

研究会等の報告／予定

第23回PFシンポジウムのお知らせ

PFシンポジウム実行委員長 足立伸一 (KEK・PF)

10月13日に第23回PFシンポジウムの第1回実行委員会が開催され、今年度のPFシンポジウムは2005年3月23日(木)～24日(金)の2日間にPFに於いて行われることが決まりました。5年連続の年度末の開催となりますが、できるだけ多くの方にご参加頂きたいと考えています。内外の状況変化に対応してPFのより良いあり方を議論している現在、多くの方に議論に参加して頂くことが重要です。是非皆様の予定表に加えて頂けますようお願い致します。すでに実行委員会内で企画や招待講演について議論を始めておりますので、ご意見やご希望のある方は至急下記の実行委員までご連絡下さい。尚最新情報は下記ホームページに掲載致しますので、そちらもご覧下さい。

開催時期: 2005年3月23日(木)～24日(金)

開催場所: 高エネルギー加速器研究機構

PFシンポジウムHP: <http://pfwww.kek.jp/pf-sympo/>

第23回PFシンポジウム実行委員(五十音順・敬称略):

◎足立伸一 (PF), 梅森健成 (PF), 河内宣之 (東大), 亀卦川卓美 (PF), 久保田正人 (PF), ○佐藤 衛 (横浜市大) 阪東恭子 (産総研), 平野馨一 (PF), 間瀬一彦 (PF), 村上洋一 (東北大), 山田悠介 (PF)

(◎委員長, ○副委員長)

PF研究会

「放射光を用いた構造物性研究の現状と展開」の報告

放射光科学第二研究系 澤 博

平成17年9月8, 9日, KEK4号館セミナーホールにおいて標記研究会が開催された。総勢45人の参加があり、盛況なPF研究会となった。平成14年から4年間続いたS1課題「強相関電子系物質の新物質探索と物性発現機構解明のためのBL建設」が来年の3月で終了する事を受けて、この課題の中で明らかとなった成果の報告と今後の構造物性研究の展開についての意見交換を目的とした。このS1課題ではPF BL-1Aのビームライン立ち上げを、二つの外部プロジェクトによって行ってきた。一つは科学研究費補助金(学術創成研究費)「新しい研究ネットワークによる電子相関系の研究」でありもう一つは産業技術総合研究



写真1 特別講演中の十倉好紀教授

所 強相関電子技術総合研究センター「放射光を用いた強相関エレクトロニクス材料の精密構造解析」である。

講演にはこのBL-1Aでの成果報告に加えて、主にSPring-8での先端的な研究成果の報告、PFでの将来計画をにらんだ講演なども盛り込んだ。研究成果として報告された内容は、分子性物質、強相関係物質、ナノマテリアルなど非常に多岐にわたり、またその内容も極めて尖端的でありこの分野のアクティビティの高さを改めて実感させた。一般の講演に加えて、東大の十倉好紀教授に特別講演をしていただいた(写真1)。

PFの将来計画の立案に焦点を合わせて現状での構造物性グループでの次の展開という観点から、共鳴非弾性X線散乱、非共鳴X線磁気回折、スペックル、パルス磁場を用いた強磁場中X線散乱について主にSPring-8の研究グループから講演があった。また、時分割X線散乱の現状と今後について東工大腰原伸也教授にPF-ARでの実験も含めた講演があった。これらの分野では、着実に成果が上がりつつあり今後の展開が期待される。

最後にPFでの近未来の展開として計画されているミニボールアンジュレータの建設予定と光のスペックなどについて講演があり、PFにおける構造物性の将来計画について報告があった。

プログラム構成を以下に示す。

9月8日(木)

はじめに、趣旨説明 澤 博 (物構研)

茅 幸二 (理研所長)

新プロの発足から今日まで

村田 靖次郎 (京大化研)

「分子手術法による水素分子内包フラーレンの有機合成」
佐賀山 基 (KEK 物構研)

「MgB₂型超伝導体 CaAlSi の超周期構造と超伝導の相関」
東 正樹 (京大化研)

「高圧合成法を用いた機能性酸化物開発への応用—磁性強誘電体を中心に—」

中尾裕則 (東北大)

「共鳴X線散乱による電荷秩序状態の研究」
石井賢司(原研放射光)
「共鳴非弾性X線散乱による銅酸化物高温超伝導体の電子励起」
大隅寛幸 (SPring-8 JASRI)
「非共鳴X線磁気回折実験の現状と将来」
十倉好紀(東大院工, CERC)
特別講演「構造物性からみた交差相関物性学」

