

JSTシンポジウム

CREST-12周年記念誌

CREST

Core Research for Evolutional Science and Technology

CREST

Core Research for Evolutional Science and Technology

CREST-12周年記念誌

科学技術イノベーションを目指すCRESTの挑戦

独立行政法人 科学技術振興機構

—科学技術イノベーションを目指すCRESTの挑戦—

 独立行政法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

CREST-12 周年記念誌刊行にあたって

独立行政法人科学技術振興機構
理事長 北澤 宏一

CRESTがはじまったのは1995年度、バブル崩壊で日本が元気を失っていた真ただ中でした。わが国は、日本復活の道をイノベーションに託し、科学技術基本法を制定し、科学技術振興予算の大幅な増加を図りました。CRESTは、国の政策目標に焦点を当てた目的基礎研究をトップダウン型で進める新しい試みとして始まったのです。研究総括のリーダーシップの下に世界をリードできる可能性の高い10数チームを公募で選拔し、研究者群団を構築するというやり方、さらには、1課題あたり年間1億円、研究期間5年というファンディングの仕組みは、当時の競争的資金の中では破格なものでした。「初めて海外の恵まれた研究室と対等な運営ができる」という自信を研究者たちは得ることができたといえるでしょう。しかも、事務局の運営は研究者寄りで、非常にフレキシブルでありました。

典型的な1つのチームは、研究代表者と、機関の異なる共同研究者もヘテロに含む集団からなり、その下で研究する大学院生までを含めると平均20－30人。1領域では数百名の研究集団を構成しています。湧きだした泉がいくつも集まり、しまいには河川・大河となって一つの方向に流れ出すように、CRESTは日本の科学技術研究の流れをこの12年間で50本以上新規構築して来しました。毎年研究戦略を見直しながら、常に20から30程度の領域がバーチャルな研究所として活動し、目的基礎研究の高い峰々を日本に創り出してきました。同じ戦略的創造研究推進事業の中のERATOが「富士山型」とされるのに対し、CRESTは「八ヶ岳型」の群団であるとされます。

ブレイクスルーのほとんどは世界をリードしている時に生れます。CRESTで研究を行ったチームはその研究期間が終わるまでには世界のトップに躍り出ることができます。それができるチームを選び出し、研究を効果的に運営していくのが各領域をまとめる研究総括の腕のみせどころです。

スタートから12年、CRESTは科学技術振興機構(JST)の戦略的創造研究推進事業における総予算の6割を占めるに至りました。先端的な科学技術の分野で国際会議が開かれると、この群団の科学者が招待講演者の常連になる状況が幅広く見受けられるようになってきています。世界における日本の研究者のプレゼンスを向上させてきました。CRESTの研究テーマは、ライフサイエンス系、マテリアル・デバイス・情報系、環境エネルギー系に大別されますが、その各々の分野において、イノベーションに結びつく大きな成果が生み出されていることが今回の調査で浮かび上がってきました。これは注目してよいと思います。CREST育ちのオンゴーイングな技術シーズとしては、最近話題のiPS細胞（万能細胞）のほか、ウィルスの人工合成、高温超伝導電力ケーブル、イチローを超える強打者ロボット、国際標準となったホログラフィック記録方式、秒の新しい国際標準、到達距離200kmを超えた量子暗号通信・・・など本誌で現在までの調査で挙げることでできたものを解説してもらいます。

このたび、CRESTが12周年を迎えるにあたり、記念のシンポジウムを開催するとともに、記念誌を刊行することといたしました。多くの技術開発は30年といった長い潜在期間を必要とするものであります。CRESTは生まれてまだ12年と歴史は浅いのですが、新たな科学技術研究の流れを生み出しただけでなく、社会や産業を大きく変革する重要なイノベーションに結びつこうとしているものが現在も多数存在することがおわかりいただけたと思います。

私たちは、このようにイノベーションを生み出しつつあるCREST制度を一層充実させるとともに、さらに時代の要請に応じた新たな展開を図っていきたいと考えております。



CREST—12周年記念誌

CREST

Core Research for Evolutional Science and Technology

目 次

CREST-12周年記念誌刊行にあたって	1
独立行政法人科学技術振興機構 理事長 北澤宏一	
CREST事業について	4
インタビュー CRESTが築いた日本の頭脳集団	10
Topics 世界が賞賛したiPS細胞研究	22
CRESTは何を生み出したか	24
Topics ナノテクノロジーとCREST	64
研究代表者・研究課題一覧	66

CRESTとはこんな制度です

1. JSTの戦略的創造研究推進事業

科学技術基本計画に謳われている通り、我が国は、独自の優れた科学技術を築き未来を切り拓くために、「科学技術創造立国」を国家戦略として打ち立てています。科学技術振興機構（JST）は、そのような使命に答えるべく、産業や社会に役立つ技術シーズ創出を目的として、国の政策目標実現に向けて目的基礎研究をトップダウン型に推進する「戦略的創造研究推進事業」を実施しています。この事業では、大学、公的研究機関、及び民間企業の研究者などに研究を担っていただくもので、研究者個人の提案を尊重するボトムアップ型の科学研究費補助金と対をなす事業です。

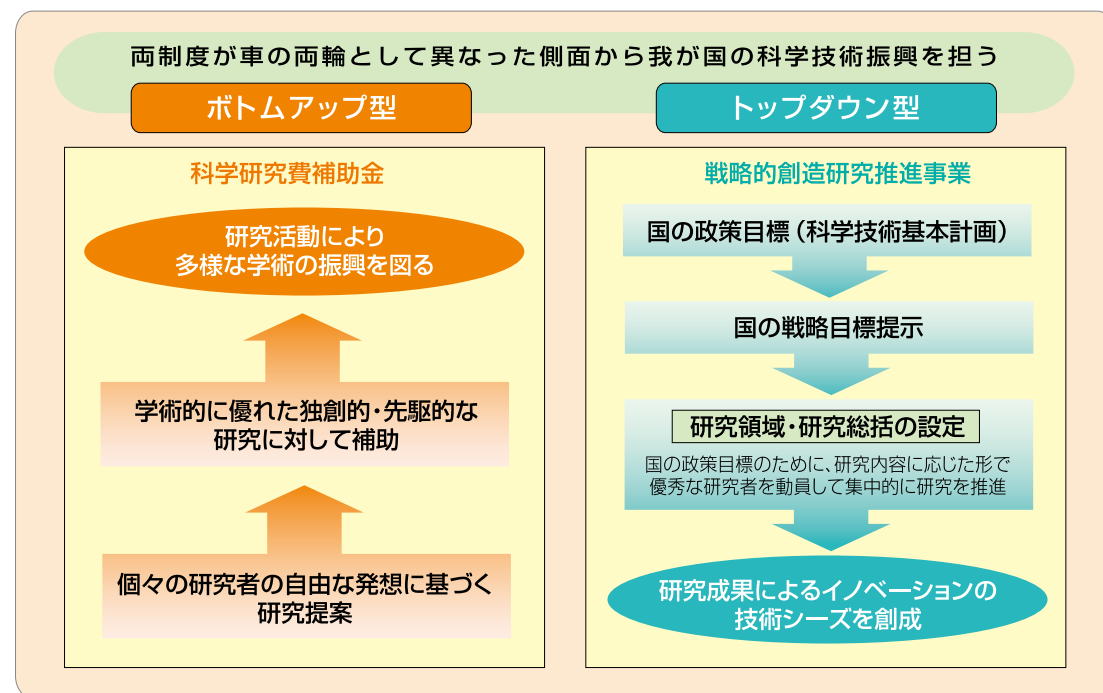


図1. トップダウン型研究推進事業としてのJST戦略的創造研究推進事業（ボトムアップ型と対比して）

2. CRESTとは

戦略的創造研究推進事業には、研究推進の方式の違ういくつかの事業がありますが、CRESTは其中で予算規模が最大の中核となるプログラムで、インパクトの大きなイノベーションを生み出す研究をチーム型で推進していただくことが特徴です。研究事業の流れとしては、初めに国（文部科学省）により戦略目標が示されます。JSTはこの達成を目指して、研究領域を定め、研究総括を指名します。研究総括は研究領域の長として、公募に対する研究提案の中から研究課題（研究チーム）の選考を行い、採択されたチームによる研究の遂行を指揮します。一般的には、各研究チームは研究代表者を中心に20～30名程度の研究者から構成されます。JSTは各チーム及び研究領域の研究活動を全面的に支援していきます。

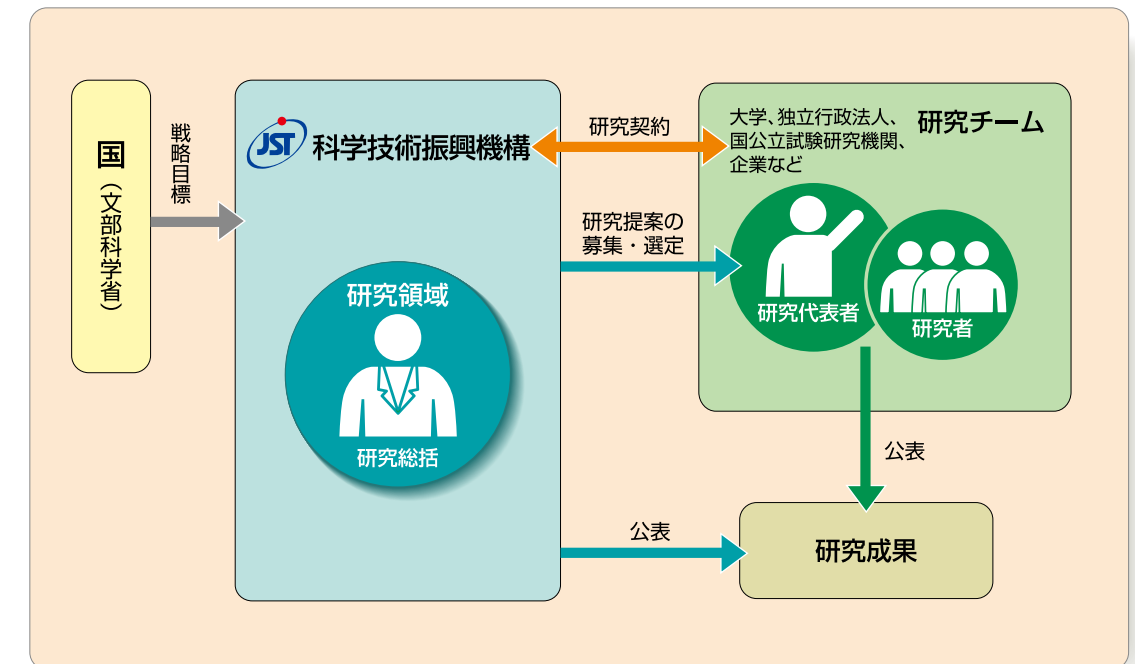


図2. CRESTのしくみ
戦略目標の設定、領域と研究総括の決定、公募による研究チーム採択、研究実施など

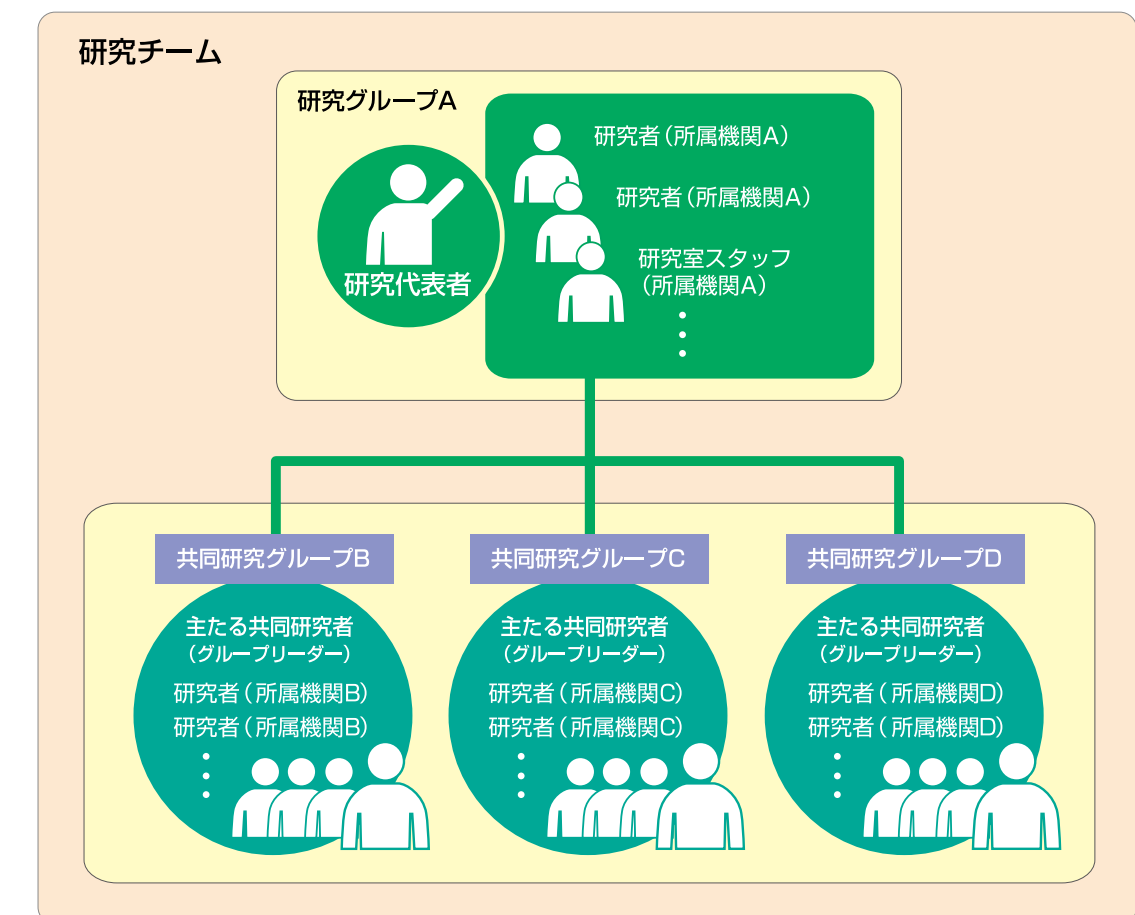


図3. CREST研究チーム内の一般的構成

CREST Q&A

CRESTというプログラムの概要について、わかりやすく説明して欲しいという声がありますので、Q&Aコーナーを設けました。

Q.1 CRESTって何の略で、どんな意味ですか。

CRESTはCore Research for Evolutional Science and Technologyの頭文字をとった略称で、科学技術の発展のためのコアになる研究という意味です。

Q.2 CRESTの研究領域や研究総括はどうやって決まるのですか。

文部科学省は毎年、社会的・経済的ニーズを踏まえて、国として何を重点に研究するかという戦略目標をたてます。JSTはこの目標の達成にむけて、ふさわしい研究領域と、その長である研究総括を有識者の審議を経て決定します。

Q.3 CRESTはなぜバーチャル・インスティテュートと呼ばれるのですか。

研究総括は、公募によって複数の研究課題を選定し、領域を構成します。研究代表者のグループがもつ既存のポテンシャルを活かしながら、戦略目標を達成するための研究体制を組織します。それでバーチャル（仮想的）インスティテュート（研究所）と呼ばれるのです。

Q.4 CRESTの研究費の総額はいくらですか。また研究期間は何年ですか。

1課題年間3千万～1億2千万円で、5年間です。従って、総額は1課題あたり1億5千万～6億円程度です。なお、原則として、3年度にわたって課題を募集しますので、研究領域は通常あしかけ8年度にわたって存続します。

Q.5 研究課題は、どうやって選考されるのですか。

研究総括は、10名程度の領域アドバイザーの協力を得て書類選考と面接選考を行って課題を選定します。選考に当たっては、利害関係のある領域アドバイザーを選考過程で外すなど、透明性・公平性を確保しています。また、研究者の多様性にも配慮しています。もちろん、選考の責任は研究総括にありますから、最終的には研究総括の目で判断されます。

Q.6 JSTには多くの目的基礎研究のプログラムがありますが、CRESTは他のプログラムと何が違うのですか。

国の戦略目標にそって、JSTが推進する目的基礎研究にはCRESTの他には、ERATO、さきがけなどという研究プログラムがあります。その特徴を図にまとめて示します。ERATOでは、研究総括は自ら研究リーダーとなって研究を推進します。また、既に芽の出ている研究を加速するよりも、「新しい科学技術の源流の創出」を使命としています。年間の研究費はおよそ2億～3億円、期間は5年となっています。さきがけは、戦略目標にそって研究領域が設定され、研究総括が選定されます。

	ERATO	CREST	さきがけ
年間研究費【平均】	200 – 300 (百万円/プロジェクト)	30 – 120 (百万円/研究課題)	10 – 20 (百万円/研究課題)
研究期間	5年間	5年間	3年間または5年間

各事業の研究費と研究期間

総括の主導の下に公募による選考を経て研究課題が選定される点はCRESTと同じですが、対象が個人研究者となっています。研究費は年間1千万～2千万円程度とCRESTより少なく、期間は3年または5年となります。主として次世代を担うと期待される研究者を対象としております。

Q.7 CRESTはどのような背景があって誕生したのですか。

CRESTは1995年に発足しました。政府は、科学技術創造立国の実現に向け、1995年に科学技術基本法を制定し、翌年から科学技術基本計画がスタート、多様な競争的資金の大幅な拡充を図るという方針を打ち出しました。このような中、CRESTはスタートしました。

(CREST発足の頃の詳しい経緯は、次ページの臼井 勲氏のインタビューを参照ください。)

Q.8 Q3: 国の実施する研究開発事業には、さまざまなものがありますが、その中でCRESTの特徴は何ですか。

国の実施する研究開発には、フェーズI(基礎研究)、フェーズII(技術シーズ育成を目指す目的基礎研究)、フェーズIII(応用・実用化研究)があるとされています。CRESTは、国が示す戦略目標の達成に向けて、トップダウン型で進められるフェーズIIのチーム型研究が特徴です。

CRESTはこうして始まりました

臼井勲JST前審議役インタビュー

臼井勲さんは、JSTの前進である新技術事業団(JRDC)時代の1995年に、準備室長としてCRESTの立ち上げに関わり、独立行政法人化後も初代のCREST担当部長、理事、戦略的創造事業本部の審議役として、CRESTの発展を支えてこられました。このインタビューでは、立ち上げのころの苦労話や、今後のマネジメントなどについてお話を伺いました。



CRESTは、1995年度にスタートを切ったのですが、この制度が出来たいきさつをお教えてください。

日本の将来に夢を託した科学技術基本計画

1991年頃に起きたバブル経済の崩壊の後、公共投資を中心にさまざまな景気浮揚策がとられたのですが、一向に景気が高揚しない。こんなとき、「道路や橋だけでは、日本の将来に希望を与えることができない。国を立て直すには、科学技術を盛んにして先端技術でよいものを作っていけば、国の経済を立て直し、さらには将来に夢を与えられるではないか」と考えた一部の国会議員の方々の主導により議員立法で「科学技術基本法」が作られました。それが、1995年11月のことです。この法律にもとづいて、科学技術基本計画が出来たのが1996年3月のことでした。

国は公債を使って事業として科学技術高揚のプロジェクトを実施

それまで、公債を財源として、「将来の子孫のために資産を残す」ということで有形の公共投資が中心でしたが、「科学技術の成果は無形の知的資産を将来に残す」という論理で、科学技術についても公共投資をすることになったのです。JRDCは出資を受けられる特殊法人であり、また、海外からも高く評価されているERATOの実績がありましたので、JRDCにやらせようということになったようです。それで1995年の8月に、1996年度予算要求を大蔵省に出しました。

CRESTが始まったのは1996年度でなく、1995年度と聞いているのですが。

補正予算で前倒しで制度の発足が認められたのは異例

科学技術の研究環境を整えるのは緊急性があるということで、国は1995年度の補正予算の一環として、10月から前倒しで、1996年度の新規事業として予算要求していた戦略的創造研究推進事業(CREST)という制度の発足を認めたのです。制度を認めるということは、後年度負担も認めるということで、異例の措置であったといえるでしょう。

急決まりだと準備は大変だったでしょうね。

総括の名前が白紙のまま公募が始まった

1995年度中に制度を発足させ、予算を執行しなければならないということで、急遽準備室が作られ、私が室長を命ぜられました。このとき初めて、国が戦略目標を示して、それに沿って事業を進めるというやり方が始まったのです。当時の科学技術庁から示された目標に沿って領域が設定され、総括を選び、課題を公募を開始したのが12月末であった

と思います。この公募の段階では領域名だけがあつて、総括の先生が決まっていなかったという今から考えると極めてイレギュラーな進め方になっていました。7人の先生方に総括をお願いできたのは1月でした。このため、総括をお願いにいった何人かの先生は、その領域に応募するために、すでに書類を書いておられたので、応募を取りやめていただくなど大変でした。

CRESTでは、どのような方針を立てて運営に当たられたのですか。

やるからには思い切ってお金を投入

そのころ、科学研究費補助金などの補助金は1課題当たり年間数百万円が普通でした。そのため大規模な研究課題を実施しようとするときには、研究者は研究課題をいくつかに分割して複数の分野に応募し、トータルで研究室を運営するということが行われていました。これでは、戦略目標に沿った大型の目的基礎研究は推進できないということで、思い切って大きなお金を投入する方式を採ることにしました。また、チーム内で、適切な分担関係で共同研究ができるように、ということで1チーム年間1億円規模が配分されたのです。

(注：現在は1課題年間1億円または5千万円となっています)

既存のポテンシャルの活用

ERATOでは、プロジェクトリーダーが自身の研究室と切り離して別な場所に研究室を持つというスタイルだったのですが、CRESTでは、研究者それぞれがその所属機関において持っている研究ポテンシャルを活用するという方針のもと、例えば大学の先生は大学で研究を実施するというやりかたをとったのです。

CRESTの特徴は、目利きの総括がいて、トップダウンで研究を進めることにあると思うのですが、総括はどのようにして選んでこられたのですか。

日頃からの人脈ネットワークが総括選びの決め手

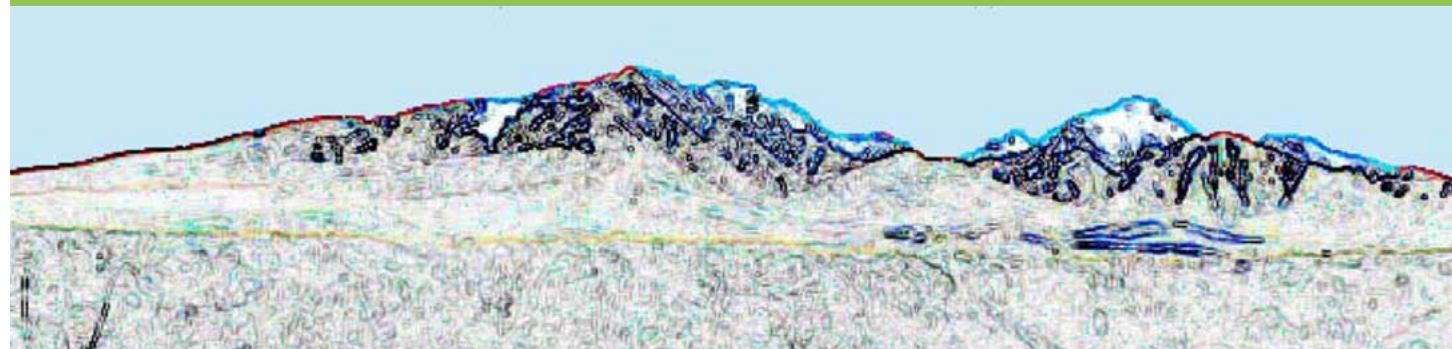
私どもには、ERATOや1991年に始まった「さきがけ」の経験があつて、その事業などを通じて、幅広いネットワークが出来ていました。また、委託開発事業を通じたネットワークもありましたから、いろんな研究者との接点を持っていたのです。だから、普段からやっていた中で「どなたかキラッと光っている人、います？」とお伺いして、そういう候補に関する情報も蓄積されていました。CRESTの総括の選考に際しては、こうした情報やネットワークを通して、候補者の推薦をいただきました。また、高名な先生に電話して、コメントをもらったり、推薦をいただいたりすることもありました。

最近、JSTが研究費を直接執行する形から、研究機関に委託して執行してもらう形になりましたね。研究事務所や技術参事がなくなり、研究の進め方やお金の使い方が窮屈になったという総括の先生方からのご意見があるのですが。

委託化は時の趨勢。その中で、使命をどう実現するか、知恵が必要

大学が法人化し、間接経費の配分が期待されるなど、研究者を取り巻く環境が変わったのですから、それに応じて研究費の執行の仕方を委託方式に変えていくことは、時の趨勢でしょう。従って、この状況の下で、これまで培ってきた機能を保つようなマネジメントを構築して、国から求められている使命にいかに応えるかは、JSTの知恵と努力が必要でしょう。

聞き手：佐藤 勝昭 東京農工大学名誉教授（前理事副学長）



CRESTは、発足以来、55の研究領域が設定され、八ヶ岳のような強力な研究者群団が形成されてきました。CRESTからは、イノベーションに向けた技術シーズが次々と生み出されています。このコーナーでは、研究総括の先生方に、CRESTが築いた日本の頭脳集団について、お話を伺いました。

研究というのは、基礎・応用いずれの場合においても全部好奇心むき出しでないと新しいことはできないと思っています。しかし、常に社会との接点は意識してくださいと言っています。CRESTは国民にダイレクトに結びつく問題につなげるというのが目的となります。わたしは研究総括として、「学理的な追求はあってもよいが、主役にはしないで、目的に向けて研究する」ように指導しました(P12)。



茅 幸二 先生



岸本 忠三 先生

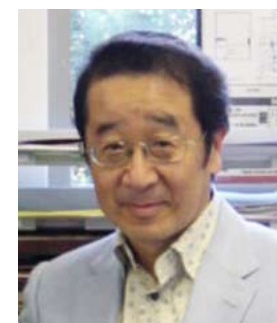
CRESTの特徴は、総括が目利きであれば、若い有望な研究者に、かなり自由度の高い研究をさせてあげられることです。目標をもって基礎研究をしっかりやらなければ応用につながりません。研究目標がきちっと万人に理解されるように「・・・につながるもの」ということは必要です。しかし、研究は、どこで思いがけないものが出るかもしれません。基礎的でも神髄をついたものをきちんとやっていれば時間がかかっても必ず応用になるのです(P14)。

CRESTでは、いろんな共同研究者をチームに入れることができるので、神経科学、医学、電気生理学、ロボット・・・という異分野を融合してメカニズムを解明しました。これは、ロボットの学習メカニズム構築に大いに貢献しました。このような大きな融合はCRESTがなければできなかったでしょう(P16)。



甘利 俊一 先生

各研究所に特色ある研究グループを抱えていて、それらを総合するとかなりの力を発揮します。そのよい例がCRESTです。量子暗号通信ですが、大学にQKDプロトコルという暗号化の技術があって、それを実装して10GHzで符号化を動作させる企業の研究者がいて、それを国研がもつ超伝導単一光子検出器で受光することによって初めて、可能になったのです(P18)。



山本 喜久 先生



榎 裕之 先生

量子細線レーザの理論の追求だけなら科研費でもできたかも知れません。しかし、徹底して微細デバイス加工技術を追求し、きちんとした分光法で研究した実験家と、理論家との密接で有機的な接触があればこそ、学理の確立も可能になったのです。領域の中に課題がいくつかあって、課題どうしの交流ができるCRESTならではの成果でしょう(P20)。

CRESTと科研費との違いは、科研費はボトムアップであるのに対し、CRESTはトップダウンだということです。トップダウンを製品化という視点で捉えるのは間違っています。トップダウンの基礎研究があってもよいと思います。CRESTなら、基礎研究として大切なことを目的をもって行うことができます。CRESTの総括を引き受けたとき、分野の広がりには最初はとまどいましたが、今はやって良かったと思っています。領域として「たこつぼ」にならない、「場」を作れることを意識しました。独りで研究をやっていたら刺激がありません(P21)。



福山 秀敏 先生



臼井 勲 JST 前審議役

JSTの担当部局としてCRESTのお世話をしました。さきがけやERATOが個人プレイであるのに対して、CRESTはあくまでチーム型研究ですので、異分野の研究者がチームを作って、新しい課題に取り組む姿を目の当たりにして、お世話した甲斐を感じました。



聞き手：佐藤 勝昭 東京農工大学名誉教授 (前理事副学長)
2007年3月～JSTの戦略的創造研究推進事業 (さきがけタイプ)
「革新的次世代デバイスを目指す材料とプロセス」の研究総括

茅 幸二 先生 インタビュー

茅幸二先生は物理化学の研究者として、分子とその集合体の研究を推進し、慶応義塾大学在任中に「クラスター化学」という新しい研究領域を切り開くことに成功しました。この過程で、ナノテクノロジーの本質に着目し、最新のナノテク分野の開拓に挑まれました。1999年から5年間は分子科学研究所の所長、2004年からは理化学研究所 和光研究所中央研究所所長を歴任する中で、ナノテクノロジー分野別バーチャルラボを統括し、研究総括として研究代表者の指導のみならず、若手研究者の育成にご尽力下さいました。2000年には日本化学会賞を受賞しました。また、2005年度には文化功労者に選ばれました。



CRESTが発足から12年たちその成果について振り返ってみる時期が来ています。研究総括として俯瞰的に観てこられたお立場からCRESTの役割についてどうお考えでしょうか。

常に社会との接点を意識して

私は、研究というものは、基礎・応用いずれの場合においても全部好奇心むき出しでないと新しいことはできないと思っています。しかし、常に社会との接点は意識してくださいといっています。私のいる理研においても、応用に繋がる研究もあれば、そうでないものもあります。これに対し、CRESTは国民にダイレクトに結びつく問題に繋げるというのが目的となります。ただ、医療、医薬品を目的となると、トランスレーショナル・リサーチの問題があり、特許などがからんでくるので、それらを目標にできないというバリアがあります。それで、私のCRESTにおいても、中途半端にならないようにするにはどういう風に行くのがよいか悩みました。

学理的な追求はあっても良いが主役にはしない

私の領域は、自己組織化をテーマにしましたが、もし、科研費でやるなら、数学的手法も取り入れたかなり基礎的なアプローチになったでしょう。しかし、CRESTの使命を考えて、あえて、「学理的な追求はあっても良いが、主役にはしないで、ナノとバイオをマクロに結びつけるという目的に向けて研究する」というスタンスを貫きました。

学理追求を後回しにしてもらった例も

例えば、高分子の階層的自己組織化の学理の追求を当初の目的にしていた研究者には、このプロジェクトではそこは目をつぶっていただいて、実用的なものを目指してもらいました。その結果60件もの特許という形で実用化に成功しましたが、学理追求という点は後回しになり気の毒だったかもしれません。

先生が総括をされた「自己組織化」という領域は、さまざまな学問分野を幅広くカバーしていますが、茅領域がきたいきさつはどういうことだったのですか。

一つの狭い分野にチマチマしないで、広い分野の人材を集める

私は、総合科学技術会議のナノテク委員会、文科省のナノテクノロジー・材料委員会などに出ていましたが、24のテーマを作ってナノテクの提言をしたのですが、途中で、「IT、BT、ETに資するものでなければならない」ということになって、文科省としても、従来型のナノ研究は入れられない状況となりました。私は、ナノ学会の会長として「デバイスを1個だけ作ってもどうするのですか、もっと大きなものを作るには広くチームを作って取り組まねば」と申し上げてきました。一つの狭い分野にチマチマしないで、広い分野の人材を集めることが大切で、CRESTならこういうことができると思いました。ボトムアップから持って行って、いろいろの試みを入れるしかないと思ったのです。そういうわけで、ゲノム、マテリアル、超分子というかなりゴチャ混ぜの人に入ってもらいました。

CRESTで異分野の研究者が接することで、研究に質的な変化があったでしょうか。

マテリアルサイエンス系とライフサイエンスの接点が研究を変えた

初め、マテリアルサイエンス系とゲノム系の研究者は、かなり独立にやっていました。例えば、ゲノム系の研究者は蛋白質でも何でもマテリアルから構築できるという立場でしたが、マテリアル系の研究者と接することで、そんな簡単なものではない、自分たちのやり方では駄目だということがわかり、違った考えを持つに到りました。これとは逆に人工蛋白質の創製を目的として、金属とタンパクをくっつける話は、ゲノムとの接点があったから大きく伸びました。

美しい技術をそこにとどまらせない

また、超分子化学の藤田先生は、どんな化合物でも楽々につくれる美しい技術を持っているのだけれど、そこにとどまらず機能性を付与する方向を強調されました。この方針に賛同して、若手の研究者が積極的に取り組んでくれて、蛋白質を中に入れることができるような大きなマクロモレキュールを創りだすに至っています。この成功例が今後、膜タンパクに应用できると期待しています。

月産1トンにもなったトポロジカルゲルは基礎研究の副産物

トポロジカルゲルの医療応用は、自己組織化という本題のところからはやや外れたいわば研究の副産物なのですが、医療分野での実用化が進み、基礎研究が実用に繋がった最大の成果となりました。これもCRESTならではのことでしょう。

蛋白質の電子デバイス応用も基礎あればこそ

蛋白質をプロセスに応用してナノ集積電子デバイスを作るという山下先生の課題も、人工蛋白質の芝グループとの接点があればこそ、蛋白質を基板にくっつけるためのポリペプチドを使うに到ったのです。また、バイオミネラリゼーションというような基礎から研究を積み重ねたからこそ、再現性の高い実用に近いものを生み出したと思います。

CRESTでは、実用的な出口が見えない研究はややともすると評価されない傾向にありますが、「ベースにサイエンスの輝きがないものはCRESTではない」と言って良いのでしょうか。

バーチャルラボの中で、若手が伸びました。若手の間から、ナノ集積プロセスと人工蛋白質の提携から出てきた基礎的な共同研究を高めて、科研費の総合研究のグループを作りたいとの声が出てきています。最後の3年の間に10回の研究会を開いて、分野の異なる研究者が互いにディスカッションしました。ナノバイオには教科書がない、教科書を作るような基礎的な仕事を科研費や分子研の研究会でやろうという方向になっています。このように、CRESTから、新たな研究のパラダイムが生まれようとしています。CRESTの出口として、新たな学問領域の創成というものも正しく評価するべきだと思います。

ナノテクは、今ひとつイノベーションに繋がっていない。あれだけつぎ込んだのに経済的な効果が少ないと批判を受けています。どうお考えですか。

私もナノテクなるものを30年やっていますが、ナノ粒子の製造技術、測定技術は電子顕微鏡技術も含め、とてつもない進歩を遂げたと思います。しかし、C₆₀にせよカーボンナノチューブにせよ、いまだにナノ材料そのものでは全く儲かっていないというのが現実です。その理由の一つはC₆₀、ナノチューブに研究が集中し、他の機能物質をナノ領域に求めると物質開発ができていないからです。シリコンはナノサイズにしても電子物性はほとんど変わりません。これに対し、カーボンは、大きさと構造によって物性が多彩に変化します。炭素を含む分子ナノ集合体の合成と物性研究は今後ますます加速的に発展させるべきです。この挑戦的領域では工学と基礎がもっと結びつく必要があるでしょう。JSTは大きな意味での思想をもってリーダーシップを発揮してほしい。この点で先端的研究者でもある北澤理事長に期待しています。論文数がいくつではなく、冒険的なことをやって、何かを見つけ出してほしい。

JSTのあり方への提言をお願いします。

評価を気にして、安全係数ばかりを考えているとブレークスルーはできません。CRESTは本当に安全係数を考えないでやるべきです。業績の確立した人を選べば、必ず、何かの成果はできますが、画期的な成果がでるかどうかわかりません。JSTこそ長期的な視野に立ってやるべきです。

インタビュー CRESTが築いた日本の頭脳集団 (2)

岸本 忠三 先生 インタビュー

岸本先生は、リンパ球の活性化に関与するインターロイキン-6 (IL-6) 及びその受容体の発見者として世界に知られ、免疫の基礎研究から医療への応用まで幅広い分野をリードしてこられました。大阪大学の医学部長、学長を歴任され、1998年には、文化勲章を受章されました。総合科学技術会議の任期を終えて、2006年12月からCRESTの研究総括に復帰しています。現在も大阪大学の教授として、また免疫学者として、第一線に立っておられます。先生の信念ともいえる「継続が創造を産む」という言葉が、インタビューをされていて心に残りました。



岸本先生は、生体防御の橋本領域以来、CRESTに関わっていただいております。免疫の研究をずっと引っ張ってきていただいたと思います。この分野におけるCRESTの果たしてきた役割について、伺いたいのですが。

CRESTは若手の研究者育成の優れた制度

年間1億または5千万という大型の研究費が5年間保証されているのは科研費にはありません。大型の科研費としては特別推進がありますが、実績のある方でないともらえません。これに対してCRESTでは審査委員の裁量で若い人を選び、使い方にかなりの自由度がありました。こういう方々は、大きなお金は要らない。小さなものの積み重ねが重要で、お金の使い方がある程度自由にというのが大切です。そうでしょうか？研究って途中で計画が変わることもある。熟練したテクニシャンが必要な場合もある。柔軟な運営ができたことが研究を伸ばしました。

課題採択には目利きが大切

忘れてはならないことは、CRESTでは総括が「目利き」であればよい課題が選ばれてくるということです。お金の配分には、正当な評価がなければなりません。有名だから、権威があるからというだけで配分しているようなことが行われるのなら、小さな額をばらまいた方がよほどましです。評価を正当にするには、その分野をよく知っていて、人間関係に煩わされず、ちゃんとした評価が出来る人を評価に入れることが大切なのです。

岸本先生は、総括として、今注目されているiPS細胞の山中先生や人工ウイルスの河岡先生などを見出されたのですが、すごい目利きでしたね。選考のいきさつをお教えてください。

当時、山中先生も河岡先生もなら研究費を貰っていませんでした。山中先生は、奈良先端科学技術大の助教授で、院生2人と、細々と研究していました。「ES細胞に特徴的に出てくる遺伝子を成熟した細胞に入れてみると成熟した細胞が元に戻る可能性があるのではないか」という提案で、私の領域名の「免疫難病・感染症」には分野違いだという人がいました。当時だれも、成熟した細胞が元に戻ることは面白いが起きないだろうと思って、手をつけていませんでした。しかし、発想がユニークで、元気だし、セルという有名なライフ系の雑誌に論文が採択されるなど、きちんとした研究をしておられるので、1人くらいは入っていてもいいんじゃないかと総括の判断で採択したのです。するとCRESTに選ばれたと云うことが評価されて、京大再生医科学研が教授として招聘しました。大学院生も増え人手が集まったので研究が加速しました。iPS細胞はそんな中から生まれたのです。

山中先生のお仕事は、基礎研究ですね。基礎が応用につながるのですね。

神経をついた基礎的なものこそが応用につながる

応用をやるためには、基礎研究をしっかりやらなければならないということです。基礎的であっても神経をついたものをきちんとやってさえいれば、時間がかかっても必ず応用になるのです。河岡先生の研究も、RNA8本がどう組み合っ

めて基礎的な研究をやっていたからこそ、ウイルスを人工合成できるようになったり、ワクチン開発につながった。結果として山中、河岡、坂口各先生のように将来に向けても大きな可能性を持った成果が出ているのは、しっかりした基礎があってこそということです。審良先生の自然免疫の基礎研究も、ワクチンや腸管免疫などの創薬につながってきています。

目標に従って研究をやれというCRESTのマネジメントのやり方をどうお考えですか。

目標はたてるべきだが、目標と違う思いがけない、よい結果が得られることも期待

研究者は、お金を貰うときには、「この研究は・・・につながるものです」といって、研究目標がきちっと万人に理解されるようにすることは重要です。ただ、研究は、どこで思いがけないものができるかもしれません。研究の結果がよければ、得られたものが目標から異なっている、だれからも非難されません。山中先生の研究が成果をもたらすのは10年後かもしれませんが、最終的には医療につながるということで、研究領域の主な目標とする「免疫・難病」と違っていてもよいのではないのでしょうか。

日本のライフサイエンス研究を日本の企業があまり評価していないですね。

池に魚はいる。JSTは、魚を泳がせて、釣りに行こうと思わせないといけない

先日、ある製薬会社の社長と対談したのですが、彼は日本の池には魚がいけないのです。わたしは、魚はいるのに、釣り方が悪いといったのです。しかし、魚がおりますよということを見せるのがCRESTの役割でしょう。科研費なら卵から魚まで行けばいいのですが、CRESTでは、魚を育てて池の中に泳がせて、釣りに行こうかと思わせないといけないのです。それこそマネジメントではないでしょうか。よいものが10個に1個も出れば元が取れるのです。しかし、これまであまりにも元を取らなすぎたのです。本当によいものは、必ず、薬につながるという確信が大切です。

ライフ系の基礎研究が実用化までには臨床試験が必要で、これを經由しないと出口に近づけない。製薬会社でも、外国でやった方が早くて効率的ということで、外国に臨床試験をもっていく。国内が空洞化するのではという心配もあります。

日本は基本概念を出して、外国で実用化

確かに審査機構の弱さがありますね。FDAで1年で認可されるものが日本では2年かかります。量的質的に貧弱です。外国では健康保険が充実していないので、「臨床試験を受けたら医療費が安くなる」というと受ける人が多いのです。また、欧米には、奉仕の精神があるけれど、日本ではモルモットにするのかといって、患者さんが集まらない。iPS細胞でも外国で臨床はスタートするでしょう。日本は基本概念を出して、外国でまず実用化ということになるでしょう。省庁の壁もありますし。それはそれでよいのかもしれません。

実用になるかどうかは、その研究が突出した研究かどうかによる

実用になるかどうかは、その研究が突出した研究かどうかによるでしょう。iPS細胞も、血液や心臓など実績のある若手研究者を広く集めて、好き勝手に臨床をやらせるべきです。名前のある人ばかり集めて、若い人を入れないようだとだめです。ある程度幅広く支援することが必要です。そうすれば実用的なものが自ずと出てくるでしょう。

同じライフ系でも、生命現象に挑むというようなきわめて基礎的な研究がありますね。それと医療系の領域とのつながりが薄いようにおもえるのですが。

ゲノム、タンパクの膨大なデータベースがあればこそシンセシスができる

いいえ、基礎があればこそ、アナリシスからシンセシスにシフトが起きているのです。ゲノム、タンパクの膨大なデータベースがあればこそ、ウイルスが合成できるようになった。バクテリアの合成も可能になりつつあります。「21世紀は命をつくる世紀だ」といってよいでしょう。

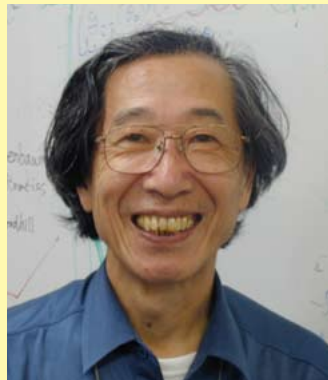
JSTのファンディングのありかたについてご意見をお聞かせください。

継続が創造を産む

最近、JSTは、お金がないからといってSORSTのような継続の仕組みをなくしましたが、本当によいものは継続すべきです。「継続が創造を産む」ということがあるのです。どの分野を盛んにすべきか、伸びているものをもっと伸ばす、これからのものに投資する、それを総合的に判断できる目利きが必要です。免疫研究に関して言えば、CRESTが始まったところの研究代表者がその後、総括となって、研究の流れが資源と知識の蓄積をもたらす、今の成果が出ているのです。

甘利 俊一 先生 インタビュー

甘利先生は脳科学、特に学習理論、理論神経科学の研究者で、神経回路網の理論面からの研究では世界第一人者です。先生は東京大学工学部計数工学科教授を経て、今春まで日本の脳研究の中心的位置にある理化学研究所脳科学総合研究センターのセンター長をされており、現在は同センター研究ユニットのリーダーです。1995年に日本学士院賞を受賞され、1997年から「脳を創る」という日本発の概念でCRESTの研究総括をされました。脳科学の研究が進めば、人間が命令したことにロボットが「心をもって」対応していると感じさせる働きをするようになるでしょう。この実現のために、これからは数理脳科学の時代であると夢を語られました。



