

XAFS2018に参加して

広島大学大学院理学研究科 加藤盛也

広島大学の加藤盛也と申します。私はこの度、2018年7月22日から27日までの期間にポーランドのクラコフで開催された国際会議、17th International Conference on X-ray Absorption Fine Structure (XAFS2018)に参加させていただきました。この会議は名前からもわかるようにXAFSに関する発表を主としており、測定に用いられる加速器・検出器の開発やデータ解析・理論研究、それらを用いた地質学・生化学・物質科学研究など様々な分野に携わる専門家の方々が情報交換のために集まりました。修士課程1年目の私にとっては海外で研究発表をする初めての機会だったので、とても楽しみにしていました。研究発表以外にもイベントが催されており、初日にはワークショップ、2日目には放射光施設であるSOLARISの見学ツアー、3日目にはExcursionがありました。

初日のワークショップでは、X線吸収スペクトルを計算するためのコードであるFEFFの取り扱い方について学びました。私は学部4年生のころから実験データの解釈のためにFEFFを用いてシミュレーションを行っていたのですが、周りにはスペクトルの理論計算に明るい方がおらず、マニュアル片手に手探り状態で計算を進めていました。このワークショップは、得られた計算結果をどこまで信用しているのか、自分の結果の解釈方法が正しいものなのかを確かめる絶好の機会でした。前半部分ではFEFFのインストールから基本的な使い方の説明がなされ、私が今まで行ってきた計算やその解釈がおおむね正しいことがわかって安堵しました。後半部分ではDFT計算と連携させた方法の説明があり、とても参考になりました。私は今までは文献値を元にして、そこから一部の構造を変化させたモデルで計算をしていました。DFT計算によって構造を決定し、得られた値を用いることで、より実際の状況に近い条件で



図2 見学で訪れたSOLARISの蓄積リング

の計算が可能となるという説明を受けて、ぜひとも挑戦してみたいと感じました。

SOLARISの見学ツアーでは実験ホール内を歩きました。私はSPring-8やKEK-PFの放射光実験に参加した経験があるのですが、その2つの施設と比べて空間的にゆとりがあるのに加え、窓から外の光が差し込んでいるのもあって、とても開放的に感じました。窓から外を見ると、芝生の上でキャッチボールしている人もいて、リラックスした雰囲気だったことが印象的でした。見学では、普段立ち入ることのない蓄積リングや加速器部分も見ることができて楽しかったです。

Excursionでは、世界遺産で世界最古の岩塩坑であるWieliczka Salt Mineを訪問しました。現在では稼働はしておらず、観光地となっているようです。ツアーでは、延々と階段を下りる苦行を遂行した後、坑内を探索しました。塩坑だけあって塩の結晶があちこちに見受けられました。坑内はとても広く、採掘の歴史の展示物や歴史上・宗教上の彫像が多数ありました。特に、岩塩で形成された礼拝堂は壮観でした。私は西洋の神話や宗教に詳しくないので、あくまで建築物として見ていたわけですが、信仰心を持つ人は私とは違った視点でその光景を眺めるであろうことを想像すると、それを感じ取ることでできないことが少し残念に感じました。見学自体はとても楽しかったのですが、岩塩坑はいくつものフロアから構成されており、また、ひとつひとつのフロアも十分な広さを持っているため、散策には2時間以上かかりました。そのため、Excursionが終わる頃には歩き疲れてしまいました。

私のポスター発表はExcursionの直後にありました。歩き疲れた状態で立ちながら行うポスターの説明は体力的に厳しいものがありましたが、せっかく海外で自分の研究を説明するという機会に恵まれたからには頑張ろうと奮起し

