

(第 101 回) KS クラブ議事メモ

開催日	2019 年 12 月 10 日 (火)	出席者 敬称略	坂下勲・西村二郎・大谷宏・山崎博・ 松村眞・小林浩之・持田典秋・猪股勲・ 宮本公明・飯塚弘・神田稔久 (文責)
時間	16:00~17:40		
場所	かながわ県民センター		
資料	バイオミメティクスー生物の不思議に学ぶ技術ー (山崎博)		
議題	<p>1. 技術課題</p> <p>バイオミメティクスー生物の不思議に学ぶ技術ー</p> <p>嚙矢</p> <p>レナルド・ダビンチによる鳥の飛翔の観察</p> <p>典型的な事例</p> <ul style="list-style-type: none"> ・オナモミの実 円管状のフックによる付着効果→面状ファスナーの開発 ・ヤモリの足 ファンデルワールス力による付着→ヤモリテープや「ナノぴた」手袋の開発 ・ハスヤサトイモの葉 ロータス効果と呼ばれる撥水性→ヨーグルトの蓋への実用化、テフロン加工の機能性向上、「ビーズコート」塗料、「ヌレンザ」傘、「スペクト」自動車用コーティング剤、「DETRAPEL」超撥水スプレー、「ミノテック」 ・クモの糸 牽引糸の強度への着目→「ハンモック」やヴァイオリンの弦の作成、「QMONOS」人工クモ糸繊維、理研における研究開発 ・ハダカデバネズミの長寿 高分子量ヒアルロン酸の分泌によるガン細胞の増殖防止 ・イルカやコウモリの障害物検知 超音波の活用→高度自動運転や自律センシングロボットへの応用 ・クラゲの発光 蛍光タンパク質 GFP の発見→生命現象追跡ツールへの活用 <p>発表者からのコメント</p> <p>江戸時代の画家、伊藤若冲(1716~1800)は、鶏から昆虫、魚介類から様々な植物まで、ひたすら生き物を観察し、それら生き物の持つ生命力の美しさと不思議さを、写実性に富む極彩色の細密画に描きこんでいます。生き物の世界は、不思議に満ちています。</p> <p>ファーブル(1823~1915)は、虫の行動を忍耐強く観察し、心を澄ましてその意味を考え、あらゆる可能性を想定して仮説をたて、実験方法を工夫しました。自在な心、自分の目で見たことしか信じない精神の強靱さ、何よりも、美しいものに驚く感受性の鋭さをもっていました。子供の時に読んだ「ファーブルの昆虫記」は、「糞コロガシ」の観察を始め、昆虫たちの生きるための不思議さには感動します。</p> <p>明治の世界的博物学者で、夏目漱石と同じ年に生まれた南方熊楠(1867~1941)は、特に力を入れた研究は粘菌で、菌類のキノコに関して 3,500 点に及ぶ彩色画を残していますが、粘菌が一夜にしての動物(変形体)から植物(子実体)へと変身するという、生命の精妙さと不可思議さを感じ入ったのではないのでしょうか。</p> <p>動物王国で有名な畑正憲ことムツゴロウ氏は、クマ、オオカミ、キツネ、カラスなどの野生動物とも、心を通わせることができる天才ですが、陸上動物から魚介類にいたるまで、その生態の不思議を研究し幾多の本にしています。ムツゴロウ氏が、動物と仲が良くなっていく過程を撮ったビデオもまた秀逸です。世界にこのような不思議な記録映像は稀ではないのでしょうか。</p>		

それと、忘れてはならない先人としては、進化論のチャールズ・ダーウィンがいます。
ヒトは、生き物としては後輩です。ヒトがこれから生き延びていくためには様々な生き物から知恵を学ぶ必要があります。バイオミメティクスは、そのための技術に着目した分野ですが、研究会では紹介できなかった事例を下表にまとめておきます。

