

ERL シンポジウム 2011 開催報告

ERL シンポジウム実行委員長 足立伸一

2011年7月11日、エポカルつくば国際会議場にて、「～持続可能な社会を実現する放射光～ ERL シンポジウム 2011」と題するシンポジウムをPFシンポジウムに先立って開催しましたので、ご報告いたします。

PFが1982年に運転を開始してからすでに30年近くが経過し、PF次期光源の実現を期待する声が、施設内やユーザーコミュニティの中で高まっています。しかし、大型施設の建設計画を実現するためには、施設やコミュニティ内の議論だけに留まらず、政府や国民の目線で、PF次期光源の重要性を説明し、建設への理解を求めることが重要であることは言うまでもありません。今回のERLシンポジウム2011では、放射光研究と社会との関わりという視点から、特に「持続可能な社会の実現」をキーワードとして取り上げ、シンポジウムのプログラムを構成しました。

現在、人類が解決すべき最大の問題の一つは、化石資源の枯渇や地球温暖化などの問題を克服し、いかにして持続可能な社会を実現するかという点です。2011年3月11日に発生した東日本大震災と、その後の東京電力福島第一原発事故により、この問題は我々にとってより差し迫った現実的な問題となっています。今後東北地方が震災から復興するために、電力・エネルギー利用の在り方を含めて、どのような道筋で持続可能な社会を実現するのかという明確なビジョンが必要とされており、そのビジョンを支えるための具体的な方向性・アイデア・ヒントを示すことが、様々なレベルで求められています。日常生活では「節電」や「地産地消」などが話題になりますが、物質科学はより根本的な部分で貢献ができるはずで

放射光分野のコミュニティがカバーする研究範囲は非常に幅広く、物質科学や生命科学には社会と密接に関連した研究分野が数多くあります。言い換えれば、放射光施設は、社会を支え、社会にとって欠くことのできない社会的基盤設備であるといえます。特に今回のERLシンポジウムでは、太陽光エネルギーの利用、触媒によるエネルギーの効率的利用、新規物質開発と精密計測などを専門とされている第一線の研究者の方々にご講演を依頼し、持続可能な社会の実現につながる物質・生命科学研究が、いかにして次世代放射光ERLで可能となるかについてお話しいただきました。またシンポジウム全体を貫く「持続可能な社会の実現」のテーマに沿って、(株)三菱総合研究所(前東京大学総長)の小宮山宏先生に特別基調講演を、東京大学の十倉好紀先生に基調講演をそれぞれご依頼し、より広い見地から、いかにして基礎研究が持続可能な社会の実現

に貢献しうるかについてお話しいただきました。

下村物構研所長の開会挨拶のち、小宮山先生から、「日本「再創造」—「プラチナ社会」の実現に向けて—」と題してご講演いただきました。ご講演では、日本は今後先進諸国が直面する少子高齢化、環境問題、地球温暖化などの課題に率先して取り組んでいる「課題先進国」であり、これらの課題を率先して解決することにより世界をリードする「課題解決先進国」を目指すべきであること、そのためには、20世紀型の「普及型需要」から脱却し、再生可能な自然エネルギー比率の向上、エネルギー効率の高い生活スタイルの実現、資源の完全リサイクルの実現、高齢者の生活の質の向上など「創造型需要」にシフトすべきであることを述べられました。そして創造型需要を今後拡大するために、基礎研究が果たすべき役割は極めて大きく、研究者がより主体的にこれらの課題に取り組むべきであることを強調されました。

十倉先生は、「持続可能な社会の実現に向けた物質開発」という題目で、持続可能な社会を築くための「イノベーション“4”」についてご講演いただきました。イノベーション“4”とは、①太陽電池の発電効率を40%以上に、②熱を電力に、電力を熱に変換する熱電変換の性能指数(ZT)を4以上に、③電気抵抗がゼロとなる超伝導が起きる温度を400K(約127°C)以上に、そして④蓄電池のエネルギー密度を400Wh/kg以上にするという4つの目標です。さらに電力をほとんど消費せずエネルギーを無駄にしない電子情報処理の実現を含めて、このイノベーション“4”が実現すれば、社会に大革命をもたらす持続可能な社会を築くことができること、ただし、イノベーション“4”は既存技術の改良では達成は難しく、新しい原理に基づく電子技術の開発が必要であることを述べられました。その具体的な物質開発の方向性として、強相関電子系物質の開発と交差相関によるマルチフェロイクスを利用した新しい電子技術の開発の可能性について、様々な例を挙げて説



参加者による集合写真



小宮山宏先生
(三菱総合研究所)



十倉好紀先生
(東京大学)

明されました。その基礎的な物性と物質構造研究に放射光科学が果たす役割は極めて大きいといえます。

休憩をはさんで、河田 ERL 計画推進室長から ERL 計画の概要と進捗状況について説明したのち、神谷信夫先生（大阪市立大学）から、「酸素発生光化学系 II の反応機構の推定と人工光合成に向けた課題」という題目でご講演いただきました。神谷先生のグループは、2011 年に高等植物の光化学系 II の酸素発生 Mn クラスターの立体構造を世界に先駆けて解明され、その構造に基づく光化学系 II の酸素発生機構の解明と人工光合成システム構築について述べられました。特に、レーザーパルスと ERL の放射光パルスを同期させた時間分解ナノ結晶構造解析による全反応中間体構造解析は大変興味深い提案でした。

朝倉清高先生（北海道大学）は「触媒表面の超高速ナノ空間測定への期待」という題目で講演され、固体表面での不均一系触媒反応を原子レベルで逐次的に観測するためには、ナノメートルオーダーのビーム集光と時間分解 X 線分光測定を組み合わせた計測が不可欠であり、ERL はそのような測定に理想的な光源であることを示されました。

腰原伸也先生（東京工業大学）には「超高速光デバイス材料開拓における課題」というテーマでご講演いただきました。光により高速に動作する固体デバイス研究は、先行するレーザー分野ですでに 10 フェムト秒オーダーまで進展しており、時間分解構造研究を可能とする放射光でもフェムト秒時間分解能を実現することが極めて重要であること、また精密な時間分解測定のためには高繰り返しパルスが使用可能な ERL が必要であることを述べられました。尾嶋正治先生（東京大学）には「デバイス開発研究の期待」という題目でご講演いただきました。半導体デバイスの構造はすでにナノメートルサイズになっており、その研究のためにはナノビームがすでに必須となっていること、燃料電池触媒や Li イオン電池の研究にも放射光が必須である

ことを様々な例を挙げて示されました。

シンポジウムの最後に、河田 ERL 計画推進室長から、ERL 光源の位置付けと今後の ERL 計画のロードマップについて説明し、シンポジウムのまとめとしました。ERL 計画の実現に向けては、加速器・ビームライン・利用サイエンスの検討はもちろんのこと、今回のような社会的役割にフォーカスした公開シンポジウムを定期的に開催するなど、様々なレベル、切り口でその必要性を継続的に訴えてゆくことの重要性を実感しました。

最後となりましたが、ERL シンポジウムの実行に当たっては、ERL 計画推進室の山崎多鶴子さん、ERL シンポジウム実行委員の皆さん、PF シンポジウム実行委員長兵藤一行さん（PF）をはじめとする PF シンポジウム実行委員の皆さん、PF 秘書室の皆さんに多大なるご協力を頂きました。この場をお借りして、深く感謝いたします。

持続可能な社会を実現する放射光 ERL シンポジウム 2011 に参加して

東京大学物性研究所 白澤徹郎

これまで行われてきた ERL に関するミーティングに全く参加していなかった私に、今回のシンポジウムの参加報告記事の依頼が来たときは少々驚きましたが、密接な関わりの少ない一参加者の率直な意見を望んでの選出だと理解して、気楽に感想を述べさせて頂きます。現在 30 代の私達は、ERL のメインユーザーとなるべき世代です。しかし正直な話、ERL の利用はまだ先の話で、本当に実現しそうになってから使い方を考えれば良いだろう、と遠巻きに眺めている程度でした。しかし、参加してみて真っ先に、これまでの会合に参加していなかったこと、ERL 計画の推進を第三者的に眺めていたことをひどく後悔しました。新しい光源の実現に向けて、ユーザー側から提案できる意見や要望を真摯に考えることは、自分自身の研究の新しい展開を考えることでもあり、今更ながら感じました。また、ERL 計画の話抜きにしても、著名な先生達がずらりと並び、今後の社会においてサイエンスがどうあるべきか、どう活かすか、というお話が聞いて純粋に面白かった！

