

## MRM2023/IUMRS-ICA2023 Ground Meeting 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  
木下 豊彦、櫻井 吉晴

## 1. はじめに

2023年12月11日～16日に、京都の国際会館（写真1）を会場として、表記の国際会議が開催された<sup>1)</sup>。MRS-J (Material Research Society Japan) が主催団体となり、物質・材料科学の進展について議論する会議である。また、今回の会議は、International Union of Material Research Societies (IUMRS) のメンバーのうち、アジアのメンバーが毎年主催する会議との合同開催ともなった。前回の日本でのIUMRS-ICAは2014年に福岡で開催されたとのことである。前回のMRM<sup>2,3)</sup>は、横浜のパシフィコノースで開催され、その時はオンラインと対面とのハイブリッド開催であったが、今回は原則として対面形式の会議となり、活況を呈していたように思う。今回は九州大学の白谷正治教授が、組織委員長を務められ、実務は横浜国立大学の鈴木淳史教授が責任者として活躍された。我が国の材料科学系の学会、成果創出が縮小傾向にある中、分野横断的に関連学会の協力を仰ぎ、この会議を起爆剤に日本の材料科学の発展を促したいという目的は前回および前々回<sup>4,5)</sup>同様である。また、カーボンフリー社会の実現などの環境問題や持続可能性社会の実現に向けたトピックスを考慮しつつプログラム編成も組織委員会で議論された。

会場内では大ホールや、ポスター&企業展示会場を含め、22部屋ほどが貸切られており、A～GとSまでの8クラスター、各クラスターの中には4～5個のシンポジウムが企画された。MRMでは、少し異なる分野間での連携を促進することもその目的とされており、同一クラスターでは、Keynote speaker を推薦して合同セッションを行う形式は前回までと同様である。また、各シンポジウムは、それぞれ独立に口頭発表、およびポスター発表を設けた。

今回、(公財) 高輝度光科学研究センター (JASRI) が中心となり、A3 (Materials Research by Advanced



写真1 会場となった京都国際会館

analysis: Synchrotron radiation and Neutron methods) とB2 (Advanced Analysis for Fuel Cell Materials and Technologies) の2つのシンポジウムを企画した。それぞれ、A (Fundamentals) とB (Energy) クラスターに含まれるシンポジウムである。

今回の会議は、対面を原則とし、特に基調講演、招待講演者には会場に来ていただいたの講演を依頼する形をとった（シンポジウムによっては口頭発表をZoomで行っていた会場もあった）。また、基調講演者を選定する際に、なるべくカーボン・ニュートラルや持続可能性社会の実現に関する話題につながるような配慮もなされた。会場が京都であったこと、対面を原則とした会議であったことから、これまでの会議よりも非常に活発な様子が感じられた。2,000名を超える参加者があり、海外からの参加者は550名を超えたということであった。講演数は、1,860件であった。

京都国際会館は60年代後半に建設が始まった古い建物であるが、周りは山に囲まれ、宝ヶ池にも面した庭園が整備されており、会議に集中できる良い環境である。11日の午後から会議が始まり、組織委員長の九州大学の白谷正治教授の挨拶ののち、MRS-Jの会長である青山学院大学の重里有三教授、IUMRSを代表して

Oswaldo N. Oliveira 教授 (Universidade de São Paulo, Brasil)、ヨーロッパの MRS である E-MRS を代表して Juan Ramón Morante 所長 (IREC, Spain) が祝辞を述べられ、本格的な国際会議の様相を醸し出していた。

