

# 生物多様性から工学への技術移転：生物模倣技術から生物規範工学へ

下村政嗣 (千歳科学技術大学理工学部教授)

## *Technology Transfer from Biodiversity to Engineering: From Biomimetics to Engineering Neo-Biomimetics*

Masatsugu Shimomura

Professor, Faculty of Science and Technology, Chitose Institute of Science and Technology

【要旨】 バイオミメティクス（生物模倣）の現代的意義は、生物の進化適応の結果である生物多様性の背景にある“生物の生き残り戦略”が、近代科学技術の喫緊の課題である“持続可能性に向けた技術革新”を可能とするパラダイムシフトをもたらすことにある。生物を直接利用するバイオテクノロジーとは異なるために、生物活動の背景にある原理を抽出しその工学的な適用が求められる。膨大な生物学の知識から工学への“技術移転”を行なうためには、博物館等が所蔵するインベントリーを工学的に利用できるデータベースにする必要がある。壮大なるコンビナトリアル・ケミストリーの結果であるビッグデータとも言うべき“生物多様性データベース”から、工学にとって有用な知識を抽出するためには、情報科学による活用が不可欠である。これにより、生物模倣技術は分子から生態系までを網羅する総合的な技術体系である生物規範工学となる。

【キーワード】 生物多様性      情報科学      技術移転      持続可能性      パラダイム変換

【Abstract】 Biomimetics is the innovative paradigm shift based on biodiversity for sustainability. Biodiversity is not only the result of evolutionary adaptation but also the optimized solution of “an epic combinatorial chemistry” for sustainability, because the diversity has been acquired by “biological processes and technology” including “production processes,” “operating principles,” and “control systems,” all of which differ from the “human technology”. Recent progress of the information science can transform the knowledge of natural history into the information of engineering and technology. Biomimetics is an emergent interdisciplinary field of natural history, biology, ecology, mathematics, physics, chemistry, nanotechnology, materials science, mechanical engineering, architecture, economics, and sociology.

【Keywords】 Biodiversity      Information Science      Technology Transfer      Sustainability      Paradigm Shift

## 1. はじめに

嘗て筆者は、文部科学省科学技術政策研究所（現在の科学技術・学術政策研究所）の科学技術動向研究センター客員研究員を拝命し、今は廃刊となった『科学技術動向』誌に、“生物の多様性に学ぶ新世代バイオミメティック材料技術の新潮流”と題するレ

ポートを書かせて頂いた<sup>1</sup>。前の年にNEDOの“平成21年度成果報告書 次世代バイオミメティック材料・技術に係わる調査”<sup>2</sup>の委員長として海外、とりわけ欧州の研究開発動向を視察し、バイオミメティクスの分野が転換期を迎えていることに、我が国が気づいていないことを危機的に感じていた。世界的な研究開発潮流の変化は、バイオミメティクス関連の論文が2000年を境に増加していることに如実に

見てとることができる。その傾向はまだまだ続いており、2016年1月の*Nature*誌に掲載された“Interdisciplinarity: Bring biologists into biomimetics”というコメント<sup>3</sup>では、物理、化学、マテリアル系の論文数が継続的に増加していること、さらには、細胞生物学、分子生物学の寄与を増やすべきであるとの指摘まで行なっている。

バイオミメティクスは、“生物模倣”とも訳される“生物に学ぶ”という考え方であり、古くは、鳥を見て飛行機を発想したダ・ヴィンチにまで遡ると思われている。しかし、厳密な定義は今世紀にいたるまでなされてはいなかった。2012年に発足した国際標準化 ISO TC 266 Biomimetics において、初めてその定義に関する議論が始まったのである。バイオテクノロジー、バイオメカニクス、バイオインスピレーション、バイオインスパイアード、バイオミメティクス、バイオミミクリー、バイオニクス、バイオニック、バイオミメシス、などなど、似たような、しかし微妙にニュアンスの異なる言葉（概念）が創られてきた。そして、ISO TC 266 において“Terminology, Concepts and Methodology (ISO 18458: 2015)”として定義され、生物から工学への技術移転を前提とするとともに、持続可能性に資するべき新しい技術体系であるとされている。

