

バイオミメティクスと分析

バイオミメティクスは、生物の機能や構造から着想を得て工学的課題の解決のために応用する技術であり、環境技術として着目されている。バイオミメティクスが着目されるようになった経緯と最近の進歩について説明し、また、バイオミメティクスにおける分析技術の重要性について述べ、物性評価や電子顕微鏡観察などのトピックスを解説する。

平坂 雅男, 広瀬 治子

1 バイオミメティクスとは

バイオミメティクス（生物模倣技術）は、生物の機能や構造から着想を得て工学的課題に応用する技術であり、私たちの日常生活にも活用されている。例えば、スイスの発明家ジョージ・デ・メストラは、愛犬に付着したゴボウの実を顕微鏡観察し、その小さなフックが犬の毛に引っかかっていることを見いだした。この観察から着想してフックとループからなる布で構成される面ファスナーを1951年に発明し、特許出願した。この面ファスナーは、「ベルクロ（Velcro）[®]」として商品化され、日本ではクラレの登録商標である「マジックテープ[®]」として知られている。

一方、「バイオミメティクス」という言葉は、イカの神経回路の研究を通じて入力信号のノイズを除去する電気回路（シュミット・トリガー）を発明したアメリカの神経生理学者オットー・シュミットによって作られた。彼が1950年代に「Biology」と「Mimetic」を組み合わせた造語として「バイオミメティクス：Biomimetics」を用いたのが始まりとされている。

日本においても、合成繊維メーカーが人工皮革を目指して自然を模倣した製品開発を進めてきた。代表的な例として、クラレの人工皮革開発が挙げられる。クラレは、天然皮革のようなしなやかさを実現するための基本技術を1963年に確立した。この技術では、混合繊維を用いて不織布を作製し、その不織布にポリウレタンエラストマーを含浸および被覆することで、天然皮革に近い質感を持つ人工皮革の製造を実現した¹⁾。その後、天然皮革のスエード調の表面を模倣するために、超極細繊維を三次元的に絡み合わせ、ポリウレタンを浸透させて膨らみ感や防縮性を付与した商品が、1970年に東レから販売されている²⁾。一方、絹の光沢やドレープ性を実現するために、三角断面糸やアルカリ減量加工技術を用い、東レが「シルック[®]」、帝人が「シルパール[®]」を開

発した³⁾。また、蓮の葉のように水との接触角が大きい表面構造を模倣した撥水性繊維が開発された。1987年に帝人が販売した「マイクロフト[®]・レクタス[®]」は、極細ポリエステル繊維が微細な凹凸構造を持つことで、水滴が表面に広がらず優れた撥水性能を発揮している⁴⁾。

一方、競泳水着の開発史において、SPEEDO社の「Fastskin[®]」は革命的な技術を導入した製品である。この水着はサメ肌を模倣した構造を持ち、水流に対する抗力および乱流を減少させるように設計されている。2000年のシドニーオリンピックでは、多くの有名選手が着用し、その性能が注目を集めた。この成功を受け、TYR（アメリカ）やArena（イタリア）といった他のメーカーも、サメ肌を着想源とした競泳水着の開発に乗り出した⁵⁾。その後、SPEEDO社はさらなる進化を遂げ、水着表面にポリウレタン素材を用いることでスイマーの姿勢を保持しつつ、抗力や乱流をさらに低減する「LZR Racer[®]」を開発した。この水着は2008年の北京オリンピックでトップスイマーたちが着用し、数多くの世界記録が更新される結果を生み出した。しかし、ポリウレタンやラバーといったフィルム状の素材を貼り合わせた水着は、性能が競技の公平性に影響を与えるとされ、2010年に国際水泳連盟（FINA）によって使用が禁止された経緯がある。

バイオミメティクスが注目されるようになった背景には、技術的な側面だけでなく、環境問題や生物多様性の保全、そして持続可能な社会を実現する技術への期待がある。自然界では、何億年もの進化を経て、エネルギー効率がよく、無駄を最小限に抑えた持続可能なシステムが構築されている。これを模倣することで、持続可能な技術や製品の開発が可能であると考えられている。

