

ISSN 2185 - 3231

# PEN

PUBLIC ENGAGEMENT WITH NANO-  
BASED EMERGING TECHNOLOGIES  
NEWSLETTER

January 2015

Volume 5, Number 10

# CONTENTS

寄稿 異分野融合と産官学連携の系譜－独法化前の国立研究所－	3
海外動向	17
連載 第7回 暮らし方を見直す－与えられた役割を果たす－	20
連続コラム 沖永良部島から考える『心豊かに暮らすということ』	
VII 「環境と成長の両立を地方から考える」沖永良部島シンポジウム	27
国内動向	31
Cutting-Edge Technologies	
Biomimetic liquid-repellent surfaces	
~Learning from nature how to repel liquids~	34
プレスリリースより	40
豊蔵レポートより	46
台湾 ITRI より	70
MEMS 関連情報	72
バイオミメティクス研究会より	73
ソフトマテリアル研究 in AIST	75
講演会・イベントのご案内	89
編集後記	96
Column 守るのか、攻めるのか	45
Column 構造色をもつ鳥 <sup>③④</sup> キバラタイヨウチョウ	69

Cover：夕陽に染まる富士山

神奈川県相模湾にある稲村ヶ崎から望む雪をまとった冬の富士山。海の向こうに浮かぶように聳える富士山は江戸時代の浮世絵師に人気の題材でした。葛飾北斎もこの地から夏の富士を描いています。

## 3 回連載（第 1 回）

# 異分野融合と産官学連携の系譜 — 独法化前の国立研究所 —

産業技術総合研究所 名誉リサーチャー 田中一宜

### まえがき

21 世紀に入って、「グローバリゼーション」は、あらゆるジャンルにおいて真っ先に挙げられる前提条件になった。とくに一国を支える経済は、地球規模のし烈な争いに勝ち残った産業によってのみ形成可能である。共通の戦略は、いかに早く研究成果を挙げ、それをイノベーションにつなげていくかだ。学際的な異分野融合や産官学連携が必須であり、それらを効率的かつ加速的に進めるしくみやシステムを生み出したものが勝者となる。

本稿は、「異分野融合と産官学連携の系譜」の主題について、明治以降のわが国の科学技術行政や海外の状況を俯瞰しつつ、国立研究所独立行政法人化（独法化）以前のおおよそ半世紀に焦点を絞り、主として旧通商産業省（通産省）工業技術院（工技院）傘下の電子技術総合研究所（電総研）およびその前身の電気試験所（電試）、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）を中心として、先駆的に展開されてきた異分野融合や産官学連携の研究開発プロジェクトとその周辺について記したものである。本稿が、日本の科学技術行政に歴史的な視点を与え、将来の政策への一助となれば望外の幸せである。

本稿は大きく四つに分けて記述される。

- (I) 前史 / 20 世紀前半の日米の状況
- (II) 電気試験所（電子技術総合研究所）の奮闘
- (III) 融合研とアトムテクノロジー・プロジェクト / 世紀末の実験
- (IV) 21 世紀の融合と連携 / 新たな模索の時代

### I 前史 / 20 世紀前半の日米の状況

#### I -1 国立研究所の初期の役割

##### ～第 2 次大戦までの半世紀～

日本の国立研究所は、急速な西洋技術の流入に対応するため、明治初期から中期にかけて政府によって設立された各種調査所や試験所を前身とする。電総研の前身である電試も、1891 年（明治 24 年）、殖産興業の一端をになって、電信事業という明確な社会的・産業的ニーズの中で設立された [1]。当時は通信省電務局内の組織であったが、その淵源を探ると 1873 年（明治 6 年）工部省電信寮の事業の中に見出され、その後、誕生して間もない中央官庁の改廃再編の中で目まぐるしく組織の形態や所属の変化を経ている [1]。

初期の電試の役割の中で、電信電話に関する機器・装置の試験研究や検査・検定事業は国策に直結する主要業務であったが、これに加えて、民営電力事業の技術監督と関連する試験研究も開始、また、全国同一基準での公正なサービス提供のため、一部電気計器の強制検定も行った。興味深いのは、この検定料によって研究部を新設したり新たな定員増を実施したりして事業活動を拡張していた時期があることで、現在の独立行政法人がどう自立するかで苦悩していることと好対照をなしている [1]。

大正 7 年、電試は独立官制として通信大臣直轄の省外部局になり、部の新設や出張所を開設、大正 12 年（1923 年）には所員 850 名に達した [2]。農商務省には渋沢栄一らの努力によって理化学研究所が設置され（大正 6 年）、学理的研究と産業的応用を視野に収めた研究をスタート、やがて市場性のある開発研究を重視し、研究所製品による収益で研究費を賄うといった事業にまで発展する [3]。一方、この時代には、大学の主要な附置研究所が設立されている。東大に伝染病研究所（大正 5 年）、航空研究所（大正 10 年）、東京天文台（大正 10 年）、地震研究所（大正 14 年）、東北大学に金属材料研究所（大正 11 年）など、いずれも基礎的な学理研究を掲げ、一部は、応用研究や行政機能を果たす附置研究所もあった [1]。

このようにして、明治以降、西洋の科学技術を急速に受容しつつ、昭和初期には、基礎的学理研究は大学附置研究所、検定を含む実用的応用研究は国立研究所が、それぞれ担当するという体制が出来上がった。理研は、基礎と応用を研究するという点でユニークな存在であり、連携・融合の「はしり」と見ることができるかも知れない。しかし、日本全体としては、まだ、基礎は基礎、応用は応用、電気は電気、物理は物理というように、組織の所掌として分類し、それぞれの領域を確立し、発展させ、専門の学者・技術者を育成する時代であったと言える。

電試は、昭和 16 年（1941 年）創立 50 周年を迎えた。組織としては、6 部、3 課、6 出張所を擁し、所員は、2060 名に達していた [2]。しかし、この年の暮れ、日本は真珠湾攻撃によって太平洋戦争（第 2 次世界大戦）に突入し、昭和 20 年に敗戦、多くの施設を失った [4]。

## 1-2 米国ベル電話研究所 / 帝国はどう運営されたか

日本は、戦前までの数十年間で、紆余曲折を経ながらも、科学技術を振興し、欧米にキャッチアップするための基本的な国の制度や試験所（研究所）の形を整備した。また、キャッチアップだけでなく、個人レベルでは、北里柴三郎

のように第一回ノーベル医学・生理学賞の候補にあがっていたり [5]、鈴木梅太郎のように事実上ノーベル賞受賞者よりも早くビタミンを発見していたり [6]、徐々にではあるが優れた資質の学者が輩出し始めている。

しかしながら、この間、19 世紀末から 20 世紀の前半にかけて、ヨーロッパでは前期量子論を経て量子力学という全く新しい概念をベースにした物質科学が黎明期を迎えていた。この量子力学こそが、21 世紀に入って世界的なブームとなっているナノサイエンスとナノテクノロジーの基本学理である。米国では、多くの学者も加わって量子論に基づく固体物理学の開拓から、新しい先端技術・先端産業への模索が蠢動していた。その中で、圧倒的な物量、人材をそろえ、常に通信産業のニーズと接点を持ちながら基礎研究を進めていたのが、米国の独占電話事業者 AT&T、および製造会社ウェスタン・エレクトリックと一体的に運営されていたベル電話研究所（ベル研）である [7]。20 世紀の最大の発明とされるトランジスタは、ベル研の数十年にわたる稀有の活動なくしては生まれなかっただろう [7]。

ベル研は、1925 年、AT&T とウェスタン・エレクトリックの共同出資によって独立会社として発足したが、その背景には、ベルの電話に関する特許が 1890 年代に失効して以後の、AT&T の危機感があった。特に、それまでの特許戦略や訴訟、容赦ない乗っ取りなど AT&T の競争戦略は社会から大きな反感を買い、また、競争力の劣化も顕在化し、状況はかなり悪化していたようだ [7]。1907 年、AT&T 社長に就任したセオドア・ベイル（Theodore Vail）は、社会的イメージの回復を意図して法廷闘争を緩和させ、同時に、分野戦略の見直しを行い、生き残りをかけて従業員の大量解雇を含む事業の効率化策を次々に実施した。同時に、分散していた技術部門をニューヨークに集約し、戦略を長期的な視点で構築して技術イノベーションを目指す会社へと経営哲学を固めていった。やがて、1915 年のアメリカ大陸横断回線の完成を経て、1917 年末、キーパーソンのマービン・ケリー（Mervin Kelly）がシカゴ大学のロバート・ミリカン（Robert Millikan）研究室から AT&T に入社する。

1925 年のベル研創立時、ケリーの所属する基礎研究部門 300 人のリーダーは、ケリーと同じミリカン研究室出身の先輩ハロルド・アーノルド（Harold Arnold）、そしてベル研の社長は、かつてシカゴ大学でミリカンと同じアパートに寄宿し、その後マサチューセッツ工科大学（MIT）を経て AT&T に引き抜かれたフランク・ジューウェット（Frank Jewett）であった [7]。ベル研には、その他、2000 人の技術専門家が主として製品開発に携わっていた。



アーノルドは、彼の基礎部門について「基礎研究と応用研究をやる。については、物理化学、有機化学、冶金、磁気学、電気伝導、放射、電子工学、音響学、音声学、光学、数学、生理学、心理学、気象学の分野を含む」と説明している。それらが人間のコミュニケーションに少しでも関係があれば、ベル研の研究対象として許されるとの考えだったようだ [7]。社長のジューウェットも、ある政府機関での演説の中で、「産業研究所においては、特定問題について知的想像力を結集する必要がある、そのためには、研究者を個別に活動させるよりも、グループを作る、とくに学際的なグループが良い」との趣旨を述べている。さらに、「良いアイデアを探すよりも、日々、如何にして良い問題を発見するかが重要なのだ」と力説している [7]。

このような考え方は、ニーズを正しくとらえてバックキャスト的に基礎研究に持ち込み、融合と連携によって成果創出を加速化していこうとする現代のイノベーション戦略と、考え方において何ら変わるところがない。ベル研では、100年近く前に、このことがマネジメントレベルで理解され、世界最高の研究環境が作られていたことになる。

ベル研の企業研究哲学を最もよく理解し、研究指導者として力を発揮したのがマービン・ケリーであろう。ケリーは、入社以来、電話の中継器に使われる真空管の機能に感嘆しながらも、その製造の複雑さ困難さ、そして電力消費の大きさが気になっていた。1929年の大恐慌を経て、1936年、ケリーは研究部門のディレクターになった。ただちに、彼は、前から目を付けていたもう一人のキーパーソンであるウィリアム・ショックレイ (William Shockley) を採用した。ショックレイは、ケリーに「真空管に代わる故障の少ない何か電子的なもの (something electronic) がないだろうか」と相談された。後述するが、これが啓示となって [8]、ショックレイは、まさにジューウェットが言う「良い問題」を把握した。1941年、ウォルター・ブラッティン (Walter Brattain) がショックレイのグループに加わり、固体増幅器の実験について試行錯誤が始まる。

1942年、マレー・ヒルに完成したベル研の新研究棟は、考え抜かれた要塞のような構造を持っていた。研究部門の責任者としてケリーは、物理学者、化学者、数学者の学際研究を促進し、かつ研究部門と開発部門の融合を意図していたが、そのためには建物部門ごとに独立させることなく、すべてをH型に連結させて建設し、異分野の研究者や各部門の所員が日常顔を合わせる確率が高くなるように設計されていた。物理学者が入居した建物は廊下が700フィートもあり、廊下を歩けば必ず他のグループの人と顔を合わせたという。

異分野融合や基礎・応用の連携を研究棟のデザインにまでさかのぼって工夫を凝らした例は、これを嚆矢とするのではないだろうか。これ以後、この思想を真似して近隣に数十の産業研究所が建設されたと報告されている [7]。

1944年、ケリーはAT&Tの筆頭副社長になり、ベル研を完全に掌握、1945年、第2次世界大戦の終了とともに組織を再編し、ショックレイのような優秀な若手に大きな権限を与えた。この年に、ジョン・バーディーン (John Bardeen) がショックレイのグループに採用され、ショックレイをリーダーとしてバーディーン、ブラッティンの3人が、大戦で中断していた固体増幅器の可能性を再び追求し始める。これ以後、約2年余、1947年12月23日、ブラッティンとバーディーンは、ゲルマニウム点接触型トランジスタの実験を世界で初めて成功させ、翌年 (1948年6月18日) にベル研として公表した。当初は、一般社会だけでなくベル研においてさえ、この発明が現代の人々の生活を一変させるような革命的な技術に発展するなど、ほとんどの人が考えていなかったようだ [7]。

いずれにしても、超一級の研究者たちが、現在でも実現不可能と思われるような研究環境の中で、思慮深く戦略的な研究指導者の下に進めた「良い問題 (good problem)」への挑戦が実を結んだ瞬間であったと言える。

### 1-3 トランジスタの発明に関わった人々

トランジスタの発明に関わるエピソードは多くが語られ、諸文献に詳しい [7-11]。研究成果というものは、組織の文化や、マネジメントが大きく関わる部分と、全く属人的な要素が原因している部分とがあり、また、双方を分離して考察することが難しい場合もあるだろう。とにかく、20世紀を代表する発明に関わった人たちの役割、個性や特徴に若干触れないわけにはいかないのである。

傑出した研究指導者としてのマービン・ケリーについてはすでに若干紹介した。彼は、基礎研究部門の総責任者になる前は、電子管部長の任にあり、増幅作用に関わる真空管の重要さと欠点を知り尽くしていた。ショックレイが入所した時に自分のオフィスに呼んで、前述したように、「この広いアメリカに住む市民にとって将来ぜひとも必要になるものは、どこに居ても話ができる通信システムだ。それには真空管に代わる“something electronic”が必要である」と説いた。後年、ショックレイは、終生の友となる菊池誠 (後述) に「あのケリーの言葉が、私の人生を決めた」と吐露している [10]。また、菊池は、「ショックレイほど、あくの強い、自我意識と自信の強烈な男に、これほどのインパ

クトを与えたケリーという人に、私は研究指導者としての非凡さをみるのである」と記している [10]。ケリーが名伯楽と言われるゆえんである。

ケリーの非凡さは、実は経営者としての政治的手腕にまで及んでいる。AT&T は電話の独占事業によって帝国を築いていたが、政府は常に解体して自由化する機会を狙っていて、水面下におけるせめぎあいがあった。そのため、戦時中、ケリーは軍への協力を惜しまず、解体への動きをけん制し続けた。政府はそのようなケリーの資質に目を付けて、1950 年、トルーマン大統領の科学アドバイザー就任の打診をしてきたが、ケリーはきっぱりと断っている [7]。ケリーの人物を語る上で欠かせないエピソードである。

研究棟の設計の工夫で学際的な交流が増え、基礎と応用の人たちが顔を合わせるようになる、との考えは、常にケリーの頭にあったようで、「とにかく、お互いが物理的に近くに居ることが重要だ」と主張した [7]。これは、2005 年、米国の国家ナノテクノロジー計画 (National Nanotechnology Initiative : NNI) 下でローレンス・バークレイ国立研究所内に建設された分子工場 (Molecular Foundry : <http://foundry.lbl.gov/>) における、融合と連携の促進策として “Under one roof” で象徴される考え方と何ら変わるところがなく、その淵源と考えると良いだろう。事実、当時の分子工場のボスでノーベル物理学賞受賞者、かつオバマ政権下でエネルギー省 (DOE) 長官を務めたスティーブン・チュー (Steven Chu) は、ベル研で主要な研究活動を行った経歴を持つ。また、同様に、かつてベル研で研究活動に専念していたハンス・ヨアヒム・クワイサー (Hans-Joachim Queisser) は、祖国ドイツのシュトットガルトにマックスプランク固体物理学研究所の建設を依頼された際、ドイツの半導体復興のため「異分野融合を促進する建物の設計に腐心した」、と筆者に語ってくれたことがある [12]。これは明らかにベル研のケリーの遺伝子ではないだろうか。

さて、ショックレイである。一流の研究者のみを集めたベル研の中でもとびぬけた知力を自他ともに認める彼であるが、1947 年 12 月に初のゲルマニウム点接触型トランジスタ動作が確認された時、実験ノートにはブラッティンとバーディーンの名前があるのみで、グループの総帥ショックレイの名前はなかった。事実、最初の論文も前 2 者によるものである。ショックレイはこのことに大きなフラストレーションを感じ、その後わずか一カ月で、独力で点接触型とは全く異なる接合型トランジスタという画期的な理論と設計を完成させた。ベル研としての点接触型トランジスタの正式発表は 1948 年 6 月であったが、ショックレイは

出席者の大半の質問に対応したという。結局、1956 年、「トランジスタ発明」で 3 人がノーベル物理学賞を受賞している。

しかし、ショックレイの接合型トランジスタの理論完成は、グループの研究者には秘密で進められたもので、これはすべてオープンにしてアイデアを交換し合うベル研の文化には反する行為で、それをリーダーが破ったことで、所員から総スカンを食うことになった。当時の優秀な若手として期待されていた基礎部門のフィル・アンダーソン (Philip W. Anderson: 1977 年、不規則系理論でノーベル物理学賞) は、ショックレイを「あれほど強い頭脳の持ち主は見たことがない」と舌を巻く一方、部下に対して敵愾心を燃やすショックレイを強く批判した [7]。その後、ショックレイのエゴは増し、共同受賞者のバーディーンとブラッティンからも嫌われることになった。新しくシリコン・ヴァレーに興したショックレイ半導体研究所においてもロバート・ノイス (Robert Noyce) ら 8 人の従業員に集団脱走されるという有名な事件が知られている。ちなみにノイスはフェアチャイルド・セミコンダクター社、のちにインテル社を興している。

一方、ジョン・バーディーンは、ノーベル物理学賞を 2 度受賞した歴史上ただ一人の学者であり、ショックレイと同様に稀有の理論家であるが、ショックレイとは対照的に、声が小さく寡黙で性格の穏やかな人柄である。後年、イリノイ大学の学生は、教授のバーディーンに “silent John” とか “whispering John (ささやきジョン)” と渾名を与えたが、同時に、絶対に間違わない人として敬愛もしていた [13]。実験家と仕事をするのが好きで、相棒のウォルター・ブラッティンとは気が合い、絶妙のコンビで点接触型トランジスタの成功にこぎつけた。バーディーン最大の貢献は、半導体表面状態の重要性に気付き、表面準位がデバイス動作を本質的に左右することを示唆したことである。これは半導体分野で、その後、一大分野に発展する。

ウォルター・ブラッティンは、3 人の中ではかなり年上の生粋の実験家であり、性格が穏やかで的確なアドバイスをくれるバーディーンを尊敬し、好んで一緒に仕事をした。バーディーンを示唆に従って、ブラッティンは、同じ固体グループの化学者ロバート・ギブニー (Robert Gibney) と電解質液体を使って酸化膜層あるいはそれに起因する表面準位の除去を試み、成功する [7, 9]。結局、これが大きな壁を破ることになったと、ショックレイは後に述懐している。

このようにして、融合と連携を意図して注意深く設計され

た最高の環境の中で、最高の頭脳たちが結集して「良い問題」に取り組んだ結果「トランジスタ」は生まれ、20世紀の後半にかけてのエレクトロニクス産業というイノベーションに火がついたのである。

## II 電気試験所の奮闘～政策への貢献と国際人脈の形成

### II-1 トランジスタ事始め / 鳩山道夫と菊池誠

1945年（昭和20年）に始まる戦後の数年は、政府構造がGHQによって分離あるいは解体された時代である。もともと電気試験所（電試）は通信省の付属試験研究機関で、電力と通信の両部門から構成されていたが、1948年8月、GHQの勧告によって電試は商工省工業技術庁へ移管され電力部門を担当、通信部門は通信省に電気通信研究所が発足してそこの所掌となった。この分離により、電試の定員は878名に減ったが、戦後激増する受検計器に対処するため支所を9カ所に増やし、1951年には定員1209名に増えている [2]。

1948年6月、ベル研がトランジスタ発明を発表したニュースは、その価値を正当に評価できる人がまだ少なかったため、新聞や雑誌にはそう大きくは取り上げられなかった。ベル研の幹部でさえ、人々の生活を一変させるような革命的な技術に発展すると考えていた人は希少だったようだ。まして科学技術への投資よりも戦後の復興に必死であった日本においては推して知るべしである。しかし、それをいち早くつかみ、注目した日本人がいた。その一人が当時の電試の物理部長、鳩山道夫である。通勤途中で買った米国の週刊誌TIMEに短い記事が載っていたのだ（ほとんど、同じころ、電試所長の駒形作次が米軍GHQから情報を得たとも伝えられている）。ただちに、鳩山は、そのニュースを部下の菊池誠に話し、議論を始めた。菊池は、その年の4月、東京大学理学部物理学教室を卒業して電試に入所、物理部に配属されていた。これ以後、数年間、鳩山の指導の下、菊池の苦闘が続くことになった。

余談になるが、鳩山道夫は物理学者で、1954～1955年に総理大臣を務めた鳩山一郎の甥にあたり、母方の祖父は数学者で理研の初代所長、菊池大麓である。一方、菊池誠は、第二次世界大戦中に文部次官を務めた菊池豊三郎を父に持つ。この二人は、後年、時を隔てて、電試（電総研）を定年前に辞し、ともにソニー中央研究所の所長に就任している。

菊池は、ニュースや雑誌の情報を必死に集め、ボスの鳩山と相談のうえ、なぜそのような増幅作用が起こるのかを解

明したいと考えた。「ゲルマニウムで起こるなら同じ周期律表IV族のシリコンでも起こるだろう」との鳩山の助言で純度の高いシリコン鉱石を手に入れ、実験をスタートする。シリコン鉱石に2本の針を立て、「何が起きるか」とワクワクしながら電流計を見つめる毎日を過ごしたようだ。しかしこの挑戦は、最初から破たんしていた。当時の日本の研究者の知識では、増幅作用が結晶の純度と直結していることなど知る由もなく、まして表面酸化膜層や表面準位の知識は皆無であった。毎月船便で米国から送られてくる論文を隅から隅まで読むうちに、翌年、ようやくそのことを理解するのである。

シリコンにしる、ゲルマニウムにしる結晶の高純度化技術のなかった当時、実験を続けるためには、米国のトランジスタを手に入れるほかはない。そこへタイミングよく、駒形作次所長が、たまたま、米国から毀れたトランジスタを土産に持ち帰るという偶然があった。早速、その中のゲルマニウム結晶片を取り出して、その上に針を立てて実験を再スタート。試行錯誤の末、電極のフォーミングの研究に行きつき、1951年に初めて菊池の英文論文が米国のJournal of Applied Physics (JAP) に採択された。この間の事情については「まるで蘭学事始めのようであった」と菊池は書き残している [8, 10, 15]。

1951年（昭和26年）9月にサンフランシスコ条約が調印され、翌1952年4月に日本は再び独立国になった。しかしながら、科学技術のインフラはほとんど整っておらず、電試のグループの活躍はあっても、半導体や物理学は一部の大学と国立研究所の小グループが細々と活動していたにすぎない。菊池は、入所後に配属された当時の田無の研究室について「戦時中、幼年学校か何かの校舎に使われていた古い木造の建物で、これは“馬小屋”の愛（哀）称で呼ばれていた。戦争が終わって3年しか経っていない頃の国立研究所の物理の研究室はそんな場所にそんな形であった」と述べている。トランジスタが生まれた当時のベル研の環境に比較すると、問題にならないほど貧しいものであった。ただ、戦争で全てを失ったとはいえ、若い研究者たちは待ち望んでいた眩しいくらい自由を獲得し、とくに量子力学や固体物理学は最先端のサイエンスの香りに満ちていて、彼らは例外なく研究に夢中になったのである。

### II-2 バーディーン、ショックレイとの交流

そのような時期の1953年の夏、理論物理学国際会議が京都で行われ、トランジスタの発明者の一人、ジョン・バーディーンが、フレデリック・ゼイツ (Frederic Seitz) らと来日した。国際純正および応用物理学連合 (IUPAP) に



出席していた当時東大教授であった小谷正雄が日本への会議の招致を決めて帰国した結果であった [9]。大学や電気通信研究所（当時、電電公社、現 NTT 基礎研究所）の有志と半導体懇談会を立ち上げたばかりの鳩山は、小谷を通してバーディーンに交渉し、国際会議のあと、バーディーンを虎ノ門の共済会館に招いて公開シンポジウムを開催する。さらに鳩山は、バーディーンの講演のあとに、日本側からも「御前会議」として二人のスピーカーを用意した。シリコン結晶と格闘していた電試（田無）の菊池誠、のちに東京大学教授になった電試（永田町）の佐々木亘で、当時二人とも若く、とくに菊池は 27 歳、「やらせてください」と飛びついたらしい。このとき菊池は、例のフォーミングの実験結果を熱心に話し、メモしながら真面目に聴いてくれたバーディーンに深く感激、その後の 40 年近い交友のきっかけになったという [9, 14]。

戦後もない科学技術後進国の日本の中で、トランジスタのニュースに「大さわぎをした」一部の半導体研究者は、その後のエレクトロニクス産業に貢献した研究開発の先駆者たちであり、電試の鳩山道夫は、そのオーガナイザーとしての能力をいかに発揮した中心人物のひとりである。英語が堪能で TIME を購読し、バーディーンを招待するシンポジウムを企画・実行し、その後、田無の電試や自宅にも招待して若い研究者に接触の機会を作っている。そのような国際性と行動力に満ちたリーダーシップは、当時としては非常に珍しく、その下で菊池は躍動していた。

鳩山は、当時について「シンポジウムは通訳なしの英語だけで押し通した。佐々木さんも菊池さんも、ただ一人、日本語のわからないバーディーンのために一生懸命予習して英語で講演した。この二人は、後にしばしば国際会議で講演するようになるのだが、いい練習になったと思うのである。」と回想している [9]。一方、菊池は、数十年後、「鳩山さんに与えられたこのきっかけは私にとって非常に大きな原体験（バーディーンとの交流）となって実を結んだ。むずかしいからと逃げていたら、何の得るところもなかったに違いない」と記し、さらに「後年、私は若い後輩に機会を与える努力をいつも心がけた」と続けている [14]。世代から世代へと、マネジメントの DNA はこのようにして伝えられるのだろう。

菊池の国際人としての活動はこの後、さらに拡大する。1960 年、ユネスコの支援で菊池は MIT に派遣され半年ほどボストンに滞在することになった。それに先駆けて、電子部でのトランジスタづくりの傍ら常に物理を忘れなかった菊池は、渡米前にシリコン結晶のマイクロプラズマに関する論文を学会誌に発表していた。この論文が、あのショッ

クレイの目に留まる。当時、ショックレイはベル研を辞して西海岸のパロアルトでショックレイ半導体研究所を営んでいたが、菊池の論文に興味を示し「キクチに会いたい」とボストンにやってきて夕食を共にする。これ以後、ショックレイが亡くなる 1989 年まで二人の親交は続いた。とくに、1963 年、NHK テレビで実現した二人の対談は興味深い。その時、ショックレイ 53 歳、菊池は 37 歳である。菊池は恐れ知らずの若さと気負いの故か、米国文化を皮肉るアドリブの質問をショックレイにぶつけたところ、逆襲に出たショックレイは「日本の言葉と日本の文化の上で、西欧に生まれ育った科学を載せてぞでてることのできるのか」と早口で言い放ったそうである。この発言は、現在においても尚、反論が容易ではない実に重い問いかけではないだろうか。

MIT 滞在中、菊池は休みなく人を訪ね、議論し、また、ボストンの街を楽しんだようだ（アーサー・フィードラーのボストン・ポップスは特に気に入っていた）。当時、田無の研究室には、ほとんど毎日、菊池からその日のことをつぶさに書いた絵ハガキが届いたと聞いている。バーディーンの「御前会議」に始まり、電子部のプロジェクトへの参加も含め、菊池は常に好奇心と行動力をもって事に当たっている。そのコミュニケーション能力は日本人ばなれしていて、それを示す典型的な例がショックレイと 30 年近く続いた親交だったのではないだろうか。ショックレイは、前述したように、自己中心的で個性の強い天才科学者であり、菊池も著書の中で、「ショックレイは非常にくせの強い人で、He is a character という言葉で語られる」と記している。そのショックレイと物理だけではなく、文化にまで踏み込んだ議論を永く続け、ショックレイ夫人からも強い信頼を得ていた。菊池は、半導体の学術書だけではなく、毎日出版文化賞や日本エッセイストクラブ賞を受賞するなど、教育書、啓蒙書も含めて十数冊の著作を残している [14]。

### II -3 電子部創設から電子工業振興臨時措置法まで / 和田弘の戦略

物理部での鳩山、菊池らの研究活動と並行して、政府レベルでは組織の改廃が続いていた。国の通信事業は、一旦、通信省に新しく発足した電気通信研究所（通研）に移管されていたが、その後、通研が電電公社に移管されたため、通信関係の国立研究所が存在しないという事態になった [16]。電試においては、再び通信部門を復活させたいとの気運が生まれ、1953 年、企画部では「通信部」の設置案を準備していたが、9 月に企画課長に就任した和田弘は、通信以外への電子技術の広範な応用を目指す「電子部」の



設置へと方針を変更した。そこには、日本の将来を見据えた和田の明確な構想があった。

和田は、研究者として入所したものの、戦後の荒れ野を見て早くから日本の産業を再建しようと心に決めたそうで、1951年10月から1年間、MITに戦後最初の海外留学生として滞在した際に、ほとんど研究活動をしていない[16, 17]。「研究なんかするわけない、アメリカを見に行っただ」と明言している[17]。事実、新しい通信技術や量子力学を含むいろいろな学会・セミナーに片っ端から出席して情報を集め、帰国。米国においては、通信以外にも医用技術、電子計算機など、一般産業への応用が広く進みつつあり、なによりも電子機器の部品が小型化・軽量化されていることに驚いた、と報告している[16, 18]。

和田の電子部の構想は、通研の通信事業との重複を避けられるとの意味もあったが、なによりも、米国滞在中の実体験から、将来に対して和田の俯瞰的な視覚・嗅覚が働いていたようで、電子部品の進歩、弱電への応用拡大、コンピュータの発展など、通信事業以外への広大な応用を見越していたものと考えられる。1954年7月、和田弘は、難産の末に発足した電子部の部長に就任する。

産業につなげるための基礎を築く必要があり、和田は、まず、トランジスタ作りに焦点を絞る。早速、物理部に協力を申し入れ、結局、半導体と格闘していた菊池が電子部に移ることになった。その際、菊池と佐々木は、どちらが電子部に行くかと話しあい、最後は、ジャンケンで決めたというエピソードが残っている。電子部に移った菊池は、部長の和田に「物理屋か何か知らんが、理屈ばかり言ってもトランジスタ一つ作れないのでは話にならん。とにかく作ってみろ」と言われ、猛然と課題に取り組んだ。現象のメカニズムを求める物理学の立場から、理屈よりも機能を実現させるエンジニアリングへの挑戦にスイッチしたことになる。酸化ゲルマニウムの還元、得られた金属ゲルマニウムの純化、単結晶作製と純度を上げるためのゾーン精製装置作り、グラファイトボートの高純度化など、数人のチーム作りからの手づくり作業によって、1955年、ついに合金型トランジスタまで作り上げた。後年、ある評論家が「日本は、トランジスタが出れば、真似して作って売っただけ」と自嘲したのに対して、「真似して作ったデバイスが働き、しかも安くできるとしたらその実力は大了なもの」と菊池は原体験に基づいて反論している。菊池は、入所後、最初の10年で物理部と電子部の文化を、それぞれ優れたリーダーの下で経験し、明らかに研究ばかりでなく、「ものづくり」に対する幅と深みのある見方が身についていったようだ。そしてついに、電子部において、1956年、ETL Mark IIIという国内初のトランジスタ方式コンピュータが

完成した。この成果は、日本のコンピュータ産業の立ち上がり決定的な影響を及ぼすマシンとなった。事実、日本電気、日立製作所、松下通信工業、北辰電機などのメーカーが電子部の技術指導を受けて、商用機を開発、コンピュータ事業に乗り出していったのである[16]。

しかし、和田の構想のスケールはそれを越えていた。研究開発成果に満足することなく、企業レベルで電子工業を振興する足掛かりを制度的に定着させる必要を強く感じていたのである。戦後の日本が世界に対抗する武器として電子工業の振興策を一刻も早く成立させ、輸出産業にまで育成するべきと和田は考えていたが、それを阻んだのは、政府部内の省庁間の争いであった。1952年の工業技術庁から工技院への格下げ、1956年の科学技術庁(科技庁)の発足、それに先駆けた1953年の和田に対する国会議員(松前重義)や初代科技庁事務次官(篠原登)の強い引き抜き工作、和田の辞退など、政官財を巻き込んだ科学技術庁対通産省のせめぎ合いは熾烈を極めた[16]。紆余曲折の末、和田の実質的な指導を受けながら(官僚はそれを認めていないが)、通産省が主導権を握り、国会審議を経て、1957年6月11日、「電子工業振興臨時措置法」が公布、施行された。

この間の詳しい事情は、参考文献[16]に掲げた青木洋の学位論文に詳しい。和田の行動は、国立研究所の一研究部長の枠をはるかに超えたものであり、関係高級官僚や国会議員を時には自分のオフィスに呼んで講義を実施、国会での法案審議にも説明員として参加している。こういった和田の大胆な行動は、和田の傑出した知識、見識、指導力に起因するものであるが、官僚の慣習世界では不快と感ずるものも多く、和田が研究所全体のボスになる道は独特の力学の中で消滅している[19]。

異分野融合や連携という観点からは、和田は、部や組織を越えて実に柔軟であり、電子部の研究は、まさに物理学や電子工学、冶金学、情報科学、の融合が自然に進行していた。さらに、ベル研と同様に、和田は極めて明確に「良い問題」を研究者に植え付けていた。電子部での経験について菊池がよく口にしていたのは、和田のリーダーシップのことで、電子工業に的を絞った卓見、電子部を興し人を集めてコンピュータを作って見せた圧倒的な行動力と指導力、電子工業振興臨時措置法を主導して成立させた政治的手腕とエネルギーなど、賞賛に値する、と。やがて、国立研の役割やマネジメントについて考えるようになった菊池は、アモルファス半導体が登場した時に行動を起こす。

## II-3 アモルファス半導体 / 菊池特別研究室

1968年11月、Physical Review Letters という有名学術誌に、衝撃的な論文が載った。スタンフォード・オブシンスキー (Stanford R Ovshinsky) という無名の研究者が「アモルファス半導体」という新材料 (カルコゲナイド系) を使ってトランジスタを凌ぐスイッチ・メモリ素子を作製した、というのである [20]。のちに不規則系固体 (つまりアモルファス) の理論でノーベル物理学賞 (1977年) を受賞するネービル・モット (Nevil F. Mott) を含む著名な学者のコメントつきで Wall Street Journal にも報道されたので、日本の四大商業紙が第一面で報じた。かなり話題になったが、当時は、「結晶半導体の学術と技術がお互いの成果をキャッチボールしながらエレクトロニクス産業が急成長していた時期であったから、多くの人たちは半信半疑であった。しかしながら、ソ連のレニングラード (現在のロシアのペテルスブルグ) にあるヨッフエ理工学研究所で、コロミエツ (Vladimir T. Kolomiets) のグループが1950年代から研究していた以外は、学術的には明らかに未踏分野であったので、欧米ではケンブリッジ大学キャベンディッシュ研究所のモットやテッド・デービス (E. A. Davis)、シカゴ大学のヘルムート・フリツェ (Hellmut Fritzsche)、IBMのマーク・ブロズキー (Marc Brodsky) ら、一流の物理学者がこの分野を主導し始めた [21]。

実は、筆者 (田中) はオブシンスキー論文が発表される数年前からアモルファス半導体を調べており、当時、在籍していた松下電器東京研究所において研究を始めることになっていたが、本社の方針転換によって却下され、半年後に辞職することを所長の小池勇二郎に表明していた。従って、オブシンスキー論文が大々的に新聞に報道されたことによって多くの大学が研究を始める可能性があり、ゆっくりできないとの焦りを感じたことを覚えている。

そのような中、1969年、人材、設備、予算面で最も研究環境が整っていた電試がアモルファス半導体を取り上げた。そう決心したのは、当時、部品基礎研究室長であった菊池誠である。菊池が「馬小屋」で実験に苦闘していたところから20年の月日が流れ、電試は国内では最も設備の整った国立研究所になっていて、菊池はC2庁舎3階に実験室を持っていた。

翌1970年 (昭和45年) 7月、電試は「電子技術総合研究所 (電総研)」に所名を改称した。当時の所長は、MHD発電プロジェクトを発進させた電力部および機器部出身の森英夫 (もりふさお) である。この所名変更は、電力中心の試験所業務が、新しい科学に裏打ちされた破竹の勢いのエレクトロニクスや情報技術を包含した研究所業務に重心

を移すことを象徴したものである。森は、「電力部」の部名が消えることに抵抗する関係者を抑えて「エネルギー部」に変更するなど、将来を見据えた経営に腐心した。研究者の「自己主張」を引き出すための契約研究 (経常研究費を使った) を所内制度として実施したのは、好例である。また、電総研を辞して以後も、三菱電機の常務取締役あるいは社友として「森フォーラム」を主宰し、省庁間の壁を破るための「ヨコ型研究組織」の検討や、ポストク1万人計画などを提案し、科学技術政策に採択されている [2]。約20年続いた森フォーラムの後半10年は、かつて1971年、森に採用された田中が積極的に支えた。

所名変更にともない物理部から基礎部に部名の変更があった。菊池は基礎部長への就任を要請されたが固辞し、電子基礎特別研究室 (菊池特別研究室) の室長という、いわば独立して裁量権を与えられたプロジェクトチームのリーダーを選んだ。アモルファス半導体は、スタート時の主たる課題であり、菊池がこのテーマを取り上げた理由は明確であった。本物の技術に育ち得るものかどうかについて、「国立研のマネジメントとして確かな判断材料を示したい」と明言していた。欧米である程度確立された領域にしか手を出不さない傾向が強かった当時のアカデミアに一石を投じる経営判断であり、実習生を入れて5人以上のメンバーがチームでアモルファス半導体に取り組んだ。たまたま、所名変更以前からこのニュースを伝え聞いていた田中 (筆者) は直ちに菊池研究室の門を叩いた。「明日からでも来なさい」という菊池の言葉で、1969年4月、田中は松下電器東京研究所を辞して菊池グループに実習生として加わったのである。リスクなテーマでしかも未踏領域であったことから、当時、本格的なグループは、国内では菊池特別研究室および通研の水島 (水島宜彦) 特別研究室以外には見当たらなかった。前述したように、電総研と通研は1948年以前は同体であったことを思うと興味深い。

それから田中らの寝食を忘れた研究漬けの毎日が始まった。田中を含め、杉道夫 (物理学、のちに横浜桐蔭大学教授、LB膜)、1年後に加わった松田彰久 (化学、のちに電総研スーパーラボ長、大阪大学特任教授、プラズマ材料化学)、黒須楯生 (のちに東海大学教授)、峯尾秋良 (のちに化合物半導体のNEC事業部長) ら、みな30歳以下の若さと体力を誇り、先頭に立つボスの菊池がこの上ない研究環境を創ってチームを鼓舞した。当時のアモルファス半導体は多元系カルコゲナイドが主役で、組成を連続に変化させた試料が必要であったが、高い技術と豊かな経験を持つ飯島茂 (応用物理学、のちに部品基礎研究室長) が石英細工、攪拌振動炉、冷却システムなど、高品質の試料を生み出すための必要技術について田中らを厳しく指導した。また、田

中は、それまでの半導体研究にはほとんど縁のなかったガラスの諸性質について、電総研材料部で連続して続けられていた酸化ガラスやその電氣的性質についての研究蓄積を利用、先駆的な成果を上げていた宗像元介 [22]、中島達二らの論文を調査、現役の並河洋、荒井和雄らに適宜アドバイスを求め、熱分析については、同じく材料部の示差熱量分析器の発明者、小沢丈夫の指導を受けた。ラマン散乱では腰塚直己（材料部）、ESR では山下幹雄（電波電子部）の助力を得た。電試、電総研の知識を総動員した学際的な連携協力の結果、数年を経ずして菊池グループは国際的なプレゼンスを獲得した。

その過程で、菊池は、国際会議などを通してオブシンスキーやフリッチェと親交を結び、多くの海外研究者を田無のC2 庁舎に連れてきた。実験室を案内しながら、田中や杉に実験の内容を説明させたり、セミナーを所内に公開した。これは、かつて、鳩山が菊池を鍛えた手法と軌を一にしている。若い研究者の視点は、自然にグローバルになり、トップを走る研究者やグループを目指して、夜を日に継ぐ努力をしたことは言うまでもない。このようにして学術成果は間違いなく蓄積されたが、同時に、電氣的メモリ・スイッチに関しては、一部に未解決部分を残しながらもシリコン結晶技術に置換し得る条件を満たしていないと判断されるに至り、プロジェクトは一応の決着を見た。菊池は、ソニーの井深大に誘われて、1974 年、電総研を辞してソニー中央研究所長に就任、かねてから経験したいと考えていた企業文化とマネジメントに身を移すこととなった。

アモルファスのグループは解散し、それから数年間、田中は、ただ一人、自ら発見し実証したアモルファス・カルコゲナイドの光構造変化の研究に没頭した。さいわい、1975 年、Appl. Phys. Letters に発表した論文が、翌 1976 年 3 月、米国物理学協会主催の国際会議（AIP Conference）での招待講演に決定した [23]。しかし、この学会で最も強い関心を惹いた招待講演は、先年（1975 年）の Solid State Commun. に第一報が出たアモルファス・シリコンの pn 制御の実験結果であった [24]。この論文は、アモルファス半導体を一気に実用化の舞台に近づけるブレーク・スルーを含んでいた。これが、1974 年にスタートした工技院の新エネルギー・産業技術開発機構のサンシャイン計画と結びついて、やがて産官学の大プロジェクトに発展するのである。

