

NATIONAL
INSTITUTE FOR
MATERIALS
SCIENCE

NIMS NOW

No. **9**
2012 NOVEMBER

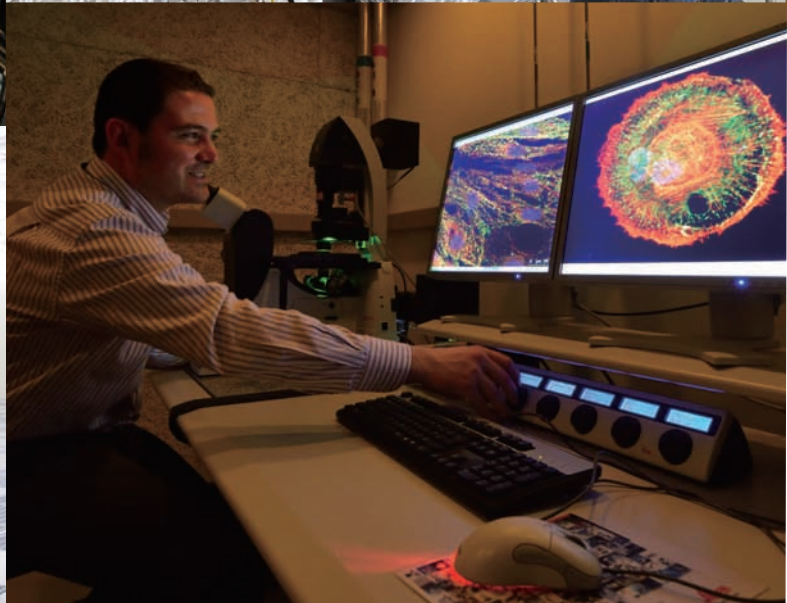
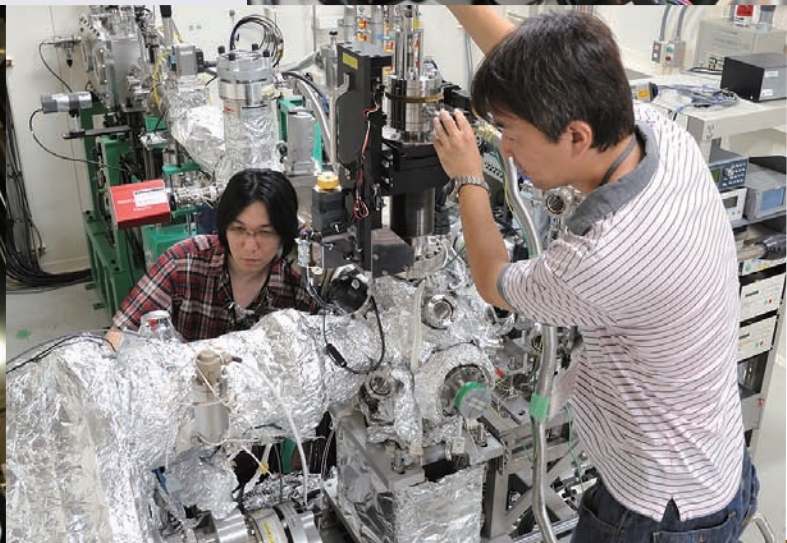
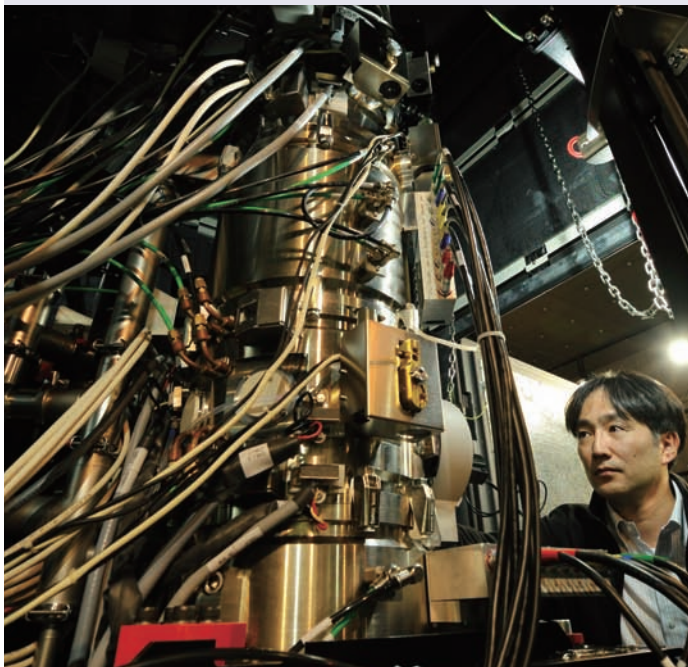
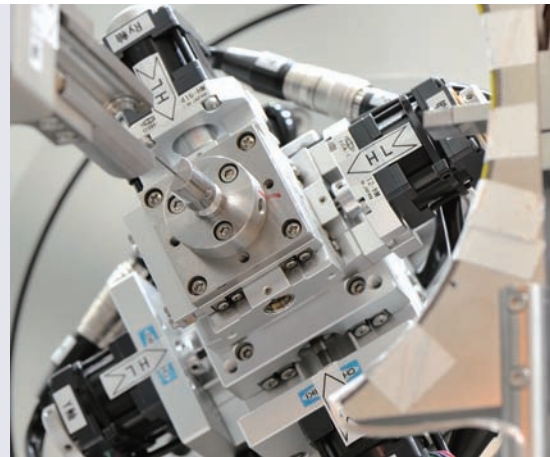


ナノテクノロジーの
目と手を駆使する
ナノテクノロジープラットフォーム

ナノテクノロジーの 目と手を駆使する ナノテクノロジープラットフォーム

ナノテクノロジーは特殊な技術を要する。なによりも、観察しようとする「目」も、加工しようとする「手」も、ヒューマンスケールではないからだ。構造を確かめるためにも特殊な装置が必要で、日本でひとつ、世界でひとつの装置も珍しくない。これは多くの企業がナノテクノロジーを使う際の障壁になっている。

2012年7月に発足したばかりの「ナノテクノロジープラットフォーム」は、全国の大学や研究所にある最先端設備を産学官の研究者に対して、利用機会が平等に開かれた施設共用システムの構築を目指している。それぞれの分野ごとにネットワーク化されていて、ユーザーが最先端のナノテクノロジーへ最短で最適なアプローチができるようになっている。ナノテクノロジーの進化に必要な、目や手をより多く、よりよく使うことができるのだ。



