

PF 研究会「次世代に向けたタンパク質結晶構造解析の自動化・高効率化」開催報告

北海道大学大学院薬学研究院 尾瀬農之
放射光科学第二研究系 山田悠介

タンパク質（や生体高分子）結晶構造解析は放射光施設の整備により飛躍的に発展し、今日では分子生物学の標準的ツールとさえ言うことができる。結晶作成後に構造学的研究の可否を左右する拠点は放射光ビームラインであるが、ビームラインでは世界的に見て、リモート測定・自動化・高効率化のための工夫がハード面・ソフト面に取り入れられている。ユーザーに新しいメソッドを提案しつつ、ユーザーからの要望を取り入れていくことで、技術開発は継続され生命科学の命題が日々解決されている状況である。PF の蛋白質結晶構造解析ビームラインでは、全ビームライン共通のコントロールソフトウェア（UGUIS）を使用しつつ、それぞれのビームラインの特性に応じた測定が行われている。結晶構造解析の経験を多く有するユーザーは限りあるビームタイムをより効率的に使用するため、自動化できる箇所は自動化し、高度な測定に対しては人的資源を集中させる仕組みを構築することが必要と考える。また、解析の知識を多くは持たないユーザーが良質な回折データ収集を行うためにも、自動化は欠かせない技術である。今回、PF-UA タンパク質結晶構造解析ユーザーグループ幹事会の主催で、2016年8月1日、2日の二日間にわたり KEK 研究本館・小林ホールにて表記 PF 研究会を開催した。学生や企業からの参加者を合わせ、合計 139 名ものご参加を頂き、14 名の演者の方の濃密な講演に対し活発な議論が為された。この研究会の目的の一つである、「現状の放射光における自動化・高効率化技術の運用および将来に向けての提案」に対し、研究者の相互理解がさらに深まり、目的が達成されたのではないかと感ずる。

プログラムは後述するが、具体的な内容として初日の最初のセッションは現在稼働中またはパイロットスタディとして試用中である全自動データ収集・処理システムに関して紹介を頂くべく、演者を迎えた。PF ビームラインは日進月歩に開発が進められているため、現状の紹介は常に多くのユーザーにとって新鮮であったと思う。また、リガンドソーキングや重原子置換体の作製等、結晶数が多いスクリーニング測定では、自動化技術が現場でどのように威力を発揮するか、アカデミアおよび創薬業界の洗練された実例を目の当たりにし、大いに刺激となった。続くセッションでは、自動化に欠かせない結晶凍結（冷却）やロボティクスの現状と開発、SPring-8 での取り組みに関する発表を頂いた。液体窒素中での冷却・保存時において、クライオグループに霜が付きやすい事例を体系的にまとめて頂き、目から鱗の話題が多数提供された。また、ロボティクス紹介

では世界各国のビームラインで使用されているものの特徴ごとに分類し、将来の課題を提示していただいた。結晶マウント・センタリングからデータ収集までを高度に自動化し、1 試料あたり 3 分足らずのスループットで測定をしていくシステム開発の発表もあり、参加者が度肝を抜かれた。SPring-8 での研究開発では、それぞれのビームラインを特徴付ける最先端技術を紹介頂き、シリアル測定も含め多数の結晶から構造解析をおこなう技術を数多くお話し頂いた。試料の分光や加工に対するその他の要素技術に関しても触れて頂いた。1 日目の最後のセッションでは、創薬業界の方が幾つかのビームライン（海外を含む）を使用される中で、いかに効率よく多くのリガンド複合体結晶のデータを取るかの事例を挙げていただき、アカデミアの多くの方の興味を惹いた。海外放射光ビームライン紹介では、演者の豊富なビームライン使用歴をお話し頂き、利用料や rapid access など申請に関する有用な情報が発信された。また、6 月 24 日に PF-UA タンパク質結晶構造解析ユーザーグループ幹事会により開催された、第 1 回タンパク質結晶構造解析ビームライン中級者向け講習会のまとめ、報告がなされた。夕刻には研究本館内ラウンジで懇親会を開催し、95 名の方々にご参加頂いた。夜遅くまで討議に盛り上がりを見せ、この分野の研究者の団結や、分野の発展のための駆動力を見た思いである。

2 日目はまず、PF の小角散乱ビームラインにおける技術開発に関するご講演があり、蛋白質結晶学を専門としている研究者でも今すぐ取り組んでみたい内容が満載であった。次のクライオ電顕に関する話題は、構造生物学に携わっている研究者なら皆気になるところである。最近阪大蛋白研に導入された新型電子顕微鏡を用いた virus like particle の構造解析では、一日で原子レベルの解析が終了したとのホットな紹介をして頂き、日本における電顕新時代の到来を間近に感じた。続く講演では、SPring-8



図1 多くの聴衆で盛り上がる小林ホール

BL32XU で開発された ZOO システムの各コンポーネントを使うことで、クライオループ上にマウントされた多数の微小結晶から各 5-10° 程度の振動範囲からデータセットを収集する技術が紹介された。休憩をはさみ最後のセッションにおいては、PF で成功例の増えてきた S-SAD 法に対して統計的考察も含め技術開発が紹介され、多くの潜在需要が掘り起こせた模様である。また、SACLA におけるシリアル結晶学が紹介された演題では、オンライン・オフライン処理系を有機的に組合せ、測定へのフィードバックをしつつ莫大な量の回折イメージからデータ選別をおこない、構造解析をおこなうパイプラインの紹介があった。

最後は千田俊哉先生の閉会のご挨拶を以て 2 日間の会期を終えた。最後まで小林ホールに沢山の参加者の方々に残って頂き、この場をお借りして深謝申し上げます。また、本会を企画・運営するに当たり、事務局の銭谷智子さん、高橋良美さん、宮本きみさん、大島寛子さんをはじめとし各所で PF 関係秘書室や構造生物学センターの皆様に御協力頂いた。本会を盛会として開催できましたこと、末筆ではございますが厚く御礼申し上げます。

<プログラム>

8月1日(月)

- 12:30 受付開始
- 13:00 開会挨拶 (尾瀬農之, 北大)
- 13:10 PF における全自動データ収集・処理システム開発 (山田悠介, PF)
- 13:40 PF の自動測定を活用して (藤間祥子, 東大)
- 14:10 タンパク質構造解析を基盤とした創薬研究における自動化ビームラインの活用 (天野靖士, アステラス製薬)
- 14:40 休憩
- 15:00 結晶のハンドリングの実例 (千田美紀, PF)
- 15:30 世界の試料交換ロボット事情 (平木雅彦, KEK)
- 16:00 測定自動化の現在と未来 (篠田晃, 北大)
- 16:30 SPring-8 における自動化への取り組み (熊坂崇, JASRI)
- 17:00 休憩
- 17:20 製薬企業の放射光利用 (宮口郁子, 田辺三菱製薬)
- 17:50 海外放射光施設, ビームライン利用事情 (田辺幹雄, PF)
- 18:20 中級者向け講習会講演のまとめ, および PF-UA タンパク質結晶構造解析ユーザーグループ活動報告 (藤橋雅宏, 京大)
- 19:00 懇親会

8月2日(火)

- 9:00 BioSAXS におけるパイプライン自動測定解析 (清水伸隆, PF)
- 9:30 電顕構造解析の現状と相関構造解析 (宮崎直幸, 阪大)
- 10:00 データ収集・処理の自動化による多数の微小結晶

- を用いた構造解析の効率化 (山下恵太郎, 理研)
- 10:30 休憩
- 10:50 Native-SAD 法をベースとした自動構造決定システム開発 (山田悠介, PF)
- 11:20 SACLA でのシリアル結晶学のためのデータ処理パイプライン (中根崇智, 東大)
- 11:50 施設から (千田俊哉, PF)
- 12:20 閉会挨拶 (千田俊哉, PF)

CMRC 研究会「量子ビームを用いた多自由度強相関物質における動的交差相関物性の解明」と PF 研究会「共鳴軟 X 線散乱を用いた構造物性研究の進展」の合同ワークショップ 開催報告

放射光科学第二研究系 佐賀山基, 中尾裕則

2016 年 9 月 20 日(火) ~ 21 日(水) に KEK つくばキャンパス研究本館小林ホールにて、CMRC 研究会と PF 研究会の合同ワークショップを開催いたしました。PF 研究会「共鳴軟 X 線散乱を用いた構造物性研究の進展」(提案代表者: 山崎裕一氏・東大/理研, 藤田全基氏・東北大) は、近年発展が著しい共鳴軟 X 線散乱 (RSXS) の手法を用いた構造物性研究について最近の進展と将来の方向性を議論することを目的として提案されました。他方、CMRC プロジェクト「量子ビームを用いた多自由度強相関物質における動的交差相関物性の解明」(プロジェクトリーダー: 佐賀山基・KEK 物構研) は強相関物質系における多自由度の動的相関による新奇物性開拓とその解明を目的としています。現在、KEK では「学術研究」と「人材育成」の拠点として、加速器やビームラインの技術、大学共同利用の経験を集結した、世界最先端の高輝度光源施設「KEK 放射光」を計画し推進しています。その経緯と現在の状況をより多くの研究者に示し、実現するであろう最先端の光の活用方法を、「測定手法」と「物質あるいは現象」の双方の側面から議論することを目指し、世話人である中尾の仲立の下、合同でワークショップを開催することにいたしました。