## II -4 サンシャイン計画と太陽光発電 /

### 内包する深刻な問題

ダンディー大学のウォルター・スピーア（Walter Spear）と

ピーター・ルコムバー（P. G. LeComber）が発表した「アモルファス・シリコンの置換型ドーピング」と題する論文は、アモルファス半導体においても結晶半導体と同様に、不純物を入れる（ドーピング）ことによって伝導型を p 型や n 型に変換できる、つまり、pn 接合のダイオードやトランジスタを理屈上は作れることを示したもので、画期的な論文であった [24]。アモルファス・シリコンはグロー放電法（プラズマ堆積法）という新しい作製法によって薄膜状に堆積されるが、薄膜中に水素がパーセントオーダーで含まれているので正確には水素化アモルファス・シリコン（a-Si:H）と呼ばれている。pn 制御が、簡単な原料ガスの切り替えだけで行えるうえ、大面積薄膜が低コストで容易に作製できるという、結晶にはない特徴が広大な応用を予感させ、事実、翌年の 1976 年、RCA のデイブ・カールソン（David E. Carlson）とクリス・ロンスキー（Christophor R. Wronski）が最初のアモルファス・シリコン太陽電池を発表する [25]。研究初期の変換効率 5.5% は、当時、1973 年の第 1 次石油ショック、1979 年の第 2 次石油ショックで再生可能エネルギーの開発に乗り出していた世界各国から大きな注目を浴びた。

ローマクラブが「人類の危機レポート」（デニス・メドウ、1972 年）で石油枯渇を予言して以後、二度の石油ショックが世界の再生可能エネルギーの国家計画ブームを生んだが、実は、日本においては各国よりも一年早く 1974 年、工技院サンシャイン計画（新エネルギー技術開発計画）が発進している。当時、通産省の行政官であった堺屋太一（本名：池口小太郎）の小説「油断」は事態をシミュレーションしたものと話題になったが、堺屋自身もサンシャイン計画の初代開発官を務めている [26]。1973 年、工技院研究開発官室での議論をベースに「サンシャイン計画」を工技院の政策プログラムに仕上げ、その年の秋の予算折衝に臨んだところ、まさにその時に第 1 次石油ショックが起きたため、予算は全額承認された [27]。当初は、太陽エネルギーと言っても太陽熱発電が主要な課題として考えられていて、ほぼ全額が熱発電に充当されていた。太陽光発電に重心が移るのは、特殊法人新エネルギー産業技術総合開発機構（NEDO）が設立された 1980 年代以降のことである。

各国よりも素早い動きで国家の新エネルギー計画が発進したが、科学技術の国家戦略という視点からながめると、本質的な欠陥を抱えていた。組織の縦割りに起因する省間の壁である。太陽電池のように先端科学と新材料開発が必要なプロジェクトにおいては、たとえ産業化を意識した開発課題であっても、サイエンスを巻き込んだ基礎研究が組み込まれていなければ、国際競争に勝つことはできない。つまり、大学が基礎研究人材の宝庫であることを考慮すると



大学を除外したプロジェクトは戦略上成立し得ない。事実、当時、産業界と大学が組んだ国家プロジェクトは欧米では珍しいことではなかった。だが、日本では、サンシャイン計画を所管する通産省と、大学を傘下に収める文部省とは、全く独立した役所として存在し、実質的な産学官連携プロジェクトなど組織しようがなかった。電子工業振興臨時措置法で和田が苦勞したところと何ら事態は変わっていなかったのである。

1970~1980年ごろの通産省では、大型プロジェクト(1966~1993年)、サンシャイン計画(1974~1993年)、次世代プロジェクト(1981~1993年)など10年という長期計画が保証された産業向けの研究開発プロジェクトがいくつか常に走っていて、予算規模も当時の大学の研究グループに比較すると一桁半ほど大きかった。いっぽう、文部省傘下の大学では、物性や新材料関係になると「重点領域研究」の場合でも研究機関は三年という短期であり、国立研究所と大学の間には明らかに研究環境において大きな隔たりがあったと言える。ただし、科技庁傘下の特殊法人である科学技術振興事業団(現在のJST)が1980年に始めたERATOプロジェクトは例外と言えるが。

国全体で見れば、大学に用意された豊かな人材を使うことなく、一部の民間企業と国立研究所に巨額の予算を落としているという構図であり、行政の縦割りが強かったとはいえ、明らかに国の戦略としては破たんしていたのである。

## II-5 アモルファス・シリコン太陽電池プロジェクト / 分散型の産官学連携

1970年代後半の主要国における自然エネルギー技術開発において太陽電池の開発は世界的関心の高かった研究課題である。特に、彗星のごとく現れた新材料のアモルファス・シリコンはその中心にあった。素性の知れた結晶シリコンや化合物半導体を使った太陽電池の低コスト化を図るのが先、といった議論は当然あるし、最も手堅く賢明な策かもしれない。しかしながら、生まれたばかりの技術や材料には大化けする可能性があり、捨てるという選択肢は、まず、あり得なかった。

1977年、当時の研究室長であった飯島の同意を得て、田中は、直ちにアモルファス・シリコンの研究グループを再組織し、キャノンや旭化成からの実習生も含めて7、8人のチームを作った。このときに、物性理論、接合理論に強い大串秀世(のちに不純物準位と密度を決定するICTSを発明)、新人の山崎聡(のちに光音響分光法による薄膜分光法を確立)がメンバーとして加わった。このチームが核となって、1980年、材料部にアモルファス材料研究室が発足した際、さらに、大枝秀俊(変調光電流法)、秦信宏(CARSによるプラズマ診断)、松浦秀治(デバイス研究)が参入した。

田中はアモルファス太陽電池の基礎と応用を含む研究を、真の産官学連携による国家戦略としてプロジェクト化でき



**ディスカッションを終えて** 1986年に筆者が室長を務めていた電総研アモルファス材料研究室を、米国電力研究所(EPRI)のプロジェクト(アモルファス関係)の一行が訪れた際に、研究室メンバーとともに。



ないかと考えていた。欧米の体制に比較して、サンシャイン計画の体制に強い危機感を覚えたからである。事実、スタートして数年のサンシャイン計画を米国 ERDA（1975年設立のエネルギー開発局、1977年に新設された DOE に統合）の代替エネルギープロジェクトに比較してみると、①ほぼ同じ数の開発課題メニューを揃えて一桁近く少ない予算を均等配分、②国家プロジェクトでありながら国立大学への予算の実質配分なし、という状況であった。前線に送る兵員の質と量において、あるいは補給のための兵站（ロジスティクス）においてハンデが大きすぎ、戦略の体をなしているとはい難かった。

戦略化の構想は単純である。①アモルファスに関する限り、欧米を上回る予算と人材を集中的に投資すること、②学術的に未踏分野であるため、大学の人材を本格的に投入すること、③国際競争に打ち勝つために、基礎研究の成果、材料プロセスの成果、デバイス試作結果をリアルタイムで情報交換し合うこと（つまり、融合と連携）、の三点である。何よりも若い分野だけに、基礎と応用が成果のキャッチボールをしながら進行することが肝要で、産官学体制はプロジェクトが戦略たり得る必要条件であった。そしてその先に、田中は、エネルギー新技術を輸出産業にまで育て上げることを将来構想として描いていた [27, 28]。

しかし、構想は単純であっても、実現に至るプロセスは困難を極め、綱渡りの状態が二年ほど続いた。まず電総研内部におけるオーソライゼーションが大変であった。一言で言えば、エネルギー部、電子デバイス部、基礎部の部間の壁であった。サンシャイン計画関係については、電総研所長や企画室長は一切口を出さないで、エネルギー部長に実質的な決済権限を与えている。エネルギー部部長の等々力（達）に交渉に行くと「太陽電池関係は電子デバイス部の駒宮（安男）部長に任せてある。まず彼の OK を取れ」。この段階で、田中の属する基礎部部長の作道（恒太郎）が「田中、君が直接行くと話が壊れそうだ。私がやるからおとなしくしている」。数日後、作道に呼ばれて行くと「駒宮部長はこう言うのだ。基礎部は最初からサンシャイン計画には関与していなかったのに途中から入るのはおかしいではないか、と。取り付く島がないからあきらめてくれ」と匙を投げられた。結局、田中は、いわゆる「根回し」に失敗したまま、最後の所内ヒヤリングに臨んだ。驚いたことに、そこに、通常は出席しないはずの駒宮が怖い顔をして座っていた。田中は、かなりきちんとした説明資料を用意して意を尽くして話し、その上で却下するのであれば、その事実を残しておきたいと考えていた。ところが説明の終了後、駒宮は「わかった。一緒にやろうじゃないか」と、一転、ゴーサインを出したのである。

この他にも、通産省内の制度的・慣習的な制約や省庁間の壁あるいは圧力が層を成して待ち受けていて、とても 30代の研究者が情熱だけで突破できるほど生易しいものではなかった。立ちふさがる現実を一つ一つクリアできたのは、内外の政、官、産、大学にいたる多くの人の協力・助言と幸運に恵まれた結果であろう。中でも、大学のチームが実質的に参加する通産省初の産官学体制が整うまでには、文字通りの紆余曲折があった。突破口は当時の自由民主党の資源エネルギー調査会（会長佐々木義武）である。当時、田中はアモルファス半導体国際会議の日本代表を務めていたので、米国のオブシンスキーや他の学者たちとのネットワークがあり、そこから田中について政府高官に何らかの情報が入っていたと思われるが、この朝食会で、田中は構想の説明を求められた。第 2 次石油ショックのあった 1979 年だったので数十人の国会議員が集まり、工技院からは、石坂誠一（工技院長）、山中正美（技術審議官）、角南平（研究開発官）、電総研から等々力達（エネルギー部長）、田中のかつての上司の菊池誠（ソニー中央研究所長）が臨席していた。「大学の本格的な参入が無ければ欧米には勝てない」との田中の説明の後、塩川清一郎の強い支持により、与謝野馨を委員長とする小委員会を設置しての検討続行が決定され、その後、委員会は数度開催された。その時、海外の著名な学者にコメントをしてもらうのが効果的だ、と田中にアドバイスしたのは、当時の東亜燃料工業常務であった中原伸之である（のちに日銀審議官）。そこで 6 月 1 日の委員会では、田中の国際人脈から物性理論のシカゴ大学教授のモーレル・コーエン（Morel H. Cohen）を選んでコメントを依頼した。その前夜、田中はコーエンと電話で延々と構想の細部について話し合っている。コーエンは大学研究者のプロジェクト参加が重要であることを資料を使って説明したが、これをもとに、小委員会は、大学の参加を勧告する画期的な報告書を作成したのである [28]。

これ以降は、一橋大学教授の島本実の近著「計画の創発～サンシャイン計画と太陽光発電」264 ページから、直接引用させていただく。「そしてこれこそが、1980 年度から開始されるアモルファス太陽電池の産官学体制の原案となったのである。こうしてアモルファス太陽電池研究の予算は飛躍的に増加し、大学が委託研究に本格的に参加するようになった 1981 年度のサンシャイン予算では、アメリカを上回る 13 億円にのぼるようになったのである。田中の戦略は功を奏したのであった。」 [28]。

産から 8 グループ、官（電総研）2 グループ、学（国立大学 5、私立大学 1）6 グループがアモルファス・シリコンという共通のテーマの下に、物性理論、材料科学、デバイス、を横断して議論できる場が意識的に設定された。松原武生

(京都大学基礎物理学研究所)、米沢富美子(慶應義塾大学)、清水立生(金沢大学)、浜川圭弘(大阪大学)、廣瀬全孝(広島大学) 桑野幸徳(三洋電機)、内田喜之(富士電機)、清水勇(東京工業大学)、小長井誠(東京工業大学)ら、優れた人材も集まったことで戦略としての十分条件も整い、1980年代前半で、日本の研究レベルは欧米に肩を並べるようになり、その後、他分野への広がりも含め、薄膜シリコンテクノロジーにおけるメッカとしての日本の地位が確立されたのである。

エピソードを一つ挙げておこう。1982年7月20日から23日にかけての4日間、パロアルトのリッキーズ・ハイアット・ホテルで、アモルファス・シリコンの応用を中心にした日米セミナー US-Japan Joint Seminar “Technological Applications of Tetrahedral Amorphous Solids” が開催された。文部省学振のプログラムで、当時、大阪大学教授の浜川圭弘が日本側世話人、米国側はゼロックス・ロチェスター研究センターのモート (Joe. Mort) が世話人となり、世界から数十人が選ばれて出席した。ちなみにモートは、pn 制御を初めて成功させたスピアの数十年前の学生である。日本からは、物理学界重鎮の川村肇、企業からは桑野幸徳らも出席していた。この会議前まで、日米は太陽電池の変換効率競争でしのぎを削っていて、発明者である RCA のカールソンがどのような発表をするのかが一つの焦点であった。さらに、すべての出席者にとって最大の興味は、米国の代表の一人として出席していたあのジョン・バーディーンが何を話してくれるか、ということであった。まず、カールソンは、講演中にセミナー室に電話がかかってきたので中断して部屋の隅で受話器を取り、30秒くらいの短いやり取りの末、電話を切った。満面の笑みで出席者を振り返り、「良いニュースだ。RCA は本日、変換効率がついに 10% を超えた。」と報告、とたんに全員から大きな拍手が起きた。巧みな演出に見えたが、全員、その成果を喜んだのである。

セッション終了後にバスで、Huddart Park へエクスカーションに出かけた。田中は、短パン姿のバーディーンと話し込む機会を持った。伝説の物理学者と話す昂揚感の中で、田中は、バーディーンが 1952 年にゼロックスの顧問になり、アモルファス・セレンのフェルミ・レベルが動かないことにどう説明をつけるか考え続けていたことを知った。つまり、当時、バーディーンは、トランジスタ発明直後の半導体表面物理、接合特性、そして超伝導に加えて、アモルファスの本質部分の課題についても、モットやアンダーソンより 20 年以上も前に気づいていたことを意味している。バーディーンは静かにゆっくりと話した。人柄を感じさせるそのさまは、菊池からしょっちゅう聞かされて

いた通りであったが、田中は内容の重要さに心底おどろいていた。バーディーンは、その夜のバンケットで、“US emphasizes science with a notable exception” と言ってカールソンの発表を喜び、また、米国の技術が日本に近づいたと感想を漏らした。最終日、フリッチェは逆に、日本の基礎研究の質が非常に高くなったと感想を述べた。これ以後、DOE の国立再生可能エネルギー研究所 (NREL) におけるアモルファス太陽電池産官学プロジェクト研究報告会、あるいは電力研究所 (EPRI) の契約研究発表会には、日本の産官学のいずれかから研究者が呼ばれ、必ず招待講演を依頼されるようになった。NEDO はその名を世界に知られるようになる。

サンシャイン計画における産官学連携において特筆すべきは、産官学がそれぞれの独立拠点で研究活動をしていたにもかかわらず、連携融合はかなり深いレベルにまで達し、年間何回かの合同報告会や、関連の国際会議では、侃々諤々の熱い議論が当たり前になっていたことである。企業では、未踏分野であるだけに、基礎研究の助けが絶対に必要である一方、企業化については詳細を開陳できないので、分散型の産官学連携あるいは融合は、必然的な形であったと考えられる。

産と学との間で、電総研のグループは、材料科学に関する多くの未知の問題を取り上げ、厚みのあるデータを蓄積、その都度、産学にリアルタイムでフィードバックした。特に、松田彰久らはグロー放電法を対象としてプラズマ診断技術を総合的に取り上げ、堆積する薄膜の性質との相関を詳しく調べた。その仕事は、材料設計法の境地に達していたように考えられる。1980年代の後半、電総研グループは、米国ゼロックス・パロアルト研究センター (PARC) のグループとともに世界的な拠点に成長し、国際会議における招待講演数、口頭発表件数は、ときに PARC を凌駕した。キャッチアップの時代からようやく欧米の背中に張りついたとの感があった。

## II -6 NEDO 研究開発官 / 行政の役割

II 章を閉じるにあたって、アモルファス・シリコン太陽電池プロジェクトに関わった当時の工技院サンシャイン計画推進本部および NEDO の行政担当官について一言を付しておく。産官学体制が整う以前、資源エネルギー調査会における田中の説明を席上で積極的に支持する発言をした研究開発官は角南平であった。また、プロジェクト開始後、歴代の研究開発官は、総じて産官学体制を支援したが、なかでも向井保は出色の運営を実行した。まず、国の一般会計予算が、1980年代の前半、マイナスシーリングで年々下

降する中で、1986年度、新エネルギー技術のアモルファス・シリコンに初めて電源開発促進対策特別会計（いわゆる電源特会）を導入した。NEDOの向井も電総研の田中も全く隠す意図はなかったものの、結果的に電総研企画室に連絡なしで進めたため田中は叱責された。しかし、予算のマイナスシーリングを突破するための窮余の策として避けがたいとの見方があって、以後、1988年には省エネルギー技術、1989年には次世代産業基盤技術へと雪崩を打つように特別会計予算を導入した。1990年度には、産総研の研究関連予算総額32億円のうち、実に3割に当たる9億5千万円が特会由来であった[29]。

特別会計は使用目的に制限が付いているため、それを国立研に導入することの可否については、当然のことながら、毀誉褒貶があった。しかし、結果を見れば、政治的選択として間違っていたと考える人は少ないのではないだろうか。英国や米国のような判例法国家と異なり、日本のようなガチガチの実定法国家においては、官僚の全体俯瞰能力、制度に熟知しそれを使いこなす能力、そして実行する勇気と見識があって、初めて国はうまく動く。特会導入に踏み切った向井の決断、それを認めた通産省と工技院は、そのような一例ではないかと思考する。

（以下、Ⅲ章、Ⅳ章は、次回に続く。）

## References :

[1] 「電気技術に果たした国立研究所の役割」：(基礎・材料・共通部門 / 電気技術史技術委員会編) 電気学会技術報告、第926号、電気学会（2003年4月25日発行）  
[2] 「110年の歩み～人・組織・表彰他～」：工業技術院電子技術総合研究所、平成12年10月（2000年） / 電子技術総合研究所 特別記念講演会—情報・エネルギー・エレクトロニクス・計測標準技術の過去・現在・未来—（平成12年11月1日）  
[3] 宮田親平、科学者たちの自由な楽園～栄光の理化学研究所～、文芸春秋刊（1983）  
[4] 田中一宜、国立研究所—その変遷と新しい産学官交流、日本物理学会誌、47巻、No.5、pp.401-403（1992）  
[5] 矢野暢、ノーベル賞～二十世紀の普遍言語、中公新書（1988）  
[6] 科学朝日編、ノーベル賞の光と影、朝日選書322（1987）  
[7] Jon Gertner, “THE IDEA FACTORY～Bell Labs and the Great Age of American Innovation”, The Penguin Press, New York（2012）（「世界の技術を支配するベル研究所の興亡」土方奈美訳、文芸春秋（2013））  
[8] 菊池誠、若きエンジニアへの手紙、工学図書（2006）

[9] 鳩山道夫、半導体を支えた人々、誠文堂新光社（1980）  
[10] 菊池誠、日本の半導体40年、中公新書（1992）  
[11] トランジスタ25周年記念号、物性、14巻、4号（1973）  
[12] 田中一宜、大型研究プロジェクト～その周辺と学会の役割～、応用物理、78巻、8号、pp.736-741（2009）  
[13] Nick Holonyak Jr., Special Issue “John Bardeen”, Physics Today April, pp.26-43（1992）  
[14] 田中一宜、エレクトロニクス夜明けのころ～菊池誠さんが残したもの～、PEN、Vo. 4, No.5, pp.4-11（2013）  
[15] 菊池誠、「三つ子の魂」が目覚めます、NTT出版（1995）  
[16] 青木洋、日本のコンピューター産業形成史～技術開発と産業形成の日本的特質～（博士論文 / 東北大学大学院経済学研究科）（1996）  
[17] オーラルヒストリー和田弘氏（インタビュー、2004.8.31）情報処理、51巻、7号、p.870（2010）  
[18] 和田弘、海外見聞 - アメリカの電気学会と電気工学の動向（その2）、工業技術、3巻、7号、pp. 27-30（1953）  
[19] 松尾博志、「日米半導体産業30年：1～16」、COMPUTOPIA（1979.6 - 1980.9）  
[20] S.R. Ovshinsky, Phys. Rev. Letters, vol.21, p.1450（1968）  
[21] 菊池誠監修・田中一宜編著、アモルファス半導体の基礎、オーム社（1982）  
[22] 宗像元介、半導性ガラスの研究、電気試験所研究報告（1963）  
[23] K. Tanaka, Appl. Phys. Letters, vol.26, p.243（1975）  
[24] W.E. Spear and P.G.LeComber, Solid State Commun., vol.17, p.1193（1975）  
[25] D.E. Carlson and C.R. Wronski, Appl. Phys. Letters, vol.28, p.671（1976）  
[26] 堺屋太一、油断、日経ビジネス人文庫（1975）  
[27] 田中一宜、アモルファスシリコン—薄膜太陽電池新材料、電子技術総合研究所彙報、47巻、7号、p.30（1983）  
[28] 島本実、計画の創発～サンシャイン計画と太陽光発電～、有斐閣（2014年11月）  
[29] 田村浩一郎ら、「研究に関する研究」研究班報告書、工業技術院電子技術総合研究所「研究に関する研究」研究班（1994年3月）





**THE LATEST DEVELOPMENTS**



# 海外動向

## EPA、CNT への SNUR 取り下げ (2014.12.22)

米国の環境保護庁 (EPA) は、2014 年 10 月 27 日に官報でカーボンナノチューブ (CNT) を含む複数の化学物質に、有害物質規制法 (TSCA) に基づく重要新規利用規則 (SNUR) を反対意見の表明がなければ直ちに拘束力を持つ直接最終規則として 12 月 26 日に発効するとしていた。しかし、反対意見を提出するとの通知が EPA に寄せられ、この直接最終規則の SNUR を取り下げると 12 月 23 日付の官報で告示した。

<http://nanotech.lawbc.com/2014/12/articles/united-states/federal/epa-withdraws-direct-final-snur-for-functionalized-carbon-nanotubes-generic/>

## CFS、EPA に対し訴訟を起こす (2014.12.19)

消費者団体の食品安全センター (CFS) は、米国環境保護庁 (EPA) がナノ材料を用いた新規農薬の規制に失敗しているとして提訴した。CFS は、CFS が 2008 年に行った銀ナノ製品を農薬として規制するよう求める申し立てに対して、EPA は一度パブリックコメントを求めただけで、以後 6 年近くこの申し立てにたいして何の対応も取っておらず、これは行政手続法で定められた義務に反していると述べている。さらに、CFS は 2008 年以降も多くの殺菌効果のある銀ナノ製品が EPA の監督を受けることなく販売されていると指摘する。CFS は裁判所に 2008 年の申し立てに遅滞なく対応するよう EPA に命じるよう要請している。

<http://nanotech.lawbc.com/2014/12/articles/united-states/cfs-files-suit-to-compel-epa-to-respond-to-2008-petition/>

## EPA、環境関連法に関する年報を公開 (2014.12.18)

米国の環境保護庁 (EPA) は 2014 年度分の EPA が所管す

る環境関連法の執行状況に関する年報を公開した。本報告書は企業との調停により、公衆衛生と環境の保護に大きな影響を及ぼした主要な事例に焦点を当てつつ、法令の執行と遵守の状況についてまとめたもの。2014 年度中には、企業に対して汚染防止と環境浄化に 97 億ドル以上の支出要求や、総計 1 億 6300 万ドルの行政・民事上の罰則金および刑事上の罰金などの措置が EPA によって取られた。

<http://www2.epa.gov/enforcement/enforcement-annual-results-fiscal-year-fy-2014>

## EPA が上市を規制する有害化学物質 (追加) (2014.12.17)

米国の環境保護庁 (EPA) は、発がん性、生殖毒性、発達障害などの広範なヒトの健康や水生生物への影響が懸念される有害な化学物質と、当該の化学物質を含有する製品の市場からの排除に取り組んでいる。新規の措置として輸入も含めて下記の化学物質の新たな用途での使用を規制すると発表した。

△布や塗料で使用される特定のベンジジン染料

△ポリ塩化ビニルに使用されるフタル酸ジノルマルプロピル (DnPP)

△工業用潤滑油に使用されるクロロアルカン (C<sub>12-13</sub>)

<http://yosemite.epa.gov/opa/admpress.nsf/bd4379a92ceceac8525735900400c2777dcb8de47375d2bb85257db1005e9e5e1OpenDocument>

## EMPA、中小企業向けナノ製品ガイドラインを公開 (2014.12.16)

スイス連邦材料試験研究所 (EMPA)、オランダの NPO の TNO、スイスのナノテクノロジークラスター Nano-Cluster Bodensee の 3 者は、企業等の協力を得て、中小企業のた

めのナノ製品ガイドライン「Guidelines for the sustainable competitiveness of nanoproducts」を公開した。ガイドラインには分析ツール LICARAnanoSCAN が付属しており、ベネフィットやリスクの半定量的な解析が可能である。

<http://www.safenano.org/news/news-articles/guidelines-for-the-sustainable-competitiveness-of-nanoproducts/>

### EC、ナノ材料の表示を求める新しい食品表示規則に関する声明を発表 (2014.12.12)

欧州委員会 (EC) は、2014 年 12 月 13 日に発効する欧州連合 (EU) の新たな食品表示要求に関してプレスリリースを行った。欧州議会および理事会は 2011 年に、EU 域内の消費者が食品の原材料についてより明確で、総合的かつ正確な情報を入手できるよう、そしてそれらの情報に基づいた食品の選択ができるようにするための新しい食品表示要求を採択した。新たな規則では、ナノ材料の形状で提供される全ての原料は成分表に明示される必要がある。EC は、食品業界には円滑に新しい表示方法に切り替えるための猶予期間が与えられていたこと、また、現在構築中の EU の食品表示データベースは 2015 年中には完成する予定であると述べている。

<http://nanotech.lawbc.com/2014/12/articles/international/eu-requirement-to-list-engineered-nanomaterials-in-food-labeling-will-take-effect-december-13/>

### EC と NNCO、ナノ EHS ワークショップを共催 (2014.12.10)

米国の国家ナノテクノロジー調整局 (NNCO) は、2015 年 3 月 12 ~ 13 日にイタリアで欧州委員会 (EC) と共同でワークショップ “EU-U.S.: Bridge NanoEHS Research Efforts” を開催すると発表した。今回で第 4 回目となるワークショップは両地域の研究者がナノテクノロジーの環境・健康・安全 (EHS) に関する情報を共有するための基盤である 6 つの研究コミュニティ (COR) の取り組みを支援するものとなっている。

<http://nanotech.lawbc.com/2014/12/articles/research-1/euus-joint-nanoehs-workshop-will-be-held-in-march-2015-in-italy/>

### EC、ナノ材料の安全な取り扱いに関する 2 件のガイダンスを発表 (2014.12.9)

欧州委員会 (EC) は、労働者に向けたナノ材料の安全な取り扱いに関する 2 件のガイダンスを公表した。ナノ材料を扱う労働者向けの「Working Safely with Manufactured Nanomaterials」には、有害性、暴露、リスク等に関してよく寄せられる質問とナノ材料への暴露を管理するための措置についての解説がまとめられている。一方、雇用主および労働衛生管理者向けの「Guidance on the Protection

of the Health and Safety of Workers from the Potential Risks related to Nanomaterials at Work – Guidance for Employers and Health and Safety Practitioners」では、労働者の健康と安全を守るためのリスク評価と管理についてまとめられている。

<http://www.safenano.org/news/news-articles/european-commission-publishes-guidance-on-working-safely-with-manufactured-nanomaterials/>

### ECHA、ナノ材料の REACH 登録方法の明確化を要請 (2014.12.4)

欧州化学品庁 (ECHA) 長官のダンセット氏は、2014 年 12 月 4 日にブリュッセルで開催された欧州議会の環境公衆衛生食品安全委員会 (ENVI) の会議で、ナノ材料の REACH 登録の手順に関連する情報の明確化を迅速に進めるよう強く要請した。登録方法の明確化のためには、REACH 付属書の修正と、その修正に合わせた ECHA による REACH 登録ガイダンスの更新が必要。

[http://echa.europa.eu/view-article/-/journal\\_content/title/echas-executive-director-in-exchange-of-views-with-the-envi-committee-of-the-european-parliament](http://echa.europa.eu/view-article/-/journal_content/title/echas-executive-director-in-exchange-of-views-with-the-envi-committee-of-the-european-parliament)

### JRC、世界初のシリカナノ粒子 CRM を公開 (2014.11.4)

欧州委員会 (EC) 共同研究センター (JRC) の標準物質・計測研究所は世界初となるシリカナノ粒子 (コロイダルシリカ) の 2 つの山を持つ粒子径分布の混合物の認証標準物質 (CRM) 「ERM-FD102」を公開した。ERM-FD102 は、ほぼ球状の二峰性シリカナノ粒子で、水に分散された状態で販売される。物質安全性データ (SDS)、複数国の研究機関による測定結果をまとめた報告書も備えられている。ERM-FD102 は、EC のナノ材料の定義の見直しなどに役立てられる予定。

<https://ec.europa.eu/jrc/en/news/first-certified-mixture-silica-nanoparticles>

## << Tech Trend >>

### 未来部、2015 年度科学技術・ICT 分野 R&D に 3 兆 9520 億ウォンを投資

韓国未来創造科学部では、2015 年度の科学技術・情報通信技術 (ICT) 分野の主要研究開発事業に総額 3 兆 9520 億ウォン (前年比 7.9% 増) を投じる「2015 年度科学技術・ICT 分野 R&D 事業総合施行計画」を確定したと明らかにした。部門別では、基礎研究 7,443 億ウォン、技術開発 2 兆 2,508 億ウォン、事業化・標準化 1,617 億ウォン、人材育成 1,550 億ウォン、インフラ構築 6,402 億ウォン。

<http://www.msip.go.kr/web/msipContents/contents.do?mId=NzM=>

### **産業通商資源部、“技術銀行”サービスを本格実施**

韓国の企業と公的研究機関が持つ潜在的な市場価値のある技術を事業化につなげるよう支援するオンライン技術事業化総合情報網（NTB）を拡大、リニューアルした“技術銀行”サービスが開始した。これにより、今後企業は技術銀行を介して、オンラインでの技術情報の検索が容易になり、オフラインでは直接テクノパーク、技術取引機関による企業の検索・マッチングが可能になる。産業通商資源部では、今後政府の研究開発支援により得られた技術に対し、同技術銀行への登録を義務付けし、技術情報の活用を高める計画。

[http://www.motie.go.kr/motie/ne/presse/press2/bbs/bbsView.do?bbs\\_seq\\_n=156825&bbs\\_cd\\_n=81](http://www.motie.go.kr/motie/ne/presse/press2/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=156825&bbs_cd_n=81)

### **クモの感覚器官を模倣した超高感度亀裂センサーを開発**

微細亀裂（nano crack）を用いて変位・振動・音声等を従来センサーより 100～1000 倍の感度で測定できる超高感度センサーが韓国の研究者らにより作製された。研究グループはクモの感覚器官に微細亀裂があることに着目し、その原理を解明し、それを模倣した超感度感知センサーを作製した。クモの感覚器官は、柔らかい内部と固い薄膜形態の外部からとなっており、この亀裂と神経細胞がつながっている。外部から振動のある場合、クモの感覚器官の亀裂が広がったり狭まったりする。今回の研究は、未来創造科学部によるグローバルフロンティア事業のマルチスケールエネルギーシステム研究団の成果であり、研究成果はネイチャー誌に掲載された。

<http://www.msip.go.kr/web/msipContents/contents.do?mId=NzM=>

## 連載 第7回

# 暮らし方を見直す —与えられた役割を果たす—

東北大学大学院環境科学研究科 古川柳蔵

暮らし方は自然環境に依存する。なぜなら、私たちは自然に親しみ、地域資源を用いたものづくりで心の豊かさを生み出し、さらに、自然の中で偶然の出会いにワクワクし、自然からの恵みに賑わう集いを楽しんできたからだ。自然に生かされていることを十分に知りながら不便ではあるが、自立的な暮らしを持続してきたのである。そこには平等という概念はぴったりとこない。隣人との競争という言葉も合わない。共存共栄という概念がしっくりくる。生まれてきた人には必ずその地域や家族の中で役割が与えられ、死ぬまで与えられた役割を果たすのが、自然共生の暮らし方の特徴である。しかし、このような「与えられた役割を果たす」という考え方が失われつつあるのが現状である。90歳ヒアリングを行うと、最後に必ず、「お役に立てましたか？」という声をかけられることが多い。役に立てたかどうか、それを確認しながら前に進む。これが心豊かな暮らしのかたちなのである。本稿では、暮らしの中から失われつつある「役割」をテーマに戦前の暮らし方と心豊かさとの関係について考察したい。

### 1. 地域の中の役割

まず、地域の中の役割について目を向けてみたい。90歳ヒアリング手法を用いて日本の各地の戦前の暮らしについてヒアリング（400件以上）を行い、その中から「役割」を決めて行っている暮らしのシーンを抽出した。その結果、祭りなどの行事、教育、葬式、情報伝達、社会的活動、伝統の継承など、人が地域のために果たしてきた重要な役割が存在したことが明らかとなった。その中で、祭りなどの行事は現在も残るが、地域内の教育、葬式、情報伝達、社会的活動、伝統の継承にかかわる役割を果たすことは、ほとんど行われなくなった。

祭りにおいて果たす役割の事例は多いので1例のみ紹介する。次に示す秋田の土崎神明社の祭りの中の役に一人しかできない役がある。これは経験を重ね、信頼を得た人が役割を担うのである。この役を担うことは極めて誇らしく思えるものである。多くの地域の祭りには、このような役が



多種そろえられており、地域の人々に役割を与え、心の豊かさを生み出している。

#### <祭り>

「私は五名総代になったときに記念にのぼりを寄付した。土崎では神明社で役をやりたい人がいっぱいいる。袴着たい人が。町内会長が町総代を兼ねているから一人しかできないけれど、統前町のときは10人でも20人でもできる。俺のおじいさん婿だといまだに言われるとって、袴を着て役をやりたいがって。」(秋田県秋田市 大正12年生まれ 男性)

一方、地域の人が地域の子どものしつけたり、教育したりする教育システムは失われつつある。かつては、よく近所のおじさんに叱られたものだが、そのような声も聞かなくなった。ところが、いまだに島で独特な風習が継続されているところがある。

例えば、三重県鳥羽市の答志島では、江戸時代から残り、今も継続している寝屋子制度がある。中学校を卒業した男子は寝屋親と呼ばれる世話係の大人のもとで共同生活を送る。この共同生活の場を寝屋子という。日常生活全てを寝屋子で過ごすのではなく、食事などは各自の家庭で済ませ、夕食後に寝屋子に集まる。かつては毎日夕食後に集まっていた。寝屋子では漁業を学び、祭りのときに大切な役目を任される。また、寝屋親が年に一度、皆に食事を振舞う。寝屋子解散するまでこれは続く。解散しても、それは一区切りであり、その後も寝屋子と寝屋親としての付き合いは一生続く。まさに、親子のような絆で結ばれるのである。

#### <親代わり>

「答志のこの暮らしは、昔から江戸時代から残っている、寝屋子制度というのがありますね。一軒、家に中学生が卒業するとそこを宿にして寝起きを共にして、そこの家の漁師が自分の親代わりになって、だいたい中学出て10年くらいですかね、寝起きを共にして、そういった寝屋子制度というのがありまして。それが、絆が親以上の寝屋親さんと言うんですけど、ありまして。親が亡くなって来られなくても、寝屋親さんが何かあったらすぐに飛んで来ると言うくらいの。」(三重県鳥羽市答志島 大正7年生まれ 女性)



図1 宮城県雄勝町の雄勝法印神楽の様子



図2 答志島の寝屋子と寝屋親



図3 三重県の答志島のある鳥羽の海

また、他人であるにもかかわらず、親子のように若者の面倒をみる類似した親方の制度が、漁師、職人、あるいは鉱山労働者にも導入されてきた。親の役割を仮想的に持たせ、仕事をしっかりと管理して行くことを目的としている。具体例を見てみよう。

#### <親方>

「漁師の家というのは大漁するとものすごくお金入けれども不漁が続くと子どもをお医者さんにもかけられないくらい貧乏する。もう一つ漁師というのは宵越しの銭を持たないというのが漁師気質みたいで。だから何かあった時には全部親方の所に行って親方が全部面倒をみてあげて。子どもが病気になったら医療費も全部親方が見る。」(青森県鯉ヶ沢町 昭和3年生まれ 男性)

葬式の時には、近所の人で役割を分担して執り行っていた地域が多い。当時は火葬ではなく土葬が広く存在しており、埋めるための土を掘る役割があった。土を掘るのが最も大変であったという話は90歳ヒアリングでよく聞く。このような大変な役割であるからこそ、決まり事が作られ、長い間、引き継がれてきたのである。

#### <葬式>

「田舎なので親戚兄弟関係なく近所付き合いはとてもよく行われていました。人が亡くなった場合には火葬場はないので、独特の儀式がありました。女の人の場合はまず始めにお団子(白玉)を作ります。片栗粉の無いつるつとしたものでした。部落では人が亡くなると、三役の仕事が分けられ、任されました。1つ目は、他の部落などへの知らせる役割、2つ目は買い物へ行く役割、3つ目は、土葬なので土を掘る役割でした。部落で親類関係なく、みんなで行っていました。立浜の中では3班に分かれていました。その組織で作業していました。」(宮城県石巻市雄勝町 昭和2年生まれ男性 昭和8年生まれ女性)

「墓掘りは、寺年寄り(テラドシヨリ)って言うてな、ある程度、年齢きた男性の役割、役割分担がちゃんと決まってて、ここくらいだわ。他の所は皆、親戚で掘ったりとか、近所の人掘ったりするのな。ここらは、男は63、64になると墓掘り番になる役割がね、寺年寄りっていうの。寺がお盆になると新盆のかたの飾りつけやる。寺のことやったら、全部そうやって寺年寄りという人が皆する。」(三重県鳥羽市 昭和4年生まれ 男性)

その他、村を持続可能にするための重要な役割を担っていた人々がいる。

一つは行商である。行商は毎年、あるいは毎週のように同じ時期にその村へモノや食べ物を売りに来るが、この行商は広範囲にわたって売り歩いているので、村の外の情報を多く持って入ってくるのである。行商の目的は物資を持ってくることであるが、現在のようにインターネットやテレビで簡単に情報を入手できる環境ではなかったため、行商が持ち込む情報は極めて重要なものであった。外と中をつなぐ役割を担っていたのである。

#### <行商の情報提供>

「行商はおしゃべりだった。木賃宿(きちんやど)に泊まってね。」(愛媛県伊予市 大正14年生まれ 男性)

また、学校という公的な場において、小学生が重要な役割を担っていた事例は数多い。お昼ごはんは小学生が家の野菜を交代で持っていき、味噌汁にして食べる話は心が温まる。これ以外にも、小学生がイナゴをとって、その収入で壊れた校舎を建てた話などは小学生としても役に立てたことを楽しみながら実感でき、心豊かさを得ていたのだろうと推測する。

#### <公的な場への貢献>

「小学生が野菜を交代で持って行って昼の味噌汁にした。」(三重県明和町 昭和3年生まれ男性 昭和4年生まれ女性)

職人の世界でも地域に技を残すために役割を果たしたいという使命感を持った人がいる。職人はモノづくりが楽しそうだなという好奇心をきっかけに職人の世界に弟子入りし、徐々にモノづくりの深さに魅了され、最終的に優れた技能を習得したものだけが職人として生き残っていく。先人が築き上げてきた技のすごさを知れば知るほど、その技を自分の代で絶やすのではなく、後世に継承したいと思う使命感が強まってくる。この伝統技能を失うわけにはいかないという強い意志の下、伝統技能を残す役割を果たそうとするのである。次の事例は70歳代の若い南部鉄器の職人の言葉であるが、まさに、その使命感が伝わってくる。

#### <伝統の継承>

「長年の経験でしか体得できない。一生やっても見えない。見えないから楽しみである。今は器用な人はいるが技術は昔の方が持っている。この伝統技術をなくすわけにはいかない。」(岩手県水沢市 昭和16年生まれ 男性)





図4 南部鉄器の職人  
気質

## 2. 家族の中の子どもの役割

日常の暮らしにおいて、小さいころに最初に与えられる役割は家の手伝いである。水汲み、杉の葉とり（燃料）、風呂焚き、板の間拭き掃除、雨戸閉め、子守りなど、多々存在する。地域によっては、柴栗吊るし、塩煮など特殊な手伝いがあるが、自然との共生の暮らしは、日々多忙であり、少しでも子どもが手伝えることがあれば、親が子どもに手伝えるのが通常であった。家の手伝いは、子どもにとっては大変な仕事もあったに違いない。しかし、90歳前後の方々の記憶には、家の手伝いは特別の日に行うのではなく、日常的に当然のこととして存在したということである。時には、学校よりも家の手伝いを優先することさえもあったのである。時には辛く、時には楽しかった記憶が残っている。現在の暮らしでは、学校よりも家の手伝いを優先して行っている人はいないのではないかな。

「子どもには何かかにか家の仕事をやらせたね。子どもの1日の生活の中に自然に役割があった。小さい子どもは雨戸を閉めるとか、少し大きくなると風呂焚きなど。」（宮城県山元町 昭和3年生まれ 男性）

「昔は兄弟が多かったですから、普段でも、3年生4年生になると、妹、弟をおぶって学校に行ったもんです。小さい子が泣くと、おむつ持って校庭に出て、子守りしてるの。とにかく生活が第一で勉強は二の次でした。」（宮城県白石市 昭和3年生まれ 女性）

「それで学校からきて何もする事が無いと、山が近くにあるでしょう。山へ行って杉の落ち葉あるでしょう、枯れた

の、あれを拾いに行って、それで竈でご飯炊かんなんでしょう、おかずを、そのの焚き付けにね、紙やらで付けへんの。その杉の葉の枯れたの。それでそれを拾いに行くのが子どもの仕事。よう拾いに行ったなあ。（三重県尾鷲市 大正11年生まれ男性 大正9年生まれ女性）

「家も薪ストーブで、小さいものだった。お風呂もご飯も薪だった。木のお風呂で煙突が付いていて、上から薪を入れてやるものだった。薪もなければ山に行って切って運んできて、また切って焚いたりしていた。子ども達も薪運びを手伝って、子どもの頃だから喜んで運んだりしていた。薪ストーブは旦那が警察官になってからも使っていた。」（秋田県阿仁町 大正11年生まれ 女性）

