

談話室

## 21<sup>st</sup> International Conference on Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS XXI)の参加報告

堀 祐臣\*

古河電気工業株式会社 先端技術研究所 解析技術センター

〒 220-0073 神奈川県横浜市西区岡野 2-4-3

\*yujin.826.hori@furukawaelectric.com

(2018年3月31日受理)

2017年9月10日から15日にかけて、第21回二次イオン質量分析に関する国際会議(21st International Conference on Secondary Ion Mass Spectrometry, SIMS XXI)が開催され、これに参加した。2年に一度、ヨーロッパ、アジア、北米にて持ち回りで開催されている国際会議であり、今回はポーランドのクラクフ(Krakow)という街で開催された。会場は、ヤギェウォ大学(Jagiellonian University)の学外会議施設である Auditorium Maximum という場所で、観光名所が集まる旧市街地区まで徒歩10分程度と好ロケーションであった(Fig.1)。会期中は幾度か雨に見舞われることもあったが概ね好天気で、とくに13日の Excursion 時は快適に街歩きをすることができた。一方で気温は、日中は20度から30度まで変化し、夜は10度近くまで低下することもあった。そのせいか筆者は会議最終日の午後に風邪をひいてしまい、現地の薬局で風邪薬を探すことになったのも、今では良き思い出である。

クラクフという街は、もとはポーランド王国時代の首都であり、歴史の深い古都として知られている。とくに会場であったヤギェウォ大学は13世紀に設立されたポーランド最古の大学であり、ニコラウス・コペルニクスを輩出したことでも有名である。

Excursion では、旧市街にある大学の敷地の他にも、ヴァヴェル城や聖マリア教会などの名所も見学することができた。道中はクラクフの名物である琥珀や、かつてクラクフを襲ったとされているドラゴンをかたどったぬいぐるみなどを扱う露店が多く見受けられた。

筆者は9月10日のショートコースには参加しなかったため、ここでは9月11日からの5日間で聴講した内容についてのみ報告したいと思う。参加者数については Banquet にて報告されたデータに基づくと、34か国から362名が参加した(Table 1)。日本からは30名が参加し、アメリカ、ドイツ、イギリス、ポーランドに続き5番目に多い参加者数となった。次に、Fig.2に論文数を示す。口頭発表は184、ポスター発表件数は126であり、前回、前々回の SIMS 国際会議よりも論文数が若干増加していた。

会場である Auditorium Maximum 内には3つの講演会場が確保されていて、1つは参加者の全員を収容可能な Large Lecture Hall、もう2つは110人程度が収容できる講義室タイプの Medium Lecture Hall であった(Fig.3)。歴史のある街並みとは対照的に会場内の設備は非常に近代的であり、5日間を快適に過ごすことができた。これらを用いて、会議3日目



Figure 1. 会議会場外観と Krakow 旧市街の様子

Table 1. 参加者数の内訳

USA	46	Austria	7	Argentina	1
Germany	45	Czech	7	Denmark	1
United Kingdom	43	Australia	5	Egypt	1
Poland	38	Netherlands	4	Estonia	1
Japan	30	Switzerland	4	Hong Kong	1
France	23	Canada	3	Lebanon	1
Sweden	20	Luxembourg	3	Singapore	1
Korea	19	Croatia	2	Slovenia	1
Belgium	16	Ireland	2	South Africa	1
China	13	Russian	2	Uzbekistan	1
Italy	9	Ukraine	2		
Taiwan	8	Algeria	1	<b>Total</b>	<b>362</b>

までは3パラレルセッションで進行し、4日目以降は Medium Lecture Hall を1つに連結して Large Lecture Hall との2パラレルで進行していた。Fig.3の写真は講演中を避けて撮影したため少々寂しい風景となってしまったが、会議の中でもとくに注目されたセッションや講演には多くの聴衆が詰めかけた。例えば2日目の Industrial Session では一時的に立ち見が出る程の盛況振りとなり、100人程度の収容人数の部屋ではキャパシティ不足と思われることもあった。ポスターセッションは2日目、4日目に開催され、会期中の昼食会場として用いられていた別室にて行われた。こちらも2日間ともに多くの聴衆が詰め寄り、軽食を片手にリラックスした雰囲気での議論をすることができたと思う。2日目のポスターセッション発表者は Award の審査対象となっていたようで、受賞者は翌日の Banquet にて Conference Chair の Postawa 教授より表彰されていた。一方、3日目に企画された Vendors Session にはあまり聴衆が集まらず、発表者である Vendor にとっては寂しいセッションであったのではとの意見も聞こえた。

