

### 「第3回物構研サイエンスフェスタ／ 第6回 MLF シンポジウム／ 第32回 PF シンポジウム」開催報告

第3回物構研サイエンスフェスタ実行委員会  
実行委員長 清水伸隆  
副実行委員長 川北至信

第3回物構研サイエンスフェスタ／第6回 MLF シンポジウム／第32回 PF シンポジウムを2015年3月17日(火)～18日(水)に、つくば国際会議場(エポカルつくば)で開催いたしました。今年度も昨年度より引き続き MLF シンポジウムとの合同開催となり、放射光、中性子、低速陽電子、ミュオンという4つの量子ビームを活用する3つの研究機関 KEK, JAEA (日本原子力研究開発機構), CROSS (総合科学研究機構)の施設スタッフ、利用ユーザーが一堂に会し、サイエンスに関する発表はもちろん、各施設からの現状・高度化に関する報告・意見交換なども行われました。3月は、年度末の非常に多忙な時期かと思いますが、昨年度を約80名も上回る577名の方に参加頂きまして、非常に盛況の中、幕を閉じることが出来ました。

昨年度、初めて MLF シンポジウムも合同でサイエンスフェスタを開催致しましたが、ポスター発表等ではこれまで以上に様々な研究発表が行なわれるようになり、異なるビームを利用する参加者間の“異文化交流”が積極的に行なわれました。一方、日程はそのままで長くなったわけでは無いため、総講演数が減少することになりました。その結果として、一般講演では参加者個人として興味がある発表の数も減少したため、共催の意義はもちろん参加者からは「聞くものがない…」というご意見も頂きました。そこで、今回のサイエンスフェスタでは、これまでの形式、特に1日目に行っていたシングルセッションでの講演形態を見直して、午前は1会場にて2つの基調講演、午後は3会場に分かれてパラレルセッションを開催致しました。午後のパラレルセッションは、間に行ったポスターセッション前後で異なるテーマを割り当てましたので、合計6つのテーマ



図1 開会の挨拶をする山田和芳物構研所長(左)池田裕二郎 J-PARC センター長(右)。



図2 初日の午前中の大ホールの様子。



図3 基調講演の青山学院大学・秋光純先生(左)と東京大学・伊藤耕三先生(右)。

を設定しました。テーマ毎に3つの講演を行いましたので、1日目の総講演数は20となり、昨年度の11からほぼ倍増となりました。2日目に関しては、昨年同様に MLF / PF 両シンポジウムのパラレル開催となるため、そのプログラムは各施設で検討されたものになりました。

1日目は、山田和芳物構研所長、池田裕二郎 J-PARC センター長の挨拶で開幕し、基調講演では、青山学院大学の秋光純先生と東京大学の伊藤耕三先生にご発表頂きました。秋光先生は、多岐に渡る研究成果をご紹介頂くと共に、個々の研究者の発想(良い素材)を大型研究施設(素晴らしい料理人)の利用によってますます発展させていくことが理想であると説かれました。伊藤先生には、強靱性と柔軟性を併せ持つ高分子材料「しなやかなタフポリマー」の設計、開発に関する様々な研究成果をご発表頂き、さらに革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)の現状に関してもご紹介頂きました。基調講演の後には、文部科学省素粒子・原子核研究推進室の嶋崎政一室長と KEK の山内正則次期機構長にご挨拶頂き、全員の集合写真撮影を行いました。昼休憩に入りました。

午後は、A, B, C の3会場に分かれてパラレルセッションを開始し、前半の A1 会場では「量子ビームによる生物科学研究 I - 相関解析 -」, B1 会場では「量子ビームによる地球・環境科学研究」, C1 会場では「元素戦略プロジェクトからの成果創出」というテーマで発表が行われました。



図4 初日午後のパラレルセッションの様子。

ポスター発表を挟んだ後半では、A2 会場で「量子ビームによる生物科学研究Ⅱ - ダイナミクスと水和構造 -」、B2 会場で「量子ビームによるソフトマテリアル科学研究」、C2 会場で「量子ビームによるハードマテリアル科学研究」をテーマに発表が行なわれました。各会場共に多くの参加者が集まり、質問も活発に飛び交っていました。パラレル会場の座長をお引き受け頂きました6名の先生方、大変ありがとうございました。

午後にはポスターセッションも開催致しました。ポスターセッションでは今年度も学生講演者を対象とした学生奨励賞を、PF-UA と J-PARC/MLF 利用者懇談会の主催で開催致しました。今年度は例年より多い85名もの応募があり（全ポスター数の27%）、例年通りのやり方では難しいため、審査形態を変更すべく議論が行なわれました。その結果、審査を行なうためのコアタイムをポスター発表時間内に設定し、審査員の方は5名ごと7グループに分かれて、各グループが担当する11～13件のポスターをコアタイム中に順番に回って頂きました。発表者には、ポスター前で2分間のプレゼンテーションと2分間の質疑応答を行なってもらいましたが、実際に審査を行なってみて、それぞれ2分では非常に短いと感じました。プレゼンが時間内に終わらない場合も多く、また、質疑応答に関しても、審査員側から多数の質問が出て時間をオーバーしてしまうこともあり、効率的にはなりませんが、来年度もう少し改良が必要に感じました。審査員をお引き受け頂きました皆様、本当にありがとうございました。



図5 集合写真。



図6 懇親会での様子。

1日目には懇親会を開催致しました。最初に、文部科学省量子放射線研究推進室の工藤雄之室長と茨城県東海村の山田修村長にご挨拶頂き、J-PARC/MLFの新井正敏ディビジョン長の乾杯の発声で始まりました。学生奨励賞の表彰式は、例年2日目のPF-UAの総会で行なっていましたが、今年度は懇親会にて行ないました。6名の受賞者のうち3名に参加してもらえたので、なんとか一安心でした。後半では、PF-UAの佐藤衛会長、J-PARC/MLF利用者懇談会の鳥養映子会長、CROSS 東海の横溝英明センター長にご挨拶頂き、最後は、瀬戸秀紀物構研副所長の言葉で、閉会となりました。飲み物は十分に用意しておりましたが、食べ物に関しては想定より早くに無くなってしまいました。これは参加者の年齢層にも依存しますので、正確な判断は難しいです。しかし、若い方の参加が増えるのは、この分野の将来のために非常に良いことと考えますので、プラスに捉えたいと思います。

2日目は、MLFシンポジウムとPFシンポジウムを平行で開催しました。PFシンポジウムでは、まず、施設側から2014年度の活動報告と2015年度の予算配分に基づくPF/PF-ARの運転計画が発表されました。加えて、2014年度にPF/PF-ARの運転時間が大きく減少した影響に関して、PF-UAを通じて行なわれたアンケートの結果が紹介されました。これらの内容に基づき、ビームタイム配分のあり方や旅費や日当支給に関する意見交換などが行なわれました。アンケートのまとめでは、各分野共にビームタイム配分に関して非常に大きな影響があった事が伺えました。運転予算に関しては、会場から「実際のところ、旅費



図7 村上洋一放射光科学研究施設長（左）と佐藤衛 PF-UA 会長（右）。



や日当を削ると、どのくらいの日数の運転が可能になるのか？」など、具体的な効果に関する質問が寄せられました。続いて、村上洋一放射光科学研究施設長から、PFの将来計画に関して発表がありました。発表では、過去約10年間におけるPFの将来計画の変遷を整理すると共に、現在のPFを取り巻く状況、PF-UAや放射光学会より提唱されている国内放射光施設に関するロードマップが紹介され、さらには、現在、物構研運営会議の下に設立されているPF将来計画検討委員会の状況に関して報告がありました。検討委員会の議論の内容は、今後中間まとめを行ってから公表されるため詳細は控えられましたが、会場からは、将来計画に対するPFの取り組みに関して、様々な意見が寄せられました。

第3回物構研サイエンスフェスタに多数ご参加頂きまして、誠にありがとうございました。素晴らしい発表を行なって頂いた講演者の皆様はもちろんのこと、参加者の皆様にも質疑応答等に積極的に参加頂きました。実行委員を代表致しまして、御礼申し上げます。上述致しました通り、今年度も過去の経緯を踏まえまして、このサイエンスフェスタをより良い会とするために実行委員会にて様々な検討を行ないました。しかしながら、まだまだ多くの問題点があり、参加者の皆様にはご迷惑をおかけしたのではないかと存じます。謹んでお詫び致しますと共に、引続き改善を進めて参ります。ご協力の程、何卒よろしくお願い致します。最後になりましたが、事前準備から本番まで活発に活動頂いた実行委員の皆様、当日お手伝い頂いた学生アルバイトの皆様、そして、いつもながら事務手続きを円滑に進めて頂き、本会の運営を献身的に支えて下さいました事務局の皆様へ深く感謝致します（所属・役職は開催当時）。

### 第3回物構研サイエンスフェスタに参加して

名古屋大学大学院理学研究科 五十嵐太一

私は3月17・18日に行われた第3回物構研サイエンスフェスタに参加させていただきました。私自身は博士課程に所属しているため、PFシンポジウムが単独で開催されていた4年前からの参加であり、サイエンスフェスタとしての参加は3回目となり馴染みの深いイベントになりつつあります。年を追うごとに参加者が増え続けるこのイベントに今年も強い期待を抱きながら参加しました。

初日の午前には物構研所長とJ-PARCセンター長の挨拶が始まり、青山学院大学の秋光純先生と東京大学の伊藤耕三先生の基調講演がありました。お二人共に普段聴けない様な最先端の研究の興味深い話をしていただき、とても勉強になりました。午後からのパラレルセッションでは多くの先生方が放射光や中性子線を用いた研究のお話を基礎的な背景からわかりやすく説明してくださいました。今後の発表の参考にしていきたいと思っております。



図1 ポスターセッションの様子。

午後のポスターセッションでは私も自身の研究の発表を行いました。本年度は総数300を超えるポスターが並べられ、同じ会場なのに前年度に比べ狭く感じられました。今回は学生奨励賞に応募したのですが、応募者も前年度と比較して増えており、応募者は審査員の先生方に要点をまとめて2分で説明し、その後の2分間で先生方からの質問に受け答えしました。これは今年度初の試みであり、私自身もポスターを2分でまとめて説明することに慣れていなかったのもあり、四苦八苦しながら説明しました。要点を掴んで説明することは普段の生活から心掛けているのですが、その難しさを改めて痛感しました。

私は偶数番でしたので、審査の後にもコアタイムの時間が設けられており、そこでは自分の研究結果についてじっくりと話すことができました。研究としても発表としてもまだまだ未熟な部分も多く、うまく説明できない場面も多々ありました。しかしながら、ポスターを見ていただいた皆さんがとても熱心であり、また多くの質問を得ることで自分の研究の問題点をより深く把握することができました。そこでの議論は有用なものが多く、今後の実験に対する指針を得ることができました。残りの前半の時間を使って色々な人のポスター発表も見て回ることができて、それぞれの人が放射光や中性子という強い武器を使って様々な物質の謎を解明しようと試みており、大変刺激を受けました。審査、コアタイム、自由時間の全ての時間を通



図2 PFシンポジウム会場の様子。

してとてもいい経験になり、参加してよかったと感じました。この経験を活かして今後の自分の研究をより興味深いものにしていきたいです。

2日目は私がお世話になっているPFが主催する第32回PFシンポジウムに参加しました。午前中から現在のPFが抱える運営時間や予算の問題、また現在まで計画されているロードマップのお話が行われました。私の様な学生が発言できるような場面はなかったのですが、先生方はPFが抱える大きな問題を熱く議論されていました。特に昨年度から問題になっている運転時間の問題はまだ解決の糸口が見えたとは言いがたいと感じました。この場を借りて一学生の意見を述べさせていただくと、他の共同利用施設よりも充実したプレゼンテーションや報告書が必要なのではないかと思います。その他にも10年間の指針として続いてきたロードマップは見直す運びとなり、また午後からのビームラインや装置に関するセッションでの講演はこれからはPFの発展が見込めそうな結果が出てきていました。それらを踏まえた上で今後のPFがより良いものになっていくといいなと考えています。

