

NIMS

2007. Vol. 7 No. 12 December

NOW

NIMS Project

～プロジェクト紹介と最近の成果～

センサ材料センター

表面プラズモン共鳴法を用いたセンサ機能の研究

Research Highlights

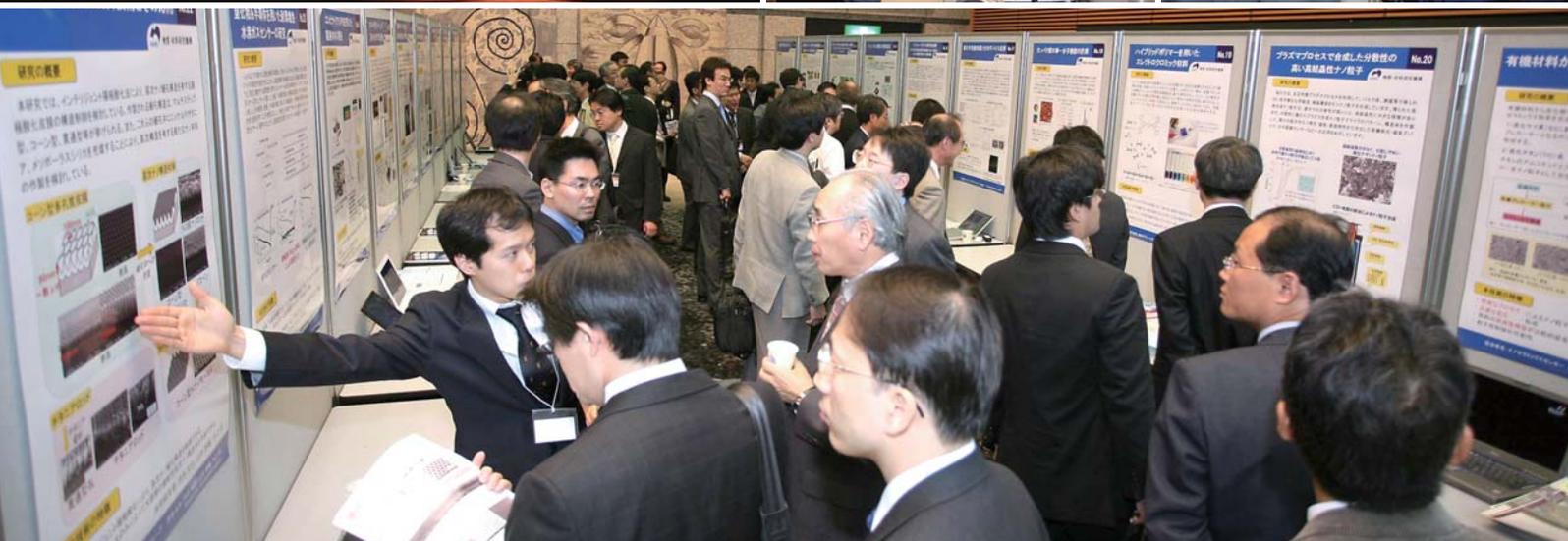
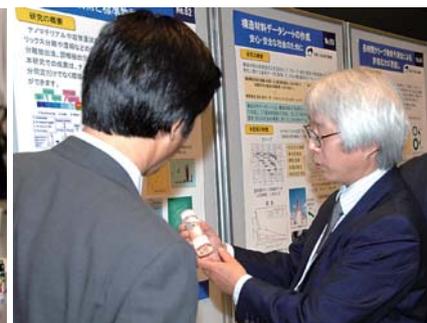
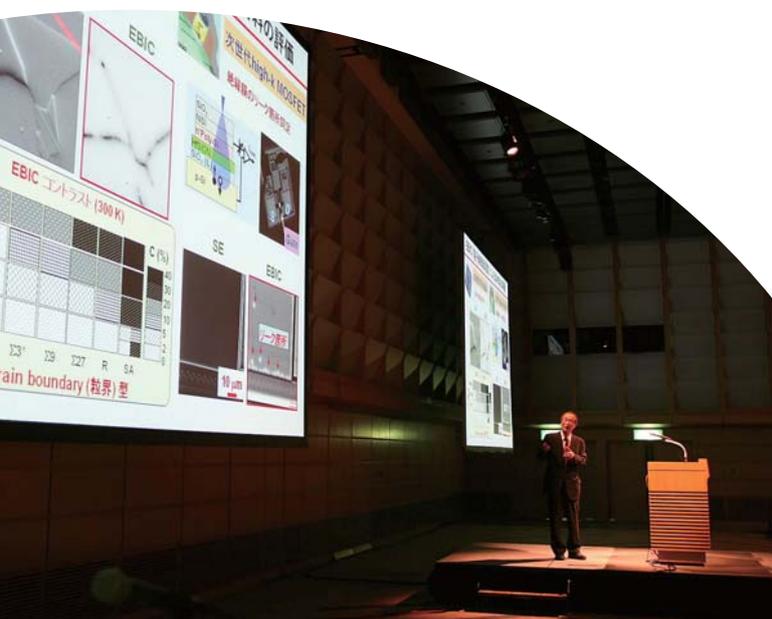
- 衝撃に強い1500メガパスカル級
低合金鋼の開発に成功
- 極薄光配向膜でつくる偏光有機ELデバイス

スペシャルインタビュー

ジャワハルラール・ネルー先端科学研究所 (JNCASR)

名誉所長 C. N. R. Rao 博士

材料科学に情熱と献身を捧げた50年



NIMSの連携大学院への取り組み

NIMSにおける学生教育の考え方
—期待される、研究と教育の相乗効果—

フェイス NIMSが誇る教授陣



NIMSの連携大学院への取り組み

NIMSにおける学生教育の考え方 —期待される、研究と教育の相乗効果—



初代専攻長
岸本 直樹

科学技術創造立国の理念において優れた研究人材の育成は重要です。若者の理数科離れの傾向が強まり、大学院博士後期課程へ進学志望する学生が減り、企業人となった場合に科学技術に関する基礎学力・専門能力の低下が嘆かれて、我が国の将来を憂える声

が叫ばれて久しいところです。文部科学省において、大学院大学、通信制大学院等の創設などの教育改革が進められてきましたが、状況は必ずしも改善されていません。この深刻な現状を打開していくためには、大学のみではなく、あらゆる関係機関が知恵を絞り、労力を惜しむべきではないと考えています。

NIMSのミッションは物質・材料科学技術に関する基礎・基盤的研究開発等を総合的に実施することであり、その中に露わには「学生教育」は含まれていませんが、このような状況下で、NIMSは大学院教育を重要施策の一つとして採り上げ、積極的に推進しています。

若年層人口が減少する中で、研究を専門に行う機関であるNIMSが「教育」に乗り出すことは、大学と競合する恐れもあり、連携大学院の初期(平成初期以前)には、議論の分かれたところでした。実際、従来型の連携大学院では、連携教員の研究者は、研究業務の傍ら、個人的信念で学生指導を行っていました。しかし、NIMSが文部科学省傘下となった2001年の独立行政法人化以降は、国際連携大学院も含めNIMSが独自に教育に関与することにつき、あるべき姿を模索し、大学院教育をタスクの一つとして捉えるようになりました。特に2006年度以降はイノベーションや人材育成の社会的要請が強まり、材料科学研究の中核的機関であ