はじめに、中尾 (KEK) より本ワークショップの開催にいたる経緯が説明されました。続いてのセッション「共鳴軟 X 線散乱を用いた構造物性研究の現状と将来」では、山崎氏 (東大/理研) より強相関電子系の構造物性研究における RSXS の位置付けから最近の成果について紹介され、以降、RSXS を用いた最近の研究の成果に関する発表が続きました。岡村氏 (東大工) からマルチフェロイック Cu_2OSeO_3 におけるスキルミオン格子の電場制御について、本田氏 (KEK) からは一次元螺旋磁性体 CrNb_3S_6 におけるカイラルソリトン格子の特異な磁場応答の観測について、RSXS の小角領域測定の成果を報告されました。木村氏 (東北大多元研) からは複数の量子ビーム (中性子, 硬

軟 X 線共鳴散乱, ミュオンスピン回転)を相補的に用いたマルチフェロイック物質 $R\text{Mn}_2\text{O}_5$ の磁気構造に関する研究が紹介され, 多角的な量子ビーム実験の重要性を強調されていました。SPring-8 における RSXS の取り組みとして, 田中氏(理研)からは結晶と磁気のキラリティの走査型イメージングについて, 和達氏(東大物性研)からはポンププローブ時間分解測定による電子・スピンドYNAMIKS の観測について紹介されました。近年, 軟 X 線の波長領域で遷移金属元素や酸素の吸収端を用いた非弾性共鳴 X 線散乱による電子励起の観測が急速に進歩しています。藤田氏(東北大金研)は実験的な側面から, 遠山氏(東理大)は理論家の立場から, 銅酸化物高温超電導体に関する研究を通して, 現在の世界的な動向と将来光源計画への期待を述べられました。初日の最後のセッション「KEK 放射光計画」では, KEK 放射光計画の現在の状況に関して, 原田氏(KEK)が光源加速器設計について説明し, 実現が期待されている新光源のスペックが具体的に示されました。その夢の光を使ったサイエンスの展開について KEK 放射光 CDR でまとめられている内容の一部を中尾(KEK)が紹介しました。そのまま, 小林ホール前のスペースにおいてポスターセッションを兼ねた懇親会が催され, 荒唐無稽な夢のような研究について, あるいは発表ポスターを前にして実験のディープなディテールについて, アルコールと共に熱い議論が交わされていました。

二日目は「多自由度強相関物質における動的交差相関物性」と題したセッションを行い, はじめに, 東北大多元研の坂倉氏が, PF の BL-14A に設置されている最高精度を有する 4 軸回折計を用いて得られたデータから, 遷移金属酸化物における軌道占有自由度の秩序化パターンを秩序した軌道の波動関数として精密に決定した結果と, その解析手法について紹介されました。松浦氏(東大新領域)はバナジウム酸化物の非弾性中性子散乱実験を行い軌道占有自由度とスピンのダイナミクスを調べた結果を紹介し, 両者が結合した新しい素励起の可能性について議論されました。佐藤氏(九大理)からは, レーザー光の逆ファラデー効果を用いた, 強磁性体におけるスピン波励起の生成とその実時間観測について紹介され, 実空間実時間測定の威力をまざまざと感じさせられました。短いコーヒーブレイクをはさみ, 高橋氏(東大工)からはテラヘルツ領域における動的な電気磁気効果であるエレクトロマグノン共鳴と, そのマクロな物性である非相反吸収効果について, ベロブスカイト型マンガン酸化物の例を挙げて紹介されました。中島氏(理研)は同じく動的な電気磁気効果について, Y 型ヘキサフェライトにおけるエレクトロマグノン共鳴の微視的な機構解明を目指したスピン偏極中性子実験の成果を紹介されました。谷口氏(東北大金研)は, 電気磁気効果を発現させることを目標とした新たな研究の方向性として, 金属錯体から構成される多孔性遷移金属錯体集積体を電極としてリチウムイオン電池を構成し, その蓄放電により電氣的に磁性を制御することに成功したことが示されました。最後に, 佐賀山(KEK)より CMRC プロジェクト

について紹介し, 複数自由度の多重秩序状態におけるダイナミクスの解明を目指した研究についてのこれまでの取り組みと, 今後の方向について示しました。

以上のように, 二日間にわたって, 強相関物質系の構造物性研究についての現状と将来展望が議論されました。近い将来に実現が期待される高輝度放射光源の実現に向けて, 継続して議論を行っていきたいと考えておりますので, 今後ともよろしく願いいたします。

<プログラム>

9月20日(火)

共鳴軟 X 線散乱を用いた構造物性研究の現状と将来 1

- 13:30-14:00 共鳴軟 X 線散乱によるスピネクスタの観測
山崎裕一(東大/理研)
- 14:00-14:20 マルチフェロイック Cu_2OSeO_3 におけるスキルミオン格子の電場制御
岡村嘉大(東大工)
- 14:20-14:40 CrNb_3S_6 におけるカイラルソリトン格子の特異な磁場応答の観測
本田孝志(KEK 物構研)
- 14:40-15:10 中性子・X 線・ミュオン相補利用による RMn_2O_5 系マルチフェロイクスの磁性・構造研究
木村宏之(東北大多元研)
- 15:10 ~ 15:30 Coffee break

共鳴軟 X 線散乱を用いた構造物性研究の現状と将来 2

- 15:30-16:00 共鳴 X 線回折による多極子秩序観察と応用
田中良和(理研)
- 16:00-16:30 時間分解軟 X 線回折・分光と SPring-8 BL07LSU での取り組み
和達大樹(東大物性研)
- 16:30-17:00 共鳴軟 X 線散乱へ期待すること - 量子ビームの相補利用から -
藤田全基(東北大金研)
- 17:00-17:30 共鳴非弾性 X 線散乱の理論の現状と実験への期待
遠山貴巳(東理大)

KEK 放射光計画

- 17:30-18:00 KEK 放射光(KEK-LS)計画の加速器設計
原田健太郎(KEK 加速器)
- 18:00-18:30 KEK 放射光で期待されるサイエンスの展開
中尾裕則(KEK-PF)
- 19:00- 懇親会, ポスターセッション

9月21日(水)

多自由度強相関物質における動的交差相関物性

- 9:00-9:20 単結晶 X 線回折による軌道波動関数測定
坂倉輝俊(東北大多元研)
- 9:20-9:40 スピネル型酸化物 MnV_2O_4 におけるスピン-

	軌道混成励起の観測 松浦慧介（東大新領域）
9:40-10:10	逆ファラデー効果による超高速磁化制御 佐藤琢哉（九大理）
10:10-10:30	Coffee break
10:30-11:00	テラヘルツ帯の電tromagnon共鳴 高橋陽太郎（東大工）
11:00-11:30	偏極中性子非弾性散乱を用いた Y 型ヘキサ フェライトの電tromagnonの研究 中島多朗（理研）
11:30-12:00	多孔性遷移金属錯体集積体におけるリチウ ムイオン電池を用いた電氣的磁性制御 谷口耕治（東北大金研）
12:00-	最後に 佐賀山基（KEK-PF）

ポスター発表

- 軟 X 線共鳴散乱を用いたマルチフェロイック物質 SmMn_2O_5 の磁気秩序観測 石井祐太（東北大多元研）
- X 線ラマン散乱による $\text{CaCu}_2\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ の電子構造研究 手塚泰久（弘前大理工）
- $\text{Ir}_{1-x}\text{Pt}_x\text{Te}_2$ の共鳴 X 線散乱 田久保耕（東大物性研）
- 軟・硬 X 線で見た $\text{La}_{1/3}\text{S}_{2/3}\text{FeO}_3$ 薄膜の電荷・磁気秩序の膜厚依存性 山本航平（東大物性研）
- マルチフェロイック物質 BiFeO_3 - BaTiO_3 混晶系の局所構造と電子状態 中島伸夫（広島大院理）
- 銅酸化物高温超伝導体における、内部構造のある電荷秩序相関とプラズモン励起 山瀬博之（物材研）
- 軌道ネマチック揺らぎによる新しい高温超伝導機構 我妻友明（北大院理）
- T' 構造銅酸化物 $\text{Pr}_{1.4}\text{La}_{0.6}\text{CuO}_4$ における磁気励起スペクトルの温度変化 浅野駿（東北大院理）

【放射光分析技術上級コース】

平成 27 年度は定員の 3 名を受入れ、研修を実施しました（光電子分光 2 名、X 線回折散乱 1 名）。平成 28 年度についても 3 名の研修に取り組んでいます。

この取り組みにおいて受講者の方からいくつかご意見やご感想を頂いているので簡単にご紹介します。

—入門コース—

「放射光を用いた実験手法について具体的なイメージが湧いた。」「精度の高いデータを得る為に放射光を利用する意義を感じた。」「座学だけでなく、実際に装置を操作できたことは貴重な経験になった。」等

—上級コース—

「一通り自身で実験を行うことができるようになった。」「今後も引き続き放射光を利用して自身の研究に関する理解を進めたい。」等

受講者の皆さんからは概ね好評を得ていますが、一方で、例えば入門コースでは講習から実習までの期間をあまりおかないで実施して欲しい、等の要望もあることから、事務局は今後も参加修了後のアンケート等を活用してコース内容を改善して参ります。