講演は、小宮山先生の特別基調講演からスタートしました。エネルギー資源、高齢化社会、環境汚染などの諸課題を解決するために、日本が目指すべき課題解決型の次世代社会モデルである「プラチナ社会」についてのお話でした。「省エネ」や「創エネ」のお話がメインでしたが、基礎研究に身を置く私としては、自分の研究がどの程度社会に還元できるのか？という日頃から抱えている疑問がふつと湧きました。質疑応答の際に同じような質問がありましたが、小宮山先生のお答えは、「基礎研究でできることをきちんとしておきなさい。そうすれば応用の際にもどこかで役に立つときがくる。」という趣旨のものでした。私自

身も勇気づけられたような気がして、非常に印象に残っています。次の講演は、十倉先生による基調講演で、「イノベーション4+ α 」のお話でした。イノベーション4+ α とは、(1) $T_c > 400$ Kの超伝導、(2) $ZT = 4$ の熱電材料、(3) 効率 $>40\%$ の太陽電池、(4) エネルギー密度 >400 Wh/kgの蓄電池と、(α) 非散逸型量子回路のことで、これら夢の物質の今後50-100年内の実現を期待したいというお話でした。ご指摘にあったように、物質を理解するには電子の動きと並びを、実空間、k空間、周波数領域、時間領域から解明する必要があるため、夢の物質の開拓のためにERL/XFEL-Oが果たせる役割は非常に大きいだろうと期待されます。

次の講演は、河田先生による、ERL計画の概要と進捗状況についてのご報告でした。試験機であるコンパクトERLの技術開発要素がほぼ確立できていることや、予算規模と軟X線領域の利用を確保するために電子エネルギーを5 GeVから3 GeVに変更したというご報告がありました。現実的な議論が進んでおり、「とにかく前進するんだ。」という推進部の強い意志を感じました。また、ERL及び第2期計画であるXFEL-Oのスペックと、これらの利用により実現が期待されるサイエンスについてのご紹介がありました。ここに挙げられたものだけではなく、各ユーザーの現在進行中の研究テーマを掘り下げて考えるだけでも、ERL/XFEL-Oがもたらす夢の光を使えば到達できるサイエンスケースが、たくさん出てくるだろうと思います。表面/界面回折の研究をしている私としても、PF光源では困難であった、表面・界面散乱の時間分解測定、スペックル散乱による表面・界面スローダイナミクスの観察、ナノビームによる局所構造解析などの研究がすぐに思いつきます。各分野から最先端の研究テーマだけでなく、ERLならではの研究テーマがたくさん提案されることを期待したいと思います。

以降の講演では、神谷先生、朝倉先生、腰原先生、尾嶋先生から、これまでの研究成果のご紹介と、ERLを使った将来展望のお話を聞くことができました。お話にでてきた化学反応過程や電気・磁気デバイス動作を理解するためには、物性の局所的または階層的な理解と、時間領域での理解が必要であるため、ERL/XFEL-Oの実現により大きな進展が期待されます。個人的には、腰原先生の光励起で作



会場の様子

る新しい非平衡相のお話は、物質科学の無限の可能性を感じることができ、大変興味深く聞かせていただきました。ERL/XFEL-Oを使った新しい時間領域での更なる知見を期待したいと思います。

ERL/XFEL-O計画の概要と、光源の素晴らしい性能により実現が期待されるサイエンスケースを知ることができました。一方、プログラムにはユーザー側からの意見を述べる枠は設けてありませんでしたが、ERL計画に対する一般ユーザーの理解やコンセンサスがどの程度得られているのか気になりました。ERLへの移行は、先端的な利用研究と汎用的な利用を両立させるのが目的ですが、現時点で汎用的な利用をしているユーザーにとっては、「牛刀」的なイメージが先行している場合も多分にあるかと思えます。翌日から始まったPFシンポジウムでのプログラム「ERL計画「PFからERLへ～私の研究はどうか？」」において、各ユーザーグループとの意見交換の場が設けられていました。この題目にも如実に現れているように、先端性と汎用性の両立を不安視するユーザーも少なからずいるようです。まずは、私も含め多くのユーザーが、今後のワークショップ等に積極的に参加し、光源の性質や推進計画について良く理解することが重要だと感じました。ハードウェアの優れた性能をフルに引き出すためには、ソフトウェアの末端まで意思疎通が行き届いていることが重要です。そのためにはユーザー側の協力が不可欠だと思います。あくまで私の持った印象ですが、現時点では、推進部に対する一般ユーザー側の反応が一步（数歩？）遅れていると感じました。両者の足並みが揃って、より具体的な議論が進むことを期待したいと思います。

持続可能な社会を実現する放射光 ERLシンポジウム2011に参加して

東京大学大学院理学系研究科 岡林 潤

2011年7月11日につくば国際会議場にて開催された上記シンポジウムに参加した。PFユーザーとして、ERL (Energy Recovery Linac) の計画は気になるところであり、20-30年先の研究を考える上で大変感心がある。著名な先生方のお話を聴くことのできるよい機会と思い、楽しみにしていた。

物構研の下村所長の挨拶ののち、小宮山先生の特別基調講演では、日本の再創造—プラチナ社会の実現に向けて—というタイトルで、大変貴重なご講演を聴くことができた。人工物が飽和している今日、20世紀のものづくりの延長ではなく、21世紀型の技術として「使い方」、「工夫」が必要であり、高効率変換を実現するためのものづくりの重要性を「小宮山節」と呼ばれる説得力のある講演にてお伺いでき、大変勉強になった。2050年を見据えた高効率エネルギー変換について産業界の統計に裏付けされた解析をお示しくくださり、自動車の燃費向上やエアコンの効率



PF シンポジウムと合同で行われた懇親会

限界を目指す技術の必要性を解析され、ご説明くださった。今まで資源輸入国だった日本から、高効率変換やリサイクルによる 21 世紀型モデルへ移行すべきことがよくわかる講演で、感銘を受けた。そして、基礎研究の重要性も説かれ、筆者としては、とても勇気づけられた。4 時間かかるお話を 40 分に短縮してお話くださったとのことだったが、もっともとお伺いしたかった。おそらく、会場の聴衆のみなさんも同じであったのではないだろうか。是非とも、最近出版された講演題目と同題の小宮山先生の著書を購入して読んでみようと思った。久しぶりに、目から鱗が落ちる講演を伺えた、というのが筆者の感想である。

続いて、東大の十倉先生の基調講演では、持続可能な社会の実現に向けた物質開発というタイトルで、強相関電子系の将来ビジョンを拝聴することができた。「イノベーション 4」として 400 K 以上の転移温度をもつ高温超伝導体、性能指数 4 以上の高効率熱電材料、効率 40% 以上の太陽光発電、電池、非散逸電子回路など、物質科学における夢のある話を挙げられていた。

休憩を兼ねて、ホール入り口の階段にて参加者全員での写真撮影ののち、KEK 河田先生から ERL 計画の概要と進捗状況について講演が続いた。3 GeV ERL の完成に向けてのロードマップ、cERL の状況の説明があった。0.1 ps の短パルス、 10^{15} photons/sec の高輝度光で何が判るか、について検討されており、ユーザーから提案を多く出していく必要性を感じた。2020 年にユーザーランとなるよう計画されており、ERL ならではの実験をより一層議論していく必要性を感じた。

大阪市立大の神谷先生のご講演では、人工光合成を目指した研究の一環として、酸素発生光化学系 (PSII) の反応機構の解明に重要な役割となる Mn-O クラスターの構造決定に関する成果の紹介であった。逆燃料電池への応用や ERL を用いたポンププローブ光を用いた時間分解実験の必要性を説明された。

続いて、北海道大学の朝倉先生が、触媒表面の超高速ナノ空間測定について講演された。Å の空間分解能、ps の時間分解能、sub eV のエネルギー分解能が必要であることを説明され、触媒反応中の電子状態の観測、特に dispersive XAFS の重要性が示された。また、その場観察が反応メカニズムの解明に重要であることを指摘された。

