

(4) トピックス (PENより)

寄稿

フランスにおけるバイオミメティクス

帝人株式会社 平坂雅男

1. はじめに

東北大学下村政嗣氏を代表とする ISO/TC266 Biomimetics 日本審議委員会のメンバーが 2013 年 4 月に、フランスのサンリス（Senlis）市を訪問し、ヨーロッパにおけるバイオミメティクス研究拠点の構築計画を聞く機会を得た。また、5 月にも同メンバーがサンリス市を再度訪問している。本報告では、サンリス市の研究拠点の計画を紹介するとともに、その背景となるフランス政府の動き、標準化、企業動向などについても調査した結果をまとめた。フランスでは、Biomimétisme, Biomimétiques, Biomimicry 等の用語が使用されている。Biomimétism は、Biomimicry と同様な言葉として使用されているが、哲学的な意味を含めて用いられ、技術に関連することだけでなく、組織やサービスなどを含む広義の意味で、イノベーションにつながる技術として認識されている。

2. フランス政府の動き

2007 年 3 月フランス上院から「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？—」と題した報告書が発表されている [1]。現在の工業プロセスはエネルギーや原料コストなどの問題に直面しており、一方、生物プロセスにはそれらを解決する多くの策があると考えられている。そして、生物多様性にも起因する生物の成功例に学び、ナノテクノロジーにより進歩したバイオテクノロジーと生物学との組み合わせが次の産業革命を生み出すとしている。

この報告書に続き、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に関する調査報告」を 2012 年 10 月に発表した [2]。この調査報告では、バイオミメティクスと経済、バイオミメティクスの産業の現状と将来、持続可能な農業生態系の開発への利用などについて言及している。

フランスにおける現状の課題は、この分野における研究が多く行われているが、企業での開発やバイオミメティクス製品とよべるものがほとんどない状態である。また、バイオミメティクスの技術は環境経済の観点からも有望である

が、研究が進んでいないことから、この分野での研究資金を増加し、研究者交流により研究を加速する必要があると考えている。さらに、バイオミメティクスへの関心は高まりつつあるが、米国やドイツのように先導する団体がなく、情報共有の場がない状態にある。このため、学際領域研究の促進、基礎研究の重視、産学連携、ライフサイクル評価、標準化などについての対応が必要であることを指摘している。

バイオミメティクスの応用において、持続可能性を評価することは、製造プロセス全体を解析しなければならないことから難しい課題であると述べているものの、研究開発拡大のための公共投資の必要性を指摘し、また、バイオミメティクスはグリーンエコノミクスの観点から、高い可能性を秘めた技術革新の方法であることも指摘している。そして、バイオミメティクスの利用促進のために、研究開発や製造方法の技術革新などのプロジェクトを推進すべきであると結論づけている。

一方、バイオミメティクスの防衛用途への応用についても考えられている。フランス国防省の下部組織である装備総局（DGA; Direction Générale de l'Armement）の B. Mortaigne は、サンリス市のバイオミメティクス拠点におけるオープニング会議で、「バイオミメティクスの軍事応用におけるイノベーション」と題した講演を行っている [3]。

防衛システムの将来に関して、新技術の探索やその技術の産業化の可能性について言及している。DGA の研究とサイエンスイノベーションのためのミッション（MRIS ;Mission pour la recherche et l'innovation scientifique）に

は、9 科学分野、①情報工学とロボティクス、②流体構造、③通信技術、④ナノテクノロジー、⑤フォトンクス、⑥材料化学とエネルギー、⑦生物学とバイオテクノロジー、⑧人間工学、⑨環境と地球科学が設定されている [4]。

材料・プロセス研究のターゲットとしては、構造材料、機能材料、化学、除染、プロセスシミュレーション、発電・蓄電などのエネルギー物資や技術が含まれている。

バイオミメティクスの具体的な応用としては、装備品の快適性を追求するナノ構造材料や繊維、衝撃保護として貝殻や真珠の層構造に着目、ステルス性ではカメレオン機能や光学的反射特性の利用、エンジン部品では鳥の翼からのヒント、検出センサとして生物の目の機能を模倣、エネルギー技術としてのバイオミメティクス触媒、保護・低抵抗の観点からバイオフィルムや撥水・親水技術、除染における生物の毒性除去機能の活用、また、新燃料としての藻類を代表とするバイオリソースの可能性をあげている。研究の成果については、公表されている MRIS の 2011 年次報告書には記載されていないが、今後のその一端が報告されることになる。

3. サンリス市のバイオミメティクス拠点

フランスでの一連の政府報告書が公表される以前から、ヨーロッパでの動きは始まっている。非営利団体 Biomimicry Europe は、J. Benyus, G. Chapelle, L. Schuitenrani らが中心となって、2006 年に設立された。Biomimicry Europe の主なミッションは、欧州でのバイオミメティクスの普及である。その後、バイオミメティクス



図1 バイオミメティクス拠点のコンファレンスセンターとなる建屋

フランス委員会（日本のNPO法人に対応する組織で、フランスではアソシエーションと呼ばれる組織）が、2010年にパリで設立された。そして、2012年秋には、欧州における最初の研究開発クラスターとして、パリから50km北に位置するサンリス市にバイオミメティクス拠点の構築が発表された。

サンリス市は、12世紀から13世紀に商業で栄えた地域で、現在では、中世の城壁や街並みが観光地となっている。サンリス市には、市近郊のコンピエーニュで亡くなったフランス革命で活躍したミッシェル・オルドネ將軍の名に由来するオルドネ・キャンプがあり、今まで、フランス陸軍第41通信連隊が駐屯していた。この部隊が撤退した後の駐屯地（100,000m²）に、バイオミメティクス拠点を設立するために、現在、研究施設、ホール、ビジネスセンター、オープンラボ、住居を含む総合的な施設の整備が進められている。旧兵舎をそのままの形で利用し内部を整備し活用する予定で、歴史的な外観は保つ計画である。例えば、敷地内の乗馬訓練施設（図1）は、コンファレンスセンターとして活用される計画である。

現在、資金調達の段階ではあるが、基盤構築に1.6百万ユーロ、研究開発施設に2.6百万ユーロ、研究者の住居に3.8百万ユーロ、敷地整備に2百万ユーロ、ビジネスセンターに1百万ユーロ、企業支援に0.3百万ユーロと、総額にして約12百万ユーロの経費が必要と報じられている [5]。

サンリス市に拠点を形成するメリットとしては、地域の持続可能な開発のための戦略に適合していることや、サンリス市近郊のラン（Laon）市の産業・農業資源クラスター（IAR; Industries & Agro-Ressources）のミッションにも適合していると言われている [6]。さらに、ピカルディ・ジュール・ヴェルヌ大学、電子電気工学技術高等学院（ESIEE）や、バイオペレーと呼ばれる地区にあるコンピエーニュ工科大学（UTC）、ラサール工科研究所、国立産業環境災害研究所（INERIS）、機械工業技術センター（CETIM）、また、有機化学・鉱物学高等学院（ESCOM）等と距離的に近いメリットもある。そして、フランスの航空産業を支えるAEROLIA社のメオルト（Méaulte）市の工場との距離も近い。企業との連携については、ロレアル、ソフィプロテオール（Sofiprotéol）、アルケマ、クラリアント等の企業名があがっている。サンリス市訪問時の情報によれば、この研究拠点に15企業が参加する予定になっている。

サンリス市のPruche副市長は、「このプロジェクトは、バイオミメティクス発展に向けた研究機関と企業とのコラボレーションの場の構築でもあり、地域経済の発展

にも寄与する。」と述べている。このプロジェクトにより、バイオミメティクス拠点で350名の雇用が創出され、また、120から140名の学生が初期に受け入れられる見込みである [7]。

4. 標準化の動き

フランスの標準化への動きは、2011年5月にドイツ規格協会（DIN）が国際標準化機構（ISO）に提案したことから始まり、翌月には、フランス規格協会（AFNOR）が戦略評議会（CoS; Comites Strategiques）、標準化評議会（CN; Commissions de Normalisation existantes）、および、3,000名を超える関係者に対してアンケートを実施した。その後、アンケート結果を参考にフランス案が起草され、2011年9月にはAFNORから提案書が提出されている。2020年までにバイオミメティクスによる新たな市場が創出されること、また、ISO規格の重要性を考えるとフランスは標準化作業に参加することが不可欠と考え、専門委員会（TC; Technical Committee）のスタートに賛成票を投じた。各国の投票の結果、2011年12月にはISO/TC 266 Biomimeticsがスタートし、2012年にはAFNORがISO/TC266に対応する組織となり、同年10月の第1回TC266会議には、2名の担当者が出席している。また、2013年5月にパリで開催された第2回会議には、AFNORの担当者のみならず、サンリス市副市長やバイオミメティクスフランス委員会からも担当者が出席している。さらに、会議期間中には、サンリス市のバイオミメティクス拠点構築が紹介され、サンリス市への訪問も企画された。このサンリス市での会合では、Loiseleur市長が自らバイオミメティクス拠点への期待をISO委員会メンバーに対して語っている。

5. フランスにおけるバイオミメティクス研究

フランス国内の有力な研究者は、エコロジー・持続可能開発・国土整備省の調査報告書 [2] に記載されている。J. Casas（Research Institute for the Biology of Insect）は、昆虫の空気センシングのメカニズムを、MEMSセンサの設計に応用する研究を行っている。T. Coradin（LCMCP: The Laboratory of Condensed Matter Chemistry of Paris）は、珪藻における珪化メカニズムを複製した生合成システムの研究を行っている。M. Fontecave（Collège de France）は、金属タンパク質の構造と反応性を解析し、化学合成における選択的触媒反応への応用を研究している。Y. Le Maho（フランス国立科学研究センター: CNRS）は、

オウサマペンギンの生態系調査を行っているが、ペンギンが胃の中に蓄えた栄養素で、過酷な環境のなかで孵化したひよこ（雛）を養うための能力に着目し、タンパク質の構造解析から食品の保存や新薬創出のための抗菌性の研究につなげている。また、C. Vendrely (l'universite de Cergy-Pontoise) は、蜘蛛の糸の研究から生体材料への応用を考えている。

一方、欧州連合 (EU) の研究枠組み計画 (Framework Program) は、世界最大規模の産学官連携イノベーションシステムであり、2007 年から 4 項目のプログラム (協力、構想、人材、能力) に基づいた第七次研究枠組み計画 (FP7: 期間は 2007 年～2013 年) がスタートしている。FP7 の実施にあたり、500 億ユーロ以上が EU 予算から支出されている。現在、フランスが代表国となっている FP7 のバイオミメティクスの関連の研究プロジェクトは 10 以上ある。その多くの研究プロジェクトは終了したが、研究内容は触媒、光合成、細胞工学と分野は様々である。現在、フランスが代表国を務めている実施中のプロジェクト (2013 年 5 月時点) は 2 件であり、そのひとつに、グルノーブル工科大が中心となる細胞工学研究としてのバイオミメティックフィルムの研究がある。具体的には筋骨格系の研究が進められている。また、CNRS のチームは、アクチンのダイナミックスをバイオミメティックアッセイにより評価する研究を行っている。

一方、研究支援組織もあり、そのひとつである Biomimethic は、シンクタンクであり、また、投資ファンドを有している。設立の背景には、ローヌ・アルプ州の高機能繊維競合クラスター、アルザス - ロレーヌ地方の繊維産業クラスター、ピカルディ地方の IAR、また、北フランスのノール・パ・ド・カレー地域の持続可能に寄与する材料開発クラスター (MAUD; Matériaux et Applications pour une Utilisation Durable) の支援のためとも言われている。Biomimethic は、年次フォーラムやコンサルティングを通じてのバイオミメティクスの普及活動、および、産業化に向けた研究支援を行っている。これらの運営費は、年間 200 万ユーロである。

また、Institut INSPIRE は、2008 年に設立された団体で、生物多様性に基づく戦略を企業や地方自治体に提供するコンサルティングを行っている。バイオミメティクスに関しては、Biomimicry Europe と提携するなど、研究支援活動にも力を入れている。

中小企業の支援組織としては、2009 年に設立されたパリ地域イノベーションセンター (Le Centre Francilien de l'

Innovation) がある。地方政府と起業支援イノベーション振興機構 (OSEO) からの支援とともに、企業からの出資で運営している。バイオミメティクス関連では、Eurobios 社 (シミュレーションソフト)、Kinomé 社 (木に関するエンジニアリングとコンサルティング)、そして、Eel Energy 社 (海流発電) を支援している。

7. 企業の動き

大手企業のエアバスの航空工学研究部長である D. Darracq によれば、エアバスでは蓮の葉の表面の撥水性を航空機のアイシング対策として応用する研究を進めている [8]。また、摩擦の特性を実現するようなサメ肌に触発された “リブレット” の研究を行っている。サメの肌は滑らかではないが、代わりに溝の形で微細構造を作っており、この構造によりサメは泳ぐ際の摩擦を低減し、エネルギー効率と速度を向上させていることがわかっている。実際の飛行試験で、このようなサメ肌構造の表面が効果をもたらし、CO₂ 排出量を削減することが確認されている。このサメ肌リブレットは、ルフトハンザ航空が検証実験を実施しており、ルフトハンザ航空のホームページでも取りあげられている。

一方、翼端のウィングレットは、飛行性能を向上させるために、草原に生息する鷺の翼の形状に触発されている。このようなウィングレットは A380 で採用され、また、同様に、A320 はさらに空力効率を増加させる大きなフィン “Sharklets” が装備されている。バイオミメティック研究においては、最適化問題を解決するために遺伝的アルゴリズムを使用している。最近では、同社のホームページから、巡航高度では鳥の編隊飛行のような航法を導入することで空気抵抗を減らし、燃料消費を抑制できるような技術や、また、鳥類の骨構造を模倣して航空機の機体構造を設計するなどの将来技術にも関心が高いことがわかる。

バイオミメティクスによる設計として、ルノーのコンセプトカー “Twin’Z” には、木からインスピレーションを得たとされる自動車のホイールキャップが装着されている。一方、化粧品のロレアルは、毛髪の研究からセラミドがキューティクルを保護し毛髪保護効果があることを明かし、人工セラミドを開発しヘアケア用品に利用している。

バイオミメティクスの技術を探求し、自社での活用を検討している企業もある。スエズ・エンバイロメント (Suez Environnement) 社は、フランスに本社を置く水処理・廃棄物処理会社であるが、2010 年に投資ファンド “Blue

Orange" を立ち上げ、水処理・廃物処理への革新的技術の開発支援を行っている。初期段階では、0.5 から 200 万ユーロの投資が可能である。具体的には、生物学的プロセスによる有機物の分解技術や水処理機器の部品デザインにバイオミメティクスを活用することに関心が高い [9]。

7. おわりに

フランスにおけるバイオミメティクスへの関心は高く、政府、バイオミメティクス拠点となるサンリス市のような地方自治体、大学・研究機関、そして、企業が急速に連携を図ろうとしている。ドイツの BIOKON のような団体はないものの、今後、サンリス市のプロジェクトを中心とした組織体制ができるであろう。政府は、バイオミメティクスを科学技術政策として位置づけ、環境技術としての関心が高いだけでなく、防衛技術としての応用展開を図ろうとしていることは驚くべきことである。フランスが提言しているように、政府による研究開発投資、学際領域研究の促進、産学連携などが着実に前進している印象を受けた。

References :

- [1] P. Laffitte, C. Saunier: "Les apports de la science et de la technologie au développement durable, Tome II : La biodiversité : l'autre choc ? l'autre chance ?", Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (2007).
- [2] Commissariat general au developpement durable: "Étude sur la contribution du biomimétisme à la transition vers une économie verte en France", Études et documents - Numéro 72 - October, 2012.
- [3] B.Mortaigne: "Innovation dans les applications de Défense Intérêt du biomimétisme", Biomimétisme Senlis, 20 September, 2012.
- [4] Directio Générale de l'Armement: "Mission pour la recherche et l'innovation scientifique Bilan 2011" (2012).
- [5] "Le quartier Ordener va devenir une technopole", Le Parisien 7 October 2012.
<http://www.leparisien.fr/>
- [6] D. Gronier: "Chimie verte et développement durable", Biomimétisme Senlis, 20 September, 2012.
- [7] "Un centre pour copier la nature va éclore", Le Courrier picard 19 September, 2012.
- [8] H. Meddah: "Chez Airbus, la nature reste une source d'inspiration" , L'usine Nouvelles, www.usinenouvelle.com, 15 September, 2010.

