

## 放射光を用いた大学院生向け実習の試み

東京工業大学理学院 河内宣之, 北島昌史, 穂坂綱一

東京工業大学理学院化学系では、2011年度より大学院生向けの実習“放射光科学実習”を放射光科学研究施設(PF)で実施している。本稿では、その経緯を振り返るとともに、実習の様子を紹介したい。さて、2009年4月に東京工業大学理工学研究科化学専攻(当時)と放射光科学研究施設との間で放射光科学の教育研究推進についての合意書及びそれに付帯する覚書が交わされた。それに基づき、PF BL-20Aが、大学等運営ステーションに指定され、私どもが施設側教員の指導の下に、そのBLの運営に参画することになった。施設側教員は、当初は伊藤健二教授(現名誉教授)であったが、2013年4月以降は足立純一研究機関講師に交代した。ここで紹介する実習“放射光科学実習”は、このような枠組みの下、PF BL-20Aで実施されている。

さて、BL-20Aを大学等運営ステーションとして運営し始めた当初から、大学院生向けの実習を検討し始めた。そもそもの動機は、ユーザーが次第に光源加速器の存在を意識しなくなりつつある現状に、異を唱えたいことにあった。トップアップ運転の開始以降、放射光の安定性には目を見張るものがあり、我々ユーザーは、ともすれば光源加速器の存在を忘れがちになっている。次世代光源がユーザーの視野に入りつつある現状を考慮すれば、加速器科学と放射光科学の距離をもっと縮める必要があるようだ。そこで、『放射光を使いこなせる人材を養成するためには、蛇口をひねれば出てくる水を使うような実習ではなく、ユーザーには見えない光源加速器(PF)の存在を意識できる実習が望まれる。』をコンセプトに、新しいタイプの実習を立ち上げることにした。鍵は、どのようにして学生に光源加速器の存在を意識させるか、である。色々なアイデアが出たが、放射光パルスとの同期を取る実験をすることにより、光源加速器の存在を意識させることにした。こうと決まれば、話は早く、化学屋が得意とする、けい光強度の時間分解測定を実習のメインテーマに据えることにした。けい光としては、一年生の化学の講義で学ぶ水素原子のLyman- $\alpha$  けい光をとり上げることにした。H(2p)原子の寿命が1.6 nsなので、放射光パルスの繰り返し周期2 ns内に、その強度がかなりの程度、減衰する。何とか寿命が求まりそうである。また、放射光の時間構造(フィルパターン)を目の当たりにすることもできる。放射光の何たるかを、直感的に理解するには、最適の実習になりそうである。問題は、どうやってH(2p)原子を多量に、かつ瞬間的に生成するか、である。これも実は簡単なことである。水素ガスにパルス真空紫外光(パルス幅100 ps)を照射すれば、光解離により、H(2p)原子が瞬間的に生成する(もちろん、入

射光子エネルギーは適切に選ばねばならない)。その個数は、Lyman- $\alpha$ 光子を時間分解単一光子計数できるほどである。これで準備が整った。光源加速器から供給される、パルス放射光と同期したピックアップ信号とLyman- $\alpha$ 光子の同時計数測定をすればよい。実験装置の模式図を図1に示す。ポイントは、光源加速器から供給されるRFピックアップ信号の意味を、荷電粒子のRF加速をはじめとする放射光発生原理と絡めて、いかにうまく学生に伝えるかにある。ここは、我々としても、ある程度勉強しなければならない。いまのところ、うまく行っていると自負しているが、..。

このあたりで、実習の全体像をご紹介したい。対象は本学化学系の修士課程一年生である。まず一回の実習で受け入れる学生数は、5から6名が限界である。これ以上になると、教育効果が低下してしまうし、安全面からも、この辺りが限度であろう。実習は1泊2日で行う。まず安全ビデオによる安全教育を済ませ、放射光科学全般にわたる基礎知識を学ぶべく、放射光科学研究施設の足立純一先生による一時間程度の講義を受講する。そのあと、PF実験ホールにて、放射光分光器の解説から始まり、図1の計測システムの修得など盛りだくさんの課題をこなしながら、目的とする時間分解Lyman- $\alpha$ けい光強度の測定にまでたどり着く。図2に得られた結果の一例を示す。a)からフィルパターンが良くわかる。ここでも、RFによる加速と絡め

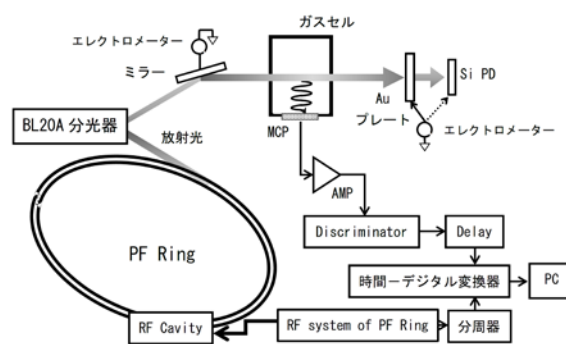


図1 実験装置の模式図

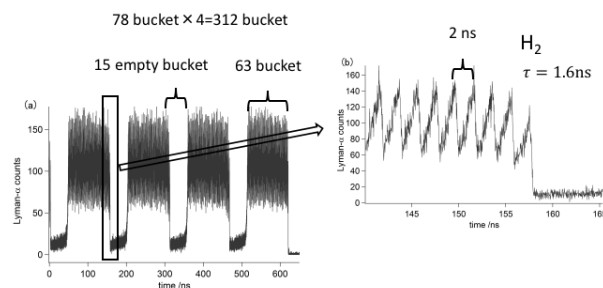


図2 得られた時間分解 Lyman- $\alpha$  けい光強度の一例。(b)には H(2p)原子の寿命1.6 nsを反映した強度の減衰が見られる。

## Brookhaven National Laboratory 滞在記 ～研究編～

放射光科学第二研究系 山田悠介

た説明が必要になる。二日目は主としてデータ解析に当てる。図2に示す時間分解 Lyman- $\alpha$  けい光強度に理論式をフィットして、H(2p) 原子の寿命を求める。パイルアップ効果を考慮する学生、しない学生、様々であるし、ダークギャップ部の利用を思いつく学生もいる。このとき、加速器研究施設の高井良太先生から提供していただいた、ストリークカメラで取った放射光パルス波形を見せる。このあたりで、時間分解能という概念をうまく学生に伝えることができれば、大成功である。実際、時間分解能を畳み込んだ解析をする鋭い学生も時々見受ける。また、施設見学も行っている。実は、この施設見学が、人気が高く、かつ印象に残るメニューのようだ。二日目の夕方に解散して、1泊2日の実習が終わる。このような実習を一年あたり、4回から5回行っている。例えば、2016年度は、25名の学生を対象に、5回に分けて実習を行った。参加率を(実習参加学生数) / (化学系 M1 学生総数) により定義すると、参加率は45%に達し、学生の関心の高さが伺われる。図3に年度別の参加学生数を示す。これまでに88名の学生が参加した。今年度中に累計参加学生数が100名を超えると予想している。学生から見ると、この実習に参加するには、教育と訓練を受けて、東京工業大学において放射線作業従事者として登録される必要がある。当初このことが、高いハードルになることを懸念したが、実際には、この心配は杞憂に終わった。図3に見られる参加者数の増加傾向は、このような実習が強く支持されていることを示している。

6年前に、手探りで、光源加速器の存在を意識できる実習を始めた。幸いにも、学生諸君から注目される実習となり、放射光科学と加速器科学の融合型人材育成において、試験的役割を果たしつつあると自負している。なお、本実習を遂行するにあたり、放射光科学研究施設の足立純一先生と加速器研究施設の高井良太先生に多大なご支援をいただいている。学生に人気の高い施設見学に当たり、放射光科学研究施設の兵藤一行先生が労を取ってくださっている。また、多くの先生方に説明をお願いしている。ここに記して、先生方に深く感謝申し上げたい。本事業は、KEK 大学等連携支援事業に採択され、財政的支援を受けている。感謝申し上げたい。最後に、この実習が評価されて、東京工業大学教育賞優秀賞(2015年度)を受賞したことを報告したい。

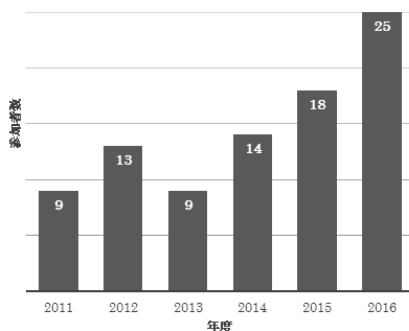


図3 実習参加者数の推移

前回 (Vol.34 No.3) の滞在記～生活編～に引き続き、今回は研究に関することを書いていきたいと思います。

私は米国のブルックヘブン国立研究所 (BNL) のなかにある放射光施設 NSLS-II で半年間の長期海外派遣をさせていただきました。前回の生活編でも少し触れましたが、私は BNL に行くまで、BNL は高エネルギー物理学研究用の加速器 RHIC や放射光施設 NSLS-II があることから KEK と同じような加速器の研究所と思っていました。しかし実は加速器に関わらず様々な研究を行っている総合的な研究所であることに気付かされました。そのためキャンパスは広大で KEK の数倍はあるかという広さです。

NSLS-II は周長 792 m の大型施設でエネルギーが 3 GeV のいわゆる高輝度 3 GeV リングの一つであり、2014年に運転が開始された新しい放射光施設です。新しい施設であるため多くのビームラインは建設中であつたり、立上げ・コミッショニング中であつたりで、実験ホール内は常に活気づいていました (図1)。NSLS-II の光源棟の周囲に5つの研究棟が隣接しており、私はこの中の LOB5 という研究棟の中に机を割り当ててもらい、そこで研究生活を送っていました。