「小学校の頃、子どもの頃の仕事としたらね、「塩煮」はよくやりました。子どもの仕事でした。火をおこしてね、燃料は柴をとってきてやりました。営林署管轄の山だからね、倒れた木などで腐れる手前の木から燃料得て海水を煮ました。海の水をとってきて大きな釜に入れて沸かして蒸発させて塩をとったわけです。大きな釜で2日くらい煮るとね、一斗とか二斗とかとれました。それを持って農家に行って。昔は農家では塩が無くて、漬物を漬けるのも困っていた時代ですから。塩一斗と米一斗と取り替えることができたんです。そういう時代でした。」（宮城県石巻市雄勝町 昭和7年生まれ 男性）



図5 雄勝町の海岸



この当時は兄弟姉妹が多い時代である。兄弟姉妹で手伝いをする中で、下の子は上の子に日常の暮らしに必要な物事を学んでいったのである。また、長男長女は特別な役割も与えられていたのである。

「釜屋にあったお湯は、馬に飲ませるお湯に使ったり、板の間を拭くのに使ったの。板目を拭くのは子どもたちの仕事。ご飯の前にいっぺん拭いて、ご飯を食べてから座敷をはいて、縁側を拭かせられてから学校に行くんだ。妹たちと手分けして、「ここまでがあんの分なんだから」なんて語りながらやっていました。」(宮城県仙台市 大正14年生まれ 女性)

「生活なんか、田舎で貧乏で。それで子ども5人兄弟の一番上でした。家の手伝いから皆やってました。一番上で、一番よう働かされたな。やっぱり一番上だけ。5人兄弟やったけな。子どもの時分では新聞配達とかそんなことまでアルバイト。風呂湧かすのは自分の所でみな湧かして、それで入れさせてくれて言ったら、ああどうぞって。子どもらが皆、風呂湧かしたりしよったんな。子どもの役割だった。ようけ休んでるとお父さんお母さんに怒られて「早よ、お風呂せなあかん」ってやられおったな。薪はもうそこら辺にある、そこに山がある、そんな山のやつを皆持ってきて、当時は皆木を切ってきたりしてな、ご飯なんか炊くのに皆、山の木を切ってきて、子ども達も皆、斧で割ってありました。」(三重県鳥羽市 昭和4年生まれ 男性)

「お手伝いは、長女でしたので良く買い物の手伝い、学校から帰ると主に弟妹の子守、家の中の掃除、板の間、障子のサンなどは毎日拭いて、食後は茶碗の後片付けなどのお手伝いをしました。」(秋田県秋田市 大正12年生まれ

女性)

### 3. 家族の中の大人の役割

役割が与えられるのは子どもだけではない。成長して、父親になっても、母親になっても、そして、年寄りになっても役割が与えられる。特に、母親は家の中の仕事を、父親は家の外で近所との関係の仕事や行事を担うことが多かったようだ。

「年取りの晩には、家長が座敷サ菫(むしろ)敷いてね、年縄をなうの。神聖な縄だから、風呂に入って、どんぶりサ水汲んで手を濡らしてはじめるの。普段は縄をなう時は唾をつけるんだけどね。八丁メと言って、十二畳の座敷サぐるりに回る縄の、三尺おきくらいの間隔に藁を7本さげて緇い込むの。それで、藁と藁の間には、幣束(へいそく)と緑の松葉を挟むの。作業中は「入っていけね」と言われてね、その部屋には誰に入れなかったの。」(宮城県丸森町 大正3年生まれ 女性)

「父はまつりごとが好きで元旦には井戸水を汲んで拜んでいた。小正月には、紙垂(しで)を神棚からはずし、14日に笹竹にくくって、「やっへ、やっへ」と低い声で言いながら、拜んでいた。私も付いていって一緒に手を合わせて拜んだ。末子だったので、なんでも付いて歩いた。夏の終わり、蚊帳を外したら蚊帳に感謝すると言ってご馳走を作らせ、蚊帳祭りをやった。父は何かというと、人を呼ぶのが好きだった。ロープのようなもので線を引いて、「羽織は裏を見せるものだ」といって、裏返しに着て、扇子を出して芸をして見せた。」(宮城県名取市 昭和5年生まれ 女性)

「お正月に、父は竹を使って大きな門松を作った。輪飾りも作った。大きなナメタを父がさばいて、煮た。お皿に置いておくと煮ごりができて、それがおいしかった。神様の前にお供え用の台を作り、ご馳走を用意した。お盆になると、同じ場所に4本柱の盆棚を組み立て、畑で収穫した野菜を木枠につるし、提灯も下げた。」(宮城県仙台市 大正14年生まれ 男性)

「年寄りには囲炉裏の上座に座布団敷いて座ってるの。私たち子どもは必ず抱いてもらって火にあたってました。みんなして座るぐらい、場所がなかったからね。そして、「木ずり」という木をくべるところは、お嫁さだった母がいるわけ。木をくべたり、木がなくなったら持ってくるのも母の役目だったけど、そこに座ってられるのは、1年に何



図6 水汲みをする井戸

回もなかったんだよ。お嫁さんは夜にはぼろ縫いするし、年がら年中働いていました。そうでなければ、作業場に行っ  
て、藁仕事をしなくてないの。藁のごみを払って、縄っこ  
ないするの。その縄を山に持って行って、木をまるかなく  
ちやならないからね。」(宮城県仙台市 大正 14 年生まれ  
女性)

「年中 5 時起きだよ。水道なんかなくてみんな井戸。囲炉  
裏の消し炭取って、消し壺に入れて、朝一番に起きて、囲  
炉裏に火を付けるのが嫁の役目。アク通ししてな。(囲炉  
裏の灰をきれいにする)」(秋田県秋田市 大正 12 年生ま  
れ 女性)

#### 4. 自立への成長と心の豊かさ

子どもの役割は、年齢があがるにつれて、変わっていく。  
結果的に、大人になった時点で全ての役割を担うことがで  
きるようになっていく。つまり、与えられた役割を果たす  
という暮らしは、暮らしていく中で必要な技能が世代間を  
伝承していくしくみと言って良い。子どもは、与えられる  
役割が変わっていく度に、一步一步、自立可能な状態へ近  
づく、自分が成長することを実感することができるのであ  
る。例えば、次のような事例がある。

「便所と風呂は外にあり、井戸からバケツで運ぶ風呂の水  
汲みは、男の子の仕事だった。小さいうちは夕方まで陣取  
りやパッタ、ビー玉などで遊んでいた。高等小学校に入っ  
た(12~13 歳)頃から、田畑の草取りなど、家の手伝  
いをするようになった。両親はいつも忙しく、子どもの面  
倒をみている余裕はあまりなかったと思う。カヤを押さ  
える縄も、自分たちで稲ワラから編んでいた。縄は約 15kg  
を 1 束として、していたように思うが、主に農閑期の仕事  
だった。縄編みは、子どもにはできない仕事で、できるよ  
うになったのは 15~16 歳くらいだったように思う。」(宮  
城県山元町 昭和 4 年生まれ 男性)

そして、最も大事なことは、与えられた役割を果たすこ  
とによって心の豊かさを得られるということである。例えば、  
子どもの小さい手にしかできない仕事をする、親から  
全てを任せられること、役割を果たした後に親が喜んでく  
れること、これらは、子どもが自立に向かって成長してい  
くことをさらに実感させる。90 歳前後の方はこの心の豊  
かさを覚えているのである。

<自分にしかできないことを担う>

「私の家は百姓で、当時は農村の人たちはずいぶん難儀し

たものだから、子どもはできる限りのことは手伝いをさせ  
られた。電気が通ってない頃は石油ランプだから、夕方にな  
るとランプのほや磨き。木の棒なんかでやるとガラスが  
割れてしまうから、子どもは手が小さい(中に手を入れら  
れる)ものだから、手に布を巻いて磨いた。それが私たち  
の仕事の一つだった。」(秋田県秋田市 大正 7 年生まれ  
男性)

<全部を任される>

「馬は言う事聞かない。だからその冷たいのが。足痛くて。  
感覚なくなってしまう。全部、子どもにやらせる。3 年生  
か 4 年生だったので、一番小さいのを使うわけさ。大人は  
それで 他の仕事がある時で子どもに引っ張らずわけ。全  
部任せている。」(青森県鳴沢村 大正 15 年生まれ 男性)

<親が喜んでくれる>

「兵隊ごっこ。遊びいうたらね、山行きますねん、で、薪  
とか枝を拾ってくる。燃料に。それが遊びやねん。こんな  
木の枝の棒、3 本や 4 本でも引っ張って帰ったら、親喜ん  
でくれる。遊びながら柴、柴って薪でんなあ、燃料。」(奈  
良県御所市 大正 8 年生まれ 男性)

ところが、与えられた役割を果たすためには、技能の習得  
が必要なので、その人は成長しなければならない。従って、  
なかなか技能を取得できなかったり、その役割の意味を理  
解できなかったり、成長する過程においては、常につらい  
時期が存在する。しかし、それを越えた人々は心の豊かさを  
実感しているのである。水汲みは大変だったから水を大切  
にしたという事例や、接客は大変だが色々な話を聞ける  
ので楽しんだという事例からもわかるだろう。制約と心の  
豊かさが両立し得るのである。

「水は町内にある共同の井戸で桶に汲んでから天秤で担い  
で運んだ。姉妹・弟で当番を決めて運んだものだが子ども  
にとっては大変きつい手伝いだったな。だから米の研ぎ  
汁を掃除に使うなど、水は本当に大切にしたもの。」(秋  
田県秋田市 大正 8 年生まれ 女性)

「お盆やお彼岸の時は、お参りに来た人達を案内したり履  
物を揃えたり、お茶を出したりするなど手伝いをしたもの  
だった。そんな忙しい中でもお客さんから色々な話を聞く  
のが楽しみでもあった。」(秋田県秋田市 大正 8 年生まれ  
女性)

「何も不足言わんの、誰も。手伝いしても不足言わへん、  
当たり前と思ってる。」(三重県尾鷲市 大正 11 年生まれ  
男性 大正 9 年生まれ女性)

私たちは、地域の一員として、家族の一員として、与えられた役割を果たし、心豊かになるために、現在の暮らし方を見直す必要があるだろう。私たちの社会は、もはや、誰からか役割を与えられるのを待っていても誰も与えてくれない社会になってしまった。自ら自分がどのような役割を与えられているのか考え、その役割を果たさなければならないのである。

## 5. 終わりに

本稿では、90歳ヒアリングにより得られた戦前の暮らしの事例の中から、「与えられた役割を果たす」ということに着目し、与えられた役割を果たすことには、暮らし方を伝承するという重要な意味を持つと同時に心豊かであったことを示した。

「手伝いは嫌」だから手伝いをやらない、という暮らし方の選択をしてしまうと、思わぬ落とし穴にはまってしまう可能性があることを知らなければならない。便利なものが暮らしに導入され、子どもの手伝いが減少した。その結果、今、何が失われようとしているのか、どのような心の豊かさが失われようとしているのか、しっかりと考えなければならないのである。

人は人の役に立ちたいと思うのである。青森県青森市の大正3年生まれの100歳の女性が、このようなことを私に言った。

「我慢強くいきなくちゃ。長生きしようとは思っていない。100歳になると周りにお世話になりっぱなし。最後はモノ

に感謝するんです。」(青森県青森市 大正3年生まれ 女性)

今までは自立して生きてきたが、さすがに100歳になりいろいろと不自由になると、家族や周りの人に助けをもらうことが多くなった。お世話になることが多すぎて、感謝しても感謝しきれない、だから、モノに感謝するというのである。100歳になっても与えられた役割を探し、それを果たそうとする女性の笑顔には心の豊かさが溢れていた。

## 謝辞

90歳ヒアリング調査では、90歳前後の方々に戦前の暮らしについて2時間以上の長時間にわたってお話をいただいた。内容について掲載させていただいたのは次の方々である。心より感謝申し上げたい。内田久子氏、富田得治氏、濱口春樹氏、篠崎英文氏、牧田次男氏、牧田淳子氏、廣瀬慎氏、添沢唯四朗氏、中垣義信氏、本多つき氏、山下たか氏、木下いまえ氏。



図7 与えられた役割を語る100歳の心の豊かさ(右は筆者)



## 連続コラム 沖永良部島から考える 『心豊かに暮らすということ』

### Ⅶ 「環境と成長の両立を地方から考える」沖永良部島シンポジウム

(合) 地球村研究室 代表社員、東北大学 名誉教授 石田秀輝

#### 1. 南の島は寒い！

初めての島の冬、太陽が出ている日には、半袖でも大丈夫かな…という程度だが、曇りの日は、寒い！元旦の気温はこの冬最低の17.5℃、しっかり着込んでモコモコである。

もう「昨年」になってしまったが12月22～23日、第5回沖永良部島シンポジウムを開催した。4回目までは、半日程度のシンポジウムだったが、今回は、環境省の「地域における草の根活動支援事業」による助成や企業の皆さんにも助けていただき、2日間しっかりと議論を尽くそうということになった。島外から約60名、島内参加者を含め約300人のシンポジウムは、島でもきっと大きな会だったのではと思う。20日には、スタッフを含め20人ほどが来島、我家「酔庵」で、前々夜祭、翌21日は、島外からの参加者及び島のスタッフの皆さんら約70名が酔庵の庭に集まり、前夜祭。素敵な夕日を見て頂こうと思っていたものの、残念ながら寒い曇り空…。22日午前中は大型バスで島内探検を楽しんでいただこうと計画したものの、この日も太陽が顔を出したのは、ほんの短時間だけ…。きっと、多くの方が暖かい南の島を期待していっしょだったのだらうと思うと、聊か気が引けた。

それでも、島人たちの素敵なもてなしの心で前夜祭も22日夜の大交流会も三線や踊りを皆楽しんで頂いたようで、これで少し安堵。本当に芸達者の島人たちの心意気に感謝！である。

#### 2. 「環境と成長の両立を地方から考える」ということ

先回のコラムで「環境と（経済）成長の両立」は賞味期限が切れている旨書かせていただいた。今求められる持続可能な社会とは、地球環境と心豊かな成長の両立であり、その結果として経済的な価値が生み出されるものだと思っている。その予兆は、すでに明確に生活の中に現れ始めている。地球環境という視点では、昨年7月に中心気圧920hPaという超大型台風が奄美群島を含む南西諸島を襲い、8月には日本各地で大豪雨を引き起こした。これらは、日本の南、北回帰線付近の水温が異常に高くなった結果の一連の現象である。デング熱が流行し、植物（食物）の高温障害も顕著となり、2040年頃までには南からの温暖化と北からの海水の二酸化炭素吸収による酸性化で、日本近海の珊瑚は絶滅する可能性さえ顕著になってきた。山の木が無計画な伐採により、結果として生態系が破壊されるのと同様、海の木（珊瑚や海藻）も無くなってしまふかもしれないのである。気候変動だけではない、資源もエネルギーも食料も生物多様性も水も…生活に影響を与えるほどの急速な劣化を示し始めている。一方では、豊かさの価値も大きな変化を示し始めた。日本では、1980年代半ばから、物より心の豊かさを求める傾向が顕著に現れ、両者の差はすでに30ポイント以上の開きを見せている。若者は車より自転車のほうがおしゃれと考え始め、フリーマーケットで物々交換することに抵抗がなくなり、家庭菜園やガーデニングを楽しみ、週末は自然と親しむことが当たり前になり、ヴィンテージではない古いものを修理して使うことがカッコ良いと感じるようになって来た。

すでに、物質的なもののみを追いかける近代社会は成熟し、次の定常状態を求めているのである。それは、物質的なものから精神的なもの、すなわち文化の醸成に他ならない。この物質的なものから精神的なものへの移行過程は、すでに人類史が経験の中で明らかにしているものでもある。狩猟社会では、生きるための狩猟が成熟することで、コミュニティーや言語が生まれ、さらに洞窟壁画に代表される精神的なものに移行していった。農耕社会では、食糧生産が流通のためのシステムや都市を生み出し、それらが成熟することで大衆芸能を創り上げた。近代社会では、物質的な豊かさが飽和し、ICTなどを通して均一世界を創り上げ、そして今、大きな転機を迎えようとしている。その最先端にいるのが日本であり、

そういう意味では日本は今大きな岐路に立っているのである。従来の延長ではない、新しい精神的な価値観（文化）を醸成することで、新たな定常状態を創ることが求められているのである。

重要なことは、狩猟社会や農耕社会の熟成課程が明らかにしているように、その価値観の醸成は、ゼロからの醸成ではない、確かな未来（定常状態）は懐かしい過去にあり、今までのあらゆる経験の中にそれは隠されており、それを足場を変えて見つける作業が必要なのである。そして懐かしい過去を色濃く残しているのは、紛れもない地方なのである。だからこそ、『環境と成長の両立を地方から考える』必要があると思っている。

### 3. 沖永良部シンポジウム

第1部の基調講演には、コウノトリも住める町づくりを進めている兵庫県豊岡市の中貝宗治市長に「コウノトリと共に生きる～豊岡の挑戦～」、地球環境や生物多様性に深い造詣をお持ちでサンデーモーニング（TBS）のコメンテーターとしてもおなじみの涌井雅之氏に「島が語る持続的未來」、静脈産業のサプライチェーン構築に正面から取り組まれているアマタホールディングス会長熊野英介氏に「資源は使う時代から創る時代へ - 循環システムによる地域関係性修復事例 -」の話を頂いた。政・学・産のお立場で「今私たちが考えなければならないこと」が何か、極めて高い視点での問題提議をして頂いた。これを受けて、第2部「今私たちが考えていること」の事例として「環境と芸術の引力 90歳フィルムのはじまり」と題して90歳ヒアリングの映画づくりをしている、（一社）感光舎の菅原由さんが、さらに、「人がつながる→人が元気になる→字（あざ）が元気になる→町が元気になる ～字・町のこれからのこと みんなで一緒に考える～」と題して和泊町まちづくり協力隊の永山みさ子さん、吉成泰恵子さんがまちづくりの実践例を紹介して下さった。

第3部では、「今、求められるものは何か」と題して、東北大学の古川柳蔵氏をモデレータに、（一社）場所文化フォーラム名誉理事の吉澤保幸氏、心理療法家の川畑のぶ子氏、鹿児島大学特任講師の萩原豪氏、沖永良部島ファンクル塾塾長の政田照雄氏、和泊町役場の長尾太志氏、知名町役場の永野道也氏によるパネルディスカッションが行われ、島の素敵とは何か、それを取り戻すことは経済的な価値も生み出すことである（域際収支）など、いくつかの新しい視点を提供していただいた。

翌23日は、「沖永良部島が失ってはならない5つの価値」について議論した。これは、主に古川柳蔵氏が開発した生活価値創出手法である「90歳ヒアリング」を沖永良部島で実施した結果から得られたものである。この90歳ヒアリングは、2013年13名、2014年20名を対象に実施したが、今回は分析が完了している2013年度分のみを利用した。分析により、沖永良部島の暮らしを創ってきた30の価値が明らかになり、その中から特に密度が高いものを再整理して、5つの価値に集約した。その価値とは次のようなものである。

1. 「食」山や海から恵みの食材を頂き、豚、ヤギ、鶏を飼い、松葉やソテツを燃料に、自給自足の生活の中に多くの楽しみさえ見つけた。
2. 「自然」食も、仕事もすべてが、豊かな海、豊かな山、豊かな水の恩恵であった。
3. 「集い」イイタバ（結）や共同作業場を基本に、自分たちで共同して冠婚葬祭から生活場までのあらゆることやものを創り上げた。
4. 「楽しみ・遊び・学び」大人は、たしなみとして三線、歌、踊りを覚え、それが遊びであり、楽しみとなりさらには恋の醸成にも繋がった。つらい水くみや草刈りも、それを楽しむことを考え、ハレの日（先祖供養、学芸会、敬老会）は、食や芸の披露会にもなった。
5. 「仕事」農業、漁業、砂糖づくり、塩づくり、運搬…子供にも暮らしの役割があり、一人でいくつもの仕事を持ち、仕事と生活の境界には、明確な線引きはなかった。

これらの価値を我慢することなく、現在の生活の中で活かすにはどうすればよいのかを、島内外のメンバーで構成された5つの分科会に分かれ議論が行われた。

朝9時から始まった分科会はどれも熱を帯び、12時まで分科会ごとにまとめを提出していただく予定が、昼食も忘れて議論が進んだところもあった。その各々についての詳細は、割愛せざるを得ないが、「食」では、月桃や田芋のブランド化、保存食の伝承、地方都市との交流や考えるための場づくりが提案された。根底に流れているものは、自給自足



左上から時計回りに：熱心にシンポジウムの講演に聞き入る参加者、盛況だったシンポジウムの様子、積極的に議論に参加する分科会の参加者たち、分科会での議論を共有する参加者たち。

できるものはそれに近づけよう、あるいは本土からの食材を定常的に利用することでお金がどんどん島から出て行く事への危機感もあったのではないかと感じている。「自然」では、残さねばならない価値にどうやって気づかせるのか、あまりに豊かであった過去の島の自然を呼び戻したい、子供にも大人にも見せる / 体験させることで伝えたいとの提案があった。島でもっとも高い標高 245 メートルの大山では、今、山の再生が検討されていると聞く、森里海の連関をあらためて意識し、自然再生やその体験を通して山も海も豊かな沖永良部を蘇らせて欲しいと願っている。「集い」では、危機感の共有、世代のつながり、そして子供たち、大人たちの場づくりが重要でそれが子供の教育や文化の伝承に繋がるとの報告があった。まずは、場をつくり、まだ消えていない価値に再度火をつけることが重要なのだろう。その後、早速、字で今はもう使わなくなった湧水場（島には川はほとんど無く、すべて地下水を使っていた、その地下水が湧き出る場所を湧水場という）を、新しい場づくりに利用しようと、雑草や木に覆われて見えなくなっていた場所を皆で切り開いたという嬉しい話も聞いた。「楽しみ・遊び・学び」では、自然・先祖との関わりを失っている今、自然や海と戯れる機会を創りたいとの提案があった。あたり前に有る、でも知らない自然や島の唄に向き合う場を創る事が求められているのかもしれない。最後の「仕事」では、利便・効率文化の劣化に繋がっていること、子供と大人の役割を暮らしの中でもう一度見直す、おもてなしの心を産業に、山里海の連環（ソテツを植える）の再生などの意見や提案があり、島の自然が生み出す仕事のあることをあらためて認識させられた。

島内外の方々が互いに異なる視点で意見を出し合えたこと、その導火線ともなる懐かしい島の写真を分科会ごとに事務局が準備してくださったこともあったのだろうが、どれもがすばらしい議論であった。これからこの島で、具体的な形にしなければならない価値の基盤は自然であり、その上に、食やエネルギーの自給自足化、自然再生、価値再生の場づくりが求められていることが明らかになったように思う。それは、自然に生かされていることを知り、自然を活かすことを楽しむ心のあり方であり、この暮らしのかたちを「沖永良部してる？」と、問いかけることで確認しようという、素敵な提案まで飛び出した。





楽しく交流し、経験と知識を共有する。左上から時計回りに、それぞれ前夜祭、島内見学会、交流会の様子。

#### 4. シンポジウムを終えて

今、この国はある意味歴史の岐路に立っている。次の一步は成熟した近代社会に必要な次の定常状態を明らかにすることであり、それこそが、精神的な文化への移行なのだろう。それは、世界均一化の方向とは真逆に見えるが、それこそが定常化と言う収束する方向であれば、まさに今議論していることこそが真のイノベーションなのだろう。

シンポジウムの総括を最終日にさせて頂いたが、そのまとめをしゃべっている間中、ジョン・オダネル(報道写真家)の「焼き場にたつ少年」の写真が、頭から離れなかった。1945年長崎の爆心地付近で、死亡した妹を背負い、焼き場の順番を待っているあの10歳くらいの少年の写真である。やり場のない怒りを小さな少年が妹の屍骸と共にすべて背負っているかのような写真である。どうして、そんな写真が頭に浮かび、離れなかったのか、今でも答えは見つからない。ただ、少なくともすでに多くの予兆が明らかにしている中で、政治も経済も今が成熟しきった近代社会であることを認めず、お金という物差しで物質的な豊かさを計ることのみが正義だと公言してはばからない現実に、怒りとも焦燥感ともつかない想いを募らせていた結果かもしれない。

日本は閉塞感に覆われている、未来を信じられないことで子孫を残すことをためらっているようにも見える。少子化は確かに問題ではあるが、子供をどうやって増やすかではなく、成長の概念をほんの少し足場を替えてみるだけで、そこには一石二鳥にも三鳥にも見える解があることも明らかである。

沖永良部島は、2040年には総人口9300人、若年女性人口は約600人で、消滅可能性都市と分類された(日本創成会議 人口減少問題検討分科会データ2014)。本当にそうなのか?それは従来の物差しでの評価に他ならないことをこれから証明して見せなくてはならない。そして、あらためて確信した、環境と成長の両立を考えられるのは自然観が色濃く残る地方からなのであることを。

# 国内動向

## 育児・介護等に携わる研究者を支援する研究支援員制度の利用者を募集 (2015.1.6)

大阪大学は、常勤、非常勤の教員・研究員、又は日本学術振興会の特別研究員 (PD/RPD) に対して、育児・介護等に携わる研究者を支援する研究支援員制度の利用者を募集する。

[http://www.osaka-u.ac.jp/ja/news/topics/2015/01/20150106\\_03](http://www.osaka-u.ac.jp/ja/news/topics/2015/01/20150106_03)

<http://www.osaka-u.ac.jp/ja/guide/diversity/gender/support>

## 中国・韓国語の特許文献を日本語で検索可能に (2015.1.5)

特許庁は「中韓文献翻訳・検索システム」の本格版を本年1月5日から提供している。昨年11月から提供していた試行版と比べて、約200万件の中国文献が新たに検索可能となる。

<http://www.meti.go.jp/press/2014/01/20150105001/20150105001.html>

## 2014年人口動態統計の年間推計 (2015.1.1)

厚生労働省は平成26年(2014年)人口動態統計の年間推計を公表した。これによると日本の人口は一年間で26万8千人減少し、120,287,000人となった。また結婚が64万9000組に対して、離婚は22万2000組であった。

<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/suikai14/dl/honbun.pdf>

## 化学物質の環境リスク初期評価の結果 (2014.12.25)

環境省は、化学物質による環境汚染を通じて人の健康や生態系に好ましくない影響が発生することを未然に防止するため、中央環境審議会環境保健部会化学物質評価専門委員

会における審議に基づき「環境リスク初期評価(第13次取りまとめ)」をまとめた。その結果、健康リスク初期評価で3物質が、生態リスク初期評価で4物質が「詳細な評価を行う候補」とされた。

<http://www.env.go.jp/press/100158.html>

## ナノテクノロジー・材料分野 俯瞰ワークショップ報告書「バイオナノテクノロジー領域分科会」(2014.12.25)

科学技術振興機構(JST)研究開発戦略センター(CRDS)は、2014年8月28日に開催したナノテクノロジー・材料分野俯瞰ワークショップ「バイオナノテクノロジー領域分科会」での議論をナノテクノロジー・材料分野 俯瞰ワークショップ報告書「バイオナノテクノロジー領域分科会」としてまとめ、公開した。

<http://www.jst.go.jp/crds/pdf/2014/WR/CRDS-FY2014-WR-10.pdf>

## 調査報告書「次世代ものづくり～基盤技術とプラットフォームの統合化戦略～<中間とりまとめ>」(2014.12.25)

科学技術振興機構(JST)研究開発戦略センター(CRDS)は、多くの外部有識者から伺った内容や中村理事長をはじめとするJST内の民間企業出身の役職員との密な議論のもとに、調査報告書「次世代ものづくり～基盤技術とプラットフォームの統合化戦略～<中間とりまとめ>」を取りまとめて公開した。

<http://www.jst.go.jp/crds/pdf/2014/RR/CRDS-FY2014-RR-04.pdf>

### **国際的動向を踏まえたオープンサイエンスに関する検討会 (2014.12.19)**

内閣府総合科学技術・イノベーション会議は、オープンサイエンスに係る世界的議論の動向を的確に把握した上で、我が国としての基本姿勢を明らかにするとともに、早急に講ずべき施策及び中長期的観点から講ずべき施策等を検討するため、「国際的動向を踏まえたオープンサイエンスに関する検討会」を設置した。その第1回検討会が平成26年12月9日に開催され、検討会の議事録と配布資料が公開された。

<http://www8.cao.go.jp/cstp/sonota/openscience/1kai/1kai.html>

### **ビッグデータ CoE を設立 (2014.12.18)**

筑波大学システム情報系社会工学域は、本年1月1日、10年プロジェクト「サービス開発・改善のためのビッグデータ利活用」という学術的フロンティアに特化したCoEを自主的に創設し、“サービス工学×ビッグデータ”の分野で世界最高峰の研究拠点を目指す。

<http://www.tsukuba.ac.jp/news/n201412190900.html>

### **第7期ナノテクノロジー・材料科学技術委員会配付資料公開 (2014.12.18)**

文部科学省は、第6～8回分の第7期ナノテクノロジー・材料科学技術委員会の配布資料を公開した。科学技術振興機構・研究開発戦略センター（JST-CRDS）の俯瞰分析等の有用な資料が含まれている。

[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/015-6/shiryo/1354093.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/015-6/shiryo/1354093.htm)

[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/015-6/shiryo/1354086.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/015-6/shiryo/1354086.htm)

[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/015-6/shiryo/1354074.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/015-6/shiryo/1354074.htm)

### **不正再発防止アクションプラン (2014.12.16)**

理化学研究所は「研究不正再発防止をはじめとする高い規範の再生のためのアクションプラン」への取組状況に関する資料を公開した。また同日、「研究論文に関する調査委員会」より調査報告書の提出があり、これを受理したことを明らかにした。併せて野依理事長のコメントを公開した。

<http://www3.riken.jp/stap/j/u12document18.pdf>

<http://www3.riken.jp/stap/j/c13document5.pdf>

<http://www3.riken.jp/stap/j/o15document3.pdf>

### **科学研究の健全性向上のための共同声明 (2014.12.11)**

(一社) 国立大学協会、(一社) 公立大学協会、日本私立大

学団体連合会及び日本学術会議は連名で、我が国の学術界の責務として各団体が協力して研究の健全性向上のために活動するという共同声明を公表した。

<http://www.scj.go.jp/kohyo-23-261211.pdf>

<http://www.scj.go.jp/en/pdf/kohyo-23-261211e.pdf>



# CUTTING-EDGE TECHNOLOGIES

Biomimetic liquid-repellent surfaces

~Learning from nature how to repel liquids~

プレスリリースより

豊蔵レポートより

台湾 ITRI より

MEMS 関連情報

バイオメテックス研究会より

## **Biomimetic liquid-repellent surfaces ~Learning from nature how to repel liquids~**

**Gary J. Dunderdale, Chihiro Urata, Mathew W. England, and Atsushi Hozumi\***

**Materials Research Institute for Sustainable Development, National Institute  
of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)**

「蓮は泥より出でて泥に染まらず」といわれるように、蓮の葉には驚異的な撥水性があり、汚れが付きにくく落ちやすいという Self-cleaning（自己洗浄）機能があることはよく知られている。これらの機能を模倣した材料、表面処理に関する研究は 90 年代から日本を中心に進められ、最近のバイオミメティクス（生物模倣技術）ブームにも乗って世界的に再び活況を呈している。最近では、水だけでなく油に対して優れた撥油性を示す表面の開発が世界中で展開されている。その中でも、水中で撥油性を示す表面は、防汚処理、耐生物付着抑制、配管内部の液体との摩擦低減など、様々な工業プロセスへの展開が期待できる。本稿では、この水中撥油性に焦点を絞り、その研究開発の動向をレビューしながら、我々が開発した外部刺激に応答して水中撥油性を示す新規なバイオミメティクス表面を紹介する。

### **Introduction**

The control of interactions between liquids and solid surfaces is important and advantageous in practical applications. These situations not only surround us on a daily basis, such as fogging of car windshields, the non-stick properties of cooking pans and utensils, and calcification of bathroom taps and showerheads by water, but also occur in industrial applications, damage to infrastructures such as electricity networks, fouling and blocking

of sewers by fats, and corrosion of metallic machine parts. To overcome these problems accompanying adhesion/contamination by various liquids, the creation of superhydrophobic surfaces has been studied extensively over the last few decades. The goal of these studies has been to generate surfaces with large water contact angles (CAs), in an effort to minimize the contact between the water drop and the solid surface to prevent fouling, as well to enable water drops to easily roll off the surface.

To create these types of surfaces, the solid surfaces have been modified principally with coatings (monolayers, thin films and so on) containing chemically inert functional groups (alkyl or perfluoroalkyl) to reduce surface energies, leading to very weak interactions with water. But, the maximum achievable static CA of water on the surfaces terminated with the alkyl functional groups is only around  $110^\circ$  [1]. Using fluorinated chemical groups this static water CA can be increased up to around  $120^\circ$ , because their surface energies are extremely low and therefore allow only a weak interaction between the surface and water [1]. Thus, most studies related to this research field are unsurprisingly focused on the effects of perfluoroalkyl groups rather than alkyl groups. However, even with the use of these low-surface energy compounds, static CAs are far from the ideal CAs of  $180^\circ$ .

To achieve superhydrophobicity like a lotus leaf surface, several 'tricks' are required. By introducing a roughness to the surface, the majority of the water-solid surface interface is no longer oriented parallel to the substrate. This results in the apparent CA increasing up to  $180^\circ$ , although the actual CA is identical to that measured on a smooth surface. In fact, a specific type of roughness called "Negative Re-entrant Surface Curvature" is reported to be useful to achieve high apparent CAs [2]. Using these techniques, it is possible to create surface on which water drops 'bead-up', meaning that they have high apparent CAs and form an almost perfect sphere. These highly spherical drops are said to be in the Wenzel state, and have a very small footprint, resulting in good mobility on the surface. If the roughness of the surface becomes sufficiently high, and the coating has a high CA, the water drop no longer wets the whole surface and floats on air pockets under the droplet. This is referred to as the Cassie-Baxter state.

However, there are several problems in this nanostructured perfluorinated surfaces. First, to achieve the desired nanostructures very specialized and complicated techniques are required. Second, under certain situations, such as exposure to vapor or high pressure, water can penetrate into the nanostructured surface leading to complete loss of the dewetting properties (Cassie-Baxter to Wenzel transition). Third, perfluorinated compounds can be difficult to process and an extreme environmental burden because of their high chemical/physical stability. Particularly, a precursor to many perfluorinated compounds (perfluorooctanoic acid) is considered to be harmful to both human health and the environment [3-5]. Thus, several apparel makers have now declared that they will cease to use this compound after 2015 [6]. To overcome these shortcomings, we

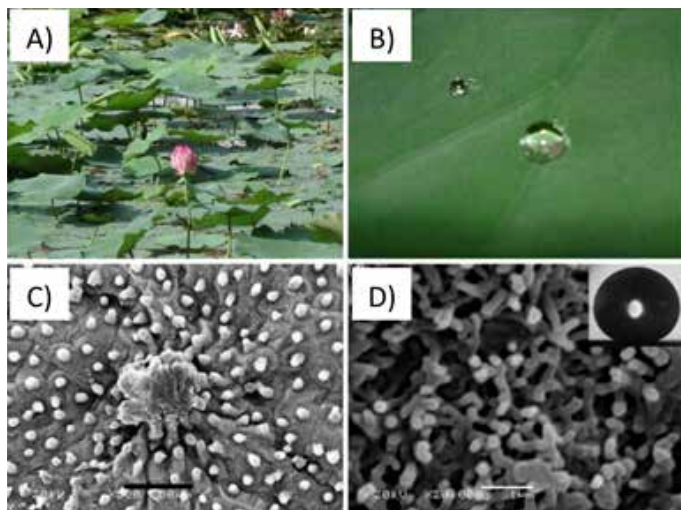
have previously proposed an environmentally-friendly process not relying on long chain perfluorinated compounds to create 'non-stick' surfaces [7]. Our process is based on the control of contact angle (CA) hysteresis, which is defined as the difference between the CA as a liquid advances across a surface ( $\theta_A$ ), and the CA as the liquid recedes from the surface ( $\theta_R$ ), because the mobility of a liquid drop on a surface depends on CA hysteresis. As some of us have previously reported, if CA hysteresis is negligible, then there is very little resistance to movement of the liquid drop, even if the CAs are very low. This enabled us to create 'non-stick' surfaces toward various liquids (including high and low surface tension liquids), not relying on surface texturing and subsequent perfluorination [8].

In this article, we report on our recent research into creating surfaces with very low CA hysteresis toward various oil drops when submerged underwater. These surfaces are inspired by nature, and mimic the surface of a variety of living organisms.

### **Biomimetic superhydrophobicity**

Many biological surfaces have excellent hydrophobicity or anti-fouling properties. As fluorine and perfluorinated compounds are very rare on earth, it would be difficult for plants to synthesize / accumulate enough to coat their outer surfaces. Therefore most plants generally do not rely on perfluorinated compounds, but rather surface structures to achieve hydrophobicity or anti-fouling properties. In particular, as shown in Fig.1, the lotus leaf has been the most highly studied natural object as a model surface of superhydrophobicity. It makes use of a hierarchical micro/nanostructured surface containing lots of raised pillars with negative surface re-entrant curvature, and a hydrophobic coating consisting of waxy molecules to generate high CAs (Figs. 1C and D). This allows water drops to slide off the surface easily. Furthermore, other biological surfaces, such as the wings of a cicadas, the legs of water striders [9], the backs of desert beetles, the wings of butterflies [10], and the leaves of many plants [11] (such as rice leaves), have been also studied and found to show excellent superhydrophobicity. Similar to the lotus leaf, these surfaces are commonly highly nanostructured and covered them with hydrophobic molecules, which leads to the excellent hydrophobicity. Researchers have copied these types of surfaces found in nature by replicating similar structures on synthetic surfaces and terminated with hydrophobic groups (alkyl or perfluoroalkyl groups) [10]. Thanks to these physical and chemical effects, artificial surfaces can achieve superhydrophobic





**Fig. 1** Lotus leaves have been widely researched as a model surface for studying superhydrophobicity. A) and B) show photos of the lotus leaves and water drops on them. C) and D) are scanning electron microscope images of the lotus leaf surface with hierarchical micro/nano structures (inset, picture of water droplet on the lotus leaf surface). Reprinted from *Plant Sci*, 172, 6, Guo et al, Biomimic from the superhydrophobic plant leaves in nature: Binary structure and unitary structure, 1103-1112, © 2007, with permission from Elsevier.

properties. Such biomimetic superhydrophobic surfaces can also have excellent anti-fouling properties [12].

### Underwater superoleophobicity

Increasing attention has recently been paid to the creation of superoleophobic surfaces rather than superhydrophobic surfaces [13]. Surface tension of *n*-hexadecane (28 mN/m) is much lower than that of water (72 mN/m). This means that it is much more difficult to get oil drops to ‘bead-up’ into a perfectly non-contacting spherical shape. Thus, it is very challenging to fabricate superoleophobic surfaces that strongly promote dewetting of various low surface tension liquids. Actually, until now, there have only been a limited number of papers describing the preparation of such superoleophobic surfaces on which low surface tension liquids can easily dewet and roll off.

One recent key trend in this research area is underwater oleophobicity/superoleophobicity. Such underwater oleophobicity/superoleophobicity would be particularly useful for marine applications, cleaning up of oil-spills, industrial processes, and removing oils and greases from surfaces by washing with water in domestic applications.

The first example of an underwater superoleophobic surface based on a biomimetic approach was reported by Liu et al [14]. They got ideas of anti-fouling surfaces from underwater marine life (such as fish). Fish always keep their bodies clean even after exposure to oil during an oil-spill disaster. Upon inspection of fish scales, they found hierarchical nanostructured surfaces consisting of calcium phosphate. This inorganic layer is very hydrophilic

and a highly hydrated layer of mucus and proteins is covered on the top of this inorganic framework. These calcium phosphate and hydrated mucus layer are very hydrophilic, leading to a strong preference to be wetted by water rather than oil. Lui et al. reported that the static CA of the fish scales in water was  $156^\circ$ . They replicated both the surface morphology and hydrophilic nature of the fish scales surface using polyacrylamide gel. The resulting sample surface was found to be very oleophobic underwater, having a large CA ( $174^\circ$  1,2-dichloroethane) greater than that of fish scales. They also measured the adhesion force between an oil drop (1,2-dichloroethane) and the sample surface, in which adhesion force was found to be extremely small ( $<1 \mu\text{N}$ ), compared to that of a smooth silicon surface ( $>25 \mu\text{N}$ ).

Nanostructured calcium phosphate surface was also found on the clamshells by the same group [15]. This nanostructured surface without any mucus layer showed very low adhesion to oil drops (dimethyl silicone oil) ( $<1 \mu\text{N}$ ). To mimic this clamshell surface, they used copper as a model substrate and etched by ammonia to obtain a similar nanostructured hydrophilic surface. The sample surface displayed excellent underwater superoleophobic and anti-fouling properties (static CA of  $163^\circ$  and an adhesion force was only  $<1 \mu\text{N}$ ).

Another unique underwater superoleophobicity is also observed on the sharkskin surface. Sharkskin consists of randomly raised areas called “dermal denticles”. These denticles are ribbed with the riblets orientated parallel to the direction in which the shark swims. This unique surface morphology is thought to reduce the drag on the shark’s body during swimming. Researchers have artificially reproduced this surface topography by soft lithography of PDMS and found significant reductions in drag

with water. Along with this low fluid resistance, the resulting sample surfaces also showed superoleophobic properties when submerged underwater [16].

Besides these structure-dependent superoleophobic treatments, several researchers have also mimicked the hydrated mucus layer of the fish scales. We used water-soluble polymer brushes to functionalize substrates with a biomimetic mucus layer [17]. When submerged in water these polymer layers are highly hydrated by water, swelling 3-10x in thickness by the uptake of water. This results in the formation of a composite surface which can be up to ~80 % water by volume. When oil droplets (such as n-hexadecane) were placed on these surfaces, they indicated very high dynamic CAs ( $\theta_A/\theta_R = 163^\circ/161^\circ$ ) and low CA hysteresis ( $\Delta\theta = 2^\circ$ ) due to the very hydrophilic nature of the hydrated polymer layer. This leads to excellent underwater oil repellent properties as shown in Fig.2 (left image). Other types of highly hydrated polymer surfaces, such as hydrogel consisting of poly(*n*-isopropylacrylamide) (pNIPAM) [18] or polyelectrolyte multilayers consisting of oppositely charged ionic polymers [19] have also been reported. They showed underwater superoleophobicity with the static CAs of 1, 2-dichloroethane are  $159^\circ$  and  $164^\circ$ , respectively.

