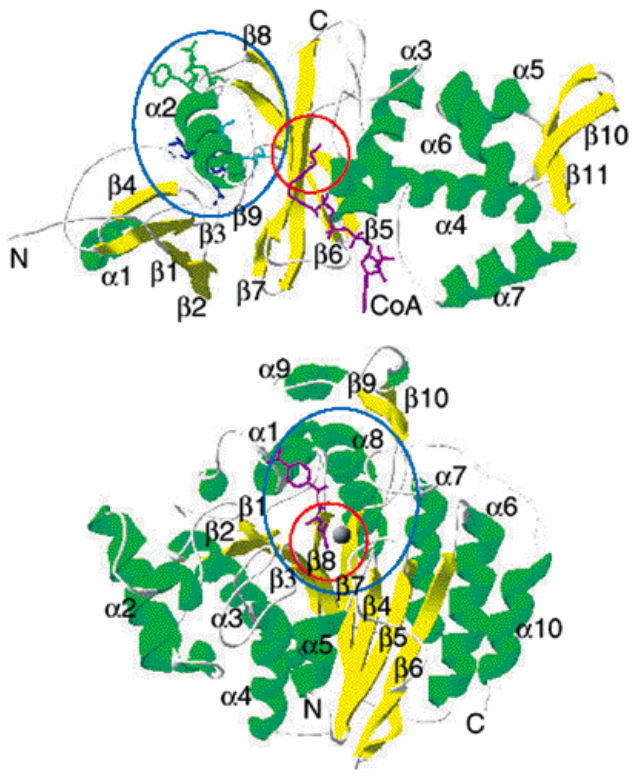
# JSTニュース

2003 NO.75 1月号




（上）Esa1におけるERモチーフの位置。
（下）HDLPにおけるERモチーフの予想位置。
ERモチーフ（青枠内）は、酵素活性中心部位（赤枠内）の近傍に位置する重要なモチーフ構造。
創造科学技術推進事業終了プロジェクト「堀越ジーンセレクター」研究成果

2-3 New Year Message
4-5 Special Item
6-10 Basic Research
11 Technology Transfer
12-16 News
17 Topics
18 Close Up
19-20 Schedule

JST 科学技術振興事業団

# New Year Message

理事長　沖村　憲樹

あけましておめでとうございます。

皆様におかれましては、良いお正月をお迎えのこととお慶び申し上げます。

本年は、科学技術基本法が出来てから8年目を迎えます。第１期科学技術基本計画では、予定を上回る17.6兆円の政府の研究開発投資が行われ、2001年からの第２期科学技術基本計画は、24兆円の投資が行われ、多くの政策が実行される予定になっています。

さて、一国の知の源泉は、大学であります。大学が素晴らしい創造的な新しい知を産み出し、その成果を国中がキチンと利用する、そのシステムを構築し、機能を発揮させることが、我が国発展には不可欠であると考えます。

ご案内の通り、日本の大学は、国際的に見て厳しい評価を受けています。基礎研究能力はともかくとして、スイスのＩＭＤ（国際経営開発研究所）によると、教育、研究成果をもとにした社会的機能面の評価は、極端に低く、我が国の国際競争力を下げている主要因となっています。

しかし、平成16年から国立大学が独立行政法人化します。その際、教職員は、非公務員となります。国立大学の統廃合が行われ、ＣＯＥ（中核的研究拠点形成）政策等により競争原理が導入されます。大学の活性化を促す競争的研究開発資金も第２期科学技術基本計画では6,000億円に倍増すべく着々増加しています。このように大学の活性化、研究能力の向上に向け着々と変化しています。

また、昨年は、日本全国で、総合科学技術会議、学術会議、経団連が主催して、産官学連携サミットが開催され、学界、産業界、官界のトップが出席して、多くの問題が検討され、一挙に、日本中の産官学連携の機運が盛り上がりました。産官学連携は、今や、大学の活性化にとっても最も重要

な施策であります。各大学に地域共同研究センターや産学連携のための施設が設けられ、研究資金も増加しております。また、産業界もこの問題に非常に熱心になりました。そして、その基盤となる知的財産のあり方について、内閣で検討が行われ、知的財産基本法が成立。大学の知的財産についても、文部科学省の科学技術学術審議会において検討され、抜本的な改革が行われようとしております。

知的クラスター制度、産業クラスター制度、研究成果活用プラザがスタートして、地域における産官学連携、科学技術振興も着々と進みつつあります。

科学技術基本法が成立して8年、多くの関係者の大変なご努力により、日本の科学技術振興という多面的で複雑な巨体が、ゆっくり確実に動き出した事を実感します。

しかし、科学技術の振興は、果てしなく幅が広く、奥が深いものではないでしょうか。政府、地方自治体。大学、小、中、高校。中小企業、大企業。農業、商業、サービス業。家庭、特にお母さん。基礎研究、産業技術、人間の生命、感性と結びつく研究。全てが係わる超長期を要する奥深い文化創造活動のように見えます。今は、漸く足を2～3歩踏み出した段階、これから長い正念場が続くと考えます。

昨年、尾身前科学技術担当大臣が、米国で最も活動が活発なＭＩＴ（マサチューセッツ工科大学）のＴＬＯ（技術移転機関）所長リタ・ネルソンさんを招かれ、講演が行われました。リタ・ネルソンさんは、大学の産学連携で最も重要なことは、大学の基礎研究能力を涵養するため政府が強力に支援をすること、教育と基礎研究という大学の長期的な使命を最優先で明確に確保すること、と話されました。

「汲めども尽きぬ知の泉」を大切にする。大学の基礎研究能力を涵養するにはどうしたらよいか。産官学連携と同じように、早く最重要政策として取り上げ、総合的に政策を検討し、実行に移す必要が有るのではないかと思います。ちなみに、年間博士取得者は、米国は２万人、日本は６千人。競争的研究資金は、米国が4兆円、日本が3,400億円。ヨーロッパ、日本、中国、韓国など世界中から最優秀の研究者、学生が米国に集中。この現状をどう考えていくのか。

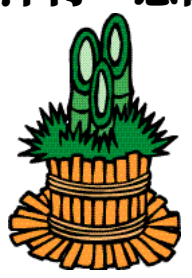
ＪＳＴは、昨年、基礎研究の推進について、より戦略性を強めたシステムに変更し、また、技術移転、知的財産の管理についても、大学、ＴＬＯをサポートするシステムに変更しました。その他施策全般にわたって、多くの改革変更を致しました。多くの方から色々なご意見を賜っているところです。

本年は、いよいよ10月から、独立行政法人となります。大きく変貌しつつある我が国の科学技術の振興に、研究者を始めユーザーの立場に立って「黒衣」に徹するという初心を忘れず、長期的視野に立って、柔軟に、一丸となって奉仕、努力して参りたいと考えております。

本年も、ご指導ご鞭撻の程、よろしくお願い申し上げます。

平成15年　元旦

理事長　**沖村　憲樹**



## ＥＲＡＴＯ　終了プロジェクト

# 堀越ジーンセレクタープロジェクト

**総括責任者**／堀越　正美（東京大学分子細胞生物学研究所・助教授）
**研究グループ**／　蛋白質機能　　選択分子機構　　カスケード
**研　究　期　間**／平成9年10月～平成14年9月

## 染色体からの遺伝子発現制御機構の解明を目指して

### 1. はじめに

私達の身体は遺伝子DNAの遺伝情報に基づいて形作られるが、「細胞内において染色体DNAからどのようにして遺伝子が読み出されるのか？」という問題に対して明確な解答を持ち合わせていない。

本プロジェクトでは、　染色体構造をとっている遺伝子DNAの特定領域を選択し、遺伝情報の読み出し（転写）を制御する蛋白質「ジーンセレクター」を単離し、その作用を解明すること、そして　そのような基本機構に基づいた細胞の機能維持制御（増殖・死・再生）、および細胞の機能変換制御（分化・癌化）などの諸現象の成り立ちを明らかにすること、さらに　それらの仕組みを利用して医学・薬学・農学・工学的な応用展開を一般化する戦略機軸を示すこと、の3点を主要な研究目的とした。

この目的を達成するために、高度に組織編成された染色体構造内の遺伝子DNAを取り巻く様々なタイプの「ジーンセレクター」を単離し（蛋白質機能グループ）、それらが関わる分子間相互作用ネットワークの解明を系統的に行った（選択分子機構グループ）。さらに、染色体の一部を選択的にほどく仕組みを解明し、染色体が関与する各種制御反応の仕組みを分子レベルで解析した（カスケードグループ）。これら3グループとも筑波研究コンソーシアム内に研究拠点を置き、緊密に連携して研究活動を行った。

### 2. 主な研究成果

染色体機能領域の境界領域形成機構の解明

ヘテロクロマチンの代表である染色体末端（テロメア周辺領域）において、ヒストンH4のアセチル化制御がSas2とSir2によって担われていることを発見した。さらに、Sas2がテロメアから離れたヒストンにアセチル基の目印を与え、Sir2がテロメア付近のヒストンからこの目印を取り除くことで染色体に「境目」をつけていることを世界に先駆けて明らかにした（図１）。この発見により、「染色体はどのようにして機能区分されるのか？」という長年の難題が解決された。テロメアはがんなどの不死化した細胞やクローン動物などで異常があることから、テロメア周辺の染色体構造の仕組みを明らかにした本研究は細胞寿命を人為的に制御する応用展開にもつながると期待される。

ヒストンのアセチル化コードの発見

ヒストンの化学修飾はクロマチン構造変換反応を制御する上で重要であるが、1960年代の発見以来、ヒストンを化学修飾する酵素と化学修飾部位の関係については不明だった。ヒストンアセチル化酵素による化学修飾部位周辺のアミノ酸配列を独自の手法で解析した結果、ヒストンのアセチル化修飾残基は６種類のパターンに分類できるというヒストンのアセチル化コードを発見することに成功した。