海外の研究施設で働いていた人たちと話をすると、海外の研究施設では安全に対する意識が非常に高い、という話をよく聞きます。実際、BNL にいるとそれを実感しました。研究者個人の安全意識というのはそれほど大差ないようで、安全対策を煩わしく思っている人も多かったです。ただ施設としての安全への取り組みは非常に徹底しています。Eラーニングをベースとした安全教育は非常に発達していて、ありとあらゆる項目が Eラーニングとして用意されており、これをパスしないどんな作業も行うことが出

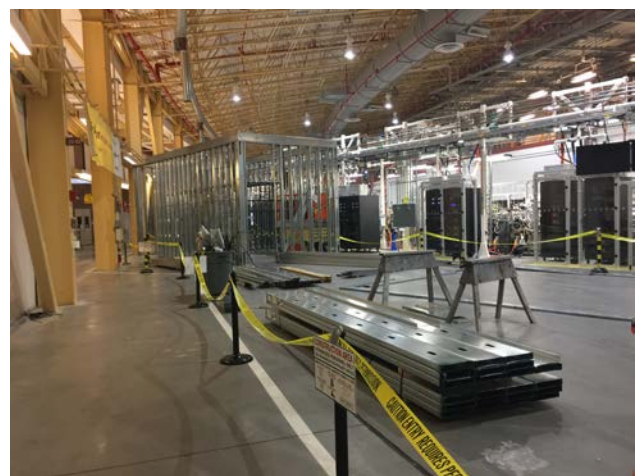


図1 NSLS-II 実験ホールの様子。新しい施設なので実験をしているビームライン (写真奥) のすぐ隣で、新しいビームライン (手前) の建設が行われています。



来ません。私は NSLS-II ではユーザーの立場だったので、NSLS-II での研究のために受けなければならない E ラーニングは 3 つ程度でしたが、BNL 職員、特にビームライン責任者となると受けなければならない E ラーニングの数は膨大です。私も滞在中に日本から学会ついでに見学に来られた方を NSLS-II 内に案内する機会がありましたが、その際には「外国人を施設案内する」という E ラーニングを受ける必要がありました。また、毎週行われる運転に関する打ち合わせや、半年に 1 回の頻度で開かれるユーザーとのミーティング (Town meeting) では、まず安全の責任者による話から始まります。Town meeting ではミーティングの最後が NSLS-II のリーダーである John Hill さんによる施設報告となるのですが、ここでもまず安全に関する話から入っていました。9 月の Town meeting では NSLS-II 内で報告すべき事故がない期間が 130 万時間 (人数と時間を掛け合わせたものだと思います。) に達した、という報告をされていたのが印象に残っています。このようにして日頃から安全第一の意識を浸透させようとしているようにしているのかな、と感じました。なお、ちょっと話がそれますが、BNL キャンパスでは自動車の最高速度が 30 MPH (約 50 km/h) と決まっており、これを超えたところをキャンパス内を徘徊しているパトカーに見つかるとなちまち捕まってしまうそうです。ということで、BNL キャンパス内ではどの車もしっかり速度制限を守って安全運転をしています。これも安全意識の表れでしょうか。でも、キャンパス外に出るとどの車も速度制限お構いなしで飛ばすんですね・・・

私は PF ではタンパク質 X 線結晶構造解析ビームラインの開発・運営に携わっていますが、BNL での研究も NSLS-II にある 2 つのタンパク質結晶構造解析ビームライン AMX/FMX の開発に参加するというものでした。NSLS-II には構造生物学研究のためのビームラインとして、2 つのタンパク質 X 線結晶構造解析ビームライン AMX と FMX、1 つの小角散乱ビームライン LIX があります。この開発を行うチーム構成が少し複雑で、NIH からの予算でビームライン建設を行う ABBIX と呼ばれるチームと NIH と DOE の双方からの予算でビームライン運営を行う LSBR と呼ばれるチームが合わさって開発が行われています。総勢 29 名の大所帯で、約半分がエンジニア、残りがサイエンティストという構成です。私が在籍したときはビームライン建設とコミショニングの最終フェーズでしたが、ユーザー運転に向けてエンジニアの方たちの作業はフル回転で、これらの取りまとめるビームラインサイエンティストの苦勞がひしひしと伝わってきました。

2 つの生体高分子 X 線結晶構造解析ビームライン AMX と FMX について簡単に紹介すると、AMX はビーム径が 5~100  $\mu\text{m}$  でフォトンフラックスが  $5 \times 10^{12}$  ph./sec. (250 mA 運転の場合) 程度であるビームを用いてハイスループトな測定を行うことに主眼を置いたビームラインです。一方、FMX はビーム径が 1~20  $\mu\text{m}$  でフォトンフラックスが  $5 \times 10^{12}$  ph./sec (250 mA 運転の場合) 程度であるビームを

用いて高難度なタンパク質結晶からの構造解析を行うことに主眼を置いたビームラインです。両ビームラインともビームライン光学系およびビーム輸送系はドイツの RI Research Instruments 社が一括して設計、製作、設置を請け負っています。私の滞在時は丁度 AMX のビームラインコミショニングを行っている時期だったので、光学調整などの立上げにも参加することが出来ましたが、専門業者が製作するビームラインは洗練されており、調整における安定性や再現性は非常にレベルの高いものでした。タンパク質 X 線結晶構造解析のようなある程度光学系への要求が確立したビームラインでは、このように専門業者による一括製作が極めて有効だと感じました。光学系 / 輸送系は業者に委託する一方で実験ハッチ内の回折計、結晶交換ロボットはオリジナルに開発されたものでした。ヨーロッパを中心に近年開発されるタンパク質 X 線結晶構造解析ビームラインでは、市販の回折計や結晶交換ロボットが使用されることが多いのですが、ユーザーが直接触れるこれらの装置を完全にオリジナルで開発することで差別化を図っているように感じました。回折計は非常に幅広いズーム比に対応した同軸観察系や、約 200 mm という非常に狭い空間に 6 つの装置を搭載したビームコンディショニングユニット、正確かつ高速にサンプル位置決めをするゴニオメータヘッドなどが搭載されており、非常に使用感の優れたものでした (図 2)。AMX、FMX には検出器としてそれぞれ Dectris 社の最新ピクセルアレイ型検出器 EIGER X9M と EIGER X16M が搭載されています。EIGER は非常に高速なフレームレート (9M で 238 Hz, 16M で 133 Hz) で測定可能な検出器ですが、AMX/FMX ではこの高速検出器の利用に関して早くから問題意識を持っていて、HDRMX (High Data-Rate Macromolecular Crystallography) というワークショップを主催し、EIGER の利用、特に新しく採用されたファイル形式 HDF5 の活用に関して各放射光施設の意見を取りまとめ、Dectris 社に仕様改善を要望するといった働きかけをしています。私はこの AMX において、回

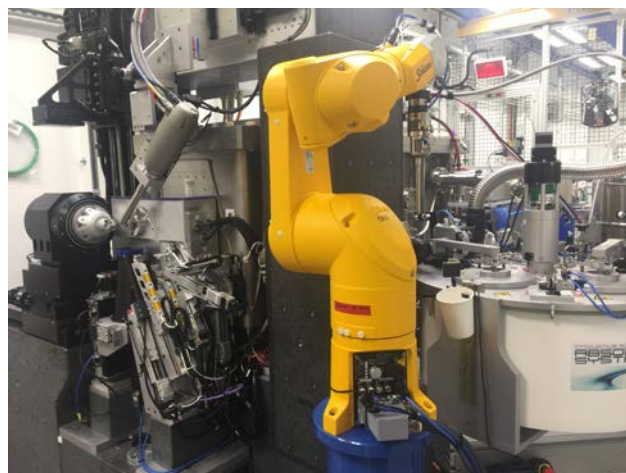


図 2 FMX の回折計 (左) と結晶交換ロボット (右)。これらの装置は設計から製作まで全て NSLS-II の ABBIX/LSBR グループによって行われています。

折データの処理および構造解析パイプラインの構築、および Serial Crystallography に関する研究を行ってきました。前者はデータ収集後の処理および構造解析を高速かつ自動で進めることで、次のデータ収集にフィードバックさせることを目的としたものです。まだ完成には至っていませんが、解析パイプラインは PF でも有効であり今後も共同研究を続けて行く予定です。後者の Serial Crystallography についてもフォトンフラックスが低い PF のビームラインでは実験が不可能な手法ではありますが、次期光源計画につなげる形を取れるよう継続して行きたいと考えています。

BNL への長期派遣の目的として、私の中ではもう一つ NSLS-II で取り入れられているデータベースシステムを学ぶということがありました。NSLS-II では Python と MongoDB をベースとした測定からデータ解析までのシステムが標準化されています (<https://nsls-ii.github.io/>)。残念ながら AMX では、まだこのシステムの中にある amostra と呼ばれるサンプル情報を取り扱うデータベースシステムについて活用する段階までは開発が進んでおらず、実際にその使用感を体験することは出来ませんでした。ただ、この標準システムを開発した NSLS-II の制御グループは定期的にチュートリアルクラスを開催しており、そこに参加してシステムのセットアップから使用方法についてまで学ぶ事が出来ました。また、毎週金曜日の午後にはこの制御グループがサポートオフィスを開設しているので、何か疑問が出たときにはノートパソコンをもって質問に行くことが出来ました。制御システムに限った話ではありませんが、このようなシステムの標準化やそれを用いるユーザーへの手厚いサポートは最先端の施設を作り上げていく上では無くてならないもので、PF も見習う必要があるなど強く感じました。

私は大学院博士課程後期から現在に至るまで KEK で研究活動をしてきました。このような私にとって、今回の長期海外派遣は非常に有意義なものでした。BNL で私をホストしていただいた Dieter Schneider 博士および Jean

