

PF 研究会「放射光高圧研究における実験技術の新展開 II - マルチアンビル型高圧装置を中心に -」と CMRC+ 高圧中性子合同研究会の報告

放射光科学第二研究系 亀卦川卓美

高圧関係の2つの研究会、PF 研究会と CMRC（物質構造研究センター）+ 高圧中性子合同研究会とが4号館2階輪講室を会場に8月の2日から4日まで連続して開催された。

PF 研究会の方は今井基晴氏（物質・材料研究機構）の提案により「放射光高圧研究における実験技術の新展開 II - マルチアンビル型高圧装置を中心に -」というタイトルで8月2日（火）朝～3日（水）昼の日程で行われた。これは2007年11月に開催されたPF 研究会を受ける形で行われるもので、前回はダイヤモンドアンビルセルや小型プレスを含む高圧装置全般の試料容器に関する最新の技術を、放射光ユーザー間で共有することを目的としていたものに対し、今回は同様の目的ながらマルチアンビルプレスに限定する形で開催されたものである。具体的な内容は、文末に示すプログラムや今後出版される研究会プロシーディングスを見ていただくとして、開催の趣旨は以下のようなものであった。

「PF におけるマルチアンビル型装置は白色X線と組み合わせで一段押し方式で粉末X線回折を行うことが多かったが、近年、二段押し方式（川井式）の採用及び検出器の進展に伴い様々な測定、例えば、単色X線、IP、6-8 システムを組み合わせた応力測定、相転移のカイネティクス測定、イメージング等が可能となってきている。更に、主に一段押し方式で使われてきたマルチアンビル型装置 MAX80 もアンビル交換の効率化を目指し二段押し方式の6-6 システムへの移行が予定されている。そこでこれを機会に研究会を行い、マルチアンビル型装置を用いた放射光研究の最近の進展について、情報交換・検討を行う。また6-6 システムに関する講習会を行う。更に、新規ユーザーも増加していることから、MAX80 立ち上げ当時より中心的な役割を担ってきた先生方より KEK におけるマルチアンビル型装置を用いた放射光研究の進展についてレビューをしていただく。」

この中で実技講習会を行った6-6 システムについて少し説明する。PF 所属の大型高圧装置 MAX80・MAX-III はキュービックアンビルと呼ばれる日本オリジナルの一段押し加圧システムを基本としている。これはその中心部に被加圧試料を埋め込んだ圧力伝達媒体である立方体（1辺が6 mm~20 mm）の6つの各面を、リンクした6個のアンビルにより均等に荷重をかけてゆくもので、シンプルな構



実技講習会での様子

造にもかかわらず等方的な圧力が発生できること、更にアンビルを避けてX線が通過するスペースが確保されていることなどから、日米欧の放射光施設で汎く使用されているものである。しかしビームタイムが限られている放射光実験では、アンビルの交換作業（アンビルが破損した場合やアンビルサイズによって発生圧力領域が異なるためにユーザー毎に交換したりする）に半日程度の時間が掛かってしまうことやある程度の経験が不可欠という短所を持ち合わせていた。これを解決するために、大きめの圧力伝達媒体に相当する立方体のフレームの中に更に6個の小型アンビルを仕込む6-6式のアンビルシステムを採用することにした。このシステムは米国APSで別の目的のために開発されたものであるが、1個の試料毎に小型のアンビルセットを組立てておけば、大きい1段目のアンビルを共通に使いながら異なるアンビルサイズのセットを2段目に用いることで、アンビル交換の手間を大幅に省くことが可能になる。更に破損する際には2段目の安価な小型アンビルが壊れるために、予算に優しいシステムでもある。以上のことからPFとして積極的に6-6アンビルシステムの採用に取り組むことを決め、その技術習得のために、開発に携わってこられた愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センターの先生方に実技講習をお願いした。参加者が30数名（研究会参加者は43名）と多かったため、ほぼ5名ずつの6グループに分かれ、それぞれが前もって用意されたパーツをピンセットや接着剤を使いながら6-6アンビルの2段目セットを組み立てる作業を行った。実際に手を動かし、講師の方々と質疑応答することで、夫々のパーツに要求される仕様の内容を理解することが出来たと参加者には好評であった。

引き続き、8月3日午後からCMRC+高圧中性子合同研究会が行われた。こちらは「中性子高圧科学とマルチローブを用いた地球惑星研究」というタイトルで、CMRC



CMRC+ 高圧中性子合同研究会での様子

側が近藤忠氏（阪大理），それに高圧中性子側として永井拓哉氏（北大理）が発起人として開催された。元々はJ-PARCでこの春完成したばかりの高圧専用ビームラインでのFirst Beamを見て，喜びと希望を胸に集うはずの研究会であったが，First Beamの正にその日が東日本大震災に重なったことで，複雑な思いとともに5ヶ月後のこの日に行くことになったものである。プログラムは文末に示すが，内容はJ-PARCで実施が予定されている水や水素が関与する高圧中性子地球科学の研究をメインに，放射光でのX線吸収分光やメスバウアー実験，それに加えてERL計画の紹介等多彩なものであり，総勢40名弱の参加者にとって，今後の中性子・放射光をプローブとした高圧実験を展望する上で大変刺激的な議論の場となったという声を聞くことが出来た。

なお懇親会は初日がKEK レストランで，2日目が割烹三徳で多くの参加者を集め盛況であったが，PF側担当者にとっては連日のアルコールで肝臓に堪える日々であった。

【プログラム】

PF 研究会「放射光高圧研究における実験技術の新展開 II - マルチアンビル型高圧装置を中心に -」

8月2日（火）

座長：鈴木昭夫（東北大）

- 13:30-13:35 開会挨拶（物材研 今井基晴）
- 13:35-14:05 「MA6-6の着想に至った経緯と改良の歴史」（愛媛大 西山宣正）
- 14:05-14:35 「6-6型加圧方式を用いた高圧X線回折実験」（愛媛大 山田明寛）
- 14:35-15:05 「細粒カンラン石の高圧下でのレオロジー」（愛媛大 西原 遊）

（休憩）

座長：浦川啓（岡山大）

- 15:30-16:00 「X線イメージングを用いた高圧下における鉄合金メルトの密度測定」（東北大 西田圭佑）
- 16:00-16:30 「低温用キュービックアンビル型装置における電気的測定」（産総研 竹下 直）
- 16:30-17:10 「放射光を用いた高温高圧下の液体研究」（慶応大 辻和彦）

座長：今井基晴（物材研）

- 17:10-18:00 討論
- 18:30- 懇親会
- 司会：亀卦川卓美（KEK）
- 乾杯：下村 理（KEK）
- 締め：辻 和彦（慶応大）

8月3日（水）

- 9:00-11:55 6-6 システム講習会
（講師：愛媛大 山田明寛，西山宣正）
- 11:55 閉会挨拶（KEK 亀卦川卓美）

CMRC+ 高圧中性子 合同研究会

「中性子高圧科学とマルチプローブを用いた地球惑星研究」

8月3日（水）

座長：永井隆哉（北大）

- 14:00-14:05 開会の挨拶（阪大 近藤忠）
- 14:05-14:15 「PFの高圧ステーション」（KEK 亀卦川卓美）
- 14:15-14:45 「X線吸収分光によるマントル鉱物中のFeの高圧下状態変化測定」（阪大 近藤 忠）
- 14:45-15:30 「PLANETの概要紹介と今後のスケジュール」（原研 服部高典）
- 15:30-16:15 「マントル遷移層をモデル化した超高温・高圧下での水素結合性液体」（佐賀大 高橋利幸）
- 16:15-17:00 「中性子で見る蛇紋石脱水反応の素過程」（神戸大 瀬戸雄介）
- 17:00-17:45 「D-DIA型変形装置を用いた斜長石の相転移と塑性流動の相互作用に関する実験的研究」（九大 土井菜保子）
- 18:30-20:30 懇親会 割烹三徳
- 21:00~ 実務相談会 KEK 宿泊施設

8月4日（木）

座長：鍵裕之（東大）

- 9:00-9:45 「第一原理計算による地球マントル物質に及ぼすプロトン存在の影響に関する研究」（早稲田大 山本知之）
- 9:45-10:30 「水素化合物および水の超高圧縮相と金属転移：GW近似計算」（鳥取大 長柄一誠）
- 10:30-11:15 「水型液相間転移の第二臨界点近傍での液体の構造的特徴」（愛媛大 瀧崎員弘）

（昼食）

座長：近藤忠（阪大）

- 13:30-14:15 「結晶水が形成する二水素結合の挙動に関する高温高圧中性子回折による解析」（物材研 中野智志）
- 14:15-15:00 「高圧下核共鳴X線散乱による鉄中の水素誘起拡散の研究」（KEK 深井有・東大 笠井秀隆）
- 15:00-15:45 ERL計画について（KEK 河田 洋）
- 15:45~ 閉会の挨拶（東大 八木健彦）

PF 研究会「GISAS 法の展開」の報告

京都大学大学院工学研究科 奥田 浩司

研究会に先立ち、研究会前日 15 時より研究本館会場内のセミナー室で入門講座 GISAS を開催した。会場の席がほぼ満席となり、予定時刻を多少超過することになった。

講座の内容は最初の概要説明に続き、GISAXS 実験に関して京都工芸繊維大学の佐々木園氏による「GISAXS 実験入門」、SPring-8/JASRI の小川紘樹氏による「GISAXS 原理と解析手法：高分子膜を中心に」、京大工奥田による「GISAXS と関連・周辺の実験と解析：ハードマターを中心に」という順序で各 45 分の講義形式でおこなわれた。今回は開催時期の決定が遅れ、準備期間が短かったため、内容の調整などに少し時間がかかってしまったのが反省点である。しかし GISAS 法について、実験手法の特徴から得られる情報・解析の考え方を初心者レベルから総合的に解説する場を設ける、という所期の目的は第一回としては十分達成されたのではないかと考えている。GISAS 法は薄膜のナノ構造を調べる手法としての需要はコンスタントにあると考えられるので、今後より進んだ解析や中性子に関するものなど、どのように「内容的に充実させていながら、最初の敷居を低く保つか」の工夫が必要になってくるであろう。