休憩の後、東工大の腰原先生のご講演では、超高速光デバイス材料開発における課題というタイトルで、「物質科学の柔道」という例えを用いて、微弱的な刺激で大きな物性変化を狙った研究が紹介された。隠れた非平衡相を如何につくるか、という研究戦略が示され、静的な物性観測から動的な計測の必要性を説かれ、X線領域の光で ps の時間分解能から fs までの向上が必要であることを説明された。最後のスライドで、研究とは暗中模索なものであり、霧の中を進むスキーのようなもの、とおっしゃっていたのが印象的だった。

最後のご講演は、東大の尾嶋先生で、デバイス開発研究の課題として発電、省エネ、蓄電をめざした材料開発研究が重要であることを説明された。デバイスの動作時の測定、オペランド分光が今後のデバイス開発では必要で、これが「課題解決先進国」日本に求められていることを強調された。

今回のシンポジウムに参加して、著名な先生方のご講演を聴け、大変刺激的であった。そして、今後の研究に活かすべく、よりいっそうがんばろうという元気をいただいた。2020 年に ERL を利用できるようになると、10 年後、20 年後の自分の研究をどうするかを考えると共に、研究分野をリードしていく中心世代が今の若手研究者へシフトすることを考えると、より一層、いい研究を生みだし、21 世紀型「ものづくり日本」をリードできるよう、日々努力して、放射光を用いた研究、および ERL で行う研究を創出していきたく強く思った。ERL の光ありきで自分の研究を考えるのではなく、自分の夢を実現させるためには ERL をいかにすべきか提案をする重要な時期であることを強く認識した。

最後に、このような素晴らしいシンポジウムを企画してくださった実行委員の方々に感謝致します。

第 28 回 PF シンポジウム開催報告

PF シンポジウム実行委員長 兵藤一行 (KEK・PF)

「これは、すごいなあ。」車を急いで止めて車外に出たときに感じた地震の揺れは、とても激しく、近くの木々や車もぐるぐると揺らされているような状況でした。3 月 13 日 (日) の PF 懇談会ユーザーグループ会議、14 日 (月)、15 日 (火) の PF シンポジウム開催準備のために、PF から 4 号館に向けて PF 公用車を運転していた 11 日 (金) 午後、地震に遭遇しました。KEK はすぐに全域で停電となり、WEB システムやメールシステムも利用できなく、携帯電話も繋がらなくなり、PF シンポジウム開催を危惧するなかで 12 日 (土) の朝を迎えました。下村物構研所長、野村主幹とともにつくば国際会議場 (エポカルつくば) に向き、講演会場等に被害が生じていて全館閉鎖となることが確認され、その場で PF シンポジウム中止が決定されました。出張中であった若槻施設長へは、一時連絡ができな

くなるなどの混乱の中での開催中止決定でした。12日(土)午後には、開催中止の電子メールを外部のメールシステムを利用して参加予定だった皆様にお送りしました。また、朝倉 PF 懇談会会長、渡邊副実行委員長を始め、多くのユーザーの先生が開催中止の情報をいろいろな形で発信して下さいました。この3月のPFシンポジウム開催中止につきましては、皆様に多大なご心配とご迷惑をおかけしましたことを改めてお詫び申し上げます。また、情報発信にご協力をいただいた皆様、大変ありがとうございました。お陰様で、中止を知らずに来場された方は皆無でした。

その後、KEKの復旧が徐々に進み中で、高エネルギー加速器研究機構内外の皆様から多大なご支援・ご協力を賜り、お陰さまで、7月12日(火)～13日(水)に第28回PFシンポジウムをつくば国際会議場にて360名の参加者を迎えて無事に延期開催させていただくことができました。この延期開催につきまして多くの皆様からご支援・ご協力をいただきましたことを心よりお礼申し上げます。プログラムの詳細、要旨等は、WEBページ(<http://pfwww.kek.jp/pf-sympo/28/index.html>)をご参照下さい。以下、各セッションの状況を簡単に報告させていただきます。

第28回PFシンポジウムは、下村所長挨拶に続いて、PF復興に関するセッションから始まりました。東日本大震災後の加速器、ビームラインの復旧状況、また、ユーザーの皆様にご協力をいただきながら実施したPF、PF-ARにおける調整運転の状況、国内外他施設での共同利用実験の受け入れ状況などが施設側から報告されました。地震対策に関する知見を共有することもこのセッションの目的のひとつでした。困難な社会状況の中での共同利用研究機関の社会的役割について考えさせられるセッションでもあったかと思えます。

次に、若槻施設長からの施設報告、構造生物学研究センターおよび構造物性研究センターからの定例報告がありました。国際諮問委員会(SAC)(http://pfwww.kek.jp/publications/review_isac.html参照)、物質化学分科会、構造

物性分科会の結果、インドビームライン及びオーストラリアビームライン担当者からのメッセージ、低速陽電子実験施設の状況、ビームライン統廃合計画第2期準備の開始、SuperKEKB運転との共存のためのPF-AR入射路増強案、PF後継機としての次世代光源(ERL計画:3 GeVクラスを検討、2020年運転開始予定、第2期計画としてXFEL-Oを検討)、各センターの最新状況などが報告されました。光源とビームラインのセッションでは、PFおよびPF-ARの運転状況、ビームライン統廃合の状況、BL-16Aでの偏光高速切り替えシステムと最新の実験成果、BL-6A建設状況、新BL-15建設計画の概要などが報告されました。質疑応答では、特に高速可変偏光を用いた研究についての関心の高さが伺えました。

午後は、文部科学省研究振興局 藤澤 亘 加速器科学専門官のご挨拶に続いて、鈴木機構長との意見交換のセッションがありました。鈴木機構長からの放射光科学独自の多様性に富むユーザーコミュニティーの特性を活かした活動をしていって欲しい、共同利用研究機関のあり方としての大学との連携については新しい方式を検討するべきであるとのメッセージは大変印象的でした。

その後、下記2件の招待講演が続きました。3月開催時には7件の招待講演が予定されていましたが、今回の都合により2件のみの実施となりました。ご準備をいただいた先生方、ご講演を楽しみにされていた方々には実行委員会としても大変申し訳なく思っております。またの機会に是非お話を伺いたいと思っています。

東北大学 中村智樹 先生

「小惑星探査機はやぶさが回収したイトカワ微粒子の鉱物学的特性」

東京大学 北 潔 先生

「核酸およびレドックス調節パスウェイを標的とした抗寄生虫薬の開発」

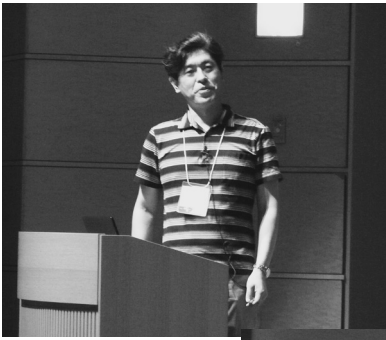
中村先生は、はやぶさとイトカワについて、そしてイトカワ微粒子の放射光を用いた解析結果についてご講演され、北先生は、WHOにより制圧すべき感染症の一つとして取り上げられているトリパノソーマ症の治療薬開発に繋がる研究成果についてご講演されました。両先生の世界でのご活躍について深い感銘を覚えました。会場では、後方に35脚以上の予備椅子を急遽用意致しましたが、それでも、立ち見の方が多く出てしまう状況になっていました。お二人の招待講演への関心の高さが伺えました。

続くポスターセッションでは、S型課題に関する評価、今回からPF懇談会が贈呈するPFシンポジウム奨励賞に関する審査も行われつつ、大変活発な議論がなされました。

1日目の最後にはPF将来光源ERL計画のセッションがあり、前日に開催されたERLシンポジウムの報告も兼ねて、新しく提案されている3 GeVクラスERL計画、そこで展開できるサイエンスの可能性、cERLに関する報告が



参加者による集合写真



中村智樹氏
(東北大学)



北 潔氏 (東京大学)



鈴木厚人機構長

ありました。

その後、申請がなされた7つのPF懇談会ユーザーグループによる会議が開催されました。今回、参加者の利便性を考慮してエポカルつくば内会議室を準備させていただきました。いくつかのグループでは、予定時間を超えるほどの大変熱心な議論が行われました。懇親会は、前日7月11日(月)の夜にERLシンポジウムと合同で開催され、こちらも100名以上の参加者による活発な交流、情報交換がなされました。