環境問題の歴史を振り返ると、1979年の第1回世界気候会議を皮切りに、科学者たちは気候変動が世界的に憂慮すべき課題であることを指摘してきた。その後、リオサミット（1992年）、京都議定書（1997年）、パリ協定（2015年）へとつながる流れが形成された。一方で、

2007年にドイツ・ポツダムで開催されたG8+5環境大臣会議では、欧州委員会とドイツが提唱したTEEB（The Economics of Ecosystem and Biodiversity）を通じて、欧州各国が生物多様性戦略の政策を推進した。同年、イギリスの貿易産業省は「バイオミメティクス：自然に触発された製品設計の戦略」⁶⁾を発表し、フランスでも上院が「持続可能に寄与する科学技術－生物多様性は打撃か、チャンスか？」⁷⁾と題した報告書が発表された。これに続き、フランスのエコロジー・持続可能開発・国土整備省（CGDD）は、「グリーンエコノミクス実現のためのバイオミメティクスの役割」⁸⁾と題する報告書を発表している。また、ドイツでは、バイオミメティクスを推進するために2001年にBIOKON（Bionics Competence Network）が設立されている。さらに、2007年にはドイツ技術者協会（VDI）とドイツ連邦環境基金（DBU）が技術的なガイドラインの作成に着手し、2011年に「VDIガイドライン」を発行した⁹⁾。その後、ドイツ規格協会（DIN）は2011年に国際標準化機構（ISO）に対し、バイオミメティクスに関する専門委員会（TC）の設立を提案し、現在までTC266として標準化活動が続いている。

このような歴史的背景に加え、分析技術の進展もバイオミメティクスの発展に大きく寄与している。ナノテクノロジーの進展に伴い電子顕微鏡が普及したことで、光学顕微鏡では観察できなかった生物の体表面に存在するナノ・マイクロ構造が明らかになった。これらの構造の機能や生物学的役割が解明されるとともに、それを人工的に再現した多様な材料が開発されている¹⁰⁾。なお、バイオミメティクスにおける分析手法の重要性については、国際規格ISO 18567にも記載されており、これについては後述することにする。

現在、バイオミメティクスという言葉の類義語として「バイオミミクリー」、「バイオニック」、「バイオミメティズム」などが用いられている。しかし本稿では、国際標準として定義された「バイオミメティクス」の用語を用いる。

2 進展するバイオミメティクス

バイオミメティクスの概念は、生物の構造や機能を模倣し、それを工学的に応用する技術として一般に知られている。バイオミメティクスによる製品開発には、生物の構造や機能を起点とする「バイオロジーブッシュ」と、工学的な問題解決を生物に求める「テクノロジーブル」のアプローチが図1に示すようにある。このプロセスの初期段階では、生物の機能を正確に分析することが重要で、例えば、ハスの葉の撥水機能については、葉の表面にある微細な突起構造を電子顕微鏡で詳細に解析する研究が行われている¹¹⁾。また、速く泳ぐサメの皮膚には流れの方向に整列した「リブレット構造」があり、

