

■第32回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (JSR2019) 企画講演報告

企画講演1『ナノスケールスピンドバイス開発に向けた放射光利用の最前線』
水口将輝 (東北大学)

企画要旨

スピントロニクス最先端の研究分野では、新機能・多機能・高次機能な物性の発現を目的とした研究が日々進められている。近年ではナノスケール領域における結晶構造解析や、局所磁化の計測・実空間イメージング、あるいは超高速スピンドダイナミクスを明らかにすることなどが重要となってきた。このような課題を解決するためには、高強度かつナノ領域の測定が可能である放射光が必須であり、その需要は確実に高まっている。本企画講演では放射光を最大限に活用して進められているスピントロニクスの研究の最先端の話題を紹介し、その新たな展開と将来の可能性について議論する。

企画参加人数 約50名

講演構成

1. 「趣旨説明」
水口将輝 (東北大)
2. 「放射光核共鳴散乱法を用いた磁性薄膜の重金属ドーブ効果・膜厚効果・電圧効果の探査」
壬生攻 (名工大)
3. 「規則合金スピントロニクス材料における電子状態・結晶構造解析」
水口将輝 (東北大)
4. 「ハーフメタルホイスラー合金材料開発とデバイス応用における放射光利用」
桜庭裕弥 (物材機構)
5. 「XMCDで調べた磁性の電界効果とジャロシンスキー・守谷相互作用」
小野輝男 (京大)
6. 「XMCDによるスピンドダイナミクス計測」
菊池伸明 (東北大)
7. 「硬 X 線 MCD トモグラフィーによる磁区構造の3次元観察」
鈴木基寛 (JASRI)

講演概要

最初に、企画提案者の水口が本企画に関する趣旨説明を行った。スピントロニクスの分野は、基礎的な学理の確立から応用展開まで、幅広い研究開発が進められてきたが、まだ多くの開発すべき課題も残る。例えば、スピンドバイスにおける、材料(元素)に依存した微細組織と磁気構造の相関の解明や、それらのデバイス中における微小磁化の動的挙動の解明などがあげられる。これらの課題解決のためには、材料の選択・機能化・集積化・製品化という一連の開発ストリームを包括的につなぐ解析手法として、放射光の利活用が強力なツールであることが説明された。また、放射光を多角的に活用することにより、マクロな測定で観測される現象をマイクロレベルで理解し、スピントロニ

クス材料のさらなる性能向上を図ることを目的とした SPring-8 分野融合研究グループ「ナノデバイス科学」における活動についても紹介された。今後、重要になると想定されるテーマとして、「スピントロニクスマテリアル・現象の学理の進化と実用化への指針」、「放射光計測技術の高度化(ダイナミクス・空間分解)」、「実用スピントロニクス素子のリバーサエンジニアリング」などについて説明があった。

続いて、壬生氏より放射光核共鳴散乱法を用いた磁性薄膜の重金属ドーブ効果・膜厚効果・電圧効果の探査について、紹介があった。原子核によるシンクロトロン放射光の共鳴散乱から、原子核を取り巻く電子の局所的な状態を探ることができる「放射光核共鳴散乱法(放射光メスbauer分光法)」は、局所的な電子状態の解明というニーズに応えられる実験法として期待がもたれている。磁気モーメントの方向が反平行に打ち消し合って磁化を持たない反強磁性体においても、その局所的な磁気モーメントの方向を探ることができる放射光核共鳴散乱法の特徴を活かし、反強磁性ヘマタイト($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)薄膜の磁気モーメントの方向に対する重金属ドーブ効果・膜厚効果・電圧効果などを、 ^{57}Fe 核放射光核共鳴散乱法を用いて探索した結果が議論された。Irドーブ濃度の上昇とともにモーリン転移温度が上昇することや、試料の膜厚の減少とともにモーリン転移温度が減少することなどが示され、複数の磁気異方性の起源がモーリン転移温度の変調に寄与していることが説明された。