PFシンポジウム2日目は、PFの運営についての意見交換のセッションから開始されました。議長に選出された京都大学三木先生の司会のもと、現在検討されている下記項目について、施設側、PF懇談会側から報告がなされ、それらに関する意見交換がなされました。

1. ビームライン統廃合第2期計画準備開始
2. ユーザーグループ(UG)やUG運営ステーション見直しスケジュール
3. 運転時間と出張旅費関連(予算の割り振りをどうするのか)
4. 教育用ビームタイム/ビームライン
5. ユーザー福利厚生(貸し自転車や食堂、売店営業、宿舎など)

続いて開催されたPF懇談会総会では、朝倉PF懇談会会長司会のもと、特に、PF懇談会の組織改革についてワ

ーキンググループで検討中であることなどが報告されました。また、今回新設された優秀な学生発表に対するポスター賞の表彰式も行われました。総会の報告については「PF懇談会だより」をご参照ください。

PFシンポジウム最後のセッションでは、「PFからERLへ-私の研究はどうなる」というテーマで、朝倉PF懇談会会長司会のもと、各ユーザーグループから、期待されるサイエンスの展開、ERLに関する質問やコメントが出され、施設側からの説明がなされる形で議論が進められました。3 GeVクラスのERLでどのようなことが実現できるのかはひとつの重要な論点であったと思います。このときの議論の詳細は、WEBページ(http://pfwww.kek.jp/erl_info/index.html)をご参照ください。ERLシンポジウム、PFシンポジウム1日目のPF将来光源ERL計画のセッション、そしてこのセッションと、ERL計画がそれぞれの研究分野に関してより身近になった印象を持ちました。

お忙しい中、延期開催された第28回PFシンポジウムにご参加いただき大変ありがとうございました。PFシンポジウムは、従来からユーザーの皆様とPFスタッフが直接的に情報と意見を交換できる場となってきました。今回のご参加が、少しでもユーザーの皆様の益することとなったようでしたら、実行委員一同大変ありがたく思います。今回のPFシンポジウムは日程的に大変厳しくなっていて、ポスターセッション時間も、より長い時間設定が必要であったかと思えます。また、PFシンポジウム開催に関してアンケートを実施させていただきました。多くの方にご協力をいただいたことをお礼申し上げます。今回の運営上の諸々の反省点、アンケートの結果は、次回実行委員会に引き継ぎさせていただく予定です。

3月開催予定時に印刷用意させていただいた要旨集掲載のポスター発表、および今回の当日配布資料掲載のポスター発表は、放射光科学研究施設の第28回PFシンポジウムにおける「発表」として認定させていただくことになりましたので、ここに改めてお知らせ申し上げます。

最後に、二回分の第28回PFシンポジウム開催に向けた準備、会場運営を精力的にそして創造的に進めていただいた実行委員の皆様、事務局のまとめ役であった秘書の高橋さん、PF懇談会関係のまとめ役であった秘書の森さんを始めとする8名の事務局員の皆様、この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

第28回PFシンポジウム実行委員(50音順・敬省略):

雨宮健太(PF)、今井基晴(物質・材料研究機構)、小澤健一(東京工業大学)、小菅 隆(PF)、土屋中央(加速器第七研究系)、濁川和幸(PF)、仁谷浩明(PF)、野澤俊介(PF)、◎兵藤一行(PF)、平木雅彦(PF)、山崎裕一(PF)、○渡邊信久(名古屋大学)(◎委員長、○副委員長)

第 28 回 PF シンポジウム参加報告

農業生物資源研究所 鈴木喜大

第 28 回 PF シンポジウムは、本来昨年度の 3 月 14 日・15 日の二日間で開催される予定でしたが、3 月 11 日に発生した東日本大震災の影響で一旦中止になりました。その後、PF が順調に復旧しつつあるということと共に PF シンポジウムをあらためて開催するというお知らせをいただきました。PF の底力というか生命力の強さを感じました。

改めての第 28 回 PF シンポジウムは当初予定の 4 ヶ月後の 7 月 12 日・13 日に開催されました。3 月のプログラムと比較すると日程が丸二日から 1 日半に短縮され、予定されていた講演のうちいくつかが実施されないことになりました。

会場であるつくば国際会議場に入ると会場が電力使用制限の対象で冷房を弱めて運転しているとの説明書きがあり、震災後の電力事情の厳しさをこんなところでも感じました。今回は大震災の影響から、どのくらい参加者が集まるのだろうと心配していましたが、会場であるメインホールに入ると立ち見が多く出るほどの盛況ぶりで PF とユーザーの交流の強さには驚かされました。

今回、気になっていた施設の被災状況、その後の復旧、そして今後のスケジュールなどは施設長報告で説明がありました。KEK のなかでも放射光施設がいち早く使えるよう、必要な部分のライナックの復旧を優先的に行っていたというお話があり、そのおかげで実際に 6 月から 7 月にかけて何度か PF、PF-AR でデータ測定をさせていただくことができました。また復旧するまでの間、SPring-8 や世界中の放射光施設から代替ビームタイムの提供があり、放射光コミュニティーの温かさを感じました。施設長報告の中では、PF のより効率的な施設への改革における第一期として 70 数本あったビームラインのうち 30 本余りを閉鎖、10 数本を新設、再配置することによってトータル 50 本程度に減らし人員配置の最適化をはかっているというお話がありました。私がお世話になっている構造生物学ビームラインでは、私が学生だった頃に建設された NW12A が今や構造生物学ビームラインのなかで一番古くなってしまっていることを考えると、その変貌ぶりを改めて感じることができました。その他 ERL の実証機である cERL 建設の現状や ERL の将来計画などについても説明がありました。最後に、PF 懇談会についての改革案（全員参加型 User association に移行）について説明が行われ、PF 側としてさらにユーザーグループとの交流を強化し、PF の更なる発展、また社会に対しての情報発信などを行っていくという提案がありました。

構造生物学研究センター報告では新しい BL-1A の利用が開始されたことなどについて説明がありました。私はまだ利用したことが無いのですが、良質な結晶が得られた時は是非低エネルギー SAD を試してみたいと思います。構造生物学棟の被災状況についても簡単に紹介されましたが、



会場の様子

同じつくば市内でも私の所属する研究所に比べて構造生物学棟の方が被害が大きかったようでびっくりしました。

一日目の午後には文科省からの来賓のご挨拶に続いて鈴木機構長のお話がありました。機構長は機構、PF を今後どのように発展させていくか、さらに PF とユーザーグループの関係を進化させていくべきであるということの説明されました。機構長はところどころユーモア取り入れながら率直にそして的確にお話されるのでとても楽しく聞かせていただきました。その中で、施設長報告でも簡単に触れていましたが、一極集中から分散というテーマでのお話がありました。例えばこれまでのように予算や人材を（特に放射光施設のような大学共同利用機関の中で）一極集中するのではなく、逆に、直接大学や学部連合のような形で企画したものを機構内で拠点を作ってもらって、あるいは企業にも参加してもらって、主体的に活動・運営していくようなことも考えていくべきだという新しい考え方にはとても興味を引かれました。私自身全く施設については詳しくありませんが、なんとなく放射光施設は PF の方々に使いやすい形で維持していただいているものを利用していただいているので、この提案を取り入れると、これまでの施設対ユーザーという 2 極から、より多極的なコミュニティーの形成がはかられ、色々面白いものや新しいものが出てくるのではないかと思います。

今回のシンポジウムでは招待講演が二題行われました。一題目では、小惑星探査機はやぶさが回収した小惑星の微粒子の PF での解析について東北大学の中村智樹先生からお話がありました。ニュースの中で頻出していた、はやぶさが様々な困難を乗り越えてイトカワに到達し、その後オーストラリアの砂漠に帰着した姿はまだ記憶に新しく、本講演を非常に楽しみにしていました。中村先生は私のような門外漢にも分かりやすいように、動画なども織り交ぜながら説明をされて、非常に楽しく聞かせていただきました。二番目の講演では、東京大学の北潔先生が WHO による制圧すべき感染症の一つであるトリパノソーマ症の抗寄生虫薬の開発について、PF 等放射光施設で解析した標的タンパク質と阻害剤（あるいはその誘導体）の複合体の立体構造を人のタンパク質の立体構造と比較しながら標