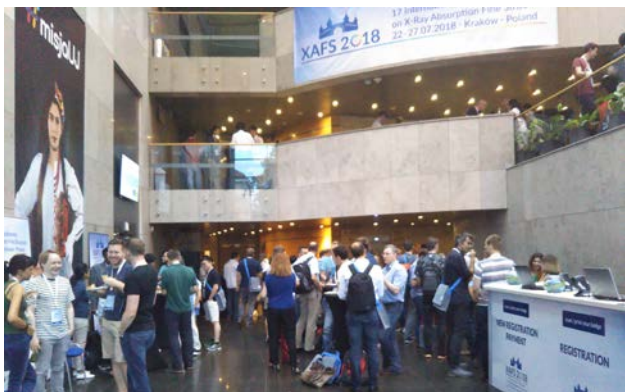


図1 会場の様子

XRM2018に参加して

放射光科学第二研究系 渡邊稔樹

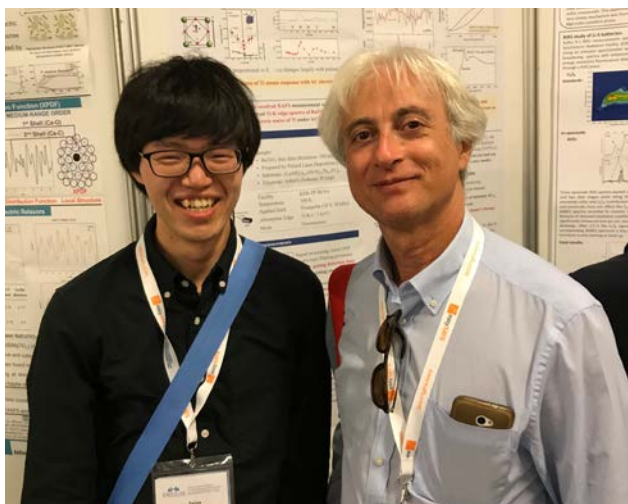


図3 ポスターセッションでの著者(左)

ました。しどろもどろの慣れない英語でなんとか自分の研究を伝え、相手の質問も何度も聞き返しながら返答に努めました。ポスター発表を通して学べた一番のことは、伝えたいことがあり、それを必死に伝えようとするれば、相手は聴いてくれるということでした。私の英語は文法も誤りだらけで、時には単語を羅列しただけというお粗末なものでしたが、それでも研究について議論ができたことはとても貴重な良い経験となりました。特に、海外の学生さんに自分は英語が苦手なことを謝ったときに、そんなことない、きちんと伝わっていると答えてくれたときは本当に嬉しかったです。

連日行われていた口頭発表では、自身の専門分野だけでなく、理論や触媒・地質学などのセッションも聴講しました。用いている手法はXAFSで共通しているわけですが、私の研究とは分野も異なるのに加えて、言語も英語であるため、正直なところ半分も内容を理解することができませんでした。前提となる知識が不足しているため、XAFSの測定結果からどうしてそのような結論に至るのかがわかりませんでした。自分の研究分野と比較的近い内容の発表では理解しやすかったので、基礎的な学力が十全に身につけていれば、多少英語が聞き取れなくても内容の理解は可能なかもしれないと思いました。自身の学力不足にただただ恥じ入り、もっと知識を身に付けなければならないと刺激を受けました。

講演の休憩時間に海外の共同研究者との議論に参加できたのはとても有意義でした。普段は直接会って話をするという機会にはなかなか恵まれないものですから、学会期間中行動を共にできたのはとても有難いことでした。次回のビームタイムについての相談もでき、実験計画に具体性が帯びてきたのはとても嬉しかったです。

最後になりましたが、今回このような原稿執筆の機会を頂けたことに感謝いたします。本学会に参加することができて、とても勉強になりました。この経験を生かして、今後の研究生活に役立てていければと思います。

2018年8月19日から2018年8月24日の5日間、カナダサスカチュワン州最大の都市であるサスカトーンで14th International Conference on X-ray Microscopy(XRM2018)が開催された。この会議は、放射光やラボ光源などに関わらずX線を用いた顕微鏡技術に関する研究発表・議論を目的としており、2年に一度、主に放射光施設のある都市で開催されている。昨年の4月からX線顕微鏡を使った研究を始めた筆者にとっては、X線顕微鏡技術に関する昨今の動向を知るよい機会であり、参加と発表の機会を頂いたことに感謝する。

