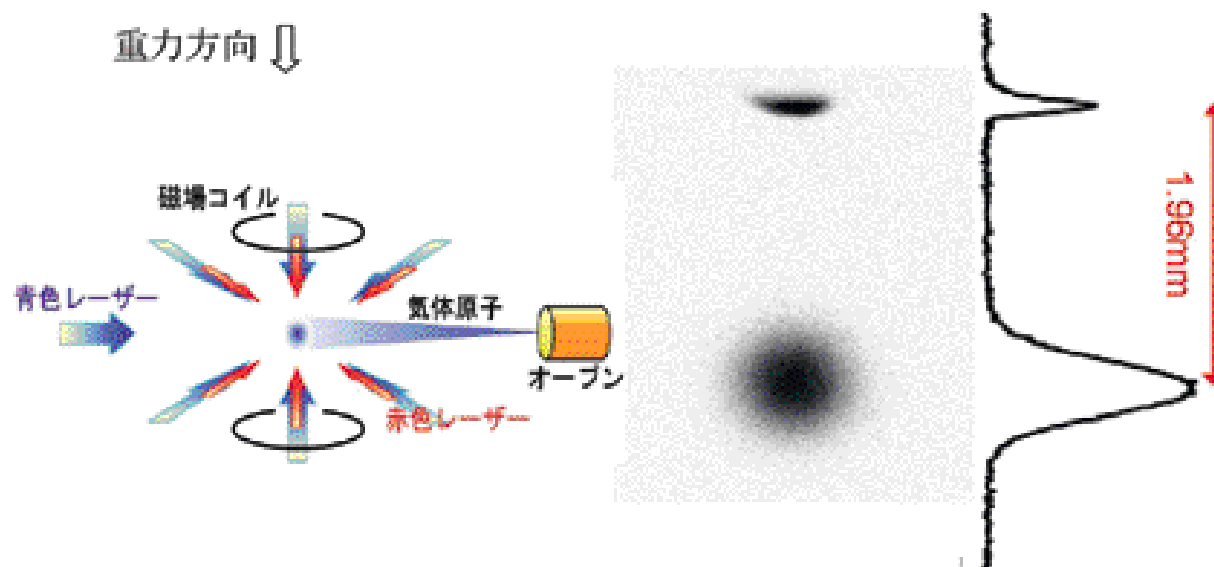


JSTニュース

2003 NO.76

2 月号



左：磁気光学トラップの構成

右上：スピン禁制遷移レーザー冷却法で磁気光学トラップ（写真）の中に捕獲された極低温ストロンチウムの原子集団（直径は約 $50\mu\text{m}$ ）

右下：トラップをオフにして原子を自由落下させ、0.02秒後の様子（写真）。原子の拡がりから温度から求めたトラップ中の原子雲の温度は800nK。

創造科学技術推進事業 終了プロジェクト「五神協同励起」研究成果

2-3 Special Item

4-6 Basic Research

7-8 Promotion of Regional Research

9-11 News

12 Topics

13 Close Up

14 Schedule



科学技術振興事業団

ERATO 終了プロジェクト

五神協同励起プロジェクト

総括責任者 / 五神 真 (東京大学大学院工学系研究科教授)
 研究グループ / 協同励起基礎グループ 協同励起応用グループ
 理論設計グループ

研究期間 / 平成9年10月 ~ 平成14年9月



光で創る集団の量子現象

1. はじめに

レーザーは揃ったきれいな光子群を発生する装置である。このような揃った光を物質にうまく作用させると、物質系の熱運動を抑えることができる。近年研究が進んでいる原子やイオンのレーザー冷却法がその例である。五神協同励起プロジェクトでは、このように光と物質の相互作用を巧みに利用して、極低温の物質系を創り出し、その物性を探求し、さらに光技術としての新たな可能性を探ることをめざした。特に、個々の粒子の一体の量子状態を制御するということと対峙する考え方として、多数の粒子系の量子現象に着目した。この統一主題のもとで原子系から半導体、有機化合物、遷移金属酸化物と非常に広い物質系に対して研究を進め、レーザーによって物質系に量子力学的な多体の相関を発現させるための方法が開拓され、それらが多体の量子系としての興味深い物性を示すことを見出した。同時にその中には、次世代の光技術のブレークスルーにつながる応用上も重要な知見がいくつか見出された。以下に成果を紹介する。

2. 研究成果

1 ストロンチウム原子の量子縮退領域へのレーザー冷却

レーザー冷却法とそれに引き続く蒸発冷却法によるアルカリ原子のボースアインシュタイン凝縮は物理学に大きなインパクトを与えただけでなく、コヒーレントな原子波による様々な応用の可能性を拓いた。本プロジェクトでは、コヒーレントで強い原子波を得る新しい技術の開拓に挑んだ。我々は研究が進んでいるアルカリ原子ではなくアルカリ土類原子であるストロンチウム原子を対象とした。アルカリ土類原子には最外殻電子が2個あるが、その励起状態の中でスピンの反転した状態は、非常に狭い準位幅を持つ。レーザー冷却法による最低到達温度は準位幅に比例することに着目し、このスピン禁制遷移を利用した極低温領域へのレーザー冷却法を

開拓した。その結果、レーザー冷却のみで常温から400nKまでわずか100msecで到達する新しい技術を確立することができた。(図1) この応用として、光シュタルクシフトフリーな光双極子トラップ法を考案し実証した。光トラップ用のレーザーの周波数をうまく選ぶと光双極子トラップ中でスピン禁制遷移の上下準位のシュタルクシフトを一致させることが出来ることを見出した。これにより光双極子トラップへの原子をロスなく蓄積冷却することができる。また、トラップポテンシャルを深くすることで、ストロンチウム原子の並進運動を完全に凍結して分光を行うことが出来ることを実証した。これは光周波数領域での周波数標準の実現の道を拓くものとして世界の注目を集めることとなった。また、光ポンピング下での磁気光学トラップという新しい手法により、フェルミ同位体のスピン禁制遷移での磁気光学トラップと反跳温度限界領域への冷却を実証した。