さて、個人的なことではあるが、筆者にとっては今回の SIMS 21 が初めて参加した SIMS 国際会議で

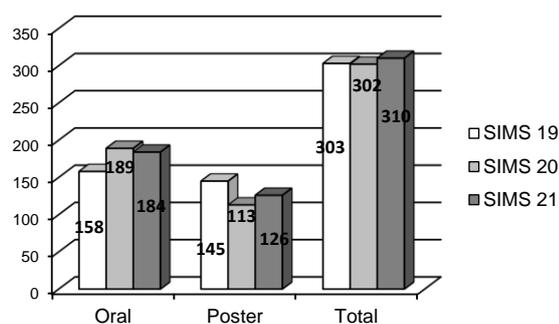


Figure 2. 論文数の内訳

あったため、その印象を述べておきたいと思う。まず、言うまでもないが、会議がカバーする材料分野、産業分野が広いという点には驚いた。これは分析手法を扱う会議全てに当てはまることだが、例えばエレクトロニクス分野の研究者がバイオ分野の研究を見聞きできる機会はそう多くないため、他分野に対しても広く知見を得ることができるのは分析技術に関する会議に参加する魅力の1つであると考え。また、SIMS に関する会議であるにも関わらず、最初の Plenary Talk が 3D Atom Probe Tomography に関する講演であったことにも驚いた。しかし、講演の後半では Atom Probe と NanoSIMS のイメージング結果を組み合わせながら材料評価を行っている例が紹介されていた。筆者としてはここで、SIMS 単独にとられるだけでなく他の手法との組み合わせを考えることも必要なのではと思われ、この考えは結果として後の聴講にも役立っていた。

会議自体は比較的にリラックスした雰囲気で行われ、かつ参加者の多くもとてもフレンドリーであったと感じた。これは Banquet におけるユニークなセレモニー群にも表れていたと思う。とくに、参加者によるバンド演奏のステージが開かれた学術会議は、筆者はこれまでに参加したことが無かった。さらに、Lunch, Coffee Break, Excursion などでは多くの日本人参加者と交流を深めることができたため、初めて SIMS 国際会議に参加した筆者でも心細い思いをせずに済んだことは非常にありがたかった。筆者個人の感想で恐縮ではあるが、海外研究者との会食にご招待いただいたり、さらには帰国後にも後述する SIMS 研究会への登壇に繋がったりと、自身の活動の幅を広げることになったと実感できた。会期中にお世話になった関係各位には改めて感謝申し上げるとともに、まだ SIMS 国際会議に参加したことの無

い読者に対しても今後の参加を促す材料になれば幸いである。

続いて、会議に内容について触れたいと思う。Table 2 は、セッションごとに集計した論文数である。最も論文数が多かったのは Cell and Tissue Imaging (OB3) であった。開催ごとにセッション分類が変わるため直接的な比較は難しいが、BioMedical Materials and Applications (OB4) と合わせてみると、前回、前々回の SIMS 国際会議からも引き続きバイオ分野の論文数が多かった。また、Industrial Applications (OA3) は、SIMS 20 での論文数からは 14 件も増加していた。これは、Industrial Session が企画されたためと思われる。口頭発表の 17 件は全て、Industrial Session に組み込まれていた。Table 2 内に示した単一のセッションとしては設けられていなかったが、筆者が社内で担当することの多い半導体分野の論文数も数えてみたところ、18 件であった。開催ごとに変動はあるものの、やはり全体を占める割合は少なくなってきたように思える。

ここからは、筆者が聴講した講演の中から、とくに Industrial Session の講演内容を取り上げたいと思う。不勉強のために理解しきれていない点も多いが、ご容赦いただきたい。

