

# NIMS

2007.Vol.7 No.5 May

# NOW

巻頭  
インタビュー NIMS理事長 岸輝雄

自主独立の精神で  
世界最高峰の  
マテリアル研究所を目指す

## NIMS Project

～プロジェクト紹介と最近の成果～

超耐熱材料センター

高性能ニッケル基単結晶超合金の開発

## Research Highlights

電気伝導率の高い

カーボンナノチューブの開発

高性能光触媒コート膜の開発

## フェイス interview

答えは自然の中にある

ナノ物質ラボ 主席研究員 三島 修

NIMS NOWリニューアル記念対談

新しいものを創造するには、  
ものごとを虚心にみるのが大切

ハインリッヒ・  
ローラー博士

ノーベル物理学賞受賞者

青野正和  
NIMSフェロー

ナノシステム機能センター長





## 巻頭インタビュー

# 自主独立の精神で 世界最高峰の マテリアル研究所 を目指す

「ナノテクノロジーを活用する新物質・新材料の創成のための研究の推進」と「社会的ニーズに応える材料の高度化のための研究開発の推進」を重点研究開発領域とした第2期中期計画がスタートして1年。2年目にNIMSが目指すものは――。

### Profile

岸 輝雄 (Teruo Kishi)  
NIMS 初代理事長として、研究システム、評価、運営面などで数々の改革を進める一方、NIMS ナノテクノロジー拠点長、総合科学技術会議基本政策推進専門調査会委員を兼務。また、2003～2005年には日本学術会議副会長を務める。専門は、材料の強度・非破壊評価。

## Serendipityもキーワードに

Nanotechnology Driven Materials Science for Sustainability. これは、世界最高峰のマテリアル研究所を目指すNIMSのコンセプトです。要素技術としてのナノテクをしっかりと進めることによって、新しい物質を創製する。それを、IT、バイオ、環境・エネルギーという幅広い研究領域に展開していく。これにより、持続可能な社会構築に貢献していくというのがNIMSの使命です。

今回、新しい物質の創製にSerendipity (セレンディピティ) という言葉を採用入れたことが、非常に大きな特徴です。Serendipityとは、「思いがけず、大きな発見をする」ということを意味し、本来、プロジェクトにはあまり馴染みませんが、あえてこの言葉を入れたことによって、物質・材料研究の面白さを強調したのです。

新しい物質の創製では、金属やセラミックスに加えて、有機・バイオを入れ、その境界領域、融合した

領域を創りあげようとしています。これまで分かれて発展してきた材料科学を合体して、ナノテクという技術を用いた新しい分野の開拓を行う。つまり、従来のようにいくつかの材料種を融合、あるいは統合するというイメージに加えて、まさにイノベーションを創出するような物質の創製であり、それによって世界の物質・材料科学を先導していくような研究を推進していくということです。

## 過去を分析、己を知ってこそ、 効果的なシステムが構築される

世界を先導するイノベーションを実現するためには、今あるシステムをどう有効に機能させるかと、今後どの方向に持っていくためのシステムなのか、ということをよく考えなければなりません。研究を推進していくシステムを考える際には、やはり過去を考えて、己の実力を知り、現在なすべきことを決めて、未来に向かっていくべきです。そのためには、

研究に対する外部評価はもとより、内部評価や自己評価も行う必要があります。それに基づいて、人材の採用を考え、システムを創っていくことが非常に大事になります。

また、長期的に見た場合、最大の効率を生み出すためには「遊び」が必要です。これが萌芽的研究です。これは、全体予算の10%ないし15%、人員も10%ないし15%を当て、自由な発想でチャレンジングなテーマに取り組むことにより、ゆくゆくは研究プロジェクトのシーズとなる可能性のあるテーマ、新しい原理の発見や学術分野の開拓につながる研究を創出するための研究システムです。