## 2. Plenary Talks

本会合における Plenary Talk は 7 件の講演が予定されていた。ガザ地区の紛争の影響で、イスラエルに関係の深い Alex Zunger 教授 (University of Colorado Boulder, USA) の来日がかなわずキャンセルとなったが、すべて印象深い講演であった。A3 シンポジウムからは、放射光を利用した様々な分光研究で興味深い成果を発表されている Kai Rossnagel 教授 (Kiel University, Germany) を推薦し、“Innovation in Materials and Soft X-ray Analytics: From Quantum to Networked” と題したご講演をいただいた (写真 2)。同時刻に別会場ではランチョンセミナーが開催されていたが、会場には 180 名余りの聴衆が集まった。Rossnagel 教授は、様々な物質の電子状態を、吸収分光、光電子分光で測定されている。本講演では、教授が研究対象とされている、遷移金属カルコゲナイド系の層状物質を重ねた時に現れる新しい物性、例えばモアレパターンが生じるとどのように興味深い物性が現れるのか、さらに、量子力学的に興味深い物性を示す物質の組み合わせ、ここではネットワークという言葉が使われていたが、それによって実際にどのように興味深い物質材料ができてくるのかなどを紹介された。現在ホットなトピックスとなっている様々な物性を示す物質と、それによって起こるイノベーションをうまくまとめられた講演で印象深く、会場からも時間を少し超過するまでいくつかの質問が出された。

SPring-8 を利用して様々な業績を発表されている東京大学の伊藤耕三教授は、電気自動車のボディや環境にやさしい釣り糸の開発など、専門外の聴衆にも興味を引くような話題を提供されて、多くの関心を集めていた。

初日の夕方には Business Lecture として堀場製作所の足立正之社長が登壇され、企業の立場として様々な産学連携を推進されている事例を紹介された。



写真 2 Rossnagel 教授の Plenary Talk

## 3. A3 Symposium “Materials Research by Advanced analysis: Synchrotron radiation and Neutron methods”

本シンポジウムでは、放射光、中性子、ミュオンなど大型施設における量子ビームを用いた物質材料の先端的な解析についての様々な講演を行っていただき、それぞれのビームの相互利用などについても議論の対象とした。12月12日～15日まで9個のオーラルセッションおよび、一つのポスターセッションの枠で議論がなされた。シンポジウムのオーラルセッションの会場には常時30名程度の聴講者が集まり、海外からの参加者の割合も比較的多かったように思う。また、国内に留学している外国籍の参加者も何名か見られ、英語での発表が、彼らにとっても情報交換のために非常に良い機会となっていることがうかがえた。以下に示す9件の招待講演、24件の口頭発表 (うち1件は残念ながらキャンセル)、30件のポスター発表があった。

12日の午前中の最初には CROSS 東海の柴山充弘センター長に招待講演をお願いした。“DNA hydrogels with predictable and controllable viscoelastic properties” と題し、生体親和性のあるゲル状物質の話題を講演された。引き続いての口頭発表ではポリマーやガラスなど、非結晶物質材料に対し様々な解析手法での研究事例が紹介された。午後には2つのセッションが実施された。招待講演者の Javier Campo 博士 (Spanish National Research Council; CSIC, Spain) は“New incommensurate magnetic phases in the multiferroic compound  $MnCr_2O_4$ ” と題し、放射光、中性子による解析でマルチフェロイックサンプルの研究の紹介をされた。同じく招待講演者の Alicia Manjón Sanz 博士 (Oak Ridge National Laboratory, USA) は、“Examining the structure-

property relationships of environmentally friendly functional ceramics using powder diffraction”として、 piezo効果を示す物質など機能性セラミックの研究事例を紹介された。放射光、中性子の相補性を強調されていた。口頭発表ではポリマー、電池材料など様々な物質に対し、放射光、中性子、ミュオンを利用した成果が報告された。