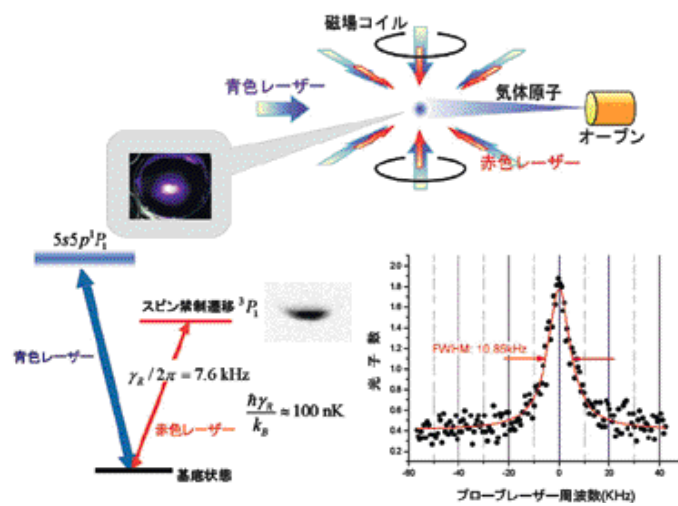


図1 ストロンチウム原子のスピン禁制遷移を利用したレーザー冷却法の構成とスピン禁制準位の分光実験データでの半値幅が10.86kHzと狭い事を示している。

2 光励起された極低温高密度電子正孔系の物理現象

フェムト秒パルスレーザー励起により、励起子や電子正孔系を極低温高密度に励起する方法を開拓し、低温高密度キャリアの集団的挙動とその機能について以下のような知見を得た。励起子系の非線形光学応答を多体量子相関という観点からとらえ、励起子共鳴による非線形光学効果の起源を明らかにした。具体的には、励起子系を弱く相互作用するボース粒子として扱うことで、非線形光学応答を励起子の2体の相互作用として扱うスキームを提示し、それを理論実験両面から検証した。これは、励起子共鳴を利用した非線形光学デバイスや、量子ドット中の励起子を利用する量子情報素子への応用の基礎を与えるものである。ボース縮重度の高い励起子分子をフェムト秒パルス光で瞬時に励起する方法を考案し、励起子分子が巨視的なコヒーレントな波として振る舞うことを実証した。さらにこの波が量子相関を持つ光子対発生、スクイーズ光発生源として特異的に高い効率と広い帯域を示すことを見出した。高密度の電子正孔系を低温状態で光励起する方法を考案し、電子正孔系の凝縮相を見いだした。さらに、電子正孔系の集団運動をとらえる方法として、中赤外域の時間分解分光法を開拓した。これにより励起子モット転移を経て電子正孔液滴が直接遷移型半導体でも形成されることを発見した。(図2) また、ダイヤモンド結晶において、電子正孔系が $10^{20}/\text{cm}^3$ の濃度で安定に凝縮する電子正孔液体相を見出し、その臨界温度が165Kにも及ぶことを発見した。同様な高密度なプラズマ状態が窒化ガリウム半導体でも生じることが分光学的に確認された。

3 強相関電子系の電子状態の分光学と光制御機能の探索

遷移金属酸化物などのいわゆる強相関電子材料は超伝導や磁性といった低エネルギー領域の物性において電子間の相互作用が本質となって超伝導や超巨大磁気抵抗効果が発現することが注目されて来た。本プロジェクトで強相関電子材料の光制御機能に着目した研究を世界に先駆けて理論実験両面から行い、強相関電子系が光エレクトロニクスへの応用の観点からも非常に魅力的な材料群であることを見いだした。第一の成果は一次元銅酸化物で見いだした超高速非線形光学応答である。常温で動作しかつ高効率な超高速非線形光学応答を示すことが確認され、応用グループの分光学的研究とアリゾナ大学の理論チームによる理論計算を連携させて研究を進め、その起源を明らかにすることができた。第二の成果は光の持つ高速性を活用して、磁気光学効果をプローブとするボ

ンプローブ分光法を開発し磁性の超高速ダイナミクスを捉えたことである。常温の超巨大磁気抵抗材料として注目されている $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$ 結晶で電子系とスピン系が熱的に隔離されていることを見だし、磁気相転移における臨界緩和現象をピコ秒からナノ秒の時間スケールで捉えることに成功した。熱隔離の原因はこの物質で伝導電子のスピンが完全に偏極しいわゆるハーフメタルの電子構造をとっていることによることを指摘し、この手法がいわゆるスピントロニクス材料の物性解明の強力な手段となることを示した。このほか、テラヘルツパルスを用いた時間領域磁気光学分光などの開発を進め、遠赤外から可視領域にわたる広い分光技術を確立した。

3. 今後の展望

本プロジェクトの研究を通じてレーザーを巧みに操ることで物質粒子や固体中のキャリアを極低温にすることを示した。このような光で創られた状態の重要な応用分野は、周波数標準、能動光子、量子情報技術など多岐にわたる。プロジェクトではこのような応用を視野に入れて、微小光学素子の基礎研究や、有機系材料や窒化ガリウムといった新しい材料開拓の研究も進め、応用に向けた確かな手応えを得ることができた。今後このプロジェクトで得られた知見が様々な形で大きく展開していくことを期待している。

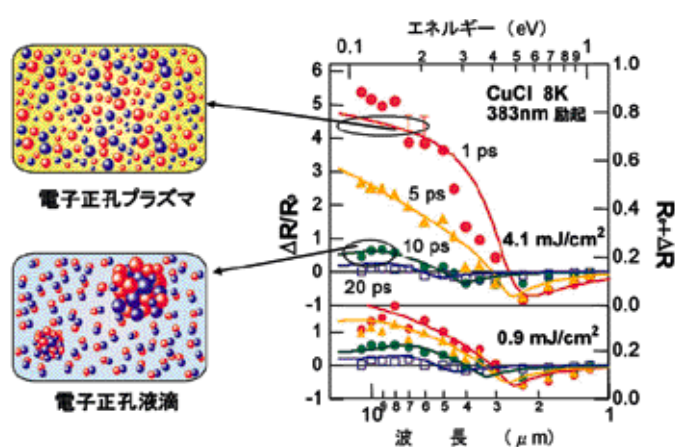


図2 直接遷移型ワイドギャップ半導体CuClの共鳴励起下での、中赤外域の時間分解分光法による実験データの解析から生成された高密度電子正孔系がプラズマ(1ps)から液滴に凝縮する様子を示している。

英国科学雑誌「ネイチャー」に論文掲載

単一光子光源を用いた量子暗号伝送実験に成功 - 量子暗号の長距離伝送への適用に期待 -

科学技術振興事業団と日本電信電話（NTT）は、単一光子光源を用いた絶対に盗聴されない量子暗号の伝送実験に世界で初めて成功した。この成果は、平成14年12月19日発行の英国科学雑誌「ネイチャー」で発表された。

本研究は、国際共同研究事業の「量子もつれプロジェクト」の研究代表者である山本 喜久氏（スタンフォード大学教授/NTT R&Dフェロー）及びサージ・アロッシュ氏（フランス国立科学研究センター エコール・ノルマル・シュペリオール物理学科長・教授）それにNTT物性科学基礎研究所とスタンフォード大学両者の相互協力で行われたものである。

これまで量子暗号の実験には、通常の半導体レーザー光源が使用されていたが、半導体レーザーに代表される通常の光源だと、これから放出される光パルス数を厳密に確定できない。このため、盗聴を防ぐ上で安全性の問題が常につきまとい、結果として伝送速度と伝送距離の面で厳しい制限があった。今回の単一光子光源を用いた量子暗号伝送実験の成功は、これらの問題を乗り越えて実用化の道を開く成果である。

使用した素子は、量子ドットと呼ばれる厚さ4ナノメートル（1ナノメートルは10億分の1メートル）直径20ナノメートルの円盤状のInAs半導体微細構造を発光領域としている。この量子ドットをGaAsとAlAsの2種類の半導体からなる3次元の光マイクロキャビティの中央に閉じ込める（図1）。パルス光をこの量子ドットに照射し、その中に複数の電子-ホール対を光励起で注入する。各電子-ホール対は、次々と光子を放出して消滅するが、この時、最後に残った電



