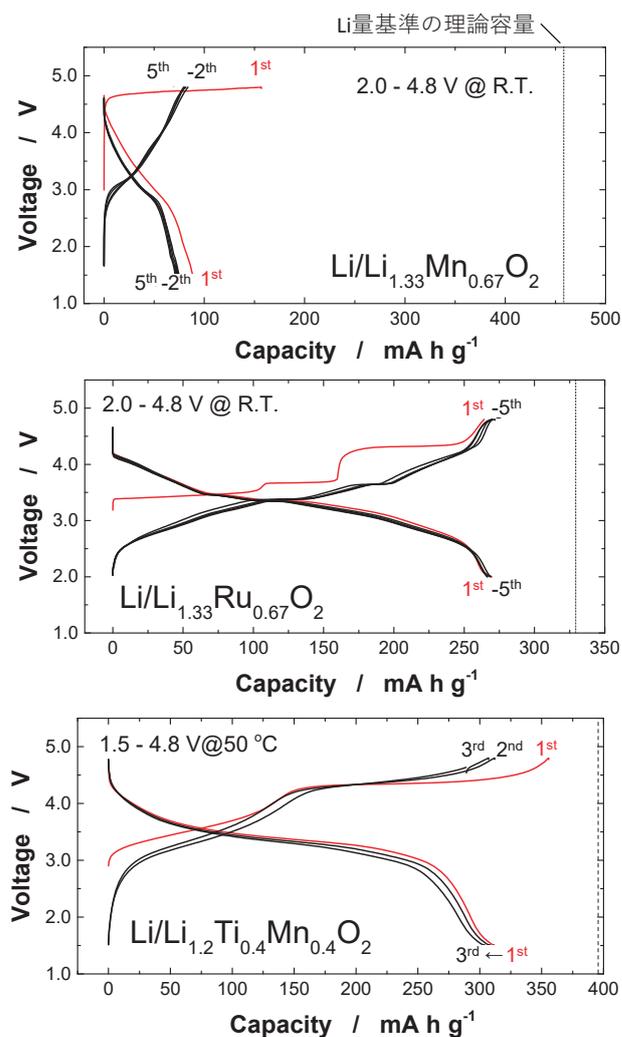


Figure 3 Charge/discharge curves of different lithium-excess compounds in Li cells.

酸化されるため、Li_{1.33}Mn_{0.67}O₂とは異なり理論容量に近い270 mA h g⁻¹を越える容量で安定に充放電することが可能であり、コバルトやニッケル系層状材料を上回るリチウム基準で900 mW h g⁻¹程度のエネルギー密度を実現可能である[10]。しかし、Li_{1.33}Mn_{0.67}O₂においても、粒子のナノサイズ化、また、ニッケルとコバルトで置換することで、電極特性が向上することが知られている。このような高容量発現の要因として、これまでに多くの議論がされてきたが、現在ではアニオンである酸化物イオンによる電荷補償が進行することで高容量が得られるという理論が一般的に受け入れられている[11]。また、初回の充電時には一部の酸素は脱離し、結晶構造の再構築も進行する。酸素脱離の結果、放電時には一部のマンガンが+3価まで還元される結果、不可逆な相変化を生じるため充放電電圧の低下に繋がるなどの欠点を生じる[12]。そのため、Li_{1.2}Co_{0.13}Ni_{0.13}Mn_{0.54}O₂などのLi過剰型酸化物は250 mA h g⁻¹程度の高容量を示すが、実用電池の正極材料としてはいまだ利用されていない。

このような充電時における酸素脱離を抑制することが可

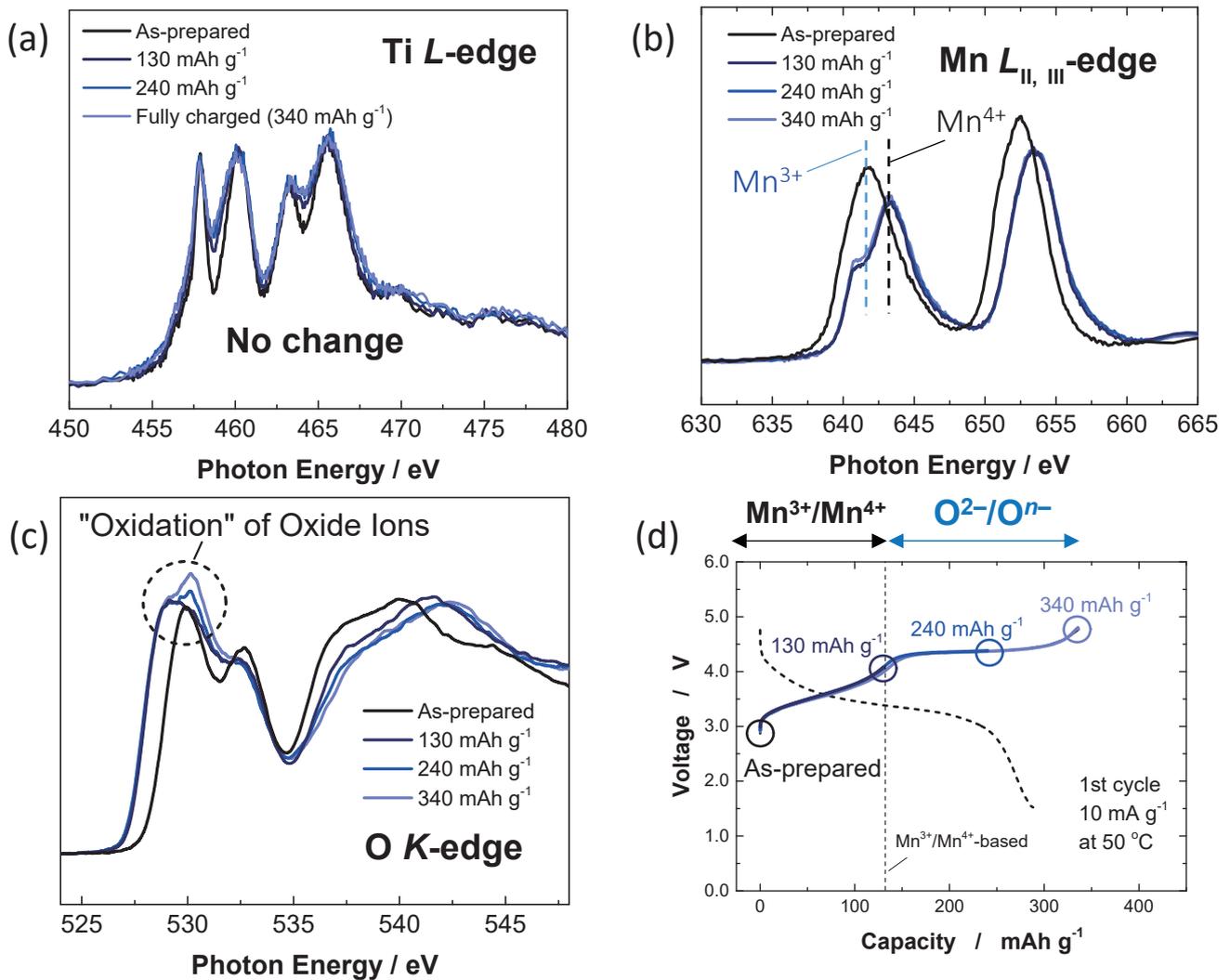


Figure 4 Changes in soft X-ray absorption (XAS) spectra of $\text{Li}_{1.2}\text{Ti}_{0.4}\text{Mn}_{0.4}\text{O}_2$ on charge; (a) Ti *L*-edge, (b) Mn *L*-edge, (c) O *K*-edge, (d) the points where the spectra have been collected.

能であれば、アニオンの電荷補償を用いた新規高容量の実現が可能となることが期待できる。このような背景のもと、著者らによって2015年にニオブを用いた新規正極材料 $\text{Li}_{1.3}\text{Nb}_{0.3}\text{Mn}_{0.4}\text{O}_2$ が報告された [13]。結晶構造は層状構造ではなく、カチオンが不規則配列した岩塩型構造であるため、層状材料とは異なりリチウムはパーコレーション拡散により固体中を移動する。ここで、パーコレーション拡散とは、一見では水を通さないように見えるコーヒーフィルターの中を水が簡単に通り抜けるのと同様に、固体中のイオンの移動経路が三次元的に繋がることで実現する拡散現象を意味する。300 mA h g^{-1} を越える可逆容量を実現しており、これは、ニッケル系層状酸化物の1.5倍程度の容量である。エネルギー密度でも25%程度向上することが期待できる。また、充放電時に酸化物イオンが電荷補償に寄与するということが放射光施設における軟X線吸収分光法により立証されている。しかし、ニオブはコバルトと同様に高価な金属であり、電気自動車への適用は困難であると

考えられていたが、2016年にはニオブを安価なチタンに置き換えた $\text{Li}_{1.2}\text{Ti}_{0.4}\text{Mn}_{0.4}\text{O}_2$ が報告され、Fig. 3に示すようにニオブ系材料と同等以上の性能となることが確認された。現状ではサイクル特性に課題は残るものの、将来的な電気自動車における利用と、高性能化に繋がることが期待できる [14]。

$\text{Li}_{1.2}\text{Ti}_{0.4}\text{Mn}_{0.4}\text{O}_2$ で観測された特異的な高容量発現機構の解明を目的として、軟X線吸収分光法を用いて充放電時におけるマンガン、チタン、酸素それぞれの電子状態変化を測定した。測定試料は電気化学セルを組み立て、Fig. 4に示すように異なる充電深度までリチウムを脱離後、グローブボックス内でセルを解体して電極を取り出した後に洗浄と乾燥を行うことで調製した。マンガンの*L*吸収端では充電初期 ($\sim 130 \text{ mA h g}^{-1}$) に吸収スペクトルが高エネルギー側にシフトすることが確認され、これは Mn^{3+} の Mn^{4+} への酸化に対応した変化である。しかし、充電容量を240 mA h g^{-1} 以上とした場合はマンガンの*L*吸収端でそ

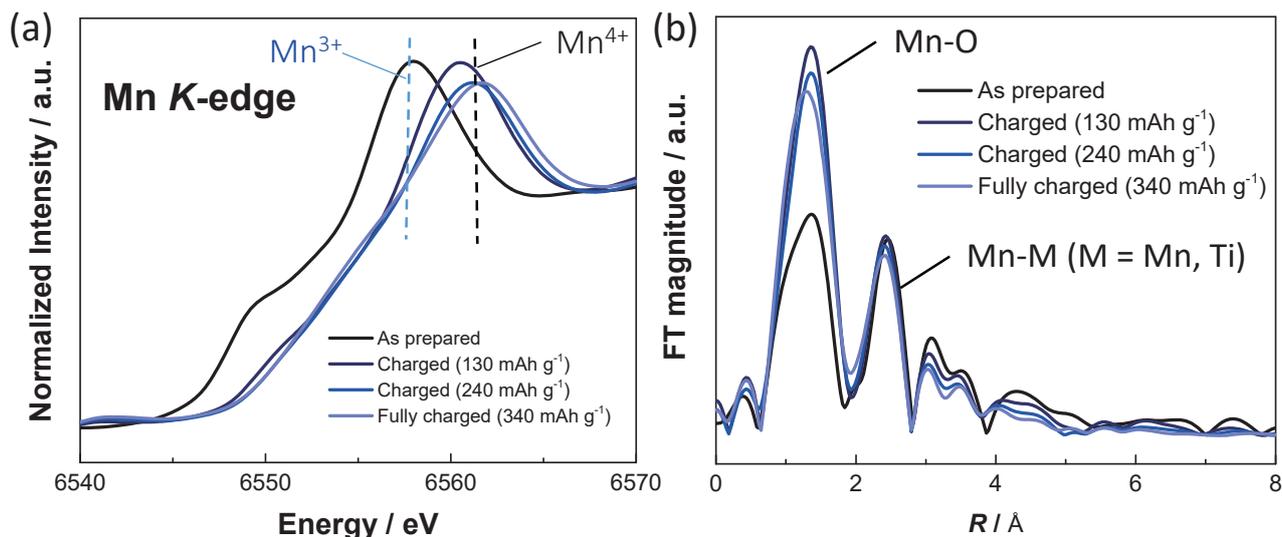


Figure 5 Changes in hard X-ray absorption (XAS) spectra of $\text{Li}_{1.2}\text{Ti}_{0.4}\text{Mn}_{0.4}\text{O}_2$ on charge for Mn K-edge (a), and EXAFS radial distribution functions obtained from (a) is also shown in (b).

れ以上の変化は確認されなかった。また、放電時には吸収スペクトルのエネルギーが再び低エネルギー側へとシフトし、 Mn^{3+} まで可逆的に還元されることが確認された。また、チタンの L 吸収端では充放電時に大きな変化は観察されず、 Ti^{4+} は電荷補償には寄与しないことが確認された。一方、酸素の K 吸収端では充電容量に対応する系統的な変化が 527 – 533 eV 付近の領域で観測された。充電初期 ($\sim 130 \text{ mA h g}^{-1}$) において 530 eV の pre-edge ピークが低エネルギー側へとシフトすることが確認され、これはマンガンの酸化に伴う変化であると推察される。さらに充電深度を上げていくと、530 eV 付近のピーク強度が系統的に増加することが観測された。このような変化は Li_2MnO_3 系の材料の測定結果を元に、酸素 $2p$ 軌道における正孔の形成に起因すると考えられている [15, 16]。このような酸素の K 吸収端の変化は可逆的に進行することも確認されている。

さらに、Mn による電荷補償については、硬 X 線を用いた K 吸収端の測定によっても検討を行った。Fig. 5 に $\text{Li}_{1.2}\text{Ti}_{0.4}\text{Mn}_{0.4}\text{O}_2$ の充電時における硬 X 線吸収スペクトルの変化と EXAFS スペクトルの解析によりマンガンの局所構造変化を調べた結果を示す。EXAFS 動径分布関数に着目すると、充電前の第一近接 (Mn-O) のピークの強度が充電後と比べて低くなっていることがわかる。これは、充電前の試料において、マンガンはヤーン・テラー効果の影響を受ける Mn^{3+} ($t_{2g}^3 e_g^1$) の状態として存在しているためであり、 Ni^{3+} と同様に岩塩型構造における non-cooperative な局所的構造の歪みを反映した結果である。130 mA h g^{-1} まで充電すると、 Mn^{4+} (t_{2g}^3) になるため、ヤーン・テラー歪みが解消され、動径分布関数における第一近接のピーク強度が上昇し、また、吸収スペクトルのエネルギーも 4 – 5 eV 程度高エネルギー側へとシフトすることが確認された。電位平坦部 (130 – 340 mA h g^{-1}) においては、マンガンの L

吸収端での変化は確認されなかったものの、マンガンの K 吸収端では充電容量が増えるにつれ、吸収端のピークトップのエネルギーがシフトすることが観測された。このような K 吸収端における酸化数の変化を伴わないスペクトルの形状の変化は、リチウム脱離に伴う格子の歪みに由来することが理論計算により確認されている [17]。

これらの結果をまとめると、 $\text{Li}_{1.2}\text{Ti}_{0.4}\text{Mn}_{0.4}\text{O}_2$ では充電初期の電圧が 3 – 4 V と上昇する領域で $\text{Mn}^{3+}/\text{Mn}^{4+}$ の反応が進行し、電位平坦部では酸化物イオンが電荷補償に寄与することで高容量が得られていると結論付けることができる。チタンやマンガンといった資源が比較的豊富な元素から構成された材料は、低コスト・高性能な電池材料となり得る可能性があり、将来的には電気自動車用の大型リチウムイオン電池での利用も期待できる。

4. おわりに

本稿では、ノーベル化学賞を受賞したリチウムイオン電池の基本的な原理とその開発の歴史、また、今後のリチウムイオン電池のさらなる高性能化の可能性について紹介した。これまで、数多くのポストリチウムイオン電池の研究がされてきたが、実用性やエネルギー密度といった観点からも、リチウムイオン電池を凌駕するような新しい電池は存在していない。現状のリチウムイオン電池を越える、次世代のリチウムイオン電池への期待も益々高まっている。今後、リチウムインサージョン材料の研究のさらなる進展、また、現在、研究開発が進んでいるリチウム金属負極、硫黄正極、固体電解質などと融合した、これまで誰も想像しなかったような次世代のリチウムイオン電池の誕生を期待してやまない。

5. 謝辞

硬 X 線を用いた放射光測定は高エネルギー加速器研究機

構放射光共同利用実験課題 2015G529 と 2017G005 のもとに行われました。また、軟X線を用いた放射光測定は立命館大学の太田俊明教授の協力のもと行いました。

参考文献

- [1] N. Watanabe and M. Fukuda, U.S.Patent 3536532 (1970).
- [2] M. S. Whittingham, *Science*, **192**, 1126 (1976).
- [3] K. Mizushima, P. C. Jones, P. J. Wiseman and J. B. Goodenough, *Mater. Res. Bull.*, **15**, 783 (1980).
- [4] A. Yoshino, A. Sanechika and T. Nakajima, U.S.Patent 4668595 (1987).
- [5] A. Rougier, C. Delmas and A. V. Chadwick, *Solid State Communications*, **94**, 123 (1995).
- [6] I. Nakai, K. Takahashi, Y. Shiraishi, T. Nakagome, F. Izumi, Y. Ishii, F. Nishikawa and T. Konishi, *J. Power Sources*, **68**, 536 (1997).
- [7] I. Nakai and T. Nakagome, *Electrochem. Solid-State Lett.*, **1**, 259 (1998).
- [8] T. Ohzuku and Y. Makimura, *Chem. Lett.*, 642 (2001).
- [9] N. Yabuuchi and T. Ohzuku, *J. Power Sources*, **119**, 171 (2003).
- [10] N. Yabuuchi, *The Chemical Record*, **19**, 690 (2019).
- [11] N. Yabuuchi, *Chem. Lett.*, **46**, 412 (2017).
- [12] N. Yabuuchi, K. Kubota, Y. Aoki and S. Komaba, *J. Phys. Chem. C*, **120**, 875 (2016).
- [13] N. Yabuuchi, M. Takeuchi, M. Nakayama, H. Shiiba, M. Ogawa, K. Nakayama, T. Ohta, D. Endo, T. Ozaki, T. Inamasu, K. Sato and S. Komaba, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **112**, 7650 (2015).
- [14] N. Yabuuchi, M. Nakayama, M. Takeuchi, S. Komaba, Y. Hashimoto, T. Mukai, H. Shiiba, K. Sato, Y. Kobayashi, A. Nakao, M. Yonemura, K. Yamanaka, K. Mitsuhashi and T. Ohta, *Nat. Commun.*, **7**, 13814 (2016).
- [15] M. Oishi, K. Yamanaka, I. Watanabe, K. Shimoda, T. Matsunaga, H. Arai, Y. Ukyo, Y. Uchimoto, Z. Ogumi and T. Ohta, *Journal of Materials Chemistry A*, **4**, 9293 (2016).
- [16] K. Luo, M. R. Roberts, R. Hao, N. Guerrini, D. M. Pickup, Y.-S. Liu, K. Edström, J. Guo, A. V. Chadwick, L. C. Duda and P. G. Bruce, *Nature Chemistry*, **8**, 684 (2016).
- [17] K. Kubobuchi, M. Mogi, M. Matsumoto, T. Baba, C. Yogi, C. Sato, T. Yamamoto, T. Mizoguchi and H. Imai, *Journal of Applied Physics*, **120**, 142125 (2016).

(原稿受付日：2019年11月29日)

著者紹介

藪内直明 Naoaki YABUUCHI

横浜国立大学 大学院工学研究院 教授

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5

TEL：045-339-4198

e-mail：yabuuchi-naoaki-pw@ynu.ac.jp

略歴：2006年大阪市立大学工学研究科後期博士課程修了，2006年マサチューセッツ工科大学博士研究員，2010年東京理科大学総合研究機構助教，2014年東京電機大学工学部准教授，2018年より現職 博士（工学）。

最近の研究：リチウム・ナトリウムイオン電池用インサレーション材料の研究

趣味：ワインと料理，NBA 観戦

フランボイダルパイライトへのヒ素の集積

橋本洋平¹, 小林和樹², 菅大暉³, 武市泰男⁴, 高橋嘉夫³

¹東京農工大学大学院農学研究院, ²東京農工大学大学院生物システム応用科学府,

³東京大学大学院理学系研究科, ⁴高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所

Sequestration of arsenic in framboidal pyrite

Yohey HASHIMOTO¹, Kazuki KOBAYASHI², Hiroki SUGA³, Yasuo TAKEICHI⁴, Yoshio TAKAHASHI³

¹Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology,

²Department of Bio-Applications and Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology,

³Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo,

⁴Institute of Materials Structure Science, KEK

Abstract

リニア新幹線建設などの大規模な社会基盤整備では、地質に由来する有害元素を含む建設土が大量に発生するため、その適切な措置や管理が、土壤汚染対策法における重要な課題となっている。土壤からヒ素が溶出する機構を解明することを目的として、X線吸収分光法ならびに走査型透過X線顕微鏡を用いてヒ素および鉄の化学形態を明らかにした。フランボイダルパイライトと呼ばれる直径 20 μm の球状の鉱物に、ヒ素が集積していることが確認された。

1. はじめに

建設工事に伴い地下から発生する土砂には、多くの場合有害な元素を含むことから、その適切な措置や管理が土木工事における重要な課題となっている [1]。例えば、日本のリニア新幹線建設、中国を中心とする一帯一路構想、欧州横断輸送ネットワークなど、世界各国では大陸を横断する大規模な社会基盤整備が進められている。多くの建設残土には、地質に由来するヒ素等の有害元素が含まれており、土壤環境基準を超過した場合に適切な措置がとられることになる。土壤汚染対策法では、地質に由来するヒ素等の有害元素を含む土壤は、人為由来の汚染を有するものと区別され、自然由来汚染土と呼ばれる。既往の研究では、建設工事で発生する自然由来汚染土から、何らかの環境条件が揃うとヒ素などの有害元素の溶出が見られることが指摘されているが [2, 3]、その要因は報告によって様々であり、機序が明らかにされていない事例も多い。

土壤からの元素の溶出の仕組みを明らかにするためには、X線吸収分光法を用いた化学種分析が必要になる。一方、土壤汚染を判定するための土壤溶出量基準は、土壤から水に溶解する有害元素の濃度によって規定されている。ISO などの国際機関においても、土壤から水などの溶媒で抽出および溶出する有害元素の濃度を用いた試験が行われている [4]。濃度に依拠した方法は、土壤からの有害元素の溶出量によって汚染の判定を可能にするが、有害元素が溶出する科学的な仕組みを明らかにすることができない。人為由来の汚染と比較して、特に建設工事等で発生する土壤では、ヒ素の濃度は 10 mg kg⁻¹ 程度と低いが、環境省で定める溶出量基準を超過する事例がしばしば報告

されている [2, 3]。このことは、土壤の有害元素の溶出が、存在量（濃度）ではなく化学形態によって決定づけられることを意味しており、有害元素の溶出が発生する機構を理解するうえでの化学種分析の重要性を示すものである。本研究では、建設工事ならびに地盤調査で入手した自然由来のヒ素を含む土壤を対象として、土壤の顕微観察ならびにヒ素や鉄の化学形態を、走査型X線顕微鏡ならびにX線吸収分光法によって明らかにすることを目的とした [5]。

2. 材料および方法

土壤試料は、人為由来の汚染を含まないとされる、日本各地の 24 か所の建設現場および地盤調査地点から採取した。このうち 6 か所の土壤について、他とは異なる特性（高い硫黄・鉄濃度など）が見られたため、これらについての結果を中心に本稿では論じる。これら 6 土壤の pH は 8.4、ヒ素濃度は 20 mg kg⁻¹ を示した。いくつかの土壤は、環境省が指定するヒ素の土壤溶出量基準（0.01 mg L⁻¹）を超過していた。

土壤中のヒ素の化学種は、SPring-8 のビームライン BL14B2 において分光結晶 Si(111) を用いた蛍光法で測定した。ヒ素の標準試料として、Na₂HAsO₄·7H₂O, NaAsO₂, FeAsS, As₂S₃ も分析した。土壤粒子の研磨薄片を作成し、SPring-8 のビームライン BL37XU において、マイクロ XRF-XANES 分析を実施し（ビームサイズ約 500 nm）、微小領域のヒ素、鉄などの局所分布と化学種分析（主に酸化数）を実施した。SEM-EDX を用いて土壤の鉱物の形態を顕微観察し、元素の分布も分析した [6]。走査型透過 X線顕微鏡（STXM）による分析は、高エネルギー加速

器研究所の Photon Factory BL-19A に設置された compact-STXM[7] によって、Fe L3 NEXAFS のスペクトルと元素分布を、イメージスタック法を用いて取得した。

3. 結果および考察

3-1. 土壌粒子の顕微観察

土壌の団粒の内部には、珪藻の殻が所々に観られ、その中に黒色の球状粒子が観察された。SEM による観察によって、10 マイクロメートル程度の球形からなるキイチゴ型の集合体が数多く観察された (Fig. 1a)。このような形態の鉱物は、フランボイダルパイライト (キイチゴ型の黄鉄鉱, framboidal pyrite) と呼ばれ、個別の自形鉱物 (黄鉄鉱) が 20 μm 程度の一つの球状体を構成している [8, 9]。ここでは、珪藻の殻の中にフランボイダル (キイチゴ状) あるいは自形粒子が充填されているのが観られる (Fig. 1a)。フランボイダル粒子は EDS 分析によって主に Fe と S で構成されていたことが確認された (Fig. 1b)。

フランボイダルパイライトを含む類似の試料の薄片を作成し、Fe L3 吸収端 STXM・XANES 分析を実施した。フランボイダルパイライト上には 2 価の鉄 (黄色)、それ以外の箇所には 3 価の鉄 (薄青) が分布していることが確認された (Fig. 2)。任意の領域 #1, #2 ならびに領域 #3, #4 から得られた Fe L3 XANES スペクトルは、それぞれ異なる構造を有しており、前者に比べて後者は 2 価と 3 価の鉄を示すピークが確認された。これらの XANES スペクトルは、それぞれ黄鉄鉱 (領域 #1, #2) ならびにフェリハイドライト (領域 #3, #4) の特徴と一致していることから [10]、フランボイダルパイライトが黄鉄鉱の球状粒子の集合体から成る鉱物であることが示された。

フランボイダルパイライトを含む土壌薄片を、過酸化水素水で処理した後、SEM で再度観察すると、フランボイダルパイライトの表面が一部溶解し変質していることが確認された (Fig. 3)。このことは、一部のパイライトの表面

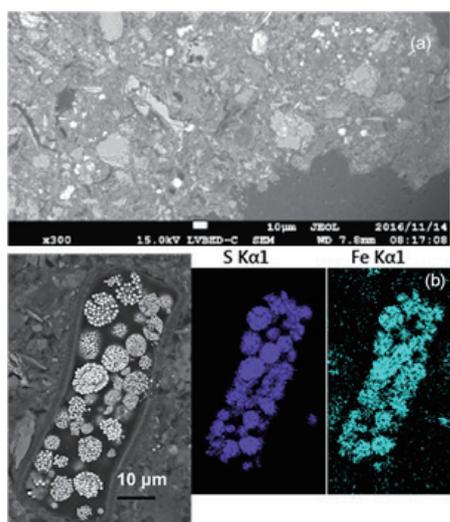


Figure 1 SEM images for a selected soil (a) and framboidal pyrite with sulfur and iron distributions (b).

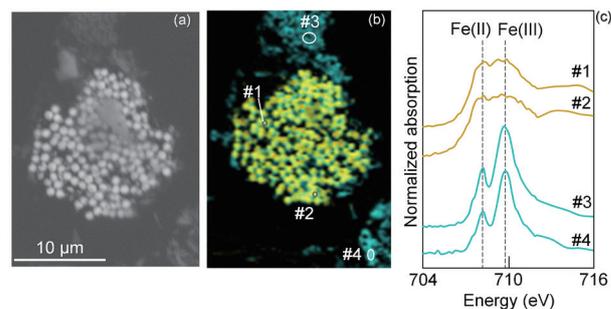


Figure 2 An SEM image (a), distribution map of Fe(II) and Fe(III) (b), and STXM-based Fe LIII-edge spectra collected at different region of interest (c). The yellow and pale blue in the panel b indicate the distribution of Fe(II) and Fe(III), respectively. The vertical dashed lines in the panel c represent the most prominent peaks of Fe (II) and Fe (III).

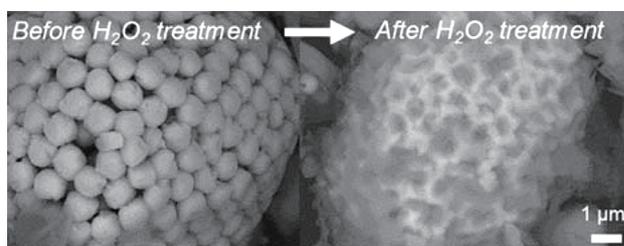


Figure 3 Framboidal pyrite in soil before and after treated with hydrogen peroxide.

が酸化溶解反応を受けたことを意味している。なお、EDS 分析では、ヒ素と鉛の特性 X 線のエネルギーが近接しており、両者を区別して定性することが困難であった。

3-2. 土壌に含まれるヒ素の化学種

ヒ素化合物の酸化数は、XANES の吸収端のエネルギー値によって区別できるという特性を利用して、土壌に含まれるヒ素の化学種を、酸化数別に As (V), As(III), 硫化物態 (As-S, FeAsS) に分類した [11]。酸化数が 5 から小さくなるにつれて、吸収端が低エネルギー側に移行し、同じ硫化物を含むヒ素でも As-S と FeAsS は異なる吸収端を有していた。土壌の XANES スペクトルには、As(V) や As-S, FeAsS を示す形状が見られた (Fig. 4)。これらの特徴を利用して、異なる酸化数を有するヒ素化合物を標準試料として、線形結合フィッティングを適用し、土壌に含まれるヒ素の酸化数の分布を同定した。分析した土壌には、硫化物態のヒ素が多く含まれており、As-S と FeAsS を合わせて平均で 53% を示していることが分かった。一部の土壌では、硫化物態のヒ素が全体の 80% に達するものもあった。その他のヒ素は、主に As(V) として存在していた。Fe K-edge XAFS 分析の結果、これらの土壌には黄鉄鉱が含まれることが確認された。

ヒ素の存在形態を推定する方法として、異なる溶媒を用いて土壌のヒ素を選択的に抽出する逐次抽出法を適用し、XAFS の結果と検証することにした [12]。土壌から抽出可能なヒ素のうち、全体の 53% が酸化剤を含む溶媒に

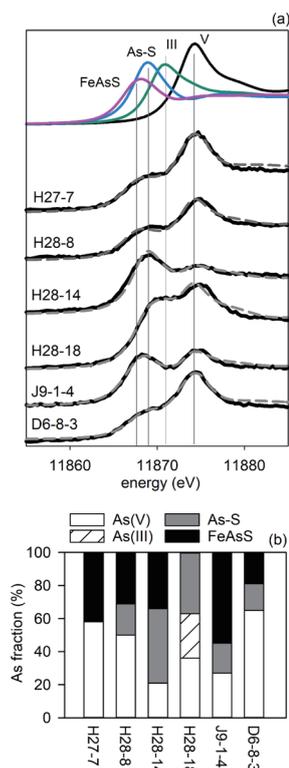


Figure 4 Arsenic K-edge XANES spectra of soils (a) and the proportion of As species (b) determined by linear combination fitting using the reference compounds of As.

よって抽出された。このことは、土壌のヒ素が硫化物のような形態で存在し、溶媒による酸化を受けて抽出されたことを意味している。酸化溶媒によって抽出されたヒ素と、XAFS で同定した硫化物態のヒ素の割合には、正の相関がみられた ($r = 0.70$)。これらの土壌には、鉄と硫黄も多く含まれており、両者とも酸化剤を含む溶媒によって多くが抽出された。特に硫黄は、酸化溶媒で抽出される割合が顕著に多く、主に鉄と硫化物を形成して存在していることが示唆された。

3-3. 土壌のヒ素の局所分布

マイクロ XRF を用いて、土壌薄片の粒子の元素分布を同定した。土壌には、フランボイダルパイライトが単独、ならびに複数で一つの塊状となって分布していることが、主に鉄の XRF によって確認された (Fig. 5)。フランボイダルパイライトの表面には、ヒ素が一様に分布しているのではなく局所的に分布していること、ならびにヒ素が局在しない部位もあることが分かった。ヒ素が局在している場所に対して、XANES スペクトルを得ることによって、ヒ素の酸化数に関する情報を得た。XANES スペクトルには、As(V) と硫化物のヒ素を示す As-S や FeAsS に相当する吸収端がみられたことから、フランボイダルパイライト上のヒ素は複数の酸化数を有して分布していることがわかった。線形結合フィッティングの結果、すべての箇所でも硫化物態のヒ素が確認されたが、その分布は場所によって異なる

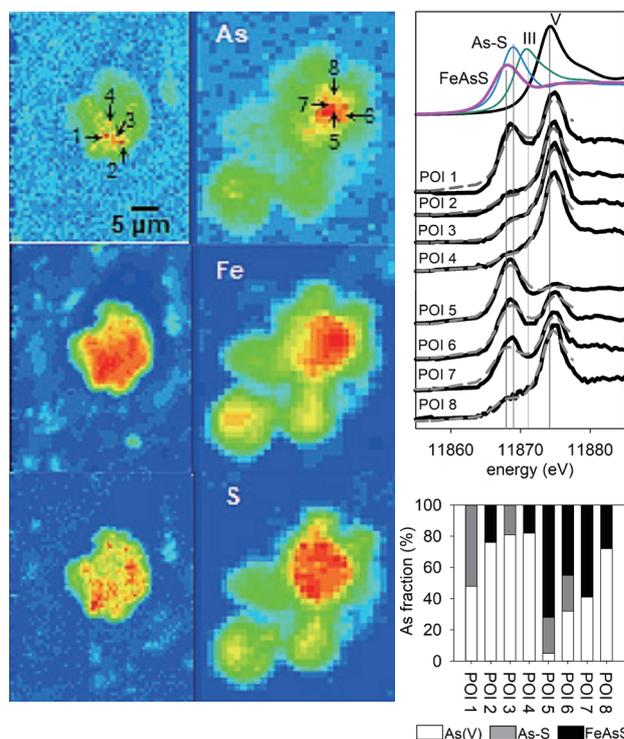


Figure 5 Micro-XRF images of framboidal pyrite in the soil and As K-edge XANES spectra from selected points (POI 1-8) and the proportion of As.