13日の午前中は物質のスペクトルの角度分布を測定する手法がメインのセッションとなった。招待講演者の Olena Fedchenko 博士 (Johannes Gutenberg University of Mainz, Germany) は“ToF-MM as a comprehensive tool for the analysis of the electronic and geometrical structure of materials”として、DESY や DIAMOND などで開催されている飛行時間型の Momentum Microscope 実験の実際とそれを利用した角度分解光電子分光によるバンドの可視化、光電子回折によるドーパントサイトの解析の実例などを示された。分子科学研究所の松井文彦教授は、UVSOR で立ち上げ中の Momentum Microscope の紹介をされた。その後の口頭発表では蛍光 X 線ホログラフィー、光電子ホログラフィー、中性子ホログラフィーなど関連する内容の報告があった。午後の2つのセッションでは、3名に招待講演をお願いした。Marc de Boissieu 博士 (Université Grenoble Alpes, CNRS) は、“Thermal conductivity, lattice dynamics and phonon lifetime in structurally complex materials”と題し、放射光や中性子散乱を利用した物質のフォノンダイナミクス研究の実例を紹介された。Alexander Föhlisch 教授 (Helmholtz Zentrum Berlin, Germany) は、“How exchange-energy thresholding of electron-phonon spin-flip scattering governs ultrafast (de)magnetization: Selective determination from core-hole-clock RIXS”というタイトルで磁性体の内殻励起に伴うスピントリップ現象とその寿命に関し、発光分光 (共鳴非弾性散乱) を利用した研究の紹介を行った。東京理科大学の小飼真人教授は、“Automated interpretation of magnetic domain image using feature extended Landau free energy model”として、パーシステントホモロジーの手法を用いて、欠陥のある磁性体における磁化反転の観察への応用を講演された。そのほかの口頭発表では、X線非弾性散乱を用いたフォノンの解析、XAFS や解説を用いた構造解析、自由電子レーザー-SACLA を



写真3 A3 シンポジウムの様子

用いた磁化ダイナミクスなどの話題などが報告された。

14日午前中はポスターセッションが実施された。ポスターセッションでは、発表賞 (事前の書面審査と当日の発表審査の2段階方式) が設けられたこともあり、若い人の講演が多かったように思う。特に茨城大学の量子線専攻の学生たちが何名か参加しており、中性子を利用した研究をいくつか発表されていた。また、物質・材料研究機構の石井真史博士からは、データベースに関する興味深い報告があった。石井氏はA3のみならず他のシンポジウムでも報告をされており、今後のデータ利用に関してのコミュニティの関わり方が重要である旨を強調されていた。

15日の午前中は主に構造材料に関する口頭発表のセッションを設けた。機械学習のほかトモグラフィ、ラミノグラフィといったイメージングの成果が報告された。午後のセッションでは主に磁性に関わる物質に関する討論が行われた。2件の招待講演を依頼した。Hendrik Ohldag 博士 (Lawrence Berkley National Laboratory, USA) は、“Visualizing Spin Currents with X-ray Microscopy”として、軟エックス線顕微鏡を用いたスピントロニクス研究の進展について講演された。Advanced light Source (ALS) の顕微鏡ビームラインの将来についても触れられていた。東北大学の岡本聡教授は、“3D visualization of the magnetic domain structure inside advanced Nd-Fe-B sintered magnets with Tb-diffused fine particles using X-ray magnetic tomography”として、SPring-8 で開発されてきた強磁性元素の磁気円二色性を利用した3次元磁区構造の観察について講演され、外国の研究者からの関心を集めていた。そのほかの口頭発表では、XMCD、スピン分解光電子分光による研究のほか、ミュオンによるスピン緩和の研究成果なども報告されていた。

各セッションでは、磁性で興味深い物質、ポリマー、ゲル、ガラスなどの非晶質物質など比較的関連のある物質のトピックスを集め、それらに対する様々な量子ビームを利用した分析についての議論が行われた。筆者にとっても普段あまりなじみのない中性子やミュオンで得られる情報について知見を得ることができ、今後の大型施設間の連携においても意義深いセッションになったことと思う。また、海外からの招待講演者からは、A3シンポジウムのみならず、ほかのシンポジウムの講演も大変興味深く、A3に常時参加できなかったことに対するお詫びのようなコメントも多数あった。これらは、むしろMRMのGrand Meetingの趣旨に合致するものであると思われ、今後さらに連携研究などが深まっていく機会になることを期待したい。