- [9] D. Helaine: "Le Biomimétisme : vecteur d'Innovation pour les métiers de l'Environnement ?", Biomimétisme Senlis, 20 September, 2012.

寄稿

生物の不思議を工学に移転する技術 ーバイオ TRIZ という技法ー

新潟大学工学部 山内健
大阪大学基礎工学部 小林秀敏

はじめに

近年、高効率・高性能な生物機能を材料設計に取り入れる生物模倣工学、いわゆるバイオミメティクスの研究が活発に進められている [1]。生物模倣工学あるいはバイオミメティクスに関する論文も年々増えており、産業における実用化への期待も日増しに高まっている。蓮の葉の表面構造に倣った自己洗浄型ペイント、ヤモリの足裏の微細構造からヒントを得た脱着が容易なテープ、蛾の複眼の構造を模倣した無反射フィルム、サメの皮膚を模倣した高速で泳ぐことのできる水着、ハコフグの骨格を取り入れた車体設計、モルフォチョウの構造色を実現したパッケージラベルなどがよく知られている。生き物の種類は 150 万種以上といわれており、膨大な数の機能が報告されているが、どの生物機能に着目すれば、新材料の開発に役立つのか、また、最適な材料設計に結びつくのかは未知数である。選択肢がありすぎて、一つに的を絞れないという矛盾に悩まされる研究者も多い。すなわち現在の生物模倣工学では、ケースバイケースの材料設計が主となっており、無尽蔵の生物機能の一部しか利用されておらず、必要とする技術要素を見つけ出す効果的な方策もないのが現状である。それゆえ生

物機能を工学技術に結びつける方策の体系化は、この分野を発展させていくうえで必要不可欠なものといえる。偶然のひらめきに頼るのではなく、発明や問題解決の定石を体系化した指標があれば、技術革新への大きな扉となると期待できる。

工学的な課題解決法には、いろいろな手法が知られている。ビジネスフレームワークを活用した SWOT 分析、ロジックツリー、オズボーンのチェックリスト、マインドマップをはじめ、品質工学における QC 法、タグチメソッドなど様々な方法が導入されて、成果を上げている。その中で、機械工学における材料設計のアイデア創出法として、TRIZ が 1990 年代から様々な分野で取り上げられるようになった。TRIZ はトゥリーズと発音される。TRIZ は、ロシアの特許審議員であった Genrikh Saulovich Altshuller 氏が、約 250 万件の特許を調査してその中にある規則性を体系づけた“発明的な問題を解決するための理論”のことである。ロシア語で発明的問題解決理論を意味する“Теория решения изобретательских задач”の頭文字をとっている。下線部はキリル文字で、それぞれ T、R、I、Z を表している。この方法の特徴は、工学技術を解決するため

の原理原則が提示されており、解決したい問題をパターン化することで、研究分野を問わず問題解決のヒントが得られる点にある [2-6]。すなわち、250 万件の特許例を解析して得られた問題解決の原理が、40 個の宝の箱に詰まっており、その宝箱から、自分の直面している問題に適した解決法のヒントを探し出すということになる。ロシアで開発されたこの技法が、1989 年のベルリンの壁の崩壊とともに世界中に知られるようになり、1990 年代になって各分野で導入され始めた、古くからある新しい学問といえる。日本では、1997 年に三菱総合研究所が TRIZ ソフトを世に広め、多くの企業による TRIZ の工学的利用が行われている。また、2005 年に日本 TRIZ 協議会が発足し、2007 年には日本 TRIZ 協会が設立されている [7]。

TRIZ は、世の中の矛盾、ジレンマを解決するヒントを提供している。3E トリレンマという言葉が叫ばれて久しいが、いまだに我々はこの 3 つの矛盾を解決できないどころか、ますます深刻な負のスパイラルに落込っているといえる。3E トリレンマとは、Economy が発展すれば、Energy が必要となり、Environment が破壊されるため、すべての E が良い方向に進むことはできないという矛盾である。新興国の発展が目覚ましく、3E トリレンマは今後、さらに深刻となる時代を迎えるであろう。環境破壊を食い止めながら、心豊かに暮らせる未来社会はないものだろうか？今こそ、氷河期をはじめ活火山の大爆発や巨大隕石の衝突など、地球環境の大きな変動の中でサバイバルを繰り返してきた賢い生き物の知恵を、拝借したいと思うのは至極当然のなりゆきではないだろうか。生き物の知恵を偶発的なひらめきではなく、定石によって工学に反映することができれば、地球にやさしい賢い解決法となると期待できる。40 の宝箱に 150 万種の生物が持っている知恵を詰めて問題解決のヒントとして提案するという発想がバイオ TRIZ である。



地球にやさしく賢い解決法は？

バイオ TRIZ は前バース大学教授の J. F. V. Vincent 氏らによって提唱された新しい概念である。自然界に見られる高効率な生物機能を、TRIZ における 40 の問題解決原理に取り入れて体系化するというものである。例えば、金属工学や機械工学では、材料に孔を開けるということは材料強度の低下を意味する。しかしながら、生物は孔を開けることで亀裂を停止させる精巧な仕組みを作り出して、材料の強度を維持しながら同時に軽量化も実現している。このように、生物機能は特許となる新技術の宝庫であり、次世代材料開発のヒントを提示するとともに、新たなエンジニアリング・デザイン教育への貢献も期待できる。次世代材料の開発では自然調和、低環境負荷、バイオマス利用などを考慮する必要があり、低エネルギーで有効に機能する材料の創製が必要不可欠となっている。

以下で、TRIZ の簡単な概説、バイオ TRIZ の説明と事例の紹介、この分野の世界的動向について紹介する。

TRIZ について

TRIZ の特長は、工学技術を解決するための原理原則が提示されており、解決したい問題をパターン化することで研究分野を問わずに問題解決のヒントを得ることができる点にある。①プリンシプル、②プレディクション、③イフェクツなどいくつかの活用方法があるが、ここでは 40 の解決原理を有効利用するプリンシプルを活用した問題解決法を紹介する。プリンシプルでは表 1 に示す 39 項目にわたる物理特性を“解決したい問題”と“改善すると不具合が生じる問題”として 39×39 のマトリックスを作る。各マス目には表 2 に示す 40 の解決原理の中から適切な方法が記載されていて、この原理をヒントに解決案を考える方法である。このマトリックスは「矛盾マトリックス」といわれている。例えば、「離れたところでも利用できる指示棒を開発したいが、指示棒の体積が大きくなってしまう」という課題があるとする。改善点は「指示棒の長さ」で矛盾点は「体積が大きくなってしまう」となる。これを矛盾マトリックスに当てはめると、図 1 のように、3 行 7 列目のマス目に、解決案のヒントとして 7. 入れ子構造、14. 多次元移行などが提示される。前者であれば、釣竿式に伸縮するペン型の指示棒、後者であれば、空間を移動することに想起されたレーザーポインターなどの発想に至ることができる。

この TRIZ の長所は、種々の学問・技術について専門性が低くてもアイデアが生まれやすいため、専門外の研究に関しても様々なアイデアを提案することができる点にある。

表 1 TRIZ における 39 の物理特性

(1) 移動物体の重量	(16) 静止物体の動作時間	(31) 物体が発する有害要因
(2) 静止物体の重量	(17) 温度	(32) 製造の容易性
(3) 移動物体の長さ	(18) 照度	(33) 操作の容易性
(4) 静止物体の長さ	(19) 移動物体のエネルギー消費	(34) 修理の容易性
(5) 移動物体の面積	(20) 静止物体のエネルギー消費	(35) 適応性または融通性
(6) 静止物体の面積	(21) 出力	(36) 装置の複雑度
(7) 移動物体の体積	(22) エネルギー損失	(37) 検知と測定の困難度
(8) 静止物体の体積	(23) 物質損失	(38) 自動化の範囲
(9) 速度	(24) 情報損失	(39) 生産性
(10) 力(強さ)	(25) 時間損失	
(11) 応力または圧力	(26) 物質の量	
(12) 形状	(27) 信頼性	
(13) 物体組織の安定性	(28) 測定精度	
(14) 強度	(29) 製造精度	
(15) 移動物体の動作時間	(30) 物質が受ける有害要因	

表 2 TRIZ における 40 の問題解決原理

(1) 分割原理	(16) アバウト原理	(31) 多孔質利用原理
(2) 分離原理	(17) 他次元移動原理	(32) 変色利用原理
(3) 局所性質原理	(18) 機械的振動原理	(33) 均質性原理
(4) 非対称原理	(19) 周期的作用原理	(34) 排除/再生原理
(5) 組み合わせ原理	(20) 連続性原理	(35) パラメータ変更原理
(6) 汎用性原理	(21) 高速実行原理	(36) 相変化原理
(7) 入れ子原理	(22) 「災い転じて福となす」原理	(37) 熱膨張原理
(8) つりあい原理	(23) フィードバック原理	(38) 高濃度酸素利用原理
(9) 先取り反作用原理	(24) 仲介原理	(39) 不活性雰囲気原理
(10) 先取り作用原理	(25) セルフサービス原理	(40) 複合材料原理
(11) 事前保護原理	(26) 代替原理	
(12) 等ポテンシャル原理	(27) 高価な長寿命より安価な短寿命原理	
(13) 逆発想原理	(28) 機械的システム代替原理	
(14) 曲面原理	(29) 流体利用原理	
(15) ダイナミック性原理	(30) 薄膜利用原理	

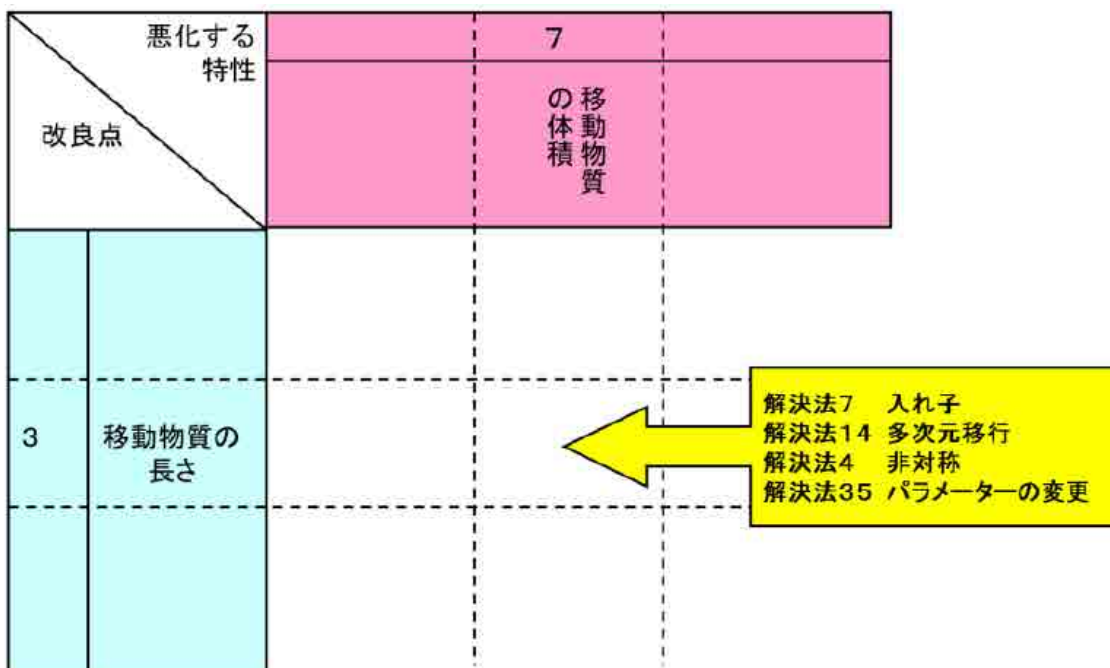


図 1 問題解決のためのマトリックス

詳細については既書を参考願いたい [2-6]。

バイオ TRIZ について

ここまで TRIZ による問題解決法の仕組みについて説明してきた。この手法では、必ずしも解が 1 つでない課題に対して、問題点を的確に発見をすることで、専門性が低くても様々なアイデアを提案して実用的な解決方法を導き出すことができる。

この技術問題解決法は、次世代材料開発への転用も期待されている。次世代材料の開発では、自然調和、低環境負荷、バイオマス利用などを考慮する必要があり、低エネルギーで有効に機能する材料の創製が不可欠となっている。J. F. V. Vincent 氏らはバイオ TRIZ という新しい概念を提唱している [8-13]。自然界に見られる高効率な生物機能を TRIZ における 40 の問題解決原理に取り入れて体系化している。

