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

ニュースレター　Vol. 2　No. 3

生物規範工学

Engineering Neo-Biomimetics

文部科学省　科学研究費　新学術領域

「生物多様性を規範とする革新的材料技術」

CONTENTS

文部科学省　科学研究費　新学術領域
「生物多様性を規範とする革新的材料技術」

****

（１）巻頭言
・中間評価に向けて
下村政嗣(東北大多元物質科学研究所) …… 7

（２）評価委員からのメッセージ
・評価者からのメッセージ（中間評価に向けて）
総括班評価グループ事前評価ワーキング …… １０

（３）研究紹介
Joint International Symposium on “Nature Inspired Technology 2014” and “Engineering Neo-Biomimetics V”（2014 年 2 月 12-14 日）講演要旨

・Program…… １５

2 月 12 日　（水）
・Biomimetic Recognition and Patterning of Molecules on Water Surface
Toyoki Kunitake（Kitakyushu Foundation for the Advancement of Industry, Science and Technology） …… ２１

・The challenge of the Biomimetic and Biomimicry for future: creation of platforms of Research and Innovation opened ?
Francis Pruche（Economic developpement City of Senlis (France), CEEBIOS (Europeen Center for Biomimicry)） …… ２３

・Diagnosis of Various Biofluid Flow Phenomena and Biomimic Research
Sang Joon Lee（Pohang University of Science and Technology (POSTECH)） …. ２５

2 月 13 日　(木)

・Development of Biomimetic Underwater Adhesion Learning from a Beetle
Naoe Hosoda (National Institute for Materials Science (NIMS))…… ２７

・3D ex vivo Cancer Metastasis
Seok (Sid) Chung (Korea University) …… 29

・Formation of footpad during the pupal development in a fruit fly, *Drosophila melanogaster*
Ken-ichi Kimura (Hokkaido University of Education) …… 31

・Exploring Eco-Material Technology in Bio-Inspired Lightweight Nano Composite
Hyungsun Kim (Inha University) …… 33

・Nonperfluorinated Liquid-Repellent Coating Using Biophilic Compounds
Chihiro Urata (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) …… 35

・Revisiting Whitlockite, One of the Major Inorganic Components in Bone Tissue: Nanocrystal Synthesis and Evaluation as a Cell Scaffold
Ki Tae Nam (Seoul Nationl University) …… 37

・Problems of Marine Fouling and Its Prevention Studies with Environmental Friendly New Technology
Yasuyuki Nogata (Central Research Institute of Electric Power Industry) …… 39

・Boundary effects in dew formation
Daniel Beysens (Ecole Sup. de Physique et Chimie Industrielle Paris-Tech, Commissariat à l'Energie Atomique et Energies Alternatives Paris & Grenoble (France)) …… 41

・Mechanobio-Materials Manipulating Cell Motility and Functions
Satoru Kidoaki (Kyushu University)…… 43

・Biomimetic Color-Changing Humidity Sensor Mimicking Isabella Longhorn Beetles
Seung-Yop Lee (Sogang University) …… 45

・Mimicking Larval Feeding Damage by Using Insect-Produced Elicitors
Naoki Mori (Kyoto University) …… 47

・Biomimetic Exotendon Device for Functional Hand Rehabilitation of Patient Post Stroke
Hyung-Soon Park (Korea Advanced Institute of Science and Technology)) …… 49

・Shape-Tunable Microwrinkles for Liquid Manipulation and Optical Diffuser
Takuya Ohzono (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) …… 5 1

・Interfacial Material Formation inspired by Insect Tanned Cuticle
Haeshin Lee (Korea Advanced Institute of Science and Technology) …… 5 3

・Fabrication of Wrinkled Parylene Films for Wing Membranes of Small Aerial Robots
Hiroto Tanaka (Chiba University) …… 5 5

・A Successful Surface Shield “Nano-suit” to Protect Living Organisms in a FE-SEM
Yasuharu Takaku (Hamamatsu University School of Medicine) …… 5 7

2 月 14 日　(金)

・Biomimetics Data Retrieval Platform for Enhancing Serendipity
Miki Haseyama (Hokkaido University) …… 5 9

・Nature-inspired folding arrays on a soft polymer for switchable nano channels
So Nagashima (Korea Institute of Science and Technology) …… 6 1

・Accumulation of SEM Images and Biomimetics Outreach Activities at the Hokkaido University Museum
Masahiro Ôhara (The Hokkaido University Museum) …… 6 3

・Micro/Nano-engineered Surfaces for Wettability Control (Fabrications & Applications)
Joonwon Kim (Pohang University of Science and Technology (POSTECH) …… 6 5

・Bridging Natural History Museums and Biomimetics Project
Keiichi Matsuura (National Museum of Nature and Science) …… 6 7

・Superamphiphobic/superamphiphilic Aluminium Surface Fabrication
Si-Hyung Lim (Kookmin University) …… 6 9

・Development of Matching Process against Lifestyle and Technology-Specification of Lifestyle-
Yuko Suto (Tohoku University) …… 7 1

・Elasticity and Fluid Motion: Flight, Propulsion and Energy-Harvesting inspired by Animal Motion
Kenny Breuer (Brown University) …… 7 3

・Surface shape deformation of soft opal films by hot embossing process based on a biomimetic approach
Hiroshi Fudouzi (National Institute for Materials Science) …… 7 7

・Fabrication of Funcitonalized Nanopore Platform for Water Selective Transportation
Yeong-Eun Yoo (Korea Institute of Machinery and Materials) …… 7 9

・Biotempating Process for 3D Structured Materials
Kaori Kamata (Tokyo Institute of Technology) …… 8 1

・Vibration Signals in Insects and their Application to Pest Control
Takuma Takanashi (Forestry and Forest Products Research Institute) …… 8 3

・“Closing Manner of Leaflet in Humble Plant (Mimosa Pudica)”
Hidetoshi Kobayashi (Osaka University) …… 8 5

・Development of Microfluidic Polydiacetylene Sensor Chip
Simon Song (Hanyang University) …… 8 7

・Soft dispersed systems stabilized with polymer particles: Foams and liquid marbles
Syuji Fujii (Osaka Institute of Technology) …… 8 9

・Computational Design of Fluid-Structure Interaction with Biological Inspiration for Energy/Propulsion Applications
Donghyun You (Pohang University of Science and Technology (POSTECH)) …… 9 1

・Elucidating Functional Diversity of Deep-Sea Extremophiles
Shigeru Deguchi (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology) …… 9 3

（４）トピックス（PEN より）

・連載 生物規範工学 第十六回　トンボの世界は不思議が一杯
二橋　亮（産業技術総合研究所）…… ９６

・連載　生物規範工学　第十七回　不思議な蝶の翅を模倣した物づくり
広瀬　治子（帝人株式会社 構造解析研究所）…… １０３

・連載　生物規範工学　第十八回　海の生き物に学ぶ 低環境負荷型抗付着材料の創製
-フジツボに対するハイドロゲルの抗付着効果-
黒川　孝幸、龔　剣萍（北海道大学）
室﨑　喬之（東北大学）
野方　靖行（電力中央研究所）…… １０８

・連載　生物規範工学　最終回
-バイオミメティクスから生物規範工学へ -
下澤　楯夫（北海道大学）…… １１４

（５）国内外研究動向紹介

・生物規範工学　第二回全体会議に参加して
山崎　剛史（公益財団法人山階鳥類研究所）…… １２５

・13-2 バイオミメティクス研究会レポート
桑島　功（独立法人物質・材料研究機構）…… １２７

・13-2 バイオミメティクス研究会　バイオミメティクスの国際標準化と海外動向　五感に迫るバイオミメティクス　に参加して
広瀬　治子（帝人株式会社　構造解析研究所）…… １２９

・「Joint international symposium on“Nature-inspired Technology (ISNIT) 2014” and “Engineering Neo-biomimetics V」に参加して
出口 茂（海洋研究開発機構）…… １３１

・「Joint international symposium on“Nature-inspired Technology (ISNIT) 2014” and “Engineering Neo-biomimetics V」に参加して
長谷川 誠（株式会社富士通総研 第二コンサルティング本部 環境事業部）…… １３３

・Joint International Symposium on “ Nature Inspired Technology 2014 ” and “Engineering Neo-Biomimetics V”見聞録
森　直樹（京都大学農学研究科）…… １３５

（６）新聞・報道……１３８
（７）アウトリーチ活動……１４２
（８）各種案内……１４４

巻頭言

中間評価に向けて

領域代表　下村政嗣

本領領域も発足以来２年が経過し、本年度は中間評価を受けることになりました。領域採択時の審査結果の所見では、下記の厳しいコメントを頂戴しております。

「（前略）一方で、研究対象が広いために総花的で具体性にかけることから、中心となる到達点が明らかでなく、融合研究の結果どのような成果がでるのかわかりにくい。また、個々の技術シーズが非常に多様であり、極めて多岐にわたる分野の研究者から構成されるため、研究に求心力が生まれない可能性が」危惧される。さらに、総括班の組織と企業の研究者の関係について説明が十分ではないが、応用研究を計画研究に含めることも考えられる。研究項目 C については役割が明確でなく、国際標準化、サイエンスコミュニケーションなどの言葉はあるが、それを実質的に担う研究者が含まれるよう留意する必要がある。」

本領域のように、多様な研究分野を有機的に融合し産学連携に展開する試みは、我が国初の挑戦であると言っても過言ではなく、それゆえに本領域の取り組みには〝総花的〟で具体性に欠き〝求心力〟が消失」するリスクがあることは否めません。しかし、この２年間、着実に研究成果を世に問う事ができつつあり、とりわけ、国際標準化における我が国からの提言、サイエンスコミュニケーションの一環であるアウトリーチ活動に関しては、高く評価されるべきものと確信しています。最近では、バイオミメティクスや生物模倣に関するマスコミ報道や TV、ラジオ番組も増えており、総合科学技術会議においてもバイオミメティクの重要性に言及されています。

また、３月３１日には、「NPO 法人　バイオミメティクス推進協議会」の設立が決り、〝バイオミメティクス・イノベーション・ジャパン〟を担う、我が国における産官学連携のナショナルセンターに向けた第一歩を踏む事ができました。私事ではありますが、本分野の根本的な人材育成を試みるべく、４月より千歳科学技術大学に移り、学部におけるバイオミメティクス教育を通じて〝バイオミメティクスの教科書〟編集に注力することにいたしました。教科書編集は、総括班の課題でもあり、また、異分野連携の象徴的な出版物でもありますので、各研究班のご協力を頂戴いたしたく宜しくお願い申し上げます。

中間評価では、下記の項目について外部評価が行われます。

１．研究班の目的及び概要
２．研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況
３．研究の進展状況
４．若手研究者の育成に関する取組状況
５．研究費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）
６．総括班評価者による評価
７．主な研究成果（発明及び特許を含む）
８．研究成果の公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）
９．今後の研究班の推進方策
10．組織変更等の大幅な計画変更がある場合は当該計画

　生物模倣、自然模倣、という考え方は、日本人に合っている、と言われますが、異分野連携、産学連携が十分ではない状態であり、国際的にはいまだ“周回遅れ”的状況にあります。我が国は、スピード感をもって世界に伍し、さらには、先導的な役割を果たす義務があると確信する次第です。研究班各位のより一層のご尽力をお願いいたします。

“世界から桜の花が消えてしまえば世界はやはりそれだけさびしくなるのである。”
（寺田寅彦　日本人の自然観　より）

（2）評価委員からのメッセージ

評価者からのメッセージ（中間評価に向けて）
総括班評価グループ事前評価ワーキング

　中間評価に向けて、総括班評価グループ内に事前評価ワーキングを設置した。メンバーは国武豊喜、藤崎憲治、亀井信一、平坂雅男、下澤楯夫の５名で、取り纏めは下澤楯夫が担当することになった。2013 年 5 月 10 日、新学術領域研究の中間評価実施方法の変更に関する説明会（文部科学省 16 階特別会議室）に、本領域から下村政嗣領域代表、下澤楯夫が出席し、担当官より説明を受けた。中間評価資料提出期限は 2014 年 6 月、また、その際、総括班評価者による評価（２頁程度、外国人による英文も可）を作成する必要があるため、作業時間を見込めば、領域内での資料取り纏めは 2014 年 4 月中が妥当と考える。
　現時点での事前評価として、１）～３）の資料をもとに、研究成果全体に関するコメントを下記の通り列記した。

１）各班長からの進捗状況報告書
２）領域ホームページ(http://biomimetics.es.hokudai.ac.jp/)
３）全体会議での講演発表
　・2012 年 10 月 2 日@上野科博
　・2012 年 12 月 10 日@神戸
　・2013 年 3 月 1 日@北大
　・2013 年 7 月 1 日@沖縄

コメント（順不同）：
１）年度計画のマイルストーンに対する進捗状況が明確でなく、実施報告となっている。対計画比で進んでいるのか遅れているのかを、研究担当者が認識しているのかも不明。

２）各班の進捗状況報告の書式（報告項目）が統一化されていない。領域代表者が正確に総括するためにも、改善が必要。

３）生物規範工学とは名ばかりで、7-8 割は別々の旧来手法の延長線上にいる。「生物の技術を人の技術に転化」するために生物学者と工学者が真の共同作業に当って

いるのは、僅か 2-3 割に過ぎない。各班長・班員が意識改革しなければ中間評価は通らない。

４）西欧からの周回遅れは否めない。西欧の真似事ではない、日本発の独創的な生物規範工学を構築しつつあるか否かが、中間評価での鍵となる。
生物規範工学の目標は、「生物の技術体系」の解明を通して、その応用による持続可能社会の実現にある。個々の研究班および研究者は「どこがそうなのか」をしっかり説明できる必要がある。織物に例えれば、色彩的に多様な緯糸だけでは駄目で、共通した経糸がしっかりと通っている必要がある

５）工学者が物理や化学に強いのは必要条件なのであって、本領域では十分条件ではない。本領域の工学者には、生物の仕組みにもっと強くなることが求められている。

６）生物の「どの現象、どの構造、どの仕組み」を、「人間のどんな技術」に転化しようとしているのか、抽象化過程が不明な研究が多い。

７）自然の中に見えた現象（生物の仕組）の抽象化過程こそが、Technology が Science たり得る必須の要件である。

８）班構成が多様なために「総花的」だと思われがちな印象を、少しでも払拭する必要がある。中間評価ヒアリングに際しては、数多くの研究課題の中から、社会にアピールできる「目玉となる研究」を選んでおくべきである。

９）生物規範工学は、「社会のための科学」として技術創出に貢献するだけでなく、基礎科学としての生物学の新たな発展にも寄与しなければならない。工学者と生物学者がジョインントした、進化的に安定な「相利共生」学術構造を人類社会に提供せよ。

１０）生物規範工学を、一過的な工学者と生物学者のコラボレーションに終らせることなく、真に持続的な学術領域として社会に定着させる必要がある。この分野を担い発展させる次世代の人材育成のための大学院専攻、研究センター、国立研究所

などの創設を志向するべきである。

１１）領域 HP からは、ニュースレターに紹介されたごく一部を除いて、公募班員の活動・成果がほとんど見えない。

１２）基礎研究は、出口を意識しすぎると、その自由を失う。謎解きに集中した方が、独創的で後で本当に役立つ成果につながる。本領域で生物の技術の解明に当たる生物学者には、解明の面白さと解明した仕組みを、工学者が分かるまで説明する義務がある。一方、工学は「自然の性質を応用して技術を創る」ことに「同意」した営みだから、本領域に参画した工学者には、「解明された生物の仕組みを理解する義務」があり、それを各自の研究室の次世代に伝える義務も負っていることを忘れないで欲しい。

上記は、2013 年 10 月 25 日（金）に東北大学で開催された、新学術領域「生物規範工学」全体会議において、下澤北大名誉教授が使用されたパワーポイントファイル「中間評価に向けて」をもとに、ニュースレター編集委員長の穂積が取り纏めた。

以上

（3）研究紹介
Joint International Symposium on “Nature Inspired Technology 2014” and “Engineering Neo-Biomimetics V”（2014 年 2 月 12-14 日）講演要旨

PROGRAM

****

February 12th (Wed)

12:00-18:00

Registration Conference Hall, Hokkaido University, 1F Entrance

Room A

Opening Remarks

12:50 - 13:00

Yasuhiro Horiike

(Japan Science and Technology Agency,
Core Research for Evolutional Science and Technology)

Chair: Masatsugu Shimomura

13:00 - 14:00 Plenary Lecture 1

Toyoki Kunitake

(Kitakyusyu Foundation for the Advancement of Industry, Science and Technology)

"Biomimetic Recognition and Patterning of Molecules on Water Surface"

Chair: Tateo Shimozawa

14:00 - 15:00 Honor Lecture

Francis Pruche

(Economic developpement City of Senlis (France), CEEBIOS (Europeen Center for Biomimicry))

"The challenge of the Biomimetic and Biomimicry for future: creation of platforms of Research and Innovation opened ?"

Chair: Wan Doo Kim

15:00 - 16:00 Plenary Lecture 2

Sang Joon Lee

(Pohang University of Science and Technology (POSTECH))

"Diagnosis of Various Biofluid Flow Phenomena and Biomimic Research"

Room S

16:00 – 18:00 Poster & Welcome Reception,
Conference Hall, Hokkaido University, Room S, 1F

February 13th (Thu)

Room A

Chair: Daisuke Ishii

09:00 - 09:45 Plenary S-1

Naoe Hosoda (National Institute for Materials Science (NIMS))

"Development of Biomimetic Underwater Adhesion Learning from a Beetle"

09:45 - 10:10 Invited Talk 1

Seok (Sid) Chung (Korea University)

"3D *ex vivo* Cancer Metastasis"

10:10 - 10:35 Invited Talk 2

Ken-ichi Kimura (Hokkaido University of Education)

"Formation of footpad during the pupal development in a fruit fly, *Drosophila melanogaster"*

10:35 - 10:45 **Coffee Break**

Chair: Myoung-Woon Moon

10:45 - 11:10 Invited Talk 3

Hyungsun Kim (Inha University)

"Exploring Eco-Material Technology in Bio-Inspired Lightweight Nano Composite"

11:10 - 11:25 Oral Presentation 1

Chihiro Urata (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

"Nonperfluorinated Liquid-Repellent Coating Using Biophilic Compounds"

11:25 - 11:50 Invited Talk 4

Ki Tae Nam (Seoul Nationl University)

"Revisiting Whitlockite, One of the Major Inorganic Components in Bone Tissue: Nanocrystal Synthesis and Evaluation as a Cell Scaffold"

11:50 - 12:05 Oral-2

Yasuyuki Nogata (Central Research Institute of Electric Power Industry)

"Problems of Marine Fouling and Its Prevention Studies with Environmental Friendly New Technology"

12:05 - 13:15 **Lunch**

Chair: Joonwon Kim

13:15 - 14:00 PlenaryS-2

Daniel Beysens (Ecole Sup. de Physique et Chimie Industrielle Paris-Tech, Commissariat à l'Energie Atomique et Energies Alternatives Paris & Grenoble (France))

"Boundary effects in dew formation"

14:00 - 14:25 Invited Talk 5

Satoru Kidoaki (Kyushu University)

"Mechanobio-Materials Manipulating Cell Motility and Functions"

14:25 - 14:50 Invited Talk 6

Seung-Yop Lee (Sogang University)

"Biomimetic Color-Changing Humidity Sensor Mimicking Isabella Longhorn Beetles"

14:50 - 15:15 Invited Talk 7

Naoki Mori (Kyoto University)

"Mimicking Larval Feeding Damage by Using Insect-Produced Elicitors"

15:15 - 15: 25 **Coffee Break**

Chair: Yuji Hirai

15:25 - 15:50 Invited Talk 8

Hyung-Soon Park (Korea Advanced Institute of Science and Technology)

"Biomimetic Exotendon Device for Functional Hand Rehabilitation of Patient Post Stroke"

15:50 - 16:15 Invited Talk 9

Takuya Ohzono (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

"Shape-Tunable Microwrinkles for Liquid Manipulation and Optical Diffuser"

16:15 - 16:40 Invited Talk 10

~~**Kwang-Joon Yoon** (Konkuk University)~~

~~"Design and Fabrication of Bio-mimetic Actuator with Single Crystal Piezoelectric Composite Material"~~

(Change) **Haeshin Lee** (Korea Advanced Institute of Science and Technology)

"Interfacial Material Formation inspired by Insect Tanned Cuticle"

16:40 - 17:05 Invited Talk 11

Hiroto Tanaka (Chiba University)

"Fabrication of Wrinkled Parylene Films for Wing Membranes of Small Aerial Robots"

17:05 - 17:30 Invited Talk 12

Yasuharu Takaku (Hamamatsu University School of Medicine)

"A Successful Surface Shield "Nano-suit" to Protect Living Organisms in a FE-SEM"

18:00 - 20:00 **Banquet**

Sapporo ASPEN Hotel (North 8 West 4, 5-banchi, Kita-ku, Sapporo)

February 14th (Fri)

Room A

Chair: Satoru Kidoaki

09:00 - 09:45 Plenary S-3

Miki Haseyama (Hokkaido University)

"Biomimetics Data Retrieval Platform for Enhancing Serendipity"

09:45 - 10:10 Invited Talk 13

~~**Ilkwon Oh** (Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST))~~

~~"Recent Progress on Graphene-based Artificial Muscles"~~

(Change) **So Nagashima** (Korea Institute of Science and Technology)

"Nature-inspired folding arrays on a soft polymer for switchable nano channels"

10:10 - 10:35 Invited Talk 14

Masahiro Ôhara (The Hokkaido University Museum)

"Accumulation of SEM Images and Biomimetics Outreach Activities at the Hokkaido University Museum"

10:35 - 10:45 **Coffee Break**

Chair: Seung-Yop Lee

10:45 - 11:10 Invited Talk 15

Joonwon Kim (Pohang University of Science and Technology (POSTECH))

"Micro/Nano-engineered Surfaces for Wettability Control (Fabrications & Applications)"

11:10 - 11:25 Oral Presentation 3

Keiichi Matsuura (National Museum of Nature and Science)

"Bridging Natural History Museums and Biomimetics Project"

11:25 - 11:50 Invited Talk 16

Si-Hyung Lim (Kookmin University)

"Superamphiphobic/superamphiphilic Aluminium Surface Fabrication"

11:50 - 12:05 Oral Presentation 4

Yuko Suto (Tohoku University) ……

"Development of Matching Process against Lifestyle and Technology -Specification of Lifestyle-"

12:05 - 13:15 **Lunch**

Chair: Ki Tae Nam

13:15 - 14:00 Plenary S-4

Kenny Breuer (Brown University)

"Elasticity and Fluid Motion: Flight, Propulsion and Energy-Harvesting inspired by Animal Motion"

14:00 - 14:25 Invited Talk 17

Hiroshi Fudouzi (National Institute for Materials Science)

"Surface shape deformation of soft opal films by hot embossing process based on a biomimetic approach"

14:25 - 14:50 Invited Talk 18

Yeong-Eun Yoo (Korea Institute of Machinery and Materials)

"Fabrication of Funcitonalized Nanopore Platform for Water Selective Transportation"

14:50 - 15:15 Invited Talk 19

Kaori Kamata (Tokyo Institute of Technology)

"Biotempating Process for 3D Structured Materials"

15:15 - 15:25 **Coffee Break**

Chair: Yasutaka Matsuo

15:25 - 15:50 Invited Talk 20

Takuma Takanashi (Forestry and Forest Products Research Institute)

"Vibration Signals in Insects and their Application to Pest Control"

15:50 - 16:15 Invited Talk 21

Hidetoshi Kobayashi (Osaka University)

"Closing Manner of Leaflet in Humble Plant (*Mimosa Pudica*)"

16:15 - 16:40 Invited Talk 22

Simon Song (Hanyang University)

"Development of Microfluidic Polydiacetylene Sensor Chip"

16:40 - 17:05 Invited Talk 23

Syuji Fujii (Osaka Institute of Technology)

“Soft dispersed systems stabilized with polymer particles: Foams and liquid marbles”

17:05 - 17:30 Invited Talk 24

Donghyun You (Pohang University of Science and Technology (POSTECH))

“Computational Design of Fluid-Structure Interaction with Biological Inspiration for Energy/Propulsion Applications”

17:30 - 17:55 Invited Talk 25

Shigeru Deguchi (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

“Elucidating Functional Diversity of Deep-Sea Extremophiles”

Closing Remarks

17:55 - 18:05

Wan Doo Kim

(Korea Institute of Machinery & Materials (KIMM))

February 15th (Sat)

Labo and Museum tours and Discussions at Hokkaido University

Toyoki KUNITAKE

President
Kitakyushu Foundation for the Advancement of Industry, Science and Technology (FAIS)

E-mail: kunitake@ruby.ocn.ne.jp

- Telephpone: +81-93-695-3111
- Fax: +81-93-695-3010
- Address: 2-1 Hibikino, Wakamatsu-ku, Kitakyushu,808-0135, Japan

Professional Experience

1962-1963	Postdoctoral Fellow, Department of Chemistry, California Institute of Technology (with Prof. C.G. Nieman)
1963-1974	Associate Professor, Faculty of Engineering, Kyushu University
1974-1999	Professor, Faculty of Engineering, Kyushu University
1992-1994	Dean, Faculty of Engineering, Kyushu University
1999–2008	Professor and Vice President, University of Kitakyushu
1999-2007	Group Director, Frontier Research System, RIKEN
2009-present	President, Kitakyushu Foundation for Advancement of Industry, Science and Technology
2007-present	CTO, NanoMembrane Technologies,Ltd.

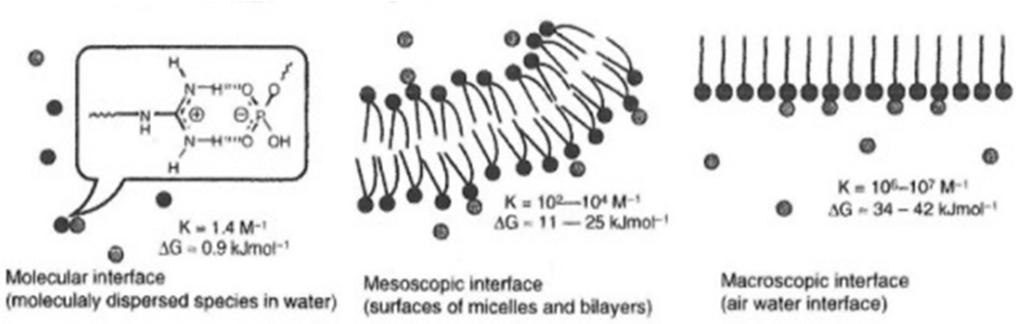
Publications

- Kunitake, T.; Okahata, Y. “A Totally Synthetic Bilayer membrane”, J. Am. Chem. Soc., 99(11), 3860 (1977)
- Kunitake, T. “Synthetic Bilayer Membranes: Molecular Design and Self Organization”, Angew. Chem. Int. Ed. Engl., 31(6), 709-726 (1992)
- Ariga, K.; Kunitake, T. “Molecular Recognition at Air-Water and Related Interfaces: Complementary Hydrogen Bonding and Multi-Site Interaction”, Acc. Chem. Res., 31(6), 371-378 (1998)
- Watanabe, H., Vendamme, R. and Kunitake, T. “Development of Fabrication of Giant Nanomembranes”, Bull. Chem. Soc. Jpn., 80, 3, 433-440 (2007)
- Aoki, Y., Muto, E., Nakao, A., Kunitake,T.“Efficient Proton Conductivity of Gas-Tight Nanomembranes of Silica-Based Double Oxides”, Adv. Mater, 20, 23, 4387(2008),

Biomimetic Recognition and Patterning of Molecules on Water Surface

Toyoki Kunitake
Kitakyushu Foundation for the Advancement of Industry, Science and Technology (FAIS),
Hibikino 2-1, Wakamatsu-ku, Kitakyushu, 808-0135
E-mail:kunitake@ruby.ocn.ne.jp

Molecular recognition is a process in which a given molecule is bound to another molecule in a highly specific way. It is indispensable for maintaining living structures as living and for performing a variety of biological functions. An artificial counterpart of this process is molecular recognition at the air-water interface, since the biological molecular recognition is found most often at the interface of biological components. The unique nature of molecular interfaces are common in both systems. Our research in this field started by producing an artificial self-organizing alternative of biomembrane from simple organic amphiphiles. It was then extended to ultrathin films and giant nanomembranes. As for interfacial molecular recognition, guanidinium monolayer spread on water shows very effective binding with aqueous phosphate molecules, due to the multi-dielectric effect of the interface. Complementary base pairs typical of nucleic acids are also useful for creating interfacial recognition systems. Specific binding of peptide monolayers against aqueous peptide guests is successfully constructed. Patterning of individual molecules at interface is achieved by taking advantage of multi-site molecular recognition.



M. Francis Pruche, Deputy Mayor.

Economic developpement

City of Senlis (France)

CEEBIOS (Europeen Center for Biomimicry)

E-mail: pruche.f@ville-senlis.fr

- Telephone: +33 (0) 07-85-52-58--18
- Website: ceebios.com / www.ville-senlis.fr
- Address: Hotel de Ville, Place Henri IV, France

Education & Academic Background

1980 Graduated from National School of Chemistry, physical and Biology, Paris
1982 Engineer, Advanced Reseach, L'OREAL Company, France
1990-2013 Project management, L'OREAL, Hair and Skin Research
2000-2013 Project management in Enzymatic Catalysis (Biomimetic)
2010-Senior Research Associate, LOREAL Biotechnologie Department
57 Patents

CEEBIOS
Centre Européen d'Excellence
en Biomimétisme de Senlis

Senlis

The challenge of the Biomimetic and Biomimicry for future: creation of platforms of Research and Innovation opened ?

Francis Pruche
CEEBIOS PROJECT
City of Senlis
Deputy Mayor, Economic Development
City Hall / Hotel de Ville : Place Henri IV, 60300, France,
E-mail: pruche.f@ville-senlis.fr

At present the politics and the industrialists ask of numerous questions on means to innovate by integrating the sustainable development. Its activities also have to have positive societal impact to keep one very brand image. Collaborations between laboratories exist in the international point of view, the proof is the number of publications which increases considerably for these last ten years. The international standardization is in progress concerning biomimetic and biomimicry. These elements indicate clearly that let us be at the beginning of the emergence of this scientific discipline

The biomimetic approach requires a multidisciplinary approach and transverse. The biodiversity becomes with this vision a source of wealth for the innovations of future.

It is necessary of credit note of the centers of research and training be able to welcome the best specialists of the university and industrial world for demonstrate solidly by prototypes that biomimicry can bring long-lasting technical solutions.

This multidisciplinary approach require of credit note of the campus dedicated to welcome biologists of the chemists, the physicists, the achtitectes and why no the philosophers. It is an cooperative vision.

The creation of databases for example of the structure in 3D (of the nano in the macro) of the alive world seems very important.

The creation of a new dictionary with precise definitions of terms becomes important at the moment or this new technology appears.

The initiatiative of the creation of the CEEBIOS (European center of exellence in Biomimicry by the city of Senlis supported by the French state, the region Picardy and the chamber of commerce of the Oise has for objective to create the first European center of training, mutualized research and reception of innovative companies in this domain. It is the first stage of construction to connect in the future Biomimetic who are going to build up themselves at the world level.

Dr. Sang Joon Lee, Prof.

Center for Biofluid and Biomimic Research (BBRC)

Department of Mechanical Engineering

Pohang University of Science and Tech. (POSTECH)

E-mail: sjlee@postech.ac.kr

- Telephone: +82 (0)54-279-2169
- Fax: +82 (0)54-279-3199
- Website: http://bbrc.postech.ac.kr/
- Address: San 31, Hyoja-dong, Namgu, Pohang, 790-784, Korea

Education & Academic Background

1986. 2	PhD, KAIST
1986.2-1986.12	Senior Researcher, KIMM
1987.1-	Professor, Dept. of Mechanical Engineering, POSTECH
1988.9-1989.8,	Visiting Professor, Imperial College, UK
1996.8~1997.8,	Visiting Professor, Johns Hopkins Univ., USA
2000-	Principal Investigator, Flow Visualization (National Research Laboratory), POSTECH
2006-	Director, Advanced Fluid Engineering Research Center, POSTECH
2008-	Director, Center for Biofluid and Biomimic Research, POSTECH
2005.12-	Vice President, Biomedical Engineering Society for Circulatory Disorders
2010.1-2013.12	President, Korea Society of Visualization
2011.6-2013.5	President, Wind Engineering Institute of Korea Society
2010.9-	POSTECH Fellow
Award:	1998 Korea Society of Mechanical Engineers, KSME Academic Award
	2003 Korea Patent Grand Exhibition, Silver Medal
	2007 Visualization Society of Japan, JOV Award

Recent Publications

- S.S. Ahn, E. Seo, K.H. Kim and S.J. Lee, "Controlled cellular uptake and drug efficacy of nanothera peutics", Scientific Reports, 3, 1997 (2013).
- S.S. Ahn, S.Y. Jung and S.J. Lee, "Surface-activated nanoparticles for controlled light-responsivenes s", Advanced Functional Materials, 23(17), 2212-2217 (2013)
- Y.J Kang, E.S. Yeom and S.J. Lee, "A microfluidic device for simultaneously measuring viscosity an d flow rate of blood in a complex fluidic network", Biomicrofluidics, 7(5), 054111 (2013).
- B.H. Kim, H.J. Ha, E.S. Seo and S.J. Lee, "Effect of fluid viscosity on the liquid-feeding flow pheno mena of a female mosquito", J. of Experimental Biology, 216, 952-959 (2013).
- S.Y. Jung, S.S. Ahn, ES Seo and S.J. Lee, "Detection of circulating tumor cells via an X-ray imagi ng technique", J. of Synchrotron Radiation, 20(2), 324-331 (2013).
- Y.S. Choi and S.J. Lee, "Inertial migration of erythrocytes in low-viscosity and high-shear rate microt ube flows: Application", J. of Biomechanics, 45, 2706-2709 (2012).
- K.H. Nam, E.S. Yeom and S.J. Lee, "Extracorporeal bypass model of blood circulation for the study of microvascular hemodynamics", Microvascular Research, 83, 372-375 (2012).
- B.H. Kim, J.H. Lim and S.J. Lee, "Synchrotron X-ray microscopic computed tomography of the pum p system of a female mosquito, Microscopy Research and Technique, 75, 1051-1058 (2012)
- S.S. Ahn, S.Y. Jung. E.S. Seo and S.J. Lee, "Gold nanoparticle-incorporated human red blood cells for X-ray dynamic imaging", Biomaterials, 32(29), 7191-7199 (2011).
- B.H. Kim, H.G. Kim and S.J. Lee, "Experimental analysis of blood-sucking mechanism of female mo squitoes", J. of Experimental Biology, 214, 1163-1169 (2011).
- S.S. Ahn, S.Y. Jung, E.S. Seo and S.J. Lee, "Gold nanoparticle-incorporated human RBCs for X-ray dynamic imaging", Functional Materials, 32(29), pp.7191-7199 (2011)
- H.K. Kim and S.J. Lee, "Synchrotron X-ray imaging for nondestructive monitoring of sap flow dynam ics through xylem vessel elements in rice leaves", New Phytologist, 188, 1085-1098 (2010).
- S.M. Lee, J.H. Kang, S.J. Lee and W.B. Hwang, "Tens of centimeter-scale flexible super-hydrophobi c nano-fiber structures through curing process", Lab on a Chip, 9, 2234-2237 (2009).
- S.J. Lee, B.H. Kim and J.Y. Lee, "Experimental study on the fluid mechanics of blood sucking in th e proboscis of a female mosquito", J. of Biomechanics, 42(7), 857-864 (2009).

Diagnosis of Various Biofluid Flow Phenomena and Biomimic Research

Sang Joon Lee*

*Center for Biofluid and Biomimic Research, POSTECH, San31, Hyojadong, Namgu, Pohang, Kyungbook, 790-784, Republic of Korea
E-mail:sjlee@postech.ac.kr

Biological flows are vital for the conservation of life and indispensable commodity of living organisms. Morphological structures of living organisms and biological flow phenomena in nature have been evolved through long history. The basic biophysics of several biofluid flow phenomena and the hidden secrets of nature such as blood flow in chicken embryos, blood sucking of mosquitoes, and sap flows in plants have been investigated experimentally by using advanced flow visualization techniques, such as X-ray PIV (particle image veocimetry), holographic PTV (particle tracking veocimetry), time-resolved micro-PIV, etc. Biological samples include insects (blood-sucking mosquitoes, liquid-feeding butterflies), fishes (zebra fish, planktons), animals (blood flows in chicken embryos or rats) and plants (sap flow in xylem vessels of rice or *Arabidopsis*). Gold nanoparticles developed as tracer particles transmit membranes of organisms without destroying the surrounding tissues. Detailed understanding on these biofluid flow phenomena are helpful to develop creative nature-inspired technologies for practical applications in biomedical science, microfluidics and renewable energy, etc. For example, a micropump consisting of serial-connected two-pump chambers and three diffuser elements was developed based on the revealed blood-sucking mechanism of a female mosquito. When the two pump chambers are operated in a well coordinated manner with a certain phase shift, the bio-inspired pump exhibits a good pumping performance, as appeared in the blood-sucking mosquitoes. The nature-inspired micropump would be utilized in various bio-chips as a liquid-phase sample supplying system. In addition, another bio-inspired micropump that can produce a large pressure gradient was developed by bio-inspiring a liquid-feeding butterfly through a long proboscis.

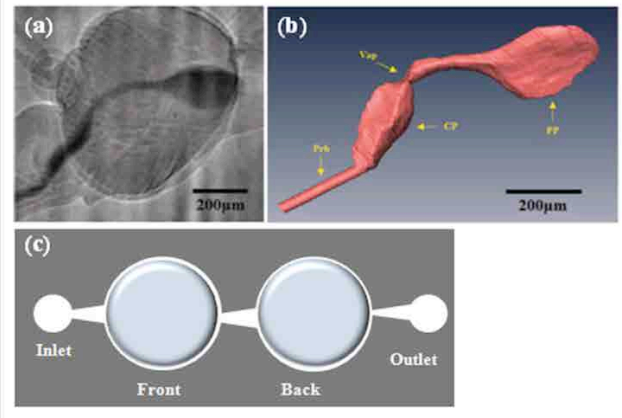


Figure 1. (a) A typical X-ray image of the head of a female mosquito. (b) Visualized pump organs of a female mosquito which sucks a diluted iodine solution. The two pump organs, cibarial pump (CP) and pharyngeal pump (PP), clearly show a periodical systaltic motion. (c) A micropump fabricated by bio-inspiring a blood-sucking female mosquito.

Dr. Naoe HOSODA

National Institute for Materials Science, Hybrid Materials

Unit, Interconnect Design group

E-mail: Hosoda.Naoe@nims.go.jp

- Telephone: +81 (0)29-860-4529
- Fax: +81 (0)29-860-4669
- Website: http://www.nims.go.jp/idg
- Address: 1-1, Namiki, tsukuba-shi, Ibaraki 305-0044, Japan

Education & Academic Background

Ph.D from Stuttgart University

Career;
Researcher, Max-Plank Institute for Metal Research, Germany
Researcher, Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo
Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science
Research Associate, Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo
Associate Professor, Department of Precision Engineering, University of Tokyo
Senior Researcher, Ecodevice Group, Ecomaterials Center, National Institute for Materials Science (NIMS)
Group Leader of Interconect Design Group, Advanced Nano-materials Laboratory, NIMS
Manager of Learning from Nature Cluster
Group Leader of Functional Interconnection Group, Hybrid Materials Unit, NIMS

Guest Researcher, Max-Plank Institute for Metal Research, Germany
Associate Professor, Bioinspired Materials Group, Materials Science and Engineering, University of Tsukuba
Guest Associate Professor, Shibaura Institute of Engineering
Adjunct Professor, University of Niigata

Awards:
2000, Best Paper Award, 3rd Micro Electronics Symposium, Japan;

Recent Publications

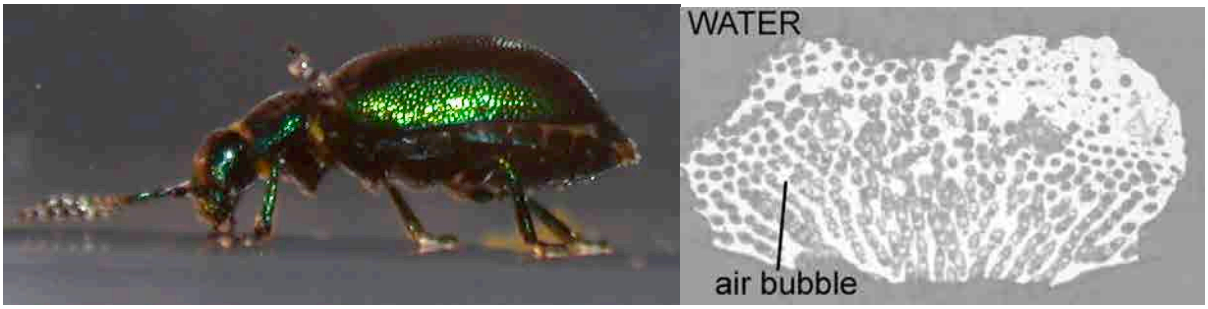
- Naoe Hosoda and Stanislav N.Gorb , "Underwater locomotion in a terrestrial beetle:combination of surface de-wetting and capillary forces", *Proceedings of the Royal Society B,* 279, pp.4236-4242, 2012
- Naoe Hosoda and Stanislav N.Gorb,"Friction force reduction triggers feet grooming behaviour in beetles", Proceedings of the *Royal Society B*, doi:10.1098/rspb.2010.1772, Published online, 2010
- Dagmar Voigt, Naoe Hosoda, Jan Schuppert, Stanislav Gorb "On the laboratory rearing of green dock leaf beetles Gastrophysa viridula (Coleoptera: Chrysomelidae)", 00, 1-6, *INSECT SCIENCE*, 2010
- E.V.Gorb, N.Hosoda, C.Miksch, S.N.Gorb, "Slippery pores: anti-adhesive effect of nanoporous substrates on the beetle attachment system", *Journal of the royal society interface*, 7, 1571-1579, 2010
- P.P. Goodwyn, Y. Maezono, N.Hosoda and K.Fujisaki, "Waterproof and translucent wings at the same time: problems and solutions in butterflies", *Naturwissenschaften, Springer*, vol. 96, no. 7, pp. 781-787, 2009
- Naoe Hosoda, "Gecko's wonder world", *Expected materials for the future*, Vol.7,no.4,pp5-7 (2007)
- Gerrit Huber, Stanislav N.Gorb, Naoe Hosoda, Ralph Spolenak and Eduard Arzt, "Influence of surface roughness on gecko adhesion", *Acta Biomaterialia*,3.4,pp.607-610,2007
- N.Hosoda, T.Suga, S.Obara and K.Imagawa, "UHV-Bonding and Reversible Interconnection", *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*,49.166, pp.197-202,2007
- Naoe Hosoda and Stanislav N.Goeb, "Influence of surface energy and roughness on adhesion of the beetle Gastrophysa viridula", *Journal of Biomechanics*,391,s349,2006
- A.G.Peressadko, N.Hosoda and B.N.J.Persson, "Influence of Surface Roughness on Adhesion between Elastic Bodies", *Physical Review Letters*,95,pp.124301-1 - 124301-4,2005
- N. Hosoda and T. Suga,"C_3F_8 Plasma fluorination of lead free solders for fluxless soldering", *Applied Surface Science*,227,pp.81-86,2004

Development of Biomimetic Underwater Adhesion Learning from a Beetle

Naoe Hosoda

Hybrid Materials Unit, National Institute for Materials Science,
Namiki 1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305-0044, Japan,
E-mail:Hosoda.Naoe@nims.go.jp

A leaf beetle *Gastrophysa viridula* can walk freely under water[1]. The beetle was used air bubbles trapped between adhesive hairs on the foot to walk under water. Hairy pads had a pinning effect, retaining the air bubbles on their feet. Bubbles in contact with the hydrophobic substrate de-wetted the substrate and produced capillary adhesion. The hairy pads had a contact on the substrate surface by de-wetting and produced adhesion. We propose a new underwater adhesion by mimicking a principle found in the beetle foot. The new adhesive is designed by creating a specific microstructure on the silicone polymer surface and tested using a force transducer. The various test substrates were used for evaluating the effect of surface energy on the adhesion force. The experimental results showed that the adhesive force underwater was stronger on the hydrophobic surfaces than on the hydrophilic ones. We attempted to apply the new adhesive on an miniature toy (mass 7 g). The area of 150 square millimeters of the adhesive was sufficient to hold the toy underwater. We also successfully demonstrated that the adhesives could be used repeatedly in multiple adhesive cycles.



(a) (b)

Fig.1(a) Beetle *Gastrophysa viridula* walking under water. (b) Contact areas (bright zones) of the air bubble with the substrate at the tarsomere of living beetle attached to the transparent polystyrene surface under water.

Reference

[1] Naoe Hosoda and Stanislav N.Gorb, *"Underwater locomotion in a terrestrial beetle:combination of surface de-wetting and capillary forces"*, Proceedings of the Royal Society B, 279, pp.4236-4242, 2012.

Seok (Sid) CHUNG, Associate Prof.

School of Mechanical Engineering

Korea University

E-mail: sidchung@korea.ac.kr

- Telephone: +82 (2) 3290-3352
- Fax: +82 (2) 926-9290
- Website: http://s-chung.com/micronano
- Address: 145 Anam-Ro, Seongbuk, Seoul, 136-713, Korea

Education & Academic Background

1996 B.S. Department of Mechanical Design and Production Engineering, Seoul National University
1998 M.S. Department of Mechanical Design and Production Engineering, Seoul National University
2002 Ph.D. School of Mechanical and Aerospace Engineering, Seoul National University
2000 - 2005 Team Manager, Digital Bio Technology Co. (NanoEnTek Inc.)
2004 - 2005 Senior Research Scientist, Korea BioIT Foundry Center
2005 - 2009 Postdoctoral Associate, MIT, Cambridge, MA
2007 - 2008 Technical Director, SKC Co.
2009 - 2012 Assistant Professor, School of Mechanical Engineering, Korea University
2012 - Associate Professor, School of Mechanical Engineering, Korea University

Award: 2011 Yong Scientist Award, The Korean BioChip Society

Recent Publications

- K.Yang+, S.Han+, Y.Shin, E.Ko, J.Kim, K.I.Park, S.Chung*, S.-W.Cho*, 2013, A microfluidic array for quantitative analysis of human neural stem cell self-renewal and differentiation in three-dimensional hypoxic microenvironment, Biomaterials, 34(28), 6607-6614
- Y.Shin, H.Kim, S.Han, J.Won, H.E.Jeong, E.-S.Lee, R.D.Kamm, J.-H.Kim*, S.Chung*, 2013, Extracellular Matrix Heterogeneity Regulates Three-Dimensional Morphologies of Breast Adenocarcinoma Cell Invasion, Advanced Healthcare Materials, 2(6), 790-794
- S.Han+, K.Yang+, Y.Shin, J.S.Lee, R.D.Kamm, S.Chung*, S.-W.Cho*, 2012, Three-dimensional extracellular matrix-mediated neural stem cell differentiation in a microfluidic device, Lab on a Chip, 12 (13), 2305-2308
- Y.Shin+, S.Han+, J.S.Jeon, K.Yamamoto, I.K.Zervantonakis, R.Sudo, R.D.Kamm* & S.Chung*, 2012, Microfluidic assay for simultaneous culture of multiple cell types on surfaces or within hydrogels, Nature Protocols, 7 (7), 1247-1259, *selected as cover*
- Y.Shin+, J.Jeon+, G.S.Jeong, S.Han, S.Shin, S.-H.Lee, R.Sudo, R.D.Kamm & S.Chung*, 2011, in vitro 3D collective sprouting angiogenesis under orchestrated ANG-1 and VEGF gradients, Lab on a Chip, 11(13), 2175-2181, *selected as back cover*
- S.Chung, R.Sudo, I.Zervantonakis, T.Rinchala & R.D.Kamm, 2009, Surface-Treatment-Induced Three-Dimensional Capillary Morphogenesis in a Microfluidic Platform, Advanced Materials, 21, 47, 4863-4867, *selected as cover*
- S.Chung, H.Yun, & R.D.Kamm, 2009, Nanointerstice-driven microflow, Small, 5(5), 609-613
- S.Chung, R.Sudo, P.J.Mack, C.-R.Wan, V.Vickerman & R.D.Kamm, 2009, Cell migration into scaffolds under co-culture conditions in a microfluidic platform, Lab on a Chip, 9, 269-275
- S.Chung, J.H.Lee, M.-W.Moon, J.Han & R.D.Kamm, 2008, Non-lithographic wrinkle nanochannels for protein preconcentration, Advanced Materials, 20 (16), 3011-3016

3D *ex vivo* Cancer Metastasis

Yoojin Shin, Sewoon Han, Hyo-Eun Jeong, Hyunho Kim and
Seok (Sid) Chung*

School of Mechanical Engineering, Korea University,
Anam, Seongbuk, Seoul, 136-713, Korea
E-mail:sidchung@korea.ac.kr

A simple but robust microfluidic assay for three-dimensional (3D) and heterotypic cell culture has been developed by incorporating hydrogel between micro channels. The novel 3D assay constructs well-defined biochemical and biophysical stimuli to be applied to multiple cell types interacting each other, thereby replicating many aspects of the *in vivo* cancer metastasis. Capabilities exist for time-dependent manipulation of microflows and chemical gradients as well as high-resolution real-time imaging for observing spatial-temporal single cell behavior, cell-cell interactions and communications and cell-matrix interactions. These assays can be used to study complex and heterogeneous conditions of cancer metastasis, including cell survival, proliferation, collective migration and morphogenesis under controlled stromal microenvironments. Applications include the study of previously unexplored various aspect of cancer metastasis, and have already provided new insights into how biochemical and biophysical factors regulate interactions between heterogenic cancer types three-dimensionally.

Dr. Ken-ichi Kimura, Prof.

Laboratory of Biology

Sapporo Campus

Hokkaido University of Education

E-mail: kimura.kenichi@s.hokkyodai.ac.jp

- Telephone: +81 (0)11-778-0347
- Fax: +81 (0)11-778-0347
- Website:
- Address: 5-1, Ai-no-Sato, Kita-Ku, Sapporo, 002-8075 JAPAN

Education & Academic Background

1981 Graduated from Faculty of Science, Zoological Institute, Hokkaido University
1983 Master of Science, Zoology, Graduate School of Science, Hokkaido University
1987 Doctor of Science, Zoology, Graduate School of Science, Hokkaido University
1987-1989 Research Fellow (post doc) of Department of Zoology, University of Washington, USA
1989-1990 Lecturer, Iwamizawa Campus, Hokkaido University of Education
1990-2003 Associate Professor, Iwamizawa Campus, Hokkaido University of Education
2003-2009 Professor, Iwamizawa Campus, Hokkaido University of Education
2009- Professor, Sapporo Campus, Hokkaido University of Education

Award: 2006 Drosophila Image Award (Genetics Society of America)

Recent Publications

- Daisuke Satoh, Ritsuko Suyama, **Ken-ichi Kimura**, Tadashi Uemura, High-resolution in vivo imaging of regenerating dendrites of Drosophila sensory neurons during metamorphosis: local filopodial degeneration and heterotypic dendrite-dendrite contacts, ***Genes to Cells***, 17: 939-951. 2012
- **Kimura, K-I.** Role of cell death in the formation of sexual dimorphism in the *Drosophila* central nervous system. ***Dev. Growth Differ.*** 53, 236-244. 2011
- Kuranaga, E., Matsunuma, T., Kanuka, H., Takemoto, K., Koto, A., **Kimura, K-I.** and Miura, M. Apoptosis controls the speed of looping morphogenesis in *Drosophila* male terminalia. ***Development*** 138, 1493-1499. 2011.
- Nojima, T., **Kimura, K-I**., Koganezawa, M., and Yamamoto, D. Neuronal synaptic outputs determine the sexual fate of postsynaptic targets. ***Curr. Biol*.** 20, 836-840. 2010.
- Shimono, K., Fujimoto, A., Tsuyama, T., Yamamoto-Kochi, M., Sato, M., Hattori, Y., Sugimura, K., Usui, T., **Kimura, K-I.**, and Uemura, T. Multidendritic sensory neurons in the adult *Drosophila* abdomen:origins, dendritic morphology, and segment- and age-dependent programmed cell death. ***Neural Dev*.** 4, 37. 2009.
- **Kimura, K-I.**, Hachiya, T., Koganezawa, M., Tazawa, T., and Yamamoto, D. Fruitless and Doublesex coordinate to generate male-specific neurons that can initiate courtship. ***Neuron*** 59, 759-769. 2008.
- Endo, K., Aoki, T., Yoda, Y., **Kimura, K-I.**, and Hama, C. Notch signal organizes the *Drosophila* olfactory circuitry by diversifying the sensory neuronal lineages. ***Nat. Neurosci***. 10, 153-160. 2007.
- **Kimura, K-I.**, Ote, M., Tazawa, T., and Yamamoto, D. *fruitless* specifies sexually dimorphic neural circuitry in the *Drosophila* brain. ***Nature*** 438, 229-233. 2005.
- **Kimura. K-I.**, Kodama, A., Hayasaka, Y., and Ohta, T. Activation of the AMP/PKA signaling pathway is required for post-ecdysial cell death in wing epidermal cells of *Drosophila melanogaster*. ***Development*** 131, 1597-1606. 2004.
- **Kimura, K.-I.**, Shimozawa, T. and Tanimura, T. Water loss through the integument in the desiccation-sensitive mutant, *parched*, of *Drosophila melanogaster*. ***J. Insect Physiol.*** 31, 573-580, 1985.

