

報告 平成 26 年度千葉県立現代産業科学館 開館 20 周年記念企画展 「生物のデザインに学ぶ—未来をひらくバイオミメティクス—」について

* 金田幸代
* 竹内洋子
* 生井敏昭
* 石井俊正
* 原田裕章
* 川端保夫

Sachiyo KANEDA
Yoko TAKEUCHI
Toshiaki NAMAI
Toshimasa ISHII
Hiroaki HARADA
Yasuo KAWABATA

要旨：千葉県立現代産業科学館では、平成 26 年度に開館 20 周年を迎え、その記念企画展として「生物のデザインに学ぶ—未来をひらくバイオミメティクス—」を 2014 年 10 月 11 日（土）～11 月 30 日（日）に開催した。この企画展では、持続可能な未来をひらく技術として、近年注目され、研究開発がすすめられているバイオミメティクス研究に焦点をあて、すでに製品化され、わたしたちの身近にある技術から、これからさまざまな製品への応用が期待される最先端の研究までを紹介するとともに、生物や自然の優れたしくみについて再認識し、未来の暮らしを考える機会とした。本稿では企画展の展示構成および関連イベントの工夫とその評価について報告をする。

キーワード：科学館 企画展 バイオミメティクス 生物 電子顕微鏡

1 はじめに



図 1 エントランス風景

「バイオミメティクス(biomimetics)」とは「生物模倣」と訳される。すべすべにみえる壁やガラスをたやすく歩き回るヤモリ、泥水の中でも泥で汚れないハスの葉、輝く美しい青色の翅を持つチョウ、暗い夜に自由に飛べる蛾など、生物にはふしぎな力、優れた能力が備わっている。生物は長い進化の過程で、生存する環境に最適なデザイン（形、機能、しくみ、生産プロセスなど）を獲得してきた。大量のエネルギーや希少な資源を必要としない。その生物のデザインに学び、ものづく

りに活かそうとするバイオミメティクスの研究に今、世界の注目が集まっている。省資源、省エネルギー、低環境負荷の「持続可能な社会」を実現するための課題の解決が期待されているからだ。

この自然から学び、生物からヒントを得てものづくりに活かすという技術は、それほど最近のものではないという。例えば、私たちの身近にある合成繊維のナイロンは 1930 年代に絹糸を模倣して開発され商品化された。また、生活のさまざまなところで利用されている面ファスナーは、野生ゴボウの実を模倣して開発された技術で、1950 年代に製品化された。

「バイオミメティクス」という概念は 1950 年代後半に、ヤレイカの神経システムにおける信号処理を模倣して電気回路「シュミット・トリガー回路」を発明した、神経生理学者のオットー・シュミットが提唱した。1970 年代から 80 年代にかけては、人工生体膜、人工酵素、人工光合成の研究開発など「バイオミメティクスケミストリー」として化学の分野において世界的に広まった。一方、機械系バイオミメティクスの研究としては、コウモリの超音波や昆虫の感覚毛を模倣したソナ

一やレーダー、昆虫の飛翔や魚類の泳ぎを模倣したロボットなどの研究が行われた。現在も研究は継続し、マイクロマシンなどの先端技術の分野やエコ家電製品などにも影響を与えている。

今世紀に入り、新世代バイオミメティクスとして注目されているのが、材料系バイオミメティクスと呼ばれる研究分野である。ナノテクノロジーの発展と電子顕微鏡の進歩によって、生物のミクロの構造が明らかになり、材料工学の研究者がその構造や機能を工学的に応用することで新たな技術革新を生み出そうとするものである。

「バイオミメティクス」の国際的な基準づくりがはじめられて、近年、テレビや新聞、雑誌などで取り上げられることも多くなり、今後耳にすることが多くなると思われる。「バイオミメティクス」という言葉になじみがなくても、生物多様性への理解が進み、環境問題やエネルギー問題に関心が高くなっている現在、鳥や虫、植物や動物の優れた力を研究し、ものづくりに活かすという技術開発の紹介は、多くの人の興味・関心を引くものと思われる。

2 展示構成

この企画展では、すでに製品化されて身近にあるバイオミメティクスの技術から、今後さまざまな分野への応用が期待される最新の研究までを紹介した。導入部として電子顕微鏡写真等によるクイズコーナー「いきものってすごい」、バイオミメティクスの代表的な技術や製品を紹介する「バイオミメティクスってなに」、バイオミメティクスの技術開発が今後私たちの生活にどのような変化をもたらすかを考える「未来をひらくバイオミメティクス」の3つのコーナーで構成した。

それぞれの研究については、①ヒントとなった生物のデザイン・②研究の内容・③製品や技術開発という構成で統一し紹介した。



図2 展示構成

当館は産業技術を扱う理工系の科学館であり、「ものづくり」に重点を置く展示としたが、ヒントとなった生物についても興味・関心を持っていただこうと、なるべく実物標本の展示を行った。また、生物のすぐれたデザインを体感できるように、体験コーナー、電子顕微鏡コーナー、バイオミメティクス・データベース紹介コーナーを設けた。あわせて研究者へのインタビューも行い、特に子どもたちに向けてバイオミメティクスが拓く未来について語っていただいた。

関連イベントでは、最先端の研究に取り組む研究者の方たちの講演会やワークショップ等を実施し、展示だけではなく、実際に製品に触ったり、研究者の話を聞いたりしてバイオミメティクスへの理解を深めることができるようにした。

また、同時開催として、千葉県少年少女発明クラブ絵画展「いきものから学ぶ、みらいのくらし」と、市川工業高等学校インテリア科の生徒による生物のデザインに学んだものづくりのアイデア展示を行った。

以下、「バイオミメティクス」について興味・関心を持ってもらい、満足していただくために行った展示の工夫等について、各コーナーの展示構成とともに述べる。

(1) 「いきものってすごい！」

当館の利用者は小学生以下の子どもとその保護者が多い。「バイオミメティクス」ということばはなじみがなく、耳にしても難しく感じる。生物が持つすばらしい力を模倣して作られたものが身近にあるということをクイズ形式で紹介し、企画展示に関心を持ってもらうコーナー、「いきものってすごい！」をエントランスに設置した。バイオミメティクスとして代表的な「ヤモリの足の裏」、「モルフォチョウのはね」、「蛾の眼」の電子顕微鏡写真などのパネルを掲示し、なんの写真か、どの生物をヒントとしているかを三択で正解を選ぶものである。もちろん電子顕微鏡写真を見て、三択から正解を当てることは難しい。その結果、三択の答えを順番にめくって確認することになる。そのため、はずれの答えもなるべく企画展会場で展示しているものとし、正解でもはずれでも展示で再確認することができるようにした。



図3 展示風景

このコーナーは、導入部としてのコーナー設置であったが、逆に企画展会場から出てきた小学生たちや親子連れが、写真を見ながら今まで見てきた企画展の展示を思い出し、答えを当てっこしているようすもみられた。より理解を深めるツールとなったと思う。

「いきものってすごい！」コーナーに特別展示として、千葉県柏市出身のプロ車いすテニスプレイヤー、国枝慎吾選手使用のテニスラケット「バイオミメティック 300」を展示した。国枝選手は北京とロンドンのパラリンピックシングルスで金メダルを獲得、車いすテニス部門で年間グランドスラム*1を達成した世界ランキング1位の選手である。



図4 展示風景

「バイオミメティック 300」はダンロップ(株)が開発した、サメ皮、ハチの巣、ヤモリの足の裏の構造をフレームやグリップに利用して空気抵抗の減少、衝撃吸収、グリップ力の向上を実現したラケットである。

体験用に「バイオミメティック F5.0 ツアー」を傍らに置き、持ち上げたり、触れたりすることができる展示とした。

(2) 「バイオミメティクスってなに？」

最初のコーナーでは、バイオミメティクスの代表的な技術と製品を、ヒントとなった生き物とともに実物資料、画像、映像、模型等で紹介した。

ア 野生ゴボウの実／面ファスナー

まず、1950年代にスイス人のジュルジュ・デ・メストラルが「野生ゴボウの実」の表面のかぎ状の突起をヒントにして製品とした面テープである。日本では(株)クラレが製品化しており、「マジックテープ®」*2として知られている。着脱が自在にできる面テープは今や、服、靴、バッグなど身近なものに使用されており、だれもが知っている製品となっている。日本では1964年に開通した東海道新幹線のヘッドレストに採用されたのを契機に飛躍的に広まった。

実物の「野生ゴボウの実」や「オナモミ」を展示したところ、「オナモミ」を衣服につけて遊んだ記憶のある人も多く、実物を見て、身近にある面テープがこれらのトゲをまねてつくられたということがよくわかったという声があった。面テープの実物のそばにルーペを置き、テープの突起が絡まるしくみがよく観察できるようにした。



図5 展示風景

同じく生物の「形状」・「構造」にヒントを得た製品として自動車のボディ(ハコフグ)、500系新幹線(カワセミ)、飛行機の翼とロケットノーズフェアリング(ハチの巣)を紹介した。

イ ハコフグ／バイオニックカー

熱帯のサンゴ礁や潟湖、海藻林に棲むハコフグはその名のとおり、四角い箱型の構造でありながら、実は水滴とほぼ同じ優れた流線形をしている。また、高い水圧に耐える堅牢な外皮を備えている。メルセデス・ベンツ社は2005年にバイオニック

カーを開発するに当たり、さまざまな分野の生物学者、生物工学者、自動車研究者が結集し、“形状と構造が、空力特性と安全性、スペースの広さ、環境適合性にすぐれたクルマの理念に近い”生物を探求した結果がハコフグであったという。^{#3}ハコフグとバイオニックカーの風洞実験などの動画で紹介をした。