り、硫化物態のヒ素が 80% に達する箇所もあれば、As(V) が多く占める箇所もあることが確認された。

今回分析した土壌では、フランボイダルパイライトがヒ素を選択的に保持していることが、マイクロ XRF-XANES によって明らかにされた。土壌には硫砒鉄鉱様 (FeAsS) のヒ素もフランボイダルパイライトに局在していた。これまでの研究によると、黄鉄鉱では酸化数の異なる As (III) あるいは As(-I) が、それぞれ Fe(II) あるいは S (-I) と置換していることがあり [13]、前者が本研究でも同定されなかった比較的稀な硫砒鉄鉱の一つとされる。本研究では、フランボイダルパイライトの表面に酸化数の大きい As(V) も分布していた。この理由としては、フランボイダルパイライトの表面で酸化溶解した一部の鉄が結晶性の低い鉄 (例、ferrihydrite) として析出し、ヒ素が吸着した可能性が考えられる。

4. まとめ

建設工事で発生する掘削土には、濃度は低いが多量の重金属類が含まれている場合が多く、ヒ素はその典型的な元素の一つとして挙げられる。本研究では、土壌に含まれるフランボイダルパイライトが、ヒ素を保持していることが明らかにされた。一方、フランボイダルパイライトはヒ素の供給源であるともいえ、酸化的溶解を受けることによって保持されているヒ素が溶出することになる。このことは、フランボイダルパイライトが過酸化水素水によって崩壊した結果と一致する。大規模工事で地下から掘削された土壌に、ヒ素を保持するフランボイダルが含まれていた場合、

大気に曝露されて長期的に酸化を受けた際に、ヒ素が溶出する可能性があることを示唆している。黄鉄鉱やフランボイダルパイライトの酸化溶解は、温度上昇と海水に顕著に含まれる塩素イオンなどの共存によって増加することが知られている [14, 15]。このことは、地球温暖化に伴う大気温度の上昇ならびに海面上昇が、フランボイダルパイライトの溶解を促進させる作用があること、それがヒ素を保持していた場合には、汚染を防止するための土壌の管理や対策が必要になることを示唆している。分子レベルで得られた土壌のヒ素の情報が、汚染の拡散を未然に防止し、適切な環境リスク管理のために重要になってきている。

5. 謝辞

本研究の推進に際しまして、細見正明名誉教授（東京農工大学）、上島雅人氏、肴倉宏史氏（国立環境研究所）、保高徹生氏、井本由香利氏（産業技術総合研究所）には多大なご協力を賜りました。本研究の成果は、板橋智彦氏、Li Jining 氏の貢献によります。本研究の一部は、環境研究総合推進費（5-1606）によって実施されました。本実験は、SPring-8 の BL37XU, BL14B2 (2017B1083, 2018A1113, 2018B1191, 2019A1621), ならびに Photon Factory BL-19A (2018S1-001) で実施された。実験のご協力を頂きました、チームラインスタッフの方々に感謝申し上げます。

引用文献

- [1] T. Katsumi, *Soil Science and Plant Nutrition*, **61**, 22 (2015).
- [2] J. Li, T. Kosugi, S. Riya, Y. Hashimoto, H. Hou, A. Terada and M. Hosomi, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **147**, 72 (2018).
- [3] J. Li, T. Kosugi, S. Riya, Y. Hashimoto, H. Hou, A. Terada and M. Hosomi, *Journal of Soils and Sediments*, **17**, 2136 (2017).
- [4] T. Yasutaka, A. Naka, H. Sakanakura, A. Kurosawa, T. Inui, M. Takeo, S. Inoba, Y. Watanabe, T. Fujikawa, T. Miura, S. Miyaguchi, K. Nakajou, M. Sumikura, K. Ito, S. Tamoto, T. Tatsuhara, T. Chida, K. Hirata, K. Ohori, M. Someya, M. Katoh, M. Umino, M. Negishi, K. Ito, J. Kojima and S. Ogawa, *PLOS ONE*, **12**, e0178979 (2017).
- [5] T. Itabashi, J. Li, Y. Hashimoto, M. Ueshima, H. Sakanakura, T. Yasutaka, Y. Imoto and M. Hosomi, *Environmental Science & Technology*, **53**, 14186 (2019).
- [6] M. Ueshima, Y. Hashimoto and H. Sakanakura, *Journal of Environmental Quality*, **48**, 1907 (2019).
- [7] Y. Takeichi, N. Inami, H. Suga, C. Miyamoto, T. Ueno, K. Mase, Y. Takahashi and K. Ono, *Review of Scientific Instruments*, **87**, 013704 (2016).
- [8] M. Ueshima and H. Sakanakura, *Microscopy and Microanalysis*, **25**, 257 (2019).
- [9] H. Ohfuji and D. Rickard, *Earth-Science Reviews*, **71**, 147 (2005).

- [10] S. Mitsunobu, M. Zhu, Y. Takeichi, T. Ohigashi, H. Suga, M. Jinno, H. Makita, M. Sakata, K. Ono, K. Mase and Y. Takahashi, *Microbes and Environments*, **31**, 63 (2016).
- [11] Y. Hashimoto and Y. Kanke, *Environmental Pollution*, **238**, 617 (2018).
- [12] G. Rauret and J. F. Lopez-Sanchez, *Journal of Environmental Monitoring*, **1**, 57 (1999).
- [13] A.P. Deditius, S. Utsunomiya, D. Renock, R.C. Ewing, C.V. Ramana, U. Becker and S.E. Kesler, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **72**, 2919 (2008).
- [14] Y. Yunmei, Z. Yongxuan, A.E. Williams-Jones, G. Zhenmin and L. Dexian, *Applied Geochemistry*, **19**, 435 (2004).
- [15] C.L. Caldeira, V.S.T. Ciminelli and K. Osseo-Asare, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **74**, 1777 (2010).

(原稿受付：2020年1月8日)

著者紹介

橋本洋平 Yohey HASHIMOTO

東京農工大学大学院農学研究院 准教授

〒184-8588 東京都小金市町 2-24-16

e-mail: yhashim@cc.tuat.ac.jp

最近の研究：放射光X線を用いた環境試料の分析

小林和樹 Kazuki KOBAYASHI

東京農工大学大学院生物システム応用科学府 一貫制博士

課程学生

e-mail: yhashim@cc.tuat.ac.jp

菅大暉 Hiroki SUGA

東京大学大学院理学系研究科 特任研究員

email: hiroki-suga@eps.s.u-tokyo.ac.jp

武市泰男 Yasuo TAKEICHI

高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所 助教

e-mail: yasuo.takeichi@kek.jp

高橋嘉夫 Yoshio TAKAHASHI

東京大学大学院理学系研究科 教授

e-mail: ytakaha@eps.s.u-tokyo.ac.jp

最近の研究：分子地球化学

グラフェン超伝導材料の原子配列解明に成功～薄くて柔らかい、原子スケールの2次元超伝導材料の開発に新たな道～

2019年11月14日
東京大学大学院理学系研究科
早稲田大学
日本原子力研究開発機構
高エネルギー加速器研究機構

発表のポイント

- ◆ TRHEPD 法を用い、超伝導を示すグラフェンとカルシウムの2次元化合物の原子配列を解明
- ◆ 2次元化合物において電気抵抗がゼロになる超伝導現象を示すことを観測
- ◆ グラフェンを利用した新たな化合物の原子配列解明により、デバイス材料開発への応用を期待

■概要

東京大学大学院理学系研究科博士後期課程3年の遠藤由大（えんどうゆきひろ）および長谷川修司（はせがわしゅうじ）教授、早稲田大学理工学術院の高山あかり（たかやまあかり）専任講師、日本原子力研究開発機構先端基礎研究センターの深谷有喜（ふかやゆうき）研究主幹、高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の望月出海（もちづきいづみ）助教および兵頭俊夫（ひょうどうとしお）ダイヤモンドフェローの研究グループは、これまで未解決だった超伝導を示す炭素原子層物質グラフェンとカルシウムの2次元化合物の原子配列を、全反射高速陽電子回折法（以下、TRHEPD法、トレプト法）という実験手法を用いて世界で初めて決定しました。また、この原子配列が電気抵抗がゼロになる超伝導現象を示すことも実験により明らかにしました。グラフェンを利用した新たな化合物の原子配列を解明したことで、エネルギー損失ゼロの超高速情報処理ナノデバイスなどの材料開発への応用に道を開くものです。本研究成果は、『Carbon』のオンライン版に2019年10月25日（現地時間）に掲載されました。この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20191114.pdf> をご覧下さい。

アルミでコンピュータメモリを省電力化する～アルミ酸化膜を用いた新しい不揮発メモリの動作メカニズムを解明～

2019年11月14日
日本原子力研究開発機構
高エネルギー加速器研究機構

■概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（理事長 児玉敏雄）物質科学研究センター多重自由度相関研究グループの久保田正人研究副主幹、国立研究開発法人物質・材料研究機構（理事長 橋本和仁）国際ナノアーキテクトニクス研究拠点の加藤誠一主任研究員、兒子精祐外来研究員及び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 山内正則 以下、KEK という）物質構造科学研究所の雨宮健太教授らの研究グループは、次世代不揮発メモリの材料として期待されるアモルファスアルミ酸化膜において、半導体メモリのまったく新しい動作メカニズムを説明する電子状態変化を世界で初めて直接観測でとらえました。

現在、コンピュータの主記憶メモリとして利用されている DRAM は、電源供給がないと記憶の保持ができません。従って、一定時間ごとに記憶を保持する動作（リフレッシュ動作）が必要のために電力消費が大きいという問題を抱えています。この解決のために次世代不揮発メモリの研究が行われています。次世代不揮発メモリの候補として、タンタル酸化物（ Ta_2O_5 ）などの遷移金属酸化物を用いた ReRAM が広く研究されています。しかし、一般的に、遷移金属酸化物では、メモリ動作時に遷移金属原子の価数が変わってしまう化学反応が起こります。その結果、副生成物が生じるために、ReRAM が劣化しやすく、書き換え回수에限界があると言われていました。

一方、遷移金属酸化物ではないアモルファスアルミ酸化物に関して、酸素空孔内への電子の出入りはエネルギー的に安定であるという理論計算を元にして、本研究グループは、アモルファスアルミ酸化物を用いた ReRAM のメモリ動作を説明するための全く新しい「酸素空孔モデル」を提唱しています。このモデルでは、遷移金属ではないアルミニウムを用いているために、メモリ動作時に化学変化を伴わず ReRAM の劣化が生じにくいと考えられます。

この酸素空孔モデルを検証するために、KEK 物質構造科学研究所の放射光実験施設（フォトンファクトリー）において、アモルファスアルミ酸化物（ $AlOx$ ）ReRAM の構成元素である酸素とアルミニウムの吸収スペクトル測定を行いました。測定結果では、オン状態とオフ状態で酸素の吸収スペクトルは大きく変化しましたが、アルミニウムの吸収スペクトルは変化しませんでした。この測定結果は、 $AlOx$ -ReRAM では、メモリ動作時には酸素サイトの電子

分布が変わりますが、アルミサイトの電子分布は変わらないことを明らかにしており、このことは、化学変化を伴わないメモリ動作である酸素空孔モデルを支持するものとなっています。

通常の半導体は、不純物を加えることにより電気特性を変えます（元素ドーピング）。これに対してアモルファスアルミ酸化物は、元素ドーピングすることなく、酸素空孔に外部電子を注入・抽出するだけで電気特性を変えることができる半導体（ドーピングレス半導体）です。通常の半導体とは異なり、ドーピングレス半導体では、薄膜作製後でも外部からの電子の注入・抽出で電気特性を自由に換えられる大きなメリットがあります。

本研究によりアモルファスアルミ酸化物がドーピングレス半導体として不揮発なメモリ動作をすることが明らかになり、この研究成果により、今後、DRAMに代替可能な省電力な不揮発メモリ開発が進展することや、ドーピングレス半導体を活用した新規電子デバイス材料の開発が期待されます。

本研究成果は、2019年9月26日付のアメリカの科学雑誌「AIP advances」のオンライン版に掲載されました（この記事の続きは https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20191114_1500.pdf をご覧ください）。

電子スピンを自在に操ることができる積層材料の開発に成功 - 日常生活の情報化を支える超高記録密度・省エネ磁気メモリの実現に大きく前進 -

2019年12月2日
量子科学技術研究開発機構
高エネルギー加速器研究機構

【概要】

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（理事長 平野俊夫、以下「量研」）量子ビーム科学部門の李松田主任研究員、境誠司プロジェクトリーダーらは、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 山内正則）物質構造科学研究所の雨宮健太教授、国立研究開発法人物質・材料研究機構（理事長 橋本和仁）の桜庭裕弥グループリーダーらとの共同研究により、電子スピンを使った情報処理に重要な、電子スピンの向きを揃える性能とスピンの向きを保つ性能のそれぞれに最も優れるホイスラー合金とグラフェンからなる積層材料の開発に成功しました。この新しい材料により電子スピンの自在な操作が可能になることで、超高記録密度で省エネな磁気メモリの実現など、日常生活の情報化を支える情報技術の発展に新たな道が拓かれることが期待できます。

近年、次世代の情報技術としてスピントロニクスが注目を集めています。従来のエレクトロニクスでは、電子のある/なしを情報処理に用いますが、スピントロニクスでは、

さらに電子のスピンの上向き/下向きをデジタル情報として扱うことで、飛躍的に高速で省エネルギーなデバイスを実現できます。スピントロニクスデバイスは、スピンの向きを制御した電流を生み出す磁性体とそのような電流を伝える非磁性体を組み合わせることで、スピンの向きを操作して情報処理を行うため、そのようなデバイスには磁性体と非磁性体を積層した材料が用いられます。今回、研究チームは、スピントロニクスデバイス用の新しい積層材料として、磁性体の中でスピンの向きを揃える性質に最も優れるホイスラー合金と、非磁性体の中でスピンの向きを保つ性質に最も優れるグラフェンからなる材料の開発に世界で初めて成功しました。この新しい積層材料により電子スピンの自在な操作が可能になることで、スピントロニクスによる情報技術の発展に新たな道筋が開かれました。それにより、今後、超高記録密度で省エネな磁気メモリの実現により身の回りの膨大な情報を自在に記録して利用できるようになることや、人間の活動を自然にサポートしてくれるアシスト技術の出現など、情報技術がより便利で生活に密着したものに進歩していくことが期待できます。

本成果は、Advanced Materials 誌のオンライン版に2019年12月3日（火）12:00（現地時間）に掲載されます（この記事の続きは <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20191202.pdf> をご覧ください）。

航空機用構造材料 (CFRP) の破壊はどこから始まるか—放射光 X 線顕微鏡を用いたナノレベル観察—

2019年12月17日
高エネルギー加速器研究機構

【概要】

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所の木村正雄教授、渡邊稔樹研究員、武市泰男助教、丹羽尉博技師、の研究グループは、航空機の機体や翼の構造材料として用いられている炭素繊維強化樹脂（Carbon fiber reinforced plastic : CFRP）複合材料内に、き裂が発生・進展する様子を放射光 X 線顕微鏡を用いて空間分解能 50 nm 程度で観察することに初めて成功した。

本研究では、CFRP 試料に応力を印加した状態で X 線を照射し X-CT 法により内部の状態を非破壊で三次元観察した。その結果、(A) 樹脂内でのき裂発生と、(B) 炭素繊維 / 樹脂界面での剥離が競合して、き裂が発生するという（起点の特定）、さらにその三次元での進展過程が初めて解明された。

ナノスケールでのき裂の発生・進展挙動は、CFRP のマルチスケール強度設計のための力学モデルの構築に必要とされながら、実験が困難であるため不明であった破壊の初期現象である。それを解明としたことは破壊力学での学術

的意義に加え、航空機産業の材料分野への工学的意義が大きい。

この研究成果は、12月17日10時（日本時間12月17日19時）にNature Publishing Groupの電子ジャーナルScientific Reportsに掲載されます（この記事の続きは<https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20191217.pdf>をご覧ください）。

筋ジストロフィー症に関わる糖鎖を合成する仕組みを解明

2020年1月17日

東京都健康長寿医療センター
高エネルギー加速器研究機構

【概要】

東京都健康長寿医療センターの遠藤玉夫シニアフェロー、萬谷博研究副部長、今江理恵子研究員、高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の加藤龍一准教授、桑原直之研究員（研究当時）らの共同研究グループは、先天性筋ジストロフィー症の原因遺伝子FKRPによる糖鎖合成機構を解明し、筋ジストロフィー症の新たな発症メカニズムを明らかにしました。この研究成果は、今後の病態解明や治療法の開発に大きく貢献するものと期待されます。本研究は、Nature Publishing Group発行のオンライン国際科学雑誌「Nature Communications」に1月16日に掲載されました。

今回、X線結晶構造解析によりFKRPの立体構造の解明に成功し、FKRPがリビトールリン酸をつなげて糖鎖を伸ばす仕組みを明らかにしました。FKRPは機能未知だった部分（幹領域）と酵素活性を担う部分（触媒領域）で構成されますが、1分子で単独で存在するのではなく、FKRPが4つ集合した「4量体」という状態で存在し、2つのFKRPのそれぞれの幹領域と触媒領域を使って糖鎖を両端から挟み込むように捕まえることが分かりました。FKRPと糖鎖の結合にはリン酸というこの糖鎖に特徴的な構造が必要でした。さらに、筋ジストロフィー症患者から見つかったいくつかの変異FKRPは、4量体を作ることができず、酵素活性が著しく低下していました。これらの結果から、FKRPが複数で集まって存在することは、FKRPが糖鎖を捕まえるために必須であることが分かりました。同じ酵素2つが協調して糖鎖を捕まえるという方式も、糖鎖を合成する仕組みとして初めての発見であり、ユニークなりビトールリン酸構造を形成する基盤であることが明らかになりました（この記事の続きは<https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/e076ae356eed1708ac9dfcb29c9bba97.pdf>をご覧ください）。

基板に吸着するだけで、100兆個以上の分子の「形状」が一斉に変化 – 世界初、有機半導体の電子状態を物理吸着で制御することに成功 –

2020年1月24日

東京大学
東北大学
筑波大学
産業技術総合研究所
広島大学
高エネルギー加速器研究機構

【概要】

東京大学大学院新領域創成科学研究科、同マテリアルイノベーション研究センター、東北大学大学院理学研究科、大阪大学大学院基礎工学研究科、筑波大学大学院数理物質科学研究科、広島大学大学院理学研究科、スタンフォード大学SLAC国立加速器研究所、産業技術総合研究所産総研・東大先端オペランド計測技術オープンイノベーションラボラトリ、物質・材料研究機構国際ナノアーキテクトニクス研究拠点（WPI-MANA）の共同研究グループは、有機半導体単結晶超薄膜が基板に吸着する際の分子形状を0.1ナノメートル（100億分の1メートル）の精度で決定することに成功しました。その結果、比較的剛直な構造を持つ有機半導体であるにもかかわらず、基板に物理吸着することで、100兆個以上におよぶ全ての分子が同じように形状を変えることを明らかにしました。この物理吸着に伴う分子形状の変化は、超薄膜の厚さを制御することで抑制され、半導体デバイスの性能指標である移動度が40%以上向上することも明らかにしました。

本研究成果は、英国科学雑誌「Communications Physics」2020年1月23日版に掲載されます。本研究は、日本学術振興会（JSPS）科学研究費補助金「単結晶有機半導体中電子伝導の巨大応力歪効果とフレキシブルメカノエレクトロニクス」「有機単結晶半導体を用いたスピントランジスタの実現」（研究代表者：竹谷純一）の一環として、一部の実験は高エネルギー加速器研究機構（KEK）物質構造科学研究所フォトンファクトリーBL-3A、SLAC SSRL BL8-2ビームラインを利用して行われました（この記事の続きは<https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20200123.pdf>をご覧ください）。

PF 研究会「X線分光理論の新展開：構造・電子状態解析から磁性研究まで」開催報告

富山大学 畑田圭介

2019年10月3日(木)、4日(金)に小林ホールにおいて標記の研究会を、弘前大学理工学部 宮永崇史 教授、東京大学理学部 岡林潤 准教授、そして私、富山大学理学部 畑田圭介がオーガナイザーとなり開催した。会の冒頭、物質構造科学研究所の小杉信博所長にご挨拶をいただいた。

本シンポジウムでは国内外の放射光理論研究、特にX線による内殻電子の励起スペクトルについて、その理論開発および理論プログラムの開発を行っている研究者の方々に集まっていた。PFでこのような理論シンポジウムは初めての試みであるとのことだ。今回は、理論研究者の中でも、物理のバンド計算寄り、量子化学計算寄りの電子状態計算に基づく方々、モデルハミルトニアンを用いた計算をされる方、配位子場理論計算の方、そして散乱理論と、様々な異なるアプローチの研究者の方々に講演いただいた。

基調講演は Diamond Light Source の Gerrit van der Laan 氏、CNRS-Rennes 第一大学 Didier Sebilliau 氏、千葉大学名誉教授藤川高志氏らによって行っていた。van der Laan 氏は、Carra, Schutz と共に 2000 年に EPS Europhysics Prize を XMCD の研究で受賞されており、非常にレベルの高い講演を行っていた。氏は日本のうなぎが好物とのことで、来日後すぐに、Didier 氏と 3 人でつくば駅近くの鰻屋にて、非常に美味しいうなぎをぶどう山椒とともに食べました(図1)。

本シンポジウムでは、講演並びにポスターセッションは全て英語で行なっていた。講演者は全 13 名で、そのうち 4 名が欧州人、女性は 1 名、学生は 1 名であった。シンポジウムの参加者は事前登録者が 59 名で、大変盛況



図1 研究会前夜、つくば駅近傍の鰻屋にて(左から、Gerrit 氏、著者、Didier 氏)



図2 集合写真

であった。ポスターセッションは、千葉大 Kruger 教授の発案で、懇親会を兼ねて、飲食をしながらの欧米スタイルでリラックスしたものであった。

シンポジウム終了後にプログラムのチュートリアルを 4 時間行なった。この参加者は 23 名で、日本語により私が行なった。私が欧州で開発したフルポテンシャル多重散乱(FPMS)プログラムについて、基本的な考え方から、使用方法までの説明を行なった。

理論、特に理論プログラム開発は、開発が長期にわたり、1、2 年はゆうにかかる。そのために論文を出版する機会になかなか恵まれず、理論研究者は育ちにくい。今後このような交流を行うことで、意見交換を行い、業界の活性化を図りたく思う。今回の参加者の半数以上が実験屋の方々であったが、今後はこのような交流を通して、共同プロジェクトの立ち上げの一助とすることができればと願っている。

最後に、本シンポジウムで、友人からの意見として色々意見をしてくださった、千葉大学の Peter Kruger 教授、そして PF 側の受け入れ担当者として支えてくださった、両宮健太教授と阿部仁准教授、そして事務的裏方として活躍していただいた、高橋良美様、林陽子様にご挨拶を述べさせていただきます(研究会ホームページ：<https://www2.kek.jp/imss/pf/workshop/kenkyukai/20191003/>)。

PF 研究会「XAFS・X線顕微鏡分光分析分野でのIMSS, PF 戦略的利用に関する研究会」開催報告

名古屋大学 田淵雅夫

2019年の年の瀬、12月17日と18日の二日間にわたって「XAFS・X線顕微鏡分光分析分野でのIMSS, PF 戦略的利用に関する研究会」と題するPF研究会が開催されました。この会は、XAFS ユーザーグループとX線顕微鏡分光ユーザーグループが共同で企画・開催しました。公開されている趣旨文にありますように、本会の趣旨は下記の通りです。「XAFS・X線顕微鏡分光は、エネルギー関連材料(触媒、電池)、地球惑星環境関連材料、有機材料、社会インフラ材料、等、広い分野で、様々な観点で、国内外の様々な量子ビーム施設で広く研究が進められている。そのような背景を踏まえ、これらの分野のユーザーが、IMSS, PF を如何に戦略的に利用していくかについて、(1) 研究推進、(2) 計測手法の高度化、(3) データ解析の高度化(情報科学等)、(4) 利用制度、の観点から議論する。両分野だけでなく、放射光以外の量子ビーム、情報科学、等の分野から、トピックス紹介を頂くセッションと、小グループでの自由討議のセッションを交互に組み合わせることにより、brain storming を進めて議論を掘り起こしたい。」つまり、計測手法そのものと、計測対象あるいは研究分野の両方が多様な広がりを見せている状況に対して、様々な事例を概観した上で、今後より効率的に研究を推進し、測定手法の発展を促すためには何をしていけばよいかを議論したいというのがこの会を開催した主な動機でした。口頭での御講演は先端的な研究をご紹介頂く御講演と、先端的な計測手法をご紹介頂く御講演を中心に、データ解析やデータベース構築の話題を含め16件のご講演を頂きました。

「XAFS を用いた触媒開発の効率化 - 活性サイトを知る重要性 -」 一國伸之(千葉大)

「波長分散型 XAFS を応用した測定手法の開発」

片山真祥(立命)、丹羽尉博(KEK)、稲田康宏(立命)
「PF におけるコヒーレント軟X線回折イメージングの現状とその可能性」 中尾裕則(KEK)

「PF での STXM 顕微鏡観察」 武市泰男(KEK)

「SPring-8 での XAFS を中心とした複合同時計測等の高度化」(宇留賀朋哉(JASRI))

「データ駆動型 XANES 解析」 溝口照康, 清原慎(東大)

「超伝導検出器を用いた X 線分析」

志岐成友, 藤井剛, 浮辺雅宏(産総研)

「PF での XAFS 高度化, マルチスケール顕微鏡, データ集積・解析」 木村正雄(KEK)

「地球科学試料への蛍光 XAFS の利用: TES の利用や高エネルギーマイクロ XAFS」 高橋嘉夫(東大)

「XAFS と SAXS の併用による金ナノ粒子の構造解析と成長過程追跡」 畠山義清(群馬大), 西川恵子(豊田理研)

「触媒動作中の活性点三次元構造決定のためのオペランド偏光全反射蛍光 XAFS 法の開発」

高草木達, 魯邦, 城戸大貴, 佐藤優太, 朝倉清高(北大)

「MLCF 法による 2D/3D XAFS の計測時間短縮」

田淵雅夫(名大)

「電気化学デバイスの放射光によるオペランド計測」

内山智貴, 山本健太郎, 松永利之, 内本喜晴(京大)

「XAFS による精密合成した金属クラスターの構造・物性解明」 山添誠司(首都大)

「光電子ホログラフィーと蛍光 X 線ホログラフィーによるドーパントの原子構造の可視化」

松下智裕(奈良先端大, JASRI)

「実験データ転送システム BENTEN を活用した XAFS 実験データベースの構築」

松本崇博, 横田滋, 松下智裕, 大淵博宣, 本間徹生(JASRI)

また、ポスター発表としては PF の関連ビームラインの話題だけでなく、一般からお申込み頂いたご発表を加え、合計 12 件のご発表がありました。

「PF における時間分解 XAFS の現状とその可能性」

野澤俊介(KEK)

「カーボンナノチューブ内に包摂されたカルコゲン元素の構造」 池本弘之(富山大)

「レーザー誘起パラジウム微粒子化反応の DXAFS 研究」

佐伯盛久(QST)

「高分解能 2D-XANES 法によるリチウムイオン電池の電極反応の分布観察」 渡邊稔樹(KEK)

「TREXS を軸とした表面の複合実験環境の開発」

阿部仁(KEK)

「二刀流ビームラインのための薄膜ビームスプリッターの提案」 阿部仁(KEK)

「高温での XAFS/XRD 同視野計測」 君島堅一(KEK)

「硬 X 線 XAFS ビームラインでのラウンドロビン実験」 君島堅一(KEK)

「PF 分光分析ビームラインにおけるデータパイプライン構想」 仁谷浩明(KEK)

「PF BL-19A STXM における大気非暴露搬送システムの構築」



図1 集合写真

山下翔平 (KEK)
「NW2A における時間分解 Dispersive XAFS の現状」
丹羽尉博 (KEK)
「データの類似度に基づいた X 線吸収スペクトルの解析」
鈴木雄太 (KEK・総研大)

いずれのご講演、ご発表もきわめて興味深く、XAFS や X 線顕微分光を取り巻く技術が本研究会を企画した時の想定を超えてより高度に発展しつつあることを実感しました。またこれらの手法を駆使することで進められている多くの先端的なご研究の話と、ご研究の中で放射光を使った実験が如何に重要な役割を果たしたかを伺うことで、改めて放射光を使うことの意義や重要性を感じました。

本会の特徴として、これら多くのご講演・ご発表を受けて、初日と二日目それぞれの締めくくりに総合討論の時間をとりました。それぞれ「コミュニティとして取り組むべきこと」、「コミュニティからの提案」というサブタイトルを設け、以下の観点で議論できればと考えました。1) 研究分野としても手法としても従来の垣根を越えて複合的な取り組みが行われる中、PF のビームラインがどの様に整備されていくことが望ましいか、2) 予算/ビームタイムの緊縮が続く中ビームタイムという資源をどのように配分するのが望ましいのか（評点差による配分の在り方、最低時間保証の必要性有無等）、3) ビームタイムの緊縮を打ち破り増大に転じるためにコミュニティとして行いうる活動は何か。多くの方にご参加いただいたとは言え、非常に多い XAFS、顕微分光分野の研究者の数からすれば一部でしかない本会参加者の間の議論だけではもちろん結論を出すことはできませんでしたが、放射光施設を使わせてもらうユーザーとして自らも主体的に考え行動することの種にはなかったのではないかと考えています。

今後も機会を捉えて、XAFS ユーザーグループ、X 線顕微分光ユーザーグループ、さらにはこれら二つのグループを超えた放射光ユーザー全体の発展を考えて継続的に議論を続け、定期的な研究会を企画していきたいと考えていますので、皆様のご協力をお願いしたいと思います（研究会ホームページ：<https://www2.kek.jp/imss/pf/workshop/kenkyukai/20191217/>）。

PF 研究会「量子ビームを活用した食品科学」開催報告

物構研中性子 瀬戸寿紀

人々にとっての「生きる糧」であり、日々の生活に密接に関係している食品。人類が狩猟と採集の時代から抜け出すためには、素材を「あるがまま」の状態から「食べられる状態」に加工することが必要だったことを考えると、「食品の科学」は猿から人間に進化した時から始まった、とも言うこともできる。食品の科学は味や栄養、嗜好など多岐

にわたって多くの研究が行われており、これらが分子の構造や組成などと密接に関連していることが知られているが、食品のほとんど全てが多量の物質からなる複雑な系であり、構造を解析すると言ってもそう簡単ではない。その上、食品の咀嚼や消化、食品加工のプロセスは全て非平衡過程が絡むため、構造解析自体が困難を極める場合が多い。従って、原子スケールからセミマクロスケールに至る階層構造を実時間で測定できる量子ビーム利用の要求が高まっている、と言える。そのような観点から、今回は放射光だけでなく中性子等の他のプローブも含めた量子ビームを活用した食品科学の現状と将来展望について議論するため、表記の研究会を 1/28 (火) ~ 29 (水) に開催した。

本研究会は 1 日目の午後に 3 つ、2 日目の午前中に 2 つ、午後に 1 つのセッションを行い、15 件の口頭発表と 10 件のポスター発表があった。最初のセッションでは山梨大の谷本守正教授が「乳と乳製品製造過程による乳タンパク質カゼインの挙動」と言うタイトルで、牛乳が固まることを利活用した食品の構造と制御に関わる研究の全体像についてレビューした。牛乳が固まる、と言う現象は乳タンパク質カゼインの凝集による高次構造の変化として捉えることができるが、その高次構造は長年にわたって様々な研究者によって研究されているにも関わらず、まだ良く分かっていないことが理解できた。

続く 2 つの講演では、KEK 物構研の高木秀彰特別助教と北海道大の大沼正人教授が、それぞれ小角 X 線散乱 (Small-Angle X-ray Scattering=SAXS) を用いたカゼインミセルの構造解析の結果について報告した。高木氏はカゼインミセルの構造として有力視されていた「サブミセルモデル」と「ナノクラスターモデル」を用いて実験結果を解析しようとしたものの説明できず、最新の低温電子顕微鏡写真を基に球状ミセル内に水のドメインとリン酸カルシウム粒子の存在を仮定して解析したところ、実験で得られたプロファイルと一致したとの結果を示した。一方の大沼氏は牛乳がチーズに変化するプロセスを SAXS で解析して、コロイド状リン酸カルシウムの凝集状態の変化が見られているとの結果を示した。この中で大沼氏が示した数日かかりの時間変化を見る実験は研究室の X 線発生装置を利用しており、放射光などの大型施設ではスケジュール的に不可能な「スローオペランド実験」と称していたのが印象的だ