ヒストンの全染色体反応制御における機能的役割の解明

染色体の基本構造蛋白質であるヒストンに対して全アミノ酸点変異株を包括的に樹立し、細胞増殖・転写・クロマチン構造変換などを制御するヒストンのアミノ酸を特定化することに成功した。さらに、「ジーンセレクター」と遺伝学的に相互作用するヒストンのアミノ酸残基を同定するといった新しい戦略により、ヒストンの１アミノ酸の相違を選択的に認識する薬理化合物を発見した。

正・逆反応酵素の活性中心部位周辺に存在する共通モチーフ構造の発見

アミノ酸配列比較や三次構造比較から「ジーンセレクター」分子内に新規のモチーフ構造を数多く発見した。そのうち、ヒストンアセチル化酵素Esa1とヒストン脱アセチル化酵素

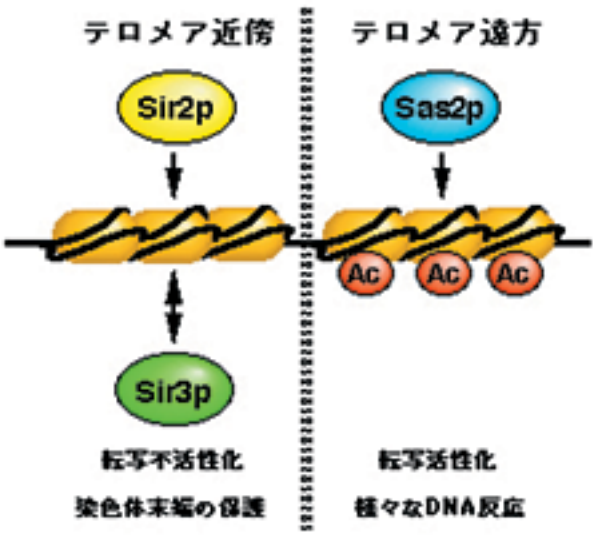



図１　染色体機能領域の境界形成機構の解明

Rpd3の活性中心部位周辺に共通するモチーフ構造として発見したERモチーフが、両酵素においてともに機能的であることを示した（表紙図）。この結果は、正・逆反応を制御する対の酵素の活性中心部位周辺に機能的な共通分子基盤が存在することを示す最初の例となった。

単細胞生物におけるアポトーシス様細胞死の発見

ヒストンシャペロンCIA1を欠損した酵母細胞において、核の断片化やクロマチンの分断などが観察され、さらに多細胞生物のアポトーシスの指標であるDNA 断裂や細胞膜反転などが見出された（図２）。この知見は、単細胞生物においても多細胞生物のアポトーシス現象と類似した細胞死が起こることを示すものであり、単細胞生物においても自発的な細胞死が存在することが示唆された。これは、細胞増殖だけでなく細胞死の仕組みに関しても進化的に保存されていることを示唆する画期的な知見となった。

「ジーンセレクター」の三次構造の解明

「ジーンセレクター」のうち、CCG1相互作用因子CIBや癌抑制因子RB結合因子のガンキリンのホモログ蛋白質のX線結晶構造解析に成功した。その結果、細胞癌化や遺伝子発現制御に関する細胞内情報伝達経路に新たな分子機構を提唱することができた。

## 3. 今後の課題

本プロジェクトで挙げたこれらの成果は、染色体からの遺伝子発現制御機構の解明に向けて、「ジーンセレクター」の単離から染色体との機能解析、さらには細胞機能に至る幅広いテーマにわたっているが、いずれもオリジナルな概念に基づいて新仮説を構築することを目指したものであり、その結果として多くの新しい「芽」を多岐の研究分野にわたって生じさせることに成功した。今後は、これらの「芽」を基礎的な観点からさらに発展させていくと同時に、創薬などの応用的な側面からも育んでいくことが求められる。

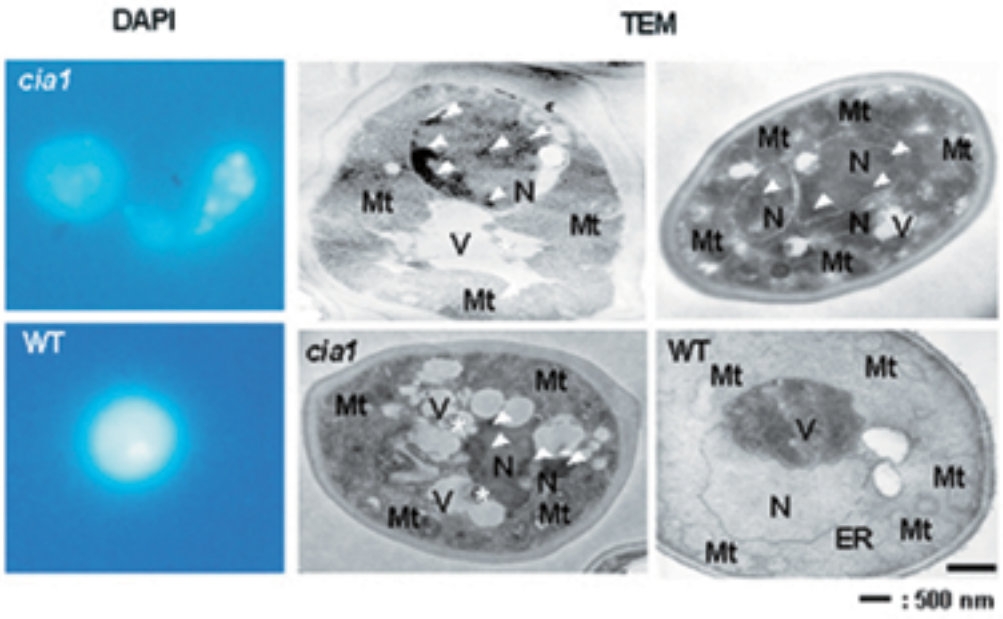



図２　単細胞生物におけるアポトーシス様細胞死の発見

英国科学雑誌「ネイチャー」に論文掲載

# マメ科植物と根粒菌の共生バランスを維持する遺伝子の同定

戦略的創造研究推進事業の研究テーマ「ミヤコグサで開く根粒共生系の分子遺伝学」において、川口 正代司研究者（新潟大学理学部自然環境学科助教授）は、マメ科植物と、植物の窒素栄養源の固定・供給に重要な役割を担う根粒菌（空中窒素を固定する共生バクテリア）との共生系に関与する遺伝子を同定した。本研究成果は、植物と微生物との共生系に大きな知見をもたらし、今後、マメ科植物以外へ応用することで、化学肥料の削減、河川の富栄養化の防止、緑化の増進等をはじめ、食料問題や環境汚染対策等にも大きく貢献することが期待される。

この成果は、11月28日発行の英国科学雑誌「ネイチャー」で発表された。また、これに先立ち、11月7日のインターネット版ネイチャー上でも、事前公開された。

「共生」とは、異種の生物が互いに利益を交換して共存する様式であり、両者の微妙なバランスの上に成り立っている。共生のバランスが崩れると、「共生」は「寄生」へと転化する。この紙一重的なバランスを維持するメカニズム、あるいはバランスを安定化させるシステムについては、ほとんど明らかにされていない。

マメ科植物は、根粒菌（空中バクテリアを固定するバクテリア）と共生し、空中窒素を固定することで、効率よく栄養を吸収している。この共生バランスを維持する制御システム「オートレギュレーション（自動調節）」は、根粒菌の感染を受けて根粒（根粒菌の感染によって誘導される窒素固定器官）からシュート（植物の地上部）に送られる「感染シグナル」と、シュートから根に送られ、過剰な根粒の形成を抑える「オートレギュレーションシグナル」の相互作用により成り立っている（図１）。

今回、このプロセスを仲介し、共生系のバランスを維持する鍵遺伝子を、ミヤコグサ（日本をはじめ、アジアの温帯地域に自生するマメ科の草本。近年、マメ科のモデル植物として注目されている）の超根粒着生変異体*har1*よりクローニングすることに成功した。共生系の鍵遺伝子*HAR1*がコードするタンパク質は、根からシュートへ送られる根粒による「感染シグナル」の認識機能を有すると考えられる。*HAR1*遺伝子の配列をゲノムデータベースで解析した結果、シロイヌナズナの茎先端の細胞分裂を制御している*CLAVATA1*（*CLV1*）遺伝子と最も高い相同性が見出された（図2）。

このことは、マメ科植物と根粒菌との共進化の過程で、マメ科植物が有している*CLV1*ホモログに新たな機能を付与された結果、*HAR1*となった可能性を示すものである。また、根、茎および葉などミヤコグサの各器官における*HAR1*遺伝子の発現解析を行ったところ、全身的に発現していることが確認された。

本研究により、マメ科植物は、*HAR1*を介して、根粒菌との共生のバランスを全身で感じて制御していることが明らかになった。本研究で得られた成果は、非マメ科植物に応用することで、化学肥料の削減、河川の富栄養化の防止、緑化の増進、食糧問題および環境汚染対策といった分野で大きな貢献が期待できる。

本研究は、戦略的創造研究推進事業さきがけプログラムの研究領域「素過程と連携」の研究の一環であり、これからも科学技術振興調整費により、継続して行われる。

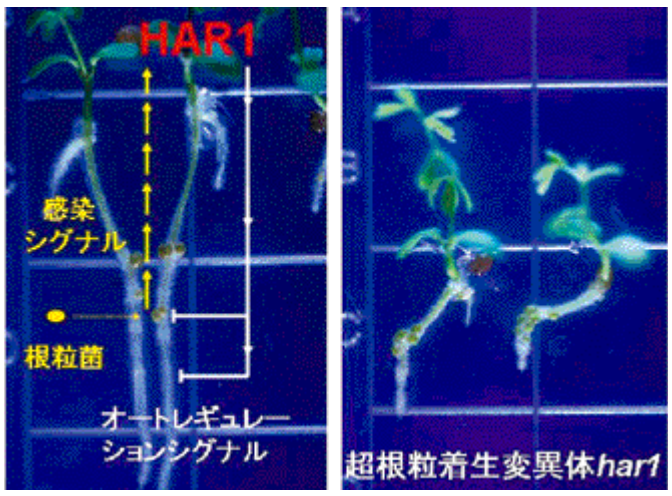



図1　共生のオートレギュレーションとミヤコグサの超根粒着生変異体*har1*
根粒菌が根に感染すると、根に形成された根粒から「感染シグナル」が根からシュートに輸送され、次に根粒形成の抑制因子である「オートレギュレーションシグナル」がシュートから根に輸送される。*har1*変異体は根粒が過剰に着生することにより、植物の生育が阻害されている。

