

## 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ニング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

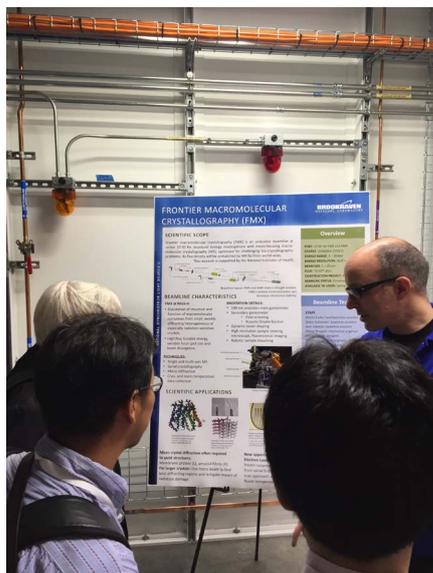


図1 NSLS-IIで構造生物学ステーションも見学しました。



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、

7月28日(火)

**ナノビームを用いた構造物性研究 [座長:石井賢司]**

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)

**構造物性研究の新たな展開を目指して [座長:佐賀山基]**

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バウアー回折実験の試行」  
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、電顕、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、電顕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、メスバウアー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バウアー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えます。



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（AlN）、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AlN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おう！」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

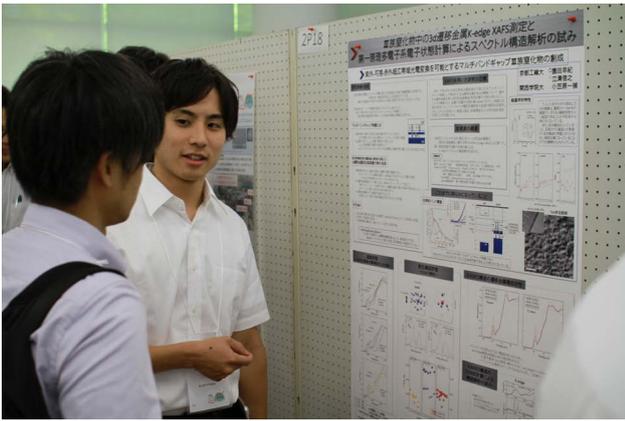


図1 ポスターセッションにて

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 発表を見に回ること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とのことです。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。