脳科学の研究として、CRESTでは4領域をとりあげ、並行して理研では、脳科学総合研究センターを中心に脳科学に取り組んできました。このように集中してやったことで、日本でのこの分野はどうなったのか、世界との連携はどうか、CRESTと理研の連携はどうか、この分野におけるCRESTの果たしてきた役割はどうかについて、伺いたいのです。

脳秘密を解き明かすことは、サイエンスの大ロマンである

脳は人間活動の基礎を担っています。10年以上前に、日本のサイエンスをどうするか議論がありました。特に脳科学は、米国で「脳の10年」という議会キャンペーンとして政策的に出てきたのに対し、日欧は遅れてしまいました。この分野だけでなく、サイエンス自体がまだまだで、CRESTもスタートしていないという状況でした。脳科学研究には、ゲノム→細胞→生命、物理・化学、情報科学と立脚点がありますが、「脳は人間の心に関係してくるもの」として、物質的基盤（分子細胞→脳）とともに情報処理としての視点をもっていますから、理論・情報技術・医療という分野の違いを超えて、幅広い総合的研究としてスタートしなければならないと考えたのです。これに対し、当時の米国では、医学による取り組みが中心で、情報と脳を結びつけようとはしていませんでした。「脳秘密を解き明かすことは、サイエンスの大ロマンである」として、脳と情報をむすびつけたプロジェクトを作ろうということが学会でも認められて、大きなうねりとなりました。

脳と情報をむすびつけたCRESTプロジェクトはユニークだった

その具体的な施策としてCRESTという仕組みを使おうということになり、1995年度に大塚正徳先生が「脳を知る」を始められました。その時に、脳をもっと幅広く観ようという雰囲気はありました。それで、1997年から、「脳を知る、守る、創る」という3領域が設定されました。3領域に広げたのは、当時学会の会長だった伊藤正男先生が中心だったと思います。また、それまで、大学の医学部・工学部でポツポツと研究されてきましたが、総合的にすすめる機構を創ろうということになり、脳科学総合研究センターなどが発足しました。

甘利領域の一番の成果というのは何ですか。

一番の成果は、「脳科学に理論が必要な時期が来た」という「考え方」

「個々の成果」の他に「考え方の成果」の2つの成果の側面があると思います。特に、「考え方の成果」ですが、それまでの脳研究が、電気生理学、ゲノム、分子生物学など事実の積み上げしかなかったのに対し、個々のデータの上に立って、その仕組みを総合して行かねばならないという考え方ができた、つまり、脳科学に理論が必要な時期が来たという点が大切なことです。以前は、データを出すだけでよかったのです。計測技術が進んで、実験系のデータが大量に出るようになってきて、それをどう解析するかストーリーを作らねばならなくなりました。このためには普遍的な理論の構築が必要です。しかし、物理学のようなきれいな理論にはなりません。複雑な情報処理の基本原則が分かれば、脳のすべてが分かるかというところはなっていませんが、コンピュータサイエンスにも、ロボットにも、脳医学にも波及効果があります。CRESTはこういう流れのスタートを切ったのです。

CRESTならではの成果を具体的に教えてください。

脳の情報伝達における化学物質の重要な働きを異分野融合により解明

成果ということでは、たとえば、銅谷先生の研究が挙げられるでしょう。「脳は電気信号を媒介として情報を伝達している」というのは分かっていたのですが、「セロトニン、ドーパミン、アドレナリンなどの化学物質が電気発火に大きな役割をしている」という考えを唱えて、これによって、強化学習、情動コミュニケーション機構を説明しようとした。CRESTでは、いろんな共同研究者をチームに入れることができるので、神経科学、医学、電気生理学、ロボット・・・としてメカニズムを解明しました。これは、ロボットの学習メカニズム構築に大いに貢献しました。このような大きな融合はCRESTがなければできなかったでしょう。個別研究は米国でもやっていますが、銅谷CRESTが融合した形で研究成果を提示した意義は大きいと思います。

言語処理機能の解明は、CRESTならではの成果

酒井先生の「言語獲得装置」の研究もCRESTならではの大きな成果でしょう。彼は、f-MRI(機能的磁気共鳴映像法)を使って、前頭葉の言語野のどの部分で文法を処理し文を作るのか、どの部分で意味を理解するのかを明らかにしました。彼は人間の言語処理能力は、個々の言語によらない共通の仕組みを持っているということをf-MRIを中核ツールとして、それを実証しようとした。チンパンジーは単語を理解することができますが、文法は理解できません。文法と単語が脳のどこで分担しているかを明らかにしたのです。酒井先生は、米国からの帰国直後にCRESTを開始し、研究の主武器であるf-MRI装置を導入できたということで、CRESTが研究の立ち上げや拡張に貢献しました。酒井先生は、もともと物理の出身で、医学部で博士号を取り、MITで言語学を学んだという異色の経歴を持っていたからこそ学際的なアプローチができたのです。CREST採択時は、30歳代前半で異例の抜擢でしたが、これに応え、今では脳科学研究のエースの1人に育ちました。

新しい学際的パラダイムを開かれたのですが、世界的にもユニークといえるのでしょうか。

ロボットと脳を結びつけたのは、日本人の着想

特に「脳を創る」というのは、日本発の概念です。理研においても、実験と理論の交流が進んでいますが、これは、CRESTのときから、3領域それぞれが個々にやるだけでなく、融合的なワークショップをやって、発表・議論したり、若手の勉強会をしたりしたことがここに来て、新しい潮流をもたらしているのです。世界的に見ても、ロボットと脳を結びつけたのは、日本人の着想です。この点で川人先生の功績は大きかった。今になって、トヨタもホンダも脳研究をしなければと、真剣に考え始めています。実際トヨタは、理研にトヨタセンターを作って、脳研究に乗り出そうとしているのです。

脳科学の分かり易い成果があれば教えてください。

デジタルカメラのパターン情報処理も脳科学の成果

目がやっているパターン認識機能を簡単な情報処理でやる技術（顔認識など）ができるようになったのも、脳科学の成果の一部を使っています。三菱電機の携帯電話画像処理にも使われました。CRESTは、脳科学のフィロソフィーを作って、それを検証したところに意味があります。それを支えるだけのお金がありました。大学で個々に少人数でやっていたことを、共同してやれるようになりました。CRESTが接着剤になったと言って良いでしょう。

脳科学は出口が見えにくいという声もあります。具体的な目標をお教えてください。

目標の1つは「心を持っているように見えるロボット」

ロボットも目標の1つです。難しいが、「心を持っているように見えるロボット」です。もう一つは、「脳科学を経済学、教育学、心理学などの物質的基盤として使えないか」というコンセプトです。これは、3年、5年でやれるとは思いません。これまでの経済学は、人間を平均的・合理的人間としてその経済行動を論じてきたのですが、心の葛藤をシミュレートして経済行動の予測に使えるならば、経済学は進歩するはずです。これからです。

最後にCRESTへの注文や提言があればお願いします。

伝統的な枠組みにとらわれず、若手が好き勝手にできないと、良いものが育ちません。いまは、中堅どころが「脳科学委員会」を作って、今後のプロジェクトの検討を進めています。CRESTには、若手を育てる仕組みが求められています。

山本 喜久 先生 インタビュー

山本喜久先生は、量子通信や量子コンピュータの先駆的な研究者として世界にその名を知られています。1978年の電電公社（現NTT）入社以来、一貫して量子論の応用研究に携わってこられました。その世界的な評価は、2005年の紫綬褒章を初めとする数々の受賞が、自ずと物語っています。

現在はJSTのCREST研究総括のほか、スタンフォード大学教授、国立情報学研究所教授。息の長い課題について、将来を見据えた戦略を熱く語られる姿に、サイエンスへの愛着と熱意を感じさせるインタビューでした。



山本先生は、光量子科学の分野で国際的に活躍ですが、その先生目から見て、山本領域でイチオシの研究課題をわかりやすくご紹介いただきたいと思います。私は、香取先生の「16桁の時計」という課題を取り上げたのですが、先生のお考えをお聞かせいただけないでしょうか。

国際度量衡委員会の下部機関で秒の2次標準として採用された「光格子時計」

香取先生の「光格子時計」というのは、日本発のアイデアでそのアイデアを香取先生自ら実証されたという点でも、大変優れた研究だと考えています。一昨年ですか、秒の2次標準に採用され、日本発の独創的技術として、世界的にも高い評価を受けています。研究の出口という点で、ブロードバンド社会の土台を支える周波数と時間の基準を日本人の研究者が確立した意義は大変大きいと思います。

量子情報通信、量子暗号とか量子コンピュータというのは、概念がむずかしく、なかなかやさしく説明できないのですが、わかりやすく解説していただけないでしょうか。

量子暗号は未来永劫破られない

量子暗号を説明しますと、現在の暗号技術は、現在のコンピュータの性能が前提となっていて、「現在のスーパーコンピュータで解読に半年かかるものなら、当面は破られないだろう」と考えてやっているわけです。しかし、これは安全性からは問題で、ある日誰かが、超高速のコンピュータを作ってしまうと、暗号通信が一気に壊滅するという脆弱性をもっているわけです。量子暗号は「未来永劫、絶対破れない」ことが量子力学の原理によって検証されている暗号のアルゴリズムなのです。

量子暗号が未来永劫解読できないという裏付けは、誰によっていつ頃証明されたのですか。

絶対安全性が証明されたのは最近のこと

世界に数グループの理論家がありますが、その中の一人に、井元グループに小芦さんという優れた人がいます。量子暗号のプロトコルが提案されて15年、2000年頃だったでしょうか、ようやく絶対安全性が示されたのです。

量子暗号の研究は、あちこちでやられていますが、最先端を走っているのは、どの研究ですか。

CREST発の量子暗号通信は国際的なチャンピオンデータ

世界で最も実用に使いやすい量子暗号のプロトコルは、DPS-QKDというのですが、これは、CRESTの私の領域の研究代表者である井上恭先生が発明したものです。そのチームにおられるNTTの武居(たけすえ)さんが実装して、200kmにわたって安全鍵を生成することに成功しました。これが現在のところ国際的なチャンピオンデータです。出口がはっきりわかっている研究においては、日本人の発明と技術が優れています。単に(他国で出されたアイデアを)実証することに成功したというのではなく、香取先生にせよ、井上先生にせよ、アイデアを作り出して自ら実証するということをしておられる。日本では、光と超伝導の研究は伝統的に強いです。

日本で光の研究が強い理由は、何でしょうか。またCRESTはどんな役割を果たしたのでしょうか。

日本の光通信技術は企業が強い

私見ですが、日本では技術のCOEは、例えば光通信の分野ではNTT、NEC、富士通、電線会社などの企業の中であって、その中で育ってきた研究者たちが大学や国立の研究機関に移籍して、さらに研究を進めています。企業は、最近は基礎研究をやめるところも多けれど、コアな部分は残っていて、何十年という技術と知識の蓄積があるところが、強みとなっているのではないのでしょうか。

量子暗号通信はチーム横断のCRESTならこそ

日本の各研究機関には、特色ある光通信の研究グループがあって、それらを総合するとかなりの力を発揮します。そのよい例が、CRESTです。さきほどの量子暗号通信ですが、阪大井上先生のQKDプロトコルという暗号化のスキームがあって、それを実現するための10GHzの符号化を持っているNTT武居さんがいて、それを古沢先生のグループのNICTがもつ超伝導単一光子検出器で受光することによって始めて、可能になったのです。領域内の異なったグループがそれぞれの最も強いものを持ち寄って、チームを横断してやったからこそ実現できたのです。

量子暗号には、もつれあった光子対が必要と聞いていますが、先ほどの通信に量子もつれは使われたのですか。

通常の半導体レーザで量子暗号

いいえ、井上先生のDPS-QKDプロトコルは通常の半導体レーザを使ってできるところに特徴があるのです。理論は厳密に、実装は現実的というのが重要です。レーザ光を弱めて、1パルスあたり1個の単一光子を使うところがみそです。これができたのも、超伝導単一光子検出器という大変高感度の光検出器があったからできたことなのです。量子暗号は、絶対に破れないのですが、その代償として通信速度が犠牲になるのです。

香取先生、井上先生の他に、これは注目に値するという研究はどれですか。

光格子を用いたアナログ量子シミュレーション

さきほど香取先生のところで出てきた「光格子」を時計に使うのではなく、量子シミュレーションに使うという高橋先生の研究があります。レーザ光によって作られた原子の光格子を変調して、固体結晶中の電子をシミュレーションしようというものです。高温超伝導のような多体系の量子力学計算を現在のデジタルコンピュータでやると、とてつもない時間がかかってしまう。その代わり、光格子のパラメータを振って波動関数のシミュレーションをやるのです。一種のアナログコンピュータの量子版です。将来、実用化すれば、高温超伝導のメカニズムなどの問題が解明されるという期待を持たれています。

超伝導を使った量子コンピュータでは、世界のリーダー

蔡さんは、日本の量子コンピュータの最高峰、いわば、富士山です。そこに中村さんという若手がいて、将来の日本のエースになると期待されています。NECの実験技術はすごいですね。1999年以来10年一貫して日本のこの分野をリードしています。4つの実験グループと2つの理論グループから構成されていて超伝導を使った量子コンピュータでは、世界のリーダーといってもよいでしょう。

30-40年後にはいまのCRESTの研究者がリーダーに

量子コンピュータの研究にはさまざまなアプローチがあります。どれが先に進むかは予想も付きません。あるいは、本命ではないところから、とてつもないイノベーションが出てくるかも知れません。これだけの人材が結集してこれだけ熱心に研究しているのだから、何か出てくるはずだという信念をもっています。30-40年後に量子コンピュータが世に出たとすると、いまやっている若手が、世界を引っ張っているのではないかと思います。

CRESTの今後のありかたについてご意見をお聞かせください。

後進を育てることもCRESTの課題

教育と研究は分けることができないと思います。今まで、ERATOでもCRESTでも偶然に出た才能を拾って研究投資してきました。これを打破するには、各大学での大学院生の教育システムに踏み込まなければならないでしょう。たとえば、CRESTに関連した主要な大学間でどうしたら量子情報の最高の講義をやれるか、各研究代表者がどういうカリキュラムやレクチャーで後進を育てているか、どういう院生が輩出したか、どこどこの大学の何先生の講義で育ったというような、そこまで踏み込んで人材育成をはかる必要があるのではないのでしょうか。例えば研究費を配分するとき、研究と教育を総合して評価するなどして教育力を強くしていかなければ、本当に深いところに根を張った研究にならない。その意味で、ファンディング機関の責任は重いといえます。

榊 裕之 先生 インタビュー

榊先生は、半導体における電子の波を低次元構造に強く閉じこめた量子細線や量子ドット の概念を提唱して、高性能光デバイスや新機能素子実現への可能性を世界で初めて提案され、この分野を先導して来られました。先生は2001年に紫綬褒章、2005年には日本学士院賞など数多く受賞されています。昨年東京大学を退職され、豊田工業大学副学長に就かれています。2002年から今春までCRESTの研究総括として、ナノテクノロジーを駆使した正攻法の研究を指導され、半導体量子構造の学理の解明や新機能デバイスの実現に尽くされました。チーム型研究の醍醐味を愉しまれたご様子を伺うことのできたインタビューでした。



榊領域はデバイスを目指すということだったのですが、注目に値するという研究はどれですか。

量子細線レーザについての秋山チームと荒井チームがかなりしっかりした仕事をしていました。特に、理論の小川グループとの協力で、1次元の量子細線における高励起密度状態で相関のある状態におけるレーザ作用についての理解が深まったことが重要です。それまで、量子細線レーザの学理がなかったのです。これを世界で初めて確立したことは、重要な成果だといえます。量子細線をきちんと作るということを徹底的に追求したことが、1次元系のレーザ発振のメカニズムの学理をはっきりさせたといえるでしょう。単純な理論では、容易に利得が得られるということになるのですが、それでは多体の効果のために頭打ちになってしまいます。私たちが得た学理を考慮して設計しないといけませんよと、楽観論を戒めたのです。理論だけなら科研費でもできたかも知れません。しかし、徹底して微細デバイス加工技術を追求し、きちんとした分光法で研究した実験家と、理論家の密接で有機的な接触があればこそ、学理の確立も可能になったのです。また、秋山グループの仕事は、荒井グループの設計方針にも大きな影響を与えました。これは、一領域の中に課題がいくつかあって、課題どうしの交流ができるCRESTならではの成果です。

榊先生はどのような場面で研究総括としてのイニシアチブを発揮されたのですか。

InN系のナノデバイスのテーマは期待感があって採択したのですが、材料が悪すぎていつまでたっても、デバイスのものにならないのです。私が以前にやったことがあるGaAsへのInAs単分子層挿入の考えを、窒化物にも適用できないかと考えて、「InNを一原子層だけ入れたものをやってはどうですか」と提案してやって貰いました。これによって、InGaNの発光の長波長化が一步前進しました。また、光通信システムと情報処理システムの将来をめぐる、議論を深めることができました。この領域には、小柳先生のLSI、秋山先生の光、とそれぞれの先端を進めているメンバーが加わっていて、前線を広げるために役割を果たしたという点で、支援が有効に作用したのではないかと思います。また、この研究領域で育った若手が企業に行って、この研究領域で積んだ経験をその場で活かすことによって、前線を広げて行くことに意味があったのではないのでしょうか。これもCRESTのよいところですね。

CRESTあるいはJSTが進める研究を俯瞰的にみて、どうぞ覧になりますか。

CRESTには、大きく言うと、米国のDARPAのような将来の発展をサーチするソリューションと、シーズの方を試行錯誤しながら開いていくというのと、2つの働きがあります。私の領域は、前者の方で正攻法でやるのですが、シーズ探索型の領域もあって、ナノテクバーチャルラボ10領域全体で見れば、この2つの領域がバランスよくカバーされていると思います。何千億の規模の新産業が一挙にできるとは思えません。既存のLSIテクノロジーにきちんとした接点をもちながら研究を進めるのもCRESTの役割だと思います。理論屋でない人がとんでもないアイデアを出す、それをきちんとやる人がいる。理学はアナリティック、工学はシンセティックと言われますが、工学の方が舞台を設定することによって、それを理論屋が再解析する。ここから先端的な技術が生まれます。

最後にJSTに対する注文をお願いします。

今後発展する領域を上から示すのは重要だと思います。示された戦略目標に応じてやろうという人が集まって対話を始める。ここが科研費とちがう機能です。この時に、いくつかのグループが対話し易いようにということで、公募するだけでは足りません。良い研究をリクルートして、研究総括の意志で組織できる計画班も必要ではないでしょうか。また、SORSTがなくなりましたが、5年を超える継続を保証するシステムがほしいと思います。

福山 秀敏 先生 インタビュー

福山先生は、物性物理の研究者として、結晶の乱れに起因する電子の局在状態や高温超伝導など、物性についての理論的研究で世界をリードする成果を上げてこられました。最近は分子性結晶の多様な可能性に惹かれて研究対象を広げ、その先に生体物質の電子物性を明らかにする独自のバイオへのアプローチを提唱されています。先生は1999年から4年間東京大学物性研究所所長、東北大学金属材料研究所の教授を経て、2006年からは東京理科大学の教授として現在に至っています。その間多くの国際会議の主催者やIUPAP（国際純粋・応用物理学連合）の副会長時代の男女共同参画WGのメンバーとしてのご活躍など活動は多岐に亘ります。1987年のIBM科学賞、2003年の紫綬褒章など多くの賞を受賞されています。



福山先生が総括をされている領域はCRESTの諸領域の中で最も基礎的な分野ですが、目的を明確にしたCREST型の研究は基礎研究になじむのでしょうか。

学術振興会の科研費と対比させるため、科研費はボトムアップであるのに対しCRESTではトップダウンで研究を進めるのが特徴です。トップダウンというと製品化につながる応用研究だという考え方をしている人がいますが、それは間違いです。トップダウンの基礎研究というものがあります。「国として大事な基礎研究」をCRESTでトップダウン的に行うというスタンスです。科研費の決まったことを地道に研究するという研究スタイルに対比して、CRESTでは、総括の指導で異分野間の融合を積極的に図れます。

CRESTの研究総括として、どのようにトップダウンの基礎研究を進められたのですか。

CRESTの総括を引き受けた当初、分野の広がりには最初はとまどいましたが、今はやって大変良かったと思っています。領域として「たこつぼ」にならないよう「場」を作ること意識しました。CRESTのメリットはお金だけではなくありません。例えば、化学系のチームと物理系のチームの間のつながりは強くありませんでしたが、そのうち皆が議論に加わるようになりました。研究者は面白いと思ったら乗ってくるのです。逆に単独でやっていたら何も新しいことはでてこないのです。

先生は、ナノテクバーチャルラボの総括会議で「ナノサイエンス」が大切だと言われましたね。

これまでのナノテクノロジー研究では、技術的な側面が強調され、サイエンスは強調されませんでした。サイエンスとしての積み上げがないと本当のテクノロジーにはつながりません。第三期科学技術基本計画でようやく「ナノサイエンス」という言葉が明示的に入りました。この「ナノサイエンス」には4つの柱が提示されていますが、福山領域はそのうちの3つ（強相関、界面、生体ナノ分子）に関わりました。

ナノとバイオの異分野融合を主導されたということですが。

今のCRESTはあまりにも工学寄りになってきています。今のナノバイオはサイエンスとしての積み上げが弱いと感じます。サイエンスとしての積み上げがないと、行き詰まってしまうのではないのでしょうか。私は総括として、生体ナノ分子に関する研究会を開催しました。そこではDNAなど生体物質を凝縮系の一種として扱い、徹底的に物性論的な基礎から議論しました。遠回りのようだが、ここからやるべきですし、結局近道だと思います。

今後のナノサイエンスの展開におけるCRESTの役割についてコメントください。

私は、生体関連物質を凝縮系と捉え「電子状態」の理解を基礎にした物性的研究を核に、「生物物質科学」(Biomaterials Science) というものを提唱しています。生物の研究に物性屋の知見を取り入れて行く大きなブレークスルーが見つかるかもしれません。同様なテーマとして「電極問題」があります。ここには基礎科学の観点から魅力的な課題が沢山あります。また、同時に物質を材料として利用するには避けて通れません。このように学会の枠を超えて、異分野をむすびつけることこそがCRESTの役割でしょう。本多光太郎は「産業は学問の道場なり」と言いましたが、私は「物質は概念の道場なり」と考えています。

Topics 世界が賞賛したiPS細胞研究



山中 伸弥

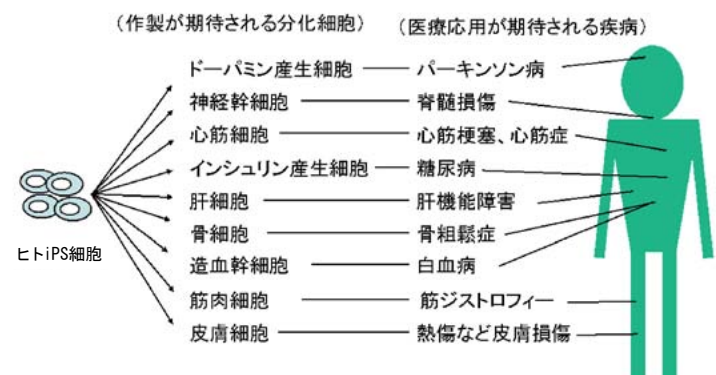
京都大学 iPS細胞研究センター
センター長、再生医科学研究所 教授

- ・ヒトの受精卵を使う胚性幹細胞（ES細胞）に比べ、倫理面の問題がない。
- ・ES細胞に比べ、作製が容易である。
- ・患者自身の細胞から出来るので、免疫拒絶反応がない。

※詳細は 第5章「ひとの命と健康」参照

私たちのからだは、1個の受精卵が分裂を繰り返していく過程で、神経細胞や皮膚細胞などそれぞれの部位の役割に特化した細胞に分化していきます。さまざまな細胞になる可能性を持った細胞を多能性幹細胞あるいは万能細胞と言いますが、発生が進み分化していくことで多能性は失われ、決まった細胞にしか分化できなくなります。すなわちその多能性は、成熟細胞になってしまうと未分化の状態にあともどりはできないと考えられてきました。ところが、山中教授はわずか4つの因子（後には3つでも済むことを発見）を導入することで、皮膚細胞に多能性を回復させ、人工的な多能性幹細胞（iPS細胞）を作り出すことに成功しました。iPS細胞には以下のような特徴があり、研究者間で熾烈な競争が始まっています。

iPS細胞への期待



すばやく支援体制を充実

今回の山中教授の発見に関して、JSTおよび関係各所は迅速に支援を決定しました。それは、米国などが非常にすばやい動きで大型の研究支援を決定しており、日本発の研究がこのままでは抜かれるのではないかという危機感があったからです。この支援体制の決定は、日本として画期的な速さであり、今後の研究開発のスピードアップにつながるものと期待されます。

理事長からのすばやい指示

2007年11月21日の発表をうけて、JSTでは翌日から理事長のもとで、今までの枠組みを越えた支援が出来ないかの検討に入りました。その一方、政府のほうでもさまざまな支援策が検討されました。予算策定期間であったことも幸いし、JSTでは特別プロジェクト、CRESTとさきがけの大型の支援が決定されました。

省庁を越えて

そのほかにも、経済産業省が特許関係で支援を、厚生労働省が医療関係で支援をといったように、さまざまな支援策が打たれました。このような省庁を超えた支援という点では画期的なことでした。

今後にも期待かかる

この支援に限らず、JSTでは、特筆すべき成果が得られた場合には、資金面、人的な面で迅速な支援を行っています。例えば最近、新規超電導物質を発見した東工大の細野教授に対しても緊急支援が発表されました。「優れた成果をあげると即座に公的支援を受けられる。」というJSTの対応は、研究者のモチベーションを高めることにつながり、さらには日本の科学技術の進歩に役立つと思われます。

佐藤勝昭 東京農工大学名誉教授（前理事副学長）

1996年

クローン羊「ドリー」誕生

1998年

ヒトES細胞作製

1999年

山中助教、奈良先端科学技術大学院大学で幹細胞研究着手

2003年9月

山中教授、CREST研究代表者に課題名「真に臨床応用できる多能性幹細胞の樹立」で選ばれる

2006年8月11日

山中教授、マウスの皮膚細胞から万能細胞の作製に成功。iPS細胞と名付け、「CELL」に発表。

2007年6月7日

山中教授、より純度を上げたiPS細胞の作製に成功と「Nature」に発表

2007年11月21日

山中教授、ヒトの皮膚細胞から万能細胞の作製に成功と「CELL」に発表

2007年12月1日

更に因子数を3つに減らすことに成功と「Nature Biotechnology」に発表

2008年1月28日

新規CREST、さきがけ募集開始

2008年2月15日

マウスの肝及び胃細胞からiPS細胞の作製に成功と「Science」に発表

CRESTへの採択

本研究領域「免疫難病・感染症等の先進医療技術」の研究総括である岸本忠三先生（大阪大学 大学院生命機能研究科 教授）は、課題採択時の経緯について以下のように語った。

「採択に当たっては、免疫とも感染症とも関係ないのにどうして、選ぶのかと言う議論がなされました。しかし、私は山中先生のアイデアに感心し、ヒアリングを行うことにしました。そしてその若い研究者の熱意に感心して採択を決めました。成果が出るかについては半信半疑でしたが、山中先生は、素晴らしい成果を上げることが出来ました。CRESTには、採択時に成果が出るかどうか分からなくとも、出たときは素晴らしいものになるという挑戦的な課題や研究者を支援していくことを期待します。」

※詳細は第3章の岸本先生のインタビュー記事参照

世界に大きな反響

- 米 国 ホワイトハウス 「倫理的な幹細胞研究で重要な進展があり、ブッシュ大統領も非常に喜んでる」
- 米 国 C N N テレビ 「（次期大統領選で争点の1つになっているES細胞研究の）論争の終わりの始まりだ」
- ローマ法王庁 スグレッチャ司教 「歴史的な成果だ。受精卵を使うES細胞も、治療のためと称するクローン技術も必要なくなる。つらい議論も終わりになるだろう」
- 『The New York Times』 「Risk Taking is in his Genes」（リスクをとる精神は彼の遺伝子の中に組み込まれている）と、山中教授の業績や人柄を特集

国内の支援の動き

- 11月 ・渡海文部科学大臣がiPS細胞研究の加速推進を検討すると発言（11/27）
- ・総合科学技術会議で、福田首相が再生医療を臨床応用するための研究環境の整備を指示（11/28）
- 12月 ・文部科学省がiPS細胞研究等の加速に向けた総合戦略を発表 今後5年間で約100億円の支援（12/22）
- ・JSTが「戦略的創造研究推進事業における多能性幹細胞（iPS細胞）研究の推進について」を発表（12/22）
- ・京都で特別シンポジウム「多能性幹細胞研究のインパクト」開催（12/25）
- 1月 ・総合科学技術会議で第1回iPS細胞研究WGが開催（1/10）
- ・京都大学にiPS細胞研究センター設置（1/22）

次々広がる展開

- 12月 ・米国MITの研究者らが、山中教授らの方法に基づき、マウスでiPS細胞を用いた鎌状赤血球症の治療に成功したと報告（『Science』（電子版）12/6）
- 1月 ・山中伸弥教授と大阪大学の澤芳樹教授はあらゆる細胞・組織に成長できる新型万能細胞（iPS細胞）を心臓病の治療に活用する研究を共同で開始（1/23）
- ・iPS細胞を大量にそろえる幹細胞バンクづくりに、慶応義塾大学の岡野栄之教授が国立病院機構・大阪医療センターと共同で取組み（1/25）
- 2月 ・iPS細胞研究をすすめる国内4拠点を文科省決定（2/29）
- 3月 ・山中教授と理化学研究所発生・再生科学総合研究センター（神戸市）の高橋政代チームリーダーが、マウスでiPS細胞から網膜にあって光を感じる視細胞をつくることに成功（3/3）
- ・山中教授らは日本人の細胞からのiPS細胞作製に着手したことを発表（3/8）
- ・厚生労働省が所管する医薬基盤研究所と大手製薬企業12社で作るチームが、iPS細胞の作製技術を使い、薬の効果や副作用を事前に分析・評価したデータベース作りに着手（3/18）
- ・京都大学と理化学研究所は、マウスのiPS細胞の提供事業を開始（3/26）

CRESTは何を生み出したか

CRESTは生まれてからまだ12年と歴史は浅いですが、日本の科学技術研究の中に、いくつもの新しい大きな流れを作り出してきました。このようなCRESTから、社会や産業を大きく変革する重要なイノベーションに結びつく成果が数多く生み出されていることを見ていただきたいと思います。ここでは特に、「地球を救う」、「ひとの命と健康」、「暮らしを支える」、「未来を拓く」などいくつかの出口に向けて、CREST研究の成果から、何が分かったか、何ができるようになったか、その後どのように発展したかを、代表的な研究例についてご紹介します（該当する研究の研究代表者名および索引番号を各ページの脚注に記載しました）。

CRESTの成果から

○ 地 球 を 救 う	(1) 環境問題への挑戦 26 (2) 環境保全・光エネルギー (3) 環境にやさしいもの造り
○ ひ と の 命 と 健 康	(1) 免疫－病原体侵入やがん化への備え 32 (2) 万能細胞活用への道を拓く (3) 創薬・ワクチンのための科学技術的基盤づくり
○ 生 命 現 象 に い ど む	(1) 生体分子を観る 38 (2) 細胞と生体の働き
○ く ら し を 支 え る 光	(1) 次世代の明かり・光デバイス 42 (2) 光で記憶する・記録する
○ 未 来 を 拓 く マ テ リ ア ル	(1) 新しい機能を求めて① 46 (2) 新しい機能を求めて② (3) 高温超伝導材料 (4) ナノカーボン材料とデバイス
○ 未 来 を 拓 く 先 端 科 学 技 術	(1) デバイス 54 (2) 極限を操る技術 (3) 量子が拓く、量子が変える (4) スピンが拓く、スピンの変える
○ 脳 から 学 ぶ 情 報 処 理	 62

地球を救う (1) 環境問題への挑戦

CRESTでは、地球規模での水資源、植物資源、物質循環など喫緊の問題の解決に貢献する研究開発に精力的に取り組んでおり、そのようなチャレンジの例をご紹介します。

水資源問題への挑戦

●人間活動を考慮したアジア独自の水循環・水資源モデル構築

世界的な水危機に関わる情報はこれまでほぼ全て欧米からの発信でしたが、水田に代表されるアジア独特の水循環や人間活動の影響を考慮した日本独自の「世界水循環・水資源モデル」を世界に先駆けて開発しました。降水・蒸発・河川流出などの自然系と、貯留・灌漑・都市・工業用水などの人間系とを合わせた水循環・水資源モデルにより、水循環及び水需要が、人口及び経済状況の変化と気候変化に沿って動的に変動する様子を表現できるようになりました¹⁾。

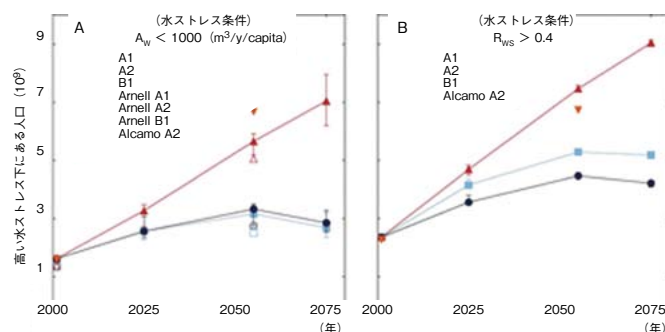


図1. (解析例) 世界で水ストレス状況に置かれている人口は現在約20億人強であるが、2055年頃には気候モデルにより40～70億人に増加

●高精度な気候モデルによる広域水循環予測への挑戦

流体力学や熱力学などの物理法則に基づいて、蒸発、降水、気流など、大気水圏のさまざまな水の動きを計算し、降水や雲の分布などを解析する気候モデルにおいて、これまでの水平300km以上の粗い格子による解析に換えて、水平格子を約110kmあるいは60kmに縮め、鉛直層の数も従来の20層から56層に高解像度化したモデルを開発しました。これにより、梅雨前線の再現など、これまで困難とされてきた東アジア域を中心とした広域水循環変動の長期予測の可能性が開けました²⁾。

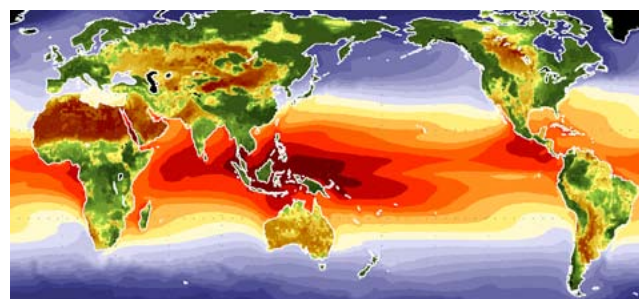


図2. 高解像度大気海洋結合モデルで計算した海面水温と土壌水分量の年平均値

●水循環系の物理的ダウンスケーリング手法の開発

衛星観測を用いたデータ同化手法を利用し、全球、領域およびメソスケールの数値気象予報モデルを組み合わせ、全球スケールからメソモデルへの物理的ダウンスケーリングを行う手法を開発しました(図3)。図4の例は、物理的ダウンスケーリングシステムによる結果が、地上レーダーで観測された日本海上の降雪パターン、とりわけ複数の対流が筋状に組織化された構造までよく予測していることを示しています³⁾。

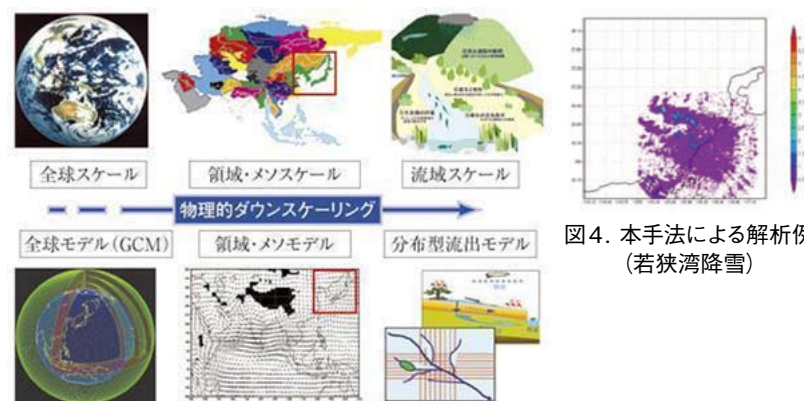


図3. 物理的ダウンスケーリング手法

図4. 本手法による解析例(若狭湾降雪)

植物資源問題への挑戦

●衛星観測による植物生産量推定手法の開発

人工衛星データによる全球の植物生産量推定において不可欠なバイオマス推定アルゴリズムを半乾燥地の草原植生に対して確立しました。自律ラジコンヘリコプターによる現地観測システムを開発し、従来不可能であった大面積のスペクトルの多角観測を実現しました。モンゴルなどの半乾燥地の草原において地表面スペクトルおよびバイオマスの実測を行い、衛星観測からバイオマス高精度推定が可能であることを示しました。これにより、砂漠化モニタリングへの応用も可能となりました⁴⁾。



図5. ラジコンヘリコプター観測システム

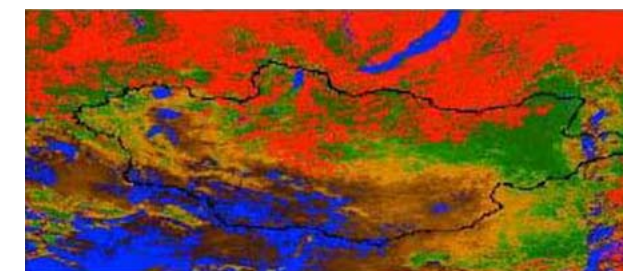


図6. モンゴル草原のバイオマス推定結果

●熱帯林の葉の殆どが集中する林冠の実態に迫る

マレーシアのサラワク州に高さ80mの林冠クレーンを建設して、林冠の生物を直接観察し、その活性を測定しました。研究の結果、これまで知られていなかった一斉開花など林冠の実態とその生態系における役割、さらに大気圏との相互作用を通じた地球環境との関係が明らかになってきました。この林冠クレーンは、衛星リモートセンシングの検証サイトとして指定され、リモートセンシングデータと結びつけることによって、広域の林冠構造やその活性の推定を目指しています⁵⁾。



図7. 林冠クレーン(マレーシア・サラワク州の熱帯雨林)

環境物質の起源を探る

●アイソトポマーの計測により環境物質の起源に迫る

分子の中の同位体の組合せが異なるアイソトポマー(同位体分子種)の存在比を精密に計測する分析法を開発し、地球温暖化ガスなどの起源と循環を明らかにする新しい手法を世界に先駆けて開発しました。図8は成果の1例で、東部熱帯北太平洋の海中にて、一酸化二窒素のアイソトポマー $^{15}\text{N}^{14}\text{N}^{16}\text{O}$ 、 $^{14}\text{N}^{15}\text{N}^{16}\text{O}$ 、 $^{14}\text{N}^{14}\text{N}^{18}\text{O}$ の存在比の深度による変化を計測し、 N_2O の生成・移動・消滅の機構を明らかにしました⁶⁾。

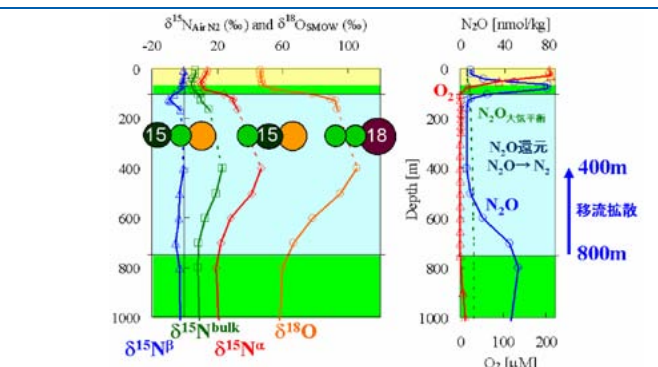


図8. 東部熱帯北太平洋の海中 N_2O 濃度及びアイソトポマー比の深度による変化

地球を救う (2) 環境保全・光エネルギー

ナノサイズで材料の構造・組織を制御することにより、環境負荷を最大限に低減可能な新機能材料・システム技術の創製、高効率のエネルギー変換・貯蔵技術の創製に取組み、地球を救い21世紀の環境調和型社会を築きます。

環境保全

●太陽エネルギー利用光触媒

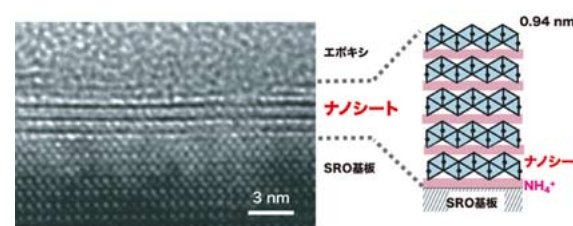


図1. 誘電体薄膜

「層状化合物の単層剥離」プロセスにより、酸化チタンなどを厚さ約1 nmの2次元結晶として合成し、ナノシートの精密累積技術を開発しました¹⁾。優れたセルフクリーニング機能を持つ光触媒膜、ナノレベルの厚さでも働く誘電体膜など、多彩な応用展開が期待され、光触媒膜は新幹線試験車両の窓へ適用し性能評価中です。汚れ防止関連の光触媒製品の全体市場規模は2500億円と予想され、誘電体薄膜も半導体メーカー数社との共同研究に発展しています。

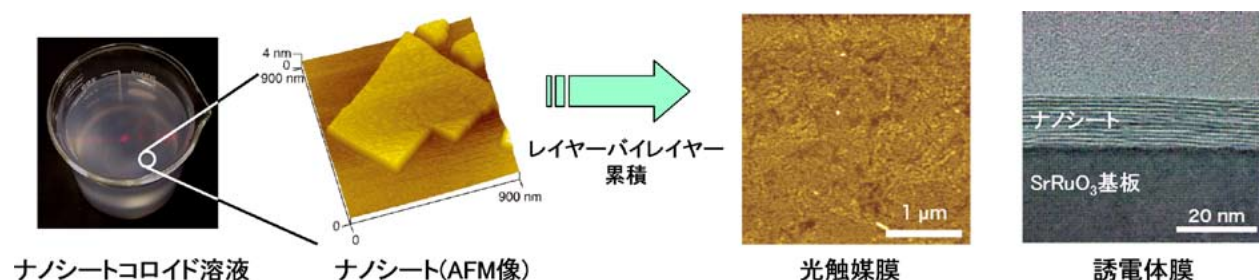


図2. ウェットプロセスによるナノシート精密累積技術

エネルギー

●太陽エネルギー利用有機太陽電池

有機・無機複合系を用いて、光合成、呼吸という生体系における電子伝達システムを分子レベルで再現する電子移動システムを開発し、人工系で初めて天然の光合成反応中心のエネルギーおよび寿命を凌駕する電荷分離分子の開発に成功し、新しい高効率有機超分子太陽電池を開発しました²⁾。

OTE/SnO₂/(H₂PC15MPC+C₆₀)_mの場合、11.2mW cm⁻²の光源下、フィルファクター= 0.43、解放電圧 = 380 mV、短絡電流 = 1.0 mA cm⁻²となり、エネルギー変換効率は1.5% を達成しました。