水口より規則合金スピントロニクス材料における電子状態・結晶構造解析について紹介があった。強磁性規則合金は、その結晶規則性の度合いを表す「規則度」に依存して、磁気異方性や保磁力、ギルバート緩和定数などのパラメータが大きく変化することが知られており、これらの機能性の変調が比較的容易であることから、スピントロニクスへの応用材料として期待されている。その中でも規則度に応じて高い磁気異方性を示す材料として注目されている $L1_0$ 型 FeNi 合金について、その人工的作製と硬 X 線光電子分光や X 線磁気円二色性、放射光 X 線回折などを用いた電子状態・結晶構造解析の結果について議論された。結晶の規則度が高くなると磁気異方性が高くなり、電子状態には特異性が現れることや、Feの軌道磁気モーメントが磁気異方性に大きく寄与していることが示された。近年では化学的手法により、従来と比べて規則度が飛躍的に大きな $L1_0$ 型 FeNi バルク合金の作製にも成功しており、今後のスピンドバイスへの応用展開が期待される。

桜庭氏よりハーフメタルホイスラー合金材料開発とデバイス応用における放射光利用について紹介があった。Co₂MnSi に代表される磁性ホイスラー合金材料の一部がハーフメタル性を持つことは、1980年代に第一原理計算によって理論予測されていたが、今日ではトンネル磁気抵抗素子や巨大磁気抵抗素子に用いることにより、極低温で巨大な磁気抵抗効果が観測されることから実験的に実証された。しかしながら、室温において磁気抵抗効果が顕著に減少するという問題があり、この温度依存性が生じる起源を解明し、室温特性を改善することは、スピンドバイスへの応用上、重要である。ハーフメタル性を有すると予測される、種々のホイスラー合金の単結晶・多結晶薄膜を作製し、その原子規則性と熱処理温度等の相関を、異常分散 X 線回折によって評価した結果、Co₂FeGa_{0.5}Ge_{0.5} 単結晶薄膜の Co-Fe の規則化には少なくとも 600°C の熱処理温度が必要であることが示された。また、硬 X 線光電子分光における磁気円二色性の観測を用いた電子状態解析の結果も紹介され、今後のホイスラー合金研究の新展開が示された。

小野氏より XMCD で調べた磁性の電界効果とジャロシンスキー・守谷相互作用について紹介があった。スピントロニクス分野の最近の進展として、磁壁やスキルミオン等のトポロジカルスピン構造の電流誘起スピン軌道トルクによる動的制御や、電圧印加による磁性制御などの外部誘起スピン現象があげられる。これらの現象は高速低消費電力な新規スピンドバイスへの利用が期待され、盛んに研究がなされている。しかしながら、原子レベルでの基本的なメカニズムは多くの部分で未解明であり、高い効率でのスピンの外場制御の達成には電子状態の観点からの現象解明が不可欠である。Co/Pt の Pt に誘起される磁性の電界効果を X 線磁気円二色性分光測定によって調べた研究が示され、Pt の誘起磁気モーメントの大きさが電界によって変調されることが報告された。また、Co/Pt 薄膜面に垂直方向の軌道磁気モーメントとジャロシンスキー・守谷相互作用に強い相関が認められる実験結果も示された。今後、新規スピンドバイス開発が促進されることが期待される。

菊池氏より XMCD によるスピンドダイナミクス計測について紹介があった。X 線磁気円二色性分光は、パルス状の X 線に起因する 10 ps オーダーの時間分解能や、短い波長を生かした数 10 nm オーダーの空間分解能を同時に実現できる可能性を持っており、磁化ダイナミクスの探索には非常に強力な手法である。X 線パルスと GHz 帯の高周波パルス磁場を位相も含めて同期させることにより、Co/Pt 多層膜ドットに励起される歳差運動の過渡応答について空間・時間分解 X 線磁気円二色性測定を行った結果が報告された。約 2.5 GHz の高周波磁場を印加して Co/Pt 多層膜ドットの X 線磁気円二色性信号の時間依存性を計測したところ、励起周波数に対応した X 線磁気円二色性信号の振動が明瞭に観測されたことが示された。また、時間・