Formation of footpad during the pupal development in a fruit fly, *Drosophila melanogaster*

Ken-ichi Kimura*[a], Ryunosuke Minami[a], Chiaki Sato[a], Yumi Yamahama[b], Takahiko Hariyama[b]

[a]Lab. Biol., Sapporo Campus, Hokkaido University of Education, Sapporo, 002-8075, Japan, [b]Dept. Biol.,Hamamatsu University School of Medicine, Hamamatsu, 431-3192, Japan
E-mail: kimura.kenichi@s.hokkyodai.ac.jp

Insects that can walk on smooth surface have the specialized structures, footpads, on their legs. The footpad plays an important role in adhesion on the substrate surface. Investigation on mechanisms of adhesion and of formation in the footpad will help to develop a new nanotribology in mechanical engineering. Although the morphology and function of the footpad are relatively studied, the mechanism of the formation is elusive. *D. melanogaster* is one of the useful model insects to investigate the developmental mechanism of the footpads, because many powerful genetic tools are available.

In *D. melanogaster*, the hairy footpad, “pulvillus”, is present on the tip of the tarsal segment, pretarsus, of the leg. The footpad is formed from the leg disc during metamorphosis. We examined the developmental changes of the footpad during the pupal stage, using UAS/Gal4 system to label the specific cells by GFP marker expression. The observations revealed that the pupal epidermal cells dramatically move to make the complicated structure of pretarsus including footpad by mid-pupal stages. We also found that bundling of actin filaments in epidermal cell is involved in the formation of the hairy structure of the footpad.

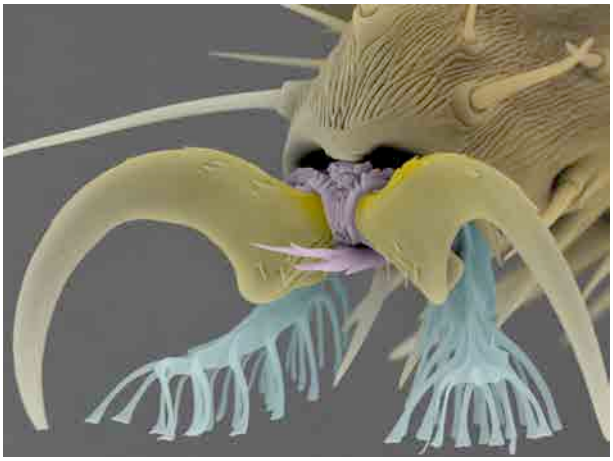


Figure 1. Footpad in leg pretarsus of *Drosophila melanogaster*

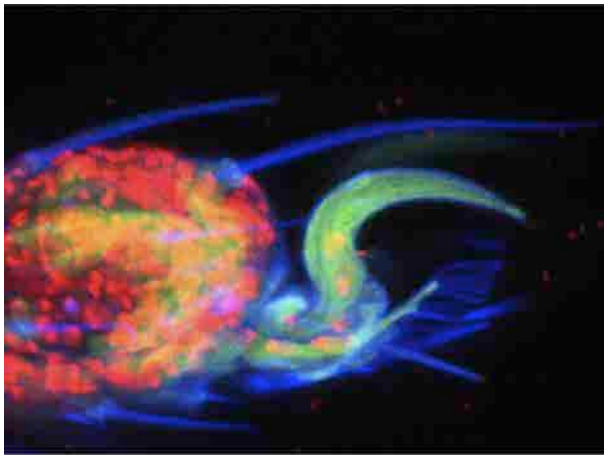


Figure 2. Pupal pretarsus

Dr. Hyungsun KIM, Prof.

School of Materials Engineering

Inha University

E-mail: kimhs@inha.ac.kr

- Telephone: +82-32-860-7545
- Fax: +82-32-864-3730
- Website: http://iml.inha.ac.kr/index.html
- Address: School of Materials Engineering, Inha University. 253, Yonghyun-dong, Nam-gu, Incheon, 402-751, Korea

Education & Academic Background

1983 B.S. in Metallurgical Engineering, Seoul National University, Korea
1985 M.Sc. in Metallurgical Engineering, Seoul National University, Korea
1989 Ph.D. in Materials Engineering, Imperial College London, UK
1989-1991 Research Fellow, Department of Materials, University of Oxford, UK
1991-2004 Professor, Dept. of Materials Science & Metallurgical Eng., Sunchon National University, Korea
1996-1997 Visiting Professor, University of New South Wales, Australia
2004- Professor, School of Materials Engineering, Inha University, Korea
2006-2012 SCOPUS Advisory & Content Selection Board (Elsevier)
2008-2011 President, Korean Society of Thermophysical Properties
2010- Director of Pioneer Research Center for Bio-Inspired Lightweight Ecomaterials, Korea
2011- Director of Center for Thermophysical Properties, Inha University
2011- Director of Institute of New Materials, Inha University
2012- Guest Professor, Wuhan University of Science and Technology, China
2012 President, Materials Research Society of Korea

Recent Publications

- D. Kim, S. Choi, H. Kim, “Effect of Crystallization in Frits on the Contact of Ag-Si under Fast Firing”, Ceram. Inter., 39, S595-S600 (2013)
- S. Samal, S. Cho, H. Kim, “Bimodal Distribution of Filler on Viscosity and Thermal Expansion of Glass Composites”, Ceram. Inter., 39, 1659-1666 (2013)
- D. Kim and H. Kim, “Effect of Bismate Frits Under Fast Firing on Reactions Between Ag Electrodes and Si Wafer for Si Solar Cells”, J. Am. Ceram. Soc., 96, 774-780 (2013)
- J. Kim, D. Kim, S. Hwang, H. Kim, “Highly Efficient and Stable Dye-sensitized Solar Cells from Adding Low Melting Point Glass Frits”, Met. Mater. Int., 18, 3, 539-544 (2012)
- S. Kim, S. Cho, J. Lee, S. Samal, H. Kim, “Relationship Between the Process Parameters and the Saturationpoint in Electrophoretic Deposition”, Ceram. Inter., 38, 4617–4622 (2012)
- S. Samal, S. Kim, H. Kim, “Effects of Filler Size and Distribution on Viscous Behavior of Glass Composites”, J. Am. Ceram. Soc., 95, 1595–1603 (2012)
- Y. Yu, H. Jung, J. Lee, S. Hwang, Y. Kim, H. Kim, “Silicon Dioxide Thin Film Derived from Polyphenylcarbosilane under an Oxidizing Atmosphere”, Thin Solid Films, 519, 5706-5711 (2011)
- I. Lee, S. Hwang, H. Kim, “Reaction Between Oxide Sealant and Liquid Electrolyte in Dye-sensitized Solar Cells”, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 95, 315-317 (2011)
- H. Jung, J. Lee, Y. Kim, H. Kim, “Mechanical and Dielectric Properties of Silicon Dioxide Film Fabricated from Polyphenylcarbosilane”, Adv. Appl. Ceram., 110, 433-436 (2011).

Exploring Eco-Material Technology in Bio-Inspired Lightweight Nano Composite

Hyungsun Kim*[a], Sunghwan Cho [a], and Heejun Jang [a]

[a] School of Materials Engineering, Inha University
253 Younghyun-dong, Namgu, Incheon, 402-751, Korea
E-mail: kimhs@inha.ac.kr

Bio-inspired technology can be applied for the mass production of high strength, high elasticity, and lightweight advanced materials. Multiscale structures of a biological material attribute its novel functionality. Thus, multiscale structuring can provide ideas and solution for the development of a desired material. This talk session introduces the research on light eco-mterials with high mechanical strength mimicking biological materials such as abalone shell, human hierarchical bone, and biological integument. The proposed research consists of two major phases: one involving nano-material technology and the other involving the development of three dimensional scaffolds and hybrid composites. Bio-inspired structures were realized into desired composites by using the layer-by-layer techniques with surface modified nano-particles, freeze casting method, and 3D optical patterning with infiltration technique. Exploring new sustainable and green material technology in bio-mimetics can provide a new opportunity for developing hybrid automobile interior/exterior components, energy-efficient buildings, and aerospace applications by utilizing bio-inspired structured nano-composite.

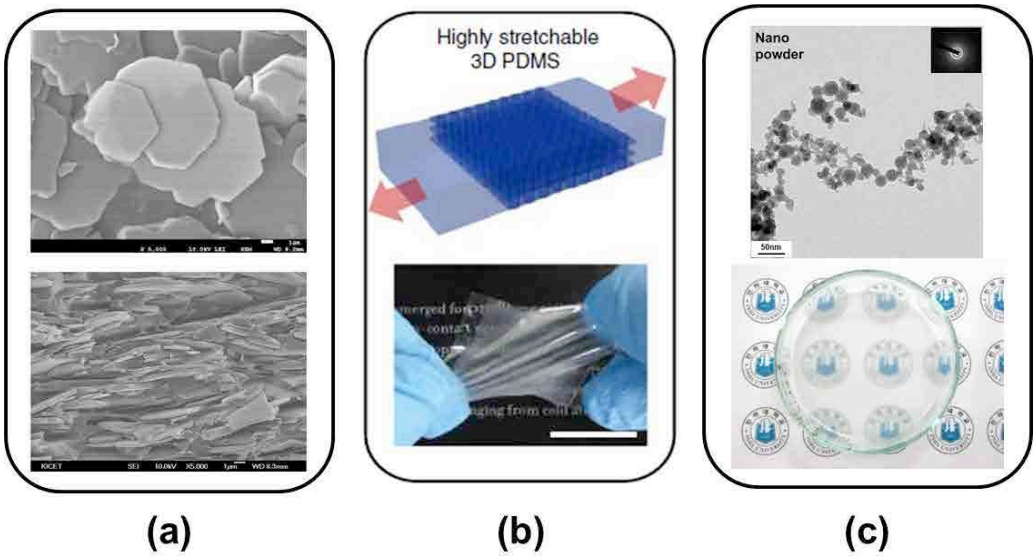


Fig. 1 Bio-inspired composites of (a) Al_2O_3 platelet / PMMA, (b) three dimensional PDMS, and (c) as-synthesized nano frit / PMHS

Dr. Chihiro URATA

Material Research Institute for Sustainable Development

National Institute of Advanced Industrial Science And Technology (AIST)

E-mail: chihiro-urata@aist.go.jp

- Telephone: +81 (0)52-736-7594
- Fax: +81 (0)52-736-7406
- Website: http://unit.aist.go.jp/mrisus/ja/group/dscmg.html
- Address: 2266-98, Anagahora, Shimoshidami, Moriyama, Nagoya, Aichi 463-8560, Japan

Education & Academic Background

2006 Graduated from Department of Applied Chemistry, School of Advanced Science and Engineering, Waseda University
2008 Master of Engineering, Department of Applied Chemistry, Graduate School of Advanced Science and Engineering, Waseda University
2011 Doctor of Engineering, Department of Applied Chemistry, Graduate School of Advanced Science and Engineering, Waseda University
2011- Durable Material Group, Material Research Institute for Sustainable DevelopmentNational Institute of Advanced Industrial Science And Technology (AIST)

Recent Publications

- C. Urata, B. Masheder, D. F. Cheng, A. Hozumi, “Unusual Dynamic Dewetting Behavior of Smooth Perfluorinated Hybrid Films: Potential Advantages over Conventional Textured and Liquid-Infused Perfluorinated Surfaces”, Langmuir 29 (40), 12472-12482 (2013).
- D. F. Cheng, B. Masheder, C. Urata, A. Hozumi, “Smooth Perfluorinated Surfaces with Different Chemical and Physical Natures: Their Unusual Dynamic Dewetting Behavior toward Polar and Nonpolar Liquids”, Langmuir 29 (36), 11322-11329 (2013).
- B. Masheder, C. Urata, A. Hozumi, “Transparent and Hard Zirconia-Based Hybrid Coatings with Excellent Dynamic/Thermoresponsive Oleophobicity, Thermal Durability, and Hydrolytic Stability” ACS Applied Material Interfaces 5 (16), 7899-7905 (2013).
- C. Urata, B. Masheder, D. F. Cheng, A. Hozumi, “A thermally stable, durable and temperature-dependent oleophobic surface of a polymethylsilsesquioxane film”, Chem. Communications 49, 3318-3320 (2013).
- J. Park, C. Urata, B. Masheder, D. F. Cheng, A. Hozumi, “Long perfluoroalkyl chains are not required for dynamically oleophobic surfaces” Green Chemistry 15 (1), 100-104 (2013).
- B. Masheder, C. Urata, D. F. Cheng, A. Hozumi, “Novel Transparent Zirconium-Based Hybrid Material With Multilayered Nanostructures: Studies of Surface Dewettability Toward Alkane Liquids” ACS applied materials & interfaces 5 (1), 154-163 (2013).
- C. Urata, B. Masheder, D. F. Cheng, A. Hozumi “How To Reduce Resistance to Movement of Alkane Liquid Drops Across Tilted Surfaces Without Relying on Surface Roughening and Perfluorination”, Langmuir 28 (51), 17681-17689 (2013).
- D. F. Cheng, C. Urata, B. Masheder, A. Hozumi, “A Physical Approach To Specifically Improve the Mobility of Alkane Liquid Drops”, Journal of the American Chemical Society 134 (24), 10191-10199 (2012).
- D. F. Cheng, C. Urata, M. Yagihashi, A. Hozumi, “A Statically Oleophilic but Dynamically Oleophobic Smooth Nonperfluorinated Surface”, Angewandte Chemie International Edition124 (12), 3010-3013 (2012).
- C. Urata, D. F. Cheng, B. Masheder, A. Hozumi, “Smooth, transparent and nonperfluorinated surfaces exhibiting unusual contact angle behavior toward organic liquids”, RSC Advances 2 (26), 9805-9808 (2012).

Nonperfluorinated Liquid-Repellent Coating Using Biophilic Compounds

Chihiro Urata[a], Benjamin Masheder[a], Daniel Miranda[a], Gary Dunderdale[a], and Hozumi Atsushi*[a]

[a]National Institute of Advanced Industrial Science And Technology (AIST)
2266-98, Anagahora, Shimoshidami, Moriyama, Nagoya, Aichi 463-8560, Japan
E-mail:a.hozumi@aist.go.jp

Perfluorinated compounds (PFCs) have been widely employed in a wide variety of engineering fields by taking advantages of their excellent liquid-repellent properties. However, their chemical and physical effects on human health and the environment have been lately viewed with suspicion.[1] An alternative method for preparing liquid-repellent coating without relying on the PFCs has been strongly demanded lately.

In this study, we report on the novel way to realize excellent liquid-repellency without relying on conventional surface texturing and PFCs.[2] Here, we have successfully demonstrated that the liquid-repellency toward various droplets, such as water, alcohols, and alkanes, can be tuned not only by the controlling surface chemistries (surface energies) but also the physical (solid-like or liquid-like) nature of the surface-tethered functional groups. Such liquid-repellent coatings were prepared based on the simple acid catalyzed sol-gel reaction using homo- or heteropolymerization of alkylsilanes and tetraalkoxysilanes (TAOSs) (Figure 1a). Due to the enhancement of the motion of functional groups by controlling their density, which are adjusted by the organic/inorganic compositions of the precursors, small volume of various droplets could be easily set in motion to move across and off our hybrid surfaces without pinning at low tilt angles (Figure 1b).

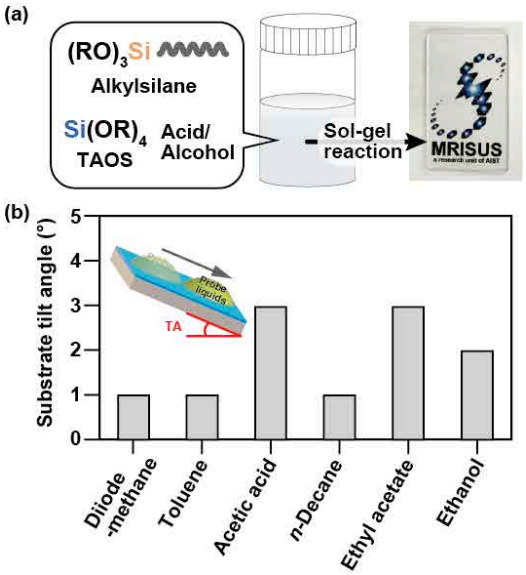


Figure 1 (a) Conceptual scheme of this study. (b) Substrate tilt angle data of hybrid coatings derived from decyltriethoxysilane and tetramethoxysilane for several probe liquids

Referrences:

[1] (a) A. B. Lindstrom, M. J. Strynar, and E. L. Libelo, *Environ. Sci. Technol.*, **45**, 7954 (2011); (b) Y. Zushi, J. N. Hogarh, and S. Masunaga, *Clean Technol. Environ. Policy*, **14**, 9 (2012).
[2] (a) C. Urata, D. F. Cheng, B. Masheder, and A. Hozumi, *RSC Adv.* **2**, 9805 (2012); (b) C. Urata, B. Masheder, D. F. Cheng, and A. Hozumi, *Langmuir* **28**, 17681 (2013); (c) C. Urata, B. Masheder, D. F. Cheng, and A. Hozumi, *Chem. Commun.*, **49**, 3318 (2013).

Acknowledgement: This work was partially supported by JSPS 24120005.

Dr. Ki Tae Nam, Prof.

Department of Materials Science and Engineering

Seoul National University

E-mail: nkitae@snu.ac.kr

- Telephone: +82 (0)10-6595-2006
- Fax: +82 (0)2-887-6388
- Website: http://www.nkitae.org/
- Address: Bldg. 33-105, 599 Gwanak-ro Gwanak-gu Seoul 151-744, Korea

Education & Academic Background

2000 Graduated from Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University
2002 Master of Material Science and Engineering, Seoul National University
2007 Doctor of Material Science and Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA
2007-2010 Postdoctoral Fellow, Molecular Foundry, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA
2010- Associate Professor, Department of Material Science and Engineering, Seoul National University

Award: 2009 Berkeley Nanotechnology Forum
People's Choice in BNF 2009 Poster Session
2009 National Inventors Hall of Fame Foundations
2006 Collegiate Inventors: National Competition, One of Seven Finalists
2006 Massachusetts Institutes of Technology: Outstanding PhD Thesis Research Award

Recent Publications

- Hae Lin Jang, Kyoungsuk Jin, Jaehun Lee, Younghye Kim, Seung Hoon Nahm, Kug Sun Hong, and Ki Tae Nam "Revisiting the Whitlockite, the Second Most Abundant Biomineral in Bone: Nanocrystal Synthesis in Physiologically Relevant Condition and Biocompatibility Evaluation" ACS Nano (2013).
- Uk Sim, Tae-Youl Yang, Joonhee Moon, Junghyun An, Jinyeon Hwang, Jung-Hye Seo, Jouhahn Lee, Kye Yeop Kim, Joohee Lee, Seungwu Han, Byung Hee Hong, and Ki Tae Nam, "N-doped Monolayer Graphene Catalyst on Silicon Photocathode for Hydrogen Production", Energy & Environ. Sci.(2013).
- M. Lee, J. Hong, D.-H. Seo, D. H. Nam, K. T. Nam, K. Kang, C. B. Park, "Redox Cofactor from Biological Energy Transduction as Molecularly Tunable Energy-Storage Compound", Angew. Chem. Int. Ed. 52, 1 (2013).
- Seong-Ho Shin , Luis R. Comolli , Rupert Tscheliessnig, Cheng Wang , Ki Tae Nam , Alexander Hexemer ,Cristina E. Siegerist , James J. De Yoreo , and Carolyn R Bertozzi,"Self-Assembly of "S-Bilayers", a Step Toward Expanding the Dimensionality of S-Layer Assemblies", ACS Nano 7, 4946 (2013).
- Jung-Hoon Park, Chunghyun Park, HyeonSeung Yu, Jimin Park, Seungyong Han, Jonghwa Shin, Seung Hwan Ko, Ki Tae Nam, Yong-Hoon Cho & YongKeun Park, "Subwavelength light focusing using random nanoparticles", Nature Photonics 7, 454 (2013).
- K. T. Nam, S. A. Shelby, P. H. Choi, A. B. Marciel, R. Chen, L. Tan, T. K. Chu, R. A. Mesch, B.-C. Lee, M. D. Connolly, C. Kisielowski, R. N. Zuckermann, "Free Floating ultra thin two dimensional crystals from sequence specific peptoid polymers", Nature Materials 9, 454-460 (2010).
- K. T. Nam, R. Wartena, P. J. Yoo, Y. J. Lee, P. T. Hammond, Y.-M. Chiang and A. M. Belcher, "Stamped microbattery electrodes based on the self assembled M13 viruses", Proceedings of the National Academy of Sciences 105, 17227 (2008).
- K. T. Nam, D.-W. Kim, P. J. Yoo, C.-Y. Chiang, N. Meethong, P. T. Hammond, Y.-M. Chiang and A. M. Belcher, "Virus enabled synthesis and assembly of nanowires for lithium ion battery electrodes", Science 312, 885 (2006).
- P. J. Yoo, K. T. Nam, J. Qi, S.-K. Lee, J. Park, A. M. Belcher and P. T. Hammond, "Spontaneous assembly of viruses on multilayered polymer surfaces", Nature Materials 5, 234 (2006).
- K. T. Nam, B. R. Peelle, S.-W. Lee and A. M. Belcher, "Genetically driven assembly of nanorings based on the M13 virus", Nano Letters 4(1), 23 (2004).

Revisiting Whitlockite, One of the Major Inorganic Components in Bone Tissue: Nanocrystal Synthesis and Evaluation as a Cell Scaffold

Ki Tae Nam*[a], Hae Lin Jang[a] and Kyoungsuk Jin[a], Jaehun Lee[a], Younghye Kim[a]

[a]Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University, Seoul, 151-744, Korea
E-mail:nkitae@snu.ac.kr

The synthesis of pure phase of whitlockite (WH: $Ca_{18}Mg_2(HPO_4)_2(PO_4)_{12}$) has been a long challenge despite the fact that it is one of the most abundant biominerals in the living creatures. Even though a few researches about the formation of WH in heterogeneous phases have been reported, until now, synthesizing WH without involving any effects of a buffer or other various secondary ions still remained difficult. For this reason, the related research fields have confronted difficulties and have not fully investigated. In this study, based on a systematic approach, we established a mass-scale synthesis technique for pure WH nanoparticles in physiologically relevant condition of ternary $Ca(OH)_2$-$Mg(OH)_2$-H_3PO_4 aqueous system. We utilized excess Mg^{2+} to disturb the growth of hydroxyapatite (HAP: $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) and the formation of other kinetically favored calcium phosphate intermediate phases. In addition, we designed and validated the synthesis conditions of WH under the acidic pH conditions required to dissolve HAP and to incorporate the HPO_4^{2-} into the atomic structure of WH. We showed that homogeneous phase of WH nanoparticles can be synthesized under Mg^{2+}-rich and acidic pH conditions. Notably, this synthesized WH nanoparticles demonstrated similar biocompatibility with HAP, and a lot better than its synthetic analogue β-tricalcium phosphate (β-TCP: $Ca_3(PO_4)_2$), which is also well-known biomaterial. Our novel methodology for investigating the precipitation conditions of WH is expected to provide a new platform for determining synthesis conditions of other valuable precipitants in aqueous systems.

Dr. Yasuyuki NOGATA, Research Scientist.

Biological Environmental Sector

Environmental Science Research Laboratory

Central Research Institute of Electric Power Industry

E-mail: noga@criepi.denken.or.jp

- Telephone: +81 (4)7182-1181
- Fax: +81 (4)7182-217-7922
- Website: http://criepi.denken.or.jp/jp/env/index.html
- Address: 1646, abiko, abiko-shi, Chiba, 270-1194, Japan

Education & Academic Background

1996 Graduated from Department of fisheries Science, Faculty of Agriculture, University of Tokyo
1998 Master of Aquatic Bioscience, Graduate School of Agricultural and Life Science, University of Tokyo
1998- Research Scientist, Central Research Institute of Electric Power Industry
2004 Doctor of Agriculture, University of Tokyo
2009-2010 Visiting scholar of The Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong

Award:

Recent Publications

- Fujiwara, S.; Akima, C.; Yoshimura, E.; Nogata, Y.; Chiba, K.; Kitano, Y. “Bio-organic and anti-barnacle studies of fluorescence-labeled probe compounds against cyprids of barnacles” *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **2013**, *445*, 88-92.
- Zhang, Y.; Kitano, Y.; Nogata, Y.; Zhang, Y.; Qian, P.-Y. “The mode of action of isocyanide in three aquatic organisms, *Balanus amphitrite*, *Bugula neritina* and *Danio rerio*” *PLoS One*, **2012**, *7(9)*, 45442.
- Wakabayashi, K; Sato, R.; Ishii, H.; Akiba, T.; Nogata, Y.; Tanaka, Y. “Culture of phyllosomas of *Ibacus novemdentatus* (Decapoda: Scyllaridae) in a closed recirculating system using jellyfish as food.” *Aquaculture*, **2012**, *330-333*, 162-166.
- Nishikawa, K; Nakahara, H; Shirokura, Y; Nogata, Y.; Yoshimura, E; Umezawa, T; Okino, T; and Matsuda, F. “Total Synthesis of 10-Isocyano-4-cadinene and Its Stereoisomers and Evaluations of Antifouling Activities.” *J. Org. Chem.*, **2011**, *76(16)*, 6558-6573.
- Nogata, Y.; Tokikuni, N.; Yoshimura, E.; Sato, K.; Endo, N.; Matsumura, K.; Sugita, H. “ Salinity limitations on larval settlement of four barnacle species” *Sessile Organisms*, **2011**, *28(2)*, 47-54.
- Dash S.; Nogata, Y.; Zhou X.; Zhang Y.; Xu Y.; Guo X.; Zhang X.; Qian P. Y. "Poly-ethers from Winogradskyella poriferorum: Antifouling potential, time-course study of production and natural abundance." *Bioresour. Technol*., **2011**, *102(16)*, 7532-7537.
- Ahmed, N.; Murosaki, T.; Kakugo, A.; Kurokawa, T; Gong, J. P.; Nogata, Y. "Long-term in situ observation of barnacle growth on soft substrates with different elasticity and wettability" *Soft Matter*, **2011**, *16*, 7281-7290.
- Kitano, Y.; Akima, C.; Yoshimura, E.; Nogata, Y. "Anti-barnacle activity of novel simple alkyl isocyanides derived from citronellol" *Biofouling*, **2011**, *27(2)*, 201-205.
- Endo N.; Sato K.; Matsumura K.; Yoshimura E.; Odaka Y.; Nogata, Y. “Species-specific detection and quantification of common barnacle larvae from the Japanese coast using quantitative real-time PCR.” *Biofouling*, **2010**, *26(8)*, 901-11.
- Nishikawa, K; Nakahara, H; Shirokura, Y; Nogata, Y.; Yoshimura, E; Umezawa, T; Okino, T; and Matsuda, F. “ First Total Synthesis of 10-isocyano-4-cadinene and Determination of its absolute Configration.” *Org. Lett.* **2010**, *12(5)*, 904-907.
- Endo, N.; Nogata, Y.; Yoshimura, E.; and Matsumura, K.” Purification and partial amino acid sequence analysis of the larval settlement-inducing pheromone from adult extracts of the barnacle, *Balanus amphitrite* (=*Amphibalanus amphitrite*).” *Biofouling* , **2009**, *25(5)*:429-34.

Problems of Marine Fouling and Its Prevention Studies with Environmental Friendly New Technology

Yasuyuki, Nogata*[a]

[a]Environmental Science Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry

1646, Abiko, Abiko-Shi, Chiba, 270-1194, Japan,
E-mail:noga@criepi.denken.or.jp

Excessive growth of fouling organisms on such as ship hulls, fisheries nets and power plants causes technical and economic problem worldwide. Recently, invasive foreign species which were carried and released by ballast water and/or ship hulls are becoming to cause damages to native species and the ecosystem. To prevent settlement of sessile organisms, paints containing organotin compounds and cuprous oxide compounds have been commonly used. However, the use of these metal-based compounds has been brought to public attention by many reports of environmental contamination. Therefore, antifouling technologies that are not only effective and but also environmentally friendly are urgently needed.

In order to apply not only effective but also "environmentally friendly" antifouling methods, many attempts were made to search novel non-toxic antifouling materials and chemicals based on settlement mechanisms of sessile organisms. The barnacle is one of the most often used species for fouling control experiments. This presentation describes recent antifouling researches, such as surface wettability, surface micro-topographies, and marine natural products, based on barnacle's settlement mechanisms.

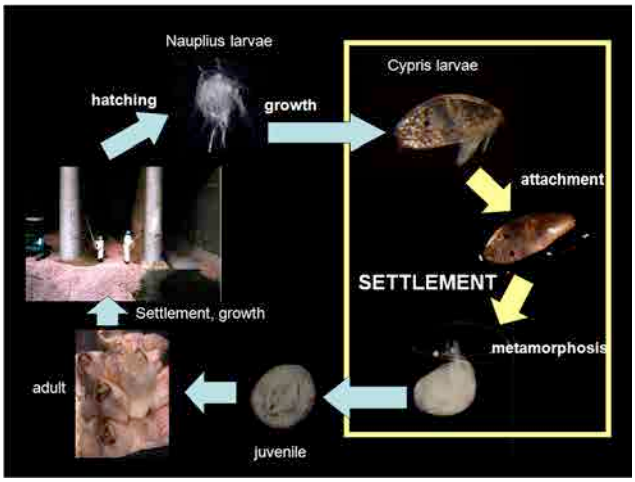


Fig1 Lifecycle of barnacle

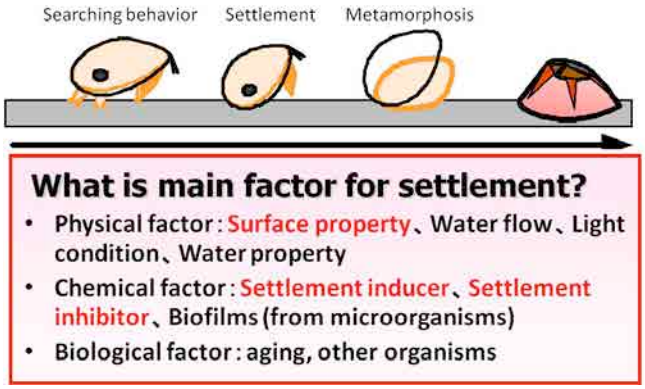


Fig2 Possible barnacle's settlement factors

Dr., Dr.-Eng., Daniel BEYSENS

Ecole Sup. de Physique et Chimie Industrielle Paris-Tech

Commissariat à l'Energie Atomique et Energies Alternatives

Paris & Grenoble (France)

E-mail: Daniel.beysens@espci.fr

- Telephone: +33 (0)6 89 86 4717
- Fax: +33 (0)1 40 79 4522
- Website: http://opur.fr
- Address: ESPCI-PMMH, 10 rue Vauquelin, Paris, France

Education & Academic Background

1999- : President of the OPUR International Organization for Dew Utilization
2000- : Director of the CEA-CNRS-ESPCI « Equipe du Supercritique pour l'Environnement, les Matériaux et l'Espace »
2003-2007:President of the European Low Gravity Research Association
2000- : Coordinator of the ESA International Topical Team on "Chemical Reactions in Supercritical Fluids"
1995-1999: Director of the Institut of Fundamental Research on Condensed Matter at CEA - Grenoble
1995 Habil. PhD, University Paris 11, Paris
1991-1995: Director of the Dpt. of Condensed State at CEA - Saclay
1988-1991: Vice-Director of the Dept. of Solid State and Magnetic Resonance at CEA - Saclay
1973-1988: Senior scientist & group leader at CEA – Saclay
1973 Doctor of Engineering, University Paris6, Paris
1970 Master of Quantum Optics, University Paris13, Paris
1969 Graduated from the Superior Engineering School Institut d'Optique Paris

Awards:
2012:"Loyalty" award, bestowed by the Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems Organization
2008: "Emergence" award, bestowed by the French Minister of Research
2007: Prize of Innovative Technologies for the Environment, bestowed by ADEME.
2000: "Gaz de France" Prize in Fluid Physics, bestowed by the Academy of Science.
1995: National Order "Chevalier des Palmes Académiques", bestowed by the French Ministry of Education
1985: Ancel Prize in Condensed matter Physics, bestowed by the French Physical Society.
1985: Invited scholar at UCLA, Chemistry and Biochemistry Dpt.

Recent Publications

- D. Beysens, F. Broggini, I. Milimouk-Melnytchouk, J. Ouazzani, N. Tixier, New Architectural Forms to Enhance Dew Collection, Chemical Engineering Transactions 34, 79-84 (2013); DOI: 10.3303/CET13340
- I. Lekouch, K. Lekouch, M. Muselli, A. Mongruel, K. Kabbachi, D. Beysens, Rooftop dew, fog and rain collection in southwest Morocco and predictive dew modeling using neural networks, Journal of Hydrology 448–449, 60–72 (2012) 14
- G. Sharan, O. Clus, S. Singh, M. Muselli, D. Beysens, A very large dew and rain ridge collector in the Kutch area (Gujarat, India), J. of Hydrology 405, 171-181 (2011)
- I. Lekouch, M. Mileta , M. Muselli, I. Milimouk-Melnytchouk, V. Šojat, B. Kabbachi, D. Beysens, Comparative chemical analysis of dew and rain water (Zadar, Croatia), Atmospheric Research 95 (2010) 224–234
- O. Clus, J. Ouazzani, M. Muselli, V. S. Nikolayev, G. Sharan, D. Beysens, Comparison of Various Radiation-cooled Dew Condensers Using Computational Fluid Dynamics, Desalination 249 (2009) 707–712
- French patent FR2917417 (A1), 19 décembre 2008 "Utilisation d'une composition comprenant une matrice polymère pour le refroidissement radiatif naturel et la condensation d'eau", D. Beysens, O.Clus, M. Muselli

Boundary effects in dew formation

Daniel Beysens[a,b]

[a]ESPCI-PMMH, 10 rue Vauquelin, 75005 Paris, France
[b]CEA-INAC, Grenoble, France
E-mail: daniel.beysens@espci.fr

Dew (also called “Breath Figures” in the laboratory) is the dropwise condensation of water vapor on a substrate. In many regions of the world, dew water could serve as an additional water source, supplementing rain and fog water collection. An important concern is to improve water collection from the condensing surfaces. Natural wipers are however present in the dew process: when one carefully observes the runoff of water drop condensing on windows, one realizes that the drops mostly start to flow from the top edge of the window. Here they grow faster than in the middle of the surface.

Dedicated experimental investigation of droplet growth have thus been conducted on several cooled substrates in a dew condensation chamber. The mean droplet radius obeys the same growth law $\langle R_i \rangle \approx At$ on geometrical and thermal boundaries than in the middle of the condensing surface. The prefactor A, however, is larger at the substrate boundaries than in the middle of the substrate. Drops near a boundary can grow faster because they collect more water vapor, experiencing less competing effects than in the middle of the surface.

This is true when mass diffusion controls the growth process, that is, the condensing substrate has a high thermal conductivity. When it is not the case, edge effects can be cancelled as it is the case on PMMA substrates. The case of natural dew is more complex as cooling is ensured by a surface radiative process with thermal and mass diffusion boundary layers competing to control growth. For instance, the sharpest object as e.g. a cactus spine should increase mass diffusion, however the heat losses will also increase at the same time

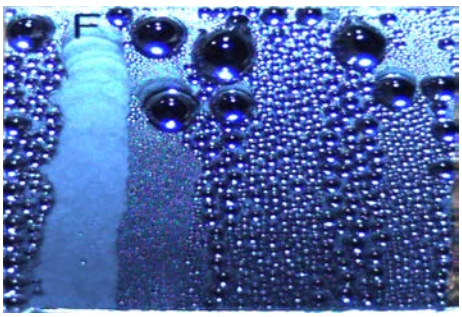


Figure 1. Water condensation on a 20mm×20mm Al plate showing the shedding of large droplets issued from the top edge.

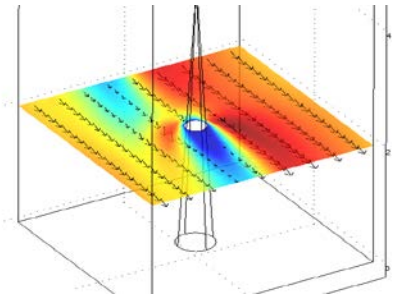


Figure 2. 3D simulation of hydrodynamics boundary layer along a cactus spine..

Satoru Kidoaki, Ph.D, Prof.

Institute of Materials Chemistry and Engineering, Kyushu University

744 Motooka, Nishi-ku, Fukuoka 819-0395, JAPAN

Phone: +81-92-802-2507

FAX: +81-92-802-2509

E-mail: kidoaki@ms.ifoc.kyushu-u.ac.jp

Education & Academic Background:

1993	BC Faculty of Science, Nagoya University
1995	MC Graduate School of Human Informatics, Nagoya University
1998	Ph.D. Nagoya University (Biophysical Chemistry)
1998-2000	Postdoctoral researcher: Department of Bioengineering, National Cardiovascular Center Research Institute
2000-2001	Postdoctoral researcher: Faculty of Science, Kyoto University, CREST of JST
2001-2006	Associate Professor: Division of Biomedical Engineering, Graduate School of Medicine, Kyushu University
2006-present	Professor: Laboratory of Biomedical and Biophysical Chemistry, IMCE, Kyushu University

Recent Publications :

- S. Kidoaki*, H. Sakashita, Rectified cell migration on saw-like micro-elastically patterned hydrogels with asymmetric gradient ratchet teeth, *PLOS One*, **8(10),**e78067, 2013.
- H. Yoshikawa, T. Kawano, T. Matsuda, S. Kidoaki*, M. Tanaka*, Morphology and adhesion strength of myoblast cells on photocurable gelatin under native and non-native micromechanical environments, *J. Phys. Chem. Part B*, **117,**4081-4088, 2013.
- T. Okuda, Y. Tahara, N. Kamiya, M. Goto, and S. Kidoaki*, S/O-nanodispersion electrospun fiber mesh effective for sustained release of healthy plasmid DNA with the structural and functional Integrity, *Journal of Biomaterials Science: Polymer Edition,* **24,** 1277-1290, 2013.
- T. Kuboki, F. Kantawong, R. Burchmore, M.J. Dalby, S. Kidoaki*, 2D-DIGE proteomic analysis of mesenchymal stem cell cultured on the elasticity-tunable hydrogels, *Cell Structure and Function* , **37,**127-139, 2012.
- M. Horning, S. Kidoaki, T. Kawano, K. Yoshikawa, Rigidity-matching between cells and the extracellular matrix leads to the stabilization of cardiac conduction, *Biophys. J.* , **102,** 379-387, 2012.
- T. Kawano and S. Kidoaki*, Elasticity boundary conditions required for cell mechanotaxis on microelastically-patterned gels, *Biomaterials* , **32,** 2725-2733, 2011.
- S. Kidoaki*, Mechanics in cell adhesion and motility on the elastic substrates, *J. Biomech. Sci. Eng.*, **5,** 218-228, 2010.
- T. Okuda, K Tominaga, and S. Kidoaki*, Time-programmed dual release formulation by multi-layered drug-loaded nanofiber meshes, *J. Control. Release,* **143 (2),** 258-264, 2010.

Mechanobio-Materials Manipulating Cell Motility and Functions

Satoru Kidoaki

Institute for Materials Chemistry and Engineering,
Kyushu University, Japan
E-mail: kidoaki@ms.ifoc.kyushu-u.ac.jp

Cells sense surface rigidity of culture substrate, interpret the mechanical condition as mechano-signals, and modulate their functions and behaviors including adhesion, motility, proliferation, and differentiation. Recently, cell-manipulation technology to control the mechanobiologic behaviors has drawn much attention in the bioengineering fields. As the advanced trends in the biomaterial researches, we focus on the mechanical cell manipulation based on sophisticated design of micromechanical milieu of extracellular matrix using the elastically-patterned hydrogels in this presentation. Control of cell motility on the well-designed elasticity gradient materials, i.e., control of mechanotaxis, and manipulation of stem cell differentiation on the elasticity-micropatterned gels are presented.

First, we addressed on the understanding and control of cell mechanotaxis, which might provide a basis for designing mechanobio-materials to manipulate cell motility. To establish the condition to induce cell mechanotaxis, we have developed the photolithographic surface microelasticity patterning method for fabricating a cell-adhesive hydrogel with a microelasticity-gradient (MEG) surface using photocurable styrenated gelatin. Patterned MEG gels with different strength of elasticity gradient and with different shape of the elasticity boundary were systematically fabricated and the induction efficiency of mechanotaxis for each condition was investigated. Essential condition to induce mechanotaxis was found to be enough sharp elasticity jump in the region where a single cell can adhere and sense it. In addition to the elasticity gradient condition, importance of the curvature of the boundary was clarified. Secondary, based on these elasticity-engineering of culture matirx, we present the control of localization of stem cells on hard and soft regions, which enables dynamic control of input of mechano-signals from elastic substrate in the moving process of cells. The concept and perspective of the biomaterials that manipulate cell mechanobiology, i.e., mechanobio-materials, are discussed.

Dr. Seung-Yop LEE, Prof.

Department of Mechanical Engineering

Sogang University

E-mail: sylee@sogang.ac.kr

- Telephone: +82-2-705-8638
- Fax: +82-2-712-0977
- Website: http://ispdl.sogang.ac.kr
- Address: #1, Shinsu-dong, Mapo-ku, Seoul 121-742, Korea

Education & Academic Background

1989 B.S. Dept. of Mechanical Engineering, Seoul National University
2000 M.S. Dept. of Mechanical Engineering, University of California, Berkeley
2005 M.S. Dept. of Mechanical Engineering, University of California, Berkeley
2011 Visiting Professor, Department of Bioengineering, University of California, Berkeley
1997- Now, Professor, Department of Mechanical Engineering, Sogang University
Currently, Vice-Chair of Bioengineering Division, The Korean Society of Mechanical Engineers
President, The Korean Research Association of Intelligent Design

Recent Publications

- X. Z. Li, S. Kim, W. Cho, S.-Y. Lee, "Optical detection of nanoparticle-enhanced human papillomavirus genotyping microarrays", Biomedical Optics Express, 4(2), 187-192 (2012)
- W. Yang, H. Choi, S.Choi, M. Jeon and S.-Y. Lee, “Carbon nanotube-graphene composite for ionic polymer actuators”, Smart Materials and Structures, 21, 055012 (2012)
- B.H. Shin, D. H. Oh, S.-Y. Lee, A Two-dimensional Laser Scanning Mirror using Motion-Decoupling Electromagnetic Actuators, Sensors, 13, 4146-4156 (2013)
- B. H. Shin, S.-W. Choi, Y.-B. Bang and S.-Y. Lee, “An earthworm-like actuator using segmented solenoids”, Smart Materials and Structures, 20, 105020 (2011)
- Y. Park, K.-E. Kim, S.-J. Kim, J.-G., Y.-H. Joo, B.-H. Shin, S.-Y. Lee and K. Cho, “Wide measurement range scanning heterodyne interferometer utilizing astigmatic position sensing scheme”, Optics Letters, 36, 3112-3114 (2011)
- B.H. Shin, K.-H. Kim, S.-Y. Lee, “Active magnetic inertia latch for hard disk drives”, Microsystem Technologies, 17, 127-132 (2011)
- J. H. Kim, J. Moon, S.-Y. Lee, and J. Park, “Biologically inspired humidity sensor based on three dimensional photonic crystals”, Applied Physics Letters, 97, 103701 (2010)
- W. Yang, S.-Y. Lee and B.-J. You, “A piezoelectric actuator with a motion-decoupling amplifier for optical disk drives”, Smart Materials and Structures, 19, 065027 (2010)
- K.-H. Kim, S.-Y. Lee and S. Kim, “A mobile auto-focus actuator based on a rotary VCM with the zero holding current”, Optics Express, 17(7) 5891-5896 (2009)
- S.-Y. Lee, V. Yim, J. Kim, J. Park, “DVD Pick-up Based Optical Detection for Diffusive Mixing in Microchannels”, Biochip Journal, 3(1) 21-27 (2009)
- S. Kim, X. Z. Li, S. Lee, K.-H. Kim, S.-Y. Lee, "Nano-pulsed laser irradiation scanning system for phase-change materials", Ultramicroscopy, 108, 1110-1114 (2008)
- B. Choi, S.-Y. Lee, T. Kim and S. S. Baek, "Dynamic Characteristics of Vertically Coupled Structures and the Design of a Decoupled Micro Gyroscope", Sensors, 7(6) 3706-3718 (2008)
- K.-H, Kim, S.-Y. Lee, S. Kim, S.-G. Jeong, "DNA microarray scanner with a DVD pick-up head," Current Applied Physics, 8, 687-691 (2008)
- J.-G. Oh, B. Choi, S.-Y. Lee, “SAW based passive sensor with passive signal conditioning using MEMS A/D converter”, Sensors and Actuators: A-PHYSICAL 141(9) 631-639 (2008)

Biomimetic Color-Changing Humidity Sensor Mimicking Isabella Longhorn Beetles

Seung-Yop Lee* and Han-Bok Seo

Department of Mechanical Engineering, Sogang University,
Shinsu-Dong, Mapo-Gu, Seoul 121-742, Republic of Korea
E-mail:sylee@sogang.ac.kr

Structural coloration in nature, such as butterfly wings, beetle cuticles and peacock feathers, has attracted considerable attention. Structure-dependent color is caused by the interaction of light with photonic crystal structures rather than pigments. Some insects show a dramatic change in structural color reacting to external excitations. The colormetric phenomenon has been applied in the design of color-changing sensors. The elytra of longhorn beetles *Tmesisternus isabellae*, as shown in Fig. 1, appear iridescent green in a dry state and change into red under wet state. The images of periodic nanostructures of the elytra are shown in Fig. 2. Based on the theoretical analysis on the structural color of the longhorn beetle, we have designed and manufactued three-dimensional photonic crystals with opal structures using colloidal particles for the colormetric humidity detection. For the self-assembly process of colloidal particles, the capillary force, evaporation and centrifugal force have been applied in order to manufacture large-scale photonic crystals without defects. Fig. 3(a) shows structural color changes from green to red as the humidity increases. The scanning electron microscopy image in Fig. 3(b) shows the large-scale three-dimensional opal structures to minimize defects.

Fig. 1. Visual images of *Tmesisternus isabellae* in the dry and wet.

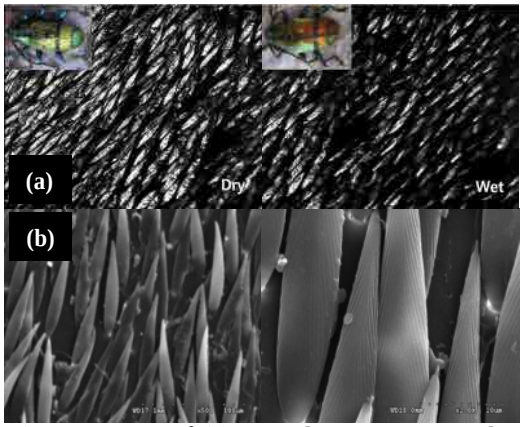


Fig. 2. Images of (a) optical microscope in the dry and wet state, and (b) SEM of photonic crystals in elytra part.

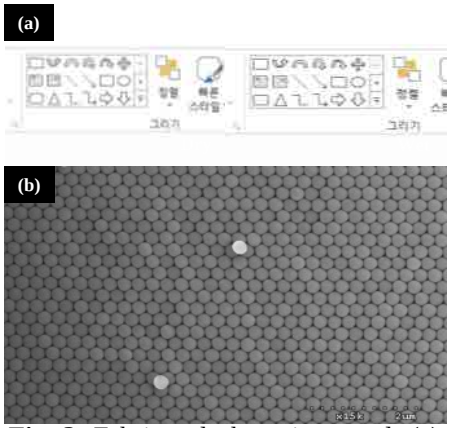


Fig. 3. Fabricated photonic crystal. (a) structural color changes as the humidity. (b) Opal structure having lower defects.

Dr. Naoki MORI, Associate Professor

Applied Life Sciences

Graduate School of Agriculture

Kyoto University

E-mail: mokurin@kais.kyoto-u.ac.jp

- Telephone: +81 (0)75-753-6307
- Fax: +81 (0)75-753-6312
- Website: http://poly.tagen.tohoku.ac.jp/Site/Top.html
- Address: Kitashirakawa, Sakyo, Kyoto 606-8502, Japan

Education & Academic Background

1986 Graduated from Department of Applied Biochemistry, Faculty of Agriculture, University of Tsukuba
1988 Master of Agricultural Chemistry, Graduate School of Agriculture, Kyoto University
1988 Research Associate, Institute of Agrochemicals, Kureha Corporation
1996 Doctor of Agriculture, Kyoto University
1997 Assistant Professor, Agricultural Chemistry, Department of Agriculture, Kyoto University
1998-2000 Visiting Research Fellows of United States Department of Agriculture, Center for Medical, Agricultural, and Veterinary Entomology
2004 Associate Professor, Agricultural Chemistry, Department of Agriculture, Kyoto University
2007 Associate Professor, Applied Life Sciences, Graduate School of Agriculture, Kyoto University

Award: 2000 Certificate of appreciation for superior service in studies on metabolism of volicitin by lepidopteran larvae for the USDA, ARS, CMAVE (United States Department of Agriculture)

Recent Publications

- T. Aboshi, N. Shimizu, Y. Nakajima, Y. Honda, Y. Kuwahara, H. Amano, N. Mori, “Biosynthesis of linoleic acid in *Tyrophagus* mites (Acarina: Acaridae)” Insect Biochemistry and Molecular Biology, 43, 991-996 (2013).
- T. Aboshi, R. Nishida, N. Mori, “Identification of plasmalogen in the gut of silkworm (*Bombyx mori*)” Insect Biochemistry and Molecular Biology, 42, 596-601 (2012).
- G. Maruno, N. Mori, Y. Kuwahara, “Chemical Ecology of Astigmatid Mites LXXXVII. S-(+)-Isopiperitenone: Reidentification of the Alarm Pheromone as the Female Sex Pheromone in *Tyrophagus similis* (Acari: Acaridae)” Journal of Chemical Ecology, 38, 36-41 (2012).
- N. Mori, N. Yoshinaga, “Function and evolutionary diversity of fatty acid amino acid conjugates in insects” Journal of Plant Interactions, 6, 103-107 (2011).
- T. Aboshi, N. Yoshinaga, R. Nishida, N. Mori, “Phospholipid biosynthesis in the gut of *Spodoptera litura* larvae and effects of tannic acid ingestion” Insect Biochemistry and Molecular Biology, 40, 325-330 (2010).
- N. Yoshinaga, H.T. Alborn, T. Nakanishi, D.M. Suckling, R. Nishida, J.H. Tumlinson, N. Mori, “Fatty acid-amino acid conjugates diversification in lepidopteran caterpillars” Journal of Chemical Ecology, 36, 319-325 (2010).
- H. Nakao, I. Matsunaga, D. Morita, T. Aboshi, T. Harada, N. Nakagawa, N. Mori, M. Sugita, “Mycolyltransferase from *Mycobacterium leprae* excludes mycolate-containing glycolipid substrate” Journal of Biochemistry, 146, 659-665 (2009).
- H. Sasai, M. Ishida, K. Murakami, N. Tadokoro, A. Ishihara, R. Nishida, N. Mori, “Species specific glucosylation of DIMBOA in larvae of the rice armyworm” Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 73, 1333-1338 (2009).
- N. Yoshinaga, T. Aboshi, H. Abe, R. Nishida, H.T. Alborn, J.H. Tumlinson, N. Mori, “Active role of fatty acid amino acid conjugates in nitrogen metabolism in *Spodoptera litura* larvae” Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 105, 18058-18063 (2008).