ウ カワセミ／500 系新幹線

1997年3月にデビューした500系新幹線は、最高時速300kmという高速化を目標に約7年の歳月をかけて開発された。トンネルの多い日本の地形では、トンネルに入った時にトンネル出口でおきる騒音と空気振動の問題解決が課題であった。野鳥観察を趣味とする開発者が、カワセミのくちばしから頭部にかけての形状がその課題を解決するヒントになると考えたそうである。先頭部模型で実験を重ねた結果、カワセミに似た形状が先頭車両に採用された。カワセミの標本と500系新幹線先頭車両模型を展示し、500系新幹線の映像を流した。

エ ハチの巣／航空機翼・ロケットノーズフェアリング

六角形がすきまなく並ぶハチの巣（ハニカム）構造は、少ない材料で高い強度を保つことができる。航空機や船舶、建築物の構造材などに多用されている。軽量で強度が高く、さらに熱や衝撃を伝えにくいという特長がある。飛行機の翼に使用されている昭和飛行機工業（株）のハニカムパネルモデルを展示した。また、JAXAのロケットノーズフェアリングのカットモデルは触れることができ、持ち上げて軽さを体感し、驚く人も多かった。スズメバチの巣の標本をそばに展示したが、生物が生み出す造形のすばらしさを実感することができたように思う。



図6 「ハチの巣標本」

今世紀に入り、ナノテクノロジー技術の進展と電子顕微鏡の普及によって「サブセルラーサイズ構造」^{*4}の研究が進み、生物の細胞内部や表面の微細な構造や機能、形成プロセスを模倣した材料の研究開発が、新世代バイオミメティクス研究として注目されるようになった。

新世代バイオミメティクスの代表例として、ハスの葉の超撥水効果、カタツムリの殻の親水性、モルフォチョウやタマムシの構造色、ヤモリの足の裏の極細毛、蛾の目の無反射構造を取り上げた。

オ ハスの葉／外装塗料・超撥水フィルム・超撥水生地

ハスの葉の表面には数マイクロメートルの大きさの突起が並び、さらに個々の突起には葉から分泌された数100ナノメートルのワックス状化合物の突起が並んでいる。この表面の微細構造により、ハスの葉の表面は常に水をはじき汚れない。この構造はボン大学附属植物園の植物学者ウィルヘルム・バルトロットが1982年に発見した。

この超撥水効果から、「ロータサン」という塗料が開発され商品化された。ロータス効果^{*5}は世界の科学者や企業が技術開発を行っており、私たちの身近なところでもさまざまに応用され商品化されている。ここではシュトー社の超撥水性外装材のほか、帝人（株）が開発した超撥水性繊維「マイクロフト[®]レクタス[®]」を使用した傘、ヨーグルトの容器のふたに使用される包装材「トーヤルロータス[®]」を展示した。

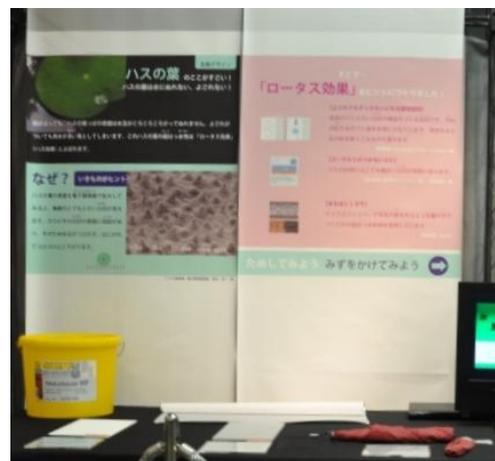


図7 展示風景

カ カタツムリの殻 ノノ親水防汚タイル

カタツムリの殻もまた、汚れているところを目にすることができない。こちらは、撥水ではなく、親水性によるものである。水に濡れていると油汚れが付着しにくく、付着しても水で洗い流されてしまう。殻の表面には目に見える 0.5 ミリメートル間隔の成長線から、約 0.1 ミリメートル間隔の溝、さらに微細な約 10 マイクロメートル間隔のしわが形成されており、この複合的な凸凹の構造により、親水性が高く、水が流れやすくなっている。この構造をヒントに (株) リクシルが、ナノ親水防汚タイルを商品化した。都市部の住宅外壁に付着する汚れには煤や油分が含まれている。タイル表面に数十ナノメートルサイズの凸凹を形成し、表面積を増加して、親水性を高めた。そこに空気中の水分が吸着することによって、汚れを付着しにくくしている。雨が降れば、タイル表面と汚れとの間に水が入り込み、汚れが流れ落ちやすくなるという。

ハスの葉とカタツムリの殻の展示近くに、“超撥水”機能と“親水”機能を実際に体験するコーナーを設置した。



図8 「体験コーナー」

フタにヨーグルトが付着しにくいという森永乳業 (株) のヨーグルトのコマーシャルが放映されている時期と重なったため、子どもたちの関心は高く、何度も水をかけて水玉が転がるようすを声を上げて面白い姿が見られた。ヨーグルト容器も用意し、水をかけて、未使用のフタとの違いを確かめ、すべすべしているシートの方が水をはじかないことに驚いていた。超撥水機能の傘については、これから様々な製品に応用されることを期待する声があった。

ナノ親水タイルは、水彩絵の具を混ぜた食用油

をタイルに塗りつけ、スプレーで水をかけて汚れを落とすという体験を行った。不思議だという声もあり、体験を行った人にはもう一度展示の解説を確認してもらうこともあった。

キ モルフォチョウ・タマムシノ構造色繊維など

モルフォチョウは南米アマゾン川流域に生息する青い翅の美しいチョウである。この青は色素によるものではなく、構造色によるものである。翅の鱗粉は約 70 ナノメートルのタンパク質の薄膜層と約 140 ナノメートルの空気層との積層構造となっていて、光が通過する際、青色の光だけを反射する構造となっている。この「構造色」を再現した帝人 (株) の「モルフォテックス®」という繊維は、屈折率の異なる PET とナイロンを 70 ~100 ナノメートルというサイズで 61 層に重ね合わせた糸で織られている。構造色は紫外線による色あせの心配がなく、染料のような環境への負荷がないという利点がある。モルフォテックス®のミニドレスや短繊維を使用した漆製品など構造色の製品とともにモルフォチョウとタマムシの標本およびイベントに関連して模倣タマムシを展示した。



図9 展示風景

ク ヤモリノヤモリテープ

今回の企画展でポスターや展示場入口で活躍したのはヤモリである。ヤモリの足 (指先) は、どのような面にも強く接着し、しかも簡単にはがれ、あとに汚れを残さない、セルフ・クリーニングできるという特性がある。その指先には微細な毛がびっしりと生えており、その先端が 0.2 ~0.5 マイクロメートルのへら状の極細毛に枝分かれしている。その密度は 1 平方センチメートルあたり 10 億本以上になる。このためファンデルワール

ルス力により壁や天井に張り付くことができる。しかも足の力をかける方向を変えると簡単にはがれる。日東電工(株)が大阪大学中山喜萬研究室と共同開発したヤモリテープは、先端を細かい毛で再現する代わりに高剛性のカーボンナノチューブを利用し、ヤモリの足の裏の特性を再現した。直径数ナノ～数十ナノメートルのカーボン・ナノチューブを1平方センチメートル当たり100億本の密度でびっしり並べたもので、わずか1平方センチメートル程度の面積のテープで、500グラムのものを下げることができる。ここでは、映像によりヤモリの足裏の構造とヤモリテープの特性が分かる映像と貴重な実物資料を展示した。



図 10 「ヤモリテープ」

ケ 蛾の眼／反射防止フィルム

夜のわずかな光でも活動できる蛾の眼(モスアイ)の表面には、光の波長よりも小さい数百ナノメートルの突起が並ぶ。光を表面で反射させずに効率的に取り込む構造である。目が光って敵に見つかり捕獲される危険がない。この構造を模倣した三菱レーヨン(株)の反射防止フィルムを表面に貼ったアクリル板やガラス板は反射が抑えられ、照明などの映り込みがほぼなくなり、透明性が高くなる。

微細な突起が並ぶ構造は、ハスの葉と同じく撥水の効果があり、アリなどが滑ってよじ登れないという特性もみられる。このような生物表面の多機能性の構造は、環境に適応した結果である。

反射防止フィルム使用と未使用の2枚のパネルを比較し展示した。また、大面積のロールフィルム*6も紹介した。今後の工業化が期待されている。

あわせてスズメガの標本を展示した。眼に注目して見たことがなく、真っ黒の眼であることを確認して納得する人が多かった。

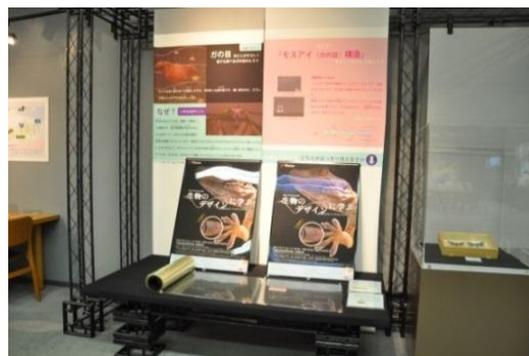


図 11 展示風景

(3) 「未来をひらくバイオミメティクス」

ここでは、現在、研究開発されているバイオミメティクス技術を、暮らしの中のバイオミメティクス、医療に役立つバイオミメティクス、地球環境を見つめるバイオミメティクスの3つのテーマで選び、その技術や製品とヒントとなった生き物の紹介をした。