9月9日(金) 9:00~15:00
堀内 佐智雄(産総研 CERC)
「 π 電子系分子化合物を用いた強誘電体材料の開発と相制御」
熊井玲児(産総研 CERC)
「有機 π 電子系単結晶の低温、低温・高圧構造解析」
木村宏之(東北大多元研)
「放射光を用いた銅酸化物高温超伝導体の電荷ストライプ秩序に関する研究」
守友 浩(筑波大院数物科学)
「光励起下での精密構造解析とその展開」
植田 浩明(東大物性研)
「バナジウム酸化物およびクロム酸化物の相転移と構造変化」
松村武(東北大院理)
「希土類化合物における電気四重極子の秩序とフラストレーションの観測」
広井善二(東大物性研)
「 β パイロクロア酸化物の構造と物性」
下村 晋(慶應大理工)
「コヒーレントX線による光子相関分光実験」
稲見俊哉(原研放射光)
「パルス磁場を用いた強磁場下放射光実験」
腰原 伸也(東工大)
「動的構造解析がもたらす新しい物質科学の展開」
平野 馨一・岩住 俊明(KEK 物構研)
「新ビームライン mini Pole Undulator BL-3 の概要」
澤 博(KEK 物構研)
「構造物性グループの今後の展開について」
有馬 孝尚(東北大)
終わりに

本研究会は東北大学の村上洋一教授及び有馬孝尚教授と共に立案した。また、PFの事務スタッフに準備・進行を助けていただいた。この場を借りて感謝の意を表したい。

PF 研究会・ナノテクノロジー 総合支援プロジェクトワークショップ 「LEEM/PEEM を用いた表面研究の 新しい展開」報告

大阪電通大 越川孝範

平成 17 年 10 月 12, 13 日, KEK 3 号館セミナーホールにおいて標記研究会が開催された。この研究会は一昨年に SPring-8 で、また昨年は東大物性研で開催されたシンポジウムに引き続き開催されたものである。我が国ではかなりの数の LEEM/PEEM が開発または導入されており、設置台数では世界的に見ても随分多い。しかしこの分野への進出が遅かったこともあり、基礎的な結果は出ているものの、ヨーロッパやアメリカに比べ成果が出遅れているというのが現状であり、今後更に研究成果の充実を図るためには、実験上ならびに得られた結果に対して議論を深める必要がある。そこで、本研究会は国内の LEEM/PEEM の研究者が参加し、ノウハウを含めて意見を交換する機会を持つこと、また 2006 年 10 月に姫路で開催される「第 5 回 LEEM/PEEM 国際会議」に向けて切磋琢磨することを目的として開かれた。現在国内で進行中の LEEM/PEEM を用いた表面研究に関する発表とそれらに基づく議論が行われた。参加者は異なる分野からの参加者もあり 62 人であった。また 18 件の口頭発表と 8 件のポスター発表がなされ、盛況な PF 研究会となった。

北大の小池教授による「スピン SEM」に関する装置の開発の状況とそれを用いて得られた成果に関する特別講演、名大の中西教授による「スピン偏極電子源」の開発とその LEEM への応用に関する講演、東大の尾嶋教授による「放射光光電子顕微鏡によるナノイメージング・ナノ分光」に関する講演での将来の装置開発に対する問題提起、東大の木村講師による「ナノスケール磁性体」に関する依頼講演、NTT の日比野氏による LEEM を用いた Au シリサイドナノ構造の生成過程、さらに KEK の小野助教授による「放射光光電子顕微鏡による超高速現象観察」に関する講義等があり、LEEM/PEEM に直接・間接に関連した内容であり、大いに討論が盛り上がった。一般の口頭発表やポスター発表でも新しい成果が発表され、分解能測定に関する問題提起等もあり我が国のこの分野の研究が着実に進展しているということが確信できた。ポスターセッションでは、学生を中心とした発表がなされ、活発な討論が行われている状況を見ると、若手研究者の育成も期待でき LEEM/PEEM を用いた表面研究の将来が明るいことが認識できた。12 日夕方の懇親会には若手研究者や大学院生も多く参加し、小間所長の本分野への期待を含めた挨拶にはじまり、歓談を交えた交流がなされた。さらに研究会・懇親会だけでは議論が足りないアクティブな研究者のために、国際交流センターの交流ラウンジで 2 次会を開催し、まさに夜を徹しての LEEM/PEEM に関する議論を行った。プログラム構成を以下に示す。

10月12日(水)

13:00-13:40 【依頼講演】「放射光光電子顕微鏡によるナノイメージング・ナノ分光法」

尾嶋正治(東大工)