Mimicking Larval Feeding Damage by Using Insect-Produced Elicitors

Naoki Mori[a], Naoko Yoshinaga[a], Takako Aboshi[a], and Eric A Schmelz[b]

[a]Applied Life Scuiences, Kyoto University,
[b]USDA ARS, CMAVE,
Kitashirakawa Oiwake, Sakyo, Kyoto, 606-8502, Japan,
E-mail: mori.naoki.8a@kyoto-u.ac.jp

Herbivore attack triggers rapid and dynamic biochemical changes in most plants, which in turn function as direct and indirect defenses. A typical example of indirect plant defense is the recruitment of natural enemies via volatile organic compounds (VOCs). VOCs are released by herbivore-attacked plants and function as chemical cues enabling parasitoids and predators to locate thier hosts and prey (Fig. 1). VOC production is greatly amplified by elicitors present in herbivore oral secretions. Volicitin [*N*-(17-hydroxylinolenoyl)-L-glutamine], was originally identified in the oral secretions of *Spodoptera exigua* larvae (Lepidoptera) and is one of the most broadly active elicitors of VOCs. Our previous study revealed that hydroxylation on the 17th position of linolenic acid moiety of *N*-linolenoyl-L-glutamine resulted in a 3-fold increase in elicitor activity measured in corn seedling bioassays. Here, we identified *N*-(18-hydroxylinolenoyl)-L-glutamine (18OH-volicitin) from oral secretions of tobacco hornworm (THW) *Manduca sexta* larvae. Interestingly, leaves from eggplant and corn respond differently to this newly described elicitor analog. 18OH-Volicitin displayed activity equal to *N*-linolenoyl-L-glutamine when applied on corn seedlings which is not a host plant for THW larvae. In contrast, established Solanaceous host plants of THW, namely eggplant and tobacco, released twice the amount of VOCs when leaves were treated with 18OH-volicitin compared to that of *N*-linolenoyl-L-glutamine. There was no significant difference in the potency of elicitor activity comparing 17OH- and 18OH-volicitin in either eggplant or tobacco. Solanaceous plants are attacked not only by THW but also by other lepidopteran species that produce the more common 17OH-volicitin. These data suggest that plants have developed flexible detection systems that are able to robustly respond to a range of related elicitors present in relevant herbivores. These insights into elicitor structure/activity relationships will be useful in further probing the nature of the predicted plant receptors mediating this response and ultimately the targeted enhancement of crop plant defenses.

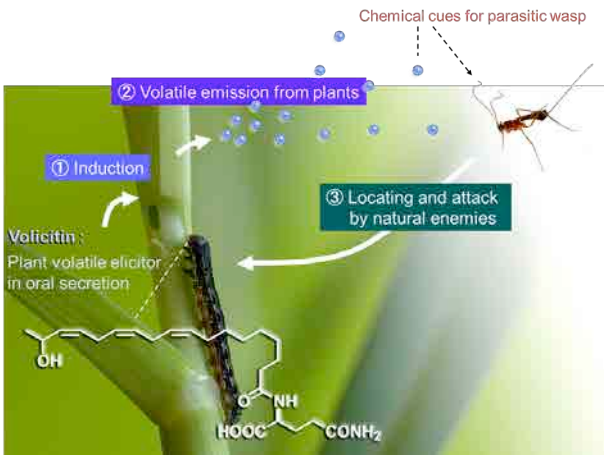


Fig. 1 Herbivore-plant interaction and volicitin

Dr. Hyung-Soon PARK, Prof.

Neuro-Rehabilitation Engineering Laboratory

Department of Mechanical Engineering

Korea Advanced Institute of Science and Technology

E-mail: hyungspark@kaist.ac.kr

- Telephone: +82 (42)350-3038
- Fax: +82 (42)350-3210
- Website: http://rehab.kaist.ac.kr
- Address: 291 Daehakro, Yuseonggu, Daejeon, Korea

Education & Academic Background

1994 B.S. Department of Precision Engineering & Mechatronics, KAIST
1996 M.S. Department of Mechanical Engineering, KAIST
2004 Ph.D. Department of Mechanical Engineering, KAIST
2004-2009 Research Associate/Research Scientist, Rehabilitation Institute of Chicago
2007-2009 Research Assistant Professor, Northwestern University
2009-2013 Staff Scientist, National Institutes of Health
2009-2013 Affiliated Faculty, George Mason University
2013- Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, KAIST

Recent Publications

- Yeoun-Seung Kang, Yoon-Ghil Park, Bum-Suk Lee, Hyung-Soon Park*, “Biomechanical evaluation of wrist driven flexor hinge orthosis in persons with spinal cord injury”, Journal of Rehabilitation Research and Development, 2013
- Yupeng Ren, Song Joo Lee, Hyung-Soon Park, and Li-Qun Zhang, “A Pivoting Elliptical Training System for Improving Pivoting Neuromuscular Control and Rehabilitating Musculoskeletal Injuries”, IEEE Trans. On Neural Systems and Rehabilitation Engineering, Vol. 21, No. 5, pp. 860-868, Sep 2013.
- Yupeng Ren, Sang Hoon Kang, Hyung-Soon Park, Yi-Ning Wu, and Li-Qun Zhang, “Developing a Multi-Joint Upper Limb Exoskeleton Robot for Diagnosis, Therapy, and Outcome Evaluation in Neurorehabilitation”, IEEE Trans. on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, Vol. 21, No. 3, pp. 490-499, May 2013.
- Jonghyun Kim, Pyung H. Chang, Hyung-Soon Park*, “Two-channel Transparency-Optimized Control Architectures in Bilateral Teleoperation with Time Delay”, IEEE Trans. on Control Systems Technology, Vol. 21, No. 1, pp. 40-51, 2013
- Shyamal Patel, Hyung-Soon Park, Paolo Bonato, Leighton Chan, and Mary Rodgers, “A Review of Wearable Sensors and Systems with Application in Rehabilitation”, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, Vol. 9, No. 21, 2012.
- Jungwon Yoon, Hyung-Soon Park*, Diane Damiano, “A Novel Walking Speed Estimation Scheme and Its Application to Treadmill Control for Gait Rehabilitation”, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, Vol. 9, No. 62, 2012
- Hyung-Soon Park*, Jonghyun Kim, Diane L. Damiano, “Development of a Haptic Elbow Spasticity Simulator (HESS) for Improving Accuracy and Reliability of Clinical Assessment of Spasticity”, IEEE Trans. on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, Vol. 20, No. 3, pp. 361-370, 2012
- Suncheol Kwon, Hyung-Soon Park*, Christopher J. Stanley, Jung Kim, Jonghyun Kim, and Diane L. Damiano, “A Practical Strategy for sEMG-based Knee Joint Moment Estimation during Gait and Its Validation in Individuals with Cerebral Palsy”, IEEE Trans. on Biomedical Engineering, Vol. 59, No. 5, pp. 1480-1487, 2012

Biomimetic Exotendon Device for Functional Hand Rehabilitation of Patient Post Stroke

Hyung-Soon Park*[a], and Sang Wook Lee[b]

[a]Department of Mechanical Eng., KAIST, Daejeon, Korea
[b]Biomedical Engineering Department, Catholic University of America, USA

E-mail: hyungspark@kaist.ac.kr

Stroke is a leading cause of serious, long-term disability. Most of the stroke survivors experience significant functional impairment of the hand. In order to restore the functional use of the affected hand, we developed a biomimetic hand extendon device designed for assisting functional movements of the hand. The device resembles anatomic tendon structure of human hand. It replicates the kinetic functional of the hand muscle-tendons, therefore it can reproduce the spatial finger joint coordination patterns of the functional manual tasks (e.g., power grip and pinch) with a reduced number of actuators. The system includes a thumb actuation mechanism, whose action is coordinated with finger exotendons to perform various manual tasks, thereby restoring the functional use of the hand. This paper presents the design of the device and the preliminary data of the functional movement generation by the system.

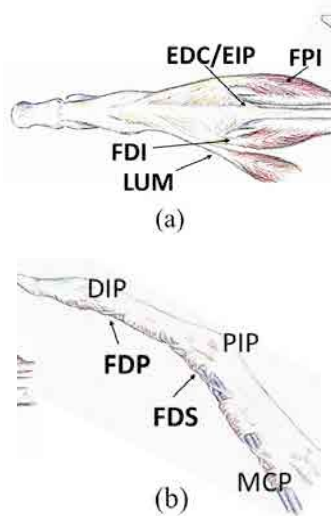


Fig. 1. Seven muscle-tendons of the right index finger: (a) extensor hood: dorsal view (b) flexor tendons: lateral view

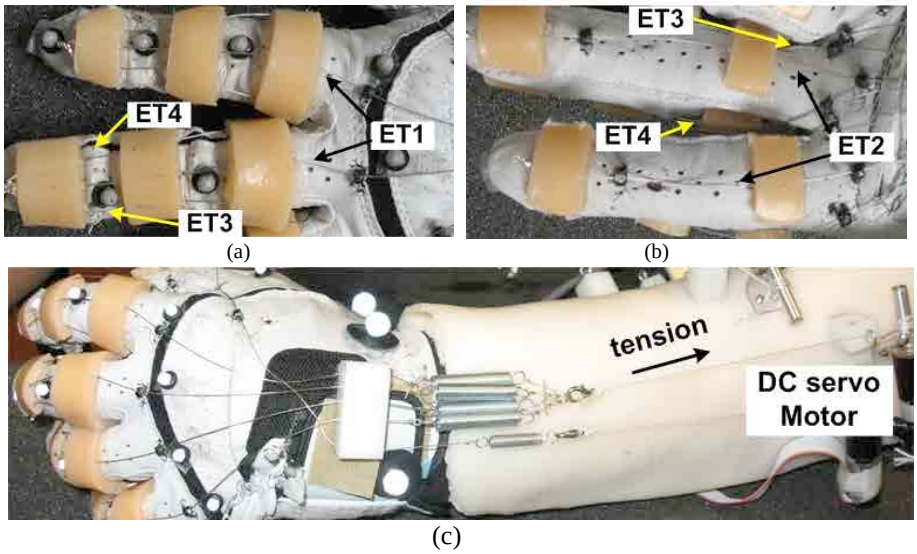


Fig. 2. Biomimetic hand exotendon device (BIOMHED): (a) dorsal view (b) palmar view (c) actuating mechanism

Dr. Takuya OHZONO, Group Leader

Nanosystem Research Institute (NRI), National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

E-mail: ohzono-takuya@aist.go.jp

- Telephone: +81 (0)29-861-2865
- Fax: +81 (0)29-861-6236
- Website: http://unit.aist.go.jp/nanotech/synanof/member/ohzono.html
- Address: Cntr.5 1-1-1 Higashi, Tsukuba 305-8565, Japan

Education & Academic Background

1995	Graduated from School of Bioscience and Biotechnology, Tokyo Institute of Technology
1997	Master of Engineering, School of Bioscience and Biotechnology, Tokyo Institute of Technology
2000	Doctor of Engineering, Tokyo Institute of Technology
2000-2001	Postdoctoral Researcher, Mechanical Science and Engineering Lab., Surface properties group, National Institute of Standards and Technology (NIST), US
2001-2007	Researcher, Frontier Research System, RIKEN Institute, Japan
2007-2010	Researcher, Nanotechnology Research Institute (Kansai), National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan
2010-	Group Leader, Soft Mechanics Group, Nanosystem Research Institute (NRI), AIST, Japan

Recent Publications

- T. Ohzono, K. Suzuki, T. Yamaguchi, N. Fukuda “Tunable Optical Diffuser Based on Deformable Wrinkles” Adv. Opt. Mater. 1 374, 2013.
- T. Ohzono, J. Fukuda, “±1/2 wedge disclinations stabilized by a sinusoidal boundary in a thin hybrid nematic liquid-crystal film” Phys. Rev. E, 86, 030701(R), 2012.
- T. Ohzono, J. Fukuda, “Transition of frustrated nematic order and fluctuation of topological defects in microwrinkle grooves” Soft Matter 8, 11552, 2012.
- T. Ohzono, Y. Takenaka, J. Fukuda, “Focal conics in a smectic-A liquid crystal in microwrinkle grooves” Soft Matter 8, 6438, 2012.
- T. Ohzono, J. Fukuda, “Zigzag line defects and manipulation of colloids in a nematic liquid crystal in microwrinkle grooves” Nat. Commun., 3, 701, 2012.
- T. Ohzono, H. Monobe, “Microwrinkles: Shape-tunability and applications” J. Colloid. Interface. Sci., 368, 1, 2012.
- H. Monobe, T. Ohzono, H. Akiyama, K. Sumaru, Y. Shimizu, “Manipulation of Liquid Filaments on Photoresponsive Microwrinkles” ACS Appl. Mater. Interface 4, 2212, 2012.
- T. Ohzono, H. Kitahata, RSC Adv., “Phase-separated binary polymers spin coated onto microwrinkles” 2, 2395, 2012
- T. Ohzono, H. Monobe, N. Fukuda, M. Fujiwara, Y. Shimizu, “Formation of Peelable Rough Gold Patterns on Ionic Liquid Template” Small, 7, 506, 2011.
- T. Ohzono, H. Monobe, “Morphological Transformation of Liquid Micro-Pattern on Dynamically Tunable Microwrinkles” Langmuir, 26, 6127, 2010.
- N. Uchida, T. Ohzono, “Orientational ordering of buckling-induced microwrinkles on soft substrates” Soft Matter, 6, 5929, 2010.
- T. Ohzono, H. Monobe, K. Shiokawa, M. Fujiwara, Y. Shimizu, “Shaping liquid on a micrometre scale using microwrinkles as deformable open channel capillaries” Soft Matter, 5, 4658, 2009.
- T. Ohzono, H. Monobe, R. Yamaguchi, Y. Shimizu, H. Yokoyama, “Dynamics of surface memory effect in liquid crystal alignment on reconfigurable microwrinkles” Appl. Phys. Lett., 95, 014101, 2009.
- T. Ohzono, “Control of cooperative switching of microwrinkle orientations by nanopatterns” Chaos, 19, 033104, 2009.
- T. Ohzono, M. Shimomura, “Ordering of microwrinkle patterns by compressive strain” Phys. Rev. B, 69, 132202, 2004.

Shape-Tunable Microwrinkles for Liquid Manipulation and Optical Diffuser

Takuya Ohzono[a*] and Kosuke Suzuki[b]

Nanosystem Research Institute (NRI), AIST
E-mail: ohzono-takuya@aist.go.jp

Microwrinkles are mechanically self-organized surface undulations with an intrinsic wavelength, showing various stripe patterns (Fig. 1). The average orientation of the stripes is repeatedly altered by changing, for example, the direction of uniaxial compression applied to the sample; thus, the surface is shape-tunable as is the skins and biological membranes. Here we briefly show that the shape-tunability can be used to manipulate liquid within their grooves by controlling the geometry-dependent capillary force (Fig. 2) and to control the degree of optical diffusion property (Fig. 3). The microgroove-assisted liquid management similar to the former technique has been found in the insects and lizards in deserts. The concept of the structural-change-based controls of optical property similar to the latter has also been found in the neon-tetra fish, which changes the structural colors.

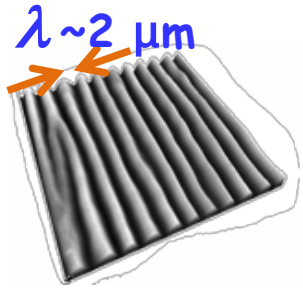


Figure 1. AFM image of mechanically self-organized microwrinkles.

We thank KAKENHI (24120003) and Dr. H. Monobe, Dr. T. Yamauchi, Dr. N. Fukuda for their supports.

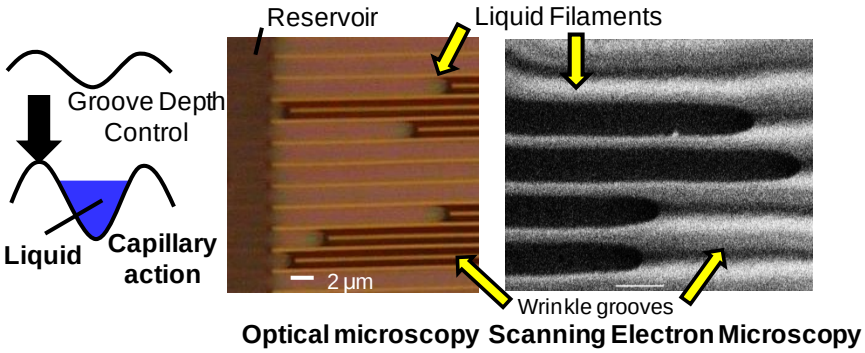


Figure 2. Liquid Manipulation

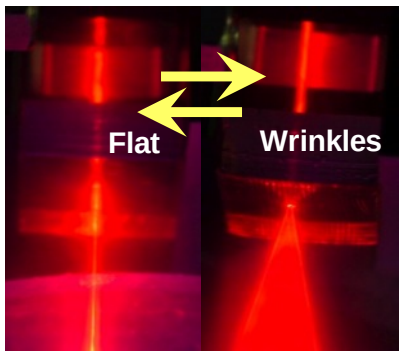


Figure 3. Tunable Optical Diffuser.

Dr. Haeshin Lee, Prof.

Department of Chemistry

Center for Nature-inspired Technology, KAIST Institute

Korea Advanced Institute of Science and Technology

E-mail: **haeshin@kaist.ac.kr**

- Telephone: +82 (0)42-350-2849
- Fax: +82 (0)42-350-2810
- Website: http://stick.kaist.ac.kr

Education & Academic Background

1993-1997 B.S. Biological Sciences, KAIST
2002-2004 Researcher, Biochemistry and Molecular Biology, The University of Chicago
2004-2007 Ph.D. Biomedical Engineering, Northwestern University
2008 Post doc, Chemical Engineering, MIT
2009- Associate Professor, Department of Chemistry, KAIST
2013- Director, Center for Nature-inspired Technology established in KI NanoCentury

Awards: 2013, Pioneering New Knowledge Award (KAIST); 2011, POSCO Chung-Am Young Investigator Award; 2007, Future Scientist Award (The Ministry of Science and Technology, Korea), NASA Inventor Award.

Recent Publications

- S. Hong, J. Kim, W. J. Kim, Haeshin Lee, “Poly(norepinephrine): Ultra-smooth, Material-independent Surface Chemistry and Nano-depot for Nitric Oxide” ***Angew. Chemie. Int. Ed***. 2013, 52, 9187-9191.
- S. Ryu, B. Lee, S. Hong, S. Jin, S. Park, S. H. Hong, Haeshin Lee, “Salting-out as a scalable, in-series purification method of graphene oxides from microsheets to quantum dots” ***Carbon***, 2013, 63, 45-53.
- M.-H. Ryou, J. Kim, I. Lee, J. H. Ryu, J.-Ki Park, Haeshin Lee*, J. W. Choi* “Mussel-inspired adhesive binders for high performance nano-silicon anodes in Li-ion batteries” ***Adv. Mater***. 2013, 25, 1571-76.
- S. Hong, K. Yang, B. Kang, C. Lee, I.-T. Song, E. K. Byun, K. I. Park, S.-W Cho, Haeshin Lee “Hyaluronic acid-catechol: a biopolymer exhibiting pH-dependent adhesive or cohesive property for human neural stem cell engineering” ***Adv. Func. Mater***. 2013, 23, 1774-80.
- E. Kim, I.-T. Song, S. Lee, J.-S. Kim, J.-H. Jang* Haeshin Lee* “Drawing Sticky adeno-associated virus for spatially patterned gene expression” ***Angew. Chem. Int. Ed***. 2012, 51, 5598-5601
- I. You, S. M. Kang, S. Lee, Y. O. Cho, J. B. Kim, S. B. Lee, Y. S. Nam, Haeshin Lee “Polydopamine microfluidic system toward two-dimensional, gravity-driven mixing device” ***Angew. Chem. Int. Ed***. 2012, 51, 6126-6130.
- S. M. Kang, I. You, Woo Kyung Cho, Hyun Kyong Shon, Tae Geol Lee, Insung S. Choi, Jeffrey M. Karp, Haeshin Lee “One-step modification of superhydrophobic surfaces by a mussel-inspired polymer coating” ***Angew. Chem. Int. Ed***. 2010, 49, 9401-9404
- Haeshin Lee “Intelligent glue” ***Nature***, 2010, 465, 298-299
- Haeshin Lee, Shara M. Dellatore, William M. Miller, Phillip B. Messersmith. “Mussel-inspired Surface Chemistry for Multifunctional Coatings” ***Science*** 2007, 318, 426-430. [Google Citation Record: 1079 times]
- Sung Min Kang, Junsung Rho, Insung S. Choi, Phillip B. Messersmith, Haeshin Lee “Norepinephrine: Material-independent, multifunctional surface modification reagent” ***J. Am. Chem. Soc.*** 2009, 131, 13224-13225.

Interfacial Material Formation inspired by Insect Tanned Cuticle

Seonki Hong[a], Stanislav N. Gorb[b], Haeshin Lee[a,c]*

[a]Department of Chemistry, KAIST, Daejeon 305-701, South Korea,
[b]Zoological Institute: Functional Morphology and Biomechanics, Kiel University, Germany and [c]CNiT, KI NanoCentury, KAIST, Daejeon 305-701 South Korea
E-mail:haeshin@kaist.ac.kr

Exoskeletons are organic/inorganic hybrid materials located inside the body of vertebrate. However, insect skeletons, which are called exoskeletons/cuticles, are cover the whole soft-tissue of insect and directly contacted to external environment. Also, the cuticle is composed of truly organic materials including chitin and various proteins with proper hardness to support the shape of body. The mechanical stiffness of cuticle is controlled by quinone-tanning process, which is the crosslinking reaction between catechol and amine. The process has been widely studied and inspired for developing cuticle-mimetic materials. However, the reason why the cuticles are located outside of whole body different from endoskeleton is unanswered. Herein, we found that the tanning process is sufficiently enhanced at air/water interface wherein the catechol can be oxidized by air. The unique property of catechol-mediated oxidation gives inspiration about the location of cuticle, which is formed by catechol-oxidation followed by crosslinking. Also, we could develop a multifunctional film with adhesive, free-standing, and self-healing property by mimicking this process.

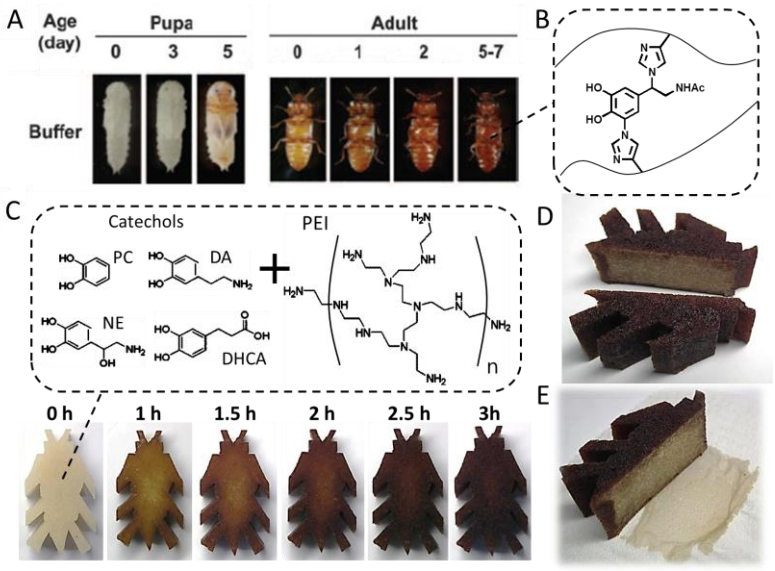


Figure 1. Insect-cuticle inspired polymeric materials via quinone-tanning process.

Dr. Hiroto TANAKA, Research Assistant Professor

Shanghai Jiao Tong University and Chiba University International Cooperative Research Center,

Chiba University

E-mail: htanaka@chiba-u.jp

- Telephone: +81 (0)43-290-2945
- Fax: +81 (0)43-290-2944
- Website: http://icrc.chiba-u.jp/
- Address: 1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba-ken 263-8522, Japan

Education & Academic Background

2003 BS, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, The University of Tokyo
2005 MS, Department of Mechano-Informatics, Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo
2008 PhD, Department of Mechano-Informatics, Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo
2006-2009 Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science (DC1, PD), Department of Mechano-Informatics, Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo
2009-2011 Postdoctoral Fellow, Harvard School of Engineering and Applied Sciences, Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering at Harvard
2011-Present Research Assistant Professor, Chiba University

Award:
2008 Young Scientist Award 2nd Prize in SEB2008 Marseille
2008 Student Presentation Award in 40th Fluid Dynamics Conference/Aerospace Numerical Simulation Symposium (in Japanese)
2013 General Biomechanics Best Poster 3rd Prize in SEB2013 Valencia

Recent Publications

- H. Takahashi, H. Tanaka, K. Matsumoto, I. Shimoyama, “Differential pressure distribution measurement with an MEMS sensor on a free-flying butterfly wing,” Bioinspiration & Biomimetics, 7, 036020 (2012).
- H. Tanaka, J. P. Whitney, R. J. Wood, “Effect of flexural and torsional wing flexibility on lift generation in hoverfly flight,” Integrative and Comparative Biology, 51, 142-150 (2011).
- H. Tanaka, R. J. Wood, “Fabrication of corrugated artificial insect wings using laser micromachined molds,” Journal of Micromechanics and Microengineering, 20, 075008 (2010).
- H. Tanaka, I. Shimoyama, “Forward flight of swallowtail butterfly with simple flapping motion,” Bioinspiration & Biomimetics, 5, 026003 (2010).
- H. Takahashi, Y. Aoyama, K. Ohsawa, H. Tanaka, E. Iwase, K. Matsumoto, I. Shimoyama, "Differential Pressure Measurement Using A Free-Flying Insect-Like Ornithopter with A MEMS Sensor," Bioinspiration & Biomimetics, 5, 036005 (2010).
- E. Hawkes, B. An, N. M. Benbernou, H. Tanaka, S. Kim, E. D. Demaine, D. Rus, R. J. Wood, “Programmable matter by folding,” Proceedings of the National Academy of Sciences, 107, 12441-12445 (2010).
- H. Tanaka, K. Matsumoto, I. Shimoyama, “Deformation and aerodynamic performance of a flapping artificial butterfly wing in free flight,” Comparative Biochemistry and Physiology a-Molecular & Integrative Physiology, 150, S53-54, (2008).
- H. Tanaka, K. Matsumoto,I. Shimoyama, “Fabrication of a three-dimensional insect-wing model by micromolding of thermosetting resin with a thin elastmeric mold,” Journal of Micromechanics and Microengineering, 17, 2485-2490, (2007).

Fabrication of Wrinkled Parylene Films for Wing Membranes of Small Aerial Robots

Hiroto Tanaka[a], Hiroyuki Okada[b] and Hao Liu[a,b]

[a]Shanghai Jiao Tong University and Chiba University International Cooperative Research Center (SJTU-CU ICRC), Chiba University
[b]Graduate School of Engineering, Chiba University
1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba 263-8522, Japan,
E-mail:htanaka@chiba-u.jp

Wings of flying animals and insects dynamically deform during their flapping and gliding flights due to interaction between the wing strructure, aerodynamic force and ineria force. Those wing derformaion include not only beding but also expansion and contraction, resulting in complicated three-dimensional wing shapes. In the recent decade flapping-wing aerial robots inspired from those natural flyers have veen widely studied, however, the wings are simply composed of stiff frames and thin polymer films. Hence the design and fabrication schemes for such 3-D deformable wings are still an open question. Here we proposed a new fabricaion method for strechable (or anisotropically flexible) polymer films for 3-D deformable wings. In this method, the wing membrane possesses micro wrinkles which tolerate stretching deformation. In addition, bending flexiblity could be anisotorpically controlled by arraging the wrinkle pattern. To create the micro wrinkles on the macro wing membranes with scale of 10^2 mm wide, we employed self-organization of wrinkles on stiff skin on soft elastomer. Then Paylene film was uniformly deposited on the wrinkled mold as the wing membrane. In this presentation, the fabrication process flow for the wrinkled film will be explained and demonstrated.

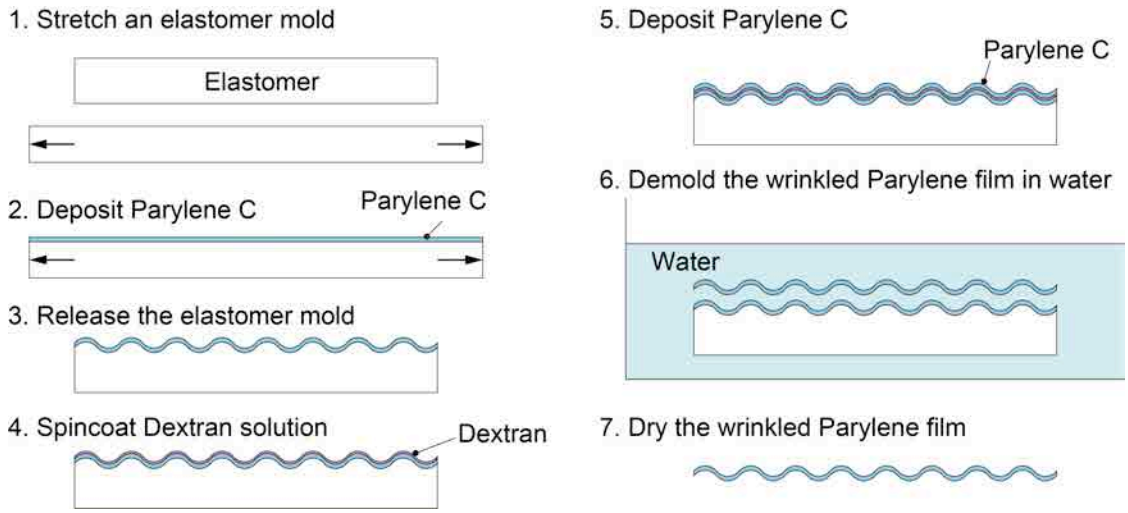


Figure Process flow for wrinkled Parylene films. The corrugated profile of the mold surface is created using self-organizaition of wrinkles on a stiff skin layer on a compressed soft elastomer.

Dr. Yasuharu Takaku, Ph.D.

Hamamatsu University School of Medicine

E-mail: ytakaku@hama-med.ac.jp

- Telephone: +81 (0)53-435-2351
- Fax: +81 (0)53-435-2351
- Website: http://www2.hama-med.ac.jp/w1d/biology/hariyama/hariyama.html
- Address: 1-20-1 Handayama, Hamamatsu, 431-3192, Japan

Education & Academic Background

1999 Graduated from Graduate School of Information Science, Tohoku University
2001-2003 Postdoctoral Fellow, The Japan Society for Promotion of Science
2004-2005 Assistant Professor, Horizontal Medical Research Organization, Kyoto University
2006-2010 Postdoctoral Fellow, Laboratory for DNA Data Analysis, National Institute of Genetics
2011- Postdoctoral Fellow, Hamamatsu University School of Medicine

Award: 2013 Nature Industry, Award for OSTEC

Recent Publications

- Takaku Y, Hwang JS, Wolf A, Boettger A, Shimizu H, David CN, Gojobori T, “Innexin gap junctions coordinate contractile behavior in *Hydra* polyps”, Sci. Rep. In press (2013).
- Suzuki H, Takaku Y, Ohta I, Ishii D, Muranaka Y, Shimomura M, Hariyama T, “*In-situ* preparation of biomimetic thin films and their surface shield effect for organisms in high vacuum”, PLOS ONE 8(11): e78563 (2013).
- Takaku Y, Suzuki H, Ohta I, Ishii D, Muranaka Y, Shimomura M, Hariyama T, “A thin polymer membrane, nano-suit, enhancing survival across the continuum between air and high vacuum”, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 110(19): 7631-7635 (2013).
- Takaku Y, Shimizu H, Takahashi T, Fujisawa T, “Subcellular localization of the epitheliopeptide, Hym-301, in hydra”, Cell Tissue Res. 351(3): 419-424 (2013).
- Takaku Y, Shimizu H, Fujisawa T, “Microtubules are involved in regulating body length in hydra”, Dev. Biol. 350(1): 228-237 (2011).
- Hwang JS, Takaku Y, Momose T, Adamczyk P, Özbek S, Ikeo K, Khalturin K, Hemmrich G, Bosch TC, Holstein TW, David CN, Gojobori T, “Nematogalectin, a nematocyst protein with GlyXY and galectin domains, demonstrates nematocyte-specific alternative splicing in *Hydra*”, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 107(43): 18539-18544 (2010).
- Hwang JS, Takaku Y, Chapman J, Ikeo K, David CN, Gojobori T, “Cilium evolution: identification of a novel protein, nematocilin, in the mechanosensory cilium of *Hydra* nematocytes”, Mol. Biol. Evol. 25(9): 2009-2017 (2008).
- Hwang JS, Nagai S, Hayakawa S, Takaku Y, Gojobori T, “The search for the origin of cnidarian nematocysts in Dinoflagellates”, In Evolutionary Biology from concept to application, (ed. P. Pontarotti), pp. 135-152. Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2008).
- Shimizu H, Takaku Y, Zhang X, Fujisawa T, “Resemblance of aboral end of hydra to the oral end of higher organism”, Dev. Genes. Evol. 217: 563-568 (2007).

A Successful Surface Shield "Nano-suit" to Protect Living Organisms in a FE-SEM

Yasuharu Takaku[a,g], Hiroshi Suzuki[b], Isao Ohta[c], Daisuke Ishii[d,e,f], Yoshinori Muranaka[c], Masatsugu Shimomura[e,f,g], and Takahiko Hariyama[a,g]

Departments of [a]Biology and [b]Chemistry and [c]Laboratory for Ultrastructure Research, Research Equipment Center, Hamamatsu University School of Medicine,1-20-1 Handayama, Higashi-ku, Hamamatsu 431-3192, Japan
[d]Center for Fostering Young and Innovative Researchers, Nagoya Institute of Technology, Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya 466-8555, Japan
[e]World Premier International Research Centers Initiative–Advanced Institute for Materials Research and [f]Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, Katahira 2-1-1, Aoba-ku, Sendai 980-8577, Japan
[g]Core Research for Evolutional Science and Technology, Japan Science and Technology Agency, Hon-cho 4-1-8, Kawaguchi 332-0012, Japan
E-mail: hariyama@hama-med.ac.jp

Scanning electron microscopy (SEM) has been made remarkable progress, and has become an essential tool for observing the fine structure of biological materials. However, various complex procedures preclude observation of living organisms to date. Here we show that a simple surface modification can render multicellular organisms strongly tolerant to high vacuum, resulting in a successful observation of living organisms by FE-SEM. Animals, which collapsed under high vacuum (10^{-5}-10^{-7} Pa), continued to move following exposure of their natural extracellular surface layer (or that of an artificial coat like polysorbitan monolaurate) to an electron beam or plasma ionization, i.e., conditions known to enhance polymer formation. In addition to seeing spontaneous movements, we found that the surface fine structure of the living larva is very different from that of traditionally fixed samples. Transmission electron microscopic observations revealed the existence of a thin polymerized extra layer on the surface of the living animal which survived from the SEM observation. The layer acts as a flexible 'nano-suit' barrier to the passage of gases and liquids and thus protects the organism. Association of life with a nano-suit now expands our concept of the conditions under which life can survive.

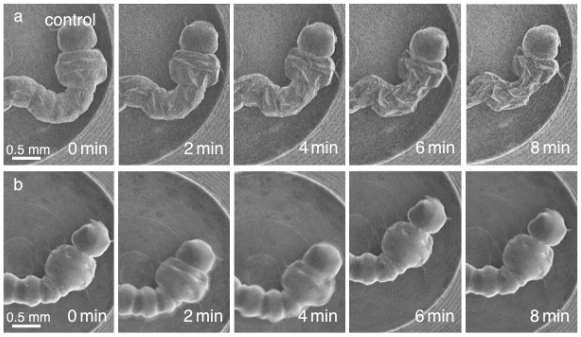


Figure 1. (a,b) Comparison of treatments with distilled water and Tween 20 solution of a larva of the mosquito, *Aedes albopictus*. The larva cultured in distilled water shows rapid shrinkage during FE-SEM observation (a). The larva treated with 1% Tween 20 and irradiated by electron beam retains its morphology when observed by FE-SEM (b).

Dr. Miki Haseyama, Prof.

Graduate School of Information Science and Technology

Laboratory of Media Dynamics

Hokkaido University

E-mail: miki@ist.hokudai.ac.jp

- Telephone: +81 (0)11-706-6077
- Fax: +81 (0)-706-6077
- Website: http://www-lmd.ist.hokudai.ac.jp/
- Address: N-14, W-9, Kita-ku, Sapporo, 060-0814, Japan

Education & Academic Background

1988 Master of Engineering the Graduate School of Engineering, Hokkaido University
1989-1993 Research Associate, Research Institute for Electronic Science, Hokkaido University
1994-2004 Associate Professor at the Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University
1995-1996 Visiting Associate Professor, Washington University, USA
2006 Professor, Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University
2007- Associate member of Information and Communications Council, Ministry of Internal Affairs and Communications, Japan
2008-2010 A Board member/Chief Technical Adviser of the Information Grand Voyage Project, Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan
2008- A member of NHK Broadcasting Technology Council, Japan Broadcasting Corporation (NHK)
2011-2013 Vice-President of ITE, Japan
2013- Director, International Coordination and Publicity, IEICE
Award: IEICE best paper award in 2008

Recent Publications

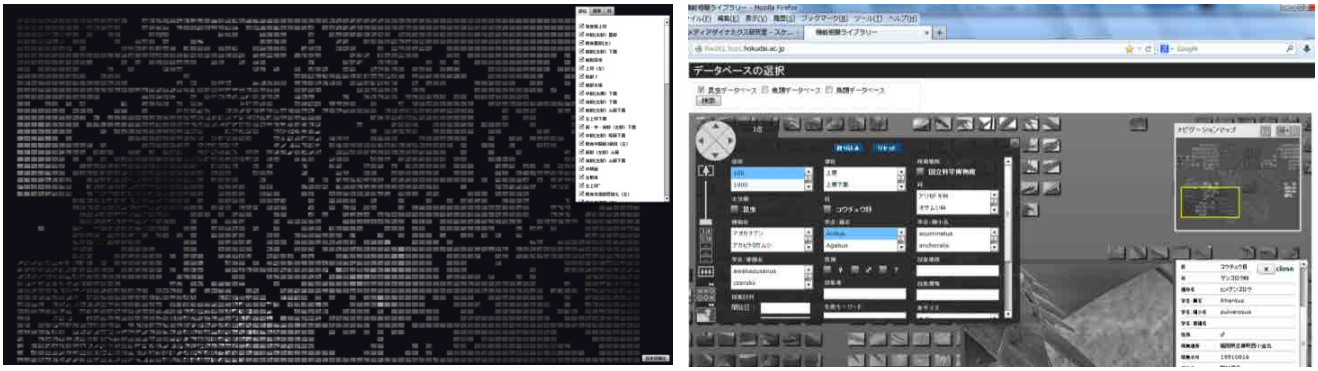
- T. Ogawa, D. Izumi, A. Yoshizaki, M. Haseyama, “Super-resolution for simultaneous realization of resolution enhancement and motion blur removal based on adaptive prior settings”, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing 2013, vol. 2013:30, DOI: 10.1186/1687-6180-2013-30 (2013).
- T. Ogawa, M. Haseyama, “Missing texture reconstruction method based on error reduction algorithm using Fourier transform magnitude estimation scheme”, IEEE Transactions on Image Processing, 22(3), 1252-1257 (2013).
- M. Haseyama, T. Ogawa, “Trial Realization of Human-Centered Multimedia Navigation for Video Retrieval” International Journal of Human-Computer Interaction, 29(2), 96-109 (2013).
- M. Haseyama, T. Ogawa, N. Yagi, “A Review of Video Retrieval Based on Image and Video Semantic Understanding” ITE Transactions on Media Technology and Applications, 1(1), 2-9 (2013).
- T. Kawashima, T. Ogawa, M. Haseyama, “A Rating Prediction Method for E-Commerce application Using Ordinal Regression based on LDA with Multi-modal Features”, 2013 IEEE 2nd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 260-261 (2013).
- R. Harakawa, T. Ogawa, M. Haseyama, “An Extraction Method of Hierarchical Web Communities for Web Video Retrieval”, 2013 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2013), 4397-4401 (2013).
- Y. Igarashi, T. Ogawa, M. Haseyama “Spectral Reflectance Estimation from Visible Light Components and Near-Infrared Components”, 2013 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2013), 2388-2392 (2013).
- A. Takahashi, T. Ogawa, M. Haseyama “Insect Classification Using Scanning Electron Microphotographs Considering Magnifications”, 2013 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2013), 3269-3273 (2013).
- H. Ohkushi, T. Ogawa, M. Haseyama, “Music Recommendation According to Human Motion Based on Kernel CCA-Based Relationship” EURASIP Journal on Advances in Signal Processing 2011, 2011:121 (2011)
- M. Haseyama, D. Matsuura, “A Filter Coefficient Quantization Method With Genetic Algorithm, Including Simulated Annealing” IEEE Letters on Signal Processing, 13(4), 189-192 (2006).

Biomimetics Data Retrieval Platform for Enhancing Serendipity

Miki Haseyama[a]

[a]Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University, N-14, W-9, Kita-ku, Sapporo, 060-0814, Japan,
E-mail: miki@ist.hokudai.ac.jp

Biomimetics is a new research area that creates innovation through the collaboration of different existing research fields. Since Biomimetics brings together expert researchers with deep knowledge of various research fields, there is a need to facilitate the mutual exchange of that knowledge to create new research areas. However, this exchange is difficult due to several reasons, e.g., differences in technical terms between different fields. In order to overcome this problem, we began the development of a new data retrieval platform based on the theory of associative image retrieval. A biological database contains many image data, and by taking advantage of these image data, we are able to overcome limitations of text-only information retrieval. If realization of such a retrieval platform that does not depend on text data is accomplished, individual biological databases of various species (insects, birds, fish, etc.) will be integrated. This will allow not only the study of the various species by researchers in different biological fields, but also access for a wide range of researchers in fields ranging from materials science, mechanical engineering and manufacturing. In practice, our "Biomimetics Data Retrieval Platform" is implemented as shown below. The platform enables retrieval without relying on any keywords, and researchers can retrieve novel information from databases in various research fields by using their own image data. In this way, we facilitate the synergy of different research fields by successfully integrating many data obtained in different research fields, and their effective collaboration in Biomimetics becomes feasible.



(a) Overview of the target image database (b) An example of the retrieved results

Fig. 1 Biomimetics Data Retrieval Platform

Dr. So NAGASHIMA

Star Postdoctoral Research Scientist

Computational Science Center

Institute for Multidisciplinary Convergence of Matter

Korea Institute of Science and Technology

E-mail: nagashima.so@gmail.com

- Telephone: +82-2-958-5480
- Fax: +82-2-958-5451
- Website: http://diamond.kist.re.kr/
- Address: Hwarang-no 14-gil 5, Seongbuk-gu, Seoul 136-791, Republic of Korea

Education & Academic Background

2007	B.E., Keio University, Japan
2009	M.S.E., Keio University
2009	Visiting Scientist, Korea Institute of Science and Technology
2009-2012	Research Assistant, Keio University
2012	Ph.D., Keio University
2012-2013	Postdoctoral Research Scientist, Korea Institute of Science and Technology
2013-	Star Postdoctoral Research Scientist, Korea Institute of Science and Technology

Award:

2013	Best Poster Award, The 6th International Symposium on Nature-Inspired Technology (ISNIT 2013)
2013	Best Paper Award, The 7th International Congress on Biomimetics, Artificial Muscles and Nano-Bio (BAMN 2013)

Recent Publications

- T.-J. Ko, E. Kim, **S. Nagashima**, K. H. Oh, K.-R. Lee, S. Kim, M.-W. Moon, “Adhesion behavior of mouse liver cancer cells on nanostructured superhydrophobic and superhydrophilic surfaces”, Soft Matter, 9, 8705-8711 (2013).
- T. Hasebe, **S. Nagashima**, A. Kamijo, M.-W. Moon, Y. Kashiwagi, A. Hotta, K.-R. Lee, K. Takahashi, T. Yamagami, T. Suzuki, “Hydrophobicity and non-thrombogenicity of nanoscale dual rough surface coated with fluorine-incorporated diamond-like carbon films: Biomimetic surface for blood-contacting medical devices” Diam. Relat. Mater., 38, 14-18 (2013).
- Y. Yoshimoto, T. Hasebe, K. Takahashi, M. Amari, **S. Nagashima**, A. Kamijo, A. Hotta, K. Takahashi, T. Suzuki, “Ultrastructural characterization of surface induced-platelet activation on artificial materials by transmission electron microscopy” Microsc. Res. Tech., 76, 342-349 (2013).
- M. Noborisaka, R. Horikoshi, **S. Nagashima**, A. Shirakura, T. Suzuki, “Hardness and surface roughness of hydrogenated amorphous carbon-based films synthesized by atmospheric pressure-plasma enhanced chemical vapor deposition at low temperature” Thin Solid Films, 527, 114-119 (2013).
- Y. Yoshimoto, T. Hasebe, **S. Nagashima**, A. Kamijo, T. Nakatani, T. Yamagami, N. Kitamura, T. Kitagawa, A. Hotta, K. Takahashi, T. Suzuki, “Human umbilical vein endothelial cell interaction with fluorine-incorporated amorphous carbon films” Jpn. J. Appl. Phys., 51, 090129 (2012).
- **S. Nagashima**, T. Hasebe, D. Tsuya, T. Horikoshi, M. Ochiai, S. Tanigawa, Y. Koide, A. Hotta, T. Suzuki, “Controlled formation of wrinkled diamond-like carbon (DLC) film on grooved poly(dimethylsiloxane) substrate” Diam. Relat. Mater., 22, 48-51 (2012).
- M. Noborisaka, H. Kodama, **S. Nagashima**, A. Shirakura, T. Horiuchi, T. Suzuki, “Synthesis of transparent and hard SiOC(–H) thin films on polycarbonate substrates by PECVD method” Surf. Coat. Technol., 206, 2581-2584 (2012).
- T. Hasebe*, **S. Nagashima***, Y. Yoshimoto, A. Hotta, T. Suzuki, “Tailoring surface topographies of polymers by using ion beam: Recent advances and the potential applications in biomedical and tissue engineering” Nucl. Instr. Meth. B, 282, 134-136 (2012). (***Both authors contributed equally to this work.**)

Nature-inspired folding arrays on a soft polymer for switchable nanochannels

So Nagashima*[,a], Do Hyun Kim[a,b], Tae-Jun Ko[a,b], Ji Yeong Lee[a], Kyu Hwan Oh[b], Kwang-Ryeol Lee[a] and Myoung-Woon Moon*[,a]

[a]Institute for Multidisciplinary Convergence of Matter, Korea Institute of Science and Technology, Seoul 136-791, Republic of Korea
[b]Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University, Seoul 151-742, Republic of Korea
E-mail: nagashima.so@gmail.com, mwmoon@kist.re.kr

Surface folding is a morphological instability of soft matter and appears when a thin stiff skin on a soft substrate is compressed beyond a critical value. This instability is commonly observed in biological systems (e.g. cortex of brain, internal elastic lamina of artery, and lung surfactant) and plays significant roles in their functions.

Here, we demonstrate that the folding instability can be utilized for the fabrication of open/close-switchable nanochannels. Stiff skins formed on soft poly(dimethylsiloxane) substrates by oxygen plasma treatment were compressed at various strain levels, showing nonlinear configurations varying from wrinkling (open channels) to folding (closed channels) (Figure 1). The open/closed state of the channels was found to be reversibly switched simply by controlling the compressive strain and the diameter of the closed channels exhibited variation in the nano- to submicron-scale range according to the duration of oxygen plasma treatment. The switchable nanochannels could find various applications, such as templates for the growth of nanowires and controlled drug-release systems.

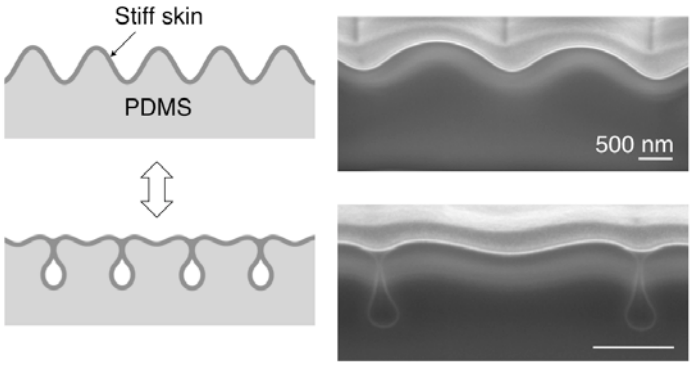


Figure 1. Cross-sectional SEM images of open/closed-switchable channels.

Dr. Masahiro ÔHARA, Prof.