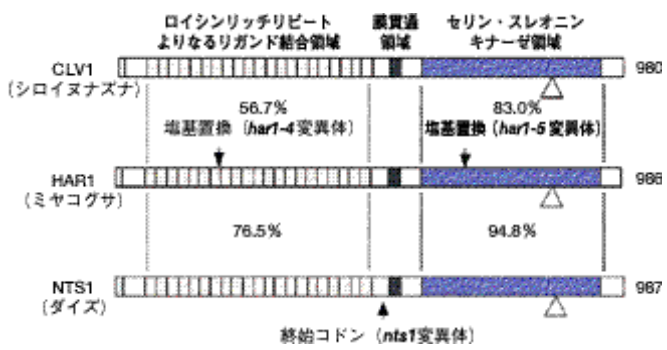



図2　CLV1、HAR1、NTS1の構造的類似性と突然変異箇所
*HAR1*遺伝子をダイズからクローニングしたところ、ダイズの超根粒着生変異体*nts1*では、レセプター様領域と膜貫通領域の間に終止コドンが存在し、遺伝子機能が破壊されていた。またこの実験により、ミヤコグサはダイズの遺伝子機能の解明に役立つことが示された。%はアミノ酸の相同性をあらわす。

英国科学雑誌「ネイチャー」に論文掲載

# 自然免疫を制御するToll様受容体を介した細胞内シグナル伝達回路の解明

戦略的創造研究推進事業の研究テーマ「自然免疫システムの分子機構の解明」（研究代表者：審良 静男　大阪大学微生物病研究所・癌抑制遺伝子研究部門教授）で進めている研究において、自然免疫系での細胞内シグナル伝達経路で、TIRAPと呼ばれる分子がToll様受容体（ＴＬＲ）ファミリーの中でTLR2とTLR4による自然免疫系の活性化を制御することが明らかになった。これは審良教授らの研究グループによる成果で、平成14年11月21日発行の英国科学雑誌「ネイチャー」で発表された。

免疫系は、病原体（細菌やウィルス）の侵入を察知し排除する生体防御システムで、ヒトでは基本的に生物が持つ異物や病原体に対する防御システムである非特異的な「自然免疫系」と後天的に下界との関係で獲得していく特異的、多様的な「獲得免疫系」から成り立っている。

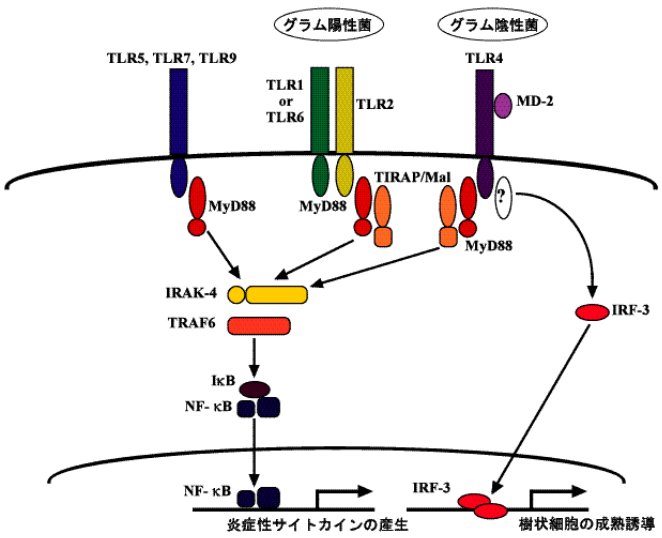
Ｔリンパ球が主役を努める獲得免疫系が、抗原を自己ではないものとして認識する機構は、詳細に解析されてきた。しかし、近年、自然免疫系も、10種を超えるメンバーの存在するTLRファミリーが病原体に特有の構成成分を特異的に認識し、活性化されることが明らかになってきた。TLRファミリーを介した細胞内シグナル伝達経路では、MyD88と呼ばれるアダプター分子が、すべてのTLRを介した炎症性サイトカインの産生に必須であることが明らかになっている。

しかし、各TLRは異なる病原体の構成成分を認識し、それぞれ微妙に異なった免疫応答を誘導する。そのため、MyD88だけではTLRファミリーを介した細胞内シグナル伝達経路を説明できなかった。

今回、審良グループは、MyD88と似た構造を有する分子TIRAPの生理機構を、ノックアウトマウスを作製することにより明らかにした。TIRAPノックアウトマウスは、TLR4が認識する病原体構成成分（リポ多糖）とTLR2が認識する成分（ペプチドグリカンやリポタンパク質）に対する応答性は欠如しているが、他のTLRファミリーが認識する病原体構成成分に対する応答性は正常であることを確認した。このことは、TLRを介した細胞内シグナル伝達経路では、共通のアダプターMyD88に加えて、各TLRに特異的に働く分子が存在し、それらがTLRごとに特異的な免疫応答を演出することを示唆している。

自然免疫系の活性化は、獲得免疫系の活性化を誘導することも明らかにされており、自然免疫系の制御機構の解明は感染症だけでなく、癌やアレルギーなどさまざまな疾患の治療への応用にもつながることが強く期待されている。今回の成果は、自然免疫系の細胞内シグナル伝達経路の解明に大きな糸口となり、自然免疫系の制御機構の解明に役立つものと期待されている。

また、主としてグラム陰性菌やグラム陽性菌により重症感染症に陥った患者に見受けられるエンドトキシンショックは、感染症の治療の中で大きな問題になっている。TLR4はグラム陰性菌の主要構成成分であるリポ多糖を認識し、TLR2はグラム陽性菌の主要構成成分であるペプチドグリカンを認識することから、TLR4、TLR2を介したシグナルに必須の役割を果たすTIRAPの活性化を制御することにより、エンドトキシンショックに対する有効な対策の考案が期待される。



英国科学雑誌「ネイチャー」に論文掲載

# 三安定性液晶デバイスを初めて実現

創造科学技術推進事業「横山液晶微界面プロジェクト」（総括責任者：横山 浩　産業技術総合研究所ナノテクノロジー研究部門長）は、ナノテクノロジーを液晶に応用することで、電源を切っても画像が消えず超高精細表示が可能な液晶ディスプレイなどに応用できる三安定メモリー性液晶デバイスの原理発見と動作確認に初めて成功した。この成果は、横山総括責任者、金 鐘賢研究員、米谷 慎グループリーダーによるもので、平成14年11月14日発行の英国科学雑誌「ネイチャー」で発表された。

液晶材料はノートパソコン、液晶テレビ、携帯情報機器などのディスプレイとして幅広く用いられている。現在、ほとんどの液晶ディスプレイにはネマチック液晶が使用されているが、このネマチック液晶ディスプレイは、表示した画像を保持するには電場を常に印可する必要があり、メモリー性は持たない。これは、ネマチック液晶は、大面積にわたって一定の方向に配向し易いという特徴の裏返しであり、複数の配向を安定に保持することが難しいためであった。

本研究では、液晶デバイスを構成する下部基板上に塗布された高分子膜表面にナノスケールで配向パターンを形成し、表面の対称性を高めることにより、ネマチック液晶の一軸対称性に抗して配向の多重安定状態（１つの条件で、複数の安定な状態をとりうる性質）を作り出し、メモリー性を発現させることに成功した。

高分子膜表面の配向パターンは、原子間力顕微鏡（AFM）の探針を（図１）のように場所により異なる方向にナノラビング（液晶分子を基板表面上で向きを揃える技術）することにより作り出すもので、全体として例えば（図２）のような市松模様を形成することができる。本研究では、これまでに数μmピッチのサイズで作成したこの市松模様の配向パターンとネマチック液晶を用いることにより、液晶配向が市松模様の対角線方向に沿うことを見出し、2方向の対角線方向で安定となる双安定性ネマチック液晶素子を実現した。

この市松模様の表面配向パターンは、面法線の周りの回転について４回対称性を持ち、ネマチック液晶の一軸対称性との組み合わせることにより、メモリー性発現の条件である多重安定状態を生み出したものである。安定なメモリー性と（図２b）に示す電極を用いた電場印可による２状態間のスイッチングを確認している。

今回、配向パターンの対称性を高めることで、双安定性をさらに高次の多重安定性に展開できることを実証した。具体的には（図3a）に示す6回対称の配向パターンにより、これまで液晶では例のない三安定性を実現することに成功した。三安定状態間のスイッチングは、双安定の場合と同様に、目的とする配向方向に電場を印可することで実現できる（図3b）。

今回の成果の最大のインパクトは、微小な表面配向のパターンによって、これまで困難とされてきた多重安定メモリー性のあるネマチック液晶デバイスを全く新しい原理により可能とする方法を提案したところにあり、液晶本来の強味である低消費電力を追及した電子ブックなどの超低消費電力・高精細液晶ディスプレイ技術等への応用が見込まれる。

