

2002年度第2回物学研究会レポート

「バイオミメオティクスとデザイン」

赤池 学 氏

(ユニバーサルデザイン総合研究所所長、ジャーナリスト)

2002年5月21日



BUTSU GAKU  
物学研究会  
SOCIETY OF RESEARCH & DESIGN

2002年5月の物学研究会は技術ジャーナリストの赤池学氏のレクチャーを行いました。テーマは「バイオミメオティクスとデザイン」。21世紀の技術フロンティアとして注目を集める、生命科学やバイオテクノロジー、ナノテクノロジーや環境技術の発達は、モノの形、構造、システムにも大きな影響を与えつつあります。今回は「デザイン」、「設計」という視点で、生物の知恵の世界に学ぶというバイオミメオティクスとデザインについてご講演をいただきます。以下はそのサマリーです。

## 「バイオミメオティクスとデザイン」

### 赤池 学氏

(ユニバーサルデザイン総合研究所所長、  
ジャーナリスト)



; 赤池 学氏

## バイオミメオティクスの意味

「バイオミメオティクス」は「バイオミメティクス」という言い方もされますが、生物の知恵を真似るデザイン、設計、物作り、技術開発の総称です。もともとの語源は「ミメオシス」という言葉で、これは生物の世界では「擬態」を意味します。一方「バイオミミクライ」という言葉があり、これも生物学上は「擬態」と訳されていますが、こちらは擬態によって自己防衛を図るといった受動的な意味で使われており、戦略的に真似ていくという能動的な「バイオミメオシス」と使い分けられています。

ここ10年ほどの間に20世紀的な価値が見直されて、持続可能な物作りのシステム構築が望まれています。このような状況で、生物がもっているさまざまな構造、生産物、生物間のコミュニケーションの形をキッチリ学び直す中に、リサイクル、あるいは人工物を生物界に戻していく方法のヒントが見つけられています。つまり生物の世界を模倣することが大きなビジネスチャンスに繋がると認識し始められているのです。

## すでに始まっているバイオミメオティクス

最近縄文遺跡の発掘が盛んですが、ある縄文土器から絹糸の蛋白が発見されました。つまり1万年前の私たちの祖先である縄文人が養蚕を行っていた可能性が提起されたわけです。ここで生物模倣との関わりについてですが、東京農業大学の長島孝行教授の研究室はシルクの機能性や用途開発を数多く研究しています。その科学的成果の一つに蚕のたんぱく質は非常に抗菌性と制菌性に優れていることの発見がありました。そのデータを基にシルク蛋白を成形加工したコンタクトレンズが開発されて、市場に出まわるようになりました。

シルク蛋白には紫外線遮断 特に皮膚のしみや皺の原因になる紫外線を遮る 効果もあり、この特性に目をつけた化粧品会社ではシルク蛋白をパウダー状にしてUV効果を謳った製品を開発しています。このように現在では60社ほどの企業が「シルク」の機能や特性を生かした技術、製品の開発を行っています。

あるいは、エジプトを訪れたことのある方の中にはフンコロガシの一種である「スカラベ」という昆虫の置物をお土産に買った方もいらっしゃると思います。スカラベは命を司る再生の神として古代エジプトの時代から崇められていました。この虫は牛の糞の中に卵を生みます。卵を産みつけられた牛糞は乾燥地帯のためにカチカチの硬い玉状になりますが、ナイル川の洪水によって泥が溶け始めるとスカラベの幼虫は孵化を始めます。こうして大洪水の後にむくむくと発生してくるスカラベは「再生の神」となったのです。糞に卵を生む昆虫にはハエがいます。ハエの幼虫である蛆虫がなぜ黴菌だらけの糞の中で成長するのか……このテーマを研究すれば新しい製薬開発のヒントを得られるかもしれません。

少し前置きが長くなりましたが、「バイオミメオティクス = 生物模倣学」の一番重要な部分はこの辺りにありそうです。つまり炎天下の紫外線を遮る機能をもった蚕のサナギ、過酷な自然条件を克服するために糞に卵を生むスカラベ……そこには生物が大切な子孫を残すために長い年月をかけて積み重ねてきた知恵や技術があるからです。