The Hokkaido University Museum

Graduate School of Agriculture

Hokkaido University

E-mail: ohara@museum.hokudai.ac.jp

- Telephone: +81 (0)11-706-4506
- Fax: +81 (0)11-706-4506
- Website: http://poly.tagen.tohoku.ac.jp/Site/Top.html
- Address: North 10, West 8, Sapporo, 060-0810 Japan

Education & Academic Background

1982-1985 Graduated from Department of Biology, Faculty of Science, Kagoshima University.
1985-1987 Master of Agriculture, Institute of Entomology, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University.
1987-1991 Candidate of Doctor, Laboratory of Systematic Entomology, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University.
1990-1991 Fellowships of the Japan Society for the Promotion of Science for Japanese Junior Scientists.
1991-1997 Curator of entomology, at the Otaru Museum
1994 Doctor of Philosophy (Agriculture) of Hokkaido University.
1997-1998 Instructor of Systematic Entomology, Faculty of Agriculture, Hokkaido University
1998-2000 Instructor of Systematic Entomology, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University
2000-2011 Associate professor of The Hokkaido University Museum & Associate professor of Entomology, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University
2011-preset Professor of The Hokkaido University Museum & Professor of Entomology, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University
2012-preset Deputy director of The Hokkaido University Museum, Hokkaido University

Award: 1994 Lacordaire Prize, Honorable mention. Coleopterists Society (North America)

Recent Publications

- M. Ôhara, S. Hartini, “Notes on the subfamily Saprininae (Coleoptera: Histeridae) of Indonesia”, Insecta matsumurana, new series, 64, 1-22 (2008.).
- M. Ôhara, “Notes on the genus *Teretrius* Erichson, 1834 (Coleoptera: Histeridae) from Taiwan”, Spec. Publ. Japan Coleopt. Soc., Osaka, (2), 83-99 (2008).
- M. Ôhara, “New record of *Cercyon* (*Cercyon*) *verus* (Coleoptera: Hydrophilidae) from Japan”, Elytra, Tokyo, 36 (1), 42 (2008).
- M. Ôhara, “New records on the species of the genus *Platysoma* (Coleoptera: Histeridae) from the Ryukyus, Japan”, Elytra, Tokyo, 36 (1), 225-226 (2008).
- M. Ôhara, “New records of the supralittoral species of the genus Cercyon (Coleoptera, Hydrophilidae) from the peripheral Islands off Hokkaido, Japan”, Elytra, Tokyo, 36 (2), 343-348 (2008).
- S. Mazur, M. Ôhara, “Notes on the genus *Eblisia* Lewis, 1889 in relation to Platysomatini, with descripion of four new genera (Coleoptera: Histeridae)”, Studies and reports of Distint Museum Prague-East. Taxonomic Series, 5 (1-2), 233-248 (2009).
- M. Ôhara, M. Yoshida, K. Tanaka, “Records of *Eucurtiopsis ohtanii* (Coleoptera, Histeridae) from Tokushima Prefecture, Shikoku, Japan”, Elytra, Tokyo, 38 (1), 84–85 (2010).
- Y. Matsumura, S. Sasaki, S., Imasaka, K. Sano, M. Ôhara, “Revision of *Lema* (*Lema*) *concinnipennis* Baly, 1865 species group (Coleoptera: Chrysomelidae: Criocerinae) in Japan”. Journal of Natural History, London, 45, 1533–1561 (2011).

Accumulation of SEM Images and Biomimetics Outreach Activities at the Hokkaido University Museum

Masahiro Ôhara, Maki Murakami and Naoki Inari

The Hokkaido University Museum, Hokkaido University
North 10, West 8, Sapporo, 060-0810 Japan
E-mail: ohara@museum.hokudai.ac.jp

(1) **Accumulation of SEM Images and Review**: Members of the Hokkaido University Museum have been accumulating SEM images since 2011. The SEM images contribute to the future study of biomimetics as they form part of a useful and powerful bio-resources database. The images mainly consist of diverse nano-cellular structures on the surfaces of invertebrates (insects, spider, etc.). The number of SEM images is approximately 23,000. We have also organized an “image review meeting” aimed to discuss and exchange opinions on the SEM images among researchers from different disciplines within the university. Efforts to promote biomimetics requires an extraordinary amount of interdisciplinary cooperation. Traditional boundaries between disciplines fades and converge on different fields of study, such as engineering, biology, and paleontology that leads to understanding how organisms functionally use the design and structure of their body surfaces. As the course of our Core Research for Evolution, Science, and Technology (CREST) study by Japan Science and Technology Agency (JST), the platform “meeting” inspires students with new idea for biomimetics and the biodiversity of nature.

(2) **Outreach Activities**: The Hokkaido University Museum holds “Public Biomimetics Seminars” every month and, to date, 26 seminars have been held since February 2012. Participants are professional researchers of engineering, biology (entomology, botany), and paleontology and members of the public ranging from students to the elderly. The average number of participants for each seminar is about 60. Hokkaido University and Sapporo City are feeling the effects of the seminars and biomimetics has become a familiar topic for researchers and the concerned public.

Dr. Joonwon KIM, Prof.

Department of Mechanical Engineering

Pohang University of Science and Technology (POSTECH)

E-mail: joonwon@postech.ac.kr

- Telephone: +82 (0)54-279-2185
- Fax: +82 (0)54-279-2960
- Website: http://mnt.postech.ac.kr
- Address: San 31, Hyoja-dong, Nam-gu, Pohang, Kyungbuk, 790-784, Republic of Korea

Education & Academic Background

- 2011 ~ : Associate Professor, POSTECH
- 2005 ~ 2011: Assistant Professor, POSTECH
- 2004 ~ 2005: Research Assistant Professor, POSTECH
- Aug.2003 ~ Dec.2003: Postdoctoral researcher, Chem. and Biochem. Dept., UCLA
- August, 2003: Ph.D., Mechanical Engineering, UCLA, Major: *Microelectromechanical systems (MEMS)*
- June, 1999: M.S., Mechanical Engineering, UCLA, Major: *Microelectromechanical systems (MEMS)*
- March, 1997: B.S., Mechanical Engineering, UCLA (CUM LAUDE), *Mechanical System Design & Control*

Recent Publications

- Hyoungmo Kim, Dasook Kim, Chan Lee and Joonwon Kim, "Laser interference lithography using spray/spin photoresist development method for consistent periodic nanostructures", Current Applied Physics, DOI 10.1016/j.cap.2013.11.025, (2013) (Online published)
- Hojin Kim, and Joonwon Kim, "A microfluidic-based dynamic microarray system with single-layer pneumatic valves for immobilization and selective retrieval of single microbeads", Microfluidics and Nanofluidics, DOI 10.1007/s10404-013-1267-9, (2013)
- Ho Seon Ahn, Hyungmo Kim, Ji Min Kim, Su Cheong Park, Jin Man Kim, Joonwon Kim, and Moo Hwan Kim, "Controllable pore size of three dimensional self-assembled foam-like graphene and its wettability", Carbon, Vol.64, pp. 27-34, (2013)
- Seol Ha Kim, Ho Seon Ahn, Joonwon Kim, Massoud Kaviany and Moo Hwan Kim, "Dynamics of water droplet on a heated nanotubes surface", Applied Physics Letters, Vol.102, issue 23, pp. 233901, (2013)
- Seungbum Baek, Usung Park, In Ho Choi and Joonwon Kim, "Pneumatic RF MEMS switch using liquid metal droplet", Journal of Micromechanics and Microengineering, Vol.23, issue 5, pp.055006, (2013)
- Hojin Kim, Sangmin Lee, and Joonwon Kim, "Hydrodynamic trap-and-release of single particles using dual function elastomeric valves: Design, fabrication, and characterization", Microfluidics and Nanofluidics, Vol. 13, issue 5, pp. 835-844, (2012)
- Ho Seon Ahn, Gunyeop Park, Ji Min Kim, Joonwon Kim, Moo Hwan Kim, "The effect of water absorption on critical heat flux enhancement during pool boiling", Experimental Thermal and Fluid Science, Vol. 42, pp. 187-195, (2012)
- Chan Lee, Hyungmo Kim, Ho Seon Ahn, Moo Hwan Kim, and Joonwon Kim, "Micro/nanostructure Evolution of Zircaloy Surface Using Anodization Technique: Application to Nuclear Fuel Cladding Modification", Applied Surface Science, Vol. 258, issue 22, pp. 8724-8731, (2012)
- Hyungmo Kim, Chan Lee, Moo Hwan Kim, and Joonwon Kim, "Drop Impact Characteristics and Structure Effects of Hydrophobic Surfaces with Micro- and/or Nano-scaled Structures", Langmuir, Vol. 28, issue 30, pp. 11250-11257, (2012)
- Ho Seon Ahn, Gunyeop Park, Joonwon Kim, and Moo Hwan Kim, "Wicking and spreading of water droplets on nanotubes", Langmuir Vol. 28, issue 5, pp. 2614-2619, (2012)
- Ho Seon Ahn, Joonwon Kim, and Moo Hwan Kim, "Investigation of pool boiling critical heat flux enhancement on a modified surface through the dynamic wetting of water droplets", Journal of Heat Transfer, Vol. 134, issue 7, pp. 071504, (2012)

Micro/Nano-engineered Surfaces for Wettability Control (Fabrications & Applications)

Joonwon Kim
Department of Mechanical Engineering,
Pohang University of Science and Technology (POSTECH),
San 31, Hyoja-dong, Nam-gu, Pohang, Kyungbuk, 790-784 Republic of Korea
E-mail:joonwon@postech.ac.kr

Micro and nanoscale structures found in nature show many special functionalities, for example, nonwetting behavior on lotus leaves and combined wetting/nonwetting behavior on insect bodies. The functionalities are originated from both chemical composition and surface structures in order to provide essential tools for their survival. These advantagious functionalities have been artificially mimiced by developing many different micro/nano fabrication methods. Fabrication methods for realizing micro/nanoscale structures are common nowadays, as MEMS fabrication techniques privide similar structures in these scales. However, conventional MEMS fabrication methods have several limitations (e.g., limitation of materials and its shape, resolution, and use of expensive equipments). Therefore, we need more simple, robust, versatile and economical fabrication methods to take advantages of the funtional structures.

In this report, we introduce several effective fabrication methods based on our laser interference lithography (LIL) and electrochemical etching. The LIL setup with relatively inexpensive semiconductor laser for submicrometer scale fabrication was established and a well controled photolithography process for large area applications is presented. We also report an electrochemical fabrication method for modifying various metal surfaces (e.g.,aluminum, zirconium, stainless steel) with different shapes. The electrochemical etching method enables characteristic micro and nanoscale structures on the metals and activate special functionalities. These robust fabrications can be applied on various devices and contribute to improve both performance and reliability of the target systems.

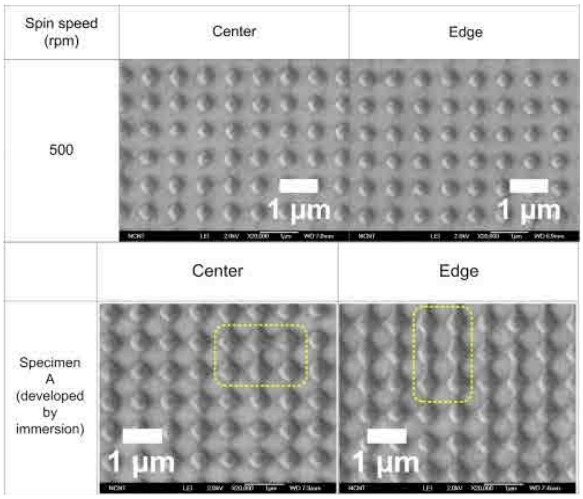


Figure 1. SEM image of photoresist patterns, fabricated by LIL, well developed patterns(top), irregular size or shape (bottom).

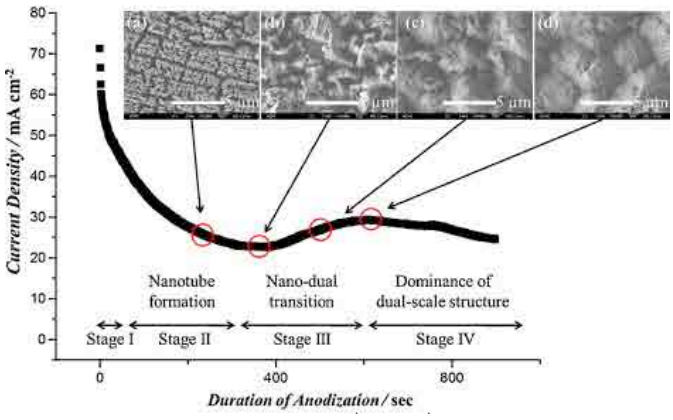


Figure 2. SEM image of electrochamically etched zircaloy surfaces, current density variation due to timely surface structure evolution

Dr. Keiichi MATSUURA

National Museum of Nature and Science

E-mail: matsuura@kahaku.go.jp

- Telephone: +81 (0)29-853-8327
- Fax: +81 (0) 29-853-8998
- Website: http://www.kahaku.go.jp/english/
- Address: 4-1-1, Amakubo, Tsukuba, Ibaraki 305-0005, Japan

Education & Academic Background

1971 Graduated from Faculty of Fisheries Science, Tokyo University of Fisheries
1978 Doctor Fisheries Science, Hokkaido University
1979 Junior Curator of Fishes, National Museum of Nature and Science
1987 Senior Curator of Fishes, National Museum of Nature and Science
1995 Head of Division of Fishes, National Museum of Nature and Science
1995 Adjunct Professor of University of Tokyo
2008 Collection Director, National Museum of Nature and Science
2010 Director of Department of Zoology, National Museum of Nature and Science
2013 Curator Emeritus, National Museum of Nature and Science

Recent Publications

- Matsuura, K. and M. Toda, The second record of thre remarkable triggerfish, *Xenobalistes tumidipectoris* Matsuura, 1981, from Japan (Actinopterygii: Tetraodontiformes: Balistidae). Bull. Natl. Mus. Nat. Sci., Ser. A, 38(2): 89-93 (2012).
- Watanabe,S., M. Iida, S. Hagihara, H. Endo, K. Matsuura, and K. Tsukamoto, First collection of amphidromous goby post-larvae of *Sicyopterus japonicus* in the ocean off Shikoku, Japan. Cybium, 35(4): 371-379 (2012).
- Chiba, S. N. and K. Matsuura, A record of Bulnose Unicornfish, *Naso tonganus* (Valenciennes, 1835), from the Tokara Group, southern Japan. Bull. Natl. Mus. Nat. Sci., 38(1): 49-52 (2012).
- Matsuura, K., D. Golani and S. V. Bogorodsky, The first record of *Lagocephalus guentheri* Miranda Ribeiro, 1915 from the Red Sea with notes on previous records of *L. lunaris* (Actinopterygii, Tetraodontiformes, Tetraodontidae). Bull. Natl. Mus. Nat. Sci, 37: 163-169 (2011).
- Yamanoue, Y., D. H. E. Setiamarga and K. Matsuura, Pelvic fins in teleosts: structure, function and evolution. J. Fish. Biol., 77: 1173-1208 (2010).
- Yamanoue, Y., M. Miya, K. Matsuura, S. Miyazawa, N. Tsukamoto, H. Doi, H. Takahash, K. Mabuchi, M. Nishida and H. Sakai, Explosive speciation of *Takifugu*: another use of Fugu as a model system for evolutionary biology. Mol. Biol. Evol., 26(3): 623-629 (2009).
- Yamanoue, Y., M. Miya, K. Matsuura, H. Sakai, M. Katoh and M. Nishida, Unique patterns of pelvic fin evolution: a case study of balistoid fishes (Pisces: Tetraodontiformes) based on whole mitochondrial genome sequences. Mol. Phylogenet. Evol., 50: 179-189 (2009).

Bridging Natural History Museums and Biomimetics Project

Keiichi Matsuura
National Museum of Nature and Science
4-1-1 Amakubo, Tsukuba, Ibaraki 305-0005, Japan
E-mail: matsuura@kahaku.go.jp

Biomimetics was etymologically derived from the Greek words, bios, "life" and the suffix mimetic, "having an aptitude for mimicry." As well known, “Biomimetics” was coined by the American biophysicist and polymath Otto Schmitt on the basis of his study on nerves in squid. As shown in Schmitt’s study, biological specimens are main resources for biomimetics. Since natural history museums were established in European countries in the 18th century, they have been playing an important role to study and understand nature including organisms and our planet Earth. Over the past 200 years biological scientists of the natural history museums have been focusing on systematics and taxonomy of organisms. However, in the recent years collections of natural history museums have been getting attentions of scientists working not only in traditional natural history research but also in nature conservations, databases and biophysics. When the biomimetics project in Japan started, several natural history institutions including the National Museum of Nature and Science joined the project to make their collections available to scientists working in biophysics and techonology. In addition to this activity, curators and biological scientists of the natural history institutes has begun studying surface structures of various organisms such as insects, fishes and birds by using SEM and other tools which have not usually been used for ordinal natural history research. Over the past two years body surfaces of various groups of organisms have been observed and photographed by SEM. Many SEM imagers have been providing interesting characters of body surfaces in various organisms and surprising similarities of body surface structures among animals belonging to different groups. My presentation will show how natural history collections can contribute to the biomimetics project. I will also present SEM images of fishes and insects showing surprising similarities and interesting morphological characters.

Dr. Si-Hyung Lim, Prof.

School of Mechanical Engineering

Dept. of Mechanics and Design (Graduate Program)

Dept. of Nano Science and Technology (Interdisciplinary Graduate Program)

E-mail: shlim@kookmin.ac.kr

- Telephone: +82-2-910-4672
- Fax:
- Website: http://lims.kookmin.ac.kr
- Address: 77 Jeongneung-Ro, Seongbuk-Gu, Seoul, Korea 136-702

Education & Academic Background

1994 BS. Dept. of Mechanical Design and Production Engineering, Seoul National University (Major: Control)
1996 MS. Dept. of Mechanical Design and Production Engineering, Seoul National University (Major: Control)
1998~2001: Full-time instructor, Dept. of Mechanical Engineering, Korea Air Force Academy
2005 Ph.D. Dept. of Mechanical Engineering, UC Berkeley (Major: MEMS/NANO, Minor: Control/Semiconductor Fabrication)
2005~2007: Postdoctoral researcher, Center of Integrated Nanomechanical Systems (COINS), Berkeley Nanoscience and Nanoengineering Institute (BNNI)
2007~present: Associate Professor, School of Mechanical Engineering, Kookmin University
2013~present: Korea Institute of Science and Technology, Visiting Professor (KIST-HUB program)

Award: 2007 Best conference paper award, IEEE-NEMS
Award: 2007 1st place award of nano opportunity challenge at UC, Berkeley
Award: 2008 Best conference paper award, KSME
Award: 2013 Best poster paper award, International Symposium on Nature-Inspired Technology (ISNIT)
Award: 2013 Best presentation paper award, KSME

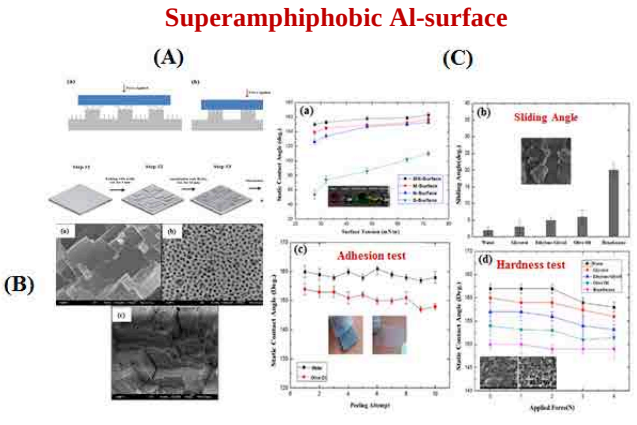
Recent Publications

- Wonho Choi, Inkoo Kang, Hong Jae Yim, Si-Hyung Lim, "Development of a large area plate-to-plate type UV imprinting tool", Microelectronic Engineering (2011)
- Jiyeon Kim, Si-Hyung Lim, Yeoil Yoon, T. Daniel Thangadurai, Sungho Yoon,“A fluorescent ammonia sensor based on a porphyrin cobalt(II)-dansyl complex”, Tetrahedron Letters, Vol. 52 (2011)
- Sumit Barthwal, Young Su Kim, Si-Hyung Lim, "Superhydrophobic and superoleophobic copper plate fabrication using alkaline solution assisted surface oxidation methods", International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol. 13 (2012)
- Jung-Hyun Na, Man-Seok Joo, Won-Kyu Lee, Hyunbo Shim, Si-Hyung Lim, Sang Taek Jung, and Yeon Gyu Yu, "Development of a Single Chain Antibody Using a Phage Display Cloning Method for the Detection of 2,4-Dinitrotoluene", Bulletin of the Korean Chemical Society, Vol. 34, No. 2 (2013)
- Sumit Barthwal, Young Su Kim, Si-Hyung Lim, "Fabrication of Amphiphobic Surface by Using Titanium Anodization for Large-Area Three-Dimensional Substrates", Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 400 (2013)
- Sumit Barthwal, Young Su Kim, Si-Hyung Lim," Mechanically Robust Superamphiphobic Aluminum Surface with Nanopore-embedded Microtexture", Langmuir, Vol. 29 (2013)
- Jeong Seok Oh, Hyo Jung Bng, Si-Hyung Lim, "The System of Stress Estimation for the Exposed Gas Pipeline Using the Wireless Tilt Sensor", Mobile, Ubiquitous, and Intelligent Computing, Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol. 274 (2014)

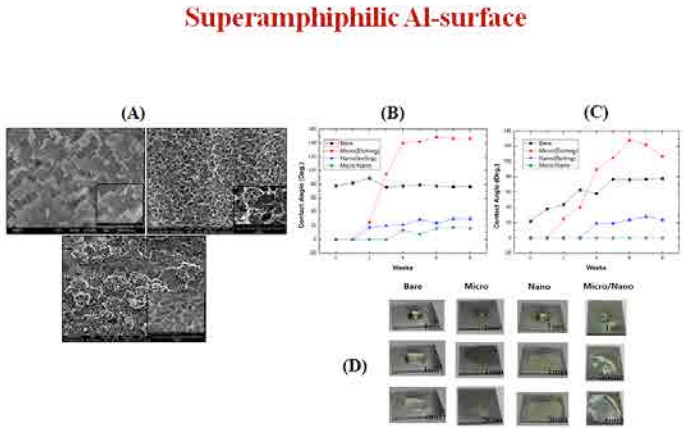
Superamphiphobic/superamphiphilic Aluminium Surface Fabrication

Si-Hyung Lim[a*]
[a]School of Mechanical Engineering, Kookmin University,
Seoul 136-702, South Korea
E-mail: shlim@kookmin.ac.kr

Superamphiphobic surfaces with excellent repellency to low surface tension liquids are very useful for practical applications, but still it is highly desirable to find simple, cost-effective, time-saving methods to fabricate large-area three-dimensional superamphiphobic surface. Herein, a simple two-step technique was developed for the fabrication of a mechanically robust superamphiphobic surface on aluminium (Al) plate. Dual geometric architectures with micro- and nanoscale structures were formed on the surface of Al plate by a combination of simple chemical etching and anodization process. This proposed methodology involves (1) fabrication of irregular microscale plateaus on the surface of Al plate, (2) formation of nanopores, and (3) fluorination. Wettability measurements indicate that the fabricated Al surface became super-repellent towards a broad range of liquids with surface tension in the range 27.5–72 mN/m. The fabricated surfaces show excellent mechanical hardness and long-term stability property. We also demonstrated the fabrication of superamphiphilic Al-surface by using simple etching and boiling methods. We measured contact angles and compared the amphiphilic properties of Al samples fabricated by different methods for various liquids. The results indicate that the fabricated Al surfaces retained good long-term superamphiphilic stability.



(A) Schematic diagram of the fabricated surface, (B) SEM images of the aluminum surface (a) after etching in a mixed acid solution , (b) anodizing for 10 min and (c) combining the above mentioned fabrication steps, and (C) includes (a) CAs as a function of liquid surface energy measured on various fabricated Al surface, (b) SAs of various liquids, (c) CAs after scotch tape test, and (d) CAs after hardness test.



(A) SEM images of the aluminum surface (a) after etching in a mixed acid solution, (b) after boiling in DI water, (c) after etching and boiling, (B) Water contact angle (WCA) on different surfaces before plasma treatment, (C) WCA on different surfaces after plasma treatment ,and (D) Comparison of oleophilicity on different fabricated surfaces after 2 months.

Dr. Yuko SUTO, Assistant Prof.

Graduate School of Environmental Studies,

Tohoku University

E-mail: yuko@mail.kankyo.tohoku.ac.jp

- Telephone: +81 (0)22-795-7377
- Fax: +81 (0)22-795-7377
- Website: http://ehtp.kankyo.tohoku.ac.jp/ishida/
- Address: 6-6-20, Aramaki-aza-Aoba, Aoba-ku, Sendai 980-8579, Japan

Education & Academic Background

1996 Graduated from Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Tohoku University
1998 Master of Engineering, Mechanical Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University
2001 Doctor of Engineering, Tohoku University
2001-2002 Research Fellow on JSPS Research for the Future Program, Research Institute of Fracture Technology, Graduate School of Engineering, Tohoku University
2002-2003 Research Associate, Department of Earth Science and Technology, Faculty of Engineering, Tohoku University
2003-2007 Research Associate, Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University
2007- Assistant Professor, Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

Recent Publications

- E. H. Ishida, R. Furukawa and Y. Suto, “Breaking A Way from Underground Resources and Energies Based Civilization – The Birth of Innovative Life Styles and Technologies –”, The Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineering of Japan, 85, 777-784 (2011).
- Y. Suto and H. Takahashi, “Effect of the load condition on frictional heat generation and temperature increase within a tri-cone bit during high-temperature formation drilling”, Geothermics 40, 267-274 (2011).
- N. Konda, H. Takahashi, Y. Suto and T. Satomi, “DEM Simulation on Strength and Deformation Characteristics of Ground Materials”, Proc. of the 5th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, CD-ROM (2010).
- Y.Suto and H.Takahashi, “Evaluation of performance of lightweight aggregate from dehydration cake with waste materials”, Proceedings of the 10th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology, 284-287 (2009).
- A. Gumati, H. Takahashi, Y. Suto, “Development of three-layer model and numerical simulation for cuttings transport in horizontal foam drilling”, Japanese Journal of Multiphase Flow 22, 374-384 (2008).
- Y. Suto, S. Sakuma, H. Takahashi, N. Hatakeyama, J. Henfling, “Temperature memory gauge survey and estimation of formation temperature of the USDP-4 conduit hole at Unzen Volcano, Japan”, Journal of Volcanic and Geothermal Research, 175, 20-27 (2008).
- N. Tsuchiya, Y. Suto, T. Kabuta, S. Morikawa, S. Yokoyama, “Sustainable hydrogen production system with sulfur – water – organic materials by hydrothermal reaction”, Journal of Material Science, 43, 2115-2122 (2008).
- Y. Suto, S. Saito, K. Osada, H. Takahashi, H. Motoyama, Y. Fujii, Y. Tanaka, “Laboratory experiments and thermal calculations for the development of a next-generation glacier-ice exploration system: Development of an electro-thermal drilling device”, Polar Science, 2, 15-26 (2008).
- Y. Suto, L. Liu, N. Yamasaki, T. Hashida, “Initial behavior of granite in response to injection of CO_2-saturated fluid”, Applied Geochemistry, 22, 202-218 (2007).
- Y. Suto, K. Yoshimoto, H. Takahashi, “Measurement of heat generation in drill bits under simulated drilling conditions and estimation of temperatures in drill bits during drilling”, Journal of the Japanese Association for Petroleum Technology, 71, 123-130 (2006).

Development of Matching Process against Lifestyle and Technology -Specification of Lifestyle-

Yuko Suto*[a], Shoko Fuji[a], Ryuzo Furukawa[a],
Riichiro Mizoguchi[b], Emile H. Ishida[a]

[a]Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, Aramaki-aza-Aoba, Aoba-ku, Sendai, 980-8579, Japan,
[b]School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology, Asahidai, Nomi City, Ishikawa 923-1292, Japan
E-mail:yuko@mail.kankyo.tohoku.ac.jp

Our proposing system of the creation of Nature Technology is formed by following four steps; 1) designing spiritually rich lifestyles even in the future with strict environmental restriction, 2) identifying the technological elements necessary for the enabling lifestyles, 3) finding the necessary technology seeds from nature, and 4) re-designing it as a new technology.

In the system, lifestyles were designed by back cast thinking at step 1. We have designed more than 450 lifestyles. However, it is difficult to progress from step 1 to 2. As the reasons for it, followings are considered. The designed lifestyles were expressed as sentences of around 100 words so the details of lifestyle were not shown. And lifestyle shows that person do something so technological functions are not expressed on the sentences. Therefore it is necessary to develop a matching method against lifestyle and technology.

As a part of the matching process, specification of lifestyle were proposed to make it easy to extract technological elements. Two kinds of approach were attempted for the specification. One approach was conceptualization of lifestyle, and the another was introducing ontology engineering into lifestyle (Figure 1). The conceptualization was performed by repeating conversion between abstraction and representation to clear some concepts existing tacitly in the designed lifestyle and to extend to lifestyle having the same concepts. Introducing ontology engineering, the behavioral decomposition tree of lifestyle was made to show clearly the structure of lifestyle and its background.

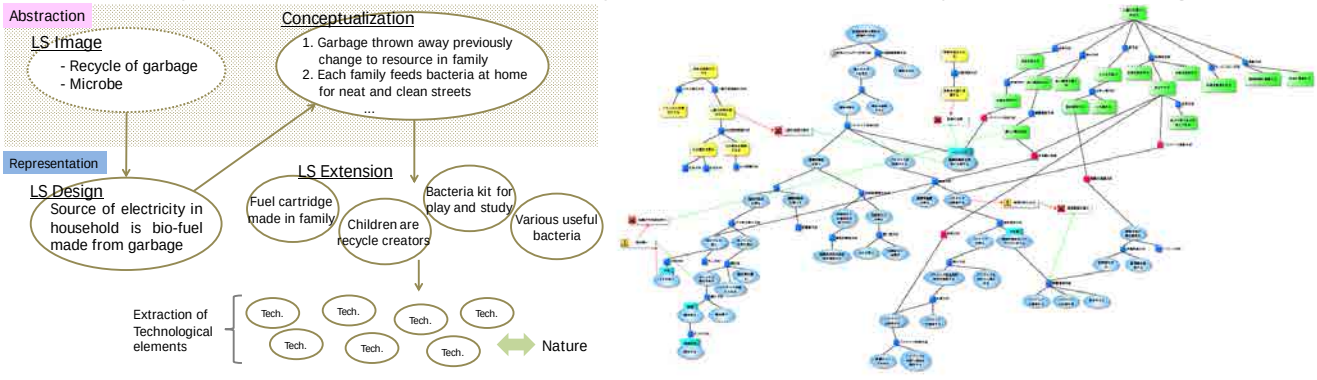


Figure 1. An example of specification of lifestyle. Left: Conceptualization flow, Right: Behavioral decomposition tree.

Kenneth Breuer
Professor of Engineering
Professor of Ecology and Evolutionary Biology
Brown University, Providence RI 02912, USA
+1 401.863.2870
kbreuer@brown.edu
http://brown.edu/Research/Breuer-Lab

Education

1982	Sc.B.	Brown U., Mechanical Engineering. (with honors, *Magna cum Laude)*
1984	M.S.	MIT. Aeronautics and Astronautics
1988	PhD	MIT. Aeronautics and Astronautics
1988 – 1990	Post Doctoral Fellow, Div. of Applied Mathematics, Brown University	

Experience

2012 - present	Senior Associate Dean of Engineering
2006 – present	Professor, School of Engineering, Brown University, Professor, Dept. of Ecology and Evolutionary Biology (courtesy appointment)
1999 - 2006	Associate Professor, School of Engineering, Brown University,
1998 - 1999	Principal Res. Scientist, Dept. of Aeronautics and Astronautics, MIT
1996 - 1998	Associate Professor, Dept. of Aeronautics and Astronautics, MIT
1990 - 1996	Assistant Professor, Dept. of Aeronautics and Astronautics, MIT
1984 – 1985	Math. and Computing Teaching, Nightingale-Bamford School, NYC

Honors: Fellow: American Physical Society, Fellow: American Society of Mechanical Engineers. Associate Fellow: American Institute of Aeronautics and Astronautics
***Educational*:** Co-author: *Multimedia Fluid Mechanics* (Cambridge Univ. Press), Co-Editor: *A Gallery of Fluid M*otion (Camb. Univ. Press),
***Outreach*:** Featured on several educational TV features (Discovery Channel, PBS-NOVA, New Scientist, Science Daily, Reuters), Web series (*YouTube: Smarter Every Day*). Host of high school and college students in summer internships.
***Professional Service*:** Chair, American Physical Society, Division of Fluid Dynamics (2011-12). Founder and Chair ASME Microfluidics Symposium 2000, 2001 and Chairman of ASME Micro and Nanofluidics Technical Committeee (2004-6). Co-Chairman of ASME NanoInstitute committee on nanoscale phenomena (2004-7). Associate Editor: *Journal of Fluids Engineering* (2003-06), *Microfluidics and Nanofluidics* (2005-present), International *Journal of Heat Transfer and Fluid Flow* (2007 – present).

Selected Recent Publications:

1. M Kim, J Bird, A Van Parys, K Breuer, and T Powers. (2003). A macroscopic scale model of bacterial flagellar bundling. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **100** (26) pp. 15481-15485. [doi] .
2. N Darnton, L Turner, K Breuer, and H Berg. (2004). Mixing fluids with bacterial carpets. *Biophysical Journal*, **86** pp. 1863-1870. [doi] .

3. S Jin, P Huang, J Park, J Yoo, and K Breuer. (2004). Near surface velocimetry using evanescent wave illumination. *Experiments In Fluids*, **37** (6) pp. 825-833.[doi] .
4. M Kim and K Breuer. (2004). Enhanced diffusion due to motile bacteria. *Physics of Fluids*, **16** (9) pp. L78-L81. [doi] .
5. JS Guasto, P Huang, and KS Breuer. (2006). Statistical particle tracking velocimetry using molecular and quantum dot tracer particles. *Experiments In Fluids*, **41**(6) pp. 869-880. [doi] .
6. P Huang, JS Guasto, and KS Breuer. (2006). Direct measurement of slip velocities using three dimensional total internal reflection velocimetry. *J. Fluid Mechanics*, **566** pp. 447. [doi] .
7. GD Jay, JR Torres, ML Warman, MC Laderer, and KS Breuer. (2007). The role of lubricin in the mechanical behavior of synovial fluid. *Proceedings of the National Academy of the USA*, **104** (15) pp. 6194-6199. [doi] .
8. MJ Kim and KS Breuer. (2007). Controlled mixing in microfluidic systems using bacterial chemotaxis. *Analytical Chemistry*, **79** (3) pp. 955-959. [doi] .
9. MJ Kim and KS Breuer. (2008). Microfluidic pump powered by self organizing bacteria. *Small*, **4** (1) pp. 111-118. [doi] .
10. B Qian, TR Powers, and KS Breuer. (2008). Shape transition and propulsive force of an elastic rod rotating in a viscous fluid. *Physical Review Letters*, **100** (7) pp. 078101. [doi] .
11. A Song, X Tian, E Israeli, R Galvao, K Bishop, S Swartz, and K Breuer. (2008). Aeromechanics of Membrane Wings with Implications for Animal Flight. *AIAA Journal*, **46** pp. 2096-2106. [doi] .
12. TY Hubel, NI Hristov, SM Swartz, and KS Breuer. (2009). Time resolved wake structure and kinematics of bat flight. *Experiments in Fluids*, **46** (5) pp. 933-943.[doi] .
13. TY Hubel, DK Riskin, SM Swartz, and KS Breuer. (2010). Wake structure and wing kinematics the flight of the lesser dog faced fruit bat *Cynopterus brachyotis*. *J. Experimental Biology*, **213** (20) pp. 3427-3440. [doi] .
14. B Liu, TR Powers, and KS Breuer. (2011). Force free swimming of a model helical flagellum in viscoelastic fluids. *Proceedings of the National Academy of the USA*, **108** (49) pp. 19516-19520. [doi] .
15. LC MacAyeal, DK Riskin, SM Swartz, and KS Breuer. (2011). Climbing flight performance and load carrying in lesser dog faced fruit bats *Cynopterus brachyotis*. *J. Experimental Biology*, **214** (5) pp. 786-793. [doi] .
16. J Colorado, A Barrientos, C Rossi, JW Bahlman, and KS Breuer. (2012). Biomechanics of smart wings in a bat robot morphing wings using SMA actuators.*Bioinspiration and Biomimetics*, **7** (3) pp. 036006. [doi] .
17. TY Hubel, NI Hristov, SM Swartz, and KS Breuer. (2012). Changes in kinematics and aerodynamics over a range of speeds in *Tadarida brasiliensis* the Brazilian free tailed bat. *J Royal Society Interface*. [doi] .
18. RM Waldman and KS Breuer. (2012). Accurate measurement of streamwise vortices using dual plane PIV. *Experiments in Fluids*, **53** (5) pp. 1487-1500. [doi] .
19. TS Yu, J Park, H Lim, and KS Breuer. (2012). Fog deposition and accumulation on smooth and textured hydrophobic surfaces. *Langmuir*, **28** (35) pp. 12771-12778. [doi] .
20. JW Bahlman, SM Swartz, and KS Breuer. (2013). Design and characterization of a multi articulated robotic bat wing. *Bioinspiration and Biomimetics*, **8** (1) pp. 016009. [doi] .

21. JW Bahlman, SM Swartz, DK Riskin, and KS Breuer. (2013). Glide performance and aerodynamics of non equilibrium glides in northern flying squirrels *Glaucomys sabrinus*. *J Royal Society Interface*, **10** (80) pp. 20120794. [doi] .
22. O Curet, S Swartz, and K Breuer. (2013). An aeroelastic instability provides a possible basis for the transition from gliding to flapping flight. *J. Royal Society Interface*, **10** (80) . [doi] .

Elasticity and Fluid Motion: Flight, Propulsion and Energy-Harvesting inspired by Animal Motion

Kenneth Breuer
Brown University

Animal swimming and flying is often characterized by the interplay between the fluid forces and the flexibility of the animal's morphology. In this talk I will explore the role of structural flexibility in animal locomotion, and discuss some of advantages, disadvantages and unique mechanics that elasticity brings to swimming and flying. Bacteria have evolved to harness the flexibility of their flagella to enhance their ability to seek food and to avoid hostile environments. At a different extreme, bats are characterized by compliant and highly articulated membrane wings which they use to achieve amazing agility and maneuverability in flight. I will draw from a wide range of biology, physics and engineering, including examples from my group's work over the past several years on bacterial swimming, bat flight and mammalian swimming.

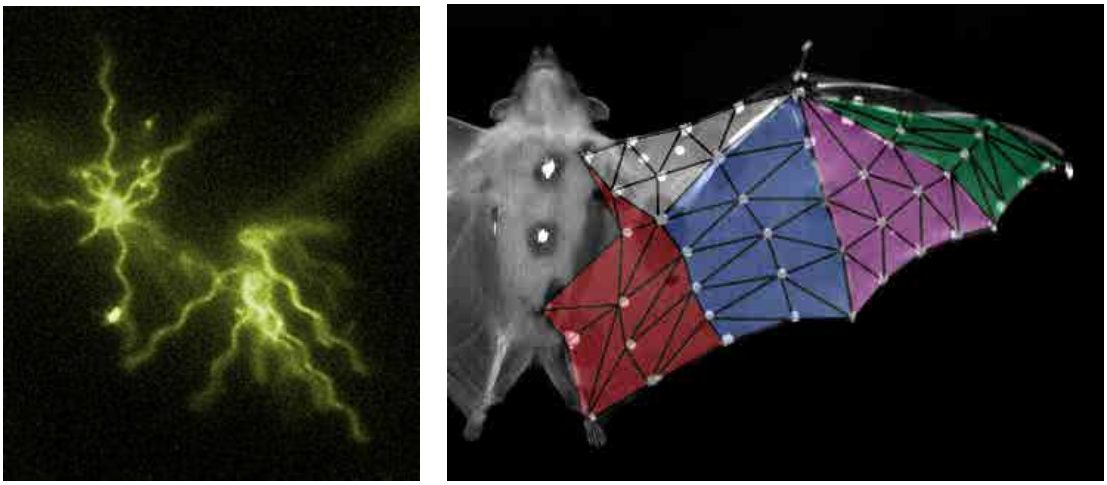


Figure 1: Example of flexible structures used in animal locomotion: (Left) Fluorescent image of bacterial flagella. (Right), regions of bat wing, extende during flight.

Hiroshi FUDOUZI , PhD

Principal Researcher

Applied Photonic Materials Group, Photonic Materials Unit, Advanced Key Technologies Division, National Institute for Materials Science

E-mail: FUDOUZI.Hiroshi@nims.go.jp

- Telephone: +81-298-592450
- Fax: +81 81-298-592201
- Website: http://samurai.nims.go.jp/FUDOUZI_Hiroshi-e.html
- Address: 1-2-1 Sengen, Tsukuba 305-0047, Japan

Education & Academic Background

Academic degrees:
1991 BE, Applied Chemistry, Kyushu Institute of Technology
1993 ME, Applied Chemistry, Kyushu Institute of Technology
2004 PhD, Chemistry, Kyushu University

Professional carrier:
April 1993 – March 2001
Researcher, National Research Institute of Metals
April 2001 – Researcher, National Institute for Materials Science
April 2003 – Senior Researcher, National Institute for Materials Science
April 2007 – Principal Researcher, National Institute for Materials Science

Jan. 2002 – Jan. 2003
Visiting Scholar, Department of Chemistry, University of Washington
Host Professor: Younan Xia, PhD
April 2008 - March 2009,
Officer, Cabinet office Science and Technology Policy
April 2009 –
Guest Associate Professor, Nagoya Institute for Technology

Awards: Encouragement Prize, The Japan Institute of Metals (1999), HOSOKAWA Encouragement Award (2008)

Recent Publications

- H. Fudouzi, “Opal photonic crystal films with tunable structural color” in Responsive Photonic Nanostructures: Smart Nanoscale Optical Materials, Chapter 3, pp. 44-62, Edited by Yadong Yin, RSC Publishing (2013).
- J T. Kohoutek, J. Orava, A.L. Greer, H. Fudouzi, “Sub-micrometer soft lithography of a bulk chalcogenide glass” *Opt. Express* **21**, 9584-9591(2013).
- H. Fudouzi, T. Sawada, “Tunable structural color in colloidal photonic crystals” in Biomimetic Photonics (Series in Optics and Optoelectronics), Chapter 5, pp.141-155, Edited by Olaf Karthaus, CRC press (2012).
- T. Kohoutek, J. Orava, T. Sawada and H. Fudouzi, “Inverse opal photonic crystal of chalcogenide glass by solution processing” *J. Colloid Interface Sci.* **353**, 454-458 (2011).
- H. Fudouzi : “Tunable structural color in organisms and photonic materials for design of bioinspired materials” *Sci. Tech. Adv. Mat.* **12**, 064704-1 (2011).
- J T. Kohoutek, J. Orava, A.L. Greer, H. Fudouzi, “Soft imprint lithography of a bulk chalcogenide glass” *Opt Mater Express* **1**, 796-802 (2011).
- H. Fudouzi, Y, Sakka, “Micro gas sensor assembly of tin oxide nano-particles by a capillary micro-molding process” *J. Ceramic Soc., Jpn*, **118**, 202-205 (2010).
- S. Furumi, H. Fudouzi, T. Sawada, “Self-organized colloidal crystals for photonics and laser applications” *Laser and Photonics Reviews* **4**, 205-220 (2010).
- H. Fudouzi, “Optical properties caused by periodical array structure with colloidal particles and their applications” *Adv. Powder Tech.* **20**, 502-508(2009).

Surface shape deformation of soft opal films by hot embossing process based on a biomimetic approach

Hiroshi FUDOUZI *[a], Takahiko HARIYAMA [b], Yumi YAMAHAMA [b], Shinya YOSHIOKA [c], Daisuke ISHII [d], Ken-ichi KIMURA [e], Hideo KUBO [f], Masatsugu Shimomura [g, h] and Yoshihiro UODU [i].

National Institute for Materials Science [a], Hamamatsu University School of Medicine [b], Osaka University [c], Nagoya Institute of Technology [d], Hokkaido University of Education [e], Hokkaido University [f], WPI Advanced Institute for Materials Research [g], Tohoku University [h] and Mitsubishi Rayon Co., Ltd. [i]

1-2-1 Sengen, Tsukuba 305-0047, Japan,
E-mail: FUDOUZI.Hiroshi@nims.go.jp

Hierarchical microstructures in beetle epidermis layers enable a wide variety of structural colors. One of factors is surface roughness of the epidermis layers. Based on a biomimetic viewpoint, we have been developing a new surface forming method with a hot embossing process as shown in Figure 1. The proposed method is applying hot embossing with a metal mesh or mold pressed onto the self-assembled opal film on plastic substrates. The opal films composed of 200 nm polystyrene colloids and infilling elastic silicone polymer coated on black and flat polyvinyl chloride or PET sheets. Then the top surface of the opal film was thermally deformed as convex or concave shaped as illustrated in lower column of Fig. 1. By using another mold, Figure 2 shows optical microscope images for dome shaped array by hot embossing treatment. The deformed opal films demonstrate new optical property caused by the surface shape deformation.

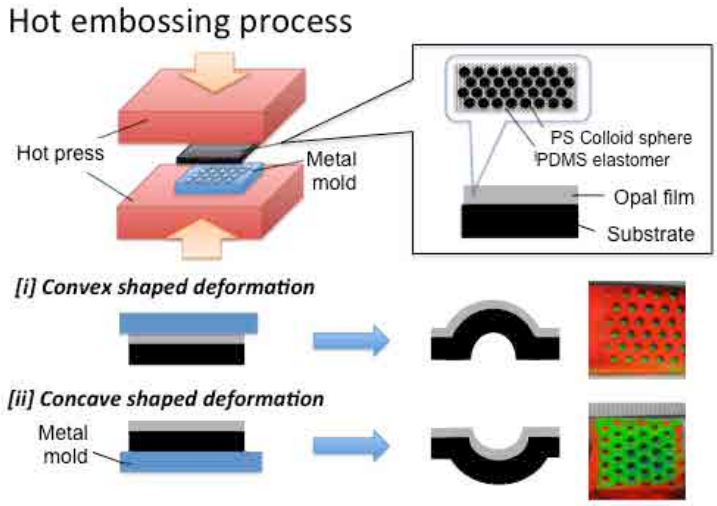


Figure 1. Schematic procedure of hot embossing process. A metal template arrangements will determine surface shapes.

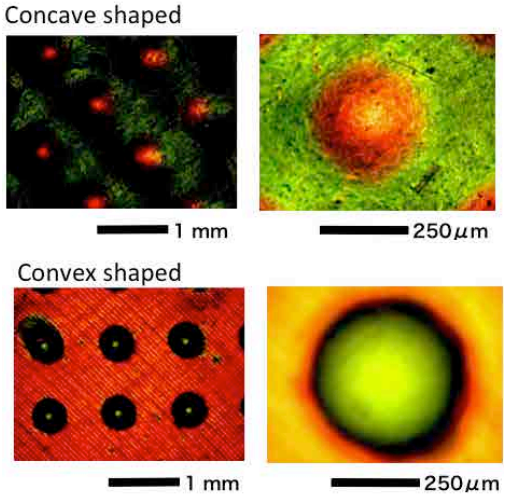


Figure 2. Optical microscope images of concaved and convex shaped opal films on a PVC sheet.

Dr. Yeong-Eun Yoo, Principal Researcher

Deptartment of Nano Manufacturing Technology

Nano convergence Mechanical Systems Research Division

Korea Institute of Machinery and Materials

E-mail: yeyoo@kimm.re.kr

- Telephone: +82 (0)42-868-7883
- Fax: +82 (0)42-868-7149
- Website: http://kimm.re.kr
- Address: 156 Gajeongbuk-ro, Yuseong-gu, Daejeon, 305-343, Korea

Education & Academic Background

1990 S.B Mechanical Engineering, Seoul National University
1992 S.M, Mechanical Engineering, Seoul National University
1997 Ph.D, Mechanical Engineering, Seoul National University
1997-2000 Post-doc, Mechanical & Industrial Engineering Department, UIUC, USA
2000-2003 Senior Scientist, Polymer Processing Group, LG Chem. Ltd, Korea
2003-2007 Senior Researcher, Korea Institute of Machinery and Materials, Korea
2008- Principal Researcher, Korea Institute of Machinery and Materials, Korea
2009- Professor, University of Science and Technology, Korea

Award: 2008 Nano Korea Organizing Committee Chair Award, 2011 Minister of Knowledge Economy Award

Recent Publications

- Y.E. Yoo et al., “Injection molding of a nanostructured plate and measurement of its surface properties”, Curr. Appl. Phys., 9 e12-e18 (2009)
- Y.E. Yoo et al., "A study on molding of nanostructured plastic plate and its surface properties", Japanese J. Appl. Phys., 48 (2009)
- Sun Kyoung Kim, Sung-Ju Choi, Kwan-Hee Lee, Dae-Jin Kim, Yeong-Eun Yoo, "Observation of Instabilities in Flow Front During Micro Injection Molding Process", Polymer Engineering and Science, 50 (7), 1377–1381 (2010)
- Y.-E. Yoo, K. H. Lee, T.J. Je, D.-S.Choi, and S.K. Kim "An In-Mold Packaging Process for Plastic Fluidic Devices," Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 11 (1), 233-238 (2011)
- Yeong-Eun Yoo, Tae-Hoon Kim, Tae-Jin Je, Doo-Sun Choi, Chang-Wan Kim, Sun-Kyung Kim, “Injection molding of micro patterned PMMA plate”, Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 21, s148-s152 (2011)
- S.H. Park, W.I. Lee, S.N. Moon, Y.-E. Yoo and Y.H. Cho, “Injection molding micro patterns with high aspect ratio using a polymeric flexible stamper”, eXPRESS Polymer Letters, 5 (11), 950-958 (2011)
- Jae Sung Yoon, Yeong-Eun Yoo and Doo-Sun Choi “A study on the fabrication of rounded patterns by spin coating of photoresist on silicon substrate with microstructures,” Polymer Engineering & Science, 52 (3), 499–506 (2012)
- Yeong-Eun Yoo, Sang-Won Woo and Sun Kyoung Kim, “Injection molding without prior drying process by the gas counter pressure,” Polymer Engineering & Science, 52 (11), 2417-2423 (2012)
- Bong-Gi Kim, Eun Jeong Jeong, Ki Hwan Kwon, Yeong-Eun Yoo, Doo-Sun Choi, and Jinsang Kim , “Controlling Mold Releasing Propensity–The Role of Surface Energy and a Multiple Chain Transfer Agent,” ACS Appl. Mater. Interfaces, 4 (7), 3465–3470 (2012)
- Young-Rok Kim, Sungho Jung, Hyunil Ryu, Yeong-Eun Yoo, Sun Min Kim and Tae-Joon Jeon, “Synthetic Biomimetic Membranes and Their Sensor Applications”, Sensors, 12, 9530-9550 (2012)
- Phuong Nguyen Thi, Arim Kwon, Yeong-Eun Yoo and Jae Sung Yoon, “Model study on flow behaviour for investigating coating conditions in the in-mold coating process”, JMST, 27 (10), 2967-2971 (2013)

Fabrication of Funcitonalized Nanopore Platform for Water Selective Transportation

Yeong-Eun Yoo*[a,b], Arim Kwon[a], Phuong Nguyen Thi[a,b], Anugrah Andisetiawan[a,b], Jeong Hwan Kim[a], Jae-Sung Yoon[a,b], Jin-Wook Lee[c], Seung Hyun Kim[c], Yun Jung Lee[d] and Nowon Kim[e]

[a]Korea Institute of Machinery and Materials, 156 Gajeongbuk-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea
[b]Univ. of Science & Technology, 217 Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea
[c]Inha Univ., 100 Inharo, Nam-gu, Incheon, Korea
[d]Hanyang Univ., 222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul, Korea
[e]Dongeui Univ., 995 Eumgwang-ro, Gaya 3-dong, Busanjin-gu, Busan, Korea
E-mail:yeyoo@kimm.re.kr

Cell membrane has its unique functions of selective passive or active transportation of ions or molecules or switching the transportation depending on involved membrane protein. These unique functions of membrane proteins now attract attentions to be realized artificially for novel engineering applications including water purification, hemo-dialysis, osmosis pressure generation or sensors etc.

Aquaporin is a membrane protein which exclusively trnsports water at a high rate. It can be modelled as a miniscale hour-glass shaped hole through membrane. The diameter of the hole at the middle and the surface of the membrane is app. 0.2 nm and 0.8nm respectively(Figure 1). The depth of the hole is between 4nm and 10nm. The inner surface of the hole has some specific functional groups depending on the location to control the behavior of water molecules and ions.

As an early stage of realization of artificial aquaporin, a nanopore platform with poresize under 20nm in diameter is fabricated using block copolymer/homopolymer blends such as PS-b-PAA:PEO(Figure 2). Based on this nanopore platform, a charged chemical group such as a peptide(RFRF: arginine-phenylalanine) is linked to the inner surface of the pore to investigate the influence on the flow of charged molecules or particles.