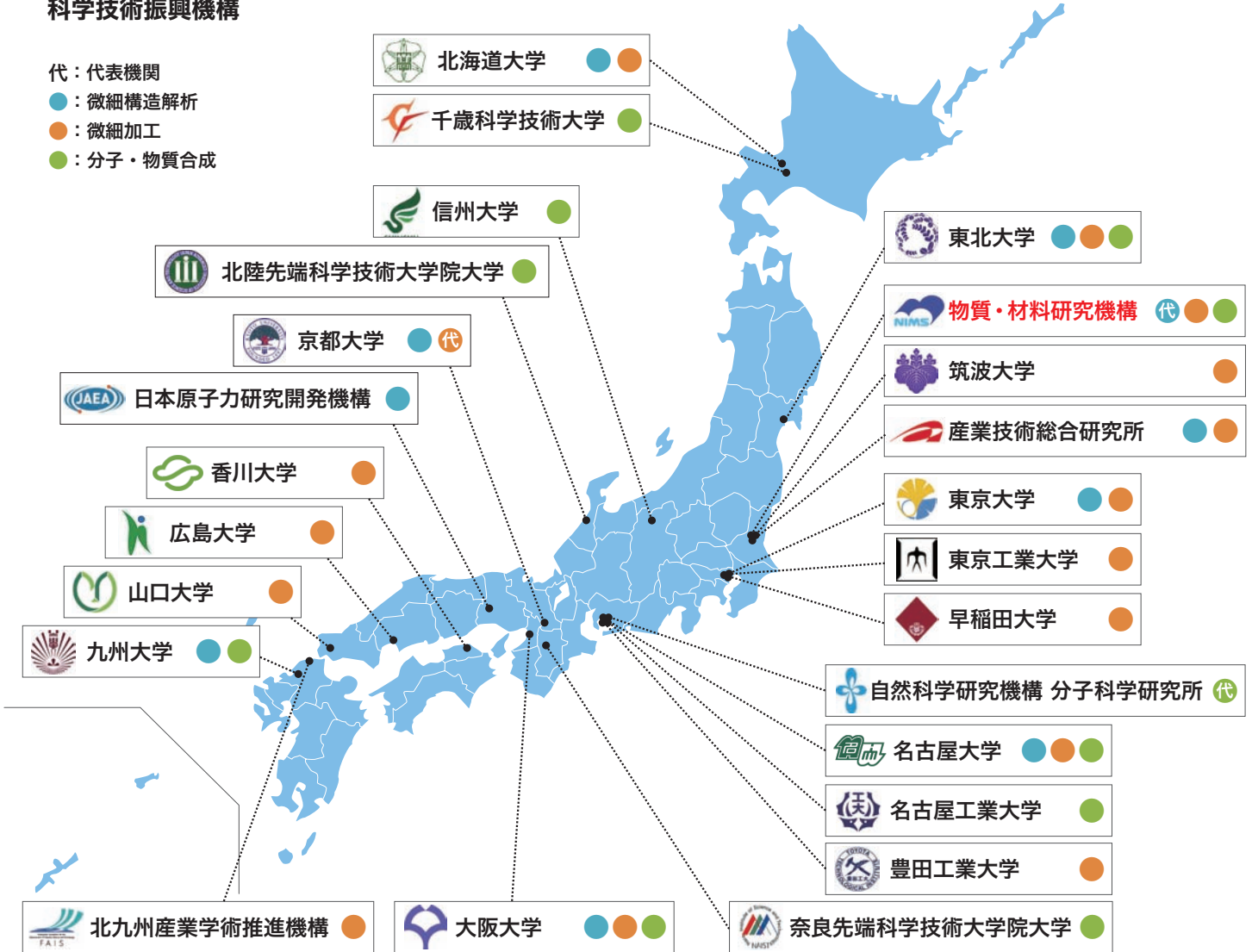
ナノテクノロジープラットフォームの参画機関 (全25機関)

センター機関：

物質・材料研究機構
科学技術振興機構

代：代表機関

- ：微細構造解析
- ：微細加工
- ：分子・物質合成



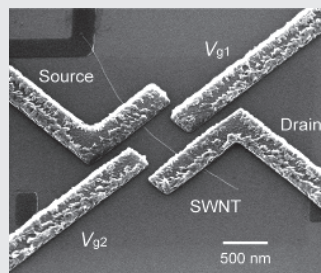
微細構造解析

超高压透過型電子顕微鏡、高性能電子顕微鏡 (STEM)、放射光 等



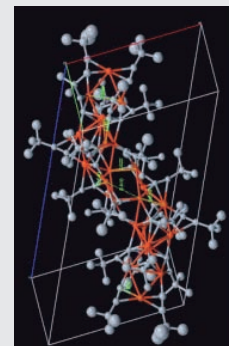
微細加工

電子線描画装置、エッチング装置、イオンビーム加工装置、スパッタ装置 等



分子・物質合成

分子合成装置、分子設計用シミュレーションシステム、質量分析装置 等





センター機関として ナノテクノロジープラットフォームプロジェクトの全体像

ナノテクノロジープラットフォームセンター
センター長
野田哲二

プロジェクトのめざすもの

ナノテクノロジー・材料科学技術は、学術のみならず資源・環境・エネルギーやライフサイエンスなど幅広い産業の技術革新を先導するものとして、世界各国で重点的な研究開発投資がすすめられています。一方で、人材、施設などの限られた研究環境を最大限活用するために、産学官が緊密に連携して研究開発をおこなうことがより求められています。

このような状況を鑑み、ナノテクノロジープラットフォームプロジェクトは2012年7月にはじまりました。その目的はナノテクノロジー研究に関わる最先端の研究設備とその活用のノウハウを持つ研究機関が互いに緊密に連携し、全国的なナノテクノロジーの研究基盤を構築すること、また、産学官の共同研究を促進するとともに、設備利用者に対して課題解決に向けた最短のアプローチを提供すること、となります。

さらに具体的な目標は次の3項目を掲げています。

1) 産学官の利用者に対して、利用機会が平等に開かれ、高い利用満足度を得るための共用システムを構築する。

2) 最先端研究設備及び研究支援能力を分野横断的かつ最適な組み合わせで提供できる仕組みを構築し、産業界の技術課題に貢献する。

3) 研究者、技術支援者の相互交流、海外ネットワークとの交流を通じて、研究能力や技術支援者の専門的能力向上に寄与する。

センター機関、 3つの技術領域プラットフォーム、 25機関、39組織の実施機関

ナノテクノロジープラットフォームプロジェクトには、プロジェクト全体の調整と活動支援をおこなうナノテクノロジープラットフォームセンター（センター機関）、微細構造解析、微細加工及び分子・物質合成の3つの各技術領域プラットフォーム、全国25機関、39組織の各実施機関があります(P.3参照)。

3つの技術領域にはそれぞれ代表機関が置かれ、各代表機関は、それぞれの領域の運営とりまとめ機関として、適切な設備、利用形態、利用料金体系の設定、技術支援者の研修やシンポジウム開催などの交流活動をおこないます。各実施機関は、技術領域プ

ラットフォームの外部共用実施方針に基づいて、共用設備運用組織を設置し、研究支援活動をおこないます。

NIMSは、ナノテクノロジープラットフォームセンターを、科学技術振興機構(JST)と共同で運営してプロジェクト全体を推進しています。微細構造解析の技術領域プラットフォームでは代表機関として、さらに実施機関としては3つの技術領域すべてにおいて参画しています。

事業推進とユーザーの窓口として

NIMSとJSTが共同で運営する「ナノテクノロジープラットフォームセンター」は、プロジェクトのセンター機関としてプラットフォーム全体の運営調整・交流促進と推進エンジンとしての役割を担っています。

