

見えないものを見るように

森 博太郎

大阪大学



この秋、電子顕微鏡関係のいくつかの国際研究集会に参加する機会を得ました。そこで受けた最も強い印象は、装置の著しい多様化です。透過電子顕微鏡 (TEM および STEM) の加速電圧を一つの軸として眺めても、20 kV から 3000 kV まで実に広範な加速電圧を有する装置が開発され、応用されています。

ドイツの研究グループは、電子照射による原子はじき出し損傷 (ノックオンによる原子はじき出し) を抑制して軽元素からなる物質の原子分解能像を取得する目的から、20 kV 球面収差補正 TEM の開発に取り組んでいます。この顕微鏡により、グラフェンを構成する個々の炭素原子の TEM 観察、およびグラフェン中に意図的にドーピングされた窒素原子の TEM 観察に成功しています。コントラストの変調は数%ですが、美しい原子分解能像が得られています。また、我が国の研究グループは、原子尺度の 30 keV 電子プローブが得られる低加速 STEM を開発しています。この電子エネルギーでは、グラフェンのエッジに位置する炭素原子においてさえノックオン損傷が生じないために、安定に固定された1個のエッジ原子から電子エネルギー損失分光 (EELS) を測定することが可能となります。そうした計測からエッジ原子に特有の電子状態が明らかにされています。

加速電圧 200–300 kV の装置については、世界の電子顕微鏡メーカーにおいて収差補正技術の高度化が着実に進められる一方、試料室まわりの技術革新により観察対象が飛躍的に拡大しています。アメリカの分子生理学系の研究グループは、水中に置かれた試料を 4 nm の空間分解能で観察するための技術開発を 200 kV STEM を用いて行っています。極薄膜窒化珪素窓付シリコンチップを用いて、約 10 μm 厚さまでの水の層を内包・灌流できるカプセルが作製され、これを用いて繊維芽細胞の金粒子で標識された表皮成長因子の局在が観察されています。また、我が国の環境制御型電子顕微鏡の研究グループは、雰囲気試料室用の新しい差動排気システムを開発して球面収差補正付対物レンズと組み合わせ、加速電圧 200 kV、窒素ガス 1000 パスカルのもとで 0.12 nm の情報限界を達成しています。一方、イギリスと我が国の共同研究グループも、新規な雰囲気下観察用収差補正 TEM を開発して、高温気相一固相反応の原子尺度の観察をすすめています。さ

らに、我が国の固相変態の研究グループは、試料位置のみに局所的な高電場を印加しうるデバイスを作製して、電荷・軌道整列ドメインに対する電場効果の直接観察に成功しています。

加速電圧 1000 kV 以上の超高圧電子顕微鏡については、いずれも我が国の複数の研究グループにおいて、新しい装置開発や新しいトモグラフィー応用の研究が進められています。

こうして見てみますと、いま我々は、ひとつの先端的な研究を推進してゆくためにはその目的に特化された顕微鏡装置を開発してゆく必要性が一段と高まった時代にいることを実感します。これはしかし研究の高度化に伴う必然的な一つの帰結です。生物・非生物を問わず、機能発現の仕組みを要素となる構造にまで遡って、あるいは、構造に関連付けて解明するためには、結局一度は顕微鏡で姿をみる必要があります。この必要性は普遍的ですが、こうした観察をもっとも合理的に行うためには、目的にもっとも合致した観察条件を追求するべきであり、これを達成するための装置開発が推進されていると云えます。

これらの開発は国境を越えた激しい競争のなかで進められています。従って、こうした研究開発を世界の水準を凌ぐレベルで続けてゆくためには、我が国の強みのあるところはさらにそれらを伸ばし、その間にまた別の新しい強みを育ててゆく、そのような我が国全体としての戦略的な取り組みが一層必要となります。もちろん、高額な装置開発を必ずしも必要としない最先端の研究も数多く存在しますが、それでも長い目で見て、将来の我が国の電子顕微鏡分野を強力に牽引してゆくべき装置の開発、すなわち、我が国発の独創的な基礎研究を可能とするオリジナルな装置の開発は、的確な予算措置のもとで確実に実施される必要があります。こうした独創的な基礎研究を可能とする装置の開発は、この分野の広がり全体に対して計り知れない波及効果をもたらすことには云うまでもありません。

現在、我々のコミュニティが社会から求められている課題のひとつは、「いま見えないものを見るようにして欲しい」という要請です。これは、素朴な要請ですがある意味際限のない要請でもあります。こうした要請に応えるコミュニティであり続けるための正統的な方法は、地味ではありますが、装置開発にリンクした独創的な研究を各自が一步一步確実に前進させ、得られる新しい学術知見を丁寧に積みあげてゆくこと以外にはないように思われます。

森 博太郎 (Hiroto Mori)

- 1974年 大阪大学大学院工学研究科博士課程単位取得退学
- 1974年 名古屋工業大学講師 (工学部)
- 1976年 工学博士 (大阪大学)
- 1981年 大阪大学講師 (超高圧電子顕微鏡センター)
- 1983年 大阪大学助教授 (超高圧電子顕微鏡センター)
- 1995年 大阪大学教授 (超高圧電子顕微鏡センター)
- 2005年 大阪大学超高圧電子顕微鏡センター長
- 2010年3月 大阪大学定年退職、大阪大学名誉教授
- 2010年4月 大阪大学超高圧電子顕微鏡センター特任教授