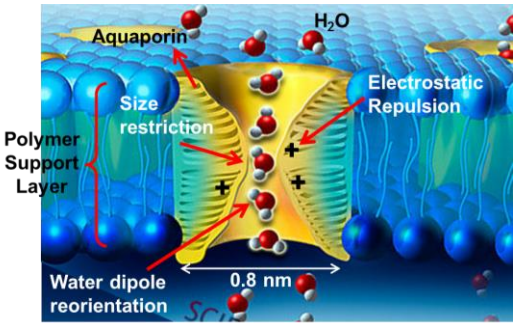


Figure 1. Schematic of a model for aquaporin in cell membrane and behaviour of water molecules in the pore

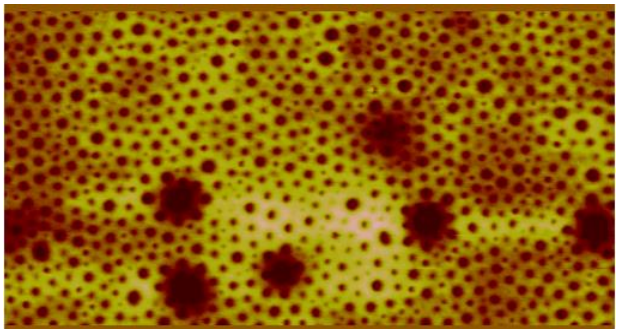


Figure 2. A nanopore platform with pore diameter approximately 20nm using block copolymer/ homopolymer blend(PS-b-PAA:PEO)

Dr. Kaori Kamata

JST-ERATO Iyoda Supra-Integrated Molecular Project

Tokyo Institute of Technology

E-mail: kamata.k.ab@m.titech.ac.jp

- Telephone: +81 (0)45-924-5277
- Fax: +81 (0)45-924-5277
- Website: http://www.jst.go.jp/erato/iyoda/index.html
- Address: 4259 Nagatsuta-Cho, Midori-Ku, Yokohama, Kanagawa 226-8503, Japan

Education & Academic Background

1997	Graduated from Department of Chemistry and Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Yamagata University
1999	Master of Engineering, Department of Applied Chemistry, Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University
2002	Doctor of Engineering, Department of Applied Chemistry, Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University
2002-2003	Research Associate, Department of Chemistry, University of Washington
2003-2011	Assistant Professor, Chemical Resources Laboratory, Tokyo Institute of Technology
2006-2010	JST-PRESTO Researcher, PRESTO Project “Structure Control and Function”
2011-	Associate Professor, Group Leader, JST-ERATO Iyoda Supra-Integrated Molecular Project, Tokyo Institute of Technology

Award:
- 2000 The World Polymer Congress IUPAC MACRO2000 Poster Award
- 2003 MRS-ICAM Young Scientist Award
- 2006 ICNME 2006 Award, The 7th International Conference on Nano-Molecular Electronics
- 2007 ACS-232nd National Meeting, PMSE Division, Arthur K. Doolittle Award
- 2007 Prizes for Science and Technology, The Commendation for Science and Technology by the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology (shared award)
- 2010 Excellent Paper Award of The Electrochemical Society of Japan (shared award)
- 2013 Nano Tech Award 2013: Category Award on “Nano Fabrication Technology” (shared award)

Recent Publications

- Kamata, K., Akimoto, Y. Iyoda, T. “Fabrication of Metal Microcoil from Plant Tissue’’ *Cellulose Commun*., **20**, 69 (2013).
- Komiyama, H., Iyoda, T., Kamata, K. "Perpendicularly oriented cylinder nanostructure of liquid crystalline block copolymer film on Si substrate with various surface wettability." *Chem. Lett.* **41**, 110-112 (2012).
- Kamata, K., Suzuki, S., Ohtsuka, M., Nakagawa, M., Iyoda, T., Yamada, A. "Fabrication of Left-Handed Metal Microcoil from Spiral Vessel of Vascular Plant." *Adv. Mater.* **23**, 5509-5513 (2011).
- Watanabe, R., Iyoda, T., Ito, K. "Nanostructure titanium oxide fabricated via block copolymer template." *Electrochemistry* **77**, 214-218 (2009).
- Kamata, K. "Templating process using nanocylinder array structure in liquid crystalline block copolymer thin film." *Mater. Integr.* **22**, 25-31 (2009).
- Suzuki, S., Kamata, K., Yamauchi, H. & Iyoda, T. "Selective doping of lead ions into normally aligned PEO cylindrical nanodomains in amphiphilic block copolymer thin films." *Chem. Lett.* **36**, 978-979 (2007).
- Li, J., Kamata, K., Komura, M., Yamada, T., Yoshida, H. & Iyoda, T. "Anisotropic ion conductivity in liquid crystalline diblock copolymer membranes with perpendicularly oriented PEO cylindrical domains." *Macromolecules* **40**, 8125-8128 (2007).
- Kamata, K., Iyoda, T. "Nanocylinder array structures in block copolymer thin films." *Nanomaterials Research toward Applications* Chapter 5, page 171-223 (Ed. by, Hosono, H., Mishima, Y., Takezoe, H., & MacKenzie, J. D. K., Elsevier, 2006).

Biotempating Process for 3D Structured Materials

Kaori Kamata*[a], Zhenzi Piao[a], Wataru Tajiri[b], and Tomokazu Iyoda[a,b]

[a]JST-ERATO Iyoda Supra-Integrated Material Project,
[b]Division of Integrated Molecular Engineering (IME), Chemical Resources Laboratory, Tokyo Institute of Technology,
4259 Nagatsuta-Cho, Midori-Ku, Yokohama, Kanagawa 226-8503, Japan
E-mail: kamata.k.ab@m.titech.ac.jp

Microstructures in nature have been attracting attention of scientists in all different fields due to the mystery in mechanism of generation and the sophisticated system. In the light of material engineering, three-dimensional microstructures are good targeting motifs, especially helical structures. Here, we propose the utilization of *Spirulina*, blue-green algae and forming air core helix, as biotemplate. The structural parameters of *Spirulina* such as helical pitch can be controlled by cultivation conditions, which should be the greatest benefit for size-tunning of resulting materials. The biotemplating process was carried out with three steps including fixation of *Spirulina*, surface activation, and electroless plating. The metal coating was successfully formed on *Spirulina* surface, which gave metal microcoil with air core helical structure (Fig. 1). The metal coatings were demonstrated with copper, nickel-boron, nickel-phosphorus, silver, and gold with the corresponding electroless plating baths (supported by Okuno Chemical Industries Co., Ltd.). The dimensions of metal microcoils are controllable in the range of 30-60 μm in diamter, 5-80 μm in coil pitch, and 50-300 μm with narrow size distributions. It was found that the copper microcoil dispersion sheets effectively absorbed terahertz wave with optical activities based on the structure of microcoils. The current biotemplating process can overcome poor controllability of structural design and difficulty in mass fabrication, which are the problems in conventional manufacturing approaches like photolithography or direct printing processes for 2D patterns.

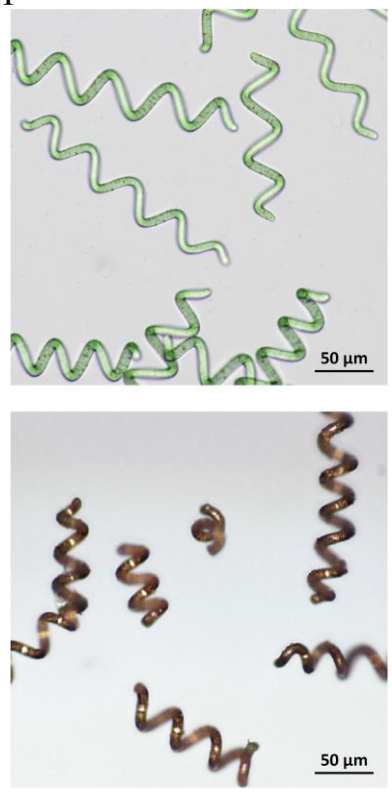


Fig. 1. *Spirulina* template (top) and resulting copper microcoil (bottom).

Dr. Takuma TAKANASHI

Department of Forest Entomology

Forestry and Forest Products Research Institute

E-mail: takanasi@affrc.go.jp

- Telephone: +81 (0)29-873-3211
- Fax: +81 (0)29-874-3720
- Website: http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/dept/07for-entom/index.html
- Address: Matsunosato 1, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan

Education & Academic Background

1996	Graduated from Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology
1998	Master of Agriculture, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, University of Tokyo
2000-2001	Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) Research Fellow, University of Tokyo
2001	Doctor of Agriculture, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, University of Tokyo
2001-2002	JSPS Research Fellow, Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden
2002-2003	Postdoctoral fellow, Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden
2003-2004	JSPS Research Fellow, National Institute of Agrobiological Sciences
2004-2006	Researcher, Forestry and Forest Products Research Institute
2007-present	Chief Researcher, Forestry and Forest Products Research Institute
2011-present	Guest Researcher, Neurosensing and Bionavigation Research Center, Doshisha University
Award: 2011	Japan Prize in Agricultural Sciences, Achievement Award for Young Scientists

Recent Publications

- W. Kojima, S. Sugiura, H. Makihara, Y. Ishikawa, T. Takanashi, “Rhinoceros beetles suffer male-biased predation by mammalian and avian predators”, Zoological Science (in press) (2014).
- R. Nakano, T. Takanashi, A. Surlykke, N. Skals, Y. Ishikawa, “Evolution of deceptive and true courtship songs in moths”, Scientific Reports, 3, 2003 (2013).
- W. Kojima, Y. Ishikawa, T. Takanashi, “Deceptive vibratory communication: pupae of a beetle exploit the freeze response of larvae to protect themselves”, Biology Letters, 8, 717-720 (2012).
- W. Kojima, Y. Ishikawa, T. Takanashi, “Pupal vibratory signals of a group-living beetle that deter larvae: are they mimics of predator cue?”, Communicative and Integrative Biology, 5, 262-264 (2012).
- W. Kojima, T. Takanashi, Y. Ishikawa, “Vibratory communication in the soil: pupal signals deter larval intrusion in a group-living beetle *Trypoxylus dichotoma*”, Behavioral Ecology and Sociobiology, 66, 171-179 (2012).
- T. Kikuchi, J. Cotton, J.J. Dalzell, K. Hasegawa, N. Kanzaki, P. McVeigh, T. Takanashi, I.J. Tsai, S.A. Assefa, P.J.A. Cook, T.D. Otto, M. Hunt, A.J. Reid, A. Sanchez-Flores, K. Tsuchihara, T. Yokoi, M.C. Larsson, J. Miwa, A.G. Maule, N. Sahashi, J.T. Jones, M. Berriman, “Genomic insights into the origin of parasitism in the emerging plant pathogen *Bursaphelenchus xylophilus*”, PLoS Pathogens, 7, e1002219 (2011).
- T. Takanashi, R. Nakano, A. Surlykke, H. Tatsuta, J. Tabata, Y. Ishikawa, N. Skals, “Variation in courtship ultrasounds of three Ostrinia moths with different sex pheromones”, PLoS One, 5, e13144 (2010).
- R. Nakano, T. Takanashi, N. Skals, A. Surlykke, Y. Ishikawa, “To females of a noctuid moth, male courtship songs are nothing more than bat echolocation calls”, Biology Letters, 6, 582-584 (2010).
- T. Takanashi, M. Fukaya, H. Nishino, “Behavioral responses to vibrations and associated sense organs in a long horn beetle”, Proceedings of Auditory Research Meeting, the Acoustical Society of Japan, 40, 293-296 (2010).
- T. Takanashi, W. Ohmura, E. Ohya, Y. Kubojima, T. Mori, T. Koike, H. Nishino, “Method for controlling insect pest by vibration”, PCT/JP2010/65398.
- R. Nakano, N. Skals, T. Takanashi, A. Surlykke, T. Koike, K. Yoshida, H. Maruyama, S. Tatsuki, Y. Ishikawa, “Moths produce extremely quiet ultrasonic courtship songs by rubbing specialized scales”, Proceedings of National Academy of Sciences USA, 105, 11812-11817 (2008). (evaluated by Faculty of 1000)
- T. Takanashi, Y. Ishikawa, P. Anderson, Y. Huang, C. Löfstedt, S. Tatsuki, B.S. Hansson, “Unusual response characteristics of pheromone-specific olfactory receptor neurons in the Asian corn borer moth *Ostrinia furnacalis*”, Journal of Experimental Biology, 209, 4946-4956 (2006).

Vibration Signals in Insects and their Application to Pest Control

Takuma Takanashi*[a], Wataru Kojima[b] and Hiroshi Nishino[c]

[a]Forestry and Forest Products Research Institute, Tsukuba, Japan,
[b]Graduate School of Arts and Sciences, University of Tokyo, Meguro, Japan,
[c]Research Institute for Electronic Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan
*E-mail: takanasi@affrc.go.jp

Most insects detect substrate vibrations to recognize predators and conspecifics. However, little is known about how coleopteran insects respond to vibrations and how these signals might be applied to pest control. We investigated the behavioral responses to vibrations in two beetle species, *Trypoxylus dichotomus* and *Monochamus alternatus*.

We found vibratory communication between pupae and larvae of the group-living *T. dichotomus*, which live in soil. Playback experiments showed that pupae produce vibratory signals to deter approaching larvae, thereby protecting themselves (Fig. A). Vibrations generated by moles, a common predator of *T. dichotomus*, also deterred the larvae. Our findings suggest that pupae cause larvae to freeze by using vibrations that mimic those produced by predators.

The Japanese pine sawyer beetle, *M. alternatus*, is the vector of the pine wood nematode that kills pine trees. Adults of *M. alternatus* showed startle responses, such as freezing or fast movement, in response to vibrations below 1 kHz, indicating that they detect low-frequency vibrations. We identified the sense organ responsible for the freezing behavior for the first time in a coleopteran species. The femoral chordotonal organ (FCO), located in the mid-femur, contained multiple sensory neurons and was distally connected to the proximal tibia via a cuticular apodeme (Fig. B). Walking adults with all FCOs surgically ablated did not show the freeze response to low-frequency vibrations, whereas intact beetles did. These findings suggest that the FCO is responsible for detecting low-frequency vibrations and mediating the startle behavior. Currently, we are developing a pest control method that uses behavior-modifying vibrations in response to the societal need for environmentally friendly alternatives to pesticides.

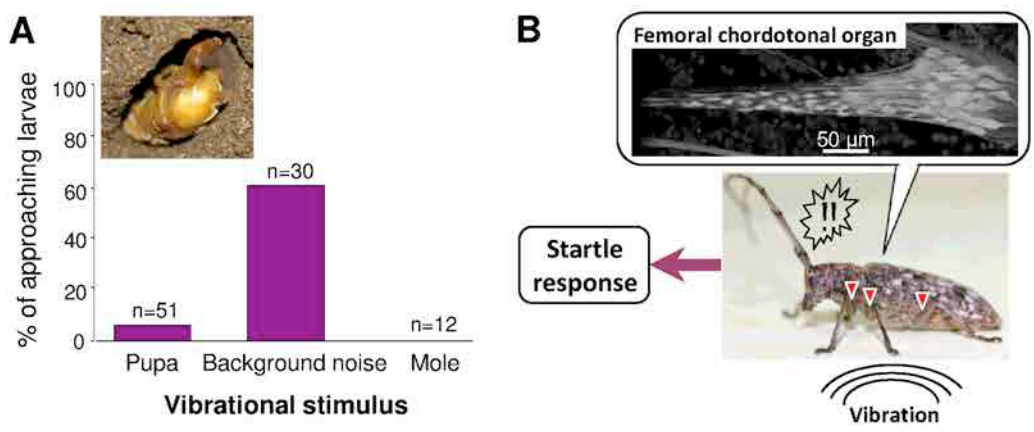


Fig. A) Proportion of *T. dichotomus* approaching larvae when pupal and mole vibrations were played back. **B)** Femoral chordotonal organ mediates startle response to vibrations in *M. alternatus.*

Dr. Hidetoshi KOBAYASHI, Prof.

Department of Mechanical Science and Bioengineering,

Graduate School of Engineering Science,

Osaka University

E-mail: hkoba@me.es.osaka-u. ac.jp

- Telephone: +81 (0) 6-6850-6200
- Fax: +81 (0) 6-6850-6204
- Website: http://fracmech.me.es.osaka-u.ac.jp/days/days.htm
- Address: 1-3, Machikaneyama, Toyonaka, 560-8531, Japan

Education & Academic Background

1980 Master course of Aeronautical Engineering, Kyoto University
1980-1988 Research Associate, Department of Aeronautical Engineering, National Defense Academy
1983-1987 PhD course in Department of Engineering, Reading University, U.K.
1987 PhD from Reading University
1988-2003 Associate Professor, Department of Mechanical Systems Eng., Muroran Institute of Technology
1996 Visiting Researcher, Biomimetics Centre of Reading University, U.K.
2003- Professor, Department of Mechanical Science and Bioengineering,
Graduate School of Engineering Science, Osaka University

Award: 2010 Award of JSMS Committee on Impact
2006 Light Metal Paper Prize, The Japan Institute of Light Metals

Recent Publications

- H. Kobayashi, F. Okada, K. Ogawa, K. Horikawa and K. Watanabe, “Strength and Temperature Increase of β -Ti Alloy during Quasi-static and Impact Compressive Deformation”, Chemistry of Materials, 62(9), 562-568 (2013).
- M. Daimaruya and H. Kobayashi : Impact Behaviour of the Japanese Sword, Engineering Transactions, Vol.60 Issue 2 (2012), pp.101-112
- K. Horikawa, W. Kono, H. Yamada and H. Kobayashi : Suppression of grain boundary embrittlement of Al-5% Mg alloy by immersion in liquid indium, Scripta Materialia, Vol. 67, pp. 712-715, (2012)
- H. Kobayashi, K. Ogawa, K. Horikawa and K. Watanabe : Fracture Behavior Accompanying Electromagnetic Waves of Granite in Dynamic Three Point Bending, J. of Solid Mech. Mater. Eng., Vol.5, No.12 (2011), pp.873-881
- K. Horikawa, K. Yamaue and H. Kobayashi : Response of Hydrogen- Induced Deformation in ZrNi Amorphous Membranes, Mater. Trans., Vol.51, No.12, (2010), pp.2181-2187.
- H. Kobayashi, K. Horikawa, K. Ogawa and M. Hori : Impact Deformation of Thin-Walled Circular Tube Filled with Aluminum Foam in Lateral Compression, J. Solid Mech. Mater. Engng., 3 (2009), pp.64-71
- H. Kobayashi, and K. Horikawa, Deployable Structures in Plants, Advances in Science and Technology, 58 (2008), pp.31-40
- H. Kobayashi, Deployable Structure Observed in Leaves and Flowers of Plants, German-Japanese Workshop on Boinics and Nature-Inspired Technology, Nagoya (2005) CD-ROM
- H. Kobayashi, M. Daimaruya and H. Fujita, Unfolding of morning glory flower as a deployable structure, Solid Mechanics and Its Applications, Vol.106, 207-216 (2003)
- H. Kobayashi, M. Daimaruya and J. F.V. Vincent, Folding/Unfolding Manner of Tree Leaves as Deployable Structures, Solid Mechanics and Its Applications, Vol.80, 211-220 (2000)
- H. Kobayashi, M. Daimaruya and J.F.V. Vincent, Effect of Crease Interval on Unfolding Manner of Corrugated Tree Leaves, JSME International Journal (Ser.C), Vol.42 No.3, pp.759-767 (1999)
- H. Kobayashi, B. Kresling and J.F.V. Vincent, The Geometry of Unfolding Tree Leaves, Proceedings of Royal Society London Ser.B, Vol.256, pp.147-154 (1998)

Closing Manner of Leaflet in Humble Plant (*Mimosa Pudica*)

Hidetoshi Kobayashi*[a,d], Takeshi Yamauchi[b], Keitaro Horikawa[a,d] and Naomichi Tominaga[c]

[a]Graduate School of Engineering Science, Osaka University,
[b]Niigata University and [c]Toyota Industries Corporation,
[d]Machikaneyama, Toyonaka, Osaka, 560-8531, Japan,
*E-mail:hkoba@me.es.osaka-u.ac.jp

Humble plant (Mimosa pudica) is one of the most unique plants, because the petioles moves downward and leaflets unfolds rapidly as response to any mechanical, thermal or electrical stimulus. The folding motion of the leaflet looks to be very complicated including twisting motion to overlap each other as making along midrib for compact spacing, as shown in Fig.1. To design man-made deployable structures, therefore, it is quite interesting and useful to understand the folding/unfolding system of the leaflet of humble plant. In this study, the quick folding motion of leaflets was carefully observed by using stereo-video-cameras, then the manner of leaflet connecting to the midrib, the location of pulvinus and the cross-sectional shape of midrib etc. were also observed by using various microscopes. From the observation, it was found that the leaflets accomplish the complex folding motion by their one-way rotation with the ingenious combination of three installation angles relating to the leaflet, midrib and pulvinus. They are α, β and γ where α is the apex angle of the midrib cross-section, β is the angle connecting the pulvinus with the midrib, and γ is the angle between the axis of pulvinus and the rachis of leaflet. As shown in Fig.2, the simulation of leaflet closing constructed by using these angles and rotation concept proved the correctness of this hypothesis.

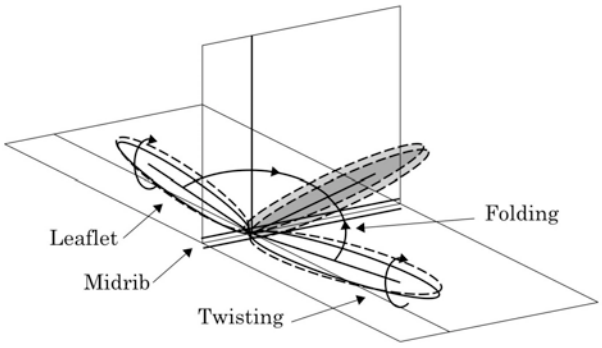


Fig. 1 Complex closing manner of leaflet.

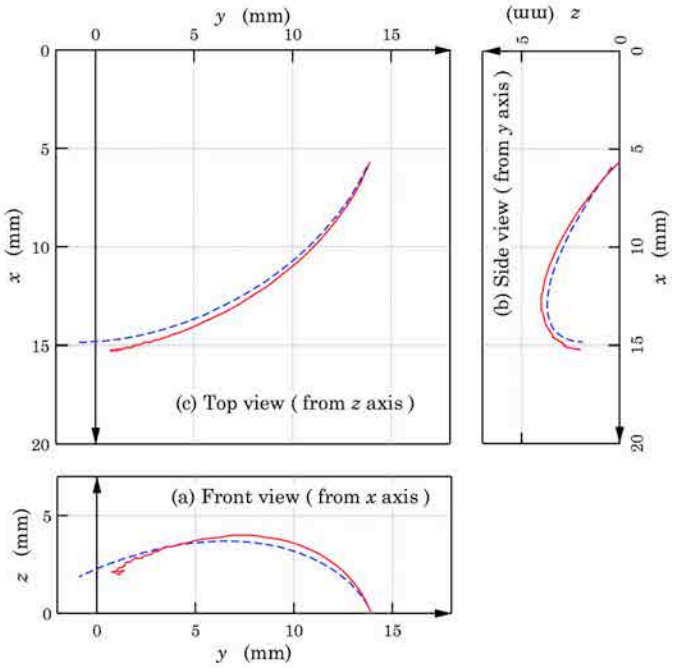


Fig.2 Comparison between experimental data and simulation results of leaflet closing.

Dr. Simon Song, Prof.

Department of Mechanical Engineering

Institute of Nano Science and Technology

Hanyang University

E-mail: simonsong@hanyang.ac.kr

- Telephone: +82 (2)2220-0423
- Website: http://nbc.hanyang.ac.kr
- Address: 222 Wangsipriro, Seongdonggu, Seoul, 133-791, Korea

Education

Ph.D. 2002 Stanford University, Mechanical Engineering, CA, USA
M.S. 1997 Stanford University, Mechanical Engineering, CA, USA
B.S. 1995 Hanyang University, Mechanical Engineering, Seoul, Korea

Experience

9/2010 - present Associate Professor, School of Mech. Eng. Hanyang Univ., Seoul, Korea
9/2004 - 8/2010 Assistant Professor, School of Mech. Eng. Hanyang Univ., Seoul, Korea
9/2002 - 8/2004 Postdoctoral Research Associate, Microfluidics Dept., Sandia National Lab., CA
4/2002 - 9/2002 Research Associate, Stanford University, CA, USA

Accademic Affiliations

2012 - present Biomedical Engineering Society for Circulatory Disorders
2010 - present Associate Editor, J. of Mech. Sci. Tech.
2009 - present American Physics Society (APS)
2008 - present Korean Society of Visualization
2007 - present KSME fluid dynamics division and bioengineering division
2007 - present The Korean BioChip Society

Recent Publications

- I. Jang, S. Song, 2013, "A model for prediction of minimum coating thickness in high speed slot coating", International Journal of Heat and Fluid Flow, Vol. 40, 180-185
- K. Ozasa, J. Lee, S. Song, M. Hara, M. Maeda, 2013, "Euglena-based Neurocomputing with two-dimensional Optical Feedback on Swimming cells in micro-aquariums", Applied Soft Computing, Vol. 13, 527-538
- B. Park, S. Song, 2012, "Effect of Multiple Electrode Pairs on the Performance of a Micromixer using DC-Biased AC Electro-Osmosis", Journal of Micromechanics and Microengineering, Vol. 22, 115034 (6pp)
- Y.S. Jang, S. Song, 2012, "Rheology of conductive ink flow for printed electronics on a microfluidic chip", Exp. Fluids, Vol. 53, 1-7
- I. Yoo, S. Song, B. Yoon, J.M. Kim, 2012, "Size-Controlled Fabrication of Polydiacetylene-Embedded Microfibers on a Microfluidic Chip", Macromol. Rapid Commun. 2012, 33, 1256-1261
- J. Seo, T.J. Lee, S. Ko, H. Yeo, S. Kim, T. Noh, S. Song, M.M. Sung, and H. Lee, 2012, "Hierarchical and Multifunctional Three-Dimensional Network of Carbon Nanotubes for Microfluidic Applications", Adv. Mater., 24, 1975-1979
- K. Ozasa, J. Lee, S. Song, M. Hara, and M. Maeda, 2011, "Implementation of Microbe-Based Neurocomputing with Euglena Cells Confined in Micro-Aquariums", Int. Journ. of Unconventional Computing, Vol. 7, pp. 481-499
- S. Baek, and S. Song, 2011, "A One-Step Photolithography Method for Fabrication of a Staggered Herringbone Mixer Using Inclined UV Lithography", J. Micromech. Microeng., vol. 21, 077001
- K. Ozasa, J. Lee, S. Song, M. Hara, and M. Maeda, 2011, "Two-dimensional optical feedback control of Euglena confined in closed-type microfluidic channels", Lab Chip, vol.11, p1933-1940

Development of Microfluidic Polydiacetylene Sensor Chip

Sunghoon Baek, Imsung Yoo, and Simon Song

Dept. of Mechanical Engineering, Hanyang University, Seoul, Korea
E-mail: simonsong@hanyang.ac.kr

Polydiacetylene (PDA) is a conjugate polymer sensor material used for target molecule recognition, pH detection, temperature measurements, pressure sensing and etc. PDAs are prepared by 254 nm UV or γ-ray irradiation of self-assembled diacetylene (DA) monomers without employing initiators or catalysts. PDAs have unique optical properties that they change its color from blue to red and emit red fluorescence upon external stimulus. The versatile detection capability is enabled by properly engineering a head group of diacetylene monomer. Our group has developed a series of microfluidic chips that utilize PDA sensors for detection of α-cyclodextrin, temperature, pH variation, metal ions and etc. Also, we proposed a microfluidic methods to synthesize DA vesicles on a chip with their size controlled precisely for the improved sensor qualities. Recent studies include the fabrication of PDA beads on a microfluic chip for convenient storage of PDA sensors, and development of a fabrication method for uniform PDA beads to distinguish hydrocarbons. The microfluidic principles and chip fabrication methods adapted in these series of research are based on hydrodynamic focusing technique and soft lithography, which are simple and easy to be implemented. In this presentation, we will discuss the superiority of PDA sensors, sensing performance, sensor systhesis as well as the chip development in detail.

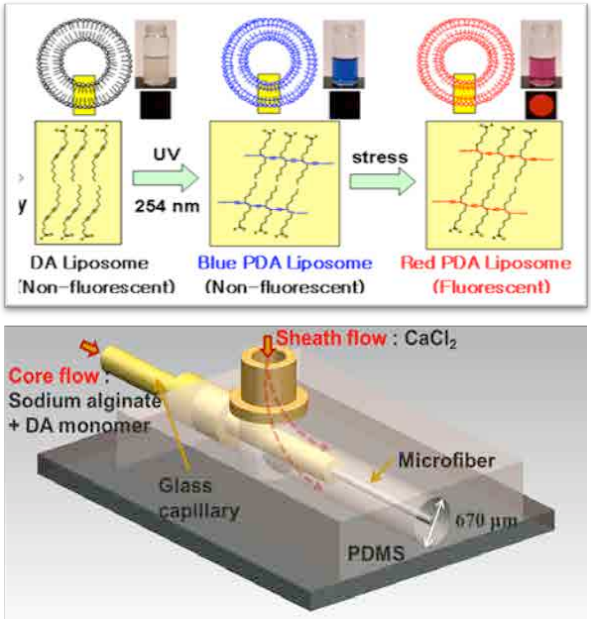


Fig. 1. PDA properties: molecular structural changes and color and fluorescence transition upon stimulus. (Top) A schematic of 3D hydrodynamic focusing chip for synthesis of PDA sensor microfiber. (Bottom)

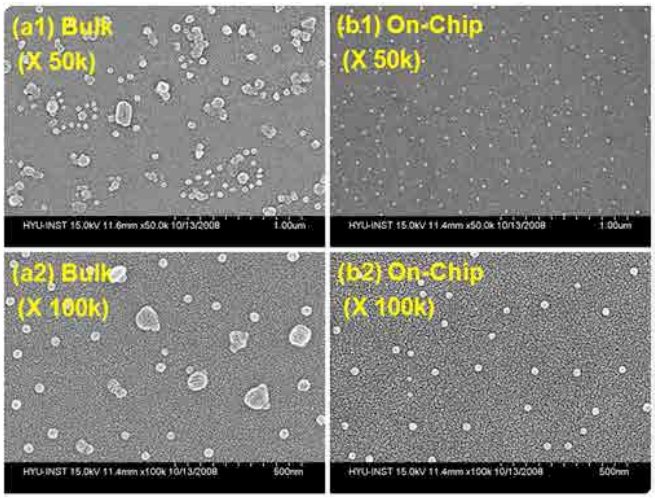


Fig. 2. Comparison of PDA vesicles prepared by a bulk method (left) and on a microfluidic chip (right). The vesicles fabricatied on the chip show more uniform size distribution than those of bulk method. Images were taken with scanning electron microscope.

Dr. Syuji FUJII, A/Prof.

Department of Applied Chemistry

Faculty of Engineering

Osaka Institute of Technology

E-mail: s.fujii@chem.oit.ac.jp

- Telephone: +81 (0)6-6954-4274
- Fax: +81 (0)6-6957-2135
- Website: http://www.oit.ac.jp/chem/cherry/4_lab/
- Address: 5-16-1 Omiya, Asahi-ku, Osaka 535-8585, Japan

Education & Academic Background

1998 Graduated from Department of Chemical Science and Engineering, Faculty of Engineering, Kobe University
2000 Master of Engineering, Graduate School of Science and Technology, Kobe University
2003 Doctor of Engineering, Graduate School of Science and Technology, Kobe University
2003 Scientific Researcher, Faculty of Engineering, Kobe University
2003-2004 Research Fellow of School of Life Sciences, University of Sussex, UK
2004-2006 Research Associate of Department of Chemistry, University of Sheffield, UK
2006-2013 Lecturer, Department of Applied Chemistry, Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology
2013- Associate Professor, Department of Applied Chemistry, Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology
2013 Part-time Lecturer, Graduate School of Engineering, Kyushu Institute of Technology

Award: 2013 Incentive Award of Division of Colloid and Surface Chemistry, CSJ
2012 Nature Industry Award, OSTEC
2012 Young Scientist Award, Kansai Division, The Society of Polymer Science, Japan

Recent Publications

- S. Fujii, H. Hamasaki, H. Abe, S. Yamanaka, A. Ohtaka, E. Nakamura, Y. Nakamura “One-step synthesis of magnetic iron-conducting polymer-palladium ternary nanocomposite microspheres and their use as recyclable catalyst” J. Mater. Chem. A. 1(14), 4427-4430 (2013).
- S. Fujii, Y. Yokoyama, Y. Miyanari, T. Shiono, M. Ito, S. Yusa, Y. Nakamura “Micrometer-sized gold-silica Janus particles as particulate emulsifiers” Langmuir 29, 5457−5465 (2013).
- S. Fujii, S. Yamashita, Y. Kakigi, K. Aono, S. Hamasaki, S. Yusa, Y. Nakamura “Thiol-terminated hydroxy-functional polymer as a transtab toward polymer latex particles” Colloid and Polymer Science 291, 1171-1180 (2013).
- S. Fujii, M. Okada, T. Furuzono "Hydroxyapatite-biodegradable polymer nanocomposite microspheres toward injectable cell scaffold" in "Biomimetics: Advancing Nanobiomaterials and Tissue Engineering", Chapter 9, 221-241, John Wiley & Sons and Scrivener Publishing LLC (2013).
- S. Fujii, Y. Nakamura, "Surface coating of soft materials with conducting polymer-metal nanocomposite" in "Applied Surface Chemistry of Nanomaterials", Chapter 11, 303-317, Nova Science Publishers, Inc. (2013).
- S. Fujii, M. Kappl, H.-J. Butt, T. Sugimoto, Y. Nakamura “Soft Janus colloidal crystal film” Angew. Chem. Int. Ed. 51, 9809-9813 (2012).
- S. Fujii, K. Aono, M. Suzaki, S. Hamasaki, S. Yusa, Y. Nakamura “pH-Responsive hairy particles synthesized by dispersion polymerization with a macroinitiator as an inistab and their use as a gas-sensitive liquid marble stabilizer” Macromolecules 45 (6), 2863–2873 (2012).
- S. Fujii, S. Matsuzawa, H. Hamasaki, Y. Nakamura, A. Bouleghlimat, N. J. Buurma “Polypyrrole-palladium nanocomposite coating of micrometer-sized polymer particles toward a recyclable catalyst” Langmuir 28(5), 2436–2447 (2012).
- S. Fujii, M. Mochizuki, K. Aono, S. Hamasaki, R. Murakami, Y. Nakamura “pH-Responsive aqueous foams stabilized by hairy latex particles” Langmuir 27(21), 12902-12909 (2011).
- S. Fujii, M. Suzaki, S. P. Armes, D. Dupin, S. Hamasaki, K. Aono, Y. Nakamura “Liquid marbles prepared from pH-responsive sterically-stabilized latex particles” Langmuir 27(13), 8067-8074 (2011).

Soft dispersed systems stabilized with polymer particles: Foams and liquid marbles

Syuji FUJII*, Yoshinobu NAKAMURA

Department of Applied Chemistry, Faculty of Engineering
Osaka Institute of Technology
Omiya, Asahi-ku, Osaka, 535-8585, Japan,
E-mail: s.fujii@chem.oit.ac.jp

There is increasing interest in particle-stabilized dispersed systems including emulsions, foams and liquid marbles [1]. I will give a talk on our research related to aqueous foams [2] and liquid marbles (dry liquids) [3] that are stabilized by polymer particles. Due to the development of technologies to design, synthesize and characterize the particles, the organic particles with precisely controlled surface/inner structures have found their applications in various industrial and academic applications. Successful particle synthesis would inspire the construction of well-defined and functionalized particle-stabilized foams and liquid marble systems. In this talk, foams (air-in-water dispersed system) and liquid marbles (water-in-air dispersed system) stabilized solely with stimuli-responsive hairy polymer particles will be presented in detail. The stabilities of these dispersed systems can be controlled by external stimuli: foams and liquid marbles can be disrupted on demand.

[1] For example: S. Fujii, R. Murakami, ***KONA Powder Particle J.*** *26*, 153 (2008); S. Fujii, M. Okada, T. Furuzono "Biomaterials Science, Engineering, and Technology" Wiley-Scrivener Publishing, in press (2013).

[2] For example: S. Fujii, A. J. Ryan, S. P. Armes, ***J. Am. Chem. Soc.*** 128, 7882 (2006); S. Fujii, P. D. Iddon, A. J. Ryan, S. P. Armes, ***Langmuir*** *22*, 7512 (2006); S. Fujii, M. Mochizuki, K. Aono, S. Hamasaki, R. Murakami, Y. Nakamura, ***Langmuir*** *27*, 12902 (2011).

[3] For example: D. Dupin, S. P. Armes, S. Fujii, ***J. Am. Chem. Soc.*** *131*, 5386 (2009); S. Fujii, S. Kameyama, D. Dupin, S. P. Armes, M. Suzaki, Y. Nakamura, ***Soft Matter*** *6*, 635 (2010); S. Fujii, M. Suzaki, S. P. Armes, D. Dupin, S. Hamasaki, K. Aono, Y. Nakamura ***Langmuir*** *27*, 8067 (2011); S. Fujii, K. Aono, M. Suzaki, S. Hamasaki, S. Yusa, Y. Nakamura, ***Macromolecules*** *45*, 2863 (2012).

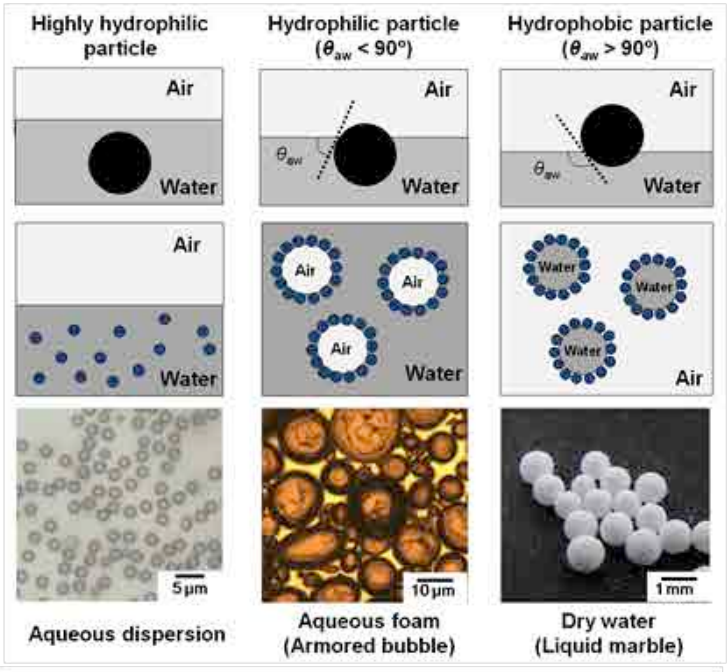


Figure 1 Dispersed systems comprising of water and air stabilized by polymer particles. Air-in-water materials (armored bubbles, foam) are formed by using relatively hydrophilic particles and water-in-air materials (liquid marbles, dry water) are formed by using relatively hydrophobic particles.

Dr. Donghyun YOU, Prof.

Department of Mechanical Engineering

Pohang University of Science and Technology (POSTECH)

E-mail: dhyou@postech.ac.kr

- Telephone: +82 54-279-2191
- Fax: +82 54-279-3199
- Website: http://fpe.postech.ac.kr
- Address: 77 Cheongamro, Namgu, Pohang, 790-784, Korea

Education & Academic Background

1995 BS in Mechanical Engineering, Yonsei University, Seoul, Korea
1998 MS in Mechanical Engineering, Seoul National University, Seoul, Korea
2003 MS in Scientific Computing and Computational Mathematics, Stanford University, Stanford, CA, USA
2004 PhD in Mechanical Engineering, Stanford University, Stanford, CA, USA
2004 Postdoctoral Research Fellow, Stanford-NASA Center for Turbulence Research, USA
2005-2008 Senior Research Scientist, Stanford-NASA Center for Turbulence Research, USA
2009-2012 Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Carnegie Mellon University, PA, USA
2010 Visiting Professor, Department of Computational Science and Engineering, Yonsei University, Seoul, Korea
2010 Visiting Professor, Department of Mechanical Engineering, Stanford University, Stanford, CA, USA
2012- Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, Pohang University of Science and Technology (POSTECH), Pohang, Korea

Awards & Honors

2012 Third Place Winner of the Young Engineer Paper (YEP) Contest, ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress & Exposition (IMECE)
2011 ONR Young Investigator Research Award, U.S. Office of Naval Research (ONR)
2009 Donald L. and Rhonda Struminger Chaired Faculty, Carnegie Mellon University
2008 Outstanding Technical and Scientific Accomplishments Award, Stanford University
2007 Outstanding Technical and Scientific Accomplishments Award, Stanford University
2006 The Lewis F. Moody Award, American Society of Mechanical Engineers (ASME)
2004 Best Article Selected by Deputy Under Secretary of Defense, High Performance Computing Modernization Program, US Department of Defense

Recent Publications

- Lee, J. & You, D., 2013, Study of Vortex-Shedding-Induced Vibration of a Flexible Splitter Plate Behind a Cylinder. Physics of Fluids, Vol. 25 (11), 110811
- Singh, S. & You, D., 2013, A Dynamic Global-Coefficient Mixed Subgrid-Scale Model for Large-Eddy Simulation of Turbulent Flows. International Journal of Heat and Fluid Flow, Vol. 42, pp. 94-104.
- Lee, J. & You, D., 2013, An Implicit Ghost-Cell Immersed Boundary Method for Simulations of Moving-Body Problems with Control of Spurious Force Oscillations. Journal of Computational Physics, Vol. 233, pp. 295-314.
- Singh, S., You, D. & Bose, S. T., 2012, Large-Eddy Simulation of Turbulent Channel Flow Using Explicit Filtering and Dynamic Mixed Models. Physics of Fluids, Vol. 24 (8), 085105.
- Singh, S. & You, D., 2011, A Multi-Block ADI Finite-Volume Method for Incompressible Navier-Stokes Equations in Complex Geometries. Journal of Computational Physics Vol. 230, pp. 7400-7417.
- Kim, B.-G., Lee, C., Joo, S., Ryu, K.-C., Kim, S., You, D. & Shim, W.-S., 2011, Estimation of Roughness Parameters Within Sparse Urban-Like Obstacle Arrays. Boundary-Layer Meteorology, Vol. 139 (3), pp. 457-485.
- Bose, S., Moin, P. & You, D., 2010, Grid Independent Large-Eddy Simulation Using Explicit Filtering. Physics of Fluids, Vol. 22 (10), 105103.
- Kotapati, R. B., Mittal, R., Marxen, O., Ham, F., You, D. & Cattafesta III, L. N., 2010, Non-Linear Dynamics and Synthetic Jet Based Control of a Canonical Separated Flow. Journal of Fluid Mechanics, Vol. 654, pp. 65-97.
- You, D. & Moin, P., 2009, A Dynamic Global-Coefficient Subgrid-Scale Model for Large-Eddy Simulation of Turbulent Scalar Transport in Complex Geometries. Physics of Fluids, Vol. 21 (4), 045109.

Computational Design of Fluid-Structure Interaction with Biological Inspiration for Energy/Propulsion Applications

Donghyun You

Pohang University of Science and Technology (POSTECH),
77 Cheongamro, Namgu, Pohang, 790-784, Korea,
E-mail:dhyou@postech.ac.kr

Adaptation of functions and mechanisms of biological systems can lead to new and innovative designs in a variety of energy conversion and propulsion systems. The present research aims at designing biologically-inspired and optimized energy harvesting and propulsive kinematics for aero- or hydro-foils, blades, and propellers with active and/or passive deformation. The computational methodology combines a mass-conserving immersed-boundary method, which is capable of simulating flow over non-grid-conforming complex moving bodies and a structural dynamics method, which is based on a finite-element method and is capable of predicting time-accurate linear and non-linear dynamics of composite structures. In contrast to the conventional immersed boundary method, where the structural dynamics is not predicted but prescribed, the structural dynamics is directly computed. The pressure and velocity of fluid and geometric information of submerged structures are time-accurately coupled through an integration algorithm. The high-fidelity simulation capability for prediction of fluid-structure interaction, is coupled with a surrogate management framework for non-gradient-based multivariable optimization to achieve the goal of developing biologically-inspired and optimized novel kinematics for energy conversion and propulsion. The newly developed biological kinematics can be incorporated into mechanical systems with the help of tailored composite or smart materials, which can be aligned and stacked to realize the active and passive deformation.

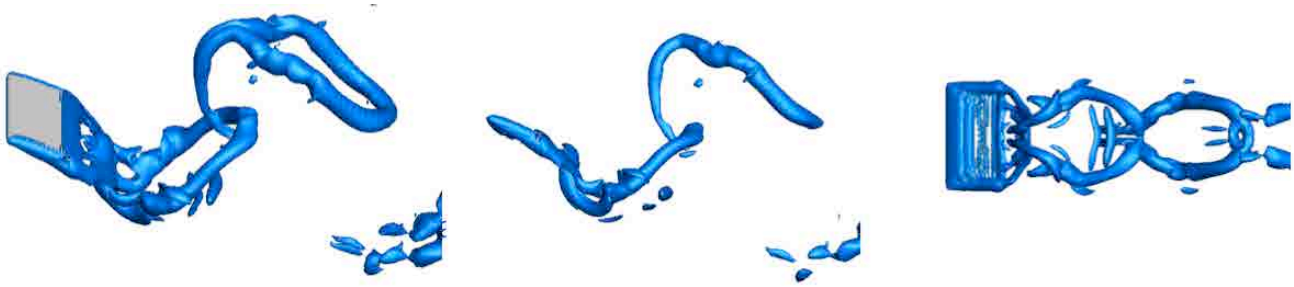


Figure: Biological flapping kinematics of a flexible foil

Dr. Shigeru DEGUCHI

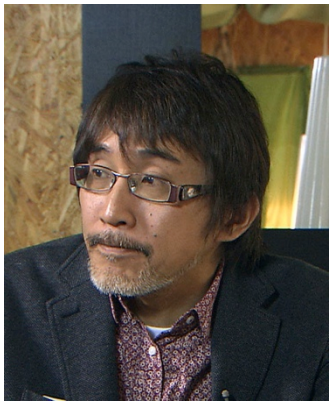
Institute of Biogeosciences,

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

(JAMSTEC)

E-mail: shigeru.deguchi@jamstec.go.jp

- Telephone: +81 (0)46-867-9679
- Fax: +81 (0)46-867-9715
- Website: http://www.xbr.jp/yokohama-cu/deguchi/index_e.html
- Address: 2-15 Natsushima-cho, Yokosuka 237-0061, Japan



Education & Academic Background

1990 Graduated from Department of Polymer Chemistry, Faculty of Engineering, Kyoto University
1992 Master of Engineering, Department of Polymer Chemistry, Graduate School of Engineering, Kyoto University
1994-1995 Sweden Visiting Fellow, Department of Physical Chemistry 1, Lund University, Sweden (supported by the Japan-Sweden Foundation)
1996 Doctor of Engineering, Kyoto University
1997 JST Overseas Research Fellow, Department of Physical Chemistry 1, Lund University, Sweden
1999 Research Scientist, Frontier Research Program for Deep-Sea Extremophile, JAMSTEC
2001 Sub Leader, Frontier Research System for Extremophiles, JAMSTEC
2005 Group Leader, Extremobiosphere Research Center, JAMSTEC
2007- Adjunct Professor, Graduate School of Nanobioscience, Yokohama City University
2007- Adjunct Professor, Graduate School of Interdisciplinary New Science, Toyo University
2009- Team Leader, Soft Matter and Extremophiles Research Team, Institute of Biogeosciences, JAMSTEC

Award: 2011 Ichimura Prize in Technology - Meritorious Achievement Prize
2008 Takagi Award
2006 Osawa Award
2006 Young Scientist Award (Division of Colloid and Surface Chemistry, The Chemical Society of Japan)

Recent Publications

- S. Deguchi, K. Kinoshita, T. Kubota, Aqua Extrema and Vita Incognita Deep below the Waves in “Aqua Incognita: Why Ice Floats on Water, and Galileo 400 Years on”, P. Lo Nostro, B. W. Ninham eds. (Connor Court, Ballarat, in press).
- S. Deguchi, S. Mukai, Optical Reactors for Microscopic Visualization of Chemical Processes in Sub- and Supercritical Water *in* Near-Critical and Supercritical Water and Their Applications in Biorefineries, Z. Fang, C. Xu eds. (Springer-Verlag, Beijing, in press).
- S. Deguchi, N. Ifuku, “Bottom-Up Formation of Dodecane-in-Water Nanoemulsions from Hydrothermal Homogeneous Solutions”, Angew. Chem. Int. Ed. 52 (25), 6409-6412 (2013).
- K. Numata, K. Morisaki, S. Tomizawa, M. Ohtani, T. Demura, M. Miyazaki, Y. Nogi, S. Deguchi, Y. Doi, “Synthesis of Poly- and Oligo(hydroxyalkanoate)s by Deep-Sea Bacteria, *Colwellia* spp., *Moritella* spp. and *Shewanella* spp.” Polym. J. 45 (10), 1094-1100 (2013).
- T. Kobayashi, K. Uchimura, S. Deguchi, K. Horikoshi, “Cloning and sequencing of inulinase and β-fructofuranosidase genes of a deep-sea *Microbulbifer* and properties of recombinant enzymes”, Appl. Environ. Microbiol. 78 (7), 2493-2495 (2012).
- S. Deguchi, H. Shimoshige, M. Tsudome, S. Mukai, R. W. Corkery, S. Ito, K. Horikoshi, “Microbial Growth at Hyperaccelerations up to 403,367 × g”, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 108 (19), 7997-8002 (2011).
- S. Deguchi, S. Mukai, T. Yamazaki, M. Tsudome, K. Horikoshi, “Nanoparticles of Fullerene C_{60} from Engineering of Antiquity”, J. Phys. Chem. C 114 (2), 849-856 (2010).
- S. Deguchi, M. Tsudome, Y. Shen, S. Konishi, K. Tsujii, S. Ito, K. Horikoshi, “Preparation and Characterisation of Nanofibrous Cellulose Plate as a New Solid Support for Microbial Culture”, Soft Matter 3 (9), 1170-1175 (2007).
- S. Deguchi, K. Tsujii, K. Horikoshi, “Cooking Cellulose in Hot and Compressed Water”, Chem. Commun. 2006, 3293-3295 (2006).

Elucidating Functional Diversity of Deep-Sea Extremophiles

Shigeru Deguchi*, Mikiko Tsudome, Tohru Kobayashi, Kohsuke Uchimura, and Takaaki Kubota

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)
2-15 Natsushima-cho, Yokosuka 237-0061, Japan
E-mail: shigeru.deguchi@jamstec.go.jp

Ocean covers 70% of the earth's surface and stores 97% of the water on this planet. Its mean depth is 3,800 meters and the deep sea represents the layer deeper than 200 meters. Extreme physicochemical conditions differentiate the deep sea from the surface water. The hydrostatic pressure increases every 10 meters of the depth and reaches 110 MPa at the deepest point, the Challenger Deep at the southern end of the Mariana Trench. The deep sea is also a lightless and cold world because sunlight does not reach below 200 meters. Nonetheless, various life forms flourish in the deep sea even though its physicochemical conditions may seem too harsh for any life forms to thrive. Like the terrestrial environment, microorganisms dominate the biosphere in the deep sea. As these microorganisms have acquired unique biological functions through evolution and adaption to the extreme habitat, it is of interest to elucidate their way of life, which is likely to have immediate implications for developing novel engineering applications.