#### 4. B2 Symposium: “Advanced Analysis for Fuel Cell Materials and Technologies”

本シンポジウムは、Cluster B: Energyの下、燃料電池材料・技術の分析・解析をテーマとして開催された。カーボン・ニュートラルに向けた取り組みが世界的な規模で加速される中、量子ビームを用いた先端分析・解析技術が注目されている<sup>6)</sup>。12月13日、14日の2日間にわたって開催された本シンポジウムでは、合計で44件の発表があった。その内訳は、国内24件、海外20件（アジア（日本を除く）12件、欧州4件、米国4件）で、同研究分野の世界的な関心の高まりを反映して、海外機関からの発表が多いシンポジウムであった。

12月13日の午前は、今井英人博士（FC-Cubic）のOpening Remarkの後、山梨大学の内田裕之教授のシンポジウム・キーノート講演で始まった。講演内容は、Pt合金触媒の研究開発最前線の成果がテーマであり、燃料電池Pt合金ナノ粒子触媒において、安定で均質なPtスキン相の形成の重要性が強調された。単結晶電極を用いたX線散乱、XPSの研究、燃料電池の耐久性向上に不可欠な、OHラジカルの抑制機構の研究、などの成果報告があった。引き続き、2件の口頭発表があった。X. Xie氏（Charles University, Czech Republic）は、PtNiナノ粒子にAuを3-15%添加することで安定性が向上することを報告した。一方でAu添加により触媒活性が低下することから、最適なAu添加量を光電子分光による電子論的理解と組み合わせて報告した。Thi Ha



写真4 B2シンポジウム・キーノート講演の様子

My Pham氏（EPFL, Switzerland）は、 $\text{IrO}_2$ 、 $\text{RuO}_2$ に代わる酸素還元触媒  $\text{FeCo}$  酸化物のその場合成について報告した。電子顕微鏡観察、電気化学測定、オペランド・ラマン分光を用いて、FeがCoを置換することで酸素還元ポテンシャルが低くなることを報告した。

12月13日の午後は、3件のClusterキーノート講演に引き続き、本シンポジウムを含むポスターセッションがあった。触媒、電解質膜、量子ビーム計測に関する24件の発表があり、活発な議論と意見交換が行われた。

12月14日の午前のセッションは、電解質膜・アイオノマーの解析が主であった。Ahmet Kusoglu博士（LBL, USA）は燃料電池の耐久性の要となる電解質膜について放射X線による評価を報告した。小角X線散乱プロファイルのアイオノマーピークに着目した解析、斜入射配置での小角・広角X線散乱の有用性とX線異常散乱の活用についての報告があった。Yao Yang博士（UC Berkeley, USA）はオペランド・走査型透過電子顕微鏡観察と放射X線計測の併用によるアニオン交換膜形燃料電池用3d金属酸化物触媒の報告を行い、CoとMnのシナジー効果によるプロトン共役電子移動機構を提案した。立命館大学の折笠有基博士は、Ceクエンチャーの移動の様子を高エネルギー・マクロビーム蛍光X線分析法で観測し、各条件下でのCe拡散を議論した。本手法により、電解質膜の面直方向をサブミクロンの空間分解能で解析した。Jin Young Kim博士（Hydrogen Fuel Cell Research Center, KIST, Korea）は、電解質膜用のPFSA材料開発について講演をした。CROSSの鈴木淳市博士は小角中性子散乱によるカーボン担体、アイオノマーの構造解析を報告し、コントラストバリエーションによる湿度依存性の解析を議論した。大阪工業大学の平井智康博士は、膜の引張応答下での小