—今後の予定—

第 5 回入門コース（講義：平成 29 年 4 月頃、実習：平成 29 年 6 月頃 X 線小角散乱を予定）の募集を平成 29 年 1 月頃に行う予定です。ホームページでお知らせしますが、ご興味のある方は、募集期間の前でも差支えありませんので、下記の間合せ窓口にご連絡下さい。よろしくお願いたします。

ホームページ：<http://cupal.kek.jp>
 問合せ先：kek-cupal@pfiqst.kek.jp
 TEL：029-864-5200（内線 2522）

CUPAL 講習会 開催記

Nanotech CUPAL KEK 事務局

Nanotech CUPAL は、平成 26 年度下期から始まった文部科学省「科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業」のもとで、TIA と京都大学を中核として形成されたコンソーシアムです（<https://nanotechcupal.jp>）。その中で KEK は、PF を利用した放射光分析に関して 2 つの研修コース（放射光利用技術入門コース、放射光分析技術上級コース）を実施しています。これまでに PF で実施された研修コースを以下に記します。

【放射光利用技術入門コース】

- ・第 1 回 小角散乱
- ・第 2 回 粉末 X 線回折
- ・第 3 回 XAFS
- ・第 4 回 イメージング



図 1 講習会の様子（上）、実習の様子（下）

第3回 KEK 放射光利用技術入門コースに参加して

東京工業大学科学技術創成研究院フロンティア材料研究所
安井伸太郎

この度、ナノテクキャリアアップアライアンス第3回 KEK 放射光利用技術入門コース《短期型》に参加させていただきました。このコースは放射光分析 (XAFS) に特化したものであり、3月1日に講義形式、そして6月2および3日で実践形式の測定及び解析を行いました。初日は XAFS の理論からその応用例まで幅広くご説明いただき、初心者の私にも理解が進みました。また2日目および3日目は実際に PF 内で XAFS 実験を行い、得られたデータの解析を試みました。少人数でのコースであったため、講師の先生方と密にコミュニケーションを取ることが出来、そして手取り足取り教わることが出来ました。実験は3つのビームライン (BL-9A, BL-9C, BL-12C) において、一般的な測定からガス置換、温度変化等の雰囲気制御中での測定など様々な条件下での経験をする事が出来ました。また、透過法と蛍光法の相違を実験的に行うことが出来たのは、机上では理解できない細かい点まで経験する良いチャンスになりました。データ取り扱ひの実践においては、EXAFS スペクトルを ATHENA によって解析しました。既知のサンプルデータといえども、フィッティングの方法によっては非常に個人差がやすく、経験的な視点によるアーティファクトの見極めなど肌で感じる事が出来ました。初心者の私にとっては初めての経験を多くさせていただくことができ、扱うことすべてが目から鱗の状態でした。この経験は今後 XAFS 実験への取り組む非常に大きな第一歩となったと考えております。

ここからは私の個人的意見ですが、XAFS など放射光施設を使って得られるデータは、様々な実験を行うにあたり非常に強力なツールであります。逆の言い方をすると、現在の科学技術では、このような実験を行うのが当たり前になってきており、論文投稿時のレフリーとのやりとりでデータが無いと強く言論する事が出来ません。特に材料設計、特性解析などすべての材料屋にとって、結晶中のイオン価数や配位数などの情報は重要です。しかしながら放射光は素人にとってはなかなか近づきたい実験施設で有るため、簡単にアプライできるとは普通考えづらいものです。しかしながら本コースのような入門編の勉強会、特に実践形式を含んだものは他に類を見ず、これからも若手にとっては非常に活躍する会になると思います。私のような素人でも入って行きやすい環境を作ることが出来ました。ビームタイムを得るためのアプリケーションの書き方など、担当者の方々が講師の先生を務めていたおかげで、コミュニケーションを容易に取ることができ、今後の実験の発展が期待できます。

最後になりましたが、ナノテクキャリアアップアライアンスの本コースに参加を許可していただきました Nanotech

CUPAL に関わる先生方、講師の皆様、事務の皆様、大変お世話になりました。今後の会の発展をお祈り申し上げます。

The 39th International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-Ray Physics (VUVX2016) 会議報告

放射光科学第一研究系 北村未歩, 堀場弘司

International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-Ray Physics (VUVX) は3年に一度開催される国際会議で、今年の VUVX2016 国際会議は、Paul Scherrer Institutes (PSI) 主催で、2016年7月3日から2016年7月8日までの6日間に渡り、スイスの ETH Zürich (図1) にて開催された。真空紫外光、軟X線及び硬X線の放射光光源に加え、レーザー光源やプラズマソースを利用した研究に携わる約360名の世界各国の研究者が一同に会する会議になった。議題は、各国放射光施設の現状から装置や手法開発、材料研究まで多岐に渡った。全日、2つのパラレルセッションが組まれ、4日と5日の夜には約290件ものポスター発表が行われた。この時期のスイスは想像以上に暑く、気温はつくばとあまり変わらないが湿度が低く、比較的過ごしやすかった。夜は9時まで明るく、時間の感覚がよく分からなくなった。

4日の朝には、PSI の Thorsten Schmitt 氏の Welcome トークにより会議が開始した。スイスの名物であるカウベル(図2)が発表時間を知らせるために使用されるなど、粋な計らいがなされていた。Ralph Claessen 先生の軟X線及び硬X線光電子分光を用いたペロブスカイト酸化物ヘテロ界面の電子状態に関する研究の発表があり、PF の MUSASHI (BL-2A) にて、軟X線光電子分光を用いて同じような研究を行っている筆者らには、硬X線と軟X線の相補利用は今後の研究展開を考える上で参考になった。パラレルセッションでは、角度分解光電子分光 (ARPES) と顕微分光、X線吸収分光 (XAS)、及びコインシデンス分光のト



図1 会場となった ETH Zürich



図2 発表時間を知らせるカウベル

ピックで発表が行われた。ARPESのセッションでは、筆者らの酸化物薄膜の *in situ* ARPESの発表の他、真空紫外レーザーによるARPESや、時間分解APRESが紹介された。真空紫外レーザーを使うことで非常に高いエネルギー分解能と波数分解能を達成しており、高温超伝導体のバンド構造を詳細に観察できていた。また、時間分解ARPESでは、サブ100 fsのスピンドensity波のダイナミクスが観察されていた。XASのセッションでは、European Synchrotron Radiation Facility (ESRF)にて、同じ試料に対して、マイクロビーム照射によるX線回折とX線吸収分光、及び蛍光X線分析を行うことができるシステムが紹介され、サンプル各点での構造や組成の比較が高速で可能になっていた。夜にはポスターセッション(図3)が開催され、発表を行った。筆者らの研究対象であるNi酸化物やMn酸化物は、日本よりもむしろ海外で精力的に研究されている物質であるため、試料の作製の詳細からスペクトルの細かな解釈まで多くの質問を受けた。英語での深い議論はなかなか難しかったが、非常に有意義な時間が過ごせた。また、PSIやDiamondの研究者とも知り合いになれば、とても貴重な機会であったと思う。

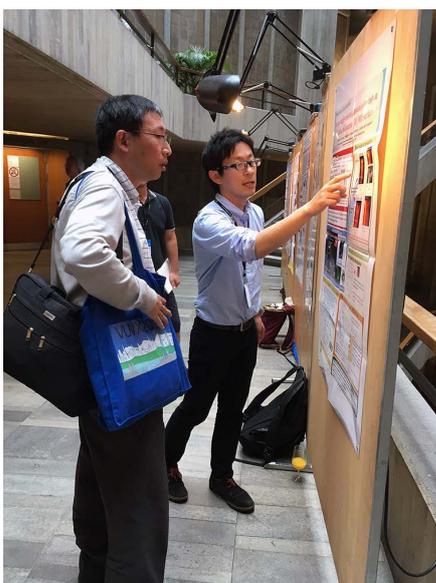


図3 ポスターセッションの様子。飲み物やスナックが準備され、3つのエリアに渡って活発な議論が行われた。

5日には、顕微分光、光電子分光、光源、及び共鳴X線散乱(RIXS)の平行セッションが行われ、夜には4日と同様にポスターセッションが開催された。2日間に分かれたポスターセッションは、トピック毎に日程を分けるのではなく、ポスター番号の偶奇での分類であったため、両日全トピックの発表を聞くことができた。さらに開催期間中はずっと全てのポスターが展示されていたため、発表件数が多かったにも拘らず、自分の見たいポスターをきちんと見に行くことができた。

今回の会議のオーラルセッションは、ARPESの4セッション、XASの4セッションと並んでRIXSのセッションが4つ行われており、最近の軟X線RIXS研究の隆盛を如実に反映していた。この軟X線RIXS研究を牽引してきた地元PSIのSwiss Light Source (SLS)とSPring-8からそれぞれ最新の研究が紹介されたことに加えて、他施設における更なる高分解能化を目指した分光器建設の報告が次々となされた。ESRFでは880 eVでエネルギー分解能30 meV ($E/\Delta E \sim 30,000$)を達成したとの報告があり、いよいよ同エネルギー領域のARPESの分解能を凌駕してきた。また台湾からも新光源Taiwan Photon Sourceにおいてプロトタイプ分光器でエネルギー分解能10,000超を達成し、更に分解能60,000を目指した分光器を建設中であるという報告があった。今後KEK放射光計画を進める上でも、軟X線RIXSビームラインの建設はもはや必須であろうと思うと同時に、エネルギー分解能競争はかなり飽和しており、今後はそれ以外の付加価値を付けることで差別化を図っていくという方向性も検討することが重要になっていくのではないかと感じた。それ以外のセッションとしては、顕微分光や時間分解計測が独立したセッションとなっており、これも最近の研究トレンドを反映していると感じた。特に時間分解計測に関しては、昨今のレーザー高調波技術の発展と、世界各施設のFELが本格稼働してきたことを受けて、fsを切るような時間スケールの測定が実現しており、技術の目覚ましい進歩を痛感した。