13:40-14:00 「NiO(100)へき開表面における反強磁性磁区ドメインの詳細観察」

奥田太一¹, 孫海林¹, 宮田洋明², 清水宏³, 中口明彦³, 越川孝範³, 郭方准⁴, 松下智裕⁴, 為則雄祐⁴, 室隆柱之⁴, 小林啓介⁴, 木下豊彦^{1,4} (¹東大物性研, ²東レ, ³大阪電通大, ⁴JASRI)

14:00-14:20 「NiO(100)表面における反強磁性磁区ドメインの加熱効果の観察」

新井邦明¹, 蔵圭司¹, 前田勇樹¹, 奥田太一¹, 柿崎明人¹, 孫海林¹, 宮田洋明², 郭方准³, 脇田高德³, 小林啓介³, 木下豊彦^{1,3} (¹東大物性研, ²東レ, ³JASRI)

14:20-15:00 【依頼講演】「スピン偏極電子源」

中西 彊(名大理)

15:00-15:20 休憩

15:20-16:10 【特別講演】「スピン SEM の最近の進展」

小池和幸(北海道大)

16:10-16:30 「多極子 Wien filter EXPEEM の開発と表面触媒反応」

朝倉清高, 新美大伸, 宮本剛志(北大触媒セ)

16:30-18:30 ポスターセッション

1. 「LEEM, 制限視野 LEED および化学分析 SR-XPEEM を用いた In/Si(111) 上の Sb の成長過程の動的観察」

中口明彦¹, 郭方准², 橋本道廣¹, 上田将人¹, 安江常夫¹, 木下豊彦², 小林啓介², 越川孝範¹ (¹大阪電通大, ²JASRI)

2. 「LEEM および制限視野 LEED による W(110) 上の Cu 二重層構造変化」

中口明彦¹, 清水宏¹, 高橋宏彰¹, E.Bauer², 安江常夫¹, 越川孝範¹ (¹大阪電通大, ²アリゾナ州立大)

3. 「PEEM・LEEM によるグラファイト基板上的ペンタセン薄膜成長」

塩野入正和, 小笹桃子, 富山直之, 解良聡, 奥平幸司, 上野信雄(千葉大工)

4. 「Availability of PEEM to detect electric field of p^+n -Si(100) substrates」

H.Fukidome, M.Yoshimura and K.Ueda(豊田工大)

5. 「Cu/W(110)における UV-PEEM コントラストメカニズム」
越川孝範¹, 清水宏¹, 中口明彦¹, 高橋宏彰¹, 安江常夫¹, E.Bauer², (¹大阪電通大, ²アリゾナ州立大)

6. 「UV-PEEM による反強磁性ドメインの直接観察」

郭方准¹, 孫海林², 奥田太一², 小林啓介¹, 木下豊彦¹ (¹JASRI, ²東大物性研)7. 「HiSOR における低温光電子顕微鏡(LT-PEEM)の開発」
小嗣真人¹, 朝直俊介², 木村昭夫², 澤田正博¹, 生天目博文¹, 谷口雅樹² (¹広大放射光, ²広大)

8. 「放射光 SPELEEM を用いた In/Si(111) の高分解能化学



懇親会での様子

効果の観察」

清水宏¹, 中口明彦¹, 郭方准², 脇田高德², 安江常夫¹, 小林啓介², E.Bauer³, 越川孝範¹ (¹大阪電通大, ²JASRI, ³アリゾナ州立大)

18:30-20:00 懇親会

10月13日(木)

09:00-09:35 【講義】「放射光光電子顕微鏡による超高速現象観察」

小野寛太(KEK)

09:35-09:55 「放射光光電子顕微鏡による強相関酸化物薄膜の磁区観測」

組頭広志¹, 谷内敏之¹, 脇田高德², 横谷尚睦³, 久保田正人⁴, 小野寛太⁴, 尾嶋正治¹, Mikk Lippmaa⁵, 川崎雅司⁶, 鯉沼秀臣⁷ (¹東大工, ²JASRI, ³岡山大理, ⁴高工研, ⁵東大物性研, ⁶東北大金研, ⁷物材機構)

09:55-10:15 「光電子顕微鏡を用いた界面ナノ構造のイメージング」

谷内敏之¹, 脇田高德², 鈴木基寛², 河村直己², 高垣昌史², 佐藤平道³, 若山貴行³, 小林啓介², 尾嶋正治¹, 秋永広幸³, 小野寛太⁴ (¹東大, ²JASRI, ³産総研, ⁴KEK-PF)