ア ギンヤンマ・アホウドリ・イヌワシ

／エアコン室内機・室外機

私たちの暮らしのなかにある家電製品にも省エネ技術にバイオミメティクスを取り入れ、生物のすぐれたしくみをヒントにつくられたものがすでにある。トンボの翅の断面は凸凹した形で、小さな渦を作ることにより、空気の抵抗を調整する。トンボの翅の形状を応用することにより、従来より音を静かにし、送風効率を向上させたシャープ(株)のエアコン室内機「クロスフローファン」を紹介した。

また、エアコン室外機のファンには、数万キロ飛ぶことのできるアホウドリの細くて鋭い翼の形と、強い上昇気流にあっても安定飛行するイヌワシの風切り羽の先端の分かれた形を取り入れている。これにより空気抵抗の削減と、騒音の軽減を実現した。

イ アサギマダラ／扇風機の羽根

イルカ／洗濯機パルセーター(期間中展示替)

アサギマダラというチョウは、日本列島を縦断し、海を渡って2000キロメートルもの長距離を飛ぶ。あまり羽ばたかずにひらひらと飛ぶという飛行方法をヒントにしたシャープの扇風機の羽根は、チョウの翅のくびれた形状と羽ばたくときのうねりを応用したデザインにより、風速ムラの

ない滑らかな送風を実現した。

また、イルカは高速で泳ぐ時、腹の表皮にしわを作り、そこにできる小さな渦によって摩擦抵抗を低減している。シャープは洗濯機のパルセーター表側にその形状を模した溝を作り、さらに尾びれのような三日月翼を裏側につけることで、強い水流を生み出し洗浄力を上げている。従来のパルセーターと比較展示し、触って確認できるようにした。

毎日の生活で使用している家電製品に生物の持つ優れたデザインが応用されていることを知り驚くと同時に、生物の優れた特徴を知って感心する人が多かった。



図 12 展示風景

ウ 蚊／注射針

これから製品化が期待される技術開発の一つに注射針がある。蚊の口は1本のように見えるが、実は複数の針と針を包む部分の7つのパーツで構成されており、小顎と呼ばれる針の先端はギザギザがついている。これにより人の皮膚に触る面積を少なくし、痛みを感じさせない工夫がされている。関西大学ロボット・マイクロシステム研究室青柳誠司教授は高速度カメラによって蚊が人間の皮膚を刺すしくみと動きを観察し、蚊の針を模倣した微細針の開発を行っている。

また、ギザギザの形状を応用し、あまり痛みを感じない注射針、樹脂製ランセット針「ピンニックス®ライト」を(株)ライトニックスが開発した。糖尿病の方などが採血時に使用する注射針として発売されている。

二種類の針をそれぞれ光学顕微鏡で観察できるようにし、蚊が皮膚を刺す行動を観察した映像を流した。

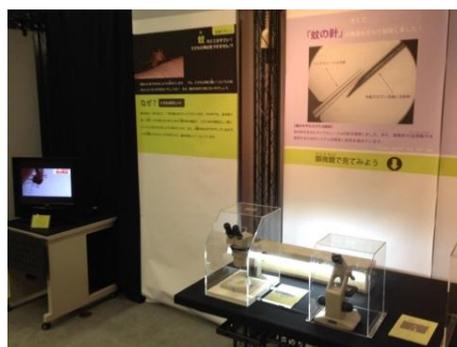


図 13 展示風景

エ 結露現象／ハニカムフィルム

バイオミメティクス技術は生物の形や構造の模倣からさらに自然の形成プロセスに注目し、さまざまなものづくりに応用する技術が進んでいる。結露などの自然現象に見られるように、高分子溶液の表面に結露水滴が自然にきれいに集まる作用（自己組織化）によって作製された富士フイルム(株)のハニカムフィルムは、医療分野などでの応用が期待されている。自己組織化の技術は、大量のエネルギーや資源に依存しない新しいものづくりとして大変注目されている。

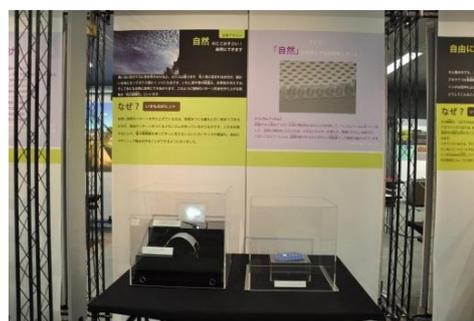


図 14 展示風景

オ ネムリユスリカ／常温保存技術

私たちの生活を見直す技術として、ネムリユスリカの研究がある。アフリカの半乾燥地帯に生息するネムリユスリカの幼虫は、干からびた状態で乾季を過ごし、雨季に水を吸って『生き返る』。2014年、国際宇宙ステーション日本実験棟「きぼう」でネムリユスリカの蘇生実験が行われ、宇宙空間でも乾燥状態から蘇生し、さなぎや成虫に変態した。乾燥する際に大量に体内で合成されるトレハロースを乾燥耐性に利用しており、細胞膜を保護する役目のたんぱく質が存在する等農業生物資源研究所などの共同研究グループが、そのメカニズムを解明しつつある。このメカニズムの利

用による常温保存技術が実現すれば、未来の私たちの医療や食生活を大きく変えるであろう。

カ ハチドリ／ハチドリ型羽ばたき機構

近年、災害時等に人が立ち入れない現場や空間での空撮や情報収集を目的とする、長さ・幅・高さ 15 センチ以下の小型飛行体の研究開発が進んでおり、昆虫や鳥の飛翔メカニズムの解明が注目されている。

ハチドリは体長 10 センチ前後重さは 2~20 g の小さな鳥で、高速で羽ばたきをし、ホバリングしながら花の蜜を吸う。昆虫や鳥の羽ばたき飛行を研究する千葉大学大学院工学研究科の劉浩研究室では、ハチドリ型ロボットを開発している。千葉大学の協力を得て、ハチドリと同じ翼サイズ（翼長 60 mm）と羽ばたき周波数（30Hz）で駆動する羽ばたき体感装置を製作^{*7}した。翼の動き方を観察したり、羽ばたき中に手を機体の下に差し入れると、羽ばたき翼によって生じる吹き下ろし噴流を体感したりすることができる。

あわせてハチドリのホバリングのようすとハチドリ型ロボットの飛行を映像で紹介した。



図 15 展示風景

キ アゲハチョウ／チョウの羽ばたき シミュレーション

千葉工業大学工学部未来ロボティクス学科の菊池耕生研究室では翅の自由度が少なく、羽ばたき周波数が低い、「ひらひら」と飛ぶチョウを取り上げて、飛翔メカニズムを模倣したロボットの開発を行っている。あわせて、蝶の羽ばたきシミュレーション模型と東京電機大学未来科学部ロボット・メカトロニクス学科の藤川太郎助教が研究開発したチョウ型羽ばたきロボット（4 枚翅・2 枚翅）を展示し、映像でチョウの飛翔のようすや

シミュレーションによる羽ばたき飛翔のデモを紹介した。



図 16 展示風景

ク トンボ／マイクロ風力発電

トンボの飛翔に関する研究は、多くの研究者によって行われている。日本文理大学マイクロ流体研究所は飛翔メカニズムの解析を行い、トンボの翅の表面のデコボコ周りに小さな渦が次々にできて、ベアリングのように空気の流れを後方に流すことにより、空気の摩擦抵抗を調整していることを明らかにした。ごくわずかな風も浮力に変えることができ、強い風のときは性能を落とす。このメカニズムをヒントにして、微風で回転し台風でも過回転によって壊れることのないマイクロ風力発電を開発した。

ギンヤンマの標本をあわせて展示し、翅を顕微鏡で拡大してみることにできるようにした。



図 17 展示風景

ケ 魚群／ロボットカー

ここ数年、自動車メーカー各社は「運転操作を支援するシステム」の開発を進め、年々「ぶつからないクルマ」の技術が向上している。

日産自動車（株）は魚群の動きのルールを研究

し、2009年にロボットカー「エポロ」の開発を発表した。これは、魚の「側線感覚」をレーザーの反射光から障害物までの距離を計測する方法により実現したロボットカーである。「衝突回避」「並走」「接近」という群れにおける魚の3つの行動ルールをエポロの走行制御に応用している。相互通信技術により、周囲の環境情報を群で共有する、“群走行しながら、ぶつからないロボットカー”の研究は、事故や渋滞のないクルマ社会の実現につながるものである。会場には貴重なエポロの実物を展示した。



図 18 展示風景

コ フナムシ

フナムシはエネルギーを消費することなく、足元の水を脚の微細な流路構造により、エラまで吸い上げる。この構造をナノテクノロジーの技術で模倣し、水輸送技術の未来をひらく研究がおこなわれている。浜松医科大学の針山孝彦教授と千歳科学技術大学の下村政嗣教授との連携によるものだ。これからは、生物学系の研究者と工学系の研究者との異分野の研究連携による「生物規範工学」という新しい学問によって、新しいバイオミメティクス研究がさらに広がっていくことが期待されている。

サ ナノスーツ法

電子顕微鏡技術の向上がバイオミメティクス研究に大きな影響を与えてきたが、さらにバイオミメティクスをはじめとする技術開発の発展に大きく貢献する研究が注目されている。

針山教授が発明した“生きた状態で生物の表面微細構造を観察することができる”「ナノスーツ法」である。ショウジョウバエやハチの幼虫などが持つ細胞外物質に電子線またはプラズマを照