サスカトーンには、カナダ唯一の放射光施設であるCanadian Light Source (CLS)がある。町の規模は人口・広さ共につくば市とほぼ同じであり、町の中心をサウスサスカチュワン川が流れており、その川に7つの橋が架かっていることから「橋の町」とも呼ばれている。会議はその川の西側にあるダウンタウンのショッピングモールに併設されたTCU placeと呼ばれる会議場で行われた。

会議場には、会場が2つあり、そこでパラレルセッション、その外のホールでポスターや企業展示が行われた(図1)。朝に基調講演・招待講演、その後2つの会場でパラレルセッション、夕方にポスター発表の順で5日間行われた。最終日は、ポスター発表の代わりにCLSの見学ツアーがあった。

研究発表で最も多かったテーマは最近の流行である高コヒーレント光を用いたタイコグラフィーに関するものであり、全体の発表の約20%を占めた。空間分解能の高度化も進んでおり、2次元イメージングで3nm、3次元イメージングで14nmとの報告があった。また、分光法、蛍光検出と組み合わせることによって化学状態、元素マッピングが可能になってきており、3次元的にnmオーダーの観察できるようになってきている。測定対象は生体試料、電池材料などが多く、電池材料に関しては充放電を行いながら



図1 メイン会場内の様子。学会では珍しく丸テーブルが並んでいる。

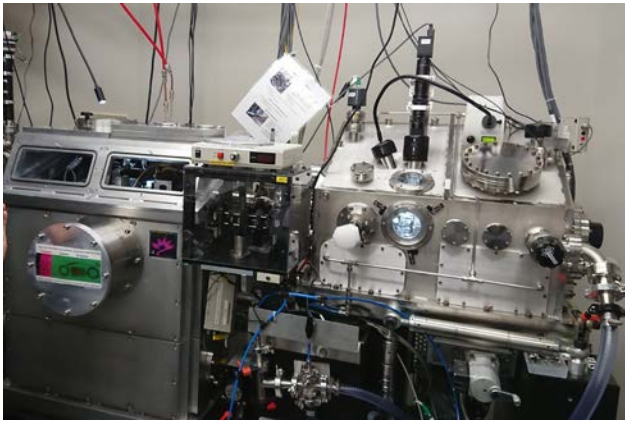


図2 CLS 内で見学した STXM ビームラインの実験チャンバー

の in situ 測定も盛んに行われている。

この会議で特に筆者の興味を引いたのは、Paul Scherrer Institute (PSI) の時分解の Computed Tomography (CT) 技術だ。その測定の早さは最短で 20 Hz にもなる。言い換えると、1 s の間に 20 の CT データ、0.1 ms の露光時間で 500 枚の 2 次元像のデータセットを 20 回も得ることができる。特に、BN 製の加熱セルの中でマグマを熱して泡が消えては現れる様子を観察した動画は衝撃的であった。この測定を行えば 3 次元の動画データを in situ で取得できるわけである。

筆者も「In situ XRM Observation of Cracking in CFRP during Nanomechanical Testing」という題でポスター発表を 4 日目の夕方に行った。NW2A に導入された高空間分解能 CT を用いて炭素繊維強化プラスチック (CFRP) の内部に発生させたき裂進展の過程を in situ で観察した結果について発表した。X 線顕微鏡の学会なので、当然だが測定手法や装置に関する質問が多かった。海外でのポスター発表はまだ 2 回目、未だに慣れないたどどしい英語だったが何とか議論を交わすことができた。