一方、我が国におけるバイオミメティクスの知名度は、未だに高くない。まず、バイオミメティクスという言葉は、発音しにくい、模倣や真似るという言葉には、イミテーション、偽物、にも通ずる響きがあり、オリジナリティーの欠如を感じてしまう。一方、学ぶ、という言葉には、進化の頂点にいる人間としてはプライドが許さないのかもしれない。さらには、日本においては、バイオミメティクスは一旦終焉した学術領域だと認識が、産学官には根強くある。“バイオミメティクスは総花的”だとか、“バイオミメティクスには予算力がない”という評も聞き及ぶところである。とりわけ化学系では、生物を真似するバイオミメティクスではなく、生物を超えるバイオインスピレーション、という考え方に舵を切っている。バイオミメティクスが持続可能性に資する技術革新であり、生物から工学への技術移転が不可欠であることを理解するためには、バイオミメ

ティクスを歴史的に整理し、現状を分析する必要がある。

## 2. バイオミメティクスの歴史と現代的意義

### 2.1. バイオミメティクスの黎明と分子系バイオミメティクスの台頭

バイオミメティクスという言葉は、神経生理学者であるシュミット (Otto Schmitt) が1950年代後半に提唱した造語である。シュミットは、イカの巨大神経における信号処理を模倣することで、入力信号からノイズを除去し矩形波に変換する電気回路である「シュミット・トリガー」を発明している。我が国ではマジックテープ (クラレの商標) として知られる面状ファスナーは、植物の種が動物の毛に付着することからヒントを得た製品であり、VELCRO社によって1940年代に開発されている。さらに、1935年にDu Pont社のカローザスが発明したポリアミドであるナイロンは、ポリペプチド構造を有する絹糸を模倣した繊維である。ナイロンに代表されるように、天然繊維を模倣して合成繊維を開発してきた繊維業界は、バイオミメティクス産業の草分けである。繊維産業を支える高分子化学の系譜は、“分子系バイオミメティクス”として分類すべき研究開発潮流の底流をなすものである。そして、1970年代になって体系化された学術分野として最初に勃興するBiomimetic Chemistryは、世界的な研究潮流となる。

Biomimetic Chemistryは酵素や生体膜などを分子レベルで模倣しようとするものである。X線構造解析によって生体触媒である酵素の反応部位の化学構造が明らかになったことで、有機化学の手法を用いて生体反応を分子論的に解明することができるようになったことがその背景にある。さらに、1980年代に盛んになった人工光合成の研究は色素増感太陽電池の基礎を明らかにし、人工筋肉を意識したゲルアクチュエーターの研究はソフトマテリアルの基礎になった。さらに、分子生物学の大きな展開によって遺伝子を中心として生命現象を解明する研究が生物学の主流になっていくなかで、“分子系バイオミ

メティクス”の研究潮流は、1980年代後半における分子エレクトロニクスの台頭と相俟って1990年代にはインテリジェント材料やスマート材料などを支える分子ナノテクノロジーへと展開する。ちなみに、インテリジェント材料とは、「センサー機能、プロセッサ機能およびアクチュエータ機能を併せ有し、環境応答性、自己修復性、寿命予知・予告性、自己分解性、自己増殖、学習性など外部からの刺激で必要な機能を発現できる材料」と定義されており、“生体の優れた構造や機能に学びさらに生体を越える新規な材料”であるバイオインスパイアード材料という考え方の基となり、機能性有機材料、高分子材料、金属材料の分野に浸透していく。その後、第一世代バイオミメティクスともいうべきBiomimetic Chemistryという言葉は、少なくとも我が国では使われなくなる。さらには、農学や昆虫学、植物学などと、物理、化学や材料のクロストークの機会は、ほとんどなくなっていく。一方で、分子系バイオミメティクスはボトムアップ・ナノテクノロジーの基礎となる分子組織科学や超分子科学などの新しいフィールドを作り、ナノテクノロジーの展開に大きな寄与をすることになる。