角 X 線散乱の結果から電解質膜の劣化を議論した。

12 月 14 日の午後前半セッションは、液水に関する講演が主であった。豊田中央研究所の瀬戸山大吾博士は中性子 TOF (Time-of-Flight) 法による中性子イメージングの報告をした。実機レベルの燃料電池セル中の液水と氷を識別した観察の結果について議論した。名古屋大学の松井公佑博士は、放射光 X 線イメージングの結果を報告し、加湿条件下での液水の可視化を議論した。Efrain E. Rodriguez 教授 (University of Maryland, USA) はペロブスカイト酸化物の酸素取込・放出過程の構造変化を放射光 X 線、中性子、電子顕微鏡で観察した結果を報告した。

12 月 14 日の午後後半のセッションは、Nozomi Shirato 博士 (ANL, USA) の Soft X-ray Scanning Tunneling microscopy の報告で始まった。エネルギー関連材料の環状分子の構造イメージング、化学状態イメージング、電子状態イメージングの可能性を示した。Arno Bergmann 博士 (Fritz-Haber-Institute, Germany) はオペランド放射光計測による電気化学的界面の構造について講演した。X 線回折、X 線吸収等を併用したマルチモーダル計測の重要性を強調した。Feng Ryan Wang 博士 (UCL, UK) はハイエントロピー合金のリガンドの歪みの影響について、電子顕微鏡、X 線吸収分光、共鳴非弾性 X 線散乱を用いた研究について報告した。Jessie Manopo 氏 (Institut Teknologi Bandung, Indonesia) は V ベース単原子触媒の可能性を計算に基づいて報告した。

全体をとおして、常時 30 名前後の聴衆が各セッションに参加しており、コロナ禍で開催された MRM2021 のシンポジウムに比べて活発な議論がなされ、燃料電池材料・技術に関する分析・解析分野での国際交流にも貢献できたシンポジウムであった。

## 5. 終わりに

会議終了後、何名かの参加者が SPring-8 キャンパスを訪れた。そのうち、Olena Fedochenko 博士 (Johannes Gutenberg University of Mainz, Germany) と、Leira Noohinejad 博士 (DESY) には、それぞれ第 307 回と 308 回の SPring-8 セミナーでの講演をお願いした。MRM 国際会議期間はビームタイム中であったため、会議に参加できなかった研究者とも貴重な情報交換、交流が行われたようである。

今回は、2 年後の 2025 年 12 月 8 日~13 日、前回同様横浜のパンフィコノースで開催される予定である。

最後に、本シンポジウムをオーガナイズするにあたりスポンサーになっていただいた組織・会社に感謝申し上げます。まず、(公財) 高輝度光科学研究センターには会議全体のスポンサーをお願いした。A3 シンポジウムには (公財) 高輝度光科学研究センター、SPring-8 利用推進協議会のほか、ツジ電子 (株)、真空光学 (株) および MB Scientific AB にご支援をいただいた。B2 シンポジウムでは、(公財) 高輝度光科学研究センター、SPring-8 利用推進協議会、高エネルギー加速器研究機構、FC-Cubic より Symposium Sponsor としてご支援いただき、また燃料電池実用化推進協議会、燃料電池開発情報センター、SPring-8 ユーザー共同体、SPring-8 利用推進協議会、日本放射光学会、日本中性子科学会、中性子産業利用推進協議会より Cooperating Organization としてご支援をいただいた。感謝を申し上げます。

## 参考文献

- [1] <https://mrm2023.jmru.org/>
- [2] <https://mrm2021.jmru.org/>
- [3] SPring-8/SACLA 利用者情報 Vol.27, No.1, p.20.
- [4] <https://mrm2019.jmru.org/>
- [5] SPring-8/SACLA 利用者情報 Vol.25, No.1, p.33.
- [6] [https://www.nedo.go.jp/library/battery\\_hydrogen.html](https://www.nedo.go.jp/library/battery_hydrogen.html)  
(NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ)

## 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 : 0791-58-0803 ext. 3219  
e-mail : toyohiko@spring8.or.jp

## 櫻井 吉晴 SAKURAI Yoshiharu

(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 : 0791-58-0803 ext. 3803  
e-mail : sakurai@spring8.or.jp