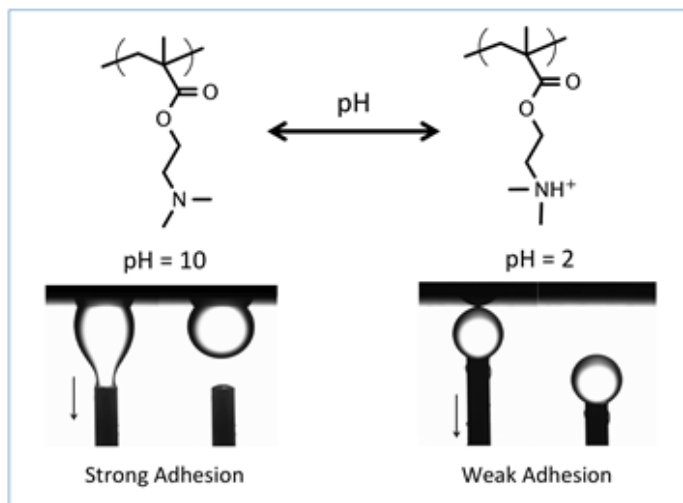


**Fig. 2** pH-responsive oleophobicity of our polymer brush surface: This superoleophobicity can be activated (left image, pH = 2) and deactivated (right image, pH = 10) by changing the solution pH. Reprinted from ACS Appl. Mater. Interfaces, 2014, 6 (15), Dunderdale et al Large-Scale and Environmentally Friendly Synthesis of pH-Responsive Oil-Repellent Polymer Brush Surfaces under Ambient Conditions, 11864-11868, © 2014, with permission from ACS.

## Stimulus-responsive underwater superoleophobicity

Living objects respond to various kinds of stimuli from their surrounding environments. From this viewpoint, most studies in surface science and practical coating applications have replicated such biological responsive behaviors in artificial systems for the purpose of achieving unusual surface properties. For example, we have created superoleophobic polymer brushes which respond to three external stimuli - solution pH, salt concentration, and temperature [20]. Two of these responses, pH and salt concentration, changed the dynamic oleophobicity of our polymer brush surfaces. In detail, when the pH of water is changed from low (pH = 2) to high (pH = 10), the chemical nature of the polymer brush changes from highly cationic to neutral. This neutralization results in a dehydration of the polymer brush and so the surface becomes less oleophobic (see Fig. 2). We measured that the advancing CAs only decreased slightly due to the dehydration ( $\sim 165^\circ$  to  $\sim 140^\circ$ ), but the receding CAs decreased dramatically from  $\sim 160^\circ$  down to  $\sim 60^\circ$ . These marked changes in dynamic CAs, and specifically an increase in CA hysteresis, results in a surface on which oil drops freely slide across at pH 2 but on which they are pinned and immobile at pH 10 (see Fig. 3). Similar transitions were observed when the salt concentration (NaCl) was raised from 0 to 2 M. Similar to the results shown in Fig.2, the receding CA reduced significantly while the advancing CA only reduced by a small amount. This leads to a surface on which oil drops can slide across with no added salt, but cannot slide when salt is added. Although the polymer brush was found to change structure in response to temperature, namely a decrease in thickness and hydration with increasing temperature, no changes in dynamic CAs were observed. We proposed that this is due to an inhomogeneous change in the polymer brush layer, which remains highly hydrated at the surface at high temperatures.

Other types of stimulus-responsive underwater (super)oleophobic surfaces have also been reported. For example, Tan et al [21] prepared pH-responsive polymer brushes which can control their adhesion strength to oil drops, demonstrating significant adhesion or less adhesion/easily removal from the surface. Lui et al [22] created polypyrrole surfaces which can be oxidized or reduced by applying a positive or negative electrical potential to the surface. This changes the static CAs from  $\sim 150^\circ$  to  $\sim 110^\circ$  (with 1, 2-dichloroethane) along with the adhesion strength of oil drops from  $8.7 \mu\text{N}$  to  $1.6 \mu\text{N}$ . Consistent with these changes sliding of the oil drop across the surface could be arbitrarily controlled. Xu et al [23] reported a underwater superoleophobic



**Fig. 3** Stimulus-responsive underwater superoleophobicity of water-soluble polymer brushes. Top – the chemical structure of the polymer brush containing tertiary amine groups, which can be protonated or deprotonated depending on pH. Bottom – Changes in adhesion of n-hexadecane drops to the surface depending on the solution pH.

surface which is responsive to mercury ions. They employed polyacrylic acid (PA) for mercury detection. When mercury ions are present in the water, they form complexes with the carboxylic groups of polyacrylic acid, and presumably cause dehydration of the polymer chains, leading to a loss of underwater superoleophobicity. They also applied this coating system to oil-water separation. In the absence of mercury ions the PA-covered mesh allowed water to pass through but not oil, whereas when 1 mg/ml mercury ions are present the mesh allowed both oil and water to pass through. Finally, Chen et al [24] created thermally responsive hydrogels from the polymer PNIPAM. These hydrogels change static CAs of oil (1,2-dichloroethane) from  $\sim 150^\circ$  at temperatures below  $25^\circ\text{C}$  to  $\sim 125^\circ$  at temperatures above  $30^\circ\text{C}$ . By taking advantage of this great difference in CAs at different temperatures, sliding of the oil drops could be controlled arbitrarily by the applied temperature.

## Conclusions

Various useful strategies for creating superoleophobic surfaces both in air and submerged underwater have been inspired by nature. Based on the principles of these biological mechanisms combined with human wisdom, we are able to achieve superior surface properties compared to those observed in nature. In actually, most of the artificial surfaces discussed in this article have better oleophobicity than the fish scale investigated by Lui et al. And as has been discussed, underwater superoleophobic surfaces possessing stimuli-responsive properties are good examples that demonstrate the potential utility of biomimetic approaches in the generation of such multifunctional properties, which are not observed in nature. Deeper understanding of the

principles of the strategies used by nature is crucial to apply them to future material processing. We believe that biomimetics have infinite possibilities in our daily life and important industrial applications in the future.

## Acknowledgements

This work was partially supported by a Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas (A.H. and C.U.; No. 24120005) of The Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology (MEXT), Japan.

## References:

- [1] Adamson, A. W., Physical Chemistry of Surfaces. 6th ed.; John Wiley & Sons.
- [2] Tuteja, A.; Choi, W.; Ma, M.; Mabry, J. M.; Mazzella, S. A.; Rutledge, G. C.; McKinley, G. H.; Cohen, R. E. Designing Superoleophobic Surfaces. *Science* 2007, 318, 1618-1622.
- [3] Martin, J. W.; Mabury, S. A.; Solomon, K. R.; Muir, D. C. G. Dietary Accumulation of Perfluorinated Acids in Juvenile Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*). *Environ. Toxicol. Chem.* 2003, 22, 189-195.
- [4] Martin, J. W.; Mabury, S. A.; Solomon, K. R.; Muir, D. C. G. Bioconcentration and Tissue Distribution of Perfluorinated Acids in Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*). *Environ. Toxicol. Chem.* 2003, 22, 196-204.
- [5] Martin, J. W.; Whittle, D. M.; Muir, D. C. G.; Mabury, S. A. Perfluoroalkyl Contaminants in a Food Web from Lake Ontario. *Environ. Toxicol. Chem.* 2004, 38, 5379-5385.
- [6] In 2013 Gore-Tex eliminated the use of Perfluorooctanoic



acid.

[http://news.gorefabrics.com/en\\_gb/enterprise/innovation/gore-completes-elimination-of-pfoa-from-raw-material-of-its-functional-fabrics/](http://news.gorefabrics.com/en_gb/enterprise/innovation/gore-completes-elimination-of-pfoa-from-raw-material-of-its-functional-fabrics/)

[7] Park, J.; Urata, C.; Mashedier, B.; Cheng, D. F.; Hozumi, A. Long Perfluoroalkyl Chains Are Not Required for Dynamically Oleophobic Surfaces. *Green Chem.* 2013, 15, 100-104.

[8] Cheng, D. F.; Urata, C.; Yagihashi, M.; Hozumi, A. A Statically Oleophilic but Dynamically Oleophobic Smooth Nonperfluorinated Surface. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2012, 51, 2956-2959.

[9] Gao, X. F.; Jiang, L. Water-Repellent Legs of Water Striders. *Nature* 2004, 432, 36-36.

[10] Bixler, G. D.; Bhushan, B. Bioinspired Rice Leaf and Butterfly Wing Surface Structures Combining Shark Skin and Lotus Effects. *Soft Matter* 2012, 8, 11271-11284.

[11] Guo, Z.; Liu, W. Biomimic from the Superhydrophobic Plant Leaves in Nature: Binary Structure and Unitary Structure. *Plant Sci.* 2007, 172, 1103-1112.

[12] Kirschner, C. M.; Brennan, A. B. Bio-Inspired Antifouling Strategies. *Ann. Rev. Mater. Res.*, 2012, 42, 211-229.

[13] Xue, Z.; Liu, M.; Jiang, L. Recent Developments in Polymeric Superoleophobic Surfaces. *J. Polym. Sci. Pol. Phys.* 2012, 50, 1209-1224.

[14] Liu, M.; Wang, S.; Wei, Z.; Song, Y.; Jiang, L. Bioinspired Design of a Superoleophobic and Low Adhesive Water/Solid Interface. *Adv. Mater.* 2009, 21, 665.

[15] Liu, X.; Zhou, J.; Xue, Z.; Gao, J.; Meng, J.; Wang, S.; Jiang, L. Clam's Shell Inspired High-Energy Inorganic Coatings with Underwater Low Adhesive Superoleophobicity. *Adv. Mater.* 2012, 24, 3401-3405.

[16] Jung, Y. C.; Bhushan, B. Wetting Behavior of Water and Oil Droplets in Three-Phase Interfaces for Hydrophobicity/Philicity and Oleophobicity/Philicity. *Langmuir* 2009, 25, 14165-14173.

[17] Dunderdale, G. J.; Urata, C.; Miranda, D. F.; Hozumi, A. Large-Scale and Environmentally Friendly Synthesis of pH-Responsive Oil-Repellent Polymer Brush Surfaces under Ambient Conditions. *ACS appl. mater. interfaces* 2014, 6, 11864-8.

[18] Lin, L.; Liu, M.; Chen, L.; Chen, P.; Ma, J.; Han, D.; Jiang, L. Bio-Inspired Hierarchical Macromolecule-Nanoclay Hydrogels for Robust Underwater Superoleophobicity. *Adv. Mater.* 2010, 22, 4826-.

[19] Zhang, G.; Zhang, X.; Huang, Y.; Su, Z. A Surface Exhibiting Superoleophobicity Both in Air and in Seawater. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2013, 5, 6400-6403.

[20] Dunderdale, G. J.; Urata, C.; Hozumi, A. An Underwater Superoleophobic Surface That Can Be Activated/Deactivated Via

External Triggers. *Langmuir* 2014, 30, 13438-46.

[21] Tan, K. Y.; Hughes, T. L.; Nagl, M.; Huck, W. T. S. Nonfouling Capture-Release Substrates Based on Polymer Brushes for Separation of Water-Dispersed Oil Droplets. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2012, 4, 6403-6409.

[22] Liu, M.; Nie, F.-Q.; Wei, Z.; Song, Y.; Jiang, L. In Situ Electrochemical Switching of Wetting State of Oil Droplet on Conducting Polymer Films. *Langmuir* 2010, 26, 3993-3997.

[23] Xu, L.; Liu, N.; Cao, Y.; Lu, F.; Chen, Y.; Zhang, X.; Feng, L.; Wei, Y. Mercury Ion Responsive Wettability and Oil/Water Separation. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2014, 6, 13324-13329.

[24] Chen, L.; Liu, M.; Lin, L.; Zhang, T.; Ma, J.; Song, Y.; Jiang, L. Thermal-Responsive Hydrogel Surface: Tunable Wettability and Adhesion to Oil at the Water/Solid Interface. *Soft Matter* 2010, 6, 2708-2712.

## プレスリリースより

PEN 編集室がまとめた最新技術動向をお届けします。

### 鉄原子 42 個からなるカゴ状巨大分子磁石 (2015.1.7)

東北大学、九州大学、中国大連理工大学、高輝度光科学研究センター、熊本大学、九州工業大学、大阪大学の研究グループは共同で、これまでに人工的に合成されたなかで、最も巨大な分子磁石となるカゴ状磁性ナノクラスター分子を開発することに成功するとともに、大型放射光施設 SPring-8 の世界最高クラスの X 線装置と東北大学の強磁場実験施設を用いて、その複雑な分子構造と電子状態を解明した。

<http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2015/01/press20141225-02.html>

### 脳損傷によって失われた運動機能を肩代わりする脳の変化 (2015.1.7)

産総研と理化学研究所は、自然科学研究機構生理学研究所、京都大学、浜松ホトニクス (株) らの協力を得て、脳損傷で失われた運動機能を肩代わりする脳の変化を明らかにした。

[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2015/pr20150107/pr20150107.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2015/pr20150107/pr20150107.html)

### 燃料電池関連の特許実施権を無償で提供 (2015.1.6)

トヨタ自動車 (株) は、燃料電池自動車 (FCV) の普及に向けた取り組みの一環として、トヨタが単独で保有している世界で約 5,680 件の燃料電池関連の特許 (審査継続中を含む) の実施権を無償で提供する。具体的には、燃料電池スタック (約 1,970 件) ・高圧水素タンク (約 290 件) ・燃料電池システム制御 (約 3,350 件) といった、FCV の開発・生産の根幹となる燃料電池システム関連の特許に関

しては、これらの特許を実施して FCV の製造・販売を行う場合、2020 年末までを想定している市場導入初期の特許実施権を無償とする。また、水素供給・製造といった水素ステーション関連の特許 (約 70 件) に関しては、水素ステーションの早期普及に貢献するため、水素ステーションの設置・運営を行う場合の特許実施権を、期間を限定することなく無償とする。この対応は、FCV 導入初期段階においては普及を優先し、開発・市場導入を進める自動車メーカーや水素ステーション整備を進めるエネルギー会社などと協調した取り組みが重要であるとの考えに基づくものである。

<http://newsroom.toyota.co.jp/jp/detail/4663446/>

### 植物のビタミン C 輸送体 (2015.1.6)

岡山大学と理化学研究所の共同研究グループは、アスコルビン酸 (通称: ビタミン C) を葉緑体へ運ぶ輸送体 (トランスポーター) を突き止めた。

[http://www.okayama-u.ac.jp/tp/release/release\\_id260.html](http://www.okayama-u.ac.jp/tp/release/release_id260.html)

### がんの転移を強力に抑制する既存薬を発見 (2015.1.3)

次世代がん研究シーズ戦略的育成プログラム (P-DIRECT) の一環として、九州大学の研究チームは、がんニッチを制御する重要なたんぱく質を発見し、既存薬であるプロパゲルマニウムによって、がん転移を強力に抑制することに成功した。

[http://www.kyushu-u.ac.jp/pressrelease/2015/2015\\_01\\_03.pdf](http://www.kyushu-u.ac.jp/pressrelease/2015/2015_01_03.pdf)

### ナノ網目構造を水で膨潤させたヒドロゲル中に閉じ込める (2014.12.30)

理化学研究所（理研）と物質・材料研究機構（NIMS）の共同研究グループは、互いに静電反発する酸化物ナノシートを磁場に対して垂直な方向に配列し、三次元のナノ網目構造を水で膨潤させたヒドロゲル中に閉じ込めることにより、ユニークな機械的物性が現れる材料の開発に成功した。

[http://www.riken.jp/pr/press/2014/20141230\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2014/20141230_1/)

### iPS細胞を用いて軟骨形成亢進のメカニズムを解析 (2014.12.26)

京都大学の研究グループは、新生児発症多臓器炎症性疾患（NOMID）患者さん由来のiPS細胞から軟骨細胞を分化誘導して解析を行った結果、NOMID細胞は対照細胞と比較して軟骨形成能が亢進しており、かつその分子機構としてcAMP/PKA/CREB経路の活性化が関与していることを明らかにした。

<https://www.cira.kyoto-u.ac.jp/j/pressrelease/news/141226-181501.html>

### 海洋エネルギー発電 4 テーマを採択 (2014.12.25)

新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は、まだ実用化されていない海洋エネルギー発電について、潮流や海流、波力など、新たに4テーマを採択する。

[http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_100342.html](http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100342.html)

### 海流発電システムの実証研究 (2014.12.25)

新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による「海洋エネルギー技術研究開発—海洋エネルギー発電システム実証研究」の共同研究予定先に採択されたことを受けて、（株）IHI および（株）東芝は海流発電システムの実証研究に着手した。

[http://www.toshiba.co.jp/about/press/2014\\_12/pr\\_j2501.htm](http://www.toshiba.co.jp/about/press/2014_12/pr_j2501.htm)

### 耐圧 1600V を達成した高性能ダイヤモンドトランジスタ (2014.12.25)

早稲田大学の研究グループは、電気自動車や電車などの省エネルギーに欠かせない、高効率のインバータとして利用されるダイヤモンド半導体を用いたトランジスタにおいて、ダイヤモンドの表面に存在する正電荷を有する正孔を制御してトランジスタを動作させ、20マイクロメートルの間隔で耐圧1600V、耐熱400℃まで安定な動作を可能とさせることに成功した。

<http://www.waseda.jp/top/news/19130>

### 固体の光電子スペクトルの時間分解計測 (2014.12.24)

理研と、ドイツのキール大学、自然科学研究機構分子科学研究所の共同研究グループは、X線自由電子レーザー（XFEL）施設「SACLA」から得られる硬X線とフェムト秒光学レーザーを用いたポンプ・プローブ型の硬X線光電子分光法により、固体試料構成元素の内殻光電子スペクトルの時間分解計測に成功した。

[http://www.riken.jp/pr/press/2014/20141224\\_1/](http://www.riken.jp/pr/press/2014/20141224_1/)

### 火星に新しい水素の貯蔵庫を発見 (2014.12.24)

東京工業大学の研究者らは、火星隕石の水素同位体分析に基づき、火星地下に新たな水素の貯蔵層が存在することを発見した。水素貯蔵量は過去に火星表面に存在した海水量に匹敵し、現在は地下に凍土あるいは含水化した地殻として存在していることを突き止めた。

<http://www.titech.ac.jp/news/2014/029417.html>

### 昆虫の匂い源探索を担う神経回路 (2014.12.23)

東京大学と米国ハーワードヒューズ医学研究所の共同研究グループは、昆虫におけるフェロモン等の匂い情報の入力から、行動を起こすための命令信号の出力までを担う全ての脳領域と経路を特定した。

[http://www.u-tokyo.ac.jp/public/public01\\_261223\\_j.html](http://www.u-tokyo.ac.jp/public/public01_261223_j.html)

### シリセンの基盤電子構造 (2014.12.22)

東北大学と豊田中央研究所の共同研究グループは、新材料シリセンの層間化合物CaSi<sub>2</sub>を合成し、その電子状態を解明した。その結果、シリセンが見かけ上の質量がゼロとなる電子状態を持つことが明らかとなった。

<http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2014/12/press20141222-03.html>

### バイオマスからのテトラヒドロフラン高収率合成 (2014.12.22)

東北大学の研究グループは、（株）ダイセルと共同で、糖の発酵と脱水により得られる1,4-アンヒドロエリスリトールからテトラヒドロフラン（THF）を高効率で合成する触媒反応系の開発に成功した。この技術は、従来の石油由来C4化学製品製造を代替し、二酸化炭素の排出削減に貢献する。

<http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2014/12/press20141222-02.html>



### 体に貼る生体情報センサー (2014.12.22)

東京大学の研究グループは、粘着性のゲルを開発し、湿布のように体に貼り付けるだけで生体情報を計測できるシート型センサーを作製した。

[http://www.t.u-tokyo.ac.jp/epage/release/2014/141222\\_1.html](http://www.t.u-tokyo.ac.jp/epage/release/2014/141222_1.html)

### 自己免疫疾患を回避する免疫系のシステム (2014.12.19)

大阪大学の研究グループは、科学技術振興機構 (JST) の戦略的創造研究推進事業 チーム型研究 (CREST) の一環として、CD4 陽性制御性 T 細胞が自己免疫反応を回避するために自己に反応する CD8 陽性 T 細胞に安定的な免疫不応答状態を誘導することを明らかにした。また従来フェノタイプが明らかにされてこなかったアネルギー細胞が持つ特徴的なフェノタイプを明らかにし、健康人の体内に自己に反応する CD8 陽性 T 細胞がアネルギー状態で存在し、自己免疫応答を抑制していることを明らかにした。

<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20141219/index.html>

### ストロンチウム等の新吸着剤を開発 (2014.12.19)

早稲田大学の研究グループは (株) AZMEC と共同で、セシウムやストロンチウム等の放射性元素を吸着する、安価かつ耐久性を向上させた新しい吸着剤の開発に成功した。

<http://www.waseda.jp/top/news/18865>

### 国際宇宙ステーション・日本実験棟でライフサイエンス実験 (2014.12.18)

東北大学の研究グループは、国際宇宙ステーション (ISS) 「きぼう」日本実験棟において植物と線虫を用いたライフサイエンス実験をスタートさせる。

<http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2014/12/press20141217-05.html>

### 金星探査機「あかつき」が太陽風加速を解明 (2014.12.18)

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 宇宙科学研究所と東京大学の研究者らは、金星探査機「あかつき」を用いた電波観測などによって、太陽の近くから太陽半径の約 20 倍離れた場所までの太陽風を調べ、太陽半径の 5 倍程度離れた距離から太陽風が急激に速度を増していることを解明、太陽風の中を伝わる波をエネルギー源とする加熱が関わっていることを明らかにした。

[http://www.jaxa.jp/press/2014/12/20141218\\_akatsuki\\_j.html](http://www.jaxa.jp/press/2014/12/20141218_akatsuki_j.html)

### ガラスにならない液体の原子配列と電子状態 (2014.12.18)

高輝度光科学研究センター (JASRI)、北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST)、フィンランドのタンペレ工科大学、宇宙航空研究開発機構 (JAXA)、学習院大学、東京大学、山形大学からなる国際共同研究チームは、大型放射光施設 SPring-8 の高輝度放射光高エネルギー X 線と、スーパーコンピューターによる大規模シミュレーションにより、ガラスにならない液体の原子配列と電子状態を調べ、これらが非常に乱れている液体であることがガラスにならない理由であることを明らかにした。

[http://www.spring8.or.jp/ja/news\\_publications/press\\_release/2014/141218/](http://www.spring8.or.jp/ja/news_publications/press_release/2014/141218/)

### 多層構造を持つ低分子塗布型有機 EL 素子 (2014.12.18)

科学技術振興機構 (JST) の戦略的イノベーション創出推進プログラム (S-イノベ) の一環として、山形大学の研究グループは、多層構造を持つ低分子塗布型白色有機エレクトロルミネッセンス素子 (有機 EL) の開発に成功した。

<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20141218/index.html>

### ナノ世界のブルドーザー「ナノドーザー」システム (2014.12.18)

九州大学の研究者は、カナダのマギル大学のグループとの共同研究で、ナノメートルのスケールで働くブルドーザー「ナノドーザー」を用いて、微細流路中に閉じ込めた長鎖 DNA 分子の動態を制御することを可能にした。

[http://www.kyushu-u.ac.jp/pressrelease/2014/2014\\_12\\_08.pdf](http://www.kyushu-u.ac.jp/pressrelease/2014/2014_12_08.pdf)

### 高効率モータの世界最高水準の省エネ性 (2014.12.17)

東北大学の研究グループは、パナソニック (株) と共同で、新ナノ結晶合金 NANOMET® を用いたモータを試作し、その省エネルギー性の実証に成功した。

<http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2014/12/press20141217-01.html>

### 小型風力発電の部品標準化のための研究開発 (2014.12.17)

新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) は、今後の再生可能エネルギー導入拡大のカギを握る風力発電分野のうち、20kW 未満の小型風力発電について、システムの主要部品である「発電機」、「パワーコンディショナー」、「支柱」を標準化するための研究開発に着手する。

[http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_100339.html](http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100339.html)

### 炎症性疾患の新たな治療法開発に期待 (2014.12.17)

科学技術振興機構 (JST) の戦略的創造研究推進事業の一環として、理化学研究所は、炎症反応に必須な転写因子 NF- $\kappa$ B の働きを抑制する分子機構に、熱ショックたんぱく質 HSP70 が関与することを明らかにした。

<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20141217/index.html>

### 多結晶ゲルマニウムトランジスタの性能向上 (2014.12.16)

産業技術総合研究所は、大規模集積回路 (LSI) の 3 次元 (3D) 積層技術の実現に向けて、新たな多結晶膜形成技術を開発し、N 型多結晶ゲルマニウム (Ge) トランジスタの性能を大幅に改善した。

[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2014/pr20141216/pr20141216.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2014/pr20141216/pr20141216.html)

### 気象ビッグデータの時空間統合可視化システム (2014.12.16)

東京大学、OSIsoft ジャパン (株)、ESRI ジャパン (株) は、共同で教育研究用途にオンライン提供されている気象のビッグデータを長期間蓄積すると共に、時間と空間の情報を統合した分析が可能となるシステムを構築し、特定の地域の気温、気圧、日照度等のリアルタイムデータ及び履歴データをグラフ表示、地図上に色別表示をすることができるようにした。

[http://www.u-tokyo.ac.jp/public/public01\\_261216\\_02\\_j.html](http://www.u-tokyo.ac.jp/public/public01_261216_02_j.html)

### 東北地方太平洋沖地震に伴う繰り返し地震の揺らぎを再現 (2014.12.16)

海洋研究開発機構 (JAMSTEC) の研究員は、2011 年の東北地方太平洋沖地震の直後から活発化した釜石沖の繰り返し地震活動の揺らぎの特徴を「地球シミュレータ」を用いて再現し、東北地方太平洋沖地震発生後も続く断層のゆっくりとしたすべりの伝播方向や摩擦特性について、岩石実験や測地観測のような従来の手法とは独立して推定できることを実証した。

[http://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/20141216/](http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20141216/)

### インターロイキン 18 複合体立体構造を解明 (2014.12.16)

京都大学の研究グループは、岐阜大学と共同で、免疫・神経難治疾患の治療薬開発を促進するインターロイキン 18 (IL-18) が受容体 (レセプター) に結合した複合体の立体構造を世界に先駆けて解明した。

[http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research\\_results/2014/141215\\_1.html](http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research_results/2014/141215_1.html)

### ラットが危険を伝えるフェロモンを同定 (2014.12.16)

東京大学の研究グループは長谷川香料 (株) と共同で、危険を伝えるためにラットが放つ匂いの中から、それを嗅いだ別のラットの不安を増大させるフェロモンを同定した。

<http://www.a.u-tokyo.ac.jp/topics/2014/20141216-1.html>

### 極めて低い消費電力で動くトンネル電界効果トランジスタ (2014.12.15)

科学技術振興機構 (JST) 戦略的創造研究推進事業において、東京大学の研究者らは、極低電圧での動作が可能な新しい構造のトンネル電界効果トランジスタを開発した。

<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20141215-3/index.html>

### 水素ステーション情報管理サービス (2014.12.15)

富士通は、燃料電池自動車に水素を供給する水素ステーションの位置や稼働情報などをリアルタイムに把握することができる水素ステーション情報管理サービスの自動車会社向けの提供を開始した。

<http://news.panasonic.com/press/topics.html>

### 分子磁石の設計法 (2014.12.12)

東北大学の研究グループは、鎖状と層状の二種類の低次元磁気格子からなる分子磁性体 (分子磁石) を構造的に組み合わせることにより、それぞれの構成格子の構造と磁気的な特徴を併せ持つ新しい三次元格子からなる分子磁石を設計することに成功した。

<http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2014/12/press20141212-02.html>

### 抗真菌薬の活性発現に膜輸送バランス (2014.12.12)

京都大学の研究グループは、細胞膜ステロールを標的にする抗真菌薬の作用には、細胞膜を構成する成分の膜輸送のバランスが重要であることを明らかにした。

[http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research\\_results/2014/141212\\_1.html](http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research_results/2014/141212_1.html)

### 生細胞中だけで発光する刺激応答型蛍光ナノ粒子 (2014.12.12)

東京工業大学の研究者らは、細胞外では発光せず、細胞に取り込まれると発光する蛍光性ナノ粒子を開発した。1 分子で独立していると発光し、凝集すると消光する蛍光色素 (ナイルレッド) を、界面活性剤を使って凝集・固定して非発光性とし、生細胞内の還元条件の刺激によって凝集を解いて強力な蛍光を発光させる。

#### **磁性材料の特性を左右する欠陥構造の特定 (2014.12.11)**

東北大学の研究グループは、英国ヨーク大学と共同で、第一原理計算による構造探索と世界最先端の超高分解能走査透過型電子顕微鏡を駆使し、磁性材料である四酸化三鉄 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) (黒錆) 中の面状欠陥構造を、原子レベルで決定することに成功した。

<http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2014/12/press20141210-02.html>

#### **付着を防止する表面処理技術 (2014.12.11)**

産総研は、有機フッ素化合物や微細加工に依存しない安価なはつ液処理技術を開発し、各種粘性液体や氷の付着を大幅に抑制できる表面処理技術を開発した。

[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2014/pr20141211/pr20141211.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2014/pr20141211/pr20141211.html)

#### **ヒト 3D 培養皮膚の実用化へ (2014.12.11)**

新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) は、東北大学、(株) Clío 等のグループとともに、Muse 細胞から皮膚のメラニン色素を産生するヒトのメラニン産生細胞を安定的に調製する方法を開発し、ヒト 3D 培養皮膚を作製する実用化可能な技術を確認した。

[http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_100337.html](http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100337.html)

#### **電子軌道の量子揺らぎがもたらす超伝導 (2014.12.11)**

東京大学の研究グループは、電子の形を決める電子軌道が量子的に揺らぐ異常な電子状態を常圧下で実現、電子の形の量子揺らぎが電子同士を引きつける力としてクーパー対形成を媒介することを見出した。

[http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/issp\\_wms/DATA/OPTION/release20141212.pdf](http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/issp_wms/DATA/OPTION/release20141212.pdf)



## 守るのか、攻めるのか

昨年12月に燃料電池自動車（FCV）MIRAIの販売を開始したトヨタ自動車は、年明けの1月6日、審査継続中の特許を含め、トヨタが保有している5,680件の燃料電池関連の特許の実施権を無償で提供すると発表した[1, 2]。具体的には、水素の酸化反応を電気エネルギーに変える燃料電池スタックに関する1,970件の特許、高圧水素タンクに関する290件の特許、システム制御に関する3,350件の特許の、市場導入初期と想定している2020年末までの実施を無償とする。水素インフラの水素ステーションの設置・運営に関わる70件の特許に関しては、期間を限定せず無償とする措置が取られている。これは水素社会実現の最も大きな課題が、FCV技術より水素エネルギーの製造・デリバリーインフラの整備であることを意識した措置だろう。

特許は、わかりやすく表現するなら、独自に開発した技術、あるいはロイヤリティを支払って実施許諾を得た技術を、独占的かつ排他的に行使する権利を守る制度である。新しい技術の研究開発を効率よくすすめる、開発した技術を使って事業利益を確保する、そのような経営を支えてきた特許はいわばクローズドイノベーションのツールで、とりわけ製造業にとっては重要な戦略課題であった。そうは言っても、新しい技術への研究開発投資は企業にとって大きな経営リスクでもある。トヨタは、5,680件もの燃料電池関連の特許を出願・権利化するために、膨大な研究開発コストをかけているはずである。

通常は研究開発コストは、その特許を行使して得た利益で回収される。ところが今回トヨタは、権利化した5,680件もの最先端技術に関わる特許を、その市場が未開拓の現時点で無償提供する。企業の特許戦略は多様で、たとえばノウハウに近いものは権利化しないという例もある。今回の無償提供も新手の特許戦略なのだろうか。その理由について、プレスリリースでは「FCVの普及を後押しし、水素社会の実現に積極的に貢献していきたい」と簡潔に述べているだけである。

今回の特許の無償提供をデファクト標準化戦略とみることはできないだろうか。技術戦略としてみれば標準化はオープンイノベーションに好適な攻めの技術戦略である。守りの技術戦略である特許と相容れない存在ではなく、特許と標準をうまく組み合わせ、技術を早く広く普及させながら利益の確保が可能になる。トヨタが明確にデファクト標準化を志向しているのかどうかは今の時点で確かめようもないのだが、今回の措置の背景に、突出した技術力を特許で守ったことで、逆に普及に時間がかかっているハイブリッド車の経験が影響していることは否めないだろう。

自動車は近い将来ITとの融合で家電の側面を持つようになると言われている。バイオメテックスである自律分散制御技術を備えることで、アリの隊列のように目的地まで自律・自走するロボットになる日もそう遠い未来ではない。発電・蓄電機能を持つFCVは、エネルギー・インフラとしても機能するようになるだろう。今回のトヨタの経営判断は、「FCVの普及と水素社会の実現」という究極のサービスが動機付けになっている。今回の特許無償開放が、将来ニーズの実現のための攻めの技術戦略として機能していくのかどうか、今後の推移を注目していきたい。

[1] <http://newsroom.toyota.co.jp/jp/detail/4663446/>

[2] <http://pressroom.toyota.com/releases/toyota+fuel+cell+patents+ces+2015.htm>

## 豊蔵レポートより

豊蔵信夫氏が収集・配信されている最新技術情報をお届けします。

### 12月の注目記事 II (2014.12.12 ~ 2014.12.27)

#### マイクログリッドの開発プロジェクトで NREL が GE と協力

米国エネルギー省 (DOE) の国立再生可能エネルギー研究所 (NREL) 発表、ゼネラル・エレクトリック・カンパニー (GE) ・電力研究所 (EPRI) 新マイクログリッドプログラム (800 万ドル) で協力、DOE によって資金を供給されているプログラムは 7 つのマイクログリッドプロジェクトの開発に焦点を当てる (GE と EPRI が支援するプロジェクトのそれぞれに 120 万ドル)、GE と EPRI の両方でマイクログリッドが彼らの電気ネットワーク上の異常気象の影響を緩和するために都市や町にどのように役立つかを模索、NREL の関与はループ中の電力ハードウェアを使用して GE と EPRI のマイクログリッドコントローラをテストすることになる

NREL partners with GE on microgrid development project  
[http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/nrel-partners-with-ge-on-microgrid-development-project\\_100017479/#axzz3LXef6uG3](http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/nrel-partners-with-ge-on-microgrid-development-project_100017479/#axzz3LXef6uG3)

#### スマートフォンの世界を変えることができるテルアビブの小さなアイデア

テルアビブに拠点を置く StoreDot 社は僅か 30 秒でスマートフォンを充電するためにナノテクノロジーを使用した新しいバッテリーの片鱗を業界の専門家に与えようとしている、同社は 1 月にスマートフォンの専門家にその発明を開示予定、1 年以内にバッテリーを商業的使用のために準備できる可能性もある、「同技術を電気自動車に適用すると 5

分間で 200 マイル走行に必要な電力を供給することができる」(StoreDot 社の創設者兼 CEO の Myersdorf 氏談)、ロマン・アブラモビッチ氏(ロシアの新興財閥とチェルシーフットボールクラブのオーナー) がプロジェクトへの資金投資家のひとり

Tel Aviv's tiny idea that could change the smartphone world

<http://www.thejc.com/news/israel-news/126612/tel-avivs-tiny-idea-could-change-smartphone-world>

#### 衝撃波を利用して大面積で均一な超平滑表面を持つ 3D 結晶の金属構造を作成

衝撃波インパルスを作成するためにレーザーを使用して非常に滑らかな 3D 結晶性の金属ナノ構造を作成する方法を開発、超高ひずみ比率変形を生成することによりナノスケールの精度で成形される金属の薄層を可能にする低コストで高スループットな卓上法、10nm 位に小さな 3D 結晶の金属構造を作成、この技術は機械的に強化されたナノ構造および金属-グラフェンハイブリッドナノデバイス以外にプラズモニックに 5 位の高いアスペクト比をもつ大面積で均一なナノパターンおよびセンシング用途を可能にする、パデュー大学

Large-scale nanoshaping of ultrasmooth 3D crystalline metallic structures

<http://www.sciencemag.org/content/346/6215/1352.abstract>

## シリコン中のアト秒のバンドギャップダイナミクス

半導体の価電子帯から伝導帯への電子移動は現代の電子工学の基礎、シリコンでこのプロセスのリアルタイム観測は以前のフェムト秒レーザーでは不可、カリフォルニア大学バークレー校 (UCB) を拠点にして物理学者や化学者の国際チームが軟 X 線光のアト秒パルスを使用して瞬間の出来事のスナップショットの観測に初めて成功、いくつかのサイクルのレーザーパルスによって伝導帯に注入された電子がレーザー電場振動で同期された鋭いステップにおけるシリコン XUV 吸収スペクトルを変化、観察された ~ 450 アト秒ステップの立ち上がり時間がキャリア誘起バンドギャップの減少と伝導帯における電子-電子散乱時間の上限を決める、この電子応答が  $60 \pm 10$  フェムト秒の時間スケールで発生する格子の動きに起因するその後のバンドギャップ変更から分離、光の電界誘起電子トンネルなどのキャリア注入工程を量子力学シミュレーションで解釈、ローレンス・バークレー国立研究所 (LBNL)、筑波大学

Attosecond band-gap dynamics in silicon

<http://www.sciencemag.org/content/346/6215/1348.abstract>

## ランダムな方法で 2D 材料を積層、半導体接合を作成できることを実証

ノースカロライナ州立大学が率いる研究チームによる発見、一原子厚のスタッキング材料が材料の結晶構造が一致に関係なく効率的に電荷を転送する半導体接合を作成することができる、ランダムな方法で複数の 2D 材料を積層することにより半導体接合を作成できることを実証、アトムミックに薄い 2D 材料を使用する場合には結晶構造は重要ではないことを発見、硫化モリブデンと硫化タングステンを用いた実験で実証、いかなる 2D 半導体材料にも適用できる基本的な発見、材料間の完全マッチングの結晶構造を必要としない簡単・低コストな方法、太陽電池・レーザー・LED などの半導体デバイスへの応用に期待

Stacking two-dimensional materials may lower cost of semiconductor devices

<http://phys.org/news/2014-12-stacking-two-dimensional-materials-semiconductor-devices.html>

## スプレー式太陽電池実現の可能性、鍵はコロイド状量子ドット

変換効率は最高で 8.1% を実現、スプレー太陽電池実現の可能性につながる鍵を発見、スプレー式太陽電池の成分はコロイド状の量子ドット、インクジェット印刷・スロットダイコーティングまたはスプレー法により基板に付着、「平らなガラス基板、フレキシブルなプラスチック基板と半球

状のガラス基板上に噴霧してすべての基板上で機能的なデバイスを作ることができる、ロール・ツー・ロール製造を使用するためにプロセスを最適化したい。現在の記録は電力変換効率で 8.1%、10% が商業的に重要なしきい値と見る。5 ~ 10 年以内に商品化を期待している」(トロント大学の博士研究員・IBM 社員のクレイマー氏が EE タイムズに語った)、IBM カナダ研究開発センター、トロント大学など 7 大学参加のコンソーシアムの成果

Spray Solar Cells on Any Surface

[http://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1324944&](http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1324944&)

## JA Solar 社とデュポン社が R&D 協定

JA Solar 社(2014 年で最も急成長した太陽光発電(PV)メーカー)は、PV 材料や技術の専門デュポン社との戦略的協力協定を締結(12 月 9 日)、両社はセル効率と製品の耐久性を高めるため太陽電池技術と先端材料で一緒に作業を続ける、単結晶及び多結晶セルについて“Cypress 2”セル技術でそれぞれ 19.4% と 17.9% の変換効率を達することができることを主張、2015 年に予想される世界市場成長の路線に沿うために約 20% の太陽電池と PV モジュール両方を拡張する計画、JA Solar 社の過去 3 年間の R&D 支出は徐々に増加しており主なライバル間で第 8 位にランク(2013 年の PV Tech の R&D 支出分析による)

JA Solar and DuPont seal R&D pact

[http://www.pv-tech.org/news/ja\\_solar\\_and\\_dupont\\_seal\\_rd\\_pact](http://www.pv-tech.org/news/ja_solar_and_dupont_seal_rd_pact)

参考: JA Solar 社は、2014 年 11 月 17 日に同社の 60 個の多結晶シリコン型太陽電池セルが、280W の発電量を超える新記録を達成したと発表している。

## コスト削減をドライブするのはバランス・オブ・システムのイノベーション

MJ Shiao 氏(GTM Research ディレクター)はサンディエゴで開催された米国ソーラー市場インサイト会議で 400 人のソーラー専門家を前に PV システムや技術の将来について提示、米国では住宅システムの価格は 2011 年の 6 ドル/W から現在 4 ドル/W に下落、同じ時間枠の低下の 43% をモジュール価格の低下が占める、すべての市場セグメントでシステムコストは 33 ~ 50% に下落、「その傾向が続くと予想することは少しアグレッシブだ」(Shiao 氏の警告)、システムの価格は下落し続けるが今後数年間は年率で約 20 ~ 25% とより緩やかな下落(GTM Research 予測)、これらの下落は必ずしもモジュール価格の下落から来ることはないが代わりにソフトコストやインバータやラッキングのようなバランス・オブ・システムの項目でのイノベーションに一層依存する可能性が高い、Shiao 氏は



プレゼンテーションの後半を構造的なハードウェアの動向と革新について述べた

## It's Solar Balance-of-System Innovation That Will Drive Cost Reduction

<http://www.greentechmedia.com/articles/read/Its-Solar-Balance-of-System-Innovation-That-Will-Drive-Cost-Reduction>

## 研究施設についての従来の考え方を覆す Krishna P. Singh ナノテクノロジーセンター

センターの開所は学生・市民にペンシルバニア大学の研究慣行を垣間見る稀な機会を与える、オープンなレイアウトと目に見える研究室スペースをもつ施設の建設と設計、研究施設についての従来の考え方を覆すスペースを作成、3階建ての施設にはウェットとドライの実験・クリーンルーム・大規模な機械的なスペース・事務室・公共エリアのスペースがある、施設全体の設計のためのサイト固有の主な条件（振動や電磁干渉、固体岩盤、地下水など）、建物の最も顕著な特徴の一つは通りに平行に置いた68ftの長いカンチレバー、ペンコネクト開発計画のもとで大学とその都市環境間の接続を改善することを目指している、センターの面積は共有施設や一般の研究室・クリーンルームの中を一望にするガラス張りの回廊・会議室・会議用フォーラムなど、9200万ドルの建設作業は2011年に開始され2013年12月に完成