空間分解 X 線磁気円二色性計測の結果についても紹介され、本研究手法の活用範囲の広さを改めて認識することができた。

最期に、鈴木氏より硬 X 線 MCD トモグラフィーによる磁区構造の 3 次元観察について紹介があった。磁性体中の磁区構造は一般的には 3 次元的な分布を示すことが知られている。最近、試料内部の 3 次元的な磁区構造や磁場ベクトル分布を非破壊で観察した研究例が、偏極中性子や、超高压電顕、X 線タイコグラフィーなどの手法によって報告されている。しかし、まだその研究例は少なく、とりわけ、外部磁場を印加した条件での観察は報告されておらず、様々なアプローチによる 3 次元磁気顕微法を開発することの意義は大きい。硬 X 線ナノビーム走査型磁気円二色性顕微法をベースとし 3 次元磁区構造観察法を SPring-8 BL39XU にて開発した結果が報告された。この手法を直径 7 μm、厚さ 2.5 μm の円盤状に加工した GdFeCo 合金試料に適用した結果、試料内部の磁区構造を 360 nm の空間分解能で得ることに成功したことが示された。本手法は、焼結磁石や磁性膜など様々な強磁性体試料へ適用することが可能である上、外部磁場印加条件下での測定にも既に成功しており、今後、磁区形成過程や磁壁制御の 3 次元観察へと発展させていくことが期待される。

本企画講演では、スピンドバイス開発に係る最先端の研究が紹介され、質疑の内容からも、本分野の注目度の高さと将来的な分野の拡がりの可能性を窺い知ることができた。最後になりますが、本企画講演を実施するにあたり、講演を快諾頂いた講師の先生方や、学会関係者の方々に感謝の意を表します。

企画講演 2 『次世代放射光施設計画の推進状況』

内海 渉 (量研 次世代放射光施設整備開発センター)
企画要旨

平成30年7月3日の文部科学省発表により、官民地域パートナーシップによる次世代放射光施設(軟 X 線向け高輝度 3GeV 級放射光源)の推進に関し、同施設の整備・運用の検討を進める国の主体である量子科学技術研究開発機構とともに整備・運用に積極的に関わる地域及び産業界のパートナーとして、一般財団法人光科学イノベーションセンターを代表機関とする、同財団、宮城県、仙台市、国立大学法人東北大学、及び一般社団法人東北経済連合会が選定された。これにより、放射光コミュニティが長年にわたり議論してきた 3GeV 放射光施設が、国のプロジェクトとして本格稼働しはじめることになる。計画の進捗状況と今後の展望について報告する。

企画参加人数 206名

講演構成

1. 「状況説明」 内海渉 (量研)
2. 「次世代放射光に対する期待—量子ビーム利用推進小

- 委員会の立場から一」 雨宮慶幸 (東京大学)
3. 「国の主体としての次世代放射光計画への取り組み」
内海渉 (量研)
4. 「次世代放射光計画におけるパートナーの役割」
高田昌樹 (光科学イノベーションセンター・東北大学)
5. 「加速器設計の進捗状況」
西森信行 (量研), 渡部貴宏 (JASRI/量研),
田中均 (理研/量研)
6. 「学術及び産学連携における次世代放射光の位置づけ」
有馬孝尚 (東京大学)

講演概要

はじめに、内海が次世代放射光施設に関する最新の状況説明として、平成30年12月17日に行われた柴山文科大臣の記者会見で、施設整備に着手するための予算が平成31年度政府予算案に認められたことが発表されたことを報告し、合わせて「官民地域パートナーシップ」の枠組みやこれまでの経緯を説明した。

最初の講演は、文科省科学技術・学術審議会 量子ビーム利用推進小委員会の主査である雨宮氏によって行われ、小委員会において平成30年1月に取りまとめられた「新たな高輝度 3GeV 級放射光源の整備等について」報告書の内容が紹介されるとともに、官民地域パートナーシップ具体化のためのパートナー選定に係る調査検討の経緯及び選定結果について報告した。合わせて、主査としての次世代放射光への強い期待が述べられた。