具体的な業務は、①事業全体の調整・推進、②総合的なユーザー窓口・交流促進、③企業連携・分野融合、④人材育成支援・国際連携推進となります(図1)。

1、センター機関の役割

まず、①事業全体の調整・推進においては、

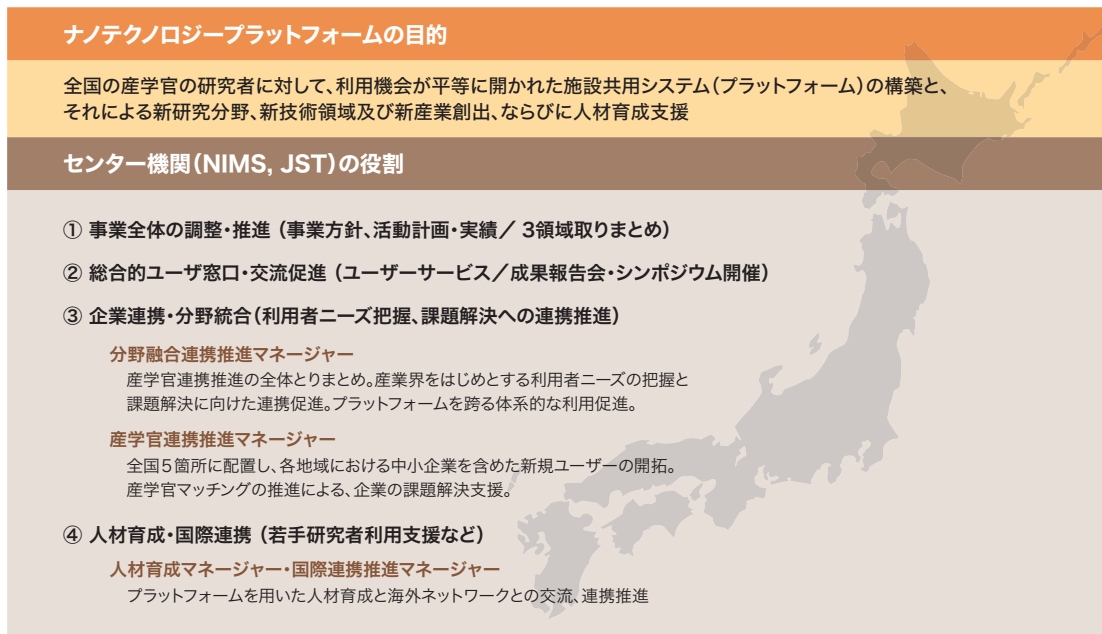


図1 プロジェクトの目的とセンター機関、各マネージャーの役割

各プラットフォームの運営方針調整のための代表者会議の開催、プラットフォームでの活動状況の把握のために、各プラットフォーム運営委員会に参加するとともに、24の実施機関の訪問などの活動をおこなっています。

②総合的な窓口・交流促進では、ナノテクノロジーの総合的なユーザー窓口として、まずWeb機能を構築しています(図2)。Webでは、事業案内、相談窓口、利用方法、共用設備一覧、参画機関へのリンクと成果事例紹介、最新ナノテクニュース、各実施機関を含めたイベント情報、Webマガジンなどを提供しています。また、隔週には国内外の読者にメールマガジンを配信しています。

交流促進では、プラットフォーム全体の交流促進のための総会、ユーザーを対象とした事業説明会、学協会での紹介シンポジウムなどを企画しています。さらに、ナノテクノロジーの国際的なシンポジウムの開催、国際ナノテクノロジー総合展・技術会議等各種展示会への出展などをおこなっています(図3)。

2、企業連携と優れた人材の育成

本プロジェクトの特色として、新規ユー

ザーの積極的な開拓、分野融合と産業界の課題解決のための研究施設利用促進があります。

このため、③企業連携や分野融合に対応するため、分野融合連携推進マネージャーならびにJSTから派遣される産学官連携推進マネージャーを全国五ヶ所に配置し、プロジェクト参加機関と協力して、共用プラットフォームを通じての産学官の共同研究の拡大を図ります(図1)。企業の利用に関して、ナノテックビジネス協議会(NBCI)などとも協力しています。さらに、課題解決につながる成果が期待される研究に対する試行的利用を推進します。特に全国の各地域においては、新技術・設備利用説明会などの開催や各地区の大学・研究機関訪問・調査の実施ならびに施設・設備説明会などを開催し、各地区での新規ユーザーの開拓と産学官のマッチングを積極的におこないます。

④の人材育成・国際連携に関しては、当プロジェクトを活用した分野融合学生研修、米国NNIN※など施設利用学生研修、プロジェクト支援従事者の研修プログラムを企画・実施します。NNINとの間では、2012年に

NNINから8名の学生をNIMSに受け入れ、当プロジェクトからは2名のNNINへの夏期研修(約10週間)を相互におこないました(図3)。

また、若手研究者育成のための米国、欧州ならびにアジアなどとのワークショップを企画・実施する予定です。さらに、人材育成支援に関連して、特に設備を持たない全国の若手研究者の利用支援をおこなうこととなっております。

以上のように、センターは、ナノテクノロジープラットフォーム全体の調整、推進、人材育成支援等の総合的取り組みを通じて、施設共用のネットワークによる新研究分野・新技術領域、並びに新産業創出支援と人材育成システム構築を目指しています。

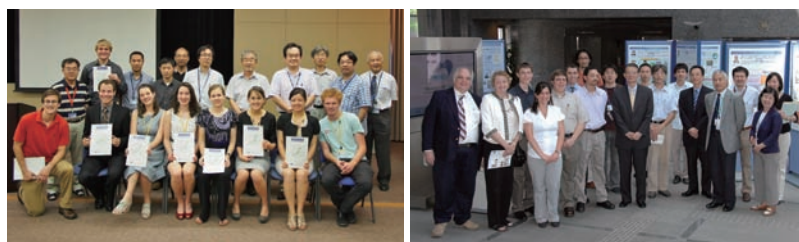
※National Nanotechnology Infrastructure Network

ナノテックプラットフォーム
> <https://nanonet.go.jp>



図2 ナノテックプラットフォームウェブページ
(<https://nanonet.go.jp/>)

内容は事業案内、事業の概要、総合案内窓口、各参画機関の概要、共用設備、Webマガジンなど多岐に亘る



・NNIN (National Nanotechnology Infrastructure Network)との夏期学生交流(4-9週間)
・アジアとの協力
・NSF (アメリカ国立科学財団)との若手研究者交流



ナノテクノロジー総合シンポジウム開催 および nano tech 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議への出展

写真は2012年開催のもの

図3 上: 人材育成・国際連携推進活動状況/下右: 総合シンポジウムの開催/下左: ナノテクノロジープラットフォーム展示



微細構造解析プラットフォーム、微細構造解析実施機関として 最先端計測共用基盤の構築とマテリアルイノベーションの加速

微細構造解析プラットフォーム推進室
運営責任者
藤田大介

微細構造解析プラットフォーム推進室
運営マネージャー
竹口雅樹

ナノテクノロジーの基盤としてのプラットフォーム

ナノテクノロジーにおいて、ナノスケールで観ることや測ることができなければナノ創製もナノ加工も実現不可能であることから、ナノ計測技術は、ナノテクノロジー技術領域を構成する最も基本的なキーテクノロジーであるといえます。2000年の米国ナノテクノロジーイニシアティブ(NNI)を端緒として、先進諸国はナノテクノロジー研究開発を国策として推進しており、特にナノテック基盤(インフラ)整備に着手し予算配分をしてきました。

日本では、文部科学省は新たに、ナノテックインフラ整備に関する施策としてナノテクノロジーのプラットフォームプロジェクトを2012年7月より開始しました。ここでのプラットフォームとは「研究開発の基盤」を意味します。ナノテクノロジー研究において基本となる3つの技術領域に応じて、微細構造解析(ナノ分析計測)、微細加工(ナノ加工制御)、分子・物質合成(ナノ物質創製)のプラットフォームが設置され、各々は外部共用をおこなう実施機関及びその代表機関で構成されます。本事業の特徴は、「ナノテクノロジーに関する最先端の研究設備」をもつ機関が、全国的な設備の共用体制を共同で構築し、産学官の研究者に幅広い利用機会を提供することです。