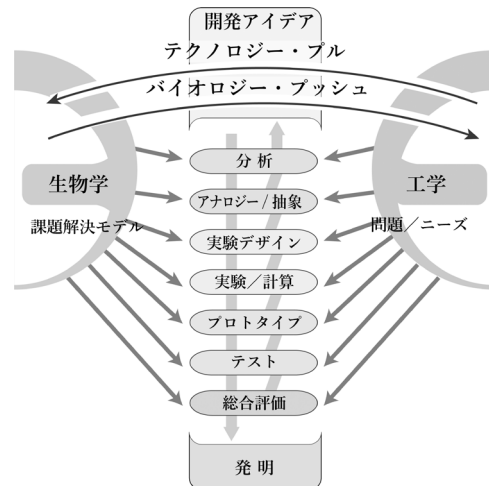


図1 バイオミメティクスのプロセス

乱流下での皮膚摩擦抵抗を軽減することが知られ、この特性について電子顕微鏡観察や乱流と流体抵抗をシミュレーションする研究が進められている¹²⁾。

このように、材料分野におけるバイオミメティクスは、第1世代の「構造模倣」を中心とする機能表面の開発から発展してきた。しかし、これらの人工的な表面は、汚染や摩耗による性能劣化の問題を抱えており、生物と比較して耐久性が著しく低い点が課題となっている。そのため、表面機能の持続性を向上させる技術が強く求められている。一方、生物は分泌などの新陳代謝を通じて、機能を持続的に維持することができ、このような生物の動的な表面特性を模倣することで、耐久性が高く、長寿命な機能表面の設計が可能になる。そのため、低環境負荷技術として、メンテナンスフリーといった特徴を兼ね備えることができる。このように、生物の持続可能な機能や自律的行動を模倣する技術は、第2世代のバイオミメティクスとして注目されている¹³⁾。代表的な例として、ウツボカズラを模倣した撥液処理技術「SLIPS（Slippery Liquid Infused Porous Surfaces）」¹⁴⁾や、ナメカジの分泌機能を模倣した「SLUGs（Self-Lubricating Gels）」¹⁵⁾がある。具体的には、SLUGsはゲルから液体がしみ出る離漿（りしょう）という現象に着目した、自己潤滑機能を持つ新しい難付着性ゲルである。適切な潤滑液を選択することで、離漿温度や表面潤滑状態を制御でき、用途に応じた撥液性や難付着性を表面に付与することができる。このような自己潤滑性表面は、図2に

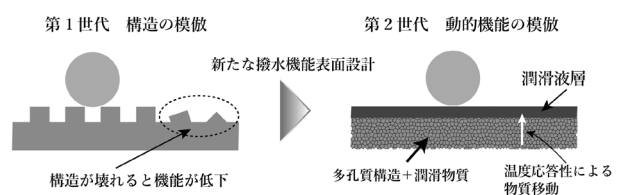


図2 撥水表面設計の概念

示すように構造模倣の第1世代のバイオミメティクスに比べて、持続性の高い第2世代のバイオミメティクスである。

また、自己修復機能を有する材料研究が着目されている¹⁶⁾。自己修復機能は、材料の固有の機能により修復が起こる内因性自己修復と、化学物質マイクロカプセルなどに化学物質を含有させ損傷時に化学物質が析出することにより修復が行われる外因性自己修復がある。例えば、骨の自己治癒プロセスを模倣しコンクリートのひび割れを修復するために、海綿骨に似た多孔質ネットワークを生成するモデルも提案されている¹⁷⁾。

さらに新しい動きとして、これまでの人間中心的な開発を見直し、生物多様性と環境が複雑に相互作用する階層的で自律分散型のネットワークシステムともいえる生態系（エコシステム）そのものを模倣する「エコミメティクス」という新しい考え方が着目されている¹⁸⁾。このエコミメティクスの概念は単一の生物の模倣を超え、生態系全体を模倣する第3世代のバイオミメティクス

と言われている。

3 バイオミメティクスの産業展開

繊維製品が中心であったバイオミメティクスの産業応用も、現在では材料科学、エネルギー分野、医療分野など幅広い領域で進展している。国内の産業展開では、表1に示すように、さまざまな機能別分野で製品化が進められてきた。海外でもドイツやフランスが活発な動きを見せている。例えば、ドイツでは、産業用制御機器メーカーのFesto社が、バイオミメティクスをファクトリーオートメーションに活用している。また、バイオテクノロジーベンチャーのAMSilk社は、クモの糸を模倣した「Spidersilk[®]」を高強度繊維として事業化し、化粧品分野への用途展開も進めている。さらに、BASF社とルフトハンザテクニク社が共同開発したサメ肌を模倣したリブレットフィルム「AeroSHARK[®]」は、ルフトハンザ航空やスイス航空の旅客機に搭載され、燃料消費量と二酸化炭素排出の削減に寄与している。日本でも、全日