これを受けて、「整備・運用の検討を進める国の主体」の指名を受けている量研の内海から、立地場所 (東北大学新青葉山キャンパス) 及び施設イメージ、次世代放射光施設の基本コンセプト (先端性と安定性を兼ね備えたコンパクトな放射光源による最先端学術研究及び多彩な産業利用の創出を目指すこと、「軟 X 線」「コヒーレント光」「本格的産学連携」がキーワードであることなど) を紹介した後、官民地域パートナーシップによる整備役割分担や想定スケジュールなどを報告した。さらに、ビームラインの検討についてのこれまでの経緯と今後の進め方、意見募集などについて説明を行った。

引き続き、パートナー側を代表して高田氏が、ここに至るまでの東北地域としての種々の活動を紹介し、「東北放射光計画」が「次世代放射光計画」へと発展・変遷していった経緯をわかりやすく説明した。また、官民地域パートナーシップにおけるパートナー側の構成 (光科学イノベーションセンター、宮城県、仙台市、東北大学、東北経済連合会) を紹介した後、光科学イノベーションセンター (PhoSIC)、東北大学、宮城県、仙台市の取り組み概要について報告した。世界的な趨勢として、放射光施設を中心としたリサーチコンプレックス形成が進んでおり、次世代放射光においても、参画を検討している各企業からその整備の強い要望があることなども紹介された。

現在、設計が進められている次世代放射光加速器の進捗

状況については、グループを代表して量研の西森氏が発表した。まず、国内における光源ポートフォリオ及び世界の新設中型光源の動向をもとに、EUV から SX, さらにテングダー X 線 (100 eV ~ 数百 keV) をカバーする目標設定が示され、量子ビーム利用推進小委員会の報告書に基づいた電子ビームパラメータが示された。また、実験効率に直結する光源の実行性能はエミッタンスだけでは決まらず、その安定性や信頼性、挿入光源も含めた運転の柔軟性が極めて重要であることが強調され、これらの観点を踏まえた設計のポイントが紹介された。引き続き、蓄積リングのラティス設計、磁石・架台、真空容器、加速空洞、リニアックの電子源、C バンド加速器などの個別要素についての現状が報告された。

最後に、学術及び産学連携における次世代放射光の位置づけと題して、東大の有馬が講演した。本光源の最大の特徴はエミッタンスの低さと輝度の高さであり、集光ビームや平行ビーム、コヒーレンスの質が上がることから、これらを活かした特徴ある計測が考えられること、また、将来の量子ビーム測定は、エネルギーと運動量の 4 次元測定から、実時間と実空間の軸も合わせた 8 次元軸上での測定に変貌していく必要があり、次世代放射光は、これを精度よく行う上で、重要な位置づけにあるもことなどが述べられた。さらに、次世代のビームラインは、学術界・産業界のニーズを汲み取り、常に最先端の研究環境を提供することが重要であり、そのためにも、個々のビームラインごとに設計するのではなく、規格化した要素の組み合わせで各ビームラインを構成することが重要であることが強調された。

新しい放射光源の実現に向けて、放射光学会としても、長年にわたって、数々の特別委員会での議論を行い、またマスタープランへの提案など種々の活動を行ってきたところである。多くの方々のこれまでの尽力が実を結び、ようやく、本格的に始動できることになったことは喜ばしいかぎりであるが、むしろ大変なのはこれからであり、山積するさまざまな課題をひとつずつクリアしていかなければならない。特に、本プロジェクトの特徴のひとつである「官民地域パートナーシップ」は、それ自体が新しいチャレンジであり、必然的に多くの組織が複雑に関与することになる。そのかじ取りは決して楽なものではないが、一方でその多様性こそが課題解決への重要な鍵であるとも言える。多様性の壁を乗り越えることで、次世代放射光を中核とした新しい学問領域の開拓や産学連携、イノベーション創出などの大きな発展につながるはずである。多くの皆様の参画、協力を期待する。

企画講演 3 『ドーパントの原子配列直接観測の新展開』

大門 寛 (奈良先端科学技術大学院大学)