微細構造解析プラットフォームの目指す姿 代表機関として

NIMSは、微細構造解析プラットフォームにおいて全体を取りまとめる代表機関ならびに実施機関として参画しています。代表機関としてNIMSは、微細構造解析の事業方針の設定や持続可能な運営モデルを構築する上で責任ある立場にあります。

微細構造解析プラットフォームは、我が国の最先端計測技術群の横断的かつ最適の組み合わせによる「知の集約化」により、ナノメートルからマイクロメートルのスケール領域における微細構造解析分野において、全国レベルの共同利用に供する枠組みを確立し、ナノテクノロジーを活用した先進材料・デバイス分野における学問的・技術的課題解決によるマテリアルイノベーションに寄与するとともに、我が国のナノテクノロジーの更なる発展、競争力向上、人材育成に貢献することを目的とします。

これまで大学や独立行政法人が整備してきた先端ナノ計測技術群を産学官の利用者ニーズに対応した研究支援に供することにより、世界をリードするトップレベルの研究成果を続々と生み出すことを可能にします(飛躍的知)。

さらに、センター機関と連携し、産業界の

ニーズに応える研究支援と異分野融合研究を積極的に推進することが可能な持続可能な最先端計測基盤を確立したいと考えています。微細構造解析プラットフォーム全体の目指す姿は以下の通りです(図1参照)。

- ・最先端の計測解析設備群と高度な研究支援能力の最適な組み合わせの提供
- ・多元的な計測解析メニューにより、産官学の研究者・技術者の多様なニーズに対応
- ・共用施設を中核とした知の集約による産官学の人材交流や効果的な人材育成
- ・産業界の技術的課題の解決によりナノテック・材料分野の技術競争力の強化
- ・学問的課題の解決によりナノサイエンス分野における飛躍的な知の創出
- ・知の集約による異分野融合とマテリアルイノベーションの加速

研究者のニーズに対応したプラットフォーム構成

産学官の研究者の求めるナノテック研究支援のニーズを的確に把握することがプラットフォームの全体設計にとって重要です。ナノテクノロジー・ネットワーク事業により平成23年に実施された「次期施設共用ネットワーク意識調査」では、産学官の研究開発者が機器

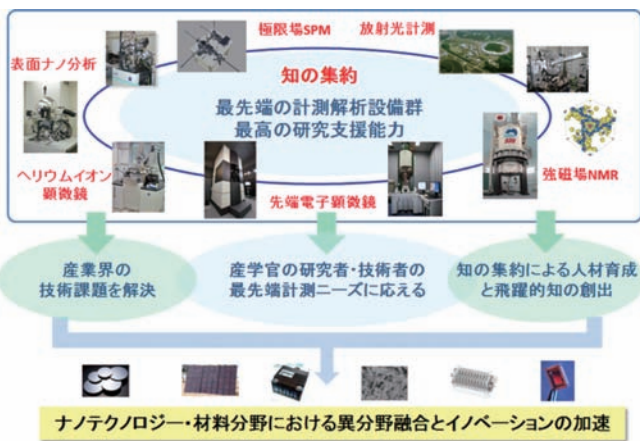


図1 補完的な最先端計測拠点ネットワークの構築と異分野融合を促進する「知の集約」により微細構造解析領域プラットフォームが目指すもの (Spring-8 画像提供: 理化学研究所)



図2 微細構造解析領域プラットフォームの構成 ~全国6ブロックをカバーする10拠点~

利用支援で利用を希望する機器・装置としては、「電子顕微鏡 (TEM, STEM, HRTEM)」が1位であり、2位の「バイオ用分析装置 (イオン化TOF等)」(31%) 以下を引き離し、半数近くの研究開発者 (45%) が利用を希望しています。また、利用希望の高いトップテンの機器・装置のうち9件までを計測分析機器が占めており、内7件までは「高性能走査型電子顕微鏡」、「走査型プローブ顕微鏡」や「放射光利用計測装置」などの最先端のナノ計測に関する機器によって占められていました。

このような利用者からのニーズの非常に高い先端電子顕微鏡を中心にして、放射光計測、強磁場NMR、先端走査型プローブ顕微鏡、先進表面計測、極限計測などの最先端計測設備を有する国立大学法人や独立行政法人10機関を結集し、微細構造解析プラットフォームを構成し(図2参照)、10機関の最先端計測に係わる共用施設をナノ計測支援拠点として全国6ブロックに設置しました。このような拠点のブロック構成により、全国どこでも最先端電子顕微鏡法による微細構造解析支援を受けることができるように

しました。さらに各拠点の得意とする先端計測分野を生かした上で、地理的、支援分野の面から相補的に拠点間連携を行う仕組みを構築し、我が国全体の先端・ナノ計測に対する利用ニーズに対応したいと考えています。

NIMS 微細構造解析プラットフォーム 実施機関として

NIMS微細構造解析プラットフォームは、微細構造解析プラットフォームのなかで関東甲信越ブロックを担当する実施機関で、先進材料の最先端ナノ計測による研究支援を特長とする「最先端ナノマテリアル計測拠点」です。つくば市の3つのサイト(桜、千現、並木)と西播磨地区(SPring-8)に研究設備と人員を配置し、NIMSの最先端ナノ計測設備群と計測解析ノウハウを融合し、産学官の研究者・技術者を支援します。

高性能の透過型電子顕微鏡や走査透過型分析電子顕微鏡群を中心としていますが、さらに、走査型ヘリウムイオン顕微鏡や極低温・高磁場走査型トンネル顕微鏡、飛行時間型二次イオン質量分析 (TOF-SIMS) などによる

高度な表面ナノ解析、高輝度放射光による高分解能X線回折解析や硬X線光電子分光、世界最高磁場による固体NMRなどの最先端計測装置群の相補的な活用により、表面・表層からバルク内部にいたる先端ナノ計測による研究支援を提供します(図3参照)。

また、新規の利用者開拓や異分野融合を推進するため、設備利用講習会や地域セミナーなどの外部連携活動を積極的に開催するとともに、研究支援業務を通して産学官連携に精通した研究者や若手支援技術者の人材育成に努めます。

さらに、ナノテク・材料分野から技術立国日本を下支えるために、アカデミアのみならず、産業界との交流と連携を積極的に推進していきます。ユーザーフレンドリーな利用形態と申請手続きを用意しています。微細構造解析プラットフォームにおける研究支援に関して装置の選択等、利用に関する相談を希望される方は、利用相談窓口に電子メールでお問い合わせください(acnp@nims.go.jp)。