さらに、独立行政法人というのは、やはり大学とは差別化した研究も進めて行かなければなりません。純粋な基礎研究に加えて、目的を明確にした基礎研究を推進していくこと。特に、大学では持てないような施設・設備、例えば強磁場施設、超高圧電子顕微鏡やファウンドリーなどを整備し、大学ではできない研究を推進していかなければなりません。また、運営費交付金で途切れることなく、ある程度長期安定的に研究を行うことができることが、大きな成果を生むためのポイントになります。

若手研究者の育成と国際化という観点から活動を行ってきたのが、ICYS (International Center for Young Scientist)。Melting Potというコンセプトによって運営されてきたICYSは、Independent、Interdisciplinary、Innovative、Internationalの4つのInをキーワードに展開。異分野、異文化、異民族が研究を通してぶつかりあう場であり、独創的な研究活動を行ってきました。2003年から始められたICYSは成功裏に進展したことから、2008年から新たにポストICYSとして活動を続けることが決まっています。

## 情報の循環でNIMSの役割がより明確に

共同研究や材料研究プラットフォームなどにより、企業との連携も順調に推移してきています。例えば、隔週の金曜日には技術交流のために「イブニングセミナー」を開いていますが、着実に企業からの参加者が増えてきました。そこで大事なのは「情報の循環」

で、企業からの具体的な情報が入るようになって、ピンぼけの研究をやらなくなるという期待があります。また、材料研究プラットフォームは、シーズとニーズのマッチングですが、実用化を目指した研究の場として機能しています。これら企業との連携により分かったことは、企業がNIMSに求めているのは、基礎・基盤的な研究と、より専門的な深い知識であり、そこに新たな市場創出への期待があるということです。

また、NIMSでは数多くの国際連携が行われています。その代表的な例が、物質・材料研究の高度化、グローバル化を推進するための「世界材料研究所フォーラム」です。これは、NIMSが率先して立ち上げたもので、世界の材料研究所と共同で、研究に関する情報交換や国際連携を強化することを目的としています。2005年6月に開催した第1回フォーラムには、欧米・アジアの15の研究機関が参加しました。今年の6月にはベルリンで第2回目を開催しますが、それと併せて、海外から若手研究者を招待してシンポジウムを開催しようとしています。いくつかのワーキンググループ活動が開始される見通しで、盛り上がりを見せています。

これらの活動をはじめ、物質・材料科学においてリーダーシップを発揮することが、世界中核的研究機関としてのNIMSの役割だと考えています。

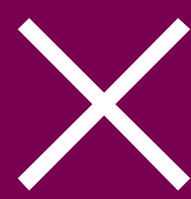






NIMS NOWリニューアル記念対談  
新しいものを創造するには、ものごとを虚心にみるのが大切

ハインリッヒ・ローラー博士  
ノーベル物理学賞受賞者



青野正和  
NIMSフェロー  
ナノシステム機能センター長



Profile

ハインリッヒ・ローラー (Heinrich Rohrer)  
スイス連邦工科大学卒業。同大学チューリッヒ校にて学位を取得し、同大学の助手、IBMチューリッヒ研究所研究員を経て、IBMフェロー。1981年、ゲルト・ビーニッヒとともに走査型トンネル顕微鏡 (STM) を発明し、その業績により1986年のノーベル物理学賞を受賞。

リニューアルを記念して、創立以来NIMSの研究に貴重なアドバイスをいただいているノーベル物理学賞受賞者のハインリッヒ・ローラー博士と青野正和NIMSフェローとの対談を企画しました。今回のNIMSご訪問では、「Science, for the Benefit of Mankind」と題する示唆に富んだ一般講演や、若手国際研究拠点 (ICYS) およびナノテクノロジー基盤領域の若い研究者との密接なディスカッションの機会を持つとともに、この対談にも快く応じてくださいました。

新しい分野を創造するのは若い人たち

**青野(以下A)** — 昨年、走査トンネル顕微鏡 (STM) の発明25周年を記念するナノテクノロジーの国際会議 (ICN+T2006) が、STMの発明の地であるスイスで開かれました。千数百人が参加した歴史的な国際会議でしたが、STMの発明者としてどのような印象を持たれましたか。