図1 単一光子光源のSEM写真。単一量子ドットが3次元光マイクロキャビティに閉じ込められている。

子-ホール対は、常にある決められた波長の光子を放出する。

この波長を持つ光子は、量子ドットの中に最後に残された電子-ホール対によってのみ発生される。従って、この特定の波長を持つ光子を光波長フィルターで選択的に取り出すことにより、各励起パルス当たり、必ず光子1個を発生させることができる。

量子暗号伝送システム実験は次に述べる構成で行われた。送信者（アリス）は、単一光子を13ナノ秒（1ナノ秒は10億分の1秒）毎に発生して、その偏波状態を水平直線偏波、垂直直線偏波、右回り円偏波、左回り円偏波も4つのうちから、いずれか1つに設定する。どの偏波に設定するかは、アリスのコンピュータが発生する乱数によって決定される。アリスはこの乱数を保持しておく。受信者（ボブ）は、この単一光子を50% - 50%ビームスプリッターで2経路に分離し、一方で水平か垂直かの直線偏波の検出を行い、他方では右回りか左回りかの検出を行う。光子は1つしかないので、結局は、この4つの偏波の1つだけに相当する検出器が光子を検出する。

今回用いた単一光子光源は、単一光子を伝送路へ送出する効率が1%と低かったにもかかわらず、2個以上の光子がパルスに存在する確率は、通常の半導体レーザーに比べ約1/10と低かったため、通常の半導体レーザーを用いる方法に比べ、伝送損失で5dBも大きな値まで許容できることが分かった。

研究グループは、単一光子光源の効率を10%、2個以上の光子がパルスに存在する確率を通常の半導体レーザーの1/100に減少することにすでに成功している。これにより、45dBの伝送損失を許容できるシステムの実現が将来的に可能と見ており、最大40dBの伝送損失を持つ人工衛星を介した超長距離の衛星通信量子暗号システムの実現に向けメドをつけたとしている。

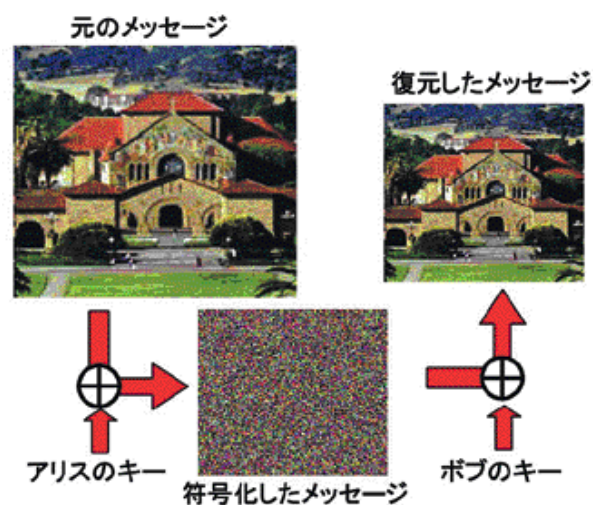


図2 量子暗号で作成された鍵を用いたone time pad暗号通信の実証実験

単一分子光メモリの開発

戦略的創造研究推進事業の研究テーマ「完全フォトクロミック反応系の構築」で進めている研究の一環として、研究代表者である入江 正浩 九州大学大学院工学研究院教授らの研究グループは、蛍光を利用して単一の分子を用いた光メモリを動作させる原理を突き止めた。これは光メモリの飛躍的な高集積化に道を開くものと期待される成果で、平成14年12月19日発行の英国科学雑誌「ネイチャー」で発表された。

大量の情報が世界中を飛び交う情報化社会を迎え、莫大な量の情報をいかに小型の装置に蓄えるかが重要な課題となっている。現在、光メモリは、可搬性のある（記憶媒体を取り出せる）大容量記録方式として地位を保っているが、記録密度の点で磁気記録に追いつかれてきている。しかし、究極の高密度化という視点に立てば、光メモリのほうが優れている。なぜなら、光メモリでは、原理的に分子1つずつに情報を記録できるからである。

分子1つ1つに情報が記録できれば、1ペタ（ペタ：10の15乗）ビット/in²の高密度化が実現するが、分子1つ1つに情報記録できるということは、これまで実証されていなかった。

本研究では、フォトクロミック光スイッチ分子を用いて、分子1つ1つに光情報を蓄えることが可能であることを実証した。フォトクロミック分子は光子の情報を、分子構造を変えることにより蓄える。言い替えると、光子1つの情報が分子1つに構造変化として蓄えられることになる。この分子構造変化は、分子を適切に設計すれば、蛍光性の「ある/なし」として読み出しできるはずである。

今回、ジアリールエテン光スイッチ分子を用いて、図に示したように、分子1つ1つの蛍光を分離して検出し、それら1つ1つの分子がON状態（光子情報を蓄えている）であるか、OFF状態（光子情報を蓄えていない）であるかを判定し、読み出すことに成功した。さらに、紫外光照射によりON状態からOFF状態へ、可視光照射によりOFF状態からON状態へデジタル的に変換させることができるので、1つの分子に光情報を記録し、また消去することが可能となった。

これまで、このような現象を実証できなかった最大の理由は、光劣化しにくい高耐久性フォトクロミック分子が存

在していなかったことによる。入江教授らのグループは、高い光耐久性と熱安定性を併せ持つジアリールエテンと総称される新しいフォトクロミック分子群を開発し、単一分子蛍光計測にも耐えられる分子の合成に成功した。

この「単一分子光メモリ」の特徴は、超高密度記録であるのみならず、これまでのどの記録方式よりも高感度で数個の光子で書き込み可能であり、究極の光メモリへの道が切り拓かれることになる。また、ON/OFFがデジタル的に応答することから、分子オプトエレクトロニクスへの応用の可能性も秘めている。

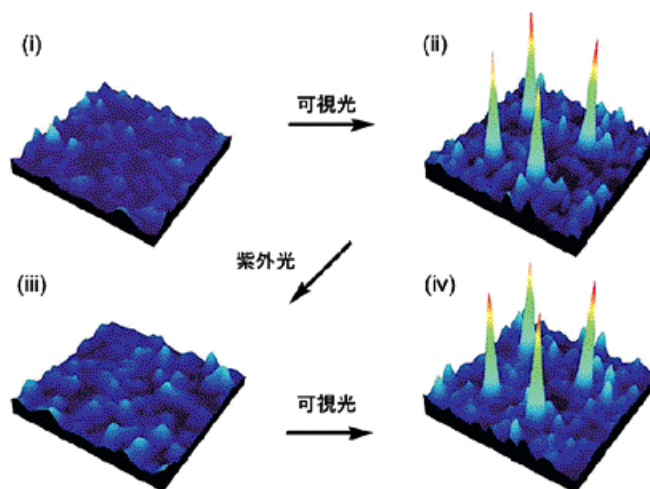


図 単一分子の蛍光スイッチ

光子情報を蓄えていない状態（OFF状態）にあった分子（i）が、可視光の照射により光子を蓄えている状態（ON状態）の分子（ii）に変化し、さらに紫外光の照射によりOFF状態（iii）に戻る様子