8日にVUVX Awardの表彰及び記念講演が行われ、会議が終了した。VUVX Awardには、物性物理の分野で、大阪大の関山明氏が、強相関電子系のバルク敏感な光電子分光、及び光電子分光の二色性に関する研究を讃えられ受賞された。日本人の受賞を誇らしく感じた。

会議終了後には、PSIの見学ツアーが行われ、軟X線領域の第3世代光源として世界最先端の成果を出し続けているSLSと、その技術と経験を生かして建設中のSwissFELを見学した。特にSwissFELの建設現場を見学できたことは、次世代のKEK放射光の建設をイメージする上でも非常に有意義であった。また、今回は見学できなかったが、PSI内には中性子とミュオンの実験施設もあり、複数のプローブを同じサイトで利用して実験することが可能となっている。同様にマルチプローブ研究を推進しているKEKとしては参考になる点が多いのではないかと感じる。是非また機会を見つけて訪問してみたい。

次回の会議は2019年にサンフランシスコで行われるこ

とが決定している。3年後には国内外における本分野の研究環境もまた大きく変化しているであろうと思われるが、更に盛大に会議が開催されることを期待するとともに、我々もこのコミュニティの発展のために大いに貢献できるよう尽力していきたい。

第66回アメリカ結晶学会年会2016に参加して

構造生物学研究センター 原田彩佳

アメリカ結晶学会 (American Crystallographic Association; ACA) 年会が7月22日から26日にコロラド州デンバーで開催され、出席した。アメリカ結晶学会は、35か国以上のメンバーで構成される中規模の学会で、毎年7月に開催される。コロラド州デンバーは一年間で300日は晴れという気候の都市で、滞在期間中は連日30から35°Cとかなりの暑さであったが、日本とは異なり湿度が低いせいか気温の割には過ごしやすかったように感じた。初日、事前登録制の5つのワークショップが行われたため、セッションは23日から始まった。セッションは専門分野である構造生物学のセッションを中心に参加した。中でも“Things We No Longer Need To Know”のセッションが一番記憶に残っている。現在の構造生物学では、回折強度データ収集からデータ処理までのプロセスは全自動化および高速化が進んでいる。近い将来、ズームラインで1つクリックするだけでわずかな時間で構造まで出てしまう時代になるのではと考えている。よって、全自動化が進むほど、その解析の中身は完全にブラックボックスとなってしまふ。ブラックボックスの中には、逆空間、結晶の対称性や空間群の基礎的な内容があるが、これらが“Things We No Longer Need To Know”であると紹介された。現在、基礎内容は隅に置かれがちであるが放射光施設で研究している者としてきちんと理解していなければいけないと改めて思うものの、その分今後の構造生物学研究において放射光施設で何ができるかを真剣に考える方が重要であるとも感じた。

総研大生であった時に、3か月間 Advanced Photon Source に滞在させていただく機会があった。今回の学会で、滞在期間中お世話になった研究者の方々と久しぶりに会い、意見や情報交換を行うことができ楽しい時間を過ごすことができた。ポスター発表では、BL-1A を利用した、タンパク質の立体構造決定における Native (Sulfur)-SAD 法の解析条件検討について発表を行った。Native (Sulfur)-SAD 法は、従来から頻りに用いられている SAD 法とは異なり、結晶中への重原子の導入や、蛋白質中のメチオニンをセレノメチオニンに置換した誘導体などを調製する必要がなく、新規構造の迅速で簡便な決定法として期待を集めている手法である。ACA への参加は初めてであったが、構造生物分野のポスターが非常に多いと感じた。同分野の研究者の方も沢山参加しており、アメリカだけではなく世



図1 筆者(左)と構造生物学研究センター長の千田俊哉氏(右)。

界各国から最先端の研究結果が発表されるため、自身の研究内容における情報収集以外にも収穫が多い学会であると感じた。

最終日の26日には Banquet が行われ、同時にポスター賞の発表があった。8つのポスター賞があり、筆者は Journal on Structural Dynamics Poster Prize を受賞することができた。副賞は Linus Pauling の General Chemistry の教科書と \$250 であった。Native (Sulfur)-SAD 法による位相決定法は、まだまだ発展途上の技術であることから今後の研究への進展に期待されていると感じた。

来年の ACA は IUCr (International Union of Crystallography, 8月下旬) と重なることから、7月ではなく5月に New Orleans で開催される。

※ ACA の HP (<http://www.amercrystalassn.org/>) /

The 24th International Workshop on Future Rare-Earth Permanent Magnets and Their Applications (REPM2016) 参加報告

放射光科学第一研究系 齊藤耕太郎

8月28日から9月1日にかけてダルムシュタット工科大学にて開催された希土類永久磁石に関する国際ワークショップ REPM2016 に参加してきた。今回で24回目を迎える REPM は、1966年に世界で初めて希土類元素入りの SmCo₅ 磁石を発明した Strnat が1974年に第1回を主催してから、日米欧を中心に約2年に1度の頻度で開催されており、現代社会に不可欠となった希土類永久磁石の発展において非常に重要な役割を担ってきたワークショップである。所属機関ベースでは企業ブースも含めて34カ国から364名の参加があり、主な国別人数ではドイツ130人、日本72人、中国26人、アメリカ22人、フランス17人、イギリス12人、ブラジル12人、ロシア9人となっていた。

発表はすべてシングルセッション、招待講演は14件、一般講演は55件、ポスター発表は170件であった。ここで特筆すべきは発表者の所属機関の国別分布である。3件以上の口頭発表があった国は日本21件、ドイツ19件、ア

アメリカ 8 件, フランス 4 件, 中国 4 件であり, 5 件以上のポスター発表があった国はドイツ 40 件, 日本 32 件, 中国 20 件, ロシア 14 件, イギリス 9 件, ブラジル 9 件, フランス 7 件, アメリカ 6 件という具合であり, 日本の発表件数が開催国であるドイツとほぼ同数なのだ。このような参加者の統計が研究の質を反映するわけではないが, 磁性研究一般において比較的大きいといえる日本の存在感が, 永久磁石研究においては輪をかけて大きいとは言えるだろう。

このワークショップの特徴はその名の通り, 「希土類元素」と「永久磁石」という二つの要素に還元される。希土類元素は現在採掘中の鉱山に限られた国にしかなく, 同じ鉱石に多数含まれる性質の似た元素の分離抽出にも大変手間がかかるため, 希土類元素を直接購入する磁石メーカーのみならず磁石を使った最終製品のメーカーや大学や研究所の物質科学研究者までもが原料元素の精製や再利用技術の発展及び需給状況や価格に対して高い関心を持っている。また, 永久磁石研究の特徴は, その主な応用であるモーターを例にとると, モーターを搭載した最終製品に必要な性能からモーターに採用する磁石の性能が大まかに決まるため, 磁石・モーター・最終製品の各メーカーが磁石に関する問題を共有している点にある。これら希土類元素と永久磁石の持つ二つの特徴ゆえに, 元素の採掘・精製から磁石の製造・解析技術, モーター設計, 最終製品からの分離・再利用に至るまで希土類永久磁石のライフサイクルをすべてカバーする幅広い発表で構成されているのが REPM の特徴である。ちなみに, このワークショップの名前は 2012 年に長崎で開かれた第 22 回までは "International Workshop on Rare-Earth Magnets and Their Applications" であったが, 2014 年にアナポリスで開かれた第 23 回と今回では Future Rare-Earth Magnets という言い方に変更されている。これは資源の供給不安が常につきまとう希土類元素を含まない高性能希土類フリー永久磁石の開発も希土類永久磁石コミュニティ内で取り組むべきだという姿勢の現れだと考える。事実, 両回ともに希土類フリー磁石に関するセッションが設けられている。希土類永久磁石に特化されたワークショップに希土類元素を含まない磁石のセッション

が含まれるのはいささか奇妙に聞こえるが, 希土類に含まれる 4f 電子の持つ磁気異方性の力を借りずに希土類永久磁石と同等の性能を出せるのかというのは基礎的にも技術的にも興味深いテーマであるし, 何よりも希土類磁石業界の重要なプレーヤーである磁石メーカーと磁石ユーザーは強力な磁石に希土類元素がいらなくなる日について重大な関心を持っているからという理由もあるだろう。