るための必須の要件として位置づけられています。

NIMSは独立行政法人として独自の立場から、人材養成・確保に向けて貢献できると考え、その高い研究基盤と、つくばという地の利とともに、経営方針としての支援体制*を得て、平成16年度から「筑波大学連携大学院」を開始し、思いきった国際化や、ナノテクノロジー・材料教育等も強調しつつ順調に活動を続けています。

大学院教育の現状を改善する上で大切なことは、若者が、教育として研究を行う期間は、生活の心配をせずに、国際的な環境で、高度で面白く生きた研究テーマを経験(ピーク体験)し、さらに卒業後に向けて将来への誇り高い展望が得られるようにすることでしょう。NIMSの誇る基礎・基盤研究活動と教育を連携・融合することは、それらの条件を満足させ、基礎及び創造性を育んだ研究型専門職業人を養成するのに適していると信じます。また、NIMSにとって連携大学院の大きなメリットは「研究者の若返り」です。若く自由な発想の導入や世界的研究設備の活用が図られることは、高水準の研究活動を維持発展させるために必要です。連携大学院の学生は、今やNIMSにとって不可欠の人材となっています。勿論、学生を単なる補完的労働力と見るべきではなく、NIMSの研究基盤と大学の若い頭脳が緊密に結びついて、研究内容において我が国及び世界のピークを創り出すことを目指しています。

今後、国内外の若者が国際色豊かに集まる、活気のある教育研究の場を拡大し、NIMS研究者の多くが、研究者と教育者の2つの顔を持つことが当然という雰囲気になり、それと調和してNIMS本来のミッションがより高度に遂行されることを願ってやみません。

*「ジュニア研究員制度」では優れた研究能力を有する大学院生に対して賃金を支給し、生活費等の心配なく研究に専念できるようにしています。

連携大学院制度

連携大学院制度(従来型連携大学院制度)とは、NIMSと大学との協定に基づき、NIMSの研究者が、NIMS内で大学院生の研究指導に当たる制度です。

本制度は、NIMSと大学院が連携・協力して学生の指導を行い、学生の資質向上を図り、相互の研究交流を促進することによって、学術及び科学技術の発展に寄与することを目的とします。平成19年11月現在、国内では20の大学と、海外では5カ国10機関とそれぞれ協定を締結しています。

国際連携大学院協定締結機関	
チェコ	●カレル大学
オーストラリア	●クイーンズランド大学 ●シドニー大学 ●ウェスタンオーストラリア大学 ●メルボルン大学 ●ニューサウスウェールズ大学
ポーランド	●ワルシャワ工科大学
インド	●アンナ大学 ●ジャワハルラール・ネルー先端科学研究所
中国	●西安交通大学

筑波大学連携大学院制度(新方式連携大学院)



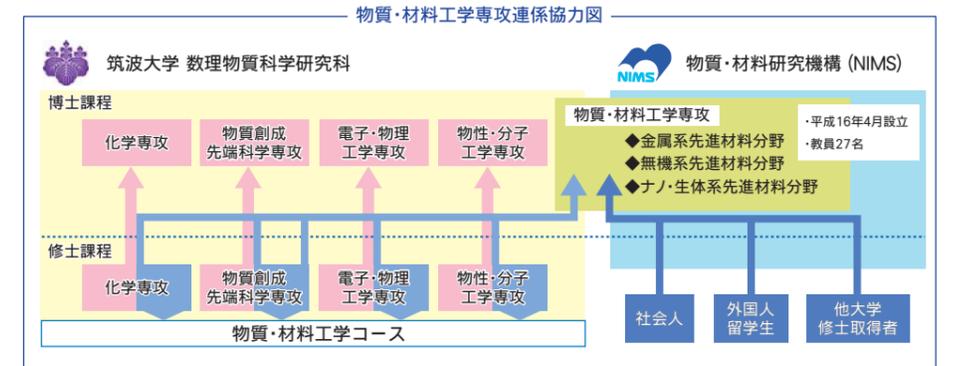
物質・材料工学専攻 専攻長
井上 悟

概要

連“係”大学院方式とは、従来型連“携”大学院制度を発展させた新しい制度です。従来型制度が大学院生の個別受け入れに留まるのに対し、この連携大学院制度では、NIMSの研究者が大学院組織である専攻を運営し、学生の指導はもちろん、入試から授業、学位審査までの全ての過程を担当します。

筑波大学数理物質科学研究科物質・材料工学専攻は、国内初の連携大学院方式として、平成16年4月にスタートしました。平成19年9月現在、教員27名を擁し、これまでのべ65名の大学院生を受け入れています(博士:34名、修士:31名)。

また、この専攻は、博士後期課程のみの独立専攻ですが、これに対応する博士前期課程(修士課程)として、同研究科内の化学専攻、物質創成先端科学専攻など4専攻に「物質・材料工学コース」を設置し、本専攻の教員が修士学生への指導を行っています。



設立目的

物質・材料工学専攻は、国内初の連携大学院方式として、筑波大学との協力によって設立されました。独立行政法人の研究機関であるNIMSと筑波大学が協力して新しい形の教育に着手することは、つくば学園都市の歴史、両機関の歴史的背景、或いは従来型連携大学院としての助走期間を経て実現したものです。

本専攻設立の目的は、研究活動と教育の高度な連携・融合を通じて、物質・材料分野における新産業の創出並びに基礎及び創造性を育んだ研究型専門職業人を養成することにあります。これは、同研究分野においてNIMSの有する高度な研究能力と装置群を教育に有効利用することにより実現されます。これにより、物質・材料分野の研究のピークを目指す人材の養成とともに、学生自身が世界水準の研究活動に活発に貢献することを意図しています。

また、筑波大学との連携協力をより強固なものとする中で、つくば研究学園都市内の融合連携体制を促進し、つくば地区の発展に寄与することも、重要な目的の一つです。

特色

本専攻は、その特色として、「最先端の研究環境」と「国際化」という2つのキーワードを挙げることができます。「最先端の研究環境」として、本専攻の学生は、NIMSの先端研究プロジェクトに携わりつつ、最新鋭の装置、機器類を用いた研究指導を受けることができます。また、「国際化」としては、本専攻の学生の約半数は外国人留学生であり、オリエンテーション、セミナー等の専攻全体の行事は全て英語で行われます。また、学生は、NIMSが開催する各種国際交流行事にも参加することができます。

今後の取り組み

本専攻は、設立以来、各教員の弛まぬ努力とNIMS及び筑波大学の強力なバックアップにより、その制度運営は順調に軌道に乗ってきています。博士後期課程のみの独立専攻でありながら、例年定員数を大きく超える受験者数、学生受入数を誇っていることは、その成果の現われだと言えるでしょう。