英国科学雑誌「ネイチャー・セルバイオロジー」に論文掲載

抗アポトーシス分子Bcl-2をミトコンドリアに局在させる機構を発見

戦略的創造研究推進事業の研究テーマ「細胞周期の再活性化による再生能力の賦活化」の研究の中で、研究代表者である中山 敬一 九州大学生体防御医学研究所・細胞機能制御学部門・分子発現制御学分野教授らの研究グループは、FKBP38が抗アポトーシス分子Bcl-2をミトコンドリアへ局在させることを発見した。

この成果は、将来的に全く新しいタイプの抗癌剤の開発への展開が期待されるもので、平成14年12月23日発行の英国科学雑誌「ネイチャー・セルバイオロジー」で発表された。

アポトーシスとは、細胞が自発的に死ぬ「細胞自殺死」と呼ばれている。平成14年度のノーベル医学生理学賞を受賞したRobert Horvitz教授は、線虫で行った遺伝学的研究により、アポトーシスの機構に関わる遺伝子群を発見し、その中にはアポトーシスを促進するものと抑制するものがあつた。ヒトにもアポトーシスを抑制する分子Ced-9に類似する分子としてBcl-2と呼ばれる分子が存在する。

このBcl-2は、1985年に辻本 賀英 大阪大学大学院医学系研究科教授（当時は米国ウイスター研究所）らにより悪性リンパ腫細胞から発見されたもので、アポトーシスを強力に抑える作用があり、この分子が過剰に働くと癌細胞は抗癌剤に対して抵抗性になる（抗癌剤で死亡する確率が低くなる）。

中山教授らは、1993年（当時は米国ワシントン大学ワードヒューズ研究所）に世界で初めてBcl-2の遺伝子を人工的に破壊したマウスを作製し、体内の種々の細胞においてBcl-2がそれらの細胞の長期生存に必要な遺伝子であることを証

明した。

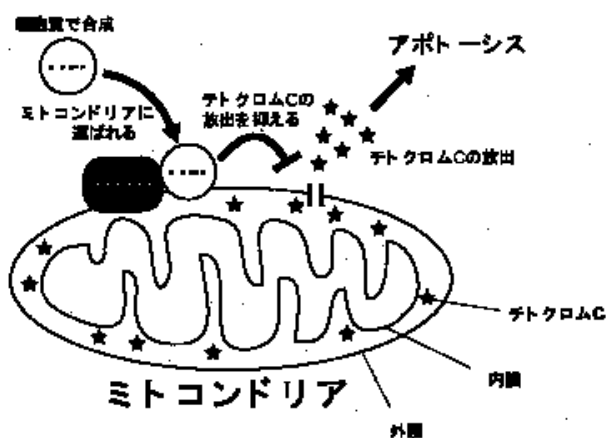
Bcl-2は細胞内のミトコンドリアという小器官の膜上に存在し、その膜に局在しないと、機能を発揮できない。これまでどのようにしてBcl-2がミトコンドリアに運ばれるかは全く不明であつた。

中山教授らは、今回FKBP38と呼ばれる分子がミトコンドリア膜上でBcl-2と結合していることを発見した。FKBP38の発現量を増加させるとミトコンドリア上のBcl-2の量が増え、逆にFKBP38の発現量を低下させるとBcl-2はミトコンドリアに局在しなくなった。さらにFKBP38をミトコンドリア以外の場所（細胞質や細胞膜）に人工的に発現させるとBcl-2もミトコンドリアを離れて、その場所に移行してしまうことが分かつた。

このようなFKBP38の性質から、FKBP38はアポトーシスに対して抑制的に働く分子であることが予想された。そこでFKBP38を過剰に発現させたヒト子宮癌細胞に抗癌剤処理や放射線照射を行うと、正常では起こるはずのアポトーシスが起こらなくなった。逆にこの子宮癌細胞のFKBP38の発現量を低下させてやると、抗癌剤処理や放射線照射に対して容易にアポトーシスが起こるように癌細胞の性質が変化することが明らかとなつた。

今回の成果は、FKBP38がアポトーシス阻害分子Bcl-2のミトコンドリア局在を決定していることを初めて明らかにしたもので、今後、全く新しい抗癌剤の開発へ展開するものと期待される。

概念図



地域結集型共同研究事業 新たに5地域で事業を開始

地域結集型共同研究事業は、都道府県及び政令指定都市を対象とした産学官連携による共同研究事業であり、平成8年に策定された「科学技術基本計画」の趣旨を踏まえ、平成9年に創設され、現在17地域で実施されている。今回新たに平成14年度事業実施地域として、埼玉県、三重県、滋賀県、高知県、沖縄県の5地域を決定した。

本事業は、地域の科学技術を振興するために設計されたものであり、国として推進すべき重点研究領域と地域が目指す研究開発目標が合致している課題に対し、地域のポテンシャル（大学、国研、公設試、R&D型企业など）を結集させ、当該地域が準備するコア研究室を中心に産学官が連携した世界水準の共同研究事業を行うことで、研究成果の創造や育成を図るものである。

重点研究分野は、平成13年3月に閣議決定された「科学技術基本計画」における国が目指すべき科学技術分野に基づいている。また、5年間の事業団との共同推進期間が終わった後は、地域における新技術・新産業の創出に資するために、継続的かつ積極的な運用ができる科学技術基盤として地域COE（中核的研究拠点）の構築を目指すところに特徴がある。

今年度の事業実施地域および課題の選定にあたっては、11地域からの応募があり、「地域振興事業評価委員会」（座長：村山 洋一 東洋大学理事）において実施地域の選定に関する評価を行った。今後、各課題の具体的な実施計画について実施地域と調整した後、事業に着手する予定である。

埼玉県地域結集型共同研究事業

重点研究分野「ライフサイエンス」

課題名「高速分子進化による高機能バイオ分子の創出」

本課題は、新しいバイオテクノロジーである新規な核酸や蛋白質を創出する高速分子進化技術を発展させ、医療分野や環境分野に有用なバイオ分子を創出するための基盤技術を確立し、これらの応用を通してバイオ新産業の創出を目指すことを目的とした基盤技術と応用技術の開発を行うものである。

高速分子進化技術は、世界的にも先端的で近年注目されている技術であり、新規な事業や産業の創出のための基盤技術を提供する可能性がある。また、研究統括者は高速分子進化の研究分野で第一人者であることから、理論的なバックグラウンドも非常に強く、国際的な競争力においても問題はない。

本事業の推進に関しては、県が新たな産業拠点として整備する「SKIPシティ」のトリガープロジェクトとして位置づけられている。同拠点には本プロジェクトの中核となるコア研究室を設け、大学や理化学研究所などの産学官の地域ポテンシャルが連携した事業実施体制が形成されることから、意欲的な研究開発の推進が期待される。

事業総括：大関 正弘（前日本薬学会常任理事）

研究統括：伏見 譲（埼玉大学工学部教授）

中核機関：埼玉県中小企業振興公社

三重県地域結集型共同研究事業

重点研究分野「環境、ライフサイエンス」

課題名「閉鎖性海域における環境創生プロジェクト」

本課題は、閉鎖性海域での養殖生産と生活排水の流入によって底質環境が悪化し、危機的状況に到っている英虞湾において、産学官の研究ポテンシャルを結集・活用し、効率的な底質改善と干潟、浅場・アマモ場の造成により、海域の自然浄化機能の向上を図るとともに、水質予報に基づく養殖の導入により、海域の環境保全と真珠養殖等の生産活動が調和した新たな沿岸海域の環境を創生し、地域社会の活性化に資するものである。