実際、バイオミメオティクスによる知識は最先端の科学・技術開発にさまざま応用されています。例えばスペースシップの太陽光発電パネルの畳み方のシステムは昆虫の羽根の畳み方が応用されています。あるいは、最近話題に上がる「シックハウス」は、塗料や接着剤などの化学物質に加えて近代的な高断熱・高气密の建築工法が原因といわれています。そしてこのシックハウスを克服する技術として、南米やオーストラリアに棲息する蟻塚を研究した建築工法が注目されています。

## バイオミメオティクスの実例

ここで1本のビデオを見ていただきます。この番組は2年ほど前に、ある民放テレビで放映されたものです。宮崎県で「フィールド」という小さな会社を営んでいる小林克利さんという人物をドキュメンタリーしたものです。小林社長は、旧ソ連邦時代に開発されてそのまま埋もれてしまった技術、例えばソ連時代の宇宙開発技術を日本の民間企業に移転するビジネスを行っています。彼が着目して日本に持ちかえった技術は数多くありますが、最も成功しているのが「昆虫利用の完全リサイクル農

園システム」です。

取っ掛かりはロシア人のポポフ博士が研究していたハエの家畜化プロジェクトでした。ポポフ博士はなんと600世代に及びハエの改良交配を行いました。その結果、家畜化されたハエの蛆虫はミミズの60倍ものスピードで、畜糞を分解して堆肥化するという特性を身につけました。畜糞処理は畜産経営者の大きな悩みでもあるのです。普通の方法だと畜糞を堆肥に分解するのに3カ月は必要です。しかしポポフ博士が開発したハエ（蛆虫）は、たった5日間で畜糞を堆肥に分解してしまうのです。さらに好都合なことに仕事を終えた蛆虫は堆肥から這いずり出てきて、あらかじめ設えられた容器に入ってきます。容器に入った蛆虫は恰好の鶏の餌としてゼロエミッション活用も可能です。

さて、小林社長は別ルートで旧レニングラード市にあるパピロス植物生産研究所に足を運び、野菜の新種として開発されていた「ベジフルーツ」の栽培を目の当たりにします。そしてハエとベジフルーツの技術を日本にもち帰って、自分の敷地に実験農場を作りました。まず蛆虫を使った完全有機土壌を作り、そこで新種で付加価値の高いベジフルーツを栽培し、蛆虫は鶏に食わせるという「完全リサイクル農園システム」を実践しました。するとどうでしょう、蛆虫製コンポストで栽培されたベジフルーツのカロチン量がロシア時代よりも40倍も高まったそうです。小林社長は蛆虫が畜糞を分解する際に発生させる何らかの物質が、植物に好影響を与えたのだらうと分析しています。

小林社長の実践で言えることは、畜糞、土壌、蛆虫、微生物、植物がもたらす分泌物や生産物が互いに絶妙なりレーションを構築して、極めて合理的でサステナブルなノウハウや技術を紡いでいるということです。小林社長は自然界に当たり前に存在する生物間の連携に着目し、新しい農業技術を開発したというわけです。現在この農法は、鹿児島県など11に及び自治体で実践されています。ベジフルーツもここ数年で流通するようになっていきます。

バイオミメオティクスで重要なことは、生物たちがもつ習性や技術は38億年という長い年月の中で淘汰され、生き残ってきたものであるという部分です。気の遠くなるような年月の中で安全性や機能が磨かれ、かつ保証された技術だけが生き残っているということです。時間の中で保証され磨かれた技術であるという点でも「バイオミメオティクス」は21世紀に相応しい技術として訴求力をもち得ると考えます。

## 昆虫機能開発研究

以上、環境技術という視点からバイオミメオティクスを話してきましたが、以下ではニュービジネスにつながる「昆虫機能利用研究」というテーマを考えてみたいと思います。ここでは下記のような幾つかのアプローチがあります。

- 1) 新素材の創出、2) 生体機能模倣、3) 飛翔エネルギー技術、4) 限界環境適応技術
- 5) 変体休眠、6) 寄生共生、などです。幾つか代表的な例を見てみましょう。

### 飛翔エネルギー技術

飛行機の形体は「鳥」であったり、最終的にはカマキリの飛翔行動が基礎となっています。似たケースではパラシュートが蜘蛛の生態研究が基になっており、ヘリコプターは蜂類のクローリング型飛行