表1 日本のバイオミメティクス製品

機能	模倣対象	製品名称	用途	開発企業
撥水	蓮の葉	レクタス [®]	撥水布	帝人
	蓮の葉	TOYAL LOTUS [®]	包装材料	東洋アルミニウム、森永乳業
	蓮の葉	アート型枠 [®]	コンクリート型枠	東洋アルミニウム、清水建設
防汚	カタツムリの殻	ナノ親水/マイクロガード [®]	外壁タイル	LIXIL
構造色	モルフォ蝶の翅	モルフォテックス [®]	衣料用繊維	帝人
光学反射	蛾の眼	モスマイト [®]	無反射フィルム	三菱ケミカル
低侵襲	蚊の針	PINNIX [®]	採血針	ライトニックス
低抵抗・低摩擦	マグロの体表面	A-LF-Sea [®]	船底塗料（省エネ・防汚）	日本ペイントマリン
摩擦制御	ヤモリ・昆虫の脚先	なのピタ [®]	生活アシスト手袋	帝人フロンティア
	カエル、ギリギリス	湿式クラッチ	湿式クラッチパッド	ジャトコ
	ヤモリ	ShineGrip TM	乾式接着技術	信越化学
振動制御	トンボの翅、貝の構造	ODMD [®] 振動板	スピーカー	オンキヨー
保護	バイオフィルム	NanoSuit [®]	顕微鏡観察手法	NanoSuit
風合い	植物の繊維構造	Camifu [®]	テキスタイル	東レ
静音	フクロウの羽	翼型パンタグラフ	新幹線	JR西日本



- ・ ライトニックス：蚊の針を模倣した低侵襲性の採血針
- ・ Biomatrix：クマシの乾燥耐熱性から着想したワクチンの室温保存法



- ・ Wavera：海洋生物の動きから着想したポンプ技術
- ・ Festo：生物から着想したロボットシステム



- ・ CO2solstockプロジェクト：生物学的石灰化プロセスによる建設資材における炭素隔離技術
- ・ X-TU：建物の外壁に微細藻類を利用した熱交換システム



- ・ Dew Bank：砂漠の甲虫から着想したウォーター・ハーベスティング
- ・ Suez Environnement：自然の汚染処理を模倣した水ろ過システム



- ・ Urobios：アリの行動を模倣した都市におけるごみ収集の最適化
- ・ Esplanade Theatre：ドリアンから着想した高温多湿地域のビル



- ・ Finsulate：ウニに着想を得たボート用の無害防汚塗料
- ・ SeaBoost：海洋生物の多様性を考慮した人工礁の設計



- ・ ルノーとEvry大学：人間の代謝モデルにもとづくハイブリッド車の最適化
- ・ Eel Energy：海洋生物の波動的移動のメカニズムに着想を得た潮力タービン



- ・ エアバスとAutodesk：骨や植物の構造最適化を利用した航空機の設計
- ・ Collège de FranceとLCMCP：珪藻と海綿から着想した低環境負荷のガラス製造



- ・ ADVtech：魚の泳ぎに着想した鳥の生息域での環境配慮型風力発電設計
- ・ Ferme biologique du Bec Hellouin：耕作地の生物多様性の保全とバーマカルチャー

図3 バイオミメティクスとSDGs

空が AeroSHARK[®]を採用した旅客機の運行を開始した。

フランスでは、バイオミメティクスの推進組織である CEEBIOS (Centre d'études et d'expertise en biomimétisme) が産業展開を支援しており、材料分野のみならず、建築業界のコンソーシアムや化粧品メーカーのロレアルに対してバイオミメティクスの活用を支援している。さらに、アジアでは中国や韓国がバイオミメティクスの研究で活発な動きをみせているが、産業展開は一部の製品に留まっている状況である。一方で、環境技術としても注目されるバイオミメティクスは、SDGs (持続可能な開発目標) への貢献が期待されており、図3に示すように、健康、水、エネルギー問題、まちづくり、さらには海や山の保全といった分野での技術革新の基盤となっている¹⁹⁾。