ここで、生物の機能を工学特許に移転するバイオ TRIZ の発想について、いくつかの例を挙げて紹介する。

例 1：孔の有効利用

不動物体の耐久性を改善したいが、物質の量が問題となる場合、31. 多孔質利用の原理が有効である。TRIZ では機械工学の観点から金属、無機材料に孔をあけることは材料の劣化を意味するため、多孔質構造は限られた利用となっている。一方、多孔質は、生物界では様々なところで用いられており、植物は網目状の導管で水を輸送し、昆虫は外皮に孔を開けることで亀裂を停止させる精巧な仕組みを作り出し、材料の強度を維持しながら軽量化も実現している。また、ハチの巣は六角形を配列することで、平面を効率的に利用している。三角形、四角形でも平面を隙間なく充填できるが、六角形は機械強度に優れているだけでなく、1 ユニットあたりの空間が他の形状に比べ広い。さらに、ハ



生物にヒントが！

チの巣作りの作業を観察すると、3 方向に移動するだけで六角形を作り出せるため、作業が単純で非常に効率的である。この仕組みを利用した特許事例でみると、絆創膏の材料強度を維持しながら伸縮性の改善と薬液量の増加を図る手段として、ハニカム構造の絆創膏が開発されている [14]。

例 2：マイクロバイオリアクターの改善

近年、マイクロバイオリアクターやマイクロバイオチップの研究が進展している。しかしながら、その多くは高分子樹脂、活性炭、金属酸化物といったドライな流路表面または流路内に生体機能性物質を固定化、充填するものが多く、反応速度を高めようとする、流路材料の質量増加が障害となる場合や、生物関連物質の増量が必要になる場合がある。この問題に対しては、表 2 の 18. 機械的振動原理、19. 周期的作用原理、29. 流体利用原理、38. 高濃度酸素利用原理が有効な解決手法として挙げられる。TRIZ の解答例では、18. 機械的振動を利用して問題解決をする手法が有効と考えられ、システムに機械的振動を与えることで、酵素固定化微粒子間の空隙を生み出し、生化学反応の効率を向上させ、流路も確保するなどが発案される。一方、バイオ TRIZ では、ヒトデの管足や小腸の柔突起のような、ロッド配列構造の付与が発想できる。柔突起が海藻のように揺らぐので、溶液が流速を落とさずに流れていくことが期待できる。実際、マイクロロッド状ゲルの配列体を用いたバイオリアクターが、高性能なリアクターとして機能することが報告されている [15]。また、TRIZ では、19. 周期的作用原理から、洗浄速度を維持しながら水量を抑える技術として、断続的に水を噴射するウォシュレットが開発されている。一方、バイオ TRIZ では、カタツムリの移動やヒトデなどの管足の屈曲と伸縮など 29. 流体利用原理に対応した水力学的なヒントが生まれている。

以上、一例を挙げたに過ぎないが、TRIZ はこれまで我々の社会を支えてきた金属や金属酸化物などハードなマテリアルの開発やそれらがパーツとなった機械系のシステム構築に適応していたのに対して、バイオ TRIZ による解決案のヒントは、生物のしなやかさに基づくソフトなマテリアルによる材料開発やシステム構築に適している。バイオ TRIZ を利用することで、自然調和、低環境負荷、バイオマス利用などを考慮した低エネルギーで有効に機能する材料の創製およびシステム構築が期待できる。さらには既存の特許に対して、新たな解決法を提案することになるので、専門性が低くても生物の機能や仕組みを用いて、様々なアイデアを提案することで、新たな特許を生み出すことができる。

イギリスでは前述の Vincent 氏の共同研究者らが Bio-TRIZ Ltd を創立して、企業との共同研究、特許化、バイオ TRIZ 講習会、ワークショップ、啓蒙活動などを積極的に行っている [16]。ここでは Bio-TRIZ を体系化したデータベースの構築にも取り組んでいる。また、英国ブルネル大学の D. Harrison 氏らは環境負荷の要素を取り入れたチャート図と TRIZ を併用することで、バイオ TRIZ の支援ができることを唱えている [17]。環境負荷の要素として、1. 原料の量、2. エネルギーの利用量、3. 高機能化、4. 健康および環境破壊の危険度、5. 原料の希少価値、6. リサイクルの可能性の 6 項目をチャート軸として、矛盾マトリックスの 39 項目にわたる物理特性と関連づけながら、問題を解決するという手法である。一方、アメリカのジョージア工科大の A. K. Goel 氏はバイオ TRIZ を問題提起型の解決法ととらえ、解決案提示型で生物機能を工学技術に移転する手法を提案している [18]。両方を比較すると図 2 のようになる。(a) に該当するバイオ TRIZ では、問題の再定義を的確に行うことがアイデア創出の重要なポイントとなり、自分たちの技術を利用できる生物の解を見つけ出せれば、有効なアイデアになりやすいと考えられる。一方、解決案提示型 (b) の場合は、生物機能の原理を利用した工学的技術をどのように探し出すがポイントとなる。

ここまで、バイオ TRIZ という手法を紹介して、生物の不思議を工学に移転する可能性について探った。生物機能は新たな特許となる技術の宝庫であり、生物機能を整理して、その中に潜む規則性を理解することで、工学の定石とすることができれば、新たなエンジニアリング・デザインへの貢献が期待できる。TRIZ を利用したことのある方は、思い描いたとおりにはアイデアが出るわけではないことを実感されていると思う。バイオ TRIZ も産声を上げたばかりの手法なので、玉手箱を開けても年を取るだけかもしれない。多くの研究者が集い、研鑽を積むことでなんとか打ち出の小槌としたいものである。

人々が生物の仕組みに憧れを持つ背景には、古から飛べない人間が大空を飛翔する鳥に憧れるのと同じ心理が、今の日本社会にあるからであろう。大震災による自然への畏敬、復興における自然エネルギーの見直しはもちろんだが、グローバル社会の本質をとらえることが難しく、そのうえプレーヤーが新興国に変わろうとしているゲームの勝ち方が分からないという閉塞感が、我々を生物の知恵に憧憬させている一因であろう。これらの問題を解決して、心豊かに暮らせる未来社会の実現には、技術革新も大切であるが、技術だけでなく、要素技術を集積したシステムをどのよう

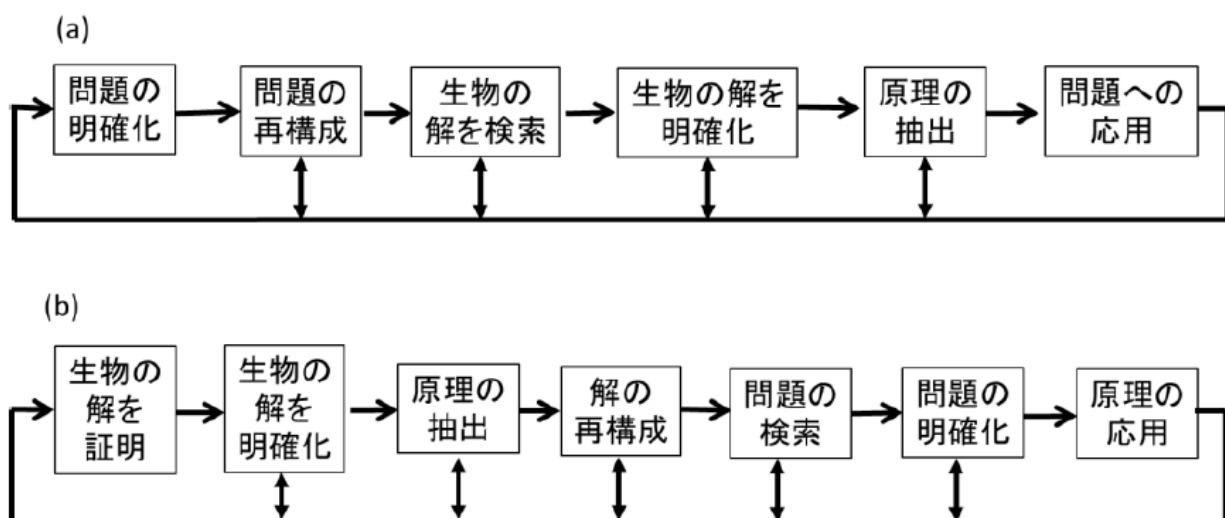


図 2 生物模倣による課題解決

(a) 問題提起型の解決過程、(b) 問題解決型の解決過程

に構築するかが成功のカギであろう。生物の共存共生の仕組みを真剣に学ぶことで、解決の糸口が見いだせるのではないだろうか。バイオ TRIZ はシステムの改善にも大きな力を発揮できるので、このバイオ TRIZ を通して生物の知恵が心豊かな社会の構築に貢献することを期待したい。

References :

- [1] 下村政嗣、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、Science & Technology Trends, 9-27 (2010) など、多数
- [2] G. S. Altshuller, Godon and Breach science publishers, 1-223 (1984).
- [3] 澤口学、VE と TRIZ、56 – 153、同友館 (2002).
- [4] 笠井肇、開発設計のための TRIZ 入門、35-175、日科技連出版社 (2006)
- [5] 粕谷茂、図解これで使える TRIZ/USIT、15-74、日本能率協会マネージメントセンター (2006)
- [6] 長谷部光雄他、はじめようカンタン TRIZ、日刊工業新聞社 (2007)
- [7] 日本 TRIZ 協会 <http://www.triz-japan.org/>
- [8] J. F. V. ビンセント、バイオミメティックスハンドブック、エヌティーエス、3-14 (2000).
- [9] J. F. V. ビンセント、バイオミメティックスの新展開、エヌティーエス、9-25 (2002)
- [10] J. F. V. Vincent and D. Mann, TRIZ in Biology Teaching, the TRIZ Journal, September (2000).
- [11] D. Mann, Integrating knowledge from biology into the TRIZ framework, the TRIZ Journal, October (2001).
- [12] D. Mann, Complexity increases and then, the TRIZ Journal, January (2003).
- [13] J. F. V. Vincent, Biomimetics – its practice and theory, J. R. Soc. Interface, 3, 9, 471-482 (2006).
- [14] 石田寧他、特許公開 2007-236831 (2007).
- [15] 西山聖他、Bio-TRIZ を導入した高分子ゲルバイオリアクターの開発、高分子論文集、70, 7, 331 – 336(2013)
- [16] Bio-TRIZ Ltd <http://www.biotriz.com>
- [17] E. Jones and D. Harrison, Investigating the use of TRIZ in Eco-innovation, The TRIZ Journal, September (2000)
- [18] A. K. Goel, An information-processing account of creative analogies in biologically inspired design, Eighth ACM Conference on Creativity and Cognition, Atlanta, Nov 2011, pp. 71-80. (2000)

寄稿

ハイブリッド材料創製のツールとしての接合技術

(独) 物質・材料研究機構 主任研究員 重藤暁津

1. 接合による材料ハイブリッド化

昨今、ハイブリッドというキーワードが様々な分野で用いられている。自動車におけるガソリンと電力のハイブリッド使用や生物、植物などの品種改良など、ハイブリッド化の対象は多岐にわたるが、総じてその目的は、それぞれのモノが持つ複数の機能や特長を統合することにある。焦点を材料科学に絞ってみると、ハイブリッド化の意義は実に明確で、「相反する物性の両立」と言及して過言ではないと考えられる。たとえば、車体や建築資材などに用いられる構造材料やスマートフォンなどの電子機器材料では、柔軟性がありかつ丈夫で軽量の性質が求められるようになっているが、これらの性質を司る物性“強さと粘さ”や“堅さと脆さ”は相補的な関係にある。したがって、この問題を単一の材料で解決するためには、材料内部の結晶構造や電子状態の高度な制御や、別種原子の挿入など、複雑な材

料創製手法が必要である。そのようにして得られた高機能な単一材料は、材料全体にわたり均質な特性を発現できるという利点がある反面、製造・加工手法の複雑化にともなう生産コストの増加や、特殊なプロセス雰囲気などの使用による環境的負荷の増大が課題となる。そこで、複数の材料のアセンブリが昨今盛んに試みられている。アセンブリという単語からは一見、機械部品の組み立てのようなイメージを受けることが多いが、アセンブリの第一義は“合同”や“会合”など、複数の機能を統合し、より良い性能を発揮するように努めるということにある。材料のアセンブリには、接着、接合、コーティングなど広範な工学的手法が含まれる。これらの手法は、複数の材料の表面間を接触させてある反応を引き起こし、その結果として物性的に連続的な界面を形成し、その界面を介してハイブリッド化された材料全体が獲得可能な物性範囲を従来のものより拡張するというものである（図1）。

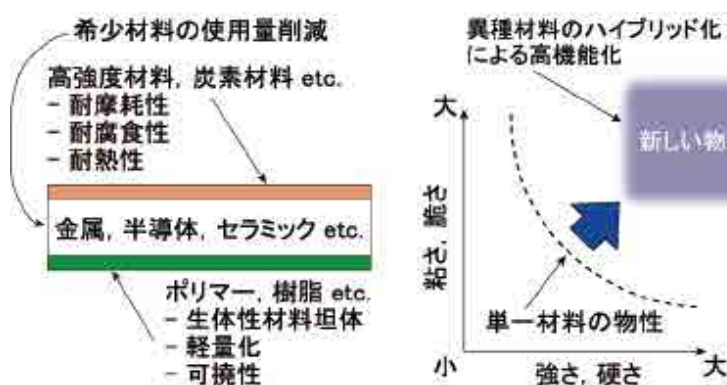


図1 材料ハイブリッド化がもたらす物性の向上

2. 電子実装分野での接合技術

材料ハイブリッド化の特長を活かす傾向が強い分野の一つとして、電子デバイス製作ならびにその実装技術が挙げられる。軽量小型携帯機器に見られるように、現在の LSI にはアナログやデジタルなどの異種信号を高密度に混載することが強く求められているが、このためには、従来の実装技術が搭載対象としてこなかった新しい材料 - たとえば有機材料や生体親和性材料 - を適用し、その担体基板と従来の電子回路を統合する必要がある。この要求に従来の半導体微細加工技術に基づいた基板上の一括形成の進展でのみ対応することは難しいため、それぞれの基板を個別の工程で形成した後、必要な機能に応じて任意の組合せでアセンブリしてシステム化をする手法を考案しなければならない。さらに、軽量小型の特長を失わないためには、それぞれの基板を層状に薄型化し、3次元積層することが不可欠である（図2）。そして、このようなアセンブリ構造を十分な機械的・電氣的信頼性を有する状態で得るためには、異種材料が同一面上に混在する表面全体で良好な接合性が確保されなければならない。