企画要旨

物質にドーパントを添加することで物性を制御すること

ができる。このドーパントの周りの原子配列によって物質全体の物性が変わってしまうことが知られているが、その構造を直接見ることは難しかった。近年、その原子配列を可視化できる光電子や蛍光 X 線を用いたホログラフィーが放射光施設で発展し、その立体構造が決定され始めた。さらに、中性子ホログラフィーが開発され、放射光と連携しつつ発展している。これまでに決定されたドーパント構造と、それに基づく新しい局所物性について議論した。

企画参加人数 約50名

講演構成

司会 木下豊彦 (高輝度光科学研究センター)

1. 「趣旨説明」 大門寛 (奈良先端科学技術大学院大学)
2. 「局所構造の学理の新展開」 森川良忠 (大阪大学)
3. 「ダイヤモンドにドーパされたドーパントの数種類の局所構造」 横谷尚陸 (岡山大学)

休憩

司会 林 好一 (名古屋工業大学)

4. 「J-PARC 白色中性子ビームによる軽元素局所構造の観測」 大山研司 (茨城大学)
5. 「SiO₂/SiC 界面における窒素局所構造の光電子回折」 森大輔 (富士電機株)
6. 「タンパク質分子の蛍光 X 線ホログラフィー」 佐藤文菜 (自治医科大学)

講演概要

はじめに、大門が、本企画講演の趣旨と導入を兼ねた概要説明を行った。最近、ドーパント周りの原子配列を可視化できる光電子や蛍光 X 線、中性子を用いたホログラフィー技術が発展し、それらを基軸とした新学術研究が採択されて組織的に研究が進められた結果、多くの局所原子配列が決定されたことが述べられた。対象物質も基礎科学的に興味深いものからデバイス应用到重要なもの、さらにバイオ物質まで広範囲にわたって研究が進んでいること、予想できないような構造も得られていることから、新しい局所物性科学が拓かれつつあることが述べられた。

次に、森川氏によって、半導体中の不純物の局所構造と電子状態・磁性状態に関する理論的研究についての報告がなされた。一つ目のテーマである Si 中の As 不純物について、キャリアを生じる活性な As は Si を置換したサイトにあるが、キャリアを生じない不活性な As としては Si 格子欠陥 (V) の周りに As 原子が 3 原子から 4 原子集まった As_nV (n=3~4) が、X 線光電子ホログラフィーや As の内殻準位シフト、形成エネルギーの解析などから最も妥当であるとの結論がなされた。さらに、光電子ホログラフィーによる原子像を再現した際に第一近接の像が消失している要因としては、有限温度での As の格子振動の振幅が大きいことが原因である可能性があり、低温で実験することが望ましいことが指摘された。二つ目のテーマである、遷移金属をドーパした ZnSnAs₂ 希薄磁性半導体については、Mn を Sn サイトにドーパする、あるいは、V や

Cr を Zn サイトにドーパすると強磁性状態が安定化することが示された。

次に、横谷氏によって、高分解能光電子ホログラフィーによるダイヤモンド中のドーパント局所構造の研究が紹介された。P ドープダイヤモンドの P 2p 内殻準位に観測された二つの化学サイトそれぞれに対して光電子ホログラムを測定することに成功し、3次元像再生およびホログラムシミュレーションとの比較から、二つの化学サイトが置換サイトに導入された P 原子と、P 原子と欠陥の複合体であることを示した。これに加えて、ダイヤモンド結晶中の結晶学的に異なる二つのサイトの P 原子占有率の違いも明らかにし、光電子ホログラフィーが化学状態の区別だけでなく、エネルギー的に等価な結晶サイトの区別にも有効であることを示した。

次に、大山氏によって、中性子ホログラフィーでの局所構造研究について、以下のような講演があった。中性子は X 線に比べ B, H, O などの軽元素に対し高い感度をもつので、X 線と相補的に用いることで広い範囲の物質が研究対象となりうる。J-PARC の白色中性子を用いることで原子像精度を飛躍的に向上させることが可能で、これまでに、半導体 0.13% B ドープ Si, 白色 LED 材料 0.06% B ドープ SiC, 熱電材料 0.75% B ドープ Mg₂Si, 強相関電子系化合物 2% Sm ドープ RB₆ (R: La, Yb) でのドーパント周りの原子像を明瞭に可視化することに成功した。これらの結果から、より広範囲の元素がドーパントとして扱えることがわかってきており、とくに水素ドーパントへの挑戦を進める。