NIMS微細構造解析プラットフォーム
> <http://www.nims.go.jp/acnp/>

①エレクトロニクス材料、②環境・エネルギー材料、③磁気デバイス材料、④ナノ材料、⑤ソフトマテリアル、⑥新規ナノ計測技術開発					
	装置名(型式)	主な支援分野		装置名(型式)	主な支援分野
TEM	単原子分析電子顕微鏡 (FEI Titan Cubed)	①、②、③、④、⑤、⑥	TEM	無損傷電子顕微鏡試料薄片化装置	①、②、③、④
	その場観察電子顕微鏡群 (JEM ARM200F&JEM-3000F)	①、②、④、⑤、⑥	放射光	高輝度放射光解析・評価装置群 (高輝度放射光硬X線光電子分光装置&高輝度放射光高分解能粉末X線回折装置&高輝度放射光薄膜・ナノ構造用回折計)	①、②、③、④、⑤、⑥
	原子識別電子顕微鏡 (JEM-3100FEF)	①、②、④、⑥			
	冷陰極電界放出型ローレンツ顕微鏡 (HF-3000L)	①、②、③、④、⑥	NMR	930MHz固体NMR	①、②、③、④、⑤、⑥
	冷陰極電界放出型電子顕微鏡 (HF-3000S)	①、②、④、⑥		500MHz固体NMR	①、②、③、④、⑤、⑥
	200kV電界放射型透過型電子顕微鏡 (JEM-2100F)	①、②、④、⑥		400MHz固体NMR	①、②、③、④、⑤、⑥
	微細組織三次元マルチスケール解析装置 (SMF-1000)	①、②、④、⑤、⑥	SPM	極低温・高磁場走査型トンネル顕微鏡	①、②、③、④、⑥
	試料作製装置群	①、②、③、④、⑤	イオン顕微鏡	走査型ヘリウムイオン顕微鏡 (ORION Plus)	①、②、③、④、⑤、⑥
	セラミックス試料作製装置群	①、②、③、④	表面分析	飛行時間型二次イオン質量分析装置 (TOF-SIMS)	①、②、③、④、⑤、⑥

図3 NIMS微細構造解析プラットフォームの提供する最先端計測設備と主な支援分野

ふじた だいすけ 工学博士。1986年東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。東京大学生産技術研究所助手を経て、1991年科学技術庁金属材料技術研究所出向、2001年NIMSへ改組、2004年アシエントディレクター、2006年ナノ計測センター長、2010年ナノテクノロジー基盤領域コーディネーターを経て、2011年より先端的共通技術部門長、2012年より現職併任。 / たけぐち まさき 工学博士 1993年大阪大学大学院工学研究科博士課程修了。1993年日本電子株式会社、1998年科学技術庁金属材料技術研究所、2001年NIMSへ改組。2011年より中核機能部門電子顕微鏡ステーション長、2012年より現職併任。



微細加工実施機関として NIMS 微細加工プラットフォームの船出

微細加工プラットフォーム
プラットフォーム長
小出康夫

ナノ・マイクロ加工を支える

ナノテクプラットフォーム・微細加工領域の実施機関であるNIMSでは、全国の研究独法・大学・企業の研究者に対して、最先端のナノテクノロジー「超微細加工」に関する施設、設備、および高度な技術支援を提供し、イノベーションにつながる研究成果を創出することを目標としています。

平成19年4月にナノテクノロジー融合センター・ナノ集積ラインとして設置され、4年と半年の間、内外部のナノ・マイクロ加工を基盤とする研究支援・共用施設として順調に運用されてきました。

当微細加工プラットフォームは、図1に示すように広さ450m²のクリーンルームを主要施設としています。そこには、世界最高水準の微細加工プロセス装置やナノスケール観察・測定評価装置40点が完備されており、専門家スタッフの技術支援の基に様々な材料のナノ・マイクロ加工支援や光・電子デバイスの作製支援をおこなっています。

図1に、これまでの研究支援課題の分野をまとめた円グラフを示します。支援研究課題は、およそ年間80件程度です。それぞれの分野の割合は、電子材料・電子素子35%、光学材料・光学素子24%、ナノ・マイクロ構造作製22%、環境・エネルギー13%、および医工連携・バイオ工学6%であり、幅広い多様な分野の研究支援をおこなっていることが特徴です。

世界的ナノテクノロジー拠点の確立を目指して

具体的に提供する研究・技術支援は、

(1) 電子ビームリソグラフィ、レーザーリソグラフィ、電子ビーム蒸着、およびドライエッチングの組み合わせにより所望の微細加工を施し、ナノバイオチップ、光学回折格子、マイクロマシン(MEMS)構造、電界効果トランジ

スタ、発光・受光デバイス、ナノワイヤー、および1次元電気伝導構造チップ、フォトニック結晶に代表されるナノフォトニクスチップ、および有機・生体電子材料の電気特性を測定するための微細電極パターンの作製、

(2) 集束イオンビーム加工装置を用いた電子顕微鏡観察試料のマイクロサンプリングおよび種々材料のナノ加工、

(3) 種々ナノ材料およびナノ加工構造の走査電子顕微鏡観察およびラマン散乱分光イメージング観察、を行うことができます。

今後は、異分野融合・産学連携を更に強化するために、他のプラットフォームとの連携強化を進め、企業ニーズに対応可能な設備強

化をはかり、そして異分野技術者との相互交流による新学問分野の発掘をおこなうことを目指しています。将来的な発展への施策として、実績に即した利用料システムの構築から選択と集中をはかり、ナノテクノロジーを基盤とした分野横断的な研究支援を確立し、海外ネットワークとの連携による国際的な研究支援の提供もおこないます。最終的には、世界的ナノテクノロジー拠点の確立と自主運営を目指した共用システムの構築を目標としています。

NIMS微細加工プラットフォーム
> <http://www.nims.go.jp/nfp/>

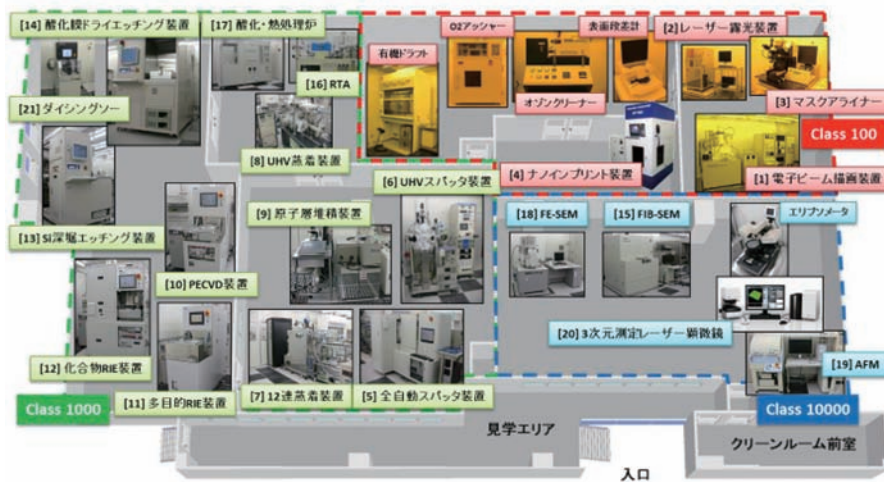


図1 広さ450m²のクリーンルームと40台のナノ・マイクロ加工装置の見取り図

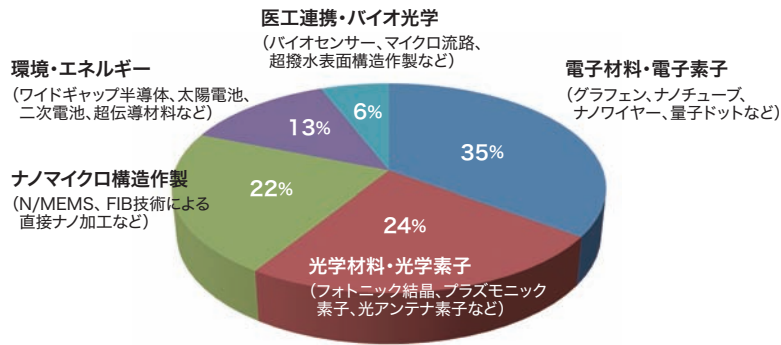


図2 微細加工プラットフォームにおける研究支援分野

こいで やすお 工学博士。1987年名古屋大学大学院博士後期課程を修了し、名古屋大学助手、京都大学助教授を経て、2002年物質・材料研究機構首席研究員、グループリーダー、および現職を兼務。現在の研究分野は、ダイヤモンド光・電子デバイス開発とデバイス物理の探究。