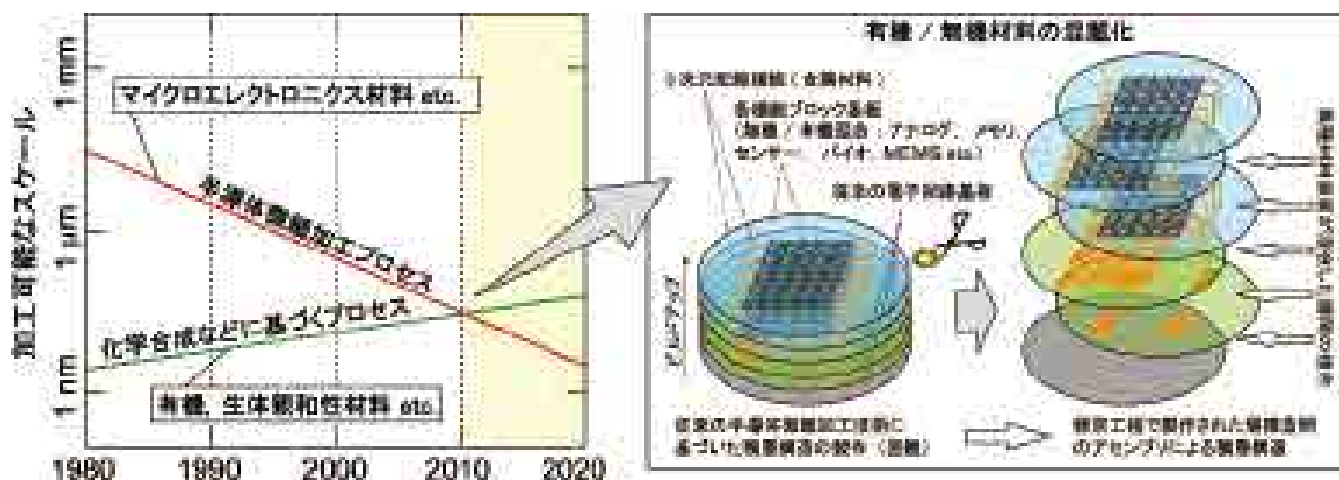


図2 材料の加工可能なスケールの傾向ならびにアセンブリが可能にする多機能な有機無機混載電子実装技術の模式図

電子実装分野における接合技術を用いた材料ハイブリッド化では、1) 低温、2) 大気圧、3) 低毒性、4) 接合界面の良好な電氣的機械的性能、が主要なキーワードである。まず、1) の接合プロセスの低温化は、熱膨張係数の大きく異なる材料を±数ミクロン以下の位置決め誤差で接続するのに必須である。また、従来の加熱を要する接手法の多くでは、材料融点の半分近い高温を保持する必要があったことに比べると、消費電力の低下につながることも期待できる。低温化に明確な基準はないが、有機基板の耐久性やガラス転移温度などにに基づき、多くの文献では 150 °C

～ 200 °C 程度を目安としている。次に、2) や 3) に示されるプロセス雰囲気に関する条件は、真空雰囲気や有毒薬剤を用いないことによる装置構造の簡易化や低環境負荷化を進行させるために必要である。理想的には材料の種類を問わず通常大気中で全手順が実行できることが望ましいが、大気中では高真空雰囲気と異なり、接合性に大きく関与するパラメータが複数同時に出現するため、大気圧の不活性ガス雰囲気などで代替することも十分に実現性がある。このことについては後述する。さらに、このような低温大気圧の雰囲気中で異種材料間に形成された接合界面微細構造

の経時的な振る舞いは、従来の手法で形成されたものと異なることが多く、結果として接合性能や長期的な信頼性に大きく影響するため、接合進行のメカニズムや接合後の構造変化を明確にすることが求められる。当然、これらの技術的要求を全て満たすことは容易ではない。もっとも重要なキーワードである低温化については、金属低温拡散接合に基づく手法 [1] や酸化物親水化接合と金属拡散接合を組み合わせた手法 [2]、接着剤の役割を果たす物質を間に挟む手法 [3] など、様々な先駆的な試みがなされてきた。また、真空雰囲気中でのビーム衝撃を用いる手法 [4] は、材料の表面が本来有する結合力を発揮させるように表面を改質するため、信頼性が高い接合界面を得るのに貢献してきた。しかし、どの手法においても、低温化に加えて異種材料への汎用性を大気圧雰囲気中で獲得することが課題として残されていた。

3. 水を接着剤代わりに用いたハイブリッド接合

前述のビーム衝撃を用いる手法を例にとり、異種材料の接合性について述べる。通常、大気中にさらされている材料表面には様々な物質が吸着し、化学的に安定な層が形成されている。このため、単純に二つの材料を接触させても結合しないことが多い。しかし、たとえば宇宙空間のように、吸着する物質が極端に少ない真空雰囲気中で衝撃を与えてこの安定な層を除去すると、材料内部の原子層がこれらの物

質とつないでいた“手”が取り残されることになる。このような表面どうしを接触させれば、余っていた“手”どうしが再びつながれ、安定な一つの物体になる (図 3a)。この原理を用いた手法では材料どうしが直接常温で接合されることから界面の高い信頼性が期待でき、現在は半導体基板の接合装置などで広く実用化されている。しかし、この手法が有効に働くのは金属材料と共有結合性材料にほぼ限られるという問題がある。その他のイオン結合性材料や有機材料などには、表面の安定な吸着物質の除去に加え、接着剤の役割を果たす層が形成される必要がある (図 3b)。この接着剤の役割を果たす層には実に多種多様な物質が利用可能で、乱暴な表現をすれば、接合したいそれぞれの材料と電子のやりとりが可能な物質であれば何でも良いと言える。最近では、極薄膜を形成する技術が成熟している金属材料や半導体材料を用い、イオン結合性材料とその他の材料をハイブリッド接合した事例が報告されている [5, 6]。この方法には、絶縁体材料に導電性をある程度有するイオンを導入することや、極薄膜構造の制御が難しいなどの課題が散見されるものの、異種材料が常温域で強固に接合されることが実証され、一部が工業用接合装置に応用されている。

大気圧雰囲気中でのハイブリッド接合は、この技術をもう一步進展させたものである。まず、前述の極薄接着層を用いた接合手法を、有機・生体親和性材料にまで拡張するためには、これらの材料に汎用性の高い、金属や半導体以外

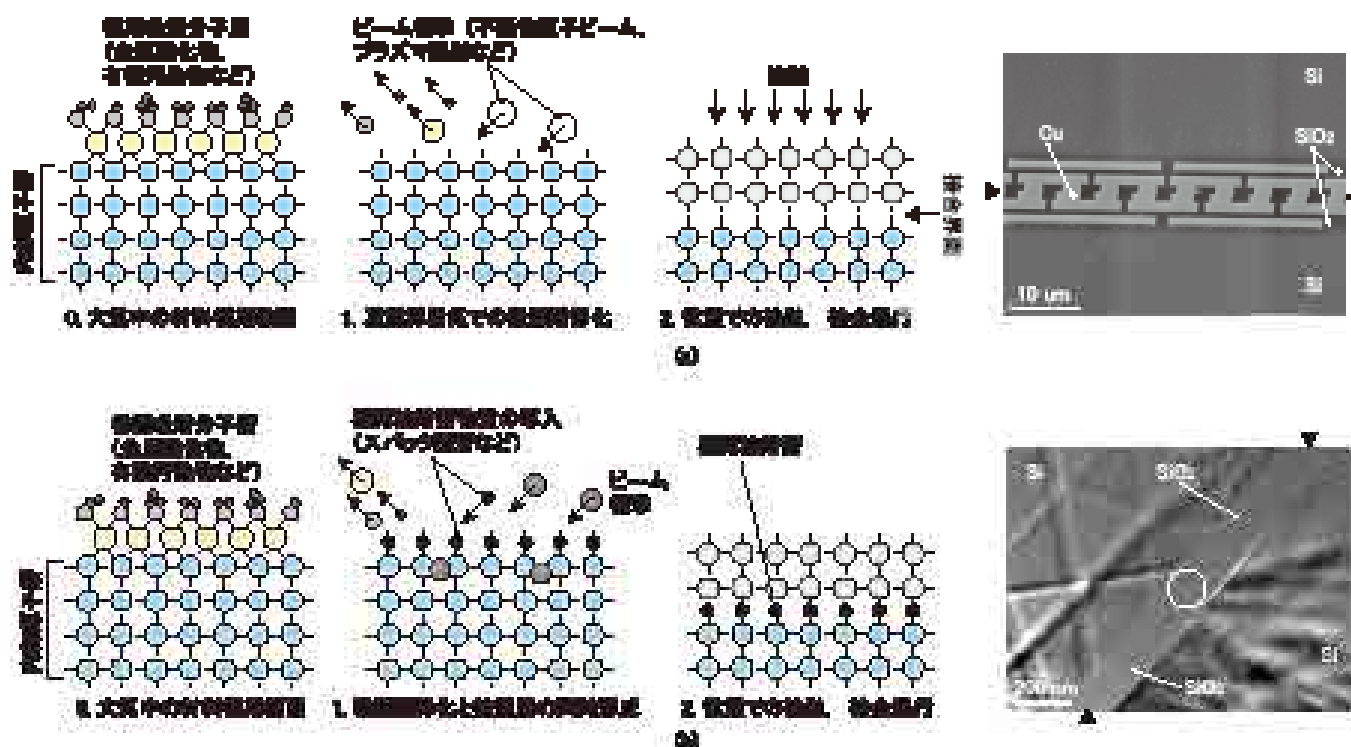


図3 真空雰囲気中でのビーム衝撃を利用した常温接合プロセスの模式図。(a) 金属・共有結合性材料のプロセスならびに微細銅電極の常温直接接合事例、(b) イオン結合性、有機材料のプロセスならびにシリコン酸化物薄膜の常温接合事例

の物質の架橋層も形成できるようにすることが望ましい。また、大気圧雰囲気では、たいいてい場合は材料表面に何らかの物質が吸着することが避けられない。そこで、大気圧雰囲気中での吸着分子層形成と同時にその層に架橋能を発現させ、プロセスの“手間”を省く方法が考案された[7]。接合性に影響するパラメタは1) 架橋層の化学的構造、2) 架橋層の厚さ、の二つである。1) の架橋層を形成する物質は、常温域の低温条件下でも材料表面間にある程度の引力を発生させ、表面どうしが接触した状態を保持できるような化合物でなければならない。また、2) については、150℃程度の低温領域で強固な接合強度を得ることと、導電性材料間の界面では十分なトンネル電流を発生させなければならないことから、架橋層の厚さを母材原子が接合プロセス中に拡散可能な距離以下に留める必要がある。これらを可能にする有力な物質として挙げられるのが“水”である。配線材料に用いる金属や、絶縁層に用いられるガラスなどのイオン結合性材料、ならびに可撓性基板材料のポリマーや樹脂の本来の表面の多くには、水分子の導入により金属水和物や親水性官能基が形成され得る。このような親水化された表面間では、水素結合により常温域でもある程度の接合性が維持され、その後に低温加熱して脱水縮合を促進させることで強固な接合界面が得られる。また、水分子を含む架橋層の厚さは、ある程度の時間までは材料表面に入射した水分子の数に比例することが明らかになっている。水分子を導入する時間が一定であれば、入射水分子の数は体積あたりの水分量に比例するため、適切な表面分析器と温湿度計を用いて層厚と水分量の関係を一度測定すれば、容易に架橋層厚を適切な値に保つためのプロセスウィンドウを決定できる。水を使った低温大気圧雰囲気でのハイブリッド接合の実例として、銅、シリコン酸化物、ポリマー材料の混載が挙げられる。この事例では、それぞれの材料表面の吸着分子層を除去し、必要に応じて

酸化物を一部還元した後、水蒸気を導入した大気圧の窒素雰囲気中に表面を暴露し、その後常温で試料表面を接触させ、150℃まで加熱している(図4)。これにより、単一のプロセスでは接合が困難であった異種材料が、どの組合せにおいても強固に接合され得ることが実証された。最近では、材料の初期表面の改質に真空紫外光などを用いる方法も提案されており[8]、接合プロセスの全手順が大気圧雰囲気で行う可能になってきている。

4. ハイブリッド接合の課題と展望

前項では水を接着剤の代わりに用いて異種材料を低温大気圧雰囲気中でハイブリッド接合する手法を紹介した。ここで強調したいのは、この手法は通常は大気中で容易に入手できる物質を用い、プロセス負荷を格段に減らした状態で異種材料をハイブリッド化できることを実証した一例に過ぎないということである。むしろ、従来的高温加熱を用いる接合手法では、水分子が引き起こす材料表面での意図しない化学反応や加熱時の発泡などの問題から、水の存在は邪魔であることが多かった。これに対し、前述の手法では、材料表面に対する水分子の吸着挙動を明らかにし、吸着量の適正量を定めることで、接合性に寄与する分以外の“多すぎる水”を排して接着剤としての機能を有効に発現させている。つまり、ハイブリッド接合技術の要は、材料内部の結合メカニズムに対応した最表面構造の改質と、異種接合材料に汎用可能な化学結合手の探索・生成である。繰り返しになるが、材料表面に架橋性化合物を生成し得る物質は数多く存在するため、そのような物質に対してこれらの検討が良好に成されれば、架橋材料が水である必然性は全くない。そのため、本来、接合とは異なる目的で材料に施されてきた様々な処理 - 洗浄や研磨など - で用いられる雰

