

## 15th International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure (ICESS-15) 会議報告

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター 産業利用・産学連携推進室  
安野 聡

公益財団法人高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター  
木下 豊彦

### 1. はじめに

2023年8月21日～25日にフィンランド オウルにて、ICESS-15 (15th International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure) が開催された<sup>1)</sup>。ICESSは「電子構造」とそれを調べるための「電子分光」に関連した研究が主として議論される会議である。1971年に電子分光会議 (ICES: International Conference on Electron Spectroscopy) として開催され、その後、電子構造をはじめ、現在では吸収分光や発光分光、また走査トンネル顕微鏡などのコミュニティが集まり、現在ではこれらに関連した幅広い分野の研究報告が取り上げられている。近年では2012年にフランスのサン・マロ、2015年にアメリカのニューヨーク、2018年に中国の上海で開催され、3年ごとに欧州、北米、アジアと順番に開催されている。本来であれば2021年に欧州であるフィンランド オウルでの開催が予定されていたが、新型コロナウイルスの世界的な感染拡大による影響とIAB (International Advisory Board) から対面形式での開催が強く要望された結果、開催時期を2年延期して2023年にオンサイトでの開催となった。また本会議に近い話題が議論されるVUVX 2023 (41st International Conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics、ブラジルで開催) とのオーバーラップをさけるため、今回の日程での開催の運びとなったようである。

今回の会議は、オウル大学 (University of Oulu) により主催され、Co-ChairsをUniversity of OuluのMarko Huttula氏、Lund UniversityのJoachim Schnadt氏、University of OuluのMinna Patanen氏が務められた。写真1に会場となったUniversity of



写真1 ICESS-15が開催されたUniversity of Ouluの外観写真。

Oulu メインキャンパスの外観写真を示す。本大学はオウル市の中心部から北に約6 kmのLinnanmaaに位置している。会期中における市街から大学までの主な移動は、主催者側が朝夕にそれぞれ2便ずつ準備したシャトルバスを利用することができ、不慣れた公共交通機関を利用する必要がなく大変便利であった。

会議は24か国から170名余りの参加があり、27%は女性の参加であった。主な参加国で人数の多かったところはフィンランド、スウェーデン、ドイツ、オランダ、日本であった。通常は300名近い参加者が期待される会議であるが、新型コロナウイルスの影響やウクライナ情勢の影響で参加者が少なかったのではないかと推察された。日本からの参加者も以前では40名前後が参加することが常であったが、上記理由に加えて円安やインフレの影響により特に学生の参加者が少なかったのが大変残念であった。一方で対面形式であったこと、また参加者が少なかったことが幸いして各所において密度の濃い議論ができていたように思う。



写真2 Marko Huttula 氏により Climate compensation of ICES participants traveling to Oulu in 2023 が説明された時の様子。

オープニングで、Co-Chairs の Marco Huttula 氏より挨拶があり、近年のサステナビリティへの社会的責務に鑑みて、環境に配慮した会議を目指す必要があることから Climate compensation of ICES participants traveling to Oulu in 2023 として、参加者の数に見合うだけの二酸化炭素を吸収するため（旅程などを念頭においていると推定）、オウル南方の森林で行われた 190 本の松の木の植樹について紹介されたことが特徴的であった（写真2）。

## 2. 会議の概要

会議の日程は、全日の午前前半にシングルでの Plenary session、以降は基本的に平行での口頭発表で構成され、他に 2 日目午後の Poster session と最終日の C. S. Fadley 氏を偲ぶ Memorial session が設定されており、各々の分野における研究報告と議論が



写真3 Plenary と口頭発表が行われた会場（Saalasti Hall）の様子。



写真4 セッションが平行で開かれる場合に使用された講義室（Lecture hall L2）の様子。

進められた。写真3 および写真4 に口頭発表が行われた会場の様子、写真5 にポスター会場の様子を示す。

本会議の講演分類としては、基礎物性に重きをおいた AMO (Atomic, Molecular, Optical physics) や Theory、実用材料への応用やオペランド測定に関する報告が多かった Material & surface science、Ambient & *in-situ* spectroscopy、その他、評価技術で分類した RIXS (Resonant Inelastic X-ray Scattering)、HAXPES (Hard X-ray photoelectron spectroscopy)、STM (Scanning Tunneling Microscope) & related techniques、FEL (Free Electron Laser)、測定対象で分類した Correlated systems & superconductors、Spin and magnetism など、幅広い分野に関するセッションが用意された（講演分類を表1に示す）。