射することで、高真空下でも生物内部の気体や液体が放出することを防ぐ「ナノスーツ」が形成され、さらに、その細胞外物質に類似した化学物質を塗布してナノスーツを形成させると、生きたまま、真空下の電子顕微鏡での観察が可能になった。

企画展示室内の電子顕微鏡コーナーのモニターで動いているショウジョウバエの幼虫の動画を流すとともに、関連イベントでショウジョウバエの幼虫を観察するナノスーツ法などの体験実習を開催した。

シ バイオミメティクス・データベース

電子顕微鏡で観察した生物の微細な構造がどのような機能を持つのか、また、似た構造や機能を持つ生物がほかにいるのかを調べる手助けとなるのが、北海道大学の長谷山美紀教授らが進めている「バイオミメティクス・データベース」である。昆虫類、魚類、鳥類の電子顕微鏡等異なる研究分野の大量の画像と情報のデータを蓄積し、統合的な検索技術を用いて、画像の検索ができるデータベースの構築が進められている。その一端をモニターで紹介した。

(4) 電子顕微鏡コーナー



図 19 電子顕微鏡コーナー

ア 電子顕微鏡の準備について

企画展会場で電子顕微鏡による画像をできるだけ体験できるような展示方式をとり、バイオミメティクスについて入場者にインパクトを与えたいと考え2年前から方策を探った。

展示に使用する電子顕微鏡も展示会・イベント等で使用される例が多く、近年各社が製作している従来よりも小型の卓上型で設置が簡便である機種が本企画展にふさわしいと考えた。

最終的に開館時に整備した本館の走査電子顕微鏡のメーカーで保守点検を委託している日本電子(株)に協力依頼したところ、近年電子顕微鏡

を使用したワークショップ等を展開し、科学技術に関する教育普及活動を重視しており協力できるという回答を得ることができた。これにより卓上走査電子顕微鏡一式は無償で借用し、本コーナーで展示展開することとした。

イ コーナーの展示

展示は、電子顕微鏡画像、卓上型電子顕微鏡、付属機器（スパッタリング装置）、解説パネルで構成した。画像は卓上走査電子顕微鏡で撮影した JPEG 画像を 46 インチモニター上に PC でスライド上映した。展示した画像（撮影した電顕試料）は以下のとおりである。

- ①ゴボウの実（とげ、とげの先）
- ②オナモミ（とげ、実の表面）
- ③センダングサ（とげ、とげの先）
- ④アワビの殻（断面）
- ⑤ショウジョウバエの幼虫
- ⑥ギボンカミキリムシ（複眼、脚）
- ⑦コピー紙（紙の繊維の様子）

⑥⑦は今回のバイオメテイクスに直接つながらないが、電子顕微鏡で拡大したナノの入口の世界の画像として入場者に親しみを持ってもらうために付け加えた。

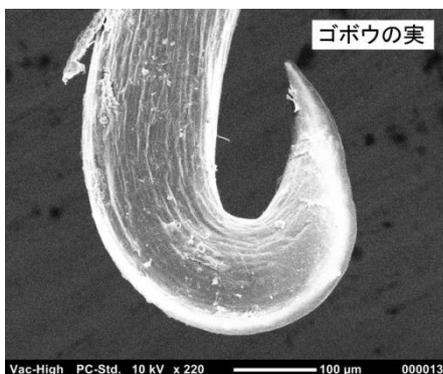


図 20 ゴボウの実のとげ先端部分



図 21 生きているショウジョウバエの幼虫

なお、会期中からショウジョウバエの幼虫の電顕観察下でも生きているという「ナノスーツ法」の動画を追加した。

卓上走査電子顕微鏡は開館中稼働しておき、開場前に撮影した画像を操作 PC の画面に表示し適宜試料を入れ替え、画像観察風景・電子顕微鏡使用風景を演出した。操作していないときはフィラメントの通電を切り機器の状況維持に留意した。

卓上走査電子顕微鏡と付属機器は、日本電子（株） JCM-5000（本体、操作 PC、真空ポンプ）と Smart Coater（本体、真空ポンプ）である。

走査電子顕微鏡は、対象の試料表面に走査しながら電子をあてることで発生もしくは反射した電子を検出・解析して試料の形をモニターに映し出す顕微鏡である。

今回使用したものの仕様の概要は、倍率が 10 倍から 40,000 倍、最大試料サイズが直径 70mm で高さ 50mm、オートフォーカス、オートコントラスト・ブライツネス機能を持ち、本体サイズが 492mm（幅）・458mm（奥行）・434mm（高）、重量 69kg である。倍率が 40,000 倍までであるが、反面、卓上型で移動が容易、かつ試料観察の操作性が簡便で分かりやすく研究・展示・教育普及に非常に役立つと感じた。

この卓上走査電子顕微鏡の操作（試料の作成、画像撮影・保存、提示用 PC での画像送出等）は学芸課企画展担当のうちの 4 名で行った。操作方法は機器の搬入後に借用先担当から使用法・画像撮影・保存など必要な講習を受けた。このコーナーのなかで電顕画像を作成しモニターに提示した。入場者には簡単な説明とともに、電顕画像の作成や保存の操作のようすを見てもらうことができた。

入場者は、電顕画像のスライド上映を見て、改めてゴボウの実のとげ先端の形状などの機能を確認することができたようであった。また、走査電子顕微鏡が卓上で簡便に扱えるという点に興味を持つ方も多かった。

今回の企画展で提示した電顕画像と電顕操作練習で作成した画像は、電子顕微鏡を紹介している常設展示「先端技術への招待」の「実験カウンター」で紹介する予定である。

**(5) インタビュー映像・応援メッセージ・
図書・ぬり絵コーナー**

当館の利用者は小学生以下とその親がほとんどである。バイオミメティクスということばで難しい展示という印象を持ってもらわないような工夫をした。

今回の企画展にご協力いただいた各方面の第一人者である、石田秀輝（合）地球村研究室代表社員・東北大学名誉教授、針山孝彦浜松医科大学教授、劉浩千葉大学医学部教授、不動寺浩（独）物質・材料研究機構先端フォトニクス材料ユニット主幹研究員の4名から子どもたちにメッセージをいただき、その映像を企画展会場のモニターで流した。全部で10分ほどのメッセージであるが、好きなことをあきらめず続けることの大切さや、自然や生き物に興味を持つことの大事さなどを語ってくださった。子どもたちばかりでなく、大人の方も熱心に見ているようすがうかがえた。

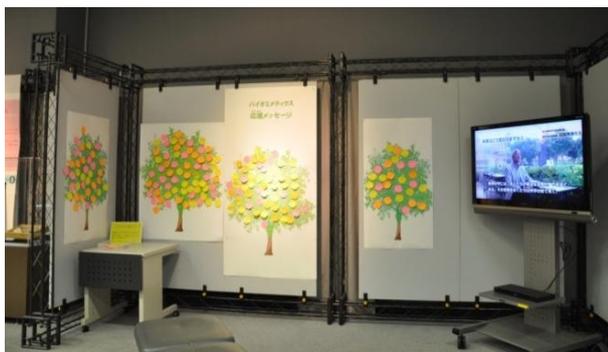


図 22 インタビュー映像・応援メッセージコーナー

また、モニターのそばに花形の付箋紙に研究者へのメッセージを書くコーナーを設け、樹を描いたボードに花を咲かせるように貼ってもらった。「生物の能力のすばらしさを知った」「研究者はすごい」といった感想が数多くあり、ヤモリなどの絵をかいたものも含め、100枚以上の花が咲いた。

より広く知りたい人のためにバイオミメティクスに関する図書を閲覧するテーブルを二か所設置した。大人から子どもまで利用していただいた。長時間熱心に読んでいる小学生の姿もあった。

また、幼児や小学生のためにカタツムリ、ハコフグ、ヤモリ、アゲハチョウ、トンボの塗り絵を用意した。ゆっくり親が見学している間、子ども

たちも楽しんでぬり絵をしており、出来上がった絵を展示のところまで行って色などを確認し、親と会話するようすが見られた。



図 23 図書コーナー



図 24 ぬり絵・図書コーナー

表 1 閲覧コーナーに置いた図書類

タイトル	著者名	出版社	発行年
科学のお話 『超』能力をもつ生き物たち 全4巻	石田秀輝 著	学研 出版	2014
ヤモリの指から不思議なテープ	石田秀輝 監修 江口絵理・ 松田素子 文 西澤真樹 子絵	アリス 館	2011
すごい自然図鑑	石田秀輝 監修	PHP 研究所	2011
自然に学ぶものづくり図鑑	赤池学 監修	PHP 研究所	2010
ナショナルジオグラフィック 自然に学ぶデザイン 2008年4月号	日経ナショナル ジオグラフィック社		2008

(6) 展示解説について

今回の企画展では、展示資料単独で解説をするというよりも、生物のデザイン（形状、構造、しくみなど）とそれをヒントにしたものづくりや研究開発についてをわかりやすく解説することを考えた。「〈生物デザイン〉 ○○のここがすごい!」「〈いきものがヒント〉 なぜ?」「そこで□□をヒントにつくりました!」という構成とした。なるべく画像を大きく紹介し、視覚的にも目を引くようなレイアウトデザインとした。これは、ポスター・チラシのデザインを依頼したデザイナーの谷田幸氏によるもので、タイトル、テキスト、分類のレイアウトとカラーデザインにより、文字数の多い解説を読みやすく、分かりやすいものにした。



図 25 解説例

企画展の解説パンフレットは、入場者に無償配布する形で作成している。今回は、主に子ども向けワークシートとして使用する形とした。25.7センチ角の正方形のページの間には7.5センチ幅の短いページが入り込むB5サイズ変形16ページとし、短い幅のページに質問を載せ、めくると答えと解説が現れるようにした。質問は展示の中で注目してほしい事柄を質問に選び、体験を促したりする内容とし、解説は保護者の方が、子どもに説明するような形で掲載した。