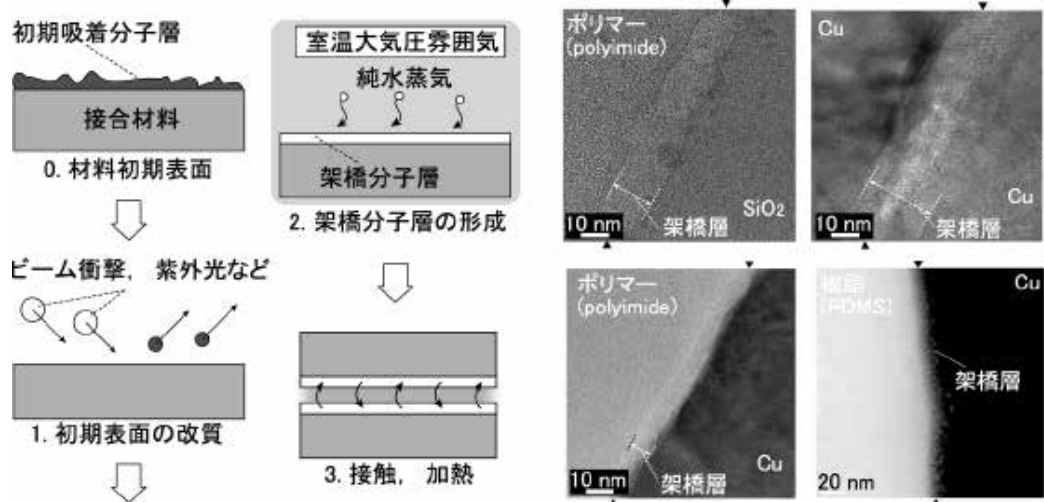


図4 水を接着剤代わりに用いた低温大気圧異種材料混載接合プロセスの模式図ならびに有機、無機材料の混載接合事例

囲気をそのまま架橋形成プロセスとして使用することも十分可能と考えられる。このことは、長い技術的な歴史を有し、接合性の獲得や信頼性の確保のための知見が蓄積されている従来の接合手法においても、装置などのプロセス実行環境の大幅な改変なしでハイブリッド接合に対応できる可能性を示唆している。これにより、電子実装材料のみならず、既存の工業用材料の高機能化も迅速に進むことが期待される。

工業用材料、たとえば建物や機械外殻などに用いる構造材料にハイブリッド接合の導入を検討することのもう一つの利点が、従来の信頼性予測理論を利用できることにある。接合技術の商業的な利用に際して、大面積で良好な接合性を確保することは大きな課題の一つであるが、低温大気圧雰囲気中で形成される架橋層を用いた新しい接合界面では、接合達成のメカニズムが界面ごく近傍の原子レベルでの化学的・物理的相互作用によるものなので、界面形成から経時的な構造変化に至る挙動が従来の接合手法によるものと異なる。2013年4月に大阪で開催された電子実装関連技術の国際会議 International Conference on Electronics Packaging (ICEP) においても、国際電子機器製造者協会 (International Electronics Manufacturing Initiative : iNEMI) のレビュー講演で、材料の多様化が従来の一元的信頼性評価手法による寿命予測の難しさを加速していると明確に指摘されている。つまり、材料内部やハイブリッド界面でそれぞれ異なる結合状態をもたらすナノメートルスケールのごく初期の欠陥成長が、ミリメートルやメートルスケールの亀裂進展に達するまでの過程を連続的に予測できる信頼性評価手法の開発が今後急がれる。2013年5月に米国で開催された Electronics Components and Technology Conference (ECTC) では、拡散理論を3次元に展開し、化学反応の結果生じた機械的な形状の違いが信頼性にもたらす影響を解析する試み [9] などが報告されている。新しい界面に必要な新しい故障解析手法が、先達の拡散理論や破壊力学を基に開発されるような“温故知新”が、高度な材料複合化のツールとしての接合技術の完成度を高めていくと期待される。

References :

- [1] A. Fan et al., ECS lett., 10 (1999)
- [2] P. M. Enquist, Proc. ASET, 3D-SIC (2007)
- [3] V. Dragoi et al., Proc. SPIE Vol. 5116 (2003)
- [4] H. Takagi et al., Appl. Phys. Lett., 68 (1996)
- [5] R. Kondou et al., Proc. IEEE 60th ECTC (2010)
- [6] R. Kondou and T. Suga, Proc. IEEE 61st ECTC (2011)
- [7] A. Shigetou and T. Suga, J. Electronic Materials, Vol. 41

(2012)

[8] A. Shigetou et al., Proc. IEEE/CPMT ICEP (2013)

[9] R. Furuya et al., Proc. IEEE 63rd ECTC (2013)

***連絡先：重藤暁津 < shigetou.akitsu@nims.go.jp >**

(5) 国内外研究動向紹介

所属班：B01-3 班

所属機関：産業技術総合研究所 サステナブルマテリアル研究部門

氏名：穂積篤, Gary Dunderdale

Conference Report: IUMRS-ICA

We attended the IUMRS-ICA Fukuoka conference between August 24th and 30th. The session was Materials Technology inspired by Natural Phenomena and Natural Materials. An oral presentation was given titled “Green Synthesis of Stimulus-Responsive Superoleophobic Polymer Brushes and Their Applications in Oil/Water Separation and Water Purification” lasting for 15 minutes with 5 minutes of questions at the end from the audience. The presentation concentrated on our past results of generating surfaces on which oil drops can easily slide based on water soluble polymer brushes. This work has recently been published in the journal *ACS Applied Materials and Interfaces*. Results on how this oil repellency can be switched on or off via external stimuli such as pH value, salt concentration, or temperature was also presented for the first time. New research based on water repellent polymer brushes submerged in oils was also communicated. The presentation was well received and several questions were asked raising some interesting discussion points. One questioner wanted to know about the polydispersity of the prepared polymers which are attached to the substrates surface. It was explained that polydispersity of our polymer is not key to generating the oil repellent behavior, and that polydispersity is simply a number rather than a measurable property. Further we explained that key aim of our research is to generate surfaces from which oil is strongly repelled, rather than study the mechanism. Another question focused on one of the unexpected findings in the stimuli-responsive nature of the polymer brush surfaces. The questioner wanted more information of the results and a reason for the unexpected result. This information was given, and a

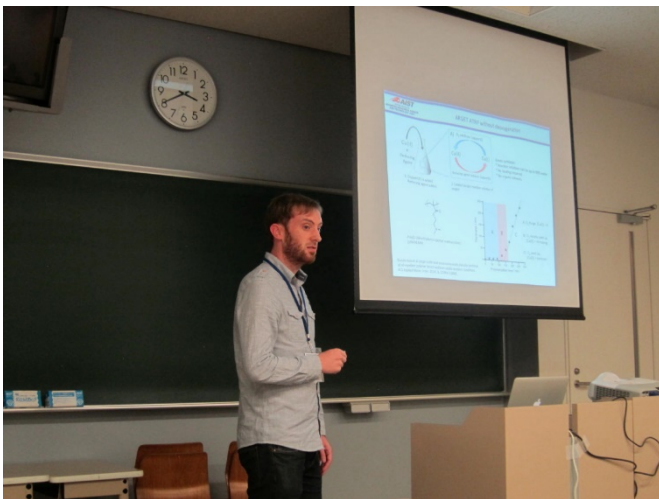
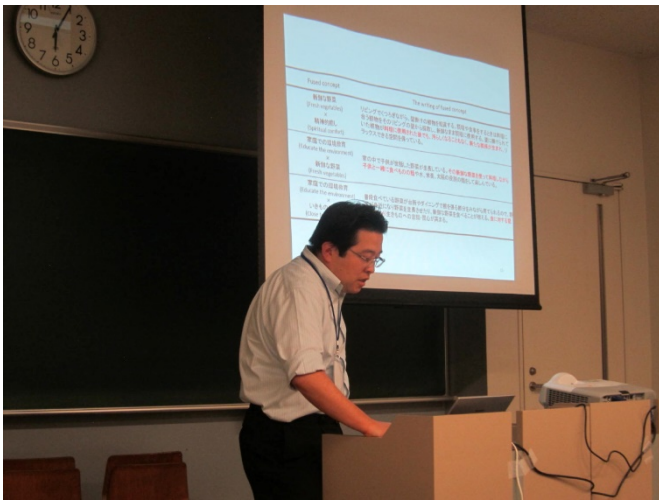
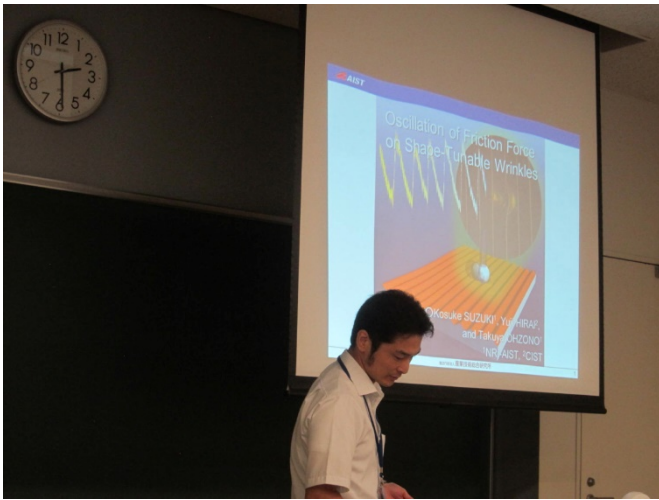
theory proposed why this unexpected result was obtained but stressed that currently we do not know the exact reason. This will be the subject of future experiments and research.

I also attended several other presentations in the same session concerned with similar research topics. Prof. Shimomura gave a particularly interesting presentation (Biomimetic water transportation device based on wharf roach *Ligia exotica*) of how water is transported up the legs of a small insect (Wharf Roach *Ligia Exotica*), and researchers from Nagoya Institute of Technology gave a similar talk also on water transport of surfaces similar to those of insects (Water and oil transport with open capillary channels mimicking animal). These presentations gave me several ideas for new research directions we could follow in our future work and design principles which we could use for current research.

Other research presentations were unconnected with our research theme but were interesting and could be useful in the future perhaps. For example researchers from Nagoya Institute of Technology gave a presentation on how small insects can be seen through an electron microscope by firstly coating the insect with a nanosuit consisting of a polymerized surfactant complex (Analysis of inner structures of biomimetic thin-film “Nanosuits”).

Overall the conference was a well hosted event at a suitable location in Fukuoka. Conference chairs kept strictly to the allocated schedule leading to fluid running of the presentations.







所属班：B01-2 班

所属機関：大阪大学 生命機能研究科

氏名：吉岡伸也

第63回高分子討論会「生物模倣による新規機能制材料・次世代型プロセスの創成」に参加して

2014年9月24－26日、第63回高分子討論会（長崎大学）において「生物模倣による新規機能性材料・次世代型プロセスの創生」と題するセッションが開催された。客観的な会議報告をすることは私の力量を超えているが、初日（9/24日）に発表された中で印象に残った講演をいくつか紹介したい。

バイオミメティクス分野は、生物学者と工学者が同じくらいの数で参加するのが理想形ではないだろうか。しかし、現状では応用開発を目指す研究に比べて、生物サイドの研究が少なく、ややバランスが悪いように感じている。そのこともあって、24日最初の室崎先生（千歳科学技術大学）の講演は印象に残った。フジツボなどの着生生物は、船底につくと航行の燃費を悪化させる。また、

発電所の取水口が汚れると動作に影響を与えかねない。それらの問題の解決の糸口を探るため、フジツボが着生位置を決める段階であるキプリス幼生の行動を詳しく調べた研究報告である。キプリス幼生が一体何を判断基準に着生位置を決めるのか？無数にあるパラメータの中から、現象の本質を探るプロセスには、サイエンスとしての面白さを感じた。発表では、様々な形状を持つ表面構造を作成し、探索行動を詳しく観察することで、着生しやすい表面とそうでない表面があることを明確に示された。今後、キプリス幼生の探索行動について、さらに知見が深まることを期待したい。

東北大学の和田先生は新しい原理に基づく高速CDスペクトルの測定装置について報告された。既存の装置の分析感度と測定時間を大幅に改善し、既に新しい研究成果が得られていることを紹介された。ともすれば、“分析装置は機器メーカーが作るもの”と思い込み、研究者はユーザーになってしまいがちである。測定原理を一から見直し、新しい装置を開発することの重要性をあらためて学んだ気がする。今後、この装置を用いて次々と研究成果が生み出されるのではないだろうか。

産総研の浦田先生の研究も印象に残った発表の一つである。多くの生物は分泌物を出して、撥水効果や摩擦の低減を図っている。そのような芸当は生きているから可能であって、バイオミメティクスとして模倣せよと言われても、材料科学に疎い私にはどうしてよいのかさっぱりわからない。しかし、浦田先生はゲルに離漿性と呼ばれる性質を持たせることで液体の枯渇を防ぎ、機能を持続させる材料を開発した。もちろん現実的な応用までには、解決すべき課題は

あるのだと思うが、生物の分泌を模倣したこのような工夫がありうることに新鮮さを感じた。

午後には、下澤先生（北海道大学名誉教授）による招待講演が、「鰯の頭も信心から」という演題で行われた。酒の肴であった鰯（煮干し）が輝いていることに疑問を抱き、すぐに電顕観察を行ったとのこと。その行動の素早さには頭が下がる。電顕観察によってグアニン結晶と思われる薄片が煮干しの輝きの原因であることを推定した後、話題はモスアイ構造の多機能性に移った。この研究のきっかけも、太陽光の下で輝きを放たないエゾハルゼミに不思議さを感じた日常的な観察にあるという。セミの翅の表面構造（モスアイ構造）は、光の反射を抑制する機能だけでなく、昆虫を滑落させる性質を持つことを、分かりやすい動画を用いて示された。また、そのことを利用して、光の反射防止フィルムとして開発された材料が、そのまま誘蛾灯に転用できることを実証機の製作と併せて紹介された。発表を聴いていて特に印象に残ったのは“信心”と研究について語られた場面である。鰯の頭の観察では、何か新しいものを生み出すほどには、信心はまだ十分ではなかったが、セミの翅に関しては十分であったのだろう、と冗談めかして話された。もちろん、研究の進展には様々な要因があり、信心の深さだけで成否がきまるわけではないだろう。しかし、研究活動は論理的に攻めるだけでは行き詰ってしまうことがほとんどである。そのとき何が突破口となるのか、どうやったらセレンディピティーが見つかるのか。そこには、ある意味“信心”としか表しようがない、研究者のこだわりが重要なものかもしれない。自然を手本にして新しいテクノロジーを生み出すこの分野の研究者

の一人として、生物に学ぶという“信心”を一層深くせねばと思った。夜に食べたきびなごの輝きが信仰の一つの対象になりそうである。

ところで会議が行われた長崎ほど平和を祈念するのにふさわしい場所はないだろう。私が宿泊したホテルは思いがけず爆心地のすぐそばに位置していた。原爆資料館の展示物に悲惨さを感じながら、一抹の不安を抱いた。サメ肌に学ぶことは魚雷の性能を上げることにはならないのか、昆虫の飛翔に学ぶことは新たな殺傷兵器の開発につながらないのか。バイオミメティクス研究はいくつかの成功例を除いては、まだまだ発展途上であるし、そのようなことを気にする段階ではないかもしれない。しかし、研究が真に平和で持続可能な社会の創生につながるにはどうしたらよいのか、という問題意識を忘れてはならないと感じた。