Jakoncic 博士を始め、ABBIX/LSBR グループの皆様にご感謝致します。また、このような機会を与えてくださった物構研および PF 執行部の皆様にごこの場を借りてお礼申し上げます。半年間、ビームラインおよび PF を不在とすることに理解いただいた、構造生物学研究センターの皆様、および PF スタッフの皆様にもお礼申し上げますとともに、この制度をもっと積極的に使って多くの方々の方が海外放射光施設で最先端技術を学んだり、交流を増やしたりするようになることを切に願います。

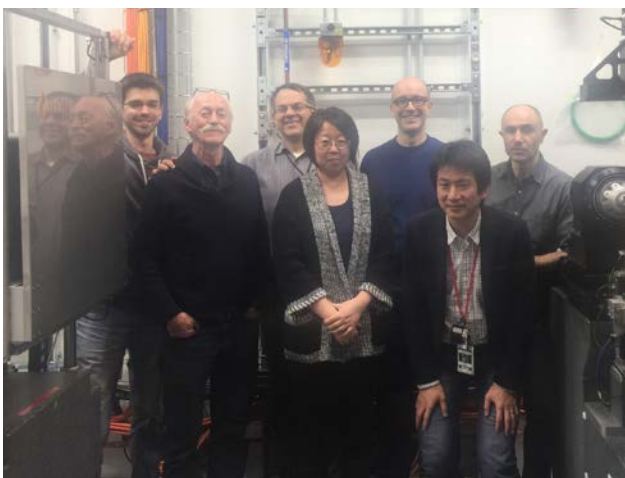


図3 滞在期間中お世話になった皆さんとの記念撮影。左から Bruno Seiva Martins, Dieter Schneider, Alexei Soares, Wuxian Shi, Martin Fuchs, 私, Jean Jakoncic (敬称略)。



## PF 滞在記：PF BL-9C

立命館大学大学院生命科学研究科  
博士後期課程 2年 山本悠策

反応条件下における担持金属触媒の化学状態解析を行うため、2017年2月19日から2月24日までフォトンファクトリーを訪れた。今回のBL-9Cにおけるビームタイムでは、粒子サイズの異なるニッケル化学種やコバルト化学種を対象として、Xヘリウムで希釈した水素、酸素、一酸化炭素、一酸化窒素、メタン、二酸化炭素のガス雰囲気下での酸化還元特性をX線吸収微細構造解析(XAFS)法により解析した。

卒研究生として稲田康宏教授の研究室に配属されて以来、何度もフォトンファクトリーでの実験に参加してきた。既に慣れているはずなのに、行きの新幹線では独特な緊張感がある。ビームタイムを効率的に使い、一つでも多くの重要なデータを持ち帰るという使命感が、慣れによる気の緩みを引き締めてくれている。ビームタイムが始まってからの動きをイメージしたりしているうちに、高エネルギー加速器研究機構に到着した。

手続きを終わらせて宿舎でのんびりしていると地震が発生した。つくばに来た時には、かなり高い頻度で地震が発生する。とりあえず今回の地震では、大きなトラブルは発生しなかったみたいなので一安心。しかし、ビームタイム直前に地震が起きると、不吉な予感がして心臓によくない。考えても仕方ないので、これ以上地震が起こらないことを祈りつつ、翌日朝からのビームタイムに備えて就寝した。

そして、いよいよ迎えたビームタイム当日、あらかじめフォトンファクトリーに送っておいた荷物を回収し、ほどよい緊張感とともにビームラインへと向かった。午前中で *in situ* XAFS 測定の準備をおおよそ終わらせる予定である。今回のビームタイムでは、先述の6種類の反応ガスと希釈ガスを用いるため、ガス配管が複雑だ。他の学生たちと手分けして、手早く、でも慎重にガス配管を組み、測定の準備を進めていった。

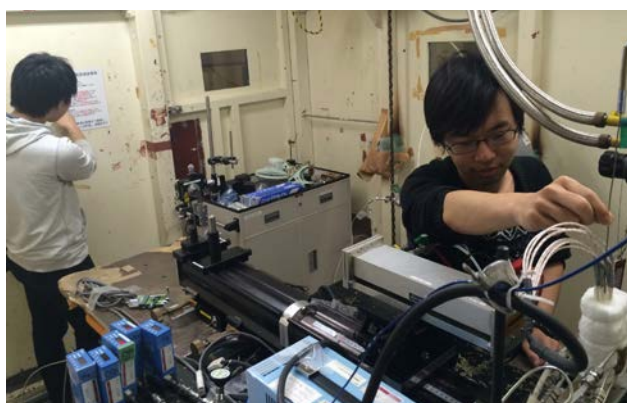


図1 *in situ* XAFS 測定開始前の実験環境のチェックの様子。左奥にチェックリストを掲示し、右手前でフローセル周辺の確認を行っている。



図2 興味深い測定結果に喜ぶ後輩と私

安全に *in situ* XAFS 測定を行うには、反応ガスの漏れはないか、フローセルや温調に損傷はないか、冷却水は循環しているか、など多くの項目のチェックが必要だ。睡魔と闘い続けている深夜の時間帯でさえ、慎重にチェックすることが求められる。そこで今回は、チェック項目をリストアップし、実験ハッチ内と制御用PC付近の2か所に掲示した。毎回 *in situ* XAFS 測定を始める前には、その場にいる全員で一項目ずつ指差呼称により確認することとした。

実験が順調に始まったところで、夜勤に備えて宿舎で仮眠をとった。昼夜逆転前は流石に眠りにくく、2時間ほどして目が覚め、夜ご飯を食べに出かけることにした。雨が降っていたため、大穂窓口センター付近まで徒歩で移動した。徒歩で出かけられる範囲内に飲食店が複数あるというのは、非常にありがたい。この日は、研究室にも熱狂的なファンがいる活龍甲殻堂に入った。まるでポタージュかのように濃厚なつけ汁が印象的な「雲丹のつけめん」がお気に入り。とある後輩曰く「甲殻堂を超えるつけめんはない」とのこと。そう言いたくなるのも納得の完成度の高さである。量が多いのも若者には嬉しいポイント。しっかり食べて深夜の実験に臨むのには、うってつけのお店である。

満腹になってビームラインに戻ると、夜勤の始まりだ。モニターに表示される測定データを見て一喜一憂しながら、私を含め3人で測定を進めていった。深夜のビームラインでは、眠気を紛らわせるために常に話続けるのが定番である。普段、研究室ではあまりしないような話をするので、後輩の意外な一面を知るのも面白い。

自分自身の測定は、ビームタイム最終日からスタートした。ビームタイム前に立てていた仮説を基に、今回の実験を計画したわけだが、見事に予想とは真逆の結果が出てきた。仮説が否定されることにはなったが、これからの研究が面白くなるだろうと期待している。

測定自体は順調に進んでいき、予定していたすべての測定を無事実施できた。ご協力いただきましたフォトンファクトリーの関係者の皆様に深く感謝いたします。また2か月後には、ビームタイムに参加するためフォトンファクトリーを訪れることになる。今回得られた結果を踏まえて、さらに面白い測定を展開できるように、準備を進めていきたい。

## PF 滞在記：PF BL-17A

静岡県立大学薬食生命科学総合学府  
博士前期課程 2年 清水聡史

みなさま初めまして。私は静岡県立大学薬食生命科学総合学府博士前期課程2年になりました清水聡史と言います。所属する研究室は分子病態学教室といい、心不全の病態を分子レベルで明らかにし、その治療薬を開発することを目標としています。

研究室に配属されたのは3年生の終わり頃、そこでGATA4という転写因子の結晶構造解析というテーマを与えられました。結晶構造解析は自分の研究室では行ったことがないため同じ大学にあり専門としている生命物理化学教室との共同研究で、まだ研究室の右も左も分からない頃から自分の研究室と共同研究先の研究室とを行ったりきたりする日々でした。初めの説明では同じファミリーのタンパク質では構造解析できているし、それほど難しそうなたんパク質でもないのですぐにできるよ、と言われていたので、一気に頑張っって早く結果を出してやろうと思っていました。しかし実際に始めてみると問題も多く、一年が経ち大学院生となっていました。その時に二つの研究室を行き来しているから中途半端になってしまうのだと考え、生命物理化学教室の方に出向させてもらえないかお願いし、教授同士の話し合いで認めてもらうことができました。それが功を奏したのか急に実験がうまくいくようになりました。結果が出てくると嬉しいものでその先どのような実験を行っていくのか知りたくなりました。つまりは放射光というものについて興味を持ち始めました。調べて行くうちにシンクロトロンといえば高校の物理で解いたやつだ！とか、兵庫のSACLAってエヴァンゲリオンに出てくるポジットロンライフルと似ている！！などなど興味は深まってきました。そしてついに結晶も得られ、PFへ連れて行ってもらえることになりました。

チームタイムは2016年11月31日の午前1:30～9:00、それに備え21時ごろにバスでいきました。あたりは真っ暗となっていました。正門前の[高エネルギー加速器研究機構]と書かれたオブジェがライトアップされており、ついにここまで来たぞ、と気分は高揚してきました。そこから宿舎へ向かいいざPFへ。宿舎からPFまでの道のりには高い壁に黄色の回転灯があり、助教の先生が言った「刑務所みたいでしょ」という言葉には確かにと思うしかありませんでした。そしてPFの建物が見えて来たのですが、正直え？と思ってしまいました。どこにでもある大学の講堂と同じではないかと思うほどで最先端の技術が詰まった施設には見えませんでした。建物内に入るには少し下に降りたところにある入り口で上の方の入り口はなんやねん！とツッコミを入れたくなるほどでした。そんなことを思いながら中へ入り実験ホールの入り口を見たときによく「ここから先はPFか・・・」との感動でした。諸手続きを終え中に入り、思ったことはまず広い！思