的タンパク質にのみ働く阻害剤を作出していくという研究の最新の成果についてお話をされました。PFなどの放射光施設を利用した構造生物学が深く関わっているターゲットタンパクプロジェクトが本年度で終了することから、さらに多くの新規薬の候補の開発、その後の実用化につなげていただきたいと思います。

最近のPFシンポジウムではポスター発表の数が非常に多く、今回も大盛況でまるで一つの学会のポスター発表のような印象を持ちました。延期開催であるにもかかわらず、発表タイトル数はこれまでで最多であるとのことでした。私自身も発表し、異分野の方々の議論を持つことができ非常に有意義な時間を過ごすことができました。

その他 ERL, XFEL-O 関連の話がたくさんありましたが、私個人としては単なる構造生物学チームラインのユーザーとして X 線を利用させていただきだけで、ERL などの新しい光源やそれを利用した新しい研究分野について理解したり、新しい研究を提案したりということがなく、ここ何年か PF シンポジウムで ERL について話を聞く度に反省しています。すでに小型の実証機である cERL の建設が始まっているということです。今後の KEK 内での放射光施設のあり方について一ユーザーとして、もう少し勉強しなければいけないと感じました。

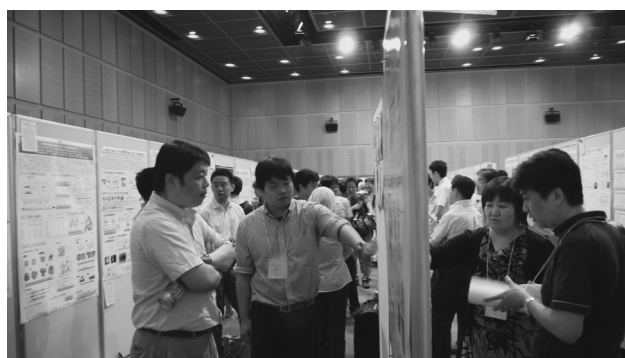
最後に大震災などでいろいろと大変な状況の中、第 28 回 PF シンポジウムを運営していただいた兵藤一行実行委員長を始め、実行委員、スタッフ、PF 秘書室の方々に心から感謝申し上げますとともに、PF、PF-AR など放射光施設、その他被災した施設が一日も早く復旧し、通常通りの研究活動が再開することで、より多くの成果が得られるよう期待しています。

第 28 回 PF シンポジウム参加記

東北大学多元物質科学研究所 佐賀山基

3 月に予定されていた第 28 回 PF シンポジウムが 3 月 11 日の東日本大震災により延期され、2011 年 7 月 11 日、12 日に開催されました。例年とは異なる時期の開催でしたが、参加者数が過去最高だった昨年に匹敵する盛況ぶりでした。二年前からつくば駅から徒歩 10 分のつくば国際会議場で開催され、すっかり定着したようで嬉しい限りです。延期開催にあたってプログラムがいくつか変更になりましたが、大きな変更点は「PF の復興について」が追加されたこと、前日 11 日の ERL シンポジウム 2011 と連続して開催され ERL 計画「PF から ERL へ～私の研究はどうなる？」が加えられたことです。その代わり 7 件予定されていた招待講演が 2 件に絞られたようで、大変残念ですが次回のシンポジウムか近い将来なにかの機会に拝聴できることと期待しています。

シンポジウムは 12 日 9 時に下村物構研所長の挨拶からはじまり、PF の復興について若槻施設長、小林主幹、野村



ポスター発表の様子

主幹が報告されました。その後の施設報告においても震災被害と復旧の状況について多くの言及がありました。地震直後に被害状況を伝え聞いたところでは当面の復旧は不可能に思え、少なくとも今年度は PF で実験はできないだろうと覚悟しました。身近なユーザーの方々も同様の反応だったように記憶しています。報告された被害状況は想像を上回るものでした（四重極磁石が揺れる動画は衝撃的でした。）が、PF は 5 月半ば、PF-AR でも 6 月初めにはリングが復旧したそうです。9 月下旬からは通常通りの運転になるそうで、先日ビームタイムの申し込みに関して通知を頂きました。スタッフの迅速な対応と懸命な努力にただ頭が下がるばかりです。施設側からユーザーに対する要望として、震災後に行った実験で良い成果が出た場合には、是非一般社会に広く周知する努力をして欲しい、とのことでした。

昼食前に光源とビームラインに関して担当者の方々から報告がありました。ビームライン再編・統廃合の進捗状況は多くのユーザーの研究に直接関わる事ですが、今後どのように進められていくのか具体的なお話が少なかったのが少し残念でした。昼食後は文部科学省来賓挨拶、機構長からのお話があり、その後二件の招待講演がありました。一件目は東北大の中村先生による「小惑星探査機はやぶさが回収したイトカワ微粒子の鉱物学的特性」、二件目は東大の北先生による「核酸およびレドックス調節パスウェイを標的とした抗寄生虫薬の開発」でした。いずれの講演も中高生向けでもなく専門家向けでもなく、格調高かつ分野外の研究者にも理解できるよう工夫されたものでした。一部で専門用語がわからない箇所もありましたが、大変興味深く拝聴しました。その後のポスター発表では発表件数は過去最高とのこと活発な議論が随所で行われていたようです。初日の最後に PF 将来光源 ERL 計画の進捗状況に関して河田 ERL 推進室長らが報告されました。予算規模を現実的にするため、また、軟 X 線のアクティビティを確実にするために ERL の計画が 5 GeV から 3 GeV クラスに変更されたとのこと。さらに 2010 年に cERL の建設が始まり技術的な問題がおおむね解決されたことが報告されました。

二日目は朝 9 時から PF の運営についての意見交換が PF 懇談会の朝倉会長の司会で行われました。話題はビームライン統廃合計画、運転時間と出張旅費、薬学部 6 年生間

題等多岐にわたりました。その後、PF 懇談会総会が開催され、会長幹事報告、会計報告が行われました。PF-ISACにてPF 懇談会の組織率の低さが指摘され組織改革の急務であることが会長より説明され、改善策が議論されました。PF 懇談会から PF User Association (PF-UA) へ組織を改編し、会費を無料にしてユーザーは自動的に入会とすることで組織率 100%を目指すとのことです。今年からポスター発表で博士課程以下の学生を対象として奨励賞が設けられ表彰式が行われました。榮永茉莉さん（新潟大）胡建波さん（東工大）矢嶋起彬さん（東大新領域）の三氏が受賞されました。最後に ERL 計画「PF から ERL へ～私の研究はどうなる？」と題されたセッションが行われました。具体的に提案された ERL の光の特性を見ながら各ユーザーグループが ERL 計画への期待と不安を忌憚なく話し、私も構造物性 UG の一員として ERL への期待を思う存分述べさせて頂きました。少々時間が足りませんでした。真正面からお答えいただいた河田推進室長を初めとする PF スタッフに感謝すると同時に、このような場を設けて頂いた実行委員の皆さんにも大変感謝しています。

今回の PF シンポジウムの中心的な議題は「PF の復旧」と「PF の次期光源としての ERL 計画」であったと言っているでしょう。私を含めたユーザーが現時点で最も関心を持っている事項であり、タイムリーな開催だったと思います。大学共同利用法人である KEK において ERL 計画が実現されるためには、ユーザーコミュニティからの寄与が必要であることは想像に難くありません。私も含めてユーザーが積極的に意見交換をしながらコミュニティを発展させていく必要性を強く感じました。PF シンポジウムは幅広い研究分野を展開し、大学や民間企業に所属し異なる立場にあるユーザーが一堂に会して議論できるほぼ唯一の機会です。今回のシンポジウムでも「震災からの復興」、「ERL 計画の 5 GeV から 3 GeV クラスへの変更」、「PF 懇談会の組織改革」等、今後の PF とユーザーの在り方に対して重要な事項が数多く議題に上がりました。今後、PF シンポジウムの存在がますます重要になっていくのではと感じました。