所属班：C01 班

所属機関：新潟大学 自然科学系

氏名：山内健

第63回高分子討論会「生物模倣による新規機能制材料・ 次世代型プロセスの創成」に参加して

2日目は、本特設テーマのキーワードの一つである「材料科学と生物学の有機的な融合」について、基調講演としてナノテクノロジーと細胞工学の融合に関する講演があり、基調講演とともに①材料工学の視点で捉えた微細構造制御とバイオミメティックス、②生物学の視点で捉えた微細構造制御とバイオミメティックス、③生物機能の工学技術への移転、④バイオミメティックス情報の活用法についての研究発表が行われ、活発な議論が展開された。それぞれについて報告する。

基調講演

「ナノインプリントによる微細構造形成と生体模倣との接点」

宮内昭浩氏（日立）

日立製作所の宮内氏から、「ナノインプリントによる微細構造形成と生物模倣との接点」という演題で、ナノインプリントの基礎から最新研究の動向、ナノインプリントで形成できる微細構造、自然界に存在する生物表面との類似性についての説明があった。蓮の葉、ヤモリの足、ガの眼の構造とナノインプリント材料の比較をはじめ、ナノピラー上で培養した肝細胞が細胞塊を形成し、代謝反応を発現する研究例などの紹介があった。細胞の周りには細胞があること

を理解しながら現象を見つめないと本質が分からないという話が印象的だった。

①材料工学の視点で捉えた微細構造制御とバイオミメティックス

「バイオテンプレート法により作製した金属マイクロコイルの構造特異的機能」

鎌田香織氏（JST-ERATO 彌田超集積材料プロ）

直径 40 μm 程度の光合成らせん藻類をテンプレートに金属マイクロコイルを創製することに成功し、さらにマイクロコイルの配向分散シートも開発していた。

「ポリアミン系架橋化ゲルの構造設計とテンプレート機能」

相馬大貴氏（神奈川大工）

数億年前に誕生したバイオシリカがポリアミンを巧みに利用して美しいマイクロ構造のシリカを形成することに着目して、ポリアミン系架橋ゲルを合成し、その構造の同定と結晶挙動について研究していた。このゲルを反応場としたシリカ複合体の合成も検討していた。

高規則性ポーラスアルミナを用いたナノ「インプリントプロセスによるモスアイ構造の形成」柳下崇氏（首都大都市環境）

陽極酸化と口径拡大処理により高機能性ポーラスシリカアルミナを作製し、このアルミナ用いたナノインプリントプロセスで、モスアイ構造の形成を行っていた。この手法を用いることで簡便なプロセスで、シームレスな大面積モスアイ構造の作製が可能となった。

②生物工学の視点で捉えた微細構造制御とバイオミメティックス

「ナノスーツ-薄膜重合による高真空と大気における生命維持」

針山孝彦氏（浜松医大）

「生きている生物を電子顕微鏡で見たい」という研究原点の話からはじまり、ナノスーツ法という高真空下で生きたまま生物を観察できる画期的な生物観察法の説明と観察結果に関する報告があった。界面活性剤 Tween20 を塗布して、電子線やプラズマ照射により薄膜を形成するという簡便な手法で、様々な生物体の観察映像の紹介があった。

「カーボンナノマテリアルを複合した両親媒性分子のプラズマ重合薄膜の光発熱特性」

柴垣秀人氏（名工大院工）

ナノスーツの機能化のため、Tween20 に機能性ナノ物質を導入することを目的として、カーボンナノマテリアルを複合した両親媒性分子のプラズマ重合の作製とその光熱特性について検討していた。カーボンナノホーンを複合することで、ナノスーツは近赤外線照射で、表面温度を制御できることが報告されていた。

「蝶の鱗粉のジャイロイド構造:配向特性と偏光特性」

吉岡伸也氏（阪大生命機能）

マエモンジャコウアゲハの鱗粉がジャイロ構造であることに着目して、コン

ピュータモデリングや3D プリンターを利用することで、優れた配向特性や偏光特性を有する材料を開発していた。

③生物機能の工学技術への移転

「高分子ダイナミクスを用いた生体模倣型信号処理デバイス」

浅川直紀氏（群馬大理工）

工学的視点から生き物がノイズを利用する仕組み「確立共鳴」に着目して、 π 共役高分子による生体模倣型信号処理デバイスを開発していた。閾値がゆるいだ非線形外場応答特性を有する π 共役高分子の電気物性ゆらぎを用いることで、確率的閾値素子の開発が可能であることが示されていた。

「細胞メカニクス・システム:アクティブタッチによる基質の硬さ感知」

小林剛氏（名大院医）

生物工学の視点で細胞の運動性を評価する研究報告で、細胞が硬さを感知して移動すること、内部因子群が運動特性を設定していることなど、生物の運動機能を精巧に解析することで、生命活動を理解する取組が報告された。特に機械刺激受容（MS）チャンネルの有用性が報告されていた。

「細胞運動表現型診断のための微視的培養力学場」

木戸秋悟氏（九大先導研）

運動中の接着細胞 in situ で直接識別し、分離するという新しいタイプの細胞クロマトグラフィーに関する報告を行っていた。細胞の種類によって基材表面

の硬領域を指向する走性（メカノ・タクティクス）は異なることを明らかにし、この特性を利用した細胞の運動中での直接分離が可能であることが示されていた。

「カミキリムシにおける振動情報の機能解明と害虫防除への応用」

高梨琢磨氏（森林総研）

生物の重要な交信手段である振動のうち、固体を伝わる振動に着目して、生物の忌避を行う取り組みについて、報告していた。ラミーカミキリムシとマツノマダラカミキリムシの振動情報を解明し、高出力の振動発生装置を用いて、松の木からマツノマダラカミキリムシを害虫防除に成功した例などの報告があった。

「高分子からアプローチするバイオクレプティクス」

出口茂氏（海洋機構）

セルラーゼ活性を超高感度でセンシングできる手法を確立し、深海生育するセルラーゼ生産菌を分離することに成功していた。陸上生物とのセルロース分解メカニズムの違いなどを検討中とのことであった。特異的な環境に生存する生物に学ぶこともバイオミメティックスならではの発想であることを再認識できた。

「フナムシのオープン流路構造を模倣した安全装置をもつ微小流路」

石井大佑氏（名工大若手イノベータ養成センター）

水を主成分とする生命体においては、流体を利用した高性能な仕組みが多くみられる。本研究では、フナ虫が水を体内で輸送する仕組みを観察することで、安全装置の存在を見出し、この安全装置を再現することで、効率的に溶媒を垂直に輸送するバイオミメティック材料を開発していた。

「木の導管構造を模倣したゲルキャピラリーによる液体の長距離輸送」

菅谷幸平氏（名工大院工）

毛細管現象と浸透圧に着目して、木の道管が水を輸送する仕組みを学ぶことで、ゲルを用いて道管を模倣した新規な長距離液体輸送システムを開発していた。

④バイオミメティクス情報の活用法

「昆虫の微細構造の観察からバイオミメティクス研究基盤の創成へ」

野村周平氏（国立科博）

昆虫インベントリー、特に走査型電子顕微鏡の画像からの発想想起について報告があった。いろいろな昆虫のモスアイ構造の説明から、生物の分類、生態キーワード、生育環境など 28 項目を網羅しているインベントリー情報まで幅広く概説していた。

「バイオミメティクス・データ検索基盤と新材料開発」

長谷山美紀氏（北大院情報）

ビッグデータの活用という観点で、生物と材料についての様々な画像情報を

取り込んだデータベースから、類似画像を検索する手法についての説明があった。思いがけない情報の獲得が可能であり、さらにバイオミメティックスに関する工学的「気づき」の想起が可能であることを材料開発例も示しながら説明されていた。

「バイオ TRIZ を利用したソフトマテリアルの表面加工」

山内健氏（新潟大工）

TRIZ という技術矛盾を解決するためのツールをバイオミメティックスに導入したバイオTRIZ という手法について、製品化のための道筋を交えて解説していた。







所属班：B01-3 班

所属機関：産業技術総合研究所 サステナブルマテリアル研究部門

氏名：浦田千尋，穂積篤

TECHBizEXPO 2014 に参加して

2014 年 10 月 24 日にポートメッセ名古屋（名古屋市）で開催された第 4 回次世代ものづくり基盤技術産業展（TECHBizEXPO），特別セッション「バイオミメティクスがもたらす技術革新」において，下村領域代表他，計 5 名の領域メンバーが特別講演を行った。

- ・「バイオミメティクス研究開発の国内外動向」

下村代表

B01-3 班 穂積篤



はじめに，下村代表から，バイオミメティクスの国内外の最新研究開発動向と，生物学・博物学と材料工学・その他の工学とを情報工学を介して連携させる学際融合に基づいた我々の新しい取り組みについて紹介があった。

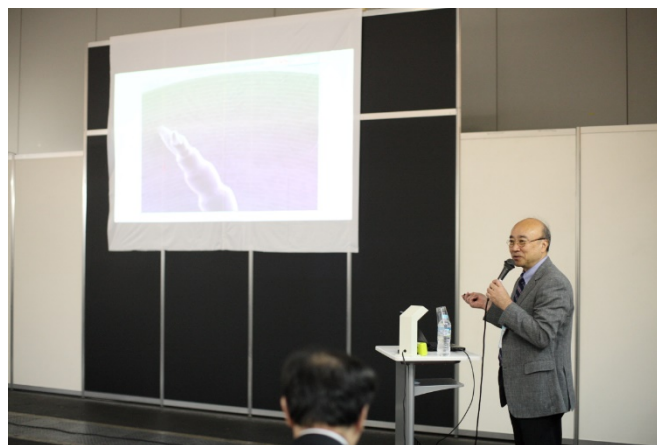


- ・「ナノスーツ（NanoSuit®）法による生体の生態観察～生きたままの生物を高倍・高解像度で電子顕微鏡観察する～」

B01-2班 針山孝彦



特定の生物が電子顕微鏡内で一定の間、生命維持できるという発見に基づいて開発された「ナノスーツ（NanoSuit®）法」の開発エピソード、具体的な観察事例の紹介があった。生物がもつ細胞の外側にある物質（ECS）が、電子線重合によって極薄い薄膜の服（NanoSuitの素材）となって生物の全身を覆うため、超高真空下でも生存できる。ECSをもたない生物には適用できなかったが、研究開発を進めた結果、界面活性剤とプラズマ重合を利用することで、生きたままで様々な生物を電子顕微鏡観察できるようになった。



・「発想支援型検索システムとバイオミメティクスデータベース」

A01班 長谷山美紀
小川貴弘



膨大な生物学データから工学へ繋げるための発想支援において、重要な役割を担うと期待されている新しい画像検索基盤、長谷山先生エンジンの開発経緯、その使用方法についての紹介があった。生物データベースに含まれる大量の画像を活用することで、テキスト情報による検索の限界を超えた『バイオミメティクス検索基盤』が可能となるとのことである。本検索基盤は、今まで昆虫や鳥類、魚類など個別のデータベースに蓄積されたデータを統合し、材料科学や機械工学など広く工学研究者や産業界の利用を可能としている。今後、本検索システムを活用することで、生物の構造や機能から着想を得た、新しい技術が生みだされることが期待できる。



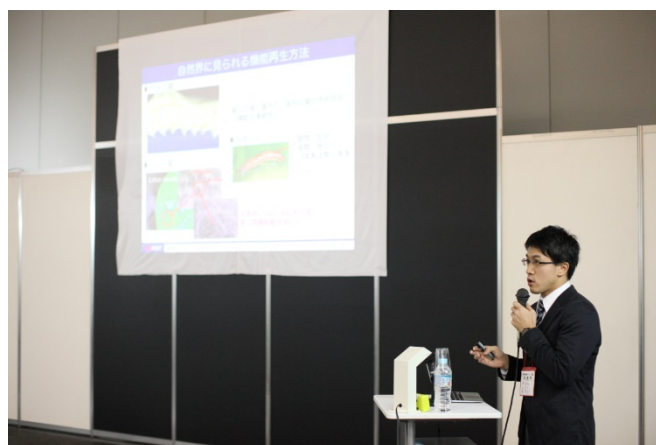
・「生物に学んだ多機能性表面の創製」

B01-3班 浦田千尋

穂積篤



生物の表面は、分泌液/物質を継続的に分泌することにより、その優れた表面機能（濡れ、摩擦、自己洗浄、修復等）を長期間維持している。これに倣い、分泌液/機能性分子が継続的に分泌する新しい機能性薄膜の紹介を行った。層状構造を持った有機／無機ハイブリッド膜の層間に防錆剤を導入することで、初期の金属（銅）光沢を維持した状態で、優れた防錆機能（塩水噴霧 1000 時間以上）を得ることが可能となった。