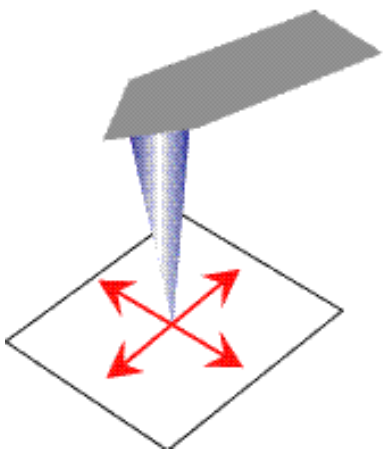


図１　AFMナノラビング。深針の走査方向にそって液晶が配向する。

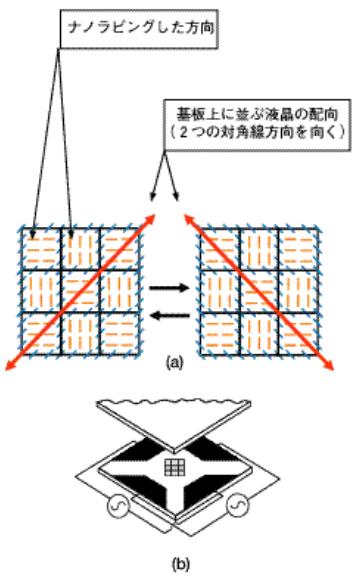



図２　（a）市松模様配向パターンと双安定スイッチング。(b)面内電場スイッチングのための電極配置。

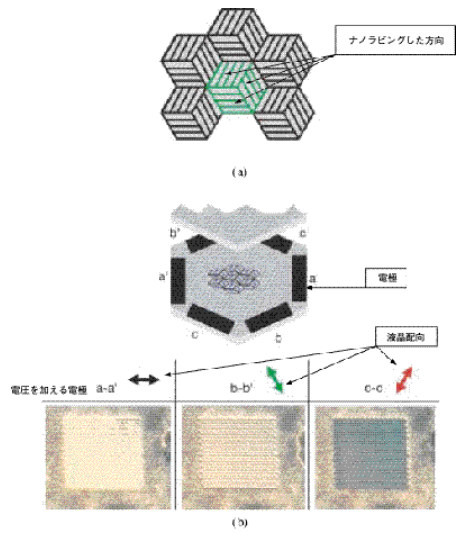



図３　(a)三安定性を発現する６回対称配向パターン
(b)三安定ネマチック液晶デバイスの電極配置例と、それぞれの対となる電極間に電場を加えてスイッチングさせた後の三安定状態の透過光学イメージ

本研究で実現した三安定メモリー性液晶は、電場が０という条件で３つの安定なねじれの状態をとりうることから、電場をかけていない条件でも光の透過性が明・灰・暗（三安定）と複数の状態を保持することができる。

英国科学雑誌「ネイチャー」に論文掲載

# 細胞のカルシウム振動を引き起こす$IP_3$レセプターの３次元結晶構造の解明

国際共同研究事業の「カルシウム振動プロジェクト」で、生命現象に必須であり、細胞内カルシウム振動を引き起こす分子であるイノシトール三リン酸（$IP_3$）レセプター（細胞の中のカルシウムの袋からカルシウムを放出するのに重要な栓の役割をするチャネル分子）の$IP_3$結合部位の結晶化に成功し、３次元Ｘ線結晶構造の解明に世界で初めて成功した。

これは「カルシウム振動プロジェクト」の研究代表者である御子柴 克彦氏（理化学研究所 脳科学総合研究センター発生神経生物研究チームリーダー・東京大学医科学研究所教授）およびアニタ・アペリア氏（スウェーデン・カロリンスカ研究所小児科科長・教授）が、古市 貞一氏（理化学研究所分子神経形成研究チームリーダー）、道川 貴章氏（東京大学医科学研究所助手）および伊倉 光彦氏（カナダトロント大学教授）との相互協力による成果である。本研究成果は、平成14年11月18日に英国科学雑誌「ネイチャー」により、インターネット版ネイチャー上で公開された。

カルシウムイオン（$Ca^{2+}$）は、金属イオンとしては唯一のセカンドメッセンジャーであり、生理的な状態の細胞内$Ca^{2+}$濃度は、$10^{-7}$M、細胞外濃度は$10^{-3}$Mを維持している。外界からの種々の刺激に対応して、細胞外からの細胞表面膜を介する$Ca^{2+}$流入と、細胞内小器官（滑面小胞体や核膜など）からの$Ca^{2+}$が協調的に働き、時間的・空間的に特異な$Ca^{2+}$変動を生じ、多様な生理機能を引き起こす。

カルシウムは、地殻を構成する全元素の３％を占め、金属元素ではアルミニウム、ナトリウムに次いで３番目に豊富なものであり、天然水に比較的大量に含まれている。また、$Ca^{2+}$は生体において必須なシグナル伝達分子として生理機能に関わっている。動物体内に存在するカルシウム総量のほとんどは骨、歯などの硬組織にヒドロキシアパタイトの形で析出しており、極めてわずかな量のカルシウムがイオン（$Ca^{2+}$）の形で細胞内外の体液中に存在している。こうした$Ca^{2+}$の関与する細胞機能は多岐に渡り、種々の代謝反応にも関与している。

ホルモンや成長因子、神経伝達物質などの細胞外刺激物質の多くは、細胞内セカンドメッセンジャーである$IP_3$の産生を引き起こす。$IP_3$は細胞内小器官にある$IP_3$レセプターに結合し、チャネルの開口を誘導することで細胞内の$Ca^{2+}$濃度を上昇させる。このように$IP_3$レセプターが働くには、リガンド（作用物質）である$IP_3$が結合しなければならない。$IP_3$レセプター上には特異的に$IP_3$と結合する部位があり、この部分だけを人為的に作成すると$IP_3$吸収体（$IP_3$スポンジ）として働くことが分かっている。$IP_3$スポンジは、情報伝達のために細胞が本来生成している$IP_3$の細胞内濃度を変化させることで、様々な細胞機能を調節しうる可能性を持つ物質であり、創薬の点からも$IP_3$結合部位がいかにして$IP_3$を認識するかを知ることは非常に重要である。

今回の成果により$IP_3$結合部位を認識する新しい天然リガンド（$IP_3$と同作用を持つ物質）のスクリーニング、$IP_3$を認識し可視化する$IP_3$インディケーターの作製、$IP_3$スポンジとしての強力な細胞機能の調整薬の作製などが可能となる。

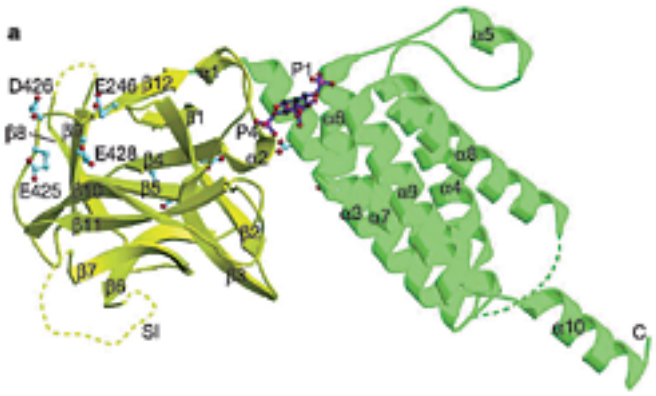



図１　$IP_3$レセプターの$IP_3$結合部位の３次元構造

$IP_3$結合部位はβドメイン（黄色）とαドメイン（緑）に分かれており、両者の間に$IP_3$が結合している。

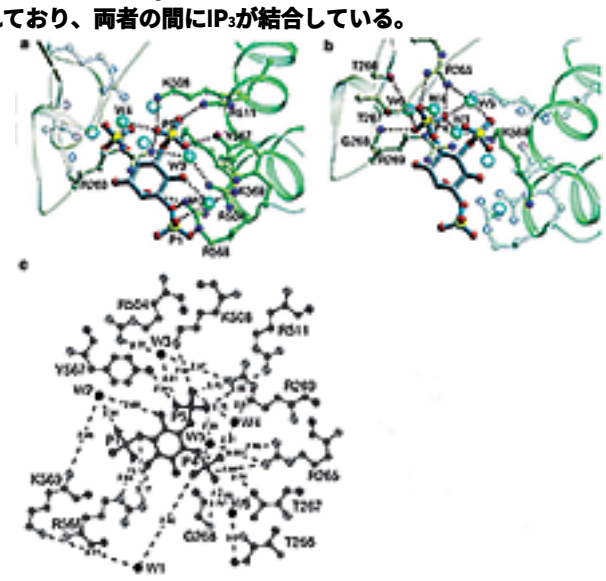



図２　$IP_3$レセプターによる$IP_3$認識の分子メカニズム

a）１位と５位のリン酸基と$IP_3$レセプター間の結合。$IP_3$のリンを黄色、酸素を赤、窒素を青で、$IP_3$レセプターと$IP_3$の間の水素結合を点線で示している。水分子は水色で示されている。１位と５位のリン酸基は主にαドメインと結合している。

b）４位のリン酸基と$IP_3$レセプター間の結合。４位のリン酸基は、主にβドメインと結合している。

c）$IP_3$レセプターと$IP_3$の結合を２次元で表した模式図。11個のアミノ酸残基と6個の水分子が結合に寄与している。

米国科学雑誌「ネイチャージェネティクス」に論文掲載

# 骨形成に必須な遺伝子の決定に成功

戦略的創造研究推進事業の研究テーマ「転写因子Cbfalによる関節軟骨の再生」（研究代表者：小守 壽文　大阪大学大学院医学系研究科分子病態内科学講座助手）で取り組む研究の一環として、骨や関節軟骨の形成機構の解明を進めていたが、このほど多くの遺伝子のうち、核結合因子（core binding factor, Cbfb）と呼ばれるものが骨形成に必要であることを確認した。この研究は小守研究代表者とアルゼンチンからの留学生である吉田カロリーナ大学院生を中心とした研究室員によって行われたもので、その成果は、平成14年11月18日発行の米国科学雑誌「ネイチャージェネティクス」で発表された。

高齢化が進む中で、欧米、日本ともに骨粗鬆症患者が増加しており、骨折を契機とした寝たきり老人の増加につながっている。また、変形性関節症による関節の痛みが中高年者の就労にも大きな影響を及ぼしている。そのため、丈夫な骨格の維持が重要な課題となっており、その対策の中心となる骨格の形成機構および維持機構の遺伝子レベルでの解明が急務となっている。