最後になりましたが、今回このような執筆の機会をいただけたことに心より感謝いたします。ありがとうございます。

## 第74回岡崎コンファレンス“Frontier of X-ray Absorption Spectroscopy and Molecular Science”に参加して

名古屋大学大学院理学研究科 脇坂祐輝

2015年2月3日から5日の三日間、愛知県岡崎市の自然科学研究機構 岡崎コンファレンスセンターにて開催された第74回岡崎コンファレンス“Frontier of X-ray Absorption Spectroscopy and Molecular Science”に参加した。岡崎コンファレンスとは分子科学研究所においてその創設当初から催され、現在では年1、2回の頻度で行われている小規模な国際研究集会であり、対象となるトピックの将来展望、研究の新展開について議論・情報交換することを主旨とする。第74回の今会議では日本XAFS研究会会長の横山利彦先生（分子研）と前会長の朝倉清高先生（北大）が幹事となり、X線吸収分光、特にX線吸収微細構造（XAFS）に関する世界最先端の測定技術と研究内容の議論を通じて、XAFSおよび関連するサイエンスの未来を見通すことを主題とし、ひいてはそれが日本の回折限界放射光施設新設計画への一助ともなることを期待している。国内外の大学、放射光施設などの研究所から招待された21名（海外5名、国内16名）の研究者が講演し、参加者は計50名ほどであった。

初日の午後に簡単な（といっても料理そのものはかなりしっかりした）立食形式のレセプションパーティーが開かれた後、二日目の朝から三日目の夕方まで五つのセッショ



図1 岡崎コンファレンス前での集合写真

ンにて講演が行われた。会議期間中のランチタイムでは驚くほど品数豊富な和食弁当が参加者に用意されていて、会場のある東岡崎駅付近は徒歩圏内で外食できるところが意外と限られていると感じていた筆者にとってこれは大変ありがたかった。二日目の夜には岡崎ニューグランドホテルにてバンケットが開かれ、岡崎城を一望に収めた素晴らしい夜景と美味しい食事であって、皆歓談に花を咲かせていた。

講演全体を聞き終えて真っ先に筆者が抱いた感想は、日本を含め世界中の研究者がX線分光を“使い倒している”というものだった。X線のありとあらゆる性質を利用し、X線吸収に纏わるありとあらゆる現象を使い倒すことで、物性理解・問題解決に生き生きと取り組んでいるさまが、限られた時間ではあったが十分に伝わってきた。例えば最初に講演されたウェスタンオンタリオ大のTsun Kong SHAM先生からはX線励起発光による欠陥状態観測、走査型透過X線顕微法（STXM）によるナノ構造体の化学イメージング、逆蛍光収量法（IPFY）による二次電池材料の結晶性評価、分光結晶とPILATUSを組み合わせた高エネルギー分解（ $<1\text{ eV}@5\text{ keV}$ ）コンパクト蛍光検出器MiniXSによるX線発光分光/共鳴非弾性X線散乱/XAFSなどが紹介され、X線吸収で生じる現象であれば何でもことん取り組む自由さ・貪欲さがとても印象的であった。ESRFのAndrei ROGALEV先生はX線の線・円偏光依存実験を磁性の有無別に系統的に解説されていて、X線磁気カイラル二色性という筆者にとって聞きなれない手法にも触れることができ、偏光一つとってもここまで奥が深いのかと圧倒された。このほかに海外招待講演者ではローレンス・バークレー国立研究所 Peter FISCHER 先生のX線磁気円二色性と透過型顕微法による磁壁や磁気渦の観察、アルゴン国立研究所 Lin X. CHEN 先生の第3世代放射光リングによるサブナノ秒からX線自由電子レーザーによるサブピコ秒時間分解XAFSを用いた光触媒の励起・緩和状態解析、カリフォルニア大デービス校 Stephen P. CRAMER 先生の放射光核共鳴非弾性散乱分光・メスバウアー分光によるタンパク・酵素中の遷移金属原子周辺の振動測定が、それぞれ紹介された。国内研究者の講演もとてもバラエティーに



富んだ内容であったが、特に *in-situ* (*operando*) に関連するものが多く印象深かった。とりわけ軟X線吸収や光電子分光といった通常であれば高真空を必要とするような実験手法においても、窓材の選択や硬X線光電子分光によりガス雰囲気下または溶液中の *in-situ* /*operando* 実験がどんどん実現可能になってきており、その日進月歩している様子を間近で感じることができた。国内外の先端的測定技術とそれを用いた多様な研究領域における成果を聴き、放射光X線分光の奥深さと裾野の広さを再認識させられた。

冒頭の横山先生の挨拶や締め括りの朝倉先生の総括にあったように、本会議のキーワードをあえて抜き出すのであれば、空間分解、時間分解、偏光依存、そして *in-situ* /*operando* ということになるのだろう。*in-situ* /*operando* については全講演の三分の一以上、空間または時間分解に至っては全講演の半分以上が話題に取り上げていた。研究領域については電池や触媒といったエネルギー・環境に関する講演が多かったが、ほかにも放射線分解、磁性体、蛍光体、地球科学、生体物質、医療など多岐に渡っており、これはX線吸収分光が社会的課題であるエネルギー・環境問題解決への強力なツールであると同時に汎用的な研究手法であることを物語っている。

このように現在さまざまな研究において深く、広く利用されているX線吸収分光であるが、それゆえに日本の新光源計画において何を優先するべきかという問いは難しく、会議ではこの点に関する質問もいくつかなされた。例えばサブナノ秒オーダーの時間分解実験では孤立バンチを有する運転モードが必要だし、 $^{60}\text{Ni}$  メスbauer測定を行うには高エネルギー領域の光が求められるが、その一方でそれらが全ユーザーにとっての必須条件でないのも事実であろう。産総研の大柳先生が光源を車に喩えて言及されていたが、どのようなスペックの新光源を真に望むのか、本会議はそれを改めて考える機会にもなったことだろう。

## 第二回対称性・群論トレーニングコースに参加して

大阪府立大学大学院工学研究科 十河忠幸

2015年3月9日から13日の5日間、KEK 4号館にて開催された世界結晶年 (IYCr2014) 第2回対称性・群論トレーニングコースに参加しました。フランスのロレーヌ大学結晶学教室教授のネスポロ・マッシモ先生による講義は、私たちが学部や大学院で学ぶ結晶学から一步踏み込んで、空間群や対称性と構造の関係、構造解析の議論ができるようになることを目標とするものでした。また、マッシモ先生は多くの方が対称性や群論を深く理解することによって、結晶学自体が更に発展していくことを理念にされているそうです。講義中はもちろんのこと、就寝前までお時間を割いて頂き、熱心にご指導を賜りました。講義は、結晶の対称操作を行う際に必要となる線形代数の入門講座か



図1 難しい講義の合間には、りんごを使った楽しい?実験も。

らはじまり、対称性に基づく単位胞の分類、点群と空間群の違い、群・部分群などの概念を学びました。仕上げとして、相転移現象により結晶構造を変化させる物質の原子位置を群論から導き出しました。多くの受講者の皆さんは大学や公的研究機関、企業の研究部門から参加されており、たんばく質や無機物のX線結晶構造解析を専門として第一線で活躍している方々ばかりでした。そのため、学部生の自分が講義についていけるのか大変不安になりましたが、何とか修了証を頂くことができました。(ただ、もう一人学部生で参加されている方がいらっしゃり、幾ばくか心が楽になりました!)

私は結晶構造がカイラリティ (対掌性) をもつ磁性体の物性を研究しています。X線を用いた結晶構造解析とは少し遠い分野にいます。それでも、私がこのトレーニングコースに参加したのは理由があります。それは、自分の普段使っている言葉に納得できていなかったからです。私の研究では空間群  $P6_322$  に属する試料を扱っています。このヘルマン・モーガン記号を見れば、鏡映操作が無く、反転中心が欠如していることが分かります。これはカイラリ



図2 随所で参加者同士教え合う姿が見られました。

ティの定義であり、結晶がカイラリティを持つことを示しています。しかし、この考え方ですと、答えと問題文だけが与えられているようで途中式が抜けており、何か自分の中で腑に落ちない部分がありました。初歩的な疑問なのでしょうが、先人たちがどのような道筋を辿って結晶学を確立するに至ったのかを垣間見たく、このトレーニングコースに参加しました。1回の講義の密度が濃く、朝の9時から始まり夕方の6時まで、コーヒープレイクや昼食をほさみながら行われました。糖分やカフェインを摂取しながら、必死に疑問点を話し合ったのはいい思い出です。

この中で、印象に残った内容が2つあります。1つは対称性の行列表現を学んだことです。ある空間群において、一般等価位置にある原子を対称操作によって移動させた後、基準となる原子の他に任意の原子を選び、2つの原子間の座標関係を行列を用いて表します。ここでまた特別な行列式を用いると、対称要素の方向を同定し、更に対称要素の並進や位置の情報まで求められます。今までは絵を見て2つの原子を関連付ける対称操作は何であるかを考えていましたが、数式からも関係性が明らかになることに感動しました。

もう1つは、最終日に今まで習ってきたことの総仕上げとして、結晶の構造相転移を群論から考えたことです。構造相転移に伴う空間群の低対称化に伴い、ワイコフ位置の分割や席対称群の低下が生じ、ある程度原子位置が自由になる原子ができます（まだ理解が及ばず語弊があるかもしれませんが）。最も安定な原子位置を Hermann の定理を利用し求めると、構造モデルを導き出すことができます。私は結晶構造解析をやったことがないので、詳しい勘所や喜びが他の参加者の皆さんほど得られたかどうか分からないのですが、結晶の対称性から構造変化後の原子位置をある程度予測できるということに驚いてしまいました。

今回のトレーニングコースを経て、初歩的な知識から大学の講義では触れなかったところまで詳しく丁寧に体系的に群論について学ぶことができました。1日6時間、5日間もかけてみっちり勉強するのは院試の勉強以来で、知恵熱気味でしたが何とか乗り越えることができました。これも偏に、年齢や職歴・分野を超えて気軽に質問し合える雰囲気や打ち解けあうきっかけを作ってくれた実行委



図4 講師を囲んで。

員や事務局の方々、また、知識をただ伝えるだけではなく、知識になるまでの過程（少し大げさかもしれませんが International Tables for Crystallography が作られる一過程）を実際に自分の手を動かしながら学べる機会を与えてくださったマッシュモ先生のおかげだと思います。日本で群論について体系的に学べる講義は少ないようですが、本セミナー募集開始から僅か7時間足らずで参加希望者が定員（40名程度）に達するという異常事態も納得の充実した（ハードな！）5日間でした。最後になりますが、今回は残念ながら参加が叶わなかった方々もたくさんいらっしゃると思います。多くの人が対称性や群論を深く理解できる場を設けるため、本トレーニングコースのような企画が定期的に行われれば素晴らしいことだと思います（注：第3回目のトレーニングコースの開催が決まりました。詳細は p50 をご覧下さい）。