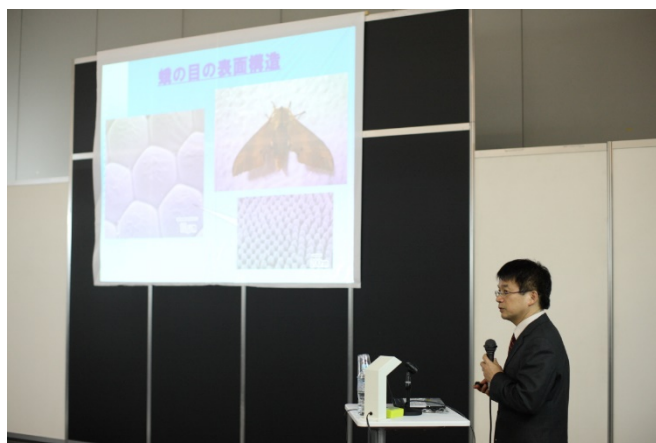
- ・「生体表面の持つ多機能性の活用 ～モスアイフィルムを例にして～」

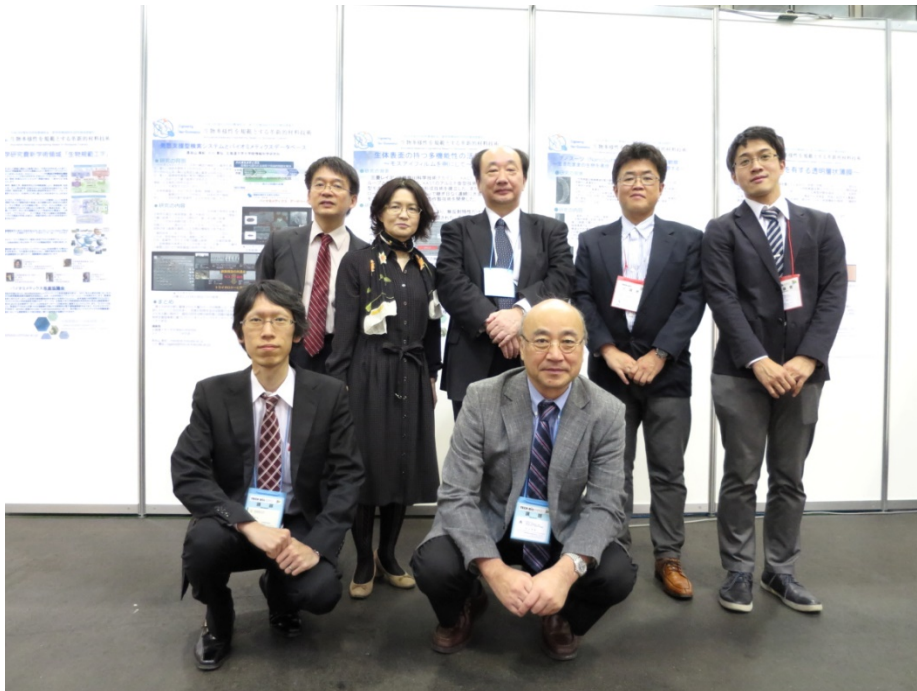
産学連携グループ 魚津吉弘



蛾の複眼の表面構造（100 nm 程度の大きさのナノパイル構造）は理想的な反射防止構造を有している。モスアイ表面はこの反射防止機能の他にも、超撥水特性や超親水特性といった機能がある。昆虫類がその表面に付着できないことを見出し、害虫駆除技術へ応用した事例の紹介があった。

展示会最終日の朝一番のセッションであったにも関わらず、大変盛況であった。この研究分野が社会から注目されていることを改めて痛感した。





所属班：B01-3 班

所属機関：名古屋工業大学 工学（系）研究科（研究院）

氏名：前田浩孝

3rd Nagoya Biomimetics International Symposium (NaBIS)に参加して

2014 年 10 月 31 日（金）にウインクあいち（愛知県産業労働センター）で 3rd Nagoya Biomimetics International Symposium が開催された。丸一日かけて、8 件の招待講演があり、予定時間を超過するほど活発な議論が行われた。講演は材料研究をベースとするものでありながら、表面や分子設計のような様々な視点からの最近動向を得る機会となり、工学を専門とする私にとっても興味深く各講演を拝聴した。その中で海外から参加された研究者の講演について以下に紹介する。

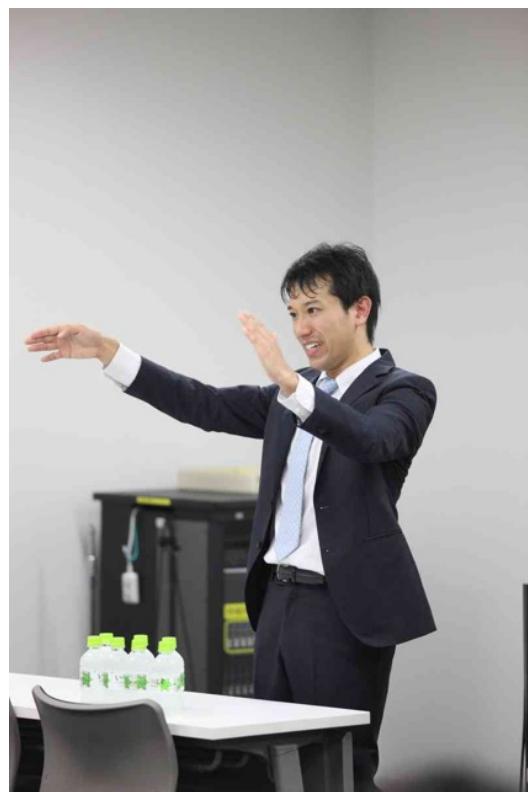
Chinese Academy of Science の Su Zhaohui 教授は、濡れ性のチューニングに関する御講演であった。Layer-by-Layer によりポリアニオンとポリカチオンからなる多層膜をマトリックスとして構築し、対イオンの濃度を変化させることで、水のみならず油に対しても接触角を変化させることが可能とし、かつ、リバーシブル性をも併せ持つものであり、新しい表面設計指針が提唱された。

KAIST の Haeshin Lee 教授は、二枚貝の一種であるイガイの接着タンパク質の一つである Mefp-5 に注目し、最小単位分子構造が類似したドーパミンを利用した表面修飾による高機能性材料を紹介され、ナノレベルでのバイオミメティクスの可能性が示された。

University of Massachusetts の Thomas J. McCarthy 教授の御講演は、材

料表面における水の挙動に関する基礎から応用研究の内容であった。ディップコーティングと表面構造を利用した堆積手法は、表面自由エネルギーを巧みに制御したものであった。また、接触角の測定に用いられる Young の式の正当性について述べられ、表面科学の奥深さを感じられた。

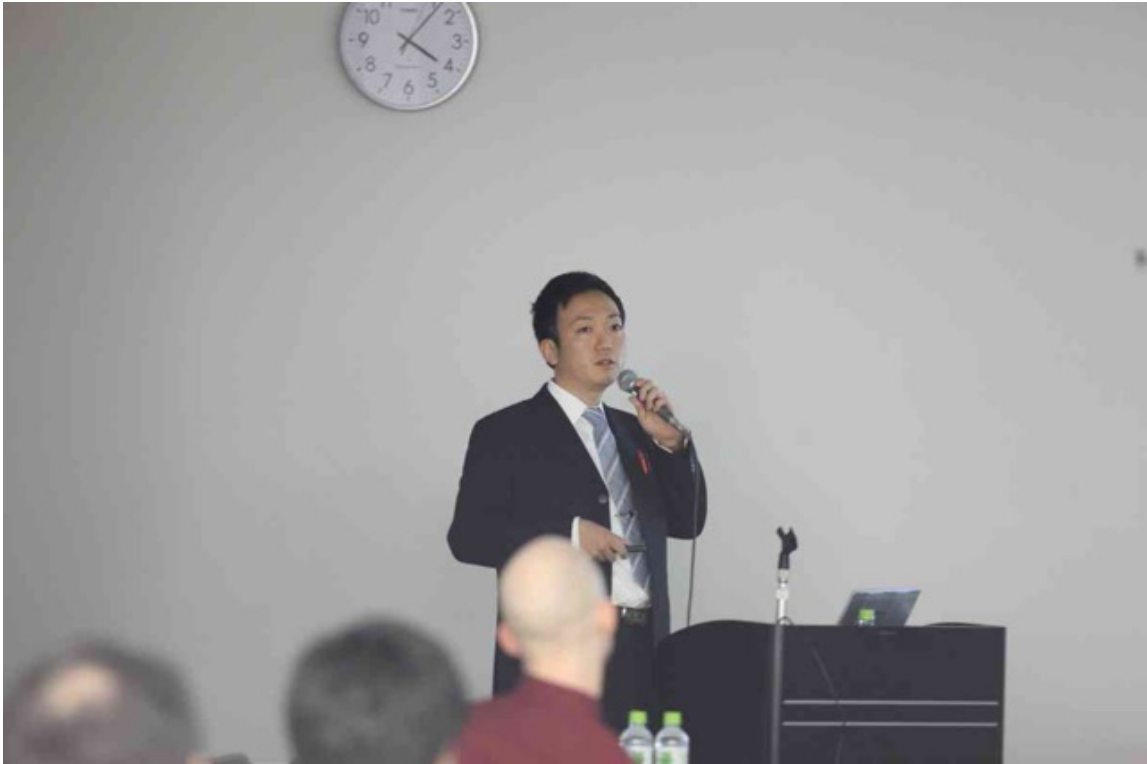
本シンポジウムには、産学官の研究者が参加しており、各分野における連携の重要性とともに、バイオミメティクス研究の広がりが感じられた。このようなシンポジウムに産業界の参加者がさらに集うことで、基礎研究から得られた技術・知見の応用展開をさらに加速できる良い機会になるはずである。また、学生の参加も多数見られ、生物規範工学が構築しつつある新しい学問への興味を持つ、次世代を担う研究者が増えつつあると感じた。











所属班：B01-1 班

所属機関：千歳科学技術大学 総合光科学部 バイオマテリアル学科

氏名：平井悠司

成形加工シンポジア'14
プラスチック成形加工学会第 22 回秋季大会
飛翔のトキ ~日本から世界に羽ばたく成形加工~ に参加して

2014 年 11 月 14,15 日に新潟県朱鷺メッセでプラスチック成形加工学会第 22 回秋季大会が開催され、三菱レイヨンの魚津吉弘先生がセッションオーガナイザーを務めるバイオミメティクスに関連する「自然に学ぶ成形加工」と言うセッションが設定された。基調講演では領域代表の千歳科技大の下村政嗣教授が、「自然に学ぶ設計と加工」と言うタイトルで講演を行い、バイオミメティクスとは何か、どのような思想の研究などかを分野外の人に分かりやすく説明されていた。また、本領域からは低ヒステリシス表面の作製に関して穂積篤先生 (B01-3 班)、寒天微粒子を利用した多孔質アクチュエータ、生物の問題解決法を利用した新規なシリコーン樹脂の作製と物性評価に関して山内健先生およびそのグループ(C01-班)、フナムシの流路に関する研究を石井大佑先生のグループ(B01-班)、ノイズを利用した生物信号処理技術を利用した人工素子の開発に関して浅川直紀先生(公募班)、およびサメ肌模倣構造の作製と摩擦力測定に関して私のグループ(B01-班)から学生が発表した。その他に、大阪大学の齋藤彰先生がモルフォ蝶の青色を人工的に再現、応用に向けたインプリント加工に関しての発表や山形大学の伊藤浩志先生等のグループからロールインプリントに関する研究発表が有り、機能性フィルムを大量生産する際の問題点やどのように解決していくかについて発表が有った。また、ポスターセッションでは若手研

究者のポスター賞が設定されており、本領域の名工大、石井先生(B01-班)がポスター賞を受賞された。



セッションオーガナイザー
を務められた魚津先生



基調講演をされている
領域代表の下村先生

(6) 新聞・報道

【新聞・報道】

総括班

(1) 日刊工業新聞 (2014年7月25日)

7月25日の日刊工業新聞で、“みんなで考える心豊かなライフスタイルと、自然に学ぶモノづくり”において、モノづくり日本会議が主催したシンポジウムにおいて石田秀輝先生と領域代表の講演が紹介されました。

石田先生の演題は“21世紀・環境の世紀に心豊かにくらすということ”、領域代表の演題は“バイオミメティクスって何？ 何故。今、生物に学ぶのか”でした。

(2) 日刊工業新聞 (2014年7月31日)

2014年7月31日付の日刊工業新聞の一面で、生物模倣技術が紹介されました。

「環境省、実用化へ基準 生物から学ぶモノづくり」

(3) 日経産業新聞 (2014年8月5日)

2014年8月5日付の日経産業新聞で、生物模倣技術が紹介されました。

「いきものに学ぶ カワセミのくちばし→新幹線」

(4) 日経産業新聞 (2014年8月6日)

2014年8月6日付の日経産業新聞で、生物模倣技術が紹介されました。

「いきものに学ぶ 蚊の口→痛くない注射器」

(5) 日経産業新聞 (2014年8月7日)

2014年8月7日付の日経産業新聞で、生物模倣技術が紹介されました。

「いきものに学ぶ ガの目→水はじくフィルム」

(6) TBS (2014年8月13日)

TBSの「ひるおび」という番組の “直撃！そのスジのイチ番人気～ニッポンの底力～” において、石田秀輝先生の解説で“生き物から学ぶ最新情報「バイオミメティクス」って？”が紹介され、バイオミメティクスの未来像が「我慢しなくても豊かに暮らせる世界」であることに言及しました。

(7) 週刊新潮 (2014年8月14日)

2014年8月14・21日週刊新潮夏季特大号で、赤池学先生（総括班）の記事が掲載されました。

「生物規範工学」という最先端テクノロジー

（8）北海道新聞（2014年8月16日）

2014年8月16日付の北海道新聞で、下村政嗣先生（総括班）の記事が掲載されました。

「バイオミメティクス」産業化を 千歳科技大や北大博物館「北海道を研究拠点に」

（9）中日新聞（2014年8月16日）

中日新聞 こどもウィークリーの”ニュースなう” 「生物の力をまねて生かす」において、石井大佑先生（B01-2班）のセミの翅に学ぶ撥水材料、井須 紀文先生（総括班）のカタツムリに学ぶ建材、長谷山美紀先生（A01班）の画像検索システムが紹介され、領域代表のコメントが掲載されました。

（10）朝日放送（2014年9月18日）

2014年9月18日23：17から放送の「ビーパップ ハイヒール」（朝日放送）に、石田秀輝先生（総括班）が出演しました。

http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=QsjYt5g51t4

（11）日刊工業新聞（2014年10月21日）

モノづくり日本会議が主催する第二回新産業技術促進検討会「NEDOのナノテク・材料開発の方向性」において、領域代表が”ナノテクノロジーとビッグデータが支えるバイオミメティクス”に関する講演を行ったことが記事になりました。第二回新産業技術促進検討会は、9月19日（金）に東京（ホテルグランドパレス）で開催されました。

http://www.nedo.go.jp/events/EF_100024.html

（12）日本能率協会 JMAマネジメント（2014年11月1日）

テーマ企画「自然から学ぶものづくり バイオミメティクスの動向」において、キーパーソン・インタビュー記事「バイオミメティクス」の最新動向について、領域代表のインタビューが掲載されました。

(13) 日本能率協会 JMAマネジメント (2014年11月1日)

テーマ企画「自然から学ぶものづくり バイオミメティクスの動向」において、キーパーソン・インタビュー記事「バイオミメティクス推進協議会の設立で高まる親ビジネス創出への期待」について、高分子学会の平坂雅男事務局長（総括班）のインタビューが掲載されました。

(14) NHK総合 (2014年11月5日)