本会議の全講演件数は Plenary session が 10 件、口頭発表が 57 件（うち招待講演 25 件）、Poster session

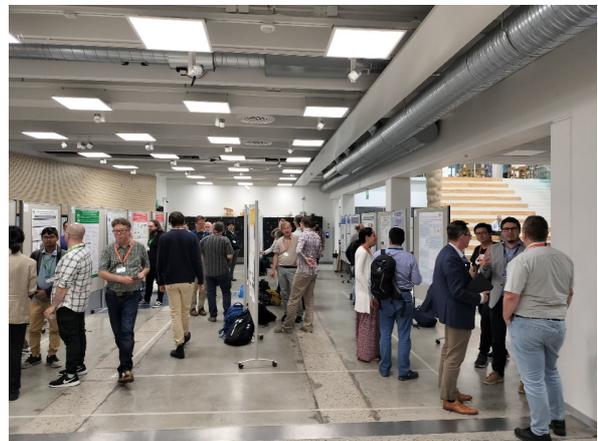


写真5 ポスター会場（Agora）の様子。

表1 ICESS-15の講演分類

<p>■ Session</p> <p>Material &amp; surface science</p> <p>Correlated systems &amp; superconductors</p> <p>Dynamics</p> <p>AMO</p> <p>Spin and magnetism</p> <p>HAXPES</p> <p>Spectromicroscopy/Microspectroscopy</p> <p>Ambient &amp; <i>in-situ</i> spectroscopy</p> <p>Theory</p> <p>RIXS</p> <p>Material science methods</p> <p>FEL</p> <p>HHG</p> <p>Liquids</p> <p>STM &amp; related techniques</p> <p>Enviromental molecular science</p>
<p>■ Chuck Fadley Memorial session</p> <p>Photoelectron diffraction</p>

が66件であった。発表時間は質疑応答を入れて招待講演が30分、一般講演が20分となっていて、各セッションの最初に招待講演が1~2件あり、その後一般講演が2~3件続く形式で、1つのセッションの時間は2時間程度になっていた。前述の通り、研究分野、対象が非常に広範であり、普段触れる機会の少ない分野については、講演内容や研究結果を理解するのに大変苦労することも多かったが、一方で Plenary session や招待講演については、最先端の結果は当然のこと、現在に至るまでの研究の経緯やベースとなる物理に関する内容を分かりやすくまとめた講演も多く大変参考になった。

### 3. 会議の内容の概要

#### ・8/21 (月曜日)

初日の Plenary session では、Sogang University の Hyunjung Kim 氏より、Pohang の FEL を用いた触媒の構造の時間分解の観察結果の報告があった。NO<sub>x</sub> の還元中に起こる ZSM-5 ゼオライトへの Cu の拡散と置換の現象を捉えるなど、かなり先端的なデータが出ていよう感銘を受けた。Spin & magnetism session

では、University of Münster の Markus Donath 氏から、HiSOR を利用した Re(0001)表面の ARPES (Angle-resolved Photoemission Spectroscopy) 測定によるショックレー準位とタム準位の起源についての議論がされていた。Material & surface science session では Momentum microscope の講演が2つあった。Stony Brook University の Alice Kunin 氏によるレーザー励起、もう一つは Johannes Gutenberg University の Olena Tkach 氏による DESY での HXPED (Hard X-ray Photoelectron Diffraction) への応用であった。空間、運動量、エネルギー、スピンを分解したスペクトルが一気にとれることが特徴で、前者では層状化合物を積み重ねた界面におけるエキシトンの振る舞いが、後者では円偏光で表れる2色性の議論に新規性があり大変興味深かった。