最後に兵藤実行委員長を初めとした各実行委員と PF の秘書の皆様に改めて心から感謝申し上げます。

PF 研究会「エネルギー付与の不均一性に着目した放射線生物影響研究の展望」開催報告

放射光科学第二研究系 宇佐美徳子

2011 年 7 月 14, 15 日の 2 日間にわたり、PF 研究棟 2 階会議室にて表記研究会が開催されました。放射線生物グループは、PF が稼働する以前より、田無の東大物性研 SOR-Ring にて真空紫外領域の放射光を用いた放射線生物影響を世界に先駆けて始めた、歴史のあるグループです。PF の完成後は、利用できる光が X 線領域まで広がり、放射光の特徴を利用した特定元素への光子吸収や、マイクロビーム照射といった手法を展開してきました。これらの手法はいずれも初期過程の出発点を明確にできる手法であり、局所的、すなわち空間的に不均一なエネルギー付与を引き起こします。エネルギー付与の不均一性は、分子損傷の種類、さらには細胞の修復作用を決める重要な要素です。今回の研究会は、放射光利用研究にとどまらず「エネルギー付与の不均一性」に着目した放射線生物影響研究を概観し、情報交換を行なうとともに今後の研究を議論するために、横谷明德氏（原子力機構）および小林克己氏（KEK）によって企画されました。

1 日目の 7 月 14 日は、DNA 主鎖の構成元素であるリンの内殻吸収から始まる生物効果に焦点を当てたプログラムが組まれました。プログラムを構成した発起人の横谷氏が「若干古い内容も含めた講演も依頼しました」と語るように、過去から現在に至るさまざまな実験系で得られたデータを比較することにより、共通するメカニズムを浮き彫りにすることを狙ったセッションとなりました。最も論争になったのは、リンの K 殻吸収によって DNA 近傍に集中してエネルギーが与えられた場合に、質的に異なる損傷が生じるか否か、ということです。これまでの研究ではどちらを支持するデータも得られていますが、少なくともプラスミド DNA のような簡単な生体分子を細胞のモデルとした系では質的に異なる損傷は検出できず、空間的にも時間的にも不均一な構造を持つ細胞内での反応の結果、質的に異なる生物影響が生じる可能性が示されました。

夜には、筑波ハムのレストラン「自然味工房」にて懇親会が行なわれました。ここは今から 20 年近く前に、つくばで開催された BSR92 (Biophysics and Synchrotron Radiation) 国際会議の放射線生物サテライトミーティングの懇親会に使われた会場であり、当時を懐かしく思い出しつつ、これから放射線生物グループが進む方向について忌憚なく語り合う場となりました。

特定元素の光子吸収は「波長可変性」という放射光の特徴を利用した手法ですが、これに対し「高い指向性」という特徴を利用した手法がマイクロビーム細胞照射です。2 日目の午前中はマイクロビームを用いた研究を中心としたプログラムが組まれました。低線量、つまり集団のごく一部の細胞のみに放射線のエネルギー付与が生じた場合



会場での様子

の生物影響を引き起こすメカニズムを研究するには、個々の細胞（あるいは細胞の一部）を照射し、その後の細胞の運命を追跡できるマイクロビーム細胞照射装置はなくてはならないものとなりました。このセッションは、PFの成果だけでなく、原子力機構高崎研を始めとした粒子線マイクロビームの成果も交えて構成されました。マイクロビーム研究は、装置開発のフェーズから生物学的に意味のあるデータが得られてきたフェーズに入ったことを実感しました。セッションの最後には、ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements) の委員として低線量の線量評価についての報告書作成に関わった小林克己氏 (KEK) より、空間的に不均一な低線量、そしてそれを模したマイクロビーム実験における線量の考え方についての話題提供が行なわれました。

午後は初期過程に重点を置いた放射線物理・化学的見地に立った研究や、コンピューターシミュレーションなど、周辺領域の研究者による講演が行なわれました。この研究会のテーマである「エネルギー付与の不均一性」を理解するためには、初期過程や理論の研究が非常に重要で、周辺領域の研究者といかに連携するかに関する議論も活発に行なわれました。最後の総合討論では、今後の研究の方向性や研究体制についての意見交換に加えて、4年後に日本で開催される国際放射線研究会議 (ICRR) のサテライトや関連会議に向けた組織化についても議論が行なわれました。

今回の研究会では、初期からのPFユーザーから初めてPFを訪れる方まで30名を超える参加者を得て、いろいろな視点からの議論ができたことは大変有意義だったと思っています。奇しくもこの研究会を企画した後に起こった福島第一原子力発電所の事故により低線量の放射線影響は社会的にも注目を浴びることになってしまいましたが、低線量・低線量率になればなるほど細胞集団の中の個々の細胞の受けるエネルギーは不均一になっていき、さらには細胞内でのエネルギー分布も不均一になっていきます。このようなエネルギー分布を「制御して」作ることのできる

放射光は、低線量の生物影響のメカニズム研究には非常に有効なツールだということを改めて感じました。

最後になりましたが、研究会の事務全般および当日の会場設営・受付・コーヒブレイク等のサポートをくださったPF秘書室の森史子さんに感謝いたします。

<主な講演タイトルと講演者>

7月14日

- ・染色体異常の修復性から見たリンK殻吸収端エネルギーのX線の照射効果：鈴木雅雄（放医研）
- ・ヒト正常細胞の細胞核限定照射で観察された致死効果に対するバイスタンダー効果：鈴木雅雄（放医研）
- ・エネルギー付与の不均一性から推定されるDNA損傷スペクトル：渡邊立子（原子力機構）
- ・リンK殻電離によるDNA二重鎖切断の誘発と細胞致死効果の解析：富田雅典（電中研）
- ・リンK殻吸収及びこれに続くAuger効果により生成するDNA塩基損傷：横谷明德（原子力機構）
- ・P-KによるDNA損傷は難修復性か？：江口清美（放医研）
- ・生体元素の内殻光吸収によるDNA損傷：宇佐美徳子（KEK-PF）
- ・放射光生物影響研究の今後への提言：古澤佳也（放医研）

7月15日

- ・JAEA高崎の重イオンマイクロビームの現状：小林泰彦（原子力機構）
- ・放射線誘発バイスタンダー応答による適応応答の誘導：松本英樹（福井大）
- ・X線マイクロビームを用いたヒト培養細胞に生じるバイスタンダー細胞死の解析：富田雅典（電中研）
- ・放射光単色X線マイクロビーム細胞照射装置を用いた細胞応答の解析：前田宗利（電中研）
- ・マイクロビーム実験での線量について：小林克己（KEK）
- ・イオウK殻のXANESプロファイルを利用した生体イメージング：伊藤敦（東海大）
- ・X線自由電子レーザー照射による生体分子損傷シミュレーション：甲斐健師（原子力機構）
- ・軟X線吸収分光を用いたDNA損傷の研究：藤井健太郎（原子力機構）
- ・放射光照射によるK殻イオン化でDNA関連分子薄膜中に生じた対電子種：岡壽崇（原子力機構）

XDL2011 ワークショップ3 報告

放射光科学第二研究系 足立伸一

2011年6月に、米国コーネル大学（ニューヨーク州イサカ）において、6回のワークショップシリーズが開催された。XDL2011という略称で呼ばれるこのワークショップは、以下のような長い名称の会議であるが、要するに、Energy Recovery Linac (ERL) や Ultimate Storage Ring (USR) などX線領域で回折限界に至る、高繰り返しX線放射光源を用いて、これまでになくサイエンスをいかにして展開するかを議論し、概念設計書作成に向けたレポートをまとめるためのワークショップである。

Science at the Hard X-ray Diffraction Limit

A series of workshops devoted to science with diffraction-limited, high repetition rate, hard x-ray sources, e.g., Energy Recovery Linac and Ultimate Storage Ring sources

6回のワークショップシリーズの個々のタイトルは以下のとおりである。「回折限界集光」、「空間コヒーレンス」、「高繰り返し周波数」、「フェムト秒短パルス」といったERLもしくはUSR光源の特徴がキーワードとなっている。測定手法の切り口でまとめると、WS1はコヒーレント・イメージング、WS2は生体分子のナノ結晶または溶液構造解析、WS3はフェムト秒時間分解測定、WS4は高圧科学、WS5はナノビーム、そしてWS6はX-ray Photon Correlation Spectroscopy (XPCS またはスペックル) が主なトピックスとなっており、いずれも第3世代光源では利用が限定的であるものの、ERLまたはUSRといった光源を用いて大きく発展すると期待されている研究分野である。