10:15-10:35 休憩

10:35-11:10 【依頼講演】「ナノスケール磁性体のスピンドYNAMIX」

木村 崇, 大谷義近(東大物性研)

11:10-11:30 「光電子顕微鏡(PEEM)を用いた鉄隕石(FeNi)の局所構造解析と磁区構造解析」

小嗣真人¹, 脇田高德², 谷内敏之³, 小野寛太⁴, 鈴木基寛², 河村直己², 高垣昌史², 谷口雅樹⁵, 小林啓介², 石松直樹⁵, 圓山裕⁵ (¹広大放射光, ²JASRI, ³東大工, ⁴高工研, ⁵広大)

11:30-11:50 「試料電界強度を制御した PEEM による絶縁物観察への展開」

吉川英樹¹, 安福秀幸¹, 木村昌弘¹, 田村圭司², 志水隆一² (¹物材機構, ²大工大)

11:50-12:10 「LEEM/PEEMにおける検出器による分解能劣化」

清水宏, 安江常夫, 越川孝範 (大阪電通大)

12:10-13:10 昼食

13:10-13:45 【依頼講演】「Au-Si 合金島の原子ステップへの配列」

日比野浩樹¹, 渡辺義夫² (¹NTT 物性科学基礎研, ²NTT-AT)

13:45-14:05 「LEEM in-situ observation of the growth of implant source grown Ga nanodots on SiO₂」

R.Buckmaster¹, F.-Z.Guo², K.Kobayashi² and T.Yao¹ (¹ 東北大金研, ²JASRI)

14:05-14:25 「ペンタセン薄膜成長過程の LEEM および STM による微視的解析」

藤川安仁, J.T.Sadowski, 櫻井利夫 (東北大金研)

14:25-14:45 「In/Cu(001) および Sn/Cu(001) 表面における相転移の LEEM 観察」

八田振一郎¹, 郭方准², 奥山弘¹, 有賀哲也¹ (¹ 京大, ²JASRI)

14:45-15:05 「Pb/W(110) 成長過程における LEEM のステップコントラスト反転」

安江常夫¹, 天川良太¹, 清水宏¹, 中口明彦¹, 高橋宏彰¹, E.Bauer², 越川孝範¹ (¹ 大阪電通大, ²アリゾナ州立大)

今回は、SPring-8 での PEEM 実験が順調に軌道に乗り始めたために、そこでで始まった成果や今後の利用についての議論で特に活気が見られた。また、将来の LEEM/PEEM を利用した新しい実験に向けての具体的な検討の進展に対しても、ユーザーの期待が高まっていた。LEEM/PEEM 分野の特色のひとつとして若手研究者の活躍の目覚ましが挙げられるが、今回も若い研究者が多く参加した研究会であった。この分野のさらなる発展を可能にする若手研究者が着々と育ってきていることが本研究会により示された。

最後に、本研究会の準備、進行を助けてくれた小野助教を始め、PF の事務スタッフ、学生諸氏に感謝する。

第 8 回 XAFS 討論会報告

東北大学多元物質科学研究所 宇田川康夫

2005 年 8 月 1-3 日に第 8 回 XAFS 討論会が仙台市の戦災復興記念館において会員 42 名、非会員 14 名、学生 26 名の参加を得て開催された。会場となったホールは 270 席とゆったりしており、音響効果もよかったのではと自賛している。実行委員として東北大多元研の林久史、神嶋修、工学研究科の小泉直人、環境科学研究科の篠田弘造の諸氏と共にお世話をさせて頂いた。

一般講演 44 件、招待講演 3 件と昨年(それぞれ 45 件, 4 件)

とほぼ同じ規模であったが、1 会場ですべて口頭発表というこれまでの形式を守ったうえ、参加者の便宜のため初日の午後 1 時から始めて第 3 日の 12 時で終了することとしたためかなり窮屈なスケジュールとなってしまった。前例に従い講演 12 分、討論 3 分としたが、「討論会」なのだから要旨を事前にネットで公開し、講演時間を短くして討論時間をもっととったらという意見も頂いた。今後の検討事項であろう。

今年の特徴は学生奨励賞に 21 名もの応募があったことかもしれない。事前に応募が少ないことを危惧する声があったが、その懸念を打ち破るものであった。ただ、複数回の受賞を認めるか否かについての事前の確認を怠ったため、少々混乱がおこってしまい、誠に申し訳ありませんでした。この場を借りてお詫び致します。奨励賞の審査を御願ひした方々の都合を考え、応募講演を前半にまとめ、さらに同一研究室からの発表は続かないようにしてみた。そのためプログラム編成がちぐはぐとなってしまったが、それにもかかわらず 12 名の審査員の方全員が最初から 1 日半、ずっと聞き続けて下さったことには深く感謝致します。審査の結果岡本佳子(千葉大)、小池祐一郎(北大)両氏が「非磁性散乱原子由来の磁気 EXAFS」および「単結晶酸化物表面上での Ni 単原子の三次元吸着構造」についての講演で受賞されました。