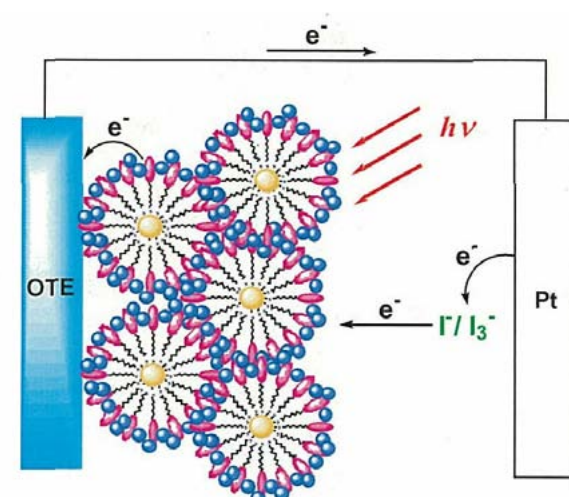


図3. ポルフィリンアルカンチオール修飾金微粒子とフラーレンとの逐次自己組織化超分子集合体を用いた太陽電池

●太陽光による水からの人工光合成

地球環境に調和する水を原料（電子源、酸素源）とする「人工光合成型エネルギー変換、物質変換システム」の構築に取り組んでいます。二酸化炭素固定のための理想的な電子源として水分子を採用し、水分子からの水素生成、二酸化炭素の還元という物質循環とエネルギーの両面でのクリーン・リサイクルシステムの達成を目指しています。ルテニウムポルフィリン錯体による水を電子源、酸素源とする高効率、高選択的な光酸素化反応を初めて見出し、二酸化炭素の光還元においても世界最高の量子収率を示す反応系を発見しました³⁾。

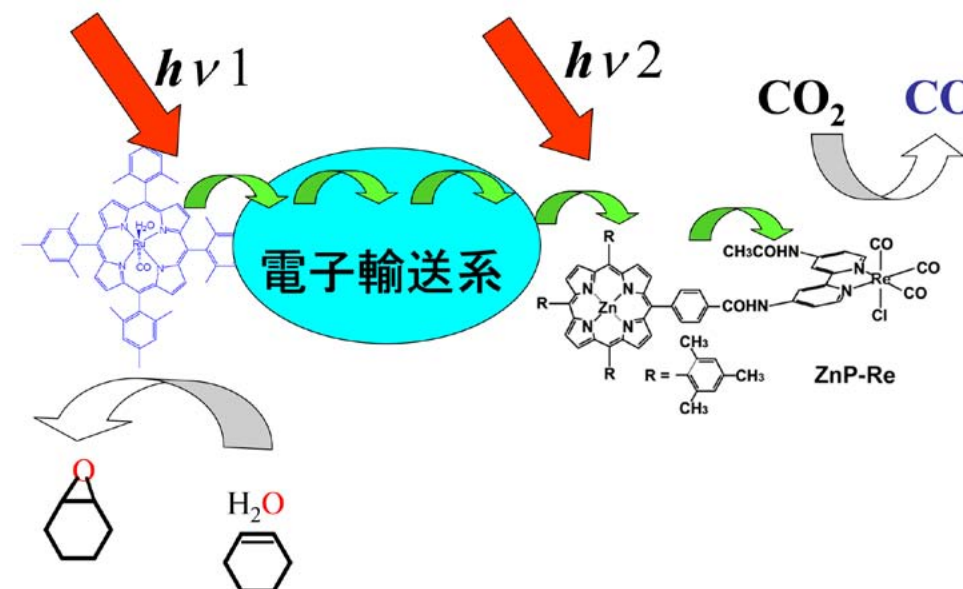


図4. 可視光による水を電子源とする反応と二酸化炭素還元との共役

●太陽光から光触媒による水素生成

太陽エネルギーを水素エネルギーに変換することを目的に、水素生成光触媒 (Ru/SrTiO₃:Rh) と酸素生成光触媒 (BiVO₄、Bi₂MoO₆、WO₃) を組み合わせることにより、水の水素と酸素への完全分解に成功しました。この光触媒系は520nm までの可視光が利用でき、420nm における量子収率は3.9%が得られ、太陽光エネルギー変換効率としては、0.4%の効率が得られています。これは可視光応答性粉末光触媒における効率としては、世界トップレベルです⁴⁾。

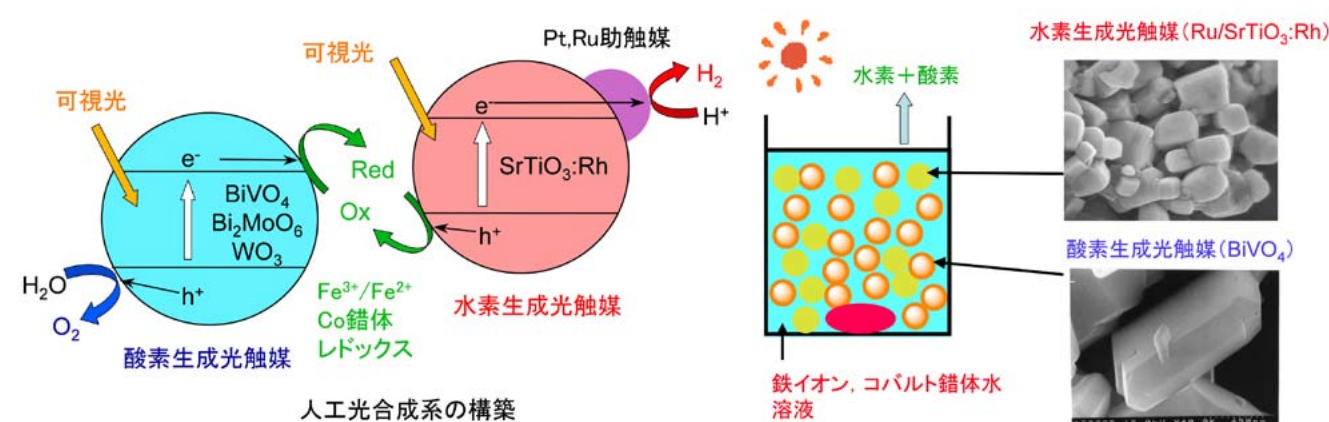


図5. 水の可視光全分解の達成

図6. 太陽光水分解が可能なZスキーム系ナノ水酸化物触媒の開発

地球を救う (3) 環境にやさしいものの造り

人類社会の明るい未来のために環境負荷の小さい循環型社会経済システムを実現すべく、CRESTでは環境と人に優しい画期的なものの造りに挑戦しています。

生物資源を利用するもの造り

●生分解性高分子の微生物による生合成

微生物の物質生産機能を利用して、再生可能な植物系資源（糖、植物油）から生分解性プラスチックを生産する基盤技術を開発しました。特に、ポリエステル（PHA）生合成系酵素の構造と機能を分子レベルで明らかにし、植物油から高効率でポリエステルを生産する遺伝子組換え微生物の育種に成功し、これを基にフィルムや繊維への成形に適した高性能ポリエステルを80 wt%という高効率で生合成するプロセスの開発に成功しました¹⁾。

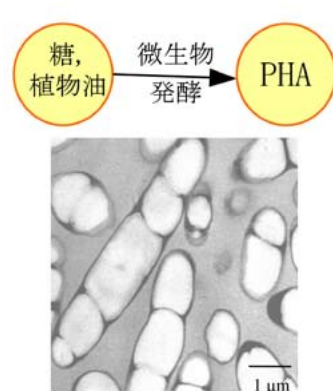


図1. 遺伝子組換え微生物（白い部分が菌体内に蓄積されたポリエステル）（80-90 wt% PHA）

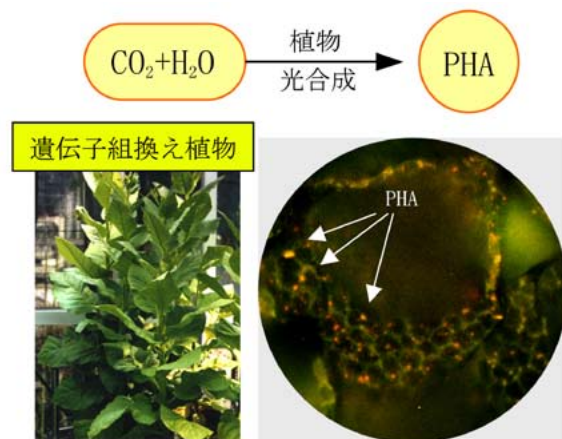


図2. 発酵遺伝子組換えタバコ（1 wt% PHA）

●植物系未利用資源リグニンの分子素材への活用

植物体の光合成を基盤とし、化石資源に依存しない新しい持続的物質循環システムの確立を目指して、生態系最大級の有機資源でありながら活用されていないリグニン素材（リグノフェノール）を炭水化物へと定量的に変換・分離する相分離系変換システムを開発し、テストプラントを建設して工業プロセスの可能性を実証しました。リグニン素材を用いた耐水性・安定性・リサイクル性素材、循環型生分解性フィルムなどの開発にも成功しています²⁾。

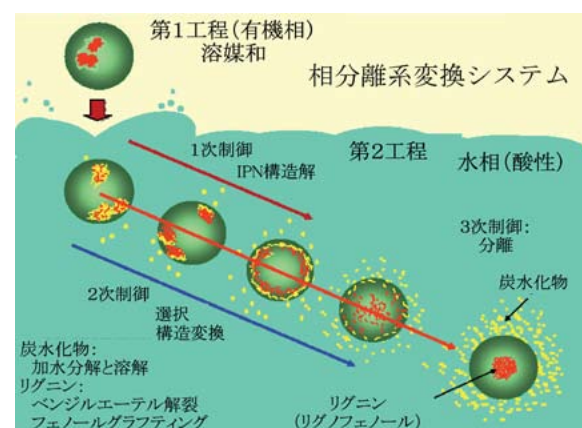


図3. 植物資源の相分離系変換システム

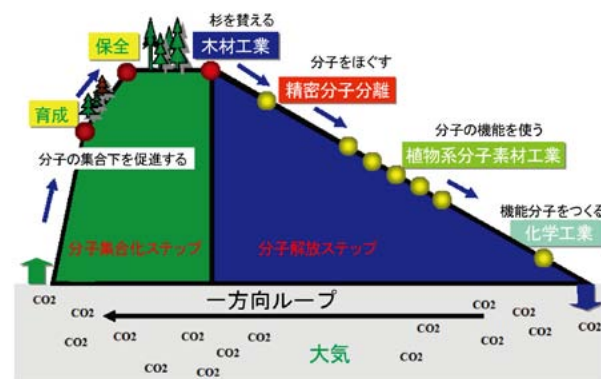


図4. 化石資源に依存しない持続的物質循環システム提案

有機溶媒を使わない有機合成

●環境に優しい水系溶媒を用いた有機化合物合成法の開発

医薬品や化成品などの有機化合物の合成に無害で低コストな水溶液中で機能する触媒系の開発に成功しました。中でもルイス酸と界面活性剤の機能を組み合わせた一体型触媒が水中で疎水性反応場を構築し同時にルイス酸として機能する優れた触媒であり、水中では従来の有機溶媒中の反応とは異なるユニークな反応性や反応選択性を実現できることを示しました。また、金属触媒を高分子で包み込む「マイクロカプセル化法」を開発し、反応後に回収・再利用できる安全面・効率面に優れた触媒の実現を可能としました³⁾。

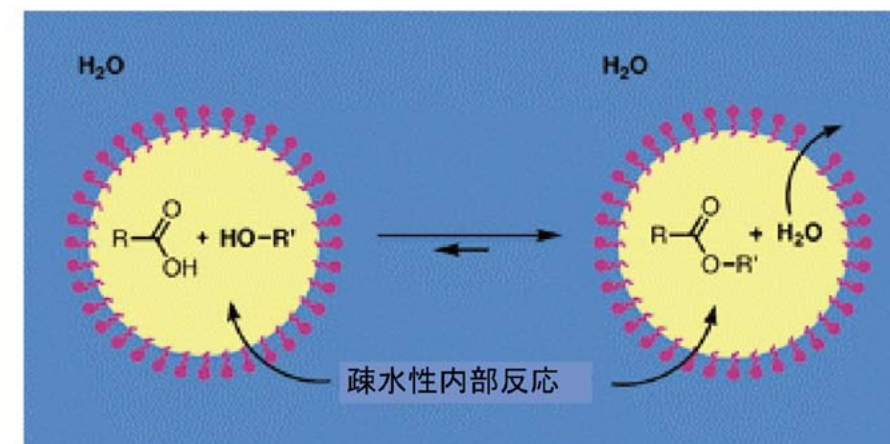


図5. 水中での脱水反応の模式図

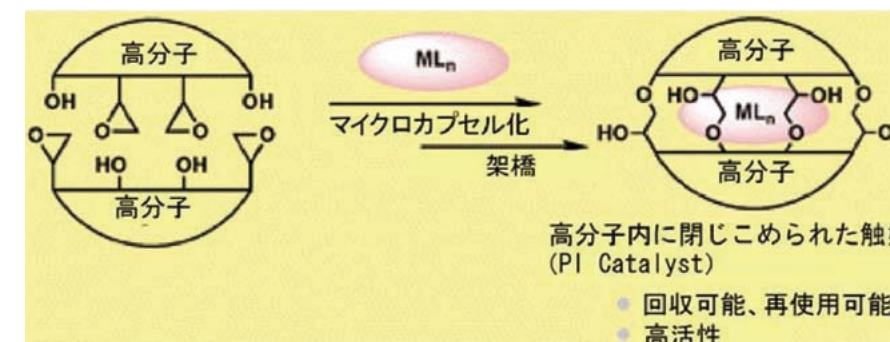


図6. マイクロカプセル化金属触媒

●ナノ遷移金属触媒を用いた環境と人に優しい水中での精密化学合成

有機溶剤中均一系で合成することが常識であった有機化合物を、水中で固定化触媒により合成する新しい技術を開発しています。水と有機溶媒との両方に親和性を持つ高分子ゲル内に分子性金属錯体触媒または金属ナノ粒子触媒を担持させる独自の方法により、疎水性の有機反応物が高分子ゲルの疎水性部分に拡散して高濃度な反応場を発生させ、従来法よりも高い反応性を示すことがわかりました。この方法で触媒不斉合成にも成功しました⁴⁾。

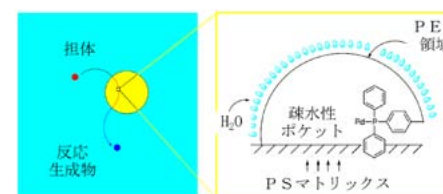


図7. 水中での反応駆動の概念

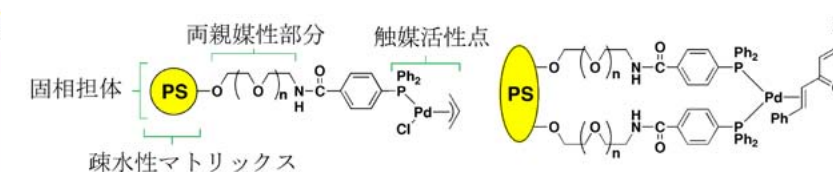


図8. 高分子（ポリスチレン）球担持パラジウム-ホスフィン錯体の分子構造例

ひとの命と健康（1） 免疫-病原体侵入や がん化への備え

CRESTにおける免疫系の研究は、1995年度発足の「生体防御のメカニズム」に端を発しています。自然免疫、免疫制御など重要な分野で萌芽の兆しはありましたが、本研究領域の開始がブレイクスルーを呼んだといえます。

● 自然免疫系と獲得免疫系の連携プレー

CRESTでは、サイトカインを中心とした生体防御系の解析から自然免疫系の活性化機構を明らかにしました¹⁾。この成果はERATO審良プロジェクトに受け継がれ、自然免疫系におけるToll様受容体(TLR)からシグナル伝達経路を経て休止期T細胞にいたる獲得免疫系への橋渡しの役割をTollが担っていることが解明されました。その結果、古典的な理解にとどまっていた自然免疫が、免疫系の単なる一次関門でなく、後に続く獲得免疫への情報発信基地であり司令塔でもあるという位置づけへと転換しました。

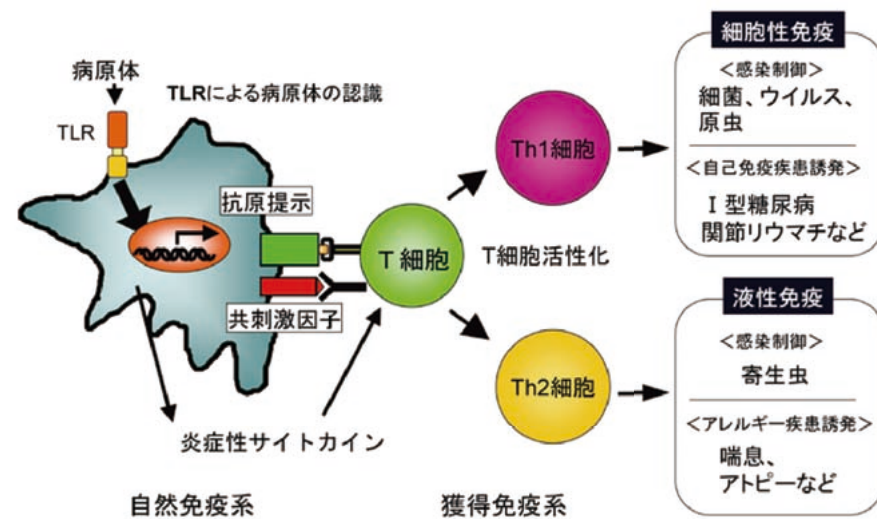


図1. 免疫系は自然免疫系（白兵戦の歩兵隊）と獲得免疫系（標的を狙った鉄砲隊）との連携プレー

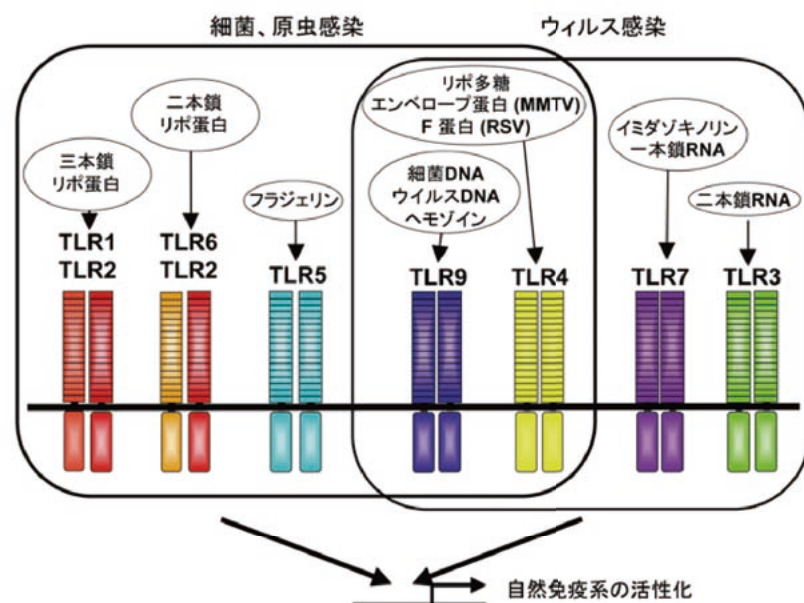


図2. 病原体という外敵の種類によって認識するTLRもヒトでは10種あり、それぞれが次の攻撃の準備になる

● 免疫難病を治療するための分子標的

免疫応答の制御機構の解明は、感染症、自己免疫疾患、癌など難治性疾患の治療法の開発に役立ちます。免疫系特異的に発現する細胞骨格制御分子としてDOCK2を同定し、欠損マウスを作製することで、DOCK2がリンパ球遊走に必須の役割を演じることを明らかにしました（下図左）。DOCK2は、リンパ球遊走を制御するうえでの標的分子と考えられ、移植片拒絶など免疫難病に対する創薬開発手段、新しい治療法を提供します（下図右）。また、甲状腺特異的な自己免疫疾患であるGraves病や橋本病の疾患感受性遺伝子も明らかにしました²⁾。

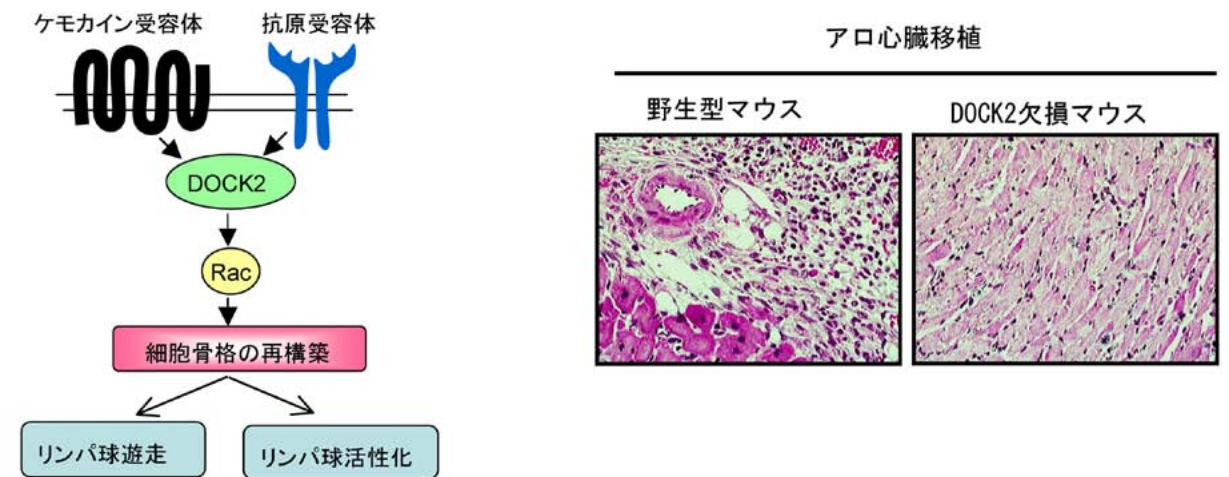


図3. DOCK2はケモカイン受容体や抗原受容体の下流で機能するRac活性化のマスター分子であり（左）、DOCK2が欠損したマウスでは移植心臓の長期生存が可能になる（右）

● 第4のリンパ球系列- NKT細胞

第4のリンパ球系列といわれるNKT細胞に特徴的なVα14受容体を世界で初めて遺伝子クローニングしました。リガンド（糖脂質）を同定し、それによって活性化されたNKT細胞が強力なアジュバント効果を発現して抗腫瘍活性を持つことから³⁾、化学療法や放射線療法に抵抗性の20例の進行肺癌を対象にNKT細胞療法の第1/2相臨床試験が実施されました。平均生存期間19.3ヶ月、60%以上の方は初回治療1回だけで3年以上腫瘍増殖を認めず、転移もなくきわめてよい効果が確認されました。他の肺癌治療法に比べても優れた効果が期待されます。

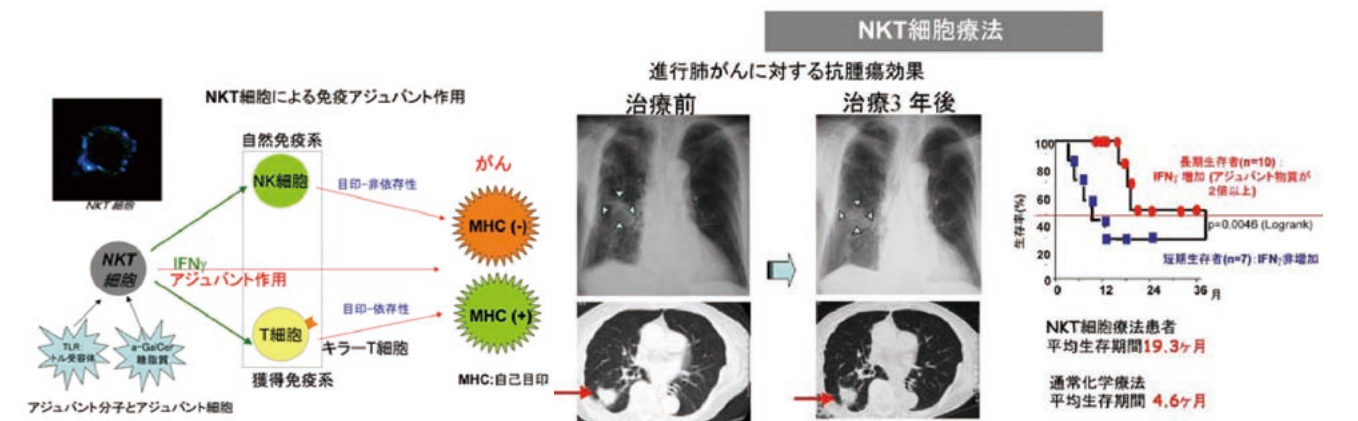


図4. NKT細胞によるアジュバント効果の機序

図5. 進行肺癌を対象にした第1/2相臨床試験結果

ひとの命と健康（2） 万能細胞活用への道を拓く

再生医療をはじめとした先進医療技術の研究開発は、いくつかの関連領域、さらにはナノテクノロジーとも連携しながら拡大・発展してきました。CRESTが先鞭をつけた基礎研究が、最先端の医療技術として花開きつつあります。

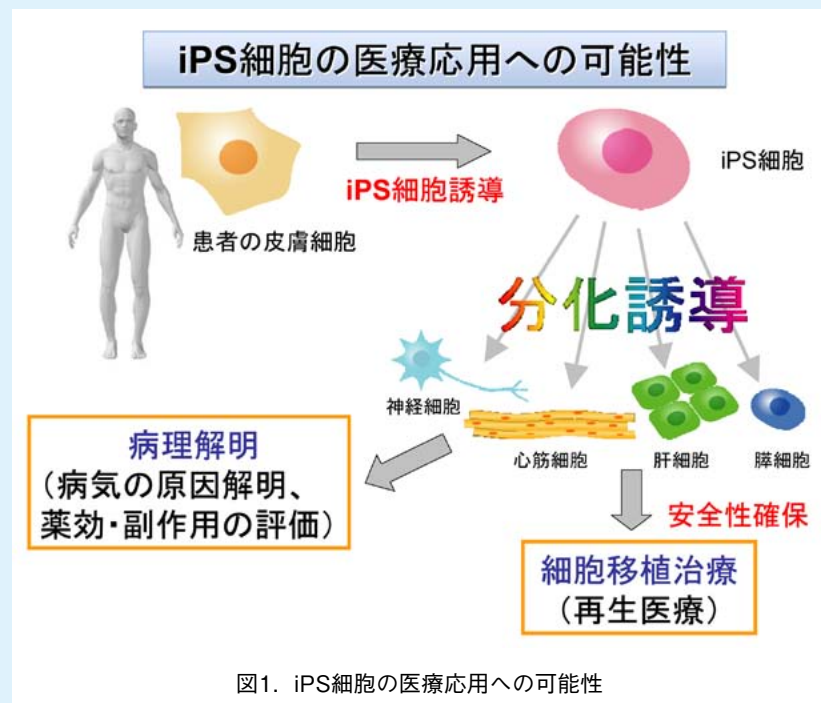


図1. iPS細胞の医療応用への可能性

● あらゆる臓器に分化増殖できる万能細胞（iPS細胞）

ヒトの初期胚に由来するES細胞には倫理的な問題、免疫拒絶反応の問題があります。CRESTでは、人工多能性幹細胞（iPS細胞）を、4つの因子を用いてマウス、次いでヒト体細胞（皮膚）から世界で初めて樹立しました¹⁾。ヒトiPS細胞は脊髄損傷²⁾や1型糖尿病・パーキンソン病などの変性疾患に対する細胞移植療法の資源として期待され、再生医療への応用研究が日本全国の拠点に拡大して米国勢との競争も激化しています。

ヒトiPS細胞の分化能

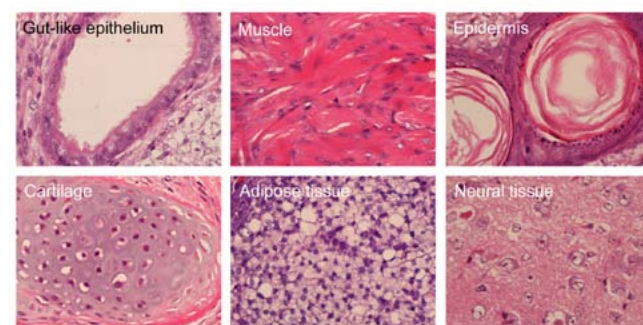


図2. さまざまな組織に分化できるiPS細胞は細胞移植治療（再生医療）や疾患原因の解明などにひろく用いられるであろう（Cell 131:861-872,2007より許可を得て転載）

腫瘍発生頻度

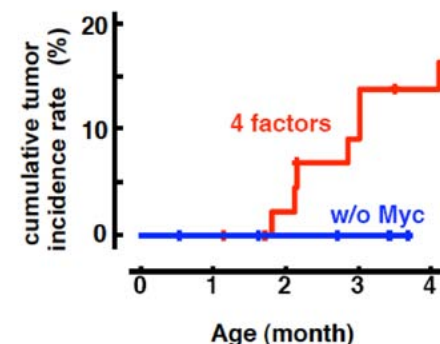


図3. c-Mycを除いたマウスiPS細胞では腫瘍形成はなかったが、安全性上、解決すべき問題はまだまだ残されている（Nat.Biotechnol. Online:30 Nov 2007より転載）

● 臓器再生に向けて— 幹細胞の利用と免疫制御

造血幹細胞の分化と自己複製の制御機構を解明して幹細胞一般に適用できる基盤技術の確立をめざし、その過程で、世界で初めて肝幹細胞の分離同定にマウスで成功しました。また、造血幹細胞を別の個体に移植してキメラ動物の作製を試み、ヒト血液キメラブタの作製にある程度、成功しました³⁾。これを内胚葉系の幹細胞研究に展開すれば、すい臓などの実質臓器にも応用できます。例えばヒト膵β細胞の再生ができれば糖尿病患者にとっては大きな福音となるでしょう。

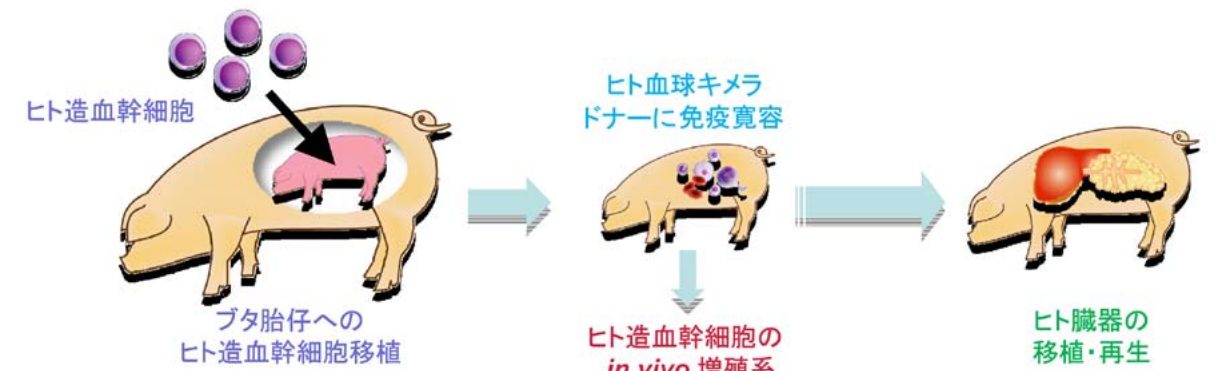


図4. ヒト造血幹細胞をブタ胎仔に移植すると免疫寛容によってヒト血液が増殖できる（バイオリクター）

● 細胞移植治療に欠かせない細胞シート工学

iPS細胞や筋芽細胞などを細胞移植治療（再生医療）に応用するのに細胞シート工学は欠かせない技術です。本研究では、温度によって性質が変わる「インテリジェント表面」を活用して細胞シートを作製しました⁴⁾。患者本人の細胞を用いて、角膜移植、歯根膜移植による骨再生、心筋再生など、各種臓器再生にこの技術を適用できることが実証され、免疫拒絶反応の懸念もなく、きわめて広い応用範囲が考えられます。

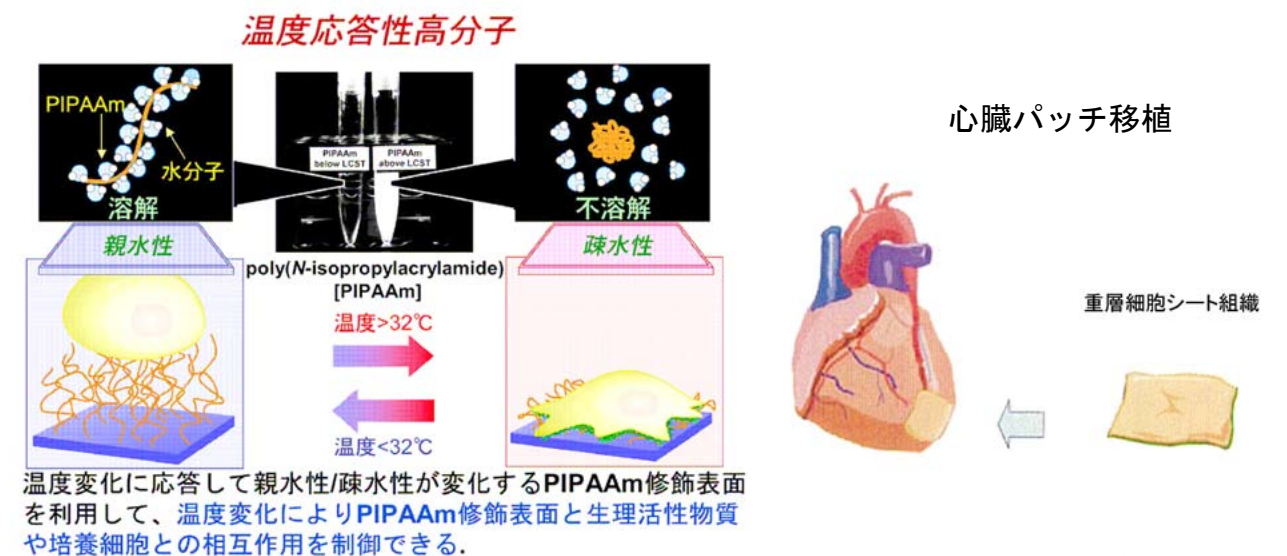


図5. 疎水性表面を細胞増殖の可能な37℃にし、温度を下げると表面が親水性になるインテリジェント表面

図6. 細胞シート技術によって、筋芽細胞を拡張型心筋症の患者の再生医療に用いた

ひとの命と健康 (3) 創薬・ワクチンのための科学技術的基盤づくり

がんや生活習慣病など身近な疾患では、病理を解明するなかで鍵分子を同定し創薬につなげる試みや、ナノテクノロジーをもとにした新医療技術への基盤づくりが続けられ、感染症では、エイズや鳥インフルエンザなどウイルス感染対策としてワクチン創製が試みられています。

●人工遺伝子ベクター

ウイルス性遺伝子ベクターに代わる安全かつ高機能の人工遺伝子ベクターを創製し、遺伝子の送達効率を上げることをめざしました。高分子ミセル型ナノ構造デバイスとして、骨芽細胞への分化誘導に働く転写因子遺伝子発現pDNAを組み込んだベクターにより、骨芽細胞が分化し新生骨形成がマウスで観察されました¹⁾。これは、遺伝子治療モデルによる*in vivo* 骨再生に成功した世界初の例です。

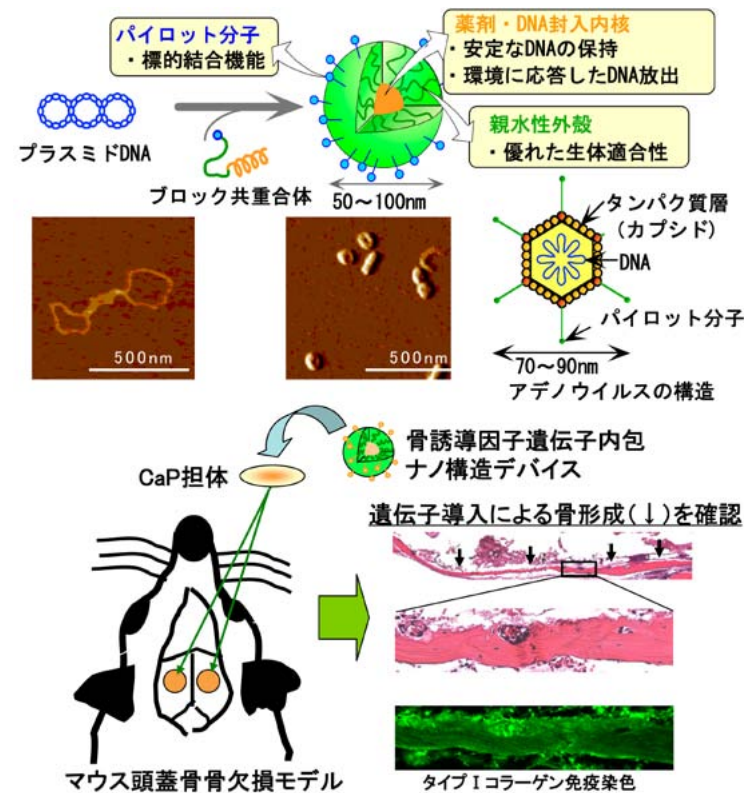


図1. 機能性核酸搭載のナノ構造デバイスの設計事例 (高分子ミセル型)

●メタボリックシンドロームの鍵となる分子

肥満、糖尿病、高血圧症、高脂血症などメタボリックシンドロームは、わが国における死因第一位の心血管疾患の最大の原因です。脂肪細胞由来の抗糖尿病・抗動脈硬化ホルモンであり、脂肪燃焼を促進するアディポネクチンの作用をしらべ、メタボリックシンドロームの根本的な病態である脂肪細胞の肥大とその生理機構を解明するなかで、2種のアディポネクチン受容体をマウスで同定することに、世界で初めて成功しました²⁾。受容体に作用する新規医薬品の探索や機能性食品開発への道が開けました。

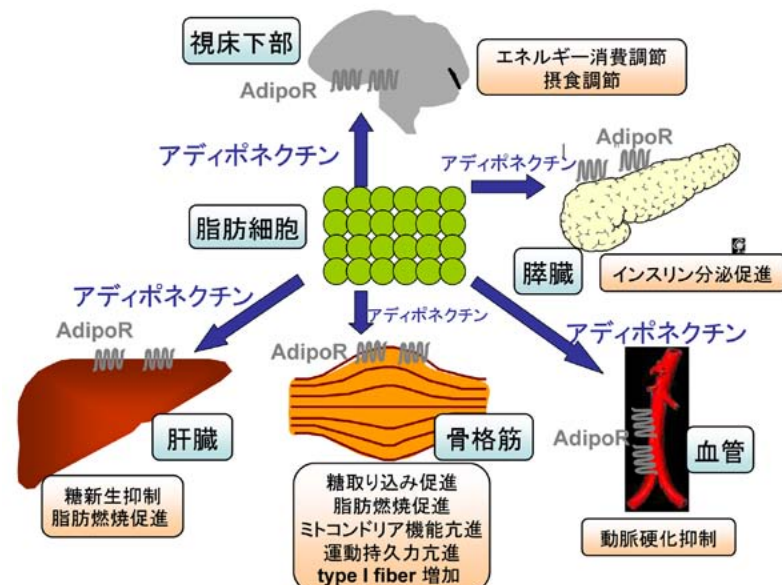


図2. アディポネクチンは各種臓器のAdipo R受容体に働いて、脂肪燃焼の促進や動脈硬化抑制に関与する

ウイルス感染とワクチン開発

●ウイルス合成による次世代インフルエンザワクチン

過去にスペイン風邪は世界で2千万人以上の犠牲者を出しましたが、いまH5N1ウイルスのパンデミック（感染爆発）が世界的に懸念されています。インフルエンザウイルスは、そのゲノムRNAが8つの分節に分かれており、それらがひとつのセットとして規則正しくウイルス粒子に取り込まれます。この結果をもとに、インフルエンザとパラミクソウイルスの両方の防御抗原を発現する組換えキメラウイルスを作製し、これが多価ワクチンとして有効であることを実証しました³⁾。

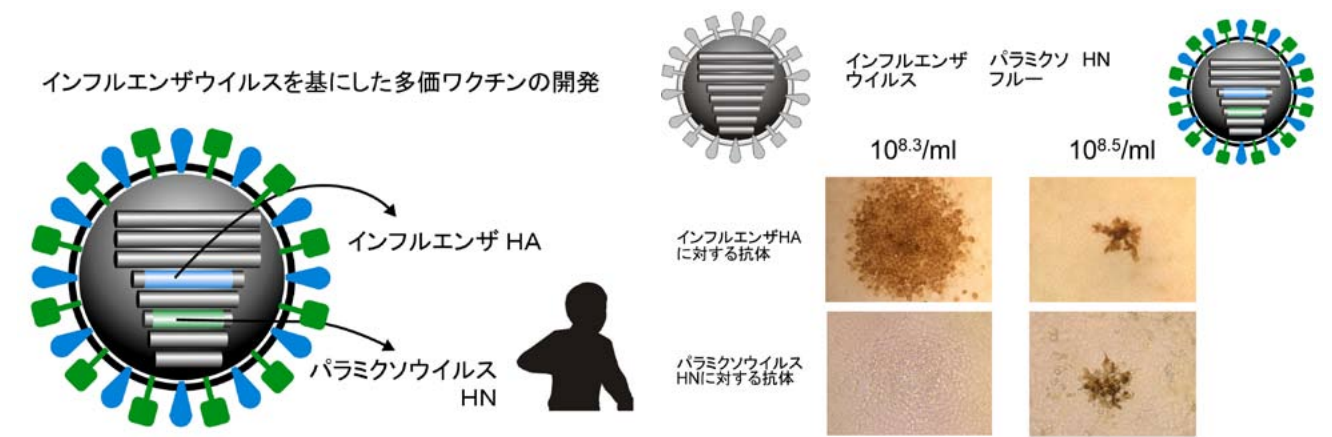


図3. リバースジェネティクスによるキメラウイルスの作製

図4. インフルエンザウイルスのNA遺伝子をパラミクソウイルスのHN蛋白質遺伝子に置き換えた組換えキメラウイルスを作製し、ウイルス感染細胞を各抗体で免疫染色した

●ナノテクノロジーを用いたワクチン開発

ヒト免疫不全ウイルス (HIV) のワクチンの臨床試験は、多くはウイルスベクターを用いた追加免疫方式のワクチンで実施されていますが、効果についてはまだ目処がついていません。CRESTでは、両親媒性高分子からなる生分解性ナノ粒子とワクチン抗原とを内包した免疫原（疎水性γ-PGAナノ粒子ワクチン）を開発して、免疫誘導能をサル感染モデル (SIV、SHIV) で確認しました⁴⁾。この基礎研究は、がんやインフルエンザ等に有効なワクチンの開発へ展開しています。