学会最終日の午後は、CLS の見学会が行われた。CLS はサスカチュワン大学内のはずれにあり、学会会場からバスで移動した。CLS は 2005 年からユーザー利用が始まった第三世代放射光施設で電子エネルギー 2.9 GeV、蓄積電流 250 mA の比較的新しい施設である。見学者が多かったため数名のグループに分かれて実験ホール内を案内された。実験ホール内では、各ビームラインに数名のスタッフが待機しており、それぞれのビームラインについて丁寧に説明していただいた (図 2)。走査型透過 X 線顕微鏡 (STXM)、X 線回折や CT などのビームライン 4 本を見学した。スケジュールが詰まっていたためか、かなり忙しく施設を案内されたが他の見学グループの中でも一番に受付に戻ってきた。受付では、CLS のロゴの入ったマグカップやペンライトなどの様々なグッズが販売されていた。変わったものではヨーヨーなどもあった。他のグループを待つ時間があつたため、お土産として CLS のロゴの入ったペンライトを購入した。

今回の XRM2020 は台湾の新竹で行われる。新竹には台

湾の放射光施設である Taiwan Photon Source (TPS) がある。台湾といえば、今年 6 月に SRI2018 が開催されたばかりであるが、XRM 技術の発展についての研究についての新しい情報を得ることができる重要な学会であるため、また次回も参加したいと思う。

本学会に参加して感じたことは、どの分野にも共通してこれからの将来、データ処理が重要になることである。測定手法、検出器の発展によって時間・空間の高分解能化が進み、さらに分光や蛍光などの複数の手法が組み合わさることによって、データ量は指数関数的に増えていくことが予想される。これらの膨大なデータの取り扱い方についても考えていくことが、これからは重要となるだろう。

ICPA-18 参加記

量子科学技術研究開発機構 前川雅樹

2018 年 8 月 19 日から 24 日の間、18th International Conference on Positron Annihilation (ICPA-18) が、米国フロリダ州オーランドのホテル Sheraton Lake Buena Vista Resort で開催された。この会議は 3 年毎に開かれており、陽電子関連の研究者が一堂に会する最も規模の大きな国際会議である。陽電子ビームや計測手法などの装置関連研究だけでなく、金属・半導体など無機材料の原子空孔検出・電子状態測定、高分子自由体積評価などの多種多様な材料研究、原子/分子といった離散系での消滅研究、PET のようなライフサイエンス、最表面構造解析や反水素生成など、基礎科学から実応用分野まで幅広い研究テーマを包含しており、陽電子研究の幅広さが実感できる。

私達のグループからは、陽電子ビームを使った磁性研究や、KEK の低速陽電子実験施設を使った表面ポジトロニウム研究、低速陽電子回折などのテーマで発表を行った。これらの研究成果は、いずれも人類未踏の最先端領域を切り拓くものであると自負している。その一助となっているのは世界最高レベルの強度とビーム品質を有している KEK の低速陽電子実験施設であり、非常に大きな助けになっている。KEK の低速陽電子施設は、電子加速器で生成した高エネルギー制動 X 線を用いて対生成で高強度の

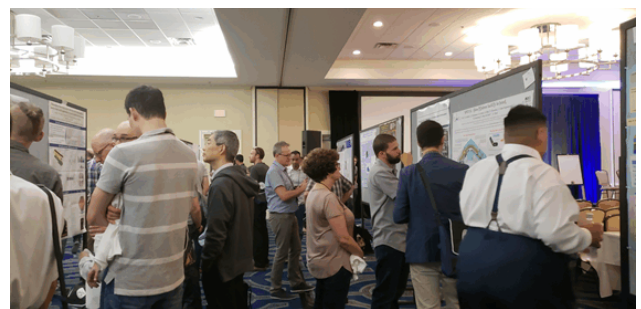


図1 ポスター会場では活発な議論が交わされた。口頭発表は約 140 件、ポスター発表が約 70 件であった。

陽電子ビームを発生させているが、近年はいくつかの研究施設で原子炉ベースの強力陽電子源が運用されている。陽電子ビーム技術の進歩と合わせ、高強度陽電子ビームを用いてポジトロニウム・ボーズ・アインシュタイン凝縮 (Ps-BEC) のような新たな基礎研究分野が発展しつつある。KEK の低速陽電子ビームも抜かりなくアップグレードを重ね、世界の潮流から取り残されないよう切に希望する。