Workshop 1 (June 6 & 7, 2011)

Diffraction Microscopy, Holography and Ptychography using Coherent Beams

Workshop 2 (June 13 & 14, 2011)

Biomolecular Structure from Nanocrystals and Diffuse Scattering

Workshop 3 (June 20 & 21, 2011)

Ultra-fast Science with “Tickle and Probe”

Workshop 4 (June 23 & 24, 2011)

High-pressure Science at the Edge of Feasibility

Workshop 5 (June 27 & 28, 2011)

Materials Science with Coherent Nanobeams at the Edge of Feasibility

Workshop 6 (June 29 & 30, 2011)

Frontier Science with X-ray Correlation Spectroscopies using Continuous Sources

筆者自身は2011年6月20、21日に開催されたWS3 Ultra-fast Science with “Tickle and Probe”に参加し、レポートの



WS3のグループ写真

取りまとめに加わった。このワークショップの個々の講演内容の報告は放射光学会誌に執筆する予定なので、講演内容のまとめはそちらに譲ることにし、ここでは、ワークショップの趣旨や運営等について述べたい。

まずワークショップの趣旨についてだが、近年、放射光のパルス性を利用した実験は、ピコ秒からフェムト秒領域に拡大しつつある。第3世代放射光源においてもバンチスライスと呼ばれる手法により、フェムト秒放射光を発生し利用する実験が行われているが、パルスあたりのフォトン数が極めて限定的であるために、主には典型的な試料のデモンストレーション実験に限られていた。しかし、SASE-XFEL光源が稼働を開始し、ERL建設が視野に入ってきた現在、リニアックベースの光源が実現する10-100フェムト秒の超短パルスX線を利用した超高速パルス測定手法は、様々なサイエンスに適用されつつある。

パルス光源として見たときのSASE-XFEL光源とERL光源の現状での大きな違いは、パルスの繰り返し周波数と1パルスあたりのフォトン数である。常伝導加速を用いるSASE-XFEL (LCLSやSACLAなど)の場合、その繰り返し周波数は60-120 Hzであるのに対し、超伝導加速を用いるERLでは1.3 GHzの繰り返し周波数が想定されている。一方、SASE-XFELではSASE方式のレーザー増幅機構により1パルスあたり 10^{12} フォトン程度の光子数が放射されるのに対し、ERLでは従来の放射光と同様な自発光であるため、1パルスあたり 10^6 フォトン程度である。ちなみに、これに繰り返し周波数を掛けた単位時間当たりのフォトン数は、どちらも 10^{14} フォトン/秒程度となる。このような仕様の違いから、SASE-XFELでは単一パルスで測定が完了するような実験例が想定されており、ERLでは試料に小さな摂動を加え、その微小な変化を繰り返し積算して測定精度を向上させるような実験例が想定されている。後者の実験手法は従来、“Pump and Probe”と呼ばれているが、このWS3では小さな摂動というニュアンスをより強調するために、“Tickle and Probe” (Tickleはくすぐるの意)というタイトルになっている。

当然ながら、超短パルス測定では一義的にはパルス幅が短いことが最も重要なので、フェムト秒パルス光源が

得られれば、繰り返し周波数の低い SASE-XFEL であっても、フェムト秒オーダーの Pump and Probe 実験が実際に進行しつつある。その現状が、いくつかの講演で紹介された。一方で、従来の蓄積リングの放射光を用いた Pump and Probe 実験の繰り返し周波数を kHz オーダーから MHz オーダーにした場合、時間分解測定データの質が飛躍的に向上するという報告があり、個人的には最も注目に値する講演であった。また一方で、ERL の 1.3 GHz という繰り返し周波数は、1 MHz のさらに 3 ケタ上であり、Pump and Probe 実験の繰り返し周波数としては高すぎることを懸念するコメントも出されていた。

ワークショップの運営については、ワークショップ全体を通じて、主催者である CHESS のスタッフが、参加者との議論の時間を重視し、非常に献身的にサイエンスの取りまとめに参加しているのが印象的であった。(さすがに、1 か月に 6 回ものワークショップが開催されると大変だと、ぼやいている人もかなりいたが。) プログラムを見ると、30 分の講演時間の後に 10 分間の質疑応答時間があり、さらにセッションの最後に 20 分の Q&A の時間が取られている。講演を中断して何度も質問が入り、受け答えしながら講演が進んでゆくというインフォーマルなスタイルでプログラムが構成されており、Gordon 会議にも似た雰囲気を感じた。そこからは、ユーザーコミュニティーを巻き込んで新しい光源でのサイエンスを取りまとめ、さらにブラッシュアップして、予算獲得のための概念設計書の作成につなげてゆこうとする主催者側の強い意志を感じることができた。翻って、PF が目指す ERL の実現に向けても、ユーザーコミュニティーを巻き込んで、新しい ERL サイエンスの議論をいろんな研究分野で進めながら、全体を取りまとめてゆく作業を行うことの重要性を再認識する良い機会となった。

XDL 2011 Workshop 2

Chavas Leonard (KEK/PF)

A series of six workshops devoted to science with diffraction-limited, high repetition rate, hard X-ray sources such as Energy Recovery Linac (ERL) took place in Cornell University (NY, U.S.A.). Among the six workshops, the X-ray Diffraction Limit (XDL) workshop number 2 concerning biomolecular structure from nanocrystals and diffuse scattering was held on July 13th and 14th, 2011. The purpose of the workshop was to assess the state-of-the-art in the use of hard X-ray nanobeams to determine biomolecular structures from nanocrystals, and to obtain biomolecular dynamical information from analysis of diffuse scattering by crystals, including nanocrystals. Organized by Ed Lattman (Hauptmann-Woodward Med. Res. Inst.), Mavis Agbandje-McKenna (Univ. Florida), Keyth Moffat (Univ. Chicago), and Sol Gruner (Cornell Univ.) the workshop gathered

about 70 participants, with 16 oral presentations introducing some aspirations of the structural biology community for the use of ERL light sources when they will be made available. The present short communication summarizes my impressions resulting from these two days workshop.

The long journey up to Cornell University took approximately 17 hours, including a 12 hours trip from Tokyo-Narita up to Detroit-Wayne County airport, and an additional 2 hours from Detroit to Ithaca using a connecting flight. One good advantage of the long international flight appeared to be the opportunity to get used to foreign eating habits, with not less than six meals served along the journey! After arriving in Ithaca airport, it took only one phone call to the hotel to get a shuttle car picking me up and driving me to the hotel, located at only 10 minutes drive from the airport. Fully satisfied from the unusual high number of meals consumed in the airplanes, it was then possible to deeply enjoy getting a rest and a good night sleeps in the 40 m² hotel room.

The local weather in Ithaca resembles early spring in Japan, with the proximity of the Cayuga Lake, and further in the north of the Lake Ontario that generates an invigorating climate with fresh mornings and chilly evenings. Ithaca is a small city counting a population of approximately 30,000 people, one seventh of the population in Tsukuba.

The workshop started the morning after the arrival to Ithaca, with the first lecture given at 8:20AM. After the introductory talks, two sessions on the first day, followed by three sessions on the second day divided the whole workshop into three main topics. Each of the talks was concluded by at least 20 minutes discussion among the participants, which helped greatly to stay focused in spite of the fact that the sessions were long and sometimes difficult to follow.

The introduction was made of three talks on the properties of ERL and Ultimate Storage Rings (USR), on the present status and future possibilities of X-ray detectors, and on more general topics including nanocrystals, sample injectors and correlations for working at an ERL. Although the two first reports were repeatedly given as introductory topics all along the six workshops, the third one, presented by John Spence, gave the tempo for these two days by directly introducing the challenging issues that will have to be solved when dealing with nanocrystals. Notably, the presentation was oriented on the present and future developments of the various jet injectors for delivering samples to the X-ray beam.

The first session following the introduction regrouped three talks, directly related to nanocrystals, our understanding of their existence, some methods for producing them in an highly reproducible and automated way, and existing X-ray sources for studying them (e.g. the APS micro-beamline) while waiting for new synchrotron sources such as the ERL to be completed.