9 月 6 日の研究会は午前中 3 件の基調講演、昼にポスターセッションを昼食（弁当）をとりながら開催し、午後の口頭発表として各分野から GISAXS の結果や GISAXS に対する期待などにかかわる講演が合計 6 件おこなわれた。

まず浦項工科大／PAL の Moonhor Ree 氏により、アップグレード中の PAL ならびに計画進行中の FEL 施設の概要紹介および GISAXS 法を利用した高分子膜の構造解析方法に関する充実した講演がおこなわれた。続いて京大化学研究所の金谷利治氏により、中性子を利用した反射率と GISANS による高分子膜の解析と、GISANS の特徴や TOF 法利用に基づく特性の講演がなされた。現時点では海外施



(左) Moonhor Ree 氏 (POSTECH)

(下) ポスターセッションの様子



設を利用して成果が得られている GISANS であるが、TOF 法の特徴などについても触れられており、J-PARC による測定開始が期待される内容であった。九州大の高原淳氏による微小角入射 X 線回折法と X 線・中性子反射率法による高分子薄膜の表面・界面構造解析に関する講演は、微小角入射による回折を利用して分子配向の解析、反射率による膜厚方向の精密解析に関するものであった。とくに X 線と中性子の相補的利用によるコントラストの制御や重水置換の効果など、GISAXS よりも技術・解析的に進んでいる反射率法により得られる知見は、今後 GISAXS・GISANS の相補的利用を考える上でも重要な示唆を与えるものと思われる。

昼食時間は比較的短時間の準備 + 昼食時間の後、約 1 時間強のポスター展示・討論時間がもたれた。ポスター数は合計 13 件であり、事前案内では施設の BL 紹介や研究紹介に加え、解析途中、あるいは学生の質問ポスターも歓迎としたものの、実際には施設関係および従来からの GISAXS 研究関係者のポスターの割合が高いものとなった。今回震災の影響などにより、中性子関係の研究成果については口頭発表の依頼が厳しいという状況であったにも拘らず、中性子施設からのポスター紹介が研究、設備ともに多かった。この意味でもポスターセッションの意義があったといえよう。一方で、開催時期の最終調整に手間取り、当初の学会との重複を避けた日程という計画から、最終的には学生の多くが発表をおこなう学会の直前と言うタイミングになった。このため学生参加が期待していたほどに伸びなかった。これは 5 日の講習会、6 日のポスターに共通するが、今回は震災にかかわる予定再調整という事情でやむをえなかったとはいえ、今後の検討課題である。



入門講座を熱心に聴講する参加者たち



合同懇親会の様子

午後の口頭発表セッションでは高分子、膜、ハードマターと手法という枠で、各々のカテゴリでの GISAXS の研究成果や、これまでの研究成果から GISAS に何を期待するかといった観点からの研究発表がおこなわれた。

高分子に関しては名古屋工大山本勝宏氏は両親媒性ブロック共重合体薄膜の組織制御に関し、その組織制御とプロセスによる形状制御を GISAXS によって評価した結果を報告した。SPring-8/JASRI の小川紘樹氏は SPring-8 の BL03XU における GISWAXS 実験ステーションの紹介とともに、GI-USAXS の試行結果を報告した。GI-USAXS 測定は HASYLab のグループがおこなっている考え方と比較するとむしろオーソドックスにビームラインの良好な性能を生かすアプローチを取っており、今後の成果が期待される。東大の篠原佑也氏はコヒーレント X 線と言う観点から将来的に一般化する良好な（挿入）光源を利用した GISAXS や SAXS 測定におけるコヒーレント効果の正の部分、負の部分についてこれまでの SPring-8 を利用した自身の結果や報告例を引きながら示唆に富む講演をおこなった。

休憩をはさみ、群馬大の高橋浩氏は生体関連物質に関する研究の立場から、脂質膜構造と機能相関に関して分野外の聴衆にもその位置づけが理解しやすいよう、豊富に図をもちいてガイダンスをした後、GISAXS で新たにもたらされると期待される知見について解説した。硬い材料としてリガク X 線研究所の表和彦氏は、これまでとまったく異なる視点として長さ標準試料の定量評価の視点からトップダウン型材料であるグレーティングの GISAXS を用いた評価について講演した。単結晶回折と同様、散乱であってもエバルト球が球面である事を十分意識して回折条件を考慮した解析が重要であることを示し、標準スケールに対する GISAXS 評価の定量性を議論した。最後に実験方法の観点から京大奥田により、分光結晶領域の軟 X 線を利用した GISAXS 法の実現例と期待される応用についての紹介があった。また、最後に来年度京都開催が予定されている小角散乱国際会議サテライト会議、GISAS2012

(2012/11/13-16) の案内と参加発表の勧誘があった。

最後に提案者側より開会・会場準備などに尽力いただいた PF 世世話人各位はじめ、研究会に寄与された各位に謝意が表された。研究会は時間を多少超過したものの、ほぼ予定通りに終了した。

【プログラム】

9月5日(月)

場所：研究本館 会議室 1

15:00-17:40

入門講座 GISAS

1. 「概要説明」 京大工 奥田浩司 (京大工)
2. 「GISAXS 実験入門」 佐々木園 (京都工繊大)
3. 「GISAXS 原理と解析手法 - 高分子膜を中心に」 小川紘樹 (JASRI)

9月6日(火)

場所：研究本館 小林ホール

9:30-12:00 Key Note 講演 (45min×3)

「Synchrotron X-ray Scattering Studies of Nanostructures in Functional Polymers」

Prof. Moonhor REE (POSTECH/PAL)

「中性子反射率と飛行時間すれすれ入射小角中性子散乱による高分子薄膜の研究」

金谷利治 (京都大学)

「微小角入射 X 線回折法と X 線 / 中性子反射率法による高分子薄膜の表面・界面構造解析」

高原 淳 (九州大学)

12:00-14:00 昼食 & ポスターセッション (12:30 ~ 13:30)

14:00-14:30 「GISAXS による両親媒性ブロック共重合体薄膜中のシリンダー状相分離構造の高度垂直配向化観察」

山本勝宏 (名工大)

14:30-15:00 「SPring-8, BL03XU における GIUSAXS 測定システムの構築」

小川紘樹 (JASRI)

15:00-15:30 「コヒーレント X 線を用いた GI-SAXS の展開」

篠原佑也 (東大)

15:30-15:45 休憩

15:45-16:15 「生体脂質膜構造と機能相関:GISAS への期待」

高橋 浩 (群馬大)

16:15-16:45 「微小角入射 X 線回折による表面周期ナノ構造の形状解析」

表 和彦, 伊藤義泰 (リガク X 線研究所)

16:45-17:15 「軟 X 線領域における GISAXS 法」

奥田浩司 (京大工)

PF 研究会「PF におけるマイクロビームを利用した XAFS, XRF, SAXS 実験の展望」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

2011年9月7日、8日の両日、「PF におけるマイクロビームを利用した XAFS, XRF, SAXS 実験の展望」と題して、PF 研究会が開催されました。

この会は、PF 懇談会の4つのユーザーグループ（マイクロビームX線分析応用ユーザーグループ、酵素回折計ユーザーグループ、小角散乱ユーザーグループ、XAFS ユーザーグループ）の提案と言う形をとって開催されました。その内容は、PF に於ける近年のビームライン整備計画、特に PF に残された最後の短直線部である BL-15 の整備計画に連動しています。計画では、このビームラインを主に SAXS, XAFS/XRF 測定用のラインとすることが検討されており、その際に望まれるスペックの検討、ビームラインが実現されたときに期待されるサイエンスの展望、従来はあまり接点の無い測定手法であった SAXS と XAFS/XRF の為のビームラインが共通のラインとして実現されることによる展開、などについて議論することを主な目的に開催されました。合同研究会と銘打ってもう一つの PF 研究会、「GISAS 法の展開」が連続する日程（9月5日、6日）に同一会場で開催されたのも同様の趣旨で、本 PF 研究会と一体として、新ビームラインのことを考え議論する為でした。

以上の様な趣旨から、研究会の内容としては、PF 側からの整備計画全体についての説明と、新 BL-15 の現状の計画についての説明を皮切として、1日目は SAXS を中心に、2日目は XAFS/XRF を中心に、それぞれの分野のユーザーから現在行われている研究・実験の事例紹介や新ビー

ムラインを想定しての将来の計画や展望についての発表が続き、最後には SAXS と XAFS/XRF の複合測定を視野に入れた総合討論が行われました。

研究事例の紹介は興味深く、将来の展開を考えた時、現在検討されている新ビームラインの性能で新しい展開や、建久の発展が十分に期待できることが納得できる内容でした。各発表に対する討論や、総合討論の場では、未来の実験を念頭に置いた熱心な討論が展開されるとともに、生物分野、地球科学分野などを中心に SAXS と XAFS/XRF を複合的に利用することで達成できる新たな研究についても多くの言及があり、今後、新 BL-15 の計画を、ユーザーグループが支援していく上で十分なモチベーションを与えてくれる、有意義な会であったと感じました。

研究会には100名を超える参加がありました。また、初日の夜には、合同したもう一つの PF 研究会「GISAS 法の展開」の懇親会を兼ねた懇親会が開催され、複数の分野の研究者の間で、意義深い交流を持つことができました。

本研究会の開催にあたりご尽力いただきました皆様方や PF スタッフの方々に感謝するとともに、今後も同様に研究者間の交流や意見の交換を行える場の一つとして PF 研究会開催を積極的に提案していきたいと考えておりますので、皆様方のご支援を頂ければ幸いです。

【プログラム】

場所：研究本館 小林ホール

9月7日（水）

10:00-12:20 施設の状況とビームライン開発

「PF のビームライン整備計画と BL-15」

野村昌治 (KEK-PF)

「新 BL-15A の検討状況報告」五十嵐教之 (KEK-PF)