### Nanotech Center Raises the Curtain on Research

[http://enr.construction.com/bonus\\_regions/midatlantic/2014/1215-nanotech-center-raises-the-curtain-on-research.asp](http://enr.construction.com/bonus_regions/midatlantic/2014/1215-nanotech-center-raises-the-curtain-on-research.asp)

参考：Krishna P. Singh ナノテクノロジーセンターは、最先端のナノテクノロジー機器を統合した最高の施設。総面積78000ft<sup>2</sup>の施設はナノテクノロジーの先進的な研究開発に不可欠ないくつかのマルチユーザー実験室が備えられている。

<http://www.nano.upenn.edu/core-facilities/>

## シリコンナノリボンで作ったスマート人工皮膚、歪み・圧力・温度・湿度を感知

剛性/半可撓性の圧力・歪みや温度センサーを利用するスマート人工装具を開発するための最近の努力はセンサーをたくさん積んだバイオニックシステムのための有望な経路を提供、しかし伸縮性・検出範囲・時空間解像度は限られている、湿度センサー・電気抵抗ヒーターおよび神経刺激のための伸縮性の多電極アレイは勿論のこと超薄型で単結晶シリコンナノリボン歪み・圧力及び温度センサアレイを搭載したスマート人工皮膚を開発、伸縮可能なセンサーとアクチュエータのコレクションは外部刺激に応答する非常

に局所的な機械的、熱的、皮膚のような感覚を容易にする、人工装具および末梢神経系のインタフェース技術の出現のためのユニークな機会を提供、基礎科学研究院 (IBS)、ソウル大学

## Stretchable silicon nanoribbon electronics for skin prosthesis

<http://www.nature.com/ncomms/2014/141209/ncomms6747/full/ncomms6747.html>

## ファンデルワールス力、グラフェンの反応性の支配的な要因

グラフェンの化学的機能は機械的・光学的・電子特性を調節することができるためグラフェンの反応性の制御は重要な問題、体系的な光学の研究からファンデルワールス相互作用は2Dヘテロ構造のグラフェンの化学的反応性を支配する要因であることを提示、グラフェンの化学的安定性は通常のSiO<sub>2</sub>基板を追加のグラフェン層・WS<sub>2</sub>、MoS<sub>2</sub>、またはh-BNのように2D結晶と交換することによって大きく増強される、その起源がグラフェン層と2D基板との間の強いファンデルワールス相互作用によることを理論的および実験的に実証、これは幾何学的な格子変形に向けてグラフェンに大きな抵抗力をもたらす、グラフェンの化学的反応性が基板に対する相対的な格子の向きによって制御することができるので水素貯蔵など広範囲な用途に使用できることを実証、シンガポール大学

## van der Waals Force: A Dominant Factor for Reactivity of Graphene

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl5036012>

## 合歡からヒントを得てタッチ感度の優れた柔軟な圧力センサーを設計

生物からヒントを得た柔軟な圧力センサーを作成、高感度(50.17kPa<sup>-1</sup>)、早い応答時間(<20ms)、耐性(10000サイクルにわたるロード・アンロード信号の変化は無視できる程度)、センサー基板上の表面微細構造の主要なリソースは合歡の葉の直接成形、注目すべきことはこのセンサーの単純で環境に優しく容易なスケールアップ製造プロセス、モナシュ大学、メルボルンナノファブリケーションセンター

## Mimosa-Inspired Design of a Flexible Pressure Sensor with Touch Sensitivity

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sml.201403036/abstract>

## ヤモリからヒントを得た疎水性繊維、強くてリバーシブルな水中接着

ヤモリを模倣した表面を使用した水中接着性は疎水性構造材料を使用することによって達成可能、接着を効果的にするための表面改質や吸引力アップ効果を必要としない、増加した表面エネルギーは気環境中での乾燥接着を助けるが水中の界面エネルギーの減少により湿潤接着性を著しく低下、構造的に同じであるが化学的に異なるマッシュルーム状繊維の直接比較から十分に濡らした時でも強力で可逆的な安定した付着状態は水中で実行可能であることを示す(繊維の構造材料が疎水性であり合わせ面が強い親水性でない場合)、正確な接着強度は水中の界面エネルギーの関数、水中接着は疎水性表面の特定の組み合わせのための乾燥接着性よりも潜在的に大きくなるように計算された、アルバータ大学

Strong, Reversible Underwater Adhesion via Gecko-Inspired Hydrophobic Fibers

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/am5075375>

## 高温超伝導の起源を理解することが材料設計の鍵

ブルックヘブン国立研究所の研究者が新素材は室温超伝導への秘密に入り込むことにつながるかもしれない新しい方法で超伝導を示すことを証明、「我々は高温超伝導現象の背後にある設計原理を知らない。鍵は高温超伝導の起源を詳細に理解すること。その起源を理解すれば超伝導を促進する側面を強化する材料の設計を開始することができる」(ブルックヘブン国立研究所でプロジェクトを牽引、コロンビア大学教授の Simon Billinge 氏が EETimes に語る)、中国の科学技術大学の研究者が 2010 年にマグネテックスに基づく超伝導体を発見 (BaTi<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>O および BaTi<sub>2</sub>As<sub>2</sub>O を含む titanium-oxypnictide)、しかしブルックヘブンと京都大学の共同研究で oxypnictide 化合物の超伝導は磁気に基づいてないことを表示、研究資金は DOE・全米科学財団 (NSF)・日本学術振興会・日本原子力研究開発機構・東大友の会から提供

Superconductor Unveils Room Temp Future

[http://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1324962&](http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1324962&)

## 廃棄物の中に埋もれている“二次原料”、この貴重な原材料を処分する余裕が私たちにないはず

欧州では年間一人当たり 16t の材料を現在使用、そのうちの 6t が廃棄物になる、金属・木材・ガラス・紙・プラスチックなどの潜在的な“二次原料”のかなりの量が廃棄物の中に埋もれている、このように貴重な原材料を処分する余裕が私たちにない、建設・化学・自動車・航空宇宙・機械・

設備・再生可能エネルギー機器などの原材料としての付加価値 (1 兆ユーロ、約 30 万人の雇用提供)、リサイクル活動は近年改善しているが資源として使用することができる多くの廃棄物を処分、リソースが効率的かつ持続可能な方法で使用することが循環経済の原点、これらの理由からホライズン 2020 は気候行動・環境・資源効率および原材料に重点を置く

The wealth in our waste

[http://cordis.europa.eu/news/rcn/122204\\_en.html](http://cordis.europa.eu/news/rcn/122204_en.html)

## 日・中・米で 2014 年の PV 需要は 44GW、2015 年は 50GW と推定

台湾の PV アナリスト Energy Trend 社が 2014 年の PV 需要は 44GW に達するだろうと推定、中国の期待値以下を日本と米国が補う形、2015 年には日本・中国・米国が 50GW で 57% のシェア (シェアは 2014 年に比べて減少)、ポリシリコン価格は新しい低コスト生産が増加し 17 ~ 20 ドルの間でほとんど変わらない、セルメーカー間の競争がより大きな利益率のモジュールメーカーを離れ価格下落を牽引すると推定、2015 年末までにモジュールコストは現時点の 0.60 ドル /W から 0.43 ドル /W に下落、セル効率の改善は不動態化エミッタ背面セル (PERC) 技術によって支配、最後にプロジェクト開発者は気まぐれな政府の政策にさらされることをメーカーは関税を取引調整することを減らすことを期待するのでソーラー展望は上流と下流の両方でより多様になると予測

EnergyTrend calls 2014 demand at 44 GW with 2015 to top 50GW

[http://www.pv-tech.org/news/energytrend\\_calls\\_2014\\_demand\\_at\\_44gw\\_with\\_2015\\_to\\_top\\_50gw](http://www.pv-tech.org/news/energytrend_calls_2014_demand_at_44gw_with_2015_to_top_50gw)

## 欧州最大のバッテリー貯蔵プロジェクトを正式に発表

ロンドン近郊のベッドフォードシャー州レイトンノスリに 6MW スマートネットワーク貯蔵プロジェクト、S&C Electric 社・サムスン SDI・Yunicos 社と英国パワーネットワークが協力、完全に自動化されたスマートネットワークストレージ (SNS) プロジェクト、6MW/10MW のバッテリー変電所、2 年間のエネルギー貯蔵試験

UK unveils Europe's largest battery storage project

[http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/uk-unveils-europes-largest-battery-storage-project\\_100017518/#axzz3M0x18gKS](http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/uk-unveils-europes-largest-battery-storage-project_100017518/#axzz3M0x18gKS)

## ABB と日立、日本の高圧直流送電事業 (HVDC) で合併会社を設立

ABB (スイスの電力および電機大手) と日立は東京に拠点を置く新会社を設立する予定 (出資比率は日立 51%、ABB 社 49%)、電力自由化および再生エネルギーの大量導入時代を迎える日本の電力市場への対応、ABB の HVDC 技術は欧米の電力網整備計画に貢献、直流の変圧と遮断には高い技術を擁する ABB のシステムに注目

ABB and Hitachi to form strategic power grid partnership for HVDC in Japan

<http://www.abb.com/cawp/seitp202/d06aed10aaa5a136c1257daf0044d636.aspx>

## 学生ナノテクノロジー研究所ネットワーク、テヘランに設立

ネットワークは学生の教育や訓練のために 42 のナノテクノロジーの研究所で構成、研究所には重要な装置を装備 (光学・電子顕微鏡 (STM、SPM、AFM)、スパッタリング装置、電子衝撃装置、エレクトロスピンニング、ワイヤー放電装置など)、39 のナノテクノロジー研究所が 2015 年 3 月に活動を開始、このプログラムに投入された予算は 170 万ドル (イランナノテクノロジー・イニシアティブ協議会、教育訓練省、科学技術担当副大統領オフィスから提供)、国内の 9 つの州の学生がナノテクノロジー研究所へのアクセスが可能

Student Nanotechnology Laboratories Network Set Up in Iran

[http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story\\_id=50593](http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story_id=50593)

参考: ナノテクノロジー実習、研究活動の運営・組織、学生の強い愛国的自尊心の進展と強化を設立の目標に掲げるナノ学生研究所ネットワークの詳細について

<http://bmn.ir/index.aspx?siteid=38&fkeyid=&siteid=38&pageid=7441&newsview=3407>

## スタンフォード大学、複数層からなる新しい高層積層構造チップを開発

ロジックとメモリの層を複数重ねる高層設計チップ、シリコンの代わりにカーボンナノチューブ (CNT) のトランジスタ、メモリには抵抗変化型メモリ (RRAM) またはスピン注入磁気メモリ (STT-RAM) を利用、既存の半導体構造を微調整することで製造可能、高層チップの大きな利点 (メモリとプロセッサ間で送受信されるデータの量を従来の 1000 倍に増加、データ送受信時間を大幅に短縮、消費電力を格段に削減)、現在は 4 層構造だが将来的には 100 層構造も可能 (研究者談)

Researchers combine logic, memory to build a 'high-rise'

chip

<http://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=38448.php>

## 強誘電体キャパシタで負の容量を観察、新しいアプリケーションへの道を開く

電子のボルツマン分布は根本的な障壁をもたらして従来のエレクトロニクスエネルギー散逸を下げる、相転移の蓄積されたエネルギーから生じる強誘電体材料内の負の容量は解決策を与えることができるが負の容量の直接測定はなされていない、薄いエピタキシャル強誘電体膜に負の容量を初めて観察、パルス電圧が印加されると強誘電体キャパシタの両端の電圧が時間と共に減少することを見つけた、コンデンサのインダクタンスのような挙動、発見された新しい現象は逆説的応答を有する (印加電圧を大きくすると電荷が下がる、負の容量)、「この特性をトランジスタにうまく統合された場合、おそらく少なくとも一桁消費電力量を削減できる可能性がある」(論文の主執筆者カーン氏談)、UCB

Negative capacitance in a ferroelectric capacitor

<http://www.nature.com/nmat/journal/vaop/ncurrent/full/nmat4148.html>

## ピコ秒パルスレーザー照射時に -95.6°C で超電導に

国際的な科学者グループはメンロパーク国立加速器研究所と共同でレーザーを使用して格子構造を整列させ -95.6°C で超電導になる条件を作ることに成功、これまでの高温超電導体の最高は 90K (-297° F)、SLAC 国立加速器研究所 (旧スタンフォード線形加速器センター) の研究者はレーザーを使用して原子の位置をわずかにシフトすることができることをイットリウムバリウム銅酸化物 (YBCO) で確認、ピコ秒パルスの間超伝導の条件を作成 (一時的な調整)、「現在はパルスを拡張する方法を模索中 (目指すのは DC)、光パルスによって絶縁体を金属状態に切り替えることは他の材料ですでに可能、最も楽観的な希望であるがこの他の平衡状態での構造変更や他の競合相のダイナミクスからのレーザー励起を必要とせずに室温で安定超電導体を作成する方法を学ぶことができるはず」(マックス・プランク構造研究所の Roman Mankowsky 氏談)

Researchers Superconduct at -140° F

[http://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1325006&](http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1325006&)

## 鉛原子がグラフェンシート上に挿入されると強力な磁界が生成されることを発見

グラフェンシートとイリジウム (Ir) 面の間に鉛 (Pb) 単層島を挿入、グラフェン層は Pb 島の存在によって構造的



に影響されないがその電子特性は著しく変化（規則的な間隔の共振が発現）、共振の理由（鉛の単層によってグラフェンに誘導される強力かつ空間的に変調されたスピン軌道結合の影響）、電子のスピンと軌道運動との相互作用、閉じ込められた電子状態と同様に電子スペクトルは位相的に非自明な特性を有する一連の間隙をもつ（Bernevig と Zhang よって提案された量子スピンホール効果の実現に類似）、IMDEA ナノサイエンス研究所、マドリッド自治大学、材料科学マドリッド研究所、バスク大学

Spatial variation of a giant spin-orbit effect induces electron confinement in graphene on Pb islands

<http://www.nature.com/nphys/journal/vaop/ncurrent/full/nphys3173.html>

### 韓国電子通信研究院、スマート電子看板を開発

韓国電子通信研究院（ETRI）はスマートサイネージ（電子看板）を開発、人が近づくとメッセージを送って関心を誘導し利用者の年齢と性別を把握して関連情報を提供、位置や環境情報把握可能、スマートサイネージにはカメラ・近接位置センサーなどが装備、この技術の核心は状況認知技術・客体追跡技術・直観的相互作用、広告サービスや災害警報システムと連繋する技術も開発中、本技術に関連して国内外で特許 70 件と技術移転 36 件、韓国未来省が主管する 2014 年の研究開発優秀成果 100 に選出

ETRI, 사람인지 후 맞춤형 정보제공 '스마트 사이너지' 개발

<http://joongang.joins.com/article/102/16692102.html?ctg=1601>

### シノプシス社が IMEC との継続的な緊密なコラボレーションを発表、5nm 技術ノード以降をターゲット

契約によりシノプシス社は 5nm 技術ノードの研究開発（ナノワイヤ他のデバイス：フィン FET、トンネル FETs）時に使用する半導体メーカーへの Sentaurus TCAD ツールを提供することを可能にする、この最新の契約は 10nm および 7nm 技術ノード用のフィン FET と 3D-IC 技術の両者のコラボレーションの成功に続く、シノプシス-IMEC の共同チームは 5nm 技術をターゲットに垂直ナノワイヤ・ナノシート・ハイブリッド SRAM セルを検討中（従来のフィン FET や横方向ナノワイヤに比べて密度と性能でナノワイヤ・ナノシート技術に利点）、シノプシス社の Sentaurus TCAD ツールはデバイス・アーキテクチャの選択・設計およびプロセス最適化のためにファウンドリや統合デバイスメーカーの技術開発チームによって使用されるファウンドリでの技術開発チームによって使用されデバイス・アーキテクチャの選択、設計およびプロセス最適化のための統合デバイスメーカーの技術開発チームによって使用される

Synopsys and Imec Expand TCAD Collaboration to 5 nm and Beyond

<http://www.freshnews.com/news/1026155/synopsys-and-imec-expand-tcad-collaboration-5-nm-and-beyond>

### 乳がん検査で女性に不快感を与えないマイクロ波撮像システム

現行の癌・マンモグラフィ用診断スクリーニングシステムは女性に不快感を与える、診断に有用な画像を生成するために必要とされる乳房の圧迫、乳癌の証拠となる兆候を探すためにより良く・安く・安全な方法はマイクロ波になる可能性、マイクロ波撮像システムを開発、マイクロ波イメージングは癌組織と正常組織の誘電特性の差異を利用する技術、乳房は液体浴中に保留し（圧迫しない）16 のアンテナアレイによって密接に取り囲まれる、各アンテナは非常に低電力（携帯電話の電力の約 1000 分の 1 を）のマイクロ波で乳房を照射、他の 15 のアンテナは乳房を透過した信号を受信、すべての 16 のアンテナに対して繰り返され乳房の 3D 像を作成するためのデータを提供、マイクロ波イメージングシステムはまだマンモグラフィの空間分解能まで達していないがより良い特異性を提供（腫瘍の良性または悪性を識別）、「マイクロ波撮像システムはおそらく他のモダリティとの組み合わせでニッチを埋めることができる」（研究者談）、カルガリー大学（カナダ）、ダートマス大学セイヤー校

Microwave imaging of the breast

[http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2014-12/aiop-mio121214.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2014-12/aiop-mio121214.php)

### MoS<sub>2</sub> 電界効果トランジスタの電気的特性に及ぼすコンタクト電極の影響

二硫化モリブデン電界効果トランジスタ（MoS<sub>2</sub> FET）の電気的特性をソース/ドレインコンタクトの金属を変えて比較（Ti と Ag）、MoS<sub>2</sub> FET のオン状態電流の比較で銀コンタクトが Ti コンタクトよりも 60 倍以上大きい、金属-MoS<sub>2</sub> インタフェースはデバイス性能に重要であることを実証、表面形態の差異が原因（MoS<sub>2</sub> 上の Ti 膜にピンホールが存在、Ag 膜は滑らかで緻密）、NIST、ジョージメイソン大学

Influence of Metal-MoS<sub>2</sub> Interface on MoS<sub>2</sub> Transistors Performance: A Comparison of Ag and Ti Contacts

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/am506921y>

## 指向自己組織化を使用して複雑なナノスケールパターンのオーダーメイドを可能に

ブロック共重合体の自己組織化は様々な技術的応用のための魅力的な方法、しかしブロック共重合体の密な周期性はパターンとその潜在的な有用性の複雑さを制限、ナノスケールパターンの可能性はデバイス製造に向け自己組織化を使用するための長年の目標、有機/無機ハイブリッドの化学的なパターンが整列ブロック共重合体と無機プリパターンの共転写によるパターンのオーダーメイドのための自己整合マスクだけでなく自己集合のための誘導パターンとして機能することを見つけた、意図的なプロセス工学が任意形状を上回るブロック共重合体素性（化学的パターンに組み込まれた“マスキング”素性）のグローバルアライメントを維持するために実施、埋め込まれたオーダーメイド情報をもつこれらのハイブリッド化学的パターンは有向自己組織化により決定性の複雑な2次元のナノスケールパターンのオーダーメイドを可能にする、IBM アルマデン研究センター

Enabling complex nanoscale pattern customization using directed self-assembly

<http://www.nature.com/ncomms/2014/141216/ncomms6805/full/ncomms6805.html>

## 大きなメモリウィンドウを有する有機電界効果メモリデバイス

急速に進化する有機電界効果トランジスタ (OFET) メモリ、単電荷トラップ層に基づく従来のトランジスタ・メモリの代わりに高密度にパックされた疎水性金属 NP 層の多層スタックに基づいた大容量 OFET メモリを研究、デバイスのメモリの性能が金属 NP の吸着等温線挙動・多層積層構造および疎水性を制御することによって大幅に向上させることができることを実証、この研究ではテトラオクチルアンモニウム (TOA) で安定化した Au ナノ粒子 (TOA-AuNPs) がアミン官能化ポリ (アミドアミン) デンドリマー (PAD) で層ごとに連続してアセンブルされる、形成された (PAD/TOA-AuNP) n 膜はトンネル誘電体層と SiO<sub>2</sub> ゲート誘電体層との界面における多層積み重ね電荷トラップ層として使用、数密度  $1.82 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$  を有する単 AuNP 層 (PAD/TOA-AuNP) 1 の場合 OFET 記憶素子のメモリウィンドウは約 97V、4 層の AuNP を用いた多層スタック OFET メモリデバイスは優れたプログラム可能なメモリ特性 (145V) を超える大きなメモリウィンドウ ( $\Delta V_{th}$ )、高速スイッチング速度 (1 マイクロ秒)、大きな書き込み/消去電流比 ( $> 10^6$ )、良好な電氣的信頼性、高麗大学、成均館大学

Transistor memory devices with large memory windows,

using multi-stacking of densely packed, hydrophobic charge trapping metal nanoparticle array

<http://iopscience.iop.org/0957-4484/25/50/505604/article>

## 植物から毛虫までナノ粒子を追跡、ナノ粒子が食物連鎖でどのように作用するかを検証

水、植物の根、植物の葉、葉を食べる毛虫まで量子ドットナノ粒子の取り込みおよび蓄積をトレース、ナノ粒子がヒト関連食物連鎖を介してどのように移動するかを検討する最初の研究、植物および動物の両方においてナノ粒子の蓄積を検出、粒子に適用される表面コーティングのタイプに応じて大幅に変動、植物によって蛍光量子ドットの取り込みを検討、蛍光粒子 (カドミウム、セレン、亜鉛と硫黄を含む) は簡単に測定でき画像化、量子ドットの表面を3つの異なるポリマーコーティング処理 (正に帯電、負に帯電、中性)、帯電コーティングを有するものだけが植物を容易に移動、マイナスに帯電した粒子だけが完全に凝集を回避、コーティングのある種類のもが量子ドットを生分解または破壊する植物の能力に影響を与えることを見出した、ライス大学、ブラウン大学

Scientists trace nanoparticles from plants to caterpillars: Rice University study examines how nanoparticles behave in food chain

[http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story\\_id=50602](http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story_id=50602)

## 太陽光を利用して二酸化炭素からメタノールを製造する人工光合成技術を開発

世界で初めて太陽光を用いて二酸化炭素からメタノールを選択的に製造することに成功、化学工業の主要原料である不純物のないメタノールを選択的に生産可能、人工光合成システム (太陽エネルギーを変換するグラフェン系光触媒・原料材料・酵素を入れるとメタノールを選択的に製造できる画期的なシステム)、「地球温暖化とエネルギー資源枯渇の問題を同時に解決できる技術。将来は太陽光を利用して衣食住のすべてを解決できる太陽光工場を建設したい」(ペク・チヌク氏談)、韓国化学研究院 (KRICT)

Highly Selective Solar-Driven Methanol from CO<sub>2</sub> by a Photocatalyst/Biocatalyst Integrated System

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ja509650r>

## 新しいイオン性ポリマーにナノスケールパターンを描画

ナノリソグラフィーには原子間力顕微鏡 (AFM) を含む様々なナノファブリケーション手法、力・熱・電界などの物理的刺激を利用してナノパターンを作成、本研究は AFM

チップの先端での局在電場を使用してイオンを含有するポリマー（重合イオン性液体：PolyIL）の機械的性質を非常に局所的なスケールで変え制御することを検討、AFMを用いて非導電性高分子材料と比較して有意に低い電位と電力消費でPolyIL系薄膜表面に図を形成することができることを実証、非導電性ポリマーではAFM tipに大きな電圧をかけ局所的に加熱して表面に孔を開ける、対照的に導電性高分子液中に形成された孔は正に帯電した顕微鏡チップに負イオンが移動して発生、印加電圧と周囲の空気の湿度を調整することにより再現性を達成、「現在の形成されたサイズは100nmの範囲であるが、この技術に制限はない。スケールダウンのために実験的なセットアップを変更することが可能」（Bocharova談）、オークリッジ国立研究所（ORNL）

ORNL microscopy pencils patterns in polymers at the nanoscale

[http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story\\_id=50612](http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story_id=50612)

### 数層のMoS<sub>2</sub>チャンネルをベースにした電荷トラップ型メモリ素子、不揮発性メモリの刺激的な分野を開く

高κ誘電体材料を用いた電荷トラップメモリは次世代メモリデバイスの有望な候補、極薄層二次元材料のグラフェンや二硫化モリブデン（MoS<sub>2</sub>）などが注目されている、数層のMoS<sub>2</sub>チャンネルとAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HfO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>三次元電荷トラップゲートスタックからなるデュアルゲート電荷トラップ型メモリ素子を試作、材料選択の根拠（HfO<sub>2</sub>は電子と正孔の両方に桁外れのトラップ能力、MoS<sub>2</sub>メモリデバイスに20Vを超える大きなメモリウィンドウ）、バックゲートでウィンドウサイズを15.6Vから21Vに効果的に調整可能、書き込み/消去電流比は10<sup>4</sup>（マルチビット情報記憶を考慮）、デバイスは数百サイクルという高い耐久性と長い記憶時間（10年後に約28%の電荷損失）、復旦大学

Tunable Charge-Trap Memory Based on Few-Layer MoS<sub>2</sub>

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nn5059419>

### IMECがIEDMで超低消費電力RFIDトランスポンダチップを発表

今週サンフランシスコで開催されたIEDM 2014（IEEE国際電子デバイス会議）でIMECは超低消費電力のRFIDトランスポンダチップを発表、サブ1Vで動作するチップをプラスチックフィルム上の薄膜トランジスタ（TFT）で実現、究極の薄さ・柔軟性・堅牢性、RFIDタグ・ボディエリアネットワーク（BAN）および環境モニタリングなどのユニバーサル検出アプリケーションへの道を開く

Imec Presents Ultralow Power RFID Transponder Chip In

Thin-Film Transistor Technology On Plastic At IEDM 2014

<http://www.rfglobalnet.com/doc/imec-ultralow-power-rfid-transponder-chip-in-thin-film-transistor-technology-0001?atc-c=771+s=773+r=001+l=a>

### レンズのない顕微鏡、細胞レベルで癌を検出可能に

大型で高価な光学顕微鏡と同等レベルの精度で癌細胞を細胞レベルで検出可能、CMOSイメージセンサーアレイを搭載したマイクロチップと光源（レーザー、LED）が主たる構成、記録したセンサーの情報を使って3次元画像化、画像を再構成するアルゴリズムにより画像のコントラストを高め異常の検知が容易になる、癌細胞検出の精度は99%（癌検査向けの細胞診検体、乳がん細胞を含む組織標本、血液サンプルで評価）、視野を拡大できるので従来の光学顕微鏡よりも迅速に検体を処理することが可能になることや遠隔地での検査などが容易になる特徴、持ち運びしやすい顕微鏡を製造できる可能性、カリフォルニア大学ロサンゼルス校（UCLA）

Lens-free microscope can detect cancer at the cellular level

<http://newsroom.ucla.edu/releases/lens-free-microscope-can-detect-cancer-at-the-cellular-level>

### ドイツ、ソーラー蓄電システムの価格が継続的に低下

ソーラー蓄電システムの価格は春から25%下落し需要が大幅に増加、ドイツの太陽電池業界は蓄電システムの需要の継続的成長を期待、ドイツソーラー産業協会（BSW-Solar）の推計によるとドイツでは価格の急激な下落の結果15,000以上の世帯がすでに自分のソーラー発電システムから電力消費のかなりの量をカバー（夕方の時間帯でさえ）、「手ごろな価格のソーラー蓄電システムは長期的に安定した電力価格に数えることができることを意味している」（BSW-Solar 常務取締役Körnig氏談）、市場の専門家はソーラー蓄電池技術のため明るい未来を予測、ソーラー蓄電池の世界市場は2018年までに10倍に成長（市場調査グループIHSによる）

Germany sees price drop in solar power storage systems

[http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/germany-sees-price-drop-in-solar-power-storage-systems\\_100017565/#axzz3MIVBiqxM](http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/germany-sees-price-drop-in-solar-power-storage-systems_100017565/#axzz3MIVBiqxM)

### 日本、PVのラッシュに対処するためのスキームを改正

変更はPVプロジェクトの猛攻（電力網に接続するための申込みが不安定な再生可能エネルギーの供給を取るためのユーティリティの許容可能な容量をはるかに超えている）に対処するために行われている、政府は不安定な再生可能エネルギーの総出力を調整したい考え、10地域のユーティ



リティのうち5つはネットワーク制限のためクリーンエネルギー摂取量に制限を置いているがそのうちのいくつかは新しいルールに照らして新しいプロジェクトを受け入れるように手続きの再開を検討していることを明らかにした

Japan to revise scheme to deal with rush of solar power

<http://uk.reuters.com/article/2014/12/18/japan-renewables-power-idUKL3NOU22K520141218>

参考：再生可能エネルギー電源別の課題と推進策について  
- 経済産業省

[http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/shoene\\_shinene/shin\\_ene/pdf/007\\_01\\_00.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/shoene_shinene/shin_ene/pdf/007_01_00.pdf)

### 酸化液体がガラスになるためには秩序が必要

スーパーコンピュータを用いた大規模コンピュータシミュレーションによりガラスにならない液体の原子配列と電子状態を解明、二酸化ジルコニウム（ガラスにならない物質）、シリカ（ガラスになりやすい物質）液体とSiO<sub>2</sub>結晶相の構造の違いを比較、ZrO<sub>2</sub>液体の回折データと密度測定データを大規模第一原理分子動力学計算で解析、ZrO<sub>2</sub>液体の回折データを2100℃におけるSiO<sub>2</sub>液体のデータを比較、SiO<sub>2</sub>の回折データには特徴的なピークと周期性が存在するがZrO<sub>2</sub>液体にはピークや周期性は存在しない、ガラスにならないZrO<sub>2</sub>液体は“秩序を失った壊れやすい”液体でありガラスになるには秩序が必要であると結論、高輝度光科学研究センター（JASRI）、北陸先端科学技術大学院大学（JAIST）、タンペレ工科大学（フィンランド）、宇宙航空研究開発機構（JAXA）、学習院大学、東京大学、山形大学

Atomic and electronic structures of an extremely fragile liquid

<http://www.nature.com/ncomms/2014/141218/ncomms6892/abs/ncomms6892.html>

### Science 誌の2014年10大ブレイクスルー

この1年間の画期的な科学的業績のリスト、Scienceとその出版元である国際的非営利組織AAASが選出、上位10項目はScience誌の12月19日号で発表、2014年の主要な科学業績（探査機ロゼッタとその着陸機フィラエ、恐竜から鳥への移行、若い血が老化を逆転させる、ロボットに共同作業をさせる、ニューロモーフティック・チップ、β細胞、インドネシアの洞窟芸術、記憶を操作する、キューブサット、遺伝子アルファベットを拡張する）

Science's top 10 breakthroughs of 2014

[http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2014-12/aaft-t1121214.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2014-12/aaft-t1121214.php)

### 低表面エネルギー（疎水性）コーティングなしで強い超疎水性シリコン表面を作成

シランまたは（フルオロ）ポリマーコーティングのような低表面エネルギー（疎水性）修正なしで超疎水性表面を作成、強い低ヒステリシス超疎水性表面を新しい階層シリコン構造体を用いて実現、提案された形状により自然に親水性であるシリコンを超疎水化、T字型のマイクロピラーの上部および下部に倒壊したシリコンナノワイヤで構成されている構造、倒壊したシリコンナノワイヤの下に閉じ込められたナノスケールエアポケットが超疎水性の原因、T字型のマイクロピラーが水接触角ヒステリシスを大幅に減少、応用（建物や布などのセルフクリーニング、酸性雨により硝酸を生成する窒素酸化物濃度の高い工業地域の太陽電池の効率向上、船の生物付着の低減、熱伝達システムの高効率化）、アールト大学化学技術学部（フィンランド）

Robust Superhydrophobic Silicon Without a Low Surface-Energy (hydrophobic) Coating

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/am507584j>

### EU、使用者と労働者のためのナノ材料のガイダンスを発行

このガイダンスは職場で製造されたナノ材料の安全な使用を取り巻く問題の概要を提供し、予防処置の幅広いアウトラインを設定し、そのようなリスク評価やリスク管理など労働者の安全を確保する特定の側面に準拠するための実用的なツールを提供、関連する問題の詳細な技術的理解のない人々に特に価値、人工ナノ物質を扱うとき労働安全衛生（OSH）法の遵守を支援助

EU publishes nanomaterial guidance for employers and workers

<http://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=38503.php>

### 多層構造を持つ低分子溶液加工高効率白色EL有機EL素子の開発に成功

π共役ポリマーの分野における最近の開発により溶液処理有機ELデバイス（OLED）の性能がかなりの改善された、しかし従来の他の光源と競合するためにはさらなる効率の改善が必要、低分子有機EL材料を用いて溶液処理多層OLEDを実証、重合の代わりに共有結合二量体化または三量体化が上層処理のために使用されるアルコールに対する耐性があることを見つけた、後の溶液処理手順により多層OLEDを作成することが可能になる、過去最高の電力効率を達成（青、緑、白色OLEDそれぞれ36, 52, 34 lmW<sup>-1</sup> at 100 cd m<sup>-2</sup>）、電流密度を変化させても安定なエレクトロルミネセンススペクトル、溶液処理層の結果として生じる界

面における組成物がデバイス性能を決定する重要な因子、  
山形大学

Solution-processed multilayer small-molecule light-emitting devices with high-efficiency white-light emission  
<http://www.nature.com/ncomms/2014/141218/ncomms6756/full/ncomms6756.html>

### 薄膜超伝導を理解するために超伝導から絶縁体への転移近傍の臨界温度をユニバーサルスケリング

超伝導薄膜は幾何学的に閉じ込められ強く相互作用する電子のためにユニークなプラットフォームを形成、無秩序と超伝導の間の固有の相互作用、超伝導から絶縁体への転移、薄膜超伝導を理解することは不可欠、臨界温度 ( $T_c$ ) は膜厚 ( $d$ ) およびシート抵抗 ( $R_s$ ) の間に普遍的な関係の確立が欠如、過去 46 年間に発表されたデータを分析することによりスケリングを提示、NbN 膜で見つけたスケリングを実験的に確認すべき法則 (power law) を使って定量化、超伝導膜ベースのデバイスのためにその有用性を実証、マサチューセッツ工科大学 (MIT)

Universal scaling of the critical temperature for thin films near the superconducting-to-insulating transition

<http://arxiv.org/abs/1407.5945>

### GCL Poly 社、ウエハ事業の売却を放棄

GCL Poly 社 (中国の大手ポリシリコン・ウエハメーカー) はウエハ事業の 13 億ドル売却のための計画を破棄するつもり、同社がポリシリコン・ウエハメーカーとしてのトップ地位を維持することを決めたことを香港証券取引所の今日の声明で述べた、GCL Poly 社は債務状況を緩和するための措置として 11 月初旬に売却を発表、売却によって資本比率に対する債務を 146.5% から 38.8% に軽減することが期待されていた、最新の四半期ごとの数字で GCL 社はポリシリコンとウエハの両事業の売上が活況を呈したことを報告、2014 年のウエハ売上高を 13GW あたりに予測  
GCL-Poly abandons wafer business sell-off

[http://www.pv-tech.org/news/gcl\\_poly\\_abandons\\_solar\\_wafer\\_sell\\_off](http://www.pv-tech.org/news/gcl_poly_abandons_solar_wafer_sell_off)

### 画像を記憶することができる原子層厚の CCD

光生成電荷キャリアがトラップされショットキー障壁をもつ 2D 物質をゲートでコントロールすることによって形成されたポテンシャル井戸から読み出される、原子的に薄い層状の光電子メモリは露光時に光子生成電荷を蓄積することができ電荷はデータ処理および永久記憶のために読み出すことができる、3 画素の電荷結合素子 (CCD) で実

験、 $\text{CuIn}_7\text{Se}_{11}$  層は約 2nm の厚さ (9 原子の厚さの格子)、CIS 画素は光に非常に敏感であることを確認、原子的に薄い画像メモリ画素アレイは画像キャプチャ及び保存のために大規模な 2D 材料ベースのイメージセンサを製造できる可能性、材料が透明であるため CIS 系スキャナは一方の側からの光を使用可能、CIS は撮像レンズ系の焦点面に一致するように湾曲も可能、収差のリアルタイム補正を可能とし光学系全体を単純化できる、ライス大学

Optoelectronic Memory Using Two-Dimensional Materials

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl503505f>

### DOE でのプロジェクト管理の改善

DOE 長官のモニス氏は陣頭指揮、2013 年 8 月にプロジェクト管理の専門家を含む特別なワーキンググループ (WG) を設置、WG の詳細な分析が本日発表、報告書「プロジェクト管理の改善」は経験豊富なプロジェクト管理の指導者からの資金・行動様式・プロジェクト所有権・独立した監督・フロントエンド計画に関する貴重なケーススタディや勧告を提示、ワーキンググループの取り組みから生じた重要な洞察の一つはプロジェクト管理に関する強い企業規模の評価能力の必要性、プロジェクトの責任とピアレビュープロセスのラインを向上させるためにいくつかの変更を導入、組織の主要な原則は 1) 予算上の責任を持つプロジェクトオーナーの明確な指名、2) 省高官に直接アクセスできる独立した評価機能、3) 連邦政府のプロジェクトディレクターからプロジェクトオーナーへの直接の報告パス

Improving Project Management at the Department of Energy

<http://www.energy.gov/articles/improving-project-management-department-energy>

### ナノ粒子ベースのコーティングの機械的安定性についてナノ粒子サイズ効果を実験的に評価

ナノ粒子のサイズの関数としてのシリカナノ粒子ベースのコーティングの機械的安定性を実験的に検討、コーティングは正および負の表面電荷を交互に層ごとに構築、多層膜の機械的安定性は水中の超音波キャビテーション試験で評価、キャビテーションに対するコーティングの耐性がナノ粒子のサイズが減少するにつれて著しく増加することを発見、凝集エネルギー密度の増加を示す、多層の安定性へのファンデルワールス及び電気二重層の相対的な寄与についても考察、オートアルザス大学 (フランス)

Experimental Characterization of the Nanoparticle Size Effect on the Mechanical Stability of Nanoparticle-Based Coatings

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl503768r>

## 酸素原子を有する Si/炭素界面の化学的適合化、Si アノードの多面的な課題に対処可能

シリコンはグラファイトアノードの 10 倍の容量の  $\text{Li}^+$  を保存するという多面的な課題に対処しなければならない、酸素原子によるシリコン/炭素界面の化学的適合化だけでシリコン/炭素複合電極のサイクル寿命を 300% 向上、同時にインタフェース適合化電極は高い面容量 ( $3.86\text{mAh}/\text{cm}^2$ )・高い比容量 ( $922\text{mAh}/\text{g}$ )・優れたサイクル性 (160 サイクル後の容量保持率 80%) を達成、高速 1C で面容量は 500 サイクルで  $1.61\text{mAh}/\text{cm}^2$ 、この優れた電気化学的性能は構造的及び電気的な相互接続の大幅な改善と直接関係、電極全体にわたる酸素原子を有する Si-炭素界面の化学的適合化、まだ検討されていない新しい次元の界面結合は Si アノードの多面的な課題に対処する上で予想外に重要な役割を果たすことができることを実証、メリーランド大学カレッジパーク校

Interfacial Oxygen Stabilizes Composite Silicon Anodes

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl504242k>

## 新しい半導体用電子材料としてホスホレンの可能性を明らかに

一次元エッジコンタクトを有するホスホレン六方晶系 BN (hBN) のヘテロ構造トランジスタを作成、トランジスタ特性 (両極性、ゲート依存の金属-絶縁体転移、移動度  $4000\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ )、特性は 300 時間以上周囲条件で安定、低温・磁場 (g-factor  $\sim 2$ ) 中でゲート可変シュブニコフ・ド・ハース磁気振動とゼーマン分裂を観察、2,3 層ホスホレン (FLP) の正孔のサイクロトロン質量はフェルミ準位が価電子帯端に向かって移動するにつれ 0.25 から 0.31 $m_e$  に増加、新規な 2D 物理および半導体用電子材料のプラットフォームとして FLP の可能性を明らかにした、カリフォルニア大学リバーサイド校

Phosphorene shows viability for devices

<http://nanotechweb.org/cws/article/tech/59749>

## ウエハスケールボトムアップ成長によって $f_{\text{max}} > 75\text{GHz}$ の高速平面 GaAs ナノワイヤ配列

ウエハスケール欠陥のない平坦な III-V ナノワイヤ (NW) アレイ、約 100% の収率でパターン化された位置に気相-液相-固相 (VLS) 成長法を介して実現、長い均一な面をもつ GaAs ナノワイヤが完全に平行配列に組み立てられダブルチャネル T ゲート NW アレイベースの高電子移動度トランジスタ (HEMT) を作成、ゲート長 150nm 及び 2V ドレインバイアスの GaAsNW アレイベースの HEMT の特性 ( $I_{\text{ON}}/I_{\text{OFF}} : 10^4$ 、遮断周波数: 33GHz、最大発振周波数:

75GHz)、 $1.5 \times 1.5 \text{ cm}^2$  チップ上の 100 以上のデバイスで特性の均一性を確認、イリノイ大学アーバナ・シャンペーン

High-Speed Planar GaAs Nanowire Arrays with  $f_{\text{max}} > 75 \text{ GHz}$  by Wafer-Scale Bottom-up Growth

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl503596j>

## ボーイングとブラックベリー、自己破壊型スマートフォンの開発で提携

自己破壊機能を備えたスマートフォンとそのソリューションの開発を目指す、国防および国土安全保障関係の職員と下請け業者向け、ボーイングは米国の軍事予算削減による売り上げ鈍化の影響をソフトウェア開発によって補いたい意向 (ブルームバーグによる)、ボーイングは「ボーイング・ブラック」の名前で BES 対応スマートフォンの試験を続けていた、ボーイング・ブラックは端末のケースやねじ周りをエポキシ樹脂で接着し更にねじ部分を不正開封防止カバーで覆うことで端末の分解未遂を特定する設計、だれかが端末を不正に分解しようとする、端末に内蔵されたソフトウェアやデータの削除作業が自動的に開始され端末が使用不可能になる、音声およびデータ通信は、ボーイングのモバイル端末用セキュリティー・システムとサムスン電子のセキュリティー技術によって暗号化