## 2.2. 機械系バイオミメティクスの潮流

機械工学や流体力学の分野ではバイオメカニクスを基盤とするバイオミメティクス研究がある。昆虫の飛翔や魚の泳ぎ、蛇の蛇行、などを真似たロボットや、コウモリやイルカの反響定位や昆虫の感覚毛を模倣したソナーやレーダーなどのセンサーが開発されている。Biomimetic Chemistryという言葉が使われなくなった我が国においても、“機械系バイオミメティクス”の研究は衰退することなく継続し、バイオミメティクスはロボット研究の代名詞と思われる時期があったほどである。米国防総省国防高等研究計画局(DARPA)のNano Air Vehicleプログラムで開発されたAeroVironment社のハチドリ型偵察用ロボットは、昨今ではマルチコプターの総称として使われているDroneであり、Boston Dynamics社は、BigDogという荷役用四足歩行ロボット、時速25 kmで自立走行できるWildCatなどを開発している。同社ではDARPA支援の下、SandFlea(ハマト

ビムシ)という名のジャンプ・ロボット、Squish-Bot(Soft Quiet Shape-shifting robot)と呼ばれる柔軟で自在に変形するロボット、RiSEというヤモリテープを使った垂直歩行ロボットなどを開発している。群れの中でぶつからない魚の行動パターンにヒントを得て集団走行する日産のロボットカー「エポロ(EPORO)」は、自動運転車開発の先駆けでもある。“機械系バイオミメティクス”の研究潮流は、センサー、アクチュエータ、コントローラなどの先端技術分野のみならずエコ家電製品開発にも影響を与えている。新幹線の形状がカワセミのくちばし形状を模倣して流体抵抗を低減することや、パンタグラフにフクロウの風切羽の構造を適用することで防音効果が得られることは良く知られている。

## 2.3. 新潮流、材料系バイオミメティクスによるルネサンス

前世紀末からのナノテクノロジーの著しい発展に伴い、走査型電子顕微鏡が広く普及したことで分類学や形態学を専門とする生物学者によって、これまで未知であった生物表面の微細構造とその優れた機能が明らかにされた。そして、ナノテクノロジーの進展は、材料科学と生物学との緊密な学際融合に基づいた新しい生物模倣の潮流を生み出すことになる。今世紀に入りヨーロッパを中心に、昆虫や植物の表面を持つナノからマイクロスケールにいたる階層的構造と、それらの構造が発現する特異な機能が明らかにされるとともに、それらの構造を模倣した新しい材料が開発された。表面トポロジーに基づく蓮の葉の撥水性(Lotus効果)を模倣した自己洗浄材料、カタツムリの殻の濡れ性を模倣した自己洗浄住宅建材、蛾の複眼表面の周期的ニップル構造を模倣した無反射フィルム、ヤモリや昆虫の脚先の微細毛に働くvan der Waals力による吸着を模倣した繰り返し使用が可能な接着テープ、モルフォチョウの翅の構造色による発色を模倣した繊維やフォトンクス材料、サメ肌の流体抵抗低減化を模倣した競泳用水着や航空機用塗装など、“材料系バイオミメティクス”と称すべき新しい研究潮流の台頭である。

これらの機能発現の特徴は、細胞よりも小さい、しかし、分子よりは大きなスケールの“サブセル

ラー・サイズ構造”とも言うべきナノ・マイクロ構造によって発現されるものであり、生物学的にはニッチな領域であった。多様な環境下で生きている生物のサブセルラー・サイズ構造は、超撥水・超親水、防汚、無反射、水輸送、吸着、低摩擦などの多様な機能を発現する。“材料系バイオミメティクス”の成功は、とりわけ、欧米を中心にした生物学とナノテクノロジーの共同研究を基盤とするものである。ナノテクノロジーを駆使した生物学における新たな構造と機能の発見は、ナノテクノロジーによって機能発現機構が解明されて生物学にフィードバックされ、ナノテクノロジーによって製品のプロトタイプが完成していることを意味しており、基礎研究が応用開発へとシームレスに繋がっていることに特徴がある。ここにおいて、生物学とナノテクノロジー（工学）の win-win の連携が、生物学の新たな発見をもたらし、その知見を工学的に活用することで、様々な分野における技術革新を可能としたと言っても過言ではない。生物学の重要性が再認識されたのである。