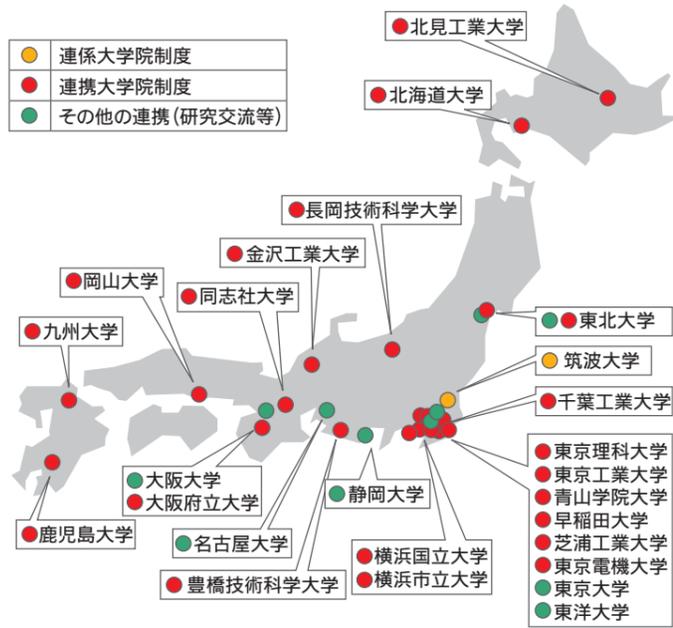
本専攻のさらなる発展のためには、優秀な学生をより多く確保すること、教育に対する環境整備などが重要になります。優秀な学生の確保に関しては、現在、修士課程からの留学生の積極的受け入れを検討しており、教育環境としては、基礎科目の適正化や各研究室の横の繋がりを重視した全体セミナーの開催など課程カリキュラムの充実化を図っています。

これらの施策、努力を通じて、優秀な研究者を多数輩出し、物質・材料研究分野の発展に寄与することを、教員一同切に願っており、また、そのために今後一層の努力を重ねてゆく所存ですので、引き続き皆様のご協力とご理解をお願いいたします。

物質・材料工学専攻の沿革

平成15年度	5月	設立準備委員会発足
	2月	入学試験実施
平成16年度	4月	物質・材料工学専攻設立学生受入開始
	8月	2学期入学者(留学生)受入 平成16年度学生受入数 博士:6名 修士:3名
平成17年度	4月	社会人学生受入開始 講義科目「物質・材料工学特論I~III」開講 平成17年度学生受入数 博士:12名 修士:11名
平成18年度	10月	学生研究発表会「物質・材料工学セミナー」開講 平成18年度学生受入数 博士:19名 修士:18名
平成19年度	5月	教員増員(18名から27名に) 平成19年度学生受入数 博士:29名 修士:20名

国内大学との連携



● 北見工業大学

森 利之 客員教授
工学研究科
燃料電池材料センター
副センター長
(クイーンズランド大学客員教授、カレル大学客員教授)

● 北海道大学

立石 哲也 客員教授
情報科学研究科
生命人間情報科学専攻
物質・材料研究機構フェロー

● 金沢工業大学

山田 裕久 客員教授
工学研究科
材料設計工学専攻
ナノ物質ラボ
ナノ構造制御グループリーダー

関田 正實 客員教授
工学研究科
環境化学専攻
ナノ物質ラボ
独立研究グループ
主席研究員

小林 尚俊 客員教授
工学研究科
材料設計工学専攻
生体材料センター
バイオポリマーグループリーダー
(カレル大学客員教授)

山本 玲子 客員教授
工学研究科
材料設計工学専攻
生体材料センター
バイオメタルグループリーダー

菊池 正紀 客員教授
工学研究科
材料設計工学専攻
生体材料センター
バイオセラミックス
グループリーダー

陳 国平 客員教授
工学研究科
材料設計工学専攻
生体材料センター
オルガノイドグループリーダー

谷口 彰良 客員教授
工学研究科
材料設計工学専攻
生体材料センター
細胞センシンググループリーダー

花方 信孝 客員教授
工学研究科
材料設計工学専攻
生体材料センター
生命機能制御グループリーダー
(カレル大学客員教授)

内田 義之 客員教授
工学研究科
材料設計工学専攻
生体材料センター
ナノドラッググループリーダー

● 同志社大学

向井 敏司 客員教授
大学院工学研究科
新構造材料センター
軽量材料グループリーダー

● 横浜市立大学

宮澤 薫一 客員教授
国際総合科学研究科
ナノ物質ラボ
フラレン工学
グループリーダー

長谷川 剛 客員教授
国際総合科学研究科
ナノシステム機能センター
原子エレクトロニクス
グループリーダー

板倉 明子 客員教授
国際総合科学研究科
ナノ計測センター
先端プローブ顕微鏡グループ
主席研究員

大竹 晃浩 客員教授
国際総合科学研究科
量子ドットセンター
ナノ成長グループ
主席研究員

● 岡山大学

菊池 正紀 客員教授
自然科学研究科
生体材料センター
バイオセラミックス
グループリーダー

● 九州大学

北村 健二 客員教授
総合理工学研究院
融合創造理工学部門
物質・材料研究機構 フェロー

羽田 肇 客員教授
総合理工学研究院
融合創造理工学部門
センサ材料センター長

栗村 直 客員准教授
総合理工学研究院
融合創造理工学部門
光材センター
光周波数変換グループ
主席研究員

永川 城正 客員教授
総合理工学研究院
エネルギー理工学部門
材料ラボ
格子原子研究グループリーダー

末次 肇 客員教授
自然科学研究科
生体材料センター
バイオセラミックスグループ
主席研究員

山本 玲子 客員教授
自然科学研究科
生体材料センター
バイオメタルグループリーダー

● 長岡技術科学大学

松井 良夫 客員教授
大学院工学研究科
エネルギー・環境工学専攻
ナノ計測センター
先端電子顕微鏡
グループリーダー

関根 利守 教授
大学院理学研究科
ナノ物質ラボ
超高压グループ
主席研究員

● 東北大学

小野寺 秀博 客員教授
工学研究科・工学部
機能発現工学専攻
材料信頼性センター長

阿部 富士雄 客員教授
工学研究科・工学部
機能発現工学専攻
新構造材料センター
耐熱グループリーダー

小山 敏幸 客員准教授
工学研究科・工学部
機能発現工学専攻
計算科学センター
粒子・統計熱力学グループ
主席研究員

● 大阪府立大学

向井 敏司 客員教授
大学院工学研究科
新構造材料センター
軽量材料グループリーダー

● 鹿児島大学

北口 仁 客員教授
理工学研究科
物質生産工学専攻
超伝導材料センター
高温線材グループリーダー

● 筑波大学
NIMS独立連携専攻

宝野 和博 教授
金属系先進材料分野
ナノ組織材料研究室
物質・材料研究機構 フェロー

板東 義雄 教授
無機系先進材料分野
ナノチューブ研究室
物質・材料研究機構 フェロー

佐々木 高義 教授
無機系先進材料分野
ソフト化学研究室
ナノスケール物質センター長

石岡 邦江 准教授
無機系先進材料分野
超高速分光研究室
ナノ計測センター
超高速現象計測グループ
主席研究員

関口 隆史 教授
ナノ・生体系先進材料分野
ナノ電子光学材料研究室
半導体材料センター
半導体特性評価
グループリーダー

陳 国平 准教授
ナノ・生体系先進材料分野
生体材料研究室
生体材料センター
オルガノイドグループリーダー

平野 敏幸 教授
金属系先進材料分野
燃料改質研究室
燃料電池材料センター
特別研究員

桜井 健次 教授
金属系先進材料分野
X線分光計測研究室
量子ビームセンター
放射光解析グループリーダー

北島 正弘 教授
無機系先進材料分野
超高速分光研究室
ナノ計測センター
超高速現象計測グループリーダー

目 義雄 教授
無機系先進材料分野
微粒子プロセス研究室
ナノセラミックスセンター長

細田 奈麻絵 准教授
無機系先進材料分野
バイオインスパイアード
マテリアル研究室
ナノ物質ラボ
インターコネクティブデザイングループ
主席研究員

三木 一司 准教授
ナノ・生体系先進材料分野
ナノアーキテクチャー研究室
ナノ有機センター
ナノアーキテクチャー
グループリーダー
(カレル大学客員教授)

