

一寸に足りない虫にも・・・

株式会社NTTファシリティーズ総合研究所
EHS&S研究センター 上級研究員
松島 敏雄

ある科学番組でヤモリの足先の顕微鏡観察を行い、多数の絨毛を有する構造であること、そして、この繊維状構造によって垂直なガラス面等にも密着できることが明らかにされていた。さぞかし、再現は難しいと思いきや、あるメーカーさんが、この原理でカーボンナノチューブを垂直配向させたテープを作製したところ、接着力が認められた(500 g/cm²。これでもヤモリの80%の接着力)(その名も、ゲッコウテープ、ゲッコウ=gecko(ヤモリ))(某映画で、主人公がビルのガラス面に特殊手袋で貼り付いていたシーンが思い起こされ、真実味が増した)。この、ヤモリの接着力については学術的な研究も行われ、論文さえ発表されている。ただし、厳密なメカニズムの解析には未だに至っていないようである。また、最近、蓋に内容物が付着しないヨーグルト容器が紹介され、その蓋の表面に多数の突起物を設けていること、そして、付着防止の原理が「はすの葉の表面構造」であることが説明されていた(筆者には、サトイモの葉がなじみ深い)。さらに、この材料で作製したレインコートには、ペンキも付着しない実験結果も紹介されていた。これらはいずれも、自然の動植物の特徴の応用が、われわれの生活に更なる改善をもたらす可能性が高いことを示すものである。



(ヤモリの小さな手足の先には不思議な能力が)

振り返ってみると、これまでに生物の持つ特徴を模倣した技術を耳にしたことはいくつもある。ハニカム構造は古くからあまりにも有名で、現在、飛行物体の壁構造にこだわらず多くの分野で応用されている。また、ジェット戦闘機に搭載する初期の自動追尾式ミサイルは、蛇が獲物の体温を赤外線で検知することの応用である。最近では、新幹線のパンタグラフや痛くない注射針があり、多くの方に周知のことと思う。前者は、パンタグラフの風切音の解消を図るべく、パンタグラフ上面に複数の垂直板を設けているが、これは夜間に音も立てずに獲物に接近するフクロウの羽の構造に学んだものである。また、後者は、蚊の針の構造が単純な円筒形ではなくギザギザを有するものであることを知り、負けずに作製したものである。

最近の他の事例として、某研究機関におけるトンボの羽の解析の話を目にした。トンボ

の羽根は一見単純な平板の印象であるが、断面を詳細に見ると複数の平面が多段に階段状に設けられている。このような構造であるので、風洞実験を行うと段のくぼみの個所に空気の渦が生じ、その結果、ちょうど飛行機の翼と同様に羽根全体に浮力が発生する。また、ある企業では、蜘蛛の糸の優れた物性に着目して製造技術の研究を進めてきた結果、最近、量産化の見通しが得られている。具体的な製造法は、バイオテクノロジーによって、微生物に蜘蛛の糸と同じたんぱく質を作らせるもので、脱石油という観点からも意義があり今後の展開に関心を覚える。（開発された「人工クモの糸」は、日本語の「クモの巣」の発音をもとに「QMONOS（クモノス）」と命名。）（ちなみに、蜘蛛の糸の物性は以下であり、まさに夢の糸、束ねれば映画のように人間の懸垂も可能。強度：同じ太さの鋼鉄の約5倍。密度：鋼鉄の約6分の1。伸縮性：ナイロンなみ。耐熱性：300度。過去に、アメリカ軍が強度に着目し、防弾チョッキやヘルメット、パラシュートの紐などへの利用を試みた。）

また、我々の身近なところには、既に生物の特徴が応用された製品として複数の家電の例がある。某国内家電メーカーでは、エアコンのファンを筆頭に、洗濯機の洗濯槽、扇風機の羽根に自然界の先人達（それぞれ、アホウドリの羽根、いるかの尾、蝶の羽根）に学んだ技術を応用し、性能向上が図られている。そして、引き続き、生物に学ぶ手法が積極的に進められている。