分子・物質合成領域の実施機関として NIMS 分子・物質合成プラットフォームにおける研究支援

分子・物質合成プラットフォーム
プラットフォーム長
花方信孝

ナノテクとバイオの融合研究支援

分子・物質合成領域プラットフォームは、ナノ物質の合成・評価から環境・エネルギー分野およびバイオ分野への応用までを支援する全国10機関からなるネットワーク組織です。実施機関のひとつであるNIMSは、ナノテクとバイオの融合研究に関する研究支援を中心に担当しています。主なユーザーは材料・ナノテク研究者と生物・医学系研究者であり、前者に対してはナノ材料・ナノ物質のバイオ応用に関する支援、後者に対してはディスカバリーゲノミクスとその成果のナノテクを利用したデバイス化等に関する支援をおこなっています。

ナノ材料のバイオ応用と ディスカバリーゲノミクス

NIMSではナノテクノロジー融合ステーション・ソフトマテリアルラインの14装置と12装置群を分子・物質合成プラットフォームに供出し、試料の調製からデータ解析までを含めた、一貫した支援をおこなう体制を構築し

ています。ナノ材料・ナノ物質のバイオ応用では、ユーザーが設計・合成したナノ構造表面およびナノ粒子などをもとに、医療材料およびバイオ研究材料として利用するためのアイデアを提供し、安全性評価から実際の応用研究までを支援する体制を整備しています。

たとえば、ナノ粒子のバイオ応用に関する研究支援では、ユーザーが合成した量子ドット粒子のバイオイメージングへの応用や薬剤の細胞内デリバリーへの応用に関する支援をおこなっています(図1)。

一方、ディスカバリーゲノミクスでは、ユーザーの生物サンプルに対するレーザーマイクロディセクションでの試料調製、DNAチップあるいは液体クロマト質量分析装置による網羅的なゲノムおよびプロテオーム解析、さらにバイオインフォマティクス解析による疾患関連分子の探索などが可能です。また、このようなディスカバリーゲノミクスで探索された分子を微量検出するためのデバイス化に関する支援をおこない、診断や術後管理のためのシステム開発に展開しています。

これらの支援に加え、無機・有機・高分子材料の合成、各種クロマトグラフィーによる分離・精製やNMRによる構造解析、共焦点AFMやレーザーラマン顕微鏡など各種分析機器による合成材料の評価に関する支援もおこなっています。

ナノテク・材料研究者がバイオ分野へ研究展開すること、あるいは医学・生物系研究者がナノテク・材料分野へ展開をおこなうことは、最初に高いハードルを感じるという声を耳にします。NIMSでは、そのハードルを低くし、ユーザーの融合研究の推進に貢献することがひとつの使命であると考えています。サイトの「利用実施例」では、これまでのユーザーがどのような経緯で支援を申し込み、どのような支援を受け、どのような成果が得られたか、についてのインタビュー記事を掲載していますので、参考にしてください。

NIMS分子・物質合成プラットフォーム
> <http://www.nims.go.jp/nice/sml/>

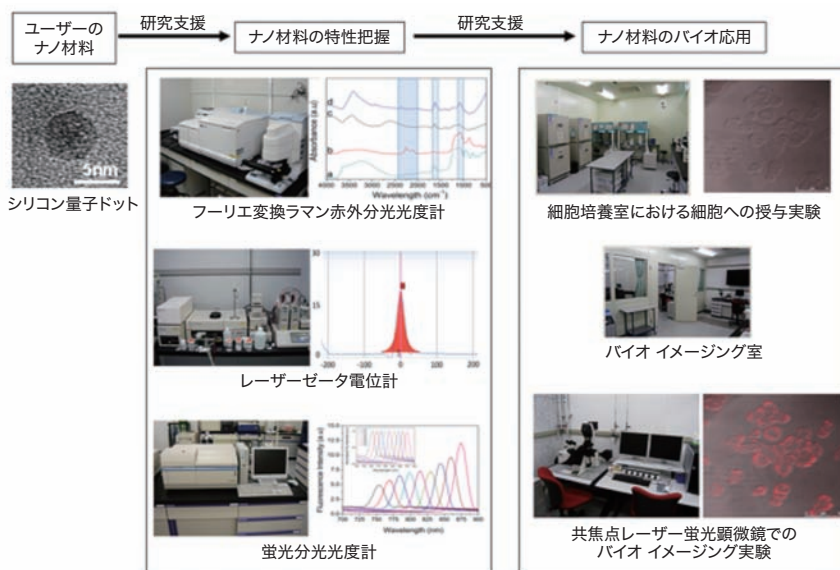


図 支援の流れ 分子・物質合成プラットフォームにおいて、ユーザーが合成したナノ粒子の特性評価を行い、さらに細胞への投与実験において、バイオイメージングおよびドラッグデリバリーへ応用した研究支援例。

はながたのふたか 博士(工学)。三井造船株式会社千葉研究所、東京大学先端科学技術研究センター助教授、東京工科大学教授を経て、2005年からNIMS職員。ナノテクノロジー融合ステーション・ステーション長。2008年から北海道大学大学院生命科学院教授(併任)。

白色発光する不揮発性液体を開発 - 様々な基板に塗布可能、フルカラー発光も容易 -

先端的共通技術部門 高分子材料ユニット
有機材料グループ
中西尚志

簡便な加工技術を可能にする 白色発光用の光源材料が 求められている

有機分子材料の薄膜構造から成る太陽電池や、有機ELに代表される有機エレクトロニクスデバイスは、軽量・柔軟性に優れ、印刷加工が可能、レアアース元素を使用しないため安価などの利点から、無機(シリコンなど)系の電子素子の代替基盤技術として、近年盛んに研究・製品開発がおこなわれています。

照明装置の年間電力消費量は消費電力全体の約20%を占めており、照明装置の電力消費を抑制することは温室効果ガス排出量低減に欠かせない重要な技術です。なかでも白色発光を示す有機分子材料は、白熱電球や蛍光灯を代替することが可能な次世代照明の光源材料として期待されています。

これまで開発されてきた材料では、主に溶液中に分散した状態で白色発光が示されてきました。その溶液を基板上に塗布し溶媒を蒸発させると分子同士が凝集してしまうなど分散性が悪いため、本来の白色発光性能を十分に発揮できないなどの問題点がありまし

た。また、加工プロセスの観点からは、高輝度な白色発光を簡便な方法で調製できる有機分子材料であることが望まれています。

不揮発性青色発光液体を基材に 白色発光する液体材料が開発された

開発した有機分子材料では、光・電子機能を司るコアとなる部位が隔離されて配置するように設計しており、コア部位同士の凝集は起こりません。コアには蛍光機能を持つオリゴフェニレンビニレン(OPV)(図1a)を採用し、枝分かれした柔軟性の高いアルキル側鎖を周りに導入することで、OPVコアの部分を凝集させることなく隔離できます(図1b)。本物質は不揮発性で、室温で液体、潤滑油と同程度の約1Pa・sの粘度、絶対蛍光量子収率が約50%の青色発光を示します。液状のOPV化合物の紫外-可視吸収スペクトルおよび蛍光スペクトルは、同分子が溶液中に均一に分散された希薄溶液のスペクトルとほぼ一致(図1c および1d)しており、分子固有の光学および電子的特性と、室温液体のバルク状態における同機能がほぼ同じであることが