図3 講義の後も夜遅くまで開かれていた質問会。



## SRI2015に参加して

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 井上圭介

2015年7月5日から7月10日の間、第12回SRI2015が開催されました。NSLS-IIが主催し、会場はニューヨーク・タイムズスクエアに近いマリオットホテルでした。放射光科学に関係する加速器科学・X線光学・検出器など多数の分野について150を超える口頭発表が行われた大規模な学会であり、私にとって初めて国際的な放射光のための検出器のセッションに参加する機会でした。最初のイベントとしてNSLS-IIの見学ツアーがあり、以降は1日ごとに基調講演と口頭発表、ポスター発表が行われました。

NSLS-IIのツアーでは実験ホール内を各自で自由に歩き、ビームラインに待機している担当者に解説していただきました。NSLS-IIは全部で60のビームラインの内、7つのビームラインがすでに稼働中、21のビームラインが建設途中で発表されていました。実際に見ると建設中でも実験ハッチの設置まで終わっているビームラインがほとんどで、完成が近いことを実感しました。運用中やコミッション中のビームラインならばハッチ内の測定系も見ることができ、X線非弾性散乱ステーションなど様々な設備を見ることができました。

口頭発表セッションの中でも検出器のセッションではピクセル検出器に関するものが多く、特に高フレームレートを課題とした研究が目立ちました。ここでピクセル検出器に対するユーザーのニーズが高いことをはっきり信じるようになりました。DECTRIS社が本会議のスポンサーの

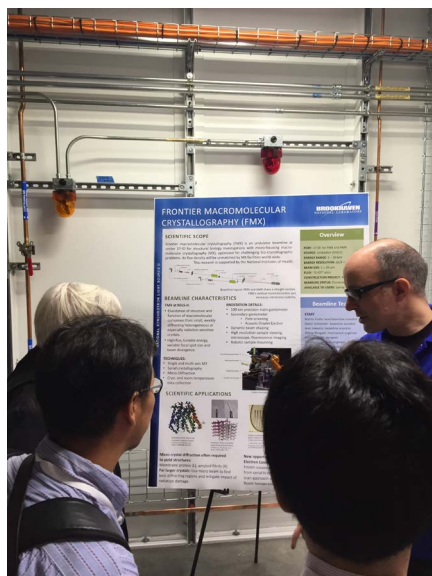


図1 NSLS-IIで構造生物学ステーションも見学しました。



図2 ワン・ワールドセンタービルより会場を含むマンハッタンを見るとエンパイアステートビルも確認できます。

中でも貢献度が高かったことにも納得しました。他にもFEL向けの検出器も各国の放射光施設から発表されるなど、世界的な動向を知ることができました。

私のポスター発表では高計数率測定と高エネルギーX線に対する十分な検出効率の両立を目的とした、比例モードシリコンアバランシェフォトダイオードを用いたシンチレーション検出器による67 keV X線の観察について発表しました。応用実験は放射光核共鳴散乱実験を目指しています。応用実験はまだ行っていないのかといった厳しい質問もあり、ユーザーが分かりやすい実演を含んだ研究の広がりの方が大切だと実感しました。

私が訪問した観光地はワン・ワールドトレードセンターとアメリカ自然史博物館でした。ワン・ワールドトレードセンターの展望台からの景観は全米一の高さだけあって素晴らしく、自由の女神のある南側も含めた全方向を見渡すことができました。アメリカ自然史博物館では主に地球・宇宙に関するエリアとアジア文化のエリアを見学しました。日本の展示物はアジア民族館の中でも中心に配置された他、“The Japanese Styleは思考、日常行動全てにおいて他国に比べ明確に異なる”と解説されるなど、特別扱いされているように感じました。角が立たぬよう、と思うのは私の日本人らしさなのかもしれません。

ニューヨークでは直接的なアート・広告などを多く見かけ、まるでどんな背景の人にも強い印象を残してみせると誇っているように見えました。これに通じるような力強い発表が本会議では多かったよう思います。私も多少はアメリカナイズされたはずなのでこのようなスタイルで世界に発信できるよう、研究に取り組んでいきたいと思いません。

## PF 研究会「次世代放射光光源を用いた 構造物性研究への期待」開催報告

放射光科学第二研究系 中尾裕則, 佐賀山基

物質の構造研究を通じて物性発現機構を微視的に解明する構造物性研究は、近年の大型量子ビーム利用施設の発展と連動し、大きく発展してきました。放射光施設では、光の特徴を活かした精密構造解析・磁気散乱・共鳴X線散乱などの手法を駆使した構造物性研究が盛んに行われてきました。また、現在 次期放射光光源の議論が盛んに行われていますが、次世代の光源で利用できる高い平行性、コヒーレンス、ナノビームといった光の特徴の利用や、他のプローブとの相補利用を視野に入れて、放射光構造物性研究の将来像を議論すべき時期と言えます。このような背景のもと、PF 研究会「次世代放射光光源を用いた構造物性研究への期待」を、7月27日、28日の2日間開催しました。当日は、放射光を主として構造物性研究を展開されている第一人者の方々を中心に60名もの参加者が集まり、構造物性研究の現状から、将来期待される構造物性研究の可能性、また研究の現状を打開する上での次世代放射光光源の重要性が議論されました。以下に、研究会での講演内容を紹介します。

最初の高橋氏(阪大)の講演では、コヒーレントX線回折イメージング(CDI)の高分解能化・高感度化に向けて、着々と実験・解析方法の開発がすすめられ、空間分解能10nmでの3次元像の観測が手の届きそうなどころにあることが説明されました。さらに、CDIにXAFSを組み合わせた実験も、将来光源での可能性というだけでなく、かなり近い将来実現可能な研究として紹介されました。大和田氏(JAEA)からは、今後の構造物性研究での高次構造(ドメイン)の観測の重要性、コヒーレントな硬X線を用いた高次構造の観測の現状、そして将来光源への期待が紹介されました。山崎氏(東大・理研)は、最近のPFでの軟X線を利用したナノスケール磁気テクスチャの観測を紹介されました。また、コヒーレントX線と放射光のパルス性を組み合わせた実験の可能性など、将来の研究の可能性を紹介されました。坂中氏(KEK 加速器)は、リング型光源の周長とエミッタンスの関係など、その特徴や、現在世界各地で建設・計画が進められているリング型光源やFEL光源について紹介されました。

午後後半のセッションでは、岩野氏(KEK 物構研)より、光誘起相転移現象のこれまでの研究を紹介頂くとともに、光誘起相転移のドメイン生成とその成長をX線非弾性散乱手法で観測する提案がされました。原田氏(東大)は、元素・軌道選択的に電子状態が調べられる共鳴軟X線非弾性散乱のSPring-8での装置の状況や、それを用いた水分子などの振動分光研究が紹介されました。特に、これまでの非弾性散乱装置のエネルギー分解能の向上が目覚ましいものがあるものの、さらなる分解能向上が期待されていることが説明されました。石井氏(JAEA)は、硬X線・軟X線非

### <プログラム>

7月27日(月)

12:55-13:00 はじめに(山田和芳・物構研所長)

**X線コヒーレンスを利用した構造物性研究 -イメージング・XPCS-** [座長:中尾裕則]

13:00-13:40 「コヒーレントX線回折による次世代の構造可視化研究」高橋幸生(阪大工)

13:40-14:10 「高次構造とコヒーレントX線利用、次世代構造物性」大和田謙二(日本原研機構)

14:10-14:40 「共鳴軟X線小角散乱によるナノスケール磁気テクスチャの観測」山崎裕一(東大/理研)

**放射光光源の将来** [座長:中尾裕則]

14:40-15:10 「将来のリング型光源と超伝導先端光源の可能性」坂中章悟(KEK 加速器)

**共鳴軟X線非弾性散乱が拓く構造物性研究** [座長:山崎裕一]

15:30-16:00 「物質の新しい素励起発見を目指して~光誘起相転移研究の立場から~」岩野 薫(KEK 物構研)

16:00-16:40 「共鳴軟X線非弾性散乱と振動分光」原田慈久(東大物性研)

16:40-17:10 「X線非弾性散乱による電子の動的構造の研究」石井賢司(日本原研機構)

17:10-17:40 「多自由度相関係の動的構造物性」石原純夫(東北大院理)

17:40- 「次世代放射光光源を用いた構造物性研究への期待」有馬孝尚(東大/理研)

19:00-21:00 懇親会/ポスターセッション(小林ホールホワイエ)

### <ポスター発表>

P-01 「遷移金属酸化物の時間分解X線回折」和達大樹(東大物性研)

P-02 「Fe 高圧相のX線吸収分光測定と次世代放射光光源への期待」石松直樹(広大院理)

P-03 「パイロクロア型ニオブ酸化物における局所的変位構造」花咲徳亮(阪大院理)

P-04 「放射光を用いた遷移金属酸化物の外場誘起相転移の研究」奥山大輔(東北大多元研)

P-05 「内殻素励起によるX線ラマン散乱を用いた電子構造の研究」手塚泰久(弘前大院理工)

P-06 「X線自由電子レーザーを用いたパルス強磁場中X線回折」松澤 智(東北大金研)

P-07 「新光源における共鳴非弾性散乱実験とマルチドメイン結晶構造解析への期待」佐賀山基(KEK 物構研)

P-08 「コヒーレントX線回折が拓く新しい構造物性研究」中尾裕則(KEK 物構研)

P-09 「チタン酸化物の局所分極の研究と次世代光源への期待」中島 伸夫(広大院理)

P-10 「PF リング弧部改造計画」原田健太郎(KEK 加速器)

P-11 「鉱物/水界面の構造解析:地球科学への応用」佐久間博(物材機構)

弾性散乱を相補的に利用することで、中性子非弾性散乱で観測可能なスピン状態だけでなく、電荷励起状態が銅酸化物において解明されてきたことが紹介されました。また本講演でも、将来光源での高いエネルギー分解能での実験に期待が寄せられました。石原氏(東北大)は、長年研究されてきた軌道波の観測における軌道と格子の関係や、光誘起相転移による新たな過渡電子状態が出現することなど、



<b>7月28日(火)</b>	
<b>ナノビームを用いた構造物性研究 [座長:石井賢司]</b>	
09:00-09:30	「顕微計測が実現するマルチスケール構造物性研究」 大隅寛幸(理研)
09:30-10:10	「共鳴軟X線回折のマルチフェロイック関連物質 への適用」木村 剛(阪大基礎工)
<b>構造物性研究の新たな展開を目指して [座長:佐賀山基]</b>	
10:30-11:00	「酸化物・有機物に対する表面/界面の構造物性研究」 若林 裕助(阪大基礎工)
11:00-11:40	「高効率物質・エネルギー変換のためのナノ材料創製」 山内 美穂(九大 I2CNER)
11:40-11:55	「超精密結晶構造解析による価電子の可視化」 木村宏之(東北大多元研)
11:55-12:10	「酸化鉄化合物のメスbauer回折実験の試行」 池田 直(岡大院自然)
12:10-	おわりに(村上洋一・PF施設長)



図2 懇親会の様子

最近の理論研究を紹介されるとともに、強相関電子系における動的構造研究の重要性を指摘されました。初日最後には、本研究会の提案代表者の有馬氏(東大)から、将来光源を見据え、構造物性グループの進むべき方向性が提案されました。続けて懇親会では、ポスター発表も行い、喉を潤しながら、将来光源での構造物性研究の可能性を大いに議論しました。

2日目の最初は大隅氏(理研)より、SPring-8での硬X線領域のナノビームを用いたX線回折によるドメイン構造研究の現状と、将来光源での「明るい」ナノビームの利用への期待が紹介されました。木村氏(阪大)は、共鳴軟X線散乱を用いたマルチフェロイック物質の空間分解能(約 $10\mu\text{m}$ )でのドメイン観測を紹介頂くとともに、将来のnm領域でのドメイン観測への期待が表明されました。午前後半は、若林氏(阪大)より、酸化物・有機物に対する表面/界面構造の研究の現状が紹介されました。さらに、将来光源でのコヒーレントX線を利用した表面の面内方向の構造研究の可能性が紹介されました。山内氏(九大)は、 $\text{CO}_2$ を環境中に排出しないエネルギーサイクルの確立に向けた新規触媒開発を行い、電頭、放射光などを駆使するこ