図 26 パンフレット

3 関連イベント

表 2

イベント名	日時	参加者数
-生きたまま電子顕微鏡で観察できるナノスーツ法や身近なもののミクロの世界を体験しよう- 【講演会】	10月12日(日) 13:30~	71人
	11月23日(祝・日) 13:30~	97人
-生きたまま電子顕微鏡で観察できるナノスーツ法や身近なもののミクロの世界を体験しよう- 【体験実習】	10月11日(土) 10:00~ 13:30~	39人
	10月12日(日) 10:00~ 15:00~	22人
	11月22日(土) 10:00~ 13:30~	35人
	11月23日(祝・日) 10:00~ 15:00~	37人
ハチドリひこうきワークショップ	10月13日(祝・月) 13:30~	63人
	11月24日(休・月) 13:30~	71人
透明な液体に漬けると色が変わる模倣タマムシ	11月2日(日) 10:50~ 13:20~ 14:10~	54人
驚異の生命力、ネムリユスリカ—からからに乾燥しても生きています? 昆虫—	11月15日(土) 14:00~	30人
ぶつからないロボットカー 実演 日産 BR23C	11月16日(日) 10:40~ 13:10~ 15:10~	39人
日産わくわくエコスクール ~電気をつくって電気自動車 の模型を走らせよう~	11月16日(日) 11:30~ 14:00~	50人
同時開催 千葉県少年少女発明クラブ絵画展 「いきものから学ぶ、みらいのくらし」	10月11日(土)~ 11月30日(日)	
千葉県立市川工業高等学校 インテリア科関連展示	10月29日(水)~ 11月30日(日)	

(1) ナノスーツ法電子顕微鏡体験実習・講演会
ー生きたまま電子顕微鏡で観察できる
ナノスーツ法や身近なもののミクロの
世界を体験しようー

【講演会】

10月12日(日)

「みんなでミクロの世界を探検しよう」

日本電子(株)技術顧問 近藤俊三氏

「深海の生き物の観察から進化を探る」

千葉大学 真菌医学研究センター

グランドフェロー 山口正視氏

「ミクロの決死隊ー宇宙と同じ真空度の電子顕
微鏡の中で動き続ける生物ーナノスーツ法の
秘密」 浜松医科大学教授 針山孝彦氏

11月23日(祝・日)

「電子顕微鏡(でんしけんびきょう)ってな〜ん
だ?」

(株)日立ハイテクノロジーズ主任技師

許斐麻美氏

「モルフォチョウをまねたものづくり」

帝人(株)構造解析センター

グループリーダー 広瀬治子氏

「生き物が教えてくれる未来のテクノロジーー
昆虫を調べて新材料を発明しようー」

北海道大学教授 長谷山美紀氏

挨拶 千歳科学技術大学教授 下村政嗣氏

10月12日と11月23日の講演会および電子顕微鏡の体験実習は、公益社団法人 日本顕微鏡学会、公益社団法人高分子学会、文部科学省科学研究費新学術領域「生物規範工学」との共催で開催した。いずれも各分野の第一人者の研究者による最先端の研究についての講演であり、参加者の年齢層を考えると難しい内容かと思われたが、研究者の方々が、小・中学生にも分かりやすい言葉で、図や写真を豊富に使って講演されたため、参加者の満足度は大変高かった。「わかりやすくお話しされて、おもしろかった」「身近な生物の優れた力を知ることができた」「研究をもっと進めてほしい」などの感想があった。



図 27 講演会のようす

【体験実習】

10月11日(土)・12日(日)

日本電子(株)

11月22日(土)・23日(祝・日)

(株)日立ハイテクノロジーズ

花粉・アリ・アリの複眼・毛髪・ウール・ナイロン・毛髪・有孔虫などを観察することで、電子顕微鏡のしくみや用途について簡単な説明を行うとともに、ナノスーツをまとった真空中にいる生物を生きたまま観察する体験を行った。また、電子顕微鏡体験の前後に光学顕微鏡、及び実体顕微鏡でのタマムシ、花粉、葉の気孔、アリ、ユスリカ、ロウバイ等々の観察もあわせて行った。

本体験を目的に来館した参加者が多く、参加した小学生だけでなく付添の保護者や一般の参加者にも大変好評で、興味深く観察するとともに講師に質問する風景が多く見られた。

「理科の先生でも滅多に操作することのない装置をさわられた。」「まだあまり知られていない電子顕微鏡観察の体験ができた。」等の感想が聞かれ、参加者は満足しているようであった。

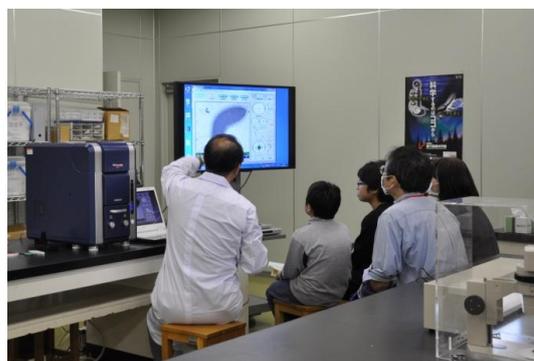


図 28 電子顕微鏡で生きているハエの幼虫を観察

(2) ハチドリひこうきワークショップ

10月13日(祝・月)・11月24日(休・月)

千葉大学大学院工学研究科

研究員 前田将輝氏, 大学院生 北村郁生氏

千葉大学大学院工学研究科劉研究室の協力のもと「ハチドリひこうきワークショップ」を開催した。バイオミメティクスに関連したハチドリの専門的研究内容の実演、講義等を行った。この事業を通じて多くの方々にこの分野において興味・関心を持っていただき、生物のたくみなデザインや優れた機能、しくみを紹介することを目的とした。

30分の実施時間で設定し、小学生以上対象で募集したが、いずれの実施日も募集人数30人に対し、倍以上の参加希望者が集う状況となった。まず、「ハチドリひこうきロボット」の説明と飛行実演が行われ、「なぜ、飛ぶことができるか」について飛行機やヘリコプターの揚力の話、鳥が飛ぶしくみ、虫や蝶・蛾などの飛びかたについてスライドや動画、シミュレーションなどを示し、最後に「ハチドリひこうきロボット」の空中ホバリングを行った。まだまだ開発段階ということで安定した飛行はできなかったが、大きな拍手がわき、参加者はたいへん満足したようすであった。



図29 ハチドリひこうきワークショップのようす

(3) 透明な液体に漬けると色が変わる

模倣タマムシ

11月2日(日)

(独) 物質・材料研究機構

主幹研究員 不動寺浩氏

模倣タマムシにシリコンオイルを滴下し、構造色のしくみと色の変化のようすを観察した。最初に色や構造色についての説明があり、実際に自然

界において構造色を発している物の紹介とそのしくみについての解説が行われた。その後、人工オパールの薄膜を利用した模倣タマムシの構造やなぜ色が変化するか等の説明がされた。そして、実際に模倣タマムシにシリコンオイルを数滴たらすと、一瞬にして緑から橙へと色が変化し、乾くと色が元に戻るようすを観察することができた。

「構造色」については、小学低学年の参加者には理解しにくい内容であったが、保護者や高校生、一般の方々といった比較的年齢層の高い方々の関心の高さが感じられた。



図30 模倣タマムシの色の変化を観察

(4) 驚異の生命力、ネムリユスリカ—からからに乾燥しても生きています?昆虫—

11月15日(土)

(独) 農業生物資源研究所

主幹研究員 不動寺浩氏

ネムリユスリカの乾燥幼虫を液体窒素に漬けた後、参加者の手で暖めて幼虫を蘇生させる実験を行った。最初にエッペンチューブに入れた乾燥幼虫を液体窒素に漬けた後、チューブにぬるま湯を入れ、参加者が自分の手で暖めて幼虫を蘇生させる実験を行った。また、同時に実際に乾燥幼虫が蘇生するようすを大型モニターで映し出し、そ



図31 乾燥幼虫の蘇生をモニターで確認

の生命力の秘密や大いなる可能性、生息地における諸問題について詳しい解説が行われた。

約 90 分間の実験と講義であったが、ほとんどの参加者が最後まで講師の話に夢中になっているようすであった。

(5) ぶつからないロボットカー実演 日産 BR23C
11月16日(日)

日産自動車(株) 総合研究所

シニアリサーチエンジニア 安藤敏之氏

ロボットカーBR23Cは、2008年に日産自動車と東京大学が共同で、ハチの回避行動をヒントに開発した“ぶつからないロボットカー”である。最初にバイオミメティクス全般についての解説があり、次に昆虫の複眼の役割を果たすレーザーレンジファインダが、障害物を検知するようすを確認した。最後に小学生を対象に体験を行った。仕切られたエリアの中に5人ほど入り、子どもが障害物となってロボットがよけていくようすを確かめた。およそ30分間の内容で3回実施した。体験した子どもからは「よけているのがよくわかった。」などの感想が聞かれた。



図 32 BR23C がよけていくようすを体験

(6) 日産わくわくエコスクール
11月16日(日)

日産自動車(株)

電気自動車の模型のキットを組立て、手回し発電機で発電した電気を貯め、その電気で模型自動車を走らせる工作教室を行った。最初に地球環境問題やエネルギー問題についての解説があり、その後、日産の電気自動車体験キットを使用した簡単な実験を行った。実験は、初めに手回し発電機