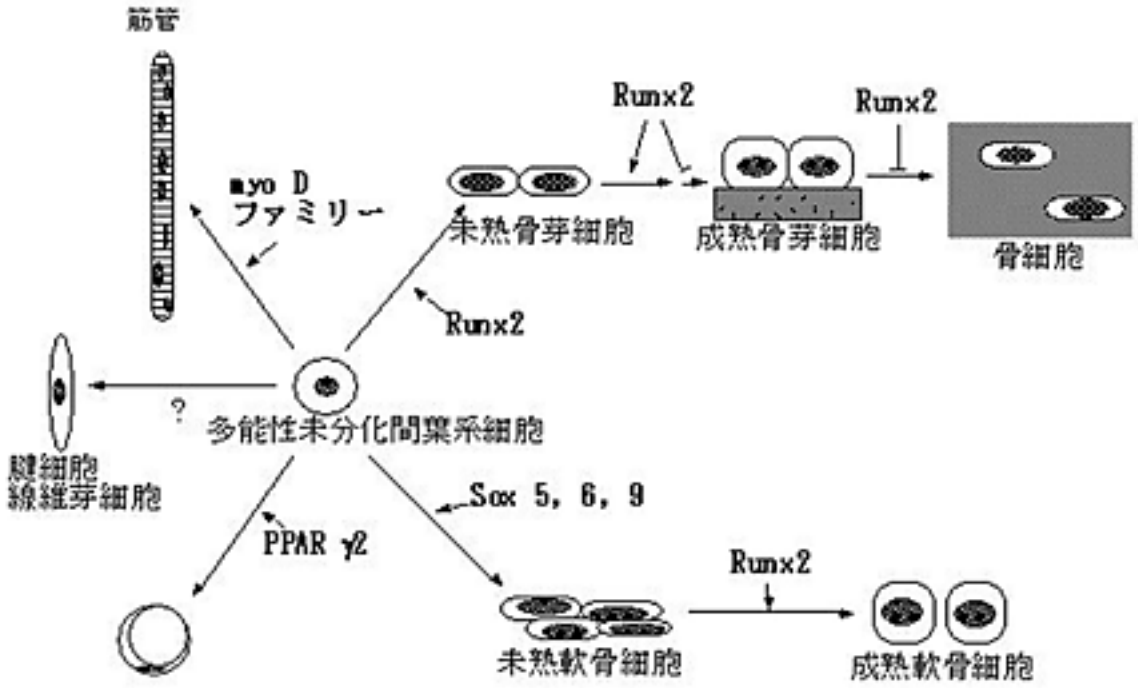
多くの遺伝子の中でCbfbは、骨の形成に必要な因子と推定されていたが、この遺伝子の働きを止めると（ノックアウト）マウスは血液を作ることができずに直ちに死亡してしまうため、これまでこの推定を確かめることができなかった。

今回、本来は造血できずに死亡するCbfbノックアウトマウスに対して、トランスジェニックマウス作製技術を用いて造血機能のみを機能させるという新しい方法を用いて生き延びさせることによりCbfbの機能を明らかにすることができた。その結果、このノックアウトマウスにはほとんど骨形成を認めず、Cbfbが骨格形成に必須な遺伝子であることを発見した。

また、骨形成には、幹細胞が骨芽細胞へ分化すること、それに軟骨細胞が成熟することが必須である。幹細胞により各種骨格形成細胞への分化は、それぞれ異なった転写因子によって支配されているが、Cbfbは別のある種の転写因子と結合し、様々な遺伝子の発現を調節し、骨芽細胞分化や軟骨細胞の成熟も誘導していること、さらに、この結合したCbfb自身がその転写因子を調節し、骨芽細胞分化・軟骨細胞の成熟を調節していることを突き止めた。

骨粗鬆症は骨芽細胞の減少及びその機能低下が一因である。そのため、今回発見された遺伝子を選択的に発現させることにより、骨芽細胞を増やし骨を増加させるなど、骨粗鬆症に対する治療への応用が期待できる。

一方、変形性関節症の予防・治療には、軟骨細胞が成熟して通常の骨になることを抑制することが重要である。この場合は、今回発見された遺伝子の抑制が、軟骨細胞の成熟の抑制につながり、さらに軟骨細胞の増殖促進、軟骨の形質を維持する治療への応用、あるいは関節軟骨の再生等への応用といったことが期待される。



# 「高性能ポリシリコン薄膜」製造技術で大学発ベンチャー企業設立

新規事業志向型研究開発成果展開事業（プレベンチャー事業）において平成12年度より開始した研究開発の成果から平成14年11月18日に有限会社イー・エム・ディー（江部 明憲社長、本社：京都市右京区、資本金：300万円）が設立された。

同社は研究開発課題「高性能ポリシリコン薄膜」の研究開発チーム（リーダー：三宅 正司 大阪大学接合科学研究所 教授、サブリーダー：江部 明憲）のメンバーの出資により設立されたもので、本技術導入に対するコンサルティングや関連機器の製造・販売、薄膜の製造・販売を主業務としている。

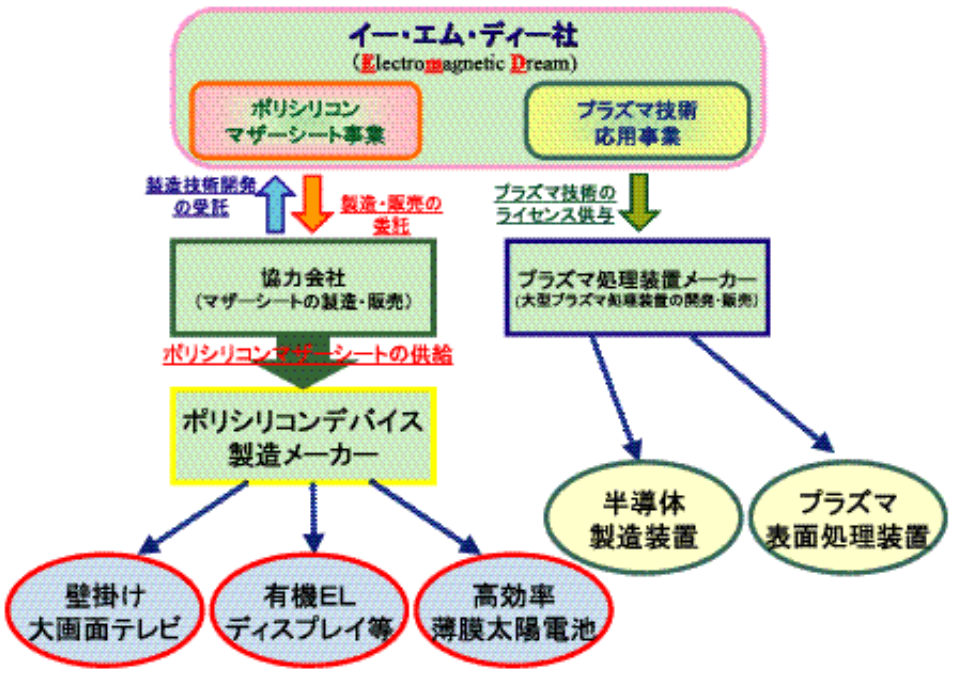
太陽電池や壁掛け大画面テレビ等の半導体製品の低価格化には、電気特性が良く（電子やホールが流れやすい）大型で均一なシリコン薄膜を安価に製造する技術が欠かせない。ポリシリコンとは、多結晶シリコンのことで、シリコン結晶と同等の電気特性を持つため、有望な材料ではあるが、大型化しにくい、高温になるため耐熱性基板を必要とするといった問題があった。

三宅教授ら研究開発チームは、高周波プラズマを発生させるためのアンテナ構造を工夫することで、薄膜や基材へのダメージの少ない大面積・高密度プラズマ発生技術を新たに開発した。そしてこの技術を用いて材料ガスを効率良くかつ均一に分解し、ダメージ無くポリシリコン薄膜を基板上に堆積させる製造技術を世界に先駆けて開発した。

本技術によると、電気特性の良いポリシリコン薄膜を、大型（1メートル角）の安価なガラス基板上に400度℃以下という低温で製造することができ、液晶やその他新型の壁掛け大画面テレビ、太陽電池の製造に必須な基板（マザーシート）を安い価格で製造することができる。

液晶ディスプレーを含む壁掛け大画面テレビの世界市場は、経産省技術調査室推計によると、2010年で3.7～8.7兆円、太陽電池の国内市場については2010年に２兆円（NEDO　資料）と見込まれている。当社はプロセス技術としてその１％程度、約800億円の売り上げを目指す。

## 事業形態



# 研究総括と研究領域の概略

戦略的創造研究推進事業　総括実施型研究（ERATO型）における平成１４年度発足の研究領域と研究総括が決定した。研究領域は「半導体スピントロニクス」、「超構造らせん高分子」、「自然免疫」および「環境応答」の4領域。研究総括は、それぞれ大野　英男（東北大学電気通信研究所教授）、八島　栄次（名古屋大学大学院工学研究科教授）、審良　静男（大阪大学微生物病研究所教授）、山本　雅之（筑波大学先端学際領域研究センター・基礎医学系教授）の4氏である。

## 研究領域「半導体スピントロニクス」

【戦略目標】情報処理・通信における集積・機能限界の克服実現のためのナノデバイス・材料・システムの創製

【研究総括】大野 英男（東北大学電気通信研究所教授）47歳

【研究総括の主な業績】電子光デバイス材料でありかつ分数量子ホール効果など基礎物理学の舞台となる　ー　化合物半導体を強磁性体化することに成功する等、多くの業績を上げてきた。平成10年に「強磁性半導体とそのヘテロ接合に関する研究」により日本IBM科学賞。