陽電子ビーム装置の開発は、電流でいうとフェムトアンペア以下の弱い陽電子ビームを、いかに強度を落とさずに品質を高められるかという戦いであると筆者は考えている。陽電子ビームが実用的に物性研究に用いられるようになって 40 年ほどになるが、基本的にそれは変わっていない。しかしながら確実に技術革新は進んでおり、上述したような強力陽電子源や陽電子蓄積装置の実用化に伴い、以前では考えられなかったような高度な陽電子ビーム技術が提案され実用化されている。ドイツ勢からは陽電子ビームを $1\mu\text{m}$ に収束しながら 100ps のパルス幅に圧縮する装置が開発され、そのためにビームエネルギーを保ちながら静電ポテンシャルをシフトさせる新技術が紹介された。また荷重印加下での陽電子マイクロビームその場測定を、しかも 2 本の消滅ガンマ線のコインシデンス測定にて行うという装置が紹介された。これらは原子炉ベースの強力陽電子源ならではのアプリケーションである。消滅ガンマ線の検



図 2 (上) スペースシャトル・アトランティスの実機。全身を隙間なく覆っている耐熱タイルは、ペンローズ・タイルのように複雑で美しい。(下) サターンVロケットの一段目ノズル。横倒しても鎌倉の大仏に匹敵する高さがある一方、配管類は精緻で、繊細な工芸品のようである。



図 3 ウォルト・ディズニー・ワールド (WDW) の象徴、EPCOT の球体。これ自体がアトラクションであり、コースターで中を巡る間にアメリカの情報通信技術の発展の歴史が学べる。

出についても、近年は高速デジタル技術を使った高度化が著しく、LYSO2 次元ピクセルデジタイザを使ったポジトロニウム計測を行うことで CP/CPT 対称性破れの検証を行うといった研究が紹介され、基礎研究への広がりが期待される。

さてフロリダ州には、NASA ケネディ宇宙センターがあり、学会主催の見学ツアーで探訪した。展示物のメインは、アポロ計画で使用されたサターンVロケットと、スペースシャトル・アトランティスの実機である。私はスペースシャトル世代ど真ん中であり、アポロ計画は正直古すぎてピンと来ない。しかしそこはエンターテインメントの国アメリカである。ただ単にサターンロケットが置いてあるわけではない。アメリカ宇宙開発の黎明期が良くわかる短編映画を見せられた後、管制室から打ち上げの3分間を体験する。そしてゲートが開くと、サターン1段目の巨大なロケットノズルが絶妙な角度で出現！緻密に計算された演出によって、ただのロケットノズルが感動巨編に早変わりするのである。スペースシャトルも同様の演出が施され、ただの航空機に全身鳥肌が立つのである。フロリダに行った際にはぜひ訪ねてみてほしい。プレゼンテーションの重要性を感じざるを得ないと同時に、分かりやすい科学技術のアピール法として極上の教科書ではないかと思った。国民(納税者)に巨額の開発費の理由を納得してもらうために、周到な演出を用意して100%以上の魅力を引き出すのも、一種の説明責任といえるかもしれない。それにしてもすべてが桁外れの大きさであった。結局、科学技術は金なのだろうか？

そして、フロリダ州オーランドと言え、ウォルト・ディズニー・ワールド (WDW) である。東京ディズニーランドの110倍、山手線内側の1.5倍に相当する広さを誇る世界最大のテーマパークである。腹立たしいことに(好都合なことには?)、会場となったホテルはWDWエリアに隣接しており、都市全体がリゾート気分であふれていた。