で豆電球を点灯させ、次にその発電した電気を模型自動車のコンデンサーに貯め、最後に貯めた電気で模型自動車を走らせるもので、作業内容としてはコネクターをつなぐだけの簡単な作業であった。およそ45分間の内容で2回実施した。

完成後に自ら手回し発電機で発電した電気で車を走らせると、想像以上の速さで走行し場内から歓声があがった。



図 33 工作教室のようす

(7) 千葉県少年少女発明クラブ絵画展
『いきものから学ぶ、みらいのくらし』
10月11日(土)～11月30日(日)
千葉県少年少女発明協会

開館 20 周年記念企画展開催にあわせ、一般社団法人千葉県発明協会後援のもと、千葉県少年少女発明クラブ絵画展を、当館エントランスホールで実施した。未来を担う子どもたちが、将来暮らしてみたいと思うような、生物から学んだ技術を活用した近未来の生活を絵画に表現した。



図 34 展示のようす

バイオミメティクスや自然エネルギー利用への探究心などに関心を持ち、科学的創造力を伸長することを目的として、県内各発明クラブの児童・

生徒に募集した。テーマは『いきものから学ぶ、みらいの暮らし』とし、募集後 5 つのクラブから参加依頼があり、合計 56 点の絵画を展示できた。今回参加賞として応募者全員に記念品を贈呈し、今後につながるように喚起した。自由で創造性の高い児童の絵画に、感心する来館者も少なくなかった。

**(8) 千葉県立市川工業高等学校インテリア科
関連展示**

10月29(水)～11月30日(日)

千葉県立市川工業高等学校

千葉県立市川工業高等学校インテリア科の生徒がバイオミメティクスによる未来の工業製品を考案し、そのアイデアをデザイン化したイラスト 10 点を展示した。

フクロウの眼、サメの歯、猫の舌、クモの糸、カタツムリの殻、チーター、植物など、生物の優れた能力をヒントに、インテリアを専門に勉強する高校生が、便利で夢のような工業製品を考え、わかりやすいイラストで紹介したもので、バイオミメティクスの更なる可能性を感じさせる展示となった。



図 35 展示のようす

このほか千葉県立現代産業科学館展示・運営協力会が主催した開館 20 周年記念講演会「さかなクンのギョギョッとびっくりお魚のヒミツ」を 10 月 31 日(金)に当館サイエンスドームにて開催した。クイズやイラストなどを交えた、魚のデザインの不思議や環境保護のために普段からできることなど、楽しくもためになるお話に、280 名の参加者は大変満足されたようすだった。講演会終了後に企画展の見学を行った。



図 36 さかなクン自筆パネル

4 プレ展示について

ハスの葉は秋の企画展期間には枯れてしまうので、来館者にハスの葉を観察してもらうため、多くの人を訪れる夏休み期間中、エントランスホールにハス*8を展示し、企画展の宣伝をした。職員が対応できる時は、来館者に説明しながら、霧吹きで水を吹き付けて、水玉がコロコロと流れるようすを見てもらった。

また、企画展会場のインタビュー映像コーナーで流す映像の一部を、夏休みから館内のモニター数か所で流し、「バイオミメティクス」ということばと企画展の内容の周知を図った。



図 37 ハス プレ展示

5 評価（アンケート）

実施期間	平成 26 年 10 月 11 日(土) ～11 月 30 日(日)44 日間
対象	企画展入場者
方法	会場出口に用紙を設置し、自由回答する方式
回答数	246
状況	会期中の入館者は 9,903 人、そのうち有料入館者数は 2,724 人で、過去 3 年間の秋の企画展、特別展と比較し最も多い。特に高校生・大学生の個人有料入館者数が例年の 2 倍ほどの人数。

(1)年代

回答者の年齢構成をみると、小学生が 40% 台であるのは例年のおりであるが、例年は 1～2% の割合である 20 代と大学生が、今回の企画展では多いことが特徴である。実際、高校生・大学生の入館者数は例年の 2 倍近くであった。ポスターを例年に比べ、より多くの高等学校や大学に配布したためと会期後半に口コミや SNS などでも広まったことが要因と思われる。

性別は男性 48%，女性 51% である。昨年、一昨年度の秋の企画展と比較すると女性の回答者が多い。

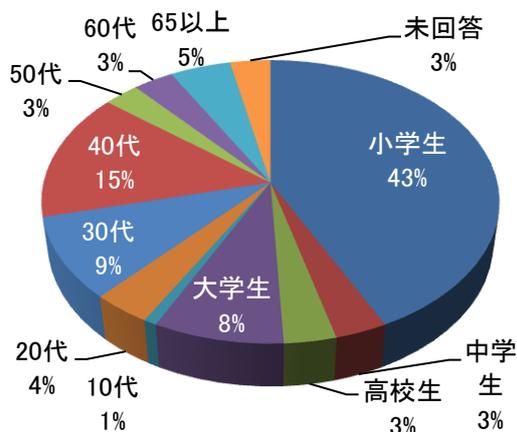


図 38 回答者の年代の割合

(2)居住地

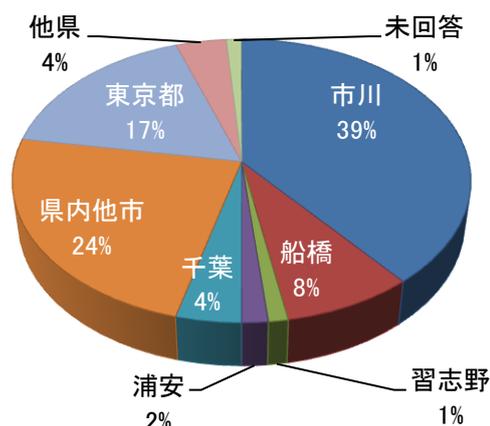


図 39 回答者の居住地の割合

千葉県内他市	松戸・柏・佐倉・鎌ヶ谷・流山・白井・四街道・成田・銚子・市原・八千代・富里・袖ヶ浦・我孫子・木更津・酒々井・大多喜
東京	江戸川区・葛飾区・板橋区・目黒区・稲城市・東久留米市
他県	茨城県・神奈川県・群馬県・埼玉県・広島県・北海道

市川市と船橋市が多いことは例年とおりで、東京都の割合がやや多い。

(3)情報源

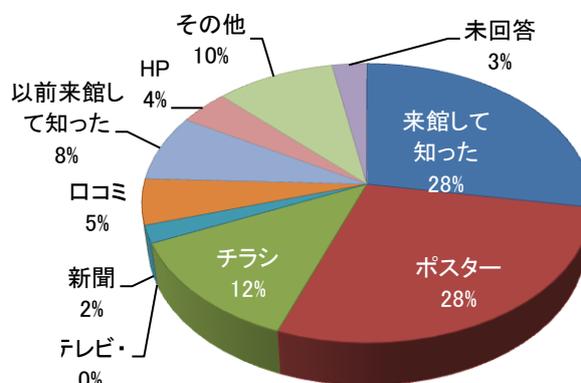


図 40 回答者の情報源の割合

ポスター、チラシが占める割合が大きい。会期後半で口コミやツイッター、ラジオ、新聞という回答が増えた。

(4)総合評価

“とてもおもしろかった”と“おもしろかった”をあわせて 96% が良い評価をくださった。工業製品だけでなく、生物についても紹介しており、これまで気づかなかったことを改めて知ることにより関心を深めることができたためではないか。

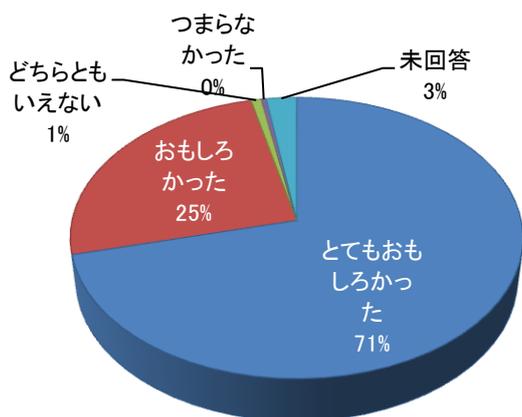


図 41 回答者の総合評価の割合

とてもおもしろかったの理由 (175) 抜粋

- ・身近な生き物のすばらしさを感じました
- ・生物とは進化してゆく中でこのような技術をもっていたのもおどろきだったし、その技術を活用したのもあり、おどろいた
- ・物の形が色々な工業製品でまねされている。その力(生物の)がすごい
- ・生物の「すごいなあ」「なんで?」の気持ちが工業に应用されている例がこんなにもあるものだとは思わなかったので、本当に楽しめました。
- ・ヤモリテープの本を見ていたので本物が見れてよかったです。
- ・子供達が興味津々だった。素晴らしい。
- ・バイオミメティクスを集めて、実際に見たのは初めてだったのでとても面白かった。
- ・自然界から学べることはまだまだあると改めて思いました。
- ・しくみがくわしくわかりやすく展示してある。自然界の諸々の現象が「ああ、そうか」と納得しました。
- ・生物たちがもつ不思議な力に驚きました! 知らなかったことがいろいろありました。
- ・新しい技術開発の方向を感じた。
- ・布テープ、飛行機など普段よく使うものの構造がどのような生物のどんな構造からヒントを得ているのかがとてもわかりやすく説明されていた。
- ・日頃不思議に感じていた強風の中でトンボやチョウが飛んでいられ仕組みを知ることができました。また、様々な生物の構造を生活で使用するモノに利用する着眼点が興味深かったです。
- ・「ナノ」の世界を普段意識しないので、それら