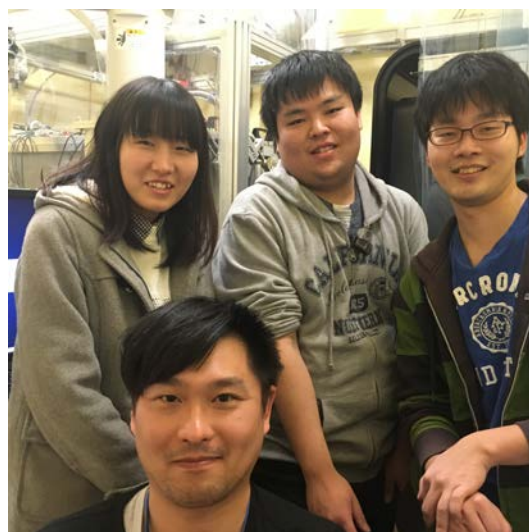


図1 今年の2月26日にBL-17Aにて撮影した写真。いつもアドバイスをいただく原助教(左手前)と、この日に来たメンバー(上列左から右田さん、横山くん、著者)。

っていた以上でした。そして周りにある機械が何をやるものなのか気になりましたがよくわかりませんでした。そしてBL-17Aの実験ステーションへ。部屋のように区切られているせいか、他のチームラインよりも綺麗な印象でした。中に入り、静岡から運んできた結晶を機械にセットし、ついに実験スタート。実験自体はPCに向かって行うので直接手を動かして実験しているという感覚からは遠いですが、同じように見える結晶でもこんなにも回折像が違うのかと驚きでした。また形のいい結晶なのに分解能が悪かったり、こんな結晶が！？とみためとは裏腹に高分解能になったりと放射光を当てるその瞬間までわからないのでドキドキ感は最高です。そして面白いのが、良い分解能が出続けると実験ステーションも盛り上がってきて、逆に低分解能ばかりだと眠さも合わさって重い雰囲気になることです。普段の実験ですと個人プレーの実験ですが、この時だけはそこにいるメンバー全員でやっているという一体感があって良かったです。データを取り終えたのはチームタイム終了ぎりぎり、徹夜でしたので静岡への帰りはヘトヘトでしたがそれでもあの放射光を当てる瞬間のドキドキ感に病みつきになり、また行きたいと思いました。実際のところ何度も行かせていただきましたが、それでもまた行きたいと思います。PF-ARも今期は稼働しますし、中に入ったことがないので色々みて見たいです。

PFでの結果はまだ出ていませんが、現在の研究テーマが終わってもここまで約2年にわたって関わってきた構造生物とは関わり続けたいと思います。結晶構造解析だけでなく次はSAXSなども試してみたいと思います。他にも冠動脈や心筋の動きも放射光を用いて観察したりできますし夢が広がっている世界です。今後研究者になりたいと思っていますが自分のツールの一つとして構造生物というのを持ち続けたいと思います。まだまだ若造ですが、様々な方と出会い学び、いずれはたくさんの方のために研究成果をあげられるように頑張っって行きます。



## 修士論文紹介コーナー

### X-ray diffraction and spectroscopy study of magnetism in Fe oxide and alloy thin films (X線回折・分光でみる鉄酸化物・合金薄膜の磁性)

東京大学物性研究所・理学系研究科 山本航平

#### 【修士号取得大学】

東京大学, 2017年3月

#### 【実験を行ったビームライン】

BL-4C, BL-19B

#### 【論文要旨】

鉄ペロブスカイト酸化物  $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$  の電荷・磁気秩序の膜厚依存性の硬・軟X線回折実験 [1] および、時間分解X線分光・回折装置の開発と、垂直磁化膜 FePt に対する実験 [2] で修士論文は構成される。時間分解測定装置は、SPring-8 BL07LSU に設置され測定を行った。ここではフォトンファクトリーで実験を行った  $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$  の電荷・磁気秩序の膜厚依存性の結果についてその概要を述べたい。

3d 遷移金属酸化物は多様な物性をしめすが、近年の製膜技術の向上に伴って、薄膜状態での物性が注目されるようになってきた。我々は  $\text{La}_{1/3}\text{Sr}_{2/3}\text{FeO}_3$  中の電荷・磁気秩序の空間的な広がり、とくに臨界膜厚に着目して、膜厚を系統的に変化させながらX線回折による研究を進めてきた。

最初に、非共鳴の硬X線回折による電荷秩序の結果を (a) 上段に示す。膜厚 15 nm まで電荷秩序に由来するピークが見えるが、5 nm で消失している。ピーク強度も 15 nm 近傍で急峻な低下が見られ、臨界膜厚近傍であることが示唆される。次に鉄吸収端を利用した共鳴軟X線回折による磁気秩序の結果を (a) 下段に示す。同様に 15 nm から 5 nm の間に磁気秩序の臨界膜厚があることが示唆される。ピーク幅に注目すると強い膜厚依存性がある。この点をピーク幅の逆数として定義される、空間的な広がりに対応する相関長としてまとめたものを (b) に示す。磁気秩序の相関長は膜厚と同程度であり、おおそ比例した振る舞いを見せる。電荷秩序の相関長の膜厚依存性はそれに比べ少なく、おおそ一定である。膜厚および磁気秩序の相関長が電荷秩序の相関長と近くなったときの膜厚が臨界膜厚を与えているように見える。すれすれ入射による表面敏感な共鳴軟X線回折の結果は表面でも磁気秩序が維持されていることを示した。これらの結果から、得られた膜厚依存性は、表面由来ではなく、膜厚の幾何学的な制限が磁気秩序の広がりを抑制して行き、臨界膜厚を与えていることが分かった。この臨界膜厚は反強磁性磁気秩序を単位として 4-11 周期程度で、他の強磁性ペロブスカイト酸化物も同程度であり、

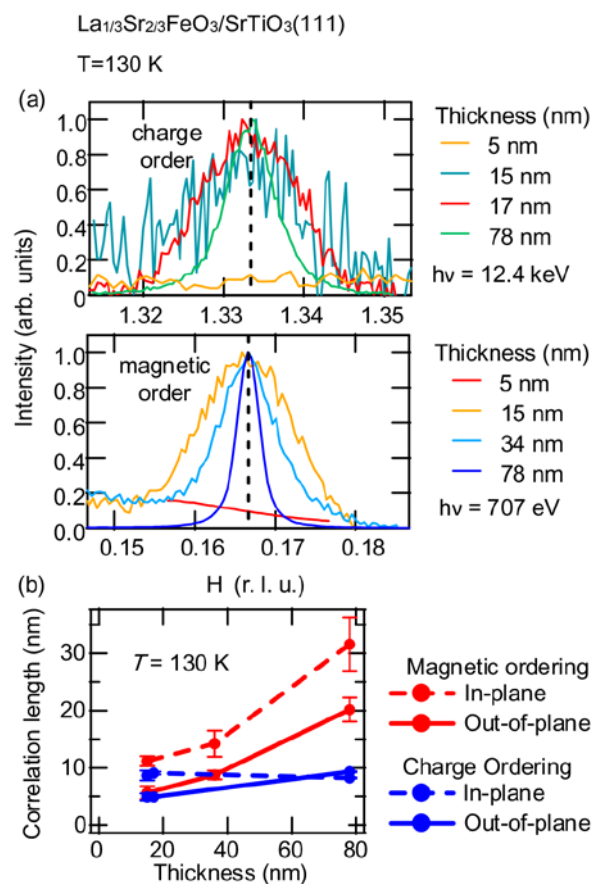


図1 (a) 回折の結果。上段：電荷秩序由来の  $(1/3 \ 1/3 \ 1/3)$  下段：磁気秩序由来の  $(1/6 \ 1/6 \ 1/6)$  (b) ピーク幅の逆数として得られた相関長。

このような膜厚依存性が一般的な現象であることも考えられる。

膜厚依存性を調べることは、薄膜特有の状態を理解するのに重要なステップであると共に、酸化物の機能を生かしたエレクトロニクスデバイスの集積化にも不可欠である。今後とも、硬・軟X線を併用し、酸化物薄膜の秩序状態と膜厚との関連を調べていきたい。

[1] K. Yamamoto *et al.*, arXiv:1703.09995

[2] K. Takubo, K. Yamamoto *et al.*, Appl. Phys. Lett. **110**, 162401 (2017)

(連絡先メールアドレス：yamako@issp.u-tokyo.ac.jp)

## 小林正典氏, 間瀬一彦氏, 日本真空学会 において顕彰

物構研トピックス  
2017年2月15日

KEK 名誉教授の小林正典氏(元 KEK 物質科学研究所・放射光源研究系主幹)が一般社団法人・日本真空学会の第3回学会賞を受賞しました。また同時に、KEK 物質構造科学研究所准教授の間瀬一彦氏が、第3回フェローに選ばれました。日本真空学会賞は真空、表面および関連する科学・技術とその産業利用の進歩発展に関して顕著な功績をあげた日本真空学会正会員に授与されます。一方、フェローは日本真空学会における継続的な活動を通じて真空、表面および関連する科学・技術とその産業利用の進歩発展、あるいはそれらに関連する教育・公益活動に関して顕著な業績をあげた正会員に授与されます。

小林正典氏の顕彰業績は「放射光源真空技術の進歩発展、公益活動への貢献」です。小林氏は、1964年に東京大学生産技術研究所にて真空の研究を開始し、東京大学工学部、生産技術研究所における教育・研究活動を経て、1979年に KEK に着任してから2004年に退官するまで、一貫して PF、PF-AR の真空システムに関する研究開発と、安定運用を実現するための維持・改良を行いました。この努力により、PF は放射光を発生してから34年経つにもかかわらず、現在も安定した運転を続けており、最先端の研究成果を生み出し続けています。また、国際的にも世界の加速器施設の真空技術の発展に寄与し、日本真空学会(2012年に日本真空協会より改称)における公益活動にも貢献しています。