このように、バイオミメティクスの製品や技術開発が進展する中で、現在注目されているのが第2世代のバイオミメティクスである。先に述べたように、第2世代のバイオミメティクスでは、動的機能表面の研究と応用が重要なテーマとなっている。例えば、米国の Adaptive Surface Technologies 社は、「SLIPS[®]」の産業展開を進めており、日本では産業技術総合研究所と東山フィルム社が、SLUG の応用展開としてソーラパネルの氷雪付着防止の実証研究を行っている。さらに、ベルギーで開発されたバクテリアの機能を利用した自己治癒コンクリートは、日本の會澤高圧コンクリートが世界で初めて量産化に成功し、実用化した。

一方、産業展開を図る上での課題として、生物学と工学の融合が挙げられる。これまで、生物学と工学系の研究者の交流は少なく、特に材料開発の分野では、生物学系の研究者が活躍する機会が限られていた。そこで、生物と工学を情報科学で結び付ける取り組みが進められている。日本では、生物学と工学の用語を構造的フレームワークとして整理する「オントロジー強化型ソーララス」²⁰⁾ や、創造的問題解決手法 (TRIZ) に生物機能データを統合した「Bio-TRIZ[®]」²¹⁾ の開発が進められ、また、生物と材料の電子顕微鏡データを結び付け、製品開発を支援する「発想支援型画像検索システム」²²⁾ も開発されている。一方、海外では AI を活用した発想支援システムの開発が進められており、フランスでは情報科学を活用した材料開発のオープンイノベーションプロジェクト「BioMIG」がスタートしている。このプロジェクトの中核を担う検索エンジン「Bioinspire-Explore」の開発が進んでいる²³⁾。さらに、韓国では Homo Mimicus 社が「MIMICUS[®]」という発想支援システムを開発しており、これらの情報科学による発想支援の取り組みは、生物学と工学の融合を加速させる基盤となると期待されている。

今後、産業展開においては、AI を活用した支援システムの利用がさらに進むと考えられる。しかし、その基

盤となる生物の機能に関するデータの蓄積や整理といった課題が残されている。このような課題を解決するために、自然史博物館が所有する自然資本の活用が期待されている。

4 バイオミメティクスにおける分析の役割

バイオミメティクスにおいて、生物の機能を理解することは不可欠であり、さらに、生物を模倣した材料の評価も重要である。そのため、多くの分析手法が活用され、国際規格 (ISO 18567) では分析手法の体系化が行われ、その一部を表2に示した。

すべての分析手法とバイオミメティクスの関りをレビューするには誌面に限られるために、ここでは表面の濡れ性評価と電子顕微鏡観察の例を紹介する。

蓮の葉の撥水機能を模倣した材料表面の設計では、表面の濡れ性を評価することが必要となる。濡れ性の評価には、一般的に接触角が用いられる。接触角とは、静止している液体の自由表面が固体表面に接した際に液面と固体面がなす角度を指し、接触角が小さいほど、液体と固体の親和性が高いことを意味する。この関係は平衡状態ではヤングの式で表されるが、近年では、平衡状態から液滴が表面上を滑る挙動に注目が集まっており、接触角のヒステリシスの評価が行われている。接触角ヒステリシスは、前進接触角と後退接触角の差として定義され、液滴のダイナミクスを研究する上で重要な計測値とされり。前進接触角と後退接触角は、それぞれ、図4に示すように静止液滴が滑り始める直前の液滴の前面と背面で測定される。