「ALS Beamline 10.3.2: a versatile hard X-ray microprobe on a bending magnet」

Matthew Marcus (ALS)

「ソフトマター材料評価のための高輝度小角・広角 X 線散乱法の利用」増永啓康 (JASRI)

12:20-13:30 昼食

13:30-14:00 将来光源

「ERL 計画の概要」河田 洋 (KEK-PF)

14:00-16:00 SAXS オーバービュー

「小角散乱で何が分かるか」瀬戸秀紀 (KEK-KENS)

「有機・高分子材料と放射光小角 X 線散乱」

山本勝宏 (名工大)

「構造生物学における放射光 X 線溶液散乱」

上久保裕生 (奈良先端大)

「高分子材料設計のための放射光 X 線散乱」

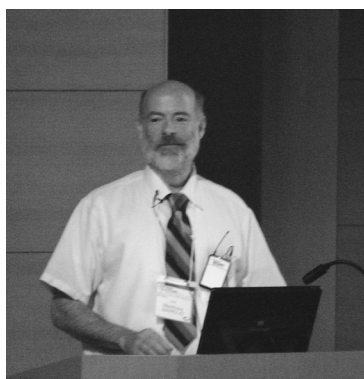
野末佳伸 (住友化学)

16:00-16:15 休憩

16:15-18:15 新ビームラインでの SAXS 展開

「新ビームラインでの SAXS 展開：どのような先端的 SAXS が利用可能なのか？」

篠原佑也 (東大)



Matthew Marcus 氏 (ALS)



高橋嘉夫氏 (広島大)

「共鳴 SWAXS 法の展開と無機材料評価への応用」

奥田浩司 (京大)

「GI-SAXS によるブロック共重合体の配向自己組織化過程の解明」 竹中幹人 (京大)

「軟 X 線を利用した共鳴 (異常) X 線小角散乱の可能性」
平井光博 (群馬大)

18:30- 懇親会 (研究本会・ロビー)

9月8日 (木)

9:30-10:30 XRF/XAFS オーバービュー

「新 BL-15A での XAFS, XRF 実験の展開の検討状況」

阿部 仁・仁谷浩明 (KEK-PF)

「触媒化学からのマイクロビームへの期待と ERL への展望」
朝倉清高 (北大)

10:30-10:40 休憩

10:40-12:10 新ビームラインでの XRF/XAFS 展開 1

「地球化学・環境化学・環境微生物学におけるマイクロ XRF-XAFS の必須性」

高橋嘉夫 (広島大)

「植物の重金属蓄積メカニズムを解明する μ -XRF-XAFS システム～汚染土壌の浄化を目指して～」

保倉明子 (東京電機大)

「固体惑星物質試料のマイクロ XANES 分析」

三河内岳 (東大)

12:10-13:30 昼食

13:30-14:30 新ビームラインでの XRF/XAFS 展開 2

「生体試料・地球環境試料に対するマイクロ XAFS による状態分析」 沼子千弥 (千葉大)

「放射光蛍光 X 線法による単一流体包有物の化学分析 - 熱水鉱床研究への応用 -」 林謙一郎 (筑波大)

14:30-14:40 休憩

14:40-16:30 複合測定研究の可能性の模索と総合討論

「金属ナノ粒子の構造研究における SAXS と XAFS の相補性」
西川恵子 (千葉大)

「不均一反応場でのプロセス制御と μ -XAFS/SAXS への期待」
木村正雄 (新日鐵)

総合討論

16:30 閉会

PF 研究会「軟 X 線分光・散乱測定を用いた物性研究の現状と展望」報告

東京大学大学院新領域創成科学研究科 溝川 貴司

PF 研究会「軟 X 線分光・散乱測定を用いた物性研究の現状と展望」が、2011 年 9 月 13 日 (火)、14 日 (水) の両日に高エネルギー加速器研究機構の小林ホールにおいて開催されました。65 名の参加者を迎えまして、軟 X 線放射光による物性研究の最新の研究成果と将来展望につきまして 2 日間に及ぶ活発な議論が行われました。遠方か

らの参加者の皆様、研究会の運営にご協力いただいた皆様に、この場をお借りして御礼申し上げます。以下に、研究会の開催経緯と内容をご報告します。

近年、軟 X 線放射光による散乱および分光の研究手法が大きく進展し、XAFS (XAS)、XES、XMCD、PES、(共鳴)非弾性散乱、共鳴軟 X 線散乱、軟 X 線イメージングなどが物性研究における重要なツールとなっています。さらに、散乱実験の硬 X 線領域から軟 X 線への発展、光電子分光実験の軟 X 線領域から硬 X 線への発展が象徴するように、軟 X 線と硬 X 線の両者を組み合わせて物質の構造を研究するユーザーが急速に増加しています。軟 X 線放射光による散乱・分光のニーズがますます高まる中で、PF の軟 X 線放射光ビームラインの拡充・整備は、日本の物性研究にとって非常に重要な課題です。また、高度化によって複雑になった実験データから新しい物質科学を醸成する理論の発展が不可欠であります。このような背景の中で、軟 X 線放射光による物性研究の現状と将来展望について議論する研究会を企画する経緯となりました。以下に研究会のプログラムを示します。強相関電子系、分子性物質、ナノマテリアルなどを対象とする物性研究におきまして軟 X 線分光・散乱の実験研究と理論研究で活躍されている方に講師をお願いし、今後の物質科学の動向や ERL 計画などを踏まえて軟 X 線分光・散乱実験の拡充・整備を議論する時間を設けました。

1 日目、2 日目の各セッションの講演はもとより、ポスターセッションにおきましても若手の研究者を中心に、最新の物性研究の成果について活発な議論が行われました。1 日目の懇親会の後に企画されたワインセッションでは、軟 X 線ビームラインを担当する雨宮健太氏、小野寛太氏、組頭広志氏、間瀬一彦氏から、軟 X 線ビームラインの現状や展望に関する踏み込んだ説明があり、忌憚のない議論が



(上) ワインセッション (下) ポスターセッション



集合写真

なされたと思います。研究会に先だって午前中に開催された軟X線ビームラインの見学会と合わせまして、筆者には大変勉強になりました。2日目の最後のセッションでは、河田洋氏より ERL 計画の概略に関する説明があり、コヒーレンス性を活かしたイメージングとパルス性を活かした時間分解計測での利点強調されました。その後、石原純夫氏より強相関電子系の理論で予測されるスピン・電荷・軌道のサブ ps 領域の高速応答について解説があり、ERL による時間分解分光・散乱実験の有用性が議論されました。会場の聴衆からは、ERL による最先端分光・散乱実験と従来の分光・散乱実験が両立する体制を望む声が多数ありました。

空間分解能やエネルギー分解能の改善、薄膜・ナノ物質・溶液など研究対象の広がり、電場や強磁場で誘起される新しい相の研究、複雑なスペクトルや偏光依存性を解析する理論の発展、などの軟X線放射光による物性研究の最新情報を多数の大学院生を含む参加者全員で共有し、将来の課題を真摯に議論できた有意義な2日間だったと思います。この研究会が今後の軟X線分光・散乱による新しいサイエンスの発展に繋がると信じております。

9月13日(火)

セッション1 座長：藤森 淳(東大院理)

- 13:00-13:10 「開会の挨拶」 溝川貴司(東大院新領域創成)
- 13:10-13:35 「構造物性研究センターにおける軟X線分光・散乱研究の現状と展望」 村上洋一(KEK-PF)
- 13:35-14:00 「軟X線放射光を用いた顕微分光研究」 小野寛太(KEK-PF)
- 14:00-14:25 「次元制御強相関酸化物薄膜の軟X線光電子分光」 組頭広志(KEK-PF)
- 14:25-14:50 「SPring-8 共用軟X線ビームラインにおける分光研究の展開」 木下豊彦(高輝度光科学)
- 14:50-15:10 コーヒーブレイク + 写真撮影

セッション2 座長：柿崎明人(東大物性研)

- 15:10-15:35 「軟X線磁気円二色性による磁性ナノ構造の研究」 藤森 淳(東大院理)
- 15:35-16:00 「スピントロニクス材料の軟X線内殻吸収磁気円二色性」 木村昭夫(広大院理)
- 16:00-16:25 「強相関電子系の強磁場X線分光」 松田康弘(東大物性研)

- 16:25-16:50 「高磁場下の混合原子価希土類化合物の XAS と XMCD の理論」 小谷章雄(KEK-PF)

- 17:00-18:30 ポスターセッション

- 19:00-20:30 懇親会

20:30-22:00 ワインセッション 座長：岡本淳(KEK-PF)

- BL-16A に関連して 雨宮健太(KEK-PF)
- 軟X線顕微分光に関連して 小野寛太(KEK-PF)
- 光電子分光研究に関連して 組頭広志(KEK-PF)
- BL-13 に関連して 間瀬一彦(KEK-PF)

9月14日(水)

セッション3 座長：齋藤智彦(東理科大理)

- 9:00-9:25 「A サイト秩序型ペロブスカイトの軟X線分光」 水牧仁一朗(JASRI/SPring-8)
- 9:25-9:50 「分解能 10000 の軟X線発光分光」 原田慈久(東大院工)
- 9:50-10:15 「相関系の非弾性X線散乱における偏光依存」 石原純夫(東北大院理)
- 10:15-10:35 コーヒーブレイク

セッション4 座長：小野寛太

- 10:35-11:00 「軟X線発光分光法を使った液体、溶液の研究」 徳島 高(理研/SPring-8)
- 11:00-11:25 「BL-16A における軟X線利用研究の展開 - 深さ分解 XAFS 法を用いた薄膜の研究を中心に -」 雨宮健太(KEK-PF)
- 11:25-11:50 「発光分光による電場印加下の電子状態研究」 中島伸夫(広大院理)
- 11:50-13:00 昼食

セッション5 座長：石原純夫(東北大院理)