間瀬一彦氏は、卓越したアイデアと高度な実験技術に基づき、先駆的かつ顕著な成果をあげていることが評価されました。間瀬氏の開発した「電子-イオンコインシデンス分光法」は、固体表面での様々な励起プロセスの解明につながり、この業績により日本真空協会第29回真空技術賞を受賞しています。PFにおいても、表面研究のためのビームライン BL-13 を建設し、有機薄膜の電子状態解明やガス雰囲気下での表面分析による触媒機能解明などに貢献しています。日本真空学会への貢献も極めて大きく、今後真空・表面科学の分野での先導的活躍が期待されることから、フェローの称号を授与されました。

授賞式は2016年11月30日に、名古屋国際会議場で行われた2016年真空・表面科学合同講演会において行われました。

## PF ユーザーの武仲能子氏, コロイドおよび界面化学部会科学奨励賞を受賞

物構研トピックス  
2017年3月3日

産業技術総合研究所の武仲能子氏が公益社団法人日本化学会・コロイドおよび界面化学部会の平成28年度科学奨励賞を受賞しました。この賞は、部会の若手研究者の活発な研究を奨励し、国際的に先導的な立場をとることができる人材を育成するとともに、部会の新しい指導者を発掘・育成することを目的として平成14年度より制定されたものです。

受賞対象となった業績は「高アスペクト比金ナノロッドの高収率合成法の開発と応用可能性の拡大」です。アスペクト比(=長さ/直径)が20を超える金ナノロッドは高アスペクト比金ナノロッドと呼ばれ、光学素子や顕微鏡探針などに応用が期待されるナノ材料です。武仲氏は界面活性剤のゲル中で金ナノロッドを成長させ、直径数十 nm、長さ1  $\mu\text{m}$  を超えるアスペクト比50程度の金ナノロッドを90%以上の高収率で合成する手法を開発しました。さらに、成長場である界面活性剤の自己集合構造を KEK のフォトンファクトリー(PF)において小角X線散乱法で観察することにより、界面活性分子の自己集合構造がミセルから層状構造へと変化する際の、ゲル化の微細な特徴が明らかになりました。これにより、高アスペクト比金ナノロッドの長さや直径が決まるメカニズムを明らかにしました。

受賞講演および授賞式は、2016年9月22~24日に北海道旭川市で開催された第67回コロイドおよび界面化学討論会にて行われました。



授賞式での武仲能子氏(右)。左は日本化学会コロイドおよび界面化学部会長加藤直氏。



## 総研大物質構造科学専攻修了の垣内 徹氏らの論文が第 22 回日本物理学会論文賞を受賞

物構研トピックス  
2017 年 2 月 15 日

総合研究大学院大学・物質構造科学専攻を 2007 年に修了した垣内 徹氏（現所属：ブラザー工業株式会社）と、当時の指導教員だった澤 博氏（現所属：名古屋大学）らの論文が、第 22 回（2017 年）日本物理学会論文賞を受賞しました。この賞は、独創的な論文の発表により物理学の進歩に重要な貢献をした研究者の功績を称えるために日本物理学会が授与しているもので、毎年 5 件以内の論文が表彰されます。

対象となった論文は 2007 年に発表された Charge Ordering in  $\alpha$ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$  by Synchrotron X-ray Diffraction [放射光 X 線回折による  $\alpha$ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$  の電荷秩序；著者：垣内 徹，若林 裕助（大阪大学），澤 博，高橋 利宏（学習院大学），中村 敏和（分子研）\*括弧内は現所属] です。この研究を進めている当時、垣内氏は総研大の大学院生で、澤氏は指導教員であり放射光科学研究施設の教授でした。

有機分子からなる分子化合物  $\alpha$ -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$  は、温度低下によって金属-絶縁体転移を示す代表的な擬 2 次元分子性導体です。垣内氏らは、この物質に軌道放射光を用いた精密な X 線構造解析法を適用し、実空間における電荷配列を定量的に決定しました。その結果、低温の絶縁体相が、理論的に予測されている特徴的な電荷秩序状態であることを実験的に初めて明らかにし、さらに電荷秩序相が非磁性状態をとることも示しました。

本論文は、その発表後、この種の分子性導体の電荷秩序状態を放射光によって評価する研究のスタンダードになっているだけでなく、分子性導体の電荷秩序状態に関係した電子物性研究の基盤となる知見を与えました。この物質は、光パルスにより物性を制御できることから高速光スイッチなどへの応用も期待されており、様々な機能発現の起源に関する研究の進展に結びついていることも高く評価されました。

表彰式は 2017 年 3 月 19 日、第 72 回日本物理学会年次大会において池田市民文化会館（大阪府）で行われました。



表彰式で賞を受け取る若林 裕助氏（写真：日本物理学会提供）

## 科学技術分野の文部科学大臣表彰 物質構造科学研究所 関係者多数が受賞

物構研トピックス  
2017 年 4 月 24 日

平成 29 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰受賞者が決定し、科学技術賞 開発部門で MLF ユーザーである住友ゴム工業を中心とする研究チームが、科学技術賞 研究部門で PF スタッフとの共同研究者の石谷 治氏が受賞しました。また、若手科学者賞を PF ユーザーの多数が受賞しました。

この賞は、科学技術に携わる者の意欲の向上を図り科学技術の水準の向上に寄与することを目的として、文部科学省が、研究開発・理解増進等において顕著な成果を収めた方を顕彰するものです。

### 科学技術賞 開発部門

社会経済、国民生活の発展向上等に寄与し、実際に利活用されている（今後利活用が期待されるものを含む）画期的な研究開発若しくは発明を行った者を対象

◆住友ゴム工業株式会社・東京大学・名古屋大学の研究チーム

（筆頭者）岸本浩通 住友ゴム工業株式会社 研究開発本部分析センター

### 科学技術賞 研究部門

科学技術の発展等に寄与する可能性の高い独創的な研究又は開発を行った者を対象

◆石谷 治 東京工業大学 理学院 化学系 教授

「二酸化炭素を還元資源化する可視光駆動光触媒の研究」  
※石谷氏は、物質構造科学研究所 野澤俊介・足立伸一らとの光触媒化学に関する共同研究者です。

### 若手科学者賞

萌芽的な研究、独創的視点に立った研究等、高度な研究開発能力を示す顕著な研究業績をあげた 40 歳未満の若手研究者を対象

◆今岡 享稔 東京工業大学 科学技術創成研究院 准教授

「デンドリマー内包金属粒子の原子精度合成とその機能の研究」  
※ Photon Factory Highlights 2015 に掲載されました。  
「Structure of the Most Catalytically Active Platinum Cluster (Pt19)」

◆大久保 将史 東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻 准教授

「配位子場理論に基づいた二次電池用電極材料の研究」

- ◆大戸 梅治 東京大学大学院 薬学系研究科 准教授  
「自然免疫系 Toll 様受容体に関する構造生物学研究」  
※トピックスで取り上げられています。
- (2016.10.21) ウイルスの侵入を検知して免疫系を活性化する仕組み
- (2016.06.20) 精子と卵子を認識するタンパク質の構造を解明
- (2015.02.12) 自然免疫応答を引き起こすタンパク質が微生物の侵入を感知する仕組みを解明
- (2015.01.21) 自然免疫に関わるタンパク質が RNA の分解産物を認識する仕組みを解明
- ◆北野 政明 東京工業大学 元素戦略研究センター 准教授  
「無機電子化物を利用した固体触媒に関する研究」  
※ハイライト、プレスリリースでも取り上げられています。
- (2017.01.30) 【ハイライト】悪臭が世界を救う!? アンモニア合成の最前線
- (2016.10.07) 【プレスリリース】低温で高活性なアンモニア合成新触媒を実現

表彰式は平成 29 年 4 月 19 日、文部科学省にて行われました。

- 3.17 【物構研トピックス】2016 年度量子ビームサイエンスフェスタ開催
- 3.27 【物構研トピックス】総研大 物質構造科学専攻修内の垣内 徹氏らの論文が第 22 回 日本物理学会 論文賞を受賞
- 3.28 【物構研トピックス】TIA かけはしワークショップ「放射光利用における新分野開拓のための連携形成」開催
- 4.13 【物構研トピックス】"バレリーナから研究者に" KEK 物質構造科学研究所 研究員 長瀬里沙さん
- 4.14 【物構研トピックス】東京大学の研究チーム PF ビームラインにて薄膜内で銅が膜面に垂直に磁化することを実証
- 4.17 【トピックス】TYL スクール理系女子キャンプを開催しました
- 4.17 【プレスリリース】量子ビーム実験・計算データをウェブ上で高速解析する可視化システムを開発ー自動車用磁性材料開発のための最強ツールー
- 4.18 【トピックス】物構研の教育活動 対称性・群論トレーニングコース
- 4.24 【物構研トピックス】科学技術分野の文部科学大臣表彰 物質構造科学研究所関係者多数が受賞
- 4.28 【物構研トピックス】宇都宮大学等の研究チーム チタン合金の強度を左右する添加レアメタル近傍の原子移動モデルを解明

## PF トピックス一覧 (2 月～ 4 月)

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

### 2017 年 2 月～ 4 月に紹介された PF トピックス一覧

2017 年

- 2.7 【物構研トピックス】上村洋平氏、日本放射光学会 奨励賞を受賞
- 2.15 【物構研トピックス】小林正典氏、間瀬一彦氏、日本真空学会において顕彰
- 2.20 【プレスリリース】新しい単原子シート「ボロフェン」の中に質量ゼロ粒子を発見
- 2.23 【物構研トピックス】チョコレイト・サイエンスを開催しました
- 2.24 【物構研トピックス】金属的な二次元状ケイ素を形成
- 3.3 【物構研トピックス】PF ユーザーの武仲能子氏、コロイドおよび界面化学部会科学奨励賞を受賞
- 3.7 【プレスリリース】光で強誘電体中の水素原子を動かし、分極高速に制御～理論と実験の発展的融合～
- 3.9 【物構研トピックス】筑波大ー KEK 連携セミナー 第 2 回「生命の機能とかたち」を開催