招待講演は河田洋(PF)、太田俊明(東大)、林久史(東北大)の各氏によりそれぞれ「放射光の将来」、「表面 XAFS 法：これまでの発展と今後の展望」、「共鳴 X 線非弾性散乱を利用した新しい XAFS」について行われ、一般講演も溶液・触媒から応用も含んだ表面・薄膜までバラエティーに富んだものであった。ただ、XAFS ユーザーはもっともっと沢山いるのに常連の会になりつつあるのではという反省も聞かれた。これも今後の課題であろう。

今年も初日の夜「XAFS コミュニティーが望む放射光施設」というタイトルでナイトセッションがもたれ、今後の見通しあるいは希望について会場の使用期限の 9 時近くまで熱心に討論が行われた。また、ポストシンポジウムが 3 日午後から 4 日午前にかけて東北大多元研に会場を移して行われたがこれについては稲田康宏氏の報告を参照されたい。

来年度は福岡大学の脇田久伸先生を実行委員長として福岡で開かれる予定である。多数の方々の参加を希望致します。

第 8 回 XAFS 討論会ポストシンポジウム 「次期放射光施設に向けた XAFS 研究の未来像」 の報告

放射光科学第一研究系 稲田康宏

2005 年 8 月 1～3 日に仙台市で開催された第 8 回 XAFS 討論会のポストシンポジウムとして、「次期放射光施設に向けた XAFS 研究の未来像」と題する研究会が東北大学

多元物質科学研究所において8月3～4日に開催されました。現在の放射光施設において高いアクティビティーがある XAFS コミュニティーとして、どのような形態・性質の放射光施設が将来において望ましいかの議論を目的とし、様々な研究分野の第一線で XAFS を利用した研究でご活躍の次世代を担う方々の講演を基に、近未来のサイエンスの展開とそのために理想的な次期放射光施設についての検討を行いました。約 35 名の XAFS 利用者の方々が参加し、自由発表や総合討論で活発な議論がなされ、XAFS コミュニティーが望む次期放射光施設への提言をまとめました。本シンポジウムは以下のプログラムで開催されました。

8月3日(水)

- 13:30～13:45 野村昌治 (KEK-PF) 概要説明
- 13:45～14:15 田淵雅夫 (名大 VBL)
半導体中の不純物の研究における XAFS 測定
- 14:15～14:45 Paul FONS (産総研)
A XAFS Study of Amorphous-Crystalline Phase Transitions along the GeTe-Sb₂Te₃ Pseudobinary Tie Line
- 14:45～15:15 高橋嘉夫 (広大院理)
地球科学・環境科学における XAFS 研究の現状と今後の展望
- 15:15～15:30 休憩
- 15:30～16:00 一國伸之 (千葉大工)
in-situ XAFS はどこへ向かうのか?
- 16:00～16:30 海老谷幸喜 (阪大院基礎工)
XAFS を用いた環境調和型固定化金属触媒の活性点構造の決定
- 16:30～17:00 早川慎二郎 (広大院工)
放射光マイクロ XAFS の将来
- 17:00～17:30 伊藤敦 (東海大工)
micro-XAFS を利用した生体試料のイメージング
- 17:30～18:00 寺田靖子 (JASRI/SPring-8)
放射光マイクロビームを用いた XAFS 分析
- 18:00～
自由発表・討論
発表者：谷田肇，稲田康宏，横山利彦，渡辺巖，野村昌治，朝倉清高

8月4日(木)

- 09:00～09:30 朝倉清高 (北大触媒セ)
表面化学顕微法と次世代光源
- 09:30～10:00 木村正雄 (新日鐵)
企業での材料開発に直結するサイエンスを目指して—鉄鋼材料の研究例から—
- 10:00～10:30 原田誠 (東大院理)
水溶液表面、液/液界面での全反射 XAFS
- 10:30～10:45 休憩
- 10:45～12:00 総合討論