生物	機能	技術	企業、研究所
ハスの葉	超撥水	超撥水性型枠による表面気泡のないコンクリート	清水建設
モルフォ蝶の翅	光干渉	構造発色繊維「モルフォテックス」	帝人ファイバー
蝶や孔雀の翅	構造色	インクを使わない高精細な画像印刷	京都大学
蛾の眼	無反射	無反射フィルム	三菱レイヨン
フクロウの翼	静音	新幹線の翼型パンタグラフ	JA西日本
シロアリの塚	自然空調	室内の温度を快適に保つエコビルディング	イーストゲートセンター
貝	回旋力	高効率プロペラ	PAX Weter's mixing technology
鳥の眼	色覚	鳥の衝突防止ガラス	Arnold Glass
蚊の吸血	構造	テーパ形状の痛さを感じさせない注射針	テルモ
サメの肌	低抵抗	抵抗の少ない水着(ファーストスキン)	SPEEDO社
カジキの肌	低抵抗	さらに抵抗の少ない水着(ウォータージーン)	ミズノ
ハエの複眼	情報処理	ハエ型自律型パイロット装置	フランス
アブラシの蜜包	非粘着化	べたつかない粘着剤(リキッドマープル)	マックスプランク研究所
アワビの殻	材料強度	薄膜有機・無機の積層ハイブリッド構造材	東大 先端科学技術センター
キツツキの脳保護	耐衝撃	衝撃から脳の損傷を防ぐヘルメット	カナダ Q Collar社
蛍の光	発光器	様々な条件で使えるケミカル・ライト	株式会社 栄宝
アリの群知能	群知能	自己組織化による次世代ネットワーク	大阪大学 若宮研究所
象の鼻	多機能	柔軟に動くロボットアーム	ドイツ Festo社
カワセミのくちばし	低抵抗	新幹線500系の先頭車両形状	JR東日本
ミツバチの巣	軽く頑丈	軽量で強いハニカム構造の新幹線の床	JR東日本
ホタテ貝の合わせ	密封性	冷蔵庫のドアの合わせ部分の形	シャープ
猫の舌のザラザラ	ブラシ性	掃除機のゴミを効率的に圧縮するブレード	シャープ
カタツムリの殻	防汚性	防汚機能の優れた外壁タイルを開発	株式会社 LIXIL
マグロの皮膚	高速遊泳	摩擦抵抗を低減する船底防汚塗料	日本ペイント
トンボの翅	共振分散	翅脈構造を取り入れた高音質スピーカー	オンキヨー
ミミズ	移動方法	海底探査用掘削ロボットの開発	中央大学
ヘビ	柔軟性	ヘビ型の柔軟性のあるロボット	ハーバード大学
黒い深海魚	集光能力	皮膚の複雑なメラニン色素のナノ構造	デューク大学
魚	フィン駆動	魚のような動きを可能にするロボット	マサチューセッツ工科大学

また、最新のバイオミメティクス分野の動向については、特定非営利活動法人バイオミメティクス推進協議会のホームページをご覧ください。

<http://www.biomimetics.or.jp/index.html>

バイオミメティクスの国際標準化については、高分子学会バイオミメティクス研究会のホームページをご覧ください。

<http://main.spsj.or.jp/c12/gyoji/biomimetics.php>

参加者からのコメント

生物の優れた特徴は数万年の進化の結果で、産業に利用できる原理も少なくないであろう。生物を詳細に観察し、優れたメカニズムを解き明かすのは生物学者である。一方、市場のニーズに接するのは産業界の開発者だから、一般的に生物学者からも生物の世界からも遠い。それに生物の原理的なシーズ情報があっても、製品化に結び付けるには想像力が必要である。生物界のシーズと、産業界のニーズと、製品化の想像力をマッチングさせる方法と仕組みは何だろうかと思なった（松村）

最近、化学の進歩とともに機能性材料を創生する動きが活発になってきている。このような研究開発のなかで、化学工学の研究室でも自己組織化などをテーマにとりあげているところが増えつつある。このような研究者が、従来にはない機能として取り上げるお手本に生体の持つ機能がある。

今回、講演者が取り上げた接着、撥水、伸張強度、探査などある種の生物だけが持っている機能を、工学的に再現する試みは、これから人類が手にする新規な機能を開発していくうえできわめて重要と考える。

ただ、議論の場に出たように、全く同じものを合成したり、組み立てたりすることが最終解ではない点には注意が必要で、その機能はいかにして実現されているかを解明して、そのエッセンスを工業的に再現するにはどうすればよいかを考えることが、化学工学のようなモノ作り研究の課題だろう。