とで、その構造を決定していることが紹介されました。さらに、電頭ではできない様々な雰囲気下で、よりリアルな系での研究が、将来光源で期待されることが説明されました。木村氏(東北大)は、価電子の可視化が可能となる超精密結晶構造解析の現状を説明されるとともに、将来光源での多重散乱を避けた精密測定の可能性や、逆に多重散乱を利用した散乱因子の位相の決定法の可能性などを紹介されました。池田氏(岡大)は、メスbauer分光に回折の手法を組み合わせることで、サイト選択的なメスbauer分光実験の試行について紹介されました。また本研究では、入射X線のエネルギー分解能がneV領域である必要があります。次世代光源での高輝度光への期待が述べられました。

以上のように、2日間に渡り次世代放射光光源を用いた構造物性研究への期待が議論されました。近い将来、実現が期待される次世代放射光光源に向けて、今後も継続的に議論を進めていきたいと思っております。



図1 会場の様子

## 「第18回 XAFS 討論会」開催報告

放射光科学第二研究系 木村 正雄(実行委員長)  
阿部 仁(実行副委員長)

第18回 XAFS 討論会は2015年7月29日から31日までの3日間、日本 XAFS 研究会の主催、KEK 物構研の共催により、多数の学協会の協賛、さらに多数の企業の後援を得て、KEK 小林ホールにて開催されました。KEK での開催は、2001年の第4回以来2度目となりました。

今回は招待講演3件、特別講演2件、依頼講演3件、一般講演36件、ポスター発表41件に、151名の参加者を得て、盛会のうちに無事終わることが出来ました。

1日目は鈴木俊法先生(京都大学)による招待講演「SACLAを用いたフェムト秒X線吸収分光法による鉄オキサレート錯体の光化学反応の研究」で幕を開けました。SACLAを使った最新の時間分解実験の結果に巧みなデータ解析を交えながら将来展望も含めてご講演頂きました。パルス幅の短いX線を最大限に利用した実験として、放射光科学の今後の大きな一つの方向性を示して頂きました。また、依頼講演として野澤俊介先生(KEK 物質構造科学研究所)には「太陽電池や光触媒の基礎反応である電子移動のメカニズム」をご講演頂きました。Storage Ringにおける時間分解実験の最新のトピックスを数多くお示し頂きました。夜にはナイトセッションとして、今後のXAFSの姿等について熱い議論が交わされました。ご列席の上、議論に参加頂いた物構研所長の山田和芳先生、PF施設長の村上洋一先生、KEK理事の野村昌治先生に感謝致します。

2日目は原田慈久先生(東京大学)による招待講演「共鳴軟X線非弾性散乱実験の現状と将来展望」で始まりました。共鳴軟X線非弾性散乱とXAFSはこれからますます密接な繋がりを持って研究されるであろうという視点から、界面や溶液系のトピックスをご講演頂きました。エレガントに開発された装置群が印象的でした。その後ポスターセッションが行われ、小林ホール前にびっしりと貼られたポスターを前に熱い議論が交わされました(図



図1 会場の様子



図2 学生奨励賞受賞者と横山会長

1)。引き続き、関澤央樹先生(電気通信大学)から依頼講演として「固体高分子燃料電池に対する顕微イメージング XAFS 計測法の展開」を頂きました。SPring-8で展開されている顕微イメージングを効果的に利用した最新の研究成果をお話頂きました。特別講演として Didier Sébilleau 先生(レンヌ大学)から「From EELS to XAFS: a multiple scattering analysis」を頂きました。多重散乱理論を用いて、EELS や XAFS はもちろん光電子回折も含めて俯瞰的に理論的取り扱いをご講演頂きました。続いて野村昌治先生(KEK)から「XAFS と3つのSR」として特別講演を頂きました。XAFSの黎明期、PFの建設時期や利用開始初期のエピソードも交えながら、発展の歴史を含めて解説頂くとともに、正に温故知新、将来展望もお示し頂きました。Synchrotron Radiation, Storage Ring に続く3つ目のSRとは Social Responsibility であり、今後の大型施設や研究の方向性を熱く語って頂きました。

総会をはさんで開催した懇親会にも120名を越える方々にご参加頂くことができました。懇親会では学生奨励賞が日本 XAFS 研究会会長の横山利彦先生(分子科学研究所)から授与されました(写真)。今年の学生奨励賞は、立溝信之氏(京都工芸繊維大学)の「Cr 添加 AlN 薄膜の偏光 XAFS 測定による結晶学的特性と光学的/電気的特性との相関の解明」、横哲氏(東京大学)の「超臨界水熱法による  $Ba_{1-x}Sr_xZrO_3$  ナノ粒子合成と構造解析」、山下翔平氏(立命館大学)の「シリカ担持ニッケル粒子上での酸化還元反応メカニズムに関する速度論的解析と粒子サイズ効果」でした。受賞された3名の学生の皆様、おめでとうございます。ますますのご活躍を期待します。

最終日の3日目は守友浩先生(筑波大学)に招待講演をお願いし、「ナトリウムイオン二次電池活物質の X 線吸収分光」のご講演を頂きました。リチウムイオン二次電池のリチウムを、クラーク数の大きいナトリウムに転換すべく研究を展開され、候補となり得る物質についてご紹介頂きました。講演申込みが多かったこともあり、最終日はお昼休みなしに13時過ぎまで最後まで活発にご講演ご議論頂きました。皆様ありがとうございました。

改めて、素晴らしい講演を頂いた皆様、ご参加頂いた皆



様、ご協賛頂いた学協会の皆様、ご後援頂いた企業の皆様  
に感謝致します。またご尽力頂いたプログラム委員、実行  
委員および関連スタッフ、学生アルバイトの皆様のお陰で  
無事開催することができましたこと、感謝致します。最後  
になりましたがPF物質化学Grを中心とした実行委員会  
の方々の献身的な努力で無事運営できたことを申し添え  
ます。ありがとうございました。

来年の第19回XAFS討論会は田淵雅夫先生(名古屋大  
学)を実行委員長として開催されます。XAFSによる研究  
が広く大きく展開することを祈念して、報告を終わりと致  
します。

## 「第18回XAFS討論会」に参加して

京都工芸繊維大学大学院 立溝信之

2015年7月29日からの3日間、つくばの高エネルギー  
加速機研究機構・小林ホールで第18回XAFS討論会が開  
かれました。私はこのXAFS討論会を含め、学会に参加  
すること自体が初めての経験だったので緊張半分、楽しみ  
半分で参加しました。参加を決めて明確な目標ができたこ  
と、また発表準備で多くの人達の力をお借りできたこと  
により、非常によく研究が進んだと思います。

私の所属している京都工芸繊維大学大学院の固体電子工  
学II研究室では、III族窒化物半導体である窒化アルミニ  
ウム(AIN)、窒化ガリウム(GaN)とこれらの混晶に3d  
遷移金属を添加して、新しい機能を発現させる研究を進  
めています。私は、その中で人工光合成応用を目指して、  
Crを添加したAINの物性解明を卒業研究のテーマとして  
選び、成膜実験とX線回折(XRD)などの結晶学的特性、  
紫外-可視-赤外光吸収測定などの光学的特性、さらには  
直流/交流電気的特性などの評価実験を進めてきました。  
今年の4月に博士前期課程に進み、透過電子顕微鏡(TEM)  
観察とXAFS測定を追加し、勉強を始めただけでして  
ました。後に述べる理論計算に至っては、7月28日までの春学期  
講義期間が終わってから勉強を始めようか、という状況で  
した。

まず、XAFS討論会での口頭発表に至った経緯を述べさ  
せてもらいたいと思います。今年の5月、修士課程に上  
がったばかりで初めてのPFでのビームタイム、右も左も  
わからない状態でCr K-edge XAFS測定をしていたときに、  
丁寧にご指導いただいたKEKの丹羽さんにXAFS討論会  
への誘いを受けたのがきっかけです。最初は「討論会」と  
聞いて、どこかの会議室で何かそういった会議があり、そ  
こで私たちの研究成果を報告するものと思っていました。  
私は、丹羽さんの期待に応えるべく、2つ返事でお受けし  
ました。

そこからは、4月から共同研究を進めていた京都工芸繊  
維大学のナノ構造工学研究室の一色先生、西尾先生に、発  
表用のTEM試料作成・観察を手伝って頂きました。TEM

観察試料を研磨している際に何度も研磨しすぎて大きな穴  
を開けてしまったり、観察すべき場所を間違えて研磨し  
てしまったりと、たくさんご迷惑をおかけしてしまいま  
したが、最終的には大変美しい原子像を得ることができ  
ました。また、発表のわずか1週間前(7月22日)に関西  
学院大学の小笠原先生に多電子系第一原理電子状態計算  
(DVME)の計算手法を一日がかりでレクチャーして  
いただきました。そこから発表の日までは、毎日DVME理論  
計算を行いました。私と私の指導教員である園田先生は発  
表前日(移動日)の夕方まで大学で理論計算をしつつ、発  
表資料作成を行い、つくばについたのは夜中でした。新幹  
線で夕食を済ませ、宿舎に着いてすぐにスライドの修正、  
発表練習を行いました。結局、完成したのは朝の5時で  
した。

そしてXAFS討論会1日目、朝10時に起床し2回ほど  
発表練習を行ったあとつくバスで会場へと向かいました。  
途中、園田先生の知り合いである大阪府立大学の池野先生  
と親しくお話しさせていただき、少し緊張が和らぎました。

5月にXAFS測定をしていたときには分かりませんでした  
が、XAFS討論会が始まって様々な方々の発表を聞く中  
で、XAFS測定が利用されている研究分野、対象とする試  
料、測定手法などの多様性に驚かされました。皆さんそ  
れぞれの手法とアプローチで研究を進めておられ、今後参考  
にしたい実験手法、真似してみたい発表がたくさんあり  
ました。会場の雰囲気は朝倉先生(北大)が積極的に質問さ  
れている姿がとても印象的で、途中KEKの方々の発表の  
時には喧嘩になるのではないかと心配になりました。

私の口頭発表は初日の午後でした。既に4人の学生が発  
表を終えており、皆さん素晴らしい発表内容で自分もあそ  
こで話すのかと思うと少し不安にもなりましたが、同じ学  
生が意欲的に研究している現状を改めて知ること非常に  
よい刺激を受けました。実際に発表を始めると、不思議と  
緊張はしていませんでしたが、当日の朝5時まで練習し  
ていたにも関わらず、12分の発表が10分で終わってしま  
い、「質問時間が長くなってしまう!」と少し焦りました。  
しかし、XAFS討論会のアットホーム感なのか皆さん優し  
く、そしてさらに研究を推進するヒントになるような質問  
をしてくださりました。私の勉強不足で十分な答えにな  
っていないこともありましたが、横山先生(分子研)、朝倉  
先生を始め6人の方から質問を頂き、自分の研究内容に興  
味を持って下さったのかと思うと嬉しくてたまりません  
でした。その日の夜は、この口頭発表での質問をヒントに翌  
日のポスターセッションの準備を行いました。

2日目のポスターセッションでは、もともと園田先生が  
発表担当、私は共著者の予定だったのですが、先生が私の  
勉強になるからと、ポスターの私の名前に二重丸を付けた  
後、その場を離れて行きました。言われるままにポスター  
の前に立っていたのですが、最初は誰からも話しかけられ  
なかつたので、少しでも足を止められた方には積極的に話  
しかけるようにしました。その甲斐あってかたくさんの方  
々と議論を交わすことができました。写真は池野先生に

