

## 生物表面サブセルラーサイズ構造の多機能性

Multi-functionality of “sub-cellular sized structures” on biological surfaces.

応用化学生物学科 下村政嗣 (Masatsugu SHIMOMURA)

Biodiversity is not only the result of evolutionary adaptation but also the optimized solution of “an epic combinatorial chemistry” for sustainability. Biomimetics is the paradigm shift based on biodiversity to innovation for sustainability. “Sub-cellular sized structures” those are nano-micro structures often observed on the surfaces of insects and plants possess characteristic functions. An interdisciplinary collaboration reveals multi-functionality of “sub-cellular sized structures” of the cicada wing.

国立科学博物館の野村周平研究主幹（昆虫学）は、透明な翅を持つセミの写真撮影が難しいことから、セミの翅の無反射性を指摘していた。下澤楯夫北海道大学名誉教授（感覚生理学）は、透明な翅を持つエゾハルゼミの翅表面が、サブセルラーサイズ構造である直径 100 nm、高さ 250 nm 程のナノパイルで覆われていることを見出した。可視光の波長よりも小さなナノパイルが配列した構造は、蛾の複眼表面にもあり“モスアイ構造”と呼ばれ、界面において徐々に屈折率が変化するために無反射性を示す。蛾の眼が黒いのは、光が反射せずに効率良く眼の内部に入るからであり、蛾は夜でも飛翔でき、天敵である鳥にも見つけられにくいと考えられる。エゾハルゼミの場合も、無反射性の翅が下地の木肌を透して見せることでカモフラージュし見つけられにくくしているものと考えられる。一方、着色したアブラゼミの不透明な翅の表面にもナノパイル構造が形成されている。微細な表面凸凹構造が撥水性を増強することは、Lotus 効果と呼ばれる蓮の葉が水を弾く現象で知られている。石井大祐名古屋工業大学准教授（材料化学）は、アブラゼミの翅の水滴の接触角を測定し、エゾハルゼミの翅と同様に超撥水性であることを見出した。陸棲の昆虫にとっては、眼や翅が雨や夜露に濡れることは危険であり、複眼や翅の表目に形成されるナノパイル構造によって超撥水性が付与されているものと思われる。

セミやカメムシは、後翅の飛翔筋が退化しており、“半翅目”と呼ばれる。前翅の後縁と後翅の前縁には連結部位があり、飛翔時には前胸の飛翔筋が 2 枚の翅を駆動する。後翅の前縁にある湾曲した鉤が前翅の後縁にある長い溝に引っ掛かっており、後翅の鉤は前翅の溝に沿ってカーテンレールのフックのように動くものと考えられる。下澤名誉教授は、摺動部である溝の表面がナノパイルで覆われていることを見出した。ナノパイルの微細な凸凹構造は、鉤と溝の実効接触面積を小さくし、摺動摩擦を低減するものと考えられる。浜松医科大学針山孝彦教授（動物生理学）は、アブラゼミの翅の上ではアリやハムシをはじめとする多くの昆虫が滑落することを実証した。昆虫の脚の先端は“跗節”と呼ばれ、微細毛が密集し表面積が大きいために、van der Waals 力が集積されることで接着力（構造接着）が生じる。しかし、セミの翅のナノニップル構造は跗節の微細毛よりも小さいために、毛先との実効接触面積は小さく van der Waals 力が有効に働かないため、低摩擦になると考えられる。サブセルラーサイズ構造である配列したナノニップル構造は、無反射、撥水、定摩擦を併せ持つ多機能性表面であることが明らかになった。以上の結果は、筆者が代表する科学研究費新学術領域「生物規範工学」における異分野連携によるものである。