わかりました。

この青色発光する液体に、固体の発光色素(緑色発光のAlq3と橙色発光のルブレン)を加え、1分かき混ぜることにより、紫外光照射下で白色発光する液状材料を作製しました(図2a)。作製した液状材料は広面積に塗布でき(図2b)、試作品としてつくったボールペンでは白色発光する文字の印字ができます(図2c)。さらには青色発光するUV-LED表面へ本液状材料をコーティングすることにより白色発光ライト(図2d)として加工できるなど、塗布しても高輝度に白色で発光することを確認できました。

開発した液状材料では、添加する発光色素の選択により、フルカラー発光も容易に達成できます(図2e)。今後は印刷可能、軽量、大面積な発光性デバイス(照明、パネル、ディスプレイなど)としての応用が期待できます。

特に折りたたみ可能な未来型デバイスにおける、本液体材料の連続性液体発光層としての適用は、固化薄膜では対応不可能なため、本材料の本質をそのまま活かせるブレークスルーになると期待されます。

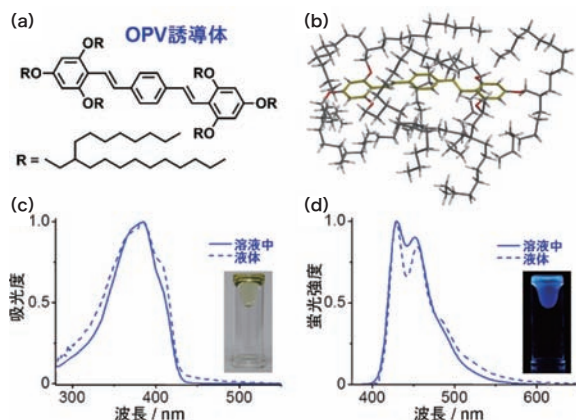
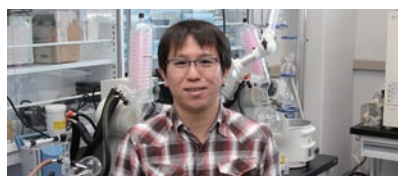


図1 (a) 本研究に用いたオリゴフェニレンビニレン(OPV)化合物の分子構造式。Rは分枝状の柔軟性の高いアルキル鎖。(b) OPV化合物の構造模型。OPVコア部分がアルキル鎖により覆われ、隔離されている。希薄溶液中ならびに無溶媒液体(バルク)状態の紫外-可視吸収スペクトル(c)および蛍光スペクトル(d)。挿入は、OPV化合物(バルク状態)の可視光下(c)および365nmの紫外光下(d)の写真。



図2 (a) OPV常温液体に、緑色(Alq3)および橙色(ルブレン)発光の固体色素を混ぜ込むことにより白色発光液状材料を調合。(b) 5 x 5cm²の白色発光する広面積塗布。(c) ボールペンで印字した白色発光。(d) 375nm UV-LEDの発光写真。白色発光ペーストのコーティングなし(左)、有り(右)。(e) 混ぜる発光色素の種類、添加量を調整し、フルカラー発光を達成。NIMSの文字を印字。



なかにしたかし 博士(工学)。2000年 長崎大学大学院博士後期課程短縮終了。日本学術振興会特別研究員としてヒューストン大学、オックスフォード大学にて博士研究員、2004年 NIMS若手任期付研究員、2007年 主任研究員を経て2010年より現職。その間、2007~2010年 マックスプランク研究所コロイド界面部門にてMPI-NIMS国際連携ラボラトリー・グループリーダー、2007~2011年 科学技術振興機構さきがけ研究員、2011年よりワルシャワ工科大学客員教授を兼務。

強靱な高温超伝導ウィスカー結晶の製造に成功

環境・エネルギー材料部門
超伝導物性ユニット
強相関物質探索グループ
Jun Li

環境・エネルギー材料部門
超伝導物性ユニット
エレクトロニクスグループ
Jie Yuan

環境・エネルギー材料部門
超伝導物性ユニット
エレクトロニクスグループ
Huabing Wang

環境・エネルギー材料部門
超伝導物性ユニット
強相関物質探索グループ
山浦一成

はじめに

東京工業大学の細野グループによって発見された鉄系超伝導体¹⁾は、必須元素として鉄とヒ素を含有し、更に2種類以上の追加元素を含む場合に超伝導転移温度が最も高くなることが知られています。この鉄系超伝導体は超伝導転移温度が銅酸化物超伝導体に次いで高いなど優れた特性を持つため、ウィスカー（髭（Whisker）状）結晶²⁾を育成することができれば、これまでにないジョセフソン接合素子やセンサー材料などナノテクノロジー分野での新展望を開くことができます。このため、我々はウィスカー結晶の育成方法の調査・研究を進めてきました。その結果、ようやく所望の鉄系超伝導体のウィスカー結晶を世界で初めて育成することに成功しました。この鉄系超伝導体のウィスカー結晶は、絶対温度33 K（-240 °C）で超伝導状態に転移し（図1）、結晶の形状が棒針状で直径と長さの比（アスペクト比）が200以上あり、さらに直径が1マイクロメートル以下とかなり小さいため、超伝導ウィスカー結晶と考えることができます（図2）。

鉄系高温超伝導ウィスカー結晶の特徴

すでに研究がすすんでいる銅酸化物超伝導体³⁾でも、超伝導転移温度が同等以上のウィスカー結晶が育成されていますが、セラミックス固有の脆さのため、材料としての用途が限られています。また、フラーレンの超伝導ウィスカーも製造されていますが、アスペクト比が10以下と小さいため、適用範囲は限定的です。しかしながら、この超伝導ウィスカー結晶は、鉄系超伝導体の固有の特徴を反映して、セラミックスよりも合金にその性質が近く、強靱であり（図2）、さらにアスペクト比も大きいため、ジョセフソン接合素子やセンサー材料など適用可能な用途を拡大できると考えています。

これからの展開に向けて

本研究で採用した鉄系超伝導体のウィスカー結晶の製造方法は、カプセル状の金属製反応容器中に原料物質と添加剤をよく混合してから充填し、密閉した状態で製造するため、結晶の組成や構造を制御しやすい利

点があります。また、反応ガスや蒸発によって元素を輸送する一般的なウィスカー製造方法よりも簡便かつ簡素なため、ヒ素など毒性の高い元素を含むにもかかわらず、従来方法より比較的簡単に製造できる特徴があります。これまでの結果から、この高温超伝導ウィスカー結晶とその製造方法は、ナノテクノロジー分野などで有用であると考えています。現在、我々はこの超伝導ウィスカー結晶を利用したジョセフソン接合の研究をすすめています。

- 1) 鉄系超伝導体：鉄を必須元素として含み、超伝導を示す化合物。銅酸化物超伝導体について超伝導転移温度が高い。2008年の東京工業大学の細野秀雄教授らの研究が契機となって世界的な規模で研究が推進されている。
- 2) ウィスカー状：形状の異性が極端に大きく、ウィスカー状の物質で、一般にその直径が0.1マイクロメートル以下の場合、その物質をナノウィスカーともいう。
- 3) 銅酸化物超伝導体：銅を必須元素として含み、超伝導を示す酸化物。最も高い超伝導転移温度を示す。セラミックス（ceramics；陶磁類、金属酸化物を焼き固めた焼結体）でもある。