まず始めに、本シンポジウムの開催目的を野村昌治氏が説明しました。文部科学省の第三期科学技術基本計画を

分析しつつ、社会に役立つ、国民に分かり易い、新しい発想の学術研究の重要性を指摘し、近未来の XAFS 研究が進むべき方針が示されました。また、現在 PF で進行中の将来計画検討の概要が説明され、汎用性と先端性を兼ね備える光源としてエネルギー回収型ライナック (ERL) とスーパーストレージリング (SSR) の二者択一の検討を行っている旨の報告がありました。さらに、これまでの XAFS が主に物質評価の役割を担ってきたのに対し、一歩進んで、放射光による X 線吸収を利用した「もの作り」への寄与の可能性も検討すべきであるとの指摘がありました。

材料化学の分野では、半導体材料と光機能性材料に対する研究展望が田淵雅夫氏と Paul FONS 氏によって提示されました。田淵氏は、材料を作るだけならば XAFS は必要ないが、XAFS はその材料が機能を発現する理由を知る上で必須の研究手法であることを様々な研究例を通して証明し、現在の適用限界濃度を 2～3 桁程度低下させる必要性が指摘されました。また、より微小な領域への適用も重要であり、ナノメートルサイズのビームを使うことによって 1 個の量子ドット内の原子の挙動が明らかになると展望されました。FONS 氏は、DVD-RW や DVD-RAM に使用されている光機能性材料の動的な構造変化に関する時間分解 XAFS による最先端の研究成果を流暢な日本語で講演されました。PF-AR の NW2A ビームラインにおける 100 ps の時間スケールでの時間分解 XAFS はまだ不十分であり、材料内での化学反応や相転移のメカニズムをポンプ&プローブ XAFS を用いて解明するためには、X 線のパルス幅を 1～0.1 ps まで短縮することが必須であると指摘されました。そのような時間スケールのパルス X 線がレーザープラズマによって既に達成されているとの指摘に対しては、放射光に比べてまず光子束が不十分であり、さらにビーム集光が困難であるとの見解が示され、次期放射光施設の重要性がより一層明確になりました。

環境科学および地球科学の分野からは高橋嘉夫氏が講演され、XAFS を用いた岩石試料などのスペシエーションによって地球規模での物質循環の歴史を解明した研究例を紹介しながら、海外の放射光施設では環境・地球科学研究に特化した専用ビームラインが整備されて活発な研究が行われている現状が示されました。近未来では、地球深部で進行しているプロセスを解明するために白金族元素のキャラクタリゼーションが重要であり、また環境科学においては平成 15 年に施行された土壌汚染対策法に関連して土壌中の重金属元素に関する XAFS 分析のニーズが増加するとの展望が示されました。これらの目的に対しては、マイナーな目的成分由来の信号をメジャーなバルク由来の信号から分離して検出する蛍光 XAFS をミクロンの空間分解能で達成することが必須であると指摘されました。

XAFS を用いた研究がアクティブに展開されている触媒化学分野では、一國伸之氏と海老谷幸喜氏が今後の重要な研究ニーズについて展望されました。一國氏は、氏自身が中心メンバーの一員となって展開中の in-situ XAFS (最近では operando XAFS と呼ばれる) の研究成果を基に、メ

ソ細孔などの微小領域に置かれた触媒材料の特異な機能解明が新たな触媒化学へ発展する可能性を示し、ナノメートル空間を *operando* 条件下で観測する手法の確立が重要であると指摘されました。一方で、触媒反応は多回数の繰り返しが非現実的な系が大多数であり、単発現象を動的に追跡できる分散型時間分解 XAFS (DXAFS) の重要性も合わせて指摘され、現状の限界時間分解能 (ミリ秒) をサブマイクロ秒まで短縮することによって、光触媒の活性化過程についての知見が得られるとの見解が示されました。さらに触媒化学では、大学の実験室に居るかのような環境で触媒反応に用いる反応ガスを使用でき、4~42 keV のエネルギー領域を測定することが可能な専用ビームラインが必須であると説かれました。海老谷氏は、触媒化学分野での XAFS の重要性を「XAFS-Aided Catalyst Design」という言葉を引用して説明され、触媒化学分野において XAFS はもはや完全に汎用的かつ必須な研究ツールとして確立していることを示されました。その上で、モノマー、ヘテロメタル、チェーン、シート、ナノ粒子などの多様なモルフォロジー環境下に置かれた触媒活性中心に関する XAFS 分析が機能との相関を解明する上で必須であることや、例えばデンドリマーをナノリアクターとして用いる金属ナノ粒子生成過程の動的追跡が触媒調製過程のメカニズム解明に有効であるなど、触媒設計の重要なトレンドに XAFS が多大な寄与をするであろうとの展望が示されました。