このような動きを進めていくには、まず、生物界にはどのような不思議があるのかを広く集めること、それらがどのようなメカニズムで作用しているのかを明らかにすることが重要と考える。その意味で、今回の写真をたくさん使って集められた生物の不思議は興味深い企画であったと思う。これからも、この動きが広がることを期待したい。（宮本）

多くの例を紹介されたが、古くからある絹糸を連想する。その動物そのものの機能を効率的に、工業的に、利用することであるが、昨日発現の原理は絹ライクな合成繊維を生み出すことにつながったように思う。ここに一つのバイオミメティクスの原型があるように思う。そういう目でみると示された例は、玉石混淆という印象がある。ここでは定義の外かもしれないが、遺伝子組み換えなどの技術をあわせて、生物そのものを利用することと、製造や機能の原理を工業的な方法に置き換えて利用することに科学技術の意味が出てくると思われる。“ハダカデバネズミの長寿”や、“イルカやコウモリの障害物検知”、“クラゲの発光”などのテーマはバイオミメティクスの観点からは取り上げる意味はないと思う。（小林）

- ・とても面白く拝聴しました。
- ・お話の後、生物と人との関係について、自分なりにあれこれ、考えました。
- ・着想、発想のきっかけを作って頂き、ありがとうございました。
- ・バイオミメティクスは、語呂があまりよくないので、いっその事バイオマネ（真似）テクスにしてはいかがでしょうか（半分冗談、半分本気）。（坂下）

興味深く拝聴しました。紹介された事例の中で、すでに利用が始まっているものから蝙蝠の会話の混信回避の仕組みなど、要解明の現象までありました。ある種の蝶やコマドリ等には地磁気を利用した方向探査能力があるといわれています。地磁気が微弱なだけに不思議です。このような分野の解明が進めば、素晴らしい医薬が発見されたり、生命現象の謎に迫れるのではないかと、想像を逞しくしています。とにかく、バイオの分野には可能性が秘められている感じがしました。(西村)

- 私が幹事を務めている地元の研究会（静岡県東部精密技術研究会）でもバイオメテックスをテーマにした講演会を開催したことがあります。調べてみると2014年4月で、講師に下村政嗣氏と三菱レイヨンの魚津吉弘氏を招きました。下村先生は丁度東北大学から千歳科学技術大学に移ったばかりの時遠路来てくれ、バイオメテックスの内外の技術動向をお話しされました。魚津氏は蛾の目の構造を模したモスアイ型反射防止フィルムの連続的製造法の開発に関する話でした。魚津氏の話は、顕微鏡の写真から蛾の目の表面構造を明らかにし、表面に微小突起構造（突起間距離100nm）の大面積フィルムを如何に作るかです。そこでアルミニウムを陽極酸化して、自己組織化現象を利用してアルミニウムナノホールアレイを作製、それを金型としたナノインプリント法です。トップダウン型と違って、自己組織化で形成される規則構造は、構造の乱れが存在するが、省エネで大面積が可能であり、いい加減さが許容される用途には大変有効です。光などの電磁波を制御する材料は、その波長程度の微細な周期構造が必要であり、多様な用途が期待されています。

(参考)・下村政嗣“生物の多様性に学ぶ新世代バイオメテックス材料技術の新潮流”科学技術動向 2010年5月号 ・魚津吉弘“モスアイ型反射防止コーティング”日本接着学会誌 46巻5号(2010)

- 材料のバイオメテックスとは違いますが、わずか数gの生物が何千kmと長距離を飛ぶ蝶の飛翔のメカニズムを解明すれば、小型の省エネの飛翔ロボットが実現できるというので注目されています。カメラやセンサーを搭載すれば、人命救助支援、未知の惑星の探査、人が立ち入り困難な構造物などの保守点検など多くの用途があります。数年前に九工大の淵脇正樹氏に関連する研究を聞いたことがあります。生きた蝶を使った飛翔状態の観察という根気のいる実験をされていました。剛体の翅と異なり、蝶は2枚の翅の羽ばたき運動だけで自律飛翔し、それは翅の弾性変形により生み出される三次元渦流れから生み出される揚力／推進力によるとのことです。ロボット工学に生かせるバイオメテックスです。