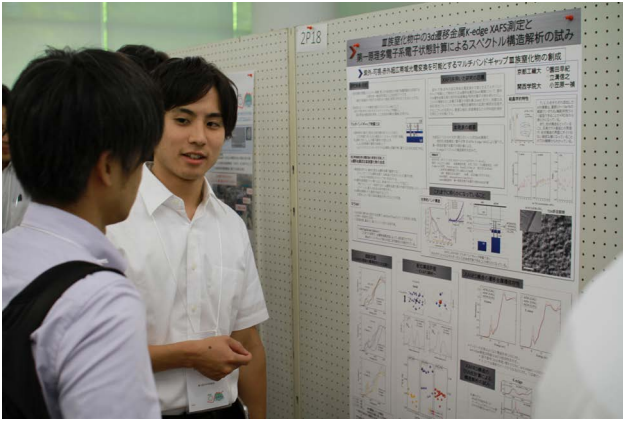


図1 ポスターセッションにて

K-edge の理論計算のアドバイスを頂いているところです。また、私が KEK の方に質問をしたところ横山先生を連れて来て下さり Cr のプリエッジ分裂の帰属について説明していただきました。気がつくとも poster セッションの時間が終了していて、口の中は乾燥してパサパサになっていました。他の poster 発表を見に回るができなかったのが残念ですが、大変充実した貴重な時間となりました。その後、5 件の口頭発表に続き、総会が開かれました。総会では木村先生 (PF) により、日本の加速器の厳しい現状などが説明された後、会計報告や来年度の実行委員が決定されました。

その夜、小林ホール内で懇親会が開かれ、お腹の空いていた私は誰と話をする訳でもなくひたすらおいしいご飯を食べていました。しばらくすると学生奨励賞の発表が始まりました。私は自分が選出されると思っていたなかったので自分の名前が呼ばれたときは、あまりの驚きに口に含んでいたマスカットを吹き出しそうになりました。私を含め 3 人の学生が受賞し、横山先生より賞状と賞金を頂きました。総会での朝倉先生曰く、来年「X 線吸収分光法—XAFS とその応用」通称「緑の本」の改訂版が出版されるので、賞金で購入し、さらに勉強し理解を深め、研究を進めて来年もよい発表ができるように頑張ります。



### PF 研究会「X線顕微分析の新展開:STXMから硬X線複合分析まで」の開催報告

東京大学大学院理学系研究科 高橋 嘉夫

マイクロ～ナノメートルサイズのX線を用いたX線顕微鏡は、電子線と比較して空間分解能では劣るものの、高い感度の元素分析、X線吸収スペクトルによる化学状態分析、小さな試料ダメージなどの多くの利点を備えているため、X線領域の放射光施設の殆どで、何らかのX線顕微分析が展開されている。その応用分野は、材料科学、地球惑星科学、環境科学、生物科学などの極めて多岐に渡り、これら分野において、不均質な試料を分析する上で不可欠なツールとなっている。利用するX線のエネルギーは、対象とする元素の吸収端に依存して、軟X線領域から硬X線領域まで幅広く、それに応じてやや異なる手法を用いる。硬X線領域では、主に Kirkpatrick-Baez (K-B) ミラーで1ミクロン程度に集光したビームを用い蛍光X線を検出して元素分布を得る手法が主流であり、X線吸収微細構造(XAFS)測定と透過配置でのXRD測定などを組み合わせた複合分析もしばしば行われる( $\mu$ -XRF-XAFS-XRD)。一方、軟X線領域では、Fresnel Zone Plate (FZP)を用いた集光系が主で、しばしば50 nmを切る空間分解能での分析が行われ、薄い試料に対して透過配置で吸収をみる Scanning Transmission X-ray Microscopy (STXM) が頻繁に利用されている。この分析でも、元素分布とXAFSによる化学種解析が行われ、特に炭素の官能基マッピングなどに特徴がある。これらの手法において、これまで日本は世界の後塵を拝している感



図1 挨拶をする著者(上)と村上PF施設長(下)



図2 会場の様子

があったが、硬X線領域では SPring-8 の複数のビームラインでの先端的取組みに加え、Photon Factory においても BL-4A に加えて BL-15A でも  $\mu$ -XRF-XAFS-XRD のような複合分析の取組みが進展している。さらに軟X線領域では、分子研 UVSOR と Photon Factory でほぼ同時に STXM が稼働し始め、ようやく世界に一步近づく状況になってきた。

このような時期を捉えて、今回、PF 研究会「X線顕微分析の新展開:STXMから硬X線複合分析まで」を企画した。この発案とプログラム編成には、PF の物質化学グループの皆様(グループリーダー:木村正雄教授)、電子物性グループの小野寛太准教授らのグループ、PF-UA の XAFS ユーザーグループ(代表:田淵雅夫教授(名大))、マイクロビームX線分析応用ユーザーグループ(代表:高橋嘉夫)の協力を得た。研究会の開催日は10月2日の1日であり、87名の方の参加を得て、朝9:20から夜19:00過ぎまで、終日活発な議論が行われた。講演は口頭のみであり、以下にプログラムに沿って、討論の内容を振り返る。

プログラムの大きな流れは、冒頭の高橋による趣旨説明と足立伸一主幹のご挨拶に続き、午前中には主に STXM の国内での展開と応用に関する講演を配し、午後の最初に顕微分析への期待を込めた特別講演を小野先生に依頼し、その後に硬X線を用いた顕微複合分析の話題へと移っていくというものであった。さらに最終盤では、3 GeV 蓄積リングの到達点や PF-UA による新光源への期待などが語られるという、非常に盛り沢山の内容となった。

午前中前半では、武市泰男氏(PF)が、独自開発したコンパクト STXM (cSTXM) の特徴や性能と今後の展望を述べた。短時間で応用分析まで到達したことは驚嘆に値する。続く大東琢治氏(UVSOR)は、UVSOR に導入された STXM の稼働状況と研究展開を披露すると共に、試料周りのセルに関わる様々な工夫について興味深い講演を行った。次の高橋は、ユーザーの視点から PF での STXM が実現するまでの経緯と、それを利用した S2 型課題「走査型透過X線顕微鏡(STXM)を用いたサステナブル科学の推進」で進められている研究を紹介した。また武市氏と高橋のいずれの講演においても、現在の cSTXM が抱える問

<b>&lt;プログラム&gt; 10月2日(金)</b>		
09:20-09:25 「開会挨拶」高橋嘉夫(東大)	顕微分析の新展開【座長:木村正雄(KEK)】	
09:25-09:30 「挨拶」足立伸一(KEK 物構研)	14:40-15:05 「固体高分子形燃料電池に対する 2D/3D 顕微 XAFS イメージング計測」 関澤 央輝・宇留賀朋哉・唯 美津木・岩澤 康裕(電通大・JASRI・名大)	
<b>STXM の現状【座長:田淵雅夫(名大)】</b>		
09:30-09:55 「PF における STXM の開発とその現状,そして将来」 武市 泰男(KEK 物構研)	15:05-15:30 「蓄電池電極反応の時間・空間分解解析」 稲田 康宏・片山 真祥(立命館大)	
09:55-10:20 「UVSOR における STXM ビームラインの現状」 大東 琢治(UVSOR)	15:30-15:55 「SPring-8 における新しい顕微 XAFS」 新田 清文(JASRI/SPring-8)	
10:20-10:40 「PF-STXM を応用したサステナブル科学:環境・資源科学における STXM の必要性」 高橋 嘉夫(東大院理)	<b>BL-15 の現状とマイクロ XRF-XAFS の応用研究【座長:木村正雄(KEK)】</b>	
<b>STXM 応用研究【座長:高橋嘉夫(東大)】</b>		
10:50-11:10 「有機薄膜太陽電池の STXM」 守友 浩(筑波大)	16:10-16:35 「PF BL-15A1 でのセミマイクロビームによる XAFS/XRF/XRD 複合分析システムの現状」 仁谷 浩明(KEK 物構研)	
11:10-11:30 「STXM を利用した土壌の肥沃度および炭素隔離メカニズム研究」 和穎 朗太(農環研)・浅野 真希(筑波大)・山口 紀子(農環研)	16:35-16:55 「微小部 XRF・XAFS の生物試料分析への応用と BL-15A への期待」 和田 敬広・宇尾 基弘(東京医科歯科大)	
11:30-11:50 「STXM を応用した微生物-鉱物相互作用の解明」 光延 聖(静岡県立大)	16:55-17:15 「ドープ氷中に含まれる金属塩のキャラクタリゼーション」 原田 誠・徳増 宏基・岡田 哲男(東工大院理工)	
11:50-12:10 「走査型透過 X 線顕微鏡(STXM)を用いた隕石中の有機物分析」 癸生川陽子(横国大)	<b>トピックス</b>	
12:10-12:30 「STXM による隕石や微生物の観測:若手からの声を含めて」 菅 大暉(広大)	17:15-17:30 「PF における高圧 XAFS の現状と今後の展望」 若林 大佑・船守 展正(KEK 物構研)	
12:30-12:50 「都市ごみ焼却灰に対する STXM の適用:POPs の生成・抑制の理解を目指して」 藤森 崇(京大)	<b>X 線分光の将来像【座長:稲田康宏(立命館)】</b>	
<b>顕微分析の将来像【座長:高橋嘉夫(東大)】</b>		
14:00-14:40 「X 線顕微鏡による物質科学研究の将来像」 小野 寛太(KEK 物構研)	17:30-18:00 「材料の 5D イメージングへの期待」 木村 正雄(KEK 物構研)	
	18:00-18:30 「最先端 3 GeV 蓄積リングの設計と光源性能」 原田 健太郎・土屋 中央(KEK 加速器)	
	18:30-19:00 「PF-UA と新光源への期待」 朝倉 清高(北大)	

題点(高次光除去の必要性, マンパワーとビームタイムの不足の問題)が指摘され, その解決のためには STXM 専用ビームラインの建設が望まれることが確認された。

休憩をはさみ, 上記 S2 課題で行われている STXM を利用した研究の紹介が続いた。守友浩氏(筑波大)は, 有機薄膜太陽電池中の有機物の混合状態を STXM で解明した研究を紹介した。この研究は, STXM の特徴を生かしたユニークな研究であり, 大きな注目を集めた。次に和穎朗太氏(農環研)は, 土壌中の有機物が鉱物・無機物との相互作用により安定化するプロセスを STXM で調べた研究を紹介し, 地球温暖化問題や炭素循環の研究における土壌の重要性を指摘した。引き続き光延聖氏(静岡県立大)は, 鉱物界面で微生物が分泌した化合物による鉱物の溶解現象を STXM で観察したユニークな研究を紹介した。さらに癸生川陽子氏(横国立大)は, 隕石中に存在する高分子有機物の生成過程の解明に STXM が威力を発揮することを示した。cSTXM の利用研究の最後として, 菅大暉氏(広島大)は STXM を用いた多彩な研究を紹介すると共に, 学生として他の STXM ユーザーのサポートに奔走している現状を紹介し, 改めて PF-STXM のマンパワー・ビームタイム不足の問題や今後の展開に対する懸念が浮き彫りになった。最後に藤森崇氏(京大)は, ALS の STXM を利用して行った, 都市ごみ焼却灰に対する STXM 分析の結

果を紹介し, 焼却灰中で芳香族炭素が濃集する現象があることが明らかにされた。

昼食をはさみ小野氏(PF)は, X 線顕微鏡による物質科学研究の将来像を熱く語り, STXM を用いた磁区観察や, それを一歩進めた局所的な磁氣的相互作用の定量的可視化について解説すると共に, 中性子などの他のプローブと組み合わせた研究の重要性を指摘した。