【研究領域「半導体スピントロニクス」の概略】

電子は、電荷を持つと共に、磁石の源なるスピンを有している。今日のエレクトロニクスでは、電荷は専ら電子デバイスで、スピンすなわち磁石は磁気デバイスでそれぞれ利用されている。LSIに代表されるこれまでの電子デバイスでは、電子が電荷を持つことを利用して半導体中の移動を制御し、情報処理している。このとき、個々の電子のスピンの向きはランダムであり、全く利用されていない。

本研究は、半導体でスピン物性を顕著に発現させることを可能とする材料・構造を創出し、その物性を解明するとともに、半導体中の電子スピン制御技術を探索し、スピンを用いて新たな機能を持つ半導体スピンデバイスへの道、すなわち半導体スピントロニクスへの道を切り拓こうというものである。

半導体スピントロニクスという新領域創出を目指す本研究は、超高速スイッチの実現や演算素子の高機能化など、従来の半導体の優れた特性とスピン特有の機能の融合による新しい多機能素子などを創出し、さらにスピンの量子的操作による量子情報処理、量子情報通信を実現し得る可能性をも秘めているものであり、「情報処理・通信における集積・機能限界を克服できるナノデバイス・材料・システムの創製」に資するものと期待される。

## 研究領域「超構造らせん高分子」

【戦略目標】非侵襲性医療システム実現のためのナノバイオテクノロジーを活用した機能性材料・システムの創製

【研究総括】八島 栄次（名古屋大学大学院工学研究科教授）43歳

【研究総括の主な業績】核酸やタンパク質等の生体高分子が持つ美しいらせん構造とそれに由来する精緻な機能に着目して、らせん形をしたユニークな高分子材料の創製とこれを用いたナノメートル領域新現象を発見し、新規な機能を発現させることに成功した。これらの成果として、ランダムな構造を有する高分子から望む向きのらせん（右巻きと左巻き）を自由自在に構築するための新しい概念「らせん誘起」の創成など、多くの独創的かつ革新的な研究成果を上げた。

【研究領域「超構造らせん高分子」の概要】

人工的に合成した高分子は、一般的にはランダム構造をしているが、生体高分子にはDNAやタンパク質などらせん状のものが存在する。これらの生体高分子は、キラル物質の右手体と左手体を識別する「分子認識能」、右手体と左手体を作り分ける「触媒作用」、自己複製、自己増殖及び情報伝達を司る「情報機能」というらせん構造に特異な機能を持っている。これらの機能は、生命維持に不可欠である高度な機能の発現において重要な役割を果たしていると考えられる。

本研究は金属、有機・無機磁性体、フラーレンそれに酵素など任意の化合物群を望む向きのらせん状に配列した超構造らせん高分子を構築し、超構造物に由来する新たな「分子認識能」や「触媒作用」、「情報機能」を示す新物質の創製とともに、超構造らせん高分子を介した生命機能発現の原理等を探求するものである。

超構造らせん高分子を創製してその機能の探索を目標とする本研究はDNA、タンパク質などのらせん生体高分子の動作原理を活用した、既存の高分子の性能をはるかに凌ぐ革新的な材料を創出し得るものであり、各種の機能材料、生体適合性材料、バイオデバイス等の創製を通じ、「非侵襲性医療システムの実現のためのナノバイオテクノロジーを活用した機能性材料・システムの創製」に資することが期待される。

## 研究領域「自然免疫」

【戦略目標】先進医療の実現を目指した先端的基盤技術の探索・創出

【研究総括】審良 静男（大阪大学微生物病研究所教授）49歳

【研究総括の主な業績】自然免疫系による病原体の生体内侵入の察知機構の解析にいちはやく取り組み、世界に先駆けて各Toll様受容体（Toll-like receptor：TLR）ファミリーが、病原体構成成分を特異的に認識すること、TLRを介するシグナル伝達経路を明らかにした。これまでの各研究成果は、それまで全く未知であった自然免疫における病原体認識の機構を明らかにしただけでなく、新興感染症や結核などの再興感染症の治療、アレルギー疾患の治療、免疫療法に新たな手段を提供するものとして注目されている。

【研究領域「自然免疫」の概略】

本研究では、TLRファミリーの自然免疫での役割の解明を足がかりに、自然免疫系のメカニズムを包括的に理解し、獲得免疫系成立への関与をも明らかにしていく。自然免疫系の細胞に発現し、その活性制御に関わることが予想される分子群の生理機能を、遺伝子改変マウスの作製解析により明らかにする。

さらにマウスにおける遺伝子、タンパク質の発現変化を網羅的に検討し、その分子に会合する新たな分子も同定するほか、その生理機能を遺伝子改変マウスの作製解析により明らかにしていく。こうして自然免疫という現象に重要な役割を果たす分子群の機能をひとつひとつ明らかにすることにより、自然免疫系の分子機構の包括的な理解、そして自然免疫系の活性化から獲得免疫成立にいたる橋渡し機構の解明を目指し、生体防御に係わる新たな研究領域を開拓していく。

本研究領域により、免疫異常が深く関与すると考えられるが、その発症機構が明らかでない全身性エリテマトーデス（SLE）、慢性炎症腸疾患など難治性疾患の原因解明、感染症予防に有効なワクチン、抗アレルギー剤などの医薬品の開発への応用展開などが期待され、「先進医療の実現を目指した先端的基盤技術の探索・創出」に資するものと期待される。

## 研究領域「環境応答」

【戦略目標】技術革新による活力に満ちた高齢化社会の実現

【研究総括】山本 雅之（筑波大学先端学際領域研究センター基礎医学系教授）48歳

【研究総括の主な業績】赤血球型ALA合成酵素（ALAS-E）をコードするcDNAをクローン化して、赤血球系に固有のヘム合成経路が存在することを実証。CNC群転写因子として、新たにNrf2を同定し、Nrf2遺伝子破壊マウスにおいて、親電子性物質や活性酸素による一群の異物代謝系酵素および抗酸化蛋白質の誘導発現が欠落していることを発見。さらに、Nrf2に相互作用する新規分子Keaplを単離し、同因子が細胞質に局在するNrf2制御蛋白質であることを実証。Nrf2は親電子性物質に対する応答反応の鍵因子であり、Nrf2とKeaplの相互作用の解析から、生体の親電子性物質センサーの実態に迫れるものと期待されている。

【研究領域「環境応答」の概略】

生物の環境適応は、生存のためのエネルギーをいかにして得ているかという点に最も顕著に表れる。進化の視点から動物の生存戦略を俯瞰すると、その本質はエネルギー源である食物と酸素の両者が内在的に持つ毒性に対して、いかに強力な防御本能を形成するかという点にあると思われる。

これまでに、種々の環境ストレス応答系酵素群の遺伝子発現誘導は、比較的限られた数の転写因子によって担われる現象であることが解明されてきた。本研究は、生体の酸素ストレスと食餌性異物・毒物（親電子性物質）への応答機構に焦点を当て、生体内で真に機能している適応・応答反応の分子メカニズムの解明に取り組む。そして転写因子の細胞内移行、安定化、さらに共役因子の競争的利用までを視野に入れて、「環境応答転写因子」群の生体内での活性化メカニズムの解明を進め、これら転写因子が果たす生理機能の解明を試みる。

個々の環境応答系の個体レベルでの機能解析、さらに刺激の感知と応答機構の分子レベルでの解明を通して、革新的医療を実現することが期待される。また、本研究による薬物代謝に関する知見は、薬剤や食品添加物、農薬等の評価などへの貢献が期待されるので、健康な食生活と安心して暮らせる生活環境の実現に寄与し、「技術革新による活力に満ちた高齢化社会の実現」に資するものと期待される。

# 科学技術振興事業団の機関評価（研究交流促進・研究支援事業、及び科学技術理解増進事業）結果について

事業団では、多岐に渡る事業を実施していることから、機関評価について「科学技術情報流通促進事業」、「技術移転推進事業」、「基礎的研究推進事業」、「研究交流促進・研究支援事業」、「科学技術理解増進事業」の5つに大別し、評価を順次行っている。

評価は、事業団の外部から選任された14名の評価者からなる総合評価委員会（熊谷 信昭委員長：大阪大学名誉教授）により実施されている。

本報告は、「研究交流促進・研究支援事業」、及び「科学技術理解増進事業」について、総合評価委員会に、研究交流促進・研究支援事業評価部会（岸 輝雄部会長：独立行政法人　物質・材料研究機構理事長）、科学技術理解増進事業評価部会（坂元 昴部会長：文部科学省メディア教育開発センター所長）を設け、部会における評価、取りまとめを踏まえて、総合評価委員会が作成したものである。評価結果の要点は以下の通り。

## 1　研究交流促進・研究支援事業の全般的評価

事業の全般的な評価としては、研究交流促進・研究支援のための各事業は、いずれも科学技術の振興にとって不可欠なものであり、またその実績もあがっており、全体として評価できる。

研究交流促進事業（人材交流・国際交流）及び研究支援事業は、国立試験研究機関等の国際化に貢献するとともに、その活性化に寄与した点で意義は大きい。地域科学技術振興関係の事業は、コーディネート機能の重要性に着目し、コーディネーターを中心とした一連の事業を継続して実施してきた点で、先見性に優れた事業であったと極めて高く評価できる。今後とも事業団において、地方自治体、企業との連携、十分なコミュニケーションを確保しつつ、地域関係の事業を継続、発展させることが必要である。一方、事業の実施に当たって、画一的な運用を行うと、地方は自由度が無いように感じる場合がある点に留意すべきであり、また、研究成果の活用促進、社会へのアピールを更に促進すべきである。

こうした評価に立って、概略以下のような提言が行われた。

### ●研究交流促進事業（人材交流・国際交流）について

**１）独法研究機関のニーズ把握による事業展開**

現在、ほとんどの国立試験研究機関が独立行政法人化され、その研究環境も変化してきている。今後、我が国において、どのような研究交流事業のニーズがあるのかを調査・分析し、これからの事業展開を検討する必要がある。