**ローラー(以下R)** — STMはゲルト・ビーニッヒと共同で発明しましたが、あの国際会議で強い印象を受けたのは、大勢の若い科学者が参加していたことです。そして若い女性科学者が数多く参加していたことにも驚かされました。女性は自然科学や工学を敬遠しがちだと思っていたので、創造は先入観にとらわれない若い科学者によってなされることが多いので、あの国際会議の若々しい活力は、この分野がさらに発展することを約束していると思いました。

**A** — STMの発明は今日のナノテクノロジーを創造したと言っても過言ではありませんが、STMを発明された当時、どんなインパクトがあると予想されましたか。

**R** — 科学にとっては、観察と測定が何よりもまず大切です。光学顕微鏡が現われるまで生物学は存在しませんでした。電子顕微鏡がなければマイクロエレクトロニクスは発展しなかったでしょう。同じ意味で、STMの発明は新しい分野を切り拓くであろうと予想しました。実際に、ナノサイエンスおよびナノテクノロジーの扉を拓く重要な役割をSTMは果たしました。

ナノテク推進には新しい加工技術が必要

**A** — そうして拓かれたナノテクノロジーは、初期の段階、フィーバーの段階を経て、第3の段階に入りました。今後をどのように予測されますか。

**R** — ナノテクノロジーが今後どのように発展していくかを予測することは誰にも容易ではありません。技術的ハードルが多くあり、それらを乗り越えられるか否かに懸っています。NIMSの専門分野である材料科学では、新材料の創造によって新技術を生み出すという大きいチャンスがあると思います。そこでの技術的ハードルは、ナノスケールの新しい加工技術でしょう。その開拓が必須です。  
**A** — そうですね。その加工技術は今までの加工技術とは様相が一変したものになるとは思います。

**R** — そのとおりです。ナノスケールで、「意図した位置に意図した機能の構造を自在に作りうる」技術が必要です。局所プローブ技術はもちろん重要ですが、自己組織化を巧みに利用しなければならないでしょう。ただし、自然で見られる自己組織化とは違います。

**A** — 「自然は最高のナノテクノロジー」と言われます。例えば人間の脳を眺めると、そこに用いられている「ナノテクノロジー」の凄さに圧倒されます。しかし、DNAという部品があって、天文学的に長い試行錯誤の時間があれば、ここに行き着いたことはむしろ当然ともいえます。これは、

脳と同様の機能を別の手持ちの部品、例えばトランジスタを使って実現しようとするのは必ずしも賢明でないことを意味しています。手持ちの部品、それは日々改良されますが、それを用いて実現しようとする最高のものを目指すべきだと思います。バイオにもできない新しいものを創り出すことが重要だと思います。

**R** — そのとおりです。自然を模倣するのではなく、自然を観察してインスピレーションを得るといのが、「自然は最高のナノテクノロジー」の本当の意味でしょう。

**A** — そのような視点に立つと、まったく新しい加工方法すなわち物質や材料の制御方法を積極的に開発すべきことが浮き彫りになりますね。例えば、硬くて不変の骨格の隙間に柔らかくて可塑性なナノ物質を自在に配置することができ、かつ柔らかくて可塑性な物質は外部信号、環境、それらの履歴に依存して変化するとすれば、きわめて興味深い機能をもつナノシステムが実現できます。