- 13:00-13:25 「強相関電子系の軌道状態とX線分光」 溝川貴司(東大院新領域創成)
- 13:25-13:50 「強相関 Co 酸化物の軟X線分光」 齋藤智彦(東理科大理)
- 13:50-14:15 「強相関 Co 酸化物の共鳴軟X線散乱」 岡本 淳(KEK-PF)
- 14:15-14:40 「共鳴軟X線散乱研究への硬X線領域からのアプローチと研究展開」 中尾裕則(KEK-PF)
- 14:40-15:05 「共鳴軟X線弾性散乱と 3d 遷移金属化合物の秩序構造」 田中 新(広大院先端物質)
- 15:05-15:20 コーヒーブレイク

セッション6 座長：溝川貴司

- 15:20-15:50 「ERL 計画について」 河田 洋(KEK-PF)
- 15:50-16:20 ディスカッション「ハードウェアとソフトウェアの整備計画」
- 16:20-16:30 閉会の挨拶 村上洋一(KEK-PF)

PF 研究会「磁性薄膜・多層膜を究める： キャラクタリゼーションから新奇材料の 創製へ」開催報告

放射光科学第一研究系 雨宮 健太
放射光科学第一研究系 酒巻真粧子
放射光科学第二研究系 中尾 裕則

表題の研究会は、当初 2011 年 3 月 11, 12 日の両日に開催される予定でした。実際、3 月 11 日は午前中からセッションを開始したのですが、ご存じの通り午後の東日本大震災により中止となってしまいました。当日は大混乱でしたが、26 件の講演中まだ 6 件しか行っていない段階での中止ということもあって、再開を望む声が多く聞かれました。そこでこの秋を目指して講演者の皆様の日程調整を行い、当初予定されていた講演者のうち約 8 割もの皆様にご快諾を頂き、10 月 14, 15 日の再開にこぎつけることができました。

今回はビームタイム中の開催ということもあって、どれほどの参加者が集まるのか不安でしたが、当日の飛び入りも含めて 60 名近い方に参加して頂くことができました。プログラムを以下に示しますが、磁性薄膜・多層膜の分野で活躍されている多くの研究者の皆様に、必ずしも放射光の利用をメインとしない（もしくはほとんど使わない）方々も含めて、ご講演をお願いしました。本研究会は「キャラクタリゼーション」と「新奇材料の創製」の「お見合い」をモットーに掲げ、お互いの立場（多かれ少なか一人の研究者が両方の側面を持っていますが）からの情報交換を目的としておりましたが、プログラムの内容からもその意図がみとれるかと思えます。

10 月 14 日（金）

はじめに 雨宮健太 (KEK-PF)

スピントロニクスの最前線 座長：壬生 攻

「多層膜とスピントロニクス」

【特別講演】高梨弘毅（東北大金属材料研究所）

「強磁性ナノ狭窄構造薄膜を用いたスピントロニクスデバイスの提案」

今村裕志（産総研ナノ理論グループ）

PF の現在と未来 座長：阿部 仁

「PF における VUV・軟 X 線を用いた磁性薄膜・多層膜研究」

雨宮健太 (KEK-PF)

「PF の将来計画 - エネルギー回収型ライナック (ERL 計画) -」

河田 洋 (KEK-PF)

ユニークなプローブを活かす 座長：中尾裕則

「J-PARC 偏極中性子反射率計による磁性薄膜・多層膜の磁気構造解析の展開」

山崎 大（日本原研機構 J-PARC センター）

「メスバウアー分光法を用いた磁性薄膜のキャラクタリ



集合写真

ゼーション - 放射線源実験と放射光実験 -

壬生 攻（名工大電気電子工学科）

「表面修飾による Fe₃O₄ 最表面ハーフメタル性回復現象」

倉橋光紀（物材機構量子ビームセンター）

「スピン分解光電子分光による磁性薄膜の研究」

【特別講演】柿崎明人（東大物性研究所）

近未来のスピントロニクス 座長：柳原英人

「高周波スピントロニクスと磁化ダイナミクス」

鈴木義茂（阪大院基礎工学研究科）

「スピントロニクス研究の進展と放射光への期待」

【特別講演】小野輝男（京大化学研究所）

学生セッション

「次世代の磁性研究」

懇親会

10 月 15 日（土）

PF ツアー（希望者）

放射光を用いたキャラクタリゼーション 座長：山崎裕一

「マンガン系人工超格子における電荷・磁気状態の研究」

【特別講演】中尾裕則（KEK-PF）

「共鳴 X 線磁気散乱による間接交換結合多層膜の非磁性層の誘起磁性」

細糸信好（奈良先端技術大院物質創成科学研究科）

「XMCD を用いた磁性薄膜，ナノ構造の研究」

【特別講演】藤森 淳（東大院理学系研究科）

磁気異方性の制御 座長：酒巻真粧子

「深さ分解 XMCD 法で切り開く分子吸着 Fe/Cu(001) の

磁気構造 -EXAFS による薄膜構造解析と併せて -」

阿部 仁（KEK-PF）

「ナノ構造の磁気異方性と電界効果」

小田竜樹（金沢大院自然科学研究科）

「スピネルフェライトエピタキシャル薄膜の垂直磁気異方性」

柳原英人（筑波大学院数理物質科学研究科）

次世代の新奇材料を求めて 座長：村上洋一

「放射光電子分光法による La_{0.6}Sr_{0.4}MnO₃/SrTiO₃ スピントネル接合界面の電子状態解析」

組頭広志（KEK-PF）

「ポリマー型正極材料と界面状態の計測」

守友 浩（筑波大院数理物質科学研究科）

「磁気円二色性で探る分子・ナノ炭素 - 磁性金属系のスピ
ン状態」

松本吉弘 (日本原研機構先端基礎研究センター)

ナノ構造の表面科学 座長: 細糸信好

「表面ナノ構造の作成と磁性」

小森文夫 (東大物性研究所)

「時間分解 XMCD-PEEM による磁気渦構造のダイナミク
ス測定」

福本恵紀 (東工大院理工学研究科)

「スピン偏極 SEM によるナノ積層構造の実空間分析」

甲野藤真 (産総研エレクトロニクス研究部門)

おわりに 雨宮健太 (KEK-PF)

一日目は、再開催に至った経緯を含めた簡単な趣旨説明ののち、最初のセッションでは「スピントロニクスの前線」として、実用的なデバイスの中で我々が日々お世話になっている、スピントロニクス技術の最近の動向と材料開発を紹介して頂きました。昼食をはさんだ午後のセッションでは、「PFの現在と未来」と題してPFにおける磁性研究の現状と将来計画を紹介し、引き続いて「ユニークなプローブを活かす」として、放射光以外も含む様々なプローブを用いた研究手法を紹介して頂きました。その後、再びスピントロニクス技術に話題を戻し、「近未来のスピントロニクス」では近い将来応用が期待される材料や現象に関するご講演を頂き、最後は「学生セッション」として次世代の研究者である大学院生の皆さんに、それぞれの研究内容を披露してもらいました。2号館に場所を移して行われた懇親会では、人類の未来に関する明るい話題を含め、あちらこちらで話の輪ができていました。

二日目は、前日の晩から降り始めたあいにくの雨の中、10名程度の方が参加してのPFツアーで幕を開けました。PFに初めて入る方はもちろん、十数年ぶりという方もいらっしゃいましたが、磁性研究に使われる様々な装置群をめぐる、印象深いツアーになったことと思います。講演はまず、「放射光を用いたキャラクタリゼーション」という、我々にとってはなじみの深いものではあるものの、あまり放射光を使わない参加者の方にとっては、放射光を用いた手法の最近の発展を実感して頂けるセッションから始まりました。引き続いて、磁性薄膜・多層膜の分野では古くから注目され、最近のスピントロニクス技術でもますます重要になっている「磁気異方性の制御」というテーマでお話を頂きました。わずかな差で喫茶室の開店が間に合わなかったためにお弁当を販売した昼食を経て、午後は「次世代の新奇材料を求めて」と題して、今後の発展が期待される新奇物質の開発を紹介頂き、最後は「ナノ構造の表面科学」として、今や磁性研究とは切っても切れないものとなった微細構造に着目したセッションで締めくくりました。最初の開催から7か月と5日をかけて、ようやく最後までたどり着くことができたこととなります。

今回の研究会を通じて、最新のキャラクタリゼーションの手法の威力に触れたり、今後の発展が大いに期待できる

新しい材料や現象を知ることができたりといった、ある種の発見が一つでも二つでもあったならば、主催者として大変嬉しいですし、そうした発見を新たな研究へとつなげていければと思っています。今回の研究会は無事、再開することができましたが、いまだ東日本大震災の被害から回復されていない方々も多くいらっしゃいます。一日も早い復興をお祈りいたします。最後になりましたが、講演や座長を引き受けて下さった方々および研究会に参加して下さった皆様に感謝いたします。

ERL2011 会議報告

広島大学先端物質科学研究科 栗木 雅夫

ERL2011 は 50 回目の ICFA Beam Dynamics Workshop として KEK を会場として開催された。ERLWS としては Jefferson Lab., Daresbury, Cornell に続いて 4 回目となる。

2011 年 10 月 16 日夕刻より、登録を兼ねたレセプションがつくば国際会議場 EPOCHAL で行われた。懐かしい顔との再会、そして新しい出会いで笑顔に溢れる会場が、WS の成功を予感させる。

翌日の 17 日から、KEK の小林ホールにおいて、本格的なセッションが開始された。まず KEK の鈴木機構長より、歓迎の言葉が述べられ、KEK ロードマップが紹介された。同じ加速器科学として、高エネルギー物理と放射光科学とのシナジーを発揮して、是非とも ERL と ILC の実現を目指したいとの言葉が印象的であった。

続いて、組織委員長である KEK の河田 ERL 推進室長より、ERLWS 開催の経緯と運営体制が説明された。2011 年 3 月 11 日の東日本大震災では KEK でも少なくない被害があり、開催の断念も検討されたが、関係者の奮闘により予定通り開催できたことへの感謝の言葉が心に残った。JAEA の羽島プログラム委員長からは、プログラムの概要、各 WG の構成、そして報告書が JACOW から出版されるとの説明があった。とくに報告書の原稿提出の締切厳守が強調された。