竹内 正之 准教授
ナノ・生体系先進材料分野
高分子研究室
ナノ有機センター
高分子グループリーダー

熊倉 浩明 教授
金属系先進材料分野
超伝導材料研究室
超伝導材料センター長

宇治 進也 教授
金属系先進材料分野
量子輸送研究室
ナノシステム機能センター
ナノ量子輸送グループリーダー

井上 悟 教授
無機系先進材料分野
機能性ガラス研究室
ナノセラミックスセンター
機能性ガラスグループリーダー

胡 曉 教授
無機系先進材料分野
物性理論研究室
計算科学センター
強相関モデリング
グループリーダー

岸本 直樹 教授
ナノ・生体系先進材料分野
ナノファンクション研究室
ナノテクノロジー-基礎領域
領域コーディネータ

中山 知信 准教授
ナノ・生体系先進材料分野
ナノ電気計測研究室
ナノシステム機能センター長

樋口 昌芳 准教授
ナノ・生体系先進材料分野
機能モジュール研究室
国際ナノアーキテクトニクス
研究拠点
若手独立研究員

津崎 兼彰 教授
金属系先進材料分野
先進炭素材料研究室
新構造材料センター長

高野 義彦 准教授
金属系先進材料分野
ナノフロンティア材料研究室
ナノシステム機能センター
ナノフロンティア材料
グループリーダー

大野 隆央 教授
無機系先進材料分野
計算科学研究室
計算科学センター長

Dmitri Golberg 准教授
無機系先進材料分野
ナノチューブ研究室
ナノスケール物質センター
ナノチューブグループリーダー

迫田 和彰 教授
ナノ・生体系先進材料分野
ナノ物性研究室
量子ドットセンター長

武田 良彦 准教授
ナノ・生体系先進材料分野
ナノファンクション研究室
量子ビームセンター
イオンビームグループ
主席研究員

田口 哲志 准教授
ナノ・生体系先進材料分野
医用材料研究室
生体材料センター
ナノドラッググループ
主任研究員

● 東京理科大学

大野 隆央 客員教授
理学研究科
物理学専攻
計算科学センター
強相関モデリング
グループリーダー

高野 義彦 客員准教授
理学研究科
物理学専攻
ナノシステム機能センター
ナノフロンティア材料
グループリーダー

片山 英樹 客員准教授
理工学研究科
工業化学専攻
材料ラボ
インテンス研究グループ
主任研究員

胡 曉 客員教授
理学研究科
物理学専攻
計算科学センター
強相関モデリング
グループリーダー

羽多野 毅 客員教授
理学研究科
物理学専攻
ナノシステム機能センター
ナノ量子エレクトロニクス
グループリーダー

大橋 直樹 客員准教授
理工学研究科
電気工学専攻
光材料センター長

北澤 英明 客員教授
理学研究科
物理学専攻
量子ビームセンター
中性子散乱
グループリーダー
(カレル大学客員教授)

目 義雄 客員教授
理工学研究科
工業化学専攻
ナノセラミックス
センター長

井上 悟 客員教授
基礎工学研究科
材料工学専攻
ナノセラミックスセンター
機能性ガラス
グループリーダー

● 早稲田大学

松井 良夫 客員教授
理工学研究科
環境資源及材料理工学専攻
ナノ計測センター
先端電子顕微鏡
グループリーダー

● 東京電機大学

高野 義彦 客員教授
先端科学技術研究科
工学研究科
ナノシステム機能センター
ナノフロンティア材料
グループリーダー

● 芝浦工業大学

平岡 和雄 客員教授
工学研究科
新構造材料センター
溶接グループリーダー

細田 奈麻絵 客員准教授
工学研究科
ナノ物質ラボ
インターコネクティブ
デザイン
グループ
主席研究員

村上 秀之 客員教授
工学研究科
コーティング・
複合材料センター
コーティンググループ
主席研究員

澤口 孝宏 客員准教授
工学研究科
材料ラボ
先進材料グループ
主任研究員

● 東京工業大学

津崎 兼彰 連携教授
総合理工学研究院
材料物理学専攻
新構造材料センター長

石垣 隆正 連携教授
総合理工学研究院
化学環境学専攻
理工学研究科
材料工学専攻
ナノセラミックスセンター
プラズマプロセスグループリーダー

● 千葉工業大学

黒田 聖治 客員教授
工学研究科
機械サイエンス専攻
コーティング・
複合材料センター長

西村 睦 客員教授
工学研究科
機械サイエンス専攻
燃料電池材料センター長

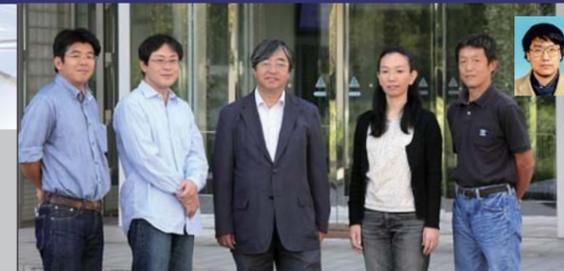
センサ材料センター

インテリジェントセンサを目指した
基盤研究プロジェクト



表面プラズモン共鳴法を用いた センサ機能の研究

～ハイスループットなセンサ材料探索法の確立を目指して～
センサ材料センター センサ化学グループ*1
光材料センター 光電機能グループ*2



坂口 勲*2 大垣 武*1 羽田 肇*1 斎藤 紀子*1 菱田 俊一*1
中村 真佐樹*1 (右上)

今日の社会では、安全・安心社会を脅かす自然災害、有害物質・病原体、テロ・犯罪等の障害が大きな問題となっています。安全・安心社会形成には、これらの障害をいち早く検知(センシング)することが大切になります。本センターでは、新興の脅威にも対処しうるような究極的なセンサシステム(インテリジェントセンサシステム)の実現に向けて、そのシステムの入り口部分に相当するセンサ・アクチュエータ材料及びデバイスについて、主にセンサ機能解明を目指した基盤研究を行っています。