#### 2.4. 生態系バイオミメティクスの新たなトレンド、Industrie4.0 も視野に

バイオミメティクスのルネサンスともいうべき“材料系バイオミメティクス”の潮流は、ナノテクノロジーを背景に展開するバイオミメティクスが産業構造を変換し持続可能性に寄与する技術革新をもたらすキーテクノロジーになる、との認識が欧米では高まっていく。その一つの表れは、ドイツからの国際標準化の提案であり、もう一つは米国からのバイオミクリーの提唱である。バイオミクリーの命名者は、*Biomimicry: Innovation Inspired by Nature* の著者のベニユス (Janine Benyus) である。エコロジストでもある彼女は、“Biomimicry’s Climate-Change Solutions: How Would Nature Do It?” と主張する。バイオミメティクスとバイオミクリーの微妙なニュアンスの違いには、シュミットがバイオミメティクスを命名してから半世紀、エネルギーや資源、環境など、経済活動が直面する喫緊の課題が反映されており、産業革命以来の生産技術のありかたが問い直されているのである。

最近、“biomimetic design”や“biomimetic architecture”というキーワードで画像検索をすると、規則構造の無い飛行機のフレームや建築物、さらには都市設計など、“材料系バイオミメティクス”に続く新たなトレンドが欧米においてスピード感を持って広がっていることに気付く。そもそも、生物は個体として生存している訳ではなく、群れにおいては、個体と個体の相互作用があり、そして社会が生まれる。多様性と相互作用、非生物学的な自然現象との複雑な相互作用によって生態系システムが構築され、環境を成すことになる。前述したロボットカー EPORO や、ドイツのバイオミメティクスを牽引している FESTO 社が開発した BionicANTs や eMotionButterflies 等は、群れのバイオミメティクスであり、輸送の効率化や渋滞の回避、事故低減による安全安心への寄与は大きいのみならず、IoT を基盤とする Industrie 4.0 におけるバイオミメティクスの役割が見えてきた。

また、ジンバブエの首都ハラレにある複合商業施設である Eastgate Centre ビルは、蟻塚の空調を模倣した受動的冷房（パッシブ・クーリング）を備えた省エネビルであり、ナイジェリアでは“biomimetic smart city”と評される環境都市設計構想もある。これらの動向は、“生態系バイオミメティクス”と称すべきトレンドとして捉えるべきであり、個々の生物の形態やそれに伴う機能のみならず、生態系システムや環境との相互作用までも視野に入れることで、生物模倣技術は持続可能性に向けた技術革新をもたらす総合的な工学体系 = 生物規範工学 (Engineering Neo-Biomimetics) となり得るのである。環境省は第四次環境基本計画に基づき、平成 25~26 年度に「自然模倣技術・システムによる環境技術開発推進」に関する検討を行なった。バイオミメティクスは、システムの発想であり、制約された環境の下で持続可能な“モノづくり”や“まちづくり”の技術革新をもたらす切り札になる。