が基本原理となっています。

面白いところでは、ハエの仲間の飛行技術はエネルギー代謝を最も効率的に行っていると言われていいます。ハエの仲間は羽が2枚しかないという虫のグループに分類されていますが、本当は4枚の羽があります。実は飛翔用にある2枚の羽の下側に退化した2枚の羽がちゃんと付いています。退化したのには理由があって、下の羽は自分の位置を測るセンシングのためのジャイロ스코ープに進化させたものです。人間がハエ叩きで叩こうとしたときに、ハエの仲間が瞬時にカーブを切って猛スピードで逃げ去ることができるのは、この進化を遂げた2枚羽のジャイロのお陰です。ハエのこの技術はメルセデスベンツの横滑り防止や安全操縦技術と同じです。

### 限界環境適応技術×新素材の創出

昆虫が生産する「蠟」も研究開発の対象となっています。昆虫は体が小さいために水分が蒸発しやすく、そうなれば「死」に直結します。そのために蠟を作って体をコーティングして身を守っているわけです。さらに昆虫たちは蠟にいろんな薬効成分を混ぜ込んで、厳しい自然環境に適応してきたのです。神奈川県セラリカNODAは昆虫が作る蠟に着目して、新しい用途開発を行って成功しています。例えば、先ほども言いましたが「シックハウス」などの化学建材偏重への反省から、木材の仕上剤として蜜蠟がクローズアップされています。同社では中国の雲南省にある昆虫資源研究室と連携して3年間で80種もの昆虫製ワックスを研究して製品化の可能性を模索してきました。

すでに産業利用された例ではカイガラムシのワックスがあります。カイガラムシは生垣の葉っぱに付着している1ミリ位の小さい白い貝のようなものですが、あれはセミの仲間が作った蠟製のシエルターです。この蠟が瞬時に溶けて固まる習性を活かして、カラーコピーのトナー、ワープロ用感熱紙のワックス、特殊な金型の離型材などに使われています。食べても大丈夫なのでチョコレートのコーティングに使われています。もっと身近では、ゴキブリのワックスなども研究対象になっています。

### 変体休眠

昆虫の仲間はタイムカプセルに入ったかのように長時間眠り続けることができます。350年前の陶磁器の破片に付着した泥が水気を帯びたら、クマムシ（生物学上は昆虫ではありませんが）がむくむくと「生き返った」という報告もあります。この場合「生き返った」というのは不適切な表現で、クマムシは実は眠り続けていたわけです。眠り続けながら生命を保つために一定の生理代謝を行っていたはずで、このあたりのコントロールシステムは21世紀の医療技術として注目されており、解明されれば大きな話題になるでしょう。

あるいはカブトエビのグループは卵を水に入れると孵化を始めて卵が成体になるという節足動物の仲間です。昔は日本でも東北以南の田んぼに広く生息していました。最近、有機農業として合鴨農法が話題を集めていますが、カブトエビは足で雑草を掻き出すという習性があるので、雑草や害虫を食べてくれるという点で合鴨と同じ効果が期待できます。手間を考えれば放っておけばよいので合鴨よりもズッと楽です。このカブトエビの変体休眠の習性を農業技術として開発すれば、合鴨よりも数段手間のかからない有機農業技術が開発できるでしょう。

### 生体機能模倣

昆虫利用の重要な方向性が、虫のメカニズムをさまざまな用途に応用していくというもので、例

えばロボットへの転換などがあります。一番分かりやすいのは6足歩行ロボットです。虫がなぜ6足なのか 結論を言えばいざという時のバックアップのためです。昆虫は足を1、2本失っても、4足残っていればなんとか移動できます。あるいは小さい昆虫が複雑な地形や環境を移動するときも6足あれば速いスピードで動き回れる。こうした昆虫の歩行メカニズムをもちこむことで、ロボットの移動能力を高められるのです。

フェロモン位置探索も大きな研究課題といえます。昆虫はメス、オスが放出する微量なフェロモンを嗅ぎつけ、数キロの範囲で異性の存在を感知します。この探索能力にどのような化学物質が関わっているのか、どのような仕組みでセンシングしているのか。フェロモンを一つとっても多くの研究課題、技術開発の可能性が潜んでいます。