BlackBerry, Boeing Team for Self-Destructing Phone

<http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2474037,00.asp>

## メガセルと RCT ソリューション、多結晶両面受光型太陽電池で協力

メガセル (イタリアの太陽電池製造業者) と RCT ソリューション (ターンキー設備と技術サプライヤー) は多結晶両面受光型太陽電池のパイロット生産ラインの立ち上げで協力、現在メガセルはカルミニャーノディブレントで 80MW の N 型太陽電池工場を稼働中、ターンキー両面受光型太陽電池の生産ラインを提供する前駆体となる協力は RCT ソリューションズとの技術の共同開発とライセンス契約を伴う、新しいパイロットラインは 2015 年第 1 四半期に稼働予定

MegaCell and RCT Solutions to collaborate on multicrystalline bi-facial solar cells

[http://www.pv-tech.org/news/megacell\\_and\\_rct\\_solutions\\_to\\_collaborate\\_on\\_multicrystalline\\_bi\\_facial\\_sol](http://www.pv-tech.org/news/megacell_and_rct_solutions_to_collaborate_on_multicrystalline_bi_facial_sol)



## Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 中の水素結合、超伝導量子ビットでの散逸 2 レベルシステムとして機能

散逸 2 レベルシステム (TLS) は 50 年にわたるガラス状固体中の長年の問題、最近になって量子コンピューティングにおけるデコヒーレンスの源として新たな関連性が発生、誘電体中の TLSs による共鳴吸収は超伝導量子ビットの性能に重大な制限、微視的性質はまだ未確立、第一原理計算に基づき Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 中の水素不純物が TLS 共鳴吸収の主な情報源であることを提案、水素は容易に Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 中に組み込むことができる、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 中の格子間 H は水素結合 (O-H...O) を形成、O-O 距離はアモルファス Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> または Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 表面または界面近くの結合の長さと同じ (H 原子にとっては 2 重の井戸)、2 つの対称位置間のトンネリングは 10GHz の範囲で共鳴吸収が生じることを実験で観察、また予想される量子ビット-TLS カップリングは 16 ~ 20MHz (計算値) で実験測定と一致超伝導量子ビットで散逸 2 レベルのシステムとしての Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の水素結合、カリフォルニア大学サンタバーバラ校 (UCSB)

Hydrogen bonds in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as dissipative two-level systems in superconducting qubits

<http://www.nature.com/srep/2014/141223/srep07590/full/srep07590.html>

## バイオベースのナノフィルターを試作、高い濾過能力

工業排水など環境に有害な汚染物質に対して高い浄化能力を有するバイオベースのナノセルロース系フィルターを試作、欧州でテストの予定、スペインの都市廃水処理など、高い濾過能力を持つ吸着剤シートを作製するためにセルロース業界の安い残留物を機能性ナノセルロースと組み合わせ、工業用水の重金属イオンや染料残基印刷業界の硝酸塩を除去、各膜は汚染物質の種類 (銅、鉄、銀、染料、硝酸塩など) に応じて異なる除去能力を有するように調整可能、ルレオ工科大学 (スウェーデン)、インペリアルカレッジ (英国)

Nano Filter cleans dirty industry

<http://www.ltu.se/ltu/media/news/Nanofilter-renar-smutsig-industri-1.124608?l=en>

## 高温超伝導と競合する「擬ギャップ」、直接的な証拠を初めて発見

科学者たちが「擬ギャップ」として知られている物質の神秘的な相が高温超伝導と競合することの直接的な証拠を初めて発見、擬ギャップが超伝導の妨げとなるかどうかを調べることを目的とした研究の 20 年の集大成、「擬ギャップ相が超伝導と競合し抑制することが明らかになった。何らかの方法でこの競合を削除するかそれをうまく処理できる場合、超伝導体の動作温度を上げることができるかも

しれない」(研究者の橋本誠氏談)、スタンフォード大学、SLAC 国立加速器研究所

First Direct Evidence that a Mysterious Phase of Matter Competes with High-Temperature Superconductivity

<http://www.innovations-report.com/html/report/materials-science/first-direct-evidence-that-a-mysterious-phase-of-matter-competes-with-high-temperature-superconductivity.html>

## 自立単層 MoS<sub>2</sub> で圧電性を観測

自立型 2D 半導体材料で圧電性を測定することに初めて成功、二次元結晶における圧電性の存在を計算で予測されていた、MoS<sub>2</sub> の自立単層での圧電性と圧電係数  $e_{11}=2.9 \times 10^{-10} \text{Cm}^{-1}$  を実測、バルク圧電材料とはかなり違って鋭い対照的にそれぞれの層の奇数と偶数での MoS<sub>2</sub> 有限ゼロ圧電応答を観察、振動は二次元結晶の反転対称性の破壊と復旧によるもの、電気機械結合の角度依存性により二次元結晶の方位を決定、単一分子膜で発見された圧電性は低消費電力ロジックスイッチに新しい応用、超高感度生物学的センサー他、UCB、LBNL

Observation of piezoelectricity in free-standing monolayer MoS<sub>2</sub>

<http://www.nature.com/nano/journal/vaop/ncurrent/full/nano.2014.309.html>

## 日本が世界最大の水面設置型ソーラーファームを構築予定

京セラ TCL ソーラー (京セラと東京センチュリーリースが共同出資して設立) が水上設置型の約 13.4MW (世界最大規模) のメガソーラー計画を発表、千葉県に公募に京セラ TCL ソーラーが応募し採択、計画の内容 (水面部約 18.0ha を利用、京セラ製太陽電池モジュール合計約 50,000 枚を水面に設置、2016 年 3 月の稼働を目指す)

Japan to Build World's Biggest Floating Solar Farm

<http://www.greentechmedia.com/articles/read/japan-to-build-worlds-biggest-floating-solar-farm>

## 電流飽和および電圧利得を示す極薄 ReS<sub>2</sub> 電界効果トランジスタ

剥離した数層の ReS<sub>2</sub> でデュアルゲート電界効果トランジスタを製造、室温で n 型の挙動 (Ion/Ioff: 10<sup>5</sup>)、真性移動度 (室温で 2cm<sup>2</sup>V<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>、77K で 26cm<sup>2</sup>V<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>)、Cr/Au-ReS<sub>2</sub> の接触抵抗 (175k Ω μm ~ 5k Ω μm)、ソースおよびドレインでのショットキー障壁、デュアルゲート ReS<sub>2</sub> FETs は電流飽和、電圧利得、及びサブスレッショルドスイング 148mV/decade を実証、テキサス大学オースティン校 Field Effect Transistors with Current Saturation and Voltage Gain in Ultrathin ReS<sub>2</sub>

### 溶液ベースで3D階層 CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>多孔質微小球を作成、タンポポの花粉粒の形からヒント

3D階層的 CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>多孔性微小球の大量作成のためのテンプレートを含まない溶液ベースの方法を開発、前駆体の形態学的進化に関する反応時間の効果に基づいてタンポポの花粉のような微小球の形成を理解するために形態および相変化を用いたその場溶解再結晶成長メカニズムに提案、抗癌剤である塩酸ドキシソルビシン (DOX) が効率的に CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 微小球に装填、3D階層 CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 多孔性微小球の薬物カプセル化および制御薬物放出用途のための大きな可能性を実証、浙江大学 (中国)

Bio-inspired Formation of 3D Hierarchical CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Porous Microspheres for Magnetic Controlled Drug Release

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/am507689a>

### EPAの奇妙なマジックナンバー5.8、炭素排出ルールにおける原子力プラントの役割と格闘

発電所からの二酸化炭素排出量を支配するルールを定める上で最も複雑で意見の分かれる問題は既存の原子力発電所を処理するための方法、安価な天然ガスにより原発の多くは運転停止の危機にさらされている、米国環境保護庁 (EPA) は炭素排出量に原発の貢献を評価するための奇妙な数式を提案、既存の原子力発電容量の5.8%が経済的理由のためにシャットダウンされる危険に、原子炉を持つ州にとってそれらを稼働することは州の二酸化炭素削減目標に向かって5.8%のクレジットを得る、このような提案に多くのコメントを受けているためEPAは計画を検討中、6月までにすべてのコメントを評価する必要、しかしそのルールは法廷で争われる可能性も

E.P.A. Wrestles With Role of Nuclear Plants in Carbon Emission Rules

[http://www.nytimes.com/2014/12/26/business/energy-environment/epa-wrestles-with-role-of-nuclear-plants-in-carbon-emission-rules-.html?ref=energy-environment&\\_r=0](http://www.nytimes.com/2014/12/26/business/energy-environment/epa-wrestles-with-role-of-nuclear-plants-in-carbon-emission-rules-.html?ref=energy-environment&_r=0)

### DNAとタンパク質のゲルを含まない電気泳動、70nmの毛細血管井戸チップで

自己包囲70nmの直径のキャピラリーを作製、タンパク質・短いDNA・長いDNA断片の別個の混合物を大きさごとに精密に篩過、シリコン上に集積ガラスキャピラリーシステムを作成、最小解像寸法差 (45–52.8kDaタンパク質に対し3.45kDa、200–300bpDNA鎖に対し20bp、5.6–5.8

kbpDNA鎖に対し182bp)、高解像度の篩過は非常に急なエントロピー障壁 (極めて限定的・抵抗的な毛細血管セグメントの発現と強烈な電界 (>1000V/cm) に平衡エントロピー篩過をシフトさせる中心的な役割によって作られる) から生じる、多くのエントロピー障壁を作る2cmの長さのふるいに直接印加されている2000Vの定常電圧で様々なサイズのDNA断片が7分未満で完全に篩過、香港科技大学

Gel-Free Electrophoresis of DNA and Proteins on Chips Featuring a 70 nm Capillary-Well Motif

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nn505605e>

### Greentech solarの読者が今年大変興味を持った記事

アップル、グーグル、テスラとソーラーシティの記事が目立った、開発に携わる最低価格と大規模の太陽光発電所に読者が惹きつけられるのを見た、読者が最も興味を持った10の記事を列記

Here's What Our Readers Were Most Interested in This Year

<http://www.greentechmedia.com/articles/read/heres-what-our-readers-clicked-on-the-most-in-2014>

### 12月の注目記事 I (2014.12.1 ~ 2014.12.11)

#### IEAがEUの再生可能エネルギー目標について勧告

欧州理事会は再生可能エネルギー目標27%・2030年の温室効果ガス排出量を1990年度比で最低40%削減で合意 (2014年10月)、EUのエネルギー政策レビュー「IEA諸国のエネルギー政策：欧州連合 - 2014」に対しIEAからいくつかの政策提言 (低炭素技術への投資増加、圏全体のエネルギー市場の統合を改善するためのコミットメントなど)、IEAの指摘 (法的問題や目標を実現するために必要な市場ルールが不十分、バランスある卸売市場改革の必要性、再生可能エネルギーでのより多くの投資とEU排出権取引制度 (ETS) の改質、相互接続には欧州のすべてが含まれるべき)、「エネルギー同盟に向かって移動するには、EUはエネルギー安全保障とその産業の競争力を高めるために内部のエネルギー市場内のリソースをプールしなければならない」(IEAのエグゼクティブ・ディレクターのホーヴァン氏のコメント)

IEA: More intergration and investment to reach EU 27% renewables goal

[http://www.pv-tech.org/news/iea\\_calls\\_for\\_more\\_intergration\\_and\\_investment\\_to\\_reach\\_eu\\_27\\_renewables\\_go](http://www.pv-tech.org/news/iea_calls_for_more_intergration_and_investment_to_reach_eu_27_renewables_go)

**伝統的な断熱材を凌ぐ断熱能力、珪藻土を使うアイデア**  
次世代の断熱材の開発に取り組み、伝統的な断熱材（発泡体、グラスファイバー、合成シリカ等）の交換を目指すプロジェクト（2年間、76.960ドル）、アイオワ州エネルギーセンターから助成金支援、真空断熱パネルに着目、パネルは1inほどの厚さでホイルカバーの内側に真空密封された断熱粉末で満たされている、1inの厚さで発泡体パネルの10inと同じくらいの断熱能力、パネル内部の最も一般的な粉末は発泡シリカ（砂からナノサイズの粒子を合成）、珪藻土と呼ばれるシリカ細胞壁を持っている単細胞藻類の珪藻土が最も有望な材料、アイオワ州立大学、エイムズ研究所

Saving energy with nanotechnology insulation

[http://www.sciencedaily.com/releases/2014/12/141201163006.htm?utm\\_source=feedburner&utm\\_medium=feed&utm\\_campaign=Feed%3A+sciencedaily%2Fmatter\\_energy%2Fmaterials\\_science+%28Materials+Science+News+++ScienceDaily%29](http://www.sciencedaily.com/releases/2014/12/141201163006.htm?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+sciencedaily%2Fmatter_energy%2Fmaterials_science+%28Materials+Science+News+++ScienceDaily%29)

### Johnson Controls 社、炭素繊維を使ったシート製造プロセスを開発

独自のマルチマテリアル技術を使ってシートの軽量化に成功、炭素繊維とポリアミドとメタルを組み合わせた複合材料技術、従来から製造されたシートよりも40%以上軽く安全性は同等、この最先端の仕事により今年のCLEPA（自動車部品メーカーの欧州連合）イノベーション賞を受賞、「CAMISMAを用いて炭素繊維ベースの材料系へのコスト効率の高い持続可能なアクセスが目標、2019年の車で利用できるようにしたい」（副社長コメント）

Johnson Controls Project CAMISMA Means Lighter but Just as Safe Vehicle Seats

<http://warszawa.naszemiasto.pl/artykul/johnson-controls-project-camisma-means-lighter-but-just-as-2631062.art,tid,tm.html>

### 染料がグラフェン複合材料の業界応用を加速

グラフェン-ポリマー複合材を製造する効率的で効果的な方法がマイクロエレクトロニクスおよびポリマー産業の鍵、グラフェン溶液を生成するために使用される溶媒（毒性）の多くはポリマー複合材料から最終的に除去するが困難、インダントロンブルースルホン酸ナトリウム塩（IBS、液晶を製造するための非常に一般的な工業用染料）分子を使用して少数層のグラフェンプレートレット（GNP）のポリマー複合材料で剥離・処理・封入、その方法が複合材料の用途に適していることを実証するためにグラフェン-有機ハイブリッドを商用ポリマー（ポリビニルアルコール）に加工、GNPを僅か3%添加することによりバルク導電率を10桁高まる、すでに重合体の工業生産における青色顔

料分散剤の添加剤として使用されている分子は生成物から除去する必要がないメリット、ISOF-CNR（イタリア）  
Dye brings graphene composites closer to industry

<http://iopscience.iop.org/2053-1583/1/3/035006/>

### 大気中の二酸化炭素からスーパーキャパシタ用ナノ多孔性グラフェンを作成

「スーパーキャパシタ」で使用するためのナノ多孔性グラフェンを作るために環境に優しい低コストの方法を提供、開発された化学反応でナノ多孔グラフェンを作成、マグネシウムと亜鉛の金属混合物を化学反応に利用（初めて発見された組み合わせ）、二酸化炭素の流れの中で高温に加熱され制御された金属熱反応、反応物は金属酸化物とそれらのナノ多孔性グラフェン、材料1gで約1900m<sup>2</sup>の巨大な比表面積、現在の商業的なスーパーキャパシタで使用される活性炭炭よりも少なくとも10倍高い電気伝導率をもつ、材料が安価で製造が簡単であるので商用レベルでの生産のためにスケールアップが可能、金属酸化物は金属の形に戻して再利用可能、オレゴン州立大学、アルゴンヌ国立研究所、南フロリダ大学、アルバニー国立エネルギー技術研究所

Atmospheric carbon dioxide used for energy storage products

<http://phys.org/news/2014-12-atmospheric-carbon-dioxide-energy-storage.html>

### Soitec 社の集光型太陽電池セル変換効率 50%が視野に

集光型 PV システム用多接合太陽電池の変換効率で46%（297倍集光）の世界記録樹立（産総研による標準試験でも確認）、44.7%を1年ぶりに更新、フラウンホーファーISE・CEA-LetiはSoitec社と再びコラボレーション、300~1750nmの波長の光子を電気に変換、各サブセルは4つの接合部を有し入射光子の1/4を変換、セル構造内部の各層の組成と厚さの正確なチューニングによる成果、Soitec社の子会社Soitec Solar DevelopmentはSan Diego Gas & Electricとカリフォルニア州の発電所向けに交流出力150MW（8万3400基）の販売契約を10月に締結、同月には中国での20.5MWコンセントレータPVプラントはSoitec社の技術を使用しその第2段階に達したと発表

Soitec-Fraunhofer ISE multi-junction CPV cell hits world record 46% conversion efficiency

[http://www.pv-tech.org/news/soitec\\_fraunhofer\\_ise\\_multi\\_junction\\_cpv\\_cell\\_hits\\_world\\_record\\_46\\_conversion](http://www.pv-tech.org/news/soitec_fraunhofer_ise_multi_junction_cpv_cell_hits_world_record_46_conversion)

参考：集光型PVは快晴の比率が高く、乾燥した地域に適したシステム。カリフォルニア州は条件に合っている。



## DOE、PV モジュールの信頼性に有効なブレークスルー研究を助成

PV モジュールの信頼性と耐久性の向上に貢献するブレークスルー研究に 900 万ドルの助成金を発表、SunShot イニシアティブの一環、加速試験技術の開発、新しい迅速な検査技術やツールを開発、モジュールの信頼性を評価（物理学、化学、高度なデータ分析）

DOE to fund 'breakthrough' PV reliability research

[http://www.pv-tech.org/news/doe\\_to\\_fund\\_breakthrough\\_pv\\_reliability\\_research](http://www.pv-tech.org/news/doe_to_fund_breakthrough_pv_reliability_research)

## ソフトバンクはアーンドラ・プラデシュ州で始まるインドのソーラー 10GW 開発に関わる可能性

州首相チャンドラバブー・ナイドゥ氏が日本訪問後に興味のあるニュースが浮上、訪問中ナイドゥ氏は貿易産業大臣の宮澤氏と MOU を締結、両者はエネルギー分野における二国間の協力関係を拡大・相互協力を促進する必要性を認識していることを強調しながら日本の工業団地をアーンドラ・プラデシュ州に設立することを発表、「ナイドゥ氏はソフトバンクの孫氏が今後 5 年間で計画しているソーラープロジェクトの 2.5GW をインストール支援に関心を示した。またソフトバンクはインド全体で 100 億ドルを投資することを計画中」（インドタイムズを含むインドのプレス報道）、ソフトバンクの広報担当者は報道内容を否定しないとコメント

Softbank eyeing 10 GW of solar in India - report

[http://www.pv-tech.org/news/softbank\\_could\\_develop\\_2.5gw\\_of\\_solar\\_in\\_andhra\\_pradesh\\_report](http://www.pv-tech.org/news/softbank_could_develop_2.5gw_of_solar_in_andhra_pradesh_report)

## 韓国標準科学研究院、室温で油を水の中にナノスケールで分散させる技術を開発

新たに開発した超音波集束装置（円筒形の圧電素子を利用）を用いて油の粒子を数 10nm の大きさにして分散させることに成功、超音波で圧力と高温が発生する空洞現象を最大に高めて水中の油の粒子を小さく分解、溶液を循環させ均質な分散が可能、本技術を利用すれば将来界面活性剤なしで水の中にオイルをナノスケールで分散させることが可能になる、半導体・化粧品・ペンキ・インク・医薬品・飲料・薬物送達システムなどでのナノ粒子の分散に利用可能、「水と油を室温で界面活性剤を全く使わずに安定的に混合できる現在では唯一の技術。産業的、社会的な波及効果が非常に大きい」（研究担当者談）、韓国の国内特許と国際特許（米国、日本、ドイツ、中国）の出願完了

Domestic Team Develops Technology to Mix Oil and Water

[http://world.kbs.co.kr/english/news/news\\_Sc\\_detail.htm?No=107068](http://world.kbs.co.kr/english/news/news_Sc_detail.htm?No=107068)

## メタリックナノワイヤ被覆繊維で個人熱管理

金属ナノワイヤ包埋布を使用する個人的な熱管理システムを実証、金属ナノワイヤが導電ネットワークを形成、人体の赤外線を反射するため優れた断熱性だけでなくジュール加熱により受動的な絶縁を補完できる、オリジナル布の通気性と耐久性の犠牲はない（ナノワイヤの多孔質構造のため）、スタンフォード大学

Personal Thermal Management by Metallic Nanowire-Coated Textile

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl5036572>

## シリカ-金-シリカナノコンポジットの近赤外領域での光熱特性

近赤外領域は生きた細胞と組織はこの領域で低い光散乱及び吸収をもつため生物学的なウィンドウと見なされる、近赤外領域におけるシリカ-金-シリカナノコンポジットの光熱効果を研究、レーザー光源とタンゲステンランプソース両方を使用、光熱効率の重要なパラメータ（ナノコンポジット濃度と照射時間）、哺乳動物細胞へのナノ複合材料の浸透についても調査、レーザー照射でナノコンポジットは近赤外領域で有意な光熱効果を示す、ナノ複合材料が達した最高温度は 51.9°C、レーザー照射 5 分で細胞自然アポトーシス（59%）および壊死（31%）、ノースダコタ大学

A Silica-Gold-Silica Nanocomposite for Photothermal Therapy in the Near-Infrared Region

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/am507644b>

## シリコン基板上に制御されたサイズと位置に窒化ガリウムナノワイヤを合成

再現性のよいブレークスルー技術、直径 200 ~ 100nm の範囲にわたってマスクグリッド開口部に制御された直径のナノワイヤを製造、間隔の様々な秩序配列、ワイヤ選択成長プロセスを改善して実現、NIST

Uniform nanowire arrays for science and manufacturing

<http://phys.org/news/2014-12-uniform-nanowire-arrays-science.html>

## SnO<sub>2</sub> ナノ粒子のメソポーラスネットワーク、Li イオン電池の充電時間を大幅に短縮

Li イオン電池の負極に多く用いられているはグラファイトの最大理論的容量は 372mAh g<sup>-1</sup>、多孔質酸化錫連結体を負極に用いた実験でグラファイトの 2 倍の理論容量を実現、独特の 3D 構造を持った酸化錫ナノ粒子のネットワークを固体アルコキッド前駆体の自己集合によって作成、前

駆体の組成は  $\text{Sn}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4 \cdot \text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  を  $100^\circ\text{C}$  の水に入れると加水分解して外側から  $\text{SnO}_2$  に変化し全てが約  $9\text{nm}$  の  $\text{SnO}_2$  ナノ粒子になる、それを  $400^\circ\text{C}$  で 2 時間熱処理すると自己集合して多孔質連結体になる、これを負極に用いた時  $0.1\text{C}$  の放電電流密度理論限界の  $781\text{mAh g}^{-1}$  に近い  $778\text{mAh g}^{-1}$  の放電容量が得られた、電流密度を  $2\text{C}$  ( $1.5\text{Ag}^{-1}$ ),  $6\text{C}$  ( $4.7\text{Ag}^{-1}$ ) に高めても 100 サイクルの充放電後に、それぞれ  $430, 300\text{mAh g}^{-1}$  の容量を保持、グラフアイトでは 10 時間かかる充電が 30 分で済むことになる、 $\text{SnO}_2$  ナノ粒子間のスペースがこの構造の要点、孔が適当な大きさと個々の  $\text{SnO}_2$  ナノ粒子が繋がっていないとバッテリーがだめになる」(論文筆頭著者 Vinodkumar Etacheri 氏談) パデュー大学、スウェーデン農業科学大学

Ordered Network of Interconnected  $\text{SnO}_2$  Nanoparticles for Excellent Lithium-Ion Storage  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aenm.201401289/abstract;jsessionid=49F09462035B777CBAEE9022E9FA3C83.f03t01>

### レーザー誘起ナノスケールマランゴニ流れ、単 SWCNT の整列配列を精製

単層カーボンナノチューブ (SWCNT) と金属性 SWCNT の混在が高度な半導体デバイスへの使用に際し性能低下で問題、マランゴニ効果に基づく最近報告された方法は金属性 SWCNT の比較的大きな集団 (m-SWCNT) の除去を可能にするが手続きが煩雑で複数の処理工程が必要、赤外線レーザー照射による純粋に半導体 SWCNT (s-SWCNT) の自然のままの配列を生成する単純で堅牢な代替案を開発、薄い有機膜で被覆された M-SWCNT による赤外線レーザー選択的吸収で m-SWCNT のみがマランゴニ流れを開始、反応性イオンエッチングで s-SWCNT を損傷することなく m-SWCNT を排除 (精製が完了)、熱物理学の体系的な実験研究と計算モデリングでこのプロセスの本質的な側面を解明、トランジスタの統計的に適切な数で半導体チャンネル材料としてこのようにして作成された s-SWCNT アレイを使用、高い移動度 ( $>900\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ) およびスイッチング比 ( $>10^4$ )、統計的分析からアレイは少なくとも 99.8% の s-SWCNT を含むことを示唆、イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校

Laser-Induced Nanoscale Thermocapillary Flow for Purification of Aligned Arrays of Single-Walled Carbon Nanotubes

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nm505566r>

### SEMATECH、大量生産の準備に向けて EUV リソグラフィを更に可能にするアウトガステスト結果を発表

EUV 露光ツールの予防可能な汚染を最小化または防止するための EUV レジスト脱ガスの削減は EUV レジストの開発にとって重要、EUV リソグラフィのための条件を満たすアウトガス明細で有望な進展があったことを発表、SEMATECH は JSR (株) と共同で改善された評価方法を実験的に立証、この成果はレジスト学習サイクルを大幅に改善することで大幅なコスト削減を実現する可能性をもつ  
SEMATECH Reports Significant Progress in EUV Resist Outgas Testing

[http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story\\_id=50551](http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story_id=50551)

### 蛍光状態速度論を使用したデュアルチャンネル RESOLFT ナノスコーピー

RESOLFT と呼ばれる技術を開発、自然の細胞環境で多様な生体タンパク質を直接ローカライズできる補足チャンネルの導入、光損傷しやすい生細胞の彩色エラーがない高解像度画像化に使用、サンプルを低い光レベルで画像化できる比較的新しい高解像度の顕微鏡技術、光損傷が常に懸念されるナノスケールでの生細胞のイメージングに特に重要、RESOLFT ナノ顕微鏡は 2 つの状態 (暗・蛍光状態) の間で何回も可逆切替可能な蛍光タンパク質 (rsFPs) を交換することによって光焦点顕微鏡の空間分解能を向上、rsEGFP とドロンプアを使用して実現 (2 つの rsFPs は類似したスペクトルを有するがスイッチングと蛍光発光は異なる速度論)、開発したアプローチは生きたニューロンおよび神経組織中のタンパク質分布およびダイナミクスを画像化することによって実証、マックスプランク研究所

RESOLFT nanoscopy goes dual-channel

<http://nanotechweb.org/cws/article/tech/59536>

### 1D 原子鎖で二次元材料を相互接続

収差補正透過電子顕微鏡を用いて原子レベルの構造解析を中心とした 2D 材料内の 1D アトミック配線の分野において最近の進歩をハイライト、同様の電子線照射条件の下でこの議論を遷移金属ジカルコゲニドナノワイヤの形成に拡張、アトミックワイヤの今後の見通しについて新しい 2D 素材と炭素・ボロン・窒素のハイブリッドの文脈で考える、オックスフォード大学

Interconnecting Two-Dimensional Materials with One-Dimensional Atomic Chains

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nm5065524>

## KAIST、自然に存在しない人工メタ物質を利用して光の偏光を広帯域で制御することに成功

キラリティ（偏光回転量を決定する）を波長に比例した値をもつようにメタ物質の構造を人為的に設計して広帯域非分散の偏光回転性質を実現、光の波長よりも小さいサイズのらせん形構造を円対称をなすよう配列してつなぐ、光の波長に対して 1/10 程度の薄い厚さでも偏光を波長に関係なく一定に回転させられることを理論と実験で証明、理論検証のためマイクロ波帯域で実験、広帯域偏光回転 3D メタ物質は入射されたマイクロ波の偏光を 0.1GHz から 40GHz までの範囲で周波数に関係なく 45 度回転させることを確認（このような広い波長帯域で性質が変わらない物質は自然界では非常に少ない）、「波長よりも非常に短い厚さでも光の偏光を広帯域で効果的に調節できる。この技術を活用すれば広帯域通信やディスプレイに利用が可能な広帯域光素子が開発できる」（KAIST 教授 Min 氏コメント）

### Broadband and Ultrathin Polarization Manipulators Developed

[http://www.kaist.ac.kr/\\_prog/\\_board/?code=ed\\_news&mode=V&no=26522&upr\\_ntt\\_no=26522&site\\_dvs\\_cd=en&menu\\_dvs\\_cd=0601](http://www.kaist.ac.kr/_prog/_board/?code=ed_news&mode=V&no=26522&upr_ntt_no=26522&site_dvs_cd=en&menu_dvs_cd=0601)

## 中国核工業集团公司、建設会社と再生可能エネルギー協力を署名

建設会社フルーアは多くのエネルギープロジェクトを展開するために中国核工業集団（CNNC）との覚書を締結、覚書契約は欧州と中国の原子力や再生可能エネルギー（太陽光や風力を含む）プロジェクトに関する協力のため、Meiya Power（中国広核集団の再生可能エネルギーの子会社）は香港で発行済み新規株式公開により 2.27 億ドルを 9 月に調達

### China National Nuclear signs renewables cooperation with construction firm

[http://www.pv-tech.org/news/china\\_national\\_nuclear\\_signs\\_renewables\\_cooperation\\_with\\_construction\\_firm](http://www.pv-tech.org/news/china_national_nuclear_signs_renewables_cooperation_with_construction_firm)

## インテル、スマートグラス開発でルクソティカと提携

インテルはハイエンドのスマートグラスを開発するためイタリアのルクソティカ（ファッションデザイナー）と複数年の R&D 提携、ルクソティカはグーグルグラスの開発でも設計を担当することで 2014 年春にグーグルと提携、スマートグラス事業の拡大を模索するルクソティカの戦略とインテルの思惑が合致、インテルの身体装着型端末向けチップ事業拡大路線をあらためて明示、グーグルグラス向けにチップを提供することでグーグルと合意したことを発表したばかり

## Intel Picks Smartglass Partner

[http://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1324860&](http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1324860&)

## 湾曲したフレキシブル基板上にコロイド量子ドット太陽電池、スプレーコーティング製造法を開発

潜在的に低コストの太陽電池の製造を可能にする溶液相から堆積して合成されたコロイド状量子ドット（CQD）、今までのバッチ処理の方法は大量生産に不向き、コロイド状量子ドット太陽電池を大気条件下でスプレーコーティングにより製造、室温スプレーコーティング技術と単層に近い制御性をもつ完全自動化プロセスを開発、均一な CQD を製造する手段、スプレーコーティング法からロール・ツー・ロール製造への転写の可能性を試験、急速に回転するドラムに取り付けられた 6 枚の基板上に CQD 活性層をスプレーコーティング（平均電力変換効率 6.7%）、さらにフレキシブル基板上に噴霧するプロセスの製造可能性をテスト、基板が曲げられている間に噴霧すると 8.1% のチャンピオン特性、溶射法による CQD は大面積の製造プロセスに統合することができ非従来型の形状に太陽電池を作製することができることを提示、トロント大学、IBM カナダ研究開発センター

### Efficient Spray-Coated Colloidal Quantum Dot Solar Cells

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.201403281/abstract>

## MoS<sub>2</sub> に置換型ニオブをドーピング、安定した p 型伝導性を確認

層状遷移金属ジカルコゲニド（TMD）へのドーピングは典型的に 1 種類のみ安定、例えば MoS<sub>2</sub> では遍在電子供与硫黄空孔により n 型、安定 / 制御可能な p 型ドーピングは未だない、p 型ドーピングの欠如は MoS<sub>2</sub> の p-n 接合の開発を妨げる、スピン縮退伝導帯の代わりにスピン偏極価電子帯へのキャリア伝導を妨げる、これまで TMD における p 型ドーピングは表面吸着または電子受容性分子のインターカレーションを利用、実質的に安定したドーピングが必要、置換型ニオブ（Nb）のドーピングで安定した p 型伝導性を示す（約  $3 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$  の縮重正孔密度）、Nb 原子がホスト格子中の Mo カチオンを置換することにより MoS<sub>2</sub> に置換的に組み込まれる、垂直に積み重ねた MoS<sub>2</sub> 層でファンデルワール p-n ホモ接合を作成、ゲート可変電流整流を確認、MoS<sub>2</sub> で実証された置換型バイポーラドーピングから広範囲（マイクロエレクトロニクス、オプトエレクトロニクス、及びスピントロニクスデバイス）な展開が期待できる、UCB、韓国科学技術院、スタンフォード大学

### Doping against the Native Propensity of MoS<sub>2</sub>: Degenerate Hole Doping by Cation Substitution



### 透明導電性酸化物を使用して入射角度に依存しないホットキャリアの発生とコレクション

ホットキャリアを利用する検出器・センサ・パワー変換器、これらのデバイスの設計および実装はデバイス形状・光子入射角度・入射光子の波長の厳格な要求のため困難、ホットキャリアの発生及び収集を可能にする透明な導電性電極に基づいた単純な角度に依存しないデバイスを初めて提示、単色およびブロードバンド光源の両方から光電流の発生を確認、表面から最大 60°での入射照明で均一な吸収、1.5 ~ 3.0V の範囲の開放電圧が期待できる、透明導電性電極に基づいた新しいホットキャリア収集デバイスや検出器への扉を開く、メリーランド大学

Angle-Independent Hot Carrier Generation and Collection Using Transparent Conducting Oxides

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl503246h>

### Jinko Solar 社、60 セル多結晶シリコン PV モジュールの出力が 300W を超える

中国の Jinko Solar 社は多結晶シリコン PV モジュールの出力で新記録を達成したと発表、セルを 60 枚用いた「Eagle+」PV モジュールの出力が 306.9W に到達、同社によれば 60 セルの多結晶シリコン太陽電池モジュールの平均出力は約 255W、この Eagle+ の高出力品は量産に近い状態、(2014 年 5 月に出力 275W の Eagle+ 量産品を発表)、出力を増やすためにデュポン社の技術を導入、セルの電極用の導電ペースト (Solamet) の採用、太陽電池のバックシート材料として Tedlar (ポリフッ化ビニル樹脂フィルム) の一種) を利用

Jinko Solar 'Eagle+' Modules Reach the New Height of Power Output for 60-cell Multi c-Si Module

[http://www.jinkosolar.com/press\\_detail\\_1012.html](http://www.jinkosolar.com/press_detail_1012.html)

### 世界最大の太陽電池メーカー誕生、Hanwha SolarOne と Q CELLS が合併

ハンファグループ (本社: ソウル) は傘下のハンファ Q セルズ (本社: ドイツ・タールハイム) とハンファソーラーワン (本社: 上海) の両社が合併に正式合意したことを発表、この合併で 3.28GW の太陽光セルの生産能力を保有する世界 1 の太陽電池メーカーが誕生、本社機能をドイツ・韓国の 2 か所に構えてグローバル体制を強化、両社の強みを活かした生産と販売のシナジーを実現、資本構造の改善によりグローバルな資金調達力を強化、合併手続きの完了

は 2015 年 2 月を予定、新法人の代表には現ハンファソーラーワンの CEO ナム・ソンウ氏が就任予定

Hanwha to create 3GW cell giant with Q CELLS and SolarOne merger

[http://www.pv-tech.org/news/hanwha\\_to\\_create\\_3gw\\_cell\\_giant\\_with\\_q\\_cells\\_and\\_solarone\\_merger](http://www.pv-tech.org/news/hanwha_to_create_3gw_cell_giant_with_q_cells_and_solarone_merger)

### 目覚ましい成長を続ける米国のソーラー

米国太陽エネルギー産業協会 (SEIA) の発表、今年第 3 四半期にインストールされた PV システムは 1,354MW (昨年同期の 41% 増、四半期ではこれまでに 2 番目に大きな値)、2014 年第 3 四半期 963MW・第 2 四半期 1,133MW・第 3 四半期は 963MW、合計発電能力で 16GW を超えている、「ソーラーの継続的な目覚ましい成長はスマートかつ効果的な公共政策 (太陽投資税額控除、ネットエネルギーメーターと再生可能ポートフォリオ基準のような) に起因する」(SEIA 社長兼 CEO のローヌレッシュ氏)

SEIA: US solar continues 'impressive growth'

[http://www.pv-tech.org/news/seia\\_us\\_solar\\_continues\\_impressive\\_growth\\_trajectory](http://www.pv-tech.org/news/seia_us_solar_continues_impressive_growth_trajectory)

### 寿命が 10 年以上の有機太陽電池製造技術を開発

光州科学技術院 (GIST) 新素材工学部の研究チームが有機太陽電池の商用化の妨げとなっていた寿命の短さの問題を解決、有機太陽電池の寿命が短い原因として素子製造後の初期作動時に発生する効率の急激な低下 (burn-in)、これまでこの問題は根本的に未解決、高分子の分子量構成分布をゲル透過クロマトグラフィをもとに細分化して光活性物質内の多様な大きさの高分子・低分子の領域が共存していることを確認、このうち低分子領域帯の分子が有機太陽電池内の発生電流を妨げる物質として作用している事実を発見、低分子領域帯の分子を選択的に除去することで既存の有機太陽電池に比べて素子効率を 40% 向上 (予想寿命が最大で 10 年)、太陽電池だけでなく有機ディスプレイや有機 LED などの多様な有機電子素子の短い寿命の問題を解決するのに役立つものと期待

Long-term stable polymer solar cells with significantly reduced burn-in loss

<http://www.nature.com/ncomms/2014/141208/ncomms6688/abs/ncomms6688.html>

### ナノスケール量子回路のための新しいコンパクトな高抵抗薄膜を作成

高い値の抵抗を必要とする一つの応用例は量子位相スリッパ (QPS) 回路、抵抗はノイズの多い古典的な世界から

QPS デバイスの脆弱な量子状態を分離するために必要、集積回路の抵抗を作るために使用される標準的な材料は QPS 回路の要件を満たすために十分に小さい形態で十分な抵抗をまだない、新しい価値の高いコンパクトなナノスケール抵抗を作成するために酸化クロム化合物を利用、スパッタリング法で酸化クロム薄膜を作成、薄膜の酸素含有量を制御することにより抵抗を調整（酸素含有量が高いと抵抗が高い）、酸素とクロムの質量比に対し抵抗率を 4,2K で測定、QPS 回路の要件に最適な十分高い抵抗値を実測、ニオブ-シリコン界面での酸化クロム薄膜の接触抵抗を明らかにした、ニオブシリコンナノワイヤで QPS 回路を作成することはアンプの新たな量子標準を測定するための一つの方法、酸化クロムとニオブ-ケイ素との間の金中間層を作成すると接触抵抗を低下させることを発見、ロンドン・ナノテクノロジーセンター

Nanoscale resistors for quantum devices

[http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2014-12/aiop-nrf120514.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2014-12/aiop-nrf120514.php)

## シリコンの代わりに半導体としてゲルマニウムを用いる CMOS デバイスを作成

シリコントランジスタはスケーリングの限界に到達、シリコンに比べてゲルマニウムは電子や正孔の高い移動度、CMOS 電子デバイスのために必要な 2 種類のトランジスタを製造するためにゲルマニウムを使用する方法を開発、低い電気抵抗を有する N 型コンタクトを作成することを困難にする特性をゲルマニウムドーパまたは不純物添加でその特性を変化、不純物を多く含む領域は最も低い抵抗、良好な接触を提供する最も高濃度にドーパされた部分を露出させるためにゲルマニウムの上部層をエッチングする方法を開発、非シリコンインバータでこれまでに実証された最高のパフォーマンスを実証、12月15～17日の2014 IEEE 国際電子デバイス会議にて2つの論文で詳細を説明、パデュー大学

Germanium comes home to Purdue for semiconductor milestone

<http://www.purdue.edu/newsroom/releases/2014/Q4/germanium-comes-home-to-purdue-for-semiconductor-milestone.html>

## 米国、中国に対する事業開発ミッションを発表

商務省長官のプリッツカー氏・DOE 長官モニス氏はスマートシティやスマート成長を支える産業に焦点を当て中国への事業開発ミッション(2015年4月)を発表、貿易ミッションは米国企業の立ち上げを助け中国での事業を増やすことを支援する、支援対象分野(グリーンビルディング、ビルディングエネルギー改修、ビル管理、グリーンデータセン

ター、炭素捕捉と貯蔵、エネルギー効率化技術、きれいな空気と水の技術、廃棄物処理技術、スマートグリッド、グリーン交通機関など)、このミッションは11月12日のオバマ大統領と習国家主席による共同声明に続くクリーンエネルギー協力を拡大するいくつかの取り組みの一つ、中国は2030年あたりにCO<sub>2</sub>排出量がピークに達し2030年までにすべてのエネルギーの彼らの非化石燃料のシェアを約20%に増加させる目標を達成するのに役立つ

U.S. Secretary of Commerce Pritzker and U.S. Secretary of Energy Ernest Moniz Announce Business Development Mission to China

<http://www.energy.gov/articles/us-secretary-commerce-pritzker-and-us-secretary-energy-ernest-moniz-announce-business>

## 集光式 PV システムで初めて変換効率 40%を達成

太陽光を放物面鏡で反射・集光して光束をダイクロイックミラーで分光、透過光をシリコン系の太陽電池に反射光を3接合型の化合物太陽電池にそれぞれ照射して発電するシステム、オーストラリアのニューサウスウェールズ大学が独自に開発した技術はダイクロイックミラー部分で太陽電池は米国 Boeing 社の子会社の Spectrolab のセルなどを利用、900nm 弱～1100nm 超の近赤外線帯は Si 系太陽電池が高い変換効率を実現しやすい波長領域、残りの波長域は3接合型化合物太陽電池でカバー、「この技術はオーストラリアで普及しつつあるタワー型の大規模集光式 PV システムに特に向いている」(Martin Green 氏)

UNSW researchers set world record in solar energy efficiency

<http://newsroom.unsw.edu.au/news/science-technology/unsw-researchers-set-world-record-solar-energy-efficiency>

sol

参考：ダイクロイックミラーは、誘電体多層膜鏡とも呼ばれ、特定の周波数幅の光は透過しそれ以外は反射するなどの機能を持つ。

## ASML は TSMC から量産用 EUV 露光装置「NXE:3350B」2台を受注、2015年に納入予定

TSMC がプロセス技術の境界(潜在的に7nm)を拡張するために来年 EUV スキャナ 2 台を購入予定(欧州最大のチップ製造装置メーカー ASML NV の発表)、「EUV スキャナは10nm のためのもの、7nm の生産準備のためにそれらを使用するつもり」(12月4日の第14回サプライチェーンマネジメントフォーラムで ASML 執行副社長ハウト氏談)、この件について TSMC 広報担当者はコメントを控えたが TSMC は EUV スキャナを使って2018年までに7nmのチップ生産を開始する可能性も、EUV へのシフトはリソグ