図 1 会場の様子

った。

2つ目のセッションの最初は香川大の合谷祥一教授で、「X線を利用した食品系の微細構造解析」と言うタイトルで、「乳化剤の微細構造と乳化の関係」「デンプンの糊化及び老化の解析」「マイクロCTによる油調済みパン粉の微細構造解析」の3つの実験結果を紹介した。それぞれ SAXS、広角 X 線散乱 (Wide-Angle X-ray Scattering=WAXS)、X 線マイクロCT を用いた実験結果で、X 線を用いた食品の構造解析が様々な観点から可能であることが明らかになった。続いて登壇した京大複合研の佐藤信浩助教は、SAXS と小角中性子散乱 (Small-Angle Neutron Scattering=SANS) を用いて小麦や大豆に含まれるタンパク質の凝集状態を解明した、と言う結果を示した。この中でグルテンに含まれるグリアジンとグルテニンの凝集状態の精密解析のために、重水中で小麦を育てることにより重水素化グリアジンが得られつつある、との結果は印象的であった。続いて帝京平成大の前田竜郎教授は、民間企業に勤務していた時代から取り組んでいる製パン過程における「捏ね」の重要性を紹介するとともに、その際に形成されるグルテンの網目構造中のデンプン粒を解明するために行った蛍光染色観察法による実験結果と、グルテンのナノスケールの構造を明らかにするために行った SANS の実験結果を示した。2つの講演セッションの後に集合写真を撮影し、引き続き行われたポスターセッションでは、各ポスター前では活発な議論が行なわれた。初日の最後には、お酒や料理などの「食品」を実際に味わいながら、それぞれの立場からの食品科学研究に関する交流を行った。

2日目は早朝の大雨の影響で到着が遅れた柴山充弘教授(東大)に代わって、酪農学園大の金田勇教授が「高アミロース米粉ゲルの力学特性とナノ構造」と言うタイトルで、北海道で開発された加工用米であるキタミズホの特徴的な力学物性発現の要因について、レオロジー測定と SAXS 及び走査電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope=SEM) 測定の結果を比較しながら、特徴的なゲル物性の発現機構について説明した。続いて山形大の松葉豪教授が、デンプンと水の懸濁液を加熱・冷却して作る「わらびもち」の構造形成過程を調べた SAXS 実験の結果を紹介した。また、データ解析途中の SANS の結果も示して、量子ビームの相補利用の可能性について議論した。そして2日目第一セッションの最後は30分遅れで到着した柴山教授で、卵白に含まれるタンパク質の主成分であるオブアルブミン(OVA)のゲル化過程を、タンパク質凝集に重要な役割を果たしていると考えられているN末端の両親媒性部位を切除したタンパク質 pOVA の変化と比較した結果を示し、食品科学における SANS と動的な光散乱 (Dynamic Light Scattering=DLS) の有用性を示した。

2日目の第二セッションでは、最初に広島大学の野野聡教授が「食品油脂におけるオレオゲルの研究・開発の現状」と言うタイトルで、マーガリンを初めとする食品油脂に含まれる固体脂の作成法の変遷と今後の課題について紹介した。続いて防衛大の根本文也助教が中性子反射率装置



図2 集合写真

SOFIA と in-situ でずり流動測定が可能になるレオメーターを設置したことを紹介し、チョコレートにずり流動をかけることにより V 型結晶が形成された、との実験結果を示した。そして3番目の講演では原子力機構の中川洋主任研究員が、食品関連物質に水和する水の状態について中性子準弾性散乱を用いて調べた結果を示して、乾燥食品の保存性の指標となる「水分活性」と水和水のダイナミクスとの関係を調べた結果を示した。

昼食を挟んで行われた最後のセッションでは、まず京大の松村康生教授が「食品の品質を決定する構造的要因の解明 - 量子ビーム活用の可能性 -」と言うタイトルで、多成分からなる分散系と考えることのできる食品の微細構造を解明することにより、食品の美味しさや物理的・化学的安定性、消化・吸収性等の品質制御に繋がることを示しつつ、量子ビーム応用に対する期待の言葉を述べた。続いて農研機構の加藤悦子研究員が、固体 NMR を用いることで、米の物性と高次構造の相関を明らかにすることができた、と言う結果を紹介した。そして最後には KEK 物構研 / 茨城大の阿部仁准教授が、XAFS でハウレンソウ中のカルシウムの存在形態を明らかにして25年前からの謎を解明できた、と言う結果から、XAFS の食品科学への応用の可能性を示した。

本研究会が行われた1/28、29の関東地方は天気が大きく崩れる可能性が示唆されており、実際に1/28の夜半過ぎから降った雨により KEK 構内を含むつくば市内の各所が冠水するなど大変な状況があったが、それでも予想を大きく超える71名もの参加者があったことは、食品科学に量子ビームを応用することに対する期待の高さの現れだった、と言えるだろう。今回の研究会によって多くの食品科学の研究者が量子ビーム利用に関心を示すと同時に、放射光や中性子施設にいる研究者が食品科学の面白さを知り、今後の「量子ビームの活用による食品科学」のきっかけを作ることができたものと思われる。

本報告の最後に、本研究会の開催にあたって、事務局として尽力頂いた PF 秘書室の高橋良美さん、林陽子さん、当日の受付を対応頂いた PF 小角散乱ビームライン秘書の小針美由紀さん、会場設営等をお手伝い頂いた PF 小角散乱ビームラインの業務委託メンバーの皆さんには多大なご協力を頂いたことに対し、世話人を代表してお礼の言葉を述べたい (研究会ホームページ: <https://www2.kek.jp/imss/pf/workshop/kenkyukai/20200128/>)。

佐々木泰三先生を偲んで

宮原恒昱

佐々木泰三先生は1925年2月14日に東京でお生まれになり、旧制一高を卒業してから大阪大学に就職されました。その後、東大の教養学部基礎科学科が設立され、1964年には学科の一期生が3年生になっておりますが、そのころすでに先生は助教として基礎科学科に赴任していました。実は私がまだ高校生の頃、1963年に先生は Seya-Namioka 型の分光器の建設について論文を書かれており、同年に、極端紫外線領域でのシリコンの光学定数の測定、ゲルマニウムの光学定数の測定（単著）について論文を出版しています。当時はまだ大学に「講座制」が残っていて、教授は石黒浩三先生でしたが、上記3編のうち2編では、石黒先生との共著で佐々木先生が第一著者、1編が佐々木先生の単著でした。

私との出会いは、留年したあとの4年の卒業研究の時点で、研究テーマとしては、固体ガリウムの光学定数を、水素放電管を用いて二角反射法で測ったものでした。こういう、いわば正統的な研究のうえに私は乗っかっている感じで「この道を進むのね」という理解でした。ところが大学院への進学が決まると「宮原君、君ね、ストレージ・リングって知ってるかい・・・」と言われ、こちらはチンプンカンプンでしたが、研究場所は田無の原子核研究所であるということから、そういう話には乗ろうと決断したいきさつがあります。そもそも当時の研究室の講座名が「物理機器学」ですから、それほどおかしくはないわけです。

しかし、先生はすでに、ストレージ・リング以前に原子核研究所の電子シンクロトロンを用いて、苦労しながらも研究を遂行しており、私がそれを知ったのは正式に大学院に進学してからでした。先生はときどき当時の西ドイツの DESY に行かれて、放射光の有用性を説いて回り、6 GeV 電子シンクロトロンを用いた放射光研究の推進に尽力されました。1974年にハンブルグで完成した高エネルギー実験用の蓄積型加速器 DORIS からの放射光利用をも、計画段階から先導してこられました。シンクロトロンのようなパルス状の不安定な光源よりは、蓄積リングのほうがはるかに安定ですが、それでも高エネルギー研究者によって軌道が頻繁に変動させられたりしますから、安定性は不十分でした。そういう状況下では「放射光専用の蓄積リングが欲しい」というのは非常に強い要求であったわけです。

先生が日本の放射光の先駆者であることは良く知られていますが、実はドイツの放射光科学の先駆者であることも忘れてはならないことです。実際1970年に「第三回真空紫外線物理国際会議」が東京で開かれ、私はスライド係りなどをやっていたのですが、多くの外国人が「Professor

Sasaki」と言って先生の、放射光に係わる国際的な先駆的貢献に言及するのです。これは眼からうろこでした。そういう先生が指導教官であるからには、誇りをもって頑張らなければいけないと決意を新たにすることを記憶しています。特に西ドイツからの当時の若手、ルプレヒト・ヘンゼル、クリストフ・クンツ、ベルント・ゾンタクさんらは、先生と親しく話していましたが、先生は英語以外にドイツ語も堪能であることも初めて知りました。

さて、設計の段階から光源専用として建設された「SOR-RING」は、現在では SPring-8 の敷地に展示されています。この計画を主導したのはもちろん佐々木先生ですが、その後の管理・運営は物性研が請け負うことになりました。その後、このリングを用いた実験に「佐々木研」の多くの大学院生が参加し、彼らはその後、企業や大学などで活躍しました。また、利用実験だけでなく、アンジュレータのプロトタイプを作って、放射光のスペクトル・強度分布や偏光性を理論と比較したりしました。

ちょうどそのころ、つくばではフォトン・ファクトリーが建設中であり、先生は1981年から測定器系主幹、84年度は施設長を務められました。先生はそこでもアンジュレータを「非公式」に推進し、PFのBL-2で挿入光源の卓越性を示されました。私が都立大からPFに着任したのは1982年10月でしたが、それ以前から「建設協力者」として時々打ち合わせに参加し、SOR-RINGに比べて「なんでも大きいな」という印象を持ったことを憶えています。そこでまた先生は「宮原君、君ね、分光器作ったことないだろう。作って見ないか？」と持ち掛けました。これも乗ったほうが良いと決断し、当時のN88BASICという遅いソフトで、光線追跡プログラムを自作しました。これは私にとって初めての分光器建設で、その後、数台の回折格子分光器を建設したことは「精密機械と超高真空の両立」を考



図1 佐々木先生の米寿のお祝いでの1コマ（前列右から二人目が佐々木先生、左から二人目が筆者）

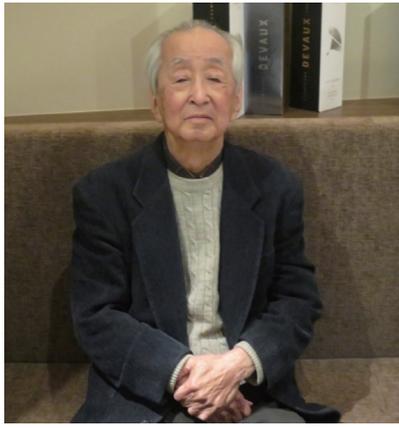


図2 第30回日本放射光放射光学会年会・日本放射光科学シンポジウムでの特別公演「SOR-RING 始末 -放射光 SOR-RING の「分析機器・科学機器遺産」認定を記念して-」(2017年1月)の際の1コマ

えるうえで非常に有意義な経験となりました。

1985年に先生は阪大に移られて、3年間研究・教育に従事され、しばらくは私との共同作業もなくなりましたが、放射光学会会長をつとめたり、SPring-8のアドバイザーなどの国内的貢献だけでなく、真空紫外線物理国際会議でもよくお会いしました。1992年ころ、パリでこの会議があったときと前後して、当時東大物性研の辛さんと3人でローマの繁華街を歩いていた時、突然、赤ん坊を抱えた黒装束の女性(ローマ大学のピアンコーニ教授によると「ジブシー」とか)数人に襲われそうになったことは、今では懐かしい思い出です。

若いころからお酒が強く、2013年の「米寿」のお祝いの頃、やっと私と同程度の強さに軟化しましたが、高齢になってもいつも頭脳明晰なのは驚かされました。その時(2013年2月)の写真を図1に、2017年1月の放射光学会で先生の特別講演があった日の夜の写真を図2に紹介します。

佐々木先生との関係では、私が単に弟子であるだけでなく、先生が「やってみないか」と提案したことはすべて飛びついた、その結果は上手くいったという経験は、先生がいかにか慧眼であったか、普通の「王道」よりも一歩先を行くことを常に考えていたことを、如実に示していると思います。リングにしても、アンジュレータ、分光器、将来計画にしても、常に次の次を見ていたことは特筆に値すると思います。

自然科学から離れたトピックに関しても、先生は人文科学全体について博覧強記でした。日本史・世界史に詳しく、特に19世紀から現代までのヨーロッパの歴史、それぞれの国の特徴・国民性などについて、時間が許す限り、いくらでも話すことができました。ロシア革命以降のソ連やスターリン主義の問題点など、詳細な事例をご存知でした。もちろん、主要な日本文学、西洋文学についても、若い時に読破されていたようで、源氏物語についても一家言あるようでした。

特筆すべきはドイツ語が堪能なことでしょう。先生の大学の居室には、ヘーゲルの「大論理学」や「精神現象学」の独語本がありました。私の第二外国語はロシア語でしたので、独語については全くダメでしたが、「宮原君、大論理学のドイツ語はかなり読みやすいドイツ語だよ」と言われても、私は生返事でした。あとで専門家に聞いてみると、確かにそのとおりらしく、逆に「精神現象学」は難解な独語だそうです。先生がハンブルグに滞在した時、独語を駆使したようですが、「あなたのドイツ語は、ややオーストリア訛だ」と言われたそうです。

クラシック音楽のファンで、若いころはピアノを演奏したようですし、将棋も強かったと記憶しています。これだけ多才でありながら晩年まで頭脳明晰で、いくら高齢とはいえ突然に亡くなるとは、まったく想定しがたい事でした。しかし、亡くなっても「ロール・モデル」であり続けると思います。

心からご冥福をお祈りします。

佐々木泰三先生を偲んで

小出常晴（物質構造科学研究所，功労職員）

放射光実験施設の第2代施設長および日本放射光学会の第2代会長を務められた佐々木泰三先生が、2019年9月20日に95歳で逝去されました。

佐々木先生は、日本の放射光研究者が世界に誇る、世界の放射光研究を牽引された文字通りのパイオニアでした。佐々木先生は、日本においてINS-SOR, SOR-RING, Photon Factory (PF) の設計・建設・運営を主導され[1-4], SPring-8 や SACLA に参与されました。

放射光はレーザーと並び、人類が20世紀に手に入れた画期的な光源です。1947年にGeneral Electric (GE) 社の70 MeV シンクロトロンからの放射光が初めて地上の実験室で観測され、ほぼ同時期にJ. Schwinger や A. A. Sokolov の放射光の理論が出たことにより、放射光研究がスタートしました。1940年代にはGEグループが、1950年代にはMoscow大とCornell大のグループが、極紫外・軟X線域用光源としての放射光の利用検討を始め、理論の予言する強度・スペクトル・角度分布・偏光を検証し始めました。

佐々木先生は元々真空紫外域の光学と光物性の研究がご専門で、低圧気体放電管を用いて極紫外におけるSi, Ge, Auなどの光学定数の決定、極紫外スペクトロメーターの設計・製作、反射の際の偏光の測定などのご研究をされてきました。1956年春の物理学会の折、佐々木先生は東北大シンクロトロンから放射される青白い光を観察されました。これが佐々木先生の放射光初体験だそうです。1961年に核研電子シンクロトロン(ES)が試運転に成功しました。小塩高文先生と笹沼道雄先生の放射光特性の計算を見た佐々木先生は驚愕し、ご自分でも計算して放射光の威力を確信されたそうです。1962年物理学会の素粒子実験分科会において、佐々木先生は「物理学へのESの大きな貢献の可能性と小塩先生に協力して研究活動をする用意がある」旨の発言をされたそうです。佐々木先生の勇氣ある発言は、核研ESの人達から好意的に迎えられました。これを契機に佐々木先生と小塩先生をリーダーとする核研ES放射光利用のINS-SORグループがスタートしました。しかしシンクロトロンは制御が困難で、ビーム振り落とし、強度変動、ビームサイズ変化、位置変動ありで、パラサイト放射光利用に悪戦苦闘されたそうです。これが後のSOR-RING建設の主要な動機になりました。先生は放射光研究黎明期の生き証人でした[1,2]。

このような時期の1963年(米)のR. P. Madden と K. Codling が、放射光分光学の口火を切る実験を報告し



主幹当時の佐々木泰三先生 (PF ニュース Vol.2 No. 1 February 1984 のスタッフ紹介ページより転載)

ました。彼らは、稀ガス自動電離スペクトルの写真を取り、原子の電離状態と束縛状態の配置間相互作用から生じるFano効果を明らかにしました。このニュースは、日本の分光研究者には大きなショックだったそうです。しかし佐々木先生を始めとするINS-SORの日本人研究者は、金属やイオン結晶の薄膜をターゲットに固体の内殻励起スペクトルを測定し、固体の内殻励起が価電子励起と本質的に異なる物理過程を含んでいることを示すことに成功されました。この成果は、放射光の重要性を内外に認識させ、未開拓だった内殻電子の励起過程に分光研究者の関心を引き付けました[1,3]。1965年頃NBSは移転のため閉鎖で、INS-SORグループだけが放射光利用分光学を行っており、一時世界の最先端に立っていました。

1966～68年に佐々木先生は、当時のDESY(独)副所長P. Stählerin教授の招待でDESYに滞在され、放射光研究に打ち込まれました。先生ご自身は、金属や絶縁体の内殻吸収の研究及び半導体の光学定数の測定を行うとともに、当時は若かったR. Haensel, C. Kunz, B. Sonntag, M. Skibowskiや、後にDESYから巣立ったE.-E. Koch, B. Feuerbacher, W. Gudat, P. Schwentner, V. Saileらを指導されました[2]。これにより、彼らが後年世界の指導的放射光研究者になり、ドイツの放射光利用研究の黄金時代が到来したことは周知の事実です。彼らは、佐々木先生に深い敬愛の念を抱き、Taizoとファーストネームで呼んでいました。佐々木先生は1968年ドイツからの帰路アメリカに立ち寄られ、DESYでの最新データを基に、Argonne国立研究所の井口道生先生と共同で、Alの光学定数を $10^{-1} \sim 10^4$ eVの広大な領域に渡り決定されました。これは光学定数に関する記念碑的なお仕事です[2]。

滞欧・滞米中の佐々木先生は、多くの研究者との議論・意見交換を通じて既に放射光専用ストレージリングの構想を固めておられました。先生は欧米から帰国後SOR-RINGの予算獲得に苦勞されたものの、予算は認められ建設がスタートしました。最も驚くべきことは、佐々木先生を始め、活動の中心となった若手の佐藤繁、渡辺誠、宮原恒豆、北村英男の諸氏全員が、加速器の専門家ではなかったことです。核研の加速器専門家が「本当にできるのか」と、危惧の念を抱いたのも無理はありませんが、佐々木先生は「素人の強みは己の無知を自覚して慢心しないことだ」との信念で、建設を遂行されたそうです。1974年12月14日～15日、奇しくも赤穂浪士の討ち入りの日にSOR-RINGの試運転が行われ、一発で成功しました。ここに「世界最初の放射光専用ストレージリング」が確立されました[2,3]。このSOR-RING成功がその後の日本の放射光研究の導きの星になりました。私は博士課程の院生の時に、SOR-RINGからの放射光を利用し、それまで用いた水素放電管とは別世界だ、との強烈な印象を受けました。INS-SORとSOR-RINGを通じて特筆すべきことは、他の多くの科学・技術分野とは異なり、欧米で先行・成熟した実験技術をそっくり導入するのではなく、日本独自のアイデアと方法を発展させたことです。

佐々木先生は1980年に、折から設計・建設中のPFに赴任されました。当初計画のPFリングは円形でしたが、挿入光源を重視された先生は、楕円形リングを提案されたそうです。当然ながらこの案には、光源加速器系主幹の冨家雄先生が大反対されたそうです。佐々木先生は、リングの軌道・電磁石の責任者の木原元央先生と交渉し、楕円形リング案を勝ち取られました。楕円形リングで長直線挿入光源を可能にした佐々木先生の慧眼は、その後のPFに計り知れない恩恵をもたらしました[3,4]。実際、山川達也先生は佐々木先生と共同で、世界に類を見ない縦型超伝導ウィグラーの挿入・縦偏光硬X線取出しに成功されました。佐々木先生は、物性研・東大教養学部・PFチームを指揮してSOR-RINGで試験アンジュレーターPMU-1に成功され、さらに北村英男、前澤秀樹、鈴木芳生氏らの若手研究者やPFスタッフと、絶対強度測定を含めPFリングで本格器PMU-2に成功されました。PMU-1からの美しい虹色スペクトルの写真は、文部省の玄関に長く飾られていました。挿入光源の開発・特性評価の詳細については、本号に佐々木先生ご自身の詳しい寄稿がありますので、ぜひ一読下さい（佐々木泰三「挿入光源事始め」）。

第3, 4世代放射光に関し、佐々木先生は「コヒーレンスが本質的だ、従って今後の若い放射光研究者は量子光学の基礎を勉強する必要がある」と強調しておられました。

PFが運転を開始した1980年代初頭、世界の第2世代放射光リングでは光学素子の熱負荷が深刻な問題になり

つつありました。特にDaresbury放射光施設SRS（英）では、赤外・遠赤外利用を計画し第1ミラーが割れてしまう状況でした。佐々木先生は耐熱ミラー材の探索のために、日英独の共同研究を計画され、第1弾として日英共同ビーム照射試験をDaresbury SRSで行うことになりました。幸運なことに私はその先兵に選ばれました。照射槽はPFで製作しSRSへ送りました。日本側の責任者が佐々木先生であるお蔭で、受入責任者のI.H. Munro先生とJ.B. West先生は極めて好意的で、現場の共同テスト実験者のA. A. MacDowell君とM. M. Kelly嬢もとても親切でした。実験は成功で、SiCがベストとの結果が得られました。

私は、佐々木先生と佐藤（繁）さんへ別々の手紙を送りました。私が帰国後に先生の居室へご報告に伺い、真面目な話が一段落すると、先生「ところで、君、ダレスベリーでは綺麗なイギリス人女性と仲よくなったそうだな。」私「先生、どうしてそれを？」先生「君は私宛と佐藤さん宛に手紙を書き分けたようだが、佐藤さんと私の間では情報はツーカード。」私「どうにも恐れ多いことで。」先生「君は今回が最初の渡欧だと思うが、最初にしては公私ともによくがんばった。」その間、先生はユーモアたっぷりの穏やかな表情で、冷や汗をかく私をからかっては楽しんでおられるようでした。

「日本人はテンション民族だ、ユーモアのセンスがない」とよく言われますが、佐々木先生のご講演や執筆された記事[1-4]からも分るように、先生は日本人には珍しいユーモアのセンスをお持ちだと拝察いたします。このユーモアのセンスは、INS-SORやSOR-RINGでのパイオニア的なお仕事を支えたに違いありません。何故ならば、先の見えない困難な研究を続けるには、心の余裕と自信に由来するユーモア精神と楽天主義が必須だと思うからです。

佐々木先生は、比類なきリーダーとして世界の放射光研究者から絶大な信頼と尊敬を集めておられました。佐々木先生は、天寿を全うされて、今は天上でご自身のまいた種の豊かな実りに満足され、世界の放射光研究を見守っていらっしゃると思います。

放射光研究の巨星墜つ、の感深しです。

佐々木先生のご冥福を心よりお祈り申し上げます。



1992年3月13日PFリング10周年記念パーティでの佐々木泰三先生（前列右端）とその時のケーキ。リングを模して作られた。

- [1] 佐々木泰三, 固体物理 **22**, 1007 (1987).
- [2] 佐々木泰三, 固体物理 **23**, 142 (1988).
- [3] 佐々木泰三, 放射光 **11**, 82 (1998).
- [4] 佐々木泰三, PF ニュース **30**, 23 (2012).

第 29 回 PF シンポジウム PF30 周年記念講演②
挿入光源事始め

KEK 名誉教授 佐々木泰三

放射光科学は元来高エネルギー物理学の実験手段であった電子シンクロトロンに寄生して、「目的外」の利用者によって始まった現代科学の「想定外」分野である。電子を加速すれば必ず出てくる、素粒子実験にとっては厄介者であったX線を光源として応用しようという、いわば「廃物利用」として始まった。日本では昭和37年(1962)に原子核研究所に750 MeVの電子シンクロトロンが完成した時、INS-SORという光の利用者団体が活動を開始して今日に至っているが、今年はその50周年に当たる。今年はまだ筑波にX線を発生する2.5 GeVの光源施設フォトン・ファクトリーが完成して30年に当たり、それを記念して建設に当たった当事者が昔話をするようになったのがこの原稿の由来である。

紙数の制約もあって講演の内容をそのまま再現するのは困難なので、ここではその講演の要旨をお伝えして責めを塞ぐことにする。

1. 加速器屋とユーザー

光を使って結晶構造解析をするX線のユーザーにしても、物性を研究する分光学の研究者にしても、放射光のユーザーというのは時間的にも空間的にも出来るだけ安定した強い光を要求するものである。ところが加速器の電子ビームというのは暴れ馬で、そう簡単に云う事を聞いてくれない。加速空洞も電磁石も電子を前後(シンクロトロン振動)、上下左右(ベータトロン振動)に揺さぶってくれる。何もしなければ電子はどんどんバラけてくる。それを抑え込んでユーザーの希望する「強く、安定した」光を供給するのが加速器屋の腕だ。

ところがユーザーの欲望は更に進んで、もっと硬いX線を(ウィグラー)とか、狭い波長幅で良いからもっと強く鋭い光を(アンジュレーター)とか、加速や収束には必要のない余計な磁石を軌道の直線部に「挿入」したが。これが更に電子ビームを乱すので、加速器屋にとっては余計な負担だ。こういう追加負担を嫌う加速器屋の懸念には根拠があるのだ。こうして加速器屋とユーザーは「放射光施設」という一つ屋根の下で共同体を作り、互いに緊張する関係を抱えながら共存し、時には喧嘩もしながら協力する。

2. ウィグラーの挿入

PFではユーザーの強い希望で「縦型超伝導ウィグラー」を軌道の一部に長い直線部を設けて挿入することになった。その理由はPFの電子エネルギーが2.5 GeVで「硬い」X線を発生するにはやや低かった(特性フォトン・エネルギー

ギ一:4 keV)ため、超伝導磁石を軌道の直線部に挿入して高い磁場を発生し、その部分だけ硬いX線を利用できるようにする狙いであった。放射光は本来水平面に強く偏っているが、この磁場で電子を垂直方向に曲げて縦偏光を発生するという野心的な狙いもあった。今日ではARとか、SPring-8とか、硬いX線の光源はいくらでも利用できるし、またSPring-8では鈴木基寛氏が開発した結晶偏光子で偏光面を水平から垂直に変換するとか、直線偏光を円偏光に変換するとか、光源の偏光特性を加速器に頼らず、ビームラインの側で操作できるようにもなったので、光源側で無理に縦偏光を発生しなくてもよい。しかしPF発足当時としては他の選択肢はなかったので、ユーザーの要求にはそれなりの根拠があった。

こうしたユーザーの意向をくんで縦型超伝導ウィグラーを軌道に挿入することが決まり、PFの軌道形状は当初の円形から楕円形に変更になった。しかしこの変更を懸念する声は国内だけでなく、海外の加速器専門家の間にも広がっていた。例えば1976年、カナダのケベックで開催された放射光専用光源のワークショップで出会ったブルックヘブンの加速器屋Ken Greenは私を捕まえて「PFでは縦型の超伝導ウィグラーを挿入する計画だそうだが、これは無茶だ。悪いことは言わない。止めておけ!」と強い口調で警告された。グリーンさんは何しろこの分野では名だたる大御所だ。気にはなったが、そういう事はやって見なきゃ分からんんじゃないか、と聞き流して帰ってきた。

PFの加速器の責任者富家さんもかなり心配はしていたようだが、PFの建設を討議する重要会議では「ウィグラーの建設は必ずやります」とユーザーに対して繰り返し明確に約束していた。

ところがいざ加速器建設が始まって、光源各部分への予算配分が発表されたとき、山川さんが担当するウィグラーには配分がなかった。ウィグラーは最初0磁場の状態で加速器の入射、運転を行い、電子が十分蓄積された状態になってから励磁を始める。最終磁場に到達するまで、励磁の途中で当然軌道は不安定になるので、加速器の各種磁場のパラメータを調整しながら、安定した軌道が維持される道筋を捜さねばならぬ。いわば「ロードマップ」を作成するための長い模索の時間が必要だ。ウィグラーの本体を出来る限り早い時期に製作して、励磁試験の長い模索の作業を開始せねばならぬ。山川さんは初年度の予算配分から外れて大変失望し、心配していた。周囲の光源系の仲間も心配していたが、予算の配分が厳しいのはどのセクションも同じだろう。私は山川さんと相談して一芝居やろうという事になり、PFの全体会議で光源系の建設計画の説明があった席上、私が立ち上がって質問した。「光源系では今年度ウィグラーに予算を配分しなかったそうだが、これはウィグラーの挿入を断念したということか?」すかさず山川さんが立ち上がって、「いや、そんなことは絶対ありません。

ウィグラーの建設は必ず実行します。富家さん、そうですね！」

富家さんは多分ウィグラー建設の実行を躊躇う気持ちがあったのだろう。しかし山川さんの発言は富家さんのかねてのユーザーに対する約束でもある。「その通りです。ウィグラーの建設は必ず実行します」

明言はしたものの、富家さんも無い袖は振れないのだ。しばらくして富家さんは測定器の主幹室にやってきた。「あんな約束をしたけれど、実は光源系にはもう今年度配分する予算が余っていないんだ。測定器から何とか融通して貰えないか？」これが山川さんと私の読み筋で、後の年度に返済してもらう約束で¥1000万を測定器からまわして、山川さんの仕事は始まった。

光源建設は多少の難航はあったが、1982年には完成して運転を始め、山川さんのウィグラー本体も同じころ完成し、軌道に組み込まれた。ここからが山川さんの長い大奮闘の始まりだった。ウィグラーの励磁試験は時間を食うので、加速器の運転試験の中でも時間の要求が大きい。他のマシン・スタディーが宵の口までに終了したのち、深夜から明けがたが山川さんの時間になった。真夜中になると山川さんはヘリウムの準備を終えて地下の運転室に陣取り、来る日も来る日も徹夜でデータ取りをやっていた。昔核研時代に一緒に仕事をした若い同僚もPFには少なからず来ていて、手の空いている時は山川ブースに駆けつけてデータ取りを手伝っていた。しかし応援団の若手諸君もそれぞれ自分の仕事を持っているのだ。毎晩来られるわけではない。助っ人が居る時も居ない時も、山川さんはメーターと睨めっこで調整を繰り返していた。その期間が半年だったか一年だったか、もう忘れたが、山川さんの奮闘には全く恐れ入った。私も時々覗きに行き、山川さんが今日も徹夜の態勢だ、と見てとると、竹園の馴染みの寿司屋「いそはる」に車を飛ばしてクルマエビの入った「特製太巻き」を作って貰って現場に届けた。これはやがて「応援団」の若手諸君の間にも噂が伝わって、差し入れのある時は人数が増える、という噂も聞いた。

山川さんの奮闘はやがて実を結び、ウィグラーの運転は十分な安定性を確保しつつ実施段階にこぎつけ、PFの一般公開に間に合って完成した。グリーンへの心配は杞憂に終わった。ウィグラーの完成は高工研としても特筆すべき成果として恒例の新聞発表の話題に取り上げられ、山川さんが所長主催の記者発表の後、記者団に対する現場説明を行った。富家さんは「これは主幹の仕事だから俺がやる」と言いだしたが、開発の現場に立ち会ったこともないのだ。「これは辞退して山川さんに譲るべきだ」とご遠慮願ひ、結局山川さん単独の新聞発表となった。

3. アンジュレーターの挿入

アンジュレーターは電子の直線軌道上に多周期の極性の交代する磁場をつくり、多数回の電子の発光を干渉させて格段に高い輝度をもつ放射光を発生させる仕掛けである。PFの建設開始の時点ではアンジュレーターの挿入は計画

に入っていなかった。この装置がどういうものか、理論的には良く知られていたが、実用化の展望は未だなかった。アンジュレーターの概念が出来上がったのは古く、1947年にモスクワ大学のGinzburgの提案に始まり、1953年にはオックスフォード大学のMotzがスタンフォードに来て、小型の線形加速器を使ってミリ波、サブミリ波の発生に成功した。初期の試みはたいいていこうした電波の発生を目標にしていたが、やがて半導体のデバイスが登場して競争に負けてしまい、大げさな加速器を使ってこんなことをやっても意味がない、と廃れてしまった。ところが1976年にパークレイのMadyが超伝導コイルでダブル・ヘリックスのアンジュレーターを作り、共振器をつけて赤外の自由電子レーザーの発振に成功して一気に注目を浴びた。同様のデバイスを蓄積リングに挿入して短波長の自由電子レーザーを作ろうと、米仏の共同チームがオルセイの放射光リングACOで暫く実験をしたが、これは何度も爆発事故を起こして失敗に終わった。一方電磁石を並べて直線部に挿入しようというアイデアがフランスやトリエステで試みられたが、電磁石は大きすぎて十分な周期数の磁石群を直線部に挿入するには無理がある。結局実用化には至らなかった。アンジュレーターが実用化したのは1978年スタンフォードでHalbachとWinickが永久磁石を組み合わせる加速器の直線部に外部から挿入する仕掛けを発明したのがきっかけである。

私は1976年にケベックの会議でGreenの講義を聞いて、いつの日かの実用化に備えて準備をしようとして核研でINSORの諸君と一緒に勉強会を始めたが、Winickが1978年にPFに来て、Halbachの永久磁石モデルの講演をしたのを聴いて、実用化の機は熟したと判断し、直ちに試作を決意した。

4. 加速器とユーザー 再論

PFでのWinickの講演は大変刺激的なアドバイスであったが、富家さんの反応は全くネガティブであった。ウィグラーが欲しいというユーザーの我儘で、こんなことをして加速器が一体動くのか、と心配している矢先、またもう一つユーザーの道楽を押しつけられては敵わない、と思ったのだろうか。

「ユーザーの諸君はこれまで放射光は連続光だから素晴らしい、と盛んに言っていたではないか。ところが今度はアンジュレーターが単色光だから素晴らしいという。こんなにコロコロと考えが変わる連中の面倒は見切れない。おれの眼の黒いうちはこんなものを加速器には絶対入れさせないぞ！」と不快感を露わにした。もちろんこれはとんでもない誤解で、偏向磁石の連続光と挿入光源の単色光は共存可能で、両方にそれぞれの価値があるのだ。

アンジュレーターはウィグラーほどではないが、加速器の不安定要因でないとは言いきれない。後に分子研が挿入光源を導入する際、加速器担当の浜さんがアンジュレーターによる軌道の不安定性を精密に分析、公表した。どうもユーザーの我儘が加速器屋さんにも余分の迷惑をかけるのは

