

ソフトマテリアルと生体

九州大学 先導物質化学研究所 木戸秋 悟

“ソフトマテリアル”とは柔らかい有機物質・材料などの総称ですが、実は私達のごく身近なところ、すなわち私達の身体の中に豊富に含まれています。タンパク質、DNA、糖鎖などの高分子や、脂質などの両親媒性分子がその主な素材です。

例えば、生体を構成する基本単位である細胞一つは、脂質分子が集まってつくられた閉じた袋状の膜の中に、様々な働きをする無数のタンパク質と、遺伝情報を刻み込んだ長大な DNA などの中にぎっしりと詰めこまれた、いわばソフトマテリアルの集積体です。細胞一つを構築するために、多種多様な生体分子が互いに巧妙に時間的・空間的な出会いと動作のタイミングをはかりながら集積します。さらに、細胞もまた自らが置かれた時間的・空間的状况に応答しつつ互いに連絡をとり合い、細胞の支持・生着を助けるゲル状の細胞外マトリックスの生成を同時に制御しながら、細胞どうして集まって組織を形成します。そして、それらの細胞組織がさらに機能的に組み合わさり、臓器・器官を構築し、身体全体のかたちづくりと働きを実現しています。

このように、生体分子の集積体である細胞のレベル、細胞が集まって形成される組織のレベル、そして組織が統合された臓器・器官のレベル、いずれにおいてもソフトマテリアルは生体の構築と生命の維持のための本質的な役割に関わっています。生体の随所に見られる、このようなソフトマテリアルのマイクロからマクロへの整然とした階層的集積と巧妙な機能制御の仕組みはどのようなもののでしょうか。なぜ、もともとバラバラであった分子たちが自発的に集合して秩序だった構造となり、生命活動を生み出すのでしょうか。ソフトマテリアルのかたちづくりと働きの発生の仕組みの解明は、生命の起源にも関わる深遠な問題であると同時に、その仕組みを適切に活用できれば高品質の材料(生体模倣材料)の開発に応用できるため、物理学、化学、生物学、工学、医学等の幅広い領域で重要な課題の一つになっています。

ソフトマテリアルのかたちづくりの仕組みには、いろいろな角度からの理解があります。基本的には、分子レベルでの集積現象では分子どうしの間に働く“力”の性質・強度と、そして分子集団全体の“ちらばり方”の両方のバランスが重要な役割を果たします。このバランスが適当な条件を実現するとき、互いが互いを寄せあい一気に集積し新たな秩序構造を組み立てることが可能となります。そのような現象は“協同現象”と呼ばれています。協同現象は分子レベルばかりでなく、細胞、組織、器官といったそれぞれの階層レベルにおいて、階層を構成する要素の特性に依存した特有の現れ方をします。本講演では、生体に見られるソフトマテリアルのかたちづくりの例とともに、分子集積と協同現象の面白さについてご紹介したいと思います。