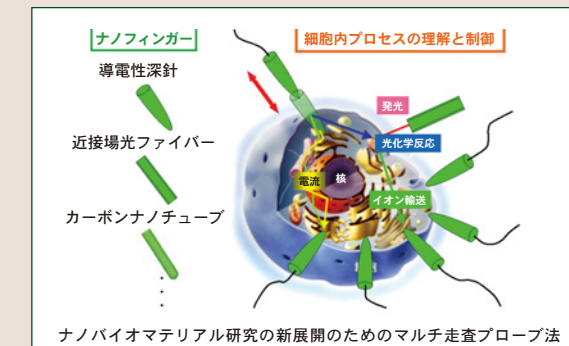
研究者には自由を与えるべき

**A** — 最後にNIMSの将来について何かアドバイスをいただけませんか。

**R** — NIMSはすでに高いレベルの研究を推進していますので、これまでのようにNIMSとしてやるべきことを実行していけばよいと思います。若い研究者へのアドバイスですが、新しいものを創造しようとするときには計画したことは無関係にさまざまなことが起こりますので、ものごとを虚心にみるのが大切です。計画で想定していなかったことが生じて、それを素直に捉える心が肝要です。そこに大きい発見が生まれるからです。そのとき、「Chance favors the prepared mind」という格言に留意すべきです。これを

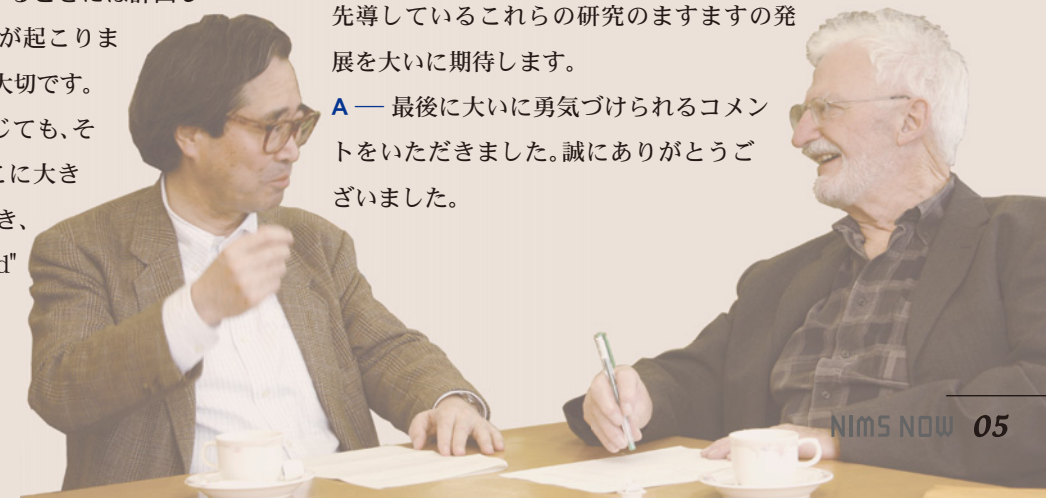
Profile

青野 正和 (Masakazu Aono)  
東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。無機材質研究所研究員、同主任研究員、理化学研究所主任研究員、大阪大学大学院工学研究科教授、物質・材料研究機構ナノマテリアル研究所長を経て、現在、NIMSフェロー、ナノシステム機能センター長。



くれぐれも肝に銘じてください。NIMSでは研究の自由が十分にあると思いますが、価値ある研究を進めたいと思っている若い研究者には、それを実行する自由を与えるべきです。最後になりましたが、NIMSではナノテクノロジーの分野で数多くの先進的な研究が行われています。私がよく知っている研究だけでも、原子スイッチやマルチプローブSTMなどの研究があり、とくにマルチプローブSTMは今後のナノバイオマテリアル研究との関係において非常に重要であると思います (模式図参照)。世界を先導しているこれらの研究のますますの発展を大いに期待します。

