

特集「産業界での電子顕微鏡利用法と将来技術」の企画にあたって

杉山昌章^a, 朝山匡一郎^b^a新日本製鐵(株)先端技術研究所^b(株)ルネサステクノロジ解析技術開発部

キーワード：電子顕微鏡, 産業応用, 試料作製, 半導体, ソフトマテリアル

可視光から始まった顕微鏡はおよそ光源として利用できる殆ど全ての波動を応用し、さらには探針やその他の物理現象を用いた顕微手段をも取り込んで、新しい顕微鏡学としての領域を展開しつつある。その何れもが近代科学と産業の発展に直接・間接に寄与してきた。その中でも、電子顕微鏡と産業界の繋がりは深く、電子顕微鏡によってもたらされた物質科学の進展によって、近代産業が生み出した工業製品のマクロな機能や品質が、材料の微細構造に大きく依存していることが次第に明らかになってきた。また半導体産業の微細化の歴史は、製造工場に数多くの電子顕微鏡を他の製造機械と並べて導入するまでになった。まさに電子顕微鏡は、産業界に必須な基本的工業機器、また研究開発装置としての地位を確立してきたのである。

本特集では、最先端の電子顕微鏡技法を独自に研究応用される分野が増えている中で、半導体、誘電体（セラミックス）、ソフトマテリアル、鉄鋼、印刷・塗料という異なる産業分野を抽出し、各分野ならではの電子顕微鏡の活用事例と今後の展望や期待感について、各分野の第一線で活躍される方々に執筆頂いた。紙面の都合で取り上げる産業界や材料分野は限られてしまうが、以下、各分野からの執筆内容の主な視点をまとめる。

半導体分野では、とかく先端的な微細トランジスタの開発とそれを可視化する高性能な電子顕微鏡技術が注目されがちである。しかしながら半導体デバイスは電子機器に組み込まれて初めて実体製品となる。この実装技術こそが携帯電話に代表される電子機器の小型軽量化、高機能化を推進してきたのである。半導体デバイスを機器に組み込む実装技術と、電子材料における電子顕微鏡の活用を紹介する。

誘電体セラミックスは機能性材料として半導体デバイスと並ぶ電子機器の基本素子である。この誘電体の基本性能は分極の微細構造に支配される。電子顕微鏡によって評価できる対象は微細形状の観察と構成元素の分析だけではない。材料中の電場・磁場などポテンシャルに関する情報も観察対象である。分極ドメインを可視化するための特徴ある電子顕微鏡の開発と応用事例を紹介する。

高分子材料やこれらをベースにした有機系複合材料や触媒材料などの評価分野でも、積極的に電子顕微鏡が使われる。これらのソフトマテリアル分野では、試料作製段階から課題

も多く、観察時においても電子線ダメージの問題と常に対峙しなければならない。それらを工夫と高度な技術で克服しつつ、最先端のエネルギーフィルタ法や三次元観察法が積極的に実用分野で活用されている事例を紹介する。

鉄鋼材料のように大型製品でありながらナノレベルの組織制御が行なわれている技術分野では、局所領域を如何に観察していくかも重要であるが、同時に、ミクロンレベルの比較的中間領域の組織を把握しながら、同時にナノレベルの組織解析に迫りたいというニーズがある。このような視点から、最近の高性能 SEM が実用材料研究分野でどのように活用されているかを紹介する。特にその優れた観察能力を引き出すために要求される、従来の試料作製技術の枠を超えた最新の試料表面作製技術情報が含まれている。

最後に、印刷や塗料といった液体を扱うダイナミックな現象をナノレベルで制御したい分野での電子顕微鏡技術との関わりについて紹介する。ここでは、静的な観察だけでなく、時間変動するナノ組織を如何に観測するかの重要性が問われる。現状では、モノづくり製造現場で活用できるナノ構造からマクロ構造に発現する一連の挙動を、如何に「見る」「知る」という点では経験知に頼る部分も多いが、そこに少しずつ電子顕微鏡学で得られた知見が活用されつつある様子が伺える。また分析家の視点が問われることも強調され、今後の電子顕微鏡技術の発展をヒューマンインターフェースまで考慮する必要があるとする示唆に富んだ内容である。

これらの研究紹介事例が示すように、電子顕微鏡は産業の基盤技術を着実に支え、工業製品の機能と品質向上の歴史、またプロセス制御とその技術革新のために、一体となり歩み続けている。さらに産業界特有のニーズに答えるために、電子顕微鏡技術は単なる最先端ハード技術開発のみならず、試料作製方法から観察時の試料環境の改良、さらには他の分析手法との連携も考慮したシステム工学、人間工学の視点からの研究要素も期待されている。

本特集では産業界における電子顕微鏡の利用と将来技術について展望するが、これらの産業界からの声が、顕微鏡学会が取り扱う研究領域のさらなる拡大、新たな視点の追加をもたらし、さらには結果として、先端的電子顕微鏡がもたらす新たな産業イノベーションへと繋がることで、社会貢献につながる良いサイクルの確立へと展開することを期待する。