### 3. 産業界の動向と国際標準化

産業界は、バイオミメティクスをどう見ているのだろうか。2010 年に、アメリカ西海岸の都市サン

ディエゴ郊外にある San Diego 動物園は、“Global Biomimicry Efforts: An Economic Game Changer”と題する報告書において「米国において Biomimicry (バイオミミクリー) の分野が、15 年後に年間 3000 億ドルの国内総生産、2025 年までに 160 万人の雇用をもたらす」と予測した。動物園が経済レポートを世に問うこと自体、日本では考えられないことであるものの、バイオミミクリーという言葉は日本の経済界でも使われることになる。2010 年に名古屋で開催された生物多様性条約第 10 回締約国会議 (COP10) に先駆けて日本経団連が行なった「経団連生物多様性宣言」では、“自然の摂理と伝統に学ぶ技術開発を推進し、生活文化のイノベーションを促す科学技術”としてバイオミミクリーを取り上げ、その例として、“絹糸の新繊維への応用”や“モルフォチョウの羽の構造の発色技術への応用”、“フクロウの羽やカワセミのくちばしの形の新幹線の空気抵抗低減への応用”、“カタツムリの殻の構造を汚れにくい建材技術への応用”、“ハスの葉の微細構造の撥水技術への応用”などを紹介している。経団連の生物多様性宣言の背景には、2008 年にボンで開催された COP9 に向けたドイツ政府と産業界の動向がある。2007 年にドイツ政府が出版した白書 “National Strategy on Biological Diversity” では、“biological diversity and its innovation potential” という節において、生物多様性が動植物をヒントにした高性能技術の開発を可能にすることに言及し、Lotus 効果や新幹線を紹介している。COP9 では、“Without biological diversity, no economic diversity” というキャッチコピーを掲げて、民間企業による生物多様性保全活動を目的とした “Biodiversity in Good Company” が発足した。

このような背景のもとで、ドイツ規格協会 (DIN) は 2011 年に国際標準化機構 (ISO) に対して技術委員会の設置を提案し、2012 年に ISO TC 266 Biomimetics が発足した。バイオミメティクスのコンソーシアムである BIONIKON (Bionic Competence Network) とドイツ技術者協会 (VDI) が中心となって提案した 3 つの作業課題 (WG1~3) は、ベルリン (2012 年 10 月)、パリ (2013 年 5 月)、プラハ (2013 年 10 月)、リエージュ (2014 年 10 月)、京都 (2015

年 10 月) において開催された国際委員会において議論され、WG1 の “Terminology, concepts and methodology (ISO 18458: 2015)” と WG3 の “Biomimetic structural optimization (ISO 18459: 2015)” が国際標準として発行し、WG2 の “Biomimetic materials, structures and components (ISO/FDIS 18457)” がすでに最終の照会段階となっている。2016 年 9 月にベルリンで開催予定の第 6 回委員会では、我が国から提案した WG4 である “Knowledge infrastructure of biomimetics” に関する本格的な議論が始まる。WG4 の提案背景には、“生物学の知識を工学に技術移転する”、即ち、異分野連携のための基盤として知識インフラを整備する必要があるという各国の共通認識がある。生物学の概念と工学の概念の相関性を整理記述するオントロジーの手法を使い、異分野間で相互に使える “類語辞書” (シソーラス) を構築するための手順を標準化しようとするものである。

#### 4. バイオミメティクス・データベース

2012 年にサンディエゴで開催された国際光学学会の基調講演をしたサンディエゴ動物園生物保全研究所の James Danoff-Burg 所長の演題は、“The Future is the Past? Mining the past for the future”であった。これは、進化適応の結果である生物多様性が、バイオミメティクスのヒントであることを意味している。膨大な情報資源とも言える収蔵物 = インベントリー (ある地域に生息する生物の総種数の目録、あるいは目録を製作するための調査) を保存しているのは、動物園であり、博物館である。ウィーン の自然史博物館やミュンヘンのドイツ博物館ではバイオミメティクスの常設展示がされており、欧米においては、バイオミメティクスにとって博物館は “宝の山” であるという認識は高く、動物園が経済レポートを出す背景でもある。

そして、生物多様性から工学への “技術移転” をする必要がある。バイオミメティクスの宝庫である生物の多様性は、文字通り膨大な量である。メガデータとも称すべき生物多様性から、如何にして温故知新をなし得ることができるのであろう。まず、博物館や大学などが所蔵するインベントリーを工学的に

利用できるデータベース化する必要がある。次に、膨大な生物学データベースから工学的発想を導き出すのである。しかし、工学者にとって生物学データベースは“宝の山”ではあるものの、知識が少ない異分野のデータベースに闇雲に入ることはできない。バイオミメティクスの普及においては、生物学的情報と工学的情報を結びつける知識インフラの整備が不可欠である。