次に、森氏が光電子回折 (X-ray photoelectron diffraction: XPD) を用いて SiO₂/SiC 界面の窒素局所構造を解析した結果を紹介した。SiC は Si の物性的限界を超えた高破壊耐量化、低損失化を実現できる次世代パワー半導体デバイス材料として注目されている。SiC MOS FET の心臓部である SiO₂/SiC 界面に導入されている窒素は、界面欠陥を低減し、MOS 特性を改善させる効果があるが、その効果には面方位依存性がある。このメカニズムを原子レベルで明らかにするためには、SiO₂/SiC 界面における窒素局所構造を決定することが最初の一步となる。本講演では未だ解明されていなかった SiC (000-1) 面 (C 面) と SiC (1-100) 面 (m 面) における窒素の局所構造を光電子回折により明らかにした結果が紹介され、界面における窒素の結合サイトについて詳細な議論がなされた。

最後に、佐藤氏によって、蛍光 X 線ホログラフィーをタンパク質結晶に適用した例が紹介された。タンパク質は小さい物でも分子量 1 万を越えるような生体高分子であり、ある特定の立体構造を持って、特異反応的な機能を発現している。驚くべきことに、多くのタンパク質が、その活性サイトに金属原子やその錯体を保持し、精密な構造変化を伴いながら機能を制御している。研究開始当初、希薄金属試料であるタンパク質結晶から蛍光 X 線シグナルを

効率的に取得するため、巨大結晶が作製可能であるヘモグロビンについてホログラフィー測定が行われ、測定装置の開発が進められたことが述べられた。その後、筋肉中の酸素貯蔵タンパク質であるミオグロビンについて、より高精度な測定が行われ、活性サイトである鉄原子周辺の原子像再生を実現することが出来た。今後の展望について、価数選択的ホログラフィーの生体分子への適用などが議論された。

本企画講演では、ドーパントなど周期を持たない原子の周りの原子配列構造が次々に明らかになっている現状について、無機材料中のドーパント、表面・界面からたんぱく質の活性中心までの幅広い研究成果が披露された。これまで研究できなかった局所原子配列が解明されて、新しい局所物性という大きな分野が拓かれつつある現状が改めて認識された。「ドーパント」はその一つの典型例であり、その解明に成功したことは応用上も大きな価値があるが、企画のタイトルに「ドーパント」だけしか書かなかったのは範囲が狭く感じられたかもしれないので、次回はいっと多様な観衆に来てもらうようなタイトルにしたい。

企画講演4『九州・山口から発信する放射光の利用』

岡島敏浩 (SAGA-LS), 西堀麻衣子 (九州大学)

企画趣旨

九州で唯一の放射光施設である SAGA-LS は、2006年2月に開所して以来、13年が経とうとしている。現在、SAGA-LS には地域産業の高度化と新規産業の創出を目的に佐賀県が建設した6本の県有ビームラインと、企業や大学が独自の研究開発のために設置した4本の他機関ビームラインが稼働している。SAGA-LS に建設されたこれらのビームラインは、協力と競争の良い関係を築きながら、多様な産学官連携拠点として日々の研究開発に供されている。一方、学术界のみならず産業界においても、東北3GeV光源計画など世界を牽引する先端光源を利用した先端的かつ挑戦的な研究開発へ関心が移行している現状にある。このような中、SAGA-LS のビームライン群では、日常的な材料分析のツールとしての役割を果たすだけでなく、放射光光源の特長を生かした材料解析や物性評価など新たな展開にも取り組んでいる。

これからの地方の放射光施設は、これまで以上にその地域における産業の活性化、新産業の創出と先端科学技術を担う人材の育成に尽力するとともに、社会のより広いニーズや高いレベルの技術要求に応える必要がある。そこで本企画講演では SAGA-LS を利用して成果をあげられている九州・山口地区の先生方から研究事例を紹介していただき、地方の放射光施設の在り方について議論する場を設ける。