Industrial Session は、2 日目の午前と午後の時間に開催され、17 件の口頭発表があった。筆頭著者の所属で分類すると、企業からの発表が 10 件、大学からの発表が 5 件あり、さらに装置メーカーと受託分析会社から 1 件ずつの報告があった。産業分野は、鉄鋼、半導体、自動車、医療、化粧品、電池、有機薄膜、ガラスなど多岐に渡り、この構成を眺めるだけでも SIMS の適用範囲の広さが伺える。

Western Digital 社からの報告は、Hard Disk Drive の記憶容量高密度化・高速読み出しのためにディスクやヘッド表面には 10 nm 未満の平坦性が要求されており、その特性を左右する表面付着物の評価に

TOF-SIMS を用いるというものだった。表面に付着した有機物 (polypropylene と polyethylene) をフラグメントの強度比で識別するというもので、製造プロセス温度に対する変化を評価した例が紹介されていた。BAM 社からは、TOF-SIMS を用いて stainless steel 中の重水素を検出する例が報告されていた。重水素は、金属中のクラック箇所や粒界に局在しやすく、これを SIMS で検出するというものであったが、測定中に重水素が動かないように摂氏-50 度まで試料を冷却するなどの工夫をしていた。さらに、荷重試験を行いながらの TOF-SIMS 測定を行っていることに加え、同一試料を SEM, EBSD を用いながら多角的に評価していることも紹介されていた。続く、Manchester 大学からの発表でも、stainless steel 中の重水素を NanoSIMS で検出する例が紹介され、ここでも AFM や EBSD などの他手法での分析結果と比較しながら材料の評価を行っていた。SIMS のユニークな特徴の 1 つに水素、重水素が検出できるということが挙げられるが、一方で金属材料の評価技術には SEM や EBSD などすでに確立された手法が存在するのであろうから、これら既存の分析手法と SIMS との組み合わせを考えることも、材料開発における SIMS の適用先を広げるためのアプローチなのではと思われた。

ここまでの発表は、単一材料そのもの、またはそれを用いた製品の部品に対する SIMS 適用例であったが、より最終製品、使用形態に近い事例の報告もあった。例えば、Arcelor Mittal 社からの発表タイトルにある“Package”とは食品などの包装材のことであり、これら表面の元素分布の均一性を D-SIMS マッピングで評価する例が紹介されていた。予稿集に示されていた金属元素のマッピング像は IMS 7f で測定されたもので、表面に不均一な元素分布が見られた場合には品質に問題があるなどの判定に役立っているとのことであった。また、Kao 社からは、



Figure 3. 講演会場の様子

Table 2. セッション毎の論文数内訳

Code	Session	Oral	Poster	Total
FN	Sputtering/Desorption/Ionization processes	11	12	23
FN2	Data processing, Analysis and Interpretation	11	3	14
FN3	Quantification, Metrology and Standardization	5	8	13
OA	Geology, Geo- and Cosmochemistry	5	8	13
OA2	Environment/Nuclear Safeguards/Forensics/Cultural Heritage	10	10	20
OA3	Industrial Applications	17	6	23
OB1	Depth Profiling/Organics	11	5	16
OB2	Polymers and Organic Coatings	8	7	15
OB3	Cell and Tissue Imaging	23	16	39
OB4	BioMedical Materials and Applications	9	4	13
PB1	Novel Techniques and Instrumentation (Novel Ion Sources, Novel Mass Spectrometers, Enhanced Spatial Resolution, Hybrid and Multimodal Instruments)	22	4	26
PB2	Enhanced Ionization Methodologies	5	4	9
PB3	New Strategies for Challenging Samples	10	5	15
RM	Ambient Mass Spectrometry/Atom Probe and Other Mass Spectrometries/Multitechnique Approach to Materials Characterization	5	3	8
SN1	Depth Profiling/Inorganics	13	11	24
SN2	Micro- and Optoelectronic Materials	6	10	16
SN3	Nanomaterials/Nanostructures	11	10	21
	Plenary	2	0	2
		184	126	310