最初の講演は Cornell の Hoffstaetter 氏から、ERL の特長と各計画の紹介があった。その中で、ERL による共振器型 XFEL (XFEL-O) が X 線科学において大きなインパクトをもつことが強調された。BNL の Litvinenko 氏からは、原子核・高エネルギー物理における ERL と題して、ERL から供給される大電流、低エミッタンス電子ビームによる LHeC などの ep 散乱実験や、イオン加速器におけるコヒーレント電子ビーム冷却による輝度の向上など、多くの興味深い可能性が示された。続いて、各 WG のコンビナーから各グループの課題と目標が示された。各 WG の課題は以下の通りである；WG1 は電子銃；WG2 はビーム物理；WG3 は超伝導加速；WG4 はビーム制御と計測；WG5 はビーム損失である。午後は会場を四号館の各部屋に移しての平行セッションである。筆者は主に WG1 に参加し



ワーキンググループでの議論の様子

ていたもので、記述が偏るのをご了承ください。

WG1の最初のセッションでは超伝導RF電子銃開発についての三つの講演が行われた（講演者の都合により一部は水曜のセッションに移動）。BNLのBelomenstnykh氏から、1/2セルタイプの700 MHz RF電子銃と、QWR（Quarter Waver Resonator）型の110 MHz RF電子銃の開発について講演があった。700 MHz電子銃のカソードマウント部のチョーク構造でマルチパケティングが発生しており、その抑制が課題として挙げられた。一方、QWR型は冷却テストを行い、放射線でリミットされたものの、マルチパケティング領域を超えることに成功している。HZB（Helmholtz Zentrum Berlin）のQuast氏から、BERLinProの紹介とSRF電子銃開発について報告があった。プロトタイプとして1.5cellのNb空洞を製作し、超伝導体でもあるPbをカソードとしてメッキしている。メッキの前後でQ値に一桁程度の明らかな減少がみられ、電界放出も増加している。最終的には常伝導カソード装着型の開発を目指しているとのことであった。

最後にELBEのArnold氏から超伝導RF電子銃開発について報告が続いた。77 pCというERLの「ノミナル」パラメーターに相当する電荷で $3\pi\text{mm.mrad}$ という値を実現していることが印象的であった。超伝導RF電子銃開発が複数の機関で精力的に行われている中で、もっとも堅実に研究を進めているという印象を受けた。

二日目のプレナリーは北京大学のLiu氏のDC-RF電子銃開発で幕を開けた。DC-RF電子銃は定在波型SCRF空洞とカソードの間にDC電圧をかけるというユニークなアイデアで、すでに0.5cell型の原理実証を済ませている。その結果をうけて現在3.5cell SRF空洞を開発し、縦測定で $Q_0 > 1 + 10$ で23.5 MV/mを達成している。カソードには Cs_2Te を使用し、ビーム試験を開始したとのことであった。

続いて、LANLのCarlsten氏よりCSR（Coherent Synchrotron Radiation）について報告があった。CSRの理解と抑制はERLにおいてビーム品質を高める上で重要な課題であるが、現在は主に1D形状を仮定し検討が行われている。氏は三次元の方程式の四次の項まで含めた数値計算をおこない、一次元での結果がよい近似となっているこ

とを確認した。これは現在まで行われた検討結果の妥当性を高める重要な成果である。

午前の最後はANLのK. J. Kim氏からERLによる共振器型XFEL（いわゆるXFEL）について講演があった。XFELは時間方向もふくめ完全なコヒーレント光をつくる理想的な光源であるが、その実現にはX線ミラーの技術的解決が鍵である。Kim氏によると既存のダイヤモンドがX線ミラーとして優れた特性を有しており、四枚ミラー共振構造など誤差の許容範囲を緩和する技術を組み合わせることでXFELは十分実現可能であることを強調していた。

午前のWG1のセッションは電子銃ドライブ用のレーザー開発についてBNL, Cornell, J-Labより報告があった。講演からは、電子ビームドライブに必要な出力はほぼ射程範囲に入ってきたこと、そして開発の焦点は安定化、時間空間プロファイル整形、などに少しずつ移行しているという印象を受けた。現状では固体レーザーの二倍波の500nm光を使用し、ビームエミッタンスの最適化よりもとりあえず大電流生成の実証を優先させるという方針で全体が進んでいる。

午後のWG1セッションではDC電子銃開発について多くの報告が行われた。JAEAの西森氏からKEK、名古屋大学、広島大学の共同研究による500 kV電子銃開発について報告があった。世界で高電界DC電子銃開発が続けられているが、唯一500 kVの安定印加に成功したことで注目を集めている。カソードを装着してのコミッショニングで526 kVまでの印加を達成し、現在はビームテストを行っている。

次にCornellのDunham氏から、Cornell電子銃は450 kVでの放電によるセラミックへの貫通痕発生という事故のため、現在は電圧を350 kVに制限しているとの報告があった。日本チームの成功に習い、セラミック絶縁に分割電極とガードリングを採用して電圧の向上を目指している。J-LabのBenson氏より、これまでの電子銃開発の苦難の歴史（J-Labもセラミックの放電に悩まされてきた）が述べられた。コンディショニング時にKrガスを導入して500 kVの電圧印加に成功したものの、真空状態では320 kV以上の印加は現状では困難のようである。

AES（Advanced Energy System）のTodd氏からは、熱陰極RF銃による高輝度電子発生について報告があった。RFに加えて陰極まわりにDC場を加えることで、発生時から比較的短パルスのビーム生成を目指した設計で、不安定性の原因であるビームのカソードへの逆流を防ぐユニークな設計である。商業ベースである程度の性能の大電流ビームの供給を意図している。

DaresburyのMilitsyn氏からはALICEの電子銃オペレーションについて報告があった。ALICEはビーム繰り返しは80 MHzと低いものの、規模はコンパクトERLとほぼ同程度であり、その経験は大いに参考になるものと思われる。現在は350 kVで運転しており、カソードの暗寿命は最高で900時間、ビーム運転時はおよそ一週間に一回程度、ビーム電荷にして0.3 C引き出したところで、再活性化を

おこなっているようである。

秋の深まりを感じさせる冷え込みの中、三日目のプレナリーセッションはKEKの加古氏によるKEKにおける超電導加速空洞開発で幕を開けた。内部観察によって、少数ながら空洞の赤道部に小孔や突起などの欠陥が見いだされ、局所的な研磨により性能が回復したとの報告が興味深かった。またKEKで製造ラインのパイロットプラントが立ち上がり、従来の垂直分業を超えて、企業と開発、製造、評価の一連の流れの最適化に取り組んでいるのが印象的であった。

続いてCornellのDunham氏から電子入射器のビーム制御と計測について報告があった。ERLでは、効率のよいエネルギー回収は勿論、ビームロスを極めて低く抑えることが必須である。異なる運転モード、ビームハローの計測などへ対応するため、広いダイナミックレンジで精密なビーム計測を実現することが課題であることが力説された。JAEAの早川氏よりERLの応用の一例として、レーザーコンプトンによる単色 γ 線発生について講演があった。単色 γ 線の原子核共鳴蛍光により同位体の非破壊同定が可能になり、核不拡散のためのセキュリティ向上に有効との提案である。また、レーザーコンプトンからの偏極 γ 線と原子核との光核反応の測定から、超新星爆発時のニュートリノによる物質生成モデルにおける断面積の評価が可能であるなど、いくつかの原子核物理研究の基礎実験が提案された。ERLが基礎から応用まで文字通り幅広い分野における研究の可能性を秘めたものであることの認識を新たにした。

舞台をWG1に移し、LANLのNguyen氏からRF電子銃による高平均電流ビーム生成について講演が行われた。超伝導を含む高デューティ運転を目指した銃のレビュー的内容であった。RF電子銃はとかく加速電場の優位性だけが強調されがちであるが、熱損失、エミッタンス補償、暗電流、等の多くのトレードオフが存在し、その多次元空間の中での最適化が必要との指摘であった。

立命館大の山田氏から、マイクロトロンによる大電流発生と金属フォイルからの誘導X線発生(X線レーザー)というユニークな提案があった。しかし後ろに遠足の出発時間が迫っており、議論が十分につくされなかったのが残念



ポスターセッションでの様子

であった。

最後にIdaho Accelerator Center (IAC)のY.J. Kim氏から常伝導RF電子銃によるCW入射器設計についての講演があった。CW化のため熱損失の制御を指標に、電子銃や入射加速器の最適化設計を一体的におこなっているのが特徴的であった。電子銃にS-bandの常伝導RF電子銃を使用し、加速管には定在波サイドカップル型を採用し、効率のよい加速を意図している。

午後はワークショップのイベントとして東京(浅草, 皇居)への遠足が行われた。筆者は参加していないが、侍や花魁などのパフォーマンスもあり、参加者は異国情緒を満喫したようであった。夜にはつくばの山水亭でバンケットが行われ、その場で次回のERLWSをロシアのBINP (Budkha Institute for Nuclear Physics)で開催することが紹介された。BINPは初めてERLを建設したパイオニアであり、壇上に立ったBINPのKulipanov氏はERLWSを全所をあげて盛り上げたいとの熱い思いを語った。

四日目のプレナリーはCornellのMayer氏によるビームハローについての講演でスタートした。ERLは放射線損失を従来のライナックに比して大幅に抑制することが必要となる。実際の運転ではビーム損失が電流を抑制する場合も想定され、ビームハローの抑制は大きな課題である。

続いてCornellのHoffstaetter氏より、XDL2011の報告を兼ねてHard X-ray科学についての講演があった。ここで全てを紹介するのは困難だが、コヒーレントな高輝度のX線が、物質科学の基礎研究からソフトマターや美術品の保存技術の開発などの応用まで、多くの分野から熱い視線を浴びていることが感じ取れた。