### The CERN Accelerator School, Vacuum for particle accelerators 滞在記

加速器研究施設第七研究系 金 秀光

#### 背景

The CERN Accelerator School は、CERN やほかの研究機構で確立、蓄積した加速器知識と技術を世界中に広げることが目的とする勉強会である。本スクールは 1983 年に初開催され、CERN に所属する 22 のメンバー国において、年に 2-3 回のペースで行われ、これまでに 66 回も開かれている。スクールでは若手研究者を対象に、1-2 週間に 50-60 時間の講義を集中的に行う。その講義内容は、加速器物理 (e.g., Electro-Magnetic Theory, Electron Beam Dynamics), 加速器システム (e.g., Particle Sources, RF Systems, Vacuum Systems), 加速器装置 (e.g., Linear Accelerators, FELs) とその応用 (e.g., 医療応用, 核物理) などがある。そのうち、真空関連のスクールは、1999 年 Denmark, 2006 年 Spain 以来、今年は 11 年ぶりで、Sweden で開かれた。最近、Sweden の MAX IV laboratory には新しい蓄積リングが建設され、運転が始まっている。この蓄積リングでは NEG コーティングと言う新しい真空システムを導入しており、その運転状況が注目されている。今回のスクールは、新蓄積リングの見学を考慮し、MAX IV の周辺都市である Glumslov にて、“Vacuum for particle accelerators” が開催されたものである。

#### 開催地の印象

6 月の Sweden は、太陽光は暖かいが、風はまだ冷たい。天気は晴れと曇りによって体感温度がだいぶ異なる。到着した 6 月 6 日は曇りだったので、東京の 4 月初旬並みの寒さを感じた。Glumslov に近い国際空港は Denmark の Copenhagen であり、空港からは電車での移動になる。Denmark と Sweden の国境であるエーレ海峡を渡って、緑



図 1 会場である Glumslov のホテル

色の芝生の中を走って 1 時間程度で Glumslov に到着した。Glumslov は小さい町で、会議場である Hotel Orenas Slott は町よりさらに離れる場所にあった。ホテルの写真を図 1 に示す。ホテルの三面は自然の森に囲まれており、一面は綺麗な海に向いている。海の向こう側が Denmark で、いい眺めである。自然の中に位置するホテルは静かで、勉強に集中できる素敵な場所であった。

#### スクール状況

今回スクールの参加人数は全部で 80 名である。応募者 110 名中 82 名が選ばれ、2 名は欠席だった (集合写真を図 2 に示す)。参加者の半分は CERN の大学院生、若手研究者、技術職員で、約 4 割がヨーロッパの研究機構の方で、約 1 割がアジア系の研究者で、日本からは私のみであった。スクールは毎日、朝 8:30 から夜 18:00 という豊富なスケジュールで行われた。初日は終日講義が行われ、二日目からは、午前は講義で、午後には Tutorial が行われた。Tutorial では 5 つのグループに分かれて、真空作業や理論計算など実用に向けた訓練を行った。

#### 講義内容

講義の内容は、真空基礎、真空計、真空ポンプ、材料とその性能、表面処理、刺激脱離、コーティング、蓄積リングの基礎、真空の加速器への影響、未来加速器など広い範囲であった。講師の大半は CERN の方で、真空計や真空ポンプに関しては SAES, Edwards などの会社の方が新しい商品情報も含んで、詳しく説明してくれた。最も驚いたのは、真空ダクト用の材料の紹介の際、鋳鉄から話が始まったことだ。材料出身の方ならよくわかる金属の相平衡と状態図を示し、冷却過程や金属組成によって、出来上がる鉄の性能などが異なることなどを説明してくれた。CERN では日本と違い、いろんな分野の研究者が真空グループに所属しているようだ。日本では鋳鉄の研究者が加速器に採用されることはまずないだろう。コーティングの講義では KEK の SuperKEKB の TiN コーティングが多く取り上げられた。CERN では Future Circular Collider を計画しており、



図 2 Vacuum for particle accelerators の参加者と講師たち



SuperKEKB の TiN コーティングの成果に非常に注目している。

Tutorial には Molflow simulation, Impedance calculation, Mechanical & material aspect, Residual gas analysis, Leak detection and pumping の 5 つの講義があった。最も感心したことは、Tutorial で使う装置は全部 CERN より運んできたものであったことである。NEG コーティングされたダクト付きの真空システムを図 3 に示す。これらの大型の真空チャンバーは会場で真空を立ち上げたと考えられる。整えられた環境を作っていたいただいた CERN の方々に深く感謝する。この Tutorial の講義で私は Impedance の計算に深い興味があった。何故なら、現在検討が進められている KEK 放射光の 3 GeV 蓄積リングでは、直径 23 mm の細いダクトを用いることと、ダクトに NEG コーティングをすることが検討されていることである。ダクトの直径が小さくなることと、コーティングする NEG 膜の Impedance が大きくなることより、Power loss などの悪影響がかなり重大になるからである。今回の講義では、Cu ダクト上に NEG 膜 1  $\mu\text{m}$  程度であれば、Power loss が小さいという、加速器第七研究系の中村さんの計算と同じ傾向が示された。今回の Impedance の計算において、Tutorial 講義が終わった後に夜遅くまで助けていただいた CERN の Benoit Salvant 氏に深く感謝する。

スクールの後半には、MAX IV の新リングの見学が行われた。リング内の写真を図 4 に示す。MAX IV のリングでは直径 22 mm の細いダクトを使用し、その排気性能を保つために NEG コーティング技術が導入されている。この技術は非蒸発ゲッター (NEG) 材をビームダクト内壁にコーティングして、本来ガス源である内壁をポンプに変える画期的な技術である。この技術は、1998 年頃、CERN で真空設計に向けて開発し、その後、多くの加速器に採用されている。しかし、加速器全体に採用したのは MAX IV が初めてである。このリングの真空システムには、NEG コーティングダクトとイオンポンプが用いられており、イオンポンプの配置は 20 m 以上の間隔であり、かなり少ない数であった。これは NEG コーティングされたダクトが効率よく真空を引いてくれることを示す。NEG コーティングされたダクトは、2015 年に活性化した以来、今も真空ポンプ機能を保っている。MAX IV の新リングは、RF 空洞の故障などの理由で、最大カレントは 75 mA に留まって



図 3 Tutorial で使用した真空システム



図 4 MAX IV の新リングのチューブ

いる。今後、電流アップのための調整は注目すべきである。

### 感想

今回のスクールでは、真空の基礎から加速器との関連まで広い範囲の内容で講義が行われた。講義の内容、Tutorial の技術を全部身に着けたとは決して言えない。しかし、いろいろな内容を集中して聞くことで、真空の加速器中での役割や、ほかのグループとの関連性などがイメージできるようになった。また、材料出身の私も加速器分野でやれることがまだまだたくさんあるのではないかと考えるようになった。加速器の初心者である私にとって非常に役に立つスクールだった。このような大事な勉強の機会をいただいたことに改めて感謝する。

## PF 滞在記 : PF-AR NW14A

筑波大学生命環境科学研究科  
博士後期課程 1年 高木壮大

私は、筑波大学地球進化科学専攻の興野研究室に所属し、隕石衝突によって形成された可能性が示唆されている準結晶鉱物 icosahedrite の形成起源の解明をテーマに研究を行っています。KEK には、修士課程の途中から特別共同利用研究員として在籍し、隕石衝突の衝撃をレーザーで再現し、その際の瞬間的な結晶構造変化を捉える事を目指して、PF の一柳光平先生のもと PF-AR NW14A で「レーザー衝撃圧縮下時間分解 X 線回折実験」を行なっています。

筑波大学から KEK まではクルマで 10 分、自転車で 30 分なので、午前中は興野研実験室で試料の合成・分析、午後は PF-AR でレーザー実験というような生活をしています。本記事では PF-AR での実験、特に 2017 年 4 月に行なった実験の様子について書きたいと思います。

今期は、一柳先生の S 型課題が 8 日間、私の T 型課題が 2 日間の計 10 日間で「レーザー衝撃圧縮時間分解 X 線回折実験」に割り振られました。PF の野澤俊介先生のもとに留学に来ている LEE, SungHee さんに時々手伝って頂きながら、一柳先生と二人で 12 時間交代で実験を行ないました。「レーザー衝撃圧縮時間分解 X 線回折実験」では、レーザー照射による衝撃圧縮過程での結晶構造変化を X 線回折で観察します。一発のレーザーパルス照射で試料は破壊されてしまうため一照射ごとに試料を取り換えます。その際にレーザーと X 線の照射タイミングを変えて測定を繰り返すことで、レーザー照射後数ナノ秒ごとの X 線回折データを得ます。今回の実験で用いた衝撃誘起用ガラスレーザーは、レーザーロッドの冷却に時間を要するため、最短で約 20 分に一発の照射となります。実験の一連の流れは、試料取り付け→試料チャンバー真空引き→レーザー - X 線照射タイミング設定→レーザー状態確認→測定→ログ→解析です。時々休憩をはさみながら、この一連の作業を約 20 ~ 30 分ごとに繰り返してデータをとりました。試料チ