これ以降の午後のセッションは, 硬 X 線領域の顕微分析の研究紹介となり, まず関澤央輝氏(電通大)は, SPring-8 BL36XU における 2D/3D 顕微 XAFS イメージング計測を用いた最先端の顕微 X 線分光分析研究を紹介した。続いて稲田康宏氏(立命館大)は, 二次元検出器と非集光 X 線を用いたイメージング XAFS システムの開発と, 蓄電池電極反応を数 10  $\mu\text{m}$  の空間分解能と 10 ms オーダーの時間分解能を持って分析した例を紹介した。また新田清文氏(SPring-8)は, コヒーレントな光源の特性を生かしたコヒーレント回折イメージング(CDI)法と XAFS 法を組み合わせた CD-XAFS 法を紹介し, 10 nm を切る空間分解能での XAFS 分析の展望が述べられた。

休憩をはさみ, PF におけるセミマイクロビームを用いた複合分析ビームラインとして大きな期待を集めている BL-15A の紹介が仁谷浩明氏(PF)からなされた。続いて 2 題は, 現在は BL-4A を利用しているが, 将来的に BL-





図3 終了後の集合写真

15Aでの展開も考えられる硬X線顕微分析の研究紹介で、和田敬広氏（東京医科歯科大）からは口腔内の種々の金属修復物や歯科矯正用金属材料から口腔粘膜に溶出・蓄積した金属元素の分布測定と化学状態評価について、原田誠氏（東工大）からは $\mu$ -XRF-XAFSを用いた氷中の金属元素の分布と水溶液に残存する金属イオンの化学形について、興味深い発表があった。またXAFS分析のトピックスとして、船守展正氏（PF）から、最近開発されたPFでの高圧下でのXAFS分析装置の紹介が行われ、ここでもXRDとXAFSを複合的に利用した活発な利用研究の展開が期待される。

最後のセッションは、村上洋一PF施設長のご参加も得て、今後の展望にも重きをおいたセッションとなった。まず木村正雄氏（PF）から、今後の材料科学において、材料のheterogeneityを考慮し、3Dの空間分解能を持ち、時分割と機能発現のパラメータの分解能（=2D）をも含めた“5Dイメージング”の必要性が述べられた。次に原田健太郎氏（加速器七系）から、世界最先端の放射光源の現状紹介と周長約440 m、3 GeV、500 mAの光源で、十分なエミッタンスと輝度を持ち、既存の新第3世代光源を上回る光源の構築が可能であることが述べられた。最後に、お忙しい中講演30分前にかけて下さった朝倉清高氏（北大）は、PF-UA執行部としてのお立場から、現在の蓄積リング型光源の急速な進歩に鑑み、次世代光源として新蓄積リング型光源がPF-UAから提案されていること、その実現のためにはユーザーの熱意とそれを汲み取る旗頭が必要であることを述べられた。

今回の研究会は、これまで別々に議論されることの多かった軟X線領域と硬X線領域のX線分光研究を、X線顕微鏡という共通項の下で同時に議論する稀有な機会となった。図らずも研究会が1日で行われたため、これまで互いに議論をする機会に恵まれなかった人たちが一堂に会することで、多くの新たな発見があったものと思う。また最後に朝倉先生のご参加も得て、実現が期待される次世代放射光光源についての議論も行われ、今回討議したX線顕微鏡

に寄せる期待が、次世代光源で大きく花開くことを願って、閉会となった。

最後に、本研究会の運営を支えて下さったPFの物質化学グループおよび電子物性グループの皆様、秘書室の高橋良美さん他の皆様に深く感謝いたします。有難うございました。

## 16th International Conference on Small-Angle Scattering (SAS2015) 参加報告

放射光科学第一研究系 斉藤耕太郎

9月13日から18日にかけてベルリン工科大学にて開催された第16回小角散乱国際会議SAS2015に参加してきた。公式ウェブサイトによると、発表申請が514件、口頭発表129件、ポスター発表336件、参加者424名となっており、特定の実験手法の会議にしては大きいなという印象を持った。国際結晶学連合IUCrの一部門としての扱いかから、参加者急増に伴いIUCrのSAS委員会がIUCrの大会から独立した国際会議を運営するように至ったという経緯があるようである（<http://asrc.jaea.go.jp/kisonote/kagaku/25kagaku/25tansin.pdf>）。参加者数上位10カ国はドイツ121名、アメリカ45名、日本43名、フランス33名、デンマーク17名、イギリス16名、オーストリア15名、オーストラリア14名、ロシア13名、スウェーデン13名となっており、小角散乱コミュニティでは日本勢のプレゼンスがかなり高いことがうかがえる。これは京都にて開催されたSAS2006が欧米以外での初めての開催であったことから推察できる。推察になってしまうのは、私が永久磁石材料研究の一環で2013年から中性子小角散乱(SANS)を使い始めたばかりの新規ユーザーだからである。本報告は物性物理出身で応用材料研究に携わる小角散乱コミュニティの新参者の視点に基づいていることをご承知いただきたい。

小角散乱という名前とは裏腹に、この手法は生体物質、

ソフトマター、金属組織、磁性材料などかなり広い研究分野で活用されている。小角散乱から得られる構造情報が、マテリアルサイエンスの中でも機能的重要度の高いナノメートルからマイクロメートルオーダーの階層であることを考えると当然であろう。ただ、発表者の内訳はやはりコロイド、ポリマー、バイオマテリアルといった生物、ソフトマター関連に占められ、我々のように固い無機物を対象にしているのは圧倒的少数派であった。このように広い研究分野を対象とした学会を少数派として楽しむには、研究上の興味のある数少ないセッションに参加している時間以外は自分の研究と全く関係のない分野のポスターを素人として眺めるという方法がよい。幸いなことに、各種ポリマーやコロイド、界面活性剤といった説明がないと要点の掴みにくい発表に混ざって（これらのテーマがつまらないと思っているわけではない）、髪の毛、イカの吸盤、ウニのトゲといった印象的な試料に関する発表を見つけた。イカの吸盤についている環歯と呼ばれる小さなギザギザは非常に丈夫で熱加工の容易なバイオプラスチックになる可能性があり、その特異な材料的特性には複数のたんぱく質が織りなす階層構造が重要な役割を担っているという。テクノロジー系ブログが好きそうなネタである。調べてみるとやはり、さらに驚きの自己修復に関する続報が Engadget に取り上げられていた (<http://gizmodo.com/2015/09/03/squid-teeth-self-healing-material/>)。対象分野の広い学会はなかなか深い議論ができないのが難点だが、このような発見があるのが面白い。

イカの吸盤から酸化鉄ナノ粒子まで様々な研究発表がある一方で、ほぼ全ての発表においてパッと見ただけでは違いを見出すのが難しい測定データが示されているのが小角散乱国際会議の一つの特徴であろう。明確なピークを示す試料も一部あるが、実験室X線、放射光X線、中性子といったプローブの種類に関係なく大抵どれも似たような右肩下がりの両対数プロットなのである。粉末・単結晶回折も

ぱっと見では同じようなデータばかりだが、ピークがたくさんあるので実は違いは明確であり、解析の際もそれら大量のピークの位置と強弱をばっちり再現できていれば納得もしやすい。しかし、多くの小角散乱で得られるようなピークのないほぼ単調減少の両対数プロットで議論できるのは傾き＝減衰指数や肩の位置くらいである（初めてのSANS 実験で両対数プロットのデータを目の前にしたときに「こんなにのっぺりしたデータから何かわかるのだろうか…」と心配になったことをよく覚えている）。様々な単位構造・階層的構造を持った多種多様な試料の情報がこれらわずかな特徴に凝縮しているということは、小角散乱のデータ解析がモデルに強く依存することを意味する。この点に関して、ある plenary lecture の質疑応答で印象的な場面を見かけた。講演は、牛乳中でカルシウムを内包するカゼインというタンパク質の micell の構造について数十年続く議論に決着をつけたという内容であった。Ca の L2 端を使った元素選択的な SAXS 及び長年の研究によって蓄積された傍証に基づき三つの特徴的スケールを持つモデルを構築し、これまで複数の仮説によって説明が試みられていた小角散乱プロファイルを見事に再現していた。これに対し質疑応答にてある研究者が「こんなパラメーターの多い解析は学生には到底見せられたものではない」とコメントした。確かにわずかに肩がある程度の単調減少曲線を三分割してフィッティングすれば実験結果と一致する可能性は非常に高くなるが、講演者の用いたモデルは他の手法で得られた情報を考慮した上で構築された妥当なものであり、パラメーターを増やしてとりあえず測定と合わせただけという雑な解析ではないように私には思えた。講演者もそのように回答し座長もフォローしたためか議論にまでは発展はしなかったが、他の手法で得られた情報と照合しないとモデル依存性の高さに足をすくわれてしまうのが小角散乱データ解析の難しさであることを示すシーンであった。

前述の通り、本会議の発表タイトルをざっと見る限り



図1 ポスター会場となったベルリン工科大自慢のアトリウム。弦楽四重奏の生演奏つきウェルカムレセプションもここで開催された。美しいタイルの床は現在私の iPhone の壁紙である。



小角散乱コミュニティは広い研究分野をカバーしている一方で研究者数の分布にはかなり偏りがある。まずX線(SAXS)と中性子(SANS)というプローブで大まかに分類を試みると、実験室系X線も使えるSAXSに関する発表がSANSの三倍弱あることが分かる。口頭発表の数で見ると、装置や解析環境の開発を除くとソフトマター、ポリマー、コロイド、バイオマテリアルがほとんどを占めており、無機物を対象にしている研究自体が非常に少ない。これら手法と分野の比率を合わせて考えてみるだけで、我々のようにSANSを使って永久磁石材料の研究をしている研究者がいかにか少数派であるかが分かる。実際、私たちの他にはルクセンブルク大学のグループしかない(そもそもSANSの磁気散乱を活用している研究者自体が非常に少ない)。今回のポスター発表は、長年永久磁石研究において無視されてきた部分をSANSによって実験的に明らかにできたという成果を小角散乱コミュニティにも知らせたいと思い申し込んだものであるが、ポスターの見栄えが悪かったのか、ルクセンブルク大のグループと長い時間話し込んでしまったのが悪かったのか、なかなか輪の外にアピールする機会を持てなかった。薄々気づいてはいたが、今自分たちが立っているのは群衆ひしめき合う中で抜きん出て到達する類の最先端ではない。ひと気のない事実上の最先端で、群衆を抜き去ったトップランナーが味わう孤独とは異なる単純な孤独を感じているだけである。しかし、ここがいつまでもただの事実上の最先端であるとは思っていない。今後、物性物理では局所、時分割という"きれいな系"で時空間をさらに細かく調べるキーワードと同時に、非平衡と不均一というこれまで"きたない系"として忌避されてきたキーワードが重要になってくるはずであり、これは物性物理と応用材料の接点となる。バルク試料内部のマルチスケールな構造情報を得られるSANSや放射光を用いた元素選択SAXSは非常に重宝されるだろう。その時に備えて、せめて現在の事実上の最先端の足場を整える程度の貢献はしておきたい。