を見られたこと。そこから日本の企業が様々な開発をしていることを感じて希望を感じた。

- ・規模は小さかったですが、内容が充実していて展示を説明してくれる方々もとてもお話しが上手でした。家族で楽しめました。

つまらなかった (1)

- ・あまりさわるものがなかった

(5)特に印象に残った展示

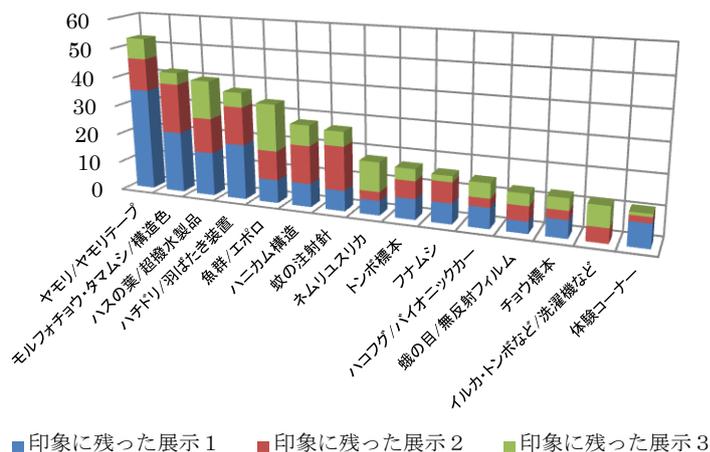


図 42 印象に残った展示 (15位まで)

印象に残った展示3つとその理由をそれぞれ記載してもらった。ヤモリテープという回答が一番多く、続いてモルフォチョウ(構造色)、ハスの葉、ハチドリ、エポロ(ロボットカー)、ハニカム構造、蚊の注射針という順で答えが多かったが、そのほかの展示も幅広く回答があった。理由として「くつつくひみつがわかってうれしかった」「モルフォチョウがとてもきれいだった」「植物が好きなので見ていておもしろかった。ハスの葉の撥水の使い道の多さに驚いてしまった」「羽ばたきの風を実際に体験できた」「たった3つの単純なルールで群れをなしている事に驚いた。今後、車などに活用される日がくると思うと楽しみです」などがあげられ、ふだん見過ごしている生物のすばらしい力に驚いたり、技術開発に感心したりしていることが伺えた。その他バイオミメティックデータベースやぬり絵コーナーという回答もあった。

(6)バイオミメティクスについての感想(抜粋)

- ・今日のエネルギー問題におけるバイオミメティクス、ネイチャーサイエンスはとても興味深く、これからこの分野はどんどん発展していくの

ではないのでしょうか。

- ・普段目にするものが生き物をヒントに生まれているということが本当に驚きだった。便利なものを生み出す人々の着眼点と生物の生きるための工夫に脱帽です。
- ・こうした技術のことは全く知らないので勉強になりました。特に産業に直結する研究は興味深く、今後も親子で楽しめる企画があるといいです。
- ・中・高教諭をしています。生徒が進路選択の際、自分もこんな研究をしたい！と思うきっかけとして情報を多く提供したいと感じました。
- ・これからもバイオミメティクスをどんどんしらべたくなった。
- ・身近な製品に生き物の構造がこんなに利用されているとは驚きました。流体力学やナノレベルの話はとても難しくとっつきにくく感じるけど、生物のたとえででてくるとおもしろいんだなと感じました。
- ・未来への可能性を感じ、わくわくします。ありがとうございました
- ・今、各方面で研究途上のバイオミメティクスが更なる前進を遂げられますように大いに期待しています。
- ・将来性のあるジャンルだと思い、とても注目しています。
- ・小さくなった電子顕微鏡がスゴイ
- ・これまで自然界にあった木、化石燃料などを大量に消費し、人間の生活を豊かにしてきた歴史がありましたが、今後は今日見せていただき知る事ができたバイオミメティクス技術を生活の様々な場面において利用していく事によって、自然に負担をかけることなくより豊かな生活を送ることができるかもしれないという希望が生まれました。今後は生活者がどのような暮らしを望んでいるのかという視点から研究者、開発者の方々がR&Dを進めていただけたらいいと思います。今回はこのような有意義な知識を得る機会を設けていただきありがとうございました。今後も刺激のある企画を期待しています。

展示について（抜粋）

- ・展示の仕方がわかり易い。“どの生物の何に着目し、それがどの様に工業等に応用されているか”が明確に呈示されていた。
- ・導入がうまくて内容がすんなり入ってきました。解説や映像もとてもわかりやすかったです。
- ・実演あり、体験ありで盛りだくさんの楽しい展示でした。個人的には映像がもう少し大きい画面で見られればうれしかった。
- ・説明用の映像もすばらしかったです。もっと専門的に理解したいと思いました。
- ・こういう驚きのある展示は楽しい。
- ・自分も生物を専攻しており、人の役に立つものづくりをしたかったので各生物の写真（一部はくせい）と実用例が分かりやすくまとまっていて興奮しました。
- ・学芸員の方から直接説明を聞きながらまわられたので、面白さが倍増しました。展示の見せ方も実際に触れることができたり、動画を使った説明があつたりと、工夫がされていてよかったです。
- ・色をたくさん使っていてとてもわかりやすかった。展示物も多く具体的。
- ・生物により興味がわいた。生物のデザインを利用して新しい製品の開発につながるような研究をしたいと思った。より詳しい説明がほしかったです。説明してくれる人をより多く配置してほしいと思いました。
- ・もっと開発者のことばがたくさんあるとよかったです。
- ・電子顕微鏡の話と実演が特に興味を引いた。生物をそのまま見れる事に驚いた。
- ・もっと詳しく解説したもの（文、写真、イラスト等）の情報を知りたいと思いました。
- ・知識としてバイオミメティクスについては知っていたが、アイデア源となった生物とそこから作られた素材、製品を同時に観る事ができ、バイオミメティクスについての理解を深める事ができた。
- ・トンボの羽は上面から拡大するばかりでなく側面から拡大して見られる工夫が欲しかった。

小学生やその親から、また、生物を専攻している学生や教師の方たちからも、生物のすばらしさを改めて見直し、これからも生物を模倣した「ものづくり」の技術に注目していきたいという声が多かった。

展示の造作など手造り部分も多く、一部見苦しい点もあったかもしれないが、担当だけではなく、博物館の職員全員で作業を行い、開催することができた。

紹介すべきバイオミメティクス技術は他にも多くあり、十分調査を行えなかったという反省もあるが、今回の企画展で、ご協力いただいた研究者の方たちの研究開発のご苦労や熱意を少しでも伝えることができたなら幸いである。

6 おわりに

当館の常設展示には、一つの大きな柱として、「現代産業の歴史」がある。千葉県の基幹産業である電力・石油・鉄鋼というエネルギー産業の技術や製品を大量生産大量消費の歴史から紹介している。また、先端技術への招待では超高温などの極限環境での技術、新素材、バイオテクノロジーを紹介している。今回の企画展は開館 20 周年にあたることから、20 年前の展示をあらためて見直すよい機会となった。常設展示の中にもバイオミメティクス関連の展示がある。「現代産業の歴史」展示室では、カラーザスが合成した、絹糸をまねたナイロンの製造実験装置やオオオニバスの葉脈の構造と葉柄からヒントを得たクリスタルパレスの模型、構造色のステンレスの花などである。「先端技術への招待」展示室では新素材のコーナーで構造色の金属光沢調フィルムを展示している。また、実験カウンターにおいては、人間の筋肉や腱、軟骨などの生体の機能を模したダブルネットワークゲル (DN ゲル) という、大変高強度のゲルを使った実験^{*9}も行っている。地球環境を守る技術というコーナーもあるので、将来的には常設展示でバイオミメティクス技術を継続して紹介することも考えたい。企画展終了後も、2014 年度中は、わずかなスペースであるが、「特設コーナー」において、主に体験できる資料と映像で構成して、バイオミメティクスの展示を継続

している。

2012 年から国際標準化機構 (ISO) にバイオミメティクス技術の国際標準化を図る専門委員会が設置され、「定義」、「構造・材料」、「最適化手法」、「データベース」の 4 つの作業部会において、現在作業が進められている。まさに会期中の 2014 年 10 月下旬にベルギーで開かれた総会で、「定義」と「最適化手法」が国際規格として固まり、2015 年 2 月ごろ発行されるところである。日本の産業界にも大きな影響が出ることが予想される。

日本では高分子学会バイオミメティクス研究会が起点となって、2014 年 6 月に NPO 法人「バイオミメティクス推進協議会」を新設し、中心となって産学連携を図っている。バイオミメティクス技術をめぐる新しい動向に今後とも注目していきたい。

今回の企画展では、高等学校や大学に重点的にポスターを送付し、また、口コミやツイッター、ブログなどで取り上げていただいたおかげであろうか、例年の企画展に比べ、20 代の若い方たちの来館者が多かったようだ。未来をひらく世代の方たちに、バイオミメティクスに広く関心を持っていただければよいことだと思う。

最後に、約 2 カ月の間貴重な資料をお貸しいただき、ワークショップなどの関連イベントにご協力くださいました研究者や企業のご担当者の皆様に深く感謝申し上げます。

特に「ナノスーツ法」の講演会と体験実習の開催にあたっては、公益社団法人日本顕微鏡学会、公益社団法人 高分子学会、文部科学省科学研究費新学術領域「生物規範工学」、日本電子株式会社、株式会社日立ハイテクノロジーズの担当者の皆様に、講師派遣や電子顕微鏡の提供など、多大なご協力をいただきました。