第三世代の放射光施設で開花したマイクロ XAFS に関しては、ハードウェア開発の立場から早川慎二郎氏と寺田靖子氏が、マイクロ XAFS による生物化学研究の立場から伊藤敦氏が講演されました。早川氏は、ゾーンプレートをを用いたビーム整形によって軟 X 線領域で 10 nm 程度のナノビームが既に達成されており、位相型ゾーンプレートをを用いることによって硬 X 線領域にも対応可能であることや、K-B ミラーを用いた SPring-8 での現状が示されました。また、ビームサイズとしてはより優位な電子顕微鏡との比較を行い、Electron Energy Loss Spectroscopy (EELS) との組み合わせによるメリットが指摘されました。さらに、X 線顕微分光法における世界の現状を紹介され、今後の展望として三次元イメージングの必要性や微量分析における X 線利用の電子顕微鏡に対する優位性が指摘された一方で、試料の放射線損傷の問題も指摘されました。寺田氏は、SPring-8 での現状をさらに詳細に紹介され、K-B ミラーを用いて、1 ミクロン角のビームサイズで 10^{10} photons s^{-1} の光子束、5~100 keV のエネルギー領域が達成されている現状と、重金属を蓄積する植物中の As や Cd のマイクロ XAFS 分析などの実例が紹介されました。さらに、早川氏と同じく、将来のキーワードが三次元イメージングであるとの展望がなされ、最新実例として示されたゾーンプレートをを用いた 10 ミクロン空間分解での三次元イメージングの結果には一同が衝撃を受けました。生物化学や医学分野へ応用についての講演をされた伊藤氏は、1 個の HeLa 細胞中における C, N, O, Ca, P, S の分布イメージングの研究成果を紹介され、XAFS の特徴である元素選択性にマ

イクロビームによる空間選択性を取り入れることによって、例えば、2 nm から 1400 nm までの各種の空間ドメインにおける DNA の階層構造や、細胞内での DNA の分布 (細胞内構造) などがナノメートルのビームサイズによって解明されるとの展望がなされました。さらに、そのようなイメージングの時間分解能が向上すれば、分子機械の動作をリアルタイムで観測する夢が実現すると述べられました。一方で、特に生物試料に与える放射線損傷の問題が現在でも既に深刻になっていることが指摘されました。

これらのアトラクティブな講演と熱心な議論のおかげで予定を大幅に超過しているにも関わらず、初日夜に予定していた自由発表では主に 6 名の方による提案や問題提起が行われました。無機化合物が溶液中に溶解する過程の時間分解 XAFS による動的観測について谷田氏が、0.1 ps のパルス幅が時間軸としては 30 μm に対応することを用いた三次元空間分解 XAFS について筆者が、放射光ポンプ & 放射光プローブによって見えてくる科学の可能性について横山氏が、マトリックス由来の信号が大きい場合に微分スペクトルを測定する方式の分光器の有効性について渡辺氏が、二結晶分光器以外の可能性について野村氏が、二光子吸収を用いた展開について朝倉氏がそれぞれ発表を行いました。これらの多くはホラ話でも可という本シンポジウム の前提の基でなされましたが、あながち全く非現実的ではないかもしれませんし、これらの新しい発想が次期放射光施設に生かされることを期待したいと思わせる一時でした。

翌日は、表面化学分野についての展望を絞った朝倉清高氏の講演で幕を開けました。触媒反応の本質は表面反応であり、その反応を追跡するためには原子レベルで活性点を揃えることが必要であることが指摘された上で、それでも表面反応は時間的かつ空間的に非常に不均一であるという実例が示されました。そのような反応を時間、空間、元素の化学状態を識別しつつ測定できる手法として、氏のグループが独自に開発された Energy filtered X-ray Photo Emission Electron Microscopy (EXPEEM) や X-ray Aided Non-contact Atomic force Microscopy (XANAM) を紹介されました。硬 X 線領域に対応可能な EXPEEM は空間分解した表面での化学反応過程をビデオレートで観測することが可能であり、一方、X 線を照射しながら AFM 測定を行う XANAM では大強度 X 線が必要であるものの原子レベルで元素選別が可能であるという先駆的な可能性が示されました。どちらも現状の時間分解能は検出器側で制約を受けていますが、1 パルスの X 線で EXPEEM や XANAM が測定できれば、その X 線パルス幅での時間分解能が達成され、触媒化学のベースとなる表面化学にブレークスルーをもたらすであろうことが期待されます。但し、試料の振動に対する十分な配慮が必要であり、実験ホールの設計から考慮すべきとの指摘がなされました。

引き続き講演された木村正雄氏は、企業での材料開発研究者としての立場で、社会の環境条件の中で性能が発揮されている鉄鋼材料の腐食反応制御に関する研究成果を紹介されました。9 年でたった 3 mm しか腐食しない鉄鋼材