表2 国際規格に記載された分析手法の例

形態観察	光学顕微鏡, SEM, TEM, SPM, X線, CT, 走査イオン顕微鏡法, 共焦点レーザー走査顕微鏡, 多光子励起蛍光顕微鏡
機械物性	粘度/粘弾性測定機器, ナノ・マイクロインデント, ピッカース硬度試験, 鉛筆硬度, AFM 摩擦顕微鏡, SPM
光学物性	分光光度計, 共焦点レーザー走査顕微鏡, 蛍光光度計, 偏光測定器, 反射率計, UVVIS, エリブソメーター
物理的性質	接触角計, 熱伝導率計, インピーダンス分析装置, DTA, DSC, 音響解析装置, 周波数分析装置, 磁性測定, 空気容量, 水分含有量の測定
化学的性質	NMR, IR, ラマン分光法, 質量分析, X線回折, XPS, TOF-SIMS, XRF, SEM-EDS, SIMS, AES, 中性子回折, ゼータ電位測定, GPC, GC
生物学的活性	HPLC, LC-MS/MS, DNA シーケンス解析, MALDI-MS, アミノ酸分析
生物動態	高速度カメラ, コンピュータシミュレーション, 風洞実験などの専門装置

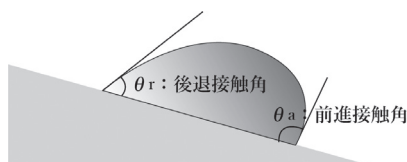


図4 前進接触角と後退接触角

接触角ヒステリシスは、液滴の動きに抵抗する摩擦力に関連しており、さまざまな物理的・化学的要因によって発生する。これには、バルクおよび表面における流体力学的粘性散逸、接触線付近の液体分子の熱活性化による摩擦、表面の不均一性に起因するピンニングおよびデピンニング、柔軟な表面での弾性毛細管変形、表面の親和性、スライド帯電が誘発する静電遅延、さらには空気抵抗などの効果が含まれる²⁴⁾。ヒステリシスの可視化は、走査型フォース顕微鏡 (SFM, scanning force microscopy) や走査型液滴摩擦力顕微鏡 (scanning drop friction force microscopy) を用いて行われ、動的な解析が行われている²⁵⁾。

電子顕微鏡はバイオミメティクスで最も頻繁に用いられる分析手法であり、生物の表面構造を観察するために古くから使用されている。ここでは、青色に輝くモルフォチョウの翅^{はね}の干渉色から、着想を得て開発された構造発色繊維「モルフォテックス[®]」について紹介する。モルフォチョウの翅には、規則的に並んだ鱗粉と不規則なヒダ状の柵構造が織りなす微細な表面構造がある。この構造を形成するタンパク質と空気の屈折率差は0.5と大きい²⁶⁾が、合成繊維ではこれほど大きな屈折率差を実現することは難しい。そのため、高屈折率ポリマー (PET) と低屈折率ポリマー (Ny, ナイロン) を用いたナノ積層構造によって干渉発色が設計されている²⁶⁾。また、この構造発色繊維では、干渉部の面積を広げる目的で扁平糸が使用され、その断面の透過型電子顕微鏡像は図5に示す通りであり、ナノオーダーで61層の積層膜の厚さ