**２）人文・社会科学も含めた交流・参加者の拡大等**

異分野交流事業等については、自然科学のみならず、人文・社会科学も含めた交流をさらに発展させるとともに、参加者の拡大が重要である。

### ●研究交流促進事業（地域科学技術振興関係）

**１）地域経済活性化につながる研究の推進**

事業団の事業だけでなく他の様々な施策と連携を図りつつ、地域経済の活性化につながる研究の推進が重要。

**２）コーディネーターの育成。**

次世代のコーディネーターの育成が重要。加えて成功ケース、失敗ケースの事例研究を行い、ノウハウの共有化を促進すべきだ。

●研究支援事業（重点研究支援協力員派遣事業）

１）独法研究機関等のニーズ把握による事業展開

受け入れ機関や派遣された者の意見を分析し、国立試験研究機関の独立行政法人化を踏まえた研究現場のニーズを把握し、将来の事業の展開を検討する必要がある。

## 2　科学技術理解増進事業の全般的評価

平成8年に新しい事業として開始以降５年の短期間に、我が国の学校教育機関以外の科学技術理解増進活動の中で中核的活動として成長してきたことは、高く評価できる。今後とも事業団において同事業を継続・発展させることが強く望まれる。また、重点的な事業展開の必要性などいくつかの点において、更に考慮が必要との指摘があった上で、概略以下のような提言があった。

●事業の継続的な実施

科学技術理解増進事業は、効果が直ちにあらわれるものではなく、成果については長い目で見ていくべきであり、事業を長期にわたり継続的に発展させていくことが必要である。

●全国的な活動ネットワークの形成

事業団が国の科学技術理解増進事業センター的機能を果たすことは非常に重要である。全国の科学館や草の根的活動とネットワークを更に強化し、その活動をバックアップするような全国的な運動の展開を期待する。

●学校教育との連携

子供達に一番影響が大きいのは学校教育であり、学校、教育委員会、地方自治体との連携を深め効果的な事業の推進を図ることが必要である。

●技術への配慮

科学、技術、それらが活用されている産業の現場をバランスよく取り上げるとともに、青少年が日本の技術、産業に誇りを持てるような事業を期待したい。

●事業の対象

科学技術理解増進活動には、対象に適した活動が必要である。特に子供に大きな影響力を持つ母親に対する活動やジャーナリストとの連携等も重要である。

●事業の方法

より有効な事業手法等については幅広い調査・分析を行い、それに基づいた実施方策を検討する必要がある。

# 国際共同研究事業（ICORP）
# 日・伊「一分子過程プロジェクト」終了シンポジウム開催

平成14年11月28日(木)、29日(金)の2日間に渡り大阪、千里ライフサイエンスセンターにおいて、ICORP「一分子過程プロジェクト」の終了シンポジウムが開催された。「一分子過程プロジェクト」はイタリアナポリ大学と平成9年1月より行っている国際共同研究プロジェクトである。

このプロジェクトでは、生物分子モーターのひとつである筋肉を構成するたんぱく質や、生体システムの中でのタンパク質に着目し、その運動メカニズムの解明を目指してきた。日本側は、一分子を測定するという新しい測定技術を開発しながら、実験的にたんぱく質の動作を究明し、イタリア側は、理論的なアプローチから実験結果を検証してきた。この分野で通説とされていたたんぱく質の動作理論を塗り替えるような新しい発見をし、そのメカニズムを世界に向けて提唱してきた。

シンポジウムは、28日午後一時より柴田治呂科学技術振興事業団理事の挨拶で始まった。その後、日本側代表研究者、柳田 敏雄大阪大学大学院教授、及びイタリア側代表研究者、リュージ．M．リチャルディイタリアナポリ大学応用数学科教授の基調講演があり、2日間全体で、オーストリア、英国、日本から著名な研究者による9件の基調講演と5件の研究成果発表が行われた。実験側、理論側の研究者間で活発な質疑応答もあり、活気のあるシンポジウムとなった。また、42件のポスターセッションも行われ、2日間で4時間以上も議論の輪が途絶えることがなく、熱心にメモを取る参加者の姿もあった。シンポジウムには延べ200名ほどの参加があり、盛況のうちに終了した。

## 武田賞を受賞
## ERATO「中村不均一結晶プロジェクト」の総括責任者　中村　修二氏

創造科学技術推進事業の「中村不均一結晶プロジェクト」（2001年10月～2006年9月）の総括責任者　中村　修二氏（カリフォルニア大学サンタバーバラ校材料物性工学部　教授）が、情報･電子系、生命系、環境系の3つの光学分野で顕著な業績を挙げた研究者に贈られる武田賞（平成14年度）を受賞した。中村氏の受賞は、「青色発色半導体デバイスの開発」によるもので、情報･電子系部門での受賞である。

中村氏は、88年に日亜化学工業　で、窒化ガリウムを材料に青色発光半導体デバイスの開発に着手した。91年に発光効率0.18%、92年に発光効率0.22%の青色発光ダイオードを製作した。翌 93年に発光効率2.7%の青色発光ダイオードを製作した。これらの成果を基に、同じ年に世界で初めて青色発光ダイオードを製品化し、その後、発光効率9.2%の高輝度青色発光ダイオードの開発に成功したほか、開発した窒化ガリウム青色発光ダイオードをベースに、レーザー・ダイオードの開発などでの業績が評価されたもの。

創造科学技術推進事業では、現在、総括責任者として「中村不均一結晶プロジェクト」に取り組んでいる。　一　属窒化物結晶からなる青色発光ダイオードは、従来の発光デバイスより高い転位密度を有していても高い発光効率を示す。研究が進むにしたがい、インジウム原子の不均一な分布が活性層内に存在しており、それが注入キャリアの局在化を容易にして非輻射性再結合センタである転位の影響を低減していることが分かってきた。

本プロジェクトでは、窒化物内に存在するこれらの結晶欠陥や不純物、あるいは量子ドット等のナノスコピックな種々の不均一性を、より自由に制御し得る科学と技術の開拓を目指している。

その結果として、広い波長範囲にわたって発光素子の効率を飛躍的に向上させたり、２次キャリアガスの移動度をより高めることを可能とし、蛍光灯に代わる固体発光素子や、従来の動作周波数および出力の限界を突破する発振素子など世の中を変革する素子の実現を目指している。

## 日本IBM科学賞を受賞
## 総括実施型研究：研究領域「超構造らせん高分子」の研究総括　八島　栄次氏

戦略的創造研究推進事業の平成14年度総括実施型研究（ERATO型）で、研究領域「超構造らせん高分子」の研究総括である八島 栄次氏（名古屋大学大学院工学研究科　教授）が、「高分子のらせん構造制御と機能に関する研究」により、第16回（平成14年度）日本IBM科学賞を受賞した。本賞は物理、科学、コンピュータサイエンス、エレクトロニクスなどの基礎研究で優れた研究業績を挙げた研究者に贈られる。

核酸のタンパク質などの生体高分子は、いずれも光学活性で、一方向巻きのらせん構造を形成し、その機能発現と深く関わっている。八島氏は、らせん高分子の構築とその片寄り（右巻きと左巻き）の制御に「動的」という発想を初めて導入し、らせん高分子を自由自在に作る新しい概念の創出とともに、らせん構造の記憶や自己修復・反転現象の発見など、高分子や超高分子の分野で傑出した業績を挙げている。

このほか八島氏は、官能基を有する光学不活性な高分子が、光学活性な低分子との相互作用を介して一方向巻きらせん構造をとり、その結果、高分子主鎖にらせん構造特有の円二色性吸収が発現することを見出した。さらに、誘起された一方向巻きらせん構造が、光学活性体を完全に取り除き光学不活性な化合物で置換後も、そのらせんの形を「記憶」として長時間保持するだけでなく、「自己修復」するという極めて特異な現象も発見した。

また、八島氏は、らせん誘起の考え方をさらに発展させ、フラーレンを一方向巻きのらせん状に配列させられたらせん高分子の合成に初めて成功するとともに、らせんの向きを外部の刺激、たとえば、分子の形やキラリティーの違いに応じて自由自在に変えることにも成功しているなど、これまで多くの研究業績を挙げてきた。

平成14年度の総括実施型研究の1つとして決定した研究領域「超構造らせん高分子」は、こうした業績を背景に進められるもので、「非侵襲性医療システム実現のためのナノバイオテクノロジーを活用した機能性材料・システムの創製 」を戦略目標に掲げている。金属、有機・無機磁性体、フラーレンや酵素などの化合物群を望む向きのらせん状に配列した超構造らせん高分子を構築し、超分子構造に由来する新たな「分子認識能」や「触媒作用」、「情報機能」を示す新物質の創製とともに、超構造らせん高分子を介して生命機能の発現を探求する。

本研究は、DNAやタンパク質などのらせん生体高分子の動作原理を活用した、既存の高分子の性能をはるかに凌ぐ革新的な材料を創出し得るもので、各種の機能材料、生体適合材料、バイオデバイス等の創製に資するものとして、その成果に強い期待が寄せられている。

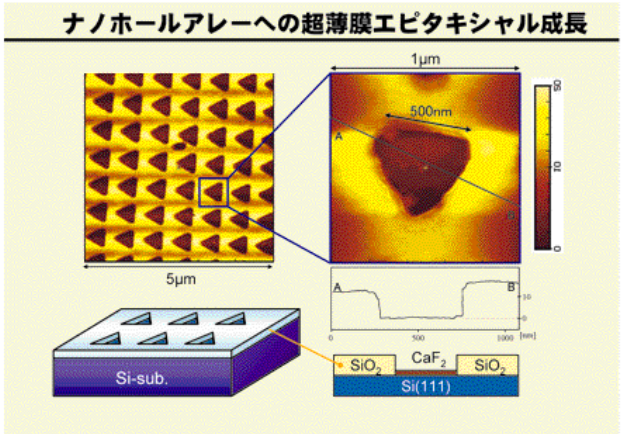
# さきがけ研究21

**渡辺　正裕**（わたなべ　まさひろ）
研究領域：「ナノと物性」
研究期間：平成13年12月～平成16年11月
研究課題：超ヘテロ・ナノ結晶の創製と光電子新機能
研究室　：東京工業大学大学院総合理工学研究科　物理情報システム創造専攻

近年の情報処理・通信システムの急速な発展と普及は、それらを構成する基本的な要素である固体デバイス技術の高度化に支えられている。おそらく21世紀中には、デバイス構造を原子レベルで設計して結晶を組立て、その構造中で光と電子を自在に操る技術が創造されることになるであろう。本研究課題は、その“さきがけ”的なチャレンジを企図して提案した。