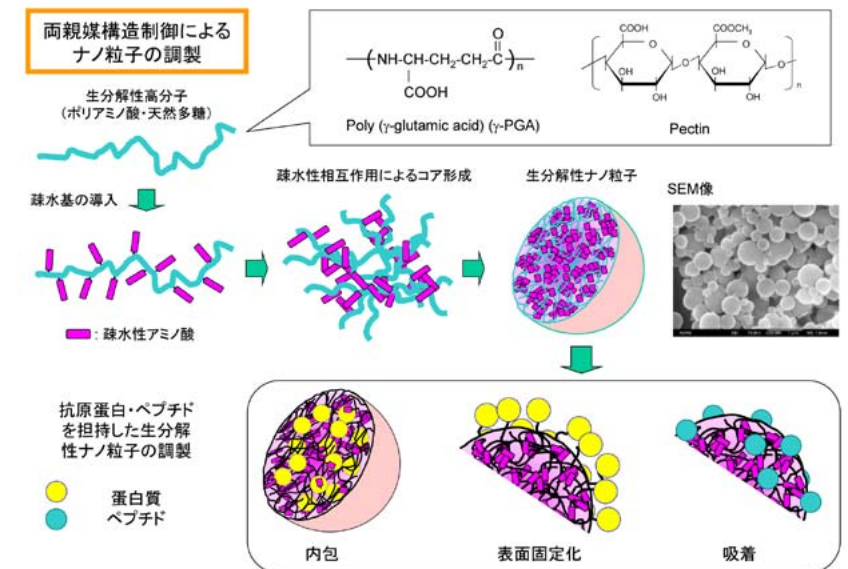
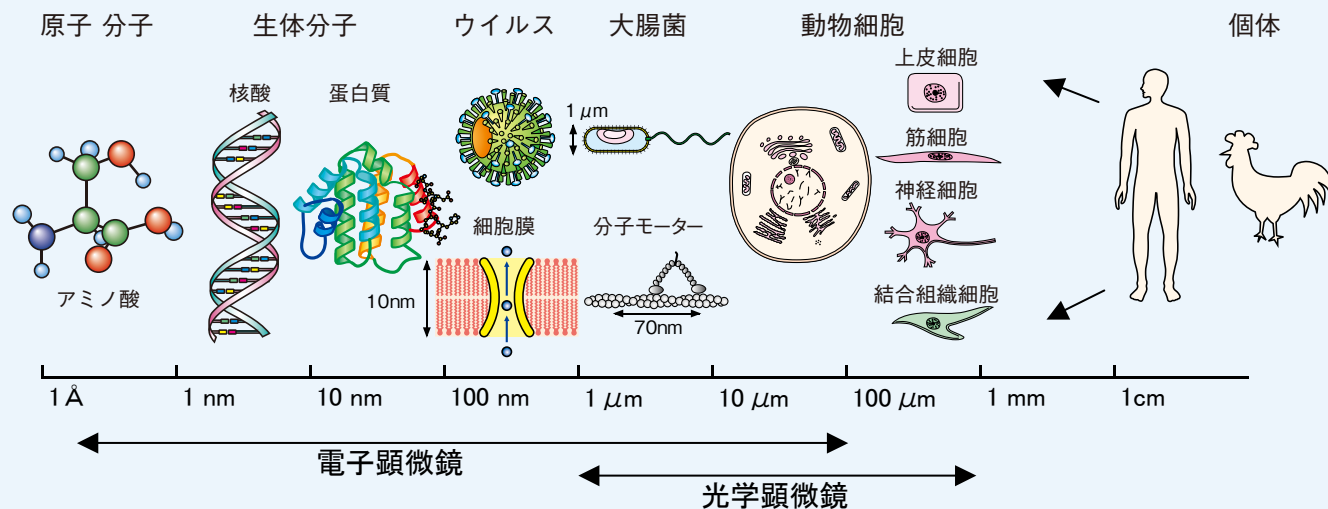


図5. 抗原固定化ナノ粒子の調製とワクチン開発

生命現象にいとむ (1) 生体分子を観る

あらゆる生物は、1個から数十兆個に及ぶ細胞から構成されています。細胞の中では蛋白質、脂質、核酸などの生体分子が自ら集合し、お互いの分子がダイナミックに相互作用することにより、複雑な生命活動が営まれています。



ナノサイズの生体分子の動き

● 生体のゆらぎを計測

生体分子はATPのエネルギーを使い効率良く機能しています。その生体分子の動きを一分子レベルで検出する計測技術を開発しました。分子モーターミオシンのATPエネルギー入力と力・運動発生の出力の関係を同一の分子を使って同時に計測しました。また、ミオシン分子1個を微小針の先に捕捉しアクチンフィラメントに沿ったステップ運動を計測し、ブラウン運動で駆動されていることが観察されました。この結果、生体分子は周囲の水分子からの熱ゆらぎを利用して働いていることが示されました¹⁾。

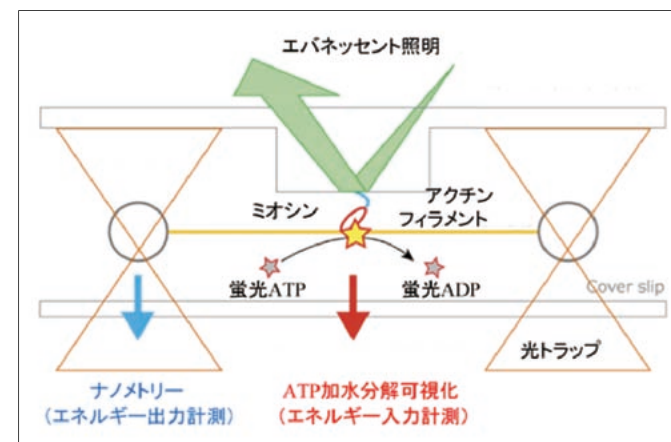


図1. ATP化学反応と力学計測の同時計測

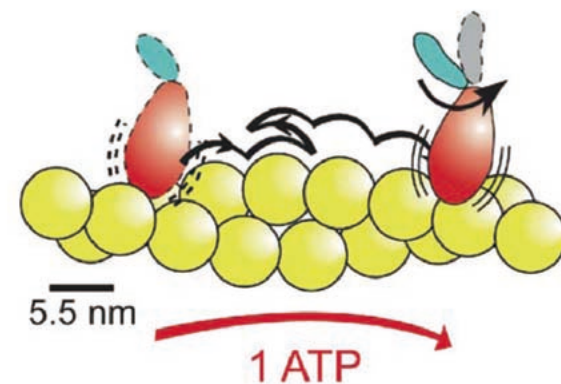


図2. ブラウン運動で駆動される分子モーターの運動

● 一分子を光学顕微鏡で覗く

生体内で一方向への「動き」あるいは「力」を生み出す役目を担う「分子モーター」の働く仕掛けを探索してきました。ミオシンVは細胞内でアクチンフィラメントに沿って“荷物”を運ぶモーター蛋白質で、二本の“脚”を使って“歩く”と考えられています。そこで、片方の“脚”に目印として微小管（細胞内にある繊維状の蛋白質）を結合させ、脚の動き（角度変化や移動）を光学顕微鏡で直接観察してみました。持ち上げた脚が、腰を中心に頭上を含めてあらゆる方向にフラフラと旋回するなど、ヒトの歩き方とはだいぶ違うことが分かりました²⁾。

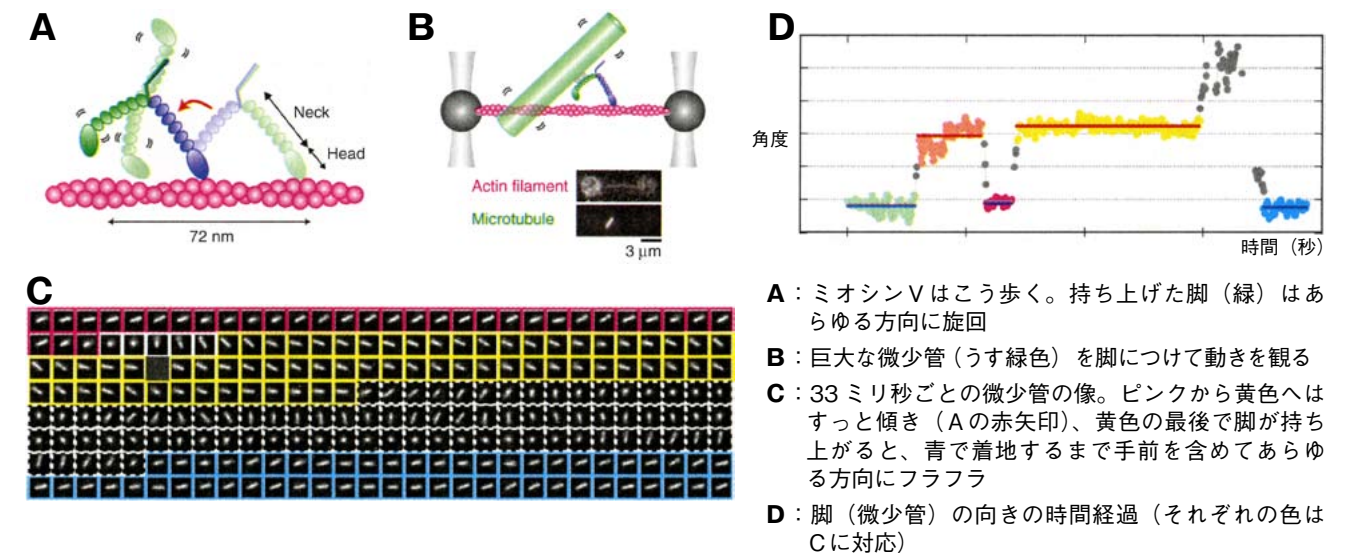


図3. ミオシンVの脚の動き

● 蛋白質を生体にあるがままに観察

電子顕微鏡は、膜蛋白質の構造をそれらが本来おかれている脂質分子の中にある状態で解析できる可能性があります。電子線のエネルギーによる試料の損傷が問題でした。これらを克服した極低温電子顕微鏡および4次元ボルスコープ光学顕微鏡などの開発により、脳に存在する受容体や水チャネルなど膜蛋白質の構造と機能を解明しました。この研究は細胞の構造を立体的かつ動的に高い分解能で観察できる技術として世界をリードしています³⁾。

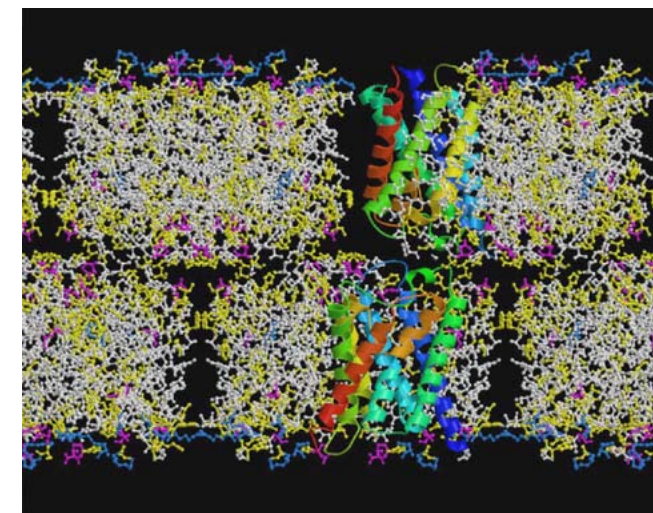


図4. 脳の水チャネルAQP4の構造



図5. 傾斜機構付き極低温電子顕微鏡

1) 柳田敏雄：C06-08

2) 木下一彦：C01-13

3) 藤吉好則：C06-07

生命現象にいとむ（2） 細胞と生体の働き

細胞・生体の生存戦略

●世界で初めてプロテアソームを発見

プロテアソーム（蛋白質分解装置）は不要な蛋白質を選択的に分解することにより、細胞の生存を維持します。分解の標的となる蛋白質にユビキチン(蛋白質マーカー分子)を連結する酵素の発見やプロテアソームの形成の分子機構の解明にも成功しました。このシステムの破綻がパーキンソン病の発症の原因であること等を明らかにし、癌、免疫異常、神経・精神疾患の発症機構の解明へも繋がりました。このことから難治疾患の治療への道が拓かれました¹⁾。

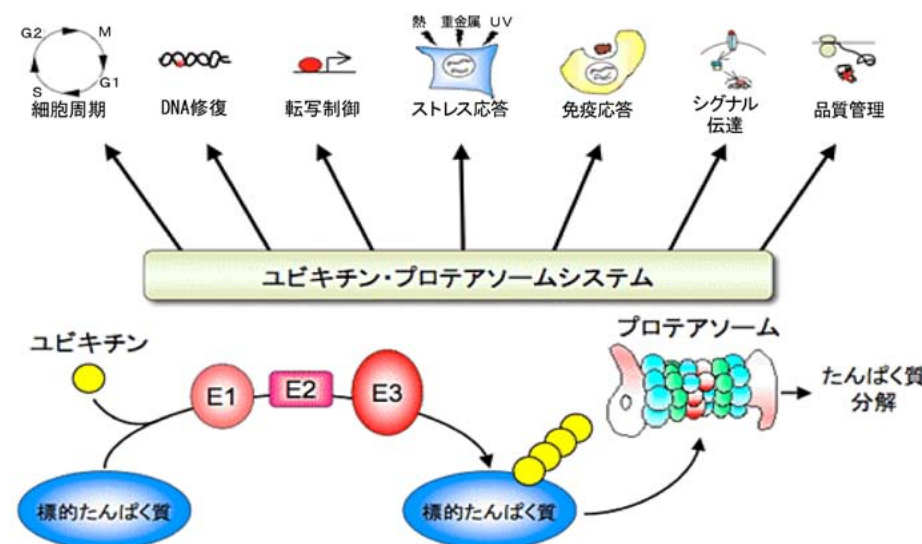


図1. ユビキチン・プロテアソームシステム

●プログラムされた細胞死

生体の恒常性は細胞の増殖、分化ばかりでなく細胞の死によって制御されています。サイトカインの一種である増殖因子や分化因子は細胞の表面の受容体に結合して、その増殖や分化を誘導します。細胞の死はアポトーシスといわれ、サイトカインのひとつであるFasリガンドがその受容体を介して、誘導していることが分かりました。アポトーシス細胞はマクロファージ (MΦ)により貪食されますが、そのときにMΦをリンクする分子MFG-E8も同定されました²⁾。

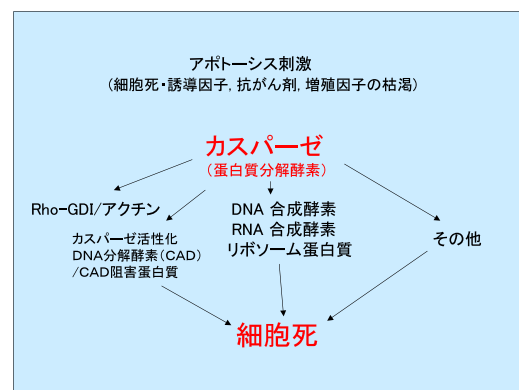


図2. アポトーシス刺激と細胞死の関係

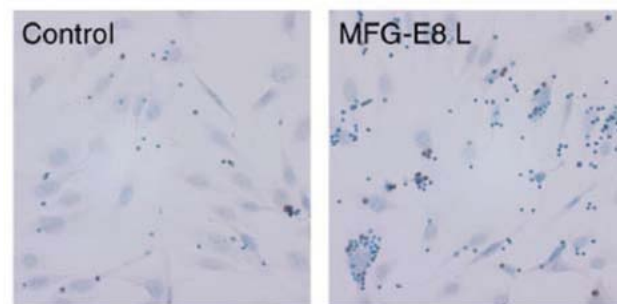


図3. アポトーシス細胞貪食へのMFG-E8の効果

●ホルモン等の核内受容体の生体内機能解析

核内受容体群の遺伝子発現制御機構を分子レベルで解析し、標的遺伝子をノックアウトしたマウスを作成し、生体における遺伝子の役割を解明しました。ビタミンD受容体欠損マウスはヒトの病のモデル動物となります。環境汚染物質ダイオキシンの受容体は蛋白質複合体を形成して、特定の蛋白質の分解を促進することを解明しました。また、女性ホルモンはその受容体 (Estrogen Receptor: ER) を介して、骨質を吸収する細胞である破骨細胞の寿命を調節し、骨量を維持していることを明らかにしました³⁾。

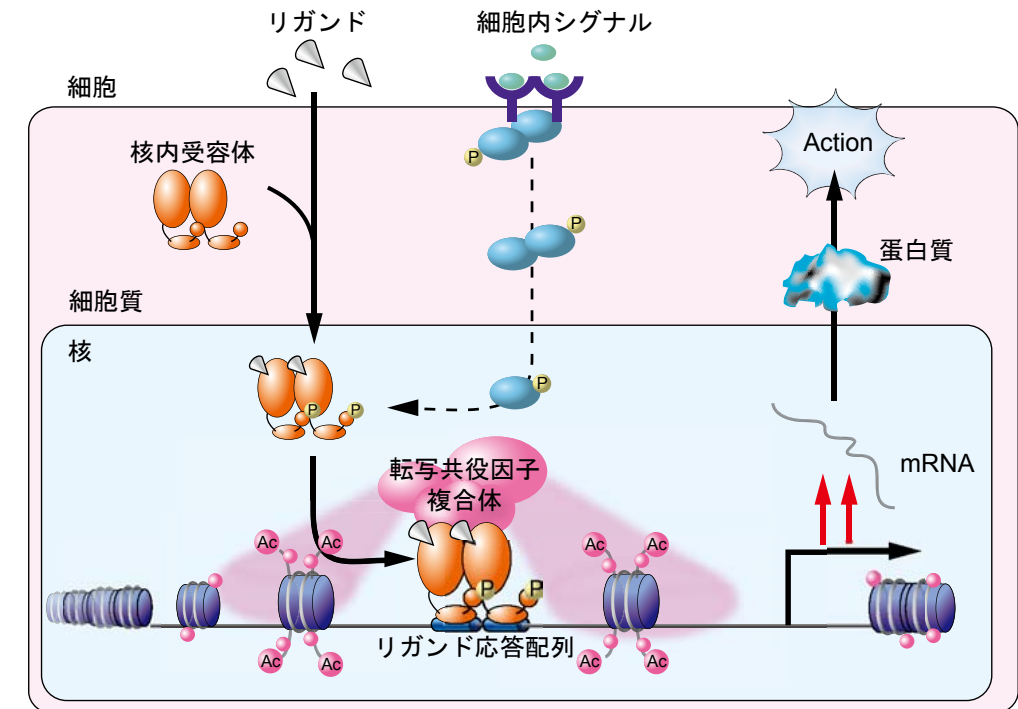


図4. 細胞内メカニズム

神経細胞ネットワーク形成

数十万種類ともいわれる匂い分子を識別する嗅神経回路の形成機構を分子レベルで解明することに成功しました。嗅上皮に存在する個々の嗅細胞は、約千種類存在する嗅覚受容体遺伝子の中から一種類のみを選択的に発現します。また、発現する嗅覚受容体の種類によって、嗅細胞はその軸索を嗅球上の特定の位置に収斂させて糸球体構造を作ります。赤、青、緑で示した異なる嗅覚受容体は、それぞれが匂い分子の異なる官能基を認識し、嗅細胞は、その結合情報を電気信号に変換し、嗅球上では特定の糸球体の発火パターンとして嗅覚を表現します⁴⁾。

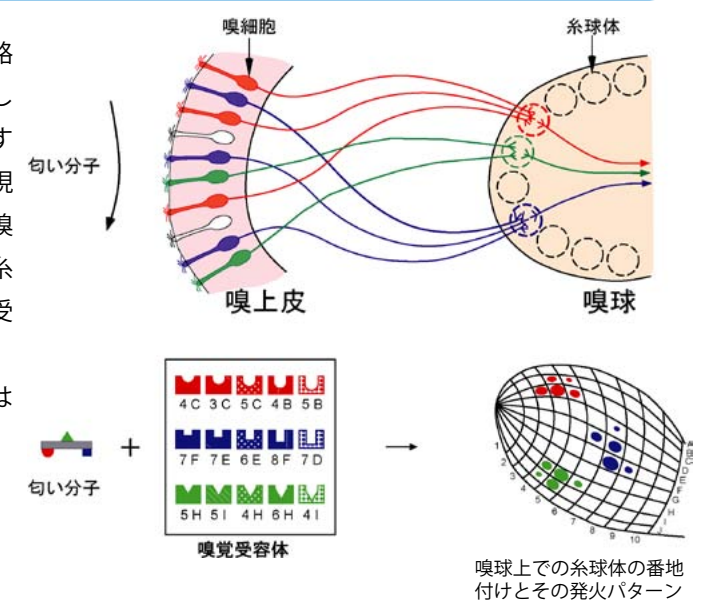


図5. 匂い情報の変換経路

1) 田中啓二：D01-10 2) 長田重一：C02-02

3) 加藤茂明：C01-20 4) 坂野 仁：C03-09

くらしを支える光 (1) 次世代の明かり・光デバイス

半導体レーザー、光通信技術、ディスプレイ、光ディスク・・・と、光エレクトロニクスにおいて日本は常に世界をリードしてきました。CRESTからは、次世代に向けた最先端の光技術のイノベーションが生まれつつあります。

光をつくる

●化粧品原料から紫外発光ダイオード

酸化亜鉛(ZnO)は化粧品にも使われるありふれた材料ですが、これまで発光ダイオード(LED)として使えるような高品質なものは得られていませんでした。本研究ではコンビナトリアルレーザー成膜装置を使った探索の結果、LEDに必要な高品質のn型、p型ZnOの薄膜結晶の作製に成功し、これを用いて、紫外線(UV)のLEDを作ることができました。UVのLEDができると、赤・青・緑の蛍光を出す材料と組みあわせて、昼光色、電球色など好みの白色を思いのまま作り出せるようになります¹⁾。

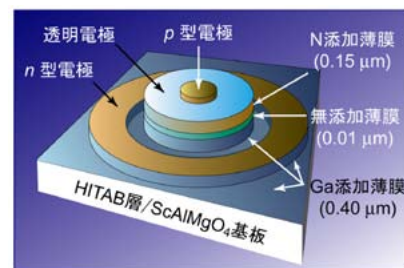


図1. 世界初の酸化亜鉛発光ダイオードの構造と発光

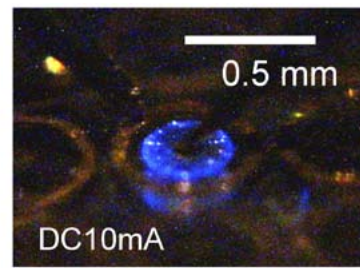


図2. コンビナトリアルレーザー成膜装置(CRESTで開発)

●ダイヤモンドの深紫外発光ダイオード

ダイヤモンドはその優れた特性のゆえに究極の半導体材料といわれていますが、基盤技術が十分でなく実用に至りませんでした。本研究では、人工ダイヤモンドの上に成長させたダイヤモンド薄膜において原子レベルの平坦な表面を実現したのはじめ、高い移動度でのp、n型制御、電極作製などの基盤技術を確認しました。試作したp-i-nダイオードでは10%を超える内部量子効率での深紫外の発光が見られ、i層に蓄積された $10^{18} \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ に及ぶ高濃度の励起子によるものであることが確認されました。深紫外光半導体デバイスは殺菌などの医療分野、精密加工、公害物質の分解処理など大きな需要が見込まれます²⁾。

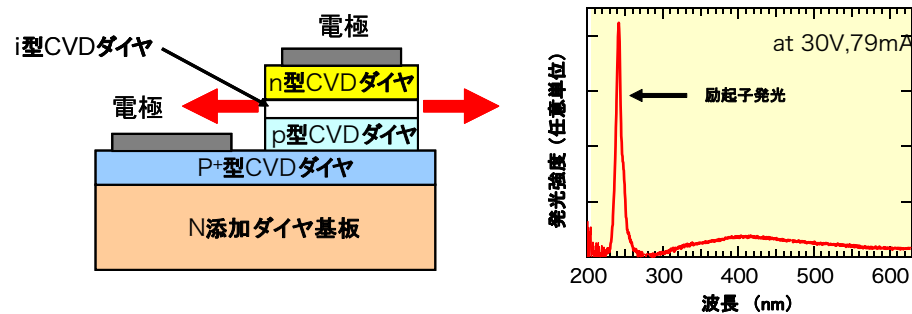
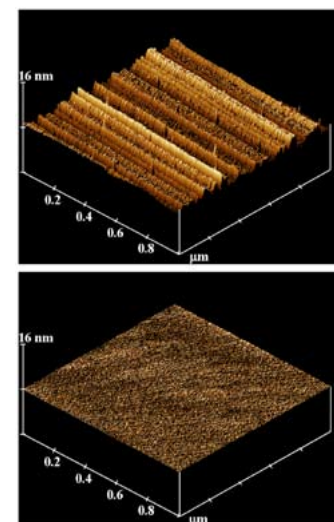


図4. p-i-n接合ダイオードと励起子による深紫外発光

図3. (左上) 人工ダイヤモンド基板(100)面と(左下) その上に成長したダイヤモンド薄膜の原子間力顕微鏡(AFM)像

光デバイス

●超薄膜InN/GaNマトリクス多重量子井戸発光素子

窒化物半導体のInNは、GaNやAlNと組み合わせると深紫外から近赤外までの広い波長域をカバーできます。しかしエピタキシャル成長が極めて難しく開発の障害でした。この研究では、InNの原子レベルの平坦性を持つ結晶品質と伝導型制御を実現しました。また、GaN上のエピ成長では臨界膜厚が約1分子層であることを見いだして、1分子層厚InNをGaNマトリクスに挟んだ多重量子井戸を形成し、発光ダイオードの試作にも成功しました³⁾。

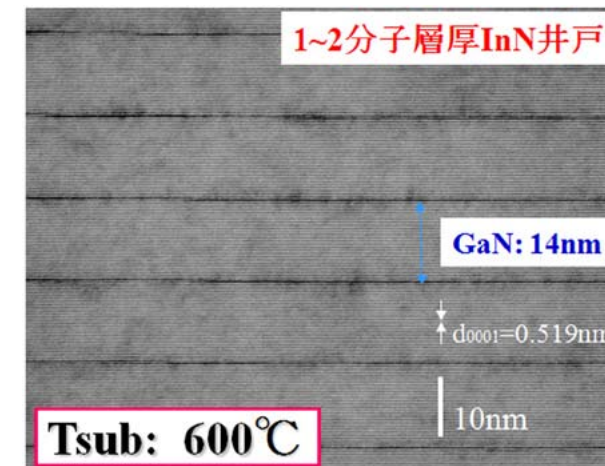


図5. 1分子層InN / GaN多重量子井戸

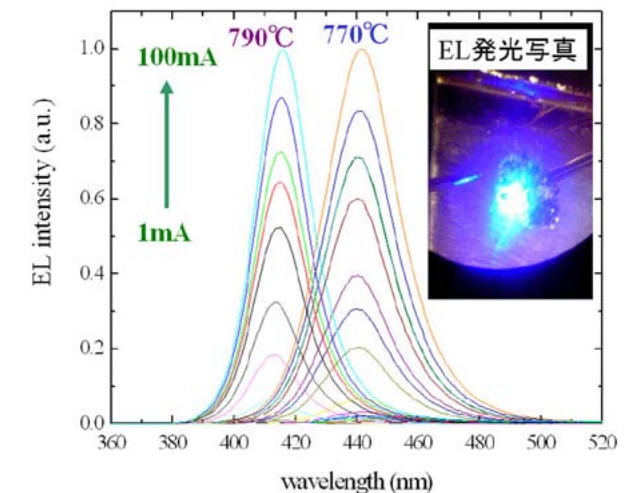


図6. LED構造の室温発光とスペクトル

●有機半導体レーザーに道：超低閾値有機レーザー材料の開発とカットオフモードによる低閾値光増幅

有機半導体発光デバイスの可能性を拡大する有機半導体レーザーの実現を目指しました。新規有機半導体レーザー材料を探索し、ビススチリルベンゼン誘導体(BSB)で $\Phi_{\text{PL}} \sim 100\%$ の発光量子効率とこれまでの報告例で最も低いレーザー閾値($E_{\text{th}} = 0.1 \mu\text{J}/\text{cm}^2$)を実現しました。また、電流励起用光導波路構造、FET構造への大電流注入に挑戦し、 $1\text{MA}/\text{cm}^2$ を超える世界最高値を達成しました。さらに、光導波路構造においてカットオフモードを用いることにより、電流励起下において、光増幅の兆候を見出しました⁴⁾。

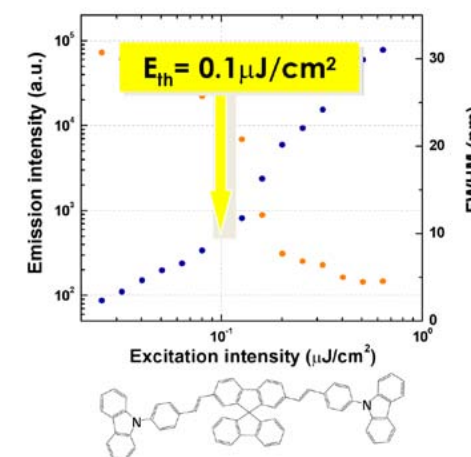


図7. Spiro-BSB:CBPの光励起発光

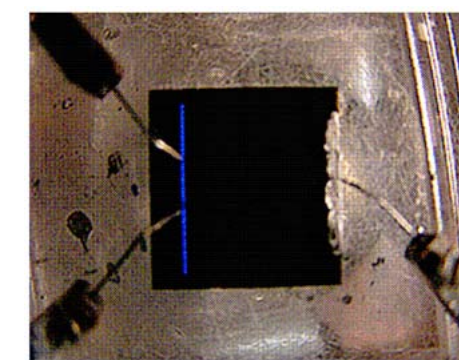


図8. FET構造への高電流注入とEL

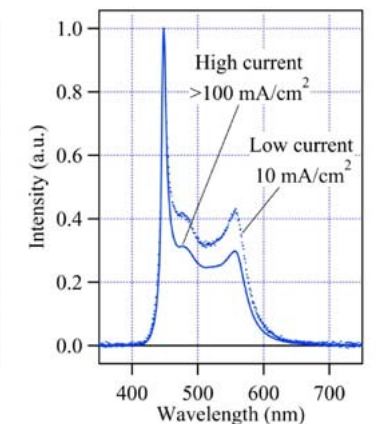


図9. カットオフモードによる光増幅

くらしを支える光 (2) 光で記憶する・記録する

光を光のまま記憶する

光通信システムの交換機では、光をいったん電気信号に変え半導体デバイスに一時記憶させてスイッチし、再び光に変えています。この装置をルーターといいます。光通信システムの超高速化のためには、光を光のまま一時記憶しスイッチできる全光のルーターが必要です。このためにさまざまな研究が行われています。その中から、2つの試みを紹介します。

●フォトニック結晶で開く先端光エレクトロニクス

全光ルーターをめざして：微小空間への光閉じこめのチャンピオンデータ達成

光は一旦放出されると四方八方へと拡がる性質をもつため、光を自在に制御するには、光を極微小領域へ強く閉じ込める技術が必要となります。本研究では、2次元フォトニック結晶の「光ダブル・ヘテロ構造」によって、半導体の薄板の極微小領域に極めて強い光閉じ込めを行うことに成功しました。これによって、光を $1.0\mu\text{m}^3$ の空間に2ナノ秒の間閉じこめることができました。これは世界のチャンピオンデータです。この技術は、例えば、光ファイバー通信用全光ルーターにおいて、データを一時的に記憶するキャッシュメモリ等の応用へとつながっていくものと期待されます¹⁾。

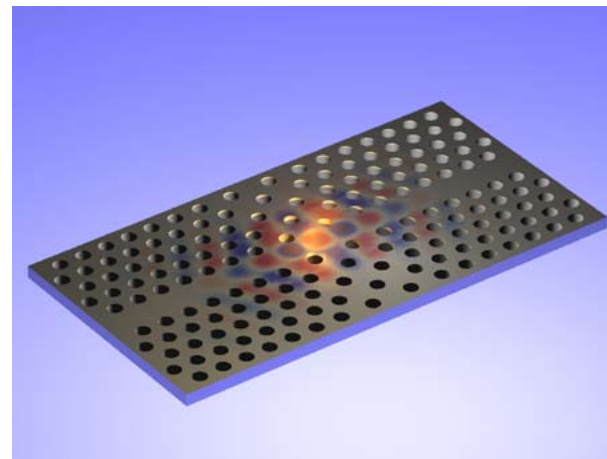


図1. 半導体微細加工技術で作製されたフォトニック結晶

●双安定面発光半導体レーザー全光型超高速光メモリ

全光パケットメモリめざして：半導体レーザーの偏光性を用いた高速光メモリ

これまで全光型超高速光パケットメモリは実現が困難とされていました。本研究では、偏光に2つの安定状態を持つ偏光双安定面発光半導体レーザーを用いて、一つ一つのレーザーの偏光状態を光信号の1ビットとして記録し、必要なタイミングで読み出すことのできる全光型超高速光メモリを試作し、10Gbpsの動作速度を確認しました。また、レーザーの配列内で信号を転送・記録するシフトレジスタ機能も、偏光双安定面発光半導体レーザーによって実証しました。これらの成果によって全光信号処理の実現可能性が示されました²⁾。

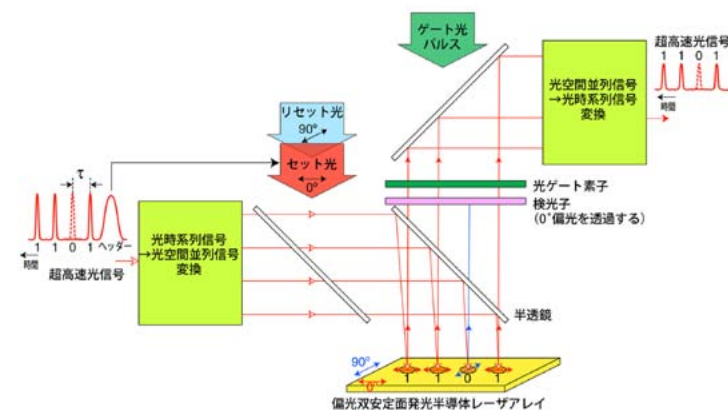


図2. 光パケットスイッチング用光バッファメモリの構成

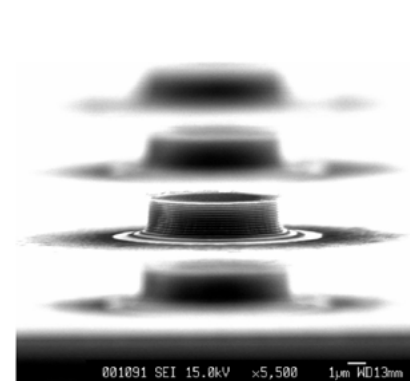


図3. 面発光半導体レーザーの配列

光で記録する

●国際標準となったホログラフィック光ディスク

ブルーレイディスク (BD) の次の光ディスクの本命とされるホログラフィックメモリでは、情報として信号光と参照光の干渉パターンを媒体に記録します。従来の方式では方向の異なる信号光と参照光を使っていたため、CDやDVDなどの光ディスクとの互換性がなく、また装置も大型化するという難点がありました。本研究では、信号光と参照光が見かけ上同一軸を共有する「コリニアホログラフィ」の技術を開発し、高密度のホログラムを回転するディスク[※]に体積記録することに成功しました。記憶容量はCDサイズのディスク1枚に1.3テラバイト (BD60枚) 以上になると期待されます。この記録方式は2007年、ヨーロッパの標準化推進機関Ecma Internationalにおいて国際標準規格として採択されました³⁾。
※この光ディスクは、ホログラフィック・パーサタイル・ディスク (HVD) と呼ばれています

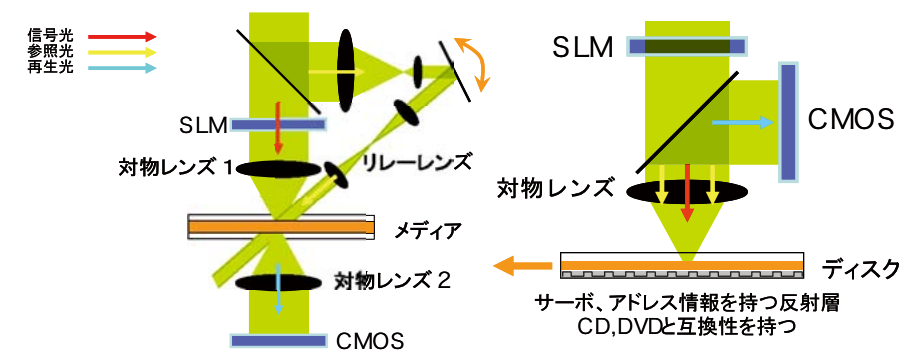


図4. 従来の二光束ホログラフィー

図5. コリニアホログラフィー

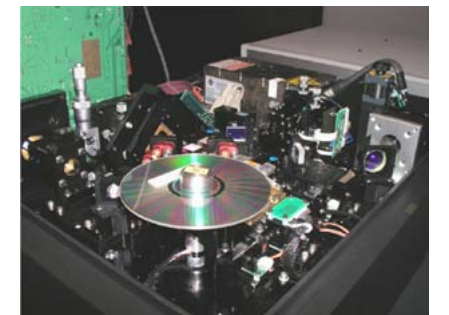


図6. コリニアホログラフィシステム

●ナノ分子磁性体で第5世代光磁気メモリをめざす

有機分子と遷移金属から構成されるナノクラスターで室温強磁性を発見

多層ベンゼンで遷移金属(V)をサンドイッチした「シシカバブ」状のクラスターを作りました。この分子は室温でスピンの強い磁性を持つことを発見しました。この現象は、電子状態を精密に計算して物理的エッセンスをとりだすことによって、このクラスターがハーフメタルであり、2重項間相互作用によって磁性が生じていることが説明されました。将来の1Tb/in²を超える光メモリの磁気記録単位として、このクラスターが使えるのではないかと注目されています⁴⁾。

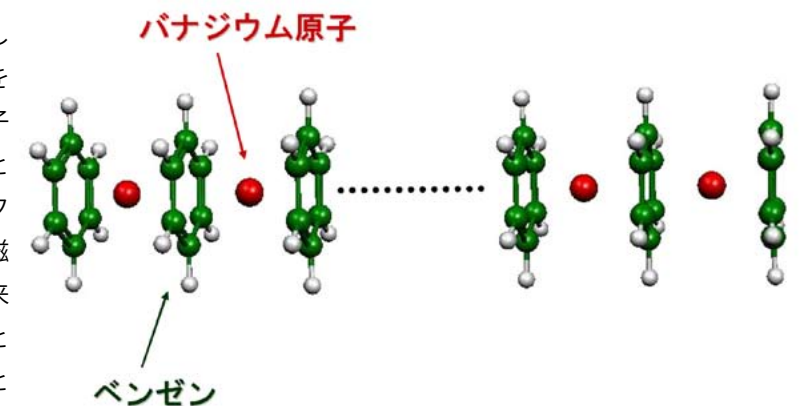


図7. 多層ベンゼン・遷移金属サンドイッチクラスター

未来を拓くマテリアル(1) 新しい機能を求めて ①

材料のナノテクノロジーは、原子・分子レベルの制御と自己組織化などの巧みな手法を駆使して、ナノ構造体に特有な機能を実現します。このような機能は新たなデバイス分野を創出し、私たちのくらしの未来を拓きます。

● 酸化物から画期的な熱電変換性能

熱電変換素子にこれまで使われてきた材料はビスマスとテルルの化合物など稀少で有害な物質で、性能も不十分でした。本研究では、ありふれた酸化物であるチタン酸ストロンチウムと酸化チタンのヘテロエピタキシャル界面を形成すると、界面近傍の狭い領域に高濃度の電子が蓄積されることを発見しました。熱電変換材料として必要な大きな熱起電力と高い導電率、それに低い熱伝導率という通常は相反する特性を独立に制御できるようになり、従来のバルク材料の2.4倍という高い熱電変換性能を実現しました¹⁾。

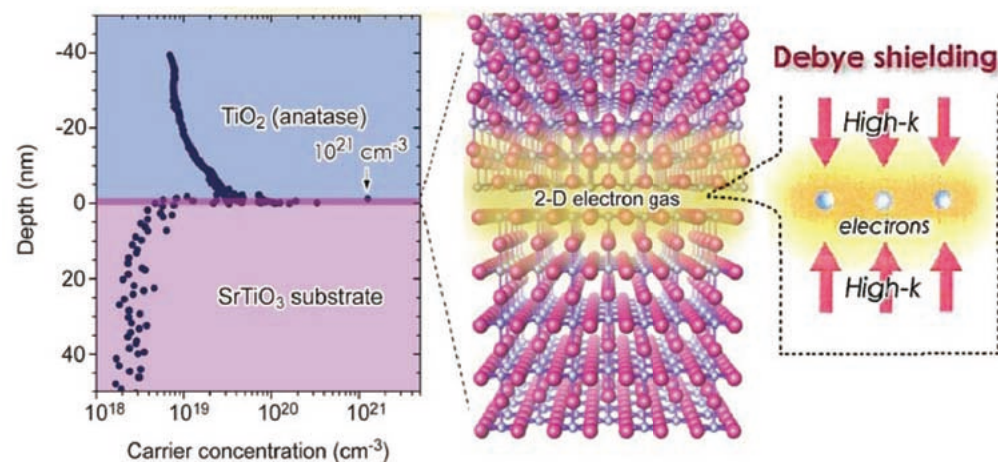


図1. チタン酸ストロンチウム結晶と酸化チタンのヘテロエピタキシャル界面に 2次元電子ガスが蓄積される

● 体内で迅速に自家骨に置き換わる人工骨材料

骨を再生・治療するための優れた人工骨のニーズが高まっています。生体骨は主として無機物（水酸アパタイト）と蛋白質（コラーゲン）から作られたナノ複合体です。本研究では、水酸アパタイトとコラーゲンが自発的にならぶ自己組織化によってナノ複合体になる合成条件を見いだしました。さらに、工学、医学、および企業の緊密な連携により生体骨に似た構造をもった人工骨材料を創出することに成功しました。この人工骨は自家骨と同じように骨の代謝にとり込まれ、本当の骨になります。この材料はスポンジ状にすることで、柔軟で容易に加工でき、かつ骨を作る骨芽細胞が増殖できる理想的な人工骨になりました。現在、実用化を目指して臨床治験が行われています²⁾。

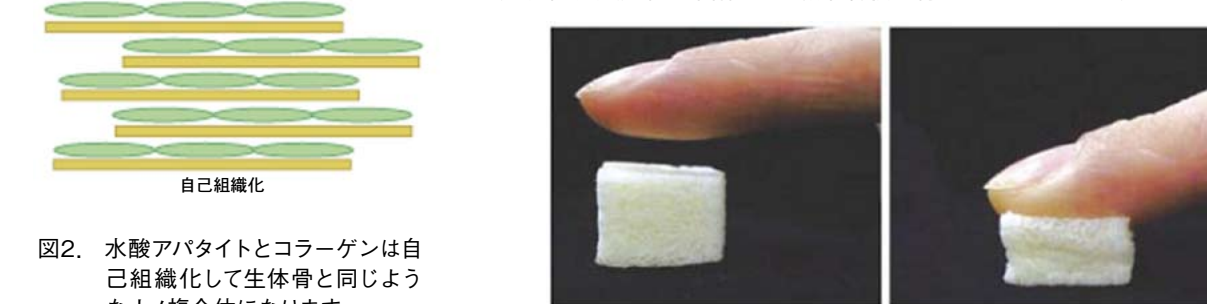


図2. 水酸アパタイトとコラーゲンは自己組織化して生体骨と同じようなナノ複合体になります

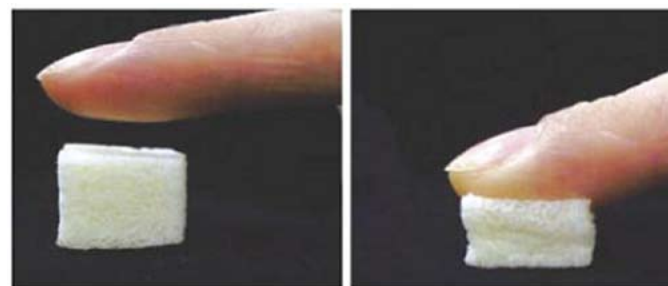


図3. スポンジ状人工骨材料

● 準結晶：物質構造におけるパラダイムシフト

準結晶は、回折パターンの明確なスポットが意味する高い秩序性と、5回、8回、10回など並進秩序を示さない対称性を持つという点で、結晶やアモルファスとは全く異なる物質です。本研究では、一連の安定相準結晶の発見によって準結晶という物質群を確立し、良質な単準結晶の作製に成功し、初めて信頼性の高い物性測定を行いました。また、初めての2元系であるCd-Ybをはじめ、In-Ag基、Zn-Mg基など20に及ぶ新しい準結晶を発見し、この分野を牽引しました。Cd-Yb系の発見はSORSTにおける世界で初めて完全な構造解析の成功につながりました³⁾。



