

## 特集にあたって

山下美香

(株)コーセー研究所基礎研究室分析グループ

キーワード：SEM, 二次電子, 検出器, 対物レンズ, 画像コントラスト, SCAN TECH

走査型電子顕微鏡 (SEM) は、1935年に M. Knoll によって原理が提案され、1960年代に商品化されたが、同じ電子顕微鏡である透過型電子顕微鏡 (TEM) の開発よりは30年ほど遅れていた。その後、分解能の向上を目的に、電子源としての FE 電子銃の開発や対物レンズの開発等により飛躍的な発展を遂げ、現在では、最高分解能 0.4 nm という高分解能 SEM が登場する一方で、試料へのダメージを軽減し、より生に近い状態を観察することを目的とした低真空 SEM あるいはクライオ SEM、極表面の観察を目的とした低加速 SEM、より身近に使える装置としての卓上型 SEM 等、試料の種類や観察目的に合わせて様々なタイプの SEM が市販されている。

最近の装置は、どのタイプでもパソコンによる装置制御が一般的であり、その結果、簡単な操作で試料の表面を詳細に可視化できるようになった。しかし、試料の本来の姿を把握するためには、電子顕微鏡の使用条件、電子線と試料の相互作用によって生じるコントラスト、ダメージ、コンタミネーション、ドリフト、チャージアップ等の基礎的な知識を元に、観察する試料とその目的によって最適な装置・試料作製方法を選択する必要がある。試料作製法に関しては、装置の発展と平行して、試料の固定・観察面の露出・導電性の付与等様々な検討・開発が行われてきており、数多くの文献や図書がある。

一方、低加速電圧での性能の向上により、導電性のない試料や薄膜等の試料の観察が可能になっている。しかし、試料構造が複雑化することで試料最表面の影響を大きく受けるため、ますます画像コントラストが多様化し、検出器でどの電子を検出するか、検出した電子をどの位置でどのように変換するか、で得られる像に差が生じるため、SEM 特有の画像コントラストを理解し、像解釈を正しく行うことが必要になる場面が増加している。

SEM の原理は、試料に電子線を照射して試料から発生する二次電子、あるいは後方散乱電子等を信号として検出器で検出し、画面上に試料の表面構造等の情報を映し出すことである。一般的に SEM に用いられているシンチレータータイプ検出器の基本は、1960年に Everhart と Thornley により開発された ET 検出器であり、ついで 1970年代に超高分解能 SEM 用として TTL 検出器 (Through The Lens) が開発された。一方で、従来のアウトレンズタイプに加え、インレンズタイプやシュノーケルレンズタイプ (セミインレンズタイプ) な

ど様々な対物レンズが開発された。こうしたレンズ方式の変化に伴い、二次電子検出器の配置や方式も変化した。最近では、検出器と対物レンズの組み合わせにより二次電子をエネルギーによって分別して検出するエネルギーフィルターの機能を有するようになり、それらの組み合わせ方によって得られる像に差が見られるようになった。さらに、検出器の位置によって試料に対する照明効果が変わってくることから、得られた像のコントラストを理解するためには、試料の特性だけでなく、検出器と対物レンズの組み合わせや検出器の位置などをきちんと把握する必要がある。

話が多少ずれるが、最近、筆者周囲の会話の中に「TEM による電子線トモグラフィーで三次元構造が観察できるので、SEM は不要」という話が聞こえてくる。しかしながら、SEM 像と電子線トモグラフィー像を同一視することはかなり無理がある一方、SEM を取り囲む形態学領域に確実に地殻変動が起こっていることは認識しておかなければならないようにも思われる。

以上のように SEM を取り巻く技術革新と観察対象となる試料の事情から SEM 周囲の環境が激しく変化してきたが、ユーザーの立場からはあまりにも複雑化してしまい、一この試料を SEM 観察するのに最適な SEM の条件は？—という、単純明快な答えが得難い時代になったのではないだろうか？

そこで、そのような思いをしているユーザーの一助となることを念頭に、2007年9月に開催された日本顕微鏡学会走査電子顕微鏡分科会主催の SCAN TECH 2007 において、データ解釈を失敗しないための基礎講座として、「入射電子の試料内振る舞いからみた SEM 画像」、「各種 SEM における電子検出法と像の見え方の違い」という主題のもと、日本電子、日立ハイテク、エスアイアイナノテクノロジー、日本エフイー・アイ 4 社による「各社検出器による SEM 像コントラストの違い」に関する講演を企画した。本特集は、その講演内容をまとめたものである。一ユーザーとしては、各社検出器の比較について、同一サンプルでのラウンドロビンテストの結果でないことは、はなはだ残念であるが、実際に講演を聴いた感想としては、各社の特色を理解するだけでも、得られる像のコントラストを理解するのに非常に有効であると思われた。

本特集が本学会員の SEM ユーザーのみならず、広く形態学研究のお役に立てれば幸いである。