WDW は、骨太な世界観ときめ細かい演出、隅々まで行き届いた整備に支えられており、圧倒的なホスピタリティの高さを感じた。些末な問題一つも放置しないプロフェッショナルな姿勢こそが、世界中の人を引き付ける要因なのであろう。WDW のように、陽電子研究者の一人一人が奥深いホスピタリティを提供できることが出来れば、これまで陽電子と無縁であった多くの研究者を引き付けることが出来るのではないかと感じた。機会があれば、ぜひ陽電子を利用して頂き、テーマパークのようにバリエーションあふれる陽電子研究の世界に浸っていただければと思う。一緒に陽電子研究を盛り上げていただければ幸甚である。

The 2nd AOFSSR School に参加して

東京理科大学 / KEK 物質構造科学研究所 鈴木雄太

韓国の Pohang Accelerator Laboratory (PAL) において The 2nd Asia Oceania Forum Synchrotron Radiation Research (AOFSSR) School が 2018 年 9 月 9 日から 9 月 15 日にかけて開催され、PF および日本放射光学会からの推薦により参加の機会をいただきました。このスクールは放射光に関連した若手研究者・学生に向けて放射光技術とその応用の基礎的なレクチャーをすることを目的にしており、今回は 50 人ほどの参加者がいました。参加者は Ph.D candidate や放射光施設で研究する若手ポスドクが中心で、国籍は韓国、中国、台湾、オーストラリア、タイ、ニュージーランドなど様々です。日本からは筆者、物構研の若林さんを含む 3 人が受講者として参加し、KEK 構造生物学研究センター長の千田先生が講師として参加されていました (図 1)。

金海国際空港から PAL までは、バスとタクシーを乗り継いでおよそ 1 時間強の道のりです。PAL は浦項工科大学の隣に立地しており、周辺では学生の姿も見受けられました。PAL は改修がなされた直後らしく、真新しい建物が立ち並ぶ様子が印象的でした。セミナーホールの 2,3F は常



図 1 オープニングセレモニーにて

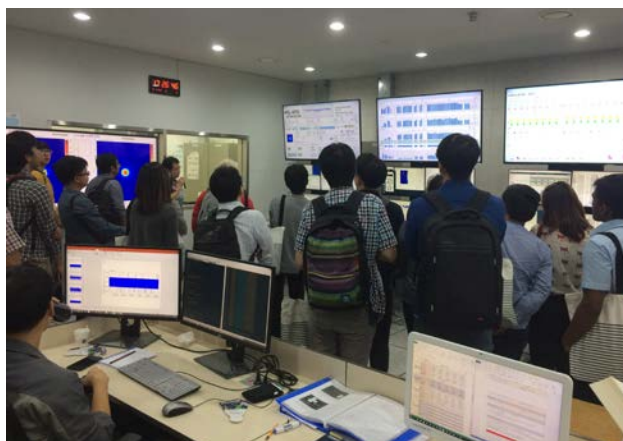


図 2 PAL-XFEL コントロールルームにて説明を聞く参加者達

設ギャラリーとなっており、放射光発生仕組みやビームラインの構造、物性解析の成果等について、CG や VR を用いたインタラクティブな展示がなされるなど、一般向けの展示にも非常に力を入れている様子でした。

さて、スクール初日は放射光・XFEL の発生やビームラインにおける光学といった基礎的な事柄の講義からスタートしました。その後 Prof. Frank de Groot による X 線吸収・光電子分光の理論と応用についての熱心な講義がなされ、夕方からは 2016 年に完成したばかりの PAL-XFEL のツアーが催されました (図 2)。ビームタイム中ということもあり実験ハッチ内の装置を間近で見ることができませんでしたが、XFEL の強みを活かしてコヒーレント硬 X 線を用いたタンパク質結晶構造解析など構造生物学向けの応用が盛んであることや、ポンプ・プローブ法による fs 時間分解実験の事例、ロボットを用いた実験の自動化を進めていることなどの説明を受けました。XFEL についての説明では、隣国で、かつ特徴も似ていることもあってか、かなり日本の SACLA を意識している様子がありました。