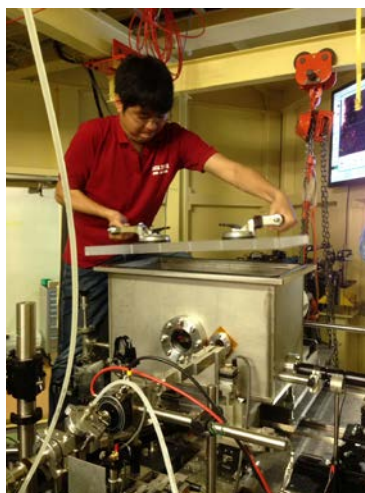


図 1  
試料交換し、チャンバーの蓋を慎重に閉める著者



図 2 一柳先生（左）と共に、標準試料の X 線回折パターンからカメラ長測定を行なっている著者（右）

ャンバーの重い蓋の開け閉め、実験ハッチ上への階段の上り下りなど体幹から上肢下肢に至る筋肉を使う作業から、実験システム調整や試料作製などの細かく神経を使う作業まであるので、基本的に省エネモードで作業しました。昼は一柳先生と交代し、一旦帰ります。今回は年度初めで、大学に行って事務に提出しなければならない書類や各種奨学金の申請などがあったため、家に帰るのは 15 時から 16 時頃になり、そこから休んで、夜ご飯を食べたらまた実験に行くという生活でした。

トラブルもありました。まず、コントロール室のエアコンの故障がありました。修理がビームタイム後となったため、最後まで少し汗ばみながらの実験となりました。さらに、ビームタイム前は何事もなく動いていたステージコントローラが突然動かなくなりました。こちらは一柳先生に直して頂きました。また、試料チャンバーの X 線窓にはカプトンを用いていますが、何度か破損しました。そのたびにチャンバーを作り直し、X 線とレーザーの位置を合わせ直しました。それでも、最後は体力的な限界に近づきつつも、博士論文のための基礎データを取ることができました。

私は PF-AR で実験するようになるまで、レーザーはプレゼンで使うポインター以外に触ったことがなく、X 線を用いた実験も誰かが既に組んでくれたシステムに試料を置いてボタンを押すだけしかしたことがありませんでした。はじめは何も分からず一柳先生がシステムを整備し、トラブルに対処するのを見て学んでいましたが、今は自らレーザーや X 線光学系を整備し実験システムを構築できるようになってきました。大学や KEK を中心とした研究者の方々に囲まれている非常に恵まれた環境で、少しずつ主体的に研究を進められるように成長してきている気がします。また、レーザー衝撃圧縮時間分解 X 線回折実験も以前に比べてかなりスムーズに取り組めるようになってきており、これからどんどん研究を進めていきたいと思っています。

## PF ユーザーの 豊田中研 渡邊佳英氏らの論文が American Vacuum Society の VTD Shop Note Award を受賞

産業利用トピックス  
2017年7月4日

超高真空移送容器、試料ホルダを作製し、KEK 放射光施設にて超高真空下偏光全反射蛍光 XAFS 測定を実施した。試料表面を清浄に保ったまま、試料測定に成功した。

### 【受賞の発表内容】

Yoshihide Watanabe, Yusaku F. Nishimura, Ryo Suzuki, Hiromitsu Uehara, Tomoyuki Nimura, Atsushi Beniya, Noritake Isomura, Kiyotaka Asakura and Satoru Takakusagi, "Portable ultrahigh-vacuum sample storage system for polarization-dependent total-reflection fluorescence x-ray absorption fine structure spectroscopy," J. Vac. Sci. Technol. A 34 (2), 023201 (2016); doi: 10.1116/1.4936344 American Vacuum Society - American Institute of Physics

豊田中央研究所 渡邊佳英, 西村友作, 磯村典武,  
鈴木涼, 紅谷篤史

株式会社エイブイシー 二村智之

北海道大学 高草木達, 上原広充, 朝倉清高

豊田中央研究所（長久手市）で作製したサイズ選別クラスタを KEK まで超高真空下で運搬可能な超高真空試料移送システムを、豊田中研、北海道大学、エイブイシーの三者で共同開発した。これにより、酸化物単結晶上の Pt クラスタが表面と相互作用し、どのような構造にあるかを、試料が変化することなく偏光全反射蛍光 X 線吸収微細構造分光法を用いて観察することが可能となった。また小型のため一つのスーツケースに収納し、さまざまな交通機関で手軽にサンプルを運搬できる。あわせて、試料は flag-style プレートを含み込む形の wobble スティックおよび先端が鍵型のロッドの双方でアクセスできるように設計されているので、2つの異なるサンプル操作システムで試料を取り扱えるようになった。垂直配列設計を採用したことで直径を最小限に抑え、より小さなチャンバとなり、小型化を実現。コイルバネで支えられた 90 度の回転ロックを装備した「鍵と鍵穴」のサンプル操作システムは、柔軟な操作を可能にし、サンプルホルダを素早く簡単にリリースすることができる。このポータブル真空サンプルストレージシステムが、真空 XAFS 測定のための標準的なシステムとして広く使用され、世界のどの光源でも実験可能となることが期待される。

### 【賞の概要】

Vacuum Technology Division (VTD) Shop Note Award

「Journal of Vacuum Science & Technology」誌では Shop Note と呼ばれる真空科学・技術公開のための "how to do

it" 記事を発行されている。Shop Note には読者に簡単に追試できるような指示やアドバイスが与えられている必要がある。毎年、VTD では JVST A と JVST B から、最高のショップノートの 1 つ以上を表彰しており、Shop Note 賞小委員会は Martin Wüest (chair), Lily Wang, Robert Berg, Marcelo Ferreira, and Neil Peacock. のメンバーで構成されている。

## PF トピックス一覧 (5月~7月)

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

### 2017年5月~7月に紹介された PF トピックス一覧

2017年

- 5. 11 【プレスリリース】世界初！光でほどけるらんせ状人工ナノ線維の開発に成功
- 5. 18 【物構研トピックス】物構研の教育活動 CUPAL 放射光利用技術入門コース
- 5. 31 【トピックス】中国科学技術大学国立放射光研究所長が KEK と J-PARC を訪問
- 5. 31 【ハイライト】分極反転するクロコン酸 (1) クロコン酸を再発見
- 6. 8 【物構研トピックス】東大の研究チーム、有害なレアメタル「テルル」の環境中の挙動を解明
- 6. 23 【ハイライト】分極反転するクロコン酸 (2) 光で分極反転が起こった
- 6. 30 【物構研トピックス】PF-AR 直接入射路が完成 - 6.5 GeV フルエネルギー入射が可能に -
- 7. 4 【物構研トピックス】PF ユーザーの 豊田中研 渡邊佳英氏らの論文が、American Vacuum Society の VTD Shop Note Award を受賞
- 7. 26 【物構研トピックス】The British School in Tokyo の生徒が職場体験



### 元物質構造科学研究所副所長・松下正先生を偲んで

高エネルギー加速器研究機構 飯田厚夫

放射光科学研究施設（以下PF）の創成期からビームライン建設とともにユーザコミュニティの形成を主導され、1991年から6年間はPF測定器系研究主幹として、1997年から9年間は物質構造科学研究所の副所長としてPFの舵取りを務められた松下正名誉教授は、本年7月7日にご逝去されました。享年72歳でした。PFのホームページの突然のこの訃報に接して、松下先生をご存知の方々は早すぎご逝去に驚かれるとともに大変残念に思われたのではないのでしょうか。ここに先生の生前の研究とPF運営にかかわる業績を紹介するとともに個人的思い出にも触れて哀悼の意を表したいと思います。

松下先生は、東京大学工学部物理工学科高良和武先生の研究室において1972年にX線動力学的回折現象に関する研究により工学博士を取得されました。高良研究室は松下先生の研究の原点であり高良和武先生と菊田惺志先生に対する感謝の念は退職の機会にも述べられています。博士号取得後富士フイルム（株）に勤務され、1975年には高良研究室の助手に着任されました。当時計画が進んでいたPFの建設に備えて、X線ビームライン光学系の設計に有効な新しい位相空間解析法を早速考案され、建設時には実際に利用されました。1979-1980年には米国スタンフォード放射光研究所（SSRL）に滞在し放射光施設の実際に触れるとともに、松下先生の代表的業績の一つとなる湾曲結晶を用いた分散型XAFS測定法（DXAFS）を開発されました。DXAFSはその後XAFSの実験手法の一つとして定着し、国内外の放射光施設で時分割実験などが行われています。

帰国後1980年に高エネルギー物理学研究所放射光実験施設助教授に着任され、1988年には教授に昇任されています。初期のPFにおいて挿入型光源を含むX線ビームラインの立案・設計から建設の現場でリーダーシップを取られ、またユーザグループの育成にも専念されました。この間、先生はPFの標準となった定出射位置型2結晶分光器の開発（PFでは「松下モノクロ」と呼ばれていました）を行い、一方では雨宮慶幸先生（現東大名誉教授）が主導



在りし日の松下正先生（PF Activity Report #21 2003より）

されたイメージングプレートなどのX線検出器の開発も熱心に支援されていました。また松下先生は民間企業の研究所在籍経験から、企業の研究の意味や役割もよくご存知で、PFにおける産業利用を高良先生とともに推進されました。さらに松下先生は総合研究大学院大学（総研大）の創設以来院生の指導にも熱心にあたり、指導した院生達も中堅研究者に育ち、松下先生と共同研究を継続的に進めてきた方もでています。PF創成期の発展には松下先生の研究のアイデアやリーダーシップが大きく貢献しましたし、また放射光科学技術分野の人材を直接的・間接的に多数育成されました。

1990年代以降はPFおよび物構研の運営に、さらには日本の放射光科学の発展に力を注がれることになりました。1991年からの6年間は、PF測定器系研究主幹を務められ、PFの共同利用実験とビームライン整備全体の責任者となられています。更に高エネルギー物理学研究所が改組し、高エネルギー加速器研究機構（KEK）が発足した1997年には、物構研の初代副所長（放射光施設長）に就き、以後9年間PF、物構研の運営にかかわることになりました。構造生物学研究センターの設立（2003年）、放射光施設の高度化計画（直線部増強2005年）、PF-ARのリング真空系の改造と北西実験棟建設など（2002年、図1）によるPF-AR利用実験の積極的推進、PF内外の大型研究プロジェクトの推進などに力を注がれました。