We used hydrogels composed of 3D network of nanofibrous cellulose (**Fig. 1**) to study bacterial degradation of biomass in the deep sea. When several dozen picoliters of a solution containing cellulases was deposited on the hydrogel surface, the 3D network was destroyed by enzymatic hydrolysis of nanofibrous cellulose and the surface was pit (**Fig. 2**). Analysis showed the pit volume could be used as an ultra-sensitive and quantitative indicator to assay enzymatic hydrolysis. We also found the surface pitting could be used as a ultra-sensitive and convenient indicator to select cellulase-producing bacteria in environmental samples that typically contained a myriad of functionally diverse microorganisms. The method was successfully used to isolate novel cellulase-producing bacteria from the deep-sea where the presence of such organisms was not known (**Fig. 3**).

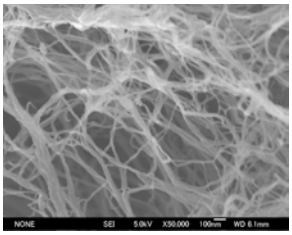


Fig. 1. SEM image of a hydrogel made of nanofibrous cellulose.

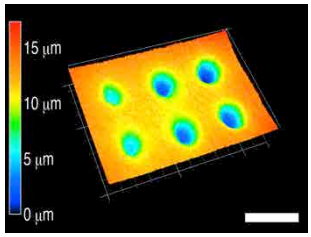


Fig. 2. Pit formation (scale bar: 50 μm) after depositing several dozens pL of a cellulase solution.

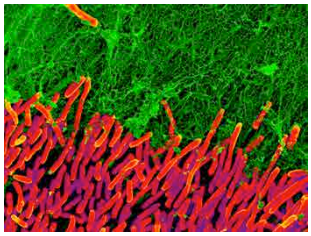


Fig. 3. A deep-sea cellulolytic bacterium growing in a pit on the surface of a hydrogel made of nanofibrous cellulose.

（４）トピックス（PEN より）

トンボの世界は不思議が一杯

産業技術総合研究所 生物プロセス研究部門
生物共生進化機構研究グループ　二橋亮

「秋津島（秋津洲）」という単語をご存知だろうか。「秋津島」とは、古事記や日本書紀に登場する日本の古名である。秋津とはトンボのこと。つまり古代の人々は日本のことを「トンボの国」と呼んでいたのである。古くは弥生時代の銅鐸にもトンボの絵が描かれているし、現在でもトンボのモチーフが描かれた日用品は、ごく普通に見ることができる。童謡「赤とんぼ」は、子供から老人まで、ほとんどの日本人が口ずさめる数少ない歌と言っても過言ではないだろう。アキアカネの群れ飛ぶ空は、かつては日本の秋を代表する光景でもあった（図 1）。このように、トンボは日本人にとって、とりわけ馴染みの深い昆虫の一つといえそうである。

一方で、海外ではトンボはどちらかというと人気のない昆虫というイメージがある。トンボの英語名 ”dragonfly（竜の虫）” には、不吉な虫という意味合いがこめられているという。ロシアではトンボとバッタに同じ “стрекоза” という単語が充てられており、トンボに対する関心が低かったことがうかがえる。これは、トンボの幼虫を示すヤゴという単語がある日本とは、大きな違いともいえる。

図 1　秋の青空を群れ飛ぶアキアカネ（生態写真は全て二橋亮撮影）。

世界のトンボ、日本のトンボ、つくばのトンボ

それでは、トンボは世界にどのくらいの種類がいるのだろうか。現在までに記載されている種は、世界で約 6,000 種、そのうち日本から記録されているのは 203 種である [1]。ちなみに筆者が在住する茨城県からは 91 種が見つかっており [2]、産総研つくばセンターの周辺だけでも 60 種ほどが現在も生息している（図 2）。正岡子規の詠んだ「赤とんぼ、筑波に雲もなかりけり」という有名な俳句があるが、新型農薬の影響などで全国的に激減しているアカトンボの仲間も、つくばでは今でも多くみることができる。それに対して、筆者の出身地である富山県では、1998 年を境に個体数が激減し、アキアカネ、ナツアカネ、ノシメトンボの最も普通に見られた 3 種類のアカトンボが、2012 年に改訂された富山県版レッドデータブックに揃って取り上げられる事態に陥っている [3, 4]。筆者がつくばでアカトンボの研究を行っているときに、研究所の構内でアカトンボの収集に苦労しなかったのは、幸運だったと言えるかもしれない。

チョウトンボ（成熟オス）　ナツアカネ（交尾）

アオヤンマ（交尾）　マルタンヤンマ（成熟オス）　キイトトンボ（交尾）

図 2　産総研つくばセンター内でみられるトンボの仲間。

意外に少ないトンボの研究

一般の人に馴染みの深いトンボであるが、研究の分野ではどのくらい着目されてきたのだろうか。行動学や生態学の分野では、トンボを用いた研究が進められてきた [5, 6]。カワトンボの仲間のオスが交尾の際に精子の置換を行うことは、教科書にもよく取り上げられている [7]。また、保全生物学の分野では、トンボが水辺環境のバロメーターとされることも多い。トンボのすぐれた飛行能力は、昆虫型羽ばたき機のモデルとなっていたり [8]、トンボの翅の構造を模倣した風力発電のプロペラが開発されたりもしている [9]。その一方で、発生学や生理学、分子生物学など、トンボの個体が持つ特徴・性質を実験室内で調べるという観点からは、世界的に見てもほとんど着目されてこなかった。たとえば、アカトンボの赤い色素が何であるのか、というレベルのことも、筆者が今年報告するまで分かっていなかったのである。これには、トンボは飼育が大変、採集が難しい、益虫なので害虫防除の面から研究する必要性がなかった、などいくつかの理由が考えられると思うが、先に述べたように海外ではトンボに対する関心が薄かったという側面もあるのかもしれない。身近なトンボには、以下にあげるように基礎的な面から、応用的な面まで、多くの興味深いテーマがあるように感じている。筆者は、子供の頃からトンボが好きだったこともあり、トンボの国日本の代表として、トンボを用いた研究を世の中に広めることを、密かな目標としている。

トンボに見られる色と模様の多様性

トンボに見られる大きな特徴としては、色や模様の多様性があげられる。トンボは昼行性で、聴覚や嗅覚に比べて視覚がよく発達しているので、おもに見た目で相手を判断している。トンボのなかには、オスとメスで色や模様が大きく違うだけでなく、成虫になってからの成熟度合によっても色を大きく変化させる種も多い [1]。これは他の多くの昆虫には見られない特徴である。たとえばシオカラトンボはオスが成熟すると麦わら色から水色に、アキアカネなど

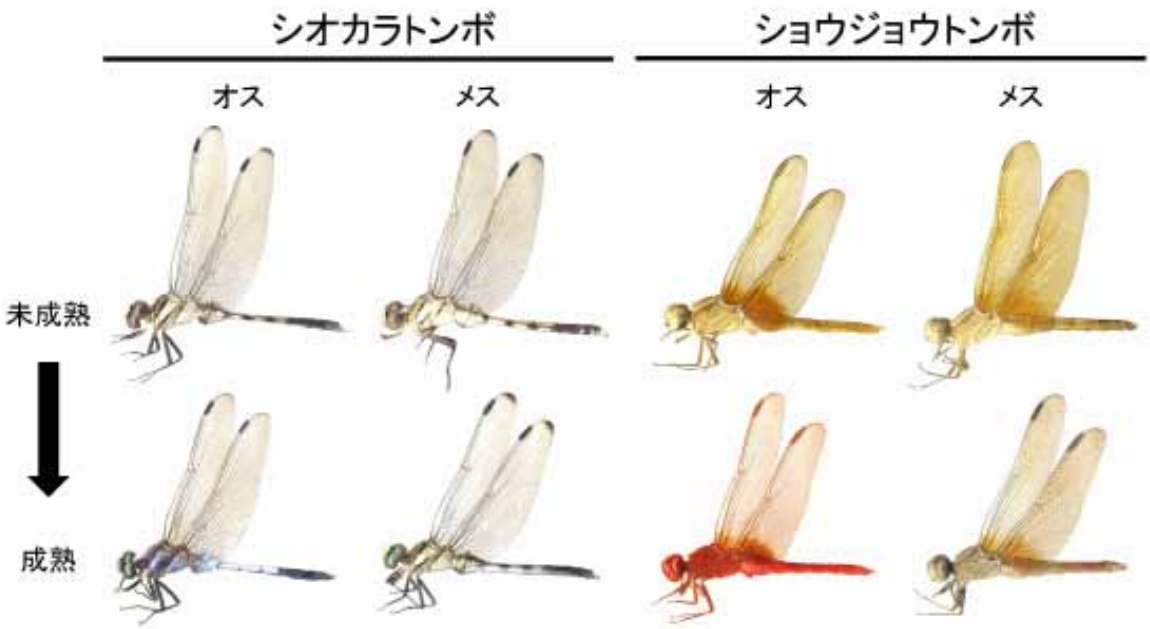


図 3　シオカラトンボとショウジョウトンボの体色変化。

アカトンボの仲間は黄色っぽい色から鮮やかな赤色に変化する（図 3）。色の変化は、繁殖行動の際のオスとメスの認識や、オス同士の縄張り争いなどに重要と考えられている。さらに、多くのトンボで、オスそっくりの色や模様を持つオス型のメスが時々見つかっている。オス型のメスは、産卵する際に交尾相手以外のオスからの干渉を避ける効果があるなどと考えられているが、一部のイトトンボの仲間を除いて詳しく研究された例は少ない [5]。また、同じ場所に複数の近縁種が生息している場合、以下に紹介するようにお互いの種を見分けるために色や模様が多様化している場合もある。

興味深いことに、アカネ属は一つの場所で同じ時期に 10 種類以上見られることもある。アカネ属は、アカトンボと呼ばれるように赤くなる種が多いのだが、中には青いアカトンボのナニワトンボや黒いアカトンボのマダラナニワトンボとムツアカネ、生涯黄色っぽいまま赤くならないアカトンボのオオキトンボなど変わり種のトンボもいる。シオカラトンボ属でも、赤くなる種のコフキショウジョウトンボや、生涯麦わら色のままの種のハラボソトンボも知られている（図 4）。近縁な種間でも、さまざまな色のパターンがあることから、これらのトンボは体色が形成されるメカニズムや、種分化の過程で体色が進化していく様子を調べる上で、格好の材料といえそうである [10]。

日本で最も繁栄しているトンボの仲間は？

近縁な種のまとまりは、属としてグループ分けされているが、日本のトンボのなかで最も種数の多い属は何であろうか。答えは俗にアカトンボと称されている「アカネ属」で、21 種が知られている。なお、アカトンボという和名の種類はなく、単にアカトンボというと個体数の多いアキアカネやナツアカネを指していることが多い [1]。次に種数の多い属は、こちらもお馴染みのシオカラトンボ属で、日本から 9 種が知られている [1]。アカトンボとシオカラトンボは、どちらも歌のモデルになっているだけでなく、どちらも喜多川歌麿の浮世絵「画本虫選」にも登場している。これら 2 種は、一般の人々もよく目にするという点からも、日本を代表するトンボといえそうである。

図 4　体色の異なる近縁種：オオシオカラトンボのオス（上）とコフキショウジョウトンボのオス（下）。

アカトンボの体色変化メカニズム

それでは、トンボの体色はどのように発現しているのだろうか。カラフルなトンボの色の正体については、アオハダトンボの構造色 [11] など一部の例を除いて、ほとんど分かっていないのが現状だが、筆者は最近アカトンボの体色変化が、同じ色素の酸化還元反応によるという現象を、動物から初めて発見した [12]。アカトンボの赤い色素を分析したところ、キサントマチンと脱炭酸型キサントマチンという２種類のオモクローム系色素が主要な構成要素であることが分かったが、これらは２種類とも酸化還元反応によって色が可逆的に変化する色素であった。酸化還元電流の測定により、色素の還元型の割合を測定すると、成熟オスのみ 90% 以上の色素が還元型になっているのに対し、メスや未成熟のオスでは酸化型の色素もそれなりに持っていることが分かった。さらに興味深いことに、還元剤として機能するビタミン C を黄色いトンボに注入すると、通常は赤くならないメスまでもが、成熟オスのように赤く変化してしまうのであった（図 5）。

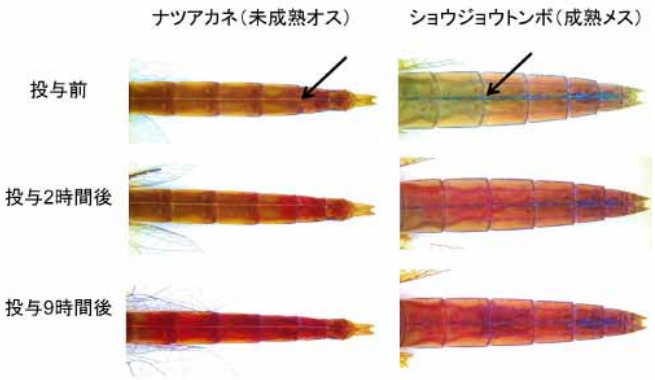


図 5　還元剤（ビタミン C) の局所投与に伴うアカトンボの体色変化。矢印で示した部分に還元剤を投与した。

真夏の紫外線に耐えるトンボたち

還元型の色素を蓄えたトンボは、特に真っ赤なオスでは強い抗酸化能を持っていることも明らかになった（図 6）。アカトンボの仲間は、オスが日当たりの良い場所で縄張りを作るが、そのような場所では紫外線によって発生する活性酸素からの酸化ストレスに対抗しているのかもしれない。そういえば、真っ赤なショウジョウトンボのオスは、日本で最も赤いトンボともいえるが、真夏に日向の池で縄張りを作る姿がよく見られる。ヒトが熱中症で倒れそうな炎天下で静止しながら縄張りを作るショウジョウトンボの赤いオスは、強い抗酸化能という他のトンボにはない性質を備えていたのである。

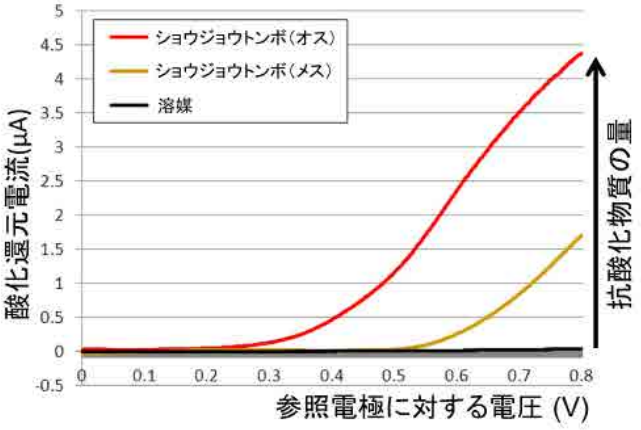


図 6　酸化還元電流の測定による抗酸化物質の量の比較。赤い成熟オスでは抗酸化物質の量が多いことが確認された。

トンボは水辺環境のバロメーターともいえるが、真夏に日差しの強い都市部の公園でみられる種類は非常に限られている。そのような場所で見られる代表的な種が、真っ赤なショウジョウトンボと水色のシオカラトンボといえる。実はシオカラトンボについても、ショウジョウトンボとは全く別の方法で日差しに対抗していることが筆者らの研究でわかってきた。これに関しては、近い将来報告できればと考えている。

水に潜って産卵するトンボ

物質が水をはじく能力を撥水性とよぶが、たとえばハスの葉の表面や、渡りをするチョウとして有名なアサギマダラの翅の表面には、超撥水性がみられる [9]。トンボの撥水性に関しては、これまで詳しく調べられていなかったが、トンボのなかには水に潜って数十分にわたって産卵を続け、水中から脱出すると同時に飛び去って行く種も存在する。水中で産卵する種は、翅の表面に細かい毛が生えており、空気の膜を作ることで水中でも呼吸ができると考えられている [13]。このような構造は、水陸両方に適応した生物素材としても興味深い。

越冬するトンボ

多くのトンボは、卵もしくは幼虫で越冬するが、なかには成虫のまま厳しい冬を過ごす種も知られている。日本には成虫で越冬するオツネントンボ、ホソミオツネントンボ、ホソミイトトンボの３種類のトンボが分布しており、いずれも体の細いイトトンボの仲間である。ホソミオツネント

ホソミオツネントンボ（越冬中の未成熟オス）

ホソミオツネントンボ（春に水辺で見られる成熟オス）

図 7　成虫で越冬するホソミオツネントンボの体色変化。

ンボはつくば市周辺でもよく見かけるが、冬の間は林の縁で腹部を伸ばして止まって、見事に枯れ枝に擬態している（図 7）。細いトンボに雪が積もったり、霜が降りたりすることがあっても死ぬことはなく、強い耐寒メカニズムを備えていると考えられる。その具体的なメカニズムはまだ分かっていないが、体液や細胞が凍るのを防ぐために、不凍タンパク質などが発現しているのかもしれない。これらのトンボは、暖かい冬の日には飛び回ることもあり、採集したトンボを冷蔵庫に 1 カ月ほど入れておいてから取り出すと、すぐに動き出すことができることから、環境変化にすぐに対応できる点でも興味深い。さらに、ホソミオツネントンボは冬を越すと、枯草色から鮮やかな水色に変化するが（図 7）、季節に応じた体色変化が生じる仕組みも、現時点では全く分かっていない。

渡りをするトンボ

トンボは、その優れた運動能力が着目されることがある。マルタンヤンマのオス（図 2）は、およそ時速 50 km/h で飛翔するという観察例もある [14]。トンボのなかには、長距離を移動してくる種類も知られている。夏になると、橙色のトンボが駐車場や芝生の上で群れているのをよく目にするが、これは南方から毎年飛来してくるウスバキトンボである（図 8）。ウスバキトンボは夏の間、世代交代を繰り返しながら日本全国のみならず世界中で見られるが、幼虫は冬の寒さに耐えられず、日本では八重山諸島をのぞいて冬を越せないと考えられている。また、オオギンヤンマやハネビロトンボなど、いくつかの南方系の種類は、台風が通過した後などに、南西諸島から飛来した個体が、北海道を含めた日本各地から記録されている [1]。筆者が興味深く感じているのは、ロシア方面から飛来してくる小さなアカトンボの仲間のタイリクアキアカネやオナガアカネである（図 8）。アキアカネを一回り小さくしたようなこれらのトンボは、日本海側で秋にほぼ毎年見つかっているが、日本で発生することは極めてまれで、現時点では定着していないと考えられている。北西季節風が強まる 10 月中旬に、筆者の地元の富山県の海辺で空を見上げていると、

ウスバキトンボ（成熟オス）

タイリクアキアカネ（成熟オス）

図 8　海を越えて飛来するウスバキトンボとタイリクアキアカネ。

タイリクアキアカネやオナガアカネが飛んでくることがある [15, 16]。これらのアカトンボが飛んでくるのは、だいたい 12 時から 14 時くらいのことが多い。10 月中旬は朝の冷え込みが強いので、これらのトンボが飛びたてるようになるのは、午前 8 時くらいである。仮に、午前 8 時にロシアを出発して、昼過ぎに富山に来ているとすると、時速約 300 km/h と、飛行機並みのスピードである。しかし、日本海の上空を、変温動物の小さなトンボが 10 月の寒い夜も飛び続けてくるのかというと、それも難しそうな気がする。いずれにしても、小さなアカトンボが日本海を一気に移動してくるという能力は驚異的である。将来的に発信機をつけて追跡できないものだろうか。

トンボのモデル昆虫化に向けて

最近は、キイロショウジョウバエやカイコ、コクヌストモドキなど全ゲノム配列が解読された「モデル昆虫」が増え続けている。遺伝子情報が揃っているか、という点で見ると、トンボは今でも非モデル昆虫の筆頭にあげられるだろう。筆者は現在、トンボのモデル昆虫化を目指して情報の蓄積を進めている。たとえば、亜種を含む日本産の全てのトンボの種類の部分的な核 DNA の ITS 領域およびミトコンドリア DNA の 16SrRNA 領域と COI 領域の配列を既に公のデータベースに登録ずみである [17]。つまり、脚 1 本あれば、DNA を解析することで日本産の全てのトンボが同定可能になっているのである。正確にはモノサシトンボとオオモノサシトンボ、ベッコウチョウトンボとスキバチョウトンボの 2 つの組み合わせは、登録した部分では種差が見られず区別できないが、そもそもこれらの種類は同種である可能性も高そうである。環境アセスメントなどで、トンボの若齢幼虫が採集された場合は、これまでは同定不能として扱われてきたのだが、重要な場合は種を特定することが可能になっているのである。DNA 解析による種の同定という点では、トンボは日本の昆虫の先頭を走っているのではないだろうか。さらに、個々の遺伝子についても、次世代シークエンサーを用いた解析を現在多くの種で進めており、トンボの遺伝子情報がモデル昆虫に追いつくように日々邁進しているところである。

References:

[1] 尾園暁・川島逸郎・二橋亮 , 2012.「ネイチャーガイド日本のトンボ」. 532pp. 文一総合出版 .

[2] 二橋亮・山中武彦・植村好延・久松正樹 , 2012. 茨城県におけるトンボ目の採集・撮影記録 . 茨城県自然博物館研究報告 , 15.（印刷中）

[3] 二橋亮 , 2012. 富山県におけるアカトンボ激減の実態 . 昆虫と自然 , 47(8): 9-14.

[4] 富山県 , 2012. 富山県の絶滅のおそれのある野生生物レッドデータブックとやま 2012. 452 pp. 富山県 .

[5] Corbet, P.S. 1999. Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata. 864 pp. Comstock Publishing Associates.

[6] Córdoba-Aguilar A. 2009. Dragonflies and Damselflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research. 304 pp. Oxford University Press, USA

[7] Waage JK. (1979). Dual function of the damselfly penis: sperm removal and transfer. Science. 203(4383): 916-918.

[8] 田中博人・高橋英俊・下山勲 , 2008. 昆虫飛翔研究用の昆虫型羽ばたき機 . 下澤楯夫•針山孝彦編「昆虫ミメティックス」pp. 716-723.

[9] 藤崎憲治 . 2010. 昆虫未来学「四億年の知恵」に学ぶ . 263 pp. 新潮社 .

[10] 二橋亮 . 2010. トンボにおける色と模様の進化 . 生物科学 , 62(1): 9-18.

[11] 針山孝彦 . 2008. 昆虫の彩り . 下澤楯夫・針山孝彦編「昆虫ミメティックス」Pp. 30-40

[12] Futahashi R., Kurita R., Mano H., Fukatsu T. 2012. Redox alters yellow dragonflies into red. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 109(31): 12626-12631

[13] Tsubaki Y, Kato C, Shintani S. 2006. On the respiratory mechanism during underwater oviposition in a damselfly *Calopteryx cornelia* Selys. J Insect Physiol. 52(5):499-505.

[14] 杉村光俊 , 1976. 高知県中村市におけるマルタンヤンマの観察記録 . 昆虫と自然 , 11(6): 33-35.

[15] 二橋亮 . 1996. オナガアカネの飛来についての観察記録 . Aeschna, (32): 21-22.

[16] 二橋亮・二橋弘之・荒木克昌 . 2000. タイリクアキアカネの飛来についての観察記録 . Aeschna, (37): 29-31.

[17] 二橋亮 . 2011. DNA 解析から見た日本のトンボ再検討 (1). Tombo, 53: 59-66.

日本産トンボ全種を網羅した、
最新分類による日本初のパーフェクト図鑑

ネイチャーガイド

2012年7月上旬発売

日本のトンボ

定価5,775円(本体5,500円+税)　A5判・上製・532頁　ISBN978-4-8299-0119-9

●著者●

尾園　暁(おその・あきら)　1976年生まれ。神奈川県在住の昆虫写真家。日本写真家協会(JPS)、日本トンボ学会会員。共著に「沖縄のトンボ図鑑」があるほか、各種図鑑、雑誌などに写真提供多数。

川島逸郎(かわしま・いつろう)　1969年生まれ。昆虫・生物画家。日本トンボ学会会員。共著・分担執筆に『Handbook of Zoology, Coleoptera Vol. 2』(Walter de Gruyter)、『改訂 トンボの調べ方』(文研出版)、『徹底図解 昆虫の世界』(新星出版社)など。専門書や原著論文のほか、一般・幼少向け書籍の挿画多数。

二橋　亮(ふたはし・りょう)　1978年生まれ。(独)産業技術総合研究所常勤職員。トンボをはじめとした昆虫の研究を行っている。日本トンボ学会、日本動物学会、日本進化学会会員。共著・分担執筆に『富山県のトンボ』(富山市科学文化センター)、『改訂 トンボの調べ方』(文研出版)、『分子昆虫学』(共立出版)など。

本書の特色

- 日本産トンボ全203種を掲載した初めての図鑑
- プロ写真家による撮り下ろし写真
- 今後のスタンダードとなる、DNA解析に基づく最新の分類
- プロ生物画家による精密な部分図を全種掲載
- 分布図、出現期グラフ、解説、コラムにオリジナル情報多数
- 英語による見出しも付記
- 高精細印刷による鮮明な紙面

科ごとに色分け、DNA解析に基づき、最新の分類順に配列

環境省レッドデータリストのランクや国指定天然記念物の場合、その旨を表記

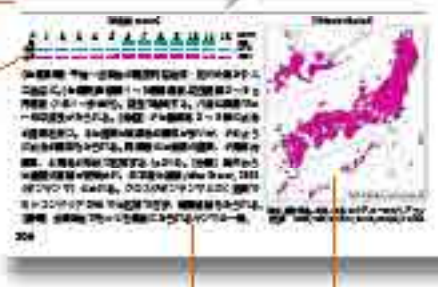
和名と学名に最新の分類を反映させた初めての図鑑

静止・飛翔・交尾・産卵・羽化などの野外写真を解説付きで掲載

成熟♂♀をはじめ、未成熟成虫や幼虫の識別ポイントを、引き出し線で表記

全種について♂♀の同定ポイントとなる部分アップを精密線画で図示

卵・幼虫・成虫の出現期が一目でわかるグラフ



これまでの研究をふまえて新たに整理した種のオリジナル解説

日本全国の生息状況をまとめた詳細な分布図

連載　生物規範工学　第十七回

不思議な蝶の翅を模倣した物づくり

帝人株式会社　構造解析研究所　広瀬治子

図 1　雄のモルフォ蝶

自然に学ぶ物作りの一つとして、我々は青く輝く翅を持つモルフォ蝶の自然の色について学び、それを模倣して繊維やフィルムとしての物づくりを行っている。モルフォ蝶は、北アメリカ南部から南アメリカにかけて 80 種ほどが生息する大型の蝶の仲間で、不規則な奇跡を描いて速く飛ぶのが特徴である。鮮やかな翅の色を持つのはオスで、ほとんどのメスはオスよりも地味な茶色であることが多い（図 1）。この青く輝く翅には不思議が潜んでいる。

人間には、コバルトブルーに見える翅であるが、モルフォ蝶にはどんな色に見えているのだろうか。

色ってなあに

色とは物理的な量・物質自体の性質ではなく、人間の視覚が作り出す心理的な量であり、脳が認識した感覚である。図 2 は人間の目の模式図である。人間の目の前面には第一のレンズである角膜があり、まずここに光が達する。角膜は角膜上皮と実質、デスメ膜からなる約 500 μmの硬いレンズで、313nm 以下の短波長の光と 1500nm 以上の長波長の光が吸収される。次にやわらかい第 2 のレンズである水晶体に入り、380nm 以下の光と 780nm 以上の光が吸収される。さらに、タンパク質でできたスポンジと水か

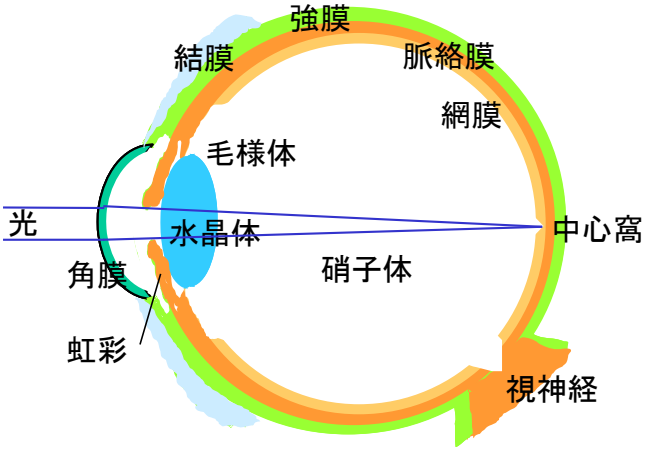


図 2　目の構造

らなる硝子体を通過し、380nm ～ 780nm の光だけが網膜の視細胞に達する（図 3）。このため 380nm ～ 780nm の光を可視光と呼んでいる。網膜には 1 億個以上の視細胞が存在し、青・緑・赤を感じる錐状体細胞と、明暗を感じる杆状体細胞が存在する。錐状体細胞には外節円板という膜構造があり、ここに光が達すると、膜にある視物質が、光を吸収して分子構造が変化し、ナトリウムイオンのゲートを閉じる。これによって細胞外にナトリウムイオンがたまって電圧が生じ、神経細胞を介して脳に刺激が伝達され、光を感じることになるのである [1]。人間は、青・緑・赤の 3 色性の色覚を持つが、ミツバチは紫外線・青・緑の 3 色性、鳥類やアゲハは紫外線・青・緑・赤の 4 色性、そして多くの家畜は色覚をもっていない [2]。よって、牛や馬にはモルフォ蝶の翅は青色には見えていないはずである。

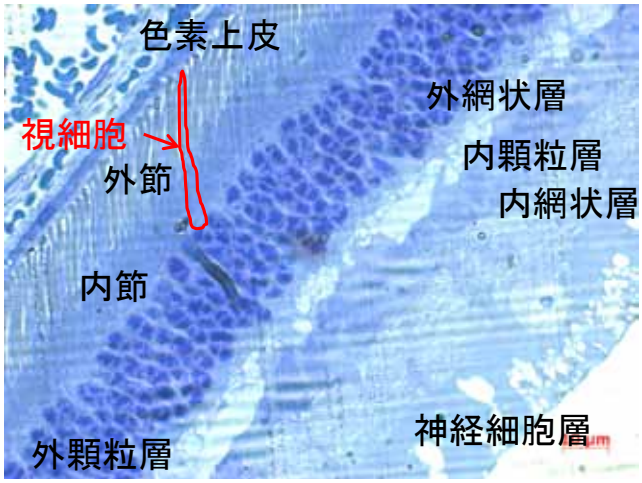


図 3　網膜の光学顕微鏡像

美しい自然界の色

自然界には様々な色が存在するが、その色は「色素色」と「構造色」の 2 種類に大別される。前者は染料や顔料によるもので、物質中に含有された色素が補色の波長の光を吸収して残りの波長の光を乱反射することに因って発色する。後者は規則的な微細構造と光の反射・干渉によって生じる色である。この構造色には、モルフォ蝶の翅の色、玉虫の色、

図 4　自然界の構造色

コガネムシの色、孔雀の羽の色、ハトの首の色、真珠の色、アワビ貝の色、イカの反射板の色、シャボン玉の色などが相当する（図 4）。モルフォ蝶の翅には、青色色素は存在せず、翅の不思議な構造によって、鮮やかな青色を出している [3,4]。

モルフォ蝶の不思議な翅

モルフォ蝶の翅表面には、約 50μm（幅）×約 200μm（長）×約 4μm（厚）の鱗粉があり、その鱗粉の断面を走査電子顕微鏡（SEM）で拡大して観察すると、「ラメラ（lamella）」と呼ばれる厚さ約 70 ～ 80nm 膜が、8 ～ 9 層積み重なっている（図 5）。丁度、左右に交互に 8 ～ 9 枚の棚を持つ細長いオープンシェルフのような形状になっている。ラメラとラメラの隙間は約 140nm ～ 160nm、オープンシェルフの上部は 50nm で下部は約 540nm、外からの光を下部まで取り込みやすい構造となっており、オープンシェルフとオープンシェルフは規則正しく立ち並ぶような形状になっている。このナノ構造が青色を作り出しているのである [5]。

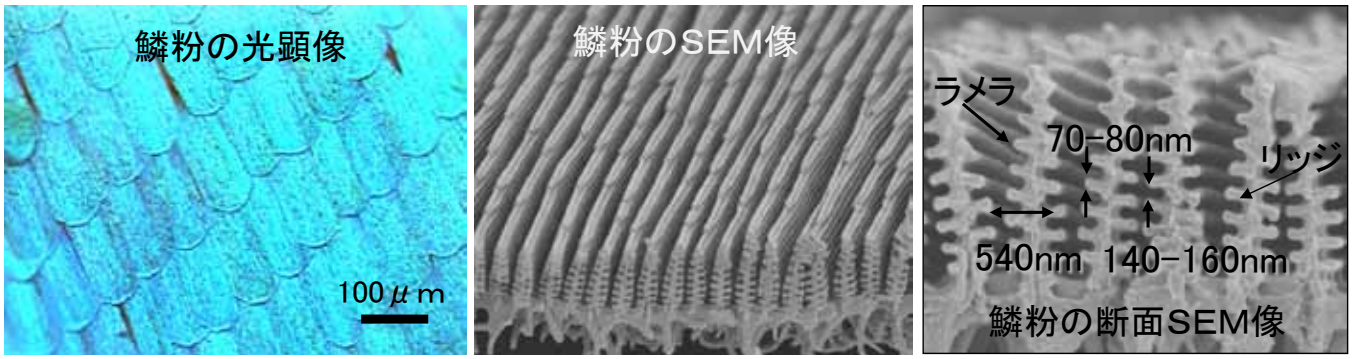


図 5　モルフォ蝶の翅の光学顕微鏡像と走査電子顕微鏡像

ナノ構造と青色

多層膜に光が入射すると、界面 (境界の表面) ごとに反射する「光の散乱・干渉作用」が起こる。複数の波が重なり、新たな波が出来たり、打ち消しあったりすることを干渉といい、波が強め合う干渉と弱めあう干渉がある。

光が屈折率の高い薄膜を通るとき、図 6 に示すように光 I は薄膜表面 A で屈折し、底面 B で反射し、表面 C から光 I ' として目に届く。この光 I ' と光 II ' が干渉し、ある波長の光が強め合い、ある波長の光が弱め合って、目に入射される。この時、図 7 に示した薄膜干渉理論から、反射波長 λ（目に入る色）と、反射率 R（目に入る光の強度）は以下の式で表される。

$$\lambda = 2(n_1 d_1 \cos\theta_1 + n_2 d_2 \cos\theta_2) \quad (1)$$

$$R = (n_1 - n_2)^2 / (n_1 + n_2)^2 \quad (2)$$

(n: 屈折率　d：層厚　θ：入射角)

干渉発色効果は n1d1 ＝ n2d2 = λ /4 の時最大となり、2 つのポリマーの屈折率差が大きいほど発色強度は強くなることがわかる [6,7]。モルフォ蝶の翅に真上から光が照射された場合、光はラメラ層・空気層・ラメラ層・空気層と進むことになる。ラメラ（タンパク）の屈折率は 1.5 で厚さは約 70nm、空気の屈折率は 1.0 で空気層厚は約 140nm、θ はゼロとなり、これらを式（1）に代入すると λ = 490 となり、青色の波長となる。

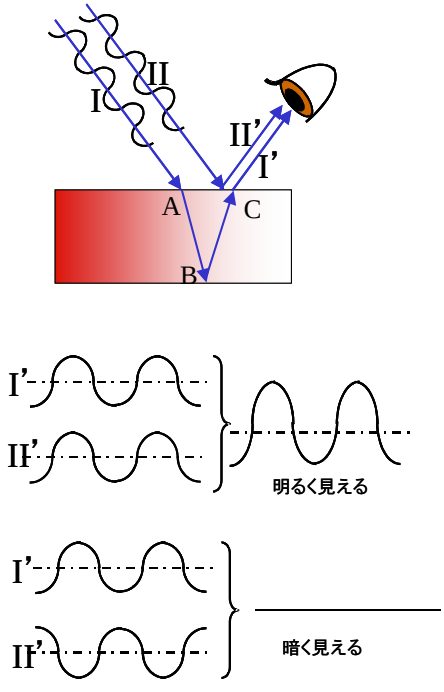


図 6　薄膜干渉模式図

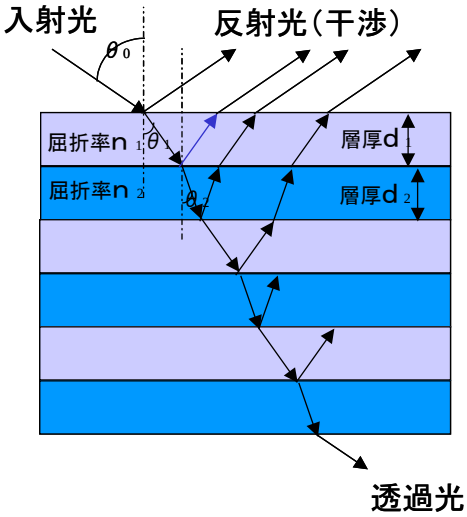


図 7　薄膜干渉理論

自然界のナノ構造を観るために

自然界の生物の構造を知るために、まずは自分の目で観る（見るではない）ことから始まるが、人間の目の解像度は約 0.1mm、さらに拡大して観るために光学顕微鏡を用いて、生体細胞から 1μm（0.001mm）くらいの細菌を観ることができる。光学顕微鏡が作られたのは約 340 年前のことである。そしてさらに拡大して 1nm（0.000001mm）の世界を観るためには、電子顕微鏡が必須である。“ 電子は波動としての性質を持ち、光より短い波長である ” ことを発見したド・ブロイ、“ 電子は磁場および静電場（電界）によってレンズ作用をうける ” ことを発見したブシュ、“ 電子は高電圧によって加速されると金属薄膜をも透過する ” ことを発見したトムソンらの研究をへて、今から約 80 年前、1931 年エルンスト・ルスカによって初めて電子顕微鏡が作られた。生物のナノ構造を電子顕微鏡で観るためには、前処理が必要で、様々な前処理手法が研究されている。また低真空での観察、非弾性散乱を用いた観察、新しい理論の収差補正装置の開発など、これからも新しい電子顕微鏡の開発・研究が進むと期待している [8,9]。

不思議な蝶の翅を模倣した糸づくり

構造発色のメカニズムの解明から、屈折率の異なる 2 種類のポリマーを張り合わせることで発色させる事が予測されたが、安定した色の再現、ナノレベルで層構造をコントロールすることが大きな課題であった。ポリマーの選択として、2 種類のポリマーの屈折率差が大きいこと、2 種類のポリマーが界面で剥離しないこと、繊維に加工しやすいこと、繊維として耐久性があり強伸度をもつこと等の条件を満たすポリマーとして、高屈折率のポリエチレンテレフタレート（PET）と低屈折率のナイロンを選択した。

しかし、PET とナイロン の屈折率差は僅か 0.05 で、モルフォ蝶の屈折率差 0.5 には大きくおよばない。そこで積層数を 61 層にし、層厚を 70nm ～ 100nm にコントロールし、繊維断面の短辺を 10 ～ 17 μ m・長辺を 40 ～ 70 μ m の扁平にすることで、発色させることに成功した（図 8）。また層厚を数十 nm 変えることで青・緑・赤の色調を作り、150℃での乾熱収縮率を 4％以下にすることで発色品質の安定化を実現した。その他口金の設計、直接延伸方式の確立によりスケールアップすることができた。このモノづくりは、日産自動車と田中貴金属と帝人の 3 社で約 7 年をかけて共同研究開発をおこない、商業的な量産体制までにはさらに 2 年を費やして、やっと不思議な蝶の翅を模倣した糸、構造発色繊維モルフォテックス®が完成した（図 9）[10-14]。

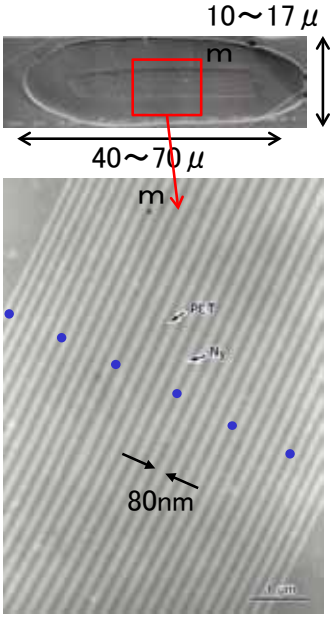


図 8　モルフォテックス®断面電顕像

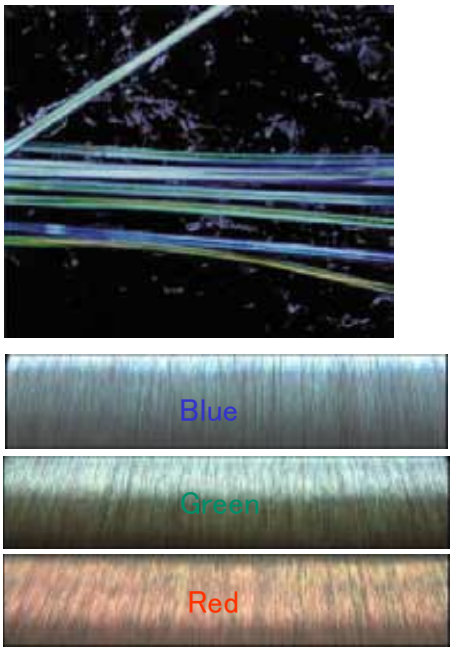


図 9　青・緑・赤色のモルフォテックス®

不思議な蝶の翅を模倣したフィルムづくり

自動車や電子・電気機器の外装材には、軽量で複雑な 3 次元形状成型が容易な高分子が多く用いられているが、近年差別化を図るためにその意匠性の向上が求められている。モルフォ蝶の発色メカニズムを模倣して、屈折率の異なる 2 種類の樹脂を 100nm 以下の層厚で、数百層交互に積層することによって光学干渉効果を使った構造発色超多層フィルム（MLF）を開発した（図 10）。2 種類のポリエステル樹脂は、それぞれ別の押し出し機で溶融され、溶融状態で積層された樹脂はシート状に押し出され、クエンチドラムで急冷。その後 Tg 以上の温度で縦・横に逐次 2 軸延伸され、オーブン内で熱固定される。層厚を変えることで、青・緑・赤の反射色を作り出すことに成功した [15]。

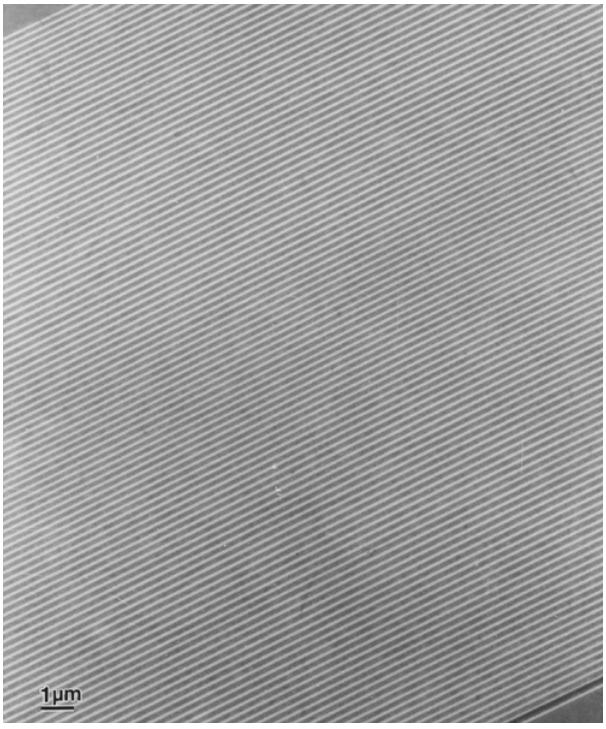


図 10　超多層フィルムの断面 TEM 像

不思議な蝶の翅を模倣した糸やフィルムを使って

光干渉繊維や超多層フィルムの色は、光沢を持ち、見る角度によって色が変り、構造発色のために退色が無無く、染色しないので環境にやさしい色であることが特徴で、これらの特徴を生かして、長繊維としては、婦人用衣料、カーシート、スポーツ衣料、鞄や靴、カーテン・インテリア資材など、短繊維にして、自動車車体の塗装、内装部品塗装、化粧品など、超多層フィルムは、自動車車体の外装、自動車のエンブレムや内装材、貼合紙、ラベル、パソコンの外面カバーへの応用が展開されている（図 11）。偽造が困難な高度な技術なので個人的には紙幣に採用いただければと思っている。

図 11　モルフォテックス®、モルフォトーン®、テイジンテトロンフィルム MLF®を使った製品

自然を模倣した物づくり

今や、分子・原子スケールで製品を企画する時代になっている。最近では、0.1 ナノメートルサイズで、原子の 1 つ 1 つを画像にして可視化できるようになった。試料づくりの進化と電子顕微鏡の発達のおかげである。また構造発色繊維は、いろいろなノウハウと異分野連携から生まれた名品である。今後、日本が 1 つのチームになって、新たなる製品化をめざすとともに、その生産メカニズムを学んで、環境負荷（エネルギーコスト）の低い製造方法を開発し、バイオミメティクスによる物づくりで世界をリードして行くことを願っている [16,17]。

References:

[1] Richard G.Kessel、TISSUES AND ORGANS、W.H.FREEMAN AND COMPANY（1979）
[2] 中原勝儼著、色の科学（改訂版）、倍風館（2000）
[3] 長田義仁ら共著、バイオメメティクスハンドブック、エヌ・ティー・エス、102（2000）
[4] Janine M.Benyus 著、自然と生体に学ぶバイオミミクリー、オーム社（2006）
[5] H.Tabata, K.Kumazawa, M.Funakawa, J.Takimoto, M.Akimoto, Optical Review, 3(2),139(1996)
[6] 筒井俊正ら共著 , 応用光学概論 , 金原出版（1957）
[7] J.A.Radford, T.Alfrey,Jr., W.J.Schrenk, Polym.Eng. Sci.,13(3),216(1973)
[8] 朝倉健太郎、安達公一著、電子顕微鏡をつくった人びと、㈱医学出版センター（1989）
[9] アーミン・ヘルマン、ツァイス 激動の 100 年、新潮社（1995）
[10] 特許公報 2890984 号
[11] 吉村三枝、高分子、52（11）826（2003）
[12] 下澤楯夫ら共著 , 昆虫に学ぶ新世代ナノマテリアル、エヌ・ティー・エス（2008）
[13] 広瀬治子、次世代バイオミメティック材料の研究動向と異分野連携」に関するジョイントシンポジウム抄録、24（2010）
[14] 昆虫に学ぶ新世代ナノマテリアル、p.102、NTS（2008）
[15] 小山松淳、プラスチックスエージ , （2011 掲載予定）
[16] 広瀬治子、高分子、60（5）p.298（2011）
[17] 下村正嗣監修、次世代バイオミメティクス研究の最前線－生物多様性に学ぶ－、p.288、シーエムシー出版（2012）

連載　生物規範工学　第十八回

海の生き物に学ぶ低環境負荷型抗付着材料の創製 －フジツボに対するハイドロゲルの抗付着効果－

北海道大学 先端生命科学研究院　黒川孝幸、龔剣萍
東北大学 原子分子材料科学高等研究機構　室﨑喬之
電力中央研究所　野方靖行

1. はじめに

海辺を散歩するとフジツボ類や貝類、藻類等の岩場にへばりついて生きている生物をよく見ることができる。これら海洋付着生物は海洋資源として有用な反面、汚損生物として負の側面も持ち合わせている。例を挙げると、船底に付着する事で水の抵抗を増し船の燃費に悪影響を及ぼす、養殖漁網の網の目を詰まらせる事で養殖魚を窒息死させる、取水口を詰まらせる事で臨海発電所の冷却機能を低下させる等があり、海洋付着生物は世界中のあらゆる海に関わる産業に大きな経済的損失を与えている。

これら海洋付着生物による汚損を防ぐため、これまで有機スズ系化合物（TBT、TBTO）が用いられてきた。有機スズ系化合物は海洋生物に対して非常に高い抗付着効果を示し広く用いられたが、一方で発がん性や内分泌かく乱作用を有する事が明らかとなり、国際海事機関（IMO）によって船底塗料としての使用禁止条約が採択された [1]。よって海洋汚染を引き起こさない次世代の抗付着材料の開発が急務となっている。低環境負荷型の抗付着材料としてこれまでに天然由来の抗付着物質 [2] やシリコンゴム [3] などが研究開発されてきた。しかしそれらの物質はコストや効果等の面においていくつかの課題がある。

ところで、付着生物はどのような所に付着しているのであろうか。魚屋の店先を覗いた際、硬い貝の表面にフジツボ等が見られる事があるが、魚や海藻の表面が付着生物に覆われている事はない。実際、海洋付着生物が主に付着しているのは岩場や、船底（鉄鋼）、漁網（プラスチック）、コンクリート面などの硬い固体表面に限られる。魚類や藻類等、海の生き物の表面は全てソフトかつウェットなゲル状態にある。筆者らはこの現象からゲル状態の物質には海洋付着生物が付着しない、あるいは付着しづらいのではないかという仮説を立てた。

本稿では、モデル付着生物としてタテジマフジツボ（*Balanus amphitrite*）を用い、室内・フィールド両実験系におけるゲルの抗付着効果について紹介する。

2. ハイドロゲルとは

高分子ハイドロゲル（図１）は少量の高分子と多量の水から構成されており、高分子の網目が水を閉じ込め、外部へ

流れ出るのを防いでいるような構造となっている。金属やプラスチックなどの固体と異なるゲルの大きな特徴は、1）多量の水を含んでいる事（体積の 60 ～ 99% が水分）、2）非常に柔らかい事（弾性率が固体の 1/100 ～ 1/10,000）である。

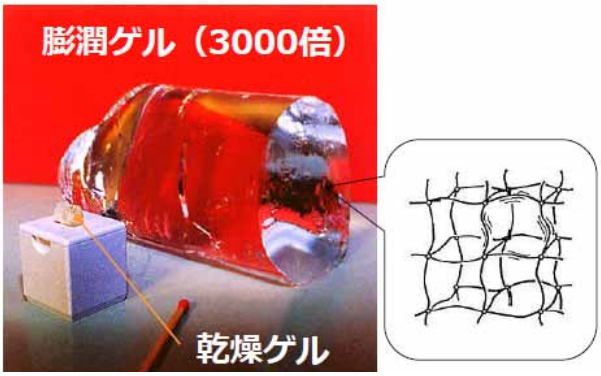


図 1　水を吸って大きく膨潤するハイドロゲル

3 次元的に架橋された高分子ゲルの弾性はゴムと同じく、エントロピー弾性である。エントロピー弾性は単位体積中の高分子部分鎖の密度に比例するので、大量に水を含んでいるゲルの弾性率は、その含水率に強く依存する。ゲルの含水率は一般的に膨潤度 q（水を吸って膨らんだ状態と乾燥状態のゲルの体積比）で記述される。水中で平衡膨潤した中性ゲルの弾性率 E は、

$$E \propto q^{-3}$$

の関係にあるため、ゲルの膨潤度 q の増加によって著しく下がる [4]。即ち、ゲルのソフトとウェットな性質は表裏一体の関係にあり、独立に変化させることができない。

ゼリーや寒天などの食品に代表されるように、ゲルは我々の身の回りにあふれている。我々人間の身体も歯・骨など一部を除いてゲルで構成されているといって過言ではない。当然海藻やクラゲ、魚など多くの海の生き物もゲル状態であると言える。

3. フジツボとは

フジツボは最もポピュラーな海洋付着生物であり、世界中の海洋に広く分布している。またその接着力が強く除去が困難なことから、フジツボの付着は非常に問題視されている。フジツボは一見すると貝のように見えるが、カニ・エビと同じ甲殻類の仲間である。余談であるが、食すると両者の中間の味がして大変美味である。