申し訳ないが、だからといって挿入光源はもう諦めます、とユーザーが何も言わなくなったらどうなる？ そうなれば加速器は何をしなくても毎日ご機嫌で回り続けるだろう。そうなるともう優秀な加速器屋など要らない。加速器屋は失業するのだ！

SPring-8 が出現して、加速器屋とユーザーの関係はだいぶ変わってきた。光源加速器の安定性は格段に向上し、例えば地球の潮汐運動による軌道位置の変化がモニターに検出され、それを自動的に補正するシステムが導入された。こういう高度の安定性を達成した若い加速器屋の田中均氏が云う。「加速器屋がここまで頑張って安定な良いビームを供給しているんだから、ユーザーの皆さんはそれに見合った成果を上げて下さいよ！」

加速器屋の親分の熊谷氏はこう言っていた。「ユーザーの光源に対する要求はそれが加速器にとってどんなに厳しいものでも加速器屋はそれを受けて立つ。それが加速器屋の使命だ。それが結局加速器の性能向上と新技術の開発に結びつき、そうして光の性能が上があればユーザーにとっても加速器屋にとっても望ましいことだ。」こうした加速器屋とユーザーの緊張関係を伴う協力が放射光科学を進歩させるエネルギーなのだ。

5. 初めてのアンジュレーター試験機：PMU-1

私は1980年4月、東大と併任の形でPFに着任した。これを機にアンジュレーターの開発と実用化を目指して試作機を作り、1976年以来利用を公開していた物性研の小型光源SOR-RINGで試験した。その準備のために1980年6月にWinickさんを訪ねてノウハウを聴き、北村英男氏の指導の下で東大教養学部で修士課程の学生であった玉虫秀一君を中心にチームを作り、81年の12月に物性研の共同利用課題としてこの試験機の運転を実施した。

この時の実験内容は

1. アンジュレーターの動作試験,
2. 加速器のビームへの影響,
3. スペクトルの絶対強度測定,
4. スペクトルの電子エネルギー・磁場強度・角度への依存性測定
5. 3～4による理論の検証
6. 可視部の発光パターン、「虹」の目視と撮影

が主な内容であった。

加速器の運転を物性研スタッフ（宮原、磯山、西村、三国）と大阪市大三谷が担当し、アンジュレーターの性能評価をPF（佐々木、山川、佐藤、北村、前澤）と東大駒場の院生（鈴木、玉虫、金森）が担当した。結果は予想以上の大成功で、1週間で目的の実験はすべて終了し、理論の検証もできた。重要な収穫の一つは加速器のエミッタンスが大きいためにスペクトルのピークシフトが起り、プロファイルも変化してバンド幅が広がるのが良く分かったことだ。

このマシンタイムの間、私は国際会議の準備のためエルサレムに出張しており、帰ってきたら実験はほとんど終わっていた。余ったマシンタイムで我々はアンジュレーター

光の美しい虹の写真をたくさん撮り、その一部を引き伸ばして文部省の研究機関課に送ったところ、文部省は建設中のPFの宣伝に絶好だと思ったのだろう。玄関に飾るから全紙大に引き伸ばして寄せせという。それは二三日の展示のはずだったのが、来訪者の関心が高かったようで、一ヶ月ほど玄関正面に展示してあった。この写真は後にSPring-8の建設の時も、放射光の実例だといって宣伝ビラやパンフの飾りに使われて、多くの一般人の目にとまった。本当はこの虹はSOR-RINGのような低エネルギーのリングだからこそ見えるので、PFやSPring-8で見えることは出来ない。「羊頭狗肉」の誹りを受けそうだが、これが放射光の姿の一端であることは事実なのだ。まあご勘弁願ってもいいだろう。

6. 実用機 PMU-2

試作機の成功を踏まえてPFでは直ちに実用機PMU-2の製作に着手した。PFの当初計画には含まれていなかったにもかかわらず、文部省はこの新規要求には大変寛大で、82/83年度に光源研究系から提出した¥5000万の予算は全額認められ、83年度にはBL-2にこの実用機が挿入され、84年度から一般に公開された。試験機の費用は全額測定器研究系の予備費から支出されたが、実用機の製作に当たっては山川、北村ほか、光源系スタッフの協力が必要で、実施計画はすべて測定器側でまとめたが、光源系経由で本来の建設計画の枠外で要求を出した。光源系の中堅・若手の諸君もこの試験機の成果を見て大変エキサイトしていた。富家さんはもう「俺の眼の黒いうちは・・・」などとは言わなかった。

PMU-2の磁場周期は4cm、周期数60、全長4mで、1次光のフォトン・エネルギーは0.4～1.0keVである。設置場所はウィグラーの反対側の長直線部、BL-2となった。図1はこの挿入光源の一次から7次光までを測定したオリジナル・データである。測定器はヘリウム・イオン・チェンバーで、この結果は適当な数値処理で絶対強度単位に変換できる。図2は磁場を変化させたときの1次光、2次光のスペクトルで、絶対強度単位で示してある。点線が実測

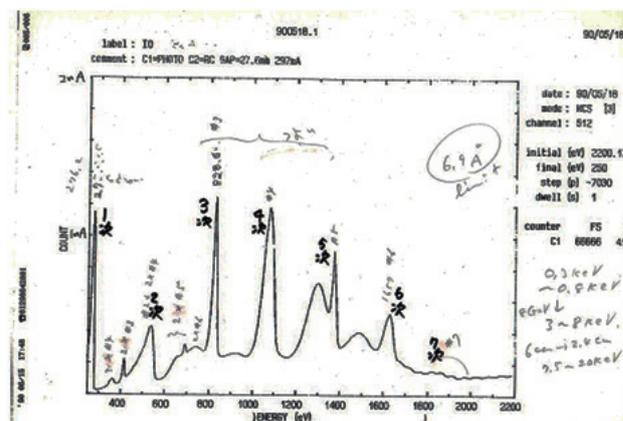


図1 PMU-2の1次～7次光スペクトル（オリジナル・チャート）

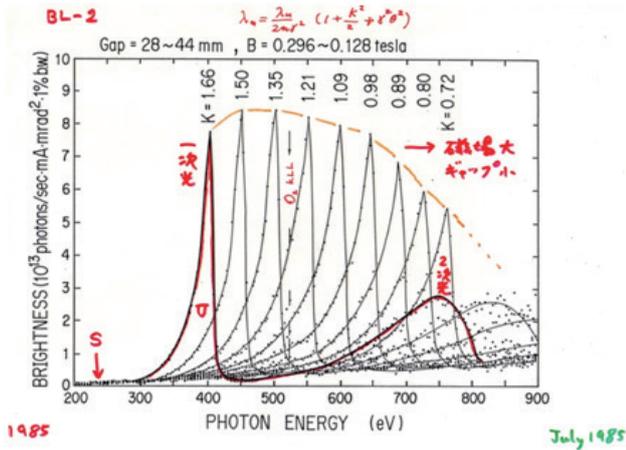


図2 PMU-2の1～2次光輝度の磁場強度依存性点が測定値、実線は理論値。Sは偏向電磁石からの光、Uがアンジュレーターの発光である。

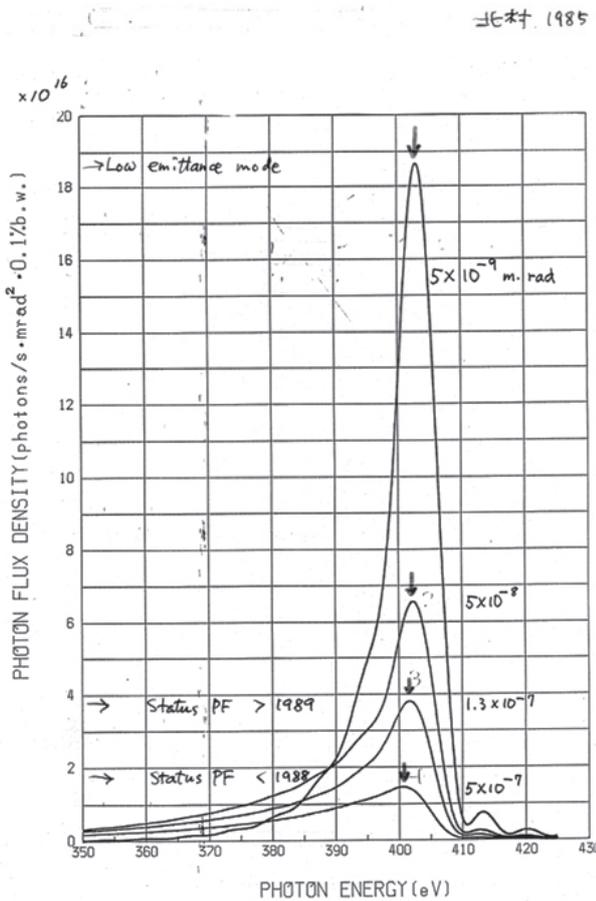


図3 アンジュレーター・スペクトルのエミッタンス依存性 (北村 1985)

値、実線は計算値で、一致は極めてよい。放射光は古典電気力学的現象で、理論と実験が一致したからと言って驚くようなことではないが、こういう実験と理論の比較から、一致が得られるのは加速器のエミッタンスを正しく評価した場合に限られる、という点が重要である。つまりこのような定量的評価の結果から、改めてアンジュレーターの放射光はエミッタンスが十分小さい場合に初めて本来の優れ

た性能が発揮されるという重要な認識が得られた。その結果、次世代の加速器設計に求められる「低エミッタンス」がどの程度のものかという認識が得られ、アンジュレーターの挿入を基本とする次世代の加速器が何を指向するか、という指針がこれで確立した。今日日米欧と世界の3極を形成する高輝度放射光光源はこの認識の上に設計され、それを実現したものである。図3はエミッタンスがスペクトルの強度や半値幅にどう影響するかを示した北村氏の計算である。一次光のピークの高さと波形がどう変化するかは明瞭にわかるが、PFでの実用機の評価ではそれらの特徴が定量的に示された。第三世代の放射光施設の建設が始まった1980年代後半には、低エミッタンスの加速器設計には重大な障害があり、安定なビームを維持できないのではないかと懸念が発生して、一時は悲観論が優勢であった。しかし間もなくその困難は日米欧の共同研究で打開され、第三世代の低エミッタンス光源は現在世界中どこでも安定に運転を続けている。PFでの挿入光源実験はこうした決定的な証拠を提供したことで、第三世代放射光のコンセプトの確立に貢献した。

7. その後の発展

挿入光源のその後の発展についてはここで詳細に触れる余裕はないが、挿入光源の磁気回路デザインのその後の進歩で、任意の偏光、つまり縦横任意の直線偏光、円偏光(楕円偏光)の発生技術が確立し、ネオジウム・鉄・ボロン(+ディスプレイウム)の強力永久磁石NEOMAXの発明、真空封止型アンジュレーター技術の確立に伴う第三世代放射光光源の小型化等、アンジュレーターの技術水準を格段に向上させる進歩が相次ぎ、自由電子X線レーザーSACLAの完成でその技術は一つの頂点に達した。PFの歴史と歩調を併せて挿入光源の歴史もこの30年、画期的な進歩を達成したのである。



PFシンポジウム「PF30周年記念講演」の中で、「挿入光源事始め」を講演中の著者。

Paul Scherrer Insitut 滞在記

Paul Scherrer Insitut 上村洋平

Paul Scherrer Institut

私は、2019年7月からスイス連邦の Paul Scherrer Insitut にてポスドクとして働き始めました。PSI は、スイス連邦における中核研究機関の一つであり、放射光などの大型実験施設を所有する研究所です。PSI 内には、第3世代放射光施設である Swiss Light Source (SLS)、中性子・ミュオン実験施設 (the Swiss Spallation Neutron Source (SINQ)), the Ultra-cold Neutron Source (UCN), the Swiss Muon Source (SMuS)、X線自由電子レーザー (XFEL) である SwissFEL があります。PSI のキャンパスは、川を挟んで西側 (West) と東側 (Ost) に分かれており、West 側に SLS と SINQ 等があり、Ost に SwissFEL があります。これらの他に、Ost には所謂研究グループがいくつもあります。これらの研究グループでは、放射光など大型施設の利用の有無に関わらず、幅広い研究活動が行われています。

私の参画しているプロジェクトは、研究所内の異なる部局から PI が参画し、それぞれの専門分野を融合させることで、新たに研究を推進することを狙いにしたものです。PSI では所内での公募があり、年4-5件の採用があるそうです。私のプロジェクトでは、研究期間が2年で、装置開発費と人件費を含めて、科研費の基盤 A の上限額規模で予算が支給されています。スイスは物価が高い (日本の1.5~2倍) ため、その分予算規模が大きくなっていますが、それでもこの規模のプロジェクトを毎年4-5件採用しているということに、驚かされました。また、これらのプロジェクトでは、装置を購入するだけでなく人件費も組み込まれていることが、これまで私が体験してきた日本の研究機関との違いだと思いました。

私のプロジェクトには、大気化学研究グループのリーダー (Dr. Prof. Markus Ammann)、SLS のビームライングループリーダー (Dr. Maarten Nachtegaal)、SwissFEL のビームライングループリーダー (Dr. Chistpher Milne) 及び原子炉安全のための研究をしているグループの PI (Dr. Tertalisa Lind) が参画しています。今回のプロジェクトでは Dr. Ammann が主たる申請者のため、私の所属は "Laboratory for Environmental Chemistry (LUC)" となっています。私のオフィスは PSI Ost ですが、ビームタイムなどに参加す

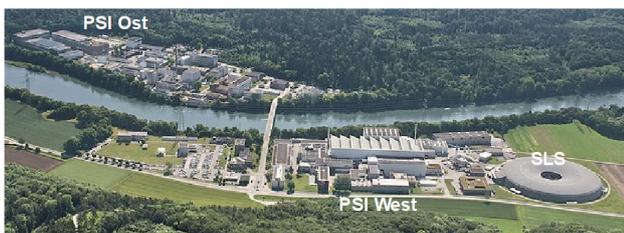


図1 PSIの全体像：PSI OstとPSI Westにキャンパスが別れており、2400人以上の研究者が働いている。

る場合には West にずっといたり、SwissFEL に向かいったりと場所を移動しながら研究を進めている状態です。

PSI での研究スタイル

7月に着任して、1ヶ月ほどで身の回りのことを整えながら、研究の準備をし始めました。新しい研究を始める際には、大なり小なり研究資材の購入が必要であり、実験器具や試薬などの研究資材の選定を始めようとしていました。当初、私は、予算もあることだから、ある程度は購入して良いのかなと思っていました。しかしながら、実際は必要であれば購入可能してよいが、まず部局内に利用できそうなものがないかを確認し、その上で購入するかどうかを判断するという形を取っています。消耗品である試薬は、PSI で登録されている試薬全てがデータベースになっており、もし自分が利用したい試薬が同じ部局内や他の部局にある場合には、それを交渉して利用することも可能です。おそらく、購入したものは、PSI の共有資産という考え方をしている、予算を効率的に利用すると同時に在庫過多になることを防ぎ、不要な物品・インフラを増やさないという考え方が根底にあるのかなというふうに感じました。

研究者の人員構成について

PSI とこれまで私が過ごしてきた日本の研究所との違いは、博士課程の学生の数だと思いました。PSI には2400人以上の研究者が働いていますが、そのうち10%程度は Ph.D の学生だそうです。私の所属する LUC には、2つの研究グループがあり、それぞれに4-5名の博士課程の学生がいます。他の研究グループもだいたいそのような感じで、4名程度の博士学生がいるようです。博士の学生は、3年間の契約を結んでおり、博士の研究活動が労働として賃金が支払われるようになっています。常勤のサイエンティスト・ポスドクとともに、博士の学生の研究活動が PSI の研究の推進力となっていることを感じました。

私の所属する研究グループでは、溶液の X 線光電子分光 (XPS) に取り組んでおり、XPS の装置を立ち上げ SLS で運用をします。XPS の装置の運用・管理などはサイエンティストと技官が中心となり、執り行われています。ビームタイムの際には、研究内容が近いメンバーが共同で実験を行っています。装置開発の部分とビームタイムの実験に関わる部分役割分担、ビームタイム毎に4名は人員を確保できる環境を目の当たりにすると、如何に博士の学生が重要な役割を担っているかということが理解できました。学生の能力や技量については、ばらつきがあるかなという印象もありますが、総合的には研究の推進力は高いのだろうと感じています。

PSI での常勤研究者選定プロセス

私が日本にいたときに、海外の放射光施設は1ビームラインあたりのスタッフが多いという話をよく聞きました。確かに、SLS のビームラインでは1ビームラインあたりに関わっている人数は日本より多いように思います。しかし

ながら、チームラインスタッフ全員が同じことをやっているわけではなく、個々に中心となる研究トピックを持っており、単純に人がいるからサポートができるというわけではないようです。また、PSIの常勤サイエンティストになるためには、tenure-trackサイエンティストに採用されて、審査を経る必要があります。tenure-trackは、まず2年の契約で始まり、1年半たった時点で更新の審査があります。この審査を通過すると、更に3年の契約を結ぶことになります。契約更新から2年半後(tenure-track採用から4年半後)には、最終審査があり、この審査を通過して晴れて常勤のサイエンティストとなります。私が着任してすぐLUCのtenure-trackサイエンティストの最終審査が行われました。最終審査の前の予聴会に参加したのですが、最終審査ではかなりしっかりと審査をするんだらうなという印象を受けました。Tenureのサイエンティストについては、しっかりと審査プロセスの下に、適切な人材を不足ないように確保するという方針だろうと思います。

労働時間・言語について

PSIでの労働時間は、週に40.5時間とされています。私が昨年働いていたオランダのユトレヒト大学では労働時間は38.5時間でしたので、スイスはヨーロッパでは長いほうなのかなという印象です。スイスには4つの公用語(ドイツ語、フランス語、イタリア語、ロマンシュ語)があり、PSIのある地域はドイツ語圏になります。スイス人の学生の話だと、スイスのフランス語圏とドイツ語圏では日々のワークスタイルが違うそうです。ドイツ語圏では、朝8時頃(人によっては、それより前)から仕事を始め、夕方5時頃には帰宅をするという感じのようです。フランス語圏だと、朝の始動が1時間程度遅い感じだということでした。言語だけでなく、ライフスタイルにも違いがあるということに、ちょっと驚きを覚えました。私の所属するグループには、何名かスイス人がいます。PIであるDr. Ammannはドイツ語圏の出身ですが、彼の学生の1人はフランス語圏出身です。この二人がディスカッションをする場合には、通常英語でディスカッションをすることになります。英語は、スイスの公用語ではないので、ちょっと不思議な光景です。しかしながら、複数の言語が公用語となっている環境であるために、必然的に日常から英語を使う環境が形成されているんだなと感じました。このように常日頃から必要に迫られて培われる英語力と、何かしらのイベント毎のために利用する英語とで、歴然とした差が生まれているんだなと肌で感じる事ができました。

ヨーロッパに出てくると、日本人の研究者と会う機会は少なくなりましたが、PSIには日本人の研究者の方をお見かけすることがあります。私が着任する1ヶ月前からPSIで働いている上田大貴さんと、私と入れ替わりくらいの時期で契約を終了された齋藤耕太郎さんにお会いすることができました。学会などで何度か訪れた場所でも長期で滞在するとすると、生活に関する情報などが必要となります。



図2 SLSの入り口にて、筆者(左)、上田さん(右奥)、齋藤さん(右手前)

このように情報を共有できる環境にあることは、スイスの生活を始める上でありがたかったです。

マサチューセッツ総合病院(ハーバード大学関連病院)滞在記

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 亀沢知夏

私は博士課程に在籍しており、総研大の研究派遣プログラムにより2019年8月19日から10月20日の2か月間、アメリカのボストンにあるマサチューセッツ総合病院(MGH)に滞在致しました。

マサチューセッツ総合病院はハーバード大学の関連病院であり、今年はアメリカ病院ランキングで第2位、また研究費獲得では第1位の病院です。現在のように、時間を管理することが可能なエーテル麻酔が世界で初めて行われた場所でもあります(図1のMGH内のエーテルドームで行われました)。今回はPFユーザーでもあるRajiv Gupta先生が受け入れてくださり、滞在することができました。滞在の目的は、アメリカでの医療に関して学ぶことと、Gupta先生のグループが開発されているユニークなX線発



図1 エーテルドーム ここで世界最初のエーテル麻酔のデモンストレーションが行われた。

生装置を使用させていただき、博士課程の研究をさらに進めていくことです。私の博士課程の研究はX線イメージングにより内部のずり弾性率を画像化することです。病変は弾性率が高くなるため、病変の識別などに役立つのではないかと期待しています。

滞在前の準備は非常に困難でした。まずビザの取得からつまずきました。スカラシップを持つ人は、J-1ビザが必要です。また病院に滞在するため、各種予防接種や胸部レントゲン撮影を受ける必要がありました。他にもかなり多くの事務手続きを遠隔で行った後、ついにボストンへ行くことができました。

ボストンは非常に美しい街です。自然と都会が同時に存在し、周辺には100以上の教育機関があるといわれています。有名どころではハーバード大学、MITがあり、距離は地下鉄で2駅ですが徒歩で移動することも可能です。大学間の交流も多く、Gupta先生はハーバード大学の先生ですが、研究室の学生はMIT所属の人も多くいました。さらに歴史的な街でもあり、独立に関する史跡がたくさん残っていました。緯度は札幌とほぼ同じ程度と言われており、10月に帰国するころにはダウンを着て更に手袋を使用していました。治安は非常によく、景色も美しくずっと滞在してたいくなります。一点だけ問題なのは物価が少々高いことです。途中から激安スーパーを見つけ、自炊するよう心掛けました。ただハンバーガーの味は非常においしく、忘れることができません。

MGHは非常に大きい病院で建物があちこちにあり、街中で会う人はMGHのIDカードをつけている人か患者さんかというくらい大きな病院です。建物は広いエリアに分布しているためシャトルバスが運行しています。様々な方向へ配車されているため、バスの現在地がわかるスマートフォンアプリがありました。

本滞在の一番の目的であった実験は、研究室の皆様の多くの協力により、予想以上の成果を上げることができました。そのためには、PFから装置を運び、それとGupta先生のグループの装置を組み合わせる必要があり、輸送に関



図2 (左上から時計回りに) ハーバード大学の門、大学の創設者ジョン・ハーバード像と筆者、ボストンの街並み



図3 ラボメンバーと最後のラボミーティングの写真

して兵藤先生を始めPFの方々にご協力をいただきました。この場を借りて感謝を述べさせていただきます。現在も解析を進めていますが、きちんと成果をまとめたいと思います。

もう一つの目的であった医療を学ぶことに関して、私の知識不足のため学ぶことが難しかったです。しかし、超音波を用いて私の研究テーマと同様の研究をしている方と知り合うことができました。アドバイスをいただくことができ、今後も含めつながりを持ってたことは非常に大きな収穫でした。

さらに、日本人コミュニティとも密接に交流することができました。日本では普段なかなか会うことのできないような研究分野が異なる方と話すことができ、研究へのアドバイスをいただくこともできました。将来の研究に、このつながりを生かしていきたいと思います。また、MITの近くにあるチャールズ川では、MITスタッフや学生は無料でセーリングを行うことができます。MITのポストドクの方と、日本からMGHへ短期滞在していたヨット部の方と知り合いになり、セーリングも初体験することができました。

あっという間に濃い2か月はすぎ、最後の日にはGupta先生がご自宅でパーティーを開いてくださりました。このように多くのことを得ることができたのは、ご支援くださった皆様のおかげです。今後もこの経験を生かして研究を続けて参りたいと思います。このような機会をいただき、ありがとうございました。この場を借りて御礼を申し上げます。

防災・防火訓練が実施されました

放射光実験施設 防火・防災担当 松岡亜衣・野澤俊介

2019年度のKEK防災・防火訓練が11月27日(水)に実施されました。午後1時30分頃に緊急地震速報の非常放送があり、多くのユーザーの皆様の実験を中断して避難訓練にご参加いただきました。

非常放送が流れてから地震到達までの間に身の安全を確保し、使用中の機器の電源を切るなど適切な対応をしていただき、地震が収まった後に職員の誘導により指定の避難場所に避難していただきました。今回の訓練でPF、

PF-AR 地区では、約 140 名の職員とユーザーの方々が避難場所に集まり、安否確認を行いました。その後、PF 自衛消防隊員は各自の役割を踏まえて負傷者役の搜索と救出、安全防護状況の確認、重要書類の搬出といった緊急時の動きを確認しました。

訓練終了後にユーザーの皆様へお願いしたアンケートでは、約 30 名の方々から有意義なご意見をいただきました。今年度は避難場所を知らなかったと回答された方が約半数と多く、実際に災害が発生した場合に避難場所が不明というのは問題であり、掲示等を行うなど周知徹底の努力を続けてまいります。アンケートでは訓練について「年に 1 回程度ユーザーも参加して実施すべき」というご意見を多くいただきました。KEK のような共同利用施設の安全文化の醸成は職員だけでなく、皆様の協力なくしては決して成り立たないものです。今後とも訓練のみならず日頃のビームタイムなどでも防災、安全に関してご協力をお願いいたします。

最後になりましたが、作業を中断して訓練にご参加いただいたユーザーの皆様へ、改めて御礼申し上げます。どうもありがとうございました。

フォトンファクトリーの共同研究者 東工大腰原伸也教授が第 39 回島津賞を受賞しました

物構研トピックス
2019 年 12 月 10 日

東京工業大学理学院化学系の腰原伸也教授が、第 39 回 (2019 年) 島津賞を受賞しました。島津賞は、科学技術、主として科学計測に係る領域で、基礎的研究および応用・実用化研究において、著しい成果をあげた功労者を表彰するもので、腰原教授の研究業績は「超短パルスレーザー光と放射光を用いた動的構造解析法の開拓と光誘起相転移の研究」です。

腰原教授は、放射光とフェムト秒パルスレーザーを組み合わせた専用測定装置を、動作原理を含めその初期段階から開発・活用して、光で物質の性質を超高速かつ劇的に変化させる「光誘起相転移現象」という従来の概念を突破する研究分野を世界に先駆けて開拓しました。これにより超高速での情報処理や、高効率なエネルギー利用、さらには情報処理の(量子)過程制御が可能な材料開発への道が切り拓かれたことが高く評価されました。

2003 年 11 月、科学技術振興機構 JST の戦略的創造研究推進事業の一つ ERATO において腰原教授が研究総括を務める「ERATO 腰原非平衡ダイナミクスプロジェクト」が立ち上がりました。KEK は分子動画観測グループとして参画し、ERATO プロジェクトの下、時間分解 X 線ビームライン (PF-AR NW14A) の建設がスタートしました。

現在のフォトンファクトリーの時間分解 X 線計測技術確

立は、腰原教授との共同研究に負うところが大きく、時間分解 X 線ビームラインから数多くの研究成果が生み出されています。

小山篤氏が日本放射光学会功労報賞を受賞

物構研トピックス
2020 年 1 月 22 日

物質構造科学研究所放射光実験施設技術調整役の小山篤前任技師が、第 7 回日本放射光学会 功労報賞を受賞しました。功労報賞は放射光利用技術・支援の永年に渡る功に報いて授与する賞で、これまでに 3 名の、放射光科学を永年支えてきた技術者の方が受賞されています。

小山さんは、フォトンファクトリーで放射光が発生してから 2 年目の 1984 年に KEK (当時は高エネルギー物理学研究所) に文部技官として入所されました。入所以来、XAFS ビームラインを中心とする多くのビームラインの建設・運用・管理・利用支援・高度化に取り組み、多くのユーザーに安定で使いやすいビームラインを提供してきました。ビームラインだけでなく、実験に大きな影響を及ぼす実験ホールの環境についても真摯に取り組み、温度、湿度、気圧、冷却水の流量、圧力変動などを記録する環境測定システムを整備することで、空調の温度揺らぎや冷却水の圧力変動による実験への影響を改善していきました。また、非常通報装置の設置や火災受信機の集約、共同利用者も参加する防災訓練の企画など、安全に対しても大きな貢献をしています。

このように、小山さんのこれまでの功績は、フォトンファクトリーを利用する全てのユーザーが意識せずとも恩恵を受けていることばかりで、まさに放射光科学を支える縁の下の力持ちと言えます。

2020 年 1 月 10 日、名古屋市で開催された第 33 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムにおいて授賞式が行われました。受賞のスピーチで、小山さんは「放



図 1 授賞式にて朝倉清高 学会長 (左) と小山氏

射光の発展とともに歩んで来られたことに感謝します」と挨拶しました。もちろん、その発展は小山さんのような、地道な取り組みを重ねてきた技術者の方々のおかげでもあります。最近では、技術調整役として、次世代の技術者の育成にも力を入れている小山さんは、学会に参加している学生の皆さんにも、ぜひ KEK 技術職員のインターンシップに参加してください、と声をかけていました。

望月出海氏が日本陽電子科学会奨励賞を受賞

物構研トピックス
2020年1月24日

低速陽電子実験施設の望月 出海（もちづき いづみ）助教が、2019年度の日本陽電子科学会 奨励賞を受賞しました。この賞は、陽電子科学の分野で顕著な業績をあげ新進気鋭の研究者として将来の活躍が期待される研究者に対して、2年に一度授与されるものです。受賞対象となった研究は、「全反射高速陽電子回折法によるルチル型 TiO₂(110)-(1×2) 表面原子配置の決定」です。

低速陽電子実験施設では、高強度低速陽電子ビームを用いた物質研究が行なわれています。望月氏は、この研究で、同ビームを用いた全反射高速陽電子回折（TRHEPD、トレプト）法により、TiO₂(110)-(1×2) 表面原子配置の決定に成功し、30年続いていた議論に決着をつけました。

TRHEPD は極めて表面敏感な陽電子による回折法です。最表面および表面下に隠れて見えない原子の種類と位置の詳細は、陽電子回折を用いれば明らかにすることができます。多方面の材料表面への応用が今後一層期待されます。



図1 授賞式にて(2019年12月6日撮影/日本陽電子科学会提供)

低速陽電子回折に関する論文が日本表面真空学会技術賞を受賞

令和元年10月29日に、公益社団法人日本表面真空学会において、低速陽電子実験施設の共同利用による低速陽電子回折（LEPD、レプト）実験に関する論文[1]が、表面・真空科学分野の応用技術に大きな寄与をしたと認められ、令和元年度の技術賞を受賞しました。

LEPDは低速電子回折（LEED）の陽電子版で、理想的な表面構造解析手法として期待されています。既に放射性同位体からの陽電子を用いた実験が行なわれていましたが、反粒子のため十分な強度のビームを得るのが困難で、実験的な研究はこの約20年間頓挫していました。低速陽電子実験施設では、同施設の高強度低速陽電子ビームを用いることでこの困難を克服し、加速器ベースのビームを用いたLEPDパターンの観測に初めて成功しました。

[1] K. Wada *et al.*, *e-J. Surf. Sci. Nanotech.* **16**, 313 (2018).

