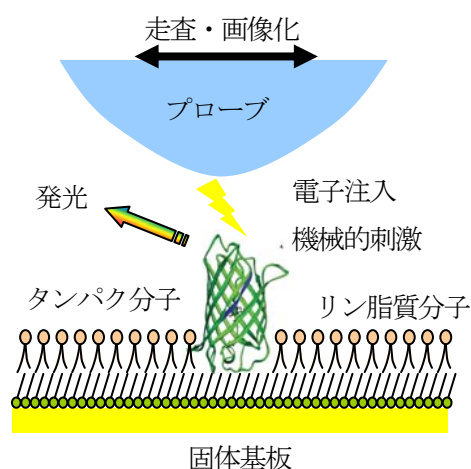


ディビジョン番号	11
ディビジョン名	電気化学

大項目	4. 電気化学計測／電気化学反応
中項目	4-1. 電気化学計測
小項目	4-1-5. 表面電気化学

概要（200字以内）

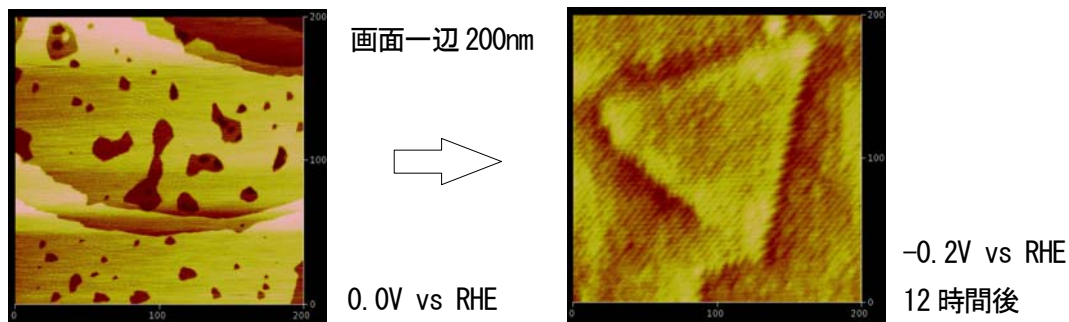
電極表面のアトムスケールでの観測技術は走査プローブ手法を中心として進歩を遂げ、現在はそのより有効な基礎的応用的利用が求められている段階にある。中でも生体物質分子を可能な限り生体内に近い環境で定量的に観測して、原子分子スケールでの物質、エネルギー、電子の動的な流れを解明し、生体現象の基礎にせまるアプローチは生体物質科学と物理化学の連携テーマとして最近重要性を増し、ナノサイエンスの大きな流れとして注目されている。



現状と最前線

現代の基礎的電気化学の課題は、電極表面のオングストロームスケール観測にのっとった化学的プロセスの動的過程の微視的理解がその核心にあることは間違いない。1980年代後半から90年代にわたって、走査プローブ顕微鏡をはじめとして、固体電極表面に固定化された個々の原子や分子を観測する手段が発達し[1]、今までに数多くの清浄電極表面、金属、無機イオン、有機分子の吸着表面が観測され、華やかな画像として学術誌上を賑わしてきている。しかしながら、画像化するためだけにわざわざ準備された理想的吸着電極表面の仔細な検討からはすでに学界の関心は去り、むしろ他の分野の学術的あるいは応用的な局面において、確実な観測手段として走査プローブ顕微鏡等表面科学的観測法がどこまで応用できるかが最も重要になってきている。

ここに分子生物学の分野では、生態環境に近い状況で孤立分子としては大型ながらもまだ通常の顕微鏡手法では捉えがたいタンパク分子に、蛍光標識をしたり大型のペプチドブロックを接続したりして視認しやすくすることにより、今までは不可能であった単一分子の機械的運動や化学変化の様子が可視化され、大きなブレークスルーとなった[2]。爾来、可能な限りの高分解能で生体分子を捉え、その動的変化を生体内に近い条件で観測することは、生体物質科学のひとつの基本的要請となってきている。こういった要請にこたえ、走査トンネル顕微鏡でモデル脂質膜を観測し、細胞膜の流動的な様子や、個々の脂質分子を画像として捉えた例も出てきた。



図：オクタチオール修飾金 (111) 基板に展開した DHPG (リン脂質分子の一種) の単分子膜の流動的な様子と、電気化学的操作により固化し、個々の分子が見える様子。

ことに、今まで定性的に扱われてきた生体分子現象に、物理化学的な定量性を持ち込むことにより、生体化学現象の本質的な原理を探ろうという機運が芽生えている。生体化学現象は各々のステップは熱揺らぎ程度のエネルギーで進み、近来益々精緻を加えている固体表面観測手法でこの差を捉えようということである。そこで、走査プローブ手法を適用可能な固体表面上に生体分子組織を展開して観測する、新たな試料作成法の開発が求められており、生体物質化学と物理化学の連携研究としての課題となっている。

(参考文献) [1] 「表面のアトムプロセス」季刊化学総説 26 (日本化学会編)

[2] A. Ishijima, T. Yanagida, Trends in Biochemical Sciences 26 (2001) 438.

[3] S. Matsunaga et al., Electrochem. Commn. 9 (2007) 645.

将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

生体機能で中心的な役割を果たす細胞膜、即ちリン脂質二重層と、そこに嵌入した膜タンパク分子を一体系としてあつかう固体表面上展開モデル細胞膜の構築と、その走査プローブ手法 (AFM, STM) による観測が望まれる。単一タンパク分子の運動、イオンチャンネル作用、光化学作用及び触媒作用などの定量的なモデル解明が目標として想定される。

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

ナノテクノロジー的な加工法を利用した、フリースタンディングのリン脂質二重層試料を用いた各種の観測が望まれる。これは実際の生体細胞膜に近い状況であり、細胞への物質、エネルギー、電子の出入りが単一タンパク分子レベルで解明される。これらの成果を基礎として、タンパク質分子内部での電子移動、構造変形及び触媒作用の定量的理解が深まり、生体現象固有の階層性を越えた原理の探求がなされる。

キーワード

走査プローブ手法・生体物質科学・物理化学・細胞膜・膜タンパク

(執筆者：山田太郎)