筑波大学ではスズメ蛾を使ってフェロモンによる異性間移動の関係性を研究しています。その結果でわかったのが、スズメ蛾は匂いの元に直進するのではなく、ジグザグな行動をとりながらその位置を探り出していくということです。この解析結果から、フェロモンのセンシング機能を応用した匂いの発生源にたどり着くロボットの試作開発が行われています。さらに行動パターンをアルゴリズム化し、ロボットを動かすプログラムの開発も行われています。この2つの研究が一緒になれば、例えば、ガス漏れ探索用センサーロボットなどが実用化されます。人間では到底踏み込めない危険な場所、あるいは日常的な探索業務にこうしたロボットは非常に有効です。

## バイオメテオティクスと遺伝子工学

幾つか例をあげながらお話してきましたが、現代科学で最も注目されている遺伝子解析とその応用はバイオメテオティクスの最たる部分です。アメリカを中心としたヒトゲノム解析はグローバルな研究ブームを引き起こしていますし、今後の巨大ビジネスをにらんでパテント取得競争が激化しています。実は日本はヒト以外の生物ゲノム情報を最も保有している国です。逆に言えば、情報はあってもバイオメテオティクスの発想や研究が足りないために大きなビジネスチャンス逃しているのです。有用な遺伝子情報の中に豊かなビジネス資源が眠っていることを自覚して欲しいと考えています。

生物の世界でも昆虫は最も種類の多い動物群です。現在確認されているだけで300万種、未知エリアに存在するだろう種類を含めれば1000万のオーダーは下らないだろうと言われています。にも関わらず、人類はごく少数の昆虫しか利用できていません。代表的なものを上げれば、一つは蜂を使った養蜂、二つめはカイコを使ったシルクの生産、そして食用、と大体3つの用途以外は活かしていません。例えばシルクの生産に蚕以外の蛾を使ってみることも可能です。アメリカに棲息するナアナフェという蛾はなんとフットボール大の巨大な繭を作ります。

さらに、バイオメテオティクスの真骨頂は、微生物の世界です。微生物がこの地球上に何種類いるのか。その研究は全く手つかずの状態です。しかし、最近ではE M菌のような有用細菌も段階的ではありますが特定されつつあります。

## 21世紀の技術フロンティアとして

「バイオミメオティクス」で最も重要なのは、「原始以来、生命世界は昆虫、植物、動物、微生物、森林といった密接な命のリレーションもって、持続可能な世界を成立させてきた事実」を再認識することです。これからのバイオミメオティクスには、個々の生物の素材や技術に着目すると同時に、彼らのリレーションを社会装置化、システム化することで、近い将来、石油などの地下資源は段階的に枯渇していくでしょう。これをバックアップするためには昆虫、植物、動物、微生物という再生可能な生物資源を上手に使っていかざるをえません。そういう意味では、単に環境対策という範囲に留まることなく、エコロジー自体を資源としてビジネス化する実践がさまざまに台頭してくるに違いありません。21世紀はその有用性、可能性を確かめ、次代の子孫にそれを継承する大切な世紀になるだろうと考えています。

以上

### 講師プロフィール

#### 赤池 学 氏 (アカイケ・マナブ)

1958年東京生まれ。筑波大学生物学類卒業。ジャーナリスト、ユニバーサルデザイン総合研究所所長。製造業技術・科学哲学分野の執筆、評論活動、産業創出プロジェクトに取り組む。主な著書に、『メルセデスベンツに乗るということ』、『ゼロ・エミッション 持続可能な産業システムへの挑戦』、『世界でいちばん住みたい家』、『サナギの時代』など。他、中国対外経済貿易大学客員教授、武蔵野美術大学講師。

2002年度第2回物学研究会レポート  
「バイオミメオティクスとデザイン」

赤池 学氏

(ユニバーサルデザイン総合研究所所長、ジャーナリスト)

---

写真・図版提供

; 物学研究会事務局

編集=物学研究会事務局

文責=関 康子

[ 物学研究会レポート ] に記載の全てのブランド名および  
商品名、会社名は、各社・各所有者の登録商標または商標です。  
[ 物学研究会レポート ] に収録されている全てのコンテンツの  
無断転載を禁じます。