機構外の活動では、日本放射光学会の創設に関わり、その後長年にわたって評議員を務めました。2003-2004年には会長を務められています。そのほか国内外の放射光施設の諮問委員や評価委員、結晶研連委員、国際会議の委員を務めるなど、PFのみならず放射光科学の発展に大きな貢献をされてきました。

2006年に物構研副所長を退任してからは再び研究の現場に戻り、多波長分散型のX線反射率の迅速測定法を開発



図1 PF-AR北西棟お披露目会での一コマ。左より松下正先生、当時の菅原寛孝 KEK 機構長、当時の木村嘉孝物構研所長（2002年4月16）。

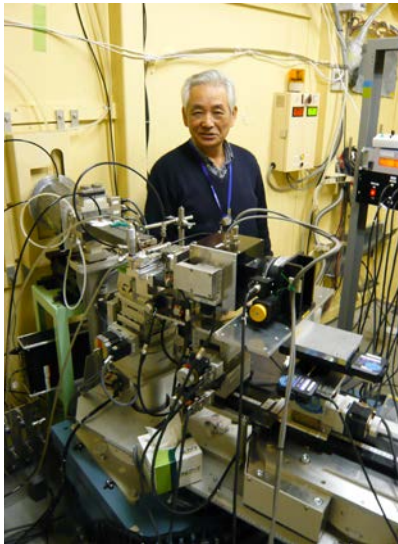


図2 ご自身が開発された多波長分散型X線反射率測定システムと一緒に（2007年12月1日撮影）。



図3 退職記念講演会での一コマ（2008年3月14日）

しました（図2）。これは従来に比べ飛躍的に測定効率を高め時間分割測定への道を開いたものです。2008年に定年退職（図3）を迎えましたが、その後もKEKのダイヤモンドフェローおよびKEKと総研大の名誉教授として研究を推進されました。科研費やJSTプログラムを利用して「表面X線散乱プロファイルのリアルタイム計測」の応用研究を最期まで熱心に進められていました。

松下さんは私には高良研究室の先輩にあたりますので、個人的思い出を少し記します（私達の近くでは、松下さんと呼ぶのが習慣でしたので以下ではそのように呼びます）。松下さんが研究室の助手に着任したのは私の大学院在学中でしたので、今でいう就活などについてもいろいろ相談ののってもらいました。私が大学院を修了後しばらくしてPFでX線分析実験をユーザとして始めた時期には、松下さんが分析実験グループの施設側担当となられ、システムが整っていなかったPF初期の実験に様々な配慮をいただきました。

松下さんはX線光学の第一人者として早くから有名でしたが、施設のスタッフとしては方法論の開発や新しい実験事例を示すことも重要とPFのスタッフになった私にも言われ、ご本人も実践されていました。実際1980年代には有名なDXAFS実験以外にも表面回折や定在波法などにも取り組まれていて、中には私がお手伝いした実験もありました。実験現場でユニークなアイデアをとことん追求する松下さんの強さが印象的でした。

松下さんはPFの初期からリーダーシップを発揮されていましたので、研究主幹や施設長に就任されたのは自然に思いましたが、PFの運営に携わってからの松下さんは極めて多忙であり自身の研究に割く時間がほとんどなくなったことはある意味残念なことだったかもしれません。しかし学会や研究会での松下さんの発言やコメントからは、新しい装置技術や方法論の開発に強い興味と意欲を持ち続けていることが分かり刺激を受けたことを思い出します。施

設長退任後にすぐ実験を再開されたのにはこの時期の下地があったのでしょうか。松下さんがPFの責任者を務められた時期は、基礎科学のみでなくツールとしての放射光の役割の比重が大きくなり、またPFの外的環境も変わり、多様な要素間の距離のとり方が重要になった時期にあたります。PFの舵取りも微妙なものがあったとは思いますが、松下さんは周りの人をその人柄で巻き込んでリーダーシップを発揮され、うまくバランスを取られていたように思います。時に組織運営上の重要問題に関わる姿勢には実験の時の粘り強さと緻密さに通じるものがあると気付いて個人的には納得したものでした。

副所長退任後はすぐに実験を再開され、お会いすると楽しそうに研究の話がされていました。退職後は研究のアイデアを更に発展させた新規な分散型測定方式を考案・実用化し、また共同研究者も得て実験の進展も順調なようでした。この新しい測定法は、空間的に複雑で松下さんのX線光学開発の豊富な経験が生かされたものでした。70歳までは一線の仕事がしたいと以前におっしゃっていたこともありましたが、その後も意欲は旺盛で、共同研究者と一緒に学会発表を積極的にされていました。昨年までは研究所にはほぼ毎日顔を出されていたようでしたので、少し遅れて退職した私も時には居室にお邪魔して雑談も交えて研究の話をお聞かせいただいていたいました。

体調が思わしくないことはかなり以前から聞いていましたし周りでも気が付いていましたので心配していましたが、今年になり研究所には来られなくなったことを松下さんからのメールで知りました。しかしこのように早く訃報を聞くことになるとは信じられない思いです。未だに本当のような気がしません。早すぎるご逝去に、心から哀悼の意を表します。

## PF トピックス一覧 (8月～10月)

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

### 2017年8月～10月に紹介されたPFトピックス一覧

- 8.8 【プレスリリース】電場・磁場中で薄膜の深さ方向ナノメーター分解能を実現—磁性体デバイス動作中の化学・磁気状態の観察が可能に—
- 8.21 【物構研トピックス】アフリカに放射光を～アフリカ光源加速器会議から初の招聘研究員受け入れへ～
- 8.29 【物構研トピックス】測定技術交流会2017を開催
- 9.5 【トピックス】KEK 一般公開2017を開催
- 9.6 【KEKサイエンスカフェ】7月「結晶」→「チョコレート・サイエンス」
- 9.13 【プレスリリース】細胞内骨格の賢い「解体屋」～微小管を解体する分子モーターが効率良く働く仕組みを解明～
- 9.15 【プレスリリース】グラフェンの厚さの違いと電子の動きの関係を世界で初めて観察
- 9.20 【プレスリリース】ピロリ菌がんタンパク質の1アミノ酸多型が日本人胃がん多発の背景に～ピロリ菌の発がん活性を規定する分子構造基盤～
- 9.28 【プレスリリース】なぜ固体中の電子はガラス化するのか？その謎を初解明自然界に現れるガラス化現象の統一的理解に期待
- 10.10 【物構研トピックス】第3回IMASM国際会議/TIA-Fraunhofer 合同国際シンポジウム見学会を開催
- 10.17 【トピックス】「研究者に会いに行こう！大学共同利用機関シンポジウム2017」に出展
- 10.20 【物構研トピックス】物構研の教育活動 放射光を「実感」する大学院生向け実習
- 10.20 【物構研トピックス】横浜市立大学などの研究グループ、細胞固有の性質が遺伝する仕組みを解明
- 10.25 【プレスリリース】固体と液体の界面での原子の動きをリアルタイムに観察—燃料電池や蓄電池の性能に関わる固液界面現象の解明に期待—

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

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

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

【投稿フォーマット】

1. 修士論文タイトル
2. 現所属、氏名、顔写真
3. 連絡先メールアドレス（希望者のみで可）
4. 修士号取得大学、取得年月
5. 実験を行ったビームライン
6. 論文要旨（本文1000文字以内）
7. 図1枚

【原稿量】

図とテキストで刷り上り1ページ（2カラム）。

【提出物・提出方法】

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

※「ユーザーとスタッフの広場」では上記以外にも、「PF 滞在記」、「国際会議に参加して」、「海外の施設に滞在して」などの投稿もお待ちしております。



PF 滞在記

### BL-28A を利用した高熱電能の起源に迫る研究

東京理科大学大学院理学研究科  
応用物理学専攻修士2年 高橋謙太

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

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

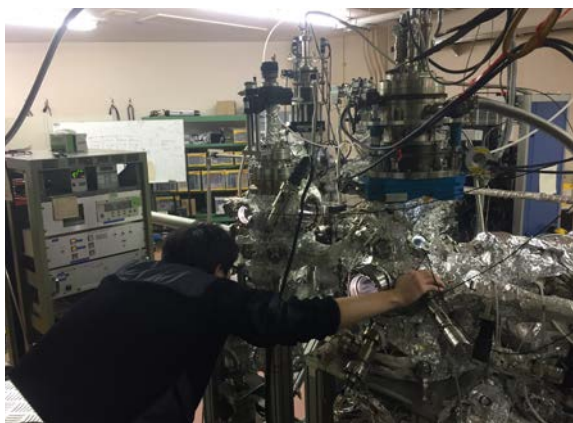


図1 試料をメインチャンバーに挿入する著者

## BL-9A を利用した高原子価金属錯体の電子状態の解明

茨城大学大学院理工学研究科  
博士後期課程 2年 大下宏美

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

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

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

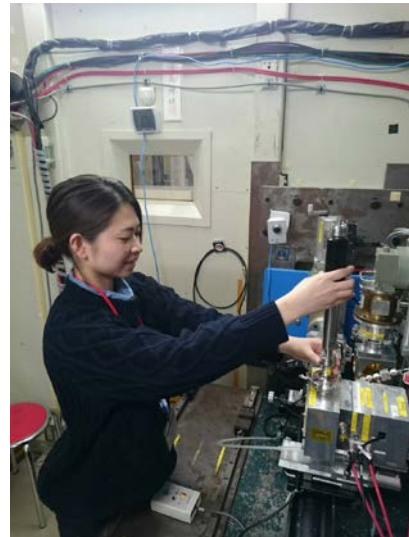


図 測定準備の様子

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

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

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

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

## 防災・防火訓練を行いました

放射光科学系防災・防火担当 内田佳伯, 野澤俊介

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

## PF トピックス一覧 (11月～1月)

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

### 2017年11月～2018年1月に紹介されたPF トピックス一覧

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

創造プログラム(SIP)「革新的構造材料」関係者がKEKを訪問

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