

特集号「表面反応観察における大気圧光電子分光の現状，利用研究と展望」企画説明

吉越章隆（日本原子力研究開発機構）

小川修一（東北大学）

高桑雄二（東北大学）

光電子分光は、元素分析、電子状態、化学状態を知ることができる物質材料研究の実験手法の一つである。放射光を光源に用いると高エネルギー分解能かつ精密微量な分析が可能であるため、世界中の放射光施設には光電子分光装置が必ずと言ってよいほど設置されている。しかしながら、電子をプローブとするために真空という大きな制約がある。そのため、気体と固体表面の化学反応の“その場”観察への応用は限定的であった。ところが、差動排気を具備したビームラインおよび電子エネルギー分析器の開発によって状況が一変し、半導体表面プロセス環境中、触媒動作中、電池動作中、デバイス動作中などの表面を大気圧に迫る条件下でありのままに観察できる大気圧光電子分光〔AP (Ambient Pressure)-XPS, 雰囲気制御 XPS, 環境 XPS, オペランド光電子分光などと呼ばれる〕装置が、2000年ごろから世界の放射光施設で次々に稼働している。現在では、液体、液体と固体の固液界面の観察にも利用されている。このように、実環境“その場”観察が現実となり、大気圧光電子分光は表面反応の真の姿を捉えるツールとして必須なものとなってきた。また、近年では、実験室光源を使った大気圧光電子分光装置も市販され身近な分析ツールとなりつつある。今後、大気圧光電子分光は、基礎科学から産業応用の幅広い分野での利活用が期待されている。そこで、本特集号では、主に国内の放射光施設において大気圧光電子分光の装置開発、利用研究を推進および牽引されている国内の第一線の先生方に、気体と固体表面界面にフォーカスして、大気圧光電子分光観察の歴史、装置、利用研究例、世界の動向と将来展望に関してご執筆して頂いた。

本特集号では、最初に「X線光電子分光によるガス雰囲気中の表面反応観察：歴史、応用、課題、将来展望」と題して、高桑雄二氏（東北大）に、ガス導入中の固体表面反応の光電子分光観察、特に放射光を利用する意義と実施を開始した黎明期の状況を半導体プロセス研究への適用例を中心に大気圧光電子分光に至る歴史と将来の展望を俯瞰的にご紹介して頂いた。リアルタイム光電子分光が、静的表面観察に動的側面を加える表面研究のゲームチェンジャーとなったことを感じ取っていただけたらと思う。

豊島遼氏（慶応大）には、「AP-XPSによる機能性材料の表面過程の *in situ* 観察」と題して、PFにおいて進められてきたセンサや不均一触媒など、表面を利用する機能性材料のガス雰囲気下での観察をご紹介して頂いた。物質材料の機能の発現や維持につながる表面原子プロセスの解明にAP-XPSが極めて大きな威力を発揮することを感じ取れる記事となっている。

山本達氏（東北大）には、「雰囲気軟 X 線光電子分光を用いた触媒表面反応のオペランド計測」と題して、Spring-8の軟 X 線ビームラインにおいて進められてきた固体-気体（固気）界面のオペランド計測による不均一触媒反応メカニズムの解明に関する研究を、装置の詳細と特徴の説明を交えながらご紹介して頂いた。また、現在建設が進められている次世代放射光施設におけるオペランド計測の計画をご紹介して頂いた。

高木康多氏（JASRI）には「大気圧硬 X 線光電子分光による燃料電池電極の触媒反応分析」と題して、Spring-8の硬 X 線を使った大気圧光電子分光（AP-HAXPES）による燃料電池電極の触媒反応のオペランド測定に関してご紹介頂いた。大気圧光電子分光の装置開発の経緯とともに硬 X 線と軟 X 線の利用の違いを知ることもできる大変興味深い記事となっている。

最後に豊田智史氏（東北大）に「時空間分割角度分解 AP-XPS 法による多層積層薄膜界面の深さ方向解析」と題して、大気圧光電子分光（AP-XPS）を利用した多層積層薄膜界面の観察とその時空間深さ方向解析法をご紹介して頂いた。光電子分光のビッグデータのハンドリング、解析手法の開発ポイント、得られる情報、将来の方向性を執筆して頂いた。近年急速に要望の高まるマテリアル研究のDX化と相まって、光電子分光利用研究の更なる発展にとって避けることのできない極めて重要な研究開発分野と信じている。

本特集号が、放射光大気圧光電子分光による利用研究の道標となり、新たな研究の扉を開けるきっかけになることを願っている。