膨大な生物資源情報とも言える生物標本を保存している博物館の役割は特に不可欠である。論文文化され形式知化されたデータのみならず、暗黙知ともいえる未整理の非論文化情報も工学的な視点からすると大きな意味を持ち得るのである。2008年、ロンドン自然史博物館のA. Parker教授らは、英国王立協会誌に“A review of the diversity and evolution of photonic structures in butterflies, incorporating the work of John Huxley (The Natural History Museum, London from 1961 to 1990)”と題する論文を発表した<sup>4</sup>。彼らは、蝶の翅のフォトニック構造に関する解剖学的かつ網羅的な記述が、バイオミメティクスの潜在的なニーズに寄与すると考え、故John Huxley博士によって撮影された未発表の電子顕微鏡写真を多様性と進化のデータベースとして公開したのである。

博物館等が収蔵する膨大なインベントリーをデータベースとして整理し公表することは、バイオミメティクスに限らず様々な分野において意義のあることであり、2001年に、“科学、社会及び持続可能な未来のために、世界の生物多様性情報を共有し、誰でも自由に利用できる仕組みを目指す”国際機関として、地球規模生物多様性情報機構（Global Biodiversity Information Facility：GBIF）が発足している。しかし、その多くが分類学的なデータが主であり、電子顕微鏡レベルの解剖学的なデータについては、必ずしも充実しているとは言いがたい。バイオミメティクス等の工学的利用に潜在的な価値を持つと思われる膨大な量の非論文化データに関しては、データジャーナル等のオープンサイエンス的な発想による公開が求められる。

異分野連携のための基盤として知識インフラを整備するためには、異分野の知識を結びつけるための

約束事を標準化する必要がある。具体的には、生物系と工学系の知識を結ぶ用語の定義、つまり“類語辞書”（シソーラス）化であり、そのためには、バイオミメティクスに関わる生物学と工学の概念や言語の階層構造と相関性を定義し整理記述するためのオントロジーを決めなければならない。国際標準化において日本から提案したWG4のミッションは、北陸先端科学技術大学院大学の溝口理一郎教授らが開発したオントロジーの手法をシソーラスと組み合わせることによって、異分野が相互に使える辞書を構築するための手順を標準化しようとするものである。

さらに、生物学から工学への技術移転や、物理学的知見の生物学へのフィードバックを可能とするためには、異なる研究分野を繋ぐ発想支援型データ検索システムが不可欠になる。バイオミメティクス・オントロジーは異分野間でのテキスト情報検索によるデータマイニングを可能とする。一方、画像情報は、直截的にインスピレーションを誘発する情報である。とりわけサブセルラー・サイズの電子顕微鏡画像は、生物の構造と機能を解明する上で重要であり、さらには材料設計における多様な発想を支援する。北海道大学の長谷山美紀教授らが開発した類似画像検索システムは、“画像による画像の検索”によって、専門知識が無くても異分野のデータを見出すことを可能とした。これは、膨大な量の画像情報から、生物学者の“経験や勘に基づく知識で、言葉などでの表現が難しいもの”である“暗黙知”を、工学的発想を誘発する“形式知”にする、即ち、“気付きの誘発と発想支援”をもたらす従来にないデータ検索システムである。この検索エンジンを実装することで、“思いつき”や“偶然の発見”に頼るのではなく、システムティックな発想誘起を可能とするのである。

そして、“生物学の知識を工学に技術移転する”具体的な問題解決策の一つにBio-TRIZがある。TRIZは、Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatchの頭文字を取った発明的問題解決理論で、英語ではTheory of solving inventive problemsまたはTheory of inventive problems solvingと呼ばれる、ロシアの特許審査官が開発した経験則を体系化した弁証法的問題解決策である。英国バース大学のJ. Vincent教

授によってバイオミメティクスへ適用した Bio-TRIZ が開発され、我が国では新潟大学の山内健教授と大阪大学的小林秀敏教授らによって展開されており、持続可能な社会でのライフスタイルに適応した新たなテクノロジーの創出についても検討され始めたところである。