今、自然界に見られる動植物は、これまでの長きに渡る生存競争を文字どおり命懸けで勝ち抜き、生き残ってきたエリート集団であり、特定の分野において種の保存に必要・必須な優れた技術的な特長を持っていることに疑いは無いであろう。このような優れた特長に学ぶことは極めて意味のあることと思う。既に、「バイオミミクリ（バイオミメティクス）（生態模倣技術）」として先人が研究分野を構築しているようであり、今後の成果に大きな期待を感じる。

（「バイオミミクリ」：米国の研究者・コンサルタントであるジャン・ベニユス氏が1997年に提唱した概念。環境負荷低減、持続可能性実現に重点が置かれ、このコンセプトの提唱と適用により生物学に基づいた先端的なビジネスの土台を作り上げており、この功績により国連環境計画（UNEP）「2009年地球大賞」を受賞。）

このような中で、気候温暖化とともに、我々のお手本となる動植物の中に絶滅危惧種に指定される数（レッドリスト）が世界で22000余、国内でも3100余に達し、今も増加の一端であることが気付きである。（温暖化においては、既に2°C程度の温暖化はやむを得ないものとして受け入れ、その状態での対応を考えることが現実解という考えも出てきている。また、動植物の個体数の減少や絶滅は食物連鎖のバランスを乱すとともに、最終的には自然環境そのものの破壊に至るといわれている。そのため、米国では、自然環境の回復・保全のため、イエローストーン国立公園やアイダホ州の自然保護区に狼を再導入した例が

ある。)

一方、国内の学習環境に目を向けると、子供達の学習指導を行う大人達の昆虫嫌いが一要因となり、昆虫の写真が表紙に使われた学習帳が発売中止になったそうである。直接目にする事ができなくても写真からだけでも、日頃から身近に感じておく必要があるように思うのだが、誠に残念である。例えば、かぶと虫は飛行能力を有するが、観察してみると飛行に使用する薄い「後ろ羽根」は、硬い「前羽根」の下に折りたたんで収納されていて、飛行の際に拡張して羽根になる。このような格納法はいろんな分野への応用が考えられる。思い当たる対象としては、傘、テント、パラシュート、衛星用太陽電池、等である。

「折りたたみ」と言えば、特に宇宙用太陽電池については使用時の展開が重要と言われており、既に、折りたたみ法が学問として研究されている。「ミウラ折り」が有名で、ミウラ折りは身近なところにも応用されており、一例としては、ワンアクションで広がる折りたたみ地図があり市販されている。しかし、ミウラ折りは昆虫由来ではなく、円筒物を長さ方向に圧縮した際に生じる座屈面の形状をベースにしているようであり、円筒構造物の強化（ロケット、飲料缶）にも有効であるそうである。第一人者の三浦先生によれば、同様の構造が植物の芽や昆虫の翅にも見られるそうである。もっとも、筆者には、植物や昆虫の方が進化の過程で先行して獲得したものと思われる。そうだとすると、もし早い時期からバイオミミクリの面からの検討が進んでいけば、ミウラ折りも円筒物の座屈面の解析からではなく、自然界からの着想で開発された可能性もゼロでは無かったのではないだろうか。

こうしてみると、我々の周辺には、今後の技術開発の参考になるお手本がまだまだありそうである。糸を吐き出す蚕の口、均質な径の糸を形成する蜘蛛の糸いぼ（蜘蛛の糸は、繊維径の均一性から、かつて、測量器の十字線への利用実績がある）、外骨格を有する甲虫類の関節部構造や脚構造、トンボや蝙蝠の飛翔技術、セミの発声技術、等々、興味が尽きない。種々の原因があろうが、技術のお手本が生活の周辺から次第に遠ざかっていってしまうことは大変残念である。なお、エネルギー技術に多少関わるものとしては、エネルギー蓄積に関する生物界の先達にも出会いたいという希望が沸いてくるが、いかがなものだろうか？。これから出会うであろう未知の先達が、これからも無事に生存してくれることを期待してやまない。

(2015年2月2日 松島 敏雄)

※掲載された論文・コラムなどの著作権は株式会社 NTT ファシリティーズ総合研究所にあります。これらの情報を無断で複製・転載することを禁止いたします。また、論文・コラムなどの内容を根拠として、自社事業や研究・実験等へ適用・展開を行った場合の結果・影響に対しては、いかなる責任を負うものでもありません。

ご利用になりたい場合は、当社ホームページの「お問合わせ」ページよりご連絡・ご相談ください。