図4. 準結晶の5回電子線回折パターン

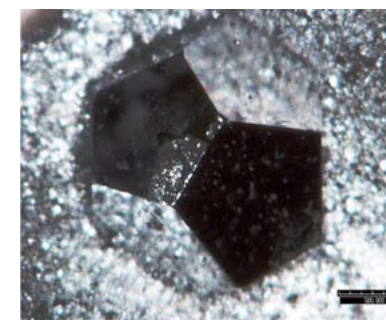


図5. 五角12面体を呈する準結晶の外形

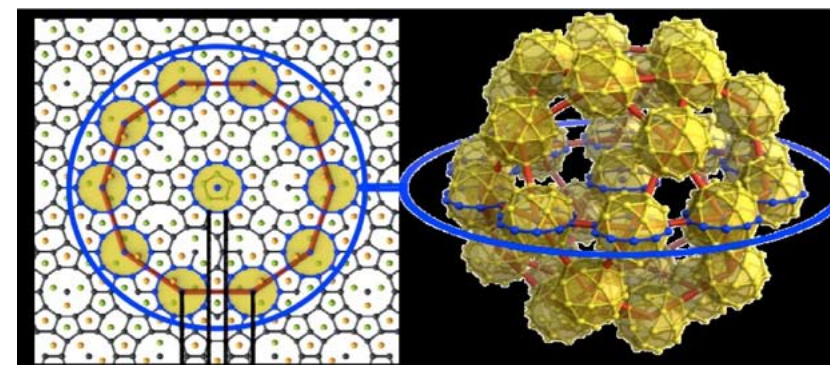


図6. 準結晶の実空間における原子クラスターの分布 a: ある断面の投影、b: 3次元空間の分布 黄色球は一つの菱形30面体原子クラスターを表します

● 単一分子の結晶が金属になる

単一種の分子が三次元的に集合して出来る分子性結晶は、孤立分子の特性を強く残すため、絶縁性の枠は超えられないとされてきました。本研究では、研究開始直前に報告された金属性を示す平面錯体分子[Ni(tmtdt)₂]の結晶について、新開発の微細結晶のための磁化測定技術を駆使して金属特有の磁気量子振動の観測に成功し、分子の独立性を保ったまま金属化している事実を証明しました。この成果は物質科学に革新的な新概念をもたらただけでなく、今後さまざまな特性を持つ単一分子性結晶の出現が期待されます⁴⁾。

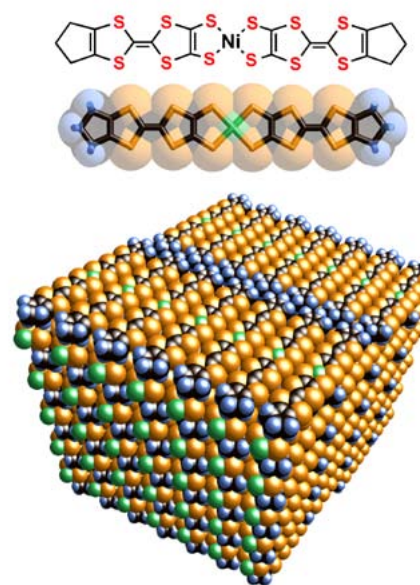


図7. Ni(tmtdt)₂分子とその単一分子性金属結晶

未来を拓くマテリアル（2） 新しい機能を求めて ②

● 高信頼性ナノテンプレート膜

親水性と疎水性を持つ2種のポリマーを結合したブロックコポリマーに、液晶性を付与すると自己組織化によって、数ナノメートル径の親水性シリンダーが、数10ナノメートル周期で規則正しく、基板に垂直に配向することを見出しました。未踏の領域であった数10ナノメートルスケールの加工を可能にするテンプレート（鋳型）となり、金属、セラミックス、高分子など各種材料へのナノ構造転写やナノ複合化が可能になって、様々な用途が展望されます。印刷技術を活用して均一に大面積化することにも成功しました¹⁾。

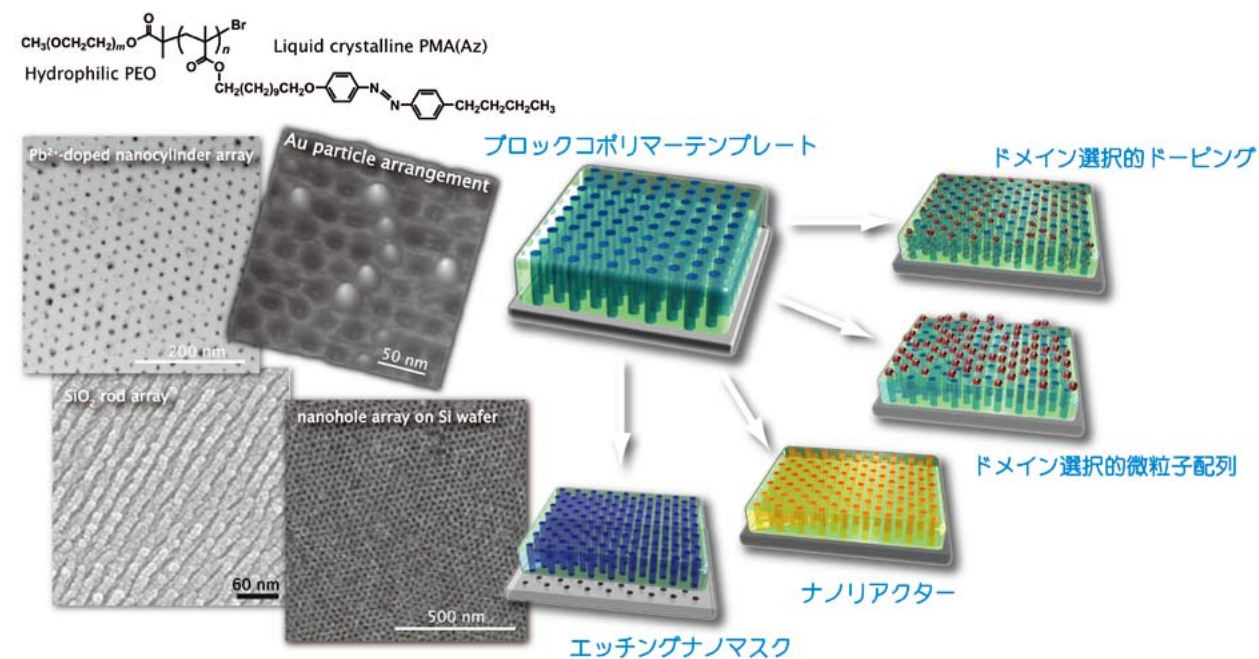


図1. ナノテンプレートの様々な用途

● 精密設計した分子の自己組織化で作る巨大カプセル

精密設計した有機2座配位子(L)と遷移金属イオン(M)との自己組織化によって直径数ナノメートルの巨大カプセルである球状中空錯体、M₁₂L₂₄の合成に成功しました。さらに1個の配位子への官能基導入により、フラレン、ポルフィリンあるいは糖鎖で、外表面の24個の官能基の修飾を達成しました。また、巧みな化学修飾によって内部空間を広げることにより、内面の24個の官能基化にも成功しました。このことにより、分子の特異的な認識やカプセル内部での選択的重合反応が可能になり、ナノメートルサイズの内部空間を反応場として利用し、通常の溶液中では得られない特異反応を提供出来るようになりました²⁾。

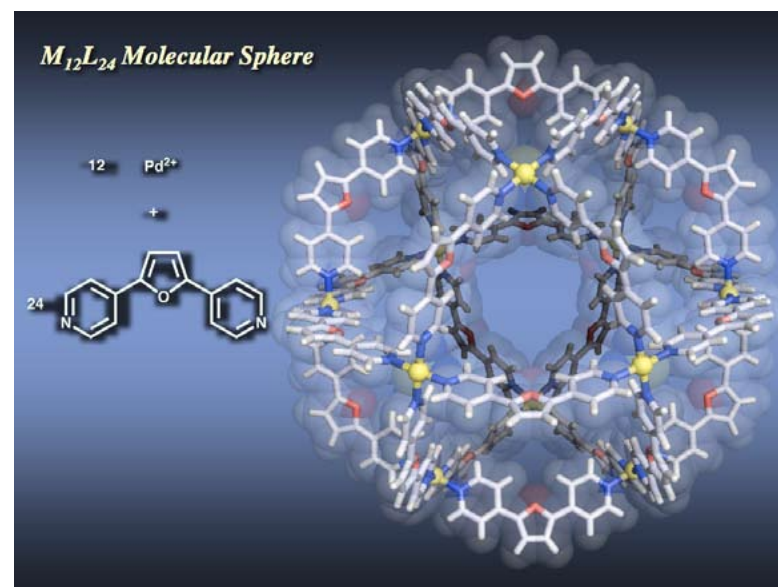


図2. 自己組織化により合成されたM₁₂L₂₄球状中空錯体分子

● フォトクロミック反応をしめす分子結晶

日本において見出された新しいフォトクロミック分子「ジアリールエテン」の性能の向上をめざしました。この分子は、紫外光により着色し、可視光により退色します。光発色した色の安定性は47万年にもなり、光反応効率は単結晶化により100%を達成しました。繰り返し耐久性も向上し、結晶状態では10万回を越えています。現在では、この分子をもちいた究極の超高密度光メモリである「単分子光メモリ」あるいは分子結晶からなる「光駆動アクチュエータ」へと発展を続けています³⁾。

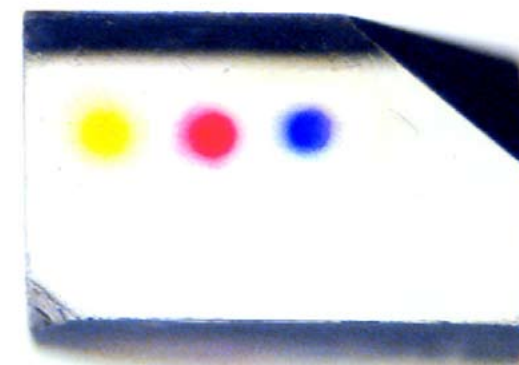


図3. 3色に光着色するジアリールエテンの分子単結晶

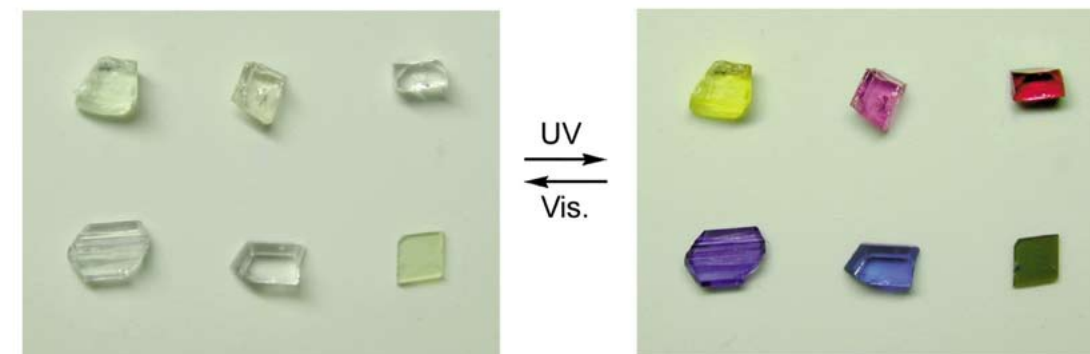


図4. ジアリールエテン分子ファミリーの結晶フォトクロミズム

● トポロジカルゲルを利用した生体機能材料

従来的高分子ゲルでは、高分子同士を架橋によって固定し、三次元の網目構造を形成していました。伊藤らによって発明されたトポロジカルゲルはポリロタキサンで網目構造を作り、架橋点をシクロデキストリンの2量体の「8」の字形構造で形成するもので、架橋点が自由に動けます。応力をかけると高分子鎖の張力が均等になるように架橋点が移動し応力が分散される結果、伸張性が高く、履歴を持たず、皮膚や血管などの生体組織と類似のユニークな力学特性を示します。医療用生体機能材料としての応用展開が進行しています⁴⁾。

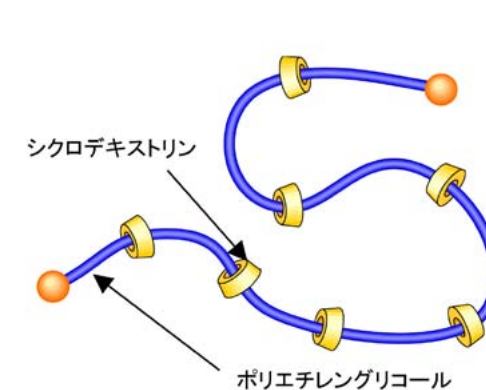


図5. ポリロタキサン

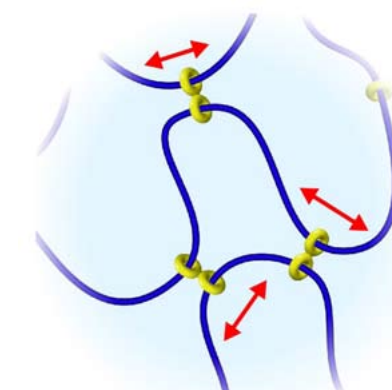


図6. トポロジカルゲル

未来を拓くマテリアル(3) 高温超伝導材料

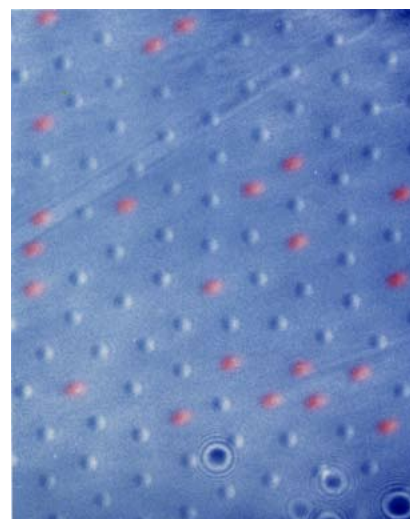
1986年に発見された高温超伝導は、20年を経て実用化が射程に入るところまで発展しました。この背景には、20年間絶えることなく続いたJSTをはじめとする国の助成や、企業の努力があり、それがようやく実を結ぼうとしています。

磁場の制御と高温超伝導の開発

●送電に使われ始めた高温超伝導：ビスマス系材料

ビスマス系の超伝導材料は日本で発見されたものです。これに鉛を高濃度にドーピングすることで高性能になることを解明しました¹⁾。また、1MV電子線干渉型電子顕微鏡を開発、磁束量子をその場観察することが可能になりました²⁾。このような成果の積み重ねは、基礎科学への貢献に加えて実用開発への道を開きました。民間企業での研究開発も進展し、高温超伝導ケーブルが作られ[※]、米国で試験的に電力供給に使われています。

※住友電気工業



日立製作所 提供

図1. 高温超伝導体中の傾いた柱状欠陥に捕捉された磁束量子(赤い像)と、膜を垂直に突き抜ける磁束量子(青い像)



住友電気工業 提供

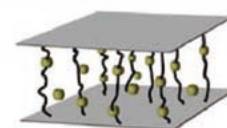
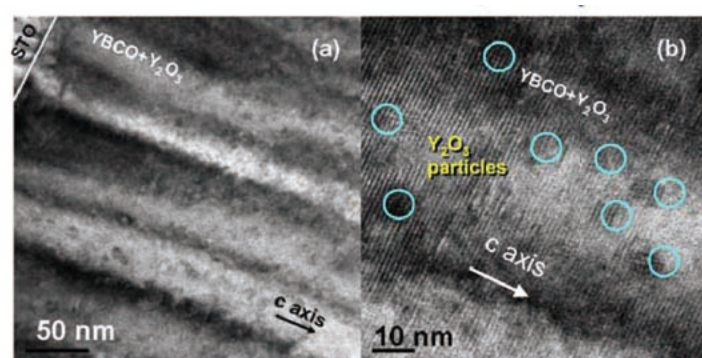
図2. 高温超伝導ケーブル

●人工ピン止めで磁場を抑える：イットリウム系材料

高温超伝導体の中で磁束量子の動きを止めるピン止めを起こすのは「ピン」と言われる結晶欠陥や異種の材料です。この研究では、イットリウム系薄膜の高温超伝導体に人工ピンを導入し、磁場中での性能を大きく向上させることに成功しました。これを使ってコイルを作り、今使われているMRI[※]やSMES^{※※}などのマグネットを置き換えると、低コスト化、省エネや、さらにエネルギー問題解決等につながります³⁾。

※ MRI:核磁気共鳴画像診断装置
核磁気共鳴を利用して生体の内部を観察する装置。大型のマグネットが使われており、医療の診断に利用されています

※※ SMES:超伝導電力貯蔵システム
超伝導コイル中に永久電流として電力を貯蔵するシステム



・SURFACE MODIFIED TARGET
・DIAMETER=5~10 nm
・DENSITY=Matching Field>10T

図3. 超伝導体への3次元人工ピン導入

●大型マグネットへの応用：MgB₂材料

MgB₂の超伝導性は秋光純が発見し、金属系では20年ぶりの更新記録であるT_c=39.8Kを達成しました⁴⁾が、この新材料は低コスト、省エネルギーな上に比較的取り扱いが簡単です。この特徴を活かした広い用途開発が期待されています。実際に、民間企業ではこの材料を使ったマグネットの研究が盛んに行われ、液体ヘリウム不要の大型のマグネットが開発されました[※]。MRIなどへの応用が期待されています⁵⁾。

※JR東海、日立製作所共同開発

特徴的な二次元的構造(蜂の巣型の格子)

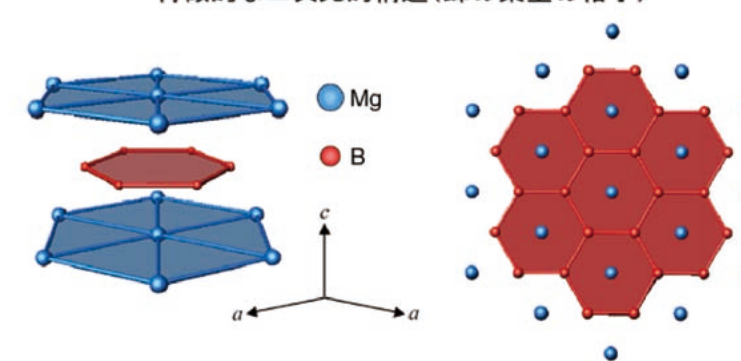


図4. MgB₂結晶構造



JR東海提供

図5. MgB₂超伝導マグネット

●独創的な超小型超省エネMgB₂中性子検出器の実現へ

MgB₂に含まれる硼素は中性子と原子核反応を起しやすい性質を持っています。この性質を利用して中性子検出器を製作する基礎的な研究をしました。MgB₂薄膜上に作製した超伝導細線に電流を流して中性子を照射すると超伝導が壊れて電圧が発生するので、高性能の中性子検出器が可能になります。実際にこの現象を確認し従来よりも性能の高い検出器ができることを実証しました⁶⁾。

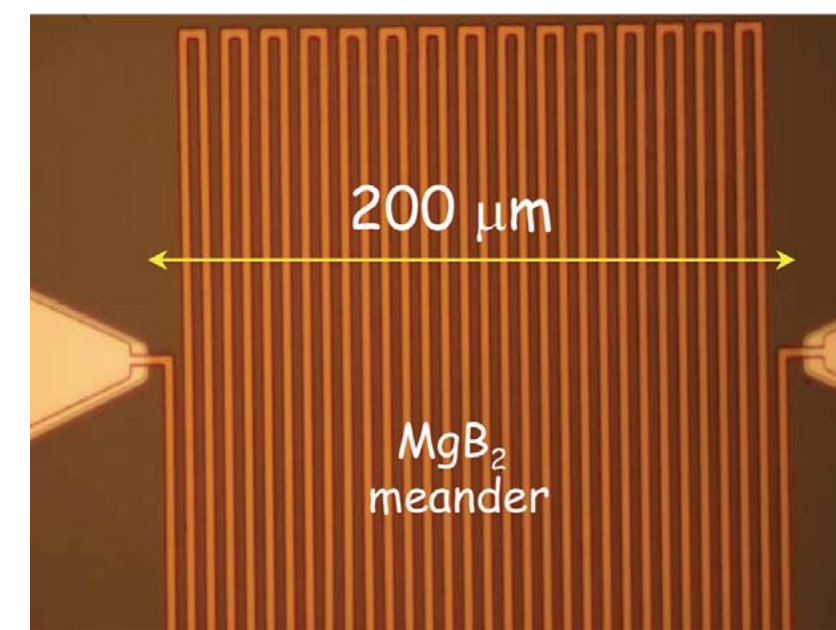


図6. 線幅3 μmのMgB₂素子

未来を拓くマテリアル(4) ナノカーボン材料 とデバイス

フラーレンの発見にはじまったナノカーボンの研究は、飯島澄男によるカーボンナノチューブ(CNT)の発見をきっかけに大きく飛躍しました。ここではCNTを中心に材料、デバイスの研究を紹介します。短い期間にデバイスの研究まで進んでいることは驚きです。

ナノカーボン新材料

●カーボンナノチューブの特性制御に向けた成長機構の解明

カーボンナノチューブ(CNT)の電気的特性はサイズや炭素原子の並び方によって変化するため、デバイス応用にはCNTの構造の精密な制御が必要です。本研究では新開発の手法でのその場観察を行い、成長機構と触媒の役割を明らかにしました。その結果、従来は触媒作用が無いとされた金・銀・銅などの金属ナノ粒子をはじめ、SiC、Si、Geの非金属ナノ粒子も触媒作用を持つことを見いだしました。CNT成長中に結晶状態を維持できる触媒は、構造制御の観点から極めて有利でありCNTの実用化へのブレークスルーとなることが期待されます¹⁾。

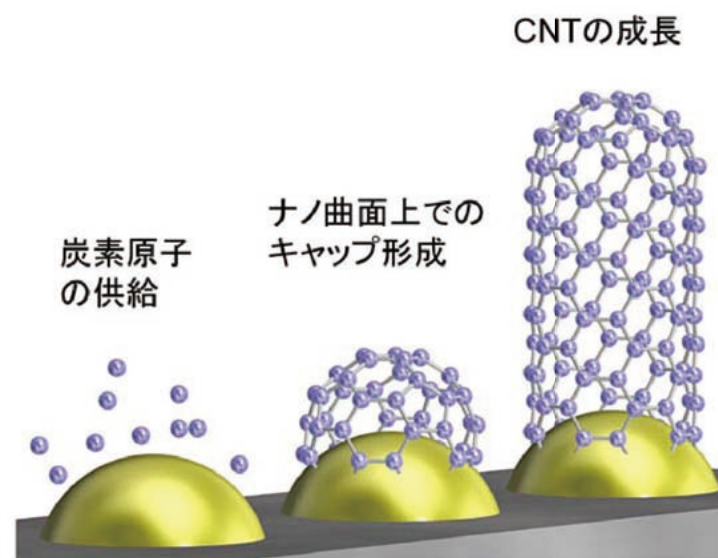


図1. 触媒表面からのCNT成長

●新世代カーボンナノチューブ: 金属内包の多層チューブ

CNTは超微細デバイスの構成材料として期待されています。本研究では世界で最小の内径をもつ2層CNT(DWNT)の高品質・高純度の大量合成、および各種の金属原子を内包したフラーレンをさらに単層、多層のCNTに内包させたハイブリッド材料(金属内包フラーレンピーポッド)の合成に初めて成功しました。さらに、金属内包フラーレンピーポッドを高温熱処理することにより、高純度の金属原子ナノワイヤーをDWNT内部に創製することに、世界に先駆けて成功しました。この新規CNT物質は、その構造と興味深い電子・磁気物性のために多くの研究者の注目を集めています²⁾。

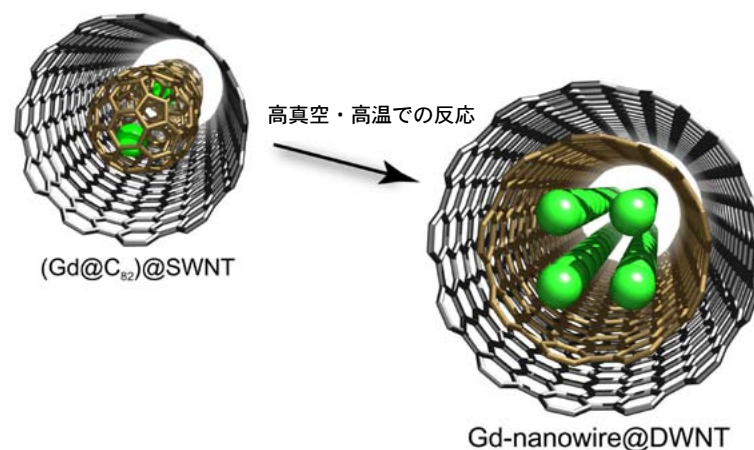


図2. 金属内包フラーレンピーポット

●新たな触媒、カーボンナノファイバー

カーボンナノファイバー(CNF)は、新規なエネルギー、省エネルギーに貢献する触媒或いは触媒担体に適した材料です。図に示すように、CNFは炭素六角網面の配列した基本単位がプレートレット、ヘリングボーン及びチューブラーの3種の形で集積した構造があります。繊維径と構造を最適にすることで、実用化の基盤を構築しました。これをメタノール型燃料電池の負極に使うことで、白金使用量を40%以上削減し150%以上の活性を実現しました。さらに、PEFC用正極触媒担体としての利用可能性も認められています。また、リチウムイオン電池の負極修飾材やSOx、NOx、シックハウスガスの捕捉無害化触媒にも実用可能であることを解明しました³⁾。

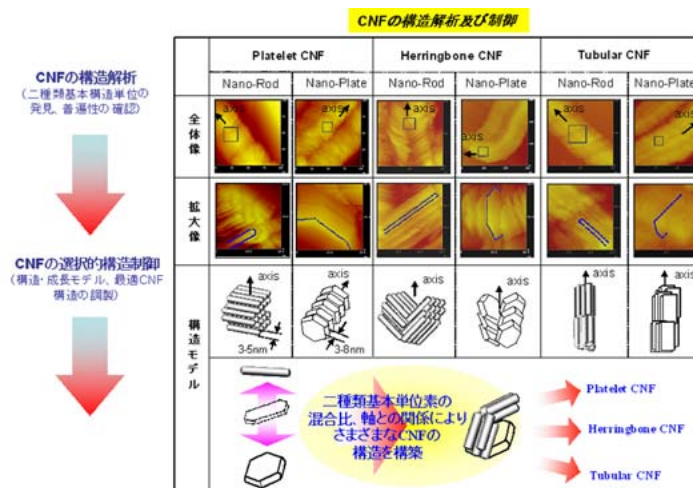


図3. カーボンナノファイバーの構造

ナノカーボン新デバイス

●カーボンナノチューブから高感度バイオセンサー

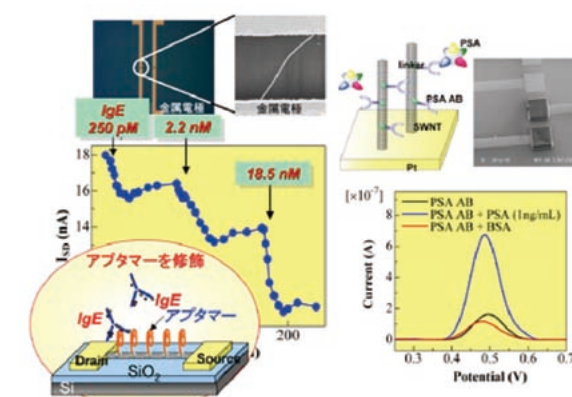


図4. カーボンナノチューブFETを利用したIgEセンサーと電流変化による検出

直径が1~2nmと極微サイズのCNTは外部の電荷の変化に対し敏感に伝導特性が変化します。この特徴を利用して、アレルギー抗体IgEと特異的に反応するアプタマー^{*}でCNTを修飾し、250 pMの低濃度のIgEを明確な電流変化として捉えることに成功しました。これは従来の手法では得られない最高の高感度です。また前立腺癌特異抗体で修飾したCNTを電気化学反応の電極として使用し、癌抗原を実用化に十分な感度で捉えることに成功しています⁴⁾。

^{*}アプタマー：蛋白質の立体構造に特異的に結合する分子

●カーボンナノチューブの量子ナノデバイス

1本のCNTに電子を閉じこめた量子ドット(単電子トランジスタ)では、1個の電子を充電する帯電エネルギーがテラヘルツの領域に入ります。したがって、CNT量子ドットはテラヘルツ波に対して量子的に応答することが期待され、実際テラヘルツ波を光子として検出することに成功しました。このことは、量子コンピューティングなどのナノエレクトロニクスへ発展が期待されるだけでなく、開発が遅れているこの周波数帯での新しい検出器としても発展が可能です⁵⁾。

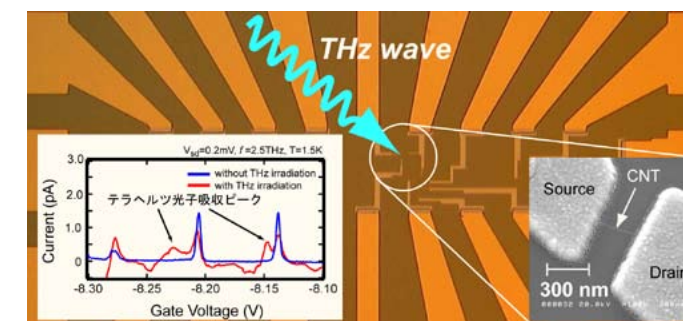


図5. CNT人工原子とTHz量子応答

未来を拓く先端科学技術(1) デバイス

デバイスのナノテクノロジーは従来の微細化の延長上のトップダウン型、ナノ材料を積み上げるボトムアップ型の二つのアプローチによって、従来にない機能を実現します。CRESTの成果のいくつかの例を示します。

●テラヘルツ帯で発振する電子デバイス

テラヘルツ帯は大容量の無線通信、イメージング、計測などの分野で応用が期待されています。しかし室温で動作するコンパクトな半導体発振素子がなく、普及への妨げになっています。この研究ではInP系共鳴トンネルダイオード(RTD)と平面微細アンテナを集積した室温動作のテラヘルツ発振素子を作製し、1.02 THzまでの高調波発振に成功しました。1mm角以下の小さな素子であり、機器の小型化と低価格化に貢献できます¹⁾。

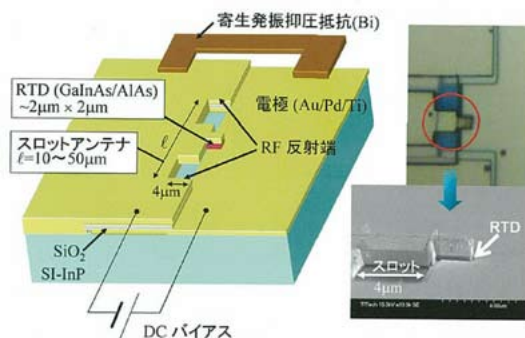


図1. 共鳴トンネルダイオード発振素子

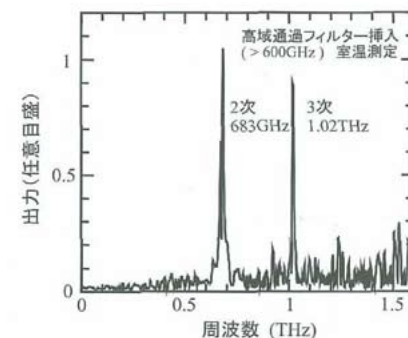


図2. テラヘルツ波の発振

●量子細線レーザーの作製と基礎特性の解明

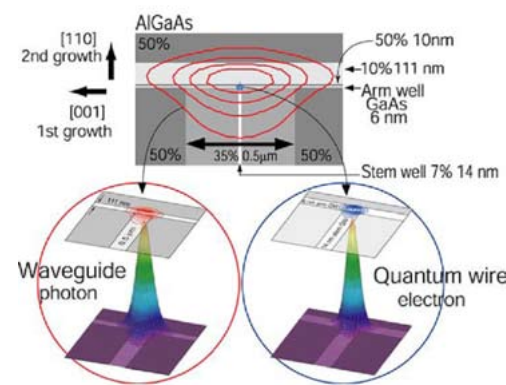


図3. 作製評価をしたT型量子細線レーザーの量子構造

2つの量子井戸の平面シートをT字型に直交して配置すると、紙面に垂直な交線上に1次元量子構造(量子細線)を精密なサイズで作ることができます。本研究では独自の成長中断アニール法によって得た原子レベルで平坦な半導体界面の上にT字型構造を作り、電流注入による単一モードの低閾値レーザー発振を得ました。発振機構の理論的解析によって、高いキャリア密度領域では量子細線においてもキャリア間の相互作用を考慮することが重要であることを明らかにするなど、量子細線レーザーの学理を確立しました²⁾。

●低消費電力の細線状活性層埋め込み半導体レーザー

光通信には、光源として半導体レーザーが使われていますが、その消費電力を下げるのが課題でした。本研究では、幅が20~30nmの半導体(GaInAsP)の量子細線を別の半導体(InP)の中に埋め込んだ構造で寿命4万時間を超える作製プロセスを開発しました。このプロセスを用いて、従来のものより1桁以上少ない消費電力で室温連続発振する光ファイバ通信用レーザーを開発しました。また、光増幅用の活性層の厚さではなく、その幅によってバンドギャップを精密に制御できることを示しました³⁾。

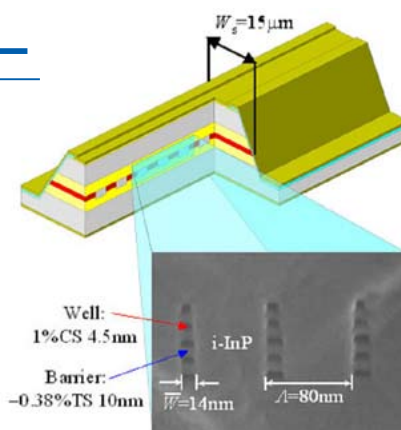


図4. 多数の細線状の光増幅用活性層を埋め込んだ量子細線レーザー(電子顕微鏡像は量子細線埋め込み半導体レーザーの断面)

●蛋白質による電子デバイスプロセス

1) バイオミネラリゼーション(生体分子の持つ無機物質の結晶化能力)と自己組織化を半導体プロセスに利用する手法を提案し、まず外形12nm、内径7nmの球殻状蛋白質、フェリチンの内部空間に粒径を制御して化合物半導体のナノドットを合成しました。さらにフェリチンの自己組織化によって2次元の配列を作り、蛋白質を除去後、シリコン基板上に直径6nmのナノドットを均一に配列しました。このプロセスを活用して、フローティングメモリを作製し動作の確認に成功しました⁴⁾。

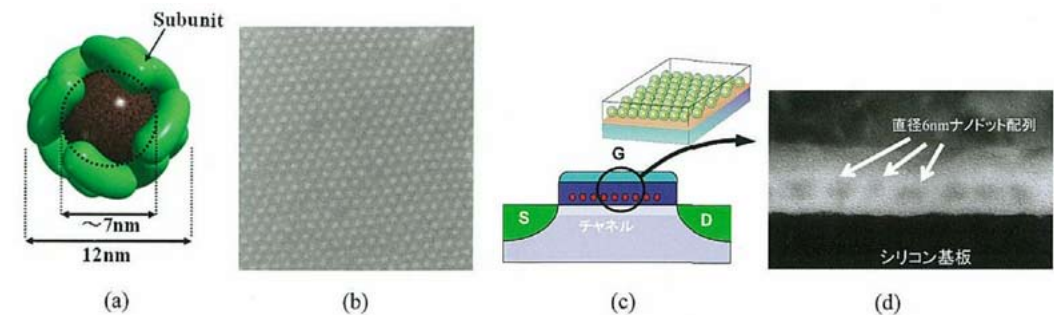


図5. (a)ナノ粒子を内包するフェリチン模式図、(b)自己組織化による2次元ドット配列、(c)フローティングメモリの模式図と(d)ナノドット配列透過電子顕微鏡像

2) 進化分子工学によって創出した無機材料結合ペプチドTBP-1はチタンの他、シリコンや銀に特異的に結合すると共に、チタニア、銀、シリカのバイオミネラリゼーションを促進することを見いだしました。TBP-1を上記フェリチンの表面に移植すると、フェリチンは特異的結合能とバイオミネラリゼーションを併せ持つことになり、この二つの機能を交互に使うとナノ多層膜を形成する巧妙な方法(BioLBL法)になります⁵⁾。電子線リソグラフィーのトップダウン的手法を併用することにより狙った位置にナノ積層構造体を形成することに成功しました⁶⁾。

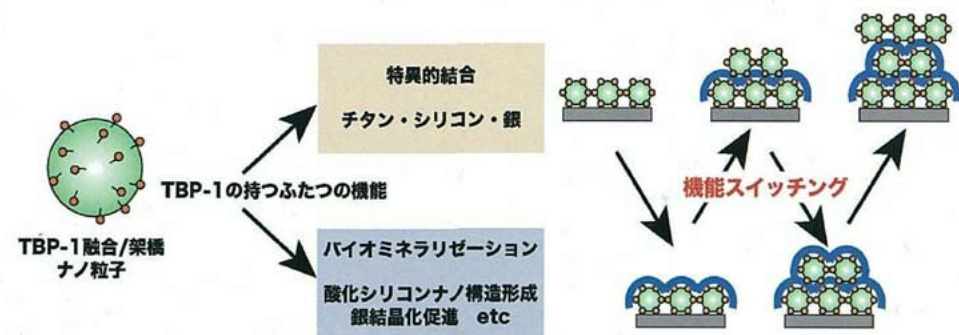


図6. TBP-1をナノ粒子に結合させ、「結合能力」と「ミネラリゼーション能力」を交互に利用してナノ多層構造を形成するBioLBL法

●拡張ナノ空間の生物物理化学実験室

数μmサイズの空間に液体を閉じこめ様々な化学操作を行う「マイクロ化学システム」はすでに研究分野として定着していますが、それより小さい数十~数百nmサイズは凝縮相から単一分子へ移行する過渡的空間(拡張ナノ空間)であり、特異な現象が期待できますが未踏の領域です。本研究では石英基板上に40~5,000nmにわたる拡張ナノ空間を作製し生物物理化学実験の場としました。水分子の運動、電荷の分布と移動や反応のダイナミクス、また細胞の接着挙動が空間サイズに強く影響されることを見いだしました⁷⁾。

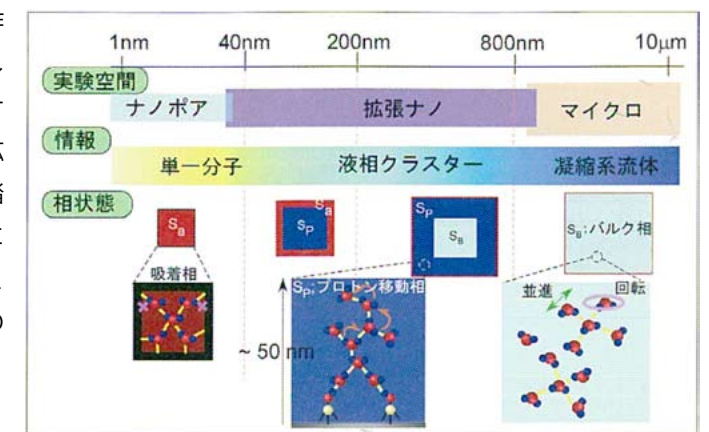


図7. 空間サイズに依存する水分子の挙動

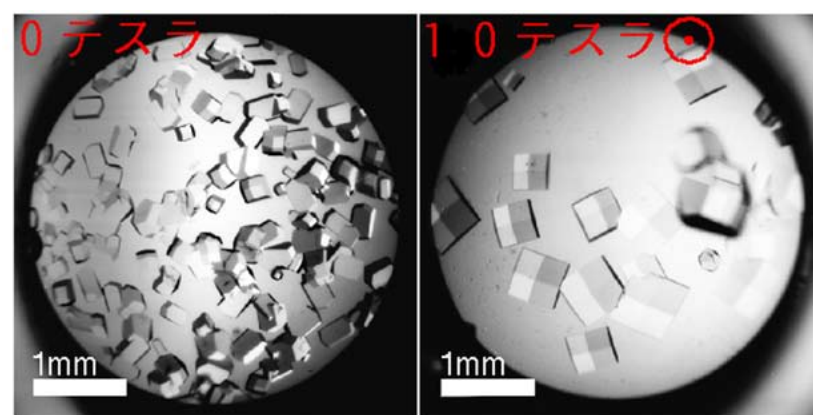
未来を拓く先端科学技術（2） 極限を操る 技術

「極限」：純度、速度、サイズというなじみのある性質も、極限まで持って行くと、独特の性質を見せることがあります。そのような性質は、新しい科学・技術を生み出す可能性を秘めています。イノベーションの源としての極限を操る技術、見る技術を紹介します。

極限を利用する技術

● 磁場を極限にして極限高品質の蛋白質結晶を作る

この研究では、「30 Tハイブリッド磁石」および「液体ヘリウムなしで動作する超伝導磁石」を用いて、強磁場での物質の合成、結晶成長および反応を探索しました。超伝導磁石から生じる10 Tの強い磁場を使って蛋白質結晶が磁場配向する機構を解明し、磁場が蛋白質結晶の成長・溶解過程を抑制するとともに水溶液の対流を抑えることによって蛋白質結晶の品質が格段に良くなることを発見しました。大きなサイズの蛋白質結晶を人工的に作製するために強い磁場を加えることが有効であることを示したのは、世界で初めてのことです¹⁾。



リゾチーム初濃度100mg/ml, 結晶化時間 3 日

磁場の影響：結晶の個数、形、配向

図1. 磁場中で作った蛋白質（リゾチーム）結晶

● 極限の紫外光で加工する極限のリソグラフィ

極端紫外光（EUV）による32nm線幅の次世代シリコンデバイス技術の開発が2011年の実用化を目指し進められています。従来技術との大きな違いは、縮小露光の結像がレンズでなく多層膜反射系で行われることで、マスクパターンはSi/Mo多層膜基板の吸収体で形成されます。マスクパターンの無欠陥化のための検査技術は最重要課題の一つになっています。独自の位相差極端紫外光顕微鏡を使用したシステムで、世界最高の解像度40nmを達成しました²⁾。

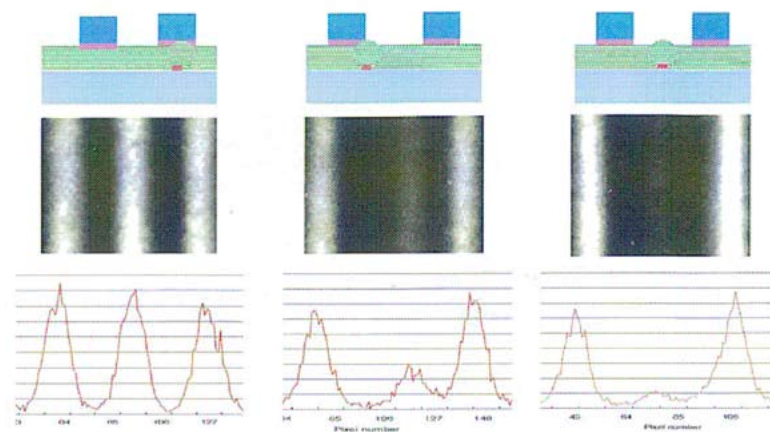


図2. マスクパターンに存在する位相欠陥の評価

● 高純度の鉄が見せる新しい世界

鉄等の超高純度化、極微量含まれる不純物元素定量、それらの特性解明に関する研究を推進しました。鉄10kgを超高真空溶解し、34元素を定量して結果99.9989%以上という世界最高純度の鉄を得ることに成功しました。その鉄は、室温で塩酸に反応せず、極めて軟らかいなど飛躍的特性を有することが判明しました。研究成果から新しい概念「ナノメタラジー(ナノ金属学)」が誕生し、金属学の革新が始まりました。現在はCr-Fe合金等を対象にNEDOプロジェクト2テーマ*に発展し、そこでエネルギー産業革新を興す金属材料の開発を進めています³⁾。