- 最近私が関心を持っているのは、コンピュータの人間と脳の違いです。スーパーコンピュータ「京」の消費電力は12.6MW、一方人間の脳は20Wと100万倍も違います。単純には比較はできませんが、「脳」は「京」より劣っているとは言えません。最近、脳の神経伝達（シナプス／ニューロン）を模したニューラルネットワークをコンピュータに使い、ディープラーニングによる人工知能がもてはやされています。「脳」の消費電力には到底及びませんが、今までのコンピュータと違った「脳」に近い情報処理—逐次型演算処理から並列型処理へ—です。現在世界最速のコンピュータ「Summit」の処理速度は「京」の20倍ですが、消費電力は10.1MWと「京」より少なくなっています。これも広い意味でのバイオメテックスです。究極は生体の臓器を万能細胞から作る再生医療かも知れません。(飯塚)

山崎さんのテーマを選ぶ時の目の付け所にはいつも感心します。

確かに生き物には、人間にとって不可能なことなど想像もできないような能力が備わっているのでしょう。その活用法として、バイオメテックスがあるのでしょうか、別の観点からも研究が進んでいると聞きました。

例えば、渡り鳥が何千キロも飛び続けられることから、鳥の胸肉から力の持続性を維持できる成分を抽出して、パワーをつけるには胸肉が良いということも言われていますね。

もっともっと自然界から学び、人間生活に生かすことが大切だと感じました。(持田)

	<p>山崎さんの話、文句なく面白く拝聴しました。我々人類が生物の不思議を学んで、それを我々の生活に役立つ技術に応用していくことは大切な事です。しかし、それ以前に、生物は不思議に満ちている事、その不思議を解明することもとても面白いという事を、我々日本人はもっともっと知るべきではないでしょうか。理科離れが叫ばれて久しいですし、科学技術立国を標榜している日本の科学技術力の綻びがあちこちに散見されます。「生物の不思議」が日本人の理科離れを食い止めてくれる役割を果たしてくるのでは、とも思います。山崎さんの話を聞いて、持田さん達のやっておられる「子供向け・大人向けの理科教室」の活動の中でも、是非、「生物の不思議」というテーマを取り上げていただいたら良いのではないかと思います（もし、既に取り上げておられるようなら失礼）。山崎さんの参考文献には載っていませんでしたが、「ゾウの時間とネズミの時間」の著者である本川達雄東工大名誉教授は、「絵とき、ゾウの時間とネズミの時間」という子供向け絵本も作っていますが、この絵本は、子供の理数科脳を刺激する素晴らしい本だと、私は思っています（興味ある方は、youtube で絵本の紹介が見られますよ）。尚、本川達雄さんは、もともと「ナマコ」の研究者だったのだそうで、「ナマコは、目が無い、耳が無い、鼻・舌が無い、脳が無い、心臓が無い、筋肉もあまり無い」・・・とても面白い生物と言っています。本年 5 月には「ナマコ天国」という絵本も出し、日経書評欄で五つ星の評価も貰ったとのこと。彼は、「ナマコ天国」という歌を作詞・作曲し自分で歌っています。これも youtube で見られます）（大谷）</p> <p>バイオミメテックスを産業化に結び付けようとする場合に、効率の問題が壁となるように考えられる。人口光合成が完全に達成された場合でも、産業化という視点ではその低効率（1%と言われている。）が課題となるであろう。翻って、現代の効率を考える時、その基準もまた、バイオミメテックスーに習って変えていく必要があると思われる。（神田）</p>
	<p>2. SCE・Net 次回総会予定 令和 2 年 4 月 23 日（木） 林野会館</p> <p>3. 今後の予定 1 月 猪股氏 2 月 飯塚氏 3 月 西村氏 4 月 宮本氏 5 月 坂下氏 6 月 見学会 7 月 大谷氏 8 月 小林氏 9 月 松村氏 10 月 見学会 11 月 持田氏 12 月 神田氏 1 月 山崎氏</p>
次回日程	<p>2020 年 1 月 14 日（火）15:00-17:00 1. 技術課題 猪股氏 2. その他</p>

次々回日程	2020年2月11日(火) 15:00-17:00 1. 技術課題 飯塚氏 2. その他
-------	--