PF トピックス一覧（11月～1月）

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

2019年11月～1月に紹介されたPFトピックス一覧

- 11.4 【プレスリリース】グラフェン超伝導材料の原子配列解明に成功～
- 11.4 【プレスリリース】アルミでコンピュータメモリを省電力化する～アルミ酸化膜を用いた新しい不揮発メモリの動作メカニズムを解明～
- 11.18 【プレスリリース】チョコレート・サイエンス5周年記念イベントチョコレート学入門開催のお知らせ
- 11.19 【トピックス】第6回「KEK スチューデントデイ」が開催されました
- 12.2 【プレスリリース】電子スピンを自在に操ることができる積層材料の開発に成功 - 日常生活の情報化を支える超高記録密度・省エネ磁気メモリの実現に大きく前進 -
- 12.6 【KEK エッセイ #19】相転移～景色が突然変わるとき
- 12.10 【物構研トピックス】フォトンファクトリーの共同研究者 東工大 腰原伸也教授が第39回島津賞を受賞しました
- 12.17 【プレスリリース】航空機用構造材料（CFRP）の破壊はどこから始まるか—放射光X線顕微鏡を用いたナノレベル観察—
- 12.24 【物構研トピックス】名古屋工業大学とKEK 物構

研の共同研究により、1次元モット絶縁体の光励起状態を精密計算する「電荷モデル」を開発

- 1.10 【物構研トピックス】私にスピンをわからせて！
～第5回転「銀原子はなぜ曲がる？」～にやるほど、
だから曲がるのねの巻
- 1.17 【プレスリリース】「筋ジストロフィー症に関わる糖鎖を合成する仕組みを解明」
- 1.22 【物構研トピックス】小山 篤 氏が日本放射光学会
功労報賞を受賞
- 1.24 【物構研トピックス】望月 出海 氏が日本陽電子科学会 奨励賞を受賞
- 1.24 【プレスリリース】基板に吸着するだけで、100兆個以上の分子の「形状」が一斉に変化－世界初、有機半導体の電子状態を物理吸着で制御することに成功－
- 1.31 【物構研トピックス】今年もつくばSKIPアカデミーおよび筑波大学 GFEST の生徒が SBRC の実習に訪れました

XAFS ユーザーグループ活動紹介

名古屋大学 田淵雅夫

XAFS ユーザーグループはユーザー間で情報交換や、PF と PF の XAFS ユーザーの間の情報伝達・意見交換を行うことを主たる目的として活動してきました。この原稿を書くために改めて思い出しますと、私が代表を務めさせていただくようになったのは 2005 年のことだったと思いますので、私の代になってからでも既に 15 年近く、その前を考えるとかなりの長期に渡って存在しているグループだということになります (PF の年齢が 35 年を超えるので当然かもしれませんが)。そこで XAFS ユーザーグループあるいはユーザーの立場から見た PF の動きを少し振り返ってみたいと思います。

私が代表になった後しばらくは PF の次期光源計画として想定されていた ERL にどのような性能を求めるかが、あるいは更にさかのぼると ERL を選ぶこと自体が大きな議論の対象になっていて、PF とユーザーの間で盛んに意見の交換があった時期でした。XAFS ユーザーグループとしても何度もユーザーに意見を求め、議論をして PF に伝えることを繰り返しました。その後、当時の呼ばれ方で東北放射光源の計画が浮上すると同時に PF の主計画が ERL からストレージリングに代わり、そこでもまたユーザーの新光源に対する要望と、新光源で期待されるサイエンスをまとめることで PF の計画を支援し、ユーザーにとって最大の利益が得られるよう活動を行いました。

現在は、そうした時期に比べるとひと段落していて、ユーザーの皆さんから頂くご意見も少なくなっています。そのためユーザーグループの活動としても、年度末の PF シンポジウム (量子ビームサイエンスフェスタ) に合わせたユーザーグループミーティング開催が主になっています。しかし実際には状況が落ち着いたわけではなく、ビームタイムが漸減を続けていることにどの様に対応するかを考えること、ユーザーグループとして、中期的にはオールジャパンの放射光施設の中で PF がどのような役割を果たして欲しいかの要望をまとめること、さらに長期的には PF の次期放射光施設計画に対して要望を具体化し議論を深めて行く必要があると考えています。

本号で報告させていただいた PF 研究会「XAFS・X線顕微鏡分光分析分野での IMSS, PF 戦略的利用に関する研究会」は、そのような議論をする場の一つと考えて、XAFS ユーザーグループと X線顕微分光ユーザーグループの共同開催で企画させていただきました。

会の詳細については研究会報告の記事に譲りますが、同会で議論したかった内容に関しては、XAFS および X線顕微分光ユーザーグループだけでなく、PF-UA 全体として今後も継続的に議論していくべき事柄だと思いますので、一

部重複することになりますが、ここにも記載したいと思います。

近年では XAFS 測定も、微小領域の測定、高い時間分解能を持った測定、2次元・3次元の空間分解能を持った測定が行われるようになりました。また、複数の計測手法による同時計測の試みも頻繁に行われるようになってきています。学術応用の観点で見ると幅広い学術分野の研究手段として利用されるようになってきました。その結果、ある研究を遂行するのに、例えば XAFS 測定なら XAFS 測定だけを主な手段として展開されることは少なくなり、実験技術の面で考えても複数の計測手法を駆使して総合的に議論されることが増えてきました。この様に放射光を利用した計測が発展する一方で PF の状況の面では上に述べたように、予算が削減されビームタイムが漸減傾向にあるのは事実で、これにどの様に対応するのも考える必要があります。

この様なことを背景に、研究会でのご講演やご発表は、放射光を道具として使いこなし大きな枠組みで展開される先端的なご研究の紹介と、放射光計測技術の高度化の話題を柱にし、近年どの分野の話をする時でも無視することができないデータサイエンスやデータ収集の高度化の話題も加えた構成とさせて頂きました。

議論のパートでは、1) PF に複数ある XAFS 測定ビームラインの役割分担が適切かどうか、変えるとするならどの様になるべきか、2) PF のビームタイムが減っている現状の中で、ビームタイムの配分方針に関して提案できることがあるか、3) PF のビームタイム減少を止め増大に転じるためにはより多くの新しい研究成果を挙げていくことが求められるが、これに対してユーザーコミュニティとしては何を考えていくべきか、という 3 点を柱に皆様からのご意見を頂き、議論を深めるように努めました。

もとよりここでの議論で結論が出るものではなく、今後継続的に続けるべき議論の皮切りととらえていますが、主だった意見を幾つか紹介したいと思います。1) に関しては複数手法同時計測等最先端を目指した特化ビームラインはもちろん必要だが、すべてのビームラインが何かの目的に特化するのとは好ましくなく一定数は汎用的なビームラインであり続けるべきという議論がありました。2) に関しては、判断基準として PAC 評点を使うとして、高評点の課題に集中するべきか、採択されている限り低評点の課題にも最低限のビームタイム配分を考えるべきかが最も大きな話題でした。私が受けた印象としては、教育が目標の一つの組織で、制度として 2 年有効な課題採択を行う限り (それが、学生の研究課題と対応する可能性が高いことを考慮して) 一定の配分は確保すべきという雰囲気が強かった気がします。採択された課題が 2 年間有効になるのは PF の大きな特色の一つだと思いますが、一部 PF の制度をあまりご存じでない方からは「採択されたのに実験できない課

題があるのは理解できない」という声も多く聞きました。3)に関しては、何かを考えていくことが必要という意識は参加者共通の認識としてあるものの具体的な提案がある状況ではありませんでした。

XAFS ユーザーグループとしては、今後も機会を捉えてこのような議論を継続し、随時 PF 側に伝えて行くことや、PF を支援することを続けたいと考えています。今後とも皆様のご協力を頂きますよう宜しくお願い致します。

X線顕微分光分析ユーザーグループ紹介

東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻
高橋嘉夫

はじめに

X線顕微分光分析ユーザーグループは、以前の「マイクロビームX線分析応用グループ」を改称したもので、X線顕微鏡を用いた多様な分析を展開する研究者の集まりである。X線顕微鏡には様々なタイプがあり、例えば、試料を走査して像（信号）を得る走査型と位置敏感な検出器を用いて短時間に像を得る結像型があるほか、透過X線を用いるか蛍光X線を用いるかや、より先端的手法では、X線の吸収率の差では判別できないものを位相コントラストで検出する手法があるなど、非常に多様化している。一般にX線顕微鏡は、電子顕微鏡に比べて空間分解能では劣るが、(i) 大気中で実験可能（硬X線の場合）、(ii) エネルギーを変えてX線吸収スペクトルを得ることで元素の化学種・化学状態の解析が可能、(iii) X線の透過力が強いことを利用

して3次元像の取得が可能（CT法）、などの利点があり、様々な応用が進んでいる。これらの実験の多くでは、エネルギー可変で大強度のX線が必要なこともあり、放射光の利用を前提としたX線顕微鏡が多い。逆に言えば、世界の殆どの放射光施設において、何らかのX線顕微鏡が運用されていると言えるだろう。

PFでのX線顕微鏡の展開

Photon Factoryでも、様々なタイプのX線顕微鏡が開発され、多くのユーザーが利用を進められており、代表的なものを表1にまとめておく。これらは、空間的にマルチスケールで利用するエネルギーも多様であり、試料によって適切に使分けられることで様々な情報を得ることが出来る。近年特に、アンジュレータを備えた新BL-15AでのマイクロXRF-XAFS-XRD法、PFでは最も新しいBL-19Aでの走査型透過X線顕微鏡（Scanning Transmission X-ray Microscopy (STXM)）、PF-ARのNW2AへのXAFS-CT装置の導入など、新たな手法の導入が進んでいる。

ユーザー運営ビームラインBL-4Aの運用

これらの手法のうち、これまでの経緯もあり、本UG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と応用が挙げられ、その重要な発展の方向性が微小領域分析であった。長年、国内におけるこうしたマイクロXRF-XAFS利用の要請に応じてきたビームラインがBL-4Aであり、本UGは主にBL-4Aの利用者で構成されてきた。BL-4Aは、飯田厚夫先生（現協力研究員）が開発されたビームラインで、2014年3月の飯田先生のご退職に伴いユーザー運営ビームラインとなり、本

表1. Photon Factoryで稼働している主なX線顕微鏡

ビームライン	X線顕微鏡の種類	エネルギー範囲 (keV)	空間分解能 H-V (μm)	特徴
PF BL-4A	μ-XRF-XAFS法 (K-Bミラー)	6-15	5 × 4	ユーザー運営ビームライン。検出器はSDD使用。シンプルな構成で操作性が高い。現在、各年度I期はK-Bミラーモード、II期とIII期は両方のモードを利用可能。
	μ-XRF-XAFS法 (ポリキャピラリー)	6-17	30 × 30	
PF BL-14B, C	位相コントラストイメージング法	8-80	大型試料対象 40 × 40 mm ²	吸収コントラスト法に比べて、(i) H, C, Oなどの軽元素で構成される低密度な物質に対しても高い密度分解能で測定可能、(ii) 高エネルギー領域のX線により高感度、などの特徴を持つ。
PF BL-15A1	μ-XRF-XAFS-XRD (K-Bミラー)	2.1-15	20 × 20	同一視野でのXANES/XRF/XRD複合分析が可能。2-4 keV領域でのマイクロXAFSを測定可。
PF BL-19A	走査型透過X線顕微鏡 (STXM)	0.1-2.0	0.03 × 0.03	炭素などの軽元素の官能基マッピングや鉄などの元素の価数別のマッピングが可能。併設のBL-19Bにおいて、バルク試料の標準試料の測定が可能。
PF-AR NW2A	XAFS-CT	5-11	0.01 × 0.01	Zoneplateによる結像光学系を備えた高空間分解能のCT法が利用でき、エネルギーを変えて、化学種の3次元マッピングが可能。位相コントラスト測定も可。

UGメンバーがその運営に当たっている。これまで、第1期(2014-2016年度)および第2期(2017-2019年度)の6年間、BL-4Aはユーザー運営ビームラインとして利用され、さらにこの運営は第3期(2020-2022年度)も継続される見込みである。BL-4Aが長期間に亘って利用希望がある要因として、マイクロXRF-XAFS分析の高いニーズに加え、BL-4Aがシンプルな構成であるため、トラブルが少なく、初心者でも比較的容易に利用できることが挙げられる。BL-4Aは、分光器としては二結晶分光器を備え、利用可能なX線マイクロビームとしては、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 μ m角)とPoly-capillaryセミマイクロビーム(30-40 μ m角)があり、前者は微小領域のマイクロXRF-XAFS分析に、後者は高強度のX線が必要なセミマイクロXRF-XAFS分析に利用されている。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る。このようにBL-4Aは依然として多くのアクティビティがあり、その運用において殆どトラブルはないが、稀に起きる重故障時には飯田先生のご協力が必要なこともあり、円滑な運営のためにはユーザーの皆様のご協力が不可欠となっている。是非、適切な運用をお進め頂き、多くの成果を挙げて頂ければ幸いである。BL-4A利用希望の方は、高橋(ytakaha@eps.s.u-tokyo.ac.jp)までご連絡頂きたい。

UGの活性化の必要性

一方、既に述べたように、X線顕微鏡を用いた実験は、世界の放射光でルーチン的に行われており、関連分野の研究者は、表1に示されたような多様な手法を複合的に利用することで、世界に対抗する成果を生み出していく必要がある。走査型のX線顕微鏡に限っても、既に世界の潮流は「マイクロビーム」から「ナノビーム」に移ってきており、これを適切に使いこなすことが、今後の新技術の開発においても重要となる。そのため関連研究者は、PFの研究者と連携して自分の専門分野においてこれら手法の長所を生かした利用を進めていくことが重要であろう。実際、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となった現状では、「先端的な研究手法開発」と「応用研究」が融合されてこそ、レベルの高い研究が実現される。またこれらの研究においては、適切な試料調製や測定すべき視野の選定などの技術的要因の重要性が益々高くなってきており、こうした点での手法開発や情報交換も活発に行う必要がある。是非、関連研究者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、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だろう。これらのことから、PFの施設研究者と利用研究者、利用研究者間のコミュニケーションを活発化させることは極めて重要であり、UGの枠組みがその一助となれば幸いである。

まとめ

このようにX線顕微鏡は放射光の特性を活かした手法で、世界の放射光施設には必ずX線顕微鏡が利用できるビームラインがあり、しのぎを削っている。またこれらの手法は、先端材料や環境・資源試料などの「持続可能な社会の確立に必須な分野」と、はやぶさ2がもたらす小惑星試料や生物試料などの「人類の夢を担う分野」の両方の発展に貢献でき、21世紀においても多くのニーズが見込まれる。このようなX線顕微鏡の技術を継承し、その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、活発な研究発信、若手人材の育成、新たな分野の開拓などに積極的に取り組んでいく必要がある。

令和元年度PF-UAの集い 報告

日時：令和2年1月12日12:00～13:00

場所：ウインクあいち(名古屋市)大会議室901

- ・清水会長挨拶に続き、植草庶務幹事が進行役を務めた。
- ・船守実験施設長より、施設からのご挨拶と御礼に続き、2020年度予算、将来計画、およびPAC検討事項について施設報告があった。量子ビーム連携研究センター設立については、雨宮研究主幹より報告があった。
- ・伏信行事幹事より、量子ビームサイエンスフェスタ開催について、行事小委員会報告があった。積極的な参加と発表、登録をお願いしたい。
- ・植草庶務幹事より、PF-UAだよりでのUG紹介について、広報小委員会(編集)活動の報告があった。続いて、次期会長選挙の進行について、推薦・選挙管理小委員会活動の報告があった。
- ・植草庶務幹事より、今年度のこれまでのPF-UAの活動について、研究会活動支援、内規制定、会員勧誘、PF-UAの英語対応についての報告があった。
- ・参加者約40名であり活発な質疑応答があった。

人事

人事異動

	発令年月日	氏名	現職	旧職
(採用)	2019. 12. 1	一柳光平	物構研 放射光科学第二研究系 研究員 (自治医科大学との併任)	

2019年度量子ビームサイエンスフェスタ (第11回 MLF シンポジウム / 第37回 PF シンポジウム) 開催のお知らせ

PF シンポジウム実行委員会委員長 野澤俊介
MLF シンポジウム実行委員会委員長 松浦直人

2019年度量子ビームサイエンスフェスタ(第11回 MLF シンポジウム/第37回 PF シンポジウム)を2020年3月12日(木)~14日(土)の日程で開催致します。会場はザ・ヒロサワ・シティ会館(茨城県立県民文化センター)です。

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

<開催概要>

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

後援:茨城県, つくば市, 東海村, 水戸観光コンベンション協会

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

会期:2020年3月12日(木)~14日(土)

会場:ザ・ヒロサワ・シティ会館
(茨城県立県民文化センター)

〒310-0851 茨城県水戸市千波町東久保 697 番地

ホームページ: <https://mlfinfo.jp/sp/qbs-festa/2019/>

問い合わせ先:量子ビームサイエンスフェスタ事務局

Email: qbsf2019-office@cross.or.jp

2019年度量子ビームサイエンスフェスタ実行委員:

大井元貴 (JAEA), 川崎卓郎 (JAEA), 河村聖子 (JAEA), 河村成肇 (KEK 物構研), 北島昌史 (PF-UA, 東工大), 君島堅一 (KEK 物構研), 桐山幸治 (CROSS), 佐賀山基 (KEK 物構研), 高木宏之 (KEK 加速器), 籾健太郎 (JAEA), 中谷健 (JAEA), 永田幸則 (KEK 物構研), 中野岳仁 (J-PARC MLF 利用者懇談会, 茨城大), 仁谷浩明 (KEK 物構研), 野澤俊介 (KEK 物構研), 花島隆泰 (CROSS), 伏信進矢 (PF-UA, 東大), 松浦直人 (CROSS), 松垣直宏 (KEK 物構研), 山下翔平 (KEK 物構研), 山田武 (CROSS)
(◎委員長, ○副委員長, 50音順, 敬称略)

プログラム:

[3月12日(木)]

第11回 MLF シンポジウム

10:00-10:05 J-PARC センター長挨拶

齋藤直人 (J-PARC センター長)

10:05-10:40 施設報告

10:05-10:20 「MLF の概要と来年度の展望」

金谷利治 MLF ディビジョン長

10:20-10:35 「MLF 中性子源の現状と将来計画」

羽賀勝洋 (日本原子力研究開発機構)

10:35-10:40 質疑応答

10:40-13:30 セッション1: パルス・定常中性子源の相補利用1

10:40-10:55 「JRR-3 運転再開に向けて」

武田全康 (日本原子力研究開発機構)

10:55-11:10 「京都大学複合原子力科学研究所の中性子・放射線研究」

杉山正明 (京都大学)

11:10-11:30 「パネルディスカッション: パルス・定常中性子源の相補利用」

金谷利治 (高エネルギー加速器研究機構)

武田全康 (日本原子力研究開発機構)

杉山正明 (京都大学)

11:30-12:25 特別講演

「機能性高分子コンソーシアムの発足と将来構想」

原哲也 (株式会社クラレ)

12:25-13:25 昼休み

12:35-13:20 MLF 利用者懇談会

13:25-14:20 ユーザーからの要望セッション

14:30-16:10 セッション2: パルス・定常中性子源の相補利用2

14:30-14:55 「磁性分野におけるパルス・定常中性子相補利用」

佐藤卓 (東北大学)

14:55-15:20 「中性子イメージング技術の高度化と応用」

伊藤大介 (京都大学)

15:20-15:45 「中性子準弾性・非弾性散乱による生体物質の構造物性ダイナミクス研究」

中川洋 (日本原子力研究開発機構)

15:45-16:10 「結晶構造解析における MLF と 3 号炉の相補的利用を考える」

大原高志 (日本原子力研究開発機構)

16:10-16:25 休憩 (15分)

16:25-18:05 セッション3: 技術開発

16:25-16:50 「中性子集光スーパーミラーのための精密金属基板製作技術」

細島 拓也 (理化学研究所)
 16:50-17:15 「ミュオン g-2/EDM 実験に向けた線型加速器によるミュオン加速」
 大谷将士 (高エネルギー加速器研究機構)
 17:15-17:40 「TBA」

17:40-18:05 「大強度ビームで切り拓く動的 μ SRの世界」
 西村昇一郎 (高エネルギー加速器研究機構)
 18:05-18:15 閉会
 18:15-21:00 フリーディスカッション

• PF-UA ユーザーグループミーティング

18:00-21:00
 表面科学 (集会室 1)
 原子分子科学 (集会室 2)
 低速陽電子 (集会室 3)
 物質物理 (集会室 4)
 粉末回折 (集会室 5)
 X線発光 (集会室 6)
 鉱物・合成複雑単結晶 (集会室 7)
 タンパク質結晶構造解析 (集会場 8)
 放射線生物 (集会場 9)
 高圧 (集会室 10-1)
 小角散乱 (集会室 10-2)

[3月13日(金)]

サイエンスフェスタ (大ホール)

08:30- 受付開始
 開会宣言
 松浦直人 (量子ビームサイエンスフェスタ
 実行委員長)
 (総合科学研究機構)
 09:00-09:10 開会挨拶
 09:10-11:10 基調講演 (講演 45 分+質疑応答 10 分)
 09:10-10:05 「高次構造を発現するソフトマテリアルのサイエンス」
 福島孝典 (東京工業大学)
 10:05-10:15 休憩 (10 分)
 10:15-11:10 「有機 EL の現状と将来展望」
 城戸淳二 (山形大学)

11:10-11:50 来賓等挨拶

11:50-12:00 写真撮影

12:00-13:30 昼食

13:30-15:00 ポスターセッション パート I

15:00-16:15 パラレルセッション パート I (4 会場)

(A1) バイオ

15:00-15:25 「放射光で迫る微小管関連タンパク質の分子動態・疾患病態」
 小川覚之 (東京大学)
 15:25-15:50 「ミュオンで探るタンパク質の機能とダイ

ナミクス」
 菅原洋子 (豊田理化学研究所・北里大学)
 15:50-16:15 「PF と MLF を相補利用したマンガンカタラーゼの結晶構造解析」
 山田太郎 (茨城大学)

(B1) 材料科学

15:00-15:25 「時間分解 X 線回折で見る衝撃破壊現象」
 一柳光平 (自治医科大学)
 15:25-15:50 「ディスプレイ用半導体 IGZO 中の水素の局所電子状態」
 平石雅俊 (高エネルギー加速器研究機構)
 15:50-16:15 「中性子回折を用いた塑性加工製品の内部応力解析」
 西野創一郎 (茨城大学)

(C1) 物性 1 (磁性)

15:00-15:25 「放射光共鳴 X 線磁気散乱と中性子回折を用いた空間反転対称性を持つスキルミオン物質の研究」
 中島多朗 (東京大学)
 15:25-15:50 「ダイマー反強磁性体におけるトポロジカルトリプロンバンド」
 那波和宏 (東北大学)
 15:50-16:15 「ミュオンスピン緩和法による T* 構造 $\text{La}_{1-x/2}\text{Eu}_{1-x/2}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ の磁性に対するアニール効果の研究」
 浅野駿 (東北大学)

(D1) 液体

15:00-15:25 「新概念 T・レックスによる高分子物質の物性操作と SAXS を用いた構造解析」
 本多智 (東京大学)
 15:25-15:50 「メソポーラスシリカに閉じ込めたグリシン水溶液の構造とダイナミクス」
 吉田亨次 (福岡大学)
 15:50-16:15 「調湿環境下中性子反射率によるポリビニルアルコール /Si 基板界面の吸着層の構造解析」
 宮崎司 (総合科学研究機構)

16:15-16:25 休憩 (10 分)

16:25-17:40 パラレルセッション パート II (4 会場)

(A2) 化学・ソフトマター

16:25-16:50 「トポロジーのある超分子ポリマーの創製」
 矢貝史樹 (千葉大学)
 16:50-17:15 「La-Li-Co-O 絶縁体中のリチウムイオン伝導の出現」
 高見 剛 (京都大学)
 17:15-17:40 「配位高分子錯体 $[\text{M}(\text{II})(\text{HOCH}_2\text{COO})_2]$ が示す構造変化と磁気相転移」
 藤田渉 (成蹊大学)

(B2) 技術開発

16:25-16:50 「低速陽電子回折 (LEPD) ステーションの開発とイニシャルデータの取得」

- 和田健 (量子科学技術研究開発機構)
 16:50-17:15 「CdTe 半導体素子を用いた両面ストリップ型硬X線イメージャーの開発」
 桂川美穂 (東京大学)
 17:15-17:40 「分散関係観測データに対するベイズモデルパラメータ推定」
 片上舜 (東京大学)

(C2) 物性 2 (構造他)

- 16:25-16:50 「偏光特性を用いた ^{57}Fe 核共鳴前方散乱法による Fe 系超伝導体の電子状態」
 小林寿夫 (兵庫県立大学)
 16:50-17:15 「中性子散乱で観たパラジウム水素化物の構造とダイナミクス」
 山室修 (東京大学)
 17:15-17:40 「フラクタル構造を有する Mg/MgO/MgB₂ ナノコンポジットの超伝導特性」
 内野隆司 (神戸大学)

(D2) 惑星科学

- 16:25-16:50 「D111 型装置を用いた高圧変形実験による六方最密構造鉄のレオロジーの研究」
 西原遊 (愛媛大学)
 16:50-17:15 「ミュオンで探る小惑星リュウグウの正体」
 大澤崇人 (日本原子力研究開発機構)
 17:15-17:40 「高温高圧下での鉄-含水ケイ酸塩中の軽元素の振る舞い: 地球進化への応用」
 飯塚 理子 (東京大学)

19:00-21:00 懇親会 (フェリヴェールサンシャイン水戸)

[3月14日(土)]

09:00-10:30 ポスターセッション パート II

第37回 PF シンポジウム

10:45-10:50 開会の挨拶

PF-UA 会長 清水敏之 (東京大学)

10:50-11:40 PF 施設報告 (2019 年度報告・2020 年度方針)

【座長: 足立伸一】

10:50-11:10 運営報告 船守展正 (KEK 物構研)

11:10-11:25 光源報告 高井良太 (KEK 加速器)

11:25-11:40 ビームライン報告

五十嵐教之 (KEK 物構研)

11:40-12:00 量子ビーム連携研究センター 【座長: 足立伸一】

11:40-12:00 準備報告 雨宮健太 (KEK 物構研)

12:00-13:00 昼食 (60分)

13:00-14:00 PF-UA 総会

14:00-15:00 PF 将来計画 (I) 【座長: 雨宮健太】

14:00-14:20 概要 船守展正 (KEK 物構研)

14:20-14:40 光源計画 原田健太郎 (KEK 加速器)

14:40-15:00 利用計画 野澤俊介 (KEK 物構研)

15:00-15:15 休憩 (15分)

15:15-16:15 PF 将来計画 (II) 【座長: 船守展正】

- 15:15-16:15 放射光学術基盤ネットワーク
 解良 聡 (分子科学研究所)
 島田賢也 (広大放射光科学研究センター)
 総合討論
 16:15-16:20 物質構造科学研究所所長挨拶
 小杉信博 (KEK 物構研)

・ MLF 利用懇・ユーザーグループミーティング

- 10:40-16:45 ミュオンが拓く生命科学の最前線~数多の課題解決に向けて (半導体分科会) (集会室 1-2)
 10:40-13:00 TAKUMI ユーザーミーティング (集会室 3-4)
 10:40-13:00 中性子小角散乱 (SANS) ユーザーミーティング (集会室 7)
 10:40-17:00 液体・非晶質研究会 (集会室 8)
 10:40-13:00 偏極中性子反射率計「写楽」ユーザーグループミーティング (集会室 9)
 10:40-15:00 User Group Meeting on MLF Spectrometers DIRECTION 2019 (集会室 10)

PF 研究会「X線干渉計と縦型ウィグラーを用いた超高感度画像計測の現状と将来展望」開催案内

九州シンクロトロン光研究センター 米山明男

超高感度な非破壊三次元画像計測法として、X線干渉計を用いてサンプル内部の密度分布を検出する位相イメージング法が実現されている。密度分解能はサブ mg/cm³ に達し、腫瘍の無造影可視化やヒト胚子の高精細な解析等のバイオメディカルへの適用に加え、リチウムイオンバッテリー (LIB) の電解液イオン濃度のオペランド観察などの産業利用、南極古氷中に含まれるエアハイドレートの三次元可視化など地球環境への適用など、各種のオンリーワン計測が行われている。

安定した上記撮像にはX線干渉計のナノ・ピコレベルの超精密な位置制御が不可欠であるが、耐振動特性を考慮した光学配置では通常の放射光 (横発散) の場合、利用効率が極端に低下してしまう。このため、BL-14 に設置されている世界で唯一の縦型ウィグラー (縦発散の放射光) を利用することで、初めて実用的な撮像を実現できている。今後、同縦型ウィグラーが更新・改良された場合、オンリーワンの本X線干渉法が更に発展・展開すると期待される。

本研究会では、X線干渉法を用いた各分野での観察例の紹介に加え、ウィグラーの更新によりどのような新たなサイエンスの展開が期待できるのかという点に主眼を置き、分野を超えて参加者各位で積極的な検討議論を行う予定である。

<開催概要>

日時：2020年3月26日（木）13時～27日（金）15時
会場：KEKつくばキャンパス 4号館1階セミナーホール
共催：PFユーザーアソシエーション（PF-UA）
協賛：九州シンクロトロン光研究センター
提案代表者：米山明男（九州シンクロトロン光研究センター）
所内世話人：本田融（KEK 加速器），岸本俊二，平野馨一，兵藤一行（KEK 物構研）
参加費：無料
ホームページ：<https://www2.kek.jp/imss/pf/workshop/kenkyukai/20200326/index.html>
問い合わせ先：研究会事務局（pf-kenkyukai@pfqst.kek.jp）

つくばキャンパス宿泊施設使用料改定のお知らせ

2020年2月10日

2020年4月1日宿泊分より、宿泊施設使用料を以下の通り改定することとなりましたのでお知らせいたします（金額はいずれも税込）。

■共同利用研究者宿泊施設（ドミトリー）

	改定前	改定後
1号棟・2号棟 （バス・トイレ無し）	1,500円	1,700円
3号棟・4号棟 （バス・トイレ付き）	2,000円	2,200円

■外国人研究員等宿泊施設（アパート）

		改定前	改定後
A号棟（家族用）			
月額		62,000円	68,300円
日額	11日以上・1月未満	2,200円	2,400円
	10日以内 / 光熱、水料等含	2,700円	2,900円
B, C号棟（夫婦用）			
月額		47,400円	51,600円
日額	11日以上・1月未満	1,700円	1,900円
	10日以内 / 光熱、水料等含	2,000円	2,200円
自動車保管場所使用料（月額）		4,200円	5,000円

※シーツ等交換料（月額・270円）は変更ありません。

2020年度後期共同利用実験課題公募について

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

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

申請は専用Webページ（<https://pmsweb.kek.jp/k-pas>）にアクセスして、必要事項を入力して下さい。これまでPFを利用されていない方は新規にユーザー登録が必要になりますので、余裕を持って申請ください。締切時間はWebシステムで設定されており、少しでも締切時間をすぎますと受け付けられなくなりますので十分ご注意ください。採択された課題は2020年10月に有効となり、実験が開始できます。

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

不明な点は下記までお問い合わせ下さい。

研究協力課 共同利用支援室 共同利用係

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

Email: kyodo1@mail.kek.jp

2020年度後期 フォトンファクトリー研究会の募集

放射光実験施設長 船守展正

物質構造科学研究所放射光実験施設（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すようお願いいたします。

記

1. 開催期間 2020年9月～2021年3月
2. 応募締切日 2020年6月19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)

放射光実験施設 PF 秘書室

Email: pf-sec@pfqst.kek.jp TEL: 029-864-5196

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

予 定 一 覧

2020 年

- 3 月 7 日 総研大・高エネルギー加速器科学研究科 2019 年度第 3 回説明会 (一橋大学・東京)
- 3 月 9 日 PF 2020 年度第三期ユーザー運転終了
- 3 月 12 ~ 14 日 2019 年度量子ビームサイエンスフェスタ/第 11 回 MLF シンポジウム/第 37 回 PF シンポジウム (水戸市・ザ・ヒロサワ・シティ会館 (茨城県立県民文化センター))
- 3 月 26 ~ 27 日 PF 研究会「X線干渉計と縦型ウィグラーを用いた超高感度画像計測の現状と将来展望」 (KEK つくばキャンパス・4 号館セミナーホール)
- 5 月 12 日 PF 2020 年度年度第一期ユーザー運転開始
- 5 月 18 日 PF-AR 2020 年度第一期ユーザー運転開始
- 6 月 19 日 2020 年度後期フotonファクトリー研究会公募締め切り
- 7 月 1 日 PF, PF-AR 2020 年度第一期ユーザー運転終了

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

運転スケジュール (April ~ July 2020)

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

4月		PF	PF-AR	5月		PF	PF-AR	6月		PF	PF-AR	7月		PF	PF-AR
1(水)				1(金)				1(月)	E	E (5GeV)	1(水)	HB(I)	E		
2(木)				2(土)				2(火)	E	E (5GeV)	2(木)				
3(金)				3(日)				3(水)	B	B	3(金)				
4(土)				4(月)	STOP	STOP		4(木)	B	B	4(土)				
5(日)				5(火)				5(金)	E	E (5GeV)	5(日)				
6(月)				6(水)				6(土)	E	E (5GeV)	6(月)				
7(火)				7(木)				7(日)	E	E (5GeV)	7(火)				
8(水)				8(金)				8(月)	E	E (5GeV)	8(水)				
9(木)				9(土)				9(火)	B	M	9(木)				
10(金)				10(日)	T/M			10(水)	B	B	10(金)				
11(土)				11(月)				11(木)	M	E (6.5GeV)	11(土)				
12(日)				12(火)				12(金)	M	E (6.5GeV)	12(日)				
13(月)				13(水)				13(土)	HB	E (6.5GeV)	13(月)				
14(火)				14(木)				14(日)	HB	E (6.5GeV)	14(火)				
15(水)	STOP	STOP		15(金)				15(月)	HB	E (6.5GeV)	15(水)	STOP	STOP		
16(木)				16(土)	E	T/M		16(火)	HB	E (6.5GeV)	16(木)				
17(金)				17(日)				17(水)	HB	E (6.5GeV)	17(金)				
18(土)				18(月)				18(木)	MA	MA	18(土)				
19(日)				19(火)				19(金)	MA	MA	19(日)				
20(月)				20(水)				20(土)	HB	E (6.5GeV)	20(月)				
21(火)				21(木)				21(日)	HB	E (6.5GeV)	21(火)				
22(水)				22(金)				22(月)	HB	E (6.5GeV)	22(水)				
23(木)				23(土)				23(火)	HB	E (6.5GeV)	23(木)				
24(金)				24(日)	E	E (5GeV)		24(水)	HB	E (6.5GeV)	24(金)				
25(土)				25(月)				25(木)	M	E (6.5GeV)	25(土)				
26(日)				26(火)				26(金)	HB	E (6.5GeV)	26(日)				
27(月)				27(水)				27(土)	HB	E (6.5GeV)	27(月)				
28(火)				28(木)				28(日)	HB	E (6.5GeV)	28(火)				
29(水)				29(金)				29(月)	I	E (6.5GeV)	29(水)				
30(木)				30(土)				30(火)			30(木)				
				31(日)							31(金)				

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

PAC 速報

放射光実験施設 運営部門 兵藤 一行
宇佐美徳子

今回の放射光共同利用実験審査委員会（PF-PAC）は、2020年1月14日分科会（生命科学II）、1月21日分科会（生命科学I）、1月23日分科会（電子物性、化学・材料）、1月29日分科会（構造物性）、1月30日全体会議の日程で開催されました。全体会議では、午前中に課題審査、午後に施設運営に係る重要事項の議論がなされました。今回は年間4回開催予定の全体会議の3回目になります。

PF-PACは、「放射光を用いて行う実験の申請課題について、採択の適否の審査を行うとともに、放射光を用いる研究計画に関する重要事項について審議するための委員会（物質構造科学研究所放射光共同利用実験審査委員会規程）」です。

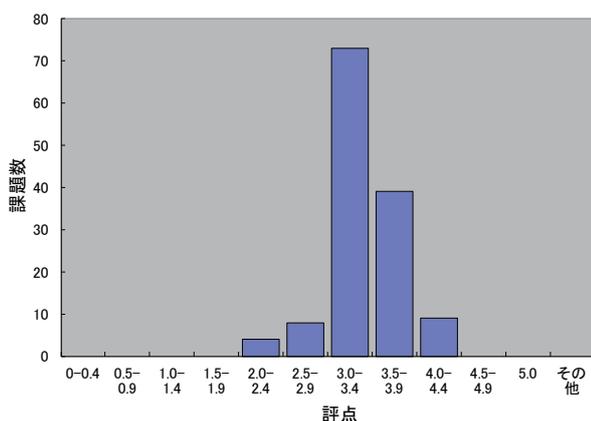
委員会での審査の結果、実験課題の採択は以下の通りとなりました。その後、物質構造科学研究所運営会議の審議を経て最終決定となりました。