The final session of the first day combined theoretical



Group photo for WS2

approaches for better understanding the noise issue when working with small objects, together with some concrete applications of nanobeams for studying difficult biological targets such as G-protein coupled receptors. As often when defending theoretical ideas, this session was well animated by conflicts of opinions, yet illustrating how confusing and shallow is our knowledge of the origin of noise and methods for reducing it while increasing weak signals.

The second day of the workshop started with a list of concrete biological and structural applications that would benefit from ERL sources. Among the long list of possible projects, large macromolecular complexes, and membrane proteins appeared to be preferential targets, as they often do not grow into large macrocrystals, but rather in small nanocrystals difficult to interpret or work with.

Finally, the last two sessions regrouped five talks related to solution scattering and biological opportunities, with the potential of the ERL and USR sources in better improving such methodologies. Of particular interest was a proposal from Dmitri Svergun to develop farther the cryo-SAXS/WAXS technique, which suffers presently from the weak signal over noise ratio emanating from samples exposed to large X-ray beams.

To attend this workshop clearly enlarged my visions on the possibilities emerging with ERL sources in the field of structural biology. As mentioned by one of the participant, this is the science that should dictate technological development, and not the other way around. By motivating novel ideas, the ERL will allow to develop new approaches to deepen our knowledge in the biological and structural fields.

XDL2011 ワークショップ 6 に参加して

東京大学大学院 篠原佑也

2011年6月29, 30日にアメリカ合衆国のCornell大学で開催されたXDL2011 Workshop 6 - Frontier Science with X-ray Correlation Spectroscopies using Continuous Sourcesに参加しました。Cornell大学ではご存知の通りERL計画が進展しておりますが、本ワークショップでは次世代光源の中でも特にERLとUSR (Ultimate Storage Ring: NSLS IIなど)のような連続光を用いたX線光子相関分光法 (X-ray Photon Correlation Spectroscopy: XPCS)の進展について着目した議論が交わされました。各講演の詳細な内容については日本放射光学会誌に執筆させて頂くので、本稿では全体的な印象や個人的な感想を中心に報告します。また講演の発表内容の要旨、スライドはワークショップのwebページ (http://erl.chess.cornell.edu/gatherings/2011_Workshops/agenda6.htm)から確認することができますので、是非ご覧下さい。

私にとって海外で招待講演させて頂くこと、日本人参加者が他に1人もいない場に参加することが初めてであったこと、Cornell大学への訪問も初めてで「Cornellは遠いよ!」と上司の雨宮慶幸教授から言われていたこともあって、心身ともに万全の状態でも臨むべく多少我が儘を通して、会議の前々日にCornell大学があるIthacaに到着しました。Ithacaは暑すぎず寒すぎず乾燥しており、6月末の酷暑の東京から来た身にとっては快適そのものでワークショップ以外の時間はIthaca散策(図1)を楽しみましたが、タクシー運転手などに聞いてみたら普段この時期はずっと蒸し暑いということで運が良かったようです。既に夏休みに入ったキャンパスは観光客やキャンプにやってきた若者で溢れかえっていました。Cornell大学もアメリカの主要大学の例に漏れずギフトショップが充実しており、今秋予定の我が子のための乳児服の購入もできました(図2)。この辺りは日本の大学と比べてやはり一歩先に進んでいると感じました。またCHESSの施設見学の際には、いくら運転停止期間中とは言えビール瓶片手にハッチ内部まで見学することができ、彼我の文化の違いを思い知らされました。

本ワークショップはCHESSのD. BilderbackとS. Grunerがそれぞれ光源と検出器についてのレビューをした後、14



図1 ひととき、Ithacaの自然を楽しむ参加者



図2 充実！ベビー服まである Cornell大学のギフトショップ

人の招待講演者による各自が考える XPCS の将来像についての講演で構成されていました。本ワークショップの主要な議論の中心である XPCS は日本国内ではほとんど実施されていませんが、ESRF、APS では 10 年以上前から専用ビームラインが稼働しており、新しく作られた光源にはほぼ確実に専用ビームラインが建設されるなど盛んに研究が実施されている手法です。XPCS とは一言で言うと X 線領域の動的散乱であり、コヒーレントな X 線を試料に照射して（主に小角散乱領域の）スペックル像を時間分割測定してその強度変化の相関を解析することで系のダイナミクスについての情報を得る手法です。現在はスリットなどでコヒーレントな部分を抽出して用いているため、利用可能な時間領域・散乱角度領域・S/N が利用できる光子数により大きく制限されており、ERL・USR 等のより高輝度な X 線源の利用が待望されています。ポンプ・プローブを用いた時間分割測定とは異なり連続的に散乱 X 線像を測定することが重要ですので、測定したい時間領域にも依存しますが、XPCS では ERL の特徴である高繰り返し性を有効に活用することができます。ERL の他の特性についても XPCS はそのまま長所として生かすことができるなど XPCS と ERL とは極めて相性がいいため、CHESS の人々の多くは XPCS で得られる成果を明確にすることで XPCS を ERL のキラーアプリケーションとして売り出し、ERL 開発の起爆剤としようとしているような感触を持ちました。またこのような背景があるので、どの講演者も「講演では自分がこれまで実施してきた研究ではなく XPCS の将来像を描くこと」という主催者からの要求にほぼ応える講演をしていました。思い切って要点をまとめると (i) 測定時間領域・散乱角度領域の拡大によりどのような現象が追跡可能になるか、(ii) 強度相関関数（2 次のモーメント）だけでなく高次のモーメントを計算することによる動的不均一性などの測定可能性、などが話題に中心となり、(1) 光源特性を生かすことのできる検出器・データ処理系の開

発、(2) 理論・数値計算など XPCS 解析のための道具立ての整理、(3) Speckle Visibility Spectroscopy を用いた研究の必要性・重要性が強調されました。検出器開発については汎用的な検出器では対応しがたいため、KEK のように素核研と物構研横断で検出器開発と応用研究を共に可能な機関が本腰を入れて専用の検出器開発を実施する必要性を改めて感じました。また現在でも XPCS では膨大なデータ量の処理が課題となっており、今後の研究の進展に向けたデータ処理系の開発が急務であることを再認識させられました。

私自身が XPCS を用いた研究を始めたのは、5 年ほど前の博士課程在学中に小角散乱を用いた研究に漠然とした行き詰まりを感じた時でした（今は大分異なる意見を持っております）。国内ではソフトマターを対象として XPCS を実施している人がほぼ皆無だったのと、ちょうど XPCS が汎用的な測定手法として認識され毎週のように PRL 等に関連論文が出ていた時期だったため、自分で光学系を練ったり膨大な量のデータ処理に途方に暮れたり解析プログラムを書く合間に論文を貪り読んでいました。そこに登場する主要な著者がほとんど参加しており、面識をもてた事は私にとってまず非常に有益なものでした。改めて実感させられたのは、ESRF、APS においてビームラインスタッフ・ポスドクとして鍛えられた研究者が PETRA III や NSLS II、LCLS での XPCS 実験ステーション立ち上げ・運営を実施しており、施設間での研究者の行き来も十分あり、一方で XPCS を開拓してきた主導的な立場にある研究者が大学に在籍して施設を横断して研究を進めることで、施設・研究者間の密なネットワークが形成されているということでした。正直なところ研究内容等で驚かされることは少なかったものの、連携がとれていることによる課題解決・研究成果の発信における動きの速さ・規模の大きさ等には考えさせられる点が多々ありました。XPCS を SPring-8 でしか実験してこなかった私はその中で異質な存在であり、検出器なども独自のものを使用しているため興味を抱かれるとともに必然的に研究の独自性も担保されていましたが、コヒーレント X 線を用いた研究の機会がまだまだ限定されている現況では国内・国外と区分せずに世界中の光源を積極的に利用して、共同でコヒーレント X 線を用いた研究を模索していくことが重要であると強く感じました。

以上、気楽な気持ちで好き勝手にワークショップに参加して抱いた感想を書き連ねてきましたが、各施設の最前線で働いている研究者の面識を得て初めて生の情報交換をして刺激を受けただけでなく、国内に閉じこもりがちな私にとって短中期から長期に渡る自分の研究を見直す契機となりました。最後になりましたが、このような機会を提供して頂いた PF 執行部の方々および多忙な時期に快く送り出して下さった雨宮教授、研究室メンバーに感謝申し上げます。