**A** — 最後に大いに勇気づけられるコメントをいただきました。誠にありがとうございました。









# 電気伝導率の高い カーボンナノチューブの開発

— ナノ配線や透明電極への応用を目指して —

ナノシステム機能センター ナノフロンティア材料グループ



グループリーダー  
石井 聡・高野 義彦

美しい宝石のダイヤモンド、鉛筆の芯のグラファイト、サッカーボールの形をしたC<sub>60</sub>やフラーレン、そして、カーボンナノチューブは、みんな炭素の単体です。カーボンナノチューブは、直径が1万分の1ミリメートル以下の細いストロー状で、軽くて丈夫であることから、将来のLSIのナノ配線や透明電極など、様々な分野での応用が期待されています。しかし、カーボンナノチューブは巻き方により、金属的伝導を示したり半導体になったりとその性質は大きく変化します。そのため、巻き方の制御が試みられていますが、未だに成功していません。

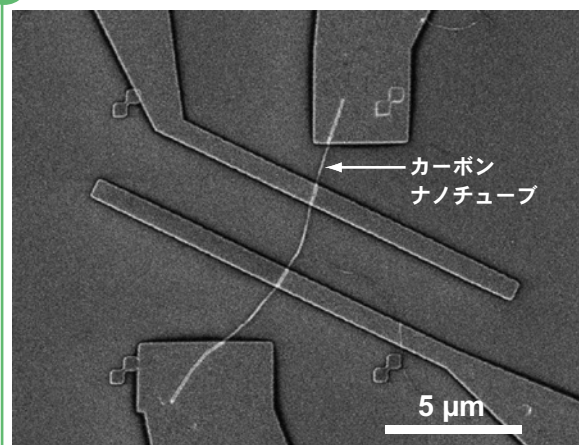
カーボンナノチューブをナノ配線などに用いるためには、巻き方に依存しない高い電気伝導率が必要です。そこで、我々は、電気炉を用いた簡便な気相成長法を用い、ホウ素を添加したカーボンナノチューブの作製に成功しました。電子線リソグラフィーを用いて、1本のカーボンナノチューブに4端子を設置し、電気伝導率を測定しました(図1参照)。

その結果、一般の多層カーボンナノチューブに比べ、室温での電気伝導率が1~2桁高いことが示されました。しかも、極低温まで高い電気伝導率を保つことも分かりました(図2参照)。

当研究グループでは、ダイヤモンドにホウ素を添加することにより現れる、高い電気伝導率と超伝導について研究を進めています。カーボンナノチューブにおいても、ホウ素が添加されたことによってホールのキャリアが導入され、巻き方に依存しない高い電気伝導率が得られたものと考えています。そして、将来、ホウ素添加カーボンナノチューブにも超伝導が現れるかもしれません。

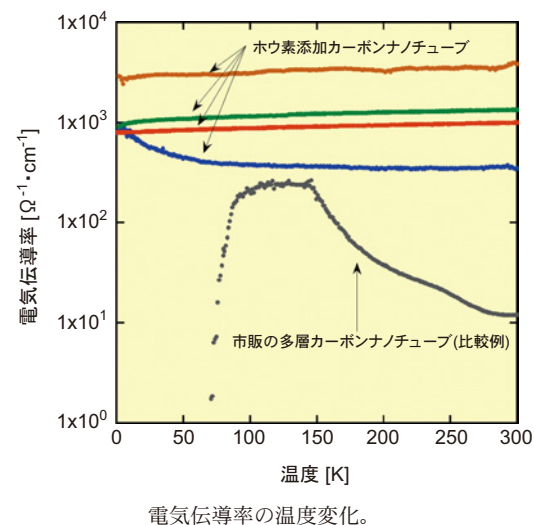
本発見は、樹脂にカーボンナノチューブを添加して作製する透明電極や伝導性フィルムを始め、将来のLSIのナノ配線、カーボンナノチューブ電界効果トランジスタ、走査型プローブ顕微鏡の探針、電子放出デバイス、燃料電池などへの応用が考えられます。

図1



1本のホウ素添加カーボンナノチューブに4端子を微細加工した試料の走査電子顕微鏡写真。

図2



# 高性能光触媒コート膜の開発

— 腐食性ガス分解速度、従来比30倍を実現 —

光触媒材料センター 機能開発グループ



センター長  
王 徳法・加古 哲也・葉 金花

酸化チタン光触媒は、環境浄化材料として様々な製品に応用されています。実際、空気中の有害物質を分解する浄化装置では、セラミックスやガラス、金属などの基材の表面に酸化チタン光触媒を塗布したコート材が利用されています。

