ISSP 国際ワークショップ

「11th Annual Ambient Pressure X-ray Photoelectron Spectroscopy Workshop (APXPS 2024)」の報告

標記の ISSP 国際ワークショップが 2024 年 12 月 3 日から 6 日の期間、開催された。東京大学の仙台オフィスがある東北大学キャンパスの中の片平さくらホールにて対面参加で実施され、物性研究所に所属する方についてはオンライン参加もできた。日本も含めて 19 か国から研究者が集い、参加人数は 123 名と予想を大幅に超える数となった。現地実行委員は山本達氏(東北大学)、近藤寛氏(慶應義塾大学)、虻川匡司氏(東北大学)、高木康多氏(高輝度光科学研究センター)、小板谷貴典氏(京都大学)、湯川龍氏(東北大学)、豊島遼氏(東京大学)、堀尾眞史氏(東京大学)、松田巌(東京大学:世話人代表)の 9 名である。APXPS 2024 の開催内容はホームページ*にて公開している。

最近、実材料を動作環境下で直接観測するオペランド計測が不可欠になっており、物性研究所においても化学反応過程をリアルタイムで追跡できる雰囲気 X 線光電子分光 (APXPS)法の開発及び共同利用が放射光施設 SPring-8 ビームラインで実施されてきた。本手法の技術及び利用研究は世界的に実施されており、本手法を専門に扱う本国際ワークショップ(APXPS Workshop)も 2014 年から毎年開催されてきた。2024 年のワークショップが初めての日本開催となり、さらに同年 4 月からは新放射光施設NanoTerasuの運用が開始された。同施設では物性研究所の最先端の APXPS 装置も開発・整備されていることから、この機会に ISSP 国際ワークショップを開催し、海外有識者に本装置を紹介しつつ国際ハブ拠点としての研究者ネットワークの構築を図った。

本ワークショップの 4 日間の開催期間中、2 つの基調講演、13 の口頭発表セッション(招待講演+一般講演)、ポスター発表セッションが実施された。各日の様子は以下の通りである。

1日目 会議初日は午後より開始された。まず、千葉大地センター長(東北大学国際放射光イノベーション・スマート研究センター(SRIS))より開会挨拶を頂き、共同主催者の山本達氏(東北大学 SRIS)からワークショップの趣旨説明が行われた。

開始セッション「Technical innovations in operando spectroscopy」では、オペランド計測における技術革新を主題にした講演が行われた。Serena DeBeer 氏(Max

Planck Institute for Chemical Energy Conversion)による 基調講演が行われ、NH3を合成・分解する酵素の反応機構についてX線分光をはじめとした実験と理論計算の両面から解明した研究が紹介された。続いて世界の放射光施設 (PF, SPring-8, SSRF, ALS, MAX IV, PETRA III, SOLARIS, NanoTerasu)における APXPS および雰囲気 X線吸収分光 APXAS の計測技術の最新の状況について報告が行われた。招待講演として山本達氏(東北大学)から NanoTerasu および日本の APXPS コミュニティについてレビューが行われ、物性研究所が現在NanoTerasuで開発を進めている軟 X線 APXPS 装置も紹介された。また、協賛企業の内、希望のあった3社(SPECS社、東京インスツルメンツ社、トヤマ社)から、各社の最新の製品開発や応用例についてご講演を頂いた。

これらの講演後、ポスターセッションが実施された。オペランド計測の多岐にわたるテーマに関して計 38 件のポスター発表が行われ、参加者の間で多くの議論が交わされていた。

午後の「In Situ Observations on Metals and Alloys」セッションでは、Pt 合金の表面金属酸化物形成を AP-XPS と AP-STM (走査型トンネル顕微鏡) を組み合わせた研究について、Bongjin Simon Mun 氏(Gwangju Inst. of Science & Technology)による招待講演が行われた。PdAu合金でのアルキン水素化、NiTe2表面での脱水素、Niナノ粒子の酸素発生反応などが議論された。続いての「In Situ Observations on Functional Materials」セッションでは、界面活性剤の影響や水溶液中の有機分子の水素結合

の様相や分子活性化メカニズムについての発表がなされた。同セッションでの Erik Vesselli 氏(University of Trieste) による招待講演では、2 次元バイオミメティック機能材料についての研究が発表された。このようにガス雰囲気下における幅広い条件下での計測技術や測定結果が報告され、盛況のうちに講演プログラムが終了した。多面的なオペランド計測手法や機能材料解析の重要性について多くの質問・意見交換を交わされ、活発な議論が行われた。

当日夕方からは東北大学青葉山新キャンパス内に設置された NanoTerasu の見学ツアーが実施された。NanoTerasu までの移動はバスで行った。量子科学技術研究開発機構 (QST)の加道雅孝氏に本施設を紹介していただき、虻川匡司氏(東北大学)には各ビームラインを詳細に解説していただいた。さらに宮脇淳氏(QST)と堀尾眞史氏(東京大学)から、BL02Uの RIXS 装置と BL08Uの APXPS 装置についてそれぞれ紹介をしていただいた。本見学ツアーには 103 名の参加があった。