口頭発表のセッション名を見ると「資源・抽出」, 「Nd-Fe-B 磁石の製造・性能」, 「Nd-Fe-B 磁石の保磁力機構」, 「Ce 置換 Nd-Fe-B 磁石」, 「その他の希土類磁石」, 「希土類フリー磁石」, 「薄膜及びナノコンポジット磁石」, 「先端計測技術」, 「モデル計算」, 「モーター」, 「リサイクル」となっており前述の通り希土類永久磁石のライフサイクル全体をカバーしていることがわかる。発表の中で特に記憶に残っているのはライフサイクルの始点である鉱山からの希土類元素の精製抽出に関する大手鉱山会社の講演である。まさにラインと呼ぶにふさわしい数百メートルに及ぶ 1000 個もの精製プロセスを経て環境への影響を考慮した操業をしているという話であった。最近彼らがマレーシアに作った工場に対する地元住民や環境保護団体の反対に関するニュースを小耳に挟んでいたので当事者によるこのような話は少々割り引いて聞く必要はあるだろうが, 「社会のエネルギー効率を高め環境負荷を軽減するために作る高性能磁石の原料に環境破壊を省みずに生産した希土類元素を使用するとは意味がない」という主張はもっともである。この話の背景には, ハイブリッドカーの動力モーターや風力発電のタービンに使われる磁石に耐熱性能を上げるために Dy や Tb といった重希土類元素が使われることと, 重希土類元素の供給源が環境負荷を無視した違法採掘で知られる中国南部の鉱山に実質的に限定されているという事実がある。重希土類元素は世界中のいくつかの地域に存在するが, 通常は分離精製が難しい形態で鉱石に含まれる。一方, 中国南部のイオン吸着鉱という特殊な鉱山では, 山の上からドバドバと硫酸アンモニウムを注いで溶け出した希土類イオン溶液を下方で回収するという環境への影響を無視すれば圧倒的に低コストで済む荒っぽい手法が使える, 一時期は麻薬密売と同程度の利益が得られたという (cf. <http://www.globaltimes.cn/content/719978.shtml>, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2013.03.006>)。広大な山間部に点在する鉱山は当局の監視も行き届かず違法採掘が長年ほびこっており, 環境性能が売りである省エネ工業製品を支える重希土類元素の供給源が環境負荷を無視した違法採掘鉱山であるという状況は, 中国の研究者も含めて世界中の希土類永久磁石関係者が共有している大きな問題である。この問題に関しては鉱山会社のアピールの他に, 製造プロセスの改良により重希土類を使わずに耐熱性能を保った磁石を作る王道アプローチに加えて, ウランの抽出技術を持つ原子力系の研究機関による無機錯体の選択的結合を活用した Dy の抽出や役目を終えた最終製品からリサイクルによって希土類元素を抽出する方法などの研究発表があったが, 一時期の希土類元素の価格暴騰も落ち着きハイブリッドカーに使える程



図 1 ドイツでの学術イベントでは必ずと言っていいほどセッション終了後にビールが振舞われる。

度の重希土類フリー磁石が生産され始めた現在、研究のトレンドとしてはやや落ち着いてきているようである。

資源に端を発するという点では重希土類をテーマとした研究と同じだが、希少性の高い重希土類とは全く逆の問題意識から最近盛り上がりを見せているのが Ce 置換系磁石の研究だ。定義上は希土類元素の一つとなっている Ce は、実は希土類としては地球上で銅の次に多い元素であり、Nd などの他の希少な軽希土類の副産物として世界中の希土類鉱山で大量に産出されている。しかし、永久磁石の原料として高く売れる Nd とは異なり、あまり使い道のない Ce はタダ同然の価格しかつかずほぼ廃棄物として扱われている。タダ同然の Ce を使って高価な Nd を使った磁石に比肩する磁石が作れば、鉱山会社、磁石メーカー、最終製品メーカー、ひいては一般消費者にとっても利益になるのは明白であるが、残念なことに四価になり 4f 電子を失いやすい Ce イオンは 4f 電子の磁気異方性が重要な役割を担う希土類永久磁石の性能を著しく悪化させることが知られている。本ワークショップでは如何に Ce 置換による磁石性能低下を抑えるかという工学的な研究と、Ce 置換が磁石のベースとなる強磁性体にどのような細かい影響を及ぼすかといった基礎的な研究の発表があり、本稿では触れない希土類フリー磁石とともに希土類磁石業界の大きなトレンドになっている。

170 件のポスター発表を大まかな研究テーマごとに国別に数えてみたところ、希土類磁石業界のトレンドに関してワークショップ前からぼんやりと感じていたことが数字として明らかになった。希土類永久磁石の花形である Nd-Fe-B 焼結磁石の世界市場のシェアを見ると、欧米メーカーの存在感は非常に小さく、比較的安価な製品は中国メーカーが、高価格帯の高性能磁石は日本メーカーが独占している状況が見えてくる (<http://doi.wiley.com/10.1002/adma.201002180>)。一方で、現在日米欧では国家戦略性の高い希土元素の使用量を減らすための大型研究プロジェクトが進行しており、本ワークショップにはそれらプロジェクトの関係者が多数参加していたと思われる（日本からの参加者はかなりの割合が自分の所属する元素戦略磁性材料拠点 ESICMM の関係者であった）。これらのプロジェクトは表面的には似通っているが、実は産業界の市場シェアを如実に反映して日米欧で方針がかなり異なることが本ワークショップではっきりした。ポスター発表のテーマを数えると、それぞれ異なる商品セグメントで世界的なシェアを誇る磁石メーカーを持つ日本と中国は既存の Nd-Fe-B 磁石や他の希土類磁石の改良といった持続的イノベーションの研究が多い一方で、競争に敗れた欧米は最終製品からのリサイクルによる希土類元素抽出や磁石の再生あるいは破壊的イノベーションとも呼べる希土類フリー磁石の研究に力を入れていることがかなりはっきりとわかった。また、永久磁石研究の趨勢を考える上で、このような戦略の違いに加えて重要なのが現在様々な分野でざわめきを起こしている機械学習などの情報学的手法である。銅鉄主義あるいは時に研究者の経験と勘を頼りに泥臭く発展を遂げてきた



図2 バンケット会場となった Orangerie。これほどの会場は日本ではなかなか用意できない。

磁石業界も、昨今の情報学的手法を活用したエレガントでハイスループットな物質開発といった研究手法に関心を寄せている。まだ応用材料独特のあれこれとの実践的な相性のよし悪しの見通しは立っていないものの、このような研究手法における不連続な変化がそれぞれのプロジェクトの目指す連続あるいは不連続な変化にどう寄与するかがわかるのはまだ少し先のことだろう。

ダルムシュタットの街や会場についても少し記しておきたい。フランクフルトから電車で 20 分ほど南に位置するこの街は医薬品・IT・ハイテク企業、複数の大学・研究機関を擁する科学都市（Wissenschaftsstadt）である。フランクフルト大都市圏全体をカバーする世界有数の広域地域交通網 RMV の域内にあるためか、小さい街にもかかわらずバスとトラムが非常に充実している。市街地の端には洞峰公園の池と同じくらいの大きさの遊泳可能だが少し汚い池があり、ワークショップ終了後に向かってみると夏の陽光を楽しむ人々で賑わっていた。そこから南東に 1.5 km ほどいったところにあるダルムシュタット工科大学 Lichtwiese キャンパスが今回のワークショップの会場である。市街地の端といえども中心部から余裕で自転車を通える距離にあり、同じくサイエンスシティを謳うつくばとは全く異なる街のコンパクトさが羨ましい限りであった。ほかにも天井の高い学食やガラス張りで開放的な図書館、しゃれた大学公式グッズなど、浅はかな感想ではあるが自分の出身大学と比べてしまうとかなり魅力的に感じざるを得なかった。バンケットが催されたのは 300 年前に建てられた Orangerie という庭園付きの美しい建物である。Orangerie という名前の建物はパリのオランジュリー美術館やベルサイユ宮殿の庭園の一角を含めヨーロッパ各地に点在し、これらは当初のオレンジなどの暖かい気候を好む植物用の温室から次第に富の象徴として美しい庭園を伴うようになり、冬でも暖かいからか、のちには宿舎や催し物会場として用いられるようになったとのことである。ダルムシュタットの Orangerie は現在は各界の要人を迎えるバンケットに活用されており、ウェブサイトのゲストブックにはメルケル首相やキッシンジャー元アメリカ国務長官な

どの国内外の有名政治家、スポーツ選手、芸術家などの名前が記されている。強い磁力が魅力の希土類磁石だが、彼らの名前のように客を引きつける力がない研究会の名前がゲストブックに載ることはないだろう。

前回決定された2018年のアメリカ開催に続いて、本ワークショップ中に2020年の中国での開催が決まった。エンジン以外のほぼすべての動力源に使われるモーターに必須な磁石は、社会のエネルギー効率に大きな影響を与える。今後強力な磁石の需要がますます高まっていくのは確実だ。30年間チャンピオンであり続けているNd-Fe-B磁石を超える性能を持つ磁石がでてくるのか、本ワークショップで明確になった日米欧のプロジェクトの差がどのような結果を生むのか、2020年にはどこまで明らかになっているのかが楽しみである。

第19回 XAFS 討論会開催報告

名古屋大学シンクロトロン光研究センター 田淵雅夫

第19回目となる日本 XAFS 研究会主催の XAFS 討論会が、2016年9月3日(土)から5日(月)までの3日間の日程で開催されました。

開催に当たっては、名古屋大学シンクロトロン光研究センターとあいちシンクロトロン光センターに御共催を頂き、9月3日、4日は名古屋大学内を会場にし、9月5日はあいちSRのある、あいち産業科学技術総合センター(知の拠点あいち)に会場を移しました。13の学会の御協賛と、10社もの企業からの御後援を頂きましたことを深く感謝致したいと思います。発表件数は5名の招待講演と、1名の依頼講演を加えて合計35件の口頭発表と、46件のポスター発表があり、参加者数は159名を数えました。ここ数年 XAFS 討論会が盛会続きで80を超える講演数と150に近い参加者数が常態化していた流れを引き継ぐことができました。もちろん両方の数は運営の努力で達成されたのではなく、近年の XAFS 研究が広がりを見せ、重要性を増していることの表れではありますが、開催を担当したものと致しましては多数の発表をいただき、御参加頂いた皆様