※平成13-18年度、NEDO「ナノメタル技術」プロジェクト

平成17-21年度、NEDO「発電プラント用超高純度金属材料の開発」



図3. 超高純度鉄の10kgインゴット

● 感覚と運動を統合して極限のロボットを作る

フルスイングと正確なヒッティングでどんな球でも必ずヒット。大リーガーも顔負けのロボットができました。視覚や触覚といった感覚。感覚をもとにした判断。判断をもとにした運動。人の運動に必要な感覚系と運動系を人工的に極限まで高めることで、2.5m離れた位置から人間がランダムにボールを投げてもスウィング時間約0.2sで確実に打ち返すロボットができました。現在の産業ロボットの限界を超える能力で、新しい製造業が生まれることが期待されます⁴⁾。

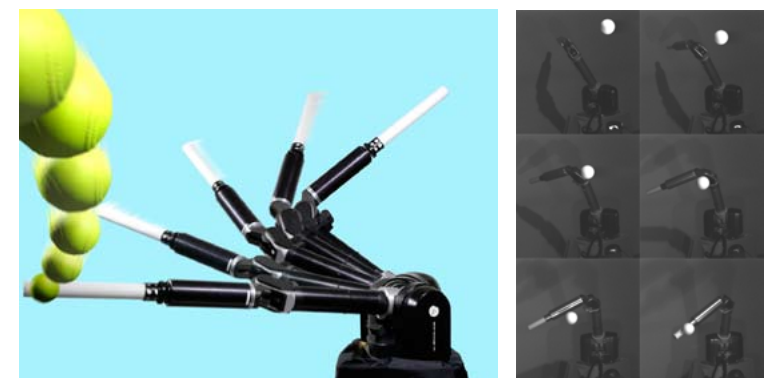


図4. ボールを見極めて打ち返すロボット

極限を見る技術

● 原子配列を立体的に見る

特定の原子の周りの3次元原子構造を10億倍に拡大して直接観察できる立体原子顕微鏡の開発に成功しました。この顕微鏡では、収束X線によって原子から放出された光電子を、二次元エネルギー分析機能を持つ電子レンズ系でスクリーンに投影して特定の原子の周りの3次元原子構造の投影像を直接観察します。さらに、X線の円偏光の左右の回転方向の効果を取り入れることによって直接立体視することが初めて可能になりました。X線の収束性を上げることによって、個々のナノデバイスの原子配列の立体観察が可能になり、原子レベルで制御されたナノデバイスの開発が促進されることが期待されます⁵⁾。

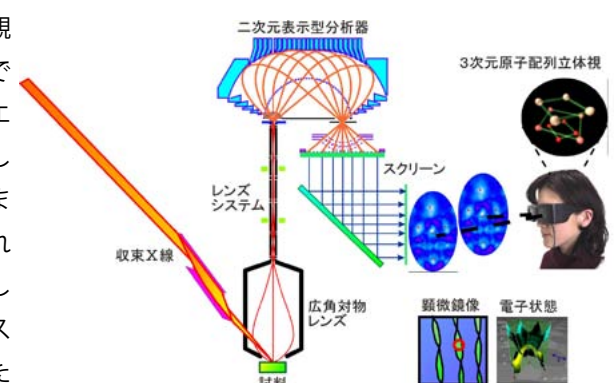


図5. 立体原子顕微鏡の構成

未来を拓く先端科学技術（3） 量子が拓く、量子が変える

21世紀は量子の世紀と言われています。すでに、量子井戸レーザー・量子ドットレーザーなど日常の通信に使われている技術もありますが、ここにご紹介するのは、次世代の情報インフラである量子時計、量子通信、量子情報の技術です。

光格子が拓く次世代の情報基盤

交差する4本以上のレーザー光により、空間中に三次元の干渉縞が形成されます。このレーザー波長で分極率が正となる原子は、干渉縞の電場の腹にトラップされ、波長スケールの周期的な原子の光格子が実現します。この格子状のポテンシャルによって、100万個もの原子を衝突しないように隔離し、捕獲することができます。

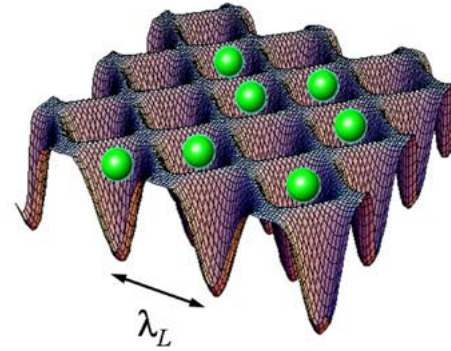


図1. 光格子

●光で原子を冷やして作る16桁の時計→国際機関で秒の二次標準に！

光周波数計測技術の進歩の結果、現在およそ20桁での周波数計測、時間計測が可能になっています。現在使われている原子時計の精度はおよそ15桁であり、このような最新の時間計測の標準としては不十分です。本研究で、精密に制御されたレーザー光で原子の運動制御を行い、格子状に並べた極低温原子（光格子）を用いて量子時計を創るアイデアを出し、実験的に検証しました。ブロードバンド社会の基盤を支える時間と周波数の基準となる重要な成果です。この時計は、原子時計の精度を18桁に向上させることが期待されています。ストロンチウム原子を用いた、この「光格子時計」は国際度量衡委員会で秒の二次標準に採用されました¹⁾。

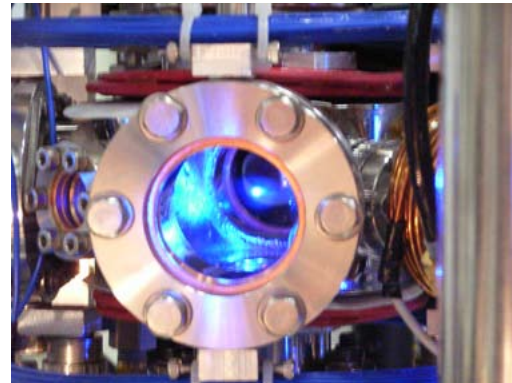


図2. ストロンチウム原子を用いた光格子時計

●原子アンサンブルを用いた量子情報処理

本研究では「光格子」を時計に使うのではなく、量子シミュレーションに適用する実験をしています。超伝導体のような多体系の量子力学計算を現在のコンピュータで計算すると、非現実的な時間が必要になります。レーザー光によって作られた原子の光格子のパラメータを振って、量子多体系のシミュレーションを行います。一種のアナログコンピュータの量子版です。光格子では、格子欠陥や不純物のない理想的な系が実現できるのも利点です。本チームは、Yb原子を用いた光格子の実験技術をもっており、ボース・ハバードやフェルミ・ハバードといった固体物性の理論モデルを組み込むところまで行っています。将来、実用化すれば、超伝導のメカニズムが解明されると期待されています²⁾。

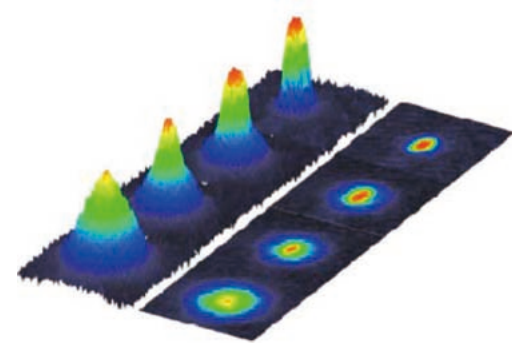


図3. 原子アンサンブルを用いた量子情報処理

量子暗号が拓く安全な次世代の通信

現在の暗号技術は、「現状のスーパーコンピュータで解読に半年かかるものなら、当面は破られないだろう」との考えで出来ていますが、安全性からは問題とされています。ある日、誰かが超高速のコンピュータを作ってしまうと、暗号通信が一気に壊滅するという脆弱性をもっています。量子暗号通信では情報を光の量子力学的な状態（量子状態）に乗せて運ぶため、情報を読むと量子状態が壊れてしまうという量子力学の法則によって未来永劫、絶対破れないことが検証されている暗号です。

●200kmの長距離にわたる量子暗号通信に世界で初めて成功

これまでの量子暗号の伝送実験では、伝送距離100km程度/鍵生成速度166bps（井上チーム）または数bps（他研究機関）にとどまっており、伝送距離と鍵生成速度の向上が実用化に向けた課題でした。本研究で考案した量子暗号方式を武居（NTT）らが実装し、超伝導単一光子検出器（SSPD）を用いて初めて100km-17kbps及び200km-12bpsの伝送実験に成功しました³⁾。

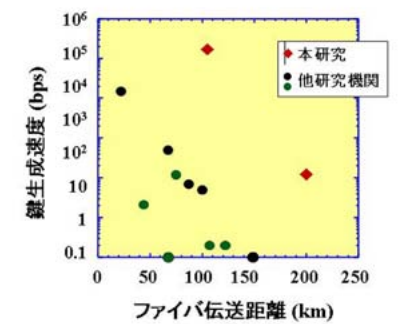


図4. 量子暗号伝送実験の結果

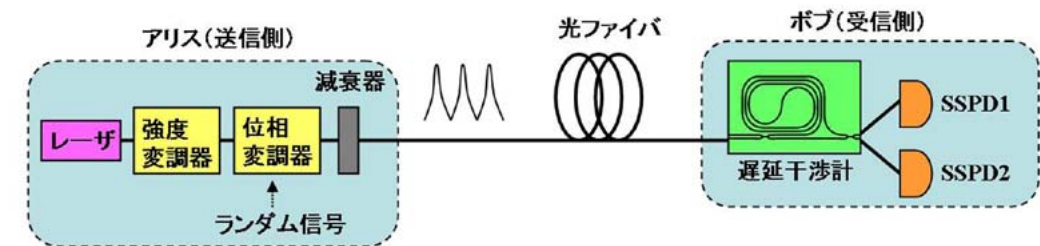


図5. 量子暗号伝送実験の構成

量子が変えるコンピュータ

●超伝導を使った量子プロトコル実行に成功

量子コンピュータは飛躍的に高い計算能力を持つ将来の計算機として期待されています。量子コンピュータによる計算は、量子アルゴリズムに従い、複数の量子ビットの状態を時系列的に外部から変化（制御）させることで行います。量子ビット間の結合の制御を、量子ビットの量子状態を乱さずに行うことは極めて難しいとされています。本研究では、超伝導磁束量子を用いた回路において量子ビット間結合を制御するために第3の量子ビットを使うというオリジナルな原理を考案しました。また、超伝導磁束量子を人工原子とするレーザー発振に成功するなどし、集積化に向けて要素技術を蓄積しています⁴⁾。



図6. 可変結合器により結合された超伝導の2量子ビットの回路

未来を拓く先端科学技術（4） スピンが拓く、スピンが変える

長い間、電気を磁気に変えるにはアンペールの法則が、磁気を電気に変えるにはファラデーの電磁誘導の法則が使われ、どちらにもコイルを用いていました。20世紀の末になって、巨大磁気抵抗効果が見出され、コイルを使わずに磁気情報を電気情報に変換できるようになりました。さらに21世紀になってスピン注入磁化反転技術が開発され、コイルを使わず電気情報を磁気情報に変換できるようになりました。これらは、スピントロニクス発展によってもたらされました。スピントロニクスでは、電子が持つ電荷とスピンの2つの性質を電子デバイスに応用します。JSTでは、ERATO,CREST,さがけを通じてスピントロニクスの発展を支えています。

スピンが拓く次世代の情報インフラ

●磁気→電気：ハーフメタルを使って高いトンネル磁気抵抗比を実現

不揮発性と高速演算機能を兼ね備えたMRAMが次世代のコンピュータ用メモリとして注目されています。MRAMには2つの磁性体で絶縁層をサンドイッチしたトンネル磁気抵抗素子(MTJ)が使われます。磁性体としてハーフメタルと呼ばれる完全にスピン偏極した物質を用いると高いトンネル磁気抵抗比(TMR)が得られると予想されていましたが、実現できていませんでした。本研究では、コバルト・鉄・ケイ素・アルミから構成される新しいフルホイスラー合金薄膜を開発し、室温で220%を超えるTMRをもつMTJの作製に成功しました。この材料を用いた大容量MRAMや不揮発性ロジックの開発が期待されます¹⁾。

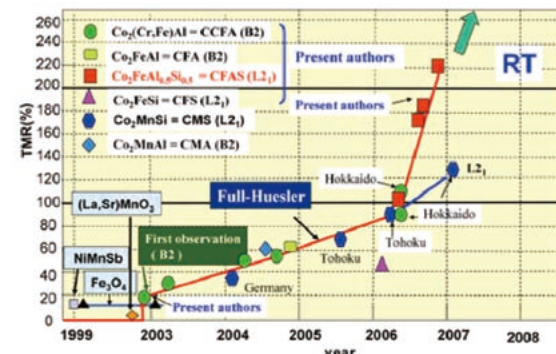


図1. ハーフメタルを用いた室温TMRの発展

●電気→磁気：低電流密度でスピン注入磁化反転に成功

従来、磁性体の磁化反転には外部磁場や電流磁場が使われますが、ナノ構造素子では磁性体に直接電流を流すだけで磁化反転が可能になり、スピン注入磁化反転と呼ばれます。すなわち、2つの磁性体で非磁性金属をはさんだGMR (巨大磁気抵抗) 素子において、磁性体F1からもう1つの磁性体F2にスピン偏極電流を流すことによって、F2の磁化を反転させるのがスピン注入磁化反転の仕組みです。本研究では図2に示すように磁性体F2に代えてF2,F3の2層のFeCo合金で非磁性体のRuをはさんだ構造を導入することによって、従来より1桁小さい10⁶A/cm²の電流密度で磁化反転することによって、従来より1桁小さい10⁶A/cm²の電流密度で磁化反転することによって、従来より1桁小さい10⁶A/cm²の電流密度で磁化反転することに成功しました。この技術はトンネル磁気抵抗素子にも適用可能であり、スピンRAM実現に一步前進しました²⁾。

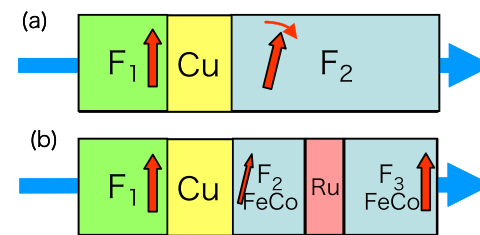


図2. スピン注入磁化反転素子の原理図(a)従来の構造、(b)改良した構造

●スピン干渉を利用したスピンFET

1990年にDatta, Dasが提案したスピンFETは、半導体2次元電子ガスへのスピン注入の難しさから実現していません。本研究では、リングあるいはループ構造をもつメソスコピックな半導体構造において、ゲート電圧でスピン軌道相互作用を制御して、リングの左右通路のスピンの歳差運動を調整して干渉させるスピン干渉デバイスを提案しました。この提案のデバイスにおいては、スピン偏極した電子を用いる必要はなく磁性電極は不要になります。試作したデバイスにおいて、スピンの歳差回転角度をゲート電界により制御し、スピンFETの基本動作を実現することに成功しました³⁾。

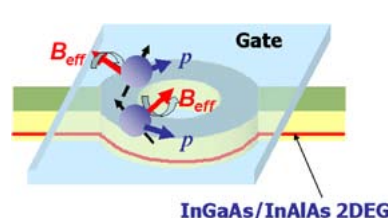


図3. スピン干渉FETデバイスの模式図

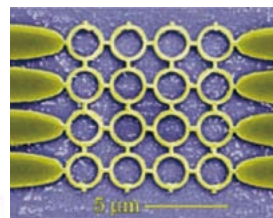


図4. 作製したスピン干渉FETデバイスの配列

世界をリードするスピンと量子位相の理論

スピントロニクス、量子コンピューティングの最近の進展は、その基礎となる理論的な学理があつてこそ可能になったものです。特に、量子的な位相空間でのダイナミクスの分野では、日本の理論家が世界をリードしているといっても過言ではないでしょう。ここでは、その代表的な2つの研究を紹介します。1つは、非磁性体で電荷の流れによってスピンの流れを作り出す「スピンホール効果」の理論で、スピンの流れを使ってエネルギーの散逸なしに情報を伝える技術の基礎となる理論です。もう1つは、超伝導体においてジョセフソン効果を使って量子位相を制御することによって大きな磁場なしに超伝導量子ビットが作り出せることを導いており、超伝導量子コンピューティングの基礎となる学理です。

●スピンホール効果

量子ベリー位相という考えにもとづいて、エネルギーの散逸を伴わない「位相空間での流れ」が固体中に存在することを理論的に示し、スピンの流れを考える上の指導原理を確立しました。この理論にもとづいて非磁性の半導体において磁場を加なくてもホール効果が生じる「スピンホール効果」を予言しました。この予言は、GaAsをはじめさまざまな物質で実験的に検証されました。ベリー位相の概念は、半導体や金属におけるスピントロニクス、各種の光学技術の基礎学理を与えるものであり、エネルギーの散逸なしに情報を伝達する新しいデバイスの設計指針となると期待されています⁴⁾。

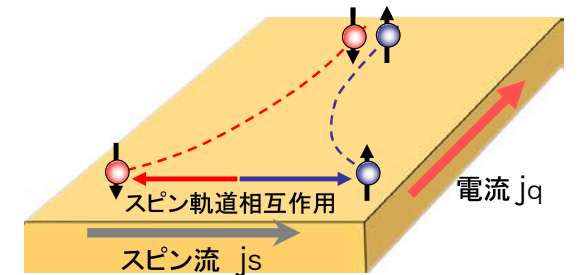


図5. スピンホール効果の概念図：磁場の存在がなくても電流に垂直の方向にスピンの流れが生じる

●ジョセフソン量子ビット

量子コンピュータでは位相のそろった2準位系が量子ビットとして用いられ、2準位の量子力学的な重ね合わせがその基本となります。ジョセフソン効果を用いた量子ビットがいくつか提案され、特に磁束を用いた量子ビットでは、外部磁場により超伝導の位相空間で、2準位の量子力学的な重ね合わせが実現し、ラビ振動や量子もつれ状態が示されています。しかし、このような磁束を用いた量子ビットでは大きな外部印加磁場がデバイス構築上で大きな障害になると考えられます。本研究では、大きな外部磁場を必要としない超伝導量子ビットを提案しました。強磁性体を2個の超伝導体ではさんだジョセフソン素子では2つの超伝導体の位相が π だけずれた「 π 接合」が出現します。図に示すように π 接合と2個の従来のジョセフソン接合(ゼロ接合)を含む超伝導リングでは、 π 接合により誘起された半整数の量子磁束が出現し、これが超伝導位相空間に2準位状態を構成し、量子ビットとして動作します⁵⁾。

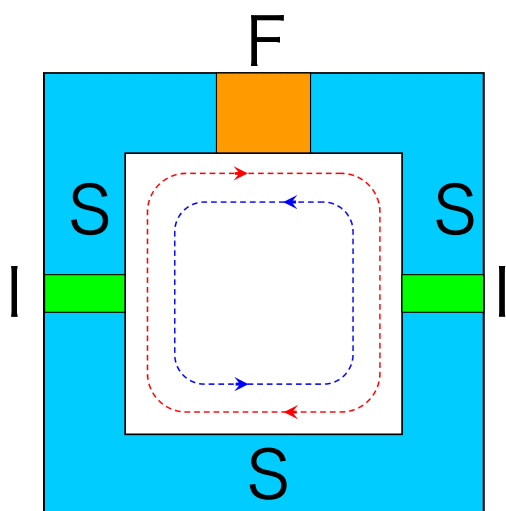


図6. π 接合と2つのゼロ接合を含む超伝導リング

脳から学ぶ情報処理

●直感力をもったコンピュータを目指して

脳は直感的に物事を判断できます。脳の神経細胞はネットワークを形成して情報処理と伝達を行います。この神経細胞による情報処理のアナログ性が脳の直感力創発のひとつの鍵ではないかと考えました。複雑な振る舞いの背後にある数学的な法則性を定式化するカオス理論を武器に、生物の神経細胞の様にアナログカオス的な振る舞いや動きをするアナログカオス集積回路を開発しました。カオスを用いた並列計算は膨大な組み合わせを対象とした計算問題などで直感力を有効に発揮する可能性があり、今後は既存のデジタル方式のコンピュータを補完していくことが期待されます¹⁾。

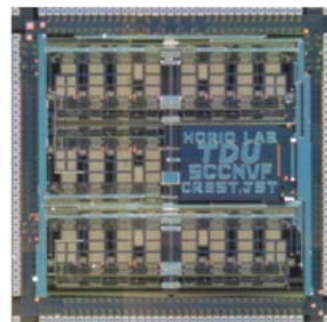


図1. アナログカオス集積回路
共同研究者の東京電機大・堀尾喜彦教授らにより開発されました



図2. カオスを用いた並列計算機のプロトタイプ
共同研究者の東京電機大・堀尾喜彦教授らにより開発されました

●人間の脳はなぜ言葉を操れるのか？

生物の中で人間だけが高度な思考を巡らせることが出来るのは、人間が言葉を操ることが出来るからです。人間の脳には生まれながらに言葉を生み出す仕組みがあるのではないかと——今なお論争されているこの仮説に脳科学から挑んでいます。例えば、fMRI（機能的磁気共鳴映像法）などの手法を用いて、文法処理を担う中枢が左脳の前頭葉にあることを突き止めました。人間だけに備わった言語能力。このメカニズムを解明していくことで、人間の心の深奥にある認知構造や創造性の謎に迫っていきます²⁾。

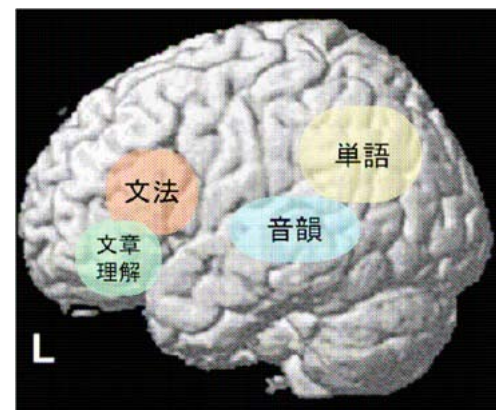


図3. 脳の言語マップ
fMRIによって脳の機能を計測した結果、文法、文章理解、単語、音韻に関係する部位が左脳にあることが分かりました。言葉を操る能力を生み出す脳を人間だけが持っています



図4. 脳機能を計測できるfMRI装置

●生存し進化するロボットで心の起源を探る

人の感情や心の働きは、脳の多数の神経細胞や分子、遺伝子のネットワークによるもので、その仕組みの解明に向け研究が盛んに進められています。しかし人間がなぜかように複雑な感情や心を持つようになったのかという問題には、進化の果てに現存する人の脳を調べるだけでは答えることができません。そこで生物にとって最も基本的な「自己保存」と「自己複製」という要請のもとで、個体や集団はどういう情報処理機構を持つべきかを明らかにするために、実際にロボットを作って検討しています³⁾。



図5. サイバーローデント
実際の生物と同じ自己保存と自己複製という条件のもとで、生存し交配するロボット「サイバーローデント」を開発しました。体長22センチ、重さ1.75 キログラムのロボットで全方位視覚システム、近接距離センサー、加速度センサー、ジャイロセンサーなど多様なセンサーを持っています

●聴覚に基づいた自然な音声の再現

人間の脳は外界の音声情報を聴覚によって処理しています。この処理で脳が用いている聴覚情報表現を数理的に理解し、その知見を基に音声・音響の処理システムを再構築することを目指しました。その結果、聴覚の本質的な理解に基づく「初期聴覚系の計算理論」と「高品質音声変換合成システムSTRAIGHT」が生み出されました。特に後者は、音声合成・音声変換の実用システムにそのまま活用することが出来るものです。実際に現在も数多くの研究開発の基盤技術として利用されています。今後も音声の声質やピッチを操作するためのツールとして、自然音声とほとんど変わらないほどの高品質な音声を実現するために進化を続けていきます⁴⁾。

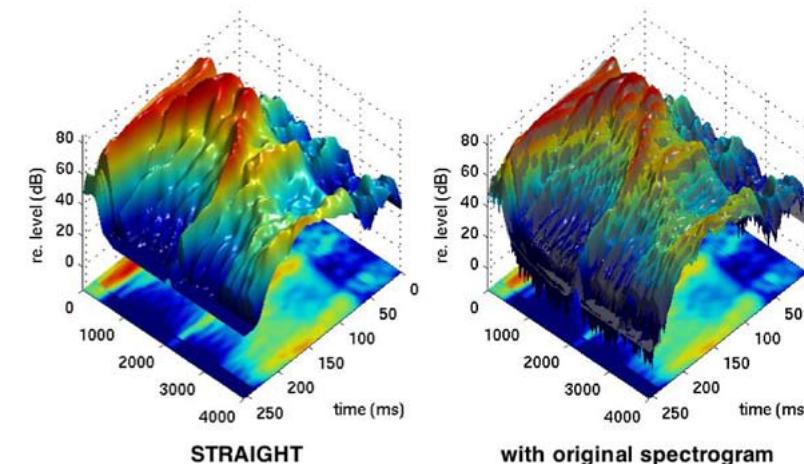


図6. STRAIGHTを用いた音声の分析結果(左)と従来の技術による結果(右)
従来技術では取り除けなかった不要な成分がSTRAIGHTの分析結果には存在していません。この精密な分析がSTRAIGHTによる音声加工の高い品質を可能にしています

2002年度にナノテクノロジーに関係する10の領域が一度に立ち上がりました。この領域は、初年度のみの公募で採択が行われ、2007年度にすべての領域が終了しました。これらの10領域全体がナノテクバーチャルラボ (NTVL) という名前で一つの姿なき研究所として運営されたという点で、CRESTの中でもきわめてユニークな存在でした。ここでは、NTVLができたいきさつやその特徴についてまとめました。

NTVL発足のいきさつ

ナノテクノロジー・材料はあらゆる科学技術の基幹をなすもの

2001年3月に閣議決定された我が国の第2期科学技術基本計画において、「ナノテクノロジー・材料は21世紀においてあらゆる科学技術の基幹をなすもの」として取り上げられ、国の重点施策分野である情報通信、環境、ライフサイエンスなどのすべてを下支えするものとして位置づけられました。2002年度のナノテクノロジーへの総合的・重点的な取り組みとして、科学技術振興事業団 (現 JST) では、文部科学省が定めた3つの戦略目標のもとに10の研究領域を設定しました。

NTVLの特徴

10の領域全体を1つの研究所としてとらえ、合同して有機的な運営を行った

CRESTの他の領域と同じく、研究領域の運営の責任者である研究総括のもとで研究課題を募集・選定、参加する研究者は自らの研究機関に所属したまま、戦略目標に向けて研究を推進しました。NTVLの特徴は、これら10の研究領域 (CREST9領域、さきがけ1領域) は、相互に関連を持つものであるため、全体を1つの「ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ」 (バーチャルラボ=いわば「姿なき研究所」) としてとらえ、研究領域ごとの研究推進に加え、研究領域を超えた情報交換・コラボレーション、合同シンポジウム・領域会議の開催など有機的な運用・連携を図ったということです。10の研究領域は、チーム型研究CREST93課題、個人型研究さきがけ24課題の合計117課題で構成されていました。

NTVLの成果

数多くの特筆すべき成果が得られています

量子細線レーザ、可視発光デバイス、スピントロニクスデバイス、ナノスケール光学顕微鏡、光マニピュレーション、立体原子顕微鏡、ナノテンプレート、カーボンナノチューブの大量生産、分子ナノマシン、遺伝子キャリアDDS、極低温電子顕微鏡、分子ナノモータ、トポロジカルゲル、人工タンパク質、自己増殖ナノカプセル、バイオナノプロセス、分子触媒、ナノ構造光触媒、タンパク質結晶化技術…等々、枚挙にいとまありません。これらは、第5章の各分野や、総括インタビューでも取り上げられていますので、そちらを参照してください。NTVL-CREST9領域全体では、およそ、国内論文発表485件、海外論文発表7500件、国内出願特許900件、海外出願特許215件と非常に多くの成果が出されています。

CRESTの成果をもとに第3フェーズの開発に入った例も

特筆すべき特許が多数出ています。また、実用化に向けて進んでいる技術も多数あります。NTVL-CREST93課題のうち科学研究の他制度への展開を得たもの約90件、実用化への展開をしたもの約90件、その内企業との共同研究などに展開しているもの約40件、NEDOの事業に展開したものは約25件、創業に向けての成果も出ています。間違いなくナノテクノロジー分野を大きく引っ張り発展させる原動力となっていると言えるでしょう。

分野を超えた融合の芽がたくさん出ています

ナノテクノロジーとバイオ、ナノテクノロジーと環境など分野を超えた新しい共同研究が次々と芽生えています。一例をあげれば、電子デバイスの微細加工プロセスに蛋白質を用いる研究は、人工蛋白質のためのバイオミネラリゼーションというバイオ系研究との交流があればこそ可能になったのです。

ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ

産総研フェロー田中一宜氏が語る 「グローバルに観た我が国のナノテク研究の状況と課題」

日本はナノテクにおいて欧米と互角に戦っている

本年 (2008年) の4月中旬にINC4 (第4回国際ナノテク会議) という国際会議がありました。日米欧の3極で順番に開催している会議です。4日間やって、米国はCMOSの限界突破を旗印にすごい国家的戦略を展開し、欧州は多国籍の特徴を入れた極めて複眼的な複数のプロジェクトをつないでいるのに対し、十分な国家戦略がないのに、米欧と互角にやっている日本のポテンシャルはすごいなと感じました。ナノエレクトロニクスもナノバイオも、日本はかなり進んでいて、個々の芽が出ているのですが、市場で利益を得るところでは戦略がないために損をしているという印象です。

ナノテク・材料の産業は最終製品の産業より付加価値が高い

ものづくり白書で、ナノテク・材料に最も関係する部素材産業と、最終製品の産業分野を比較すると、前者の付加価値は後者の2倍くらいあります。日本は、部素材の国際的シェアが圧倒的に高いのです。また、科学技術白書によると、ナノテク・材料を支える学術分野である材料科学・物理学、次いで化学は、日本が最も高い優位性を保っている分野であることが統計的に示されています。従って、ナノテク・材料は日本の強みを最も生かせる分野だといえるのです。

歴史ある日本のナノテク研究プロジェクト

日本のナノテク研究には歴史があります。1980年代にERATOが始まり林超微粒子プロジェクト、吉田ナノ機構プロジェクト、青野原子制御表面プロジェクトなどが世界の最先端を走りました。その後、1992年に私どもが、産官学でアトムテクノロジープロジェクトを立ち上げました。その後、第2期、第3期科学技術基本計画でナノテクが重点4分野に取り上げられて、進んできたのです。このような流れの中で、2002年度にNTVLが発足したのです。

JSTのプロジェクトは大きな成果をあげている

JSTのプロジェクトは、CRESTもさきかけも良いものができています。JSTで芽を出して、NEDOのナノテクチャレンジに採択された例が10いくつあります。NTVLではよい人を選んで研究を進めたと思います。実用化につながる多くの芽が出たのではないのでしょうか。一般に、ナノテクには直接の産業分野があるわけでないで、実用になるまでに時間がかかります。一例として東レのカーボンファイバーをとりあげますと、ナノレベルで欠陥をなくして、性能のよいものを作り上げて、Boeing社が次世代航空機に用いるようになるまで30年もかかっているのです。短期間でアウトカムを求めるべきではないでしょう。

融合連携にもっと力を

CRESTのNTVLは、分野横断で連携融合を意識してバーチャルラボとした点は評価します。しかし、そのためのシステム作りが不十分で、そういう意識をもった一部の総括が努力された形跡はあるけれど、継続して定着できていないと思います。欧米では、研究者に融合連携を促す仕組みがあります。たとえば、サバティカルで視野を広げ俯瞰的にものを観ることを進めるとか、大学院生を分野を超えて一つの部屋において交流させるとかです。

案観できない日本のナノテクの今後

日本の現時点でのナノテク研究のポテンシャルは高いのですが、今後に向けて心配な点が2つあります。一つは、前にも述べた中長期の戦略が不十分なこと。欧米ばかりでなく韓国も台湾も科学技術予算の10%以上を連携・融合の共用設備に当てて、国家戦略として進めているのに、日本では充当予算実績は2%に過ぎません。もう一つは、学生の理工系離れ、特に工学系離れです。工学部志望者がピーク時の1/3になった大学もあります。これでは、よい人材が供給されないでしょう。外国人を受け入れるにしても留学生が不満をもって帰国するケースさえあります。大学院教育の質の向上も重要です。人材育成を最も重要な成果として考えるべきでしょう。

もっと積極的な広報活動を

さきがけやCRESTでやっている領域会議や成果報告会は、わくわくするほど面白い成果が出ています。もっと企業の方に参加していただいて、JSTのナノテクの成果がこんなにありますよということを、知ってもらうことが大切です。また、CRESTやさきがけでナノテクのエースとして育った人材のその後の活躍をとりあげるようなことも重要でしょう。

聞き手：佐藤 勝昭 東京農工大学名誉教授 (前理事副学長)

研究代表者・研究課題一覧（分野別）

分野	研 究 領 域	ページ
A：環境・エネルギー	A 01 環境低負荷型の社会システム	68
	A 02 地球変動のメカニズム	
	A 03 内分泌かく乱物質	
	A 04 資源循環・エネルギーミニマム型システム技術	
	A 05 水の循環系モデリングと利用システム	
	A 06 環境保全のためのナノ構造制御触媒と新材料の創製	
	A 07 エネルギーの高度利用に向けたナノ構造材料・システムの創製	
	A - 二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出	
	B：脳科学	70
	B 01 脳を知る（脳の機能）	
B：脳科学	B 02 脳を守る	
	B 03 脳を創る	
	B 04 脳を知る	
	B 05 脳の機能発達と学習メカニズムの解明	
	C：生命科学	72
	C 01 生命活動のプログラム	
	C 02 ゲノムの構造と機能	
	C 03 生物の発生・分化・再生	
	C 04 植物の機能と制御	
	C 05 たんぱく質の構造・機能と発現メカニズム	
	C 06 ソフトナノマシン等の高次機能構造体の構築と利用	
	C 07 代謝調節機構解析に基づく細胞機能制御基盤技術	
	C 08 生命システムの動作原理と基盤技術	
	D：医療・創薬	74
	D 01 生体防御のメカニズム	
	D 02 免疫難病・感染症等の先進医療技術	
	D 03 医療に向けた化学・生物系分子を利用したバイオ素子・システムの創製	
	D 04 テーラーメイド医療を目指したゲノム情報活用基盤技術	
	D 05 糖鎖の生物機能の解明と利用技術	
	D 06 精神・神経疾患の分子病態理解に基づく診断・治療へ向けた新技術の創出	
	D - 人工多能性幹細胞（iPS 細胞）作製・制御等の医療基盤技術	
	D - アレルギー疾患・自己免疫疾患などの発症機構と治療技術	

A - は 2008 年から開始予定、以下同様

分野	研 究 領 域	ページ
E：材料	E 01 単一分子・原子レベルの反応制御	76
	E 02 極限環境状態における現象	
	E 03 分子複合系の構築と機能	
	E 04 高度情報処理・通信の実現に向けたナノファクトリーとプロセス観測	
	E 05 高度情報処理・通信の実現に向けたナノ構造体材料の制御と利用	
	E 06 医療に向けた自己組織化等の分子配列制御による機能性材料・システムの創製	
	E 07 ナノ界面技術の基盤構築	
	E 08 ナノ科学を基盤とした革新的製造技術の創成	
	E - プロセスインテグレーションによる機能発現ナノシステムの創製	
	E - プロセスインテグレーションに向けた高機能ナノ構造体の創出	
F：光・量子	F 01 量子効果等の物理現象	78
	F 02 電子・光子等の機能制御	
	F 03 量子情報処理システムの実現を目指した新技術の創出	
	F 04 新機能創成に向けた光・光量子科学技術	
	F - 先端光源を駆使した光科学・光技術の融合展開	
G：計測・計算	G 01 シミュレーション技術の革新と実用化基盤の構築	80
	G 02 物質現象の解明と応用に資する新しい計測・分析基盤技術	
	G 03 生命現象の解明と応用に資する新しい計測・分析基盤技術	
	G 04 マルチスケール・マルチフィジックス現象の統合シミュレーション	
	G - 数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索	
	H：情報・システム	82
	H 01 高度メディア社会の生活情報技術	
	H 02 情報社会を支える新しい高性能情報処理技術	
	H 03 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	
	H 04 超高速・超省電力高性能ナノデバイス・システムの創製	
	H 05 デジタルメディア作品の製作を支援する基盤技術	
	H 06 先進的統合センシング技術	
	H 07 情報システムの超低消費電力化を目指した技術革新と統合化技術	
	H 08 実用化を目指した組込みシステム用ディペンダブル・オペレーティングシステム	
	H 09 次世代エレクトロニクスデバイスの創出に資する革新材料・プロセス研究	
	H 10 ディペンダブル VLSI システムの基盤技術	

A：環境・エネルギー

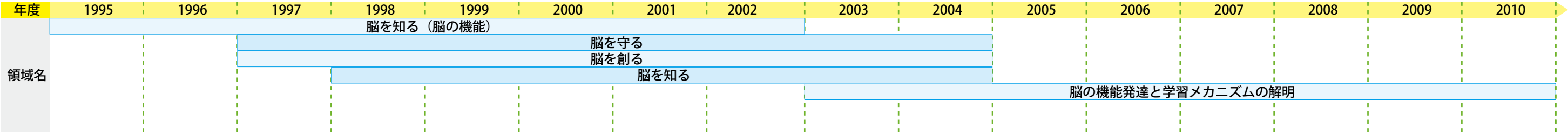
年度	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
領域名	環境低負荷型の社会システム									二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出						
	地球変動のメカニズム															
	内分泌かく乱物質															
	資源循環・エネルギーミニマム型								システム技術							
	水の循環系モデリングと利用システム															
									環境保全のためのナノ構造制御触媒と新材料の創製							
									エネルギーの高度利用に向けたナノ構造 材料・システムの創製							

索引番号	代表者	機関名	課 題
領域名	環境低負荷型の社会システム 研究総括：茅 陽一（慶應義塾大学 客員教授／(財)地球環境産業技術研究機構 副理事長・研究所長）		
A01-01	秋 元 肇	地球フロンティア研究システム	東アジアにおける酸性物質及びオゾンの生成と沈着に関する観測と環境影響評価
A01-02	柏 木 孝 夫	東京農工大学	自立都市をめざした都市代謝システムの開発
A01-03	久 保 幸 夫	元慶應義塾大学	都市ヒートアイランドの計測制御システム
A01-04	小 林 和 彦	農業環境技術研究所	CO ₂ 倍増時の生態系の FACE 実験とモデリング
A01-05	佐 久 川 弘	広島大学	森林衰退に係わる大気汚染物質の計測、動態、制御
A01-06	土 肥 義 治	理化学研究所	環境低負荷型の高分子物質生産システムの開発
A01-07	中 西 準 子	横浜国立大学	環境影響と効用の比較評価に基づいた化学物質の管理原則
A01-08	前 川 孝 昭	筑波大学	微生物の機能強化による水環境修復技術の確立
A01-09	茅 根 創	東京大学	サンゴ礁による CO ₂ 固定バイオリアクター構築技術の開発
A01-10	佐 和 隆 光	京都大学	地球環境保全のための国際的枠組みのあり方
A01-11	野 池 達 也	東北大学	新世代型低負荷環境保全技術による廃棄物のエネルギー化・再資源化
A01-12	盛 岡 通	大阪大学	社会実験地での循環複合体のシステム構築と環境調和技術の開発
A01-13	矢 木 修 身	東京大学	微生物を活用する汚染土壌修復の基盤研究
A01-14	吉 田 尚 弘	東京工業大学	アイソトポマーの計測による環境物質の起源推定
A01-15	渡 辺 義 公	北海道大学	質の利用を中心にすえた新しい都市水代謝システムの構築
A01-16	岩田 規久男	学習院大学	都市交通の環境負荷制御システムの開発
A01-17	合 田 素 行	農林水産政策研究所	農山村地域社会の低負荷型生活・生産システムの構築
A01-18	香 山 晃	京都大学	低環境負荷エネルギー用複合機能構造材料の開発
A01-19	定 方 正 毅	東京大学	途上国に適合する連鎖反応を利用した乾式脱硫プロセスの開発
A01-20	松 藤 泰 典	九州大学	セラピューティック煉瓦造住宅の住環境効果
A01-21	吉 川 邦 夫	東京工業大学	高温空気燃焼技術を用いた廃棄物・石炭高効率発電
領域名	地球変動のメカニズム 研究総括：浅井 富雄（東京大学 名誉教授）		
A02-01	今 脇 資 郎	九州大学	黒潮変動予測実験
A02-02	野 尻 幸 宏	国立環境研究所	北西太平洋の海洋生物化学過程の時系列観測
A02-03	福 井 康 雄	名古屋大学	超伝導受信器を用いたオゾン等の大気微量分子の高度分布測定装置の開発
A02-04	本 多 嘉 明	千葉大学	衛星観測による植物生産量推定手法の開発
A02-05	若 土 正 暁	北海道大学	オホーツク海水の実態と気候システムにおける役割の解明
A02-06	浅野(中静) 透	総合地球環境学研究所	熱帯林の林冠における生態圏―気圏相互作用のメカニズムの解明
A02-07	植 松 光 夫	東京大学	海洋大気エアロゾル組成の変動と影響予測
A02-08	小 池 俊 雄	東京大学	大気―陸域相互作用のモデル化と衛星観測手法の開発
A02-09	吉 崎 正 憲	気象研究所	メソ対流系の構造と発生・発達メカニズムの解明
A02-10	梶 井 克 純	東京都立大学	化学的摂動法による大気反応機構解明
A02-11	才 野 敏 郎	名古屋大学	衛星利用のための実時間海洋基礎生産計測システム
A02-12	中 島 映 至	東京大学	アジア域の広域大気汚染による大気粒子環境の変調
A02-13	吉 村 宏 和	東京大学	太陽輻射と磁気変動の地球変動への影響
領域名	内分泌かく乱物質 研究総括：鈴木 継美（東京大学 名誉教授）		
A03-01	梅 澤 喜 夫	東京大学	内分泌かく乱化学物質の細胞内標的分子の同定と新しいバイオモニタリング
A03-02	香 山 不 二 雄	自治医科大学	植物由来及び人工内分泌攪乱物質の相互作用
A03-03	堤 治	東京大学	ヒトを含む哺乳類の生殖機能への内分泌かく乱物質の影響
A03-04	遠 山 千 春	国立環境研究所	リスク評価のためのダイオキシンによる内分泌かく乱作用の解明
A03-05	名 和 田 新	九州大学	核内受容体・共役因子複合体と内分泌かく乱物質
A03-06	藤 井 義 明	筑波大学	内分泌かく乱物質の生体毒性発現の分子メカニズムとモニター系の開発
A03-07	諸 橋 憲 一郎	岡崎国立共同研究機構	性分化機構の解明
A03-08	有 賀 寛 芳	北海道大学	内分泌かく乱物質による精子形成異常に関与する癌遺伝子産物 DJ-1 と AMY-1
A03-09	井 口 泰 泉	自然科学研究機構	内分泌かく乱物質の動物への発生内分泌学的影響
A03-10	岩 本 晃 明	聖マリアンナ医科大学	内分泌かく乱物質のヒト生殖機能への影響に関する総合的研究
A03-11	黒 田 雅 彦	東京医科大学	内分泌かく乱物質が減数分裂、相同組換えに与える影響
A03-12	黒田 洋一郎	(財) 東京医科大学研究機構	内分泌かく乱物質の脳神経系機能発達への影響と毒性メカニズム
A03-13	交久瀬 五雄	大阪大学	高感度質量分析計の開発と内分泌かく乱物質の分析
A03-14	川 戸 佳	東京大学	脳ニューロステロイド作用を攪乱する環境ホルモン
A03-15	宮 本 薫	福井大学	生殖系での低濃度内分泌攪乱物質関連遺伝子データベースの構築
A03-16	武 田 健	東京理科大学	大気中に存在する新しいタイプの内分泌攪乱物質
A03-17	長 濱 嘉 孝	自然科学研究機構	魚類生殖内分泌系に及ぼす内分泌かく乱物質の影響の分子メカニズム
領域名	資源循環・エネルギーミニマム型システム技術 研究総括：平田 賢（芝浦工業大学 学長）		
A04-01	小久見 善八	京都大学	エネルギーの効率的変換を目指した界面イオン移動の解明
A04-02	小 名 俊 博	九州大学	高リサイクル性を有する森林資源の開発