企画参加人数 65名

講演構成

1. 「趣旨説明」 岡島敏浩 (SAGA-LS)

2. 「高分子の結晶化・融解挙動に関する研究における構造形成のその場観察の必要性」

野崎浩二 (山口大学理学部)

3. 「X線吸収分析を利用した電池反応解析」

喜多條鮎子 (山口大学研究推進)

4. 「佐賀大学ビームラインにおける九州地域学術利用」

高橋和敏 (佐賀大学 SL センター)

5. 「九大ビームラインの高分子材料への新展開」

小椎尾謙 (九州大学先導研)

6. 「地方発の放射光利用 ―まとめに代えて―」

石橋所長 (SAGA-LS 所長)

講演概要

はじめに、本企画講演の提案者の一人である岡島より、企画講演を立ち上げた趣旨についての説明が、上記企画趣旨の通り行われた。本企画講演では、SAGA-LS 供用ビームラインのヘビーユーザーである山口大学の野崎浩二先生と喜多條鮎子先生 (前九州大学先導研所属) のお二方に、ご自身の研究を進めるにあたり、SAGA-LS の利用にメリットを感じた点を含めながら研究内容の詳細な報告をいただいた。また、佐賀大学の高橋和敏先生と九州大学の小椎尾謙先生からは、SAGA-LS に専用ビームラインを設置している機関として、各ビームラインの特徴的な取り組みについて、具体的な測定例をご紹介いただいた。

野崎先生は、高分子結晶の融点が結晶の秩序性や結晶ラメラ厚に依存するのではないかとという点に注目し、これを検証するために、独自に開発された温度ジャンプ法とシンクロトロン光を利用した X 線小角散乱法と X 線広角散乱法を融合し、過去2年間で20日間の利用をなされた。その結果、基本的ないくつかの種類の高分子の融解温度を訂正することが可能となったことが報告され、成果を出すためには利用者と施設との連携が重要であることを主張された。また、喜多條先生は、リチウムイオン2次電池の正極材料の開発において、X線吸収スペクトルのその場観察を実現するために、施設と共同で in-situ 反応セルや大気非暴露 XANES 測定装置の開発が行われた。その結果、鉄系コンバージョン正極の FeS₂ において、2段階の反応が進んでいることなどの報告があった。この発表においても、成果に結びつけるためには長期間にわたる施設との共同作業の必要性について強調された。

高橋先生からは、佐賀大学シンクロトロン光応用研究センターが持つナノスケール表面ダイナミクスビームライン (BL13) と、そこに設置された光電子分光装置の特徴や、大学組織内の研究活動に留まらず学外にも広く開放している共同利用支援に関する説明がなされた。また、半導体ヘテロ構造のバンドアライメントの同定、非整合周期をもった CDW 相のフェルミ面、遷移金属酸化物ナノ結晶での金属絶縁体転移、トポロジカル半導体の電子状態、グラフェンへの金属インターカレーションなどの成果についての紹介がなされた。小椎尾先生からは、比較的 X 線のエネルギー

ギーが低いテンダー X 線 (2~4 keV) を利用した高分子材料の構造に関する研究例の紹介がなされた。この研究では、試料や検出器を含め実験系は全て真空下、あるいは He 雰囲気下に置かれ、X 線と物質との相互作用がより大きいことの特徴を生かした研究が進められていた。佐賀大学、九州大学のこのような取り組みは、供用ビームラインである SAGA-LS のビームラインでは行うことができない、大学としての特徴を生かした研究成果につながっており、今後の施設とのさらなる強固な連携が望まれると感じ

た。

最後に、SAGA-LS 所長の石橋正彦から、開所から13年が過ぎようとしている SAGA-LS のさらなる発展に向けた今後の取り組みについての紹介がなされた。地方自治体を持つシンクロトロン光施設として地域産業発展への貢献や、そのための産学官のバランスの良い相乗効果を生んでいく共同の必要性についてまとめ、盛会のうちに終わった。