初日の夜に DESY の Wolfgang Eberhardt 氏による Public lecture が行われた。講義では、Designing the energy system of the future と題し、カーボンフリーの世界を目指すために力を入れて研究開発すべき課題が細かい統計の数字も使いながら詳細に議論された。本も出版されており会場において10ユーロで販売されていた。その後、オウル市長主催のレセプションが開催された。市長のあいさつでは、フィンランドが世界で一番過ごしやすい国として評価されていること、オウルは、ヨーロッパの中堅都市の中でも暮らしやすい都市として高い評価を受けていること、などが歓迎の挨拶として述べられた。

#### ・8/22 (火曜日)

Plenary session は東京大学 物性研の近藤 猛氏から、レーザー励起の高分解能スピン分解 ARPES で Exotic magnet の物性研究として Ba<sub>2</sub>Ca<sub>4</sub>Cu<sub>5</sub>O<sub>10</sub>(F,O)<sub>2</sub> の Fermi pockets の観察や CeSb における Devil's staircase transition のメカニズム解明などについて紹介された。また、台湾 National Synchrotron Radiation Research Center の Di-Jing Huang 氏からは RIXS によるクプラート超伝導体の La<sub>2-x</sub>Sr<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub> や Bi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>CaCu<sub>2</sub>O、Spin-orbit material の CuAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> についての詳細な電子構造評価の結果について発表されていた。同日では特に RIXS/SXES (Soft X-ray emission spectroscopy) の成果の発表が目立ってい

たように感じた。実際に RIXS session において、東京大学 物性研の原田 慈久氏や KTH Royal Institute of Technology の Faris Gel'Mukhanov 氏らの発表にあったように、固体、原子分子、溶液への応用が広がっている様子が目についた。他、FEL による RIXS や 発光分光の利用もだんだん盛んになっているようであり、Uppsala University の Jan-Erik Rubensson 氏が発光分光を用いた Ne 原子のイオン化ダイナミクスについて Poster session で報告を行っていた。

Material science methods session では、Karlsruhe Institute of Technology の Constantin Wansorra 氏から XPS および HAXPES のおける低～高エネルギー (10 keV) 領域における光イオン化断面積について実測といくつかの理論計算値を比較した結果についての報告があった。本会議においてこのような基礎的なデータ収集に関する取り組みは珍しいものと感じたが、現在、実用的な表面分析として広がりを見せる HAXPES の定量分析には必須なデータであり、今後さらさらこのような取り組みが増えることに期待したい。

2 日目午後からは Poster session が実施された。内容はかなりバラエティーに富んでおり、評価手法としては、XAS (X-ray absorption spectroscopy)、RIXS、XPS (X-ray photoelectron spectroscopy)、ARPES、AP-XPS (Ambient pressure-XPS)、HAXPES などの評価手法のほか、放射光施設のビームラインに関する報告があった。研究対象の材料に重きをおいたものもあり、2D マテリアル、Li イオン二次電池、触媒などに関する報告も見られた。その他、計算関連や Core-hole clock など興味を引く報告も見られたが、筆者らは自身の Poster session や IAB 会合があったため、Poster session に関してはほとんど聴講することができなかつたことは大変残念であった。

#### ・8/23 (水曜日)

Plenary session では、DESY の Simone Techert 氏による報告が行われ、Water splitting 発現時におけるペロブスカイト型構造を持つ触媒材料について、*in-situ* RIXS により電子状態を明らかにしていた。光電子を捉える光電子分光に比べて、光 (X 線) を検出する RIXS は、その場計測の実現性や汎用性の点で利点