図1 終始ほぼ満席だった討論会本会場(名古屋大学)



図2 夜まで熱気あふれる討論が続くナイトセッション会場

のおかげと感じています。

招待・依頼させて頂いたご講演は、プログラム上の講演順で、岸本浩通様(住友ゴム工業株式会社)「次世代タイヤ材料開発への量子ビーム活用」、園田早紀先生(京都工芸繊維大学)「マルチバンドギャップ物質開発における XAFS 研究の重要性」、阿波賀邦夫先生(名古屋大学)「物性化学と固体電気化学の融合から生まれる新しいエネルギー変換と情報変換」、満留敬人先生(大阪大学)「高選択的還元反応を促進する金属ナノ粒子触媒の開発と XAFS による活性種の解析」、高谷光先生(京都大学)「溶液 XAFS で観る均一系触媒反応」、雨澤浩史先生(東北大学)「放射光オペランド計測による固体酸化物形燃料電池の反応解析」でした。伝統的に初日午前と最終日午後の時間を使わない XAFS 討論会の枠内で合計6件の御講演は少し多いようではありますが、プログラム委員会からどの御講演にご遠慮いただくことも考えにくいような魅力的な御推薦を頂き、少し窮屈なプログラムになるのは承知で計画しました。結果として、全ての御講演が大変興味深く、新鮮な観点と改めて勉強させて頂く内容に満ちていて、懇親会の場や閉会后にお会いした色々な方々から良い御講演だったとお声を頂くことができました。

一般の御講演を見ると、近年に比べて、地球環境系や生物系のご発表があまりなかったことや、理論系のご発表が減ったという印象があり、これは少し残念な特徴だと思っています。実際には他分野の皆様が所属される色々な学会等との兼ね合いがありますし、逆にこれらの分野からのご発表が少なかつたにも関わらず、例年並みの講演数だったことを考えると、やはり XAFS という分野が発展しているのだと改めて感じました。

討論会初日夜、名古屋大学 VBL に会場を移して開催された恒例のナイトセッションでは、「XAFS 将来光源に関する討論会」と題して、今年度再起動した日本研究会の XAFS 将来光源検討委員会の活動報告に続いて、直近の計画が発表されている東北計画(SLiT-J)、KEK 放射光、SPring-8 II の概要説明があり、これらを踏まえた討論が行われました。会場の門限いっぱいまで続く討論となり、XAFS 分野としては、「それぞれの計画間で協力して事を進めてほしい」ということを継続して伝えていくことが改めて確認されました。

第 19 回 XAFS 討論会に参加して

千葉大学大学院工学研究科 佐々木拓朗

二日目夜の懇親会は、今回共催のあいち SR の代表者でかつ 16 年前の第 3 回実行委員長だった竹田先生のご挨拶を頂いた後、立命館大学の太田先生に御挨拶と乾杯の音頭を頂いて始まりました。毎年討論会に参加された学生の方々の御講演で、審査委員会で最優秀と評された御講演には日本 XAFS 研究会から学生奨励賞が授与されますが、今年も 2 名の方が奨励賞を獲得され、この懇親会の席で日本 XAFS 研究会会長の横山先生から表彰されました（佐々木拓朗（千葉大）「NiO ナノ粒子と担体との界面構造の分析とプロモーション効果」、渡邊稔樹（立命館）「転換電子収量法と透過法の同時 *in-situ* XAFS 測定による形状制御された Cu₂O 粒子の還元特性の解明」）。お二人は、XAFS 研究の未来を担う新しい力として今後の御活躍を期待され、懇親会に参加された皆様からの祝賀を受けられました。

討論会最終日、閉会後にはあいち SR の見学会を討論会に連動して開催させて頂き、これには 35 名の御参加を頂きました。見学は最初の施設全体の概要説明の後にはフリーの時間としました。あいち SR のご利用経験が無く、訪問されるのも初めてという方が多く、あいち SR がどのような施設で、どのようなビームラインが稼働しているか実感して頂ける機会になったと思っています。

今回の討論会の開催は、東海地区で見ると愛知県岡崎市の分子研で開催された第 14 回以来ですので比較的早く廻ってきたという印象を持たれる方も多いかもかもしれませんが、名古屋市、名古屋大学での開催は第 3 回以来で 16 年ぶりでした。私はこの第 3 回にも委員の一人として参加させて頂きましたが、日本 XAFS 研究会主催となる前の開催であったことを思うと、やはり随分昔のことという印象を持ちます。この間に、当時は計画も無かったあいち SR が実現し、共用が開始されてからでも既に 4 年目となっていることを見ても時間の経過を強く感じました。この年月に渡って討論会が継続していることはもちろんとして、この間の参加者数の増加、ご講演の分野の多彩さの増加は、この期間に XAFS が多くの分野の研究手法として重要性を増し、熟成を重ねてきたことを示しているものと思います。

次回開催は、JASRI の宇留賀様のご尽力で進められることが決まっています。次の夏にまた皆様とお会いし、議論を深められますことを祈っています。



図 3 ポスター発表会場での議論と交流

名古屋大学野依記念学術交流館およびあいち産業科学技術総合センターにて、9 月 3 日～5 日の 3 日間に渡り開催された第 19 回 XAFS 討論会に参加し、口頭による研究発表を行った。

XAFS 討論会で発表するのは今回が初めてであったが、参加自体は実は二回目である。一回目はつば、KEK で行われた第 18 回 XAFS 討論会に、運営・進行補助のアルバイトとして参加させていただいた。発表はしなかったが、学会進行の補助をする中で、様々な発表を聴くことができ、XAFS を利用する者として大変勉強になった。そして今回は発表者として参加したいと感じ、今回参加するに至った。私の専門領域は固体触媒であるが、特に XAFS を活用した触媒の構造解析に焦点を当てており、XAFS 討論会への参加は非常に有意義であった。

一日目、東京発の新幹線に乗り込み、名古屋へ向かった。学会発表に対する緊張感もあったが、名古屋は初めて行く都市であったためか、単純に楽しみでもあった。名古屋駅へ降り立った瞬間、千葉とはまた違った熱気と湿気を感じ、西日本の蒸し暑さに驚いた。丁度お昼時であったため、名古屋駅構内のレストランにて味噌カツ定食を頂き、その後名古屋大学へ移動した。

一日目と二日目の会場は名古屋大学内の野依記念学術交流館であった。野依記念学術交流館は、野依良治名古屋大学特別教授が 2001 年ノーベル化学賞を受賞されたことを記念して建てられたもので、同じ化学者のたまごとして、この場所で発表できることに感慨深いものがあった。初日から様々な分野の発表が行われ、活発な議論が交わされた。XAFS と一口に言っても多岐に渡った研究領域に活かすことが可能なのだと、XAFS の有用性を改めて思い知らされた。一日目の夜には通常の研究発表とは別にナイトセッションが行われ、それにも参加した。ナイトセッションでは、XAFS 研究会や全国の放射光施設の今までとこれからのための議論が行われた。学生の私には付いて行くのがやっとの難しい議題であったが、XAFS という分析手法や放射光施設の更なる可能性を感じることができた。また、XAFS を活用している身として、自身の研究や放射光施設ならびにその利用者が直面している課題に対し、真摯に向き合わなければならないと感じた。

二日目には私の発表があった。研究室に配属されて以来、学会での口頭発表は何度か経験してはいたが、やはり緊張感があった。しかしながら、何人かの先生方から質問をいただいたこともあり、得るものが多い発表となった。その上幸いなことに、今回の発表で学生奨励賞を獲得することができた。発表の仕方や質疑応答での受け答えは自分自身必ずしも満足のいくものではなかったため、授賞式で名前を呼ばれた時は驚いた。懇親会では、学生奨励賞の獲得もきっかけとなり、多くの学生や先生方と言葉を交わすこと

ができた。

三日目はあいち産業科学技術総合センターにて、研究発表およびあいち SR の見学会が行われた。私自身は、普段はつくばの KEK-PF にて XAFS 測定を行っており、他の放射光施設を訪れることはほとんどなかったため、大変貴重な体験となった。あいち SR のマシンタイム申請方法は独特で、二か月前からの申請で先着順である。急な申請にも比較的対応しやすいとのこと、是非利用してみたいと感じた。

今回参加した XAFS 討論会では多くの情報と経験を得ることができ、実りある討論会となった。また次回も参加したい。



図2 学生奨励賞授賞。横山利彦日本 XAFS 研究会会長 (左) と筆者 (右)。

XAFS 討論会に参加して

立命館大学大学院生命科学研究科 渡邊稔樹

2016 年 9 月 3 日から 5 日の 3 日間、名古屋大学の野依記念学術交流館 (9 月 3, 4 日) 及びあいちシンクロトロン光センター (9 月 5 日) において開催された第 19 回 XAFS 討論会に参加しました。XAFS 討論会は毎年、夏に開催されており、触媒や電池などを対象に XAFS を使用して解析を行った研究について発表され、活発に討論されています。私は XAFS 討論会に初めての参加であり、口頭で発表があったため、XAFS を専門とする方々の前で発表することへの期待と不安の気持ちで一杯でした。