KEKの足立氏から、ERLの短パルス性をいかした科学について講演があった。ERL、そしてXFEL-Oから空間コヒーレンスに加え、時間コヒーレンスを持った短パルスX線が生成され、分子動力学や光触媒の研究の飛躍的發展が期待できることが述べられた。太陽電池の高効率化や光触媒は人類的課題である新エネルギー開発における重要技術であり、ERLが大きな貢献ができる可能性が示された。

WG1のセッションではBNLのRao氏よりBNLにおけるカソードの開発状況について報告があった。CsKSbの電子ビーム生成実験を行ったところ、10 mA程度の引き出し電流で量子効率の低下が見られなかったとのことであった。このカソードのRF電子銃での実験も予定しており、今後の結果が期待される。

続いて、DaresburyのMilitsyn氏よりGaAsカソードからのビーム特性について講演があった。測定によると量子効率の劣化にともない、エネルギー幅の減少がみられ、量子効率とビーム性能がトレードオフにあることが示された。

続いてJ-LabのSuleiman氏より、inverted typeのDC電子銃における二種類のカソード、GaAsとCsKSbのビーム実験について報告があった。電子銃電極にNbを用いてBCP処理を行うことで、20 MV/mを超える電界で暗電流10 pA未満という結果が驚きであった。

CornellのDunham氏の報告では、ビーム実験に脆弱な



cERL 建設現場（ERL 開発棟）を見学する参加者たち

GaAs の使用をあきらめ、CsKSb を使用していることが報告された。GaAs とアルカリカソードは、エミッタンス性能と頑丈性とのトレードオフ関係にあり、CERL や ERL 実機でのカソードの選択についてこれからの経験も踏まえて決定していくことになる。

University of Virginia の McCarter 氏より、CsKSb カソードの特性試験について報告があった。電荷寿命の計測において、532 nm 波長のレーザーで 350 μm スポット径で 10 mA を引き出したケースで $1/e$ 寿命で 2500C という値を得ており、驚きであった。しかし電流を 20 mA に増加させた場合には 25C 程度と大幅に低下しており、何等かの競合過程が存在していることが示唆され、再現実験を含めて今後の進展が待たれる。

午後の 16 時から WG1 と 2 の合同セッションとして、入射部のビームダイナミクスが議論された。LANL の Carlsten 氏からは、エミッタンス交換により横方向のエミッタンスを長手方向に逃がすことで、実質的に ERL や FEL でのビーム性能を向上させるアイデアがだされ、固有エミッタンスというコンセプトにより様々な手法でのエミッタンス交換が考案されていた。

続いて KEK の宮島氏より cERL 入射部のマッチング最適化について報告があった。最適化の結果、0.3 mm-mrad を下回るエミッタンスが得られたが、現状の ERL 周回部と β マッチングがとれていないとのことで、周回部とのすり合わせが課題である。

STFC の McKenzie 氏および HZB の Matveenko 氏より、ALICE と BERLinPro におけるビーム光学設計について講演があった。Matveenko 氏はビームハローについてのシミュレーション結果を示し、適切な位置にハローを除去するコリメーターの設置が必要なることを強調していた。

セッションの最後に KNU (Kynpook National University) の Hwang 氏より、cERL での空間電荷効果のシミュレーション結果が示された。5 MeV と入射エネルギーが低い場合には、光学設計により性能が大きく左右されることが述べられた。

最終日の五日目はサマリーセッションで、各 WG のコンビナーから WG での議論のまとめが示された。WG1 (入射器) のコンビナーの Cornell の B. Dunham 氏からは

SRF 電子銃、DC 電子銃、レーザーシステムの開発状況、そして各施設でのビームテストの状況の概要が示された。またカソード開発では GaAs に比して CsKSb カソードの頑丈さが強調された。WG2 との共同セッションについては、入射器まわりの光学設計についての報告に加えて、エミッタンス交換による発光性能の向上についての報告が目をつけた。

WG2 (ビームダイナミクス) のコンビナーの KEK の中村氏からは、各施設における光学設計や様々な検討について概要が説明された。特筆すべきことは、ほとんどの施設がマルチターン ERL を検討していることであった。また、飛び入りとして ERL によるダークマターサーチの提案があったことが報告された。現在の ERLWS は加速器開発に特化した会議になっているが、加速器利用の研究者と直接議論するような場があってもよいと感じた。

WG3 (超伝導) コンビナーの KEK の古屋氏からは、超伝導空洞の開発状況の概要が説明された。発表のうち過半数が KEK からであり、ILC と ERL という二つの超伝導ベースのプロジェクトを推進している KEK が超伝導開発において世界的に大きな存在感を持っていることが示された。

WG4 (ビーム計測、制御) のコンビナーの BNL の D. Gassner 氏からは、既存の施設で実績をあげている最新の制御、計測技術が多く紹介された。ERL 施設からは Cornell の B. Dunham 氏の報告があったのみで、他は KEKB や SACLA などからの報告であった。最後に KEK と BNL における検討状況が報告され、本格的建設を控えて急速な進捗が印象的であった。ERL ではビーム計測と制御は、ビームロス抑制し、「まともに」運転するために必要不可欠の要素であり、コンビナーが次回から WG5 (ビームロス) との合同を提案しているのも納得である。

WG5 (ビームロス) のコンビナーの B. Jordan 氏からは、ビームロスの理解が ERL の運転には不可欠であり、特にビームハローの発生機構の理解、そしてマシンの防護が重要な課題であることが強調された。WG では多くの施設からハロー計測、ビームロスモニター、防護システムの報告があった。また WG2 との合同セッションではビームロス発生力の学的理解が試みられ、特性を理解の重要性が述べられた。

WS の最後に、組織委員長である河田 ERL 推進室長から、閉会の辞として、各グループで非常に有意義な議論がなされ、各 ERL 計画の進展に大きな寄与ができたのではないかと意見が述べられ、満場の拍手をもって迎えられた。そして WG コンビナー、スタッフ、そして全ての参加者への感謝の意が表された。

最後に河田組織委員長から次回の開催地である BINP の Kulipanov 氏へ、セッションの始まりを知らせてきたベルが手渡され、全員でロシアでの再会を誓い散会となった。次回の ERLWS は 2013 年の開催であり、その頃にはまさに cERL は本格的建設期にあるはずである。参加者とともに未来への想いを乗せたバスは、一路つくば駅へと向かっていた。

ERL2011に参加して

KEK 加速器研究施設 梅森 健成

10月17日～21日の日程でKEKにて行われたERL2011ワークショップに参加いたしましたので、その様子を報告いたします。

ERL2011ワークショップには、百数十人の研究者が世界各国より集まりました。この会議の主な目的は、ERLのための加速器の技術検討を行うことです。より密度の濃い議論を行うために、plenary sessionの時間とは別に、parallel sessionに多くの時間が割かれ、それぞれのワーキンググループにて活発な議論が行われました。ワーキンググループは、WG1: Electron sources, WG2: Beam dynamics, WG3: Superconducting RF, WG4: Instrumentation and controls, WG5: Unwanted beam lossの5つに分けられ、私は、WG3の超伝導空洞のセッションに参加いたしました。参加記の依頼を受けておきながら申し訳ないのですが、個人の都合によりplenary sessionにはあまり参加できませんでしたので、そちらの報告は栗木氏による報告を読んでいただく事として、ワーキンググループでの議論を中心に報告させていただきますと思います。拙文ではありますが、いづれかでもERL開発の現状を感じていただけたら幸いです。

WG3は研究本館の一角にある比較的小さな部屋で議論が行われました。出席者は常時20～30名程度で、時折立ち見の方も見受けられましたが、お互いに顔を見合わせながら議論をするには丁度良い人数・広さだったかも知れません。半数程度が海外から参加された研究者の方でした。ワーキンググループ議長古屋貴章氏、Matthias Liepe氏が興味深い話題を集めてきていただいたこと、参加者が比較的同じような問題意識を共有していたことなどから、活発な議論が行われていました。

ワーキンググループにおいてはまずKEK, HZB (Hermholtz Zentrum Berlin), Cornell大学, IHEP (中国科学院高能物理研究所), BNL (Brookhaven National Laboratory), Daresbury Laboratory, 北京大学からの施設報告がありました。Daresbury研究所では、ALICEと呼ばれるERLが既に稼働しており、コンプトン散乱、赤外FEL、テラヘルツ放射など様々な手法で光を発生させています。Duty100%でのCW運転ではないものの実際に運転されているERLの状況を垣間見ることができました。特に超伝導空洞はfield emission (電界放出) による性能劣化に悩まされているとのことでした。CW運転でのfield emission抑制の重要性を再認識いたしました。Cornell大学では、周回部は建設されていないものの、電子銃や入射部空洞、ビーム診断ラインなどが設置され、入射部での運転が行われています。こちらはCWで運転されており、24 mAまでビーム運転されています。規格化エミッタンスも1 mm-mradを切っており、着実に開発が進んで来ています。現在は、100 mAでのビーム運転を目標に主加速部の空洞やクライオモジュールの製作も進められています。KEKからは、

cERL (コンパクト ERL) 計画に向けての現状と今後について報告されました。HZBはBESSYを運転するドイツの研究所ですが、この研究所でもERLの検討が進められています。最近予算がついてKEKのcERLと同じような規模のERL試作機(BERLinPro)を建設することとなりました。この計画では、超伝導RF gunを電子源として採用しています。現在は、その第1ステップとして、ニオブ製超伝導空洞と鉛カソードの組み合わせで開発を行っています。様々なトラブルや苦勞があったようですが、何とかそれを乗り越えて、まだまだ低電流ながらもビームを出すことができたとの報告がありました。BNLでは、e-RHICと呼ばれる原子核実験の将来計画のために精力的にERLの開発が進められています。放射光実験とは求められる性能が異なる部分がありますが、超伝導空洞、HOM減衰、大電力入力カップラー、クライオモジュールデザインなどに関して、ユニークなアイデアを盛り込んで開発が進められており、非常に興味深いものでした。IHEPからは、BEPc IIに用いられている500 MHz超伝導空洞ならびにリニアコライダー用のTESLA型1.3 GHz超伝導開発、そして35 MeV, 10 mAのERL試験施設の計画が報告されました。北京大学からはTESLA型空洞、1.5 GHz大電流空洞、450 MHz Single spoke空洞などの様々な超伝導空洞開発の様子が報告されました。北京大学もERL試験施設の検討を始めています。