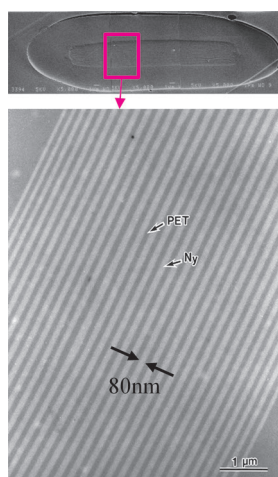


図5 モルフォテックスの断面TEM像

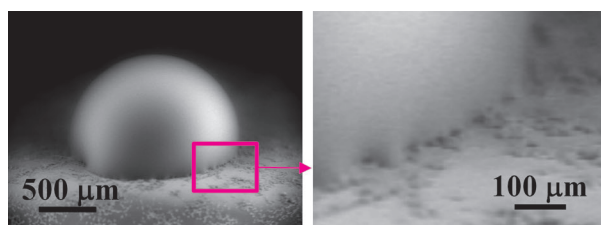


図6 微細凹凸表面基材上の水滴SEM像

が高精度に制御されていることが確認できる。実際、構造発色繊維の製糸プロセスを確立するためには、度重なる電子顕微鏡観察が必要とされた。

生物の形態や構造の観察には走査型電子顕微鏡 (SEM) が使用されている。しかし、真空下での観察では、生物の構造が破壊されることがあり、この課題を克服するために新たな手法が開発されている。ナノスーツ法は、粘性を持つ細胞外物質 (ECS) を最外層に有する一部の生物 (ショウジョウバエなど) から着想を得た手法である。この方法では、ECSを模倣した物質を電子線やプラズマ重合によって試料表面に成膜し、生きたままの生物をSEMで観察することが可能となった²⁷⁾。最近では、このナノスーツ法は医療診断にも応用されるようになっており、その活用範囲が広がっている²⁸⁾。また、含水カバー法では、最大圧力650Paで観察可能な汎用低真空SEM、冷却ステージ、及び真空排気中に試料周辺を飽和水蒸気圧程度に保つことができる含水カバーを組み合わせる。これにより、図6のように水滴の観察が可能となった²⁹⁾。

5 バイオミメティクスの未来

バイオミメティクスは、新たな環境技術として世界的に認識されており、持続可能な社会への貢献を目指した新たな市場創出が始まっている。材料開発にとどまらず、医療、建築、農業、海洋、エネルギー、モビリティ、AIなど、さまざまな分野でバイオミメティクスおよび関連技術が活用されている。

特に材料開発においては、第2世代のバイオミメティクスへの移行が進む中で、動的な物性評価や観察といった新たな分析ニーズが生まれ、それに伴い分析技術の発展が促進されると考えられる。自然界から学ぶことの価値を再認識するとともに、それを実現するための分析技術の重要性を見直すことで、バイオミメティクスの未来はさらに広がると考えられる。

文 献

- 1) 福島 修: 化学教育, **24**, 378 (1976).
- 2) 岡本三宜: 繊維と工業, **40**, 307 (1984).
- 3) 西桜光一: 繊維工学, **43**, 668 (1990).
- 4) 小山征治: 繊維製品消費科学, **32**, 460 (1991).
- 5) K. Krieger: *Science*, **305**, 636 (2004).

- 6) Department of Trade and Industry, UK : "Biomimetics: strategies for product design inspired by nature—a mission to the Netherlands and Germany", (2007).
- 7) l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, FR : "Les apports de la science et de la technologie au développement durable, Tome II : La biodiversité : l'autre choc ? l'autre chance ? ", (2007).
- 8) Commissariat général au développement durable, FR : "Étude sur la contribution du biomimétisme à la transition vers une économie verte en France", (2012).
- 9) Deutsche Bundesstiftung Umwelt, DE : "Entwicklung des ersten technischen Regelwerkes für den Transfer bionischer Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in ökologisch vorteilhafte industrielle und technische Anwendungen", (2011).
- 10) 下村政嗣, 平坂雅男 : ビルと環境, **182**, 27 (2023).
- 11) 柴田二男, 川崎俊三 : 繊維学会誌, **44**, 94 (1988).
- 12) B. Dean, B. Bhushan : *Philos Trans. R. Soc., A*, **368**, 4775 (2010).
- 13) 平坂雅男 : "高機能マテリアル技術・市場動向レポート", 第9巻, p.61 (2023), (AndTech).
- 14) T. S. Wong, S. H. Kang, S. K. Tang, E. J. Smythe, B. D. Hatton, A. Grinthal, J. Aizenberg : *Nature*, **477**, 443 (2011).
- 15) C. Urata, G. J. Dunderdale, M. W. England, A. Hozumi : *J. Mater. Chem. A*, **24**, 12626 (2015).
- 16) O. Speck, T. Speck : *Biomimetics*, **4**, 26 (2019).
- 17) S. Sangadji, E. Schlangen : *Procedia Eng.*, **54**, 315 (2013).
- 18) 下村政嗣 : "人新世とバイオミメティクス・バイオミメティクス・エコミメティクス", (2021), (シーエムシー出版).
- 19) 平坂雅男 : 技術士, **684**, 8 (2023).
- 20) 溝口理一郎, 古崎晃司, 来村徳信 : 情報管理, **58**, 361 (2015).
- 21) 山内 健, 小林秀敏 : 日本知財学会誌, **13**, 30 (2016).
- 22) M. Haseyama, T. Ogawa, S. Nomura, M. Shimomura : *IEICE TRANS. INF. & SYST.*, **100**, 1563 (2017).
- 23) A. Saint-Sardos, A. Aish, N. Tchakarov, T. Bourgoïn, L. M. Petit, J. S. Sun, R. Vignes-Lebbe : *Biomimetics*, **9**, 63 (2024).
- 24) X. Li, F. Bodziony, M. Yin, H. Marschall, R. Berger, H. J. Butt : *Nat. Commun.*, **14**, 4571 (2023).
- 25) C. Hinduja, A. Laroche, S. Shumaly, Y. Wang, D. Vollmer, H. J. Butt, R. Berger : *Langmuir*, **38**, 14635 (2022).
- 26) 能勢健吉 : 機能紙研究会誌, **43**, 17 (2004).
- 27) 針山孝彦, 高久康春, 鈴木浩司, 石井大佑, 下村政嗣 : 表面科学, **36**, 201 (2015).
- 28) 河崎秀陽 : 医学のあゆみ, **276**, 740 (2021).
- 29) N. Inoue, Y. Takashima, M. Suga, T. Suzuki, Y. Nemoto, O. Takai : *Microscopy*, **67**, 356 (2018).