11月5日（水）23:30から放映のNHK総合テレビ NEWS WEB において、「ハネカクシの翅の折りたたみ機構の解明」に引き続き、モルフォテックスやゲッコテープ、カタツムリに学ぶ建材、自動走行ロボットなどのバイオミメティクスの紹介があり、バイオミメティクスの現代的意義やデータベースの重要性に関する領域代表のコメントが放送されました。

A01班

(1) 中日新聞 (2014年8月16日)

中日新聞 こどもウィークリーの”ニュースなう” 「生物の力をまねて生かす」において、石井大佑先生（B01-2班）のセミの翅に学ぶ撥水材料、井須 紀文先生（総括班）のカタツムリに学ぶ建材、長谷山美紀先生（A01班）の画像検索システムが紹介され、領域代表のコメントが掲載されました。

B01-2班

(1) 中日新聞 (2014年8月16日)

中日新聞 こどもウィークリーの”ニュースなう” 「生物の力をまねて生かす」において、石井大佑先生（B01-2班）のセミの翅に学ぶ撥水材料、井須 紀文先生（総括班）のカタツムリに学ぶ建材、長谷山美紀先生（A01班）の画像検索システムが紹介され、領域代表のコメントが掲載されました。

(2) 静岡新聞 びぶれ (2014年9月11日)

2014年9月11日付の静岡新聞 びぶれで、針山孝彦先生 (B01-2班)、石井大佑先生 (B01-2班)、下村政嗣先生 (B01-2班) のナノスーツの研究が紹介されました。

(3) 科学新聞 (2014年9月19日)

2014年9月19日付の科学新聞で、針山孝彦先生 (B01-2班)、石井大佑先生 (B01-2班)、下村政嗣先生 (B01-2班) のナノスーツの研究がJASIS2014で展示されたことが紹介されました。

B01-4班

(1) 日経新聞 (2014年10月26日)

2014年10月26日付の日本経済新聞で、奥田先生 (B01-4班) のネムリユスリカの研究が紹介されました。

(7) アウトリーチ活動

【アウトリーチ活動報告】

(1) 2013年5月9日、出口茂先生（公募班）が横須賀高等学校・海洋研究開発機構横須賀本部で「深海の極限環境と生物」という講演を行いました。

(2) 2014年1月29日-31日に東京ビックサイトで行われた第13回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議にて、出口茂先生（公募班）が「深海から生まれたナノテクノロジー」というブース出展およびセミナーを行いました。

<http://www.nanotechexpo.jp/main/>

(3) 2014年7月25日、国立科学博物館の大学パートナーシップ事業のひとつである「大学生のための自然史講座」において約30名の参加者を対象にA01班の篠原現人研究主幹が「日本人と魚の関わり方の多様化」という授業を行い、魚とバイオミメティクスの関係について説明しました。

<http://www.kahaku.go.jp/learning/university/partnership/03.html>

(4) 2014年9月20～21日、八丈島地熱館の第5回企画展にて、小学生高学年から中学生向けにフナムシの研究を例にとってバイオミメティクスのアウトリーチ活動を行いました。

<http://www.geothermal-hachijo.com/test/event/eco/eco.html>

(5) 2014年9月23日に、名古屋市科学館で針山孝彦先生（B01-2班）が「のぞいてみよう！ミクロの世界公開講座」を開催しました。水分の多い生物でも生きたまま電子顕微鏡で観察できるという『ナノスーツ』のお話をしました。

<http://www.ncsm.city.nagoya.jp/visit/attraction/event/2014/261.html>

(6) 2014年10月22日～24日に”ポートメッセなごや”で開催される第4回次世代ものづくり基盤技術産業展において本領域の展示をおこないました。

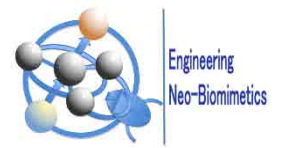
<http://www.techbizexpo.com>

10月24日には”バイオミメティクスがもたらす技術革新”というセミナーにおいて、領域代表、穂積篤先生（総括班、B01-3班）、針山孝彦先生（B01-2班）、長谷山美紀先生（A01班）、小川貴弘先生（A01班）、浦田千尋先生（B01-3班）、魚津吉弘先生（B01-2班）が、講演を行いました。

<http://www.techbizexpo.com/event/index1024.html#no23>

（７）２０１４年１１月３日、領域代表が、名古屋市科学館で開催された「のぞいてみようミクロの世界！」特別講座において、「バイオミメティクス：生物に学ぶ技術革新」について市民向けの講演を行いました。

http://www.ncsm.city.nagoya.jp/visit/attraction/event/2014/post_263.html



(8) 各種案内

BIOMIMETICS

バイオミメティクス・市民セミナー

平井悠司 (千歳科学技術大学 バイオ・マテリアル学科 専任講師)

微細構造による機能 ～摩擦を中心に～

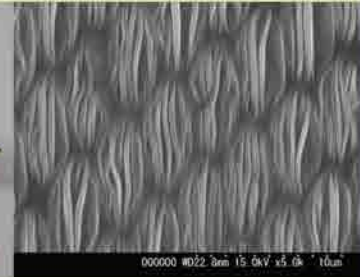
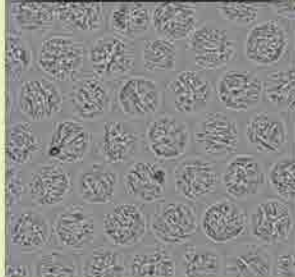
2014年10月5日(日)

会場：北海道大学総合博物館 / 知の交流コーナー

時間：午後1時30分から午後3時30分



「摩擦」は非常に身近な現象で、私たちが歩く時も止まる時も常に起こっている現象です。しかしながらそのメカニズムは非常に複雑で、未だにほとんど解明されていないと言えます。産業的にも摩擦の制御は非常に重要で、特に車などではエンジン内部の摩擦によりエネルギーをロスし、さらに摩擦によって発生する摩耗によって部材の損傷まで引き起こします。しかしながら低摩擦な表面ばかりが必要ではなく、ブレーキには高摩擦な表面が必要とされるなど、摩擦のコントロールが非常に重要な要素となっています。一方で、ヘビをはじめとする生物も摩擦とは切っても切れない関係であり、進化の過程で様々な表面機能を獲得してきました。本講演では摩擦の基礎から生物の摩擦特性、人工的な摩擦制御模倣材料の作製について講演致します。



主催：北海道大学総合博物館
共催：科学研究費 新学術領域「生物規範工学」
協賛：高分子学会北海道支部
千歳科学技術大学バイオミメティクス研究センター

北海道大学総合博物館
060-0810 札幌市北区北10条西8丁目
問合せ先：TEL: 011-706-2658 FAX: 011-706-4029
E-mail: museum-jimu@museum.hokudai.ac.jp

BIOMIMETICS

バイオミメティクス・市民セミナー

山崎英数（富士フイルム 生産技術センター 統括マネジャー）

モノづくりと バイオミメティクス

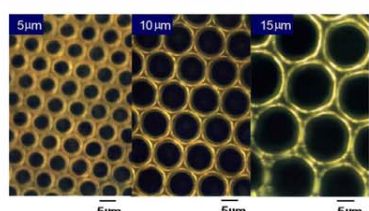
2014年11月1日（土）

会 場：北海道大学総合博物館 / 知の交流コーナー

時 間：午後1時30分から午後3時30分

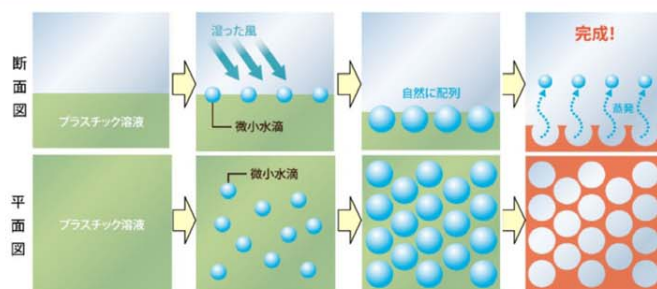


自然界に存在する生物は、生きるためにさまざまな機能を身につけています。その多くは、特別な材料を使うことなく微細構造をもつことで機能を発現しています。たとえば、蛾の眼の反射防止機能、蓮の葉の撥水機能などです。私たち人間が、この微細構造をまねて生活に役立つ商品を実用化するには、モノづくりの技術が必要不可欠です。従来、私たちは、多くの工程や高温高压の条件を必要とするモノづくりを用いてきました。今後、自然を守りながら、私たちが持続的に発展していくためには、省エネルギーと機能発現を両立できるモノづくり革新が必要です。その一つの解として、自然現象に存在する水滴の自己組織化現象を応用した、常温常圧の単一工程で微細構造を実現した新しいモノづくりを紹介させていただきます。また、生物と同様に企業も環境変化に順応し生き残るために何が必要か、そういった事例も織り交ぜながら皆様と未来のモノづくりについて語り合しましょう。



微細構造の製造方法

▶水滴が自ら整然と配列する「自己組織化現象」を応用した製造工程（右）▲作製された構造の例（上）



主 催：北海道大学総合博物館
共 催：科学研究費新学術領域「生物規範工学」
高分子学会北海道支部
協 賛：千歳科学技術大学バイオミメティクス研究センター

北海道大学総合博物館
060-0810 札幌市北区北10条西8丁目
問合せ先：TEL. 011-706-2658 FAX. 011-706-4029
E-mail: museum-jimu@museum.hokudai.ac.jp

BIOMIMETICS

バイオミメティクス・市民セミナー

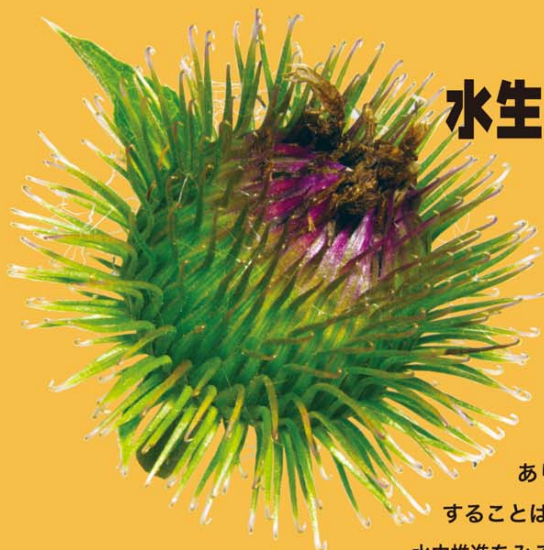
小林俊一（信州大学 学術研究院 教授）

水生生物の泳ぎを規範とした 水中推進ロボット

2014年12月6日（土）

会場：北海道大学総合博物館 / 知の交流コーナー

時間：午後1時30分から午後3時30分



魚の泳ぎは素晴らしい！人間には真似できないもの
あります。このメカニズムを船舶の水中推進に応用しようと
することは不思議なことではありません。しかし、現状の船舶の
水中推進をみるとスクリーブローバばかり・・・生物の泳ぎとは違った
ものです。人工物に生物の動きを適用することは理に合わないか・・・いや、
単なる推進機構ではなく、水中ロボットのような様々な環境での移動を考えると、スクリー
ブローバでは難しいところも移動しなくてはならず、生物の動きから学んだほうがうまくいくはず！
そんな考えで水中推進ロボットを開発してきました。水中で生息する生物は様々ありますが、ここでは
ゴカイの遊泳を規範とした全方向推進が可能な水中ロボット、また、魚型ロボットの尾びれに相当する
フィンを変剛性化した推進メカニズムについて紹介させていただきます。



全方向推進が可能な水中ロボット



可変剛性フィン

主 催：北海道大学総合博物館
共 催：科学研究費 新学術領域「生物規範工学」
高 分 子 学 会 北 海 道 支 部
協 賛：千歳科学技術大学バイオミメティクス研究センター

北海道大学総合博物館
060-0810 札幌市北区北10条西8丁目
問合せ先：TEL. 011-706-2658 FAX. 011-706-4029
E-mail: museum-jimu@museum.hokudai.ac.jp

BIOMIMETICS

バイオミメティクス・市民セミナー

石原一彦（東京大学大学院工学系研究科 教授）

生体構造を模倣した 身体に優しい医療デバイス

2015年1月10日（土）

会 場：北海道大学総合博物館 / 知の交流コーナー

時 間：午後1時30分から午後3時30分

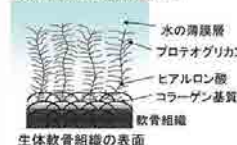


私たちの関節では、スムーズに動くために軟骨組織が大きな役割を果たしています。運動器官の病気の根本的な治療として50年以上の歴史のある人工関節置換術は、関節の代替をする機能を持っていますが、人工関節に利用されている材料が摩耗するために、一生使い続けることができません。そこで、軟骨組織の表面の特徴を人工的に再現する、新しい材料技術を開発し、これを人工関節に応用することを考えました。表面に細胞膜と類似した構造を作り、水を吸い込むことで高い潤滑特性を得ることができ、歩行パターンを模した試験では、最長で70年間の耐久性を持つことがわかりました。このことは、人工関節の寿命を人生と同じ程度にすることができたと言えます。ここでは、その材料設計の考え方と人工関節への応用について解説します。



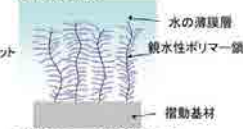
バイオミメティック概念の適用で、長寿命人工関節

“表面ゲル層による水和潤滑”



生体軟骨組織の表面

“表面水和潤滑”



バイオミメティック関節の表面

主 催：北海道大学総合博物館 北海道大学総合博物館
共 催：科学研究費 新学術領域「生物規程工学」 060-0810 札幌市北区北10条西8丁目
高 分 子 学 会 北 海 道 支 部 問合せ先：TEL. 011-706-2658 FAX. 011-706-4029
協 賛：千歳科学技術大学バイオミメティクス研究センター E-mail: museum-jimu@museum.hokudai.ac.jp

生物多様性を規範とする革新的材料技術

Innovative Materials Engineering Based on Biological Diversity



「生物多様性を規範とする革新的材料技術」ニュースレター Vol. 3 No. 2
発行日 2014年11月21日
発行責任者 下村政嗣（千歳科学技術大学）
編集責任者 穂積 篤（独立行政法人 産業技術総合研究所）
制作 「生物規範工学」領域事務局
北海道大学電子科学研究所 生体分子デバイス研究分野研究室内
〒001-0021 札幌市北区北21条西10丁目
電話 011-706-9360 FAX 011-706-9361
URL <http://biomimetics.es.hokudai.ac.jp/index.html>