索引番号	代表者	機関名	課 題
A04-03	福 田 正 己	北海道大学	温暖化ガスにかかわる永久凍土攪乱の抑制技術開発
A04-04	馬 越 淳	農業生物資源研究所	エネルギーミニマム型高分子形成システム技術の開発
A04-05	山 田 興 一	信州大学	乾燥地植林による炭素固定システムの構築
A04-06	生 島 豊	産業技術総合研究所	機能環境流体を利用した資源循環・低エミッション型物質製造プロセスの創製
A04-07	鈴木 健二郎	芝浦工業大学	超小型ガスタービン・高度分散エネルギーシステム
A04-08	船 岡 正 光	三重大学	植物系分子素材の高度循環活用システムの構築
A04-09	安 井 至	国際連合大学	社会的受容性獲得のための情報伝達技術の開発
A04-10	渡 辺 政 廣	山梨大学	高温運転メタノール直接型燃料電池の開発
A04-11	井 上 晴 夫	首都大学東京	水を電子源とする人工光合成システムの構築
A04-12	太田 健一郎	横浜国立大学	電気化学エネルギー変換の擬似三次元界面設計
A04-13	小 林 光	大阪大学	新規化学結合を用いるシリコン薄膜太陽電池
A04-14	高 村 仁	東北大学	家庭用燃料電池実現のための新たな高効率天然ガス改質システムの構築
A04-15	堤 敦 司	東京大学	コプロダクションによる CO ₂ フリーなエネルギー・物質生産システムの構築
A04-16	津 野 洋	京都大学	資源回収型の都市廃水・廃棄物処理システム技術の開発
領域名	水の循環系モデリングと利用システム 研究総括：虫明 功臣（福島大学理工学群共生システム理工学類 教授）		
A05-01	沖 大 幹	東京大学	人間活動を考慮した世界水循環・水資源モデル
A05-02	木 本 昌 秀	東京大学	階層的モデリングによる広域水循環予測
A05-03	楠 田 哲 也	九州大学	黄河流域の水利用・管理の持続性化
A05-04	杉 田 倫 明	筑波大学	北東アジア植生変遷域の水循環と生物・大気圏の相互作用の解明
A05-05	寶 馨	京都大学	社会変動と水循環の相互作用評価モデルの構築
A05-06	中 村 健 治	名古屋大学	湿潤・乾燥大気境界層の降水システムに与える影響の解明と降水予測精度の向上
A05-07	太 田 岳 史	名古屋大学	北方林地帯における水循環特性と植物生態生理のパラメータ化
A05-08	岡 本 謙 一	大阪府立大学	衛星による高精度高分解能全球降水マップの作成
A05-09	神 田 学	東京工業大学	都市生態圏―大気圏―水圏における水・エネルギー交換過程の解明
A05-10	丹 治 肇	農業・食品産業技術総合研究機構	国際河川メコン川の水利用・管理システム
A05-11	船 水 尚 行	北海道大学	持続可能なサニテーションシステムの開発と水循環系への導入
A05-12	古 米 弘 明	東京大学	リスク管理型都市水循環系の構造と機能の定量化
A05-13	恩 田 裕 一	筑波大学	森林荒廃が洪水・河川環境に及ぼす影響の解明とモデル化
A05-14	小 池 俊 雄	東京大学	水循環系の物理的ダウンスケーリング手法の開発
A05-15	鈴 木 雅 一	東京大学	熱帯モンスーンアジアにおける降水変動が熱帯林の水循環・生態系に与える影響
A05-16	砂 田 憲 吾	山梨大学	人口急増地域の持続的な流域水政策シナリオ―モンスーン・アジア地域等における地球規模水循環変動への対応戦略―
A05-17	永 田 俊	東京大学	各種安定同位体比に基づく流域生態系の健全性 / 持続可能性指標の構築
領域名	環境保全のためのナノ構造制御触媒と新材料の創製 研究総括：御園生 誠（製品評価技術基盤機構 理事長）		
A06-01	魚 住 泰 広	自然科学研究機構 / 理化学研究所	水中での精密分子変換を実現するナノ遷移金属触媒創製
A06-02	奥 原 敏 夫	北海道大学	グリーン化学合成のための酸化物クラスタ高機能触媒の開拓
A06-03	黒 田 一 幸	早稲田大学	高度に制御されたナノ空間材料の創製
A06-04	辰 巳 敬	東京工業大学	有機無機複合相の自在変換によるグリーン触媒の創製
A06-05	田 旺 帝	国際基督教大学	高機能規整酸化物表面創生
A06-06	辻 康 之	京都大学	ナノ制御空間を有する均一系分子触媒の創製
A06-07	寺 岡 靖 剛	九州大学	ナノ構造制御ペロブスカイト触媒システムの構築
A06-08	持 田 勲	九州大学	表面最適化炭素ナノ繊維の新規環境触媒機能
A06-09	八 嶋 建 明	宮崎大学	ナノ制御置換型金属酸化物触媒による選択酸化反応の制御と応用
A06-10	山 元 公 寿	慶應義塾大学	精密自在制御型ナノ触媒の創製
A06-11	中村 振一郎	三菱化学(株)	分子の特性を最大に引き出すナノサイズ構造体がつくる場の研究
領域名	エネルギーの高度利用に向けたナノ構造材料・システムの創製 研究総括：藤嶋 昭((財)神奈川科学技術アカデミー 理事長／東京大学 名誉教授)		
A07-01	金 村 聖 志	首都大学東京	高次規則配列複合構造体を用いたエネルギー変換デバイスの創製
A07-02	木 島 剛	宮崎大学	高機能ナノチューブ材料の創製とエネルギー変換技術への応用
A07-03	江 藤 昭 彦	東京理科大学	可視光水分解を目指したナノ構造体光触媒の創製
A07-04	鯉 沼 秀 臣	東京大学	電界効果型ナノ構造光機能素子の集積化技術開発
A07-05	河 本 邦 仁	名古屋大学	ナノブロックインテグレーションによる層状酸化物熱電材料の創製
A07-06	佐 々 木 高 義	物質・材料研究機構	光機能自己組織化ナノ構造材料の創製
A07-07	中 戸 義 禮	関西学院大学	界面ナノ制御による高効率な太陽光水分解システムの創製
A07-08	松 本 要	九州工業大学	ナノ組織制御による高臨界電流超伝導材料の開発
A07-09	山 木 準 一	九州大学	ナノ構造単位材料から構成される電力貯蔵デバイスの構築
A07-10	池 庄 司 民 夫	産業技術総合研究所	電極二相界面のナノ領域シミュレーション
領域名	二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出 研究総括：安井 至（国際連合大学名誉副学長／科学技術振興機構研究開発戦略センター シニアフェロー）		

終了課題・領域につきましては、終了時の所属機関・役職を記しています

B：脳科学



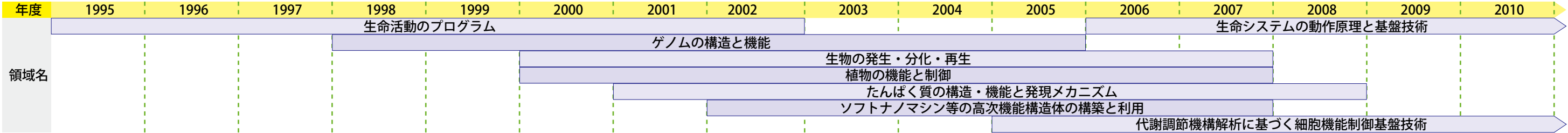
索引番号	代表者	機関名	課 題
領域名	脳を知る（脳の機能）	研究総括：大塚 正徳（日本臓器製薬（株）生物活性科学研究所 顧問）	
B01-01	岡 野 栄 之	大阪大学	脳神経系を構成する細胞の多様性の形成機構
B01-02	勝 木 元 也	東京大学	遺伝子変換マウスによる脳機能の解明
B01-03	金 澤 一 郎	東京大学	ヒト脳の単一神経細胞の発現遺伝子
B01-04	篠 田 義 一	東京医科歯科大学	感覚から運動への情報変換の分散階層処理神経機構
B01-05	深 田 吉 孝	東京大学	脳内光受容とサーカディアンリズム
B01-06	藤 田 一 郎	大阪大学	視覚認識の脳内過程
B01-07	堀 田 凱 樹	情報・システム研究機構	神経系形成における Glial cells missing 遺伝子の機能
B01-08	井 原 康 夫	東京大学	アルツハイマー病における神経細胞死の解明
B01-09	河 野 憲 二	産業技術総合研究所	運動指令構築の脳内メカニズム
B01-10	田 中 啓 治	理化学研究所	人間の高次精神過程に関わるコラム構造・配列
B01-11	野 田 昌 晴	岡崎国立共同研究機構	神経ネットワーク形成の遺伝子プログラム
B01-12	藤 澤 肇	名古屋大学	神経結合の形成、維持、再編成を制御する分子機構の解明
B01-13	三 品 昌 美	東京大学	脳形成遺伝子と脳高次機能
B01-14	市 川 眞 澄	(財) 東京都神経科学総合研究所	フェロモンの記憶に関わるシナプスメカニズムの解析
B01-15	裏 出 良 博	(財) 大阪バイオサイエンス研究所	脳膜神経相関の分子機構
B01-16	小 澤 滌 司	群馬大学	シナプス可塑性の分子機構と脳の制御機能
B01-17	芳 賀 達 也	学習院大学	G 蛋白質共役受容体の高次構造
B01-18	松 崎 文 雄	理化学研究所	神経系の遺伝的プログラムと可塑的メカニズム
B01-19	村 上 富士夫	大阪大学	脳の神経回路形成と可塑性の分子機構
領域名	脳を守る	研究総括：杉田 秀夫（国立精神・神経センター 名誉総長）	
B02-01	桐 野 高 明	東京大学	遅発性神経細胞死の分子機構
B02-02	須 原 哲 也	放射線医学総合研究所	精神分裂病（統合失調症）における神経伝達の異常
B02-03	田 邊 勉	東京医科歯科大学	Ca チャネル遺伝子の変異と神経疾患
B02-04	辻 本 賀 英	大阪大学	脊髄性筋萎縮症発症メカニズムの解析
B02-05	中 山 敬 一	九州大学	神経細胞における増殖制御機構の解明
B02-06	森 望	国立療養所中部病院	老化脳における神経の可塑性制御の分子基盤
B02-07	寺 崎 哲 也	東北大学	脳関門排出輸送に基づく中枢解毒
B02-08	遠 山 正 彌	大阪大学	脳虚血により引き起こされる神経細胞死防御法の開発
B02-09	長 嶋 和 郎	北海道大学	ウイルス性脳障害の発症機構の解明と治療法の開発
B02-10	中 別 府 雄 作	九州大学	活性酸素による脳・神経細胞の障害とその防御機構
B02-11	西 野 一三*	国立精神・神経センター	DNA チップによる遺伝性筋疾患の分子病態解明
B02-12	垣 塚 彰	京都大学	神経変性の分子機構解析に基づく新しい治療戦略の開発
B02-13	金 子 清 俊	国立精神・神経センター	プリオン複製に関与する新しい因子の同定とプリオン病治療法開発への応用
領域名	脳を創る	研究総括：甘利 俊一（理化学研究所 脳科学総合研究センター センター長）	
B03-01	合 原 一 幸	東京大学	脳の動的時空間計算モデルの構築とその実装
B03-02	武 田 常 広	東京大学	MEG による人間の高次脳機能の解明
B03-03	小 柳 光 正	東北大学	脳型情報処理システムのための視覚情報処理プロセッサの開発
B03-04	酒 井 邦 嘉	東京大学	言語の脳機能に基づく言語獲得装置の構築
B03-05	河 原 英 紀	和歌山大学	聴覚の情景分析に基づく音声・音響処理システム
B03-06	永 雄 総 一	自治医科大学	運動の学習制御における小脳機能の解明
B03-07	中 村 仁 彦	東京大学	自律行動単位の力学的結合による脳型情報処理機械の開発
B03-08	深 井 朋 樹	玉川大学	時間的情報処理の神経基盤のモデル化
B03-09	誉 田 雅 彰	早稲田大学	発声力学に基づくタスクプランニング機構の構築
B03-10	石 川 正 俊	東京大学	感覚運動統合理論に基づく「手と脳」の工学的実現
B03-11	銅 谷 賢 治	(株) 国際電気通信基礎技術研究所	行動系のメタ学習と情動コミュニケーション機構の解明
B03-12	山 口 陽 子	理化学研究所	海馬の動的神経機構を基礎とする状況依存的知能の設計原理

※荒畑 喜一（2000 年 12 月まで）→西野 一三（B02-11）

索引番号	代表者	機関名	課 題
領域名	脳を知る	研究総括：久野 宗（京都大学 名誉教授／自然科学研究機構名誉教授）	
B04-01	小 西 史 朗	三菱化学生命科学研究所	抑制性シナプス可塑性の分子機構の解明とその応用
B04-02	清 水 孝 雄	東京大学	脂質メディエーターの dual receptor 系と神経機能
B04-03	平 良 真 規	東京大学	脳の初期発生制御遺伝子群の体系的収集と機能解析
B04-04	津 本 忠 治	大阪大学	回路網形成における神経活動の関与メカニズム
B04-05	重 本 隆 一	自然科学研究機構	細胞膜上機能分子の動態と神経伝達調節メカニズム
B04-06	丹 治 順	東北大学	行動制御系としての前頭前野機能の解明
B04-07	八 尾 寛	東北大学	学習・記憶のシナプス前性メカニズムの解明
領域名	脳の機能発達と学習メカニズムの解明	研究総括：津本 忠治（理化学研究所 脳科学総合研究センター グループディレクター）	
B05-01	酒 井 邦 嘉	東京大学	言語の脳機能に基づく獲得メカニズムの解明
B05-02	櫻 井 芳 雄	京都大学	高齢脳の学習能力と可塑性の BMI 法による解明
B05-03	杉 田 陽 一	産業技術総合研究所	幼児脳の発達過程における学習の性質とその重要性の解明
B05-04	多賀 巖太郎	東京大学	乳児における発達脳科学研究
B05-05	中 村 克 樹	国立精神・神経センター	コミュニケーション機能の発達における「身体性」の役割
B05-06	平 野 丈 夫	京都大学	小脳による学習機構についての包括的研究
B05-07	伊 佐 正	自然科学研究機構	神経回路網における損傷後の機能代償機構
B05-08	大 隅 典 子	東北大学	ニューロン新生の分子基盤と精神機能への影響の解明
B05-09	鍋 倉 淳 一	自然科学研究機構	発達期および障害回復期における神経回路の再編成機構
B05-10	西 条 寿 夫	富山大学	情動発達とその障害発症機構の解明
B05-11	ヘンシュ 貴雄	理化学研究所	臨界期機構の脳内イメージングによる解析と統合的解明
B05-12	北 澤 茂	順天堂大学	応用行動分析による発達促進のメカニズムの解明
B05-13	小 林 和 人	福島県立医科大学	ドーパミンによる行動の発達と発現の制御機構
B05-14	藤 田 一 郎	大阪大学	大脳皮質視覚連合野の機能構築とその生後発達
B05-15	和 田 圭 司	国立精神・神経センター	脳発達を支える母子間バイオコミュニケーション

終了課題・領域につきましては、終了時の所属機関・役職を記しています

C：生命科学



索引番号	代表者	機関名	課 題
領域名	生命活動のプログラム 研究総括: 村松 正實 (埼玉医科大学ゲノム医学研究センター 所長)		
C01-01	新 井 賢 一	東京大学	細胞増殖における染色体複製の型の多様性と複製装置の活性化の分子機構
C01-02	岸 本 健 雄	東京工業大学	細胞増殖の制御機構
C01-03	小 原 雄 治	情報・システム研究機構	線虫全発生過程の遺伝子発現プログラム
C01-04	鍋 島 陽 一	京都大学	個体老化の分子機構の解明
C01-05	濱 田 博 司	大阪大学	左右軸の位置情報の伝達・確立の分子機構
C01-06	林 崎 良 英	理化学研究所	汎生物高速遺伝子同定法の開発と遺伝的背景を支配する遺伝子群への応用
C01-07	藤 木 幸 夫	九州大学	オルガネラ構築と細胞機能発現制御の分子機構
C01-08	松 本 邦 弘	名古屋大学	発生・分化を規定する新規シグナル伝達ネットワーク
C01-09	浅 島 誠	東京大学	器官形成の分子機構
C01-10	石 浜 明	情報・システム研究機構	ゲノム全遺伝子の発現ヒエラルキー決定機構の解明
C01-11	押 村 光 雄	鳥取大学	ゲノムインプリンティング制御の分子機構
C01-12	甲斐 莊 正 恒	東京都立大学	安定同位体利用NMR 法の高度化と構造生物学への応用
C01-13	木 下 一 彦	岡崎国立共同研究機構	一方向性反応のプログラミング基盤
C01-14	鈴 木 理	産業技術総合研究所	超好熱性古細菌転写因子ネットワークの構造生物学的解析
C01-15	野 田 哲 生	東北大学/ (財) 癌研究会	変異マウスを用いた発癌制御因子の単離・同定
C01-16	柳 田 充 弘	京都大学	細胞周期における染色体制御に必須な高次複合体の解明
C01-17	伊 藤 維 昭	京都大学	タンパク質の膜を越えたダイナミズムを支える細胞機能の解明
C01-18	稲 垣 冬 彦	北海道大学	構造生物学に基づくシグナル伝達系の解明とその制御
C01-19	岡 崎 恒 子	藤田保健衛生大学	哺乳類人工染色体の開発と個体の形質転換への利用
C01-20	加 藤 茂 明	東京大学	遺伝情報制御分子としてのステロイドレセプター
C01-21	田 村 隆 明	千葉大学	核内因子による遺伝情報発現制御機構の解明
C01-22	二 井 將 光	大阪大学	酸性オルガネラの形成と機能の解明
C01-23	吉 川 信 也	姫路工業大学	水素イオン能動輸送機構の構造生物学的解析
領域名	ゲノムの構造と機能 研究総括: 大石 道夫 ((財) かずさDNA研究所 所長)		
C02-01	石 野 史 敏	東京医科歯科大学	哺乳類特異的ゲノム機能
C02-02	長 田 重 一	大阪大学	アポトーシスにおけるゲノム構造変化の分子機構
C02-03	柴 田 武 彦	理化学研究所	組換えを介したゲノム動態制御
C02-04	森 浩 禎	奈良先端科学技術大学院大学	大腸菌におけるゲノム機能の体系的解析
C02-05	松 原 謙 一	(財) 国際高等研究所	器官形成に関わるゲノム情報の解読
C02-06	田 矢 洋 一	国立がんセンター	p53 によるゲノム防御機構
C02-07	花 岡 文 雄	理化学研究所/大阪大学	ゲノム情報維持の分子メカニズム
C02-08	馬 場 嘉 信	名古屋大学	ナノチップテクノロジーの創製とゲノム解析への応用
C02-09	平 岡 泰	情報通信研究機構	ゲノムの安定保持を保証する細胞核構造の解明
C02-10	吉 田 稔	理化学研究所	核内因子の局在と修飾に関する化学遺伝学的研究
C02-11	武 田 俊 一	京都大学	高等真核細胞で標的組み換えの効率を上昇させる方法の開発
C02-12	鍋 島 陽 一	京都大学	klotho マウスをモデルとしたゲノム機能の体系的研究
C02-13	新 川 詔 夫	長崎大学	染色体転座・微細欠失からの疾病遺伝子の単離と解析
C02-14	八 木 健	大阪大学	クラスター型カドヘリンのゲノム構造・機能の解析
領域名	生物の発生・分化・再生 研究総括: 堀田 凱樹 (大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 機構長)		
C03-01	上 村 匡	京都大学	単一細胞レベルのパターン形成: 細胞極性の制御機構の解明
C03-02	岡 野 栄 之	慶應義塾大学	幹細胞システムに基づく中枢神経系の発生・再生研究
C03-03	岡 本 仁	理化学研究所	Genetic dissectionによる神経回路網形成機構の解析
C03-04	小 林 悟	自然科学研究機構	生殖細胞形成機構の解明とその哺乳動物への応用
C03-05	竹 縄 忠 臣	東京大学	器官形成における細胞遊走の役割及びそのシグナリングと再生への応用
C03-06	濱 田 博 司	大阪大学	形態の非対称性が生じる機構
C03-07	松 本 邦 弘	名古屋大学	発生における器官・形態形成と細胞分化の分子機構
C03-08	門 脇 孝	東京大学	脂肪細胞の分化・形質転換とその制御
C03-09	坂 野 仁	東京大学	嗅覚系における神経回路形成と再生の分子機構
C03-10	佐 藤 矩 行	京都大学	特異的・新規発生遺伝子の機能の網羅的解析
C03-11	野 田 昌 晴	自然科学研究機構	網膜内領域特異化と視神経の発生・再生機構
C03-12	中 山 敬 一	九州大学	細胞周期の再活性化による再生能力の賦活化
C03-13	広 海 健	情報・システム研究機構	細胞内パターンニングによる組織構築
C03-14	松 崎 文 雄	理化学研究所	脳構築の遺伝的プログラム
領域名	植物の機能と制御 研究総括: 鈴木 昭憲 (東京大学 名誉教授)		
C04-01	飯 田 秀 利	東京学芸大学	植物の重力感知の分子機構
C04-02	経 塚 淳 子	東京大学	植物生殖成長のキープロセスを統御する分子機構の解明
C04-03	近 藤 孝 男	名古屋大学	光合成生物の生物時計: その分子機構と環境適応
C04-04	斉 藤 和 季	千葉大学	ポストゲノム科学を基盤とする植物同化代謝機能のダイナミクス解明
C04-05	武 田 和 義	岡山大学	オオムギゲノム機能の開発と制御
C04-06	中 村 保 典	秋田県立大学	デンブンメタボリックエンジニアリングの開発
C04-07	村 田 稔	岡山大学	植物における染色体機能要素の分子的解析と人工染色体の構築
C04-08	岡 田 清 孝	京都大学	植物発生における細胞間シグナリング

索引番号	代表者	機関名	課 題
C04-09	高 林 純 示	京都大学	植物の害虫に対する誘導防御の制御機構
C04-10	西 澤 直 子	東京大学	植物の鉄栄養制御
C04-11	森 川 弘 道	広島大学	植物が作る未解明窒素化合物の構造と作用
C04-12	若 狭 暁	東京農業大学	トリプトファン生合成系における一次・二次代謝の制御と利用
C04-13	石 川 雅 之	農業生物資源研究所	タバコモザイクウイルスの増殖機構
C04-14	川 口 正 代 司	東京大学	共生ネットワークの分子基盤
C04-15	高 木 優	産業技術総合研究所	植物特異的な転写因子機能ネットワーク
C04-16	西 村 いくこ	京都大学	種子蛋白質の量的・質的向上を目指した分子育種
C04-17	原 登 志 彦	北海道大学	寒冷圏における光ストレスと北方林の再生・維持機構
領域名	たんぱく質の構造・機能と発現メカニズム 研究総括: 大島 泰郎 (共和化工 (株) 環境微生物学研究所 所長)		
C05-01	岩 井 一 宏	大阪市立大学	ユビキチン修飾による蛋白質機能変換機構の解析
C05-02	甲斐 莊 正 恒	首都大学東京	ゲノム蛋白質の高効率・高精度NMR解析法の開発
C05-03	佐々木 裕 次	(財) 高輝度光科学研究センター	X線1分子計測からのin-vivo蛋白質動的構造/機能解析
C05-04	七 田 芳 則	京都大学	ロドプシンをモデルとしたG蛋白質共役型受容体の構造・機能解析
C05-05	永 田 和 宏	京都大学	小胞体におけるタンパク質の品質管理機構
C05-06	箱 嶋 敏 雄	奈良先端科学技術大学院大学	タンパク質の動的複合体形成による機能制御の構造的基盤
C05-07	一 條 秀 憲	東京大学	ストレスの受容・認識とシグナル変換の分子機構
C05-08	伊 藤 維 昭	大阪大学	タンパク質の細胞内ダイナミズムの原理と制御装置
C05-09	後 藤 祐 児	大阪大学	アミロイドーシス発症の分子機構解明
C05-10	反 町 洋 之	(財) 東京都医学研究機構	細胞内モジュレータープロテアーゼの生理機能の解析
C05-11	山 口 明 人	大阪大学	異物排出トランスポーターの構造機能解析
C05-12	吉 森 保	大阪大学	たんぱく質と膜が造る細胞内物流システム
C05-13	荒 木 弘 之	情報・システム研究機構	核酸合成に関わるたんぱく質複合体の構造と機能解析
C05-14	佐 方 功 幸	九州大学	細胞周期/チェックポイント制御たんぱく質の構造と機能の解析
C05-15	鈴 木 理	産業技術総合研究所	FFRPたんぱく質群によるDNA・リガンド識別機構の解明
C05-16	藤 田 禎 三	福島県立医科大学	生体防御におけるたんぱく質間相互作用と機能発現機構の解析
領域名	ソフトナノマシン等の高次機能構造体の構築と利用 研究総括: 宝谷 紘一 (名古屋大学 名誉教授)		
C06-01	相 沢 慎 一	県立広島大学	生物ナノマシン回転運動の一般化作動機構の解明
C06-02	伊 藤 博 康	浜松ホトニクス (株)	タンパク質分子モーターを利用したナノメカノケミカルマシンの創製
C06-03	遠 藤 斗 志 也	名古屋大学	タンパク質トランスロケータの作動原理の解明
C06-04	神 谷 律	東京大学	振動するバイオナノマシンの原理と構築
C06-05	原 口 徳 子	情報通信研究機構	遺伝子デリバリーシステムとしての人工細胞核の創製
C06-06	原 田 慶 恵	京都大学	DNA分子モーターの動作原理の解明
C06-07	藤 吉 好 則	京都大学	高次細胞機能構造体観察・制御技術の開発
C06-08	柳 田 敏 雄	大阪大学	ゆらぎと生体システムのやわらかさをモデルとするソフトナノマシン
C06-09	二 井 將 光	岩手医科大学	高効率ナノモーターとしてのプロトンポンプの分子機構解明
C06-10	高 田 彰 二	京都大学	バイオナノマシンの動的構造から機能発現への階層的理論モデリング
領域名	代謝調節機構解析に基づく細胞機能制御基盤技術 研究総括: 鈴木 紘一 (東レ (株) 先端融合研究所 所長・専任理事)		
C07-01	小 田 吉 哉	エーザイ (株)	定量的メタボロミクスとプロテオミクスの融合
C07-02	田 口 良	東京大学	脂質メタボロームのための基盤技術の構築とその適用
C07-03	平 尾 敦	金沢大学	代謝解析による幹細胞制御機構の解明
C07-04	柳 澤 修 一	東京大学	栄養シグナルによる植物代謝制御の分子基盤
C07-05	柳 田 充 弘	京都大学	染色体分配メタボリズムを支える分子ネットワークの解析
C07-06	吉 田 稔	理化学研究所	タンパク質修飾の動態とネットワークの網羅的解析
C07-07	新 井 洋 由	東京大学	生体膜リン脂質多様性の構築機構の解明と高度不飽和脂肪酸要求性蛋白質の同定
C07-08	磯 辺 俊 明	首都大学東京	RNA代謝解析のための質量分析プラットフォームの開発
C07-09	鍋 島 陽 一	京都大学	代謝応答を統御する新たな分子機構の研究
C07-10	藤 木 幸 夫	九州大学	オルガネラ・ホメオスタシスと代謝調節・高次細胞機能制御
C07-11	三 村 徹 郎	神戸大学	液胞膜エンジニアリングによる植物代謝システム制御
C07-12	岩 井 一 宏	大阪大学	鉄および鉄補欠分子族の動態調節とその破綻による病態の解明
C07-13	清 野 進	神戸大学	糖代謝恒常性を維持する細胞機能の制御機構
C07-14	平 井 優 美	理化学研究所	植物アミノ酸代謝のオミクス統合解析による解明
C07-15	三 浦 正 幸	東京大学	個体における細胞ストレス応答代謝産物の遺伝生化学的解明
領域名	生命システムの動作原理と基盤技術 研究総括: 中西 重忠 ((財) 大阪バイオサイエンス研究所 所長)		
C08-01	上 村 匡	京都大学	器官のグローバルな非対称性と一細胞の極性をつなぐ機構の解明
C08-02	影 山 龍 一 郎	京都大学	短周期遺伝子発現リズムの動作原理
C08-03	黒 田 真 也	東京大学	シグナル伝達機構の情報コーディング
C08-04	濱 田 博 司	大阪大学	生物の極性が生じる機構
C08-05	森 郁 恵	名古屋大学	行動を規定する神経回路システム動態の研究
C08-06	上 田 昌 宏	大阪大学	細胞における確率的分子情報処理のゆらぎ解析
C08-07	近 藤 孝 男	名古屋大学	シアノバクテリアの概日システム
C08-08	塩 見 美 喜 子	慶應義塾大学	RNAサイレンシングが司る遺伝子情報制御
C08-09	中 山 敬 一	九州大学	ユビキチンシステムの網羅的解析基盤の創出

終了課題・領域につきましては、終了時の所属機関・役職を記しています

D：医療・創薬



索引番号	代表者	機関名	課 題
領域名	生体防御のメカニズム 研究総括：橋本 嘉幸（共立薬科大学 理事長）		
D01-01	審 良 静 男	大阪大学	遺伝子改変に基づく生体防御システムの解明
D01-02	飯 野 正 光	東京大学	カルシウムシグナル研究の先端的手法による展開
D01-03	岩 村 徹	京都大学	植物の感染防御機構の生物有機化学的解明
D01-04	奥 村 康	順天堂大学	免疫系と神経・内分泌系の立体的分子機構の解明
D01-05	神 奈 木 真理	東京医科歯科大学	ウイルス持続感染による免疫均衡の破綻機序とその免疫治療法の開発
D01-06	高 井 俊 行	東北大学	F c 受容体を介する生体防御システムの解析
D01-07	永 田 和 宏	京都大学	普遍的な生体防御機構としてのストレス応答
D01-08	名 取 俊 二	理化学研究所	昆虫の生体防御分子機構とその応用
D01-09	菅 村 和 夫	東北大学	サイトカイン機能不全の分子機構と遺伝子治療
D01-10	田 中 啓 二	(財) 東京都臨床医学総合研究所	超分子システムによる免疫識別の分子機構解明
D01-11	谷 口 克	千葉大学	自己免疫制御の分子基盤
D01-12	福 島 昭 治	大阪市立大学	環境発がん物質の低濃度発がんリスクの解明
D01-13	松 島 綱 治	東京大学	炎症反応分子機構の IL8、接着因子を中心とした解析
D01-14	石 井 俊 輔	理化学研究所	仲介因子を介した遺伝子発現制御の解明
D01-15	大 橋 祐 子	農業生物資源研究所	遺伝子の不活化・活性化を通じた植物の生体制御
D01-16	岡 田 泰 伸	岡崎国立共同研究機構	細胞容積調節の分子メカニズムとその破綻防御
D01-17	川 寄 敏 祐	京都大学	糖鎖シグナルを介する生体防御システムの解析
D01-18	笹 月 健 彦	国立国際医療センター	免疫系のフレームワーク決定及び免疫制御の分子機構
D01-19	杉 山 雄 一	東京大学	異物排除システムの分子基盤
D01-20	中 内 啓 光	東京大学	造血幹細胞の分化と自己複製の制御機構
領域名	免疫難病・感染症等の先進医療技術 研究総括：岸本 忠三（大阪大学大学院 生命機能研究科 教授）		
D02-01	河 岡 義 裕	東京大学	インフルエンザウイルス感染過程の解明とその応用
D02-02	瀬 谷 司	北海道大学	自然免疫とヒト難治性免疫疾患
D02-03	高 井 俊 行	東北大学	IgL 受容体の理解に基づく免疫難病の克服
D02-04	中 西 憲 司	兵庫医科大学	IL-18 を標的とした自然型アトピー症の治療戦略
D02-05	三 宅 健 介	東京大学	病原体糖脂質認識シグナル伝達機構の解明
D02-06	清 野 宏	東京大学	M 細胞の免疫生物学的解明とそれを標的とする粘膜ワクチンの開発
D02-07	小 安 重 夫	慶應義塾大学	病原微生物の宿主免疫系との共生戦略の解明による治療・制御法の開発
D02-08	阪 口 薫 雄	熊本大学	獲得免疫における高親和性抗体の産生機構と感染症防御への応用
D02-09	鎮 西 康 雄	三重大学	マラリア感染成立の分子基盤の解明と新たな感染阻止法の創出
D02-10	宮 島 篤	東京大学	肝臓における造血・免疫機構の解明と肝疾患治療への応用
D02-11	菊 谷 仁	大阪大学	セマフォリンによる免疫調節機構の解明と免疫制御への応用
D02-12	坂 口 志 文	京都大学	制御性 T 細胞による新しい免疫制御法の開発
D02-13	笹 川 千 尋	東京大学	病原細菌の粘膜感染と宿主免疫反応抑制機構の解明とその応用
D02-14	山 中 伸 弥	京都大学	真に臨床応用できる多能性幹細胞の樹立
領域名	医療に向けた化学・生物系分子を利用したバイオ素子・システムの創製 研究総括：雀部 博之（千歳科学技術大学 学長）		
D03-01	宇 田 泰 三	県立広島大学	健康・福祉のためのナノバイオ材料およびバイオ素子としての「スーパー抗体酵素」の創製
D03-02	大 須 賀 篤 弘	京都大学	巨大ボルフィリンアレーのメソスコピック構造デバイス
D03-03	岡 野 光 夫	東京女子医科大学	新規組織再構成技術の開発と次世代バイオセンサーの創製
D03-04	岡 畑 恵 雄	東京工業大学	生体分子間相互作用を連続的に検出するための多機能型水晶発振子マルチセンサの設計と開発
D03-05	片 岡 一 則	東京大学	遺伝子ベクターとして機能するナノ構造デバイスの創製
D03-06	山 瀬 利 博	東京工業大学	ナノクラスターポリ酸を用いた分子機械の構築
D03-07	明 石 満	大阪大学	ナノ粒子を応用した抗レトロウイルスワクチンの開発
D03-08	北 森 武 彦	東京大学	ナノ生物物理化学アーキテクチャの構築と応用
D03-09	鈴 木 孝 治	慶應義塾大学	ナノケミカルプローブの創製とバイオ・医療計測
D03-10	関 根 光 雄	東京工業大学	ゲノム制御・検出能をもつ革新的人工核酸の創製－世界最高峰の核酸合成技術を基盤にして－
D03-11	松 岡 英 明	東京農工大学	疾患モデル細胞の高効率創製と機能解析
D03-12	松 本 和 子	早稲田大学	金属錯体プローブを用いる遅延蛍光バイオイメージング
D03-13	片 山 佳 樹	九州大学	細胞対話型分子システムを用いる革新的遺伝子送達概念の創製
D03-14	由 良 敬	日本原子力研究開発機構	低分解能生体超分子像からの原子構造構築技法

索引番号	代表者	機関名	課 題
領域名	テララーメイド医療を目指したゲノム情報活用基盤技術 研究総括：笹月 健彦（国立国際医療センター名誉総長 / 九州大学名誉教授）		
D04-01	稲 澤 譲 治	東京医科歯科大学	高精度ゲノムアレイの開発と疾患遺伝子の探索
D04-02	加 藤 規 弘	国立国際医療センター	高血圧関連疾患に関する多面的なゲノム疫学研究
D04-03	武 田 純	岐阜大学	転写調節系の分子解剖による糖尿病素因の探索
D04-04	戸 田 達 史	大阪大学	ゲノム解析によるパーキンソン病遺伝子同定と創薬
D04-05	間 野 博 行	自治医科大学	遺伝子発現調節機構の包括的解析による疾病の個性診断
D04-06	有 波 忠 雄	筑波大学	大規模共同研究による統合失調症遺伝子の探索
D04-07	井ノ上 逸朗	東海大学	sub-common disease の感受性遺伝子同定と個人型易罹患性診断への応用
D04-08	寺 前 紀 夫	東北大学	生体分子の高次構造形成に基づく遺伝子診断法
D04-09	松 田 文 彦	京都大学	日仏共同体制による人種間ゲノム多型の比較解析
D04-10	油 谷 浩 幸	東京大学	染色体および RNA の機能変化からの疾患の系統的解析
D04-11	小 川 誠 司	東京大学	Whole Genome Association 解析による GVHD の原因遺伝子の探索
D04-12	丸 山 厚	九州大学	分子シャペロン工学に基づく遺伝子解析
D04-13	森 正 樹	大阪大学	大腸癌の発生、進展および治療感受性に関わる因子の解析
領域名	糖鎖の生物機能の解明と利用技術 研究総括：谷口 直之（大阪大学微生物病研究所 教授 / 理化学研究所 基幹研究所 糖鎖生物学研究グループ グループディレクター）		
D05-01	伊 藤 幸 成	理化学研究所	糖タンパク質の品質管理における糖鎖機能の解明
D05-02	神 奈 木 玲 児	愛知県がんセンター	癌の進展における細胞接着性機能糖鎖の解明
D05-03	木 曾 真	岐阜大学	感染と共生を制御する糖鎖医薬品の基盤研究
D05-04	小 山 信 人	タカラバイオ (株)	糖鎖構造の制御によるがん及びウイルス疾患の予防法及び治療法の開発
D05-05	鈴 木 康 夫	中部大学	ウイルス感染における糖鎖機能の解明と創薬への応用
D05-06	西 原 祥 子	創価大学	RNAi 法による糖鎖機能解明と利用技術の開発
D05-07	伊 藤 孝 司	徳島大学	糖鎖機能を利用した組換えリソソーム酵素の脳内補充療法の開発
D05-08	井ノ口 仁一	東北薬科大学	マイクロドメイン機能異常にもとづく 2 型糖尿病の病態解明
D05-09	中 田 博	京都産業大学	担癌状態におけるムチンを介した免疫能の変化の解析と応用
D05-10	野 村 一 也	九州大学	遺伝子破壊による糖鎖機能の戦略的解明
D05-11	宮 城 妙 子	宮城県立がんセンター	がんや糖尿病等におけるシアリダーゼ異常の機構解明と制御
D05-12	山 口 陽 子	東海大学	糖鎖構造特異的単鎖抗体ライブラリーの構築
D05-13	木 下 タ ロ ウ	大阪大学	糖鎖の動態－機能相関への統合的アプローチ
D05-14	鏑 田 武 志	東京医科歯科大学	糖鎖シグナルによる獲得免疫応答制御の解明と疾患制御への応用
D05-15	平 林 義 雄	理化学研究所	糖修飾システムによる神経機能の発現・制御
D05-16	本 家 孝 一	高知大学	病態における膜マイクロドメイン糖鎖機能の解明
領域名	精神・神経疾患の分子病理理解に基づく診断・治療へ向けた新技術の創出 研究総括：樋口 輝彦（国立精神・神経センター総長）		
D06-01	井ノ口 馨	(株) 三菱化学	恐怖記憶制御の分子機構の理解に基づいた PTSD の根本的予防法・治療法の創出
D06-02	岩 坪 威	東京大学	アルツハイマー病根本治療薬創出のための統合的研究
D06-03	貝 淵 弘 三	名古屋大学	神経発達関連因子を標的とした統合失調症の分子病態解明
D06-04	高 橋 良 輔	京都大学	パーキンソン病遺伝子ネットワーク解明と新規治療戦略
D06-05	宮 川 剛	藤田保健衛生大学	マウスを活用した精神疾患の中間表現型の解明
領域名	人工多能性幹細胞 (iPS 細胞) 作製・制御等の医療基盤技術 研究総括：須田 年生（慶應義塾大学医学部 教授）		
領域名	アレルギー疾患・自己免疫疾患などの発症機構と治療技術 研究総括：菅村 和夫（東北大学大学院医学系研究科 教授）		

終了課題・領域につきましては、終了時の所属機関・役職を記しています

E：材 料

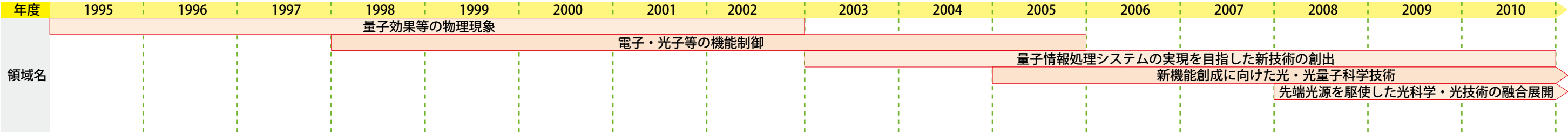
年度	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
領域名	単一分子・原子レベルの反応制御								ナノ科学を基盤とした革新的製造技術の創成							
	極限環境状態における現象								プロセスインテグレーションによる機能発現ナノシステムの創製							
	分子複合系の構築と機能								プロセスインテグレーションに向けた高機能ナノ構造体の創出							
	高度情報処理・通信の実現に向けたナノファクトリーとプロセス観測								高度情報処理・通信の実現に向けたナノ構造体材料の制御と利用							
	医療に向けた自己組織化等の分子配列制御による機能性材料・システムの創製								ナノ界面技術の基盤構築							