フジツボのライフサイクルは 4 つのステージに大別できる（図 2）。フジツボには遊泳生活を送る幼生期が 2 期あり、最初のノウプリウス幼生期に成長・脱皮を繰り返す。そして数日経つとソラ豆のような形状のキプリス幼生に変態する。このキプリス幼生は、先端部が感覚器官となっている前脚（第一触角）を有しており、着生の前段階に基板が付着に適しているかどうかを判別する為の「探索行動」を行う。着生する事を決めた場合、キプリス幼生は接着タンパク質を分泌し、基板にしっかりと固着し、成体とほぼ見た目が同じである幼稚体へと変態する。幼稚体以降、フジツボは成長と同時にセメントタンパク質を底面に分泌し、その付着範囲を広げていく [5]。

このようなフジツボの生態を考慮すると、1）キプリス幼生の付着基板選定の過程、2）成体フジツボの成長過程、いずれの過程も視野に入れて抗付着戦略を立てる必要がある。

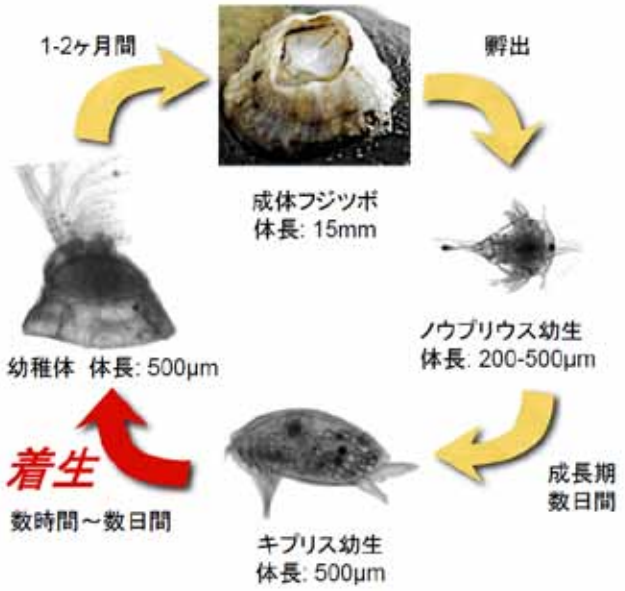


図 2　フジツボのライフサイクル

4. キプリス幼生に対するゲルの抗付着効果

まずはじめに我々は、ゲルの化学的性質とキプリス幼生に対する抗付着効果について調べた [6]。図 3 はゲルを構成する高分子側鎖の官能基と、実験開始後 5 日目における着生数（ポリスチレン（PS）に対する着生数で規格化したもの）との関係を示したものである。図より、固体である PS に比べてゲルや poly(dimethylsiloxane)（PDMS）に対するキプリス幼生の着生は低いことがわかる。合成高分子ゲルの官能基がヒドロキシル基・スルホ基の場合、極めて高いキプリス幼生に対する抗付着効果が見られる。一方、官能基がアミノ基の場合、ゲルにしては比較的着生率が高い結果となった。また天然高分子の場合、ヒドロキシル基を有するアガロースゲルに対してキプリス幼生の着生が全く見ら

れなかったのに対して、ヒドロキシル基とスルホ基を有するκ - カラギーナンゲルに対してはゲルの中で最も高い着生が見られた。なぜκ - カラギーナンゲルの場合に他のヒドロキシル基・スルホ基ゲルと異なった傾向を示すのか、原因はよくわかっていない。また、ゲル存在下でもキプリス幼生の死亡率は 10% 以下であり PS のみの場合と比較しても違いはなく、ゲルはキプリス幼生に対して毒性を示さない事がわかった。このことから既存の薬剤除法型殺生剤とは異なるメカニズムでキプリス幼生の付着を防いでいることが推測される。

図 4 は規格化したキプリス幼生の着生数とゲルの弾性率の関係を示したグラフである。PS に比べ遥かにゲルの弾性率は低く、着生数は少ない。ゲルの弾性率域に着目した場合、ゲルを弾性率の依存関係によって大まかに 2 グループに分類できる。即ち、官能基がヒドロキシル基とスルホ基のグループは着生数が弾性率（含水率）に依存せず、ほぼゼロである。一方、官能基がアミノ基のグループは弾性率の増加に伴って着生数が増えている。なぜ官能基によって弾性率に対するキプリス幼生の着生数の依存関係が変わるのかは未だわかっていない。

以上の室内での実験結果よりキプリス幼生はその探索行動を通して、ゲルの化学構造・弾性率（含水率）を認識しており、低弾性（高含水）な物性が抗付着に有効であることがわかった。これは今後抗付着ゲルを設計する上で重要な知見である。

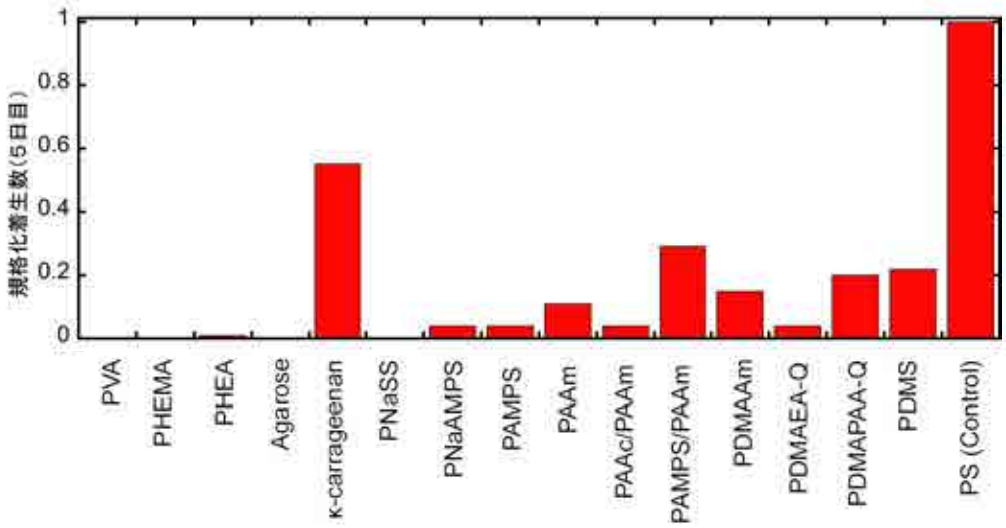


図 3　ゲルの官能基と規格化したキプリス幼生の着生数（実験開始後 5 日目）[6]

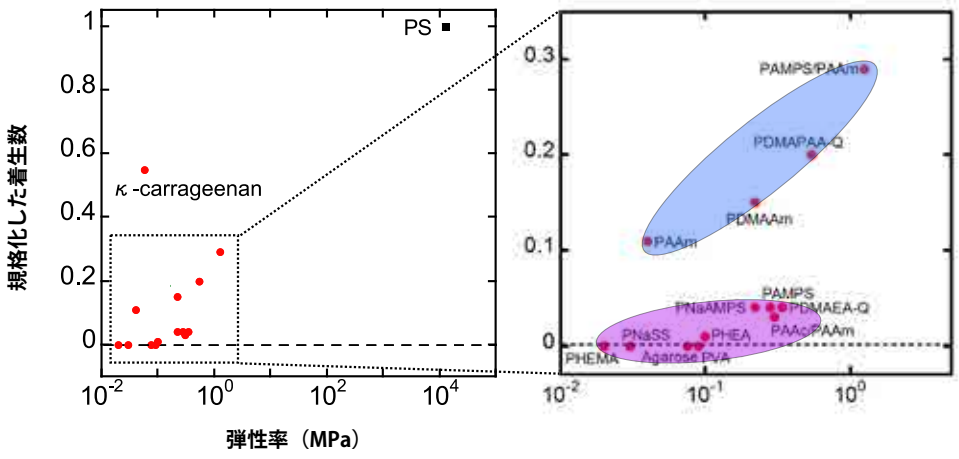


図 4　ゲルの弾性率と規格化した着生数の相関（実験開始後 5 日目）[6]

5. 海洋中での長期付着実験

前述の室内系着生実験より、多くのゲルにはフジツボのキプリス幼生に対する抗付着効果があることが明らかとなった。では実際の海洋環境下においてゲルは抗付着材料になり得るのであろうか？

海洋環境下での使用で最も問題になるのが耐久性である。実際、予備実験として前述の室内実験に用いたゲルを海洋中に浸漬した際、2 カ月強でそれらのゲルのほとんどは破損し、失われた。しかし破損時までどのゲルにおいてもフジツボの付着は見られなかった。よって海洋中にて使用できる抗付着ゲルを世に送り出すためには、抗付着効果の他に高強度性を兼ね備える必要がある。 近年著者らの研究グループは、これまでのゲルの常識を覆す非常に高強度なダブルネットワークゲル（DN ゲル）を開発した [7]。このゲルは重量の 8 ～ 9 割が水分であるにも関わらず、1000 ～ 3000% 以上の伸び率と数十 MPa もの破断応力を示し、高強度ゴムにも匹敵する力学物性を持つ。また物理架橋の PVA ゲルは DN ゲルほどではないが、引っ張りに対し、非常に丈夫なゲルであることが一般に知られている。これら DN ゲルと PVA ゲルを用いることで筆者らは海洋環境中でのゲルを用いた 330 日間の長期着生実験にはじめて成功した [8]。

図 5（a）は、実験開始から 330 日後に引き上げた各基板に付着していたフジツボを、一個体ずつ分離し、並べたものである。この結果より、固体基板であるポリエチレンと比べゲル表面におけるフジツボの着生が極めて少ない事が明らかとなった。またフジツボのサイズを比較した場合、ゲル表面に着生したフジツボのサイズは固体と比べ小さい傾向が見られた。図 5（b）は、各基板に付着したフジツボの面積が基板表面を占める割合を示したものである。PE 基板上はほぼ 100% フジツボに覆われ、隙間なく密集して付着していた。一方、ゲル上でフジツボに覆われている面積は 1 割にも満たず、隣り合った固体が間隔をあけて付着している様子が見られた。またフィールド実験より、ゲル上にはフジツボだけでなく、その他の海洋付着生物（ホヤ、海綿、海藻等）の付着も少ないこともわかった。このことから、海洋中においてゲルはフジツボだけではなく、その他の海洋付着生物に対しても抗付着効果を発揮していると考えられる。

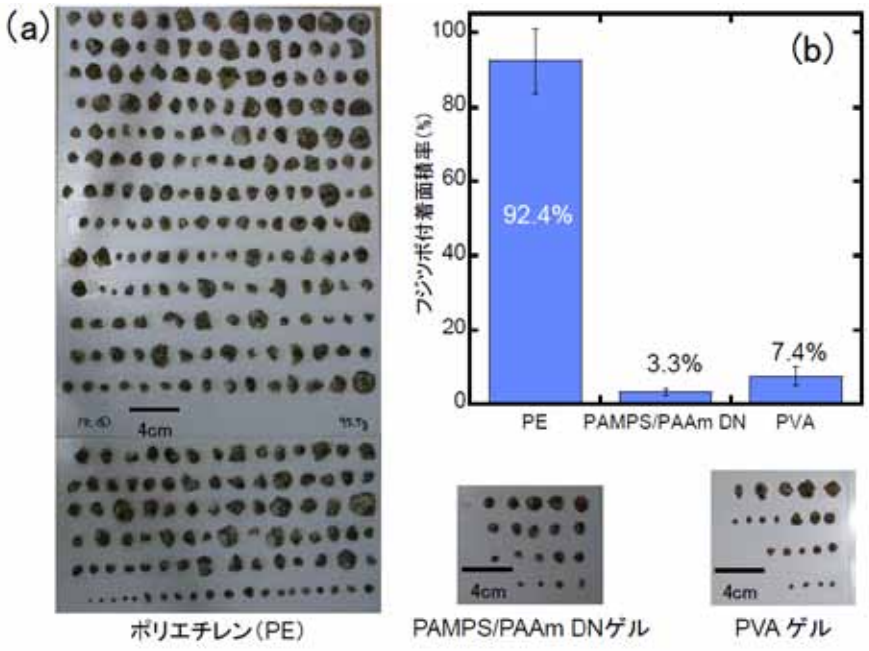


図 5　海洋中に各基板を 330 日間浸漬させた結果（基板面積：PE 144cm^2、DN ゲル 144cm^2、PVA ゲル 100cm^2）
（a）基板回収後、付着していたフジツボを分離し個体別に並べた写真 、（b）基板表面におけるフジツボの付着面積率 [8]

6. ゲル上におけるフジツボの成長過程

海洋実験の結果から、ゲル上に付着したフジツボのサイズが固体と比べた場合小さい事が明らかとなった。これは、1）付着したフジツボがゲル上から剥離しやすい事（Easy release）、もしくは、2）ゲル上では成長し難い事、の二つの可能性が推測される。そこで実際に実験室内にて各基板上でのフジツボの成長過程を観察しフジツボ成長過程におけるゲルの抗付着効果について調べた [9]。

前述のとおり一般的にハイドロゲルはキプリス幼生に対して高い抗付着効果を有する。本実験ではゲル中では比較的着生しやすく丈夫で取り扱い易い PAMPS/PAAm DN ゲルを用いた。またコントロールとして、ゲルと同程度に柔らかいが水を全く含まないシリコンゴムの PDMS、固体の PS を用いた。

図 6 は着生からの経過時間と PAMPS/PAAm DN ゲル、PDMS、PS 上におけるフジツボのサイズの関係を示したものである（DN ゲル、PDMS の弾性率は 0.47MPa）。着生直後の底面直径は何れの基板上でも 500μm 程度であり、成長初期 1 カ月程度はサイズに大きな違いは見られない。しかし 1 カ月を過ぎた辺りから DN ゲル、PDMS では PS と比べフジツボの成長速度が鈍化する傾向が見られた。特に DN ゲルと PDMS を比較した場合、硬さが同じであるにも関わらずゲル上でのサイズは PDMS に比べ小さい。この事からフジツボの成長には基板の硬さだけでなく親疎水性も効いている事がわかる。

図 7 は種々の弾性率の PDMS 基板からのフジツボ剥離率、剥離時のサイズについて示したものである。このグラフからフジツボのサイズがだいたい 2mm を超えた辺りから剥離が起こり始めている事がわかる。また剥離率と弾性率の間に相関性は見られなかった。同様の弾性率域において DN ゲル上においてもフジツボを飼育したが自然剥離は全く見られなかった。この事からフジツボの自然剥離は基板の硬さよりもむしろ親疎水性が重要であること、疎水基板上では剥離しやすいことが明らかとなった。以上、各基板の抗付着効果の特徴を表 1 にまとめる。

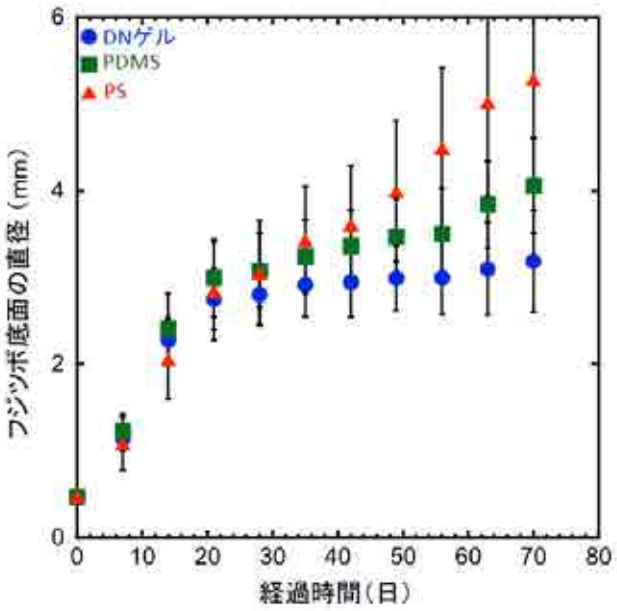


図 6　各基板上でのフジツボの成長過程 [9]

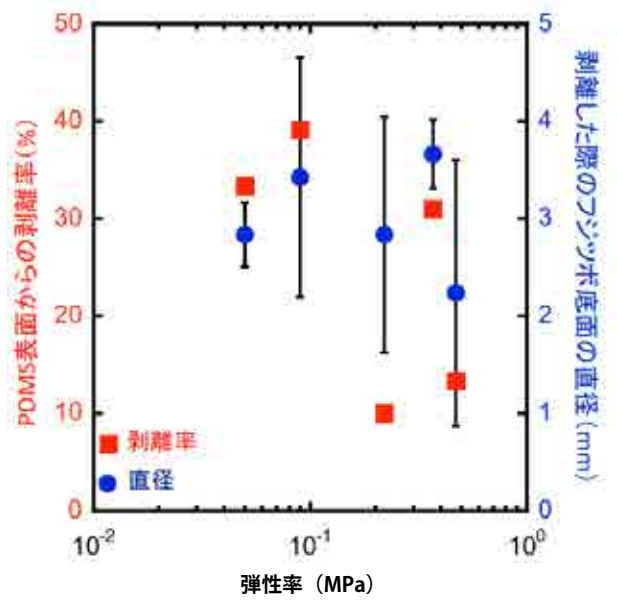


図 7　PDMS の弾性率とフジツボの剥離率、剥離時サイズとの関係 [9]

表 1　各基板の抗付着効果 [9]

基板の種類		弾性率（MPa）	抗付着効果		
			キプリス幼生に対する付着阻害効果	成体フジツボに対する成長阻害効果	自然剥離効果
ソフト	DN ゲル	0.01	+++	+++	−
		0.05	+++	+++	−
		0.09	++	+++	−
		0.21	+	+++	−
		0.33	+	+++	−
		0.47	+	+++	−
	PDMS	0.01	+++	+++	−
		0.05	+++	++	++
		0.09	+++	+++	+++
		0.22	+	+++	+
		0.37	+	+++	+++
		0.47	+	++	+
ハード	PS	3000	−	−	−

[N.B.: +++ = とても高い、++ = 高い、+ = 低い、ー = 効果なし .]

7. まとめ

以上の結果から、抗付着効果には、1）キプリス幼生に対する付着忌避作用、2）成長阻害作用、3）自然剥離作用の 3 つの作用がある事がわかった。ゲルの場合には特にキプリス幼生に対する付着忌避作用が高く、室内・海洋両実験結果において固体基板と比べ、付着数が少ない主な理由であると考えられる。また付着したキプリス幼生の成長が鈍く付着物表面に広がりにくい。特にヒドロキシル基とスルホ基を有するゲルは非常に強い抗付着効果を有する。原因はよくわかっていないが、海藻やホヤなどの海洋生物の表面を構成する高分子を調べる事でヒントが得られるかもしれない。

ハイドロゲルは化学物質を徐放せず、ほとんど水なので、安価かつ少ない材料で作製できるため、非常に低環境負荷型の抗付着材料になる事が期待される。しかし実用化にはまだ課題も存在する。海の生き物のような滑らかなゲル表面は、その高含水状態のために金属やプラスチックなどの異材料との接合が極めて難しいという側面を持っている。そのため現在筆者らはゲルの接着研究にも取り組んでいる。ゲルによる船舶や漁網などに対する抗付着技術は海洋産業の経済的損失を防ぎ、海洋環境の保全に貢献できると期待する。

References：

[1] IMO [Internet]. Resolutions summaries A.895(21) (1999).

[2] Fusetani N, Hirota H, Okino T, Tomono Y, Yoshimura E. “Antifouling activity of isocyanoterpenoids and related compounds isolated from a marine sponge and nudibranchs”. J Nat Toxins 5. pp.249–259 (1996).

[3] Brady RF, Jr, Griffith JR, Love KS, Field DE. “Nontoxic alternatives to antifouling paints”. J Coat Technol 59. pp.113–119 (1987).

[4] de Gennes PG. Polymer gels. “Scaling concepts in polymer physics”. Ithaca: Cornell University Press. pp.128–162 (1979).

[5] 松村清隆、“ キプリス幼生の付着機構 1 - 幼生はどのように付着場所を選択するか？ -”、日本付着生物学会編、フジツボ類の最新学、恒星社厚生閣、p.142（2006）

[6] Murosaki T, Noguchi T, Kakugo A, Putra A, Kurokawa T, Furukawa H, Osada Y, Gong JP, Nogata Y, Matsumura K, Yoshimura E, Fusetani N. “Antifouling activity of synthetic polymer gels against cyprids of the barnacle (Balanus amphitrite) in vitro”. Biofouling 25

. pp.313–320 (2009).

[7] Gong JP, Katsuyama Y, Kurokawa T, Osada Y. “Double-network hydrogels with extremely high mechanical strength”. Adv Mater 15. pp.1155–1158 (2003).

[8] Murosaki T, Noguchi T, Hashimoto K, Kakugo A, Kurokawa T, Saito J, Chen YM, Furukawa H, Gong, JP. “Antifouling properties of tough gels against barnacles in a long-term marine environment experiment”. Biofouling 25. pp.657-666 (2009).

[9] Ahmed N, Murosaki T, Kakugo A, Kurokawa T, Gong JP, Nogata Y. “Long-term in situ observation of barnacle

連載　生物規範工学　最終回

バイオミメティクスから生物規範工学へ

北海道大学　名誉教授　下澤楯夫

1. はじめに

あなたは、一日に何度コンピュータのクリックボタンを押しますか？　何回タッチパネルをなぞり、何度入力キーを叩きますか？その度に動作している「シュミット・トリガー」という電子回路をご存知ですか？そして、それがヤリイカの巨大神経軸索膜のパルス発生機構に学んだものであることを知っていますか？

バイオミメティクス（Biomimetics）という言葉と概念を提唱したのは、Otto H. Schmitt（1913 ～ 1998 年）である（図 1A ）[1-3]。彼は、アメリカ合衆国の中西部ミズーリ州セントルイス市のワシントン大学生物学部に学び、神経生理学を研究していた。

我々の日常は、彼が発明したシュミット・トリガー回路（図 1B）に支えられている 。パソコンでキーボードのキーを押したとき、マウスでクリックしたとき、さらにはタッチパネルに触れたとき、パルスを一発だけ出して何らかの要求があったことをコンピュータ本体に知らせている電子回路である。パソコン 1 台には、少なく見積もっても数十～数百個のシュミット・トリガー回路や、それから派生したワンショットマルチなどのパルス発生回路が使われており、現在の情報通信を支えている。もし世界中のシュミット・トリガー回路の百万分の一でも動作しなくなれば、全世界の経済産業活動は崩壊する。生物の技術（生きる仕組）を取り込むことが、社会に如何に大きな変革をもたらすかの好例である。

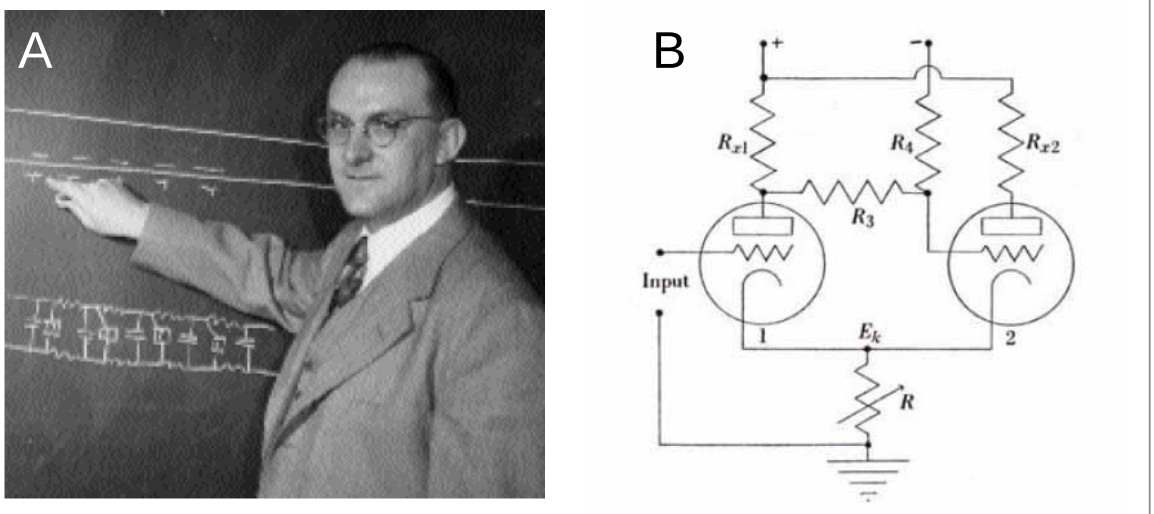


図 1　Otto H. Schmitt（A) とシュミット・トリガー回路（B)。出典：Reference [2]

2. 工学が生物学から乖離できないことを示す幾つかの例

2-1　シュミット・トリガー回路（例 1）

なぜ、我々の情報通信技術はかくも深くシュミット・トリガー回路に依存しているのだろうか？我々が指先でクリックボタンを押すと、マウスの中ではマイクロスイッチの接点が閉じ、検出側接点の電位はゼロから一定の値に変わる。この電圧あるいは電流変化を閾値と比較してクリックを検出する。しかし、接点の動作には非常に厄介な問題が潜んでいる。スイッチが閉じるとき接点の金属塊同士が衝突する。衝突面の損傷を軽減するためにも、弾性バネ材で機械的に緩衝せざるを得ない。しかしバネで支えられた接点同士が、衝突後に跳ね返され、バネで引き戻されて再び衝突し、を繰り返す「チャタリング」という現象が起こる（図 2A、黒線）。接点のオン・オフをそのまま見れば、パルスを幾つも出しながら、オン状態に落ち着いて行くのである。機械的接点である限り、このチャタリングは避けられない。チャタリングを認めたうえで、その効果を乗り越えて、単一のパルスとしてユーザ要求を表現する方策が必要である。

接点の後ろにコンデンサを入れて急激な電圧変化を抑える方策も、もともとカオス性の強いチャタリング振動に対しては、確実な効果を持たない。図 2A の青線波形は黒線で示したチャタリング波形をコンデンサで電気的に緩衝した模式図である。単純な電圧比較回路で閾値 Th_1 と比べた場合には、複数のパルスを発射してしまう（図 2B）。これに対して、シュミット・トリガー回路では、入力（青線波形）が閾値 Th_1 を越えると閾値自体を Th_2 に押し下げるフィードバックが掛っている。このため、入力が新しい閾値 Th_2 以下になるまで出力は変化せず、パルスは一発しか出ない（図 2C）。

神経生理学者であった Otto H. Schmitt は、後にノーベル医学生理学賞を受ける Archibald Hill や Bernhard Katz、イカやタコなど頭足類の神経系に詳しい John Young とも共同研究をしていた。彼は、ヤリイカの巨大神経軸索における神経パルスの発生機構を調べるうちに、その動作の本質を、ヒステリシスをもった閾値検出回路で表現できることを見抜いたのである。セントルイスのワシントン大学生物学教室で、1938 年のことであった [4]。すなわち、神経膜は刺激がある強さ（閾値）を越えるまでは興奮しないが、刺激が一旦閾値を越えれば興奮は行き着くところまで自己増強的に進む。その結果、反応出力は「全か無（1 か 0）」型を示す。さらに、一旦興奮が始まればその後の刺激が如何に強くても、それ以上の興奮は暫く起こらない「不応期」を持っている。生物の情報通信系である神経の仕組みに学んだそれは、安定したチャタリング耐性を発揮して、現在の情報通信技術での思いもよらない広い用途が待ち構えていたのである。

確かに現在のコンピュータ技術の大部分は、ブール代数を基盤とするデジタル数学に支えられた、様々な論理処理回路の設計技術である。しかし、我々人間の意志表出をインターフェイスするシュミット・トリガー回路が無ければ、コンピュータはかくも有用な機械とはなり得なかったのも確かなのである。我々は、この生物学の知恵がもたらした恩寵に感謝すべきであろう。

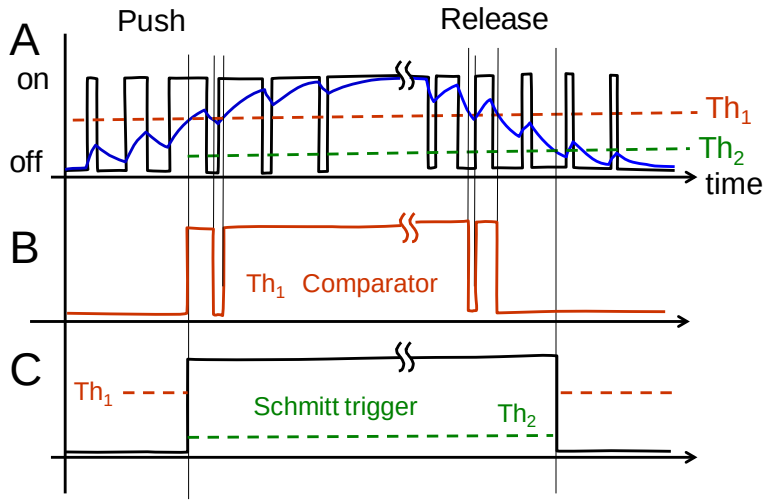


図 2　A：接点のチャタリング（黒線）と平滑化波形（青線）、B：平滑化波形を閾値 Th1 と単純比較した出力、C: 平滑化波形を入力したシュミット・トリガー回路の出力

シュミット・トリガー回路は、電子工学系の学生にとって極めて基本的で有用な非線形回路で、その動作原理は van der Pol 方程式との関係も含めて、学部 3 年次までには必ず習得しなければならない。しかし、それがヤリイカの神経の仕組みに由来することを教える電子工学科は皆無であろう。かく言う筆者も、電子工学科の学部 3 年生のときにシュミット・トリガー回路の動作原理と使い方を学んだものの、それが神経由来であることを全く知らずにきた。理学部生物学科の助教授として 10 年以上も神経生理学を教えていたにもかかわらず、知らなかった。しかも、ポスドク時代（コウモリソナー系の聴覚生理学）をワシントン大学生物学部で過したのに、である。それほど工学が自然科学から乖離してしまったのか、単に筆者が浅薄だったのか。シュミット・トリガー回路が生物由来であることを教えてくれたのは、このたび新学術領域「生物規範工学」の領域代表になった下村政嗣氏である。わずか 6 年前の 2007 年のことであった。我ながら、知らなかったこと、知ろうとしなかったことを恥ずかしく思う。

現在では、シュミット・トリガー回路は演算増幅器やコンパレータを用いて表現される（図 3A）。入力信号電圧 V_{in} が深い負側にあるときには、その出力 V_{out} がどこにあろうと演算増幅器の + 入力点の電位は - 入力点の電位（ゼロ）よりも低いので、出力 V_{out} も負側の下限飽和点 V_L にある（図 3B の赤線左下端部）。入力電圧 V_{in} が上昇しても、$Th_1 = -V_L \cdot R_i/R_f$ 以下ならば + 入力点の電位は負なので、出力 V_{out} は下限飽和点 V_L に留まっている。入力電圧 V_{in} が更に上昇して $Th_1 = -V_L \cdot R_i/R_f$ をわずかでも超えると、演算増幅器の + 入力点の電位は - 入力点の電位（ゼロ）より高くなり、その差が大きく増幅されて出力 V_{out} は上限飽和点 V_H に上昇する（図 3B の赤線上向き矢印）。V_{out} が大きく正の V_H に振れると、増幅器の + 入力点には R_f を通して正のフィードバックが掛かっているので、R_i/R_f に分割された V_{out} が加わってその電位は更に引き上げられる。このため、たとえ最初の閾値越えが入力信号 V_{in} に重畳した雑音成分による偶発的なものであったとしても、増幅器の + 入力点の電位がゼロ以下に戻ることは無く、その後に入力信号 V_{in} が多少増減しても出力 V_{out} は正の上限飽和点 V_H に留まる（図 3B の赤線右上端部）。出力 V_{out} が変化するのは、入力電圧 V_{in} が $Th_2 = -V_H \cdot R_i/R_f$ を下向きに切ったときで、増幅器の + 入力点の電位が - 入力点の電位（ゼロ）よりも負になるので、出力 V_{out} は下限飽和点 V_L に急激に切り替わる（図 3B の赤線下向き矢印）。すなわちシュミット・トリガー回路とは、出力が V_L の時には閾値 Th_1 を持つ比較器として動作し、入力信号（図 3B の横軸）が閾値を上向きに越えると出力を V_H に切り替えると同時に、閾値を負側の Th_2 に設定し直す、入力と出力（反応）の間にヒステリシス（一種の記憶）のある電子回路である。今日では、このヒステリシス特性こそがシュミット・トリガー回路のチャタリング耐性の本質とみなされており、コンピュータの回路設計上のシュミット・トリガーはヒステリシス素子を意味する図 3C の様な記号で表される。

電気接点の機械的チャタリングに限らず、タッチパネルなどのユーザーインターフェイスでも、チャタリング同様の問題が起こる。我々が一定の強さでタッチパネルに指を触れることなど出来るはずもなく、タッチセンサーの信号も多かれ少なかれ図 2A の青線の様な不規則な振動を伴う。そのまま、ある閾値と単純比較すれば図 2B のような複数パルスとなるから、シュミット・トリガー回路のヒステリシス特性で信号を処理して単一パルスとしている。

ところで、ヤリイカなど頭足類の巨大神経軸索は、どのような淘汰圧に対して適応した仕組み（技術）なのであろうか？　巨大という名が示す通り、直径が 1mm にもおよぶ神経繊維である（通常の神経繊維の直径は数ミクロン以下で、ヒトでは最大でも直径 20 ミクロンである）。頭足類の巨大神経軸索は、逃避行動を起す運動神経であること、

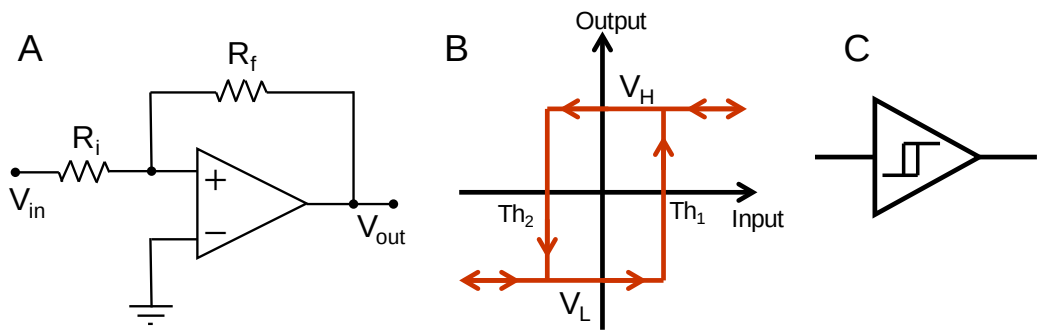


図 3　A：シュミット・トリガー回路のコンパレータ表現、B：入出力のヒステリシス特性、C：コンピュータ回路図で用いられるシュミット・トリガー記号

活動電位の伝導速度が大きいことから、捕食者からの緊急逃避時間短縮の淘汰圧への適応と言われている。しかし、いわゆる巨大神経軸索は第 3 次の巨大神経で、その前に中枢から 1 次、2 次と二つの巨大神経を介して星状神経節でシナプスを受けている。そのいずれも化学伝達シナプスなので、シナプス伝達だけで合計 1.5 ミリ秒もの遅れになる。したがって巨大であることは、逃避発現までの時間短縮ではなく、水力学的な運動様式への適応と見なさざるを得ない。筋張力の立ち上がり時間より短い時間内に、外套膜筋肉の全てを一斉に活動させなければ、水ジェットを作り出すポンプにはならない。外套膜の何処かで張力発生が遅れれば、そこは水圧に負けて膨らむ。膨らむ（他に比べて曲率半径が大きくなる）と、たとえ張力が発生しても、水を押す圧力は小さくなり水圧に負けてますます膨らんでしまい、ポンプとはならない。水力学的なポンプ系を構成する筋肉は、時間的に同期して張力を発生しなければ、心臓における心室細動と同様に使い物にならない。不応期は、ポンプの内部に水を再充填するまでの時間を保証するために必須である。不応期無しに立て続けにパルスを出せば、再充填が遅れてジェット推進自体が続かない。多数の筋細胞を同時に駆動するには大量の伝達物質を一時に放出しなければならない。イカの第 3 次巨大神経軸索は、多数の神経線維が融合したシンシチウムである。他の動物群の巨大神経軸索も水力学系と関係したものが多い。魚類のマウスナー細胞も、急激な方向転換のため、脊髄体節並び上の通常の遊泳パターンを打ち切って、体側面で水を一気に片方に押し出す水力学的ハードウエアである。ザリガニの巨大神経軸索も、腹部屈筋全体を同期収縮させて水を前方に押し出して後方への急速逃避を引き起こす。ザリガニ外側巨大神経から運動神経への接続は電気的シナプスで同期性を保っている。

シュミット・トリガー回路は陰極結合の（三極）真空管回路である（図 1B）。三極管は 1906 年に発明され、その増幅作用の有用性ゆえに 1914 年には電話回線のリピータ（中継器）として汎用化されている。世界中の工学技術者が三極管回路の開発にシノギを削っていた筈である。しかし、20 年以上を経ても工学サイドから三極管を用いたヒステリシス回路が提案されることはなかった。三極管の発明から 32 年後の 1938 年になってはじめて、生物の仕組みを調べていた神経生理学者によって生み出されたのである。もし、Otto H. Schmitt のような生理学者がいなければ、情報通信技術がヒステリシス回路（図 3C）を手にするのは更に遅れていたのである。

2-2　電池（例 2）

1786 年 9 月の、ある嵐模様の日、Luigi Galvani は皮を剥いだカエルの肢を、銅の鈎にかけて、庭の鉄柵に吊るした。強い風に吹かれたカエルの肢が鉄柵に触れる度に、筋肉がピクピクと動いた。これを見て Galvani は不思議に思い、更なる観察を重ね、5 年後の 1791 年に「動物は電気を出しており、金属で外に道を作ると、電気が流れて筋肉が動く」という「動物電気説」を発表した。翌 1792 年に Galvani の論文を見た Alessandro Volta は驚いて、Galvani の観察を一つ一つ確かめていった。その結果、動物が電気を出すのではなく、2 種類の金属の接触が（カエルの肢の収縮の）原因であるとの「金属電気説」に達した。この後 1793-1800 年にわたる「ガルバーニとボルタの論争」は、Volta の電池の発明で決着がついた（ということになっている）[5-8]。

図 4　イタリアボローニア市中心広場にある Galvani の銅像。皮を剥いだカエルの肢の標本を示している。写真は岡山大学教授酒井正樹氏提供 [9]。

ボルタの電池（電堆）は、銀と亜鉛を張り合わせたものを塩水で湿した布切れで挟んで積み重ねたものであった。Volta は物理学者とされているが、あくまで二つの金属の最良の組み合わせのみを問題にし、最後まで塩水（電解質、イオン）の重要性には気付いていない。Galvani も金属の組み合わせの重要性には最初から気付いており、膨大な組み合わせの結果を記録している。しかし、「鉄」同士の組み合わせでも、カエルの肢が収縮することがあり、生きて

いるカエルの肢が電気を出しているとの結論に至ってしまった。現在でも純度の高い鉄を作ることは難しく、普通の鉄はロット毎に仕事関数の異なる異種金属のように振舞う。

ではなぜ、Galvani は嵐模様の日に、なぜ皮を剥いだカエルを、なぜ銅の鈎で、なぜ庭の鉄柵に吊るしたのか？　どれ一つが欠けても、「発見」は起こらなかったではないか。実は、Galvani は天気予報を試みたのである。Galvani は、皮を剥いだカエル（イタリアでは食用、通常は銅の鉤に吊るす）が、摩擦起電機で作った電気にひどく敏感なことを既に知っていた。雷の正体が電気であるという、1752 年のフランクリンの電気流体説の実験も知っていた。雷の正体が電気なら、嵐の前には空中の電気が増えるに違いない。ならば、皮を剥いだカエルという「高感度の検出器」を使えば空中の電気が増えたことが分かるだろう、と考えたのである。しかし期待どおりにはならず、全く予期せぬ「鉄柵に触れるたびの収縮」を見てしまった。しかし、それを更なる展開に導いたのである。セレンディピティの典型と言えよう。

このようにして電池が発明され、Volta は名声を得、電圧の単位はボルト（V）となった。しかし、全ては Galvani の勘違いから始まったのである。しかも Volta は、探検家 Humboldt がアマゾンで出会った電気ウナギ（馬をも殺す生物発電）を無視し続けた。この辺りから既に生物軽視の間違い、工学と生物学の乖離が始まっている。動物が電気を出していることは、Galvani の弟子 Carlo Matteucci が 50 年後の 1838 年に証明した。今日では、心電計、脳波計が日常の医学診断に使われている。のみならず、脳死判定の重要な道具として我々の死生観をすら支配している。生物の技術（生きる仕組み）に由来する工学技術が、我々の日常のあらゆる局面に関わっている。

その後、電池から得られる直流電流のお陰で、「電流の磁気作用（電気が動くと磁石になる）」が発見され（Örsted、1820 年）、すぐさまそれを応用して電流計が発明された。高感度の電流計は、Galvani にちなんでガルバノメータ（検流計）と呼ばれ、こんにちでは共焦点レーザ顕微鏡の走査系などにその名を残している。1831 年、Michael Faraday は、「磁石が動けば電気が出るのではないか？」と逆を思い付き、苦心の末に証明し（電磁誘導の法則：発電機やアンテナの原理の発見）、発電機（ダイナモ）を作った。我々を、電気の時代へと導いたのである。ボルタの電池以前は、摩擦起電機による静電気しかない。静電気は、ライデン瓶に畜えたとしてもその電荷量は少なく、放電時間も極めて短いので、有用な技術にも科学にも成り得なかった。洋の東西を問わず、静電気（摩擦起電機）は所詮見世物に過ぎず、科学にはほとんど寄与しなかった。平賀源内のエレキテル（1776 年）も肩こり治療器としての見世物であった。近代電気工学の父、物理学の父と讃えられる Faraday でさえも、静電気を第一種電気、電池からの電気を第二種電気と呼んで区別していた。電池が出来て初めて、電気現象の物理学が進歩し、蓄電池、無線通信など多様な応用技術への道が拓け、イオンなどの電気化学の理解も進んだのである。今のケータイ電話もインターネットも、全て「カエルのお陰」である。全てはカエルの持っていた技術（生きる仕組み）の解明から始まった。電池は、人類史上最大のバイオミメティクスである。工学はカエルの恩寵にも感謝すべきである。1998 年には、ボローニア市で Galvani 没後 200 年を記念した研究集会が開かれている [9]。

2-3　飛行機（例 3）

ライト兄弟が初めて、空気よりも遥かに重い発動機付きの飛行機に乗って、人が空を飛び操縦できることを証明してみせたのは、110 年前の 1903 年 12 月 17 日のことである [10]。人は、太古の昔から「鳥のように自由に空を飛びたい」と、ごく自然にイカロスの夢を追い求めてきた。ライト兄弟以前にも、Leonardo da Vinci をはじめ、多くの人々が飛行に挑戦したが、気球などのように「空気より軽い機械」以外は全て失敗していた。ライト兄弟の成功に勇気付けられてはじめて、動力航空機の技術開発が進み、それを支える流体力学も進歩した。勿論、現在の固定翼機はバイオミメティクスとは呼べない。空へ進出した代表的な動物である鳥も、それより遥か以前に空へ進出した昆虫も、羽ばたき飛行をしている。羽ばたき飛行は今でも流体力学的に難しい問題を含んでおり、生物から技術を学ぶバイオミメティクスの大きな分野である。昆虫の大きさで、昆虫の飛翔速度や飛翔距離、機動性を達成するのが、現代の流体力学屋さんの夢である [11]。

ライト兄弟の初飛行前後の物理学（流体力学）には奇妙な振舞いが見える。「空気よりも重い機体」を空中に持ち上げるのは翼に発生する揚力である。流体力学の基本原理を表した Navier-Stokes 方程式は、ライト兄弟の初飛行より 58 年も前の 1845 年に完成しており [12, 13]、現在はこの方程式の解として揚力の発生を説明している。現在、飛行の原理は純然たる物理学としての流体力学にある。しかし、当時の物理学者がこの方程式に基づいて飛行機の開発に寄与したという話は聞いたことがない。不思議なことに、ライト兄弟の初飛行以前は、新聞記者だけでなく物理学者までもが、空気よりも重い機械による飛行には否定的なのである。著名な物理学者であったスミソニアン協会の Samuel Langley が指導した飛行機に工学者の Charles

Manly が乗って栄冠を夢見たが、1903 年 10 月 7 日と 12 月 10 日（ライト兄弟の 7 日前 !）の 2 度ともポトマック川に突っ込んで終わった。このこともあって、これも著名な科学者でアメリカ海軍天文台教授の Simon Newcomb は、「空気よりも重い機械が飛ぶことは科学的に無理がある」とインデペンデント誌で公に述べている [14, 15]。ライト兄弟の初動力飛行の僅か 2 カ月前のことである。自然界を見れば、鳥は明らかに空気よりも重いにも関わらず自由に空を飛んでおり、「空気より重い」ことを取り立てて問題にすることは理解しがたい。しかし、どの時代にも新しいことへの挑戦を「無謀」と貶して賢者を装うネガティブサイエンスの風潮もあるのである [15, 16]。当時のニューヨーク・タイムス紙もシカゴ・トリビューン紙も「ラングレイの飛行機械は大失敗に終わった」と書き立てている [17, 18]。極め付きとしては、かのケルビン卿 William Thomson まで が "Heavier-than-air flying machines are impossible" と語ったと伝えられている（これは英国航空協会のメンバーへの就任を断った際の発言を、前後の文脈を無視して、誤解を誘うべく意図的に流布された可能性が高い [19]）。

ライト兄弟は、動力無しのグライダーや凧を幾つも試作しており、1 年前の 1902 年から「動力無しのグライダー飛行」と、「左右の翼端を逆向きにひねる操縦法」を何度も確かめている [20]。しかし、彼らの初動力飛行を報じた新聞は全米でたったの 3 紙に過ぎず、しかも多分に真実性を疑った文面だったという [21]。その動力飛行の真価が正しく報道されたのは、初飛行から 2 カ月以上過ぎた 1904 年 3 月であったという [21]。

つまり、初期の飛行機は物理学から派生したのではない。少なくとも物理学は飛行機の創出に積極的には参画していない。現実には鳥が空を飛んでいるのに、物理学者は（賢明にも？）おっかなびっくり遠くから様子見するか、「飛べない」ことを（早めに）証明してみせる側にいたのである。ライト兄弟をはじめとする挑戦者たちは、世間の嘲笑いと物理学者達の見て見ぬ振りの視線を浴びながら、どこをどう工夫すれば「鳥のように」飛べるのかを追求した。飛行機はやはり、バイオミメティクスなのである。翼端をひねる操縦法などは鳥の初列風切羽の使い方を思わせる。筆者は学生のとき、"Physicists can never fly, engineers can fly." という言葉で、原理的には困難に見えても、自然界にあることなら挑戦する方により大きな価値があると教えられた。ちなみに、George Stokes はライト兄弟の飛行を知ることなく 1903 年 2 月 1 日に亡くなった。ライト兄弟の初飛行の 2 年後 1905 年には Einstein の特殊相対性理論が発表されて、物理学が万能感を撒き散らしながら世を席巻する時代となる。

2-4　ゴアテックス®（例 4）

ゴアテックス®という布地は、高い防水性能を持ちながらも通気性が良くムレない防水透湿性素材として有名で、登山や湿潤なアウトドア環境での作業着として高い評価を得ている [22]。その機能の核心部分は、幾層かの保護膜に挟まれた Gore-Tex membrane にある（図 5 の赤い四角、[23]）。この膜は撥水性の素材で出来ており、1 μm 程度の間隔の網目になっている。このように小さな撥水性の孔と接触した液相の水は、その表面張力（表面エネルギー密度）によって素材表面と 90 度以上の接触角を保つため、孔から気相へ向けて凸に飛びだした球面を形成する。表面張力の掛った球面は、球の内側へ向かって曲率半径に逆比例した圧力を生じるので、液相からその圧力以上で押されるま

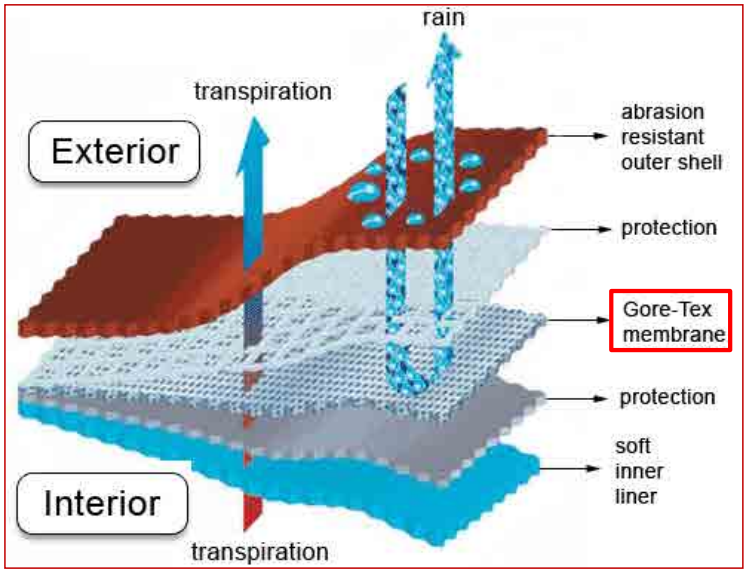


図 5　ゴアテックス®の構造模式図。出典：Reference[23]

で、バルクの水面を維持できる。ゴアテックス®は、3 気圧に耐えられるという [22]。もちろん孔から気相へ凸に盛りあがった半球状の気液界面からは水蒸気（気相水分子）が空気中に自由拡散するし、バルクの液相が無ければ水蒸気に対してはスカスカの孔である。これが Gore-Tex membrane の防水透湿性の原理である [24]。

しかし、表面張力（毛細管現象）は 1700 年代初めから知られており、1800 年代初頭には Young と Laplace によって物理法則としての定式化も完了している [25]。そんな物理法則そのものを利用した機能素材を作りだすのに、なぜ我々は 200 年以上も要したのであろうか？

自然界には、バルク素材としての撥水性はソコソコだが、ミクロンオーダの凹凸構造を作って高い撥水性とガス交換機能を実現する技術を持った生き物がいる。その代表はアメンボである。アメンボは水面に立ち、水面を蹴って滑走できる。その肢に格別に高い撥水性を持たせている仕組みは、脚に生える撥水性の剛毛がその表面に幅 100nm 程度の微細な切れ込み溝を持つことである。液相の水は、こんなに小さな曲率半径の界面を形成することは出来ず（形成されたとしても、その水側に強く凹に曲がった気液界面は強い圧力で瞬時に水を押し戻して）、剛毛表面に接する大きな曲率の平滑水面となってしまう [26]。一方、少しでもアメンボの生態を考えれば、肢だけでなく、その体表の撥水性もまた高いはずである。もし脚の撥水性だけが高く体表の撥水性が低くければ、水面が乱れて水滴で体表が濡れたとき、脚は水面上に出るが体は表面張力のため水面下に引きずり込まれ、立ち直ることは出来ずに溺れ死ぬ。

アメンボの翅や胸部、腹部などの体表は、基部径 500nm、長さ 2 ～ 3 μm のナノパイルで覆われている（図 6）。ナノパイルは約 1 μm 間隔、すなわち 10^6 本 /mm^2 という高密度で生ええている。このような高密度のナノパイルが並んだ構造は、生物学者には 1940 年代から広く知られており、Plastron（物理鰓）と呼ばれている [24]。昆虫体表のクチクラは接触角が 105 度程度の弱い撥水性しか持たない素材であるが、直径 500nm の円柱状のナノパイルが 1 μm 間隔で並んでいれば、残った 500nm の隙間に形成された気相に向かって凸の気液界面は 2.5 気圧の水圧に耐えられる [24]。つまり水深 15m まで潜っても、ナノパイル列に接して張られた気液界面がつぶれることはなく、体の表面に数ミクロンの空気層が維持される。この空気層と液相の界面は光の屈折率境界でもあるので全反射を起こし、Plastron に空気層を作って潜水している昆虫の体表面は「銀色の膜」に覆われて見える。このような構造を持った昆虫は、長時間にわたって水にもぐったまま活動することが出来る。高密度のナノパイル外面と体表との間に形成された空気層の圧力は、小さな曲率半径で曲がった気液界面に働く表面張力のお陰で水相よりも圧力が低く、水に溶けた酸素分子が気液界面を通して空気層へ拡散してくるからである。