最後に、本会議のカンファレンスディナーの特筆すべき



図2 講義室の背もたれに書かれた落書き。どこの学生もやることは同じである。

素晴らしさについて記したい。カンファレンスディナーのショーといえばダンスや演奏がお馴染みだが、SAS2015のショーは一味違った。即興劇である。あらかじめディナー出席者に「職場でよく言う／聞くセリフ」というあるあるネタを紙切れに書いてもらい、それをステージにばらまいておく。ベルリンを拠点として活動するDie Gorillasという即興劇グループの役者三人が「孫娘と久しぶりに会った祖父」といった大まかな設定のなかで「おばあちゃんはよくこう言っていたよ」などのフリに続いてランダムにその紙切れを拾って読み上げる。書いてみるとこれだけなのだが、仕事上の多くの事情を共有できる特定の実験手法のユーザーコミュニティの特徴を活用したアイデアと彼らの即興劇を作り上げる瞬発力のおかげで、ランダムに選ばれたあるあるネタと劇中の状況が時にはチグハグに時にはドンピシャに合わさり、ドイツワインで上機嫌になった参加者には終始大ウケであった(「お母さんはいつも言っていたね…ビームダンプの最新情報は一時間後に更新しますってね」、「昨夜何か異常はあったかね?」「リアクターがリークしています」などなど)。また、Guinier prize受賞者の plenary lecture の概要をオペラ調にして歌い上げるというパフォーマンスも見事だった。世界最大規模の芸術大学を有し、現代芸術の盛んな街ベルリンならではのショーだったと言える。

次回のSAS2018はアメリカ・ミシガン湖畔のワインの街トラバースである。3年後にどこで何をやっているか全く分からないが、まだ小角散乱に関わっていれば論文の一本でもひっさげてワイナリー巡りも含めて参加したい。

### PF 研究会「放射光のオンリーワン計測と産業利用展開」の開催報告

(株) 日立製作所 米山明男

2016年1月19日-20日の2日間に渡って、4号館セミナーホールにて「放射光のオンリーワン計測と産業利用展開」と題するPF研究会を開催致しました。本研究会は一昨年9月に開催致しました「放射光イメージングの産業利用の現状と将来展望」の続き(第2弾)として、放射光を利用したオンリーワン計測技術に着目し、産業各界のユーザーを中心として最近の研究成果をご紹介頂き、産業利用における放射光計測の有用性やその将来を展望することを目的として企画致しました。80名を超える方々のご参加に加え、7社(1社は資料配布)に企業展示して頂き、大盛況のうちに終了する事ができました。

研究会の1日目は、講演会と見学会の2部構成と致しました。講演会では両宮主幹にご挨拶を頂いた後、PFの伴氏にPFの産業利用の概要として、課題数、利用形態、利用分野などに加え、利用方法などをご紹介頂きました。次にXAFS関連として、PFの木村氏からマルチスケールという概念に基づいたこれまでのご研究とSIP国プロで推進されているXAFSの概要を、AGCセイミケミカルの伊藤氏からは*in situ* XAFSを用いたペロブスカイト中の酸素イオンの拡散挙動などをご紹介頂きました。午後の前半セッションではPFの千田氏よりたんぱく質結晶構造解析の必要性、概要、利用状況などに併せて周辺技術と組み合わせたPFならではの特徴を、加速器系の本田氏からはKEKで計画している次世代高輝度放射光光源の概要とエミッタンスを中心とした主な仕様をご紹介頂きました。続く後半のセッションでははじめに特別講演として日立の山崎氏から「人工知能技術について」と題して、人工知能見取り図に基づくこれまでの歴史と概略、最近話題となっている機械学習(Deep learning)、及び今後の展望などを非常にわ



図1 会場の様子



図2 PF実験ホール見学の様子

かり易くご紹介頂きました。次に軟X線関連として、日亜化学の中河氏よりBL-2に設置されたARPESを用いた窒化ガリウムの電子状態観察例を、日立の南部氏よりBL-2の概要及びLiのXPS計測例をご紹介頂きました。講演会後はPF実験ホールに移動し、本研究会に関連するビームライン(BL-2, 5, 9, 13, 14, 15, 16, 20)をPFスタッフの方々のご説明を伺いながら2時間にわたりじっくりと見学させて頂きました。

研究会の2日目ははじめにX線顕微鏡関連として、東大の高橋教授にSTXMを用いた数10nmオーダーの軽元素(炭素)の化学状態マッピングと環境科学への応用例をご紹介頂きました。次に磁性計測関連としてトヨタ自動車の矢野氏にX線や中性子等様々な計測手法を用いた保磁力機構の解明への取り組みを、日立の菅原氏にXMCD及び電子顕微鏡を用いた磁石の測定例をご紹介頂きました。続いてイメージング関連としてPFの高橋氏からトライアルユース等におけるSiCやダイヤモンド等のトポグラフィ計測例を、日立の高松氏から位相イメージング法を用いたLIB電解液のオペランド計測例を、産総研の竹谷氏から-80度の低温下におけるクラスレートハイドレート及び食品(野菜やアイスクリーム)の位相CTによる高精細な観察例をご紹介頂きました。午後のセッションでは素核研の田中氏から高速なセンサー(時間分解能ns)やSOI検出器に加えて計測システムの産業利用に向けたご提案を、PFの清水氏から小角散乱ビームラインの概要と利用の現状を、最後に産総研の峯廻氏より有機半導体の結晶構造の解析例をご紹介頂きました。

2日間にわたり多くの方々非常に興味深い御講演を拝聴し、放射光の有用性、重要性、そして将来の発展性を改めて認識致しました。また、世界各国で放射光施設が建設され、タンパクの構造解析などコスト競争になりつつある現状を考えると、本研究会のタイトルにあります「オン



リーワン技術」が今後より一層重要になるとの強い印象を受けました。なお、本研究会のホームページには各御講演者の資料を後日掲載予定ですので、詳細はそちらをご覧ください (<http://www2.kek.jp/imss/notice/2015/12/160119.html>)。最後になりましたが、本研究会の開催にあたり、世話人及び事務室の方々をはじめとした PF 関係者には一方ならぬご協力を頂きました。この場を借りて深くお礼申し上げます。

## <プログラム>

### 1月19日(火)

- 10:00-10:05 挨拶 KEK 物構研 PF 雨宮健太  
 10:05-10:10 研究会の趣旨説明  
 (株) 日立製作所 米山明男  
 10:10-10:40 「フォトンファクトリーにおける産業利用」  
 KEK 物構研 PF 伴 弘司  
 10:40-11:10 「社会インフラ用および航空機用の構造材料における放射光利用研究」  
 KEK 物構研 PF 木村正雄  
 11:10-11:40 「*in situ* XAFS を用いた酸化物中の遷移金属価数のダイナミクス」  
 AGC セイミケミカル (株) 伊藤孝憲  
 11:40-12:40 昼食  
 12:40-12:45 挨拶 KEK 理事 野村昌治  
 12:45-13:15 「タンパク質結晶構造解析の産業利用、これまでとこれから」  
 KEK 物構研 PF 千田俊哉  
 13:15-13:45 「次世代高輝度放射光源の構想」  
 KEK 加速器 7 系 本田 融  
 13:45-14:00 休憩  
 14:00-14:30 特別講演「人工知能技術について」  
 (株) 日立製作所 山崎真見  
 14:30-15:00 「窒化ガリウムの電子状態の ARPES による評価」  
 日亜化学 (株) 中河義典  
 15:00-15:30 「広帯域ビームライン BL-2B の紹介」  
 (株) 日立製作所 南部 英

- 15:30- PF に移動後に各ビームラインの見学会  
 18:00- 交流会

### 1月20日(水)

- 09:00-09:30 「STXM-NEXAFS を用いた炭素の X 線顕微鏡分析の優位性・重要性: 環境科学を例に」  
 東京大学 高橋嘉夫  
 09:30-10:00 「重希土類低減に向けた希土類永久磁石の保持力機構解明」  
 トヨタ自動車 (株) 矢野正雄  
 10:00-10:30 「放射光と電子顕微鏡の融合による磁石解析」  
 (株) 日立製作所 菅原 昭  
 10:30-10:45 休憩  
 10:45-11:15 「パワーデバイス用半導体結晶のトポグラフィ」  
 KEK 物構研 PF 高橋由美子  
 11:15-11:45 「位相コントラスト撮像法による LIB のオペランド観察」  
 (株) 日立製作所 高松大郊  
 11:45-12:15 「X 線位相イメージングの低温・高温環境計測への応用」  
 産総研 竹谷 敏  
 12:15-13:15 昼食  
 13:15-13:45 「センサーシステムの耐環境・高度化と IoT 化に向けた要素技術」  
 KEK 素核研 田中真伸  
 13:45-14:15 「産業利用促進に向けた PF 小角散乱ビームラインの高度化」  
 KEK 物構研 PF 清水伸隆  
 14:15-14:45 「プリントエレクトロニクスのための有機半導体材料の結晶構造解析」  
 産総研 峯廻洋美  
 14:45-15:00 まとめ (株) 日立製作所 米山明男  
 15:00 終了

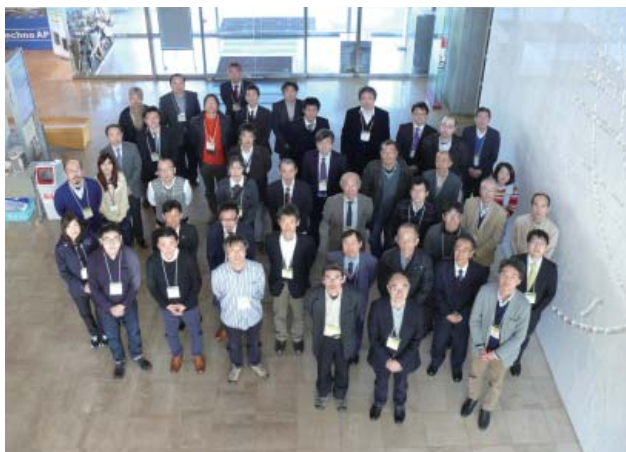


図3 集合写真 (4号館セミナーホール前にて)

## 大学関係者向け XAFS 講習会 (2015) 開催報告

放射光科学第二研究系 木村正雄, 阿部仁, 仁谷浩明,  
武市泰男, 丹羽尉博, 高橋慧  
先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 君島堅一

2015年12月3-4日の2日間にわたり、大学等の研究者、学生を主な対象として、PFでXAFS講習会を開催しました。新規ユーザー開拓、ユーザーのXAFSの理解、および測定技術の向上を目的に開催しました。

近年、様々な分野でXAFS実験は一般的なツールの一つとして認識されつつあります。一方で、放射光を利用したXAFS実験に関しては、どのように実験を始めれば良いのか分からない等、放射光実験初心者にとっては敷居が高いとの意見も聞かれます。本講習会では、XAFSの基礎的な理論、実験や解析の実際、研究例の紹介まで多岐に渡る講義と、実際のビームラインでの実習を通して、「XAFSがどのような原理に基づいて、どのような測定を実際に行い、データを解釈することによって、何がわかるか」ということを理解できるようなプログラム構成としました。講義には13名、ビームライン実習は12名の方にご参加頂きました。

1日目は、PF研究棟2F会議室において、PFにおけるXAFSと物質化学Grの紹介(KEK/木村)に続いて、XAFSに関する講義を行いました。講師として、立命館大学の稲田康宏教授、京都大学の谷田肇特定准教授、東京大学の山添誠司助教、名古屋大学の朝倉博行特任助教をお招きしました。

稲田先生には「材料解析のためのXAFSの基礎」と題してXAFSの基礎的な原理から講義して頂きました。物質と光の相互作用の説明から実際の材料開発における測定まで、幅広い内容を、非常に分かりやすくご講義頂きました。谷田先生には「XAFS実験の基礎」と題して、ビームラインの光学系・検出器の説明から、実際に実験を行うにあたって注意すること、陥りやすい失敗についてご講義頂きました。山添先生には「XAFSによる機能性材料の研究」と