索引番号	代表者	機関名	課 題
領域名	単一分子・原子レベルの反応制御 研究総括：山本 明夫（早稲田大学理工学総合研究センター 顧問研究員）		
E01-01	青 山 安 宏	九州大学	有機ゼオライト触媒を用いる反応制御に関する研究
E01-02	岩 澤 康 裕	東京大学	極微細構造の化学設計と表面反応制御
E01-03	大 橋 裕 二	東京工業大学	X線解析による分子の励起構造の解明
E01-04	土 田 英 俊	早稲田大学	オキシジェニクス（高分子錯体）
E01-05	福 山 透	東京大学	高次構造有機分子の極微細触媒構造を機軸とする立体選択的構築
E01-06	山 内 薫	東京大学	フェムト秒領域の光反応コントロール
E01-07	山 本 尚	名古屋大学	次世代精密分子制御法の開発
E01-08	安 藤 寿 浩	物質・材料研究機構	ダイヤモンド有機分子の化学結合形成機構と制御
E01-09	鯉 沼 秀 臣	東京工業大学	低次元超構造のコンピナトリアル分子層エピタキシー
E01-10	小 林 修	東京大学	多種類化合物群の効率的合成を指向した分子レベルでの反応開発
E01-11	齋 藤 烈	京都大学	生体機能分子の設計と精密分子認識に基づく反応制御
E01-12	田 中 正 人	産業技術総合研究所／東京工業大学	ヘテロ原子間結合活性化による新物質・新反応の開拓
E01-13	中 原 義 昭	東海大学／理化学研究所	大分子糖蛋白質の極微細構造制御
E01-14	入 江 正 浩	九州大学	完全フォトクロミック反応系の構築
E01-15	梶 本 興 亜	京都大学	超臨界流体溶媒を用いた反応の制御と新反応の開拓
E01-16	鈴 木 寛 治	東京工業大学	金属クラスター反応場の構築とクラスター触媒反応の開発
E01-17	平 間 正 博	東北大学	超天然物の反応制御と分子設計
E01-18	藤 田 誠	東京大学	遷移金属を活用した自己組織性精密分子システム
E01-19	松 本 和 子	早稲田大学	生体分子解析用金属錯体プローブの開発
領域名	極限環境状態における現象 研究総括：立木 昌（物質・材料研究機構 特別研究員）		
E02-01	青 木 勝 敏	産業技術総合研究所	超高压下における水素結合の量子力学現象の創出と発現機構の解明
E02-02	安 彦 兼 次	東北大学	超高純度ベースメタルの科学
E02-03	門 脇 和 男	筑波大学	極限環境を用いた超伝導体の臨界状態の解明
E02-04	北 澤 宏 一	東京大学	電子波の位相と振幅の微細空間解像
E02-05	近 藤 建 一	東京工業大学	衝撃波面形成過程と新化学反応プロセス
E02-06	高 野 幹 夫	京都大学	反強磁性量子スピン梯子化合物の合成と新奇な物性
E02-07	常 深 博	大阪大学	画素の小さいX線検出器CCDの開発
E02-08	森 敏	東京大学	極限ストレス土壌における植物の耐性戦略
E02-09	石 黒 武 彦	京都大学	低次元金属・超伝導体の超異方性強磁場効果
E02-10	遠 藤 将 一	大阪大学	複合極限の生成と新現象の探索（超高压・超強磁場・極低温）
E02-11	蔡 安 邦	物質・材料研究機構	準結晶の創製とその物性
E02-12	佐 藤 正 俊	名古屋大学	低次元異常金属の開発
E02-13	隅 山 兼 治	名古屋工業大学	合金クラスター集合体の極限構造・磁性制御
E02-14	山 下 努	東北大学	銅酸化物超伝導体単結晶を用いる超高速集積デバイス
E02-15	赤 石 實	物質・材料研究機構	超高压プロセスによる天然ダイヤモンド単結晶・多結晶体の成因解明
E02-16	安 宅 光 雄	産業技術総合研究所	磁力力を利用した仮想的可変重力場におけるタンパク質結晶成長
E02-17	今 中 忠 行	京都大学	深度地下極限環境微生物の探索と利用
E02-18	遠 藤 康 夫	東北大学	新しい量子自由度・軌道の動的構造の解明
E02-19	戸 叶 一 正	物質・材料研究機構	超過冷却状態の実現と新機能材料創製
E02-20	藤 田 博 之	東京大学	局所高電界場における極限物理現象の可視化観測と制御
E02-21	本 河 光 博	東北大学	強磁場における物質の挙動と新素材の創製
領域名	分子複合系の構築と機能 研究総括：櫻井 英樹（東北大学 名誉教授）		
E03-01	小夫家 芳明	奈良先端科学技術大学院大学	生体のエネルギー変換・信号伝達機能の全構築
E03-02	高 橋 保	北海道大学	次世代物質変換プロセスの開拓
E03-03	橘 和 夫	東京大学	複合体形成に基づく膜タンパク質の機能制御
E03-04	堂 免 一 成	東京工業大学	エネルギー変換機能を有する無機超分子系の構築
E03-05	藤 木 道 也	奈良先端科学技術大学院大学	らせん協調ハイパー高分子の創製と構造・物性・機能の相関
E03-06	桑 嶋 功	北里大学	高次構造天然物の全合成：制癌活性物質の探索と創製
E03-07	鈴 木 啓 介	東京工業大学	ハイブリッド型生理活性分子の高効率構築法の開発
E03-08	田 中 順 三	物質・材料研究機構	無機ナノ結晶・高分子系の自己組織化と生体組織誘導材料の創出
E03-09	福 住 俊 一	大阪大学	有機・無機複合光電子移動触媒系の開発
E03-10	吉 川 研 一	京都大学	自己生成する高分子ナノ秩序体
E03-11	香 月 勲	九州大学	次世代合成のための多機能集約型触媒の構築
E03-12	清 水 敏 美	産業技術総合研究所	一次元孤立微小空間構造の組織化と機能発現
E03-13	田 中 晃 二	自然科学研究機構	化学エネルギー変換素子の構築
E03-14	戸 部 義 人	大阪大学	混合混成型巨大炭素パイ電子系の創出
E03-15	中 西 八 郎	東北大学	有機ナノ結晶の作製・物性評価と多元ナノ構造への展開

索引番号	代表者	機関名	課 題
領域名	高度情報処理・通信の実現に向けたナノファクトリーとプロセス観測 研究総括：蒲生 健次（大阪大学 名誉教授／情報通信研究機構未来ICT研究センター 専攻研究員）		
E04-01	石 橋 幸 治	理化学研究所	カーボンナノ材料を用いた量子ナノデバイスプロセスの開発
E04-02	市 川 昌 和	東京大学	超高密度・超微細ナノドット形成とナノ物性評価技術
E04-03	彌 田 智 一	東京工業大学	高信頼性ナノ相分離構造テンプレートの創製
E04-04	川 勝 英 樹	東京大学	超高速・超並列ナノメカニクス
E04-05	木 下 博 雄	兵庫県立大学	位相差極端紫外光顕微鏡による機能性材料表面観察・計測技術
E04-06	大 門 寛	奈良先端科学技術大学院大学	ナノ構造解析のための立体原子顕微鏡の開発
E04-07	松 井 真 二	兵庫県立大学	高機能ナノ立体構造デバイス・プロセス
E04-08	本 間 芳 和	東京理科大学	カーボンナノチューブ形成過程その場観察と物性制御への展開
領域名	高度情報処理・通信の実現に向けたナノ構造体材料の制御と利用 研究総括：福山 秀敏（東京理科大学理学部 教授）		
E05-01	石 田 武 和	大阪府立大学	超伝導ナノファブリケーションによる新奇物性と応用
E05-02	小 林 速 男	日本大学	新規な電子機能を持つ分子ナノ構造体の構築
E05-03	篠 原 久 典	名古屋大学	新世代カーボンナノチューブの創製・評価と応用
E05-04	田 中 一 義	京都大学	精密分子設計に基づくナノ電子デバイス構築
E05-05	中 嶋 敦	慶應義塾大学	次世代光磁気材料を指向したナノデザイン制御
E05-06	永 長 直 人	東京大学	相関電子コヒーレンス制御
E05-07	山 下 正 廣	東北大学	量子スピン系ナノ分子磁石の創製
E05-08	浅 井 美 博	産業技術総合研究所	単一分子伝導・接合シミュレーション
E05-09	前 川 禎 通	東北大学	電子内部自由度制御型ナノデバイス創製原理の構築
領域名	医療に向けた自己組織化等の分子配列制御による機能性材料・システムの創製 研究総括：茅 幸二（理化学研究所和光研究所 所長・中央研究所所長）		
E06-01	伊 藤 耕 三	東京大学	トポロジカルゲルを利用した医療用生体機能材料の創製
E06-02	川 合 知 二	大阪大学	プログラム自己組織化による人工生体情報材料創製
E06-03	栗 原 和 枝	東北大学	固・液界面の液体のナノ構造形成評価と制御
E06-04	芝 清 隆	（財）癌研究会	プログラマブル人工蛋白質からの組織体構築
E06-05	下 村 政 嗣	東北大学	高分子の階層的自己組織化による再生医療用ナノ構造材料の創製
E06-06	徳 永 史 生	大阪大学	分子配列による蛋白モジュールの開発と展開
E06-07	富 永 圭 介	神戸大学	ナノスケールにおける反応制御の基本原理の構築
E06-08	林 崎 良 英	理化学研究所	ゲノムレベルの生体分子相互作用探索と医療に向けたナノレゴ開発
E06-09	藤 田 誠	東京大学	自己組織化分子システムの創出と生体機能の化学翻訳
E06-10	山 下 一 郎	松下電器産業（株）	バイオのナノテクノロジーを用いたナノ集積プロセス
領域名	ナノ界面技術の基盤構築 研究総括：新海 征治（崇城大学工学部 教授）		
E07-01	稲 垣 伸 二	（株）豊田中央研究所	有機シリカハイブリッド材料のナノ構造制御と機能創出
E07-02	尾 嶋 正 治	東京大学	超高輝度放射光機能界面解析・制御ステーション
E07-03	川 崎 雅 司	東北大学	酸化物・有機分子の界面科学とデバイス学理の構築
E07-04	北 川 宏	九州大学	錯体プロトニクスの創成と集積機能ナノ界面システムの開発
E07-05	春 田 正 毅	首都大学東京	異種物質との接合を利用した金クラスター触媒の機能設計
E07-06	有 賀 哲 也	京都大学	巨大Rashba効果によるスピン偏極電流
E07-07	君 塚 信 夫	九州大学	自己組織化に基づくナノインターフェースの統合構築技術
E07-08	平 川 一 彦	東京大学	ナノギャップ電極／ナノ量子系接合による新機能の創出
E07-09	藤 田 誠	東京大学	自己組織化有限ナノ界面の化学
E07-10	由 井 伸 彦	北陸先端科学技術大学院大学	分子運動操作を基盤とした多次元的バイオ界面
領域名	ナノ科学を基盤とした革新的製造技術の創成 研究総括：堀池 靖浩（物質・材料研究機構 フェロー）		
E08-01	片 岡 一 則	東京大学	遺伝子治療実用化のための超分子ナノデバイス製造技術の創成
E08-02	小 寺 秀 俊	京都大学	再生医療に向けたバイオ／ナノハイブリッドプラットホーム技術の構築
E08-03	高 井 治	名古屋大学	ソリューションプラズマ反応場の自律制御化とナノ合成・加工への応用
E08-04	塚 越 一 仁	理化学研究所	ナノ界面・電子状態制御による高速動作有機トランジスタ
E08-05	半 那 純 一	東京工業大学	液晶性有機半導体材料の開発
E08-06	前 田 英 明	産業技術総合研究所	マイクロ空間場によるナノ粒子の超精密合成
E08-07	明 石 満	大阪大学	免疫制御能を有する高分子ナノ粒子ワクチンの製造
E08-08	宇 田 泰 三	大分大学	高機能分子「スーパー抗体酵素」の自動合成装置と大量合成
E08-09	片 浦 弘 道	産業技術総合研究所	第二世代カーボンナノチューブ創製による不代替デバイス開発
E08-10	桑 畑 進	大阪大学	イオン液体と真空技術による革新的ナノ材料創成法の開発
E08-11	堀 勝	名古屋大学	プラズマナノ科学創成によるプロセスナビゲーション構築とソフト材料加工
E08-12	松 尾 二 郎	京都大学	ソフトナノマテリアル3D分子イメージング法の開発
領域名	プロセスインテグレーションによる機能発現ナノシステムの創製 研究総括：曾根 純一（日本電気（株）中央研究所 支配人）		
領域名	プロセスインテグレーションに向けた高機能ナノ構造体の創出 研究総括：入江 正浩（立教大学理学部化学科 教授）		

終了課題・領域につきましては、終了時の所属機関・役職を記しています

F：光・量子



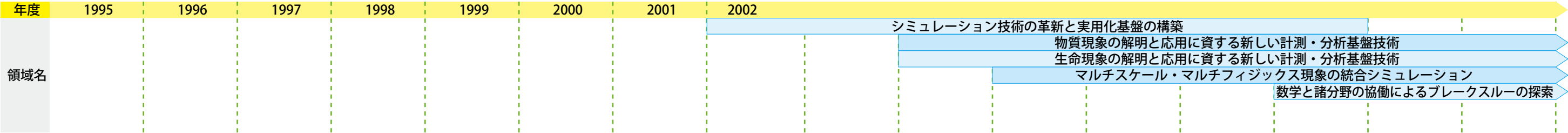
索引番号	代表者	機関名	課 題
領域名	量子効果等の物理現象 研究総括：川路 紳治（学習院大学 名誉教授）		
F01-01	青 野 正 和	大阪大学	人工ナノ構造の機能探索
F01-02	潮 田 資 勝	東北大学	S T M発光分光法と近接場光学分光法による表面極微細構造の電子物性の解明
F01-03	雀 部 博 之	千歳科学技術大学	超構造分子の創製と有機量子デバイスへの応用
F01-04	清 水 明	東京大学	量子場操作
F01-05	筒 井 哲 夫	九州大学	自己組織性分子を用いた新規発光機能材料の設計
F01-06	寺 崎 治	東北大学	配列したマイクロ空間での新物質系の創製と物性
F01-07	廣 瀬 全 孝	広島大学	3次元集積量子構造の形成と知能情報処理への応用
F01-08	武 笠 幸 一	北海道大学	スピン計測－スピンS P Mの開発とスピン制御－
F01-09	家 泰 弘	東京大学	微細構造におけるスピン量子物性の開拓
F01-10	大 塚 洋 一	筑波大学	金属微細トンネル接合システムの物理と素子への応用
F01-11	岡 泰 夫	東北大学	ナノ構造磁性半導体の巨大磁気光学機能の創出
F01-12	小 宮 山 進	東京大学	量子構造を用いた遠赤外光技術の開拓と量子物性の解明
F01-13	山 中 昭 司	広島大学	ナノ物質空間の創製と物理・化学修飾による物性制御
F01-14	横 山 正 明	大阪大学	有機 / 金属界面の分子レベル極微細構造制御と増幅型光センサー
F01-15	井 口 家 成	東京工業大学	異方的超伝導体の量子効果と新電磁波機能発現
F01-16	小 倉 睦 郎	産業技術総合研究所	原子層制御量子ナノ構造のコヒーレント量子効果
F01-17	讃 井 浩 平	上智大学	自己組織化量子閉じ込め構造
F01-18	白 田 耕 藏	電気通信大学	量子固体と非線形光学：新しい光学過程の開拓
F01-19	山 下 幹 雄	北海道大学	サイクル時間域光波制御と単一原子分子現象への応用
領域名	電子・光子等の 機能制御 研究総括：菅野 卓雄（東洋大学 理事長）		
F02-01	川 原 田 洋	早稲田大学	表面吸着原子制御による極微細ダイヤモンドデバイス
F02-02	青 柳 克 信	東京工業大学	量子相関機能のダイナミクス制御
F02-03	田 中 康 資※	産業技術総合研究所	最高性能高温超伝導材料の創製
F02-04	平 山 祥 郎	日本電信電話（株）	相関エレクトロニクス
F02-05	鳳 紘 一 郎	東京大学	量子スケールデバイスのシステムインテグレーション
F02-06	小 田 俊 理	東京工業大学	ネオシリコン創製に向けた構造制御と機能探索
F02-07	北 川 勝 浩	大阪大学	核スピンネットワーク量子コンピュータ
F02-08	中 野 義 昭	東京大学	人工光物性に基づく新しい光子制御デバイス
F02-09	中 村 新 男	名古屋大学	ナノサイズ構造制御金属・半金属材料の超高速光機能
F02-10	覧 村 博 義	東京農工大学	光・電子波束制御エンジニアリング
F02-11	鈴 木 義 茂	大阪大学 / 産業技術総合研究所	固体中へのスピン注入による新機能創製
F02-12	中 村 和 夫	物質・材料研究機構	量子暗号の実用化を可能にする光子状態制御技術
F02-13	野 田 進	京都大学	フォトリック結晶による究極の光制御と新機能デバイス
F02-14	花 村 榮 一	千歳科学技術大学	強相関電子系ペロブスカイト遷移金属酸化物による光エレクトロニクス
領域名	量子情報処理システムの実現を目指した新技術の創出 研究総括：山本 喜久（情報・システム研究機構国立情報学研究所 教授 / スタンフォード大学応用物理・電気工学科 教授）		
F03-01	井 元 信 之	大阪大学	光子を用いた量子演算処理新機能の開拓
F03-02	蔡 兆 申	日本電気（株） / 理化学研究所	超伝導量子ビットシステムの研究開発
F03-03	清水 富士夫	日本電信電話（株） / 電気通信大学	中性原子を使った量子演算システムの開発
F03-04	高 橋 義 朗	京都大学	原子アンサンブルを用いた量子情報処理の基盤技術開発
F03-05	古 澤 明	東京大学	量子ネットワークへ向けた量子エンタングルメント制御
F03-06	小 坂 英 男	東北大学	単一光子から単一電子スピンへの量子メディア変換
F03-07	占 部 伸 二	大阪大学	冷却イオンを用いた量子情報処理基礎技術
F03-08	百 瀬 孝 昌	情報通信研究機構 / プリティッシュコロンビア大学	分子の電子・振動・回転状態を用いた量子演算基盤技術の開発
F03-09	井 上 恭	大阪大学	通信波長帯量子もつれ光子とその応用システム
F03-10	北 川 勝 浩	大阪大学	分子スピン量子コンピュータ
F03-11	宮 下 精 二	東京大学	量子多体協力現象の解明と制御
F03-12	香 取 秀 俊	東京大学	極低温原子を用いる量子計測法の開拓

※伊原 英雄（2002年3月まで）→田中 康資（F02-03）

索引番号	代表者	機関名	課 題
領域名	新機能創成に向けた光・光量子科学技術 研究総括：伊澤 達夫（東京工業大学 理事・副学長）		
F04-01	岸 野 克 巳	上智大学	ナノコラム結晶による窒化物半導体レーザーの新展開
F04-02	末 宗 幾 夫	北海道大学	超伝導フォトリクスの創成とその応用
F04-03	野 田 進	京都大学	フォトリック結晶を用いた究極的な光の発生技術の開発
F04-04	堀 裕 和	山梨大学	ナノ光電子機能の創生と局所光シミュレーション
F04-05	山 下 幹 雄	北海道大学	極限光電場波形制御による新光量子技術の創出
F04-06	兒 玉 了 祐	大阪大学	高エネルギー密度プラズマフォトリクス
F04-07	五 神 真	東京大学	時空間モルフォロジーの制御による能動メゾ光学
F04-08	馬 場 俊 彦	横浜国立大学	フォトリックナノ構造アクティブ光機能デバイスと集積技術
F04-09	松 岡 隆 志	東北大学	温度安定性に優れた光通信用 InN 半導体レーザーの研究
F04-10	宮野 健次郎	東京大学	電子相関による光と電子の双方向制御の実現
F04-11	渡部 俊太郎	東京大学	高強度光電界による電子操作技術の開拓
F04-12	太 田 淳	奈良先端科学技術大学院大学	バイオメディカルフォトリック LSI の創成
F04-13	門 脇 和 男	筑波大学	超伝導による連続 THz 波の発振と応用
F04-14	橋 本 秀 樹	大阪市立大学	光合成初期反応のナノ空間光機能制御
F04-15	平 山 秀 樹	理化学研究所	230-350nm 帯 InAlGa N 系深紫外高効率発光デバイスの研究
F04-16	宮 永 憲 明	大阪大学	アダプティブパワーフォトリクスの基盤技術
領域名	先端光源を駆使した光科学・光技術の融合展開 研究総括：伊藤 正（大阪大学大学院基礎工学研究科 教授）		

終了課題・領域につきましては、終了時の所属機関・役職を記しています

G：計測・計算

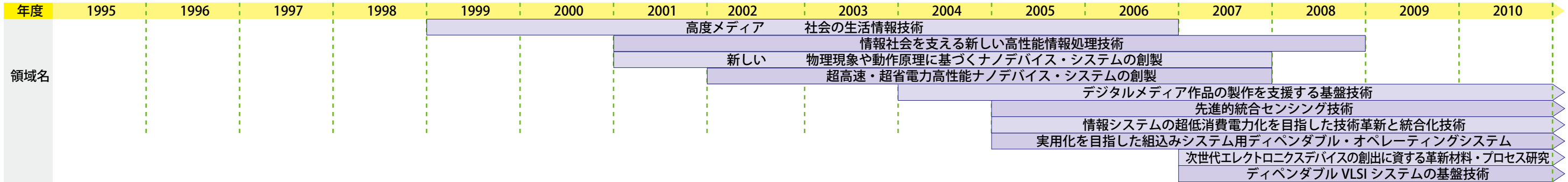


索引番号	代表者	機関名	課 題
領域名	シミュレーション技術の革新と実用化基盤の構築 研究総括：土居 範久（中央大学理工学部情報工学科 教授）		
G01-01	越 塚 誠 一	東京大学	粒子法によるマルチフィジックスシミュレータ
G01-02	斎 藤 公 明	日本原子力研究開発機構	放射線治療の高度化のための超並列シミュレーションシステムの開発
G01-03	土 井 正 男	東京大学	多階層的バイオレオシミュレータの研究開発
G01-04	西 田 晃	中央大学	大規模シミュレーション向け基盤ソフトウェアの開発
G01-05	渡 邊 聡	東京大学	ナノ物性計測シミュレータの開発
G01-06	穴 井 宏 和	富士通（株）	数値 / 数式ハイブリッド計算に基づくロバスト最適化プラットフォームの構築
G01-07	石 田 清 仁	東北大学	材料の組織・特性設計統合化システムの開発
G01-08	佐 々 木 節	高エネルギー加速器研究機構	高度放射線医療のためのシミュレーション基盤の開発
G01-09	高 野 直 樹	立命館大学	生体骨医療を目指したマルチプロフェッショナル・シミュレータ
G01-10	長 嶋 雲 兵	産業技術総合研究所	グリッド技術を用いた大規模分子シミュレーションプログラムの開発
G01-11	久 田 俊 明	東京大学	医療・創薬のためのマルチスケール・マルチフィジックス心臓シミュレータの開発
G01-12	大 石 進 一	早稲田大学	数値線形シミュレーションの精度保証に関する研究
G01-13	田 中 成 典	神戸大学	フラグメント分子軌道法による生体分子計算システムの開発
G01-14	田 中 高 史	九州大学	リアルタイム宇宙天気シミュレーションの研究
G01-15	富 田 勝	慶應義塾大学	システムバイオロジーのためのモデリング・シミュレーション環境の構築
G01-16	樋 口 知 之	情報・システム研究機構	先端的データ同化手法と適応型シミュレーションの研究
G01-17	藤 原 毅 夫	東京大学	複合手法を用いた電子構造計算技術の開発
領域名	物質現象の解明と応用に資する新しい計測・分析基盤技術 研究総括：田中 通義（東北大学 名誉教授）		
G02-01	米 田 忠 弘	東北大学	低次元ナノマテリアルと単一分子の振動分光・ESR 検出装置開発
G02-02	重 川 秀 実	筑波大学	フェムト秒時間分解走査プローブ顕微鏡技術の開拓と極限計測
G02-03	下 山 雄 平	室蘭工業大学	多量子遷移 ESR による巨大分子の構造解析
G02-04	高 田 昌 樹	理化学研究所	反応現象の X 線ピンポイント構造計測
G02-05	高 柳 邦 夫	東京工業大学	0.5Å 分解能物質解析電子顕微鏡基盤技術の研究
G02-06	並 河 一 道	東京学芸大学	高いコヒーレンスをもつ軟 X 線レーザーを利用した新固体分光法の構築
G02-07	瀬 戸 誠	京都大学	物質科学のための放射光核共鳴散乱法の研究
G02-08	高 橋 隆	東北大学	バルク敏感スピン分解超高分解能光電子分光装置の開発
G02-09	竹腰 清乃理	京都大学	材料開発に資する高感度多核固体 NMR 法の開発
G02-10	内 藤 康 秀	光産業創成大学院大学	超高分解能高速イメージング質量分析技術（質量顕微鏡）の構築
G02-11	福 谷 克 之	東京大学	水素のナノスケール顕微鏡
G02-12	河 田 聡	大阪大学	プラズモニック走査分析顕微鏡
G02-13	小 宮 山 進	東京大学	半導体量子構造の探索とテラヘルツ波計測技術開拓
G02-14	末 永 和 知	産業技術総合研究所	ソフトマターの分子・原子レベルでの観察を可能にする低加速高感度電子顕微鏡開発
G02-15	宝 野 和 博	物質・材料研究機構	レーザー補助広角 3 次元アトムプローブの開発とデバイス解析への応用
G02-16	水 谷 五 郎	北陸先端科学技術大学院大学	高機能光和周波顕微鏡の開発
領域名	生命現象の解明と応用に資する新しい計測・分析基盤技術 研究総括：柳田 敏雄（大阪大学大学院生命機能研究科 教授）		
G03-01	安 藤 敏 夫	金沢大学	タンパク質のナノダイナミクス高速撮影装置の開発
G03-02	生 田 幸 士	名古屋大学	光駆動ナノマシンを用いた新原理バイオ計測ツールの研究
G03-03	白 川 昌 宏	京都大学	磁気共鳴法による生体内分子動態の非侵襲計測
G03-04	高 橋 聡	大阪大学	蛋白質の折り畳み運動解明を目指した一分子観測法の確立
G03-05	青 山 茂	オムロン（株）	ハイブリッド局在 SPR を用いた生体分子の環境応答性計測
G03-06	長 野 哲 雄	東京大学	生体分子の動的可視化プローブの開発と応用
G03-07	中 村 義 一	東京大学	多目的 RNA ナノセンサー・モジュレーターの開発
G03-08	森 勇 介	大阪大学	タンパク質完全結晶創成
G03-09	吉 岡 芳 親	大阪大学	次世代無侵襲・定量的脳機能イメージング法の開発
G03-10	佐々木 裕次	(財) 高輝度光科学研究センター	高精度 1 分子内動画計測から見える生体分子構造認識プロセス
G03-11	中 山 喜 萬	大阪大学	カーボンナノチューブを用いた単一生体分子ダイナミクスの計測
G03-12	永 山 國 昭	自然科学研究機構	ns-nm 分解能の光子・電子ハイブリッド顕微鏡の開発
G03-13	樋 口 秀 男	東京大学	in vivo ナノイメージング技術の開発と生体運動機構の解明
G03-14	宮 澤 淳 夫	理化学研究所	細胞内標識による生物分子トモグラフィー

索引番号	代表者	機関名	課 題
領域名	マルチスケール・マルチフィジックス現象の統合シミュレーション 研究総括：矢川 元基（東洋大学計算力学研究センター センター長・教授）		
G04-01	尾 形 修 司	名古屋工業大学	ナノ・メゾ・マイクロの複雑固液界面の大規模数値解析
G04-02	押 山 淳	東京大学	計算量子科学によるナノアーキテクチャ構築
G04-03	佐 藤 正 樹	海洋研究開発機構	全球雲解像大気モデルの熱帯気象予測への実利用化に関する研究
G04-04	高 田 俊 和	理化学研究所	QM(MRSCI+DFT)/MM 法による生体電子伝達メカニズムの理論的研究
G04-05	高 橋 桂 子	海洋研究開発機構	災害予測シミュレーションの高度化
G04-06	天 能 精 一 郎	名古屋大学	生体系の高精度計算に適した階層的量子化学計算システムの構築
G04-07	平 尾 公 彦	東京大学	ナノバイオ系のシミュレーションとダイナミクス
G04-08	松 浦 充 宏	東京大学	観測・計算を融合した階層連結地震・津波災害予測システム
G04-09	長 岡 正 隆	名古屋大学	凝集反応系マルチスケールシミュレーションの研究開発—大規模原子情報の疎視化・再構成技法・疎視的理論の開発—
G04-10	羽 角 博 康	東京大学	海洋循環のスケール間相互作用と大規模変動
G04-11	町 田 昌 彦	日本原子力研究開発機構	超伝導新奇応用のためのマルチスケール・マルチフィジックスシミュレーションの基盤構築
G04-12	三 上 益 弘	産業技術総合研究所	DDS シミュレータの研究開発
G04-13	諸 熊 奎 治	京都大学	複雑分子系の複合分子理論シミュレーション
G04-14	山 中 康 裕	北海道大学	海洋生態系将来予測のための海洋環境シミュレーション研究
G04-15	山 本 量 一	京都大学	ソフトマターの多階層 / 相互接続シミュレーション
G04-16	青 木 百 合 子	九州大学	大規模系への超高精度 O(N) 演算法とナノ・バイオ材料設計
G04-17	今 田 正 俊	東京大学	高精度多体多階層物質シミュレーション
G04-18	臼 井 英 之	京都大学	惑星間航行システム開発に向けたマルチスケール粒子シミュレーション
G04-19	北 尾 彰 朗	東京大学	バイオ分子間相互作用形態の階層的モデリング
G04-20	中 辻 博	(NPO) 量子化学研究協会	超精密予測と巨大分子設計を実現する革新的量子化学と計算科学基盤技術の構築
G04-21	吉 村 忍	東京大学	原子力発電プラントの地震耐力予測シミュレーション
領域名	数学と諸分野の協働によるブレイクスルーの探索 研究総括：西浦 廉政（北海道大学電子科学研究所 教授）		

終了課題・領域につきましては、終了時の所属機関・役職を記しています

H：情報・システム



索引番号	代表者	機関名	課 題
領域名	高度メディア社会の生活情報技術 研究総括：長尾 真（情報通信研究機構 理事長）		
H01-01	池 内 克 史	東京大学	文化遺産の高度メディアコンテンツ化のための自動化手法
H01-02	石 田 亨	京都大学	デジタルシティのユニバーサルデザイン
H01-03	Nick Campbell	(株)国際電気通信基礎技術研究所	表現豊かな発話音声のコンピュータ処理システム
H01-04	三宅 なほみ	中京大学	高度メディア社会のための協調的学習支援システム
H01-05	渡 辺 富 夫	岡山県立大学	心が通う身体的コミュニケーションシステム E-COSMIC
H01-06	木戸出 正繼	奈良先端科学技術大学院大学	日常生活を拡張する着用指向情報パートナーの開発
H01-07	舘 暉	東京大学	テレイグジスタンスを用いる相互コミュニケーションシステム
H01-08	辻 井 潤 一	東京大学	情報のモビリティを高めるための基盤技術
H01-09	橋 田 浩 一	産業技術総合研究所	人間中心の知的情報アクセス技術
H01-10	池 原 悟	鳥取大学	セマンティック・タイポロジーによる言語の等価変換と生成技術
H01-11	金 出 武 雄	産業技術総合研究所	デジタルヒューマン基盤技術
H01-12	高 野 明 彦	情報・システム研究機構	連想に基づく情報空間との対話技術
領域名	情報社会を支える新しい高性能情報処理技術 研究総括：田中 英彦（情報セキュリティ大学院大学 情報セキュリティ研究科長・教授）		
H02-01	伊 藤 公 平	慶應義塾大学	全シリコン量子コンピュータの実現
H02-02	井 上 光 輝	豊橋技術科学大学	超高速ペタバイト情報ストレージ
H02-03	中 島 浩	京都大学	超低電力化技術によるディペンダブルメガスケールコンピューティング
H02-04	萩 谷 昌 己	東京大学	多相的分子インタラクションに基づく大容量メモリの構築
H02-05	木 下 佳 樹	産業技術総合研究所	検証における記述量爆発問題の構造変換による解決
H02-06	坂 井 修 一	東京大学	ディペンダブル情報処理基盤
H02-07	寅 市 和 男	筑波大学	フルーエンシ情報理論にもとづくマルチメディアコンテンツ記述形式
H02-08	武 藤 俊 一	北海道大学	量子情報処理ネットワーク要素技術
H02-09	加 藤 和 彦	筑波大学	自律連合型基盤システムの構築
H02-10	松 井 俊 浩	産業技術総合研究所	ヒューマノイドのための実時間分散情報処理
H02-11	横 田 治 夫	東京工業大学	ディペンダブルで高性能な先進ストレージシステム
領域名	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 研究総括：梶村 皓二（（財）機械振興協会 副会長・技術研究所 所長）		
H03-01	猪 俣 浩 一 郎	物質・材料研究機構	スピン量子ドットメモリ創製のための要素技術開発
H03-02	岩 佐 義 宏	東北大学	ナノクラスターの配列・配向制御による新しいデバイスと量子状態の創出
H03-03	大 串 秀 世	産業技術総合研究所	高密度励起子状態を利用したダイヤモンド紫外線ナノデバイスの開発
H03-04	河 田 聡	大阪大学	非線形ナノフォトニクス
H03-05	小 森 和 弘	産業技術総合研究所	光子量子位相制御・演算技術
H03-06	三 澤 弘 明	北海道大学	量子相関光子ビームナノ加工
H03-07	石 原 一	大阪府立大学	光電場のナノ空間構造による新機能デバイスの創製
H03-08	板 谷 謹 悟	東北大学	固液界面反応のアトムプロセスの解明とその応用
H03-09	高 柳 英 明	東京理科大学	超伝導磁束量子ビットによる量子もつれの実現
H03-10	松 本 和 彦	大阪大学	カーボンナノチューブ単一電子・スピン計測システムの確立
H03-11	赤 穂 博 司	産業技術総合研究所	強相関界面エンジニアリングによるスピントネル機能の巨大化
領域名	超高速・超省電力高性能ナノデバイス・システムの創製 研究総括：榊 裕之（豊田工業大学 副学長）		
H04-01	秋 山 英 文	東京大学	量子細線レーザーの作製とデバイス特性の解明
H04-02	安 達 千 波 矢	九州大学	有機半導体レーザーの構築とデバイス物理の解明
H04-03	荒 井 滋 久	東京工業大学	低次元量子構造を用いる機能光デバイスの創製
H04-04	大 谷 俊 介	電気通信大学	多価イオンプロセスによるナノデバイス創製
H04-05	河 口 仁 司	奈良先端科学技術大学院大学	シフトレジスタ機能付超高速光メモリの創製
H04-06	小 柳 光 正	東北大学	共鳴磁気トンネル・ナノドット不揮発性メモリの創製
H04-07	新 田 淳 作	東北大学	半導体スピンエンジニアリング
H04-08	藤 巻 朗	名古屋大学	単一磁束量子テラヘルツエレクトロニクスの創製
H04-09	古 屋 一 仁	東京工業大学	超ヘテロナノ構造によるパリスティック電子デバイスの創製
H04-10	吉 川 明 彦	千葉大学	InN 系窒化物ナノデバイス / ナノプロセスの分子線エピタキシ法による新展開
領域名	デジタルメディア作品の製作を支援する基盤技術 研究総括：原島 博（東京大学大学院情報学環・学際情報学府 教授）		
H05-01	稲 蔭 正 彦	慶應義塾大学	ユビキタス・コンテンツ製作支援システムの研究
H05-02	廣 瀬 通 孝	東京大学	デジタルパブリックアートを創出する技術
H05-03	藤 幡 正 樹	東京芸術大学	デジタルメディアを基盤とした 21 世紀の芸術創造
H05-04	森 島 繁 生	早稲田大学	コンテンツ制作の高効率化のための要素技術研究
H05-05	岩 田 洋 夫	筑波大学	デバイスアートにおける表現系科学技術の創成

索引番号	代表者	機関名	課 題
H05-06	片 寄 晴 弘	関西学院大学	時系列メディアのデザイン転写技術の開発
H05-07	田 村 秀 行	立命館大学	映画制作を支援する複合現実型可視化技術
H05-08	松 原 仁	公立はこだて未来大学	オンラインゲームの制作支援と評価
H05-09	河 口 洋 一 郎	東京大学	超高精細映像と生命的立体造形が反応する新伝統芸能空間の創出技術
H05-10	斎 藤 英 雄	慶應義塾大学	自由空間に 3 次元コンテンツを描き出す技術
H05-11	須 永 剛 司	多摩美術大学	情報デザインによる市民芸術創出プラットフォームの構築
H05-12	渡 辺 富 夫	岡山県立大学	人を引き込む身体性メディア場の生成・制御技術
領域名	先進的統合センシング技術 研究総括：板生 清（東京理科大学専門職大学院総合科学技術経営研究科 教授）		
H06-01	石 田 誠	豊橋技術科学大学	社会の安全・安心に貢献するユビキタス集積化マイクロセンサの開発
H06-02	車 谷 浩 一	産業技術総合研究所	安全と利便性を両立した空間見守りシステム
H06-03	佐 藤 知 正	東京大学	安全・安心のための移動体センシング技術
H06-04	都 甲 潔	九州大学	セキュリティ用途向け超高度匂いセンサシステムの開発
H06-05	西 田 佳 史	産業技術総合研究所	事故予防のための日常行動センシングおよび計算論の基盤技術
H06-06	安 田 二 朗	科学警察研究所	全自動モバイル型生物剤センシングシステム
H06-07	伊 藤 寿 浩	産業技術総合研究所	安全・安心のためのアニマルウォッチセンサの開発
H06-08	徐 超 男	産業技術総合研究所	応力発光体を用いた安全管理ネットワークシステムの創出
H06-09	戸 辺 義 人	東京電機大学	実世界検索に向けたネットワークセンシング基盤ソフトウェア OSOITE
H06-10	藤 野 陽 三	東京大学	都市基盤の災害事故リスクの監視とマネジメント
H06-11	山 中 一 司	東北大学	多種類の危険・有害ガスに対する携帯型高感度ガスセンサシステム
H06-12	東 野 輝 夫	大阪大学	災害時救命救急支援を目指した人間情報センシングシステム
H06-13	本 田 学	国立精神・神経センター	脳に安全な情報環境をつくるウェアラブル基幹脳機能統合センシングシステム
H06-14	前 田 太 郎	大阪大学	パラサイトヒューマンネットによる五感情報通信と環境センシング・行動誘導
H06-15	山 田 一 郎	東京大学	生体・環境情報処理基盤の開発とメタボリック症候群対策への応用
領域名	情報システムの超低消費電力化を目指した技術革新と統合化技術 研究総括：南谷 崇（東京大学先端科学技術研究センター 教授）		
H07-01	黒 田 忠 広	慶應義塾大学	高性能・超低電力短距離ワイヤレス可動情報システムの創出
H07-02	小 林 光	大阪大学	極限ゲート構造によるシステムディスプレイの超低消費電力化
H07-03	佐 藤 健 一	名古屋大学	超低消費電力光ルーティングネットワーク構成技術
H07-04	高 田 広 章	名古屋大学	ソフトウェアとハードウェアの協調による組込みシステムの消費エネルギー最適化
H07-05	小 池 汎 平	産業技術総合研究所	しきい値電圧をプログラム可能な超低消費電力 FPGA の開発
H07-06	後 藤 敏	早稲田大学	超低消費電力メディア処理 SoC の研究
H07-07	高 木 直 史	名古屋大学	単一磁束量子回路による再構成可能な低電力高性能プロセッサ
H07-08	中 村 宏	東京大学	革新的電源制御による次世代超低電力高性能システム LSI の研究
H07-09	市 川 晴 久	電気通信大学	環境知能実現を目指す超低消費電力化統合システムの研究開発
H07-10	西 川 博 昭	筑波大学	超低消費電力化データ駆動ネットワークシステム
H07-11	前 田 龍 太 郎	産業技術総合研究所	ULP ユビキタセンサの IT システム電力最適化制御への応用
H07-12	松 岡 聡	東京工業大学	ULP-HPC: 次世代テクノロジーのモデル化・最適化による超低消費電力ハイパフォーマンスコンピューティング
領域名	実用化を目指した組込みシステム用ディペンダブルオペレーティングシステム 研究総括：所 眞理雄（ソニー(株) 業務執行役員 SVP/(株) ソニーコンピュータサイエンス研究所 代表取締役社長）		
H08-01	石 川 裕	東京大学	並列・分散型組込みシステムのためのディペンダブルシングルシステムイメージ OS
H08-02	佐 藤 三 久	筑波大学	省電力でディペンダブルな組込み並列システム向け計算プラットフォーム
H08-03	徳 田 英 幸	慶應義塾大学	マイクロユビキタスノード用ディペンダブル OS
H08-04	中 島 達 夫	早稲田大学	高機能情報家電のためのディペンダブルオペレーティングシステム
H08-05	前 田 俊 行	東京大学	ディペンダブルシステムソフトウェア構築技術に関する研究
領域名	次世代エレクトロニクスデバイスの創出に資する革新材料・プロセス研究 研究総括：渡辺 久恒（(株) 半導体先端テクノロジーズ 代表取締役社長）		
H09-01	秋 永 広 幸	産業技術総合研究所	機能性酸化物を用いた界面相転移スイッチングデバイスの開発
H09-02	尾 辻 泰 一	東北大学	グラフェン・オン・シリコン材料・デバイス技術の開発
H09-03	佐々木 孝友	大阪大学	真空紫外レーザー光発生用非線形光学結晶の開発
H09-04	菅 原 聡	東京工業大学	ハーフメタル強磁性体を用いたスピン機能 MOSFET の開発
H09-05	田 川 精 一	大阪大学	極微細加工用レジスト研究とプロセスシミュレーターの開発
H09-06	二 瓶 瑞 久	富士通 (株)	LSI 用 3 次元カーボン・アクティブ配線の開発
領域名	ディペンダブル VLSI システムの基盤技術 研究総括：浅井 彰二郎（(株) リガク 取締役副社長）		
H10-01	小野寺 秀俊	京都大学	ロバストファブリックを用いたディペンダブル VLSI プラットフォーム
H10-02	坂 井 修 一	東京大学	アーキテクチャと形式的検証の協調による超ディペンダブル VLSI
H10-03	坪 内 和 夫	東北大学	ディペンダブルワイヤレスシステム・デバイスの開発
H10-04	安 浦 寛 人	九州大学	統合的高信頼化設計のためのモデル化と検出・訂正・回復技術

終了課題・領域につきましては、終了時の所属機関・役職を記しています

編集後記

JSTの前身である新技術事業団がCRESTという事業を開始してから10年以上が経過しました。CRESTは現在ではJSTの戦略的創造事業の総予算の6割を占めるに到った重要な事業であるにもかかわらず、どのような研究が推進され、どのような成果が得られているのかいまひとつ世の中に知られていません。先輩格にあたるERATOが2年前の6月に25周年を記念するシンポジウム開催と記念誌の発行を行ったことに倣って、CRESTもその成果を世の中に発信するイベントと記念誌を企画しようということになり、5月27日に特別シンポジウムの開催と記念誌の発行を進めることが決まりました。12年目というのは干支の一回りで切りがよいということでイベントの名称はCREST-12となりました。

準備を始めて早々の11月に、山中伸弥京大教授がCRESTの研究成果として人工多能性幹細胞(iPS細胞)をヒトの皮膚から初めて作り出すことに成功したというニュースが世界を駆けめぐり、この事業がようやく世間に認知されたのですが、CREST-12の機会に「CRESTは第2第3の山中教授を生み出しつつある」ということをもっとアピールしようではないかということになったのです。

この記念誌には、2つの目玉を作りました。一つは、「CRESTは何を生み出したか」という研究成果紹介で、もう一つは、「CRESTが築いた日本の頭脳集団」というインタビュー記事です。

まず、「CRESTは何を生み出したか」では、「地球を守る」「ひとの命と健康」「くらしを支える」など出口を明確にしたテーマを設定し、総計530にも上る研究課題の中から、代表的な研究例をとりあげ、その研究から何が見出され、何ができるようになったかを一般の読者にも可能な限りわかりやすく紹介しました。紙数の関係から一部の限られた例の紹介に絞らざるを得なかったことは、断腸の思いでありました。取り上げることでできなかった研究者へのせめてもの償いとして、アーカイブとしての意味合いもこめて全研究領域の全研究課題を巻末に分野別リストとして掲げました。

もう一つの目玉である「CRESTが築いた日本の頭脳集団」では、マテリアルサイエンス、ライフサイエンス、脳科学、デバイステクノロジーなどの各分野を代表する領域の研究総括へのインタビューを通じて「CRESTという事業がどのように進められ、どのような成果を生み出したのか、特徴はなにか」を浮かび上がらせるような読み物としてまとめました。

CRESTという我が国の中で特徴ある研究システムに対してこれまでご指導・ご支援をくださった方々へこの小冊子を捧げたいという思いとともに、CRESTにこれまで馴染みのない方々、科学技術の専門家ではない方々にも、その特徴と意義をある程度ご理解いただければ幸いと念じる次第です。

2008年5月27日

記念誌編集チームを代表して 佐々正

編集 東良太、佐々絃一、佐々 正、佐藤勝昭、篠原譲司、住本研一、中川正広、中村和弘、中村正史、吉田秀紀、我妻雅子

CREST—12周年記念誌

2008年5月27日

初版発行

発 行 独立行政法人科学技術振興機構
戦略的創造事業本部

研 究 領 域 総 合 運 営 部

基礎研究制度評価タスクフォース

〒102-0075 東京都千代田区三番町5番地 三番町ビル

TEL.: 03-3512-3523

FAX.: 03-3222-2069

制 作 ・ 印 刷 株式会社 ザ・コンベンション