なぜ我々が、表面張力の物理からゴアテックス®まで 200 年以上も要したのか？の疑問に戻ろう。需要が無かったのか？　微細な構造を作る技術が無かったのか？　物体表面の撥水性はバルクの物性だけで決まると思い込んでいたのか？　いずれでもない。単に技術者が生物の技術（生きる仕組み）を見ていなかっただけ、微細な凹凸で撥水性を飛躍的に高めた実例が既に自然界にあるとは思いもしなかっ

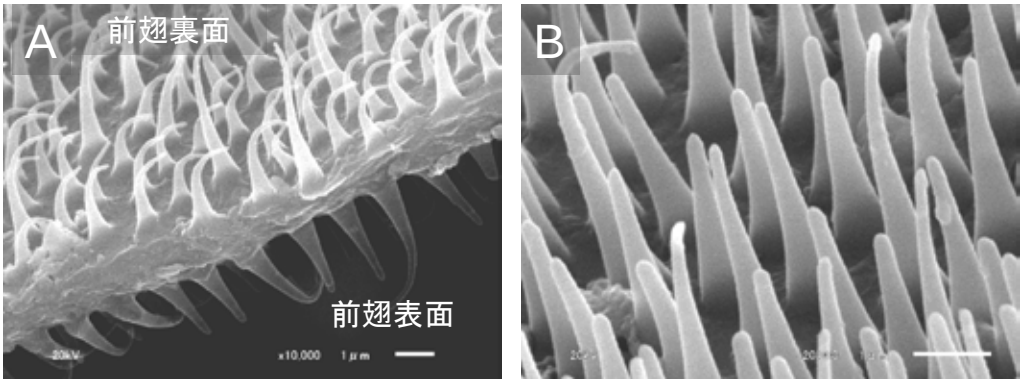


図 6　アメンボ体表の高密度ナノパイルの走査型電子顕微鏡像（JST 下村 CREST）
A：前翅の断面（おもて面と裏面）。普段は水に触れる筈のない裏面にもナノパイルが密生しており、水に濡れてはならない強い理由のあることが分かる。B：前翅のおもて面を 30 度傾けて見た像 。スケールバーはいずれも 1 μm。

ただけである。アメンボの撥水技術に注目していれば、もっと早く表面張力の物理を我々の技術に転化できたのではないだろうか？ もちろん、Gore-Tex membrane がバイオミメティクスであるとは、ゴア社は一言もいっていない。

2-5　原子間力顕微鏡（例 5）

図 7 はルリハムシ（A）と、その肢先の A の赤丸で囲んだ膨らんだ部分（跗節）の走査電子顕微鏡像（B）である。6 本の肢先全てに跗節があり、ハムシは 6 つの跗節を交互に使って葉の表面を歩きまわる。葉の面が垂直でも、裏返しでも歩きまわることが出来る。水平なガラス面の下側を逆さになって歩くことも難なくこなす。もちろん、「歩く」ということは接着・脱着が可逆で、制御可能だということである。電子顕微鏡像（B）は、跗節の葉に接着する部分を葉の方からみた像である。跗節の下面から、直径 2 μm、長さ 100 μm にもおよぶ細く長い棒が何百本も付き出ている。この微小な棒は先端近くで 90 度曲がって、幅 5 μm 程のヘラのように平たく広がる。このヘラの（写真 B で左斜め下へ向いた）面が、葉やガラス面に接近すると互いに引き合うファン・デル・ワールス力が働くと考えられており、これらの微小な突起は「接着毛」と呼ばれている。接着部位の数の多さは、体重を支えるのに十分な接着力の確保につながることは理解できる。しかし、100 μm にもおよぶ極端に細長い棒状の腕は何を表しているのだろうか？

図 7B に見えるような 5 μm サイズの接着毛先端のヘラに、少なくともピコニュートン（pN）程度のファン･デル･ワールス力が働くためには、相手が平板の場合、100 nm 程度まで接近している必要がある [27, 28]。また、ファン・デル・ワールス力を検出し利用するためには、これらの接着毛先端は十分にしなやかなバネに支えられている必要がある。pN 程度の力に引かれて変位しなければ、さらに接近してより強いファン・デル・ワールス力を受けて接着が確立しないからである。相手表面の不規則な凹凸に追従して接近を確保するためには、接着毛先端は十分にしなやかなバネで支えられていなければならない。

最近、そのような目的の「非常にしなやかなバネ」が開発されて、ナノ計測技術として広く使われ、産業を支えている。原子間力顕微鏡（AFM）のプローブ（カンチレバー）である。AFM は、プローブ先端が対象物体から受ける pN 程度のファン・デル・ワールス力（原子間力の積分和）を nm 程度の変位に変換して、その変位を光学的に検出する装置である。AFM プローブのカタログを見ると、最もしなやかなカンチレバーのバネ定数 k は 0.06 N/m 程度である。この AFM カンチレバーは、厚み 0.52 μm ×幅 30 μm の矩形断面で長さ 200 μm の片持ち梁である。材料力学の教科書を繰って、この寸法とシリコン単結晶のヤング率 180 GPa から矩形断面の片持ち梁先端でのバネ定数（復元力／変位）を計算してみると、カタログ値とほぼ一致する。バネ定数 k = 0.06 N/m は、単位をピコとナノに変えると、60 pN/nm に相当する。すなわち、60 pN の力で 1 nm 変位するバネ感度である。これが、こんにち我々の手に入る「最もしなやかなバネ」である。ハムシ跗節の接着毛を、直径 $2a$ 長さ l の円柱片持ち梁とみなせば、その先端でのバネ定数は素材のヤング率を E として、$k=E \cdot \pi a^4/2l^3$ N/m で与えられる。昆虫クチクラは水分含量によってヤング率が 8 桁も変わる優れた素材で、甲虫の体表クチクラではおよそ 6-10 GPa（$6\text{-}10 \times 10^9$ N/m^2）と測定されている [29]。このヤング率と a=1 μm（1×10^{-6} m）および l=100 μm（100×10^{-6} m）を代入すれば、ルリハムシ接着毛の先端を支える棒のバネ定数 k の推定値として 0.01 N/m（10 pN/nm）が得られる。

すなわち、ハムシ跗節の接着毛は、市販のコンタクトモード AFM プローブ（約 10 万円 / 本）よりも「充分にしな

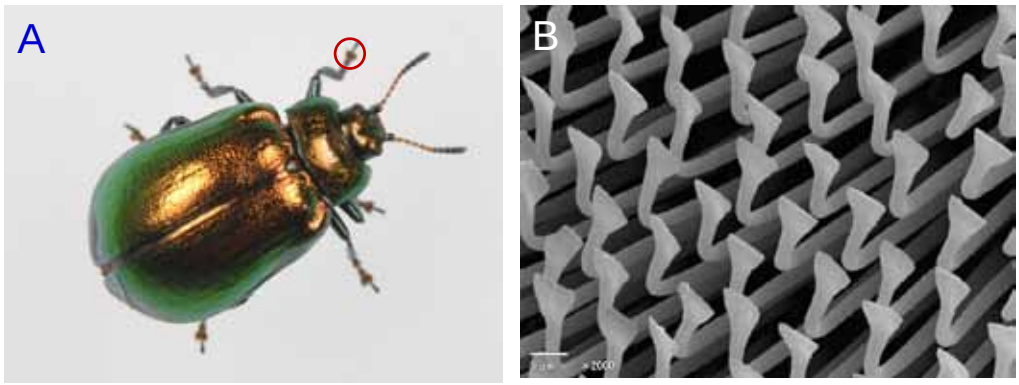


図 7　ルリハムシ（A）とルリハムシ跗節の接着毛（B）、B のスケールバーは 5μm。写真は JST 下村 CREST の堀繁久（A) と筆者（B) による。

やかなバネ」で、ファン・デル・ワールス力に引かれ、あるいは斥けられて変位し、対象表面の不規則な凹凸にも追従できて、接着できる。多くの昆虫はこのようなファン・デル・ワールス力を利用する技術を、我々より一億年以上前に、すでに実用化していたのである。昆虫の肢先のこのような微細な構造は、1800 年代半ばから知られており、1970 年代には多くの生物学者の知るところであった[30]。もし技術者や工学者が、「自然の性質」の表出としての昆虫の生き方とそれを支える構造に注意を払っていたら、我々はもっと早くに AFM を手中に出来たであろう。

3. 生物規範工学

ハムシ跗節の接着性やアメンボ体表の撥水性の仕組みは、ファン・デル・ワールス力や表面張力（これも物理的にはファン・デル・ワールス力と同じ起源だが）で説明できる。しかし逆に考えれば、我々の AFM の原理（ファン・デル・ワールス力の物理）はムシの接着毛の原理の「(一億年遅れの）再発見」に過ぎず、ゴアテックス®の撥水透湿性の原理(表面張力の物理)も昆虫の Plastron の原理の「再発見」に過ぎない。電池の原理（仕事関数の物理）も、我々生物の神経細胞のイオン濃淡電池の原理の「再発見」である。我々の近代科学が「発見し、制定した」と思い込んでいる法則は、昆虫がすでに発見し、生きる技術にまで纏め上げた自然の「性質」の再発見に過ぎなかったのだ。物理法則や数学は、自然の中から発見され、作られ、制定されるという。ならばなぜ、我々自身が「発見し、制定した」法則を活用して技術として使いこなすまでに、何十年もの歳月が掛るのか？　自らが「作った」法則の使い方が分からないのだ。またなぜ、生物は何億年も前に「自然の性質」を技術（生きる仕組み）にまで纏め上げることが出来たのだろうか？

生物は神が指先を捏ね繰り回して創り出したのではない。その確たる証拠は生物の多様性にある。生物自身が、変異と淘汰を何億回も繰り返えすことで、淘汰圧をかわして生き延びる仕組みと機能すなわち適応性を獲得してきた。この世界で機能を作り上げる道は、これしかないことを生物学は教えているのである。ネオダーウィニズムの旗手 Richard Dawkins によれば、進化は「論」ではなく「事実」である [31]。自然界には進化の証拠が満ち溢れており、多様な機能を持った多様な生物の存在自体が、この地球上で変異と淘汰による適応的構造の組み上げ、すなわち進化が起こったことを証明している。

生物の進化は構造と機能の転用の歴史である。多くの工学者はそれすら知らないし、知ろうともしない。現実の世界の半分以上を占めるものに目をつぶり続けるのなら、工学は科学の資格を失う。

18 世紀は数学の時代、19 世紀は化学の時代、20 世紀は物理学の時代、そして 21 世紀は生物学の時代と言われている。はじめの三つは「この世界は、どんな物で出来ていて、どんな力が支配しているかを教えてくれた科学」で、現在の工学の基盤を成している。では、生物学は何を教えてくれるのか？　それは「この世界にはどんな設計（仕組み）があり得るのか」である。工学とは「積極的に人工物を設計して自然と相互作用する人間活動」なのだから、工学は生物の技術（生きる仕組み）から学ばざるを得ない。現実の世界には生物が満ち溢れており、我々自身も生物なのだから。

一方で、この歴史上の発展の順はこれらの科学の単純さの順をも証明していることに注意して欲しい。かつての数学も物理学も化学も、複雑怪奇に見える生物現象を考察の対象から外して脇に置くことで身軽になり、大きく発展して今日の科学技術基盤としての地位を得た。確かに、生物学は数学・化学・物理学の発展の後でなければ開花できなかったし、数学・化学・物理学の理解なしには生物現象を深く理解出来ないことも事実である。しかし、裏を返せば、工学はこれまで単純な科学にしか頼ってこなかったのも事実なのだ。複雑な現実に対処すべき技術を単純な科学のみに頼って作り上げ得る、とするのも不思議な信仰である。

アメンボやハムシのところで述べたように、物理法則や数学からは「どうやれば機能が組み上がるか」は出てこない。数学や物理法則は、分析の道具であって、機能を組み上げる道具ではないからである。工学に真の合成理論は存在しない。上手くいった場合の分析結果を逆にたどることを、合成と呼んでいるにすぎない。機能（生物学用語では適応性）への組み上げには試作と評価（生物学用語では変異と淘汰）の繰り返し作業が必要なことは、工学技術者なら誰でも分かっている。にもかかわらず、工学や物理では、法則で自然の全てを説明できると思い込ませる教育が蔓延している。しかしそれでは、「部分と全体が等しい」という奇妙な論理を展開させることになる。大学の初年次の哲学や科学概論では、自然法則は現実世界で起こる現象から帰納的（Bottom-Up）に推論され、抽出されて、制定されることを教える。数学や物理法則は自然から抽出されたものであって、自然の一部分にすぎない。部分は部分であって、全体ではない。法則からの演繹（Top-Down）で自然の全てを説明しようとしてはいけない。

自然界から抽出された法則や理論からの演繹で現実を説明できても、技術が組み上がってくる訳ではない。生物も含めた現実の世界の事象から技術を見つけ出し、帰納的に作り上げる作業が必要である。生物学をも工学技術の基盤にしてはじめて、一体化した自然科学という健全な背骨を持った工学になる。確かに、制定済みの法則からの演繹的推論によって技術の有効な限界を確かめる作業も必要である。しかしその一方で、自然界では何億年にも亘る試作と評価を終えた技術が、生物の生きる仕組みとして使われ続けているのである。しかもそれは、我々の技術の多くが「高温高圧」という力まかせの製造工程に頼っているのとは大きく異なっている。生物は、「常温常圧」で AFM カンチレバーと同等な装置をはじめ、全ての構造と機能を作り出している [29]。生物の技術は、持続可能な社会の在り方をも教えてくれるであろう。

4. おわりに

もっと自然を見ようではないか。もっと広い範囲に目を向けて自然を見よう。自然の半分以上を占める生命現象を見よう。生きている自然を見よう。博物館を見よう。これまでの工学は 18、19、20 世紀に発達した数学・化学・物理学だけで出来ていたが、工学の基盤に生物学も含めること、それこそが 21 世紀の工学としての健全な道だ。というのが、生物規範工学である。規範とは Normal（あるのが当然、見るのが当たり前、考慮に入れるのが当然）ということである。生物規範工学は、生物が持つ技術を我々の技術に転化し、我々の工学技術の体系を再編成することを目指している。

References：

[1] http://www.ee.umn.edu/users/schmitt/index.html

[2] http://160.94.102.47/Otto_Images/PavekOHSbio.pdf

[3] http://en.wikipedia.org/wiki/Otto_Schmitt

[4] http://iopscience.iop.org/0950-7671/15/1/305

[5] https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika1990/13/3/13_3_281/_pdf

[6] https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika1990/13/4/13_4_407/_pdf

[7] https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika1990/14/1/14_1_64/_pdf

[8] https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika1990/14/2/14_2_151/_pdf

[9] https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika1990/16/2/16_2_123/_pdf

[10] http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_aviation

[11] http://sc-smn.jst.go.jp/playprg/index/342

[12] http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%8A%E3%83%93%E3%82%A8-%E3%82%B9%E3%83%88%E3%83%BC%E3%82%AF%E3%82%B9%E6%96%B9%E7%A8%8B%E5%BC%8F

[13] https://ia700701.us.archive.org/8/items/cbarchive_39179_onthetheoriesoftheinternalfric1849/onthetheoriesoftheinternalfric1849.pdf

[14] http://en.wikipedia.org/wiki/Simon_Newcomb

[15] http://www.garfield.library.upenn.edu/essays/v3p167y1977-78.pdf

[16] http://www.garfield.library.upenn.edu/essays/v3p155y1977-78.pdf

[17] http://www.skygod.com/quotes/times1903.pdf

[18] http://query.nytimes.com/mem/archive-free/pdf?res=F40F15FC3B5D16738DDDA10894D8415B838CF1D3

[19] http://en.wikiquote.org/wiki/William_Thomson,_1st_Baron_Kelvin

[20] http://en.wikipedia.org/wiki/Wright_brothers

[21] https://www.aiaa.org/SecondaryTwoColumn.aspx?id=5724

[22] http://www.gore-tex.jp/technology/index.html

[23] http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B4%E3%82%A2%E3%83%86%E3%83%83%E3%82%AF%E3%82%B9

[24] Mark Denny: “Surface Tension: the energy of the interface”, In: Air and Water, Princeton University Press, New Jersey, 1993, 253-270

[25] http://en.wikipedia.org/wiki/Young%E2%80%93Laplace_equation

[26] Gao X and Lei J：アメンボの撥水性の脚、訳：辻井薫、昆虫ミメティックス（下澤楯夫•針山孝彦 監修）、NTS、東京、2008、382-384

[27] http://en.wikipedia.org/wiki/Van_der_Waals_force

[28] http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%AC%E3%83%8A%E3%83%BC%E3%83%89-%E3%82%B8%E3%83%A7%E3%83%BC%E3%83%B3%E3%82%BA%E3%83%BB%E3%83%9D%E3%83%86%E3%83%B3%E3%82%B7%E3%83%A3%E3%-83%AB

[29] Vincent JFV：昆虫のクチクラに基づく材料設計論、訳：小林秀敏、昆虫ミメティックス（下澤楯夫•針山孝彦 監修）、NTS、東京、2008、631-640

[30] Gorb S：昆虫の運動付属肢に着想を得た接着材料、訳：後藤眞紀子、昆虫ミメティックス（下澤楯夫・針山孝彦 監修）、NTS、東京、2008、372-381

[31] リチャード・ドーキンス：進化の存在証明、垂水雄二訳、早川書房、東京、2009

（５）国内外研究動向紹介

生物規範工学　第二回全体会議に参加して

公益財団法人山階鳥類研究所　山崎　剛史

2013 年 10 月 25 日、心配されていた 2 つの大型台風の直撃を免れ、生物規範工学の第二回全体会議が東北大学工学研究科中央棟（仙台市青葉区）で無事開催された。小雨の降る中、朝 8 時 50 分から始まったこの会は 17 時を過ぎるまで続き、各班のプロジェクトの進捗状況が報告されたほか、東北大学総合学術博物館の西先生の特別講演も行われた。筆者は A 班／総括班の分担者の一人としてこの会に参加した。ここではいくつかの講演を取り上げ、その内容を紹介したい。

文部科学省科学研究費補助金・生物規範工学は、A・B・C の 3 つの班、公募班、総括班によって実施されているが、このうち A 班は情報学の研究者と生物学の研究者がタッグを組み、バイオミメティクス・データベースシステムの構築を目指している。この班の進捗状況の報告として、国立科学博物館の松浦先生と北陸先端科学技術大学院大学の溝口先生が発表を行った。松浦先生は、「バイオミメティクス基盤としての生物多様性情報データベースと自然史博物館」と題した発表を行い、生物学に関連する既存のデータベースとして、どのようなものがあるのかを概説したうえで、本プロジェクトで構築中のデータベースをその中に位置づけた。一方、溝口先生は、バイオミメティクスの社会受容を担う C 班との班間連携プロジェクトの一例として、「オントロジー工学とライフスタイル」という演題で話をされた。これは C 班の石田先生らがとりまとめた 2030 年の理想的なライフスタイルの一覧を実現するため、必要とされるアクションが具体的に何なのかを、オントロジー工学の手法を使って明らかにしていくという試みで、バイオミメティクスが今後目指していくべき方向性を明示する研究として、とくに重要なものだと筆者は感じた。

B 班はバイオミメティクスの学理を深化させるために組織された班で、5 つのサブグループに分かれている。これらすべてのサブグループについて多岐にわたる進捗状況の報告があったが、そのうち B-1 班「生物規範界面デザイン」については、産業技術総合研究所の大園先生から「やわらかい微細構造作製とそのトライボロジー評価の現状」、千歳科学技術大学の平井先生から「自己組織化を利用した階層構造の作製」と題した発表があった。内容は、鮫肌などの生物の表面をまねて作成した新素材がどのような機能を持つのかを様々な測定法／評価法で探る、というものであ

った。鳥類学を専門とする門外漢の私にも、工学系の先生が研究を進める際の手法と発想がよく伝わるプレゼンテーションであり、A 班のメンバーとして、バイオミメティクス・データベースの構築を進めていくうえでとくに参考になった。

C 班は上述の通り、バイオミメティクスの社会受容を目的とした研究や活動を行うグループである。この班のプロジェクトの進捗状況の報告としては、産業総合研究所の阿多先生から「バイオミメティクス研究開発のためのテクノロジーガバナンス」、東北大学の須藤先生から「ライフスタイル・ニーズとテクノロジーのマッチング手法の開発－SECI モデルとオントロジー導入の可能性について－」と題した講演があった。阿多先生はバイオミメティクスの国際標準化動向について主に話をされたが、文部科学省科学研究費補助金・生物規範工学の立ち上げによって、国際標準策定の議論を日本がリードする場面が増えてきた様子が伝わってきた。一方、須藤先生の講演は、A 班の溝口先生の講演と対をなし、上述の班間連携プロジェクトを C 班の視点から紹介するもので、大きな可能性を感じさせる内容であった。

公募班については 4 題の発表があった。北海道大学の西野先生による「昆虫の聴覚器規範設計の解明に向けて」、信州大学の小林先生による「ゴカイを規範とした全方向移動型流体内推進ロボットに関する研究」は、「生き物に学ぶ」という研究の重要な一過程がとくに強調されており、バイオミメティクス研究の好例との印象を強く与えるものであった。東北大学金森先生による「構造色材料による光制御とデバイス応用」は、構造色の応用的価値についての研究報告であり、鳥の研究者として構造色に以前から感心を抱いていた筆者にとって、大変興味深い内容であった。東北大学馬奈木先生による「生物規範工学に基づく技術の経済価値」は、バイオミメティクスが社会に及ぼす影響を経済学的に分析するという内容であり、新たに生じつつあるバイオミメティクスという学術分野の学際性を強く感じさせる講演であった。

特別講演として行われた、東北大学総合学術博物館の西先生による『「国立自然史博物館」を東北へ』においては、「生物に学ぶ」というバイオミメティクスのコンセプトにも鑑み、日本も他の国々と同じように、国立の自然史博物館を整備すべきだという提言がなされた。そこで語られていた夢は、標本コレクションの管理者を務めていると同時に、それを用いた研究を進める筆者にとって、とても共感のできる内容であった。

(独) 物質・材料研究機構　　桑島　功

13-2 バイオミメティクス研究会レポート

2013 年 11 月 27 日(水)に 13-2 バイオミメティクス研究会は「バイオミメティクスの国際標準化と海外動向、五感に迫るバイオミメティクス」をテーマに、タワーホール船堀の 4 階研修室で開催された。前半の ISO/TC266 国際委員会の報告について聴講した。

はじめに、バイオミメティクス研究会委員長の下村政嗣教授からのあいさつの後、10 月 29〜30 日にプラハで開催された第 3 回 ISO/TC266 国際委員会の報告があった。
WG2 -Biomimetic Materials, Structures and Components- については物質・材料研究機構の細田奈麻絵氏が状況を報告した。WG2 で議論する内容は、材料、構造、表面、コンポーネント、生産技術に関するバイオミメティクな開発のフレームワークを提供するもで、議長の Dr. Speck(ドイツ)が辞任したため、日本のチームが引き継ぐことになった。今回の会議では草案書の半分程度までが議論され、表面についても扱うことを記載、専門用語と定義は WG1 との重複を避けるように整理、韓国から提案の生物表面の特徴と測定方法を詳しく記載すること、生物表面の特徴についてはドイツが作成した書類を参考とすること、ベルギーから提案されたバイオミメティク開発手法の図、日本が作成した表「生物の機能、分析の目的、期待される応用」などについて議論されたことが述べられた。草案書の残りの半分については今後 Web 会議審議する予定とのこと。今後の議論によるバイオミメティク製品開発のガイドラインは研究・開発者にとって大きな助けになることが期待される。
また、WG4 -Knowledge Infrastructure of Biomimetics - については JST の恒松直幸氏が状況を報告した。WG4 は日本が提案し採択されたもので、日本が幹事国となっている。プレリミナリーステージからはじめ、WG1－WG4 の内容を踏まえながら検討を進める予定。バイオミメティクスは工学と生物学の融合領域であるため、異分野連携を支援するデータベース化したシソーラスの作成が必要、そのために、バイオミメティクス用のシソーラスの設計手法について議論を始めようとしており、長年 JST が提供してきたシソーラスを用いた論文検索サービスなどの経験

を応用して、工学と生物学の専門用語がある程度まで相互に参照可能となるシソーラスを試作し、シソーラス設計のガイドラインをとりまとめる計画とのこと。これが実現すればバイオミメティクスの研究・開発において、さらに Technology-pull と Biology-push が加速するものと思われる。

帝人株式会社　構造解析研究所　広瀬　治子
13-2 バイオミメティクス研究会　バイオミメティクスの国際標準化と海外動向
五感に迫るバイオミメティクス　に参加して

2013 年 11 月 27 日タワーホール船堀 4Ｆ研修室において、高分子学会バイオミメティクス研究会　ISO/TC266 バイオミメティクス国内審議委員会主催の研究会が行われた。筆者はその内の 2 題の講演について紹介する。
まず、NPO 法人アスクネイチャー・ジャパンの星野敬子氏が「バイオミミクリー海外動向とアスクネイチャー・ジャパンの活動」について報告された。2013 年 6 月アメリカ・ボストンでバイオミミクリー3.8 第 1 回国際会議が開催され、世界各国から 250 名を超えるビジネスマン・研究者・学生が集合し、星野氏も参加した。焦点としてデータベースの構築があり、2008 年に構築された Ask Nature（http://www.asknature.org/）は無料で数千件の事例を閲覧できる検索サイトが作られていた。しかし、実用化に結び付けるものではなく、次のバージョンでは、実践につながるデータベースが考えられている。多様なプレイヤーと多様な分野がアイディアと実践を組み合わせて協働できるようなオンラインプラットフォームの構築が考えられており、我々もそういったデータベースの構築を作りたいと考えている。また、バイオミミクリー3.8 の代表の Janine Benyus 氏は生体模倣を‘バイオミミクリー’と謳っているが‘バイオミメティクス’でもかまわない、との情報で、word に強いこだわりはないということは意外な報告であった。またアスクネイチャー・ジャパンの活動は、2011 年産官学の連携によりその活動が始まった。産官学民のネットワークづくり、製品開発、子供の教育事業、地域づくりのコーディネートを行っている。ホウセンカの葉っぱの付き方を模倣し、フィボナッチ数列を用いて太陽光を効率よくあつめる太陽電池パネル「Solar Plants」の開発は面白いものであった。
もう 1 題は、山形大学大学院理工学研究科　野々村美宗先生の「ヘレン・ケラー問題：触覚による水認知のメカニズム」による講演であった。皮膚・指の触覚により水を認知するメカニズムを研究・模倣して工業的な応用（化粧品や衣料の開発や手術ロボットやバーチャルリアリティーシステムの応用など）が期待されるもので、そのメカニズムについて報告された。指先は数 Hz～数百 Hz まで感じることができ、指先に加わる力学的刺激をオリジナルの手触り評価装置を用いて評価し、また指の運動を高速ビデオカメラで撮影し、指の固着・一気に滑るスリップ期の加速度等の

測定を行い、溶液による加速度の差異を明らかにした。
触覚による水の認知にはマイスナー小体とパチニ小体が関与していることが明らかにされた。皮膚の感覚としては、触覚器官であるマイスナー小体のほか、パチニ小体は高周波の刺激、ルフィニ終末は圧力・低周波・引っ張り刺激、メルケルは圧力刺激を感じることができるとのことであった。
心地よい触覚とは何か・不快な触覚とは何かを明らかにし、数値化をすることで、製品作りに生かすことができれば素晴らしいと思われる。

「Joint international symposium on“Nature-inspired Technology (ISNIT) 2014” and “Engineering Neo-biomimetics V”」に参加して

出口 茂（海洋研究開発機構）

2 月 12 日

・「Biomimetic Recognition and Patterning of Molecules on Water Surface」国武豊喜氏（(財)北九州産業学術推進機構、理事長）

モレキュラーバイオミメティクス黎明期の 1960 年代に行われたコポリマーを用いて加水分解酵素の機能を模倣しようとした試みから、1972 年に Singer と Nicolson が流動モザイクモデルを提唱したことを契機として始まった生体膜の研究とそれらを合成脂質で模倣しようとする試み、さらには最近の超薄膜の開発・応用と膜表面での水分子認識の重要性まで、「分子認識」をキーワードとしてバイオミメティクス研究の歴史的な流れを紹介された。

・「The challenge of the Biomimetic and Biomimicry for future: creation of platforms of Research and Innovation opened？」　Francis Pruche 氏（フランス、サンリス市、助役）

パリから約６０キロ北にあるサンリス市が取組んでいる CEEBIOS（Centre Européen d’Excellence en Biomimétisme de Senlis、European Center for Biomimicry）の紹介があった。CEEBIOS は、国、ピカルディ地域圏ならびにオワーズ県商工会議所のサポートも得て、バイオミメティクスを主題とした Center of Excellence を創設しようとするヨーロッパ初の試みである。今後は Ordener 周辺の兵舎の跡地を活用して、キャンパス、研究施設、研修施設、経済部門とカンファレンスエリアからなる施設を建設するとのことであった。今後の展開が大いに楽しみである。

・「Diagnosis of Various Biofluid Flow Phenomena and Biomimic Research」Sang Joon Lee 氏 (Pohang University of Science and Technology (POSTECH)、教授）

生物体内の流体輸送機構に関する講演が行われた。植物がポンプを使わずに水を 100 メートル近い高さにまで輸送する仕組みや蚊が血液を吸う仕組みなどを、X-

線 Particle Image Velocimetry（PIV）、ホログラフィック Particle Tracking Velocimetry（PTV）、時間分解 micro-PIV といった最先端の *in situ* 観察・測定技術を駆使して明らかにしようとする研究の結果や、それらを模倣して開発されたマイクロポンプなどが紹介された。

講演終了後は、会場を移してポスターセッションが行われ、若い参加者を中心に活発な議論が行われた。

公募班：株式会社富士通総研　第二コンサルティング本部　環境事業部　長谷川誠

「Joint international symposium on“Nature-inspired Technology (ISNIT) 2014” and “Engineering Neo-biomimetics V”」に参加して

2014 年 2 月 12 日～14 日、雪祭り後の札幌で、日韓ジョイント国際シンポジウム「Joint international symposium on“Nature-inspired Technology (ISNIT) 2014” and
“Engineering Neo-biomimetics V”」が北海道大学学術交流会館を会場に開催され、材料科学、表面科学、流体工学、ロボティクス、生物学等、多岐に渡る 36 件の講演と 42 件のポスターセッションが行われた。以下では、主にバイオミメティクスの産業化の観点から興味深いと感じた点をいくつかご紹介したい。

特別講演では、フランス・サンリス市の Pruche 副市長が、”The challenge of the Biomimetic and Biomimicry for the future:creation of platforms of Research and Innovation opend？”と題して、サンリス市に構築が進められているバイオミメティクス研究開発拠点 CEEBIOS（European center of exellence in Biomimicry by the city of Senlis）について講演された。講演の中では、”Biomimetic city”（生態系の循環に学ぶ汚染ゼロの都市）や”Biomimetic Farm”（生態系を参考にした持続可能な農業システム）等のコンセプトが紹介された。また、企業向けのトレーニングプログラムを作成していることが述べられ、対象と考えている産業として、化粧品、建設業、デザインが挙げられた。経歴を見ると、Pruche 副市長は LOREAL の Biotechnologie Department の Senior Research Associate を兼務している。また、海外動向調査をしていると、フランスでは Biomimetic という言葉を冠した化粧品が売られているようであり、化粧品産業はバイオミメティクスの有力な応用先のようである。

韓国・浦項工科大学校（POSTECH）の Sang Joon Lee 教授のご講演は、生体の様々な流体現象のバイオミメティックな研究についてのお話で、分岐した血管の血流がスムーズに合流する現象が、渋滞の解消に役立つのではないかと述べておられた点が興味深かった。

財団法人電力中央研究所の野方靖之博士のご講演は、生物付着防止材料についてのお話だった。フジツボ等の海産生物の付着により、船舶のエネルギーコストは最

大 45%も上昇するとのことである。なぜ、電力中央研究所でこのような研究が行われているのかと思ったら、パワープラントを海水で冷却する装置に生物が付着し、効率が低下するためとのことで、なるほどと思った。まだまだ知らないところにバイオミメティクスが活用できる領域がありそうである。

京都大学の森直樹先生のご講演は、植物の防御システムのバイオミメティック的な側面についてのお話だった。植物は害虫に食べられた際に、害虫の口から分泌される化合物によって、揮発性の化合物を放出するようになっており、それが害虫の天敵（寄生バチや捕食者）を呼び寄せるという防御系を持っているそうだが、そのシステムを模倣して農業に応用できないかということだった。今回の講演のほとんどが工学への応用に関するものである中で、冒頭で、「バイオミメティクスは工学だけでなく農学にも応用できる」と述べられたのが印象的だった。

浜松医科大学の高久康春博士は、新聞等でも報道された「ナノスーツ」の最新の成果についてご紹介された。通常、電子顕微鏡観察は高真空下で行われるため、生物試料は水分の蒸発により収縮し、その構造は生きたままの状態とはかけ離れたものとなってしまうが、ショウジョウバエやハチの幼虫など一部の生物がもつ細胞外物質を模倣した化学物質を生物試料に塗布することで「ナノスーツ」が形成され、生きたままで観察できるのである。ご講演では、電子顕微鏡観察の様子を動画で見せていただいた。写真でも、従来法と比べて見える構造が大きく異なることはよく分かるのだが、「ナノスーツ」を着せられたショウジョウバエの幼虫がクネクネと動いている様子を動画で見ると、インパクトが大きかった。昨年発表された技術の改良版 new”NanoSuit”を特許出願中とのことで、その詳細が気になるところである。

全体として、アカデミアからの基礎的な研究発表が多かったと感じた。今後、企業のバイオミメティクス研究への参画が進み、こうした場への産業界からの参加が増えることで、バイオミメティクスの産業応用も加速されるのではないかと思う。民間企業から本プロジェクトに関わらせていただいている者として、その一助となれるよう、微力ながら貢献していきたい。

Joint International Symposium on “Nature Inspired Technology 2014” and “Engineering Neo-Biomimetics V”見聞録

京都大学農学研究科　森直樹

2014 年 2 月 12 日（水）から 2 月 15 日（土）の 4 日間，北海道大学学術交流会館において，Joint International Symposium on “Nature Inspired Technology 2014” and “Engineering Neo-Biomimetics V”が開催された．工学的な内容も多く，農芸化学者である私に理解できる講演は少なかったが，印象に残った講演と会全体の雰囲気について私見を述べる．

12 日の Sang Joon Lee 先生（Pohang University of Science & Tech.）の Plenary Lecture では，動物・昆虫・植物と云った幅広い生物を材料に“Biofluid Flow Phenomia” をキーワードに研究を展開されており，迫力があった．X-ray トモグラフィー（断層影像法）の詳細は理解できなかったが，オジギソウの葉が刺激によって先端から一対ずつ順番に閉じていく様子を，葉枕（ようちん）の維管束における水の移動により，膨圧が変化した結果から示していた．このようなミクロの水の動きを測定出来る技術に驚き，新たな“Bio-inspired Technology”を見た気がした．今更ではあるが，“Bio-inspired Technology”のポテンシャルを再認識した．

13 日の高久康春先生（浜松医大）の「ナノスーツ」は驚愕の内容であった．SEM の画像で動く昆虫を目の当たりにし，息をのんだのは私だけではなかったはずだ．この技術が医学的に大きく期待されるのはもちろんである．「ナノスーツ」が切り開く技術革新は何処まで広がってゆくだろうか？

14 日の出口茂先生（JAMSTEC）のお話しはいつもながら興味深かった．「何故，セルロースとは縁もゆかりもない極限状況に生息する新海の微生物がセルラーゼを生産出来るのか」は良く理解できないが，やはり自然は常に人智を超えているのであろう．また，セルラーゼの酵素活性をナノファイバー表面上のくぼみの大きさで測定するアイディアは素晴らしく，その発想の柔軟さには舌を巻いた．出口先生によると，新海微生物由来のセルラーゼは地上の生物が生産するものとはかなり性質が異なるとのこと．今後の展開が楽しみである．

その他にも興味深い講演は幾つもあった．しかしながら今回私は，若手の大園拓哉先生(産業技術総合研究所)らが展開されている「微細なしわ構造」の研究が下村先生を中心とする生物規範工学の研究においてキーワードの一つとして位置付けら

れつつあることに興味を覚えた．そして，多くの若手研究者が「しわ構造」を種々の視点で捉え，独自の研究を展開している様子が伺えた．研究の一層の発展が期待される．

平成 24 年から生物規範工学が始まり，少しずつではあるが私にも工学的な発想に慣れつつある．相変わらず，私にとって物理・数学の言語の壁は高くかつ部厚いが，工学・数学と云った専門を異にする先生方から頂く一言が素通りせずに，頭の片隅に残るようになってきた．そして，下村先生の生物規範グループほど，異分野連携を真剣に考えている集団はないと確信した．この意味でも，今回のシンポジウムは私にとって意義深いものであった．近づく中間評価を乗り切り，日本初の本格的な挑戦である異分野連携を進める流れに少しでも貢献しつつ，農学の重要性も多くの工学系の先生方にアピールできればと思う．皆さん，頑張りましょう！

（６）新聞・報道

【新聞・報道】

総括班
（１）WIRED（2013 年１２月３日）
「生物から学ぶ未来のテクノロジー：進展するバイオミメティクス」がアップされ、国内外の研究開発動向と「生物規範工学」が紹介されました。

（２）日経 BP　Thec-On(Web 版)（2013 年 12 月４日）
１１月２７日タワーホール船堀にて開催された 13-2 高分子学会バイオミメティクス研究会での講演が、”ISO の WG で生物模倣の２つのアプローチなどを議論”、”3D プリンタは生物模倣技術の有効なツールになる”として紹介されました。

（３）日刊工業新聞（2013 年 12 月８日）
バイオミメティクス ISO の世界動向に関する記事が掲載されました。
バイオミメティクスの国際標準化におけるドイツ提案は、製品デザインルールの標準化を目論むものであり、日本に打撃をもたらす可能性が高い。我が国の競争力確保に向けて、産官学が連携した早急な対応が求められる。

（４）朝日新聞（2014 年３月２日）
朝日新聞グローブの特集「むしにまなぶ」で、”なぜ、今「むし」なのか”において、領域代表と石田秀輝先生（総括班）のコメントが紹介されました。

（５）Science portal（2014 年３月１３日）
平坂雅男先生(総括班)のバイオミメティクス市民セミナーの講演が Science Portal に掲載されました。
「バイオミメティクス、産業と国際標準化の課題」

A01 班

（１）Science portal（2013 年 12 月５日）

篠原現人先生(A01 班）のバイオミメティクス市民セミナーの講演が、Science Portal に掲載されました。

「魚類標本の活用、工学系の分野でも」

（２）Science portal（2013 年 12 月 26 日）

野村周平先生（A01 班）のバイオミメティクス市民セミナーの公演が、Science Portal に掲載されました。

「走査型電子顕微鏡(SEM)で見る“昆虫のナノ・マイクロ構造”」

B01-3 班

（１）日刊工業新聞（2013 年１２月１９日）

第２回ネイチャー・インダストリー・アワードで、最高賞の OSTEC 賞を受賞した石井大佑先生（B01-2 班）と特別賞を受賞した穂積篤先生（B01-3 班）の研究が紹介されました。

（２）TBS（2014 年１月１４日）

”１００秒博士アカデミー”に細田奈麻絵先生(B01-3 班)が出演し、近年発見された昆虫の水中歩行能力や、今注目を集めているヤモリの足の吸着機構などの解説をしました。また、カタツムリを模倣した汚れないタイルやモスアイフィルムなどのバイオミメティクス製品が紹介されました。

B01-4 班

（１）Science portal（2014 年３月１３日）

サイエンスポータルの科学ニュースにおいて「カブトムシの角は矛盾だった」という題で、高梨琢磨先生（B01-4 班）によるカブトムシの捕食についての論文（東京大学との共同研究）が紹介されました。

C01 班

（１）日刊工業新聞（2013 年１０月２３日）

「自然に学ぶモノづくり」連載の 11 回目では、”日本の自然観取り込む　ヒントは江戸時代”という見出しで、東北大学の石田秀輝先生、古川柳蔵先生（C01 班）が提唱している”自然観を取り込んだモノづくり”が紹介されました。

公募班

（１）「コロイドおよび界面化学部会　ニュースレター2013 年冬号 04 Colloid & Interface Communication -News Letter from DCSC-」（2013 年１２月１６日）

藤井秀司先生（公募班）の総説が表紙に掲載されました。

（２）日刊工業新聞（2013 年１２月１６日）

藤井秀司先生（公募班）の記事「ホタテ貝殻　有効利用」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）バイオミメティクス・市民セミナー　2013 年度後期

２０１３年１０月５日（土）～２０１４年３月９日（土）まで、北海道大学総合博物館　知の交流コーナーにて行われるバイオミメティクス・市民セミナーを行いました。

（2）科学と社会をつなぐ祭典“サイエンスアゴラ”へ出展しました。

2013 年 11 月 9 日(土)、10 日(日)に科学技術振興機構(JST) 科学コミュニケーションセンター主催で東京お台場の科学未来館を中心とした会場で開催された国内最大のサイエンスのイベントであるサイエンスアゴラ（http://www.jst.go.jp/csc/scienceagora/）に、総括班の下村正嗣先生が新学術領域として展示すると共に、公開ワークショップを行いました。

（3）我孫子市鳥の博物館 第 66 回企画展 鳥の骨展 ―空飛ぶ骨組み―

2013 年 7 月 13 日（土）～12 月 1 日（日)、B01-5 班の劉浩先生が鳥の骨展 ―空飛ぶ骨組み―を開催しました。鳥の運動性能に着目し、その骨組みの機能に迫る企画展が千葉県我孫子市にある鳥の博物館で開催されました。

（4）千葉大学アカデミック・リンクセンター「1210 あかりんアワー」にてセミナーを行いました。

2013 年 11 月 12 日（火)、千葉大学にて B01-5 班の劉浩先生がセミナーを行いました。

（5）OASIS – Open Access Sharing Image System –

2014 年 2 月 5 日（水）～2 月 11 日（火）まで、A01-1 班の長谷山美紀先生が札幌市北２条歩行空間スマートフォンや、タブレットを使って、画像でコミュニケーションを行う新しい形の SNS を提供する OASIS のプロモーションを行いました。

（6）広島大学で「生物・工学接着・ 粘着連携研究会」が開催されました。

2014 年 2 月 6 日(木)、公募班の藤井秀司先生が広島大学理学部で「生物・工学接着・ 粘着連携研究会」を開催しました。

（8）各種案内

２０１４年８月２４～２８日に福岡で開催される、
15th IUMRS-ICA (International Union of Materials Research Societies, International Conference in Asia) において Materials Technology Inspired by Natural Phenomena and Natural Materials のセッションが企画されます。

http://www.iumrs-ica2014.org/index.php

http://www.iumrs-ica2014.org/symposia/symposia_A-3.php

「生物規範工学」も協賛しておりますので、奮ってご参加願います。 申し込み要旨締め切りは、2014年2月5日です。 講演申し込みは下記サイトよりお願いいたします。

http://www.iumrs-ica2014.org/cfp.php

企画展「4億年、昆虫との手紙展。バイオミメティクス~いきものに学ぶイノベーション~」併設市民フォーラム

公開講演会

生物模倣技術（バイオミメティクス）がもたらす 技術革新と博物館の役割

海外の最新動向から見る我が国の課題：プロセスイノベーションとバイオミメティクス知識基盤

平成 26 年 3 月 31 日（月）
13時00分～16時40分（入館は16時まで）

日本科学技術振興財団 科学技術館
地下2階サイエンスホール
（東京都千代田区北の丸公園２番１号）

参加無料

13:00　開会の挨拶
東北大学　**下村 政嗣** 教授

13:05　「低炭素・循環・自然共生を同時に実現する環境・生命文明社会の創造に向けて」
環境省大臣官房秘書課　**中井 徳太郎** 課長

13:35　「自然に学ぶものづくり―生物を観る、知る、創る未来に向けて」
㈱ユニバーサルデザイン総合研究所代表取締役　**赤池 学** 所長

14:05　「博物学、生物進化・生物多様性からみた生物模倣技術」
東京大学大学院総合文化研究科　広域科学専攻　**伊藤 元己** 教授

14:35　「欧州におけるバイオミメティクスの動向と博物館の役割」
帝人㈱　**平坂 雅男** 知財部長

15:05　休憩

15:15　「バイオミメティクス研究における電子顕微鏡の役割と最新の観察法」
浜松医科大学　**針山 孝彦** 教授

15:45　「バイオミメティクスデータからの価値創出に関する最新動向」
北海道大学　**長谷山 美紀** 教授

16:15　「ナショナル・バイオミメティクス・イニシアティブとしての
バイオミメティクス・ビジネス協議会の発足に向けて」
東北大学　**下村 政嗣** 教授

アクセス

【主催】（独）科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業、
文部科学省科学研究費新科学領域「生物規範工学」
【協賛】高分子学会バイオミメティクス研究会、（株）エヌ・ティー・エス

BIOMIMETICS

バイオミメティクス・市民セミナー

平坂　雅男（帝人株式会社　知的財産部　知財戦略室長）

バイオミメティクスの産業応用
- 世界動向と国際標準化 -

2013年12月7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

新たな科学の発展と共に特許出願が増加するという、産業化におけるサイエンス・リンケージが世界的な潮流となっています。今、バイオミメティクスに関する研究論文数が急増し、そして、産業化への期待と共に製品開発が本格化しようとしています。まさに、バイオミメティクスの産業応用の創成期であるともいえます。先陣をきる欧州では、飛行機の機体の空気抵抗を減少させ、燃料効率の改善を図るためにサメの表面構造を模倣したコーティングが研究され、機械分野においても、トンボの飛行を模倣したトンボ型ロボットが開発されるなど、産業化に向けた動きが活発化しています。今回のセミナーでは、欧州での研究開発の最近動向をご紹介すると共に、バイオミメティクスの国際標準化についてわかりやすく説明し、また、日本の課題についても話題と致します。

出典：Lufthansa 航空ホームページ

出典：FESTO社ホームページ

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

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

出利葉 浩司（北海道開拓記念館 学芸副館長）

バイオミメティクスだけじゃない!!
博物館の活用法 ー開かれた博物館をめざしてー

2014年1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

バイオミメティクスという研究は、さまざまな生物を電子顕微鏡で細かく観察するところが出発点。そこからあらためて生物の特徴を考えてみよう。そして、同じような構造を持つ物質を現代科学の力で作ってみようということになるのでしょうか。それでは、なぜ、この市民セミナーは「博物館」でおこなわれるのでしょう？それは、博物館が持つ莫大な標本を活用しようというのが、この研究の「隠し味」だからです。博物館というとまず思い浮かぶのは展示室ですが、そこで展示されている資料は、博物館が所蔵する資料全体からすれば、ほんの一部でしょう。それでは、博物館の所蔵資料を利用するのはごく一部の研究者に限られるのでしょうか？今回のプログラムでは、これまでのお話からちょっと横道にそれて、博物館の楽しみ方について考えてみます。博物館というと展示を見るだけと思っていらっしゃる方は多いのではないでしょうか？展示といっても、さまざまな「かたち」があります。ひと味違った展示の楽しみ方、博物館の利用の仕方、収蔵資料へのアクセスなどについて、お話しします。

オックスフォード大学 ピット・リヴァース博物館の展示

これも展示です（アメリカ合衆国国立自然史博物館にて）

国立アメリカ歴史博物館でのハンズオン

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」
協　賛：高分子学会北海道支部

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

山内　健　（新潟大学 自然科学系 教授）

生物の不思議を工学に生かす
ーバイオ TRIZ という考え方ー

2014年2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

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の研究が活発に進められています。しかしながら、発明者の発想に頼ったケースバイケースでの材料設計が主となっており、生物の機能を工学技術に移転する手法の体系化は、非常に困難なのが現状です。本講演では、自然界に見られる高効率な生物機能を簡便かつ能率良く、工学技術に移転できる手法「バイオ TRIZ」について、基礎から最新の研究動向までを紹介します。この方法では、生物の知恵をヒントにすることで、研究者が抱える技術矛盾を解決することが期待できます。

技術矛盾をどう解決するか

革新的問題解決法 (TRIZ) を利用した材料設計

生物の機能を工学に移転する

Hard

固体電解質を利用したEMF型水素センサー
（固いこと、大面積化できないことが問題）※センサー部は金丸内

Soft

イオン液体を利用したEMF型水素センサー
（フレキシブルで大面積化が可能）

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

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

北條　賢（神戸大学　理学研究科　特命助教）

シジミチョウ、その騙しのテクニック

2014年 3月 9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

他の生物の構造や機能を模倣しようとする試みはなにも私達人間だけに限ったことではありません。さまざまな生物が培ってきた長い歴史の中からも、たくさんの巧妙な模倣技術を見出すことができます。本セミナーでは生物個体間の相互作用、特に「アリと共生するシジミチョウ」に関するトピックを中心に、生物が他の生物とのかかわり合いの中でお互いの特徴を巧みに模倣し、自身の生存戦略へと応用する技術を紹介したいと思います。

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」
高分子学会北海道支部
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

バイオミメティクス（Biomimetics）は、生物模倣技術と訳します。
「カの口を模倣した痛くない注射針」「サメの皮膚を模倣した水抵抗の少ない水着」「ヤモリの指先を模倣した粘着テープ」、さまざまな分野での新技術の応用と商品開発がなされています。
生物は、5億年の自然選択によって、人が頭で考えるデザインよりも優れたデザインを獲得しています。
博物館には多くの生物標本が収蔵されていますが、標本を工学者の設計デザインの視点から見直すとどうなるでしょう。生物学者では解けなかった自然の造形美の意味が解き明かされるかもしれません。そして生物のデザインからアイディアを得て新しい技術が生まれるかもしれません。
動植物の持つ能力や形・機能などの特性を把握し、そこからヒントを得て人工的に設計・合成・製造するのが「生物規範工学」です。
生物学と工学と博物館を結ぶ、**バイオミメティクス市民セミナー**では、生物学者と工学者が、新しい視点で生物の見方を紹介します。

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

セミナー28：**2014年4月5日（土）**
魚津吉弘（三菱レイヨン(株）リサーチフェロー）
「モスアイフィルムの意外な可能性」

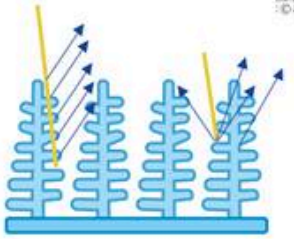
セミナー29：**2014年5月3日（土）**：憲法記念日
Olaf Karthaus（千歳科学技術大学 教授）
「花粉を真似た材料」

セミナー30：**2014年6月7日（土）**
久保英夫（北海道大学大学院理学研究院数学部門 教授）
「数学とバイオミメティクス」

セミナー31：**2014年7月5日（土）**
山崎剛史（公益財団法人山階鳥類研究所・研究員）
「鳥とバイオミメティクス」

セミナー32：**2014年8月2日（土）**
高梨琢磨（独立行政法人森林総合研究所 森林昆虫研究領域・主任研究員）
「生物が利用する音・振動のバイオミメティクス」

セミナー33：**2014年9月6日（土）**
穂積　篤（(独）産業技術総合研究所 サステナブルマテリアル研究部門 研究グループ長）
「撥水／撥油材料の最新研究動向」



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

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

「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. 2 No. 3
発行日　2014 年 3 月 31 日
発行責任者　下村政嗣（東北大学）
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