図1 講義の様子



図2 ビームライン実習の様子

題してAuクラスターの研究等、最新の研究成果をご紹介頂きました。朝倉先生には「XAFS解析」として、XAFSの解析ソフトであるAthenaとArtemisを使って、XAFSの生データの解析の流れを演習形式でご講義頂きました。この演習では、参加者にPCをお持ち頂き、標準試料のデータ解析、さらにナノ粒子のデータ解析を行いました。また、KEK物構研も一員となっている光ビームプラットフォームおよびNanotech CUPALの制度の説明(KEK/伴)を行いました。

2日目は、物質化学Grのメンバーが講師となって、BL-9A, 9C, 12Cの3つビームラインを使って実習を行いました。午前には、透過法XAFS実験の基礎として、参加者に実際に操作して頂きながら、X線ビーム位置と試料位置の調整、モノクロメーターのエネルギー較正、試料の測定を行いました。午後は、ビームライン毎に特徴的な測定手法の実習を行いました。BL-9Aでは、転換電子収量法と蛍光法の同時測定による表面敏感/バルク測定を、BL-9Cでは*in situ*システムを用いた銅の酸化還元反応の時分割測定を、BL-12Cでは多素子SSDを用いた蛍光XAFS法による希薄試料測定実習を行いました。

XAFS講習会は今後も継続して開催したいと考えていますので、興味をお持ちの方はぜひご参加下さい。次回の開催は、CUPAL (<http://cupal.kek.jp>) の講習会と同時期の2016年5-6月頃を予定しております。詳細は、物質化学Grのホームページ (<http://pfxafs.kek.jp>) にて案内しますので、希望の方はぜひご応募下さい。

最後になりますが、大変お忙しい中、ご講義頂きました先生方、サポート下さいました秘書、事務の方々、放射線管理室の方々に、この場を借りてお礼申し上げます。ありがとうございました。

### 【プログラム】

2015年12月3日(木) 1日目

08:45 - 09:15 受付

09:15 - 09:20 事務連絡

09:20 - 09:30 開会の挨拶, KEK物構研 木村正雄 教授

09:30 - 10:30 講義「材料解析のためのXAFSの基礎」

立命館大学 稲田康宏 教授



- 10:30 - 10:40 (休憩)
- 10:40 - 11:40 講義「XAFS 実験の実際」  
京大 谷田肇 特定准教授
- 11:40 - 13:00 (お昼休憩)
- 13:00 - 14:00 話題提供「XAFS による機能性材料の研究」  
東大 山添誠司 助教
- 14:00 - 14:10 (休憩)
- 14:10 - 16:40 解析実習「XAFS 解析」  
名大 朝倉博行 特任助教
- 16:40 - 16:50 「光ビームプラットフォームおよび CUPAL  
の紹介」 KEK 物構研 伴弘司 学術フェロー
- 16:50 - 17:00 実習の連絡等
- 17:15 - 17:35 KEK 放射線教育ビデオの視聴 (対象者のみ)

### 2015年12月4日(金) 2日目

- 午前の実習 09:00 - 11:30 安全関係説明, 光の調整, 基本的な透過測定方法の実習
- 午後の実習 13:00 - 17:30 ビームライン毎 (9A, 9C, 12C)  
に異なる内容を順次実習
- (1) 9A: 転換電子収量法と蛍光収量法の同時測定による表面とバルクの測定
- (2) 9C:  $\text{Cu} \rightleftharpoons \text{CuO}$  の酸化還元反応の *in situ* 測定
- (3) 12C: 多素子 SSD 検出器を用いた実験

## 「International Workshop on Functional Surface Coatings and Treatment for UHV/XHV Applications」参加報告

加速器研究施設 加速器第七研究系 谷本 育律

近年の多くの加速器では、ビームダクトの内面に機能性を有するコーティングや表面処理を施すことでビームの高品質化を実現している。例えば、高輝度放射光源リングでは電磁石の密集化により真空ポンプの設置スペースが大きく制限され、かつビームダクトは細長くコンダクタンスが小さいため、ビームダクト内面を非蒸発型ゲッター (Non-Evaporable Getter; NEG) ポンプとして機能させる NEG コーティングと呼ばれる技術が広く採用されている。NEG コーティングは 2000 年ごろに欧州原子核研究機構 (CERN) の Large Hadron Collider (LHC) 真空システム用に開発された技術で、NEG 材をマグネトロンスパッタリングで真空ダクトの内面に  $1 \mu\text{m}$  程度成膜させる。特に欧州の第 3 世代光源において広く採用されており、KEK でも cERL の一部の真空ダクトに採用されている。

また、素粒子実験用コライダや核破砕中性子源など、大電流の正電荷ビーム (陽電子や陽子) を蓄積する加速器では、ビーム近傍に電子雲が形成されたり、マルチパクティング放電が発生したりすると、蓄積電流値の制限やビーム不安定性を引き起こすという問題がある。電子雲を低減させる手段の一つとして、ビームダクト内面に 2 次電子放

出係数の低い材料をコーティングする場合がある。例えば、SuperKEKB では陽電子リング (LER) やダンピングリングのビームダクトに TiN コーティングが施され、また、CERN では LHC のルミノシティ増強に向けて、衝突点近傍の超伝導電磁石内ビームスクリーンや入射器である SPS ビームダクトの内面にアモルファスカーボンをコーティングするための研究開発が行われている。

このような最新の真空技術や表面処理技術を議論する場として、2015 年 9 月 28 日から 10 月 1 日の 4 日間、イギリスのチェスターで「International Workshop on Functional Surface Coatings and Treatment for UHV/XHV Applications」と題する研究会が開催された。上記のような排気性能の向上や電子放出の抑制を目的とした様々なコーティング技術に加え、安定な酸化膜の形成を目的とした表面処理などに関して、基礎的な研究成果から、新しいアイデア、実際の加速器への応用例まで、広範囲にわたって活発な議論が行われた。招待講演 7 件を含む 27 件の口頭発表が 11 のセッションに分かれて組まれており、参加者は加速器施設や真空機器メーカーからの研究者ら約 40 人で、日本からは KEK 加速器研究施設に加藤茂樹氏、柴田恭氏および私の 3 人が参加した。

私は KEK で放射光源リングの真空システムを担当しており、また真空システムに対する要求の厳しい PF 将来光源加速器の設計にも携わっているため、本研究会における最大の関心は NEG コーティングに関する最新情報であった。とりわけ、2015 年にコミッショニングを開始したスウェーデンの高輝度放射光源 MAX IV では、ビームダクトの内径が 22 mm と非常に小さく、リング全周にわたって NEG コーティングを施しており、実際にコーティングを担当した Marek Grabski 氏から技術的な課題や問題の解決方法を詳しく聞いたことは大変有意義であった。

私自身も新リングに NEG コーティングを採用する可能性を考慮し、CERN 真空グループと共同で、NEG コーティングが放射光に曝されたときの真空特性変化を PF の BL-21 (光源で管理する BL) で観測している。本研究会では、BL-21 での系統的な実験で得られた成果として、NEG コーティングは放射光照射により表面が活性化されることや、照射初期の NEG 表面はポンプ作用がない飽和



図 1 Daresbury 研究所見学ツアー参加者の集合写真。

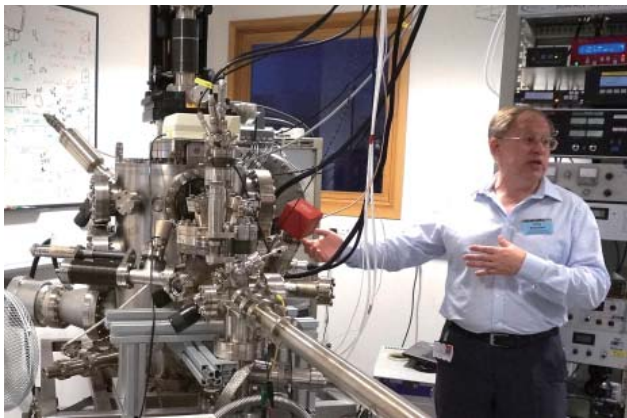


図2 NEGコーティングの表面分析装置を熱心に説明する Malyshev 氏。

した状態でも光刺激脱離によるガス放出がコーティングされていない表面よりも3桁ほど低いことを実証したこと、などを発表した。特に後者は、リング全周にわたってNEGコーティングをうまく応用できれば、通常数ヶ月から半年程度かかるビームダクトのコンディショニング運転（光焼出し）がほぼ不要になることを意味する。その観点からもMAX IVの立上げ状況に注目しているが、残念ながら研究会の時点ではまだそれを判断できるまでのビームが蓄積されていなかった。

また、本研究会の主催者でもあるDaresbury研究所のOleg Malyshev氏はNEGコーティング研究の第一人者であり、1時間の講演でNEGコーティングの様々な真空特性を膜の微細構造や組成の違いから説明していた。一般にNEGコーティングは、化学吸着による排気作用を持たせるために昇温によって活性化を行う必要があり、NEG材として良好な排気性能と低活性化温度を兼ね備えるTi-Zr-Vの組合せが広く採用されている。従来から広く普及しているバルク型のNEGポンプ（Zr-V-Fe）の活性化温度は450°C程度であるが、NEGコーティングはアルミ合金ダクトにも使えるように180°Cで活性化される。Malyshev氏の研究チームは、NEGコーティングの更なる高性能化を目指して様々な材料を試験した結果、Ti-Zr-Hf-Vの組合

せが最も良好な排気性能と低い活性化温度を兼ね備えることを見いだした。

NEGコーティングの応用例として、Lawrence Berkeley国立研究所やイタリアSAES Getters社により、次世代光源用ビームダクトを想定して、内径6mmという非常に細長いダクトに対してコーティングする技術を開発中であることが報告された。また、Jefferson Labからは、電子銃など複雑なポート付きチェンバへのNEGコーティングを行った事例が報告された。これらは、次世代加速器だけでなく、多様な真空システムへの応用も見据えており、今後のNEGコーティングの主要な開発項目となるであろう。

研究会2日目の午後にDaresbury研究所の見学ツアーへ参加した（図1）。NEGコーティングの研究に使用している様々な表面分析装置を始め（図2）、Energy Recovery Linac (ERL) 加速器ALICE, Fixed-Field Alternating Gradient (FFAG) 加速器EMMA, 多目的電子線形加速器VELAなどを見学した。その後、近くのAll Saints Parish教会に移動し、オペラコンサートを鑑賞した。この教会では、「不思議の国のアリス」の作者ルイス・キャロルがDaresbury出身ということもあり、教会のステンドグラスとしては大変珍しく、物語に登場するキャラクターが描かれていた（図3）。この種のゆかりや物珍しさがとりわけ日本人に好まれるようで、教会に入るとすぐに「ダースベリー教会へようこそ」と日本語で書かれた張り紙で歓迎された。

今回のような機能性コーティングに的を絞って議論する研究会は2006年に次いで今回が3回目であった。前回の研究会の参加報告として、NEGコーティングの概要や当時の研究開発状況がKEKBの末次祐氏により大変分かりやすく纏められている<sup>1)</sup>。また、今回の研究会の全発表スライドが研究会ウェブサイト<sup>2)</sup>の「Programme」ページよりダウンロードできるので、興味を持たれた方はぜひ参考にいただければと思う。

1) Y. Suetsugu, J. Vac. Soc. Jpn. Vol. 49, No. 9 (2006) 570.

([https://www.jstage.jst.go.jp/article/jvsj/49/9/49\\_570/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jvsj/49/9/49_570/_pdf))

2) <https://www.cockcroft.ac.uk/events/FSC/index.html>



図3 「不思議の国のアリス」のキャラクターが描かれたステンドグラス。