学会が午後からの開催ということだったので、滋賀在住の私は当日の朝に出発し、昼前には名古屋に到着しました。私の発表は初日の午後だったため、行きの道中に何度も発表資料を確認するなど、かなり緊張していました。名古屋大学までは無事に到着できましたが、キャンパスが想像以上に広く、道に迷ってしまいました。運動部の部室が集まっているような場所に出ってしまったり、名古屋大学のキャンパス内のはずなのに住宅街のような場所に出ってしまった。こんな時に限って Google マップの調子が悪く、役に立たない。名古屋大学に着いてから道に迷うこと 30 分、疲れ果ててしまい先程までの緊張などどこかへ行ってしまいました。学内の案内板を頼りに会場へなんとか到着することができましたが、発表を前にすでに満身創痍です。受

付を済ませ会場に入ると、ちょうど学会が始まりました。なんとか間に合うことができ、時間に余裕を見て出発して助かりました。最初のセッション後の休憩明けが私の発表であったため、発表を聞きつつ、発表資料の最後の確認を行いました。本来は (道に迷わなければ)、学会が始まる前にする予定でした。そして、いよいよ私の発表の番が来ました。「転換電子収量法と透過法の同時 *in-situ* XAFS 測定による形状制御された Cu_2O 粒子の還元特性の解明」というタイトルで発表させて頂きました。内容は、透過法と転換電子収量法による XAFS 測定を同時に *in-situ* 環境下で測定することによって、不均一触媒の活性種粒子を表層と全体に分割して同時に *in-situ* 測定できる手法の開発と、それを応用して立方体と八面体に形を制御した担体上の酸化銅 (I) 粒子の還元反応メカニズムを明らかにした研究です。歩き疲れて緊張が少し和らいでいたためか、発表はスムーズに終わることができた、と私は思っていました。知り合いからの評価はイマイチでした。まだまだ発表の練習が足りなかったようです。自分の発表が終わった後は、緊張も完全に消えて集中して発表を聴くことができました。XAFS 討論会ならではの、他の学会では聞くことのできないような XAFS の深い研究や理論についての発表を聞くことができ、非常に興味深かったです。

一日目のセッションが終わり、一度ホテルに戻った後、私は大学の先輩と後輩と食事に行きました。名古屋ということで、一度は本場で手羽先を食べたいと思っていたため、居酒屋に入りました。肉体改造中で糖質制限をしている後輩の前で、手羽先と名古屋コーチンの親子丼を美味しくいただきました。夕食を済ませてホテルに到着した後、発表の疲れもあったためか、程なく眠りにつきました。

2 日目、午前には口頭発表から始まり、午後からはポスターセッションが行われました。ポスター発表は、口頭発表と比べ発表時間が非常に長く、参加者と研究について十分に議論することができます。参加者全員が激しく議論されていて、会場はとても賑やかでした。私はすでに口頭発表を終えていましたが、この場でポスターでも発表したかったと思いました。一度に多くの人に聴いてもらえる口頭発表と、十分に議論を戦わせることのできるポスター発表、

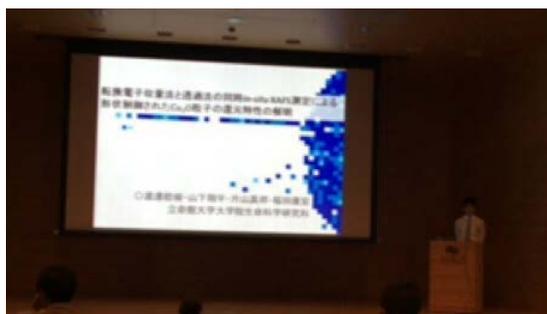


図1 口頭発表

どちらも良いところがあります。私としては口頭とポスターの両方で発表を行いたいぐらいです。この日の夜は懇親会がありました。懇親会では学生奨励賞の受賞者二名が発表され、はからずも私が選出され、日本 XAFS 研究会会長の横山先生より賞状を頂きました。このような荣誉ある賞を頂くことができ、大変光栄に思っております。もう一人の受賞者は千葉大学の佐々木さんでした。おめでとうございます。その後は他大学の学生と話をしたりするなど、交流を楽しみました。

最終日となる3日目は、会場をあいちシンクロトン光センターに移し行われました。午前中ですべてのセッションが終わりました。XAFS 討論会の3日間を通して、他の研究者の方々が、XAFS を何に対して、どのように測定を行い、何を求めているのかを学ぶことができ、研究に対する視野を広くすることができたと思います。また、奨励賞を頂き研究に対する自信がついた一方、時々発表内容を理解できずに勉強不足も実感することになりました。また、この場で発表できるよう研究に取り組んでいきたいと思えます。

MEDSI2016 参加報告

放射光科学第二研究系 松岡亜衣
放射光科学第一研究系 間瀬一彦

2016年9月11日(日)～16日(金)に Mechanical Engineering Design of Synchrotron Radiation Equipment and Instrumentation (MEDSI) 2016 が CosmoCaixa, the science museum of Barcelona (スペイン, バルセロナ) にて開催された。この会議は放射光施設における機械設計開発やコンポーネントに関する工学技術について、最先端の情報を交換することを目的とした国際会議である。今年度は世界中の放射光施設から250名以上の参加者が集まった。日本からの参加者は SPring-8: 2名, UVSOR: 2名, 東北大多元研: 1名, PF: 5名(五十嵐さん, 野澤さん, 間瀬, 松岡, 宮内さん)の合計10名であった。プログラムはチュートリアル, Precision Mechanics, Facility Design & Upgrades, Calculation, Simulation & FEA Methods, Core Technology Developments, Light Sources, Beam Lines の6つのセッション, ポスターセッション, ALBA (2011年から稼働しているバルセロナの放射光施設) 見学から構成されていた。

12日(月)のチュートリアルでは、1) 放射光源のための真空技術, 2) 光学素子とそのバンド機構, 3) 設計における有限要素解析 (Finite Element Analysis, FEA) の利用, 4) 加速器の物理の4つの講座が用意されており、2講座を選択できるシステムであった。松岡は2)と3)に参加した。FEA はあくまでもツールであり、自身で最適なモデルを検討し結果を理解しなければ意味がない、という話が印象に残っている。間瀬は1)と3)に参加した。1)の前半は真空の基礎の講義、後半は Molflow というモンテ



図1 参加者集合写真

カルロシミュレーションソフトウェアに基づく真空ダクト中の圧力分布解析の講義だった。

Precision Mechanics セッションでは、FEA を用いた大型精密機械設計、新しい精密光学素子バンド機構の開発、精密二結晶分光器駆動機構の開発、試料や検出器の精密位置決め機構の開発といった話題が多かった。Facility Design & Upgrades セッションではヨーロッパの国々が合同で進めている中性子源施設の現状や ESRF 蓄積リングアップグレード計画における機械技術開発など、Calculation, Simulation & FEA Methods セッションでは、熱的安定性解析、多軸検出器のシャドウ領域・衝突領域の計算、Core Technology Developments セッションでは加速器コンポーネントの架台開発、耐高熱負荷部品開発などが報告された。間瀬は Core Technology Developments セッションで「Low-Cost, High-Performance Non-Evaporable Getter (NEG) Pumps Using NEG Pills」という口頭発表を行った。質疑も活発で関心を集めたようである。Light Sources セッションでは真空ダクト、FEL 用アンジュレーター、超伝導 RF システム計画、レーザープラズマ加速を用いた X 線自由電子レーザー計画、Beam Lines セッションでは個々のビームラインの分光器や、光学素子駆動・冷却機構、光学素子バンド機構、各種エンドステーションの開発、強磁場下での試料温度制御、軟 X 線分光用液体セルなどが報告された。少しでも自分の施設に役立てようと積極的に情報収集を行う参加者が多く、議論が盛り上がり、コーヒブレイクやランチの時間が削られることもあった。

ポスターセッションは12日、13日、14日の17-18時に戸外に設置されたテント内で開催された。松岡は14日に「Floor Reinforcing Works and Evaluation for Improving an X-ray Beam Stability at KEK PF」というタイトルで、平成26年夏に BL-17A にて行われた床補強工事と、それによるビーム変動の改善についてポスター発表を行った。本学会において振動を考慮に入れた設計に関する発表はいくつもあったが、光学系コンポーネントを設置する床自体を補強したものはほかになかった。また、コンポーネントの振動ではなく実際に問題となる試料位置でのビーム変動に

着目した発表も少なかった。このためか、ポスターセッションの時間は1時間と短かったものの数名の方々に興味を持っていただき、説明をすることができた。同じ日に五十嵐さんは「Design and Performance Evaluation of the Next Generation Beamlines at New KEK Light Source (KEK-LS)」、野澤さんは「Upgrade the Beamline PF-AR NW14A for the High-Repetition-Rate X-Ray Pump-Probe Experiments」、間瀬は「Present Status of PF BL-13A/B, Vacuum Ultraviolet and Soft X-Ray Undulator Beamlines for Surface Chemistry and STXM」、宮内さんは「Beamline Front Ends at the 2.5-GeV Photon Factory Storage Ring」というポスター発表を行った。それぞれ数名の方が聞きに来ていた。ポスターセッション会場では27社を超える企業が最新の分光器、光学素子駆動機構、光学素子ベンド機構、真空ポンプ、防振機構、各種コンポーネントなどを出展していて参考になった。