本研究では、異なる種類の半導体材料（広い意味で絶縁体を含む）や、金属材料など、異なる性質の材料同士を、ナノメートル層厚で規則的に配列・結合させた構造物のことを“超ヘテロ・ナノ結晶”と呼んでいる。その異なる材料同士が接合した境界面では、電子から見た物性が大きく異なるので、そこで電子波が強く反射される性質を使って電子を閉じ込めたり、電子波の干渉を利用した共鳴トンネルなどの量子現象を積極的に利用する舞台として魅力的である。これらは、発振回路やメモリ・論理演算の基本素子への応用や、量子井戸サブバンド間の光-電子相互作を利用した発光・受光素子への応用も期待される。この原理自体は間接遷移半導体、たとえばシリコンなどにも適用可能で、量子井戸の深さが数eVと十分深い材料の組み合わせを選べば、室温動作が可能となるばかりでなく、量子井戸層厚の設計により、光通信波長帯をもカバーする発光・受光デバイス応用への可能性が開け、シリコン集積回路と光機能素子の結晶格子レベルの融合に道が開かれる。

本研究では、このような超ヘテロ構造を実現するための材料構成として、シリコン基板上にエピタキシャル成長可能な弗化物系絶縁物弗化カルシウム（CaF2）および弗化カドミウム（CdF2）、半導体シリコン（Si）、およびシリサド系金属を採用している。これらをエピタキシャル成長により、境界面でも規則正しく原子が並んだヘテロ結晶を創ろうと試みる。量子効果の利用を期待する場合には、結晶成長に原子層オーダーの層厚制御性が要求されるが、異種材料同士でかつ、膜厚が数原子層と極限的に薄い場合、格子不整合及び化学結合の違い等により、2次元あるいは3次元的な核成長の過程を経て、その核サイズや原子ステップの密度などで決まる結晶粒界あるいは欠陥が膜中にランダムに形成されることになる。これらは量子現象の発現を妨げるばかりでなく、特性の再現性、均一性など、デバイス応用上深刻な障害となる。そこで本研究では、基板全面への均一成膜後に微細加工によるナノデバイス形成という“トップダウン”式の考え方ではなく、成膜前に微細加工技術を用いて核サイズ以下、あるいは原子ステップ間隔以下のナノ領域をあらかじめ定義し、その限られたナノ空間中にほぼ完全な積層結晶を形成する方法論を採用することにした。その概念図と実施例を図に示した。写真では500nmの微小孔を示しているが、直近の成果としては、50nm程度の微小孔結晶成長が可能となってきている。このナノ領域への局所成長法を適用して共鳴トンネルダイオード構造を形成し、量子構造の評価を試みた結果、特性の均一性・再現性に著しい改善が見られ、さらに、層厚による人為的な共鳴トンネル現象の制御を実験的にはじめて示すことができた。今後は、本アイディアをさらに精密化するとともに、トランジスタとの集積やサブバンド間の光-電子相互作用の実験的検証に取り組んでいく予定である。



－科学技術振興事業団　第8回基礎研究報告会－

## シンポジウム「ナノケミストリーの実現を目指して～分子･原子の反応制御～」

○開催日　平成15年２月７日　　10：00～17：00
○会　場　コクヨホール（東京都港区港南1-8-35）
○内　容　研究テーマに関する講演及びパネル展示
○参加費　無料（参加希望の方は、事前にお申し込み下さい）

第8回基礎研究報告会をコクヨホールで開催する。報告会では新しい概念に基づく反応場の構築、高効率かつ高選択性を有する触媒反応の開発とその応用など、次世代の合成化学を担う革新的研究について、最先端の成果を報告するとともに、その将来を展望する。

**－プログラム－**

挨拶　科学技術振興事業団　理事長　沖村　憲樹　　10：00～10：10

１．「機能性ナノマテリアルへの高分子・超分子化学的アプローチ」　　10：10～10：55
創造科学技術推進事業「相田ナノ空間プロジェクト」総括責任者（'00～'05）
東京大学大学院　工学系研究科　教授　相田　卓三

２．「新しい触媒をめざして～金属クラスター反応場～」　　10：55～11：40
戦略的創造研究推進事業「単一分子･原子レベルの反応制御」領域　研究代表者（'97～'02）
東京工業大学大学院　理工学研究科　教授　鈴木　寛治

３．「パラジウムと水の共同作業で光学活性分子をつくる」　　11：40～12：05
戦略的創造研究推進事業「合成と制御」領域　研究者（'01～'04）
東北大学　多元物質科学研究所　教授　袖岡　幹子

４．「光エネルギー変換ナノ分子を組み立てる」　　13：10～13：55
戦略的創造研究推進事業「分子複合系の構築と機能」領域　研究代表者（'99～'04）
大阪大学大学院　工学研究科　教授　福住　俊一

５．「水を反応させる有機化学反応」　　13：55～14：20
戦略的創造研究推進事業「形とはたらき」領域　研究者（'99～'02、継続研究'02～'05）
北海道大学　触媒化学研究センター　助教授　徳永　　信

６．「分子認識システム～その分子の形と機能～」　　14：30～15：15
国際共同研究事業「分子転写プロジェクト」代表研究者（'97～'01、継続研究'01～'04）
九州大学大学院　工学研究院　教授　新海　征治

７．「環境にやさしい化学合成～グリーンケミストリーの実際～」　　15：15～16：00
戦略的創造研究推進事業「単一分子･原子レベルの反応制御」領域 研究代表者（'96～'01、継続研究'01～'04）
東京大学大学院　薬学系研究科　教授　小林　　修

８．パネルセッション　　16：00～17：00

☆参加申し込み･問い合わせ先☆
財団法人　全日本地域研究交流協会　基礎研究報告会事務局
〒110-0008　東京都台東区池之端1-1-15ＮＳビル
TEL03-3831-5911　FAX03-3831-7702　E-mail kisoken@jarec.or.jp
なおメール等でのお申し込みの受領通知は致しませんのでご了承ください。

# Schedule

## 行　事　予　定

| | |
|---|---|
| 1月11日 | H14年度ロボット・実験学習メニュー開発成果報告会（日本科学未来館） |
| 18日 | 全国こども科学映像祭表彰式（日本科学未来館） |
| 20日 | 戦略創造 H9採択代表者終了シンポジウム「環境低負荷型の社会システム」（国連大学） |
| 24日 | 戦略創造 シンポジウム「脳を守る」（日本科学未来館） |
| 28日　～29日 | 戦略創造H9採択代表者終了シンポジウム「単一分子・原子レベルの反応制御」（コクヨホール） |
| 29日 | 計算科学H11・12採択課題成果報告会（日本科学未来館） |
| 30日 | 「第2回つくばテクノロジー・ショーケース」（つくば国際会議場） |
| 30日　～31日 | 新技術説明会［ナノテク・材料分野］（東京本部ＪＳＴホール） |
| 2月　1日 | H14年度「こども科学フォーラム」（日本科学未来館） |
| 4日 | 戦略創造H9採択代表者終了シンポジウム「地球変動のメカニズム」 |
| 7日 | 第8回基礎研究報告会（コクヨホール） |
| 18日 | 高分子データベース利用説明会（東京本部ＪＳＴホール） |

## 日本科学未来館（Me Sci）1月行事予定
### 〈1月の休館日（1日、14日、21日、28日）〉

**1. 虫型ロボット競技会　MeSciカップ**

1月18日　10:00～16:30　1Ｆ シンボルゾーン

**2. 実験工房「化学コース」～ダイヤモンドを作ろう　～**

1月18日　/1月19日　11:00～15:00　3Ｆ 実験工房

**3.「展示の前で研究者に会おう！」 地球生命と宇宙、40億年の歴史（講演者：毛利衛）**

1月25日　11:00～12:00　5Ｆ 地球生命と宇宙、40億年の挑戦のコーナー

**4. すばる望遠鏡の研究者と話そう　日本科学未来館－国立天文台ハワイ観測所TV会議**

1月25日　13:00～13:50　5Ｆ 展示ゾーン　すばる望遠鏡展示前

**《特別展》**

**「ゴジラと科学」展－Link Science－**

10月30日　～2003年2月11日（火・祝）　１Ｆ　催事ゾーン

**《継続イベント》**

**1. ＡＳＩＭＯデモンストレーション**　平日　13:00～　/土・日・祝　13:00～、15:30～

**2. インターネット電子顕微鏡**　毎週土・日曜日の1日2回　３Ｆ　サイエンスライブラリ

**3. 実験工房**　毎週土・日曜日の午後を中心に開催　３Ｆ　実験工房

〔超伝導コース〕〔レーザーコース〕〔ロボットコース〕運動系コース感覚系コース〔バイオコース〕

**4. MeSci研究棟ツアー**　各日約15名（当日先着順）

1月18日　14:00～15:00　相田ナノ空間

科学技術振興事業団　Japan Science and Technology Corporation（JST）
インターネットホームページ　http://www.jst.go.jp
〒332-0012　埼玉県川口市本町4-1-8　川口センタービル　総務部広報室　TEL.048-226-5606　FAX.048-226-5651
平成15年1月　禁無断転載　（JST のマークは英文事業団名の頭文字を図案化したものです）この印刷物は再生紙を使用しています。