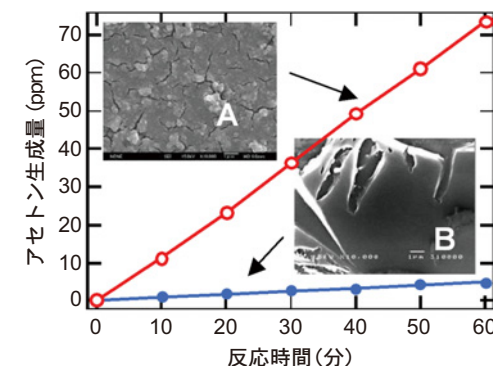
従来の酸化チタン光触媒フィルターは、スラリー(酸化チタンを分散させた液体)とシリカ系バインダ(酸化チタンを基材表面に固定する成分)とを混合したコート液を多孔質セラミックスに塗布し、熱処理によって固定化したものです。しかし、このようなプロセスで作製されたコート膜では、十分な反応面積が確保されないばかりか、内部に到達する光も少なく、また、異質のケイ素化合物が存在しているため、光触媒活性が十分ではありませんでした。

我々はこうした課題を解決すべく、(株)明電舎と新しい光触媒コート膜の開発をテーマに共同研究を実施しました。まずガラス基板にスラリーおよびバインダ成分を系統的に調整したコート膜を作製し、それらの膜の結晶性、表面形態、膜厚、強度、および光触媒反応によるイソプロピルアルコール(IPA)分解活性を調べました。図1にその一部の結果を示します。縦軸はIPAを分解して発生するアセトンの量です。A材での生成速度はB材の15倍にもなります。この結果は、A材では写真のように表面に微細なクラックが多数発生し、反応に寄与する表面積が増大することによるものです。この予備実験の結果をさらに発展させ、実際の多孔質セラミックス基板にはチタン系バインダ成分にミクロンサイズのアクリルビーズを含有させました。これらのビーズは熱処理で分解されるため、ミクロンサイズの細孔構造をもつコート膜が得られました(図2)。その結果、実

効上の酸化チタン表面積も大幅に増加し、また細孔深部まで光が浸透するなど、総合的に光反応量が増大しました。開発された光触媒コート膜を用いた硫化水素の光触媒分解試験では、硫化水素の分解速度で従来品比、30倍以上が達成されました。

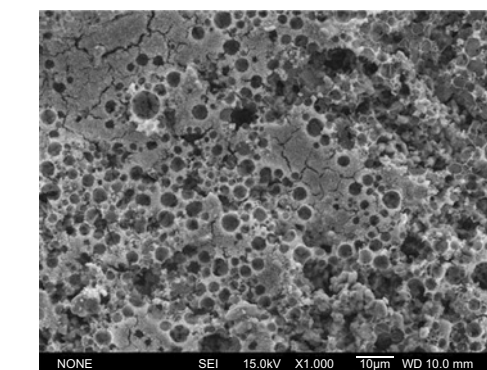
なお、本研究で開発した光触媒フィルターは硫化水素等の腐食性ガス以外に、大気中に含まれる種々の有害分子(ホルムアルデヒド、二酸化硫黄、アンモニア、一酸化窒素など)の高効率な除去も可能であり、今後各種空気浄化装置への応用が期待されます。