平坂 雅男 (HIRASAKA Masao)
(特非) バイオミメティクス推進協議会
(〒162-0813 東京都新宿区東五軒町 2-2-406). 早稲田大学大学院修士課程修了.
工学博士. 《現在の研究テーマ》 バイオミメティクスの産業化に関する研究, および, 経営工学に関する研究. 《主な著書》
“地球を救うスーパーヒーロー生き物図鑑”, (エクスナレッジ). 《趣味》 スキー, 水泳.
E-mail : m.hirasaka@biomimetics.or.jp



広瀬 治子 (HIROSE Haruko)
日本電子株式会社 (〒196-8558 東京都昭島市武蔵野 3-1-2). 山口大学農学部獣医学科. 医学博士, 獣医師. 《現在の研究テーマ》 ソフトマテリアルの電子顕微鏡による可視化方法. 《主な著書》 “バイオミメティクスの本”, (日刊工業新聞社). 《趣味》 猫, 温泉, ドライブ.
E-mail : hh Hirose@jeol.co.jp

原 稿 募 集

ロータリー欄の原稿を募集しています

内容

談話室 : 分析化学, 分析方法・技術, 本会事業 (会誌, 各種会合など) に関する提案, 意見, 質問などを自由な立場で記述したもの.

インフォメーション : 支部関係行事, 研究懇談会, 国際会議, 分析化学に関連する各種会合の報告, 分析化学に関するニュースなどを簡潔にまとめたもの.

掲示板 : 分析化学に関連する他学協会, 国公立機関の主催する講習会, シンポジウムなどの予告・お知らせを要約したもの.

執筆上の注意

1) 原稿量は 1200~2400 字 (但し, 掲示板は 400

字) とします. 2) 図・文献は, 原則として使用しないでください. 3) 表は, 必要最小限にとどめてください. 4) インフォメーションは要点のみを記述してください. 5) 談話室は, 自由投稿欄ですので, 積極的発言を大いに歓迎します.

◇採用の可否は編集委員会にご一任ください. 原稿の送付および問い合わせは下記へお願いします.

〒141-0031 東京都品川区西五反田 1-26-2
五反田サンハイツ 304 号
(公社) 日本分析化学会「ぶんせき」編集委員会
[E-mail : bunseki@jsac.or.jp]