センサ機能は、固体表面・分子・光子・電子間の相互作用の結果として生ずる信号を光・電気信号としてとらえることが基本となっていることから、固体の表面・界面、あるいはそのホストとなるバルク格子での反応・構造・欠陥に関わる基礎的な研究を行っています。これらの基礎的な知見に基づき、紫外線センサ、鉛を含まない電歪材料の開発を行うと共に、マルチセンサを構築するのに不可欠な機能であるマイクロアクチュエータの開発も目指しています。

センサ材料センターの研究課題

1. 薄膜・粉体プロセスに関する研究

薄膜や粉体の形態を持つ材料は、バルクには無いユニークな性質を示すため、センサやアクチュエータ材料としてますますその重要性が高まっています。そこで、図1に見るような世界的にも最先端の装置を駆使して、これらの製造プロセスに関わる研究を積極的に行っています。

2. 固体の欠陥構造・性質に関する研究

センサ・アクチュエータの機能と材料に内在する欠陥構造の間には密接な関係があります。各グループで扱っている材料は異なりますが、欠陥という共通項のもとに研究を推進しています。

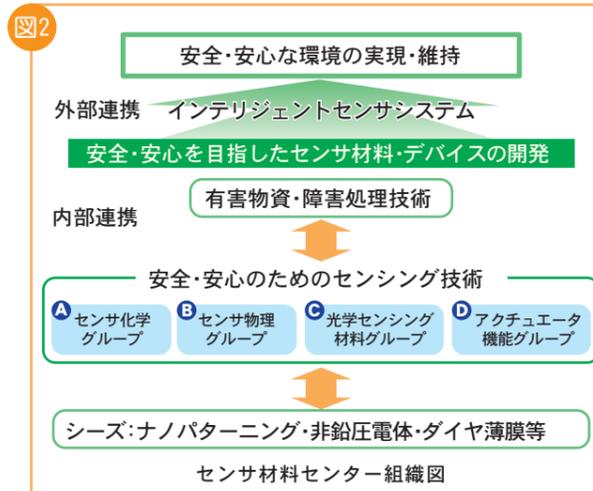
3. 光学・電気物性に関する研究

センサ機能のうちトランスデューサ素機能は、相互作用の結果として生じた信号を光学的・電気的な信号として取り出す役割をします。この高機能化には、物性の基本的な研究が不可欠なことから、センサ材料の物性研究に積極的に取り組んでいます。

これらの研究を効率的に遂行するために、図2に示すように4つの研究グループを設置するとともに、NIMSの他研究ユニットや国内外の大学、企業と緊密な連携をとり、新興の脅威に対応しうるセンサ材料・システムへの展開を念頭に置いた広範な分野の研究を進めています。



2 MeVのイオンビームによる処理を可能とした合成・キャラクタリゼーション装置群。この装置によりイオン工学を駆使したものづくりを行っています。

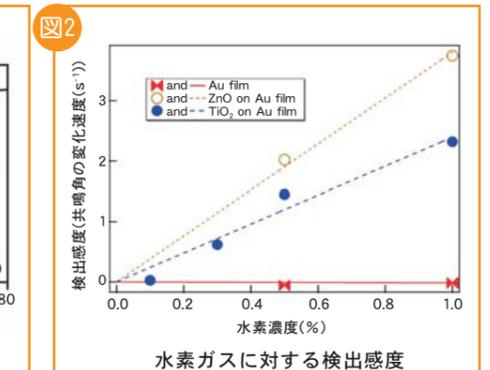
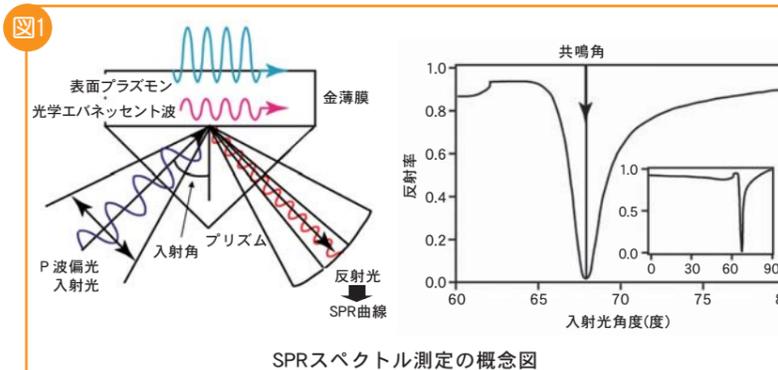


身近なセンサとして、ガスセンサに代表される化学センサがあります。一方、新興の物質に反応するセンサ材料の探索には多大な時間を要するため、ハイスループットなセンサ材料探索法が求められています。この目的のために、私たちは、ppb(10億分の1)から%オーダーのレベルまでの異種元素添加試料を一挙に得ることができるコンビナトリアルイオン注入法の応用を考えています。コンビナトリアルイオン注入法では組成・特性の異なる材料が2次元の微小領域に分かれて数多く配置された試料(2次元ライブラリ)を作製することができます。このライブラリからセンサに適した材料を見つけるためには、微小領域でのセンサ機能を評価できなければなりません。本プロジェクトでは、微小領域のセンサ機能評価を可能とする表面プラズモン共鳴現象(SPR、図1参照)に着目し、これを利用したセンサ材料探索法の確立を目指した基礎的な研究を行っています。

SPRは、図1に示したように、光が金属表面(金薄膜)で全反射する際、薄膜側にnmオーダーの長さでにじみ出る光(エバネッセント光)が、金薄膜に発生する表面プラズモンと相互作用する結果、特定の条件で共鳴を起こす現象です。この入射光を走査すれば2次元微小領域分析が可能となるわけです。共鳴

条件は金薄膜表面の変化に非常に敏感であり、そのため表面に吸着したものを検知することが可能です。特定の化学種を認識するには、金表面を修飾することが必要です。バイオセンサでは金表面にDNAやタンパク質を固定化させ、分子認識能を持たせています。本プロジェクトでは、半導体センサ材料への適用を想定し、各種酸化物半導体材料で修飾した試料を用いています。ここでは金表面に数nmの無機酸化物(ZnOやTiO₂)を蒸着した結果を紹介いたします。図2にSPRから得られた水素の検出特性を示します。図に見るように、金表面は水素に対して不活性ですが、ZnOやTiO₂で修飾することにより水素に対して非常に高い検出感度を得ました。また、NO₂に対しての活性も評価したところ、純粋なZnO表面は金表面の20倍程度の活性を示し、ppbオーダーの分析が可能であることが見出され、SPRを用いた半導体センサ材料の探索が可能であることが判りました。

以上の成果は、光電機能グループと連携して得られた結果ですが、今後、さらに外部との連携を行うことで、SPRとコンビナトリアルイオン注入法を組み合わせたセンサ機能の二次元微小領域評価手法の開発に取り組む方針です。