図1



形態を制御した酸化チタン塗布膜での予備実験の結果。微細なクラックが多いA材の特性が優れている。

図2



開発した新技術で作製した光触媒コート膜の表面SEM写真、焼成温度は500℃、ミクロンサイズの細孔が多数観察される。





## ドイツBIOKONとMOUを調印

平成19年3月27日、NIMSナノ物質ラボは、ドイツのBIOKON(Bionics Competence Network)センターStuttgartと共同研究協力に関するMOU(覚書)を調印しました。BIOKONは52の組織団体からなり、ドイツ連邦政府の財政援助を受けている組織で、その活動は、研究からビジネスへの波及、教育まで、幅広く精力的です。日本からの参加はNIMSが初めての機関となります。この調印を契機に、密な研究情報交換、研究者の人的交流、共同研究課題の拡充を通して、バイオニクス及びバイオメティクスにおける研究をより精力的に推進し、また日独研究交流の日本の窓口としても貢献していきます。



左からDr. E.Gorb (Max Planck 研究所研究員)、細田主幹研究員、Dr. S.Gorb (BIOKONセンターStuttgartリーダー)、Dr. D.Voigt (Max Planck 研究所研究員)、Ms.C.Mksch (Max Planck 研究所技術員)

## 国立大学法人北見工業大学と連携大学院協定締結

NIMSと国立大学法人北見工業大学は、平成19年4月1日より連携大学院協定を締結し、NIMS内に大学院生を受け入れて研究教育指導を共同で行うことに合意しました。北見工業大学が研究機関と連携大学院協定を締結するのは、NIMSが初めてです。

NIMSからは、旧国立研究所時代に前田元強磁場ステーション長が教授として転出するなど、これまでに2名が北見工業大学へ転出しており、独法化以前から個別のつながりがありました。NIMSが第2期中期計画を開始するにあたり、燃料電池材料センターが開設されたことを機に連携大学院構想が話し合われ、今回の締結が実現しました。

まずは、北見工業大学化学システム工学科から燃料電池材料センターへ大学院生の派遣が行われ、逐次、連携の枠を広げる予定です。距離は離れていますが、その中で効率的な研究教育を行うべく、これまでになく多くの新しい試みも両機関で協議されており、今後、遠隔地との連携のモデルケースになるものと期待されます。



連携大学院協定調印を記念して  
前列左から 北見工大化学システム工学科 多田教授、岸理事長、西村センター長  
後列左から 北見工大 大倉教務課長、森副センター長、渡辺チーム長

## 文部科学大臣表彰 科学技術賞・創意工夫功労者賞を受賞

平成19年度科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞(研究部門)と創意工夫功労者賞を当機構の研究者およびエンジニアが受賞いたしました。表彰式は平成19年4月17日(火)虎ノ門パストラルに於いて行われました。

科学技術賞(研究部門)は我が国の科学技術の発展等に寄与する可能性の高い独創的な研究又は開発を行った者を対象に、創意工夫功労者賞は優れた創意工夫により職域における技術の改善向上に貢献した者を対象に表彰が行われるものです。

### ● 科学技術賞 研究部門

#### 研究業績:原子スイッチの研究

青野 正和	NIMSフェロー ナノシステム機能センター センター長 ナノテクノロジー基盤領域 領域コーディネータ
長谷川 剛	ナノシステム機能センター原子エレクトロニクスグループ グループリーダー
寺部 一弥	ナノシステム機能センター原子エレクトロニクスグループ 主席研究員
中山 知信	ナノシステム機能センターナノ機能集積グループ グループリーダー

#### 研究業績: 高速超塑性セラミックスの創製に関する研究

平賀 啓二郎	ナノセラミックスセンター高融点微結晶グループ グループリーダー
金 柄男	ナノセラミックスセンター高融点微結晶グループ 主席研究員
森田 孝治	ナノセラミックスセンター高融点微結晶グループ 主任研究員
鈴木 達	ナノセラミックスセンター微粒子プロセスグループ 主幹研究員
目 義雄	ナノセラミックスセンター センター長

### ● 創意工夫功労者賞

#### 大型設備の制御基板監視システムに関する考案

湯山 道也	共用基盤部門強磁場共用ステーション 主幹エンジニア
小菅 通雄	共用基盤部門強磁場共用ステーション 主幹エンジニア