2, 3 日目は本格的な講義で、XAFS, PES, XRD, ARPES, SAXS, STXM, MX, XFEL 応用といった幅広いトピックについて、各分野の研究者からレクチャーを受けることができました。いずれの講義も、基本的な原理や特徴から出発し、現代における主要な関心や具体的な応用について数多くの研究成果を示しつつ紹介する、迫力あるものでした。試料の準備や実験における工夫といった詳細な実験セットアップにも言及されており、教科書や論文からは読み取りづらい実際の実験のイメージを掴むことができ、非常に有意義な講義となりました。3 日目の午後には Prof. de Groot による X 線吸収スペクトルシミュレーションの実習が実施され、CTM4XAS や Crispy といったソフトウェアを用いて実際に自分の PC で XAS を計算する演習を行いました。

講義のうち個人的に印象に残ったのは (同じ研究機関に所属するからという理由ではありませんが) KEK 千田先生による Macromolecular Crystallography のレビュー講義で、光源・検出器・ロボット・データ解析ソフトウェアの進化



図3 PLS-II BL10A STXMにおけるビームライン実習（左奥から2番目が筆者，右端が Dr. Kim）

と統合によって、20年前には研究者が不眠不休で1日7件だった測定試料数が、現在ではほぼ全自動で300件にまで加速したというお話を伺いました。PFの実験ホールを歩いているだけでもMXビームラインが洗練されていることには気づいていましたがここまでとは思わず、その進化には驚かされるばかりでした。筆者は測定やデータ解析の自動化・効率化に関連した研究に取り組んでいますが、MXはこの点で非常に先行しており、まだまだ学ぶべきところが多そうです。これらの講義中、コーヒープレイクの間も講師陣には質問の列が途切れず、参加者同士でのディスカッションも活発に行われるなど、参加者の熱意・レベルの高さを感じました。また一日の講義が終わった後も、皆で街に出て散策やお酒を楽しむなど、充実した時間を過ごしました。

4日目にはPLS-IIにおいてビームライン実習が行われました。PLS-IIは前身である Pohang Light Source を改修した第3世代放射光施設で、一周およそ282mの蓄積リングにランチを含め34本のビームラインが運用されています。参加者はXAFS, ARPES, MXといったいくつかのグループに分かれて、測定とデータ解析を行いました。筆者は透過型X線顕微鏡（STXM）のグループに入り、Dr. Namdong Kim からビームライン概要と装置諸元についての説明を受けた後、鉄酸化物ナノ粒子の試料準備および測定を行いました。同じグループには上海やタイ放射光のビームラインサイエンティスト、韓国、マレーシアのPh.D candidateが参加しており、国際色あるグループとなりました（図3）。測定データからはナノ粒子の分布の様子を明瞭に見て取ることができ、皆でディスカッションしながら一連の実験結果をまとめ、発表スライドの準備を進めました。最終日となる5日目は、まだ慣れない英語プレゼン

に苦勞しながらも無事に発表を終え、その後のExcursionとBanquetで参加者達と親睦を深めました。

あっという間の数日間でしたが、講義や実習はもちろんのこと、同年代の海外の研究者達とのディスカッションや日常にまつわる雑談は非常に刺激的で、実に学びの多いスクールとなりました。立場や考え方は異なりながらも真剣に研究に取り組む他の参加者の姿からは、負けまいと奮起させられました。スクールを通じて増えた友人達とは国際会議や実験等でまた会う機会もありそうで、再会して近況を聞くのが楽しみです。最後に、Prof. Hyun-Joon ShinをはじめとするAOFSRR Schoolのオーガナイザーや他の参加者の皆様、また修士の学生ながらも参加の機会を与えてくださった、物構研の足立先生、小野先生をはじめとした皆様に深く感謝いたします。この学びを生かし、今後の研究に邁進してまいります。