

はじめに

生命の形態上の基本単位は細胞です。細胞内には、ミトコンドリアなどのオルガネラが存在し、オルガネラは、膜や繊維など分子集合構造で構成されています。集合構造を形作るのは、タンパク質、核酸、多糖など高分子と脂質分子の集合体です。細胞の典型的な大きさは、直径10 μm 程度とされています。また、ヒトを含む高等生物は単細胞でなく多細胞系の組織体であり、細胞内のみならず、細胞間や細胞表面における相互作用が生命活動に重要な役割を果たしています。分子集合構造や表面・界面現象など、まさに、コロイド・界面化学が取り扱う研究対象です。

細胞と細胞膜

細胞が生命の基本単位であることを明確に記したのは Schleiden と Schwann で、1838 年のことです。動物細胞は、細胞膜で覆われており、細胞膜は、細胞の内と外を隔てるのみならず、膜を介して、栄養分の取り込みや老廃物の除去、イオンの輸送、細胞間の情報伝達、外界からの情報伝達や情報変換、エネルギーの産生、自他の区別など、生命活動を維持するために必要な機能を担っています。細胞膜は、タンパク質・脂質・糖が水中で組織的に集合した複雑な構造体ですが、その構造の基本は、リン脂質二分子膜で

す。リン脂質は、1つの分子内に親水性の頭部と疎水性の尾部（アルキル鎖）をもち、両親媒性です。したがって、このようなリン脂質に水を加えると、親水基を水側に向け、疎水基同士が向き合った集合体が自発的に形成されます。二分子膜の構造を安定化するのには、疎水性相互作用で、水中における界面活性剤のミセル形成、タンパク質の高次構造の形成と同様の原理によります。ただし、親水基・疎水基のバランス（hydrophilic-lipophile balance, HLB）が異なるため、一般的な球状のミセルとは異なり、表面の曲率をほとんどもたない平面状の膜となります。

細胞膜・バイオミメティクスとコロイド・界面化学

細胞膜関連の研究は、初期には赤血球から内容物を除去して得られた赤血球膜（ゴースト）などを用いて行われましたが、その後、細胞膜の基本である脂質二分子膜構造を有する‘リポソーム’と呼ばれる小包体を用いたモデル研究が盛んになりました。リポソームは1964年に Bangham らによって確認された分子集合体です。リポソームの懸濁液では、厚さ約4 nm という生体由来の脂質二分子層によって、内水相と外水相（バルク）が隔てられています。実験室で容易に作ることができ、脂質の組成を変化させたり、表面修飾やタンパク質の再構成が可

能であり、調製法によりその直径を数十 nm から μm オーダーまで制御できることから、細胞・細胞膜の最も単純なモデルとしてのみならず、医薬、化粧品、食品、分析、バイオエンジニアリングなど様々な分野で応用研究の対象となってきました。脂溶性物質は脂質膜に、水溶性物質は、内水相に取り込ませて、目的とする場所に物質を運搬する vehicle として注目されています。

現在では、表面に PEG 鎖や糖鎖などを修飾して複雑な機能を付加したりリポソームや、新たな成分を添加して安定性を改善する試みが盛んです。さらに、実際の生体膜に近い平面膜として、バイセルあるいはナノディスクと呼ばれる集合体が注目されています。バイセルは、平面状二分子膜の端の部分が曲率の高いミセル状になったもの、ナノディスクは、厚さ約4 nm という脂質二分子膜が平板であるディスク状になっており、ディスクの直径がナノ～数十 nm 程度のものです。特に、後者は曲率の影響がないことから、膜タンパク質などの構造機能研究において重要視されています。生物の巧妙な仕組みを利用するバイオミメティクスにおいても、機能の基礎を理解して応用に繋げるためにコロイド・界面化学の新たな役割が期待されます。

岡村恵美子〔姫路獨協大学薬学部〕

© 2016 The Chemical Society of Japan