環境対策事業は、局所的な対処ではかえって悪化させることがある中で、実海域をフィールドとした総合的な現場実証型研究を進めることにより、長年の懸案の解決策として期待もてる。また、三重大学を中心とした県内外の有力大学と環境改善に実績のある企業との共同研究が推進されるので、新たな研究成果の創出が期待できるとともに、その成果の他地域への応用あるいは波及を可能とする科学技術基盤の形成も期待できる。

企業、大学、公設試、地元NPO等といった産学官の研究ポテンシャルを結集・活用し、かつ三重大学、三重県科学技術振興センターを核とするコア研究室を対象海域近くに設置することにより、対象海域を中心とした産学官の連携体制の構築と、円滑な事業推進が期待される。

事業総括：川喜田 貞久（百五銀行取締役会長）

研究統括：加藤 忠哉（三重大学名誉教授）

中核機関： 三重県産業支援センター

滋賀県地域結集型共同研究事業

重点研究分野「環境」

課題名「環境調和型産業システム構築のための基盤技術の開発」

本課題は、工場から排出される廃プラスチック等の高分子固体をはじめとする固体廃棄物や廃水に、新たなエネルギーや資材を加えることなく、有用な資源に転換して連続的に利用する「シーケンシャル・ユース」というコンセプトの下に、物質/エネルギーの排出速度を自然の受容可能な速度まで低下させることによる環境調和を実現し、環境調和型産業システム導入の中核となる地域COEを構築し、マテリアル・リサイクル技術産業の創出を目指すものである。

研究内容は、工場内での環境負荷を低減するための材料研究を中心として、環境技術を融合させた新たな概念である環境調和型システムを提案しているユニークなものである。プロセス技術開発においては非常に高い目標を掲げており、目標通りの結果が得られることになれば、大きな成果が期待できる。

滋賀県は、琵琶湖を抱え自然環境の保全に熱心に取り組んできた「環境県」である一方で、県内総生産の5割を占める製造業を中心に発展してきた「工業県」でもある。本事業は、こうした県内事情にあって、環境と工業の調和を図るために「環境調和型産業システムの構築」を目指す地域性を十分に反映したものといえる。

事業総括：井上 嘉明（滋賀県審議員）

研究統括：山岡 仁史（滋賀県立大学工学部教授）

中核機関： 滋賀県産業支援プラザ

高知県地域結集型共同研究事業

重点研究分野「ナノテクノロジー・材料」

課題名「次世代情報デバイス用薄膜ナノ技術の開発」

本課題は、今後の高度情報化社会において必須となる多様な次世代情報機器に必要不可欠な各種の新規情報デバイスを作製する基盤技術を、県内の産官学の総力を結集して開発することを目標としている。特に新材料を利用したTFT技術を早期に開発し、従来技術を凌駕する高性能液晶ディスプレイの事業化を実現する。また、プラスチック液晶、電子ペーパー、フレキシブルディスプレイなどの新商品の開発を目指す。

現在の情報科学技術分野の進展から判断して、重要なテーマであり、世界に類の無い新しい材料系での高機能商品の開発を目指す点からも評価できる。また、参画する研究者は、情報デバイス分野において優れた実績を有するということから本研究を推進する意義は大きい。

産学官連携で実績のある高知工科大学を中心に、県内外の有力大学、公設試、カシオ計算機 その他のハイテク中小企業群との間で産官学の連携が整備されており、新たなデバイス技術分野において多くの研究成果が期待される。

事業総括：羽方 将之（カシオ計算機 常務取締役）

研究統括：平木 昭夫（高知工科大学教授 連携研究センター長）

中核機関： 高知県産業振興センター

沖縄県地域結集型共同研究事業

重点研究分野「ライフサイエンス」

課題名「亜熱帯生物資源の高度利用技術の開発」

本課題は、沖縄県の生物資源の高度利用に関する基盤技術について、産官学連携による研究を行い、健康・バイオ分野における産業技術の高度化を図るとともに、付加価値の高い新製品開発を促進し、県内産業の振興に寄与することを目的としている。

生物資源を利用した有用物質の生産技術開発では、亜熱帯という地理的特殊性を踏まえたテーマが多く選ばれており、沖縄における早急な健康産業の基盤形成という高い緊急性から妥当なものであり、さらには沖縄県が注力している、バイオ産業発展のための基盤的研究となることが期待される。

沖縄健康バイオ研究開発センター（仮称；平成14年度未竣工予定）にコア研究室を設置し、県内外の大学、公的研究機関、工業技術センター及び県内企業との共同研究の実施が計画されており、産学官の連携が期待される。

事業総括：仲井真 弘多（沖縄電力代表取締役社長）

研究統括：安元 健（東北大学名誉教授）

中核機関： トロピカルテクノセンター

戦略的創造研究推進事業 ICORP Programで 新たに研究プロジェクトを発足

戦略的創造研究推進事業のひとつであるICORP Programでは、米国のエール大学と共同研究を進めることとし、平成14年12月16日付けで、「超分子ナノマシン」プロジェクトを発足させた。

研究主題「超分子ナノマシン」(Dynamic Nanomachine)

【研究実施機関】日本側：科学技術振興事業団

米国側：エール大学 (Yale University)

【研究総括】日本側：難波啓一 (50歳) (大阪大学大学院生命機能研究科教授) 難波氏の研究分野：生物物理学、構造生物学、細菌べん毛超分子の構造解析、動態解析

米国側：Robert M. Macnab (62歳) (エール大学分子生物物理・生物化学部教授) Macnab氏の研究分野：分子遺伝学、物理化学、生化学、細菌べん毛超分子の機能解析

【共同研究体制】日本、米国あわせて15~20名の研究員の参加を得て、両国双方の研究場所で共同して実施する。

研究実施場所 日本側：科学技術振興事業団

米国側：エール大学

【研究機関】2002年12月16日~2007年12月15日 (5年間)

【研究の規模】日本側は5年間で約8億円の負担を予定し、米国側からも相応の貢献を予定。

研究主題 「超分子ナノマシン」の概要

本国際共同研究は、高分解能の構造解析法および機能動態解析法を用いて細胞べん毛の自己構築、蛋白質輸送、力学的スイッチング、モータートルク生成及び超高効率微小エネルギー変換の分子機構を明らかにし、べん毛の回転モーター機構の解明を目指すものである。