自社の製品でトリートメントした髪の毛の表面そのものを TOF-SIMS で分析した例が紹介され、注目する分子構造のフラグメント強度が下がるといわゆる“ヘアダメージ”が残った状態であると評価しているとのことだった。これらの報告は、筆者を始め多くの聴衆にとって身近な製品そのものに対する SIMS の適用例であったために、とくに興味深かったのではないかと。

Industrial Session 中、最も聴衆が詰めかけたのは、Corning 社からの発表だったと思われる。自社のイオン交換ガラスの破断の瞬間をスローカメラで捉えた動画を交えながら自社の紹介をした後、分析事例を報告していた。予稿集に示されていた TOF-SIMS による 3D マッピング像は被覆付きの光ファイバ断面のもので、無機物、有機物両方を含む複合材料系を Ar-GCIB で深さ方向にスパッタしながら 3D 分析するというものであった。複合材料の分析については FUJIFILM 社や、Industrial Session 外では Namur 大学からも報告があり、彼らは C<sub>60</sub> と Ar-GCIB の組み合わせや、C<sub>60</sub> と低加速 Cs の組み合わせを用いてスパッタリングを行っていた。FUJIFILM 社の発表では、有機物、無機物の複合材料に対しては単体のイオン銃を使用するだけではダメージが残ってしまったが、これらを組み合わせることでデプスプロファイルにおける深さ方向分解能を改善したとの報告があった。近年、企業の分析部門に対しては、評価用のモデルサンプルではなく製品そのものを分析したいという要求が高まっている。しかし製品というのは単一の材料だけでも限らず、例えば半導体製品と

言ってもその中身は金属や樹脂など多様な材料が組み合わさった構成となるため、言い換えれば製品を分析するということは複合材料系を扱わなければならないということになる。このような複合材料系の扱いというのも、今後の産業における SIMS 適用先の拡大において重要となってくるのではと思われた。

以上が、一部ではあるが Industrial Session における講演内容と、それら聴講中に筆者が感じたことを簡単に述べたものである。筆者のような企業からの参加者にとっては、このように 1 つのセッションで各産業分野の講演を網羅的に聴ける機会は貴重であると思う。企業では学会聴講の際には、発表されていた技術が自社製品の分析にどう適用できるかを考えることが求められるが、産業応用例を網羅したセッションがあると、自社に関連が深い分野、馴染みが薄い分野を問わず、SIMS の様々な適用可能性を考えることができる。筆者個人としては、Industrial Session のおかげでこれらの情報が整理しやすくなり、さらには自社内での展開と議論を促進できたというプラス面があったと考えている。しかし、企業からの参加者にとってのみ有益なセッションであったかという点、それも異なると思う。上記で取り上げたように、SIMS 分析が扱う材料の多様性、他の分析手法との組み合わせ、実製品への応用可能性の議論に繋がるセッションであったはずで、SIMS の今後の発展を議論する上で重要な場となったのではないかと。よって、今回のような Industrial Session を今後も継続し、SIMS 国際会議への企業からの参加者と論文数を増やし、そこからさらに全体での議論

に繋げるような良い発展サイクルを構築できればいいのではと、未熟者ながらも考えた次第である。

以上が SIMS 21 の参加報告であるが、全体を網羅できず、筆者の興味のある分野に報告が偏ってしまったことについてはご容赦いただければ幸いである。また、会議終了後の 2017 年 11 月 16 日には、恒例の SIMS 21 報告会 (SIMS 研究会 10) が SISS (The Scientific International Symposium on SIMS and Related Techniques Based on Ion-Solid Interactions) 主催で東京理科大にて開催された。これは、SIMS 21 参加者の中からあらかじめ割り振られた取材担当者が、それぞれ取材を行ったセッションの論文や動向を紹介し合い、国際会議全体の情報を共有するという趣旨の会である。当然ながら一人では会議全体を網羅することはできないため、このように全体の動向を共有できる機会は貴重であった。

次回の SIMS 22 は、2019 年 10 月 20 日から 25 日にかけて、京都にて開催予定である。SIMS 21 と同様に、Industrial Session が企画される予定とのことである。同分野の研究者として、第一線の研究者との意見交換ができる貴重な交流の機会ととらえて、筆者を始め、国内企業の SIMS 担当者は参加、論文投稿を前向きに検討すべであると考えている。