③ 目目 「In Situ Observations at Liquid- Solid Interfaces」、「In Situ Observations on Electrocatalyst Surfaces and Interfaces」、「In Situ Observations during Reactions with Oxygen」、「In Situ Observations on Catalysts and Electrodes」の各セッションが実施された。Julia Kunze-Liebhäuser 氏(University of Innsbruck)、Christoph Baeumer 氏(University of Twente)、Luca Artiglia 氏(Paul Scherrer)、Ethan Crumlin 氏(Lawrence Berkeley National Laboratory)による招待講演があった。

当日は電極触媒に焦点を当てた電気化学分野の講演が多く行われた。水分解反応や温室効果ガス還元反応の触媒、さらには電池の電極材料をターゲットに、固体材料と水/電解溶液との間の固液界面における化学状態を観測した研究が報告された。界面の静的な状態のみならず、電圧印加や紫外線照射といった実際の動作環境下での化学状態の変遷が追跡されていた。複合体触媒内での電荷移動や、触媒ー電解液界面における化学結合変化、反応物・中間体の形成が動作ステップに応じて明らかにされ、反応過程やその律速に関する具体的な知見がもたらされていた。固液界面の測定手法についても様々な取り組みの紹介があった。測定槽中で電極を電解液に浸した後に持ち上げる"dip-and-pull"法や、溶液を閉じ込めながら X 線や光電子を透過する溶液セルの開発など、個々の目的や装置の特性に応じた工夫が凝らされていた。電子の脱出深さの影響で、従来の

固液界面測定は高エネルギーのX線を利用可能な放射光施設に限られてきたが、実験室でのX線管を用いた固液界面測定技術が報告され、電気化学分野の研究においてAPXPSがこれまで以上に身近なものとして普及する可能性が示された。

夜にはウェスティンホテル仙台にてバンケットが催され、 総勢 98 名の参加があった。宮城県産の地酒が振る舞われ、 参加者が思い思いの銘柄を手に取り会話に花を咲かせる様 子が見られた。会の途中で APXPS 2024 Best Student Poster Awards 受賞者として Chaimaa Fikry氏 (Uppsala University)と Ting-Yun Cheng 氏 (National Taiwan University)の 2 名の発表があり、実行委員長及び Georg Held 氏(Diamond Light Source)より賞状と記念品が授与 された。

4 日 目 [Real Applications in Environmental Science] と「In Situ Observations on Metal Oxides」のセッショ ンが行われた。前者のセッションでは Nønne Prisle 氏 (University of Oulu)による招待講演があり、APXPSによ る電子状態の測定によってエアロゾルと大気の界面につい て分子レベルでの解析を行なった研究が発表された。同セ ッションではグラフェン窓を用いた測定セルによって 4 bar での Fischer-Tropsch 合成の XPS および XAS(X 線 吸収分光)の研究があった。反応場とアナライザーをグラ フェン膜で物理的に区切ることによって、試料から放出さ れた光電子のガスによる散乱を抑え、より高いガス雰囲気 下の試料の測定を達成していた。後者のセッションでは一 般講演の中で VO_x/MXene 触媒上の-O や-OH の官能基の APXPSによる研究発表があった。CH4/O2ガス下で加熱し た際の変化をオペランド計測しており、C1sを測定するこ とによって表面の化学状態を分析していた。また別の講演 では NAP-XPS と NAP-STM を組み合わせて Ru/CeO2 触 媒の分析し、温度の上昇により Ru が酸化し表面分散し、 また Ru の価数も 4 価以上の高酸化状態であることを示し ていた。4 日目のふたつのセッションだけでも、APXPS の対象とする系が多岐にわたっており、本手法を用いたガ ス雰囲気下や溶液下での分析の重要性がよくわかった。

* 以上のワークショップのプログラムは以下の URL より 閲覧することができる。

https://apxps2024.jp/index.html

APXPS 装置の技術は放射光の発展と共に急激に進歩し、 本研究会でも多数の技術開発の講演があった。一方で、触 媒化学、電気化学、大気化学分野での利用研究の発表も多 く、本手法が世界中で活用され、各国の科学技術の発展に 大きく寄与していることが感じられた。

研究会後の 12 月 9 日に招待講演者の Bongjin Simon Mun 氏を東京大学柏キャンパスへお招きし、対面でセミ ナーを行った。セミナー室には 30 名近くの聴衆が集まり、 活発な議論も行われ大変盛況なものとなった。

最後に、研究会運営にご尽力いただいた世話人の先生方 や物性研究所の事務スタッフ、そして現場を支えてくれた 大学院生の皆様に深く感謝申し上げる。

(文責:ワークショップ世話人代表 松田巌)



ワークショップにおける集合写真(2024年12月4日)