

〈総 説〉

電子顕微鏡による接着界面の可視化と接着メカニズム解析

Study of Adhesion Mechanism by Imaging and Analyzing Interfaces
by Electron Microscopy

堀内 伸

1. 緒言：「接着界面」とは何か

接着剤やコーティング材の高性能化、さらに被着体の表面改質や新しい接合技術の開発により異種材の高い接合が可能となっているが、その背後にあるメカニズムは十分に解明されたとはいえない。また、実用に供されているほとんどの材料は単一素材で構成されることは希であり、複数の素材がさまざまなスケールで混在する不均一構造を有する。そのため材料内部にはうもれた界面が存在し、界面が物性を支配し、破壊や不良の起因となることが多い。接着接合の耐久性・安全性を実証するためには、界面の解析とメカニズムの解明が重要な課題であるが、メカニズムを語る前に、「接着界面」とは何かを明確にする必要がある。「界面」は材料のみならず、電子デバイス、触媒、コロイド化学などあらゆる場面で扱われる。多くの場合、分子・原子レベルでの相互作用が議論されるが、「接着界面」は、他の界面とは異なる側面を有する。接着メカニズムを議論する上で取り扱うべき界面とは、被着体、接着剤のバルクと異なる構造・物性を有する領域であり、被着体の表面処理や接着剤の硬化過程で形成する。単純に異種材が接触する2次元の“interface”ではなく、3次元の広がりをもった領域であるため、“interphase”と呼ぶことができる。この様

な考え方は、約30年前に提唱されているが¹⁾、必ずしも広く認識されていないようである。

2. 電子顕微鏡で界面を見る

様々な分子レベル～マイクロメートルレベルの広範なスケールの構造を含有する「接着界面」を解析する手段として電子顕微鏡は有効な手法の一つである。ナノ～マイクロメートルのスケールを有する構造から構成されている「接着界面」は、電子顕微鏡の最も得意とするスケール範囲である。現状の電子顕微鏡技術は、このスケールをはるかに凌ぐ性能を有しているが、必ずしも「接着界面」を簡単に識別することができるわけではない。つまり、顕微鏡の空間分解能と界面構造の微妙な違いを見分けることは異なる技術ベクトルであり、「接着界面」を見るためには、様々な工夫と構造を見分ける知見が必要になる。

電子顕微鏡では、電子を入射プローブとして試料に照射し、試料との相互作用により発生した種々の信号を検出することにより、試料表面や内部構造に関する情報を取り出す。**Fig. 1**に試料と電子線の相互作用により発生する種々な信号情報を示す。狙った領域からの信号を検出し分析することにより、原子配列、組成、電子状態などを知ることができる。透過型電子顕微鏡(TEM)では、薄膜試料に入射した高速電子が透過する際に発生する弾性散乱電子と非弾性散乱電子を電子レンズにより拡大し結像する。弾性散乱電子は、入射する電子線が試料を構成する原子と衝突し進行方向を変えるとき、

2019年11月18日受付

HORIUCHI Shin
国立研究開発法人 産業技術総合研究所