1. G型課題

2019年11月6日に締め切られた2020年度前期共同利用実験課題公募には128件の実験課題申請があり、審査の結果、採択課題110件、条件付き採択課題13件となりました。課題の採択基準は、全体会議での審議により評点2.5以上と設定されました。他の種類の課題も同じ採択基準です。

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

令和2年度前期PAC 評点分布



のVの欄に記述してください。

条件付き採択課題となった課題の決定通知書には、条件に関する最初の返答（最終返答でなくても結構です）に関する期限を明記してあります。それまでに返答が無い場合には不採択となりますのでご注意ください。

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

PFを利用して出版された論文の登録を促進するために、これまでに採択・実施された実験課題からの報告論文数が少ない課題申請者に対しては、実験課題申請時に新たな論文登録をしていただくか、論文出版ができなかった理由書を提出していただくように実験課題申請システムにて設定されています（イエローカード制度）。

論文出版時にはKEK研究成果管理システムからの論文登録を忘れずに、かつ速やかにしていただきますよう改めてお願いします。PFで得られた研究成果の社会への還元という意味からも積極的な論文登録をお願いします。また、PFを利用して記述された大学院生の修士論文、博士論文も大学共同利用機関としての重要な指標のひとつですので改めて登録をお願いします。

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

2. S2型課題

2019年11月6日に締め切られた2020年前期共同利用実験課題公募には1件の実験課題申請があり、全体会議での審査の結果、条件付き採択となりました。

3. T型課題

2019年11月15日に締め切られた2020年度前期共同利用実験課題公募には2件の課題申請があり、全体会議での審査の結果、2件とも不採択となりました。実験課題申請を希望する大学院生は、大学およびPF側指導教員と申請前に十分な研究打ち合わせを行うことをお願いします。

4. PF研究会

今期は、以下の1件の研究会が採択されました（以下、敬称略）。

「数理学との融合による量子ビーム計測の新展開」

提案代表者：小野寛太（KEK物構研）、上野哲郎（量研機構・放射光科学センター）、日野英逸（統数研）、安藤康伸（産総研）、牛久祥孝（オムロンサイニクエックス）

5. 報告事項、審議・協議

以下の項目が PF-PAC で報告、審議・協議されました。

報告事項（抜粋）

◆物質構造科学研究所報告

所長から 2020 年 4 月からの量子ビーム連携研究センター設立に関する報告がなされた。

◆放射光実験施設報告

実験施設長から今後の PF-PAC や KEK-SAC (Science Advisory Committee) 等の予定、加速器運転日程、今後の予算状況、将来計画に関する報告などがなされた。

◆ユーザーグループ運営ステーションについて

覚書の有効期間（3 年間）が今年度終了となるユーザーグループ運営ステーション（BL-4A）に関して、運営に関する成果報告会を開催し、今後もユーザーグループ運営を継続する方向で進んでいることが報告された。ユーザーグループに継続申請書を提出してもらい、次回の PF-PAC で最終結果を報告することになった。

◆産業利用促進日

学術研究推進を圧迫しないように注意しながら産業利用促進日の実施日数を拡大することを PF 内部で検討していることが報告された。産業利用促進日の施設利用は、施設利用料を光熱水費に充てることにより運転時間を延長し学術研究の成果創出に貢献する。通常、共同利用課題以外のビームタイムは一定の割合を超えないように配分がされているが、産業利用促進日における施設利用は例外として配分できることが PF-PAC で承認されている。

審議・協議事項（抜粋）

2019 年 10 月 2 日に開催された PF-PAC 全体会議で議論した施設運営に関する重要事項に関して、その後、PF 内部で更に議論を進めた結果を含めて、改めて議論が実施されました。

参考：http://pfwww.kek.jp/publications/pfnews/37_3/keijiban.pdf

◆PF-PAC 分科会の最適化

現在の分科名称はサイエンスに基づく区分になっているが、実際には手法で分類されているケースも多いなど、分類の基準が不明瞭になっている。放射光実験施設・測定装置部門では、2020 年度より、各ビームラインを測定手法に応じた「測定手法グループ」に分類して活動を行う予定であることが紹介され、この分類に基づき提案された新しい PF-PAC の分科案について意見交換を行った。新分科での審査の 2021 年度開始を目指して、引き続き、検討を行うこととなった。

◆無償利用プログラムの整理と審査方法の最適化について

(1) P 型課題

初心者が放射光ユーザーとして定着しやすくなる仕組みを作るために、P 型課題の見直しの提案がなされた。

主な変更点は、

- ・ 現行の P 型課題には初心者型と予備実験型の 2 種類があるが、初心者型のみとする。（予備実験型は施設留保ビームタイムで実施）

- ・ 評点は付さず、採択・不採択と原則として 120 時間以内のビームタイム（配分可能時間）を決定する。採択された課題には優先的にビームタイムを配分する。

この提案について議論が行われた。次回の PF-PAC において、新 P 型課題の説明文の最終案を審議し、2020 年度からの運用開始を目指すこととなった。

(2) PF 内部課題

ビームライン毎の状況に合わせビームタイムを柔軟に利用し、成果の最大化に資することを目的として、PF スタッフが申請する PF 内部課題を以下の 3 つのカテゴリーに整理することに関して議論を行った。2021 年度からの運用開始を目指して、引き続き、検討を行うこととなった。

- ・ PF-S（施設戦略の推進）
- ・ PF-G（一般の利用推進）
- ・ PF-T（教育と人材育成）

(3) 評点決定方法

レフェリー審査における「学問」「技術」「組織」の評価基準を明確化することに関して議論を行った。技術開発を「学問」の要素として明確に位置付けることが承認された。次回の PF-PAC で新しい審査基準の文案を審議して 2020 年度前期募集から適用を目指すこととなった。

(4) 複数分科課題について

新分科の整理が済んでから、改めて議論を行うこととなった。

(5) イエローカード制度について

論文登録が少ない実験責任者に対して評点を減点する制度について議論を行った。登録が少ないことに対する事情の照会は引き続き行うが、PF-PAC で定めた基準をもとに減点する制度は廃止することが承認された。事情を照会する基準を明確にした上で、最終案を次回の PF-PAC に提示し、2020 年度からの運用開始を目指すこととなった。

◆旅費支給基準について

外部資金のある課題は旅費を辞退していただき、その分を外部資金のない研究室の学生への付加支給をすることに関して議論を行った。具体的な運用は放射光実験施設運営部門に一任し、2020 年度開始を目指すこととなった。

その他

次回の PF-PAC 全体会議は 3 月に開催予定。

2020 年度前期放射光共同利用実験採択課題一覧 (G 型)

受理番号	課題名	所属	実験責任者	ビームライン
1. 電子物性				
2020G013	極限技術を用いたテラヘルメドkeV領域軟X線回折格子の開発	量研機構	小池 雅人	11B, 11D
2020G019	Brを含むDNA関連分子の軟X線分光研究	量研機構	横谷 明德	27A
2020G024	石炭ならびに重質炭化水素中硫黄および窒素の同時除去	秋田大学	加藤 貴宏	11A, 11B
2020G029	スピン・軌道・磁気双極子項に寄与するX線磁気円二色性スペクトルの単離手法の開発と磁化反転挙動の観測	群馬大学	櫻井 浩	16A
2020G030	表面偏析単分子膜を用いた有機半導体薄膜表面の分子配向制御	理化学研究所	但馬 敬介	13A/B
2020G040	Experimental determination of interlayer distance of graphene/CFGG heterostructure	量研機構	李 松田	低速陽電子
2020G047	深さ分解X線磁気円二色性分光による二次元物質/ハーフメタルホイスター合金ヘテロ構造の物性探査	量研機構	境 誠司	7A, 16A
2020G049*	軟X線投影型顕微鏡の生物試料観察最適化とタルボ光学系観察による位相情報の抽出	千葉大学	椎名 達雄	11A, 16A
2020G054	全固体電池を用いたオペランド軟X線吸収分光による電極材料の電子状態解析	産総研	朝倉 大輔	7A
2020G058	ARPES investigation of new type of topological crystalline insulator Ba ₃ Cd ₂ As ₄	Institute of Physics, CHINA	Tian QIAN	28A/B
2020G062	XPS, XAFSによる吸着剤と収着元素,ならびに固化体中の元素の電子状態解析	東京工業大学	中瀬 正彦	27A
2020G074	複素環式化合物のイオン対光解離断面積測定	上智大学	小田切 丈	20A
2020G082	高温超伝導体テラヘルツ波発振器の高出力化に向けた材料研究	筑波大学	柏木 隆成	16A
2020G086	配向分子実験に向けた2光子角度相関計測の高感度化	東京工業大学	徳坂 綱一	20A
2020G101	真空中におけるポジトロニウムのレーザー冷却	東京大学	石田 明	低速陽電子
2020G112	トポロジカル表面状態を用いるスピン軌道トルク磁気メモリにおける巨大スピンホール効果の解明	東京大学	小林 正起	28A/B, 2A/B
2020G116	一次元導電性有機材料の探索およびドーピング機構に関する研究	産総研	池浦 広美	27A
2020G118*	全固体リチウムイオン電池のオペランド軟X線光電子分光	産総研	朝倉 大輔	2A/B
2020G120	酸化セリウムクラスターとの複合化による金属の酸化抑制の研究	(株)コンボン研究所	早川 鉄一郎	2A/B
2020G130	軟X線励起-可視光誘導放出抑制による発光点測定	東北大学	江島 丈雄	11D, 13A/B
2020G072	強相関電子系におけるトポロジカル磁気秩序の微視的解明	京都大学	田端 千紘	4C, 8B, 11B, 16A, 3A
2020G038	銀の光拡散によるAg/Ge-S薄膜における局所構造の変化	総合科学研究機構	坂口 佳史	27A, 27B
2020G050	量子線照射プロセスによる多次元ナノ構造材料の構築と機能性制御	大阪府立大学	堀 史説	27A, 27B
2020G068	偏光XAFS法による超伝導MgB ₂ 薄膜の局所構造解析	弘前大学	宮永 崇史	11A, 12C
2. 構造物性				
2020G012	層状ペロブスカイト型酸化物Ca _{2-x} Sm _x MnO ₄ における2相共存状態の結晶学的研究	九州工業大学	堀部 陽一	4B2
2020G018	EuMnO ₃ の蛍光X線ホログラフィー解析:Yドーピング及び磁気・強誘電相転移が誘起する局所構造変化	名古屋工業大学	林 好一	6C
2020G020	蛍光X線ホログラフィー実験における結晶方位の正確度向上	広島市立大学	八方 直久	6C
2020G034	キラル磁性体RNi ₃ X ₉ における多極子らせん秩序 (R=重希土類, X=Al,Ga)	広島大学	松村 武	3A
2020G048	ヨウ化錫の圧力誘起非晶質化過程の微視的解明とコンフォーメーションエントロピー変化の見積もり	愛媛大学	瀧崎 員弘	NE5C
2020G059	カーボンナノチューブに内包されたイオン結晶の電気化学反応機構の解明	名古屋工業大学	石井 陽祐	18C
2020G072	強相関電子系におけるトポロジカル磁気秩序の微視的解明	京都大学	田端 千紘	4C, 8B, 11B, 16A, 3A
2020G073	InOOH相からポストInOOH相への相転移のX線その場観察とP-V-T状態方程式の研究	東北大学	鈴木 昭夫	NE5C, NE7A
2020G075	下部マントル岩石の粘性決定	岡山大学	山崎 大輔	NE7A
2020G098	Ln ₂ Ni _{3-x} M _x O ₈ (Ln=ランタノイド, M=3d,4d遷移金属元素)の精密粉末X線構造解析	横浜国立大学	上原 政智	4B2
2020G103	共鳴X線回折法を用いた結晶格子における準周期磁気秩序の検証	埼玉大学	道村 真司	3A
2020G113	高圧下における種々の窒化炭素のX線回折	福岡大学	匠 正治	NE1A
2020G129	Stability of platinum dioxide in the conditions of Earth's mantle	Guangzhou Institute of Geochemistry, CHINA	Dayong Tan	18C, NE1A
3. 化学・材料				
2020G005	XAFSによるタウルコール酸混合ミセル内部にある脂溶性臭素分子の存在確認およびその含有量の定量の試み	摂南大学	相澤 秀樹	9A, 12C
2020G006	XAFSによる金属ナノクラスター/金属イオン協働触媒の電子的・構造的性質の解析	大阪大学	植竹 裕太	12C, NW10A
2020G008	火山ガラスのFe-K端XANES局所分析によるマグマの脱ガスプロセスの検討	静岡大学	石橋 秀巳	4A
2020G022	ピコ秒時間分解XAFS法を用いたレニウム錯体光触媒の3重項励起状態についての研究	KEK物構研	野澤 俊介	NW14A
2020G028*	衝撃波誘起の金属組織微細化過程における温度・歪み速度依存性の解明	自治医科大学	一柳 光平	NW2A, NW14A

2020G033	固定化金属錯体の構造解析と有機分子・表面官能基による触媒反応促進機構の解明	東京工業大学	本倉 健	12C, NW10A
2020G035	ウラン廃棄物の処理プロセス生成物の構造解析	原研機構	渡部 創	27B
2020G038	銀の光拡散によるAg/ Ge-S薄膜における局所構造の変化	総合科学研究機構	坂口 佳史	27A, 27B
2020G039	変調励起による触媒活性サイトのin situ DXAFS構造解析	産総研	阪東 恭子	NW2A
2020G042	担体界面の複合構造を活用した単金属酸化ナノクラスター触媒の開発	千葉大学	一國 伸之	12C
2020G043	溶融塩電解法を用いた粘土鉱物からの新規熱電変換材料創製技術の開発	原研機構	本田 充紀	27A, 27B
2020G044*	SAXSおよびXAFS測定による金ナノロッド成長過程の追跡：金原子への分解と金ナノロッドへの析出	愛知教育大学	日野 和之	6A, 9C
2020G050	量子線照射プロセスによる多次元ナノ構造材料の構築と機能制御	大阪府立大学	堀 史説	27A, 27B
2020G051	木質バイオマス燃焼灰中カリウムの全国データベース化	京都大学	高岡 昌輝	11B, 12C
2020G053	多孔性一次元電子系物質の構造-物性相関の解明	東北大学	井口 弘章	NW2A
2020G063	原子炉構造材料の中性子照射脆化に対する微細構造解析	原研機構	岩田 景子	27A, 27B
2020G068	偏光XAFS法による超伝導MgB ₂ 薄膜の局所構造解析	弘前大学	宮永 崇史	11A, 12C
2020G069	時間分解DXAFSによるAgゼオライト蛍光体の高速発光過程の解明	弘前大学	宮永 崇史	NW2A
2020G070	QXAFSによるAgゼオライトにおける新規前駆体発光種の局所構造解析	弘前大学	宮永 崇史	NW10A
2020G080	オペランド偏光全反射蛍光XAFS法によるプラズマ触媒反応中の活性点三次元構造解析	北海道大学	高草木 達	9A
2020G081	エアロゾル中の金属元素の化学種が支配する同位体比や粒径分布とその環境化学的意義	東京大学	高橋 嘉夫	9A, 12C, 15A1, 4A
2020G085*	全反射XAFSによる第4級アンモニウム塩包接セミクラスレートハイドレート表面での臭化物イオンの局所構造	埼玉大学	半田 友衣子	9C, 12C
2020G087	Temporal Evolution of Twin Structures in Nanotwinned Copper under Shock Compression	Southwest University of Science and Technology, CHINA Paul Scherrer Institute, SWITZERLAND	Jianbo HU	NW14A
2020G088	Tracking photo-dissociation process of methyl iodide in water	Paul Scherrer Institute, SWITZERLAND	上村 洋平	9A, NW14A
2020G089	XAFS法によるリン酸エステルメタロ超分子ポリマー中金属イオンの配位構造解析	埼玉大学	半田 友衣子	9A, 9C, 12C
2020G090	Snナノ粒子の局所構造	富山大学	池本 弘之	NW10
2020G091	NEXAFSスペクトルの直線偏光二色性を用いた高分子鎖の局所配向分布観察	京都大学	竹中 幹人	19A/B
2020G100	カルサイト及びアラゴナイト中のストロンチウム局所構造解析	原研機構	田中 万也	27B
2020G105	酸化塩化物ガラス中のEuイオンの状態解析	物材機構	瀬川 浩代	9C
2020G106	XAFS法によるシリカ担時ニッケル触媒の速度論的かつ空間的解析	KEK物構研	山下 翔平	9C, NW2A, 19A/B
2020G109	イオン照射、イオン注入により発現した金属中ナノクラスターのXAFSによる構造評価	大阪府立大学	岩瀬 彰宏	27A, 27B
2020G117	元素イメージング法XANAMの汎用化に向けたクイック測定の実現	名古屋大学	鈴木 秀士	7C
2020G126*	脳神経系疾患における微量元素の関与の病理学的解析	藤田医科大学	松浦 晃洋	14C, 15A1, 4A
2020G128	XAFS Study of MnFe _{1-x} M _y (P ₂₅ Ge ₇₇) (M=V,Cr) Compounds	Inner Mongolia Normal Univ., CHINA	Yingjie LI	9A, 12C

4. 生命科学I

2020G007	配列データベース解析により取得した新規人工L-アミノ酸化酵素のX線結晶構造解析	静岡県立大学	中野 祥吾	5A, 17A, NE3A, NW12A
2020G010	インドールテルペノイドハログナーゼの立体構造基盤の解明	東京大学	阿部 郁朗	1A
2020G016	回転分子モーターのX線結晶構造解析	千葉大学	村田 武士	1A, 17A
2020G017	高選択性阻害剤の創出を目指したMAP2Kの構造生物学的研究	大阪府立大学	木下 誉富	17A, NE3A
2020G021	植物由来含硫化合物代謝酵素の構造機構解明	東京大学	伏信 進矢	1A, 5A, 17A, NE3A, NW12A
2020G023	アーキア補酵素A合成経路新規酵素の構造解析	京都大学	喜田 昭子	1A, 17A, NE3A
2020G056*	原始RNAポリメラーゼの探求のための試験管内進化実験	理化学研究所	田上 俊輔	NW12A
2020G061	インフルエンザウイルスRNAポリメラーゼ阻害抗体による創薬研究	横浜市立大学	朴 三用	17A, NW12A
2020G079	微生物不凍タンパク質の水和水構造の解析	産総研	近藤 英昌	1A, 17A
2020G083*	タンパク質の糖鎖修飾の特異性を決定する分子機構の解明	名古屋市立大学	加藤 晃一	1A, 5A, 17A, NE3A, NW12A
2020G084	X線結晶解析による微小管関連分子群の機能制御動態・疾患病態の解明	東京大学	小川 覚之	1A, 5A, 17A, NW12A
2020G096	X-ray Crystallographic Studies on Mitochondrial Ca ²⁺ Uptake Regulatory Proteins	Gwangju Institute of Science and Technology, KOREA	Soo Hyun EOM	1A, 17A
2020G099	FANCM-CENP-SX複合体のX線結晶構造解析	東京理科大学	西野 達哉	1A
2020G104	ランドマイシン生合成の調節タンパク質LanKによる代謝制御機構の解明	東北大学	田中 良和	1A
2020G114*	海洋生物から単離された生理活性蛋白質の構造解析	東北大学	田中 良和	17A

2020G115	ワクチン開発に資する構造情報の提供を目指した百日咳菌由来疾患関連蛋白質の構造解析	東北大学	田中 良和	5A, NE3A
2020G122	歯周病菌のタンパク質分泌装置の構造解析	長崎大学	佐藤 啓子	1A
2020G123	三量体オートトランスポーターの輸送メカニズムの解明に向けた構造生物学	名古屋大学	鈴木 淳巨	1A
2020G124	X線結晶構造解析を用いた昆虫ステロイドホルモン生合成調節因子Nopperaboの内在性基質の探索	筑波大学	丹羽 隆介	1A, 5A, 17A, NE3A
2020G125	合成ヒト化単ドメイン抗体ライブラリの構築を指向した合成単ドメイン抗体の物性解析	東京大学	津本 浩平	5A, NW12A
2020G127	転写と共役したDNA修復の構造生物学的研究	明星大学	香川 亘	1A, 17A
2020G009	B型肝炎ウイルスX蛋白質と宿主因子相互作用の複合体構造解析	国立感染症研究所	楠 英樹	NW12A
2020G093	ポリケタイド化合物の骨格形成とその修飾に関わる酵素の構造機能解析	東京大学	葛山 智久	5A
2020G092	DNA複製伸長反応における蛋白質DNA複合体の構造基盤	医療創生大学	角田 大	NW12A

5. 生命科学II

2020G001*	蛍光X線CTによる生体試料の撮像実験	山形大学	湯浅 哲也	NE7A
2020G003	SAXS解析による磁気受容蛋白質補ISCA1の構造・分子挙動の解明	原研機構	新井 栄揮	10C
2020G004	マランゴニ効果による水面で繰り広げられる周期的弾性運動の観測	近畿大学	矢野 陽子	NE7A
2020G011	ペプチド巨大環状錯体の形成プロセスおよびその空間特性の解明	お茶の水女子大学	三宅 亮介	10C
2020G014	リン脂質モデル膜構造への影響から探る生体膜成分としてのコレステロールとその分子進化的祖先分子との差異	群馬大学	高橋 浩	6A, 10C
2020G015	外部刺激にตอบสนองしてナノ構造転移を起こす自己組織化イオンゲル材料の構造解析	横浜国立大学	橋本 慧	10C
2020G027	バイオ由来高分子材料の結晶相転移の観察とその制御	山形大学	松葉 豪	6A
2020G032	高効率エネルギー変換システム実現に向けた熱・イオン伝播挙動のオペランド計測	(株)日立製作所	高松 大郊	14C
2020G036	シトクロームcのアルカリ構造転移に関する研究	茨城大学	高妻 孝光	10C
2020G037	銅(II)-絹フィブリン錯体の構造に関する研究	茨城大学	高妻 孝光	10C
2020G041*	X線マイクロビーム照射後の培養細胞集団内の温度分布測定	量研機構	横谷 明德	27B
2020G044*	SAXSおよびXAFS測定による金ナノロッド成長過程の追跡：金原子への分解と金ナノロッドへの析出	愛知教育大学	日野 和之	6A, 9C
2020G045	100ピコ秒時間分解能を有する高エネルギーX線用Si-APDシンチレーション検出器の開発	KEK物構研	岸本 俊二	14A
2020G046	水溶液中照射励起場で形成される金属ナノ粒子の形態制御技術開発	筑波大学	谷本 久典	10C
2020G052	128チャンネルSi-APDリニアアレイ検出器システムの高性能化	KEK物構研	岸本 俊二	14A
2020G055	オペランドSAXS・WAXD測定によるリチウム空気電池における酸化物析出・分解挙動解析	群馬大学	畠山 義清	15A2
2020G060	位相イメージング法を用いた漆器の評価に関する研究	金沢大学	岡本 博之	14B
2020G064	六量体KaiCが示すKaiA/Bに対する結合動態の時分割相互作用解析	奈良先端科学技術大学院大学	上久保 裕生	10C
2020G065	硫黄含有高分子薄膜のテンダーX線小角散乱による構造解析	名古屋工業大学	山本 勝宏	15A2
2020G066	蛍光性ナノ粒子添加プラスチックシンチレータのX線検出特性解析	東北大学	越水 正典	14A
2020G067	セラミドがリン脂質膜中に形成する機能的ドメインの構造解析	九州大学	木下 祥尚	6A
2020G071*	圧力相転移により過疎化するABA型トリブロック共重合体エラストマーに関する研究	名古屋工業大学	山本 勝宏	10C
2020G077	小角X線散乱構造因子解析による水生哺乳類ミオグロビンの分子進化の追跡	立命館大学	今村 比呂志	10C
2020G078	海藻由来多糖類とタンパク質との相互作用と会合構造形成	大阪電気通信大学	湯口 宜明	6A
2020G094	単結晶ダイヤモンド自立膜のX線トポグラフィ欠陥評価	産総研	加藤 有香子	14B, 20B, 3C
2020G095	KEK放射光を用いた生体軟組織の平面・立体イメージング観察	日本大学	河野 哲朗	14B
2020G097	時間およびエネルギー分析した核共鳴散乱測定系の開発	京都大学	北尾 真司	14A
2020G102	平滑筋アクチンフィラメントによるミオシンフィラメント構造制御	首都大学東京	渡辺 賢	6A
2020G107	X線散乱と近赤外分光による高分子材料変形挙動の解析手法の開発	産総研	古賀 舞都	6A
2020G108*	ミリ秒時間分解能X線トモグラフィのためのσ偏光型マルチビーム光学系の開発	東北大学	矢代 航	14C
2020G110	Snナノ粒子の階層構造とサイズ分布	富山大学	池本 弘之	10C
2020G111	ロバスト強靱化高分子ゲルにおける伸長誘起結晶化キネティクスの観察	東京大学	眞弓 皓一	6A
2020G119	X線位相コントラスト・トモグラフィによるブタ肝小葉の精密描写	茨城県立医療大学	森 浩一	14C
2020G126*	脳神経系疾患における微量元素の関与の病理学的解析	藤田医科大学	松浦 晃洋	14C, 15A1, 4A

課題名等は申請時のものです。*印は条件付き採択課題。

2019年度後期からこれまでに採択されたP型課題

受理番号	課 題 名	所属	実験責任者	ビームライン
2. 構造物性				
2019P002	ペロブスカイト太陽電池に用いる有機無機ハロゲン化鉛の結晶構造の解析	東京大学	柴山 直之	8A, 8B
2019P004	自己組織化単分子膜上に固定化された芳香族化合物のXAFSによる局所構造解析	筑波大学	桑原 純平	7A
2019P007	特異な磁気的挙動を示す一次元鎖磁性体の構造ダイナミクス	名古屋大学	水津 理恵	8A
2019P008	Zr窒化物合成時の高温・高圧反応下における複分解反応In-situ経路解析	物材機構	川村 史朗	NE5C
2019P009	トリプチセン誘導体からなるハニカム金属有機構造体の示す磁気異常解明のための結晶構造解析	名古屋大学	珠玖 良昭	8A
2019P014	希土類酸化物Y ₂ O ₃ における圧力誘起構造相転移過程の直接観察	防衛大学校	岸村 浩明	NW14A
3. 化学・材料				
2019P010	堆積物微生物燃料電池が底質内の鉄形態に及ぼす影響	群馬大学	窪田 恵一	12C
2019P011	Pt薄膜ガスセンサーの動作原理解明を目指したオペランドXAFS分析	慶應義塾大学	豊島 遼	9C
2019P012	土壌中カドミウムの化学形態別分析	群馬大学	板橋 英之	NW10A
2019P015	XAFS測定を用いた金属含有酵素活性部位の溶液中配位構造の解析	大阪大学	福田 庸太	9A

第115回物質構造科学研究所運営会議議事次第

日時：令和元年10月7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
議 事

【1】第111回～第114回議事要録について

【2】所長報告

【3】審 議

- (1) 教員公募（教授1名：放射光施設）
- (2) 教員公募（特別助教1名：放射光施設）
- (3) 教員公募（助教1名：放射光一）
- (4) 教員公募（特任助教1名：放射光二）
- (5) 教員公募（准教授1名：低速陽電子）
- (6) 物構研共同利用実験課題公募における条件の見直しについて
- (7) 教員人事（助教1名・特定人事：測定装置部門1）
- (8) 教員人事（助教1名・特定人事：測定装置部門2）
- (9) 教員人事（助教1名・特定人事：基盤技術部門）
- (10) 教員人事（助教1名：ミュオン）
- (11) 特定有期雇用職員の昇任人事について（物構研・特別教授：中性子）

【4】報 告

- (1) 人事異動
- (2) 研究員の選考結果について
- (3) 2019年度後期放射光共同利用実験課題審査結果について（条件解除）
- (4) 2019年度（令和元年度）放射光共同利用実験課題審査結果について（P型）
- (5) 2019年度後期フォトンファクトリー研究会採択状況について

(6) 協定等の締結について（国内機関関係）（資料配付のみ）

【5】研究活動報告（資料配付のみ）

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

物構研談話会・コロキウム

日時：11.14（木）13:00～

題名：19-02 Molecular Analysis of NFAT/ICER Repressor Complexes and their Role in nTreg-cell mediated Suppression

講師：Dr. Josef Bodor（BIOCEV/Charles Univ.）

日時：2/7（金）15:00～

題名：19-03 Functional Antiferromagnets and their Encapsulation inside Carbon nanotubes

講師：Dr. Ashna Bajpai（Indian Institute of Science Education and Research, Pune, India）

2019年度第2期配分結果一覧

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	10/21	10/22	10/23	10/24	10/25	10/26	10/27
	E	E	B	M	E	E	E
1A	調整	調整	調整 19RP-01	調整	調整 19Y005 18G01	調整	調整 18G 19G
2A/2B	調整 18S2-00	調整 19V004	調整 18G127 橋本 尚徳	調整	調整 18G587 松田 巖	調整	調整
3A	調整 19G670 中村 得志	調整	調整	調整 19G670 中村 得志	調整	調整 18G570 有馬	調整
3B	調整 18S2-005 小澤 健一	調整	調整	調整 18S2-005 小澤 健一	調整	調整	調整
3C	調整	調整	調整 18G009 高橋 嘉夫	調整	調整 18G008 高橋 由美子	調整 18G501 熊乃	調整
4A	調整	調整 18G575 高橋 嘉夫	調整	調整	調整 18G545 光延 聖	調整 18G575 高橋 嘉夫	調整
4B2	調整	調整	調整	調整	調整 19G552 植草 秀裕	調整	調整
4C	調整	調整 19G553 中尾 裕則	調整	調整	調整 19G553 中尾 裕則 18S2-006 山崎 裕一	調整	調整
5A	調整	調整 18G 18G 18G 19Y011	調整	調整	調整 18G 18G 19RP-03	調整 18G	調整
6A	調整	調整 19G667 林幹大	調整 19PF-19 山田 重樹	調整	調整 18G588 高木 秀徳	調整 18G086 渡辺 真	調整 19G023 中尾 重樹
6C	調整 18G149 山本 篤史郎	調整	調整	調整	調整 19G636 山本 篤史郎	調整 18G592 江口	調整
7A	調整	調整 19PF-23 山本 涼輔	調整	調整	調整 18P016 境 誠司	調整 19PF-20 雨宮	調整
7C	調整	調整	調整	調整	調整 17S2-001 熊井 玲児	調整	調整
8A	調整	調整	調整	調整	調整 19P007 水津 理恵	調整 19P009 珠玖	調整
8B	調整	調整 19V003	調整 18G080 西村 真一	調整	調整 17S2-001 熊井 玲児	調整	調整
9A	調整	調整	調整 19G666 増田 卓也	調整	調整 19G668 増田 卓也	調整 19G042 鈴木 達也	調整
9C	調整	調整 18G531 岡本 善也	調整 19C205 木村 正雄	調整	調整 19G070 飯塚 恭子	調整	調整
10A	調整	調整	調整	調整	調整 19G084 吉朝 朗	調整	調整
10C	調整	調整	調整	調整	調整 19G666 新井 宗仁	調整 18G564 矢野 史樹	調整
11A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整
11B	調整 18G090 高岡 昌輝	調整 18G035 藤	調整	調整 18G0	調整 19P005 大原 洋	調整 19P003 野本 淳一	調整
11D	調整 18G552 伊藤 雅英	調整	調整	調整	調整 18G552 伊藤 雅英	調整	調整
12C	調整	調整 18G068 片山 真祥	調整	調整	調整 19G614 中島 伸夫	調整	調整
13A/13B	調整 18S2-005	調整 18S2-005	調整 18S2-005	調整 18S2-006 山崎 裕一	調整 19G618 小森 文夫	調整 18S2	調整
14A	調整 19G678 木村 宏之	調整	調整	調整	調整 19G678 木村 宏之	調整	調整
14B	調整 18G607 平野 謙一	調整	調整	調整	調整 18G536 秋本 晃一	調整	調整
14C	調整	調整	調整 18G581 松下 昌之助	調整	調整 18G581 松下 昌之助	調整	調整
15A1	調整	調整	調整	調整	調整 19C211 雨宮 健太	調整 19G093 坂田 昂平	調整
15A2	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整
16A	調整 18G017 永沼 博	調整 18S2-004 越前 広	調整	調整 18S2 19PF-21 中尾 裕則	調整 19Y019	調整 19G553 中尾 裕則	調整
17A	調整	調整 19G 19G	調整 19G 19G	調整	調整 19Y009 19G 19G 19G	調整	調整
18B	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19-IB-25	調整
18C	調整 18G682 LEE Yongjae	調整	調整	調整	調整 18G088 石井 陽祐	調整 18G569 門村	調整
19A/19B	調整	調整 18S1-001 高橋 嘉夫	調整	調整	調整 18S1-001 高橋 嘉夫	調整	調整
20A	調整	調整	調整	調整	調整 18G061 穂坂 綱一	調整	調整
20B	調整	調整 18G081 山口 博隆	調整	調整	調整 18G081 山口 博隆	調整	調整
27A	調整	調整 18G097 富田 雅典	調整	調整	調整	調整 19G032 馬場 祐治	調整
27B	調整	調整 19G518 岡本 芳徳	調整 18G065 本田 充紀	調整	調整 18G518 岡本 芳徳	調整 18G573 渡辺 真	調整 18G574 渡辺 真
28A/28B	調整	調整	調整	調整	調整 18S2-001 佐藤 宇史	調整	調整
NE1A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整
NE3A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整
NE5C	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整
NE7A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整
NW2A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G068 片山 真祥
NW10A	調整	調整	調整	調整	調整 18G615 朝倉 清高	調整 19C203 19Y017	調整 18G625 山本 晃
NW12A	調整	調整	調整	調整	調整 19G 18G 18G 18S2-002	調整 19G 18G 18G	調整 19G151 佐々
NW14A	調整	調整	調整	調整	調整 19G053 CANTON Sophie Evelyne	調整 19G139 NAUMOVA Maria	調整
SPF	調整	調整	調整	調整	調整 18G664 平川 力	調整	調整