ラフィ装置の次の世代における社会通念を切替えるシグナル格かもしれない (EUV システムの遅延により 10nm チップ製造には従来の液浸リソグラフィを使用するという以前の予想)、インテルは EUV なしで 7nm までムーアの法則を駆動する方法を見つけた (今年初めの発表)、ASML は EUV の生存に関するインテルの最近の懐疑論の一部を払いのけた格好

TSMC to Use EUV for 7nm, Says ASML

[http://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1324906&](http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1324906&)

### 優れた電気特性をもつ p 型 WSe<sub>2</sub> 原子層を大面積成長

p 型半導体特性を有する 1 つの典型的な例がタングステンジセレンド (WSe<sub>2</sub>)、バルク WSe<sub>2</sub> は単層で直接バンドギャップ (~1.65eV) の中に間接バンドギャップ (約 1.2 eV) をもつ、機能的なエレクトロニクスとオプトエレクトロニクスの新しい電子材料として魅力的、WSe<sub>2</sub> の課題は大面積 WSe<sub>2</sub> 原子層の制御可能な合成法が未だないこと、ここでは横方向の寸法が約 1cm<sup>2</sup> までの WSe<sub>2</sub> 薄膜の大面積成長のための化学気相堆積法の系統的な研究を報告、単層領域で二重層または多重層よりも非常に強い発光、単層における直接バンドギャップに対し予想される遷移と一致、原子的に薄い WSe<sub>2</sub> の優れた結晶品質を透過型電子顕微鏡示で確認、p 型 WSe<sub>2</sub> FET での正孔キャリア移動度 (単層の場合室温で 100cm<sup>2</sup>V<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>、数層の場合 350cm<sup>2</sup>V<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>)、以前に報告された剥離材料や合成 WSe<sub>2</sub> の移動度の最高値をに匹敵、UCLA

Large Area Growth and Electrical Properties of p-Type WSe<sub>2</sub> Atomic Layers

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl504256y>

### NEDO、ドイツでスマートコミュニティ実証に向けた事前調査を開始

NEDO はドイツでエネルギー地産地消型のスマートコミュニティ実証事業に向けた事前調査を開始、シュパイヤー市で PV の自己消費モデルの共同実証に参加、シュパイヤー市・シュパイヤー電力公社・住宅供給公社 GEWO 社などと協力、日本が得意とする蓄電・蓄熱技術や ICT 技術により実証システムを構築、PV で発電した電力を地産地消する「自己消費モデル」の確立を目指す、PV からの逆潮流抑制に貢献するシステムとなることで再生可能エネルギーの大量導入時代を迎えようとするドイツにおける PV・蓄電池・熱運用の統合環境の可能性を追求

[http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_100336.html](http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100336.html)

### ナノ構造オパールアセンブリ内のナノキャストイング階層カーバイド誘導炭素でリチウム-硫黄電池カソードを高性能化

シリコンカーバイド誘導炭素を合成するためにナノキャストイング法で均一なサイズのシリカナノ球の使用を検討、ナノ球の単分散性は逆オパールのような細孔配列を用いてメソシステムに転送することができ等方性収縮が起るが塩素ガス処理により誘導された CDC でさえ保持することができることを実証、カーバイド由来炭素 DUT-86 (DUT=ドレスデン工科大学) サンプルはユニークな階層的な細孔構造特性 (小さい窓や微多孔壁によって相互接続された単分散球状メソ細孔)、逆オパール構造とそれによる凹状細孔壁階層をもつ開放多孔性 CDC を得た、球状の気孔の大きさだけでなく細孔窓シリカナノ球のサイズを変えることによって調整可能、この特別な CDC 材料は高度な電気化学的性能の結果 Li-S 電池電極用硫黄をホストすることができる、ドレスデン工科大学、フラウンホーファー材料照射技術研究所

Nanocasting Hierarchical Carbide-Derived Carbons in Nanostructured Opal Assemblies for High-Performance Cathodes in Lithium-Sulfur Batteries

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nm503394u>

### Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiNx スタック不動態化メカニズムに基本的な洞察、高効率シリコン太陽電池に応用可能

原子層堆積 (ALD) で堆積しプラズマ化学気相成長法で堆積した SiNx 層でキャップした極薄 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層と c-Si の界面について詳細な検討、注目点はこれら誘電体スタックの固定電荷密度と界面欠陥密度、異なる ALD Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 堆積プロセス (プラズマ支援 ALD 及び熱 ALD) による Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層の厚さと異なる熱処理の関数として、表面再結合のための拡張ショックレー-リード-ホールモデルによる理論的な計算に基づいてこれらの界面特性が十分に実験的に決定された表面再結合を説明できることを見つけた、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiNx のスタック不動態化メカニズムに基本的な洞察を提供 (特に高効率シリコン太陽電池のため)、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 堆積前の c-Si 表面を酸化して熱 ALD Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> で積層体の表面パッシベーション品質を向上させることも可能、

フラウンホーファー・ソーラーエネルギーシステム研究所 Properties of the c-Si/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> interface of ultrathin atomic layer deposited Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> layers capped by SiNx for c-Si surface passivation

<http://scitation.aip.org/content/aip/journal/apl/105/23/10.1063/1.4903483>



### シリコンナノ結晶構造で熱伝導率の異常な減少

3つの物性値（ゼーベック係数、電気伝導率、熱伝導率）は互いに相関があり全ての物性値を最適化することは難しい、極薄 Si 酸化膜を用いて数 nm サイズの球形ナノドット結晶を Si 基板上に超高密度にエピタキシャル成長させる技術を開発し結晶方位をそろえて Si のナノドット結晶を連結した構造を作製することに成功、ナノドット連結構造は Si 結晶の電気伝導率を大きく低下させることなく熱伝導率のみを低減、熱伝導率の最小値は  $0.78 \pm 0.12 \text{ W/mK}$ （バルク Si の  $1/200$  に低減）、ナノ構造を用いた熱電変換高性能化に成功、阪大、東京大学、アルバック理工

Anomalous reduction of thermal conductivity in coherent nanocrystal architecture for silicon thermoelectric material

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211285514201558>

### 市販のポリマーからレーザー誘起多孔グラフェン薄膜を作成

カーボンナノ材料の費用対効果の高い合成とパターンニングが電子とエネルギー貯蔵デバイスへの課題、CO<sub>2</sub> 赤外線レーザーを使用して市販のポリマーフィルムから 3次元ネットワークと多孔グラフェン薄膜をパターンニングするためのスケラブルな一段階方法を開発、sp<sup>3</sup>炭素原子が光熱パルスレーザー照射により sp<sup>2</sup>炭素原子に変換、得られたレーザー誘起グラフェン（LIG）は高い電気伝導性を示す、電力密度  $\sim 9 \text{ mWcm}^{-2}$  および比容量  $> 4 \text{ mFcm}^{-2}$  をもつ面内マイクロスーパーキャパシタのための櫛形電極を容易にパターンニング、理論計算により増大した静電容量は五角形-七角形構造の LIG の珍しい超多結晶格子から生じることを部分的に示唆、この技術はポリマー書き込み電子・エネルギー蓄積デバイスへの迅速な経路を提供、ライス大学

Laser-induced porous graphene films from commercial polymers

<http://www.nature.com/ncomms/2014/141210/ncomms6714/full/ncomms6714.html>

### DOE、125 億ドル融資保証の革新的な原子力エネルギープロジェクト公募

DOE は次世代原子力エネルギープロジェクト融資保証公募を公表、エネルギー戦略の一環として革新的な原子力エネルギープロジェクトを支援するために 125 億ドル程度を提供、公募対象の 4 つの主要な技術分野（高度な原子炉、小型のモジュール式の反応器、既存施設のアップグレード、フロントエンドの原子力プロジェクト）、DOE の融資プログラム局（LPO）は 4 分野でも現在公募中（化石エネルギー

プロジェクト 80 億ドル、再生可能エネルギーや効率的なエネルギープロジェクト 40 億ドル、先進技術車両製造融資プログラム 160 億ドルなど）

Department of Energy Issues Final \$12.5 Billion Advanced Nuclear Energy Loan Guarantee Solicitation

<http://www.energy.gov/articles/department-energy-issues-final-125-billion-advanced-nuclear-energy-loan-guarantee>

### シリコン中に均一なサブミクロン細孔の高密度アレイを作成

シリコン中に高アスペクト比の並列サブミクロン細孔アレイ形成法を開発、センサー・光学・高分子微細パターンニングなどへの応用、ポリスチレン球は金被覆シリコンウエハ上に対流によって組み立てられスパッタエッチング、その結果優れた長距離秩序を有する明確な金のディスク・アレイが生成、金ディスクは金属支援化学エッチング（MACE）において触媒として作用（ストレート壁、平底、高アスペクト比の均一な細孔をもたらす）、細孔アレイはバイオセンシング用途では堅牢な反射面としてまたポリマーレプリカ成形のための鋳型として使用可能、ライブニッツ新素材研究所、南オーストラリア大学

Dense Arrays of Uniform Submicron Pores in Silicon and their Applications

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/am506891d>

### パルスオキシメトリ用センサーを有機材料ですべて作成

従来のパルスオキシメータは高価なオプトエレクトロニクス部品を使用、指先・耳たぶなど感知場所に制限（剛性形と面積スケリングの複雑さに起因）、本研究はフレキシブル基板と互換性のある有機材料に基づくパルス酸素濃度計のセンサーを報告、緑（波長 532nm）・赤（626nm）の有機発光ダイオードと有機フォトダイオードを共用、ンサの活性層をスピコーティングと印刷技術により溶液処理材料から堆積、すべての有機光電子オキシメータセンサーは従来の電子機器と 1kHz で結合、得られた脈拍数及び酸素化は市販のパルスオキシメータで較正・比較、有機センサーは脈拍数および酸素をそれぞれ 1% および 2% の誤差で正確に測定、UCB

All-organic optoelectronic sensor for pulse oximetry

<http://www.nature.com/ncomms/2014/141210/ncomms6745/full/ncomms6745.html>

参考：パルスオキシメトリは、指先などにセンサーを装着し、人体を傷つけずに酸素の血中濃度を測定する方法。

## 他の既存の金属材料よりも高い強度対重量比を持つ新しい「高エントロピー」金属合金を開発

高エントロピー合金はほぼ等量の5つ以上の金属から成る材料、リチウム・マグネシウム・チタン・アルミニウム・スカンジウムを組み合わせてナノ結晶の高エントロピー合金を作成、低密度で非常に高い強度、強くて軽い素材に広い用途範囲（車両や人工装具）、「密度がアルミニウムに匹敵するがチタン合金よりも強い。他の金属材料に見られない高強度と低密度の組み合わせを持つ、強度対重量比は一部のセラミックに匹敵、セラミックよりも強い（脆性が少ない）、現時点での大きな問題は非常に高価なスカンジウムの利用、スカンジウムの代替または合金から排除することができるかどうかを検討中」（論文の筆頭著者 Carl Koch 氏談）、ノースカロライナ州立大学、カタール大学

A Novel Low-Density, High-Hardness, High-entropy Alloy with Close-packed Single-phase Nanocrystalline Structures  
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/21663831.2014.985855#.VlkZTjr9mUk>

## 11月分 追加

### ブルーレイ映像ディスクを再利用し光子を操作し、準ランダム・ナノインプリント・テンプレートに

ブルーレイ映像ディスクを転用して太陽電池の効率向上させるテンプレートの作製が可能に、ブルーレイ映像ディスクに存在する準ランダムなナノ構造（ランドとピットのランダムな配列を論理的順序で反復したもの）が最適に近い光閉じ込め用途に適する、自然界の数多くの生物がもつ準ランダムなナノ構造の工学用途が検討され始めたのはごく最近（しかし準ランダムなパターン作製コストが高く、広範な応用に障害）、ブルーレイ映像ディスクのパターンの中に光子管理に適した準ランダムなナノ構造があることを発見、太陽スペクトル全体にわたる光の吸収と操作に適していることも明らかに、ポリマー太陽電池のテンプレートとしてブルーレイディスクを用いて作製された準ランダムなナノパターンを有する太陽電池は太陽スペクトル全体にわたって光吸収と電力変換効率が高いことを確認、今回の知見は光子操作デバイスと光閉じ込めデバイスを高い費用効果で作製するための方法につながる可能性、ノースウエスタン大学

Repurposing Blu-ray movie discs as quasi-random nanoimprinting templates for photon management

<http://www.nature.com/ncomms/2014/141125/ncomms6517/full/ncomms6517.html>

### グラフェンにプロトンの透過性、燃料電池の応用に期待

無欠陥の単層グラフェンは普通の条件下でどんな原子・分子に対しても不透過であるとされてきた、従来の理論ではプロトンに対しても不透過であると予想（プロトンの透過性は水素原子と同等と考えられているため）、プロトンは単層グラフェンの膜を簡単に透過することが実験で実証、窒化ホウ素（hBN）単層膜についてもプロトン透過性を確認、二硫化モリブデン単層膜・二層グラフェン・多層hBNのような厚みのある膜ではプロトンは不透過、燃料電池ではプロトンだけを選択的に透過する膜が不可欠、マンチェスター大

Proton transport through one-atom-thick crystals

<http://www.nature.com/nature/journal/vaop/ncurrent/full/nature14015.html>

### 東芝、人工光合成の世界記録を更新

太陽光のもつエネルギーのうち1.5%を化学エネルギーに転換、これまでの世界記録を1桁上回る成果、nmサイズの構造をもつ金ナノ触媒を利用、二酸化炭素が一酸化炭素に変化する活性サイトを増やすことが効率向上に有効、ナノサイズの構造制御技術、2014年11月24～28日に兵庫県で開催された人工光合成国際会議2014（ICARP2014）でポスター発表（11月26日）

<http://artificial-photosynthesis.net/ICARP2014/index.html>

### 光化学系II複合体の正確な三次元原子構造を解明

X線自由電子レーザー（XFEL）施設SACLAを用いて光合成による水分解反応を触媒する光化学系II複合体の構造を1.95Å（0.195nm）の分解能で正確に突き止め、光合成における水分解反応機構の解明に繋がる成果、X線自由電子レーザー（XFEL）施設のSACLAは発生するXFEL光の1パルスの継続時間が10fs（1fsは10～15秒）と短く1パルスでX線写真を撮影できる明るさをもつ、X線による放射線損傷のない状態で分子構造の変化をX線回折写真撮影することが可能、「フェムト秒X線結晶構造解析法」と世界最高品質の光化学系IIの結晶作成技術を組み合わせた研究成果、岡山大学、理研

Native structure of photosystem II at 1.95 Å resolution viewed by femtosecond X-ray pulses

<http://www.nature.com/nature/journal/vaop/ncurrent/full/nature13991.html>

### ウェアラブル基板上の溶液生成 ZnO ホモ接合ナノワイヤ膜、エネルギー変換やセルフパワージェスチャー認識に応用可能

向上した機械的エネルギーハーベスティングのための ZnO

ホモ接合ナノ構造の適用可能性を初めて実証、異なる材料構成や処理法を体系的に設計・テストし最適な材料設計を見つけた、得られた出力は圧電 NGs の動作メカニズムに関する以前の基本的な理論と一致、密集した NW 膜を製造するための合成方法は従来のスパッタ薄膜のような実行可能な方法を代替可能（合成温度が非常に低いため）、ZnO p-n ホモ接合ナノ構造に基づく極薄ウェアラブル圧電デバイスは人間の手首の腱から小規模皮下の動きを検出（異なる動きと手のジェスチャを識別）、ジョージア工科大学、ナノエネルギー・ナノシステム北京研究所

Solution-Derived ZnO Homojunction Nanowire Films on Wearable Substrates for Energy Conversion and Self-Powered Gesture Recognition

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nl5029182>

### 大面積無欠陥単結晶グラフェンを CVD 法で成長

大面積高品質単結晶グラフェンを製造するための2つの課題（核生成密度の低減、構造上の欠陥修復）、一度に両方の問題を解決する CVD 成長を伴う方法を開発、繰り返されるエッチングと成長、メタン流量が成長サイクルの数を減少、大面積の無欠陥単結晶グラフェンドメインを作製、エッチングを通じて効率的に核ドメインをランダムに削除、初期成長における核生成密度で許されるよりもはるかに大きなサイズの単結晶グラフェンドメインを非常に低い温度で生成（従来の CVD 法を用いて実現することは不可能）、黒鉛化に類似の構造的欠陥を効率的に治癒、成長基板に Pt を用いて約 3mm の無欠陥単結晶グラフェンドメインを成長、大気条件下のキャリア移動度  $13000\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 、材料科学瀋陽国立研究所、北京大学

Repeated Growth–Etching–Regrowth for Large-Area Defect-Free Single-Crystal Graphene by Chemical Vapor Deposition

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nn506041t>

### 欧州のプロジェクト、非接触型の磁気浮上式ギアの開発に成功

開発した減速ギアは入力軸と出力軸のそれぞれのギアが相互に接触することなしに動力を伝達、従来型ギア同様に入力軸から出力軸に軸の回転速度を減速させて伝達することができる、磁気歯車減速機の開発で構成、入力軸から別の出力軸に速度を変換するメカニズム（自転車のチェーンメカニズムや自動車のギアボックスのように）、従来の減速機とは異なり磁気のおかげで部品間の接触なしに伝達主な利点（潤滑が不要となるため極低温での動作可能、摩耗が存在しないため歯を持つ従来の減速機よりはるかに長寿

命、ギア作動による騒音や振動の発生も抑えることができる）、7 機関が参加する欧州の MAGDRIVE プロジェクト  
Researchers Develop a Magnetic Levitating Gear

<http://www.innovations-report.com/html/reports/physics-astronomy/researchers-develop-a-magnetic-levitating-gear.html>





### 構造色をもつ鳥③④ キバラタイヨウチョウ

キバラタイヨウチョウは中国南部からオーストラリアの北東部にかけて分布するタイヨウチョウ科の鳥です。スズメより小さな11cmほどの小鳥です。果実、花の蜜、小型の昆虫などを餌とし、マングローブ林や海岸の林、緑の多い都市の公園などをすみ処とします。タイヨウチョウの外見や行動はハチドリに良く似ていますが、スズメ目に属するタイヨウチョウとアマツバメ目に属するハチドリは、遺伝子的には離れています。ハチドリは南北アメリカ大陸にしか生息しておらず、一方、タイヨウチョウの仲間はアジア、オセアニア、アフリカに広く分布しています。タイヨウチョウは、ハチドリほどホバリングは上手ではないらしく、花の蜜を吸うときは花や茎に止まることが多いようです。

タイヨウチョウは漢字で太陽鳥と書きます。この名前のとおり、タイヨウチョウのオスは、様々な色合いの煌めく金属光沢の羽を持っています。キバラタイヨウチョウのオスも喉から腹にかけて藍色の金属の光沢を放つ羽を持っており、太陽の光を浴びると強く輝きます。

## 台湾 ITRI より

台湾工業技術研究院 (ITRI) の材料化学研究所が配信する台湾のナノテクノロジー研究開発動向と最新技術レポートをお届けします。台湾の研究開発動向は日本語で PEN 編集室に届けられています。

### ◆ 台湾の研究開発・政策動向 ◆

#### 工業技術研究院、「多目的フレキシブル電子基板技術」を宇威材料社へ技術移転 (2014.12.5)

工業技術研究院 (ITRI) は、「多目的フレキシブル電子基板技術 (FlexUP™)」を宇威材料科技有限会社へ技術移転しました。独自のフレキシブル基材を提供することで、高まるフレキシブルディスプレイ市場のニーズに応じてビジネスチャンスを確認し、世界的に高成長している腕装着型デバイス、スマートポータブルデバイス、フレキシブル医療センサー市場に参入する。

「多目的フレキシブル電子基板技術」は、2010年に「ウォールストリートジャーナル・テクノロジーイノベーションアワード」と「R&D 100 Awards」を同時に受賞した。この技術の中核を成すのは離形層と高透明のプラスチック基板材料で、この基板上に厚さが0.01~0.02mmのタッチセンサーを作製することに成功し、これを取り外して耐傷性のマスキング層を組み合わせることで、「ベンダブルタッチパネル」が完成する。

宇威材料社は台湾で初めてフレキシブル基材を生産した専門メーカーである。宇威材料社は将来的に「硬い」材質(ガラス)から「柔らかい」材質(フレキシブルディスプレイ)に渡る主要基材を提供することが可能である。より人間工学的な腕装着型デバイス、「開けばパッド、折りたためば携帯電話」となるスマートポータブルデバイス、軽く薄い耐衝撃性を持つ電子ペーパー応用製品など、顧客に対して高付加価値、差別化といった特性を持つ製品の開発をサ

ポートする。既存のタッチパネル産業においては、フレキシブル基板の耐熱性、重量や安全性の問題をクリアした携帯に便利な特性を活かし、車用や医療用のニッチ市場への応用が可能。またデジタルレントゲン、OLED照明等への応用も可能で、顧客の既存の生産ラインと組み合わせることで、生産ラインの初期導入にかかる時間やコストを抑えることが期待できる。

#### 工業技術研究院アカデミー会員会議 イノベーションと起業で産業の転換と高度化を促進 (2014.12.16)

工業技術研究院 (ITRI) は2012年より、産業の科学技術により台湾の産業発展や人々の生活福祉増進に対して傑出した貢献をした個人を表彰するため、「工業技術研究院アカデミー会員 (ITRI Laureate)」を設置している。先日行われたアカデミー会員会議では、「台湾産業構造転換の戦略と方法」をテーマとして、革新的なキーとなるコアコンピタンス (KEC) により、如何に産業のパラダイムシフトを促進させるか、如何にソフトとハードを統合したサービス型産業を構築するか、また ITRI の産業構造転換における役割等の議題について話し合いが行われた。

会議では、KECは産業転換と高度化の突破口であり、利用者価値、技術の突破と商業モデルの三つの要素が同時に領域を越えて推進されなければならない、また利用者と絶えず交流して修正をすることで、OEM、ODMの産業構造を打ち破るということ、人々の価値と美意識は台湾が強化すべき突破口であり、ITRIは消費者と向かい合うことができなければならない、また業界と共にグローバルな思考を発展さ

せてエンドユーザーと市場での検証を促進し、革新的技術の産業化に貢献するということが議題に上った。

アカデミー会員の智融グループ会長施振栄氏は、国がベンチャー企業を報奨する新しい仕組みが必要であり、そのために機関を越えた国家レベルの計画が必要であり、業界の主導により機関を越えた提携計画を展開するべきであるとの考えを示した。また、台湾セミコンダクター・マニュファクチャリング・カンパニー創設者兼会長の張忠謀氏は、大企業の転換は難度が高く、歴史的にもあまり見られないことであり、台湾産業の転換と高度化にはまず起業を奨励することだと指摘した。ITRI 院長の蔡清彦氏は、ITRI は積極的にベンチャー事業を推進しており、三年余りで既に30の会社を新設し、2014年に設立した14のベンチャー企業も資金調達の状況は去年より好転していると述べた。また蔡氏は、ITRIは絶えず新しい領域に参入してより多くのベンチャー企業を産み出していくとも述べ、出席した産業界の重鎮に対して、良き指導者としてベンチャー企業を大いに育成してもらいたいと呼びかけた。



## MEMS 関連情報

東北大学原子分子材料科学高等研究機構教授江刺正喜氏ご提供の MEMS 関連情報をお届けします。

### ◆ イベント、講演会のお知らせ ◆

#### 1. IEEE MEMS 2015 (The 28th IEEE Internl. Conf. on Micro Electro Mechanical Systems)

開催日：2015年1月18日(日)～22日(木)  
場所：ポルトガル エストリル (Estoril Congress Center)  
詳細：<http://www.mems2015.org/>

#### 2. Electronic Journal 第 2344 回 Technical Seminar 圧力センサ / マイク / 加速度センサ / ジャイロ★徹底解説 -最先端 MEMS デバイスの設計・製造・組立技術を詳解-

開催日時：1月27日(火) 10:00～17:00  
場所：連合会館(東京都千代田区神田駿河台3-2-11)  
主催：電子ジャーナル

講師：東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 教授 江刺正喜

開催趣旨：MEMS デバイスが組み込まれたアプリケーションが次々と登場しています。これらのアプリケーションにおいては、例えば MEMS マイクの用途として、携帯電話などに複数搭載することでデジタル音声信号処理による雑音除去を行わせたり、自動車のエンジンルームに設置して異音をキャッチするセンサとして利用するなど、微細化や耐熱性などといった MEMS の特徴を生かした新たな活用に期待が集まっています。本セミナーでは、このように様々な分野への展開が注目されている MEMS デバイスとして、圧力センサ、MEMS マイクロフォン、加速度セン

サ、MEMS ジャイロの主要 4 製品を取り上げ、原理と構造、設計・製造・組立技術、周辺技術、動向と将来展望その最新技術を分かりやすくかつ詳細に解説します。

参加費：48,500 円 (テキスト代 / 昼食代 / 消費税含む)  
\*早割サービス：開催日 1 カ月前までに参加申込をされた場合、参加費を定価から 2 割引します。  
定員：30 名  
詳細・申込：[http://www.electronicjournal.co.jp/t\\_seminar/2344.html](http://www.electronicjournal.co.jp/t_seminar/2344.html)

#### 【プログラム】

10:00-11:20 トレンド (付録 地磁気センサ)、1. 圧力センサの現状と将来展望  
11:20-12:00 2. MEMS マイクロフォンの現状と将来展望  
12:40-14:40 3. 加速度センサの現状と将来展望  
14:50-16:50 4. MEMS ジャイロの現状と将来展望  
16:50-17:00 名刺交換会

#### 3. The AIMR International Symposium 2015 (AMIS 2015)

開催日：2015年2月16日(月)～19日(木)  
場所：仙台国際センター (宮城県仙台市青葉区青葉山無番地)  
詳細：<http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/amis2015/>

# バイオミメティクス研究会より

高分子学会バイオミメティクス研究会より、研究会等イベントのご案内、関連書籍のご案内、注目トピックなどをお届けします。

## ◆ イベント、講演会のご案内 ◆

### 1. クロスボーダーシンポジウム

開催期間：2015年1月17日（土）～18日（日）

会場：北海道大学理学部4号館4-501

主催：北海道大学理学部数学部門久保研究室

共催：北海道大学数学連携研究センター

#### 【プログラム】

1月17日（土）

14:00-14:45 「濡れ現象の再考察」眞山博幸（旭川医科大学・一般教科 化学）

15:00-15:45 「細胞の集団運動の数理モデル」三浦岳（九州大学・医学研究院）

16:15-17:00 「Proneural Wave の数理モデリング」長山雅晴（北海道大学・電子科学研究所）

17:15-18:00 「自己組織化とバイオミメティクス：構造形成と機能発現のロバストネスの起源について…そして持続可能性」下村政嗣（千歳科学技術大学）

18:30-懇親会

1月18日（日）

10:00-10:45 「生体ケミカルセンサの成り立ちと機能性：「パターン識別」「差分検出」はいかにして可能となるか」尾崎まみこ（神戸大学・理学研究科）

11:00-11:45 「埋め込み時系列解析による回転流体の乱流一層流スイッチングの特徴付けに向けて」中野直人（科学

技術振興機構・さきがけ）

<http://www.math.sci.hokudai.ac.jp/seminar-index/seminar/20150118.php>

### 2. 2014年度バイオミメティクス研究会・高分子表面研究会合同研究会

#### 表面！生物と高分子の接点

日時：2015年1月30日（金）13:00～18:45

会場：京都大学 東京オフィス（東京都港区港南2-15-1 品川インターシティ A 棟 27 階）

主催：高分子学会バイオミメティクス研究会、高分子表面研究会

開催趣旨：生物にとっても、高分子材料にとっても、表面は非常に重要です。表面を「みて」、のぞむべき表面を「つくり」そして、その機能を引き出して「つかう」ことに、共通するものもあれば際立って異なるものもあります。生物と高分子材料の表面をお互いに知ることは、生物機能の模倣や医用材料の開発など、様々な分野への応用が広がるとともに、新しい分析法やモノ作りの考え方をもたらします。高分子表面研究会とバイオミメティクス研究会の共同事業として、異分野研究者が集い連携を深める場として本講演会を開催します。

<http://www.spsj.or.jp/entry/annaidetail.asp?kaisaino=1013>

### 3. バイオミメティクス市民セミナー（第38回）

#### 「ミメティクスおもしろネタの源としての昆虫分類学、形態学」

日時：2015年2月7日（土）13：30～

会場：北海道大学総合博物館 知の交流コーナー

主催：北海道大学総合博物館

共催：科学研究費新学術領域「生物規範工学」

協賛：高分子学会北海道支部、千歳科学技術大学バイオミメティクス研究センター

講師：吉澤和徳（北海道大学農学部 准教授）

セミナー概要：昆虫は形や行動の多様性の宝庫である。これまでに命名された真核生物の半数以上を昆虫が占めるが、その種多様性の解明度は10分の1程度とも見積もられており、われわれが目にしたことも無い未知の形を備えた昆虫がまだ沢山いることも間違いない。昆虫分類学者はその多様性の発掘に力を注ぎ、また系統学者・形態学者は、ミメティクスネタの宝庫とも言える多様性を、工学者とは違う観点で見つめている。昆虫の未知の多様性がごく最近明かされた例として、雌雄で交尾器が逆転した昆虫について、そして形態・系統学的観点からの昆虫の形の研究例として、昆虫の跳躍行動の進化について紹介する。

<http://www.museum.hokudai.ac.jp/event/article/295/>



**BIOMIMETICS**  
バイオミメティクス・市民セミナー

吉澤和徳（北海道大学 農学部 准教授）

**ミメティクスおもしろネタの源としての昆虫分類学、形態学**

**2015年2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

昆虫は形や行動の多様性の宝庫である。これまでに命名された真核生物の半数以上を昆虫が占めるが、その種多様性の解明度は10分の1程度とも見積もられており、われわれが目にしたことも無い未知の形を備えた昆虫がまだ沢山いることも間違いない。昆虫分類学者はその多様性の発掘に力を注ぎ、また系統学者・形態学者は、ミメティクスネタの宝庫とも言える多様性を、工学者とは違う観点で見つめている。昆虫の未知の多様性がごく最近明かされた例として、雌雄で交尾器が逆転した昆虫について、そして形態・系統学的観点からの昆虫の形の研究例として、昆虫の跳躍行動の進化について紹介する。

主催：北海道大学総合博物館 北海道大学総合博物館  
共催：科学研究費新学術領域「生物規範工学」 060-0810 札幌市北区北10条西9丁目  
協賛：高分子学会北海道支部 011-231-7900 FAX 011-798-6222  
〒060-0810 札幌市北区北10条西9丁目 総合博物館 2F 知の交流コーナー E-mail: museum@hokudai.ac.jp



# ソフトマテリアル研究 in AIST

産業技術総合研究所ソフトマテリアル分科会メンバーの研究を5回にわたって紹介します。

## ソフトマテリアルの特性を生かす：電子機能を創る

絶縁体となる場合の多いソフトマテリアルのなかにも、電子機能の主役となりうる材料群が存在する。たとえばイオン性の有機材料はイオン伝導の主体となり、高分子電解質は製膜した際イオン伝導のマトリックスとなる。一方で $\pi$ 共役系化合物を中心とした分子性材料のなかには電子（またはホール）伝導を示すものがある。電子は、分子鎖内を伝導するのみでなく、隣接する分子間をホッピングないしバンド伝導により伝導するため、孤立した1分子を伝導体とすることも、分子集合体を伝導体とすることも原理的に可能である。有機材料は、分子設計による物性制御の自由度、柔軟性、溶剤への易溶性、分子配列制御の容易さなど無機材料にない特性を示すことから、従来の電子デバイスとは異なる作製法や機能付加ができる可能性がある。

産総研では複数の研究ユニットにおいて有機電子材料およびデバイスの開発を実施しており、ソフトマテリアル分科

会を利用するなどしてグループ間の情報交換を行いつつ研究を進めている。今月号では、これらの研究グループの研究成果のいくつかを紹介する。

- 1) 高分子電解質膜中のイオンチャンネルナノ構造の解析
- 2) 金属錯体分子膜の長距離電子移動能：分子エレクトロニクスの新しい流れ
- 3) 摩擦転写法によるポリマー製膜—分子配向による機能発現—
- 4) 液晶性を活用して分子配向制御されたプリンテッドエレクトロニクス用有機半導体インクの開発

(独) 産業技術総合研究所  
電子光技術研究部門 分子集積デバイスグループ  
阿澄玲子

# 高分子電解質膜中のイオンチャンネルナノ構造の解析

産業技術総合研究所 ユビキタスエネルギー研究部門 塩山洋

## はじめに

ソフトマテリアルの一種である高分子電解質は、固体高分子形燃料電池や全固体リチウムイオン電池などの利用に向けて精力的に研究が進められている。これらの各電池の性能は、使われている高分子電解質材料の膜中におけるイオンの易動度に依存する。ここでイオンは高分子電解質膜中に形成されているイオンチャンネル内を移動するのであるが、このナノサイズの孔の構造を、光化学で用いられている汎用の装置によって解析する手法について紹介する。

## 高分子電解質

高分子電解質の代表例であるナフィオン [1] は、テフロン様骨格を主鎖とし、側鎖にスルホ基を有している。このため水やアルコールなどの極性溶媒中では、疎水性の主鎖を中心としスルホ基を外側に向けた棒状のミセル様会合体を形成する。また溶媒を除去することによって製膜した場合は、疎水性の主鎖マトリックス中に親水性のスルホ基を壁面とするトンネルが通じている構造となる。このトンネルは燃料電池の分野ではプロトンチャンネルとして知られているが、本稿ではプロトンではなく各種のイオンを用いて解析しているためイオンチャンネルと呼ぶことにする。

高分子電解質膜中では、イオンはイオンチャンネル内を移動する。このナノサイズの通路内でのイオン挙動は、発光プローブの消光過程を通じて解析できる。陽イオン交換樹脂であるナフィオン膜中での挙動はジピリジン配位子とするルテニウム錯体  $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$  とメチルビオローゲン

( $\text{MV}^{2+}$ ) などカチオン性の発光プローブと消光剤の組み合わせを、陰イオン交換樹脂膜中での挙動はピレンスルホン酸 (PyS) と  $\text{NO}_2^-$  のアニオンどうしの組み合わせを利用して検討した。

さて具体的な試料の調製であるが、陽イオン交換膜は Du Pont 社製のナフィオン 117 膜を、陰イオン交換膜は株式会社トクヤマ製の電解質膜 (2 種類) を、それぞれ  $2 \times 1\text{cm}$  に切り出して使用した。試料膜への発光プローブの吸蔵は、試料膜を発光プローブの溶液に 2 日間以上浸漬することによって行った。その後同じ方法で、所定量の消光剤を吸蔵させた。得られた試料の発光スペクトルとその強度は、汎用の分光蛍光光度計を用いて測定した。

## Stern-Volmer プロット

溶液中における  $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$  などの発光プローブは、その発光プローブと相互作用する分子を添加すると発光強度が減少する。この現象は消光として知られ、溶液中に添加された化学種は消光剤と呼ばれている。 $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$  の発光は、例えば  $\text{MV}^{2+}$  を添加すると、励起された  $[\text{Ru}(\text{bpy})_3]^{2+}$  から  $\text{MV}^{2+}$  への電子移動相互作用によって消光される。この場合、消光の程度は Stern-Volmer の式

$$I_0/I = 1 + K_{sv}[Q]$$

$$K_{sv} = k_q \tau_0$$

で表される [2]。ここで  $I$  は発光強度、 $I_0$  は消光剤が添加されていない場合の発光強度、 $K_{sv}$  は Stern-Volmer 定数、 $[Q]$  は消光剤濃度、 $k_q$  は消光反応速度定数、 $\tau_0$  は消光剤が添加されていない場合の発光寿命をそれぞれ示している。こ

の式から分かる通り、 $I_0/I$  の値を消光剤濃度に対してプロットすると 1 を通る直線となり、その傾きである  $K_{sv}$  は消光反応の速度定数に比例している。

高分子電解質膜中、具体的にはイオンチャンネル中での発光プローブの消光剤による消光挙動も、同様に Stern-Volmer プロットによって解析する事ができる。

### 高分子電解質膜中での消光反応

ナフィオン膜中における、 $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$  発光の  $\text{MV}^{2+}$  による消光の際の Stern-Volmer プロットを図 1 に示す。プロットの傾きから求めた  $K_{sv}$  を、破線で示したバルク水溶液中での傾きから求まる  $K_{sv}$  と比べると、約 1/18 であることが分かった。この違いは、消光反応自体は同じ発光プローブと消光剤を用いているため、反応種が拡散してきて衝突して反応する際の拡散項の違いのみによるものと考えられる。すなわちトンネル構造のイオンチャンネル中におけるこのイオンの組み合わせでの拡散は、バルク溶媒中の約

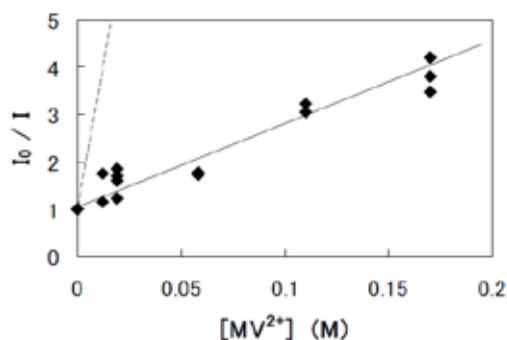


図 1 ナフィオン膜中で  $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$  の発光を  $\text{MV}^{2+}$  で消光した際に得られる Stern-Volmer プロット (破線は、バルク水溶液中での傾きを示している。)

1/18 に制限されていることが明らかとなった。

また陰イオン交換膜中における、ピレンスルホン酸発光の  $\text{NO}_2^-$  による消光挙動を図 2 に示した。例えば品番 A-201 の陰イオン交換膜中でのピレンスルホン酸の  $\text{NO}_2^-$  による  $K_{sv}$  値を水溶液中での値と比べると、約 1/3 であった。このように陰イオン交換膜中のイオンチャンネルの解析も可能であることが分かる。

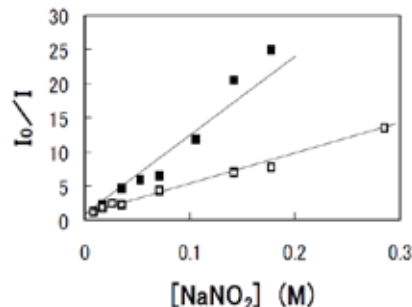


図 2 陰イオン交換膜中で  $\text{PyS}^-$  の発光を  $\text{NO}_2^-$  で消光した際に得られる Stern-Volmer プロット (■：品番 A-201、□：品番 A-202。前者の方がイオンチャンネル孔径が大きい。)

同様の方法により、これら高分子電解質膜のイオンチャンネル中における各種の発光プローブと消光剤の組み合わせで得られた Stern-Volmer 定数を表 1 に示す。発光プローブを  $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$  に固定した場合、消光剤イオンのサイズが  $\text{Cu}^{2+}$  から  $\text{MV}^{2+}$ 、エチルビオローゲン ( $\text{EV}^{2+}$ ) と大きくなるに伴い、バルク溶媒中での値からの減少率が增大する。すなわちサイズの大きなイオンほど、イオンチャンネル中で拡散し難くなっていることが分かる。同様に発光プローブを配位子がバルキーなジフェニルフェナントロリンのルテニウム錯体に変えた場合も、バルク溶媒中での値からの減少率は大きく、拡散し難くなっている。さらに陰イオン



表 1 高分子電解質膜中において、各種の発光プローブと消光剤の組み合わせで得られた Stern-Volmer 定数

発光プローブ	消光剤	媒体	$K_{SV}$	バルク溶媒中と比較した減少率
Ru(bpy) <sub>3</sub> <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub> O	43	1 / 1.5
		ナフィオン	29	
Ru(bpy) <sub>3</sub> <sup>2+</sup>	MV <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub> O	330	1 / 18
		ナフィオン	18	
Ru(bpy) <sub>3</sub> <sup>2+</sup>	EV <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub> O	370	1 / 37
		ナフィオン	10	
Ru(dp-phen) <sub>3</sub> <sup>2+</sup>	MV <sup>2+</sup>	EtOH	1750	1 / 24
		ナフィオン	73	
PyS <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> O	300	1 / 3
		アニオン膜 A-201	100	
		アニオン膜 A-202	55	

交換膜中で PyS の発光を NO<sub>2</sub><sup>-</sup>により消光した場合は、イオンチャンネル孔径の小さい品番の方がバルク溶媒中での値からの減少率が大きくなっていること、すなわち拡散しにくくなっていることは興味深い。

### 高分子電解質膜中のイオンチャンネルナノ構造

このようにバルク溶液中と電解質膜中との消光速度の違いは、イオンチャンネルの孔径とイオンのサイズによって決定されるイオンの易動度によって説明できる。逆に考えると、消光挙動を観測することにより、イオンチャンネルのナノ構造を推定することが可能となることが明らかとなった。誌面の都合で紹介できないが、パルスレーザー励起後

の発光の減衰過程を解析することにより、このイオンチャンネルの孔径が均質ではなく隘路も存在することが解明されつつある。今後はこれらの結果をもとにした計算機シミュレーションを行い、より詳細にイオンチャンネルナノ構造を解明していきたい。

【本件問い合わせ先】 shioyama.h@aist.go.jp

### References :

- [1] 竹中啓恭、電池便覧 第3版（松田好晴、竹原善一郎編）（2001）pp.395-396、丸善株式会社
- [2] ウィキペディアに「シュテルン-フォルマーの式」の項目で必要十分な解説がなされている。

# 金属錯体分子膜の長距離電子移動能： 分子エレクトロニクス新しい流れ

産業技術総合研究所 ナノシステム研究部門 ナノ構造アクティブデバイスグループ

石田敬雄

## はじめに

ソフトマテリアルである有機分子の機能を活用してエレクトロニクスへの応用を目指す一分野として「分子エレクトロニクス」がある。シリコンエレクトロニクスのように光リソグラフィ技術で切り刻んで微細電子回路を形成するのではなく、孤立した一つの分子を素子に見立てたところが出発点である。走査型プローブ顕微鏡やナノギャップ電極を活用して単一分子や分子膜にアクセスし、単一分子や単一分子膜レベルの導電性、整流性を計測するというところでこの分野の研究は進んできた [1]。