があると実感した。これは先述した 2 日目の RIXS のセッションでも同様の傾向が見られており、改めてその汎用性の高さを窺い知ることとなった。Ambient & *in-situ* spectroscopy session では、Institute of the Max Planck Society の Hendrik Bluhm 氏から、Liquid-Vapor Interfaces について報告があり、エアロゾルによる微量ガスの取り込みと放出、および海洋による CO<sub>2</sub> 隔離と光電子分光にしてはかなりスケールの大きな背景について説明があり大変興味深かった。溶液中の塩分や溶質濃度に依存した溶液界面におけるガス種の吸着状態を AP-XPS により明らかにしていた。他、Lund University の Esko Kokkonen 氏からは AP-XPS のエンドステーションへ Atomic layer deposition 装置を組み込み、酸化膜の成膜過程の観察へ応用した報告があった。AP-XPS や AP-HAXPES について、果敢に様々な現象や対象へ応用する姿勢に刺激を受けるとともに、同技術が適用できる分野、現象の潜在的な可能性の広さに改めて感心した。

#### ・8/24 (木曜日)

Plenary session では Aalto University の Patrick Rinke 氏から、AI や machine learning をスペクトルの予測と材料特性・構造の予測に適用させた研究報告があった。リグニン (フェノール性化合物) における NMR (Nuclear Magnetic Resonance) の分析結果から、機械学習によって抗酸化活性などの特性を予測し、バイオベース・プラットフォームケミカルへ重合させるための最適な処理条件 (量や温度など) を抽出することに成功したとのこと。本会議では、本報告のような AI や機械学習に関する報告はまだそれほど多くなかつたが、今後このような報告事例も増えてくるのではないかと実感した。

HAXPES session では、Sorbonne Université の Tatiana Marchenko 氏から、気相チオフェンおよび固体有機物の Post-collision interaction (PCI) effect におけるオージェ電子スペクトルの励起 X 線エネルギー依存性による評価事例の報告があった。PCI に起因するピークシフトが光電子の散乱に起因する電荷の遮蔽効果によるものと理論モデルと実験値の比較から結論づけている。他、高輝度光科学研究センター

の Ibrahima Gueye 氏からは、ペロブスカイト型太陽電池のオペランド計測による、試料構造に起因した劣化機構の解明、KTH Royal Institute of Technology の Fredrik O. L. Johansson 氏からは、共鳴オージェ分光法を使用して、Au、Ag、Cu に吸着された Xe の無放射減衰過程を観察し、Core-hole clock に基づく理論から減衰過程の違いを基材依存性から考察していた。

## ・8/25 (金曜日)

Plenary では TOF 型の Momentum microscopy を HARPES や HXPDP へ応用した事例について、Johannes Gutenberg University の Gerd Schönhense 氏から報告があった。特に HXPDP ではグラフィイトをはじめ、GaAs、SrTiO<sub>3</sub> など様々な材料へ応用しており、XRD にはない元素選択性から構造を詳細に議論できる有用な評価であることを改めて実感した。その他、光電子ホログラフィの話が奈良先端大学院大学の松下 智裕氏が行った。両方の話題とも、この分野で先導的な役割を果たされ、4 年前に亡くなられた C. S. Fadley 氏の光電子回折現象の研究の功績に負うものが大きく、引き続いて行われた同氏の Memorial session でも一同その思いを新たにしていた。

## 4. おわりに

Closing remarks and awards では若手を対象とした ELSPEC Student Awards (Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena によって創設) と Poster session から選出されるポスター賞についての発表があった。例えば ELSPEC Student Awards の Uppsala University の Elin Berggren による有機高分子ヘテロジャンクションにおける Core-hole clock spectroscopy による電荷移動機構の解明をはじめ、どの受賞された研究内容においても、非常に洗練されよくまとめられた内容であったと思う。

次回は ALS (Advanced Light Source) やスタンフォードなどのアメリカ西海岸の施設の研究者を中心として 2 年後に (おそらく Berkeley で) 開催されることとなった。現地実行委員は Lawrence Berkeley National Laboratory の Eli Rotenberg 氏らを中心に行われる予定である。

## 参考文献

[ 1 ] <https://www.ices2021.com/>

### 安野 聡 YASUNO Satoshi

(公財) 高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター 産業利用・産学連携推進室  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0924  
e-mail : yasuno@spring8.or.jp

### 木下 豊彦 KINOSHITA Toyohiko

(公財) 高輝度光科学研究センター  
放射光利用研究基盤センター  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0802-3129  
e-mail : toyohiko@spring8.or.jp