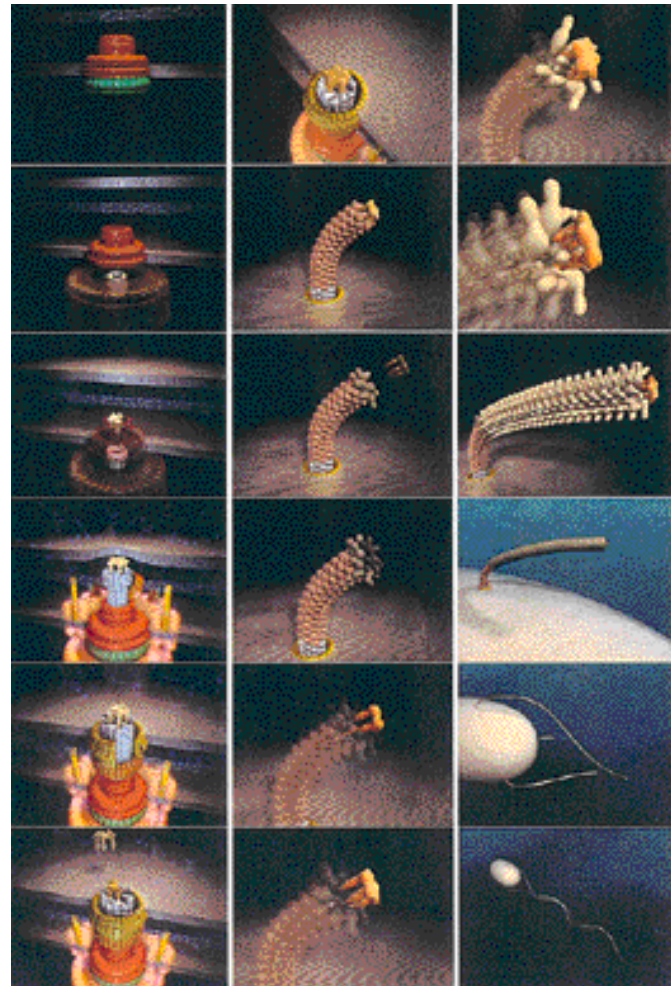
生体高分子から、細胞小器官、細胞、個体まで、様々なレベルで観察される生体の「動き」は、人間から単細胞生物に至るまで生命活動の基本的機能であり本質的な表現型である。しかもそれらの「動き」を素過程で駆動するのは、筋収縮など個体レベルの動きから細胞膜越しのイオン輸送まで、全て蛋白質や核酸などの生体高分子が集合し、複雑な立体構造を持つ超分子、すなわちナノスケールのアクチュエータである。

細菌べん毛は、20数種類の蛋白質がそれぞれ数個から数万個自己集合して形成する超分子ナノアクチュエータで、高速回転モーター、磨耗のない軸受け、自在継ぎ手、高精度スイッチ機能をもつらせん型プロペラなど、自然がナノスケールで実現した様々な機械的動作の仕組みが凝縮されている。細胞内で合成したべん毛蛋白質をべん毛先端まで輸送して複雑なナノスケール構造体を効率よく自己構築する機構や、直径30ナノメートル程のモーターが10のマイナス16乗ワット程度のパワーと100%近いエネルギー変換効率で高速回転する仕組みなど、未来のナノテクノロジーの要素技術がふんだんに使われている。

米国側の研究代表者のMacnab教授は、遺伝学・生化学的な手法を中心にして、細菌べん毛モーターやべん毛蛋白質輸

送装置に関する研究を世界に先駆けて先進的に進めている。一方、日本側の難波教授グループは、X線や電子顕微鏡、光学顕微ナノ計測技術により超分子の構造解析や動作計測で多くの実績をあげている優れたスタッフを擁している。ここ数年は、研究スタッフの交流を通して、特に蛋白質輸送装置に関する共同研究を精力的に進めてきた。

この国際共同研究体制のもとに協力し、その相互補完的な協力関係をさらに本格的に展開できれば、世界的にもまれに見る強力な研究チームとなり、生命科学やナノテクノロジーなど、広い分野に対してインパクトの大きな研究成果が生み出されることが期待される。



細菌べん毛の自己構築過程。左上から右下へ。細胞膜を貫通する形でモーター構造が形成した後、タンパク質輸送装置がその細胞質側に結合し、べん毛軸構成タンパク質を選択的にべん毛中心のチャンネルへ輸送する。べん毛先端へ到達したタンパク質は、先端に結合したキャップの助けにより重合し、べん毛の成長が進む。

平成15年度「研究成果最適移転事業」における 成果育成プログラムの課題募集

「研究成果最適移転事業」では、平成15年度成果育成プログラムの課題の募集を開始した。

本事業は、大学や国公立研究機関などの優れた研究成果（新技術）を企業などに技術移転して実用化し、社会経済や科学技術の発展、国民経済の向上に寄与することを目的としている。大学、国公立研究機関等の研究成果や事業団の基礎的研究事業等の研究成果について、技術移転プランナー（目利き）の長年の経験と知識を活用しながら、研究成果の権利化支援や課題の特質に応じた最適な育成プログラムを実施し、実施許諾などにより実用化の促進を図っていく。

「研究成果最適移転事業」における公募型の成果育成プログラムは、次の3つのプログラムから構成されており、今回はこれら3つのプログラムについて募集を行う。

- プログラムA（略称：権利化試験）
- プログラムB（略称：独創モデル化）
- プログラムC（略称：プレベンチャー）

	プログラムA (権利化試験)	プログラムB (独創モデル)	プログラムC (プレベンチャー)
事業の趣旨	周辺特許の戦略的取得 大学、国公立試験研究機関、事業団等の研究成果のうち基本的特許が出願されている課題について、実用技術の展開に向けて必要な試験を実施し、周辺特許の取得・権利化を図る	新技術コンセプトのモデル化 中堅・中小企業の新技術コンセプトを、事業団、企業、大学・国公立試験研究機関等が共同して、試作品として具体的な形とすることや実用化に向けて必要な可能性試験・実証試験等（モデル化）により育成する	ベンチャー創出に向けた技術開発 大学・国公立試験研究機関等の研究成果に基づき、起業による実用化につながる研究開発（起業化に必要な調査を含む）を行う
事業の主な応募条件	基本的特許（幅広い用途が期待できる等多岐に亘る展開が予想され、事業団が第三者に実施許諾可能な特許）が有ること	研究開発型中堅・中小企業（資本金10億円以下）。基となる特許（大学等の研究成果）が有り、事業団が実施許諾可能であること	研究開発責任者と起業化責任者による共同応募。 基となる特許（大学等の研究成果）が有ること
研究体制	基本的特許の発明者を研究リーダーとして若手研究員、企業技術者等で試験チームを編成。事業団が研究員等を雇用し、大学へ派遣	企業が研究者の協力を得て実施	提案者を核とする研究開発チームを事業団に編成。研究開発チーム支援のための研究開発事務所を設置
研究開発費	2～3千万円程度 / 年 (総額4～6千万円程度)	2～3千万円程度 / 年	5～8千万円程度 / 年 (総額1.5～2.4億円程度)
採択予定課題数	5課題程度	60課題程度	10課題程度
実施期間	2年を限度 事業団の評価により継続または中止する	原則1年	3年を限度
実施場所	研究者の所属機関 (大学・企業等)	企業（必要に応じて研究機関が参画）	研究開発責任者の所属機関、レンタルラボ等
選考方法	学識経験者等からなる外部評価委員会の選考に基づいて選定		
支援体制	技術移転プランナー等による各種支援		

・募集締切

- プログラムA（略称：権利化試験） : 平成15年3月10日
- プログラムB（略称：独創モデル化） : 平成15年2月14日
- プログラムC（略称：プレベンチャー） : 平成15年3月10日
(当日消印有効)