衝撃に強い1500メガパスカル級 低合金鋼の開発に成功

新構造材料センター 金相グループ*1
材料ラボ インテンス研究グループ*2
先進材料グループ*3



センター長 木村 勇次*1 津崎 兼彰*1 井上 忠信*2 殷 福星*3

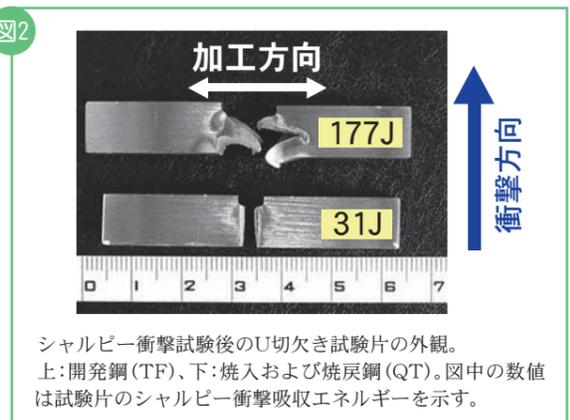
衝撃に強い、すなわち衝撃靱性が高いということは、急激な荷重が付与されても材料が脆く壊れないことを意味します。衝撃靱性は構造材料を安全に使用するための重要な機械的特性のひとつで、工業的にはJIS規格(JIS Z 2242)で定められているシャルピー衝撃試験などで評価します。シャルピー衝撃試験では、UまたはV字の切欠きを入れた試験片を用います。切欠きと反対側の面に大きなハンマーをぶつけて試験片を破壊し、その際に要したエネルギー(シャルピー衝撃吸収エネルギー)を測定して衝撃靱性を評価します。

最近、次世代の鋼構造物の実現やCO₂削減による地球温暖化防止のための輸送機関の更なる軽量化を目指して、引張強さが1500メガパスカル(MPa)以上の超高強度鋼やその部材の開発への期待が高まっています。特に安価でリサイクル性に優れた合金元素の少量添加で鋼を高強度化できれば、経済上の大きなメリットがあります。引張強さが1000MPa以上の鋼では、通常焼入れと焼戻しの熱処理によって室温

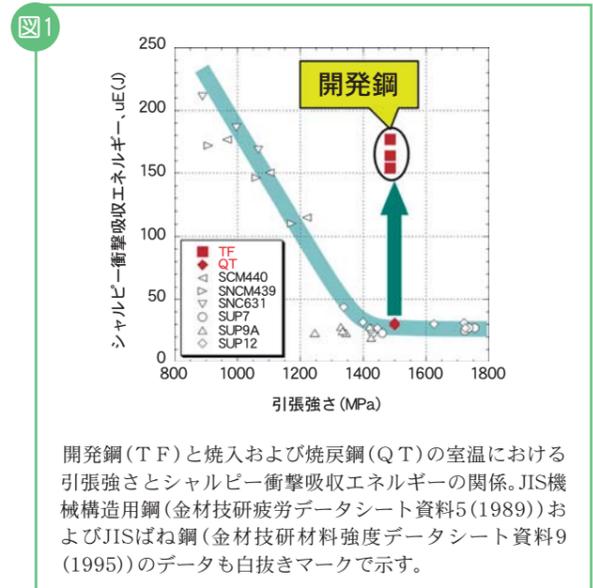
での引張強さと衝撃靱性を両立させています。ところが、引張強さが1300MPa以上の鋼は衝撃吸収エネルギーが数十ジュール(J)以下と極めて低いことから、構造用部材としての適用が制限されてきました。今回私達は、この制限を克服した、室温で衝撃を加えても壊れにくい1500MPa級の低合金鋼棒材の開発に成功しました(図1)。鋼の成分は少量のC、SiとCrのみを含んでおり、リサイクル性に優れています(0.6% C-2% Si-1% Cr鋼、質量%)。製造プロセスも焼入れ、焼戻し後に、鋼材が軟らかくて粘り強くなる500℃付近で棒材に加工するという比較的単純な加工熱処理です。

通常、1500MPa級の鋼を衝撃試験した場合、衝撃方向に急速に割れが伝播してほぼ真二つに破断します。一方、開発鋼は、木材を折ったときのような、衝撃方向とは直角に割れが進展する層状破壊を示し、割れが衝撃方向には進展しにくいのが特徴です(図2)。このような破壊は、加工熱処理によって鋼材の内部に緻密に形成された繊維状の金属組織に起因しています。

開発した加工熱処理技術は、既存の機械構造用鋼に適用することも可能であり、ボルトやシャフトなどの超高強度部材の実現を可能にするキーテクノロジーとして期待できます。



シャルピー衝撃試験後のU切欠き試験片の外観。上: 開発鋼(TF)、下: 焼入れおよび焼戻鋼(QT)。図中の数値は試験片のシャルピー衝撃吸収エネルギーを示す。



開発鋼(TF)と焼入れおよび焼戻鋼(QT)の室温における引張強さとシャルピー衝撃吸収エネルギーの関係。JIS機械構造用鋼(金材技研疲勞データシート資料5(1989))およびJISばね鋼(金材技研材料強度データシート資料9(1995))のデータも白抜きマークで示す。

極薄光配向膜でつくる 偏光有機ELデバイス

— 光配向性ポリマーで有機半導体分子の配向制御 —

ナノ有機センター ナノアーキテクチャグループ



グループリーダー 坂本 謙二 三木 一司

有機分子の形状から想像できるように、分子がもつ機能は異方的です。その機能を最大限利用して高性能・高機能有機デバイスを実現するには、基板上に有機分子の向き(配向)を制御して薄膜を作製する技術が重要です。我々は、有機分子を配向させるテンプレート基板として光配向性ポリマー(アゾベンゼンを主鎖に含むポリイミド:Azo-PI(図1))薄膜に注目しています。

Azo-PIの前駆体(ポリアミック酸:Azo-PAA)薄膜に直線偏光紫外光を照射すると、アゾベンゼンの光異性化が繰り返し起こり、Azo-PAA主鎖が偏光方向に対して垂直に配向します。フォトマスクを通して光照射をすれば特定の領域にあるAzo-PAA主鎖の配向を選択的に制御できます。光照射後、Azo-PAA膜を焼成することにより、熱的、化学的に安定なAzo-PI光配向膜が得られます。

Azo-PI光配向膜は、有望な高分子青色発光材料であるポリフルオレン(PFO)に対して優れた分子配向テンプレート基板として機能します。PFOからの発光は主鎖に沿って偏光しているため、高配向PFO薄膜を発光層とすることにより偏光有機電界発光(EL)デバイスを作ることができます。有機ELデバイスの薄型・大面積という特長に加えて偏光発光することから液晶ディスプレイの高効率バックライト光

源としての応用が期待されています。しかし、ポリイミドは良好な絶縁体であるため、通常用いられている厚さ(10nm以上)のポリイミド配向膜を有機ELデバイスに組み込むことはできません。膜厚を4nm以下にすることができれば、電荷を発光層へトンネル注入することができるようになり、有機ELデバイスへの応用が可能となります。我々は、「光配向プロセスでは配向膜に機械的なダメージを与えない」という点に着目し、配向膜の機能低下を引き起こすことなく、Azo-PI光配向膜の厚さを1.6nmまで薄くできることを見出しました。膜厚2.8nmのAzo-PI光配向膜を組み込んで試作した高分子有機ELデバイスの構造を図2に、その偏光EL発光の様子を図3に示します。偏光比29(波長459nm)、輝度700 cd/m²を示す青色偏光高分子有機ELデバイスの試作に成功しました。デバイス構造の最適化を行っていないにもかかわらず、ホール輸送性配向膜を用いて作製された従来の偏光有機ELデバイスと同程度以上の特性が得られました。構造の最適化により更なるデバイス特性の向上が期待されます。