## 5. おわりに：バイオミメティクスは、リバースエンジニアリングである

オーデッド・シェンカーの「コピーキャット 模倣者こそがイノベーションを起こす」<sup>5</sup>では、ビジネスにおいて模倣はイノベーションと同様に重要であり、イノベーションを生み出すのに不可欠である、という主張のもとに、イノベーションとイミテーションを足したイモベーションという言葉を提唱している。経営を説いた書籍であるにもかかわらず、模倣するプロセスに対しては、科学技術であるバイオミメティクスと同じ手続き論を要求している。例えば、「第5章 模倣の能力とプロセス」においては、“模倣能力とは、模倣の心構えを万全とする能力、模倣対象を参照する能力、情報を探索し、標定し、選択する能力、対象の脈絡を理解し、自らに適用する能力、対象に深く潜り込む能力、模倣を実践する能力のことである。模倣のプロセスは、体系的でありながら、さまざまな要素を融合させる創造的なものでなければならない。”とある。この考え方は日本が得意としてきたリバースエンジニアリングそのものであり、そして ISO TC266 での議論をも彷彿とさせる。

そして、日本語版への特別寄稿として翻訳者である井上達彦と共同執筆した「日本企業のイモベーション」の章を閉じるにあたり、生物模倣というコラムが掲載されている。

“本書では「イノベーションは模倣から」ということが何度も強調されているが、勤の良い読者であれば、最初のイノベーションはどのようにして生まれたのかと疑問に思うはずだ。盗む相手がいない時代のイノベーターはどうしていたのか。(中略) 一つの答えは自然界にある。飛行機のお手本

は言うまでもなく、鳥にある。(中略) 最近は自然界からの模倣も高度になってきている。生物模倣、バイオミミクリーとって、工業製品を開発、設計するとき、生物の性質、構造、機能を模倣して役たてているのだ。(中略) 解析技術の高まりとともに模倣能力も高まり、製品化のための基礎技術の高まりとともに遠い自然の世界に倣うことができる範囲が広がっている。高い技術のベースがあるからこそ、模倣によるイノベーションも促されるのである。”

大前研一が監修した「プロフェッショナル シンキング 未来を見通す思考力」<sup>6</sup>では、オーデッド・シェンカーの著作を意識したと思われる“アナロジー思考”という節で、

“バイオミメティクスという模倣手段が、最近注目されています。バイオミメティクスというのは、昆虫や魚などの生体の持つ優れた機能や形状を模倣(アナロジー)して、工学や医学分野に応用することを指します。(中略)このようなアナロジーを見つけるには、日ごろから「どうして昆虫は壁をやすやすと登れるのだろうか?」「なぜマダガスカルは高速で泳げるのだろうか?」など問題意識をもつことと、「当たり前になっていることの多くは、実のところほとんど解明されていない」という謙虚な心を常にもつことがポイントになります。”という記述がなされている。

“身の回りの当たり前のことの中に、未来はすでに存在している”

という締め言葉は、名言である。

注

- 1 下村政嗣(2010)「生物の多様に学ぶ新世代バイオミメティクス材料技術の新潮流」『科学技術動向』110, pp. 9-28.
- 2 [http://www.nedo.go.jp/library/seika/shosai\\_201010/20100000001708.html](http://www.nedo.go.jp/library/seika/shosai_201010/20100000001708.html)
- 3 E. Snell-Rood (2016) "Interdisciplinarity: Bring Biologists into Biomimetics," *Nature*, 529, 277-278.
- 4 Ingram, A. L. and Parker, A. R. (2008) "A Review of the Diversity and Evolution of Photonic Structures in Butterflies, Incorporating the Work of John Huxley (The Natural History Museum, London from 1961 to 1990)," *Philos. Trans. R. Soc.*, 363, 2465-2480.
- 5 オーデッド・シェンカー、井上達彦訳(2013)『コピーキャット—模倣者こそがイノベーションを起こす』東洋経済新報社.
- 6 大前研一監修(2015)『プロフェッショナル シンキング—未来を見通す思考力』東洋経済新報社.