開催地	日 時	場 所
福 岡	平成15年2月3日 プログラムC : 10 : 00 ~ 12 : 00 プログラムA : 13 : 00 ~ 14 : 00 プログラムB : 14 : 00 ~ 16 : 00	福岡県福岡市早良区百道浜3-8-34 科学技術振興事業団 研究成果活用プラザ福岡 説明会参加申込先 大阪科学技術センター 技術・情報振興部 研究開発促進支援グループ 〒550-0004 大阪市西区靱本町1-8-4 Tel 06-6443-5322 Fax 06-6443-5319
広 島	平成15年2月4日 プログラムB : 10 : 00 ~ 12 : 00 プログラムA : 13 : 00 ~ 14 : 00 プログラムC : 14 : 00 ~ 16 : 00	広島県東広島市鏡山三丁目10 - 23 科学技術振興事業団 研究成果活用プラザ広島 説明会参加申込先 大阪科学技術センター 技術・情報振興部 研究開発促進支援グループ 〒550-0004 大阪市西区靱本町1-8-4 Tel 06-6443-5322 Fax 06-6443-5319
石 川	平成15年2月4日 プログラムC : 13 : 00 ~ 14 : 30 プログラムA : 14 : 30 ~ 15 : 30 プログラムB : 15 : 30 ~ 16 : 30	石川県金沢市鞍月2-1 石川県地場産業振興センター本館 説明会参加申込先 全日本地域研究交流協会企画課 〒110-0008 東京都台東区池之端1-1-15 Tel 03-3831-5911 Fax 03-3831-7702
名古屋	平成15年2月5日 プログラムC : 10 : 00 ~ 12 : 00 プログラムA : 13 : 00 ~ 14 : 00 プログラムB : 14 : 00 ~ 16 : 00	愛知県名古屋市南区阿原町23-1 研究成果活用プラザ東海 説明会参加申込先 全日本地域研究交流協会企画課 〒110-0008 東京都台東区池之端1-1-15 Tel 03-3831-5911 Fax 03-3831-7702
東 京	平成15年2月7日 プログラムC : 10 : 00 ~ 12 : 00 プログラムA : 13 : 00 ~ 14 : 00 プログラムB : 14 : 00 ~ 16 : 00	東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザB 1 大ホール 説明会参加申込先 全日本地域研究交流協会企画課 〒110-0008 東京都台東区池之端1-1-15 Tel 03-3831-5911 Fax 03-3831-7702

・各プログラムの内容についての問い合わせ先

○プログラムA（権利化試験）

企業化開発事業本部 技術展開部 成果活用促進課
Tel 03-5214-8477 Fax 03-5214-8454

○プログラムB（独創モデル化）

企業化開発事業本部 技術展開部 技術育成課
Tel 03-5214-8475 Fax 03-5214-8496

○プログラムC（プレベンチャー）

企業化開発事業本部 技術展開部 新規事業創出室
Tel 03-5214-0016 Fax 03-5214-0017

Amersham Biosciences and Science Prize for Young Scientists 2002の受賞

戦略的創造研究推進事業 研究者 瀬藤 光利氏および高柳 広氏

戦略的創造研究推進事業 さきがけプログラム「タイムシグナルと制御」領域の研究者 瀬藤 光利氏（東京大学大学院医学系研究科 助手 / 三菱化学生命科学研究所PI（兼任））および「生体と制御」領域の研究者 高柳 広氏（東京大学大学院医学系研究科助手）は、平成14年11月20日に、ワシントンDCのナショナルプレスクラブにおいてAmersham Biosciences and Science Prize for Young Scientists 2002を受賞された（参考URL：<http://www.sciencemag.org/feature/data/pharmacia/prize/winning.sh>）



瀬藤 光利氏

本賞は、科学雑誌Science誌（アメリカ科学振興協会（AAAS）出版）および研究機器メーカーAmersham Biosciences社が共同で主催し、分子生物学領域のPh.D取得後まもない若い研究者が自らの仕事をもとにして書いた論文を評価の対象としている。今年度は、世界中から1人のグランドプライズ受賞者と6人の地域受賞者の計7名が選ばれており、地域受賞者（日本）として瀬藤光利氏（「タイムシグナルと制御」領域）および高柳広氏（「生体と制御」領域）の2名が選出された。



高柳 広氏

瀬藤氏は、東京大学において臨床研修を経た後、同大学細胞生物学・解剖学講座に入り、昨年、最短期間で東京大学医学博士号を授与されている。受賞小論文および博士論文のタイトルは、「Cargo binding mechanism of molecular motors」（物質輸送選択性の分子基盤）である。

これまでに瀬藤氏は、生化学、生物物理学、遺伝子工学の手法を自在に医学に取り入れ、モーター蛋白質遺伝子の数々を発見、モーターの選択的積み荷認識機構を世界にさきがけて示し、その一連の論文はScience誌、Nature誌、Cell誌などの表紙を飾った。今回の受賞は、モーター蛋白質の積み荷認識機構解析法を確立すると同時に、軸索輸送とは異なる樹状突起内輸送の新たな分野を切り開いたことが評価された。

高柳氏は、東京大学における臨床研修、東京都老人医療センターの研究員を経た後、同大学へ戻り、昨年、東京大学医学博士号を授与された。受賞小論文および博士論文のタイトルは、「How Does the Immune System Break and Protect Bone?」（免疫系はいかにして骨を破壊し、守るのか？）と題しており、免疫学と骨代謝学を結びつけた新たな視点Osteoimmunology（骨免疫学）を紹介したものである。

これまでに高柳研究者は、自己免疫性関節炎における骨破壊の病態を、T細胞による破骨細胞分化制御の異常として捉え、破骨細胞分化因子RANKLとIFN- γ のバランス異常がその病態に関与すること、およびウイルス感染時の生体防御因子として重要と考えられてきたIFN- γ が生理的な骨リモデリングで破骨細胞分化を負に制御する骨量維持因子であることを明らかにしてきた。このように、免疫系と骨代謝の相互作用は正常代謝や病的過程の両方において非常に重要な意義をもち、今後、骨と免疫系の関与する疾患を解明するために非常に重要な分野となると考えられる。

「平成14年度島津賞」を受賞

戦略的創造研究推進事業 研究代表者 河田 聡氏

戦略的創造研究推進事業「新しい物理現象や動作原理に基づくナノデバイス・システムの創製」研究領域（研究総括：梶村 皓二 機械振興協会副会長・技術研究所所長）における研究課題「非線形ナノフォトニクス」の研究代表者 河田 聡氏（大阪大学大学院工学研究科教授、理化学研究所 主任研究員）が、「平成14年度島津賞」を受賞した。



同賞は 島津科学技術振興財団（岡本 道雄理事長）により、科学技術、主として科学計測およびその周辺における基礎的な研究で、近年著しい成果をあげた功労者に贈られる。河田教授の今回の受賞は、「近接場分光法とナノフォトニクスの研究」の業績によるものである。

河田教授は、従来の光学・分光学の常識を覆して、ナノメートルスケールの空間に光子を局在させるための近接場理論の研究とその技術開発に取り組むとともに、実証から応用に至るまでの研究を行ってきた。多くの研究成果を上げてきた同教授のフォトニクス研究は、これまでの光学・分光学の領域を越えた新たな分野を創出し、バイオテクノロジー、材料科学、量子デバイスなど、ナノテクノロジー・ナノサイエンスの最先端の分野に大きく貢献することが期待されている。表彰式は2月3日、島津製作所本社研修センター（京都市中京区）で行われる。