料をミクロンからナノメートルの空間領域で観測することにより、腐食メカニズムと耐腐食作用の発現機構を解明したことによって、新規高機能材料への開発指針と現在の機能性鉄鋼材料の信頼性の向上がもたらされたことが示されました。この固液界面で進行する化学反応（腐食）に関する研究成果を通して、時間と空間の両方に不均一な現象が現実の材料で起きている事実が明らかにされ、ミクロンからナノメートルの空間分解を、分秒からミリ秒の時間分解能で達成することの重要性が指摘されました。さらに、高橋氏が言及されたメジャーなバルク信号からマイナーな目的成分由来の信号を分離して検出する蛍光 XAFS が鉄鋼材料研究には必要不可欠であることが指摘されました。

本シンポジウムの最後の講演は、液体表面や液液界面についての全反射 XAFS を用いたユニークな研究を展開されている原田誠氏によるもので、界面活性剤を展開した液体表面での転換電子収量全反射 XAFS による研究成果が紹介されました。液体表面や液液界面のような試料では除振対策が実験データの精度を保つために極めて重要であり、光源も含めた実験ホールの設計段階から考慮することが必要である旨が改めて指摘されました。また、試料の放射線損傷についての質問に対し、有機物である界面活性剤に SPring-8 のアンジュレーター光を数時間程度照射すると損傷を受けるという事実が報告されました。

以上のように、様々な化学分野で汎用的研究ツールとして用いられている XAFS の特徴を如実に表す、多岐の内容にわたる講演と議論がなされました。さらに、5～10年先の研究ビジョンについて光源性能を意識せずに夢を語って頂きたいという主催者側の無理な注文にも関わらず、全演者の方がその趣旨に沿ったタイムリーな話題を提供してください、また、やはり多岐の分野を包括する参加者方々の熱心な議論によって、最終セッションである総合討論において XAFS コミュニティーが望む次期放射光施設の姿が明らかになりました。要約すると、(1) X線強度は現状の数桁上、(2) ナノメートルのビームサイズが達成可能な高輝度 X線、(3) 0.1 ps の X線パルス幅の三点が光源の先端性として必要であるとの共通認識が得られました。一方で、(4) 安定で中断なく利用できる光源、(5) 目的に特化した専用ビームライン、(6) 化学実験が可能な環境・ユーティリティという三点が汎用性の上で絶対に達成すべきポイントであると指摘されました。

過去から現在の放射光アクティビティーの中核である化学・材料分野の XAFS コミュニティーは様々な技術革新を経て応用範囲を広げ、基礎化学はもちろんのこと、産業界への貢献も多大です。そのようなアクティビティーは今後も間違いなく継続されると思われませんが、利用が長期にわたって中断もしくは制限されるような状況は XAFS 研究の応用分野を縮小し、研究成果を衰退させる可能性がある程、放射光施設における XAFS 研究はもはや必要欠くべからざるツールとして確立されています。従って、先端的な利用研究と汎用的な利用研究の両立が最重要ポイントであり、全ての挿入光源ポートにおいてサブピコ秒のパル

ス幅でナノメートルサイズの集光が可能な高輝度 X線が得られ、さらには、電子ビームが周回するための偏向電磁石を光源とするビームラインの建設も可能な ERL が、XAFS コミュニティーが望む次期放射光施設として最適であるとの結論に達しました。但し、現在の第三世代光源で既に指摘されている試料の放射線損傷の問題は、克服すべき重要な検討課題であることも事実です。

今回のシンポジウムは、PF の XAFS ユーザーグループ代表の島田広道氏（産総研）、野村昌治氏（KEK-PF）、北島義典氏（KEK-PF）、宇留賀朋哉氏（JASRI/SPring-8）、谷田肇氏（JASRI/SPring-8）、宇田川康夫氏（東北大多元研）、林久史氏（東北大多元研）と筆者が企画実行グループとして開催したものであり、時間的な制約の上で講師の方を選定させていただいたために、他にもご講演いただきたかった方が大勢いらっしゃいます。今後も XAFS 利用者による将来展望の研究会を定期的に開催したいと思いますので、是非ともご協力を賜りますようお願い申し上げます。また、PF での XAFS 実験に対する新しい提案や要望等は随時受け付けておりますので、お気軽にお申し出ください。

最後になりましたが、本シンポジウムを開催するにあたり、会場の手配や準備、後片付け等で多大なご協力を賜りました東北大学多元物質科学研究所の宇田川康夫先生と林久史先生に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。