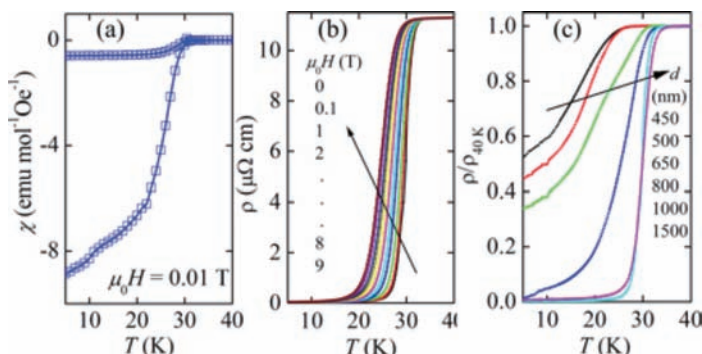


図1 高温超伝導ウィスカー結晶の超電動転移の様子。(a)磁化率の温度変化、図中の曲線は磁場冷却曲線（上部）とゼロ磁場冷却曲線（下部）を示す。(b)電気抵抗率の温度と磁場依存性、(c)電気抵抗率の結晶幅依存性。図中のdは結晶幅を示す。(Reprinted with permission from J. Am. Chem. Soc. 134, 4068–4071 (2012). Copyright 2012 American Chemical Society)

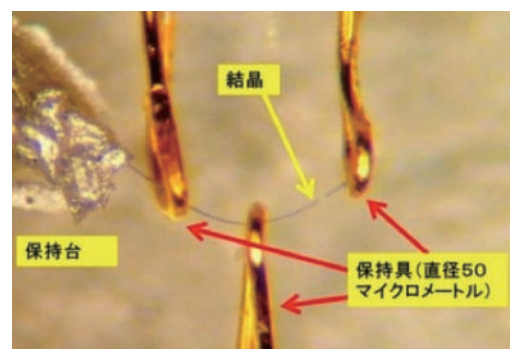


図2 高温超伝導ウィスカー結晶に応力を加えた様子



ジュンリ(右) 博士(理学)。2012年北海道大学大学院理学院(NIMS連係大学院)にて博士課程修了。同年ポスドク研究員としてNIMSに赴任。/ ジェン(左) Ph.D. 2007年中国科学院物理研究所にて博士課程修了。同年特別研究員としてNIMSに赴任。2009年に准教授として武漢科技大学に赴任。2011年からNIMS特別研究員を併任。現在、NIMSにて研究活動中。/ ホウビンワン(中右) Ph.D. 1995年南京大学電波物理学科にて博士課程修了。1997年科学技術振興事業団研究員、2001年東北大学電気通信研究所助教授、2003年フリードリヒ・アレクサンダー大学助教を経て、2004年NIMSに赴任、ICYS研究員を経て、2006年NIMS主幹研究員。/ やまうらかずなり(中左) 博士(理学)。1997年京都大学大学院理学研究科にて博士課程修了。同年ポスドク研究員としてプリンストン大学に赴任。2000年旧無機材料研究所ポスドク研究員を経て、2001年NIMS外来研究員、2004年主任研究員、2007年主幹研究員。

1 第12回 NIMSフォーラムを開催

10月25日(木)、東京・国際フォーラム(有楽町)にて、第12回NIMSフォーラムが開催されました。このフォーラムは、NIMSの最新研究成果を内外へ広くアピールすることを目的とし、NIMS設立以来毎年開催されているものです。物質材料研究の最新情報を企業活動などにかそうと、540名の参加者が最新の研究紹介に興味深く聞いていました。プログラムは講演を中心としたオーラルセッション、成果をポスターで紹介するポスターセッションが隣り合わせた2会場で並行しておこな

れました。オーラルセッションでは潮田資勝NIMS理事長の挨拶に続き、文部科学省森本浩一審議官(研究振興局担当)がNIMSの役割、期待されることなどを述べられました。その後、NIMSの各部門や各拠点、センターなどの現況と将来像を、それぞれ部門長、拠点長が紹介しました。午後には研究トピックスとして、最新の研究成果から特に選ばれた4研究がそれぞれの研究者によって紹介されました。ポスターセッションでは64のポスターによる研究紹介が一堂に集まりました。それ

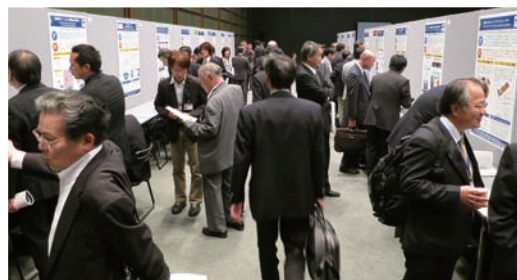
ぞれのポスターの前では興味を持った一般の参加者と研究者が内容について活発に議論をおこなっていました。また、ポスターセッションの会場奥では小さな講演台が用意され、ミニ講演としてポスター発表者から選ばれた9つの研究発表がありました。さらに今年の新たな試みとして、次世代研究者育成に力を入れるため、ポスター発表もおこなわれました。このポスター発表は理事らにより選定され、ポスター発表賞が3名に贈られました。



潮田資勝NIMS理事長の挨拶



ポスター発表による最新成果を聞く森本浩一審議官



賑わうポスター会場の様子

2 前原国家戦略担当大臣がNIMSをご視察

10月27日(土)、前原誠司国家戦略担当大臣がNIMS千現地区を来訪されました。前原大臣は、潮田資勝理事長によるNIMSおよびつくばイノベーションアリーナTIAに関する概要説明を受けられました。前原大臣からはTIAに参画する企業の名前や参加費用などについて質問がありました。その後、ロビーに陳列されたサイアロン蛍光体、ネオジム磁石や形状記憶合金などを手に取っ

てご覧になられました。実験室の視察では、宝野和博磁性材料ユニット長が希少元素を使わないネオジム磁石開発について解説をしました。また、木村一弘材料信頼性評価ユニット長より火力発電プラントに使用される水蒸気管などがさらされる高温かつ長期間の耐久性を調べるクリープ試験について説明がおこなわれました。



説明を聞く前原国家戦略担当大臣

3 第2回 NIMS- レンヌ第1大学ワークショップ開催

10月29日(月)と30日(火)、NIMS並木地区において、フランス・レンヌ第一大学(UR1:2010年7月にNIMSと姉妹研究機関としての包括協力協定を締結)の13名の研究者を招待し、「第2回NIMS-UR1ワークショップ」が開催されました。今回のワークショップは、第3回NIMS-サンゴパンワークショップと合同で開催され、日仏の共同研究と研究者交流の成果が発表されました。ワークショップでは、ナノ材料、ガラス、セラミックス、有機材料について、34件の講演がおこなわれ、約60名が参加者しました。これまでに、NIMSの

研究者がUR1の客員講師として、また、UR1の研究者がNIMSの客員研究員として招聘されるなど、UR1とNIMSは双方向の交流を重ねてきました。また、NIMSの連携大学院生やUR1の大学院生が、3~6カ月間の交換留学をおこなう教育交流も実施しています。今後も包括協力協定に基づき、NIMSとUR1で互にワークショップを開催す

ることになっており、さらなる学術交流の発展が期待されます。



ワークショップの参加者