さきがけ研究21

青井 啓悟 (あおい けいご)

研究領域：「組織化と機能」領域

研究期間：平成13年12月～平成16年11月

研究課題：分子ピラミッドによる機能性ナノ組織体の創出

所属：名古屋大学大学院 生命農学研究科助教授



「ナノメートルスケールで、一定の間隔をおいて分子を正確に並べたい・・・」。これは多くの研究者が望み、且つ抱えている究極の課題ではないだろうか。ナノテクノロジーに高い注目が寄せられている今、分子からボトムアップによりナノ材料を構築する新たな方法が求められている。

分子を密に並べることと比較すると、ある間隔を隔てて分子を並べるとは決してやさしいことではない。特に、並べたい分子が集合しやすい性質のものであればなおさらである。

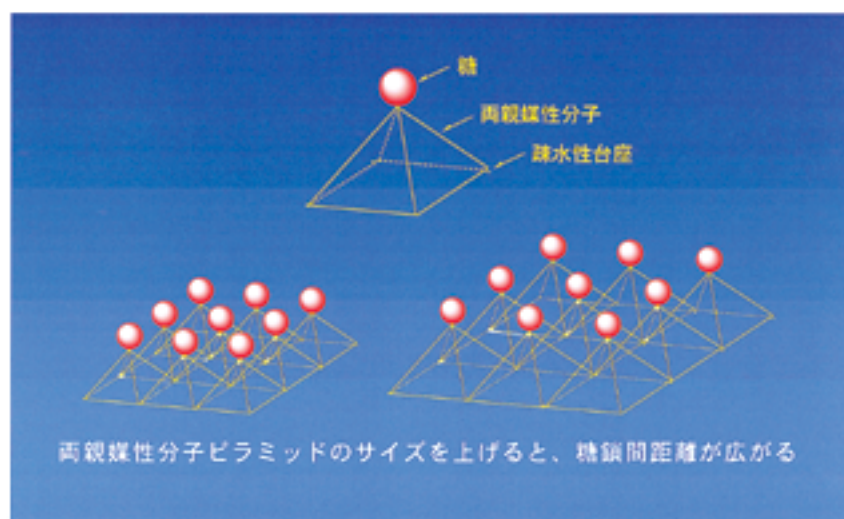
「機能を発現する分子が手元にあり、これを何とか並べたい」、あるいは「ナノメートル間隔で配置することによりはじめて機能する分子を並べたい」。私は、それら願いの実現につながる“糖鎖ナノマトリックス”の創出に挑んでいる。糖鎖ナノマトリックスは、右の図に示したように、細胞認識能や情報伝達能を持った糖が、ナノレベルの空間を隔てて並んだ構造からなっている。

糖は、分化・発生・老化・がん化をはじめとする多くの生命現象の本質にかかわる重要な分子である。細胞表面の糖鎖は、他の細胞や分子を識別することで、生命現象の発現を左右する。アンテナ型に分岐した糖は、そのリガンドの形状に合った受容体と結合することで識別を行う。このような複数の糖を認識する受容体にうまくフィットするように、“糖をナノメートル間隔に並べる”ことで優れた機能を発揮する新しい生医学材料を創り出すことができると考えている。

どのようにして糖をナノメートル間隔で並べるか？私はさきがけ研究において“分子ピラミッドを組織化させる”という全く新しい方法で糖を配列させることに取り組んでいる。ピラミッド状の高分子の頂点に糖をつけ、分子ピラミッドのレイアウトを行うことによって糖の精密な空間配置を得る。このように、ピラミッドポリマーのサイズを変

えることにより、糖の間隔をコントロールすることが可能となる。本さきがけ研究では、ピラミッドを並べるために、ピラミッドの上部を親水性、台座を疎水性にして、自発的に組織化するような分子デザインを採用している。また、ピラミッドは、受容体に対して理想的な結合ができるよう、適度な自由度をもたせるよう配慮している。この糖鎖ナノマトリックスは、細胞培養基質として応用したり、ナノ粒子にして薬物送達システムなどの生医学材料として応用できるものと期待している。また、糖を他の機能素子に置き換えることで、多くのブレイクスルーにつながることを願っている。

分子ピラミッド組織体による糖鎖空間制御



行事予定

2月 1日	平成14年度「こども科学フォーラム」(日本科学未来館)
3日	研究成果最適移転事業平成15年度募集説明会(研究成果活用プラザ福岡)
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」(コクヨホール)
	研究成果最適移転事業平成15年度募集説明会 (研究成果活用プラザ広島・石川県地場産業振興センター本館)
5日	クレイド型エイズワクチン研究プロジェクト終了シンポジウム (日本科学未来館みらいCANホール)
	研究成果最適移転事業平成15年度募集説明会(研究成果活用プラザ東海)
7日	第8回基礎研究報告会(コクヨホール)
	研究成果最適移転事業平成15年度募集説明会(東京本部JSTホール)
12日	けいはんなベンチャーフェア2003(けいはんなプラザ)
18日	高分子データベース利用説明会(東京本部JSTホール)
20日 ~ 21日	新技術説明会〔半導体関連分野〕(東京本部JSTホール)
3月11日	シンポジウム「物質・材料系データベースの将来展望」(東京本部JSTホール)
12日 ~ 13日	戦略創造 第4回社会技術研究フォーラム(虎ノ門パストラル)
19日 ~ 20日	2003年(第3回)全九州半導体技術フォーラム国際会議(ホテル日航熊本)

日本科学未来館 (Me Sci) 2月行事予定

2月の休館日(4日、18日、25日)

- ROBO-ONE 第3回 ~二足歩行ロボット競技大会~
2月1日 /2日 1F シンボルゾーン
 - 「ミクロの不思議な世界」写真展
2月1日 ~5月5日(月・祝) 3F サイエンスライブラリ
 - ドームシアターガイア・新コンテンツのお知らせ
2月1日 ~ .「もう一つの地球~夢の扉を探して~」上映時間 16:00~
「屋久島 千年の時をこえて」 上映時間 10:30~、14:00~
 - 講演会・シンポジウムシリーズ「未来にたくす夢」
2月2日 14:00~15:30 7F みらいCANホール
 - ノーベル物理学賞受賞記念 小柴昌俊先生講演会 「宇宙は不思議のビックリ箱」
2月22日 14:00~15:15 7F みらいCANホール
 - 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
2月22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 -
2002年10月30日 ~2003年2月11日(火・祝) 1F 催事ゾーン
- 《継続イベント》
- ASIMOデモンストレーション 平日 13:00~ /土・日・祝 13:00~、15:30~
 - 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
 - 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〕〔バイオコース〕〔化学コース〕
 - MeSci研究棟ツアー 各日約15名(当日先着順)
2月1日 /2月15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4-1-9 川口センタービル 総務部広報室 TEL.048-226-6608 FAX.048-226-6661

平成16年2月 禁無断転載 (JSTのマークは英文事業団名の頭文字を圖案化したものです) この印刷物は再生紙を使用しています。