本稿で紹介した光配向制御技術は、有機トランジスタ材料として注目されているペンタセンに対しても応用できることを確かめており、有機光・電子デバイスの高性能・高機能化技術として期待されます。

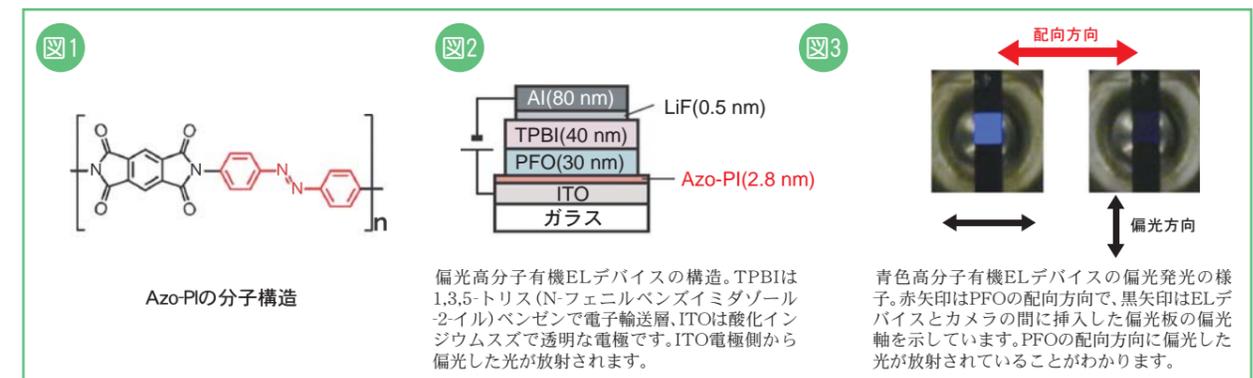


図1: Azo-PIの分子構造

図2: 偏光高分子有機ELデバイスの構造。TPBIは1,3,5-トリス(N-フェニルベンズイミダゾール-2-イル)ベンゼンで電子輸送層、ITOは酸化インジウムスズで透明な電極です。ITO電極側から偏光した光が放射されます。

図3: 青色高分子有機ELデバイスの偏光発光の様子。赤矢印はPFOの配向方向で、黒矢印はELデバイスとカメラの間に挿入した偏光板の偏光軸を示しています。ITOの配向方向に偏光した光が放射されていることがわかります。

スペシャル インタビュー

材料科学に情熱と献身を捧げた50年

インド人科学者であるC.N.R.ラオ博士は材料科学に対して多大な貢献をされ、その業績と多数の論文により世界で最も著名な研究者の一人です。これまでに1,400件を超える科学論文を著し、現在でも毎年平均30件から35件の論文を発表しています。また、41冊目となるナノマテリアルに関する本を発行されたばかりです。ほぼ50年にわたるラオ博士の研学生活は、限らない研究への情熱と博士の専門分野と母国への献身によく現れており、インドでは歴史上最も偉大なインド人科学者の一人として小学生にもその名前がよく知られています。今夏、ナノ材料に関するご講義をいただくため、NIMSのICYSエグゼクティブアドバイザーでもあるラオ博士をNIMSにお招きした際、話を伺いました。



ジャワハルラール・ネルー
先端科学研究所 (JNCASR)
名誉所長 C.N.R. Rao 博士

ラオ博士は1951年にインドのMysore大学を卒業し、Banarasu Hindu大学で修士号を得て米国に渡り、1958年にバドュー大学で博士号を取った後、ポスドクとしてシカゴ大学およびカリフォルニア大学パークレイ校、バドュー大学で研究を続けました。その時点で教授のポストが提示されていたので、そのまま米国に残って一研究者として輝かしい人生を送ることができたかもしれません。しかし1947年のインド独立の興奮と祝典を学生時代に経験したことから、母国に戻り、インドの科学の発展に身を投じる人生を選びました。

Rao-インドに戻った頃は苦勞の連続でした。その当時のインドは科学者にとっては大変な時代で、実験室には実験装置は何もなく、スペクトロメーターさえ1台もありませんでした。これは分光研究者である私にとって実に困難な状況でした。しかし、そんな状況でも実験装置や材料をどうにかかき集め、多数の論文を発表してきました。大きな研究所で設備を借りて実験をするため世界中の国々に出かけ、帰りにはスーツケース一杯に小さいワイヤや化学材料、工具類などを持ち帰ったものです。

今でもラオ博士のグループは比較的単純な課題を設定して創造的な研究を行い、簡単な装置を用いて高度で質の高い研究をうまく成功させています。その当時出版された分光学と固体化学に関する2冊の本は重版されて数十の言語に翻訳され、また当時の数多くの論文や、それ以降のさらに多数の論文は頻りに引用されています。

現在研究を続けている分野の一つに、博士が長い間追求してきた分野である遷移金属酸化物関連の材料、特に強磁性・強誘電体 (multiferroics) に関する研究があります。この誘電体はすべて同一のフェーズにおいて電気場の下で磁性を有し、磁場の中で電気極性を示す材料です。ハイブリッド材料もナノマテリアルとして博士が興味を持つ分野です。ナノクリスタル、ナノワイヤー、ナノチューブ、そしてそれらの材料特性ならびに現象、そして各種の形態における分光分析などが対象です。また、世界

中のシンクロトロン施設を利用して特に液-液界面におけるX線散乱および反射率、X線回折の研究も行っています。博士は2次元酸化物材料を合成した最初の科学者の一人であり、その研究は組成制御による金属絶縁体遷移の系統的研究の先駆けとなりました。この研究は、巨大磁気抵抗 (現在、大容量磁気メモリー用の読み書きヘッドならびにスピントロニクスに対して広範な応用が認められている)、および高温超伝導などの分野に多大な影響を及ぼしました。

一方、科学教育の質の向上にも取り組み、最近子供向けに化学に関する本を出版しました。子供たちに科学への興味を抱かせるため、多くの時間を割いてインド国内各地でマルチメディアを用いたプレゼンテーションも行っています。

博士はインド国立研究所の教授であり、リーナス・ポーリング研究所の教授およびバンガロールのジャワハルラール・ネルー先端科学研究所名誉所長です。ラジブ・ガンジー首相以来5人のインド首相において科学諮問委員会の委員長に任命され、またロンドン王立協会およびフランス科学アカデミー、米国学士院、日本学士院など主要な学術団体のメンバーなど栄誉ある地位を獲得しています。

栄誉ある地位と称賛を得ることは素晴らしいことですが、博士が本当に愛着を持っているのはご自分自身の研究です。「私は死ぬその日まで研究を続けたい」と話しておられ、今75才になろうとする博士は、活動ベースを落とすような素振りをまったく見せていません。