また、企画展準備の段階から、石田秀輝先生にはネイチャー・テクノロジーについてのお話を伺い、資料についてもご協力をいただきました。下村政嗣先生には展示についてのご助言をいただき、イベント等でご協力をいただきました。

この場を借りて、改めて心より感謝申し上げます。

7 協力者一覧

協力・指導：

千歳科学技術大学教授下村政嗣／（合）地球村研究室代表社員石田秀輝

協力：我孫子市鳥の博物館／独立行政法人宇宙航空研究開発機構／財団法人神奈川科学技術アカデミー／関西大学／クラレファスニング株式会社／静岡県ふじのくに地球環境史ミュージアム整備課／シャープ株式会社／昭和飛行機工業株式会社／Sto SE & Co. KGaA /StoJapan 株式会社／ダンロップスポーツ株式会社／千歳科学技術大学／千葉県立市川工業高等学校／千葉県立中央博物館／千葉県立成田西陵高等学校／千葉県立房総のむら／千葉工業大学／千葉大学／帝人株式会社／東京電機大学／東洋アルミニウム株式会社／習志野市総合教育センター／西日本旅客鉄道株式会社／日産自動車株式会社／日東電工株式会社／公益社団法人日本顕微鏡学会／日本電子株式会社／日本文理大学マイクロ流体研究所／独立行政法人 農業生物資源研究所／浜松医科大学／株式会社日立ハイテクノロジーズ／富士フイルム株式会社／独立行政法人 物質・材料研究機構／北海道大学／三菱レイヨン株式会社／メルセデス・ベンツ日本株式会社／森永乳業株式会社／株式会社ライトニックス／株式会社 LIXIL／大阪大学名誉教授 中山喜萬／我孫子市鳥の博物館友の会 仲澤成二／千葉県立現代産業科学館展示・運営協力会

協賛：公益社団法人 高分子学会，文部科学省科学研究費新学術領域「生物規範工学」

註

- *1 国枝選手は，全豪オープン，全仏オープン，ウィンブルドン，全米オープンの4大会を1年ですべて制覇する「年間グランドスラム」を2007年，2009年，2010年，2014年に達成している。
- *2 「マジックテープ」は株式会社クラレの登録商標
- *3 メルセデス・ベンツ日本（株）企業広報課2010参考資料参照
- *4 数100ナノメートル（100万分の1ミリ）から数マイクロメートル（1000分の1ミリ）のサイズの範囲
- *5 Lotus-Effect[®]はボン大学の商標
- *6 財団法人神奈川科学技術アカデミー と三菱レイヨ

ンが製造プロセスを開発

- *7 平成26年度全国科学系博物館活動等助成金にて製作
- *8 千葉県立中央博物館が2000年以上前の古代のハスの実から発芽させた大賀ハスを展示
- *9 2015年3月現在

参考文献

- バイオメティクスー生物多様性に学ぶ技術革新「技術総合誌 オーム」102-1, PP. 1-42 オーム社(2015)
- 生物に学ぶ機械工学ー持続可能な社会を拓くバイオメティクスー「日本機械学会誌」1143, pp2-37 (2014)
- 赤池学「生物に学ぶイノベーション 進化38億年の超技術」NHK出版 (2014)
- 文部科学省科学研究費新学術領域「生物規範工学」ほか監修「生物模倣技術と新材料・新製品開発への応用」技術情報協会 (2014)
- 広瀬治子：連載 生物規範工学 第17回 不思議な蝶の翅を模倣した物づくり「PEN ニュースレター」産業技術総合研究所(2013)
- 劉浩：連載 生物規範工学 第13回 生物模倣飛行の学理とバイオメティクス「PEN ニュースレター」産業技術総合研究所(2013)
- 石田秀輝ほか：連載 生物規範工学 第5回 物質文明からの離陸，そして生命文明の創出へ「PEN ニュースレター」産業技術総合研究所(2012)
- 奥田隆：連載 生物規範工学 第6回 極限的な乾燥耐性をもつネムリユスリカから学ぶ「PEN ニュースレター」産業技術総合研究所(2012)
- 魚津吉弘：連載 生物規範工学 第9回 自己組織化の工業化を目指し，バイオメティクスの適用へ「PEN ニュースレター」産業技術総合研究所(2012)
- 下村政嗣監修「次世代バイオメティクス研究の最前線ー生物多様性に学ぶー」シーエムシー出版 (2011)
- 下村政嗣：生物の多様性に学ぶ新世代バイオメティク材料技術の新潮流「科学技術動向」1-5月，科学技術政策研究所 科学技術動向研究センターpp. 9-28(2010)
- 石田秀輝ほか「地球が教える奇跡の技術ー大自然のすごさを活かす『ネイチャーテクノロジー』の世界」祥伝社(2010)
- 竹本喜一「夢の新素材・機能性高分子 コンタクトレンズから光メモリーまで」ブルーバック B-711, PP175-179 講談社 (1985)

展示資料一覧

No.	資料名等	研究団体・企業等
1 コーナー 「いきものってすごい！」		
1	野生ゴボウの実 拡大画像	
2	モルフォチョウ 電子顕微鏡画像	帝人 (株)
3	ハスの葉 電子顕微鏡画像	帝人 (株)
4	ヤモリの足の裏 電子顕微鏡画像	日東電工 (株)
5	蛾の眼 電子顕微鏡画像	三菱レイヨン (株)
6	カタツムリ殻 電子顕微鏡画像	(株) リクシル
7	バイオニックカー画像	メルセデス・ベンツ 日本 (株)
8	500 系新幹線 画像	西日本旅客鉄道 (株)
9	国枝慎吾選手使用 テニスラケット「バイオ ミメティック 300」	ダンロップスポーツ (株)
10	テニスラケット 「バイオミメティック F5.0 tour」	ダンロップスポーツ (株)
2 コーナー 「バイオミメティクスってなーに?」		
11	野生ゴボウの実	千葉県立房総のむら
12	面ファスナー	
13	面ファスナー製品(コイン パーズほか)	
14	バイオニックカー 動画	メルセデスベンツ・日 本 (株)
15	カワセミ 標本	千葉県立中央博物館
16	500 系新幹線 動画	西日本旅客鉄道 (株)
17	500 系新幹線 模型	習志野市総合教育 センター
18	ハチの巣標本・画像	千葉県立 成田西陵高等学校
19	ロケットノーズフェア リングカットモデル	(独) 宇宙航空研究開 発機構
20	航空機翼カットモデル	昭和飛行機工業 (株)

No.	資料名等	研究団体・企業等
21	ヤモリテープ 動画	日東電工 (株)
22	ヤモリテープ サンプル例試料	大阪大学名誉教授 中山喜萬
23	ヤモリテープ 応用例 試料	日東電工 (株)
24	モルフォチョウ 標本	千葉県立 成田西陵高等学校
25	モルフォテックスサン プル (糸見本, 帽子, ネ クタイ, 扇子, スカーフ, 巾着, 短繊維サンプル, 小箱, ペン)	帝人 (株)
26	モルフォドレス (卓上)	帝人 (株)
27	モルフォテックス生地	サンコロナ小田 (株)
28	タマムシ 標本	千葉県立中央博物館
29	模倣タマムシ	(独) 物質・材料研 究機構
30	超撥水性外装塗料タイ ル (シュトーロータサン カラー)	StoJapan (株)
31	超撥水性外装塗料 (容器)	StoJapan (株)
32	ハスの葉 動画	StoJapan (株)
33	超撥水耐久性織物 (マイ クロフトレクタス) 傘	帝人 (株)
34	超撥水シート (トーヤル ロータス シーラント フィルム)	東洋アルミニウム (株)
35	超撥水シート (ヨーグル トふた)	森永乳業 (株)
36	ナノ親水防汚タイル	(株) LIXIL
37	無反射フィルム (モスマ イト)	三菱レイヨン (株)
38	無反射フィルム (モスマ イト) ロール	三菱レイヨン (株)
39	シモフリスズメガ 標本	千葉県立中央博物館

No.	資料名等	研究団体・企業等
3 コーナー「未来をひらくバイオメティクス」		
40	シオカラトンボ, ギンヤンマ 標本	千葉県立中央博物館
41	空気清浄機ファン 部品 (従来のも, 模倣)	シャープ (株)
42	エアコン室内機 部品 (従来のも, 模倣)	シャープ (株)
43	エアコン室外機 部品 (従来のも, 模倣)	シャープ (株)
44	アサギマダラ 標本	千葉県立中央博物館
45	扇風機ファン (従来のも の, 模倣)	シャープ (株)
46	洗濯機パルセータ (従来 のも, 模倣)	シャープ (株)
47	ハニカムフィルム・模型	富士フィルム (株)
48	蚊の口吻 動画	関西大学
49	注射針 (観察サンプル)	関西大学
50	注射針 (ピンニックスラ イト)	ライトニックス (株)
51	ネムリユスリカ 動画	(独) 農業生物資源研 究所
52	4 枚翼マイクロ羽ばた き飛行機	千葉大学
53	ハチドリ型羽ばたき機 構	千葉大学
54	アゲハチョウ シミュ レーション 動画	千葉工業大学
55	蝶の羽ばたきシミュレ ーションケース	千葉工業大学
56	小型羽ばたきロボット 4 枚翅, 2 枚翅	東京電機大学
57	エポロ 動画	日産自動車 (株)
58	エポロ	日産自動車 (株)
59	ギンヤンマ 標本	千葉千葉県立中央博物 館,
60	マイクロ風力発電	ふじのくに地球環境史 ミュージアム, (合) 地球村研究室代表 石田秀輝
61	バイオメティクス・デ ータベース 動画	北海道大学