

電子顕微鏡で材料を解析すること

九州大学大学院 工学研究院 材料工学部門

金子賢治

kaneko@zaiko.kyushu-u.ac.jp

1. 緒言

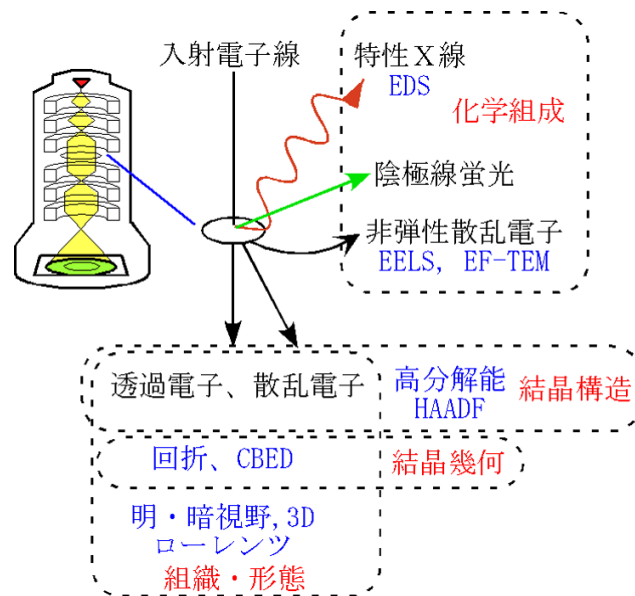
一般に材料特性に影響を与える微構造因子として、結晶構造、組成、結合状態、粒子サイズや形態などがあげられる。他にも、結晶粒界、転位、格子欠陥などの内部構造や相変態、粒界すべり、再結晶化などといった内部状態の変化や、不純物や添加物、それらに伴うクラスターや析出物などの存在が特性を大きく左右することが知られている。そのため、これらの因子を一つ一つ紐解き丹念にその役割を理解することにより、漸く期待される特性を有する材料創製や特性改善が期待できる。つまり、これらの因子をそのスケールで解析することが、材料の開発や特性の発現メカニズム解明に重要な役割を果たすと考えられる。そのため、最近ではこの様なスケール、つまりナノスケール～原子オーダーでの微構造に関する研究や解析が積極的に行われ、特に「ナノ」をキーワードにした材料解析の結果には、必ずと言って良いほど、走査型電子顕微鏡 (SEM)、透過型電子顕微鏡 (TEM) や走査型透過電子顕微鏡 (STEM) による解析結果が含まれている。

2. 材料における TEM や STEM の役割 「ナノスケール解析への近道」

TEM は高電圧で加速した電子を薄膜加工した試料に照射し、電子と試料との相互作用により発生した信号を観察・分析し、試料中の構造や組成を解析する装置である。電子線の波長は試料中の原子間距離より格段に短いため、原子の大きさ程度の空間分解能を有し、最近では、光学系の補正装置の技術の発達とともに 1 \AA 未満の空間分解能で電子プローブ径を 1 \AA 未満に絞ることも可能となるなど、まさに原子的な尺度で元素分析が可能となりつつある。他にも電子線回折装置や分光装置であることなども挙げられ、ナノスケール解析のためには無くてはならない装置である。

一般的には TEM により以下の情報を得ることが可能である。

- 透過電子により試料内部の微構造がわかる。
- 結晶の格子欠陥、転位とそれらの種類、性質、方向などがわかる。
- 弾性散乱電子により電子線回折像が得られる。
- 結晶の配向方位、反応前後の方位関係などがわかる。
- 電子線と材料との相互作用の結果、発生する非弾性散乱電子の分光により、極微小領域の元素・状態分析が可能である。
- その場加熱・引っ張り観察が可能である。
- 立体的な可視化も可能である。



その結果、次に述べる材料解析の **5W1H** が可能となる。

- **What :** 何が (添加物、不純物、クラスター、析出物?)
- **Which:** どの (原子、分子、粒子?)
- **Why :** 何故 (熱、力、時間、構造変化?)
- **Where :** 何処に (粒内、粒界、三重点?)
- **When :** どの過程で (材料作製プロセス?)
- **How :** どの様に (拡散、固溶、析出?)

本講演では電子顕微鏡を用いてこれらの情報を得るということ、つまり「電子顕微鏡で材料を解析するということ」、に関して基礎から応用まで時間が許す限り、分かり易くお伝えできればと考えています。