ALBAの見学ではコントロールルーム、加速器トンネル、ビームライン、設備棟を見て回り、説明を受けた。ビームラインが設置されている実験ホールの床と通路の床は振動の伝達を抑えるために分離されていた。振動を発生させる原因の一つである真空ポンプも床に直接は置かれていなかった。ほかにもKEK放射光計画の参考になる事柄が多く、非常に勉強になった。

会場となったCosmoCaixaは科学博物館で、MEDSI2016参加者は無料で展示エリアに入場できた。スケールの大きな参加型物理実験展示が多数用意されており、アマゾンの熱帯雨林を模したエリアには巨大な樹木やカピバラ、巨大な魚、カメ、ワニなどがいて、ざっと見て回るだけでも楽しむことができた。また、13日の夜にはバルセロナを一望できる山の上にある天文台の敷地でカクテルディナー、15日の夜には海岸近くの海洋博物館のレストランでカンファレンスディナーが開催された。こうしたディナーやコーヒーブレイク、ランチの時間を通して多くの参加者と懇親を深めることができた。

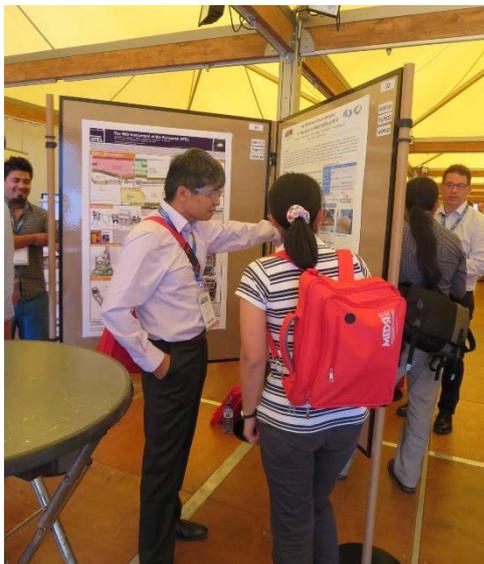


図2 ポスター発表の様子



図3 ALBA 見学の様子

次回開催されるMEDSI2018はフランス・パリ近郊でSOLEIL（2006年から稼働しているパリの放射光施設）が主体となって行なわれることが決まった。MEDSI2016では多くのビームライン担当者、技術者と知り合うことができた。本会議で学んだことはKEK放射光計画に役立てる予定である。

第57回高圧討論会開催報告～高圧力科学の最前線～

放射光科学第二研究系 亀卦川卓美

長かった台風の季節が終わった10月末、つくば市で第57回高圧討論会が開催されました。26日から28日の3日間は、筑波大学大学会館をお借りして各種講演や学会総会が行われ、最終日の29日にはつくばにある4つの研究機関を見学するスタディ・ツアーも実施されています。この討論会は日本高圧力学会が主催し、高圧力をキーワードにした多様な分野の研究者が、自らの研究成果を発表する集会で、筑波大学と高エネルギー加速器研究機構、農業・食品産業技術総合研究機構など5つの法人が共催しています。実は、この討論会がつくばで開かれるのは、これで三度目になります。最初がつくば科学万博の前年1984年に開かれた第25回、今回と同じ筑波大学をお借りして開催されました。2回目が1995年に工技院（現産総研）で開かれた第36回討論会ですから、今回は20年の歳月をはさんでの開催となります。つくばには共催機関をはじめとして物材機構、産総研など、高圧研究を行っている研究室が数多くありますので、もう少し前に開催しても良かったかもしれませんが、私を実行委員長として今年開催する運びとなりました。

キーワードである高圧力ですが、圧力は温度と同じ示強変数ですが、ダイヤモンドアンビルセルを使えば地球中心（360 GPa）を超える圧力を発生することが可能です。つまり、大気圧から数百万気圧までという、極めて広い（1～10⁷）外場環境を静的に制御できますので、その技術を利用

用した研究分野も広範囲に亘っています。地球・惑星の科学は、惑星の誕生や進化だけではなく、我が国にとって重要な地震や火山といった地球活動のメカニズムを解明する研究テーマも含まれています。またダイヤモンドやBN等の超硬材料の合成という伝統的な研究から、超高压力下の硫化水素が -70°C で超伝導を示すというニュースなど、高压力の物質・材料研究が、常に科学のフロントに位置していることの証でもあります。最近では、生体やタンパク質をはじめとする生命科学にも高压研究が普及し始めてだけでなく、食品をはじめとする有機物や流体の状態制御・加工に高压力技術を展開する研究が注目を集めており、今回の討論会の中でも活発な発表が行われた分野でもあります。

つくばでの討論会開催に当たり、「高压力科学の最前線-地球の中から食卓まで-」と題して、討論会の一部であるプレナリーレクチャーと特別講演をつくば市民や学生の方に公開致しました。プレナリーレクチャーは、高压研究の幾つかの分野を俯瞰できるようなものとして、「高压研究からみた地球惑星内部」と題して大谷栄治氏（東北大学）が、「高压処理による食品加工」の講演を山本和貴氏（農業・食品産業技術総合研究機構）が行ないました。また特別講演は、「KEKと基礎科学研究」と題して基礎科学を柱にする当研究機構の目的と社会的な意義を山内正則機構長に話して頂きました。素粒子から宇宙の謎の話は奇妙で大変興味深いものでしたが、基礎科学は社会が価値を認めるかどうかにかかっている、という一言は重く響きました。この一般公開は、高压力学会の活動を多くの方に知ることが目的ですが、同時に我々研究者自らが科学の社会性を再認識することを期待して実施されました。

この一般公開が行なわれた二日目には、学会行事として各賞の発表が行なわれ、学会賞はメガバル低温領域における各種元素の電子状態の研究が評価された清水克哉氏（大阪大学）が、また奨励賞はダイヤモンドアンビル装置を用いた地球深部物質の先端的研究を行なっている野村龍一氏（愛媛大学）がそれぞれ受賞されました。その後、参加者は送迎バスや市バスなどで、つくばセンターに程近



図1 会場の様子

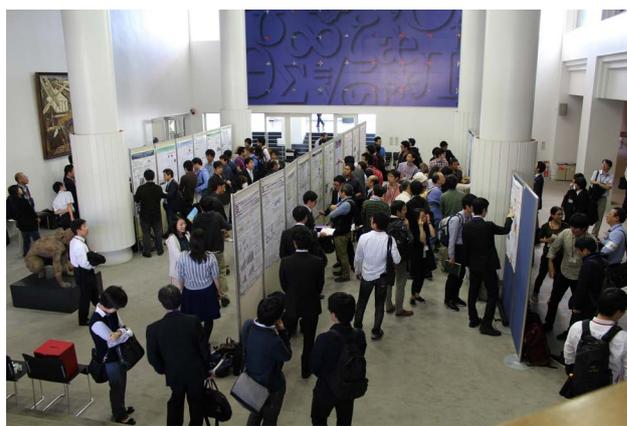


図2 ポスター会場の様子

いホテルグランド東雲へ移動し、懇親会が行われました。懇親会は山内正則 KEK 機構長と筑波大学数理物質系長の伊藤雅英氏をお迎えし、232名の皆様に参加頂き盛大に行うことが出来ました。

三日間を通して一般講演とシンポジウム、ポスターセッションが夕方まで行われ、活発な討論が行われました。シンポジウムは、今年も3件開催されました。尾崎典雅氏（大阪大学）と奥地拓生氏（岡山大学）が世話人を務める「パワーレーザーとXFELによるダイナミック超高压の展開」が初日に、山本和貴氏（農研機構）と松木均氏（徳島大学）が世話人の「生物関連超高压シンポジウム 基礎から産業利用へ」、及び船守展正氏（KEK）と齊藤寛之氏（量研機構）による「KEKにおける放射光超高压力科学の将来展望」は二日目から三日目に亘って行われました。特に、「KEKにおける放射光超高压力科学の将来展望」には、KEKの村上洋一PF施設長をはじめ、物構研や加速器研究施設の方々の講演も行われ、将来の放射光計画に対し、多くの参加者による活発な質疑応答が行なわれました。

最終日は、今後の研究のヒントや研究者同士の協力関係に発展する契機になることを目的にしたスタディーツアーが、KEK、農研機構、産総研、物材機構で行われ、延べ71名の学会員が参加しました。参加者は貸し切りバスや市バス、車などでそれぞれの研究所に移動し、講師から研究室で使われている各種超高压装置や研究の説明を受けました。また所属する研究機関の代表的な設備や成果の展示についても興味深く見学されていました。

以上のように、4日間に亘って開かれた超高压討論会は、例年以上に多くの学協会（共催5、協賛53、後援3、合計61団体）の協力を得て開催され、参加者総数が375名、講演総数は257件（口頭発表109件、ポスター発表106件）でした。参加者にとって今後の研究、教育、社会貢献に多少なりとも役立つ交流の場になったのではと思います。今回は、色々と新しい企画を詰め込んだ討論会でしたが、つくば地区と東海地区のメンバーで構成された実行委員の方々の奮闘により、幾つかの反省点はあるものの大過なく無事に終了し、来年開催予定の名古屋に引き継ぐことが出来たと思います。