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	10/28	10/29	10/30	10/31	11/1	11/2	11/3
	E	E	B	E	E	E	E
1A	調整 19Y008	調整 19G 19G 19RP-01 橋本 尚徳	調整	調整 19G 19G150 藤	調整 19RP-01 橋本 尚徳	調整	調整 19G
2A/2B	調整	調整 19G643 19Y002	調整 19G643 19Y002	調整	調整 19Y002 18G653 19Y002	調整 18G653 相馬 清吾	調整
3A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G039 松村 武
3B	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19G046 枝元 一之
3C	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19G522 平野
4A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G044 石橋
4B2	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G080 西村 真一
4C	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G566 田中
5A	調整 19G 19G	調整	調整	調整 19G 19G	調整 19G 18G 18G 18G507 藤	調整 18G 18G 18G507 藤	調整 19G558 藤
6A	調整 19G611 鹿村 寛	調整 18G555 野島 修一	調整 19G524 19R-02 清水 伸昭	調整	調整 19G654 渡辺 明徳	調整 19G565 金子 文徳	調整 18G551 渡辺 明徳
6C	調整 18G592 江口	調整 18G003 北浦 守	調整	調整	調整	調整	調整 18G660 白方 祥
7A	調整 19PF 19G028 雨宮 健太	調整 19G641 奥平 幸司	調整	調整	調整	調整 19G674 吉田 真樹	調整 19C202 木村 正雄
7C	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 17S2-001 熊井 玲児
8A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19G145 池田 山彦
8B	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19G558 岩橋
9A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19G039 田尻 恭之
9C	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19G127 打越 龍仁
10A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19G529 D'ASTUTO Matteo
10C	調整 18G026 藤井 伸	調整 19G515 渡辺 真樹	調整 19G073 池口 龍徳	調整 19RP-26 渡辺 真樹	調整 19G588 高木 秀徳	調整 18G541 平井 光樹	調整 19G537 平井 光樹
11A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G129 伊藤 敏
11B	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G631 加藤 貴宏
11D	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G552 伊藤
12C	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G072 江島 文雄
13A/13B	調整 19Y004	調整 18G575 高橋 嘉夫	調整 19C208 木村 正雄	調整 19G054 田中 重樹	調整 19G041 角山 寛規	調整	調整
14A	調整 18S2-005	調整 18S2-005	調整 18S2-005	調整 18S2-005 小澤 健一	調整 18S2-005 小澤 健一	調整 18G599 18S2-00 19G607 18S2-00 18G599	調整
14B	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19G678 木村 宏之
14C	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G501 熊永 昭
15A1	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19C210 雨宮 健太
15A2	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19G554 朝倉 清高
16A	調整 18G 19G553 中尾 裕則	調整 19S2-003 雨宮 健太	調整	調整	調整	調整	調整 19G556 池田 大樹
17A	調整 19C201	調整 全自動測定	調整 19G 18G	調整	調整 19Y010 18G 18G 19G 18G 18G	調整	調整
18B	調整 19-IB-25	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19-IB-18
18C	調整 18G569 門村	調整 18G605 藤 裕之	調整 19G563 遊佐 秀	調整	調整 19G664 宮川 仁	調整	調整
19A/19B	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18S1-001 高橋 嘉夫
20A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G061 穂坂 綱一
20B	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G081 山口 博隆
27A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G574 渡辺 真樹
27B	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G065 本田 充紀
28A/28B	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18S2-001 佐藤 宇史
NE1A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19S2-001 小林 寿夫
NE3A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19Y001
NE5C	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19G628 亀針川 卓典
NE7A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G687 Wolfgang VOEGELI
NW2A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G068 片山 真祥
NW10A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G615 朝倉 清高
NW12A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19G151 佐々
NW14A	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 19G053 CANTON Sophie Evelyne
SPF	調整	調整	調整	調整	調整	調整	調整 18G664 平川 力

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	11/4	11/5	11/6	11/7	11/8	11/9	11/10
1A	E	E	B	M	E	E	E
2A/2B		18G653 相馬 19V004			19V004	19G632 小森 文夫	18G188
3A	18G039 松村 武		18G622 奥山 大輔		18G622 奥山 大輔	18G142 道村	
3B	19G046 枝元 一之				19G046 枝元 一之		
3C	19G522 平野 謙一				19G522 平野 謙一		
4A	18G044 石橋 18G540 伊藤 敦				18G531 阿部 善也	18G558 三河内 岳	
4B2	18G080 西村 真一				19G507 三宅 亮		
4C	18G566 田中 悟		19G559 岩佐 和晃		19G558 岩佐 和晃		
5A	18G	19C201 18G			19G011	18G188	
6A	19G082 戸本 隆	19G009 藤原 勇一	19G034 小園 隆		19G066	19G128 奥野 聖之	19G598 上原 伸大
6C	18G598 林 好一		18G599 米村 健彦		18G599 米村 健彦	18G556 細川 伸也	
7A	19G674 吉田 真明	18G124 朝倉 大輔			18G124 18G604 坂井 聖也	19S2-003 雨宮 健太	
7C	17S2-001 熊	18G596 中島 伸夫			18G596 中島 伸夫		
8A	19G558 岩佐 和晃	17S2-001 熊井 玲児			17S2-001 熊井 玲児	19PF-27 本	
8B	19G533 奥野 正樹	19G005 奥野 拓也	17S2-001 熊井 玲児		17S2-001 熊井 玲児	18G572 客野	
9A	18G630 加藤 実志	19G659 沼子 千弥	調整		19G504 藤永 敏子	18G575 奥野 聖之	18G594 池本
9C	18G628 奥村 和	19G655 今岡 享穂			19G676 阿部 仁	19G125 島山 義清	
10A	18G045 宮脇 律郎	19G585 中塚 晃彦			19G585 中塚 晃彦		
10C	18G634 新井 勇一	19G673 西毛 浩平			19G002 奥野 聖之	19RP-05 奥野 大	18G099 山本
11A					19G650 沼子 千弥	19G641 奥平	
11B	18G631 加藤	18G540 伊藤 敦			18G540 伊藤 敦		
11D	18G072 江島 文雄				19G060 堀内 拓大		
12C	18G623 大庭 光則	19G575 奥野 聖之	18G042 本倉 健		19G117 大津 博康	18G090 高岡 昌輝	
13A/13B	18S2-004 18G007	18S2-004 18G590 吉信	18S2-004		18S2-005 小澤 健一	18S2-005	18S2-005
14A					18G054 岸本 俊二		
14B	18G126 岡田 裕之				18G055 岡本 博之	19G103 橋本	
14C	19G542 高島 健也	19G040 The The LWIN			18G580 松下 昌之助	調整	
15A1	19G569 岡本	19C202 木村 正雄			19G614 中島 伸夫	18G575 高橋	
15A2							調整
16A	19G8 19PF-22 石井 裕夫	19G674 吉田 真明			18P9	18S2-003 足立 純一	19PF-28 北村 未生
17A	18G	調整			調整	18G	19G18016 橋
18B	19-IB-18	19-IB-09			19-IB-09	19-IB-07	
18C	19G605 鎌 裕之	18G605 鎌崎 彰子			19G132 佐藤 友子		
19A/19B	18S1-001 高橋 嘉夫	19L004 19Y0			18S1-001 高橋 嘉夫		
20A	19R-05 北島 昌史				19G581 板倉 隆二		
20B		18G081 山口 博隆			19PF-32 杉山 弘		
27A	18G065 本田 克紀				19G032 馬場 祐治		
27B		19PF-30 藤原 明	18G515 今岡 享穂		19G058 岡本 芳浩	18G065 本田	
28A/28B	19G529 D'ASTUTO Matteo				19G688 QIAN Tian		
NE1A	E	E	B	M	E	E	E
NE1A	19S2-001 小林 寿夫				19S2-001 小林 寿夫		
NE3A	18G188	19G	19Y001		調整	全自動調整	19G188
NE5C	19G047 大高 理				18G583 瀧崎 員弘		
NE7A	18G004 溝渕 智也				18G004 溝渕 智也		
NW2A	18G068 片山	19C205 木村 正雄			調整	19G663 尾関 智二	
NW10A	19G073	18G042 本倉 健	19G619 BAL Raju		19G543 藤原 誠人	18G057 白井 健之	19G141 奥野 健
NW12A	19G151 佐々木 裕次	19Y005			調整	18S2-002 佐藤 文菜	
NW14A	18G121 野澤 俊介				18G121 野澤 俊介		
SPF	19G684 深谷 有喜	19G540 望月 出海			19G599 和田 健		

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	11/11	11/12	11/13	11/14	11/15	11/16	11/17
1A	E	E	B	E	E	E	E
2A/2B	18S2-004 結城 広志	19Y002	18S2-004	19Y002	18S2-004	19Y002	18G062 藤原 智史
3A	18G142 道村 真司			19G610 中村 智樹			19G163 SU Xiao
3B	19G046 枝元 一之					18S2-005 小澤 健一	
3C	19G522 平野 謙一			19G092 早稲田 篤			
4A	18G558 三河内 岳	18G593 安光ラヴェル 香保子			18G545 光延 聖		18G575 高橋
4B2	19G507 三宅 亮			18G094 籠宮 功			
4C	18G652 金子 耕士				18G571 中島 正道		
5A	18G188	18G		18G188	19Y188	19G094	
6A	19G055 Li Xiang	19G083	18G077	18G074 池本 弘之	19G579 藤野 拓也	19G538 本多 智	19G532 夏目 二
6C	19G586 細川 伸也	19G635 細川 伸也			18G091 八方 直久		19G558 岩佐
7A	19S2-003 雨宮 健太		19G028 岡林 真	19G621 遠藤 理			
7C	18G582 岩佐 俊明						
8A	19PF-27 本	18G102 志賀 拓也		17S2-001 熊井 玲児			18G561 成瀬
8B	18G572 客野	19G145 佐賀山 基		18G539 木村 宏之		19G633 下村 晋	
9A	18G594 池本	19Y004	19C211		19G093 坂田 昂平	18G589 吉田 真明	
9C	18G057 白井 健之	19G052 原田 雅史			18G013 岡野 典		19G067 原田
10A	19G585 中塚 晃彦	19G517 吉朝 朝				18G067 岡野 純	
10C	18G099 山本	18G130 今村 比呂	調整	19RP-27 清水 伸	18G136 奥野 真史	18P017 三宅 勇介	19G073 池田 聖
11A	19G641 奥平 幸司	19P005 大西 洋	19G093	19C211		19G644 岡谷 隆夫	
11B	18G540 伊藤 敦						
11D	19G060 堀内 拓大						18G640 渡辺
12C	19G503 北野 政明	19G660 花咲 徳亮				18G575 高橋 嘉夫	19G573
13A/13B	18S2-005	18S2-005	18S2-005	18S2-005	18S2-005	18S2-005	18S2-005
14A	19G613 幸村 孝由					調整	18G053 岸本 俊二
14B	19G103 橋本			18G008 高橋 由美子			
14C	19G072 奥 彦雲					調整	
15A1	18G575 高橋	19G107 西脇 芳典		19G662 原田 誠			
15A2						調整	
16A	18S2-006 山崎 裕一	18G	18S2-006 山崎 裕一	19PF-23 山本 謙	18S2-003 夏目 純	19PF-23 山本 謙	
17A	19C201	全自動調整	19G	19G188	19G020 平	19Y001	18G188
18B	19-IB-07	19-IB-23				19-IB-24	
18C	19G132 佐藤 友子	19G580 中野 智志			18G123 久米 徹二	18G524 平井	
19A/19B	19C202 木村 正雄	19G093 坂田 昂平	18MP001 小野 寛太		19G609 藤林 大	18S1-001 高橋 嘉夫	19L011
20A	19G603 宮崎 康典		18G516 北島 昌史				
20B	19PF-32 杉山 弘		19G103 橋本				
27A	18G518 藤原 誠	18G069 石山 新太郎		19G641 奥平 幸司			
27B	18G065 本田	19G519 永井 崇之		19G057 岡本 芳浩		19G058 岡本	
28A/28B	19G688 QIAN Tian		19G122 吉田 鉄平		18S2-001 佐藤 宇史		
NE1A	M	M	B	E	E	E	E
NE1A			調整	19G003 小野 重明		19G582 大村 彰子	
NE3A			調整	19Y1	全自動調整		
NE5C			18G108 山田 明寛			19G047 大高 理	
NE7A			19G638 飯塚 理子			18G023 鈴木 昭夫	
NW2A			調整				
NW10A		19Y012	19G061	18G078 大澤 博	18G548 櫻井 実博		
NW12A		調整	18G505 藤	19G188	18G188	18G188	18G188
NW14A			18G616 北浦 守	調整	19PF-25 丹羽 剛	19G637 佐	
SPF	19G599 和田	19G684 深谷 有喜			18G100 石田 明		

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	11/18	11/19	11/20	11/21	11/22	11/23	11/24
	E	E	B	M	HB	HB	HB
1A	19C201 関	1900 19RP-01 松尾 隆			190		
2A/2B	18G00 18G148	19G54 18G148	19G54 18G148		18S2-003 足立 純	18G093 若林 裕樹	18G00 18G008
3A	19G610 中村 智樹		18G533 若林 裕樹		18G533 若林 裕樹		
3B	18S2-005 小澤 健一				18S2-005 小澤 健一		
3C	19G092 早稲田 篤				19G092 早稲田 篤		
4A	18G575 高橋 嘉夫				18G525 宇尾 基弘		
4B2	18G094 藤宮 功				18G101 上原 政智		
4C	18G571 中島 隆	19G634 柏木 隆成			19G553 中尾 裕剛		
5A	19	19Y005			19G551 HEC Na	18 19 19G	
6A	19G689 松尾 隆	19G113 栗原 謙	18G		19G134 小澤 健一	18G093 若林 裕樹	18G657 横山 隆樹
6C	18G558 岩佐 和晃	19G616 手塚 泰久			18G683 坂井 伸行		
7A	19G121 長浜 太郎		19G621 藤原 理		19C21 19G671 遠藤 理		19G028
7C	19G591 手塚 泰久				19G591 手塚 泰久		
8A	18G561 成瀬 誠	19G126 藤原 理	17S2-001 藤井 勝		17S2-001 藤井 勝		17S2-001 藤井 勝
8B	18G089 藤村 真一	19R-03 藤原 理	19G003 藤原 理		19T003 宮島 瑞樹		
9A	18G589 宮田 誠	19G689 原田 誠			18G	18G111 山崎 隆樹	18G548 藤井 勝
9C	19G067 原田 誠	19G114 藤原 理	18G601 藤原 理		19G649 山本 悠策		
10A	18G067 栗原 謙				19G062 栗原 謙		
10C	19RP-07 藤原 理	19G588 高木 勇樹	18G548 藤井 勝		19R-04 清水 伸樹	19G002 矢野 龍	19G685 奥田 浩司
11A	19G644 関						
11B		18G663 角山 寛規			19G111 沼子 千弥	19	
11D	18G640 渡辺 紀生				18G012 小池 雅人		
12C	18G673 藤原 理	19G612 岩佐 和晃			18G063 藤原 理	19G022 19G111	18G663 角山 寛規
13A/13B	18S2-006	18S2-005 小澤 健一			18G	18G549 19G591 手塚 泰久	19G15 19G5
14A	19G576 高田 英治		18G053 藤原 理		19G142 坂倉 輝俊		
14B	19G606 西村 龍太郎				18G081 山口 博隆		
14C		19P006 YI EunJae			18G504 KIM Jong Ki		18G041 関根 紀夫
15A1							
15A2	18G106 山本 勝宏		18G553 奥田 浩司		18G553 奥田 浩司	18G579 小川 基樹	
16A	18S2-003 足立 純一				18S2-003 足立 純一		
17A	19Y009	18	19G051 藤原 理		19	19G502 藤原 理	18 19 19
18B	19-IB-24	19-IB-19			19-IB-19		19-IB-21
18C	18G524 平井 寿子		19G026 藤原 理		19G132 佐藤 友子		19G0
19A/19B	19G093 藤原 理	19L009 18S1-00	19L012		19PF-28 山下 翔太	18S1-001 藤原 理	19G093 藤原 理
20A	18G516 北島 昌史				18G516 北島 昌史		
20B	19G103 橋本 隆				19G571 水野 薫		
27A	19G641 奥平 幸司		19G032 藤原 理		19G032 藤原 理	19G519 藤原 理	
27B	19G058 関本 隆	19G133 藤原 理	18G519 藤原 理			18G684 大原 隆樹	
28A/28B	18S2-001 佐藤 宇史				18G115 横谷 尚隆		
	E	E	B	M/M	E	E	E
NE1A	19G664 宮川 仁				19G664 宮川 仁	19G580 中野 智志	
NE3A	18 19Y001		18G137 藤原 理		18G	18G 18G 18G125 藤原 理	
NE5C	19G 19G143 浦川 啓				19G143 浦川 啓		18G646 藤原 理
NE7A	18G023 鈴木 昭夫	18G643 松野 香子			18G146 THOMS	18G059 西原 遊	
NW2A	19L009	19S2-002 木村 正雄			19S2-002 木村 正雄		
NW10A	19Y009	19C205 木村 正雄	19P00 18G623		18G070 宮永 崇史		
NW12A	19 18S2-002				18G	19 18G 18G	19 19G
NW14A	19G637 佐々木 裕次		18S2-003 足立 純		18S2-003 足立 純		
SPF	18G100 石田 明	19G599 和田 健			19G692 兵頭 俊夫		

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	11/25	11/26	11/27	11/28	11/29	11/30	12/1
	HB	HB	HB	MA/M	HB	HB	HB
1A	19G190 藤原 理	19Y010	18G120 藤原 理		18G	18G	18G
2A/2B	18S2-003 足立 純一				19Y003 19G583 19Y003 19G583	19Y003 19G583	19Y003 19G583
3A	18G533 若林 裕樹	19G056 清水 亮太			19G056 清水 亮太		
3B	18S2-005 小澤 健一				19G593 中灶 寛		
3C	19G092 早稲田 篤				19G092 早稲田 篤		
4A			18G644 松浦 晃洋		18G644 松浦 晃洋		
4B2	18G101 上原 政智				18G021 堀部 陽一		
4C	19G553 中島 隆	19G558 岩佐 和晃			19G558 岩佐 和晃		
5A	19C201	19	19		18G	18G	18G
6A	18G010 藤原 理	18G521 藤原 理	18G672 藤原 理		18G521 藤原 理	18G626 上野 龍	19G594 上野 龍
6C	18G598 福田 勝利				19G087 杉山 和正		
7A	18G028 19G119 久保田 正人		19G671		19G671 遠藤 理	19G028 藤原 理	19PF-28
7C	18G596 中島 伸夫				18G145 川又 透	19G646 川又 透	
8A	17S2-001 藤原 理	19G145 佐賀山 基			19G145 佐賀山 基	19G572 藤原 理	19G640 石川 隆
8B	19T003 宮島 瑞樹		19G115 藤原 理		18G572 岩佐 和晃		17S2-001 藤原 理
9A	18C204 木村 正雄	18S2-002 佐藤 文樹	19G133		18G667 藤原 理	19G612 18G578	19G023 藤原 理
9C	18G667 藤原 理	19G061 吉朗 朗			19G141 泉 康雄		
10A	19G062 栗原 謙				19G062 栗原 謙		
10C	18G	19RP-25 伊藤 俊	18G564 矢野 龍		19RP-20 有田 泰平	18G634 藤原 理	19G118 矢野 龍
11A	18S2-003 足立 純一				18S582 岩佐 和晃		
11B		18G671 田端 千紘			18G671 田端 千紘		
11D	18G012 小池 雅人	19G547 羽多野 忠			19G547 羽多野 忠		19
12C	18G6 19G111	19G503 北野 康樹	18G667 藤原 理		19G504 藤原 理	19G555 藤原 理	19G582 藤原 理
13A/13B	19G591 手塚 泰久	19G157 19G591	19G157 18G549		18G596 中島 伸夫	19G543 藤原 理	18G597 藤原 理
14A	19G142 坂倉 輝俊				18G053 藤原 理	19PF-26 藤原 理	19G606 西村 龍太郎
14B	18G081 山口 博隆				19G522 平野 勝一		
14C	18G041 関根 紀夫				19G597 安藤 正海		
15A1							
15A2	18G		19G617 藤原 理		19G156 CHAUDH	19G577 高木 勇樹	19RP-06 藤原 理
16A	19S2-003 雨宮 健太				19S2-003 雨宮 健太		19G590 平井 隆
17A	19 19RP-31 藤原 理	18G	18G		18G	19G159 CHA Su	18G
18B	19-IB-21	19-IB-20			19-IB-20		19-IB-20
18C	19G006 阿部 隆	19G085 武田 産生			19G550 川村 幸裕		18G6
19A/19B	18MP001 小野 貴	19G066 武野 昌樹	19L005 18S1-00		18S1-001 高橋 嘉	19L010 18S1-00	19PF-18 藤原 理
20A	18G128 小田切 文				18G128 小田切 文		
20B	19G571 水野 薫				18G536 秋本 晃一		
27A	18G073 池浦 広美				18G085 関口 哲弘		
27B	19PF-30 藤原 理	18G567 松浦 浩樹	18G568 松浦 浩樹		19G032 藤原 理	18G065 本田 克紀	
28A/28B	18G624 坂野 昌人				19G525 齋藤 智彦		
	E	E	B	E	E	E	E
NE1A	19G580 中野 智志	19G563 遊佐 幸			19G021 山本 隆		
NE3A	19Y001		19Y005 18G		18G	18G	
NE5C	18G646 藤原 理		19P008 川村 史朗				18G023 藤原 理
NE7A	18G059 西原 遊	18G024 山崎 大輔					18G591 久保 隆
NW2A	19S2-002 木村 正雄		19G569 関本 敬				
NW10A	18G633 藤原 理	18C204 木村 正雄	19G543 藤原 理	18G667 藤原 理	19Y019 18G578	18G594 池本 弘之	
NW12A		19G 18G	19G 18G		19G 18G 19G		
NW14A	17T002 高木 壮太				18G639 川合 伸明		18G676 一橋 隆
SPF	19G692 兵頭 俊	19G615 三木 一司				18G100 石田 明	

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	12/2	12/3	12/4	12/5	12/6	12/7	12/8
	HB	HB	HB	M	HB	HB	HB
1A	19R 19RP-24	19RP-01 松壇直宏	19R 19RP-08	調整	19Y001	19G 19G	19RP-01 松壇直宏
2A/2B	19Y001	18S2-003 足立 純一			19T004 志賀 大晃	18S2-004 組頭 広志	
3A	19G584 近藤 敏啓				18G620 増田 卓也		
3B	19G593 中辻 寛				19G641 奥平 幸司		
3C	18G117 山口 博隆				18G641 渡辺 紀生		
4A	18G644 松浦 晃洋				18G593 安光ラヴェル 香保子		
4B2	18G021 福部 陽一	19G665 八島 正知			19G665 八島 正知		
4C	19G558 岩佐 和晃				19G120 清水 遼一		
5A		18G 19G	18G		調整	18G 18G 18G 18G 18G	19R 19RP-03
6A	19G110 黒岩 康	18G092 上野 聡	19G112 丸林 貴弘		18G519 寺尾 聖	19G164 ALEXAN	19G116 香木
6C	19G087 杉山	18G103 有馬 寛			18G103 有馬 寛	19C202 木村 正雄	
7A	19PF-2	19S2-003 雨宮 健太			19S2-003 雨宮 健	19C202 木村 正雄	
7C	19G646 川又 透	18G066 鮎			18G066 鈴木 秀士		
8A	19G640 石川 忠彦				19G640 石川 忠彦	19G557 岩佐 和晃	
8B	17S2-001 熊井 玲児	19G005 奥藤 博正			19G005 後藤 博正	17S2-001 熊井 玲児	
9A	18S2-002 佐藤 文薫	19T002 鈴木 康			18G600 高草木 達		
9C	19C21	19G529 19R-07 19G109	19G619 BAL Raj		19G631 鳥羽 瀬 夏	19G685 奥藤 博正	
10A	19G062 栗林	18G118 栗林 貴弘			18G118 栗林 貴弘		
10C	調整	19G537 平井 光博	18G541 平井 光博		19G523 青尾 智史	19G014 SONG H	19G673 若毛 貴男
11A	18G582 岩佐 俊明				18G582 岩佐 俊明		
11B	18G671 田端 千紘				18G671 田端 千紘		
11D	19G642 羽多野 忠				18G552 伊藤 雅英		
12C	18G078 大塚 洋	19C208 木村 正雄			19G088 中山 翔太	18G111	
13A/13B	19G630 若藤 博一	19G104 剛	18S2 18G104 剛	18S2	19G6	18G595 剛	19G6
14A	19G606 西村 龍太郎				18G053 岸本 俊二	18G052 岸本 俊二	
14B	19G522 平野 馨一				19G598 島雄 大介		
14C	18T002 亀沢 知夏				調整	18G560 米山 明男	
15A1							
15A2	19G086 小川 龍樹	調整	18G562 真柴 雅		18G032 高野 孝史	19RP-16 清水 伸樹	19G012 森田 剛
16A	19G590 石井	18S2-006 山崎 裕一			18S2-006 山崎 裕一		
17A	19C201 19G	調整	18G 19G	19Y008 19G	調整	19G 19G502 剛	19R 19RP-18
18B	運営				運営	19-IB-27	
18C	18G635 川村 幸裕	18G656			18G656 榎 裕之		
19A/19B	19L013 18S1-00	19C203 木村 正雄	19C202 木村 正雄		19PF-28 山下 翔	18S1-001 高橋 聖	19PF-18 藤野 貴典
20A	19R-05 北島 浩史	19G520 星野 正光			19G520 星野 正光		
20B	18G536 秋本 晃一				19PF-31 若林 大佑		
27A	18G085 関口 智弘				18G085 関口 智弘	18G073 池浦 広美	
27B	18G637 岩田 景子	19G057 岡本 芳隆			19G586 SUN ShiKuan	18G097 富田 雅典	
28A/28B	18S2-001 佐藤 宇史				18S2-001 佐藤 宇史		
NE1A	E	E	B	M	E	E	E
NE1A	調整	19G132 佐藤 友子			調整	17S2-001 熊井 玲児	
NE3A	19Y001	19G663 尾			調整	全自動測定	18G 18G046 夏 19G
NE5C	18G023 鈴木 昭夫				19G567 坂巻 竜也		
NE7A	18G591 久保 友明				19G131 益戸(白石) 令		
NW2A		調整	18G661 白澤 徹郎		18G661 白澤 徹郎		
NW10A	19G067 原田 雅史	18G601 榎 俊太郎			19G503 北野 政明	19G125 島山 健児	
NW12A	19G		19G		調整	19G 18G 19G 18G 19G 19G	
NW14A	18G676 一柳 光平	19G140 IHEE Hyt			19G140 IHEE Hyotcherl		
SPF	18G100 石田	19G123 高山 あかり					19G

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	12/9	12/10	12/11	12/12	12/13	12/14	12/15
	HB	HB	HB	STOP	STOP	STOP	STOP
1A	19C201 18G	19RP-01 松壇 直宏					
2A/2B		18S2-004 組頭 広志					
3A		17S2-001 熊井 玲児					
3B		19G641 奥平 幸司					
3C		18G641 渡辺 紀生					
4A		19G602 西脇 芳典					
4B2		18G543 藤井 孝太郎					
4C		18G081 山口 博隆					
5A	19Y0	18G 19G 18G506 香	18G				
6A	19G116 香木	調整	18G624 18G113				
6C		19C202 木村 正雄					
7A							
7C		18G066 鈴木 秀士					
8A		19G557 岩佐 俊明	18G102 志賀 拓也				
8B		17S2-001 熊	19G679 花咲 徳亮				
9A		18G600 高草木 達					
9C	18G078 19G138	19V003 18G013	18G676 岡部 仁				
10A		18G118 栗林 貴弘					
10C	調整	18G119 上久保 裕生					
11A		18G582 岩佐 俊明					
11B		18G671 田端 千紘					
11D		18G552 伊藤 雅英					
12C		19G093 坂田 昂平	19Y023				
13A/13B		18S2-005 小塚 健	18G553 奥田 浩司				
14A		19C218 岸本 俊二					
14B		19G506 榎井 健次					
14C		18G666 竹谷 敏					
15A1							
15A2	調整	18G027 櫻井 伸一	19G659 櫻井 伸一				
16A	19G574 末益 康	19G553 中尾 裕剛					
17A	18G527 SONG H	全自動測定	19Y005 19G				
18B	運営						
18C	18G6	18G503 鈴木 昭夫					
19A/19B		19Y019 18S1-00	19L009 18S1-00				
20A	19G520 星野	19G603 宮崎 康典					
20B		19PF-31 若林 大佑					
27A		18G073 池浦 広美					
27B	19G030 小嶋 光晴	18G515 今岡 達彦	19PF-30 儀後 萌				
28A/28B		18S2-001 佐藤 宇史					
NE1A	E	E	B	STOP	STOP	STOP	STOP
NE1A	17S2-001 熊井 玲児						
NE3A	19G 19Y001		19Y007 18G6				
NE5C	19G	19G628 亀井川 卓美					
NE7A	19G516 小野 重明						
NW2A	18G661 白澤	18G661 白澤 徹郎					
NW10A	18G667 野澤 俊介	19G650 藤平 平樹	18G649 奥藤 博				
NW12A	19G 18G	19Y009 19G1 19G 19G101 大					
NW14A	19G140 IHEE Hyotcherl						
SPF	19G124 高山 あかり						

「PF ニュース」からのお知らせ

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

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

PF ニュース編集委員一同

投稿のお願い

【最近の研究から】

PF で行われた実験、研究の成果をお寄せ下さい。

【建設・改造ビームラインを使って】

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

【ユーザーとスタッフの広場】

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

詳細は事務局または PF ニュース HP をご覧下さい。

宛 先

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

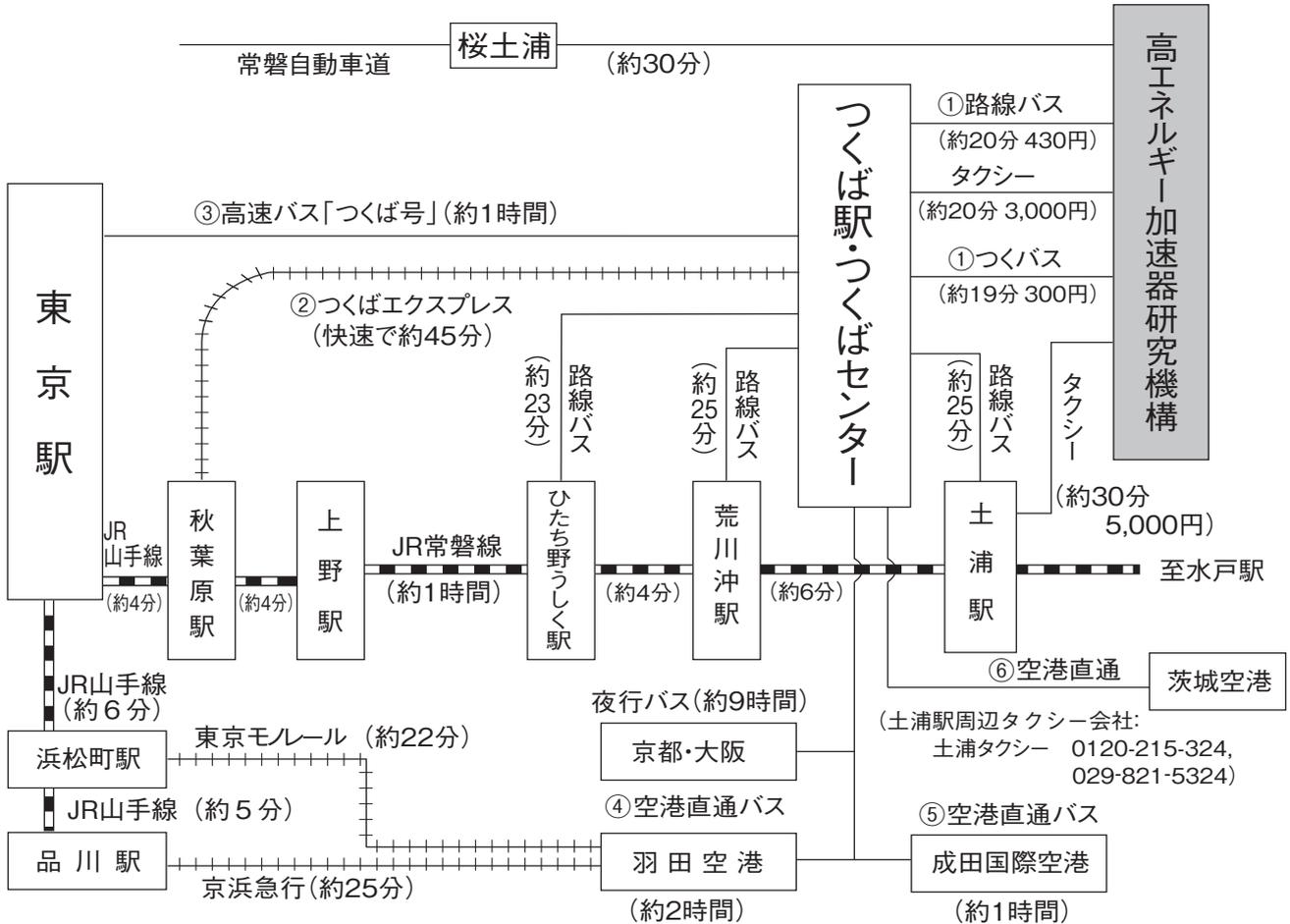
編集後記

私にとっての PF ニュースの魅力は、冊子体として PF 内のどこでも目にすることができること、にある。そうであることによって、一定の、いやかなりの読者を獲得している。ひよっとすると PF ニュースの実質読者数(=ユーザー数×80%??)は、日本語で発行されたほとんどの学会誌のそれよりも多いかもしれない。しかも、専門分野以外の記事に触れる機会も多いので、執筆者の立場から見ても、他(多)分野への宣伝効果を期待できる。読者の興味でのみ閲覧される web 上の媒体では、このような効果は期待できない。近年、学会誌にもペーパーレス化の波が押し寄せている。たしかにお金をかけて印刷・郵送された学会誌のほとんどが一瞥されただけでごみ箱へ直行、という状況では電子化もしたくなる。その点、PF ニュースは次のユーザーがいるので捨てられることはない。費用対効果も抜群なのだ。重要な点は、このようなすぐには目に見えない読者数や宣伝効果が正しく評価されることであろう。約 2 年前に編集委員を仰せつかってから、編集後記には、ぜひともこのことを書こうと思っていたが、なんと前号(vol. 37 No.3)の編集後記でも M.T. さんが同じ趣旨のことを書いていた。どうやら紙媒体に対する上記の想いは、私だけの偏見というわけでもなさそうだ。(K.K.)