施設報告の後には、超伝導空洞、He冷凍機とその運転、HOM (高次モード) 減衰、入力カップラー、クライオモジュールについての報告と議論がありました。全部は紹介しきれませんので、筆者の感想をいくつか述べさせていただきます。まず、空洞性能に関しては、どの空洞もだいたい要求される加速勾配を満たしつつあります。一方で、CW運転におけるfield emissionの発生は、空洞性能の劣化や放射線の問題、装置へのダメージなどを引き起こす可能性があります。議論の中でもfield emissionの話がたびたび登場しており、ERLワークショップの参



図1 field emissionの測定結果ならびに計算結果を報告する総研大Cenni Enrico氏ならびに会場の様子。

加者の field emission へ対する意識の高さが感じられました。図 1 に field emission の測定結果ならびに計算結果を報告する総研大 Cenni Enrico 氏ならびに会場の様子を示します。ビーム電流を制限したりエミッタンス劣化を引き起こしたりする HOM の減衰も ERL では大きな課題です。各研究所で R&D を進め、少しずつ改良されたバージョンの物が発表されていました。パンチ長の短い ERL では 100 GHz 程度までの HOM 減衰が必要であり、広帯域での吸収が可能であると言われるカーボンナノチューブやグラファイト系の材料は、今後注目に値します。大電力に対応する入力カップラーは、大電流 ERL の入射部ならびに超伝導電子銃部で必須で、こちらも各研究所で開発が進められています。BNL からは 704 MHz ながらも 125 kW 定在波 (500 kW 透過波に対応) での RF 運転に成功したとの報告がありました。He 冷凍機ならびにクライオモジュールの運転に関してもいくつか報告がなされました。He の圧力変動等によって空洞が微量に変形することで共振周波数にズレが生じる microphonics と呼ばれる現象があります。この変動の大小が ERL 運転の質に影響を与えます。現在運転されている冷凍機システムでどれくらいの変動に抑えられているのかの議論がありました。これから試験施設を立ち上げようとしている研究所には参考になったことと思われます。

筆者は 6 年前にこのワークショップに参加したことがありますが、その時はほとんどが将来の ERL に向けての計算やデザインの話が中心でしたが、今回は試験施設での実際の運転状況や試験施設立ち上げに向けたハードウェア開発の話が多数を占めました。世界が確実に ERL 実現に向けて動いていることを実感しました。次回のワークショップ (2013 年ロシアで開催) では、試験施設でのビーム運転の話がぐっと増えてくるはずで、KEK としても他の研究所に負けず、より一層開発を進めていかなければ、と思った次第であります。

最後に、忙しい中ワークショップの準備に当たられた河田組織委員長を始めとする各委員の皆様ならびに秘書の方々、そして各ワーキンググループをまとめた議長の方々、大変ご苦労さまでした。大変有意義なワークショップに参加できたことに感謝いたします。

第 14 回 XAFS 討論会報告

自然科学研究機構・分子科学研究所 横山 利彦

2011 年 9 月 9 日 (金) から 11 日 (日) の 3 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おいて、第 14 回 XAFS 討論会 (JXAFS14) が開催されました。この討論会は日本 XAFS 研究会 (会長・朝倉清高・北大触七) が主催して毎年 1 回開催され、今回は会場の関係で自然科学研究機構・分子科学研究所 (所長・大峯巖) が共催しました。参加者は 126 名を数え、3 日間とも大変



会場風景 (岡崎コンファレンスセンター大会議室)

な盛会で、大きなトラブルもないまま終了し、まずはほっとしています。

今回は招待講演者として、産総研の大柳宏之先生、京大院工の田中庸裕先生、理研播磨の徳島高先生をお招きしました。招待講演者は私を除くプログラム委員の投票で決定しましたが、分野的にも世代的にも (?), 結果的にバランスのよい人選ができたと思います。大柳先生はマイクロリアクタを用いた in situ XAFS を通して半導体や金属ナノ粒子の成長初期過程を追跡する研究に関してお話し下さり、触媒 XAFS で非常に汎用的となった気体導入による化学反応過程追跡とは一味違って新鮮な時間分解 XAFS 測定の紹介として大変興味もたれました。Cu 金属クラスター成長においては、アミンが外側に配位した Cu₁₃ クラスターが溶液中で安定に存在するというので、しみじみ美しい結果だと感じました。田中先生は、触媒化学における XAFS の役割を歴史的にお話しいただきました。過去の重要な研究例として、アルミナ担持 Rh 触媒において、透過電顕では Rh 金属ナノ粒子が観測されるのに、CO 吸着後の赤外分光では Rh が原子上に分散しているという結論が得られていた問題で、D. C. Koningsberger らが EXAFS により金属粒子 Rh が CO 吸着により原子状分散することを示した研究成果を話され、これが XAFS の触媒への応用を決定的に促進したということを大変懐かしく思いました。ご自身の研究例としては、TiO₂ 上への Rh 光電析過程という素人には聞きなれない新鮮なお話をいただきました。徳島先生は、大気圧下の溶液の軟 X 線吸収発光についてお話になり、まずは大変美しいデータが測定できるということ自体に大変びっくりしました。酢酸水溶液における酢酸の電離や会合において O-K 吸収端 XAFS スペクトルが顕著に変化することで溶質の構造解析に適用可能であることから、今後軟 X 線分光の wet chemistry への新しい展開が期待できる講演でした。

1 日目の夜は、会場を分子研に移して飲食をとりながらナイトセッションを行いました。各放射光施設の報告に加えて、朝倉会長の音頭で、XAFS ユーザーが求める光源は何かという、先の PF シンポジウムの続きのような展開に



学生奨励賞表彰。左から、朝倉清高会長、石黒志君、江口敬太郎君、唯美津木審査委員長。

なりました。結論が出たのか出なかったのかよくわからなかったのですが、今できる実験ができなくなるのはイヤというのが皆さんの思いだったように感じました。夜9時半には閉会となりましたが、参加者は会場の容量を上回る50名以上になり（満員で遠慮された方には申し訳ありませんでした）、ビールは100本を優に超える消費量でした。

学生さんの口頭発表は例年通りすべて学生奨励賞審査対象としました（審査委員長・唯美津木・分子研）。審査対象としたからではないでしょうが、皆さん発表が大変上手だと感じました。委員会での審議の結果、「In-situ 時間分解 XAFS 法を用いた Pt/C および Pt₃Co/C 燃料電池カソード触媒の触媒構造反応機構解析」という題名で講演した石黒志（東大院理）さんと「Si₃N₄/Si(111)-(8×8) 基板上における鉄ナノ粒子の形成と磁気特性」という題名で講演した江口敬太郎（総研大）さんが受賞し、懇親会の席上で表彰されました（賞金は1万円）。今後もレベルの高い学生さんの講演を期待しています。

ポスター発表も大変賑やかでした。時間も2時間近く設けましたので、活発な議論ができたことと思います。参加者数（126名）に比べてポスター数（27件）が少なかったのも、やや混み過ぎでしたか。この点は反省点かもしれません。

3日目になるとだいぶ聴衆が減るのではないかと懸念していたのですが、全くの杞憂に終わりました。3日目は徳島先生の招待講演をはじめ軟X線分光を当てましたが、大変活発な議論が続き、軟X線の人口が増えていると強く感じました。

さて、来年は奥村和先生が実行委員長となって鳥取市で開催されることが決まりました。本州日本海側での開催は次回が初めてになります。参加者が多くと市からの助成も可能なようですし、来年もたくさんの方々のご参加をお願いする次第です。また、来年は中国・北京で第15回 XAFS 国際会議も開催されます。日本 XAFS 研究会では、学生さんの渡航費援助を行う旨、会長からアナウンスがありました。懇親会の席上で、渡辺巖元会長（立命大 SR セ

ンター）から、中国開催は日本が強く支持した結果であり、日本の XAFS 研究者は会を盛り上げる責任があると話されました。こちらぜひ参加しましょう。さらには、XAFS 国際会議のサテライトとして、藤川高志先生（千葉大）をチェアールとして理論とナノ粒子の XAFS に関するシンポジウムも開催されます。全部参加する余裕があるか微妙ですが、がんばりましょう。

今回の討論会では、15社にも及ぶ企業さまから広告費をいただきました。お陰さまで残り予算をほとんど気にしないで会を準備・運営することができました。分子研の実行委員（唯、長坂、高木、中川、郵次、横山）からのお願いで XAFS とは全然関係のない企業さまがほとんどになってしまいましたが、皆様快くお支援いただけました。この場をお借りしてご支援下さった15社様に感謝申し上げます。また、実行委員や会場係の方々、プログラム委員の方々、日本 XAFS 研究会執行部の方々に大変なご苦勞をおかけしましたし、なにより盛会だったのはご参加下さった皆様のお陰です。皆様に感謝の意を表して本報告とさせていただきます。ありがとうございました。

第14回 XAFS 討論会に参加して

千葉大学大学院融合科学研究科 小出 明広

2011年9月9日から11日まで3日間、岡崎コンファレンスセンターにて第14回 XAFS 討論会が行われました。XAFS 討論会は分野を問わず XAFS に関する日ごろの研究を発表し、その発表について議論する場であり、私は今回初めて参加させていただきました。

私の口頭発表は討論会の初日で、学会で発表すること自体初めてだったので、来る途中の新幹線の中や、お昼ご飯のときも緊張して胃が痛かったです。岡崎コンファレンスセンターは東岡崎駅から緩やかな坂道を歩いたところであり、まだ秋が遠いためかだいぶ汗をかきました。