分子の電気伝導性は分子のエレクトロニクスデバイス応用を目指す上で最も重要な機能である。電気伝導性、もしくは電子が分子膜中を移動する能力を示す電子移動能ができるだけ高い分子を使うほうが、分子エレクトロニクスの可能性を広げ、様々なデバイス応用につながると期待される。

近年共役構造に金属イオンが錯形成した、いわゆる金属錯体分子を使った自己組織化多層膜に非常に高い電子移動能があることが報告された [2]。コバルトイオンを錯イオン

にした場合、従来までの電子移動能を超えた極めて低い  $\beta$  値 ( $0.002 \text{ \AA}^{-1}$ ) が観察されている。我々も太陽電池への応用をも目指してルテニウム金属錯体分子膜の研究を行っていた [3] が、ルテニウム金属錯体分子の基本構造が文献 2 に用いられた分子に類似していることから同様な性質をあらわすと期待し、理論と実験の連携で長距離電子移動能の実証だけでなくその電子移動モデルを構築した [4]。

## 実験及び結果

図 1 に示すホスホン酸基を持つ多脚型ルテニウム金属錯体分子では、分子間のホスホン酸基同士に水素結合が生じやすい。分子を含んだ溶液の pH を 3 に下げた場合、水素結合によって 1 ステップでこの金属錯体の多層膜 (図 1b) が形成される。このルテニウム錯体多層膜が持つ電子移動能を見積もるため、導電性高分子と透明導電膜 (ITO) の基板でルテニウム錯体多層膜を挟んだサンドイッチ型セル構造 (図 2a) を作製し、ルテニウム錯体分子膜中を流れる電流と膜厚との関係を調べた。これまでの共役構造のみからなる有機分子膜では、電極のフェルミレベルと、有機

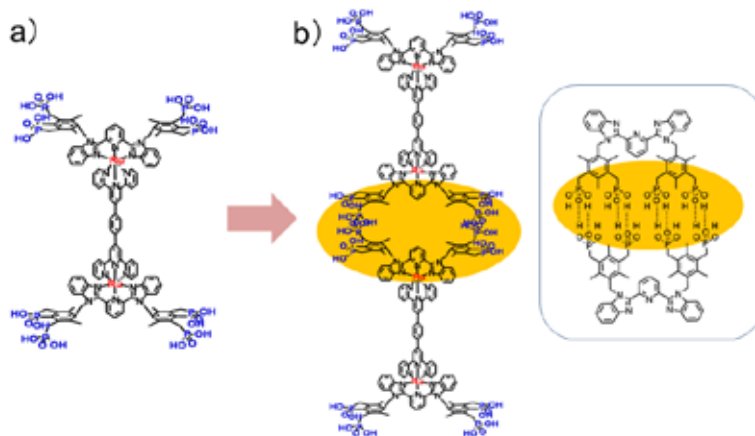


図 1 ルテニウム錯体と水素結合による多層化のモデル図

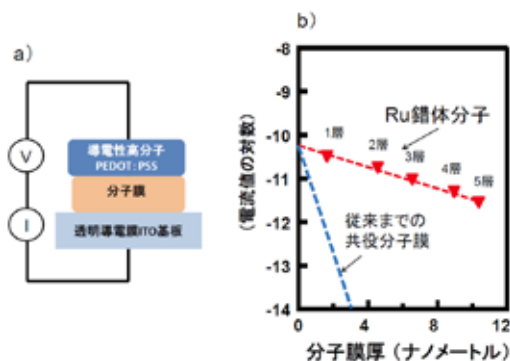


図2 (a) 導電性計測用のサンドイッチ型セルの模式図；  
(b) 電流値の対数の多層膜厚への依存性

分子膜の伝導帯を形成する分子のエネルギーレベルとの差が大きく、膜厚が厚くなると分子膜内を流れる電流量が激減する。例えば金属を含まない共役分子からなる自己組織化膜では、分子膜が1ナノメートル厚くなると、膜中を流れる電流が1/500程度の値となる。一方、ルテニウム錯体の多層膜では、膜厚が10ナノメートルを超える5層膜でも単層膜（膜厚：2ナノメートル程度）の1/3程度の電流が観察され（図2b）、ルテニウム錯体多層膜でも従来の共役分子膜よりもはるかに長距離の電子移動が実現していることがわかった（ $\beta$ 値  $0.01 \text{ \AA}^{-1}$ ）。金属錯体多層膜のこのような長距離電子移動能は、共役分子系で提唱されている、共役分子のエネルギーレベルと電極のフェルミレベルの差に由来するトンネル機構では説明がつかない。第一原理電子状態計算結果を踏まえ、金属錯体多層膜のモデルとして炭素を主体とする共役構造部分と金属原子部分の電子状態を一つ一つ飛び石状に分けた「飛び石モデル (Stepping Stone-Model)」を提唱した（図3）。タイトバインディング法からも「飛び石モデル」では膜厚が10ナノメートル以上と厚くなっても電子の透過確率はほとんど減少しなかった。電子の透過確率は分子膜中を流れる電流と対応する。よってルテニウム錯体多層膜が長距離電子移動能を持

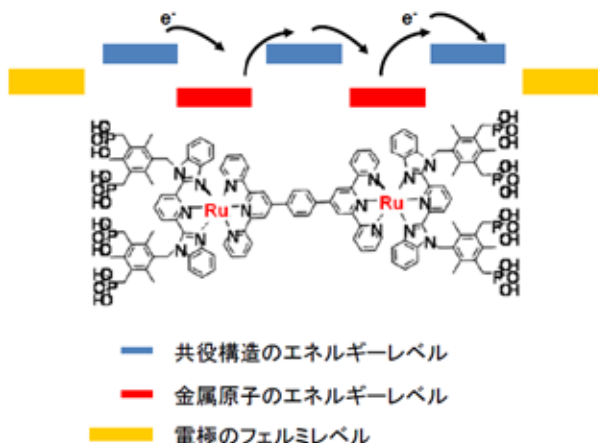


図3 飛び石モデルによる有機分子接合の模式図

つことについて、理論計算からも支持された。現在は水素結合で構築した多層膜でなく金属イオンを介して積層したルテニウム錯体多層膜でも同様の実験を行い、同レベルの高い電子移動能を確認している。

## 今後の展望など

分子エレクトロニクスという視点や高導電性材料といった視点から考えると金属錯体分子膜はまだまだ新しい物性発現が期待できる。例えば現在私たちが取り組んでいるルテニウム錯体分子系では分子エレクトロニクスの研究としては電子移動能計測だけでなくメモリーなどの試作も行われている [5]。また分子エレクトロニクスの出口としてIT用途以外にも熱電素子などのエネルギーデバイスなどへの広がりも期待できる。例えば理論計算でこのルテニウム錯体系での大きな熱電性能の発現が予想された [6]。これらの研究をヒントにして、現在自分のグループでは有機熱電素子の性能向上や熱電モジュールの試作を積極的に進めている [7]。

分子エレクトロニクスはまだまだ発展する将来性のある分野である。特に電子移動、電気伝導性の向上と分子構造体の安定性が上がればIT以外への用途も含め出口が広がる。じっくり時間をかけて腰を据えて研究を続けていきたい。

謝辞：ここで紹介した研究は中央大学理工学部 芳賀正明教授、産総研ナノシステム研究部門 浅井美博副研究部門長、中村恒夫主任研究員、大山真紀子氏、寺田恵一氏（現KSTワールド（株））らとの共同研究です。この場を借りて深く御礼申し上げます。

【本件問い合わせ先】 [t-ishida@aist.go.jp](mailto:t-ishida@aist.go.jp)

## References :

- [1] 例えば A.Aviram, M. A. Ratner, Molecular Electronics: Science and Technology. Academy of Sciences, New York: New York, 1998
- [2] Y. Nishimori, et al, Chem. Asian J. 4, (2009)1361
- [3] T. Ishida, et al.,Appl. Sur. Sci., 255, (2009) 8824.
- [4] K. Terada, et al, ACS Nano, 6, (2012) 1988.
- [5] J.C. Li et al., J.Phys.Chem. Lett. 5(2014) 1017
- [6] H. Nakamura et al., J. Am. Chem. Soc. 135 (2013) 16545.
- [7] Q. Wei, et al., Appl. Phys. Exp.7 (2014) 031601



# 摩擦転写法によるポリマー製膜 – 分子配向による機能発現 –

産業技術総合研究所 ユビキタスエネルギー研究部門 谷垣宣孝

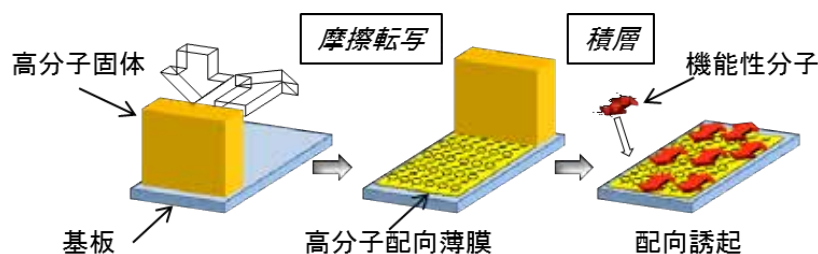


図1 摩擦転写法の概念図

現在、省エネルギー・大量生産を実現するプリントド・エレクトロニクス (PE) の開発が盛んになっている。我々が開発している摩擦転写法 [1,2] は高分子材料の製膜技術であり、既存の PE プロセスにはない特徴として、溶剤を用いずに製膜できるという特徴を持っている。高分子固体を直接、基板に対して擦り付けて、製膜する技術であり、様々な共役系高分子材料 (高分子半導体) の製膜に応用できることを見いだしている。図1は摩擦転写の概念図である。溶剤を使用せず製膜できることは、環境に優しいという利点だけではなく、溶剤に不溶な高分子や難溶性のものにも適用の可能性がでてくる。実際にポリパラフェニレンやポリチオフェンといった不溶性の共役系高分子材料に適用できる [3]。また、別の特徴として摩擦転写法によって作製された薄膜は摩擦の方向に主鎖が高度に一軸配向することがあげられる。有機エレクトロニクスにおいて分子の配向は非常に重要な要素である。我々は摩擦転写膜を様々な有機デバイスへと応用する研究を行ってきた。有機薄膜に積極的に分子配向を取り入れることにより、性能の向上や新機能の付与といったことが期待できる。本稿では摩擦転写法の有機エレクトロニクスデバイスへの最近の応用例を2件紹介する。摩擦転写のもう一つの特徴はその表面における配向誘起である。摩擦転写膜上に他の材料を積

層することでその材料に配向を誘起する能力を持っている [4,5]。これによって他の有機半導体材料を配向させてデバイスに応用することもできる。

## 有機 EL 素子 (偏光 EL)

摩擦転写法によって、発光性の高分子材料、ポリフルオレンの配向薄膜を作製することができる。ポリフルオレン類は青色発光する共役系高分子で、有機 EL 素子の材料としてよく研究されている。また、ポリフルオレン類は液晶性を持つことでも知られ、ラビング膜を利用した配向誘起による配向膜も作製されており、分子配向を生かした偏光 EL も作製されている。摩擦転写により直接ポリフルオレンを配向させることにより、既存の手法とくらべ、簡便なプロセス、簡単な素子構造、そして高い配向度がえられ、世界最高クラスの偏光度をもつ偏光 EL を作製することができた [6]。

最近、我々は青色発光するポリフルオレンと橙色発光する棒状の有機色素分子である  $\alpha$ セキシチオフェン (6T) を組み合わせることで白色偏光発光を得た (図2)。摩擦転

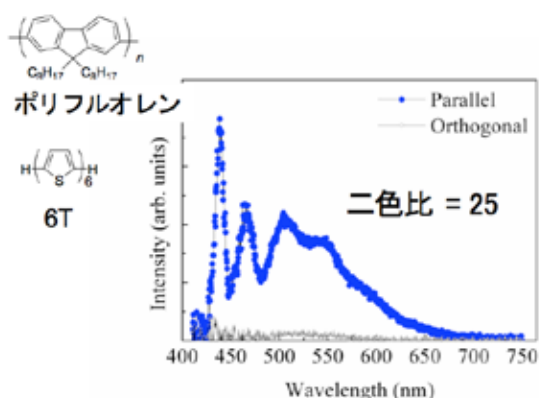


図2 白色偏光ELのスペクトル

写ポリフルオレン配向薄膜上に6Tを極薄く真空蒸着法で積層することにより実現した[7]。非常に少量の6T分子は摩擦転写膜表面でポリフルオレン主鎖と分子長軸が平行になるように配向し、偏光白色発光となったと考えている。

### 有機薄膜太陽電池

ポリフルオレンを用いた有機EL素子では高分子主鎖の配向を生かし、有機ELに新たな機能を加えることができた。ここでは分子配向の別の利用について述べる。摩擦転写法で共役系高分子の配向薄膜を作製したとき、主鎖方向のみならず、基板面に対して垂直、すなわち膜厚方向にも優先的な配向をとる場合が多い。ポリ(3-アルキルチオフェン)ではチオフェン環の $\pi$ 共役面が基板平面に配置する。

通常の製膜法では $\pi$ 共役面は基板垂直方向となることから $\pi$ スタックが面内に形成され、面内の電荷移動度を生かすデバイスであるトランジスタ等で有利である。しかし、太陽電池応用では膜厚方向に電荷が移動するため、基板垂直方向に $\pi$ スタックを形成させたほうが有利と考えられる。摩擦転写法では容易にこのような配置をとらせることができる。分子配向の違いによる太陽電池性能への影響を調べた。ITO透明電極上にポリ(3-ドデシルチオフェン)(P3DDT)を摩擦転写し、その上にフラーレンを蒸着し、最後にアルミニウム電極を蒸着し太陽電池とした。参照としてP3DDTをスピコート製膜したものと比較した。摩擦転写膜を用いた素子の方が二倍程度変換効率が高かった[8]。膜厚方向に $\pi$ スタックが形成され、電荷移動度が向上し、効率を向上させる原因となったと考えている。

摩擦転写膜による配向誘起による有機半導体の配向制御についても太陽電池への応用を検討した[9]。摩擦転写ポリチオフェン上に6Tを蒸着することで分子長軸を基板面内のポリチオフェン主鎖と平行に配列させることができる。通常の真空蒸着では6T分子は基板に立った配向をとりやすい。6Tでは分子間の $\pi$ 軌道の重なりにより分子長軸方向より、その方向に垂直方向に電荷が移動しやすいことが知られている。摩擦転写膜上で配向誘起により膜厚方向の電荷移動が容易になり、太陽電池では有利となる。フラーレン誘導体PCBMとの積層膜を用いた太陽電池を作製し、摩擦転写膜の有無(配向誘起の有無)により素子性能にどのような影響があるかを調べた。図3は6T/PCBMを用い

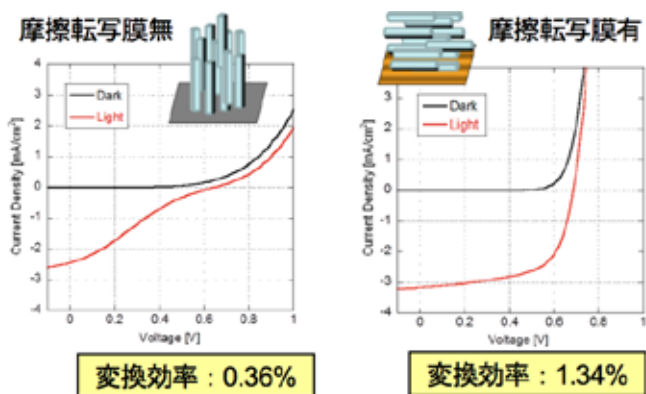


図3 有機薄膜太陽電池の電流－電圧特性

た素子の電流－電圧特性である。摩擦転写膜により配向制御した素子では摩擦転写膜がないものに比べて、短絡電流が増加、フィルファクターも向上し、変換効率が大きく向上している。短絡電流の増加は6T分子が基板面に寝ることにより吸光度が大きくなったことが大きな原因と考えられる。また、フィルファクターが向上したのは膜厚方向の電荷移動度が向上したためと考えている。

ここにあげたように分子配向の制御により、有機デバイスでは性能の向上や新しい機能の付与の可能性が広がる。摩擦転写法は比較的簡単に分子配向制御できる手法であり、幅広い材料に適用可能である。真空も溶剤も使わないユニークな製膜法として今後も研究を進めていきたい。

【本件問い合わせ先】 no.tanigaki@aist.go.jp

#### References :

- [1] K. R. Makinson & D. Tabor, *Nature*, 201, 464 (1964) .
- [2] N. Tanigaki, K. Yase, A. Kaito, K. Ueno, *Polymer*, 36, 2477 (1995) .
- [3] N. Tanigaki, K. Yase, A. Kaito, *Thin Solid Films*, 273, 263 (1996) .
- [4] J. C. Wittmann & P. Smith, *Nature*, 352, 414 (1991) .
- [5] T. Mizokuro, C. Heck, N. Tanigaki, *J. Phys. Chem. B*, 116, 189 (2012) .
- [6] M. Misaki, Y. Ueda, S. Nagamatsu, M. Chikamatsu, Y. Yoshida, N. Tanigaki, K. Yase, *Appl. Phys. Lett.*, 87, 243503 (2005) .
- [7] C. Heck, T. Matsumoto, T. Mizokuro, H. Aota, N. Tanigaki, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 53, 01AC01 (2014) .
- [8] T. Mizokuro, Y. Okamoto, C. Heck, H. Aota, N. Tanigaki, *J. Appl. Polym. Sci.*, 131, 40136 (2014) .
- [9] T. Mizokuro, K. Takeuchi, C. Heck, H. Aota, N. Tanigaki, *Org. Electron.*, 13, 3130 (2012) .



# 液晶性を活用して分子配向制御された プリントドエレクトロニクス用有機半導体インクの開発

産業技術総合研究所 ユビキタスエネルギー研究部門 ナノ機能合成グループ 物部浩達

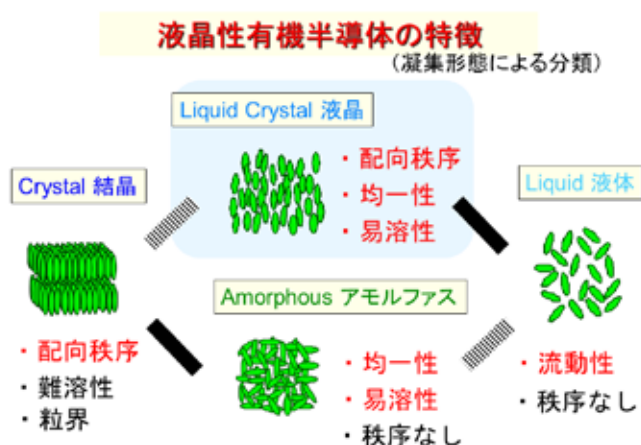


図1 液晶性有機半導体の特徴

持続可能な社会の実現のために製造プロセスの革新を基とした低環境負荷・省エネルギーな産業技術の新たな展開が求められている。この中で、特にプリントドエレクトロニクス (PE) と呼ばれる、印刷技術により電子回路を描くデバイス作製技術により、大面積でフレキシブルかつ軽量の電子素子が実現されている。しかもこれは耐衝撃性に優れた低コスト素子で、汎用大量に使用される新たなカテゴリの電子デバイスの実現が期待される。これまで有機半導体、有機 EL、有機太陽電池等を出口イメージとして開発が進められているが、材料も含めて基本的な研究開発の段階にある。この分野では、素子としての動作性能に優れたかつ生産性に優れた有機半導体素子の実現がキーポイントである。高分子、液晶に代表されるソフトマテリアルはフレキシブル素子の実現や、インク化して PE 用材料として用いることで簡易なプロセスで素子の形成が可能なが注目されると共に、その分子配向を制御することで機能発現の異方性や高機能化が期待される。これまでも様々な新しい有機材料や有機薄膜中の粒界制御、分子配向制御技術が開発されており、実用化素子の開発への道を探っている。

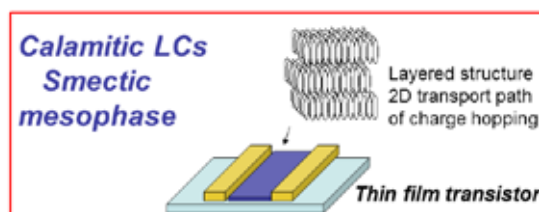


図2 棒状層状液晶の有機 TFT への応用

## 液晶性有機半導体

ソフトマテリアルの一種である液晶材料は分子の配向秩序が長距離的であり、これにより光学・電気特性等の様々な性質が異方性を有する。また同時に、自己組織化能により分子配向が容易に制御しやすく、大面積の均一配向膜形成が可能となる特徴があり、この点に液晶の (デバイス対応) 機能性材料としてのアドバンテージがある。一方、1990年代半ば、フラットパネルディスプレイを実現した液晶で、アモルファスシリコン並みの高速電荷移動度を示す化合物が見出された。それ以来、液晶性有機半導体という名とともに液晶性化合物における電子伝導機構などの基礎的研究から高効率の有機電子デバイスへの応用を目指す高移動度化や異方性を考慮した分子配向制御に関する研究が進んできた (図1)。我が国においても近年、円盤状液晶や棒状液晶において  $10^{-1}$  から  $1\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  程度の電荷移動度を持つ新しい材料が報告されており、それらを用いた有機デバイスの研究が進められている。また、液晶性を高品質な結晶薄膜を得る手段として積極的に活用し、棒状液晶の結晶相において  $10\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  を超える高速な電界効果トランジスタ (FET) 素子が実現されている (図2)。

液晶性有機半導体の利点として、PE への適応性として多様な溶媒に溶解することと、電荷輸送特性が薄膜中のドメイン粒界にあまり影響されない (defect-free) という特徴があり、材料として信頼性の高い高速電荷輸送特性と大面積均一性があれば、今後、情報・電子分野他への新たな応用も期待される。

これまでに、我々と関東化学 (株) は室温で  $0.18\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  のドリフト移動度を示す p 型液晶性有機半導体 2,6-Di(5'-octyl-2'-thienyl)naphthalene (8TNAT8、図 3) を開発し、大阪大学と共同でシリコン基板上に真空蒸着により成膜し、熱酸化膜表面をヘキサメチルジシラザン処理したトップコンタクト・ボトムゲート (TCBG) 型の FET 素子を作製し評価した (図 4)。その結果、 $\mu_{\text{FET}}=0.14\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 、On/Off 比  $1.6 \times 10^3$ 、 $V_{\text{th}}=-27.4\text{V}$  を得ている [1-3]。

現在、我々は奥野製薬工業 (株) と共同で、液晶性有機半導体材料を用いた溶液塗布による FET 素子作製とその特性評価を行っている [4]。8TNAT8 をトルエン等の各種溶媒を用いて塗布用溶液を調製し、300nm の熱酸化膜付き n-Si 基板上に一定量の 8TNAT8 溶液をキャストし溶媒の蒸発を制御することにより有機半導体層を形成した。上部電

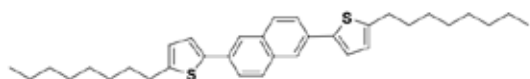


図 3 液晶性有機半導体 8TNAT8 の分子構造

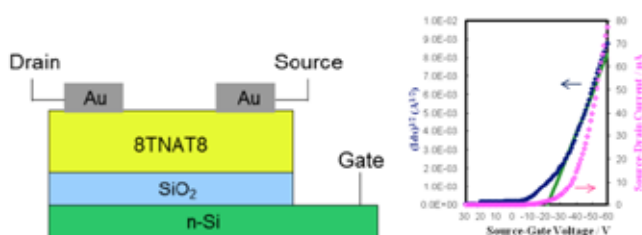


図 4 TCBG 型 FET 素子の構造模式図

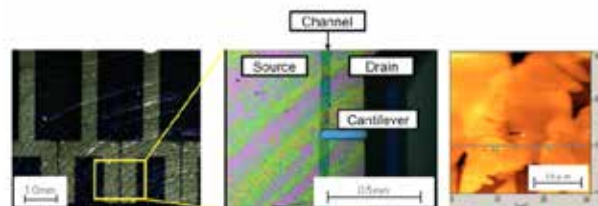


図 5 FET 素子のマイクロ스코ープ・AFM 像

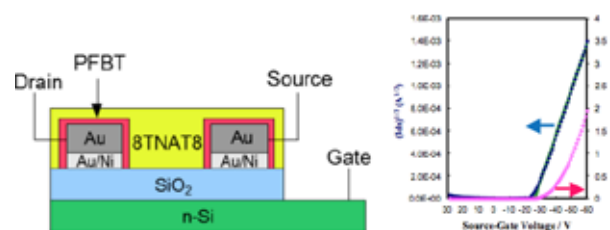


図 6 BCBG 型 FET 素子の構造模式図

極として Au のソース / ドレイン電極を蒸着し (40nm)、TCBG 型 FET 素子を作製した。FET 測定は室温下、真空中で行い、薄膜の表面状態をデジタルマイクロSCOPE及び AFM にて観察した。8TNAT8 の 0.1wt% トルエン溶液からキャストにより形成した FET 素子は、 $\mu_{\text{FET}}=0.08\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 、On/Off 比  $1.3 \times 10^6$ 、 $V_{\text{th}}=-12.0\text{V}$  が得られ、溶液を用いた簡便なウェットプロセスで FET 特性の発現を確認した。また、表面状態を観察したところ、蒸着膜では均一に成膜されているのに対し、キャスト膜では微結晶の析出が見られた。溶媒濃度、蒸発速度を制御することで FET 特性が著しく変化すること、および AFM 測定の結果から成膜性の違いが FET 特性に大きく影響を与えていることが示唆された (図 5)。

さらに、印刷による素子作成の検討の為、FET 素子構造を有機半導体層の下部に電極を形成するボトムコンタクト・ボトムゲート (BCBG) 型素子について作製を行った。2/40nm の Cr/Au 下部電極上に TCBG 型素子と同様に、8TNAT8 溶液をキャストすることで有機半導体層の成膜を行った (図 6)。下部電極にはチオール系単分子膜 (PFBT、

ペンタフルオロベンゼンチオール) を表面修飾することで電荷注入に影響のある仕事関数を調整した FET 素子は、 $\mu_{\text{FET}}=0.01\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 、On/Off 比  $7.4 \times 10^4$ 、 $V_{\text{th}}=-19.1\text{V}$  が得られ、BCBG 型素子においても FET 特性の発現を確認した。また、AFM により表面形状を観察したところ、ソース・ドレイン電極間において、キャスト膜でステップ状の分子薄膜が見られ、比較的均一な膜が見られた。PE 用有機半導体インクとしての液晶性有機半導体の有用性が示唆される。

本稿で述べた液晶性有機半導体材料 8TNAT8 は、有機半導体デバイスに応用できる優れた材料であるが、今後、絶縁膜表面の修飾、界面における分子配列の更なる制御、粒界制御といった薄膜モルフォロジーなどの検討を、分子設計から自己組織化的に、また、赤外光照射等による外部刺激を利用することで分子配向制御を行い [5]、デバイスとしての性能をいっそう改善し、液晶性材料の特性を活用した PE 用有機半導体インクの開発を進めたい。

また現在、近畿地域企業の PE 関連研究開発に関する様々な支援を行うべく、産業技術連携推進会議近畿地域部会ナノテクノロジー分科会の下に PE 連携 WG を設置し、近畿圏の公設試験研究機関と産総研との水平連携を展開している。ご活用いただければ幸いです。

**【本件問い合わせ先】 monobe-hirosato@aist.go.jp**

#### References :

- [1] 及川一摩、物部浩達、清水洋、中山健一、横山正明、電子材料、45、43-50 (2006) .
- [2] 物部浩達、清水洋、産総研 TODAY、Vol.6、No.8、24-25 (2006) .
- [3] K. Oikawa, H. Monobe, K. Nakayama, T. Kimoto, K. Tsuchiya, B. Heinrich, D. Guillon, Y. Shimizu, M. Yokoyama, Adv. Mater., 19, 1864-1868 (2007) .
- [4] 木本正臣、物部浩達、清水洋、第 27 回春季エレクトロニクス実装学会講演大会 (2013) .
- [5] 物部浩達、清水洋、液晶、10、369-379 (2006) .





**INFORMATION &  
ANNOUNCEMENTS**



## 書籍出版のご案内



### ◆ PEN 2013 年版 年鑑 出版のご案内 ◆

#### ナノテクノロジーの研究開発と社会受容 PEN 2013 年度版 多様性から豊かな未来へ

ナノテクノロジーを基盤とする様々な新興技術の適切な管理と活用のためのツールとして配信している PEN の 2013 年 4 月～2014 年 3 月までを年鑑として書籍化しました。ナノテクノロジーを基盤とする様々な新興の科学技術の最新の研究開発動向、産業化、管理策、標準化、知財戦略、科学技術政策、科学コミュニケーション等について、独自の視点で分析し、まとめたものとなっています。

#### 【書籍データ】

判型：A4

頁数：1036

ISBN：978-4-87739-261-1

発刊日：2014 年 12 月 26 日

定価：4,320 円（消費税 5% 込）（送料、手数料別）

送料：600 円

（株）共同文化社

[http://kyodo-bunkasha.net/modules/uu\\_cart/?ucart=main&item=265](http://kyodo-bunkasha.net/modules/uu_cart/?ucart=main&item=265)

## 講演会・イベントのご案内

イベント案内への掲載を希望される方は nano-pen-ml@aist.go.jp までご連絡ください。

### 第2回 JMAC シンポジウム

#### バイオ産業基盤としての国際標準化

日時：2015年1月9日（金）13：00～18：00（受付12：00）

会場：東京ウィメンズプラザ 地下1階 ホール

主催：特定非営利活動法人バイオチップコンソーシアム (JMAC)

概要：国際標準化を切り口とし、国内外の識者を招いたバイオ産業の今後を展望する講演のほかに、JMAC 会員企業の技術を紹介するパネル展示も予定しています。入場無料。

<http://www.jmac.or.jp/ja/sympo201501.html>

### 関西ナノテクネットワーク 発足記念式典

日時：2015年1月19日（月）15：00～19：00

場所：ザ・ガーデンオリエンタル大阪（旧大阪市公館）

主催：関西ナノテクネットワーク事務局

概要：関西ナノテクネットワークは、関西圏の大学、研究所、企業等が一体となって、ナノテクノロジーに関する連携を強化し、最先端ナノサイエンスの発展、ナノテクノロジーに関する教育の強化、およびそれを応用したナノテクノロジー産業の振興を図ります。

[http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/nano/k\\_net/k\\_net%2019th%20Jan.%202015.pdf](http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/nano/k_net/k_net%2019th%20Jan.%202015.pdf)

### 第14回日本分類学会連合公開シンポジウム

#### I 国立自然史博物館の設立を望む

#### II 分類学と応用科学の接点－人間社会にとって必要不可欠な分類学

日時：I 2015年1月10日（土）13：00～17：00、

II 2015年1月11日（日）10：00～16：45

会場：国立科学博物館 上野本館 2階講堂

主催：日本分類学会連合

概要：参加費は無料ですが、常設展示入館料が必要です。

[http://www.ujssb.org/sympo/14\\_sympo\\_2015/index.html](http://www.ujssb.org/sympo/14_sympo_2015/index.html)

# SAT テクノロジー・ショーケース 2015

## ご案内

つくばサイエンス・アカデミー (SAT) が主催するテクノロジー・ショーケース、今回は、2015年1月21日水曜日に、つくば国際会議場にて開催されます。本ショーケースでは、ポスター発表にて、つくばのあらゆる分野の研究者・技術者の最先端の研究成果に触れることができます。つくばの研究開発の現況を一目でお分かりいただくことができると同時に、広い範囲の異分野交流の場としてもご活用いただけたらと思います。

今回は、従来のポスター発表に加えて、機関推薦のつくば発注目研究のポスターが展示され、さらに国立環境研究所理事長による特別講演、ミニシンポ「地球温暖化問題をしなやかに解決する科学と技術」が用意されています。ぜひ、お問い合わせの上、多くの皆様にご参加賜りたく、ご案内申し上げます。

日時：2015年1月21日(水)

会場：つくば国際会議場(茨城県つくば市竹園2-20-3)

主催：つくばサイエンス・アカデミー (SAT、(一財)茨城県科学技術振興財団)

実行委員会協力機関：(独)国立環境研究所

参加費：無料、懇親会は1000円

詳細：<http://www.science-academy.jp/showcase/14/>



The poster for SAT 2015 Technology Showcase features a blue and white background with a satellite image of Earth. At the top, the title 'SAT 2015' is written in large, bold, yellow letters, with 'テクノロジー・ショーケース' (Technology Showcase) below it. The date '2015. 1/21 WED' and time '10:00~19:00' are prominently displayed. The venue 'つくば国際会議場' (Tsukuba International Conference Center) and '入場料無料' (Free admission) are also noted. The poster lists various activities: 'ポスター発表 (10:15~17:30)', '特別講演 & ミニシンポジウム', and '企画展示'. A small photo of a man in a suit is included. The bottom of the poster contains contact information for the Science Academy and the organizing committee.

**SAT 2015**  
テクノロジー・ショーケース

2015.  
**1/21 WED** 10:00~19:00  
つくば国際会議場

入場料無料  
懇親会 1,000円

観る・知る・護る  
つくば発1000の  
英知の交流

**ポスター発表 (10:15~17:30)**

- インデクシング (出席の研究者ポスター一覧鑑賞) 10:15~12:30
- ポスター発表コアタイム 13:00~14:20

**特別講演 & ミニシンポジウム**

- 特別講演 (14:30~15:15)  
「気候変動と対応に前向きな取り組み」  
～IPCC第5次報告書を受けて～  
▶ 講師 榎正 氏 国立環境研究所理事長
- ミニシンポジウム (15:30~17:30)  
語る「地球の温室効果ガスの変動を宇宙から観る [GOSAT]」  
▶ 横田 達也 氏 国立環境研究所 地球観測センター 気候観測研究部長  
語る「気候変動による自然災害リスク低減に向けて」  
▶ 大塚 浩将 氏 国立環境研究所 土壌研究  
語る「再生可能エネルギーの早期大量導入に向けた課題と対策」  
▶ 藤口 圭一 氏 産業技術総合研究所 地球システムセンター 地球環境研究部 気候変動研究センター  
語る「気候変動の社会的責任」  
▶ 櫻井 利雄 氏 国立環境研究所 社会環境システム研究センター 気候変動リスク評価研究部長

**企画展示**

- 国立環境研究所 地球観測センター
- 国立環境研究所 地球観測センター PARCセンター
- 国立環境研究所 地球観測センター
- 国立環境研究所 地球観測センター

（問合せ先）つくばサイエンス・アカデミー事務局 TEL:029-881-1206 E-mail: academy@epochal.or.jp

つくばサイエンス・アカデミー ((一財)茨城県科学技術振興財団)  
<http://www.science-academy.jp/>



## 第4回ナノカーボン実用化推進研究会について

### フラーレン・ナノチューブ・グラフェン学会 (FNTG 学会) ナノカーボン実用化推進研究会

ナノカーボン材料は、1985年のフラーレン発見後、カーボンナノチューブ、グラフェンなど様々な形態が見出され、その多様かつ特徴的な性能からナノテクノロジーの代表的な素材として注目を浴び、産学官で幅広く基礎研究および用途開発研究が展開されています。このような状況を踏まえ、2013年8月、ナノカーボン材料に関心を寄せられる多くの企業、大学、研究機関の方々にご参加いただき、ナノカーボン材料の用途開発に関連する発表をとおして、企業におけるナノカーボン材料を用いた新たな事業創出を支援することを目的に、「ナノカーボン実用化推進研究会」をFNTG学会所属の研究会として設立しました。研究会には、毎回約200名近いの方々にご参加いただき、熱気あふれる研究会となっています。特に、企業からの参加者が全参加者の3分の2以上を占め、熱心に発表を聞いていただいております。これはナノカーボン材料への企業の方々の関心の高さの表れと喜んでおります。

第4回研究会は、第48回FNTG総合シンポジウム前日2月20日(金)に、シンポジウムと同じ会場にて開催します。当日夕方に、本研究会の交流会を開催いたします。講師の方々も出席されますので、こちらにもぜひご参加ください。

主催：フラーレン・ナノチューブ・グラフェン学会  
協賛：技術研究組合単層CNT融合新材料研究開発機構  
後援：(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構

会期：2015年2月20日(金) 10:00～17:00  
会場：東京大学伊藤国際学術研究センター 地下1階 伊藤謝恩ホール  
会場へのアクセス  
<http://www.u-tokyo.ac.jp/ext01/iirc/access.html>

参加申込方法：下記URLよりお申込みください。申込期限は2015年2月13日(金)です。

<http://www.ncaf.jp/next.shtml>

参加費：FNTG学会会員 2000円、FNTG学会会員外 5000円、学生 無料  
(当日お支払いの場合のみ：FNTG学会会員 3000円、FNTG学会会員外 6000円、学生 無料)  
交流会：2015年2月20日(金) 17:30～19:30 (参加費：学生以外 5,000円、学生 2,500円)  
連絡先：フラーレン・ナノチューブ・グラフェン学会 ナノカーボン実用化推進研究会事務局係 ([bureau@ncaf.jp](mailto:bureau@ncaf.jp))

#### 【プログラム】

10:00-10:10 冒頭挨拶 丸山茂夫 (FNTG学会会長)  
10:10-10:15 来賓挨拶  
10:15-10:45 「カーボンナノホーンの応用と事業展開」 弓削亮太 (日本電気(株))  
10:45-11:15 「垂直配向長尺CNTの連続製造およびその用途形態」 井上鉄也 (日立造船(株))  
11:15-11:45 「長尺MWCNTシートを用いた薄型ストレッチャブル変位センサの開発と応用提案」 鈴木克典 (ヤマハ(株))  
11:45-12:15 「湿式微粒化装置「ナノヴェイタ」による分散検討」 小林芳則 (吉田機械興業(株))  
12:15-13:15 昼食  
13:15-13:45 「着雪・着氷を防止する超滑水性VGCF複合シートの開発と評価」 柳澤憲史 (長野工業高等専門学校)  
13:45-14:15 「ナノカーボンを光触媒とするレーザー光誘起によるメタルフリー水素発生反応」 高野直樹 (大阪大学)  
14:15-14:45 「カーボンナノチューブ/ゴム複合材料開発の現状と今後の展開」 阿多誠介 (産総研/TASC)  
14:45-15:15 「シリコン上・超高速・高集積ナノカーボン発光素子と情報通信・分析技術応用」 牧英之 (慶応義塾大学)  
15:15-15:30 休憩  
15:30-16:00 「欧州のナノ登録制度の動向」 五十嵐卓也 (産総研)  
16:00-17:00 特別講演 「紡績性CNTによる配向CNT樹脂複合材料の開発」 井上翼 (静岡大学/浜松カーボニクス(株))

# Backstage

今号に登場した生き物や風景の撮影の裏側を紹介します。



稲村ヶ崎からは葛飾北斎の「相州七里濱」や昇亭北寿の「江之嶋七里ヶ濱」に描かれたままの景色を今も眺めることができる。右手の暗く沈んでいるところに七里ヶ浜が位置している。



ネパールや中国の山岳地帯に分布するレッサーパンダは野生での生息数が7000頭程度とみられており、絶滅が危惧されている。現在、約800頭が世界中の動物園で飼育されているが、その4分の1が日本国内の動物園で暮らしている。



ルリビタキのオスは構造色の青色の羽を纏うまで3年程度かかる。16ページの若い個体も上手く次のシーズンまで生き残ることができれば、メスを惹きつける美しい青い羽になれるだろう。

# PEN

## 購読のご案内

PEN は原則として月 1 回配信します。PEN への登録・配信は無料です。

PEN の継続的な購読をご希望の方は、

- ・お名前
- ・ご所属
- ・メールアドレス

をご記入の上、[nano-pen-ml@aist.go.jp](mailto:nano-pen-ml@aist.go.jp) までご連絡ください。

PEN は皆さまとの情報共有を目的としています。お持ちの情報で共有すべきものがあれば、[nano-pen-ml@aist.go.jp](mailto:nano-pen-ml@aist.go.jp) まで、ぜひお寄せ下さい。

\*ご購読の申し込みあたり、ご提供いただいた個人情報は産総研 個人情報保護方針（プライバシーポリシー）に基づき大切に管理し、PEN の運営と私達のイベントのご案内のみに使用させていただきます。

# PENGIN

リニューアルが完了しました。PEN バックナンバーや連載などがまとめて閲覧できます。

<http://www.pengin.ne.jp/>



# PEN

編集長 関谷瑞木  
編集委員 安順花  
発行責任者 阿多誠文

## 連絡先：

(独) 産業技術総合研究所  
ナノシステム研究部門  
〒305-8565 つくば市東 1-1-1  
産総研つくばセンター中央第 5  
2号館 2602 室  
Email : nano-pen-ml@aist.go.jp  
Tel : 029-860-5108

ポータルサイト：PENGIN  
<http://penguin.ne.jp>  
サイト管理 杉本まき子

## 外部編集委員

伊藤正  
李侗炯  
Charles-Anica Endo  
勝又麗香  
亀井信一  
下村政嗣  
Sirasak Tepakum  
宋清潭  
梶折早敏  
豊蔵信夫  
玉川惟正  
中村衣利  
山根秀信  
横山宏美  
森本元  
Ramjitti Indaraprasirt  
Christoph Schiller



## 編集後記

科学技術の世紀と言われた 20 世紀中盤から、トランジスタと名付けられた新しい技術が世の中を大きく変えていった。発見者たちでさえ難しいと思っていたその実用化に日本人は大きな貢献をした。今医療を大きく変えようとしている iPS 細胞技術は、独創的な手法による 4 つの遺伝因子の解明によりもたらされた。20 世紀のうちにはできないと言われていた青色 LED を実用化したのも、日本の研究者の弛まぬ創意工夫だった。科学者・技術者にとって「なんとかしようとする意志」は大事な資質である。その意志を成功に導く「日本的な独創性・創意工夫の土壌やそれを進めていける環境」は、大事にされなければならないと思う。

読者の皆様の 2015 年が良い年でありますように、PEN を傍らにご活用ください。

**PEN**

2015 年 1 月 8 日