* 2019 年度 PF ニュース編集委員 *

委員長	中尾 裕則	物質構造科学研究所			
副委員長	小松 一生	東京大学理学系研究科			
委員	荒川 孝俊	東京大学大学院農学生命科学研究科			
	石毛 亮平	東京工業大学物質理工学院	宇佐美徳子	物質構造科学研究所	
	加藤 龍一	物質構造科学研究所	坂野 昌人	東京大学大学院工学系研究科	
	島田 美帆	加速器研究施設	杉山 弘	物質構造科学研究所	
	高木 秀彰	物質構造科学研究所	武市 泰男	物質構造科学研究所	
	田中 雅人	東京大学大学院理学研究科	南部 英	(株)日立製作所基礎研究センタ	
	若林 大佑	物質構造科学研究所	和田 健	量子科学技術研究開発機構	
	和田 敬広	東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科			
事務局	高橋 良美	物質構造科学研究所			

KEK アクセスマップ・バス時刻表



高エネルギー加速器研究機構

(KEK周辺タクシー会社：大曾根タクシー 0120-000-302, 029-864-0301) (確認日：2020. 1. 23)

① つくばセンター ↔ KEK (2019年10月1日改定)

関東鉄道バス 所要時間 約20分 運賃 460円 (KEKー土浦駅間の料金は800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	7:05	7:25	C8A	× 10:00	× 10:15	HB	15:20	15:40	HB	19:30	19:50
C8	× 7:20	× 7:35	HB	10:20	10:40	HB	15:50	16:10	HB	20:10	20:30
HB	7:25	7:45	HB	10:50	11:10	C8	× 16:25	× 16:40	HB	20:30	20:50
C8	× 7:50	× 8:05	C8	10:55	11:10	HB	16:30	16:50	HB	21:20	21:40
HB	7:50	8:10	71	11:00	11:21	71	× 16:35	16:56	HB	21:50	22:10
18	○ 8:10	○ 8:32	HB	11:50	12:10	C8	17:00	17:15	HB	22:30	22:50
18	× 8:12	× 8:34	HB	12:20	12:40	HB	17:10	17:30			
HB	8:20	8:40	HB	12:50	13:10	HB	17:50	18:10			
71	8:50	9:11	C8	○ 13:20	○ 13:35	71	17:50	18:11			
71	× 9:07	× 9:28	HB	13:20	13:40	C8	× 17:55	× 18:10			
HB	9:25	9:45	C8	× 14:00	× 14:15	HB	18:10	18:30			
C8	○ 9:35	○ 9:50	HB	14:10	14:30	C8	× 18:30	× 18:45			
HB	9:45	10:05	HB	14:50	15:10	HB	18:55	19:15			
71	× 9:55	× 10:16	71	15:15	15:36	71	× 19:10	19:31			

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	6:19	6:55	71	10:18	10:45	71	× 15:28	× 15:55	HA	19:44	20:20
71	× 6:28	× 6:55	C8	○ 10:25	○ 10:45	HA	15:44	16:20	HA	20:34	21:10
HA	6:39	7:15	C8	× 10:55	× 11:19	HA	16:24	17:00	HA	21:04	21:40
HA	7:04	7:35	HA	10:59	11:35	HA	16:54	17:30	HA	21:44	22:20
HA	7:04	7:40	HA	11:29	12:05	71	16:58	17:25			
71	○ 7:28	○ 7:55	C8	11:50	12:10	C8	× 17:20	× 17:45			
71	× 7:28	× 8:00	HA	11:59	12:35	HA	17:24	18:00			
HA	7:34	8:10	HA	12:24	13:00	C8	× 17:50	× 18:15			
HA	8:39	9:15	HA	13:24	14:00	18	○ 17:55	○ 18:15			
C8	× 8:50	× 9:14	HA	13:54	14:30	71	× 17:58	× 18:30			
HA	8:59	9:35	C8	○ 14:20	○ 14:40	HA	18:09	18:45			
C8	○ 9:05	○ 9:25	HA	14:24	15:00	HA	18:44	19:20			
C8	× 9:25	× 9:49	71	14:28	14:55	C8	× 18:45	× 19:15			
HA	9:24	10:00	C8	× 14:50	× 15:10	HA	19:24	20:00			
HA	10:04	10:40	HA	14:54	15:30	18	× 19:30	× 19:50			

18系統のつくばセンター→土浦駅東口は22分間です。

②つくばエクスプレス

(2018年3月17日改定)

所要時間 つくば駅-秋葉原駅(快速)約45分 [1,210円]

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

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

秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着
* 5:08	6:06	10:13	11:06	19:20	20:13
* 5:30	6:28	○ 10:30	11:15	△ 19:30	20:20
○ 5:50	6:35	10:43	11:36	19:40	20:35
6:06	6:59	(10時~15時まで同じ)		19:50	20:43
6:17	7:12	○ 16:00	16:45	○ 20:00	20:46
○ 6:28	7:15	16:13	17:06	20:10	21:04
* 6:31	7:30	○ 16:30	17:15	20:20	21:14
6:43	7:38	16:42	17:35	○ 20:30	21:17
○ 6:57	7:42	○ 17:00	17:45	20:40	21:34
7:11	8:04	17:10	18:04	20:50	21:44
○ 7:25	8:12	17:20	18:13	○ 21:00	21:46
7:39	8:34	△ 17:30	18:20	21:15	22:09
7:52	8:48	17:40	18:35	21:29	22:22
8:03	9:01	17:50	18:44	21:41	22:36
○ 8:19	9:05	△ 18:00	18:50	○ 22:00	22:45
8:33	9:29	18:10	19:05	22:16	23:09
○ 8:48	9:35	18:20	19:14	22:30	23:23
9:00	9:54	△ 18:30	19:20	22:45	23:38
9:13	10:07	18:40	19:35	○ 23:00	23:46
○ 9:30	10:15	18:50	19:44	23:15	0:09
9:43	10:36	△ 19:00	19:51	23:30	0:23
○ 10:00	10:45	19:10	20:05	* 23:45	0:43

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

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

つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着
5:06	5:59	○ 7:45	8:30	10:20	11:13	○ 22:10	22:55
○ 5:26	6:11	7:50	8:43	○ 10:41	11:26	22:15	23:09
5:32	6:25	8:04	8:57	10:50	11:43	22:30	23:24
5:51	6:44	○ 8:25	9:10	○ 11:11	11:56	* 22:41	23:39
6:13	7:07	8:32	9:25	11:20	12:13	22:58	23:52
6:25	7:18	8:47	9:40	○ 11:41	12:26	* 23:14	0:12
6:38	7:32	○ 9:11	9:56	11:50	12:43		
○ 6:57	7:42	9:18	10:11	(11時~20時まで同じ)			
7:02	7:56	○ 9:41	10:26	○ 21:11	21:56		
○ 7:24	8:09	9:50	10:43	21:20	22:13		
7:28	8:21	○ 10:11	10:56	21:46	22:39		

○: 快速

△: 通勤快速(研究学園駅にも停まります。)

無印: 区間快速 * : 普通

③ 高速バス

高速バス発車時刻表 [つくば号]

(2019年10月1日運賃改定)

運賃 東京駅←つくばセンター(←筑波大学)：1,200円(交通系電子マネー利用で下りは1,150円, 上りは970円※)
 ※～2020年3月31日のキャンペーン期間は820円
 @ミッドナイトつくば号 東京駅→筑波大学：2,200円
 所要時間 東京→つくば65分～70分 つくば→上野90分(平日) つくば→東京110分(平日)
 つくば→東京80分(日祝日)

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

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

※○：平日 ×：土日休日 @ミッドナイトつくば号。

上りは、平日のみ都営浅草駅、上野駅経由。八潮PAで下車可。

※つくば市内のバス停(上下便とも) 筑波大学, 学生会館, 筑波大学病院, つくばセンター, 竹園二丁目, 千現一丁目, 並木一丁目, 並木二丁目, 並木大橋, 下広岡

※ミッドナイトつくば号の乗車券は乗車日の1カ月前から発売。

●発売窓口：学園サービスセンター(8:30～19:00) 東京営業センター(東京駅乗車場側/6:00～発車まで)

新宿営業センター(新宿駅南口JRバス新宿営業センター内/6:00～23:00)

●電話予約：JRバス関東03-3844-0489(10:00～18:00) ●ネット予約：決済 <http://www.kousokubus.net/> (高速バスネット)

④⑤⑥ 空港直通バス

(つくばセンターバス乗り場：8番)

羽田空港←つくばセンター

所要時間：約2時間(但し、渋滞すると3時間以上かかることもあります。) 運賃：1,900円 (2019年10月1日運賃改定)

国際線ターミナル	第2ターミナル	第1ターミナル	つくばセンター
9:20	9:30	9:35	11:20
11:10	11:20	11:25	13:10
14:45	14:55	15:00	16:45
15:55	16:05	16:10	17:55
17:45	17:55	18:00	19:45
19:05	19:15	19:20	20:45
20:45	20:55	21:00	22:15
21:55	22:05	22:10	23:25

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

※ 平日日祝日とも上記時刻表

※ 羽田空港乗り場：1階到着ロビーバス乗り場13番、国際線ターミナル6番

※ 上下便、つくば市内でのバス停：竹園二丁目, 千現一丁目, 並木一丁目, 並木大橋

※ 問い合わせ：029-836-1145(関東鉄道) / 03-3765-0301(京浜急行)

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

運賃：2,300円

(2019年6月29日改定)

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。

予約センター電話：029-822-5345(月～土：9:00～19:00)

つくばセンター方面土浦駅東口行：成田空港1F京成カウンターにて当日販売

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

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

※ 平日日祝日とも上記時刻表

茨城空港←つくばセンター

(2019年10月27日改定)

所要時間：約1時間

運賃：1,050円

問い合わせ 029-836-1145(関東鉄道)

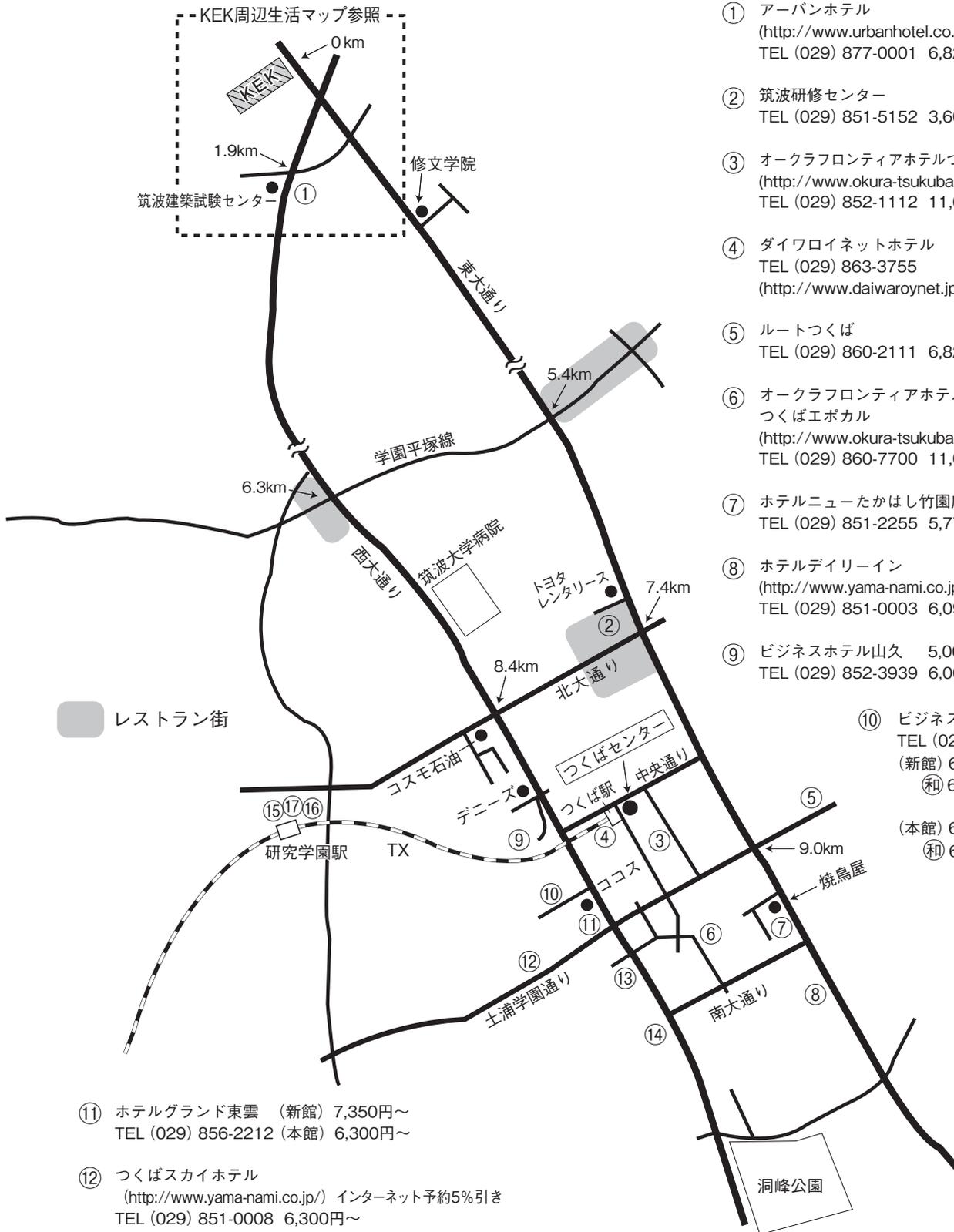
11:00	12:00
15:00(木・日のみ運行)	16:00
18:20	19:20

9:00	10:00
12:40(木・日のみ運行)	13:40
16:30	17:30

※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:2020. 1. 23) ※ 料金は参考値です。



- ① アーバンホテル
(<http://www.urbanhotel.co.jp/uhotel.html>)
TEL (029) 877-0001 6,825円～
- ② 筑波研修センター
TEL (029) 851-5152 3,600円～
- ③ オークラフロンティアホテルつくば
(<http://www.okura-tsukuba.co.jp/>)
TEL (029) 852-1112 11,088円～
- ④ ダイワロイネットホテル
TEL (029) 863-3755
(<http://www.daiwaronet.jp/tsukuba/>)
- ⑤ ルートつくば
TEL (029) 860-2111 6,825円～ (朝食付)
- ⑥ オークラフロンティアホテル
つくばエポカル
(<http://www.okura-tsukuba.co.jp/>)
TEL (029) 860-7700 11,088円～
- ⑦ ホテルニューたかはし竹園店
TEL (029) 851-2255 5,775円～
- ⑧ 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
- ⑨ 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)
- ⑩ 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)
- ⑪ ホテルグランド東雲 (新館) 7,350円～
TEL (029) 856-2212 (本館) 6,300円～
- ⑫ 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～
- ⑬ ホテルつくばヒルズ学園西大通り店 (旧学園桜井ホテル)
(<https://breezbay-group.com/tsukuba-hills/>)
TEL (029) 851-3011 6,878円～
- ⑭ 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)
- ⑮ ホテルベストランド
(<http://www.hotel-bestland.co.jp>)
TEL (029) 863-1515
- ⑯ ホテルマークワン
(<http://www.mark-1.jp/>)
TEL (029) 875-7272
- ⑰ 東横イン
(<http://www.toyoko-inn.com/hotel/00228/>)
TEL (029) 863-1045

KEK 周辺生活マップ

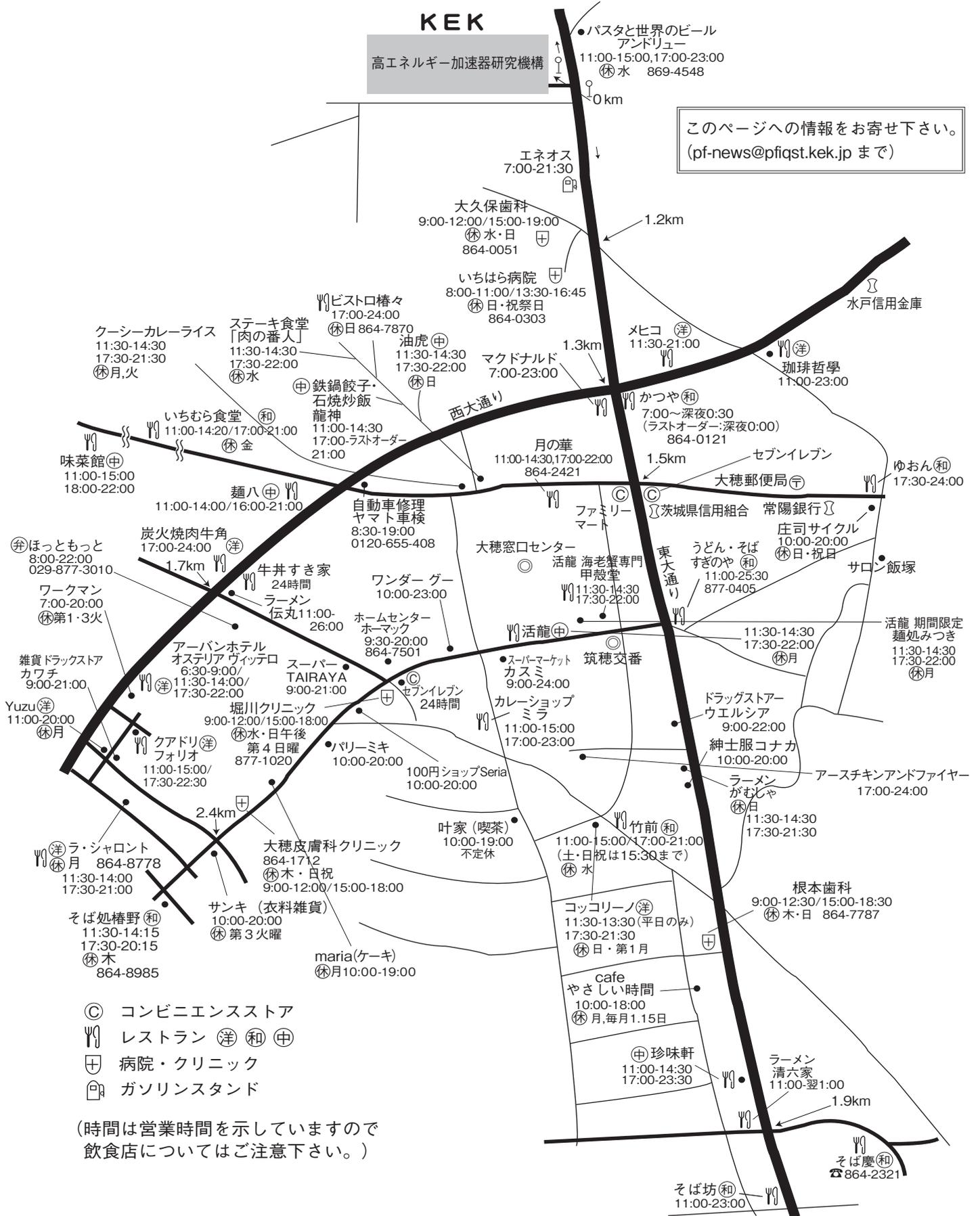
(確認日：2020. 1. 23)

放射光科学研究施設研究棟，実験準備棟より正面入口までは約 800 m

KEK

高エネルギー加速器研究機構

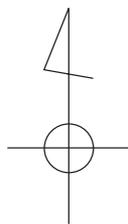
このページへの情報をお寄せ下さい。
(pf-news@pqst.kek.jp まで)



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

(時間は営業時間を示していますので
飲食店についてはご注意ください。)

KEK周辺広域マップ



KEK内福利厚生施設

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

- 共同利用研究者宿泊施設（ドミトリー）
（管理人室 TEL/FAX:029-864-5574 PHS:2920）
シングルバス・トイレ付き 2,000円
シングルバス・トイレなし 1,500円
 - ・ドミトリーは夜の22時から朝の8時までは施錠されます。また、この時間帯は管理人が不在ですので、22時以降にドミトリーに到着される方はインフォメーションセンター（029-864-5572, PHS:3398）でドミトリーの部屋の鍵を受け取って下さい。
 - ・支払いはユーザーズオフィスにて、現金の他、クレジットカード、デビットカードが利用可能です。また宿泊が週末等になり、ユーザーズオフィスで支払えない場合は銀行振込または管理人による現金での領収（土、日、祝のみ）も可能です。
- 図書室（研究本館1階 内線3029）
開室時間：月～金 9:00～17:00
閉室日：土、日、祝、年末年始、夏季一斉休業日
機構発行のIDカードがあれば開室時間以外でも入館可能。詳しくは下記URLをご覧ください。
(<https://www2.kek.jp/library/riyou/>)
- 健康相談室（医務室）（内線 5600）
勤務時間中に発生した傷病に対して、応急処置を行うことができます。健康相談も行っていますので、希望者は事前に申し込んでください。
場 所 先端計測実験棟
開室時間 8:30～17:00（月曜日～金曜日）
- 食 堂（内線 2986）
営 業 月～金 ただし祝日及び年末年始は休業
昼食 11:30～13:30 夕食 17:30～19:00
- 喫茶店「風来夢（プライム）」（内線 3910）
営 業 日：毎日（年末年始、夏季休業日を除く）
営業時間：8時00分～21時00分
（朝食）8時00分～9時30分
（昼食）11時30分～15時00分
（夕食）17時30分～21時00分
上記以外は喫茶のみで営業（ただし、10時～11時30分は休憩）。
※営業時間に変更になる場合がありますので、HP(<https://www.kek.jp/ja/ForResearcher/KEKMap/Cafe/>)にてご確認ください。
- 売 店（ニューヤマザキデイリーストア）（内線 2989）
弁当、パン、食料品、軽食、菓子類、日用品、タバコ、お酒、雑誌、切手等、KEKオリジナルグッズの販売等。
営 業 月～金 8:00～19:00
土日祝 10:00～15:00（運転期間中のみ営業）

- 宅配便（宅配荷物室はPF研究棟1階）
PFまたはPF-AR宛に宅配便で荷物を送る場合には、宅配便伝票の宛先に以下の項目を必ず記載してください。

1. PF への荷物の宛先
PF 事務室気付 BL-〇〇〇（ステーション名）+ 受取者名
2. PF-AR への荷物の宛先
PF 事務室気付 PF-AR 共同研究棟 N〇〇〇（ステーション名）+ 受取者名

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

宅配便発送情報

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

注意

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

- 自転車貸出方法（受付〔監視員室〕内線3800）
 - ・貸出は実験ホール入口の監視員室で行う。
 - ・貸出は一往復とし、最長でも半日とする。
 - ・使用後は所定の自転車スタンドへ戻し、鍵は監視員室へ速やかに戻す。
（PF-ARでも自転車を10台用意していますので利用したい方はビームライン担当者または運転当番〔PHS 4209〕に連絡して下さい。）ユーザーズオフィスでも自転車の貸出を行っています（約50台）。

- 常陽銀行ATM
取扱時間：9:00～18:00（平日） 9:00～17:00（土）
日・祝日の取扱いはありません。常陽銀行以外の金融機関もカードのみの残高照会、引出しが可能です。
※2020年3月31日で廃止となります。

- 郵便ポスト（計算機棟正面玄関前）
収集時間：10:30（平日・土曜）、10:00（休日）

- ユーザーズオフィスについては、<https://www2.kek.jp/usersoffice/> をご覧ください。
Tel : 029-879-6135, 6136 Fax : 029-879-6137
Email : usersoffice@mail.kek.jp

ビームライン担当一覧表 (2020. 2. 1)

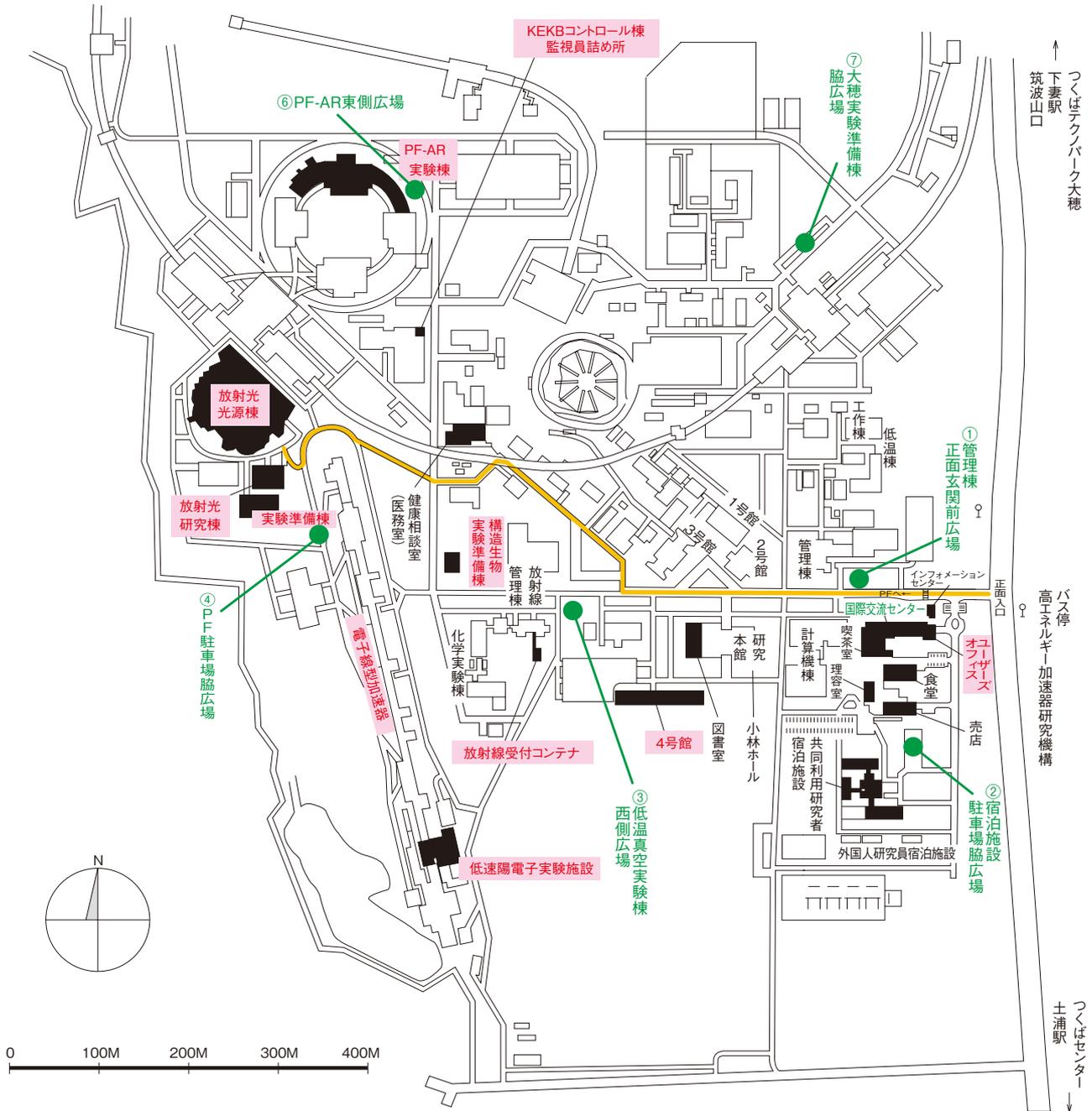
ビームライン	光源	BL担当者
ステーション	形態 ステーション/実験装置名 (●共同利用, ○建設/立ち上げ中, ◇所外, ☆教育用BL, ★UG運営ST)	担当者 担当者 (所外)
BL-1	U	松垣
BL-1A	● タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣
BL-2	U	堀場
BL-2A/B	● MUSASHI: 表面・界面光電子分光, 広エネルギー帯域軟X線分光	堀場
BL-3	U (A) / B M (B, C)	中尾
BL-3A	● 極限条件下精密単結晶X線回折ステーション	中尾
BL-3B	●★ VUV 24m球面回折格子分光器 (SGM)	間瀬 枝元 (立教大) 吉信 (東大)
BL-3C	● X線光学素子評価/白色磁気回折ステーション	平野
BL-4	B M	中尾
BL-4A	●★ 蛍光X線分析/マイクロビーム分析	丹羽 高橋 (東大)
BL-4B2	●★ 多連装粉末X線回折装置	中尾 植草 (東工大)
BL-4C	● 精密単結晶X線回折ステーション	中尾
BL-5	M P W	松垣
BL-5A	● タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣
BL-6	B M	五十嵐
BL-6A	● X線小角散乱ステーション	五十嵐
BL-6C	●★ X線回折/散乱実験ステーション	中尾 八方 (広島市大)
BL-7	B M	雨宮 (岡林: 東大)
BL-7A (東大・スペクトル)	◇● 軟X線分光 (XAFS, XPS) ステーション	雨宮 岡林 (東大)
BL-7C	● 汎用X線ステーション	杉山
BL-8	B M	佐賀山
BL-8A	● 多目的極限条件下ワンセンベルグカメラ	佐賀山
BL-8B	● 多目的極限条件下ワンセンベルグカメラ	佐賀山
BL-9	B M	阿部
BL-9A	● XAFS (高強度) 実験ステーション	阿部
BL-9C	● XAFS (その場) 実験ステーション	阿部
BL-10	B M	清水
BL-10A	●★ 垂直型四軸X線回折装置	熊井 吉朝 (熊本大)
BL-10C	● X線小角散乱ステーション	清水
BL-11	B M	北島
BL-11A	● 軟X線斜入射回折格子分光ステーション	北島
BL-11B	● 軟X線2結晶分光ステーション	北島
BL-11D	● 軟X線光学素子評価装置用ステーション	間瀬
BL-12	B M	仁谷
BL-12C	● XAFS (ハイスループット) 実験ステーション	仁谷
BL-13	U	間瀬
BL-13A/B	● 表面化学研究用真空紫外軟X線分光ステーション	間瀬
BL-14	V W	岸本
BL-14A	● 単結晶構造解析・検出器開発ステーション	岸本
BL-14B	● 精密X線光学実験ステーション	平野
BL-14C	● X線イメージングおよび汎用X線実験ステーション	兵藤
BL-15	U	五十嵐
BL-15A1	● XAFS (セミマイクロビーム) 実験ステーション	武市
BL-15A2	● 高輝度X線小角散乱実験ステーション	清水
BL-16	U	雨宮
BL-16A	● 可変偏光軟X線分光ステーション	雨宮

BL-17		U	山田
BL-17A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	山田
BL-18		B M	熊井
BL-18B(インド・DST)	◇●	Multipurpose Monochromatic Hard X-ray Station	熊井 DAS, Gangadhar (JNCASR)
BL-18C	●★	超高压下粉末X線回折計	船守 鍵 (東大)
BL-19		U	小野
BL-19A/B	●	軟X線顕微鏡/分光実験ステーション	武市
BL-20		B M	足立 (純)
BL-20A	☆●	3 m直入射型分光器	足立 (純) 北島 (東工大)
BL-20B	●	白色・単色 X線トポグラフィ/X線回折実験ステーション	杉山
BL-27		B M	宇佐美
BL-27A	●★	放射性試料用軟X線実験ステーション	宇佐美 横谷 (量研機構)
BL-27B	●★	放射性試料用X線実験ステーション	宇佐美 岡本 (原研機構)
BL-28		H U	堀場
BL-28A/B	●	可変偏光 VUV・SX 不等間隔平面回折格子分光器 高分解能角度分解光電子分光実験ステーション	堀場
PF-AR			
AR-NE1		E M P W	船守
AR-NE1A	●	レーザー加熱超高压実験ステーション	船守
AR-NE3		U	山田
AR-NE3A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	山田
AR-NE5		B M	船守
AR-NE5C	●	高温高压実験ステーション /MAX80	船守
AR-NE7		B M	兵藤
AR-NE7A	●	X線イメージングおよび高温高压実験ステーション	兵藤
AR-NW2		U	丹羽
AR-NW2A	●	時間分解 DXAFS / X線回折実験ステーション	丹羽
AR-NW10		B M	仁谷
AR-NW10A	●	XAFS (高エネルギー) 実験ステーション	仁谷
AR-NW12		U	引田
AR-NW12A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	引田
AR-NW14		U	野澤
AR-NW14A	●	ピコ秒時間分解 X線回折・散乱・分光	野澤
低速陽電子			望月
SPF-A3	●	全反射高速陽電子回折 (TRHEPD) ステーション	望月
SPF-A4	○	低速陽電子回折 (LEPD) ステーション	望月
SPF-B1	●	汎用低速陽電子実験ステーション	望月
SPF-B2	●	ポジトロニウム飛行時間測定ステーション	望月

【UG 運営装置】 AR-NE7A 高温高压実験装置 (MAX-III) 久保友明 (九州大)

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

高エネルギー加速器研究機構平面図



— 歩行者・自転車用ルート

● 緊急時避難場所 Emergency Assembly Area

非常の際は、運転当番 4209 インフォメーションセンター 3399

発行 PHOTON FACTORY NEWS 編集委員会(TEL:029-864-5196)

〒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 放射光実験施設 (<https://www2.kek.jp/imss/pf/>)

Vol.37 No.4 2020 TEL:029-864-1171 (機構代表)