コンファレンスセンターに到着して受付を済ませた後会場を覗くと、思っていた以上に会場が広く緊張が加速しました。しかし、最初の講演が日本女子大学の林先生による希土類に関するもので、自分の研究が希土類に関してのようですごく興味を持って聞くことができ、緊張が少し解けました。その後の講演は実験装置や実験法の話、ナノ粒子と続き、（私は理論が主なので…）普段あまり触れられない話に触れられて XAFS の世界が広がりました。自分の発表は希土類遷移金属合金の XMCD の解析についてで、自分が思っているよりは落ち着いて話ができたと気がしました。触媒研究の権威である朝倉先生や、KEK の准教授である阿部先生から質問が来たときは少し慌ててしまいましたが、自分では気が付かなかった鋭い物の見方に触れて、もっと広い視野が必要だなと感じさせられました。発表の後はずぐ休憩だったのですが、休憩中も議論が弾み、とてもいい刺激を受けました。また、緊張が一気

にほぐれたせいかそれまでご飯をあまり食べてなかった分お腹が急に減りました。

休憩後も講演は続きましたが、なんだか一学生から急に研究者としてのコミュニティの輪に入れた気がして、すごく嬉しくなりました。この感覚はただ大学で研究して卒研発表や修論発表したり、分野ごとの学会に出ているだけではなかなか味わえないと思いますし、XAFSのスペクトルひとつで分野が違ってても熱い議論を交わせるのは本当に素晴らしいと思います。

初日の講演が終わると弘前大の方々も交え、食事も兼ねて研究室のメンバーで飲みに行きました。疲れているせいかあまり飲めませんでした、楽しいひとときを過ごせました。きっとこれも学会の醍醐味なのだと思います。

二日目は講演の他に午後にポスターセッションがあり、ポスターセッションでは自分の研究対象である希土類や磁性体を扱った研究を中心に話を聞かせていただきました。自分の知らない物質に出会えるのはすごく新鮮でしたし、また、今までの他の学会よりも積極的に質問できたので、楽しい時間を過ごすことができました。その日の夜は懇親会で、料理やお酒を片手にみなさん話が弾んでいるようでしたが、私は主に知り合いの方としか話せなかったのもっといろんな人と話してネットワークを広げるべきだったと少し後悔しました。学生奨励賞には二人の方が受賞されましたが、自分も来年取れるように頑張ろうと意欲が湧きました。

最終日には朝から招待講演が行われる等、精力的に討論会が進みましたが、中でもKEKの雨宮准教授、阿部准教授、酒巻特任助教によるXMCDに関する講演をたて続けに聞くことができたのは自分の中ではかなり大きかったなと思います。

全体の講演を振り返るとやはり触媒関係の講演が多い印象を受けましたが、その中でもTiの酸化物が非常に多くの方に研究されながらも、TiO₂上にRhを担持させるとTiO₂の表面によってRh粒子のサイズが支配されたり、Tiの過酸化物が長期保存可能なラジカル発生剤になったり、とまだまだたくさんの可能性を秘めていることにすごく驚きました。

XAFS討論会は発表、プレゼン能力の向上だけでなくXAFSを通していろいろな分野の情報や興味を発掘できる素晴らしい場だと思います。先生方からの質問も温かいながらも研究者としての真摯かつ的確なものでとても快く、XAFS討論会に参加できて本当に良かったと思います。来年はXAFS討論会だけでなく北京で行われるXAFS15、また千葉のサテライトやPFのQ2XAFSなど、イベントが目白押しなので、積極的に参加して成長していけたらいいなと思いました。

IUCr2011に参加して

バイオメディシナル情報研究センター 千田 美紀

2011年8月22日から30日の9日間にわたって、国際結晶学連合第22回大会(IUCr 2011)が、スペインのマドリッドで開催された。この大会は3年毎に世界中で開催されており(前回のIUCr2008は大阪で開催)、参加者は2000-3000人程度にもなる大きな集まりである。今回は73カ国から2768名、日本からは289名の方が参加されたとのことであった。大会はマドリッドの玄関口であるバラハス国際空港からメトロで3駅、市内の中心からも20分程度という比較的便利な場所にある近代的なコンベンションセンターで行われた。大会が始まる直前にマドリッドの天気予報をチェックすると、最高気温が37°Cを超える暑い日が続いており、猛暑の日本よりもさらに暑いのだろうか?と心配になったが、いざマドリッドに着いてみると乾燥しているので暑さはそれほど気にならず、毎日が晴天(空がとても青かったです)というとても過ごしやすい気候であった。

大会初日は、18時半からオープニングセレモニーが行われた。コンベンションセンターのいちばん広い会場がほとんど一杯になるほどたくさんの人が集まり、ローマ時代の結晶に関する演劇やクラシックコンサートも行われ、華やかな雰囲気であった。大会二日目からは朝と夕方にキーノートレクチャーが数件あり、午前と午後Microsymposiaが7部屋で並行して開催された。IUCrのMicrosymposiaは一人の持ち時間が30分あるため、各々の研究内容について基本的なところから深いところまでゆっくりと話が聞けるところがよいと思う。ポスターセッションは、全体をIからIIIの3つに分け、それぞれを二日間にわたって掲示する形式で行われた。正確な数はわからないが、一日500件以上の発表があったように思う。発表時間はMicrosymposiaの合間の約2時間(二日間)と夕方の1時間(初日のみ)の合計5時間で、時間は十分にあったが、ポスターの発表番号とポスターを掲示する場所の番号に関連がなく、興味のあるポスターがどこにあるかを探すのに苦労した。そのため、私はポスターの初日に全体をザッと見て興味があるポスターの場所をチェックし、二日目にポスターの発表者に質問することにした。ポスター発表の時間が長かったこともあり、ポスター会場が混みすぎることはなく、何度か行ったり来たりしているうちに発表者を見つけ話を聞くことができた。また、ポスターが二日間掲示されたままであったので、時間が空いた時にもゆっくりポスターを見ることができた。

IUCrは結晶学全般に関する国際会議であるが、研究対象は無機化合物・有機化合物・生体高分子など多岐にわたり、用いられる手法も幅広い。私はタンパク質のX線結晶構造解析が専門であるので、基本的にはそれに関連したセッションに参加した。その中で特に印象に残ったセッションのいくつかについてここで紹介したい。

8月23日の午前に行われた「MS02: Hybrid Methods: the EM-Crystallography interface」のセッションでは、CryoEMで得られた低分解能のマップ（大きな複合体）にX線結晶構造解析で得られた座標（小さなサブユニット）をあてはめる手法についての発表が行われた。以前からこのような手法を使った解析例はあるものの、今回興味を引いたのは、パターン認識による自動モデリングのソフトを開発した発表である。大きな複合体の例として genotoxin-GroEL 複合体についてテストした結果、10-15 Å 分解能のCryoEMのマップがあれば、X線で決定したサブユニットの座標を自動的にあてはめてC α のr.m.s.d.が1-2 Å程度の精度が高いモデルを構築することができるそうである。今後、いくつものサブユニットから構成される大きな複合体の立体構造を決定したい場合には、まずは個々のサブユニットの構造を決定しておいて大きな複合体の低分解能のマップ（CryoEMまたはX線）にあてはめるようなことが必要になると思われるため、このようなソフトが使えれば非常に便利だと思った。

8月23日の午後に行われた「MS13: Automation of data collection and remote control of experiments」のセッションでは、様々な放射光施設（ESRF, SSRL, SPring-8, APS, Diamond）で行われているX線回折強度データ収集の自動化の試みについての発表が行われた。データ収集の自動化、リモートコントロール、radiation damageを考慮したストラテジー、データベースを用いた膨大なデータの管理、がキーワードであったように思う。APSのLRL-CATには創薬のためにデザインされたLilly Research Laboratoryのビームラインがあり、パラメータをほとんど設定することなく薬物複合体結晶のデータ収集が行えるようなシステムになっているとのことであった。要はデフォルトの条件を決めておいて考えている間にまずはその条件で測定し、その結果を見てから次を考えればよいというコンセプトである。このようなやり方を「American method: "Shoot first and think later (by Michael Rossmann)"」と呼んでいた。このようにして収集した膨大な数のデータは、データベースで管理され、現在、80000個以上の結晶の情報が蓄えられているとのことである。このセッションでは、その他、ESRFで開発されたソフト「BEST」によるradiation damageを考慮したdata collection strategy, SPring-8のMXビームラインにおけるデータ収集の自動化とリモートアクセスの取り組みについての発表などが行われた。

8月25日の午後に行われた「MS37: X-ray Lasers and other new frontiers in synchrotron applications to structural science」のセッションでは、PFの若槻先生が座長を務められた。このセッションでは、XFELが通常のLight Sourceとは全く異なるものであることを改めて理解することができた。XFELを用いることにより、今までは不可能であった数ミクロンの大きさの微小結晶を用いて解析可能な回折パターンを得ることが可能になる。また、X線が非常に強くX線を当てるとすぐに結晶が破壊されてしまうが、それよりも短い時間で回折が生じるため、X線回折



美味しいバルがたくさんあった Cava Baja（カババハ）通り

強度データを収集することができる。completenessの高いデータを収集するためにはたくさんの結晶が必要であり、大量の微小結晶を取り扱う技術の開発も進んでいるようであった。また、1-2 ミクロンのリゾチーム結晶に40フェムト秒露光することで1.9 Å分解能の回折が生じたという発表があり驚いた。

毎日、セッションが19時頃に終了したが、その時間にはまだ太陽が高く、21時過ぎまで明るかったため、学会終了後の夕方の時間も楽しく過ごすことができた。スペイン人はバルを何軒かハシゴするらしいという話を聞いていたので、私もワインやおつまみを少しずつ食べながらハシゴしてみたが、どれもとても美味しく（特に生ハムや魚介のスープ）食べ過ぎてしまった。前回のIUCrの時に親しくなったイタリアの知人や、大学時代の先輩、PFのスタッフの方などとゆっくり夕食をとることができ、とても楽しい時間を過ごすことができた。

次回のIUCr2014はカナダのモントリオール、その次はインドで開催されることに決定したそうなので、その時もIUCrに参加できるよう頑張って研究成果を出していきたいと思う。