Rao-妻からは、『あなたはご自分が75才ということをお忘れになって、まるで25才の青年のような仕事ぶりですね。いつになったらおやめになるの?』とされています。しかし私としては研究活動を続けて論文を書くのが楽しくてしかたないのです。まだまだ論文にしないことがたくさんあるのは素晴らしいことです。科学者としての人生はとても楽しく、私はこれ以外の人生を送りたいとは思いません。

NIMS NEWS

新フェロー就任のお知らせ



北村 健二 (きたむら けんじ)

理学博士 (1983年)。東京大学理系大学院修士課程修了 (1974年)。科学技術庁無機材料研究所 (現NIMS) に入所 (1974年)。科学技術庁無機材料研究所主任研究官 (1983年)。物質・材料研究機構物質研究所ディレクター (2001年)。同機構光材料センター、センター長 (2006年)。九州大学大学院総合理工学府教授 (1998年より併任)。NIMS認定ベンチャー株式会社オキサイド (2000年設立) 創設・研究顧問 (兼業)。同ベンチャー株式会社 SWING (2003年設立) 創設・取締役 (兼業)。

就任にあたって

この度、フェロー職に就任し、今までの組織とやや距離を置いて国際ナノアーキテクニクス研究拠点の主任研究者を拝命いたしました。私自身は、研究プロジェクトの推進と同時に、機構の研究成果がどのように社会で認知され、活用されるかにこだわってまいりました。その過程で、ベンチャー起業や特許の実施許諾における方策などに挑戦してきました。この経験を海外でも活かし、特に米国においてNIMSの研究成果に基づく技術移転や、人的交流に力を注ぎ、よりグローバルな視点での多様な連携、次世代研究者の養成に尽力いたします。

アドバイザーボード会合開催

平成19年11月7日、NIMSアドバイザーボード会合を、同ボード議長のケンブリッジ大学ハンフリーズ教授 (写真右列中央) の出席を得て開催し、第2期中期計画期間開始時におけるNIMSの研究戦略、成果概要および第2期中期計画期間中に開催するアドバイザーボードメンバー候補者についてご意見をいただきました。これらのご意見を基に新たにボードメンバーを委嘱し、来年5月を目処に次回アドバイザーボード会合を開催する予定です。



ロシア科学アカデミーウラル支部・金属物理研究所とMOUを調印

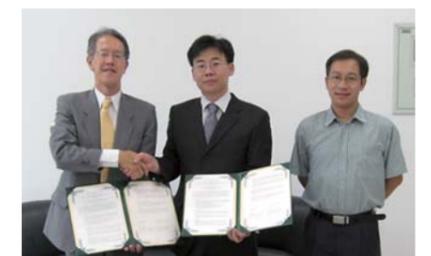
平成19年8月29日、計算科学センターはロシア科学アカデミーウラル支部・金属物理研究所 (Institute of Metal Physics) と物質・材料科学における電子構造探索についての研究協力に関するMOU (覚書) を調印しました。金属物理研究所はウラル地方の中心都市エカテリブルクに所在し、磁性物理などの物質科学に関する中心的な研究所の一つです。計算科学センターと同研究はこれまでも研究交流を行っていましたが、今回の調印によりさらに密接な共同研究活動や人的交流を進め、計算材料科学分野における研究協力体制を強化していきます。



左から、ソロヴィエフ主幹研究員 (CMSC)、Prof. Kurmaev (IMP)、佐々木計算科学センターグループリーダー、Prof. Ustinov所長 (IMP)、Prof. Men'shenin 副所長 (IMP)

中国北京航空航天大学とMOUを調印

平成19年9月15日、NIMSコーティング・複合材料センターは、中国の北京航空航天大学材料科学工学院と共同研究に関する覚書 (MOU) を調印しました。北京航空航天大学は航空・宇宙分野に重点を置いた総合大学で、材料分野では航空機タービンエンジンなどの高温機器で重要な遮熱コーティングの研究開発において中国で主導的な地位にあり、非平衡材料、複合材料の分野でも重点国家プロジェクトを遂行しています。今後、両者は高温コーティング用材料の設計と開発を中心的な共通課題とし、研究に関する情報交換、研究者や学生の交換、共同ワークショップの開催などを通して協力を深める予定です。



左から、黒田聖治コーティング・複合材料センター長、張濤材料科学工程学院長、郭洪波副教授

スリランカのティッサ・ヴィターラナ科学・技術大臣一行がNIMSを訪問

平成19年10月4日、スリランカ民主社会主義共和国のティッサ・ヴィターラナ科学・技術大臣が、大臣顧問のスリマリ・フェルナンド教授とチャマリ・ロドリゴ一等書記官を伴ってNIMSを訪問しました。大臣は岸理事長、北川理事と会談した後、並木のナノシステム機能センターやナノテクノロジー融合支援センターナノ造形ラインを視察しました。



中山知信ナノシステム機能センター長の解説を聞く大臣(中央)と大臣顧問(左)

第7回NIMSフォーラム開催結果



平成19年11月1日、東京国際フォーラムにおいて「物質・材料の最先端研究と技術移転」をテーマに、第7回NIMSフォーラムを開催いたしました。

NIMS岸理事長の開会の挨拶、文部科学省研究振興局徳永局長の来賓挨拶に続き、NIMSの6つの研究領域におけるプロジェクト研究およびナノ物質ラボと材料ラボによる萌芽研究についてオーラルセッションを行いました。また、ポスターセッションでは技術移転の可能性のある研究トピックス68件について報告と活発な議論が行われました。来場者の総数は463名で、このフォーラムを通じて新たなブレークスルーの可能性を秘めた物質・材料研究、将来の実用化の芽に出会っていただけたものと考えております。

セッション詳細、要旨集は下記URLをご覧ください。

<http://www.nims.go.jp/nimsforum/>

※表紙はNIMSフォーラムの様子



“ナノ花びら”が、科学技術の「美」パネル展の優秀作品に選出

硫化亜鉛(ZnS)は蛍光体として重要な材料です。ZnSとSiO(一酸化ケイ素)の粉末を1300℃の窒素ガス中で反応させると、ナノサイズの微細な人工結晶(ナノ結晶)を作ることができます。このナノ結晶は、デイジー(6枚の花びら)や花菖蒲(3枚の花びら)のような六角形や三角形の美しい対称模様を示します。人工結晶が作るこのような美しいナノ結晶を“ナノ花びら”と命名し、さらに花びらの茎としてシリコン系ガス(Si₂H₆)を金のナノドット触媒に熱反応させて作った直径約100 nmの単結晶シリコンナノワイヤーの写真と組み合わせてデザインしました。



左から(財)科学技術広報財団 平野拓也理事長(科学技術団体連合副会長)、板東フェロー、(財)日本科学技術振興財団 有馬朗人会長(科学技術団体連合会長)

本作品は第48回科学技術週間に東京日本橋で展示されたパネル展、および平成19年7月19日から8月31日までの間、科学技術団体連合の協力により大阪科学技術館で開催された科学技術の「美」パネル展に出展され、来場者による投票で高い評価を受けたことから優秀作品に選出され、平成19年11月5日、科学技術館で行われた授賞式において表彰されました。



人工結晶が作る美しい“ナノ花びら”(ナノ結晶撮影:板東義雄、G. Shen、ナノワイヤー撮影:鈴木裕、土佐正弘)